



青藏铁路高原客车

张曙光 主编

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

责任编辑 薛 淳 韦和春
封面设计 冯龙彬

QINGZANG TIELU
GAOYUAN KECHE

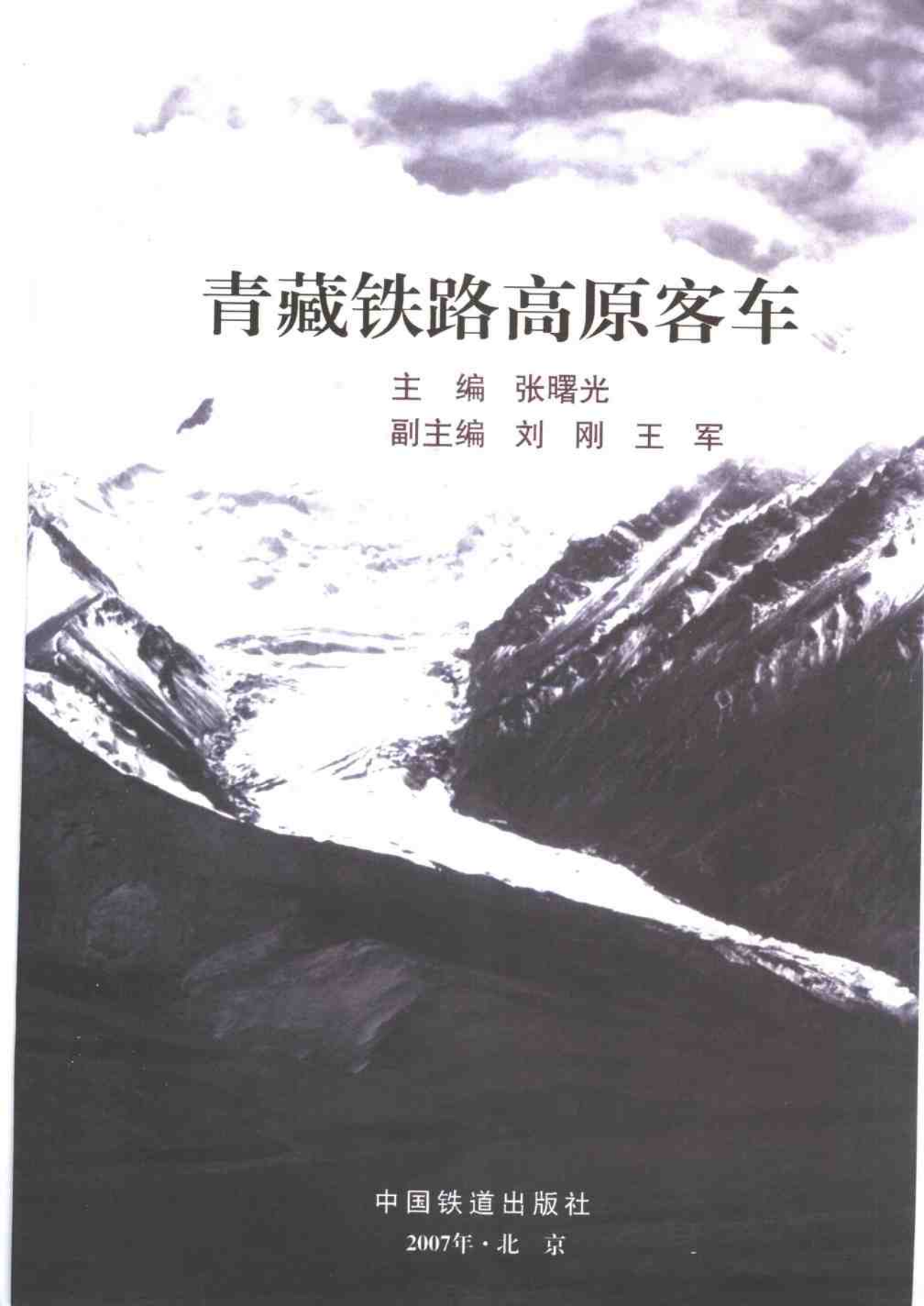
ISBN 978-7-113-07598-9



9 787113 075989 >

ISBN 978-7-113-07598-9 / U · 2022

定 价：65.00 元



青藏铁路高原客车

主 编 张曙光

副主编 刘 刚 王 军

中国铁道出版社

2007年·北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

青藏铁路高原客车/张曙光主编. —北京: 中国铁道出版社, 2007. 4

ISBN 978-7-113-07598-9

I. 青… II. 张… III. 青藏高原—铁路车辆: 客车
IV. U271

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 029202 号

书 名: 青藏铁路高原客车

作 者: 张曙光 主编
刘 刚 王 军 副主编

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑: 薛 淳 韦和春

封面设计: 冯龙彬

印 刷: 三河市宏达印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23.25 字数: 382 千

版 本: 2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000 册

书 号: ISBN 978-7-113-07598-9/U·2022

定 价: 65.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。

编辑部电话: (路电) 021-73137/9

发行部电话: (路电) 021-73124

(市电) 010-51873137/9

(市电) 010-51873124

前

言

举世瞩目的青藏铁路

2006年7月1日,举世瞩目的青藏铁路建成通车,青藏铁路建成通车是我国社会主义现代化建设取得的又一个伟大成就,这不仅是中国铁路史上的一个伟大壮举,也是世界铁路史上的一大奇迹。这是落实科学发展观的成果,是构建社会主义和谐社会的要求,是铁路跨越式发展的重大进展。挑战极限、勇创一流的青藏铁路精神将永远光耀神州。

青藏铁路高原客车是世界首创,是我国铁路自主创新的成果。铁道部组织有关高校、科研院所以及南车四方机车车辆股份有限公司和青岛四方-庞巴迪-鲍尔铁路运输设备有限公司等,经多次论证、技术攻关和大量试验,确定了青藏铁路高原客车技术路线和技术方案,自主创新地完成了青藏铁路高原客车的研发和制造。青藏高原铁路客车品种齐全、安全可靠、乘坐舒适、绿色环保,是集新理念、新结构、新技术、新材料于一体的高原列车。首创的列车供氧系统,在世界上率先攻克了铁路客车在高原环境下实现补氧的难题;首创的高原客车电气技术标准和避雷装置,保证了电气系统的高可靠性,同时也有效地防范了雷击的威胁;首创的绿色环保独特设计,实现了旅客列车在格拉段运行时污物、污水“零排放”的目标;首创的高原耐低压设备,提高了旅客乘坐的舒适性和安全性;首创的防紫外线、防风沙措施,避免了紫外线直接照射对旅客的伤害,并确保了客车的密封性能;首创的大功率高原发电车,突破了在高海拔条件下实现正常供电的“瓶颈”,全新设计的新型高原发电车转向架填补了时速160公里、大轴重客车转向架的技术空白。

本书共分15章。第1章,青藏高原铁路概况,主要介绍了世界高原及冻土铁路以及青藏高原铁路特点。第2章,主要介绍了青藏铁路高原客车技术条件。第3~14章,详细介绍了青藏铁路高原客车,主要包括青藏铁路高原客车总体介绍、转向

架、制动系统、车下设备舱、车钩缓冲装置、电气系统、制氧系统、空调系统、给水及卫生系统、安全保障系统、车门装置、声像系统、气密性设计、车窗设计、环保设计、美工设计以及发电车等内容。第15章，主要介绍了青藏铁路高原客车验证试验，包括零部件选型试验、制氧及电气系统高原验证试验、空调与制氧系统型式试验、制动系统型式试验、转向架动力学性能型式试验、噪声型式试验、电气系统性能试验以及高原运行试验等。

本书重点介绍了青藏铁路高原客车的基本原理、结构和主要性能，具有很好的资料性和实用性，是广大工程技术人员以及从事高原客车管理、运用和维护人员的一本优秀教材。

本书由铁道部副总工程师张曙光任主编，铁道部运输局装备部副主任刘刚和南车四方机车车辆股份有限公司总经理王军任副主编，参加本书编写的有：刘作琪、高玉功、李忠、李宏、于学辉（第1章、第2章、第3章、第15章），黄其祯、盛辉（第4章），翟智民（第4章、第5章），万国强、党学东（第5章）、王万静、卢衍祥、于百川、吕晓兰（第6章），邹艳波、何丹炉、卢正竹（第7章），周家林、路娜、孙学利（第8章），魏凌、武建军（第9章），梁才国、崔利（第10章），孙召进、刘世棉（第11章、第12章、第13章），于福宝（第14章），刘宝明、李国平、欧阳仲志、李学锋、刁晓明、倪纯双、武建军（第15章）。其他许多部门和单位也为本书的编著提供了帮助，在此，向所有参加编写的人员和予以帮助、支持的部门、领导和专家表示衷心的感谢！

编 者

2006年9月

目录 Contents

1 青藏高原铁路概况	1
1.1 青藏铁路自然环境	1
1.2 青藏铁路	3
2 160 km/h 速度等级青藏客车技术条件	4
附件 A 青藏铁路运用条件	24
3 青藏铁路高原客车总体	27
3.1 概述	27
3.2 总体介绍	28
3.3 硬座车	29
3.4 硬卧车	31
3.5 软卧车	31
3.6 餐车	34
3.7 发电车	38
4 青藏铁路高原客车转向架	39
4.1 SW-220K 型转向架	39
4.2 SW-QD160 型转向架	45
4.3 AM96 型转向架	52
5 青藏铁路高原客车制动系统	66
5.1 空气制动系统	66
5.2 手制动装置	81
5.3 防滑系统	83
6 青藏铁路高原客车车体	87
6.1 车体钢结构	87
6.2 车钩缓冲装置	88

目录

6.3	密封式折叠风挡	96
6.4	裙板和车底设备舱	98
7	青藏铁路高原客车电气系统	104
7.1	电气系统设计准则	105
7.2	单车逆变系统	107
7.3	控制系统	109
7.4	照明系统	111
7.5	防雷系统	113
7.6	烟火报警系统	116
7.7	轴温报警系统	120
7.8	列车监控系统	125
7.9	列车声像系统	139
8	青藏铁路高原客车制氧系统	153
8.1	制氧方式的选择	153
8.2	供氧浓度标准的确定	158
8.3	制氧设备组成	160
8.4	制氧系统工作流程	166
9	青藏铁路高原客车空调系统	178
9.1	空调系统	178
9.2	采暖系统	192
10	青藏铁路高原客车给水及卫生系统	194
10.1	四方股份公司客车给水及卫生系统	194
10.2	BSP 公司客车给水系统	198
10.3	BSP 公司客车开水装置	205

目录

10.4	BSP 公司客车卫生间模块	213
10.5	BSP 公司客车污水收集装置	219
10.6	BSP 公司客车真空集便系统	224
10.7	BSP 公司客车固体垃圾预处理装置	240
11	青藏铁路高原客车车门装置	244
11.1	双道密封电控气动塞拉门	244
11.2	双向摆门	249
11.3	BSP 公司客车手动拉门	250
11.4	BSP 公司客车转轴门和铰链门	250
12	青藏铁路高原客车车窗	253
13	青藏铁路高原客车电气化厨房	259
14	青藏铁路高原发电车	290
14.1	高原大功率柴油发电机组	291
14.2	发电车电气控制系统	294
14.3	DC600 V 整流装置	296
14.4	冷却系统	301
14.5	燃油系统	306
15	青藏铁路高原客车试验	309
15.1	四方股份公司客车高原适应性试验	309
15.2	BSP 公司客车零部件选型试验	318
15.3	首辆 BSP 公司客车高原试验	323
15.4	BSP 公司客车噪声型式试验	327
15.5	BSP 公司客车转向架动力学型式试验	333
15.6	BSP 公司客车制动系统型式试验	341
15.7	BSP 公司客车空调与制氧系统试验	350

1 青藏高原铁路概况

青藏铁路是世界上海拔最高、线路最长的高原铁路。由青海省西宁市至西藏自治区拉萨市，全长 1956 km。其中，西宁至格尔木段长 814 km，1979 年建成铺通，1984 年投入运营。新建的格拉段，位于青藏高原（图 1.1）腹地，跨越青海、西藏两省区，线路北起青海省西部重镇格尔木市，途经纳赤台、五道梁、沱沱河、雁石坪，翻越唐古拉山进入西藏自治区境内后，经安多、那曲、当雄至西藏自治区首府拉萨市，全长 1142 km；位于多年冻土区线路长 547 km，占全长的 48%；海拔 4000 m 以上线路长 960 km，占全长的 84%；最高处唐古拉山车站海拔 5072 m。“低压、低温、缺氧、日温差大、强紫外线、高原冻土、大风沙、多雨雪和频繁雷暴”等特点造成了沿线气候环境恶劣、生态环境脆弱，一向被认定为铁路禁区。



图 1.1 壮观的青藏高原

1.1 青藏铁路自然环境

青藏铁路通过地区深居大陆内部，具有独特的冰缘干寒气候特征。区内寒冷干旱，气候多变，四季不明，空气稀薄，气压低，一年内冻结期长达 7~8 个月（每年 9 月至次年 4、5 月间）。蒸发量远大于降水量，高山地区降水以雪、



霰、冰雹为主，广阔的高平原上则以降雨为主，年平均降水量 260 ~ 430 mm，年平均蒸发量 1330 ~ 1760 mm；年平均大风日数 10 ~ 178 天，风向以西北、西风为主，大风（ ≥ 8 级）多集中在 10 月至次年 4 月间；沿线全段年平均气温 $-7.8 \sim +5.2$ $^{\circ}\text{C}$ ，7 月份气温最高，平均 $5.6 \sim 17.8$ $^{\circ}\text{C}$ ，1 月份（有时 12 月 ~ 次年 2 月份）最低，平均 $-1.8 \sim -16.7$ $^{\circ}\text{C}$ ，极端最低气温 $-16.5 \sim -45.2$ $^{\circ}\text{C}$ ；最大积雪厚度 14 ~ 40 cm；平均雷暴日数 68 ~ 82 天；大气透明度良好，云量少，太阳直射量大，日照时数较大，一般为 2600 ~ 3000 h/a（格拉段气象资料见表 1.1）。

青藏线格拉段的主要工程地质问题有高原多年冻土、高地震烈度及活动断层等。线路经过连续多年冻土地段 547 km，该区段上可能出现热融、冻胀丘等现象。

表 1.1 格拉段气象资料汇总表

气象台站	格尔木	五道梁	沱沱河	安多	那曲	当雄	拉萨
海拔高度 (m)	2807.6	4612.2	4533.1	4800.0	4507.0	4201.1	3648.7
平均气压 (kPa)	72.49	57.89	58.50	57.40	58.74	60.44	65.22
年平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)	6.7	-5.2	-4.0	-2.9	-1.3	1.6	7.8
极端最高气温 ($^{\circ}\text{C}$)	35.5	23.2	24.7	23.3	24.2	26.5	29.6
极端最低气温 ($^{\circ}\text{C}$)	-33.7	-37.7	-45.2	-36.7	-41.2	-35.9	-16.5
相对平均湿度 (%)	32	57	53	51	54	54	41
年平均降水量 (mm)	41.8	290.9	248.5	428.4	293.4	468.1	406.8
年平均蒸发量 (mm)	2392.6	1316.9	1638.9	1782.9	1961.5	1866.1	1957.7
平均风速 (m/s) 及主导风向	2.6 W	4.1 W	3.9 W	4.3 NNE	4.1 SW	2.4 SW	2.0 ESE
年平均大风日数	9.8	130.1	178	147.1	106	57.1	26
最大积雪厚度 (cm)	6	14	39	20	21	14	12
最大季节冻土深度 (cm)	88				281	113	26
平均雷暴日数	3.3	36.7	47.8	74.8	80.6	75.5	68
含氧量 (g/m^3)	215.6	176	176	170	176	180	203
紫外线强度	海拔每升高 1000 m，紫外线强度增强 13%						

海拔高度：青藏线格拉段的海拔为 2828 ~ 5071 m，大于 4000 m 的线路占全长的 84%。气压：年平均气压为 58.0 kPa，最低气压为 54.4 kPa（即唐古拉山垭口处）。环境温度：青藏线格拉段的极限气温为 $-45.2 \sim +35.5$ $^{\circ}\text{C}$ 。特殊气象条件：风沙、风暴、大雪、雷电、冰雹以及风吹雪等条件。最大风速达 20 ~ 28 m/s。

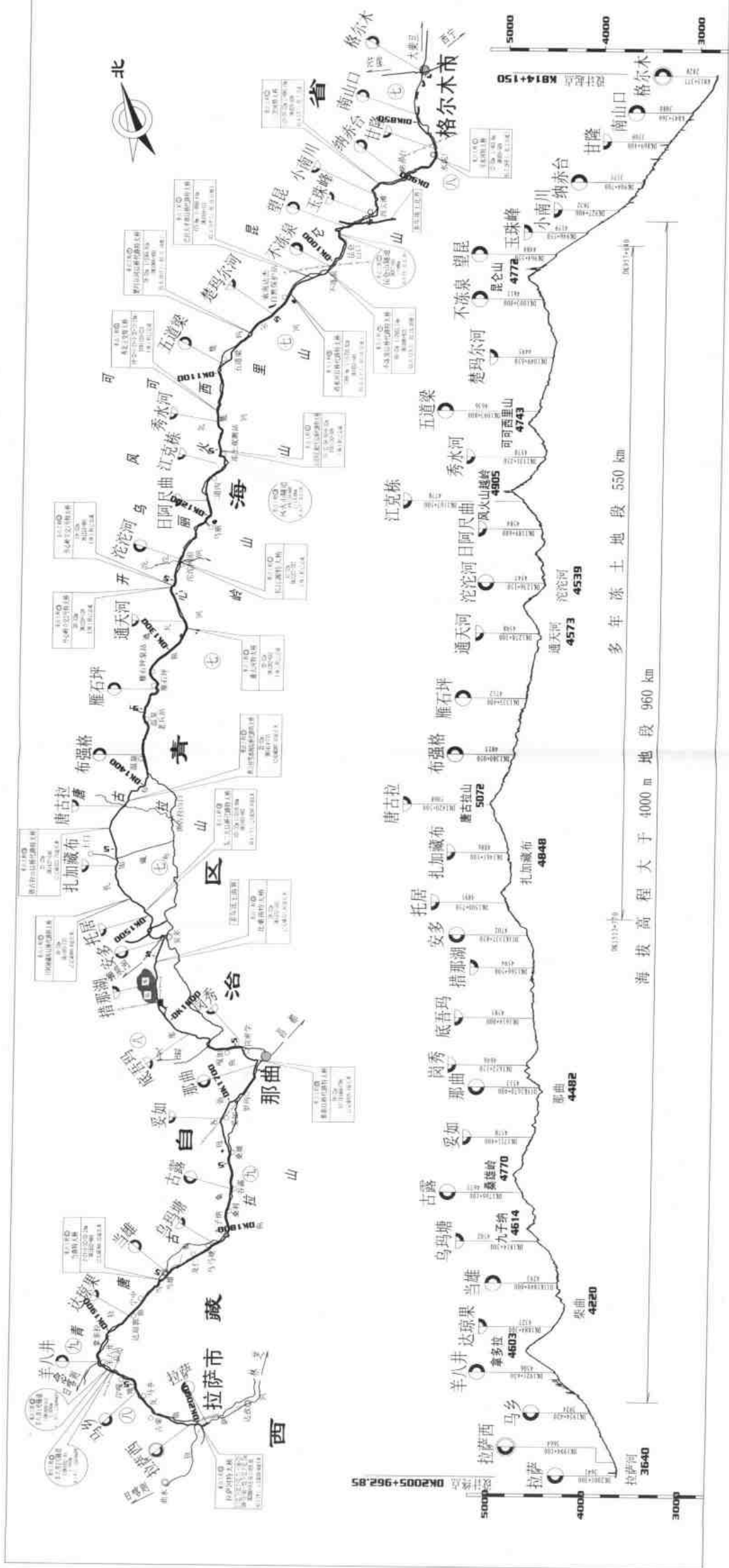


图1.2 新建青藏铁路格尔木至拉萨段平、纵断面图



1.2 青藏铁路

青藏铁路开工之前,多年冻土与高寒缺氧、生态脆弱成为铁路建设者面临的三大世界性筑路难题。

人类在多年冻土区修筑铁路已有百年以上历史,但已建成的多年冻土区铁路病害率很高,行车时速只有 60~70 km。20 世纪 70 年代建成的俄罗斯贝阿铁路,1994 年调查的线路病害率为 27.5%。运营近百年的西伯利亚铁路,1996 年调查的线路病害率为 45%。中国东北森林铁路多年冻土地段线路病害率也较高。病害地段列车慢行通过,使铁路运输效率受到很大影响。

青藏铁路建设首次采取“主动降温、冷却地基、保护冻土”的设计原则,这对“被动保温”是一场革命。设计中,尽量绕避不良冻土现象发育的地段,遇到高温极不稳定的厚层地下冰冻土地段,采取“以桥梁通过”的办法。施工中,采用片石通风路基、片石通风护道、通风管路基、热棒、铺设保温板等多项措施,提高冻土路基的稳定性,其中不少冻土工程措施都是世界首创。在青藏铁路上有一种特殊的路基,即在土路堤底部填筑一定厚度片石,上面再铺筑土层的路基。这种长达 111 km 的“片石层通风路基”为国内首创,它好似散热排风扇,冬季从路堤及地基中排除热量,夏季较少吸收热量,起到冷却作用,可有效保护冻土路基稳定。通过采取有效措施,建成后的青藏铁路冻土地段时速将达到 100 km,非冻土地段达到 120 km,这是目前世界上火车在高原冻土铁路上的最高时速。

2006 年 3 月 1 日,青藏铁路开行货物列车进行工程运营试验;5 月 1 日,青藏铁路格拉段开行不载旅客的旅客列车。通过试验,客、货列车运行效果良好。

青藏铁路格拉段平、纵断面图见图 1.2。图 1.3 所示是青藏线上海拔最高的车站——唐古拉车站。



图 1.3 青藏列车在唐古拉车站

2 160 km/h 速度等级青藏 客车技术条件

铁道部立足国内,组织铁道科学研究院、四方车辆研究所、客车制造厂以及相关高校、科研院所等单位,对青藏铁路的环境条件进行了认真深入的研究,对现有 25T 型客车技术水平及运营状况进行了全面分析,明确了青藏高原客车的技术难点:高原缺氧、强紫外线、频繁雷暴、低气压及气压波动、环境保护、高寒低温、多风沙雪暴,制定了青藏高原客车的技术条件。

2.1 总 则

2.1.1 本技术条件适用于为青藏铁路配套的 160 km/h 速度等级的旅客列车。

2.1.2 旅客列车包括硬座车、硬卧车、软卧车、餐车和发电车等。用于北京、上海、广州、成都、重庆、西宁、兰州等地经格尔木至拉萨之间运营,为高原旅客列车。发电车为高原专用发电车,仅用于兰州至拉萨之间运营。

2.1.3 高原旅客列车既要在既有线路上按最高 160 km/h 速度运行(以上线路简称常规线路),又要在青藏铁路的格尔木至拉萨之间(简称格拉段)以最高 120 km/h 速度运行。

2.2 基本要求

2.2.1 高原旅客列车应满足通用客车的技术要求,同时应满足本技术条件所提出的高原车的特殊要求。

2.2.2 车辆设计时需注意附件 A《青藏铁路运用条件》中所提的特殊环境条件,采取有效的防风沙、防雪设计。

2.2.3 车辆及其设备的一般技术规定、质量管理要求、组装后的检查和试验、使用的材料及配件等,除符合本技术规范要求外,应符合有关国标、铁标的要求。车辆的设计制造应贯彻先进、成熟、经济、适用、可靠的方针,遵循标准化、系列化、模块化、信息化的原则。车辆的零部件应具有通用性、互换性并应具有良好的防腐耐磨耗性能,具有足够的强度和刚度,使检修的工作减至最低的程度。

2.2.4 车辆及其设备应在保证旅客安全、舒适的前提下,尽量减轻自重,



并具有良好的防火和阻燃性能,采用的非金属材料的阻燃性能须符合铁道部的有关规定,尽可能采用绿色环保材料。

2.2.5 环保要求

2.2.5.1 执行国家及上级有关部门关于环保方面的法律、法规、标准及相关规定,提高环境保护意识,对影响环境因素的有关事项进行控制,应特别注意青藏线格拉段的特殊环境保护要求,同时满足铁道部“关于印发《铁路客车室内及内装材料有害物质限量研究评审意见》、《铁路客车内装材料有害物质限量技术条件》和《铁路客车室内空气中甲醛的限量技术条件》”〔运装客车(2003)3号〕的要求。

2.2.5.2 对车辆的所有污物采取定点集中处理,污物集中器应有足够的容量以满足使用要求,以免对沿线造成污染。

2.2.5.3 在高原运行(格拉段)时,污水须在指定地点排放。

2.2.6 转向架轴承、油压减振器、高度阀、差压阀等重要配件采用进口配件,国产重要配件须在铁道部鉴定、审查的产品中选用。

2.2.7 车辆强度应符合 TB 1335《铁道车辆强度设计及试验鉴定规范》的要求。

2.2.8 车辆动力学性能应符合 GB 5599《铁道车辆动力学性能评定和试验鉴定规范》的要求。

2.2.9 车辆限界应符合 GB 146.1《标准轨距铁路机车车辆限界》的要求。

2.2.10 车辆的使用寿命为30年,在15年内车体钢结构不得发生挖补和截换。车辆按走行公里进行检修,分为A1~A4修程。

2.2.11 车辆密封

车辆整车落成后的密封性能应达到下列指标:

2.2.11.1 车辆各部位不得有渗漏水现象。

2.2.11.2 车辆应具有良好的密封性,在车辆正常运行时,车内须保持100 Pa以上的正压。

2.2.12 侧风稳定性

2.2.12.1 在侧风影响下,应确保车辆运行的稳定性。

2.2.12.2 对于垂直于车辆纵向对称面的常值侧风,应满足表2.1限制条件。

表 2.1 常值侧风限速表

风速 (m/s)	28	30
最高运行速度 (km/h)	160	120



2.3 常规线路运用条件

2.3.1 关于环境

2.3.1.1 海拔高度： $\leq 3900\text{ m}$ 。

2.3.1.2 环境温度： $-40 \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.3.1.3 最大相对湿度（该月月平均最低温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）： 95% 。

2.3.1.4 风、沙、雨、雪天气，有盐雾、酸雨、沙尘暴等现象。

2.3.1.5 最大风速：一般年份 15 m/s ，偶有 30 m/s 。

2.3.2 关于线路

2.3.2.1 建筑限界：符合 GB 146.2《标准轨距铁路建筑限界》。

2.3.2.2 坡道

2.3.2.2.1 区间最大坡度：一般为 12‰ 。

2.3.2.2.2 困难条件下： $\leq 30\text{‰}$ 。

2.3.2.3 最小曲线半径： 145 m 。

2.3.2.4 缓和曲线为三次抛物线线型，缓和曲线的最小长度取下列三式中的最大值（按 10 m 进位取整考虑）：

$$l_1 \geq 0.5 h_0$$

$$l_2 \geq 7.4 \times 10^{-3} \times v_{\max} \times 78 h_0$$

$$l_3 \geq 9.0 \times 10^{-3} \times v_{\max} \times h_0$$

式中 $v_{\max}$ ——曲线最高限速（ km/h ）；

h_0 ——曲线超高（ mm ）；

h_0 ——曲线欠超高（ mm ）。

2.3.2.5 线间距： 4.2 m 。

2.3.2.6 到发线有效长度： 650 m 。

2.3.2.7 轨距： 1435 mm 。

2.3.2.8 最大超高： 150 mm 。

2.3.2.9 最大欠超高允许值： 110 mm 。

2.3.2.10 道岔：9号、12号道岔。

2.3.2.11 竖曲线半径： 15000 m 。

2.3.2.12 车站站台高度： $300 \sim 1200\text{ mm}$ 。

2.3.2.13 车站站台边缘距轨道中心线的距离： 1750 mm 。

2.3.2.14 线路不平顺管理标准见表 2.2。



表 2.2 轨道不平顺动态管理标准 (半峰值)

线 别	等 级	高低 (mm)	轨向 (mm)	水平 (mm)	三角坑 (mm)	轨距 (mm)	车体振动加速度	
							垂直 (g)	水平 (g)
既有线提速 (120 ~ 160 km/h)	经常保养 (1 级)	6	5	6	5	+6, -4	0.10	0.06
	舒适度 (2 级)	10	8	10	8	+10, -7	0.15	0.10
	紧急补修 (3 级)	15	12	14	12	+15, -8	0.20	0.15
说明: ①表中不平顺各种偏差限值为实际幅值的半峰值; ②水平限值不含曲线上按规定设置的超高值及超高顺坡量; ③三角坑限值包含缓和曲线超高顺坡造成的扭曲量, 基长 2.4 m。								

2.3.2.15 正线数目: 双线。

2.3.2.16 轨底坡: 1/40。

2.3.3 关于运输组织

2.3.3.1 采用客货混运的运输组织模式, 适合与既有线列车混运。

2.3.3.2 列车不通过驼峰; 不与货物列车混编。

2.3.3.3 列车在青藏铁路运行时附挂高原专用发电车供电, 在其他线路运行时由机车供电。

2.3.4 检查与维护

检查库设直流 600 V 电源, 可作为车辆外接电源供检修使用。

2.3.5 供水设施

2.3.5.1 相互距离 600 ~ 1 000 km。

2.3.5.2 上水嘴形式符合 TB 112。

2.3.5.3 供水质量为非直接饮用水。

2.3.6 排污设施

2.3.6.1 污物排放时间间隔 25 ~ 30 h。

2.3.6.2 排污嘴形式符合 UIC 563《客车卫生和清洁设备》的有关规定。

2.3.7 排污点设移动式或固定式集中吸污设备。

2.4 格拉段的特殊运用条件

2.4.1 旅客列车除应满足上述运用条件外, 还应适应本章提出的运用条件和附件 A《青藏铁路运用条件》所描述的青藏铁路运用条件、自然环境情况。

2.4.2 自然环境

2.4.2.1 海拔高度不高于 5 100 m。

2.4.2.2 气温条件: 不同海拔高度下适用环境温度, 符合表 2.3 要求。



表 2.3 格拉段环境温度表

适用海拔高度 (m)	适用最高环境温度 (°C)	适用最低环境温度 (°C)
2 800 ~ 4 500	35	- 36
4 500 ~ 5 100	25	- 45

2.4.2.3 低气压。

2.4.2.4 强紫外线。

2.4.2.5 阵风风速 28 m/s 以下, 偶有 30 m/s。

2.4.2.6 常值侧风风速 20 m/s 以下。

2.4.2.7 较长雷区区段。

2.4.2.8 轨面有一定积雪。

2.4.2.9 较长的冻土地段, 且有热融冻胀现象。

2.4.3 线路条件

2.4.3.1 铁路等级: I、II 级混合标准, 线下工程按 I 级设计。

2.4.3.2 正线数目: 单线。

2.4.3.3 最大坡度: 20‰。

2.4.3.4 区间最小曲线半径: 800 m, 困难地段 600 m。

2.4.3.5 到发线有效长度: 650 m, 预留 850 m。

2.4.3.6 隧道设有机械通风装置。

2.4.3.7 线路不平顺管理

轨道不平顺动态管理标准按表 2.2 中 120 km/h 线路执行。

2.4.4 禁止在冻土带和三江水源区域直排污水。

2.4.5 高原电气要求

2.4.5.1 绝缘性能

2.4.5.1.1 绝缘强度

在电气产品设计中, 必须考虑到在海拔 0 ~ 5 100 m 范围内, 每升高 1 000 m, 外绝缘强度降低 8% ~ 13% 的影响。

2.4.5.1.2 电气间隙

最小电气间隙海拔修正系数按表 2.4 设计。



表 2.4 最小电气间隙海拔修正系数

海拔高度 (m)	气压 (kPa)	修正系数
0	101.3	0.79
500	95.5	0.84
1000	90.0	0.89
2000	79.5	1.00
3000	70.1	1.14
4000	61.7	1.29
5000	54.0	1.48

2.4.5.1.3 爬电距离

爬电距离通过 2.4.5.2 规定的冲击耐受电压试验验证。

2.4.5.2 冲击耐受电压

冲击耐受电压值海拔修正系数见表 2.5。

表 2.5 冲击耐受电压值海拔高度修正系数

海拔高度 (m)	0	500	1000	2000	2500	3000	4000	5000
气压 (kPa)	101.3	95.5	90.0	79.5	74.8	70.1	61.7	54.0
修正系数	1.354	1.260	1.205	1.066	1.000	0.938	0.832	0.726

2.4.5.3 散热性能

2.4.5.3.1 一般电器

海拔升高时,对一般电器的温升递增率需进行补偿,其值由卖方提出、买方认可。

2.4.5.3.2 电机

通过降低电机的最高环境温度补偿海拔高度的影响,以最高环境温度为 40℃,海拔不超过 1000 m 为基准,电机运行地点得以补偿的最高环境温度如表 2.6 所示。

表 2.6 最高环境温度修正表

海拔高度 (m)	温度 (℃)				
	绝缘等级				
	A	E	B	F	H
1000	40	40	40	40	40
2000	34	32.5	32	30	27.5
3000	28	25	24	20	15
4000	22	17.5	16	10	2.5
5000	16	10	8	0	-10



2.4.5.3.3 强迫风冷电气设备

推荐采用可调速通风机,根据冷却效果进行调速,以保证散热要求。

2.4.5.3.4 电力半导体变流装置

电力半导体变流装置必须按 GB/T 3859.2《半导体变流器应用导则》附录 B 给出的半导体器件的电流容量随海拔高度而变化的关系曲线考虑海拔高度的影响。

2.4.5.4 开关电器的通断能力

开关电器的灭弧性能、通断能力和电气寿命必须考虑到高海拔的影响。

2.4.5.5 每节车辆均需设防雷击设施。

2.5 列车编组及车种

2.5.1 列车编组

旅客列车编组为 16 辆(含发电车 1 辆),其中 1 辆餐车、4 辆硬座车、8 辆硬卧车、2 辆软卧车。在高原(兰州—拉萨)运用时在车组一端增加 1 辆发电车。

2.5.2 车种

包括高原硬座车、高原硬卧车、高原软卧车、高原餐车和高原发电车。

2.6 客车主要技术要求

2.6.1 主要技术参数

2.6.1.1 轨距:1435 mm。

2.6.1.2 构造速度:160 km/h(满足持续运营速度 160 km/h)。

2.6.1.3 在平直道上重车紧急制动距离:初速度 160 km/h 时 ≤ 1400 m。

2.6.1.4 通过最小曲线半径:单车为 100 m,连挂时为 145 m。

2.6.1.5 平稳性指标:发电车 ≤ 2.75 ,其他车 ≤ 2.5 。

2.6.1.6 噪声(160 km/h 时):硬座车、硬卧车、餐车餐厅 ≤ 68 dB(A),软卧车 ≤ 65 dB(A)。

2.6.1.7 静止状态下车体传热系数(K 值):发电车配电室、包间 ≤ 1.16 W/($m^2 \cdot K$),其他车 ≤ 1.2 W/($m^2 \cdot K$)。

2.6.1.8 照度:符合 GB/T 12815《铁道客车照明设计基本参数》的要求。

2.6.1.9 轴重: ≤ 16.5 t。

2.6.1.10 主要尺寸

2.6.1.10.1 车体长度:25 500 mm。



- 2.6.1.10.2 车体宽度: 3 105 mm。
- 2.6.1.10.3 车顶距轨面高度 (空车时): 4 433 mm。
- 2.6.1.10.4 车辆定距: 18 000 mm。
- 2.6.1.10.5 车钩中心线距轨面高度: 880 mm。
- 2.6.1.10.6 地板面距轨面高度: 1 283 mm。
- 2.6.1.10.7 通过台渡板面距轨面高度 (装用 15 号车钩时): 1 333/
1 283 mm。

2.6.2 车体钢结构

2.6.2.1 车体钢结构采用整体承载无中梁筒形结构。车下设裙板或设备仓, 按铁道部统型方案执行。车顶空调机组座处平顶板、厕所和洗脸室等易腐部位地板采用不锈钢板。所有钢材应具有良好的可焊性。

2.6.2.2 车体钢结构组成后, 其平面度为: 侧墙 ≤ 1.5 mm/m, 车顶两侧 ≤ 2 mm/m, 端墙 ≤ 2.5 mm/m, 车顶中部 ≤ 4 mm/m, 并不得有明显的局部凹凸不平。

2.6.2.3 车顶两侧设雨檐。

2.6.2.4 枕内 2 m 范围内侧梁上设顶车位。

2.6.2.5 车体侧墙两侧设可更换的运行方向牌和插座。

2.6.2.6 一、四位侧门附近的侧墙上设侧灯座 (餐车三、四位)。

2.6.2.7 二、三位侧门附近的侧墙上设顺位牌 (餐车三、四位)。

2.6.2.8 两端外端墙设攀登车顶用的扶梯。

2.6.2.9 侧门采用塞拉门的车, 需在一、四位角设调车脚蹬。

2.6.3 钢结构的除锈防腐和油漆

2.6.3.1 车体钢结构的钢材表面应进行预处理, 进行抛丸处理的钢材表面清洁度应达到 Sa2 $\frac{1}{2}$ 级、局部 Sa2 级; 薄钢板表面清洁度应达到有关规定的要求。

2.6.3.2 车体钢结构内、外表面采取经铁道部认可批准的成熟工艺方法进行防腐处理。

2.6.3.3 车体外部墙的面漆应满足青藏铁路上运用的要求, 有较高的抗紫外线、抗风沙能力。涂装的油漆至少在 A3 级修程内无须重新喷涂, 工厂交车时提供油漆修补工艺的技术资料。

2.6.3.4 底漆、腻子、中间涂层、面漆及清漆由同一厂家配套。

2.6.3.5 外皮美工方案由卖方提出、买方审定后执行。

2.6.4 车体隔热材

车体隔热材采用包装严密的玻璃棉板,墙、顶隔热材内侧加铝箔(铝箔设在玻璃棉包装薄膜的外侧),隔热材的安装须牢固、严密,不得有缝隙。

2.6.5 车内墙、顶、地板

2.6.5.1 内装骨架采用无木结构,尽可能实现模块化设计。地板采用浮筑结构,通过台、小走廊地板优先采用防腐地板(餐车除外),防腐地板的形式和性能须符合铁道部批准的技术条件。客室、餐厅地板表面覆经铁道部批准厂家生产的阻燃改进型或进口PVC或橡胶地板布,可采用分幅组焊形式,地板布厚度3mm,具有良好的抗灼烧能力,各项性能须符合铁道部批准的技术条件;要保证地板布粘接牢固。在正常使用情况下,在一个厂修期内不得出现鼓泡、开胶、褪色、破损等缺陷。各板、梁、柱间采取隔音减振措施,避免在运行中发生声响。

2.6.5.2 墙、顶板和间壁板的安装须严密(间壁板可采用塑贴胶合板),并应减少接缝和压条。

2.6.5.3 地板周围及各螺栓、管道等穿过地板处须保证水不渗漏到地板内部。

2.6.5.4 洗脸室、厕所地板采用深色仿理石地板,为圆形凸起防滑表面。地板与墙板、门槛结合须严密,保证用水冲洗时,水不渗到墙板、地板内部。地板应防滑、耐磨,应有坡度。

2.6.5.5 厕所和洗脸室采用玻璃钢模压产品。硬卧车、软卧车洗脸室设一个二、三芯带保护门的防水插座。玻璃钢的材质应具有良好的耐老化、耐候性能,具有足够的强度和刚度,在质量保证期内不得出现由质量造成的变色、裂纹、破损、胶衣脱落等缺陷。厕所内要尽可能无外露管路。

2.6.6 车钩缓冲装置

2.6.6.1 采用密接式车钩、弹性胶泥缓冲器。

2.6.6.2 车钩的抗拉强度 ≥ 2000 kN;缓冲器容量 ≥ 30 kJ。

2.6.6.3 部分客车一位端采用密接式车钩,二位端采用15号小间隙C级钢车钩及钩尾框,并配置一套过渡车钩装置。部分装用密接车钩的硬卧车一位端密接车钩可更换为15号小间隙C级钢车钩。

2.6.6.4 设车端阻尼装置,安装位置符合铁道部规定图纸。

2.6.7 风挡、渡板装置及翻板

采用密封式折棚风挡,部分客车装用橡胶风挡。

2.6.8 转向架

2.6.8.1 选用运用考验证明可靠的转向架,具体型式由卖方提出、买方



认可。

2.6.8.2 轴重 $\leq 16.5\text{ t}$ (发电车轴重 $\leq 23\text{ t}$)。

2.6.8.3 采用进口整体辗钢车轮, 轮径为 $\phi 915\text{ mm}$, 轮对组成后应符合 160 km/h 运行速度的要求, 应采用减重法做动平衡试验, 不平衡值 $\leq 0.5\text{ N}\cdot\text{m}$ 。同一轮对轮重差不超过 4% 。车轴端部螺栓孔采用三孔机床加工, 确保加工精度。

2.6.8.4 采用进口油压减振器、差压阀、高度阀、轴承。

2.6.8.5 采用进口整体保持架短圆柱或圆锥滚子轴承。

2.6.8.6 在轴箱上安装轴温报警用数字式传感器及铁道部审定厂家的接地装置。采用经铁道部统型的KZS/M-II型集中式轴温报警器。轴报记录仪设置在播音室内。

2.6.8.7 转向架各部件应具有良好的耐磨性能, 要有良好的精度, 便于装卸, 作用灵活, 关键部件的紧固件采用防松螺母, 按铁道部要求执行, 并须涂打防松标记。除闸瓦、油压减振器、橡胶件和车轮踏面外, 其余各部件应满足 200 万 km 无需换修的要求。

2.6.8.8 转向架具有良好的防腐性能, 转向架各零部件涂装油漆后组装落成。

2.6.8.9 转向架构架须参照UIC标准要求, 进行 6×10^6 次疲劳试验并满足有关要求。

2.6.8.10 转向架的安全性能: 脱轨系数 ≤ 1.0 , 轮重减载率 ≤ 0.6 , 倾覆系数 ≤ 0.8 。

2.6.9 制动装置

2.6.9.1 采用104型集成化电空制动装置、气路控制箱, 或104型电空制动机。

2.6.9.2 采用双管制供风, 模块化设计, 要求管排组成后装车。主管直径1英寸, 必要时双管供风可转换为单管供风; 采用球形折角塞门, 球形截断塞门与集尘器联合体; 采用制动软管连接器总成; 车下制动装置应具有在高速运行时防石击损坏的措施。

2.6.9.3 采用盘形制动装置和电子防滑器。连接防滑器压力开关的风管设截断塞门。

2.6.9.4 车辆一位端设手制动机。

2.6.9.5 车上设紧急制动阀、制动管压力表、总风管压力表, 设能从车上、车下操作的缓解阀。



2.6.9.6 车体两侧设制动、缓解显示器。

2.6.9.7 所有制动管路（转向架上连接橡胶管、制动模块与外部管路连接橡胶管除外）采用不锈钢制品，转向架上的橡胶风管外部设金属护套。管路及风缸内部须清洁，不得有残留物。

2.6.10 给水和卫生装置

2.6.10.1 设车内上水箱，可以从车体两侧注水，注水口应有防污措施。

2.6.10.2 水箱用不锈钢制作，容量 ≥ 1000 L。

2.6.10.3 水管路采用不锈钢管，水箱及水管路采取防寒措施，在最低环境温度下能正常使用。

2.6.10.4 采用节水水阀（软卧、餐车除外），软卧车洗脸间、卫生间可选用适于其档次、性能可靠的手动水阀。各车设液位显示装置。

2.6.10.5 设电热温水装置。

2.6.10.6 各车（餐车除外）设铁道部批准厂家生产的嵌入式电开水炉，另设便于乘务员接水的水阀。饮水机供水品质符合饮用水标准。

2.6.10.7 蹲式便器采用不锈钢制品。

2.6.10.8 厕所、洗脸室内设垃圾箱，设装两卷手纸的手纸架，装有座式便器的厕所，设座便纸垫圈盒。

2.6.10.9 采用真空集便装置，每车厕所污物箱的容积不小于 550 L。

2.6.10.10 污物箱两侧设置 2.5 英寸排污接头，可以从车体两侧进行排污。污物箱设自动排放阀，车内设置排放按钮。

2.6.10.11 污物箱设置 80%、100% 液位传感器。

2.6.10.12 车内设置 80%、100% 液位显示、加热工作显示等。

2.6.10.13 污物箱及管路应采取防冻、防寒措施。在最低环境温度下能正常使用。

2.6.10.14 集便器使用标识应明确，设禁往便器内扔杂物的标记。

2.6.10.15 车辆设污水箱。盥洗的污水应排入污水箱，不得直接排出车外。

2.6.10.16 污水箱容积根据运行交路和定员确定。

2.6.10.17 污水箱可在车上控制向车下排放，也可在指定地点排除污水或清洗。

2.6.10.18 污水箱应有防冻、防腐措施。

2.6.10.19 污水箱内设置 80% 和 100% 液位传感器，设置温度传感器，控制加热元件的开启，保证车辆在低温环境下正常运营。

2.6.10.20 设有状态显示器：电源显示、加热显示、污水箱满 80% 液位显



示和 100% 液位显示、故障显示。

2.6.10.21 车下排水系统应充分考虑整体密封性,减少噪声。

2.6.10.22 车上设满足长距离运行的垃圾收集装置。

2.6.11 采暖装置

客车采用 DC600 V 管式电热采暖装置。设超温保护装置及控制装置。外气计算温度、湿度及车内温度、湿度及其他各项指标须符合 GB/T 12817 的要求。

2.6.12 供电与照明

2.6.12.1 采用 DC600 V 集中供电。

2.6.12.2 设双线两路客车电源,分散变流;各车设逆变器、充电机、单相不间断逆变器及三相四线制隔离变压器,各设备的具体容量及要求由卖方提出、买方确认。

2.6.12.3 各车设双线两路直流电源干线及连接器,连接器的型式由卖方提出、买方认可。

2.6.12.4 车内设播音装置和共用电话插座,播音天线采用 TLGF-3 型抗干扰天线,外端墙设 DC48 V 侧灯插座。

2.6.12.5 各车设 39 芯改进型通信连接器。

2.6.12.6 各车设 DC110 V 干线及连接器。

2.6.12.7 各车设电空制动连接器。

2.6.12.8 各种连接器的安装位置按铁道部统一要求设置。

2.6.12.9 电线采用低烟无卤机车车辆阻燃线,配线布线应满足青藏高原运用要求,并符合铁道部规定的《铁道客车配线布线规则》。

2.6.12.10 车下配线采用模块化设计,车上尽可能采用模块化设计。车内外配线均应布在经铁道部审查的、有内绝缘的金属线槽、线管及金属软管、尼龙软管内(转向架上轴温报警器线管除外),应防止雨、水进入线路及连接器内。不同电压制式电缆须分开布线及穿管,并采取防鼠措施。

2.6.12.11 所有机电设备的金属外壳应有可靠的接地保护。每个转向架每根轴的一端设接地回流装置。

2.6.12.12 所有分线盒、接线柱、电气开关、继电器、熔断器等均应设在便于检修、更换的位置,车下分线盒用不锈钢制作(伴热线专用接线盒除外)。

2.6.12.13 客车照明为荧光灯或其他照明,软卧车设床头灯,硬卧车大走廊设夜灯。

2.6.12.14 控制电源为 DC110 V,灯具、信息显示、轴温报警器、防滑

器、塞拉门和呼唤系统均采用 DC110 V 供电, 尾灯和共线电话电源采用 DC48 V 供电, 交流插座采用 AC220 V 不间断电源供电。

2.6.12.15 各车车下装有 DC110 V、碱性免维护蓄电池。电池箱内电池正、负输出线须设熔断器过载保护。

2.6.12.16 各车采用 PLC 电气综合控制柜, 供电母线设有在线绝缘检测装置。

2.6.12.17 采用二、三芯带保护门的交流插座设置: 硬卧车大走廊设 3 个; 软卧车大走廊设 2 个, 包间内各设 1 个; 乘务员室设 1 个。

2.6.13 监控系统

2.6.13.1 列车构成 PLC 控制的无主网络监控系统、无线传输系统。

2.6.13.2 PLC 系统应能对空调系统、电源供电系统、逆变器、充电机进行电气性能的监视和控制。

2.6.13.3 PLC 系统应能对塞拉门、轴温报警系统、防滑器、烟火报警系统进行监视, 并对制动系统的列车管、工作风缸、制动缸压力进行监测。

2.6.13.4 各车设烟火报警系统。

2.6.13.5 采用 LONWORKS 现场总线, 通信介质为双绞屏蔽线。

2.6.13.6 各子系统的通信协议应服从本车监控系统。

2.6.13.7 监控系统的主控站设在车辆工程师室, 塞拉门集控系统设在播音室。

2.6.14 旅客信息系统

2.6.14.1 设有集中控制的旅客信息系统, 主机设在播音室并配有便携式微机, 车内设信息显示屏。

2.6.14.2 旅客信息系统可以显示运行速度, 时间, 车内、外温度, 前方到站, 海拔高度等信息, 信息内容可以编辑, 显示颜色为绿色。

2.6.15 音像系统

2.6.15.1 软卧车、餐车设列车影视系统, 主机设在播音室, 并配有地面编辑机。

2.6.15.2 软卧车每铺设有 1 个液晶电视, 由控制板操作。控制板上设有音量、频道、电源开关, 并安装在易于操作的地方, 通过设在侧墙上的耳机插座收听声音, 并设置耳机及挂钩。餐车餐厅和吧区分别设液晶电视。

2.6.15.3 软卧车电视设在纵向间壁上。

2.6.16 空气调节装置

2.6.16.1 夏季车外计算温度 40℃, 相对湿度 46% 时, 客室温度为 24 ~



28℃, 相对湿度 $\leq 65\%$, 冬季车外计算温度为 -35°C 时, 客室内温度 $\geq 18^\circ\text{C}$, 厕所温度 $\geq 16^\circ\text{C}$ 。冬、夏季沿客室长度、高度方向的温差 $\leq 3^\circ\text{C}$ 。

2.6.16.2 新鲜空气量: 夏季 $20\text{ m}^3/(\text{人}\cdot\text{h})$, 冬季 $10\text{ m}^3/(\text{人}\cdot\text{h})$ (在高原运行时, 新鲜空气量可根据青藏客车实际需要由卖方提出建议、买方认可。)

2.6.16.3 微风速: 夏季 $\leq 0.25\text{ m/s}$, 冬季 $\leq 0.20\text{ m/s}$ 。

2.6.16.4 客室内空气含尘量 $\leq 1\text{ mg/m}^3$ 。

2.6.16.5 客室内二氧化碳容积浓度 $\leq 0.5\%$ 。

2.6.16.6 采用车顶单元式空调机组, 机组及通风须满足 160 km/h 速度运行的要求, 在外温 $+45^\circ\text{C}$ 时保证启动。机组的安装应方便检修。

2.6.16.7 厕所和通过台考虑纳入空调范围。

2.6.16.8 客室密封性良好, 避免在最高速度运行下灰尘进入客室。

2.6.16.9 送风方式应避免冷风直接吹向旅客。软卧车可实现包间内温度可调。风道采用适当的内外隔音、吸音措施, 减少送风噪声。

2.6.17 车门

2.6.17.1 各门按铁道部统图方案执行, 作用应灵活、可靠, 关闭严密。

2.6.17.2 各车侧门 (餐车除外) 采用带集控功能的电控气动塞拉门, 采用整体塞拉门门框。在播音车的播音室可实行对全列车门的集中控制, 通过台设手动翻板。内端门采用单摆门, 外端门为经铁道部审定的手动双摆门。乘务员室门为折页门, 隔门为单摆门, 设观察窗。餐车侧门采用折页门。列车端部硬卧车一位端为折页式外端门。

2.6.17.3 硬卧车、软卧车、餐车走廊隔门采用双向摆门, 门框内侧距离: 硬卧车为 700 mm, 软卧车为 660 mm, 餐车为 600 mm。

2.6.17.4 各门应加锁 (摆门除外), 采用统一形式的门锁, 统一钥匙。厕所门锁设有无人显示, 检查门锁采用标准内三角钥匙可以打开的锁, 要求门锁作用灵活、可靠, 方便检修。锁的手把尽可能不突出门表面。

2.6.17.5 各门框安装牢固, 周边不得有锐棱, 须圆滑过渡。

2.6.18 车窗

2.6.18.1 各车车窗采用改进型隔断热桥、密封性能良好的车窗结构, 车窗玻璃应采用低辐射 (抗紫外线) 玻璃。

2.6.18.2 厕所、洗脸室、储藏室玻璃和厨房窗下半部玻璃为磨砂玻璃, 其他为透明玻璃, 厕所车窗内侧设护栏。

2.6.18.3 各车窗应严密, 不得漏雨、渗水, 并应便于更换玻璃。

2.6.18.4 除厕所、洗脸室、卧车两端小走廊、餐车厨房外, 各窗设窗帘。



软卧车、餐车设纱帘和窗帘。

2.6.19 车内设备

2.6.19.1 硬座车、硬卧车、软卧车在一、二位端设2个2L水型灭火器和2个2kg磷酸铵盐干粉灭火器。餐车一位端、厨房分别设2个4L水型灭火器。除餐车厨房外各部位灭火器均带有可旋转底座并嵌入式安装。所有灭火器底座距地板布面约1400mm。

2.6.19.2 各车走廊或通过台(餐车除外)设置隐藏式垃圾箱或垃圾压缩机,投放口应使用方便,不得小于310mm×220mm,投放口处须设禁扔烟头标记。

2.6.19.3 在硬卧车、软卧车客室走廊设2个,硬座车(餐车)在客室(餐厅)设4个,乘务员室设1个加铅封的安全锤。或采用应急逃生窗。

2.6.19.4 硬座车行李架采用铝合金或工程塑料板式行李架。

2.6.19.5 通过台处设嵌入式烟灰缸。

2.6.19.6 采用带阻尼装置的翻板凳。

2.6.19.7 座椅、卧铺与墙板、间壁板间留有安装座套、布套的空间。

2.6.19.8 软卧车包间内提供地毯、卧铺套、靠背套。

2.6.20 电气设备的适应温度要求如下:存放环境温度(正常起机): $-25\sim 70^{\circ}\text{C}$;车厢内电气设备工作环境: $0\sim 40^{\circ}\text{C}$;车下电气设备工作环境温度: $-40\sim 40^{\circ}\text{C}$,低于 -40°C 考虑使用加热装置。

2.7 各车种技术要求

2.7.1 高原硬座车

2.7.1.1 定员98人。

2.7.1.2 平面布置参考25T型硬座车,在适当位置设置制氧设备,具体方案由卖方提出、买方认可。

2.7.2 高原硬卧车

2.7.2.1 定员60人。

2.7.2.2 平面布置参考25T型硬卧车,在适当位置设置制氧设备,具体方案由卖方提出、买方认可。

2.7.2.3 播音车乘务员室与播音室合为一间。

2.7.2.4 设车辆工程师室的车辆,车辆工程师室与乘务员室合为一间。

2.7.2.5 客室采用半封闭式,上铺与中铺、中铺与下铺间设脚蹬,脚蹬靠门框处安装。



2.7.2.6 下铺长度为 1 970 mm，中铺采用固定式，中铺、上铺长度为 1 900 mm，铺宽度为 585 mm。

2.7.3 高原软卧车

2.7.3.1 定员：32 人。

2.7.3.2 平面布置参考 25T 型软卧车，在适当位置设置制氧设备，具体方案由卖方提出、买方认可。

2.7.3.3 下铺宽度为 750 mm，长度为 1 960 mm，门口处斜角圆滑过渡，下铺面距地板面高度为 430 mm；上铺宽度为 700 mm，长度为 1 850 mm；靠背下边缘距下铺面高度为 260 mm，长度不小于 1 880 mm，靠背可调节角度。

2.7.3.4 包间拉门锁与手把分离，拉门在全开、全闭状态应有可靠的自锁功能。

2.7.4 餐车

2.7.4.1 定员 44 人。

2.7.4.2 平面布置参考 25T 型餐车，在适当位置设置制氧设备，具体方案由卖方提出、买方认可。

2.7.4.3 设固定座椅。

2.7.4.4 采用适于高原运行时使用的电气化厨房设备。

2.7.4.5 侧走廊门与厨房间通道处地板表面铺设防滑的不锈钢板。

2.7.4.6 预留存放送餐小车的位置。

2.7.4.7 设消毒柜。

2.8 高原专用发电车

2.8.1 本发电车为青藏铁路专用发电车，用于 160 km/h 高原旅游观光列车及 160 km/h 高原旅客列车供电。除应满足兰州至格尔木区间的运用需要外，还应满足格拉段特殊运用的需要。

2.8.2 本发电车应满足本技术条件有关规定，其他技术要求按 TB/T 2396《铁道空调客车用发电车技术条件》执行。

2.8.3 发电机组数量及输出功率应满足车组用电的运用要求，车组编组按旅客列车：软卧车（2）、硬卧车（8）、硬座车（4）、餐车（1）和发电车（1）共 16 辆考虑。

2.8.4 发电车油箱有效容积按格尔木至拉萨交路运行不加油连续使用设计。

2.8.5 发电车主要技术参数

- 2.8.5.1 轴重 $\leq 23\text{ t}$ 。
- 2.8.5.2 平直道上紧急制动时的制动距离：常规线路（初速 160 km/h ）， $\leq 1400\text{ m}$ ；格拉段（初速 120 km/h ）， $\leq 1100\text{ m}$ 。
- 2.8.5.3 构造速度： 160 km/h 。
- 2.8.5.4 格拉段最高运营速度： 120 km/h 。
- 2.8.5.5 定员：卧铺（乘务人员），16 人；坐席（配电室），2 人。
- 2.8.5.6 车钩中心线距轨面高度： 880 mm 。
- 2.8.5.7 通过最小曲线半径：连挂运行时， 145 m ；单车调车时， 100 m 。
- 2.8.5.8 轮径： $\phi 915\text{ mm}$ 。
- 2.8.5.9 车体最大宽度： 3105 mm 。
- 2.8.5.10 车体长度： 25500 mm 。
- 2.8.5.10.1 车顶距轨面高度： 4286 mm 。
- 2.8.5.10.2 发电机组在海拔为 5100 m 时能够满足编组列车的满负荷用电需求。
- 2.8.5.10.3 输出电压： $\text{DC}600 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}$ 。
- 2.8.5.10.4 发电车休息车噪声： $\leq 68\text{ dB(A)}$ 。
- 2.8.6 车上布置及设备
- 2.8.6.1 平面布置由卖方提出、买方确认。
- 2.8.6.2 车内设集中冷却室、机室、配电室、乘务员休息室、卫生间和制氧设备间。
- 2.8.6.3 机室内设 2 台柴油发电机组，柴油机、发电机应选用满足高海拔运用要求的进口产品。
- 2.8.6.4 冷却室内设 2 台机组的集中冷却装置，采用变频控制技术。
- 2.8.6.5 车底设 2 个大油箱，车上设 1 个小油箱，设 1 台手摇补油泵及 2 台交流补油泵，交流泵工作采用手动、自动两套控制方式。
- 2.8.6.6 配电室内设电气控制柜，本车所有电气系统的控制、报警、保护均由控制柜来完成，包括柴油发电机组的启动、发电、供电、冷却、停机，空调、火灾报警、供油、电热、绝缘检测、电池充放电控制， $\text{DC}600\text{ V}$ 整流输出系统等。
- 2.8.6.7 控制柜设有手动及 PLC 智能控制系统，PLC 智能控制系统自动控制机组的启动、发电、供电、停机以及对配电系统进行监控和故障诊断，同时亦可对车辆的安全运行性能进行实时监测与故障诊断（包括轴温、车轮踏面状态、车辆横向稳定性、车辆振动状态、制动系统的工作状态、制动动作情况、



防滑器的工作情况、火灾报警、车内含氧量),并能保存故障信息,还应配有与地面设备的适当接口以将信息返回基地。

2.8.6.8 车顶设一台单元式空调机组,对配电室及生活区进行空气调节。

2.8.6.9 乘务员休息室内设卧铺、茶桌、行李台等。

2.8.6.10 乘务员休息室、配电室采用弥散式和分布式供氧方式供氧。

2.8.6.11 电气系统

2.8.6.11.1 本车设备用电分为三种电压等级:

(1) AC450 V/AC260 V:冷却风机、空调、制氧系统、油泵、电加热、温水箱、照明等。

(2) DC24 V:柴油机组的启动、监控、PLC 等。

(3) DC48 V:照明、防滑器、火灾报警仪、轴报器等。

2.8.6.11.2 车下设有 DC24 V、DC48 V 电池箱,采用进口耐低温电池。

2.8.6.11.3 车端设 DC600 V 电力连接器、控制连接器、制动连接器。

2.8.6.12 车体钢结构采用整体承载筒形结构碳钢车体。

2.8.6.13 采用 15 号小间隙 C 级钢车钩及钩尾框,弹性胶泥缓冲器。

2.8.6.14 与旅客列车连挂一端的风挡采用与旅客列车相同的密封风挡,另一端采用橡胶风挡。

2.8.6.15 转向架采用新型大轴重转向架(轴重 23 t),采用进口整体辗钢车轮,根据具体设计选型,由卖方提出、买方认可。

2.8.6.16 制动系统的设置同其他 160 km/h 高原旅客列车

2.8.6.17 发电车特有的其他设备参照 25K 型高寒发电车。

2.9 高原车的特殊要求及特殊设备

2.9.1 高原旅客列车和高原专用发电车需满足 2.9 的有关特殊要求并配备特殊设备。

2.9.2 制动系统

2.9.2.1 制动计算按 TB/T 1407—1998《列车牵引计算规程》规定的方法进行,其中青藏线黏着系数 μ_x 按下列公式取值:

$$\mu_x = 0.9 \times \left(0.0405 + \frac{13.55}{120 + v} \right)$$

2.9.2.2 在青藏铁路格拉段以 120 km/h 速度运行时,其在平直道上的紧急制动距离应不大于 1100 m。

2.9.3 供氧

2.9.3.1 每节车厢内需设供氧设施,当列车运行在海拔3000 m以上时向车内供氧。当列车运行在海拔3000 m以下时,制氧设施应自动停止向车内供氧(制氧机停止工作)。

2.9.3.2 采用分布式和弥散式等方式供氧。

2.9.3.3 采用分布方式供氧时乘客使用一次性的供氧接口件。

2.9.3.4 弥散式供氧与空调送风混合后的氧浓度应 $\leq 25\%$,供氧时车内空气中氧的浓度应保持在 $23\% \sim 25\%$ 之间,以保证安全可靠。

2.9.3.5 氧含量超标时应有保护措施,有关安全标准由卖方提出、买方确认。

2.9.3.6 供氧设施

2.9.3.6.1 供氧设备应适合高原环境和车辆运输振动的条件。

2.9.3.6.2 供氧设备应可向氧气袋充气,作备用氧气,以供个别旅客急需。

2.9.3.6.3 供氧设备出口的氧浓度为 $(40 \pm 5)\%$ 。

2.9.3.6.4 制氧用的空气压缩机

(1) 制氧用的空气压缩机放在车下,空气压缩机应适合于高原低气压的使用环境,其绝缘等级、电气性能、排气压力、噪声等都应符合有关标准、规定。卖方应提出有关标准、规定并由买方认可。

(2) 空气压缩机通过专设的列车主供风管道,实现整列车冗余,但必须保证列车主供风管道的可靠性。

(3) 送给制氧装置的压缩空气压力为 $0.8 \sim 1.0 \text{ MPa}$ 。

2.9.3.7 在设计阶段进行高原供氧及电器试验,根据试验结果由买卖双方最终确定相应的供氧指标。

2.10 外观、布置与标记

2.10.1 车辆的外观应醒目明了。

2.10.2 车辆内外的美工方案应充分考虑青海、西藏两省区民族风俗特点,并具有时代气息;方案由卖方提出、买方确定。

2.10.3 车辆的平面布置(包括车内、车下)由卖方提出、买方确定。

2.10.4 标记按TB 1要求涂打,设置车内、外标记。在注水口处边梁上涂打注水口标记,字号为40。速度标记按 160 km/h 涂打。

2.10.5 客车上提供旅客使用的标志应采用中(汉、藏)、英文三种文字或图码标识表示;其余标志、说明与显示均用中文或图码标识表示。



2.11 检查与试验

2.11.1 检查

2.11.1.1 车辆按买方确认的图纸和合同规定的供货技术条件制造和检验。

2.11.1.2 图纸和合同规定的供货技术条件未提及的检验按 GB/T 12818《铁路客车组装后检查与试验规则》执行。

2.11.1.3 卖方向买方的监造和验收代表——铁道部驻厂车辆验收人员提交以下试验报告供买方监造和验收时审查。

2.11.1.3.1 主要钢结构原材料和主要零部件的原始资料、检查记录和复验证件。

2.11.1.3.2 由铁道部产品质量检测中心近期内出具的摇枕和构架的静强度及疲劳试验的报告，车钩及钩尾框的拉力试验报告，以及样车的静强度和垂直弯曲试验报告。

2.11.1.3.3 车轴、构架、摇枕、车钩、钩尾框、缓冲器、分配阀等配件须有车辆验收人员出具的验收合格证和滚动轴承的复验合格证。

2.11.2 试验

须按 GB/T 12818《铁道客车组装后检查与试验规则》要求逐项进行型式试验及例行试验，对高原特殊要求设备、设施的试验项目由卖方提出建议、买方认可。已进行的型式试验应提供试验合格的试验报告，未进行的试验交车时提供试验合格的试验报告，对可用同类型车替代的相关试验项目，卖方提出建议，由买方审定。



附件 A

青藏铁路运用条件

A. 1 青藏铁路自然环境

A. 1. 1 简 况

A. 1. 1. 1 青藏线格拉段位于青藏高原腹地, 跨越青海、西藏两省区, 地处北纬 $29^{\circ}30' \sim 36^{\circ}25'$ 、东经 $90^{\circ}30' \sim 94^{\circ}55'$ 之间, 线路北起青海省西部重镇格尔木市, 基本沿青藏公路南行, 途经纳赤台、五道梁、沱沱河、雁石坪, 翻越唐古拉山进入西藏自治区境内后, 经安多、那曲、当雄至西藏自治区首府拉萨市, 全长约 1 142 km, 其中新线建筑长度约 1 108 km, 位于多年冻土区线路长约 547 km, 占全长的 48%, 海拔 4 000 m 以上线路长约 960 km, 占全长的 84%。

A. 1. 1. 2 全段近期共设车站 34 处 (含既有格尔木、南山口两站), 其中格拉段新建的 32 个车站中 23 个为无人值守站, 9 个为有人值守站, 位于多年冻土地区车站 14 处, 海拔 5 000 m 以上车站 1 处 (唐古拉站海拔 5 072 m), 海拔 4 500 ~ 5 000 m 车站 19 处, 海拔 4 000 ~ 4 500 m 车站 6 处, 海拔 3 500 ~ 4 000 m 车站 5 处, 海拔 3 000 ~ 3 500 m 车站 2 处, 海拔 3 000 m 以下车站 1 处。

A. 1. 2 气象条件

A. 1. 2. 1 线路通过地区深居大陆内部, 具有独特的冰缘干寒气候特征。区内寒冷干旱, 气候多变, 四季不明, 空气稀薄, 气压低, 一年内冻结期长达 7 ~ 8 个月 (每年 9 月至次年 4、5 月间)。蒸发量远大于降水量, 高山地区降水以雪、霰、冰雹为主, 广阔的高平原上则以降雨为主, 年平均降水量 260 ~ 430 mm, 年平均蒸发量 1 330 ~ 1 760 mm; 年平均大风日数 10 ~ 178 天, 风向以西北、西风为主, 大风 (≥ 8 级) 多集中在 10 月至次年 4 月间; 沿线全段年平均气温 $-7.8 \sim 5.2^{\circ}\text{C}$, 7 月份气温最高, 平均 $5.6 \sim 17.8^{\circ}\text{C}$, 1 月份 (有时 12 月 ~ 次年 2 月份) 最低, 平均 $-1.8 \sim -16.7^{\circ}\text{C}$, 极端最低气温 $-16.5 \sim -45.2^{\circ}\text{C}$; 最大积雪厚度 14 ~ 40 cm; 平均雷暴日数 68 ~ 82 天; 大气透明度良好, 云量少, 太阳直射量大, 日照时数较大, 一般为 2 600 ~ 3 000 h/a。

A. 1. 2. 2 线路经过八度地震烈度区约 313 km, 九度以上地震烈度区约 221 km, 其余地段为七度地震烈度区。

A. 1. 2. 3 青藏线格拉段的主要工程地质问题有高原多年冻土, 高地震烈度及活动断层等。线路经过连续多年冻土地段 547 km。该区段上可能出现热融、



冻胀丘等现象。

A. 1.3 格拉段气象资料汇总表

气象台站	格尔木	五道梁	沱沱河	安多	那曲	当雄	拉萨
海拔高度 (m)	2 807.6	4 612.2	4 533.1	4 800.0	4 507.0	4 201.1	3 648.7
平均气压 (kPa)	72.49	57.89	58.50	57.40	58.74	60.44	65.22
年平均气温 (°C)	6.7	-5.2	-4.0	-2.9	-1.3	1.6	7.8
极端最高气温 (°C)	35.5	23.2	24.7	23.3	24.2	26.5	29.6
极端最低气温 (°C)	-33.7	-37.7	-45.2	-36.7	-41.2	-35.9	-16.5
相对平均湿度 (%)	32	57	53	51	54	54	41
年平均降水量 (mm)	41.8	290.9	248.5	428.4	293.4	468.1	406.8
年平均蒸发量 (mm)	2 392.6	1 316.9	1 638.9	1 782.9	1 961.5	1 866.1	1 957.7
平均风速 (m/s) 及主导风向	2.6W	4.1W	3.9W	4.3NNE	4.1SW	2.4SW	2.0ESE
年平均大风日数	9.8	130.1	178	147.1	106	57.1	26
最大积雪厚度 (cm)	6	14	39	20	21	14	12
最大季节冻土深度 (cm)	88				281	113	26
平均雷暴日数	3.3	36.7	47.8	74.8	80.6	75.5	68
含氧量 (g/m ³)	215.6	176	176	170	176	180	203
紫外线强度	海拔每升高 1 000 m 紫外线强度增强 13%						

A. 1.4 海拔高度：青藏线格拉段的海拔高程为 2 828 ~ 5 071 m，大于 4 000 m 的占 86%。

A. 1.5 气压：年平均气压为 58 kPa (580 mbar)，最低气压为 54.4 kPa (544 mbar) (即唐古拉山垭口处)。

A. 1.6 环境温度：青藏线格拉段的极限气温为 -45.2 ~ +35.5 °C。

A. 1.7 特殊气象条件：风沙、风暴、大雪、雷电、冰雹以及风吹雪等条件。最大风速达 20 ~ 28 m/s。

A. 2 线路条件

A. 2.1 铁路等级：I、II 级混合标准，线下工程 I 级标准。

A. 2.2 正线数目：单线。

A. 2.3 最大坡度：20‰。

A. 2.4 最小曲线半径：800 m。

A. 2.5 牵引种类：内燃，预留电化条件。

A. 2.6 机车类型：c38 - ache。



A. 2. 7 牵引质量: 3 000 t。

A. 2. 8 到发线有效长度: 650 m, 另加 70 m, 预留 850 m。

A. 2. 9 闭塞方式: 自动站间闭塞。

A. 2. 10 机车交路: 客货机车交路均采用格尔木、拉萨两机务段机车套跑的特长交路, 格尔木至那曲的区段列车采用格尔木至那曲立即折返的特长交路。

A. 2. 11 设计通过能力

区段	设计年度	设计通过能力 (对/d)	设计的货运量 (万 t/a)	输送能力 (万 t/a)	输能差额 (万 t/a)
格尔木—那曲	近期	15. 6	210	241	31
	远期	15. 6	280	297	17
那曲—拉萨	近期	15. 3	138	241	103
	远期	14. 6	185	232	47

A. 2. 12 线路允许速度及限制坡度

根据青藏线格拉段设计速度和线路平纵断面条件, 开通初期的最高行车速度达到 100 km/h (冻土区)、有条件的地段 120 km/h。限制坡度 20‰。

A. 2. 13 机车、客车构造速度

机车的构造速度应达到 120 km/h, 客车车辆的构造速度达到 160 km/h。

A. 3 运输组织与服务

A. 3. 1 客货混运方式。近期客车每天 5 对、货车每天 5 对。客车编组 15 ~ 16 辆; 货车牵引质量近期为 2 000 t、远期为 3 000 t, 编挂辆数近期为 26 辆、远期为 39 辆。

A. 3. 2 拉萨、格尔木、西宁站为旅客列车厕所污物接收点, 拉萨、西宁站采用移动式集中吸污方式, 格尔木站采用固定式真空卸污方式, 设两条卸污线, 配吸污车设备。

A. 4 运营管理体制及机车车辆设备

A. 4. 1 成立青藏铁路公司负责青藏铁路全线 (海石湾—拉萨) 的运营管理工作。公司采用精干高效的两级管理模式: 公司直接管理站、段; 格拉段沿线不设站段, 格尔木地区既有的机务、电务、车辆、水电段管辖范围延至拉萨 (包括拉萨机车车辆综合整备基地), 车务、工务、房建生活段管理范围延至沱沱河 (含)。西格段既有站段按延长管理跨度、减少管理机构的原则进行生产力布局调整, 拉萨设置机辆综合整备基地。

A. 4. 2 西格段维持既有站段管理模式。

3 青藏铁路高原客车总体

2006年7月1日，举世瞩目的青藏铁路正式开通运营。由青岛四方－庞巴迪－鲍尔铁路运输设备有限公司和南车四方机车车辆股份有限公司（以下分别简称四方股份公司、BSP公司）联合设计开发的青藏铁路客车是世界上首创的适合在“世界屋脊”全天候运行的旅客列车，是青藏铁路旅客运输的直接载体。

开行青藏铁路的旅客列车不仅是历史的重托，内地与西藏地区人民的希望，也是几代铁路人梦寐以求的理想。面对前所未有的挑战和世界铁路未曾破解的难题，中国铁路坚持自主创新，确立了系统集成创新的技术路线，在系统掌握时速160 km客车技术的基础上，立足国内，组织各方力量，开展了一系列试验验证和技术攻关，在较短的时间内成功设计制造出了中国品牌并拥有自主知识产权的青藏高原铁路客车，实现了世界铁路车辆制造史上的创举。

3.1 概 述

青藏铁路高原客车品种齐全、安全可靠、乘坐舒适、绿色环保，是铁路装备技术创新的成功实践和突出典范。首创的列车供氧系统，在世界上率先攻克了铁路客车在高原环境下实现补氧的难题；首创的高原客车电气技术标准和避雷装置，保证了电气系统的高可靠性，同时也有效地防范了雷击的威胁；首创的绿色环保独特设计，实现了旅客列车在格拉段运行时，污物、污水“零排放”的目标；首创的高原耐低压设备，提高了旅客乘坐的舒适性和安全性；首创的防紫外线、防风沙技术，避免了紫外线直接照射对旅客的伤害，并确保客车的密封性能；首创的大功率高原发电车，突破了在高海拔条件下实现正常供电的“瓶颈”；全新设计的新型高原发电车转向架填补了时速160 km、大轴重客车转向架的技术空白。

青藏铁路高原客车在设计制造中，以及在正式投入运营之前进行了大量的试验验证。包括：主要零部件在平原地区的低压仓模拟试验，单辆样车在青藏线的系统验证试验，首辆车在青藏线的制氧系统、电气系统性能试验，首列车在青藏线的综合型式试验，每列车编组后在青藏线安排的试运行。各项试验的



结果证明，青藏高原铁路客车总体性能可靠，技术创新基本成功，可以满足高原地区特定运用环境下安全、舒适地运输旅客的要求。

3.2 总体介绍

青藏铁路高原客车（见图 3.1）有硬座车、硬卧车、软卧车、餐车和发电车等 5 种车型，列车编组 16 辆（见图 3.2），其中：硬卧车 8 辆、硬座车 4 辆、软卧车 2 辆、餐车 1 辆、发电车 1 辆。

全列车定员 930 人。

其中：

硬座车 98 人

硬卧车 60 人

软卧车 32 人

餐车 44 人

设有残疾人厕所的硬卧车 54 人



图 3.1 青藏铁路高原列车在唐古拉车站

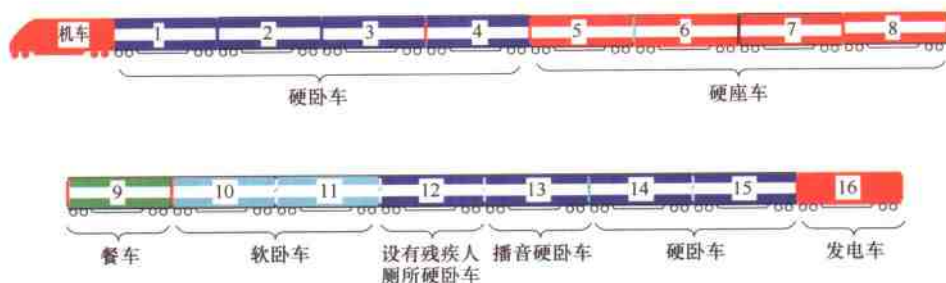


图 3.2 青藏高原铁路客车编组图

高原客车主要技术参数：

运行环境温度 $-45 \sim +40^{\circ}\text{C}$

适应最高海拔高度 5 072 m

适应最大坡度 30‰

列车编组辆数（青藏线）16 辆

构造速度 160 km/h

车体长度 25 500 mm

车体宽度 3 105 mm



车顶距轨面高度	4 433 mm/4 286 mm (发电车)
车钩	密接式车钩 (车列两端为 15 号小间隙车钩)
风挡	密封折叠风挡 (车列两端为橡胶风挡)
转向架	AM96 型/SW-220K 型/SW-QD160 型
制动系统	104 型电空制动机
基础制动	盘形制动装置
紧急制动距离	
120 km/h 初速度	800 m/1 100 m (格拉段)
160 km/h 初速度	1 400 m
车窗	双层耐压中空玻璃 (防紫外线) 车窗
车门	双层密封式塞拉门 (餐车及发电车采用四角折页门)
制氧方式	列车级供风与单车制氧
供氧方式	弥散式供氧与分布式供氧
环境保护	液态垃圾零排放, 固体垃圾压缩与分类回收
安全监控	智能化的列车运行、客车电气、烟火报警和氧气浓度安全监测系统
供电型式	
电气化区段	DC600 V 机车供电
非电气化区段	DC600 V 发电车供电
空调系统	
夏季	26 (±2) °C
冬季	≥18 °C
供氧浓度	
弥散式供氧	23% ~ 25%
分布式供氧	35% ~ 45%

3.3 硬 座 车

硬座车坐席按 2+3 组合布置, 每组坐席间设有茶桌, 侧墙上设有车窗 (如图 3.3、图 3.4 所示)。客室内沿两边侧墙纵向设置铝合金行李架, 照明采用日光灯或射灯的方式。车内两端分别设有乘务员室、制氧机室, 电开水



炉、压缩式垃圾收集装置或分类垃圾收集装置, 2 个蹲式厕所, 1 个开敞式三人洗手间。

由客室顶部的空调出风口提供弥散式供氧, 在坐席下设有分布式供氧插座。青藏高原客车客室内部见图 3.5 和图 3.6。



图 3.3 四方股份公司生产的青藏硬座车平面布置图



图 3.4 BSP 公司生产的青藏硬座车平面布置图



图 3.5 四方股份硬座车客室



图 3.6 BSP 公司硬座车客室

3.4 硬卧车

硬卧车内设置 10 个（设有残疾人厕所的硬卧车为 9 个）半封闭式包间，包间内按上、中、下顺序布置了两排 6 个铺位，每组铺席间设有茶桌，侧墙上设有车窗（如图 3.7、图 3.8 所示）。包间内部见图 3.9。走廊上部设置了行李台，在包间间壁上装有乘客攀爬的脚蹬和扶手，照明采用日光灯或射灯的方式。包间外走廊沿侧墙设翻板凳和小茶桌（见图 3.10）。车内两端分别设有乘务员室、制氧机室，电开水炉、压缩式垃圾收集装置或分类垃圾收集装置，2 个蹲式厕所（见图 3.11），1 个开敞式三人洗手间（见图 3.12）。

每列车中与软卧车相邻硬卧车内设有残疾人厕所，该车的乘务员室内设有安全监控系统的主控站。与软卧车相邻的第二辆硬卧车的乘务员室内设有播音、影视和旅客信息服务设备。

由包间顶部的空调出风口提供弥散式供氧，在走廊侧墙和每个铺位的侧墙上设有分布式供氧插座。

列车中部设一辆带残疾人厕所的硬卧车，在该车内二位端设一残疾人厕所（如图 3.13 所示）。

3.5 软卧车

软卧车平面布置图见图 3.14、图 3.15。车内设置 8 个封闭式包间，包间内按上、下顺序布置了两排 4 个铺位。每组铺席间设有茶桌，侧墙上设有车窗（如图 3.16 所示）。包间内走廊上部设置了行李台，在包间间壁上装有供乘客攀爬的折叠脚蹬，照明采用日光灯或射灯的方式，在每个铺位设有阅读灯。包间采

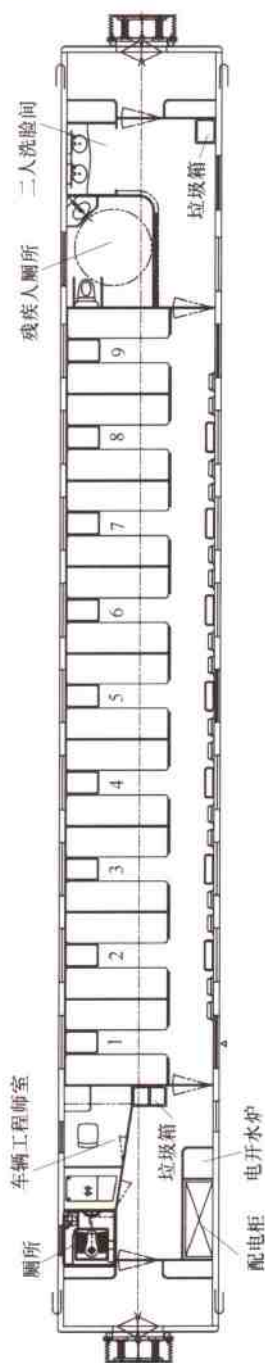


图3.7(a) 四方股份公司硬卧车平面图 (设有残疾人厕所)

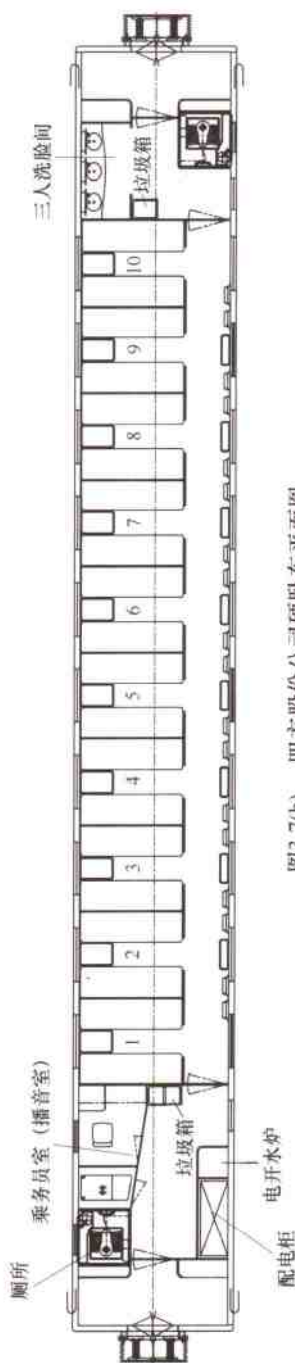


图3.7(b) 四方股份公司硬卧车平面图

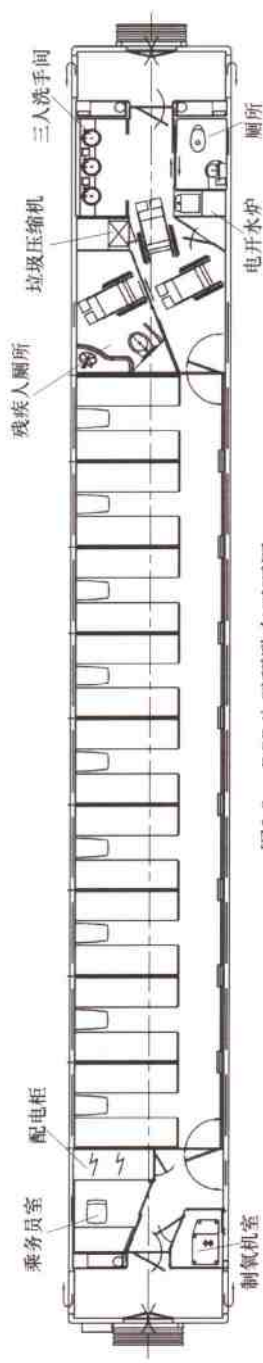


图3.8 BSP公司硬卧车平面图



图 3.9 BSP 公司硬卧车包间



图 3.10 BSP 公司硬卧车走廊



图 3.11 BSP 公司硬卧车蹲式厕所

用拉门，包间内门柱上设有乘务员呼叫按钮，播音音量调节按钮，灯光调节按钮等。包间每个铺位设有液晶电视。

包间外大走廊沿侧墙设翻板凳，在车窗处设扶手杆（见图 3.17）。

车内两端分别设有乘务员室、制氧机室，电开水炉、压缩式垃圾收集装置或分类垃圾收集装置，1 个蹲式厕所，1 个座式厕所（图 3.18），1 个开敞式三人洗手间。

由包间顶部的空调出风口提供弥散式供氧，在每个铺位的侧墙上设有分布式供氧插座。



(a)四方股份公司



(b)BSP公司

图 3.12 硬卧车三人洗脸室



图 3.13 BSP 公司硬卧车残疾人厕所

3.6 餐 车

餐车的平面布置图见图 3.19 和图 3.20。餐车分作业区和就餐区，作业区设在端部，其余区域为就餐区。

餐车作业区采用电气化厨房设备。在与作业区相对的就餐区一端设吧台、储藏室、制氧机室、小推车室、配电柜等。

餐车就餐区设 2 人餐席和 4 人餐席，每个餐席对应一处车窗。照明采用日光灯或射灯的方式。就餐区两端设大屏幕液晶电视。由就餐区顶部的空调出风口提供弥散式供氧，在每个座椅或餐桌下设分布式供氧插座。

BSP 公司餐车厨房间壁采用透明玻璃结构。

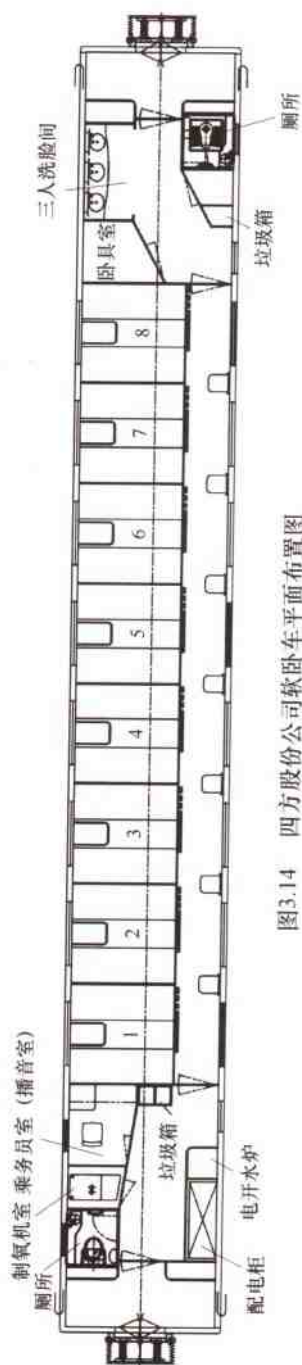


图3.14 四方股份公司软卧车平面布置图

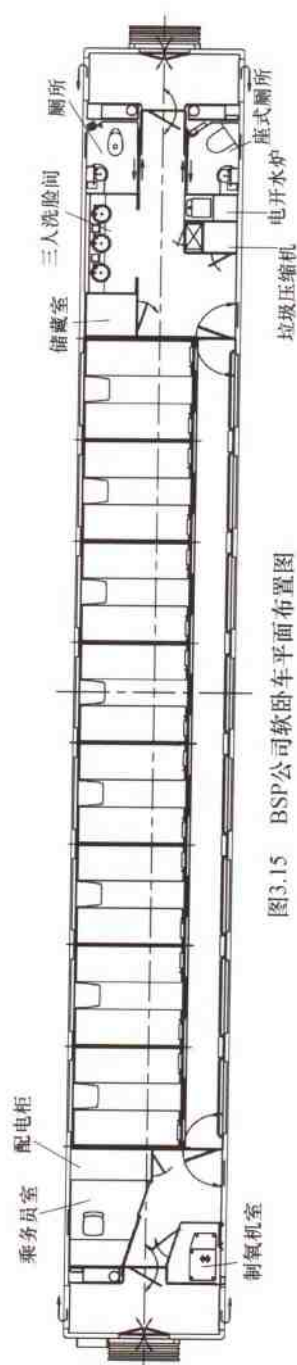


图3.15 BSP公司软卧车平面布置图



图 3.16 BSP 公司软卧车包间



图 3.17 四方股份公司软卧车走廊



图 3.18 BSP 公司座式厕所

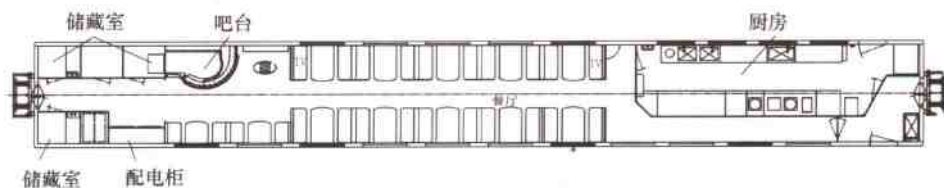


图 3.19 四方股份公司餐车平面布置图

四方股份公司餐车就餐区和吧台见图 3.21，餐车作业区见图 3.22。
BSP 公司餐车内部见图 3.23、图 3.24。

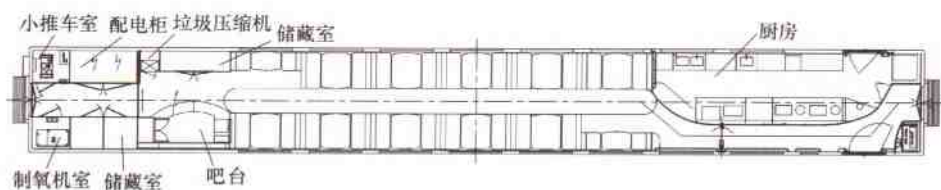


图 3.20 BSP 公司餐车平面布置图



餐车就餐区



餐车吧台

图 3.21 四方股份公司餐车就餐区和吧台



图 3.22 四方股份公司餐车作业区



图 3.23 BSP 公司餐车内部



图 3.24 BSP 公司餐车作业区



3.7 发电车

为满足青藏客车在高原运行的用电需求，专门设计生产了时速 160 km 的青藏铁路专用发电车，发电车内按冷却室、机室、控制室和 2 个乘务员休息室顺次排列分设四个区域，其平面布置图见图 3.25。

发电车冷却室内（图 3.26）设两台机组的集中式冷却装置；机室内（图 3.27）设两台大功率柴油发电机组；控制室内设有整车供配电的控制屏、整流柜；乘务员休息室内设 8 个铺位。

发电车靠乘务员休息室一端设卫生间、制氧机室、电开水炉等。

在高原地区，柴油发电机组输出功率为 AC460V、800 kW，整车最大输出 DC600 V、 2×725 kW。车下油箱容积 7 000 L，可双机满负荷连续运用 17 h，在格尔木至拉萨区间不需中途加油。

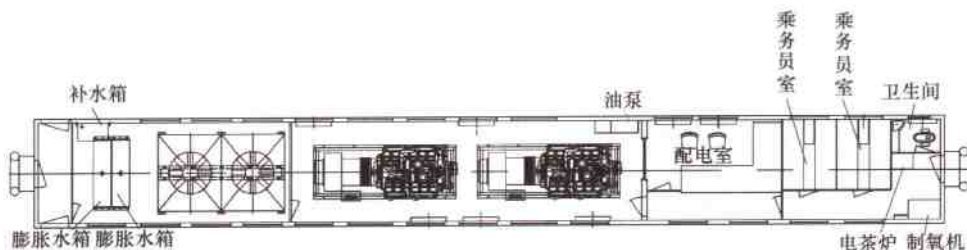


图 3.25 发电车平面布置图



图 3.26 冷却室



图 3.27 机室

4 青藏铁路高原客车转向架

青藏铁路高原客车采用 SW-220K 型、AM96 型 160 km/h 速度等级转向架，青藏铁路高原发电车采用 SW-QD160 型转向架。

4.1 SW-220K 型转向架

4.1.1 概 述

SW-220K 型转向架是在 SW-220 型转向架的基础上，根据 160 km/h 速度等级客车的要求，经局部改造而成的。SW-220 型转向架是南车四方股份公司与日本川崎重工业株式会社合作、由南车四方股份公司制造的一种新型高速客车转向架。它采用无摇动台、无摇枕、单转臂无磨耗弹性轴箱定位、空气弹簧、盘形制动等技术。“SW”代表南车四方股份公司，“220”代表转向架速度系列。SW-220K 型转向架可适应各种 160 km/h 速度等级的客车（除制动装置外，该转向架可满足 220 km/h 速度等级的运用要求）。

4.1.2 主要技术参数

顺 号	项 目	技术参数
1	连续运行速度 (km/h)	160
2	最高试验速度 (km/h)	250
3	轴距 (mm)	2 500
4	适用轨距 (mm)	1 435
5	车轮直径 (mm)	915 (新轮) / 845 (旧轮)
6	最大轴重 (t)	15.5 (行包车 16.5)
7	通过最小曲线半径 (m)	连挂 145，单车调车 100
8	弹簧形式	一系钢弹簧，二系为空气弹簧
9	车轮车轴型式	KKD 车轮，RD _{3A1} 轴
10	轴箱轴承	进口 SKF BC1B322880 (AB) / BC1B322881 (AB) 或 FAG 804468A/804469A



续上表

顺 号	项 目	技 术 参 数
11	制动形式	轴装盘形制动
12	制动盘形式	轴装铸铁盘 $\phi 640\text{mm}$
13	制动缸形式	8 英寸单元制动缸 (每车 1 位制动缸带手制动)
14	轮对定位方式	单转臂无磨耗弹性轴箱定位
15	转向架质量 (kg)	约 5 800
16	限界	GB 146.1 95J01 - N

4.1.3 转向架结构及性能参数

SW-220K 型转向架 (图 4.1) 由构架组成、轮对轴箱定位装置、中央悬挂装置、转向架制动装置等组成。

4.1.3.1 构架组成

4.1.3.1.1 构架为钢板焊接结构, 平面呈 H 形。主要由侧梁组成、横梁组成、纵向辅助梁、空气弹簧支撑梁和定位臂等组成。侧梁的中部为凹形, 横梁的内腔与空气弹簧支撑梁的内腔组成空气弹簧的附加空气室。

4.1.3.1.2 侧梁

侧梁采用由 4 块钢板组成箱形断面的焊接结构, 上、下盖板厚分别为 12 mm、16 mm, 腹板厚 12 mm, 侧梁中部为 U 形。采用 Q345E 焊接结构用轧制钢板。

与弹性节点连接的定位臂为铸钢件 (ZG25MnNi), 其与侧梁连接部为圆滑过渡, 力求应力缓和。

4.1.3.1.3 横梁

横梁采用 $\phi 203\text{ mm} \times 12\text{ mm}$ 无缝钢管 (材质为 Q345E), 表面经酸洗磷化处理。其内腔作为空气弹簧的附加空气室。在横梁上焊有制动吊座、牵引座及空气弹簧的防过冲座等。

4.1.3.1.4 辅助梁组成

为提高构架刚度, 在两横梁之间由纵向辅助梁连接, 其上安装有横向减振器座和横向缓冲器座等。辅助梁采用箱形断面的焊接结构。

4.1.3.1.5 空气弹簧支撑梁

位于侧梁外侧的两横梁之间, 由 3 块板组焊而成的槽形结构, 它与侧梁外侧腹板组成的密闭腔, 与横梁内腔相通, 共同组成空气弹簧的附加空气室。



4.1.3.2 轮对轴箱定位装置

4.1.3.2.1 轮对轴箱

轮对轴箱采用 KKD 车轮、RD_{3A1} 车轴、轴装制动盘、804468/804469 (进口 FAG), 或 BC1B322880/BC1B322881 (进口 SKF) 轴承。

另外, 轮对轴箱的轴端有两种, 带防滑速度传感器轴端和接地轴端。转向架的 2、4、6、8 轴端接有接地电阻。各车轴端布置见表 4.1。

表 4.1 各车轴端布置

	防滑器轴端	接地装置轴端
位 数	2, 4, 6, 8	1, 3, 5, 7

轮对轴箱与定位转臂采用跨接的形式, 定位转臂通过 4 个 M20 的螺栓与压盖连接, 定位转臂跨落入轴箱外部的槽内。若需要更换轮对, 只需松开 4 个 M20 螺栓和接地线等, 便可以使轮对轴箱与转向架分离。

4.1.3.2.2 轴箱定位装置

轴箱定位装置为单转臂无磨耗弹性定位, 定位转臂是该装置中的骨架, 是轮对轴箱与构架的联系纽带, 为减小定位节点刚度对一系垂向刚度的附加影响, 定位转臂选择尽可能长, 为 550 mm, 采用铸钢件 (ZG25MnNi)。本定位装置有如下特点:

- ① 可利用弹性节点自由地选择纵向和横向的刚度。
- ② 垂向采用轴箱顶置钢弹簧, 弹簧刚度选择范围大, 并且与纵向、横向刚度几乎无关, 可以单独设计。
- ③ 没有滑动和摩擦部分, 橡胶件几乎不外露, 延缓老化, 可以长期运用免维修。
- ④ 与其他定位方式相比, 零部件少, 不必进行轴距控制, 因此组装、分解中均不需特殊工装。

(1) 轴箱定位刚度

轴箱定位刚度是保证转向架运行稳定性的关键参数, 根据运用实践和计算分析, 采用的定位刚度参数见表 4.2。

表 4.2 定位刚度参数

单位: MN/m

垂向刚度	纵向刚度	横向刚度
0.90	11.5	4.5

(2) 弹性节点



弹性节点是由橡胶与金属硫化成一体的梯形结构，只有将其安装于定位转臂中后才能体现弹性节点的特性。

(3) 钢弹簧组成

钢弹簧组成包括内、外圈钢簧、缓冲垫和上、下夹板。钢弹簧采用 60Si2CrVA 材质。

缓冲胶垫主要作用为消除和衰减部分来自轮轨的高频振动，其外形尺寸（外径×内径×厚度）为 220 mm×64 mm×16 mm。

上弹簧夹板为锻钢件（Q235A），上部加工有安装防尘罩用的凹槽。

下弹簧夹板由锻钢件和圆钢焊接制成，上部有 Tr32 螺纹孔。利用该螺纹通过工艺螺栓和上、下弹簧夹板将钢簧预压在一起，便于轴箱定位装置的组装、拆卸。

(4) 一系垂向减振器

在定位转臂和构架弹簧座之间设置了油压减振器，以防止高频振动的传递和减小转向架点头振动。轴箱减振器参数见表 4.3。

表 4.3 轴箱减振器参数

型 号	DISPEN 或 KONI	型 号	DISPEN 或 KONI
阻尼力系数 (kN·s/m)	20	安装长度 (mm)	453
位移 (mm)	190	节点结构及刚度 (MN/m)	两端球铰, 10
最大最小长度 (mm)	570/380	防尘罩直径 (mm)	φ84

4.1.3.2.3 轴端形式

转向架的 1、3、5、7 位轴端装有炭刷式接地装置，2、4、6、8 位轴端装有速度传感器的测速齿轮。

4.1.3.2.4 轴端接地装置

接地装置为铁道客车轴承提供简单、有效、经济的保护和防护，防止工作电流或系统故障电流以及雷电电流通过轴承造成的轴承损伤。其主要性能如下：

- (1) 额定电流为 300 A。
- (2) 瞬态电流不小于 10 kA (RMS)，持续时间 100 ms。
- (3) 峰值电流不小于 25 kA。
- (4) 正常工作条件下电刷的更换寿命不小于 80 万 km。
- (5) 装置对轴承的温升增加不超过 3℃。

4.1.3.3 中央空气弹簧悬挂系统

4.1.3.3.1 空气弹簧



空气弹簧由气囊和附加的橡胶弹簧组合而成的自由膜形式,适用于水平位移大的无摇枕转向架。空气弹簧的特性参数见表 4.4。

气囊的上下支口为自密封结构。上盖板上设有定位柱,与车体相连,下部通气口与构架相连,为圆柱面并用 O 形圈密封。为使空气弹簧无气状态时转向架能够运行,在下支座上面设有特殊的滑板,以提高转向架的曲线通过性能。当空气弹簧破损无气时,附加的橡胶弹簧提供二系垂向刚度,确保车辆运行安全。本空气弹簧在附加弹簧内设置了固定阻尼孔,以提供二系垂向阻尼。

表 4.4 空气弹簧特性参数

顺 号	项 目		参 数 值
1	有效直径 ($F_z = 100 \text{ kN}$) (mm)		580
2	空载 (内压 400 kPa) F_z (kN)		106
	满载 (内压 500 kPa) F_z (kN)		130
3	最大垂向位移 (mm)		± 40
	最大水平偏移 (mm)		± 120
4	附加容积室 V_a (L)		80
5	节流孔当量阻尼 ($\text{kN} \cdot \text{s/m}$)		60
6	垂向刚度 (N/mm)	空载时 C_z	320
7	横向刚度 (N/mm)	空载时 C_y	180
		满载时 C_y	260

二系横向油压减振器参数见表 4.5。

表 4.5 二系横向减振器参数

型 号	DISPEN 或 KONI	型 号	DISPEN 或 KONI
阻尼力系数 ($\text{kN} \cdot \text{s/m}$)	40	安装长度 (mm)	420
行程 (mm)	160	节点结构及刚度 (MN/m)	球铰 10
最大最小长度 (mm)	510/350	防尘罩直径 (mm)	$\phi 84$

4.1.3.3.2 牵引装置

采用单拉杆结构,安装在车体的中心销组成与带缓冲的拉杆连接传递牵引力和制动力。为降低转向架传递给车体的振动,每台转向架的前后牵引刚度设置为 5 MN/m 。

本牵引装置具有如下特点:

- ①转向架相对于车体的回转依靠牵引拉杆端部节点中橡胶的弹性变形。
- ②转向架横向 (垂向) 移动时的回复力,除依靠空气弹簧横向 (垂向) 刚



度外,还依靠两拉杆两端橡胶节点的刚度,但这部分的作用很小。

③牵引装置内无相对滑动部分,为无磨损结构。

④转向架和车体的分离应先拆卸牵引杆两端螺栓。

4.1.3.3.3 横向缓冲器

横向缓冲器作为限制车体运行中(特别是曲线上)过大的横向位移而设置的。为了避免运行中车体频繁碰撞缓冲器或者接触后出现硬性冲击,本系统中将缓冲器与止挡的间隙设置为 (40 ± 2) mm,同时缓冲器设计成非线性特性,它与空气弹簧的横向刚度共同完成限制车体的横向位移,且位移较大时,可提供非线性增长的复原力。

4.1.3.3.4 防过冲座

由于采用无摇枕转向架,应设置防止车体意外过大的上升。本转向架在横梁上设有防过冲座,与牵引拉杆头部之间设置了 70 mm 的间隙,具有限制车体过高上升的功能。

4.1.3.3.5 抗蛇行减振器

为了获得稳定的回转阻力矩,以抑制转向架的蛇行运动,采用了抗蛇行油压减振器,代替了以往转向架使用旁承摩擦副提供回转阻力矩的方式。从运行稳定性方面考虑,该减振器的活塞速度较小,不需要更大范围的活塞速度。主要参数见表 4.6。

表 4.6 抗蛇行油压减振器参数

型 号	DISPEN 或 KONI	型 号	DISPEN 或 KONI
阻尼力系数 ($\text{kN} \cdot \text{s/m}$)	600	安装长度 (mm)	720
行程 (mm)	320	节点结构及刚度 (MN/m)	球铰, 25
最大、最小长度 (mm)	880/560	防尘罩直径 (mm)	$\phi 125$

4.1.3.3.6 高度控制阀和差压阀

高度控制阀是根据载荷的变化自动调整空气弹簧内压使车体保持一定高度的装置。本系统采用的高度控制阀为机械式空气阀,该高度控制阀分左右。高度控制阀安装在车体上。

差压阀是在左右空气弹簧出现超过规定的压力差时,使压力高的一端空气流向较低的一端,以防止车体异常倾斜的装置。本阀设定的压力差为 150 kPa。

4.1.3.4 盘形制动装置

盘形制动装置与 25K 型客车相同,可与 SW-160 型转向架的所有配件



互换。

4.1.3.4.1 单元制动缸

制动缸为 8 英寸活塞式单元制动缸，其内部带有间隙调整器，可自动调整闸片间隙。主要特性见表 4.7。

表 4.7 制动缸主要特性

制动缸直径 (mm)	203
制动缸最大压力 (kPa)	480 (F8 阀) 或 420 (104 阀)
初始制动压力 (kPa)	20 ~ 30
安装尺寸 (mm)	240 ± 2
活塞杆最大行程 (mm)	28 ± 2
丝杆有效伸出量 (mm)	4 ~ 6
丝杆每次伸出量 (mm)	14 ± 2
丝杆最大伸出量 (mm)	120

每辆车的一位转向架设有一个带手制动装置的杠杆。

4.1.3.4.2 制动盘和闸片

(1) 制动盘

SW-220K 型转向架采用轴装制动盘，制动盘的结构和材质同提速客车，为整体式铸铁结构的制动盘环和盘毂组成。制动盘与盘毂通过螺栓、垫块和弹性套等连接。制动盘毂与车轴为过盈配合，过盈量 0.14 ~ 0.22 mm，压装力 200 ~ 400 kN。制动盘同提速客车制动盘，其主要结构参数见表 4.8。

表 4.8 制动盘结构参数

制动盘直径 (mm)	640
制动盘摩擦半径 (mm)	247
制动盘允许磨耗量 (单面) (mm)	7

(2) 闸片

转向架采用与现有提速客车相同的闸片，可完全互换。

4.2 SW-QD160 型转向架

4.2.1 概 述

SW-QD160 型转向架 (图 4.2) 是在机车、客车原有转向架的基础上，根



据《青藏发电车招标书》及《青藏发电车技术规范》开发的新型高速、大轴重发电车用转向架。它采用了双空气弹簧、无磨损橡胶复合定位、盘形制动等技术。“SW”代表四方工厂，“QD”代表青藏线专用，“160”代表转向架速度系列。SW-QD160 型转向架可适应青藏环境下 160 km/h 速度、23 t 轴重等级的发电车或其他客车的运用要求。

4.2.2 主要技术参数

表 4.9 SW-QD160 型转向架技术参数

顺 号	项 目	技术 参 数
1	连续运行速度 (km/h)	160
2	最高试验速度 (km/h)	176
3	轴距 (mm)	2 700
4	适用轨距 (mm)	1 435
5	车轮直径 (mm)	915 (新轮) / 845 (旧轮)
6	最大轴重 (t)	23
7	通过最小曲线半径 (m)	连挂 145, 单车调车 100
8	弹簧型式	一系为钢弹簧, 二系为双空气弹簧
9	车轮车轴型式	KKDQ 车轮、RD ₂ 车轴
10	轴箱轴承	进口 FAG 整体轴承
11	制动型式	轴装特制盘形制动
12	制动盘型式	轴装特制锻钢 $\phi 680$ 制动盘
13	制动缸型式	8 英寸单元制动缸 (每车 1 位车轮带手制动)
14	轮对定位方式	橡胶定位套无磨损弹性轴箱定位
15	转向架质量 (kg)	约 8 200
16	限界	GB 146.195J01-N

4.2.3 转向架结构及性能参数

SW-QD160 型转向架由构架组成、轮对轴箱定位装置、中央空气弹簧悬挂系统、盘形制动装置及轴温报警装置等组成。

4.2.3.1 构架组成

4.2.3.1.1 构架为钢板焊接结构, 平面呈 H 形。主要由侧梁组成、横梁组成、纵向辅助梁和弹簧座等组成。车体枕梁内腔构成空气弹簧的附加空气室。



4.2.3.1.2 侧梁采用由4块钢板组成箱形断面的焊接结构,上、下盖板厚分别为14 mm、16 mm,腹板厚10 mm,侧梁中部为U形。采用Q345E焊接结构用轧制钢板。铸钢件采用ZG25 MnNi,其与侧梁连接部为圆滑过渡,力求应力缓和。

4.2.3.1.3 横梁采用 $\phi 245 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}$ 无缝钢管(材质为Q345E),表面车削加工至 $\phi 243 \text{ mm}$ 。在横梁上焊有制动吊座、牵引座及空气弹簧的防过冲座等。

4.2.3.1.4 辅助梁组成:为提高构架刚度,在两横梁之间由纵向辅助梁连接,其上安装有横向减振器座和横向止挡座等。辅助梁采用箱形断面的焊接结构。

4.2.3.2 轮对轴箱定位装置

4.2.3.2.1 轮对轴箱

轮对轴箱采用KKDQ车轮、RD_F车轴、轴装制动盘、进口FAG整体轴承。

轮对轴箱的轴端有三种:普通轴端、带防滑速度传感器轴端和接地轴端。各车轴端布置见表4.10。

表4.10 各车轴端布置

	防滑器轴端	接地装置轴端
位 数	2, 4, 6, 8	1, 3, 5, 7

4.2.3.2.2 轴箱定位装置

轴箱定位装置为橡胶定位套无磨耗弹性定位,本定位装置能提供纵向和横向的刚度,垂向附加动刚度约0.3 MN/m,且无摩擦副、无磨耗。

(1) 轴箱定位刚度(每轴箱)

表4.11 定位刚度参数

单位: MN/m

垂向刚度	纵向刚度	横向刚度
1.9	11.5	7.5

(2) 弹性定位套

由橡胶与金属硫化成一体的结构,通过纵横向的不对称设计实现预定纵、横向刚度。

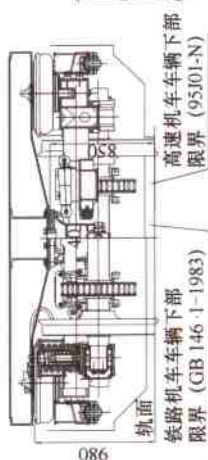
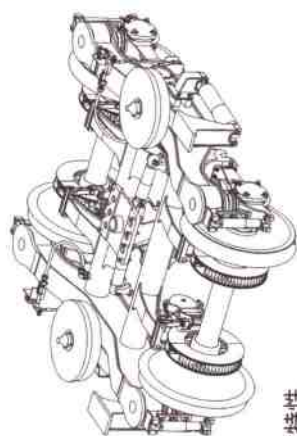
(3) 钢弹簧组成

钢弹簧组成包括钢簧、缓冲垫。钢弹簧采用60Si2CrVA材质。

缓冲胶垫主要作用为消除和衰减部分来自轮轨的高频振动。

(4) 一系垂向减振器

在定位转臂和构架弹簧座之间设置了油压减振器,以防止高频的传递和减小转向架点头振动。

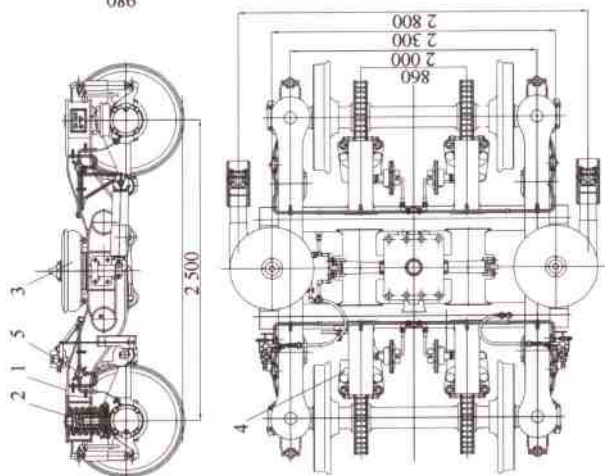


转向架主要技术特性

顺 号	项 目	参 数 表
1	构造速度 (km/h)	170
2	轨距 (mm)	1 435
3	固定轴距 (mm)	2 500
4	车轮直径 (mm)	φ15
5	车轴型号	RD _{3A1}
6	轴重 (t)	15.5
7	弹簧型式	一系：螺旋圆柱弹簧，二系：空气弹簧
8	减振方式	一系：垂直液压减振器 (进口) 二系：横向及抗蛇行液压减振器 (进口)
9	轴承型式	进口 SKF 或 FG
10	转向架制动形式	盘形制动
11	通过最小曲线半径 (m)	车辆连挂：145，单车调车：100
12	每台转向架重量 (t)	约 5.8
13	自重下空气弹簧上承面距轨面高度 (mm)	980

图4.1 SW-220K型转向架

1—构架组成；2—轮对轴箱定位装置；3—中央空气弹簧悬挂系统；4—转向架制动装置；5—轴温报警装置。





4.2.3.2.3 轴端形式

转向架的1、3、5、7位轴端接地装置，2、4、6、8位轴端装有速度传感器的测速齿轮。

4.2.3.2.4 轴端接地装置

接地装置为铁道客车轴承提供简单、有效、经济的保护和防护，防止工作电流或系统故障电流以及雷电电流通过轴承造成的轴承损伤。其主要性能如下：

- (1) 额定电流 300 A。
- (2) 瞬态电流不小于 10 kA (RMS)，持续时间 100 ms。
- (3) 峰值电流不小于 25 kA。
- (4) 正常工作条件下电刷的更换寿命不小于 80 万 km。
- (5) 装置对轴承的温升增加不超过 3℃。

4.2.3.3 中央空气弹簧悬挂系统

中央空气弹簧悬挂系统采用了独特的双空簧上进气结构，每侧两空簧通过设于车体枕梁内的附加空气室直接连通，设垂向、横向及抗蛇行减振器，横向及防过充止挡。

4.2.3.3.1 空气弹簧

空气弹簧由气囊和附加的橡胶弹簧组合而成的自由膜形式，适用于水平位移大的无摇枕转向架。空气弹簧的特性参数见表 4.12。

空气弹簧采用上进气结构，底部设有排水阀。为使空气弹簧无气状态时转向架能够运行，在下支座上面设有特殊的滑板，以提高转向架的曲线通过性能。当空气弹簧破损无气时，附加的橡胶弹簧提供二系垂向及横向刚度，确保车辆能以 120 km/h 安全运行。本空气弹簧内无阻尼孔，二系垂向阻尼由二系垂向减振器提供。

表 4.12 空气弹簧特性参数

顺 号	项 目		参 数 值
1	有效直径 ($F_x = 100 \text{ kN}$)		540 mm
2	最大垂向位移		$\pm 40 \text{ mm}$
	最大水平偏移		$\pm 120 \text{ mm}$
3	附加容积室 V_a		60 L
4	垂向刚度	载荷 92 t/8 (位移 ± 30)	400 N/mm
5	横向刚度	载荷 92 t/8 (位移 ± 40)	150 N/mm

4.2.3.3.2 牵引装置



采用 Z 字形双拉杆结构, 安装在车体的中心销与带缓冲的拉杆连接传递牵引力和制动力。本牵引装置具有如下特点:

- (1) 转向架相对于车体的回转依靠牵引杆中套橡胶的弹性变形。
- (2) 转向架横向附加刚度小。
- (3) 牵引装置内无相对滑动部分, 为无磨损结构。
- (4) 转向架和车体的分离应先拆卸牵引杆两端螺栓。

4.2.3.3.3 横向缓冲器

横向缓冲器作为限制车体运行中(特别是曲线上)过大的横移而设置的。为了避免运行中车体频繁碰撞缓冲器或者接触后出现硬性冲击, 本系统中将缓冲器与止挡的间隙设置为 (30 ± 3) mm, 缓冲器设计成非线性特性, 车体的横移较大时, 可提供非线性增长的复原力。

4.2.3.3.4 防过冲座

由于采用无摇枕转向架, 为设置防止车体意外过大的上升, 在横梁上设有防过冲座, 与牵引拉杆头部之间设置了 70 mm 的间隙, 具有阻止车体过高上升的功能。

4.2.3.3.5 抗蛇行减振器

为提高运行稳定行采用了抗蛇行油压减振器

4.2.3.3.6 高度控制阀和差压阀

高度控制阀是根据载荷的变化自动调整空气弹簧内压使车体保持一定高度的装置。本系统采用的高度控制阀为机械式空气阀, 该高度控制阀均分左右。高度控制阀安装在车体上。

差压阀是在左右空气弹簧出现超过规定的压力差时, 使压力高的一端空气流向较低的一端, 以防止车体异常倾斜的装置。本阀设定的压力差为 150 kPa。

4.2.3.4 盘形制动装置

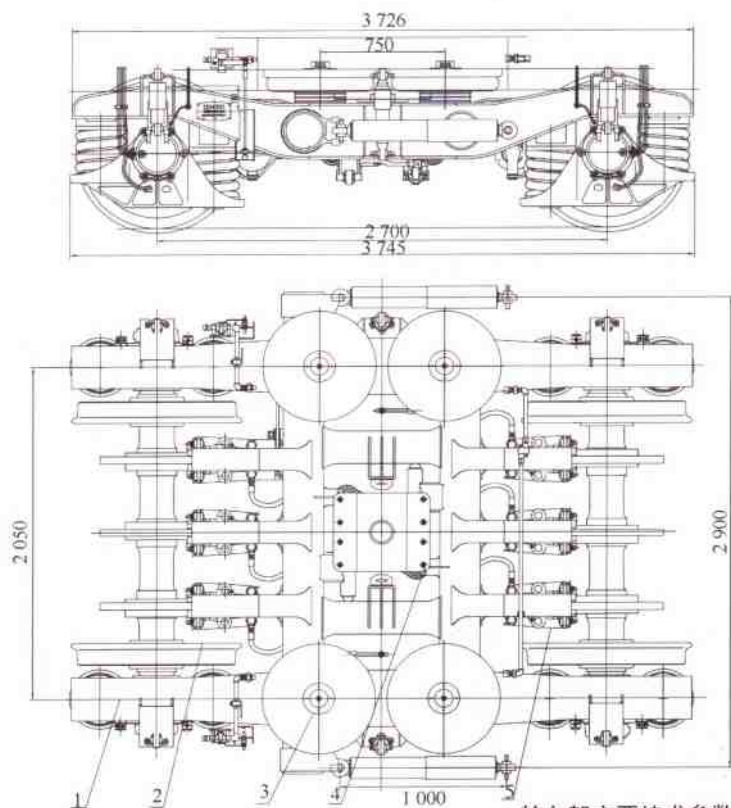
盘形制动装置是为本转向架专门设计的制动盘、制动缸及粉末冶金闸片。

4.2.3.4.1 单元制动缸

SP19 制动缸为 8 英寸活塞式单元制动缸, 其内部带有间隙调整器, 可自动调整闸片间隙。主要特性见表 4.13。

表 4.13 制动缸主要特性

制动缸直径 (mm)	203	活塞杆最大行程 (mm)	> 15
制动缸最大压力 (kPa)	500	丝杆最大调整行程 (mm)	85
初始制动压力 (kPa)	20~30	间隙每次调整量 (mm)	> 5
安装尺寸 (mm)	225 ± 2		



转向架主要技术参数

序号	名 称	参 数
1	运营速度	160 km/h
2	最高试验速度	176 km/h
3	轨距	1 435 mm
4	轴距	2 700 mm
5	轴颈中心横向跨距	2 050 mm
6	空气弹簧横向跨距	2 050 mm
7	一系定位方式	橡胶导套定位
8	轴承	FAG801804
9	轮对型式	KKDQ车轮+车轴
10	车轮踏面形状	LMA磨耗形踏面
11	二系悬挂方式	双空气弹簧+橡胶堆
12	转向架牵引型式	Z形双拉杆
13	转向架制动型式	盘形制动+防滑器
14	转向架自重	约8.2 t
15	最小半径曲线	连挂145 m,调车100 m
16	限界	GB146.1-1983

转向架轴位示意图

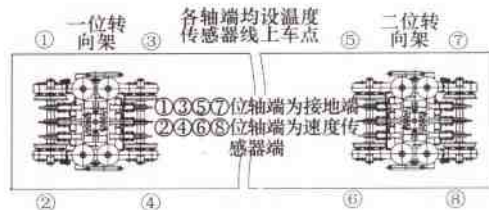


图4.2 SW-QD160型转向架转向架总图

- 1—构架组成；2—轴箱定位装置；
3—中央悬挂装置；4—牵引装置组成；
5—转向架制动装置。



每辆车的一位转向架一位车轮处设有一个带手制动装置。

4.2.3.4.2 制动盘和闸片

(1) 制动盘

采用轴装制动盘, 制动盘的结构和材质均不同于其他客车, 为整体式锻钢制动盘环和盘毂组成。制动盘与盘毂通过螺栓、垫块和弹性套等连接。制动盘毂与车轴为过盈配合 H6/u7。

(2) 闸片

转向架采用粉末冶金闸片, 摩擦系数稳定, 导热性能优良。

4.3 AM96 型转向架

AM96 型转向架 (见图 4.3) 采用了现代高速客车转向架较为经典的 U 形构架无摇枕结构, 设计速度为 200 km/h, 由于采用模块化概念设计, 转向架可以装备在动车组上, 因此, 其构架可以适应加装磁轨制动装置。铁道部所采用的 AM96 型转向架取消了磁轨制动装置及车轴上适应 200 km/h 运行要求的中间制动盘。

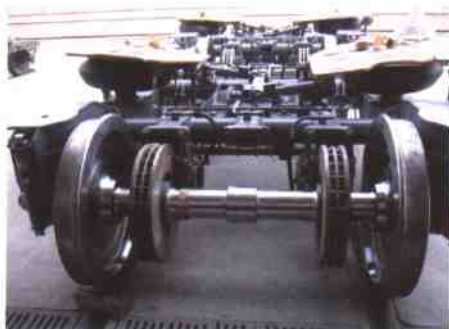


图 4.3 AM96 型转向架

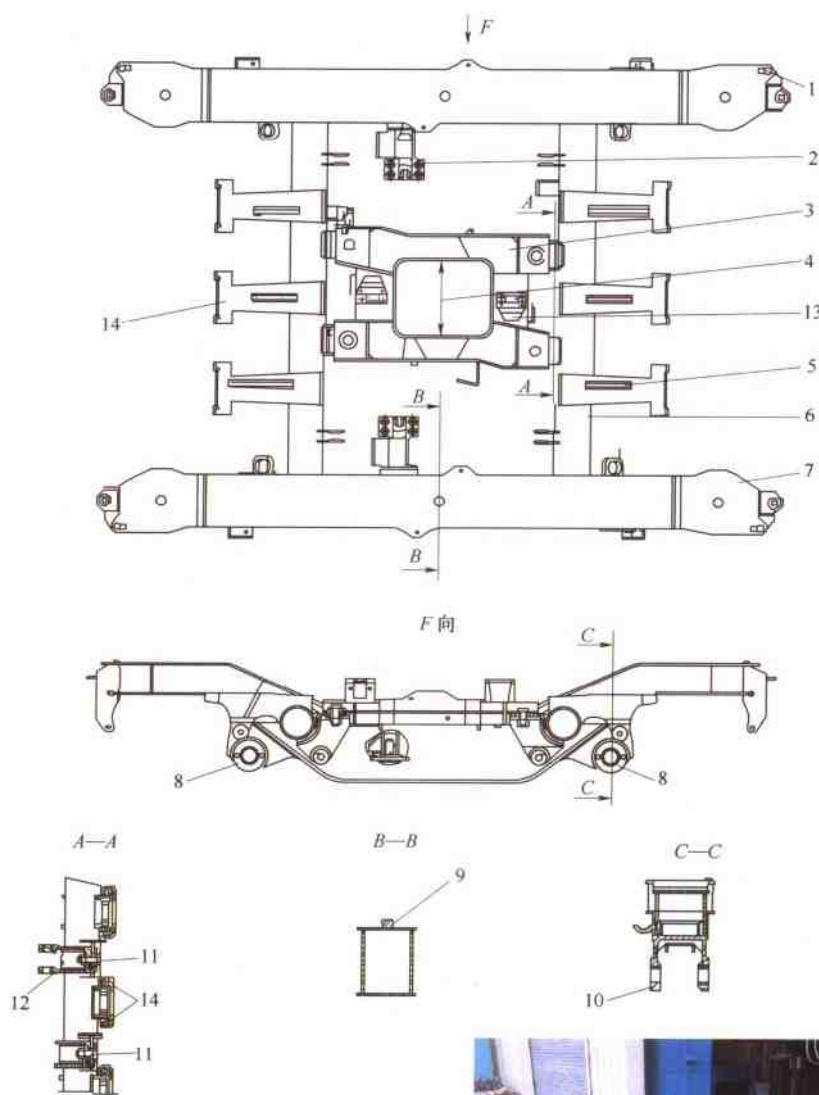
4.3.1 构 架

如图 4.4 所示, AM96 型转向架构架为焊接结构 U 形构架, 侧梁为矩形断面, 左右两侧侧梁与圆形断面钢管横梁焊接为一体形成 H 形框架结构, 两侧侧梁外侧斜对称布置抗蛇行减振器安装座, 两侧侧梁内侧焊接抗侧滚扭杆安装座, 构架下部对称地焊接轴箱定位转臂弹性接点座, 构架两侧纵横轴线相交处为二系空气弹簧安装座, 中部每根横梁对称地焊接三套盘形制动装置悬吊座, 两根横梁之间通过螺栓安装了中部构架, 此构架上安装了中心销横向止挡及纵向止挡。

构架主要结构参数:

轴距 (mm)	2 560
侧梁中心线跨距 (mm)	2 000
一系悬挂中心线跨距 (mm)	2 000
空气弹簧座中心线跨距 (mm)	2 000

AM96 型转向架构架按照 UIC 标准进行了疲劳试验, 可以满足 1 000 万次疲劳载荷试验。



- 1—旋转止挡；2—抗侧滚扭杆支座；3—中部构架；
4—横向止挡座；5—风管固定夹；6—横梁；
7—侧梁；8—轴箱定位转臂；9—空气弹簧定位销；
10—轴箱定位转臂吊耳；11—中部构架紧固螺栓；
12—纵向牵引拉杆座；13—横向减振器座；14—盘形制动单元吊座。



图 4.4 AM96 型转向架 U 形构架组成

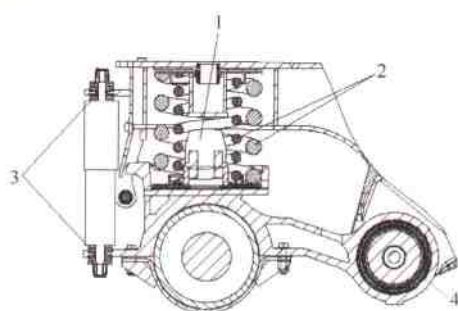


图 4.5 AM96 型转向架一系悬挂

1—橡胶止挡；2—螺旋弹簧；3——系油压减振器；4—定位转臂。

4.3.2 一系悬挂系统

AM96 型转向架一系悬挂装置（见图 4.5）包括一系垂向减振器（图 4.6），轴承（图 4.7），一系双绕组轴箱钢螺旋弹簧，轴箱定位转臂，轴箱定位弹性节点等。一系悬挂主要参数如下：



图 4.6 垂向减振器

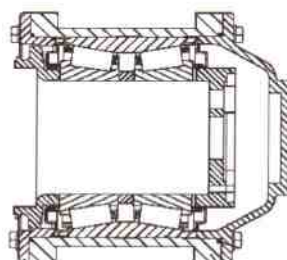


图 4.7 SKF 双列圆锥轴承

减振器型号：	KONI OFF 10337
减振器压缩及拉伸阻力	$(1\,120 \pm 168)\text{ N}$
减振器拉伸时吸振长度	$(448 \pm 3)\text{ mm}$
减振器压缩时吸振长度	$(305 \pm 3)\text{ mm}$
减振器行程	143 mm
构架四角高	$(932 \pm 2)\text{ mm}$

一系轴箱定位采用弹性橡胶堆节点，通过中心锥形销与构架轴箱定位转臂连接。一系轮对轴端安装双列圆锥无轴箱自密封轴承，型号为 SKF432795 - 104，



轴承采用冷压装方式安装, 安装时, 不需加注润滑脂。日常运营中免维护, 只需在运行 80 万 km 时, 将轴承拆下, 由专业维修工厂负责更新润滑脂。润滑脂型号为 SHELL ALVANIA 2760B。

一系轮对组成包括车轴、轮对及制动盘。车轴由锻钢制成, 符合 UIC811-1 中 A1N 型。

车轮为 R9T 辗钢整体轮, 符合 UIC812-3 标准, 车轮踏面为磨耗形踏面。车轮安装时, 采用冷压装方式, 因此, 轮箍处设注油孔及注油孔螺堵。新旧车轮滚动圆直径分别是 915 mm 和 835 mm, 轮缘可车削厚度为 40 mm。

车轴中部对称安装两套制动盘, 制动盘组成由制动盘箍、摩擦盘两部分组成, 制动盘由铸铁制成, 盘箍用冷压装方式安装在车轴的制动盘座上, 制动盘安装箍上设注油孔及注油孔螺堵。制动盘箍与摩擦盘之间采用螺栓连接。车辆日常运营中若出现损坏需更换时, 需将原有的整体盘切割后取下, 更换成两个半盘组成的分体盘 (见图 4.8) 制动盘的单侧允许磨耗厚度为 7 mm。盘形制动装置型号 DAKO KBZ 8。

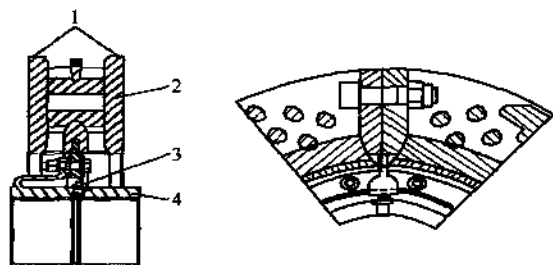


图 4.8 分体式制动盘

1—磨耗线限度刻线; 2—半盘; 3—注油孔; 4—盘箍。

4.3.3 二系悬挂系统

二系悬挂系统包括二系空气弹簧 (见图 4.9)、高度控制阀、差压阀、排风阀、空气弹簧储风缸、二系垂向减振器、二系横向减振器、抗蛇行运动减振器、抗侧滚扭杆等。为适应青藏高原强紫外线气候条件空气弹簧胶囊增加了紫外线防护罩。参见图 4.10。

4.3.3.1 空气弹簧

二系空气弹簧通过构架上的空气弹簧定位销定位, 并通过螺栓紧固在构架上, 空气弹簧内设橡胶堆, 可以保证当空气弹簧胶囊破损时, 车辆减速运行安全到达指定地点。2003 年 7 月, 在北京铁道科学研究院东郊环形铁路试验基

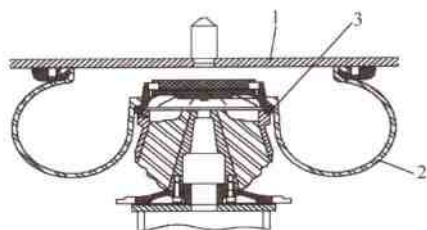


图 4.9 空气弹簧组成

1—空气弹簧上盖板；2—橡胶堆；3—空气弹簧胶囊。

地，首次进行了空气弹簧胶囊破损的模拟试验，结果表明：

在两台转向架空气弹簧全部排空的故障情况下，在 100 km/h 以下的速度范围内，车辆的脱轨系数、轮轴横向力，与正常工况相当；轮重减载率比正常工况略大；车体横向平稳性指标明显比正常工况大，各试验速度下的平均值 $W < 3$ ；达到“良好”水平，车体垂向平稳性指标明显比正常工况大，各试验速度下的平均值 $W < 3$ ；达到“良好”水平。

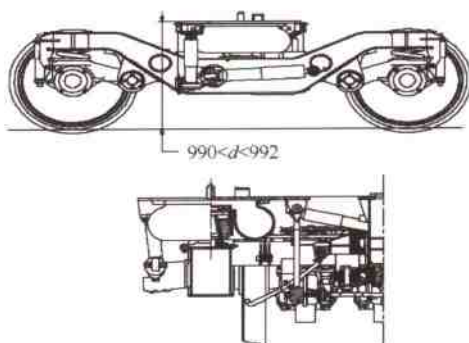


图 4.10 二系悬挂装置

二系悬挂系统主要参数：

空气弹簧上平面距轨面高度	1 020 mm
空气弹簧安装座距轨面高度	668 mm
空气弹簧左右侧跨距	2 000 mm
空气弹簧充排风高度差	30 mm
垂向减振器型号	KONI OFF 10338
压缩及拉伸阻力	(1 100 ± 165) N
拉伸时吸振长度	580 mm
压缩时吸振长度	405 mm



行程	175
横向减振器型号	KONI OFF 10 336
压缩及拉伸阻力	$245 \times (1 \pm 15\%) \text{ N}$
拉伸时吸振长度	620 mm
压缩时吸振长度	411 mm
行程	209 mm
抗蛇行减振器型号	KONI OFF 10 335
压缩及拉伸阻力	$1310 \times (1 \pm 20\%) \text{ N}$
拉伸时吸振长度	949 mm
压缩时吸振长度	604 mm
行程	345 mm

4.3.3.2 高度控制阀

高度控制阀上端安装在空气弹簧上盖板上，下端安装在中部构架上（见图 4.11）。

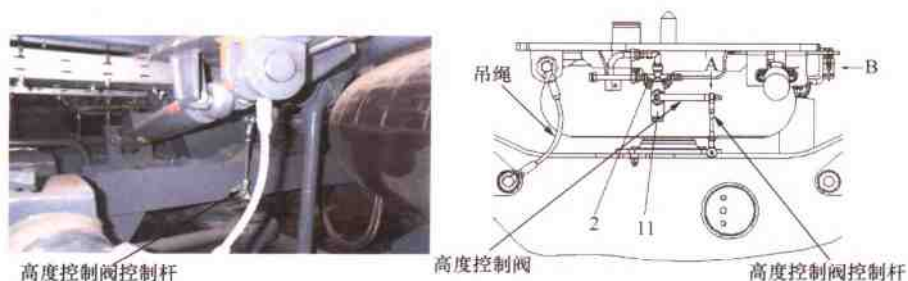


图 4.11 高度控制阀



图 4.12 高度控制阀控制杆的作用位置

当一侧空气弹簧减压而膨胀升高时，如图 4.12 所示，高度控制阀水平杆顺时针旋转，进入排风位，空气弹簧高度回落到正常位时，水平杆恢复到水平位，空气弹簧进入保压位，由此，控制车体高度保持在恒定位置上。



4.3.3.3 差压阀

两侧空气弹簧之间的差压阀安装在车体底架钢结构的管路上，当两侧空气弹簧压力差超过 150 kPa 时，差压阀动作，保持两侧空气弹簧压力均衡。

AM96 型转向架二系空气弹簧设置独立的储风缸，安装在车体钢结构底架两端，另有总储风缸通向总风管或副风缸。

4.3.3.4 放风阀

放风阀（见图 4.13）的作用是：当单侧车体向上倾斜超过 40 mm 时，若高度控制阀的排风速度较慢，二系空气悬挂系统中的放风阀钢索将会拉紧，使放风阀处于排风位，使该空气弹簧迅速放风，防止车体过量倾斜。

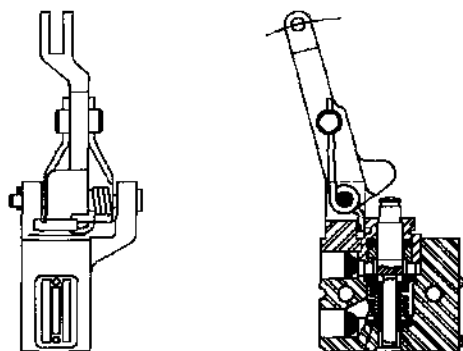


图 4.13 二系悬挂系统放风阀

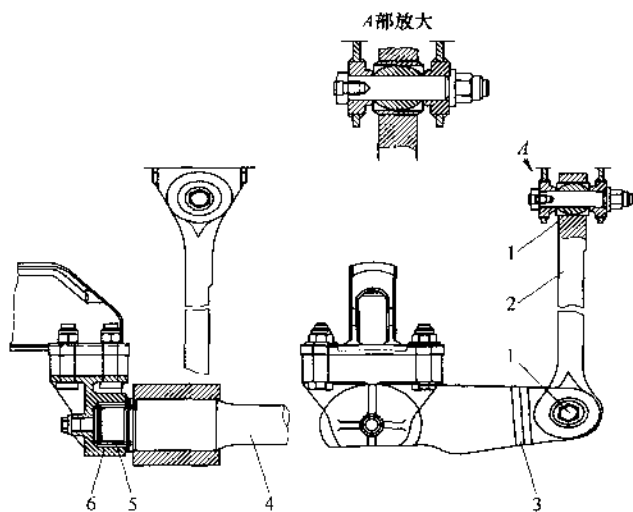


图 4.14 抗侧滚扭杆

1—球关节；2—连杆；3—转臂；4—扭杆；5—衬套；6—扭杆座。



4.3.3.5 抗侧滚扭杆

抗侧滚扭杆（见图 4.14）由扭杆、转臂、连杆、衬套、扭杆座和球关节等组成。抗侧滚扭杆连杆上端通过球关节安装到空气弹簧上盖板，扭杆座安装在转向架构架侧梁上。

车辆运营过程中，应每 50 万 km 定期通过注油孔向扭杆座里的衬套注润滑脂。

4.3.3.6 二系垂向减振器

二系垂向减振器的安装如图 4.15 所示，减振器的上端安装在空气弹簧上盖板，下端安装在转向架构架侧梁外侧。

减振器与减振器座的连接采用球形关节，可以适应减振器在空间的复杂运动。

4.3.3.7 二系横向减振器

二系横向减振器的安装如图 4.16 所示，外部安装于空气弹簧上盖板，车体内侧安装在中部构架顶面。

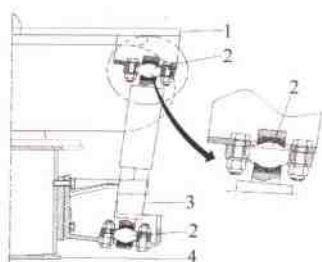


图 4.15 二系垂向减振器

1—空气弹簧上盖板；2—球关节。
3—垂向减振器；4—构架侧梁。

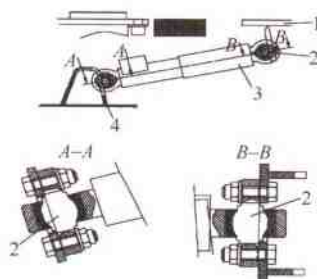


图 4.16 二系横向减振器

1—空气弹簧上盖板；2—球关节；
3—横向减振器；4—构架侧梁。

4.3.3.8 抗蛇行减振器

图 4.17 为二系抗蛇行减振器的安装，抗蛇行减振器一端安装在转向架构架侧梁外侧，另一端安装在车体底架的抗蛇行减振器安装座上。

4.3.3.9 空气弹簧上盖板（见图 4.18）

由于采用无摇枕结构，车体与转向架的连接集中于空气弹簧上盖板的下平面，上平面仅设空气弹簧储风缸进风管座，为方便落车，在上盖板的上平面设一定位导柱，当轮对踏面磨损后需调整车钩高度时，可在上盖板的上平面加调整垫片。车体与转向架之间的连接通过空气弹簧上盖板上的 5 个螺栓孔，由 5 支螺栓紧固。当转向架随车体一起起吊时，构架与上盖板间的吊绳将会被拉紧，

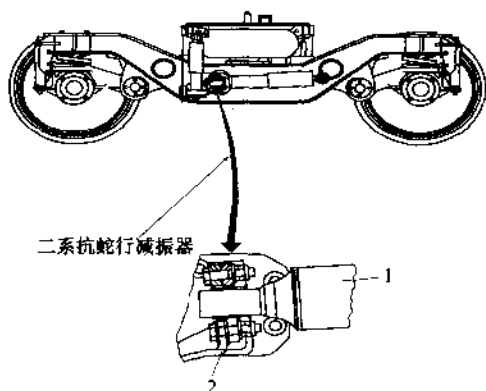


图 4.17 二系抗蛇行减振器安装

1—抗蛇行减振器；2—安装座。

转向架的重量全部由吊绳承担。

4.3.3.10 紫外线防护罩

为了适应青藏高原的强紫外线环境，在空气弹簧上盖板下部特别安装了紫外线防护罩，如图 4.19 所示。

4.3.4 牵引装置

牵引装置包括车体中心销、均衡杠杆、纵向拉杆等（见图 4.20），牵引力及制动力依次通过中心销传递至均衡杠杆及纵向拉杆，由于均衡杠杆、纵向拉杆接头均采用橡胶衬套，因此，在载荷的传递过程可以很好地吸收并衰减冲击。中心销通过螺栓安装于车体底架枕梁中心，中心销与转向架构架上的中部构架左右各保持 20 mm 名义间隙，当车体与转向架间的横向自由运动超过 20 mm 时，中心销将与中部构架上的左右弹性橡胶止挡接触，并压缩橡胶止挡。

4.3.5 转向架制动装置

转向架制动装置包括转向架手制动装置、转向架基础制动装置。

4.3.5.1 转向架手制动装置

为了满足在坡道上车辆防溜的要求，一位端 AM96 型转向架两根车轴上分别有一套盘形制动装置安装手制动杠杆，可以通过在一位端通过台设置的手制动操纵手柄，驱动两根操纵钢索对车辆实施手制动。图 4.21 ~ 图 4.23 是手制动装置及操纵钢缆。

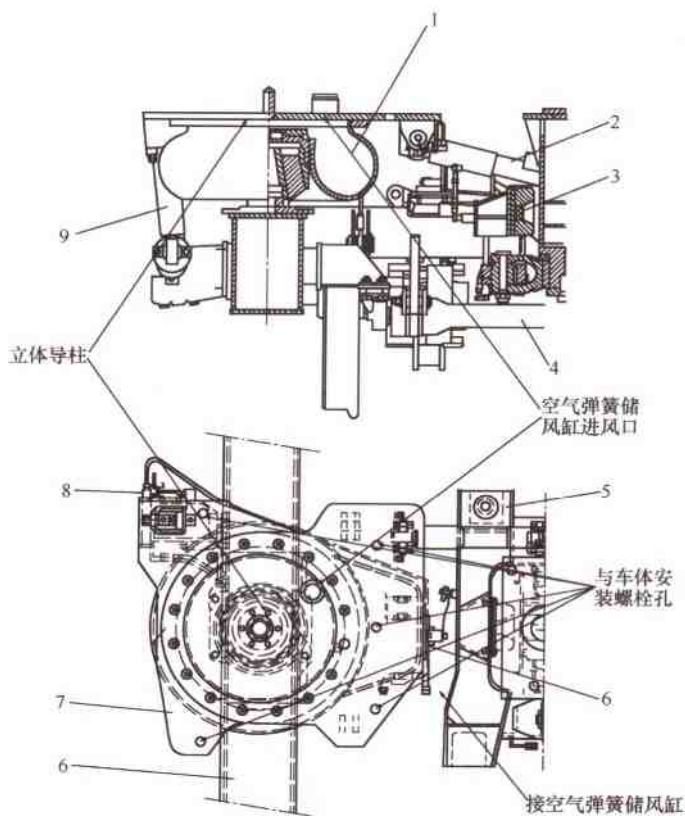


图 4.18 空气弹簧上盖板

- 1—空气弹簧；2—横向减振器；3—横向止挡；4—抗侧滚扭杆；5—构架；
6—转向架侧架；7—上盖板；8—放风阀；9—垂向减振器。



图 4.19 空气弹簧紫外线防护罩

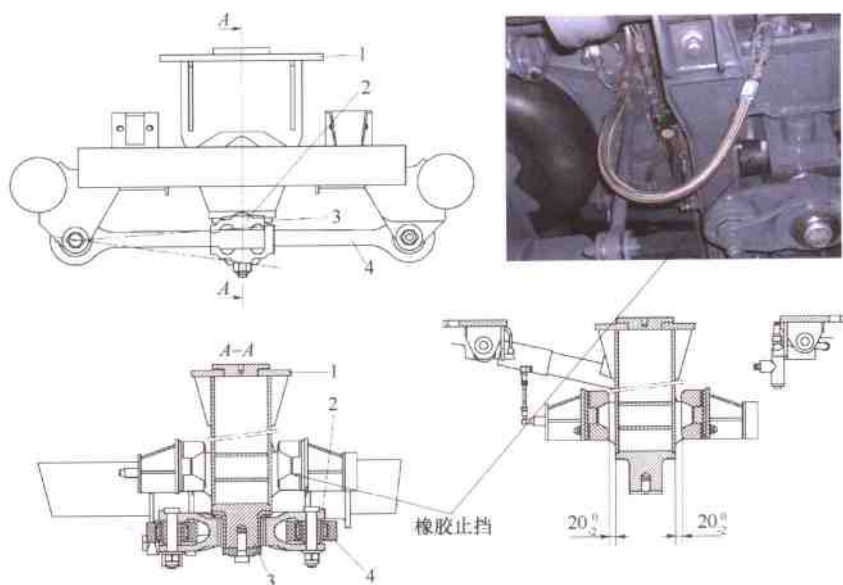


图 4.20 牵引装置

1—车体中心销；2—均衡杠杆；3—中心销连接轴；4—纵向拉杆。



图 4.21 车端手制动机及操纵钢索



图 4.22 车下手制动操纵钢索

4.3.5.2 转向架基础制动装置

AM96 型转向架基础制动装置包括轴装式制动盘、8 英寸单元制动缸、制动杠杆、闸片托、无石棉塑料合成闸片、闸片托吊等部件。见图 4.24。

闸片托吊通过圆销悬挂在盘形制动装置悬吊座上。制动闸片为国产无石棉塑料合成闸片。闸片可磨损厚度为 23 mm。

盘形制动装置型号为 DAKO KBZ 8，单元制动缸型号为 DAKO BZ 8。



手制动钢缆



图 4.23 转向架手制动操纵钢缆

DAKO BZ 8 型制动缸（见图 4.25）为 8 英寸皮碗式双向间隙自动调整制动缸。为了满足低温环境的运营要求，对制动缸进行了高低温循环试验，自 70°C 至 -40°C ，各保温 5 min，并经多次高低温温度循环，恒温期间，制动缸内充入 600 kPa 压力空气，各项性能稳定。

缓解状态下，制动闸片与制动盘间隙 J 为 $(3.5 \pm 0.5) \text{ mm}$ 。为了适应手动调整闸片间隙的要求，制动缸端部设手动调整轮，只需将锁环拉出，便可顺时针或逆时针旋转调整手轮，使制动闸片与制动盘间隙 J 增大或减小。图 4.25 中箭头所示为锁环。



图 4.24 盘形制动装置

更换闸片时，只需将闸片托下部的定位销下拉，然后将止挡旋出，闸片即可从闸片托中脱落，此时可更换新闸片。见图 4.26。

4.3.6 转向架辅助装置

转向架辅助装置包括轴端接地装置，防滑器测速传感器，转向架转动限位止挡，轴温报警仪传感器，车体与转向架接地电缆，轴箱与构架间跨接电缆。

防滑器测速传感器位于 1, 3, 5, 7 位轴端，转向架转动限位止挡位于 3, 4, 5, 6 位构架端部，轴温报警仪传感器位于 1~8 位轴端；轴箱与构架间跨接电缆位于 1, 3, 4, 5, 7, 8 位；轴端接地装置位于 2, 4, 6, 8 位；车体与转向架接地电缆位于 2, 4, 6, 8 位。

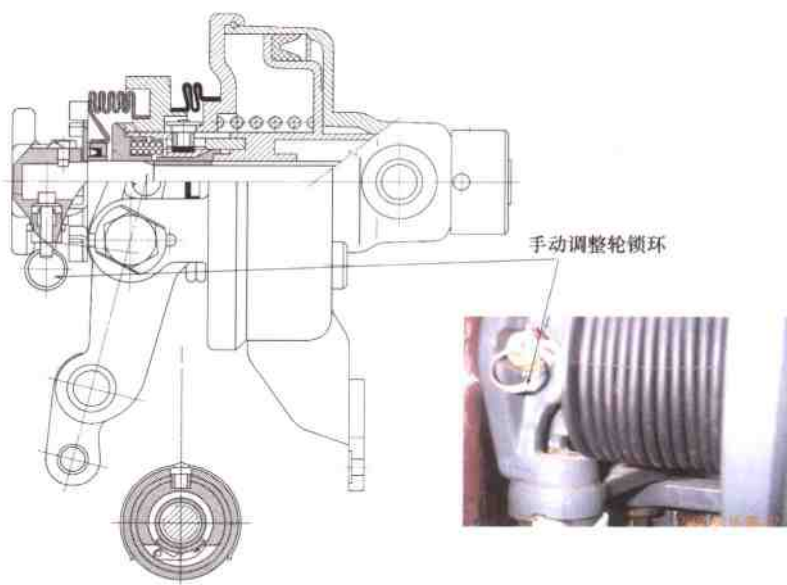


图 4.25 DAKO BZ 8 型制动缸



图 4.26 闸片锁闭装置

轴端接地装置可以保护轴承避免电蚀，同时，在电气化区段线路，可以保护人员，防止出现电击伤人甚至死亡事故；在高原地区，可以保证雷击造成的电流可靠地导向大地，保护车辆设备及人身安全。

车体与转向架构架之间通过跨接电缆连接，参见图 4.27；转向架构架与轴端接地装置通过构架跨接电缆相连，并经碳刷及滑板经轮轴与轨道连通。参见图 4.28。



车体与转向架接地电缆

图 4.27 转向架构架与车体跨接电缆

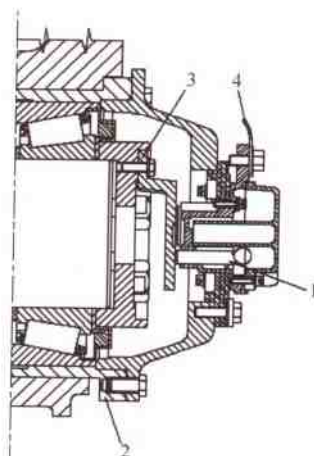


图 4.28 轴端接地装置

1—碳刷；2—轴箱体；3—滑板；
4—构架跨接电缆。

5 青藏铁路高原客车制动系统

5.1 空气制动系统

四方股份公司客车空气制动系统

5.1.1 概 述

成都局及青藏公司客车采用 104 型集成式电空制动机，其电空制动系统包括列车管、总风管、104 型集成式电空阀、气路控制箱、球芯截断塞门与集尘器联合体、副风缸、组合风缸（总风缸 1、总风缸 2）、工作风缸、缓解风缸、TFX1B 型电子防滑器、球芯折角塞门、缓解阀、紧急制动阀、止回阀及截断塞门等，车上设有缓解阀拉把，具体参见图 5.1。

制动机、气路控制箱、各种风缸及管路等通过风缸吊带、螺栓及管卡等安装在吊架上组成制动模块，整体吊装在焊接于车辆底架的安装座上，各大部件通过管路连接起来，管路上设有各种截断塞门、止回阀等。枕内纵向管路采用管排车下组成，整体吊装于车体底架上。

各截断塞门手把顺着管子方向为开启，垂直管子为关闭，车辆运行时各风缸下部排水塞门必须处于关闭状态。（注：各风缸排水塞门为防石击型，须用三角钥匙来开启或关闭。）

手制动装置安装于一位角外端墙上，下部由手制动拉杆与一位盘形制动缸相连。

车下设有制氧供风管路，用于将空气压缩机产生的高压空气供给车内的膜式制氧机，两车之间的制氧供风管路通过快速接头软管组成连接，每端设有两根（一侧一根），采用并联连接方式，并设有截断塞门控制气路的通断；截断塞门为防石击型排风截断塞门，须用三角钥匙开闭，关闭位时将软管中的压力空气排向大气。



主要技术参数:

列车管、总风管压力	600 kPa
制氧供风管压力	1 000 kPa
副风缸容积	234 L
工作风缸容积	11 L
紧急制动时制动缸压力	(420 ± 10) kPa (104 集成式电空阀)
组合风缸 (总风缸 1、总风缸 2) 容积	各约 120 L (共约 120 × 2)
缓解风缸容积	40 L

主要特点:

① 列车纵向管路采用整体管排上车, 因此车下管路布置整齐有序, 固定牢靠, 安装方便, 实现了枕内纵向管路的模块化、集成化安装。

② 生活用风 (塞拉门和集便器) 与空气弹簧用风采用两路独立的辅助供风系统, 互不影响, 提高了供风质量。

③ 104 型集成式电空制动机, 各种风缸及管路等通过风缸吊带、螺栓及管卡等安装在吊架上组成制动模块, 实现了中部制动单元的模块安装, 使安装更为方便。

④ 采用 104 型集成式电空制动机, 增设了防护罩, 能更有效地防水、防尘, 便于维护和检修, 并提高了车辆高速运行时的防石击能力。

⑤ 装有气路控制箱, 便于操作和维护, 其全封闭结构能有效地提高防石击能力。

⑥ 在列车管和制动缸管路中设有压力传感器, 为制动监测提供压力信号。

5.1.2 104 型集成式电空阀

5.1.2.1 简要说明

最近这些年来, 随着旅客列车运行速度的不断提高, 对铁路运营的安全以及旅客在列车运行中的舒适度也有了更高的要求, 旅客列车电空制动机的使用, 不仅对列车运行的安全提供了一定的保证, 并且它的制动和缓解性能的提高, 减少了旅客列车在运行中调速和停车时的纵向冲动, 提高了旅客列车运行的平稳性, 尽可能地满足旅客乘车时的舒适度。

现已装车运用的 104 型电空制动机, 其结构形式是在 104 型空气制动机的基础上设计而成的, 主要是增设了电空阀座, 并将其安装在 104 型制动机的主阀和中间体之间, 原主阀与中间体的相关气路依旧相通。因为当时要保持原有



的装车条件不变,主要是为了旧车改造的方便,从而使得电空制动机的结构显得略微庞大,安装、检修不便。经过对 104 型电空制动机的多年安装、使用及试验,现将 104 型电空制动机改为集成式安装,从而方便电空制动机的安装、检修和维护,且其整体结构将趋于紧凑、合理。

5.1.2.2 整机技术指标

5.1.2.2.1 适用范围

适用于所有装有自动式制动系统的客车。

5.1.2.2.2 使用环境

所有电器部件符合电器通用标准,电器部分、空气部分均适应温度 $\pm 50^{\circ}\text{C}$,相对湿度 95%。

5.1.2.2.3 采用板式安装,正面安装阀类部件,背面安装各容积风缸及进行管路连接。

5.1.2.2.4 电空制动用电磁阀与原有 104 型电空制动机的电磁阀一致,有良好的通用性和互换性,额定工作电压直流 110 V。

5.1.2.2.5 采用自动作用式。

5.1.2.2.6 常用全制动制动缸压力为 420 kPa。

5.1.2.2.7 具有电空紧急制动功能,紧急制动制动缸压力为 (420 ± 10) kPa。

5.1.2.2.8 具有阶段缓解性能功能,阶段缓解次数不少于 5 次。

5.1.2.2.9 电气失效后,列车能自动转为空气制动机状态。

5.1.2.2.10 能与现有装有 104 型电空制动机的客车混编使用。

5.1.2.2.11 实现真正意义上的集成,可根据不同需求进行部件的选择安装组成,可实现 104 阀空气制动、104 阀电空制动等功能。

5.1.2.3 104 型集成电空制动机的特点

104 型电空制动机的集成化研究,就是将电空制动机的所有零部件集中安装在一块集成板子上,并有外罩把这些部件罩住,外罩的作用主要是为了防尘和密封,取消了 104 型制动机的中间体。在集成板上,正面装有 104 主阀、紧急阀、充气阀、电磁阀、电磁阀安装座等;集成板背面有容积室组合,包括容积室 (3.85 L),紧急室 (1.5 L),局减室 (0.6 L),列车管、副风缸、工作风缸、制动缸、缓解风缸的法兰接口,电空制动用电缆线接口 G3/4 英寸。这样,所有阀类等零部件在安装板的正面,容积风缸和管路连接在集装板后面。

图 5.2 为 104 型电空制动集成板的正面安装及背面示意图。

5.1.2.4 主要部件及作用说明

5.1.2.4.1 集成安装板

用来安装制动机阀类、电器件、容积风缸、法兰接头及其他部件。

5.1.2.4.2 104 主阀

104 主阀为普通 104 型空气制动机的主阀，其可与运用车的 104 主阀互换。

5.1.2.4.3 104 紧急阀

104 紧急阀为普通 104 型空气制动机的紧急阀，其可与运用车的 104 紧急阀互换。

5.1.2.4.4 电磁阀安装座

用来安装各电磁阀、充气阀及接线端子等，可以整体拆下，方便检修。

5.1.2.4.5 电磁阀

104 型集成电空制动机共设三个电磁阀，缓解、保压和制动三个电磁阀结构相同，采用了与原 104 型电空制动机一致的电磁阀，相互之间可以互换使用。

(1) 制动电磁阀

制动电磁阀的常闭阀口遮断了列车管到大气的通路，当它得电时，常闭阀口打开，接通列车管到大气的通路，列车管的压力空气通过制动电磁阀排入大气；失电时，则停止排气。这样可以用制动电磁阀的得失电来控制列车管的排气。

(2) 缓解电磁阀

缓解电磁阀用来控制缓解风缸与列车管之间的通路，失电时是常闭位，遮断了两者之间的通路；得电时则沟通了缓解风缸和列车管之间的通路，当缓解风缸内的压力高于列车管时，则缓解风缸内的压力空气会流向列车管。

(3) 保压电磁阀

保压电磁阀是用来控制 104 主阀容积室排气口到大气的通路，用的是它的常开位，无电时此通路畅通，保证容积室到大气的通路；得电时则切断该通路，如果容积室内有空气存在，则不能排出。

5.1.2.4.6 充气阀

充气阀相当于原 104 型电空制动机电磁阀安装座上的充气止回阀，只是结构有所变化，缓解风缸的压力空气可以由副风缸通过该充气阀充风。如果将副风缸换成总风缸，也可以满足缓解风缸的充风要求，并且缓解风缸的压力空气不能向副风缸或总风缸逆流。

5.1.2.4.7 保压管

连接 104 主阀容积室排气口与电磁阀安装座，容积室的压力可由保压电磁阀控制。

5.1.2.4.8 电空制动用电缆线接口 G3/4 英寸为穿电空制动用电缆线用。

5.1.2.4.9 容积室组合

容积室组合与安装板采用法兰连接，包含有容积室、紧急室和局减室。

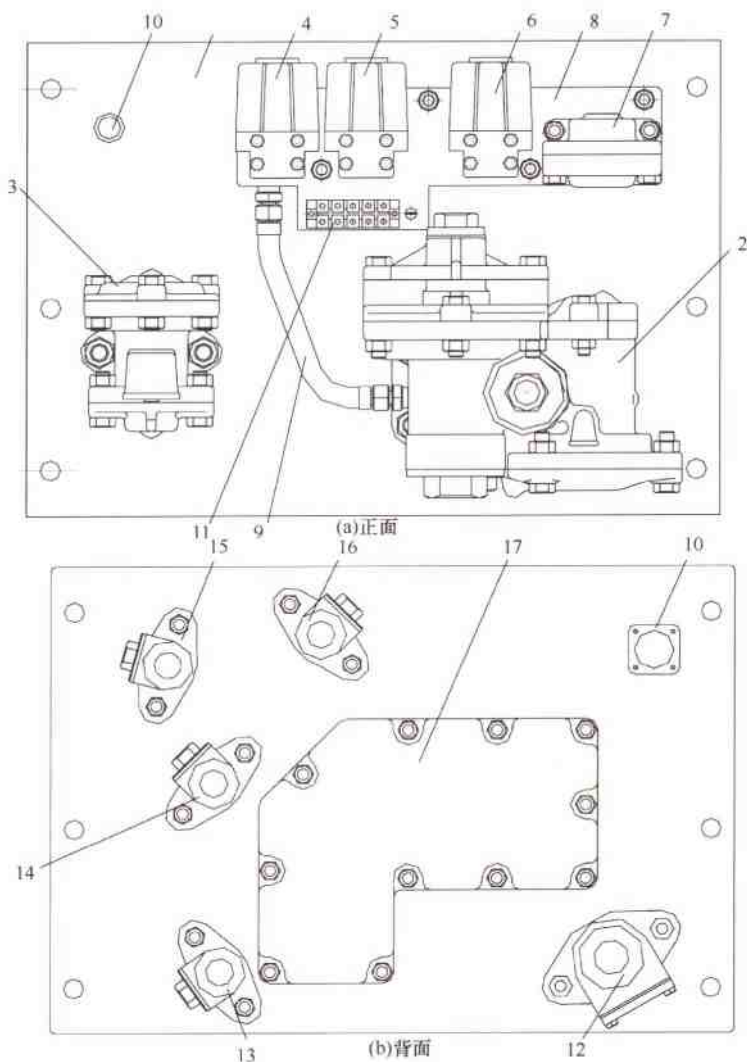


图 5.2 104 型电空制动集成板

1—集成安装板；2—104 主阀；3—104 紧急阀；4—保压电磁阀；5—制动电磁阀；6—缓解电磁阀；7—充气阀；8—电磁阀安装座；9—保压管；10—穿电缆线口 G3/4 英寸；11—接线端子 12—列车管法兰接头；13—制动缸法兰接头；14—副风缸法兰接头 15—缓解风缸法兰接头；16—工作风缸法兰接头；17—容积室组合。

5.1.2.4.10 风缸和空气管路接口

共有 5 个风缸和空气管路接口，都采用法兰连接的方式，分别为列车管（连接车辆的列车管支管）、制动缸、副风缸（或总风缸）、工作风缸、缓解风

缸等法兰接头。

5.1.2.5 安装使用说明

104 型集成电空制动机的各风缸、列车支管、5 芯主电缆和电空连接器与原 104 型电空制动机的一致。104 型集成电空制动机的安装分空气管路部分和电气部分安装。

5.1.2.5.1 空气管路部分的安装

(1) 将 104 主阀和紧急阀用 M16 的螺栓紧固在集成安装板的正面, 之间用橡胶密封垫密封。

(2) 将电磁阀座用 4 个 M10 的内六角螺栓紧固在集成安装板上, 电磁阀座上的其他部件也要求安装完毕。

(3) 用保压管的两端分别接电磁阀座下部的 ZG3/8 英寸孔和主阀上的容积室排气孔 d_3 (ZG3/8 英寸接口)。

(4) 将容积组合安装在集成安装板的背面, 结合处用橡胶密封垫密封。

(5) 将副风缸、工作风缸、制动缸、缓解风缸和列车管的法兰接口分别用 M12 和 M16 螺栓连接。

(6) 将集成安装板用 6 个 M16 的螺栓装在集成电空制动机的安装架上, 各风缸和列车管按设计要求安装, 并分别与集成安装板上的各相应接口连接。其中副风缸、工作风缸、制动缸、缓解风缸的接口为 ZG3/4 英寸, 列车管接口为 ZG1 英寸。

5.1.2.5.2 电气部分的安装

(1) 按图 5.3 所示的电气示意图布置电空制动电缆线, 电缆必须走电缆管或有电缆护套管。

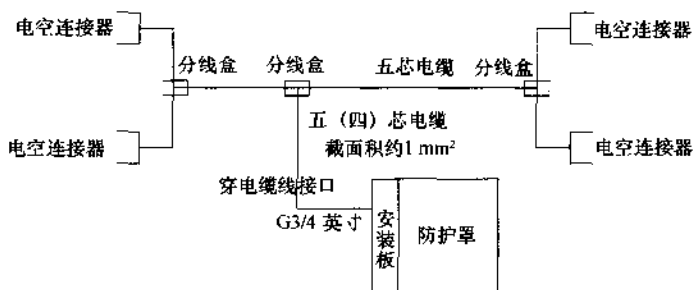


图 5.3 104 型集成电空制动机电气示意图

(2) 车辆间电空连接器插座的安装位置如图 5.4 所示。

(3) 由车体中间或车上分线盒引出四芯电缆到集成电空制动机安装板的左

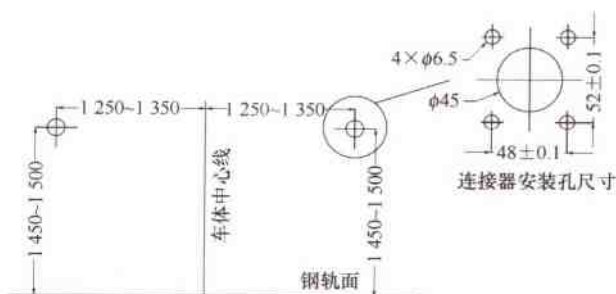


图 5.4 电空制动电空连接器安装位置

上角, 穿过电空制动用电缆线接口 G3/4 英寸后进入安装板的正面, 电缆连接器有五芯, 四芯电缆编号为 1 号 (红)、2 号 (绿)、3 号 (黄)、5 号 (黑), 分别相应接于电磁阀组成上的接线端子, 面对接线端子, 从左至右的顺号为 3, 1, 2, 4, 5, 此编号相应接于 3 号 - 保压电磁阀 (+)、1 号 - 制动电磁阀 (+)、2 号 - 缓解电磁阀 (+)、5 号 - 上述 3 个电磁阀的 (-)。

(4) 安装完毕后, 检查各电缆的护套是否完整, 各线路是否正确、无误, 并保证各线芯之间无短路现象。

将装有密封胶条密封罩与集成安装板用搭扣连接, 并且安装开口销, 下部有可拆卸的活折页, 两侧有防脱链。

5.1.2.6 104 型集成电空制动机的综合作用说明

根据电空制动使用时的实际情况, 我们首先给出电空制动机中各电磁阀在电空制动作用时的动作情况。

5.1.2.6.1 充气缓解位

充气缓解位即运转位。客车电空阀的主阀作用与 104 型分配阀的作用完全相同, 主阀此时处于充气缓解位, 三个电磁阀均不得电。常开的保压电磁阀通路保障: 容积室 $\rightarrow d_3 \rightarrow$ 保压管 $\rightarrow$ 保压电磁阀 $\rightarrow$ 大气的通路畅通, 容积室压力为零, 制动缸压力为零; 同时列车管压力空气 $\rightarrow$ 副风缸 $\rightarrow$ 缓解风缸。

表 5.1 电磁阀作用表

	运转位	制动位	保压位	缓解位	阶段缓解			紧急位
制动电磁阀	失电	得电	失电	失电	失电			得电
保压电磁阀	失电	失电	得电	失电	得电	失电	得电	失电
缓解电磁阀	失电	失电	失电	得电	失电	得电	失电	失电

5.1.2.6.2 常用制动位

此时客车电空阀的制动电磁阀得电，列车管的压力空气可经制动电磁阀排向大气。同时，另有少量列车管压力空气由机车中继阀或操纵阀排出，104 型分配阀处于常用制动位，副风缸向制动缸充气，制动缸升压。如果不考虑机车中继阀的排风作用，则制动电磁阀得电时间的长短决定着列车管减压量的大小。当控制制动电磁阀间断得失电时，也就得到了阶段制动的作用。

5.1.2.6.3 保压位

此时制动电磁阀失电，列车管停止排气，待稳定后分配阀处于正常保压位置，副风缸停止向制动缸充气；且保压电磁阀得电，容积室排气口经保压电磁阀通大气的通路被关断，保持容积室压力，也就使得制动缸压力保持不变。

5.1.2.6.4 制动后的缓解位

此位置仅缓解电磁阀得电，打开缓解电磁阀中缓解风缸与列车管的通路，使缓解风缸的压力空气经电磁阀注入列车管，加快列车管的充气，迅速使主阀处于缓解位。同时由于保压电磁阀失电，使容积室至大气的通路畅通，容积室压力空气经保压电磁阀排入大气，制动缸得以能够缓解。

5.1.2.6.5 制动后的阶段缓解作用

由于容积室压力空气排大气的通路受到保压电磁阀的控制，所以尽管分配阀是一次性缓解阀，在它处于缓解位时，可以通过保压电磁阀的间断得失电，控制着容积室的阶段性排气，加上 104 型分配阀为间接作用式，制动缸的压力又受容积室压力的控制，故保压电磁阀的间断得失电也就控制了制动缸的阶段排气，制动缸得以阶段缓解。

5.1.2.6.6 紧急制动位

紧急制动时，紧急阀同空气紧急制动一样作用，同时制动电磁阀得电，使列车管压力迅速降到零，制动缸快速升压。

其他作用同原 104 型空气制动机。

5.1.3 QD-K 型气路控制箱

QD-K 型气路控制箱将车下管路上的各种阀类集成安装在一个气路板上，其结构紧凑，安装方便，维护简单。其气路原理图如图 5.5 所示。

阀类布置正面图如图 5.6 所示。

安装孔尺寸及外接管路出口布置如图 5.7 所示。

吊挂尺寸及外形尺寸如图 5.8 所示。

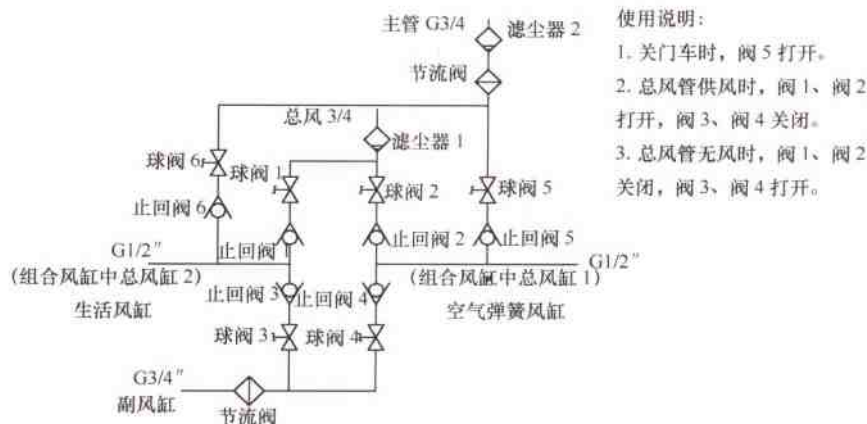


图 5.5 气路原理图

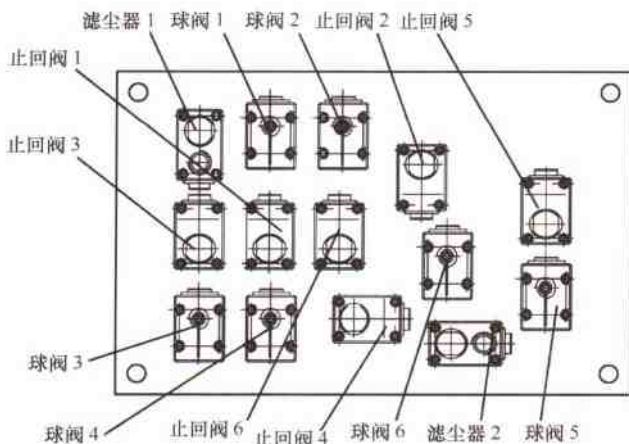


图 5.6 阀类布置正面图

BSP 公司客车制动装置

5.1.1 概述

BSP 公司高原客车安装了分体式 104 型电空制动机。空气制动系统包括 104 型分配阀、紧急制动阀 (见图 5.9)、总风管、列车管、工作风缸、副风缸、缓解风缸、远心集尘器及截断塞门、缓解阀、紧急制动阀、止回阀、缓解指示器、制动软管连接器等。

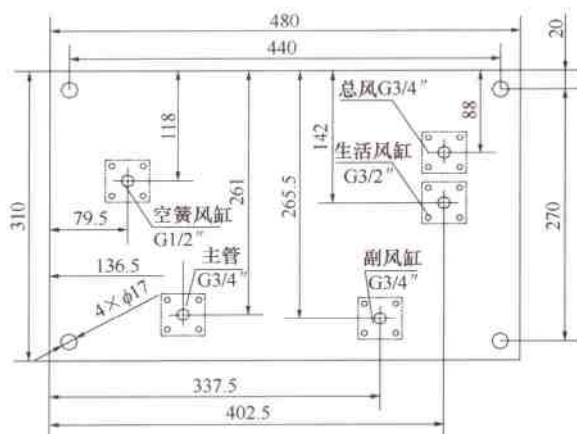


图 5.7 安装孔尺寸及外接管路出口布置

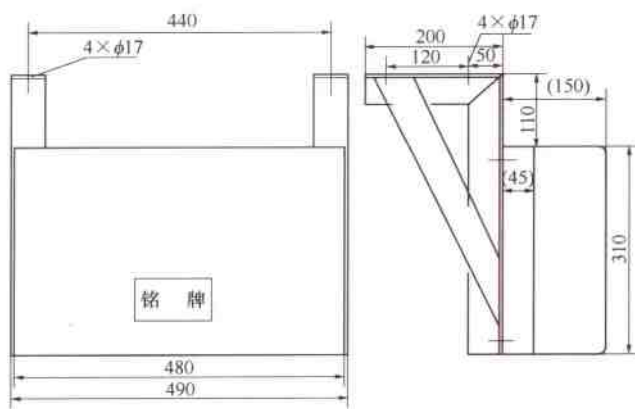


图 5.8 后箱盖外形图

5.1.2 制动系统

制动系统原理图见图 5.10。

紧急制动阀安装在车内一位端间壁上，采用了标准操纵手柄，不锈钢制总压力表及制动管压力表。

各车中部设车上缓解阀操纵手柄，在列车运行过程，可对本车制动缸进行缓解而不影响整列车制动系统。车下左右两侧



图 5.9 紧急制动阀及压力表

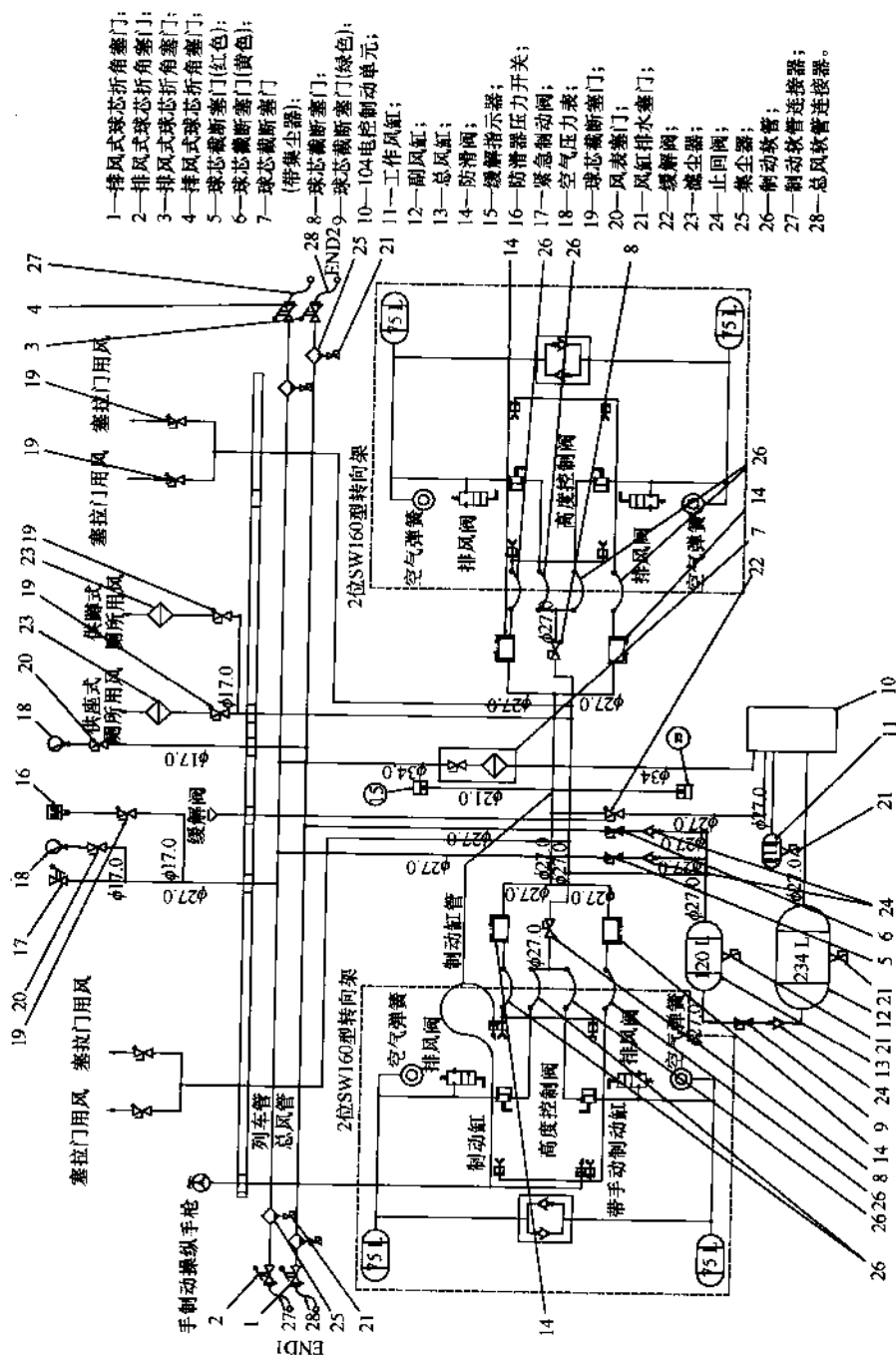


图5.10 制动系统原理图



各设一缓解阀操纵手柄，可在车下任意一侧对本车进行缓解。

全车空气管路均采用不锈钢管，各管件之间采用锥管螺纹连接，同时在连接处涂乐泰胶及密封魔绳（LOCTITE）密封。各风缸排水塞门把顺管子方向为关闭，其余各塞门手柄顺管子方向为开启。车下管路布置见图 5.11。



图 5.11 车下管路布置

电空制动机通过车端电控连接器，由机车司机操纵。电控连接器内电缆包括 1 号—制动、2 号—缓解、3 号—保压、4 号—检查、5 号—回线接线。

5.1.3 主要技术参数

5.1.3.1 104 型电空制动机整机技术指标

所有电器部件符合电器通用标准，电器部分、空气部分适应温度范围为 $-40 \sim +40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 85%。电磁阀有良好的通用性和互换性，额定工作电压直流 110 V，连接器接插件接触电阻小于 $0.02\ \Omega$ 。采用自动作用制式，常用全制动制动缸压力为 420 kPa，紧急制动制动缸压力为 (420 ± 10) kPa。阶段缓解良好，阶段缓解次数不少于 5 次。电气失效后，列车能自动转为空气制动机状态。

5.1.3.2 104 型电空制动机主要零部件

- (1) 104 型分配阀（包括 104 中间体、104 主阀、紧急阀）。
- (2) 104 电磁阀座（包括一根保压管），座上“ZG3/4”接缓解风缸，“ZG3/8”与主阀上 d_3 排气口能用保压管方便连接。

(3) 40 L 左右的缓解风缸。

(4) 电磁阀 3 个，型号 LDK-6。其技术条件如下：

额定电压	DC110 V
最高起动电压	不大于 DC85 V
最低释放电压	不小于 DC10 V
电磁阀额定功率	20 W
工作气压	0 ~ 900 kPa
环境温度	$\pm 50^{\circ}\text{C}$
相对湿度	$\leq 85\%$
寿命	10 万次

(5) 电缆连接器 4 套，型号 JL10-5。其技术条件如下：



碰撞	10 ~ 40 次/min, 0.75 m/s ²
工作电压	< 500 V
接触电阻	0.005 Ω
绝缘电阻	1000 MΩ
耐压	1500 V, 50 Hz
工作电流	20 A
单脚插拔力	6 ~ 8 N
机械操作	3000 次

(6) 分线盒 3 个, 型号 JL-10。

(7) 五芯电缆, 作主干线或分线用, 型号 DCKEYH。

使用温度	+90 ~ -40 ℃
导体规格 (镀锡铜丝)	4 mm × 4 mm + 1 mm × 2.5 mm
20 ℃ 时导体电阻 (最大)	主线芯 5 Ω/km, 副线芯 8 Ω/km
20 ℃ 时绝缘电阻 (最小)	主线芯 880 MΩ/km, 副线芯 1000 MΩ/km
电缆外径	φ17 mm (不大于 φ17.5 mm)

5.1.4 104 + 电空客车分配阀结构及性能

5.1.4.1 结构特点

104 + 电空客车分配阀是在 104 型客车分配阀的基础上设计而成的, 它主要包括主阀、中间体、电磁阀部、紧急放风阀、缓解风缸等。

主阀同 104 型客车分配阀的主体基本一致, 所不同的是将容积室的排气口引入中间体, 然后由中间体引向电磁阀部的保压电磁阀, 在运行缓解状态时该气路经保压电磁阀排气, 以确保制动机处于缓解状态。电磁阀部由制动、缓解、保压三个电磁阀组成。面对电磁阀部, 自左向右依次为保压、制动、缓解电磁阀。装有电磁阀部的连接体将主阀和中间体连成一体, 上设缓解风缸安装孔和充气止回阀, 其中充气止回阀供副风缸向缓解风缸充气之用。中间体、紧急放风阀及紧急室的容积与原 104 型客车分配阀相同。

5.1.4.2 作用及性能

客车行车中经常处于充气缓解位, 与 104 型客车分配阀不同之处是列车管要经副风缸、充气止回阀向缓解风缸充风。

5.1.4.2.1 制动作用

当机车电空制动继电箱和继电器得电时, 车辆上制动电磁阀得电, 列车管压力空气经制动电磁阀排向大气, 主阀因此由充气位移至制动位, 容积室通往



排气口的通路在主阀处被遮断, 工作风缸压力空气注入容积室, 由容积室到均衡膜板下方, 其制动过程同原 104 型客车分配阀。最后使制动缸压力达到 420 kPa。由于电磁阀作用, 列车管压力由 600 kPa 降至 430 kPa 的时间缩短为 5 ~ 7 s。

5.1.4.2.2 保压作用

在此位置时, 车辆上的制动电磁阀失电, 停止列车管的排气, 由此而发生的作用同 104 型客车分配阀, 原主阀之滑阀移至保压位, 与此同时保压电磁阀得电, 关闭容积室经电磁阀通往大气之通路。

5.1.4.2.3 制动后的缓解作用

当期望阶段性地缓解制动缸压力时, 大闸由缓解位移至中立位, 此时保压电磁阀得电, 关闭容积室到大气的通路, 这时主阀虽处于缓解位, 但因容积室排气口被遮断, 容积室的压力空气的排出被暂时中止, 因此, 可阶段性地控制制动缸压力。

5.1.4.2.4 紧急制动作用

此时除制动电磁阀 (ZDF) 得电使列车管通过 ZDF 排气外, 其余与 104 型客车分配阀相同。当列车管压力降到零以后, 5 s 后 ZDF 失电。其他作用同原 104 型客车分配阀, 在此不再叙述。全车失电时 104 + 电空分配阀又能保证 104 型客车分配阀的作用性能。

104 + 电空客车分配阀在整个作用过程中得失电情况见表 5.2。

表 5.2 104 + 电空客车分配阀得失电情况

	运转位	常见制动位	保压位	缓解位	阶段缓解			紧急位
制动电磁阀	失电	得电	失电	失电	失电			得电
保压电磁阀	失电	失电	得电	失电	失电	得电	失电	失电
缓解电磁阀	失电	失电	失电	得电	得电	失电	得电	失电

5.1.5 空气制动装置使用要求

5.1.5.1 单管运用状态下各塞门打开位置 (参见图 5.12)

1 号、3 号 (红色) 折角塞门关闭, 并加螺堵密封, 2 号、4 号折角塞门打开。7 号截断塞门打开。

5、6 号 (黄色) 截断塞门关闭, 8 号、9 号 (黄色) 截断塞门打开。



图 5.12 车下控制塞门



制动机关闭时, 6号、7号、9号(绿色)截断塞门关闭, 5号、8号打开, 列车管直接向储风缸补风。

5.1.5.2 双管运用状态下各塞门位置

1号、3号折角塞门打开, 卸下螺堵, 加装制动软管连接器, 2号、4号折角塞门打开, 7号截断塞门打开。

5号(红色)、9号(绿色)截断门关闭, 6号(黄色)、8号截断塞门打开。

制动机关闭时, 7号截断塞门打开。

5.2 手制动装置

四方股份公司客车手制动装置

5.2.1 总 述

手制动装置采用蜗轮蜗杆式手制动机, 安装于一位外端墙上, 下部通过手制动拉杆及制动链等与一位转向架一位盘形制动缸相连。见图 5.13。

正常情况下手制动装置被禁止操作。当需要实施手制动时, 只能由列车员或经过培训并有操作资格者进行操作。

操作方法如下: 拉出摇板及操作手柄(图 5.14), 使手柄与端墙保持垂直方向。顺时针方向(按铭牌箭头指示方向)转动摇板, 实施制动; 逆时针方向转动摇板, 实施缓解。

5.2.2 技术参数

5.2.2.1 使用环境温度为 $-60 \sim +120^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.2.2 两摇把中心距为 360 mm。

5.2.2.3 手制动摇把中心至边梁上平面 1350 mm。

5.2.2.4 手制动机制动倍率 $\eta = 201$ 。

5.2.2.5 蜗杆参数: 轴面模数 $m_a = 5$, 头数 $Z_1 = 1$, 压力角 $\alpha = 20^{\circ}$, 螺旋角 $\lambda = 5^{\circ}42'38''$, 螺旋方向为右旋。

5.2.2.6 蜗轮参数: 端面模数 $m_t = 5$, 齿数 $Z_2 = 24$, 齿形角 $\alpha = 20^{\circ}$ 。

5.2.3 功能说明(参见图 5.13)

操作者拉出摇板 1 旋转摇板上中心距为 360 mm 的手把, 转动摇板带动蜗杆



轴 2 转动,通过安装在轴上的蜗杆 3 传给安装在立轴上的蜗轮 (24 齿) 4 从而带动立轴 5 及立轴 5 上的锥形链轮 6 转动,使制动链 7 围绕锥形链轮 6 转动,制动链带动链轮 8,进而带动手制动拉杆及其端部的制动链使制动盘上有关零件产生运动从而实现了制动和缓解。摇板顺时针旋转,制动链 7 缠绕在锥形链轮 6 上,使制动缸产生制动作用;摇板逆时针旋转,锥形链轮 6 上缠绕的制动链 7 松开,使制动缸产生缓解作用。

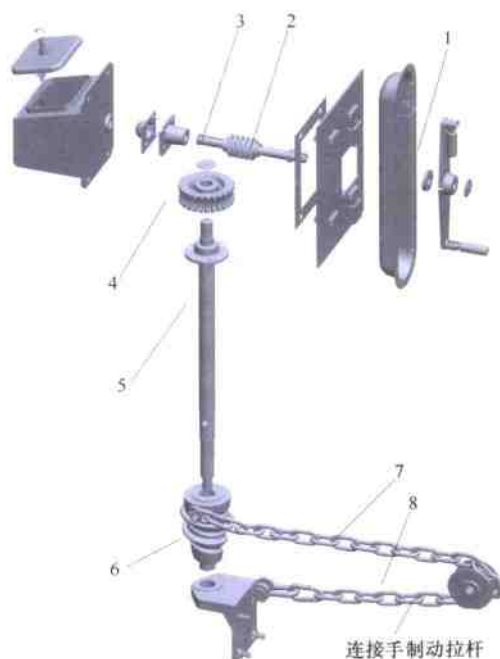


图 5.13 手制动机分解图

1—摇板; 2—蜗杆轴; 3—蜗杆; 4—蜗轮; 5—立轴;
6—锥形链轮; 7—制动链; 8—链轮。

BSP 公司客车手制动装置

采用 AM96 型转向架的车辆手制动系统包括手制动操纵手柄、齿轮箱、操纵钢绳、转向架基础制动装置等。手制动操纵手柄 (图 5.14) 位于车辆一位端通过台右侧,手柄上设锁闭装置,可以防止误操纵导致的意外制动作用。

正常情况下手制动装置被禁止操作。当需要实施手制动时,只能由列车员或经过培训并有操作资格者进行操作。

操作方法如下:



拉出摇板及操作手柄，使手柄与端墙保持垂直方向。顺时针方向（按铭牌箭头指示方向）转动摇板，实施制动；逆时针方向转动摇板，实施缓解。



图 5.14 手制动操纵手柄

手制动作用力通过齿轮传动装置传递至钢缆上，通过连接座分成两路分别连接至转向架手制动连接杆。在通过台内操纵手制动手柄可以实现手制动制动和缓解。

转向架手制动装置见图 4.21 ~ 图 4.23。

5.3 防滑系统

5.3.1 概 述

防滑器是防止在车轮滚动过程中轮轨之间纵向发生相对滑动的装置，它是高速客车制动系统的重要组成部分。青藏高原客车采用的防滑器是微处理器控制的防滑器，型号为 TFX1B。该型防滑器是在 TFX1K 型防滑器的基础上改进而成，采用了 3U 结构形式，并满足青藏线的运用要求。它具有以下两个主要功能：

- (1) 制动能有效地防止轮对因滑行而造成的踏面擦伤。
- (2) 制动时能根据轮轨间的黏着的变化调节制动缸压力，实现调节制动力，以充分利用轨间的黏着，得到较短的制动距离。

5.3.2 TFX1B 型防滑器的组成

该防滑器主要由四个部分组成，即速度传感器部分，防滑器主机（见图 5.15），防滑器排风阀和压力开关。

5.3.2.1 速度传感器是一个脉冲信号发生器，由安装在轴箱盖上的速度传



图 5.15 防滑器主机

感器及安装在车轴端部感应齿轮所组成。

5.3.2.2 主机是防滑器的控制中心，它接收四路传感器的速度脉冲信号，通过对该信号的调理、计算、比较，作出各种判断，控制各防滑器排风阀发生相应的动作，使相应的制动缸排风和充气。

5.3.2.3 防滑器排风阀是防滑器的执行机构，它安装于分配阀与制动缸的连接管路上，根据主机的指令，控制相应制动缸的排风和再充风。

5.3.2.4 压力开关是实现防滑器电源自动通断功能的主要元件，安装于车辆列车管上。

5.3.3 TFX1B 型防滑器的工作原理

四路速度传感器的脉冲信号经主机进行处理后，按照一定的时间间隔采样，分别计算出各轴的速度和减速度，并将各轮对的转动减速度和线速度与车辆运行速度进行比较得到相应的速度差。将各轴的减速度和线速度分别与相应的判据进行比较，当达到有关的判据标准时，主机立即控制防滑器排风阀动作，以使相应的制动缸阶段排风或一次排风，从而达到防止轮对滑行，并根据轮轨黏着变化而调节制动力的目的。当轮对恢复转动时，根据不同的加速度或速度差可实现阶段再充风或一次再充风。

在列车制动过程中，防滑器按照两种判据标准，不间断地对四条轮对的速度脉冲信号进行采集、计算、比较，根据比较结果，主机发生相应的指令，控制防滑排风阀完成相应的作用，实现跟随轮轨之间黏着变化连续调节制动力，并有效地防止轮对因滑行而造成的踏面擦伤。



5.3.4 TFX1B 型防滑器的主要特点

为了保证防滑器在青藏线恶劣的自然条件下工作的长期性、稳定性和可靠性,TFX1B 型防滑器在零部件的选用上作了诸多改进。

①TFX1B 型防滑器在硬件选用上全部采用工业级,有的甚至是军品级器件。

②选用的电源模块要比 TFX1K 型防滑器高一个等级,并在电源的入口处增强了抗浪涌能力,在防滑器排风阀、速度传感器的连接线入口处增加了信号滤波功能。

③针对速度传感器、防滑器排风阀的车下引线考虑了防雷及长期低温的要求。

④在软件上根据青藏线的气候条件对黏着的影响也作了一些相应的修改。

5.3.5 TFX1B 型防滑器的主要功能

5.3.5.1 制动缸压力调节功能

制动时能根据轮轨间黏着的变化调节制动缸压力,以充分利用轮轨间的黏着,得到较短的制动距离。

5.3.5.2 防滑器主机电源的自动切断和连通功能

(1) 停车状态,制动主管压力低于 160 kPa 时,并且在约 30 min 内不使用显示板上的按键,防滑器主机电源自动切断。

(2) 主机电源自动切断后,只要制动主管压力高于 200 kPa,或者使用显示板的按键,防滑器主机电源又将自动连通。

5.3.5.3 具有轮径自动修正功能

一辆车轮对的轮径由于多种原因可能不同,TFX1B 型防滑器所具有的轮径自动修正功能可以经常自动地消除由于轮径差异造成的减速度、速度的误差,避免由此引起的防滑器误动作。

5.3.5.4 具有防滑排风阀自动切换功能

当转向架某一轮对速度传感器故障时,在切断传感器作用的同时,只要该轮对的防滑器排风阀良好,则该轮对的防滑排风阀的动作自动切换至接受同一转向架另一轮对的控制;当某转向架两组轮对速度传感器均发生故障时,则此转向架的两个防滑排风阀自动切换至接受同车另一转向架相应轮对的控制。以此类推,如果一辆车中四个防滑器排风阀良好,即使只剩一个速度传感器还在正常工作,四条轮对都能得到保护。如果速度传感器全部故障,这辆车的防滑功能全部失效,



但正常的制动作用不受影响。当某一轮对的防滑器排风阀发生电气故障时，该轮对的防滑功能被切断，但不影响正常的制动作用。

5.3.5.5 具有监视、故障存储和显示及诊断功能

5.3.5.6 具有系统自诊断及停车系统的诊断功能

6 青藏铁路高原客车车体

青藏铁路客车车体是在 25T 型客车车体的成熟技术和结构基础上结合青藏高原特殊的气候和地理条件而研制的。为降低车辆运行中的纵向冲击力,提高车辆运行平稳性,采用了密接式钩缓装置(列车两端为 15 号小间隙车钩)和车端阻尼装置;为满足整车的气密性要求,车体采用了气密性设计,车端采用了气密性折棚风挡(列车两端为橡胶风挡);为降低车辆运行中的空气阻力,车下增设了裙板或设备舱;为保证车辆在电气化区段的运行安全,在车体端部增设了防护盒,防止非专业人员攀登车顶,引发生命危险。

6.1 车体钢结构

硬座车、软卧车、硬卧车、餐车及行李车采用 25T 型车体结构,对 23 t 轴重发电车车体结构和主要承载结构进行优化,增加车体刚度和强度。车体钢结构均采用耐候钢板全焊接薄壁筒形的整体承载结构。设计满足 TB/T 1335—1996 标准要求,并通过了铁道部标准的静强度试验。

车体钢结构由六大模块组件焊接而成,分别为 1 个底架,1 个车顶,2 个侧墙和 2 个端墙结构,底架下部设有裙板或设备舱(发电车、行李车除外),各大模块组件之间的焊接都是连续的水密性焊接。

为增加车体钢结构的外观质量,车体钢结构组成后平面度为:侧墙: $\leq 1\text{ mm/m}$,端墙: $\leq 2\text{ mm/m}$ 。

为保证车体钢结构的气密性,与外界接触的所有焊缝全部采用连续的水密性焊接,关键部位还涂有密封胶,车体与外界连通的部分也在安装完相应的系统件后保证了气密性效果,试验结果证明车体钢结构的内外压力差从 3 600 Pa 降至 1 350 Pa 的时间大于 36 s,满足了铁道车辆关于气密性的要求。

为保证车体钢结构在厂修间隔期 15 年内不发生挖补、截换等情况,车体钢结构内、外表面在彻底干燥的情况下涂 2 遍防锈底漆,每遍厚度不小于 $30\text{ }\mu\text{m}$;车体钢结构内部在涂完防锈漆后,在车体钢结构内部及底架外部喷涂厚度不小于 $200\text{ }\mu\text{m}$ 的 604 防腐涂料以增加其抗腐蚀能力;车体外墙板涂 2 遍面漆,顶部涂 3 遍面漆,每遍厚度均不小于 $30\text{ }\mu\text{m}$ 。面漆采用防紫外线、抗风沙、耐温差性



能好的双组份聚氨脂油漆，满足青藏铁路上运用的要求，颜色为车皮绿，以与环境更加协调。见图 6.1。



图 6.1 四方股份公司车体钢结构

6.2 车钩缓冲装置

6.2.1 简介

青藏高原客车间的车钩连挂与 25T 车相同，采用目前国内连接性能最好的密接式车钩缓冲装置。该装置自 1999 年开始在铁路动车组上运用，后经改进用于 25T 型车。实践证明，通过刚性连接可以大幅度减小不同工况下的列车纵向加速度，消除了纵向冲动现象，提高了列车的纵向动力学性能和连接的紧密性。为了适应青藏线的环境特点，对原有的 25T 型车的密接式钩缓装置进行了密封性能改进，保证该车钩在运行过程中更好地满足线路条件的要求。

为了保证青藏高原客车可以与机车或发电车连挂，同 25T 型车一样，每列高原列车的机次和列尾车辆二位端采用 15 号小间隙车钩，一位端采用密接式车钩缓冲装置。机后第二辆和列尾倒数第二辆客车在二位端采用密接式车钩缓冲装置，但保证可更换为 15 号车钩；一位端采用密接式车钩缓冲装置。其他客车两端全部采用密接式车钩缓冲装置。采用该方案是为了保证在事故状态下，即在机后或列尾第一辆车发生故障而不能快速修复时，可以把机后或列尾第一辆车甩车。把机后第二辆或列尾倒数第二辆车二位端的密接式车钩的钩头卸下，换上 15 号法兰盘过渡车钩，降速运行至终点，再更换为 15 号小间隙车钩，恢复列车正常运行。详细车辆编组情况参见图 6.2。

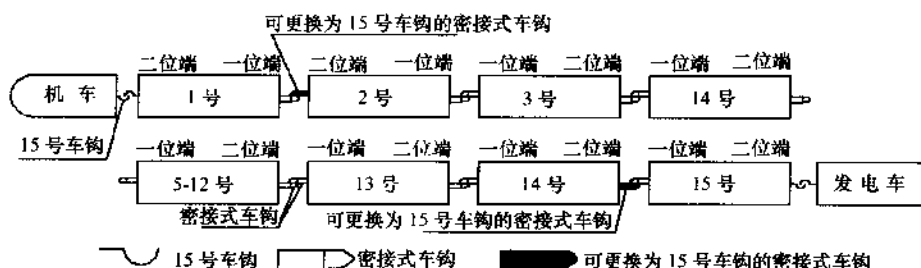


图 6.2 青藏客车钩缓装置方案图

6.2.2 青藏高原客车密接式车钩及缓冲装置

6.2.2.1 使用范围

青藏线客车密接式钩缓装置，是专为青藏线客车设计的新型密接式车钩缓冲装置，型号为 MJGH-QZ。

6.2.2.2 组成

密接式钩缓装置主要由连挂系统、缓冲系统和安装及吊挂系统三大部分组成。结构形式见图 6.3。

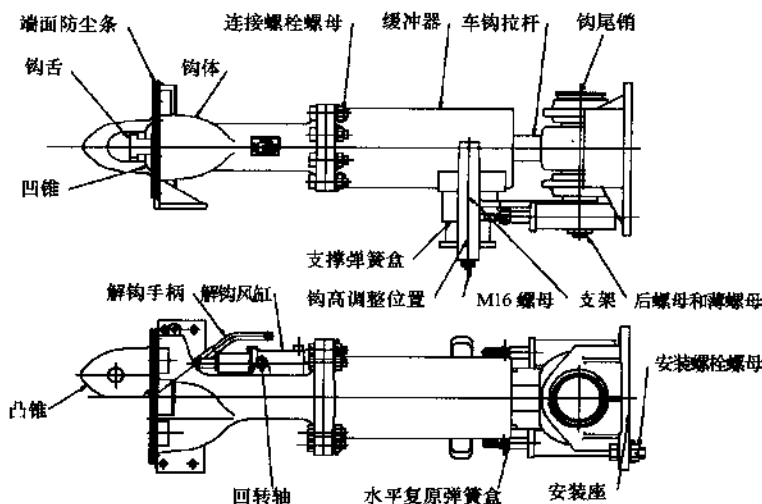


图 6.3 青藏客车密接式钩缓装置示意图

6.2.2.2.1 连挂系统

连挂系统主要零部件有钩体、钩舌、连接螺栓和螺母、解钩手柄、解钩风



缸及端面防尘条等。

连挂系统的作用：实现车钩的自动连接和分解。青藏高原客车用密接式钩缓装置连挂系统只完成机械连挂功能。

6.2.2.2.2 缓冲系统

缓冲系统主要零部件有缓冲器及车钩拉杆等。

缓冲系统的作用：缓冲系统在列车运行过程中起到吸收能量、缓和纵向冲击和振动的作用。青藏客车用密接式钩缓装置所用的缓冲器为弹性胶泥缓冲器。该种缓冲器具有容量大、阻抗小、结构简单、性能稳定的优点，检修周期长达10年。车钩受牵引力时，牵引力通过法兰盘传递到缓冲器壳体，再通过碟簧筒把力传递到碟形弹簧和弹性胶泥芯子上，弹性胶泥芯子把力传递到内半筒总成上，最后通过拉杆配合把力传递到车钩拉杆上，使车钩拉杆承受牵引力；而车钩受压时，压力传递顺序依次为：内半筒总成、弹性胶泥芯子、碟簧组成、拉杆配合和车钩拉杆。碟簧组成上顶板既起传递力的作用，又能保证碟形弹簧行程走尽时保护碟形弹簧。

6.2.2.2.3 车钩安装及吊挂系统

车钩安装及吊挂系统主要零部件有安装座、安装螺栓和螺母、钩尾销、厚螺母和薄螺母、支架、支撑弹簧盒及水平复原弹簧盒等。

功能：安装及吊挂系统为整个钩缓装置提供安装定位和支撑，并包含一个回转机构，保证钩缓装置在各自由度方向上能产生足够的动作量，动作和复位灵活。与25T型车相同，青藏客车的密接式钩缓装置通过4个M38螺栓安装在车体底架的车钩安装板上。安装和拆卸工作量小。

车钩安装及吊挂系统中的回转机构为自润滑向心关节轴承。以此为中心，使车钩在水平回转、竖直旋转两个自由度方向的规定范围内能够灵活运动，使支架可以相对钩尾销转动。

6.2.2.3 青藏高原客车密接式缓冲装置的性能特点

可实现列车自动连挂，连挂状态为刚性连接；在使两车可靠连挂的同时，保证列车能顺利通过现有线路及所有平、竖曲线；缓和及吸收列车运行过程中车辆间的纵向冲击能量；解钩采用人工作业。

密接式车钩不能直接与普通车钩连挂。特殊情况下，需与普通13及15号车钩连挂时，可采用专用过渡钩。但专用过渡钩仅适用于回送、调车、救援等工况。

6.2.2.4 青藏高原客车密接式缓冲装置的主要技术指标

整体抗拉伸破坏强度 $\geq 2000 \text{ kN}$



缓冲器性能参数

初压力	$\leq 30 \text{ kN}$
阻抗力	$\leq 800 \text{ kN}$
容量	$\geq 30 \text{ kJ}$
行程	$\leq 73 \text{ mm}$
吸收率	$\geq 80\%$
车钩平均连挂间隙	$\leq 1.5 \text{ mm}$
水平摆角	$\geq \pm 17^\circ$
垂直摆角	$\geq \pm 4^\circ$
车钩回转中心至连接面长度	1145 mm
整体长度	1477 mm

6.2.2.5 青藏客车密接式钩缓装置的工作原理

6.2.2.5.1 连挂

两车连挂时，车钩插入对侧车钩凹锥内，凸锥内侧面压迫对方半圆钩舌沿顺时针方向转动 40° ，并压缩接钩风缸弹簧。两钩连接到位后，车钩连接面相互接触，两钩钩舌在解钩风缸弹簧作用下恢复原位，车钩处于闭锁状态。车钩连接示意图见图 6.4。

连挂时，须注意以下事项：

- (1) 连挂前必须确认手柄定位销位于解钩手柄的销孔中（图 6.5 位置 1）。
- (2) 连挂速度不能大于 5 km/h 。
- (3) 连挂后应将手柄定位销插回到钩体的销孔内（图 6.5 位置 2）。

6.2.2.5.2 解钩

密接式车钩缓冲装置的解钩由人工完成。由人工操作钩体上的解钩手柄来完成，具体操作过程如下：

- (1) 确认手柄定位销位于解钩手柄的销孔中（图 6.6 位置 1），不能位于钩体的销孔中（图 6.6 位置 2）。
- (2) 机车向后微退，使待分解车钩处于受压状态。
- (3) 扳动解钩手柄至解钩位，在钩体销孔内插上手柄定位销图（图 6.6 位置 2）。之后操作人员离开操作位置。机车向前运动，将待分解车钩拉开。操作人员进入操作位置，拔出手柄定位销，使车钩处于待挂状态，并将定位销插回解钩手柄的销孔（图 6.6 位置 1）中。

6.2.2.5.3 车钩高度调节

密接式钩缓装置安装后，钩高应在 $880_{-30}^{+0} \text{ mm}$ 范围内，测量车钩缓冲装置

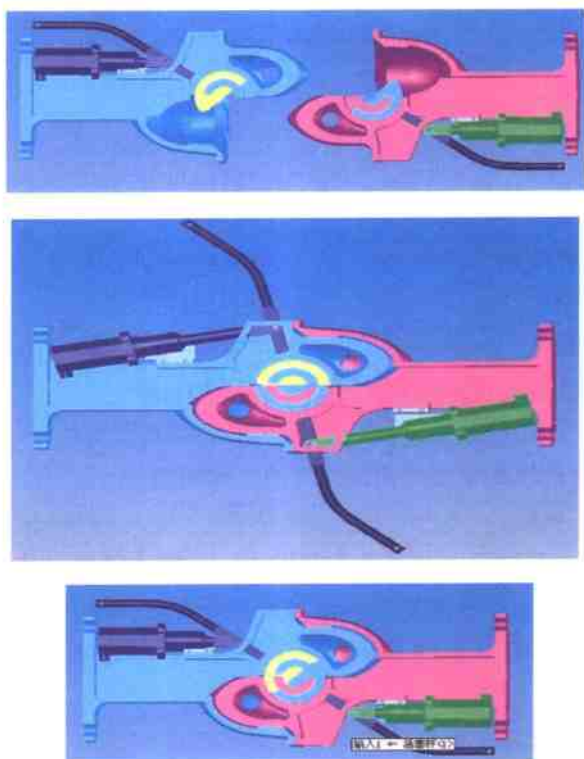


图 6.4 车钩连挂示意图（仰视）

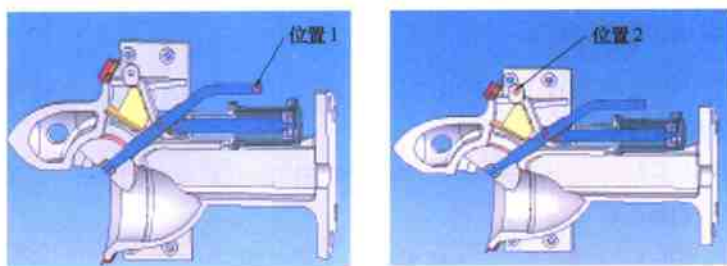


图 6.5 连挂时手柄定位销示意图

高度时，应测量钩体凸锥顶点距轨面的垂直距离。

钩高调节步骤（图 6.7）：

（1）保持车钩处于连挂状态。若车钩在待挂状态，应将整个车钩缓冲器支撑水平，使支撑弹簧盒与钩体脱离，支架处于松弛状态。

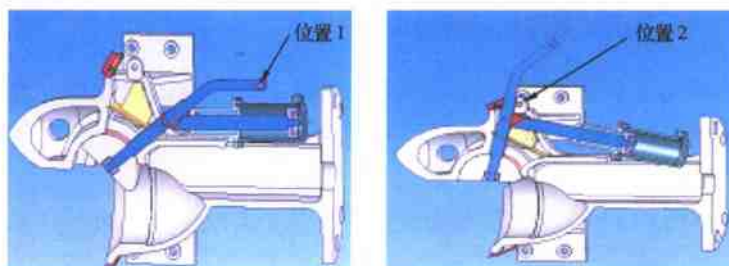


图 6.6 解钩时手柄定位销示意图

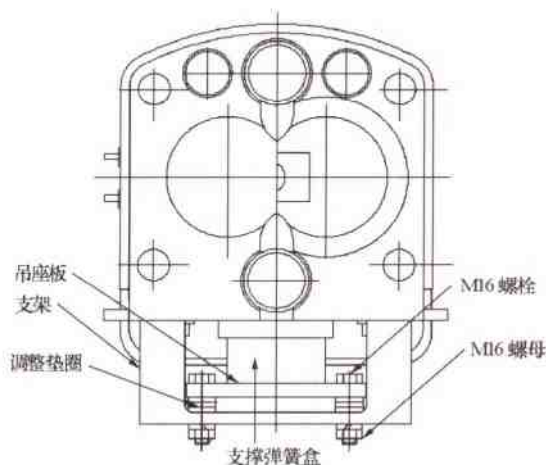


图 6.7 车钩高度调节示意图

- (2) 松开支撑弹簧盒左右两侧的 M16 螺母，拆下 2 个 M16 定位螺栓。
- (3) 增加/减少吊座板与支架底板之间的调整垫圈，可以增加/降低钩缓装置的高度。
- (4) 钩高调整到规定高度范围内后，紧固 2 个 M16 螺母，固定调整垫圈和吊座板。

6.2.2.6 车辆回送要求

安装密接式钩缓装置的青藏客车由于返厂维修等原因需要长距离回送的，原则上应编组成列采取专列方式回送。特殊情况不能专列回送的，可以用 15 号法兰盘过渡车钩编挂在 3000 t 以下货运列车编组中回送，编挂的位置必须为货运列车尾部。在一个货车编组中回送的客车一次不能超过 3 辆。



6.2.3 15 号小间隙车钩及缓冲装置

15 号小间隙车钩及缓冲器装置为符合中国铁路标准的标准件，与中国铁路现有车辆上的车钩相似，此处只作简单介绍。

6.2.3.1 作用

青藏客车所用 15 号小间隙车钩及缓冲器是为实现客车与机车或发电车之间的连挂。

6.2.3.2 组成及技术参数

(1) 组成：由 15 号 C 级钢车钩、小间隙钩舌和 G1 型缓冲器组成。

(2) 技术参数：

车钩

车钩最大挂钩范围	$>88\text{ mm}$
钩舌与钩腕内侧面的距离	
车钩处于闭锁位置时	$A_1 = 112 \sim 122\text{ mm}$
车钩处于全开位置时	$A_2 = 220 \sim 235\text{ mm}$

缓冲器

最大阻力	800 kN
最大移动距离	73 mm
最大接受力	18 kJ
外部尺寸	$514\text{ mm} \times 317\text{ mm} \times 228\text{ mm}$
能量吸收率	75%
预压缩载荷	80 ~ 100 kN

6.2.3.3 性能

- (1) 车钩的开启手动力小，开启简单，噪声小；
- (2) 车钩的各主要部件具有互换性；
- (3) 具有闭锁、开锁及全开的三态作用；
- (4) 车钩能够防止钩锁及下锁销由于振动或车钩提杆由于摆动而自动开锁。

6.2.4 密接式钩缓装置与 15 号车钩的应急转换

如前所述，当青藏高原列车中某一辆发生故障而不能快速修复时，需要甩车，其他车辆需重新连挂。因存在密接钩和 15 号钩两种形式，必须采用过渡车钩才能连挂。使用密接式钩缓装置的车可以互相连挂；密接式钩缓装置与 15 号



钩之间的连挂可以通过中间体过渡车钩和 15 号法兰盘过渡车钩实现。

6.2.4.1 中间体过渡车钩

图 6.8、图 6.9 所示为中间体过渡车钩，一侧可与密接式车钩连接，另一侧可与 15 号车钩连接。使用时安装在密接式钩缓装置钩体与普通自动车钩之间，运用比较方便，但只能用于厂内和车辆段内单车调行使用。使用方法如下：

(1) 使待挂的 13/15 号车钩置于闭锁位，将过渡车钩在竖直面内从上到下套入 13/15 号车钩钩舌内。

(2) 保持速度 3 km/h 以下开动机车，使过渡车钩与密接式钩缓装置连挂到位。

(3) 中间体过渡车钩不允许长期直接安装在处于分解状态的密接式钩缓装置钩体上，以免压坏支撑弹簧盒。

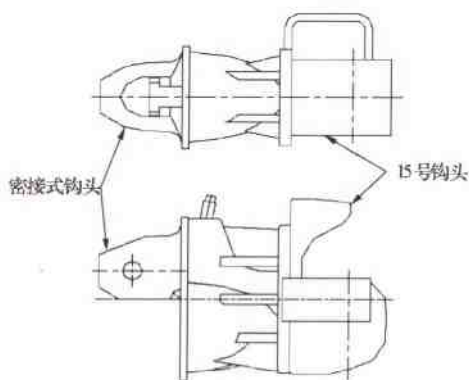


图 6.8 中间体过渡车钩示意图



图 6.9 中间体过渡车钩

6.2.4.2 15 号法兰盘过渡车钩

图 6.9 所示为 15 号法兰盘过渡车钩。这种过渡车钩结构简单，抗拉强度达到 2000 kN。使用时，需将密接式钩缓装置的钩体部分拆下，换装 15 号法兰盘过渡车钩。拆装操作过程与更换密接式车钩钩头的步骤相同。

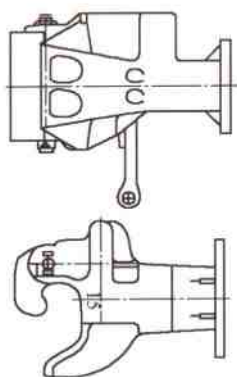


图 6.9 15 号法兰盘过渡车钩

6.3 密封式折叠风挡

折叠风挡能够使乘客安全地穿行于车厢之间，使之不受外力损害，适应车体在任何转动及穿越路口时车厢之间产生的移动。同时，它具有良好的密封性，能够满足防雨、防尘、消音和保温等要求。

6.3.1 主要结构

密封式折叠风挡结构示意图参见图 6.10。

6.3.2 技术参数

6.3.2.1 运行条件

环境温度	$-45 \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$
相对湿度	$\leq 98\%$
连挂时钩高差	$\leq 75\text{ mm}$
通过最小曲线半径	
连挂时	$R145\text{ m}$
单车调行时	$R100\text{ m}$

6.3.2.2 主要尺寸

最小通过宽度	970 mm
最小通过高度	2000 mm



连接长度	800 mm
压缩/伸长量	± 50 mm
折棚收起厚度	250 mm



图 6.10 密封式折叠风挡

6.3.2.3 主要性能

(1) 气密性：风挡内空气压力从 3 600 Pa 降至 1 350 Pa 的泄漏时间不小于 50 s。

(2) 隔热性能：传热系数为 $K \leq 5.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

(3) 隔声性能： $R_w \geq 30 \text{ dB}$ 。

(4) 风挡承载能力：承载 $5\,500 \text{ N}/\text{m}^2$ ，风挡垂向位移量不大于 10 mm。卸载后，风挡垂向位移量不大于 5 mm。

(5) 防雨性能：连挂时不会出现漏雨、渗水现象。

(6) 排水性能：考虑到可能出现在风挡折棚底部的冷凝水，每一个折棚底部增开了 5 个排水孔，考虑气密性的要求，开孔处采用了丝堵结构。当需要排水时，拧开丝堵，水排尽后，再拧上丝堵。见图 6.11。



图 6.11 排水丝堵

6.4 裙板和车底设备舱

6.4.1 裙 板

四方股份公司生产的青藏高原客车在车体底架边梁处枕内让开顶车位设钢制小裙板,降低了车辆运行中的阻力,提高了车辆的外观质量。裙板上根据车下各部件观察和检查要求设有检查门。见图 6.12。



图 6.12 裙板

6.4.2 车底设备舱

6.4.2.1 简介

青藏高原客车车下布置了制氧系统、真空集便系统和污水处理系统等设备。为了保证车下设备避免风沙雨雪的侵袭而正常工作, BSP 公司生产的青藏高原客车在车下枕内增加了车底设备舱。参见图 6.13。



车底设备舱

图 6.13 车底设备舱

6.4.2.2 组成

设备舱主要由整体铝型材框架、活动（或固定）铝形材舱门、不锈钢端板、不锈钢底板组成。各部分之间均通过螺栓连接以便于拆卸，对设备进行维护与维修，且整个设备舱也是通过焊接螺柱与车底连接。参见图 6.14。

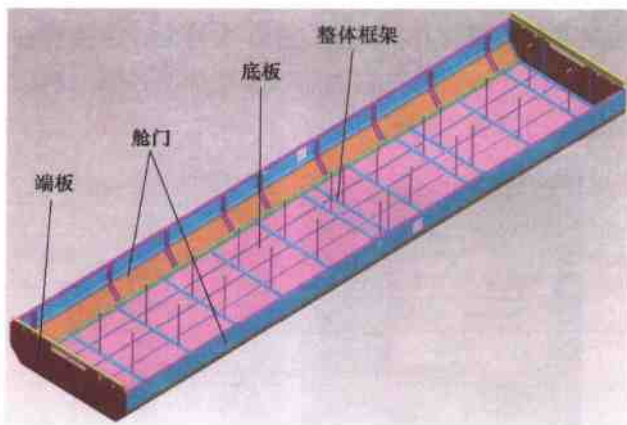


图 6.14 设备舱组成

6.4.2.2.1 整体铝型材框架

整体铝型材框架由底边梁纵向型材、下部纵向型材、底边梁横向型材、下部横向型材、侧支架和连接吊杆组成。除连接杆为钢管外，其余各件均为铝型材，为整个设备舱的骨架，对整个设备舱起固定、支撑的作用。各型材上都开有 T 形槽，便于其他各件的安装。参见图 6.15。

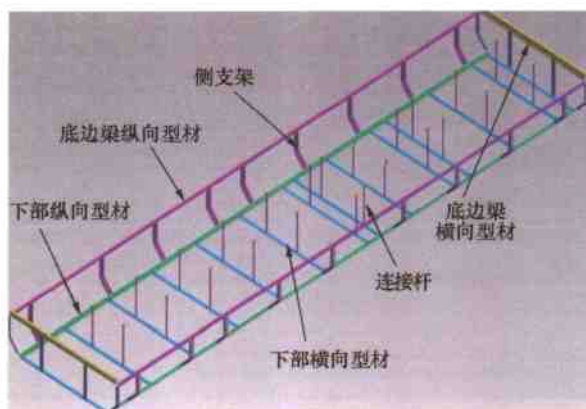


图 6.15 设备舱整体框架

6.4.2.2.2 舱门

车下设备舱安装了两种舱门：活动舱门和固定舱门

(1) 固定舱门

一位端左右两侧靠近端部的各一块舱门和二位端左右两侧靠近端部的各两块舱门是固定舱门，它们通过菱形螺钉及支架固定于底边梁纵向型材，没有锁。固定舱门一般情况下不需要打开，只有在整车大修时，才需拆卸。考虑到污水箱、污物箱排污需要，在二位端左右两侧靠近端部的各第二块舱门上安装了能自由开启的手动塞拉门（参见图 6.16。）。



图 6.16 手动塞拉门

(2) 活动舱门

除固定舱门外，其余舱门都为活动舱门。每块活动舱门上至少装有两种共 4~5 把锁。其中一种为三角锁，通过锁舌与上纵梁固定；另一种为两把柱式防脱锁，安装在紧固锁下部（带蓄电池开关门的活动裙板上只有 1 把防脱锁），平



常防脱锁的圆柱形锁芯都会插到两侧的立柱中，防止上部的三角锁损坏时舱门会自动打开。硬座车在新加 550 L 污物箱的排污口相对的两侧活动舱门上各加了一个塞拉门。舱门的下部为凹槽形式，与下部纵向型材为凹凸式咬合结构。此外，每个活动舱门上还装有 2 根双级保护拉绳（2 m 长的裙板上为 3 根），以防止开锁后的舱门脱落。参见图 6.17。

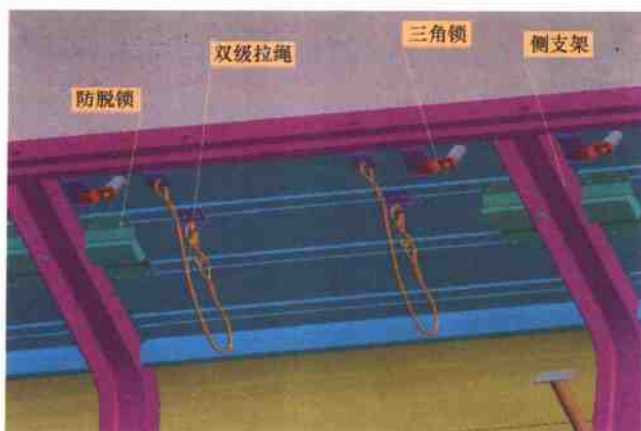


图 6.17 活动舱门组成

6.4.2.2.3 不锈钢端板

设备舱两侧的端板为不锈钢板加筋板结构。两端端板各分为 3 块，便于单独拆卸。中间端板上装有带丝网的通风格栅。参见图 6.18。

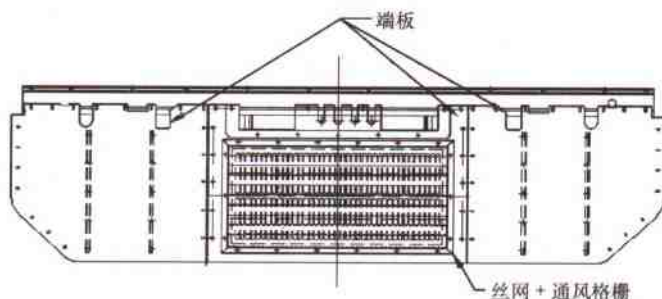


图 6.18 不锈钢端板组成

6.4.2.2.4 不锈钢底板

设备舱底板为不锈钢板加筋板形式，共分 12 块，分别固定于整体框架的下部纵向横梁与下部横向横梁上。为了降低车辆运行中的噪声，在每块底板上喷



有特富龙涂层。参见图 6.19。



图 6.19 不锈钢底板组成

6.4.2.3 设备舱的密封、排水和散热

6.4.2.3.1 密封



图 6.20 设备舱密封胶条

设备舱整体框架的底边梁纵向型材的滑道内装有纵向密封橡胶条。每块舱门的上部与该胶条压紧，为上部密封；在整体框架的侧支架上贴有密封胶条用于舱门的两侧密封。参见图 6.20。

6.4.2.3.2 排水

在每块底板上开有 $\phi 5\text{ mm}$ 的排水孔，用来排放舱内进水。



6.4.2.3.3 散热

设备舱内的车下设备中,空气压缩机、逆变器在工作过程中会产生热量。逆变器的工作还受到温度的限制。温度过高达到一定值时,逆变器将自动停机进行自我保护。为使热量能够及时排出舱外,在空压机排风口相对的底板上开有排风长条孔。在空压机的排风口与底板的长条孔间,加有风道。空气压缩机产生的热量由其排风口、风道和底板长条孔通过强排风方式排向设备舱外。在两端部中间的端板上也开有通风长条孔,外加丝网和通风格栅。这样可以保证车辆运行中舱内空气的流动通畅。参见图 6.21。



图 6.21 设备舱端部通风格栅

6.4.2.4 功能

通常情况下设备舱的舱门为关闭状态,当需要打开舱门时,步骤如下:

(1) 用三角钥匙依次打开舱门上部的三角锁,再打开下部的柱式防脱锁,舱门会自动向外松开。

(2) 如果只为观察而不需要解开拉绳时,只须按需要选用长或短拉绳以确定舱门开启大小。

(3) 如果需取下舱门,先后解开 2 级安全绳,向上提即可;若想打开固定舱门,需从旁边已卸下的活动舱门处松开施必牢螺母(如果固定舱门上有塞拉门,只需解开塞拉门并松开里面的施必牢螺母),然后向外旋转 20° ,有安全绳的解开上提舱门即可方便卸下。

(4) 小塞拉门的使用:用三角钥匙打开三角锁,向外拉动塞拉门即可打开。

7 青藏铁路高原客车电气系统

青藏铁路高原客车为 DC600 V 供电的空调客车,在电气化区段由电力机车集中供电,在非电气化区段由发电车集中供电。供电系统为 DC600 V 两路干线独立供电、分散变流。本车供、配电的控制由车内电气综合控制柜来完成,其控制中枢为 PLC (可编程控制器)。

I、II 路 DC600 V 电源干线分别经车底金属线槽、分线箱引至车厢内电气综合控制柜,根据需要经手动或 PLC 自动选择其中一路电源至车底逆变器箱;逆变器箱内设两台 50 kVA 逆变器 (DC600 V/3AC380 V、50 Hz) 和一台 15 kVA 隔离变压器 (输出三相四线制 AC380 V/AC220 V),两台逆变器互为热备份。逆变器箱输出的两路三相三线制 AC380 V、50 Hz 电源和一路三相四线制 AC380 V/AC220 V、50 Hz 电源经电气综合控制柜后控制车内各交流用电设备。

编组时原则上 I 路、II 路负载应均衡,例如 1、3、5…号车由 I 路供电,2、4、6…号车由 II 路供电。

主要控制电源为 DC110 V。I、II 路 DC110 V 干线电源在车底分线箱汇接后经走线金属线槽引至车厢内电气综合控制柜,经分配后供给本车各直流用电设备。车下设一台充电器箱 (BSP 公司高原客车的充电机、单相逆变器和逆变器集合在一个辅助电源箱内)。充电器箱内设 DC600 V/DC110 V、8 kW 充电器和容量不小于 3.5 kVA 的单相不间断隔离逆变器。充电器输出两路 DC110 V 电源,一路为车底蓄电池及车内直流设备提供电源,另一路为列车 DC110 V 干线供电。车下设 GNC120 - (12) 120 Ah 镉镍烧结式高倍率碱性蓄电池或 FNC172 - MR100 Ah 中倍率纤维极板碱性蓄电池,电池箱电池正、负输出线设熔断器,箱体采用不锈钢或耐候钢材质并接地。

车端每位角设 DC600 V、DC110 V 电力连接器,用电力连接器过桥线连接,保证全列电力电源贯通。

本车采用电空制动系统,车端每位角设电空连接器,用电空连接器过桥线连接,保证全列电空制动系统贯通。

本车电气监控系统采用 Lonworks 网络,通过车端 39 芯通信连接器实现全列贯通,由 PLC 对本车电器设备的各个状态进行处理,通过触摸屏对车辆的电气件的运行情况进行监控。



车内各用电设备金属外壳均就近接地，车端设接地连接器，实现整列车等电位。同类负载间采用环线接线方式。

该车的电气装置主要由车内电气装置、车底电气装置、车端电气装置三部分组成。

四方股份公司高原客车电气系统示意图见图 7.1。

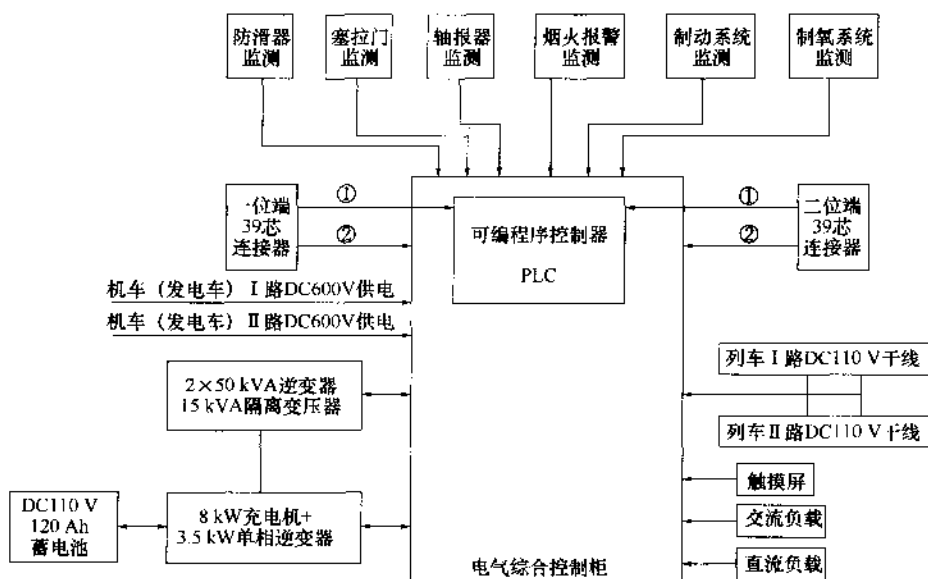


图 7.1 四方股份公司高原客车电气系统示意图

BSP 公司高原客车电气系统示意图见图 7.2。

39 芯连接器包括：电气监控网线，供电请求、供电允许、塞拉门集中控制、DC110V 电源线、播音（轴报）、烟火报警、旅客信息系统网线等。

车内电气装置主要由车内电气设备、配电线路、电气监控系统、旅客信息系统、列车网络组成。

7.1 电气系统设计准则

7.1.1 系统概述

青藏铁路高原客车设计除了需要满足铁标、国标的常规要求外，青藏高原特殊的地理环境条件以及电气设备的可靠性、安全性和免维护要求，对青藏铁路高原客车电气系统及设备的设计和制造提出了很多技术挑战，主要是：

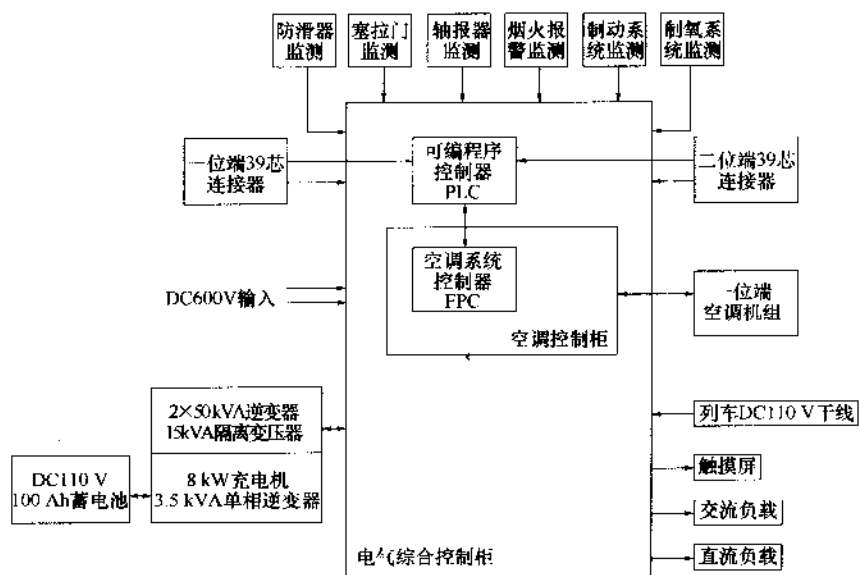


图 7.2 BSP 公司高原客车电气系统示意图

- (1) 高海拔造成发热部件的温升的影响；
- (2) 高海拔对电气部件的内、外绝缘性能的影响；
- (3) 高海拔对开关电器的灭弧性能、电寿命的影响；
- (4) 高海拔对电线电缆的散热和载流量的影响；
- (5) 高海拔对保护器件的热脱扣值和保护动作性能的影响；
- (6) 高海拔对电机类负载功率的影响；
- (7) 低温环境对电子装置启动产生影响；
- (8) 低气压、低温环境对蓄电池放电容量产生影响；
- (9) 直击雷和感应雷及产生的过电压对电气系统和部件的破坏。

7.1.2 电气系统设计准则

2005 年 6 月铁道部运输局、科技司，青藏铁路公司、四方车辆研究所、铁道科学研究院机车车辆研究所、四方股份公司、BSP 公司及各个系统的供应商在青藏线格尔木至沱沱河区间对四方股份公司改造的两辆试验车进行了多次运行试验，并结合实验室试验得出许多电气系统的设计选型数据，对青藏客车的设计制造具有指导意义。

(1) 通过防雷实验室对供电及控制系统过防雷击试验表明，高原客车的防雷接地保护系统，能够对客车电气系统进行有效的保护，SPD 装置通过接地保



护系统在对雷击电流进行泻放的同时,能够将被保护电路的过电压限制在较低的水平。

(2) 电动机、交直流接触器、继电器线圈等部件必须选用 F 级以上绝缘等级,才能满足高原使用。

(3) 传感器、接线端子、开关电器在海拔 5000 m 时的冲击耐压和工频耐压修正系数为 1.46 和 1.43。以此为选型、检验依据,可以保证器件的电器间隙和爬电距离满足高原应用。

(4) 客车的电力电线电缆在可能出现的持续最大载流量下长期工作,海拔 5000 m 时的温升高于平原 30%,车辆布线时须考虑适当放大余量,即是平原的 1.1~1.2 倍。

(5) 高海拔地区热脱扣电器的保护动作值小于平原地区,应按 1.1~1.15 倍电流整定,但对于风机类负载,由于高原运转时功率和电流下降,基本可以抵消影响。

(6) DC600 V、DC110 V 接触器在高海拔条件下应用,关断时间加长,功率损耗加大,电气寿命大大缩短,应采取降额使用措施,DC600 V 接触器尽量采用双极接触器。

(7) 按高海拔使用条件设计改进的车端 DC600 V、DC110 V 连接器,能够满足高原使用。

(8) 电加热器件在高原地区应用时,由于空气稀薄,散热困难,表面温度高,所以在高原采暖工况时通风机应处于强风状态。

(9) 为保证电气系统的安全、可靠运行,高原客车设计制造所采购的电气设备、电器部件必须经过试验室的模拟试验合格才能装车使用。

7.2 单车逆变系统

7.2.1 系统概述

单车逆变系统主要由 5 部分组成:三相逆变器 1 (50 kVA)、三相逆变器 2 (50 kVA)、隔离变压器 (普通车为 15 kVA,餐车为 25 kVA)、充电机 (8 kW)、单相逆变器 (3.5 kVA)。辅助电源系统的 5 个主要模块和控制板、连接线等安装在车下的辅助电源箱内,此电源箱悬挂在车下枕内靠近一位端的横梁上。普通车辅助电源箱的重量为 780 kg,餐车的电源箱为 810 kg。本辅助电源系统专为青藏铁路高原客车设计,能够在高海拔 (5100 m) 及低温 (-40℃) 环境下工作。辅助电源系统原理见图 7.3。此图为普通车的系统原理图,若为餐车,其



隔离变压器接在逆变器 1 的后面并且容量为 25 kVA。

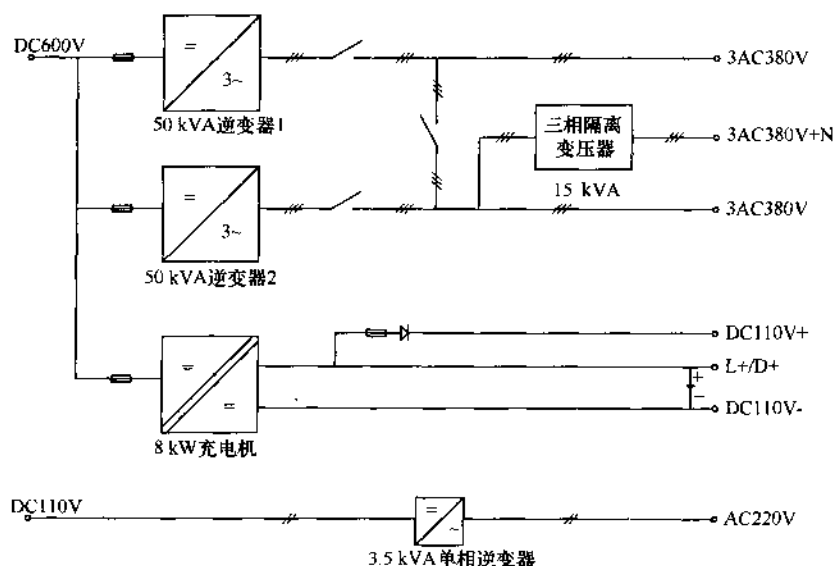


图 7.3 辅助电源系统原理图（普通车）

7.2.2 单车逆变系统功能

两台 50 kVA 三相逆变器分别为车上的制氧机、空调等三相电器设备提供电源。当带有隔离变压器的逆变器故障时，系统自动切换由另一正常的逆变器提供电源。在硬座车、软卧车、餐车上，逆变器 1 主要向空调设备提供电源，逆变器 2 主要向制氧机提供电源。在硬卧车上，由于有两台制氧空压机，逆变器 1 除向空调提供电源外，还须向另一台制氧空压机提供电源。

充电机为蓄电池充电，同时也为车上照明、电气柜、塞拉门、集便器等直流用电设备提供电源，并向车下的 DC110 V 母线提供电源。

单相逆变器为空调紧急通风设备、方便插座等提供电源。平时单相逆变器的 DC110 V 电源由充电机提供，当车辆由电力机车供电并且过分相区时，单相逆变器的 DC110 V 电源自动转化为由蓄电池提供。

隔离变压器为车上的电伴热装置、厨房设备等漏电流比较大的设备提供电源。

7.2.3 辅助电源箱

辅助电源系统的所有模块和其他部件全部安装在一个箱体内部，悬挂在车体下。

车下辅助电源箱正面有两扇门并由门锁锁紧，逆变器和充电机模块由车下



设备箱的正面（车厢的侧面）沿箱体内的滑槽推进箱体，模块的后部和箱体的后部通过橡胶条进行密封。

车下辅助电源箱的两端有两排接线端子，输入输出电缆通过箱体侧面的进线孔连接在端子排上。箱体的两个侧面分别有一个维修门板可以打开。

车下设备箱门板的背面贴有简要的原理图，箱体两侧维修门板的背面贴有端子排的布置图。

7.3 控制系统

7.3.1 系统概述

列车监控系统由综合控制柜控制单元（每一个车的电气柜内都有此单元）和主控站单元（主控站单元即监控柜，安装在带残疾人厕所的硬卧车乘务员室内）组成。

综合控制柜控制单元由 PLC 主机单元（CPM2A - CPU61）、信息显示触摸屏（NT31 - ST122 - EV2）组成。

主控站单元由主控计算机（UNO - 2160）、信息显示触摸屏（FPM3120）以及 WG - II 型车载数据无线传送装置组成。

主要技术参数如下：

储存环境温度	-25 ~ 70 ℃
工作环境温度	0 ~ 50 ℃
相对湿度	≤90%（相对湿度为 90% 时，环境温度不低于 25 ℃）
海拔	不超过 5 200 m
冲击和振动	不超过 50 Hz、3 g 加速度振动

7.3.2 综合柜单元功能说明

7.3.2.1 电源供电转换功能

综合控制柜的电源有两路供电，通过转换开关分为“自动”和“试验 I 路”、“试验 II 路”。

7.3.2.1.1 正常供电

转换开关置于“自动”位：

（1）I 路、II 路均有电（电压高于 DC500 V），设定车厢号后，PLC 按照均衡供电原则，奇数号车厢选择 I 路供电、偶数号车厢选择 II 路供电，I 路和 II 路互锁，显示屏显示相应信息，电源指示灯亮。



(2) 如果Ⅰ(Ⅱ)路有电、Ⅱ(Ⅰ)路无电,所有车厢 PLC 通过检测可自动选择Ⅰ(Ⅱ)路供电,根据实际情况需要给出减载信号(在加挂发电车后且没有高原制氧机工作信号时,不给出减载信号)。此时如果Ⅱ(Ⅰ)路重新供电,则偶(奇)数车厢 PLC 通过检测可重新选择Ⅱ(Ⅰ)路供电,若已给出减载信号则取消减载信号。

(3) 可以通过触摸屏的电源控制菜单和提示选择或转换供电回路。

(4) 在Ⅰ路、Ⅱ路都有电,奇数号车厢Ⅰ路供电、偶数号车厢Ⅱ路供电的情况下,如果Ⅰ路(Ⅱ路)电源出现过压故障,PLC 自动转换到另一路电源供电,同时根据实际情况需要给出减载信号。当电源电压值恢复正常,通过触摸屏操作解除故障保护或电源重新供电,PLC 自动转换回原供电回路,若已给出减载信号则取消减载信号。两路供电回路重新供电时,PLC 将自动解除保护,转换到原供电回路。

(5) 在一路有电,另一路无电,所有车厢都是同一路供电的情况下,如果供电回路出现故障,则 PLC 停止供电,不进行转换。

(6) 在一路正常,另一路存在故障未消除,车厢供电已经进行了一次转换的情况下,如果供电回路再出现故障,则 PLC 停止供电,不进行转换。

(7) 故障排除后,可以通过触摸屏上的“电源控制”菜单,按下“停止供电”或“自动供电”触摸开关解除故障保护。通过 PLC 检测后,PLC 自动转换回原供电回路,负载恢复原工况运行。

(8) 故障排除后也可以通过转换开关由“停止”位转换到“自动”位,PLC 自动解除保护,转换回原供电回路。

(9) 出现过压故障,恢复正常后,两路供电回路重新供电时,PLC 将自动解除保护转换到原供电回路,恢复原工况运行。

7.3.2.1.2 试验供电

将转换开关置于“试验Ⅰ路”或“试验Ⅱ路”,人为选择Ⅰ路供电或Ⅱ路供电,此时 PLC 只进行检测报警,不能进行电源回路的转换。

7.3.2.1.3 监测

主电路中接有电流传感器、电压传感器,并设在线绝缘检测装置,显示触摸屏上可显示主电路的电压、电流、DC110 V 母线电压、本车蓄电池电压、电源状态、逆变器输出电压等信息,当某路电源出现过压、绝缘等故障时,显示触摸屏显示故障提示,相应电源故障灯亮。

7.3.2.2 蓄电池欠压保护功能

为保护蓄电池,综合控制柜设蓄电池欠压提示功能,当 PLC 检测到本车蓄



电池电压低于欠压保护设定值时,触摸屏应显示相应故障信息,提示用户。(蓄电池欠压保护功能判断信号由车下电源给出,当蓄电池欠压时,车下电源给出信号切断相应负载。)

7.3.2.3 照明控制功能

照明控制功能通过照明转换开关控制。当转换开关在自动位时,通过触摸屏可以控制照明,照明工况分为“全灯”“半灯”“应急灯”“停止”。同时,转换开关在自动位时 PLC 也能够响应主控站的控制命令。

7.3.2.4 轴温报警器、防滑器、烟火报警器、空调系统、制氧机、车门及车下电源箱状态监视功能

通过 WG 型网关能够将轴温报警器、防滑器、烟火报警器、空调系统、制氧机、车门及车下电源箱的状态信息送给 PLC,并在触摸屏上显示。通过主画面上的“本车网络”触摸开关可以查询本车轴温报警器、防滑器、烟火报警器、车门、制氧、空调系统、车下电源箱的详细信息。

7.3.2.5 联网通信功能

代理节点能够实现车辆间的通信。各个车厢的 PLC 通过代理节点将本车信息、发送给其他车厢的命令传送到列车总线上,供其他车厢调用。本车 PLC 可以通过代理节点读取列车总线上其他任一节车厢的信息;接收其他车厢发送给本车的命令并执行。(注:PLC 上的 PORT 口的拨动开关置于 OFF 位。)

7.4 照明系统

四方股份公司青藏铁路高原客车照明系统

客车照明体现了人性化设计理念。公共区域(座车客室、卧车走廊等区域)照明由乘务员通过乘务员室温水照明配电盘的照明转换开关统一控制;对于软卧包间等封闭区域单独设置照明开关,根据个人的需要,乘客可以独立控制本区域内照明灯具的开关状态。为方便软卧车乘客的使用,在软卧车厢卧铺适当的位置设置了阅读灯,以方便乘客在夜间照明。见图 7.4(a)。

BSP 公司青藏铁路高原客车照明系统

7.4.1 系统概述

青藏铁路高原客车有多种形式的照明灯具,包括:聚光灯、日光灯、阅读



图 7.4(a) 四方股份公司硬座车照明实景

灯、铺号灯、夜灯等，其中聚光灯作为主照明，其他的灯具作为辅助照明。由于高原低气压热量散发慢，在设计选型阶段在实验室低气压调查试验，发现卤素灯发热量大，灯具温度太高（ 120°C ）不能适用高原使用。通过长时间的试验、选型，最终聚光灯选用发光二极管（LED）。此灯发热量低，但色温（ $2800\sim3500\text{K}$ ）、照度基本能够满足设计要求。高原客车照明控制形式有：自动、停止、全灯、半灯、夜灯。当控制开关在自动位时，则本车的照明形式由网络系统控制，通过工程师车的网络监控柜发送控制信号，控制车辆的照明形式（全灯、半灯、夜灯）。

高原客车照明实景参见图 7.4（b）。



图 7.4(b) BSP 公司高原客车照明设计



7.4.2 各车型照明

7.4.2.1 硬座车照明 (图 7.5)

硬座车的照明主要有两种形式:聚光灯和日光灯。日光灯安装在客室中顶板两侧,日光灯的控制形式仅有全灯和半灯,在夜灯形式下客室仅有中顶板中轴线上的部分聚光灯亮。



图 7.5 BSP 公司硬座车照明实景

7.4.2.2 硬卧车照明

硬卧车的照明主要有两种形式:聚光灯和铺号灯。铺号灯仅安装在每一硬卧包间的出口间壁上,便于乘客在夜晚时方便找到自己的包间。

7.4.2.3 软卧车照明

软卧车的照明灯具主要有:聚光灯、阅读灯和夜灯。在软卧包间内的每一个床头上方安装有一个阅读灯,便于旅客阅读。夜灯安装在每一包间其中一个下铺靠近拉门处,便于旅客夜晚起床照明使用。

7.4.2.4 餐车照明

餐车的照明和硬座车相似,主要有两种形式:聚光灯和日光灯。日光灯安装在客室中顶板两侧和厨房内。同硬座车相同,客室内日光灯的控制形式仅有全灯和半灯,在夜灯形式下客室仅有中顶板中轴线上的部分聚光灯亮。厨房内日光灯安装在顶板上和厨房靠窗户的吊柜下,顶板上的日光灯有两个为应急照明,顶板上的其他灯和吊柜下的灯为普通照明。

7.5 防雷系统

7.5.1 系统概述

青藏线沿途雷电频繁,特别是地滚雷时有发生,为避免雷电对电气系统的破坏,消除对旅客人身安全的威胁,青藏铁路高原客车首次装用了防雷系统。

防雷系统包括列车级接地装置、车内电气设备防雷浪涌装置等(图 7.6)。通过车顶避雷带,经车体、转向架轴端回流装置,将雷击电流导入大地。

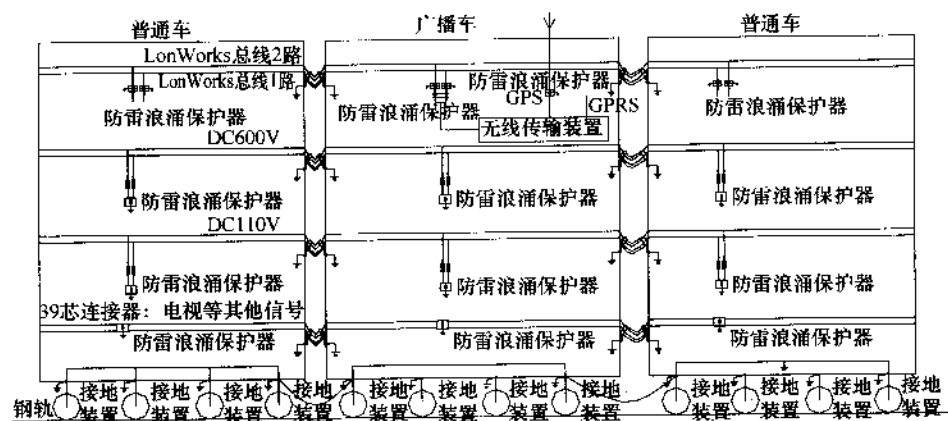


图 7.6 全列防雷保护方案图

7.5.2 列车级接地装置

列车级接地装置由车端防雷连接器、轴端接地回流装置等组成。车端在车钩两侧各设一条与邻车相连的接地线，采用截面不小于 25 mm^2 的镀锡铜绳式导线，通过 JD-1Q 车端防雷连接器将各车车体等电位连接，防止各车之间形成电位差而造成跨步电压；各车转向架的每根车轴的轴端安装轴端回流装置，通过回流装置，可将雷击电流安全地导入大地。

7.5.3 轴端接地装置

轴端接地装置的主要功能是提供转向架构架与车轴之间的接地电流回路。当车体遭受雷击时，该雷电参量要通过接地装置泻放到地面钢轨。接地装置可承受 100 kA 以上的冲击电流，转向架的每根车轴的一端安装一套 EC-3 (QZ) 型防雷接地装置，每套接地装置耐受冲击电流为 25 kA 以上。接地装置的冲击接地电阻不应大于 4Ω ，同时接地装置的接地电阻不大于 0.05Ω 。同时此装置为轴箱内轴承提供了有效的保护。

7.5.4 车内电气设备防雷浪涌装置 (图 7.7)

为防止感应雷所造成的浪涌电压侵入车内电路，造成设备损坏或引起火灾，在 GPS 天线、广播天线、有线电视、同轴电缆、DC600 V 供电、DC110 V 供电、列车网络线进入车内控制柜时，首先经防雷及浪涌保护器 SPD 保护，然后进入相应设备。



图 7.7 车内电气设备防雷浪涌装置

车内供电及综合控制柜防雷保护,采用将配电保护地线、防雷接地、直流逻辑地线、静电地线、屏蔽地线、车体和设备的金属外体实现电气连接,以保持所有接地的等电位。车辆接地要求按照 TB/T2 997—2 000 执行。

7.5.5 接地线的要求

从车体分别到每个接地装置的引入线,其截面应保证导电性能不低于 35 mm^2 铜导线性能,并尽量减小接线长度,以便于检修和观察。

设备、配电柜对地、保护穿管或金属线槽之间的过渡线和接地线,截面积应符合表 7.1 要求。

表 7.1

主回路导线截面 $S (\text{mm}^2)$	接地线最小截面 (mm^2)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$
注:表中数值只在接地线与主回路采用相同材质时有效。 当接地线采用一般绝缘导线时,其最小截面不应小于: a) 有机械防护时 2.5 mm^2 ; b) 无机械防护时 4 mm^2	

特别强调所有接地线应就近接地并尽可能缩短,采用 SPD 防雷及浪涌保护器的接地线应小于 0.5 m 。



7.5.6 车端连接器

车端连接器的所有底座壳体要求可靠导电，并与车体通过螺栓就近接地。过桥线的屏蔽保护层截面和接地线要求见表 7.2。

表 7.2

连接器	接地线截面 (mm^2)	屏蔽层截面 (mm^2)	其他要求
DC600 V 电力	>25	>25	镀锡或镀镍
39 芯通信	>6	>6	镀锡或镀镍
DC110 V 电力	>6	>6	镀锡或镀镍
电控 5 芯	>4	>4	镀锡或镀镍
JD-1Q 防雷接地	>25		

7.6 烟火报警系统

青藏铁路高原客车各车内安装了火灾报警控制器，在任意一个烟探测器加烟至足够量后或温探测器加温至足够温度后，该探测器底座上的发光管（确认灯）应亮。仪器上的火警灯点亮。在对探测器继续加烟的情况下，经约 20 s 后，响火警音，屏幕显示“有火灾报警无故障报警”界面。通过操作网络监控系统的触摸屏可以显示本车每一个火警探测器的状态。在列车编组后，通过操作本车的报警控制器可以显示其他车厢探测器的状态。

7.6.1 系统概述

烟火报警系统（图 7.8）以车辆为单元，车辆和车辆之间的烟火报警系统通过 39 芯连接器通信（下层网络通信）；在车辆内部烟火报警系统和网络监控系统通信，烟火报警信息通过网关传递给监控系统（上层网络通信）。由于受监控系统所限，烟火报警系统仅能有 12 路探测点和监控系统通信，所以青藏铁路高原客车的烟火报警系统最多只能有 12 路探测报警点。共有两种探测器：感烟探测器和感温探测器，其中餐车厨房内安装有 2 个感温探测器，其余都是感烟探测器。青藏铁路高原客车各个车型烟火报警探测器布置如下：



图 7.8 烟火报警传感器

- (1) 硬座车：客室 3 个，电气柜内 1



个,制氧机室1个,左右厕所各1个,共7路;

(2) 普通硬卧车:10个包间各1个,电气柜内1个和制氧机室1个并联为1路,左右厕所各1个并联为1路,共12路;

(3) 带残疾人厕所硬卧车:9个包间各1个,电气柜内1个和制氧机室1个并联为1路,残疾人厕所1个,左侧厕所1个,共12路;

(4) 软卧车:8个包间各1个,电气柜内1个,制氧机室1个,左右厕所各1个,共12路;

(5) 餐车:餐厅3个,一位端电气柜内1个,二位端电气柜内1个,制氧机室1个,厨房内2个,共8路。

7.6.2 系统自检检查

系统主机通电后,自动进入自检,依次点亮、熄灭故障灯和火警灯,并响故障音和火警音。然后主机自动退出自检状态。

按动“自检”键,进入自检。

2005年××月××日××:××-××

故障自检

故障自检成功

火警自检

火警自检成功

7.6.3 主机工作参数的设置

7.6.3.1 查询本车厢编号

按查询键,显示查询菜单:

查询菜单

1. 火警信息
2. 车厢编号
3. 退出

用“△”或“▽”选择车厢编号,按确认键显示查询在线车厢编号菜单,并记住该仪器现在的车厢编号:

查询在线车厢编号

01 02 - - - - 05 - - - -

- - - - -

- - - - -

本车厢编号: 01



7.6.3.2 扫描数设定

按“设定”键，屏幕显示“输入密码”菜单：

2005 年 × × 月 × × 日 × × : × × - × ×
请输入密码
0000

输入密码为本车厢号的两次重复，以 02 车厢为例，密码为 0202。用“▷”键将光标移到第二位，用“△”键将 0 改为 2，再用“▷”键将光标移到第四位，用“△”键将 0 改为 2，按确认键显示“设定选项”菜单：

2005 年 × × 月 × × 日 × × : × × - × ×
1. 复位
2. 扫描数
3. 日期时间设定
4. 探测器设定
5. 车厢编号设定
6. 清除火警记录
7. 退出

用“△”或“▽”键选择扫描数项，此时该项会闪烁显示，按确认键，屏幕显示当前探测器扫描个数：

2005 年 × × 月 × × 日 × × : × × - × ×
扫描个数: 16

用“◀”或“▶”键将光标移到要修改的位置，用“△”或“▽”键修改数字，使扫描数与探测器所接回路的最多路一致，按确认键返回“设定选项”菜单。

7.6.3.3 探测器设定

在“设定选项”菜单下，用“△”或“▽”键选择“探测器设定”选项，按动“确定”键进入“探测器设定”菜单：

2005 年 × × 月 × × 日 × × : × × - × ×
探测器设定
探测器编号: 01 未用

用“◀”或“▶”移动光标，选定探测器编号的十位或个位，用“△”或“▽”修改对应的数字，接着用“◀”或“▶”移动光标，用“△”或“▽”修改探测器的“使用”或“未用”状态。使已接探测器的回路设定为“使用”，未接探测器的回路设定为“未用”。本仪器最多可设置 16 个探测器的状态。设定完成，按“确定”键返回“设定选项”菜单。



7.6.3.4 退出

使用“△”或“▽”移动光标至“退出”，按动“确认”键，仪器返回正常监视状态，屏显为“系统正常”界面。

7.6.4 报警功能

7.6.4.1 故障报警功能

从任何一个探测器底座上拆下探测器，仪器应报故障，此时屏幕显示“有故障报警无火灾报警”界面：

🔊 2005年××月××日××:××-××
 首火警: 00 首时间: 00:00
 火警信息: 共00条

 故障信息: 共02条
 ××车厢 No: 07 开路

故障灯点亮，响故障音，在显示屏幕的左上角显示一只喇叭且表示成响音状态。此时显示探测器号（No 后的数字），应与实际的探测器号一致。

按动“消音”键，音响消除，屏幕左上角显示一只打叉的喇叭，表示消音状态。将拆下的探测器装回底座，此时仪器恢复系统正常状态。在拧回探测器之后，应将探测器锁定螺钉拧到位。

7.6.4.2 火灾报警功能

在任意一个烟探测器加烟至足够量后或温探测器加温至足够温度后，该探测器底座上的发光管（确认灯）应亮。仪器上的火警灯点亮。在对探测器继续加烟的情况下，经约 20 s 后，响火警音，屏幕显示“有火灾报警无故障报警”界面。

🔊 2005年××月××日××:××-××
 首火警: 01 首时间: ××:××
 火警信息: 共03条

 ××车厢 No: 04 10:25
 故障信息: 共00条

No 后数字为报警的探测器号。

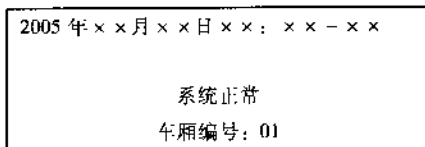
按动消音键，音响停止。

依次对其他探测器加烟（或加温），相应探测器的确认灯亮，仪器即发出火警音。屏幕显示“多火灾报警无故障报警”界面，其中 No 后的数字依次循

环显示已报警的探测器号。

7.6.4.3 复位功能检查

按“设定”键进入“设定密码”菜单，输入密码进入“设定选项”菜单，用“△”或“▽”选中“复位”选项，此时该项会闪烁显示，按确认键或复位键均可进行复位操作。此后，仪器进入系统正常状态，屏幕显示“系统正常”界面。



7.6.5 上层网络通信

通过操作网络监控系统的触摸屏可以显示本车每一个火警探测器的状态。

7.6.6 下层网络通信

在列车编组后，通过操作本车的报警控制器可以显示其他车厢探测器的状态。

7.7 轴温报警系统

7.7.1 系统概述

青藏铁路高原客车轴温报警系统是由 KZS/M - II 型集中式轴温报警器和 KZS/M - III 型轴温数据监测记录仪组成。在每一辆车的电气柜内安装有轴温报警器，在播音硬卧车的电气柜上安装有轴温数据监测记录仪。轴温数据监测记录仪是轴温报警器的配套仪器，用于实时监测全列状态，并记录全列车的轴温数据。

7.7.2 轴温报警器

7.7.2.1 概述

KZS/M - II 型集中式轴温报警器是按照《铁路客车集中式轴温报警器》（铁道部运装客字 [1999] 287 号文）所规定的技术要求生产的新型集中式轴温报警器。该仪器采用了此公司多年生产集中报警器的所有技术优点，并在数模



兼容、数字滤波、抗干扰和可靠性等方面均有新的突破。主要特点如下:

(1) 数字传感器和模拟传感器全自动识别,无须更换模块或切换开关。仪器可以混接两种类型的传感器,并自动显示各轴位的传感器类型,实现了真正的数模兼容;

(2) 显示窗口改为液晶,同时显示 9 个轴位(8 个轴位和 1 个外温)的温度;

(3) 本车可循环记录 1000 次报警数据(不可人为擦除),记录的报警数据可查阅;

(4) 仪器之间采用 FSK 通信方式,每台仪器提供 RS485 输出;

(5) 研制开发了基于 Windows95/98 的客车轴温数据分析管理系统(V3.0 版),不仅实现了轴承故障的早期诊断,也实现了客车编组和轴温管理的微机化;

(6) 增设了 MAX485 接口,可靠实现仪器与车载 PC 机实时通信(动车专用)。

7.7.2.2 仪器使用说明

注意:操作仪器前,必须先用钥匙打开键盘锁,操作完后,重新上锁,并将钥匙拔出!

仪器参数如下所述:

电源电压	DC77 ~ 138 V
测量温度范围	-45 ~ +125 ℃
测量精度	±1 ℃ (20 ~ 90 ℃)、±2 ℃ (<20 ℃或>90 ℃)
系统测量精度	±2 ℃ (20 ~ 90 ℃)、±4 ℃ (<20 ℃或>90 ℃)
温度测定路数	8 路轴位, 1 路环温
定点延时	用于测试恒流源, 延时 (30 ± 2) s
传感器	数、模全自动兼容
报警温度	
定点报警	(90 ± 2) ℃
跟踪报警	环温加 (45 ± 4) ℃
报警方式	声光报警, 所有控制显示器同时显示车厢顺位号 轴位号和温度 有多个轴位同时超温报警时循环显示所有报警点 轴温
车厢数	≤20

控制显示器通信方式 FSK 方式, 波特率为 1200 bit/s

载波频率 FL: 133.05 kHz
FH: 131.85 kHz;
频率精度: 0.01%

工作环境温度 $-25 \sim +50^{\circ}\text{C}$

工作相对湿度 不大于 95%

消耗功率 不大于 4 W

7.7.2.3 仪器显示状态

7.7.2.3.1 仪器正常显示

控制显示器平时处于本车监测状态。控制显示器在显示本车车辆顺位号时加“*”号, 显示外车时加“()”号加以区别。当某一轴位传感器开路时, 相应轴位显示“- - -”; 当某一轴位传感器短路时, 相应轴位显示“+ + +”。当有重车辆顺位号时, 后开的控制显示器的车辆顺位号闪烁显示。

7.7.2.3.2 仪器报警显示

当某一车厢的某一轴位报警时, 本车厢的控制显示器立即闪烁显示报警轴位的温度、发出报警声、报警指示灯闪烁, 外置报警指示灯也闪烁, 其他车厢的控制显示器也响报警声、报警指示灯闪烁 (外置报警指示灯不闪烁), 并显示报警车的车厢顺位号, 闪烁显示报警轴位的温度。其他车厢控制显示器报警声只鸣叫 10 s, 但报警指示灯仍闪烁并显示报警车的数据。只有在超温车厢的控制显示器上按“●”键才能消音, 但报警灯仍闪烁。当报警车的报警声消除后, 其余车厢的控制显示器恢复监测本车状态。当有多个车厢的轴位报警时, 除报警车外的其余控制显示器都循环显示报警车的数据 (每车显示 5 s)。

7.7.2.4 仪器功能设置状态

可以通过按键“●”、“▲”、“▼”来设置车厢顺位号。车种车号、日历时钟和显示传感器类型。

7.7.2.4.1 车辆顺位号的显示和设置

在监测状态按下“●”键时, 立即显示本车的车辆顺位号。此时按“▲”、“▼”键可改变其值, 此时按一下“●”键, 立即退出本设置, 进入下一设置。

7.7.2.4.2 车种车号的显示和设置

此时按“▼”键移动光标, 按“▲”键改变闪烁位的内容。此时按一下“●”键, 立即退出本设置, 进入时间的显示和设置状态。

7.7.2.4.3 年、月、日、时、分的显示和设置

此时按“▼”键移动光标, 按“▲”键改变闪烁位的内容。此时按一下



“●”键，立即退出本设置，进入显示传感器类型状态。

7.7.2.4.4 自动显示传感器类型

第一行显示的“RETURN”意为退出功能设置状态，回到监测状态；第二行从左至右显示1~9轴位的传感器类型；“s”表示此传感器是数字的传感器；“m”表示此传感器是模拟的传感器；此时按“●”键，立即退出设置，回到监测状态。

注意：在设置状态时，如果在 (10 ± 1) s内没有操作任何键，控制显示器就自动回到监测状态。

7.7.2.5 调阅外车

控制显示器处于本车监测状态时，在任意一台控制显示器上按下“▲”键，控制显示器立即显示网络中下一个车厢的数据；当按下“▼”键时，控制显示器显示网络中上一个车厢的数据。如果网络中没有其他车厢时，则显示不切换。当操作“▲”或“▼”键后，控制显示器进入定点显示其他车厢的轴温状态。此时，如不操作任何按键，控制显示器在 (30 ± 2) s内返回本车监测状态。

7.7.2.6 调阅报警数据

同时按下“▲”和“●”键，若本车曾经有过报警，则立即显示最新一次的报警数据；按“▲”键查看上一次的报警记录，按“▼”键查看下一次的报警记录；最多可记录1000次报警数据，数据记满后自动刷新，先进先出，始终保持最新数据，不能人为擦除。报警期间每分钟自动记录一次报警数据。报警数据显示的格式为：第一行是报警记录的时间，第二行依次显示：序号、报警的轴位、温度、外温。无报警记录仅显示“No data”。按“●”键立即返回到监测状态；如果 (10 ± 1) s内没有操作任何键，控制显示器自动回到监测状态。

7.7.2.7 显示电子身份证号

同时按下“▼”和“▲”键，显示控制显示器的电子身份证号（即出厂编号），该编号不可更改，按“●”键立即退出或 (10 ± 1) s内自动回到监测状态。

7.7.3 轴温数据监测记录仪

7.7.3.1 概述

KZS/M-III型轴温数据监测记录仪是KZS/M-II型集中式轴温报警器的配套仪器。该仪器除了可以监视客车运行过程中各车厢轴温数据和仪器工作状态以外，还可定时记录各车厢轴温，并可将这些数据转存到大容量轴温IC卡上，



供微机轴温数据分析管理系统 (V3.0 版) 分析、管理等。

7.7.3.2 显示器

显示器位在面板右上方。显示数据分 4 排:

——第一排数据格式按照显示器上方的文字定义, 巡检状态下“日期/车种车号”显示年月日, 定点方式下显示定点车的车种车号; “时间”为当前时、分; “间隔”指定时记录的间隔, 单位为 min (最小间隔为 10 min); “校时”下显示开或关, 表示记录仪向外发送或不发送准确时钟。

——第二排显示车厢序号和 1、3、5、7 轴位轴温。

——第三排显示外温和 2、4、6、8 轴位轴温。

——第四排显示当前全列车仪器的工作和通信情况, 数字 1 ~ 20 上显示“▲”, 表明对应车厢仪器工作和通信正常。

7.7.3.3 键盘

面板上共有三个按键“▲”“▼”“●”。

查询功能: 按“▲”“▼”键可定点查看前一辆或后一辆车的轴温。

设置功能: 按住“●”键同时按“▲”键进入设置状态, 光标在年的位置闪烁。按“▲”键右移光标, 按“▼”键参数加 1; 若光标在记录间隔位置则参数加 10; 若光标在校时位置则切换“开”或“关”。按“●”键退出设置。

年的设置范围为: 04 ~ 30 年; 记录间隔的范围为: 10 ~ 300 min。

7.7.3.4 IC 卡插口

用于插入专用 IC 卡。如 IC 卡有效, 则绿灯亮 (转存时绿灯闪烁); 如 IC 卡无效, 则绿灯灭; 绿灯在卡座的左边。插卡时卡上的芯片朝上。

7.7.3.5 按键锁

位于面板左下方。锁打开才能操作按键。

7.7.3.6 仪器参数

电源电压	DC35 ~ 150 V
定点延时	(30 ± 2) s
巡检速度	10 s/车厢
巡检车厢数	≤ 20
通信方式	采用 FSK 方式, 波特率为 1200 bit/s
载波频率	FL: 133.05 kHz; FH: 131.85 kHz; 频率精度: 0.1%
工作环境温度	-10 ~ +50 °C
工作相对湿度	不大于 93%
消耗功率	不大于 4 W



7.8 列车监控系统

四方股份公司青藏铁路高原客车监控系统

7.8.1 系统概述

青藏铁路高原客车的列车编组中,带残疾人厕所的一节硬卧车的乘务员室内安装了列车监控柜,或叫主控站,见图 7.9。监控柜由主控计算机、信息显示触摸屏以及车载数据无线传送装置组成。安全监控系统通过 WG 型网关能够将列车供电、转向架轴温、空气制动系统中列车管压力、烟火报警器等不同系统的信息传送到 PLC,并在触摸屏上显示。



图 7.9 列车监控柜

通过信息显示触摸屏,在“画面选择”画面中按下“全列监控”触摸开关,可切换到“全列监视”

画面,只要轻触监视车厢号数字显示处,调出“键盘”,输入监视车厢号,所监视车厢的信息即可显示出来。按下“轴报”显示所监视车的轴温报警器信息,按下“烟火”显示所监视车的烟火报警器信息,按下“返回”触摸开关返回。

在“全列监视”画面,按下“全列控制”调出“全列控制”画面,即可对全列或单车的部分电气设备实施手动控制。

在列车综合信息界面里点击右下方的“历史故障”按钮打开历史故障信息显示界面。故障信息按照由新到旧的顺序排列,故障记录条目最大 65 000 条,按照先进先出的规则刷新。故障能够实现掉电保存。

7.8.2 电气系统的安全监测

主电路中接有电流传感器、电压传感器,并设在线绝缘检测装置,显示触摸屏上可显示主电路的电压、电流、DC110 V 母线电压、本车蓄电池电压、电源状态、逆变器输出电压等信息,当某路电源出现过压、绝缘等故障时,显示触摸屏显示故障提示,相应电源故障灯亮。



7.8.3 转向架的安全监测

客车转向架在正常运行时,其轴箱温度的变化有其规律性,因此,通过对转向架轴箱温度的监测,可以对转向架的运行状态做出判断。青藏铁路高原客车各车安装了轴温报警仪,在播音硬卧车的电气柜上则安装了轴温数据监测记录仪,该仪器除了可以监视客车运行过程中各车厢轴温数据和仪器工作状态以外,还可定时记录各车厢轴温,并可将这些数据转存到大容量轴温 IC 卡上,供微机轴温数据分析管理系统(V3.0 版)分析、管理等。

轴温报警系统不间断监测并显示转向架各轴温度,当某轴位温度异常时进行声光报警,同时全列所有轴温报警器同时显示车厢顺位号、轴位号和温度,有多个轴位同时超温报警时循环显示所有报警点轴温。轴温报警仪主机安装于电气综合控制柜盘面,全列轴温数据记录仪安装于车辆工程师车中央监控柜内。

BSP 公司青藏铁路高原客车监控系统

7.8.1 系统概述

列车监控系统由综合控制柜控制单元(每一个车的电气柜内都有此单元)和主控站单元(主控站单元即监控柜,安装在带残疾人厕所的硬卧车乘务员室内)组成。

列车监控系统主要参数如下所述:

综合控制柜控制单元由 PLC 主机单元(CPM2A-CPU61)、信息显示触摸屏(NT31-ST122-EV2)组成。

主控站单元由主控计算机(UNO-2160)、信息显示触摸屏(FPM3120)以及 WG-II 型车载数据无线传送装置组成。

列车监控系统主要参数如下所述:

储存环境温度 $-25 \sim +70^{\circ}\text{C}$

工作环境温度 $0 \sim 50^{\circ}\text{C}$

相对湿度 $\leq 90\%$ (相对湿度为 90% 时,环境温度不低于 25°C)

海拔高度 不超过 5200 m

冲击和振动 不超过 50 Hz 频率、3g 加速度振动

7.8.2 综合柜单元功能说明

7.8.2.1 电源供电转换功能

综合控制柜的电源有两路供电,通过转换开关分“自动”和“试验 I 路”、



“试验Ⅱ路”。

7.8.2.1.1 正常供电

转换开关置于“自动”位：

(1) I路、Ⅱ路均有电（电压高于DC500V），设定车厢号后，PLC按照均衡供电原则，奇数号车厢选择I路供电、偶数号车厢选择Ⅱ路供电，I路和Ⅱ路互锁，显示屏显示相应信息，电源指示灯亮。

(2) 如果I（Ⅱ）路有电、Ⅱ（I）路无电，所有车厢PLC通过检测可自动选择I（Ⅱ）路供电，根据实际情况需要给出减载信号（在加挂发电车后且没有高原制氧机工作信号时，不给出减载信号）。此时如果Ⅱ（I）路重新供电，则偶（奇）数车厢PLC通过检测可重新选择Ⅱ（I）路供电，若已给出减载信号则取消减载信号。

(3) 可以通过触摸屏的电源控制菜单和提示选择或转换供电回路。

(4) 在I路、Ⅱ路都有电，奇数号车厢I路供电、偶数号车厢Ⅱ路供电的情况下，如果I路（Ⅱ路）电源出现过压故障，PLC自动转换到另一路电源供电，同时根据实际情况需要给出减载信号。当电源电压值恢复正常，通过触摸屏操作解除故障保护或电源重新供电，PLC自动转换回原供电回路，若已给出减载信号则取消减载信号。两路供电回路重新供电时，PLC将自动解除保护，转换到原供电回路。

(5) 在一路有电，另一路无电，所有车厢都是同一路供电的情况下，如果供电回路出现故障，则PLC停止供电，不进行转换。

(6) 在一路正常，另一路存在故障未消除，车厢供电已经进行了一次转换的情况下，如果供电回路再出现故障，则PLC停止供电，不进行转换。

(7) 故障排除后，可以通过触摸屏上的“电源控制”菜单，按下“停止供电”或“自动供电”触摸开关解除故障保护。通过PLC检测后，PLC自动转换回原供电回路，负载恢复原工况运行。

(8) 故障排除后也可以通过转换开关由“停止”位转换到“自动”位，PLC自动解除保护，转换回原供电回路。

(9) 出现过压故障，恢复正常后，两路供电回路重新供电时，PLC将自动解除保护转换到原供电回路，恢复原工况运行。

7.8.2.1.2 试验供电

将转换开关置于“试验I路”或“试验Ⅱ路”，人为选择I路供电或Ⅱ路供电，此时PLC只进行检测报警，不能进行电源回路的转换。

7.8.2.1.3 监测

主电路中接有电流传感器、电压传感器，并设在线绝缘检测装置，显示触摸屏上可显示主电路的电压、电流、DC110 V 母线电压、本车蓄电池电压、电源状态、逆变器输出电压等信息，当某路电源出现过压、绝缘等故障时，显示触摸屏显示故障提示，相应电源故障灯亮。

7.8.2.2 蓄电池欠压保护功能

为保护蓄电池，综合控制柜设蓄电池欠压提示功能，当 PLC 检测到本车蓄电池电压低于欠压保护设定值时，触摸屏应显示相应故障信息，提示用户。（蓄电池欠压保护功能判断信号由车下电源给出，当蓄电池欠压时，车下电源给出信号切断相应负载。）

7.8.2.3 照明控制功能

照明控制功能通过照明转换开关控制。当转换开关在自动位时，通过触摸屏可以控制照明，照明工况分为“全灯”、“半灯”、“应急灯”“停止”。同时，转换开关在自动位时 PLC 也能够响应主控站的控制命令。

7.8.2.4 轴温报警器、防滑器、烟火报警器、空调系统、制氧机、车门及车下电源箱状态监视功能

通过 WG 型网关能够将轴温报警器、防滑器、烟火报警器、空调系统、制氧机、车门、车下电源箱的状态信息送给 PLC，并在触摸屏上显示。通过主画面上的“本车网络”触摸开关可以查询本车轴温报警器、防滑器、烟火报警器、车门、制氧、空调系统及车下电源箱的详细信息。

7.8.2.5 联网通信功能

代理节点能实现车辆间的通信。各个车厢的 PLC 通过代理节点将本车信息、发送给其他车厢的命令传送到列车总线上，供其他车厢调用。本车 PLC 可以通过代理节点读取列车总线上其他任一节车厢的信息；接收其他车厢发送给本车的命令并执行。（注：PLC 上的 PORT 口的拨动开关置于 OFF。）

7.8.3 综合柜单元系统操作说明

7.8.3.1 系统参数设定

警示：综合控制柜使用前，必须合理地设定系统参数，否则综合控制柜将无法正常运行，这些参数的设定应该根据综合控制柜所带负载的实际情况认真设定、确认。

操作步骤：按下“画面选择”按钮中“管理界面”触摸开关，调出系统管理员密码

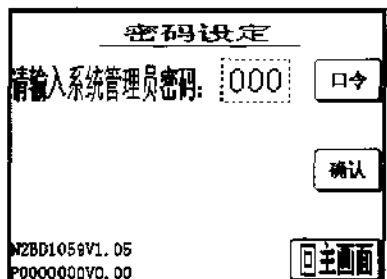


图 7.10 系统管理员密码进入画面



进入画面（图 7.10），按“口令”触摸开关调出键盘，密码为“837”，按回车键输入密码再按下“确认”调出管理界面（图 7.11）。在其上用轻触数字显示处，调出“键盘”（图 7.12），利用键盘设定直流漏电保护值、电池欠压保护值、欠压恢复值、车厢号、车号。输入值确认后按下回车键输入设定值，完成后按下“关闭键盘”触摸开关即可关闭键盘。按下“返回”触摸开关返回密码设定。

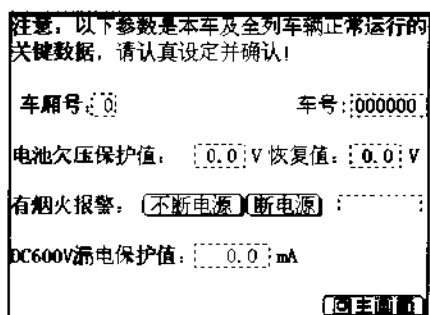


图 7.11 管理界面

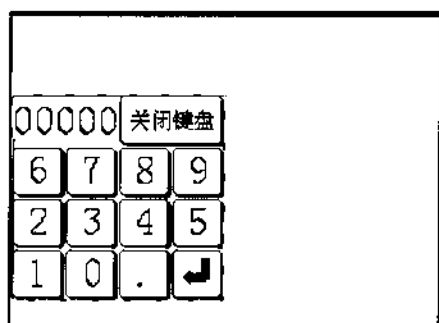


图 7.12 键盘画面

总电源绝缘保护值出厂时预设为 150 mA，蓄电池欠压保护值出厂时预设为 92 V。

车厢号必须在车辆编组后，运行前按照实际车厢号在触摸屏上设定，全列车车辆车厢号不得重复，加车车厢号应依次顺延。例如：正常编组时最后一节车厢号为 17，则加 1、加 2、加 3 的车厢号在触摸屏上依次设定为：18、19、20。

车号依据铁道部批准印刷在车辆侧墙上的车号来设定，车号的设定须准确无误，这样有利于无线网络的监视。

按下“断电源”或“不断电源”触摸键，选择有烟火报警时是否切电源，设定完毕后，须将 PLC 重新上电。

7.8.3.2 供电人工转换、操作

按下“画面选择”（图 7.13）画面上的“供电信息”触摸开关进入“供电系统信息”画面（图 7.14）。

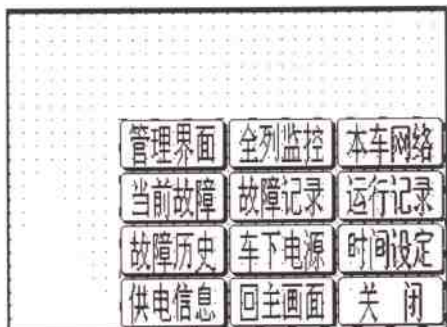


图 7.13 画面选择画面

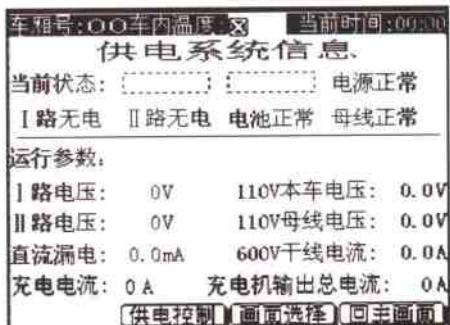


图 7.14 供电系统信息画面

人工强制选择电源供电回路“Ⅰ路供电”或“Ⅱ路供电”，可以按下“供电控制”触摸开关，调出“电源控制”画面，根据触摸开关上的文字提示人工强制选择“Ⅰ路供电”或“Ⅱ路供电”。此时如果电源停止，且所选择供电回路有电，则选择该路供电；如果正在此路供电则电源继续供电；如果是另一路供电则转换到此路供电。按下触摸开关“自动供电”，则自动返回 PLC 默认的供电回路，即奇数车厢Ⅰ路供电，偶数车厢Ⅱ路供电。人工强制选择电源供电回路应有特殊原因时使用，使用后如无特殊原因应转换回“自动供电”状态。

当通过触摸屏“供电控制”控制供电的状态时，供电状态字符串应显示“电源手动”。

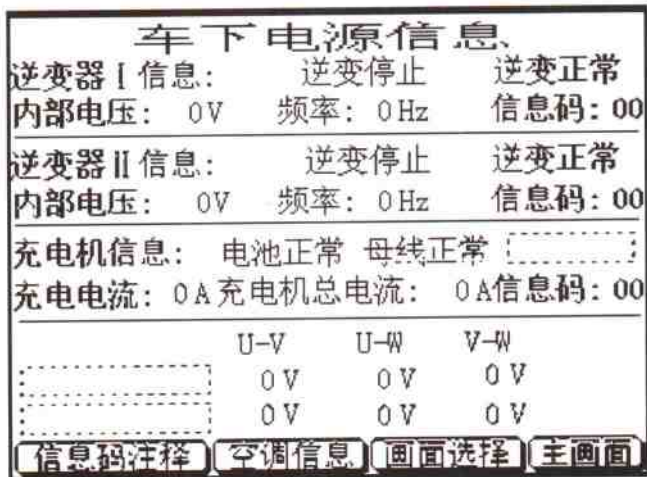


图 7.15 车下电源信息



如果电源曾出现故障, 确认故障排除后, 可以按下“停止供电”或“自动供电”解除故障保护, 通过 PLC 检测后, 重新启动供电。

7.8.3.3 供电、车下电源运行参数、当前故障查询

在“画面选择”画面中按下“供电信息”触摸开关, 调出“供电系统信息”画面 (图 7.14), 显示出目前电源状态及参数; 按下“车下电源”触摸开关切换到“车下电源信息”画面 (图 7.15), 显示出目前车下电源转换箱状态及参数; 按下“当前故障”触摸开关切换到“当前故障”画面 (图 7.16), 显示当前电气系统存在的故障。

7.8.3.4 运行记录、故障记录、故障历史查询

在“画面选择”画面中, 按下“故障记录”触摸开关, 调出“故障记录”, 显示最近故障前 10 min、每隔 2 min 的参数, 按下“下翻”触摸开关可依次查看其他故障记录; 按下“故障历史”按钮, 显示出用电系统最近出现的 256 个故障; 按下“运行记录”触摸开关切换到“运行记录 1”, 显示出一定时间前电源参数, 按下“下翻”触摸开关可依次查看其他运行记录, 运行记录每隔



图 7.16 当前故障画面

10 min 记录 1 次, 一共 18 幅; 通过触摸屏可以调出 3 h 以内的各种工作状态和运行参数, 正常运行状态时平均每隔 10 min 记录 1 次, 超过 3 h 后自动刷新; 当出现故障时, 应能及时记录, 并进行提示, 通过故障记录可以查看故障前 10 min 以内、每 2 min 间隔的运行参数, 用以分析故障原因。

7.8.3.5 监视全列其他车厢状态、控制全列其他车厢

在“画面选择”画面中按下“全列监控”触摸开关, 可切换到“全列监视”画面 (图 7.17), 只要轻触监视车厢号数字显示处, 调出“键盘”, 输入监视车厢号, 所监视车厢的信息即可显示出来。按下“防滑”显示所监视车的防滑信息, 按下“轴报”显示所监视车的轴温报警器信息, 按下“烟火”显示所监视车的烟火报警器信息, 按下“车门”显示所监视车的塞拉门信息, 按下“制氧”显示所监视车的制氧信息, 按下“返回”触摸开关返回。

在“全列监视”画面, 按下“全列控制”调出“全列控制”画面 (图 7.18)。根据页面上的触摸开关及提示, 如想控制其他车厢电源转换, 可按下电源控制区内触摸开关, 触摸开关变黑为选中。按下“取消命令”可以取消选



择, 确认命令正确无误后, 再按下“发送命令”触摸开关向受控车厢发送命令。按下“返回”触摸开关返回。

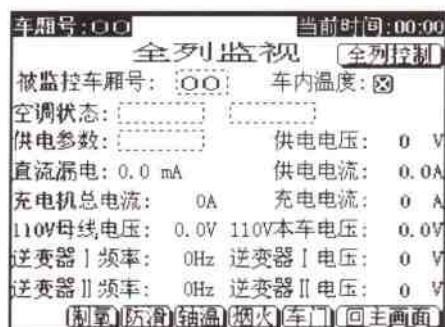


图 7.17 全列监视画面

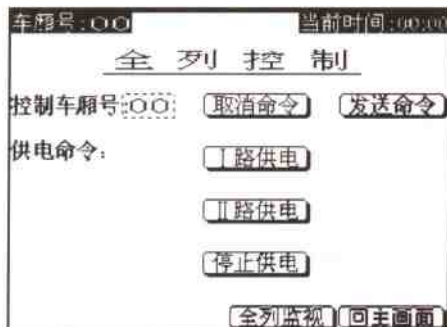


图 7.18 全列监视画面

7.8.3.6 更改系统时间

打开“供电系统信息”画面, 轻按右上角的时间显示处, 或者点击“画面选择”画面里的“时间设定”按钮, 调出“时间设定”(图 7.19), 上部显示当前时间, 在下面的拨盘开关输入正确的日、时、分、秒确认无误后按下右侧的“输入”触摸开关即可将正确的时间输入到 PLC 中。按下“返回”触摸开关返回。

7.8.3.7 更改本车车厢号、车号, 查阅运行里程

打开“供电系统信息”画面, 轻按左上角的车厢号显示处, 调出“车厢号设定画面”(图 7.20)。可以在此画面中设定车厢号、车号, 并查阅本车运行里程。



图 7.19 更改触摸屏显示时间画面



图 7.20 车厢号设定画面



7.8.4 主控站触摸屏界面信息及操作

主控计算机通电开启后自动运行程序，不需人工操作。

主控计算机触摸屏界面信息及操作包括以下几个方面：

7.8.4.1 整车综合信息

程序启动后为列车综合信息显示页面，主界面中部从左到右分别显示车厢号、车号、供电、空调、车下电源、制氧机、制动、轴报、防滑、车门、烟火、灯的总体信息。右上角显示系统时间，底部中间显示车次。底部从左到右有四个按钮，分别是“GPS&GPRS”、“发电车”、“历史故障”和“全列控制”。见图 7.21。

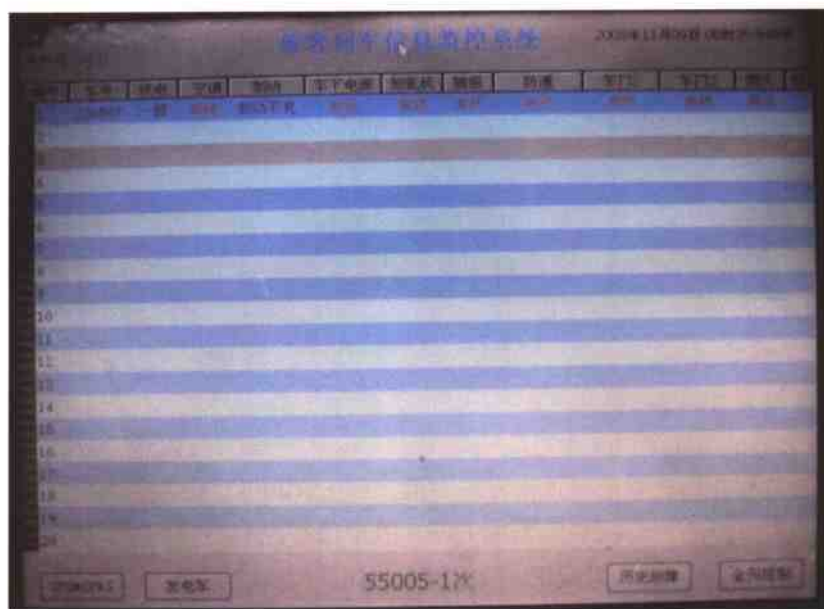


图 7.21 整体综合信息

7.8.4.2 单车详细信息

在列车综合信息界面里点击车厢号或车号列进入本车的详细信息。在单车信息界面中点击“返回”按钮可以关闭单车详细信息界面返回到列车综合信息界面。见图 7.22。

7.8.4.3 列车各单元详细信息

在列车综合信息界面里分别点击各个单元的单元进入所有车辆的单元详细信息。这些单元包括供电、空调、车下电源、制氧机、制动、轴报、防滑、车门和烟火。在单元信息界面里点击单元标题关闭单元信息界面并返回到列车综



图 7.22 单车详细信息

合信息界面。见图 7.23。

7.8.4.4 GPS&GPRS 信息

在列车综合信息界面里点击左下方的“GPS&GPRS”按钮弹出 GPS 和 GPRS 信息显示窗口界面，可以观察当前 GPRS 的工作情况和当前车辆所处的 GPS 地理位置。点击此界面的“关闭”按钮可以关闭此界面。见图 7.24。

7.8.4.5 发电车信息

在列车综合信息界面里点击左下方的“发电车”按钮打开发电车详细信息显示界面。点击界面中的“返回”按钮可以关闭此界面并返回到列车综合信息界面。见图 7.25。

7.8.4.6 历史故障信息

在列车综合信息界面里点击右下方的“历史故障”按钮打开历史故障信息显示界面。故障信息按照由新到旧的顺序排列，故障记录条目最大 65000 条，按照先进先出的规则刷新。故障能够实现掉电保存。此故障信息界面下方有“刷新”、“上页”和“下页”三个按钮。用来刷新和翻页显示历史故障。点击此界面的标题关闭此界面并返回到列车综合信息界面。见图 7.26。

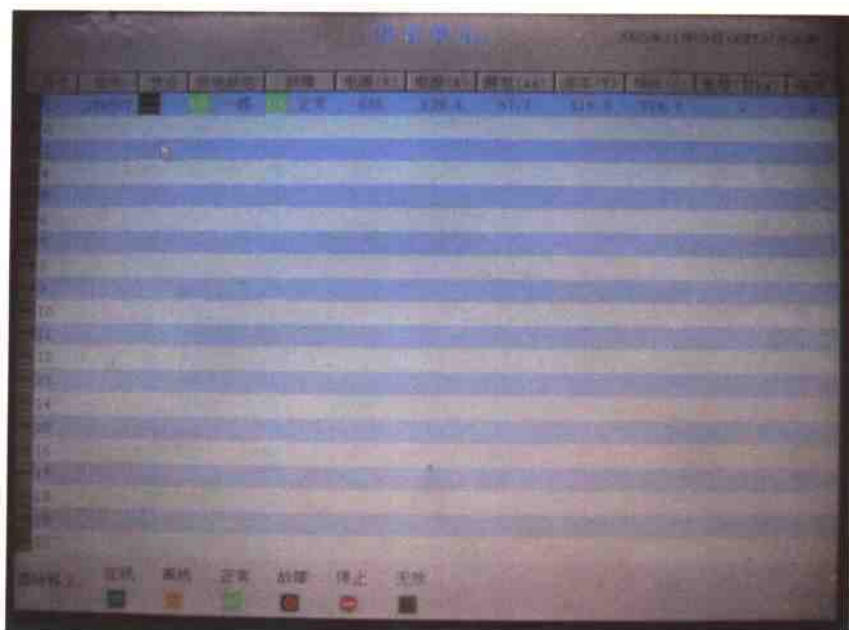


图 7.23 列车各单元详细信息



图 7.24 GPS&GPRS 信息





7.8.4.7 列车电气控制

在列车综合信息界面里点击右下方的“全列控制”按钮弹出车辆电气控制窗口界面。可以对全列或单车的部分电气设备实施手动控制。选择控制命令，并选择车号（如果是全列控制，点击全列控制按钮），然后点击发送，两次命令的间隔周期为 5 s，5 s 内发送按钮处于锁定状态。点击此界面的“关闭”按钮可以关闭此界面。手动控制可以控制供电、空调、制氧和照明。其中供电命令不提供全列控制功能，只能对单车进行控制。

命令控制中还包括一些主控站程序根据实际情况自动发送的控制命令。其中主控站根据 GPS 信息判断列车在高原地带时发送全列制氧机启动命令，判断列车不在高原地带时发送全列制氧机停命令。命令连续发送约 10 s 后不再发送。见图 7.27。



图 7.27 列车电气控制

7.8.4.8 车次信息

在列车综合信息界面里点击下方的车次显示部分（如果没有设定车次，此处显示“请点击此处设定车次！”），在弹出窗口内，点击文本框，弹出小键盘，输入密码（sysdq）和新的车次，点击确定后车次修改完成。车次能够掉电保存。见图 7.28。



图 7.28 车次信息

触摸屏显示中部分图标代表的意义如下：

- | | |
|--------------------|------|
| 节点在线 | 节点离线 |
| OK 正常或正常工作 | 故障 |
| 停止 | 无效 |
| 不正常 | 曾经故障 |
| 动作 | 烟火报警 |
| 空压机卸载 | 氧气超标 |
| CO ₂ 超标 | 超温 |



7.9 列车声像系统

四方股份公司青藏铁路高原客车声像系统

7.9.1 影视系统

7.9.1.1 概述

为了提高列车服务质量,解除乘客长途旅途的疲劳,我们将有线电视系统应用到列车上。

本系统采用 550 MHz 带宽、邻频、单向传输技术,使用专用的有线电视设备,构成一个高性能的电视图像信号传输系统。通过在客车的某一车厢建立一个前端系统,并经过前端设备处理后,通过车厢与车厢间的网络进行传输。

7.9.1.2 引用标准

7.9.1.2.1 GB 6510—1986 30 MHz ~ 1 GHz 声音和电视的电缆分配系统

7.9.1.2.2 GB 11318—1996 30 MHz ~ 1 GHz 声音和电视的电缆分配系统设备与部件

7.9.1.2.3 GB 50200—1994 有线电视系统工程技术规范

7.9.1.2.4 GY/T 106—1999 有线电视广播技术规范

7.9.1.3 系统原理描述

(1) 系统前端的节目源采用视频服务器和机顶盒方式,完成视频信号的采集、压缩和解压的工作。

(2) 机顶盒输出的 8 套视、音频信号经 8 台邻频调制器调制为射频信号并经混合后送入系统。调制器按隔频方式设置频道输出。

(3) 每节客车车厢配置 1 台放大器、1 只切换开关 BRTC-1 (安装于放大器的前侧内)。

(4) 每节客车车厢的放大器输出既要满足本节车厢各终端的信号电平要求,又要满足补偿两节车厢之间传输损耗的要求。

(5) 切换开关主要实现每节客车车厢信号的双向传输和解决系统冗余等功能。

(6) 每节客车车厢采用 9 个不同分支损耗的四分支器串接方式完成信号从放大器到终端的信号传输。

(7) 系统传输干线均采用 RG11 四屏蔽射频电缆,从用户分支器到液晶电视的连接线采用 RG6 四屏蔽射频电缆。



(8) 该系统采用视频服务器作为信号节目源, 通过机顶盒解码、经调制器和混合器混合成一路射频信号, 由同轴电缆传输至各个车厢。每个车厢加干线放大器, 补偿由于车厢连接和电缆传输引起的电平损耗。由分支器、分配器组成的分支-分配网络将射频信号传输到每个包间的电视机。这样, 乘客就可以通过控制面板来选择频道来观看自己喜爱的影视节目。影视系统基本原理和信号传输过程见图 7.29。

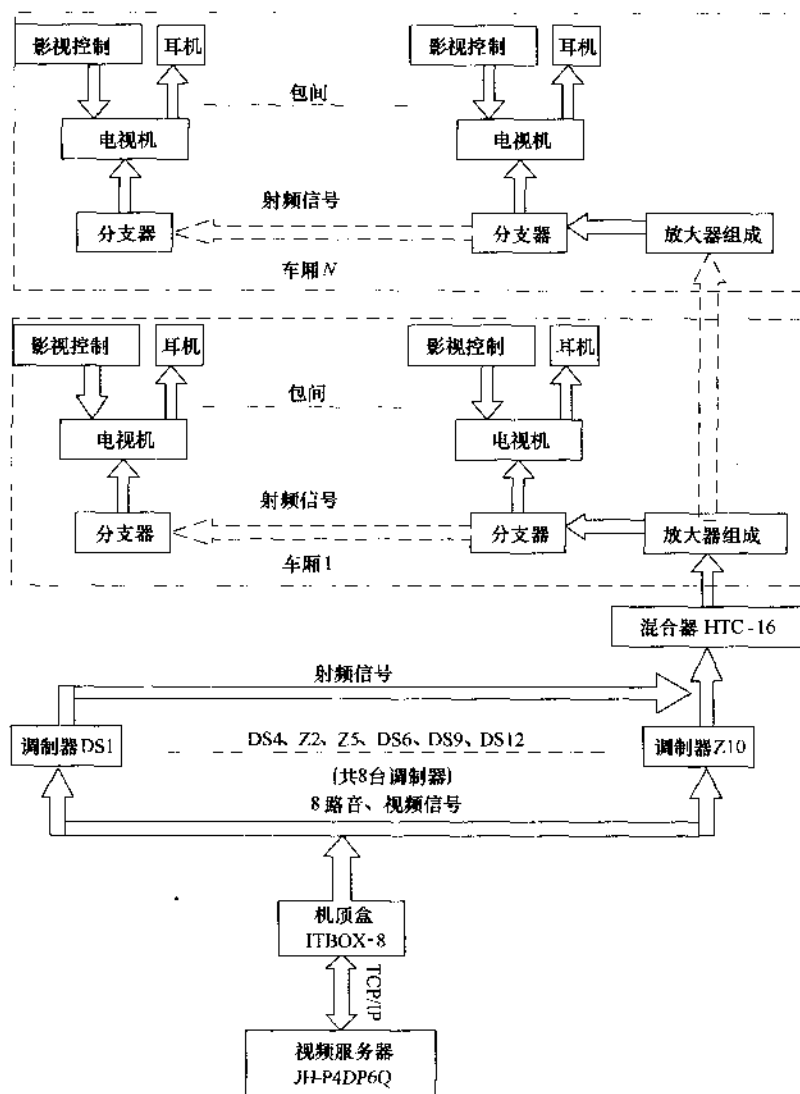


图 7.29 影视系统基本原理和信号传输过程



7.9.1.4 系统基本功能和特点

7.9.1.4.1 乘客可以通过影视控制器自行选择观看 8 套影视节目。

7.9.1.4.2 乘客可以通过影视控制器自行调节耳机音量。

7.9.1.4.3 当不需要观看节目时,乘客也可以通过影视控制器将电视关闭,而不影响其他乘客观看。

7.9.1.4.4 系统可以按频道分类(如 1 频道为体育、2 频道为影视、3 频道为戏曲等);每个频道的影视节目按预定时间播放。

7.9.1.4.5 系统可满足列车的任意编组形式。重新编组后,不必重新调整设备参数,只要操作相关设备上的开关。

7.9.1.4.6 系统还采用了双干线的冗余方式,系统会自动检测干线故障,当一路干线发生故障时,系统自动切换至另一路干线;并且故障指示灯亮。

7.9.1.4.7 系统有较强的扩展性。只要在系统前端加入一卫星接收装置,传输干线和用户终端无需增加和改变,就可在用户终端收看卫星电视节目。

7.9.2 信息显示系统

为增加旅途舒适性及提高列车服务等内容,在列车上安装信息显示系统。

旅客列车信息显示系统由主控制器(主机)、顺号调节器、LED 信息显示屏、数据通信线路等组成。整个系统以主机为中心,顺号调节器为节点,LED 信息显示屏为控制对象,网路拓扑结构图见图 7.30。主机通过车顶的 GPS 天线接收卫星发送的信息,经主机处理与事先存贮在存贮器的列车信息进行比较,生成列车运行时的动态的公共信息,这些公共信息包括:

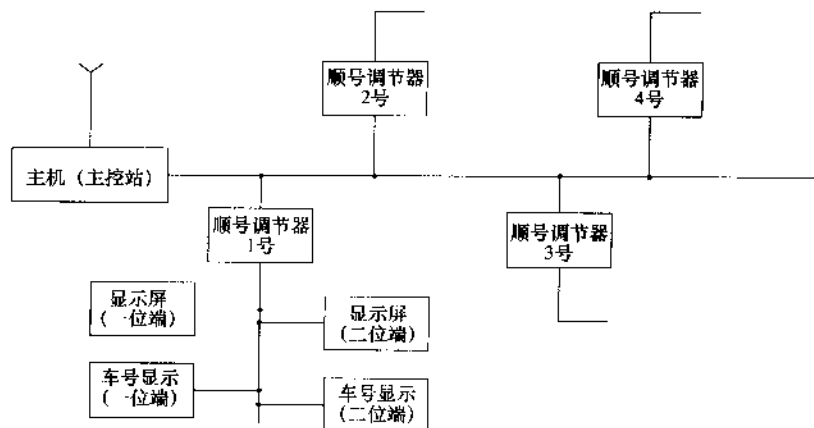


图 7.30 信息显示系统网路拓扑结构图

当前时间、日期和星期

- ◆前方到达站名、准点时间和停留时间
- ◆列车运行速度
- ◆车厢外温度
- ◆列车运行状态（包括晚点信息和列车临时停车信息）

公共信息一方面在主机的液晶显示器屏幕上显示，以便让广播员随时掌握列车的运行状态；另一方面主机通过总线扩展板上的 RS-485 口经专用数据通信电缆，将公共信息发送到车厢两端的显示屏，由显示屏上 RS-485 串行口接收信息，并由 LED 点阵块显示，以便让旅客随时了解列车的运行状态和到站信息。除发送公共信息外，主机还定时发送其他一些固定信息，如列车运行线路、车次及宣传用语。

7.9.3 播音系统

为增加旅途舒适性，提高列车服务，在列车上设置了播音系统。

播音系统由播音天线、播音机（由用户配置）、扬声器、音调及扬声器开关等组成（图 7.31）。其中播音天线、播音机仅设置在

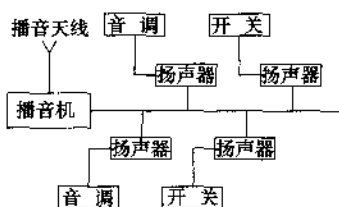


图 7.31 播音系统网路拓扑结构图

播音车上。播音机除实时接收、播放车顶播音天线的广播信号外还可以播放预先录制的音乐、宣传用语等内容，另外通过播音机的 MIC 话筒，可以实现乘务员对列车乘客的信息插播功能。

广播信号通过列车两端 39 芯连接器的 BY1、BY2 单向贯通整列客车，根据个人喜好，乘客可以通过音量调节器、扬声器开关来选择适合自己的音量。

7.9.4 内部共线电话

为方便列车工作人员相互联系，列车在每节车厢的乘务员室设置了共线电话插座，在需要时，列车工作人员在预先设置的共线电话插座插上电源插座与电话插座即可方便地实现列车任意车厢的通话。

BSP 公司青藏铁路高原客车声像系统

7.9.1 旅客信息显示（PIS）系统

旅客列车信息系统由显示、广播、通信等子系统组成，其产品包括主控站、



车厢控制模块、车厢功放模块、扬声器、包间控制模块、呼叫按钮、呼叫指示灯、LED 信息显示屏、数据通信线路等。

在列车的播音室内配置一台 PIS 中央控制器,向旅客提供公共信息、公共广播服务,系统集成 FM/AM 收音和 MP3/CD 音频播放单元、麦克风/广播功放、外接 GPS/外温组件,构成信息控制中心。控制中心可以根据 GPS 采集的全球卫星定位信息与预先储存信息进行加工处理,从而使控制中心在列车运行过程中具备自动播报列车运行状况及其到站信息显示广播等功能,旅客信息能以中文、英文以及藏文的形式在车厢 LED 显示屏上显示,广播能按设置的工作时段自动通过车厢的扬声器向旅客进行播报。乘务员可以选择 FM/AM 收音广播、MP3/CD 通过车内扬声器向乘客广播。同时系统还能自动或由乘务员手动插播列车运行信息,该中央控制器还集成了公共广播功能,乘务员可使用其配置的麦克风进行广播。该中央控制器还带有一个扩展接口,可方便地连接车辆段提供的广播设备。系统采用一组电话总线实现车内各车厢电话之间的互相通信,一组信息总线传输控制和显示数据,一组广播总线传输广播信息。另外,为保证正在看电视的旅客不遗漏列车运行信息,随时掌握列车当前运行状态,自 PIS 主机经 RS485 总线将文字信息发送到 AV 主服务器并在电视屏幕上显示出来。

7.9.1.1 公共播音子系统

公共播音子系统以 PIS 中央控制器音频控制部分为中心,车厢控制模块为节点,车厢功放模块、扬声器为控制对象(见图 7.32)。该结构完整地实现了车内广播、乘务员、乘客之间的互通。

公共播音子系统输出音频电压为交流 60 V,采用双芯屏蔽线传输。

公共播音子系统包含 PIS 中央控制器、车厢控制模块、车厢功放模块、包间控制模块和扬声器等部分。

(1) PIS 中央控制器

①广播室对旅客的广播

广播员通过广播模式对车厢中的旅客进行广播,并能选择车厢进行广播。

②自动广播(数字语音广播)

在列车运行过程中,根据系统主机传送的事件信息,可自动发播列车前方到站和列车到站的信息。播报信息结束后,可自动停止广播。

③FM/AM 广播

扬声器可播放 FM 广播,以娱乐乘客。在固定时间,系统会自动插播自动广播,如果广播员需对旅客进行广播,则可选择广播模式,此时,FM 广播转为广播模式。同时,广播室内监听喇叭可以监听广播内容。

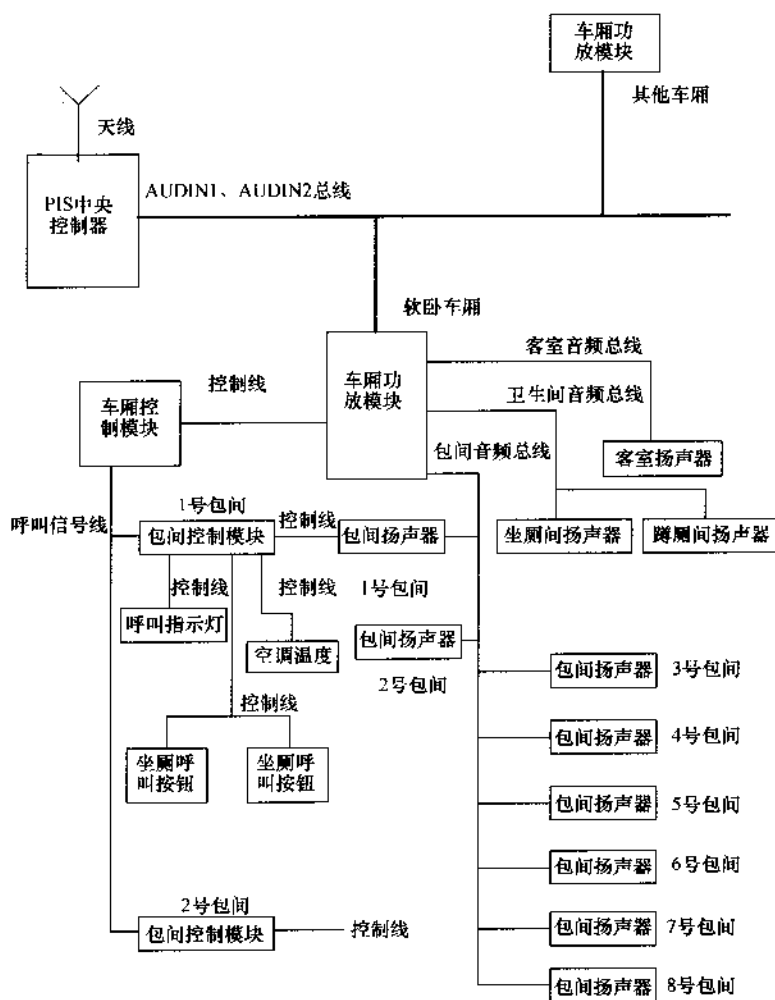


图 7.32 公共播音子系统网络结构

④MP3/CD 播放

乘务员还可以选择 MP3/CD 通过车内扬声器播放音乐。

⑤广播内容的修改

利用本系统的音频编辑软件，用户可方便地修改广播内容。

(2) 车厢控制模块和包间控制模块

系统中的车厢控制器按车厢号编址，在车辆编组更换的情况下也不会影响系统的正常使用，同时有利于减轻网络负载，车厢控制器内置呼叫单元和音频功放并可内置顺号调节器。



PIS 中央控制器输出的音频信号通过车厢功放模块放大传输到扬声器。音量等由车厢控制模块和包间控制模块控制。

①车厢控制模块控制客室扬声器、卫生间扬声器的音量，按“+”号音量升高，按“-”号音量降低。音量由低到高共分为5级。

“广播静音”按钮：按下此按钮后，当有呼叫时仅车厢功放模块有呼叫音，扬声器上无呼叫音。不按下此按钮后，当有呼叫时车厢功放模块和客室扬声器呼叫音轮流呼叫。

“呼叫静音”按钮：当有呼叫音时按下此按钮则呼叫停止，恢复广播。

②包间控制模块有一项功能控制包间扬声器的音量，按喇叭“+”号音量升高，按“-”号音量降低。

在软卧车厢的每个包间内都设有控制面板（图 7.33），它整合了左、右灯开关，音量调节，空调温度调节按钮。乘客如需乘务人员服务，只需按动呼叫按钮，该车厢乘务室内扩音呼叫器上相应包间号上方的指示灯就会闪烁，同时该车厢客室扬声器发出提示音。

(3) 车厢功放模块



图 7.33 包间乘客控制面板

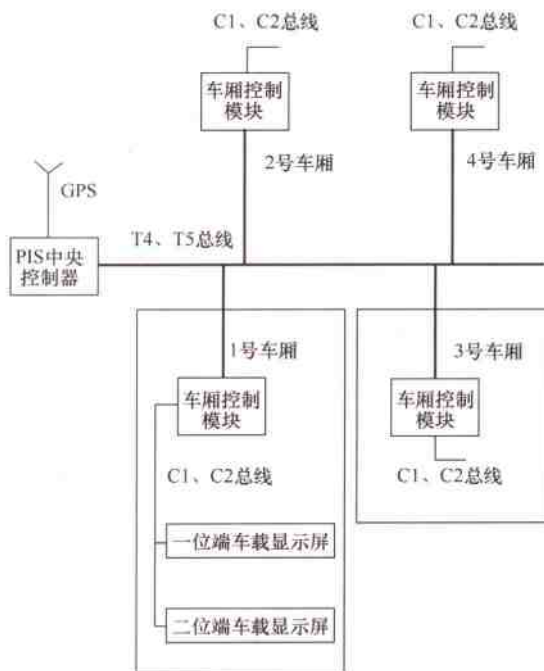


图 7.34 信息显示子系统网络结构

车厢广播功放接收来自系统 PIS 中央控制器的音频信号并进行功率放大传



输至本车厢内部各个扬声器，该广播功放分为控制面板部分和主体部分，控制面板安装于列车乘务员室内，主体部分安装于控制箱内。

(4) 扬声器

有客室扬声器、包间扬声器和卫生间扬声器三种。它们受车厢控制模块传输来的信号驱动而发音。

7.9.1.2 信息显示子系统

信息显示子系统以 PIS 中央控制器为中心，车厢控制模块为节点，显示屏为控制对象（见图 7.34）。该结构不仅解决了显示系统的车厢号更改问题，而且能使系统的通信负荷降至最低。此外，该系统还具有较强的可扩充性，其他输入输出设备只要符合本系统的通信协议，均可挂接。

信息显示子系统通信采用 RS485 总线标准，最大传输距离可达 1.2 km，该总线不仅可以传输显示屏信息，还可与其他输入输出设备联网通信。列车在实际使用过程中，经常性更换车辆编组，使得信息显示原车厢号受到影响，为了解决这个问题，不影响系统正常使用，用车厢控制模块控制显示屏的车厢号显示。



图 7.35 信息显示子系统显示屏

7.9.1.2.1 功能描述

信息显示子系统由 PIS 中央控制器、车厢控制模块（含顺号调节功能）、显示屏（图 7.35）组成。

信息显示子系统能够向旅客播放以下信息：

车厢号；列车运行的方向；目的地点；下一站；当前停靠站；临时停车及晚点信息；列车时速；当前时间；日期；车外温度；报时以及其他旅客感兴趣的信息。

7.9.1.2.2 PIS 中央控制器

对信息显示子系统可以进行手工干预，如上下行切换、线路切换等等。此外系统还具备以下功能：

(1) 软件具有组态功能

系统软件能够根据运营条件进行调整，并能对组态的内容进行查询和仿真演示。

(2) 具有运行线路切换功能



控制软件可以同时四条线路有关信息进行存储,实际运行线路可以通过按钮设置选择。

(3) 具有维护功能

控制软件设有故障诊断和系统维护模块,能对系统的硬件进行测试,便于硬件人员进行维修和调试。

(4) 信息显示图形化和产品化

用户可以根据列车运行状况进行调整,进行二次性开发,所有线路的主控制软件模块是一样的,具有互换性,只要对有关部件参数进行设置便可。

(5) 系统自检功能

系统具有上电自检功能,上电时能对系统各功能部件进行检测,并配有专用测试工具软件,对系统的产品进行故障诊断。

(6) 外接广播设备功能

7.9.1.2.3 车厢控制模块

车厢控制模块由顺号调节和功放控制两个模块组成,其中功放控制模块的功能在公共播音系统中介绍。

顺号调节器主要有以下两个功能:

- (1) 调节面板上的拨码开关对车厢顺号显示器的顺号进行调节;
- (2) 作为车厢内信息显示屏的通信转发器。

顺号调节器上电时,送顺号信息给顺号显示器,连送三次,间隔约4s。

当顺号有变化时,再送三次顺号信息,间隔也是4s左右。在上电过程中,还送一幅自检内容给车厢内的信息显示屏。自检内容为:“祝您旅途愉快!车厢号:××”。

其他情况下,顺号调节器主要转发主控站的信息给车厢内的信息显示屏。

7.9.1.2.4 信息显示屏

信息显示屏主要有以下三个功能:

- (1) 显示主控站发送的信息:列车运行的方向、目的地点、下一站、当前停靠站、临时停车及晚点信息、列车时速、当前时间、日期、车外温度、报时以及其他旅客感兴趣的信息。

显示方式:具备左移、固显、上移、左卷、右卷、双开、双合、吞吐等多种显示方式显示,并能以组合方式显示。

自检功能:显示屏上电时显示“祝大家旅途愉快!车厢号:××”等自检。显示屏显示尺寸不同,则显示不同的自检。

(2) 顺号显示



车号显示采用一个 16×16 的点阵显示，显示范围 $0 \sim 30$ ，并可显示 $+1, \dots +9$ 等车号，由车厢控制模块控制（调节面板上的拨码开关）。

(3) 厕所显示器及禁烟标志

厕所显示器受厕所门开关控制。当厕所门全部关上（有人）时，厕所显示器亮；当有一个厕所门未关上（无人）时，厕所显示器不亮。

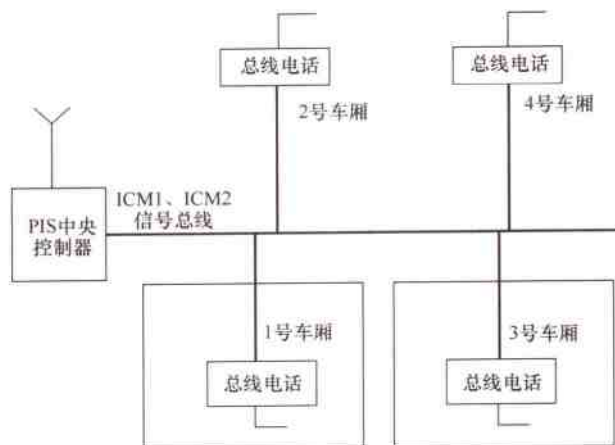


图 7.36 内部通信子系统网络结构

禁烟标志采用标准图案。

7.9.1.3 共线电话子系统

共线电话子系统以主控站总线电话为主机，各车厢总线电话为从机（图 7.36）。

此结构实现了各车厢间乘务员间快速互通。

内部通信子系统由分布在各车厢的电话机构成（图 7.37），其中包含中央控制器上的总线电话，用于乘务员的内部通信，但系统任意时刻只允许有一组（两台电话机）进行通话。

内部通信系统的功能包括：

(1) 系统电话机总数：总线上最多可以有 22 台电话机联网。

(2) 在电话机上设置号码，号码设置范围：1 ~ 30, 33, 71 ~ 79。

(3) 可以拨打内部通信系统内的其他任何一



图 7.37 BSP 公司乘务员室内共线电话



台电话机。

(4) 可以接听内部通信系统内的其他任何一台电话机的来电。

(5) 号码为 33 的电话机为主机，除了有以上功能外还有群呼功能，即：本机拨叫 99，实现群呼功能。

(6) 任何一台电话机都可以插断正在通话的两台电话机，然后即可拨打新电话，即：本机拨 00，实现插断功能。

7.9.2 影视 (AV) 系统

7.9.2.1 概述

青藏列车影视播放系统 (简称 AV 系统) 是专为青藏铁路公司设计生产的旅客影视娱乐系统。该系统操作简便、外形美观、可靠性高，为旅客提供了丰富的影视娱乐服务，缓解了旅客在长途旅行途中的疲劳，大幅提高列车服务质量。为保证旅客在收看电视时能够准确了解列车的运行情况、到站信息，在电视的画面上方有来自 PIS 服务器的文字信息显示。乘客在包间内就可了解列车当前运行状态。见图 7.38、图 7.39。



图 7.38 餐车影视 (AV) 系统

本系统的主要特点有：

(1) 可同时向全车提供多套具有



图 7.39 软卧包间影视 (AV) 系统

DVD 画质的影视节目；

(2) 操作简便易用，列车上电后，系统自行启动运行，日常运行中无需任



何维护和操作:

- (3) 影视节目制作管理软件提供灵活直观的节目制作和编排;
- (4) 系统安全可靠,能够适应青藏高原的各种苛刻环境条件。

7.9.2.2 系统工作原理及组成

本系统采用 750 MHz 带宽同轴电缆传输技术,通过高品质有线电视传输电缆,向安装在软卧车厢、餐车和观光车内的所有液晶电视播放 4 套 DVD 画质的影视节目。通过本系统,每趟列车可自行编排系统运行时播放的节目内容,旅客可以自行选择频道观看。

本系统节目播出设备采用高性能车载专用视频控制器管理影视节目,全数字化处理,无需人工干预,具有图像清晰,稳定可靠,安装维护简便,扩展性强的特点。

本系统液晶电视采用特殊定制的专用工业级宽视角液晶电视机,具有视角宽,稳定性好,图像显示清晰,美观大方,安装方便等特点。

图 7.40 是影视 (AV) 系统的基本原理示意图。

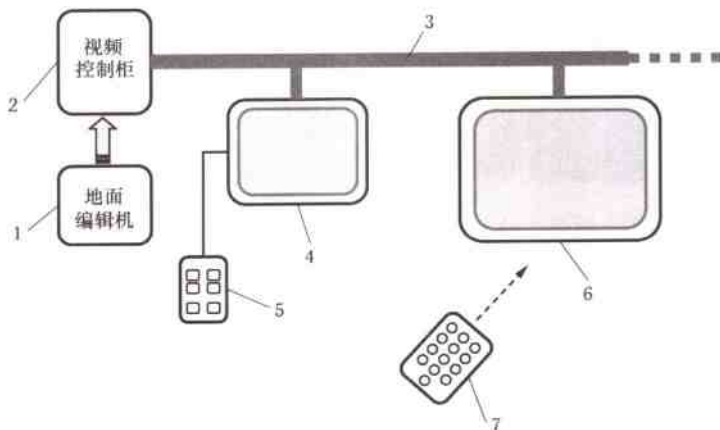


图 7.40 影视 (AV) 系统基本原理示意图

1—影视节目地面编辑系统; 2—视频控制柜; 3—有线电视传输线路; 4—软卧包间 12 英寸液晶电视; 5—电视控制面板; 6—餐车 32 英寸液晶电视机; 7—电视遥控器。

列车中播放的影视节目在地面编辑机中制作完成后,拷贝到视频控制柜中。通过节目管理软件对视频控制柜中的节目进行频道编排。在列车上电以后,视频控制柜会自行上电运行,将编排好的影视节目通过铺设在列车中的有线电视传输线路提供给系统中的每台液晶电视。对乘客来讲,只需要通过床头的电视控制面板或者电视遥控器就可以切换频道,观看列车提供的电视节目,使用体



验像在家里看电视一样。

7.9.2.3 系统连线结构

图 7.41 是整个系统的连线结构图。

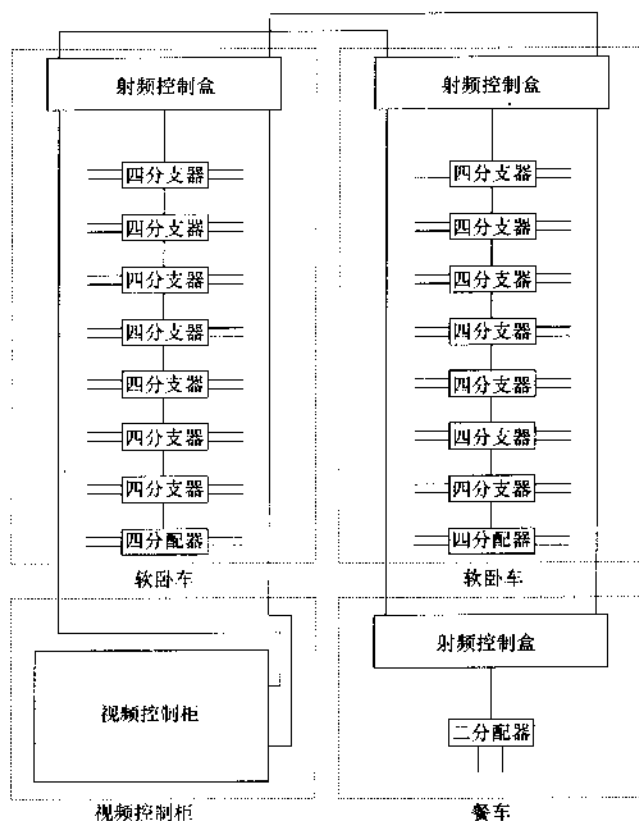


图 7.41(a) 餐车影视 (AV) 系统配线图

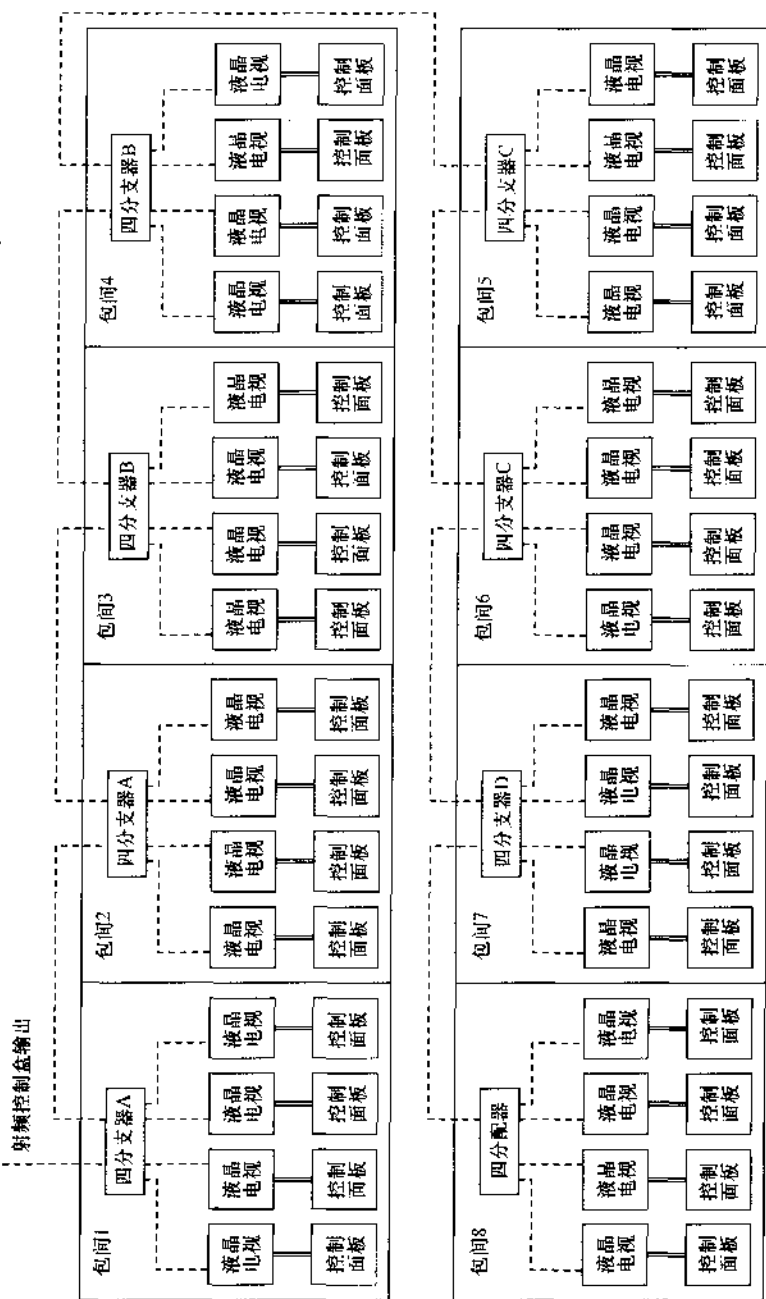


图7.41(b) 单元半影视(AV)系统配线图

8 青藏铁路高原客车制氧系统

青藏铁路海拔4000 m以上线路长960 km, 占全长的84%, 最高处唐古拉山车站海拔5072 m。研究表明, 空气中的氧气分压力(氧分压)随着海拔的升高而下降, 在海拔超过4000 m以上时, 空气稀薄、缺氧的环境势必会对旅客人体生理、心理带来较大影响, 导致人体发生一系列高山反应和心理变化, 致使体能和工作效率明显下降。因此在青藏铁路运行的旅客列车具备供氧功能是十分必要的。

8.1 制氧方式的选择

高寒缺氧的特殊气候条件要求进藏客车必须具备空调和供氧系统, 而供氧方案的确定是解决客车供氧的首要问题。铁道部制订的格拉段机车车辆总体技术条件, 对车内压力制式及供氧制式等室内环境控制问题提出了相应要求。根据车辆总体技术条件要求, 结合目前我国现有铁路客车制造技术水平和经济水平, 可供选择的供氧方案大体上有个体分布式供氧、增压增氧和弥散供氧三种。供氧设备目前有可选择的有深冷方式、分子筛方式和膜分离技术。

8.1.1 个体分布式供氧

青藏高原客车上的个体分布式供氧可以采用是集中管道式供氧, 这种供氧方式普遍应用于医院里。

集中管道式供氧系统要求备有一个集中的氧气供给设备, 氧气通过设在侧墙或地板下面的专用供氧管道输送至各个包间铺位上方或座位下方, 在管路的末端一般装有通过调节软管和快速插座装置, 最后乘客可通过带有快速接头的吸氧设施(氧气面罩、鼻吸管等)吸氧, 从卫生角度考虑乘客应使用一次性的供氧接口件。集中式管道供氧系统要求在每节车厢内布置供氧专用管路, 并须处理好末端装置的安装位置与使用方便性的关系, 需要乘客会正确使用出口装置和吸氧设施。

个体分布式供氧的优点是系统简单、经济, 氧气的利用率高, 对氧源能力的要求较低。

8.1.2 增压供氧

增压增氧方式实际上不需要专用氧源,是依靠增压风机或增压器,在耐压强度大、气密性好的座舱中全面提高车内气压的一种环境供氧方式。增压增氧方式也是目前民用飞机上普遍采用的供氧方式。

高原客车车内增压的前提是要有密封性能良好的客车车体、车体钢结构、车窗等承压设备要有足够的强度,车体增压后能保持车体的变形量很小,而且还要考虑高速客车穿越隧道或两车交会时引起的压力波动所造成的旅客“耳不适感”问题。同时增压系统应根据海拔的变化自行调整,从而能将车内气压稳定在一定水平。除了在列车上配备增压设备和相应的控制装置之外,还要求特别考虑对送风道的设计,既要保证气流组织合理又要加强对噪声的处理。

增压增氧方式可以使旅客的吸入气环境接近平原环境,从人体生理适应性及防火安全性上考虑,这是最为理想的供氧方法。

8.1.3 弥散供氧

弥散供氧是指以车载制氧机作为氧气源,将制得的氧气通过专用管路进入 HVAC 单元的主风道,在那里与空调机送风混合后送出,使车内氧气浓度提高,稳定车内氧分压,从而满足乘客的生理要求。肺泡氧分压是影响人体呼吸的首要因素,在海拔 12 000 m 以下高度只要吸入气能满足肺泡氧气分压力要求,就能满足人体的正常呼吸要求,这就是整车弥散供氧方式的生理学依据。与增压增氧方式相比,弥散供氧对车体气密性及车体强度要求明显降低。

车载制氧机须占用体积较小,噪声低,能对车内进行连续供氧,加强列车运行期间的供氧保障能力。另外,这种供氧方式的具体实施要比增压增氧方式简便易行,只要车厢上留有一定的制氧机安放空间,几乎无需改动车辆的其他方面设计,从而增强了供氧系统装配的独立操作性。相比之下,无论是单独增压方式,还是既增压又增氧方式至少要求具有电力、增压设备及送风系统、高指标的车体强度及气密性三大方面的保障能力,而制氧机弥散供氧的基本要求只是保证电力供应和制氧设备的运行可靠性两方面,从系统的可靠性上考虑,弥散供氧方式具备一定的优势。

8.1.4 供氧设备的选择

出于保护青藏高原的特殊自然环境的需要,这里主要考虑以空气为原料,属纯物理变化,无任何化学反应,无需任何添加剂,清洁无污染的制氧方式。



目前主要有深冷制氧设备、膜方式制氧机和分子筛制氧机形式，其中膜方式制氧的浓度一般为 35% ~ 45%，深冷法和变压吸附（PSA）分子筛制氧的浓度可以达到 90% 以上，而且分子筛方式制得的氧气还可以存储备用。

8.1.4.1 深冷法

深冷法是历史最悠久，也是应用最广泛的技术。主要原理是把空气降温液化，利用不同气体成分的沸点不同，进行精馏分离而获得纯净氧气。该技术非常成熟，主要优点是产气量大，纯度高，运行平稳。因此，深冷法在大中型空气分离领域至今仍占主导地位。但这种设备也存在诸多缺点，主要有以下几点：

(1) 结构复杂、自动化程度低、不便操作。

(2) 可维护性差。采用深冷法的设备在工作期间不准停机，一般性故障要求在不停机条件下排除，因此对维修人员的技术熟练程度要求很高。一旦需要停机排障，再次开机前需要散冷，再次出产品前需要预冷，这要占用大量时间并耗去大量电能。

(3) 能耗高。采用深冷法的设备制取氧氮产品前需要进行预冷，一般预冷需要 6 h 以上。

(4) 此种设备在高压、超低温状态下运行，对客车运行来说存在安全上的隐患。

8.1.4.2 变压吸附法

变压吸附分为加压吸附、常压解吸和常压吸附、真空解吸（PSA）两种方法。空气经加压后经除油、除水、除尘处理后冷却至常温，经过处理后的压缩空气由进气阀进入装有干燥剂和分子筛的吸附塔，空气中的氮气、二氧化碳、水等被吸附，流出的气体即为高纯度的氧气，当吸附塔达到一定的饱和度后，进气阀关闭冲洗阀打开，吸附塔进入冲洗阶段，过后冲洗阀关闭，解吸阀打开进入解吸再生阶段（真空解吸流程抽真空），这样即完成了一个循环周期。变压吸附法主要有列优点：

(1) 设备能在常温常压下工作，安全性好。

(2) 制氧浓度比较高，一般在 90% 以上。

(3) 操作方便，监控设备齐全，几乎可做到无人操作。

(4) 占地面积小，安装方便。

(5) 起机方便迅速，约 5 min 即可供气，随用随开。

但车载和高原的高低温风沙恶劣工矿将对分子筛的寿命和吸附性能产生影响，也存在设备活动件（主要指阀门）多，维修量大等缺点。

目前在高原机车上采用变压吸附制氧技术。



8.1.4.3 膜分离法

膜分离技术是 20 世纪 80 年代国外新兴的高科技技术，属高分子材料科学。

按膜的结构可将固体膜分为多孔膜和非多孔膜；按制膜的材质可分为无机膜和有机膜。气体膜常用的是高分子聚合膜。

为提高混合气体分离的效率，须选用渗透系数差异较大的膜，即希望膜对混合气中某一组份有较高的选择性和较大的渗透率，而对另一组份只有较低的选择性和较小的渗透率，这样才能获得较满意的纯化效果。

为了增加膜分离表面积，膜分离器的组件单元结构由板框式提高到螺旋卷式、管式以至中空纤维式，每改进一种结构，分离表面积呈几何级数增加，以中空纤维式分离膜表面积最大。

气体膜分离是利用有些金属膜或有机膜、无机膜对某些气体组分具有选择性和扩散的特性，以达到气体分离和纯化的目的。膜材料为有选择性的高分子材料，即在一定的压力作用下，根据不同气体分子在膜中的溶解扩散性能的差异，氧气优先在膜上吸附渗透，从而使氧气与氮气等气体分离。其分离过程原理示意图参见图 8.1。

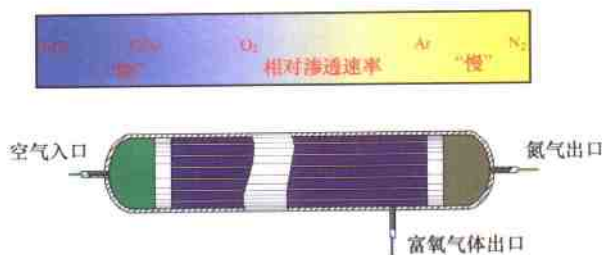


图 8.1 气体膜分离过程原理示意图

其过程可简单描述为：

氧气在压力作用下优先在高压侧（进气侧）膜上吸附，并快速扩散（与氮气比）至低压侧（渗透侧），由于渗透侧压力低，氧气在渗透侧膜表面解吸。氧气与氮气等气体相比，其溶解扩散速度快而使渗透气（低压富氧气）中的氧气富集，进气中的氧气不断贫化，浓度不断降低，最后在尾气侧排出车厢外。

将聚合物制成超细化中空纤维，由于壁薄、管细，所以比表面积大，氧、氮气的回收率高，膜耐压、节能，因此其使用寿命长，可达 10 年以上（在无污染的情况下）。气体分离膜是由数百万根中空纤维组成的，每根纤维的直径与人的头发丝相仿。空气中的各种气体（大约 78% 的氮气，21% 的氧气）在透过膜壁时具有不同的渗透速率，而氧气和水蒸气都是渗透较快的气体，使得氧气和



水蒸气由加压的气流中从膜壁渗透出来,从而产生 30% ~ 45% 富氧,氮气从膜的末端排出放空。由于该方式制氧过程是一个物理过程,无任何化学反应,无需任何添加剂,空气进与氧气出都经过过滤,富氮空气直接排放至机车外,故机车内没有任何污染源,因此整个装置使用安全、清洁无污染。

膜分离法是利用物理方式的膜制氧技术。外界空气经过压缩机压缩后,并经过预处理和预热进入制氧机,经膜分离器将氮气分离,输出浓度约 35% ~ 45% 的富氧空气。此种方法的优点有:

(1) 可靠性高:中空纤维膜制氧装置没有移动的部件,静态运行,没有切换频繁的阀门,只需甚少保养,连续运行可靠性高。

(2) 寿命长:膜富氧膜分离器具有较高的分离系数和渗透量以及超长的使用寿命,通常超过 8 年。

(3) 能适应供氧需要持续简便增容;操作弹性大,氧气纯度和产量均可任意调整。

(4) 体积小,重量轻,占地少,可以做成移动式、壁挂式,投资少,安装费用低。

(5) 分离的富氧气体含一定的水分,更适于人的呼吸,在纯度 25% ~ 40% 的范围内,具有优越的性能价格比,它具有其他空气分离方法所不可比拟的优势。

(6) 启动快:即停即开,方便迅速,操作简便,开机 3 ~ 5 min 即能产出合格氧气;可实现自动化、电脑化,氧气纯度、温度均可自动控制。

(7) 对环境无特殊要求:可在恶劣工况下工作。

目前在高原公务车和高原客车上使用膜分离制氧技术。

经过各方面的比较研究,以及根据青藏铁路高原客车自身的运行条件等因素,最后决定采用膜分离制氧技术。

8.1.5 比较结论

根据以上分析,为了确保系统的可靠性,出于目前国家建筑物内的防火要求的限制,弥散供氧到客室内的氧浓度只能达到一定的浓度,而乘客又存在个体差异,紧急情况下可能需要更多的氧气,集中管道式个体分布供氧可以满足这方面的要求,所以采用膜分离法制氧,弥散供氧为主,个体分布供氧为辅的方式是科学合理的。当然我们还可以采用氧气袋备氧,则可在列车运行低海拔而无需供氧时利用制氧机对氧气袋充氧,可谓一举两得。



8.1.6 青藏铁路高原客车制氧系统概述

青藏铁路高原客车采用的是膜式制氧系统。其制氧过程是一个物理过程,无任何化学反应,无需任何添加剂,无污染废物,环保制氧;外界空气在压缩机单元压缩后,达到一定压力,再经预处理系统除去油、尘埃等固体杂质及大部分的气态水,预热后进入膜式制氧系统分离出含氧量在 35% ~ 45% 的富氧空气。

富氧空气一路通过制氧机上部内侧的不锈钢管进入空调的第一节过渡主风道,在那里富氧空气随空调新风混合后弥散到客室,称为弥散式供氧;另一路通过制氧机上部外侧的不锈钢管沿车厢侧墙或地板进入乘客区域,在每个铺位上方或每组座椅的下方等均设有富氧空气出口快速插座,称为个体分布式供氧。

空气供给管路在本车一、二位端设有连接接口,压缩空气在各车辆间通过两根快速连接软管互相贯通,气源可在相邻车辆间互相储备和补充。

青藏铁路高原客车制氧系统工艺流程如图 8.2 所示。

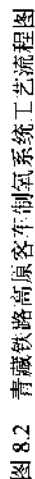
该系统采用膜分离技术,具有结构简单,体积小巧,连接、安装简单,开、停机方便迅速;输出为低压富氧空气,弥散和个体分布供氧结合进行,且与空调自动协调动作,可最大限度地保持乘客的舒适度;程序控制和集控网络即时通信,辅以自动报警系统,运行安全可靠。

8.2 供氧浓度标准的确定

青藏铁路格拉段由格尔木出发经唐古拉山垭口至拉萨,平均海拔 4 500 m 以上,青藏铁路格拉段海拔最低的是格尔木 2 828 m,最高为唐古拉山垭口 5 072 m,拉萨海拔为 3 641 m。通过地区海拔高于 4 000 m 以上地段占全线长度的 84%。表 8.1 为大气压和氧分压随海拔的变化表。

表 8.1 大气压和氧分压随海拔的变化表

海拔 (m)	大气压力 (kPa)	氧分压 (kPa)	海拔 (m)	大气压力 (kPa)	氧分压 (kPa)
0	101.2	20.7	4000	61.6	12.87
1000	90.7	18.7	4500	57.7	12.06
2000	80.0	16.6	5000	54.0	11.29
3000	70.1	14.65	5072	53.5	11.18
3641	64.2	13.42			





根据生理实验,人体肺部允许的最小氧分压相当于海拔4500 m处的氧分压力,这是不补偿氧做长时间停留的极限高度;在海拔2000 m以下,人体对氧气分压的降低能够补偿,这一高度为无感觉区。研究表明大部分人在3048 m的高度会发生一定程度的高空反应(高山反应),所以超过此高度后,必须在呼吸气中补加一定数量的氧气来保证乘客的安全。

美国防火协会标准:NFPA99B第3.3.4条:大气压力增加,燃烧速率(滤纸条在氮氧混合气体中以45°角燃烧的燃烧速率)增加。该标准的附图表明:在一个大气压下,氧浓度为23.5%时的燃烧速率为1.2 cm/s;在0.70个大气压下,氧浓度为24.9%时的燃烧速率为1.2 cm/s。也就是说这两种情况下的燃烧速度是一样的,而在青藏铁路上大部分路段海拔在4000 m以上,大气压力是不大于0.70个大气压的,所以青藏铁路高原客车的供氧标准最高定为25%是允许的。事实上,在最高海拔5072 m的唐古拉山垭口氧浓度提高到25%后大气中含氧量才为180 g/m³,而在平原氧浓度21%后大气中含氧量为280 g/m³,比前者大得多。

所以在综合考虑了人体的承受能力以及有关氧气浓度安全标准,并经过铁道部组织的有关专家反复论证之后,青藏铁路高原客车的供氧标准最高定为25%。此时在最高海拔5072 m的唐古拉山垭口,车厢内相当于达到拉萨(3641 m)的氧气含量水平;在平均海拔最高度4500 m运行时,车内的氧分压相当于海拔3100 m。

8.3 制氧设备组成

压缩空气经预处理系统除去油、尘埃等固体杂质及大部分的气态水,预热后进入膜分离器,分离出空气中的氧气;系统在PLC或DCS系统的控制下可实现连续稳定的输出氧气。一个完整的膜法富氧系统包括:空气压缩单元、空气预处理、制氧机和电控柜、氧气传感器、空气供给管路、氧气供给和分配管路。

8.3.1 空气压缩单元

空气压缩机单元布置在车下的设备舱内,吊装在偏向一位端左侧的钢结构底架横梁上,见图8.3。

空气压缩机主要为后续系统提供一定压力一定气量的压缩空气,以达到一定的分离压力条件以及分离所需的原料空气流量。

压缩机运行状态有加载、卸载、停止三种状态。当压缩机运行时,出气压



图 8.3 空气压缩单元

力达到设定压力时，压缩机自动卸载运行。接到停止命令时，压缩机自动卸载，达到停机延时时间后停止运行。

其技术参数如下所述：

排气量	2.95 m ³ /min (1 个标准大气压, 20 ℃, 60%)
排气压力	1 MPa
电机功率	22 kW
压缩形式	螺杆式
外形尺寸 (长×宽×高)	1 750mm × 750mm × 600mm
冷却方式	自然冷却或强制风冷却
排气口径	1 英寸
重量	650 kg
主电源	3NAC380V

8.3.2 空气平衡罐 (图 8.4)

空气平衡罐容积为 200 L，其作用其一是稳定压缩空气的压力，使整列互备有相当的缓冲容积空间；其二是使压缩空气中的液体（主要是水）沉积分离出来，使其不进入制氧机中而影响膜组件的分离性能和使用寿命。空气平衡罐中的液体由罐底部设置的自动排水阀定时排出罐外。

其技术参数如下所述：

体积	200 L
工作压力	1 MPa



图 8.4 空气平衡罐

容器类型	Ⅱ
材料	不锈钢
外形尺寸	$\phi 462 \text{ mm} \times 1380 \text{ mm}$
重量	105 kg
接口口径	1 英寸

8.3.3 制氧机和电控柜

制氧机和电气柜布置在车内，安装在一位端左侧的制氧室内（见图 8.5）。两者均配有单独的箱子，在车上这两部分是通过螺栓连接在一起的，在它们之间有整块钢板来避免制氧机内的氧气进入控制单元。制氧机和电气柜是整个制氧系统的富氧生产和参数控制单元，其组成主要包括以下部分。

8.3.3.1 联合过滤器

联合过滤器为三级，一级过滤器（ $3 \mu\text{m}$ ）作为总脱湿器去除离开缓冲罐的脱出的油或水。二级过滤器（ $1 \mu\text{m}$ ）用于将颗粒和液体含量降低至对膜性能无害的痕迹量水平。三级过滤器是精密联合过滤器（ $0.01 \mu\text{m}$ ），设计中用于去除最微量的浮质，以进一步保护中空纤维膜组件。

8.3.3.2 进气加热器

加热器为电热式，其作用除了为膜分离器提供一个最好的操作温度使膜分离器在最佳状态下工作外，其另一个作用是使进入膜分离器的压缩空气露点提高，并保证液体（主要是水）不在膜丝上冷凝而使膜组件能长期稳定可靠地运行。



图 8.5 制氧机和电气柜

8.3.3.3 膜分离器（也称膜组件）

制氧机的关键核心部件，在保证压缩空气流量的情况下，制氧量的大小和富氧浓度的高低在一定的范围内可通过整定膜分离器的操作压力和温度来调整。膜组件的多少（大小）是根据各机型要求不同的制氧量而配置的。

8.3.3.4 膜前自动阀

备有旁路阀的自动阀作为安全元件用于控制进入车厢的产物——氧气的目标质量并保护膜分离器。如果车厢中的氧含量超过分析仪的设定报警点，进气隔断阀将关闭，压缩空气无法进入膜分离器，停止向车厢提供富氧气体；另一方面，当进入膜分离器的压缩空气压力过低，或进入膜分离器的压缩空气进气温度过高时，都会损害膜分离器，进气阀将关闭以防压缩空气进入膜分离器。

8.3.3.5 背压阀和纯度控制阀

用来控制尾气流速，对系统性能进行微调，并在进气流量超过系统生产能力时保证富氧流量。

8.3.3.6 废气排放消音器（图 8.6）

消音器位于车辆一位端左侧底架下（制氧机的正下方）利用其内部大口径多孔结构降低膜制氧系统的尾气（氮气）流的压力，达到消音的目的。

8.3.3.7 控制面板（图 8.7）

在制氧机正面门的左侧安装有海拔高度仪、空压机文本显示器、操作旋钮和指示灯，正面门的右侧安装有制氧机控制器。



图 8.6 废气排放消音器

8.3.3.8 PLC 控制系统

膜制氧系统中的过程控制都由可编程逻辑控制器（PLC）监测和控制。PLC 使用微处理器和软件分析各种过程变量并采取相应动作。操作界面（LCD）用户接口显示系统操作参数的信息，并允许您改变过程控制、定时器 and 报警。

8.3.3.9 海拔高度仪（图 8.8）



图 8.7 控制面板



图 8.8 海拔高度仪

海拔高度超过 3 000 m 后，海拔高度仪上的继电器接通，使制氧机能够启动。

制氧机在高原运行时，氧浓度值需要靠海拔高度仪测量出的海拔高度进行修正，所以制氧机运行时，海拔高度仪必须正常工作，否则影响氧浓度的测量精度。

海拔高度仪工作模式有自动和手动两种，打开制氧机电控门后，在海拔



高度仪的背后有一开关,若扳向自动位,则海拔高度仪处于自动工作状态。

8.3.3.10 氧分析仪

制氧膜系统采用四个氧分析仪,通过燃料电池型传感器测量产物气流中的氧含量。分析仪用空气压缩机出气校准。每个氧分析仪(富氧氧分析仪除外)配备一个在0~30%氧的操作全程可调的报警输出。报警用于在车厢和制氧室的氧含量超出报警设定时隔断进入膜分离器的压缩空气并发信号给HVAC单元控制空调的风门至最大。

制氧机和电气柜技术参数参见图8.2。

表 8.2 制氧机和电气柜技术参数表

车型	软卧	硬座	硬卧	餐车
定员（人）	32 + 1	98 + 2	60 + 1	44 + 3
制氧量*（m ³ /h）	28 ~ 30	78	48	40
制氧浓度	35% ~ 45%			
富氧出口压力（MPa）	0.01 ~ 0.02			
制氧机尺寸（mm）	600 × 600 × 1 820	600 × 700 × 2 020		
控制柜尺寸（mm）	300 × 600 × 1 820	300 × 700 × 2 020		
重量（kg）	340	410		
进气口径	1 英寸	1 英寸		
弥散供氧出口	1 英寸	2 × 1 $\frac{1}{4}$ 英寸	2 × 1 英寸	2 × 1 英寸
紧急供氧出口	1 英寸	1 英寸		
废气排放口径	1 英寸	2 英寸		
氧传感器取样管（mm）	φ4			
输入功率	空气加热器：3 kW		箱体加热器：200 W	
工作电源	空气加热器：220 V		箱体加热器：220 V	

* 制氧量数据为一个标准大气压下的体积。

8.3.4 氧浓度传感器(图8.9)

电化学式氧探头测试,用海拔高度传感器来补偿由于海拔高度不同引起的空气中绝对氧含量的不同造成的偏差;用膜前的压缩空气作为样气可自动标校。

青藏车共设置四个氧浓度传感器,在制氧机内部设有两个氧气传感器AT101和AT102来分别监控富氧和制氧机内部以及制氧室内的氧浓度,且分别对应控制面板的富氧浓度和位置3传感器指示;在客室走廊中央和主风道中央各设有一个氧气传感器来分别监控客室和主风道内的氧浓度,且分别对应控制

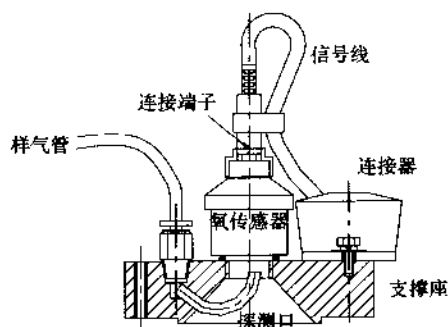


图 8.9 氧浓度传感器

面板的位置 1 和位置 2 传感器指示。当制氧系统正常工作时，只有位置 1 氧传感器检测到的数据与 HVAC 单元通信（主风道中央的传感器），将测得的氧浓度信号反馈给制氧控制器。制氧控制器可将该信号发给空调控制器，以决定空调或制氧机是否有进一步的动作；供氧量根据客室内氧浓度不超过 25.5% 为限。如果测得车内浓度超过 25%，将新风控制门开大，增大新风量；如果测得车内浓度低，将新风控制门关小，减少新风量。新风量大小根据制氧机输出信号调整，在调整新风量过程中应相应调整废排风量。当氧浓度超过 25.5% 限值，传感器将发出信号给控制单元，系统将根据此信号自动切断压缩空气供应，富氧将停止生产；同时系统将声光报警并把报警信号传到给上位机。

8.3.5 空气供给管路、氧气供给和分配管路

空气供给管路和富氧管路均采用食品级不锈钢管。

空气供给管路位于车下，主管路通径为 DN32，输送空压机产生的 1.0 MPa 的压缩空气到膜制氧单元；且两车之间有两根 DN25 的软管连通。在整列运行的情况下，压缩空气可通过车辆底架下面的主供风管路互相贯通，整列互用。

富氧管路输送的膜分离系统产生的含氧量为 40%，压力为 0.01 ~ 0.02 MPa 的富氧空气；分两路，一路为弥散供氧管路，由制氧机通往空调的第一节主风道；另一路为分布供氧管路，由制氧机通往客室内各紧急供氧出口。

8.4 制氧系统工作流程

8.4.1 系统运行模式

制氧系统在制氧机和电控柜的操作面板上设置运行选择开关（图 8.10），



分本机（手动）、停止、集控（自动）三种运行方式。

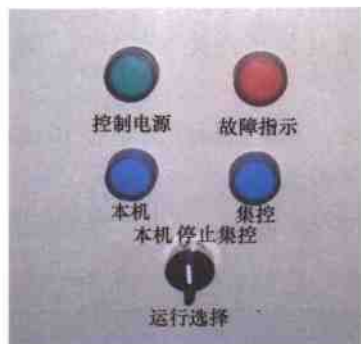


图 8.10 制氧系统运行选择开关

8.4.1.1 停止方式

启动命令无效，综合控制柜即使提供 DC110V 控制电源，制氧机的所有部分即包括空压机、预热、加热都不能得电，但制氧机控制器处于待机状态并解除高原制氧工作信号。

8.4.1.2 本机方式

直流 110 V 的电源开关接通后，制氧机自动进入运行状态，控制空压机的启动，向车厢内供氧气；并且不受网关控制，和网关通信有效。此时制氧机是否启动运行要受海拔高度仪控制，若海拔高度仪设置在手动状态，制氧机的启动不受海拔高度限制；此时若海拔高度仪设置在自动状态，则必须达到海拔高度仪设置的设定值制氧机才能启动。本方式可以用于系统测试和检验。

8.4.1.3 集控方式

直流 110 V 电源开关接通后，制氧机控制器位于等待状态显示富氧出口的氧浓度。此时可以用控制器上的“运行/停止”键来启/停制氧机，也可以通过网关由主控计算机来启/停制氧机，也能接收制氧机的相关数据。面板上的按键全部有效。在此模式下，制氧机运行受网关控制，和网关通信有效。在网络通信正常的情况下，制氧机的启动或停止直接受网络命令控制，与海拔高度仪无关；在网络连续离线 10 min 以后，制氧系统应根据海拔高度仪自行控制。即使网络恢复正常也不再受网络控制直至重新上电。

8.4.2 系统启动条件（表 8.3）

在满足制氧机的控制柜上的运行键处在集控位置上，同时接到集控网络给



出允许启动信号或运行键处在本机位置上；且海拔已经达到 3 000 m（系统设定值）或海拔高度仪处于手动状态，制氧空压机首先启动，必须在得到空调反馈的循环风机工作和风压正常（风压开关）信号后，并给出才允许启动制氧机，输出富氧空气。

运行键处在集控位置时，如制氧机网关超过 10 min 无数据传输，制氧机控制器将根据海拔高度决定是否运行。

在海拔高度未达到启动设定值时，可以把海拔高度仪置手动位运行制氧机。

表 8.3 制氧系统启动条件一览表

制氧系统状态 转换开关位置			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			无反应	启动	无反应	启动	无反应	启动	启动	启动	无反应
制氧机电控柜 模式 开关	停止		×								
	集控			×	×	×	×	×			
	手动								×	×	×
海拔 高度仪 模式 开关	自动	达到 海拔高度				×				×	
		没达到 海拔高度					×				×
	手动								×		
车辆 集控网络 模式开关	集控	有 GPS 信号		×							
		无 GPS 信号			×	×	×				
	手动							×			
备注				当集控网络在线		当集控网络持续 不在线 10 min					
注意：制氧空压机启动后，制氧机系统并不能立即输出富氧空气，必须在空调反馈的循环风机工作和风压正常（风压开关）信号后，才允许输出富氧空气，一旦空调反馈的循环风机工作和风压正常信号失效，必须立即停止输出富氧空气											

8.4.3 系统的运行过程

8.4.3.1 制氧系统的开停

系统的开停采用工程师车的 GPS 装置和制氧机上的海拔高度仪（外气压）两个信号并联控制，在两个信号都有效时 GPS 信号优先，在 GPS 信号死区区段



由制氧机海拔高度仪控制制氧机的信号，并通过网络发给制氧机，制氧机启动点（海拔高度）可以在工程师车上设定。当工程师车通过网络发出高原可以启动制氧机的信号后，制氧机将向空调系统和网络系统（自动模式）发出工作信号（无源常开触点），表示处于高原制氧工作模式，此时，空调系统应开始进入高原工作模式，并给制氧机回应一个处在高原工作模式的确认信号；当制氧机在同时收到空调系统的确认信号和网络命令工作信号后，制氧机将启动空压机工作，随后将向车厢内供给富氧空气，如下述方式：

选择开关置本机或置集控位，制氧机箱体加热自动运行。

选择开关置本机、海拔高度高于3000m（系统设定值）或海拔高度仪置手动位，或置集控位并网关发出运行信号，制氧机启动运行，启动运行包括启动压缩机和制氧机运行。

8.4.3.2 制氧机开机步骤

（1）检查制氧机进气阀为打开状态

综合控制柜给制氧机供电：闭合综合控制柜上制氧机控制电源断路器，此时制氧机上控制电源指示灯（绿色）亮。闭合制氧机加热断路器和压缩机主回路断路器。

（2）控制电源上电

闭合制氧机控制柜内的控制断路器。此时制氧机控制器上电，显示富氧浓度和车厢内氧浓度，海拔高度仪显示海拔高度，压缩机文本显示器高亮显示压缩机的状态参数。制氧机控制器与压缩机控制器、海拔高度仪、网关建立通信，通过按键选择可在制氧机控制器上读出海拔高度、压缩机出口压力、车厢号。

（3）动力电源上电

闭合制氧机控制柜内压缩机主回路断路器和加热回路断路器，如逆变器工作正常，压缩机文本显示器上不再显示无电源。

（4）制氧机开机

集控位：把制氧机运行选择旋钮置集控位，此时集控指示灯亮，制氧机运行由网络控制，网络发出运行命令时制氧机就工作。

本机：把制氧机运行选择旋钮置手动位，如海拔高度仪在手动位或海拔高度超过输出上限值（3000m）时，制氧机开机。

（5）自动开机过程描述（图8.11）

满足开机条件后，制氧机向网关发出启动请求信号（处于本机位时，制氧机向空压机发出启动信号），网关判断海拔高度和空调运行状况，具备条件后，网关给出允许启动信号，空压机开始启动。当压力达到0.5MPa（表压）时，



压力开关输出触点信号，制氧机自动阀门打开，制氧机开始工作。此时空调新风量由制氧机控制。

空压机输出的压缩空气先进入空气储罐，将空气中含有的水分离出来，然后进入膜制氧机的联合过滤器（F101～F103），通过三级过滤去除有害颗粒和液体，颗粒和液体对膜组件的性能和寿命是有害的。过滤后的压缩空气进入空气加热器，加热器自动调节膜前温度到45℃左右，加热后的压缩空气再进入膜分离器。

膜分离器在低压渗透侧（透过膜的一侧）排出富氧气体，在膜组件的另一端（没有透过部分）排出尾气（废气，主要是氮气），尾气侧设有背压阀，用于调整膜分离器的操作压力。

富氧气体在稳压器前送入分布（紧急供氧）供氧管路，在稳压器后送入弥散供氧管路中，弥散供氧与空调新风混合后进入车厢中。稳压器的作用在于保证分布供氧压力稳定并优先供给，且使分布供氧供给压力不受分布供氧量的影响。

制氧机产生的富氧浓度和车厢内的氧气浓度通过氧气传感器进行检测并在制氧机显示屏上显示出来。

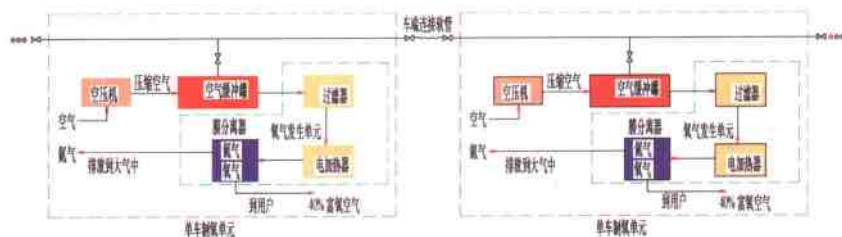


图 8.11 制氧系统工艺流程图

（6）氧气传感器的校准

在制氧机运行过程中，系统每隔半小时自动校准传感器，也可手动校准。手动校准的过程：在制氧机控制器上按校准键，校准电磁阀动作，向氧传感器吹21%的空气。此时要通过校准电磁阀前的减压阀来调整校准气量在3～4 scfh。

制氧机停机包括集控位停机和本机位停机。（1）集控位停机：制氧机工作在集控位时，如网络发出停止命令或制氧机运行旋钮由集控位置于停止位，制氧机停机，停加热器，关闭进气阀，停压缩机。（2）本机位停机：海拔高度仪在自动位且海拔高度低于输出下限设定值（2800 m）或制氧机运行旋钮由本机位置于停止位，制氧机停机，停加热器，关闭进气阀，停压缩机。



8.4.4 系统的气源整列互用

供氧系统采用整列冗余互备设计, 车下制氧用压缩空气供风管路全列贯通, 当1~2台空气压缩机出现故障时, 仍能够满足向整列车供氧的需求, 且供氧标准不降低。一般情况下, 压缩气源会从两端配备两台压缩机的气量充足的硬卧车向中间的配备一台压缩机气量短缺的硬座和餐车供应, 压缩空气在制氧系统运行过程中是流动的, 且在每车的主管路上和车端设有切断阀, 当某车管路系统故障时可通过合理关闭一些阀门实现对前车、本车和后车的隔离。见图8.11。

8.4.5 系统的联合控制

8.4.5.1 制氧机和空压机的关系

制氧机在手动和自动状态下, 均能控制空压机启、停, 并能通过RS485接口接收空压机的压力值和过载、超温等故障信息。

8.4.5.2 制氧机和海拔高度仪的关系

制氧机在集控位时, 并且网络通信正常的情况下, 制氧机的启动或停止直接受网络命令控制, 与海拔高度仪无关; 在网络连续离线10 min以后, 制氧系统应根据海拔高度仪自行控制。即使网络恢复正常也不再受网络控制直至重新上电。

海拔高度仪分为自动位和手动位两种挡位。(1) 自动位: 由本车厢海拔高度仪依据海拔高度自行控制制氧机启动。海拔高度超过3000 m后, 海拔高度仪上的继电器接通, 使制氧机能够启动。(2) 手动(试验测试)位: 可以摆脱海拔高度控制仪的约束, 从而自由地启动制氧机, 此位置主要是便于制氧系统的调试工作。

制氧机在高原运行时, 氧浓度值需要靠海拔高度仪测量出的海拔高度进行修正, 所以制氧机运行时, 海拔高度仪必须正常工作, 否则影响氧浓度的测量精度。

8.4.5.3 制氧机和列车网关的关系

制氧机在集控位时, 并且网络通信正常的情况下, 制氧机的启动或停止直接受网络命令控制。

制氧机在自动运行状态下, 列车主控计算机能通过网关来控制制氧机的全载、半载启动和停机, 并能在全载运行时减载一台空压机。制氧机在手动、自动状态下, 都能通过网关向主控机提供富氧氧浓度值、客室氧浓度值和空压机

压力值, 以及相关的运行参数及故障信息。

8.4.5.4 制氧机的空压机启动与逆变器的联锁

集成电源控制柜提供 DC110 V 控制电源后, 在启动命令有效时制氧机做好启动准备, 预热、加热部分根据需要可以提前工作。

在制氧机准备启动空压机时, 必须先向逆变器发出启动请求信号 (保持), 等逆变器返回允许启动信号后 (此时逆变器为了制氧空压机已经处于停止状态), 制氧空压机的接触器应该立即吸合, 并撤销启动请求信号 (同时逆变器返回的允许启动信号也会自动撤销), 如果 DC600 V 有电, 逆变器 5 s 后启动; 如果发电车还没有提供 DC600 V 供电, 此时逆变器和制氧机的空压机仍然保持启动的准备, 在发电车恢复供电后一起工作。从而保证制氧机的空压机随逆变器的重新输出一一起软启动。

整个列车的制氧机空压机不能同时加载或卸载, 由制氧机根据网关发送的车厢号, 按车厢号顺序延时控制。

8.4.5.5 客室氧浓度控制

青藏车的客室氧浓度的控制是通过控制空调的新风和废排风门的开度即新风量来实现的, 具体控制逻辑参见图 8.12。

空调系统中: 新风风门 (或新风机变频器)、废排风门的反馈、调节和控制, 在高原制氧工作时由制氧机系统控制并提供相应变送器的电源, 空调系统与此相关的信号等全部切断。平原工作时, 制氧机系统与此相关的信号等也要全部切断, 相互保持电气隔离。

在制氧机准备工作或准备输出富氧空气之前必须先发出制氧机工作信号 (无源常开触点), 表示处于高原制氧工作模式, 空调系统通风转到强风模式, 并不再对新风和废排调节和控制, 而全部交给制氧系统控制, 并由制氧机提供新风调节器的电源和模拟量信号的电源。

特别需要注意的是, 空压机启动后, 制氧机系统并不能立即输出富氧空气, 必须在空调反馈的循环风机工作和风压正常 (风压开关) 信号后, 才允许输出富氧空气, 一旦空调反馈的循环风机工作和风压正常信号失效, 必须立即停止输出富氧空气。

空调系统提供空调新风调节器 (或新风机变频器) 反馈的反映新风量大小的模拟量信号 (4 ~ 20 mA), 以及废排风门开度大小的模拟量信号 (4 ~ 20 mA), 此 2 个信号在高原制氧工作时由制氧机系统接收, 空调系统与此相关的信号等全部切断。平原工作时, 制氧机系统与此相关的信号等也要全部切断, 相互保持电气隔离。废排风机由空调系统控制, 高原时, 废排风机按低

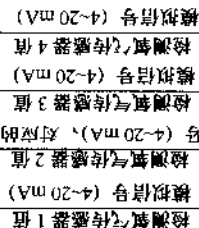


图 8.12 客室氧浓度控制逻辑图



速方式运行。高原时制氧机系统根据新风量、废排风量、氧浓度等来控制空调新风和废排。所有氧浓度和新风的调节、控制和安全保护由制氧机自动控制，并作必要的报警或提示。除此之外，制氧机系统向空调提供反映客室氧浓度的模拟量信号。

制氧系统工作，当车内氧气浓度低于设定值时，通过减小空调新风门的开度来减小新风量，从而使车内氧气浓度升高；当车内氧气浓度达到设定值时，空调新风门的开度增大，新风量增大，车厢内的氧气浓度随之降低；当通过增大风门后客室氧气浓度仍然超过限值，制氧系统将报警，并立即自动关闭压缩空气的进气阀门，制氧停止；待氧浓度恢复正常后，系统自动开启进气阀门，恢复向车内供氧。

当车厢客室内二氧化碳浓度超出限值，空调将接管新风调节和控制并至新风量最大，待二氧化碳浓度回到正常值后交给制氧系统控制。

8.4.5.6 数据传输

制氧机通过网关向列车传送以下数据（图 8.13）：

车厢号	设备	名称	比例	控制模式	富氧氧浓度	客室氧浓度	空压机压力	系统状态	氧浓度超限报警	氧传感器故障报警
875401	制氧机	手动	0.0	0.0	23.81%	24.47%	39.0	正常	无报警	无故障
875402	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875403	制氧机	手动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875404	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875405	制氧机	手动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875406	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875407	制氧机	手动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875408	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875409	制氧机	手动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875410	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875411	制氧机	手动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875412	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875413	制氧机	手动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875414	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875415	制氧机	手动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875416	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875417	制氧机	手动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875418	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875419	制氧机	手动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障
875420	制氧机	自动	0.0	0.0	24.91%	25.30%	39.0	正常	无报警	无故障

图 8.13 制氧机通过网关向列车传递的数据

- (1) 富氧氧浓度值。
- (2) 客室氧浓度值。
- (3) 空压机压缩空气压力值。
- (4) 系统工作状态。
- (5) 氧气浓度超限报警信息。
- (6) 氧传感器故障报警信息。



(7) 空压机卸载、过载、超温、温度传感器故障信息。

列车通过网关控制制氧机的以下功能：

- (1) 控制制氧机全载启动。
- (2) 停止制氧机运行。
- (3) 减载一台空压机运行。
- (4) 加载一台空压机运行。
- (5) 有烟火报警时停止制氧机运行。
- (6) 向制氧机发送列车车厢号。

8.4.6 车内供氧方式

青藏车共设有三种富氧供给方式：整体弥散式供氧、个体分布式供氧和充袋式供氧。

8.4.6.1 整体弥散式供氧

弥散式供氧是将制氧机产生的浓度约为 40% 左右的富氧空气通过弥散供氧管路送入到车顶部空调机组的送风道中的静压风道中，与空调送风混合后氧浓度降到 23% ~ 25% 并通过客车顶板上送风口均匀地弥散到车厢各个空间，以供给所有正常旅客使用。

8.4.6.2 个体分布式供氧

由制氧机制出的富氧空气将通过另一路管路直接铺设在车厢内两侧专用分布供氧管中，且在旅客每个铺位的上方、阅读灯的下方的侧墙上以及乘务员室的间壁上安装分布供氧盒（图 8.14），内设有即插式接口，可以直接输出 30% ~ 45% 富氧空气供给有严重的高原反应的旅客使用。司乘人员可以通过鼻式吸氧气管单独吸氧，满足不同旅客对氧气的需求量。在海拔 5072 m 的唐古拉山站，车内氧浓度达到 25% 时，旅客通过弥散式供氧吸入的氧气相当于海拔 3600 m，即相当于在拉萨的氧气量。通过分布式供氧吸入的氧气相当于海拔 1800 m 的氧气量。

紧急供氧的使用：当旅客在高原旅行中感到不舒服且需要更多的氧气时，可向乘务员申请吸氧设施，通过连接设在侧墙上的紧急供氧口，可以得到 35% ~ 45% 的氧气。具体操作如下：

(1) 向上推开紧急供氧盒的盒盖，将吸氧设施端部的快速接头插进供氧插座（图 8.15）。

(2) 快速插座外环向外弹出，套住快速接头（图 8.16）。



图 8.14 分布供氧盒



图 8.15

(3) 轻推插座外环，释放接头（图 8.17）。



图 8.16



图 8.17



8.4.6.3 充袋式供氧

在制氧机上设有按照国家统一标准设置的氧气袋充装接口，可以充装便携式富氧空气袋，供有特殊需求的旅客下车后使用。

打开制氧机的外门，可以看到制氧机的内侧面板，在内侧面板的偏上方有两个不锈钢元件：充氧手柄和充气口（图 8.18）。充气时，只需把氧气袋对准充气口，旋开充氧手柄，即可往袋内充富氧空气。此处的富氧空气的氧气浓度为 35% ~ 45%，压力为 0.01 ~ 0.02 MPa。

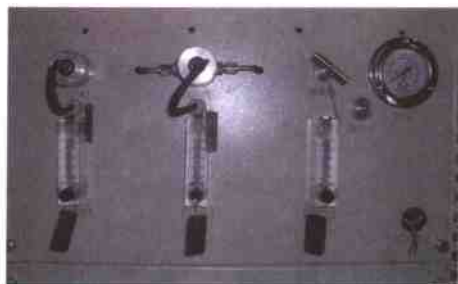


图 8.18 充氧手柄和充气口

9 青藏铁路高原客车空调系统

9.1 空调系统

四方股份公司青藏铁路高原客车空调系统

青藏铁路高原客车采用车顶单元式空调机组，它与车内空调控制箱、车内送风道、回风道、废排风机、自然通风器等组成一个完整的空调系统。

空调机组安装于一位端车顶部的钢结构平台上，分别由 8 个安装座固定在平台上的两根纵向安装梁上。机组与安装座之间设有橡胶减振器；机组底部回风口与车顶平台之间采用防水密封条及防风密封条密封；机组送风口与风道间采用橡胶软风道连接。

青藏铁路高原客车各车型用空调机组的技术参数见表 9.1。

青藏铁路客车各车型用空调机组结构参见图 9.1。

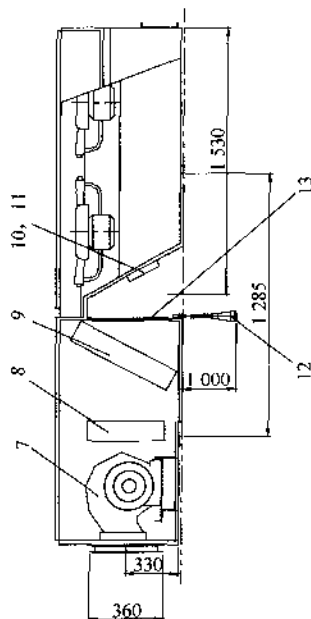
表 9.1 四方股份公司青藏铁路高原客车用空调机组技术参数

型 号		KLD53TD-QZ	KLD35TD-QZ	KLD40TD-QZ
适用车型		硬座	软卧	餐车及硬卧
型式		车顶单元式		
电源	主回路	三相交流 $380 \times (1 \pm 10\%) \text{ V}$, $50 \times (1 \pm 5\%) \text{ Hz}$ (逆变器供电, 有断电区)		
	控制回路	DC110 V (波动范围: DC77 ~ 137.5 V)		
制冷量 (kW)		53	35	40
总风量	高速 (m^3/h)	6 500	4 500	6 000
	低速 (m^3/h)	4 300	3 000	4 000
新风量 (m^3/h)	夏季	$\geq 35^\circ\text{C}$	1500	600
		$< 35^\circ\text{C}$	2000	900
	冬季	$> 0^\circ\text{C}$	1500	600
		$\leq 0^\circ\text{C}$ 且 $> -15^\circ\text{C}$	1000	400
		$\leq -15^\circ\text{C}$	500	260
				1000



续上表

型号			KLD53TD - QZ	KLD35TD - QZ	KLD40TD - QZ
机外静压 (Pa)			210 ± 15	250 ± 15	210 ± 15
制冷剂			R22		
功率 (kW)			约 23.5	约 15.5	约 20
重量 (kg)			约 900	约 750	约 850
外形尺寸 (mm)			3 300 × 2 280 × 710	2 100 × 2 280 × 650	2 800 × 2 280 × 650
电热功率 (kW)			18 (7.5 + 7.5 + 3)	9 (3 + 3 + 3)	12 (4 + 4 + 4)
构架材质			SUS304		
型号			KLD9TD - QZ	KLD14 (Y) - QZ	
适用车型			行李车	发电车	
型式			车顶单元式		
出风形式			平底前出风	圆弧底下出风	
电源	主回路		三相交流 380 × (1 ± 10%) V, 50 × (1 ± 5%) Hz (逆变器供电, 有断电区)	三相四线 AC380 × (1 ± 10%) V, 50 × (1 ± 5%) Hz	
	控制回路		DC110V (波动范围: DC77 ~ 137.5 V)	AC220 V/50Hz	
制冷量 (kW)			9.3	14	
总风量	高速 (m³/h)		1 600	1 800	
	低速 (m³/h)		1 000	1 100	
新风量 (m³/h)	夏季	≥35℃	新风在强风和弱风时的新风量为 160/120	240	
		<35℃		360	
	冬季	>0℃		240	
		≤0℃且>-15℃		160	
		≤-15℃		100	
机外静压 (Pa)			80	100	
制冷剂			R22 或 R407C		
功率 (kW)			约 4.8	约 7	
重量 (kg)			约 400	约 450	
外形尺寸 (mm)			1 450 × 2 280 × 430	2 000 × 1 960 × 600	
电热功率 (kW)			2.1	4.2 (2.1 + 2.1)	
构架材质			SUS304		



- 1 冷凝风机;
- 2 冷凝器;
- 3 减振器;
- 4 气液分离器;
- 5 压力开关;
- 6 压缩机;
- 7 蒸发器;
- 8 电加热器;
- 9 蒸发器;
- 10 电动新风风阀;
- 11 新风过滤网;
- 12 连接器插头;
- 13 过滤网。

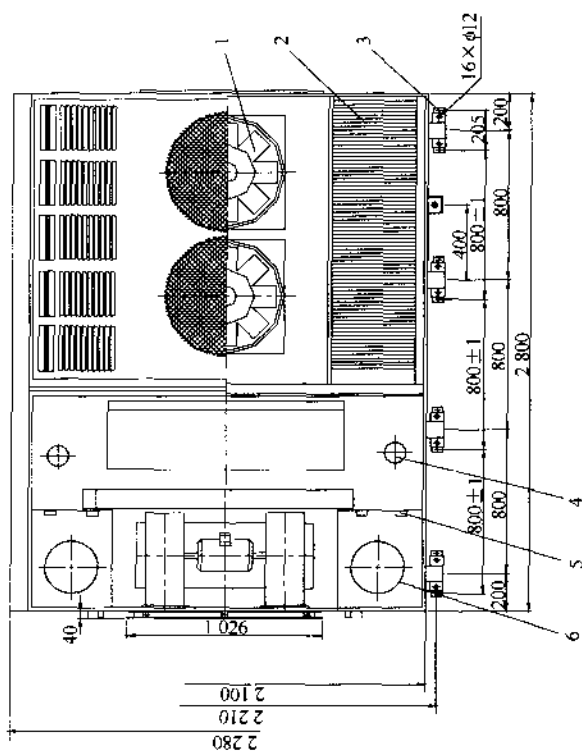


图9.1 空调机组结构示意图



(1) 机组整体性能

空调机组外表面材质为不锈钢板 SUS304, 表面平整光滑, 底平面有足够的刚度, 底部防水密封区域不平度不大于 2 mm, 表面焊缝均匀无锐棱和毛刺。新风口采用新型结构, 能够防止雨雪及风沙侵入, 新风口设电动可调机构来调节新风量 (行李车除外), 新风口处设新风过滤网, 可从车内方便拆装。新风、回风过滤网采用长久耐用型材料制造, 清洗后可重复使用。过滤网便于拆卸清洗。过滤后空气的含尘量不大于 1 mg/m^3 。空调机组有可靠的排水结构, 在运用中冷凝水及雨水在任何情况下不会渗漏或吹入车厢内部。机组减振器有防紫外线防老化措施, 能够满足在 $-50 \sim +60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境中正常使用, 可减轻机组运行时对车体产生的振动。空调机组所用保温隔热材料采用无毒环保阻燃材料 (氧指数 ≥ 30), 具有良好的防火性能。冷凝腔内的各部件包括冷凝风机、电机及线管等有较好的抗腐蚀能力和较高的防护等级。冷凝腔内具有较好的排水和排沙功能, 保证机组能够在高原地区的恶劣气候条件下正常工作。

车顶单元式空调机组具有结构紧凑、体积小、重量轻、不占用车内有效空间及安全可靠、性能好、无泄漏、运用检修均较方便等特点。当夏季外温 $+40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 60% 时, 车内温度可自动保持在 $24 \sim 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度在 40% ~ 70% 范围内, 满足了室内人员的舒适性要求。

(2) 通风机及冷凝风机

通风机为双联双速离心风机, 电机为双绕组高原专用型电机, 冷凝风机为轴流式, 电机防护等级 IP55, 其电气间隙和爬电距离符合 GB/T 16935.1—1997 中高海拔的有关要求。机组冷凝风机应具有良好防腐、防潮性能, 不得锈蚀, 且具有良好的动平衡及绝缘性能。各型机组风量、风压应适应 160 km/h 的运行要求。

(3) 预热器

空气预热器采用管式电加热器, 逆变器供电, 电压 AC380 V, 三相三线制, 间断供电。电气间隙与爬电距离符合 GB/T 16935.1—1997 中高海拔的有关要求。三相不平衡度不大于 10%。发电车的空调机组采用发电车供电, 没有断电区。

(4) 压缩机

空调机组采用全封闭型柔性涡旋 (ZR) 压缩机, 应符合 GB 10079 的规定。

(5) 冷凝器及蒸发器

冷凝器及蒸发器采用内螺纹铜管套铝片结构, 蒸发器采用亲水膜铝片, 均为风冷式, 并且冷凝器及蒸发器的铜管和肋片的伸缩系数一致, 以免造成肋片松动。



(6) 机组保护装置

机组内压缩机设高、低压保护。控制箱对压缩机还有过电流保护。压缩机由 PLC 实现相关的保护,控制压缩机适时运转和停机,并有过热、缺相及短路等必要的保护。机组内电加热器设温度继电器保护、熔断保护。温度继电器的动作值为 70°C 断开, 50°C 复位。熔断保护为 139°C 熔断,设在主电路中。设通风机压力保护开关,开关的设定值为 50 Pa ,控制柜采用风压开关的无源常开触点作为控制依据,考虑到通风机频繁启动给风压开关带来的影响,选用的风压开关的机械寿命不少于 5 万次。控制柜内对空调机组各电机设过载保护。加热与制冷之间设反连锁。加热、制冷分别与通风设正连锁。压缩机采用运转时数均匀控制,以保证各压缩机运行时间均匀。该功能由 PLC 编程实现。空调机组的运行模式和故障诊断由 PLC 控制,PLC 是经实践检验的成熟产品,适宜于青藏铁路沿线气候环境,可实现空调系统的自动、手动控制,实现制冷通风和新风预热功能,在线诊断、温度设定值调整、监控等。PLC 可根据环境条件自动调节制冷量大小,并可对客室内空气进行湿度调节;通过网络接口,可实现对空调机组的远程监控和集中管理。空调机组主要部件的功能/故障(包括启动、运行过程等)通过 PLC 及网络接口来实现诊断、监视、记录等功能。

(7) 机组控制

①空气预热器控制

空气预热器的控制不包括行李车和发电车。

空调机组内空气预热器分 3 组:

KLD53TD-QZ 型:第一组 7.5 kW ,第二组 7.5 kW ,第三组 3 kW ;

KLD35TD-QZ 型:第一组 3 kW ,第二组 3 kW ,第三组 3 kW ;

KLD40TD-QZ 型:第一组 4 kW ,第二组 4 kW ,第三组 3 kW 。

当客车在平原运行时,预热器的第三组均不开,只在两组之间切换,在平原运行时预热器的控制如下:

空调自动模式下,空气预热器功率切换由外温确定,温度控制精度为 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$,在弱风状态下运行,具体见表 9.2。

表 9.2 空气预热器功率切换一览表

外 温	KLD53TD	KLD35TD	KLD40TD
$\geq 15^{\circ}\text{C}$	0	0	0
$5 \sim 15^{\circ}\text{C}$	7.5 kW	3 kW	4 kW
$\leq 5^{\circ}\text{C}$	15 kW	6 kW	8 kW



自动控制模式下,只要其中一路预热器温度继电器动作,同一机组的所有预热器均停止工作。

自动控制模式下,当控制要求减载时,对于预热器,最大工况只保证一组预热器工作。

当客车在高原运行制氧机开启后,此时通风是强风状态,当外温低于 -25°C 时,开启第三组预热器。

发电车用空调机组 KLD14 (Y) - QZ 的新风预热分为两挡,当客车在平原运行时只开一挡 2.1 kW,当客车在高原运行制氧机开启后,此时通风是强风状态,当外温低于 -25°C 时,开启第二组预热器 2.1 kW。

②新风调节装置

a) 客车在平原地区运行 (海拔 $<3000\text{ m}$)

空调机组的新风调节门采用电动执行器来控制新风门的开度,空调自动模式下,新风调节门的开度受外温控制,通过控制电动新风调节门执行器的通电时间来控制新风调节门开度,调节门开度与通风量的关系通过试验确定。

调节门开度分为四挡:全开、I 挡、II 挡、III 挡,见表 9.3。

表 9.3 调节门开度挡位

	外温 t	挡 位
制冷及通风工况 (夏季)	$t \geq 35^{\circ}\text{C}$	I 挡
	$t < 35^{\circ}\text{C}$	全开
制暖及通风工况 (冬季)	$t > 0^{\circ}\text{C}$	全开
	$-15^{\circ}\text{C} \leq t < 0^{\circ}\text{C}$	II 挡
	$t \leq -15^{\circ}\text{C}$	III 挡

各型空调机组不同挡位的开度由试验确定。

b) 客车在高原地区运行 (海拔 $>3000\text{ m}$)

当列车运行到海拔高度大于 3000 m 时空调机组的新风量受制氧机控制,氧气浓度探头通过调节新风量和废排风量来保证客室内的氧气浓度。

氧气浓度传感器测出车内空气的氧浓度后将信号送到 PLC 控制器,控制器将实测值和设定值进行比较,如果车内氧气浓度低于设定值,控制器将减小新风量和废排风量,如果车内氧气浓度高于设定值,控制器将增大新风量和废排风量,使车内的氧气浓度控制在设定值范围内。

③车内空气循环系统

车内送风循环装置包括主送风道、支送风道、送风口、回风道及回风口等。

主送风道为铝板风道,支送风道及回风道为酚醛玻璃钢制作。主送风道沿车顶纵向布置。送风形式为静压送风,使送风更加均匀。乘务员室采用软风道送风。一位端通过回风道与空调机组回风口连接,回风道设有可拆卸的回风过滤网。二位端部设有废气排风扇。车内大部分废气由大走廊回风口吸入,作为再循环空气进入机组,小部分废气由废气排风扇排出。厕所内的废气由排气扇排出车外。空调机组的温控器探头设在回风道内,该处平顶板设有检查门以方便检修。

总之,青藏铁路高原客车的空调系统具有强风全冷、弱风半冷、全风全暖、弱风半暖等控制模式,能够实现冬、夏季车内温度的调节,具有 45℃ 高温下正常启动的功能,夏天车内温度保持在 $(26 \pm 2)^{\circ}\text{C}$,冬天与车内电采暖装置同时使用,车内温度高于 18℃,可以满足时速 160 km 和高原恶劣环境下空气调节的需要。

BSP 公司青藏铁路高原客车空调系统

本系列空调系统为青藏铁路列车使用的空气调节设备,可用于处理车厢内的空气,夏季降温除湿,冬季加热,春秋季节通风,并在高原制氧模式下协助制氧系统调节车内氧浓度及控制二氧化碳含量,从而保证旅客在旅途中有一个舒适的环境。

每台空调机组由一个带有微处理器的数字控制器 FPC24 控制。它能加工和计算所有的控制和调节所要的数据,如开关状态,温度等。在它的计算中已经包括了各种正常的工作状态和所需的安全措施。

9.1.1 空调机组的参数及空调系统的构成

青藏铁路高原客车采用车顶单元式空调机组,它与车内空调控制器、车内送风道、回风道、废排风机、室内电加热器等组成一个完整的空调系统。

空调机组通过机组安装座固定在一位端的平顶板上。机组与安装座之间设有橡胶减振器;机组底部回风口与车顶平台之间采用防水密封条及防风密封条密封;机组送风口与风道间采用橡胶软风道连接。通过接入车厢的回风管道,空调机组从乘客车厢吸入回风。由此在混合空气过滤器前出现一个低压区,这使得新风通过防雨格栅、新风过滤网和新风门被吸入。新风口具有防风沙功能,新风和回风混合后,依次通过混合空气过滤器、蒸发器。制冷剂循环中连续产生的液态制冷剂在蒸发器中蒸发,从而使混合空气得到冷却。被冷却减湿后的空气由一台双速送风机吸入,并将它送入主风道从而分配到整个车厢中。

当车辆运行在平原地区,可以根据外部空气温度调节新风量,如果外部空气温度在 -10°C 以下,新风量将保持在 $10\text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{h})$,如果外部空气温度在



-10℃以上,新风量将保持在 $20\text{ m}^3/(\text{人}\cdot\text{h})$ 。当车辆运行在高原地区,为配合制氧系统调节车内氧浓度的需求,新风门将按照空调控制器从制氧系统接收到的模拟量信号来调节开度,以保证客室内有足够的氧气含量。

9.1.1.1 35 kW 空调机组及技术参数

35 kW 空调机组应用在软卧车型上。

(1) 35 kW 空调机组技术参数

单元输出

制冷量	35 kW	(室外温度为 35℃ 蒸发器进口温度 29℃, 湿度 60%)
-----	-------	---------------------------------

制热量	12 kW
-----	-------

送风量 (高速/低速)	$3740/2500\text{ m}^3/\text{h}$	(1 个送风机)
-------------	---------------------------------	----------

新风量 (高速/低速)	$660/330\text{ m}^3/\text{h}$
-------------	-------------------------------

输入功率

压缩机电机	$2 \times 6.5\text{ kW}$	(2 个全封闭涡旋压缩机)
-------	--------------------------	---------------

冷凝风机	2.0 kW	(1 个冷凝风机)
------	-----------------	-----------

送风机	$2.4/1.7\text{ kW}$	(1 个两级送风机)
-----	---------------------	------------

电加热器	$(8+4)\text{ kW}$	(两级)
------	-------------------	------

工作电源

压缩机电机	$3\text{NAC}380 \times (1 \pm 10\%) \text{ V}, 50\text{ Hz}$
-------	--

冷凝风机	$3\text{NAC}380 \times (1 \pm 10\%) \text{ V}, 50\text{ Hz}$
------	--

送风机	$3\text{NAC}380 \times (1 \pm 10\%) \text{ V}, 50\text{ Hz}$
-----	--

电加热器	$\text{DC}600\text{ V}$ ($\text{DC}500 \sim 660\text{ V}$)
------	--

辅助电源

控制电压	$\text{DC}110\text{ V}$ (允差 $-30\% \sim +25\%$)
------	--

尺寸

长度	2250 mm
----	------------------

宽度 (包括支座)	2278 mm
-----------	------------------

高度	650 mm
----	-----------------

重量	$670 \times (1 \pm 5\%) \text{ kg}$
----	-------------------------------------

制冷剂	R22
-----	-----

充注量	$2 \times (4.9 \pm 0.1) \text{ kg}$
-----	-------------------------------------

(2) 软卧车空调系统构成

车内送风装置包括主送风道、支送风道、送风口、回风道、回风口等。送

风形式采用孔板均匀送风。主送风道、回风道均用 1.5 mm 厚铝板制造, 铝板外附 25 mm ALMFLEX 隔音隔热材料。主风道沿客室纵向布置。

乘务员室、蹲式、座式厕所及洗脸间支送风道采用铝箔软管。送风道沿客室车顶纵向布置, 客室送风口位于中顶板上。蹲式厕所、座式厕所、洗脸室送风口位于厕所及洗脸室间壁上、乘务员室送风口设在顶部, 蹲式厕所、座式厕所、洗脸室顶部各设一轴流送风扇。

空调回风口设在一位端小走廊, 大走廊平顶板及制氧机室顶板上。

废排单元(软卧车)包括一个废排风机和一个排气风门, 它们被安装在一个不锈钢壳体内, 排气通过软风道由废排单元上部的法兰盘吸入, 通过连接在废排单元壳体与车体之间的废排风道由废排风机吹出车外。客室排风口设在蹲式、座式厕所和洗手间。废排风量可根据新风量的变化同步得到调节。电气柜顶板上设排风扇, 将该部位空气排至通过台电加热器处。

空调机组的新风温度控制器探头设在新风过滤网附近, 送风温度控制器探头设在第一节主送风道(即一位端过渡风道)下部。回风温度控制器探头设在回风口处。

9.1.1.2 40 kW 空调机组及技术参数

40 kW 空调机组应用在硬卧车(包括残疾人硬卧车)和餐车上。

(1) 40 kW 空调机组技术参数

单元输出

制冷量	40 kW	(室外温度为 35℃, 蒸发器进口温度 29℃, 湿度 60%)
制热量	18 kW	
送风量(高速/低速)	4580/3050 m ³ /h	(1 个送风机)
新风量(高速/低速)	1220/610 m ³ /h	

输入功率

压缩机电机	2 × 7.8 kW	(2 个全封闭涡旋压缩机)
冷凝风机	2 × 1.5 kW	(2 个冷凝风机)
送风机	2.4/1.7 kW	(1 个两级送风机)
电加热器	(12 + 6) kW	(两级)

工作电源

压缩机电机	3NAC380 × (1 ± 10%) V, 50 Hz
冷凝风机	3NAC380 × (1 ± 10%) V, 50 Hz
送风机	3NAC380 × (1 ± 10%) V, 50 Hz



电加热器	DC600 V	(DC500 ~ 660 V)
辅助电源		
控制电压	DC110 V	(允差 -30% ~ +25%)
尺寸		
长度	2 950 mm	
宽度 (包括支座)	2 278 mm	
高度	650 mm	
重量	900 × (1 ± 5%) kg	
制冷剂	R22	
充注量	2 × (5.8 ± 0.1) kg	

(2) 硬卧车空调系统构成

硬卧车车内送风装置包括主送风道、支送风道、送风口、回风道、回风口等。送风形式采用孔板均匀送风。主送风道、回风道均用 1.5 厚铝板制造, 铝板外附 25 mm ALMFLEX 隔音隔热材。主风道沿客室纵向布置。

乘务员室、蹲式、座式厕所及洗脸间支送风道采用铝箔软管。送风道沿客室车顶纵向布置, 客室送风口位于中顶板上。蹲式厕所、座式厕所、洗脸室送风口位于厕所及洗脸室间壁上、乘务员室送风口设在顶部, 蹲式厕所、座式厕所、洗脸室顶部各设一轴流送风扇。

空调回风口设在一位端小走廊及制氧机室顶板上。

废排单元 (硬卧车) 包括一个废排风机和一个排气风门, 它们被安装在一个不锈钢壳体内, 排气通过软风道由废排单元上部的法兰盘吸入, 通过连接在废排单元壳体与车体之间的废排风道由废排风机吹出车外。客室排风口设在蹲式、座式厕所和二位端通过台。废排风量可根据新风量的变化同步得到调节。电气柜顶板上设排风扇, 将该部位空气排至通过台电加热器处。

空调机组的新风温度控制器探头设在新风过滤网附近, 送风温度控制器探头设在第一节主送风道 (即一位端过渡风道) 下部。回风温度控制器探头设在回风口处。

9.1.1.3 49 kW 空调机组及技术参数

49 kW 空调机组应用在硬座车上。

(1) 49 kW 空调机组技术参数

单元输出

制冷量	49 kW	(室外温度为 35 ℃, 蒸发器进口温度 29 ℃, 湿度 60%)
-----	-------	------------------------------------



制热量	18 kW	
送风量 (高速/低速)	5 500/3 670 m ³ /h	(1 个送风机)
新风量 (高速/低速)	1 980/990 m ³ /h	
输入功率		
压缩机电机	2 × 8.8 kW	(2 个全封闭涡旋压缩机) (Copeland)
冷凝风机	2 × 2.0 kW	(2 个冷凝风机)
送风机	2.8/1.5 kW	(1 个两级送风机)
电加热器	(12 + 6) kW	(两级)
工作电源		
压缩机电机	3NAC380 × (1 ± 10%) V, 50 Hz	
冷凝风机	3NAC380 × (1 ± 10%) V, 50 Hz	
送风机	3NAC380 × (1 ± 10%) V, 50 Hz	
电 加热器	DC600 V	(DC500 ~ 660 V)
辅助电源		
控制电压	DC110 V	(允差 -30% ~ +25%)
尺寸		
长度	3 300 mm	
宽度 (包括支座)	2 278 mm	
高度	650 mm	
重量	1 000 × (1 ± 5%) kg	
制冷剂	R22	
充注量	2 × (6.9 ± 0.1) kg	

(2) 硬座车空调系统构成

车内送风装置包括主送风道、支送风道、送风口、回风道、回风口等。送风形式采用孔板均匀送风。主送风道、回风道均用 1.5 mm 厚铝板制造, 铝板外附 25 mm ALMFLEX 隔音隔热材料。主风道沿客室纵向布置。

乘务员室、蹲式厕所及洗脸间支送风道采用铝箔软管。送风道沿客室车顶纵向布置, 客室送风口位于中顶板上。蹲式厕所、洗脸室送风口位于厕所及洗脸室间壁上、乘务员室送风口设在顶部, 蹲式厕所、洗脸室顶部各设一轴流送风扇。

空调回风口设在一位端小走廊及制氧机室顶板上。

废排单元 (硬座车) 包括一个废排风机和一个排气风门, 它们被安装在一



个不锈钢壳体内,排气通过软风道由废排单元上部的法兰盘吸入,通过连接在废排单元壳体与车体之间的废排风道由废排风机吹出车外。客室排风口设在二位端客室、蹲式、座式厕所和洗手间。废排风量可根据新风量的变化同步得到调节。电气柜顶板上设排风扇,将该部位空气排至通过台电加热器处。电气柜顶板上设排风扇,将该部位空气排至通过台电加热器处。

空调机组的新风温度控制器探头设在新风过滤网附近,送风温度控制器探头设在第一节主送风道(即一位端过渡风道)下部。回风温度控制器探头设在回风口处。

9.1.2 空调系统的控制

9.1.2.1 空调机组模式控制

本系统设有自动和紧急手动两种控制模式。在自动模式条件下,空调机组可根据室内外温度条件自动切换到舒适的工作模式。在 FPC 故障或需要人为控制的条件下可以切换到手动模式。

9.1.2.1.1 空调模式选择开关(SA300)安装在控制柜门上,有4挡选择:

(1) 自动:在这种模式下,送风风机和 FPC 控制器得电并保持工作。空调工作模式由软件、传感器以及来自列车网络的信号决定。送风风机将根据工作模式在高低速之间自动切换。

(2) 服务:在这种模式下,送风风机和废排风机将在高速状态下运转;新风门和废排风门处于全开状态;空调故障指示灯变红;FPC24 控制器得电,由工程师通过与 FPC24 控制器相连接的计算机来提供指令控制空调的运行。在测试模式启动后,FPC24 首先检测外部温度是否低于 10°C ,然后顺序启动所有部件。负荷将不依赖于温度传感器而始终保持在 100% (低于 10°C 时压缩机不可以启动以保护压缩机)。测试状态下所有部件运行时间限制在 20 s,这意味着压缩机能始终运行,车内温度将降到很低,逻辑的保护和限制是有效的。

(3) 关机:在这种模式下,送风机和 FPC24 控制器的电源供应被切断,空调的所有部件将停止工作。

(4) 紧急手动:在这种模式下,送风机和废排风机将在高速状态下工作;新风门和废排风门处于全开状态;空调故障指示灯变红;FPC24 控制器的电源供应被切断。只有 SA300 模式开关置于“紧急手动挡”时,紧急手动开关 SA301 才被激活。只有在 FPC 控制器毁坏或某些特殊的条件下才允许由专门的工作人员使用“紧急手动”模式。

9.1.2.1.2 紧急手动开关(SA301)安装在空调控制面板上,有5挡选择:

(1) 自动/关闭: 通常情况下, SA301 开关必须置于“自动/关机”挡。在 FPC24 损坏并且环境温度在 $18 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 的情况下, 将 SA301 设置在“自动/关机”挡, 同时 SA300 设置在“紧急手动”挡, 在此期间, 送风风机和废排风机将高速运转; 新风门和废排风门处于全开状态; 空调故障指示灯变红; 控制器 FPC24 的电源供应断开。

(2) 半冷: 在 FPC24 损坏并且环境温度在 $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间时, 将 SA301 置于“半冷”模式, 同时 SA300 置于“紧急手动”位置。在此状态下, 仅 1 台压缩机和所有的冷凝风机开始运行; 送风机和废排风机高速运转; 新风门和废排风门全开; 空调故障指示灯变红; 控制器 FPC24 的电源供应断开。

(3) 全冷: 当控制器 FPC24 损坏并且环境温度超过 30°C 的情况下, 将 SA301 置于“全冷”模式, 同时 SA300 置于“紧急手动”位置。在此状况下, 2 台压缩机和所有的冷凝风机开始启动; 送风机和废排风机高速运转; 新风门和废排风门全开; 空调故障指示灯变红; 控制器 FPC24 的电源供应断开。

(4) 半热: 当控制器 FPC24 损坏并且环境温度在 $0 \sim 18^{\circ}\text{C}$ 之间时, 将 SA301 置于“半热”模式下, 同时 SA300 置于“紧急手动”位置。在此状况下, 仅部分加热器开始工作; 送风机和废排风机高速运转; 新风门和废排风门全开; 空调故障指示灯变红; 控制器 FPC24 的电源供应断开。

(5) 全热: 当控制器 FPC24 损坏并且环境温度低于 0°C 时, 将 SA301 置于“全热”模式下, 同时 SA300 置于“紧急手动”挡。在此状况下, 所有的加热器开始工作; 送风机和废排风机高速运转; 新风门和废排风门全开; 空调故障指示灯变红; 控制器 FPC24 的电源供应断开。

9.1.2.2 制氧机及风门执行器

9.1.2.2.1 功能描述

(1) 空调系统为车内乘客提供在所有运行模式下的全面的舒适性保证, 包括 CO_2 含量的要求 ($\leq 0.5\%$)。

(2) 氧气装置在被激活之后负责控制和获得所需要的氧气含量 ($23\% \sim 25\%$)。

(3) 空调系统和氧气系统之间保持通信以确保对空调状态和氧气状态进行连续的控制, 以期达到需要的状态。

(4) 在氧气系统被激活时, 空调系统将会立即得到通知, 此时, 新风调节门、废排调节门的位置将会移动以保证车内氧气含量保持在所需范围内 ($23\% \sim 25\%$)。

(5) 空调系统将会根据氧气系统的需要来调节风门, 但是, 根据空调供应



商定义的所需要的最小新风量/(人·h)和限制的最大 CO₂ 含量,应该保持风门在一个可靠的最小值上。

(6) 考虑到乘客的舒适性,首先应该优先考虑的是保持 CO₂ 含量在限定值以下,其次应该优先考虑的是氧气含量。这意味着,在某些情况下,氧气系统不能保持所需要的氧气含量而欲减小新风门的开度时,但是 CO₂ 含量将会因此变高,此时空调系统将调节新风门开度至必要的最小值以保持 CO₂ 含量在限制的范围内。

9.1.2.2.2 控制方法

在自动模式下,空调系统将按如下方法操作:

(1) 运行在平原

此时,制氧机不会工作,所有相关的通向空调系统的信号将被切断,保持相互间的电气绝缘。

预冷、预热模式:新风调节门和废排调节门应该在全闭状态

退出预模式后:新风调节门和废排调节门应该在全开状态

(2) 运行在高原

在制氧条件下:

①在空气压缩机启动之后,制氧系统不能立即输出氧气含量充足的空气,只有循环风机和空气压力正常工作信号在空调系统中得到反馈后才能输出,一旦正常工作信号无效,制氧系统将立即停止空气输出。

②制氧机决定新风门和废排风门的位置,并且发送需求(4~20 mA 信号)给空调控制器 FPC24。FPC24 输出 DC0~10 V 信号给新风门执行器和废排风门执行器,以改变风门开度。新风门执行器和废排风门执行器总是反馈回位置信号(NTC 信号)给 FPC24。当 FPC 探测到新风门和废排风门已经到达指定位置,它将发送“新风门和废排风门已到达指定位置”的信号(+DC110 V 信号)给制氧装置。

③当空调控制器探测到“CO₂ 含量超标”(4~20 mA 信号),新风和废排风门执行器将在一定的时间内保持一定的开度,直到 CO₂ 含量重新降低到安全的状态。然后,空调系统将再次跟踪氧气系统的需要以确定风门位置。在高原上 CO₂ 含量信号将被修正。

9.1.2.3 废排单元

当送风机开始运转后,废排风机也开始转动,其风机转速与送风机转速相同,在预冷和预热模式中,废排风机关闭,若预冷或预热时间超过 1 h,废排风机自动打开。



当送风机低速运转时,风阀执行器关闭,关掉车厢的排气孔。

当送风机高速运转时,风阀执行器打开,车厢的排气孔和厕所的排气孔同时打开。

9.2 采暖系统

四方股份公司青藏铁路高原客车采暖系统

电加热器用于冬季客车采暖,当电加热器正常工作时,通过空气对流和热辐射,使车内温度升高。每组电加热器主要由底板、两组电加热元件、接线盒和罩板组成。全车电热器分强、弱(全暖和半暖)两挡,由乘务人员控制电源开关的通断及全暖、半暖两种工作状态。电加热器为 DC600 V 供电,每个电热元件上均安装超温保护器。

底板是电加热器的基体,底板上有电源线穿线孔,电源线及接地线由此孔进入电加热器接线盒。电热元件又称电热芯片,它是电加热器通电后发热的部件,电热元件的核心元件是发热体,它均匀地分布在电热元件中间,发热体的周围有绝缘层进行绝缘和导热,再由散热层把热量传导到周围的空气中。接线盒直接固定在底板上。罩板与底板一起组成电热器的外壳,把电热元件包围其中。罩板上冲有许多排长条孔,以利于电加热器内气体的对流,使电热元件产生的热量迅速向外发散。部分电加热器的底板与罩板由铝板制作,具有表面光洁、防腐蚀、耐潮湿、重量轻等特点,可以长期使用在比较恶劣的环境。



图 9.2 走廊电加热器

走廊电加热器如图 9.2 所示。

BSP 公司青藏铁路高原客车采暖系统

电加热器用于冬季客车采暖,主要由空调机组内的电加热器和客室地板电加热器(餐车还包括厨房电加热器)组成。空调机组电加热器用以加热新风,加热器的顶部安装了设定值为 70℃ 的温度控制装置以监视空气温度变化。当温度超过设定值时,温度控制装置将通过控制回路切断加热器触点。一旦温度控



制装置没有切断加热器，直接切断主回路的温度保护装置是必要的。对于 DC600 V 电源，标准的保险丝由于熔断能力不够而不能使用。因此系统中使用了特殊的温度保护装置，它能够在发生超温事件时制造 DC600 V 供给电源的短路，这个短路将导致 DC600 V 电源的回路断路器和熔丝断路器切断，该温度保护装置提供 103 ℃ 超温保护。

客室地板电热装置由安装在两侧墙底部的电热器组件组成，每组电热器组件主要由电热器安装底板、电热元件、接线端子排等组成。通过开有通风孔的铝型材罩板和窗下格栅对电热元件自然通风。罩板上冲有许多排长条孔，侧墙内装有通风导筒与侧墙一起构成热气流通道，以利于电加热器内气体的对流，使电热元件产生的热量迅速向外发散。电加热器具有过热保护功能，电加热器设有超温保护，保证电热器管表面不高于 180 ℃；罩表面不高于 68 ℃。餐车厨房电加热器安装在厨房角柜下部，由 3 个 1000 W 电热元件和安装在其上部的通风扇组成，也具有过热保护功能。

空调机组内的电加热器和客室地板电加热器分为主加热单元和辅助加热单元。辅助加热单元仅在外温低于 -20 ℃ 且发电车输出功率足够时追加投入。厨房电加热器分 I (2 kW)、II (3 kW) 两挡，由厨房照明配电柜控制，电热元件工作时为强迫通风。客室电加热器的超温保护由空调机组 FPC24 控制器分路控制。

走廊电加热器见图 9.3。



图 9.3 走廊电加热器

10 青藏铁路高原客车

给水及卫生系统

10.1 四方股份公司客车给水及卫生系统

给水系统由冷水箱、注水管、溢水管、供水管及各阀组成。冷水箱为1000 L（餐车为1200 L）的整体立体不锈钢水箱，安装在二位端通过台的顶部。水箱底部设法兰活盖板，底部活盖板上连接2根注水管、1根溢水管和2根供水管（其中1根用于单独给电茶炉供水）。为了便于观察水位，水箱上设一个浮子式液位显示器，显示屏设在配电盘上。水箱内设有防波板，以减少列车运行时的惯性所造成的水对水箱的冲击。

注水口设在二位端侧墙的两侧，一位注水管在一位厕所下靠近车底下边梁处，二位侧注水管洁具柜下靠近车底下边梁处，溢水管设在二位厕所靠一位内端墙侧。当水箱注满时，多余的水从溢水管排至车下。

给水系统原理图参见图 10.1。

10.1.1 电开水炉（图 10.2）

WSD-4520AT5 型电热开水器是专供青藏铁路列车配套使用的，装有特制的过滤器和紫外线灯等净化水质、杀菌的系统，以保证乘客能放心、安全地饮用。烧水箱与储水箱分开，冷水先进入烧水箱，水烧开后，利用自身产生的蒸汽压力将开水压入储水箱，从而供应开水饮用。具有以下特点：

（1）安全：该机具有缺水保护功能，当烧水箱缺水时能自动切断电源，防止烧坏电热开水器。

（2）可靠：该机抗振动性能好；采用数字电路控制，控制板运行可靠，使用寿命长。

（3）卫生：烧水箱与储水箱分开，生水与开水绝无混合，提供纯正开水，且不过度煮沸，乘客可以放心饮用。

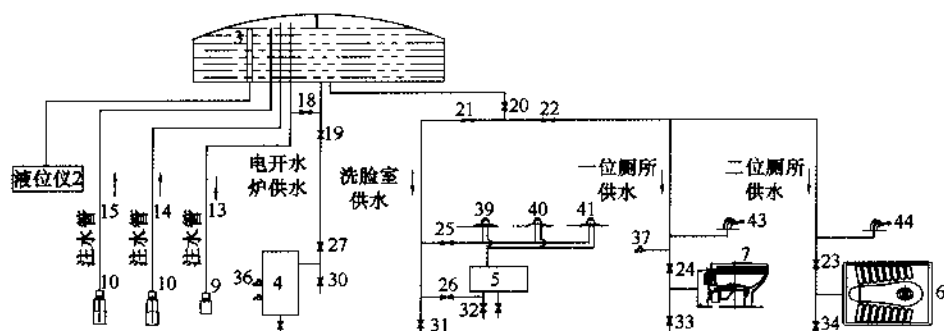


图 10.1 给水系统原理图

1—水箱；2—液位仪显示器；3—液位仪传感器；4—电茶炉；5—温水箱；6—座式便器；7—蹲式便器；8—电热溢水口；9—电热弹簧注水口；10—电热弹簧注水口；13—溢水管；14—注水管；15—注水管；18—球形止阀；19—球形止阀；20—球形止阀；21—球形止阀；22—球形止阀；23—球形止阀；24—球形止阀；25—球形止阀；26—球形止阀；27—球形止阀；30—内外丝排水阀；31—内外丝排水阀；32—内外丝排水阀；33—内外丝排水阀；34—内外丝排水阀；36—热水水龙头；37—热水水龙头；39—冷热水阀；40—冷热水阀；41—冷热水阀；43—节水阀；44—节水阀；

(4) 方便：接通电源约 7 min 即可提供开水，在该机通水通电后不需人工照料，并可以以额定流量连续供应开水。

(5) 面板式电热开水器只需打开面板上的水龙头，就可以出水，大容器接水可用乘务员放水口，兼顾不同需求。

(6) 采用高分子保温材料自动保温，以保证降温速率 $\leq 5^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

(7) 适用范围广，使用环境为海拔低于 5 100 m，车内温度 $0 \sim 45^\circ\text{C}$ （水不结冰），相对湿度 $\leq 95\%$ ，水压 0.01 ~ 0.3 MPa 等范围内均可正常使用。

(8) 具有紫外线杀菌的功能，通过面板上“紫外线”灯的显示情况可以判断紫外线灯是否工作正常。

(9) 采用无机纳米微孔滤料，可以消灭细菌和无机污染物等有，净化水质，改善水质状态。

10.1.2 卫生系统

青藏铁路高原客车卫生系统包括：一位厕所、二位厕所和三人洗脸室。一位厕所靠近车体一位端一位角，一位厕所主要设有带蹲式便器（软卧车为座式便器）的真空集便装置、电加热，还有垃圾箱、扶手、镜子、衣帽钩、节水阀、镜灯等设备件。二位厕所靠近车体二位端四位角，二位厕所

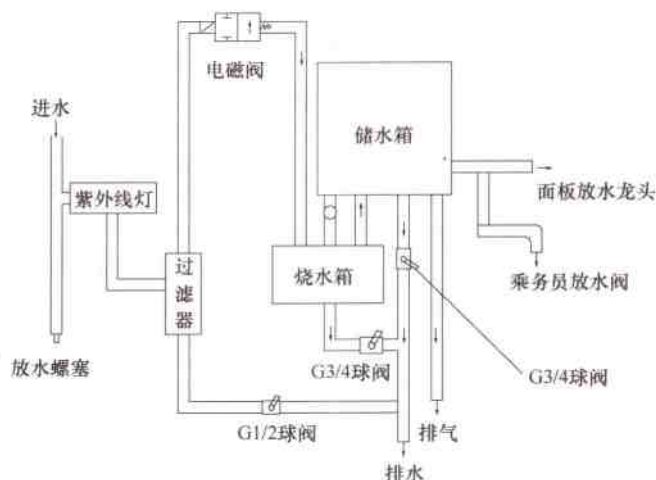


图 10.2 电开水炉

主要设有带蹲式便器的真空集便装置、电加热，还有垃圾箱、扶手、镜子、衣帽钩、节水阀、镜灯等设备件。三人洗脸室靠近车体二位端三位角，三人洗脸室主要设有废水收集装置、温水箱、电加热，还有扶手、镜子、衣帽钩、冷热水阀、镜灯等设备件。污物收集装置安装位置及结构功能参见表 10.1。

表 10.1 污物收集装置

污物收集装置			车 型			
种 类	安 装 位 置	功 能	YW	YZ	RW	CA
一位端污物箱	1 位端枕外	真空保持式，收集便器污物、洗盆、茶炉室排水	400 L	450 L	400 L	
二位端污物箱	2 位端枕外	真空保持式，收集便器污物、洗盆排水	400 L	450 L	400 L	
污水箱	2 位端枕内	重力收集，收集洗手间、厕所洗盆排水	600 L	600 L	600 L	
污水箱	2 位端枕内	重力收集，收集厨房排水				800 L
注：以上污物箱设置可满足使用时间：YZ（98 人）42 h；YW（60 人）60 h；RW（32 人）113 h；污水箱容积按水箱容积 60% 设置						

10.1.2.1 真空集便系统

MONOGRAM 真空集便系统是由真空便器（分座式和蹲式，本车采用蹲式



便器)、污物箱、远程控制器 (ROU)、系统控制单元 (SCU)、冲水按钮和气管路等组成。其工作原理参见图 10.3。图 10.4 为污物箱外照。

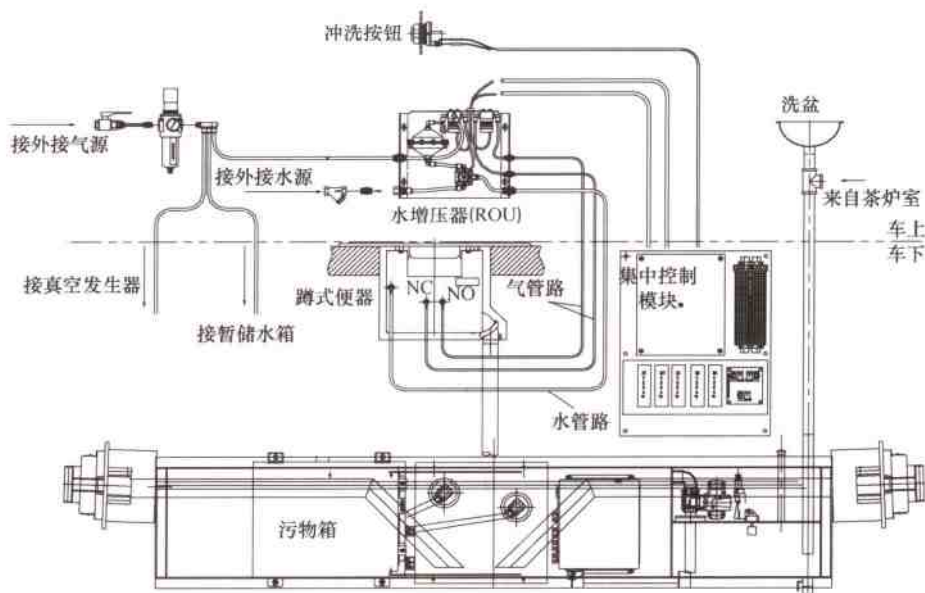


图 10.3 真空集便系统工作原理图



图 10.4 污物箱

系统工作时污物箱中保持有一定真空度。当按下冲洗按钮时，水增压器提供增压水冲洗便斗，排污阀打开，便器中的污物通过便器和污物箱内产生的压差进入到污物箱中。在装备有污物排空设备的站台上，将污物箱中的污物排空



并清洗污物箱。

厕所废水收集工作原理：在污物箱的一角间隔为大约 10 L 左右的空间用于收集厕所洗手器的盥洗废水，废水在重力的作用下流入该空间，当水位达到后，电控气动球阀打开，废水在污物箱真空的作用下进入污物箱内，延时 6 s 后，电控气动球阀关闭，系统进入下一循环待命。

系统主要技术参数如下所述：

整个冲洗循环过程（从按下冲洗按钮到便器内污物冲洗干净）： ≤ 6 s

所需压缩空气压力：450 ~ 900 kPa

每个冲洗循环耗水量： ≤ 0.5 L

每个冲洗循环耗气量： ≤ 140 L/次（1 标准大气压下的体积）

污物箱及连接管路正常工作所需的真空度为： $-15.3 \sim -23.8$ kPa（4.5 ~ 7 英寸汞柱）

10.1.2.2 废水收集系统

废水收集系统（WSCS）提供清洁、性能可靠的废水收集方式。本系统由洗手盆、废水箱、控制系统、连接管路、电加热防冻装置、紧急排放装置等组成。

洗手盆的废水和地漏内的废水经过车上下水管、电控气动球阀 QF1（保持常开状态）进入中间水箱，当中间水箱的积水达到设计液位时流入废水箱。

当废水箱内的废水容积达到箱满 80% 时，指示灯（黄）亮，当废水容积达到箱满 100% 时，指示灯（红）亮，提示列车员水箱已满，相应的电磁阀 YV1 得电，电控气动球阀 QF1 关闭，直到废水箱低于箱满 100% 方可继续使用。

为了使废水箱可以在列车运行途中继续使用，增加手动排放装置进行清空排放或者部分排放，以确保废水箱可以继续使用。

系统可以保证在非格拉段运行时，废水直接排放到车外轨道两侧，可以通过保持电控气动球阀 QF1 和电控气动球阀 QF2 常开来实现。废水经过电控气动球阀 QF1、中间水箱（水封管路等）、废水箱、电控气动球阀 QF2 排放到车下轨道两侧。

10.2 BSP 公司客车给水系统

10.2.1 概 述

给水装置由冷水装置、温水装置和饮用水系统组成。硬座车给水系统原理



图参见图 10.5，茶炉供水管路安装示意参见图 10.6，厕所供水管布置参见图 10.7，供水阀及正常情况下的塞门状态参见表 10.2、表 10.3。

表 10.2 正常情况下的塞门状态

名 称	开	关	备注
件号 39 通往排水管的折角塞门 R_{C1}		×	图 10.7
件号 3 通往茶炉顶部管路的折角塞门 R_{C1}	×		
件号 33 通往增压泵的折角塞门 $R_{C1/2}$	×		
件号 42 通往厕所的阀门 $R_{C1/2}$	×		
件号 16 通往茶炉的折角塞门 $R_{C1/2}$	×		图 10.6
件号 3 自储水箱的折角塞门 $R_{C1/2}$		×	图 10.5
件号 4 自产水箱的折角塞门 $R_{C1/2}$		×	
件号 5 排水折角塞门 $R_{C1/2}$		×	

表 10.3 供中水阀列表

序号	名 称	类型
1	洗手间水池（3 处）	冷热混合
2	茶炉乘客出水口（见图 10.8）	按压式
3	茶炉乘务员专用出水口（见图 10.8）	折角塞门
4	座式厕所冲水塞门	按压式
5	座式厕所水池	按压式
6	蹲式厕所冲水池	按压式
7	蹲式厕所水池	按压式

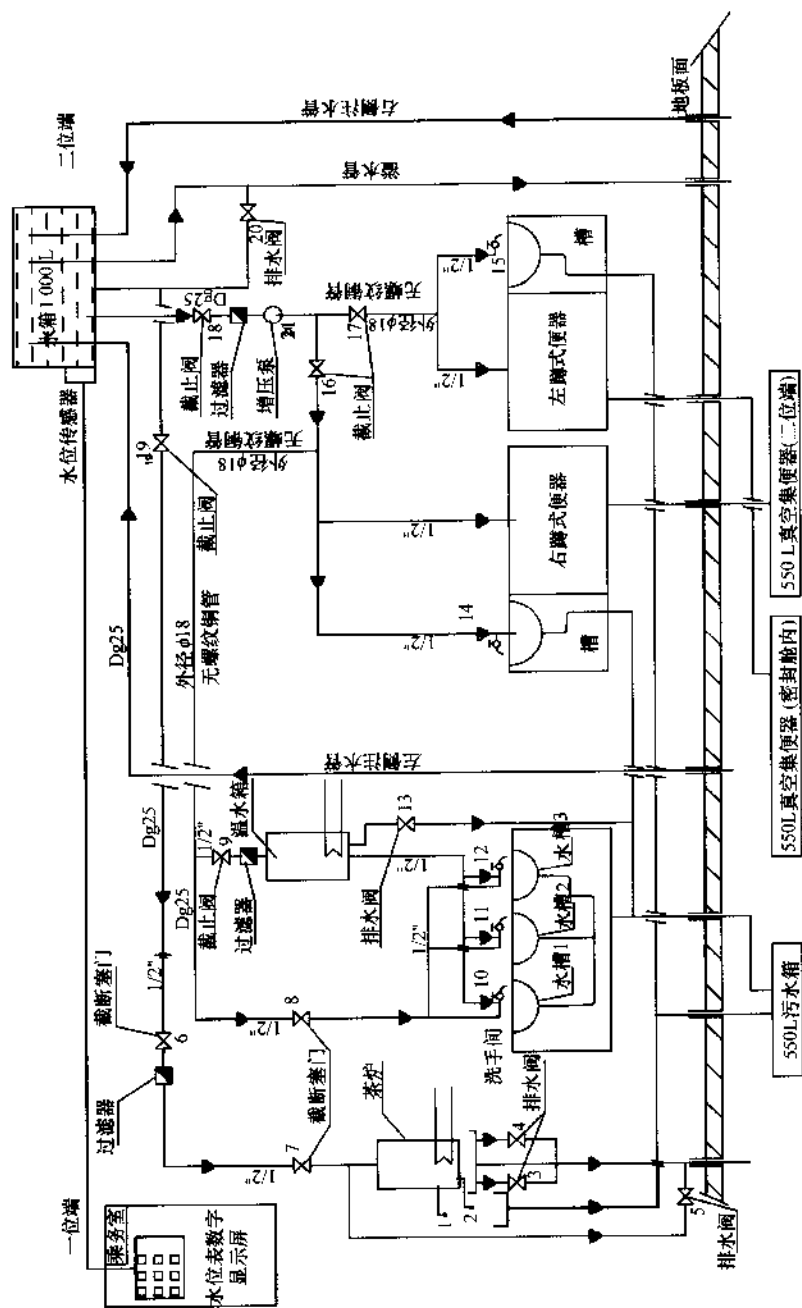


图10.5 BSP公司硬座车给水系统原理图

- 1—乘客用水阀； 2—乘务员专用水阀； 3—排水阀； 4—排水阀； 5—排水阀； 6—截止阀； 7—截止阀；
8—截止阀； 9—截止阀； 10—冷水水阀； 11. 冷水水阀； 12. 冷水水阀； 13—排水阀； 14—放水阀；
15—放水阀； 16—截止阀； 17—截止阀； 18—截止阀； 19—截止阀； 20—排水阀； 21—增压泵。

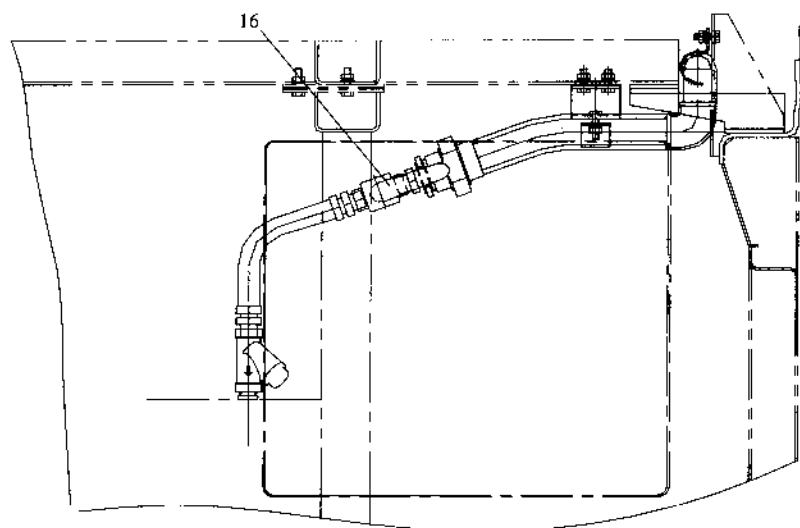
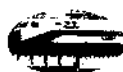


图 10.6 茶炉供水管路安装示意图

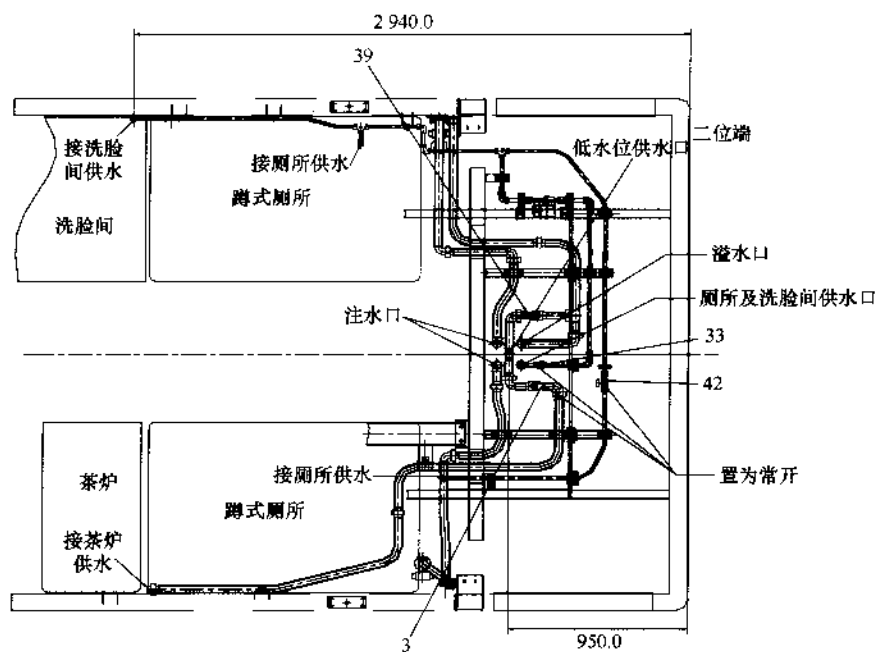


图 10.7 厕所供水管布置示意图

3—通往茶炉顶部管路的折角塞门 $R_c 1$; 33—通往增压泵的折角塞门 $R_c 1/2$; 39—通往排水管的折角塞门 $R_c 1$; 42—通往厕所的阀门 $R_c 1/2$ 。

10.2.2 冷水装置

冷水装置由冷水箱、注水管、溢水管、水位显示装置、过滤器、供水管及各阀组成。冷水箱为容量1000 L的椭圆形不锈钢水箱（餐车为1100 L水箱+100 L小水箱），安装在二位端通过台的顶部。水箱顶部和底部设有法兰盘活盖板，底部活盖板上连接两根注水管、一根溢水管和二根供水管，其中一根供水管为电开水炉专用水管，该供水管出口高度比另一根供水管出口低219 mm，相当于给电开水口增加了一个容量约270 L的备用水箱，以确保电开水较长时间的供水。冷水箱内设有防波板，可以减小列车运行时的惯性所产生的水对水箱的冲击。注水管顶部管口加装小活盖，可以防止水箱晃动时水倒流入注水管。

所有车辆装有压力供水系统，压力通过电泵实现。供水系统安装防寒材保护。主供水管路采用 $\phi 18$ mm铜管无螺纹连接方式，其余采用不锈钢管螺纹连接。

注水管分别设在二位端一、二位侧厕所地板下，当水箱注满水后，二位端一位侧（右侧）注水口旁溢水管将有水溢出，应停止注水。一位端乘务员室内设有数字式电子水位表，可查看水箱内水位。冷水箱通过折角塞门33、42（参见表10.2）向厕所、洗脸室及温水箱供水，通过折角塞门3、16向电开水炉供水。

10.2.3 温水箱装置

温水装置主要由温水加热箱、控制箱、供水管路及塞门组成。温水加热箱安装在洗脸室洗盆下部，采用底部进水、顶部出水的方式，控制系统安装在乘务员室的控制箱内。温水箱向洗脸室洗手盆供热水。

10.2.4 饮用水系统

饮用水系统主要由电开水炉、断路器Q1200、供水管、排水管及塞门等组成。开水炉采用先进的水电隔离高频逆变感应加热技术和非接触水位检测技术，可无人值守连续供应经数码净水机过滤的磁化纯净开水，见图10.8。控制表10.2中折角塞门3、16的开关，可控制向电开水炉供水或停止供水。

电开水炉设有乘客用按压式出水口及乘务员专用出水口。旋下上方出水口外露的小水嘴，可打开电开水炉外面的上部装饰面板；打开下部装饰面板，可操作电开水炉下部的乘务员专用出水口。



图 10.8 电开水炉

10.2.5 功能说明

客车在运用状态下各控制塞门应处于表 10.2 中所示开或关状态。

10.2.5.1 注水

防尘注水口位于二位端左右底架下，注水口的结构如图 10.9 所示。注水时，将外部套筒上推，露出内部注水口，将注水管与注水口拧紧，即可注水。当溢水管排水时，应关闭水阀，将注水管拔下，防尘套筒即可自动复位。

注水及溢水装置皆带电伴热，以防冬季冻结。

10.2.5.2 排水

当车辆停用或冬季在车库外较长时间停放时，将给水系统内的水全部排尽。

排水时，应将表 10.2 中处于常闭状态的折角塞门 39、3、4、5 打开，并将洗手间、厕所内各水龙头及其洗池下最低处防冻排水阀（图 10.10）全部打开。待各处水全部排尽后，将上述各折角塞门及水龙头恢复原关闭状态。

茶炉、洗脸室及厕所模块的废水皆排进污物箱（软卧及残疾人硬卧）或污水箱（硬座、硬卧及餐车），操作其控制箱上的防冻排空按钮，保证排水系统



图 10.9 防尘注水口



图 10.10 洗盆下部管路结构

无存水。用抽污设备接到污水箱（或污物箱）两端的污水阀上，将存放的污水排出箱体。

当局部管路系统发生故障时，可参照表 10.2，关闭相应部位的折角塞门，打开该部位的常闭折角塞门或水阀。将水排尽后，即可对系统进行维修。

10.2.5.3 水位显示

SWY-3C 型水位显示仪是为青藏铁路高原客车设计的一种实时进行液位监测的新产品，它采用压阻式压力传感器进行测量并可以远距离直观地显示储液



容器中液位的高低。该产品的主要特点是其抗振性能好、美观实用，弥补了浮球式和触点式液位仪目前存在的缺陷和不足。该产品主要由压阻式压力传感器、变送器 and 显示器三部分组成。传感器应能承受 50 N 的压力而不致被损坏。显示器安装在乘务员室的配电柜上（餐车在厨房照明柜上）。显示器部分采用五灯显示并采取即测即按的方式，当按下面板上的显示按钮时，根据水箱中的液位高低，显示器正确显示“0”→“1/4”→“1/2”“3/4”→“1/1”液位，不按显示按钮时无显示。显示器面板上设有电源指示灯（绿）“POWERON”，通电时该灯常亮。传感器和显示器具有良好的互换性，互换后误差不会超出允许的范围。

10.2.5.4 温水箱及电开水炉送电及使用

当各折角塞门及水阀处于正常状态，水位显示仪显示水箱注满水后，可向温水箱及电开水炉供电，在配电室内，将电开水炉控制断路器 Q1200、Q1202，温水箱控制断路器 Q1207、Q1203 扳至闭合位，即可按温水箱使用说明及电开水炉使用说明正确使用。

在紧急情况下需优先保证电开水炉用水时，可关闭表 10.2 中的常开折角塞门 33、42、5，并将温水箱断路器 Q1207、Q1203 断开，仅保证电开水炉提供饮用开水。

10.3 BSP 公司客车开水装置

TCL-22A-J 型系列全自动电磁开水炉是为了适应青藏铁路高原客车供水需要而研制的新一代专利供水设备，本设备利用列车集中供电电源，采用先进的水电隔离高频逆变感应加热技术和非接触水位检测技术，取代了传统电开水炉中易失效的电热管和水位探针，具有安全节能、维护周期长的特点，且内外胆用不锈钢材质制成，冷水和热水隔开，可无人值守连续供应经数码净水机过滤的磁化纯净开水。数码净水机能滤除自来水中细菌、胶体、铁锈等对人体有害的有机物，保留水中有益矿物质，长期饮用，有益于身体健康。

10.3.1 主要技术参数

主电路额定电压	DC500 ~ 660 V
控制电路额定电压	DC110 V（波动范围 DC77 ~ 137.5 V）
额定功率	4.5 kW



出水温度

海拔 ≤ 1500 m出水温度 ≥ 95 $^{\circ}\text{C}$ 海拔 ≥ 1500 m

出水温度随海拔的升高为降低

热水箱储水量

 ≥ 12 L

产热量

 ≥ 40 L/h (进水水温为 18 $^{\circ}\text{C}$)

冷水箱储水量

 ≥ 5 L

降温速率

 ≤ 5 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$

整机绝缘电阻

冷态 ≥ 5 $\text{M}\Omega$, 热态 ≥ 2 $\text{M}\Omega$

整机电气强度

主回路

工频 3350 V 历时 1 min 无击穿、闪络现象

控制回路

工频 1340 V 历时 1 min 无击穿、闪络现象

使用环境

海拔

 ≤ 5000 m

使用环境温度

 $+5 \sim +45$ $^{\circ}\text{C}$

储存环境温度

 $-40 \sim +40$ $^{\circ}\text{C}$

相对湿度

 $\leq 95\%$

10.3.2 电气控制原理 (图 10.11)

开水炉电气主回路主要由断路器、漏电保护器、逆变器和感应线圈等部件组成, DC600 V 电源经断路器、漏电保护器进入主电控箱, 由功率模块组成的全桥逆变器把直流电转变成 25 kHz 左右的高频交流电, 供给感应线圈, 在产水箱腔体内产生涡流并使之发热将水烧开。辅助电源 DC110 V 供给开关电源输入端, 开关电源输出 DC24 V 电源, 一路供给电磁阀和水泵使用, 另一路供给 LM7815, 使 LM7815 输出 DC15 V 电源给控制板使用。开水炉控制电路主要由 8 位单片微处理器及外围数字电路、脉冲驱动电路、水位传感器、温度传感器、稳压电源、指示灯、继电器及控制进水的电磁阀和水泵等部分组成, 在微处理器的程序作用下, 能根据产水箱水位的变化, 控制电磁阀的开/关, 逆变器的启/停, 进行断水保护, 缺水自动进水, 水位显示等功能, 并且当逆变器发生过流、过热等异常情况时自动保护停机, 等恢复正常且延时一定时间后再启动逆变器; 另外, 微处理器能根据逆变器输出的电流电压相位信号调整工作频率, 使逆变器工作在最佳谐振状态。

10.3.3 自动保温原理

开水炉采用冷热水隔离储存, 当产水箱中的冷水被加热至沸腾时 (此时水



序号	代号	名称	型号
1	0-0	接线端子	281 黄色 线径4mm ²
2	KM1, KM2	直流接触器	283 线径2.5mm ²
3	FU1	熔断器	CZT-30
4	FU2	防干烧保险丝	KLKD15 10*38
5	FU3	保险丝	1A 5*20
6	D1	隔离二极管	5A 5*20
7	L1	电感	DSE12×61-12B
8	T1, T2	功率模块	HVL2715
9	C1, C2	滤波电容	MG50Q2YSS0
10	C3, C4	滤波电容	PPA-1200V-0.15UF±10%
11	XQ	线圈	CBB61-2UF±10%1000V AC
12	DZ1	进水电磁阀	170UH*4
13	DZ2	排污电磁阀	ZCZ-6B
14	M	水泵	ZCZ-6B
15	Q	空气开关	DP-130
16	B	开关电源	5SX52(4A)
17	K1	压力温度传感器	ZYH-170-110S24S5
18	K2	温控开关	WY-C180
19	848-953	六芯插座	4023 65° 常开
20	848-874	六芯插头	(安装在开水炉门上)
21	E301	发光二极管 (绿色)	(通往开水炉以外的地方)
22	E302	发光二极管 (黄色)	DC24V
23	E303	发光二极管 (红色)	DC24V
24	+615A	DC600V正极进线	DC24V
25	-615A	DC600V负极进线	DC24V
26	+124A	DC110V正极进线	DC24V
27	-124A	DC110V负极进线	DC24V
28	PE	接地线进线	DC24V

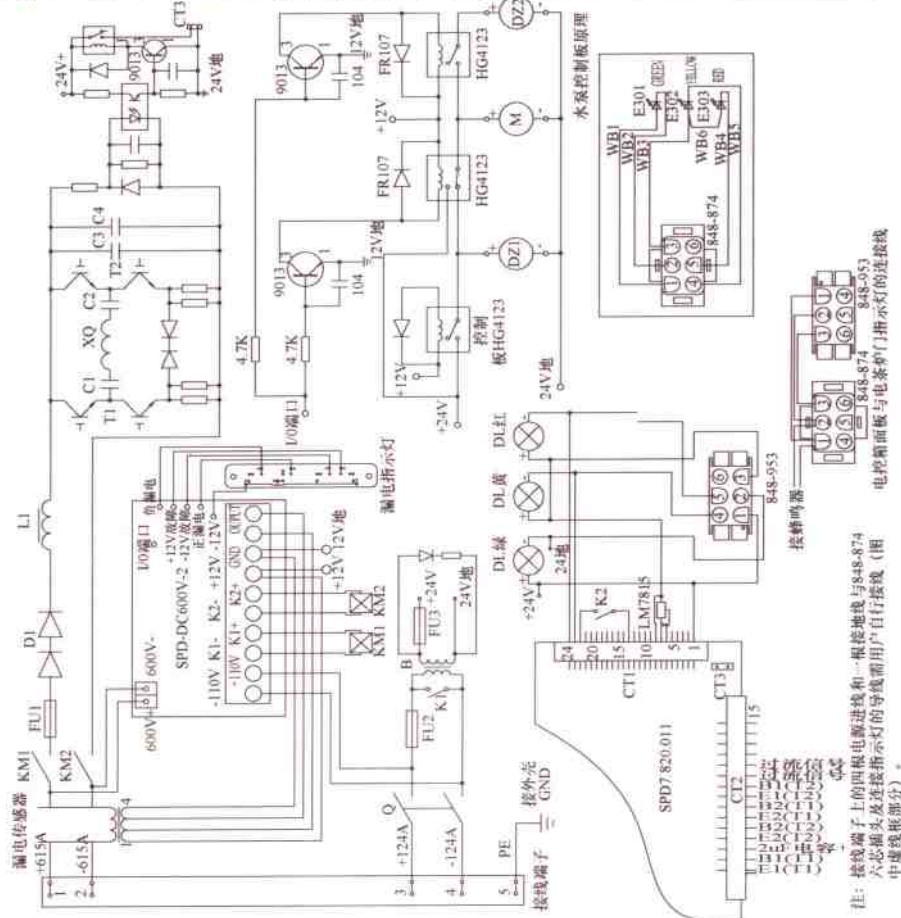


图10.11 电磁开水炉电气控制原理图



温由海拔高度决定), 沸腾的热水从产水箱膨胀筒上端跃出进入储水箱, 因而储水箱中的热水温度始终是常压下的最高温度, 解决了在海拔变化大的情况下 (火车从平原地区开往高原地区) 开水炉使用温度探针控制水温而使温度保护失效的情况。开水炉由单片微处理器设置了自动保温程序, 在储水箱满水位时能自动进入保温状态: 即开水炉能在保温 3 min 后, 自行开启加热 8 s, 这样能把电茶炉在不工作的情况下 3 min 冷却的热量通过 8 s 的加热补充回来, 保证储水箱中水温达到规定温度。

10.3.4 水位控制原理

进水电磁阀通电后, 冷水经电控箱冷却管、水泵、净水机、进水电磁阀注入产水箱, 当水位到达产水箱上水位时进水电磁阀关闭, 停止进水并开始加热, 水沸腾后从翻水膨胀筒上端跃出, 进入储水箱, 使产水箱水位下降, 当降至产水箱的中水位时进水电磁阀打开补水, 水位升至上水位时停止补水。当储水箱内水位升至上水位时, 电控箱停止工作, 自动进入保温状态。当取用开水使储水箱内水位降至下水位时, 电控箱再次工作。如此即可连续不断地供应开水。参见图 10.12。每次接通电源开机时排污电磁阀自动打开 1 min, 自来水通过排

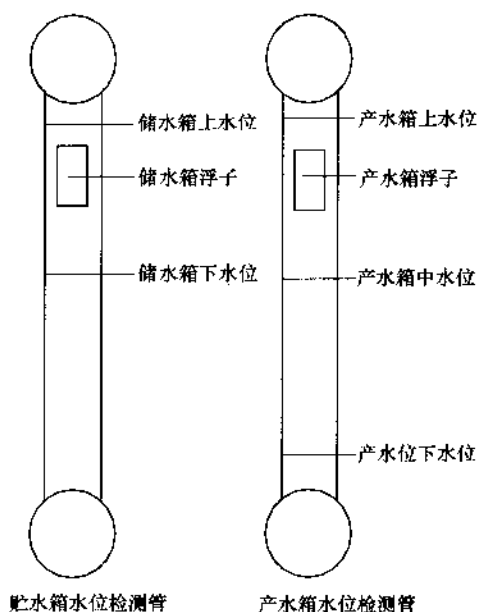


图 10.12 水位显示及传感器组件示意图



污电磁阀直接对过滤膜进行冲洗，冲水量 1.7 L，经冲洗后的自来水变成污水排入接水盘中。水源的利用率 $\geq 99.5\%$ ，自来水穿透净水机中的过滤膜后变成净水，自来水中的杂质被阻挡在过滤膜上，越积越多。净水机的排污过程是指关闭净水机出水口，打开净水机排污口，自来水对过滤膜直接冲洗，自来水把过滤膜上的杂质冲下来后变成污水，经排污口流入接水盘中。2 个电磁阀和水泵都是联动的，当任何一个电磁阀打开时，水泵都会自动打开（参见图 10.13）。

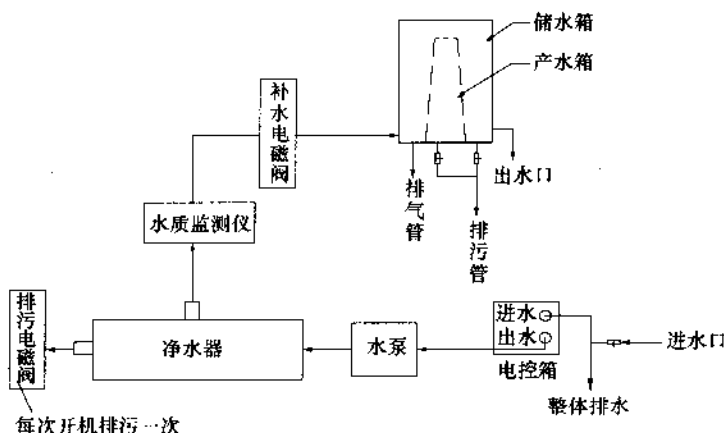


图 10.13 开水炉管道流程图

10.3.5 二次保护（防干烧）原理（图 10.14）

开水炉具有二次缺水保护，即当产水箱水位降至下水位时，开水炉迅速进入补水程序，停止加热；开水炉安装有压力温度控制器，即使在水位传感器失灵或发生器件损坏等突发情况下：产水箱内缺水，甚至无水，开水炉加热腔迅速升温，这时装在加热腔中的温度控制器能立即动作，电控箱面板上的防干烧保险丝熔断，电控箱停止工作，防止加热线圈损坏。

10.3.6 漏电保护原理

开水炉设有漏电保护装置，主要用于检测 DC600 V 直流负载及线路的绝缘状况。当正电压（或负电压）对地漏电流大于 10 mA 时，本装置的正漏电（或负漏电）指示灯亮，并切断电器输出控制信号；通过将本装置的内部继电器触点接入控制回路，可实现保护作用。

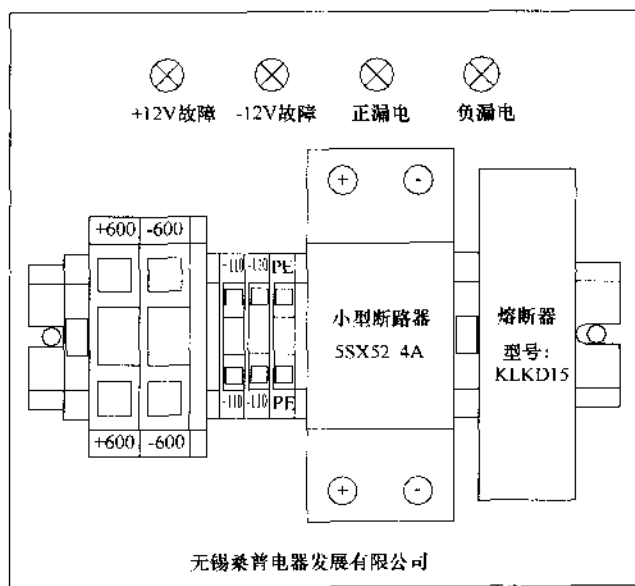


图 10.14 漏电检测装置面板示意图

10.3.7 净水机防冻与保存原理

数码净水机中的滤芯是中空超滤膜，当净水机工作在 0°C 以上环境时，自来水从净水机的进水口进入中空超滤膜内，在水压作用下，透过中空超滤膜壁进入净水腔内，通过净化水出口供给开水炉使用。当净水机工作在 0°C 以下环境时，管路中的自来水会结冰，开水炉因补不到水就会处于缺水状态而停止工作，中空超滤膜内的存水也会结冰；净水机长期不使用（超过3天），过滤膜内排不尽的存水会滋生细菌，所以当 0°C 以下保存或长期不使用时，请在开水炉的加注口加注保存液（必须使用由厂家提供的保存液）。

10.3.8 性能特点

(1) 高效节能。采用技术先进的高频逆变感应加热原理，水电隔离，节能、热效率高、产水量稳定、结垢少。

(2) 清洁卫生。无污染气体产生，热水龙头放出的水是刚沸腾、经电磁波杀菌、消毒的新鲜磁化纯净开水。当纯净水在产水箱中被涡流加热时，其水分子被高频脉动磁场的磁力线反复切割而磁化，水被磁化时改变了水中金属钙、镁离子与酸根离子间的聚合趋向，抑制了悬浮微粒在受热面上的附着力，这是



磁化水的非生物效应；同时由于水分子是极性分子，水经磁化后，单分子水的数量大大增多，其活性大大强于其他分子，因而磁化水有杀菌、消毒、治疗结石、帮助消化、镇静、驱虫、治疗溃疡等慢性病疗效作用，这就是磁化水的生物效应。磁化水对人体有祛病、防病、医疗保健作用，有助于清除旅客旅行途中常有的“水土不服、胃口不佳”等不适应现象。数码净水机是把自来水中细菌、胶体、铁锈等对人体有害的有机物滤除，保留水中有益矿物质，长期饮用，有益于身体健康，美容护肤。

(3) 除垢简单。因采用水电隔离的感应加热原理，结垢细而少，打开排污阀即可达到除垢效果，节省了排污费用和降低了劳动强度。

(4) 安全可靠。加热组件抗振动、耐冲击，使用寿命长，整机能在垂向1g、横向2g、水平（沿车辆运行方向）3g下正常工作；不产生明火，被誉为安全型“冷加热”开水炉，功率变换器件可靠性高，并用铝方管水冷却技术；整机绝缘电阻大于20 MΩ，整机主电路电气强度经50 Hz、2 500 V/min、控制电路电气强度经50 Hz、1 500 V/min均无击穿，无闪络现象。

(5) 自动控制。全自动连续工作，减轻工作人员的劳动强度，具有瞬间过压过流保护、功率器件超温保护、断水保护、缺水自动进水、水位显示等功能。采用非接触磁敏水位检测技术，有效解决了通常用水位探针因带离子沉淀加速产生水垢导致控制失效的问题。

(6) 维护简便。电控箱、炉体及加热器活动连接，方便拆卸、检修和清洗，可方便地更换电控箱，加热线圈等部件。

10.3.9 炉体结构

(1) 开水炉的内部结构参见图10.15。开水炉由柜体、电控箱、漏电保护器、产水箱、储水箱、加热腔、水位传感器、电磁阀、水泵、数码净水机、压力温度控制器、排气冷凝器等器件组成。

(2) 电控箱是开水炉的功能控制部件（见图10.16），决定功率输出，它与水位传感器配合，具有开水炉过热、过流、缺水保护等多种功能。产水箱用于存放生水，与加热腔相连，加热腔中装入加热线圈，在交变电场作用下产生磁场，产生涡流，是产生开水的热源。储水箱是存放开水用的，外接水位传感器，产生水位信息，达到控制开水炉的加热与停止。

(3) 净水机采用先进的膜分离技术与垂直交叉过滤原理，有1个进水口和2个出水口，自来水进入净水机后，水分子、对人体有益的矿物质在水压的作用下，透过中空超滤膜壁进入净水腔内，最后进入产水箱，而铁锈、细菌、胶

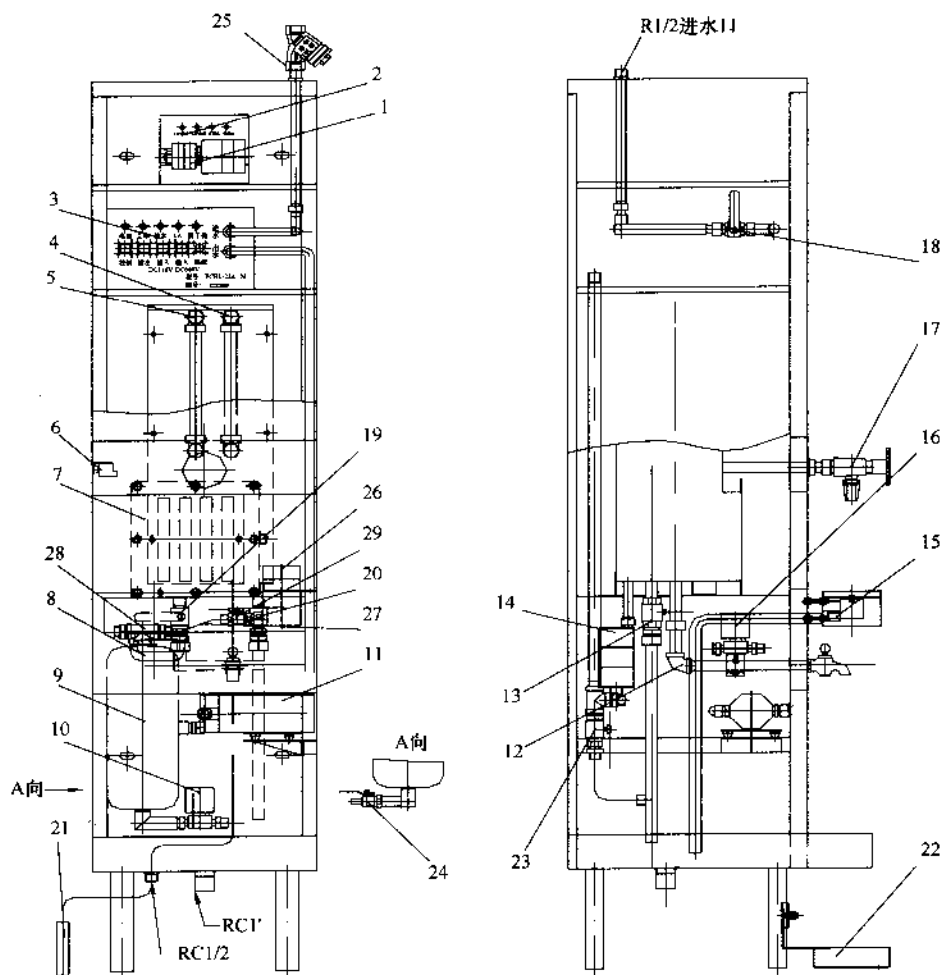


图 10.15 开水炉内部结构示意图

- 1—接线端子；2—DC600 V 漏电保护器；3—电控箱；4—储水箱磁控管；5—产水箱磁控管；
6—干烧保护器；7—加热器；8—数码水质监测仪；9—净水器；10—定时排污电磁阀；11—水泵；
12—乘务员水龙头及管；13—整体排水阀；14—排气冷凝器；15—接水盘；16—产水箱电磁阀；
17—热水龙头；18—进水阀；19—产水箱排污阀；20—储水箱排污阀；21—水箱下水管；
22—活动接水盘；23—整体排水阀；24—净水器手动排水阀；25—过滤器；26—保存液加注杯；
27—不锈钢波纹管；28—Rc 1/2 三通接头；29—保存液加注阀。

体等其他杂质则被滞留在中空超滤膜管内随排污电磁阀的打开而排出，同时数码净水机还采用了世界先进的数码监控技术，能自动监测设备的运行状况，提醒维护、同时保证水质安全。净水机的核心部分是滤芯，如果损坏或寿命到期，

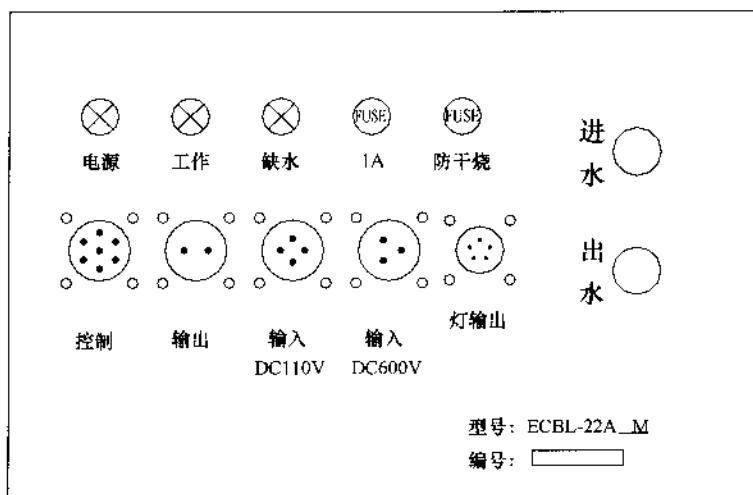


图 10.16 电控箱面板示意图

净水机就会失去净化效果，数码净水机特有的数码监测仪采用当今世界最先进的数码技术与测量技术，能准确监测净水机的运行状况和监测滤芯的寿命，适时提醒用户作出反应，保证用水时安全与健康。

10.4 BSP 公司客车卫生间模块

BSP 公司生产的青藏铁路高原客车共有三种厕所：蹲式厕所、座式厕所和残疾人厕所，硬座车、硬卧车设有 2 个蹲式厕所，位于二位端，2 个厕所结构对称。软卧车设有一个蹲式厕所，一个座式厕所，蹲式厕所位于三位角，座式厕所位于四位角。残疾人硬卧车设有一个蹲式厕所，一个残疾人厕所，残疾人厕所位于三位角，蹲式厕所位于四位角。

10.4.1 概述

三种厕所虽形状、尺寸不同，但其主要结构类似，主要由地板、围板、洗面台、顶板、水系统、便器、电加热系统、电气及公共播音系统等各部分组成。顶板、围板、地板通过螺栓、螺母连接，组成一个房间，各设备、部件都装于这个房间内或顶板上，围板上。



10.4.2 结构简介

(1) 地板

地板上覆有一层橡胶地板面,有防滑的作用,地板上设有一个地漏,能排除地板的积水,使之流到污水箱内,见图 10.17 ~ 图 10.19。蹲式厕所的地漏行车时关闭,在入库打扫卫生时,可以打开,地漏直接排到车外,行车时地板上的污水可流入便器;座式厕所、残疾人厕所的地漏与污水管相连,地板上的污水可通过污水管汇集到污水箱内。

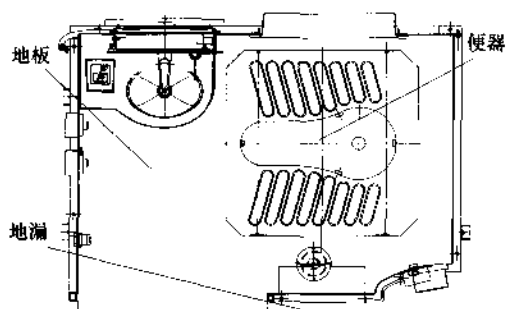


图 10.17 蹲式厕所地板

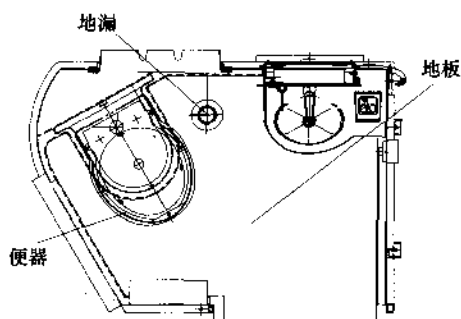


图 10.18 座式厕所地板

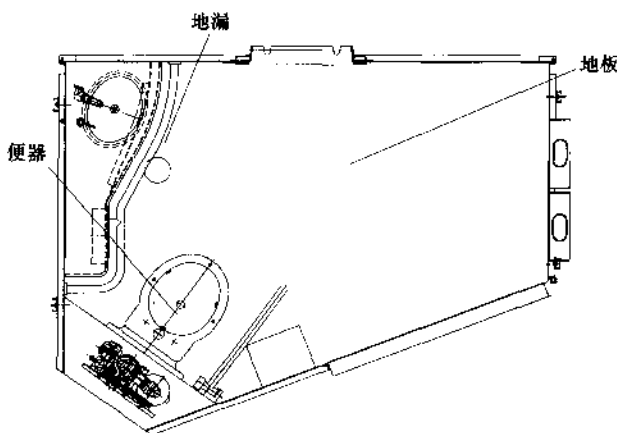


图 10.19 残疾人厕所地板

(2) 围板

围板材质为玻璃钢板,厚度为 5 mm,上面装有衣帽钩、面纸盒、镜子、电



加热罩板、电加热管、软风道、冲洗按钮、呼叫按钮、便纸垃圾箱、坐垫盒、扶手等设备。

衣帽钩：铝制吊钩，用于吊挂衣服、袋子等，见图 10.20。

面纸架：位于镜子后面，用于盛放面巾纸。

呼叫按钮：位于洗池右侧。为圆形，具有 Led 显示其位置，有一根带电气连接器的电缆。它由一个头部和一个主体组成。乘客可在紧急情况下按此键呼叫乘务员。见图 10.21。



图 10.20 衣帽钩



图 10.21 呼叫按钮

扶手：蹲式厕所、座式厕所为一竖直钢管，作为乘客使用厕所时扶持之用。残疾人厕所设有折叠扶手各弯曲扶手。折叠扶手位于便器旁边，弯曲扶手环绕在洗面台前面。

镜子：位于洗池上面，可以用三角钥匙打开。通过两个折页可拆除。

冲水按钮：位于洗池旁。绿色圆形按钮，有一个带电气连接器的电缆。厕所使用完毕之后，乘客须按此按钮冲洗。见图 10.22。

电加热罩板：采用不锈钢盖板，内装加热管。

两个电加热管：每个加热管功率为 250 W，加热由此通过的气流。

软风道和风机：把从空调系统供过来的空气输送到加热器的一竖管，风道外面包覆一层隔热材料——铝箔。风道中部装有风机，通过风机加压，把空气供给电加热，冬季电加热工作时，可以加强电加热的散热，夏季可输送空调系统的冷风。

便纸架：位于便器旁边，用于提供手纸。

便纸垃圾箱：用于投放便纸等垃圾。



图 10.22 冲水按钮



图 10.23 检查门与坐垫盒

检查门与坐垫盒：座式厕所、残疾人厕所装有座式便器，在便器的后面间壁上开有大的检查门，用于检修真空组件盘。在检查门上装有坐垫盒，用于装坐垫纸，座圈纸可从检查门前面抽出。见图 10.23。

(3) 洗面台

由洗手盆、台面、皂液器、检查门、垃圾投放口及垃圾箱、洗面台围板、延时水阀和芳香盒组成。

洗手盆：嵌于台面上。为不锈钢材质。见图 10.24 (a)、图 10.25 (c)。

台面：洗面台的上表面，蹲式厕所与座式厕所的是不锈钢材质，残疾人厕所的是人造大理石材。见图 10.24 (a)、图 10.25 (c)。

皂液器：位于水阀旁边，固定在台面上。按一下可取出皂液。

检查门：玻璃钢材质，厚度为 5 mm，可以使用三角钥匙打开并通过两个折页拆卸。打开检查门可以取出垃圾箱，检修排水系统、过滤减压阀和水增压器等部件。

垃圾投放口及垃圾箱：蹲式厕所、座式厕所的投放口位于台面上，垃圾箱固定在检查门后面，装一个垃圾袋的垃圾箱。残疾人厕所的垃圾投放口位于洗面台围板上，垃圾箱亦固定在围板上，为不锈钢材质，可通过检查门取出。见图 10.24 (b)、图 10.25 (c)、图 10.25 (d)。

围板：洗面台的侧板，玻璃钢材质，厚度为 5 mm。座式厕所的便纸架固定在上面。见图 10.24 (a)。

延时水阀：当压下水阀后，水就会流出。见图 10.24 (a)、图 10.25 (a)。

芳香盒：位于检查门上，用于装芳香剂。

(4) 顶板

为玻璃钢材质，上面设有顶板检查门、扬声器箱、烟雾探测器、顶灯和连接器等部件。见图 10.26 ~ 图 10.28。



图 10.24 残疾人厕所洗面台



图 10.25 蹲式、座式厕所洗面台

顶板检查门：为玻璃钢材质，通过它可以接近顶板上的设施，上面装有废排风口、扬声器。可以使用专用三角钥匙打开、通过两个折页拆卸。

烟雾探测器：当厕所内烟雾达到一定浓度时发生报警。

扬声器箱：位于顶板活门上方，内装扬声器。

顶灯：位于顶板上用以照明，可半灯、全灯控制。

连接器：位于顶板上。

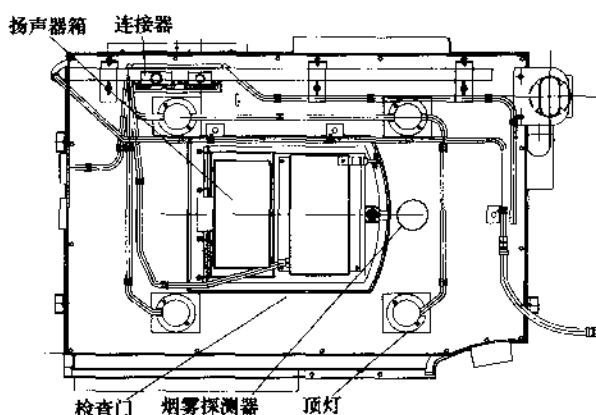


图 10.26 蹲式厕所顶板

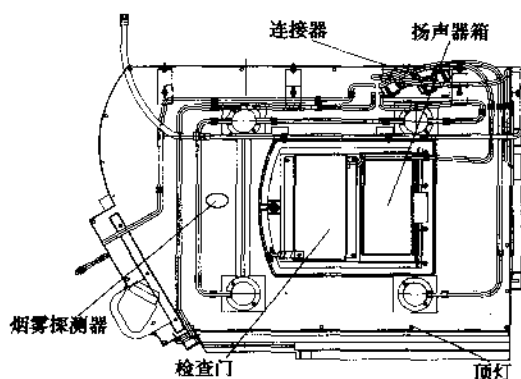


图 10.27 座式厕所顶板

(5) 水系统管路

冷水管路与供水系统相连，水管路通过夹层竖直通到台面下方，向冷热水阀及温水箱供水，台面下方的管路上设有水阀，可以断开供水，以用于管路检修，管路的最低处设有放水阀，用于排空管路内的积水。温水箱位于台面下方，固定在侧墙上。通过软管与冷热水阀相连。三个水盆的污水汇集到污水管路，排到车下污水管路，排入污水箱。为防止车底排水系统出现堵塞，洗盆下部的

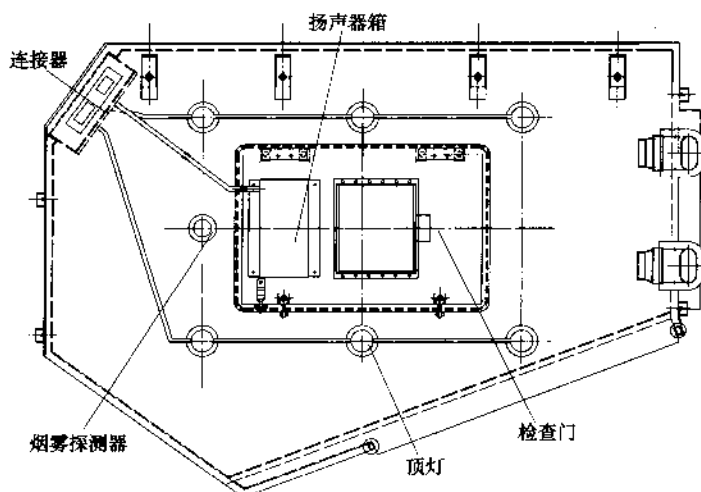


图 10.28 残疾人厕所顶板

排水管路中设有特制的过滤装置，可以定期拿出过滤盒内安放的滤筐，清理内部的污物。

(6) 电加热系统

是指位于侧面的加热管及罩板，用于冬季供暖。

(7) 电气及公共播音系统

位于顶板上设有电力连接器，用于厕所与车辆的供电、通信系统连接，顶板上不装有扬声器。作用是给模块设备供电及广播。

(8) 便器

便器是真空集便系统的一部分，蹲式厕所装有蹲式便器，座式厕所、残疾人厕所装有座式便器。真空集便系统将在第 10.6 节进行详细介绍。

10.5 BSP 公司客车污水收集装置

污水收集系统是青藏铁路高原客车全新概念之一，是不同于其他普通客车的新增设备，也是客车设计的重点和难点。该系统专门用来收集来自洗脸室洗盆及电开水炉使用中产生污水的装置，实现了污水定点排放，可在车上控制向车下排放，既适用于普通线路，又适应于青藏冻土地带，从而保护了青藏沿途线路的自然环境。污水箱悬挂安装在车底底架上。

污水箱组成用于收集和存放列车污水，直到污水箱在站台上排空。污水箱



组成由内箱体（不锈钢）、特制水封、电气控制箱、停车排水阀、液位电极、排空阀、通气管、冲洗阀、紧急排放装置和多套防冻（解冻）系统等组成。见图 10.29。

电气控制箱装在污水箱上，功能是在污水收集系统中产生相关联的动作及检测信号。

污水箱的两端各装有 1 个排空阀、1 个冲洗阀，用作污水箱排放、清洗用。排放阀使用 2.5 英寸快速接头和地面排空设备配套，方便排空操作。

在车上二位端消防设备存放间下部装有污水收集系统电控单元（见图 10.30），其面板上设有电源指示灯（AC220 V），加热（故障）指示灯和液位指示灯及紧急排放按钮和停止用水（也称停车排水）按钮相连。当污水箱 80% 满指示灯亮时，系统继续工作，应做好排水准备；当污水箱 100% 满指示灯亮时，系统应停止进水。

当污水箱满时，可在客车低速运行或由乘务员根据具体情况，打开紧急排放开关后，此时接通紧急排放系统的电源，污水箱中污水可靠重力排到车外（排放量和排放地点由乘务员控制）。排放后紧急排放开关自动复位，此时，系统不影响收集污水。

污水箱的紧急排放阀箱体上的法兰盘孔又可充当检查门用，设在污水箱一端，保证客车在低速运行时可以排放一定量污水；由 2.5 英寸排放阀、电磁阀、通气管组成。当按下车上控制面板上的排放开关后，2.5 英寸排放阀打开，满水情况下污水箱中 50% ~ 60% 的污水便可排到车外。在污物箱的内箱缠有自控温电伴热线，起防冻作用，保证系统在低温可正常工作。污水箱防冻、解冻主要依靠 3 组加热器由温度控制器根据用户需要发出指令而触发让其工作。该装置主要集中了防腐蚀、防结垢原则，兼顾了检修、维护、更换方便、成本低廉等特点。箱体其他部分的防冻采用自控温电伴热线。自控温电伴热线的具体结构为：在两根平行的铜导线之间，均匀覆盖一层扁平的 PVC（正温电阻系数）发热材料，该材料是用一种高聚合物与炭黑按一定的比例混合，在规定的技术条件下经专用设备处理而成；该材料随温度降低电阻减小，电流加大，输出功率加大；随温度升高电阻加大，电流减少，输出功率降低。功率根据温度变化自动调节，不需要增加温控元件。

10.5.1 结构组成（参见图 10.29）

10.5.1.1 水封装置

水封装置用于控制列车污水箱内外有 30 ~ 50 Pa 的压差，利用该压差来防止

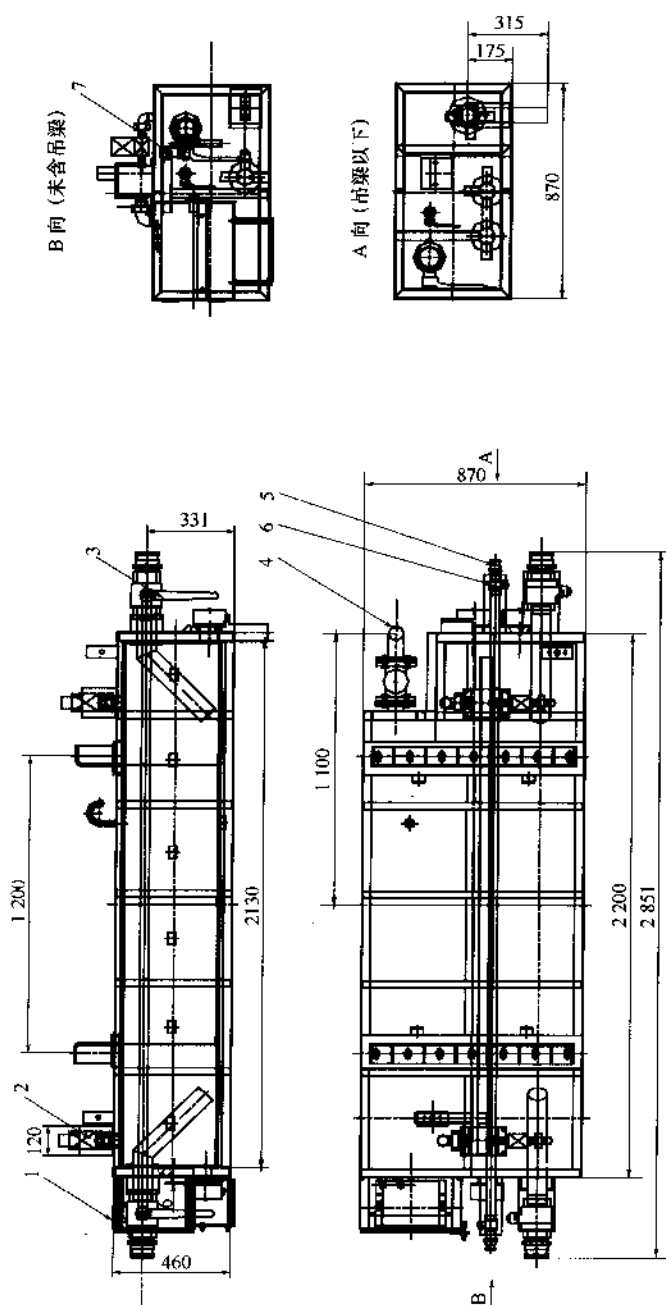


图10.29 污水箱组成

1—电气控制箱；2—水封装置；3—球阀；4—停车排水电磁阀；
5—冲洗喷嘴装置；6—冲洗水阀；7—电极。



图 10.30 污水收集系统电控单元面板图

污水箱向客车管路泛污（臭）气。

当列车停止用水后，必须按一下控制面板的停车排水按钮，电路将自动控制排除水封内污水，防止列车停运冻坏水封。水封排水后，必须停止一切有可能进入水封的用水。

10.5.1.2 电气控制箱

电气控制箱是将客车提供的 AC380 V 电源，通过对信号采集按需要控制整个污水箱系统的电气控制使用。

电气控制箱由 1 个延时时间继电器，3 个互感器，1 个中间继电器，1 个空气开关，1 个多功能信号采集电子模块，1 个接触器，1 个手动与自动万能转换开关，1 个 DC-DC 电源模块，1 个数码调温控制器和多节端子排组成。系统控制器控制电气控制箱外的电器件工作，并实现其各种功能，将自我检测的信号输出给指示灯。客车向电气控制箱提供 DC110 V 电源作为污水采集系统控制电



源使用,并为污水箱防冻提供 3 相 50 Hz, AC380 V/AC220 V (允差 $\pm 10\%$) 的防冻电源。

10.5.1.3 电极

电极是装在污水箱内的信号开关。一个信号开关是指液位达到 80% 箱满状态;另一个信号开关是指液位达到 100% 箱满状态。通过系统检测污水箱的液位,相应的指示灯会显示。

10.5.1.4 冲洗喷嘴装置

污物箱的两侧装有 2 个 1 英寸球阀、冲洗喷嘴及相关配件;在排放污水后,从冲洗喷嘴里喷出的水可以冲洗污水箱的内面,水压越大,冲洗的程度相对越干净。

10.5.1.5 停车排水电磁阀

该电磁阀用于控制是否排空水封内的污水。阀处于常闭位置时,水封有水,保持污水箱内外在规定压差下不泛臭味;当有电时,阀打开使污水经管路进入污水箱内。

10.5.1.6 排气管

排气管装在污物箱上端,箱内空气只能从排气管中排出,保证空气对流,使污物箱中保持相应的内外均压。

10.5.1.7 球阀

(1) 冲洗球阀

在污水箱两端各有一个手动作用冲洗球阀 (1 英寸),用于控制冲洗喷嘴的出水量。

(2) 排污水阀

在污水箱两端各有一个手动作用排污水球阀 (2.5 英寸),将手柄搬至水平时,排污水阀打开。在排污水时,排污水球阀通过 2.5 英寸快速接头和地面配套排空设施相连。

对于硬座、硬卧及餐车,打开车辆底部密封舱两侧的手动塞拉检查门,即可露出 550 L 污水箱两端的排污水阀及冲洗水阀 (见图 10.31)。

10.5.2 主要技术参数

10.5.2.1 污水箱装置系统技术参数

控制电源: DC110 V

防冻电源: 三相四线制 50 Hz, AC380 V/AC220 V (允差 $\pm 10\%$)

重 量: 450 kg

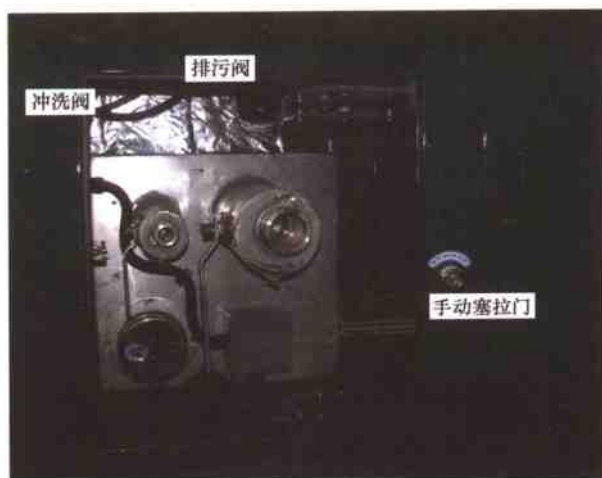


图 10.31 污水箱水阀

10.5.2.2 污水箱所属配件技术参数

- (1) 2.5 英寸排空球阀配 2.5 英寸快速排空接头和地面排空设施相连；
- (2) 1 英寸冲洗球阀配 1 英寸快速排空接头和地面供水管相连；
- (3) 电极式水位开关输出信号给上电自检电子模块，显示 80% 和 100% 箱满状态；
- (4) 防冻温度变化范围为 $+8 \sim +15^{\circ}\text{C}$ ；
- (5) 防冻温度误差为 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
- (6) 适用环境温度为 $-45 \sim +40^{\circ}\text{C}$ ；
- (7) 系统总功率 3kW [采用电加热管（丝）和自控温电伴热线相结合]。

10.6 BSP 公司客车真空集便系统

10.6.1 真空集便系统的特点

厕所及其集便系统作为铁道车辆的一个重要组成部分，在运行中不断地承受三维振动，周期性地承受内外气压变动，从酷暑到严寒，广泛运用于各种条件下。现有的运用系统，只能是基本满足平原运行的需要，对于在高原运行仍有许多问题亟待解决。青藏高原生态环境脆弱，对环境保护的要求极高，客车在青藏线运行时必须满足“污水污物零排放”的要求；高原铁路长达 1142 km，其间多是无人值守车站，没有完善的供给设施，必须节约能源以满足较长时间



的运行要求；高原铁路环境恶劣复杂，要求系统有更高的可靠性；为了保证足够的氧气浓度，系统还必须采用相应的密封措施来满足车辆的气密性要求。

青藏铁路海拔高、气压低，真空集便系统在青藏铁路上运用时存在的问题是：形成所需的操作真空度时间长，压缩空气消耗量大。为保证足够的运行时间，必须增大箱体的容量，这将导致更大的压缩空气消耗量。即便采用新型的真空喷射器，基于其原理也不会有效的降低压缩空气消耗量。为解决该问题，只有减小所要形成真空的容积。因此我们提出了 TRANSFER 方案，该方案的基本原理是：将污物箱从内部分割成一大、一小两个箱体，两箱体之间通过止回阀相连通；便器需要排空时，只在小箱体内形成真空，将污物抽吸到小箱体中；便盆排空后，小箱体内的压力同正常气压，无真空。当小箱体内污物满时，再在大箱体内形成真空，将污物通过特制的止回阀从小箱体抽吸到箱体内。

应该说，该系统的基本形式采用 EVAC2000E 形式，增加了自主开发的 TRANSFER 功能。其类似于 EVAC 的 COMPACT 推拉式技术。TRANSFER 方式同推拉式的不同在于从小箱往大箱传输污物时采用负压真空排放即是吸而不是压，其目的是为了 avoid COMPACT 推拉式在加压时的返喷现象，因此其可靠性更高。更重要的是这种方案不改变车体的现有设计，管路易于布置，即使出现止回阀故障，也可将止回阀去掉，使两箱体直接连通，按一个箱体使用。

为了进一步提高青藏铁路高原客车集便系统的可能性，我们总结了现有集便系统在运用中存在的问题并结合青藏客车实际运行条件，在防止便器堵塞，低温运行，灰水收集，节约用水，提高冲洗效果等方面上，进行了以下全新的优化设计：

(1) 将便盆出口由 $\phi 110\text{ mm}$ 改为 $\phi 50\text{ mm}$ ，避免异物进入管路。

(2) 对便器的冲水水嘴进行了优化设计，经过多次试验，确定了最佳型式与位置，在每次冲水量仅为 $0.45 \sim 0.5\text{ L}$ 的前提下，保证了最佳的冲洗效果。

(3) 污物、污水采用不同的排泄管路，以达到排便、排水分离；在排水管、地漏和污物箱之间增加特制水封暂存罐以防止异味，排水系统由暂存罐、液位开关、控制模块、角座阀、电磁阀等组成。见图 10.32。

车上洗脸间和电茶炉的灰水靠重力自流通过灰水管路流到灰水罐内。灰水罐采用不锈钢制作，容积为 5 L 。当灰水在灰水罐内达到液位开关 Y5 的设置点时，液位开关 Y5 向控制系统发出信号，控制单元开始在污物箱小箱体和管路中形成真空，真空达到后，电磁阀换向，使排放阀打开，排空灰水罐，使灰水进入到污物箱内。

灰水收集箱的箱门及箱体内壁贴有保温材料且箱内缠绕有伴热线，用于箱



体的冬季保温。

软卧车和残疾人硬卧车二位端用污物箱的灰水收集系统的灰水入口和灰水管路之间增加了一个灰水直排阀电磁阀，由设置在车上真空组件盘上的“灰水直排/灰水收集”选择开关控制，置“灰水直排”位时，灰水不进入该灰水收集装置，直接排到车外。

(4) 加大了系统的加热功率，由原来的 2 kW 到 3.5 kW；改进了污物箱的外包设计，使污物箱有很好的密封性，能有效地避免水的渗入。

(5) 增加了故障检测及处理功能，一般故障系统能自动处理，不需要人工检查，只需根据故障的提示进行相应的处理。

间歇式 TRANSFER 系统与保持式系统的基本技术参数对比如表 10.4 所示。

表 10.4 间歇式 TRANSFER 系统与保持式系统的基本技术参数对比

系 统	2000ETTRANSFER	2000P
类型	间歇式真空操作	保持式真空操作
每次冲洗水消耗量	每次冲洗 0.45 L (蹲、座式便器)	
每次冲洗压缩空气消耗量*	<40 L (常压) <80 L (-46 kPa 气压下)	<150 L (常压) <350 L (-46 kPa 气压下)
压缩空气流量*	不小于 500 L/min	不小于 500 L/min
操作真空	-18 ~ -22 kPa	-20 kPa 以上
压缩空气供应	500 ~ 1 000 kPa	500 ~ 1 000 kPa
便器压缩空气连接	气动快速接头接管 PAφ8/6	
真空发生器压缩空气连接	气动快速接头接管 PAφ12/10	
水连接	1/2 英寸不锈钢软管	
便盆输出连接	48.3 mm (AD) 的橡胶直通或 90°橡胶弯头	
污物箱卸污接口	2 $\frac{1}{2}$ 英寸快速接头	
污物箱冲洗水管接口	1 英寸快速接头	
控制电源输入	DC110 V (允差 ±30%)，待机状态电流消耗量：至多 0.3 A	
加热电源输入	AC380 V，加热功率：3 800 W	

* 数据为 1 个标准大气压下的体积。

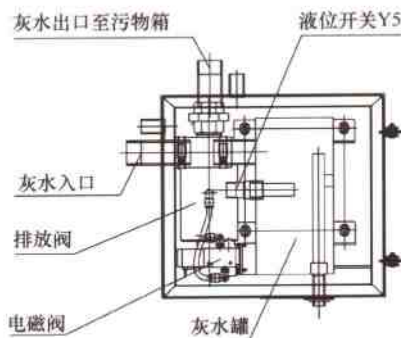


图 10.32



10.6.2 真空集便系统的控制原理及气水原理

考虑实际装车需求和系统控制的灵活性, 整个控制系统采用单片机设计形式, 在功能控制上采用模块化方式, 整个控制系统采用两种控制模块组成: 主控制模块、便器冲洗控制模块。便器冲洗控制模块安装在所控制的便器组件上, 控制便器的冲洗循环, 同主控制模块之间通过电缆进行通信。主控制模块安装在车上相应的位置, 主控制模块除了与各个便器冲洗控制模块进行通信, 处理来自各个子模块发出的动作请求并进行协调, 以及显示、存储各个子模块相关的故障信号之外, 还包含对污物箱、灰水收集装置、真空组件盘的动作控制、信号显示、信息存储。见图 10.33。

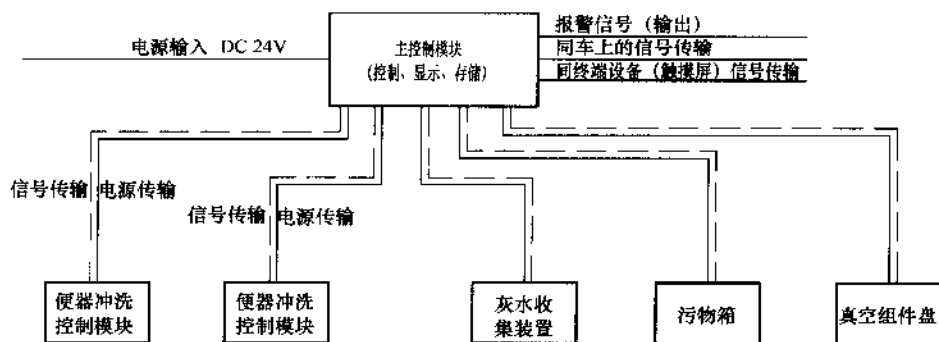


图 10.33 真空集便系统控制系统结构图

青藏铁路高原客车为了保证污水零排放, 设计了特殊的污物、污水收集排放系统。以较为典型的软卧车为例, 真空集便系统的气水原理如图 10.34 所示。

在非高原地区, 电开水炉的滴水, 洗手间及厕所内的洗手盆水通过电磁阀 V9 直接排放至地面; 厕所内的污水及污物则收集到暂集便箱内。

在高原地区, 电磁阀 V9 导向排放阀, 因此, 电开水炉的滴水、洗手间及厕所内的洗手盆水经电磁阀 V9 及暂集水箱, 由排放阀收集到暂集便箱内。

10.6.3 真空集便系统的配置

青藏铁路高原客车有四种车型采用了真空集便系统, 它们根据车体的结构、配置和定员有一定的不同: 软卧车设置了一蹲一座两个便器, 共用一个 550L 的污物污水箱, 同时收集污物与灰水; 硬卧车设置了两个蹲式便器, 共用一个 710L 的污物箱, 只收集污物; 残疾人硬卧车设置了一蹲一座两个便器, 分别各享用一个

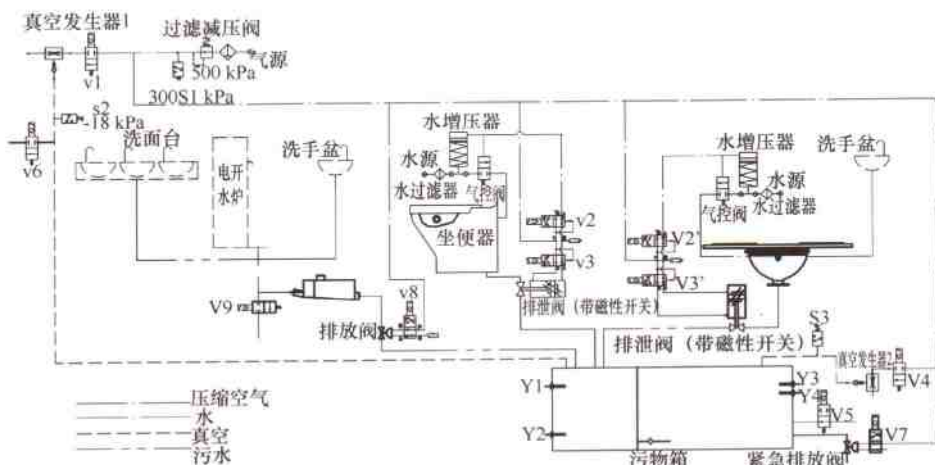


图 10.34 真空集便系统气水原理图

550 L 的污物污水箱，同时收集污物与灰水；硬座车设置了两个蹲式便器，分别用一个 550 L 的污物箱，只收集污物。应该说明的是，除硬座系四位角的厕所由于车辆结构而采用真空保持式外，其余四种集便系统都采用 2000ETTRANSFER 型，不同之处在于各系统的配置不同，个别部件外形及安装尺寸有所不同，功能基本相同。各车型都采用一个控制箱，均布置在车辆的四位角处。

四种集便系统的配置如表 10.5 所示。

表 10.5 四种集便系统配置表

	软卧车	硬座车		普通硬卧车	残疾人硬卧车	
蹲式便器组成	1 套 (右)	1 套 (右)	1 套 (左)	2 套 (左右)	1 套 (左)	
蹲式水增压器组成	1 套 (右)	1 套 (右)	1 套 (左)	2 套 (左右)	1 套 (左)	
座式便器组成	1 套					1 套
污物箱组成	1 套 (550 L)	1 套 (550 L)	1 套 (550 L)	1 套 (710 L)	1 套 (550 L)	1 套 (550 L)
真空类型	间歇式	间歇式	保持式	间歇式	间歇式	间歇式
真空组件盘	1 套	1 套		1 套	1 套	1 套
灰水收集装置	1 套				1 套	1 套
同时收集灰水	是				是	是
收集/直排转换	有					有
控制单元	1 套	1 套 (共用 1 套)		1 套	各 1 套 (安装在一个电控箱内)	

10.6.4 真空集便系统的组成

软卧车真空集便系统组成如图 10.35 所示。



1—蹲式便器；2—座式便器；3—水增压器；4—真空组件盘；5—控制单元；6—污物箱；7—冲洗按钮；8—过滤减压阀；9—管路水过滤器。



蹲式便器和座式便器分别安装在车上的卫生间内；水增压器将用于冲洗的水源进行加压（仅用于蹲式便器，座式便器已集成）；真空组件盘用来产生系统操作所需的真空；控制单元来控制系统的运行；污物箱用来收集和存储旅客的排泄物和灰水；冲洗按钮用来触发便盆排空；过滤减压阀用来将进入系统的压缩空气进行过滤减压；管路水过滤器用来将进入系统的水源进行过滤。

10.6.5 真空集便系统部件组成（以较为典型的软卧车为例）

10.6.5.1 蹲式便器组成（图 10.36）

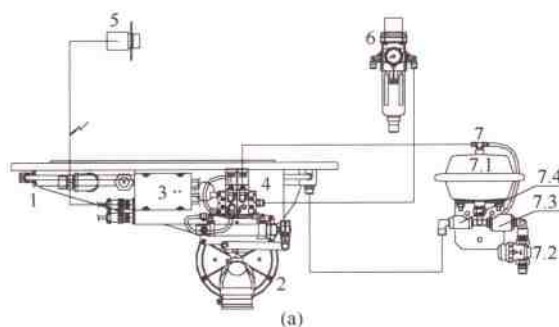


图 10.36 蹲式便器组成

1—蹲式便器；2—排泄阀；3—冲洗控制模块；4—阀组；5—冲洗按钮；6—过滤减压阀；7—蹲式便器水增压器组成；7.1—水增压器；7.2—管路水过滤器；7.3—止回阀；7.4—气控制阀。

蹲式便器组成为地面安装，采用不锈钢便盆。其主要由以下部件组成：带有冲洗喷嘴的蹲式便盆 1、排泄阀 2、冲洗控制模块 3、阀组 4、冲洗按钮 5、过



滤减压阀6、蹲式便器水增压器组成7。

该便器的设计能利用最少水量达到最佳的冲洗效果,水消耗量为0.45 L/次。便盆排出口与一个90°弯管直接连接,这样的便盆排出口,能够阻止可能在系统中造成堵塞的物体。蹲式便器组成装有高液位开关,若因便盆出口阻塞等原因使便盆内污水液位达到高液位开关的安装位置,高液位开关将产生一个信号传送到冲洗控制模块,冲洗控制模块控制便器执行一次无水冲洗循环来清理阻塞。

排泄阀2接在便盆出口90°的弯管之后。排泄阀在关闭位置时,将便盆与系统的污物箱部分隔离开,该阀能满足在污物箱和管路中有-30 kPa的真空时的密封要求。

冲洗控制模块3通过控制阀组4的动作来实现便器的正常冲洗动作。

阀组上包括两个电磁阀,一个用来控制排泄阀上的气缸,另一个用来控制水增压器。

蹲式便器水增压器组成7包括:水增压器7.1、管路水过滤器7.2、止向阀7.3和气控阀7.4等部件。为保证便盆最佳的冲洗效果和最少的耗水量,需要对水加压,加压通过水增压器7.1)进行。压缩空气进入水增压器以前,先通过过滤减压阀6进行过滤和减压后再供给阀组4。阀组4将压缩空气连接到水增压器7.1、气控阀7.4和排泄阀气缸,并且控制排泄阀的开闭及水增压器的冲水。

10.6.5.2 座式便器组成(图10.37)

座式便器组成为地面安装式,采用不锈钢便盆,玻璃钢外壳。其主要由以下部件组成:便盆1、排泄阀2、冲洗控制模块3、阀组4、水增压器组成5、冲洗按钮6、过滤减压阀7、管路水过滤器8。

该便器的设计能利用最少水量达到最佳的冲洗效果,水消耗量为0.45 L/次。便盆排出口的直径比系统其他部分小,并与一个90°弯管直接连接,这样的便盆排出口,能够阻止可能在系统中造成堵塞的物体。便盆装有高液位开关,若因便盆出口阻塞等原因而使便盆内污水液位达到高液位开关的安装位置,高液位开关将产生一个信号传送到冲洗控制模块,冲洗控制模块控制便器执行3次无水冲洗循环来清理阻塞。

水增压器组成5包括:水增压器、止回阀和冲洗气控阀等部件。为保证便盆最佳的冲洗效果和最少的耗水量,需要对水加压,加压通过水增压器进行。冲洗水进入到水增压器组成5之前先经过管路水过滤器8过滤。进入系统的压缩空气,先通过过滤减压阀7进行过滤和减压后再供给阀组4。

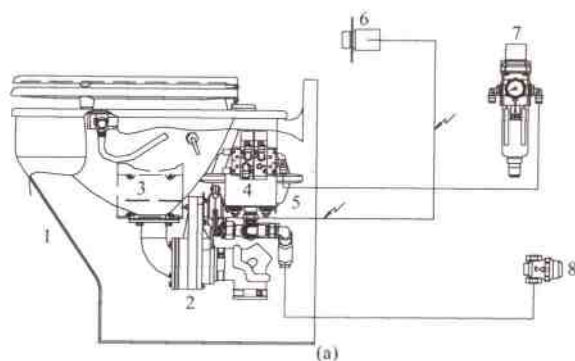


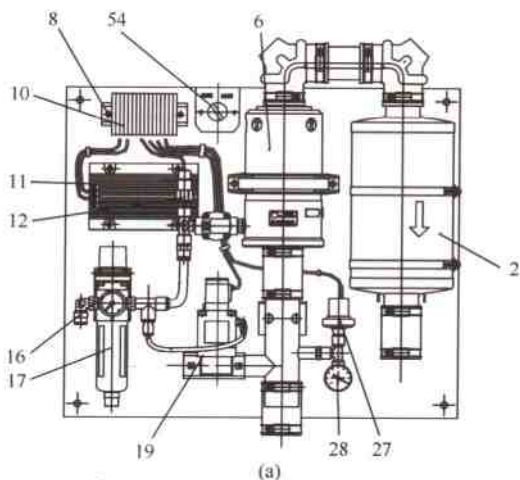
图 10.37 座式便器组成

阀组 4 将压缩空气供应到水增压器、冲洗气控阀排泄阀，且控制排泄阀的开闭及水增压器的冲水。

排泄阀 2 接在便盆出口 90° 的弯管之后。排泄阀 4 在关闭位置时，将便盆与系统的污物箱部分隔离开，该阀能满足在污物箱和管路中有 -30 kPa 的真空时的密封要求。

冲洗控制模块 3 通过控制阀组 4 的动作来实现便器的正常冲洗动作。阀组上包括两个电磁阀，一个用来控制排泄阀上的气缸，另一个用来控制水增压器。

10.6.5.3 真空组件盘 (图 10.38)



序号	名称	数量	序号	名称	数量
2	臭气过滤器	1	16	过滤减压阀	1
6	真空发生器 1	1	17	电磁阀 V7	1
8	电磁阀 V1	1	27	真空压力开关 S2	1
10	接线端子	13	28	真空表	1
11	电源模块	1	54	选择开关	1
12	压力开关	1			



图 10.38 真空组件盘



为保护真空发生器1产生过压,其外壳上有一个安全阀起橡胶止回阀的作用。在正常的情况下,该安全阀总是自动关闭。如果真空发生器1中产生过压,例如,如果臭气过滤器被堵/结冰或真空发生器1排气管被堵,则安全阀打开。

过滤减压阀 16 将进入系统的压缩空气进行过滤并减压。

选择开关仅软卧车和残疾人车（二位端）用，为“灰水收集/直排”选择开关。

10.6.5.4 控制单元 (图 10.39)



图 10.39 控制单元



控制单元控制、监测整个真空集便系统，显示发生的故障和运行模式。通过 RS232 接口，可将触摸屏或 PC 机与控制单元连接在一起。可使用终端模拟程序对此真空系统进行手动调节。

10.6.5.5 污物箱（图 10.40）

污物箱体由内胆、保温层、外部包板三层组成。内胆及外部包板采用不锈钢材质，具有良好的抗腐蚀性。内胆内部有一纵向隔板将污物箱分为大箱体和小箱体两部分。两箱体之间连接有止回阀。保温层为厚 50 mm 的超细玻璃丝绵保温材料层。用于污物箱的冬季保温。外部包板为不锈钢材质，用于污物箱的外部防护。

每个污物箱配有两个排空装置。排空装置内设有 2.5 英寸排污快速接头，该接头同通到污物箱大箱体底部的排污管连接。排空装置内还设有 1 英寸清洗快速接头，该接头同通到污物箱小箱体的冲洗管连接。连接上压力水可将污物箱小箱体冲洗干净。排空装置内还设有一个 1 英寸通气口。该通气口同通到污物箱小箱体的通气管连接。排污时，将车站卸污装置接头与 2.5 英寸排污快速接头相接，进行抽吸。由于打开排空装置，污物箱小箱体由于打开通气口而同大气相通，故由于小箱体与车站卸污装置之间的压力差，可将污物箱（大小箱体）内污物排空。为进行污物箱大箱体的冲洗，另设有污物箱大箱体冲洗装置，其包括设置在大箱体内部的冲洗水管、3/4 英寸球阀、1 英寸快速接头。

为了解决污物箱液位到 100% 后系统禁止工作，从而乘客无法上厕所的问题，在污物箱上装有紧急排放装置，列车运行期间若污物箱满 100%，可手动操作控制单元面板上“紧急排放”按钮，排出一部分污物，就可以使便器系统继续正常使用。

电控箱内设有接线端子、漏电开关、继电器等电气元件。污物箱上的所有接线、电源都通过该电控箱同控制单元连接。电控箱的箱门及箱体内壁贴有保温材料且箱内缠绕有伴热线用于箱体的冬季的保温。

污物箱的底部纵向设有 3 根电加热管，其目的在于防止污物箱冬季运行时被冻。电加热管启动受装在污物箱上的温控器控制。温控器有两个，分别安装在大小箱体的底部。温控器设置为箱体温度低于 3℃ 时启动，高于 8℃ 时停止。两个温控器为并联，即任何一箱体温度低于 3℃ 时，都将启动电加热管加热。为防止污物、灰水、真空管路冬季运行时被冻，管路上缠绕有伴热线。伴热线的启动，由控制单元面板上的“污物系统管路加热”按钮控制。在车外气温低于 3℃ 时手动启动管路加热。

污物箱的大小箱体上分别设有两个液位开关，分别控制污物箱大小箱体的

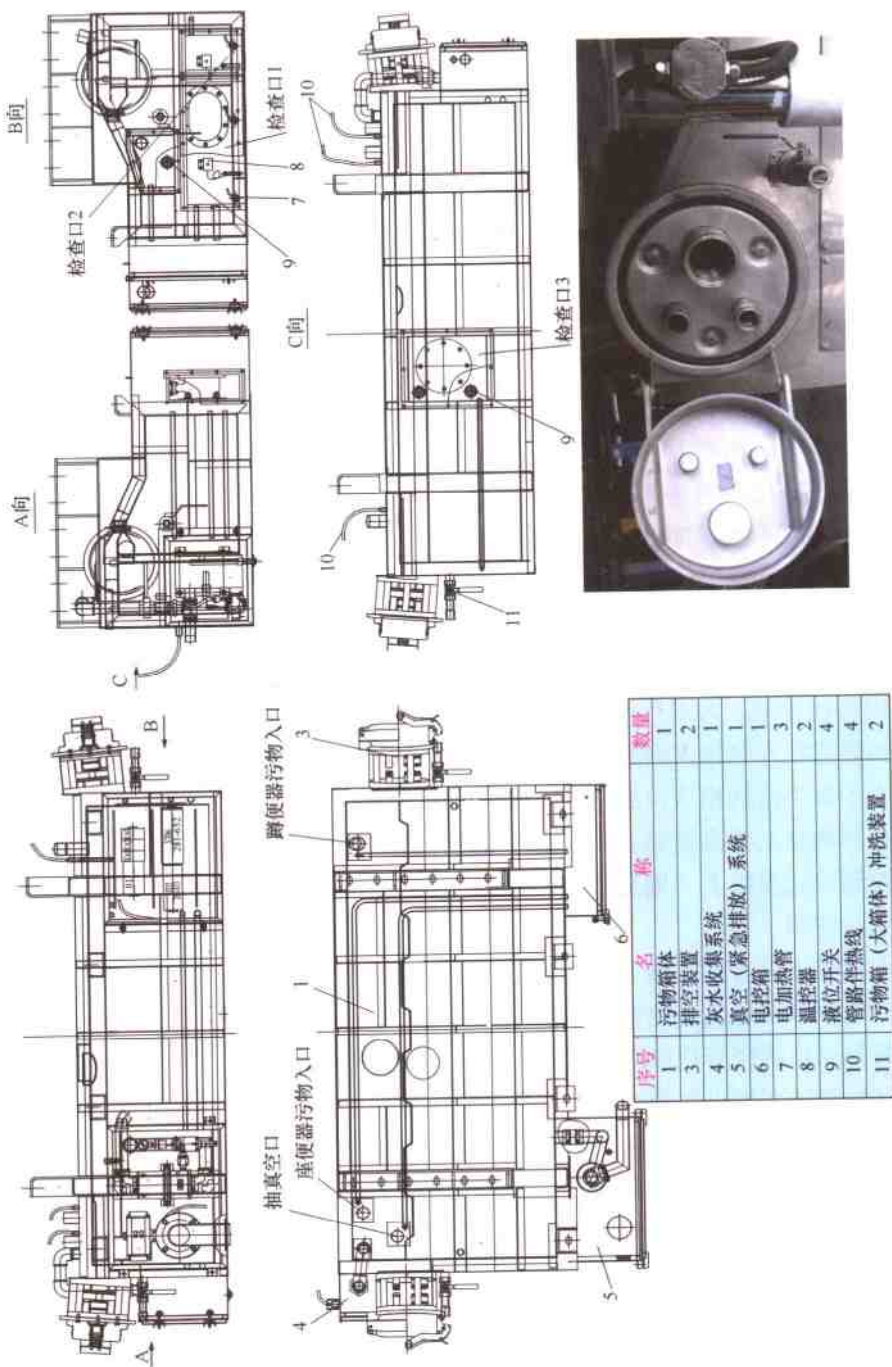


图10.40 污物箱



高液位和低液位。大箱体的高液位开关有信号时激活“污物箱满 80%”信号，污物箱满 80% 指示灯亮，但系统仍能工作。大小箱体的高液位开关都有信号时激活“污物箱满 100%”，系统报警，禁止工作。

10.6.6 真空集便系统工作过程

第一步：

按下冲洗按钮，真空发生器 1 启动，在小箱体内形成真空，由于真空的产生使两箱体之间产生压力差，从而使止回阀紧密闭合，不会产生真空泄漏到大箱体，只在小箱体内形成真空。见图 10.41。

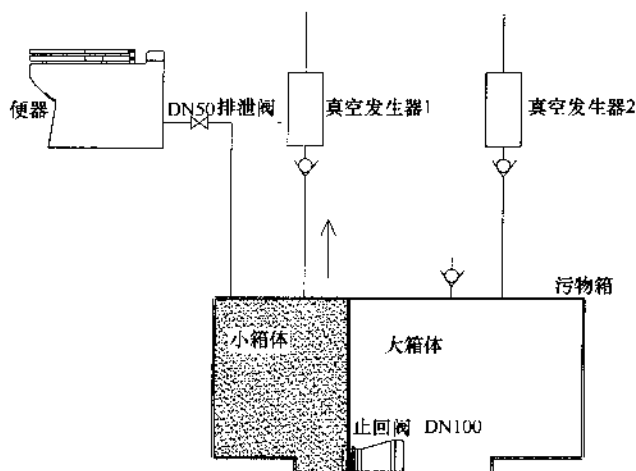


图 10.41

第二步：

当小箱体内真空度达到设定值时，真空发生器 1 停止工作，同时便器开始冲水，接着排泄阀打开，将便盆内污物抽吸到小箱体中。见图 10.42。

第三步：

当小箱体内污物满时，小箱体上的通气阀打开，同时真空发生器 2 开始工作，在大箱体内形成真空，由于两箱体间的压力差，使止回阀打开，污物从小箱体被排放到大箱体。见图 10.43。

第四步：

当小箱体排放到设定液位时，真空发生器 2 停止工作，大箱体通气阀打开，小箱体通气阀关闭，从而使止回阀关闭。结束小箱体排放过程，系统恢复至待机状态。见图 10.44。

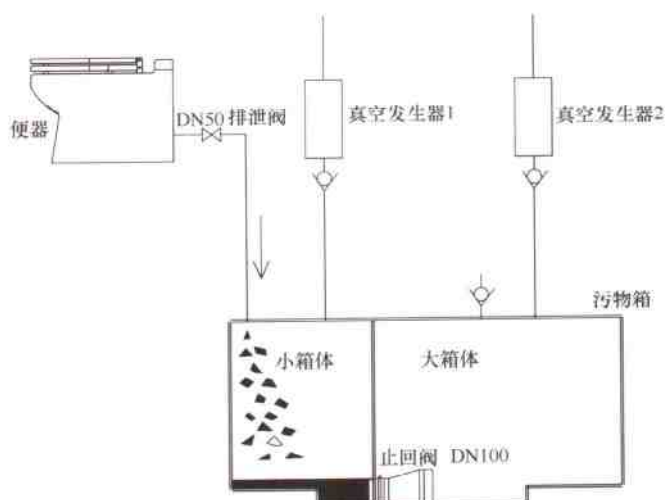


图 10.42

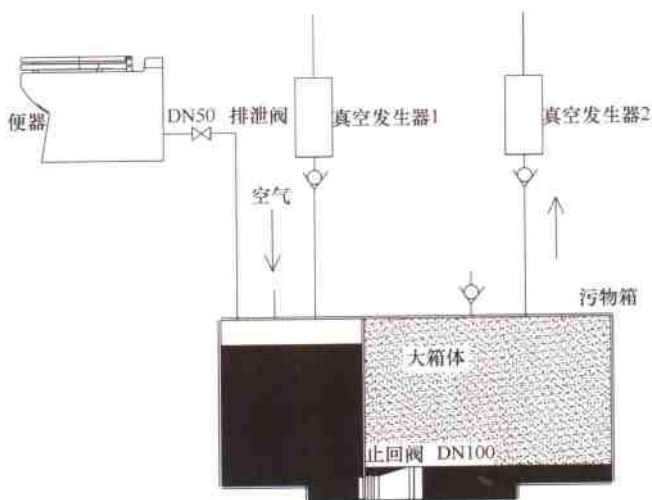


图 10.43

当污物箱满时，污物箱的排空是通过设置在大箱体上的排空管排空。可同时将大箱体和小箱体排空。排空时小箱体通大气，由于大箱体接抽吸设备，故大箱体压力低，此时止回阀打开，可将小箱体同时排空。见图 10.45。

这样，实际是在小箱体产生的真空，我们可将小箱体的容量设置在 150 L ~ 200 L 之间，从而减小了压缩空气的消耗量。经过严格的测试，该系统

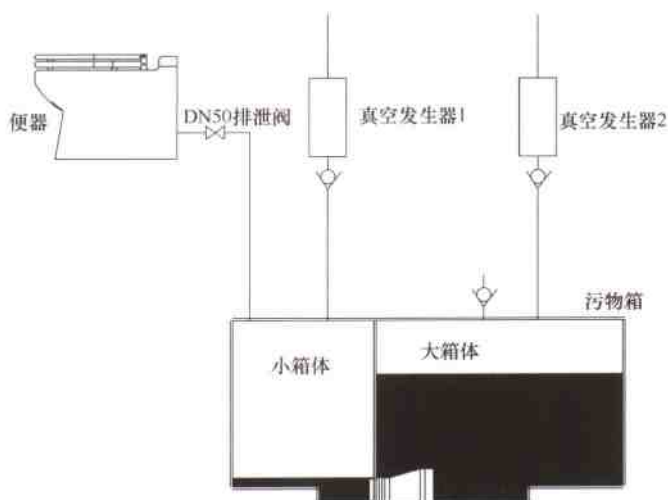


图 10.44

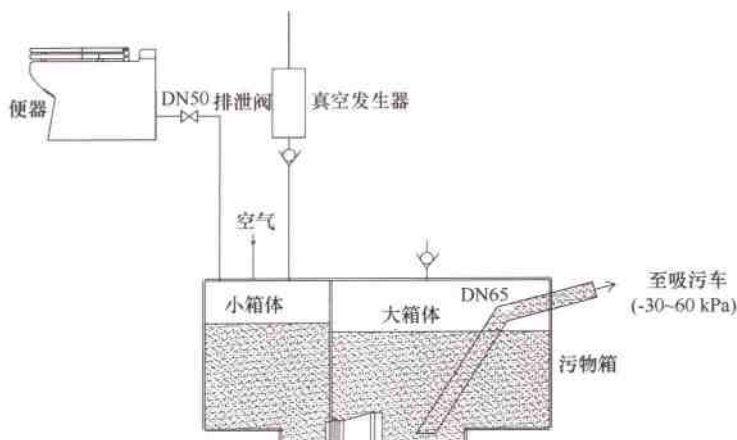


图 10.45

最大冲洗压缩空气消耗量 $\leq 130\text{ L}$ (1个标准大气压下的体积), 能满足在青藏铁路低气压环境下运用时, 具有同目前在用的真空集便系统具有相同压缩空气消耗量。冲洗最大等待时间 $\leq 10\text{ S}$, 这意味着从开始执行冲洗循环到可执行下一次冲洗循环时间短, 即真空发生器运行时间短。冲洗等待时间短可有效减小如厕等待时间。



10.7 BSP 公司客车固体垃圾预处理装置

10.7.1 概 述

为了确保青藏铁路客运列车运行中不对沿线造成污染, BSP 青藏铁路客运列车有一个先进的车载生活垃圾消毒压缩装置——DLH-200 型客运列车专用垃圾压缩打包机(图 10.46)。该装置对列车生活垃圾实施杀菌消毒、压缩减容、卫生打包,使之能安全卫生方便地暂存在列车上,在青藏铁路的起点和终点只要各建设一个垃圾投放站就行了,而在途中不要设立垃圾站。这样的装置不仅节省投资,更重要的是达到了环境保护的目的。



图 10.46 DLH-200 型客运列车专用垃圾压缩打包机

10.7.2 基本工作流程(图 10.47)

工作流程图说明:

- “生活垃圾收集”——人工将垃圾投入系统;
- “杀菌消毒”——紫外线和臭氧杀菌消毒;
- “压缩”——投入垃圾后,手动操作压缩;
- “包装”——在压缩量达到规定量后密封包装;



“卫生安全码放”——将密封包装的垃圾包（箱）码放到规定的地方；
“清运”——使用普通的运输车辆将垃圾包（箱）运走。

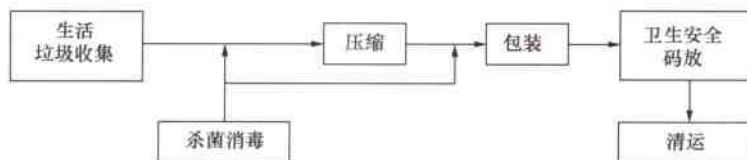


图 10.47 DLH-200 型客运列车专用垃圾压缩打包机的基本工作流程图

10.7.3 主要技术指标（表 10.6）

表 10.6 DLH-200 型客运列车专用垃圾压缩打包机主要技术指标

项 目	产 品 型 号
	DLH-200
外形高 (mm)	1430
外形宽 (正面) (mm)	500
外形深 (侧面) (mm)	400
压力 (N)	4900
工作周期 (s)	≤32
最大体积压缩比	10:1
垃圾投入门工作方式	正面, 手动内推式
操作方式	手控按键
工作室容积 (m ³)	约 0.072
垃圾箱容积 (m ³)	约 0.04
压缩后垃圾块体积 (m ³)	约 0.03
垃圾块重量 (kg)	约 15
日处理能力 (kg)	约 500
外机箱材料	亚光全不锈钢、
工作室机箱结构	瓶胆式双层抗压
动力单元功率	油浸式、单相电机功率 0.75 kW
电源要求	AC220 V/7 A/50 Hz
过流/漏电保护	有
安全设计	传感器检测



续上表

项 目	产 品 型 号
	DLH-200
紫外线功率和波长	$\geq 4 \text{ W}$, 253.7 nm 波长
臭氧浓度	$\leq 0.3 \text{ mg/m}^3$
提示/报警	声光
操作控制面板	内置式
绝缘电阻 (M Ω)	> 100
设备设计寿命	10 年

10.7.4 使用方法

10.7.4.1 上部面板

设备的上部面板 (图 10.48) 装有带锁控制器的安全门和状态显示面板。

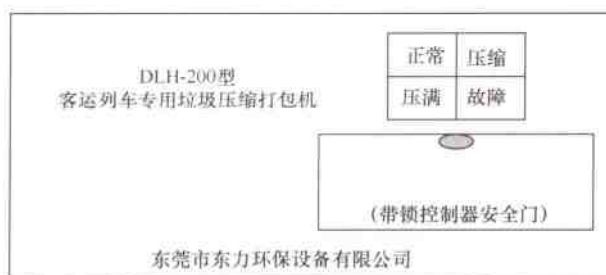


图 10.48 上面板示意图

状态显示采用 4 个彩色指示灯显示。

10.7.4.2 使用步骤

(1) 准备

将塑料袋安置在垃圾箱内, 塑料袋袋口向外翻在塑料箱口外; 关闭电源, 开启大门; 将垃圾箱置放在工作室, 并置放到位; 关上大门。(注: 此操作也可以不关闭电源)

(2) 按键操作和压缩

操作者认为投入足够垃圾, 可以按动“压缩”按键, 液压系统自动进行压缩; “压缩”灯显示; 如在“压缩”周期结束后, 发出讯响, 闪现“压满”, 表示垃圾已经压满, 应打开大门, 将垃圾箱取出, 重新置放空垃圾袋。

如果需要, 不一定等到压满, 操作者也可以取出垃圾袋。



(3) 垃圾箱取出后的处理

将周转箱拉出，直接将箱盖压扣在箱上，该箱堆放在适宜的地方。之后将新的安置了垃圾袋的垃圾箱置放到打包机内。

10.7.4.3 安全和报警、讯响

(1) 安全

正常运作期间，控制单元对所有门进行检测；

对于投入门和大门在压缩期间有自锁装置（选择）；

在任何时间，投入门或大门开启，禁止压缩或立即停止，关闭所有高压，关闭紫外灯，合上投入门或大门后，自动复位恢复正常。

(2) 报警

讯响和闪亮交替进行。

11 青藏铁路高原客车车门装置

根据车辆不同区域的特殊功能要求，分别采用了塞拉门、双扇双向摆门、折页门、单扇双向摆门等不同规格和性能的门装置。

青藏高原客车车门分布如表 11.1 所示。

表 11.1

车 型	侧 门	外 端 门	内 端 门	走廊隔门
硬座车	双道密封塞拉门	双扇双向摆门	单扇双向摆门	
软卧车	双道密封塞拉门	双扇双向摆门	单扇双向摆门	单扇双向摆门
硬卧车	双道密封塞拉门	双扇双向摆门（列车端部的硬卧车一位端为钢折页门）	单扇双向摆门	单扇双向摆门
餐车	钢折页门	双扇双向摆门		单扇双向摆门
发电车	钢折页门	钢折页门		

青藏铁路高原客车车门布置如图 11.1 所示。

11.1 双道密封电控气动塞拉门

11.1.1 概 述

青藏铁路高原客车塞拉门系统是基于 25 T 型车塞拉门系统针对青藏高原特殊的运行条件和要求改进和发展来的。

25 T 塞拉门是高速旅客列车使用的系列化外摆塞拉门，驱动方式为气动，控制方式为电控。门扇为直形，有左右之分，其采用铝蜂窝复合结构，其优点是重量轻，密封、隔音隔热性能好；门锁为双重闭锁，另设独立的保险锁（隔离锁），安全可靠；门系统的移动承载机构具有结构简洁（5 km/h 信号由车辆提供）；另外，可实现整列车门系统的集中控制，与车辆计算机通信实现监控功能。

与 25 T 型车塞拉门相比，青藏铁路高原客车塞拉门在如下方面进行了改进：

（1）防冻：原 25 T 型车塞拉门的防冻自限温伴热线的长度为 3.5 m，考虑青藏线的特殊环境，在原基础上增加 2 m 的伴热线。防冻装置的整体发泡件也

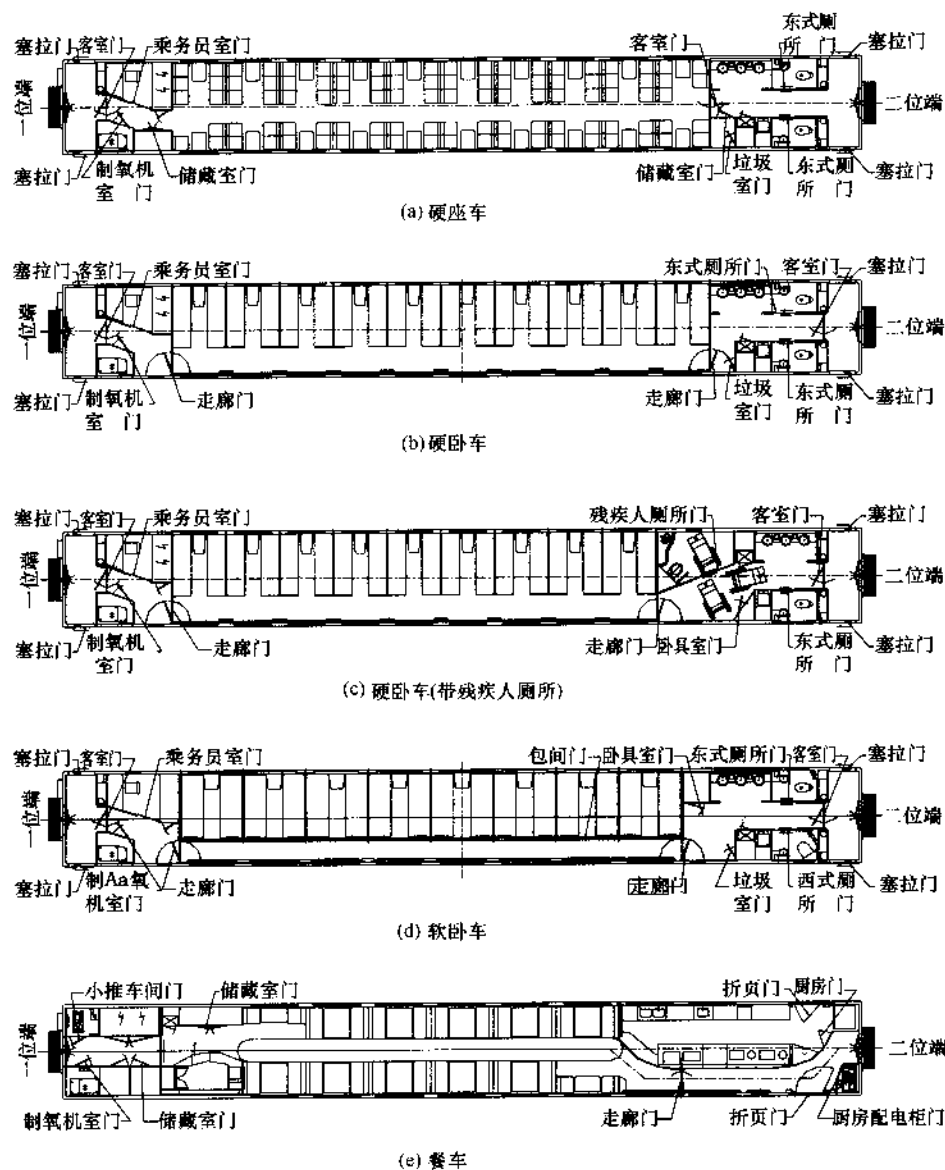


图 11.1 青藏铁路高原客车各车型车门布置

相应做了改动。

(2) 隔热：门扇采用多层复合结构，内外侧均增加了隔热层，门扇的厚度为 50 mm；原 25 T 型车用塞拉门的厚度为 43 mm，无隔热层。由于青藏线的特殊要求和门扇上玻璃的安装空间，门扇上的玻璃只能采用夹胶玻璃，但夹胶玻璃



的隔热性能低于双层中空玻璃的隔热性能。

(3) 锁闭系统: 为了满足列车气密性的要求, 在后门框增加两把辅助锁, 在前门框增加两个辅助塞进装置, 增加门系统的密封性和安全性。该锁闭系统是在 25 T 型车塞拉门门锁的基础上增加了两套辅助锁和辅助塞进装置, 安全可靠, 既能满足气密性的要求, 操作力又轻便, 同时在气路系统部分增加两个电磁阀分别控制两套辅助锁。

(4) 控制系统: 由于增加辅助锁, 门控器的输入、输出口需增加, 考虑到青藏线的特殊要求, 门控器作改进设计, 控制器重新布线, 增加电气间隙和爬电距离, 版面加大; 电源模块采用军品级电源, 同时电子元件选用适合青藏高原条件的元器件。

(5) 密封性: 该门为满足车辆密封性要求, 采用了双唇同源密封(门板周边的密封胶条的截面形状完全相同)。由于青藏高原紫外线辐射强烈, 为防止橡胶密封件在强烈的紫外线辐射下急剧老化的问题, 该门周边的密封胶条均选择抗紫外线能力强、抗老化能力强的硅橡胶材料。原 25 T 型车塞拉门采用的是单唇密封形式, 其胶条材料为三元乙丙。青藏线塞拉门的密封性能满足在密闭的内部容积为 6 m^3 的试验台架上, 门扇在有气源状态下关闭后, 台架内外压差由 4000 Pa 降至 1000 Pa 的时间大于 100 s 。而 25 T 型车塞拉门远远无法满足密封性的要求。

(6) 承载驱动机构: 为了满足 720 mm 的开度, 承载驱动机构作了特殊设计, 25 T 型车塞拉门采用的是 $\phi 40\text{ mm}$ 的长导柱和直线轴承, 青藏线塞拉门采用的是 $\phi 50\text{ mm}$ 的长导柱和直线轴承。

11.1.2 安装尺寸

门框宽	930^{+5}_0 mm
门框高	$2530 \pm 3\text{ mm}$
门框对角线误差	$\leq 3\text{ mm}$
门框外表面误差	$\leq 2\text{ mm}$

11.1.3 双道密封电控气动塞拉门的结构 (见图 11.2)

电控气动塞拉门由 10、20、30、40、50、53 及 MK0411 七大部件组成。

11.1.3.1 10 基础部件

基础部件包括:

(1) 上、后压条组件, 前压条, 下滑道, 防护罩 (带防冻装置), 防护罩

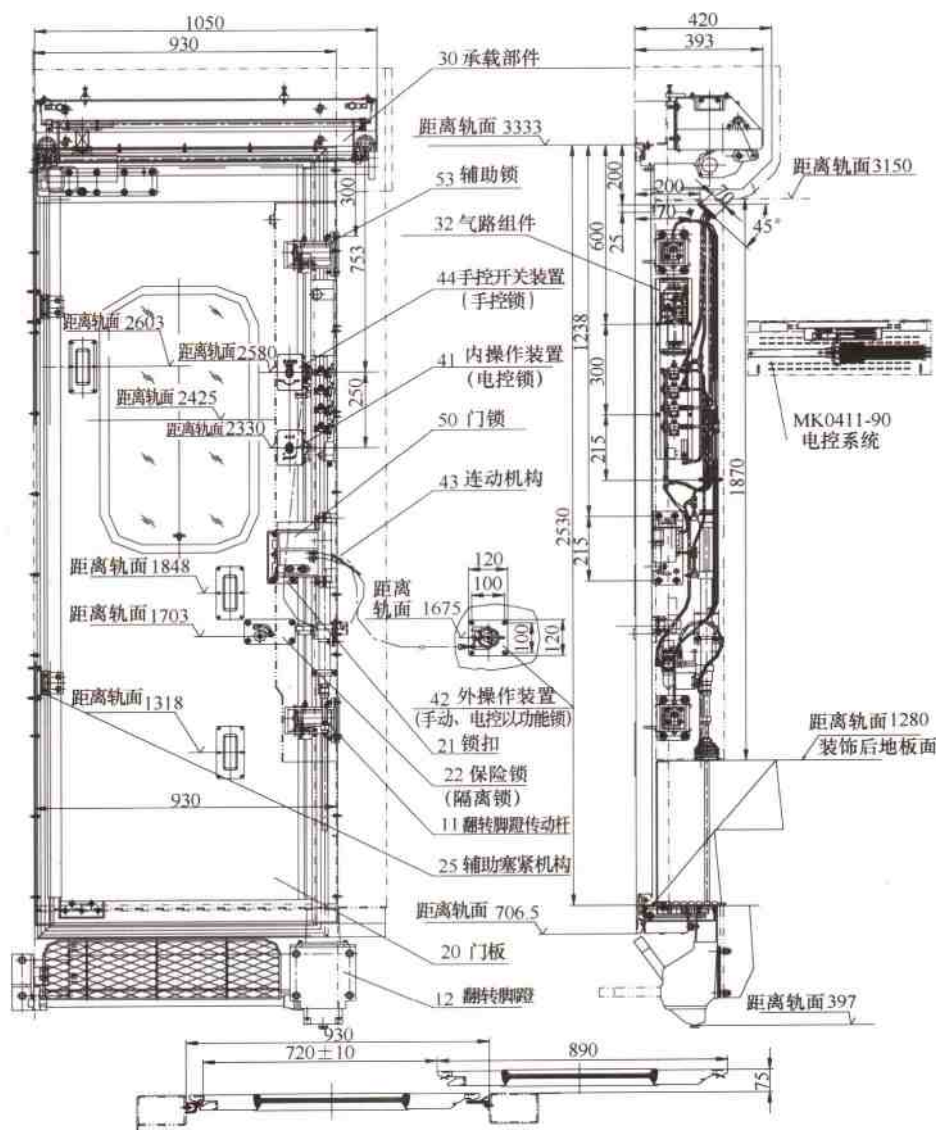


图 11.2 双道密封电控气动塞拉门

胶条，门框胶条等零件；其主要作用是引导门扇的运动及实现门扇与车体的密封。

(2) 11 翻转脚蹬传动杆：由下拉杆、接杆、套、气缸支架及气缸等组成。



(3) 12 翻转脚蹬：由转轴箱、支承架及踏脚板等组成。

11.1.3.2 20 门扇部件

门扇部件包括：

- (1) 20 门扇
- (2) 21 锁扣
- (3) 22 保险锁（隔离锁）
- (4) 23 下支架
- (5) 24 携门架
- (6) 25 辅助塞紧机构

11.1.3.3 30 驱动部件

驱动部件包括：

(1) 30 承载部件：由上导轨、支架、挂架、长导柱、短导柱及直线轴承等组成。

(2) 31、32 气动机构及气路系统：由无杆气缸、气缸支架、球阀（作气源开关用）、快排气阀、过滤减压阀组件、消音器、节流阀、气管、管接头等组成。

11.1.3.4 40 操作部件

操作部件包括：

- (1) 41 内操作装置（电控锁）
- (2) 42 外操作装置（手动、电控双功能锁）
- (3) 43 连动机构
- (4) 44 手控开关装置（手动锁、紧急解锁装置）

11.1.3.5 50 门锁部件

门锁部件包括：

- (1) 51 开锁气缸
- (2) 52 闭锁气缸
- (3) 锁体、锁叉定位套等零件。

11.1.3.6 53 辅助锁部件

辅助锁部件包括：气缸、辅助锁锁体、开关等零件。

11.1.3.7 MK0411 电控系统

电控系统包括：DCU 门控器、空气开关、电源模块、指示灯、电源开关及指示灯、蜂鸣器、电磁阀、压力开关、压力波开关、微动开关、磁感应开关等其他行程开关、接线端子排、电气安装板及其附件、电气箱及其附件。



11.2 双向摆门

青藏铁路高原客车自动双向摆门同时具有自复位和自定位功能的摆门，摆门的定位和复位有两种机构，一种是地弹簧及其与门板连接的附件；另一种是门和门框内的自定位机构。驱动方式为手动方式。地弹簧在门下方的地板内，自定位机构安装在门或门框内，不占用门以外的空间，增大了静通过尺寸。

门板转轴与门框之间为弧面配合结构，具有防夹功能，安全可靠，间隙处用胶条填充，门板与门框之间在全部运动过程中无可视间隙，且不受门框影响，在一定范围内可调整，隔热、隔音效果较好。

自定位机构贯穿于门定框与门板回转轴的上端，兼作门板回转支撑用，门板不会发生下垂或变形的现象，刚性好。

地弹簧位于门板下方的地板内，地弹簧上面与地板上面平齐（不装盖板时）。地弹簧具有结构简洁、安装方便、性能可靠、开关门速度可调等优点。

门板结构安装件采用暗藏结构，门板整体美观具有立体感，以便拆卸维修。

门扇采用铝型材拼接结构，骨架由前后立梁、上横梁、中横梁和下横梁组成。门扇铝型材表面阳极氧化本色处理。在门扇装有 8 mm 厚钢化安全玻璃，周围通过胶条与门板框架连接。

双向摆门示意图参见图 11.3。



(a) BSP 公司客车



(b) 四方股份公司客车

图 11.3 双向摆门



11.3 BSP 公司客车手动拉门

为了增大空间，BSP 公司客车乘务员室、东座式厕所、软卧包间门设手动拉门，取代传统的折页门。其中，乘务员室、东西式厕所拉门为半自动拉门，其优点是占用空间小，且能自动关闭。

这些门为单扇小型拉门，门页可向右或向左打开。机构主要构建在一根固定的铝型材导轨上。门页挂在两个可以在导轨内滚动的尼龙滚轮上。功能元件有弹簧和阻尼气缸。由于弹簧张力和气缸阻力的合力作用使其可以自动缓慢地关闭。门关起，前侧的密封条确保了两侧间噪声的隔绝。玻璃窗可让乘务人员在开门时注意到外面的情况（只有乘务室的门有窗），门两侧的把手供乘客开门之用。门锁让乘客和乘务人员可以把门锁上或打开。

BSP 公司客车手动拉门参见图 11.4 ~ 图 11.7。

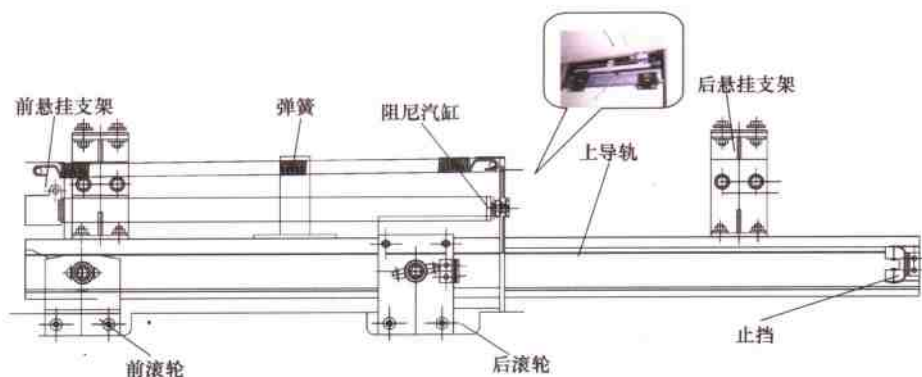


图 11.4 BSP 公司客车手动拉门顶部机构

11.4 BSP 公司客车转轴门和铰链门

BSP 公司青藏铁路高原客车制氧机室门、储藏室门、卧具室门、厨房配电柜门采用转轴及铰链连接。此结构门板转动灵活，安装方便，配合可靠，间隙小，门运动平稳，没有杂音，无晃动。

门板上的转轴立边框上下各设一个暗藏式转轴，与上下门框上固定的转轴定位套配合，转轴和转轴定位套之间用规格 10 的标准垫圈做间隙调整垫。门板

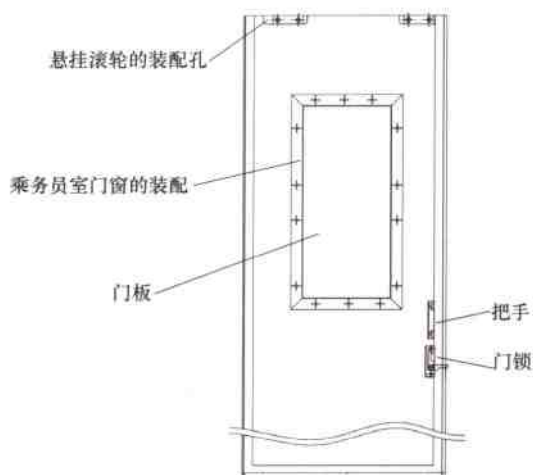


图 11.5 BSP 公司客车手动拉门门页



图 11.6 BSP 公司客车厕所拉门



图 11.7 BSP 公司客车包间拉门

采用焊接铝合金型材焊接骨架与薄铝面板及贴面防火板复合粘接而成，内部填充优质铝蜂窝，四周采用铝型材扣框安装。门板厚度 18 mm，门的整体样式简



洁、美观。



(a) 厨房配电柜门



(b) 储物间门

图 11.8 BSP 公司客车转轴门和铰链门

12 青藏铁路高原客车车窗

为了适应高原气压低及高原与平原间气压波动、紫外线强及温差大的特点，青藏铁路高原客车采用高原专用车窗结构，具有自动压力平衡、防紫外线及车窗结构能隔断热桥的特点。其中自动压力平衡通过 2 种方式实现：附加气囊自动压力平衡（BSP 公司客车）和毛细管自动压力平衡（四方股份公司客车）。

12.1 中空玻璃调节气囊（BSP 公司客车）

12.1.1 主要技术参数

产品特性	测试方法	单位	数值
重量		g	单件不大于 600
总厚度		μm	400
防火性能	GB/T 10707 - 1989	%	28
水蒸气透过量	ASTMF1249	$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$ (96%, RH, 25℃)	0.1
氧气透过量	ASTMD3985	$\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$ (0.1 MPa, 25℃)	0.337
热封强度	135℃, 0.25 MPa	N/15 mm	2
层间撕裂强度	ISO 4676; 1977	N	>35
弯曲强度	ISO 7854; 1984	次	3000 次不出现针孔
使用温度范围	ISO 188	℃	-40 ~ +85
使用湿度范围	ISO 188	% RH	最大值 100
产品保质期限	ISO 188	年	7.5
耐水、酸、碱性能	良好		

12.1.2 附加气囊自动压力平衡式车窗的原理及特点

普通列车上的中空玻璃的生产和工作环境基本上是在标准大气压下，中空腔内的气压与外界环境气压变化不大，腔内气体密封的有效时间长，玻璃的变形小，使用寿命相对较长。



根据高原列车的运用特点,车窗不仅要具有良好的密封性,而且要具有对高强度紫外线的阻隔性能,这些都是目前普通列车使用的中空玻璃所不具备的。应用于高原列车的中空玻璃,由于高原的气压低,气温低,温差较大,阳光辐射强,导致腔内气体与外界空气环境存在压力差,从而导致玻璃变形,玻璃不仅处于恶劣的工作状态,而且会严重影响中空腔内气体的有效密封性,玻璃的寿命会大大降低。为防止玻璃变形,青藏铁路高原客车车窗是通过加气囊的方法来平衡内外压差变化的。气囊的体积应能吸收气压变化导致中空玻璃内腔气体膨胀的体积。

理论上讲,中空玻璃从海平面到青藏线最高海拔 5072 m 的体积随大气压变化的情况,如果不考虑温度的影响,中空玻璃的腔内体积随着气压的不断降低到 0.05 MPa 时将扩大 1 倍。

气囊(调节系统)工作原理:中空玻璃制造时的内部压强与海平面接近。中空玻璃近似于刚性密封体,图 12.1 中的气囊可以视为内部体积可以任意变化的缓冲体。当外界环境压强小于中空玻璃内部压强时,内部气体在压差的作用下向气囊内部扩张,最终达到整个系统内部的压强和外界平衡。当环境压强大于中空玻璃内腔压强时,气囊内的气体会在外界大气压的作用下将气囊内部的气体压入中空玻璃内腔。

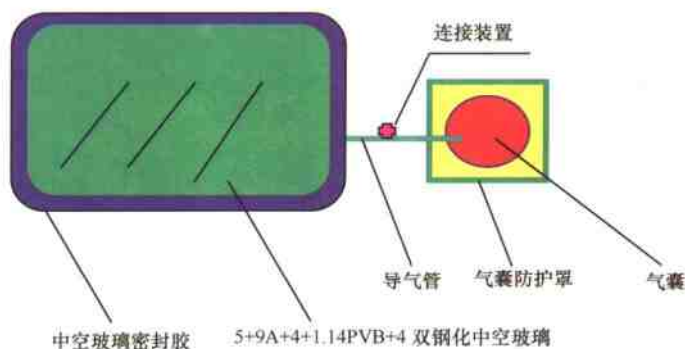


图 12.1 中空玻璃内腔气压调节系统示意图

在这个系统的作用下,如果不考虑气囊壁对系统内部压强的影响。那只需要合理计算出气囊的体积,整块玻璃不会在外界气压发生变化时而发生一点变形。理想的气囊是无收缩性、无自身质量影响的材料制成。但是,实际上受气囊材料选择的影响,目前具有可行性的气囊材料都会对内部压强产生影响。所



以，必须在考虑安装空间和成本的基础上给出合理的预留空间，使调节气囊能自动调整玻璃内腔压强变化。

根据分析可知，气囊调节系统可以有效地吸收中空玻璃因气压变化所产生的变形，但气囊的体积和使用的材料是吸收变形大小的关键因素。

12.1.3 安装说明

气囊和玻璃的连接参见图 12.2。

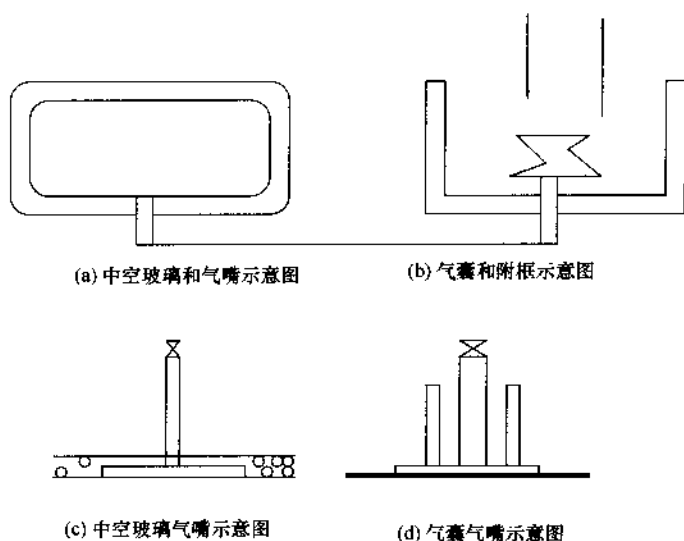


图 12.2 气囊和玻璃的连接

12.2 毛细管自动压力平衡结构（四方股份公司客车）

四方股份公司客车车窗通过在中空玻璃边框设置毛细管，解决了调整中空玻璃内外压差的问题。当客车自平原进入高原时中空层内的部分空气通过毛细管自中空层内排出；当客车自高原进入平原时，外界空气通过毛细管进入中空层内，从而平衡中空层内外压差，保护玻璃不会因变形而损坏。

12.3 BSP 公司客车车窗

为了满足车内不同区域功能的要求，设计布置了活动窗、固定窗及紧急出口窗，其布置图如图 12.3 所示。

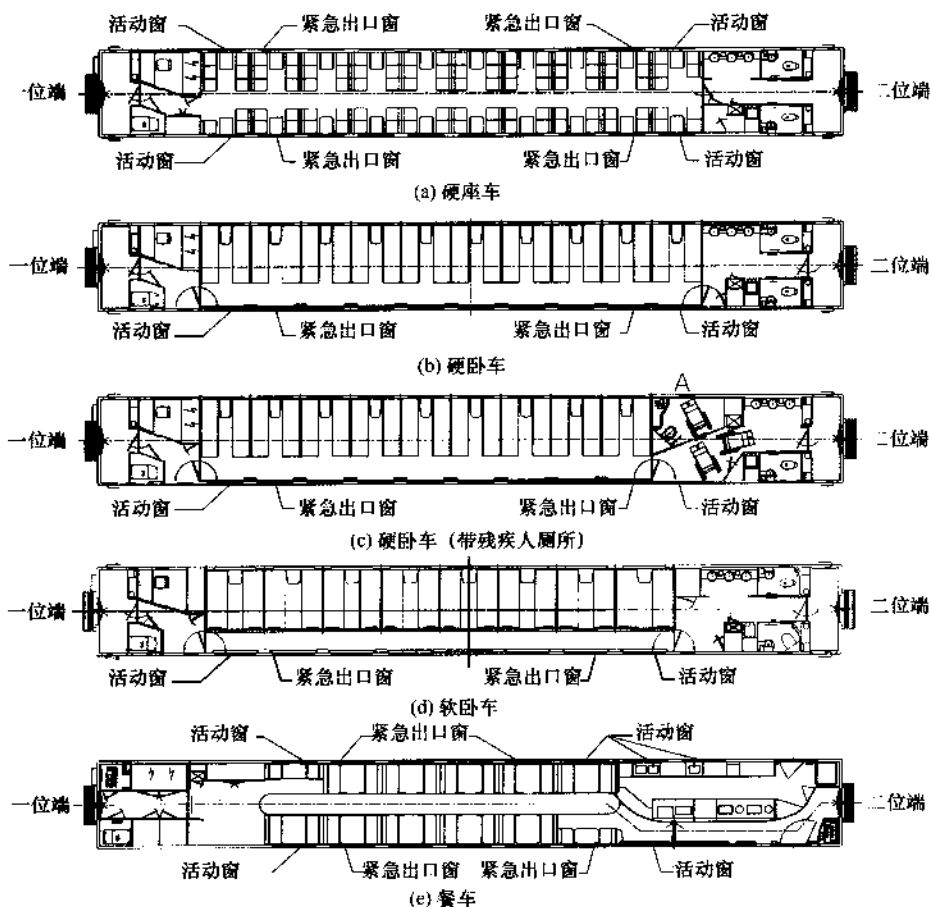


图 12.3 BSP 公司客车车窗布置图

12.3.1 活动窗

当空调无法正常工作时，可通过打开可关闭活动窗来保证客室内最基本的空气流通。

每辆车都设有四个大活动窗，活动窗为扇形开启式，可向内翻转开启 25° ，每个活动窗上设有两个把手及三角锁，三角锁是否处于锁紧状态由设在三角锁上的红色和绿色标识判断。通常情况，锁的打开或关闭应由乘务员用三角钥匙来完成。打开车窗时，首先用三角钥匙将锁舌旋转，三角锁舌上的红点标志由指向把手上的红点位置对应时，此时窗户处于锁紧状态。反之，将三角锁芯转动使红点处于与把手上的绿点位置对应时，即可解除锁紧状态。



见图 12.4。



图 12.4 活动窗的使用

12.3.2 紧急出口窗

由于中空玻璃的外层采用夹层玻璃，可以增加玻璃的安全性。夹层玻璃破碎后将被胶片紧紧地粘在一起而不会脱落。为了应对紧急情况，特设紧急出口窗。

每个客室内部设有四个紧急出口窗，当车内遇到紧急情况时，扳下紧急出口窗保护罩，拉动窗玻璃固定胶条把手，将窗玻璃固定胶条扯下。扳动车窗玻璃把手，将窗玻璃搬下。见图 12.5。



图 12.5



(c)



(d)



(e)



(f)

图 12.5 紧急出口窗的使用

13 青藏铁路高原客车电气化厨房

青藏铁路高原餐车厨房设备具有环保、卫生、安全可靠、节能等优点，一改传统客车餐车厨房沿用的燃煤设备，克服了传统餐车厨房在环保、安全、卫生及工作人员作业环境等方面存在诸多问题和缺点，成为现代餐车的发展方向。青藏铁路高原餐车电气化厨房充分考虑了线路的低压、缺氧和严寒等恶劣环境，厨房设备在内部系统及结构方面均严格按照青藏铁路餐车的技术条件而设计，远远高于普通餐车对厨房的要求，为旅客用餐提供优质的服务和可靠的保证。

13.1 四方股份公司餐车厨房设备

青藏铁路餐车厨房设备分带电设备和不带电设备。各设备充分考虑到人体工程学要素，以洗涤——配置——烹饪——备餐的基本顺序排列各环节的设施，操作更便捷，使小面积的旅客列车厨房实现功能多的特点。

带电设备有：电蒸饭箱、电磁灶、双头电磁炉、电冰箱（卧式、立式各一）、电开水器、吸排油烟机（两台）、消毒柜、微波炉；不带电设备有：双头洗池（附带垃圾筒）、板桌、刀架、单盆洗池、储藏柜、吊柜（三组）、间壁吊柜（三组）、碗柜、调料盒、锅架等。各设备布置见图 13.1、图 13.2。

13.1.1 电蒸饭箱

13.1.1.1 结构（图 13.3）

电蒸饭箱由机壳、箱门、手柄、手动排汽阀、安全阀、进水过滤装置、水箱排水阀、操作面板、装在内部的电控箱、电加热管、电控自动进水电磁阀等组成。机壳与箱门均采用聚氨酯发泡填充，箱内热量损失少，达到保温和节能的效果。高海拔地区气压低，在当地气压下将饭蒸熟不易，本机采取了增压措施安全阀控制压力为约 0.03MPa，从而保证将饭煮熟。

13.1.1.2 主要技术参数

电源	AC380 V/50 Hz
额定总功率	9 kW
饭盆数量	8 个
额定蒸饭量	20 kg/40 min

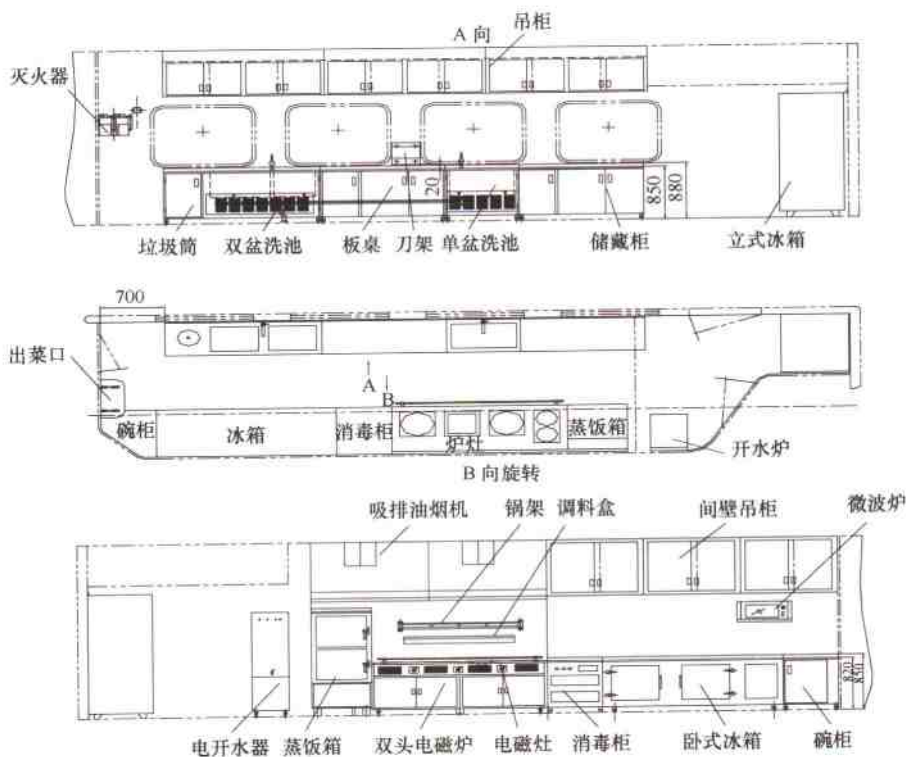


图 13.1 四方股份公司餐车设备布置示意图



图 13.2 四方股份公司餐车厨房布置 (现车照片)

13.1.1.3 工作原理

本电蒸饭箱集国内外同类产品的优点设计而成, 采用智能控制器控制, 适应列车运行状况安全可靠, 具有款式新颖、结构合理、操作方便等特点。

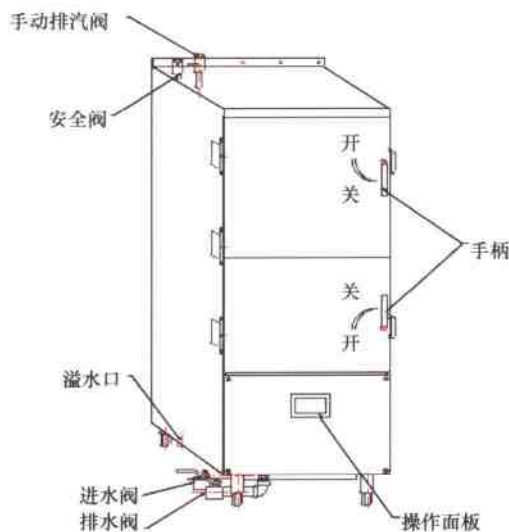


图 13.3 电蒸饭箱

机器在设定蒸饭时间内自动加热、并自动补水使水箱内水始终在高低水位之间，产生连续的沸腾蒸汽，利用蒸汽蒸煮食物。本机具有定时控制、超温保护、缺水保护、自动补水、保温等功能。

13.1.2 电磁灶

13.1.2.1 结构 (图 13.4)

电磁灶由炉体、柜体骨架、供风系统、控制系统及烹饪灶具等组成。其具有加热速度快、效率高、无明火、无污染，清洁环保等特点，使用海拔为 5 100 m 以下。

电磁灶体有三个炉 (一个 5 kW 平炉、一个 5 kW 凹炉和一个 8 kW 凹炉)。平锅配有锅架。

13.1.2.2 主要技术参数

形 式 参 数	单凹炉	单平炉	单凹炉
电源	AC380 V、50 Hz	AC380 V、50 Hz	AC380 V、50 Hz
功率	8 kW	5 kW	5 kW
热效率	≥85%	≥85%	≥85%

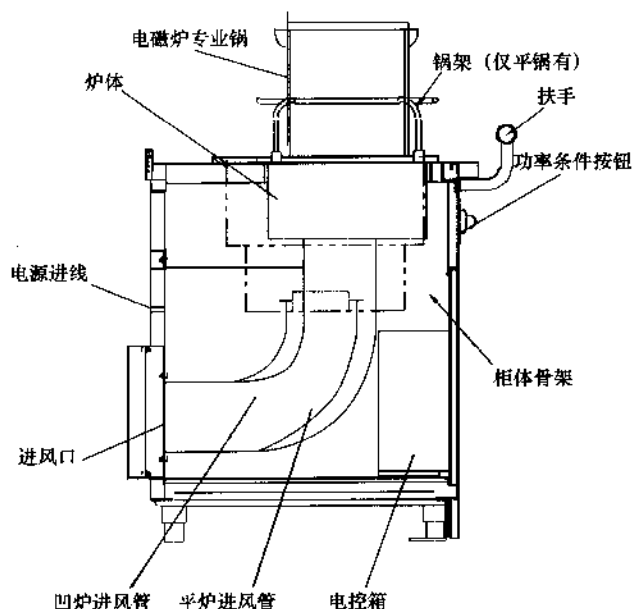


图 13.4 电磁灶

13.1.2.3 工作原理

(1) 电磁炉采用电磁感应加热原理, 使导磁体在磁场内产生涡流发热而达到加热食物的目的。本机机内设有温度保护、过流保护、感应开关保护, 当长期工作造成机内温度过高时自动调整功率 (即衰减), 恢复到正常温度后功率随之升到正常挡位值; 工作电流超过限值, 快速熔断保险, 对机芯起到保护。

(2) 内置冷却风扇, 自动强制排风, 增强散热效果。

(3) 快速熔断保险设在灶体内的电控箱, 维修方便。

(4) 有自动检测锅具功能。单独的一些放在炉具上的小东西, 例如叉子、汤匙、戒指等, 不会被探测为锅。指示灯 (单炉) 或显示屏 (双平炉) 会闪烁, 并且不会输出能量。

13.1.3 双头电磁炉

13.1.3.1 结构 (图 13.5、图 13.6)

双头电磁灶的大体结构除炉体外与 13.1.2 的电磁灶大体相同, 骨架外形与电磁灶一直, 全车协调, 布局整体、美观。

13.1.3.2 主要技术参数

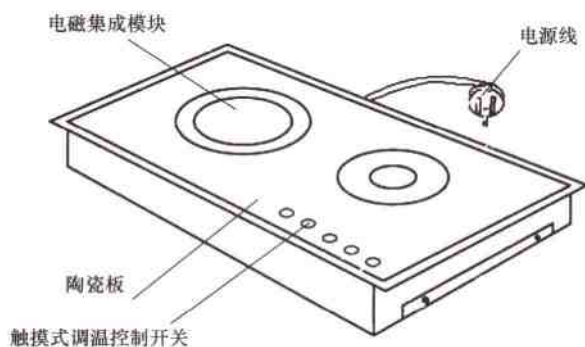


图 13.5 双头电磁炉



图 13.6 触摸式调温控制开关

1	型 号	MijiGourmetCT3 600 W
2	额定电压/频率	220 V/50 Hz
3	额定功率	3 600 W
4	整机净重	8 kg
5	陶板尺寸 ($L_1 \times W_1$)	700 mm $\times$ 410 mm
6	安装台面预留尺寸 ($L_2 \times W_2$)	670 mm $\times$ 380 mm

13.1.3.3 工作原理

双头电磁灶灶体采用德国进口电磁集成模块,其工作原理为电磁原件产生



的“感应”电流直接加热陶瓷面板上方的锅具，随后锅具把热量传递给其中的食物。用于加热食物的热量在锅具内产生，故陶瓷面板上几乎不产生热量。使用者感受到的热量只是从锅具上传来的热量，比其他灶具更具安全。电磁原件使其能在分秒瞬间达到适宜烹饪的高温。该电磁炉与传统电磁炉具相比具有热效率极高和使用寿命特长（10 年以上）的优点。

13.1.4 冰 箱

13.1.4.1 结构（图 13.7、图 13.8）

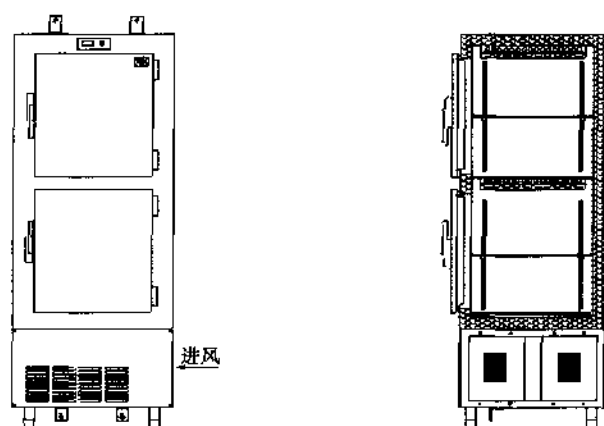


图 13.7 立式冰箱

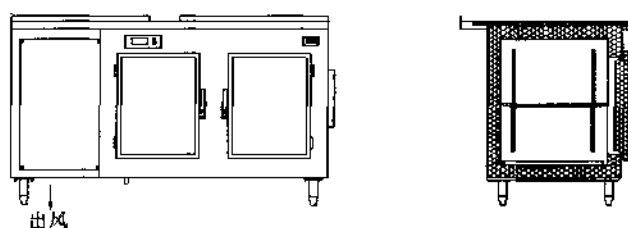


图 13.8 卧式冰箱

本冰箱是专门为列车餐车厨房设计的一种整体式电冰箱，以卧式和立式各一台，组合为一套适合餐车冰箱使用的保鲜冷藏设备。它依照《铁路餐车电冰箱型式及技术条件》生产，以空气作为散热介质，采用冷媒蒸发方法制冷，具有结构紧凑，安装方便，制冷能力强，抗动态震动好的特点。



13.1.4.2 主要技术参数

项 目		卧式 CW430	立式 CI560	备注
总有效容积		430L	560L	
额定电源		AC220 V		带逆变器时 DC48 V
压缩机	形式	卧式全封闭旋转式		
	台数	2	2	
	电流	0.6 A/台	0.6 A/台	
	吸/排气压力	0.03/0.75 MPa	0.04/0.75 MPa	箱温 -5℃, 室温 32℃ 时
冷凝风扇	形式	轴流式	轴流式	
	台数	2	2	
	电流	0.35 A/台	0.35 A/台	
运行功率		452 W/2	452 W/2	
节流毛细管孔径/长度		0.8/800	0.8/900	
制冷剂种类		R134 a		
制冷剂充注量		0.42 kg	0.4 kg	
冷冻机油		HAB-15, 30 mL/压缩机·台		R134 a 专用机油
温度控制		-5 ~ +5℃		温控器差动值 5℃
外形尺寸 (宽×深×高)		1950 mm×740 mm×830 mm	920 mm×700 mm×1980 mm	
重量		150 kg	170 kg	

13.1.4.3 工作原理

已经在蒸发器上吸收了热量的 R134 a 制冷剂, 成为低温低压的气体, 被压缩机吸入, 压缩成高温高压的气体, 进入冷凝器被冷却成液体, 再通过毛细管节流, 成为低温低压的、气液共存的制冷剂, 送到蒸发器里, 蒸发时吸收蒸发器周围物品的热量, 使蒸发器周围的物品降温。蒸发后的制冷剂成为蒸汽, 再次被压缩机吸入压缩, 整个过程周而复始。制冷系统原理图参见图 13.9。

冰箱主要由压缩机、冷凝器、节流毛细管、蒸发器等主要部件组成。系统中设置了干燥过滤器, 避免系统中的水分在毛细管里面结冰, 造成冰堵; 单向阀阻止了压缩机停机时高温气体从压缩机侧返流至蒸发器, 延长保温时间。

冰箱为直冷式, 箱内空气为自然对流, 空气经过蒸发器的冷却后下沉到箱底部, 箱底部的空气上升到蒸发器冷却, 最终达到箱内低温空气温度的相对平衡。由于是自然冷却, 能较大程度地减少食物的干耗。

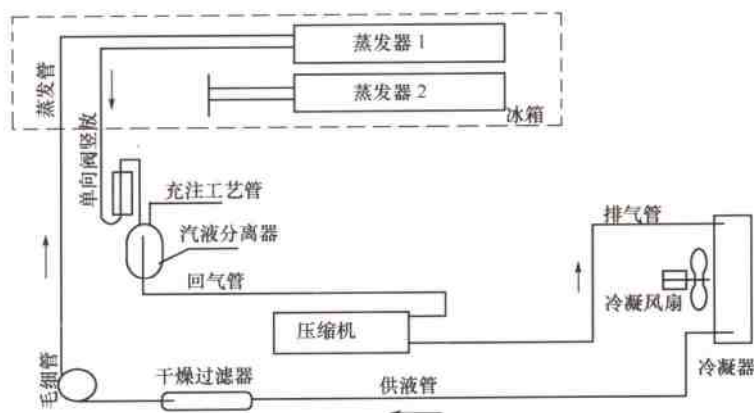


图 13.9 制冷系统原理图

13.1.5 电热开水器

13.1.5.1 结 构

WSD 系列铁路客车全自动电热开水器（以下简称电热开水器），系专供铁路客车使用的开水器，采用先进的水电隔离高频逆变感应加热技术和非接触水位检测技术，取代了传统电开水炉中易失效的电热管和水位探针，具有安全节能、维护周期长的特点，首创烧水箱与储水箱分开，冷水先进入烧水箱，水烧开后，利用自身产生的蒸汽压力将开水压入储水箱，从而供应开水饮用。还配备有特制的过滤器和紫外线灯等净化水质、杀菌的系统，以保证乘客安全地饮用。

13.1.5.2 主要技术参数

项 目	WSD-4520 AT7	备 注
额定电压 (V)	~380	三相三线制
额定功率 (kW)	6	
控制回路电压 (V)	DC110	
产开水量 (L/h)	≥55	进水温度 18℃ 以上
降温速率 (℃/h)	5	
储水箱容积 (L)	60	有效容积
外形尺寸 (宽×厚×高) (mm×mm×mm)	400×520×1650	



13.1.5.3 功能特点

(1) 安全: 该机具有缺水保护功能, 当烧水箱缺水时能自动切断电源, 防止烧坏电热开水器。

(2) 可靠: 该机抗振动性能好; 采用数字电路控制, 控制板运行可靠, 使用寿命长。

(3) 卫生: 烧水箱与储水箱分开, 生水与开水绝无混合, 提供纯正开水, 且不过度煮沸, 乘客可以放心饮用。

(4) 方便: 接通电源约 7 min 即可提供开水, 在该机通水通电后不需人工照料, 并可以额定流量连续供应开水。

(5) 采用高分子保温材料自动保温, 以保证降温速率 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 。

(6) 适用范围广, 使用环境为海拔低于 5 100 m, 车内温度 $0 \sim 45^{\circ}\text{C}$ (水不结冰), 相对湿度 $\leq 95\%$, 水压 $0.01 \sim 0.3 \text{ MPa}$ 范围内均可正常使用。

(7) 具有紫外线杀菌的功能, 通过面板上“紫外线”灯的显示情况可以判断紫外线灯是否工作正常。

(8) 采用无机纳米微孔滤料, 可以消灭细菌和无机污染物等有害物质, 净化水质, 改善水质状态。

13.1.5.4 工作原理

WSD 系列电热开水器水路系统示意图图参见图 13.10, 电气接线示意图参见图 13.11。

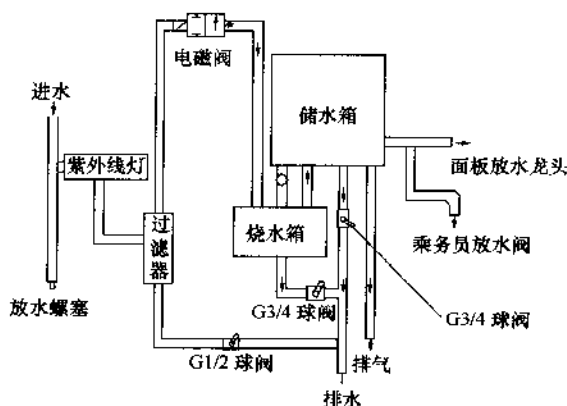


图 13.10 WSD 系列电热开水器水路系统示意图

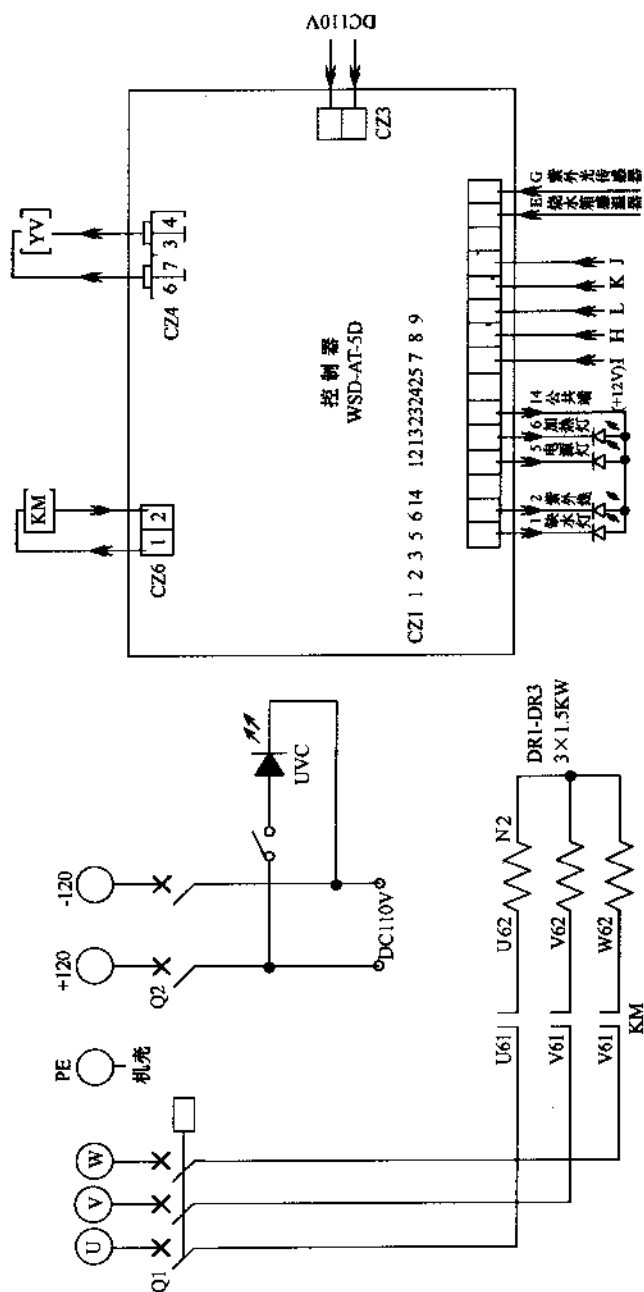


图 13.11 WSD 系列电热水器的电气接线图

- E—烧水箱感温器
G—紫外光传感器
H—储水箱高水位
I—储水箱低水位
L—水位电极公共极
J—烧水箱高水位
K—烧水箱低水位
UVC—紫外线灯
KM—烧水控制继电器
DR1-DR3—电热线
YV—烧水箱进水电磁阀
Q1—漏电流保护断路器
Q2—断路器。



13.1.6 吸排油烟机

13.1.6.1 结构 (图 13.12)

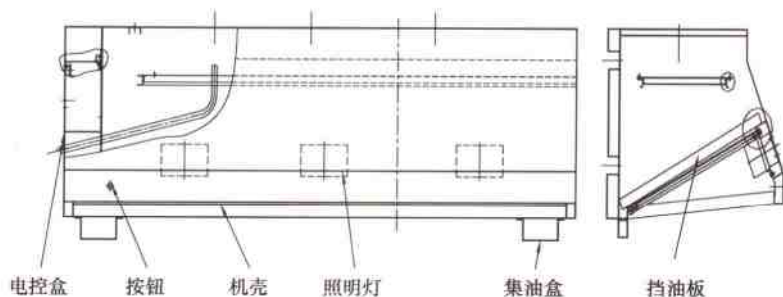


图 13.12 吸排油烟机

本机由机壳、照明灯、集油盒、电控箱、按钮等组成。作为厨房灶具排油烟用，排烟风机与照明集中装于机壳内。槽形滤油板过滤阻力小，废油自流回收，操作方便。

13.1.6.2 主要技术参数

型号	电源	功率	风量
PY-6	AC380 V, 50 Hz	610 W	6000 m ³ /h

13.1.6.3 注意事项

- (1) 设备使用的电源电压必须与产品铭牌的供电电压相符。
- (2) 本设备的地线与电源同一引出。
- (3) 开机前应检查各电器元件连接部分有无松动，检查电源连接是否正确，安全接地是否可靠。
- (4) 吸油烟机在炉灶消耗煤气或其他燃料时使用，房间应通风良好。
- (5) 电气连接与安装，应派持有电工操作证的人员操作。
- (6) 本设备在安装时，注意风机与油烟机壳体分离；与排烟管连接，油烟机壳体与风机不接触，以防共振。
- (7) 如果不按说明书规定的方法清洗，油烟机会有起火危险。

13.1.7 消毒柜

13.1.7.1 结构 (图 13.13)

13.1.7.2 主要技术参数

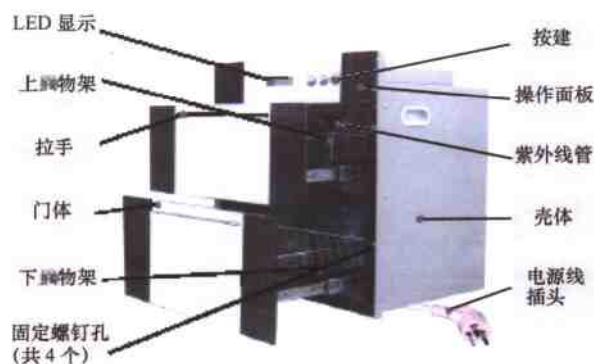


图 13.13 消毒柜

型号	额定电压	加热器总功率	额定总功率	额定频率	有效烘干周期	保洁解冻周期	保温解冻周期	保鲜洁净周期
ZQD90-B	AC220 V	230 W	250 W	50 Hz	90 L	60 min/ 90 min/ 120 min	30 min/ 60 min	60 min/ 90 min/ 120 min

13.1.7.3 功能

(1) 高臭氧紫外管：可辐射两种波长紫外线，其中一种激发空气中的氧气形成臭氧，高浓度臭氧及强紫外线辐射可以杀菌消毒。

(2) 控制板：控制风机，PTC 加热器，紫外线管等按程序要求工作，并精确控制柜内温度范围。

(3) 安全门开关：如在工作中开门，紫外管或风机即停止工作，防止误开门导致意外烫伤或臭氧泄漏肮脏紫外线辐射的危害。

13.1.8 微波炉

本车采用格兰仕 WD800TL23-K4 型微波/烧烤炉

各技术规格如下：

额定电压	AC220 V、50 Hz
额定输入功率	微波为 1300 W，烧烤为 1050 W
微波输出功率	800 W
额定微波频率	2450 MHz
内腔容量	23 L
有效转盘面积	0.077 m ²
有效腔体容积	16 L



内腔材料	不锈钢
均匀加热方式	专用玻璃转盘方式

13.1.9 不带电设备

厨房内除了配备前述的各种带电设备外,还配备了洗池、板桌、储藏柜、吊柜、碗柜、调料盒、刀架、锅架等不带电设备,各设备外露面均采用高档拉丝不锈钢板制作,具有耐油、易清洁、环保、卫生、实用且美观大方等特点。在设计厨房时考虑到对青藏环境和植被的保护,所以洗池的水不是直接排放到车外的,而是经过一套水路循环系统进入污物箱再集中处理;各洗池配备了过滤篮,既方便了厨师的工作,也有利于防止垃圾堵塞废水管路;在双盆洗池的左侧还配备了垃圾箱,更便于洗刷的需要。在厨房设计时考虑了尽可能的多设台面面积,为备餐留出更大空间;大容量的储藏柜和多组吊柜为储备餐料提供了更大的空间;碗柜、调料盒、刀架、锅架等设计更是无处不在的为厨师的操作和厨房整体的卫生、整洁、美观而考虑。

13.2 BSP 公司餐车厨房设备

BSP 公司餐车厨房设备分带电设备和不带电设备,带电设备有电磁灶、电炸炉、电蒸饭箱、电冰箱、电开水炉、温水箱、微波炉、消毒柜、抽油烟机;不带电设备有洗池、吊柜、三角柜、碗柜、储藏柜等。

餐车厨房区域各种设备的布置分为侧墙厨房设备安装和间壁厨房设备安装。车内厨房设备安装如图 13.14 ~ 图 13.16 所示。

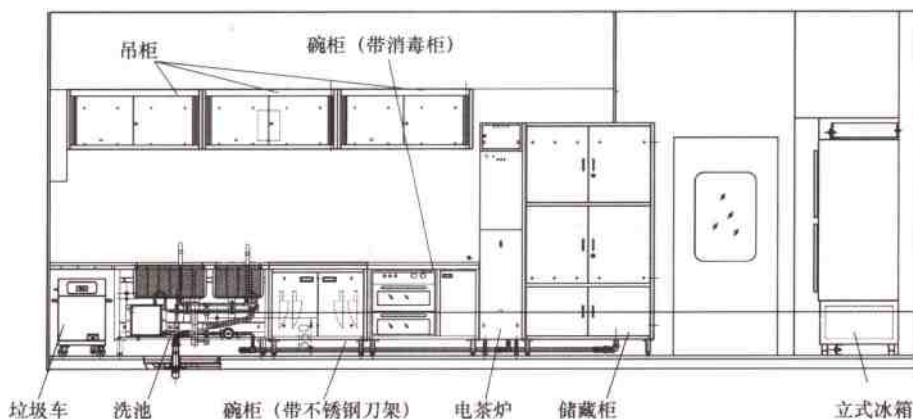


图 13.14 BSP 公司餐车侧墙厨房设备

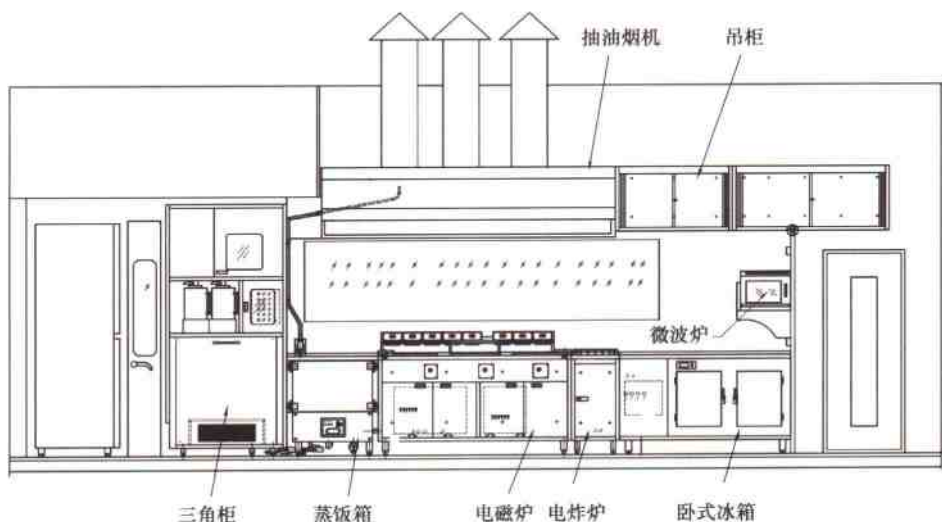


图 13.15 BSP 公司餐车间壁厨房设备



图 13.16 BSP 公司餐车厨房内部照片

13.2.1 电蒸饭箱

13.2.1.1 结构和工作原理

本机由机壳、箱门、手柄、手动排汽阀、安全阀、进水过滤装置、水箱排水阀、操作面板、装在内部的电控箱、电加热管、电控自动进水电磁阀等组成，见图 13.17。机壳与箱门均采用聚氨酯发泡填充，箱内热量损失少，达到保温和节能的效果。高海拔地区气压低，在当地气压下将饭煮熟不易，本机采取了增压措施，安全阀控制压力约为 0.03 MPa，从而保证将饭煮熟。

本机工作原理：本电蒸饭箱集国内外同类产品的优点设计而成，采用智能控制器控制，具有款式新颖、结构合理、操作方便等特点。机器在设定蒸饭时

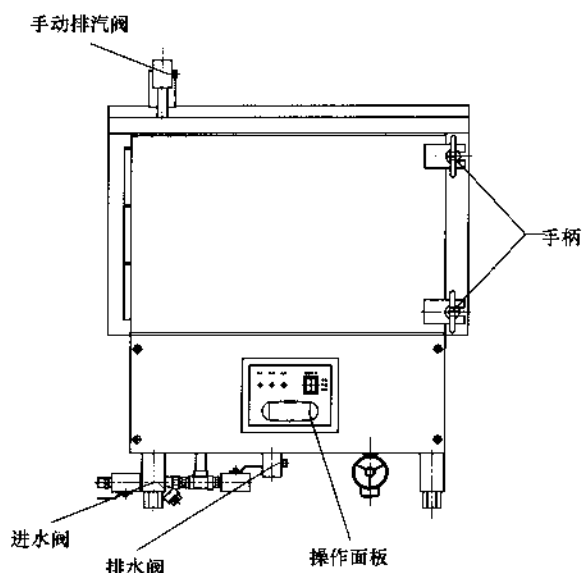


图 13.17 电蒸饭箱

间内自动加热、并自动补水使水箱内水始终在高低水位之间，产生连续的沸腾蒸汽，利用蒸汽蒸煮食物。本机具有定时控制、超温保护、缺水保护、自动补水、保温等功能。

13.2.1.2 主要技术参数

型号	DXL-9
额定蒸饭量	35 kg
饭盆数量	4 个
额定总功率	9 kW
主电源	AC380 V, 50 Hz
控制电源	DC110 V

13.2.1.3 适用环境

海拔	≤ 5100 m
使用环境温度	$-40 \sim +70$ °C
相对湿度	最湿月平均最大相对湿度不大于 95% (该月平均最低温度为 25 °C)

13.2.1.4 功能

(1) 台面设有两个排汽阀。带手柄的球阀用于在工作中需要打开箱门时，



快速排放箱内的蒸汽且卸压；另一个阀为安全自动排汽阀，外罩上将蒸汽引出至排烟罩内的管路，控制压力为约 0.03 MPa。

(2) 在底部右前边设有排水球阀，用于清洗水箱时排除积水，平时为关闭状态。进水管路上也装有排水球阀。本机在进水管上设有过滤器及电磁阀，电磁阀受电气自动控制。

(3) 箱内设有水位探头，用于检测水位的高低，下限位为低水位，上限位为高水位。

(4) 根据蒸饭量多少设定定时控制（当箱体工作压力为 1 个大气压、室温 25℃、额定蒸饭量 35 kg 时，一般设定为 45 min）。当工作达到设定时间时，自动停止加热。

(5) 本设备还设有电热管手动控制功能。当自动控制有故障时，可开启电控箱面板上的手动船形开关（向上手动、向下自动、中间位置停）应急使用电蒸饭箱。

13.2.2 电炸炉

13.2.2.1 结构和工作原理

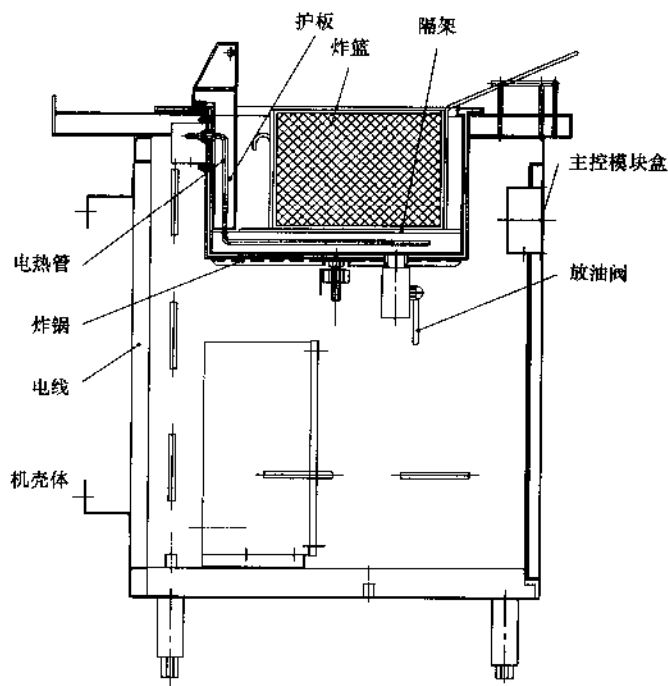


图 13.18 电炸炉



电炸炉由机壳、箱门、薄膜开关面板、隔架、炸篮以及装在内部的电控箱、电加热管、手动排油阀等组成,见图 13.18。

电炸炉吸收国内外同类产品的优点设计而成,采用智能温度控制器控制,具有款式新颖、结构合理、操作方便、升温速度快等特点。可根据不同的食物炸制要求设定工作油温,实现限温工作超温保护。

13.2.2.2 主要性能

炸缸总容积	$\geq 25\text{ L}$
温度调节范围	$50 \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$
电热管功率	4 kW
主电源	AC380 V, 50 Hz
控制电源	DC110 V

13.2.2.3 适用环境

海拔	$\leq 5\,100\text{ m}$
使用环境温度	$-40 \sim +70\text{ }^{\circ}\text{C}$
相对湿度	最湿月月平均最大相对湿度不大于 95% (该月月平均最低温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

13.2.3 电磁灶

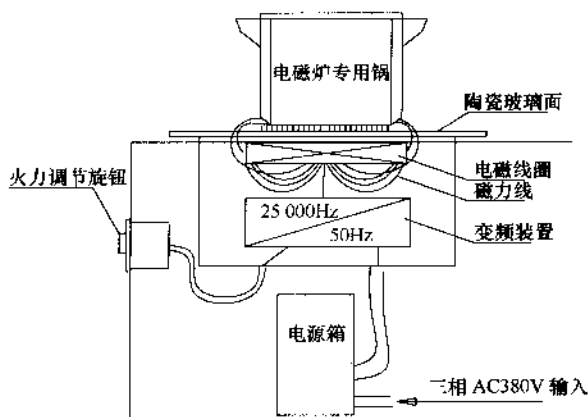


图 13.19 电磁炉示意图

电磁炉根据电磁感应加热原理使导磁体在磁场内产生涡流发热而达到加热食物的目的,具有速度快,无明火,效率高等特点,且具有温度保护、过流保护、感应开关保护等保护功能。电磁炉使用三相 380 V、50 Hz 正弦交流电,热效率达 85% 以上。



电磁炉有三个炉（一个 5 kW 平炉和一个 5 kW 凹炉、一个 8 kW 凹炉）。灶体上还有锅架、调味盒以及装在内部的电控箱等组成。见图 13.19、图 13.20。



图 13.20 电磁炉实物照片

13.2.4 抽油烟机

13.2.4.1 结构和工作原理

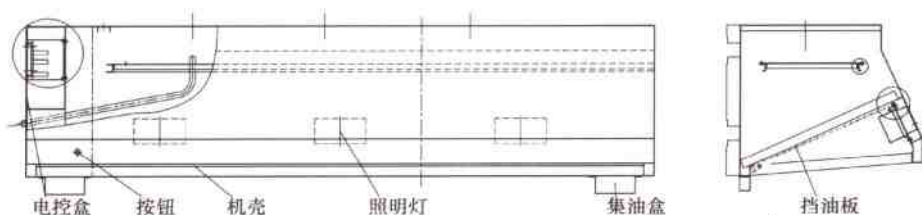


图 13.21 排油烟机

本机由机壳、照明灯、集油盒、电控箱、按钮等组成，见图 13.21。

本机作为厨房灶具排油烟用。排烟风机与照明集中装于机壳内。槽形滤油板过滤阻力小，废油自流回收，操作方便。本机装配三个风机，其中中间一个由窗上的速动开关控制，另外两个由空调系统集中控制。

13.2.4.2 主要技术参数

型号	电源	功率	风量
PY-6	AC380 V, 50 Hz	610 W	6 000 m ³ /h

13.2.4.3 适用环境

海拔	≤5 100 m
使用环境温度	-40 ~ +70 ℃



相对湿度

最湿月月平均最大相对湿度不大于 90% (该月月平均最低温度为 25℃)

13.2.5 冰箱

13.2.5.1 结构和工作原理

(1) 结构

本冰箱是专门为列车餐车厨房设计的一种整体式电冰箱, 依照 TB/T 2041《铁路餐车电冰箱及技术条件》及 TB/T 2042《铁路餐车电冰箱试验方法》生产, 具有结构紧凑, 安装方便, 制冷能力强, 抗动态震动好的特点。

本冰箱以空气作为散热介质, 采用冷媒蒸发方法制冷。

本产品以卧式冰箱一台和立式冰箱一台, 组合为一套适合餐车冰箱使用的保鲜冷藏设备。见图 13.22、图 13.23。

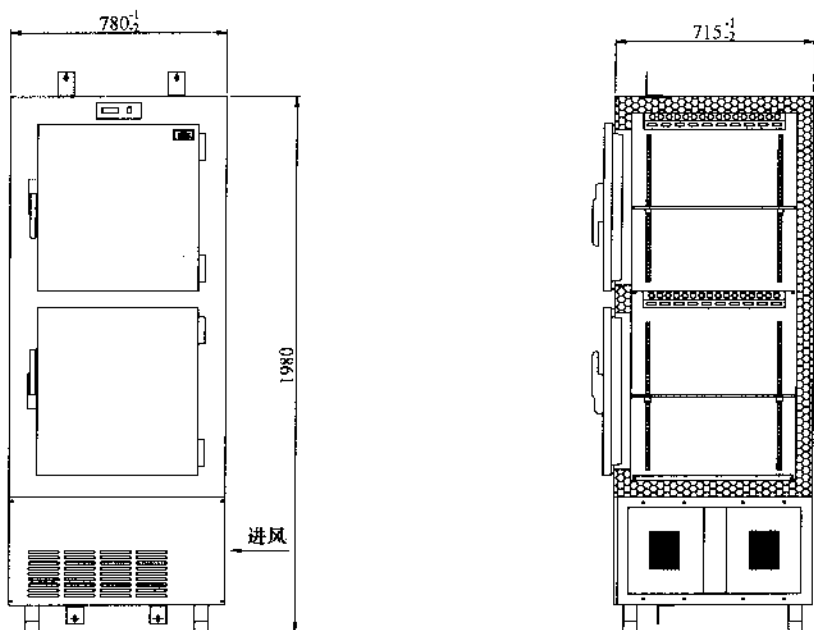


图 13.22 立式餐车冰箱

冰箱由压缩机、冷凝器、节流毛细管、蒸发器等主要部件组成。系统中设置了干燥过滤器, 避免系统中的水分在毛细管里面结冰, 造成冰堵; 单向阀阻止了压缩机停机时高温气体从压缩机侧返流至蒸发器, 延长保温时间。

冰箱为直冷式, 箱内空气为自然对流, 空气经过蒸发器的冷却后下沉到箱底部, 箱底部的空气上升到蒸发器冷却, 最终达到箱内低温空气温度的相对平

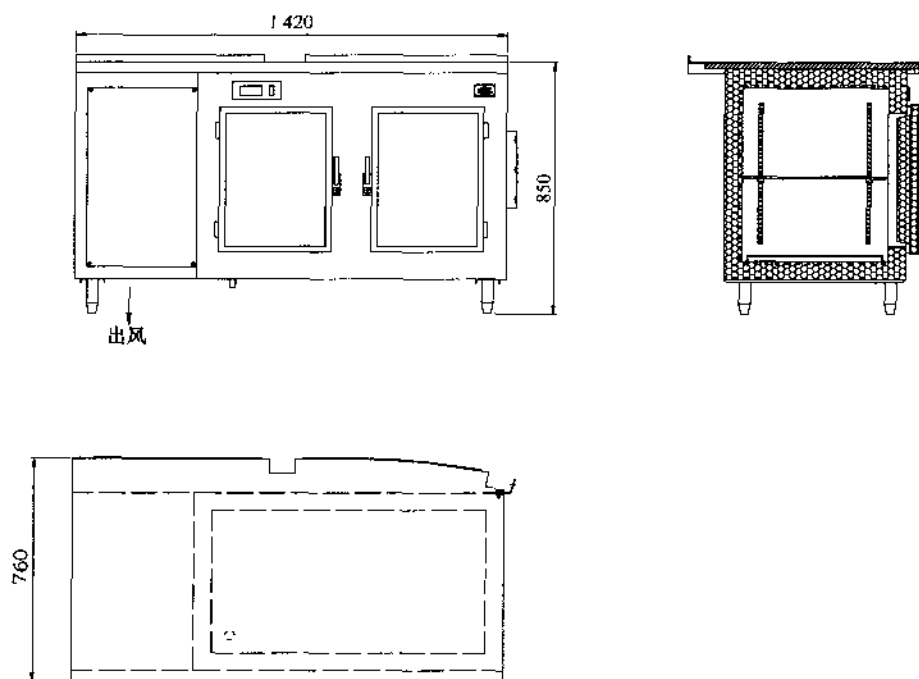


图 13.23 卧式餐车冰箱

衡。由于是自然冷却，能较大程度地减少食物的干耗。

(2) 工作原理 (图 13.24)

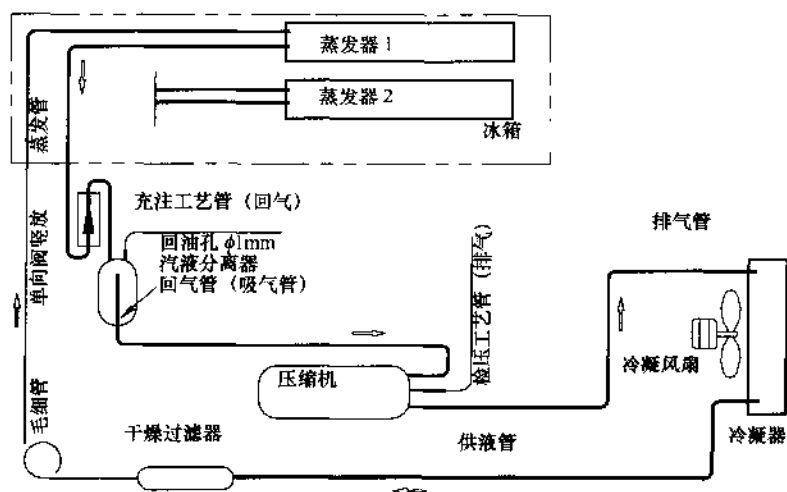


图 13.24 制冷系统原理图



已经在蒸发器上吸收了热量的 R134a 制冷剂，成为低温低压的气体，被压缩机吸入，压缩成高温高压的气体，进入冷凝器被冷却成液体，再通过毛细管节流，成为低温低压的、气液共存的制冷剂，送到蒸发器里，蒸发时吸收蒸发器周围物品的热量，使蒸发器周围的物品降温。蒸发后的制冷剂成为蒸气，再次被压缩机吸入压缩，整个过程周而复始。

13.2.5.2 适用环境

海拔	$\leq 5\,100\text{ m}$
使用环境温度	$-40 \sim +70\text{ }^{\circ}\text{C}$
相对湿度	最湿月月平均最大相对湿度不大于 95%（该月月平均最低温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）

13.2.5.3 主要技术参数

项 目		卧式 CW220	立式 CL500	备注
总有效容积		220 L	500 L	
额定电源		AC 220 V		
压缩机	形式	卧式全封闭旋转式		
	台数	1	2	
	电流	2.3 A/台	0.7 A/台	
	吸/排气压力	0.03/0.80 MPa	0.04/0.75 MPa	箱温 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，室温 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$
冷凝风扇	形式	轴流式	轴流式	
	台数	1	2	
	电流	0.35 A/台	0.35 A/台	
运行功率		450 W	378 W	
节流毛细管孔径/长度		0.8/1100	0.8/900	
制冷剂种类		R-134a		
冷冻机油		HAB-15 30 mL/（压缩机·台）		R-134a 专用机油
温度控制		$-5 \sim +5\text{ }^{\circ}\text{C}$		温控器差动值 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$
外形尺寸（宽×深×高）		1420×760×850	780×755×1980	
重量		160 kg	188 kg	

13.2.6 消毒柜

13.2.6.1 主要结构及功能

消毒柜结构示意图参见图 13.13。其主要功能为：

（1）高臭氧紫外管：可辐射两种波长紫外线，其中一种激发空气中的氧气形成臭氧，高浓度臭氧及强紫外线辐射可以杀菌消毒。

（2）安全门开关：如在工作中开门，紫外管或风机即停止工作，防止误开



门导致意外烫伤或臭氧泄漏肮脏紫外线辐射的危害。

(3) 控制板: 控制风机, PTC 加热器, 紫外线管等按程序要求工作, 并精确控制柜内温度范围。

13.2.6.2 主要技术参数

型号	ZQD90 - C
电源	AC220 V, 50 Hz
加热器总功率	245 W
额定总功率	260 W
额定承载量	12 kg
有效容积	90 L
消毒周期	60 min/90 min/120 min
烘干周期	30 min/60 min
保鲜周期	60 min/90 min/120 min

13.2.7 电磁开水炉

铁磁牌 TCL-22A-J 型系列全自动电磁开水炉是为了适应青藏铁路高原客车供水需要而研制的新一代专利供水设备。本设备利用列车集中供电电源, 采用先进的水电隔离高频逆变感应加热技术和非接触水位检测技术, 取代了传统电开水炉中易失效的电热管和水位探针, 具有安全节能、维护周期长的特点, 且内外胆用不锈钢材质制成, 冷水和热水隔开, 可无人值守连续供应经数码净饮水机过滤的磁化纯净开水。数码净饮水机能滤除自来水中细菌、胶体、铁锈等对人体有害的有机物, 保留水中有益矿物质, 长期饮用, 有益于身体健康, 美容护肤。

13.2.7.1 主要技术参数

主电路额定电压	DC500 ~ 660 V
控制电路额定电压	DC110 V (波动范围 DC77 ~ 137.5 V)
额定功率	4.5 kW
出水温度	
海拔 ≤ 1500 m	出水温度 ≥ 95 °C
海拔 ≥ 1500 m	出水温度随海拔的升高而降低
热水箱储水量	≥ 12 L
产热量	≥ 40 L/H (进水水温: 18 °C)
降温速率	≤ 5 °C/h
整机绝缘电阻	冷态 ≥ 5 M Ω , 热态 ≥ 2 M Ω



整机电气强度

主回路	工频 3 580 V 历时 1 min 无击穿、闪络现象
控制回路	工频 1 430 V 历时 1 min 无击穿、闪络现象

13.2.7.2 使用环境

海拔	$\leq 5\,000\text{ m}$
使用环境温度	$+5 \sim +45\text{ }^{\circ}\text{C}$
储存环境温度	$-40 \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$
相对湿度	$\leq 95\%$

13.2.7.3 性能特点

(1) 高效节能。采用技术先进的高频逆变感应加热原理,水电隔离,节能、热效率高、产水量稳定、结垢少。

(2) 清洁卫生。无污染气体产生,热水龙头放出的水是刚沸腾、经电磁波杀菌、消毒的新鲜磁化纯净开水。当纯净水在产水箱中被涡流加热时,其水分子被高频脉动磁场的磁力线反复切割而磁化,水被磁化时改变了水中金属钙、镁离子与酸根离子间的聚合趋向,抑制了悬浮微粒在受热面上的附着力,这是磁化水的非生物效应;同时由于水分子是极性分子,水经磁化后,单分子水的数量大大增多,其活性大大强于其他分子,因而磁化水有杀菌、消毒、治疗结石、帮助消化、镇静、驱虫、治疗溃疡等慢性病疗效作用,这就是磁化水的生物效应。磁化水对人体有祛病、防病、医疗保健作用,有助于清除旅客旅行途中常有的“水土不服、胃口不佳”等不适应现象。数码净水机是把自来水中细菌、胶体、铁锈等对人体有害的有机物滤除,保留水中有益矿物质,长期饮用,有益于身体健康,美容护肤。

(3) 除垢简单。因采用水电隔离的感应加热原理,结垢细而少,打开排污阀即可达到除垢效果,节省了排污费用和降低了劳动强度。

(4) 安全可靠。加热组件抗振动、耐冲击,使用寿命长,整机能在垂向 1g、横向 2g、水平(沿车辆运行方向) 3g 下正常工作;不产生明火,被誉为安全型“冷加热”开水炉,功率变换器件采用世界名牌公司产品,可靠性高,并用铝方管水冷却技术;整机绝缘电阻大于 $20\text{ M}\Omega$,整机主电路电气强度经 50 Hz、3 580 V/min、控制电路电气强度经 50 Hz、1 430 V/min 均无击穿,无闪络现象。

(5) 自动控制。全自动连续工作,减轻工作人员的劳动强度,具有瞬间过压过流保护、功率器件超温保护、断水保护、缺水自动进水、水位显示等功能。

(6) 采用非接触磁敏水位检测技术,有效解决了通常用水位探针因带电离子沉淀加速产生水垢导致控制失效的问题。

(7) 维护简便。电控箱、炉体及加热器活动连接, 方便拆卸、检修和清洗, 可方便地更换电控箱、加热线圈等部件。

13.2.7.4 结构和工作原理

(1) 炉体结构

开水炉由柜体、电控箱、漏电保护器、产水箱、储水箱、加热腔、水位传感器、电磁阀、水泵、数码净水机、压力温度控制器、排气冷凝器等器件组成, 见图 13.25。

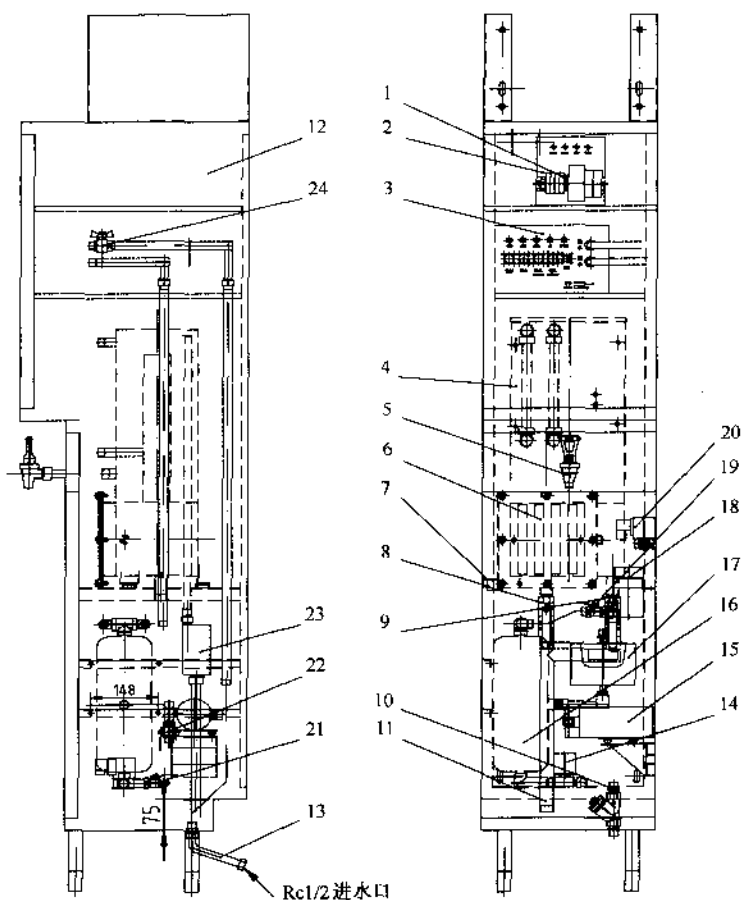


图 13.25 电磁开水炉结构示意图

1—接线端子; 2—DC600V 漏电保护器; 3—电控箱; 4—水箱; 5—水龙头; 6—加热腔; 7—干烧保护器; 8—产水箱排水阀; 9—储水箱排水阀; 10—过滤器; 11—总排水管; 12—机柜; 13—进水管; 14—排污电磁阀; 15—水泵; 16—净水机; 17—水质显示器; 18—保存液加注杯; 19—保存液加注杯; 20—进水电磁阀; 21—净水器手工排水阀; 22—水泵放水阀; 23—蒸汽冷凝器; 24—进水阀。



电控箱是开水炉的功能控制部件，决定功率输出，它与水位传感器配合，具有开水炉过热、过流、缺水保护等多种功能。电控箱面板参见图 13.26。

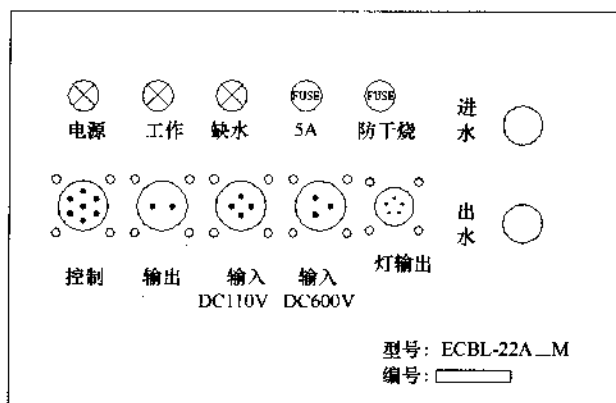


图 13.26 电控箱面板

产水箱用于存放生水，与加热腔相连，加热腔中装入加热线圈，在交变电场作用下产生磁场，产生涡流，是产生开水的热源。

储水箱是存放开水用的，外接水位传感器，产生水位信息，达到控制开水炉的加热与停止。

净水机采用先进的膜分离技术与垂直交叉过滤原理，有 1 个进水口和 2 个出水口，自来水进入净水机后，水分子、对人体有益的矿物质在水压的作用下，透过中空超滤膜壁进入净水腔内，最后进入产水箱，而铁锈、细菌、胶体等其他杂质则被滞留在中空超滤膜管内随排污电磁阀的打开而排出，同时数码净水采用了世界先进的数码监控技术，能自动监测设备的运行状况，提醒维护、同时保证水质安全。

净水机的核心部分是滤芯，如果坏了或寿命到期了，净水机就会失去净化效果，数码净水机特有的数码监测仪采用当今世界最先进的数码技术与测量技术，能准确地监测净水机的运行状况和监测滤芯的寿命，适时提醒用户作出反应，保证用水时安全与健康。

(2) 电气控制原理 (图 13.27)

开水炉电气主回路主要由断路器、漏电保护器、逆变器和感应线圈等部件组成，DC600 V 电源经断路器、漏电保护器进入主电控箱，由功率模块组成的全桥逆变器把直流电转变成 25 kHz 左右的高频交流电，供给感应线圈，在产水箱腔体中产生涡流并使之发热将水烧开。辅助电源 DC110 V 供给开关电源输入

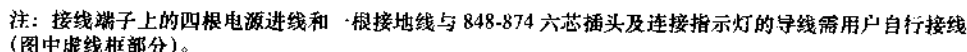


图 13.27 电磁开水炉电气原理图

端,开关电源输出 DC24 V 电源,一路供给电磁阀和水泵使用,另一路供给 LM7815,使 LM7815 输出 DC15 V 电源给控制板使用。开水炉控制电路主要由 8 位单片微处理器及外围数字电路、脉冲驱动电路、水位传感器、温度传感器、稳压电源、指示灯、继电器及控制进水的电磁阀和水泵等部分组成,在微处理器的程序作用下,能根据产水箱水位的变化,控制电磁阀的开/关,逆变器的启/停,进行断水保护,缺水自动进水,水位显示等功能。并且当逆变器发生过流、过热等异常情况时自动保护停机,等恢复正常且延时一定时间后再启动逆变器,另外微处理器能根据逆变器输出的电流电压相位信号调整工作频率,使逆变器



工作在最佳谐振状态。

(3) 自动保温原理

开水炉采用冷热水隔离储存,当产水箱中的冷水被加热至沸腾时(此时水温由海拔高度决定),沸腾的热水从产水箱膨胀筒上端跃出进入储水箱,因而储水箱中的热水温度始终是常压下的最高温度,解决了在海拔变化大的情况下(列车从平原地区开往高原地区)开水炉使用温度探针控制水温而使温度保护失效的情况。开水炉由单片微处理器设置了自动保温程序,在储水箱满水位时能自动进入保温状态:即开水炉能在保温3 min后,自行开启加热8 s,这样能把电茶炉在不工作的情况下3 min冷却的热量通过8 s的加热补充回来,保证储水箱中水温达到规定温度。

(4) 水位控制原理

进水电磁阀通电后,冷水经电控箱冷却管、水泵、净水机、进水电磁阀注入产水箱,当水位到达产水箱上水位时进水电磁阀关闭,停止进水并开始加热,水沸腾后从翻水膨胀筒上端跃出,进入储水箱,使产水箱水位下降,当降至产水箱的中水位时进水电磁阀打开补水,水位升至上水位时停止补水。当储水箱内水位升至上水位时,电控箱停止工作,自动进入保温状态。当取用开水使储水箱内水位降至下水位时,电控箱再次工作。如此即可连续不断地供应开水。每次接通电源开机时排污电磁阀自动打开1 min,自来水通过排污电磁阀直接对过滤膜进行冲洗,冲水量1.7 L,经冲洗后的自来水变成污水排入接水盘中。水源的利用率 $\geq 99.5\%$,自来水穿透净水机中的过滤膜后变成净水,自来水中的杂质被阻挡在过滤膜上,越积越多。净水机的排污过程是指关闭净水机出水口,打开净水机排污口,自来水对过滤膜直接冲洗,自来水把过滤膜上的杂质冲下来后变成污水,经排污口流入接水盘中。2个电磁阀和水泵都是联动的,当任何一个电磁阀打开时,水泵都会自动打开。

(5) 二次保护(防干烧)原理(图13.28)

开水炉具有二次缺水保护,即当产水箱水位降至下水位时,开水炉迅速进入补水程序,停止加热;开水炉装置了压力温度控制器,即使在水位传感器失灵或发生器件损坏等突发情况下:产水箱内缺水,甚至无水,开水炉加热腔迅速升温,这时装在加热腔中的温度控制器能立即动作,电控箱面板上的防干烧保险丝熔断,电控箱停止工作,防止加热线圈损坏。

电磁开水炉管道流程图参见图13.29。

(6) 漏电保护原理(图13.30)

开水炉设有漏电保护装置,主要用于检测DC600 V直流负载及线路的绝缘

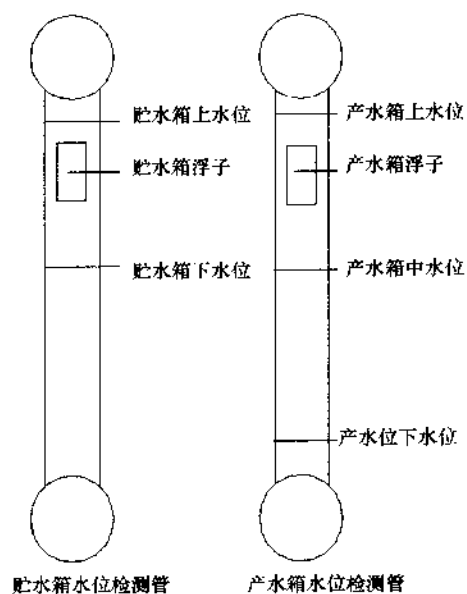


图 13.28 水位显示及传感器示意图

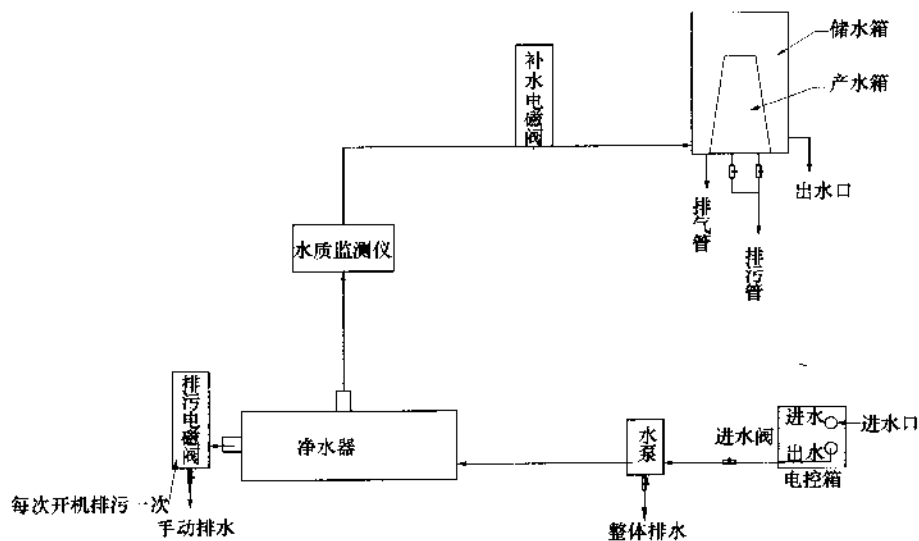


图 13.29 电磁开水炉管道流程图

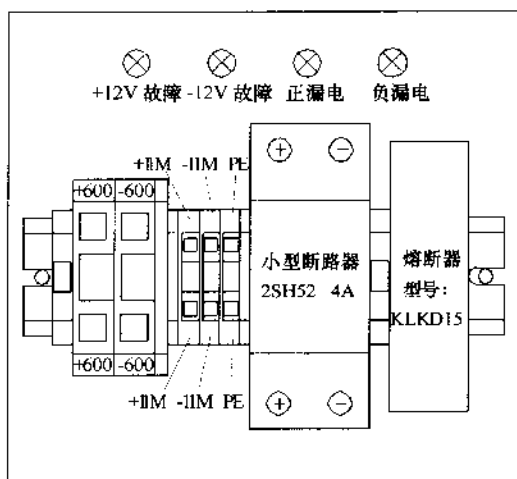


图 13.30 漏电检测装置面板示意图

状况。当正电压（或负电压）对地漏电流大于 10 mA 时，本装置的正漏电（或负漏电）指示灯亮，并切断电器输出控制信号；通过将本装置的内部继电器触点接入控制回路，可实现保护作用。

（7）净水机防冻与保存原理

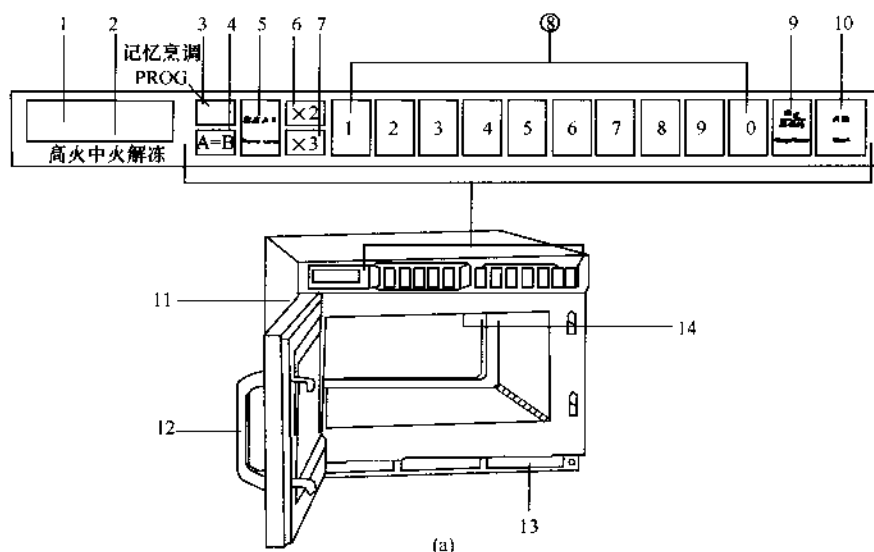
数码净水机中的滤芯是中空超滤膜，当净水机工作在 0℃ 以上环境时，自来水从净水机的进水口进入中空超滤膜内，在水压作用下，透过中空超滤膜壁进入净水腔内，通过净化水出口供给开水炉使用。当净水机工作在 0℃ 以下环境时，管路中的自来水会结冰，开水炉因补不到水就会处于缺水状态而停止工作，中空超滤膜内的存水也会结冰；净水机长期不使用（超过 3 天），过滤膜内排不尽的存水会滋生细菌，所以当 0℃ 以下保存或长期不使用时，应在开水炉的加注口加注由厂家提供的保存液。

13.2.8 微波炉

采用松下 NE-1756 型商用微波炉。主要技术参数如下所述：额定总功率为约 2.7 kW；主电源为：AC220 V，50 Hz；3 段火力；3 段烹调时间；20 段程序储存；双重及三倍分量按钮。

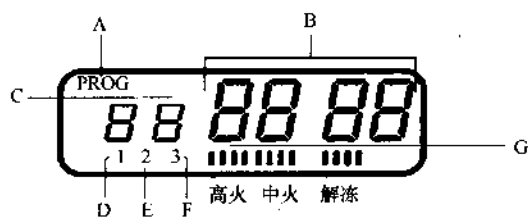
13.2.9 不带电设备

厨房内还配备了洗池、储藏柜、吊柜、三角柜、碗柜、调料盒、刀架、锅架、垃圾车等不带电设备，各设备外露面均采用高档不锈钢板拉丝制作，具有



- 1—数字显示窗[参看(b)图];
2—火力强度指示灯显示;
3—记忆烹调钮;
4—转换钮;
5—微波火力选择钮;
6—双重份量钮;
7—三重份量钮;

- 8—数字/存储钮;
9—停止/再调校钮;
10—开始钮;
11—炉灯罩;
12—门把手;
13—空气过滤器;
14—溅散物挡板(内壁顶部)。



- A—记忆烹调显示;
B—烹调时间显示(分,秒);
C—存储钮数字显示;

(b)

- D—一段烹调指示灯;
E—二段烹调指示灯;
F—三段烹调指示灯;
G—火力强度指示灯。

图 13.31 微波炉结构示意图

耐油、易清洁、环保、卫生、实用、美观大方等优点。各洗池配备了过滤篮，既方便了厨师的工作，也有利于防止洗菜、洗餐具过程中的杂物堵塞污水管路；洗池下部集成了增压水泵及温水箱设备，为厨师提供大流量的洗刷用水，尤其在严寒季节提供加热的温水，体现了厨房设备的人性化设计。在洗池的左侧还



配备了垃圾车，更便于洗涮的需要。厨房设计考虑了尽可能多的台面面积，为备餐留出更大空间；大容量的储藏柜和多组吊柜为储备餐料提供了更大的空间；碗柜、调料盒、刀架、锅架等设计更是充分考虑了厨师的操作和厨房整体的卫生、整洁和美观。

14 青藏铁路高原发电车

青藏铁路高原发电车作为青藏铁路高原客车的电源车，其成功的研制，填补了国内外高原铁路移动电站的空白。针对青藏铁路沿线环境高原低压、缺氧、多年冻土、大风日多、风力强、日温差大、紫外线强、生态自然环境脆弱、滚地雷多的特点以及编组列车 DC600 V 大用电量的需求，青藏铁路高原发电车着力解决了以下难题：高原大功率柴油发电系统的研制、冷却系统的研制、燃油系统的研制、电气控制与 DC600 V 整流系统的研制、大载重钢结构的研制、大轴重（23 t）转向架的研制、供氧系统的研制、污物污水收集系统的研制、高原客车车窗的研制以及对车辆防紫外线、防风沙的研制。本章主要介绍柴油发电系统、电气控制与整流系统、冷却系统、燃油系统。

表 14.1 为青藏铁路高原发电车与现有普通 25 型发电车的主要技术参数及适应的环境条件对照表。

表 14.1 青藏铁路高原发电车与现有普通 25 型发电车主要参数对照

项 目 \ 车 型	青藏发电车	25 型发电车
柴油机功率	海拔 110 m 及 25 ℃ 环境下： 输出功率为 1295 kW 海拔 5100 m 及 25 ℃ 环境下： 输出功率为 912 kW	标称功率：360 kW
发电机	海拔 110 m 及 25 ℃ 环境下： 输出功率为 1000 kW 海拔 5100 m 及 25 ℃ 环境下： 输出功率为 800 kW	标称功率：330 kW
装机容量	高原 AC460 V，2 × 800 kW	平原 AC380 V，3 × 300 kW
整车最大输出功率	高原 DC600 V，2 × 725 kW	平原 AC380 V，2 × 400 kW
车辆长度	25 500 mm	22 000 mm
轴重	23 t	16.5 t
全数字相控整流	DC600 V，2 × 725 kW	无
定员	座室 2 人，卧铺 16 人	座室 2 人
环境温度	-45 ~ +40 ℃	-20 ~ +40 ℃



续上表

项 目 \ 车 型	青藏发电车	25 型发电车
环境最低气压	54 kPa	无特殊要求
制氧	有	无
最大侧风	33 m/s	≤ 25 m/s
紫外线影响	强	一般
防雷击保护	有	不作要求
环保要求	高	一般
材料的耐低温性能	高	一般
高原电气性能要求	高	按常规, 不作特殊要求

目前我国铁路用于非高原的普通发电车, 其整车最大输出约 800 kW, 而青藏编组列车的用电量最高可达 1 400 kW。为此我们制定了两路直流输出 2×725 kW 的方案: 设两台交流 AC460 V 交流柴油发电机组, 经整流装置整流滤波, 分两路输出 DC600 V、725 kW 电能。

14.1 高原大功率柴油发电机组

高原低气压、缺氧不利于柴油机组的工作。国内普通铁路发电车柴油机在海拔 5 100 m 处的功率降约为 40%。高原发电车由于受车辆空间、轴重等诸多因素的限制, 选用“重量功率比”较少而又性能可靠的机组是决定发电车成败的关键。

14.1.1 交流柴油发电机组

该发电机组在海拔 5 100 m 及 25 °C 环境下输出电能为 AC460 V、800 kW。

14.1.2 康明斯 (CUMMINS) QSK45 - G6 电喷柴油机

其主要参数如下所述:

标定转速 1 500 r/min

常载功率

海拔 110 m 及 25 °C 环境下 输出功率为 1 295 kW

海拔 5 100 m 及 25 °C 环境下 输出功率为 912 kW, 功率降为 29.5%



结构形式	四冲程、V 形 60°、涡轮增压、 中冷器后置低温冷却器 (2 泵/2 循环)
气缸数	12 缸
气缸直径/行程	159 mm × 190 mm
总排量	45.1 L
压缩比	14.5:1
曲轴转向 (面对输出端)	顺时针
发火次序 (从右端数起)	1R - 6L - 5R - 2L - 3R - 4L - 6R - 1L - 2R - 5L - 4R - 3L
盘车转速	725 - 775 r/min
燃油系统	高电式电喷燃油系统 (HP1 - PT)
发动机旋向 (面对飞轮)	逆时针
起动方式	DC24 V 电起动
冷却方式	水冷式
飞轮壳形式	SAE0 [#] /18
尺寸 (长 × 宽 × 高)	2 255 mm × 1 529 mm × 1 911 mm
重量	5 640 kg (干重), 6 000 kg (湿重)
空气进气阻力	381 mm 水柱
排气背压值	51 mm 汞柱
旋转时的惯性力矩	14.6 kg · m ²
输出的最大的扭矩	10 350 N · m
最大承受背压值	51 mm 汞柱
最大的进气限制 (空滤脏时)	508 mm 水柱
最大的进气限制 (空滤干净时)	381 mm 水柱
冷却水容量 (高温水)	110 L
冷却水容量 (低温水)	30 L
呼吸阀最低排气压力 (冷却系统高度少于 2 m)	70 kPa
常用功率下的最高水温	100 °C
冷却出入水管最大允许高度	18.3 m
高温水节温器开启温度	82 ~ 93 °C
环境温度 25 °C 时, 低温水最高进水温度	49 °C
低温水节温器开启温度	46 ~ 57 °C
怠速时的机油压力	138 kPa



额定转速时的机油压力	345 ~ 483 kPa
最高允许机油温度	121 °C
油底壳机油容量 (高 - 低刻线范围内)	196.5 ~ 172 L
燃油泵最大的阻力 (柴油滤脏时)	203 mm 汞柱
燃油泵最大的阻力 (柴油干净时)	102 mm 汞柱
最高允许回油管路阻力 (包括动、静态)	229 mm 汞柱
至油泵最大的油量	1 100 L/h
最大的排油量	950 L/h
额定负载 1 500 r/min, 于 7.5 m 处时噪声值	≤ 122 dBA
排气管偏离中心线 45 ° 角, 于 1 m 处时噪声值	≤ 112 dBA
活塞速度	9.4 m/s
燃烧空气需要量	1 525 L/s
排气温度	450 °C
排气速度	11 187 英尺/min
总排气流量	3 685 L/s
空气相对燃烧比率	27.1:1
高温水流量	17.4 L/s
低温水流量	6.9 L/s
辐射热量	120 kW
高温水热量	325 kW
低温水热量	275 kW
排气热量	955 kW
燃油热量	25 kW
燃油消耗率 (100% 负载)	194 g/(kW · h)
燃油消耗率 (75% 负载)	193 g/(kW · h)
燃油消耗率 (50% 负载)	201 g/(kW · h)
燃油消耗率 (25% 负载)	233 g/(kW · h)
机油消耗率 (100% 负载)	≤ 0.71 L

与其他品牌同等功率的柴油机相比, 康明斯 QSK45 - G6 电喷柴油机具有以下主要优点:

- (1) 体积较小;
- (2) 重量功率比较小, 为 4.355;
- (3) 功率降较小: 海拔 5 100 m 时为 29.5% ;



(4) 通信、故障诊断功能较强。

14.1.3 利来森玛 LSA50.1M7 交流同步发电机

额定转速	1 500 r/min
额定电压	AC460 V/265 V (±5% 可调), 三相四线制
功率系数	0.8
频率	50 Hz
绝缘等级	H 级
常载功率	
海拔 110 m 及 25 ℃ 环境下	1 000 kW
海拔 5 100 m 及 25 ℃ 环境下	800 kW

14.2 发电车电气控制系统

发电车作为移动电站,除满足自身的用电以外,还给整列客车提供额定电压为 600V 的直流电源。直流电源通过车端八个电力连接器分 I、II 路送往编组列车,一位侧的四个连接器为一组,二位侧的四个连接器为二组,每一路的传输功率均为 725 kW。柴油发电机组发出的是 50 Hz、AC460 V/265 V 交流电,经 DC600 V 整流装置整流后提供直流电源,每台机组输出功率参数为 AC460 V/265 V、50 Hz、800 kW。

发电车车内各用电设备金属外壳均就近接地。针对雷击现象比较严重的问题,在接地方面采取,车与车之间用接地连接器连接,实现等电位接地,转向架在一、三、五、七位设置接地装置。

完善的控制系统是机组正常供电乃至发电车电力安全可靠输出的保障,这一点对于运行于青藏高原的铁路客车尤为重要,发电车不间断的正常功率输出对于青藏客车安全运营是最起码要求和保障。本车控制系统采用 PLC 作为控制核心,负责柴油发电机组、整流装置、本车用电设备的自动监控、故障诊断,显示并记录发电车主要运行参数和故障数据。

柴油发电机组的交流输出电压为:AC460 V/265 V (三相四线制),而国内电源的等级为 AC380 V/220 V,故为兼容外接电源 AC380 V/220 V 供电,本车主要交流电气设备:如冷却风机、制氧系统、燃油泵、电加热、温水箱、电茶炉、废排风机、交流照明等采用 AC460 V/265 V 兼容 AC380 V/220 V 供电,以便在机组停机时本车负载可利用地面外接电源供电或检修。正常运行时本车交流电由柴油发电机组供给,即把本车用电选择开关置于“I 机组供电”或“II 机组供电”。



DC600 V 整流装置控制、交流水泵、空调系统、电伴热采用 AC380 V/220 V 交流电源, 由设于车下的 20 kW 隔离主变压器供电。并设有 2 kW 的辅助变压器提供备份的控制电源, 以确保在主变压器故障时, 发电车仍能可靠的对外输出。

安全供电请求功能: 为防止大编组列车供配电的随意性及提高供电的安全性, 通过列车 39 芯电缆, 来实现发电车与编组客车之间的供电联系。当客车准备就绪向发电车发出“供电请求”信号时, 此时方能输出供电, 否则无法完成电力输出操作。一旦“供电请求”信号消失超过 5 s, 机组控制柜立即切断给整流装置的交流主电源, 停止电力输出。机组控制屏设有“DC600 V 强制供电”选择开关, 该工况下, 本车输出不受列车“供电请求”限制。

智能化的供配电控制及完善的通信功能: PLC 实时对防滑器、轴报仪、烟火报警器、柴油机组、整流装置、制氧机、空调等设施等进行监控, 并记录运行参数和故障信息。并设与列车通信的 Lonworks 网络接口网关, 以实现发电车与客车的信息共享。本车主要设施如冷却装置、燃油冷却装置、自动供油装置、空调装置等, 设有手动及自动控制两种模式。

发电车供电主回路示意图参见图 14.1。

发电车配电柜外形图参见图 14.2。

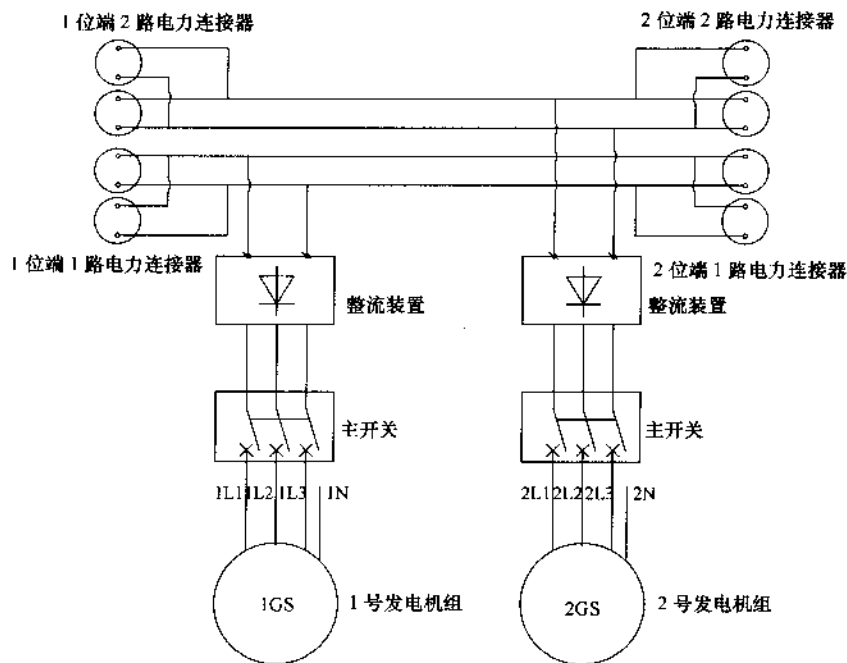


图 14.1 发电车供电主回路示意图

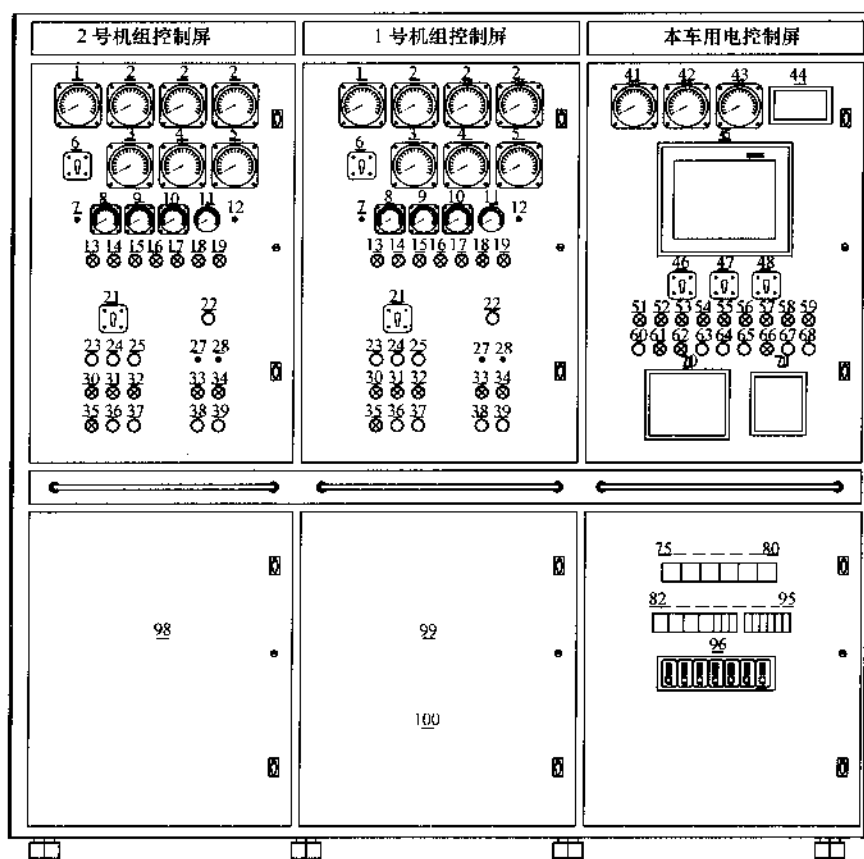


图 14.2 发电车配电柜外形图

14.3 DC600 V 整流装置

DC600 V 整流装置装于配电室内，与控制配电柜连为一体。柴油发电机组输出的三相 AC460 V 交流电经本装置整流滤波，为编组列车提供 DC600 V 直流电源。该 DC600 V 整流装置主要由高性能全数字式三相全控型晶闸管桥式整流装置、直流侧 LC 滤波电路及相关的控制、保护电路组成。系统采用全数字式电压、电流双闭环调节。通过电压闭环调节，使输出电压连续可调，并使输出电压不随电网电压的波动而变动。输出电流根据负载的特性自动调节，使输出电压也不会因负载的改变而变动。从而可得到稳定的输出电压。



整流电源柜装于发电车配电室内，整流电源柜体采用落地式框架结构，柜体骨架有足够机械强度及刚度，外形见图 14.3。整流电源柜内可接触的金属裸露外壳应采取接地保护，箱体与车体钢结构应有可靠的电气连接。

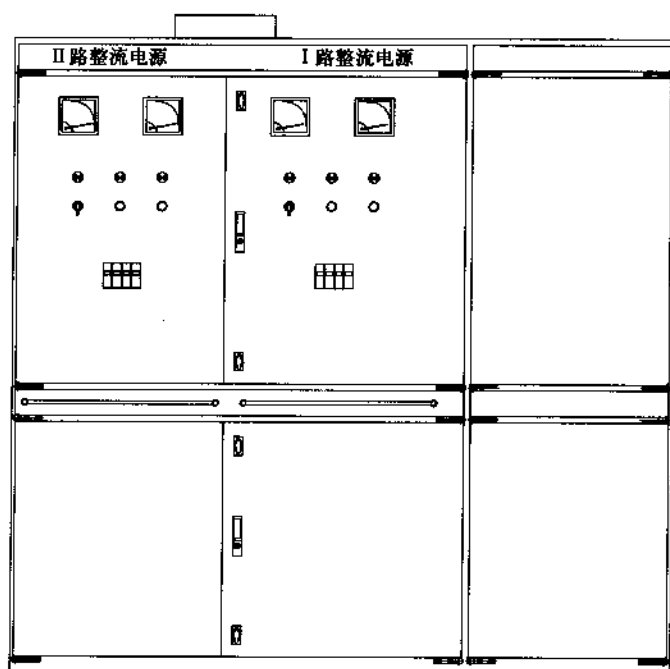


图 14.3 整流装置外形图

14.3.1 整流装置的主电路

整流装置分 I、II 两路，每一路输出均为 725 kW。I 路电源电气原理图参见图 14.4。两套系统的主回路输入、输出和控制回路完全独立，任何一套系统故障，不会影响另一套的正常工作。整流装置将柴油发电机组发出的三相 AC460 V 交流电源，经过三相全控桥式整流后输出 DC600 V 直流电压，再经过 LC 滤波，通过车端电力连接器把 DC600 V 电源送入客车车辆。

当柴油机起动成功，本车有交流电后，客车“供电请求”传至发电车后，面板“供电请求”指示灯亮，机组供电准备就绪。闭合整流装置上的控制电源开关，待整流装置面板上的控制电源指示灯亮后，可以向客车供电。将配电柜内的主开关合闸，5 s 延时后，整流装置向客车输出 DC600 V 电源。发电车

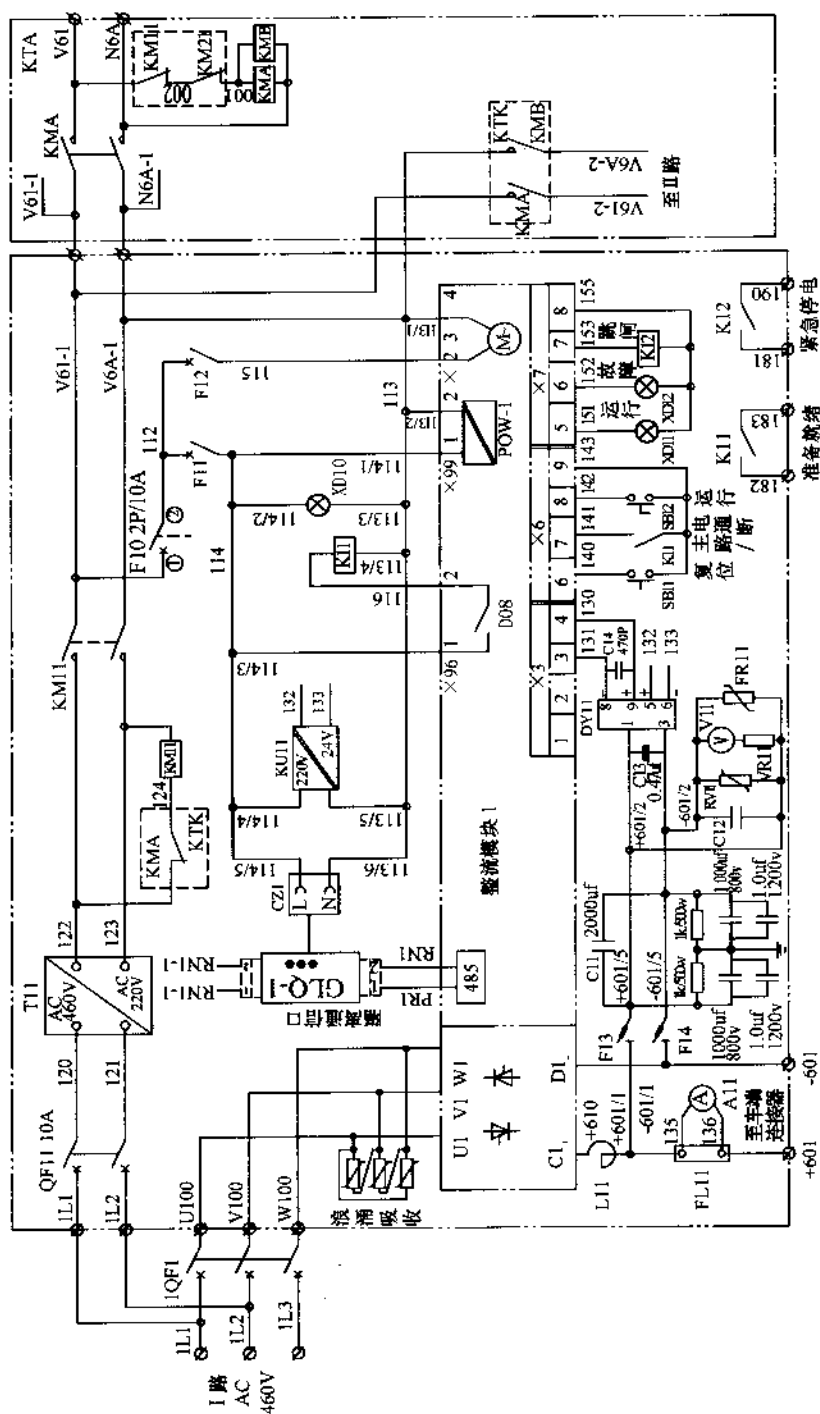


图 14.4 I 路电源电气原理图



也可以在“供电请求”信号的情况下向客车供电，将配电柜上的“DC600 V 输出”旋钮打在“应急”位，合闸后发电车向客车供电。

为了吸收过电压保护整流元件，每个晶闸管都并联了 RC 组成的阻容吸收装置，每个桥臂串联有快速熔断器进行短路保护。三相交流输入端有浪涌吸收电路，直流输出端设有防雷击装置。

控制柜面板上设有电压表和电流表，显示输出电压和负载电流，并有指示灯显示电源的工作状态。

主电路的技术参数如下所述：

额定输入电压	AC460 V
输入电压波动范围	AC437 ~ 483 V
额定输出电压	DC600 V
输出电压波动范围	DC560 ~ 640 V
额定输入频率	50 Hz $\pm$ 1 Hz
额定输出功率	2 $\times$ 725 kW
额定输出电流	2 $\times$ 1 250 A

14.3.2 整流装置的控制电路

整流装置控制电路采用先进的 DSP（数字信号处理器）系统，所有运行参数都可以通过人机对话的方式由软件来设置，并保存在伺服单元内部，通过控制盘，这些参数可以进行方便地修改；系统具有故障自诊断功能，无论什么时候，只要系统出现故障，就会将故障的类型通过控制盘清楚地显示出来，并通过故障代码表查到引起故障的原因，这就简化了维修与调试的复杂性。

整流装置的控制电源、冷却风机的电源均采用 AC220 V 交流电，为防止本车变压器发生故障，影响整流装置的正常向客车供电，在整流装置内部加装了两组备用变压器，直接将柴油发电机组输出的 AC460 V 电源转换为 AC220 V 电源，作为整流装置的控制电源、冷却风机的控制电源。

整流装置内的备用变压器原理图参见图 14.5。

L1、L2 为 AC460 V 交流输入，V61-1、N6A-1、V61-2、N6A-2 为辅助变压器交流 AC220 V 交流输出；V61、N61 A 为车底主变压器 AC220 V 交流输出。KMA、KMB 用于辅助变压器与主变压器的防止并车的电气互锁继电器。

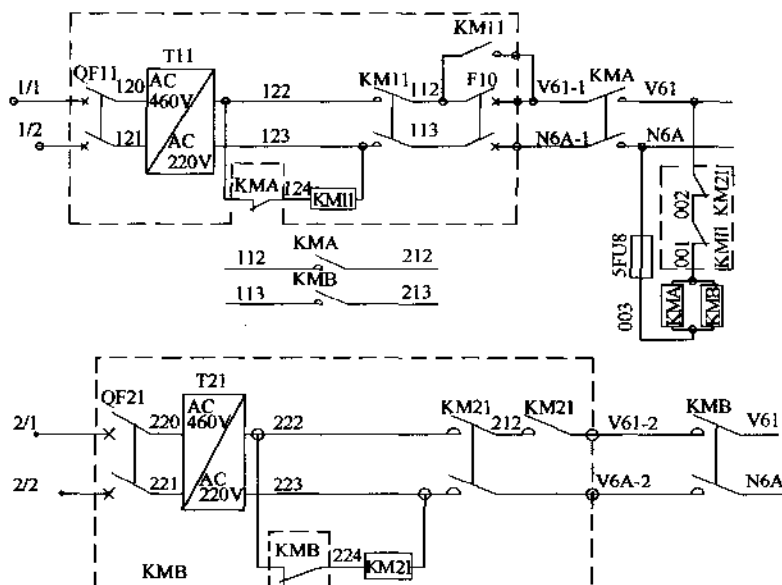


图 14.5 整流装置内备用变压器原理图

14.3.3 整流装置的通信

电源系统配置了标准的串行通信接口（如 RS-232C 或 RS-422 接口等）和现场工业总线接口。这些接口的设置，增强了电源与其他控制设备间的互联能力，可以通过串行接口，也可以与可编程控制器（PLC）等进行通信。

整流柜与机组控制柜之间通过 RS485 和硬线方式进行通信。整流装置工作时，PLC 可以读取其工作参数，如输出功率、输出电压、电流以及整流装置的温升等参数，在配电柜触摸屏界面上显示相应的信息。如果整流装置发生故障，整流电源柜应通过硬线方式通知外部机组控制柜断开整流电源柜的交流输入，RS485 传送故障代码给机组控制柜，用于显示当前故障信息，整流电源柜面板故障指示灯亮。

14.3.4 整流装置的主要元器件技术参数

14.3.4.1 整流模块

该整流模块具有集成数据总线通信功能、可编程功能、快速熔断器短路保护；控制系统具有过电流、整流模块过温、输出过电压输入欠电压、电源缺相、相序出错等各种完备的保护措施。



型号	ABB DCS501 - 2003 - 51
额定电流	2000 A
功率损耗	5467 W
整定输出电压	$600 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}$
冷却方式	强迫风冷
相对湿度	$\leq 95\%$
海拔高度	$\leq 5100 \text{ m}$
振动与冲击	符合 TB/T3058 - 2002 和 TB/T3021 - 2001 的规定
电磁兼容	符合 TB/T3034 - 2002 和 TB/T3021 - 2001 的相应要求

14.3.4.2 直流电抗器

额定电流	1500 A
电感量	0.2 mH
绝缘等级	F 级

14.3.4.3 直流电容器

额定电容量	2000 μ F、1000 μ F
电压等级	1.2 kV

14.3.4.4 快速熔断器

每臂允许最大电流	1600 A
----------	--------

14.3.4.5 DC600 V 整流柜辅助电源变压器

额定输出功率	1.5 kW
额定输入电压	$\text{AC } 460 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}$
额定输出电压	$\text{AC } 220 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}$
额定输入频率	50 Hz $\pm$ 1 Hz
绝缘等级	H 级

14.4 冷却系统

青藏铁路高原发电车选用的柴油机为康明斯 QSK45 - G6 水冷机, 其冷却系统分两路, 一路为高温冷却, 一路为低温冷却, 两路冷却均分为内循环和外循环。

高、低温外循环: 冷却装置、管路及阀门、膨胀水箱、补水箱等。

高温内循环: 柴油机水泵、热交换器、机体缸套、节温器等。

低温内循环: 柴油机水泵、热交换器、节温器等。



柴油机高温水节温器开启温度: $82 \sim 93^{\circ}\text{C}$

柴油机低温水节温器开启温度: $46 \sim 57^{\circ}\text{C}$

本车冷却系统(外循环)采用集中式冷却方式,冷却装置安装于车体一端的冷却室内,整个冷却系统包括冷却装置、膨胀水箱、补水箱、手摇水泵、交流水泵、冷却管路及阀门等。冷却系统示意图参见图 14.6。

14.4.1 冷却装置

冷却装置安装于冷却室内,该冷却装置冷却方式为顶部设风扇吸风式水冷。冷却装置所装散热器为铜管带式双通道、双流程减震散热器,每台机组用 20 节散热器。该冷却装置分两个独立的高温冷却部分和两个独立的中冷冷却部分,其中每一个独立的高温冷却部分的冷却能力不小于 311 kW (海拔 5100 m 时),水阻力不大于 48 kPa (水流量 $62.64\text{ m}^3/\text{h}$); 每一个独立的中冷冷却部分的冷却能力不小于 244 kW (海拔 5100 m 时),水阻力不大于 35 kPa (水流量 $24.84\text{ m}^3/\text{h}$)。

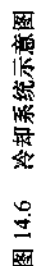
冷却装置借助于电动机,通过固定向上的连接套,从而带动轴流式排风扇。该风扇按电动机给定的转速旋转,从而使温度较低的空气,以一定的质量流速,流经安装在冷却装置二侧面的管片式双流道减震散热器组,借此冷却柴油机流出的高温和低温冷却水,使其温度降低后,继续进入柴油机冷却水系统。冷却柴油机各主要工作部件,达到确保柴油机安全可靠运行的目的。

冷却装置外形图见图 14.7,由钢结构、电机风扇、散热器等主要部件组成。冷却装置采用开式、双通道、双流程结构,每个流程由 10 组散热器单节组成。散热器单节采用散热效果优良的双流道减震散热器。

(1) 冷却电机

冷却电机参数如下:

规格	YDF225M2-4/6 三相交流双速异步电动机
额定功率	对应转速 37 kW 时 1470 r/min 、 15 kW 时 980 r/min
额定工作电压	AC380 V、AC460 V
频率	50 Hz
功率因数	低速: 0.78, 高速: 0.82
效率	低速: 78%, 高速: 82%
额定电流	低速: 29 A, 高速: 66 A
启动电流	低速: 153 A, 高速: 195 A



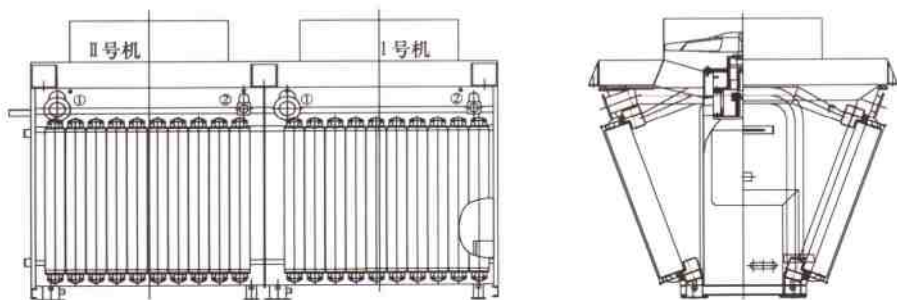


图 14.7 冷却装置外形图

绝缘等级	H 级
工作环境	温度（最高）45℃，相对湿度（最大）95%
工作制式	连续工作制（S1）
防护等级	IP44

（2）冷却风扇

冷却风扇采用铝合金、轴流式叶轮，直径为 $\phi 1180$ mm，当转速为 1470 r/min 时，其吸风量 ≥ 22 m³/s。当转速为 980 r/min 时，其吸风量 ≥ 14.7 m³/s。电机风扇组成图如图 14.8 所示。

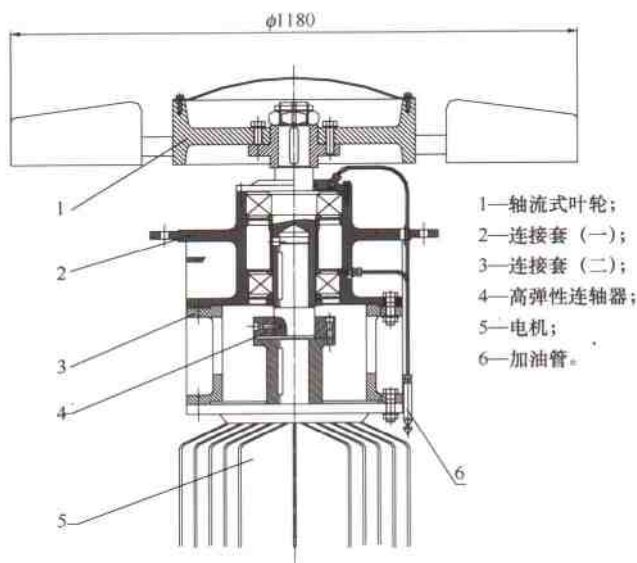


图 14.8 电机风扇组成



(3) 联轴器

联轴器采用高弹性联轴器，其参数如下：

驱动电机参数： $P = 37 \text{ kW}$ ， $n = 1470 \text{ r/min}$

理论传递扭矩： $T = P/n \times 9550 \text{ Nm} = 236 \text{ Nm}$

环境温度（60~80℃）系数 = 1.6

$236 \times 1.6 = 378 \text{ Nm} < \text{联轴器额定扭矩 } T_{kN} = 425 \text{ Nm}$

联轴器安全系数为 $s = T_{kmax}/T = 1020 \text{ Nm}/236 \text{ Nm} = 4.3$

联轴器工作转速 $n = 1470 \text{ r/min} < \text{联轴器许用转速 } n_{kmax} = 5000 \text{ r/min}$

联轴器如图 14.9 所示。

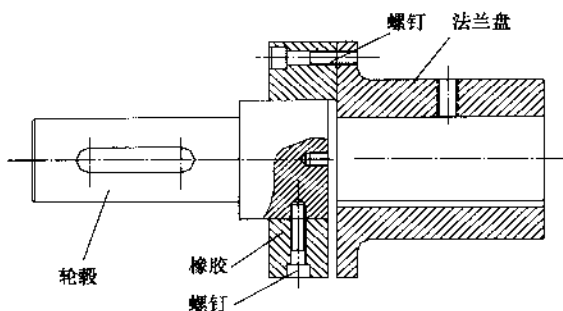


图 14.9 联轴器

(4) 散热器

散热器单节为 DTS57-00-000A 管片式减震双流道散热器冷却单节，其有效通风面积 $\geq 0.12298 \text{ m}^2$ 。其外形图见图 14.10。

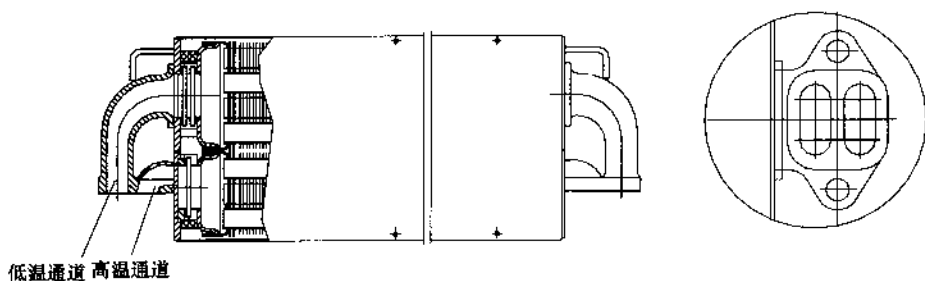


图 14.10 双流道减震散热器外形图

冷却装置每套系统有一台独立的风扇电机组成，冷却装置高温进水管路上设有 82℃ 温度传感器，冷却装置高温出水管路上设有 65℃ 温度传感器，柴油机



起机冷却电机即低速运转，当进入冷却装置的水温达到 82℃ 时，电机高速运转，当冷却装置出水温度降到 65℃ 时，电机转低速运转。

14.4.2 膨胀水箱

本发电车设有两个膨胀水箱，吊装于冷却室车顶上，每个膨胀水箱又在长度方向的中心设有隔板，隔板将膨胀水箱分为两个封闭的腔，即实际为四个水箱，两台柴油机的高、低温冷却循环系统分别设有一个膨胀水箱，每个膨胀水箱容水均为 150 L。

柴油机容水量	高温系统：110 L，低温系统：30 L
冷却装置容水量	高温系统：140 L，低温系统：120 L
水管路容水量	高温系统：300 L，低温系统：100 L
冷却系统总容积	
高温系统	$110 + 140 + 300 = 550$ (L)
低温系统	$30 + 120 + 100 = 230$ (L)

14.4.3 补水箱

考虑青藏高原特殊的环境条件，在冷却室设置了一个容量 400 L 的补水箱。

14.5 燃油系统

本车燃油系统由两个下油箱（约 3 500 L）、一个上油箱（约 380 L）、两个互备交流燃油泵、一个手摇泵、管路及其他辅助装置组成。

两个下油箱间有一组连通管将两个油箱连接起来，从而使两个油箱容油合二为一。连通管与每个油箱间安装有一个阀门，当任何一个油箱需要卸开时，只需将对应阀门关闭，将连接管断开即可操作，从而避免油的浪费。一位侧下油箱有两个管组成分别与燃油泵相连，充当上油管，从燃油泵出来后汇成一路，接入上油箱。一位侧下油箱另外两个管直接与上油箱相连，充当上油箱的溢油管和放油管。下油箱与燃油泵之间，安装粗滤器，可过滤燃油中的较大颗粒杂质。

齿轮泵可手动控制，也可自动控制。当转换开关打在自动控制挡时，上油箱安装的浮球液位控制器可根据液位变化来控制齿轮泵开关：液位小于上油箱总量的 1/4 位置时，齿轮泵启动，液位大于上油箱总量的 3/4 位置时，齿轮泵关闭。上油箱下部接出两路柴油机进油管路，分别与两台柴油机连接，中间接



有磁滤器，可过滤燃油中铁质类杂质。从柴油机引出的回油管，与车下燃油冷却装置的进油管连接，冷却装置的出油管接入二位侧下油箱。工作时，先将相应燃油泵的控制阀打开，启动（或摇动）燃油泵，下油箱的燃油即可注入上油箱。打开将启动柴油机相应的上油箱进油管，燃油即经过磁滤器、油水分离器后进入柴油机。柴油机回油，经燃油冷却装置冷却后，回到二位侧下油箱。上油箱加油时，如果油箱已满，则燃油通过溢油管回至下油箱。当上油箱要将油放掉时，打开相应放油阀可将油放回下油箱，也可打开相应阀将污油从排油管通过机室接油盘排到车下。

燃油系统工作原理见图 14.11。

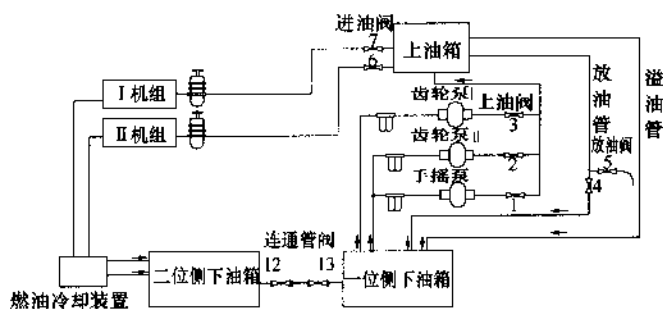


图 14.11 燃油系统原理图

(1) 燃油泵

燃油泵包括两台齿轮泵和一台手摇泵。

① 齿轮泵

齿轮泵技术参数如下：

型号	2CY5/3.3-2
额定流量	$5.5 \text{ m}^3/\text{h}$
额定压力	0.33 MPa
允许真空度	-0.05 MPa
进出口径	40 mm
额定转速	1500 r/min

供电电压兼顾 AC380 V 和 AC460 V 两个等级，额定频率为 50 Hz，电机绝缘等级为 H 级。

齿轮泵注满上油箱所需时间： $380 \times 60 / 5500 = 4.15 \text{ (min)}$ 。



自动打油控制设置：上油箱油位 $\leq 1/4$ 时齿轮泵工作，油位 $\geq 3/4$ 时齿轮泵停机，齿轮泵注油量约为190 L，则

$$\text{齿轮泵工作时间} \approx 190 \times 60 / 5\,500 = 2.1 \text{ (min)}$$

齿轮泵最短工作间隔 = 两台柴油机吸入190 L燃油所需时间

$$= 190 \times 60 / (1\,100 \times 2) = 5.2 \text{ (min)}$$

注：1 100 L为每台柴油机1 h的进油量。

②手摇泵

手摇泵技术参数如下：

型号	SH-38
活塞直径	90 mm
活塞行程	90 mm
往复次数	30~45 次/min
流量	39~59 L/min
最大扬程	30 m
最大吸上扬程	4.5 m
进出口径	38 mm

(2) 燃油冷却装置

由于本车柴油机回油温度高，最高回油温度达106℃，回油量较大，最大回油量950 L/h，而柴油机对进油温度有要求，进油预警温度为66℃，进油停机温度为71℃，为此在回油管路上增加燃油冷却装置。该装置由空冷器、过渡风筒、风机构成。空冷器选用铝合金材质，散热效果好而且质量小。

主要技术参数如下所述：

最大散热量	50 kW
进出油温度	进油温度105℃时，出油温度不大于62℃
电机型号	Y ₂ 132S-4
电机功率	5.5 kW
电机效率	85%
电机电压	AC460 V/50 Hz
电机功率因素	0.83
电机额定电流	11 A
电机绝缘等级	H级
电机防护等级	IP54
电机为连续工作制	SI

15 青藏铁路高原客车试验

在青藏铁路高原客车研制过程中,各单位进行了大量的试验,包括调查性试验、系统验证试验、零部件筛选试验、单车验证试验、列车型式试验等,对青藏铁路高原客车的成功研制发挥了重要作用。

15.1 四方股份公司客车高原适应性试验

四方股份公司青藏铁路高原客车进行了供氧、空调、电气和制动系统的高原适应性试验。

(1) 试验目的

旨在验证青藏铁路高原客车供氧、空调、电气系统的设计方案,对主要系统的性能参数、可靠性和高原适应性进行试验研究,为青藏铁路高原客车的设计、制造提供试验依据,确保列车安全、可靠地运行。

(2) 试验依据

根据铁道部运输局运装客车[2005]168号《关于青藏客车主要系统进行高原适应性试验的通知》和《青藏铁路客车供氧、空调、电气和制动系统高原适应性试验大纲》。

(3) 试验阶段

试验分四个阶段:

- ①部件的高海拔模拟试验;
- ②改造客车的平原试验(四方车辆研究所);
- ③改造客车海拔3000m试验(格尔木);
- ④改造客车海拔4000m、5000m的试验(格拉段格尔木—沱沱河)。

(4) 高原试验的主要结果和建议

青藏铁路高原客车高原适应性试验是铁道部组织的重大试验项目之一,在这次试验中,试验车辆和试验设备运行正常,主要技术指标基本达到了设计要求,初步设计满足高原运行条件,舒适度要求与直接用户要求存在差距。达到了预期的试验目的,获取了许多车辆在高原运用的规律性结论,对青藏铁路高原客车的设计、制造提供了试验依据。



15.1.1 空调、制氧系统高原适应性试验

青藏铁路是世界上海拔最高的铁路，高原旅客列车对车内的舒适度提出了新的要求。

旅客列车是一个相对封闭的移动的公众载体，温度、湿度、气压和空气中 CO_2 的含量，是影响旅客舒适度的主要因素。与平原相比，高海拔地区的低气压是影响旅客乘车舒适度的主要因素，体现在体内氧气供应的减少和人体与外部压力的差异，导致一系列的高原反应。

为能最大限度地解决旅客舒适度的问题，青藏客车的设计从以下几方面改善客车内舒适度问题：

——客室内增氧，采用弥散式与分布式相结合的供氧方案，制氧机采用膜分离气体方式；

——保持车内温度的相对恒定；

——控制车内 CO_2 的浓度，维持旅客舒适度要求的新风量。

15.1.1.1 制氧系统

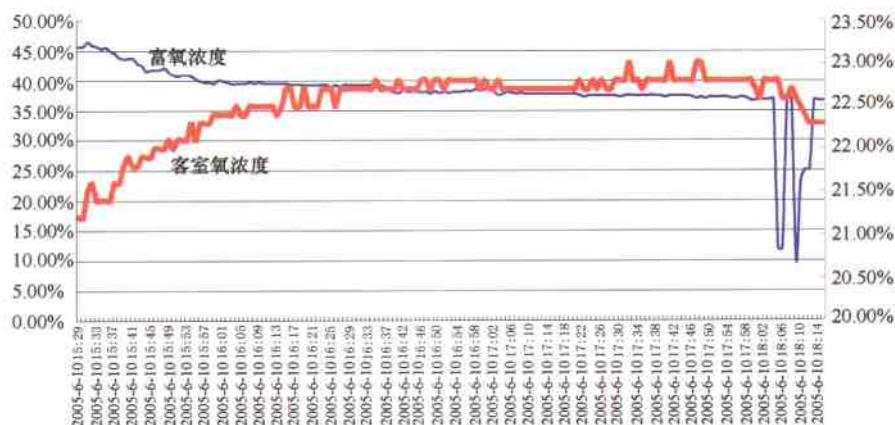
通过试验表明：青藏客车采用弥散式与分布式相结合的制氧方案是可行的，能够有效地保证旅客高原乘车的安全。弥散式供氧为旅客提供一个明显优于外界的舒适环境，而分布式供氧可以为旅客提供一个接近于海拔2000 m的局部环境，弥散式供氧与分布式供氧能够满足正常旅客的供氧需求。试验过程中通过对100多位旅客乘车感受的调查显示，弥散式供氧的车厢明显优于没有供氧设备的车厢，而旅客在高原下车观光后，利用分布式供氧可以迅速改善高原缺氧的感觉，因此为每位旅客提供的分布式供氧接口是非常必要的。

但是，本次试验也表明试验客车安装的制氧机制氧能力明显不足，主要表现为：其一，随着海拔高度的升高，空压机的功率减小，客室内氧浓度指标达到23%以上非常困难；其二，列车从格尔木运行后，客车内氧浓度需要经过60 min以后，才能达到规定的指标。因此，在客车的设计和批量制造时，需要提高制氧机的能力。

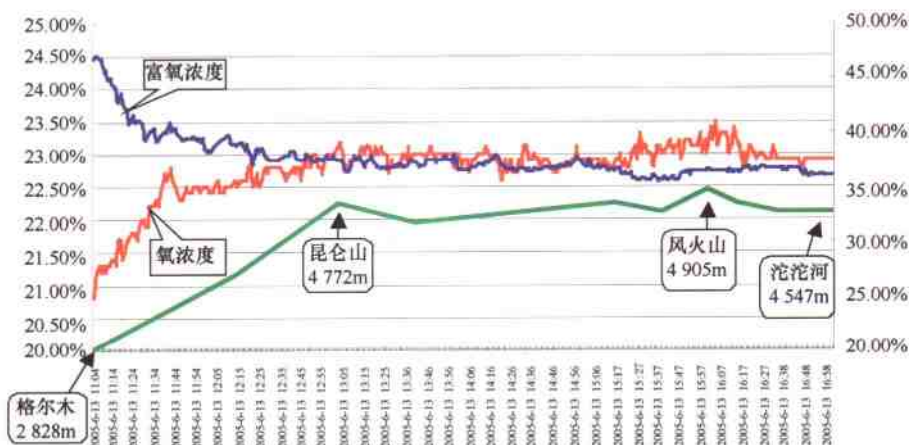
通过不同的海拔高度试验，发现几个方面的因素对客车内氧浓度产生影响：

(1) 客车在同等功率和密封条件下，氧浓度随海拔高度的升高而增大。图15.1为YW676332客车在格尔木[(a)图，2828 m]和格尔木至沱沱河间运行[(b)图，4000 m以上]时的氧浓度曲线对比。

从图15.1氧浓度曲线可以看出：在海拔2828 m时，YW676332的客室平均氧浓度可以达到22.6%，很难达到23%，而在高原运行时，通过昆仑山口后，



(a) 格尔木, 海拔 2828 m, 静止



(b) 格尔木—沱沱河, 海拔 4000 m 以上, 运行试验

图 15.1 YW676332 客车在同等功率和密封条件下氧浓度随海拔的变化情况

海拔高度在 4500 m 以上, 平均氧浓度可以达到 23%, 尤其在海拔 4905 m 的风火山, 平均氧浓度明显高于其他区段, 达到 23.2%。

(2) 车辆密封对氧浓度影响很大。

本次试验的两辆改造客车, 密封性能相对较差, 尤其是在与其他车辆编组时由于风挡不一致, 导致车辆运行时密封性能不好。图 15.2 是试验餐车 CA893388 的氧浓度变化情况, 其中对密封采取了不同的改进措施。其中车辆自格尔木到不冻泉的下行过程中, 车辆没有做任何密封处理, 实测车内正压为 2.6 Pa, 加之下行途中, CA893388 在列车的前部, 运行过程中由于新风的渗入



和泄漏,车内平均氧浓度维持在 22.5% 左右。在不冻泉静止试验时,车辆对两端的密封进行处理,车内平均氧浓度可以超过 23%,上行途中减小新风量也能够使车内平均氧浓度有所提高。

因此,车辆在设计和制造时,应尽量加强密封性能的研究,否则,大量的氧气可能会因密封不良而泄漏到车外。

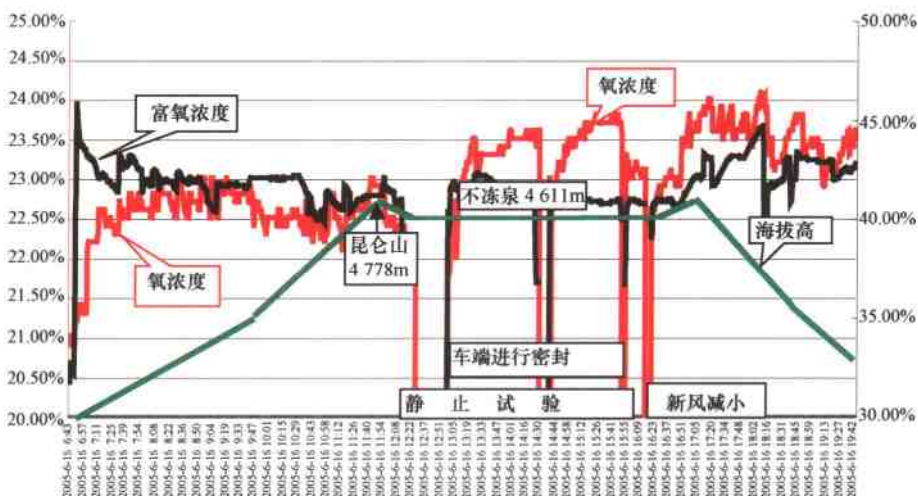


图 15.2 CA893388 餐车在密封条件不同时氧浓度的变化情况

CA893388 餐车在不冻泉上行到格尔木期间,测试了新风量对氧浓度的影响,从图 15.2 可以明显看到,新风量的减小对氧浓度的提高是有效的。但是,新风量同样是影响旅客舒适度的一个重要指标,因此,我们建议:必须保证旅客乘车的最低新风量($5 \text{ m}^3/\text{h}$)要求,使车内 CO_2 的浓度控制在 0.3% 以内。在这个前提下,提高客车内制氧能力只有两条途径:即增加制氧机的功率和效率、改善车辆的密封性能。

15.1.1.2 车内温度控制

青藏高原气温变化大,日温差达 15 K,因此车内温度能够自动控制也是旅客乘车舒适度的重要指标。本次高原运行试验表明,试验客车采取的控制策略能够满足温度控制的要求。图 15.3 为 CA893388 餐车高原温度控制曲线。

15.1.1.3 车内 CO_2 浓度

车内 CO_2 浓度无论在平原地区还是高原地区,都是衡量车内舒适度的一个重要指标。在相同的条件下,车内 CO_2 的浓度与新风量有直接的关系。新风量越大, CO_2 的浓度越低,人体的舒适度越好,但是新风量增大,氧浓度则要降

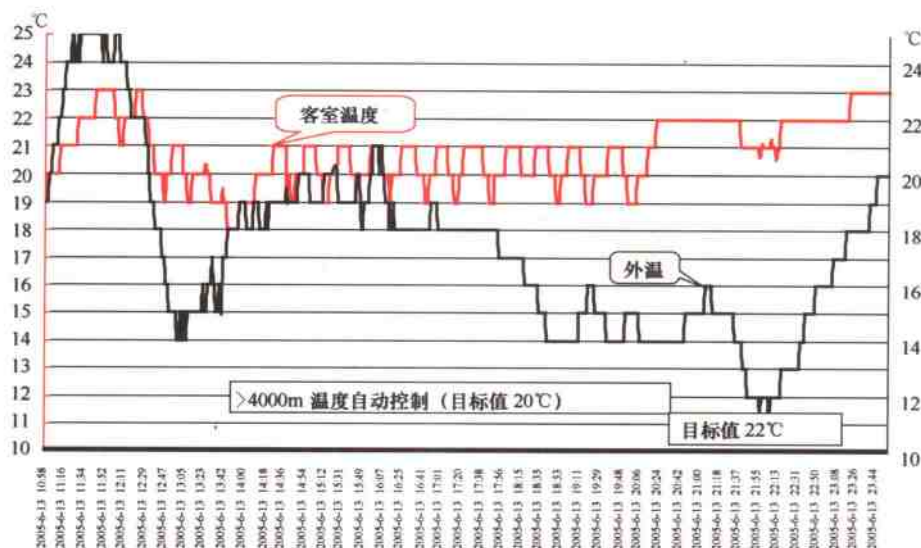


图 15.3 LA893388 餐车高原温度控制曲线

低，这是一对矛盾的问题。

本次试验表明：青藏铁路高原客车车内新风量除了空调新风外，还包括制氧机输出的约 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 的富氧空气和因车体密封不良而渗入的空气，加上高原地区空气稀薄， CO_2 浓度低，因此在高原地区，可以适当降低空调新风，保持人均 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ 的新风量， CO_2 的浓度指标可以提高到 0.3% 而不影响舒适度。

本次高原试验同时表明：客室内温度与 CO_2 浓度和氧浓度都有关系，因此我们建议客车在高原地区运行时，无论制冷还是制暖，空调通风机应始终处于强风状态，客室内的温度控制目标为 20°C 左右。

15.1.1.4 制氧方式

青藏铁路高原客车的制氧机采用膜分离制氧方式，在高原适应性试验期间运行稳定，同时，我们也对一台分子筛制氧方式的小型制氧机进行了不同海拔高度的试验研究。测试结果如表 15.1。

表 15.1 分子筛制氧机氧浓度测试

测试地点 海拔高度	青岛 0 m	格尔木 2828 m	纳赤台 3575 m	玉珠峰 4159 m	昆仑山 4778 m	不冻泉 4611 m	风火山 4905 m
输入功率 (W)	480	420	410	370	370	350	340
氧浓度	93%	55.4%	51.6%	49.7%	48.1%	48%	43%



从表 15.1 可以看出,分子筛式小制氧机的制氧浓度随着海拔高度的升高,输出氧浓度明显降低,实际上接近于膜分离制氧机的富氧输出浓度(40%)。这种特性不符合客车的制氧能力要求,因为海拔高度越高,越需要更高的制氧浓度,因此,这种分子筛制氧方式不适合于青藏客车的弥散式制氧的要求。

15.1.1.5 氧浓度分布梯度

弥散式供氧能保证客室各个断面氧浓度的分布相差小于 0.2%,在不超过 23.5% 的氧浓度条件下,安全性能能够得到保证。但是,由于分布式供氧的出口氧浓度达到 40%,因此对客车的设计提出了安全性要求。图 15.4 是富氧浓度出口在纵向、横向和垂向的氧浓度梯度。

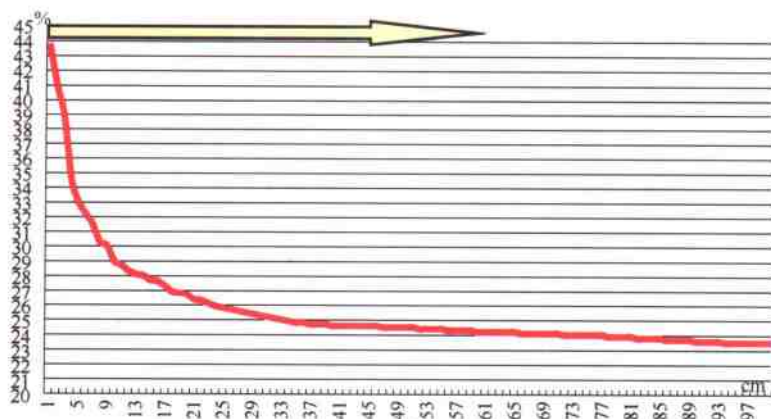
以上富氧浓度梯度表明,以 24% 氧浓度以内为安全界限,那么沿富氧输出出口的横向和垂向在 5 cm 以外是安全的,而沿富氧出口纵向即富氧直吹的方向 60 cm 以外才是安全的。这就要求客车设计和制造时,必须保证沿富氧出口的方向 60 cm 以内、沿横向和垂向 5 cm 以内不能有开关电器的操作。在富氧出口附近,应绝对禁止旅客吸烟,以防止富氧助燃其他物品。

15.1.2 客车电气系统高原适应性试验

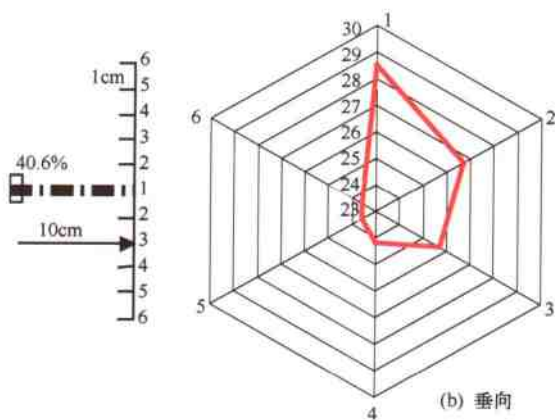
青藏高原特殊的地理环境条件以及电气设备的可靠性、安全性和免维护要求,对青藏铁路客车电气系统及设备的设计和制造提出了很多技术挑战。高原条件下对电气系统及部件的影响主要体现在:

- (1) 直击雷和感应雷及产生的过电压对电气系统和部件的破坏;
- (2) 高海拔造成发热部件的温升的影响;
- (3) 高海拔对电气部件的内、外绝缘性能的影响;
- (4) 高海拔对开关电器的灭弧性能、电寿命的影响;
- (5) 高海拔对电线电缆的散热和载流量的影响;
- (6) 高海拔对保护器件的热脱扣值和保护动作性能的影响;
- (7) 高海拔对电机类负载功率的影响;
- (8) 低温环境对电子装置启动产生影响;
- (9) 低气压、低温环境对蓄电池放电容量产生影响。

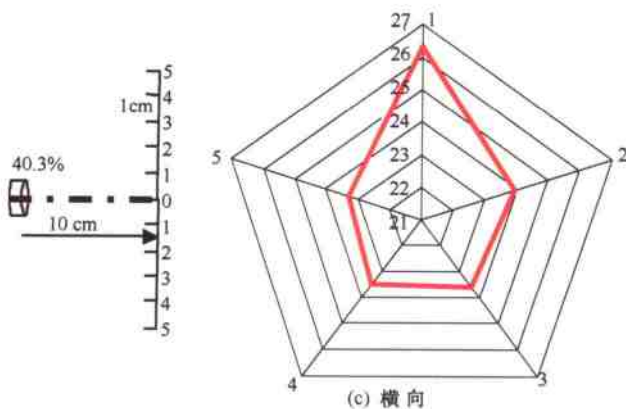
两辆青藏改造客车电气系统和部件是在前期进行大量的地面模拟试验的基础上进行设计的,因此高原运行试验过程中,电气系统及部件运行稳定。通过平原低海拔、格尔木 3 000 m 海拔和高原运行过程中不同海拔高度(最高 4 905 m)的试验,得出了一些重要的试验结论,验证了试验改造车辆电气系统的设计原理和部件选型原则,为车辆的设计、制造提供了试验依据,同时为低



(a) 纵向



(b) 垂向



(c) 横向

图 15.4 富氧浓度出口在纵向、横向和垂向的氧浓度梯度

海拔条件下电气系统及部件的等效试验、检验提供了具体标准。

15.1.2.1 主要试验结论如下:

(1) 通过防雷试验室对供电及控制系统过防雷击试验表明, 青藏客车的防雷接地保护系统, 能够对客车电气系统进行有效的保护, SPD 装置通过接地保护系统在对雷击电流进行泄放的同时, 能够将被保护电路的过电压限制在 2000 V 以下。

(2) 试验改造车辆电器部件的选型, 能够满足高原条件下电气绝缘的要求。

(3) 电动机、交直流接触器、继电器线圈等部件须选用 F 以上绝缘等级, 才能满足高原使用。

(4) 传感器、接线端子、开关电器在海拔 5000 m 时的冲击耐压和工频耐压修正系数为 1.46 和 1.43。以此为选型、检验依据可以保证器件的电气间隙和爬电距离满足高原应用。

(5) 电线电缆在可能出现的持续最大载流量下长期工作, 海拔 5000 m 时的温升高于平原 30%, 车辆布线时须考虑适当放大裕量。

(6) 高海拔地区热脱扣电器的保护动作值小于平原地区, 应按 1.1 ~ 1.15 倍电流整定, 但对于风机类负载, 由于高原运转时功率和电流下降, 基本可以抵消影响。

(7) DC600 V、DC110 V 接触器在高海拔条件下应用, 关断时间加长, 功率损耗加大, 电气寿命大大缩短, 应采取降额使用措施, DC600 V 接触器尽量采用双极接触器。

(8) 按高海拔使用条件改进的车端 DC600 V、DC110 V 连接器, 能够满足高原使用要求。

(9) 试验表明, 试验改造车辆电气系统、网络控制系统的控制逻辑和保护功能, 满足高原使用要求, 故障安全导向和冗余措施达到了设计要求。

15.1.2.2 电气系统必须关注的问题

由于试验车组的编组、运行速度和发电车电源与实际列车有一定的不同, 外界温度和负载也没有达到最恶劣的条件, 本次试验对发电车 DC600 V 电源、逆变器 (须通过平原试验室模拟试验) 等没有进行满负载的性能试验, 但通过高原试验, 初步发现了一些问题, 需要在设计、制造和检验中引起重视。

(1) 发电车

本次试验采用的是通用柴油发电机组, 额定输出功率为 400 kW, 所带负载为两辆试验客车, 负载总功率小于 100 kW, 但是发电车在高海拔地区却显示出



能力不足,例如在海拔4778 m的昆仑山和海拔4905 m的风火山,柴油发电机组输出能力不足,尤其是穿越隧道时,柴油机的功率转矩明显减小,柴油燃烧不充分,油耗增加。柴油机功率的减小制约发电车的输出能力,而油耗增加有可能需要加大油箱的容量。

青藏发电车许多电气参数不同于普通发电车,例如发电机的输出电压、绝缘等级等,在高原环境条件下,发电机面临着电晕、绝缘下降等问题,这些问题需要认真对待。此外,发电车实际从兰州开始供电,供电装置的可靠性必须得到保证。

青藏客车的供电系统包括机车供电、发电车供电和车辆用电。根据配属情况,青藏客车要面对多种供电方式:SS₄电力机车供电、DF₁₁型内燃机车供电和发电车供电,作为一个系统,电源和负载的参数及保护必须能够匹配。电力机车、内燃机车与客车逆变电源之间的匹配关系经过几年的运行和不断改进,基本得到解决,而发电车尤其是高原应用时,与负载的匹配关系没有得到验证。本次试验中,对即将应用在发电车上的整流电源进行了简单试验,已经出现了系统振荡的问题,影响了发电车机组和客车负载的正常工作,需要引起高度重视。因此建议:

- ①客车逆变电源需要选用经过25G、25T长期运用得到考验的成熟产品。
- ②发电车整流电源的出厂试验需要与逆变器负载配合进行。

(2) 用电负载

通过高原试验可以看到,发电车Ⅰ、Ⅱ路如果能够在5000 m输出750 kW的功率是能够满足客车负载的需要,主要问题是如果发电车出现Ⅰ路供电故障,按照目前的空压机整列互备方案,实际运行时由于制氧能力不足,在故障减载的情况下,仍要保证所有的制氧机工作,有可能超过单台发电机组的输出功率,导致另一个发电机组过载。因此建议在考虑增加制氧机功率以提高制氧能力的同时,需要从系统的角度出发,考虑制氧系统的冗余方案,以便于减载的实施。

客车采用2×50 kVA逆变器,在故障情况下转换成一台逆变器减载供电,因此要对负载进行合理的分配。建议根据此次高原试验的结果,根据高海拔条件下负载变化的规律,核对逆变器的负载分配。

(3) 本次高原试验过程中,青藏客车电气系统以及部件,在运行过程中工作正常,主要得益于前期针对高原使用环境进行了大量试验室模拟试验。因此建议:为保证电气系统的安全、可靠运行,青藏客车制造所采购的电气设备、电器部件必须经过试验室的模拟试验才能装车使用。



15.1.3 制动系统高原适应性试验

(1) 试验表明车辆制动系统高海拔地区仍能正常工作,海拔高度对车辆基础制动静效率没有影响。车辆制动系统受到海拔高度影响的主要是列车管和制动缸的充排风时间,但这种影响很小,不会对司机的操纵和列车的运行安全构成影响。

(2) 空气弹簧的相对压力不随海拔高度的变化而变化,但空气弹簧的胶囊会由于大气压的降低而膨胀变大,应关注青藏客车空气弹簧胶囊的强度能否适应尺寸膨胀的要求。

(3) 列车的制动系统定压不随海拔高度的变化而变化。

(4) TFX1K 防滑器在高海拔地区能够正常工作。

(5) 车辆制动系统中采用的橡胶件,必须能够保证在长期低温及有较强紫外线的环境下工作,达到检修周期的要求。

(6) 制动盘及闸片的散热在高原会受到影响,但制动盘的热负荷初步估算能够满足青藏铁路的使用。

(7) 由于本次试验安排在夏季较短的几天内,故有些部件能否适合长期低温、长期高原运行还需要做更多的考核,建议应通过高原-平原大列编组试验的对比获得相关数据,得出制动操纵及性能的定量结论。

15.2 BSP 公司客车零部件选型试验

15.2.1 真空集便系统

对于四方股份公司的客车,通过对青藏试验硬卧车真空集便系统(装用美国 Monogram 真空保持式集便器)试验表明:青藏车用新型真空阀真空集便系统能够满足青藏铁路客车的使用要求。

对于 BSP 公司的客车,真空集便系统在项目前期在零部件的试验选型上做了大量的工作。这些工作为保证青藏高原客车真空集便系统较高的可靠性奠定了坚实的基础。

BSP 公司真空集便系统基本形式采用 EVAC2000E 形式,增加了 TRANSFER 功能。EVAC2000E 真空集便系统目前国内无应用,但在世界范围内,英国等欧洲国家、日本等亚洲国家或地区在用的有 9000 多套,应用情况良好。增加的 TRANSFER 部分功能,类似于 EVAC 的 COMPACT 技术既推拉式技术。推拉式技术应用已经相当成熟。这次采用的 TRANSFER 方式同推拉式的不同在于排放



时采用真空排放，其目的是为了^①避免推拉式加压时的返喷现象。

主要零部件的选型都是基于可靠性的基础上的：

止回阀：大小箱体之间连接的止回阀是影响系统能否正常工作的关键部件。该阀选用了柔性鸭嘴止回阀，具有满足长期浸泡在污水中工作、极小的开启和关闭压力、免维护、使用寿命可长达 50 年等特点。为防止该阀意外堵塞或关闭不严，影响系统正常工作。在控制程序中增加了该阀的故障检测和处理功能。能检测出一般故障并能排除故障。

控制系统：选用了标准工控机模块，按照相关的标准进行了电磁兼容试验。经过检验，控制单元所检项目符合 TB/T 3034—2002《机车车辆电气设备电磁兼容性试验及其限值》中规定的技术要求。

其他元器件：气动元件大部分是根据青藏铁路环境要求定做的，能满足青藏铁路环境要求和系统要求。真空发生器、排泄阀等系统主要部件直接从 EVAC 公司采购，这些元器件都经过实际应用检测。

为保证系统的可靠性，在项目初期，我们对系统及元器件进行以下试验及测试：

对系统原理进行了试验验证，并同时^②对止回阀的可行性进行了试验测试。最初我们应用大小两污物箱来对系统原理（TRANSFER 原理）做了验证：小箱体抽真空试验；由小箱体到大箱体的传输试验；系统进行地面卸污试验；止回阀在该场合下是否能满足要求的验证等。后来又制作了样机（按照实际装车设计制作）对上述试验进行了重新验证。通过试验证明：系统原理可行，止回阀可以在该场合下应用。

我们要求供货商专门制作了低气压环境试验室，对系统及元器件进行模拟低气压环境测试。主要包括：低气压环境条件下真空发生器性能测试；电气元件性能测试；低气压下系统压缩空气耗量测试；TRANSFER 原理测试等。

对所选用的主要元器件进行了低温 -50℃ 存储试验。将所选主要元器件：电磁阀、传感元件、橡胶类元件，在 -50℃ 环境条件下保存 48 h，然后取出后，立即做性能试验，试验证明所选元器件能满足 -50℃ 存储要求。

最后又进行了系统样机测试。制作了样机，通过测试验证能达到设计要求。

整机试制完成以后，又在四方车辆研究所进行低温、振动冲击和电气试验。以前所设计的污物箱通过 -45℃ 环境进行过测试（低温试验在四方所做检测），青藏客车的污物箱设计比原设计有所改进，最后顺利地通过了低温试验和振动冲击试验（四方所和铁科院）。

在青藏客车污物收集系统装车以后，BSP 公司在高原上对其进行了多次试



验,包括可靠性评估。在高海拔条件下,青藏车用真空集便器能正常工作,各项技术参数符合甚至高于设计要求。在 54.4 kPa 的气压条件下,喷射器实际最长抽真空时间为 9 s,满足喷射器最长抽真空时间不超过 12 s 的设计要求;每次冲洗的实际最大空气耗量为 76.5 L (1 个标准大气压下的体积),满足每次冲洗的最大空气耗量不超过 130 L (1 个标准大气压下的体积)的设计要求;在污物箱的初始真空度为 -30 kPa 的初始条件下,保压 20 min,小箱体的真空度实际上升值为 5 kPa,高于不超过 10 kPa 的设计要求。从 7 月 1 是正式通车运行到现在,没有较大的问题出现,使用一直良好。由此可以看出,青藏客车污物收集系统的零部件选型是比较成功的。

15.2.2 BSP 公司车窗系统

15.2.2.1 试验选择气囊材料和体积

在本部分我们主要对气囊的材质、形状、体积对中空玻璃变形的影响进行测试,并对变形的数据进行分析,最终选择出最佳的方案。

试验装置参见图 15.5。

试验设备包括减压仓(高原环境模拟试验仓),真空泵,干燥箱,检测工具,百分表,钢板尺,中空玻璃厚度测试仪,水准仪,温度表、湿度表,千分尺,水分渗透仪,中空玻璃性能、抗老化试验装置,气囊老化、耐温性等试验装置。



图 15.5 BSP 公司客车车窗气囊选材试验装置

15.2.2.2 减压舱试验数据(表 15.2)

试样规格: 444 mm × 844 mm

试样组合: 5 + 8A + 4 + 1.14 + 4 钢化中空玻璃

试验目的: 测试 5 mm 钢化玻璃的变形

试验工具: 百分表、减压仓



表 15.2 BSP 公司减压舱试验

序号	气压表数据 (MPa)	普通车窗(无气囊) 绝对变形值(mm)	带气囊时的绝对变形值(mm)
1	0.005	0.32	0.03
2	0.01	0.74	0.04
3	0.015	1.14	0.06
4	0.02	1.60	0.07
5	0.025	2.02	0.09
6	0.03	2.57	0.14
7	0.035	3.04	0.32
8	0.04	3.82	0.54
9	0.045	4.42	0.69
10	0.05	5.10	0.79
			气囊和中空玻璃间隔层体积比为 1:1

15.2.2.3 BSP 公司青藏铁路高原客车线上车窗玻璃变形测试(图 15.6)

试样规格: 444 mm × 844 mm; 1 444 mm × 844 mm

试样组合: 5 + 8A + 4 + 1.14 + 4 钢化中空玻璃

试验目的: 测试 5 mm 钢化玻璃的变形

试验工具: 百分表、百分表托架

操作说明: 选择 7 个窗户作为检查样本, 每扇窗户上选择 A, B, C, D, E 六个检测点, 将 A, E 两点作为测量原点, C 点为 midpoint, B, D 两点距 midpoint 300 mm, C 点对 A、E 点的相对差值作为最大变形量。

测试地点: 格尔木(海拔: 2807 m)

单位: (mm)

车窗号	A 点	B 点	C 点	D 点	E 点	最大变形量
1	1.3	1.68	1.9	1.72	1.32	0.6
2	1.36	1.4	1.45	1.43	1.38	0.09
3	1.3	1.36	1.36	1.36	1.35	0.06
4	2.38	2.5	2.53	2.5	2.28	0.25
5	2.2	2.35	2.5	2.4	2.22	0.3
6	2.10	2.15	2.15	2.10	2.10	0.05
7	2.40	2.6	2.65	2.60	2.45	0.25



图 15.6 BSP 公司车窗玻璃变形测试

测试地点：玉珠峰（海拔：4150m）

单位：mm

车窗号	A 点	B 点	C 点	D 点	E 点	变形量
1	1.36	1.8	2.1	1.85	1.40	0.74
2	1.35	1.5	1.55	1.5	1.38	0.20
3	1.3	1.35	1.35	1.37	1.32	0.05
4	2.38	2.8	3.1	2.8	2.4	0.72
5	2.38	2.7	2.9	2.7	2.39	0.52
6	2.35	2.79	2.91	2.65	2.40	0.56
7	2.45	3.2	3.35	3.2	2.5	0.9

测试地点：沱沱河（海拔：4570 m）

单位：mm

车窗号	A 点	B 点	C 点	D 点	E 点	变形量
1	1.34	2.3	2.5	2.3	1.40	1.16
2	1.34	1.6	1.7	1.6	1.4	0.36
3	1.32	1.35	1.36	1.36	1.35	0.04
4	2.5	3.4	3.7	3.4	2.4	1.3
5	2.5	3.5	3.7	3.45	2.45	1.25
6	2.4	2.8	3.0	3.75	2.42	0.6
7	2.6	3.3	3.7	3.4	2.7	1.1



测试地点：唐古拉山（海拔：5072 m）

单位：mm

车窗号	A 点	B 点	C 点	D 点	E 点	最大变形量
1	1.1	1.7	2.1	1.7	1.3	1.0
2	2.1	2.3	2.5	2.35	2.1	0.4
3	1.3	1.2	1.21	1.15	1.2	0.01
4	2.3	3.4	3.6	2.8	2.4	1.3
5	2.3	3.1	3.5	3.15	2.25	1.25
6	2.23	3.15	3.2	3.20	2.25	0.97
7	2.40	2.8	3.3	2.8	2.3	1.0

15.2.2.4 结论

通过许多次的实验，我们最终得出了比较满意的结果。BSP 公司车窗气囊调节系统有效地避免了中空玻璃因气压变化引起的变形，满足了青藏地区特殊运营条件的要求。

15.2.3 厨房设备

青藏试验餐车安装的厨房设备经过高原运行试验表明：电磁灶及电炸炉油温基本达到炸和炒的要求。在青藏高原运行时，电蒸箱、电炸炉、电磁灶均能正常工作，满足列车厨房的工作要求，部分部件（如电蒸箱和电炸锅）的绝缘和介电强度需要加强。

15.3 首辆 BSP 公司客车高原试验

2005 年 11 月 21 日至 26 日，首辆 BSP 公司青藏铁路高原软卧车，首次到达格拉线，进行客车主要系统性能验证试验。

15.3.1 新风量、氧浓度及二氧化碳含量

(1) 当车内新风量为 $8.5 \text{ m}^3 / (\text{人} \cdot \text{h})$ 时，车内氧浓度最高达到 25.0%，正常运行在 3283 m 以上海拔高度，氧浓度均达到 23.9% ~ 25.0% 之间；在最高海拔高度 5092 m 时，氧浓度为 24.3%； CO_2 浓度为 0.27% ~ 0.36%；

(2) 由于车内氧浓度提高，相当海拔高度比实际海拔高度降低了 1000 ~



1500 m；参见图 15.7，即在全部行程中，相当海拔高度均低于拉萨（3641 m）的高度；

(3) 车内 CO_2 低于 0.5% 限度。

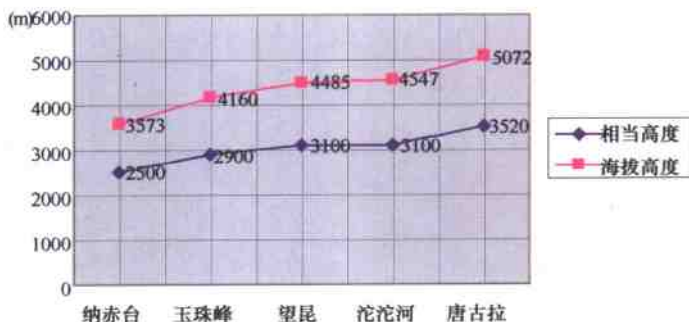


图 15.7

15.3.2 空压机功率

制氧压缩机的消耗功率，随着海拔高度的增加而降低，在格尔木和唐古拉分别下降为名义功率的 90% 和 83%。见图 15.8。

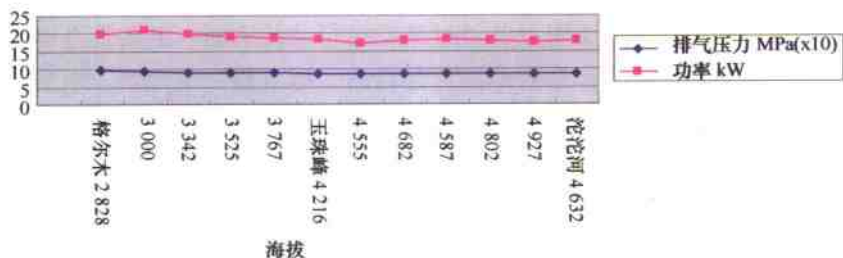


图 15.8

15.3.3 车内温度

新风量为 $5.5 \text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{h})$ 及 $8.5 \text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{h})$ 时，车内温度可以控制在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 范围内。见图 15.9。

15.3.4 车内正压

车内动态压力平均值为 25 Pa，最高正压为 42 Pa，最低正压为 17 Pa，静态

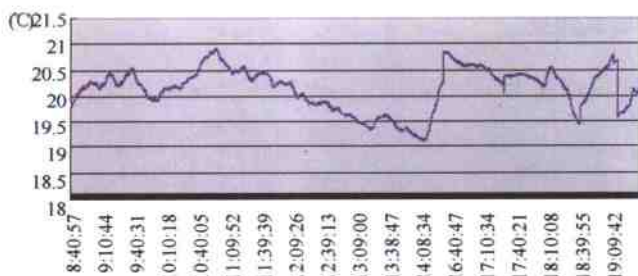


图 15.9 11月25日车内温度

正压平均值为 36.5，最高静态正压 42 Pa，最低静态正压为 31 Pa。当全列车编组时，由于车端密封条件改善，车内正压将趋于增高，根据单车氧浓度的实测结果，可以认为，现有车辆的密封水平可以满足使用要求。见图 15.10。

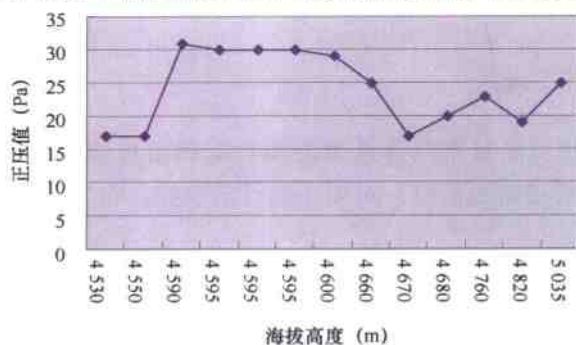


图 15.10 海拔高度与正压值

15.3.5 氧浓度控制

当空调机组新风门置于全关闭位时，空调机组可提供的新风量为 $175 \text{ m}^3/\text{小时}$ ，相当于 $5.5 \text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{h})$ ；空调机组新风控制在 $232 \text{ m}^3/\text{小时}$ ，即相当于 $8.5 \text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{h})$ ，车内温度，氧浓度， CO_2 浓度等指标均可以满足高原地区运行需要；在实验中观察到，当车内氧浓度超过 25.2% 时，空调新风门在 $8.5 \text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{h})$ 基础上进一步增大，氧浓度下降至 24.8% 时，风门回到 $8.5 \text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{h})$ 位置；说明空调系统与制氧系统配合良好，可以实现通过控制新风量对车内氧浓度进行控制。



15.3.6 增氧速度

车内氧浓度可以在 15 min 时间内, 从 21% 上升到 23%。见图 15.11。

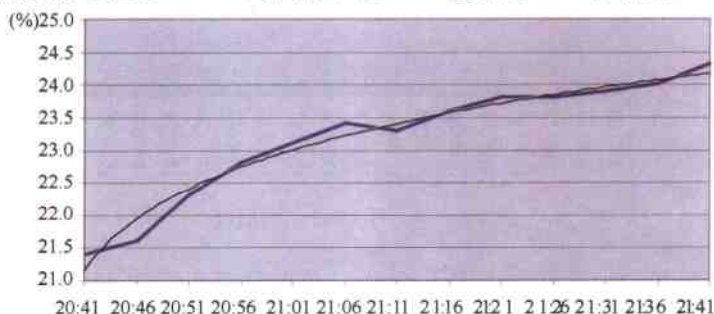


图 15.11 车内氧浓度

15.3.7 网 关

车辆网关系统可以对车内各系统的运行起到监控作用, 特别对故障记录和分析能够提供所必需的信息; 对列车运行的监控, 将发挥更重要的作用;

15.3.8 噪 音

试验客车在高原低速 (60 km/h) 运行条件下, 在 1 号, 4 号, 5 号包间测得的噪声分别是 50 dBA, 48.5 dBA, 49.5 dBA。

15.3.9 制 动

采用的 104 电空制动机及 TFX1B 型防滑系统在实验中未见海拔高度对防滑系统性能产生影响, 可以满足高原地区运行。

15.3.10 车 窗

采用的气囊型压力平衡装置可以满足高原地区运行要求; 所采用的紫外线滤膜可以有效地过滤紫外线。

15.3.11 真空集便装置

安装的间歇式真空集便装置在试验中, 其功能可以满足高原运行要求, 人均 0.8 L/h 污物 (污水 + 污物) 产出量。



15.4 BSP 公司客车噪声型式试验

铁道部产品质量监督检验中心机车车辆检验站在 2006 年 1 月 31 号到 2006 年 2 月 16 号期间, 分别在北京铁道科学研究院环行道、北京—秦皇岛、北京—承德、格尔木—沱沱河—唐古拉—安多线路进行了噪声试验。试验目的为验证 BSP 公司为中国铁道部设计制造的高档青藏车在静止以及运行状态下车内、车外噪声是否满足青藏客车采购合同。

BSP 青藏车共包括硬座车、硬卧车、软卧车、餐车四种车型, 主要用电设备包括: 空调机组, 开水炉, 温水箱, 充电机, 膜式制氧机及空压机, 逆变器, 真空集便装置。列车由发电车或电力机车供电, 供电制式为 DC600 V, 经单车分散变流输出三相四线 AC380 V/220 V、50 Hz。控制系统由 110 V 的直流电供电。

15.4.1 试验标准

青藏车噪声试验标准:《青藏客车技术规范》、GB/T 12816—1991《铁道客车噪声的评定》、GB/T 3449—1994《铁路机车车辆内部噪声测量》。

车外噪声按 GB/T 12816—1991《铁道客车噪声的评定》要求, 车辆静止时距轨道中心 3.5 m 处测量的车外噪声值不超过 85 dB(A)。

车内噪声按青藏客车采购合同和有关标准规定中要求: 以 160 km/h 的速度在空旷线路上运行, 软卧车包间、餐厅和酒吧区域噪声水平 ≤ 65 dB (按 GB/T 12816 标准测量); 厨房区域噪声水平 ≤ 70 dB (按 GB/T 12816 测量); 其他客室区域噪声水平 ≤ 68 dB (按 GB/T 12816 测量)。车内静置噪声容许值比车内运行噪声容许值低 3 dB。

15.4.2 青藏铁路高原客车隔音措施

根据以往经验, 客车噪声主要是来自:

- (1) 车底走行部及轮轨在列车运行时产生的噪声;
- (2) 车内外设备运行时自身产生的噪声。

青藏车隔音措施如下:

- (1) 车体钢结构内部涂高性能隔音层: TEROPHON 123WF, 德国产水基阻尼隔音防火涂料, 干后成蜂窝状, 其干膜具有一定的弹性, 有较好的阻尼性、隔音性。

(2) 车窗采用双层中空玻璃, 内有惰性气体及胶层, 具有的良好隔音、隔热性能, 隔音量 35 dB ($\pm \text{dB}$)。

(3) 四位角门采用国内最先进具有良好密封隔音性能的塞拉门, 门页采用橡胶密封, 塞拉门整体隔音量 $\geq 28 \text{ dB}$; 外端门的隔音量 $\geq 25 \text{ dB}$ 。

(4) 车内设备严格按照国家标准设计。

15.4.3 试验过程

15.4.3.1 试验工况

铁道部产品质量监督检验中心机车车辆检验站按 GB/T 12816—1991《铁道客车噪声的评定》、GB/T 3449—1994《铁路机车车辆内部噪声测量》分别在以下线路进行车辆内部静置、运行试验, 车外静置试验。

2006 年 1 月 31 号的试验线路为北京铁道科学研究院环行道, 测试线况以满足 160 km/h 的直线为主。

2006 年 2 月 1 号到 2 月 5 号的试验线路为北京—秦皇岛, 北京—承德, 测试线况以直线为主, 线路条件为碎石道床, 混凝土轨枕, 25 m 短轨, 轨型为 60 kg/m , 普通道岔。

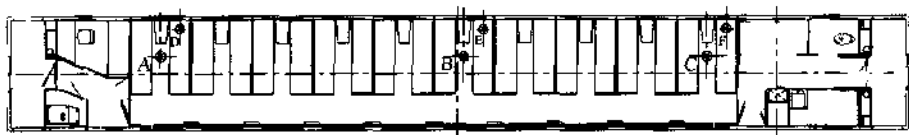


图 15.12 卧车车内测点 (A, B, C 为 1.2 m 测点, D, E, F 为下铺测点)

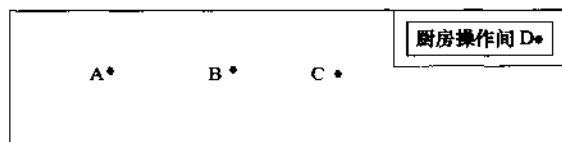


图 15.13 餐车车内测点

2006 年 2 月 13 号到 16 号的试验线路为格尔木—沱沱河—唐古拉—安多。测试线况以直线为主。

15.4.3.2 车内测点布置

(1) 卧车测点布置: 在车辆中央, 两端靠近心盘处的卧铺间各取一个测点。测点均取在上述三卧铺间的中央距地板面 1.2 m 高度处。同时, 在靠近车



辆中央、两端心盘处的下层卧铺上各取一个测点。测点距侧墙 250 mm，距铺面 200 mm。参见图 15.14。

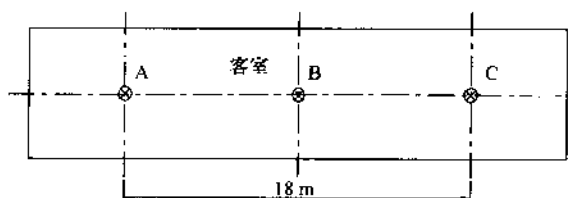


图 15.14 座车车内测点

(2) 餐车测点布置：在餐车的餐厅两端、餐厅中央与车体纵向中心线交点处各取一个测点。测点距地板面 1.2m，另外在厨房中央距地板面 1.6m 处取一个测点，参见图 15.15。

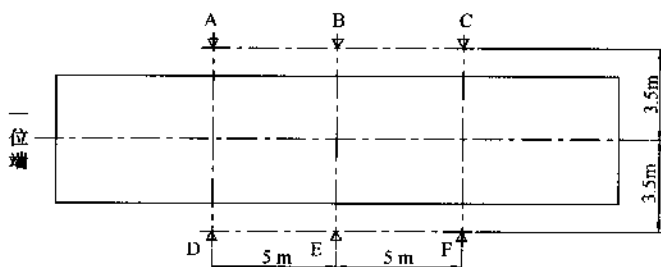


图 15.15 静置测量时车外测点

(3) 座车测点布置：硬座车内按如下要求设三个传声器：车体纵向中心线在客室部分的中央距地板面 1.2m 高处；客室一位端靠近心盘处的两排座椅之间的中心线与车体纵向中心线的交点，距地板面 1.2m。客室二位端靠近心盘处的两排座椅之间的中心线与车体纵向中心线的交点，距地板面 1.2m。参见图 15.16

(4) 车外测点布置：在车辆两侧距轨道中心线 3.5m，距轨面 1.9m 高度处各设 3 个测点，其中车辆中央一个测点，距中央 5m 各 1 个测点，共 6 个测点。传声器面向车体，其轴线与轨平面平行。具体见图 15.17。

15.4.3.3 测试结果

(1) 环行线试验结果参见表 15.3 ~ 表 15.5。

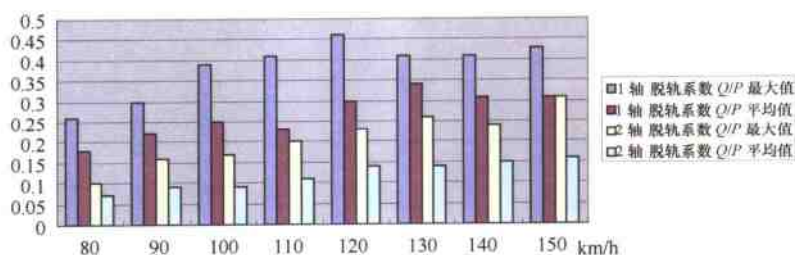


图 15.16 青藏客车环形线动力学试验直线不同速度段脱轨系数测试结果

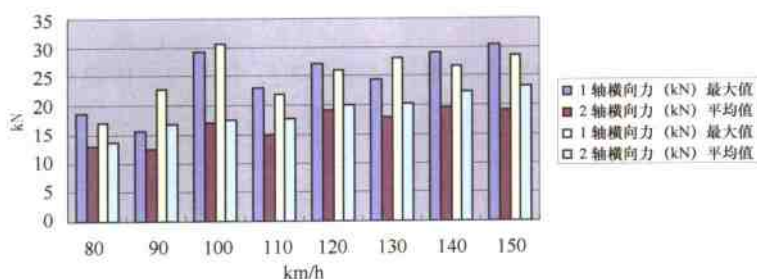


图 15.17 青藏客车环形线动力学试验直线不同速度段横向力测试结果

表 15.3 车外静置试验结果

单位: dB (A)

测点 车号	A	B	C	D	E	F
YW _{25T} 676492	70	65	63	69	65	63
RW _{25T} 554455	70	77	73	70	78	75
CA _{25T} 893427	71	76	69	69	76	70
YZ _{25T} 350920	70	75	71	71	76	69

表 15.4 车内静置试验结果

单位: dB (A)

测点 车号	A	D	B	E	C	F
YW _{25T} 676492	51	51	52	52	55	54
RW _{25T} 554455	53	52	46	45	54	54
CA _{25T} 893427	55	59	48	—	53	—
YZ _{25T} 350920	54	—	48		52	



表 15.5 160 km/h 运行时车内试验结果 单位: dB (A)

测 点 车 号	A	D	B	E	C	F
YW _{25T} 676492	66	65	63	63	64	65
RW _{25T} 554455	65	65	60	59	63	63
CA _{25T} 893427	70	71	63	—	63	—
YZ _{25T} 350920	66	—	60		58	

(2) 正线 (北京—承德; 北京—秦皇岛) 试验结果参见表 15.6 ~ 表 15.8。

表 15.6 车外静置试验结果 单位: dB (A)

测 点 车 号	A	B	C	D	E	F
YW _{25T} 676492	70	65	63	69	65	63
RW _{25T} 554455	70	77	73	70	78	75
CA _{25T} 893427	71	76	69	69	76	70
YZ _{25T} 350920	70	75	71	71	76	69

表 15.7 车内静置试验结果 单位: dB (A)

测 点 车 号	A	B	C	D	E	F
YW _{25T} 676492	53	53	54	52	53	55
RW _{25T} 554455	52	52	51	50	51	50
CA _{25T} 893427	58	54	56	60	—	
YZ _{25T} 350920	61	60	60	—		

表 15.8 160 km/h 运行试验结果 单位: dB (A)

测 点 车 号	A	D	B	E	C	F
YW _{25T} 676492	65	64	61	60	64	63
RW _{25T} 554455	60	59	58	58	60	60
CA _{25T} 893427	68	71	63	—	63	—
YZ _{25T} 350920	65	—	61		65	

(3) 青藏线试验结果参见表 15.9 ~ 表 15.11。



①车外静置试验结果

测量地点：格尔木到安多，气压：65 ~ 70 kPa，气温：-3 ~ 10 ℃，风速：3 ~ 10 m/s。

表 15.9 格尔木到安多试验结果

单位：dB (A)

测 点 车 号	A	B	C	D	E	F
YW _{25T} 676499	75	66	70	67	56	52
RW _{25T} 554454	59	62	67	52	53	59
CA _{25T} 893422	58	61	56	52	50	52
YZ _{25T} 350920	74	64	65	57	62	66

②车内静置试验结果

测量地点：格尔木到安多，气压：65 ~ 70 kPa，气温：19 ~ 26 ℃，湿度：10% ~ 20%，风速：0 m/s。

表 15.10 格尔木到安多试验结果

单位：dB (A)

测 点 车 号	A	D	B	E	C	F
YW _{25T} 676499	58	57	50	51	55	54
RW _{25T} 554454	50	50	45	45	51	49
CA _{25T} 893422	60	62	56	—	57	—
YZ _{25T} 350920	63	—	61		64	

③120 km/h 车内运行试验结果

测量地点：格尔木到安多，气压：65 ~ 70 kPa，气温：19 ~ 26 ℃，湿度：10% ~ 20%，风速：0 m/s。

表 15.11 格尔木到安多试验结果

单位：dB (A)

测 点 车 号	A	D	B	E	C	F
YW _{25T} 676499	62	63	58	60	61	61
RW _{25T} 554454	56	53	46	49	56	54
CA _{25T} 893422	58	65	56	—	58	—
YZ _{25T} 350920	63	—	61		65	



根据以上实验结果进行分析,青藏车硬座车、硬卧车、软卧车车内外静置噪声和运行时的辐射噪声均满足评定标准的噪声容许值,尤其软卧车噪声远低于国家标准。软卧车噪声优于硬卧车和硬座车,客室中部噪声优于端部。这与硬卧车硬座车因定员多空调机、制氧机等设备功率较大、端部靠近走行部噪声辐射较大相一致。同时进一步验证了客室内噪声主要来自设备噪声以及车底轮轨的噪声辐射。为进一步降低噪声,除改善运行状态、降低设备噪声外,我们可以通过提高端部地板、设备室间壁、客室门及端门角门的隔声性能加强客室的密封隔音。通过以上措施可以在原有的基础上最大限度的降低噪声,给旅客提供更舒适的旅途环境。

15.5 BSP 公司客车转向架动力学型式试验

BSP 青藏客车动力学性能试验首先在铁道科学研究院环行试验线进行,合格后在京承线与京秦线进行试验,然后赴青藏线进行最后整列编组下的动力学性能试验。

BSP 青藏客车于1月30日在环线小环进行动力学试验,环线试验最高试验速度达到160 km/h。通过环形动力学试验考核后,2月1日上午在京承线北京至涧庙河区段进行动力学试验,2月1日下午在京秦线进行动力学试验,京秦线最高试验速度为176 km/h。2月2日重复2月1日试验。

BSP 青藏客车在西宁重新整编后,2月13日完成西宁至格尔木运行试验。2月16日试验列车在格尔木至安多间进行第一次高原动力学试验,最高试验速度为100 km/h。2月18日试验列车在格尔木至沱沱河之间进行第二次高原动力学性能试验,试验最高速度达到120 km/h。

15.5.1 环形线试验

被试的BSP客车在环形线直线区段,脱轨系数最大值为0.46,轮重减载率最大值为0.46,轮轴横向力最大值为30.36 kN,都小于允许限度值。车体横向平稳性指标最大平均值2.45,垂向平稳性指标最大平均值2.32,属于优级。见图15.16~图15.18。

BSP 客车在环形线R1000 m曲线上,脱轨系数最大值为0.47,出现在140 km/h试验速度级;轮重减载率最大值为0.65,出现在150 km/h试验速度级;轮轴横向力最大值为50.15 kN,出现在150 km/h试验速度级。这些指标都未超过允许限度。车体横向平稳性最大平均值2.83,出现在150 km/h试验速度

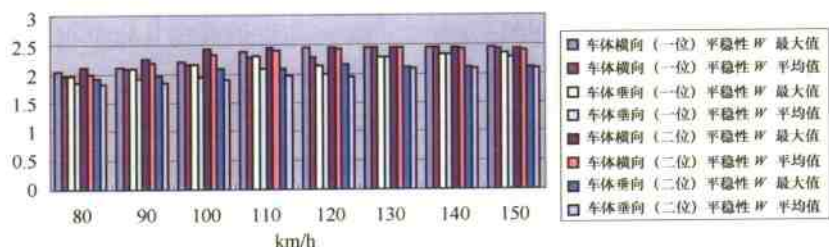


图 15.18 青藏客车环形线动力学试验直线不同速度段平稳性测试结果

级, 此时欠超高达 115 mm; 车体垂向平稳性最大平均值 2.18, 属于优级。见图 15.19 ~ 图 15.21。

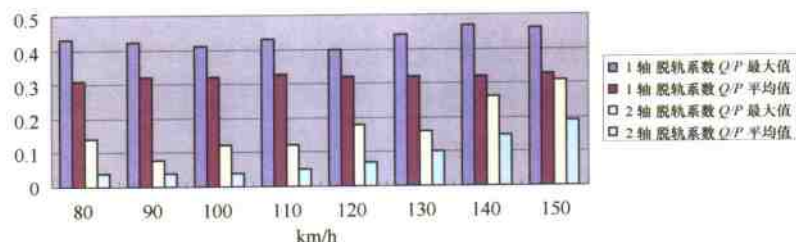


图 15.19 青藏客车环形线动力学试验数据 R1000 m 曲线脱轨系数测试结果

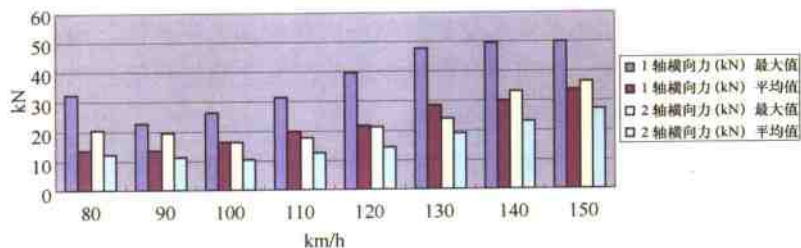
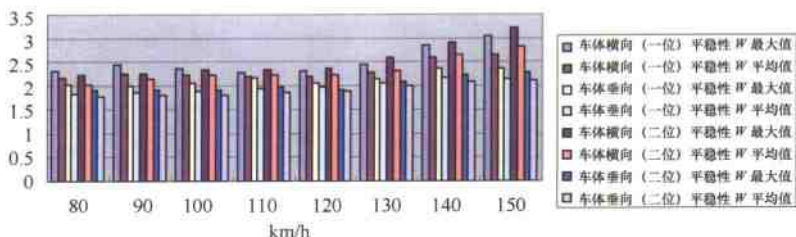
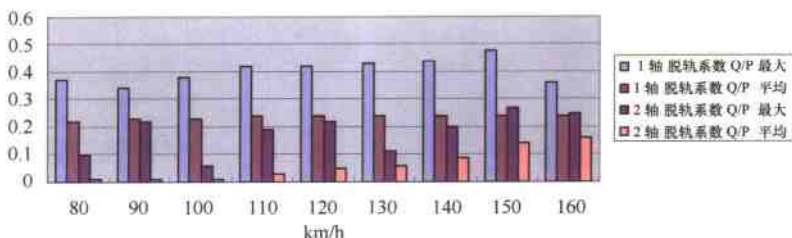
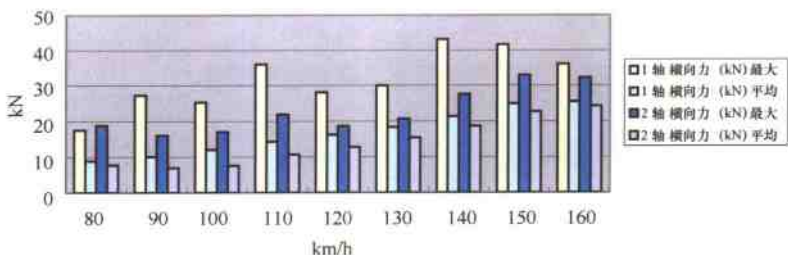


图 15.20 青藏客车环形线动力学试验数据 R1000 m 曲线横向力测试结果

BSP 客车在环形线 R1432m 曲线上, 脱轨系数最大值为 0.48, 出现在 150 km/h 试验速度级, 轮轴减载率最大值 0.61, 出现在 150 和 160 km/h 试验速度级, 轮轴横向力最大值 43.18 kN, 出现在 140 km/h 试验速度级。脱轨系数、轮重减载率和轮轴横向力指标都低于允许限度值。车体横向平稳性指标最大平均值 2.65, 属于良级, 车体垂向平稳性指标最大平均值 2.18, 属于优级。见图

图 15.21 青藏客车环形线动力学试验数据 $R1\ 000\text{ m}$ 曲线平稳性测试结果

15.22 ~ 图 15.24。

图 15.22 青藏客车环形线动力学试验 $R1\ 400\text{ m}$ 曲线脱轨系数测试结果图 15.23 青藏客车环形线动力学试验 $R1\ 400\text{ m}$ 曲线横向力测试结果

15.5.2 京承线试验

被试车辆在京承线直线区段最高运行速度为 100 km/h 。在试验速度之内，脱轨系数、轮重减载率、轮轴横向力最大值都不超过允许限度，车体横向平稳性指标最大平均值和垂向平稳性指标最大平均值小于 2.5，属于优级。被试车辆以 30 km/h 速度侧向通过道岔，脱轨系数最大值为 0.55，低于允许限度，轮重减载率和轮轴横向力也小于允许限度。见图 15.25 ~ 图 15.27。

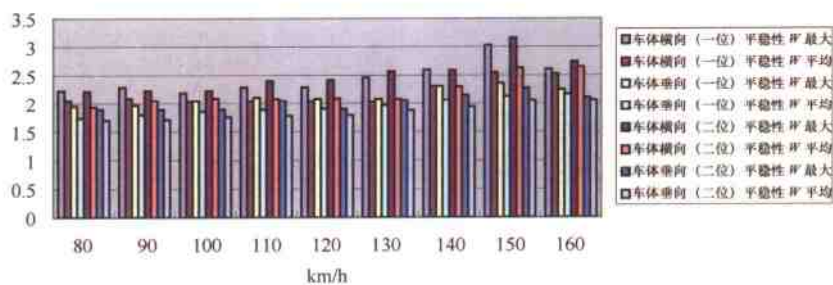


图 15.24 青藏客车环形线动力学试验 R1 400 m 曲线平稳性测试结果

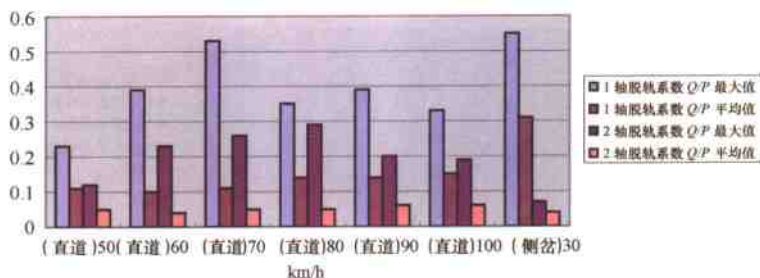


图 15.25 青藏客车京承线动力学试验直线和侧岔脱轨系数测量结果

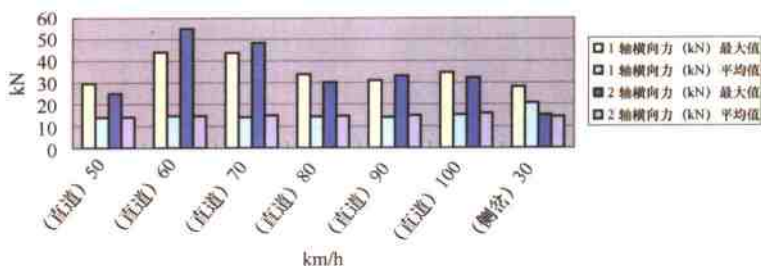


图 15.26 青藏客车京承线动力学试验直线和侧岔横向力测量结果

被试车辆在京承线半径 $R250\text{ m} \sim R600\text{ m}$ 的小曲线上, 脱轨系数最大值达到 0.81, 出现在以 70 km/h 速度通过 $R300\text{ m}$ 曲线时, 在其他半径曲线, 脱轨系数都低于 0.80; 轮重减载率最大值为 0.49, 小于允许限度值; 在半径 $R400\text{ m}$ 以下的曲线上, 一位轮对的轮轴横向力超过允许限度, 最大值达到 66.91 kN , 出现在以 60 km/h 速度通过 $R300\text{ m}$ 曲线时, 而二位轮对的轮轴横向力都小于允许

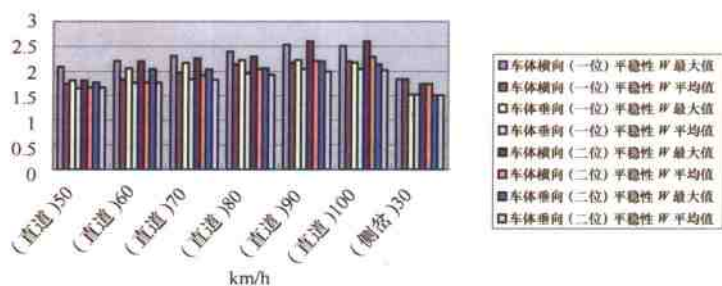


图 15.27 青藏客车京承线动力学试验直线和侧岔平稳性测量结果

限度。

在京承线 $R700\text{ m} \sim R800\text{ m}$ 的曲线上, 被试客车的脱轨系数、轮轴横向力和轮重减载率最大平均值都不超过允许限度, 车体横向平稳性指标和垂向平稳性指标最大平均值都小于 2.50, 属于优级。见图 15.28 ~ 图 15.30。

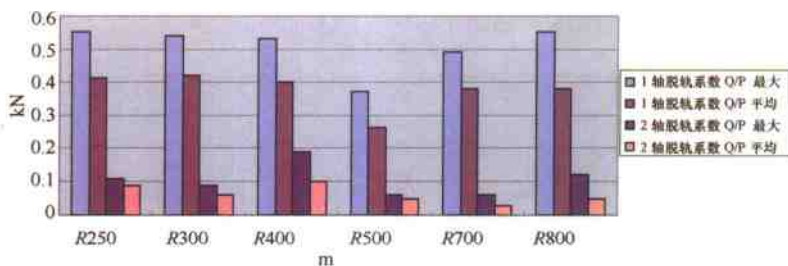


图 15.28 青藏客车京承线动力学试验 50 km/h 不同半径下的脱轨系数测试结果

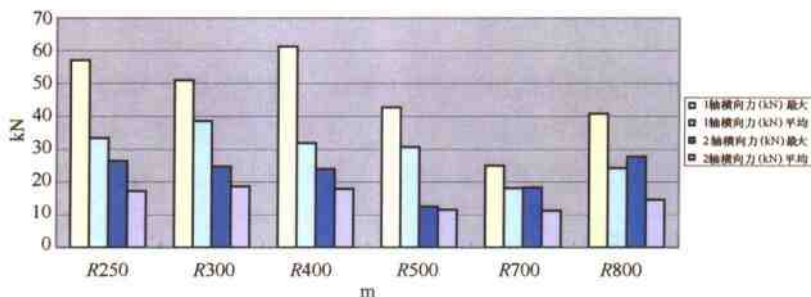


图 15.29 青藏客车京承线动力学试验 50 km/h 不同半径下横向力的测试结果

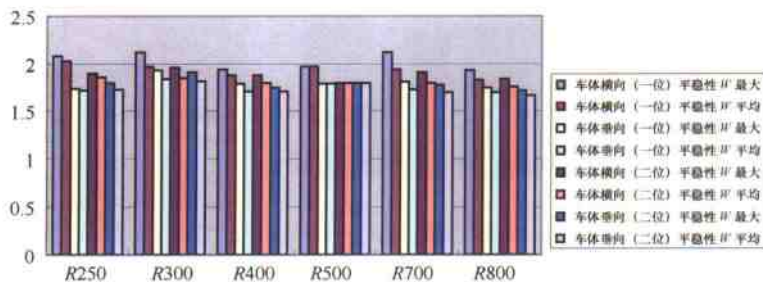


图 15.30 青藏客车京承线动力学试验 50 km/h 不同半径下的平稳性的测试结果

15.5.3 京秦线试验

被试客车在京秦线路直线上,脱轨系数、轮重减载率和轮轴横向力最大值都小于允许限度,车体横向平稳性和垂向平稳性指标最大平均值都低于 2.50,属于优级。以 40 km/h 速度通过侧线道岔时,脱轨系数、轮重减载率和轮轴横向力最大值均小于允许限度。见图 15.31 ~ 图 15.33。

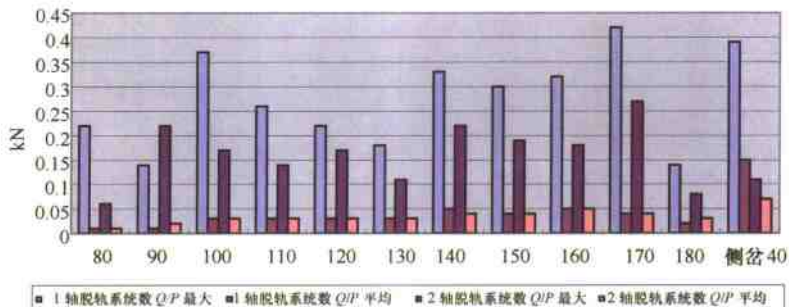


图 15.31 青藏客车京秦线动力学试验——直线和侧岔不同速度段的脱轨系数的测试结果

京秦线路试验区间的最小曲线半径为 R800 m,被试车辆在 R800 m 以上的曲线上,脱轨系数、轮重减载率和轮轴横向力最大值小于允许限度,车体横向平稳性指标最大平均值为 2.42,垂向平稳性指标最大平均值为 2.11,都属于优级。

15.5.4 格拉线试验

格拉线试验最高速度级为 120 km/h。被试客车在格尔木至安多之间的直线上,脱轨系数、轮重减载率和轮轴横向力最大值分别为 0.48、0.34 和 32.80 kN,低于允许限度值,车体横向平稳性和垂向平稳性指标最大平均值小于

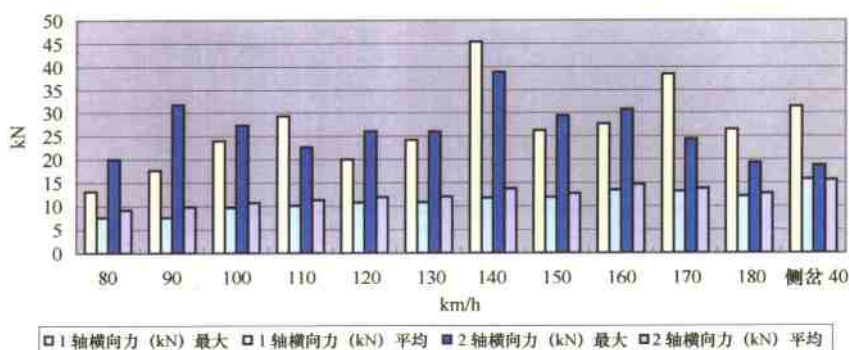


图 15.32 青藏客车京秦线动力学试验——直线和侧岔不同速度段的横向力的测试结果

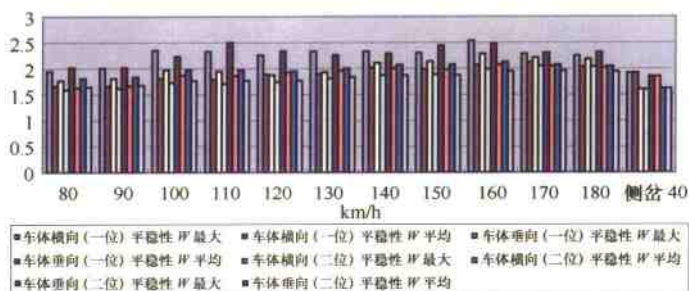


图 15.33 青藏客车京秦线动力学试验——直线和侧岔不同速度段的平稳性的测试结果

2.50, 属于优级。见图 15.34 ~ 图 15.35。

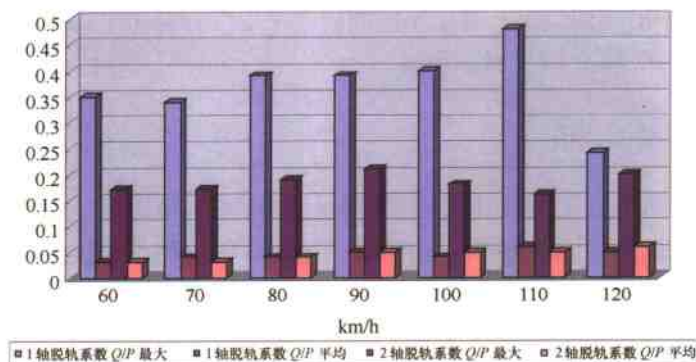


图 15.34 青藏客车格拉线动力学试验不同速度下的脱轨系数的测试结果

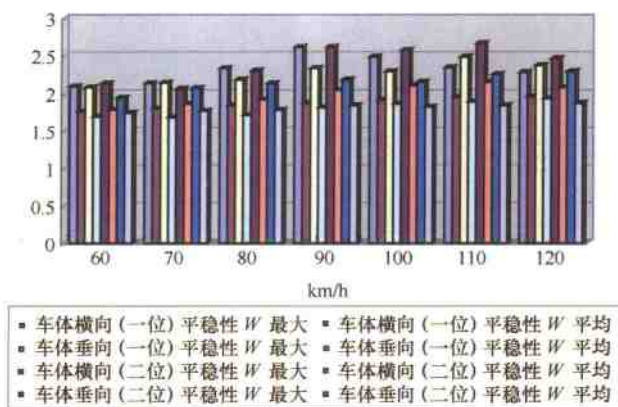


图 15.35 青藏客车格拉线动力学试验不同速度下的平稳性的测试结果

格拉线格尔木至安多区间的最小曲线半径为 $R600\text{ m}$ 。被试客车在半径 $R600\text{ m}$ 以上的曲线上，脱轨系数、轮重减载率和轮轴横向力最大值分别为 0.59 、 0.55 和 42.16 kN ，小于允许限度值。车体横向平稳性和垂向平稳性指标最大平均值分别为 2.37 和 2.15 ，属于优级。

15.5.5 西格线运行试验

西格线路最小曲线半径 $R250\text{ m}$ ，青藏列车在西格线的运行最高速度为 90 km/h 。被试车辆在西格线上的脱轨系数最大值为 0.75 ，轮重减载率最大值为 0.46 ，轮轴横向力最大值达到 79.26 kN 。轮轴横向力超过允许限度值集中出现在 $R400\text{ m}$ 以下的小曲线上。被试车辆的横向平稳性和垂向平稳性指标的最大平均值分别为 2.02 和 1.87 ，属于优级。

15.5.6 结 论

(1) 被试客车在平原线路直线上的运行平稳性达到优级。在平原线路的曲线上，被试车辆的垂向平稳性达到优级，而横向平稳性除环形线 $R1\ 000\text{ m}$ 曲线由于欠超高过大外，在其他曲线区段都达到优级。

(2) 在平原线路，仅在京承线 $R300\text{ m}$ 曲线上，被试客车脱轨系数和轮轴横向力超过限度值。被试车辆的轮重减载率不超过允许限度。

(3) 在高原线路的直线和曲线区段，被试客车的运行平稳性均达到优级。



(4) 高原线路的直线和 $R600\text{ m}$ 以上的曲线上, 被试客车的运行稳定性指标低于允许限度。

15.6 BSP 公司客车制动系统型式试验

BSP 公司青藏客车列车制动性能试验于 2006 年 2 月 11 日~2 月 21 日在青藏线进行。其中 2 月 13 日, 在青藏线西宁—格尔木(西格段)进行了 80 km/h 速度级列车紧急制动试验; 2 月 14 日、15 日在格尔木进行了列车制动性能静置试验; 2 月 16 日在青藏线格拉段格尔木—安多区间进行了 100 km/h 速度级列车紧急制动试验, 并在唐古拉车站进行了列车制动性能静置试验; 2 月 20 日在格拉段进行了 120 km/h 速度级列车紧急制动试验, 并在玉珠峰车站进行了列车制动性能静置试验。

15.6.1 试验列车制动系统主要技术参数

①列车总重: 1270 t (双机牵引)、 1408 t (三机牵引), 其中机车按单机 138 t 计算, 16 辆客车标称重量 994 t ;

②列车总长: 双机牵引约 470 m , 三机牵引约 490 m (其中 DF_4 机车车长 21.1 m , $\text{DF}_{8\text{B}}$ 机车 22.0 m , NJ_2 机车 19.9 m , 16 辆客车 425.6 m);

③16 辆客车制动主管实测长度: 约 450 m ;

④试验最高速度: 120 km/h ;

⑤机车制动机: DF_4 、 $\text{DF}_{8\text{B}}$ 机车采用 $\text{JZ}-7$ 型空气制动机, NJ_2 机车采用 CCBII 型电空制动机。

⑥基础制动装置: 机车基础制动为踏面制动, 由单侧单块闸瓦、单元制动器组成。发电车采用锻钢盘和粉末冶金闸瓦。

15.6.2 试验列车编组

BSP 公司青藏试验列车由 16 辆组成, 其中硬座车 4 辆, 硬卧车 8 辆, 软卧车 2 辆, 发电车 1 辆, 餐车 1 辆, 其中发电车为四方股份生产。具体列车编组见表 15.12。

静置试验和运行试验列车配载 61 t 。



表 15.12 BSP 青藏客车列车制动性能试验编组表

序号	车号	自重	载重	换长
1	YW _{25T} 676498	54.0	6.5	2.4
2	YW _{25T} 676506	54.0	6.5	2.4
3	YW _{25T} 676451	54.0	6.5	2.4
4	YW _{25T} 676501	54.1	6.0	2.4
5	YZ _{25T} 350921	51.9	8.9	2.4
6	YZ _{25T} 350925	51.9	8.9	2.4
7	YZ _{25T} 350929	51.9	8.9	2.4
8	CA _{25T} 893422	52.2	4.8	2.4
9	RW _{25T} 554453	53.3	4.0	2.4
10	RW _{25T} 554454	53.3	4.0	2.4
11	YW _{25T} 676490	54.0	6.5	2.4
12	YW _{25T} 676452	54.0	6.5	2.4
13	YW _{25T} 676507	54.0	6.5	2.4
14	YW _{25T} 676499	54.0	6.5	2.4
15	YZ _{25T} 350920	51.9	8.9	2.4
16	KD _{25T} 999260	86.2	9.8	2.4

西格段试验牵引机车为 DF₄3605 + DF₄3226；格拉段 100 km/h 速度级试验牵引机车为 DF₈B9001 + DF₄0667 + DF₄1789；120 km/h 速度级试验牵引机车为 NJ20001 + NJ20003 + NJ20002。

15.6.3 静置试验

测试机后第一辆客车制动缸、制动管压力和列车尾部最后一辆发电车制动管、副风缸、制动缸的空气压力以及发电车的总风压力。

静置试验分别在西宁车辆段格尔木库内、玉珠峰车站、唐古拉车站进行。格尔木静置试验使用列车试验器进行试验，制动机为 ET-6；玉珠峰、唐古拉静置试验使用牵引机车制动机，分别为 JZ-7 和 CCBII。

15.6.3.1 制动管漏泄试验

机车自动制动阀手柄置运转位，列车尾部副风缸充至 580 kPa 以上后，减压 50 kPa，待全列车都发生制动作用后，关闭机后第一辆客车制动管折角塞门，保压 1 min，测量首、尾部制动管压力，要求其压力下降不得超过 10 kPa/min。

试验结果见表 15.13。



表 15.13 制动管漏泄试验结果数据表

试验地点	格尔木		玉珠峰车站		唐古拉车站
海拔高度 (m)	2828		4159		5072
漏泄量 (kPa/min)	3.2	2.4	1.3	1.9	1.9

15.6.3.2 总风系统漏泄试验

机车自动制动阀手柄置运转位, 关闭机后第一辆客车总风管折角塞门, 保压 1 min, 测量首、尾部总风管压力, 要求其压力下降不得超过 20 kPa/min。

试验结果见表 15.14。

表 15.14 总风系统漏泄试验结果数据表

试验地点	玉珠峰车站 (4159 m)
漏泄量 (kPa/min)	5.3

15.6.3.3 感度试验

机车自动制动阀手柄置运转位, 列车尾部副风缸充至 580 kPa 以上, 机车自动制动阀手柄置于常用制动位, 减压 50 kPa。测试制动管、制动缸压力变化及相应的时间。

试验结果表明, 减压 50 kPa 后, 首尾车均发生制动作用, 保压 1 min 未发生自然缓解, 机车自动制动阀手柄置运转位, 首尾车在 1 min 内缓解完毕。

试验结果见表 15.15, 试验曲线见图 15.39。

表 15.15 BSP 青藏客车感度试验结果数据表

地点	序号	试验项目	首车	尾车
格尔木	1	制动缸最高压力 (kPa)	231	190
		缓解完毕时间 (s)	16.9	7.4
	2	制动缸最高压力 (kPa)	140	103
		缓解完毕时间 (s)	16.2	7.4
玉珠峰	1	制动缸最高压力 (kPa)	95	86
		缓解完毕时间 (s)	10.3	6.1
	2	制动缸最高压力 (kPa)	92	89
		缓解完毕时间 (s)	9.5	6.1
	3	制动缸最高压力 (kPa)	89	84
		缓解完毕时间 (s)	—	—



续上表

地点	序号	试验项目	首车	尾车
唐古拉	1	制动缸最高压力 (kPa)	174	147
		缓解完毕时间 (s)	—	—
	2	制动缸最高压力 (kPa)	137	77
		缓解完毕时间 (s)	11.8	5.6
	3	制动缸最高压力 (kPa)	202	151
		缓解完毕时间 (s)	14.7	8.7

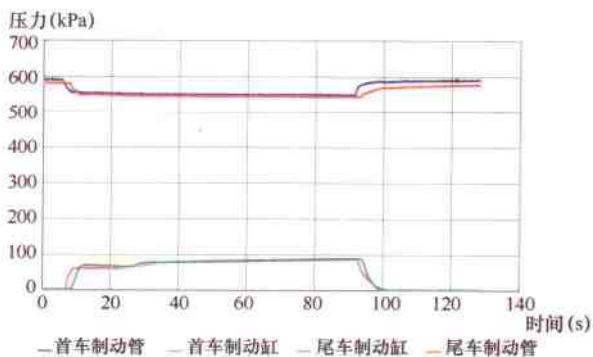


图 15.36 玉珠峰列车感度试验曲线

15.6.3.4 安定试验

机车自动制动阀手柄置运转位, 列车尾部副风缸充至 580 kPa 以上, 机车自动制动阀手柄置于常用制动位, 减压 170 kPa 列车不得发生紧急制动作用。

试验结果见表 15.16, 安定试验各车制动管、制动缸压力曲线参见后文图 15.40。

表 15.16 安定试验各车制动缸最高压力

地点	序号	试验项目	首车	尾车
格尔木	1	制动缸最高压力 (kPa)	423	423
		制动缸升压时间 (s)	32.6	29.8
		制动缸缓解时间 (s)	11.4	8.0
	2	制动缸最高压力 (kPa)	422	421
		制动缸升压时间 (s)	24.5	29.6
		制动缸缓解时间 (s)	11.4	7.2



续上表

地点	序号	试验项目	首车	尾车
玉珠峰	1	制动缸最高压力 (kPa)	430	425
		制动缸升压时间 (s)	26.8	32.1
		制动缸缓解时间 (s)	12.8	7.6
	2	制动缸最高压力 (kPa)	421	421
		制动缸升压时间 (s)	25.6	31.5
		制动缸缓解时间 (s)	13.2	8.1
	3	制动缸最高压力 (kPa)	421	423
		制动缸升压时间 (s)	25.5	30.0
		制动缸缓解时间 (s)	12.9	8.2
唐古拉	1	制动缸最高压力 (kPa)	440	423
		制动缸升压时间 (s)	21.4	27.7
		制动缸缓解时间 (s)	13	8.3
	2	制动缸最高压力 (kPa)	434	385
		制动缸升压时间 (s)	33.2	27.3
		制动缸缓解时间 (s)	12.6	7.9
	3	制动缸最高压力 (kPa)	432	418
		制动缸升压时间 (s)	15.8	21.6
		制动缸缓解时间 (s)	12.6	8.5

注：制动缸升压时间为升至最高压力 95% 的时间；

制动缸缓解时间为最高压力缓解至 40 kPa 的时间。

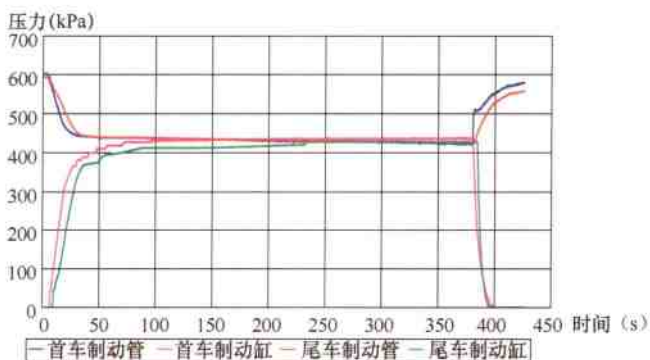


图 15.37 格尔木列车安定试验曲线



15.6.3.5 紧急制动试验

机车自动制动阀手柄置运转位，列车尾部副风缸充至 580 kPa 以上后，机车自动制动阀手柄置于紧急制动位，列车须发生紧急制动作用。

试验结果表明，所监测的首、尾车均发生紧急制动作用，试验结果见表 15.17，静置紧急制动试验首、尾车制动管、制动缸压力曲线图 15.38。

表 15.17 紧急制动试验各车制动缸压力

地点	序号	试验项目	首车	尾车
格尔木	1	制动缸最高压力 (kPa)	434	432
		制动缸升压时间 (s)	3.5	5.8
	2	制动缸最高压力 (kPa)	433	434
		制动缸升压时间 (s)	3.7	5.8
	3	制动缸最高压力 (kPa)	435	429
		制动缸升压时间 (s)	3.6	4.3
玉珠峰	1	制动缸最高压力 (kPa)	424	427
		制动缸升压时间 (s)	4.7	3.5
	2	制动缸最高压力 (kPa)	424	427
		制动缸升压时间 (s)	3.5	3.4
	3	制动缸最高压力 (kPa)	426	429
		制动缸升压时间 (s)	3.7	3.2
唐古拉	1	制动缸最高压力 (kPa)	433	421
		制动缸升压时间 (s)	3.4	9.6
	2	制动缸最高压力 (kPa)	432	420
		制动缸升压时间 (s)	3.4	9.5
	3	制动缸最高压力 (kPa)	434	422
		制动缸升压时间 (s)	3.3	9.6
	4 (车长阀)	制动缸最高压力 (kPa)	430	426
		制动缸升压时间 (s)	3.4	9.6

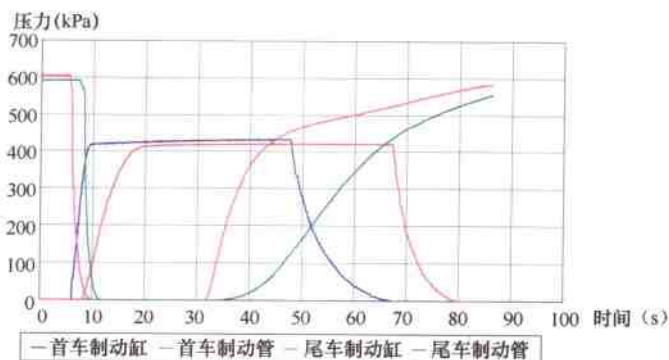


图 15.38 唐古拉列车紧急试验曲线

15.6.4 列车制动系统运行试验

试验尽量选择平直无坡、整备良好的线路上进行。试验前确认机车闸瓦和客车的闸片良好地贴靠在制动盘上，接触面积不小于 60%，制动缸行程调整到规定范围内。运行试验中每辆客车制动系统均处于正常工作状态。

试验时本务机车制动管定压 600 kPa，速度脉冲信号由安装在客车上的速度传感器接到 DAQ6024E 便携式计算机检测装置，试验时当整列车进入试验区段后，机车在惰行工况下，使用机车自动制动阀施行紧急制动。

记录紧急制动时的列车速度、制动距离、制动时间、制动过程中的瞬时减速度、平均减速度、首尾客车制动管、制动缸压力以及制动停车瞬间客车任意轴闸片、制动盘的表面温度。

试验工况：紧急制动运行试验制动初速度分为 120 km/h、100 km/h、80 km/h 三个速度级，每个速度级各进行三次试验。

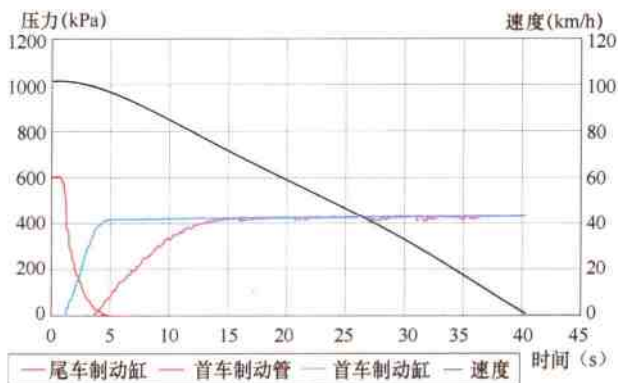
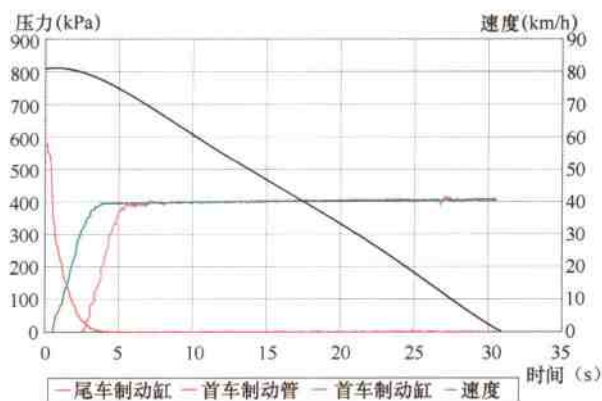
试验结果见表 15.18。制动初速度 80 km/h、100 km/h、120 km/h 紧急制动试验曲线分别见图 15.39 ~ 图 15.42。

试验制动停车瞬间实测制动盘、闸片温度为 40 ~ 80 ℃ 之间。



表 15.18 BSP 青藏客车制动系统运行试验结果

实际速度 (km/h)	实测制动 距离 (m)	试验区段 坡度	换算 制动距离 (m)	制动 时间 (s)	平均 减速度 (m/s^2)	制动缸压力 (kPa)		试验区段 起始公里标 (km)
						首车	尾车	
80.5	390.1	0	385.4	30.5	0.641	390~410	390~410	K398+755
80.1	385.4	0	384.0	30.5	0.643	395~410	390~410	K483+593
78.2	379.6	0	397.8	30.7	0.621	395~405	385~410	K542+936
99.4	683.0	-1.5	674.2	43.6	0.559	425~440	425~440	K978+030
100.8	680.0	0	669.8	43.1	0.576	420~435	425~440	K1037+673
101.0	642.4	0	629.4	40.3	0.613	420~435	420~435	K1273+744
119.6	761.4	0	766.6	40.1	0.725	415~425	415~430	K1037+985
121.1	743.8	1.5	743.3	39.0	0.761	415~425	415~427	K1049+511



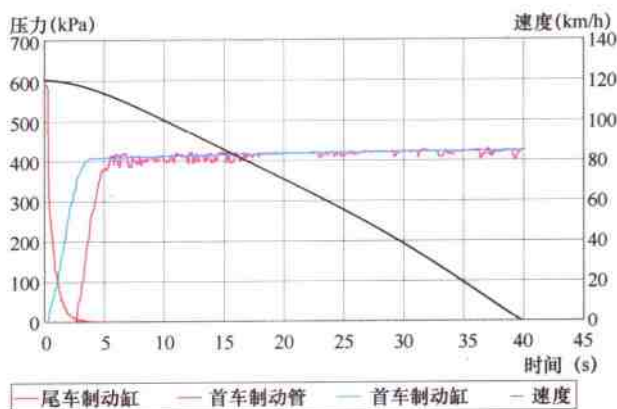


图 15.41 列车紧急制动运行试验曲线 ($v_0 = 120 \text{ km/h}$)

因机车故障, 120 km/h 速度级紧急制动试验进行了两次。

15.6.5 结 论

(1) 列车制动系统漏泄试验结果表明, 制动管、总风系统漏泄量均满足检验标准规定的压力下降不得超过 10 kPa/min、20 kPa/min 要求。

(2) 在格尔木、玉珠峰、唐古拉三个海拔点进行的静置列车感度试验、安定试验、紧急制动试验结果, 均满足检验标准要求。从试验结果来看, 制动系统受海拔高度的影响不明显。

(3) 列车紧急制动运行试验结果表明, 制动初速度 80 km/h 时, 换算制动距离平均为 389 m, 制动初速度 100 km/h 时, 换算制动距离平均为 658 m, 制动初速度 120 km/h 时, 换算制动距离平均为 755 m, 满足《青藏客车技术规范》规定的青藏线制动初速度 120 km/h 时紧急制动距离不超过 1 100 m 的要求。见图 15.42。

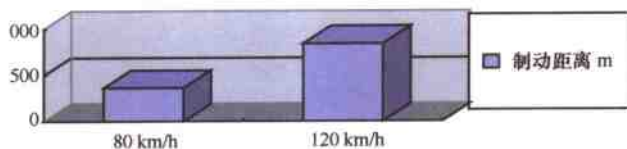


图 15.42 潮湿轨面溜放紧急制动试验结果



15.7 BSP 公司客车空调与制氧系统试验

BSP 公司首列试验列车于 2006 年 2 月 8 日到达西宁, 2 月 13 日到达格尔木, 进行青藏线高原运行试验。本次试验由四方所按照铁道部批准的《青藏铁路客车供氧、采暖、空调、电气系高原运行试验大纲》进行。列车由 16 辆组成, 其中硬座车 4 辆, 硬卧车 8 辆, 软卧车 2 辆, 发电车 1 辆, 餐车 1 辆。

试验在从格尔木至拉萨的新线路进行。由于唐古拉至拉萨的轨道条件较差, 试验只能在格尔木(基本站)和唐古拉(最高海拔高度)之间进行。

15.7.1 空调系统试验

15.7.1.1 软卧包间室温传感器试验

记录和比较探测的实际软卧车包间的室温几小时后只发现了较小的偏差。连接到 HVAC - 控制器的传感器所测温度比实际温度低约 1.5°C 。

15.7.1.2 厕所加热器试验

厕所电加热器功率为 $2 \times 250\text{ W}$, 过热保护器约位于两个加热器之间的中部。

(1) 加热功能和性能

在运行状态已测试了厕所加热器功能和性能。测量并记录了厕所室温。特别注意了可能发生的过热保护以及相应的 HVAC - 软件功能和控制。厕所始终可达到所要求的舒适温度。

(2) 厕所加热器格栅表面温度

在运行状态测试和记录了厕所加热器格栅表面温度。外部温度为 -9°C 条件下, 在加热模式于唐古拉测试了厕所加热器表面温度。厕所加热器格栅表面温度未超过限值。

15.7.1.3 地板加热器

(1) 加热功能和性能

在运行状态测试了地板加热器功能和性能。测量和记录了车内的客室温度。已特别注意可能发生的过热保护以及相应的 HVAC - 软件功能和控制。在全部分试验中, 未发生永久性过热保护。客室温度始终可达到所要求的舒适温度, 此温度是由电气柜温度设定开关设定的。

(2) 地板加热器格栅表面温度

在高原运行状态测量并记录了地板加热器格栅表面温度。外部温度为



-9℃条件下,在加热模式于唐古拉测试了厕所加热器表面温度。厕所加热器格栅表面温度从未超过限值。

15.7.1.4 空调系统控制软件验证试验

对加热系统、新风风门位置调整等空调系统控制功能进行测试,观测和记录了空调系统控制器软件的控制功能。将1台带有HVAC软件MonA的计算机与改进的卧车RW554452和硬座车YZ350926相连接并持续记录了以下数据:全部温度传感器;过热保护;风门位置;CO₂浓度。

同时人工观察是否发生临时或永久性故障(电气柜H300-灯)和检查故障客室的温度。

通过实验发现在整个运行试验中未发现严重问题。

15.7.1.5 车内压力

2006年3月26日,在唐古拉的静态试验中,测量了改进车辆的正压。此测量在正常加热模式进行,这表明是在供风风扇低速运行,新风风门开度降低的条件下实施的测量。所测数值如下:

- (1) 软卧车RW55452(11号): $\Delta p_{in/out} = +15 \text{ Pa}$
- (2) 硬卧车YW676502(12号): $\Delta p_{in/out} = +17 \text{ Pa}$
- (3) 硬座车YZ350926(13号): $\Delta p_{in/out} = +10 \text{ Pa}$
- (4) 餐车CA893428(9号): $\Delta p_{in/out} = -24 \text{ Pa}$

餐车压力略微低是正常的,这与降低新风风门开度时厨房较高的废排风量有关。

15.7.1.6 试验结论

(1) 在试验中旅客感觉温度低于22℃,在20℃左右较舒适,而温度高于22℃就很烦躁。

(2) 从车内二氧化碳浓度的测试结果判断,运行状态下供给每位旅客的新风量在8m³/h左右,比设计供给每位旅客的新风量5m³/h要大,因此旅客没有因二氧化碳过高的胸闷感觉。

(3) 对车内氧浓度的高低,旅客对23%或25%没有明显的差异感觉,认为下车后返回车内需要使用吸氧耳麦吸几分钟富氧,就可缓解下车的缺氧感觉,因此,保证每一位旅客都有一个吸氧耳麦,供给旅客吸到浓度在35%以上的富氧比车内氧浓度提高更重要。

15.7.2 制氧系统试验

15.7.2.1 格尔木静止供氧试验(整列车空压机互备制氧试验)



在格尔木车辆检修基地,对15辆客车进行整列车空压机互备制氧试验,测试车内氧浓度、制氧机出口富氧浓度、制氧机的空压机供气压力、空压机工作情况。见表15.19。

表 15.19 整列车空压机互备制氧试验结果

车号	序号	客室氧浓度 (%)	富氧浓度 (%)	空压机1	空压机2	压缩空气压力 (kPa)
1	YW676498	22.71	40.0	ON	ON	930
2	YW676506	22.91	40.6	ON	ON	930
3	YW676451	23.21	40.6	ON	ON	920
4	YW676501	23.11	39.2	ON	ON	910
5	YZ350920	23.21	39.9	ON	—	880
6	YZ350921	22.61	40.3	ON	—	880
7	YZ350925	22.71	40.2	ON	—	880
8	YZ350929	23.11	40.8	ON	—	890
9	CA893422	23.51	39.8	ON	—	890
10	RW554453	24.31	40.2	ON	—	900
11	RW554454	24.61	40.9	ON	—	910
12	YW676490	23.61	40.1	ON	ON	920
13	YW676452	23.41	40.3	ON	ON	920
14	YW676507	22.81	39.5	ON	ON	910
15	YW676499	22.71	39.9	ON	ON	930

15.7.2.2 运行试验

15.7.2.2.1 硬座车满载旅客试验

2006年2月25日,列车进行格尔木—唐古拉山运行试验,9:00从格尔木出发,18:45到达唐古拉山,21:50从唐古拉山折返,26日6:20返回到达格尔木。本次青藏列车运行供氧试验主要对硬座车满载旅客,同时检测全列其余车辆的供氧情况,基本情况如下:

(1) 本次硬座车满载旅客试验在5号车(车号YZ350920)进行,旅客是格尔木地区的铁路职工,全部98名旅客中有女同志20名,60岁以上的老同志1名。其余年龄在20~50岁之间。

(2) 13:35旅客吃完中饭后,有个别旅客胸闷,13:40给旅客发放吸氧面罩和耳麦,旅客大约有20%同时使用吸氧器吸氧,但是每一位旅客都使用了吸氧器。旅客反映车内温度过高,开车后车内温度一直维持在25~26℃之间,



14:50 温度还处于高位,旅客要求降低车内温度,此时打开空调进行降温,15:05后改为强通风,将新风门全部打开,新风量约 $2500 \text{ m}^3/\text{h}$,车内氧浓度降到 22% 左右,车内温度降到 23°C ,此时,尽管氧浓度降低,但是空气清新温度降低,旅客反映比较舒适,只有 17 位旅客使用吸氧器进行吸氧。

(3) 17:15 恢复人均新风量 $5 \text{ m}^3/\text{h}$,车内温度上升到 24.5°C ,车内氧浓度上升到 22.9%,但是旅客感到不如温度较低,新风量较大时舒适。

(4) 18:45 到达唐古拉山后,车内温度维持在 22°C ,旅客反映良好。

(5) 9:00 从格尔木开车后 1 h,即 10:00~11:00,对旅客车厢的二氧化碳浓度进行测试,最高的二氧化碳浓度为 0.288%,此后,由于人员走动、开车门等因素的影响,二氧化碳浓度维持在 0.2% 左右。

(6) 20:00 以后,旅客从硬座车搬到硬卧车休息,26 日 6:20 返回到达格尔木,旅客没有不良反映,经过 21 h 的旅行,全部旅客安全回到格尔木。

15.7.2.2.2 车内达到氧浓度试验

(1) 全列车压缩空气互备供氧试验

由于进行的是整列运行试验,全列车的压缩空气管路连通,互相供给压缩空气,每辆车设定的压缩空气压力不同,因此,供给的空气量不同,每辆车达到的车内氧浓度也不同。

由于发电车供电、每辆车的 2 台逆变器工作还没达到正常工作状态,制氧用空压机没能全部投入工作,整列互备供氧试验没能达到设计要求的状态。

由于逆变器不能正常供电,整列 23 台空压机大约只有 17~19 台能工作,全列 17 台空压机工作时,车内氧浓度得不到保证,有高有低,总体情况是车内氧浓度偏低;全列 19 台空压机工作时,车内氧浓度基本得到保证,有高有低,总体情况是车内氧浓度在 23% 左右。

(2) 在唐古拉山开门下车后关闭车门增氧速率试验

列车到达唐古拉山后,部分旅客开门下车,19:45 后旅客上车,关闭车门,测试了车内增氧速率,30 min 后端部的 1 号车车内氧浓度从 22% 增加到 22.6%,其余各车的氧浓度增加到 22.5%~23.8%。基本接近供氧要求的车内氧浓度。

由于进行的是整列运行试验,全列车的压缩空气管路连通,互相供给压缩空气,每辆车设定的压缩空气压力不同,因此,供给的空气量不同,每辆车达到的车内氧浓度也不同。

(3) 单车用自备的空压机供风制氧试验

试验表明:硬座车内氧浓度约 22.5%;餐车内氧浓度约 22.7%;软卧车内



氧浓度约 25.5%；硬卧车内氧浓度约 24%。

由此可以初步判断，本次整列互备试验，损失了软卧车、硬卧车的制氧效果，而硬座车、餐车的氧浓度没有得到应有的提高。

运行试验的车内氧浓度曲线见图 15.43 ~ 图 15.57。

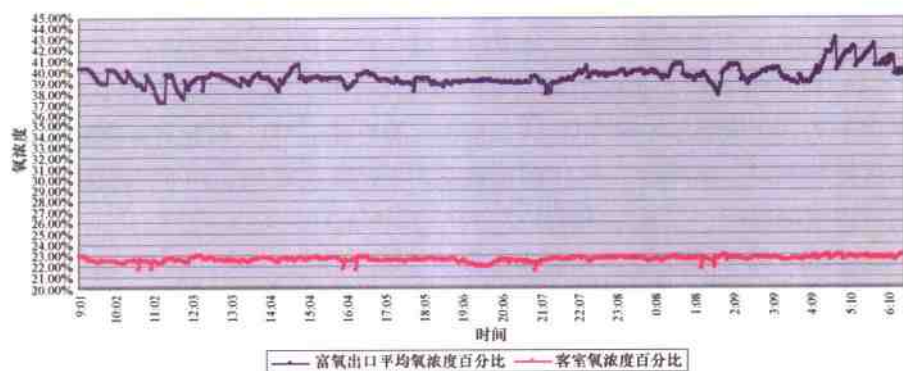


图 15.43 676498 号硬卧车氧浓度测试

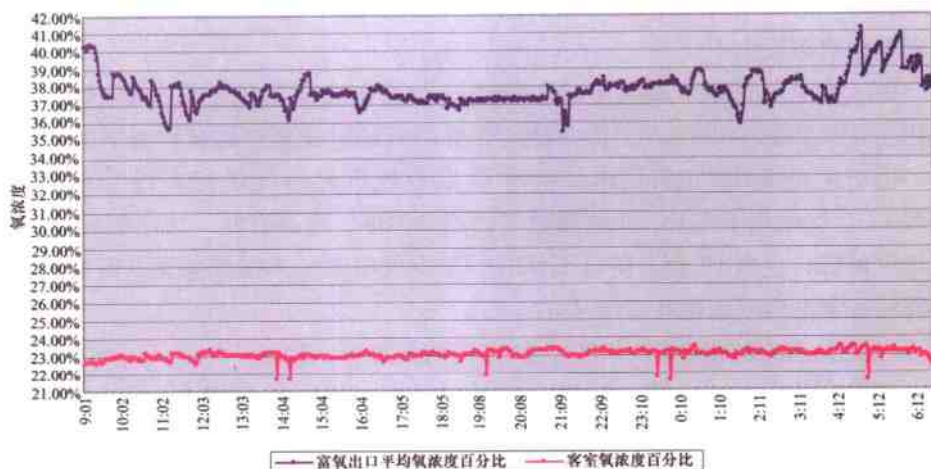


图 15.44 676506 号硬卧车氧浓度测试

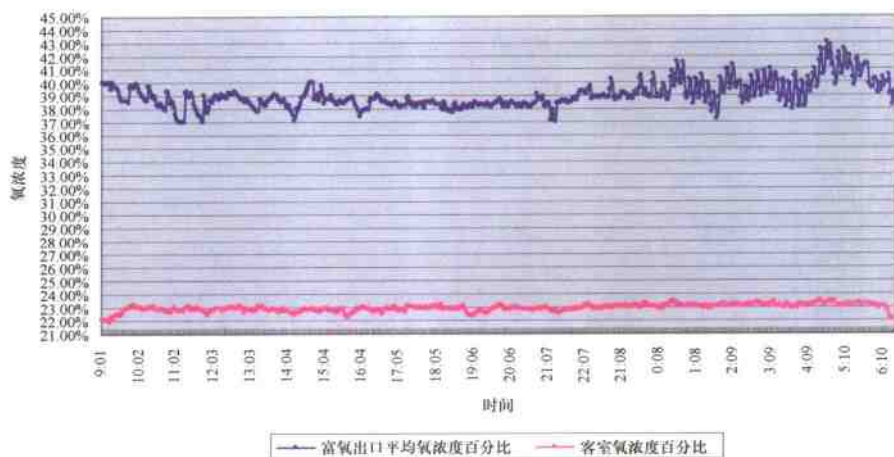


图 15.45 676451 号硬卧车氧浓度测试

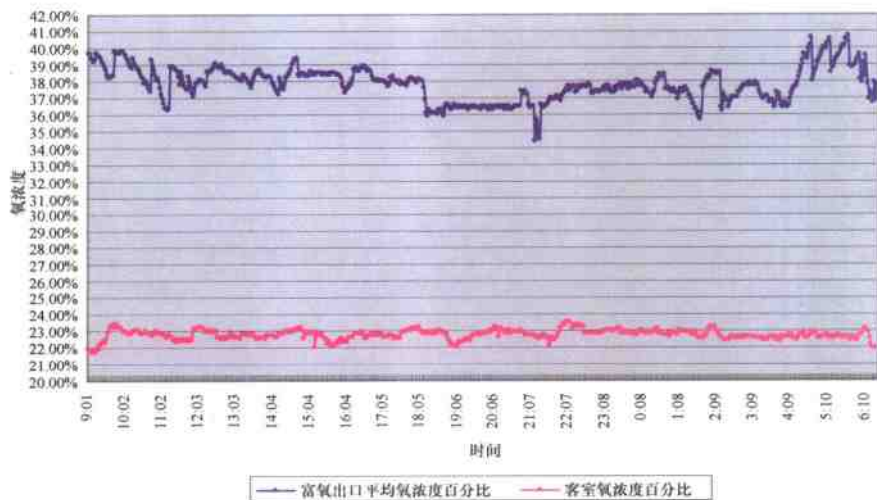


图 15.46 676501 号硬卧车氧浓度测试

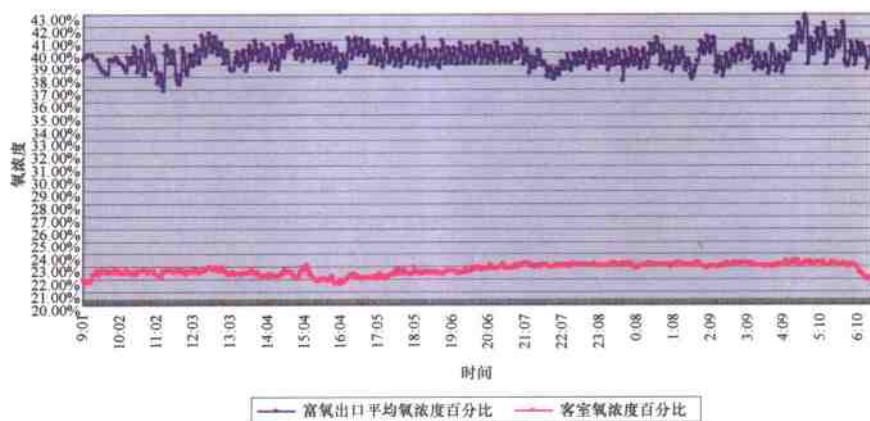


图 15.47 350920 号硬座车氧浓度测试

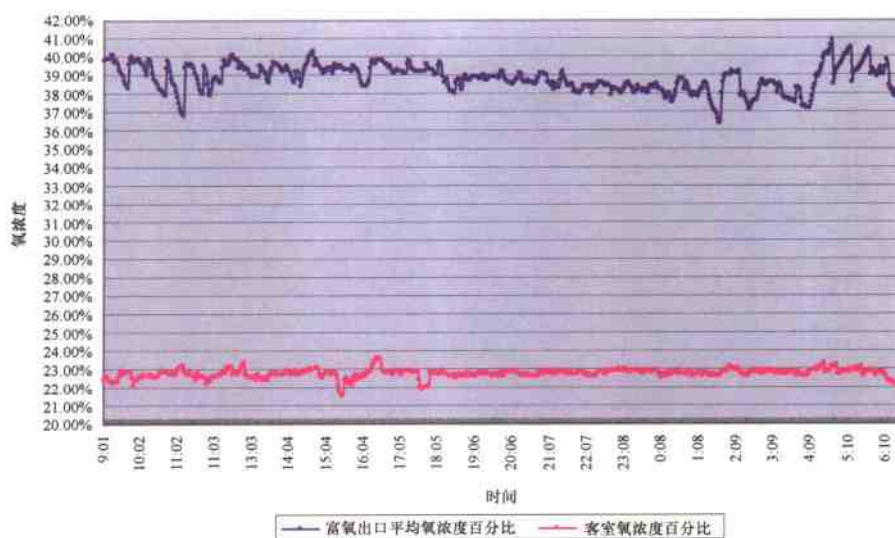


图 15.48 350921 号硬座车氧浓度测试

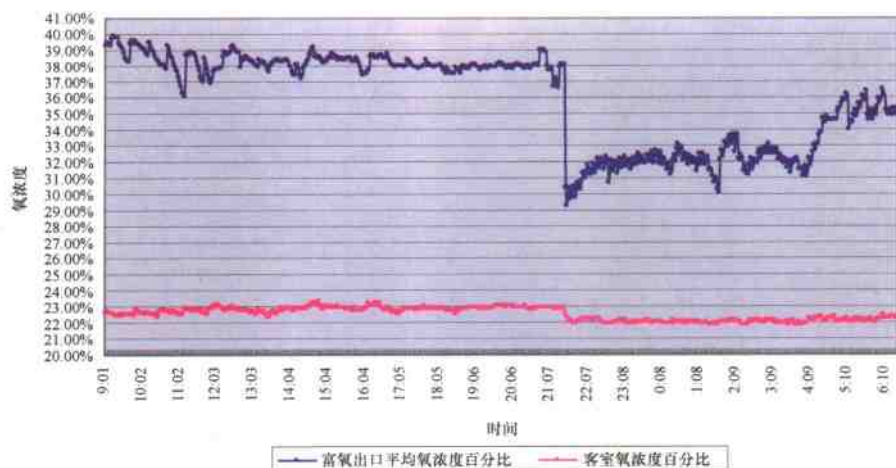


图 15.49 350925 号硬座车氧浓度测试

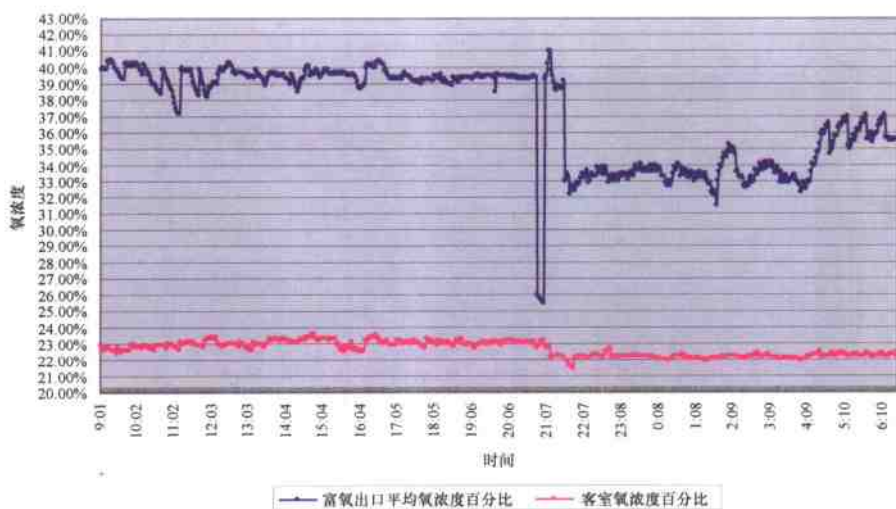


图 15.50 350929 号硬座车氧浓度测试

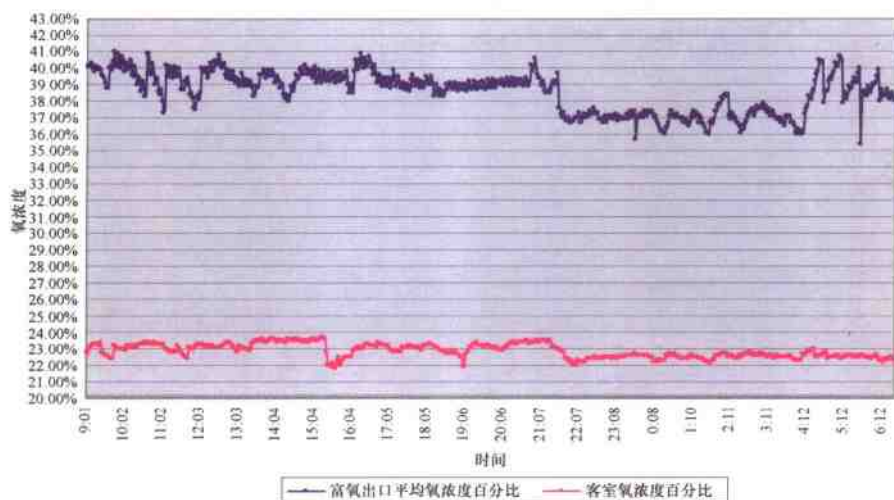


图 15.51 893422 号硬座车氧浓度测试

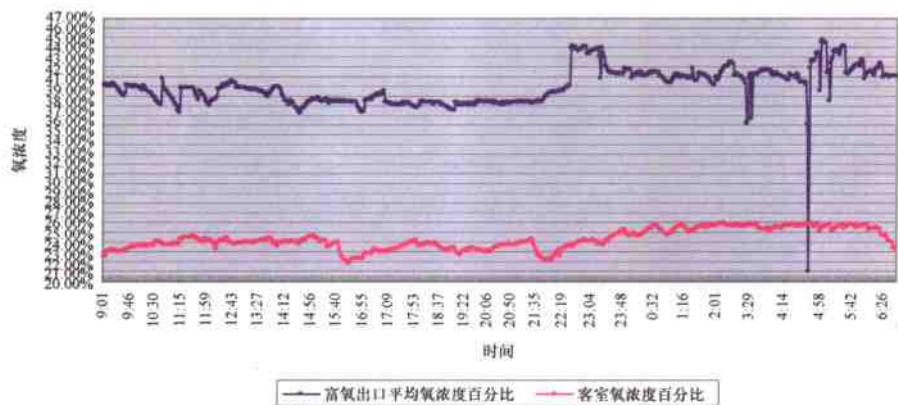
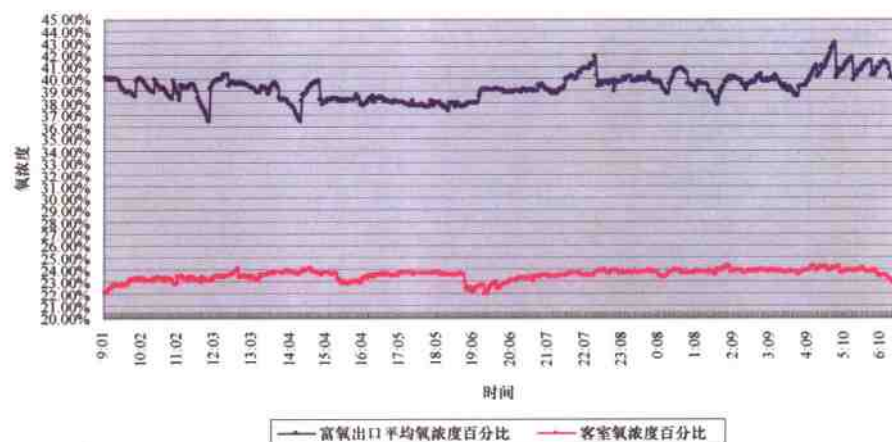
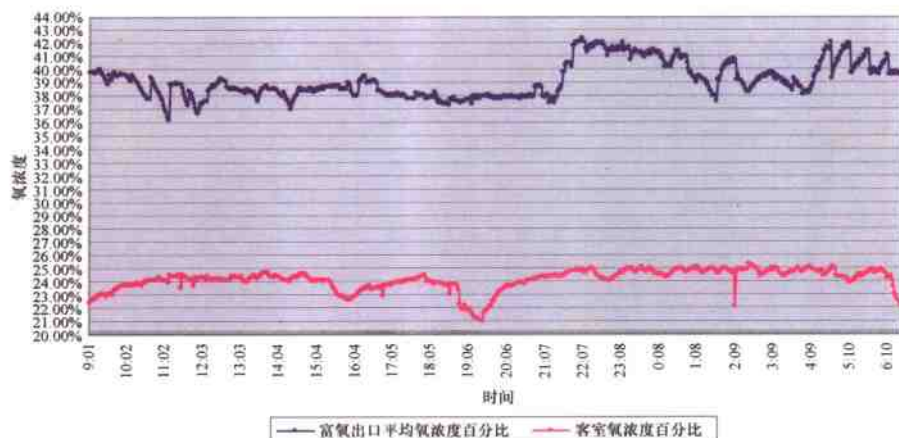


图 15.52 554453 号软卧车氧浓度测试



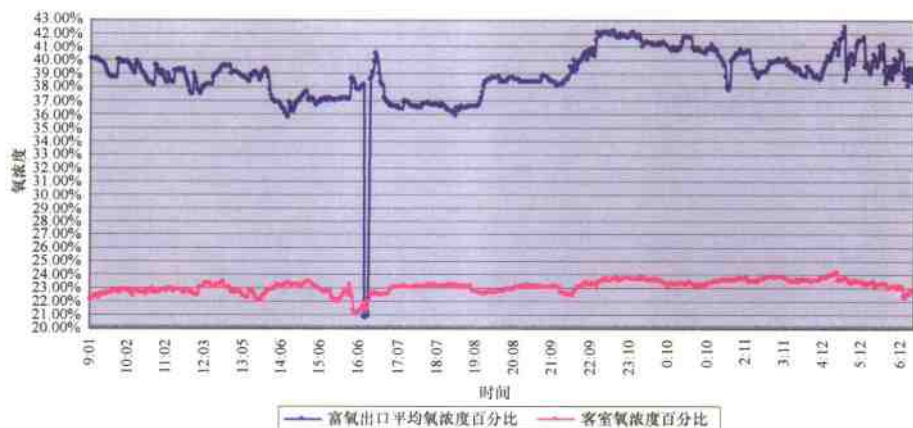


图 15.55 676452 号硬卧车氧浓度测试

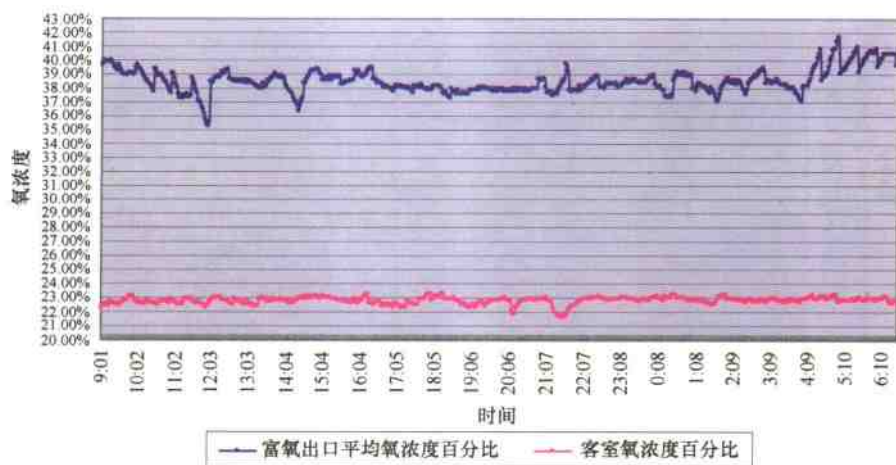


图 15.56 676507 号硬卧车氧浓度测试

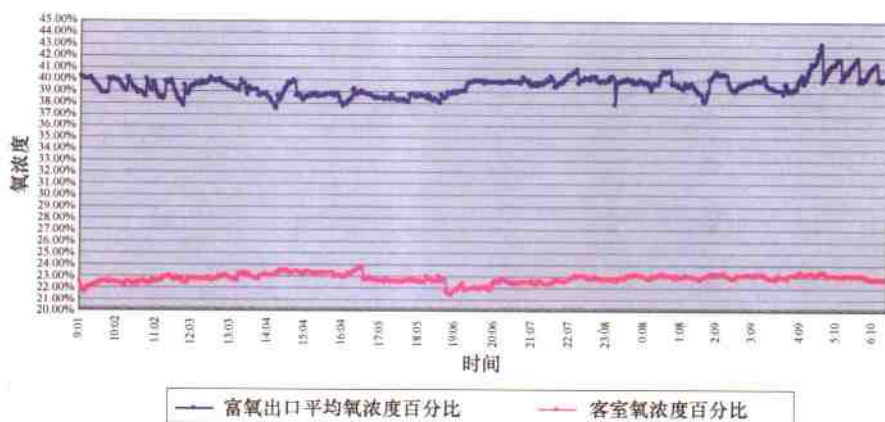


图 15.57 676499 号硬卧车氧浓度测试

15.7.2.3 试验结论

(1) 青藏客车供氧后, 车内环境得到大大改善, 旅客乘坐试验表明, 保持较低的温度 (20°C 左右), 有较大的新风量, 有一定的氧浓度, 并且保证每一位旅客有分布式供氧的吸氧耳麦, 旅客可以吸到 35% 的富氧, 就不会出现缺氧问题, 个别旅客出现的头胀感觉, 主要是由于低气压引起的。

(2) 研究在试验中旅客感觉温度低于 22°C , 在 20°C 左右较舒适, 而温度高于 22°C 就很烦躁。

(3) 从车内二氧化碳浓度的测试结果判断, 运行状态下供给每位旅客的新风量在 $8\text{ m}^3/\text{h}$ 左右, 比设计供给每位旅客的新风量在 $5\text{ m}^3/\text{h}$ 要大, 因此旅客没有因二氧化碳过高的胸闷感觉。

(4) 对车内氧浓度的高低, 旅客对 23% 或 25% 没有明显的差异感觉, 认为下车后返回车内需要使用吸氧耳麦吸几分钟富氧, 就可缓解下车的缺氧感觉, 因此, 保证每一位旅客都有一个吸氧耳麦, 供给旅客吸到浓度在 35% 以上的富氧比车内氧浓度提高更重要。