



普通高等院校车辆工程专业卓越特色系列规划教材

# 轨道车辆装备

刘志明 主编

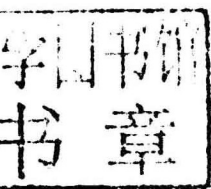


科学出版社

普通高等学校车辆工程专业卓越特色系列规划教材

# 轨道车辆装备

刘志明 主编



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书作为普通高等学校车辆工程专业卓越特色系列规划教材之一, 主要介绍轨道车辆电气系统的组成和车内电气装备工作原理。

全书分为 6 章。第 1 章介绍轨道车辆电气系统组成、轨道车辆供电系统、轨道车辆控制电器; 第 2 章介绍 25T 型客车供电系统、动车组辅助供电系统、蓄电池与充电机; 第 3 章介绍照明系统、火灾探测系统、广播系统、旅客信息系统、高原客车制氧系统等车内主要设备; 第 4 章介绍供水与卫生系统类型、动车组供排水系统、动车组卫生系统; 第 5 章介绍空调系统的总体构成和类型、通风系统、制冷系统、供暖与加湿系统、动车组空调系统的运行控制、典型动车组空调系统、空调系统维护与检修; 第 6 章介绍列车通信网络系统构成、通信网络协议、动车组控制及信息管理系统。

本书是高等学校车辆工程和铁道机车车辆专业教材, 也可供铁路高职和中职学校师生及从事机车车辆、动车组、城市轨道车辆相关专业的工程技术人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

轨道车辆装备/刘志明主编. —北京: 科学出版社, 2015.6

普通高等学校车辆工程专业卓越特色系列规划教材

ISBN 978-7-03-044545-2

I. ①轨… II. ①刘… III. ①铁路车辆—设备—高等学校—教材  
IV. ①U270.38

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 122091 号

责任编辑: 毛 莹 张丽花 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencecp.com>

北京科印技术咨询服务公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2015 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 6 月第一次印刷 印张: 17

字数: 435 000

定价: 43.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 前 言

铁路运输客运的高速化、货运的重载化已经成为现代交通运输领域的趋势。高速铁路是庞大复杂的系统工程,称为“大国技术”,集成了多学科、多领域的高新技术,集中展示综合国力、经济社会发展水平和自主创新能力。高速列车是高速铁路的核心技术之一,高速列车融合了高速转向架技术、高强轻型车体结构技术、交流传动技术、复合制动技术、减阻降噪与密封技术、现代控制与诊断技术等一系列当代最新技术成果。

城市轨道交通是近十多年才开始快速发展的一种交通方式。轨道交通车辆虽然速度比高速列车低、车内电气设备种类也比较少,但是随着城市化进程不断加快,具有节能、快捷和大运量特征的新型轨道交通车辆越来越受到众多城市的关注,各个城市对城市轨道交通类人才需求量也在不断高涨。

学生的培养和知识的传播,教材建设是必不可少的重要环节,尤其是在现代技术与知识不断更新的情况下,编写共性基础理论与新技术相结合的教材尤为迫切。北京交通大学车辆工程专业是国家级特色专业,入选首批教育部“卓越工程师教育培养计划”和“专业综合改革试点项目”。本专业一直将教材建设作为保持轨道交通特色、引领专业发展的重要工作。普通高等学校车辆工程专业卓越特色系列规划教材就是在轨道交通行业对车辆人才旺盛的需求和技术不断发展的背景下,在以往教材编写的基础上进行策划的。

全书分为6章。第1章介绍轨道车辆电气系统组成、轨道车辆供电系统、轨道车辆控制电器;第2章介绍25T型客车供电系统、动车组辅助供电系统、蓄电池与充电机;第3章介绍照明系统、火灾探测系统、广播系统、旅客信息系统、高原客车制氧系统等车内主要设备;第4章介绍供水与卫生系统类型、动车组给排水系统、动车组卫生系统;第5章介绍空调系统的总体构成和类型、通风系统、制冷系统、供暖与加湿系统、动车组空调系统的运行控制、典型动车组空调系统、空调系统维护与检修;第6章介绍列车通信网络系统构成、通信网络协议、动车组控制及信息管理系统。

本书由刘志明主编,参加编写的有史红梅、邱成、丁莉芬。刘志明编写第1章、第3章第5节、第5章;史红梅编写第6章;邱成编写第2章、第3章第1~4节;丁莉芬编写第4章。

为方便读者学习,依托北京交通大学开设的“轨道车辆装备”MOOC课程,本书在重要知识点位置设置了56个二维码,通过手机、平板电脑等移动终端扫描二维码,即可链接至MOOC相关知识点的视频讲解,从而将纸质教材与网络资源有机结合,有利于提升学习效果。扫描封底二维码,点击“多媒体素材”,可显示书中所有视频资源,读者可根据学习需要,有选择性地观看。观看本书配套视频讲解会产生较大流量,建议在WiFi环境下访问相关资源。本书附带的所有视频文件版权所有,未经允许请勿擅自使用。

中国铁路总公司运输局装备部吴国栋副主任在百忙中审阅了全稿,并提出许多重要的修改意见。在此,对他的工作和帮助表示衷心的感谢!

南车青岛四方机车车辆股份有限公司、长春轨道客车股份有限公司、青岛庞巴迪运输轨道设备有限公司、唐山轨道客车有限责任公司、中国铁道科学研究院机车车辆研究所等企业和单位为本书的编写提供了资料和帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加上时间仓促,若存在疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015年1月  
于北京

# 目 录

## 前言

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第 1 章 绪论              | 1  |
| 1.1 轨道车辆电气系统组成        | 1  |
| 1.1.1 轨道车辆供电方式        | 1  |
| 1.1.2 轨道车辆电气设备与布置     | 3  |
| 1.1.3 电气分配系统          | 6  |
| 1.2 轨道车辆供电系统          | 9  |
| 1.2.1 铁路客车供电系统        | 10 |
| 1.2.2 城轨车辆辅助供电系统      | 11 |
| 1.2.3 动车组辅助供电系统       | 11 |
| 1.3 轨道车辆控制电器          | 17 |
| 1.3.1 断路器             | 17 |
| 1.3.2 继电器             | 19 |
| 1.3.3 接触器             | 23 |
| 1.3.4 可编程逻辑控制器        | 25 |
| 思考题                   | 26 |
| 第 2 章 供电系统            | 27 |
| 2.1 25T 型客车供电系统       | 27 |
| 2.1.1 DC600V 供电系统构成   | 27 |
| 2.1.2 逆变器和充电器         | 29 |
| 2.1.3 电气综合控制柜         | 34 |
| 2.2 动车组辅助供电系统         | 39 |
| 2.2.1 辅助电气系统设备与容量     | 39 |
| 2.2.2 CRH1 型动车组辅助供电系统 | 43 |
| 2.2.3 CRH2 型动车组辅助供电系统 | 47 |
| 2.2.4 CRH3 型动车组辅助供电系统 | 61 |
| 2.3 蓄电池与充电机           | 67 |
| 2.3.1 蓄电池概述           | 67 |
| 2.3.2 动车组蓄电池          | 73 |
| 2.3.3 充电机工作原理         | 81 |
| 思考题                   | 83 |
| 第 3 章 车内电气设备          | 84 |
| 3.1 照明系统              | 84 |
| 3.1.1 照明系统概述          | 84 |
| 3.1.2 动车组照明系统         | 90 |

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 3.2   | 火灾探测系统        | 96  |
| 3.2.1 | 火灾探测系统概述      | 96  |
| 3.2.2 | 动车组火灾探测系统     | 98  |
| 3.3   | 广播系统          | 104 |
| 3.3.1 | CRH1 型动车组广播系统 | 104 |
| 3.3.2 | CRH2 型动车组广播系统 | 107 |
| 3.3.3 | CRH3 型动车组广播系统 | 112 |
| 3.4   | 旅客信息系统        | 112 |
| 3.4.1 | 车外信息显示        | 113 |
| 3.4.2 | 车内信息显示        | 114 |
| 3.5   | 高原客车制氧系统      | 117 |
| 3.5.1 | 高原客车制氧方式      | 117 |
| 3.5.2 | 高原客车供氧系统组成    | 121 |
| 3.5.3 | 高原客车制氧系统工作原理  | 124 |
|       | 思考题           | 128 |
| 第 4 章 | 供排水与卫生系统      | 129 |
| 4.1   | 供水与卫生系统类型     | 129 |
| 4.1.1 | 供水系统          | 129 |
| 4.1.2 | 集便系统          | 131 |
| 4.2   | 动车组供排水系统      | 135 |
| 4.2.1 | 动车组供水系统       | 135 |
| 4.2.2 | 动车组排水系统       | 137 |
| 4.2.3 | 电热开水炉工作原理     | 138 |
| 4.3   | 动车组卫生系统       | 140 |
| 4.3.1 | 卫生系统布置        | 140 |
| 4.3.2 | 卫生系统组成        | 141 |
| 4.3.3 | 动车组给水卫生系统防冻措施 | 143 |
|       | 思考题           | 145 |
| 第 5 章 | 空调系统          | 146 |
| 5.1   | 空调系统的总体构成和类型  | 146 |
| 5.1.1 | 车内环境构成与要求     | 146 |
| 5.1.2 | 空调系统的总体构成     | 148 |
| 5.1.3 | 空调系统的类型       | 149 |
| 5.2   | 通风系统          | 151 |
| 5.2.1 | 湿空气的性质        | 151 |
| 5.2.2 | 通风系统的组成       | 156 |
| 5.2.3 | 车内空气压力波动控制装置  | 158 |
| 5.2.4 | 应急通风          | 160 |
| 5.3   | 制冷系统          | 161 |
| 5.3.1 | 蒸气压缩式制冷原理     | 161 |

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 5.3.2 | 制冷压缩机                | 165 |
| 5.3.3 | 换热器                  | 167 |
| 5.3.4 | 其他辅助设备               | 168 |
| 5.4   | 供暖与加湿系统              | 169 |
| 5.4.1 | 供暖系统                 | 169 |
| 5.4.2 | 热泵                   | 169 |
| 5.4.3 | 空气加湿系统               | 170 |
| 5.5   | 动车组空调系统的运行控制         | 170 |
| 5.5.1 | 制冷自动控制元件             | 170 |
| 5.5.2 | 空调系统的运行控制            | 173 |
| 5.5.3 | 空调系统运行控制示例           | 173 |
| 5.6   | 典型动车组空调系统            | 176 |
| 5.6.1 | CRH1 型动车组空调系统        | 176 |
| 5.6.2 | CRH2 型动车组空调系统        | 178 |
| 5.6.3 | CRH3 型动车组空调系统        | 182 |
| 5.6.4 | CRH5 型动车组空调系统        | 183 |
| 5.7   | 空调系统维护与检修            | 184 |
| 5.7.1 | 空调系统的维护              | 184 |
| 5.7.2 | 空调系统故障判断与处理          | 188 |
|       | 思考题                  | 191 |
| 第 6 章 | 列车控制及信息管理系统          | 192 |
| 6.1   | 列车通信网络系统构成           | 192 |
| 6.1.1 | 列车通信网络系统概述           | 192 |
| 6.1.2 | TCN 通信网络             | 195 |
| 6.1.3 | ARCNET 通信网络          | 205 |
| 6.1.4 | CAN 通信网络             | 208 |
| 6.2   | 动车组控制及信息管理系统构成       | 214 |
| 6.2.1 | CRH1 型动车组网络结构与设备     | 214 |
| 6.2.2 | CRH2 型动车组网络结构与设备     | 224 |
| 6.2.3 | CRH3 型动车组网络结构与设备     | 235 |
| 6.2.4 | CRH5 型动车组网络结构与设备     | 244 |
| 6.3   | 动车组控制及信息管理系统功能       | 249 |
| 6.3.1 | CRH1 型动车组控制及信息管理系统功能 | 249 |
| 6.3.2 | CRH2 型动车组控制及信息管理系统功能 | 253 |
| 6.3.3 | CRH3 型动车组控制及信息管理系统功能 | 256 |
| 6.3.4 | CRH5 型动车组控制及信息管理系统功能 | 260 |
|       | 思考题                  | 262 |
|       | 参考文献                 | 263 |

# 第 1 章 绪 论

轨道车辆就像一间间可流动的房子，客车是人们旅途中的临时居所，货车是货物运输途中存放的仓库，它们都安装在车辆的走行部上，沿着铁路线流转四方<sup>[1]</sup>。

各国铁路客运发展的共同趋势是高速、大密度，采用高速动车组和电力机车牵引旅客列车是实现客运高速化的重要条件<sup>[2]</sup>。城市轨道交通车辆虽然速度比高速列车低，但是频繁地起动、加速、减速、停车工况以及爬坡、曲线通过能力强等要求，使得城市轨道交通车辆都采用了动力分散型车组。

轨道车辆装备按照在车上布置的部位分为车内设备和车外设备，按照组成功能可分为电气设备和机械设备。本书主要介绍轨道车辆电气设备中的控制电器、供电系统、车内照明系统、火灾自动探测系统、广播系统、供水与卫生系统、空调系统、列车通信网络与信息系统、高原客车制氧系统等车内外主要电气装备的组成及工作原理。

## 1.1 轨道车辆电气系统组成

现代生活离不开电，为了使旅客感觉就像在家里一样方便，轨道车辆上除了照明，还装备了各种电气设备，如广播系统、空调、电动车门、集便器、电茶炉，还有列车自动操纵、故障诊断、计算机网络系统、火灾自动探测系统等。这些装备，都是直接或间接为旅客服务并保证列车运行安全的。本节介绍轨道车辆供电方式、电气设备与布置和电气配电系统。

### 1.1.1 轨道车辆供电方式

#### 1. 轨道车辆供电方式

轨道车辆在快速运行中，不能像固定的房屋从变电所依靠输配电电缆获取电能，如何保证用电设备正常工作呢？

第一种是靠车轴发电机供电。由轴驱式交流发电机、控制箱、整流器箱和蓄电池组构成低压交-直流供电系统。交流发电机吊挂在列车下部的转向架上，车轮转动时，由皮带轮带动发电机发电。开车时，车轮转动，发电机开始发电，由于车速不同，发电机的输出频率也不同，因此需要控制箱和整流器箱将交流电变成直流电，一方面供列车的各种电器使用，另一方面给蓄电池组充电；停车时，由蓄电池组继续给列车上的电器供电。铁路上将装有车轴发电机和蓄电池组的客车称为“母车”，没有装的称为“子车”。在一列列车中，母车和子车一般按照 1:1 的比例编组。车轴发电机供电由于供电功率小，消耗牵引功率，因此已经随着旅客列车的不断发展而逐渐淘汰。

第二种是采用单元式柴油发电机供电。为了给电气负载直接提供三相交流电，在客车车体下方安装单元式柴油发电机和蓄电池组构成交-直流供电系统。由于功率的限制，该供电方式一般只给本车的电气设备供电，因此不适合向全列车供电。

第三种是加挂发电车集中供电。发电车是不载旅客的发电站，一般安装 3 台大功率柴油发电机组，通常工作时启动 1 个或 2 个机组，其余备用。一辆发电车通常可以为一系列列车集中提供三相 380V 交流电，发电车配有专门配电盘，通过贯穿全列车的输电干线和专用车端连

接器,供给各节车辆的用电设备工作。

第四种是电力机车集中供电。在电气化铁路运行区段,电力机车将接触网上 25kV 的单相交流电经过变压器、整流器、变流器等一整套电气设备处理,变成直流 600V,通过贯穿全列车的输电干线和专用车端连接器,向被其牵引的整列客车的电气负载供电。

第五种是动车组辅助供电系统供电。动车组是自带动力、固定编组、两端均可操控开行的旅客列车,动车组辅助供电系统主要由辅助变流器、蓄电池、充电机等组成。该系统将列车上主变压器或主变流器输出的电能进行处理,变成三相交流电给各节车辆的用电设备工作。

## 2. 电气化铁路供电特点

电气化铁路除了一般的铁道线路、车站、通信、信号等设施,还包括特殊的牵引供电系统以及相应的运行、维修和管理单位。



现代电力牵引供电都以公用电网配电,其电压一般不低于 110kV。在我国,矿山电力牵引、城市铁路或轻轨交通一般都采用直流制,电压为 450V~3000V;电气化铁路都采用工频(50Hz)、额定电压为 25kV 的单相交流制,电气化铁路的牵引负荷是一级负荷,故要求电源有足够的容量和较高的可靠度。

牵引供电系统主要包括牵引变电所和牵引网两部分,其任务是保证质量良好不间断地向轨道车辆供电。

牵引变电所是电气化铁路供电系统中的心脏,它将公用电网电力系统供应的电能转变为适于电力牵引及其供电方式的电能,无论是一般线路还是高速线路都要求它具有高度的可靠性。

牵引网由馈线、接触网、回流线、分相绝缘器等组成,完成对轨道车辆的送电任务。其中,馈线是接在牵引变电所牵引母线和接触网之间的导线,即将电能由牵引变电所引向电气化铁路;接触网是牵引供电系统的主动脉,其功能是通过与受电弓在运行中的良好接触将电能传给轨道车辆。“良好接触”概念包括的内容有:弓网振动小、相互冲击小、离线次数和时间少、导线和滑板磨损小;由于电气化铁路是单相负荷,所以轨道车辆由接触网取得电流,经钢轨或专用回流线返回牵引变电所;分相绝缘器串联在接触网上,目的是把两相不同的供电区分开,并使列车光滑过渡,主要用在牵引变电所出口处和分区处。

轨道车辆在电气化铁路获得电能后,通过牵引电机及其变换和控制装置,将电能转化为机械能,牵引列车运行。

由于各变电所相互独立,考虑接触导线电阻造成供电电压下降等因素,变电所供电距离单线一般为 30km 左右,轨道车辆只从相关的某个牵引变电所取电。对于两个异相牵引端口的牵引变电所,由于分相绝缘器的存在,使列车通过分相区时处于无电可用的状态,这对列车运行产生很大影响。

列车通过分相区的方式一般有三种。

### 1) 人工切换方式

图 1-1 为列车过分相区时线路两侧对驾驶员的提示,图中接触网线上方是列车从左向右行驶,驾驶员依次看到的“K 禁止双弓”、“K 断”、“禁止双弓”、“断”和“合”的提示牌,接触网线下方是列车从右向左行驶驾驶员看到的提示牌,图中的数字单位是 m。

“禁止双弓”是提醒驾驶员检查列车在过分相区之前,不能把 2 个受电弓都升起来,防止列车在通过绝缘分相区时,将接触网的两相短路,造成变电所跳闸;“断”和“合”是要求驾驶员在提示牌处断开或闭合车上的主断路器;“K 禁止双弓”和“K 断”代表牵引快速客车时,驾驶员需要提前进行过分相区操作的位置。

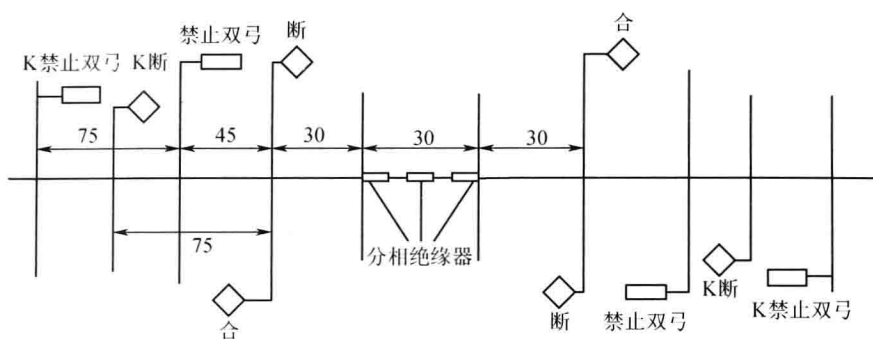


图 1-1 列车过分相区时线路两侧对驾驶员的提示

随着列车速度的不断提高，驾驶员需要在距离分相区更远的位置开始过分相操作，工作量和劳动强度很大。目前，在高速列车上，都采用了自动过分相技术和设备，包括车上自动切换方式和地面开关切换方式。

### 2) 车上自动切换方式

车上自动切换方式是当列车通过分相区时，头车接收地面上的信号，列车控制系统保证双弓不同时升起并断开主断路器；列车断电不降弓，依靠惰行通过分相无电区；通过分相区后，列车根据接收到的地面信号，控制主断路器合闸受电，完成列车过分相的全过程。这种过分相区的方式地面设备简单，投资小。

### 3) 地面开关切换方式

地面开关切换方式下，接触网的中性段可以有电。当列车受电弓在进入分相中性段之前和刚进入中性段时，由一相供电；然后通过地面切换装置，将中性段断电 0.25~0.35s 后，立即切换到另一相。这种过分相区的方式优点是列车上不需要操作主断路器的通断，停电时间短暂，冲击及失速小，但设备复杂，切换过程容易产生很高的过电压。

## 1.1.2 轨道车辆电气设备与布置

在各种轨道车辆中，高速动车组上的电气设备种类繁多，不但用电量大，而且技术水平十分先进。本节介绍四种动车组电气设备与布置<sup>[3,4]</sup>。

### 1. CRH1 型动车组电气设备与布置

CRH1 型动车组由青岛四方-庞巴迪-鲍尔铁路运输设备有限公司设计和制造，该列车为 8 辆车编组，其中 5 辆车为动车，3 辆车为拖车，分成 3 个动力单元，如图 1-2 所示。其主要设备配属列于表 1-1。

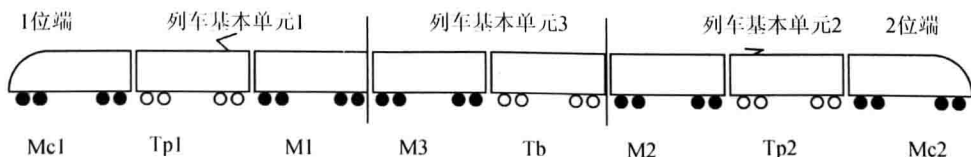


图 1-2 CRH1 型动车组编组

CRH1 型动车组由 4 种形式的车辆组成：端车带驾驶室的动车 (Mc1, Mc2)、带受电弓的中间拖车 (Tp1, Tp2)、不带受电弓的带吧台拖车 (Tb)、中间动车 (M1, M2, M3)。

表 1-1 CRH1 型动车组主要设备配属

|         |     |     |    |    |    |    |     |     |
|---------|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| 车辆      | 1   | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   |
| 代号      | Mc1 | Tp1 | M1 | M3 | Tb | M2 | Tp2 | Mc2 |
| 等级      | 一等  | 二等  | 二等 | 二等 | 二等 | 二等 | 二等  | 一等  |
| 变压器     | 0   | 1   | 0  | 0  | 1  | 0  | 1   | 0   |
| 牵引辅助变流器 | 1   | 0   | 1  | 1  | 0  | 1  | 0   | 1   |
| 牵引电机    | 4   | 0   | 4  | 4  | 0  | 4  | 0   | 4   |
| 充电机     | 1   | 0   | 1  | 1  | 0  | 1  | 0   | 1   |
| 蓄电池箱    | 1   | 0   | 1  | 1  | 0  | 1  | 0   | 1   |
| 制动单元    | 1   | 1   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| 集便器     | 1   | 1   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| 空调机组    | 1   | 1   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |

2. CRH2 型动车组电气设备与布置

CRH2 型动车组由南车青岛四方机车车辆股份有限公司设计和制造，采用 8 辆编组，4 动 4 拖，分为 2 个动力单元。每个动力单元由 2 个动车和 2 个拖车(T-M-M-T)组成。

CRH2 型动车组总体布置图见图 1-3。受电弓在 4 号和 6 号车上，两列动车组可连挂运行，连挂时受电弓采取双弓受流，为了保证双弓运行的 200m 间距要求，一般采用首尾受电弓工作。其主要设备配属列于表 1-2。

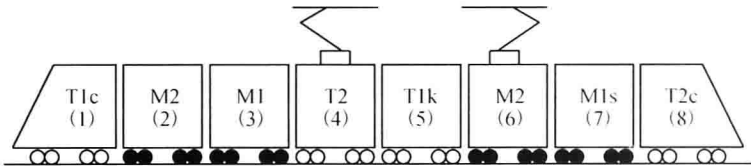


图 1-3 CRH2 型动车组编组

表 1-2 CRH2 型动车组主要设备配属

|        |     |    |    |    |     |    |     |     |
|--------|-----|----|----|----|-----|----|-----|-----|
| 车辆     | 1   | 2  | 3  | 4  | 5   | 6  | 7   | 8   |
| 代号     | T1c | M2 | M1 | T2 | T1k | M2 | M1s | T2c |
| 等级     | 二等  | 二等 | 二等 | 二等 | 二等  | 二等 | 一等  | 二等  |
| 变压器    | 0   | 1  | 0  | 0  | 0   | 0  | 1   | 0   |
| 牵引变流器  | 0   | 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1   | 0   |
| 牵引电机   | 0   | 4  | 4  | 0  | 0   | 4  | 4   | 0   |
| 辅助电源装置 | 1   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0   | 1   |
| 制动单元   | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   |
| 集便器    | 1   | 0  | 1  | 0  | 1   | 0  | 1   | 0   |
| 蓄电池箱   | 0   | 1  | 0  | 1  | 0   | 1  | 0   | 0   |
| 空调机组   | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   |

3. CRH3 型动车组电气设备与布置

CRH3 型高速动车组由北车唐山轨道客车有限公司等单位设计和制造，4 动 4 拖，其 8800kW 的牵引功率为 350km/h 的最高运营速度提供了技术保障。

CRH3 型动车组采用 8 辆编组方式。分为 EC01/EC08、TC02/TC07、IC03/IC06、BC04、FC05 五种车型，即端车(头车和尾车)、变压器车、变流器车、酒吧车和一等车，定义见表 1-3。

表 1-3 CRH3 型动车组不同车型的定義

|    |    |      |      |     |     |
|----|----|------|------|-----|-----|
| 代号 | EC | TC   | IC   | BC  | FC  |
| 定义 | 端车 | 变压器车 | 变流器车 | 酒吧车 | 一等车 |

CRH3 型动车组编组及主要部件的配置如图 1-4 所示，其受电弓放置在牵引变压器所在的车顶上。

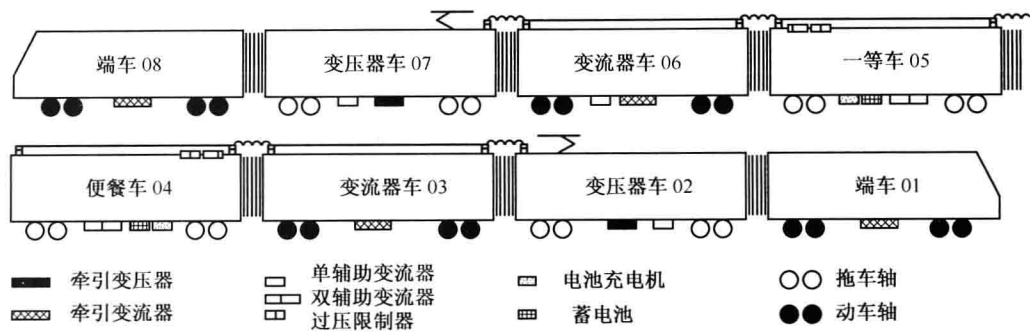


图 1-4 CRH3 型动车组编组及主要部件配置图

4. CRH5 型动车组电气设备与布置

CRH5 型动车组由北车长春轨道客车股份有限公司设计和制造，采用 8 辆编组，5 动 3 拖。该动车组编组如图 1-5 所示，其中，一等座车 1 辆，带酒吧的二等座车 1 辆、带残疾人卫生间的二等座车 1 辆、二等座车 5 辆。

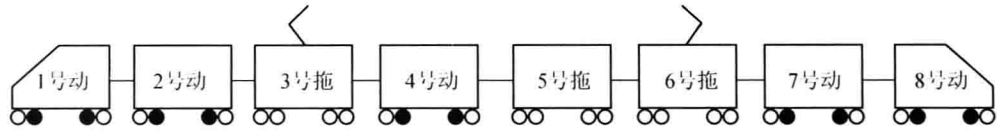


图 1-5 CRH5 型动车组编组

CRH5 型车主要设备配属见表 1-4。

表 1-4 CRH5 型车主要设备配属

|         |           |     |    |    |    |     |    |           |
|---------|-----------|-----|----|----|----|-----|----|-----------|
| 车辆      | 1         | 2   | 3  | 4  | 5  | 6   | 7  | 8         |
| 代号      | MC2       | M2S | TP | M2 | T2 | TPB | MH | MC1       |
| 等级      | 二等        | 二等  | 二等 | 二等 | 二等 | 二等  | 二等 | 一等        |
| 变压器     | 0         | 0   | 1  | 0  | 0  | 1   | 0  | 0         |
| 牵引辅助变流器 | 1         | 1   | 0  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1         |
| 牵引电机    | 2         | 2   | 0  | 2  | 0  | 0   | 2  | 2         |
| 充电机     | 1         | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1         |
| 制动单元    | 1         | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1         |
| 中压接触器箱  | 0         | 0   | 1  | 1  | 1  | 1   | 0  | 0         |
| 高压控制箱   | 0         | 0   | 1  | 0  | 0  | 1   | 0  | 0         |
| 蓄电池箱    | 1         | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1         |
| 变阻器     | 1         | 1   | 0  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1         |
| 受电弓     | 0         | 0   | 1  | 0  | 0  | 1   | 0  | 0         |
| 集便器     | 1         | 1   | 1  | 1  | 1  | 0   | 1  | 1         |
| 空调机组    | 客室和驾驶室各 1 | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 客室和驾驶室各 1 |

1.1.3 电气分配系统

1. 车端电气连接器



将单独的车辆连接到一起组成列车的装置称为车钩缓冲装置。动车组在车辆的两端设有密接式车钩装置、风挡及电气连接、压缩空气连接设施等，包括列车通信总线连接、制动控制线连接、供电母线连接、直流供电母线连接、电路电气设备连接、电缆连接、高压电线连接、列车管和总风管及车钩解钩空气管路连接、车顶高压电缆连接等。

车端电气连接方式按种类可分为：高压、中压和低压供电连接，控制和通信连接。按位置又可分为：相邻两车之间的电气连接和两动车组之间的电气连接。下面以 CRH3 型动车组为例加以说明。

CRH3 型动车组上的电气连接是由电气端头通过不同的接触方式将列车的电气配线连接起来。电气端头及其接触方式有以下特点。

(1) 电缆和接线柱。连接电气端头罩内的电缆是防水防变形电缆，电缆引线通过接线柱连接到插座接点和插头接点上，可从前部更换触点。

(2) 触点保护。电气连接配有一个保护盖，保护盖在电气端头前后移动时自动开或关。当车钩处于连挂状态时，电气端头紧密压缩，以确保恒定的接触压力；同时，一个附着在绝缘块四周的橡胶框使电气端头处于密封状态，可以防止水或灰尘进入，保护插座或插头的触头不受外部环境的影响。

(3) 对中。电气端头罩配有对中元件，连挂时可以帮助两个车的电气端头对中。

根据动车组连挂运行方式的特点，电力连接主要采用风挡间电缆形式，其主要的分布情况为：25kV 高压连接在车顶通过螺旋形双绕组电缆连接；牵引供电和辅助供电通过尾端箱电缆连接；控制与通信连接由专用电缆通过连接器连接。

供电连接的配置情况可以用表 1-5 来说明。

表 1-5 各种形式供电连接的配置表

| 连接类型    | 连接形式    | 组 成                 |
|---------|---------|---------------------|
| 高压连接    | 螺旋双绕组连接 | 螺旋形双绕组电缆<br>端子、专用电缆 |
|         | 端子电缆连接  |                     |
| 中压连接    | 端子电缆连接  | 端子、专用电缆             |
| 低压连接    | 连接器电缆连接 | Harting 连接器、专用电缆    |
| 控制与通信连接 | 连接器电缆连接 | Harting 连接器、专用电缆    |

1) 供电连接

供电连接是在各个相对独立的车厢间建立高压、中压、低压以及控制信息电气线路的连接通路。车端电气连接器是两车之间电气连接的纽带。

(1) 高压供电连接。高压供电连接主要是两个受电弓之间的 25kV 高压电连接；其次，就是从主变压器向牵引变流器的供电和牵引变流器向辅助变流器的供电连接；此外，还包括从过电压限制电阻到牵引变流器之间的连接。

两个受电弓之间的高压连接主要由高压电缆及螺旋形双绕组电缆组成，配置于变流器车和变压器车的车顶部位。高压电气连接所用螺旋形双绕组电缆的实物结构如图 1-6 所示。



图 1-6 螺旋形双绕组电缆

牵引变压器与牵引变流器、牵引变流器与辅助变流器之间供电连接的过桥线均由专用电缆通过螺接式端子进行连接,具体的结构形式如图 1-7 所示。

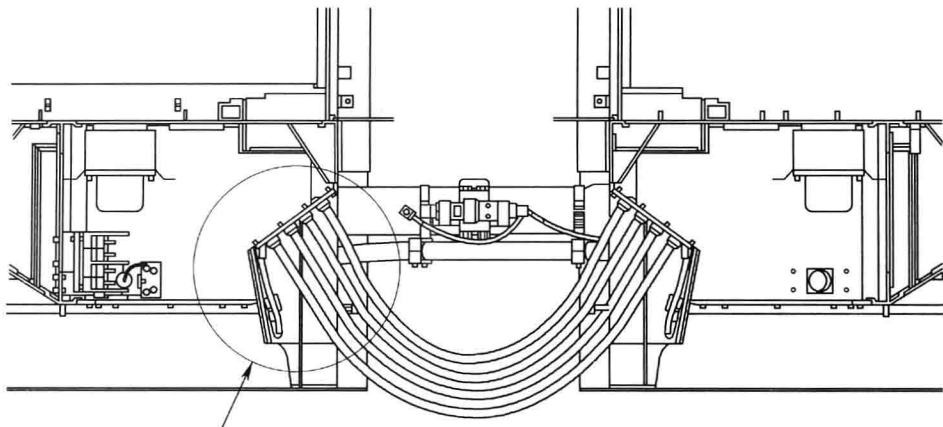


图 1-7 车间高压电缆连接

(2) 中压供电连接。中压供电连接主要是指三相 380V 交流电,是通过接线端子排的专用过桥电缆连接,与车间高压供电电缆走同样的位置。

(3) 低压供电连接。低压供电连接主要是指直流 110V 的电池供电连接,以及控制用直流电供电连接。低压供电是通过螺接式端子排的专用电缆来实现的,控制用直流电由 Harting 连接器的专用电缆进行互连。

## 2) 控制与通信连接

控制与通信连接主要包括列车控制与信息总线连接,还包括多功能车辆总线(MVB)、列车总线(WTB)和其他数据电缆的连接。其主要是通过 Harting 连接器,采用专用电缆进行连接及数据的传输。

车端电气连接器在实现高压、中压和低压连接方面,并将电缆分别安置在连接器与车体结构形成的两个空腔中。由于高压电缆在一个腔中,中、低压和数据电缆在另一个腔中,因此,能有效地预防电磁干扰。

## 2. 车体电气配线与配电盘

按照车体配线的用途,有电力、广播、网络控制三个电气系统;按照车体配线在车辆中所在的部位,可分为车内和车下配线两部分。

电力配线一般采用绝缘导线;广播配线一般采用电缆线;网络控制系统信息传送线有列车信息传送线(光纤)及自我诊断信息传送线(多股绞合线)两种。

绝缘导线和电缆线通常由导电线芯、绝缘层和保护层三部分组成。导电线芯具有导电性能好、机械强度大、防腐性能高等特性,主要采用铜导线;绝缘层是将绝缘材料根据其耐受电压高低的要求,以不同的厚度包覆在导电线芯外面而形成的,它可以把带电体与其他部分

隔绝开，对绝缘层材料的要求是，其电气绝缘以及热传导性能良好，目前主要采用聚氯乙烯；保护层是用于保护电线免受外界机械的损伤和空气中各种介质的影响，要求其具有质地柔韧且具有相当的机械强度以及耐磨、耐酸、耐油和不易燃烧的性能。

按照负载的性质及用途，车内配线包括动力配线、照明配线、视频配线、电话配线及控制配线等，各种配线都敷设在车顶或侧墙内及车体底架下。

车内动力和照明配线开始于车内配电盘，由车下主干线输入的三相交流电或直流电经配电盘和配线分别供负载使用，同时，在分配负荷时应注意尽量使三相负载均衡。对于视频配线和电话配线，应远离电力主线以防止交流电杂波的干扰。

车下配线包括输送三相交流电和直流电的主干线、电力连接器线以及车下各负载支线等。在满足导线载流截面积的条件下，车下主线一般采用两路并联的方法，并将它们敷设在钢管内以增加强度。

1) CRH2 型动车组配电系统

CRH2 型动车组配电系统线号、设备记号分类如下。

(1) 线号的分配方案。

CRH2 型动车组配电系统用下述方法分配线号，线号分类见表 1-6。

线号格式： 1\_\_ 2\_\_ 3\_\_ 4\_\_ A\_\_ 1  
                  千位\_\_百位\_\_十位\_\_个位\_\_英文\_\_附加数字

- ① 千位、百位数字用于区别电源系统、信号种类。0(零)时，可以省略。
- ② 十位、个位数字作为电缆顺序号分配。0(零)时，可以省略。
- ③ 英文记号用在相同信号系统中，说明电缆是有关联的。
- ④ 附加数字用在相同信号系统中，需要比英文记号更详细的区分时使用。

表 1-6 CRH2 型动车组配电系统线号分类

| 线 号              | 分类说明               |
|------------------|--------------------|
| 1~99             | 控制指令回路 DC100       |
| 100~199          | DC100V 系统          |
| 200~249          | AC100V 系统(稳定输出)    |
| 250~299          | AC100V 系统(非稳定输出)   |
| 300~399          | AC220V 系统          |
| 400~499          | 辅助制动型、ATP 信号、速度发电机 |
| 500~599          | 主变换回路              |
| 700~799          | AC400V(单相)系统       |
| 741~743; 771~791 | AC400V(3 相)系统      |
| 800~899          | 空调装置               |
| 900~906          | 主回路接地、主回路过电流检测     |
| 1100~1199        | 广播回路               |
| 1400~1499        | ATP 天线、无线电服务系统     |
| 1500~1599        | 主回路                |
| 1600~1699        | ATP 装置             |
| 2500~2502        | 特高压回路(AC25kV 系统)   |
| M+3 位号码          | 车辆信息控制装置的输出、输入线号   |
| MF+3 位号码         | 光缆的线号              |
| J+3 位号码          | 与 LKJ2000 有关的线号    |

(2) 设备记号的分配方案。

设备记号以下述基本方法进行命名：

CM\_\_ CO\_\_ R\_\_ R\_\_ 1

设备名称\_\_功能1\_\_功能2\_\_机器记号\_\_附数

①“名称”一般用英文的简称。例如，上面例子中的 CM 表示空气压缩机 Compressor Motor。

②“功能”表示设备动作的功能。上面例子中，功能1对应的 CO 代表断开；功能2的 R 代表重复。

③“机器记号”表示机器的种类，如机器记号 R 表示继电器(Relay)。

④“附数”表示相同功能的多个重复设备时，可作为顺序号区分。

## 2) CRH2 型动车组车内配电盘设备布置图

CRH2 型动车组配电盘设在通过台，T1c、M1、T1k、M1s 车设在 2 位侧，T2、M2 车设在 1、2 位侧，T2c 设在 1 位侧。

M1s 还设置温水洗净式保温座便器室及配电盘，配电盘的布置见图 1-8。

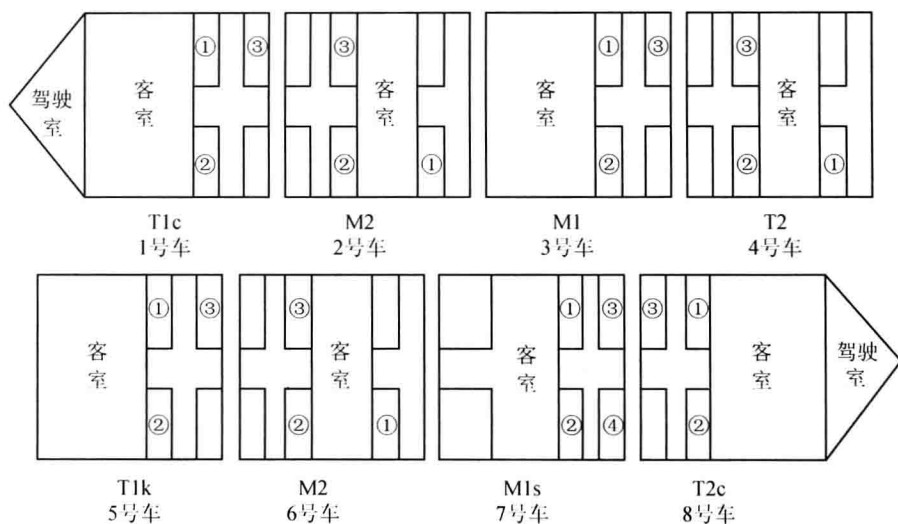


图 1-8 配电盘的布置

①-服务配电盘；②-运行配电盘及继电器盘；③-温水污物配电盘；④-冲洗坐便器配电盘

(1) 服务配电盘中配置了与空调控制装置、送排气装置、照明、自动门和各显示器相关的脱扣式开关(NFB)、空调显示设定器、外部电源用连接器等。

(2) 运行配电盘中配置了与牵引变流器、电动送风机、辅助电源装置、空气压缩机、制动装置、监视器、装置、广播设备、保温、振动等相关的脱扣式开关、关门连动和蜂鸣器的复位开关等。

(3) 温水污物配电盘和冲洗坐便器配电盘分别安装配置了与温水器、污物处理装置、水泵(抽水)装置、坐便器、盥洗室等相关的脱扣式开关。

## 1.2 轨道车辆供电系统

轨道车辆电气系统的运用条件不同于地面固定的工业和民用电气设备，也不同于航空和

船舶的电气设备,因此,了解轨道车辆电气系统的组成、功能对正确使用这些装备十分重要。轨道车辆电气系统一般分为供电系统和负载设备。

### 1.2.1 铁路客车供电系统

我国先后研制开发并成批生产了 21 型、22 型、25 型铁路客车,其中 25 型客车是我国铁路第三代主型客车,从 20 世纪 90 年代开始逐渐替代 22 型客车系列,用于干线长途列车和各大城市之间特快列车。

25 型客车是车长 25.5m 的铁路客车,从车型上分为 25A 型、25B 型、25G 型、25Z 型、25K 型、25T 型等一系列车型。上述车型中,25B 型铁路客车采用车下自带柴油发电机供电,25B 型、25G 型、25Z 型、25K 型和部分 25T 型车采用空调发电车输出的三相 380V 交流电进行供电,25T 普通型客车采用机车供电。25T 高原型客车配备了 KD25T 型空调发电车,该车设置了供氧系统并采用 DC600V 供电方式<sup>[5,6]</sup>。

空调发电车是专门为旅客列车提供电力供应的车辆,图 1-9 为 KD25G 型空调发电车平面布置图。

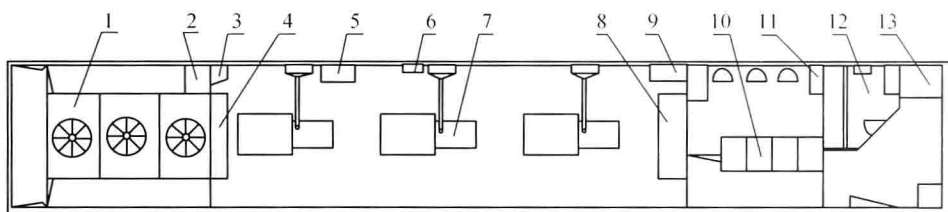


图 1-9 空调发电车平面布置图

1-柴油机冷却装置; 2-备品柜; 3-储液箱; 4-膨胀水箱; 5-机油箱; 6-启动电源箱; 7-柴油发电机组;  
8-上燃油箱; 9-燃油泵; 10-控制屏; 11-空调控制柜; 12-乘务员室; 13-厕所

发电车装有 3 台机组(AC400/230V、50Hz、300kW),供电时根据负载情况由 1 台机组或 2 台机组供电,供电制式为三相四线制,发电车可从任一端与列车连挂,并分两路主干线通过装设于每端四个电力连接器供电。配电室为发电与供电控制中心,内设整体式配电柜及控制屏,通过配电柜上的各种开关、电器和仪表,可操纵和监控任何 1 台柴油发电机组工作;室内墙壁装有轴温报警控制器、火灾自动报警控制器及空调控制柜;车内地板上安装有充电装置,分别对 DC48V、DC24V 蓄电池充电或向直流负载供电。

发电车控制电路具有以下功能:柴油发电机组自动、手动并车功能;自动负载分配功能;过载、欠压和短路等保护功能;对柴油机启动、停机进行监控;对柴油机调速、运行进行监控;对列车空调进行集中控制;根据膨胀水箱液位进行监控和报警;根据上燃油箱油位控制燃油电泵开、停,并可报警;根据柴油机冷却水温、机油压力、油温和超速运转传感器对柴油发电机组进行监视、报警和自动停车。

25T 型客车由机车分两路集中供电,供电电压为直流 600V,其电气系统可分为车底电气装置、车端电气装置、车内电气装置及车内电气控制系统 4 个部分。通过电气综合控制柜供电选择开关将其中一路 600V 直流电送入车下逆变电源装置及充电器。逆变电源装置将 600V 直流电逆变成三相 AC380V、50Hz 交流电,向空调装置和电茶炉及电炊设备等三相交流用电负载供电,隔离变压器输出三相 AC380V 向伴热系统、冰箱、微波炉等其他三相交流负载供电。充电器将 600V 直流电转换成 110V 直流电,给蓄电池组充电的同时向照明、供电控制等