

动车组系列培训教材·机械师

动车组

DONGCHEZU

辅助电气系统与设备

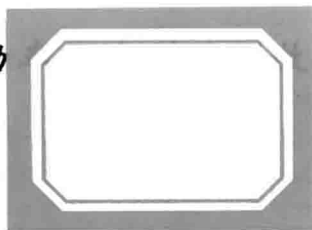
邱成主编

刘志明 张英 副主编



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

动



材·机械师

动车组辅助电气 系统与设备

邱 成 主 编
刘志明 张 英 副主编

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要介绍动车组辅助电气系统及设备的组成、结构、工作原理、性能指标、使用条件及维修方法。

全书共分为8章。第1章介绍动车组辅助电气系统的组成,动车组电气设备的分类、容量和布置;第2章介绍动车组配电系统的组成、电气线路的分类、各型动车组的配电系统;第3章介绍动车组辅助供电系统的构成与功能,辅助变流器的电路原理,各型动车组辅助供电系统的技术指标、工作原理及检修;第4章介绍蓄电池的工作原理与分类、各型动车组蓄电池系统的组成和维护、充电机的工作原理与使用;第5章介绍动车组照明系统的基本概念,照明系统的布置原则,各型动车组照明系统的组成、布置及维护;第6章介绍各型动车组火灾探测系统的组成与功能、工作原理、报警方式,火灾探测器及灭火器的布置;第7章介绍动车组其他电器的分类、结构与工作原理;第8章介绍电开水器和电热水箱的结构、性能指标,各型动车组广播系统和旅客信息显示系统的组成、工作原理。

本教材是动车组机械师理论培训的专业教材,也可供高等学校铁道机车车辆类和轨道交通类专业师生、铁路高职和中职学校师生及从事机车车辆、动车组专业的工程技术人员学习参考。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

动车组辅助电气系统与设备/邱成主编. —北京:北京交通大学出版社,2012.6

(动车组系列培训教材·机械师)

ISBN 978-7-5121-1031-1

I. ①动… II. ①邱… III. ①动车-电气系统-技术培训-教材 ②动车-电气设备-技术培训-教材 IV. ①U266

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第125100号

策划编辑:贾慧娟 陈跃琴 吴桂林

责任编辑:陈跃琴 特邀编辑:卢亚杰

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街44号

邮编:100044

印刷者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经销:全国新华书店

开本:185×260 印张:17.75 字数:384千字

版次:2012年6月第1版 2012年6月第1次印刷

书号:ISBN 978-7-5121-1031-1/U·105

印数:1~2 000册 定价:35.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

《动车组系列培训教材·机械师》

编 委 会

顾 问 王梦恕 施仲衡

主 任 孙守光

副主任 刘志明 章梓茂

委 员 宋永增 史红梅 陈淑玲 贾慧娟

本书主编：邱 成

出版说明

2005年,在铁道部的安排下,北京交通大学根据国外动车组设计资料、国内外技术交流文件,编写了动车组培训讲义,并对从事动车组运用的在职技术人员进行培训;随着中国高速动车组事业的飞速发展,到2010年,该讲义已经修订4版,先后培训了设计制造企业和运用部门各类人员4 000多人。

为适应动车组机械师专业人才培养的需要,北京交通大学机械与电子控制工程学院、北京交通大学出版社,在铁道部有关部门的指导下,组织北京交通大学铁道部动车组理论培训基地的教师,在南车青岛四方机车车辆股份有限公司、北车长春轨道客车股份有限公司、北车唐山轨道客车有限责任公司和青岛四方庞巴迪铁路运输设备有限公司等单位领导和专家的大力支持下,编写了本套“动车组系列培训教材·机械师”。

教材编写突出理论与实用相结合的原则。本着“理论通俗易懂,实操图文并茂”的原则,系统介绍了4种高速动车组的基本原理和结构组成。

本系列教材的出版,得到中国工程院王梦恕院士的关注和首肯,以及北京交通大学校领导、专家、教授的指导和支持,在此一并致谢。

北京交通大学机械与电子控制工程学院为该系列教材的出版,投入了大量的人力、物力和财力支持。

本系列教材从2012年1月起陆续出版,包括《动车组概论》、《动车组车体结构与车内设备》、《动车组转向架》、《动车组制动系统》、《动车组电力电子技术基础》、《动车组供电牵引系统与设备》、《动车组辅助电气系统与设备》、《动车组运行控制系统》、《动车组车内环境控制系统》、《动车组控制与管理系统》、《动车组司机室》、《动车组运用与维修》。

希望本套教材的出版对高速动车组的发展,对提高动车组的安全运行和维修、维护水平有所帮助。

动车组系列培训教材编写委员会

2012年5月

院士推荐

中国高速铁路近年来发展迅速,按照铁路中长期发展规划,到2020年,全国铁路运营里程将由目前的9.1万 km 增加到12万 km,其中时速200~350 km 的客运专线和城际铁路将达到1.8万 km,投入运营的高速动车组将达到1 000组。

高速铁路涉及诸多高新技术领域,其中作为铁路运输主要装备的高速动车组是这些高新技术应用的综合体现,它涉及系统集成技术、新型车体技术、高速转向架技术、快速制动技术、牵引传动技术、自动控制技术、网络与信息技术等。大量新技术装备的创新和应用,极大地提高了铁路客货运输的能力和快速便捷的出行,但在实际使用中对于现有参与运营、维修、管理等各类人员提出了更高、更新的要求,以确保高速铁路运营过程的安全与可靠性。目前相对于我国高速铁路里程建设速度,对于在实际运营、管理中迫切需求的大量技术人才培养明显滞后,因此会在高速铁路的长期运营中存在严重的安全隐患,温州“7·23”事故已经给了我们一个沉痛的教训。另外,相对于高速铁路建设发展的需求,目前能够满足高速铁路运营、维修人才培养需求的优质教材也存在严重不足,尚不能满足我国高速铁路发展对各类人才培养的需要。

北京交通大学机械与电子控制工程学院作为“铁道部高速动车组理论培训基地”和北京市动车组优秀教学团队所在单位,已长期从事有关铁道车辆专业的教学与科研工作,不但学术水平高,而且教学经验丰富。从2005年开始结合我国高速动车组技术的引进、消化、吸收和创新项目及高速列车国家科技支撑项目,进行研究和实践,取得了许多成果。在参考了国内外动车组设计资料、与国内外有关设计、制造、管理局等方面进行了相关技术和学术交流,在广泛听取来自企业和运用部门提出应加快对运营单位各专业人员进行岗位培训要求的基础上,组织相关专家、教授、高级技师等进行高速动车组运营工程师、技师培训讲义的编写,在内容的适用性、安全性、可靠性与全面性方面保持与国际高速动车组技术同步,并承担由铁道部下达的各项培训任务,至今已为各单位培训高速动车组运营、维修、管理人才4 000余人,为保证我国快速发展的高速铁路事业作出了相应的贡献。

今天,这套倾注了众多专家、教授、技师及铁路部门有关领导和工程技术人员大量心血的“动车组系列培训教材·机械师”即将由北京交通大学出版社付梓面世。这套教材的出版,恰逢其时,我们有理由相信它能够为促进我国高速铁路动车组的安全可靠运营和维护提供一个良好的支撑!

祝我国的高速铁路事业进一步健康、蓬勃、快速发展。

中国工程院院士
2012年5月

前 言

我国铁路自 2007 年实施第六次大面积提速以来, 开行了时速 200 千米及以上的“和谐号”国产高速列车, 标志着我国已经进入高速铁路国家的行列。“和谐号”高速列车是我国自行制造的具有自主知识产权的动力分散式电动车组。经过五年多的运用考验, 动车组运行稳定、可靠性高、运行状况良好。

为保证动车组运行安全可靠, 延长动车组的使用寿命, 必须对动车组进行必要的日常维护保养和定期检修。高速动车组技术先进, 系统庞大, 设备复杂。目前, 我国铁路已建动车组运用所 19 个, 动车组维修基地 4 个, 形成了庞大的动车组维修保养体系。然而, 在动车组维修保养方面还缺乏大量的技术人员。为此, 铁路有关部门制订了“铁路动车组机械师理论培训和考核大纲”, 旨在全面系统地培养铁路动车组机械师。根据此大纲要求, 北京交通大学特组织编写一套培训系列教材, 包括:《动车组概论》、《动车组车体结构与车内设备》、《动车组转向架》、《动车组车内环境控制系统》、《电力电子技术基础》、《动车组供电牵引系统与设备》、《动车组制动系统》、《动车组辅助电气系统与设备》、《动车组运行控制系统》、《动车组控制与管理系统》、《动车组司机室》、《动车组运用与维修》等 12 本培训教材。

《动车组辅助电气系统与设备》为该系列培训教材之一, 主要介绍动车组辅助电气系统及设备的组成、结构、工作原理、性能指标、使用条件及维修方法, 为动车组的运用与维修奠定基础。

本书共分为 8 章。第 1 章介绍动车组辅助电气系统的组成, 动车组电气设备的分类、容量和布置; 第 2 章介绍动车组配电系统的组成、电气线路的分类、各型动车组的配电系统; 第 3 章介绍动车组辅助供电系统的构成与功能, 辅助变流器的电路原理, 各型动车组辅助供电系统的技术指标、工作原理及检修; 第 4 章介绍蓄电池的工作原理与分类、各型动车组蓄电池系统的组成和维护、充电机的工作原理与使用; 第 5 章介绍动车组照明系统的基本概念, 照明系统的布置原则, 各型动车组照明系统的组成、布置及维护; 第 6 章介绍各型动车组火灾探测系统的组成与功能、工作原理、报警方式, 火灾探测器及灭火器的布置; 第 7 章介绍动车组其他电器的分类、结构与工作原理; 第 8 章介绍电开水器和电热水箱的结构、性能指标, 各型动车组广播系统和旅客信息显示系统的组成、工作原理。

本书由北京交通大学邱成主编, 参加编写的有北京交通大学刘志明、张英。编写分工如下: 刘志明编写了第 1 章和第 2 章; 邱成编写了第 3 章、第 4 章、第 7 章、第 8 章 8.1~8.3 节; 张英编写了第 5 章、第 6 章、第 8 章 8.4 节。

由于编者水平所限, 时间仓促, 疏漏和不足之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 5 月于北京

第 1 章 概述	1
1.1 辅助电气系统组成	1
1.1.1 辅助电气系统组成与分类	1
1.1.2 辅助电气系统设备与容量	3
1.2 动车组电气设备	10
1.2.1 CRH ₁ 型动车组电气设备的布置与分类	10
1.2.2 CRH ₂ 型动车组电气设备的布置与分类	12
1.2.3 CRH ₃ 型动车组电气设备的布置与分类	14
1.2.4 CRH ₅ 型动车组电气设备的布置与分类	16
1.2.5 电气系统试验	19
思考题	21
第 2 章 动车组配电系统	22
2.1 配电系统的组成	22
2.1.1 电气线路的分类	22
2.1.2 配电系统的型式与组成	22
2.2 CRH ₁ 型动车组配电系统	23
2.2.1 车内配电盘与配线电路	23
2.2.2 车下配电系统电路	28
2.3 CRH ₂ 型动车组配电系统	29
2.3.1 车内配电盘与配线电路	29
2.3.2 车下配线一般原则	41

2.4 CRH3 型动车组配电系统	41
2.4.1 交流配电	41
2.4.2 直流配电	43
2.4.3 电气柜分布	46
2.5 CRH5 型动车组配电系统	46
2.5.1 配线电路	46
2.5.2 电气柜分布	47
思考题	48
 第3章 辅助供电系统	 49
3.1 辅助供电系统构成与功能	49
3.1.1 概述	49
3.1.2 辅助供电系统工作原理	49
3.2 CRH1 型动车组辅助供电系统	51
3.2.1 概述	51
3.2.2 技术指标	53
3.2.3 工作原理	53
3.2.4 检修	55
3.3 CRH2 型动车组辅助供电系统	56
3.3.1 概述	56
3.3.2 技术指标	58
3.3.3 工作原理	59
3.3.4 检修	72
3.4 CRH3 型动车组辅助供电系统	75
3.4.1 系统组成	75
3.4.2 辅助变流器	75
3.4.3 外部电源	83
3.5 CRH5 型动车组辅助供电系统	84
3.5.1 概述	84
3.5.2 技术指标	87
3.5.3 工作原理	88
思考题	94
 第4章 蓄电池与充电机	 95
4.1 蓄电池工作原理与分类	95
4.1.1 蓄电池的用途与分类	95
4.1.2 铅酸蓄电池工作原理	96
4.1.3 镉镍蓄电池工作原理与使用	98

4.2 CRH1 型动车组蓄电池与充电机	102
4.2.1 蓄电池的使用与维护	102
4.2.2 充电机的工作原理	107
4.3 CRH2 型动车组蓄电池与充电机	111
4.3.1 蓄电池的使用与维护	111
4.3.2 充电机的工作原理	119
4.4 CRH3 型动车组蓄电池与充电机	119
4.4.1 蓄电池的使用与维护	119
4.4.2 充电机的工作原理	120
4.5 CRH5 型动车组蓄电池与充电机	125
4.5.1 蓄电池的使用与维护	125
4.5.2 充电机的工作原理	128
思考题	134
 第 5 章 照明系统	 135
5.1 照明系统概述	135
5.1.1 照明的基本概念	135
5.1.2 常用电光源介绍	138
5.1.3 照明系统布置原则	141
5.2 CRH1 型动车组照明系统	142
5.2.1 系统概述	142
5.2.2 照明系统的分布与功能	142
5.2.3 照明设计规范和维护	148
5.3 CRH2 型动车组照明系统	149
5.3.1 照明系统布置	149
5.3.2 灯具结构	150
5.4 CRH3 型动车组照明系统	154
5.4.1 概述	154
5.4.2 照明系统的分布与功能	155
5.4.3 内部照明供电及控制	157
5.4.4 应急照明	157
5.5 CRH5 型动车组照明系统	157
5.5.1 概述	157
5.5.2 照明的维护	160
思考题	160
 第 6 章 火灾探测系统	 161
6.1 火灾探测系统概述	161

6.1.1	火灾探测系统发展史	161
6.1.2	火灾探测系统的组成与功能	164
6.2	CRH1 型动车组火灾探测系统	165
6.2.1	系统任务与烟火报警系统分布	165
6.2.2	火灾探测系统功能	169
6.2.3	火灾探测器功能	170
6.2.4	系统服务及维护	171
6.3	CRH2 型动车组火灾探测系统	172
6.4	CRH3 型动车组火灾探测系统	174
6.4.1	火灾探测系统的组成	174
6.4.2	灭火器布置	177
6.4.3	火警监控回路	177
6.4.4	火灾探测系统的控制元件	180
6.5	CRH5 型动车组火灾报警系统	182
6.5.1	火灾报警系统的组成	182
6.5.2	灭火器布置	188
	思考题	189
第 7 章	动车其他电器	190
7.1	接触器与继电器	190
7.1.1	接触器	190
7.1.2	继电器	193
7.2	一般电器	201
7.2.1	熔断器	201
7.2.2	自动开关	203
7.2.3	电空阀	206
7.2.4	CRH2 型动车组综合配电盘内短路端子	207
	思考题	208
第 8 章	车内其他电气设备	209
8.1	电开水器	209
8.1.1	开水器分类、结构、性能指标	209
8.1.2	开水器试验方法	211
8.1.3	典型动车组电开水器	212
8.2	电热温水箱	214
8.2.1	技术参数	214
8.2.2	结构组成	215
8.3	动车组广播系统	215

8.3.1	CRH ₁ 型动车组广播系统	215
8.3.2	CRH ₂ 型动车组广播系统	219
8.3.3	CRH ₃ 型动车组广播系统	227
8.3.4	CRH ₅ 型动车组广播系统	228
8.4	旅客信息显示系统	230
8.4.1	CRH ₂ 型动车组旅客信息显示系统	230
8.4.2	CRH ₁ 型动车组旅客信息显示系统	240
8.4.3	CRH ₃ 型动车组旅客信息显示系统	250
8.4.4	CRH ₅ 型动车组旅客信息系统	255
思考题		267
附录 A 动车组辅助电气系统与设备模拟试题		268
参考文献		269

第 1 章 概 述

200 km/h 及以上速度级的动力分散交流传动电动车组作为中国铁路旅客运输的主要装备,已经在既有指定区段及新建的客运专线上运行。为了提高对旅客的服务水平,创造舒适的旅行环境,保证运输安全,动车组上装备了各种电气系统,不但用电量大,而且技术水平十分先进。

动车组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,了解动车组电气系统的组成、功能对正确使用动车组十分重要。动车组辅助电气系统及装备将详细介绍不同类型动车组上的主要电气负载和为这些负载提供电能的供电设备和配线系统。

1.1 辅助电气系统组成

1.1.1 辅助电气系统组成与分类

动车组辅助电气系统包括辅助供电系统和配电系统。

辅助供电系统是指除为牵引动力系统之外的所有需要用电力的负载设备提供电能的系统,包括辅助供电系统和蓄电池系统。

动车组辅助电气系统的电力主要来自牵引供电电网,经列车顶部的受电弓进入列车主变压器原边绕组,主变压器的次级绕组专设有为辅助系统供电的辅助绕组,当电力不能来自牵引供电电网时,采用外接电源或者蓄电池供电。

蓄电池系统还需为列车控制系统提供不间断安全电源。所以说,辅助电气系统是与牵引动力系统同等重要的系统。

动力集中型列车由设置在动力车的一套或者两套辅助供电系统组成。

动力分散型列车一般都按供电能力,将列车分为多个单元。每个单元组成一个辅助系统,由安装在动车的辅助整流装置分别向本单元各车厢的负载直接提供交流电,蓄电池与充电机则安装在同一辆车上。如果某一个供电单元出现故障,可以通过切换装置,由其他单元向故障单元负载供电。

辅助供电系统的负载设备包括:牵引电机风机,冷却塔风机,主变流器冷却用水泵(或油泵)及风机,辅助变流器冷却风机,主变压器油泵,空气压缩机,充电机及其风机,空调机及各种电动阀门,车厢照明及各种服务性电气设备。

动车组配电系统的作用是将供电装置、用电设备以及控制保护设备连成一个完整的电气系统,并将电能予以输送和分配。

1. CRH₁ 型动车组辅助供电系统组成

CRH₁ 型动车组是由青岛四方—庞巴迪—鲍尔铁路运输设备有限公司和瑞典庞巴迪运输有限公司合作设计和制造的, 该列车为 8 辆车编组, 其中 5 辆车为动车, 3 辆车为拖车, 运营速度为 200 km/h, 最高试验速度为 250 km/h。

CRH₁ 型动车组由 4 种形式的车辆组成。

- 车端带司机室的动车 (Mc1, Mc2)。
- 带受电弓的中间拖车 (Tp1, Tp2)。
- 不带受电弓的中间拖车 (带吧台拖车, Tb)。
- 中间动车 (M1, M2, M3)。

CRH₁ 型动车组的供电单元分为 3 个, 如图 1-1 所示。



图 1-1 CRH₁ 型动车组编组

2. CRH₂ 型动车组辅助供电系统组成

CRH₂ 型动车组由南车四方机车车辆股份有限公司设计和制造, 200 km/h 速度级的动车组采用 8 辆编组, 4 动 4 拖, 由两个动力 (供电) 单元组成。每个动力单元由两个动车和两个拖车 (T-M-M-T) 组成。

CRH₂ 型动车组总体布置如图 1-2 所示。动车组前后两端都设有驾驶室, 列车通常运行时在前端的驾驶室内进行操作。受电弓布置在 4 号和 6 号车上, 单弓受流。

当两列动车组联挂运行时, 受电弓采取双弓受流, 为了保证双弓运行通过分相区的 200 m 间距要求, 一般采用首尾受电弓工作。

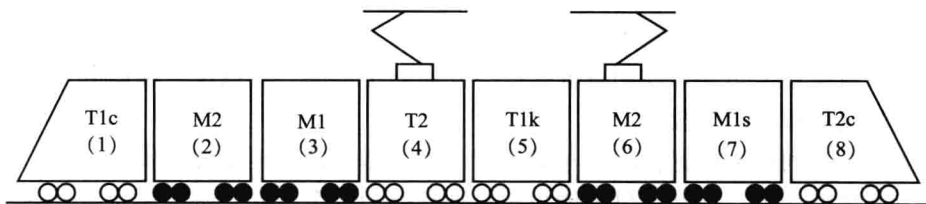


图 1-2 CRH₂ 型动车组编组

3. CRH₃ 型动车组辅助供电系统组成

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, 采用“4 动 4 拖”的动力分散配置方式, 其 8 800 kW 的牵引功率为 350 km/h 的最高运营速度提供了技术保障, 并具备了向 350 km/h 的持续运营速度和 380 km/h 最高运行速度升级的技术平台, 是当今世界铁路最先进的动力分散型高速动车组。动车组分成两个供电单元。

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。

CRH3 型动车组编组如图 1-3 所示。

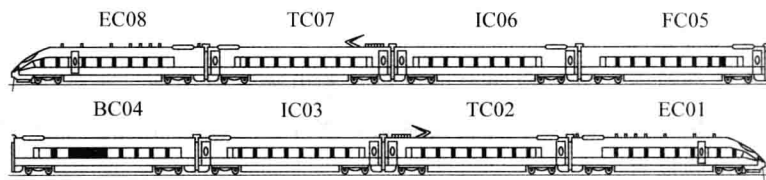


图 1-3 CRH3 型动车组编组

4. CRH5 型动车组辅助供电系统组成

CRH5 型动车组由北车长春轨道客车有限公司设计和制造，采用 8 辆编组，5 动 3 拖。动车组分成两个供电单元。

该动车组编组如图 1-4 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、带酒吧的二等座车设配餐区和吧区、二等座车 5 辆。一等车座椅采用 2+2 布置方式、带酒吧的二等座车设配餐区和吧区、二等车座椅采用 2+3 布置方式、一等车和吧区设有娱乐系统、带残疾人卫生间的二等座车内设有一个残疾人座位，八辆编组定员为 622 人（包括一个残疾人坐席）。

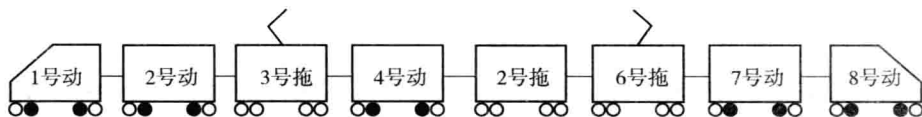


图 1-4 CRH5 型动车组编组

1.1.2 辅助电气系统设备与容量

在决定供电系统的总容量时，必须考虑电气负载的需要功率、功率因数、效率等因素。

一般的电气设备如电动机，在其产品目录和说明书上都标有它的额定功率和效率。该额定功率是指电动机在正常工作状态下，本身轴上所具有的有效机械功率。因此，电动机的需要功率（Real Power）等于效率除以有效机械功率，单位一般用 kW 表示。

负载的功率因数是针对交流电路而言的，其大小由负载的视在功率（Apparent Power）除需要功率得到。

视在功率等于负载的电压与电流的乘积，单位一般用 $\text{kV} \cdot \text{A}$ 表示。

供、配电系统中没有被利用的电能称无功功率（Reactive Power），单位一般用 $\text{kV} \cdot \text{A}$ 表示。

电热元件等电阻性负载的功率因数等于 1，一般荧光灯和控制电器，功率因数小于 1。

1. CRH1 型动车组辅助供电系统设备与容量

在每一个动车上设有一个辅助逆变器和滤波装置。辅助逆变器输出通过隔离变压器和

接触器同三相列车供电母线相连接。辅助供电系统的故障状态和冗余措施的控制可以通过列车控制管理系统（TCMS）进行监视和控制。列车过分相的短暂过程中，辅助系统可不断电维持正常运行。辅助系统各负载也可以从外部三相电源输入获取。外接供电时采用 $3 \times 380 \text{ V}/50 \text{ Hz}$ 地面电源。

即使蓄电池完全放电，外接电源也可以启动蓄电池充电功能。当外接三相电源同三相母线连接后，同三相电源连接的辅助逆变器立即断开。外接电源插座的位置为每个基本单元车组中拖车的每侧设置一个。

安装在底架上的设备供电的主要配电系统和配电盘设在底架内的配电箱内。车内设备的配电盘置于车的两端。司机室设备的配电盘置于司机室内。

根据供电单元工作状况，CRH₁ 型动车组设计人员计算了 8 种不同情况下的供电系统容量。

1) 正常运行

正常运行状态下，冬季和夏季的用电需要功率、视在功率和无功功率如表 1-1 所示。

表 1-1 正常运行工况下的供电系统容量

冬季负荷			夏季负荷		
需要功率	视在功率	无功功率	需要功率	视在功率	无功功率
673 kW	678 kV · A	82 kV · A	491 kW	576 kV · A	301 kV · A

2) 一个辅助逆变器（ACM）发生故障

当一个 ACM 发生故障时，控制系统将自动将供电系统转换到“一个 ACM 发生故障”模式：一般负载正常工作，5 辆车客室的空调系统（HVAC）功率减小一半，其余三辆车客室的空调系统循环交替的全功率工作。

这种情况下的冬季和夏季的用电需要功率、视在功率和无功功率如表 1-2 所示。

表 1-2 一个辅助逆变器（ACM）发生故障工况下的供电系统容量

冬季负荷			夏季负荷		
需要功率	视在功率	无功功率	需要功率	视在功率	无功功率
544 kW	551 kV · A	82 kV · A	414 kW	482 kV · A	247 kV · A

3) 至少有两个辅助逆变器（ACM）可用

当两个或者三个 ACM 发生故障时，控制系统将自动将供电系统转换到“至少两个 ACM 可用”模式：7 辆车的客室空调系统（除了用于废气排风扇）断开，司机室空调在没有司机的车辆中断开，所有强迫通风的电加热器断开。这种情况下的冬季和夏季的用电需要功率、视在功率和无功功率如表 1-3 所示。

表 1-3 至少有两个辅助逆变器（ACM）可用工况下的供电系统容量

冬季负荷			夏季负荷		
需要功率	视在功率	无功功率	需要功率	视在功率	无功功率
247 kW	258 kV · A	76 kV · A	226 kW	267 kV · A	142 kV · A

4) 400 V 母线发生短路

在 400 V 母线上发生短路时, 控制系统将自动将供电系统转换到“400 V 总线上发生短路”模式。此时, ①Tb 车厢内的隔离接触器自动断开, 将短路电路部分分断隔离, 一半车辆负载从 400 V 母线上断开。但由于系统冗余, 负荷断开不会使车辆停止。②正常母线部分的负荷将自动断开, 以补偿(故障部分的)蓄电池充电机带来的额外负担, 并弥补分为两个 400 V 系统时的负荷不对称。发生短路车辆的一半负荷将断开(在短路处), 另一半车辆客室空调(HVAC)的供电量减少一半。

当短路发生在 Mc2、Tp2、M2 线路时, 冬季和夏季的用电需要功率、视在功率和无功功率如表 1-4 所示。

表 1-4 400 V 母线发生短路工况下的供电系统容量(一)

冬季负荷			夏季负荷		
需要功率	视在功率	无功功率	需要功率	视在功率	无功功率
304 kW	310 kV · A	59 kV · A	240 kW	279 kV · A	142 kV · A

当短路发生在 Mc1、Tp1、M1、M3、Tb 线路时, 冬季和夏季的用电需要功率、视在功率和无功功率如表 1-5 所示。

表 1-5 400 V 母线发生短路工况下的供电系统容量(二)

冬季负荷			夏季负荷		
需要功率	视在功率	无功功率	需要功率	视在功率	无功功率
193 kW	198 kV · A	45 kV · A	158 kW	186 kV · A	97 kV · A

5) 回送时由外部三相电缆供电

当列车处于回送状态(无受电弓), 由车辆通过前端的外部供电插头供电时, 采用“回送时由外部三相电缆供电”模式: 负载为所有的蓄电池充电机(限电)、不受控制的负荷(不能断开的负荷)、一个空气压缩机。

这种情况下的冬季和夏季的用电需要功率、视在功率和无功功率如表 1-6 所示。

表 1-6 回送时由外部三相电缆供电工况下的供电系统容量

冬季负荷			夏季负荷		
需要功率	视在功率	无功功率	需要功率	视在功率	无功功率
53 kW	63 kV · A	35 kV · A	47 kW	58 kV · A	35 kV · A

6) 回送时由牵引电机发电

当列车处于回送状态(无受电弓), 由车辆牵引发电机处于制动状态再生供电时, 采用“回送时由牵引电机发电”模式: 负载为全部的蓄电池充电机、防寒(除了客室内水箱)、不受控制的负荷(不能断开的负荷)、司机室空调、一个空气压缩机。

这种情况下的冬季和夏季的用电需要功率、视在功率和无功功率如表 1-7 所示。