

铁路职业教育铁道部规划教材

电力机车控制

DIANLIJICHEKONGZHI

TIELU ZHIYE JIAOYU TIEDAOBU GUIHUA JIAOCAI

华平 主编

高职

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

责任编辑：赵 静

封面设计：陈东山

DIANLI JICHE KONGZHI

铁路职业教育铁道部规划教材

电 力 机 车 控 制



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

地址：北京市宣武区右安门西街8号

邮编：100054

网址：WWW.TDPRESS.COM

ISBN 978-7-113-09120-0



9 787113 091200 >

ISBN 978-7-113-09120-0 / U · 2306

定 价：41.00 元



铁路职业教育铁道部规划教材

(高 职)

电力机车控制

华 平 主 编

冯晓云 主 审

中国铁道出版社

2008年·北京

内 容 简 介

本书为高等职业院校机车车辆(电力机车驾驶和电力机车检修)专业教材。全书共分九章,内容主要包括:电力机车的工作原理,电力机车的速度调节,电力机车的电气制动,电力机车的自动控制等基本内容,主型机车的主线路、辅助线路、控制线路、机车高低压试验与电气故障应急处理。为了适应各校服务现场的教学需要,拓展学生的知识,简要介绍了交流传动控制技术、逻辑控制单元的基本知识,电力机车的试验、试运及验收知识。

本书除作为高等职业院校专业教材外,还可作为成人教育、职工培训教材,司机提职考试培训用书及有关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电力机车控制/华平主编. —北京:中国铁道出版社,
2008.8

铁路职业教育铁道部规划教材. 高职
ISBN 978-7-113-09120-0

I. 电… II. 华… III. 电力机车-控制-高等学校:技
术学校-教材 IV. U264.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 131144 号

书 名:电力机车控制

作 者:华 平 主编

责任编辑:赵 静

电话:010-51873133

电子信箱:td73133@sina.com

封面设计:陈东山

责任校对:孙 玫

责任印制:金洪泽 陆 宁

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)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市华业印装厂

版 次:2008年10月第1版 2008年10月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:17.5 插页:6 字数:436 千

书 号:ISBN 978-7-113-09120-0/U·2306

定 价:41.00 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,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187



本书由铁道部教材开发小组统一规划,为铁路职业教育规划教材。本书是根据铁路高职教育电力机车驾驶与检修专业教学计划“电力机车控制”课程教学大纲编写的,由铁路职业教育机车专业教学指导委员会组织,并经铁路职业教育机车专业教材编审组审定。

“电力机车控制”是电力机车驾驶与检修专业的一门专业核心课程。《电力机车控制》教材以铁路干线交直型电力机车控制技术为重点,主要介绍电力机车的工作原理,调速技术,电气制动原理,主型电力机车的电气线路分析,电气动作试验与故障应急处理,适当介绍交流传动电力机车的控制技术。

近年来我国电力牵引领域发展迅速,交流牵引传动、动车组、计算机控制等多项新技术得到不断应用,根据我国电力牵引技术的发展状况,本教材及时加入了如逻辑控制单元、辅助变流器、列车供电控制、车载微机控制、交流牵引传动技术等相关内容,力求反映先进性。

结合我国目前铁路牵引动力的运用实际,选择铁路干线客运主型机车 SS_{7E} 、 SS_8 型电力机车和货运主型机车 SS_4 改型电力机车作为典型机型,交流传动机车以客运专线用和谐号动车组为主,力求教材内容与运用实际的紧密结合。

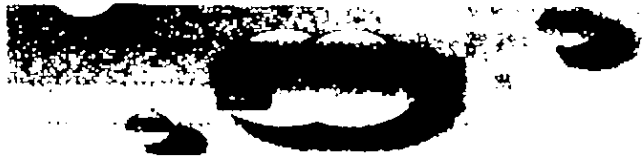
为了突出学生技术应用能力培养,除了机型的选择紧贴运用实际,编者还多方搜集现场运用资料,整理总结现场运用经验,补充了 SS_{7E} 、 SS_8 型电力机车的高低电压试验及电气线路应急故障处理内容。由于铁路运用机车不同机型其电气线路标注方法不统一,因此在具体车型电气线路章节会出现不同车型用不同代号标注的情况,特此说明。

教材在编写中借鉴国内外优秀教材的良好做法,多用图、表、实例等多种方式呈现知识与电路结构;以任务为单元,以工作过程为参照,努力呈现给学生“是什么,如何做”。内容简明、起点低,形式多样,有利于学生自主化学习。在编写格式上章前有概述,章后有小结,并附有复习思考题。

本书由郑州铁路职业技术学院华平主编,西南交通大学冯晓云教授主审。编写分工为:绪论、第一、二、八章由华平编写;第三章由太原铁路机械学校许聪明编写;第四、六章由西安铁路职业技术学院付娟编写;第五章由内江铁路机械学校龙明贵编写;第七章第一节至第五节和第七节由郑州铁路职业技术学院毛红军编写;第七章第六节由大连铁道职业技术学院赵冰编写;第九章由郑州机务段首席工程师杜宗照编写。

本书虽经编写人员多次讨论、修改,但由于水平有限,难免会有很多缺点和错误,欢迎读者批评指正。

编者
2008年8月



绪 论	1
第一章 电力机车工作原理	9
第一节 直直型电力机车工作原理	9
第二节 交直型整流器电力机车工作原理	11
第三节 交直交型电力机车工作原理	14
第四节 直交型电动列车工作原理	16
第五节 交流传动机车的特点	16
第六节 电力机车的硬件配置及传动设备	17
第七节 电力机车的基本特性	21
本章小结	25
复习思考题	26
第二章 电力机车的速度调节	27
第一节 电力机车调速的基本要求	27
第二节 直流传动电力机车的调速	27
第三节 交直型电力机车的励磁调节	28
第四节 交直型电力机车的相控调压	31
第五节 多段桥顺序控制	34
第六节 功率因数补偿	35
第七节 交流传动机车的调速	36
第八节 牵引变流器	37
第九节 交流异步电动机的调速控制方式	42
第十节 电力机车的启动	44
本章小结	50
复习思考题	51
第三章 电力机车的电气制动	52
第一节 概 述	52
第二节 电阻制动	54
第三节 有源逆变原理	60
第四节 再生制动	63
第五节 交流传动机车的电气制动	67
本章小结	70
复习思考题	71

第四章 电力机车主线路	73
第一节 概 述	73
第二节 电力机车主线路结构分析	74
第三节 SS_1 改型电力机车主线路分析	78
第四节 SS_3 型电力机车主线路	81
第五节 SS_7E 型电力机车主线路分析	86
第六节 交流传动电力机车主线路	92
本章小结	94
复习思考题	95
第五章 电力机车的辅助线路	96
第一节 电力机车的辅助设备	96
第二节 SS_1 改型电力机车辅助线路	100
第三节 SS_3 型电力机车的辅助线路	102
第四节 SS_7E 型电力机车辅助线路	107
第五节 列车供电系统	110
第六节 交流传动电力机车辅助供电系统	114
本章小结	116
复习思考题	117
第六章 电力机车的保护线路	118
第一节 保护线路的种类、作用及设置原则	118
第二节 典型机车线路保护种类及部位	122
本章小结	127
复习思考题	127
第七章 电力机车的控制线路	128
第一节 概 述	128
第二节 联锁方法与重联电路	131
第三节 逻辑控制单元(LCU)	134
第四节 电力机车控制电源	144
第五节 SS_1 改型电力机车控制线路	148
第六节 SS_3 型电力机车控制线路	166
第七节 SS_7E 型电力机车控制线路	192
本章小结	207
复习思考题	207
第八章 电力机车的自动控制	209
第一节 自动控制的基本概念	209
第二节 相控电力机车的闭环自动控制	211
第三节 SS_1 改型电力机车的自动控制	215
第四节 微机控制系统	219
第五节 SS_3 型电力机车微机控制系统	223
第六节 SS_7E 型电力机车微机控制系统	228

第七节 交流传动机车的微机控制.....	231
本章小结.....	234
复习思考题.....	234
第九章 电力机车的高、低压试验与故障判断及应急处理	236
第一节 概 述.....	236
第二节 SS ₄ 改型电力机车高、低压试验	237
第三节 SS ₃ 型电力机车高、低压试验	243
第四节 SS _{7E} 型电力机车高、低压试验	249
第五节 电力机车电气线路常见故障的处理.....	252
第六节 电力机车运用、检修相关知识	267
本章小结.....	269
复习思考题.....	269
参考文献	271

绪 论

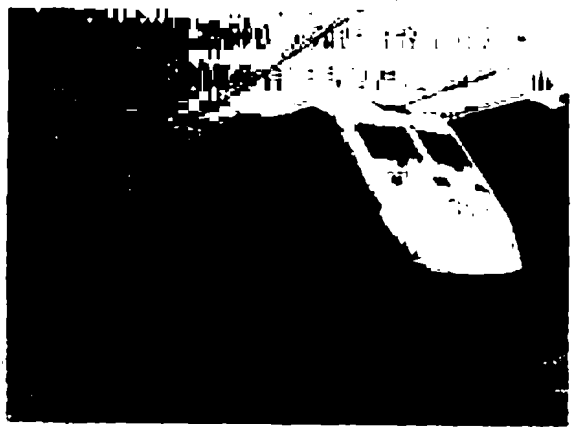
电力机车作为一种现代铁路牵引动力,在铁路运输中得到愈来愈广泛的应用。本章主要介绍电力机车、电气化铁道、电力牵引的特点及优越性,电力机车的分类及国产电力机车的型谱。

一、什么是电力机车

图 0-1 给出了不同类型的电力机车。电力机车是通过受电弓从接触网上获得电能,由电动机驱动的机车或动车。



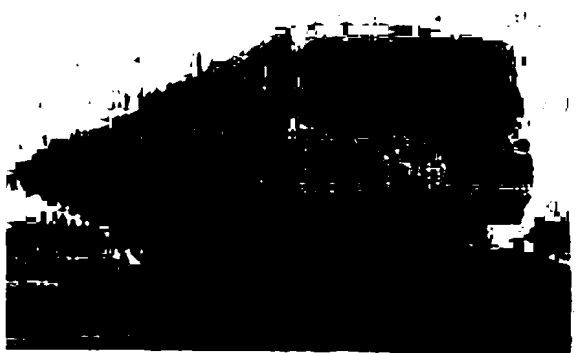
(a) SS₈型电力机车



(b) 高速动车组



(c) SS₄改型(货运)电力机车



(d) 地铁电动列车

图 0-1 各型电力机车

电力机车自身不带能源,因此也叫非自给式机车。由于它的非自给性,电力机车平均热效率与蒸汽机车、内燃机车相比为最高,所以它在提高铁路运输能力、合理利用资源、保护生态环境方面,已成为铁路最理想的牵引动力。

二、电力机车的分类

电力机车是电力机车和电动车组的总称,包括牵引车列用的电力机车和担任客运的城际电动车组与地下铁道电动列车。我们这里主要讨论牵引车列的电力机车。电力机车可按机车的不同技术特征和用途进行分类。

1. 按用途分

- 客运电力机车:用来牵引客运列车。其特点是牵引力不大,运行速度高。
- 货运电力机车:用来牵引重载货物列车。其特点是牵引力大,速度不高。
- 客货两用电力机车:用来牵引客运或货运列车。其牵引力和速度介于客、货电力机车之间。
- 调车电力机车:用来在站场上编组列车。机车的功率不大,速度和牵引力均较低。

2. 按传动形式分

- 具有个别传动的电力机车:电力机车每一轮对都由单独的牵引电动机驱动。这些轮对(轴)称为动轮或动轴。
- 具有组合传动的电力机车:电力机车上某几个轮对(通常为同一转向架上的几个轮对)互连接成组,然后由一台牵引电动机驱动。

3. 按机车动轴数分

可分为四轴、六轴、八轴等电力机车。一般动轴数较多的电力机车用作货运机车,如国产干线货运电力机车 SS₄ 改型为 8 轴电力机车,轴列式 2(B₀-B₀)。动轴数较少的电力机车用作客运机车,如国产准高速机车 SS₉ 型为 4 轴电力机车,轴列式 B₀-B₀。

4. 按供电电压制、传动型式分

- 直流供电-直流牵引电动机驱动的直直型电力机车。接触网供电电压为直流 1 500~3 000 V,机车牵引电动机为直流串励牵引电动机。
- 交流供电-直(脉)流牵引电动机驱动的交流型电力机车,又称交直型整流器电力机车。我国生产的韶山系列电力机车即属于此种型式。该型式的电力机车是目前世界上各个国家普遍采用的一种机车型式。
- 交流供电-交流器环节-三相交流异步电动机驱动的交流型电力机车。该型式的电力机车是目前世界发达国家采用的主导机车型式。
- 交流供电-变频器环节-三相交流同步电动机驱动的交流型电力机车。

交流供电按接触网供电频率的不同可分为单相低频制和单相工频制。单相低频制是指供电频率为 25 Hz 或 16 $\frac{2}{3}$ Hz 的交流电网供电,单相工频制是指供电频率为 50 Hz 的交流电网供电。目前,世界上绝大多数国家(包括我国)都采用供电频率为 50 Hz 的工频交流电网供电。

此外,世界上还有多电流制电力机车,这是针对具有不同电力牵引供电系统的铁路,为了在两种或多种供电系统衔接区段的连续运输或其他特定需要而生产的,主要为交直流两用电力机车。

三、电力机车与电气化铁道

电力机车由架设在铁道线路上的接触网供电,而接触网则从牵引供电系统的牵引变电

所供电,电力机车和牵引供电系统两者共同组成电气化铁道。图 0-2、图 0-3 分别表示电气化铁道接触网组成及其牵引供电系统。

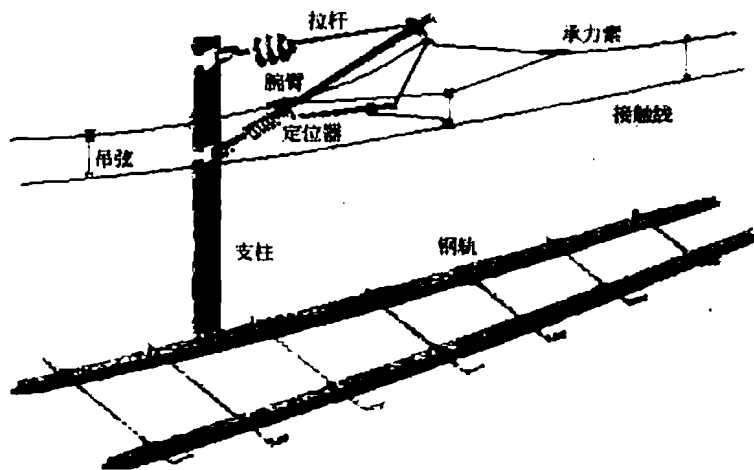


图 0-2 电气化铁道接触网组成

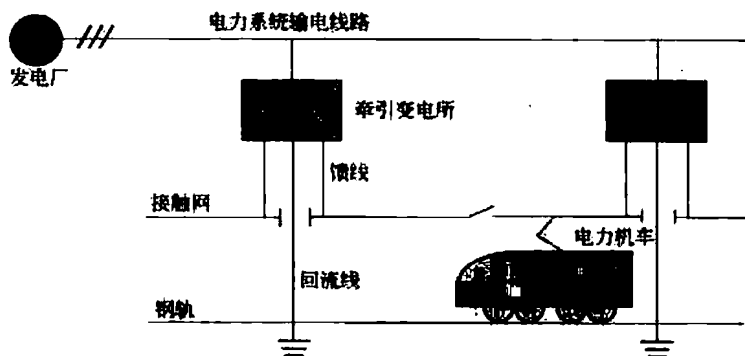


图 0-3 电气化铁道牵引供电系统示意图

据有关资料统计,在经济发达国家,电气化铁路占铁路营业里程的比重一般都已达到 35%~60%,承担的铁路运量所占比重已达到 60%~90%,铁道电气化被许多国家作为发展方向。电气化铁路发达的国家有俄罗斯、日本、德国、法国、波兰、意大利。有些国家几乎全部电气化,例如瑞士。

我国电气化铁路始建于 1958 年,采用单相工频交流供电制,接触网电压 25 kV。1958 年试制成功 SS₁ 型引燃管整流器式电力机车,1961 年 8 月 15 日宝鸡—凤州段 91 km 电气化铁路建成通车。据有关资料统计,截至 2006 年底,全国铁路营业里程已达到 77 084 km,电气化里程已达到 24 433 km,电气化率达到 31.7%;到 2010 年,铁路营业里程将达到 95 000 km,电气化里程将达到 35 000 km,电气化率达到 45% 以上。

四、国家铁路电力牵引政策

铁路作为国家重要的基础设施、国民经济的大动脉和大众化的交通工具,它担负着城乡、工矿各种物资和人员交流的主要运输任务,在实现经济社会又好又快发展中肩负着重大责任,承担着艰巨任务。铁路具有占地少、污染小、能耗低、成本低、运量大、全天候的比较优势,因此

加快铁路科技创新步伐,对加快构建符合科学发展要求的我国综合交通运输体系,具有不可替代的重要作用。

我国铁路技术发展的总目标是实现铁路现代化,重点发展方向是旅客运输快速化、高速化,货物运输重载化、快捷化,安全装备系统化,牵引动力现代化……逐步建立一个具有中国铁路特点的技术体系。

铁路主要技术政策明确指出:要大力发展电力机车牵引技术,积极提高电力牵引承担的换算周转量的比重。在高速铁路、运煤专线、繁忙干线及长大坡道、长隧道、高海拔地区等线路上应采用电力机车牵引;积极发展交流传动技术,逐步完成直流传动向交流传动的转换。积极研制高速旅客列车。

《中长期铁路网规划》中要求铁路“十一五”规划期间建立我国铁路动车组和大功率交流传动机车的技术体系,形成中国铁路动车组和大功率机车的系列产品。

五、电力牵引的特点

在各种牵引动力中,电力机车与蒸汽机车、内燃机车的根本不同点在于它牵引列车时所需的能量不是由机车本身产生的,而是通过接触网(或其他供电装置)供给的,而蒸汽机车、内燃机车在牵引列车时所需要的能量,则是由机车本身装载的燃料(如煤、柴油等)燃烧而产生的,即自给式机车,这种根本的区别,客观上决定了电力机车取用能量的万能性,它所需要的电能可以由一切形式的能量转换而来,如可以由热力、水力、天然气甚至于地热、原子能、太阳能等转换而来。只要有发电站,便可以利用相应的能量。取用能量的万能性,使得电力机车具有一系列的特点。

1. 功率大

现代铁路运输要求机车具有强大的功率。由于电力机车不需要燃料储备,因而在同样的机车重量下,其功率要比自给式机车大。机车按单位重量所具有的功率称为比功率,这是衡量机车技术水平的一个指标。目前,电力机车的比功率一般达到 $40\sim 60\text{ kW/t}$,而较好的内燃机车,其功率也只有 $25\sim 30\text{ kW/t}$ 。按每轴功率来说,电力机车已超过 750 kW ,最高已达到 1400 kW (原联邦德国120型机车),而较好的内燃机车的每轴功率为 $440\sim 580\text{ kW}$ 。按整台机车来说,电力机车的轮周功率最高已达 7500 kW 以上,内燃机车最大功率为 4800 kW (柴油机功率,若折算到机车轮周,则还要降低 $20\%\sim 30\%$)。

2. 速度高

机车运行速度是铁路运输能力的另一重要指标。由于电力机车功率大,因而可以获得较高的速度。铁路按行车速度划分标准,通常时速小于 160 km 的称为常速铁路,时速 $160\sim 200\text{ km}$ 的称为准高速铁路,时速 $200\sim 400\text{ km}$ 的称为高速铁路。最新资料显示法国电力机车在试验线路上已达到 331 km/h 的速度,TGV电动车组试验速度为 515 km/h 。我国经过六次全路大面积提速,目前,我国客运电力机车运行速度已达到 250 km/h ,货运电力机车也达到 120 km/h 。尤其是2006年开行的CRH电动车组,实现了时速 $200\sim 250\text{ km}$,标志着我国已开始迈入高速铁路发展行列。

3. 效率高

机车的效率影响着铁路运输的经济效益。对于自给式机车,每台机车的平均热效率是基本固定的,例如蒸汽机车的平均热效率为 $8\%\sim 10\%$,内燃机车的平均效率为 25% 左右。电力机车本身的效率是很高的,但考虑到整个电力牵引系统,其平均效率则不是固定的,它与供电

系统的电能来源有关,水力发电供电的情况下,电力牵引的效率可达到60%~70%,由高参数火力发电站供电时,其效率为25%左右,由低参数火力发电站供电时,其效率为16%~18%。但无论电能来源如何,电力牵引的平均效率要高于内燃机车和蒸汽机车。

4. 过载能力强

机车在启动、牵引重载列车和通过困难区段时,具有一定的过载能力是十分重要的。自给式机车的过载能力受到机车发动机(如蒸汽机、内燃机车的牵引发电机或液力变扭器)过载能力以及机车所带的能量装置(如锅炉、柴油机)过载能力两方面的限制,而对于非自给式电力机车,其能量是来自较强大的供电系统,加之牵引电动机选取适合牵引的过载能力较强的形式,因而机车的过载能力较强。

六、电力牵引的优越性

电力机车具有的一系列特点,使其在铁路运输中显示出强大的优越性和良好的营运效果。根据电力机车的运行经验,其优越性表现在下述几个方面。

1. 运输能力强

电力机车功率大、速度高,符合铁路运输多拉快跑的要求,通过提高牵引定数,缩短区间运行时间,可使线路通过能力大大提高,其完成铁路运量的效果更为显著。法国、西德、日本等国电气化铁路里程虽然占全国总里程的30%~40%,但完成铁路运量却达到全国总运量的52%~83%。我国宝成铁路电气化后,完成的货运量为蒸汽机车牵引的3倍。2007年中国第六次提速实现了动车组追踪间隔5 min、客车6 min、货车7 min的时间,客运能力增长了18%,货运能力增长了12%。有资料表明,1条电气化铁路的运输能力,相当于1.5条内燃机车或3条蒸汽机车牵引铁路的运输能力。此外,电力牵引还不受外界条件的限制,在山区和高寒地区较之蒸汽机车和内燃机车更为优越。

2. 经济效果显著

使用电力牵引容易实现多机重联牵引,因而使得运输中各项经济技术指标大为提高。同时,由于电力机车的检修周期长,检修工作量少,从而减少了人力和维修费用,使机务成本大大降低。据宝鸡电力机务段统计,电力牵引的成本仅为蒸汽牵引成本的56%。另据石家庄电力机务段统计,该段48台机车,一个月即可节约费用43.8万元。有资料表明,电力机车牵引万吨公里能耗仅为内燃机车牵引的2/3,为蒸汽机车牵引的1/3。此外,由于电力机车整备作业少,宜于长交路行驶,这样就可以减少机务段的数目,例如我国宝成铁路使用蒸汽机车牵引时,全线共有4个机务段,电气化后仅设有2个机务段,而且乘务人员和使用的机车台数也相应减少,使劳动生产率大大提高。

3. 能源利用合理

电力牵引的能源可以来自多方面,因而电力牵引可以合理利用能源,特别是可以利用丰富的水力资源和天然气资源,即使由火力发电站供电,发电站也可以使用质量较差的煤作燃料,而蒸汽机车则要消耗优质煤。

使用电力牵引时,燃料的消耗也较蒸汽机车和内燃机车低得多。我国宝成铁路使用电力牵引代替蒸汽牵引后,每年可节省优质煤十余万吨。在第二次世界大战后,由于石油价格低廉,使得一些国家采用了以内燃牵引为主的方针,但随着工业及国防对石油需求的日益增加,特别是20世纪70年代以来,世界性石油危机使石油价格暴涨,因而这些国家也趋向于向电气化方面发展。

4. 劳动条件好

蒸汽机车和内燃机车工作时,均要排出大量的煤烟和有害气体,造成空气污染。使用电力牵引时则消除了这种情况,增强了对环境的保护。

电力机车对环境污染轻。以主要有害物 CO₂ 为例,日本高速铁路、小汽车、飞机平均每座席每公里的排放量比例为 1:7.69:5.39,治理污染的费用比例为 1:5.2:4。而且在机车运行中,当机车进入市区和人口稠密地区,电力机车的噪声干扰也大大低于蒸汽牵引和内燃牵引,因而改善了乘务人员的劳动条件和铁路沿线居民的生活环境。

5. 加强了行车安全

宝成铁路电气化后,列车正点率大幅度提高,1962—1964 年正点率为 98.2%,以后一直保持着较高的水平。电力牵引装有电气制动,提高了长大坡道上的运行速度,保证了行车安全,大大减少了因使用空气制动而产生的闸瓦熔化,降低了闸瓦火花引起的火灾事故,提高了行车的安全性。

七、国产电力机车的型谱

我国电力机车的研究,与铁道电气化同步。第一台干线交流电力机车由湘潭电机厂(负责电气及总装)、株洲机车厂(负责机械部分)共同研制。该车参照前苏联 H60 型电力机车设计,1958 年 12 月底完成试制。目前我国已形成了 4、6、8 轴的韶山型系列电力机车型谱。已经有 SS₁、SS₂、SS₃(SS_{3A}、SS₃ 改)、SS₄(SS_{4B})、SS₇(SS_{7B}、SS_{7C}、SS_{7D}、SS_{7E})、SS₈、SS₉(SS₉ 改)等直流传动系列干线客货运电力机车投入运营。到 2006 年底,全国铁路机车拥有量达到 17 799 台,其中电力机车 5 518 台,内电机车比重达到 99.3%。我国研制的韶山系列电力机车见表 0-1。

表 0-1 国产韶山系列电力机车简表

型号	轴式	功率(kW)	速度(km/h)	调压方式	电机电压(V)	首台出厂年份	数量(台)
SS ₁	C ₀ -C ₀	3 900	100	33 级有级调压	1 500	1961	851
SS ₂	C ₀ -C ₀	4 800(小时制)	100	8 级加级间调压 3 段顺控桥	1 500	1978	685
SS _{3A}	C ₀ -C ₀	4 800	100	2 段桥	1 500	1990	224
SS ₄	2(B ₀ -B ₀)	6 400	100	3 段顺控桥	1 020	1985	158
SS _{4B}	2(B ₀ -B ₀)	6 400	100	3 段顺控桥	1 020	1993	496
SS _{7B} 、SS _{7C}	2(B ₀ -B ₀)	6 400	100	2 段桥	1 020	1995	34/2
SS _{7D}	B ₀ -B ₀	3 200	140	3 段桥	950	1990	2
SS _{7E}	C ₀ -C ₀	4 800	100	5 段顺控桥	1 500	1990	53
SS ₈	C ₀ -C ₀	4 800	100	2 段桥	1 020	1994	132
SS _{9A} 、SS _{9B}	B ₀ -B ₀ -B ₀	4 800	100	3 段顺控桥	1 020	1992	
SS _{7C}	B ₀ -B ₀ -B ₀	4 800	120	3 段顺控桥	1 020	1996	
SS _{7D}	C ₀ -C ₀	4 800	170	3 段顺控桥	910	2000	
SS _{7E}	C ₀ -C ₀	4 800	170	3 段顺控桥	910	2002	
SS ₈	B ₀ -B ₀	3 600	170	3 段顺控桥	950	1994	245
SS ₉	C ₀ -C ₀	4 800	170	3 段顺控桥	1 020	1998	149

八、交流电力机车的发展

交流传动机车是近代铁路牵引技术的重大突破。交流传动简单可靠,具有良好的防空转性能、优异的牵引特性和制动特性。自 1971 年在原联邦德国问世以来,在世界范围内已取得了很大发展。到 20 世纪 90 年代,国外交流传动的发展已经进入了成熟期,交流传动已占据了

电力机车的主导地位,尤其是在铁路高速和重载牵引方面显示了很大的优越性。我国从 1991 年开始研制,十几年交流传动电力机车的研制和生产取得了重大进展,目前已经进入试验完善阶段,本世纪初计划用 10 年的时间实现牵引动力从直传动到交流传动的转换,使生产货运机车单轴功率 1 000~1 200 kW、客运机车单轴功率 1 200~1 400 kW 的电力机车成为主流车。

2006 年铁路第六次大提速 CRH 系列动车组投入运营,其编组如图 0-4 所示,大功率交流传动电力机车和谐型交流传动电力机车也投入运营,其外形如图 0-5 所示。同时成功引进并国产化了世界上最先进的时速 200 km 以上动车组技术,已经形成了中国铁路时速 200~250 km 动车组和大功率交流传动电力机车的生产能力和技术体系。CRH 系列动车组简表见表 0-2。和谐型大功率交流传动电力机车简表见表 0-3。

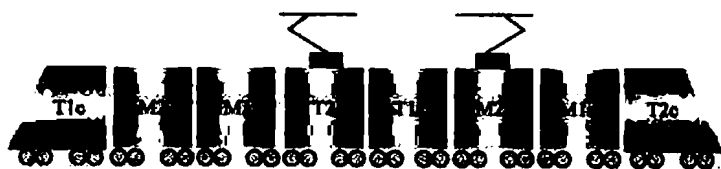


图 0-4 CRH 动车组编组

T1c, T2c—briving Trailer Coach 带驾驶室拖车;
M1, M2(2 辆); M1s—Motor Coach 动车; T1k, T2—Trailer Coach 拖车



图 0-5 和谐型大型率交流传动电力机车

表 0-2 CRH 系列“和谐号”动车组简表

型号	牵引功率(kW)	动力配置	试验/运营速度(km/h)	制造企业	引进技术
CRH1	5 500	2(2M+1T)+(1M+1T)	250/200	青岛庞巴迪-四方-鲍尔公司	加拿大庞巴迪
CRH2	4 800	4M+4T	260/200	中国南车青岛四方机车车辆股份有限公司	日本 kawasaki
CRH3	550(轴功率)	8M0T	380/330	中国北车集团唐山轨道客车有限责任公司	德国 ICE
CRH5	5 500	(3M+1T)+(2M+2T)	250/200	长春轨道客车股份有限公司	法国阿尔斯通

注:CRH 是 China Railway High-speed(中国铁路高速)的缩写。

表 0-3 和谐型大功率交流传动电力机车简表

型号	轴式	功率(kW)	速度(km/h)	首台出厂年份	制造企业	引进技术
和谐 1D	2(B ₀ -B ₀)	9 600	120	2005	中国南车集团株洲电力机车有限公司	德国西门子
和谐 2D	2(B ₀ -B ₀)	10 000	120	2007	大同电力机车公司	法国阿尔斯通
和谐 3D	C ₀ -C ₀	7 200	120	2006	大连机车车辆有限公司	日本东芝

九、电力牵引控制系统

在轨道交通运输中,采用电动机驱动来满足车辆牵引的电气传动部分,称为电力牵引控制系统。它是以牵引电机作为控制对象,通过控制系统对电动机的速度和牵引力进行调节,以满足车辆牵引和制动特性的要求。如干线电力机车、内燃电传动机车、城轨交通电动车组等都是采用电力牵引控制系统。

根据驱动电机的型式不同,控制系统分两大类:采用直流(脉流)牵引电动机的称为直流传动控制系统,交直型、直直型电力机车也称为直流传动电力机车。采用交流牵引电动机作驱动设备的称为交流传动控制系统,交直交型和交交型电力机车也可称为交流传动电力机车。

国产直流传动电力机车控制系统的发展,是随着电力电子技术、微电子技术、计算机技术的发展而不断发展,经历了有接点控制——SS₁型电力机车;模拟控制——SS₂、SS₃型电力机车;微机控制——SS₄、SS_{4B}、SS₇、DDJ₁、SS_{7B}和SS_{7E}型机车的发展历程。

我国电力机车的微机控制从1987年开始研究,它是在消化吸收8K机车(147、148号车)的MICAS系统、6K机车的PHAI-16微机控制系统两种车型的微机控制技术后,硬件以8K型机车为蓝本,吸收6K型机车的故障诊断技术和DF₄型内燃机车上的显示模式,自行开发故障诊断和显示功能。国产SS₄0038号微机控制的电力机车于20世纪90年代初研制成功并接受了运用考核,1996年底通过部级鉴定,1997年开始批量生产,自此推广到各型新研制的交流传动电力机车上。

交流传动控制系统主要由牵引变压器、牵引电机、牵引变流器组成。现代列车的控制由挂在列车通信网络上的(TCN)多微机系统来实现,它包括电力机车和动车组动力车中的微机系统和中间车辆上的微机系统。它们各自耦合在机车车辆总线上,通过列车总线相互交换信息和数据。交流传动的控制装置也是通过总线获得所需要的指令和状态反馈信息,并发送控制信号。交流传动电力牵引的技术分为:核心层技术、辅助层技术和相关层技术。核心层技术主要包括:牵引变频技术、变频控制及其网络技术、交流驱动电机技术和牵引变压器技术。辅助层技术主要包括:冷却与通风技术、辅助变流器技术、控制电源技术、保护技术和电磁兼容与布线技术。相关层技术主要包括:司机台操纵技术、车体轻量化技术、转向架技术、空气制动技术和高压侧检测技术。

第一章

电力机车工作原理

电力机车是通过受电弓获得电能,由电动机驱动的机车或动车,让我们浏览一下干线和城市轨道交通中的电力机车,来搞清楚它的工作原理、工作特点。本章还要学习电力机车运行的基本特性,另外了解一下电力机车中的驱动设备——电动机是如何工作的。

第一节 直直型电力机车工作原理

一、直直型电力机车工作原理

直直型电力机车是由直流电源供电,直流串励牵引电机驱动,通过串并联切换加凸轮变阻或晶闸管斩波器调阻(调压)方式进行调速和控制的机车。我国大部分的工矿用电力机车、城市无轨电车、城轨电动列车都属于此种型式。

图 1-1 为一般工矿用 4 轴电力机车串并联切换加凸轮变阻的电传动装置原理示意图。工作过程为:机车由受电弓从接触网取得直流电,经断路器 QF,启动电阻 R,向 4 台直流牵引电动机 M1~M4 供电,牵引电流经钢轨流回变电所。随着 4 台牵引电动机接通电源即行旋转,电能转变为机械能,分别通过各自的齿轮传动装置,驱动机车动轮实现牵引运行。

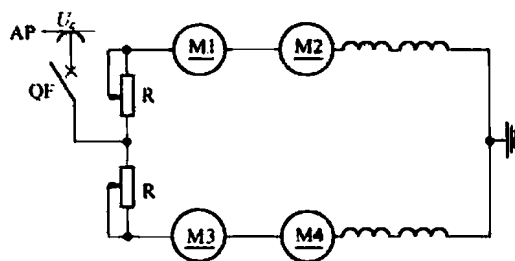


图 1-1 直直型电力机车工作原理示意图

牵引电机的联结基本采用 4 台电机串联启动,完毕后切换到 2 串 2 并状态。

二、城轨电动列车斩波控制

1. 斩波调阻控制

斩波调阻控制是变阻控制的一种方法。它是采用半导体元件与启动电阻并联,通过控制元件的导通时间,改变串入主电路的电阻,从而改变电机端电压调速。

设调速电阻为 R , 半导体元件的导通及关断时间分别为 t_{on} 、 t_{off} , $t_{on} + t_{off}$ 为一个周期 T 。在一个周期的时间内,随着元件的导通与关断, R 所呈现的平均电阻为 $\frac{R \cdot t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$, 调节 t_{on} 的大小就改变平均电阻,从而可获得范围较宽的平滑变化的电阻,以减少牵引进级时的冲动,提高黏着性能。

2. 斩波调压控制

用电力半导体器件组成的电子开关(称为斩波器,用符号 CH 表示)取代启动电阻,就组成