

郑松富 连义平 申红 编著

电气化铁路 DIANQIHUA TIELU XINGCHE ZUZH 行车组织

(第四版)



中国铁道出版社

电气化铁路行车组织

(第四版)

郑松富 连义平 申 红 编著

中国铁道出版社

2008年·北京

内 容 简 介

本书共分十章。内容包括:概述;电气化铁路主要行车设备;铁路重载运输简介;高速铁路运输简介;城市与城际轨道交通;电气化铁路车站工作组织特点;超长交路条件下区段管内车流组织;编制列车运行图的特点;列车运行组织与调度指挥;铁路交通事故应急救援与触电抢救。突出了电气化铁路行车工作的特点,结构完整,资料翔实,技术性和实用性兼备。可供电气化铁路的行车人员学习,也可供有关工程技术人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气化铁路行车组织/郑松富等编著.—4版.—北京:
中国铁道出版社,2008.7
ISBN 978-7-113-08970-2

I. 电… II. 郑… III. 电气化铁道—行车组织 IV. U292

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 086553 号

书 名:电气化铁路行车组织(第四版)
作 者:郑松富 连义平 申 红 编著

责任编辑:梁兆煜 电话:021-73314 电子信箱:tdysbjb@126.com

封面设计:崔丽芳

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)

印 刷:北京市兴顺印刷厂

版 次:1983年3月第1版 2008年7月第4版 2008年7月第8次印刷

印 数:32 501~39 501册

开 本:787 mm×1 092 mm 1/32 印张:12 字数:279千

书 号:ISBN 978-7-113-08970-2/U·2229

定 价:22.00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)63549495 路电:(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

四版前言

进入 21 世纪以来,电气化铁路发展速度更快。截至 2007 年底,我国已建成电气化铁路 25 500 km,比预计 2010 年的 20 000 km 多 5 500 km,电化率达到 32.7%。2006 年大秦电气化铁路重载列车重量由 10 000 t 提高到 20 000 t。2007 年我国铁路进行第六次大提速,京哈、京沪、京广、陇海、浙赣、胶济等电气化铁路开行 200 ~ 250 km/h 的电动车组。列车重量、速度大幅度提高,9 600 kW 大功率和谐型电力机车等新技术、新装备投入运用,特别是 2007 年 4 月 1 日实行修订后的《铁路技术管理规程》等新规章,都引起电气化铁路行车组织方法的变动。为适应我国电气化铁路发展的需要,有必要对 1999 年出版的本书第三版进行修订再版。

第四版修订本,增加了第五章城市与城际轨道交通,删除第三版第九章施工条件下行车组织的大部分内容,将其并入第九章仍保持原有的十章结构。按照大秦铁路开行 10 000 t、20 000 t 重载列车的创新技术与组织方法,对第二、三章进行了重新修订;参考既有线开行 200 km/h 动车组和地下铁道等城轨交通的行车办法,重新编写了第四、五章;根据新技术装备、新规章制度对其他章节内容进行了修改,力求内容更充实、更新颖、更符合实际,充分体现本书的实用性、技术性。

第四版修订本的第四章由申红执笔、第五章由连义平执笔并负责全书电子稿的编排工作。此次修订得到太原铁路局、西安铁路局、铁道部运输局、中国铁道出版社、西安铁路职业技术学院的大力支持与帮助。值此再版之际,再次向热情

支持、直接或间接提供信息资料的同志和厚爱本书的广大读者表示衷心感谢。由于作者水平所限,书中难免有所疏漏,诚恳希望广大读者来函来电批评指正。铁路住宅电话:(055) 50375,市话:(029)82150375,邮政编码 710014。

作者

2008年5月

目 录

第一章 概 述.....	1
第一节 我国电气化铁路发展主要阶段.....	2
第二节 电气化铁路的优越性.....	7
第三节 电气化铁路行车组织的特点和变动	16
第二章 电气化铁路主要行车设备	27
第一节 电力机车与电动车组	29
第二节 牵引供电系统	38
第三节 信号与控制系统	55
第三章 铁路重载运输简介	68
第一节 铁路重载运输的定义及其组织形式	68
第二节 国内外铁路发展重载运输概况	71
第三节 铁路发展重载运输应具备的条件	77
第四节 组合式重载列车行车组织方法	85
第五节 万 t 级重载单元列车作业组织	98
第四章 高速铁路运输简介.....	104
第一节 概 述.....	104
第二节 高速铁路主要技术设备.....	118
第三节 高速铁路运输组织.....	131
第五章 城市与城际轨道交通.....	143
第一节 城市轨道交通概述.....	143
第二节 城市轨道交通的特点.....	151
第三节 城市轨道交通运营组织.....	162
第四节 城际轨道交通.....	182

第六章 电气化铁路车站工作组织特点	188
第一节 接发列车工作.....	188
第二节 调车工作.....	198
第三节 衔接技术站工作组织.....	206
第四节 货物装卸机械化及作业组织.....	214
第七章 超长交路条件下区段管内车流组织	231
第一节 电力机车交路及其长度选择.....	231
第二节 超长交路条件下的机车乘务制度.....	237
第三节 超长交路条件下区段管内车流组织方法.....	241
第八章 编制列车运行图的特点	254
第一节 列车运行图组成要素的变化.....	254
第二节 区间通过能力计算特点.....	257
第三节 接触网检修及其影响.....	265
第四节 在运行图中预留接触网检修天窗的方法.....	275
第五节 铺画列车运行图的特点.....	282
第九章 列车运行组织与调度指挥	293
第一节 超高货物列车运行组织.....	293
第二节 电气化铁路调度指挥的特点.....	305
第三节 供电调度工作.....	315
第四节 电气化铁路施工条件下的行车组织.....	320
第五节 电气化铁路开通使用办法.....	334
第十章 铁路交通事故应急救援与触电抢救	343
第一节 铁路交通事故应急救援组织与指挥.....	344
第二节 事故救援方法.....	353
第三节 接触网抢修与事故救援配合.....	363
第四节 触电抢救.....	374

第一章 概 述

自从 1879 年 5 月 31 日德国西门子和哈尔斯克公司修建了世界上第一条电气化铁路和试制成功第一台电力机车到现在,电气化铁路已有 130 年的历史。2006 年全世界近七十个国家和地区共建成电气化铁路总里程约为 26.22 万 km,约占世界铁路营业里程的 21.7% (简称电化率),完成铁路客货运输总量的 50% 以上。截止 2006 年底,电气化铁路里程最长的国家是俄罗斯,约有 44 526 km。中国位于世界第二,已建成 25 500 km 电气化铁路。德国约有 21 102 km,居世界第三。电气化铁路里程超过 1 万 km 的国家还有法国、日本、印度、波兰、意大利和南非等。

电气化铁路里程占铁路营业里程的比重最高的国家是瑞士,电化率早已达到 99.5%。电化率超过 50% 以上的国家有奥地利、苏丹、瑞典、荷兰、意大利、挪威和日本等。

我国电气化铁路起步较晚,1961 年 8 月 15 日建成第一条电气化铁路宝(鸡)凤(州)段至今四十多年来,经历了 10 年起步、10 年徘徊、10 年发展和 15 年大发展的曲折前进之路,截止 2007 年底建成电气化铁路 25 500 km,电化率达到 32.7%。从 1958 年我国试制成功第一台电力机车至今,先后生产制造 10 种型号的电力机车和电动车组。电力机车的构造速度陆续由 90 km/h、100 km/h、112 km/h、140 km/h、160 km/h 提高到 SS₈ 的 170 km/h;持续功率由 3 780 kW、4 350 kW、4 800 kW、6 400 kW 提高到和谐型电力机车 9 600 kW。电动车组速度由 200 km/h、250 km/h 发

展到和谐号电动车组的 350 km/h。货物列车牵引重量自 1985 年开行 5 000 t~8 000 t 级的重载列车以来,逐步提高到 1 万 t、2 万 t。

综上所述,我国电气化铁路已进入国际先进行列。

第一节 我国电气化铁路发展主要阶段

我国从 1961 年 8 月 15 日建成宝鸡—凤州第一条电气化铁路至今四十多年来,大致经历了四个发展阶段。

一、60 年代为起步阶段

自 1961 年 8 月建成宝凤段 91 km 电气化铁路至 1969 年 10 月广元—马角坝 100 km 电气化铁路通车为止,20 世纪 60 年代共建成电气化铁路 191 km。起步阶段建成的电气化铁路虽然不多,但对我国发展电气化铁路起着十分重要的作用。它培育了电气化铁路的建设和管理人才,积累了宝贵的经验,为我国发展电气化铁路奠定了基础。

二、70 年代为徘徊阶段

由于当时我国铁路牵引动力改革的技术政策争论不休,在牵引动力发展方向上是以电力牵引为主,还是以内燃牵引为主,决策部门对此举棋不定,致使发展电气化铁路处于徘徊阶段。10 年共开通了凤州—广元、马角坝—成都、阳平关—安康电气化铁路共计 834 km,每年平均只有 83.4 km,从绝对数字上看,它比起步阶段多了许多。然而,与我国铁路相似的前苏联,在这 10 年间共建 19 400 km 电气化铁路,每年平均 1 940 km,每年比我国多修电气化铁路 1 858 km,发展速度比我国快 20 多倍。

三、80 ~ 90 年代为发展阶段

1983 年我国正式颁布《铁路主要技术政策》，确定“内电并举，以电为主”的铁路牵引动力的发展方向。1988 年，我国对此又作了补充规定：“要坚定不移地推进电气化铁路建设，逐步提高电力牵引承担换算周转量的比重”。“到本世纪末，在三种牵引方式中，电力牵引要占主导地位”。在几点说明中提到：到 20 世纪末，力争电气化铁路通车里程占营业里程的 25% 左右（编者注：约 1.7 万 km），电力牵引承担换算周转量的比重达到 45%。

在改革开放的正确路线指引下，铁路部门认真执行牵引动力改革发展的技术政策，使电气化铁路在这一阶段得到较快发展。1981 年至 1990 年底，10 年共建成 5 907 km 电气化铁路，相当于前 20 年修建电气化铁路里程的 5.7 倍。

在这 10 年间建成的电气化铁路主要有：石家庄—太原、襄樊—达州、宝鸡—兰州、丰台西—沙城—大同、丰台西—秦皇岛、成都—重庆、贵阳—昆明、鹰潭—漳平、长治北—月山、郑州北—西安—宝鸡、郴州—韶关、大同一大石庄、株洲—娄底等电气化铁路。在这 10 年间，修建了第一条双线电气化铁路—石太线，第一条采用 AT 供电和远程控制的电气化铁路—京秦线。

四、1991 年至今为快速发展阶段

从 1991 年开始，我国电气化铁路步入高速发展阶段，以每年建成超过 550 km 的速度向前发展。1991 ~ 1995 年间，建成了我国第一条开行重载列车的电气化铁路大秦线，全长 625 km，设计能力为 1 亿 t；新建了第一条可靠性高、维修量少的宝鸡—中卫的单线电气化铁路；改建了京广线的郑武段，使

其成为我国第一条设备先进、重载、快速的电气化铁路。1997年元月,湘黔线娄底—怀化 318 km 电气化铁路开通使用;同年 12 月一次建成全长 899.7 km 的南昆电气化铁路。1997 年共有 1 938.5 km 电气化铁路交付使用,是我国电气化铁路历程中交付运营里程最多的一年。1998 年 8 月,京广线北京—郑州 695 km 投产和我国第一条准高速电气化铁路广州东—深圳 147 km 送电通车,原由 DF_{11} 内燃机车牵引的旅客列车,改用摆式电动车组,将旅客列车速度由 160 km/h 提高到 200 km/h,揭开了我国发展高速铁路的序幕。截止 1998 年底,我国投入运营的电气化铁路约有 1.3 万 km。

在这一阶段建成并交付使用的电气化铁路还有:哈大线(哈尔滨—大连)、京广线南段(武昌—郴州和韶关—广州)、包兰线(兰州—石嘴山)、成昆线(成都—昆明)、襄渝线(达州—重庆)、湘黔线(株洲—六盘水)、神朔和朔黄第二条重载运煤通道。

2006 年胶济线(青岛—济南)、浙赣线(杭州—株洲)、沪杭线、京沪线(北京—上海)、陇海线东段(郑州—徐州)、兰新线(武威—嘉峪关)、宁西通道的西安—南阳以及我国第一条时速 200 km ~ 250 km 秦沈电气化客运专线投入运营。仅此一年投产的电气化铁路达到 3 612.1 km,再创历史新高。2007 年又有 937.6 km 武昌—九江等电气化铁路交付运营。截止 2007 年底,我国电气化铁路里程约为 25 500 km。“四纵、二横”繁忙干线中,除京九线外,基本上实现双线电气化快速铁路,四条运煤通道也基本上实现电气化重载铁路。目前,已开工建设的电气化铁路有石德线、东陇海徐连段、大同至包头、萧甬线等共计 5 350 km。

四十多年来,我国发展电气化铁路还经历了从“山上”到“山下”,从单线到双线,从一般干线到繁忙干线,从普重到重

载,从客货共线到客运专线,从普速、快速到高速的历程。我国电气化铁路正朝着货物运输重载化、旅客运输高速化方向发展。

1985 年以前,我国主要在多隧道和长大下坡道的山区修建单线电气化铁路,虽然提高了铁路输送能力,改善了劳动生产和行车安全条件,降低了运营支出,但没有从根本上缓解铁路运输能力紧张的局面。1985 年以后,有关部门吸取了国外发展电气化铁路的经验,结合我国国情和路情,通过从技术上、经济上进行分析研究,进一步认识到:电力牵引在繁忙干线更能发挥“拉得多、跑得快”的优势;更能提高铁路输送能力,更多的增加运输收入;成本更低,投资回收期更短。认识到在繁忙干线和运煤专线上修建电气化铁路更为有利。决定从 20 世纪 80 年代开始进行石太、京秦、陇海、京广、京哈、浙赣、京沪等繁忙干线铁路的电气化改造工程;新建大秦、神朔、朔黄等重载运输电气化铁路。

1998 年以来,“四纵、二横”六大繁忙干线(京哈、京沪、京九、京广、浙赣、陇海)进行了六次大提速的改造工程,并从 2003 年开始筹划到 2006 年完成时速 200 km 提速基础工程,制定了时速 200 km 提速技术条件和管理办法,并于 2007 年实施了第六次大提速。这次大提速主要是在京哈、京沪、京广、陇海、浙赣、沪杭、胶济、武九、广深等电气化铁路上开行 200 km/h 的电动车组,个别有条件的线路列车运行时速提至 250 km/h。使客货共线的旅客列车速度由 120、140、160 km/h 提高到 200 km/h ~ 250 km/h;使时速 200 km 以上提速线路延展里程达到 6 227 km。为了进一步缓和客货混跑的繁忙干线能力紧张,解决“乘车难”的问题,我国铁路中长期发展规划将修建 12 条客运专线和京沪高速铁路,除已建成的秦沈客运专线外,已经动工的客运专线有武昌—广州,石家庄—太原,

西安—郑州,武汉—合肥,合肥—南京,青岛—济南,宁波—台州—温州,温州—福州,福州—厦门等线,时速 300 km 的京津城际客运专线将于 2008 年 8 月前投入运营。拟建的城际客运专线还有广珠、广深港等。这些客运专线的速度都将达到 250 km/h ~ 300 km/h,有的设计速度为 350 km/h。我国拥有自主产权时速 350 km 的和谐号电动车组,已于 2008 年 4 月 11 日下线,将在京津城际客运专线上投入运营,北京到天津只需 30 min 即可到达。

大秦线是我国第一条重载双线电气化铁路,原设计能力为煤炭运量 1 亿 t。自 1998 年开通运营以来,运量持续稳定增长,2002 年首次突破 1 亿 t,达到年设计能力。经过重载扩能改造,持续三年以每年增运 5 000 万 t 的速度发展,列车重量由 1 万 t 提高到 2 万 t,2005 年完成运量 2 亿 t,2006 年完成 2.54 亿 t,2007 年预计完成 3 亿 t。神朔、朔黄、侯月等铁路,经过电气化改造,也不断提高了列车重量,正在积极准备开行万吨级重载列车。

2006 年,我国铁路完成的旅客周转量、货物发送量、换算周转量和运输密度四项铁路运输主要指标均居世界第一,以占世界铁路 6% 的营业里程,完成了世界铁路约 25% 的换算周转量。承担我国客货运量约 60% 的电气化铁路,功不可没。2007 年,全国铁路完成货物发送量 31.3 亿 t,比去年增加 2.6 亿 t,增长 9%,增量创历史最高水平。旅客发送量完成 13.6 亿人,比 2000 年增加 1 亿人,增长 8%。

为了进一步说明我国电气化铁路通车里程和承担客货运量所占比重发展变化的情况,我们可以图 1—1 和图 1—2 来表示。自 1983 年我国铁路制定和执行“内电并举,以电为主”的牵引技术政策以来,电气化铁路里程逐年增加,电化率逐年提高,至 2007 年占 32.7%,超过世界铁路平均电化率 10

个百分点。电气化铁路承担客货运量所占的比重逐年提高，特别是繁忙干线京哈（含京秦）、京广、京沪、浙赣（含沪杭）、陇海以及大秦、神黄、侯月、石太、武九、株六等双线电气化扩能改造后，电气化铁路承担的客货运量已超过 60%。

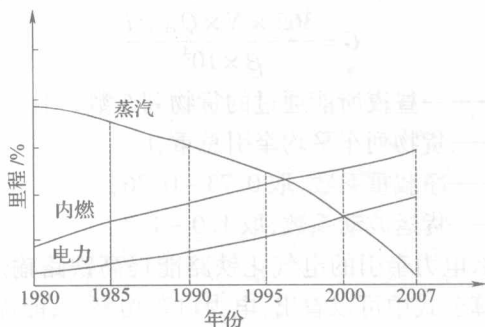


图 1—1 三种牵引方式里程变化图

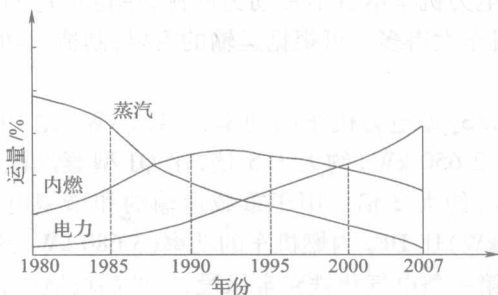


图 1—2 三种牵引方式承担运量比重变化图

第二节 电气化铁路的优越性

理论计算和运营实践都证明，电力牵引比内燃、蒸汽牵引的铁路能增加货物列车重量和旅客列车运行速度，特别符合世界铁路发展货运重载、客运高速的趋势。它具有以下几方面的优越性。

一、提高铁路输送能力

铁路输送能力(G , 万 t/年)系指该铁路线路一年所能输送的货物吨数或万吨数。可按下列公式计算:

$$G = \frac{365 \times N \times Q_{\text{总}} \times i}{\beta \times 10^4}$$

式中 N ——一昼夜所能通过的货物列车数, 列;

$Q_{\text{总}}$ ——货物列车平均牵引总重, t;

i ——净载重系数, 取 0.73 ~ 0.76;

β ——货运波动系数, 取 1.0 ~ 1.2。

为什么电力牵引的电气化铁路能提高铁路输送能力呢? 由理论计算公式中可以看出, 电力机车功率大, 能提高货物列车重量 $Q_{\text{总}}$ 和通过能力 N , 从而提高输送能力 G 。

由于电力机车本身不带动力能源, 单位重量的功率比内燃、蒸汽机车大得多。可根据运输的需要, 制造大功率的电力机车。

例如, SS₄ 型电力机车的功率(6 400 kW)比 DF₄ 内燃机车的功率(2 650 kW)约大 1.5 倍, 比 QJ 型蒸汽机车的功率(2 190 kW)约大 2 倍。用于重载运输的和谐型电力机车功率(9 600 kW)比 DF₈ 内燃机车的功率(3 680 kW)约大 2 倍。

我国第一条电气化铁路宝凤段, 地处高坡地段, 有两个区间的平均坡道为 30‰, 电气化前由 3 台蒸汽机车牵引, 上下行列车重量分别为 650 t/960 t; 电气化初期由三台电力机车牵引(后改为两台), 列车重量增加到 2 100 t/2 400 t(后改为 2 200 t/2 600 t), 年输送能力由 250 万 t 提高到 1 420 万 t。第一条双线电气化铁路石家庄—阳泉段, 电化前 DF₄ 内燃机车牵引 2 400 t, 电化后 SS₁、SS₃ 电力机车牵引 3 300 t, 年输送能力由 1980 年的 2 100 万 t 提高到 1991 年的 6 200 万 t。第一

条重载大秦电气化铁路,投入运营后由 SS₄、8K、8G 电力机车牵引 6 000 ~ 8 000 t,后改由两台 SS₄ 机车牵引 1 万 t、1.2 万 t;2006 年以后改由四台电力机车“1 + 2 + 1”和两台和谐型电力机车“1 + 1 + 可控列尾”方式,开行 2 万 t 重载组合列车,年输送能力由 2002 年突破设计能力的 1 亿 t,2005 年完成 2 亿 t,2006 年完成 2.54 亿 t,2007 年突破 3 亿 t。这些事实足以充分说明电气化铁路能大幅度提高铁路输送能力。

二、提高列车速度

从货运机车的构造速度看,内燃机车均不超过 100 km/h,电力机车多数为 100 km/h,和谐型电力机车为 120 km/h。客运机车 DF₁₁ 和 SS₈ 均为 170 km/h。然而电力动车组的速度高达 300 ~ 350 km/h,比内燃动车组的速度 200 ~ 250 km/h 高得多。

根据平行运行图区间通过能力计算:

$$N_{\text{平}} = \frac{1400 - T_{\text{天窗}}}{T_{\text{周}}} K \quad (\text{对数或列数})$$

单线成对非追踪平行运行图周期为:

$$T_{\text{周}} = t' + t'' + \tau_A + \tau_B \quad (\text{min})$$

式中, t' 、 t'' 分别为上、下行列车区间运行时分(包括必要的起停附加时分, min)。

双线连发平行运行图周期为:

$$T_{\text{周}} = t + \tau_{\text{连}} \quad (\text{min})$$

式中, t 为上行(下行)列车区间运行时分(包括必要的起停附加时分, min)。

双线追踪平行运行图周期为: $T_{\text{周}} = I \quad (\text{min})$

电力机车速度高,能缩短区间运行时间;加速减速快,起停车附加时分短,平行运行图周期短,因而电气化铁路能提高

平行运行图区间通过能力。

实践证明,电力牵引(含电力动车组)特别适应铁路发展客运高速的需要。我国第一条准高速铁路广州东—深圳运营初期采用 DF_{11} 牵引准高速客车,首次将旅客列车运营速度提高到 160 km/h ,1998 年电气化后采用摆式电力动车组,将速度提高到 200 km/h 。既有线路经过四年提速改造工程,2007 年第六次大提速,在京哈、京广、陇海、浙赣、沪杭、胶济、武九等电气化区段,广泛开行 200 km/h 的电动车组,个别有条件的区段列车运行时速提至 250 km/h 。2008 年 4 月 11 日下线的和谐号电动车组,投入京津城际快速客运专线运行,最高速度为 350 km/h 。

由此可见,电力机车不仅能提高列车重量 $Q_{\text{总}}$,而且能提高列车运行速度,缩短运行图周期,提高区间通过能力 N ,从而大大提高铁路年输送能力。

三、合理使用能源,不污染空气

电力牵引合理使用能源主要表现在节约能源、广泛使用能源和不污染空气三个方面。

(一) 节约能源

电力机车的动力能源来自外部电网或发电厂,其热效率比蒸汽、内燃机车的热效率高,每吨公里消耗的能源少,对节省能源,减少排污,降低成本大有益处。据宝成铁路三种牵引方式平均 $1\text{ 万 t} \cdot \text{km}$ 实际消耗能源统计:蒸汽机车耗煤量为 162 kg ;内燃机车耗油量为 64.2 kg ,折合标准煤 128.4 kg ;电力机车耗电量为 146 度 ,折合标准煤 73 kg 。由此可见,电力机车比内燃、蒸汽机车分别节约能源 $43\% \sim 55\%$ 。

如按 1990 年宝成铁路全线所完成的换算周转量 ($\text{t} \cdot \text{km}$) 计算,电力机车每年用电约 18 亿度,折合标准煤 9