

现代铁路新技术丛书——电力牵引·通信信号

高速铁路 四电系统集成

蒋先国 著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

现代铁路新技术丛书——电力牵引·通信信号

高速铁路四电 系统集成

蒋先国 著

西南交通大学出版社

· 成都 ·

内 容 简 介

目前,高速铁路四电系统建设均采用了系统集成的建设模式,为高速铁路核心系统的建设品质提供了技术、方法、组织等方面的强有力的保障。作者结合他在四电系统集成方面的研究成果与实践活动,系统论述了高速铁路四电系统集成的产生及必要性、系统集成及 RAMS 分析的理论基础,并系统地介绍了四电系统集成技术方案及关键技术、接口技术、四电系统 RAMS 分析方法和四电系统集成的试验内容。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路四电系统集成 / 蒋先国著. —成都: 西南交通大学出版社, 2010.4

(现代铁路新技术丛书·电力牵引·通信信号)

ISBN 978-7-5643-0624-3

I. ①高… II. ①蒋… III. ①高速铁路—电力系统
IV. ①U238

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第055169号

现代铁路新技术丛书——电力牵引·通信信号

高速铁路四电系统集成

蒋先国 著

*

责任编辑 李芳芳

封面设计 谢春雷

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川省印刷制版中心有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 18.75 插页: 1

字数: 468 千字

2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-0624-3

定价: 75.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

序

20 世纪末到 21 世纪初,我国铁路在数量、质量、结构方面发生了巨大变化。1997—2006 年,通过六次大规模的提速改造,提速线路达 23 246 km;截至 2010 年初,新建高速铁路 3 700 余 km,行车速度 250 km/h 及以上线路的总长度已超过 4 700 km。

根据《铁路中长期规划》,到 2020 年我国将建成 16 000 km 高速铁路,其中“十一五”期间建成 7 000 km。大规模的高速铁路建设,为电力牵引供电、电力供电、通信、信号系统(简称四电系统)提供了难得的发展机遇。同时,也对四电系统中各个系统的发展,各个系统间的协调,与列车、土建、外部系统的匹配,及其安全可靠性的提出了更高的要求。

应运而生的四电系统集成成为高速铁路四电系统建设提供了从系统论、控制论、协同论发展起来的、科学的工程建设方法。高速铁路四电系统具有两个明显的特征:一是与动车组、土建工程和外部系统的相互影响在加剧,衔接更为紧密;二是四电系统内部的一体化、相互整合进程也在加快。如何将四电系统及其相关的系统集成在一起,克服短板效应,实现整体最优、满足高速铁路对四电系统的要求,是四电系统首先要解决的问题。

高速铁路四电系统集成多学科、多领域的先进技术于一体,是一个既相互独立又密切相关且与外部系统有着复杂联系的巨型系统。从工程建设角度看,四电系统建设又涉及设计、制造、施工、调试四个领域,如何将四电系统集成到包括这四个领域和运营维护等在内的、统一的平台上;如何对高速铁路四电系统建设进行总体性把握、指导和管理,是高速铁路四电系统建设和运营维护必须解决的问题。四电系统集成是为高速铁路四电系统建设形成一个标准先进、统一,系统开放、共享,调试手段先进、有效的技术平台提供方法和动力。通过四电系统集成与创新,将各个自动化系统有机地结合起来,实现综合监控管理;提供各系统间业务关联和触发联动,提高对事件的应急处理能力和快速反应,并充分实现资源共享,降低工程造价。因此,四电系统集成是我国高速铁路建设的必然产物,它为四电系统建设提供了相应的技术、管理平台。

我十分欣喜地看到,高速铁路建设对我国国民经济的发展和国民生活质量的提高发挥了巨大作用,也为青年学者施展抱负提供了广阔空间。教授级高级工程师蒋先国,作为铁道第三勘察设计院集团有限公司分管四电技术的副总工程师,近年主要从事高速铁路四电系统集成的研究、设计及总包管理工作,参与了我国首次采用四电系统集成工程总承包建设模式的京津城际的建设;主持完成了石太高速铁路四电系统集成工程总承包项目,该工程于 2009 年 4 月 1 日开通,至今运行情况良好。在上述工作经历中积累了丰富的研究成果、经验与数据,为本书的编写与出版打下了良好的基础。

更让我欣喜的是,青年学者能够结合自己的工程实践,再上升到理论层面进行总结形成著作,以期对相关技术提供指导。

本书系统论述了高速铁路四电系统集成的产生及必要性、系统集成及 RAMS 分析的理论

基础,并系统地介绍了四电系统集成技术方案及关键技术、接口管理、四电系统 RAMS 分析方法以及四电系统集成的试验内容。作为国内第一本关于四电系统集成方面的专著,尽管还需要进一步深化研究的地方,但本书对目前高速铁路四电系统的建设尤其是设计工作将会起到很好的推动、促进作用。

中国工程院院士

钱清泉

2010 年 3 月 15 日

前 言

21 世纪初,京津城际高速铁路的动工,标志着我国高速铁路建设的开始,而京津城际四电建设采用系统集成工程总承包的建设模式,也掀开了高速铁路四电系统建设的新篇章。随后陆续开工建设的石太、合宁、合武、武广、郑西等高速铁路均采用了工程总承包或施工总承包的四电系统集成建设模式。系统集成成为我国高速铁路四电系统的建设提供了相应的理论、方法和平台,为大规模的高速铁路建设提供了有效的途径和动力。

高速铁路的电力牵引及电力供电、通信、信号,简称为四电系统,是实现高速铁路的速度及能力目标值、确保高速铁路安全可靠运行的核心系统。与普速铁路相比较,高速铁路四电系统与动车组、土建工程和外部系统的相互影响与衔接更为紧密。动车组的功率、速度、受电弓性能、列车的编组及运行方式,对信号制式、牵引供电系统的供电方式、接触网的悬挂方式选择及参数配置起着决定性的作用,动车组运行产生的谐波电流对牵引供电设备的运行安全以及对电力系统的运行质量也有着较大的影响。同时由于科学技术的不断发展,高速铁路四电系统内部一体化、相互整合的进程呈加快趋势。一方面,四电专业内部各系统的一体化进程在加快,如信号系统的列控、联锁一体化整合。另一方面,四电专业间的界线在淡化、模糊,即专业间结合与融合度在提高,如在 350 km/h 的高速铁路上,通过信号系统与通信无线系统的有机结合实现对动车组的有效控制。系统集成技术能有效地将高速铁路四电系统集约在一起,克服短板效应,实现整体最优,满足高速铁路对四电系统以及四电系统自身发展的要求,因此,系统集成技术在我国高速铁路建设中得到普遍运用,并扮演着重要角色。

笔者作为铁道第三勘察设计院集团有限公司分管四电技术的副总工程师,近年主要从事高速铁路四电系统集成研究、设计及总包管理工作。特别是作为石太高速铁路四电系统集成项目经理,组织并参与了包括投标、合同谈判、设计、采购、施工、调试、试运行、开通等全过程的所有工作,对如何科学利用系统集成的方法成功地实施四电系统工程,尤其是在系统集成设计与管理上有一定的心得体会,希望借此书能与同行分享。

本书是在总结以往工程实践经验和科研项目成果、充分吸纳目前基本共识的基础上,运用系统集成理论与方法,对高速铁路四电系统集成进行的一次系统总结与探讨,全书共分 6 章。首先从高速铁路建设以及四电系统发展的角度,系统论述了四电系统集成的产生及必要性,认为四电系统集成适应了高速铁路的发展,其必要性主要体现在四电协同、标准统一、资源整合、接口管理、造价降低、管理有效等方面;其次,结合高速铁路四电系统的特点,介绍了集成模式、技术集成理论与方法,指出集成理论借鉴了系统论完善的系统模型分析与设计方法,吸收了控制论和协同论的精华,侧重研究系统内部各个子系统的关系,并依据集成的功能涌现原理、质参量兼容原理、界面协同原理和运行并行原理,对高速铁路四电集成的主要方案、接口技术、关键技术、各阶段试验内容进行了系统地研究与归纳;最后,阐述了 RAMS 应用于四电系统集成的重要意义,并系统地提出了四电系统 RAMS 分析、计算的方法。希望本书能对高速铁路

四电系统集成工程实践活动提供有益的帮助。

崔校玉、杨振龙、马静波、冯敬然、王海忠、张涛、林德福、何正友、韩正庆参加了本书部分章节的编写工作。在本书出版之际,笔者在此谨向铁道第三勘察设计院集团有限公司、西南交通大学、铁道科学研究院、石太四电集成项目部及有关专家学者表达深深的谢意! 特别感谢西南交通大学钱清泉院士、高仕斌教授给予的大力支持!

本书还存在很多不足之处,敬请广大读者提出宝贵意见。

蒋先国

2010 年 3 月

目 录

第 1 章 高速铁路四电系统集成的背景及必要性	1
1.1 我国高速铁路的建设	1
1.1.1 高速铁路的发展	1
1.1.2 高速铁路的构成	2
1.1.3 高速铁路的需求	4
1.2 高速铁路四电系统集成的产生	5
1.2.1 高速铁路四电系统的构成与特征	5
1.2.2 高速铁路四电系统集成的产生	17
1.3 高速铁路四电系统集成的目标与要求	18
1.3.1 四电系统集成的必要性	19
1.3.2 四电系统集成的理念	20
1.3.3 四电系统集成的目标	21
1.4 四电系统集成的建设管理	22
1.4.1 四电系统集成工程总承包	22
1.4.2 综合设计院为主办方的四电系统集成总承包	23
1.4.3 总体设计院牵头的四电系统集成总承包	24
1.5 小结	24
第 2 章 系统集成理论	25
2.1 系统集成的概念	25
2.2 系统集成的理论基础	26
2.2.1 系统论、控制论、协同论	26
2.2.2 集成论	30
2.2.3 系统集成理论的核心思想	32
2.3 系统集成模式	33
2.3.1 集成单元的行为方式	33
2.3.2 集成单元间连接与组织方式	33
2.4 技术集成理论与方法	34
2.4.1 技术集成的概念	34
2.4.2 技术集成方法	35
2.4.3 工程中的技术集成	39

2.5 小结	42
第3章 高速铁路四电系统集成方案	44
3.1 四电系统集成的应用条件	44
3.2 四电系统集成的基本方法	45
3.2.1 技术集成单元的辨识	45
3.2.2 集成模式的选择	46
3.2.3 集成创新	47
3.2.4 技术集成的评估	47
3.3 四电系统集成方案	48
3.3.1 电力牵引供电系统	48
3.3.2 电力供电系统	60
3.3.3 通信系统	65
3.3.4 信号系统	72
3.4 接口管理	79
3.4.1 铁路工程接口的定义、特征及要素	80
3.4.2 四电系统内、外部接口的主要内容	82
3.5 小结	89
第4章 高速铁路四电系统集成关键技术	90
4.1 概述	90
4.2 专业设计关键技术	90
4.2.1 电力牵引供电系统	90
4.2.2 电力供电系统 10 kV 长电缆线路补偿	120
4.2.3 通信系统	122
4.2.4 信号系统	131
4.3 系统设计关键技术	142
4.3.1 站区综合管沟	142
4.3.2 区间四电设施集约化设计	143
4.3.3 综合设备洞室	143
4.3.4 隧道断面布置	145
4.3.5 综合接地系统	146
4.4 系统整合关键技术	148
4.4.1 综合 SCADA 系统	148
4.4.2 综合视频监控系统	155
4.4.3 箱式设备	156
4.5 小结	160
第5章 高速铁路四电系统集成 RAMS 评估	162
5.1 RAMS 概述	162

5.1.1	可靠性定义	162
5.1.2	可用性定义	163
5.1.3	可维修性定义	163
5.1.4	安全性定义	163
5.1.5	RAMS 各元素间的关系	164
5.1.6	RAMS 的影响因素	164
5.2	RAMS 的意义和分析方法	164
5.2.1	RAMS 应用于四电系统集成的重要意义	164
5.2.2	四电系统集成 RAMS 分析策略	166
5.2.3	四电系统集成可靠性分析方法的选择	167
5.2.4	可靠性框图法	167
5.2.5	故障树分析法	168
5.3	四电系统集成可靠性分析	172
5.3.1	电力牵引供电系统的可靠性分析	172
5.3.2	电力供电系统可靠性分析	183
5.3.3	通信系统可靠性分析	189
5.3.4	信号系统可靠性分析	211
5.4	四电系统集成可用性分析	222
5.4.1	四电系统集成可用性指标	222
5.4.2	基于马尔可夫过程的系统可用性分析	223
5.5	四电系统集成的可维修性分析	226
5.5.1	坚持“预防性维修”的四电系统维修思想	226
5.5.2	四电系统维修等级的选择	227
5.5.3	电力牵引供电系统的维修性分析	227
5.5.4	通信系统可维修性分析	228
5.5.5	信号系统可维修性分析	229
5.6	四电系统集成的安全性分析	230
5.6.1	四电系统集成安全性相关概念	230
5.6.2	四电系统安全性分析	231
5.6.3	提高四电系统安全性的措施	234
5.7	小结	236
第 6 章	高速铁路四电系统集成试验	237
6.1	概述	237
6.2	安装试验	239
6.2.1	电力牵引供电系统	239
6.2.2	电力供电系统	240
6.2.3	通信系统	240
6.2.4	信号系统	244

6.3 部分试验	250
6.3.1 电力牵引供电系统	250
6.3.2 电力供电系统	252
6.3.3 通信系统	252
6.3.4 信号系统	261
6.4 系统试验	264
6.4.1 系统试验目的	264
6.4.2 系统试验内容	264
6.5 集成试验	274
6.6 试运行	276
6.7 石太铁路高速铁路四电系统集成试验简介	277
6.7.1 电力牵引电系统	277
6.7.2 通信系统检测试验	283
6.7.3 信号系统动态检测	285
6.8 小结	287
参考文献	288

第1章 高速铁路四电系统集成的背景及必要性

1.1 我国高速铁路的建设

从20世纪末到21世纪初,我国铁路在数量、质量、结构方面发生了巨大的变化。从1997—2006年,我国铁路历经了六次大规模的提速改造,部分提速线路速度已达250 km/h,标志着我国铁路已跨入了一个崭新的发展阶段。

通过六次提速改造形成的提速线路达 2.3246×10^4 km,其中160 km/h线路为 1.6×10^4 km,200 km/h线路为6 227 km,250 km/h线路为1 019 km,200 km/h及以上提速线路一次达到7 246 km,世界上没有先例。通过6次提速改造,我国铁路成功地实现了列车追踪间隔,动车组5 min,客车6 min,货车7 min,动车组列车与5 000~6 000 t货物列车、25 t轴重双层集装箱列车共线运行,日行车量达260列以上,最大区段达294列,创造了客货共线铁路运输行车速度、列车密度、牵引质量的世界纪录。

在高速铁路建设方面,截至2010年初,新建开通了北京—天津、武汉—广州、合肥—南京、合肥—武汉、石家庄—太原、青岛—济南、宁波—温州、温州—福州、郑州—西安、福州—厦门高速铁路,总里程达3 700余 km。在高速铁路的电力牵引供电、电力、通信、信号系统的建设中,提出了系统集成的概念,采用了系统集成的建设方式,同时广泛采用了机械化、工厂化、专业化、信息化的施工技术和管理,确保了安全、质量、工期、环保的达标。目前,我国是高速铁路系统技术最全、集成能力最强、运营里程最长、运行速度最高、在建规模最大的国家。

1.1.1 高速铁路的发展

我国建设高速铁路有两个背景,一个是国务院批准的《铁路中长期规划》,把高速铁路建设列入了今后铁路建设的重点,另一个是装备技术的大幅度提高为高速铁路建设提供了可靠的支持。

《铁路中长期规划》要求铁路在“十一五”期间重点加强快速客运网络建设,到2020年,我国将建成 1.6×10^4 km高速铁路,其中“十一五”期间建成7 000 km。初步建成以高速铁路为骨干、联结全国主要城市的快速客运网,即“四纵”、“四横”和“三个地区”。“三个地区”是指高速铁路建设主要围绕我国长江三角洲、珠江三角洲、环渤海湾;“四纵”是在南北方向建成哈大高速、京沪高速、京广深(含武广)高速、东南沿海高速;“四横”是在东西方向建成石太高速、郑西高速、南京—合肥—武汉高速、浙赣高速。

技术装备方面,虽然我国高速铁路建设起步比较晚,但在向世界上高速铁路技术发达国家学习的基础上,通过引进消化、吸收和再创新,目前在设计、装备制造、施工安装、联调联试、运营管理等技术方面,形成了拥有自主创新和自主知识产权的中国高速铁路技术系统。

根据《中共中央、国务院关于实施科技规划纲要,增强自主创新能力的决定》和《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,铁道部做出了《关于增强铁路自主创新能力,推进和谐铁路建设的决定》和《铁路科技发展“十一五”规划》。

“十一五”铁路技术创新的目标是:加快建立我国高速铁路建设和运营管理的成套技术体系;加快建立我国铁路动车组和大功率交流传动机车的技术体系;完善我国铁路既有线提速成套技术体系;完善我国高原铁路成套技术体系;系统掌握重载运输成套技术;尽快建成功能完善的信息系统;加快构建铁路安全技术体系;大力推广节能环保技术;加强创新平台和基地建设;加快培养具有世界水平的专家和创新团队。

1.1.2 高速铁路的构成

高速铁路是信息技术、自动控制技术和新材料、新工艺等多种技术门类、多专业综合的高新技术集成体,代表了当今世界铁路技术的最高成就。中国高速铁路建设规模空前、技术复杂、举世瞩目,涉及设计施工、装备制造、试验调试、运营管理、检测及养护维修等众多单位和部门,是一个庞大的系统工程。

高速铁路作为一个复杂的巨系统,是由工务工程、供电工程、通号工程、动车组、运营调度、客运服务、防灾安全、检测维护等系统组成的,各系统既自成体系,又相互关联,只有各系统间相互匹配、接口协调且高度集成,才能发挥出整体的功能和效益。高速铁路各系统的组成见图 1.1。

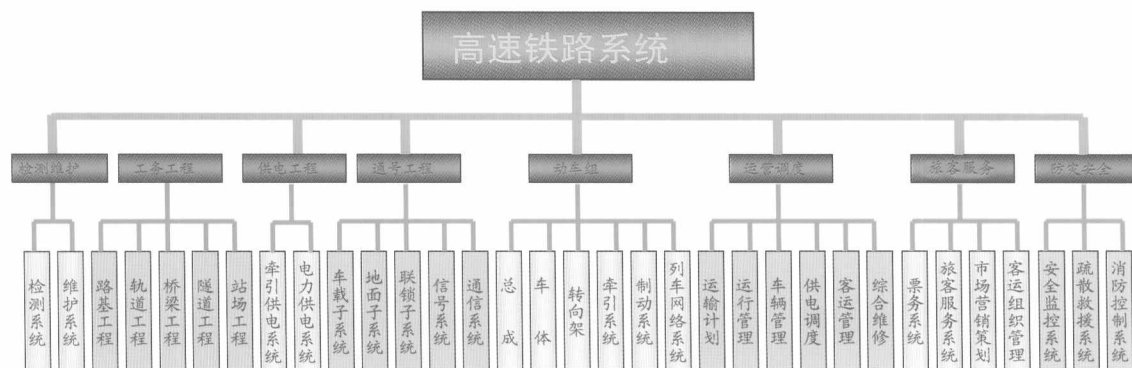


图 1.1 高速铁路系统组成

1. 工务工程

高速铁路工务工程涉及线路、路基、桥梁、隧道、轨道等专业,包括路基与桥梁的过渡、路基与隧道的过渡,以及路基、桥梁等线下基础与轨道结构的衔接等。线路技术是实现高速铁路技术体系的基础。高速铁路要求线路的空间线型平滑,即平纵断面变化尽可能平缓;要求路基、轨道、桥梁具有高稳定性、高精度和小残余变形。同时,要求建立严格的线路状态检测和保障轨道持久高平顺的科学管理系统。

2. 供电工程

供电工程由牵引供电、电力供电两大系统组成,其中电力牵引供电系统由供电、变电、接触网及 SCADA 子系统组成;电力供电系统一般由外部电源及线路、总降压变电所或配电所、配电

线路、终端变电所、低压配电系统等部分构成。电力牵引供电系统的主要功能是为高速铁路列车运行提供稳定、高质量的牵引电流,电力供电系统则负责向高速铁路所有用电设备供电。电力牵引供电系统是高速列车动力及设备系统用电的保证。

3. 通号工程

通号工程由通信和信号两大系统组成。通信系统以传输及接入、数据网、GSM-R 专用移动通信等子系统为基础,包括调度、会议电视、救援指挥、视频、动力环境监控、电源和同步时钟分配等子系统,实现列控信息、话音、数据、图像等的传输。信号系统是确保列车运行安全、正点、效率的关键技术设备,主要由调度集中、列车运行控制、车站联锁子系统组成。调度集中(CTC)系统的主要功能包括列车进路及调车进路的控制、列车运行状况集中监控、列车运行计划调整、临时限速设置等。

总的来说,通信信号工程主要由信息传输、行车指挥自动化和列车运行自动化等部分构成。它以电子或微电子器件为控制单元,采用集中管理、分散控制的集散式控制方式,是高速铁路列车安全、高密度运行的基本保证。世界各国发展高速铁路都非常重视行车安全及其相关支持系统的研发。高速铁路的信号与控制系统是集微机控制与数据传输于一体的综合控制管理系统,是当今铁路适应高速运营、控制与管理而采用的最新综合性高技术。

4. 动车组

动车组是运送旅客的动力设备,集机械、材料、电子、计算机、网络通信等领域的最新技术于一体并具有机车车辆一体化的特征。动车组按列车动力轮对的分布和驱动设备的设置分为动力集中式与动力分散式。目前世界上的动车组基本都是向动力分散型发展的。与常规铁路相比,高速动车组需要性能良好的转向架、牵引系统、制动系统、网络控制、低噪声及优良的空调设施等。高速列车技术随着各国高速铁路的迅速发展而不断提高,在一些高速列车的主要制造国家,已从第二代向第三代甚至更先进的高速列车迈进。我国高速动车组采用动力分散型,具有功率大、启动加速快等特点,车体采用大断面、通长中空铝型材实体结构,重联运行具有控制牵引和制动的一致性,实现了高速行车的安全、舒适。

我国已建成两个速度级的高速动车组技术平台,250 km/h 速度等级有 CRH₁、CRH₂、CRH₅;350 km/h 速度等级有 CRH₂-300、CRH₃。高速动车组有 8 辆短编组、16 辆长编组两种模式,短编组动车组可以采用两列重联的方式编组运行。

5. 运营调度

高速铁路运营调度系统是高速铁路运营管理现代化、自动化、安全高效的标志,它根据旅客出行需求,动车组配备和动力特性、车站装备及作业、沿线线路和设备状态、相邻线路列车运行的状态等,统筹编制列车运行计划、集中指挥列车运行和协调铁路运输各部门的工作。运营调度系统涵盖运输计划管理、列车运行管理、动车管理、综合维修管理、车站作业管理、供电调度、安全监控及系统运行维护等功能。

6. 旅客服务

旅客服务系统的主要功能是处理与旅客服务相关的事件,主要包括发售车票、信息采集、信息服务、信息发布、日常投诉处理、紧急救助、旅客疏散、旅客赔付等工作;此外还有统计分析功能,为管理层提供决策依据。旅客服务系统由订/售票系统、自动检票系统、旅客信息服务系

统、决策支持系统等构成。

7. 防灾安全

高速铁路应充分考虑风、雨、雪、雷电、地震、火灾和异物侵限等致灾因素的影响,并根据沿线的气象、地形地貌、地质条件,以及线路周边环境、运营速度,合理选用相应的工程措施,构建包括灾害预警系统、防灾以及救援系统在内的高速铁路防灾安全体系。高速铁路防灾安全体系包括疏散救援系统、消防与控制系统及安全监控系统。

防灾安全监控系统自动采集、处理、分析铁路沿线风速、风向、雨量、雪深、地震、轨温、落物等监测信息,实现集中监控、预警等功能。

火灾自动报警系统一般由火灾探测报警系统、消防联动控制系统、可燃气体探测报警系统和电气监控系统构成,监视高速铁路火灾灾情并进行消防设备的联动控制,为高速铁路防火救灾工作提供自动化监测与联动控制。

设备监控系统是对高速铁路工程中环控通风、给排水、照明、可控导向、自动扶梯及电梯等设备及系统进行集中监视、控制和管理的系统,也是发生灾害时的联动控制系统。

8. 检测维护

高速铁路运营维护按照“精检慎修”的原则,采用固定检测和移动检测相结合的综合检测技术,在设置固定检测装置的同时,通过高速综合检测列车等,对轨道、接触网、通信信号等实施定期综合检测。根据检测结果,分析基础设施对高速列车运行性能的影响,预测基础设施损伤规律,指导养护维修。

1.1.3 高速铁路的需求

高速铁路建设是我国铁路建设史上前所未有的全新工程,按照铁道部党组提出的建设世界一流高速铁路水平的目标,高速铁路建设要达到“三个一流”,即一流的工程质量、一流的装备水平、一流的运营管理。这“三个一流”对高速铁路建设提出了很高的要求。按照系统论的要求,必须全面实施技术创新、管理创新和体制创新。

现阶段,我国在充分吸取国外先进技术的基础上,已经初步形成了适合我国路情和国情的高速铁路技术体系及思路,具有一定的技术储备。高速铁路是当代高新技术的集合体,其技术发展的重点主要包括以下六大方面。

1. 路基及土建施工技术

推广采用无砟轨道结构技术和新型的钢轨、道岔、轨枕及连接扣件技术,实现免维修、少维修。发展高强度、新结构桥梁和隧道的施工新技术。

2. 牵引供电技术

努力提高牵引供电装备质量和可靠性,发展电力牵引供电系统整合技术。牵引变电所采用微机监控综合自动化装置,实现电力牵引供电系统监控自动化、远动化和运行管理智能化,实现牵引供电引进技术和装备的国产化。

3. 通信信号技术

高速铁路通信信号趋向一体化,采用移动通信实现对移动设施的控制。建设以光纤数字

系统和铁路专用数字移动通信技术(GSM-R)为主体,并与其他信息传输方式协调统一的完整有序的传输体系。建立基于 GSM-R 的我国铁路综合移动通信技术体系。通信实现多样化和高安全可靠,立足于数据及图像业务,具有完善的旅客服务系统。建设高速宽带数字传送网络及接入网,发展铁路专用通信和应急通信。

4. 运营调度技术

建立智能化、网络化的调度通信系统,逐步建成新一代调度集中控制系统(CTC)。发展以主体化机车信号为基础,以实施列车超速防护为重点的列车运行控制系统(CTCS)。基本建成计算机联锁系统。采用区域计算机联锁和数字轨道电路的信号控制技术,以实现车站区间一体化,地面车载一体化。

5. 联调联试技术

联调联试采用高速试验列车(动车组或综合检测列车)与线路耦合、检测并进行运行试验,包括对变电、接触网、动车组、通信、信号、路基、桥梁、隧道、轨道、道岔、调度指挥、客运服务等子系统的功能、接口匹配、运行安全、运输能力、系统技术进行验证、调试和评估,使之达到设计要求。

联调联试过程还要解决精调、系统优化等问题,运行试验结果是新建高速铁路竣工验收的重要依据。联调联试是实现高速铁路整体目标的关键技术之一。

6. 服务及系统集成技术

坚持“统一领导、统一规划、统一标准、统一资源、统一管理”的原则,广泛利用现代通信和信息技术等成果,构建技术先进、结构合理、功能完善、管理科学、经济适用、安全可靠、具有中国特色的铁路信息系统。重点强化运输繁忙的东部地区和路网中具有重要作用的铁路干线和新建客运专线的信息化建设,逐步实现调度指挥智能化、客货营销社会化、经营管理现代化,在提高运输效率、扩大运输能力、优化资源配置、保障运输安全、改进服务质量、提升管理水平、提高经济效益等方面发挥明显作用。

在分析高速铁路的构成与需求时,可以用这样一个比喻:路基、桥梁、隧道等结构物以及轨道工程是高速列车的载体,是高速铁路的“躯干”;电力牵引供电系统是高速列车的动力,是高速铁路的“血液”;信号系统是高速列车的控制中心,是高速铁路的“大脑”;通信系统是高速列车的信息传输通道,是高速铁路的“神经网络”。因此,可以看出,高速铁路各系统是一个为高速列车服务的、相互关联、不可分割的有机整体,无论是在高速铁路关键技术研究,还是在高速铁路建设中,都要用系统论的观点、用系统集成的方法来指导人们的实践活动,只有这样才能达到系统最优的目的。这点也可以说是高速铁路建设的基本需求之一。

1.2 高速铁路四电系统集成的产生

1.2.1 高速铁路四电系统的构成与特征

从图 1.1 高速铁路系统组成中可以看出,高速铁路系统中与电有关且直接与行车相关的

系统有供电工程和通号工程两个部分,这两个部分又可分为电力牵引供电、电力供电、通信、信号四个系统,即所谓的四电系统。四电系统按系统构成和专业分工又可分为若干个子系统,详见图 1.2。当然,由于历史的原因、惯例的不同以及强弱电系统特性上的差异,造成四电系统子系统的划分存在着不对称性及多样性,但不会对四电系统整体结构的表述产生大的影响。

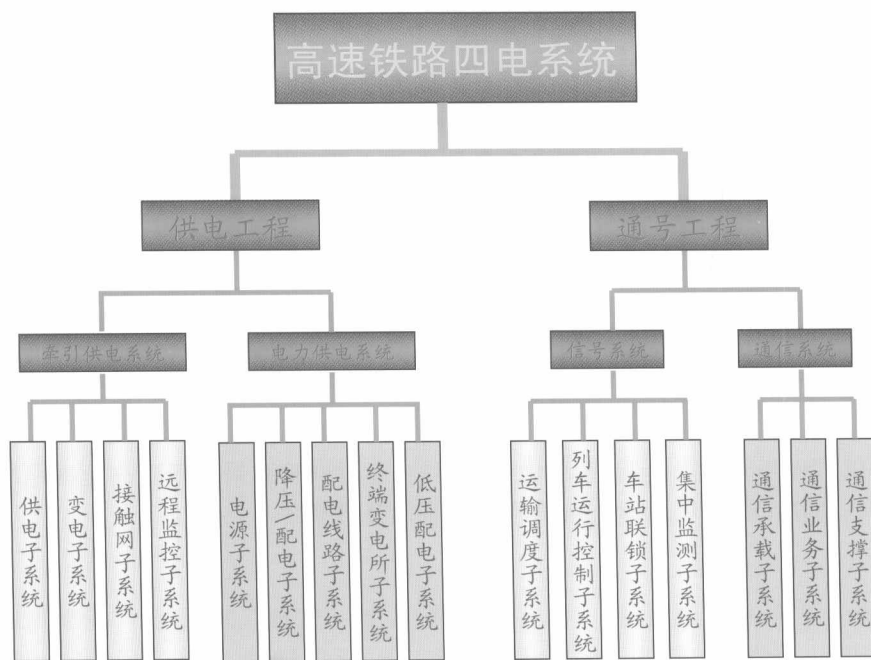


图 1.2 高速铁路四电系统的构成

1.2.1.1 电力牵引供电系统

电力牵引供电系统是保证铁路安全、稳定、高效运营的重要基础设施之一,是列车运行的动力保障。

1. 电力牵引供电系统的构成

电力牵引供电系统从电气回路构成角度看,主要由牵引变电所和牵引网构成。牵引变电所的主要作用为电能变换及控制,完成单相牵引网与三相电力系统之间的衔接和电压变换。牵引网由馈线、接触网、回流网等组成。馈线是牵引变电所向接触网供电的线路,其作用是将电能由牵引变电所输送给接触网;接触网是沿铁路线架设、向电力机车或动车组供电的特殊形式的输电线路,通过它与受电弓的移动接触,将电能输送给电力机车或动车组;回流网是一个广义的概念,指牵引电流从机车或动车组流出、回到牵引变电所所流经的通道,通常由钢轨、大地、专用的回流线、地线等组成。电力牵引供电系统从系统构成角度看,又可分为供电子系统、牵引变电子系统、接触网子系统及远程监控子系统(即 SCADA 系统),其系统构成及相互关系见图 1.3。

2. 电力牵引供电系统的特征

高速铁路是我国为加大区域间旅客运输能力而大力发展的新型交通形式,相比于普通的