



“十二五”国家重点出版物出版规划项目

列车运行控制方法与技术丛书

丛书编审委员会主任 宁 滨

列车运行控制系统 测试技术

LIECHE YUNXING KONGZHI XITONG
CESHI JISHU

杨志杰 禹志阳 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

“十二五”国家重点出版物出版规划项目
铁路科技图书出版基金资助出版

列车运行控制方法与技术丛书

列车运行控制系统测试技术

杨志杰 禹志阳 编著

中国铁道出版社

2016年·北京

内 容 简 介

本书为《列车运行控制方法与技术丛书》之一,系统地介绍了我国高速铁路列车运行控制系统测试技术研究与应用的相关问题;结合国内外高速铁路列控系统测试技术的现状,介绍了列控系统测试基本理论与技术;针对我国高速铁路列控系统测试技术的发展,介绍了列控系统仿真测试平台的基本原理和架构,列控系统测试案例与生成应用,CTCS-3级列控系统互联互通测试以及列控系统测试技术在我国高速铁路的应用;结合列控系统测试技术的发展趋势,介绍了专家测试系统的发展历程与现状。

本书可作为高等院校轨道交通信号及控制、自动化等专业教材,也可作为在职专业技术人员的继续教育教材或相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

列车运行控制系统测试技术/杨志杰,禹志阳编著. —北京:
中国铁道出版社,2016. 11

(列车运行控制方法与技术丛书)

ISBN 978-7-113-21979-6

I. ①列… II. ①杨…②禹… III. ①列车-运行-控制系统-
测试技术 IV. ①U284. 48

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 145928 号

书 名: 列车运行控制方法与技术丛书
列车运行控制系统测试技术
作 者: 杨志杰 禹志阳 编著

策 划: 崔忠文

责任编辑: 崔忠文

编辑部电话:(路)021-73146

电子信箱:dianwu@vip. sina. com

(市)010-51873146

封面设计: 崔 欣

责任校对: 胡明锋

责任印制: 陆 宁 高春晓

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 中国铁道出版社印刷厂

版 次: 2016年11月第1版 2016年11月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 12.75 字数: 309 千

书 号: ISBN 978-7-113-21979-6

定 价: 60.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

《列车运行控制方法与技术丛书》 编审委员会

名誉主任

- 孙优贤 中国工程院院士 浙江大学
施仲衡 中国工程院院士 中国地铁工程咨询公司
孙永福 中国工程院院士 中国铁道学会
桂卫华 中国工程院院士 中南大学

主任

- 宁 滨 教授 北京交通大学校长

副主任

- 刘朝英 教授级高工 中国铁路总公司运输局电务部主任
唐 涛 教授 北京交通大学轨道交通控制与安全国家重点实验室主任

委员(按姓氏笔画排序)

- 卜长坤 北京交通大学
王飞跃 中国科学院自动化研究所
刘大为 中国铁路总公司科技部
李开成 北京交通大学
陈建译 广州铁路(集团)公司
杨志杰 中国铁道科学研究院
赵会兵 北京交通大学
段 武 中国铁道科学研究院
郜春海 北京交通大学
莫志松 中国铁路总公司运输局
郭 进 西南交通大学

崔忠文 中国铁道出版社
黄卫中 中国铁路通信信号集团股份有限公司
程荫杭 北京交通大学
董海荣 北京交通大学
蔡伯根 北京交通大学

序

截至 2014 年年底,我国高速铁路运营里程达到 1.6 万公里,成为世界高速铁路运营里程最多的国家。高速铁路把环渤海经济圈、中原城市群、关中城市群、武汉城市圈、长株潭城市群、长三角经济圈、珠三角经济圈等经济区紧密联系在一起,大幅缩短城市间的时空距离,有效减低出行时间成本,对促进区域经济协调发展发挥巨大作用。我国在 22 个城市开通运营城市轨道交通,总通车里程达 3 000 多公里,北京、上海的城市轨道交通日运量已达 1 000 万人以上。高速铁路、城市轨道交通已成为我国公共交通骨干,在国民经济、社会发展中发挥着重要作用。

铁道信号系统是用于控制和防护列车运行的一类特殊设备,旨在保证轨道交通安全、高效运行。计算机、通信及控制等现代信息技术的应用,使铁道信号技术向系统化、网络化、智能化发展,构成了无缝覆盖铁路车、线、站,实时控制列车运行全过程的复杂自动控制系统——列车运行控制系统。伴随着高速铁路、城市轨道交通发展起来的列车运行控制技术和装备,是保证列车安全、高效运行的核心,是高速铁路、城市轨道交通技术先进性的体现。

过去十年,伴随着高速铁路和城市轨道交通的发展,国家高度重视列车运行控制技术和装备的发展,先后在北京交通大学建立了轨道交通控制与安全国家重点实验室、轨道交通运行控制工程研究中心及北京实验室等国家和省部级研究平台,设立了一系列国家自然科学基金、863 计划、国家科技支撑计划及省部级研究项目,围绕高速铁路、轨道交通迫切需要列车运行控制技术和装备,开展相关的应用基础、前沿技术和装备研究。经过潜心研究、努力攻关和拼搏实践,我国已攻克了列车运行控制核心技术,掌握了列车运行控制原理和方法,形成了需求提取、系统集成和联调联试、运用维护等涵盖列车运行控制系统全寿命周期的方法和技术,取得了一系列重大成果,使我国列车运行控制装备技术水平居世界前列。在借鉴欧洲列车控制系统(ETCS)技术规范基础上,我国提出了中国列车运行控制系统(CTCS)技术体系,制订了 CTCS 技术规范和标准。在引进国外核心技术基础上,自主研发了 CTCS-2 级列车运行控制系统和基于 GSM-R 的 CTCS-3 级列车运行控制系统的成套技术装备,实现了互联互通,保证了列车在高速铁路网中长距离、跨线安全、高效运行。经过多年努力,在攻克核心技术基础上,我国自主研制了适

于城市轨道交通的基于通信的列车控制(CBTC)系统。2010年年底,北京亦庄线CBTC示范工程顺利开通运营,使我国成为第四个掌握CBTC技术的国家,解决了多年困扰城市轨道交通发展的技术难题。2010年至今,带动CBTC信号系统每公里造价下降达30%以上,降低了城市轨道交通全寿命周期成本,有效支撑了城市轨道交通快速发展和安全运营。

《列车运行控制方法与技术丛书》在系统总结近年来我国列车运行控制核心技术攻关、关键装备研制、工程建设与运用维护等方面所取得的丰富成果基础上,全面介绍了列车运行控制系统的基本原理和关键技术,系统设计、测试验证、安全保障及运营维护等方法。本丛书由轨道交通控制与安全国家重点实验室、轨道交通运行控制国家工程研究中心组织编写,荣幸地被列入“十二五”国家重点出版物出版规划项目,并得到铁路科技图书出版基金、轨道交通控制与安全国家重点实验室的支持与资助。

《列车运行控制方法与技术丛书》对于列车运行控制系统领域具有较高的学术价值和实用意义,可为从事列车运行控制的科学研究、关键技术装备研发和运营维护人员提供参考。

编审委员会

2015年10月

前 言

列车运行控制系统是一个由安全软件、硬件和列控数据共同构成的复杂系统。为了满足不同运行条件下列车控制功能的需求,列车运行控制系统设置多种运行模式和多个运营场景,不同运行模式和运营场景之间在一定条件下可实现自动或手动转换;为了保证行车安全,列车运行控制系统必须满足规定的安全等级要求,在系统硬件平台、软件架构、数据格式、数据校验与传输等方面需考虑冗余备份、比较输出、纠错容错等多种安全技术措施,特别是在发生故障时,要求故障导向安全,绝对不允许提供给列车的行车许可或信号升级。列车运行控制系统功能需求的复杂性和系统的高安全性对软件的开发提出了高要求。

测试是电气/电子/可编程电子安全相关系统开发过程中的必要环节,也是保证高速铁路列车运行控制系统满足系统功能需求和相关标准的重要手段。列车运行控制系统测试以完整的系统为对象,对系统的整体功能、综合性能和接口关系进行测试和验证,是高速铁路列车运行控制系统开通和交付运营前的重要环节。

列车运行控制系统软件开发和数据配置主要依靠开发人员来完成,因为人的因素导致的差错是不可避免的。为了发现和克服系统软件和数据配置方面的错误,在列车运行控制软件开发过程中需进行各种测试,如单元测试、集成测试、系统功能测试等,测试方法包括白盒测试、黑盒测试和灰盒测试等。尽管如此,由于系统需求的复杂性,测试案例数量庞大,各种测试案例的组合更是无穷尽,要实现列车运行控制系统的全覆盖测试是不可能的。如何通过有限的测试案例和测试工作,最大限度地把控系统的安全性和可用性,是列车运行控制系统测试技术必须解决的问题。

本书以高速铁路列车运行控制系统的系统测试为对象,详细介绍了我国高速铁路列车运行控制系统测试技术的发展历程、现状及发展趋势。全书共七章。第一章介绍了美国、德国、法国、俄罗斯和日本等国建设环行试验线以及现场试验段开展实车综合试验的基本经验,以及中国铁道科学研究院环行试验线和现场综合试验的发展历程。第二章详细介绍了安全软件测试的基本理论和方法,包括白盒测试、黑盒测试、软件风险分析、故障注入和场景测试等,初步构建了列车运行控

制系统测试的理论基础。第三章结合高速铁路列车运行控制系统实验室仿真测试平台的开发与应用,详细论述了仿真测试平台的功能需求、结构设计、仿真平台软件系统整体架构设计以及接口信息服务器的开发等,在此平台基础上,详细介绍了测试计划自动生成技术、测试序列优化生成技术、仿真回放技术、JRU 监测记录技术等。第四章论述了列车运行控制系统测试案例的设计与功能特征的提取方法以及测试案例的安全性分析等,对列车运行控制系统测试中测试案例的设计和应用原则进行了总结和归纳。第五章和第六章分别结合互联互通测试以及现场的综合测试,介绍了集成测试、联调联试和综合试验的基本内容与方法,对列车运行控制系统测试技术的具体应用,如仿真测试、测试序列编制、测试案例的应用、试验数据的监测记录与分析等进行了详细论述,并总结概括了部分测试中发现的典型问题。第七章对专家系统的开发与应用现状进行了介绍,指明了列车运行控制系统测试技术向自动化、智能化的发展趋势和方向。本书可作为高校轨道交通信号及控制、自动化等专业教材,也可作为在职专业人员的继续教育教材或相关工程技术人员的参考用书。

本书由中国铁道科学研究院通信信号研究所杨志杰、禹志阳编著,并负责全书的统稿。第一章由范丽君编写,第二章由吕书丽编写,第三章由程剑锋编写,第四章、六章由禹志阳编写,第五章由北京交通大学袁磊编写,第七章由万林编写。本书承蒙北京全路通信信号设计院张苑审阅,并提出了许多宝贵的修改意见。本书中所引用的联调联试典型故障案例得到了李一楠、王菲、汪洋以及联调联试项目组所有成员的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请读者批评指正。

作者

2016年3月于北京

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 高速铁路列控系统简述	1
第二节 国外列控系统测试技术发展现状与趋势	3
第三节 我国高速铁路列控系统测试技术的发展历程	10
第二章 列控系统测试基本理论与技术	12
第一节 软件测试基本理论与方法	12
一、软件测试基础	12
二、黑盒测试技术	14
三、白盒测试技术	17
四、测试案例	19
第二节 安全软件测试评估理论	19
一、软件安全完整性等级	20
二、软件质量	20
三、软件生命周期	21
四、安全软件测试评估	22
第三节 基于场景的测试技术	24
一、场景概念	24
二、基于场景的测试方法	25
三、列控系统的场景测试	27
第四节 基于故障注入的测试技术	27
一、故障注入概念	27
二、故障注入分类	27
三、故障注入方法	28
四、列控系统故障注入方法	41
第三章 列控系统仿真测试技术	42
第一节 列控系统仿真测试发展概述	42
一、国内外列控系统仿真测试技术研究现状	42

二、测试技术的研究现状·····	43
第二节 列控系统仿真测试平台功能需求·····	43
一、功能需求·····	44
二、性能需求·····	44
三、数据需求·····	44
第三节 列控系统仿真测试平台结构设计·····	45
一、软件平台功能实现·····	45
二、仿真平台软件系统整体架构设计·····	46
三、接口信息服务器的设计·····	49
第四节 列控系统仿真测试平台实例·····	58
一、测试计划自动生成系统·····	58
二、CTCS-3级测试序列优化生成系统·····	70
三、仿真回放·····	75
四、高速列车JRU远程监控系统·····	81
第四章 列控系统测试案例生成与应用·····	105
第一节 列控系统测试案例的设计·····	105
一、功能特征的提取方法·····	106
二、功能特征的定义原则·····	106
三、测试案例的生成方法·····	109
第二节 列控系统功能需求的安全相关性分析与描述·····	109
一、列控系统功能需求的安全性分析·····	109
二、列控系统安全性需求的故障树形式化描述·····	111
第五章 CTCS-3级列控系统互联互通测试技术·····	116
第一节 CTCS-3级列控系统实验室仿真测试·····	116
一、CTCS-3级列控系统仿真测试实验室结构·····	116
二、CTCS-3级列控系统实验室仿真测试·····	118
第二节 CTCS-3级列控系统互联互通测试·····	119
一、设备方实验室测试·····	119
二、第三方互联互通实验室测试·····	122
三、现场测试·····	131
第六章 CTCS-3级列控系统测试技术的应用·····	135
第一节 CTCS-3级列控系统集成测试·····	135

一、实验室集成测试	135
二、列控系统现场集成调试	137
第二节 CTCS-3 级列控系统联调联试	144
一、测试流程与测试方法	144
二、测试序列与场景设计	146
三、联调联试中典型故障案例举例	152
第三节 武广高速铁路 CTCS-3 级列控系统综合试验	161
一、实验室测试	161
二、环行道测试	163
三、武广试验段现场测试	166
第七章 列控系统测试技术的发展	170
第一节 专家系统的发展历程	170
一、专家系统的研究现状	170
二、列控系统自动测试专家系统需求分析	172
第二节 专家系统的初步实现	173
一、专家系统现有技术基础	173
二、专家系统结构设计	174
参考文献	192

第一章 绪 论

随着我国铁路由普速铁路逐渐向高速铁路、客货共线向客运专线、货运重载化方向发展,许多信号新技术、新系统和新设备不仅在高速铁路上广泛应用,同时也在普速铁路上迅速推广,不同等级的技术装备并存,开通运营前必须对列控系统进行充分的测试验证。本章对高速铁路信号系统构成和列车运行控制系统(简称“列控系统”)结构做了简述,并对国内外列控系统测试技术的发展历程进行介绍。

第一节 高速铁路列控系统简述

我国高速铁路信号系统主要包括计算机联锁系统、列控系统、调度集中系统和信号集中监测系统。

列控系统是高速铁路的重要基础装备,由车载设备和地面设备构成。地面设备实时将列车行车许可、路径信息以及线路参数信息等传输给车载设备;车载设备根据列车的制动参数等按照目标距离一次制动模式实时计算列车速度监控曲线,监控列车运行。

在充分调研各国列控系统制式和应用情况基础上,我国制定了 CTCS 列控系统标准体系,确定了 CTCS0~4 级列控系统。

CTCS-2 级列控系统是基于轨道电路和应答器传输列车行车许可信息并采用目标距离连续速度控制模式监控列车安全运行的列控系统。主要设备包括:列控中心、临时限速服务器、轨道电路、应答器、列控车载设备等。列控中心具备与车站联锁系统、临时限速服务器、轨道电路、地面电子单元(LEU)、CTC/TDCS 车站设备、信号集中监测及相邻列控中心的接口,临时限速服务器具备与列控中心、CTC 和相邻临时限速服务器的接口能力,安全信息传输采用冗余配置的专用信息通道。

CTCS-3 级列控系统是基于 GSM-R 无线通信实现车地信息双向传输,无线闭塞中心(RBC)生成行车许可,轨道电路实现列车占用检查,应答器实现列车定位,并具备 CTCS-2 功能的列车运行控制系统。主要设备包括:无线闭塞中心、GSM-R 接口设备、临时限速服务器、轨道电路、应答器、列控中心、列控车载设备等,如图 1-1 所示。

临时限速服务器集中管理本线的临时限速命令,具备全线临时限速命令的存储、校验、撤销、拆分、设置、取消及临时限速设置时机的辅助提示功能。临时限速服务器接收 CTC 或临时限速操作终端生成的临时限速调度命令,并在校验、拆分后向相关的列控中心传递临时限速信息。临时限速实现原理如图 1-2 所示。

CTC 系统实现列车调度指挥自动化,并与相邻调度区段的 CTC/TDCS 接口。

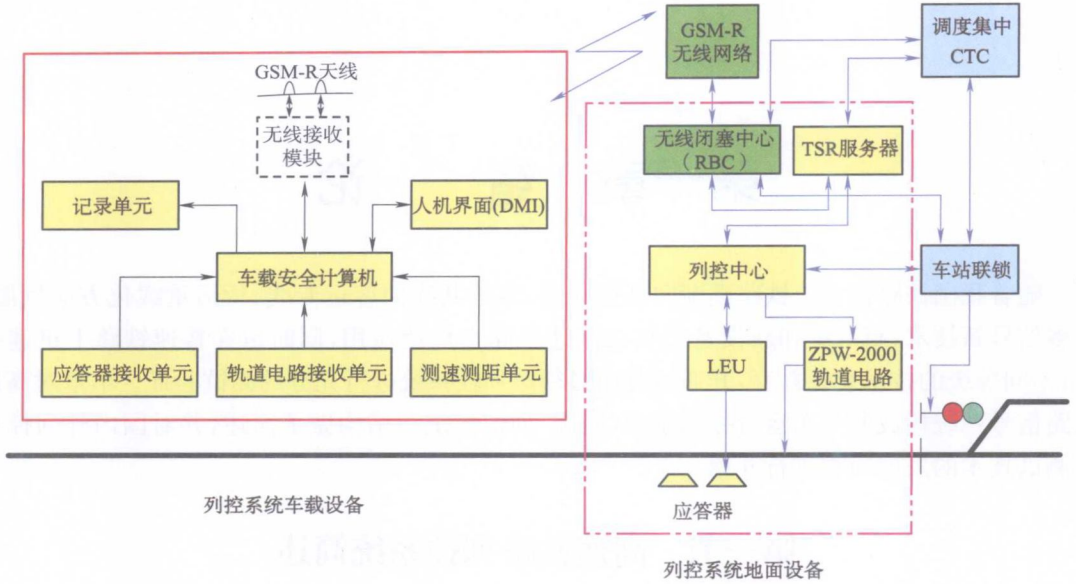


图 1-1 CTCS-3 级列控系统结构示意图

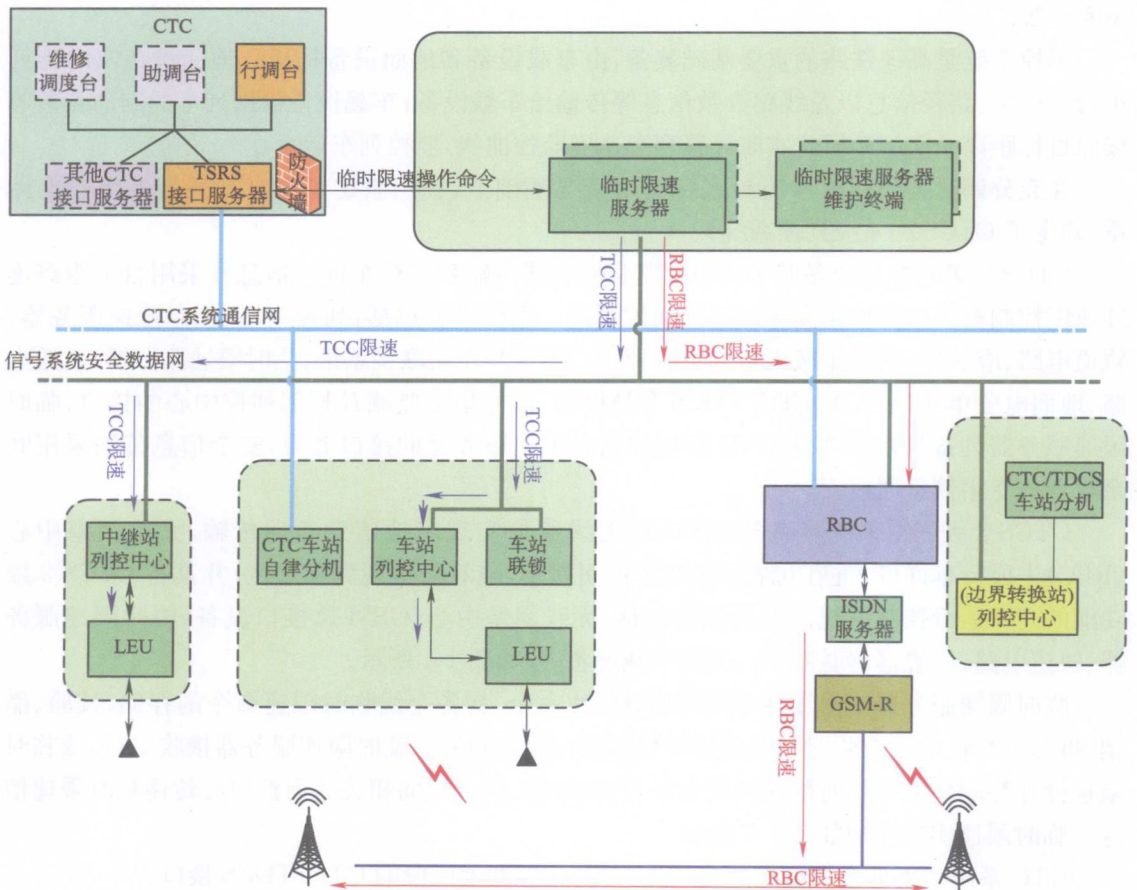


图 1-2 CTCS-3 级列控系统临时限速实现原理

第二节 国外列控系统测试技术发展现状与趋势

高速铁路是一项庞大的系统工程,代表了当今世界铁路技术的最高成就。在高速铁路建设过程中,系统试验是必不可少的环节。日、法、德等国的实践证明,高速铁路建设不仅要有高水平的系统设计、高质量的施工和装备制造技术,更要有全面、系统的试验检测手段。由于高速铁路的复杂性,仅靠设计与理论计算并不能满足可靠、安全、舒适等系统关键性指标的要求,必须通过实车、实线的大系统试验以及大量的各子系统试验,在试验条件、试验工况可控的前提下,获取具有可重复性的试验结果,对设计进行验证、优化,对质量进行判别、认定,对可靠性、安全性、舒适性和节能环保特性等进行评估。

1. 美国国家运输技术中心(TTCD)

美国国家运输技术中心(TTCD)由美国运输部联邦铁路管理署负责兴建,全部由国家投资,于1971年建成,现由北美铁道协会(AAR)负责以企业方式管理。运输技术中心位于美国科罗拉多州普韦布洛(Pueblo, Colorado),占地135 km²,相当于北京市三环内的总面积,试验线路总长77.28 km,包括三个环行试验线,如图1-3所示。

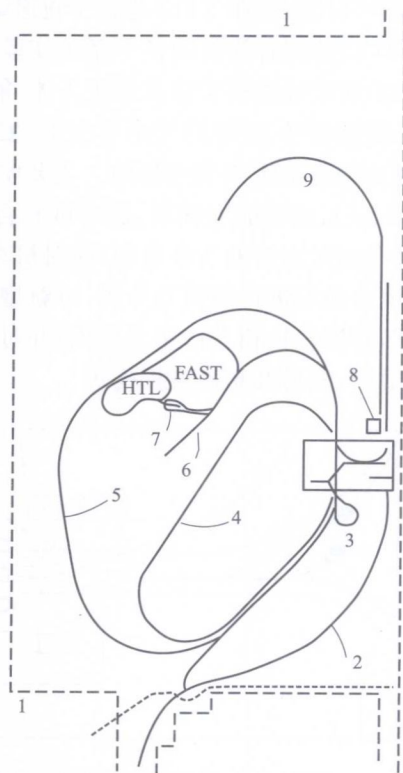


图 1-3 美国国家运输技术中心(TTCD)平面布置

1—试验中心边界线;2—精确试验线(Precision Test Track, PTT);3—困难走行试验线(Screech Loop);4—过渡试验线(Transit Test Track, TTT);5—铁路试验线(Railroad Test Track, RTT);6—冲击试验线(Impact Test Track, Impact);7—提速试验线(Facility for Accelerated Service Testing, FAST);8—排除故障人员的准备间;9—单轨机车车辆试验线

铁路试验线(RTT)是椭圆形环线,全长 21.735 km,设计试验速度 257.6 km/h,主要进行高速动车组综合性能试验及疲劳试验,以及配套的线路工程、通信信号、安全监控及相互接口部的试验。

过渡试验线(TTT)也是椭圆形环线,全长 14.65 km,有第三轨供电系统,设计最高试验速度 128.8 km/h,主要进行城轨车辆及配套系统性能试验及疲劳试验。

提速试验线(FAST)全长 7.728 km,是一个最小半径为 349 m 的带反向曲线的环形线,主要进行大运量的系统疲劳试验。

另外还有一条车辆动力学试验线(9.982 km)及一条冲击试验线(1.21 km)。

美国国家运输技术中心(TTCI)最大的 RTT 高速环行试验线不仅对美国本国东北走廊高速线及高速动车组“飞人号”(Acela)进行了最高速度 265 km/h 的系统试验(型式试验、性能检测及累计 256 万 km 的耐久疲劳试验),为东北走廊高速动车组安全运营奠定了基础,而且还为世界很多国家的高速动车组、高速线路重要部件、通信信号及供电设备等进行系统试验(包括疲劳试验),如法国阿尔斯通公司、加拿大庞巴迪公司、日本铁道综合技术研究所等都曾在美国 TTCI 环行线上进行过高速动车组及转向架、高速线路结构部件(钢轨、道岔、轨枕、扣件等)、通信信号、供电设备等系统性能试验,取得重要的试验数据,对发展各国的高速铁路具有十分重要的意义。我国 20 世纪 80 年代也曾在 TTCI 进行了轨道结构部件的系统性能试验。

美国国家运输技术中心(TTCI)还拥有配套的各子系统实验室(图 1-4),装备了世界一流的先进试验设备,拥有一大批技术素质优秀的实验及分析人才,能对高速铁路及其他轨道交通的机车车辆、动车组、线路工程、通信信号、接触网与牵引变电、安全监测等子系统进行试验调试、检测验证、接口部试验,是高速铁路总体集成的基础。主要实验室(试验台)有轨道动力学实验室(RDL,实验室面积 5 000 m²)、多功能加载机、振动试验台、微振台、轨道和桥梁设备大型实验室、金相及零部件实验室等高度完善的实验设施,能对机车车辆和动车组的车体疲劳强度、转向架悬挂动力学性能、脱轨参数等进行测试与分析,对新型轨道及道岔进行检测、分析与评估,对桥梁使用寿命进行测评,开展轮轨相互作用力检测,并对轨道和车轴零部件、材料进行测试分析,包括无损测试、液体贯穿、磁粉及超声波探伤等。

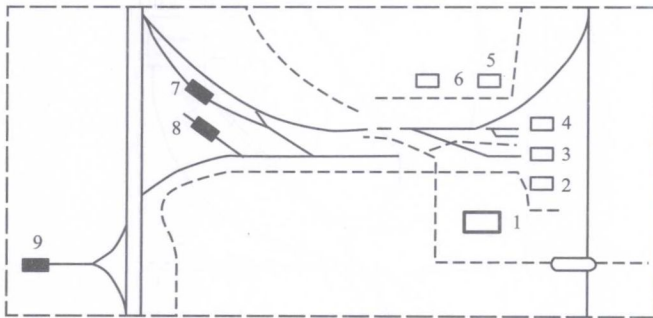


图 1-4 TTCI 实验室及服务管理设施分布

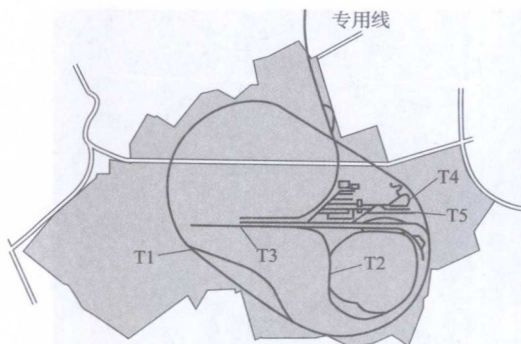
- 1—办公楼;2—工程技术楼;3—机车车辆动力学实验室;4—材料实验室;5—轨道及桥梁实验室;6—部件实验室;
7—高速机车车辆整备库;8—备品库、技术服务工段;9—地铁动车及城市轨道交通车辆整备库

TTCI 还装备了多辆试验车,车上安装各种参数测量传感器及二次仪表,能进行轮轨关系、弓网关系、信号与控制、重要部件应力、应变、轮轨冲角、钢轨断面形状及表面光洁度、道岔

断面、各种电气参数及热力参数的测量,利用先进的遥控数据采集及数据分析系统对高速铁路系统性能进行验证评估。

2. 德国西门子韦格贝格—维尔登拉特铁路车辆实验中心(PCW)及柏林—勃兰登堡铁路技术试验场(GBT)

1997年,德国西门子公司交通技术部在德国政府全力支持下,仅用13个月时间,在位于门兴—格拉德巴赫地区韦格贝格—维尔登拉特原英国军用机场原址上修建现代化的铁路车辆实验中心(简称PCW)并投入运营。该中心具有5条试验线(图1-5),总长度22 km,其中包括T1椭圆形环线(6.1 km),最高试验速度160 km/h,允许轴重26 t;T2环线(2.5 km),设有准轨和窄轨(1 000 mm)两种轨距及第三轨;T3~T5三条试验线,设有小半径曲线。实验中心还配备有子系统实验室,能进行各种子系统调试及部件试验。试验线的供电设备能提供世界上所有的电流制式。



(a) 线路图



(b) 全貌图

图1-5 德国西门子韦格贝格—维尔登拉特实验中心(PCW)线路及全貌

在德国这个现代化的实验中心,西门子公司约有95%的高速铁路机车车辆及其他装备的试验在此完成,其中包括新型的ICE3型及ICE350型高速动车组的系统试验及系统接口联调试验。PCW提供的试验包括三种类型:①定型试验,可以确定批量生产的高速动车组及其他车辆设计方案;②质量认证试验,以决定批量投产时逐件检查的各节车辆的技术质量;③创新设计开发试验,如ICE3高速动车组的各种新开发部件试验。其余5%的试验任务,包括速度高于160 km/h的线路高速试验及信号安全级别试验必须在高速运营线上进行试验验证。PCW对德国西门子的技术创新发挥了巨大的作用。

德国另有计划在柏林—勃兰登堡修建高速铁路技术试验场(GBT)(图1-6),其试验线路包括东、西两个单环线及连接两个环线的两条8 km长的直线段,最高试验速度250 km/h。各试验段可实现供电分离,可以采用不同的直流或交流供电制式。

3. 法国瓦朗谢讷铁路实验中心及高速铁路试验段

法国瓦朗谢讷铁路实验中心(图1-7),位于杜埃—瓦朗谢讷铁路线以南的雷斯姆地区,占地460 000 m²,阿尔斯通公司和庞巴迪ANF公司承担了全部投资的72%,阿尔斯通占更大比例,全部投资为1.8亿法郎。其余由欧洲地区发展基金和行政大区补贴支付。2000年3月正式投入使用。