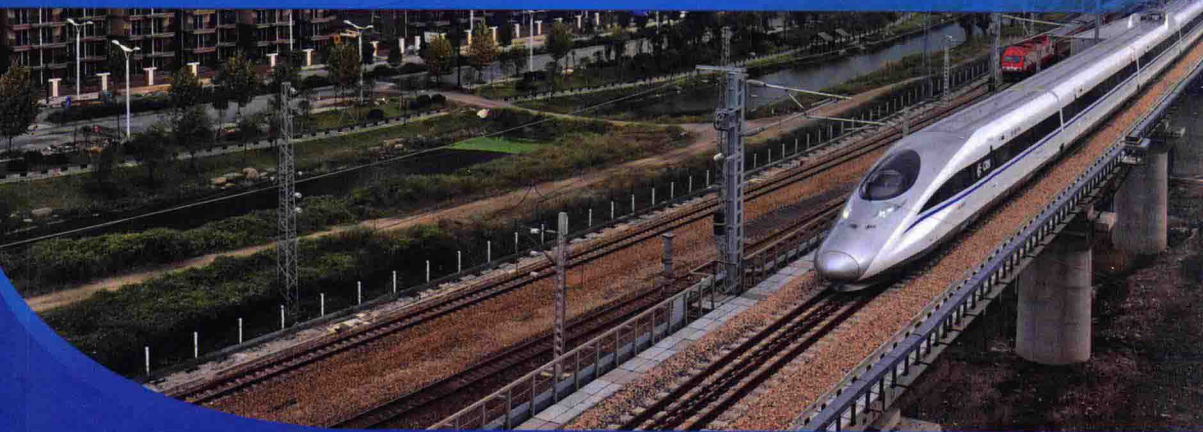


高等职业教育高速铁路系列教材



高速铁路路基

谢松平 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等职业教育高速铁路系列教材

高速铁路路基

谢松平 主编

隋瑞凌 主审

中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书为高等职业教育高速铁路系列教材之一,主要针对高速铁路路基的技术特点,按应用技术的层面,结合规范与工程实际,从高速铁路路基的结构构造、地基处理技术、路堤填筑技术、基床病害等几个方面阐述。全书共分6章,主要内容为高速铁路路基概述,高速铁路路基结构构造,高速铁路地基处理施工工艺及方法,高速铁路路堤填筑压实工艺与检测,武广高速铁路路基工程施工工艺及关键技术,路基基床病害及整治。

本书为高职高专高速铁路工程技术专业、铁道工程、城市轨道交通工程技术专业的教学用书,也可作为铁路工务技术人员培训用书、工程施工技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路路基/谢松平主编. —北京:中国铁道出版社,2011.4

高等职业教育高速铁路系列教材

ISBN 978-7-113-12801-2

I. ①高… II. ①谢… III. ①高速铁路—铁路路基—
高等职业教育—教材 IV. ①U213.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 056317 号

书 名:高速铁路路基
作 者:谢松平 主编

责任编辑:刘红梅 电话:010-51873133 电子信箱:mm2005td@126.com

封面设计:崔丽芳 教材网址:www.tdjiaocai.com

责任校对:孙 玫

责任印制: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:中国铁道出版社印刷厂

版 次:2011年4月第1版 2011年4月第1次印刷

开 本:787mm×960mm 1/16 印张:8.25 字数:151千

印 数:1~4 000册

书 号:ISBN 978-7-113-12801-2

定 价:18.00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

高等职业教育高速铁路系列教材 编 审 委 员 会

主 任:戴力斌

副 主 任:曹 毅

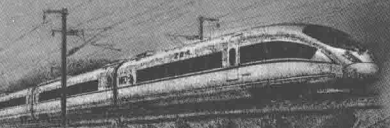
委 员:(按姓氏笔画排列)

邓昌大 何奎元 应夏晖 李 宏

李章凤 陈志雄 陈建译 周 伟

唐新权 晔 元 郭飞跃 谭墩枝

薛双纲



序



全套资料

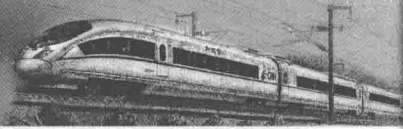
2011年1108

中国铁路一直认真贯彻党中央、国务院关于铁路技术装备现代化的部署,按照“先进、成熟、经济、适用、可靠”的技术方针,瞄准世界高速铁路最先进技术,通过原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新的有机结合,取得了一系列重大技术创新成果,系统掌握了时速 250 km 和时速 350 km 速度等级的涵盖设计施工、装备制造、系统集成、运营管理等高速铁路成套技术,构建了具有自主知识产权和世界先进水平的高速铁路技术体系。目前,中国已经成为世界上高速铁路发展最快、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。

根据中长期铁路网规划,到 2020 年,铁路营业里程将达到 12 万 km 以上。其中,新建高速铁路将达到 1.6 万 km 以上;加上其他新建铁路和既有线提速线路,我国铁路快速客运网将达到 5 万 km 以上,连接所有省会城市和 50 万人口以上城市,覆盖全国 90% 以上人口。

为了建设和维护好高速铁路,确保其高效、安全、准时和舒适平稳运行,必须要有一大批掌握高速铁路建设、运用与维护等专业知识的工程技术人员,这些技术人员目前迫切需要一本适合他们要求的、同时具有一定理论深度的相关教材或技术参考书。

湖南高速铁路职业技术学院正是在上述背景下,在广泛收集国内外有关高速铁路的技术资料和调研的基础上,经过消化吸收和系统归纳整



理,结合高职院校教学特点以及国内高速铁路运营实际,组织教师和大量现场工程技术人员共同编写了高速铁路系列丛书,主要涵盖铁道工程、铁道运营管理、铁道通信、铁道信号等专业,可供高等职业院校相关专业教学使用,亦可供高速铁路施工、运营、维护等技术人员培训使用。

相信本套教材的出版会为进一步提高教学质量、帮助学生更快适应工作岗位、促进铁路职工更好地提高专业技能打下坚实的基础,为中国高速铁路的发展做出应有的贡献。

丛书编委会
2011年4月

相结合的... 其中... 本书... 铁路... 运营... 管理... 通信... 信号... 专业... 教学... 使用... 可供... 技术人员... 培训... 使用... 相信... 教材... 出版... 为... 提高... 教学... 质量... 帮助... 学生... 更快... 适应... 工作... 岗位... 促进... 铁路... 职工... 更好... 地... 提高... 专业... 技能... 打下... 坚实... 的... 基础... 为... 中国... 高速... 铁路... 的... 发展... 做出... 应有... 的... 贡献...



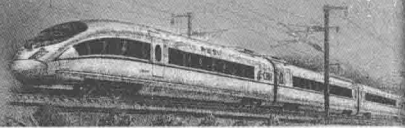
前 言



根据中国铁路中长期发展规划,到2020年,全国新建高速铁路将超过1.6万km,其中最高运行时速250km的线路总长超过5000km;最高运行时速350km以上的线路总长超过8000km,届时,中国高速铁路将形成功能强大的高速铁路网,总长将成为世界第一。为了管好、用好和维护好这些高速铁路,确保其每时每刻都能够高速、高效、安全、准时和舒适平稳运行,必须要有一大批掌握高速铁路建设、运用与维护等专业知识的工程技术人员,这些技术人员目前迫切需要一本适合他们要求的、同时具有一定理论深度的相关教材或技术参考书。湖南高速铁路技术学院从2005年开始编写高速铁路培训教材并对在职技术人员进行培训,学院正是在上述背景下,广泛收集国内外有关高速铁路的技术资料,进行了大量的调研,经过消化吸收和系统归纳整理,结合高职学院教学特点,组织编写了高速铁路各专业系列图书,本书正是其中的一本。

高速铁路的出现对传统铁路的设计施工和养护维修提出了新的挑战,在许多方面深化和改变了传统的设计方法和观念。高速铁路路基应按土工结构物进行设计,其地基处理、路堤填筑、边坡支挡防护以及排水设计等必须具有足够的强度、稳定性和耐久性,使之能抵抗各种自然因素作用的影响,确保列车高速、安全和平稳运行。

本书主要对高速铁路在路基填筑质量标准高、路基基床表层采用级



配碎石强化结构、路桥及横向构筑物间设置过渡段、严格控制路基变形和工后沉降、地基处理的种类多、采用无砟轨道路基等方面进行了重点介绍,并针对多条高速铁路路基的技术特点,从应用技术的层面,结合规范与工程实际,从高速铁路路基的结构构造、地基处理技术、路堤填筑技术、基床病害等几个方面进行了阐述。

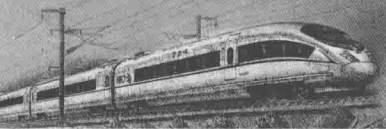
本书由湖南高速铁路职业技术学院谢松平编写,由中铁二十五局隋瑞凌主审。本书在编写过程中听取了施工企业的建议,特别是主审高级工程师隋瑞凌对本书提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并表示感谢!

本书可供高职高专高速铁路工程技术、铁道工程、城市轨道交通工程技术专业的教学用书;也可作为铁路工务技术人员培训用书,工程施工技术人员参考书。

本书涉及的内容多为高速铁路路基的高新技术,各方面的技术都处在不断变化之中,同时由于编写时间仓促、作者水平有限,书中不妥之处恳请读者批评指正,以求不断提高教材质量。

编者

2011年4月

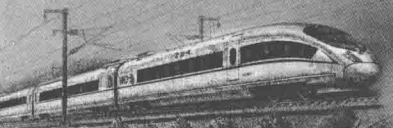


目 录

1	高速铁路路基概述	1
1.1	路基在高速铁路中的地位 and 作用	1
1.2	高速铁路路基工程技术特点	5
1.3	我国高速铁路路基的发展情况	6
	复习思考题	13
2	高速铁路路基结构构造	14
2.1	高速铁路路基横断面	14
2.2	高速铁路路基基床结构	18
2.3	路 堤	22
2.4	过 渡 段	23
	复习思考题	27
3	高速铁路地基处理施工工艺及方法	28
3.1	我国高速铁路地基处理状况概述	28
3.2	高速铁路地基处理原则	32
3.3	高速铁路的主要地基处理方法	33
3.4	高速铁路地基处理存在的技术问题	49
3.5	高速铁路地基处理的建议	50
	复习思考题	50



4 高速铁路路基填筑压实工艺与检测	51
4.1 填筑施工准备.....	51
4.2 基床以下路堤填筑施工.....	53
4.3 路基基床施工.....	56
4.4 改良土填筑施工.....	62
4.5 路基与其他构筑物过渡段施工.....	65
4.6 土工合成材料应用.....	67
4.7 沉降观测一般规定.....	67
4.8 路基施工检测技术.....	68
复习思考题	73
5 武广高速铁路路基工程施工工艺及关键技术	74
5.1 工程概况及特点.....	74
5.2 地基加固.....	76
5.3 基床以下路堤填筑.....	85
5.4 路堑开挖.....	96
5.5 过渡段填筑.....	99
5.6 防排水	100
复习思考题.....	101
6 路基基床病害及整治	102
6.1 基床病害的类型及特征	102
6.2 基床病害的预防	107
6.3 基床翻浆冒泥的整治	107
6.4 基床下沉及挤出病害的整治	113
6.5 基床冻害整治	117
复习思考题.....	121
参考文献	122



1 高速铁路路基概述

1.1 路基在高速铁路中的地位和作用

路基是轨道的基础,也叫线路下部结构。高速铁路列车运行速度快、技术标准高、对路基的要求严格,控制路基变形已成为高速铁路路基最重要的一方面。因此,高速铁路路基与普通铁路路基的本质区别在于强化基床表层结构,提高和完善压实标准,同时对填料及路基与结构物过渡段的刚度提出了更高的要求。

高速铁路的出现对传统铁路的设计施工和养护维修提出了新的挑战,在许多方面深化和改变了传统的设计方法和观念。高速铁路路基应按土工结构物进行设计,其地基处理、路堤填筑、边坡支挡防护以及排水设计等必须具有足够的强度、稳定性和耐久性,使之能抵抗各种自然因素作用的影响,确保列车高速、安全和平稳运行。与普通铁路路基相比,高速铁路路基主要表现为以下4个特点。

1.1.1 高速铁路路基为多层结构系统

高速铁路线路结构,已经突破了传统的轨道、道床、土路基这种结构形式,既有有砟轨道也有无砟轨道。对于有砟轨道,在道床和土路基之间,已抛弃了将道砟层直接放在土路基上的结构形式,做成了多层结构系统。图1.1~图1.5分别为德国和法国高速铁路一般路基基床的断面形式,保护层的厚度为25~30 cm。图1.6为日本高速铁路板式轨道的基本结构形式之一,其把基床表层称为路盘或强化路盘,厚度为30 cm,强化路盘的表层为5 cm厚的沥青混凝土,其下为级配碎石(或高炉矿渣)。

1.1.2 控制变形是路基设计的关键

控制变形是路基设计的关键,采用各种不同路基结构形式的首要目的是为高速线路提供一个高平顺、均匀和稳定的轨下基础。由散体材料组成的路基是整个线路结构中最薄弱、最不稳定的环节,是轨道变形的主要来源。它在多次重复荷载作用下所产生的累积永久下沉(残余变形)将造成轨道的不平顺,同时其刚度对轨道面的弹性变形也起关键性的作用,因而对列车的高速走行有重要影响。高速行车对轨道变形有严格的要求,因此,变形问题便成为高速铁路设计所考虑的主要控制因素。就路

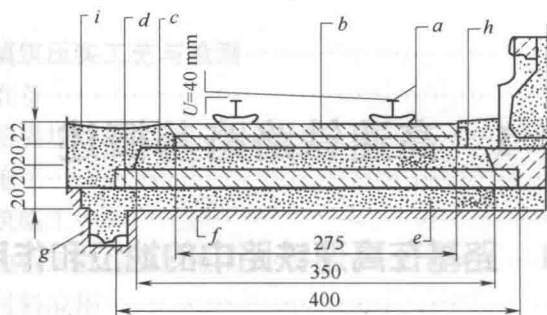


图 1.1 德国高速铁路无砟轨道路堤的断面形式之一(单位:cm)

- a—UIC60 钢轨扣件;b—钢筋混凝土连续板;
- c—混凝土绝热层及支持层;d—素混凝土;e—矿渣混凝土;
- f—下伏土层;g—透水材料;h—冷沥青层;i—道砟

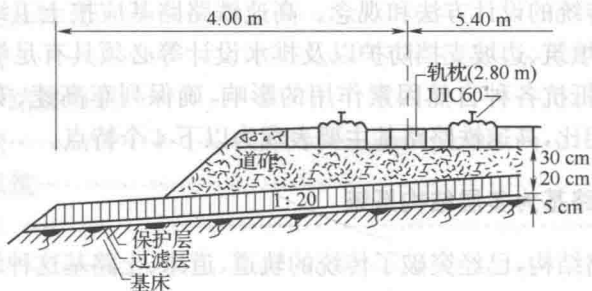


图 1.2 德国高速铁路有砟轨道路堤的断面形式



图 1.3 法国高速铁路路堤的断面形式(单位:m)

基而言,过去多注重于强度设计,并以强度作为轨下系统设计的主要控制条件。而现在强度已不成为问题,一般在达到强度破坏前,可能已经出现了过大的有害变形。日

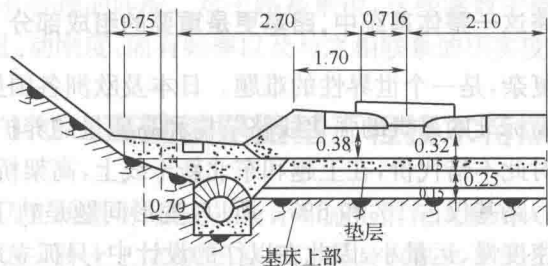
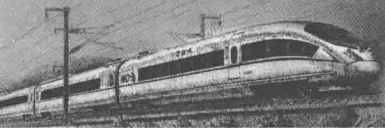


图 1.4 法国高速铁路路堑的断面形式
(基床土质差)(单位:m)

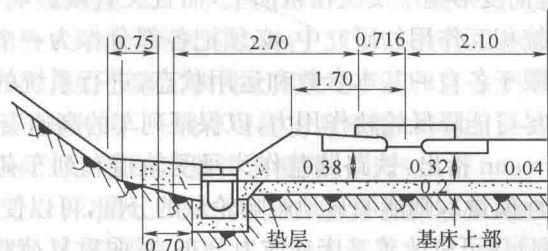


图 1.5 法国高速铁路路堑的断面形式
(基床土质好)(单位:m)

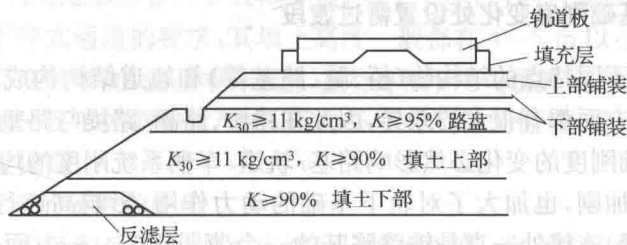


图 1.6 日本高速铁路板式轨道路基的断面形式之一

本东海道新干线的设计时速为 220 km, 由于其在设计中仅仅采取了轨道的加强措施, 而忽略了路基的强化, 以至从 1965 年开始, 因为路基的严重下沉, 致使路基病害不断, 线路变形严重超限, 不得不对线路以年均 30 km 以上的速度大举整修, 10 年内中断行车 200 多次, 列车运行平均速度也降到 100~110 km/h。



1.1.3 在列车、线路这一整体系统中,路基更是重要的组成部分

变形问题相当复杂,是一个世界性的难题。日本及欧洲各国虽然实现了高速,但他们都是通过采用高标准的昂贵的强化线路结构和高质量的养护维修技术来弥补这方面的不足。日本对此不惜代价,在上越和东北新干线上,高架桥延长米数所占比例分别为 49% 和 57%,路基仅占 1% 和 6%。所以,变形问题是轨下系统设计的关键。由于普通铁路行车速度慢、运量小,因此在以往的设计中,只孤立地研究轮、轨的相互作用,并把这种相互作用狭义地理解为轮、轨接触部位的几何学、运动学、动力学的关系,而忽略了路基的影响,其中各个部分的设计也只局限于本专业范围内。对于高速铁路,轮轨系统应该是车轮、钢轨、道床、路基各部分相互作用的整体。因为包括路基在内的轨下系统的垂向变形集中反映在轨面上,而且又直接影响着轮轨作用力的大小。所以,在轮轨系统相互作用的研究中,必须把各部分作为一个整体系统来分析,建立适当的模型,着眼于各自的基本参数和运用状态,进行系统的最佳设计,实现轮轨系统的合理匹配,尽可能降低轮轨作用力,以保证列车的高速安全运行。德国著名的高速铁路专家 Birmann 指出:铁路路基作为承受轨道和列车荷载的基础,如果选择了合理的刚度(弹性模量),则能明显地影响轮载的分配,可以使轨面的最大支承力减小 60%~70%,而且还可以改善基床动应力分布,减弱重复荷载的动力作用,减少列车荷载对线路的不良影响。但这并不是要求路基不存在变形,因为列车不可能在一个绝对刚性的基础上作高速稳定的运行,只能依循着不平顺的走行面和刚度有变化的轨道运行。

1.1.4 在轨下基础刚度变化处设置需过渡段

铁路线路由不同特点的结构物(桥、隧、路基等)和轨道结构构成,这些结构在强度、刚度、变形等方面都有很大的差异,因此在路桥、路涵、路堤与路堑、路隧等相连地段,纵向轨下基础刚度的变化必然影响路基/轨道/车辆系统刚度的均匀性,导致高速铁路系统振动的加剧,也加大了对轨下基础的动力作用,影响高速行车的平稳和安全。路基与桥(涵)连接处一直是铁路路基的一个薄弱环节。一方面路基与桥梁(涵洞)刚度差别较大而引起轨道刚度的突变,另一方面由于路基与桥台(涵洞)的沉降差而导致轨面不平顺。在路堤与桥(涵)间设置一定长度的过渡段,以控制轨道刚度的逐渐变化,并最大限度地减少由于路基与桥涵的沉降不均匀而引起的轨道不平顺,保证列车高速、安全、舒适运行。

因此,在高速铁路技术研究中,无论机车车辆、轨道结构或路基、桥梁、隧道专业,都应当把自己的问题放在整个系统中去考察。设计中所采用的设计参数应当使系统



的各个部分相互间有合理的匹配。对于路基来说,这些参数主要是弹性系数、阻尼、参振质量、变形模量、动刚度、固有频率以及与之相联系的压实度和含水量等。

1.2 高速铁路路基工程技术特点

路基作为一种人工构造物,是通过设计和施工消耗大量的人力、材料和机械而完成的建筑产品。作为一种土工结构物,路基工程具有某些不同于一般的钢铁或混凝土结构物的独特的特点。

(1)路基工程是线形建筑物,施工面狭长,流动性大,临时工程多,施工易受到其他工程和外界的干扰,施工管理工作量大。(2)由于路基施工系野外作业,受水文、气候、地质等自然条件的影响很大。特别是雨季和冬季,使一些地区的施工增加了许多困难,施工作业受到极大限制,甚至无法进行。(3)铁路经过的地形地貌差别很大,致使工程数量很不均匀,会给各施工项目之间的协调工作带来困难。(4)由于铁路路基是永久性建筑,占用土地较多,一般不可能拆除重建,再加上路基暴露于外界,长年经受列车荷载作用,因此对工程的质量要求极高。

高速铁路由于设计标准及工程的内在质量要求都较高,使得高速铁路工程的施工也不同于普通铁路。与普通铁路路基工程的施工相比,高速铁路路基施工具有如下特点。

1. 填土高度增加

为了减少横向交通干扰,必须在高速铁路下设置行人和车辆行走的设施。对于山岭重丘区,可利用地形布置天桥式横穿道;对于平原区,则只能以提高路基填土高度来满足设置下穿式通道的要求,其填土高度一般都在4~5 m以上。

由于填土高度的增加,路基本体发生过大的和不均匀沉降变形的可能性增大,而高速铁路对路基的变形控制非常严格,因此必须对填料的性质、含水量、压实标准等指标的要求相应提高。

2. 取土、弃土的矛盾较突出

当线路通过山区和丘陵区时,由于线形标准的提高,设计时很难实现土方的填挖平衡,有可能增大借土或弃土的数量,以及带来铁路用地范围的扩大,给工程施工造成困难。

3. 工程地质条件复杂、特殊土和特殊地区的路基较多

由于高速铁路线形的重要性,路线通过不良地质地段的情况较多。在丘陵区,通常进行深挖和高填;在山区,通常会遇到大的滑坡体、泥石流及稻田、水库等情况;在冲积平原和三角洲地区,还会遇到大面积深层的软土地基。由于以上情况,在工程



施工中就要求采取特殊的施工工艺。

4. 线路中的桥涵和通道等特殊工程多

高速铁路必须采取全封闭的方式,以保证列车的快速通行和安全行驶。为解决高速铁路与地方交通的关系,以及广大农村生活、耕作、灌溉等问题,就需要增设较多的桥涵及通道等特殊构造物,这就给施工增加了困难,如施工对过渡段填土的压实标准要求很高等。

5. 路基边坡的技术要求高

在高速铁路上,为了行车的舒适和安全,对路基边坡的稳定性和线路的绿化、美化均有较高的要求。路基边坡的防护和加固工程较多,其施工的技术要求和美学要求也较高。

6. 路基施工组织与管理更加严格

高速铁路建设项目繁多、工程投资巨大、工程任务艰巨、工期要求紧、质量要求高,这就使路基施工的组织与管理更加精细和严格。

7. 路基施工机械化程度高

高速铁路路基建设除需大批的常规设备外,还需要一批大型化、专业化、智能化的专用设备和专用试验、检测设备,以确保技术指标的控制,保障施工能力,保证生产率。如大吨位压路机、机械密度仪或智能密实度系统等。

由上述高速铁路路基施工特点,决定了它的施工规律。只有研究并遵循这些规律,科学地组织高速铁路路基施工,才能圆满地完成施工任务。

1.3 我国高速铁路路基的发展情况

路基工程是铁路工程项目中所占比例较大的工程,在线下工程中占有举足轻重的地位。随着铁路向高速化发展,路基标准及施工质量状况直接影响列车高速、平稳、舒适和安全的技术指标。

我国高速铁路路基的技术标准及主要参数,是20世纪90年代以来在高速铁路“八五”、“九五”研究成果的基础上,吸收了国外高速铁路路基施工和建设的经验;在设计过程中借鉴、消化、吸收了国外铁路设计新方法和新标准;结合秦沈线的实际情况,并经有关部门多次组织国内专家的论证而最终确定的。

1.3.1 路基主要研究的课题及成果

1. “八五”、“九五”路基主要研究的课题

研究的课题有《高速铁路路基技术条件的研究》(1993~1995)、《高速列车作用下

地基弹塑性与刚度的研究》(1993~1995)、《高速铁路路基稳定性及变形控制值的研究》(1995~1997)、《高速铁路软土地基工后沉降标准的研究》(1995~1997)、《高速铁路路基与桥梁过渡段技术措施的研究》(1995~1997)。

2. 秦沈客运专线路基科研试验的主要项目(2000~2003)

主要项目有《软土路基工后沉降的控制试验研究》、《路基施工工艺、质量检测方法和标准的试验》、《路桥过渡段设置方法试验》、《土工合成材料加筋技术处理路基试验》、《不同基床表层结构及路基、轨道动态试验研究》。

3. 高速铁路(京沪)路基工程试验研究项目

研究项目有《京沪高速铁路路基结构形式及填料改良优化研究》(1997~1998)、《(高速铁路)路基和桩基沉降控制的试验研究》(1999~2001)、《高速铁路路基沉降控制的试验研究》(2002~2003)、《高速铁路软土和液化土地基处理技术的试验研究》(2002~2003)、《高速铁路液化土地基加固技术的试验研究》(2003~2004)。

4. 客运专线路基工程试验研究项目

研究项目有:随着客运专线的大规模规划建设,针对客运专线通过软土、膨胀土、湿陷性黄土等不良地质地段进行了系统的试验研究,主要有《合宁线低路堤基床和路堑基床进行动力特性及变形特性的试验研究》(2004)、《合宁线原状地基土的膨胀力试验研究》(2004)、《铁路路基基床结构设计方法及参数的研究》(2005~2007)、《郑西客运专线湿陷性黄土地基处理措施与沉降观测》(2006~2008)。

1.3.2 客运专线的有关研究及成果

1. 设计规范

设计规范有《时速 200 km 新建铁路线桥隧站设计暂行规定》、《京沪高速铁路设计暂行规定》、《新建时速 200 km 客货共线铁路设计暂行规定》、《遂渝线无砟轨道综合试验段无砟轨道设计技术条件》、《无砟轨道铁路设计指南》、《新建时速 200~250 km 客运专线铁路设计暂行规定》、《新建时速 300~350 km 客运专线铁路设计暂行规定》、《京沪高速铁路无砟轨道设计技术条件》、《高速铁路设计规范》。

2. 施工、验收及提速规范

施工、验收及提速规范有《秦沈客运专线铁路路基施工技术细则(试行)》、《客运专线基床表层级配碎石暂行技术条件》、《变形模量 E_{s2} 检测规程(试行)》、《客运专线路基施工技术指南》(TZ 212—2005)、《客运专线铁路路基工程施工质量验收暂行标准》、《既有线提速 200 km/h 技术条件(试行)》、《高速铁路路基施工技术指南》、《高速铁路路基工程施工质量验收暂行标准》。

3. 指导现场施工的科研试验段