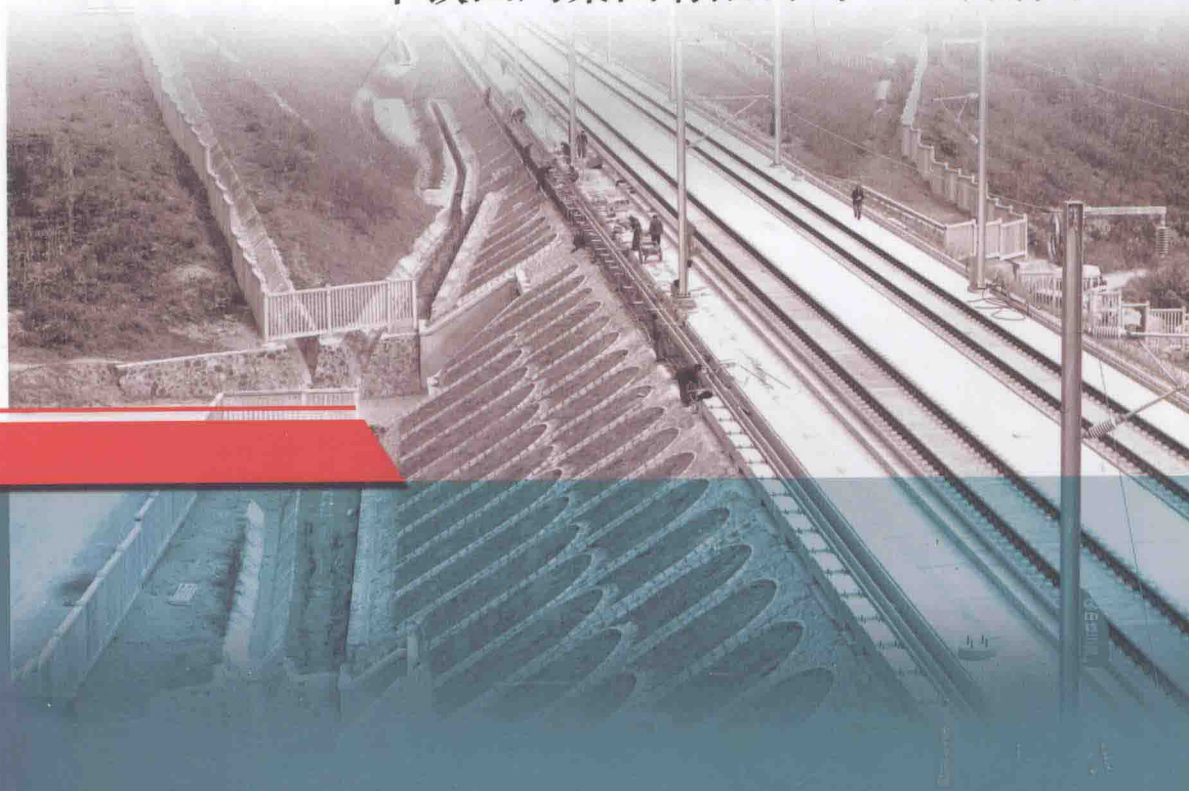


高速铁路 路基工程施工技术

GAOSU TIELU
LUJI GONGCHENG SHIGONG JISHU

中铁四局集团有限公司 组织编写



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高速铁路路基工程施工技术

中铁四局集团有限公司 组织编写

中国铁道出版社

2013年·北京

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路路基工程施工技术/中铁四局集团有限公司组织编写. —北京:
中国铁道出版社, 2013. 7

ISBN 978-7-113-16980-0

I. ①高… II. ①中… III. ①高速铁路—铁路路基—工程施工 IV. ①U213.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 162022 号

书 名: 高速铁路路基工程施工技术

作 者: 中铁四局集团有限公司

策划编辑: 陈小刚

责任编辑: 陈小刚 电话: 010-51873193

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 胡明锋

责任印制: 郭向伟

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: 北京精彩雅恒印刷有限公司

版 次: 2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 15 字数: 360 千

书 号: ISBN 978-7-113-16980-0

定 价: 65.00 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联系调换。

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

编委会名单

主 任:伍 军

副 主 任:何贤军

委 员:梁 超 刘武生 赵 飞 杨 翼

孙爱军 石华锋 董燕因 熊庆华

郑德禹

主 编:何贤军

副 主 编:胡修玉 张宏斌

编写人员:郭宏坤 唐 涛 彭宏伟 万国平

覃国俊 王泽录 马 光 褚诗洋

宫胜会 王玉林 姚大闯 刘道学

王立玲 李上寿

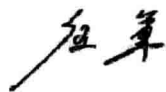
序

高速铁路是世界铁路建设中的一项重大成就,是当今世界安全可靠的现代交通工具,它在许多国家得到迅猛发展,成为世界铁路的新潮流。我国高速铁路以其高速、平稳、舒适的优良品质赢得了人民群众的广泛赞誉,有力促进了沿线区域经济发展,带动了相关产业升级,改善了人民群众生活。高速铁路的出现已突破了传统铁路路基的设计理念,其设计理论、施工技术和检测手段等都有了很大发展,相关的技术标准不断提高,新技术也不断被应用于高速铁路路基中。我集团公司早在2000年便开始了高速铁路有关施工技术的研究工作,形成了大批研究成果并在大量工程实践中得到应用。

铁路路基是轨道的基础,是经过开挖或填筑而形成的土工结构物,高速铁路的路基工程与桥梁、隧道一样,是铁路轨下基础工程的重要组成部分,是影响列车高速、安全、舒适的关键工程。高速铁路的路基工程与普通铁路相比,标准高,在高速行车条件下所承受的动力作用和变形极为复杂,是承受轨道结构重量和列车荷载的基础,是线路工程中最薄弱、最不稳定的环节。因此,对路基工程必须按结构物设计和施工,路基整体结构应达到少维修或免维修、耐久性结构设计的要求。

《高速铁路路基工程施工技术》一书的编者都是我集团公司长期从事高速铁路路基领域的技术工作者。本书不仅对高速铁路路基工程施工技术进行了系统总结,而且对施工过程中可能出现的质量通病和防治措施进行了认真归纳。本书不仅会对今后的铁路建设提供很好的参考和借鉴,也必将会对我国高速铁路路基工程施工技术的发展起到有力的推动与促进作用。

中铁四局集团有限公司
副总经理、总工程师:



二〇一三年六月十八日

前 言

近年来,我国高速铁路建设全面展开,通过大量试验研究和工程建设实践,逐步形成了我国自有的高速铁路技术体系和高速铁路技术标准,同时也取得了丰硕的研究成果,这不仅加快了我国高速铁路建设步伐,也在世界范围产生了重大影响,全球瞩目。系统总结高速铁路建设的成功经验,势在必行,也必将推动建设水平的不断提高。

作为高速铁路重要组成部分的铁路路基,是轨道的基础,是经过开挖或者填筑形成的结构物,其作用是满足轨道的铺设、承受轨道和列车产生的荷载。铁路路基应具有足够的强度、刚度以及稳定性,在运营条件下使线路轨道参数保持在允许的标准范围之内,确保列车运行实现高速、安全、舒适。高速铁路的出现已突破了传统铁路路基的设计理念,其设计理论、施工技术和检测手段等都有了很大发展,特别是路基工程施工方面,采用了机械化、工厂化、专业化、信息化等先进施工管理手段,实现了路基工程满足结构安全、耐久性能及系统使用功能要求,保证设计使用年限内正常运营。

根据高速铁路路基特点和施工经验,在收集整理资料的基础上编写了这本《高速铁路路基工程施工技术》,本书系统介绍了高速铁路路基地基处理技术、沉降观测技术和路基本体、边坡防护、支挡结构、路基防排水、路基相关工程等施工技术,内容丰富、资料全面、数据严谨,重点突出了施工工艺及控制要点,对路基施工过程中遇到的质量通病及防治措施作了较为全面的探讨,是一本针对现场施工技术人员的专业参考书。

本书在编写过程中得到了中铁四局集团有限公司主要领导的关心和支持,中铁四局集团有限公司副总经理、总工程师伍军百忙中抽出时间专为本书作序,并为本书的编制亲自作了精心部署。本书的编制还得到了中铁四局集团有限公司技术中心主任梁超、副主任董燕囡、副主任熊庆华、总工程师郑德禹以及子(分)公司总工程师的指导与支持,在此表示衷心的感谢。

本书共分11章。第1章由彭宏伟编写;第2章由张宏斌、唐涛编写;第3章由胡修玉、王泽录编写;第4章由胡修玉、姚大闯编写;第5章由胡修玉、姚大闯编写;第6章由何贤军、王玉林编写;第7章由张宏斌、褚诗洋编写;第8章由万国平、宫胜会编写;第9章由马光、胡修玉编写;第10章由王玉林、张宏斌编写;第11章由张宏斌编写;全篇质量检测内容由郭宏坤、覃国俊编写。中铁四局集团有限公

司技术中心刘道学、王立玲、李上寿参与了本书的修订工作。全书由中铁四局集团有限公司副总工程师何贤军负责修改、统校、定稿。

由于资料来源和编者水平有限,本书难免存在不足之处,敬请读者不吝赐教,以资改正。

编者

2013年7月

目 录

第1章 路基工程概述	1
1.1 高速铁路路基断面结构	1
1.2 高速铁路路基变形	3
1.3 高速铁路路基填料	4
1.4 高速铁路路基压实质量指标及检测方法	5
第2章 路基地基处理施工技术	7
2.1 换 填	9
2.2 砂(碎石)垫层	12
2.3 粉体喷射搅拌桩	15
2.4 浆体喷射搅拌桩	18
2.5 水泥砂浆桩	20
2.6 高压旋喷桩	23
2.7 水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩)	26
2.8 混凝土预制桩	33
2.9 桩帽、桩板及筏板结构	37
2.10 岩溶洞穴注浆	43
2.11 堆载预压	47
第3章 路堤填筑施工技术	49
3.1 路基填料及填筑工艺性试验	49
3.2 基床表层以下路基填筑	59
3.3 基床表层级配碎石填筑	66
3.4 改良土路堤填筑	73
3.5 加筋土路堤填筑	79
第4章 路堑开挖施工技术	82
4.1 机械开挖路堑施工技术	82
4.2 爆破开挖路堑施工技术	87
第5章 过渡段施工技术	95
5.1 路基与桥台过渡段施工	95
5.2 路堤与横向结构物过渡段施工	100

5.3	路堤与路堑过渡段	103
第6章	路基变形观测及评估	106
6.1	路基变形观测概述	106
6.2	路基变形观测实施	107
6.3	路基沉降观测分析及评估	114
第7章	支挡结构施工技术	117
7.1	重力式挡土墙	117
7.2	短卸荷板式挡土墙	122
7.3	悬臂式和扶壁式挡土墙	125
7.4	锚杆挡土墙	130
7.5	锚定板挡土墙	135
7.6	加筋土挡土墙	138
7.7	土钉墙	143
7.8	抗滑桩	147
7.9	桩板式挡土墙	150
7.10	预应力锚索	153
7.11	质量通病及防治措施	160
第8章	边坡防护	162
8.1	植物防护	162
8.2	防护林植树	166
8.3	喷混植生防护	168
8.4	砌石防护	171
8.5	预制块防护	175
8.6	锚杆(锚索)框架梁防护	178
第9章	路基排水施工技术	184
9.1	浆砌排水	184
9.2	现浇混凝土排水	188
9.3	混凝土预制管、沟排水	192
第10章	路基相关工程施工技术	198
10.1	电缆槽	198
10.2	声屏障、接触网支柱基础	203
10.3	综合接地	207
10.4	过轨预埋管线	212
10.5	端刺	213
10.6	附属设施	219

第 11 章 特殊环境施工技术	222
11.1 雨期施工	222
11.2 低温施工	223
参考文献	225

第 1 章 路基工程概述

1964 年日本建成了世界上第一条高速铁路——东海道新干线,在技术、安全和效率上消除了人们的顾虑,促进了世界高速铁路的发展,给世界铁路发展带来了新的生机,是世界高速铁路技术开发之先驱,开创了世界高速铁路发展的新篇章。

多年以来,我国一直密切跟踪世界高速铁路技术的发展,开展了大量的研究工作。1993 年京沪高速铁路前期研究初步解决了重大技术、经济方面的认识问题。1999 年我国建成的第一条秦沈客运专线尚处于试验研究阶段,2004 年完成了京沪高速铁路评估工作,随后几年,京津、武广、哈大、郑西、合武、合宁、甬台温、昌九、海南东环、成绵乐、石武、沪宁、宁杭、京沪等一大批高速铁路相继建设,多数已开通运营。根据我国《中长期铁路网规划》,到 2020 年我国铁路将建成“四纵四横”快速客运通道及三个区域城际快速客运系统,高速铁路建设里程将达到 1.2 万 km。

铁路路基是轨道的基础,是经过开挖或填筑而形成的土工结构物,高速铁路的路基工程与桥梁、隧道一样,是铁路轨下基础工程的重要部分,是影响列车高速、安全、舒适的关键工程。高速铁路的路基工程与一般铁路相比标准高,基床结构及各种过渡段结构在高速行车条件下所承受的动力作用和变形极为复杂,是承受轨道结构重量和列车荷载的基础,是线路工程中最薄弱最不稳定的环节。因此,对路基工程必须按结构物设计和施工。其地基处理、路堤填筑、边坡支挡防护以及防排水设施必须满足少维修或免维修、耐久性结构设计的要求。高速铁路设计中严格控制边坡高度,避免设置高路堤、深路堑和特殊岩土的路基。采取提高压实质量、对地基适当处理加固、加强防排水、可靠的边坡稳定支挡防护等综合措施,以减少运营以后的路基病害。保证路基具有足够的强度、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。

1.1 高速铁路路基断面结构

路基横断面宽度和布置型式设计主要考虑路基稳定的需要及线间距、轨道结构型式、曲线超高设置、路肩宽度、通信信号和电力电缆槽布置、接触网支柱基础位置、声屏障基础等因素的影响,并应综合考虑路基防排水问题。

直线地段标准路基面宽度如表 1.1 所示,无砟轨道路基标准横断面如图 1.1-1、图 1.1-2 所示,有砟轨道路基标准横断面如图 1.1-3、图 1.1-4 所示。无砟轨道支承层或底座底部范围内

表 1.1 路基面标准宽度表

轨道类型	设计最高速度(km/h)	双线线间距(m)	路基面宽度	
			单线(m)	双线(m)
无砟轨道	250	4.6	8.6	13.2
	300	4.8		13.4
	350	5.0		13.6

续上表

轨道类型	设计最高速度(km/h)	双线线间距(m)	路基面宽度	
			单线(m)	双线(m)
有砟轨道	250	4.6	8.8	13.4
	300	4.8		13.6
	350	5.0		13.8

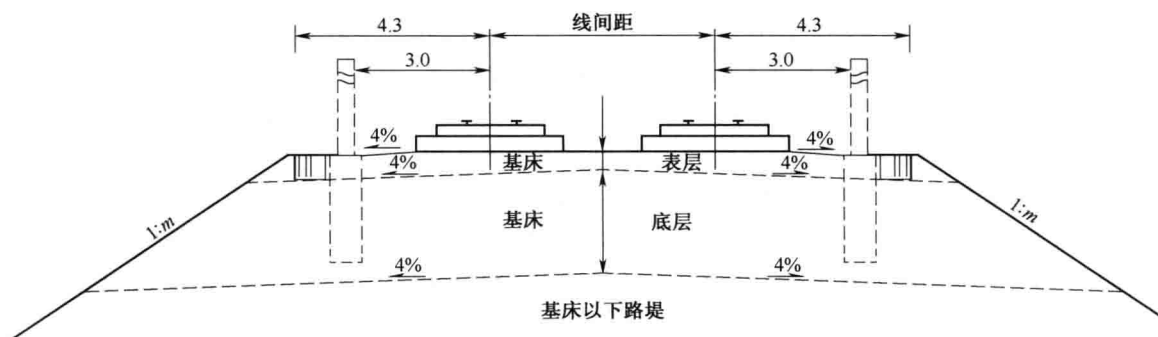


图 1.1-1 无砟轨道双线路堤标准横断面示意图(单位:m)

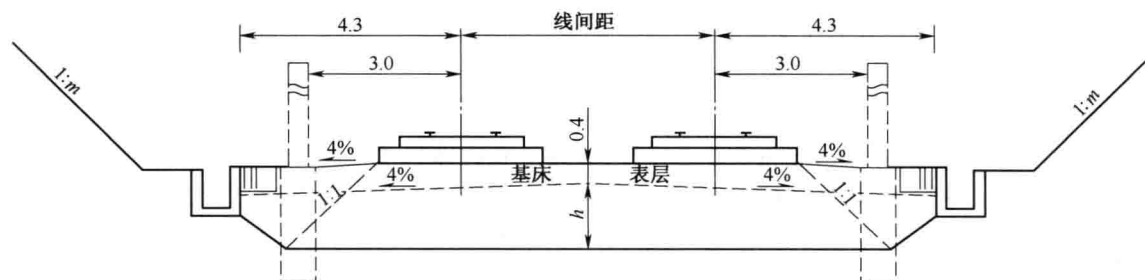


图 1.1-2 无砟轨道双线路堑标准横断面示意图(单位:m)

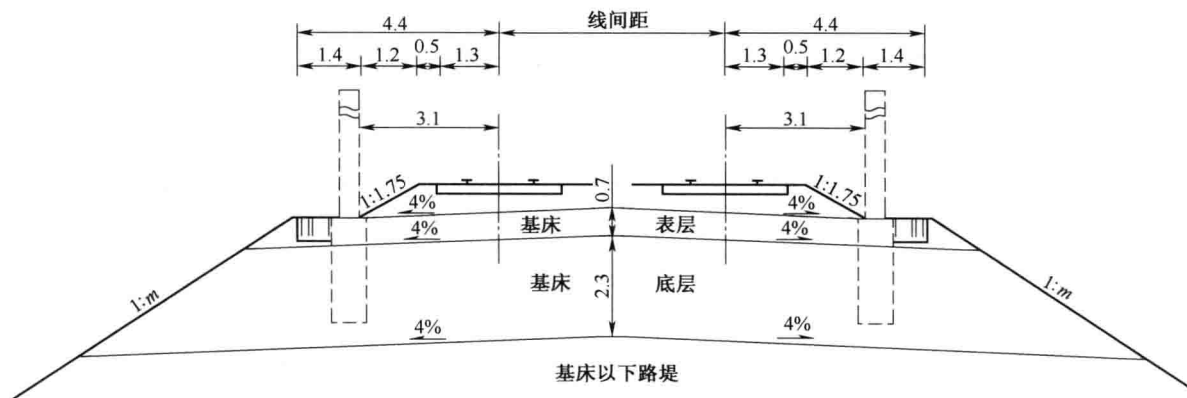


图 1.1-3 有砟轨道双线路堤标准横断面示意图(单位:m)

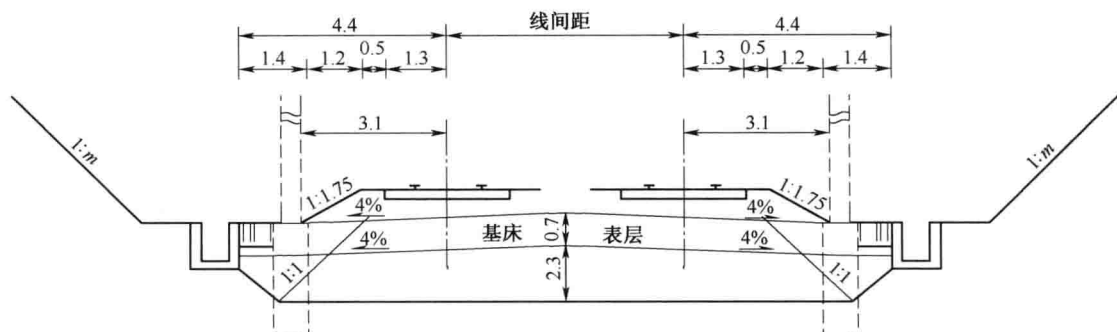


图 1.1-4 有砟轨道双线路堑标准横断面示意图(单位:m)

路基面可水平设置,支承层或底座外侧路基面设置向外不小于4%的横向排水坡;有砟轨道路基面形状为三角形,并设置由路基面中心向两侧4%的横向排水坡。曲线加宽时,仍保持路基面三角形形状。有砟轨道路堤、路堑的两侧路肩宽度,当为双线时不小于1.4m;当为单线时不小于1.5m。

有砟轨道路基接触网支柱内侧距线路中心3.1m,无砟轨道路基接触网支柱内侧距线路中心3.0m;电缆槽一般设置于接触网支柱外侧。有砟轨道正线曲线地段路基面加宽值在曲线外侧按不同设计曲线半径加宽0.2~0.6m,曲线加宽值在缓和曲线内渐变,无砟轨道一般不加宽,当轨道结构和接触网支柱等设施的设置等有特殊要求时,根据具体设计确定。

高速铁路路基结构分为路堤本体、基床底层、基床表层,有砟轨道基床总厚度为3.0m,其中基床底层厚度为2.3m,基床表层厚度为0.7m;无砟轨道基床总厚度为2.7m,其中基床底层厚度为2.3m,基床表层厚度为0.4m;基床表层材料为级配碎石。

路堤与桥台、路堤与横向结构物、路堤与路堑连接处一直是铁路路基的一个薄弱环节,主要是由于连接处刚度差别较大而引起轨道刚度的突变,沉降不一致产生差异沉降而导致轨面不平顺,因而引起列车与线路结构的相互作用增加,影响线路结构的稳定,影响列车高速、安全、舒适运行。因此,在连接处设置一定长度的过渡段,过渡段采用级配碎石填筑,从而控制轨道刚度的逐渐变化,并最大限度地减少沉降不均匀而引起的轨面变形,以保证列车高速、安全、舒适运行。

1.2 高速铁路路基变形

20世纪以前,路基填筑都是按照“自然沉落”法设计施工,直到1990年,美国人Proctor提出了标准击实试验控制路基填筑压实度,路基的设计与施工技术才得以迅速发展。

高速铁路要求高平顺性的轨道,而高平顺性的轨道是依托在高平顺性的轨下基础,路基工程是其中之一,高平顺性是设计、建设高速铁路的控制性条件,也是高速铁路区别于普通铁路的主要特点。普通铁路则主要是以“强度”控制路基的设计与施工,高速铁路主要是以“变形”控制路基的设计和施工。因为在强度破坏前,可能已经出现了不容许的过大变形。

为使列车高速、安全、舒适运行,并尽可能减少维修,严格控制路基的变形是很重要的因素。路建成建后发生的变形主要有:路基(主要是基床)在列车荷载作用下发生的变形;路基本体在自重作用下的压密沉降;支承路基的地基压密沉降。在路基填料的材质与施工质量有保

证的前提下,前两部分的数值是有限的,控制路基变形主要是控制地基的工后沉降。对软土地基来说,由于软土的压缩性大、渗透系数小等特性,路建成后,不仅沉降量大而且需延续较长时间才能完成。

根据国外高速铁路路基工程的建设经验,结合我国高速铁路路基试验研究成果和实际情况,确定了满足中国高速铁路运营需求的工后沉降控制标准,具体见表 1.2。

表 1.2 高速铁路路基工后沉降控制标准

轨道类型	旅客列车设计行车速度 (km/h)	工后沉降量		沉降速率
		一般地段	路桥过渡段	
无砟轨道	250~350	≤ 15 mm	≤ 5 mm	
有砟轨道	300、350	≤ 5 cm	≤ 3 cm	≤ 2 cm/年
	250	≤ 10 cm	≤ 5 cm	≤ 3 cm/年

1.3 高速铁路路基填料

我国铁路路基填料均按现行《铁路路基设计规范》(TB 10001—2005)中的填料分类标准执行,在秦沈客运专线路基填筑施工中,由于路基填筑压实要求比普通铁路高,发现有些填料虽符合《铁路路基设计规范》(TB 10001—99)中的填料分类标准,但由于填料的级配或压实后强度方面的原因,难以达到所规定的标准。故通过秦沈客运专线的施工实践,对这些土进行了填筑试验,并详细深入地作了分析研究,对粗粒土中的粉、细、中砂和 C 组细粒土中的粉黏土得出了一些具体结果。

既有铁路建设经验表明,一般 C 组细粒土水稳性差,易被冲蚀,造成路基边坡稳定性差,病害较普遍,且一般难以达到高速铁路基床表层以下路堤压实标准,需要改良,故高速铁路不直接采用 C 组细粒土填筑。

基床以下路堤填料宜选用 A、B 组填料和 C 组碎石、砾石类填料,其粒径级配应符合压实性能要求;当选用 C 组细粒土填料时,应根据填料性质进行改良。C 组中粉砂及易风化软质岩填料不得直接作为下部填料,必须改良。细粒土可采用物理改良方法或化学改良方法,当采用化学改良方法时,应根据不同性质填料,选择适宜的掺合料,并进行不同配合比的室内物理、力学试验,优化配合比。提出改良后的主要技术参数,如无侧限抗压强度 q_u 等。

基床底层应采用 A、B 组填料或改良土,A、B 组填料粒径级配应符合压实性能要求,寒冷地区冻结影响范围填料应符合防冻胀要求。粗粒土填料不能满足压实要求时,可采取改良措施,并与远运土进行技术经济比较。粗粒土一般采用物理改良方法,以改善其粒径级配,改良后的粗粒土其级配曲线应接近圆顺,不均匀系数 C_u 一般大于 20。细粒土可采用物理改良方法或化学改良方法,当采用化学改良方法时,应根据不同性质填料选择适宜的掺合料,并进行不同配合比的室内物理、力学试验,优化配合比,满足最不利气候条件下的(如干湿、冻融、饱和)动应力要求,提出改良后的主要技术参数(如无侧限抗压强度 q_u 等)。

基床表层的材料应具有较高的强度和弹性模量以及耐磨、反滤等特性,主要作用是增强线路强度和刚度,均匀扩散作用到基床表面上的动应力,防止道砟压入基床及基床土进入道砟层,防止雨水浸入使基床软化和满足基床防冻等特殊要求。我国高速铁路均采用级配碎石材料。级配碎石材料应具有良好的级配,不均匀系数 C_u 不得小于 15,同时严格控制 0.02 mm 以下细粒土的含量,其颗粒质量百分率不得大于 3%。

为了保证轨下基础动力稳定,防止道砟嵌入基床表层及防止基床底层颗粒进入基床表层,不同材料之间的级配需满足太沙基(Terzaghi)反滤准则,即 $D_{15} < 4d_{85}$ 。当不能满足上述反滤准则时,基床表层应采用颗粒级配不同的双层结构,或在基床底层表面铺设土工合成材料。

使用碎石类土填筑的路堤其填料的粒径大小、大石块间空隙是否充填密实等因素,对路堤的强度和密实程度有很大的影响。德国规定填料最大粒径为64 mm,日本规定填料最大粒径为75 mm。我国高速铁路规定填料的粒径在基床底层内应小于60 mm,基床以下路堤内应小于75 mm,并要求填料级配较好,以使互相充填,粗颗粒在每一填筑层内均匀分布。

路桥过渡段基床表层级配碎石中掺入5%水泥,基床以下倒梯形部分采用掺入3%水泥的级配碎石填筑。路堤与横向结构物过渡段,结构物两侧倒梯形部分采用掺入3%水泥的级配碎石填筑;当结构物顶填土厚度不大于1.0 m时,在结构物顶和两侧均采用掺入3%水泥的级配碎石填筑,在横向结构物及其两端20 m范围内的基床表层级配碎石中掺入5%水泥。路堤与路堑过渡段,当路堑为硬质岩石时,在路堤一侧填筑掺入3%水泥的级配碎石;当路堑为软质岩或土质时,在路堤一侧填筑材料与路堤相应位置相同。

1.4 高速铁路路基压实质量指标及检测方法

1.4.1 路基压实质量指标

我国以前铁路压实质量控制从路基强度出发,仅提出了压实系数要求。秦沈客专提出路基填筑采用物理、力学双控压实指标的新概念,即压实系数 K (或孔隙率 n)和地基系数 K_{30} 压实指标。随后我国的客货共线铁路基本上也采用了双控压实指标。后来在客运专线、高速铁路中相继引入了 E_{v2} 和 E_{vd} 两项压实控制指标。

借鉴国外铁路经验,结合我国路基试验段研究成果,在客运专线路基压实质量控制指标中,采用了地基系数 K_{30} 、压实系数 K 、孔隙率 n 、动态变形模量 E_{vd} 、二次变形模量 E_{v2} 五项指标进行控制。通过客运专线工程实践和试验研究,在确定高速铁路路基压实标准时进行调整,使得其更加符合我国国情。

基床以下路堤填筑压实采用压实系数 K 、地基系数 K_{30} 或7 d饱和无侧限抗压强度 q_u 二项指标控制,取消了孔隙率 n 。当采用无砟轨道时可选用地基系数 K_{30} 或二次变形模量 E_{v2} 来控制。

基床底层采用压实系数 K 、地基系数 K_{30} 、动态变形模量 E_{vd} 或7 d饱和无侧限抗压强度 q_u 三项指标控制,取消了孔隙率 n 。当采用无砟轨道时可选用地基系数 K_{30} 或二次变形模量 E_{v2} 来控制。

基床表层采用压实系数 K 、地基系数 K_{30} 和动态变形模量 E_{vd} 三项指标控制,取消了孔隙率 n 。当采用无砟轨道时可选用地基系数 K_{30} 或二次变形模量 E_{v2} 来控制。

过渡段基床表层及表层以下级配碎石采用压实系数 K 、地基系数 K_{30} 和动态变形模量 E_{vd} 三项指标控制,其他填料同相应路基控制指标。

1.4.2 路基质量检测方法

路基的施工质量关系到整个工程的质量和列车运行安全,科学、合理的监控测试方法是保证路基施工质量的重要措施。将强度及变形指标作为反映路基承载力的压实标准,是国内外路基施工质量检测技术的发展方向。我国铁路路基施工检测应按现行《铁路工程土工试验规

程》(TB 10102—2010)进行。

压实系数 K :通过测定压实后土的干密度,计算得到压实系数。土的密度测定常用环刀法、灌砂法、灌水法或核子射线法等方法。

地基系数 K_{30} :土体表面在平面压力作用下产生的可压缩性的大小, K_{30} 值为下沉量基准值所对应的荷载强度 σ_s 与下沉量基准值 1.25 mm 的比值。它是用直径为 300 mm 的刚性承载板进行静压平板载荷试验,取第一次加载测得的应力-下沉量($q-s$)曲线上 s 为 1.25 mm 时所对应的荷载强度 σ_s 。 K_{30} 平板载荷试验适用于粒径不大于载板直径 1/4(7.5 cm)的各类土和土石混合填料。 K_{30} 平板载荷试验的测试有效深度范围约为承载板直径的 1.5 倍。

二次变形模量 E_{v2} :通过圆形承载板和加载装置对土路基进行静态平板载荷试验,一次加载和卸载后,再进行二次加载,用测得的二次加载应力-下沉量($\sigma-s$)曲线来计算 E_{v2} 值的试验方法。一次加载消除土体部分塑性变形,得到的二次加载曲线更能反映土体弹性变形能力。 E_{v2} 静态变形模量测试仪由加载装置、承载板、位移测试装置、应力测试装置、数据采集装置、数据分析装置等组成,承载板直径为 300 mm,适用于粒径不大于载板直径 1/4(75 mm)的土类以及土石混合料,测试有效深度约为承载板直径的 1.5 倍。

动态变形模量 E_{vd} :采用一定质量的落锤,从一定高度自由落下,通过阻尼装置、承载板对路基产生瞬间的冲击,使路基产生沉陷,测定此沉陷值以计算路基土体的动态变形模量 E_{vd} 。高速铁路动荷载产生的冲击力对路基的影响明显,路基的稳定性和变形问题主要是由动荷载引起的,试验模拟高速列车对路基产生的瞬时动应力进行动载测试,能够反映土体的实际受力情况。动态变形模量测试仪主要有落锤仪和沉陷测定仪组成。落锤仪包括:脱钩装置、落锤、导向杆、阻尼装置、承载板等,沉陷测定仪主要包括传感器、放大器、数据处理器、打印机和电源。承载板直径为 300 mm,适用于粒径不大于载板直径 1/4(75 mm)的土类以及土石混合料,测试有效深度约为承载板直径的 1.5 倍。

无侧限抗压强度 q_u :取代表性风干试料,采用静力压实法或锤击法制备试件,试件脱模称量后放入密封的恒温湿汽箱内进行养生,试件需要浸水时,在养生的最后一天将试件放入水中浸泡 24 h,养生或浸泡 24 h 后的试件在材料试验机上进行抗压试验,记录试件被破坏时的最大压力 P 。无侧限抗压强度 q_u 值为最大压力 $P(N)$ 与试件面积(mm^2)的比值。

第 2 章 路基地基处理施工技术

随着铁路高速发展,铁路建设标准不断提高,铁路对路基工后沉降要求也越来越高。路基沉降包括列车荷载作用下变形沉降、路基本体在自重作用下的压密沉降及地基沉降。在填料及填筑施工质量有保证的前提下,路基本体沉降在施工放置期内基本完成,列车荷载作用下变形沉降是有限的,可通过预留沉降或超载预压方法处理。铁路路基沉降控制主要是控制地基部分的工后沉降和不均匀沉降。地基沉降控制已成为确保轨道平顺性的关键环节。

在特殊土及特殊条件下铁路工程地基处理常用方法如表 2-1、表 2-2 所示。在高速铁路中常用方法有换填、砂碎石垫层、搅拌桩、挤密桩、CFG 桩、预制桩、桩板及桩筏等。

表 2-1 特殊土及特殊条件下铁路工程地基处理常用方法

地 基 类 别	可选用的地基处理方法
软弱黏性土 (软土、松软土)地基	换填、加筋垫层、袋装砂井、塑料排水板、强夯、强夯置换、碎石桩、搅拌桩、旋喷桩、水泥粉煤灰碎石桩、素混凝土桩、碎石注浆桩、现浇混凝土薄壁管桩、预应力管桩、钢筋混凝土桩网结构、钢筋混凝土桩板结构
人工填筑土、杂填土地基	换填、冲击碾压、强夯、强夯置换、碎石桩、挤密桩、柱锤充扩桩
松散砂土地基	强夯、碎石桩、挤密砂桩、旋喷桩
湿陷性黄土地基	换填、冲击碾压、强夯、灰土挤密桩、水泥土挤密桩、柱锤充扩桩、钢筋混凝土桩板结构
膨胀土地基	换填、掺灰改良、封闭、石灰桩、灰土桩
山区斜坡软弱地基	碎石桩、搅拌桩、水泥粉煤灰碎石桩结合侧向约束桩
岩溶	灌浆、结构物跨越、揭盖回填
采空区、人为空洞	灌浆、强夯、充填粗粒料