



国家骨干高等职业院校建设成果

高速铁路路基 工程施工



张宪丽 刘芳宏 邢岩松 主编
王金 曹永双 主审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内容简介



国家骨干高等职业院校建设成果

高速铁路路基工程施工

张宪丽 刘芳宏 邢岩松 主编
王金 曹永双 主审



中国铁道出版社

2014年·北京

ISBN 978-7-113-17321-1

（发行所）北京铁路出版社，地址：北京铁路学院内，邮编：100044
（发行所）北京铁路出版社，地址：北京铁路学院内，邮编：100044

内 容 简 介

本书为国家骨干高等职业院校重点建设专业配套教材之一,针对交通土建类专业课程教学特点和专业需要,精心组织编写并辅以实例解析,形式新颖,概念清楚,培养目标明确。全书共分为八个单元,主要针对高速铁路路基工程的技术特点及应用技术的层面,结合规范和工程案例,从高速铁路路基构造、施工准备、地基处理、路堤施工、路堑施工、过渡段施工、防护及加固设备施工、相关工程和附属设施等方面对高速铁路路基工程进行了阐述。

本书为铁道工程专业、高速铁道技术专业及城市轨道交通工程专业的教学用书,同时可供其他相关专业学生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路路基工程施工/张宪丽,刘芳宏,邢岩松

主编. —北京:中国铁道出版社,2014.9

国家骨干高等职业院校建设成果

ISBN 978-7-113-19145-0

I. ①高… II. ①张… ②刘… ③邢… III. ①高速铁路—铁路路基—工程施工—高等职业教育—教材 IV.

①U213.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第200711号

书 名: 高速铁路路基工程施工
作 者: 张宪丽 刘芳宏 邢岩松 主编

责任编辑: 李丽娟

编辑部电话: (010) 51873135

读者热线: 400-668-0820

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 龚长江

责任印制: 李 佳

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.51eds.com>

印 刷: 北京大兴县新魏印刷厂

版 次: 2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 13.25 字数: 331 千

书 号: ISBN 978-7-113-19145-0

定 价: 29.00 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



QIAN YAN

前言

哈尔滨铁道职业技术学院在高速铁路大发展的形势下,组织学校教师进行了大量的调研,广泛收集国内外有关高速铁路的施工技术资料,在消化吸收和系统归纳整理后,结合高职学院教学特点,组织编写了高速铁路技术及相关专业系列丛书。

“高速铁路路基工程施工”是高速铁道技术专业及其专业群的一门专业核心课程。在编写过程中以培养面向高速铁路路基施工第一线的高素质技能型人才为目标,注重职业教育的特点和内容,以实用、实际、实效为原则,同时又紧密追踪本行业的发展,采用了行业最新的规范和标准。

高速铁路轨道应具有高平顺性、高可靠性和高稳定性,以确保高速行车的安全、平稳和舒适。高速铁路路基工程是高速铁路工程建设中的一项至关重要的基础工作,是高速铁路轨道施工质量的重要保证。高速铁路的建设,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,确保列车高速、安全和平稳运行。

本书主要针对高速铁路路基的技术特点,从应用技术的层面,结合规范与工程案例,从高速铁路路基的结构构造、地基处理、路堤填筑、路堑施工、过渡段、路基防护设备施工等八个方面进行了阐述。

本书由哈尔滨铁道职业技术学院张宪丽、刘芳宏、邢岩松主编;中铁三局集团公司王金、曹永双主审。具体编写分工如下:绪论、单元一由张宪丽编写;单元二、单元七由邢岩松编写;单元三、单元四由刘芳宏编写;单元五、单元八由王磊编写;单元六由徐京达编写。

本书在编写过程中,得到了哈尔滨铁道职业技术学院和中铁三局集团公司有关领导、专家的大力支持和帮助,并提出了许多宝贵建议,在此表示衷心的感谢和敬意。

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,同时由于编者水平有限,书中不妥之处,敬请读者批评指正,以求不断提高教材质量。

编者

2014年5月

100 高速铁路路基

200 高速铁路路基施工技术 五元单

300 高速铁路路基施工技术 一元单

400 高速铁路路基施工技术 一元单

500 高速铁路路基施工技术 一元单



目录

绪 论 1

 巩固与提高 7

单元一 路基认知 8

 学习项目一 路基构造 8

 学习项目二 路基施工概述 17

 巩固与提高 21

单元二 高速铁路路基施工准备 22

 学习项目一 路基施工技术准备 22

 学习项目二 路基施工组织准备 27

 学习项目三 路基土石方调配 33

 巩固与提高 38

单元三 高速铁路路基地基处理 39

 学习项目一 原地面处理 39

 学习项目二 置 换 41

 学习项目三 排水固结 53

 学习项目四 灌入固化物 61

 学习项目五 振密挤密 67

 学习项目六 岩溶、洞穴处理 76

 巩固与提高 77

单元四 高速铁路路堤施工 79

 学习项目一 填 料 79

 学习项目二 基床以下路堤 82

 学习项目三 基床底层施工 85

 学习项目四 基床表层施工 88

 学习项目五 改良土填筑 92

 学习项目六 加筋土路堤 97

 学习项目七 路堤边坡 98

 学习项目八 路基沉降观测 100

 学习项目九 季节性施工 103

巩固与提高	104
单元五 高速铁路路堑施工	105
学习项目一 土质路堑施工	105
学习项目二 半填半挖路基施工	110
学习项目三 石质路堑爆破施工	114
巩固与提高	120
单元六 高速铁路路基过渡段施工	121
学习项目一 路基过渡段认知	121
学习项目二 路堤与桥台过渡段施工	124
学习项目三 路堤与横向结构物过渡段的施工	128
学习项目四 路堤与路堑过渡段的施工	129
学习项目五 路堑与隧道过渡段的施工	132
巩固与提高	133
单元七 高速铁路路基防护及加固设备施工	134
学习项目一 路基防护设备施工	134
学习项目二 路基排水设备施工	150
学习项目三 路基加固设备施工	166
巩固与提高	187
单元八 路基相关工程及附属设施	188
学习项目一 路基相关工程	188
学习项目二 路基附属设施	200
巩固与提高	204
参考文献	205

绪 论

近年来,随着我国经济建设的飞速发展,对铁路建设提出了更高要求。速度达到 200 km/h 以上的高速铁路,其路基、轨道和桥梁的列车动力作用远大于普通铁路,轨道的不平顺对快速行车引起的列车振动也远比相同条件下普通速度的列车严重,即旅客感受的舒适度因速度的提高而恶化。因此,高速铁路对轨道的平顺性提出了更高的要求。路基是轨道的基础,其承受轨道结构重量和列车载荷是线路工程中最薄弱最不稳定的环节。

一、高速铁路路基工程的现状及发展

20 世纪 20 年代以前,路基填筑都按“自然沉落”法设计施工。直到 1930 年,美国人 Proctor 首先提出用标准击实试验控制路基填筑压实度。自此,各国开始制定路基填筑标准。随着铁路运量和速度的不断提高,既有线路基不断出现病害,各国也不断提高新建路基的设计标准。

(一) 国外铁路路基现状

国外铁路发展的方向是重载及高速铁路。发展重载铁路(轴重 250~360 kN)的国家有美国、加拿大、澳大利亚、俄罗斯等;发展高速铁路的国家有法国、日本、德国等。这些国家都制定了较高的路基技术标准和严格的施工工艺,其特点如下:

(1) 结合路基工程规定了详细的岩土分类,要求详细地进行调查,为设计、施工及养护提供所必需的依据资料。

(2) 加强了轨道基础的路基基床部分,包括路堤、路堑及不填不挖地段,特别是对基床表层(日本对新干线要求设置加强基床,很多国家设置基层或防护层、垫层)有严格的材料标准并规定了强度要求。日本采用直径为 30 cm 的平板荷载试验求出的地基系数 K_{30} 进行控制,法国则规定基层要根据土质、承载能力、防冻要求、线路等级、运输荷载条件(轴重、运量、速度)以及线路上部结构的条件设计其所需厚度。

(3) 对路堤各部分的填土规定了相应的填料标准,填土质量标准要求较高。多数采用压实系数 K 作为标准。施工中严格进行质量检验及控制。日本、法国标准中分别提出可用贯入仪及落球回弹法等快速检验法。为了调整接近桥台的路堤刚度,对桥头路堤规定了更高标准。

(4) 为控制路基不发生过大的下沉,对路堤填土的地基条件提出了规定及处理要求。

(5) 加强路基的排水系统、边坡和灾害的防护。要求防护工程与主体工程同时完成,以增加路基的坚固和稳定性,避免运营期间发生病害。

(二) 我国铁路路基现状

长期以来,我国新建铁路没有把路基当成土工结构物来对待,而普遍冠名以土石方。在“重桥隧、轻路基,重土石方数量、轻质量”倾向下,路基翻浆冒泥、下沉、边坡坍塌、滑坡等病害经常发生,使新建铁路交付运营后乃至运营多年不能达到设计速度与运量,经济与社会效益较差。

运营铁路路基技术状态不佳,强度低,稳定性差,严重威胁铁路运输和安全,已成为铁路运

输的主要薄弱环节。因此,路基质量问题已逐渐被人们所认识与重视。由于我国铁路运输承担了全国70%左右的货物周转量和60%左右的旅客周转量,因此国家确定了发展重载列车及高速客运专线的技术政策。为了适应这一变化,必须提出与之相适应的高要求的路基设计标准,并严格控制工程质量。

(三)路基工程技术的发展

1. 设计计算技术逐步提高,设计理念逐渐转变

计算技术的发展促进了对岩土本构关系的研究,国内外出现的上百种非线性弹性、弹塑性土石本构关系模型,使对土石体的变形和破坏机理的研究翻开了崭新的一页。

利用现有计算技术,能方便地对地基土石的物理力学指标进行概率统计处理,为可靠性设计奠定了基础。国内已有多个行之有效的计算机程序,可以完成路基的初步设计和施工设计。

随着高速铁路的出现和发展,深化了传统的路基设计理念。由于高速行驶对线路变形的严格要求,使得路基设计由强度控制设计逐渐向变形控制设计转变,因为一般在路基强度破坏之前,已经出现了不能容许的大变形。

2. 新工艺、新技术、新材料层出不穷

随着新材料、新工艺、新技术的不断出现,使路基工程面貌一新。对滑坡的处理除采用重力式挡土墙外,经历了抗滑桩、仰斜排水孔、锚杆,发展到应用预应力锚索及锚索桩;对软土地基的处理,从采用砂井、反压护道,经历了袋装砂井、塑料排水板、真空预压,发展到粉喷桩、旋喷桩及土工合成材料加筋地基;对基床病害的处理经历了换填砂石料、敷设沥青面层、设盲沟排水等措施,发展到目前较普遍应用土工合成材料进行加筋和隔离;边坡防护技术正在从工程防护向绿色生物防护发展。在相应工程中,技术人员可以因时、因地制宜,选用合理的处理方案,如将粉煤灰、水淬矿渣等一类工业废料用于路基施工,它们在减轻结构物质量,保护环境,减少投资等方面有独到之处。使用高效施工机械,大大提高了施工速度和施工质量,减轻了工人的劳动强度;爆破技术的进步,减少了施工对路堑边坡的破坏;一些灾害报警装置性能的明显提高,使施工和行车安全有了保障;施工组织、管理水平也逐渐向世界先进水平靠拢。

3. 测试手段和设备进一步提高,检测方法更加合理

室内土工试验仪器精密化、自动化程度的提高,为研究土体的应力历史、应力路径,判别砂土液化的可能性,确定动荷载作用下土的强度和变形等提供了条件。土工离心机模拟试验可直观显示构筑物因重力引起的应力、应变状态,以便于研究其破坏机理,现已用于研究软土地基上路堤临界高度、路堤沉降分析以及支挡结构物的作用机理等课题中。

利用原位测试手段了解现场土体的物理力学状态,克服了取样试验的一些局限性。通过大量试验,对各试验指标之间及各试验指标与室内试验相应指标之间的相关关系研究取得了可资应用的成果。

路基施工质量的检测方法正在由以前单一的压实系数 K 指标逐渐向多指标(压实系数 K 、地基系数 K_{30} 、空隙率 n 、动模量 E_{vd} 检测)过渡。

4. 规范逐步完善和更新

制定规范可以说是各项建筑工程的“国策”,有了规范才有章可循。只有建设者遵守规范,才能统一施工管理及验收标准,确保工程质量。在调查研究,总结经验,吸取科研成果的基础上,我国相继制定和修改了若干有关铁路路基勘测、设计、施工及质量评定的规范。如《高速铁路路基工程施工技术指南》(铁建设[2010]241号)、《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012—

2007)、《铁路路基设计规范》(TB 10001—2005)、《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025—2006)、《铁路路基土工合成材料应用设计规范》(TB 10118—2006)、《铁路特殊路基设计规范》(TB 10035—2006)、《高速铁路路基工程施工质量验收标准》(TB 10751—2010)等。随着我国铁路建设事业的发展,各类规范本身也将不断改革和更新。

二、高速铁路路基工程的特点

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的最大特点。高速铁路路基与普通铁路路基的本质区别在于基床表层结构,同时对路基与结构物(桥、涵、隧、路基等)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,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,以确保列车高速、安全和平稳运行。就高速铁路路基工程而言,主要表现为以下特点:

(一) 多层结构系统决定了高速铁路路基填筑的标准高

高速铁路线路结构已经突破了传统的轨道、道床和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,而做成了多层结构系统。例如:德国在道床与基床之间加设了路基保护层即 PSS 层,见图 0-1;法国采用道砟层/砟底层(级配粒料)/基础层(级配良好的砾石)/防污层(砂、土工纤维),见图 0-2~图 0-4;日本在道床和基床之间加设了 5 cm 厚的沥青混凝土,见图 0-5。

高速铁路路基必须以土工结构物来对待,对填筑材料、压实标准、变形控制、检测标准等较现行铁路有了很大提高。同时强化了基床结构,特别是基床表层。基床表层是路基直接承受列车荷载的组成部分,也是路基中最重要的部分。基床表层不但给轨道提供了一个坚实的基础,同时也对其下的土路基提供保护。作为基床表层的材料,需要有较好的力学性能,充分压实后要能在长期的动力作用下保持稳定,并有很好的水稳性和较小的渗透性。

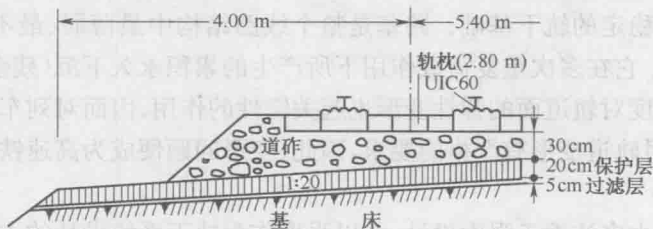


图 0-1 德国高速铁路有砟轨道路堤的断面形式

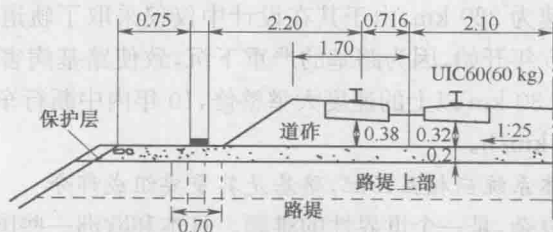


图 0-2 法国高速铁路路堤的断面形式(单位:m)

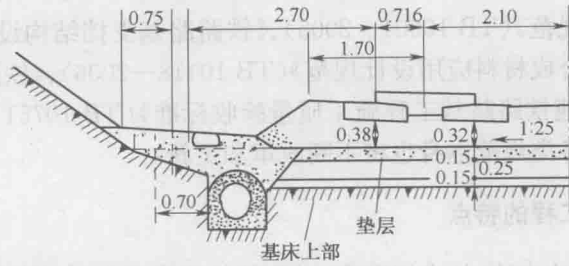


图 0-3 法国高速铁路路堑的断面形式(基床土质差)(单位:m)

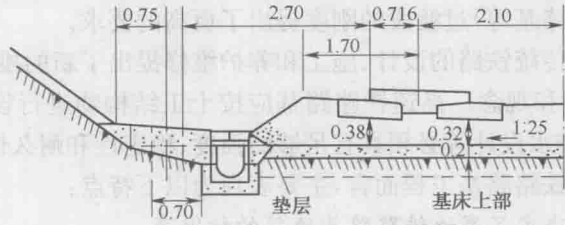


图 0-4 法国高速铁路路堑的断面形式(基床土质好)(单位:m)

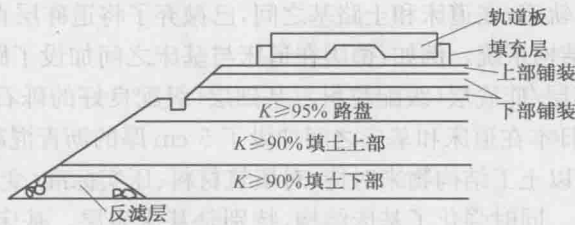


图 0-5 日本高速铁路板式轨道路基的断面形式

(二)控制变形是高速铁路路基设计的关键

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铁路提供一个高平顺、均匀和稳定的轨下基础。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的影响。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,就已经出现了不能容许的过大有害变形。日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。

(三)列车—线路整体系统应相互匹配,路基是其重要组成部分

路基变形问题相当复杂,是一个世界性的难题。日本和欧洲一些国家虽然实现了高速,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。日本在上越和东北新干线上,高架桥延长数所占比例分别为 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。

路基变形主要包括列车行驶中路基面产生的弹性变形、长期行车引起的基床累积下沉(塑性变形)和路基本体填土及地基的压缩下沉。

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,而忽略了路基的影响。对于高速铁路,轮/轨系统应该是车轮、钢轨、道床、路基整个系统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,并且又直接影响着轮、轨作用力的大小。因此,必须把轮/轨系统的各组成部分放到整个系统中去考察,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。轨下的道床、路基部分必须提供一个坚实稳定的轨道基础,以减少变形,同时又保持适当的弹性。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少60%~70%,而且还可以改善基床动应力的分布,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运行,而只能在不平顺的走行面和刚度有变化的轨道上运行。

(四)在轨下基础刚度变化处设置过渡段

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、变形模量、动刚度、固有频率以及与之联系的密实度和含水率等。

三、相关案例——京津城际铁路和武广高速铁路路基概况

1. 京津城际铁路

如图 0-6 所示,京津城际铁路是我国第一条时速 350 km 的城际铁路。该工程连接北京、天津两大直辖市,2005 年 7 月 4 日开工建设,2008 年 8 月 1 日正式开通运营。全线总长 119.4 km,无砟轨道结构,路基 13.14 km,其中区间路基 6 处/8 443.33 m,车站路基 3 处/5 610.15 m,占线路长度的 11%。路基分布于北京、天津市内和亦庄、永乐、武清站,总延长为 18.9 km。

(1)采用无砟轨道路基

京津城际铁路采用板式无砟轨道结构——引进德国博格板结构形式,经消化、吸收、再创新,形成中国铁路Ⅱ型轨道板——板重 9.6 t,长 6.45 m,宽 2.55 m,厚 0.2 m。

路基作为轨道的基础,表层采用级配碎石,路基压实采用双控指标——密度和刚度。路桥、路涵采用级配碎石过渡段衔接。无砟轨道结构要求路基的沉降要小。



图 0-6 京津城际铁路示意图

(2)路基工后沉降标准高

作为无砟轨道路基工后沉降为 15 mm。无砟轨道结构沉降调整范围是由扣件高度决定的。

施工过程中应进行沉降观测,京津城际铁路采用了沉降板和剖面沉降管的方法进行沉降观测,并通过沉降评估,控制路基的工后沉降满足 15 mm 的要求。

京津地区软土深厚,局部地段由于抽取地下水还存在区域性沉降,为保证无砟轨道的高平顺性,大部分地段采用桥梁通过,车站路基段采用较强的桩板、桩网地基处理方法。

(3)软土地基处理强

考虑无砟轨道结构、路基工后沉降为 15 mm,京津城际铁路的地基处理,深度 30 m 以内采用 CFG 桩(Cement Fly-ash Grave Pile 的缩写,意为水泥粉煤灰碎石桩),深度 30 m 以上采用预制混凝土打入桩。考虑到安全可靠和经济合理,正线采用桩板(筏)结构,站线采用桩网结构。

2. 武广高速铁路

如图 0-7 所示,武广高速铁路 2005 年 6 月 23 日开工建设,2009 年 12 月 26 日开通运营,正线全长 962 km,路基长度 320.4 km,占全长的 33.3%。设计时速 350 km,无砟轨道结构。

(1)采用无砟轨道路基

武广高速铁路主要采用 CRTS I 型双块式——雷达(Rheda)2000 无砟轨道结构。

路基作为轨道的基础,表层采用级配碎石,路基压实采用双控指标——密度和刚度。路桥、路涵采用级配碎石过渡段衔接。

无砟轨道结构要求路基的沉降要小。

(2)路基工后沉降标准高

作为无砟轨道路基工后沉降为 15 mm,无砟轨道结构沉降调整范围是由扣件高度决定的。



图 0-7 武广高速铁路示意图

施工过程中应进行沉降观测,武广高速铁路主要采用沉降板的方法进行沉降观测,并通过沉降评估,控制路基的工后沉降满足 15 mm 的要求。

(3)地基处理方法多

武广高速铁路沿线地形地质情况复杂,红黏土、软土及松软土分布广泛,主要特殊地质路基和不良地质路基有:水塘路堑、地下水发育路堑、软土、松软土地基处理路基、膨胀土路基、液化土路基、顺层路堑、堆积体路基、岩溶路基、人为坑洞地段路基、危岩落石地段等路基。采用的地基处理方法有:浅层采用换填、强夯及冲击压实,深层采用搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩、预应力管桩、混凝土桩的桩网结构和桩板结构等处理方法。岩溶地段采用注浆、灌砂、回填片石、嵌补、钢筋混凝土盖板等方法。其中 CFG 桩是主要的路基基底处理形式。



巩固与提高

简述高速铁路路基工程的特点。

结 语



参考文献

- 1. 交通部公路局. 公路工程施工技术规范. 北京:人民交通出版社, 2002.
- 2. 铁道部. 铁路路基工程施工技术指南. 北京:中国铁道出版社, 2006.
- 3. 铁道部. 铁路路基设计规范. 北京:中国铁道出版社, 2002.
- 4. 铁道部. 铁路路基工程施工质量验收标准. 北京:中国铁道出版社, 2004.
- 5. 铁道部. 铁路路基工程安全技术规程. 北京:中国铁道出版社, 2004.
- 6. 铁道部. 铁路路基工程环境保护技术规范. 北京:中国铁道出版社, 2004.
- 7. 铁道部. 铁路路基工程水土保持技术规范. 北京:中国铁道出版社, 2004.
- 8. 铁道部. 铁路路基工程地质灾害防治技术规范. 北京:中国铁道出版社, 2004.
- 9. 铁道部. 铁路路基工程地基处理技术规范. 北京:中国铁道出版社, 2004.
- 10. 铁道部. 铁路路基工程桩基技术规范. 北京:中国铁道出版社, 2004.

附录一 路基工程

文 献 一

路基工程是铁路工程的重要组成部分,其质量的好坏直接影响到铁路的运营安全和使用寿命。随着高速铁路的快速发展,路基工程面临着更高的要求。本文主要介绍了路基工程的特点、分类、设计原则及施工要点。

附录二 路基工程

路基工程

路基工程是铁路工程的重要组成部分,其质量的好坏直接影响到铁路的运营安全和使用寿命。随着高速铁路的快速发展,路基工程面临着更高的要求。本文主要介绍了路基工程的特点、分类、设计原则及施工要点。

单元一 路基认知



学习导读

高速铁路列车运行速度快、技术标准高、对路基的要求严格,尤其是对高速铁路的线路结构,已突破了传统的轨道、道床、土路基这种结构形式,既有有砟轨道也有无砟轨道。高速铁路路基工程施工应针对其特点,认真编制施工组织设计,并与相关工程密切配合,正确选用施工方法,满足设计要求。路基工程应作为土工结构物精心施工,将路基地基处理、路基填筑、基床表层、边坡防护及路基排水等作为系统工程,严格按照工程质量标准进行管理,加强施工过程控制及质量检测工作,确保路基工程质量。



教学目标

1. 能力目标

- (1) 能够根据不同地形、地质条件选择合适的路基横断面形式;
- (2) 能够根据设计要求,确定路基各部分压实标准;
- (3) 能够根据质量标准控制路基施工质量;
- (4) 能够完成路基施工的每个环节。

2. 知识目标

- (1) 掌握路基横断面形式及各组成部分的标准;
- (2) 掌握路基横断面宽度的确定;
- (3) 掌握标准路基横断面图;
- (4) 掌握路基施工的特点和施工方法。

学习项目一 路基构造

一、引 文

高速铁路对路基结构形式、填筑材料、压实标准、变形控制、检测要求等较普速铁路的标准有很大提高,同时还要强化基床结构,特别是基床表层。因此,必须用全新的观念来设计、施工高速铁路路基。

二、相关理论知识

(一) 路基面形状和宽度确定

高速铁路路基面形状应为三角形,由路基面中心向两侧设置不小于 4% 的横向排水坡。曲线加宽时,路基面仍应保持三角形。

1. 线间距

由于高速列车运行时会产生列车风,相邻线路高速列车相向运行所产生的空气压力冲击波易震碎车窗玻璃,使旅客感到不适,甚至影响列车运行的平稳性,故高速线路的线间距较普通铁路有所增大。其大小取决于机车车辆幅宽、轨距、高速列车运行速度以及考虑将来铺设渡线道岔等因素。

日本东海道新干线的设计列车最高速度为 220 km/h,考虑到高速列车相遇产生的风压和列车本身的安全等情况,确定车侧间距为 0.8 m,线间距为车辆幅宽 3.4 m 加 0.8 m 的车侧安全距离,即 4.2 m(见表 1-1),但之后续建的山阳、东北、上越、北陆等新干线的列车最高设计速度为 260 km/h,线间距则均采用 4.3 m;法国东南线(巴黎至里昂)的列车最高速度为 270 km/h,试验资料表明,线间距为 4.0 m 即可满足要求,但考虑到将来铺设渡线的需要,线间距采用 4.2 m。我国高速铁路线间距根据所采用机车车辆类型、运行速度等因素,线间距确定为 5.0 m。

表 1-1 国外高速铁路轨道及路基面宽度

国家 线名 项目	日本					法国		德国		意大利
	东海道	山阳	东北	上越	北陆	东南	大西洋	曼海姆— 斯图加特	汉诺威— 维尔茨堡	罗马— 佛罗伦萨
最高设计速度(km/h)	220	260	260	260	260	300	300	250	250	120(货) 250(客)
最高运行速度(km/h)	210	230	240	240	260	270	300	250	250	250
轨道	有砟 54%	有砟 12% 板式 50%	有砟 5% 板式 90%	有砟 1% 板式 95%	板式	有砟	有砟	有砟	有砟	有砟
钢轨(kg/m)	52~60	60	60	60	60	UIC60		UIC60		UIC60
轨枕	长 2.4 m 混凝土枕, 1 700 根/km					长 2.3 m 双块式 混凝土枕, 1 667 根/km		长 2.6 m 混凝土枕, 1 667 根/km		长 2.6 m 混凝土枕
道床	枕下 30 cm					枕下 35 cm		枕下 30 cm		枕下 35 cm
线间距 (m)	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	4.7	4.7	4.0
路基面宽度(m)	10.7	11.60				13.00	13.60	13.50~ 13.70	13.50~ 13.70	11.00, 新建线 增至 13.00
路肩宽度(m)	一侧 0.5 另一侧 1.0	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	SES 马 道外 0.9	1.3	1.3	安全界限 基柱外 1.0

2. 路肩宽度

路肩虽不直接承受列车荷载作用,但它对保证路基受力部分的稳固十分重要。路肩宽度选择应同时满足敷设接触网支柱,安放通信信号设备,埋设必要的线路标志,通行养路机具等要求。路肩宽度取决于以下几个因素:

(1) 路基稳定的需要,特别是浸水以后路堤边坡的稳定性。一般路堤浸水后,边坡部分土质会软化,在自重与列车荷载产生的振动加速度的共同作用下,容易产生边坡的浅层滑坡。路

肩较宽时,即使发生浅层坍塌,也不会影响路堤承受部分,从而可不影响列车的正常通行。此外,路肩部分需考虑设置电杆、电缆槽位置,路堑地段则需考虑为边坡剥落物留有空地及开挖排水沟时不影响边坡稳定。

(2)满足养护维修的需要。高速铁路虽说是高标准、高质量的线路,但小型、紧急补修还是不可避免的,因此仍需考虑线路维修时搁置或推行小型养路机械所必须的路肩宽度。

(3)保证行人的安全,符合安全退避距离的要求。虽然高速铁路线路是全封闭的,运行期间人员不能进入线路范围,但世界各国依然考虑了行人的安全问题,并做过不少试验。日本的试验结果认为,列车长度为350 m,列车运行速度为250 km/h时,作业人员能够接受安全待避列车风速为17 m/s,以此要求风压限界定为车辆边侧以外0.8 m(车辆幅宽为3.4 m),距车宽0.8 m是安全的。法国测得速度为350 km/h时,离线路中心2.4 m是安全的。如果车体宽2.8 m,则距车体1.0 m是安全的。德国在线路设计规范中把距离线路中心3.5 m以外作为安全区,如车体宽3.0 m,则需离车体2.0 m。德国把这一距离作为路肩的起点,在这以外0.8 m为路肩部分。前苏联对站台上旅客安全距离和相向运行高速列车安全范围的实测试验资料表明,当列车速度达200 km/h及以上时,人处在距站台边缘1.2 m处,气浪的侵袭会危及人身安全。在用3P200型电动车组进行的200 km/h的试验中,测量了站台上的压力随离站台边缘距离的变化关系,规定气流对人体的最大压力不得大于250 kPa,据此得出列车以200 km/h通过时,人离站台边缘的安全距离约为2.0 m。

(4)为路堤压密与道床边坡坍塌留有余地。路堤在建成以后多多少少会发生一些沉降,特别是高路堤、软弱地基路堤,即使施工质量很好也会有压密沉降。

我国高速铁路有砟轨道路肩宽度根据所采用的机车外形、车辆幅宽、列车长度、行车速度等提出:有砟轨道路基两侧的路肩宽度,双线不应小于1.4 m,单线不应小于1.5 m。

3. 路基面宽度

路基横断面宽度和布置形式要考虑路基稳定的需要、线间距、轨道结构形式、曲线超高设置、路肩宽度、通信信号和电力电缆布置、接触网立柱基础位置设置、声屏障基础等因素,并应综合考虑路基防排水问题。我国高速铁路路基直线地段标准路基面宽度应符合表1-2的规定。

表 1-2 路基面标准宽度

轨道类型	设计最高速度 (km/h)	双线路间距 (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
有砟轨道	250	4.6	8.8	13.4
	300	4.8		13.6
	350	5.0		13.8

路基面在无砟轨道正线曲线地段一般不加宽,当轨道结构和接触网支柱等设施的设置有特殊要求时,根据具体情况分析确定;有砟轨道正线曲线地段加宽值应在曲线外侧按表1-3的规定加宽。曲线加宽值应在缓和曲线内渐变。

表 1-3 有砟轨道曲线地段路基面加宽值

设计最高速度(km/h)	曲线半径 R(m)	路基外侧加宽值(m)
250	$R \geq 10\ 000$	0.2
	$10\ 000 > R \geq 7\ 000$	0.3
	$7\ 000 > R \geq 5\ 000$	0.4
	$5\ 000 > R \geq 4\ 000$	0.5
	$R < 4\ 000$	0.6
300	$R \geq 14\ 000$	0.2
	$14\ 000 > R \geq 9\ 000$	0.3
	$9\ 000 > R \geq 7\ 000$	0.4
	$7\ 000 > R \geq 5\ 000$	0.5
	$R < 5\ 000$	0.6
350	$R > 12\ 000$	0.3
	$12\ 000 \geq R > 9\ 000$	0.4
	$9\ 000 \geq R \geq 6\ 000$	0.5
	$R < 6\ 000$	0.5

4. 路基边坡

路堤边坡坡度取决于填土的性质和所处的环境,如抗震、防洪等。

由于高速铁路路堤一般均采用较好的填料,因此,世界各国的边坡坡度基本上都相当接近。表 1-4 所示为几个国家或组织有关铁路路堤边坡的规定。

路堑边坡形式和坡率可按照现行《铁路路基设计规范》(TB 10001—2005)等有关规定,根据地层的工程地质和水文地质条件、边坡高度、降雨和排水及气象条件等因素确定。

从表 1-4 可以看出,路基边坡基本上为 1:1.5 ~ 1:2.0,多数集中在 1:1.5 ~ 1:1.75。考虑到高速铁路运行的安全性,为了进一步提高路基的安全储备,京沪高速铁路路堤的边坡坡度采用表 1-5 的数值。

表 1-4 国外高速铁路路堤边坡坡度表

国家或组织	填 料	堤高(m)	边坡坡度 1:m
德国(DS 836)	级配好的砂砾 GW,GI,GE,SI,SW	0~12	1:1.5
		0~12	1:1.7
	级配好的砂 SE	0~12	1:2.0
	粗细粒混合土 GU,GT,SU,ST	0~6	1:1.6
		6~9	1:1.8
		9~12	1:2.0
日 本			1:1.5~1:1.8
苏 联	黏土、粉土、潮湿地区及 沙丘地带	<6	1:1.75
		6~12	1:2.0
国际铁盟	可作为填料的土		1:1.5~1:2.0
	摩擦角大的填石		1:1.0~1:1.25