



成人教育/网络教育系列规划教材

铁路路基工程

Tielu Luji Gongcheng

主 编 舒 玉
主 审 刘建坤



人民交通出版社
China Communications Press



成人教育/网络教育系列规划教材

Tielu Luji Gongcheng

铁路路基工程

舒 玉 主 编

刘建坤 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为成人及网络教育系列规划教材之一。本书以现行的铁路路基建设标准、规范、规程、规定及技术文件为基础,阐明了铁路路基结构工程基本概念、基本理论等基础知识,较为全面系统地阐述铁路路基设计施工、检测监测等专业技术内容。

本书根据高等学校土木工程本科指导性专业规范铁道工程方向推荐的知识单元要求,结合现行铁路路基建设新技术,共编写了十三章。具体章节内容包括:铁路路基建设技术概述、路基结构基本形式;路基结构强度、变形及稳定性等基本理论及应用技术;基床、路堤、路堑、过渡段、支挡结构、地基处理、边坡防护、防排水等路基结构工程的设计及施工技术;特殊土路基和特殊条件路基的设计及施工要点;路基工程检测、监测、施工管理等基本技术知识。

本书适合作为高等学校土木工程专业及其他相关专业教材,也可供从事铁路路基建设的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

铁路路基工程 / 舒玉主编. --北京:人民交通出版社, 2014. 11

ISBN 978-7-114-11271-3

I. ①铁… II. ①舒… III. ①铁路路基—铁路工程—成人教育—网络教育—教材 IV. ①U213.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 048999 号

书 名:铁路路基工程

著 作 者:舒 玉

责任编辑:王 霞 温鹏飞

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:880×1230 1/16

印 张:27.25

字 数:650 千

版 次:2014 年 11 月 第 1 版

印 次:2014 年 11 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11271-3

定 价:52.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

成人教育 / 网络教育系列规划教材

专家委员会

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|-----------------|
| 王恩茂 | 兰州交通大学土木工程学院 |
| 任宝良 | 西南交通大学土木工程学院 |
| 吴力宁 | 石家庄铁道大学继续教育学院 |
| 宋玉香 | 石家庄铁道大学土木工程学院 |
| 张鸿儒 | 北京交通大学土木建筑工程学院 |
| 肖贵平 | 北京交通大学远程与继续教育学院 |
| 彭立敏 | 中南大学土木建筑学院 |
| 曾家刚 | 西南交通大学成人教育学院 |
| 韩 敏 | 人民交通出版社 |
| 雷智仕 | 兰州交通大学继续教育学院 |
| 廖 耘 | 中南大学继续教育学院 |

出版说明

随着社会和经济的发展,个人的从业和在职能力要求在不断提高,使个人的终身学习成为必然。个人通过成人教育、网络教育等方式进行在职学习,提升自身的专业知识和能力,同时获得学历层次的提升,成为一个有效的途径。

当前,我国成人及网络教育的学生多以在职学习为主,学习模式以自学为主、面授为辅,具有其独特的学习特点。在教学中使用的教材也大多是借用普通高等教育相关专业全日制学历教育学生使用的教材,因为二者的生源背景、教学定位、教学模式完全不同,所以带来极大的不适用,教学效果欠佳。总的来说,目前的成人及网络教育,尚未建立起成熟的适合该层次学生特点的教材及相关教学服务产品体系,教材建设是一个比较薄弱的环节。因此,建立一套适合其教育定位、特点和教学模式的有特色的高品质教材,非常必要和迫切。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家教育事业第十二个五年规划》都指出,要加大投入力度,加快发展继续教育。在国家的总体方针指导下,为推进我国成人及网络教育的发展,提高其教育教学质量,人民交通出版社特联合一批高等院校的继续教育学院和相关专业院系,成立了“成人及网络教育系列规划教材专家委员会”,组织各高等院校长期从事成人及网络教育教学的专家和学者,编写出版一批高品质教材。

本套规划教材及教学服务产品包括:纸质教材、多媒体教学课件、题库、辅导用书以及网络教学资源,为成人及网络教育提供全方位、立体化的服务,并具有如下特点:

(1)系统性。在以往职业教育中注重以“点”和“实操技能”教育的基础上,在专业知识体系的全面性、系统性上进行提升。

(2)简明性。该层次教育的目的是注重培养应用型人才,与全日制学历教育相比,教材要相应地降低理论深度,以提供基本的知识体系为目的,“简明”,“够用”即可。

(3)实用性。学生以在职学习为主,因此要能帮助其提高自身工作能力和加强理论联系实际解决问题的能力,讲求“实用性”,同时。教材在内容编排上更适合自学。

作为从我国成人及网络教育实际情况出发,而编写出版的专门的全国性通用教材,本套教材主要供成人及网络教育土建类专业学生教学使用,同时还可供普通高等院校相关专业的师生作为参考书和社会人员进修或自学使用,也可作为自学考试参考用书。

本套教材的编写出版如有不当之处,敬请广大师生不吝指正,以使本套教材日臻完善。

人民交通出版社
成人教育/网络教育系列规划教材专家委员会

前 言

铁路路基是土木工程专业铁道工程方向的一门专业必修课,本教材以高等学校土木工程专业指导性专业规范铁道工程方向推荐课程——路基工程的知识单元为基础,以现行铁路路基建设技术要求为主体,结合铁路路基建设中的新技术而编写。

铁路路基是铁路线下工程的主要结构工程,是轨道工程的基础,是桥隧工程两端的过渡结构,具有工程数量大、设计参数离散性高、边界条件复杂等特点。自2004年以来,我国高速铁路建设发展迅速,铁路路基建设中的新技术、新工艺、新材料层出不穷,对路基工程质量要求高。本教材结合铁路路基结构工程特点,以铁路路基施工技术为主体,勘测设计、检测监测等建设技术并重的原则,在编写中着力体现以下特色:

(1)技术最新。本教材所涉及的铁路路基结构建设技术均以最新的标准、规范、规程、规定等为依据,为了便于读者对规范的理解和运用,对部分标准条文列举了计算示例。

(2)组织较为合理。本教材完全将铁路路基当作土工结构工程来考虑,按章介绍基床、路堤、路堑、过渡段、支挡结构、地基处理、边坡防护、防排水等组成结构的设计及施工技术,特殊土路基和特殊条件路基建设技术,路基工程检测、监测、施工管理等基本技术知识。

(3)系统性较强。本书在阐明铁路路基结构基本理论及方法的同时,充分注意吸收铁路路基结构工程新理论、新技术、新设备和新经验,从勘测、设计、施工、监理、检测、验收、监测评估等技术管理岗位出发,力求反映当前高速铁路路基技术发展趋势和人才培养的要求。

全书按40学时编写,由于成人或网络教育的读者知识层次存在高中起点、专科起点及职业院校起点等差别,很难全面考虑到各层次的具体专业学习结构,各层次读者可根据自身实际情况进行有选择、有重点的学习。学习过程中不可局限于教材,尚应查询相关技术手册及规范标准等,并参考其他行业(如公路、建筑、水利等)土木工程专业知识。

本书由石家庄铁道大学舒玉主编,并负责全书的统稿。各章节编写分工如下:舒玉编写第一、二、七、八章,王天亮编写第三、六、十章,严战友编写第十一、十三章,于炳炎编写第四、十二章,牛红凯第五、九章。

本书在编写过程中查阅和引用了大量的优秀教材、技术手册和相关部门网站资料,部分内容来源于网络。由于铁路路基建设技术涉及内容相当广泛,编者水平有限,实践经验不足,书中难免有欠妥和错误之处,恳请各位读者批评指正。

电子邮箱:hebgeo@139.com

铁路路基教学QQ群:201626762

编 者
2014年6月

自学指导

通过本教材的学习,读者应了解我国铁路路基结构工程建设技术的特点,熟悉本教材的编写组织结构;在领悟教材及查阅相关技术资料基础上,掌握铁路路基结构工程基本原理、基本理论及方法过程;能够灵活运用技术标准,理论联系工程实践,分析和解决实际工程问题,未来可以胜任相关技术和管理工作的。

1. 铁路路基结构工程特点

铁路路基是铁路线下工程的主要结构,是轨道工程的基础,是桥梁工程和隧道工程间的过渡结构。在长期的铁路建设中,路基一直定位于土石方工程,建设、勘测设计、施工等相关主体单位不论从管理方面,还是技术方面均不够重视,从而造成既有铁路路基工程病害较多等问题。即便在目前的铁路建设中,不重视路基结构的情况仍普遍存在。

铁路路基结构的主要工程材料为天然土体,因而设计参数离散性高,边界条件复杂,在进行技术分析时,涉及的专业基础知识较为广泛。

铁路路基结构在线下工程中比例较高,跨越工程地质单元多,工程数量庞大,建设技术复杂多样。

铁路路基结构与其他土木结构工程类似,承载力、变形及稳定性为主要技术问题。但不同等级铁路的路基所要解决的首要技术问题存在差异:如普通铁路解决了稳定性问题,那么承载力及变形一般不是关键;而高速铁路路基结构如果满足变形技术要求,则承载力和稳定性一般均会满足。

2. 课程特点

(1) 课程性质

根据高等学校土木工程本科指导性专业规范,本课程是土木工程专业铁道工程方向推荐课程,为铁道工程方向重要专业课。

(2) 课程地位与作用

通过本课程的学习,应掌握铁路路基结构工程术语等基本概念,各组成结构设计基本理论及方法;熟悉铁路路基施工验收技术要求,路基结构检测监测的基本原理、测试方法等技术;能够了解当前铁路路基建设新技术、新材料、新工艺等,具备分析和解决铁路路基工程实际问题的能力,能够胜任建设、勘测、设计、施工、验收、监理、检测、监测等方面的有关技术和管理工作的。

3. 学习方法与要求

在学习时要抓住基本的概念、基本分析方法,要理解问题是如何提出和引申的,又是怎样解决和应用的;要掌握各个章节之间的联系,应有完整的系统概念,具体方法及要求如下。

(1) 全面熟悉基础知识

铁路路基结构工程相关技术术语是本课程基本概念,在教材中均予以明显标记并进行解释说明,是要求必须掌握的最基本知识点。

与铁路路基结构工程密切联系的专业基础知识有工程地质与水文地质、土力学、结构设计原理、水力学、材料力学等,路基结构技术中的基本原理、基本理论及计算方法均是以上述课程为基础的。学习过程中应首先熟悉专业基础知识,分析应用其解决路基技术问题的过程,注意

理论与工程应用的联系与区别,达到灵活运用学习目的。

(2)密切联系专业知识

本课程作为铁道工程方向的一门专业课,许多专业技术要求并不是孤立的。铁路路基是轨道结构的基础工程,桥隧结构两端的过渡段,同时也是位于地基之上的结构工程;铁路路基还需满足线路工程的技术要求,并尽量达到技术可行、经济合理的建设目标。所以,本课程学习时,应紧密联系轨道工程、铁路选线及桥隧工程等专业课程,关注其对路基工程的不同要求。

(3)灵活运用规范标准

铁路路基建设技术必须遵循规范,本教材也是基于现行规范标准编写的。

但规范中大多条文仅提供基本技术原则,规范一般会在保证安全、质量等前提下,留给技术人员较大的运用空间。对于具体的技术路线及方法过程,专业人员应在理解规范意图前提下,尽量采用符合工程实际情况的计算参数、计算模型及简化方法。因而不论在课程学习中,还是在实际工作中,均不可盲从规范,需要先分析规范,应在正确理解规范的前提下灵活运用。如支挡结构的土压力计算,规范针对不同的支挡类型或计算模型而规定了库仑理论、弹性理论、经验公式等方法进行计算,但是在进行高速铁路路堤式支挡结构设计时,应根据工程实际情况慎重采用规范方法,因为规范中暂时并没有考虑支挡结构设计变形技术问题。

(4)广泛查询技术手册

铁路路基结构工程涉及知识内容非常广泛,而本教材由于学时和篇幅的限制,许多路基建设的专业技术未能编入,编写的建设技术许多又无法进行详细的阐述。本教材在编写的时候,除了引用书后参考文献中所罗列的技术手册外,还参考了公路、建筑等其他行业的技术手册,如《公路设计手册》、《地基处理设计手册》、《支挡结构设计手册》等。这些手册内容均非常专业丰富,详细阐述了相关路基建设技术原理及方法,在教材相关章节学习中,可作为参考。

(5)合理安排学习环节

预习是一种良好的学习习惯,可以调动学习的积极性,从而不断提高专业知识的积累。学习时要注意多练,多练是属于实践性的学习环节;同时要多思,多思是属于理论性的学习环节。两者可相互促进,练中多思,思中多练,则学习心得就必然增多。同时要善于总结,即将自己的一点一滴的学习心得理顺,巩固认识,使学到的内容真正成为自己的专业知识财富。

专业知识的学习要善于提出问题,勤于分析的读者会发现教材或规范中尚有大量问题没有完全解决,因为现有的技术要求不可能是全面的、完美的,铁路路基建设技术标准也是没有止境的。如果学习之后,没有发现问题,说明专业知识没有完全理解及掌握。

确保一定的学习时间是非常重要的环节,学习本身没有任何捷径,海量的专业知识如没有充分的学习时间作保障,那一定是浮云。当然每个人的时间和精力是有限的,想通过一门课程的学习或短暂的工作培训就能全面掌握铁路路基结构工程也是较难实现的。

上述观点仅限于编者在长期教学过程中对于专业知识学习的理解,为一家之言。读者应根据自身实际情况及特点有的放矢,领悟专业知识的学习之“渔”。

目 录

第一章 概述	1
第一节 铁路路基结构工程技术的发展	3
第二节 我国客运专线路基建设	5
第三节 铁路路基设计内容	8
思考题	14
第二章 铁路路基横断面	15
第一节 铁路路基横断面构造	17
第二节 路基面形状与宽度	22
第三节 路肩高程	34
第四节 路基结构工程材料	39
思考题	50
第三章 铁路路基变形及稳定性	51
第一节 铁路路基设计荷载	53
第二节 地基承载力分析	59
第三节 路基变形分析	67
第四节 路基稳定性分析	80
思考题	91
第四章 基床、路堤及路堑	93
第一节 路基基床	95
第二节 基床下路堤	103
第三节 路基填筑施工技术	108
第四节 路堑设计与施工	114
思考题	119
第五章 过渡段及路基相关工程	121
第一节 过渡段结构概述	123
第二节 过渡段结构分析	125
第三节 过渡段结构形式	128
第四节 路基相关工程及设施	135
思考题	141
第六章 铁路路基支挡结构	143
第一节 铁路路基支挡结构基本技术	145
第二节 库仑土压力计算	155
第三节 重力式挡土墙	164
第四节 悬臂式和扶壁式挡土墙设计	170
第五节 锚杆挡土墙	175

第六节	锚定板挡土墙	180
第七节	加筋土挡土墙	184
第八节	土钉墙	187
	思考题	192
第七章	铁路路基工程抗震技术	193
第一节	铁路路基抗震设计简述	195
第二节	铁路路基抗震验算	200
第三节	铁路路基抗震措施	209
	思考题	211
第八章	铁路路基地基处理技术	213
第一节	铁路路基地基处理概述	215
第二节	浅层地基处理	219
第三节	强夯及强夯置换	223
第四节	桩体复合地基	227
第五节	钢筋混凝土桩网(桩筏)结构	243
第六节	钢筋混凝土桩板结构	247
第七节	注浆	252
	思考题	254
第九章	铁路路基边坡防护及防排水工程	255
第一节	路基边坡防护及防排水工程基本技术要求	257
第二节	铁路路基边坡防护工程	259
第三节	铁路路基边坡绿色防护	267
第四节	铁路路基防排水结构形式	275
第五节	铁路路基防排水工程设计	281
第六节	铁路路基防排水工程施工	285
	思考题	293
第十章	铁路特殊路基工程	295
第一节	软土及松软土路基	297
第二节	膨胀土(岩)路基	301
第三节	黄土路基	304
第四节	盐渍土路基	310
第五节	冻土路基	315
第六节	风沙地区路基	324
第七节	特殊条件路基	327
	思考题	340
第十一章	铁路路基检测技术	341
第一节	铁路路基施工检测分类	343
第二节	路基填料及相关原材料室内试验	345

第三节 路基工程质量现场试验检测·····	349
思考题·····	370
第十二章 铁路路基变形观测技术·····	371
第一节 路基变形观测基准网·····	373
第二节 路基变形观测点·····	374
第三节 路基工程沉降评估·····	385
思考题·····	392
第十三章 铁路路基工程施工·····	393
第一节 铁路路基工程施工准备·····	395
第二节 铁路路基施工组织设计·····	401
第三节 铁路路基施工安全技术·····	407
第四节 路基工程施工环境保护·····	416
第五节 铁路路基竣工验收·····	417
思考题·····	421
参考文献·····	422

第一章 DIYIZHANG

概述



本章导读

路基结构是铁路建设线下工程的重要组成部分。在过去的铁路建设中,由于勘测设计、施工验收及建设管理等方面没有将铁路路基作为土工结构予以重视,新建铁路中路基工程质量问题较为突出,因路基病害造成既有铁路运营维护困难甚至中断行车事故也屡有发生。本章简述铁路路基建设技术的发展概况,我国客运专线路基工程建设技术发展情况,重点介绍铁路路基工程在不同设计阶段的设计内容及路基工程设计基本原则。



学习目标

1. 了解铁路路基工程建设技术发展。
2. 熟悉我国客运专线路基工程建设概况。
3. 熟悉我国铁路路基工程建设标准、规范、规程及规定等相关技术文件。
4. 掌握路基工程设计的主要内容及原则。
5. 掌握铁路路基、一般路基、客运专线、高速铁路、设计使用年限等术语。



学习重点

1. 铁路路基建设相关基本概念。
2. 客运专线路基工程特点。
3. 铁路路基工程施工图设计内容。
4. 铁路路基工程设计基本原则。



本章学习计划

内 容	建议自学时间 (学时)	学 习 建 议	学 习 记 录
第一节 铁路路基结构工程 技术的发展	1.0	初步了解铁路路基建设技术现状及发展	
第二节 我国客运专线路基 建设	2.0	熟悉我国客运专线路基建设技术的发展和特点	
第三节 铁路路基设计内容	2.0	1. 了解我国铁路项目建设程序； 2. 掌握铁路路基施工图设计内容及基本原则	

第一节 铁路路基结构工程技术的发展

铁路路基(Subgrade 或 Earth Structure)是经开挖或填筑而形成的直接支承轨道结构的土工结构物。路基是铁路线路的重要组成部分,是铁路轨道的基础,其强度、沉降控制和稳定性是保证线路稳定的基本条件。

一、我国普速铁路路基工程现状

2003 年以前,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”的倾向下,路基修筑时选用的填料性能优劣不一,常常就近取土填筑路基;压实标准低,检测频率少,致使新修的路基强度偏低,变形明显。新建铁路交付运营后不能立即达到设计速度与运量,一般经过 5~15 年自然沉落及病害整治才能达到设计速度要求,运营中还常发生路基变形、下沉、翻浆冒泥、边坡坍塌、道砟陷槽等病害,降低了铁路建设的经济效益和社会效益。

我国既有线运营铁路路基技术状态不佳,路基普遍强度偏低,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。随着国民经济的发展,运量不断增长,路基超负荷工作状态一直没有缓解,路基病害时常发生。据统计,提速前的 1994 年底,在全国 68053km 的运营线上,路基总长 64088km,占运营线路的 94%,路基病害地段 81082 处,累计长 11055km,占运营线路的 16.2%。提速后,路基状态没有显著改进,有些地段反而更加恶化。

二、国外铁路路基现状及特点

国外铁路发展的方向是重载及高速铁路,**高速铁路**(High-speed Railway, HSR)是指新建铁路旅客列车设计最高行车速度达到 250km/h 及以上的铁路。**重载铁路**(Heavy Haul Railway)是指运行列车牵引质量为 5000t 及以上且轴重达到 25t 及以上的铁路,发展重载铁路的国家有美国、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,要求进行详细的调查,为设计、施工及养护提供所必需的依据资料。

(2)强化路基基床,对基床表层的填料和强度有严格要求。

日本在新干线上设置了强化基床表层,采用级配矿渣层或增设沥青混凝土表层等,并用直径为 30cm 的平板荷载试验求出的地基系数 K_{30} 控制压实效果。

法国在制定 TGV 线路技术条件前曾对全国既有铁路的路基进行了详细、全面的调查,发现轨枕下道床加垫层的厚度对防止路基病害的产生有重要作用。当总厚度超过 60cm 时,线路良好,基床病害的发生概率很小。

德国提出了在路基表面设置保护层的根本性措施,并且要求在既有线路基上按不同的线路等级,有计划地逐步设置保护层。

(3)严格控制路基填筑,对路基填料分类制订填筑压实标准和检测方法等,并开发了一系列的检测设备和施工机械。

各个国家根据本国的特点对路基填料进行了详细的划分,并对每类填料的力学性能进行

试验研究,从而确定它的适用范围。对路基填土质量标准,多数采用物理和力学性能双指标控制。如日本采用 K_{30} 标准和压实系数控制填筑质量;德国采用 E_{v2} 和压实系数控制压实质量,并研发了可实时监控压实系数的碾压机械;日本、法国分别提出用贯入仪及落球回弹法等快速检验法。

(4)控制路基不发生过大的下沉。

各国在高速铁路建设过程中,对线路容易发生不顺的部位特别加以重视,从结构设计到施工组织,从工期安排到质量检测等方面都采取了措施,严格控制轨道的刚度变化和由于沉降、不均匀沉降引起的轨道下沉和轨面弯折,以达到线路的平顺性,保证列车高速运行的安全和稳定。为了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新的要求。为了调整桥台附近路堤的刚度,对桥头路堤规定了更高的技术标准。

(5)加强路基的防排水措施,加强边坡和灾害的防护。

各国要求路基防护工程与主体工程同时完成,增加路基的坚固性和稳定性,避免运营期间发生病害。日本在基床表层设置5cm厚的沥青混凝土层,德国和法国分别在基床表层中设置了隔水层,防止雨水下渗引起路基病害,保护路基。

三、路基工程技术的发展

高速、重载铁路的兴建,对铁路线路的质量提出了新要求,因此,路基的性状必须要与之相适应。以确保路基稳定为前提,在线路养护维修允许的条件下,路基在各种因素作用下的变形应控制在确保线路不出现不良状态的范围内。近年来路基工程技术的改进主要表现在以下几个方面。

(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。国内已开发多个行之有效的计算程序,可以完成路基的结构设计,并不断完善。随着高速铁路的出现和发展,高速行车对线路变形的严格要求,使得路基由强度控制设计逐渐向变形控制设计转变。

(2)新工艺、新技术、新材料、新设备层出不穷。

伴随新材料、新工艺、新技术的不断出现,路基工程技术日新月异。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、锚杆等,发展到应用预应力锚索及锚索桩;地基处理从砂井、反压护道,经历袋装砂井、塑料排水板、真空预压等,发展到粉喷桩、旋喷桩及土工合成材料加筋地基,再发展到水泥粉煤灰碎石桩、素混凝土桩、桩网结构、桩板结构等;基床病害的处理经历了换填砂石料、铺设沥青面层、设盲沟等措施,发展到较普遍地应用土工合成材料进行加筋和隔离;边坡防护技术在从工程防护向绿色防护、生态防护发展。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。

铁路路基填料除利用粉煤灰外,还有水淬矿渣工业废料、尾矿废料可以利用,它们在减轻结构质量、保护环境、减少投资等方面有独到之处。

振动碾压机械、长螺旋钻机、旋挖钻机等高效施工机械的开发应用,大大提高了施工速度和施工质量,减轻了工人的劳动强度;光面爆破技术的进步,减少了施工对路堑边坡的破坏。

(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靠应用的成果。

路基施工质量的检测方法由以前单一的压实系数指标逐渐增加了地基系数 K_{30} 、变形模量 E_{v2} 、动态变形模量 E_{vd} 等多项指标。

(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,才能加强工程设计和施工管理及统一验收标准,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,我国相继制定和完善了若干有关铁路路基勘测、设计、施工及质量评定的规范,随着铁路建设事业的发展,规范本身也将不断完善和更新。

◆请练习[思考题 1-1]

第二节 我国客运专线路基建设

客运专线(Passenger Dedicated Lines, PDL)是专供旅客列车行驶的路网铁路。我国客运专线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、石太、武广、郑西等客运专线实际情况,并经有关部门多次组织国内专家的论证而最终确定的。截至 2012 年底,我国高速铁路运营里程达到 9356km,居世界第一位。

一、我国客运专线路基工程技术发展

1. 秦沈客运专线

秦沈客运专线 1999 年 8 月 16 日全面开工建设,2003 年 10 月 12 日正式开通运营。全线总长 405km,路基 335km,占线路长度的 83%。运营速度 200km/h,有砟轨道结构。

(1)路基填筑质量标准高

秦沈线路基施工标准较同期的普速铁路标准提高了很多,路基填筑根据不同部位,提出了压实系数 k 、地基系数 K_{30} 、孔隙率 n 等压实标准。

(2)路基基床表层采用级配碎石强化结构

铁路路基的基床表层是路基设计中最重要的一部分,秦沈线首次在基床表层采用了 60cm 厚的级配碎石结构。

(3)路桥及横向构筑物间设置过渡段

路桥及横向构筑物间的过渡段,是以往设计及施工中的薄弱环节,也是既有线发生路基病

学习记录

害的重要部位,为保证列车高速运行时的平稳舒适,对路桥过渡段采用了刚度过渡的设计方法。

(4)严格控制路基变形和工后沉降

路基工后沉降(Post-acceptance Settlement of Subgrade)是指路基竣工铺轨开始后产生的沉降量。秦沈客运专线路基工后沉降要求一般地段 15cm,年沉降量不得大于 4cm;路桥过渡段 8cm,年沉降量不得大于 3cm。

(5)路基动态设计

秦沈客运专线有 93km 的松软土和软土路基,在每个松软、软土地基工点及台尾过渡段、路基中心、两侧路肩及边坡坡脚之外设置沉降和位移观测设备,全线共设置了 720 个观测断面,及时绘制填土—时间—沉降曲线。根据沉降观测资料及沉降发展趋势、工期要求等,采取相应的措施,如调整预压土高度,确定预压土卸荷时间,提出基床底层顶面抬高值,以及铺轨前对路基进行评估及合理确定铺轨时间,以确保铺轨后路基工后沉降量与沉降速率控制在允许范围内。

(6)路基质量评估

针对秦沈线箱梁运架过程中的路基安全稳定问题及铺轨前路基质量状况进行了路基质量评估工作。秦沈线大部分桥梁为预制梁,梁体结构尺寸及重量均较大,其中 24m 双线整孔箱梁重达 540t,加上运架设备总重已超过 800t。通过路基运架远超过设计荷载,为保证秦沈通过运架梁段的路基安全稳定,特对高填方、桥头及软基地段进行安全监测评估,确保了箱梁运架的顺利完成。

(7)地基处理的种类多

根据地质勘察资料,结合秦沈铁路路基的工后沉降要求,针对不同地质条件的地基土选用了合理的十多种地基处理方法。浅层软弱地基采用了换填碾压处理或换填砂垫层处理,深层软基采用了袋装砂井、塑料排水板的排水固结加预压的处理方法。工后沉降要求高及路桥过渡段,根据地质条件和经济对比,采用了砂桩、碎石桩、粉喷桩、搅拌桩、旋喷桩等地基处理方法。地震液化的粉土或粉细砂层的地基,采用了挤密砂桩的处理方法。不同的地基处理方法在秦沈线得到了成功的应用,为我国客运专线的设计施工提供了有益的经验。

2. 京津城际铁路

京津城际铁路是我国第一条时速 350km 的城际铁路,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 119.4km,无砟轨道结构,路基 13.14km,其中区间路基 6 处 8443.33m,车站路基 3 处 5610.15m,占线路长度的 11%。

(1)无砟轨道路基

京津城际采用板式无砟轨道结构,要求路基的沉降要小,路基基床表层采用级配碎石,路基压实采用密度和刚度双指标控制。路桥、路涵采用级配碎石过渡段衔接。

(2)路基工后沉降标准高

无砟轨道结构沉降调整范围是由扣件高度决定的,路基工后沉降为 15mm。

(3)软土地基处理强

京津城际铁路的地基处理,深度 30m 以内采用 CFG 桩,深度 30m 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。

3. 武广客运专线

武广客运专线 2005 年 6 月 23 日开工建设,2009 年 12 月 26 日开通运营,正线全长