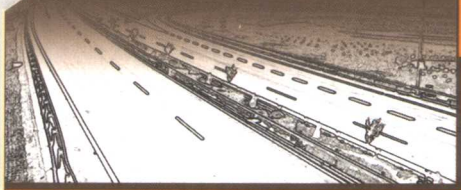


公路路基 施工要点 与质量控制

王书斌 杜群乐 主编
高民欢 杨广庆 主审

TECHNICAL POINT AND
QUALITY CONTROL



SUBGRADE CONSTRUCTION



人民交通出版社

China Communications Press

公路路基 施工要点 与质量控制



王书斌	杜群乐	主编
高民欢	杨广庆	主审



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书共分十三章,主要内容有:施工准备,一般路基施工,特殊地区路基施工,路基排水,路基防护,支挡结构物,土工合成材料应用技术等方面,详细阐述了其施工要点,强调了路基施工质量控制、检测、监测和管理,并介绍了路基文明施工与施工期环境保护。

本书可作为从事公路路基施工、管理和设计的工程技术人员学习培训教材和操作指南,亦可供大专院校相关专业学生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路路基施工要点与质量控制/王书斌,杜群乐主编.
北京:人民交通出版社,2004.12
ISBN 7-114-05372-X

I.公... II.①王...②杜... III.①公路路基-工程
施工②公路路基-工程质量-质量控制
IV.U416.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 124580 号

书 名:公路路基施工要点与质量控制

著 作 者:王书斌 杜群乐

责任编辑:赵 蓬

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.cccpress.com.cn>

销售电话:(010)85285656,85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京凯通印刷厂

开 本:787×960 1/16

印 张:34.5

字 数:543千

版 次:2005年1月第1版

印 次:2005年1月第1版第1次印刷

书 号:ISBN 7-114-05372-X

印 数:0001—4000册

定 价:50.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



前 言

*P*_{reface}

20 世纪 90 年代以来,我国公路建设进入到快速发展时期,公路建设规模达到历史最高水平。以高速、安全和舒适为前提的高速公路行车要求路基必须具备强度高、刚度大、稳定性好、耐久性好、不易变形等优良性能。随着新技术、新材料、新工艺的不断推广应用,也给路基工程的施工技术与管理带来了新的挑战,在许多方面也深化了传统的施工方法和管理手段。

本书以公路路基施工技术和施工质量控制为立足点,涉及路基工程的施工要点、质量检测、工程监测及质量管理等内容,以确保路基的工程质量为目的,具有较强的实用性和操作性。

本书共分十三章,主要从施工准备、一般路基施工、特殊地区路基施工、路基排水、路基防护、支挡结构物、土工合成材料应用技术等方面,详细阐述了其施工要点,强调了路基施工质量控制、检测、监测和管理,并介绍了路基文明施工与施工期环境保护。

本书由王书斌、杜群乐担任主编,由张保俭、汤劲松、张新宇担任副主编。编写分工如下:王书斌第一、六、十、十二章;杜群乐第九、十一章;张保俭第三、五章;汤劲松第二、四章;张新宇第七、十三章;吕鹏第八章。全书由高民欢、杨广庆主审。

由于路基施工与质量控制所涉及的内容较多,尽管我们在编写过程中对不少章节数易其稿,但限于时间和编者水平,书中遗漏、不足之处在所难免,敬请广大读者批评、指正。

最后,我们对所有为本书的完成和出版给予支持的人们表示最衷心的感谢。本书编写过程中,承蒙河北省交通厅和石家庄铁道学院的大力支持,在此一并表示感谢。

编 者

2004 年 11 月于石家庄



目 录

Contents

第一章 绪论	1
第一节 路基工程的特点	1
第二节 路基工程技术的现状	2
第三节 路基工程常见病害及施工要求	4
一、公路路基常见病害	4
二、路基工程的修筑要求	6
第四节 路基施工的重要性和基本方法	8
一、路基施工的重要性	8
二、路基施工的基本方法	9
第五节 路基工程施工技术特点	10
一、路基施工的主要内容	10
二、路基施工的基本程序	10
三、路基施工技术特点	10
第二章 路基施工准备工作	13
第一节 绪论	13
一、组织准备	13
二、技术、物质和现场准备	14
第二节 技术准备	15
一、熟悉设计文件	15
二、路基施工调查	16
第三节 现场准备	16
一、恢复路线	16
二、划定路界	19

三、路基放样	20
四、清理场地	25
五、临时工程	26
第四节 沿线土质调查与试验	40
一、土质调查	40
二、土工试验	41
三、沿线取土坑、弃土堆占地面积及土方量的测算	54
第五节 路基施工组织设计编制	59
一、编制依据	59
二、编制原则	59
三、原始资料的调查分析	62
四、编制内容	62
五、施工进度计划的编制	63
六、确定施工方案	64
七、资源需求计划的编制	65
八、土石方施工调配	67
九、质量保证体系	72
十、安全生产保证体系和措施	73
十一、环境保护措施	74
十二、文明施工措施	74
第六节 路基施工机械选择	74
一、施工机械的适用范围	75
二、施工机械的选择原则	75
三、路基施工机械简介	79
四、路基机械化施工组织	97
第七节 试验段的选择与实施	99
一、试验段的施工组织设计	100
二、试验段的选择	100
三、试验段的实施	101
第三章 一般路基施工要点	104
第一节 基底处理	104
一、伐树、除根及表土处理	104
二、路堤基底处理的施工要点	105
第二节 路堤填筑	107

一、土方路堤填筑	107
二、路基边坡施工作业	120
三、土石路堤填筑	126
四、填石路堤施工	128
五、高填方路堤施工	131
第三节 桥涵及其他构造物处填筑	132
一、桥涵及其他构造物处产生沉降的原因	132
二、桥涵及其他构造物处(桥台背、锥坡、挡土墙墙背等) 的填筑施工要点	134
三、台背填土的施工与控制	135
第四节 路堤填土压实	137
一、压实的作用	138
二、影响压实效果主要因素	139
三、土基压实标准及其应用	141
四、压实工作组织	142
五、路基压实施工中经验参考资料	142
第五节 路堤填石压实	146
一、压实标准	146
二、压实方法及检查	146
第六节 路堑开挖	147
一、土方路堑开挖	147
二、岩石路堑破碎开挖	159
三、深挖路堑的施工	170
第四章 软土路基施工要点	173
第一节 换填土法施工要点	174
一、垫层材料的选择	174
二、垫层施工方法	176
三、施工中的注意事项	178
第二节 深层密实法施工要点	180
一、强夯法施工要点	181
二、砂桩、碎石桩施工要点	184
三、土(灰土、二灰)桩施工要点	193
四、石灰桩	198
五、CFG 桩	199

第三节 排水固结法施工要点	201
一、水平排水垫层施工	202
二、竖向排水体施工	203
三、预压荷载施工	210
第四节 化学加固法施工要点	213
一、灌浆法	214
二、高压喷射注浆法	222
三、水泥土搅拌法	228
第五章 其他特殊地区路基施工要点	240
第一节 膨胀土(岩)地区路基施工要点	240
一、膨胀土的特性	240
二、膨胀土路基施工	241
三、施工中要控制好的几个要点	243
第二节 黄土地区路基施工要点	244
一、黄土的工程特性	244
二、黄土地区路基施工	246
三、湿陷性黄土地区路基施工	254
第三节 盐渍土地区路基施工	256
一、概述	256
二、盐渍土路基的主要病害	258
三、盐渍土的基本工程性质	258
四、识别盐渍化的简单方法	259
五、盐渍土地区路基施工的原则要求	261
六、盐渍土地区路基施工	263
第四节 多年冻土及季节性冻土地区路基施工	267
一、多年冻土地区路基施工	267
二、季节性冻融翻浆地区路基施工	279
第五节 多雨潮湿地区路基施工	287
第六节 滑坡地段路基施工	289
一、概述	289
二、滑坡地段路基施工易出现的问题和处治方法	292
第六章 路基排水工程施工要点	302
第一节 地面排水设备的施工要点	302

一、边沟的施工要点	302
二、截水沟的施工要点	305
三、排水沟(泄水沟)的施工要点	307
四、跌水与急流槽(吊沟)的施工要点	308
五、蒸发池(积水池)的施工要点	310
六、雨水井与检查井的施工要点	310
第二节 地下排水设备施工	311
一、暗沟施工要点	311
二、渗井施工要点	311
三、渗沟施工要点	312
四、渗池与暗管的施工要点	317
五、土工织物用于地下排水工程时的施工要点	317
六、一般地区和寒冷地区承压水的排除(包括冻结沟、 保温沟等设施)的施工要点	318
七、特殊气候地区积聚水排除的施工要点	318
八、高速公路、一级公路的路基排水	319
第三节 沟渠加固施工要点	319
一、土沟表面夯实施工要点	319
二、三合或四合土加固层施工要点	320
三、单层干砌片石加固施工要点	322
四、单层浆砌卵石加固施工要点	323
五、浆砌片石加固施工要点	324
六、浆砌片石矩形排水槽施工要点	325
第七章 路基防护工程施工要点	328
第一节 路基防护原则	328
第二节 路基坡面防护施工要点	329
一、生物防护及施工注意事项	329
二、圬工防护及施工注意事项	333
第三节 路基冲刷防护施工要点	343
一、路基边坡直接防护	343
二、路基边坡间接防护	346
第八章 路基支挡结构施工要点	350
第一节 重力式挡土墙	350

一、施工前的准备工作	350
二、材料要求	352
三、施工要点	353
四、施工注意事项	358
第二节 锚杆挡墙	359
一、材料及要求	359
二、施工要点	360
第三节 加筋土挡墙	364
一、概述	364
二、施工要点	365
第四节 土钉墙	371
一、概述	371
二、土钉墙的基本原理	372
三、土钉墙构造	373
四、土钉墙施工要点	374
第五节 抗滑桩(锚固桩)	378
一、抗滑桩的类型及平面布置	378
二、抗滑桩的断面	379
三、抗滑桩施工要点	379
第六节 预应力锚索	382
第九章 土工合成材料在路基工程中的应用	384
第一节 概述	384
一、土工合成材料的种类	385
二、土工合成材料在公路路基工程中的应用范围	388
第二节 软土地基加固	389
一、软土地基的加筋补强	390
二、软土地基的排水固结加固	390
三、土工合成材料加筋补强软土地基施工要点	390
四、施工注意事项	391
第三节 加筋土工程	393
一、路堤加筋	394
二、台背路基填土加筋	396
三、加筋土挡土墙	400
第四节 路基防护	400

一、坡面防护	400
二、冲刷防护	401
三、风沙防护	402
四、土工合成材料路基防护施工要点	402
第五节 路基排水	406
一、路基排水设计原则	406
二、土工合成材料路基排水施工要点	408
第十章 路基施工质量控制与检测	409
第一节 路基施工质量控制	409
一、土质路堤施工质量控制	409
二、土质路堑施工质量控制	413
三、石质路堤施工质量控制	414
四、石质路堑施工质量控制	419
第二节 路基施工质量检测方法	420
一、概述	420
二、压实度检测——环刀法	421
三、压实度检测——灌砂法	423
四、压实度检测——灌水法	427
五、压实度检测——核子仪法	428
六、CBR 值检测	439
七、回弹模量检测	442
第十一章 软基路堤施工监测技术	446
第一节 概述	446
一、软基路堤施工监测的目的	446
二、软基路堤施工监测原则	447
三、软基路堤施工监测应注意的问题	447
四、软基路堤施工监测内容	448
五、软基路堤施工监测量测仪器	449
第二节 变形监测技术	449
一、控制点的布设与观测	450
二、地表沉降观测	451
三、土体内部沉降观测	454
四、土体水平位移观测	459

第三节 应力监测技术	465
一、土中总应力测试	465
二、孔隙水压力监测	469
第四节 试验段工程	475
一、试验工程方案制订	475
二、试验工程监测	475
第十二章 路基施工管理	478
第一节 路基施工管理的意义和内容	478
一、路基施工管理的意义	478
二、路基施工管理的内容	479
第二节 路基施工技术管理	480
一、施工技术管理的基本任务和内容	480
二、施工技术管理的基础工作	482
三、施工准备阶段的技术管理	488
四、施工过程中的技术管理	488
五、竣工验收阶段的技术管理	489
第三节 路基施工进度管理	489
第四节 路基施工材料管理	491
一、材料管理的内容和任务	491
二、材料管理的主要工作	492
第五节 路基施工机械设备管理	494
第六节 路基施工质量管理	496
一、质量管理的概述	496
二、施工过程的质量管理	498
三、影响路基工程质量的因素	500
四、实施路基工程施工质量计算机辅助管理系统	502
第七节 施工成本管理	504
一、施工成本的基本概念	504
二、成本管理的程序和内容	505
第八节 路基施工安全管理	507
一、安全管理的概念	507
二、安全管理的重要性及特征	508
三、安全管理的内容	508
四、安全管理的基本要求	509

五、安全管理的基本原则	511
六、安全管理制度	512
第十三章 路基文明施工与施工期环境保护	514
第一节 路基文明施工与施工期环境保护的意义	514
一、路基文明施工的意义	514
二、施工期环境保护的意义	515
第二节 路基文明施工的组织管理与保障措施	516
一、健全管理组织	516
二、健全管理制度	517
三、健全管理资料	518
四、开展竞赛	518
五、加强教育培训工作	518
六、积极推广应用新技术、新工艺、新设备和现代化管理方法	518
七、文明施工保障措施	518
第三节 文明施工的现场管理措施	519
一、开展“5S”活动	519
二、合理定置	521
三、目视管理	523
第四节 施工期环境保护的措施	526
一、实行环保目标责任制	526
二、加强检查和监控工作	527
三、保护和改善施工现场的环境,要进行综合治理	527
四、要有技术措施,严格执行国家的法律、法规	527
五、采取措施防止大气污染	527
六、防止水源污染措施	528
七、防止噪声污染措施	529
参考文献	531

• 第一章 •

绪 论

第一节 路基工程的特点

路基作为路面的基础,是在地表按道路的线形(位置)和断面(几何尺寸)的要求开挖或填筑而成的岩土结构物。它承受着路面静荷载及交通动荷载,并将荷载向地基深处传递扩散。因此路基应具有足够的强度和稳定性,应能抵抗自然因素的破坏而不致产生有害变形。在线路纵断面上,路基必须保证线路需要的高程;在平面上,路基与桥梁、隧道连接组成完整贯通的线路。因此,路基工程具有其独特的特点。

1. 路基建筑在土石地基上并以土石为建筑材料

路基是建筑在土石地基上并以土石为建筑材料的土工结构物。岩石和土都是不连续介质,各种岩石性质差异悬殊,并具有多种结构面;土的成因、成分、结构、构造也各不相同。在自然营力和人类活动的作用下,土石的工程性质在不断变化。所以,在以岩土力学为基础的路基工程设计中,如何取得正确反映土石工程性质的物理力学指标和如何建立表达土石的应力—应变—时间关系的本构模型,成为岩土工程的重要研究内容,也是路基设计和施工水平提高的基础。

2. 路基完全暴露在大自然中

在线路工程中,路基除可遇见各种复杂的地形、地质条件外,还受严寒、酷暑、水位涨落、狂风暴雨等气候、水文以及地震等自然条件的影响,常引起各种病害,如膨胀土路基干缩、湿胀引起路基边坡坍塌;南方淫雨、北

方冻胀、融沉引起路基隆起、下沉或路基翻浆冒泥等病害;雨季引起大滑坡;西北风蚀沙埋路基等。所以,路基的设计、施工、养护均离不开具体的自然条件,应该在充分调查研究的基础上,认识和克服自然灾害,这也是路基工作的重要内容。

3. 路基同时受静荷载和动荷载的作用

路基上的结构和附属构筑物产生静荷载,汽车运行产生动荷载。动荷载是造成路床病害的主要原因之一。研究土体在动力作用下的变形、稳定问题,必须了解土的动力性质,包括土的动强度和液化、动孔隙水压力增长及消散模式、土的震陷等。一些新的测试手段和计算模型的出现,为进一步深入研究路基床土动力响应提供了更完善的条件。在一般路基设计中,是将动荷载视为静荷载进行计算的。

第二节 路基工程技术的现状

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 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。生产力的发展,使公路运量和速度的不断提高,使得既有公路路基不断出现病害,因此各国也不得不提高新建路基的设计标准。

长期以来,我国公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、路基下沉、边坡坍滑、滑坡等病害经常发生,使新建公路交付运营后乃至运营多年路基仍不稳定,影响路面质量,使行车仍不能达到设计速度与运量,影响公路经济与社会效益。

高速公路的兴建,对路基质量提出了新要求。因此,在确保路基稳定的前提下,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。近年来在路基设计施工方面获得的进步主要表现在以下几方面。

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。在不断应用的过程中,计算技术必然会日臻完善。

高速公路的出现和发展,深化了传统的路基设计理念。由于高速行车对路基变形的严格要求,使得路基设计在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,可能出现了不能容许的多大变形。

2. 新工艺、新技术、新材料层出不穷

新材料、新工艺、新技术的不断出现,使路基工程面貌亦不断更新。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。

我国高速公路路基工程中,已多次采用粉煤灰填筑。除粉煤灰外,还有水淬矿渣等一类工业废料可以利用,它们在减轻结构物重力、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资应用的成果。

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,工程设计、施工

等才有章可循。只有从事建设者遵守规范,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,我国相继制定和修改了若干有关公路路基勘测、设计、施工及质量评定的规范。如《公路工程地质勘察规范》(JTJ 064—98)、《公路路基设计规范》(JTJ D30—2004)、《公路加筋土工程设计规范》(JTJ 015—91)、《公路加筋土工程施工技术规范》(JTJ 035—91)、《公路土工合成材料应用技术规范》(JTJ/T 019—98)、《公路土工合成材料试验规程》(JTJ/T 060—98)、《公路粉煤灰路堤设计与施工规范》(JTJ 016—93)、《公路软土地基路堤设计与施工规范》(JTJ 017—96)、《公路路基施工技术规范》(JTJ 035—91)、《公路工程施工安全技术规程》(JTJ 076—95)、《公路路基路面现场测试规程》(JTJ 059—95)、《公路工程质量检验评定标准》(JTJ F801—2004)等。随着我国公路建设事业的发展,规范本身也将不断改革和更新。

路基工程技术的进步,使路基更加稳固、经济,为把路基的变形控制在允许范围内奠定了基础。

第三节 路基工程常见病害及施工要求

一、公路路基常见病害

路基裸露在自然界中,整个路基需承受自重、汽车荷载和各种自然因素的作用。由于水、温度和各种荷载的作用,路基的各部分将产生可恢复的变形和不能恢复的变形,那些不能恢复的变形,将引起路基标高和边坡坡度、形状的改变,甚至造成土体位移和路基横断面几何形状的改变,危及路基及其各组成部分的完整和稳定,形成路基的病害。

常见的路基病害以下几种。

1. 路基的沉陷

路基沉陷是指路基表面在垂直方向产生较大的沉落。路基的沉陷可以有两种情况,一是路基本身的沉缩,二是由于路基下部天然地面承载力不足,在路基自重的作用下引起沉陷或向两侧挤出造成的,如图 1-1a)所示。

路基的沉缩是指因路基填料选择不当、填筑方法不合理以及压实不足,在路基堤身内部形成过湿的夹层,在荷载和水温的综合作用下,引起路基沉缩,如图 1-1b)所示。