



普通高等教育土建类规划教材

道路与桥梁 施工技术

● 王修山 王波 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育土建类规划教材

道路与桥梁施工技术

主 编 王修山 王 波
副主编 朱洪庆 王思长 郭 飞
参 编 张宏国 郭 伟 赵永胜
高 荣 桂 学 侯 宁
主 审 黄晓明

机械工业出版社

本书系统地介绍了路基、路面、涵洞、桥梁及公路沿线设施等方面施工的基本理论及其工程应用。本书紧密结合道桥实际，突出施工特点，注重实用性，各章节施工技术要点及技术数据均反映了现行相关施工技术规范的最新理论研究成果，内容深入浅出，便于学生理解。

本书可作为高等院校土木类专业教学用书，也可作为从事土木工程勘察、设计、施工、科研和管理工作的专业人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

道路与桥梁施工技术/王修山,王波主编. —北京:机械工业出版社, 2015.12

普通高等教育土建类规划教材

ISBN 978-7-111-52052-8

I. ①道… II. ①王…②王… III. ①道路施工—工程技术—高等学校—教材
②桥梁施工—技术—高等学校—教材 IV. ①U415.6②U445.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 259696 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 马军平 责任编辑: 马军平 吴苏琴 臧程程 林 辉

版式设计: 霍永明 责任校对: 张 征

封面设计: 张 静 责任印制: 乔 宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2016 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15 印张 · 368 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-52052-8

定价: 32.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金 书 网: www.golden-book.com

前 言

第1章 路基施工技术

随着21世纪我国交通工程建设的加快,特别是经济全球化大发展和我国加入WTO以来,国家对路桥工程建设的投资规模逐年加大,而这种加大又主要体现在对应用型人才的需求上。这使得高校工程技术人才的教育培养面临新的挑战与机遇,本书是根据新世纪土木工程和现代交通类专业对培养学生具备施工方面专业技能的教学需要,以及教学特点、要求和编者多年的教学经验而编写的,符合高等教育的方向和社会对应用型人才的需求。

本书采用《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)、《公路路基施工技术规范》(JTG F01—2006)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)、《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)、《公路桥涵施工技术规范》(JTG F50—2011)、《公路隧道施工技术规范》(JTG F60—2009)与《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80—2004)等最新国家标准和行业规范,内容充实,行文深入浅出,阐述重点突出;此外,书中采用了一些实例图片,生动形象。全书注重与工程实践相结合和对学生的培养,体现了加强实际应用、服务专业教学的宗旨,符合相关专业教学对学生能力培养的要求。

本书由王修山和王波担任主编,由朱洪庆、王思长和郭飞担任副主编;由王修山统稿并校审,承东南大学黄晓明教授主审。全书共5章,具体编写分工是:第1章由浙江理工大学王修山编写;第2章由大连大学王波编写;第3章由重庆科技学院王思长、高荣编写;第4章由浙江交通规划设计研究院郭飞编写;第5章由浙江沪杭甬高速公路股份有限公司朱洪庆编写。吉林省高速公路管理局张宏国、云南辰龙公路勘察设计院有限公司赵永胜、江苏省交通科学研究院股份有限公司侯宁、陕西中霖集团工程设计研究院有限公司桂学和山东省枣庄市公路管理局郭伟提供了相关资料并参与了相关章节的编写。

本书在编写过程中参考了有关专家、学者的论著、文献和教材,吸取了一些最新的研究成果,在此表示衷心的感谢!

限于编者水平,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	113
第1章 路基施工技术	1
1.1 概述	1
1.2 施工准备	2
1.3 一般路基施工技术	5
1.4 特殊路基施工技术	32
1.5 路基机械化施工	37
复习思考题	53
第2章 路面施工技术	54
2.1 概述	54
2.2 施工准备	54
2.3 路面基层施工技术	56
2.4 水泥混凝土路面施工技术	66
2.5 沥青混凝土路面施工技术	75
复习思考题	87
第3章 涵洞施工技术	88
3.1 概述	88
3.2 施工准备	90
3.3 涵洞主体部分施工技术	96
3.4 涵洞附属部分施工技术	109
复习思考题	113
第4章 桥梁施工技术	114
4.1 概述	114
4.2 施工准备	116
4.3 桥梁基础施工技术	118
4.4 桥梁下部构造施工技术	138
4.5 桥梁上部构造施工技术	152
4.6 桥面及附属工程施工技术	185
复习思考题	191
第5章 公路沿线设施施工技术	192
5.1 概述	192
5.2 公路护栏施工技术	192
5.3 公路隔离设施施工技术	212
5.4 公路防眩设施施工技术	216
5.5 公路标志、标线和轮廓标施工技术	220
5.6 公路绿化工程施工技术	228
复习思考题	233
参考文献	234

第1章 路基施工技术

1.1 概述

1.1.1 路基施工的意义及要求

1. 路基施工的意义

路基是道路的主体和路面的基础，必须具有足够的强度和整体稳定性。路基施工质量的好坏，直接影响路面的使用效果。因此，提高路基的强度和整体稳定性，保证路基施工质量，是关系到道路施工质量的关键。

路基工程涉及范围广、影响因素多、灵活性大，尤其是岩土内部结构复杂多变，设计阶段难以尽善尽美，因此需要在施工过程中进一步完善。根据耗费人力、资源和财力，以及快速、高效与安全的要求，路基施工比路基设计更为重要，更为复杂。

路基土石方工程量大、分布不均匀，且工序较多，施工方法与技术操作方面各具特点。不仅与路基工程相关的设施，如路基排水、防护与加固等相互制约，而且同道路工程的其他工程项目，如桥涵、隧道、路面及附属设施相互交错。因此，路基施工在质量标准、技术操作、施工管理等方面都具有特殊性，必须予以研究和不断改进；就整个道路工程的施工而言，路基施工往往是施工组织管理的关键环节。

路基的隐蔽工程较多，质量不合标准会给路面及自身留下隐患，一旦产生病害，不仅损坏道路使用品质，妨碍交通及经济损失，而且会后患无穷，难以根治。因此，要确保工程质量，实现快速、高效、安全施工，必须重视路基施工。

2. 路基施工的要求

路基品质的好坏主要取决于路基自身的强度、整体稳定性，以及各种自然因素对路基强度、整体稳定性的影响，所以，路基要满足以下几个方面：

(1) 具有足够的强度 路基的强度是指在车辆荷载的作用下，路基抵抗变形和破坏的能力。在行车荷载及路基路面的自重作用下，路基受到一定的压力，这些压力可能使路基产生过大的变形，造成路基的破坏。因此，为保证路基在外力作用下，不致产生超过允许范围的变形，要求路基应具有足够的强度。

(2) 具有足够的整体稳定性 路基通常是直接在地面上填筑（或挖去）一部分土体修建而成的。建成后的路基，改变了原地面的自然平衡状态，有可能导致挖方路基两侧边坡因失去支撑而滑移（或填方路基因自重增大而滑移），使路基失去整体稳定性。为防止路基结构产生过大变形或破坏，必须因地制宜地采取一定的措施来保证路基整体结构的稳定性。

(3) 具有足够的水温稳定性 路基的水温稳定性主要是指路基在水和温度的作用下保持其强度的能力。路基在地面水及地下水的作用下，强度将发生显著降低。特别是季节性冰冻地区，由于水温状况的变化，路基会发生周期性冻融作用，形成冻胀与翻浆，使路基强度

急剧下降。因此,对于路基,不但要求有足够的强度,而且还要保证在最不利的水温状况下,强度不致显著降低,必然要求路基具有足够的水温稳定性。

1.1.2 路基施工的基本方法

路基施工的基本方法,按其技术特点大致可分为:人力施工、机械化施工和综合机械化施工、水力机械化施工和爆破法等。

(1) 人力施工 人力施工作为传统的施工方法,具有使用手工工具、劳动强度大、功效低、进度慢、工程质量难以保证等特征,但限于具体条件,短期内还必然存在。该法适用于地方道路和某些辅助性工作。为了加快施工进度,提高劳动生产率,实现高标准、高质量的施工,对于劳动强度大和技术要求高的工作,应配以数量充足、配套齐全的施工机械。

(2) 机械化施工和综合机械化施工 该法是保证高等级公路施工质量和施工进度的重要条件,对于路基土石方工程来说,更具有迫切性。实践证明,单机作业的效率,比人力及简易机械施工要高得多,但需要大量的人力与之配合,由于机械和人力的效率差距过大,难以协调配合,单机效率受到限制,势必造成停机待料,机械的生产率降低,如果对主机配以辅机,相互协调,共同形成主要工序的综合机械化作业,工效才能大大提高。以挖掘机开挖土路堑为例,当出现情况①没有足够的拉土车配合运输土方;②或者拉土车运土填筑路基,没有相应的摊平和压实机械配合;③没有相应的辅助机械为挖掘机松土和创造合适的施工面时,整个施工进度就无法协调,难以紧凑作业,功效也难以达到应有的要求。所以,实现综合机械化施工、科学地严密组织施工,是实现路基施工现代化的重要途径。

(3) 水力机械化施工 水力机械化施工也是机械化施工的方法之一,它是运用水泵、水枪等水力机械,喷射强力水流,冲散土层并流运至指定地点沉积。水利机械适用于电源和水源充足,挖掘比较松散的土质及地下钻孔等。对于砂砾填筑路堤或基坑回填,还可起到密实作用(称为水夯法)。

(4) 爆破法 爆破法是石质路基开挖的基本方法,如果采用钻岩机钻孔与机械清理,也是岩石路基机械化施工的必备条件。除石质路堑开挖面外,爆破法还可用于冻土、泥沼等特殊路基施工,以及清除路面、开石取料与石料加工等。

上述施工方法的选择,应根据工程性质、施工期限、现有条件等因素而定,而且应因地制宜和综合使用各种方法。

高速公路、一级公路以及在特殊地区或采用新技术、新工艺、新材料进行路基施工时,应采用不同的施工方案做试验路段,从中选出路基施工的最佳方案指导全线施工。试验路段位置应选择在地质条件、断面形式均具有代表性的地段,路段长不宜小于100m。

1.2 施工准备

施工单位接受施工任务后,即可着手进行施工准备工作。路基施工的一般程序和内容如图1-1所示。

施工准备工作一般包括以下几个方面的内容:

1. 组织准备

组织准备包括建立健全施工队伍和管理机构、明确施工任务及预期目标、制定必要可行

的规章制度。组织准备是做好一切准备工作的前提。

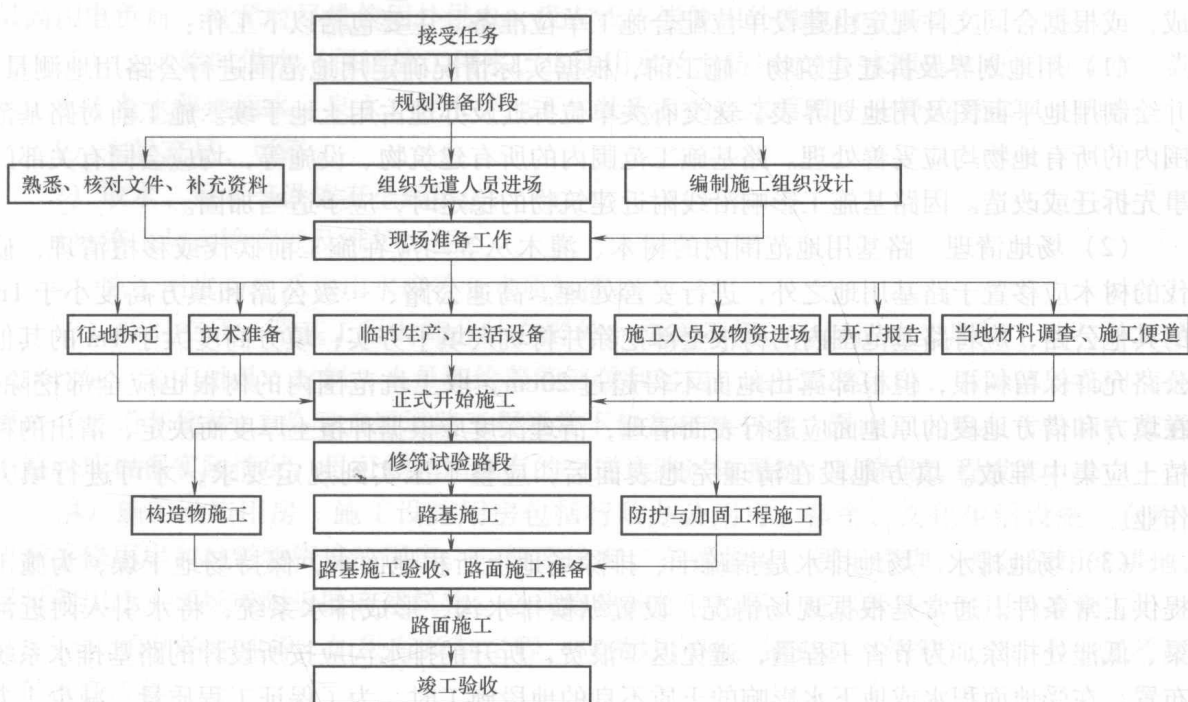


图 1-1 路基施工的一般程序和内容

2. 技术准备

路基开工前，施工单位应在全面熟悉设计文件和设计交底的基础上，进行施工现场的勘查，设计文件的核对，并在必要时进行一定的修改，发现问题应及时根据有关程序提出修改意见并报请变更设计，编制施工组织计划，恢复路线，施工放样与清除施工场地，搞好临时工程的各项工作等。现场勘查与设计文件核对，是熟悉和掌握施工对象特点、要求和内容，是整个施工的重要步骤。

施工组织计划包括选择施工方案、确定施工方法、布置施工现场（施工总平面布置）、编制施工进度计划、拟订关键工程的技术措施等，它是整个工程施工的指导性文件，也是其他各项工作的依据。在当前强调加强施工管理，实现现代化施工管理的时期，如何抓住施工组织计划这一环节，更具有现实意义。

临时工程，包括施工现场的供电、给水、修建便道、便桥，架设临时通信设施，设置施工用房（生活和生产所必需）等，这些均为开展基本工作的必备条件。路基恢复定线、清除路基用地范围内一切障碍物等，是施工前的技术准备工作，也是基本工作的一个组成部分，宜协调进行。

3. 物质准备

物质准备工作包括各种材料与机具设备的购置、采集、加工、调运与储存，以及生活后勤供应等。为使供应工作能适应施工的需要，物质准备工作必须制订具体计划。其中，有的计划内容，如劳动力调配、机具配置及主要材料供应计划等，必须服从于保证上述施工组织计划顺利实施，也常被列为施工组织计划的一个组成部分。

4. 场地准备

施工场地的准备是路基工程施工前的一项重要准备工作，一般由建设单位（业主）完成，或根据合同文件规定由建设单位配合施工单位准备。主要包括以下工作：

(1) 用地划界及拆迁建筑物 施工前，根据实际情况确定用地范围进行公路用地测量，并绘制用地平面图及用地划界表，送交有关单位拆迁及办理占用土地手续。施工前对路基范围内的所有地物均应妥善处理。路基施工范围内的所有建筑物、设施等，均应会同有关部门事先拆迁或改造。因路基施工影响沿线附近建筑物的稳定时，应予以适当加固。

(2) 场地清理 路基用地范围内的树木、灌木丛等均应在施工前砍伐或移植清理，砍伐的树木应移置于路基用地之外，进行妥善处理。高速公路、一级公路和填方高度小于1m的其他公路，应将路基范围内的树根全部挖除并将坑穴填平夯实；填方高度大于1m的其他公路允许保留树根，但根部露出地面不得超过20cm。取土坑范围内的树根也应全部挖除。在填方和借方地段的原地面应进行表面清理，清理深度应根据种植土厚度而决定，清出的种植土应集中堆放。填方地段在清理完地表面后，应整平压实到规定要求，才可进行填方作业。

(3) 场地排水 场地排水是指疏干、排除场地上所积地面水，保持场地干燥，为施工提供正常条件。通常是现场情况，设置纵横排水沟，形成排水系统，将水引入附近河渠、低洼处排除。为节省工程量，避免返工浪费，所开的排水沟应按所设计的路基排水系统布置。在受地面积水或地下水影响的土质不良的地段施工时，为了保证工程质量，减少土方挖掘、运送和夯实的困难，施工前也应切实做好场地排水工作并齐全有效。

5. 修筑试验路段

修筑试验路段的目的是取得施工经验，检验施工机械组合，根据压实机械情况及施工技术规范准许情况下的压实厚度、松铺系数，以确定松铺厚度、土的最佳含水量、达到设计要求密实度的碾压遍数，作为以后施工的经验资料，以指导大面积路基施工。路基的铺土厚度、压实遍数、含水率大小，以及采用“四新”（新技术、新工艺、新设备、新材料）进行施工时，均要通过试验进行确定。因此，在路基工程正式施工前，应按有关规定划出一定的路段进行试验。

1) 高速公路、一级公路以及在特殊地区或采用新技术、新工艺、新设备、新材料进行路基施工时，应采用不同的施工方案做试验路段，从中选出路基施工的最佳方案用以指导全线的施工。

2) 试验路段的位置应选择在地质条件、断面形式等方面均具有代表性的地段，试验路段的长度不宜小于100m。

3) 试验所用的材料和机具应当与路基全线施工所用的材料和机具相同。通过试验来确定不同机具压实不同填料的最佳含水率、适宜的松铺厚度和相应的碾压遍数、最佳的机械配套和施工组织。对于高速公路和一级公路应按松铺厚度30cm进行试验，以确保压实层的均匀性。

4) 试验路段施工过程中及完成试验后，应加强对有关压实指标的检测；在完成试验以后，应及时写出试验报告。当发现路基在设计方面存在缺陷时，应提出变更设计的意见报审。

6. 临时工程

(1) 工地临时供电（保证施工用电和生活用电） 生活用电主要是照明用电；施工用电

包括施工设施用电、主体工程施工用电及其他临时设施用电。工地临时供电设施的主要任务是确定用电量及其分布,选择电源,设计供电系统。用电量分动力用电和照明用电,并考虑最高用电负荷。电源应尽量使用外供电,没有或不能使用外供电时才考虑自己发电。

(2) 工地临时供水(保证施工用水、生活用水及消防用水) 水源选择可分为江水、湖水、水库蓄水等地面水,泉水、井水等地下水及现有的供水管道。选择应考虑以下因素:

- 1) 水量充足、可靠。
- 2) 取水、输水等设施安全经济。
- 3) 施工与运输管理及维护方便。
- 4) 施工用水与生活饮用水应符合水质标准。

(3) 临时交通 路基工程大部分处在野外,交通不便。为保证施工期间工地与外界的正常沟通,施工机具、材料、人员和给养能够顺利运送,在正式施工前,必须修筑临时交通道路(便道和便桥)。临时交通道路工程通常不包含在标书内。因此,工地在布设临时交通道路时应根据实际情况,尽可能利用现有的交通道路运输系统,以降低工程成本。

(4) 施工设施用房 施工设施用房包括行政办公用房、宿舍、文化生活设施、仓库、机械维修用房和材料物资堆放用房。一般要求有:布置紧凑,便于管理,充分利用非耕地,尽量利用施工现场或附近既有建筑物。必须修建的临时房屋,应以经济、实用为原则。

(5) 预制场地准备 如果有预制工程,应做好台座、锚夹具、钢筋加工、木加工等场地的准备工作。

1.3 一般路基施工技术

1.3.1 土方路基施工

为保证路基具有足够的刚度、强度、稳定性和耐久性,在路基施工过程中,必须从基底处理、填料选择、压实、排水、防护等各方面加以重视。

1. 填方路堤施工特点

路基工程的特点是路线长,通过的地带类型多,技术条件复杂,受环境因素影响很大(气候、地形、水文地质条件等)。除了一般的施工技术外,还要考虑边坡稳定、软土压实、挡土墙和其他人工结构物等。此外,路基工程还具有以下特点:

1) 由于路堤存在沉降和稳定性问题,特别是高路堤可能发生的稳定性问题,要求其施工质量高。因此,无论对基底的处理,填料的选择,排水措施,压实标准的控制等方面都有较高的要求。

2) 公路路堤,尤其是高等级公路,一般都比较高,所需土方量很大,因此大多采用机械化作业,从基础的处理,填料的开挖、运送、摊铺、压实均采用一系列的机械进行施工。

3) 为尽量减少路堤沉降,提高路堤稳定性,必须广泛采用新材料、新施工设备和新的检测手段,如采用粉煤灰材料填筑路堤,采用重型压实标准等。

4) 公路施工中必须做好环境保护和绿化工作,而这一点在路堤施工中是相当重要的,施工中存在的水土、植被地貌都不应由于施工而遭到破坏,填料不能含有害物质,防止环境受污染。

2. 基底处理及填料的选择

路堤是在天然地基上人为构造的结构土体，一般都是就地取材，按一定方案在原地面上填筑起来的。相关实践经验表明，为保证路堤填料的质量及其强度和稳定性的要求，必须注意路堤基底的处理和填料的选择。

(1) 路堤基底的处理 路堤基底是指路堤填料与原路面的接触部分。为避免路堤沿基底发生滑动，防止路堤沉陷，需根据地基的土质、水文、坡度和植被情况及填筑高度采取相应的处理措施。路堤表土清理压实工序如图 1-2 所示。

1) 伐树、除草及表土处理。路堤填筑时须清除原地面上的草木等杂物，以防发生地基松软和不均匀沉陷等现象。特别当路基填筑高度小于 1.0m 时，应注意将路基范围内的树根、草丛全部挖除，该作业可以采用人工法或机械法施工。

如基底的表层土是腐殖土，则需用挖掘机或人工将其表层土清除换填，厚度视具体情况而定，一般以不小于 30cm 为宜，并予以分层压实，压实度应符合规范要求。如发现鼠洞裂缝、溶洞等，都必须处理好，以防引起路堤塌陷。有些清除物（如腐殖土），路堤修筑后，可取回作为护坡保护层使用，也可作为中央分隔带及绿化带的回填土，这时应注意堆弃位置以便取回。路堤通过耕地时，填筑施工之前，必须预先填平压实，如其中有机质含量和其他杂质较多时，碾压时因弹性过大，不易压实，应换填干土。

2) 坡面基底的处理。填方路堤，如基底为破坏面时，在荷载作用下，粒料极易失稳而沿坡面产生滑移，因此在施工前必须注意对基底坡面进行处理后方能填筑。经验表明，当坡度（坡面的垂直高度与水平距离的比）不大于 1:5 时，只需清除坡面上的树、草等杂物，将翻松的表层压实后即可保证坡面的稳定。但当坡度大于 1:5 时，应将坡面做成台阶形，一般宽度不宜小于 2.0m，高度最大为 1.0m，而且台阶顶面应做成向堤内倾斜 2%~4% 的坡度（见图 1-3）。如果基底坡度大于 1:2.5 时，则应采用护墙、护坡等对外坡脚进行特殊处理。

(2) 路堤填料的选择 路堤填料尽可能就地取材，选择稳定性良好并具有较好强度的土石作填料。一般情况下，路堤填方材料的最小强度和最大粒径须符合表 1-1 的要求。路堤基底原状土的强度不符合要求时，应进行换填，换填深度，应不小于 30cm，并予以分层压实，压实度应符合填方地段基底的压实规定。

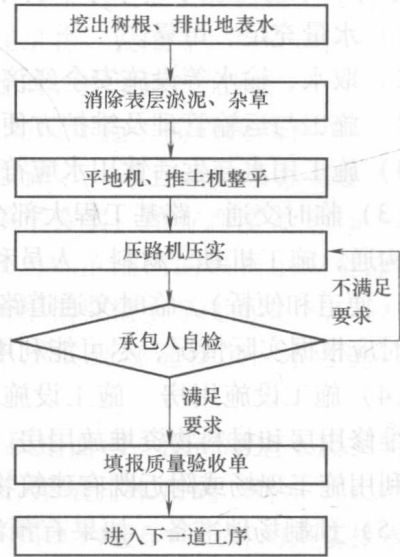


图 1-2 路堤表土清理压实工序

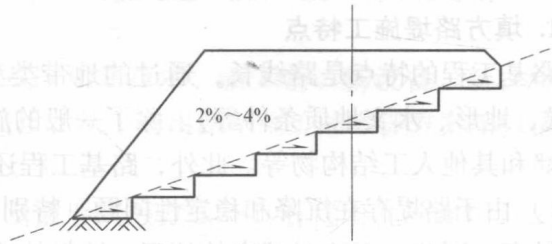


图 1-3 坡面基底的处理

表 1-1 路堤填方材料最小强度和最大粒径

路面底面以下深度/cm		填料最小强度 CBR [⊖] (%)		填料最大粒径/cm
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	
路堤	上路床 (0~30)	8.0	6.0	10
	下路床 (0~30)	5.0	4.0	10
	上路堤 (0~30)	4.0	3.0	15
	下路堤 (0~30)	3.0	2.0	15
零填及路堑路床		8.0	6.0	10

注: 1. 二级及二级以下公路作高级路面时, 应按高速公路及一级公路的规定。

2. 表中填料最小强度按 (JTG E40—2007)《公路土工试验规程》对试样浸水 96h 的 CBR 试验的方法测定。

3. 黄土、膨胀土及盐渍土的填料强度, 按规范规定处理。

1) 最稳定的填料。最稳定的填料主要有石质土 (漂石土、卵石土、砾石土、中砂和粗砂等) 和工业矿渣 (钢渣、建筑废料等) 两大类。这两种材料摩擦系数大, 不易压缩, 透水性好, 其强度受水影响较小, 是填筑路堤的最佳材料。

2) 密实后可以稳定的填料。这类材料可分为一般填土和工业废料两类。前者通常是指粉土质砂以及砂和黏土所组成的混合土; 后者主要有粉煤灰、电石灰等。这些材料经压实后能获得足够的强度和稳定性, 是较好的、常用的填筑材料。但在使用时应注意:

① 土中的有机质含量不可超过 5%。

② 土中易溶盐含量不得超出规定的标准。

③ 填土施工要在最佳含水量状态下进行。

④ 必须按照一定的厚度铺设, 按要求分层压实。

⑤ 砂的黏性小, 易松散, 有条件时应适当掺杂一些黏性大的土或将路堤表面予以加固, 以提高路堤的稳定性。

⑥ 用粉煤灰填筑路堤应符合有关规定的要求, 其他工业废渣在使用前应进行有害物质的含量试验, 避免有害物质超标, 污染环境。

3) 稳定性差的填料。稳定性差的填料主要有高液限黏土、粉质土等。一般液限大于 50%, 塑性指数大于 26 的土, 不宜作为公路路基填料。在特殊情况下, 受工程作业现场条件限制必须使用时, 通常应做如下处理后方能使用。

① 调节含水量, 使填料保持最佳含水量状态。如果填料含水量过高, 应翻晒或降低地下水位, 以降低填料的含水量; 如含水量过低时, 常在填料上人工洒水, 使其润湿均匀。同时还须注意预计润湿时间, 绝不可洒水后立即碾压。

② 掺加外加剂改良, 即利用石灰、水泥工业废料或其他材料做稳定剂 (或凝固剂) 对填料的性质进行改良, 使其达到填筑要求。这种方法对含水量大、塑性高的土或强度不足的其他填料 (如含有大量细粒砂的砂质土) 都有较好的效果。

采用外加剂改良填料的施工方法, 是将填料和外加剂按一定比例拌匀后铺平压实, 一般采用路拌式稳定土 (灰土) 拌和机与平地机等进行作业, 也可由设在专门场地的厂拌设备

⊖ CBR 是 California Bearing Ratio 的缩写, 称为加州承载比。CBR 值是试料贯入量达 2.5mm 或 5mm 时的单位压力与标准碎石压入相同贯入量时的标准荷载 (7MPa 或 10.5MPa) 的比值, 用百分数表示。

制备。

3. 土质路堤填筑

(1) 路堤填筑的基本方案 路堤填筑是把填料用一定方式运送至堤上进行铺平、碾压密实的过程。填土宽度应大于填土层设计宽度，压实宽度不得小于设计宽度，最后削坡。填筑方法分为水平分层填筑法、纵向分层填筑法、竖向填筑法和混合填筑法四种方法。

1) 水平分层填筑法。填筑时按照横断面全宽分成水平层次，逐层向上填筑，如原地面不平，应由最低处分层填筑，每填一层，经过压实至规定要求之后，再填上一层，依此循环进行，直至达到设计高程。这是最常用的一种填筑方法，如图 1-4 所示。

2) 纵向分层填筑法。它适用于推土机从路堑取土，填筑距离较短的路堤，依纵坡方向分层，逐层向上填筑，如图 1-5 所示。原地面纵坡大于 12% 的地段常采用此法。

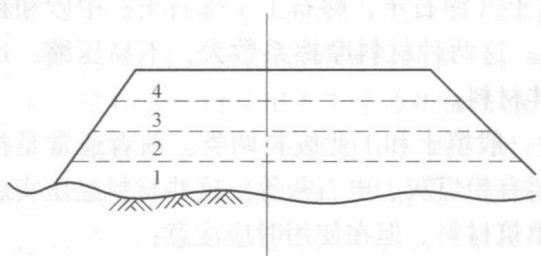


图 1-4 水平分层填筑法

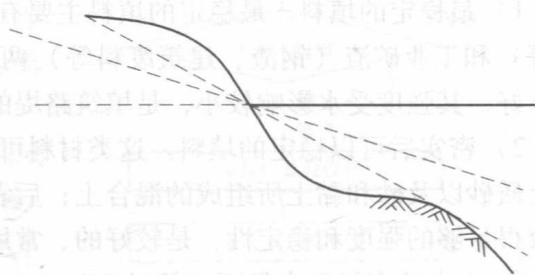


图 1-5 纵向分层填筑法

3) 竖向填筑法。从路基一端或两端同时按横断面的全部高度，逐步推进填筑，仅用于无法自下而上填筑的深谷、陡坡、断岩、泥沼等运土和机械无法进场的路堤，如图 1-6 所示。竖向填筑因填土过厚不易压实，施工时需采取必要的技术措施：

① 选用振动式或夯击式压实机械。

② 选用沉陷量较小、透水性较好及颗粒粒径均匀的砂石材料或附近开挖路堑的废石方，并一次填满路堤全宽度。

③ 暂时不修建较高等级的路面，允许短期内自然沉降。

4) 混合填筑法。在深谷陡坡地段填筑路堤，尽量采用混合填筑法，即在路堤下层竖向填筑，上层水平分层填筑，使上部填土经分层压实获得需要的压实度，如图 1-7 所示。

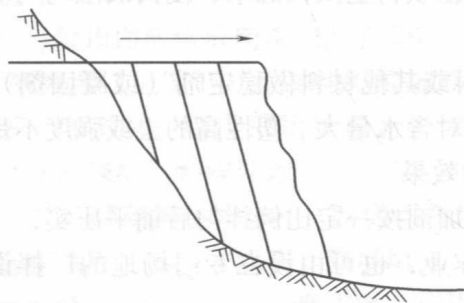


图 1-6 竖向填筑法

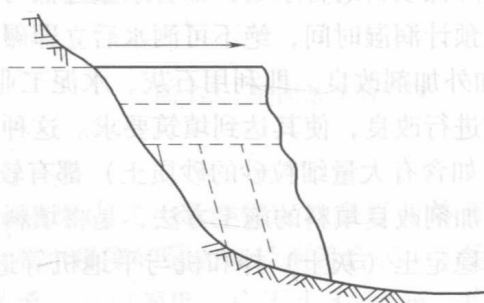


图 1-7 混合填筑法

混合填筑法适用于因地形限制或填筑堤身较高,不宜完全采用水平分层法和竖向填筑法进行填筑的情况。该法可以单机作业,也可多机作业,一般沿线路分段进行,每段距离以20~40m为宜,多在地势平坦,或两侧有可利用的山地土场的情况下采用。

① 在路堤单侧取土时,推土机可采用穿梭法进行作业。作业时,推土机铲满土料,推送至路堤的坡脚,卸土后按原路返回到铲挖位置,如此往复在同一路线上,采用槽式作业法送两三刀就可挖到0.7~0.8m深,做斜线倒退,向一侧移位,同样方法可推送相邻土料。整个作业区段完成后,可以沿作业时相反方向侧移,可推净遗留土埂,整平取土坑。

② 当推土机由路堤两侧取土场取土时,每侧作业方法与上述方法相同,所不同的是路堤用土由两侧运来,分别推至路基中心线即可,作业时,为使中心线两侧运土的结合处能充分压实,两侧运来土料均应推送超过中线。采用这种作业方法的,每个作业区段两侧最好有相同台数的推土机,面对面地同步进行,这样可使路堤均衡对称地形成。采用推土机两侧取土填筑路堤,适用于取土距离较短、路堤较低的情况。一般在1m以下,作业时要分层有序地进行,每层厚视土质及压实特性而定,一般为20~30cm,并需随时分层压实。

(2) 路堤填筑的注意事项 采用不同土质填筑路堤,在高等级公路施工中是十分常见的,若将不同性质的土任意混填,会造成路基病害,因此必须注意下列几点:

1) 不同土质应分层填筑,层次应尽量减少,每层总厚度最好不小于0.5m。不得混杂乱填,以免形成水囊或滑动面。

2) 透水性差的土填筑在下层时,其表面应做成一定的横坡(一般为双向4%横坡),以保证来自上层透水性填土的水分能够及时排出。

3) 为保证水分蒸发和排除,路堤不宜被透水性差的土层封闭,也不应覆盖在透水性较大的土所填筑的下层边坡上。

4) 根据强度与稳定性要求,合理地安排不同土质的层位,一般地,凡不因潮湿及冻融而变更其体积的优良土应填在上层,强度(形变模量)较小的土应填在下层。

5) 为防止用不同土质填筑的相邻两段路堤在交接处发生不均匀变形,交接处应做成斜面,并将透水性差的土填在斜面的下部。用不同土质填筑路堤的正确和错误方式如图1-8所示。

6) 若填方分几个作业段施工,两段交接处不在同一时间填筑,则先填地段,应按1:1坡度分层留台阶。若两个地段同时填,则应分层相互交叠衔接,其搭接长度不得小于2m。

4. 土质路堑开挖

(1) 基本开挖方案 路堑开挖方式应根据路堑的深度和纵向长度,以及地形、土质、土方调配情况和开挖机械设备条件等因素确定,以加快施工进度和提高工作效率。路堑开挖方式可分为全断面横挖法、纵挖法和混合式开挖法三种。

1) 全断面横挖法。从路堑的一端或两端按横断面全宽逐渐向前开挖,称为全断面横挖法。这种开挖方法适用于较短的路堑。路堑深度不大时,可以一次挖到设计标高,称为单层横挖法,如图1-9a所示;路堑深度较大时,可分成几个台阶进行开挖,称为分层横挖法,如图1-9b所示,各层要有独立的出土道和临时排水设施。用人力按分层横挖法开挖路堑时,每层深度视工作与安全而定,一般宜为1.5~2.0m,无论自两端一次横挖到路基标高或分台阶横挖,均应设单独的运土通道及临时排水沟。分层横挖使得工作面纵向拉开,多层多向出土,可以容纳较多的施工机械,加快了开挖速度。若用挖掘机配合自卸汽车进行,台阶高度可采用3~4m。

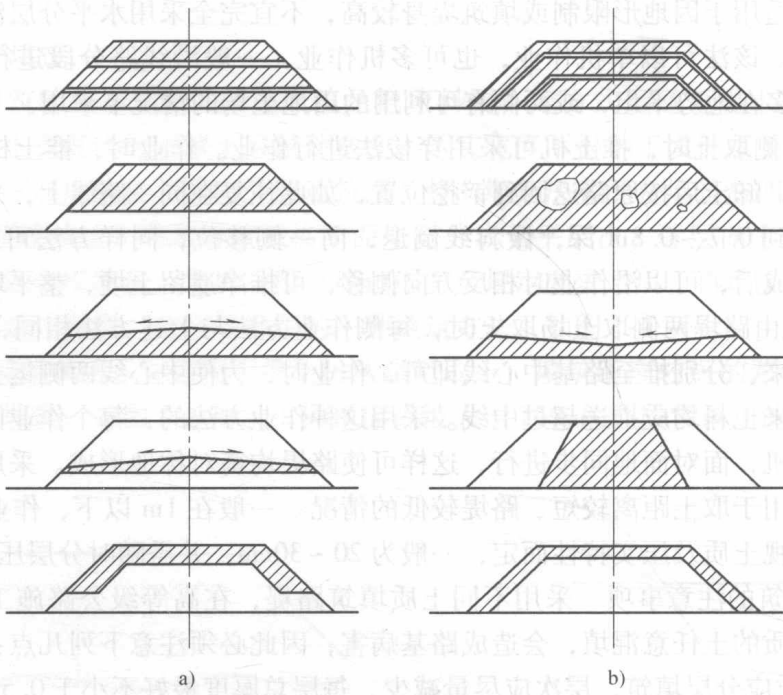
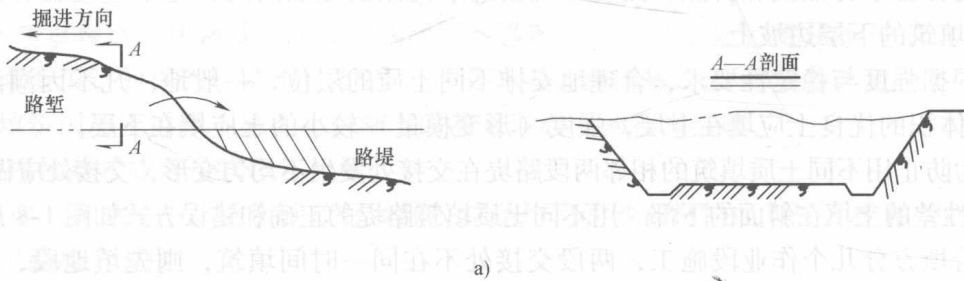
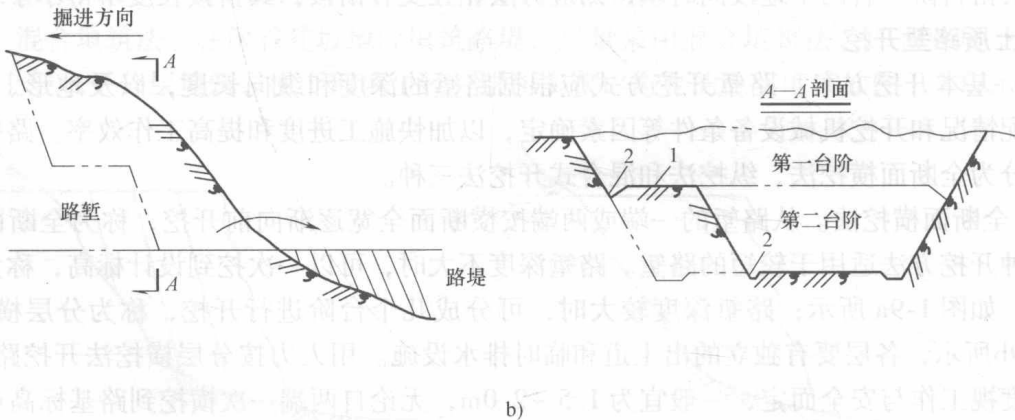


图 1-8 不同土质填筑路堤的正确和错误方式

a) 正确方式 b) 错误方式



a)



b)

图 1-9 横挖法开挖路堑示意图

a) 单层横挖法 b) 分层横挖法

2) 纵挖法。沿路堑纵向将高度分成不大的层次依次开挖。纵挖法适用于较长的路堑。如果路堑的宽度及深度都不大，可以按横断面全宽纵向分层挖掘，称为分层纵挖法，如图 1-10a 所示。如果路堑的宽度及深度都比较大，可沿纵向分层、每层先挖出一条通道，然后开挖两旁，称为通道纵挖法，如图 1-10b 所示。通道可作为机械通行或出口路线，以加快施工速度。分段纵挖法是沿路堑纵向选择一个或几个适宜处，将较薄一侧路堑横向挖穿，使路堑分成两段或数段，各段再进行纵向开挖的方法，如图 1-10c 所示。分段纵挖法适用于路堑较长，运距较远的路堑。

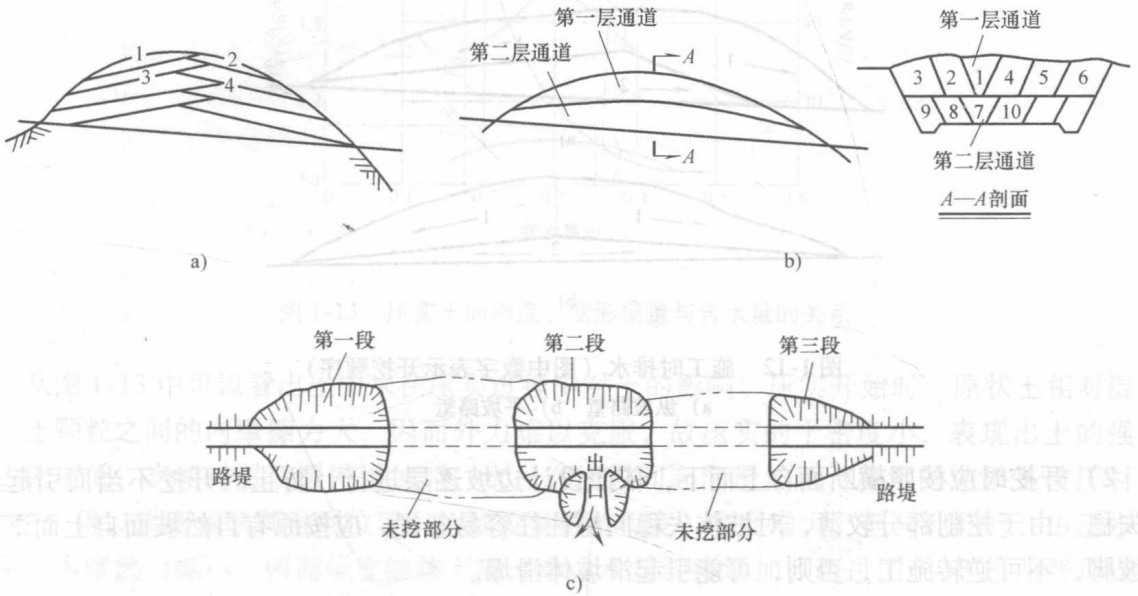


图 1-10 纵挖法开挖路堑示意图

a) 分层纵挖法 b) 通道纵挖法 c) 分段纵挖法

3) 混合式开挖法。混合式开挖法是将全断面横挖法、纵挖法混合使用，先沿路堑纵向开挖通道，然后沿横向开挖横向通道，再双通道沿纵横向同时掘进，每一坡面应设一个施工小组或一台机械作业，如图 1-11 所示。

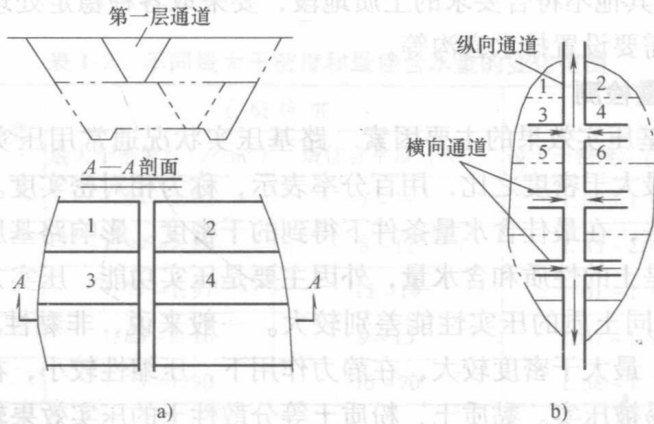


图 1-11 混合式路堑开挖法示意图

a) 横面和平面 b) 平面纵、横通道示意图

(2) 路堑开挖注意事项 路堑挖掘应保证施工过程中或竣工后的有效排水。一般应先开挖排水沟槽,并要求与永久性构造物相结合,并设法排除一切可能影响边坡稳定的地面水和地下水,作业时应注意以下几点:

1) 由于水是造成路堑各种病害的主要原因,所以,采取任何开挖方法均应保证开挖过程中及竣工后的有效排水,如图 1-12 所示。施工时均应开挖截水沟,并设法引走一切可能影响边坡稳定的地面水和地下水。开挖路堑时,要在路堑的线路方向保持一定的纵坡度,以利于排水和提高运输效率。

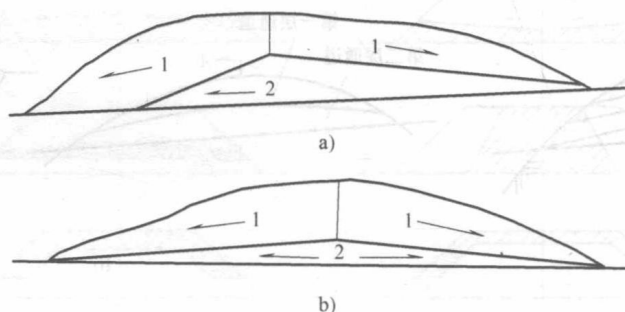


图 1-12 施工时排水 (图中数字表示开挖顺序)

a) 纵坡路堑 b) 平坡路堑

2) 开挖时应按照横断面自上而下,依照设计边坡逐层进行,防止因开挖不当而引起边坡失稳。由于挖削部分较薄,对坡体失稳问题往往容易忽视,应按原有自然坡面自上而下挖至坡脚,不可逆转施工,否则,可能引起滑坡体滑塌。

3) 在地质不良拟设挡土墙的路堑中,路堑应分段挖掘,同时修筑挡土墙或其他防护设施的方法为宜,以保证安全。

4) 路堑弃土应按要求,整齐地堆在路基一侧或两侧。弃土堆内侧坡脚(靠路堑一侧),至路堑边坡顶端距离不得小于规定限度。

5) 弃土运往他处时,要及时清除散落在挖掘工作面的运输土料,尤其是每个工作日作业结束时,要注意及时用推土机将散落土清除干净,以防降雨积水,造成滑坡损害。

6) 松软土地带或其他不符合要求的土质地段,要采取各种稳定处理措施,并注意地下水的上升情况,根据需要设置排水盲沟等。

5. 填土压实与质量检测

(1) 影响土质路基压实效果的主要因素 路基压实状况通常用压实度来表征,即土压实后的干密度与标准最大干密度之比,用百分率表示,称为相对密实度。标准最大干密度是指用标准击实试验方法,在最佳含水量条件下得到的干密度。影响路基压实效果的因素有内因和外因。内因主要是土的性质和含水量,外因主要是压实功能、压实方法和压实机具。

1) 土的性质。不同土质的压实性能差别较大。一般来说,非黏性土的压实效果较好,而且最佳含水量较小,最大干密度较大,在静力作用下,压缩性较小,在动力作用下,特别是在振动作用下很容易被压实。黏质土、粉质土等分散性土的压实效果较差,主要是由于这些细分散性的土颗粒的比表面大、黏聚力大、土粒表面水膜需水量大,最佳含水量偏高,而最大干密度反而偏小。