

DAO LU SHI GONG SHI SHU
SHI GONG SHI SHU

道路工程施工技术

张俊 编著

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

第 2 版 (9.2) 印刷装订日期

道路工程施工技术

张 俊 编著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目 (CIP) 数据

道路工程施工技术 / 张俊编著. — 武汉: 华中科技大学出版社, 2018. 4

ISBN 978-7-5680-3656-6

I. ①道… II. ①张… III. ①道路施工-高等教育-教材 IV. ①U415.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 330414 号

道路工程施工技术

张 俊 编著

DAOLU GONGCHENG SHIGONG JISHU

出版发行: 华中科技大学出版社 (中国·武汉)

电话: (027) 81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编: 430223

出 版 人: 阮海洪

责任编辑: 杨 森

责任监印: 秦 英

责任校对: 吕梦瑶

装帧设计: 王淑聪

印 刷: 廊坊市博林印务有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 11

字 数: 204 千字

版 次: 2018 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 28.00 元



投稿热线: (010) 64155588 - 8034

本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线: 400 - 6679 - 118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究

前 言

本教材参考了国家级教育研究项目“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题中“土木工程专业应用型人才培养的创新与实践”子课题的最新教改精神,根据道路工程专业的教学需要编写。内容加强了课程理论体系的科学性与专业针对性,突出了以培养应用型人才为培养目标的教改指导思想。

本教材较为系统、全面地介绍了道路工程施工的基本知识和基本理论,结合道路工程施工的新技术、新工艺、新材料及新颁布的各种施工技术规范、质量验收标准中的重要条款,力求做到科学地反映出当前道路施工的高科技施工水平,培养学生对现行规范、标准的了解与运用,促进路桥施工的发展。

全书共分为九章,由张俊独立编稿,由魏文彪、张跃等同志整理、统稿。主要包括路基施工技术、路基季节性施工措施、路基防护与加固工程施工技术、路基工程施工综合排水、路基工程施工测量技术、路基工程质量通病及防治措施、路面基层施工技术、路面面层施工技术、路面工程质量通病及防治措施。各章节单独分页,其内容既前后呼应、相互联系,又自成体系、相对独立;既可供读者全面、系统地学习,又便于读者有针对性地查阅与选学。

在编写过程中承蒙有关高等院校、建设主管部门、建设单位、工程咨询单位、设计单位、施工单位等方面的领导和工程技术、管理人员,以及对本书提供宝贵意见和建议的学者、专家的大力支持,在此向他们表示由衷的感谢!书中参考了许多相关教材、规范、图集文献资料等,在此谨向这些文献的作者致以诚挚的敬意。

由于作者的时间仓促、水平有限,书中难免出现疏漏不妥之处,敬请读者批评指正并提出宝贵意见和建议。

编者

2017 年 11 月 1 日

目 录

第一章 路基施工技术	1
第一节 填方路基施工技术	1
第二节 挖方路基施工技术	7
第三节 路基压实施工技术	11
第四节 特殊路基施工技术	15
第二章 路基季节性施工措施	35
第一节 冬期施工	35
第二节 雨期施工	36
第三章 路基防护与加固工程施工技术	38
第一节 坡面防护施工技术	38
第二节 沿河路基防护施工技术	41
第三节 挡土墙施工技术	43
第四节 边坡锚固防护施工技术	44
第五节 抗滑桩施工技术	45
第四章 路基工程施工综合排水	47
第一节 路基地下水排水设置与施工要求	47
第二节 路基地面水排水设置与施工要求	49
第五章 路基工程施工测量技术	51
第一节 路基测量	51
第二节 路面基础测量	58
第六章 路基工程质量通病及防治措施	62
第一节 路基压实质量问题的防治	62
第二节 路堤边坡病害的防治	63
第三节 高填方路基沉降的防治	64

第七章 路面基层施工技术	67
第一节 水泥稳定土基层施工技术	67
第二节 石灰稳定土基层施工技术	78
第三节 石灰工业废渣稳定土基层施工技术	82
第四节 级配碎石基层施工技术	89
第五节 级配砾石基层施工技术	96
第六节 填隙碎石基层施工技术	100
第八章 路面面层施工技术	104
第一节 沥青面层施工基层与材料	104
第二节 沥青表面处置与分层	114
第三节 沥青贯入式路面施工技术	118
第四节 热拌沥青混合料路面施工技术	120
第五节 常温沥青混合料路面施工技术	129
第六节 透层、粘层施工技术	131
第七节 道路水泥混凝土面层施工原材料技术要求	133
第八节 道路水泥混凝土面层施工准备	141
第九节 混凝土拌和物搅拌与运输	144
第九章 路面工程质量通病及防治措施	161
第一节 无机结合料基层裂缝的防治	161
第二节 沥青混凝土路面不平整的防治	162
第三节 沥青混凝土路面接缝病害的防治	163
第四节 水泥混凝土路面裂缝的防治	164
第五节 水泥混凝土路面断板的防治	166
参考文献	169

第一章 路基施工技术

第一节 填方路基施工技术

路基施工应做好施工期临时排水总体规划 and 建设, 临时排水设施应与永久性排水设施综合考虑, 并与工程影响范围内的自然排水系统相协调。

1. 路基填料

(1) 含草皮、生活垃圾、树根、腐殖质的土严禁作为填料。

(2) 泥炭、淤泥、冻土、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土, 不得直接用于填筑路基; 确需使用时, 必须采取技术措施进行处理, 经检验满足设计要求后方可使用。

(3) 液限大于 50%、塑性指数大于 26、含水量不适宜直接压实的细粒土, 不得直接作为路堤填料; 需要使用时, 必须采取技术措施进行处理, 经检验满足设计要求后方可使用。

(4) 粉质土不宜直接填筑于路床, 不得直接填筑于冰冻地区的路床及浸水部分的路堤。

(5) 填料强度和粒径应符合表 1-1 的规定。

表 1-1 路基填料最小强度和最大粒径要求

填料应用部位 (路面底标高以下深度, m)		填料最小强度 (CBR) (%)			填料最大 粒径 (mm)
		高速公路 一级公路	二级公路	三、四公路	
路堤	上路床 (0~0.30)	8	6	5	100
	下路床 (0.30~0.80)	5	4	3	100
	上路堤 (0.80~1.50)	4	3	3	150
	下路堤 (>1.50)	3	2	2	150
零填及 挖方路基	(0~0.30)	8	6	5	100
	(0.30~0.80)	5	4	3	100

注: 1. 表列强度按《公路土工试验规程》(JTG E40—2007) 规定的浸水 96h 的 CBR 试验方法测定。

2. 三、四级公路铺筑沥青混凝土和水泥混凝土路面时, 应采用二级公路的规定。

3. 表中上、下路堤填料最大粒径 150mm 的规定不适用于填石路堤和土石路堤。

2. 路堤施工

(1) 施工取土。

1) 路基填方取土，应根据设计要求，结合路基排水和当地土地规划、环境保护要求进行，不得任意挖取。

2) 施工取土应不占或少占良田，尽量利用荒坡、荒地，取土深度应结合地下水等因素考虑，利于复耕。原地面耕植土应先集中存放，以利再用。

3) 自行选定取土方案时，应符合下列技术要求：

①地面横向坡度陡于 1 : 10 时，取土坑应设在路堤上侧。

②桥头两侧不宜设置取土坑。

③取土坑与路基之间的距离，应满足路基边坡稳定的要求。取土坑与路基坡脚之间的护坡道应平整密实，表面设坡度为 1%~2% 向外倾斜的横坡。

④取土坑兼作排水沟时，其底面宜高出附近水域的正常水位或与永久排水系统及桥涵出水口的标高相适应，纵坡不宜小于 0.2%，平坦地段不宜小于 0.1%。

⑤线外取土坑等与排水沟、鱼塘、水库等蓄水（排洪）设施连接时，应采取防冲刷、防污染的措施。

4) 对取土造成的裸露面，应采取整治或防护措施。

(2) 选择施工机械，应考虑工程特点、土石种类及数量、地形、填挖高度、运距、气候条件、工期等因素，经济合理地确定。填方压实应配备专用碾压机具。

(3) 土质路基压实度应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 土质路基压实度标准

填挖类型		路床顶面 以下深度 (m)	压实度 (%)		
			高速公路 一级公路	二级公路	三、四级公路
路堤	上路床	0~0.30	≥96	≥95	≥94
	下路床	0.30~0.80	≥96	≥95	≥94
	上路堤	0.80~1.50	≥94	≥94	≥93
	下路堤	>1.50	≥93	≥92	≥90
零填及挖方路基		0~0.30	≥96	≥95	≥94
		0.30~0.80	≥96	≥95	—

注：1. 表列压实度以《公路土工试验规程》(JTG E40—2007) 重型击实试验法为准。

2. 三、四级公路铺筑水泥混凝土路面或沥青混凝土路面时，其压实度应采用二级公路的规定值。

3. 路堤采用特殊填料或处于特殊气候地区时，压实度标准根据试验路在保证路基强度要求的前提下可适当降低。

4. 特别干旱地区的压实度标准可降低 2%~3%。

(4) 压实度检测应符合以下规定:

1) 用灌砂法、灌水(水袋)法检测压实度时,取土样的底面位置为每一压实层底部;用环刀法试验时,环刀中部处于压实层厚的 $1/2$ 深度;用核子仪试验时,应根据其类型,按说明书要求办理。

2) 施工过程中,每一压实层均应检验压实度,检测频率为每 1000 m^2 至少检验2点,不足 1000 m^2 时检验2点,必要时可根据需要增加检验点。

(5) 路堤填筑至设计标高并整修完成后,其施工质量应符合表1-3的规定。

表 1-3 土质路堤施工质量标准

检查项目	允许偏差			检查方法或频率
	高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路	
路基压实度	符合规定	符合规定	符合规定	施工记录
弯沉	不大于设计值	不大于设计值	不大于设计值	—
纵断高程 (mm)	+10 -15	+10 -20	+10 -20	每200 m测4断面
中线偏位 (mm)	50	100	100	每200 m测4点弯道 加HY、YH两点
宽度	不小于设计值	不小于设计值	不小于设计值	每200 m测4处
平整度 (mm)	15	20	20	3 m直尺;每200 m 测2处 $\times 10$ 尺
横坡(%)	± 0.3	± 0.5	± 0.5	每200 m测4个断面
边坡坡度	不陡于设计坡度	不陡于设计坡度	不陡于设计坡度	每200 m抽查4处

3. 土质路堤

(1) 地基表层处理应符合下列规定。

1) 二级及二级以上公路路堤基底的压实度应不小于90%;三、四级公路应不小于85%。路基填土高度小于路面和路床总厚度时,基底应按设计要求处理。

2) 原地面坑、洞、穴等,应在清除沉积物后,用合格填料分层回填分层压实。

3) 泉眼或露头地下水,应按设计要求,采取有效导排措施后方可填筑路堤。

4) 地基为耕地、土质松散、水稻田、湖塘、软土、高液限土等时,应按设计要求进行处理,局部软弹的部分也应采取有效的处理措施。

5) 地下水位较高时,应按设计要求进行处理。

6) 陡坡地段、土石混合地基、填挖界面、高填方地基等都应按设计要求进行处理。

(2) 路堤填筑应符合下列规定:

1) 性质不同的填料,应水平分层、分段填筑,分层压实。同一水平层路基的全宽应采用同一种填料,不得混合填筑。每种填料的填筑层压实后的连续厚度不宜小于 500 mm。填筑路床顶最后一层时,压实后的厚度应不小于 100 mm。

2) 对潮湿或冻融敏感性小的填料应填筑在路基上层。强度较小的填料应填筑在下层。在有地下水的路段或临水路基范围内,宜填筑透水性好的填料。

3) 在透水性不好的压实层上填筑透水性较好的填料前,应在其表面设坡度为 2%~4% 的双向横坡,并采取相应的防水措施。不得在由透水性较好的填料所填筑的路堤边坡上覆盖透水性不好的填料。

4) 每种填料的松铺厚度应通过试验确定。

5) 每一填筑层压实后的宽度不得小于设计宽度。

6) 路堤填筑时,应从最低处起分层填筑,逐层压实;当原地面纵坡坡度大于 12% 或横坡坡度陡于 1:5 时,应按设计要求挖台阶,或设置坡度向内且大于 4%、宽度大于 2 m 的台阶。

7) 填方分几个作业段施工时,接头部位如不能交替填筑,则先填路段,应按 1:1 的坡度分层留台阶;如能交替填筑,则应分层相互交替搭接,搭接长度不小于 2 m。

4. 填石路堤

(1) 填料应符合以下规定。

1) 膨胀岩石、易溶性岩石不宜直接用于路堤填筑,强风化石料、崩解性岩石和盐化岩石不得直接用于路堤填筑。

2) 路堤填料粒径应不大于 500 mm,并不宜超过层厚的 2/3,不均匀系数宜为 15~20。路床底面以下 400 mm 范围内,填料粒径应小于 150 mm。

3) 路床填料粒径应小于 100 mm。

(2) 基底处理应符合以下规定。

1) 承载力应满足设计要求。

2) 在非岩石地基上,填筑填石路堤前,应按设计要求设过渡层。

(3) 填筑应符合以下规定。

1) 路堤施工前,应先修筑试验路段,确定满足表 1-4 中孔隙率标准的松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

表 1-4 填石路堤上、下路堤压实质量标准

分区	路面底面以下 深度(m)	硬质石料孔 隙率(%)	中硬石料孔 隙率(%)	软质石料孔 隙率(%)
上路堤	0.8~1.50	≤23	≤22	≤20
下路堤	>1.50	≤25	≤24	≤22

2) 路床施工前,应先修筑试验路段,确定能达到最大压实干密度的松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

3) 二级及二级以上公路的填石路堤应分层填筑压实。二级以下砂石路面公路在陡峻山坡地段施工特别困难时,可采用倾填的方式将石料填筑于路堤下部,但在路床底面以下不小于 1.0 m 范围内仍应分层填筑压实。

4) 岩性相差较大的填料应分层或分段填筑。严禁将软质石料与硬质石料混合使用。

5) 中硬、硬质石料填筑路堤时,应进行边坡码砌,码砌边坡的石料强度、尺寸及码砌厚度应符合设计要求。边坡码砌与路基填筑宜基本同步进行。

6) 压实机械宜选用自重不小于 18 t 的振动压路机。

7) 在填石路堤顶面与细粒土填土层之间应按设计要求设过渡层。

(4) 填石路堤施工质量应符合以下规定。

1) 上下路堤的压实质量标准见表 1-5。

2) 填石路堤施工过程中的每一压实层,可用试验路段确定的工艺流程和工艺参数,控制压实过程;用试验路段确定的沉降差指标检测压实质量。

3) 填石路堤填筑至设计标高并整修完成后,其施工质量应符合表 1-5 的规定。

表 1-5 填石路堤施工质量标准

检测项目	允许偏差		检查方法或频率
	高速公路、一级公路	其他公路	
压实度	符合试验路确定的施工工艺		施工记录
	沉降差不大于试验路确定的沉降差		水准仪:每 40 m 检测一个断面,每个断面检测 5~9 点
纵面高程 (mm)	+10 -20	+10 -30	水准仪:每 200 m 测 4 个断面
弯沉	不大于设计值		—
中线偏位 (mm)	50	100	经纬仪:每 200 m 测 4 点 弯道加 HY、YH 两点
宽度	不小于设计值		来尺:每 200 测 4 处
平整度 (mm)	20	30	3 m 直尺:每 200 m 测 4 点×10 尺
横坡 (%)	±0.3	±0.5	水准仪:每 200 m 测 4 个断面
边坡	坡度	不陡于设计值	每 200 m 抽查 4 处
	平顺度	符合设计要求	

4) 填石路堤成型后的外观质量标准: 路堤表面无明显孔洞。大粒径石料不松动, 铁锹挖动困难。边坡码砌紧贴、密实, 无明显孔洞、松动, 砌块间承接面向内倾斜, 坡面平顺。

5. 土石路堤

(1) 填料应符合以下规定:

1) 膨胀岩石、易溶性岩石等不宜直接用于路堤填筑, 崩解性岩石和盐化岩石等不得直接用于路堤填筑。

2) 天然土石混合填料中, 中硬、硬质石料的最大粒径不得大于压实层厚的 $2/3$; 石料为强风化石料或软质石料时, 其 CBR 值应符合表 1-1 的规定, 石料最大粒径不得大于压实层厚。

(2) 在陡、斜坡地段, 土石路堤靠山一侧应按设计要求, 做好排水和防渗处理。

(3) 填筑应符合以下规定:

1) 压实机械宜选用自重不小于 18t 的振动压路机。

2) 施工前, 应根据土石混合材料的类别分别进行试验路段施工, 确定能达到最大压实干密度的松铺厚度、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

3) 土石路堤不得倾填, 应分层填筑压实。

4) 碾压前应使大粒径石料均匀分散在填料中, 石料间孔隙应填充小粒径石料、土和石渣。

5) 压实后透水性差异大的土石混合材料, 应分层或分段填筑, 不宜纵向分幅填筑; 如确需纵向分幅填筑, 应将压实后渗水良好的土石混合材料填筑于路堤两侧。

6) 土石混合材料来自不同料场, 其岩性或土石比例相差较大时, 宜分层或分段填筑。

7) 填料由土石混合材料变化为其他填料时, 土石混合材料最后一层的压实厚度应小于 300 mm, 该层填料最大粒径宜小于 150 mm, 压实后, 该层表面应无孔洞。

8) 中硬、硬质石料的土石路堤, 应进行边坡码砌, 码砌边坡的石料强度、尺寸及码砌厚度应符合设计要求。边坡码砌与路堤填筑宜基本同步进行。软质石料土石路堤的边坡按土质路堤边坡处理。

(4) 中硬、硬质石料土石路堤质量应符合以下规定:

1) 施工过程中的每一压实层, 可用试验路段确定的工艺流程和工艺参数, 控制压实过程; 用试验路段确定的沉降差指标, 检测压实质量。

2) 路基成型后质量应符合表 1-5 的规定。

(5) 土石路堤的外观质量标准: 路基表面无明显孔洞; 大粒径填石无松动, 铁锹挖动困难; 中硬、硬质石料土石路基边坡码砌紧贴、密实, 无明显孔洞、松

动，砌块间承接面应向内倾斜，坡面平顺。

6. 高填方路堤

(1) 高填方路堤填料宜优先采用强度高、水稳性好的材料，或采用轻质材料。受水淹、浸的部分，应采用水稳性和透水性均好的材料。

(2) 基底处理应符合下列规定：

1) 基底承载力应满足设计要求。特殊地段或承载力不足的地基应按设计要求进行处理。

2) 覆盖层较浅的岩石地基，宜清除覆盖层。

(3) 高填方路堤填筑应符合下列规定：

1) 施工中应按设计要求预留路堤高度与宽度，并进行动态监控。

2) 施工过程中宜进行沉降观测，按照设计要求控制填筑速率。

3) 高填方路堤宜优先安排施工。

第二节 挖方路基施工技术

1. 土方开挖

路堑的开挖施工应根据放样桩和分界线、坡度及高程自上而下分层开挖，并将挖掘出来的土石按施工计划尽可能运至填土段或指定的地点堆放，做到边挖边填、边压实。确需弃土时，弃土堆应置于路堤坡脚或路堑两端，弃土堆边坡坡度不应陡于1:1.5。

不得乱挖、超挖，严禁掏洞取土。当路堑挖至接近设计边坡时，宜采用人工修整；接近路床设计高程时，应根据土质情况预留一定厚度的土层作保护、调平、碾压路床之用，并保持一定的排水坡度，雨季预留厚度宜为20~50 cm，冬季视当地冻土深度确定。

施工期间应保证截水沟及临时排水设施的排水通畅。路堑组织施工的方法，应根据其深度及纵向长度，采用横挖法、纵挖法及纵横混合法组织施工。

(1) 横挖法。横挖法按横断面全宽沿道路纵向开挖，此法适用于短而深的路堑。掘进时逐段成形向前推进，运土由相反方向送出，此方法可以获得较高的挖掘深度，但工作面较窄。当路堑过深时，可分成台阶同时掘进，以增加工作面，加快施工进度。每一台阶应有单独的运土出路和排水沟渠，以免相互干扰，影响功效，造成事故。人工开挖台阶高度宜为1.5~2 m，机械开挖台阶高度宜为3~4 m。各层台阶应有独立的运土通道，人工运土通道宽度不宜小于2 m，机械运土单车通道不应小于4 m，双车通道宽度不宜小于8 m。挖土纵坡坡度可取2%~3%。全断面掘进示意图，如图1-1所示，分台阶掘进示意图，如图1-2所示。

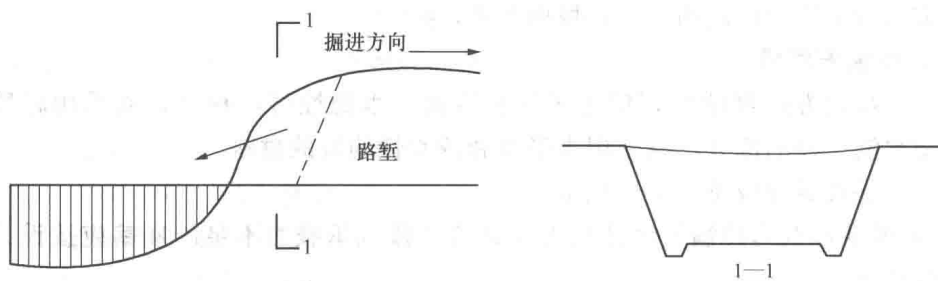


图 1-1 全断面掘进示意

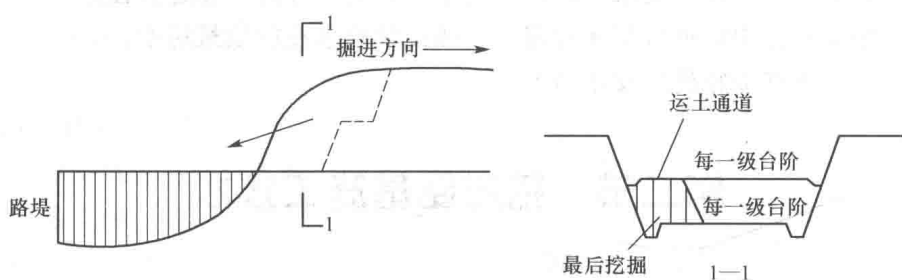


图 1-2 分台阶掘进

(2) 纵挖法。沿路堑纵向将高度分成不大的层次依次开挖，称为纵挖法。纵挖法适用于较长的路堑。

当路堑的宽度和深度都不大，可以按横断面全宽纵向逐层挖掘，称为分层纵挖法，如图 1-3 所示。挖掘的地表应向外倾斜，以利排水。此方法适用于铲运机和推土机施工。

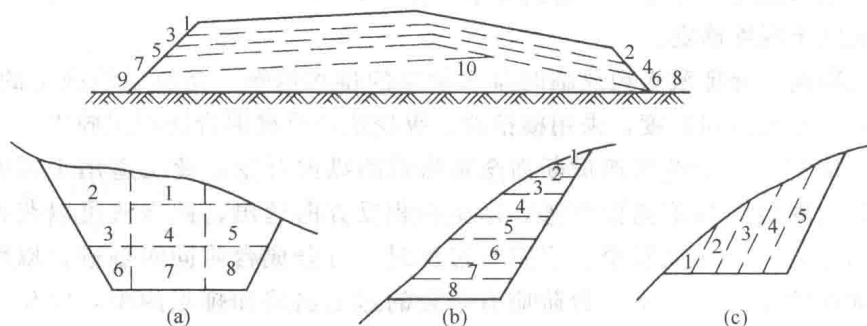


图 1-3 分层纵挖法

注：最上端的图分别与 (a) 图、(b) 图、(c) 图组合表示分层纵挖法的几种不同组织方式，1~8 是表示开挖顺序。(a) 图表示路堑开挖时，宽度和高度方向都进行分层；(b) 图表示只在高度方向分层；(c) 图表示只在宽度方向分层。

当路堑的长宽和深度比较大时，可先在路堑纵向挖一条通道，然后向两侧开挖，称为通道纵挖法，如图 1-4 所示。通道作为机械通行或出口路线。

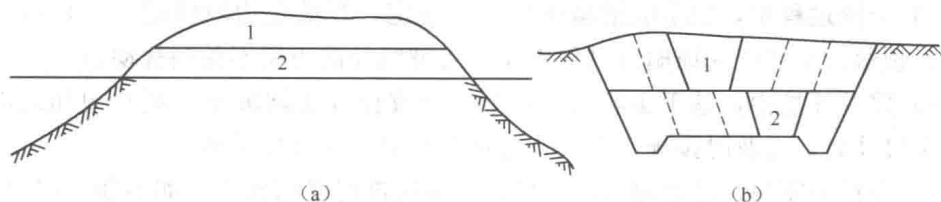


图 1-4 通道纵挖法

(a) 开挖平面图；(b) 开挖横截面图

1—第一次通道；2—第二次通道

如果路堑很长，可在适当位置选择一个（或几个）地方，将路堑的一侧横向挖成马口，把长路堑分成几段，各段再采用纵向开挖，称为分段纵挖法，如图 1-5 所示。此法适用于一侧堑壁不厚不深的傍山长路堑。

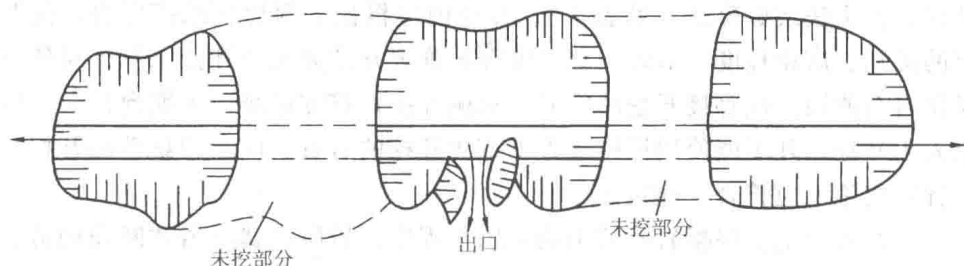


图 1-5 分段纵挖法

(3) 纵横混合法。纵横混合法是将横挖法、通道纵挖法混合使用的方法，如图 1-6 所示，先由路堑纵向挖出一条通道，以增加开挖坡面，但要注意每一开挖面应能容纳一个作业组或一台机械组合。纵横混合法适用于路堑深、土方量大、进度要求快的工程。施工前应用统筹法合理安排、统一调度、有序施工。严禁人机混合作业。

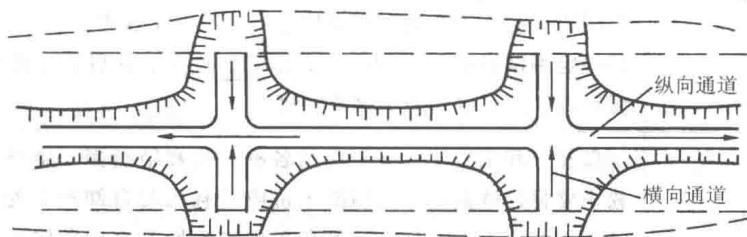


图 1-6 纵横混合开挖法

土方工程开挖施工应符合下列规定：

1) 可作为路基填料的土方，应分类开挖分类使用。非适用材料应按设计要

求或作为弃方按规定处理。

- 2) 土方开挖应自上而下进行，不得乱挖超挖，严禁掏底开挖。
- 3) 开挖过程中，应采取措施保证边坡稳定。开挖至边坡线前，应预留一定宽度，预留的宽度应保证刷坡过程中设计边坡线外的土层不受到扰动。
- 4) 路基开挖中，基于实际情况，如需修改设计边坡坡度、截水沟和边沟的位置及尺寸时，应及时按规定报批。边坡上稳定的孤石应保留。
- 5) 开挖至零填、路堑路床部分后，应尽快进行路床施工。如不能及时进行，宜在设计路床顶标高以上预留至少 300 mm 厚的保护层。
- 6) 应采取临时排水措施，确保施工作业面不积水。
- 7) 挖方路基路床顶面终止标高，应考虑因压实而产生的下沉量，其值通过试验确定。

2. 岩石开挖

按开挖难易程度，比较坚硬的路基土（Ⅲ级土）俗称岩石。岩石开挖方法有爆破法、松土法或破碎法，见表 1-6。开挖前应根据工程地质勘探资料，按照路基土的类别、风化程度、节理发育程度等来确定开挖方式及开挖工具。对软石和强风化岩石能用机械直接开挖的应采用机械开挖；石方量小，工期允许时，也可采用人工开挖。凡不能使用机械或人工直接开挖的岩石，应采用爆破法开挖。石方工程开挖施工应符合下列规定。

- (1) 石方开挖应根据岩石的类别、风化程度、岩层产状、岩体断裂构造、施工环境等因素确定开挖方案。
- (2) 深挖路基施工，应逐级开挖，逐级按设计要求进行防护。

表 1-6 岩石开挖方法

项 目	内 容
爆破法	即用炸药在瞬间产生的爆炸力来破碎和抛掷岩石。凡采用爆破法开挖的路段，应根据施工范围内外的架空缆线的位置、高度，地下管线的位置、埋深，建筑物的结构类型、距离，在确保安全的前提下制定爆破开挖方案。根据国家《爆破安全规程》（GB 6722—2014）的规定编制爆破材料的购买、运输、储存、保管、工作面划分与布置起爆、除危、清渣等规章制度
松土法	即充分利用岩体自身存在的各种裂面和结构面，用推土机牵引的松土器将岩体翻碎，再用推土机或装载机与自卸汽车配合，将翻松的岩块搬运出去。松土法避免了爆破法所具有的危险性，而且有利于开挖边坡的稳定及附近建筑物的安全，作业效率也高
破碎法	即用破碎机碎岩块，再挖运出去。适用于岩体裂缝较多、岩块体积较小，抗压强度低于 100MPa 的岩石，但其工作效率较低

(3) 爆破作业必须符合《爆破安全规程》(GB 6722—2014)。爆破施工组织设计应按相关规定报批。

(4) 石方开挖严禁采用峒式爆破,近边坡部分宜采用光面爆破或预裂爆破。

(5) 爆破法开挖石方,应先查明空中缆线、地下管线的位置、开挖边界线外可能受爆破影响的建筑物结构类型、居民居住情况等,然后制订详细的爆破技术方案。

(6) 爆破开挖石方宜按以下程序进行:爆破影响调查与评估→爆破施工组织设计→培训考核、技术交底→主管部门批准→清理爆破区施工现场的危石等→炮孔钻孔作业→爆破器材检查测试→炮孔检查合格→装炸药及安装引爆器材→布设安全警戒岗→堵塞炮孔→撤离施爆警戒区和飞石、震动影响区的人、畜等→爆破作业信号发布及作业→清除盲炮→解除警戒→测定、检查爆破效果(包括飞石、地震波及对施爆区内构造物的损伤、损失等)。

(7) 边坡整修及检验:

1) 挖方边坡应从开挖面往下分段整修,每下挖 2~3 m,宜对新开挖边坡刷坡,同时清除危石及松动石块;

2) 石质边坡不宜超挖;

3) 石质边坡质量要求:边坡上无松石、危石。

(8) 路床清理及验收:

1) 欠挖部分必须凿除。超挖部分应采用无机结合料稳定碎石或级配碎石填平碾压密实,严禁用细粒土找平。

2) 石质路床底面有地下水时,可设置渗沟进行排导,渗沟宽度不宜小于 100 mm,横坡坡度不宜小于 0.6%。渗沟应用坚硬碎石回填。

3) 石质路床的边沟应与路床同步施工。

第三节 路基压实施工技术

1. 一般土路基的压实

路基压实施工的要点包括选择压实机具、压实方法,确定压实度,确定填料的含水量,采用正确方法压实,检查路基压实质量等。

(1) 选择压实机具。为了保证路基压实度的要求,一般采用机械压实,选择压实机具应综合考虑路基土性质、工程量的大小、施工条件和工期气候条件及压实机具的效率等。常用压实机械的技术特性见表 1-7。