

公路工程施工技术

# 公路工程施工技术

GONGLU GONGCHENG SHIGONG JISHU

主 编 邢宏涛 迟 爽 马云龙

副主编 佟永恒 迟 驰 白 杰 张淑坤

主 审 武 鹤

哈尔滨地图出版社

# 公路工程施工技术

GONGLU GONGCHENG SHIGONG JISHU

主 编 邢宏涛 迟 爽 马云龙

副主编 佟永恒 迟 驰 白 杰 张淑坤

主 审 武 鹤

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

公路工程施工技术/邢宏涛, 迟爽, 马云龙主编  
--哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2010.4  
ISBN 978-7-5465-0247-2

I. ①公… II. ①邢… ②迟… ③马… III. ①道路工程  
—施工技术 IV. ①U415.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 076128 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮编: 150086)

哈尔滨翰翔印务有限公司印刷

开本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 13.75 字数: 335 千字

ISBN 978-7-5465-0247-2

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

印数 1~100 定价: 30.00 元

## 内 容 提 要

本书详细阐述了路基、路面、桥梁、公路沿线设施等各项施工的基本理论及其工程应用，在内容上力求符合国家现行规范的要求，反映现代工程施工技术水平，以满足工程实践的需要。

本书内容丰富，实用性强，各种施工要点和技术数据反映了现行各类施工技术规范的最新成果。可供从事土木工程的技术人员参考使用。

# 前 言

近些年来，为适应公路建设的快速发展，确保工程建设质量的要求，交通部连续多年开展了公路建设质量年活动，开展了针对提高公路修筑质量的技术攻关与针对公路工程质量通病的专项科研与治理工作。加强了工程质量管理制度的建设，强化质量监督，全面落实质量责任制，使全员的质量意识与管理水平得到明显的提高。对确保公路工程质量起到了积极的作用。公路工程质量的提高与多方面因素有关，其中，最重要的因素之一则是从事公路建设的一线技术人员水平的提高。活跃在施工现场的技术人员，他们是公路工程项目的组织者与实施者，他们的专业和业务背景不尽相同，加强对他们的技术和业务培训，一方面是提高他们的管理水平，再就是提高他们的专业技术素质，使他们真正成为综合素质高的一线技术骨干，这样才能使公路建设质量得到最直接的保证。针对今后持续发展的公路建设，尤其是大规模开展的农村公路建设，加强施工现场技术人员的培训，提高全体公路参建人员的素质，是确保工程质量的关键。本书较为系统、全面地介绍了公路工程施工的基本知识和基本理论，结合公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路桥施工的高科技施工水平，培养施工人员对现行规范、标准的了解与运用，促进路桥施工的发展。

本书由黑龙江省高速公路建设局邢宏涛、黑龙江省公路工程造价管理总站迟爽、黑龙江省哈双高速公路管理处马云龙担任主编，并负责全书的统稿工作。黑龙江省高速公路建设局邢宏涛编写第一、二、三章；黑龙江省公路工程造价管理总站迟爽编写第四、五章；黑龙江省哈双高速公路管理处马云龙编写第六、七章；黑龙江省高速公路建设局佟永恒编写第九章；黑龙江省鸡西至讷河公路林泉工程建设指挥部迟驰编写第十章；中铁十三局集团第四工程有限公司白杰编写第八、十一章；齐宏市政工程建设（集团）有限公司张淑坤编写第十二、十三章。全书由黑龙江工程学院武鹤教授主审。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见。

编者

2010年4月

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
第一节 施工技术在公路工程建设中的地位和作用 .....	1
第二节 施工准备工作内容 .....	2
第二章 路基工程施工 .....	5
第一节 土方路基施工 .....	5
第二节 石方路基施工 .....	11
第三节 路基排水施工 .....	15
第四节 特殊路基施工技术 .....	18
第三章 路面基层与底基层施工 .....	24
第一节 级配碎石基层、底基层施工 .....	24
第二节 半刚性路面基层、底基层施工 .....	29
第四章 路面面层施工 .....	39
第一节 水泥混凝土路面施工 .....	39
第二节 沥青混凝土路面施工技术 .....	53
第五章 涵洞工程施工 .....	67
第一节 施工准备工作 .....	67
第二节 涵洞主体部分施工技术 .....	69
第三节 涵洞附属工程施工技术 .....	77
第六章 桥梁基础施工 .....	81
第一节 明挖基础施工 .....	81
第二节 钻孔灌注桩基础施工 .....	90
第三节 沉井施工 .....	96
第四节 承台及系梁施工 .....	104
第七章 桥梁墩台施工 .....	105
第一节 墩、台身施工 .....	105
第二节 盖梁施工 .....	109
第八章 预应力混凝土简支梁桥施工 .....	115
第一节 预应力混凝土简支梁的制造 .....	115
第二节 预应力混凝土简支梁的架设 .....	123
第九章 预应力混凝土连续梁桥施工 .....	128
第一节 简支转连续施工 .....	128
第二节 就地浇筑施工 .....	128
第三节 悬臂浇筑施工 .....	130
第四节 悬臂拼装施工 .....	136
第五节 顶推法施工 .....	139
第六节 移动式模架逐孔施工 .....	143
第十章 拱桥施工 .....	147
第一节 拱桥有支架施工 .....	147
第二节 拱桥无支架施工 .....	157

第三节 拱桥其他施工方法.....	164
<b>第十一章 斜拉桥施工.....</b>	<b>172</b>
第一节 主梁施工要点.....	172
第二节 索塔施工要点.....	175
第三节 拉索施工要点.....	179
<b>第十二章 桥面系施工.....</b>	<b>182</b>
第一节 桥面铺装施工.....	182
第二节 人行道、护栏、缘石施工.....	182
第三节 伸缩缝安装施工.....	184
<b>第十三章 公路交通安全设施施工.....</b>	<b>188</b>
第一节 公路沿线设施的分类.....	188
第二节 护栏施工.....	188
第三节 防眩设施施工.....	197
第四节 视线诱导设施施工.....	201
第五节 标志与标线施工.....	204
<b>参考文献.....</b>	<b>212</b>

# 第一章 绪 论

## 第一节 施工技术在公路工程建设中的地位 and 作用

施工技术包含了施工组织设计,施工的方法、手段和工艺等方面的内容。施工技术的先进与否,直接影响到施工所能采用的方法和手段,甚至将左右工程的进展。认何一项公路工程,都必须依据相应的施工技术,才能制订出切实可行的施工方案,确定具体的施工方法来指导施工。但施工技术能否充分地体现出来,与下列因素有密切关系。

### 一、施工组织与施工技术

公路工程的施工过程是一项庞大的系统工程,涉及大量的人力、资金、材料和机具设备。施工组织的任务是根据工程产品生产的技术经济特点,以及国家基本建设方针和各项具体的技术政策,实现工程建设规划和设计的要求,提供各阶段的施工准备工作内容,对人力、资金、材料、机械和施工方法等进行科学合理的安排,协调各施工单位之间、各项工程之间、资源与时间之间以及各项资源之间的关系。为各项施工技术的实施“打通关系”,使整个施工过程能按照客观的技术、经济规律,作出科学合理安排,进而取得相对最佳的效果。由此可见,施工技术与施工组织之间的关系应是相辅相成、互为一体的。

### 二、机械设备与施工技术的关系

随着工业制造水平的提高,在现代化的公路工程施工中,已普遍、大量地使用各种机械设备,特别是一些桥梁工程的专用设备代替以往的手工操作,极大地提高了工作效率,缩短了工期。因此,先进的施工技术应以先进的机械设备作为保证手段。实际上,技术复杂的大型桥梁在确定施工方法时,往往是以相配套的机械设备为依据的。一方面,先进机械设备的大量应用,使各种类型桥梁可供选择的施工方法和施工手段更加丰富,可供选择的施工方案的范围也更加广泛,由此推动了先进施工技术的发展;另一方面,先进施工技术的发展,又促进了机械制造业水平的不断提高。

### 三、工程造价与施工技术的关系

由工程在规划、工程可行性研究、勘测设计、征地拆迁、施工等阶段的资金分配情况来看,施工费用一般可占工程费用的60%以上(拆迁量大的城市工程除外)。近年来,在工程建筑安装费中,占大比例的材料费,不论是国内还是国外均有所下降,而人工费和机械费的比例在上升。因此,施工费用对工程造价有举足轻重的影响。在施工阶段为降低工程造价、节省投资,除采取加强施工的组织管理、节约材料、提高机械设备的利用率等措施外,一条重要的途径就是在施工中应用新技术、新工艺来改善施工条件,缩减人工费,以达到降低工程成本、节省投资的目的。合理地采用先进的施工技术,对降低工程造价的作用明显的。即使是同一项工程,所采用的施工方法和手段不同,其所需费用也必然不同,科学合理的先进施工技术不仅能保证施工质量和进度,也能使施工费处于最合理的水平;反之,会造成极大浪费,导致工程成本升高。因此,施工的组织管理者和工程技术人员都



必须高度重视施工技术的合理应用，在制订施工方案、确定施工方法和施工工艺、选择机械设备时，要使之更好地服务于工程建设，减少不必要的浪费，节省施工工费，提高经济效益。

#### 四、施工技术与设计的关系

工程施工与设计有着十分密切的关系，在确定设计方案时，必须要考虑施工的可行性、经济性与合理性。在结构设计中，既要计算各施工阶段结构的强度、变形和稳定性，又要同时满足施工阶段与营运阶段的个性要求。在施工中，通过各种途径和各种公式来校核与验证设计的准确性，形成设计与施工互相配合、互相约束、不断发展的关系。桥梁结构的施工应严格地按设计要求完成。在施工之前，施工人员需要对设计图纸、说明书、工程预算和施工计划，主要施工阶段结构的强度、应力、挠度等有关计算书和图纸进行详细研究，掌握设计内容与要求，进行必要的复算，按照设计要求处理施工中的一些细节，编制施工计划，购置施工设备和机械。而在进行设计时，必须根据实际情况，确定施工方法和步骤。由于设计与施工的不可分割关系，在我国当前的工程招标中，很多部门已经实行设计单位与施工单位结合起来作为一个投标实体，互相合作，共同制订投标方案。这样的标书能较全面地反映设计思想，可用性强，对工程设计也更有实际意义。

## 第二节 施工准备工作内容

公路工程施工前的准备工作，是施工组织设计中重要的工作内容之一。做好施工前的各项准备工作，是工程施工能够顺利进行、安全完成的重要保证。

公路工程施工的前期准备工作一般包括：做好现场踏勘调查工作；确定施工组织机构及人员配备；对设计文件进一步了解和研究；对施工现场的补充调查和复核；进行接桩、复测等；结合施工单位的经验和条件，对设计中需要变更与改进的地方向建设单位和设计单位提出建议，并通过协商进行修改；根据进一步掌握的情况和资料，对投标时所拟订的施工方案、施工计划、技术措施等重新评价和深入研究，修订或重新编写指导性施工组织设计，还要根据现场施工条件做好物资准备工作。

### 一、现场调查与校核设计文件

#### (一)施工现场的调查研究

施工单位在编制工程施工的组织设计之前，应深入工地现场，做好现场调查研究工作。

#### 1.自然条件调查

(1)调查场地的地质条件，以便正确选择施工方法，并对可能遇到的不良地质条件预先做好充分准备。

(2)调查施工场地的地形、地貌情况，主要包括地形起伏、河流、交通、拟建地区的原有房屋及附近建筑物的情况。

(3)调查当地气象、水文情况，做好季节施工安排，为施工防寒和防洪工作提供可靠的依据。

(4)做好场地地表构筑物 and 地下管网的调查，预测工程施工对地表和地下已设结构物的影响。

- (5)调查和测试水源、水质并拟订供水方案。
- (6)对天然建筑材料(砂砾、石料、黏土)的产地、数量、质量进行鉴定并制订供应方案。
- (7)对施工场地和弃渣场地进行具体布置,应贯彻节约用地的原则,少占耕地,尽量减少拆迁和对其他设施的干扰。

## 2.社会经济条件调查

- (1)了解当地政治、经济、居民情况及风俗习惯等。
- (2)了解工地附近可能利用的场地、需拆迁的建筑物,可以租用的民房等。
- (3)调查当地交通运输能力,以及修建为施工服务的临时运输道路、桥涵、码头等的可能性,对交通运输条件和施工运输便道进行方案比选。
- (4)调查工地现场水、电及通讯情况。
- (5)调查地方工业的生产能力、质量、价格和协作的可能性,了解当地可利用品种和供应能力。
- (6)了解当地可能提供劳动力的数量、来源、价格及技术水平。
- (7)了解当地的生活供应、医疗卫生、文化教育、消防治安等机构支援的能力,做好生活及医疗设施的安排。

## (二)现场校核设计

工程单位施工前应全面熟悉设计文件,会同设计单位进行现场核对,做好施工准备工作。

- (1)熟悉、审查图纸及有关设计资料,了解设计意图,对总平面布置、各个单位工程和分项工程,以及对工程的结构形式和特点,都要认真研究。
- (2)掌握工程的重点和难点,了解工程施工方案选定的设计意图。
- (3)对设计图纸本身是否错误和矛盾,图纸与说明书之间有无矛盾都应审查清楚。
- (4)要熟悉地质、水文等勘察资料,以对工程作业难易程度作出判断。
- (5)会同设计单位,现场交接和复查测量控制点、施工测量用的基准点及水准点,并定期进行复核,做好护桩工作。
- (6)预测施工中对环境的影响(污水、泥浆、废气、振动、噪声、对交通的干扰等),提出解决问题的办法。

## 二、施工机构的组建

施工单位可根据工程的规模、重要性等来组建施工机构和配备职工。组建施工机构应遵循以下基本原则:

- (1)施工机构应根据任务的需要而定,以便于指挥和管理,有利于发挥积极性、创造性,以团体协作精神为原则。
- (2)施工组织机构应分工明确,权责具体,力求精简但又能圆满执行任务,同时又要密切协作,做到指挥具体及时,事事有人负责。
- (3)项目管理人员应具有实际生产经验和组织管理才能。施工单位的生产管理工作,实行项目经理负责制;总工程师或主管工程师在项目经理领导下负责全面施工技术工作等。
- (4)配备的职工要有把握世界潮流、不断创新的理念和开展技术竞争的意识。

## 三、现场物质、技术条件准备

### (一)施工现场的必备条件

在公路工程施工现场范围内，必须具备的基本条件有：修通道路，接通施工用水、用电，架通通讯线路，平整好施工现场，即“三通一平”，并搭建好临时房屋。

### (二) 隧道施工的物资准备

隧道施工的物资准备主要包括原材料准备、构件加工设备的准备、建筑安装工程施工机具和设备的准备等。

为了使物资准备工作尽可能提前进行，接受任务获得初步设计资料后，即可根据初步设计的工程项目一览表、结构特征、建筑面积和体积等进行建筑工程量的估算。从估算出的工程量中，套用定额或过去类似工程的统计资料，概算出材料的需要数量。据此落实材料供应渠道，以保证施工的需要。

### (三) 隧道施工的技术准备

隧道施工的技术准备主要有以下几方面的内容：

- (1) 做好现场校核设计的工作。
- (2) 交接控制测量的基桩资料，并做好复测和核对工作。
- (3) 根据补充调查等重新掌握的情况，改进施工设计。
- (4) 了解对工期的要求。
- (5) 编制施工组织设计和制订施工方案，进行有关施工补充设计。
- (6) 编制施工预算。

## 第二章 路基工程施工

为了保证路基具有足够的刚度和强度、足够的稳定性和耐久性，在路基填筑的过程中应选择符合各项要求的填料，并进行充分的压实，以满足压实度的要求。

### 第一节 土方路基施工

#### 一、土质路堤填筑

##### 1. 填料的选择

为保证路堤的强度和稳定性，应选择强度高、稳定性好、易于开挖的土石作填料。如碎石、砾石、卵石、粗砂等透水性好的材料，由于它们具有强度高、水稳性好，填筑时受含水量影响较小等特点，经分层压实后较易达到规定的施工质量，此类材料应优先选用。用透水性不良或不透水的土(如黏土)作路填料时，必须在最佳含水量下分层填筑并充分压实。粉质土的水稳定性和温度稳定性均较差，不宜做路堤填料。

路堤填料应到实地采取土样并进行土工试验，相关技术指标应符合表 2-1-1 的技术要求。

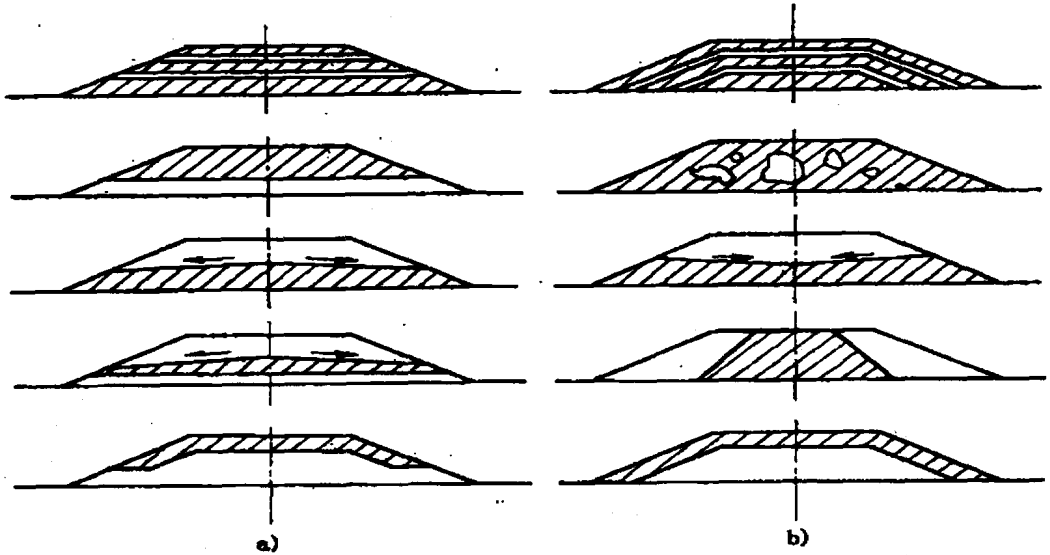
表 2-1-1 路基填方材料最小强度和最大粒径

填料应用部位(路床顶面以下深度)(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、四级公路	
路堤	上路床(0~0.3)	8	6	5	100
	下路床(0.3~0.8)	5	4	3	100
	上路堤(0.8~1.5)	4	3	3	150
	下路堤(>1.5)	3	2	2	150
零填及挖方路基	0~0.3	8	6	5	100
	0.3~0.8	5	4	3	100

#### 2. 填筑方案

##### 1) 水平分层填筑

分层平铺，有利于压实，可以保证不同用土按规定层次填筑。如图 2-1-1 所示，不同用土正确组合方案要点是：不同用土水平分层，以保证强度均匀；透水性差的用土，如黏性土等，一般宜填于下层，表面成双向横坡，有利于排除积水，防止水害；同一层次有不同的方案是指：未水平分层，有反坡积水，夹有冻土块和粗大石块，以及有陡坡斜面等，其主要问题亦在于强度不均匀和排水不利。此外，还应注意用土不含有害杂质(草木、有机物等)及未经处置的劣质土(细粉土、膨胀土、盐土与腐殖土等)。桥涵、挡土墙等结构物的回填土，以砂性土为宜，防止不均匀沉降，并按有关操作进行堆积回填和夯实。



a) 正确 b) 不正确

图 2-1-1 土路基填筑方案

### 2) 竖向填筑法

竖向填筑，指沿路中心线方向逐步向前深挖，如图 2-1-2 所示。路线跨越深谷或池塘时，地面高差大，填土面积小，难以水平分层土，以及陡坡地段上半填半挖路基，局部路段横坡较陡或难以分层填筑等，可采用竖向填筑方案。竖向填筑的质量在于密实程度，为此宜采用必要的技术措施，如选用震动式或锤式夯击机，选用沉陷量较小及粒径较均匀的砂石填料；路堤全宽一次成型；暂不修建较高级的路面，容许短期内自然沉落。此外，尽量采用混合填筑方案，即下层竖向填筑，上层水平分层，必要时可考虑参照地基加固的注入、扩孔或强夯等措施，以保证填土具有足够的密实度。

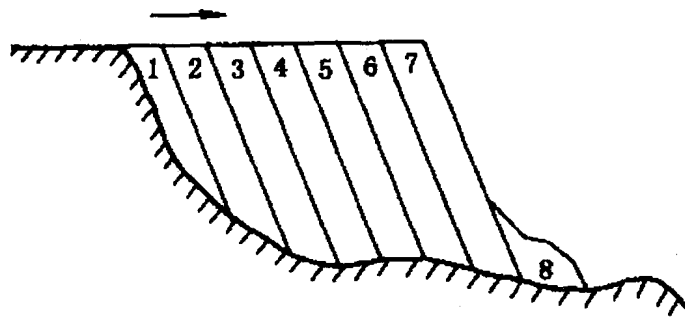


图 2-1-2 竖向填筑方案示意图

### 3) 混合填筑法

混合方式填筑路堤是下层用竖向填筑而上层用水平分层填筑，这样可使上层填土获得足够的密实度，如图 2-1-3 所示。

填筑土质路堤时应根据填料运距、填筑高度、工程量等进行施工机械的配置，确定作业方式。施工机械应尽量配套，以最大限度地发挥各种机械的工效。对于两侧取土，填土

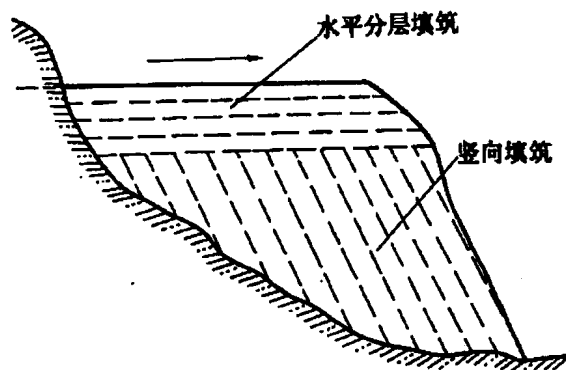


图 2-1-3 混合填筑方式

高度在 3 m 以内的路堤，可用推土机从两侧推填，配合平地机整平，然后在最佳含水量下用压路机压实。对于填方量较集中的路堤填筑，当填料运距超过 1 km 时，可用松土机制松，用挖土机或装载机配合自卸汽车运输，料运到作业面后用平地机整平，配合洒水车和压路机压实。

## 二、土质路堑开挖

路堑由天然地层构成，开挖后边坡易发生变形和破坏，路基的病害常发生在路堑挖方地段，如滑坡、崩塌、落石、路基翻浆等。因此，施工方法与路堑边坡的稳定有密切关系，开挖方式应根据路堑的深度、纵向长度，以及地形、地质、土石方调配情况和机械设备条件等因素确定，以加快施工进度，提高工作效率。

### 1. 一般规定

路堑开挖前，应做好各项相应技术准备工作。由于路堑容易发生路基病害，为保证路堑边坡的稳定，在施工中应注意以下几个方面。

#### 1) 路堑排水

路堑区域施工时，应保证在施工过程中和竣工后能顺利排水，因此，应先在适当的位置开挖截水沟，并设置排水沟，以排除地面水和地下水。路堑设有纵坡时，下坡的坡段可以直挖到底，而上坡的坡段必须先挖成向外的斜坡，最后再挖去剩下的土方。路堑为平坡时，两端都要先挖成向外的斜坡，最后挖去余下的土方。

#### 2) 废方处理

路堑挖出的土方，除利用外，多余的土方应按设计的弃土堆进行废弃，并不得妨碍路基的排水和路堑边坡的稳定。同时，弃土应尽可能用于改地造田，美化环境。

#### 3) 设置支挡工程

为了保证土方路堑边坡的稳定，应及时设置必要的支挡工程。开挖时，应按路堑设计边坡自上而下，逐层进行，以防边坡塌方，尤其在地质不良地段，应分段开挖，分段支护。

### 2. 开挖方案

土方路堑开挖根据路堑深度和纵向长度及施工方法的不同确定开挖方案，开挖方式可分为全断面横挖法、纵挖法及混合式开挖法三种。

#### 1) 全断面横挖法

对路堑整个横断面的宽度和深度从一端或两端逐渐向前开挖的方式称为全断面横挖法。

## 2) 纵向挖掘法

纵向挖掘法又分为分层纵挖法、通道纵挖法、分段纵挖法三种。

(1) 分层纵挖法: 沿路堑全宽以深度不大的纵向分层挖掘前进的作业方式称为分层纵挖法, 如图 2-1-4 所示, 适用于较长的路堑开挖。

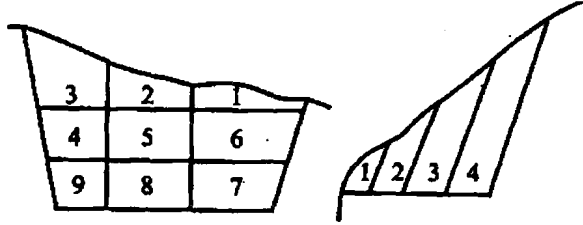


图 2-1-4 分层纵挖法 (图中数字表示开挖顺序号)

(2) 通道纵挖法: 沿路堑纵向挖掘一通道, 然后将通道向两侧拓宽, 如图 2-1-5 所示。上层通道拓宽至路堑边坡后, 再开挖下层通道, 按此方法直至开挖到挖方路基顶面标高, 称为通道纵挖法。

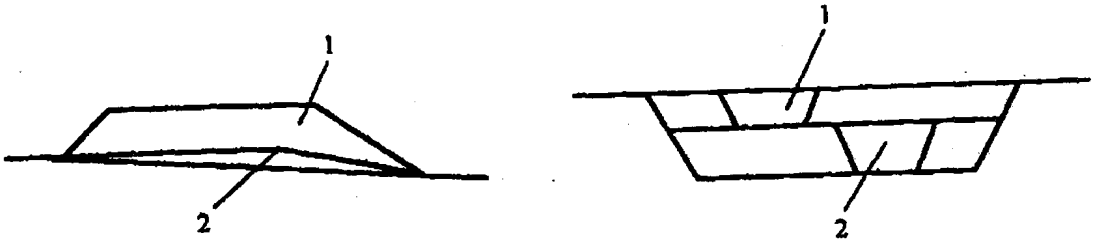


图 2-1-5 通道纵挖法

(3) 分段纵挖法: 当路堑较长、开挖深度不大时, 把开挖路堑横断面分成若干段, 并沿纵向条形开挖, 一般出土于两侧, 若是傍山路堑, 一侧堑壁不厚, 选择一个或几个地方挖穿路堑壁出土。

### 3. 混合式开挖法

将横挖法与通道纵挖法混合使用, 即称为混合式开挖法。即先顺路堑方向挖通通道, 然后沿横向坡面挖掘, 以增加开挖坡面, 每一开挖坡面应能容纳一个作业组或一台机械, 如图 2-1-6 所示。

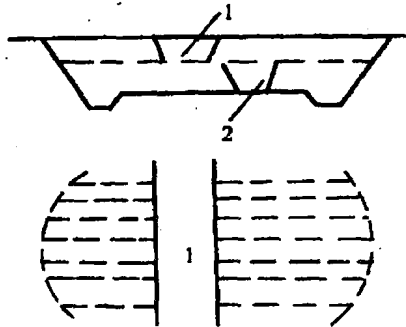


图 2-1-6 混合式开挖

## 三、填土压实与检查

### 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示。压实度是指土压实后的干密度与标准的最大干密度之比，用百分率表示称为相对压实度。所谓标准的最大干密度，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是多方面的，有内因也有外因，但与施工作业有关的主要因素有以下几点：

### 1) 土的含水量

任何有黏结力的土，在不同的湿度下，用同样压实功能来挤压将获得不同的密实度和不同的强度。如图 2-1-7 所示为压实土的密实度与土的形变模量、相对含水量的关系曲线。从图中可以看出土中水在压实过程中的作用。压实开始时，原状土相对湿度低，土颗粒之间的内摩阻力大，因而外力难于克服，故压实的干密度小，表现出土的强度高、密度低；当相对湿度缓慢增加时，水分在土粒间起润滑作用，压实的结果使被压材料(土粒)得以重新调整其排列位置，达到较紧密的程度，表现出密度增大，但与此同时，由于水的作用，内摩阻力有所减小，因而强度继续下降。当含水量继续增加，超过图中曲线顶点等最优值时，水的润滑作用已经足够，水分过多，使起润滑作用以外多余水分进入土粒孔隙中，反而促使土粒分离而不易得到良好压实效果，从而降低了土的干密度；又由于土粒间距增大，内摩阻力与黏结力减小，使土的强度也随之减小，在压实曲线中出现驼峰形式。

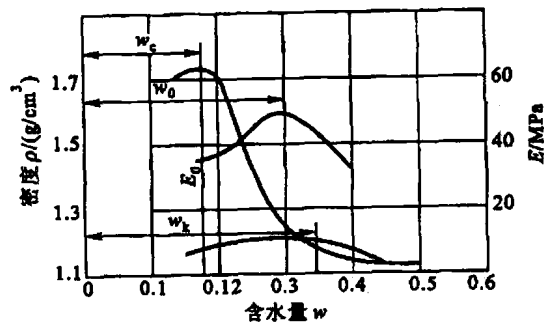


图 2-1-7 压实土的密实度、形变模量与含水量的关系

在一定功能的压实作用下，含水量的变化会导致土的干密度随之变化，在某一含水量(最佳含水量)下，干密度达到最大值(最大密度)。各种土的最佳含水量大小不同，见表 2-1-2。一般情况下，土在天然状态下的含水量值非常接近于最佳含水量，因此在施工作业中，新卸填土应当立即推平压实。

表 2-1-2 不同的最大干密度及最佳含水量的变化范围

土类名称	塑性指数	重型标准		轻型标准	
		最大干密度 (g/cm <sup>3</sup> )	最佳含水量 (%)	最大干密度 (g/cm <sup>3</sup> )	最佳含水量 (%)
S, SF	<1	1.94~2.02	7~11	1.80~1.989	8~12
SM	1~7	1.99~2.28	8~12	1.85~2.08	9~15
ML	1~7	1.77~1.97	15~19	1.61~1.80	16~22
SC, CLS	7~17	1.83~2.16	9~15	1.67~1.95	12~20
SCH, CHS, CH	>17	1.75~1.90	16~20	1.58~1.70	19~23

### 2) 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。

### 3) 压实功能

压实功能是由碾压(或锤击)的次数及其单位压力(或荷重)所决定的。土在不同压实功能作用下的压实性质，是决定压实工作量和选择机具、选择施工方法的依据。事实上，对任何一种土，当密实度超过某一限值时，欲继续提高它的密实度，降低含水量值，往往需要增加很大的压实功能。而过分加大压实功能，不仅密实度增加幅度小，还往往因所加荷载超过土的抵抗力，即土受压部位承受压力超过土的极限强度，而导致土体破坏，因此，对路基填土的压实，在工艺方法上要注意不使压实功能太大。

### 4) 碾压时的温度

在路基碾压过程中，温度升高可使被压土中的水黏滞度降低，从而在土粒间起润滑作用，易于压实，但气温过高时，又会由于水分蒸发太快而不利于压实。温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ 时，因部分水结冰，产生的阻力更大，起润滑作用的水更少，因而也得不到理想的压实效果。因此，碾压过程中要注意温度的变化。

### 5) 压实土层的厚度

经实践证明，土所受的外力作用，随深度增加而逐渐减弱，当超过一定范围时，土的密实度将与未碾压时的相同，这个有效的压实深度(产生均匀变化的深度)与土质、含水量、压实机械的构造特征等因素有关，所以正确控制碾压层厚度，对于提高压实机械生产率和填筑路基质量十分重要。

### 6) 地基或下承层强度

在填筑路堤时，若地基没有足够的强度，路堤的第一层难以达到较高的压实度，即使采用重型压机或增加碾压遍数，也只能是事倍功半，甚至使碾压土层起“弹簧”。因此，对于地基或下承层强度不足的情况，填筑路堤时通常采取适当措施处理。

### 7) 碾压机具和方法

为了能以尽可能小的压实功获得良好压实效果，压实机械应先轻后重，以便能适应逐渐增长的土基强度；碾压速度宜先慢后快，以免松土被机械推走，形成不适宜的结构，影响压实质量，尤其是黏性土，高速碾压时，压实效果明显下降。通常压路机进行路基压实作业，行驶速度在 $4\text{ km/h}$ 以内为宜。施工中，要根据不同的土质来选择机具和确定压实遍数。

## 2. 土质路基压实标准

土质路基压实标准包括两个方面：一是确定采用标准干密度的方法；二是要求的压实度。关于标准干密度的确定方法，目前推行的主要是与国外公路压实要求相同的重型击实试验。

### (1) 最大干密度

土的最大干密度是土压实的主要指标，与路基强度稳定性有密切的关系，一般作为压实质量评价的依据，在路基压实施工中，由于受各种因素的影响和限制(气候、土的天然含水量等)，所施工的路基实际干密度不能达到室内的重型击实试验求得的最大干密度。但