

新时期农村公路建设 战略与实践

(第三册)

《新时期农村公路建设战略与实践》编委会 编

北京交通大学出版社

新时期农村公路建设 战略与实践

(第三册)

《新时期农村公路建设战略与实践》编委会 编

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

为了更好地服务社会主义新农村建设,加快农村公路建设步伐,加强农村公路建设过程中的经验交流,我们组织编写了《新时期农村公路建设战略与实践》。

本书共分四册九篇,其主要内容有:新时期农村公路建设发展战略,农村公路勘察、设计,农村公路工程招、投标及工程概预算,农村公路施工技术 & 施工组织管理,农村公路工程施工监理与质量验评,农村公路养护与路政管理,以及农村公路建设的探索与交流。

本书除对技术、管理等环节的系统介绍外,还编录了大量各地农村公路建设的成功经验及多种探索尝试案例。本书适宜作为农村公路建设、管理单位参考用书,也可作为农村公路建设过程中勘察、设计、施工、管理、养护等人员的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

新时期农村公路建设战略与实践 /《新时期农村公路建设战略与实践》编委会编. —北京:北京交通大学出版社,2007. 1

ISBN 978 - 7 - 81082 - 896 - 7

I. 新… II. 新… III. 农村道路 - 道路工程 - 建设 - 研究 - 中国 IV. U412. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 126056 号

责任编辑:韩乐 黎丹 刘洵 孙秀翠 招富刚

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010 - 51686414

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编:100044

印刷者:廊坊市海翔印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:787 × 1092 1/16 印 张:117.5 字 数:2950 千字

版 次:2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 81082 - 896 - 7/U · 12

定 价:796.00 元(共 4 册)

第一章 路基施工技术

第一节 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如下五种。

1. 人工施工

人工施工是传统方法。人工施工使用手工工具,劳动强度大,工效低,进度慢,工程质量难以保证,但短期内还必然存在并使用某些辅助性工具。

2. 简易机械化施工

这是以人力为主,配以机械或简易机械的一种施工方法。这种施工方法可减轻劳动强度,加快施工进度,提高劳动生产率。在我国目前条件下,这种施工方法仍不失为一种值得提倡的施工方法。

3. 综合机械化施工

综合机械化作业是以主要机械配以辅助机械,相互协调,共同形成以主要工序所使用的机械为主的综合作业方式。综合机械化施工可以极大地减轻劳动强度和提高劳动生产率,显著地加快施工进度,提高工程质量,降低工程造价,保证施工安全,是高等级公路建设和实现公路施工现代化的根本途径。

4. 爆破法施工

爆破法施工是石质路基和冻土路基开挖的基本方法。采用钻岩机钻孔与机械清理,是岩石路基爆破法施工的必要条件。

5. 水力机械化施工

水力机械化施工是使用水泵、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。水力机械化施工适用于电源和水源充足的地区,要求所挖掘的土质比较松散,并且施工方式为地下钻孔。对于沙砾填筑路堤或基坑回填,还可以用来起密实作用(称为水夯法)。

施工方法的选择,应根据工程性质、工程数量、施工期限及可能获得的人力和机械设备等条件来考虑。

第二节 填方路堤的施工

为保证路堤具有足够的强度、良好的水温稳定性及耐久性,应选用符合要求的填料,采用合理的方法来填筑路堤。在土质路堤的施工过程中,尤其要重视对填土的压实。

一、土质路堤的填筑

(一) 填料选择

填筑路堤所用的大量填料,一般都是就近取用当地土石。为保证路堤的强度和稳定性,应选择强度高、稳定性好的土石作填料。如碎石、砾石、卵石、粗砂等透水性好的材料,它们不易被压缩,强度高,水稳性好,填筑时不受含水量限制,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堤填料时,必须在最佳含水量下分层填筑并充分压实。粉质土的水稳性和冰冻稳定性均较差,不宜作路堤填料,在季节性冰冻地区更应慎用。黏质土和高液限黏土可用来填筑高度小于5 m的路堤,但应水平分层填筑并压实到规定的密实度。

高速公路和一级公路路堤填料应到实地采取土样并进行土工试验,有关指标应符合表5-1-1的技术要求。二级及二级以下公路路堤填料也宜按表5-1-1的规定选用。

表5-1-1 路基填方材料最小强度和最大粒径

项目分类 (路面底面以下深度)		填料最小强度(CBR/%)		填料最大粒径/cm
		高速公路及一级公路	其他公路	
路堤	上路床(0~30 cm)	8.0	6.0	10
	下路床(30~80 cm)	5.0	4.0	10
	上路堤(80~150 cm)	4.0	3.0	15
	下路堤(>150 cm)	3.0	2.0	15
零填及路堑路床(0~30 cm) 8.0		6.0	10	

(二) 基底处理

经过清理后的路堤所在原地地面即为路堤基底,是自然地面的一部分。为使路基的强度和整体稳定性得到保证,应根据基底的土质、水文、坡度和植被情况及路基高度等进行适当的处理。

① 做好原地面临时排水工作。临时排水设施排出的雨水不得流入农田、耕地,也不得引起排水沟淤塞和冲刷路基;原地面积水的洞穴、坑槽等应用土填平并按规定压实。

② 当路堤基底的原状土强度不符合要求时,应进行换填处理,挖深不小于30 cm,并分层找平压实。

③ 对于山坡路堤,当地面横坡不陡于1:5,而基底土质密实稳定时,可以将路堤直接修在

天然地面上;当地面横坡陡于 1:5 时,应将原地面挖成台阶并夯实,台阶宽度不小于 1 m。对于原地面横坡较陡的高速公路和一级公路半填半挖路基,必须要在山坡上从填方坡脚向上挖成向内倾斜的台阶,台阶宽度不小于 1 m。

④ 矮路堤基底处理。矮路堤填筑高度小于 1.0~1.5 m,接近或等于路基工作区。为提高路基的强度和稳定性,应对矮路堤进行认真处理。处理的措施有挖除种植土、换土、挖松压密、加铺砂砾石垫层等。

(三) 填筑方式及机械配置

1. 水平填筑

土质路堤应尽可能采用水平填筑分层方式进行,即将路堤划分为若干水平层次,逐层向上填筑。如原地面不平,则从最低层开始填筑。每填一层,经压实达到压实度要求后,再进行下一层填筑,如图 5-1-1 所示。当用不同土质填筑路堤时,应符合下列填筑工艺要求。

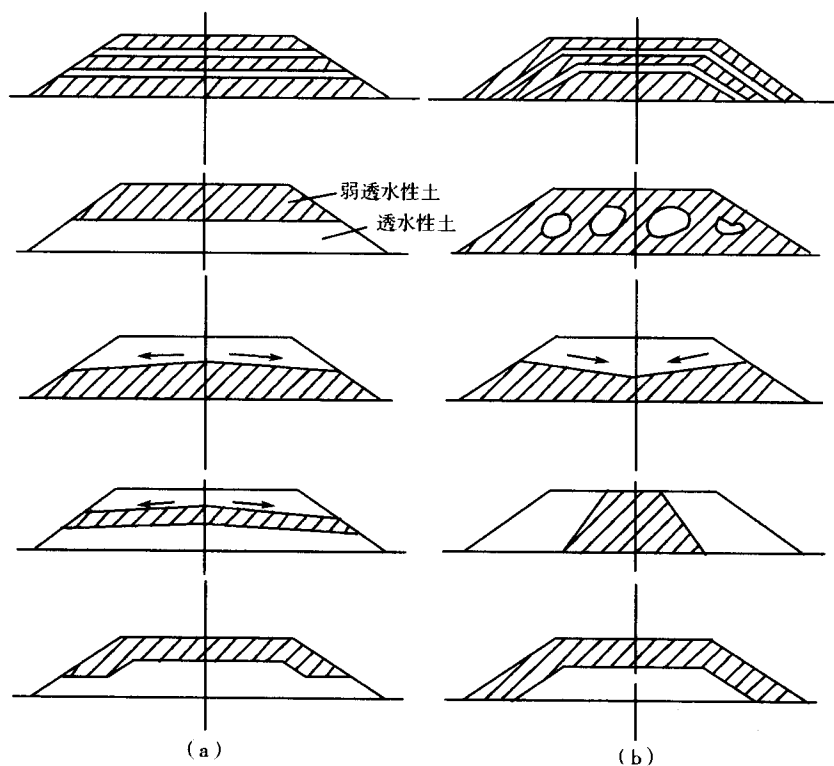


图 5-1-1 水平填筑方式

(a) 正确的;(b) 不正确的

① 路堤下层用透水性较小的土填筑时,表面应做成 4% 的双向横坡,以保证来自上面透水性填土层的水被及时排除。

② 路堤的中上层宜用透水性较好的沙砾类材料填筑,以保证路堤内部的水分蒸发。

③ 不得将透水性不同的土混杂填筑,以免形成水囊或滑动面。

④ 根据强度和稳定性要求,合理安排不同土质的层位,不因潮湿及冻融而改变其体积的

优良土质应填筑在路堤上层,强度较低的土填在下层。

⑤ 沿公路纵向用不同的土质填筑路堤时,为防止在相接处发生不均匀变形,应在交接处做成斜面,并将透水性差的土安排在斜面下方。

2. 竖向填筑

原地面纵向坡度大于 12%,路线跨越深谷或局部地面横坡较陡的地段,地面高差大,无法采用水平分层填筑时,可采取竖向填筑。即施工时将填料沿路线纵向在坡度较大的原地面上倾填,形成倾斜的土层,然后碾压密实,如此逐层向前推进,如图 5-1-2 所示。由于填土过厚而不易压实,必须采取一定的技术措施以保证压实质量,如采用沉降量较小的砂石或开挖路堑的废弃石方,路堤全宽应一次填筑并选用高效能压路机压实。

3. 混合式填筑

混合式填筑路堤是下层用竖向填筑而上部用水平分层填筑,这样可使上部填土获得足够的密实度,如图 5-1-3 所示。

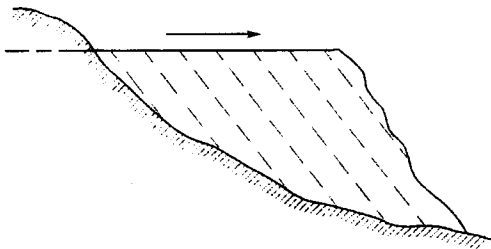


图 5-1-2 竖向填筑方式

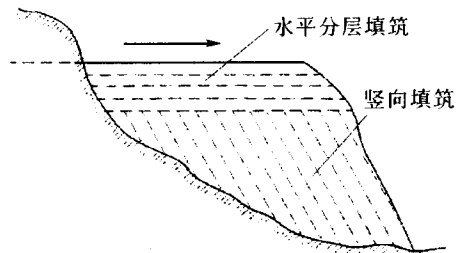


图 5-1-3 混合填筑方式

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,可用松土机翻松,用挖土机或装载机配合自卸汽车运输,当料运到作业面后用平地机整平,配合洒水车和压路机压实;当填料运距在 1 km 范围内时,可用铲运机运土,辅以推土机开道、翻松硬土、平整取土段、清除障碍及推土。

二、桥涵及其他构造物处的填筑

① 回填土工作必须在隐蔽工程验收合格后进行。

② 桥涵及其他构造物处的填料,除设计文件另有规定外,应采用砂类土或透水性土。当采用非透水性土时,应在土中增加外掺剂如石灰、水泥等。

③ 桥涵及其他构造物处的填土,应适时分层回填压实。回填土时对桥涵圬工的强度等要求应按照《公路桥涵施工技术规范》有关规定办理。

④ 桥涵填土的范围:台背填土顺路线方向长度,顶部为距翼墙尾端不小于台高加 2 m;底部距基础内缘不小于 2 m;拱桥台背填土长度不应小于台高的 3~4 倍;涵洞填土长度每侧不应小于 2 倍孔径长度。

⑤ 桥台背后填土宜与锥坡填土同时进行。

⑥ 涵洞缺口填土应在两侧对称均匀分层回填压实。如使用机械回填,则涵台胸腔部分及检查井周围应先用小型压实机械压实填好后,方可用机械进行大面积回填。

⑦ 涵顶面填土压实厚度大于 50 cm 时,方可通过重型机械和汽车。

⑧ 挡墙填料宜选用砾石土或砂类土。墙趾部分的基坑应及时回填压实,并做成向外倾斜的横坡。填土过程中,应防止水的浸害。回填结束后,顶部应及时封闭。

⑨ 回填土应分层填筑并严格控制含水量,分层松铺厚度宜小于 20 cm。

三、填石路堤

① 填石路堤的基底处理同填土路堤。

② 填石路堤的石料强度不应小于 15 MPa(用于护坡的不应小于 20 MPa)。填石路堤石料最大粒径不宜超过层厚的 $\frac{2}{3}$ 。

③ 二级及二级以下且铺设低级路面的公路,在陡峻山坡段施工特别困难或大量爆破以挖作填时,可采用倾填方式将石料填筑于路堤下部,但倾填路堤在路床底面下不小于 1.0 m 范围内仍应分层填筑压实。

④ 分层松铺厚度:高速公路及一级公路不宜大于 0.5 m;其他公路不宜大于 1.0 m。

⑤ 填石路堤倾填前,路堤边坡坡脚应用粒径大于 30 cm 的硬质石料码砌。当设计无规定时,填石路堤高度小于或等于 6 m 时,其码砌厚度不应小于 1 m;当高度大于 6 m 时,码砌厚度不应小于 2 m。

⑥ 逐层填筑时,应安排好石料运输路线,专人指挥,按水平分层,先低后高、先两侧后中央卸料,并用大型推土机摊平。个别不平处应配合人工用细石块、石屑找平。

⑦ 当石块级配较差,粒径较大,填层较厚,石块间的空隙较大时,可于每层表面的空隙里扫入石渣、石屑、中、粗砂,再以压力水将砂冲入下部,反复数次,使空隙填满。

⑧ 人工铺填粒径 25 cm 以上石料时,应先铺填大块石料,大面向下,小面向上,摆平放稳,再用小块找平,石屑塞缝,最后压实。人工铺填块径 25 cm 以下石料时,可直接分层摊铺,分层碾压。

⑨ 填石路堤的填料如其岩性相差较大,则应将不同岩性的填料分层或分段填筑。如路堑或隧道基岩为不同岩种交互于同一层,允许使用挖出的混合石料填筑路堤,但石料强度、粒径应符合规定。

⑩ 用强风化石料或软质岩石填筑路堤时,应按土质路堤施工规定先检验其 CBR 值是否符合要求, CBR 值不符合要求时不得使用,符合使用要求时应按土质路堤的技术要求施工。

⑪ 高速公路及一级公路填石路堤路床顶面以下 50 cm 范围内应填筑符合路床要求的土并分层压实,填料最大粒径不得大于 10 cm。其他公路填石路堤路床顶面以下 30 cm 范围内,宜填筑符合路床要求的土并压实,填料最大粒径不应大于 15 cm。

四、土石路堤

① 土石路堤的基底处理同填石路堤。

② 天然土石混合材料中所含石料强度大于 20 MPa 时,石块的最大粒度不得超过压实层

厚度的 $2/3$, 超过的应清除; 当所含石料为软质岩(强度小于 15 MPa) 时, 石料最大粒径不得超过压实层厚度, 超过的应打碎。

③ 土石路堤不得采用倾填方法, 均应分层填筑, 分层压实。每层铺填厚度应根据压实机械类型和规格确定, 不宜超过 40 cm 。

④ 压实后渗水性差异较大的土石混合填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, 应将压实后渗水性良好的土石混合料填筑于路堤两侧。

⑤ 当土石混合填料来自不同路段, 其岩性或土石混合比相差较大时, 应分层或分段填筑。如不能分层或分段填筑, 应将含硬质石块的混合料铺于填筑层的下面, 且石块不得过分集中或重叠, 上面再铺含软质石料混合料, 然后整平碾压。

⑥ 土石混合填料中, 当石料含量超过 70% 时, 应先铺填大块石料, 且大面向下, 放置平稳, 再铺小块石料、石渣或石屑嵌缝找平, 然后碾压; 当石料含量小于 70% 时, 土石可混合铺填, 但应避免硬质石块(特别是尺寸大的硬质石块)集中。

⑦ 高速公路及一级公路土石路堤的路床顶面以下 $30\sim 50\text{ cm}$ 范围内应填筑符合路床要求的土并分层压实, 填料最大粒径不大于 10 cm 。其他公路填筑砂类土厚度应为 30 cm , 最大粒径不大于 15 cm 。

五、高填方路堤

① 水稻田或长年积水地带, 用细粒土填筑路堤高度在 6 m 以上, 其他地带填土或填石路堤高度在 20 m 以上时, 可按本节要求施工。

② 高填方路堤应严格按设计边坡填筑, 不得缺填。

③ 高填方路堤如果填料来源不同, 当其性质相差较大时, 应分层填筑, 不应分段或纵向分幅填筑。

④ 高填方路堤受水浸淹部分, 应采用水稳性高及渗水性好的填料, 其边坡比不宜小于 $1:2$ 。

⑤ 半挖半填的一侧高方基底为斜坡时, 应按规定挖好横向台阶, 并应在填方路堤完成后, 对设计边坡外的松散弃土进行清理。

第三节 挖方路堑的施工

一、土方路堑的开挖

(一) 土方开挖的要求

已开挖的适用于种植草皮和其他用途的表土, 应储存于指定地点。

开挖出的适用材料, 应用于路基填筑。各类材料不应混杂。

土方开挖不论开挖工程量和开挖深度大小, 均应自上面下进行, 不得乱挖超挖。严禁掏洞取土。在不影响边坡稳定的情况下采用爆破施工时, 应经过设计审批。

路堑开挖中,如遇土质变化需修改施工方案及边坡坡度时,应及时报批。

如果路堑路床的表层下为有机土、难以晾干压实的土、CBR 值小于表规定的土或不宜作路床的土,应清除换填符合规定的土。

挖方路基施工标高,应考虑因压实的下沉量,其值应由试验确定。

(二) 土方开挖的方法及其特点

路堑开挖是将路基范围内设计标高之上的天然土体挖除并运到填方地段或其他指定地点的施工活动。开挖路堑将破坏土体原来的平衡状态,开挖时保证挖方边坡的稳定性是一个十分重要的问题。深长路堑往往工程量巨大,开挖作业面狭窄,常常是一段路基施工进度控制性工程。因此,应因地制宜,以加快施工进度,保证工程质量和施工安全为原则,综合考虑工程量大小、路堑深度与长度、开挖作业面大小、地形与地质情况、土石方调配方案、机械设备等因素,制定切实可行的开挖方式。

1. 横挖法

横挖法是从路堑的一端或两端在横断面全宽范围内向前开挖,主要适用于短而浅的路堑。路堑深度不大时,一次挖到设计标高的开挖方式称为单层横挖法,如图 5-1-4(a) 所示。若路堑较深,为增加作业面,以便容纳较多的施工机械,形成多向出土以加快工程进度,而在不同高度上分成几个台阶同时开挖的方式称为多层横挖法,各施工层面具有独立的出土通道和临时排水设施,如图 5-1-4(b) 所示。用人工按多层横挖法开挖路堑时,所开设的施工台阶高度应符合安全施工的要求,一般为 1.5~2.0 m。若采用机械开挖路堑,每层台阶高度可为 3~4 m。当运距较近时用推土机进行开挖;运距较远时宜用挖掘机配合自卸汽车进行开挖,或用推土机推土堆积,再用装载机配合自卸汽车运土。开挖时应配备平地机或人工分层修刮、整平边坡。

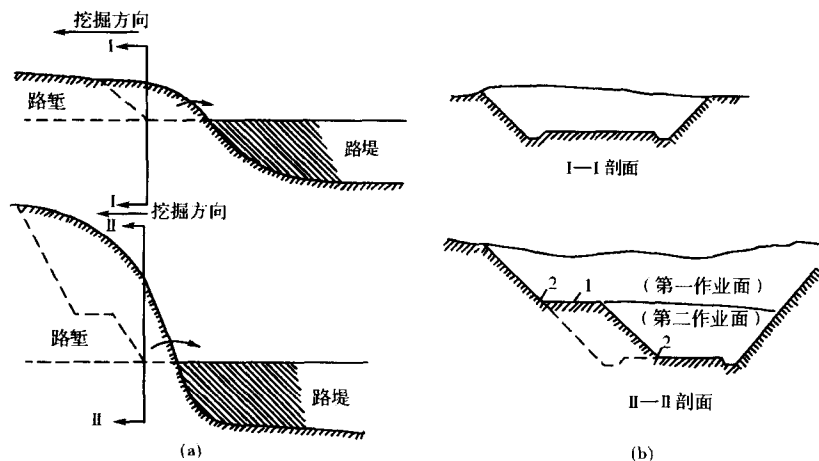


图 5-1-4 横挖法示意图

(a) 单层开挖法; (b) 多层开挖法

1—第一台运土道; 2—临时排水沟

2. 纵挖法

纵挖法是开挖时沿路堑纵向将开挖深度内的土体分成厚度不大的土层依次开挖,分为分层纵挖法和通道纵挖法两种。分层纵挖法适宜于路堑宽度和深度均不大的情况,在路堑纵断

面全宽范围内纵向分层挖掘,如图 5-1-5 所示(图中数字为挖掘顺序)。当开挖地段地面横坡较陡,开挖长度较短(不超过 100 m)且开挖深度不大于 3 m 时,宜采用推土机作业。当挖掘的路堑长度较长(超过 1 000 m)时,宜采用铲运机或铲运机加推土机助铲作业。

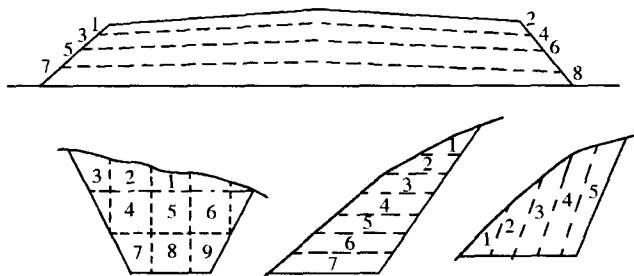


图 5-1-5 分层纵挖法

通道纵挖法适宜于路堑较长、较宽、较深而两端地面坡度较小的情况。开挖时先沿纵向分层,每层先挖出一条通道,然后开挖通道两旁,通道作为机械运行和出土的线路,如图 5-1-6 所示。

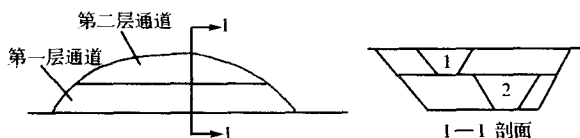


图 5-1-6 通道纵挖法

1—第一层通道;2—第二层通道(图中数字表示开挖顺序)

如果所开挖的路堑很长,可在—侧适当位置将路堑横向挖穿,把路堑分为几段,各段再采用纵向开挖的方式作业,这种挖掘路堑的方法称为分段挖掘法,如图 5-1-7 所示。这种挖掘方式可增加施工作业面,减少作业面之间的干扰并增加出料口,从而大大提高工效,适用于傍山的深长路堑的开挖。

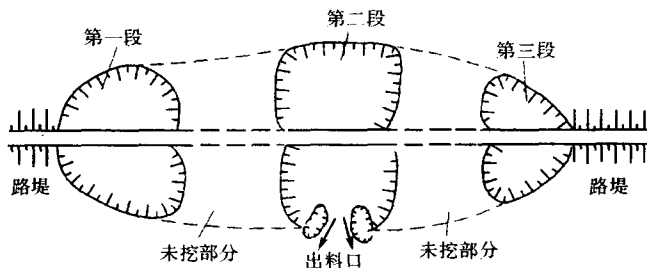


图 5-1-7 分段挖掘法

用推土机开挖路堑时,每一铲挖地段的长度应以满足一次铲切达到满载为佳,一般为 5~10 m。铲挖时宜下坡进行,对于普通土,下坡坡度不宜小于 10%,不得大于 15%;傍山卸土的运行应设向内稍低的横坡,但同时应留有向外排水的通道。采用铲运机开挖路堑时,铲运机在路

基上的作业长度不宜小于 100 m,宽度能使铲斗易于达到满载。采用铲斗容量为 $4\sim 8\text{ m}^3$ 的拖式铲运机或铲运推土机时,运距为 100~400 m;铲斗容量为 $9\sim 12\text{ m}^3$ 时,运距宜为 100~700 m。若采用自行式铲运机,运距可相应加倍。铲运机运土道宽度不应小于 4 m,双向运土道宽度不应小于 8 m;重载上坡坡度不宜大于 8%,空载上坡坡度不得大于 50%;弯道应尽可能平缓,避免急弯。铲运机回驶时刮平作业面,铲运道重载弯道处应保持平整。地形起伏较大的工地,应充分利用下坡铲土以提高功效。取土时应沿铲运作业面有计划地均匀进行,不得局部过度取土以免造成坑洼积水。铲运机卸土场大小应满足分层铺卸的需要,并留有回转余地。填方卸土应边走边卸,防止成堆,行走路线外侧边缘至填方边缘距离不宜小于 20 cm。

3. 混合式开挖法

混合式开挖法是将横挖法与纵挖法混合使用。开挖时先沿路堑纵向开挖通道,然后从通道开始沿横向坡面挖掘,以增加开挖坡面,每一开挖坡面能容纳一个施工作业组或一台机械。在挖方量较大地段,还可沿横向再挖通道以安装运土传送设备或布置运土车辆。这种方法适用于路堑纵向长度和深度都很大的地段,如图 5-1-8 所示。

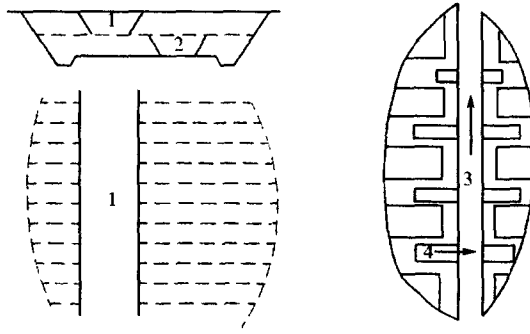


图 5-1-8 混合式开挖

1,2—第一层通道;3—纵向运土;4—横向运土

路堑开挖应自上而下进行,不得超挖滥挖。在不影响边坡稳定的条件下可采用小型爆破以提高开挖效率。在开挖过程中土质发生变化时,应及时修改施工方案和边坡坡度。对于已开挖的适宜种植草皮和有其他用途的土,应储备利用。路堑路床的表层土若为有机土、难以晾干或其他不宜作路床的土时,应用符合要求的土置换,然后按路堤填筑要求进行压实;当置换土层厚度超过 30 cm 时,其压实度应达到表 5-1-2 所列数值的 90%。

表 5-1-2 土质路基压实标准(重型击实标准)

填挖类型		路床表面以下深度/m	压实度/%	
			高速公路及一级公路	其他公路
路堤	路床	0~80	≥95	≥93
	上路堤	80~150	≥93	90
	下路堤	>150	≥90	≥90
零填及路堑路床		0~30	≥95	≥93

二、石方路堑的开挖

开挖石方应根据岩石的类别、风化程度和节理发育程度等确定开挖方式。对于软石和强风化岩石,能用机械直接开挖的均采用机械开挖,也可人工开挖。凡不能使用机械或人工直接开挖的石方,则应采用爆破法开挖。

(一) 爆破开挖的要求

1. 爆破开挖的程序

爆破法开挖石方应按以下程序进行:施爆区管线调查→炮位设计与设计审批→配备专业施爆人员→用机械或人工清除施爆区覆盖层和强风化岩石→钻孔→爆破器材检查与试验→炮孔(或坑道、药室)检查与废渣清除→装药并安装引爆器材→布置安全岗和施爆区安全员→炮孔堵塞→撤离施爆区和飞石、强地震波影响区内的人、畜→起爆→清除瞎炮→解除警戒→测定爆破效果(包括飞石、地震波对施爆区内外构造物造成的损伤及造成的损失)。

2. 爆破开挖的基本要求

① 需用爆破法开挖的路段,如空中有缆线,应查明其平面位置和高度;还应调查地下有无管线,如有管线,应查明其平面位置和埋设深度;同时应调查开挖边界线外的建筑物结构类型、完好程度、距开挖界距离,然后制定爆破方案。任何爆破方案制度,必须确保空中缆线、地下管线和施工区边界处建筑物的安全。

② 进行爆破作业时必须由经过专业培训并取得爆破证书的专业人员施爆。

③ 根据确定的爆破方案,进行炮位、炮孔深度和用药量设计,其设计图纸和资料应报送有关部门审批。

④ 根据设计的炮位和孔深打眼,当工程量小,工期允许时,可采用人工打眼;当工程量较大时,应采用机械钻孔。钻孔机械可采用风钻或潜孔钻。

⑤ 公路石方开挖,应充分重视挖方边坡稳定,宜选用中小炮爆破;开挖风化较严重、节理发育或岩层产状对边坡稳定不利的石方,宜用小型排炮微差爆破,小型排炮药室距设计边坡线的水平距离,不应小于炮孔间距的 $1/2$ 。

⑥ 当岩层走向与路线走向基本一致,倾角大于 15° ,且倾向公路或者开挖边界线外有建筑物,施爆可能对建筑物地基造成影响时,应在开挖层边界,沿设计坡面打预裂孔,孔深同炮孔深度,孔内不装炸药和其他爆破材料,孔的距离不宜大于炮孔纵向间距的 $1/2$ 。

⑦ 开挖层靠边坡的两列炮孔,特别是靠顺层边坡的一列炮孔,宜采用减弱松动爆破。

⑧ 开挖边坡外有必须保证安全的重要建筑物,即使采用减弱松动爆破都无法保证建筑物安全时,可采用人工开凿、化学爆破或控制爆破。

⑨ 在石方开挖区应注意施工排水,在纵向和横向形成坡面开挖面,其坡度应满足排水要求,以确保爆破出的石料不受积水浸泡。

⑩ 炮眼位置选择应注意以下几点:

炮位设计应充分考虑岩石的产状、类别、节理发育程度、溶蚀情况等,炮孔药室宜避开溶洞和大的裂隙;

避免在两种岩石硬度相差很大的交界面处设置炮孔药室;

非群炮的单炮或数炮施爆,炮孔宜选在抵抗线最小、临空面较多,且与各临空面大致距离相等的位置,同时应为下次布设炮孔创造更多的临空面;

群炮炮眼间距宜根据地形、岩石类别、炮型等确定,并根据炮眼间距、岩石类别、地形、炮眼深度计算确定每个炮眼的装药量和炸药种类;对于群炮,宜分排或分段采用微差爆破;

非群炮的单炮或数炮施爆,炮眼方向宜与岩石临空面大致平行,一般按岩石外形、节理、裂隙等情况,分别选择正炮眼、斜炮眼、平炮眼或吊眼等。

(二) 爆破开挖的方法及应用

1. 中小型爆破

裸露药包法是将药包置于被炸物体表面或经清理的石缝中,药包表面用草皮或稀泥覆盖,然后进行的爆破,这种方法限于破碎孤石或大块岩石的二次爆破。

(1) 炮眼法

① 炮眼深度。根据岩石的坚硬程度而决定炮眼深度,可按下式计算:

$$L = C \cdot H \quad (5-1-1)$$

式中 L ——炮眼深度(m)

H ——爆破岩石的厚度,阶梯高度(m);

C ——系数,坚石为 1.0~1.15,次坚石为 0.85~0.95,软石为 0.7~0.9。

② 炮眼间距。用排炮爆破时,同排炮眼的间距,视岩石的类别、节理发育程度,参照下式计算确定:

$$a = b \cdot W \quad (5-1-2)$$

式中 a ——炮眼间距(m);

W ——最小抵抗线(m);

b ——系数,采用火雷管起爆为 1.2~2.0,采用电雷管起爆为 0.8~2.3。

当使用多排排炮爆破时,炮眼应按梅花形布置,炮排距约为同排炮孔距的 0.86 倍。

③ 装药量。炮眼的装药高度一般为炮孔深度的 $1/3 \sim 1/2$,特殊情况下也不得超过 $2/3$ 。对于松动爆破或减弱松动爆破,装药高度可降到炮孔深度的 $1/3 \sim 1/4$ 。

④ 提高爆破效果的措施。为提高爆破效果,可选用空心炮(炮眼底部设一段不装药的空心炮孔)、石子炮(底部或中部装一部分石子)或木棍炮(用直径为炮孔直径 $1/3$,长 6~10 cm 的木棍装在炮眼底部或中部)进行爆破。

(2) 药壶法(葫芦炮)

葫芦炮是将炮眼底部扩大成葫芦形,以便将炸药基本集中于炮眼底部的扩大部分,以提高爆破效果的一种炮型。葫芦炮炮眼较深,它适用于均匀致密黏土(硬土)、次坚石、坚石。对于炮眼深度小于 2.5 m,节理发育的软石,地下水较发育或雨季施工时,不宜采用。

① 葫芦炮炮眼深度一般为 5~7 m,不宜靠近设计边坡布设,药室距设计边坡线的水平距离不宜小于最小抵抗线。

② 葫芦炮的用药量按下式计算:

$$Q = KW^3 \quad (5-1-3)$$

式中 Q ——炸药质量(kg);

W ——最小抵抗线(m),一般为阶梯高度 0.5~0.8 倍;

K ——单位岩石的硝铵炸药消耗量 (kg/m^3), 软石为 $0.26 \sim 0.28$, 次坚石为 $0.28 \sim 0.34$, 坚石为 $0.34 \sim 0.35$ 。

③ 单排群炮用电雷管起爆, 每排药炮间距:

$$a = (0.8 \sim 1.0) W \quad (5-1-4)$$

式中 a ——每排内炮眼间距 (m);

W ——相邻两炮之间最小抵抗线的平均值 (m)。

④ 多排群炮, 各排之间的药包间距:

$$b = 1.5 W \quad (5-1-5)$$

当炮眼布置成三角形时, 上下层药包间距:

$$a = 2 W_{\text{下}} \quad (5-1-6)$$

式中 $W_{\text{下}}$ ——下层最小抵抗线 (m)。

(3) 猫洞炮

猫洞炮是将集中药包直接放入直径为 $0.2 \sim 0.5 \text{ m}$, 炮眼深 $2 \sim 6 \text{ m}$ 的水平或略有倾斜的炮洞中的一种炮型。它适用于硬土、胶结良好的古河床、冰渍层、软石和节理发育的次坚石, 坚石可利用裂隙修成导洞或药室, 这种炮型对大孤石、独岩包等爆破效果更佳。

① 炮眼深度应与阶梯高度自然地面横坡相配合, 遇高阶梯时要布置多层药包。烘膛应根据岩石类别, 分别采用浅眼烘膛、深眼烘膛和内部扩眼等方法。

② 用药量计算。当被炸松的岩体能坍塌出路基时:

$$Q = KW^3 \cdot f(\alpha) d \quad (5-1-7)$$

式中 Q ——用药量 (kg);

W ——最小抵抗线 (m);

K ——形成标准抛掷漏斗的单位耗药量 (kg), 一般不宜用抛掷爆破, 而是用松动爆破或减弱松动爆破, 用药量为抛掷爆破的 $1/2 \sim 1/3$;

$f(\alpha)$ ——抛坍系数, $f(\alpha) = 26/\alpha$;

α ——地面横坡度;

d ——堵塞系数, 可近似用 $d = 3/h$ 计算, 其中 h 为眼深。

当被炸松的岩体不能坍塌出路基时:

$$Q + 0.35 KW^3 d \quad (5-1-8)$$

式中符号同前, 其中 0.35 系数相当于式中 $\alpha = 70^\circ \sim 75^\circ$ 时的情况。

③ 炮孔间距。

$$a = (1.0 \sim 1.3) W \quad (5-1-9)$$

式中 W 为相邻两药包计算抵抗线的平均值 (m); $1.0 \sim 1.3$ 系数, 可根据岩石硬度、节理发育程度及地面坡度 (α) 的大小而定, 宜采用 $1.0 \sim 1.2$, 当 $\alpha > 70^\circ$ 时, 可采用 $1.2 \sim 1.3$, 但须注意, 间距过大会使爆破物块度过大, 增加二次爆破数量。

2. 大爆破

大爆破施工, 是采用导洞和药室装药, 用药量在 1000 kg 以上的爆破。公路石方开挖一般不宜采用。只有当路线穿过孤独山丘, 开挖后边坡不高于 6 m , 且根据岩石产状和风化程度确认开挖后边坡稳定, 方可考虑大爆破方案, 但须作好技术设计, 有详细技术经济论证和边坡稳定性分析, 并报主管部门审批。

(1) 大爆破的技术设计文件内容

① 工程名称、概述、工程概况、爆破地点(桩号)、工程数量、地形特征、预计爆破范围、要求或预测爆破效果、工期;

② 自然条件及工程地质、水文地质资料;

③ 爆破方案及类型说明;

④ 药室位置的布置图,包括平面图和导洞药室剖面图、用药量和爆破网路的主要计算资料;

⑤ 施工方案和施爆步骤;

⑥ 爆破危险区预计;

⑦ 安全措施;

⑧ 劳力、机械、材料费用与经济指标;

⑨ 大爆破施工的总平面布置图、纵横剖面图、药室位置图。平面图比例 1:200~1:500,在平面及纵横剖面上应示出爆破范围、药室位置、用于爆破工程的电缆、电线网路,以及安全警戒位置等。

(2) 施工前的准备工作

根据批准的设计方案进行现场核对,编制导洞、药室施工组织设计、施工进场道路。导洞、药室的实地放样。根据施工组织设计,组织人力、机械和材料。在导洞药室施工前,应先修好进场道路。

(3) 导洞和药室开挖

① 当遇松软岩石或岩石为强风化十分破碎时,平洞和深度大于 3.0 m 的竖井应设临时支撑,在回填堵塞时,这些临时支撑材料可由里至外或由下至上逐步拆除回收。

② 药室应按设计断面开挖,药室宜做成近似立方体,室底标高与设计标高之差不应大于 10 cm,导洞与药室用横洞连接,横洞与导洞垂直,药室中心距导洞中心不宜小于 2.5 m。

③ 导洞分竖井和平洞两种,竖井深度不宜大于 16 m,如超过 16 m 或有地下水时,最好用平洞,平洞长度以 30 m 左右为宜,竖井或平洞的选用,应考虑施工进度和爆破效果。平洞采用梯形断面,断面尺寸为 $1.8\text{ m} \times (0.8 + 1.2)\text{ m}$,断面最小尺寸不应小于 $1.4\text{ m} \times 0.8\text{ m}$ 的长方形。竖井断面尺寸与竖井深度有关,当深度 $H > 15\text{ m}$ 时,断面最小尺寸不应小于 $1.4\text{ m} \times 1.2\text{ m}$ 。土质竖井可采用直径不小于 1.0 m 的圆形断面或边长不小于 1 m 的长方形断面。

竖井开挖深度大于 6 m 时,应采取通风措施。

④ 导洞和药室开挖,可用风钻或掏槽眼,炮眼深度不应大于工作面最小边长的 0.6~0.8 倍,如岩石节理发育,导洞和药室应考虑临时支撑。

(4) 爆破前的准备工作

① 导洞和药室验收。检查导洞、药室的几何尺寸是否符合设计要求;清除危石和残存石渣,引流裂隙水,清除未炸雷管及瞎炮。

② 装药。装药时间应尽可能短,避免炸药受潮。装药自下而上,自里向外逐层码砌平稳、密实。起爆体应平稳安放在设计位置。药包要坚固牢靠,下部药包要能承受上部药包压力。装药不得在雨雪、大风、雷电、浓雾天气及黑夜进行;起爆体装入药室后,应拆除洞内及洞口一切电源电线,改用绝缘电筒或其他安全照明。

③ 导洞和药室堵塞。堵塞前应对装药质量进行检查,并用木槽、竹筒或其他材料保护电爆缆线。在药室外侧砌一道石墙,然后填土捣实,石墙外2~3 m一段,或洞身至药室拐弯一段,应用黏土填塞夯实,其余部分可用土石分层填塞紧密。堵塞长度按照设计要求,洞口部分除设计另有规定外,应再砌一道石墙,并用黏土封紧。

竖井和平洞的堵塞料可就地取材,分层回填至原地面,平洞堵塞长度不应小于最小抵抗线。

堵塞过程中,对电爆线路应注意保护,并派专人经常检查、维护,不得损坏。

④ 起爆线路的敷设。敷设线路前,非接线人员和设备应撤离至安全地点,并在爆破影响区外设警戒,禁止人畜进入影响区;截断场内一切设备的电源。然后从药室开始,逐渐向主线和电源方向连接,禁止先接电源和供电设备,并禁止在雷雨天和黑夜进行。接线前,应仔细检查每一个导洞的线路电阻,如发现误差超过10%或不能通电,应查明原因排除故障,对可疑线路和起爆体应更换。为了安全起爆,可设置必要的复线作起爆线路。接线时所有接头要求清洁,接触良好,并用绝缘胶布包好扎牢,以保证电阻稳定,电流正常。

(5) 爆破

施爆前,应规定醒目清晰的爆破信号,并发布通告,及时疏散危险区内的人员、牲畜、设备及车辆等;对不能撤离的建筑物应采取保护、加固措施。并在危险区周围设警戒。起爆前15 min,由总指挥发布起爆准备命令,爆破站做最后一次验收检查和安全检查。如无新情况发生,在接到起爆命令后立即合闸施爆。起爆后应迅速拉闸断电。起爆后15 min,由指定爆破作业人员进入爆破区内进行安全检查,确认无拒爆现象和其他问题后,方能解除警戒。

(6) 瞎炮处理

爆破后如有瞎炮,应由原施工人员参加处理,采取安全措施排除。对于大爆破,应找出线头接上电源重新起爆,或者沿导洞小心掏取堵塞物,取出起爆体,用水灌浸药室使炸药失效,然后清除。对中小型炮,可在距瞎炮的最近距离不小于0.6 m处,另行打眼爆破,当炮眼不深时,也可用裸露药包爆破。

大爆破后,应及时清理危石和壑内土石方,测定爆破效果。

(三) 石质路堑边坡清刷及路床检验应符合的要求

① 石质挖方边坡应顺直、圆滑、大面平整。边坡上不得有松石、危石。凸出于设计边坡线的石块,其凸出尺寸不应大于20 cm,超爆凹进部分尺寸也不应大于20 cm。对于软质岩石,凸出及凹进尺寸均不应大于10 cm,否则应进行处理。

② 挖方边坡应从开挖面往下分级清刷边坡,下挖2~3 m时,应对新开挖边坡刷坡,对于软质岩石边坡可用人工或机械清刷,对于坚石和次坚石,可使用炮眼法、裸露药包法爆破清刷边坡,同时清除危石、松石。清刷后的石质路堑边坡不应陡于设计规定。

③ 石质路堑边坡如因过量超挖而影响上部边坡岩体稳定时,应用浆砌片石补砌超挖的坑槽。

④ 石质路堑路床底高应符合设计要求,开挖后的路床基岩面标高与设计标高之差应符合13.4的要求,如过高,应凿平;过低,应用开挖的石屑或灰土碎石填平并碾压密实。

⑤ 石质路堑路床顶面宜使用密集小型排炮施工,炮眼底标高宜低于设计标高10~15 cm,装