

第3章 一般路基

3-1 路基施工的一般要求

路基施工的一般要求

表 3-1

项 目	内 容 和 要 求
路基工程质量要求	1. 路基是道路的主体和路面的基础,它应为路面提供一个平整层,并在承受路面传递下来的荷载和水、气温等自然因素的反复作用下,具有足够的强度和整体稳定性,满足设计与使用要求。为此,路基施工应予以足够重视,以确保具有良好的路基工程品质
加强施工管理	2. 路基主要是由土、石等修建的一种线形结构物,形式比较简单,但工程量甚大,往往是控制道路施工进度关键,并对整个工程投资有重要影响。且路基属长距离施工,必须加强管理,注意少占地和重视环境保护工作
试验路	3. 路基施工前应从实际情况出发,在编制施工组织设计据以指导施工的原则下,应按一致的目标部署施工。对于高等级的公路和城市干道,先作试验路段,特别是采用新材料、新工艺、新设备、新技术的情况下,尤应注意,以确保工程施工质量
场地部署	4. 根据施工程序先后,结合场地运输线路,尽量减少场内重复运输费用。同时还应考虑机械施工设备的操作转移,为其提供有利条件
合理安排挖填土量	5. 施工时应充分贯彻以挖作填的原则,并合理部署取土坑和弃土地点,坚决防止沿线乱挖和任意弃土
交通安全	6. 施工期间应确保交通安全、人身安全,除须尽量利用原有道路,减少临时道路外,必须切断旧路时,须先修便道、便桥,并应设明显安全标志
路基施工排水	7. 路基施工前应充分注意路基施工过程中的防水、排水工作,率先做好截水沟、排水沟等排水设施,特别在多雨地区或雨季施工尤应重视。 8. 施工中,不论挖方或填方,均须做到各施工层表面不应积水,为此,须使各施工层随时保持一定泄水横坡或纵向排水出路。 9. 除应保持路基施工过程的防、排水外,还应切实防止由于路基施工影响附近农田排灌,市区道路更须防止进、出水口阻塞(经常检查疏导),以免路基遭受水浸。 10. 雨季施工或因故中断施工时,必须将施工表面层修整平坦并予压实,避免松散土粒受水浸泡,以防止产生隐患和延误工期
取土坑和弃土场	11. 路基施工取土坑的取土深和平面形状,可视当地实际情况在施工前作出规定,进行有规则的划块,并在坑与坑之间留出通道,以利挖掘机械运行。 12. 取土坑的边坡,一般内侧为1:1.5,外侧不得小于1:1。坑底纵坡一般不宜小于0.2%,沿河地段可减少为1%;横向可做成向外倾斜的单向底坡,一般为2%~3%,当坑宽大于6m时,亦可采用双向坡,中间设置排水(集水)沟,沟底可取0.4m的宽度。 13. 桥头两侧不宜设置取土坑,特殊情况下,可在下游一侧设置,但应留有宽度不小于4m的护坡道。 14. 当地面横坡陡于1:10时,路侧取土坑应设在路基上侧。 15. 在取土坑内取土时,应考虑排水问题,不得使作业面积水,不得使从水中挖掘的湿土直接用于填筑路堤。 16. 弃土应按指定地点堆放,并应少占或不占耕地,除就近低地和路堑山脚的一侧或两侧可作弃土场外,必要时可外运

3-2 路基横断面

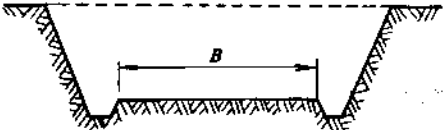
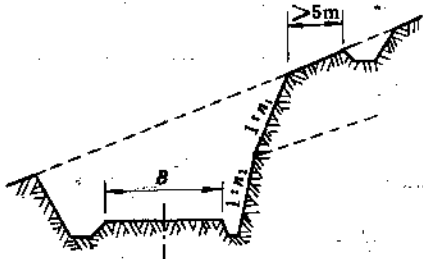
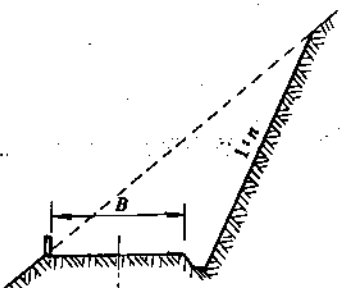
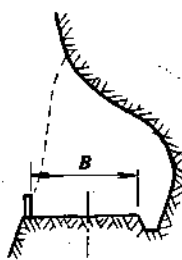
3-2-1 一般路基典型断面

一般路基的典型横断面

表 3-2

项 目	横 断 面 示 意 图	说 明
矮路堤		
一般路堤		
沿河路堤		填方路基称为路堤,其中填方高度 h 在1m以下和不超过1m的称矮路堤。矮路堤应按规定标准严格控制最小填土高度,以保证地下水及两沟渠积水不致漫溢路基。填高大于6m~8m的一般路基,边坡应适当放缓;填高大于12m的高路堤边坡应进行个别计算(稳定性验算)。必要时,在放缓路堤边坡的同时可考虑设置平台护坡道,以保证边坡稳定。
护脚路堤		当原地面横坡较陡,填方有可能沿山坡向下滑动,或者填方量大和占地太宽时,可考虑设置石砌护脚
挖渠填筑路堤		
质量关键		从路基的强度和稳定性出发,各种路堤的质量关键是填料的选择和土基的压实,同时不可忽视的是排水及防护与加固(为防止路堤边坡受水侵袭,应根据沿线水流冲刷情况,参照第7章选择采用)

项目	横断面示意图	说明
一般挖填结合路基		
矮挡土墙路基		
半填半挖（挖填结合）护肩路基		<p>半填半挖路基是将路堤与路堑（即挖方路基）相结合的形式，主要设在山坡或横坡倾斜达 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 的地面上。</p> <p>此类路基横断面的形式及其稳定性，同原地面的倾斜度有密切关系。其中填方部分，在自重作用下有可能下滑，为增强新、老土的密切结合，要求在填筑前将原倾斜地面或陡坡上的杂草、松动浮土和石块等加以清除，并做好排水设施。同时将原倾斜面陡于 $1:5$ 的填方部分，在填土前挖成台阶（阶梯形）再行分层填筑压实，使新、老土良好结合。</p>
砌石路基		<p>对于倾斜度过陡的山坡，以致无法填筑或占地太宽，填方数量甚大，则可视实际情况，充分利用度石方，修筑支撑式路基，其中包括叠砌、护墙、护脚、挡土墙、栈道、栈桥等多种形式</p>
护墙路基		
挡土墙路基		

项目	横断面示意图	说明
平地挖方路基		
斜坡下挖方路基		<p>左示意图为挖方路基的几种典型断面。挖方路基简称路堑。由于路堑开挖后破坏了原地层的天然状况,其稳定性主要取决于地质条件与挖方深度,并且集中表现在边坡稳定性上。因此,地质条件差、挖方深时,边坡就必须放缓或予以必要的加固,以策安全。</p>
台口式挖方路基		<p>深路堑在岩层变化时,其边坡应适应岩性的变化采取折线形边坡;陡峻山坡上的半路堑,可挖成台口式路基,力求避免少量的局部填方。</p>
半山洞路基		<p>整体性的坚硬岩层,为减少石方工程,可采用半山洞路基,但要确保安全可靠,不得滥用。此外,路堑边坡的稳定性还与水文状况有关,地质愈差,水的破坏愈明显,故路堑的排水应特别引起注意</p>

3-2-2 公路路基标准横断面

各级公路路基标准横断面

表 3-3

公路等级		公路路基横断面图	
汽车 专 用 公 路	整体式断面	平原微丘区	
		重丘区	
		山岭区	
		重丘区	
		平原微丘区	
	分离式断面	重丘区	
		山岭区	
		重丘区	
		山岭区	

公路等级				公路路基横断面图	
汽车专用公路	整体式断面	平原微丘区			
		山岭重丘区			
		平原微丘区			
		山岭重丘区			
	分离式断面	平原微丘区			
		山岭重丘区			
	二级公路	平原微丘区			
		山岭重丘区			
		平原微丘区			
		山岭重丘区			
一般公路	三级公路	平原微丘区			
		山岭重丘区			
	四级公路	双车道路面			
		单车道路面			

注：表中尺寸单位为m；该表系摘自《公路工程技术标准(JTJ 01-88)》。

3-3 土的工程分类与鉴别*

3-3-1 一般规定

土的工程分类一般规定

表 3-4

项 目	规 定 主 要 内 容(摘要)																																												
作为土的分类依据的特征	1. 土颗粒组成特征; 2. 土的塑性指标:液限(w_L)、塑限(w_p)和塑性指数(I_p); 3. 土中有机质存在情况																																												
粒组划分范围图示	<table><tr><td></td><td>200</td><td>60</td><td>20</td><td>5</td><td>2</td><td>0.5</td><td>0.25</td><td>0.074</td><td>0.002(mm)</td><td></td></tr><tr><td></td><td colspan="2">巨粒组</td><td colspan="6">粗粒组</td><td colspan="2">细粒组</td></tr><tr><td></td><td>漂石 (块石)</td><td>卵石 (小块石)</td><td colspan="3">砾(角砾)</td><td colspan="3">砂</td><td>粉粒</td><td>粘粒</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>粗</td><td>中</td><td>细</td><td>粗</td><td>中</td><td>细</td><td></td><td></td></tr></table>		200	60	20	5	2	0.5	0.25	0.074	0.002(mm)			巨粒组		粗粒组						细粒组			漂石 (块石)	卵石 (小块石)	砾(角砾)			砂			粉粒	粘粒				粗	中	细	粗	中	细		
	200	60	20	5	2	0.5	0.25	0.074	0.002(mm)																																				
	巨粒组		粗粒组						细粒组																																				
	漂石 (块石)	卵石 (小块石)	砾(角砾)			砂			粉粒	粘粒																																			
			粗	中	细	粗	中	细																																					
土分类的总体系图	<div><div>土</div><div><div>巨粒土</div><div>漂石土</div><div>卵石土</div></div><div><div>粗粒土</div><div>砾类土</div><div>砂类土</div></div><div><div>细粒土</div><div>粉质土</div><div>粘质土</div><div>有机质土</div></div><div><div>特殊土</div><div>黄土</div><div>膨胀土</div><div>红粘土</div><div>盐渍土</div></div></div>																																												
土颗粒组成特征	<p>土颗粒组成特征应以土的级配指标的不均匀系数(C_u)和曲率系数(C_c)表示; 不均匀系数 C_u 反映粒径分布曲线上的土粒分布范围,按下式计算:</p> $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ <p>曲率系数 C_c 反映粒径分布曲线上的土粒分布形状,按下式计算:</p> $C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \cdot d_{60}}$ <p>式中: d_{10}、d_{30}和 d_{60}分别为土的粒径分布曲线上对应通过率 10%、30%和 60%的粒径(mm)</p>																																												

* 根据 M 0101—93 摘编。

项 目	规 定 主 要 内 容(摘要)			
土的 成分、 级配、液限 和特殊土等 基本代号	1. 土的成分	代号	2. 土的级配	代号
	漂石	B	级配良好	W
	块石	Ba	级配不良	P
	卵石	Cb	3. 土液限高低	代号
	小块石	Cba	高液限	H
	砾	G	低液限	L
	角砾	Ga	4. 特殊土	代号
	砂	S	黄土	Y
	粉土	M	膨胀土	E
	粘土	C	红粘土	R
	细粒土(C和M合称)	F	盐渍土	St
	(混合)土(粗、细粒土合称)	Sl		
	有机质土	O		
土类名称 和 代 号	土类名称	代号	土类名称	代号
	漂石	B	含砾高液限粉土	MHG
	块石	Ba	含砾低液限粉土	MLG
	卵石	Cb	含砂高液限粉土	MHS
	小块石	Cba	含砂低液限粉土	MLS
	漂石类土	BSI	高液限粘土	CH
	卵石夹土	CBSI	低液限粘土	CL
	漂石质土	SIB	含砾高液限粘土	CHG
	卵石质土	SICb	含砾低液限粘土	CLG
	级配良好砾	GW	含砂高液限粘土	CHS
	级配不良砾	GP	含砂低液限粘土	CLS
	细粒质砾	GF	有机质高液限粘土	CHO
	粉土质砾	GM	有机质低液限粘土	CLO
	粘土质砾	GC	有机质高液限粉土	MHO
	级配良好砂	SW	有机质低液限粉土	MLO
	级配不良砂	SP	黄土(低液限粘土)	CLY
	粉土质砂	SM	膨胀土(高液限粘土)	CHE
	粘土质砂	SC	红土(高液限粉土)	MHR
	高液限粉土	MH	盐渍土	St
	低液限粉土	ML		

注：土类名称可用一个基本代号表示。当由两个基本代号表示时，第一个代号表示土的成分，第二个代号表示副成分（土的液限或土的级配）。当由三个基本代号构成时，第一代号表示土的主要成分，第二为液限高低（或级配好坏），第三则表示土中所含次要成分。

3-3-2 巨粒土分类

巨粒土分类体系有关规定

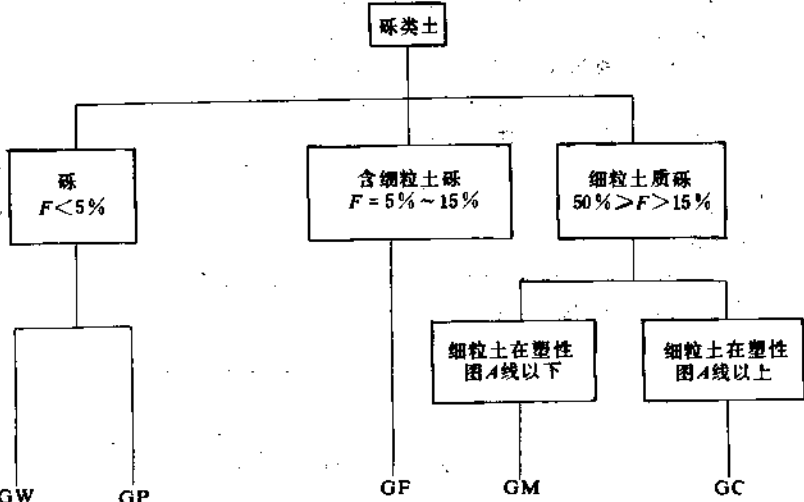
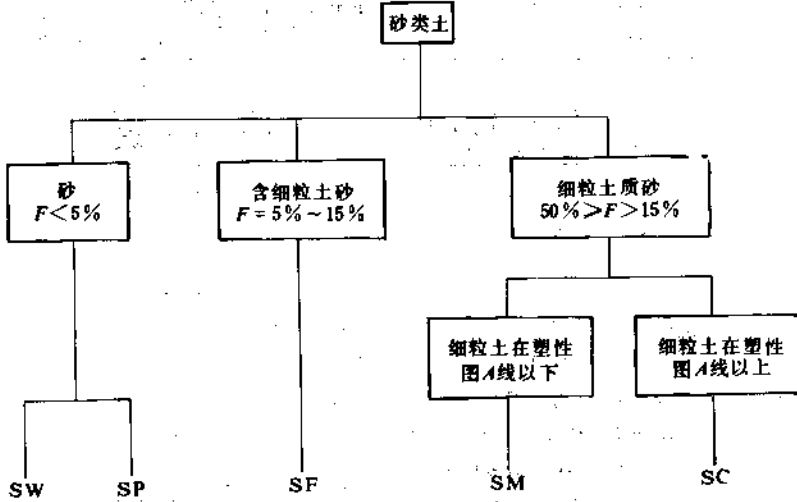
表 3-5

项 目	分 类 体 系 及 有 关 规 定
巨粒土分类体系图	<pre> graph TD A[巨粒土] --> B[漂(卵)石 巨粒含量 100%~75%] A --> C[漂(卵)石夹土 巨粒含量 <75%, >50%] A --> D[漂(卵)石质土 巨粒含量 50%~15%] B --> B1[漂石粒 >50%] B --> B2[漂石粒 <50%] B1 --> B3[B] B2 --> B4[Cb] C --> C1[漂石粒 >50%] C --> C2[漂石粒 <50%] C1 --> C3[BS1] C2 --> C4[CbS1] D --> D1[漂石粒 >卵石粒] D --> D2[漂石粒 <卵石粒] D1 --> D3[S1B] D2 --> D4[S1Cb] </pre>
巨粒土分类的定名代号	<ol style="list-style-type: none"> 1. 试样中巨粒组质量多于总质量 50% 的土称巨粒土, 分类体系如上图所示。 (1) 巨粒组质量多于总质量 75% 的土称漂(卵)石。 (2) 巨粒组质量为总质量 75%~50% 的土称漂(卵)石夹土。 2. 巨粒组质量为总质量 50%~15% 土称漂(卵)石质土。 3. 巨粒组质量少于总质量 15% 的土, 可扣除巨粒, 按粗粒土或细粒土的相应规定分类定名。 4. 漂(卵)石按下列规定定名: <ol style="list-style-type: none"> (1) 漂石粒组质量多于总质量 50% 的土称漂石, 记为 B。 (2) 漂石粒组质量少于或等于总质量 50% 的土称卵石, 记为 Cb。 5. 漂(卵)石夹土按下列规定定名: <ol style="list-style-type: none"> (1) 漂石粒组质量多于总质量 50% 的土称漂石夹土, 记为 BS1。 (2) 漂石粒组质量少于或等于总质量 50% 的土称卵石夹土, 记为 CbS1 6. 漂(卵)石质土应按下列规定定名: <ol style="list-style-type: none"> (1) 漂石粒多于卵石粒的土称漂石质土, 记为 S1B (2) 漂石粒少于或等于卵石粒的土称卵石质土, 记为 S1Cb (3) 如有必要, 可按漂(卵)石质土中的砾、砂、细粒土含量定名

3-3-3 粗粒土分类

粗粒土分类体系有关规定

表 3-6

项 目	分 类 体 系 及 有 关 规 定
砾类土分类体系图	 <pre> graph TD A[砾类土] --> B[砾 F < 5%] A --> C[含细粒土砾 F = 5% ~ 15%] A --> D[细粒土质砾 50% > F > 15%] B --> E[GW] B --> F[GP] C --> G[GF] D --> H[细粒土在塑性图A线以下] D --> I[细粒土在塑性图A线以上] H --> J[GM] I --> K[GC] </pre>
砾类土分类的定名代号	<p>1. 试样中粗粒组质量多于总质量 50% 的土称粗粒土</p> <p>2. 粗粒土中砾粒组质量多于总质量 50% 的土称砾类土, 砾类土应根据其中细粒含量和类别以及粗粒组的级配进行分类, 分类体系见上图。</p> <p>(1) 砾类土中细粒组质量少于总质量 5% 的土称砾, 按下列级配定名:</p> <p>① 当 $C_u \geq 5, C_c = 1 \sim 3$ 时, 称级配良好砾, 记为 GW。</p> <p>② 不同时满足①条件时, 称级配不良砾, 记为 GP。</p> <p>(2) 砾类土中细粒组质量为总质量 5% ~ 15% 的土称含细粒土砾, 记为 GF。</p> <p>(3) 砾类土中细粒组质量大于总质量的 15%, 并小于或等于总质量的 50% 时, 按细粒土在塑性图中的位置定名:</p> <p>① 当细粒土位于塑性图 A 线以下时, 称粉土质砾, 记为 GM。</p> <p>② 当细粒土位于塑性图 A 线以上时, 称粘土质砾, 记为 GC</p>
砂类土分类体系图	 <pre> graph TD A[砂类土] --> B[砂 F < 5%] A --> C[含细粒土砂 F = 5% ~ 15%] A --> D[细粒土质砂 50% > F > 15%] B --> E[SW] B --> F[SP] C --> G[SF] D --> H[细粒土在塑性图A线以下] D --> I[细粒土在塑性图A线以上] H --> J[SM] I --> K[SC] </pre> <p>需要时, 砂可进一步细分为粗砂、中砂和细砂;</p> <p>粗砂 粒径大于 0.50mm 颗粒多于总质量 50%;</p> <p>中砂 粒径大于 0.25mm 颗粒多于总质量 50%;</p> <p>细砂 粒径大于 0.074mm 颗粒多于总质量 75%。</p>

项 目	分 类 体 系 及 有 关 规 定
砂类土分类的定名代号	<p>3. 粗粒土中砾粒组质量少于或等于总质量 50% 的土称砂类土, 砂类土应根据其中细粒含量和类别以及粗粒组的级配进行分类, 分类体系见上图所示。</p> <p>根据粒径分组由大到小, 以首先符合者命名。</p> <p>(1) 砂类土中细粒组质量少于总质量 5% 的土称砂, 按下列级配指标定名:</p> <p>① 当 $C_u \geq 5$, $C_c = 1 \sim 3$ 时, 称级配良好砂, 记为 SW。</p> <p>② 不同时满足上列①条件时, 称级配不良砂, 记为 SP。</p> <p>(2) 砂类土中细粒组质量为总质量 5%~15% 的土称含细粒土砂, 记为 SF。</p> <p>(3) 砂类土中细粒组质量大于总质量的 15% 并小于或等于总质量的 50% 时, 按细粒土在塑性图中的位置定名:</p> <p>① 当细粒土位于塑性图 A 线以下时, 称粉土质砂, 记为 SM。</p> <p>② 当细粒土位于塑性图 A 线以上时, 称粘土质砂, 记为 SC</p>

3-3-4 细粒土分类

细粒土分类体系有关规定

表 3-7

项 目	分 类 体 系 及 有 关 规 定
细粒土分类体系图	<pre> graph TD A[细粒土] --> B[粉质土] A --> C[粘质土] A --> D[有机质土] B --> E[高(低)液限粉土粗粒组 < 25%] B --> F[含砾(砂)高(低)液限粉土粗粒组 > 25%, < 50%] E --> G[MH
ML] F --> H[砾粒 > 砂粒] F --> I[砾粒 < 砂粒] H --> J[MHG
MLG] I --> K[MHS
MLS] C --> L[高(低)液限粘土粗粒组 < 25%] C --> M[含砾(砂)高(低)液限粘土粗粒组 > 25%, < 50%] L --> N[CH
CL] M --> O[砾粒 > 砂粒] M --> P[砾粒 < 砂粒] O --> Q[CHG
CLG] P --> R[CHS
CLS] D --> S[A线以上有机质高(低)液限粘土] D --> T[A线以下有机质高(低)液限粘土] S --> U[CHO
CLO] T --> V[MHO
MLO] </pre>
细粒土分类的定名	<p>1. 试样中细粒组质量多于总质量 50% 的土称细粒土, 分类体系见上图所示。</p> <p>2. 细粒土应按下列规定划分为细粒土、含粗粒的细粒土和有机质土。</p> <p>(1) 细粒土中粗粒组质量少于总质量 25% 的土称细粒土。</p> <p>(2) 细粒土中粗粒组质量为总质量的 25%~50% 的土称含粗粒的细粒土。</p> <p>(3) 含有机质的细粒土称有机质土。</p> <p>3. 细粒土应按塑性图分类。本分类的塑性图如下列所示采用液限分区为:</p> <p>低液限 $w_L < 50$, 高液限 $w_L > 50$</p>

项目	分类体系及有关规定
细 粒 土 塑 性 图	<p> A线 $I_P = 0.73(w_L - 20)$ B线 $w_L = 50\%$ </p> <p> 塑性指数 I_P </p> <p> 液限 $w_L(\%)$ </p> <p> CH CHO CL CLO MH MHO ML MLO </p> <p> $I_P = 10$ $I_P = 6$ </p>
细 粒 土 分 类 定 名 及 代 号	<p>4. 细粒土应根据塑性图分类,土的塑性图是以液限(w_L)为横坐标,塑性指数(I_P)为纵坐标构成,细粒土按其在塑性图中的位置确定土名称:</p> <p>(1)当细粒土位于塑性土A线以上时,按下列规定定名:</p> <p>在B线以右,称高液限粘土,记为CH;</p> <p>在B线以左,$I_P=10$线以上,称低液限粘土,记为CL.</p> <p>(2)当细粒土位于A线以下时,按下列规定定名:</p> <p>在B线以右,称高液限粉土,记为MH;</p> <p>在B线以左,$I_P=10$线以下,称低液限粉土,记为ML.</p> <p>5. 分类遇搭界情况时,应从工程安全角度考虑,按下列规定定名:</p> <p>(1)土中粗、细粒组质量相同时,定名为细粒土。</p> <p>(2)土正好位于塑性图A线上,定名为粘土。</p> <p>(3)土正好位于塑性图B线上,当其在A线以上时,定名为高液限粘土;当其在A线以下时,定名为高液限粉土。</p> <p>6. 有机质土根据塑性图,按下列规定定名:</p> <p>(1)位于塑性图A线以上,</p> <p>在B线以右,称有机高液限粘土,记为CHO;</p> <p>在B线以左,$I_P=10$线以上,称有机质低液限粘土,记为CLO.</p> <p>(2)位于塑性图A线以下,</p> <p>在B线以右,称有机质高液限粉土,记为MHO;</p> <p>在B线以左,$I_P=10$线以下,称有机质低液限粉土,记为MLO</p>

注:有关特殊土的分类,见第4章表4-1。

3-3-5 土的简易鉴别、分类法

土的简易鉴别、分类法

表 3-8

项 目	简 易 鉴 别 和 分 类
方法特点	1. 用目测法代替筛分法确定土粒组成及其特征;用干强度、手捻、韧性 and 摇震反应等定性方法代替用液限仪测定细粒土的塑性
确定土粒组含量	2. 确定土粒组含量时,可将研散的风干试样摊成一薄层,凭目测估计土中巨、粗、细粒组所占的比例,再按表 3-5 至表 3-7 的有关规定确定其为巨粒土、粗粒土和细粒土
干强度试验	3. 将一小块土捏成土团,风干后用手指捏碎、扳断及捻碎,根据用力大小区分为: (1)很难用力能捏碎或扳断者为干强度高。 (2)稍用力即可捏碎或扳断者为干强度中等。 (3)易于捏碎和捻成粉末者为干强度低
手捻试验	4. 将稍湿或硬塑的小土块在手中揉捏,然后用拇指和食指将土捻成片状,根据手感和土片光滑度可分为: (1)手感滑腻,无砂,捻面光滑者为塑性高。 (2)稍有滑腻感,有砂粒,捻面稍有光泽者为塑性中等。 (3)稍有粘性,砂感强,捻面粗糙者为塑性低
搓条试验	5. 将含水量略大于塑限的湿土块在手中揉捏均匀,再在手掌上搓成土条,根据土条不断裂而能达到的最小直径可区分为: (1)能搓成小于 1mm 土条者为塑性高。 (2)能搓成 1~3mm 土条而不断者为塑性中等。 (3)能搓成直径大于 3mm 的土条即断裂者为塑性低
韧性试验	6. 将含水量略大于塑限的土块在手中揉捏均匀,然后在手掌中搓成直径为 3mm 的土条,再揉成土团,根据再次搓条的可能性可区分为: (1)能揉成土团,再成条,捏而不碎者为韧性高。 (2)可再成团,捏而不易碎者为韧性中等。 (3)勉强或不能揉成团,稍捏或不捏即碎者为韧性低
摇震反应试验	7. 将软塑至流动的小土块,捏成土球,放在手掌上反复摇晃,并以另一手掌击此手掌,土中自由水渗出,球面呈现光泽,用二手指捏土球,放松后水又被吸入,光泽消失。根据上述渗水和吸水反应快慢可区分为: (1)立即渗水和吸水者为反应快。 (2)渗水和吸水中等者为反应中等。 (3)渗水吸水慢及不渗不吸者为无反应
巨粒土和粗粒土定名	8. 巨粒土和粗粒土可根据本表第 2 条确定土粒含量的目估结果。按表 3-5 和表 3-6 有关规定进行分类定名
细粒土分类定名	9. 细粒土可根据本表第 3 至第 7 条的试验结果,按表 3-9 的细粒土简易分类进行分类定名

细粒土简易分类

表 3-9

半固态时的干强度	硬塑—可塑态时的手捻感和光滑度	土在可塑态时		软塑—流塑态时的 摇晃反应	土的代号
		可搓成最小直径 (mm)	韧性		
低—中	灰黑色,粉粒为主,稍粘,捻面粗糙	3	低	快—中	MLO
中	砂粒稍多,有粘性,捻面较粗糙,无光泽	2~3	低中	快—中	ML
中—高	有砂粒,稍有消腻感,捻面稍有光泽,灰黑色者为 CLO	1~2	中	无—很慢	CL CLO
中	粉粒较多,有滑腻感,捻面较光滑	1~2	中	无—慢	MH
中—高	灰黑色,无砂,滑腻感强,捻面光滑	<1	中高	无—慢	MHO
高—很高	无砂感,滑腻感强,捻面有光泽,灰黑色者为 CLO	<1	高	无	CH CHO

* 引自《公路土工试验规程 (JTJ 051-93)》。

3-3-6 新老土名对照表

新老土名对照表

表 3-10

老土组	老土名	颗粒组成(按质量%计)		塑性指数 I_p	液限 (%) w_L	新土名	土名代号	砂粒当量
		砂粒 (2~0.074 mm)	粘粒 (<0.002 mm)					
砂土	砂土	>80	0~3			砂 含细粒土砂	S SF	
砂性土	粉质砂土	50~80	0~3			细粒土质砂 粉土质砂	SM	
	粗亚砂土	>50 粗砂 多于细砂	9~10					
粉性土	细亚砂土	>50 细砂 多于粗砂	3~10					
粉质土	粉质亚砂土	20~50	0~10	>2	<50	粉质土 含砂低液限粉土 低液限粉土	MLS ML	>25
	粉土	<20	0~10	>2	<50			
粘土	粉质轻亚粘土	<45	10~20	>10	<50	粘土 含砂低液限粘土 低液限粘土	MLS CL	>25
	粉质重亚粘土	<40	20~30	>18	<50			
粘性土	轻亚粘土	>45	10~20	>10	<50	粘土质砂 含砂低液限粘土	SC CLS	>50 >25
	重亚粘土	>40	20~30	>18	<50			
粘土	轻粘土	<70	30~50	>26	>50	高液限粘土质砂 含砂高液限粘土 高液限粘土	SCH CHS CH	>50 >50 >50
	重粘土	<45	>50	>50	>50			

* 根据《公路土工试验规程 (JTJ 051-93)》条文说明。

3-4 填方路堤的施工

3-4-1 填方路堤基本要求

填方路堤基本要求

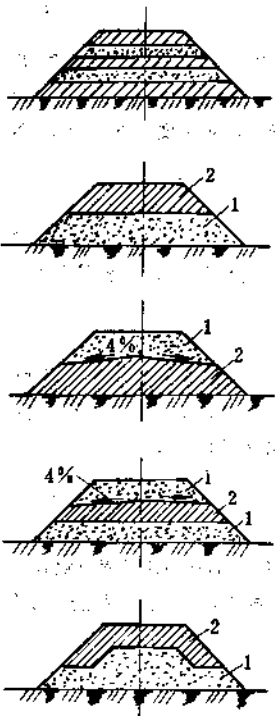
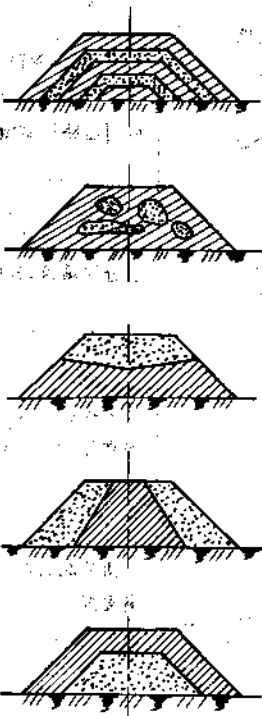
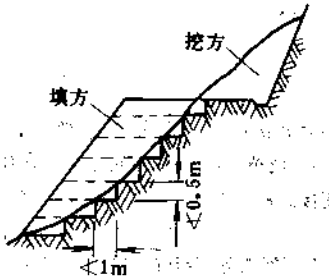
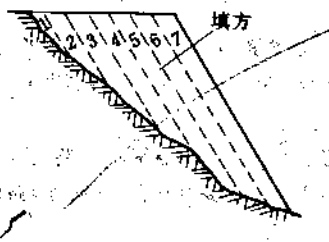
表 3-11

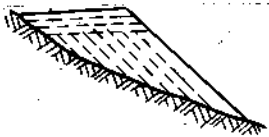
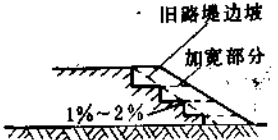

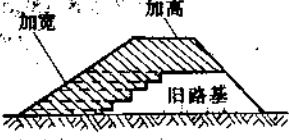
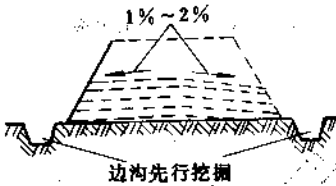
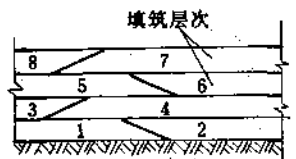
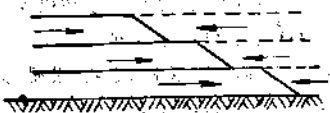
项 目	路 堤 施 工 基 本 要 求				
原地面清除干净	1. 填土前,必须将原地面上杂草、树根、农作物残根、腐殖土、垃圾杂物全部清除,并应将路堤填筑范围内清理留下的坑、洞、墓穴填平,用原地的土或砂性土回填,分层夯实至填筑高程				
注意选用填方土料	2. 填筑路堤的土方,不得使用淤泥、腐殖土,或含杂草、树根等以及含水饱和的湿土。所用填土应与旧路堤相同最好,否则,宜选用透水性较好的土,填料最小强度、最大粒径如下:				
路基填料最小强度和最大粒径(JTJ 033—95)	分 类		填料最小强度(CBR)		填料最大粒径(cm)
			一级以上公路	二级以下公路	
	路 堤	路床 0~80cm	>10	>7	10
		上路堤 80~150cm	>5	>3	15
		下路堤>150cm	>3	>3	15
路堑路床		>10	>7	10	
注:①填石路堤,最大粒径一般不宜超过层厚的 2/3,宜以 30cm 为限; ②软弱易压碎的石料,最大粒径可等于层厚; ③大于规定粒径的土块,应在运达路基上时打碎。					
防止路中积水	3. 填土过程中,应由路中向路边进行。可分段分层填筑,先填低洼地段,后填一般路段,须保持有一定的路拱和纵坡,随时防止雨水聚积,影响填方质量				
分层填筑厚度防止贴坡	4. 填方必须根据路基设计断面分层填筑、分层压实。分层厚度,一般为松铺 30cm,压实厚约为 20cm。路基填筑压实的宽度应不小于设计宽度,以便最后削整边坡。严禁边坡不足,进行帮宽贴坡				
阶梯相互搭接	5. 为使新、老土密结粘合,旧路帮宽必须挖成阶梯以利分层搭接,当新填土方纵向划分若干路段施工时,亦应留有阶梯,以便逐层相互搭接进行压实				
排水清除填筑路基	6. 当路基穿过河浜、水塘等,应在路基坡脚以外两侧筑土坝(由土袋堆筑),排除坝与坝之间积水,并清除淤泥后,在河床(或塘底)可先铺一层砾石砂、粗砂或碎石(透水性良好的材料),厚约 15cm~30cm,作为隔离层,然后分层填筑,分层压实				

3-4-2 土方路堤的填筑

土方路堤填筑法

表 3-12

项 目	土 方 路 堤 填 筑 方 法	说 明
不同土质混合填筑路堤法	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正 确 的</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>不 正 确 的</p>  </div> </div>	<p>不论采用何种方式填筑路堤,均应注意使不同性质的土按正确的方式分层安排,以利排水与路基分层压实稳定,从而避免出现因土壤杂乱填筑所导致的水囊与滑动现象。</p> <p>左图所示为要求填筑路堤时区分土壤透水性大小,并据此选择填筑方式方法。</p> <p>图中,1-透水性较大的土壤;2-透水性较小的土壤</p>
斜坡上分层填筑法		<p>在稳定的斜坡上填筑路堤时,当:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 横坡为 $1:10 \sim 1:5$ 时,应清除草皮、树根等杂物以及淤泥和腐殖土,并翻松表土,再进行填筑。 2. 横坡陡于 $1:5$ 时,除清除草木等杂物、淤泥、腐殖土外还应将原地面斜坡挖成阶梯,阶梯(台阶)宽度一般 $\geq 1.0\text{m}$
陡坡横向填筑法		<p>填筑陡坡路堤时,往往受地形限制,运土车辆难以通行,需要从横向直接卸土在路堤底下,然后逐渐沿纵向展开工作。因此法填土较厚,不易压实,应尽可能采用透水性较好的土壤填筑,并选择高效能压实机械进行压实</p>

项目	土方路堤填筑方法	
混合填筑法		亦称路堤联合填筑法。在陡坡路段,下层采用横向填筑方式,上层(至填筑一定高度后)改用水平分层填筑法,其大约深度相当于路基应力工作区深度,并有利于碾压
旧路单面加宽法		为使新、老路基紧密结合,加宽路基之前,须将老路加宽一侧挖成阶梯形,然后分层填筑,层土层夯,使之密实。加宽宽度较大时,应用压路机械碾压坚实。阶梯宽度一般为1m,阶高为0.5m左右
旧路双面加宽法		原有路基为两面加宽时,应将路基两侧边坡均挖成阶梯式,然后分层填筑,分层碾压,以利新、老路堤紧密结合
旧路加宽加高法		当原路基既要加宽,同时还需加高时,除应将加宽的一面旧路边坡挖成阶梯式,然后分层填筑外,在新、老路已达到相同高度,加高部分应按断面全宽度分层填筑
填筑分层留有横坡法		新填筑的路堤或旧路加高,在填筑过程应随时注意防止雨水聚集浸湿,必须留有一定横坡,并做好路堤边沟,以利纵、横向排水通畅、及时
填筑层次衔接法	相互覆盖 	路堤填筑分段纵向衔接必须采取分层相互搭接、相互覆盖的做法,以利结合
	分层搭接 	分层搭接或阶梯接法,在路段划分较长,难以相互配合采用覆盖法时,阶梯法最广泛被采用,可先行留出阶梯,随时可由下一路段配合。纵向衔接的梯级亦可采用斜坡式,如左图
机械作业	施工布置	1. 机械施工时,应根据工地地形、路基横断面形状和土方调配图等,合理的规定运行路线。土方集中工点,应有全面、详细的运行作业图据以指导施工
	机械堆填	2. 两侧取土,填高在3m以内的路堤可用推土机从两侧分层堆填,并配合平地机分层整平。土的含水量不够时,用洒水车洒水,并用压路机分层碾压。可用平地机配合少量人工整修边坡和路基表面及路拱拱度
	挖推填压	3. 在山坡上作半挖半填路基时,应从高处开始用推土机挖切,顺路中线逐渐向下,将土向下推到半填路基上,并从填土最低处开始填筑碾压。此时可根据现场作业面,运用压路机或手扶式振动压路机分层碾压压实

项 目	土 方 路 堤 填 筑 方 法
多机配套铲运联合作业	<p>4. 取土场运距在 1km 范围内时,可用铲运机运送,配合推土机开道、翻松硬土、平整取土地段、清除障碍和助推等。</p> <p>5. 取土场运距超过 1km 范围时,可用松土机械翻松,用挖土机、装载机配合自卸汽车运输,用平地机平整填土,压路机配合洒水车碾压。</p> <p>6. 挖掘机、装载机与自卸汽车配合运输时,要合理布置取土地段的汽车运输路线,设置必要的标志。汽车配备数量,应根据运距远近和车型确定,其原则是满足挖装设备能力的需要。</p>
因地制宜组织土石运输	<p>7. 夜间施工,应具备足够的照明设备。</p> <p>8. 土石方的运输应视当地条件、运距、设备等情况,采用不同的运输机具:推土机、铲运机、胶带运输机、自卸汽车、绞车牵引的索道等。</p> <p>9. 当装卸范围内有一定高差,而汽车等受到地形和其它条件限制时,可采用架空索道运输。其规模视工程数量、运距、地形、设备条件而定。</p>

3-4-3 填方路堤的边坡坡度

填方边坡坡度表

表 3-13

1. 路堤填方边坡度(公路)(JTJ 01-88)						
填料种类	边坡最大高度(m)			边坡坡度		
	全部高度	上部高度	下部高度	全部高度	上部高度	下部高度
粘性土、粉性土、砂性土	20	8	12	—	1:1.5	1:1.7
砾石土、粗砂、中砂	12	—	—	1:1.5	—	—
碎(块)石土、卵石土	20	12	8	—	1:1.5	1:1.7
不易风化的石块	20	8	12	—	1:1.3	1:1.5

当路堤基底情况良好,可参照表列,结合已成公路实践经验采用。粉土边坡可根据具体情况适当放缓。

路堤受水淹部分的边坡应采用 1:2,并应视水流等情况采取边坡加固及防护措施(见第 7 章有关内容)

2. 路堤边坡坡度(城市道路)(CJJ 37-90)						
填 料 种 类	边坡高度(m)			边 坡 坡 度		
	全部高度	上部高度	下部高度	全部坡度	上部坡度	下部坡度
细 粒 土	20	8	12	—	1:1.5	1:1.75
粗 粒 土	12	—	—	1:1.5	—	—
巨 粒 土	20	12	8	—	1:1.5	1:1.75
不易风化的块石	8	—	—	1:1.3	—	—
	20	—	—	1:1.5	—	—

注:①如有可靠的资料和经验时,可不受本表限制;

②粉质土边坡坡度可视具体情况适当放缓;

③填石路基的坡面应采用大块石码砌或排列整齐;

④边坡采用大于 25cm 不易风化的硬块石干砌时,其坡度按具体情况决定;

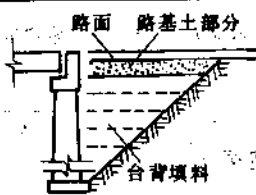
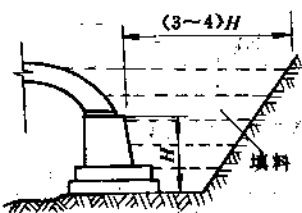
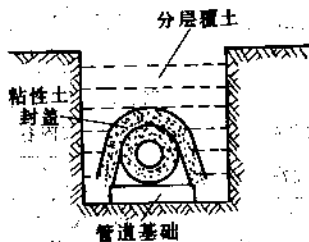

⑤用软质块石填筑路堤的边坡坡度应根据其胶结物质成分、风化程度等决定。

路堤边坡高度小于本表所列数值时,仍按表列确定。对于浸水填土路堤,设计水位至常水位部分的边坡坡度视填料情况,可采用 1:1.75~1:2;常水位以下部分可采用 1:2~1:3。

3-4-4 桥涵等构筑物处的土方填筑

桥涵等构筑物处的土方填筑

表 3-14

项 目	填 筑 方 法 和 要 求	
填料要求	桥涵及其它构筑物处的填料,除设计文件另有规定外,一般应采用砂类土或渗水性土。当采用非渗水性土时,应在土中增加外掺剂,如石灰、水泥等。但严禁使用淤泥、沼泽土、冻土以及含有草皮、树根、生活垃圾、杂物和含水量过大的土用作填料	
分层回填 注意隐蔽 工程检验	桥涵及其它构筑物处的填土,应按分层回填并根据对桥涵圬工所要求的强度等适时进行,同时还应注意必须在隐蔽工程检验合格后方可开始回填	
锥坡填土	应与桥台台背填土同时进行,并按设计宽度一次填足	
桥台背 填 筑		桥台背填土顺路线方向长度,一般应自台身起,顶面不小于桥台高度加 2m,底面不小于 2m。填筑必须分层夯实,不得以松散土一次到顶,以免桥台承受过大的主动压力,并保证路基坚实,减少接坡沉降
拱桥桥台 背的填土		拱桥台背填土长度不应小于台高的 3~4 倍,亦应分层夯实,分层填筑,同时还应控制两桥台台背必须对称平衡,并按设计宽度在每一层次,一次填足
路基沟 壕填筑		地下管线埋置后的沟壕覆土,不应一次回填,必须分层夯实,并不得在积水情况下,水中回填,如沟壕具有板桩支撑亦应填土密实稳定后拆除。为防止拔桩后沉降过大,宜在拔桩后,同时在板桩缝中填入粗中砂
涵管处 的填筑		要求涵管两侧对称平行分层填筑,一方面应使填土夯实,一方面要保证涵管不受损坏,故填土初期一般薄层(15cm 左右)轻击,至管顶填高 60cm 后方可压实

3-4-5 填石路堤

填石路堤施工方法和要求

表 3-15

项 目	施 工 方 法 和 要 求
填石路堤 及其用料	1. 采用开山石料填筑的路堤称为填石路堤。填石路堤所用石料的强度不应小于 15MPa, (用于护坡的不得小于 20MPa)。强风化的软岩不得用于填筑路基,也不得作为填缝料。易风化的软岩不得用于路堤上部或路堤的浸水部分

项 目	施 工 方 法 和 要 求
倾填限制与分层填筑要求	2. 填石路堤,除在二级以下且铺设低级路面公路的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外,一级以上公路和铺设高级路面的各级公路均应逐层填筑,分层压实。倾填路堤在路床底面下不小于 1m 范围内仍应分层填筑压实
填层厚度与石料块度	3. 填石分层厚度,对一级以上公路不宜大于 0.5m;其它等级公路不宜大于 1.0m。石料最大块度不宜超过层厚的 2/3,否则应破碎解体或码砌于坡脚,以防走动
路堤倾填先行码砌边坡	4. 填石路堤倾填之前,应用较大石块码砌一定高度且厚度不小于 2m 的路堤边坡
机械摊铺配合人工找平	5. 逐层填筑时,应安排好石料运行路线,专人指挥,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,配合人工用细石块、石屑找平
人工铺填操作要求	6. 人工铺填块径 25cm 以上石料时,应先铺填大块石料,大面向下,摆平放稳,再以小石块找平,石屑填塞空隙后压实。人工铺填块径 25cm 以下石料时,可直接分层摊铺,分层碾压
对路床顶面以下填筑砂类土的要求	7. 一级以上公路填石路堤的路床顶面以下 50cm 范围内应填筑砂类土或砾石土,并分层压实。填料最大粒径不得大于 10cm。其它公路填筑砂类土厚度应为路床顶面以下 30cm,最大粒径应为 15cm
路堤高度与码砌厚度要求	8. 填石路堤高度小于或等于 6m 时,其边坡应于填筑同时用硬质石料码砌,厚度不小于 1m;当高度大于 6m 时,厚度不小于 2m
不同岩性填料的使用	9. 填石路堤的填料如来自不同路堑或隧道,且其岩性相差较大,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互层,亦可使用挖出的混合石料填筑路堤。但石料强度、块径应符合本表所列第 1.3 两条的有关要求

3-4-6 土石路堤

土石路堤施工方法和要求

表 3-16

项 目	施 工 方 法 和 要 求
土石路堤及其填料	1. 土石路堤是指利用砾石土、卵石土、块石土天然土石混合材料填筑而成的路堤。土石路堤的施工,其基底应进行清理,其处理要求与填土路基同样,即清除树根、草皮等杂物与腐殖土,并压实后填筑土石
石块粒度的限制	2. 天然土石混合材料中所含石块强度大于 20MPa 时,石块的最大粒度不得超过压实层厚的 2/3,超过的应予清除;当所含石块强度为软质岩(强度小于 15MPa)或极软岩(强度小于 5MPa)时,石块最大粒度不得超过压实层厚,超过的应打碎
分层填筑厚度	3. 土石路堤必须分层填筑,逐层压实,不得采用倾填法施工。分层的填筑厚度应根据所用压实机械类型和规格确定,一般宜不超过 40cm
按填料渗水性性能确定填筑方法	4. 压实后渗水性较大的土石混合填料,应分层或分段填筑,一般不宜纵向分幅填筑,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,以利排水

项 目	施 工 方 法 和 要 求
按土石混合料不同确定填筑方法	5. 当所用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,一般应分层或分段填筑。如不能分层分段填筑,应将硬质石块的混合料铺筑在填层的下面,并不使石块过分集中或重叠,其上再铺软质石料混合料,进行整平压实
按填料中石料含量确定铺筑方法	6. 土石混合填料的石料含量超过 70% 时,应先铺大块石料,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,土石可混合铺筑,但应注意掌握勿使硬质石块、特别是尺寸大的硬质石块集中
填料最大粒径的要求	7. 对于一级以上公路土石路堤的路床顶面以下 50cm 范围内,应填筑砂类土或砾石土并分层压实。填料最大粒径不得大于 10cm。其它公路填筑砂类土的厚度为 30cm,最大粒径应为 15cm

3-4-7 高填方路堤

高填方路堤施工方法和要求

表 3-17

项 目	施 工 方 法 和 要 求		
高填方路堤及其最小边坡高度的规定	1. 按照《公路路基施工技术规范(JTJ 033—95)》规定,根据填料和路基土的种类,填方边坡高于下列边坡高度的路堤,称为高填方路堤		
	边 坡 高 度 (m) 填 料 种 类	地 基 土 种 类	长年蓄水的稻田土
	细粒土(粘质土、粉质土)		旱地、石质地基、季节性蓄水稻田土
	粗粒土(砂类土,不包括砾卵石土)	6.00	20.00
	粗粒土、巨粒土(砾、卵石土、漂、块石土)	6.00	12.00
	不易风化的石质填料	6.00	20.00
高填方路堤的验算要求	2. 高填方路堤无论填筑在何种地基土上,如设计没有验算其稳定性、地基承载力或沉降量等项目时,宜向有关方面提出补做,以利施工并确保工程质量(事先采取必要措施防止隐患)		
地基强度与必要的处理加固	3. 在施工准备对原地面清理时,应注意发现地基强度不符合设计要求,必须进行加固处理时,应按特殊路基要求处理(参见第4章有关内容),并征求设计部门意见或监理工程师认可		
做足边坡不得缺补	4. 高填方路堤应严格按设计要求的边坡度填筑,路堤两侧必须做足,不得缺填帮宽,导致缺陷。路堤两侧超填宽度一般应控制在0.3m~0.5m,逐层填、压密实,最后整修削坡		
高路堤浸水边坡宜缓	5. 高填方路堤受水浸淹部分应采用水稳性及渗水性好的填料。其边坡度如设计无特殊规定时,不宜小于1:2(竖、横)		
软弱土基高填方下部用料要求	6. 在软弱土基上进行高填方路基施工时,除应对软基进行必要的处理(见第4章)外,从原地面以1~2m的高度范围内,不得填筑细粒土,应填筑硬质石料,并用小碎石、石屑等材料嵌缝、整平、压实		
急倾斜地高填方防止积水	7. 高填方路堤填筑过程,尤应注意防止局部积水,以免影响填筑质量。特别在原地面倾斜较急的坡面上半填半挖时,除应挖成阶梯与填方衔接分层填压外,要挖好截水沟,引导泄水于路堤之外		

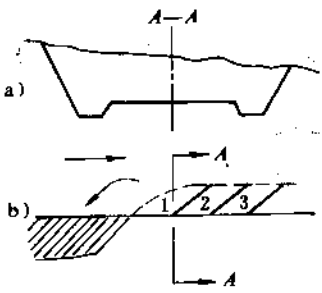
项 目	施 工 方 法 和 要 求			
注意孔隙水压,协调施工进度	8. 对于软弱土基的高填方路堤,设计规定应观测地基土孔隙水压力的变化情况时,应按照实行。当孔隙水压力增大,致使稳定系数降低时,应放慢施工进度或暂停填筑,待孔隙水压力降低到能保证路堤稳定时,再行施工			
考虑路堤沉降预留余填(超填)高度	9. 高填方路堤考虑到沉降因素而设计规定超填时,应按照设计规定办理。当未明确规定,施工时亦应考虑在不同填土高度情况下的沉降度,预留下沉(余填)高度。下列路基预加沉降度表(JTJ 033-86)可供一般参考:			
	土 类 名 称	填 土 高 度 (m)		
		0~5	5~10	10~20
	细砂	2.5	2.0	1.0
	砂性土、砂土	3.0	2.5	1.5
	微含砾石的砂类土	3.5	3.0	2.0
	粘性土、石质土	4.0	3.5	2.5
	泥炭、重粘土、松土	5.0	4.5	3.0
注:表列预加沉降度数值按填土高度的%计。仅作概估用。				
路床顶部下用料粒径	10. 对于高填方路堤的路床顶面以下0~50cm范围内的填料粒径要求不大于10cm。施工时大于10cm的块料应予破碎			

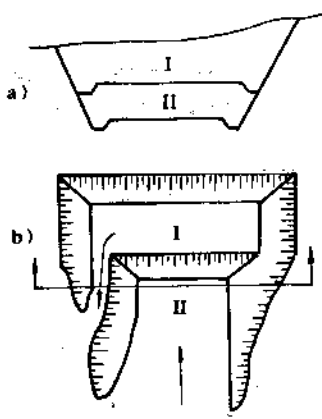
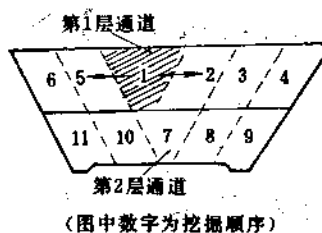
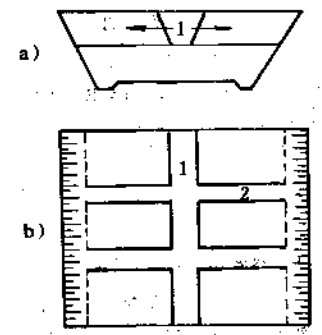
3-5 挖方路基的施工

3-5-1 土质路堑的开挖

土路堑开挖方法和要求

表 3-18

项 目	土 路 堑 开 挖 方 法 和 要 求
掘进方法简述	1. 土质路堑的开挖,根据挖方数量的大小,以及施工方法的不同,按掘进方向的变化,可分别采用横向全宽掘进,或横向通道掘进等方法,其中又分为单层或双层以上的掘进法
单层横向全宽掘进法	 <p>2. 横向全宽掘进法是对路堑整个宽度,沿路线纵向一端或两端向前开挖。左图所示单层掘进的深度,即等于路基设计高度,所以向前掘进一段,就完成该路堑路基的一段。图示:a)为横剖面;b)为纵剖面,所注数字为掘进顺序</p>

项 目	土 路 堑 开 挖 方 法 和 要 求	
双层二次 横向全宽 掘进法		<p>3. 人工挖掘时每层高度一般为1.5m~2.0m(最大),当路堑较深,同时也为了扩大施工操作面时,横向全宽掘进亦可分为两个或两个以上的阶梯,同时分层进行开挖,如左图所示双层挖掘示意图。每层阶梯留有运土路线,并注意临时排水,及防止上下层干扰。图示:a)为横剖面;b)为平面;I、II为开挖层次</p>
双层纵 向通道 掘进法	 <p>(图中数字为挖掘顺序)</p>	<p>4. 对于土方量比较集中的深路堑,可采取双层纵向通道掘进法。即先沿路堑纵向挖掘出一条通道,然后再沿此通道两侧进行拓宽,既可避免单层深度过大,又可扩大作业面,同时对施工临时排水可用作导沟</p>
混合掘 进 法	 <p>a)为横剖面: b)为平面</p>	<p>5. 对于特别深而长的深路堑,土方量很大,为扩大施工作业面和加速施工进度,亦可采用上述两种方法的混合掘进法。如左图所示,先沿路堑纵向挖出通道1,然后再沿横向两侧,挖出若干条辅助道2。如此,即可集中较多的人力和机具,沿纵横向通道同时平行作业。混合掘进要特别注意运土与临时排水的统一安排,以保证施工的方便和安全</p>

项 目	土 路 堑 开 挖 方 法 和 要 求
机 械 施 工 要 点	<p>推土机推铲作业</p> <p>6. 当采用分层纵挖法挖掘路堑长度不大于 100m, 掘深不大于 3m, 地面坡度较陡时, 宜采用推土机作业, 其适当运距可从 20~70m, 最远在 100m 左右。如地面横坡平缓, 表面宜横向铲土, 下层的土宜纵向推运。当路堑横向宽度较大时, 宜采用两台或多台推土机横向联合作业; 当路堑系傍陡峻山坡时, 宜用斜铲推土</p>
	<p>推土机铲挖坡道</p> <p>7. 推土机作业每一铲挖地段的长度应能满足一次铲切达到满载的要求, 一般为 5~10m, 铲挖宜在下坡道进行, 对普通土为 10%~18%, 下坡最大不得大于 30%; 对于松土不宜大于 10%; 下坡推土纵坡不宜大于 15%, 地形困难时不得大于 18%; 傍山卸土的运行道应设有向内稍低的横坡, 但应同时留有向外排水的通道</p>
	<p>铲运机型和土质</p> <p>8. 当采用分层纵挖路堑长度在 100m 以上, 宜采用铲运机作业; 对松土、普通土可采用非液压型机械; 对硬土应采用液压型的机械; 当铲运土夹石的土时, 其中石块块径大于 50cm (弃方) 或块径大于填土厚度的石块含量不应大于 5%</p>
	<p>铲斗与适宜运距</p> <p>9. 对于拖式铲运机和铲运推土机, 其铲斗容积为 4~8m³ 的适当运距为 100~400m, 容积为 9~12m³ 的为 100~700m, 纵向移挖作填时为 1 000m; 自行式铲运机适当运距可照上述运距加倍, 铲运机在路基上作业距离不宜小于 100m</p>
	<p>运土道要求</p> <p>10. 铲运机运土道, 单道宽度不应小于 4m, 双道 8m, 纵坡, 重载上坡不宜大于 8%, 有困难时不应大于 15%; 空驶上坡, 纵坡不得大于 50%; 避免急转弯道, 路面表层保持平整</p>
	<p>铲运机作业要求</p> <p>11. 铲运机作业面的长、宽度应能使铲装易于达到满载, 在起伏地形的工地, 应充分利用下坡铲装; 取土应沿工作面有计划的均匀进行, 不得局部过度取土而造成坑洼积水 为有利于铲运机作业, 应将取土地段内的树根和大石块预先加以清除。有条件时宜配备一台推土机 (或使用铲运推土机) 配合铲运机作业</p>
平地机的配合作业	<p>12. 在开挖边沟、修筑路拱、削刮边坡、整平路基顶面时, 可采用平地机配合土方机械作业</p>
防止超挖与超挖处理	<p>13. 路堑开挖, 无论为人工或机械作业, 均须严格控制路基设计高度, 若有超挖, 应用与挖方相同的土壤填补, 并压实至规定要求的密实度。如不能达到规定要求, 应用合适的筑路材料补填压实</p>

3-5-2 土石路堑的边坡坡度

土、石路堑的边坡坡度表

表 3-19

1. 公路工程技术标准(JTJ 01—88)

土 石 种 类		边 坡 高 度(m)	
		<20	20~30
一般土	较松	1:1.0~1:1.15	1:1.5~1:1.75
	中密、密实	1:0.5~1:1.0	1:0.75~1:1.25
	胶结	1:0.3~1:0.5	1:0.5~1:0.75
黄 土		1:0.1~1:1.25	1:0.4~1:1.25
岩石	岩浆岩、厚层灰岩或硅、钙质砂砾岩、片麻石、石英岩、大理岩	1:0.1~1:0.75	1:0.1~1:1.0
	中薄层砂、砾岩、中薄层灰岩、较硬的板岩、千枚岩	1:0.1~1:1.0	1:0.2~1:1.25
	薄层砂、页岩、千枚岩、云母、绿泥、滑石片岩、碳质页岩	1:0.2~1:1.25	1:0.3~1:1.5

路堑边坡坡度,应根据当地自然条件,土石种类及其结构,边坡高度和施工方法等确定。当地质条件良好和土质均匀时,可参照表列数值范围,结合已成公路的实践经验采用。

对非均质土层,路堑边坡可采用适应于各该层土层稳定的折线形状

2. 城市道路设计规范(CJJ 37—90)

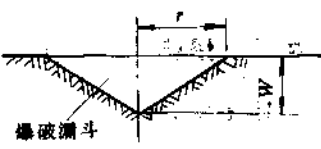
土 石 种 类	边坡高度(m)	边坡坡度	注:1. 土质或岩层有变化时,路堑边坡可采用折线形边坡; 2. 黄土路堑边坡高度大于12m时,可采用阶梯式,中部设平台,阶梯高度为8~12m; 3. 如有可靠资料及经验时,可不受本表限制。
含石土 含土石	胶结与密实的	20	
	中等密实的	20	
黄 土	20	1:0.3~1:1.25	
细粒土、粗粒土	20	1:0.5~1:1.5	
风化岩石	20	1:0.5~1:1.5	
一般岩石	—	1:0.1~1:0.5	
坚 石	—	直立~1:0.1	

城市道路设计规范亦同时规定:路堑的边坡坡度应根据当地自然条件、土、石种类及其结构、构造、边坡高度和施工方法等因素确定。当边坡高度不大于本表所列数值时,可按表中所列数值范围,结合当地经验选用。

3-5-3 石方开挖的一般规定

石方开挖的一般规定

表 3-20

项 目		石 方 开 挖 一 般 规 定																		
项 目	开挖方式的确定	1. 开挖石方应根据岩石的工程地质类别及其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应采用机械开挖,如此类石方数量不大,工期允许,亦可人工开挖。凡不能使用机械或人工直接开挖的石方,则用爆破法开挖																		
	调查研究制定方案	2. 任何爆破方案的制定,必须确保架空缆线、地下管线和施工区边界外建筑物、构筑物的安全。为此,应在制定方案前对需用爆破法开挖的路段详细查明缆线、管线实际位置、高(深)度等以及建(构)筑物类型、位置和完好程度,一并进行考虑,以避免事故,保障安全																		
	方案报批手续	3. 具有重要缆线、地下管线等的有关爆破设计方案资料,除应经行业主管部门审批并应报送地方公安部门请予查核协助外,对实行工程监理制度者还应报经监理工程师审批																		
	专业人员施爆	4. 爆破作业必须具有从事该专业执照和经过专业培训并取得爆破专业证书的专业人员施爆																		
爆破施工主要程序		5. 爆破法开挖石方的施工程序为:施爆区管线调查;炮位设计及报批;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;根据设计炮位和孔深钻孔(视工程量大小,采用机械或人工打眼);爆破器材检查与试验;炮孔(或坑道、药室)检查与废碴清除;装药并安装引爆器材;布置安全岗哨和施爆区安全员;炮孔堵塞;撤离施爆区和飞石、强地震波影响区内的人、畜;发出起爆信号后,起爆;清除瞎炮;测定爆破效果(包括飞石、地震效应,即地震波对施爆区内外构造物造成的影响或损失)																		
爆 破 类 型 及 其 使 用	按爆破作用指数区分类型	6. 根据爆破作用指数 n 的大小与爆破类型的不同而区分为如下所列:																		
		<div><div></div><div>爆破作用指数 $n = \frac{\text{漏斗半径}(r)}{\text{最小抵抗线}(W)}$</div></div>																		
	<table><tr><td>爆破作用指数 n</td><td>$n > 1$</td><td>$n = 1$</td><td>$n < 1$</td><td>$n > 0.75$</td><td>$n = 0.7 \sim 0.75$</td><td>$n < 0.7$</td></tr><tr><td>爆破类型</td><td>“加强抛掷爆破”</td><td>“标准抛掷爆破”</td><td>“减弱抛掷爆破”</td><td>能产生抛掷作用,形成可见漏斗,属“抛掷爆破”</td><td>形成可见漏斗,不产生抛掷作用,属“松动爆破”</td><td>不能形成爆破漏斗,为“内部爆破”</td></tr></table>							爆破作用指数 n	$n > 1$	$n = 1$	$n < 1$	$n > 0.75$	$n = 0.7 \sim 0.75$	$n < 0.7$	爆破类型	“加强抛掷爆破”	“标准抛掷爆破”	“减弱抛掷爆破”	能产生抛掷作用,形成可见漏斗,属“抛掷爆破”	形成可见漏斗,不产生抛掷作用,属“松动爆破”
爆破作用指数 n	$n > 1$	$n = 1$	$n < 1$	$n > 0.75$	$n = 0.7 \sim 0.75$	$n < 0.7$														
爆破类型	“加强抛掷爆破”	“标准抛掷爆破”	“减弱抛掷爆破”	能产生抛掷作用,形成可见漏斗,属“抛掷爆破”	形成可见漏斗,不产生抛掷作用,属“松动爆破”	不能形成爆破漏斗,为“内部爆破”														
爆破类型的采用		7. 公路石方开挖所得石料,一般应用于路堤填料和砌筑人工构造物;在确定爆破类型时应结合工程情况,对一级以上等级的公路填石路堤不允许倾填,不得使用抛掷爆,即宜采用松动爆破、减弱松动爆破或控制爆破。三级以下公路可以使用抛掷爆破																		

项 目		石 方 开 挖 一 般 规 定
边坡稳定与施工排水	炮孔间距	8. 石方开挖应充分注意边坡稳定,一般宜采用中小型爆破。对于风化较严重、节理发育或岩层产状对边坡稳定不利的石方开挖,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,应不小于炮孔间距的 $1/2$
	建筑物保护	9. 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。如在开挖的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也无法保证建筑物安全时,可采用人工开凿、控制爆破或化学爆破
	注意排水	10. 石方开挖区须注意施工排水,应在纵、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
炮眼位置选择注意要点		<p>11. 炮眼位置,应有所选择,并注意下列几点:</p> <p>(1)炮位设计应充分考虑岩石产状、岩石类别、节理发育程度、岩石溶蚀情况等,炮孔药室宜避开溶洞和大的裂隙。</p> <p>(2)宜避免在两种岩石硬度相差很大的交界面处设置炮孔药室。</p> <p>(3)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提供更多的临空面(或称自由面)。</p> <p>(4)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</p> <p>(5)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、平炮眼或吊眼等方位</p>
爆破安全作业		12. 爆破安全作业,除见表 3-28 至表 3-31 所列常用资料或要点外,应按我国《爆破安全规程(GB 6722-86)》和《公路工程暂行安全技术规程》有关规定执行


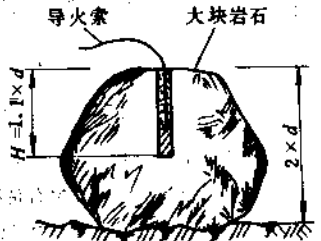
3-5-4 中、小型爆破

大块岩石、天然巨石爆破法

表 3-21

大块岩石爆破是指对爆破产生的过大的石块,进行二次破碎的爆破,故有“二次爆破”之称。因已经受过十分强大的爆破应力作用,所以比起天然巨石(孤石),往往易于用爆破法加以破碎

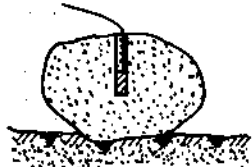
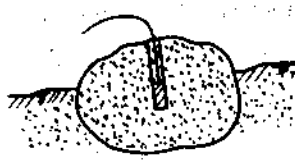
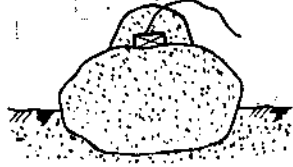
1. 大块岩石爆破法

项 目	裸露爆破法	炮孔装药法
示意图		

项 目	裸 露 爆 破 法	炮 孔 装 药 法			
方法与特点	亦即表面爆破法,通常警戒半径至少在 400m 以上。实践表明,甚至在远离这种爆破 1km 远处也会由于空气冲击波的压力产生不良影响,因此接近城镇或建筑物场合不宜采用	亦称装药爆破法,采用比较广泛,但炮孔深度、位置要适应大块岩石的形状,当石块很大时,可能要钻几个炮孔,以便均匀分配装药量进行起爆			
裸露爆破药包及炮孔爆破装药量	爆破大块岩石的炮孔装药量				
	大块岩石尺寸(m³)	0.5	1.0	2.0	3.0
	厚度(m)	0.8	1.0	1.0	1.5
	炮孔深度(m)	0.44	0.55	0.55	0.83
	炮孔数目(个)	1	1	2	2
	装药量(kg/每孔)	0.03	0.06	0.06	0.09
	装药量应与爆破地点相适应,表列系不允许产生飞石的大块岩石爆破数据。耗药量按 0.06kg/m³ 计,炮孔深度为 1.1×厚度之半=1.1×d。一般情况已足够破开石块,有些种类的岩石仅以 0.03kg/m³ 的单位耗药量即可获得很好效果				

2. 天然巨石爆破

天然巨石爆破是指破碎开天然生成的大石块,它和“大块岩石爆破”(二次爆破)有一定的区别

项 目	裸露于地表面的巨石	埋在土中的巨石	裸露爆破破碎巨石
示意图			
爆破布置要求	<p>完全裸露于地表面的巨石,一般需要 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$ 的装药量。在同一块巨石上有几个炮孔时,应使用即发爆破,炮口应适当堵塞。</p> <p>在邻近建筑物并不太远的情况下,装药量可从 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$ 减至 $0.08\text{kg}/\text{m}^3$ 左右</p>	<p>被全部或部分埋入土中的巨石,比完全裸露于地面上的巨石,往往较难破碎。</p> <p>对被完全埋入土中的巨石,装药量要增加到 $0.2\text{kg}/\text{m}^3$,炮孔深度增加到 1.2 倍巨石厚度的一半</p>	<p>裸露爆破的药包应与巨石表面接触良好,其外面还必须用湿泥或土砂等材料覆盖、封涂,覆盖层高度应大于药包高度,并妥善放置炸药,牢固装好导火索的雷管装置。</p> <p>近城镇或建筑区,裸露爆破不适用</p>

巨石爆破炮孔装药量	裸露巨石	巨石尺寸 (m^3)		厚 度 (m)	炮孔深度 (m)	炮孔数目 (个)	装药量 ($\text{kg}/\text{每孔}$)	
		0.5		0.8	0.44	1	0.05	
		1.0		1.0	0.55	1	0.10	
		2.0		1.0	0.55	2	0.10	
		3.0		1.5	0.87	2	0.15	
	埋入土中巨石	巨石尺寸 (m^3)		厚 度 (m)	被埋深度 (m)	炮孔深度 (m)	炮孔数目 (个)	装药量 ($\text{kg}/\text{每孔}$)
		1.0		1.0	0.5	0.6	1	0.15
		1.0		1.0	1.0	0.6	1	0.20

注:估算装药量时,对巨石被埋入土中的程度必须予以考虑,表列参数可供参考。埋在土中的巨石,也可把炸药放在巨石底下,把巨石下面土中挖出的药室用 $1/4 \sim 1/2$ 炸药包加以扩大,则能使装药工作更为方便。

炮孔爆破亦称炮眼爆破。其作业程序是先在被爆破的岩土中钻凿一定深度和直径的圆柱空间——炮孔(眼),然后在孔内装药、封堵进行起爆。

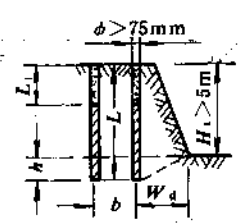
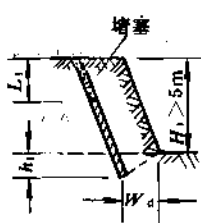
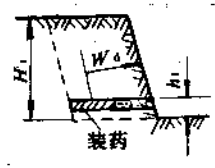
按炮孔的深度和直径,一般分为:浅孔爆破和深孔爆破。通常孔径在 25~75mm,孔深在 5m 以内者为浅孔,大于此则属深孔。无论为深孔或浅孔,爆破类型多为松动爆破,采用延长药包,仅在少数情况下,才采用集中药包或抛掷爆破

1. 浅孔爆破法

炮孔布置示意图		项 目		计 算 公 式							
		最小抵抗线 $W(\text{m})$		$W=(0.5 \sim 0.9)H$							
		孔深 $L(\text{m})$	坚固岩石	$L=(1.10 \sim 1.15)H$							
			中等坚固岩石	$L=1.00H$							
			松软岩石	$L=(0.85 \sim 0.95)H$							
		孔径 $d(\text{mm})$		一般 $d=32 \sim 50$							
		孔径与孔深关系	孔 径 (mm)	32~35	35~40	40~45	50				
			最大孔深 (m)	2.50	3.50	5.00	5.00				
孔间距 (m)	火雷管起爆		$a=(1.4 \sim 2.0)W$								
	电雷管起爆		$a=(0.8 \sim 2.0)W$								
排 间 距 (m)		$b=(0.8 \sim 1.2)W$									
浅孔梯段爆破时的装药量 (kg)		$Q=K' W^3 e$									
浅孔梯段爆破时的装药量 (kg)	f 值	1~2	3~4	5	6	8	10	12	14	16	20
	$K'(\text{kg}/\text{m}^3)$	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.56	0.60	0.64	0.67	0.70

注: f 为岩石坚固系数; K' 为统计资料,在采用 2 号岩石炸药时数据; e 为炸药换算系数

2. 深孔爆破法

项 目	垂直深孔高梯段爆破	倾斜深孔高梯段爆破	水平深孔高梯段爆破
示意图			
特点	1. 钻孔方便,炸出石块不均匀,炸后岩坡不太稳定; 2. 沿梯段全高抵抗线不一致	1. 炸出岩块较均匀,岩坡亦较稳定; 2. 堵塞 L_1 应大于 W_d ; 3. $h_1 = (0.1 \sim 0.3)W_d$	1. 炸出岩块较集中,但施工较难,采用较少; 2. H 采用 10~20m,钻凿炮孔,当较水平深孔方便很多

项 目	垂直深孔高梯段爆破		倾斜深孔高梯段爆破		水平深孔高梯段爆破		
深孔高梯段爆破的计算	内 容		计 算 方 式		说 明		
	底盘抵抗线 W_d (m)		$W_d = (0.6 \sim 0.9) H_t$		H_t ——梯段高度, 一般 10~20m, 农田基建常用 6~10m		
	孔深 L (m)	土壤中	$L = H_t + (0.1 \sim 0.2) W_d$				
		岩石中	$L = H_t + (0.15 \sim 0.35) W_d$				
	孔径 d (mm)		$d = 100 \sim 200$				
	孔间距 a (m)		$a = (0.7 \sim 1.4) W_d$				
	排间距 b (m)		$b = (0.8 \sim 0.9) W_d$				
	深孔高梯段爆破采用松动爆破类型的装药量 Q , 每个炮孔 (kg)		$Q = K' a e H W_d$		Q ——每个炮孔装药量 (kg); K' ——深孔高梯段松动爆破单位耗药量, 据统计当采用 2 号岩石炸药如下列		
深孔高梯段爆破时的单位耗药量 (kg/m ³)		岩石类型	土壤 $f < 4$	$f = 4 \sim 8$	$f = 8 \sim 14$	$f = 14 \sim 20$	
		K' (kg/m ³)	0.15~0.25	0.25~0.35	0.35~0.45	0.45~0.60	

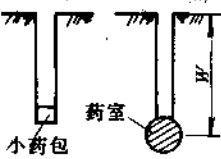
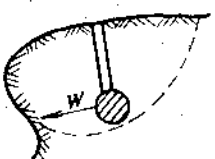

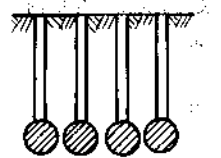
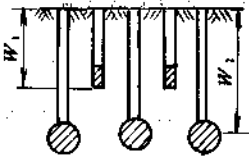
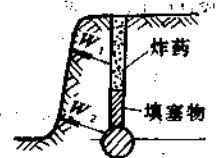
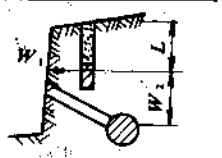
注: ①采用多排孔爆破时, 第二排孔以后各排炮孔装药量应较前一排增加; 采用齐发起爆时可按增加 20%~50% 计; 采用毫秒起爆时, 可按增加 10%~30% 计算;

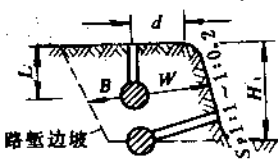
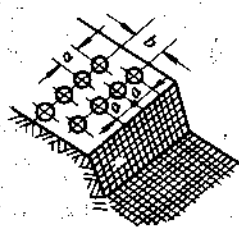
②深孔高梯段爆破时, 宜用电雷管起爆。

药壶爆破法

表 3-23

药壶爆破, 即扩底爆破, 亦称葫芦炮。是在主药包未放入炮孔之前, 先用少量炸药将炮孔底部扩大成葫芦形, 以便将炸药基本集中于炮孔底部的扩大部分, 以提高爆破效果的一种炮型, 属于集中药包, 规模为中等爆破。这种炮型, 一般炮孔较深, 适用于均匀致密粘土 (硬土)、次坚石、坚石。对于炮孔深度小于 2m, 节理发育的软石, 地下水较发育或雨季施工时, 不宜采用。

项 目	图 示 及 说 明			
药壶爆破常用布置形式	序号	1	2	3
	示意图			
	说明	药壶的形成。先用小药包扩底, 然后在形成的葫芦底部装药	药壶爆破崩落悬崖, 临空面多而大的地方爆破效果越显著	改造地形后药壶爆破。临空面不多时, 可先改造地形形成两个以上自由面再行药壶爆破
	序号	5	6	7
	示意图			
	说明	药壶排炮。排间距 $b = 1.8W$, 孔距 $a = 1.5W$, 电爆	药壶炮与普通小炮配合。单排常用火雷管, 多排宜用电雷管	用于爆破高梯段岩层。药壶炮与延长药包相配合
	序号	8		
	示意图			
	说明	药壶与斜孔联合布置。用于药壶高梯段爆破		

项 目		图 示 及 说 明										
药 壶 装 药 量	内 容	代号	计 算 方 式				说 明					
	集中药包松动爆破	Q	$Q = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3} \right) KW^3$				平坦地面取 $\frac{1}{2}$, 斜坡地面取 $\frac{1}{3}$					
	斜坡在 70° 以上时	Q	$Q = 0.3KW^3e$				e 为炸药换算系数					
	扩壶所需炸药量 (kg)	Q_k	$Q_k = \frac{Q}{K_k}$				岩土坚固系数 f	<2	2~8	>8		
扩壶次数	岩土条件	粘土中		风化松软岩石		中等坚固岩石		坚固岩石				
	扩壶次数	2		2~3		3~4		5~7				
扩壶药量应逐次增多的参考数据 (倍数)		扩壶次数逐次增多		1 1:2		3 2:3:9		4 1:2:4:7				
药壶半径与装药量关系	药壶半径 (cm)	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	30	
	装 药 量 (kg)	0.5	1.5	4	7	12	20	29	41	56	97	
药壶高梯段爆破最小抵抗线 W 的选择						H_1 (m)		W (m)				
						2~4		0.8 H_1				
						4~6		0.7 H_1				
						6~8		0.6 H_1				
						8~9		0.5 H_1				
药壶与路堑边坡的最小距离 B (m)	坚石或次坚石					软 石		土 壤				
	0.15~0.20 W					0.20~0.25 W		0.30~0.35 W				
炮孔与梯段边缘的距离 d			$d = W + S_c - L \times S_p$				L ——炮孔深度 (m)					
坡比 (S_p) 及坡比系数 (S_c)	S_p		S_c		S_p		S_c		S_p		S_c	
	1:1		0.71		1:0.7		0.82		1:0.4		0.93	
	1:0.9		0.75		1:0.6		0.86		1:0.3		0.96	
	1:0.8		0.78		1:0.5		0.89		1:0.2		0.98	
炮孔平面布置						排与排间的距离 b (m)		$b = (0.8 \sim 2.0)W$ 一般取 1.8 W				
						孔与孔间的距离 a (m)		$a = (1.2 \sim 1.7)W$ 一般取 1.5 W				
药壶扩底形成注意要点	<p>药壶扩底形成过程中, 由于爆炸后孔底热量一时不易散去, 所以下一次装药前应有一定的间隔时间。</p> <p>1. 一般孔深在 5m 以内时, 间隔 15min 左右 (使用梯恩梯或硝铵炸药); 如使用硝化甘油炸药, 则间隔应为 30min。</p> <p>2. 孔深大于 5m 时, 应用冷水冲洗后, 将温度计放入孔内约 5~6min, 温度在 40℃ 左右, 将水吸干后, 可再次扩底。</p> <p>药壶扩底时使用局部堵塞方法, 以减少扩壶次数。但最后两次不宜堵塞, 以免堵塞物在爆破时冲不出炮口而落入药壶。堵塞物可用草、砂和黄土等混合材料, 堵塞厚度约为 0.1~0.15m。</p>											

蛇穴爆破法,俗称猫洞炮,是将集中药包直接放入直径为 0.2~0.5m(最大可达 0.6×0.6m),炮孔深 2~6m 的水平或略有倾斜的炮洞中的一种炮型。主要用于硬土松动或在坚石、次坚石爆破中配合炮孔爆破、药壶爆破或软岩爆破

蛇穴装药示意图	一般使用条件		
<p>药包放在木板或竹片上送入洞内,木棍顶住药包,抽出木板进行堵塞</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 梯段高度 h 与洞深(或近似最小抵抗线 W)的比值,即 $h/W < 2$ 时,自然地面横坡度 α 应大于 $65^\circ \sim 70^\circ$; $h/W > 2$ 时, α 应大于 50°,在此情况下,其单位耗药量与炮孔法相近,而工效则蛇穴法较炮孔法高。 2. 在中心挖切较小而坡度较陡的地形,当 $\alpha > 50^\circ$ 时,可获得一定量的抛坍率,具有抛坍爆破的效果 		
炮位布置要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 梯段高度应大于 4m,小于 12m; 2. 自然地面横坡应大于 50°,缓坡要用小炮切角,改为陡坡; 3. 临空面要多,如系一顺直坡,应用群炮,同时电爆。火花起爆时应从临空面多处开始,顺序进行爆破; 4. 炮位高度可比路基面高出 10~12cm 或直接放在路基面上(公路石方爆破时); 5. 蛇穴法爆破的最小抵抗线,一般略小于洞深,在陡坡时甚至与洞深相等,孔洞应向下倾斜约 10° 左右,长 2~5m; 6. 蛇穴间距。次坚石、软石间距为 $1 \sim 1.3W$;石质软,裂缝多,坡度大取大值;石质硬,较整体,坡度小取小值 		
药量计算	条 件	计 算 公 式	说 明
	当被炸松的岩体能坍塌出路基时	$Q = KW^3 \cdot f(\alpha)d$	
当破碎岩体不能坍塌出路基时	$Q = 0.35KW^3d$	式 中 代 号 同 上 述, 其 中 系 数 0.35 相 当 于 式 中 $\alpha = 70^\circ \sim 75^\circ$ 时 的 情 况	

3-5-5 大爆破(洞室爆破)

大爆破分类和单位耗药量

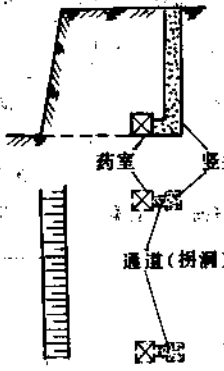
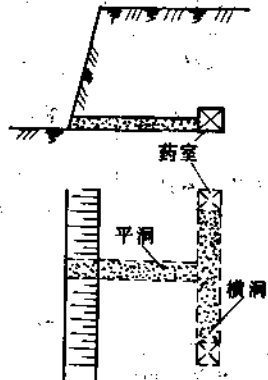
表 3-25

大爆破施工,是采用导洞和药室装药,用药量在 1000kg 以上的爆破,公路石方开挖一般不宜采用。只有当路线穿过孤立山丘,开挖后边坡不高于 6m,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,并有详细技术经济论证和边坡稳定分析。爆破设计时应充分考虑路基边坡必须在爆破岩层松动区之外

项 目	爆破类型	地面横坡度 (α)	爆破作用指数 n 的使用范围	抛掷率 (%)	适 用 条 件	
大 爆 破 的 分 类	扬弃爆破	$\alpha < 15^\circ$	$n = 1.5 \sim 2.25$	60~80	平坦地形的路堑	
	抛掷爆破	$\alpha > 15^\circ$	$n = 1.0 \sim 1.75$	60~70	斜坡地形的路堑	
	抛坍爆破	$\alpha > 30^\circ$	$n = 1.0$	50~90	斜坡地形的半路堑	
	多面临空爆破	$\alpha > 15^\circ$	$n = 1.0 \sim 1.5$	50~80	具有两上以上临空面的地形,如山咀,山包处路堑、半路堑	
	定向爆破	$\alpha = 0^\circ \sim 90^\circ$	$n = 1.0 \sim 2.0$	40~70	用于移挖作填,陡坡和峡谷地形特别有利	
	松动爆破	$\alpha = 0^\circ \sim 90^\circ$	$n \leq 1.0$	—	开采石料,深挖路段边坡较陡时,下部采用松动爆破	
技术经济指标分析 大爆破与中、小爆破	爆破类型	爆破方法		单位耗药量 (kg/m ³)	抛掷率 (%)	工日产量 (m ³ /工日)
	中、小型爆破	炮孔法、药壶法、蛇穴法等		0.3~0.5	0~15	2~4
	大爆破	扬弃爆破		1.0~1.8	60~80	>10
		抛掷爆破		0.8~1.2	60~70	6~10
		抛坍爆破		0.2~0.6	50~90	4~8
		多面临空爆破		0.4~0.8	50~80	6~12
开挖方案比较	<p>当石方大量集中,工期紧迫,施工困难路段,在地质条件允许的情况下,合理使用大爆破能提高工效,快速施工。</p> <p>地质条件较差,劳力充足,工作面较大的工点,采用中、小炮施工比大爆破施工所获得的路基边坡稳定性较高。</p> <p>在条件相似,采用大爆破和中、小炮开挖均有可能时,应作经济比较</p>					

洞室爆破法可以进行松动爆破或抛掷爆破。定向爆破就是药室抛掷爆破中的一种方法。通常所称“小洞室爆破”，其导洞面积比之大量爆破小，一般为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ ，装药量少。如果平洞断面小于 $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ ，则称之为“蛇穴法”，此时蛇穴底部即为药室。

洞室爆破的导洞布置可分竖井爆破和平洞爆破二种类型：

项 目	竖 井 爆 破		平 洞 爆 破	
洞室爆破 导洞布置 示意图				
优 点	1. 定位测量方便； 2. 堵塞方便，堵塞质量高，对爆破效果好		1. 通风有利，排烟容易，排水方便； 2. 出碴和支撑工作容易，开挖工作进度快，安全性大	
缺 点	1. 通风不方便，较深的竖井必须有机械通风设备； 2. 排水困难，支撑及出碴也困难，开挖工作进度较慢		1. 地面平缓时，总的开挖工作量较多； 2. 堵塞较困难，堵塞进度慢且质量不易保证	
导洞尺寸	长 度(m)	断面尺寸(m×m)	长 度(m)	断面尺寸(m×m)
	5~8	1.0×1.2	5~8	1.0×1.2
	9~13	1.2×1.4	9~22	1.4×1.6
	>13	1.4×1.6	>22	1.6×1.8
导洞方向 的 选 择	1. 选定导洞方向时，应同时考虑爆破方法和目的，以使爆破能达到预期要求； 2. 必须考虑施工机具配备和地形与环境条件、地质条件和实际开挖工作的可能性、安全性； 3. 导洞形式应有利于增加其对药包爆破作用的抵抗力			
药室位置 的 选 择	1. 选择位于最小抵抗线比较大的地方； 2. 尽量选择在整体岩层内，如岩石有层次，应选择在较厚较坚硬的岩层内； 3. 药室必须离边坡 1.5m 左右，离路基面距离视具体情况而定，如岩石裂缝较多时，距离应适当加大； 4. 药室一般为正方体或接近正方体的长方体，装药量大时，亦可为十字形体			

药室容积 和药室尺寸 计算	分 项	计 算 公 式		说 明		
	药室容积 V (m^3)	$V=K_v \frac{Q}{\rho}$		ρ ——炸药密度(kg/m^3); Q ——药包重量(kg); K_v ——药室扩大系数(或称装药系数),视有无支撑及装药方法取值如下列		
	支护情况	装药方法	K_v	支护情况	装药方法	K_v
	不支撑	散装	1.1~1.2	局部支撑	包装	1.6
	不支撑	包装	1.3	全支撑	散装	1.45
	局部支撑	散装	1.3	全支撑	包装	1.8
	长方体药室的长或宽 b_s	$b_s=\sqrt{\frac{V}{h_s}}$		h_s ——长方体药室之高(m),先定高度后,再按计算定长或宽,药室高在大洞室爆破中,一般不宜大于 2~5m		
	正方体药室的长或宽 a_s	$a_s=\sqrt[3]{V}$		V ——药室容积(m^3)		
药室间距 及最小抵抗 线	药室与药室之间的 距离 a	$a=(0.8\sim 1.2)W_c$		W_c ——两相邻药室最小抵抗线的平均值(m)		
	最小抵抗线 W 与 药包埋置深 h 关系	$W=(0.6\sim 0.8)h$		h ——药包埋置深度(m)		
装药填 塞起爆	装药时应将猛度大的炸药或新出厂的炸药置于药室中部,起爆体放在这些炸药的中间,装药后堵塞密实。 起爆网络均应设计成双套,网络联结宜采用串、并混合联结的线路					

大爆破岩石路堑边坡参考表

表 3-27

岩 石 类 别	风化破碎程度	自然地面坡度	最 大 边 坡高度(m)	施 工 方 法	
				人工小炮	大 爆 破
坚硬岩石	微风化	$>70^\circ$ 或反坡	30	1:0~1:0.1	1:0~1:0.2
	中等风化	70° 左右	30	1:0~1:0.2	1:0.1~1:0.3
	强风化	$50^\circ \sim 70^\circ$	30	1:0.2~1:0.4	1:0.3~1:0.5
半坚硬岩石	微风化	$50^\circ \sim 70^\circ$	30	1:0.1~1:0.3	1:0.2~1:0.4
	中等风化	50° 左右	30	1:0.2~1:0.5	1:0.3~1:0.5
	强风化	$<50^\circ$	20	1:0.3~1:0.75	1:0.5~1:1.0
松软岩石	微风化	50° 左右	20	1:0.3~1:0.5	1:0.75~1:1.0
	中等风化	$30^\circ \sim 50^\circ$	20	1:0.5~1:0.75	$>1:1$
	强风化	$<30^\circ$	20	1:0.75~1:1	

3-5-6 爆破安全

临时性爆破材料库位的安全距离

表 3-28

1. 临时性炸药库对邻近建(构)筑物安全距离(m)						
保 护 对 象	炸 药 库 容 量 (kg)					
	250	500	2 000	8 000	16 000	3 200
居民区,有爆炸和易燃的工厂和仓库、车站、码头	200	250	300	400	500	500
铁路、公路干线、区域变电站,重要建筑物	200	250	300	400	450	500
交通量不大的铁路、公路,高压输电线路,重要航道	50	100	150	200	250	300
钢和钢筋混凝土构筑物,次要的单独构筑物	40	60	80	100	120	150

2. 雷管与炸药、雷管与雷管库间最小容许距离(m)								
库 房 名 称	雷 管 存 量 (个)							
	5 000	10 000	20 000	30 000	50 000	100 000	200 000	300 000
雷管库与炸药库	5	6	9	11	14	19	27	33
雷管库与雷管库	7	10	15	18	23	32	45	55

注:①当一个库房设有土护墙时,表列容许距离可减少 1/3;如两个库房均有土护墙时,则可减少 1/2;

②本表适用于黑索金、铵梯黑炸药、黑梯药柱和胶质炸药;

③本表引自《爆破施工技术》,中国铁道出版社,1985 年。

高频高压电源附近爆破安全距离

表 3-29

1. 高频电源附近爆破的安全距离					
发射机功率 (W)	最小安全距离 (m)	发射机功率 (W)	最小安全距离 (m)	发射机功率 (W)	最小安全距离 (m)
5~25	50	100~500	220	5 000~10 000	1 000
25~50	70	500~1 000	300	10 000~50 000	2 200
50~100	100	1 000~5 000	700	50 000~100 000	3 000

2. 高压线下爆破的最小安全距离				
动力线电压(V)	不同导线长度(m)的最小安全距离(m)			
	1.8	2.5	3.6	5.0
33 000				132
66 000		132	190	264
13 200	190	264	380	528
330 000	473	660	950	1 320

1. 爆破地震安全距离 $R(m)$

$R = \left(\frac{K}{V} \right)^{1/m} Q^a$	Q ——炸药量(kg),齐发爆破取总炸药量;微差爆破或秒差爆破取最大一段药量; V ——地震安全速度(cm/s); m ——药量指数,取 1/2; K, a ——与爆破点地形、地质等条件有关的系数和衰减指数,按下列选取或试验确定			
	岩性	坚硬岩石	中硬岩石	软岩石
爆区不同岩性的 K, a 值	K	50~150	150~250	250~350
	a	1.3~1.5	1.5~1.8	1.8~2.0

2. 爆破地震安全震动速度

按 GB 6722—86 爆破安全规程规定:一般建(构)筑物的爆破地震安全性应满足安全震动速度的要求,主要类型的建(构)筑物地面质点的安全震动速度规定如下:

项 目	建(构)筑物类型		安全震动速度(cm/s)
安全震动速度的规定	土窑洞、土坯房、毛石房屋		1.0
	一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物		2~3
	钢筋混凝土框架房屋		5.0
	水工隧洞		10.0
	交通隧洞		15.0
	矿山巷道	围岩不稳定,有良好支护	10.0
		围岩中等稳定,有良好支护	20.0
		围岩稳定,无支护	30.0

3. 爆破地震效应对建筑震速影响(参考值)

项 目	名 称	$V(cm/s)$	现象	名 称	$V(cm/s)$	现象
建筑物容许震动速度 V	土窑洞	0.5	无掉块	素混凝土(>14号)支护的隧道	25.0	无损坏
	固定安装的水银开关	1.5	跳闸		<30	无损坏
	电视台的建筑物	3.5	无损坏	岩石稳定的矿山巷道	30~60	出现裂缝
	一般建筑物	5.0	扶灰裂缝		60~90	局部崩塌
	工业建筑物、运输栈桥	10.0	无损坏		>90	大面积崩塌
	钢筋混凝土(>20号)涵洞	50	无损坏	机械设备、泵、空压机	100	轴不正
	钢筋混凝土(>20号)隧道	100	无损坏	混凝土底座上预制金属建筑物	150	底座破裂
	单层钢骨架建筑物	20	无损坏			

注:对于多次重复爆破,应将破坏标准降低 50%

4. 新浇筑混凝土的容许震速(参考)

混凝土的龄期(d)	<7	7~28	>28
允许质点震动速度(cm/s)	<5	<10	<15

5. 爆破震动对人的作用影响

项 目	频 率 $f(\text{Hz})$	振 幅 $A(\text{mm})$	速 度 $V(\text{mm/s})$	加速度 $a(\text{mm/s}^2)$
爆破震动 对人作用 的 A 、 V 、 a 的极限 值	2	1.8~1.2	34~28	645~420
	5	0.45	14.1	450
	8	0.15	7.5	390
	10	0.13	8.4	520
	20	0.07	8.7	1 080
	40	0.024	6.0	1 500
	60	0.019	6.9	2 640
	80	0.014	6.9	3 480
	100	0.009	—	3 550

注:表列为按劳动卫生条件,爆破震动对人作用的极限值。

震动对人 体的作用 特 征	对人体的作用特征	加 速 度 a (mm/s^2)	速 度 V (mm/s)
		$1 < f < 10\text{Hz}$	$10 < f < 100\text{Hz}$
	无感觉	10	0.16
	轻微感觉	10~24	0.16~6.4
	较大的感觉	126~400	2.1~6.4
	有害的长期谐振动	1 000	16
	容许的爆破振动	1 000	16

注:本表为震动对人的作用与各种频率时的速度和加速度关系。

土岩爆破个别飞石的最小安全距离

表 3-31

爆破(抛掷爆破除外)时,个别飞散物对人员的安全距离不得小于下列规定(根据《爆破安全规程》(GB 6722—86)摘编);对设备或建筑物的安全距离,应由设计确定

爆破类型和方法	个别飞石的最小安全距离 (m)	爆破类型和方法	个别飞石的最小安全距离 (m)
1. 破碎大块岩矿 裸露药包爆破法* 浅眼爆破法	400	4. 蛇穴爆破	300
	300	5. 深孔爆破	按设计,但 ≤ 200
		6. 深孔药壶爆破	按设计,但 ≤ 300
2. 深眼爆破	200(复杂地质条件下或未 形成阶梯工作面时 ≤ 200)	7. 浅眼底底扩壶	50
		8. 深孔孔底扩壶	50
		9. 洞室爆破	按设计,但 ≤ 300
3. 浅眼药壶爆破	300	10. 爆破树根	200

注:露天土岩爆破在沿山坡爆破时,下坡方向的飞石安全距离应增大50%。

* 同时起爆或毫秒延期起爆的裸露爆破装药量(包括同时使用的导爆索装药量),不应超过20kg。

3-6 路基压实

3-6-1 土质路基压实

土质路基压实度标准

表 3-32

项 目	土 质 路 基 压 实 标 准 的 一 般 规 定			
公路土质路基压实度标准及有关规定 (JTJ 033-95)	压 实 度 标 准	填 挖 类 型	路床顶面起深度范围 (cm)	压 实 度 (%)
		路 堤	0~80	95
			>80	90
		零填及路堑	0~30	95
	有关规定和要求的说明 (1) 表列压实度以重型击实试验法为准;对于铺筑中级或低级路面的三、四级公路路基,允许采用轻型击实法,其压实度标准应在表列第四栏压实度值基础上增加 5 个百分点; (2) 当二级公路修建高级路面时,其压实度标准应按高一档次的规定; (3) 平均年降雨量少于 150mm 且地下水位低的特殊干旱地区的压实度标准可降低 2~3 个百分点; (4) 过湿地区和不能晾晒的多雨地区,其压实度标准按“过湿土压实标准”(见表 3-35)办理; (5) 检查压实度时取土样的底面位置,用灌砂法、灌水(水袋)法,试验时为每一压实层底部,用环刀法试验时环刀中部处于其 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; (6) 路堤底部基底经清理平整后应压实。压实深度范围为清理平整后地面以下 30cm,压实度标准应按基底上路堤填土高度对照表中第二栏相应深度及第三栏道路等级确定,特殊土地区的基底应先按第 4 章有关要求处理			
城市道路土质路基压实度标准 (CJJ 44-91)	2. 城市道路土质路基的压实度标准如下列。表中给出轻、重两种击实标准的压实度,一般情况下应采用重型击实标准,特殊情况下,可采用轻型击实标准			
城市道路土质路基压实度标准及有关规定 (CJJ 44-91)	压 实 度 标 准	填 挖 类 型	深度范围 (cm)	最 低 压 实 度 (%)
		填 方	0~80	快速路及主干路 95/98
			80~150	93/95
			>150	90/92
		挖 方	0~30	87/90
	有关规定 (1) 表中数字,最低压实度分子为重型击实标准的压实度,分母为轻型击实标准的压实度;两者均以相应的标准击实试验法求得最大干密度为 100%; (2) 表列深度均由路床顶面算起; (3) 填方高度小于 80cm 及不填不挖路段原地面以下 0~30cm 范围内,土的压实度应不低于表列挖方的要求			

项 目	土 质 路 基 压 实 标 准 的 一 般 规 定
土 质 路 基 压 实 度 检 验 的 有 关 规 定	<p>《公路路基施工技术规范(JTJ 033—95)》对土质路基压实度检验要求:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 路基土的压实最佳含水量及最大干密度以及其他指标应在路基修筑半个月前,在取土地点取具有代表性的土样进行击实试验确定,击实试验方法按现行《土工试验规程(JTJ 051—93)》进行,每一种土至少应取土样一组试验。施工中如发现土质有变化,应及时补做全部土工试验。 2. 土质路基的压实度试验方法,可采用灌砂法、蜡封法、灌水法(水袋法)或核子密度湿度仪(简称核子仪)法。采用核子仪法时,应先进行标定和对比试验。 3. 每一压实层均应检验压实度,合格后方可填筑其上一层。否则应明确原因,采取措施进行补压。检验频率每2000m²检验8点或按路基长每200m检验4点,不足200m²时,至少应检验两点。检验标准,必须每点均符合压实度标准的规定;必要时可根据需要增加检验点。 4. 填石路堤(包括分层填筑岩块及倾填爆破石块)的紧密程度不分深度范围以通过12t以上振动压路机压实试验,当压实层顶面稳定,不再下沉(无轮迹)时,可判为密实状态。 5. 土质路床顶面完成后应进行弯沉试验。检验汽车的轮重(或轴重)及弯沉容许值按照设计规定执行。检验频率应为每车幅每50m 4点,左、右两后轮隙下各1点。 6. 对填石及土石路堤如设计规定需在路床顶面进行回弹模量试验时,应按照设计规定办理。当设计无规定时,不做此项试验,也不作弯沉检验。 7. 土质路床顶面检验的压实度和弯沉值均应满足要求。如仅有一项满足要求时,应找出原因,予以处理。 8. 填方地段基底的压实,应在原地面清理、平整处理后进行,并应检验原地面下30cm内土的干密度。当检验的干密度小于土质路基压实度标准规定相应的路堤填筑高度所需的压实度时,应对原基底原地面进行压实,使其满足规定的压实度要求。

3-6-2 压实机械的选择

各种压实机具的技术特性

表 3-33

机 具 类 型	适用压实范围	最佳压实厚度(cm)		压 实 遍 数	
		粘性土	非粘性土	粘性土	非粘性土
人工夯实	粘性或非粘性土	10	10	3~4	2~3
拖式光面碾	粘性或非粘性土	15~25	15~25	8~12	3~5
5t 自行光面碾	粘性或非粘性土	10~15	10~15	10~12	6~9
拖式中型羊足碾	粘性土	15~20	—	10~12	—
拖式重型羊足碾	粘性土	20~30	—	8~10	—
拖式轮胎碾	粘性或非粘性土	30~40	35~40	6~8	2~3
夯锤、挖土机上的夯板	粘性或非粘性土	80~120	120~150	2~4	2~4
振动压路机	非粘性土	—	35~40	—	2~3
拖拉机、推土机	粘性或非粘性土	20	20	6~8	6~8
6m ³ 拖式铲运机	粘性或非粘性土	25	25	6	6

* 由于压实度关系到土的含水量、碾压机具等各种因素影响,表列仅作参考,施工时应以实验为准。

各种土质适宜的碾压机械

表 3-34

土 的 类 别 机 械 名 称	细 粒 土	砂 类 土	砾 石 土	巨 粒 土	适 用 情 况
6~8t 两轮光轮压路机	A	A	A	A	用于预压整平
12~18t 三轮光轮压路机	A	A	A	B	最常使用
25~50t 轮胎压路机	A	A	A	A	最常使用
羊足碾	A	C 或 B	C	C	粉、粘土质砂可用
振动压路机	B	A	A	A	最常使用
凸块或振动压路机	A	A	A	A	最宜使用于含水量较高的细粒土
手扶式振动压路机	B	A	A	C	用于狭窄地点
振动平板夯	B	A	A	B 或 C	用于狭窄地点,重 800kg 的可用于巨粒土
振动冲击夯	A	A	A	C	用于狭窄地点
夯锤(板)	A	A	A	A	夯击影响深度最大
推土机、铲运机	A	A	A	A	仅用于摊平土层和预压

* 根据《公路路基施工技术规范(JTJ 033-95)》,表内:

A——代表适用;B——代表无适当机械时可用;C——代表不适用

压实机械选择与使用要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 为保证路基工程压实度要求,除二级以下其他公路的压实地区面积狭小又无合适压实机械时可采用人力压实外,其余均必须采用机械压实。 2. 压实机械的选择还应根据工程规模、场地大小、填料种类、压实度要求、路基挖运机械配套情况、气候条件、压实机械效率等因素综合考虑确定。 3. 对特殊土和黄土、膨胀土、盐渍土等的压实机械选择,可按细粒土考虑,有机土不得用作填料。 4. 拖式压路机宜用于工作面较大的路堤下部或站场,宜采用环形路线运行,自行式压路机宜用于一般路堤、路堑基底的换填等的压实,宜采用直线式运行。 5. 羊足碾(包括格式碾、条式碾)应有光轮压路机配合使用
-------------	--

3-6-3 填方路堤的压实

填方路堤压实方法和要求

表 3-35

项 目	填方路堤压实方法和要求					
土的最佳含水量和最大干密度	1. 不同性质的土,其最大干密度和最佳含水量也不相同(如下列):					
	土 类	砂 土	亚砂土	粉 土	亚粘土	粘 土
	最佳含水量(%)	8~12	9~15	16~22	12~20	19~25
	最大干密度(t/m ³)	17.64~18.42	18.13~20.47	15.78~17.64	18.13~19.11	15.48~16.66

项 目		填 方 路 堤 压 实 方 法 和 要 求											
通过击实试验求最佳含水量的压实度	击实试验	2. 对于土的最大干密度和最佳含水量的试验,根据有关规范和工程的实际要求(如前所述),分为重型击实和轻型击实二种试验。采用重型击实法增加了最大干密度的绝对值,也提高了土基的压实标准。为保证路堤压实质量,施工过程中须及时进行必要的压实度检验。击实试验方法种类及试料用量见下列:											
	击实试验方法种类	试验方法	类别	锤底直径 (cm)	锤重 (kg)	落高 (cm)	试筒尺寸			层数	每层 击数	击实功 (kJ/m ³)	最大粒径 (mm)
							内径 (cm)	高 (cm)	容积 (cm ³)				
		轻型 I 法	I. 1	5	2.5	30	10	12.7	977	3	27	598.2	25
			I. 2	5	2.5	30	15.2	12	2 177	3	59	598.2	38
	重型 II 法	II. 1	5	4.5	45	10	12.7	977	5	27	2 687.0	25	
		II. 2	5	4.5	45	15.2	12	2 177	3	98	2 677.2	38	
	试料用量	使用 方法				类 别		试筒内径 (cm)		最大粒径 (cm)		试料用量(kg)	
		干土法, 试样重复使用				a	10		5		3		
							10		25		4.5		
15.2							38		6.5				
干土法,试样 不重复使用				b	10		至 25		至少 5 个试样,每个 3				
					15.2		至 38		至少 5 个试样,每个 6				
湿土法,试样 不重复使用				c	10		至 25		至少 5 个试样,每个 3				
					15.2		至 38		至少 5 个试样,每个 6				
压实最佳含水量的调节	3. 填筑路堤要求分层铺筑,分层碾压密实,并应符合规定的压实度要求。因此,就须掌握被压实土层接近最佳含水量时迅速进行碾压(一般土的压实最佳含水量的±2%以内时压实)。												
	4. 当填方土的含水量不足,需要采用人工加水,以达到压实最佳含水量时,其所需要的加水量可按下式估算:												
	$V = (W - W_0) \frac{Q}{1 + W_0}$					V——所需加水量(kg); W ₀ ——土原来的含水量(以小数计); W——土的压实最佳含水量(以小数计); Q——需要加水的土的重量(kg)							
需加的水宜在前一天均匀洒于土面(或取土坑表面),使其渗透入土中。用水车喷洒适当拌合均匀,防止加水不均,干湿不均													
填方松铺厚度	5. 对于一级以上公路或城市快速干道路基填方,要特别掌握控制压实松铺土的厚度,不应大于 30cm。并为之慎重计,宜作试验路段,并以试验结果确定												
机械填筑整平碾压	6. 用铲运机、推土机和倾卸汽车推运土料填筑路堤时,应平整每层填土,且自中线向两边设置 2%~4%的横向坡度,及时碾压,雨季施工更应注意												

项 目	填 方 路 堤 压 实 方 法 和 要 求			
碾压原则和方法要求	7. 压路机碾压路基时,应遵循先轻后重,先稳后振,先低后高、先慢后快以及轮迹重叠等原则。具体要求: (1)检查填土松铺厚度、平整度及含水量,符合要求后进行碾压; (2)根据现场压实试验提供的松铺厚度和控制压实遍数进行压实。若控制压实遍数超过 10 遍,应考虑减少填土层厚,经检验合格后,方可转入下道工序; (3)采用振动压路机碾压时,第一遍应不振动静压,然后由慢到快,由弱振到强振; (4)各种压路机开始碾压,均宜慢速,最快不宜超过 4km/h(约 66~67m/min),碾压直线路段由边到中,小半径曲线段由内侧向外侧,纵向进退式进行; (5)注意纵、横向碾压接头,必须重叠。横向接头对振动压路机一般重叠 0.4~0.5m,三轮压路机一般重叠后轮的 1/2,前后相邻两区段的纵向接头处重叠 1.0~1.5m,并达到无漏压、无死角			
	8. 在多雨潮湿地区当只能用过湿土填筑路堤进行压实时,按《公路路基施工技术规范(JTJ 033-95)》可根据下列规定办理: (1)当土的天然稠度为 1.0~1.1 时,将土翻拌晾晒,分层压实,并允许采用轻型击实试验法。其压实度标准见下列:			
	天然稠度为 1.0~1.1 的过湿土压实标准(轻型)			
	填挖类型	路床顶面计起深度范围(cm)	压 实 度 (%)	
			高速、一级公路	其他公路
多雨潮湿地区过湿土压实度标准	路 堤	0~80	98	95
		>80	95	90
	零填及路堑	0~30	98	95
(2)防止取土坑内土的含水量增加,宜采取排水措施,不让取土坑浸水,并在坑上以苫布等物覆盖,严禁下雨时取土或挖水中土作填料。 (3)对潮湿土铺上路堤须反复翻拌,并将大块土破碎晾晒,摊铺整齐,并成较大的路拱,然后进行碾压,由路边向路中压实。 (4)过湿土填筑路堤经试验路段确定的压路机型式、规格、填层适宜厚度、压实遍数等,应作为碾压依据。如试验段不能达到要求的干密度时,则应采取综合稳定技术处理,再行压实。 (5)填筑路堤的过湿土的击实试验应以湿法试验值为准。 (6)检验过湿土填筑的压实度标准可按湿土的标准规定,当无标准规定时可按表 3-32 土质路基压实度标准规定值降低 5 个百分点				

3-6-4 路堑路基及其他路堤的压实

路堑路基及其他路堤的压实

表 3-36

项 目	路 堑 路 基 及 其 他 路 堤 等 的 压 实 要 求
路堑路基的压实	<p>1. 当路堑、零填路基的路床表面 30cm 内为换填土,其土质符合表 3-11 填料要求时,应进行压实,其压实度须符合表 3-32 的规定。</p> <p>2. 当路堑、零填路基的路床表面以下 30cm 内的原状土土质符合表 3-11 填料要求,但其干密度不符合表 3-32 的规定时,应将路床表层原状土翻松后进行压实,使其压实度符合表 3-32 的标准</p>

项 目	路 堑 路 基 及 其 他 路 堤 等 的 压 实 要 求	
桥涵及其他构造物处填土的压实	<p>3. 桥台背后、涵管两侧与顶部、锥坡与挡土墙等构造物背后的填土均应分层压实,每层压实的松铺厚度不宜超过 20cm。</p> <p>涵管两侧的填土与压实和桥台背后与锥坡的填土与压实,均应对称地或同时进行。</p> <p>4. 由于工作面限制和构造物受压影响,应尽量采用小型手扶式振动夯或手扶振动压路机;涵管顶部 50cm 内须采用轻型静力压路机压实,以符合规定的压实度为准。</p> <p>5. 对于高速公路、一级公路的桥台、涵身背后和涵顶填土,其压实度标准,从填方基底或涵顶至路床顶面均为 95%;其他公路不小于 93%</p>	
填石路堤的压实	<p>铺筑及压实机具</p> <p>6. 填石路堤在压实前,应用大型推土机摊铺平整,个别不平处,配合人工用细石屑找平。</p> <p>7. 填石路堤均应压实,并须用 12t 以上重型振动压路机、2.5t 以上的夯锤或 25t 以上的轮胎压路机压(夯)实。当缺乏上述压实机具时,亦可采用重型静压光轮压路机压实并减少每层填筑厚度或减小石料粒径,其适宜的厚度应由试验确定,但不得大于 50cm,采用重型振动压路机或夯锤时,可加厚至 1.0cm。</p>	
	<p>压实方法要求</p> <p>8. 填石路堤的压实顺序,应首先从路两侧路肩部分开始,纵向平行逐步向路中反复碾压。对夯锤应成弧形,当实达到密实程度的要求后,再向后移一夯锤位置,行与行之间应重叠 40~50cm;前后相邻区段应重叠 100~150cm。其他要求,如表 3-35 第 7 条(3)、(4)点所述碾压方法</p> <p>9. 填石路堤压实到以通过 12t 以上振动压路机压实试验,当压实层顶面稳定,不再下沉(无轮迹)时,可视为实状态</p>	
土石路堤的压实	<p>10. 土石路堤的压实方法和技术要求,应根据混合料中巨粒土的含量多少,分别按照表 3-35 第 7 条(3)、(4)两点或本表 6.7 两条要求办理。</p> <p>11. 土石路堤的压实度可采用灌砂法或水袋法检测。其标准干容重应根据每一种填料的不同含石量的最大干容重作出标准干容重曲线,然后根据试坑挖取试样的含石量,从标准干容重曲线上查出对应的标准干容重。</p> <p>12. 土石路堤的压实度标准,当采用灌砂法或灌水法检验时,应按表 3-32 公路土质路基压实度标准的规定执行。当按本表第 9 条的方法检验时,可按该条判定压实度是否合格</p>	
高填方路堤的压实	<p>13. 高填方路堤的基底应具有设计要求的基底承压强度。当地基松软虽经碾压仍不能满足设计要求的承压强度或回弹模量时,必须采取相应的地基改善加固处理。</p> <p>14. 处于陡峻山坡或低谷上的高填方路堤基底,除应挖成阶梯以利分层填筑,分层搭接外,可根据工作面大小,分别采用小型手扶振动压路机或冲夯压实,条件可能时宜采用自行式自重 12t 以上的振动压路机压实</p>	