

第4章 特殊土路基

4-1 特殊土路基一般规定

特殊土路基种类划分

表 4-1

项 目	种 类 划 分 一 般 规 定
特殊土路基划分的基本概念	<p>特殊土路基从总的区分而言,可概分为:1)按特殊土的划分,如杂填土、盐渍土、膨胀土、湿陷性黄土等;2)按路基所跨越地区的情况划分,如软土、沼泽地区、水稻田地区、多年冻土地区、滑坡地区、岩溶地区以及崩坍岩堆地区和风沙地区等;3)除上述特殊土或特殊地区的路基施工外,由于施工季节或施工气候影响,亦应采取相应技术措施,如多雨潮湿地区、季节性冻融翻浆地区以及路基的冬期施工、雨季施工等,都宜区分情况,分别处置,以确保路基的强度和稳定性</p>
特殊土的主要特征 (CJJ 44-91*)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 杂填土——房渣土(建筑垃圾)、工业废渣、生活垃圾等杂物堆积而成的土 2. 盐渍土——地表下1m深的土层内易溶盐平均含量大于0.3%的土 3. 膨胀土——吸水后显著膨胀,失水后显著收缩的高液限粘质土 4. 湿陷性黄土——受水浸湿后会产生较大的沉陷的黄土
特殊地区划分及主要特征	<ol style="list-style-type: none"> 1. 软土、沼泽地区——地基松软,具有地表水、淤泥,易出现路基盆形沉降、失稳和路桥沉降差等问题,应根据软土、淤泥的物理力学性质、埋层深度、路堤高度、材料条件、公路道路等级等因素分别采取各种相应处理措施。 2. 水稻田地区——由于地基经常浸水湿软,表层一般有不良土层,含水量大,路堤边坡不易稳定且路基沉降幅度亦大,排水疏干后,往往表面干硬,但下层仍因含水量过大,压实困难。应采取特殊地区必须作特殊处理的原则进行处理。 3. 多年冻土地区——施工前应检查沿线冻土分布、类型、冰土上下限、冰层上限、地面水、地下水以及有无其它如热融(湖、塘)、冰丘、冰锥等不良地质路基地段情况,以利严格按照保护冻土原则,使路基施工后仍处于热学稳定状态,避免严重热融沉陷等病害。对弱融沉或不融沉的多年冻土地区,路基施工可按融化原则进行。 4. 滑坡地区——对滑坡的处治,应分析滑坡的外表地形、滑动面、滑坡体的构造、滑动体的土质及饱水情况,并根据滑坡形式及其主要原因采取各种防治措施。 5. 岩溶地区——对影响路基稳定的溶洞、路基基底的岩溶泉或冒水洞,以及防止溶洞的沉陷或坍塌等均应查核具体情况,分别采取排水引流、加固等方法处治,防止任意堵塞溶洞水出路造成隐患。 6. 崩坍岩堆地区——在山区陡峻的山坡上,巨大岩体在自重作用下的突然崩坍,或由于岩体风化,破碎严重,小岩块经常坠落(碎落),形成岩堆。在岩堆上修筑路基,容易发生边坡坍塌、路基沉陷及滑移等现象,严重的崩坍,非但影响道路的安全行车,甚至堵塞交通。因此,必须采取相应的防治与处理措施。 7. 风沙地区——风沙流通过路基时,由于风速减弱,导致沙粒下落而堆积路上,路基被掩埋。或由于沙丘移动,掩埋了路基形成“沙埋”。此外,在风沙的直接吹蚀下,路基上的沙粒或土粒被风吹蚀,出现路基削低、掏空和坍塌等风蚀现象。沙埋和风蚀是风沙对公路的主要危害。因此,风沙地区的筑路及其维护,必须采取相应技术措施进行施工与养护。

* 中华人民共和国建设部颁布《城市道路路基施工及验收规范(CJJ 44-91)》。

项 目	种 类 划 分 一 般 规 定
受季节、气候等影响的特殊路基划分及特征	<p>1. 多雨潮湿地区——原地面多为含水量过大的过湿土,甚至伴有淤泥,地下水位高,影响路基稳定。筑路施工应进行充分的防水排水准备,并采取各种措施以保证工程质量。</p> <p>2. 季节性冻融翻浆地区——冻融翻浆现象主要发生于我国东北各省和南方的季节性冰冻地区。潮湿地段的路基在冰冻过程,土中水分不断向上移动,路基上部含水量大增,春季或春夏间,气温逐渐回升,由于土基上层首先融化,强度急剧降低,甚至失去承载能力,在行车作用下形成弹簧、松软、裂缝、鼓包、冒泥等翻浆现象。对于翻浆地区,路基排水更为重要,必须保证路基填土高度和对压实度的要求。高速公路、一级公路除考虑强度因素外,还需考虑冻胀对路基、路面的影响。总之,要根据地区特点,翻浆类型,严重程度,按照因地制宜,就地取材和路基路面综合处治,并按以防为主,防治结合的原则提出方案。</p> <p>3. 冬期路基施工——路基冬期施工有其特殊要求,由于气温的下降,冰冻影响对路基土工的挖掘、填筑、压实以及各施工项目的进行和要求,具有直接联系,为此应作好充分准备,并排列适宜、不宜及某些禁止施工项目。</p> <p>4. 雨季路基施工——应根据工地现场情况和土质条件等区分路段进行,对重粘土、膨胀土地段,或平原区排水困难地段,都不宜安排在雨季施工。当路段所处位置较高,排水方便以及丘陵、山岭地区的砂类土、碎砾土和岩石地段,一般应选择安排在雨季施工,并做好雨季施工前的准备工作,区分路堤、路堑采取不同措施进行,以保证工程质量。</p>

4-2 特殊土路基施工

4-2-1 杂填土路基

杂填土路基施工*

表 4-2

项 目	施 工 的 特 殊 要 求 和 处 理 方 法
杂填土路基填料要求	<p>1. 房渣土(建筑垃圾)用于城市道路路基填土时,不应含有腐木之类不稳定物质,其烧失量不应大于5%,最大粒径不应大于10cm。</p> <p>2. 道路穿越房渣土地段时,要查明堆积年代、物质成分、均匀性、密实程度、压缩性和分化程度等。需要处理时,可采取本表下列第4条处理措施。</p> <p>3. 利用工业废渣填筑路基,应对废渣的稳定性、适用粒径和对地下水水质污染影响通过试验研究,经技术鉴定后方可使用。</p> <p>4. 生活垃圾不得用作路基填料。若道路穿越生活垃圾堆积年数长久的地段时,经试验分析,证实确已充分分解而稳定时,方可不换土。</p>
道路穿越杂填土地段几种处理方法	<p>1. 片石表面挤实法——适用于非冰冻地区,地下水位较低(地面1.0m以下),含软土较少和厚度不大的房渣土。可用20~30cm长的片石,尖端向下,密排夯入土中(从疏到密),以提高表层土的密实程度,减少土基的变形。</p> <p>2. 重锤夯实法——适用于处理地下水位在0.8m以上的稍湿的各种粘性土、砂土、湿陷性黄土和房渣土,以及工作面受限制和结构物接头处的填土。含水多的软弱土层不宜采用,大块钢渣因难以击碎,也不宜采用。</p> <p>3. 振动压实法——适用于处理地下水位离振实面不小于0.6m,含少量粘性土的房渣土、工业废渣。</p> <p>4. 机械碾压法——新填房渣土、炉渣及有级配的稳定冶炼渣应用机械碾压数遍后,再用重型压路机碾压至要求压实度。</p>

* 根据(CJJ 44-91)有关规定。

4-2-2 盐渍土路基

盐渍土分类(M 0101-93)

表 4-3

名 称	被利用的土层中平均总盐量(以质量%计)	
	氯化物和硫酸氯化物	氯化物硫酸盐和硫酸盐
弱盐渍土	0.3~1.0	0.3~0.5
中盐渍土	3~5	0.5~2
强盐渍土	5~8	2~5
过盐渍土	>8	>5

注:表中所指含盐种类名称的定性区分标准为:

氯化物 $Cl^-/SO_4^{2-} > 2$

硫酸盐氯化物 $Cl^-/SO_4^{2-} = 2 \sim 1$

氯化物硫酸盐 $Cl^-/SO_4^{2-} = 1 \sim 0.3$

硫酸盐 $Cl^-/SO_4^{2-} < 0.3$

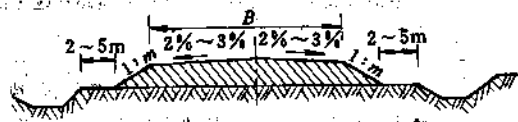
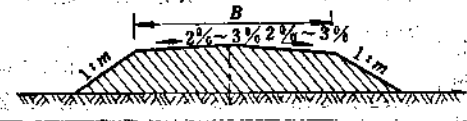
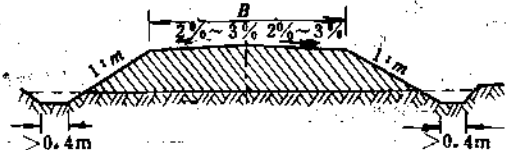
盐渍土路基高出长期地下水位最小高度

表 4-4

路基土名称	最 小 高 度 (m)	
	弱盐渍土和中盐渍土	强 盐 渍 土
中砂、细砂	1.0~1.2	1.1~1.3
砂性土	1.3~1.7	1.4~1.8
粘性土	1.8~2.3	2.0~2.5
粉性土	2.1~2.6	2.3~2.8

盐渍土路基边坡坡度及一般横断面

表 4-5

项 目	边 坡 坡 度 和 横 断 面 参 考					
盐渍土 路堤边 坡坡度	无 水 浸 时		有 水 浸 时			
	路堤高度(m)	边坡度	浸水程度	填细粒土	填粗粒土	当流速引起 冲刷时,边坡 应加防护
	<1.5	1:1.5	短期浸水	1:2~1:3	1:1.75~1.2	
	>1.5	1:2	长期浸水	“不可用”	1:2~1:3	
一般盐渍 土地区路 基横断面	类 型		断 面 简 图			
	设有护坡道和取土坑的路基断面					
	无边沟取土坑的路基断面					
	设有边沟的路基断面					

盐渍土路基施工有关规定和要求

表 4-6

项 目	盐 渍 土 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
盐渍土路基填料的要 求	1. 盐渍土的分类见表 4-2。盐渍土用作路基填料时,土中易溶盐容许含量,总含盐量不得大于 5%,其中硫酸盐含量不得大于 5%,硫酸盐含量不得大于 2%,碳酸盐含量不得大于 0.5%。施工时应注意含盐量的均匀性,不得夹有盐块和含盐植物的根茎
填料选用及碾压要求	2. 在内陆盆地干旱地区,当无其他适用的填料,需用易溶盐含量超过规定容许值的土,含盐砂砾等作填料时,应根据当地气候、水文、地质等情况,通过试验决定采用的技术措施。 3. 用石膏土作填料时,应先破坏其蜂窝状结构。石膏含量一般不予限制,但应严格控制压实度。因此,路基压实时,必须尽量掌握在最佳含水量的情况下进行碾压。雨天不得施工
隔离层的设置	4. 盐渍土路基宜采用路堤形式,路床顶面至地下水位最小高度参见表 4-3 所示。若达不到表中规定时,应设置隔离层,防止含盐的毛细水上升。 5. 在内陆盆地干旱地区或路面设计为高级或次高级路面地段,应在路堤下部设置封闭性防水隔离层。隔离层可采用不透水材料如沥青砂、防渗薄膜、聚丙烯淋膜编织布等,以隔断气态水、毛细水上升。 6. 隔离层铺设前应清除植物根茎,将基底做成 2% 的横坡,整平压实,沿横坡均匀铺平。 7. 在强盐渍化细粒料粘性土或粉性土地区,为截断路堤下部的含盐毛细水、气态水而设置的封闭性隔离层,宜在路床顶以下 80cm 深度处。倘有盐胀问题存在,则隔离层应设在产生盐胀的深度以下。在采用塑料薄膜作隔离层时,为防止薄膜被压挤破,宜在隔离层上下分别各铺一层 10~15cm 厚的砂或粘土保护层
排水与防水	8. 施工过程中应及时合理地布置好排水系统,不应使路基及其附近有积水现象。排水困难地段或取土坑有被淹没可能时,应在路基一侧或两侧取土坑外设置高 0.4~0.5m、顶宽 1m 的纵向防水堰
其他施工注意要点	9. 盐渍土路基的地下排水管与地面排水沟必须采取防渗措施。盐土地段不宜采用渗沟。 10. 盐渍土原土基为软弱土体,含水量超过液限,厚度在 1m 以内时必须全部清除,换填砂、砂砾、炉渣等透水性材料。 11. 软弱土基已清除至地下水位以下时,应换填透水性材料,其高度至少超过地下水位以上 30cm,方可填土。 12. 盐渍土路基应连续施工,即从基底清除开始直至路床表面应分段一次完成,不可间断,当设置隔离层地段,至少也应一次做到隔离层的顶部。 13. 盐渍土路基的路肩和边坡坡面防护,应严格按照设计要求施工,以防表层松脱、剥蚀。 14. 在地下水位高的地区,粘性盐渍土宜在夏季施工,砂性盐渍土宜在春季和夏初施工,强盐渍土地区应在表层含盐量较低的春季施工

4-2-3 膨胀土路基

膨胀土路基施工有关规定和要求

表 4-7

项 目	膨 胀 土 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
膨胀土路基的施工安排	1. 膨胀土路基施工应避免在雨季施工,并同时加强现场排水,以保证地基和已填筑的土方工程不被水浸泡。 2. 膨胀土路基开挖后,各道工序必须紧密衔接,连续作业,分段完成。路基填筑后,其边坡防护等不能间隔时间过久,以免边坡长期暴露,或越冬再做路面等均不适宜

项 目	膨 胀 土 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
填料选择	3. 强性膨胀土稳定性差, 难于捣碎压实, 一般不宜作路堤填料; 中性膨胀土经过加工, 改良处理后可用作填料; 弱性膨胀土可作为一般土使用
包心法填筑路堤及石灰处治	4. 二级以下公路可用接近最佳含水量的膨胀土填筑路堤, 但两边边坡部分和路堤顶部均要填厚 50cm 以上的非膨胀土形成包心填方。挖方地段当挖至距路基面以上 30cm 时停止开挖, 并挖好排水沟, 待铺路面时再超挖至路基面以下 30cm, 用非膨胀土回填, 并按要求压实。 5. 使用膨胀土作填料, 为增加其稳定性, 可采用石灰处治, 其塑性指数大于 7 的土, 石灰量一般不低于 8%
高速、一级公路膨胀土路堤采取措施	6. 对高速公路和一级公路, 按(JTJ 033-95)规定原地面应采取下列措施(其他各级公路可参照进行): (1) 填高不足 1m 的路堤, 必须挖去地表 30~60cm 的膨胀土, 换填非膨胀土, 并按要求压实。 (2) 地表为过湿土时, 必须挖去湿软土层, 换填碎、砾石土、砂砾或挖方坚硬岩石碎渣, 或将土翻开掺石灰稳定并按规定压实。 (3) 一般不宜用膨胀土作填料填筑路堤, 限于条件, 只能用膨胀土填筑时, 除按本表第 3 条处理外, 路堤填成后应立即作浆砌护坡封闭边坡。 (4) 用膨胀土填筑路堤, 填至离路基面 1m 时应停止填筑, 待至作路面前再用非膨胀土填至路面设计标高, 并严格按照要求压实。 (5) 膨胀土路堤施工前, 应就地按规定作试验路段
膨胀土路基土工膜封闭措施	7. 对于膨胀性大而又缺乏非膨胀土的路堤, 亦可采用土工膜封闭法, 封闭形式有三种(按 CJJ 44-91): (1) 路基底部封闭, 以防止毛细水上升而影响路基稳定。 (2) 路基全封闭, 以保持路基土含水量不变。 (3) 路基顶面封闭, 以防降水渗入路基
压实要求	8. 膨胀土压实宜采用重型压路机在最佳含水量条件下碾压, 要求压实度达到轻型击实标准的 100%(CJJ 44-91)

4-2-4 湿陷性黄土路基

湿陷性黄土路基施工有关规定和要求

表 4-8

项 目	湿 陷 性 黄 土 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
非湿陷性黄土	1. 路基基底为非湿陷性黄土, 且无地下水活动时, 可按一般粘性土要求进行基底处理, 同时做好两侧的施工排水、防水措施
湿陷性黄土地基处理	2. 若地基为湿陷性黄土, 应采取拦截、排除地表水的措施, 防止地表水下渗, 减少地基地层湿陷性下沉, 其地下排水构筑物与地面排水沟渠必须采取防渗措施。 3. 黄土路基基底处理, 应按土的湿陷类型和设计要求进行施工, 对基穴、坑井等路基隐患, 应作彻底处理
自重湿陷性黄土基底处理	4. 当地基土层具有强湿陷性或较高的压缩性, 且容许承载力低于路堤本体自重压力时, 应考虑地基在路堤自重和活载作用下所产生的压缩下沉, 除采取防止地表水下渗的措施外, 应考虑重机碾压、重锤夯实、石灰桩挤密加固、换填土等, 以提高土层承载力, 减少下沉量

项 目	湿陷性黄土路基施工有关规定和要求			
填料压实与含水量控制	<p>5. 黄土用作路基填料时,其压实要求与一般粘性土相同。为保证填土质量,填筑用土要求使用充分扰动的土,大于10cm的土块必须打碎,并应注意掌握黄土的压实含水量。</p> <p>6. 当含水量过小时,应均匀加水再行碾压,倘含水量过大,可翻松晾晒至需要含水量再行碾压,亦可掺入适量石灰处理,一般每掺入1%的生石灰,可降低含水量1%左右。掺灰后应将土、灰予以拌匀,其最大干容重应通过击实试验确定</p>			
黄土陷穴的处理	<p>7. 黄土陷穴具有很大的危害性,应在施工前调查清楚,根据不同情况采取相应的技术措施进行处理。对通过路基路床的陷穴,要向上游追踪至发源地点,在发源地点把陷穴进口封填好,并引排周围地表水,使其不再向陷穴进口流入</p>			
对已有陷穴、暗穴的处治措施	<p>8. 对已有的陷穴、暗穴,可采用灌砂、灌浆、开挖回填等措施,开挖的方法可采用导洞、竖井和明挖等,见下列:</p>			
	序号	措施名称	适用范围	处理方法、要求
	1	灌浆法	小而直的陷穴	干砂灌入整个洞穴捣插密实
	2	灌浆法	洞身不大,但洞壁起伏曲折较大,并离路基中线较远的小陷穴	先将陷穴出口用土袋堵塞,再在陷穴顶部每隔4~5m钻孔,作为灌浆孔。待灌好的土浆收缩后,再在各孔补浆2~3次。为有利于封闭水道,有时可灌水泥砂浆
	3	开挖回填夯实法	适用于各种形状的陷穴	填料一般用就地黄土分层夯实
陷穴处治后土层表面的处理	4	导洞和竖井法	用于较大较深的洞穴	由洞内向外逐步回填夯实,在回填前应将洞穴内虚土和杂物彻底清除,当接近地面0.5m时,应用老黄土或新黄土加10%的石灰拌匀回填夯实
	<p>9. 处理好的陷穴,其土层表面均应用3:7灰土填筑夯实或铺填老黄土等不透水材料加以改善,其厚度应按设计要求执行。如原设计未作明确规定时,其厚度不宜小于30cm,并将流向陷穴的附近地面水引离,防止形成地表积水及水流集中产生冲刷</p>			
陷穴处理范围	<p>10. 黄土陷穴的处理范围,应视具体情况而定,一般在路基填方或挖方边坡外,上侧50m,下侧10~20m,若陷穴倾向路基,虽在50m以外,仍应作适当处理。对串珠状陷穴应彻底进行处理</p>			

4-3 特殊地区路基施工

4-3-1 软土、沼泽地区路基

软土、沼泽地区路基施工有关规定和要求

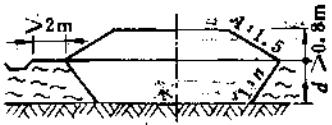
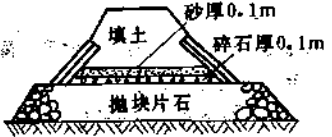
表 4-9


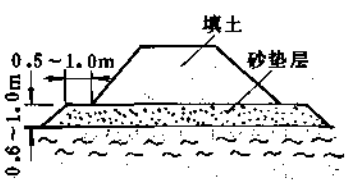
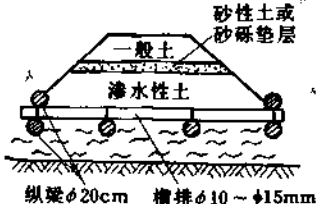

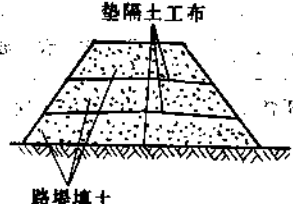
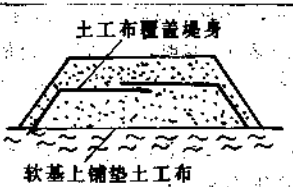
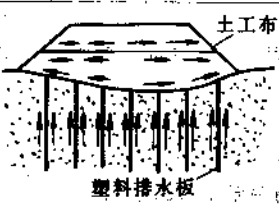
项 目	软 土 、 沼 泽 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
施工前的准备工作	<p>1. 软土、沼泽地区路基施工前,应充分作好准备,注意解决可能出现的路基盆形沉降、失稳和路桥沉降差等问题,并作周密布署,制订各项有关措施,报送有关部门批准后开工。</p> <p>2. 根据现场情况和工程等级、规模,需作试验路段时,应修筑地基处理试验路段</p>

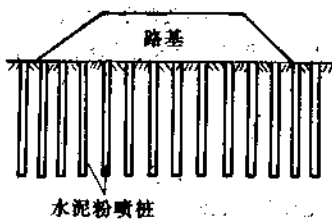
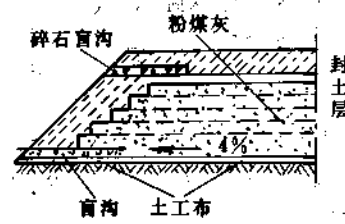
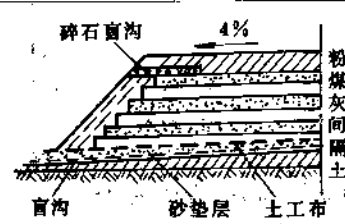
项 目	软 土 、 沼 泽 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
排水与基底处理措施	<p>3. 路堤填筑前,应排除地表水,保持基底干燥,淹水部位填土应由路中心向两侧填筑,高出水面后,按要求分层并压实。</p> <p>4. 软土、沼泽地基,应根据软土、淤泥物理力学性质、埋层深度、路堤高度、材料条件、公路(道路)等级等因素分别采取合适措施(如采取换土、抛石挤淤、超载预压、反压护道、渗水及灰土垫层、砂井、袋装砂井、土工织物、塑料排水板、碎石桩、轻质路堤、深层加固等措施,常用实例见表 4-9,为加强效果,各项措施可配合使用)</p>
填筑路堤用料规定要求	<p>5. 软土、沼泽地区下层路堤,应采用渗水材料填筑,路堤沉陷到软土泥沼中部分,不得采用不渗水材料填筑;其中用于砂砾垫层的最大粒径不宜大于 5cm,小于 0.074mm 的颗粒含量不大于 3%,有机质含量不大于 1%,压实后最大干密度 100% 时,渗透系数应大于 5m/s</p>
取土坑位置要求	<p>6. 填筑路堤用土宜设置集中取土场,必须在路堤两侧取土时,取土坑内缘距坡脚距离对于填高 2m 以内的路堤,不得小于 20m,填高 5m 的路堤,宜大于 40m</p>
路、桥衔接部位填土要求与措施	<p>7. 路、桥衔接部位,要求台背和锥坡填土同步分层夯实,并考虑到减少接坡(近桥台路段)处路桥沉降差,应尽量提前填筑,所用填料宜采用渗水性土(内摩擦角 ϕ 宜大于 35°),分层碾压厚度控制为 15cm。</p> <p>8. 为减少路桥沉降差,桥头接坡路段,宜采取与路堤高度、土壤地质、水文等条件相适应的处理措施,如袋装砂井、塑料排水板、以及配合加载预压等促进其提早沉降固结度的提高</p>
路堤必须分层填筑压实及沉降期和固结度要求	<p>9. 填筑路堤分层搭接,上下层应相互错开,搭接阶梯(错台)宽度一般宜不小于 2m,分层压实。</p> <p>10. 软土地段路基填筑,应考虑提前安排施工,以使路堤完成后得以留有沉降期,设计有明确要求时,应按要求执行,设计无规定时,一般应不少于六个月,沉降期内不应在路堤上进行任何工程。</p> <p>11. 铺筑路面结构之前,必须使路基沉降已基本趋于稳定,地基固结度能满足设计要求,如设计无规定时,应达到 90% 以上</p>
填筑过程施工监测	<p>12. 软土地段路堤填筑过程,应做好必要的沉降和稳定监测工作,并严格控制施工填料和加载速度。</p> <p>监测沉降板应安装在路中线,纵向间距为 200m,桥头引道路堤则除安装路中心线监测沉降板,在两侧路肩边缘上亦须设置,第一块沉降板距桥台背 10m 处开始,其余每 50m 间隔设置。</p> <p>施工期间,路堤每填一层应进行一次监测,路基加载速度应控制水平位移量每天不超过 0.5cm,垂直位移量不大于 1cm,以保持地基稳定</p>

软土、沼泽地区路基施工常用处治措施

表 4-10

序号	方 法	示 例 简 图	主 要 特 点	适 用 范 围
1	置换填土		挖除泥炭、软土,使路堤填筑于基底或尽量置换渗水性填料	泥沼及软土厚度小于 2m 时
2	抛石挤淤		在路基中线向两侧抛投一定数量的片石,将淤泥挤出路基范围,以提高路基强度。一般采用不易风化,尺寸不小于 0.3m 的大石块	厚度小于 3m 表层无硬壳,呈流动状态淤泥、排水困难、石块易于取得条件下可用

序号	方法	示例简图	主要特点	适用范围
3	反压护道		通过反压护道,使路堤下淤泥趋于稳定。护道一般采用单级形式,其高度为路堤高的0.3~0.5倍	当路堤高度超过其极限高度的1.5~2.0倍以内时
4	砂垫层		砂垫层厚度一般为0.6~1.0m,可使软土顶面增加一个排水面,有利于促进基底排水固结,提高路基强度和稳定性	软土地区路堤高度小于两倍极限高度时
5	柴(木)梢排		用柴梢(或木)扎排,铺于路底面,以扩大承载作用,保持路基稳定性	在交通量不大的公路和柴梢(或木)丰富并运距较近时
6	袋装砂井		砂井或袋装砂井配合砂垫层并结合加载预压,使用效果较好,主要促进排水沉降固结,可呈矩形、梅花形平面布置	当泥沼或软土层厚度超过5m,且路堤高度超过天然地基承载力很多时
7	垫隔土工布		垫隔土工布可加强路基刚度,有利于排水,在软基上隔垫可使荷载均布。高填土路堤,可适当分层垫隔	地下水位较高、松软路基路堤
8	垫隔、覆盖土工布		基底铺垫土工布,并折向沿边坡以至覆盖堆铺,既提高基底刚度,也使边坡受到维护,有利于排水,并因地基应力再分配,增加路基的稳定性	软土、沼泽地区、地基湿软、地下水位高
9	塑料排水板		利用塑料排水板竖向排水,与土工布横向排水结合,加快路堤固结沉降、提高路基强度	泥炭饱和淤泥地段或土基松软、地下水位高

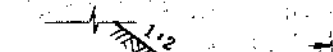
序号	方法	示例简图	主要特点	适用范围
10	水泥粉喷桩		用打入碎石桩、粉喷桩的办法,使桩与软基共同承担荷载形成复合地基,其中大部分荷载由桩体承受,土改善不多	软土深层处理,打穿软土层,沉降的少,未打穿软土层沉降缓慢,稳定时间较长
11	粉煤灰路堤		基底铺土工布,全部为粉煤灰作填料,边坡封土,上部及坡脚均设碎石盲沟,间距15m,宽1m,以利排水	软土地区轻路堤,可用于各等级公路,宜先作试验段
12	粉煤灰间隔土路堤			

4-3-2 水稻田地区路基

水稻田地区路基施工有关规定和要求

表 4-11

项 目	水 稻 田 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
排水疏干	1. 排水疏干是水稻田筑路的首要工作。水稻田几乎常年受水浸泡,农田土壤松软,有时夹有淤泥杂物。因此,在筑路施工前必须在全路幅范围两侧先筑土埂,并开挖排水沟,将水引出(必要时抽除积水)接通出水口,使地面水及时得到排除
清基压实	2. 当地面水被排除后,应将淤泥杂物进行清理、清除,一般除过厚淤泥作必要挖换好土外,多数情况下在土被疏干后可填砂砾等,即可压实,如遇淤泥不厚,仅属表面一层时,对二级以下公路亦可抛填片石挤淤;也可在湿土中掺石灰或粉煤灰用以吸收多余水分。一级以上公路应按软土、沼泽地区情况进行处治
竹笆垫层	3. 在水稻田地区地基的急速处置,必要时亦可采取竹片扎成竹笆,平铺搭接(重叠接头约10~15cm)摊铺于基底,然后上铺片石、砾石砂,进行碾压,再行填筑路基,效果明显
边坡防护	4. 水稻田地区的路堤边坡,一般应作护墙或浆砌护坡。当土质和气候适宜时,填方边坡也可采用种植草皮、灌木等植物防护
保持正常灌溉体系	5. 跨越水田的路基应确保农田灌溉不受任何影响,当有设计与农用灌溉要求(如涵洞等)不相适用、位置不当、数量不足等,应及时按程序提出变更设计,经有关部门批准后执行

项 目	水 稻 田 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
路堤坡脚挡墙	<p>6. 修建高速、一级公路时,除筑土埂排水疏干外,应在坡脚处设置挡墙,如右图示意,其基础埋置深度应在冰冻线下至少 60cm</p>  <p style="text-align: right;">坡脚处挡土墙 (单位:cm)</p>

4-3-3 多年冻土地区路基

多年冻土分类表

表 4-12

多年冻土名称	土的类别	总含水量 $w(\%)$	融化后的 潮湿程度	融沉分级
少冰冻土	粉粘粒含量 $\leq 15\%$ (或粒径小于0.1mm的颗粒含量 $\leq 25\%$) 的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)	$w \leq 10$	潮湿	(I) 不融沉
	粉粘粒含量 $> 15\%$ (或粒径小于0.1mm的颗粒含量 $> 25\%$) 的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)细砂、粉砂	$w \leq 12$	稍湿	
	粘性土	$w \leq w_p$	半干硬	
多冰冻土	粉粘粒含量 $\leq 15\%$ (或粒径小于0.1mm的颗粒含量 $\leq 25\%$) 的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂))	$10 < w \leq 16$	饱和	(II) 弱融沉
	粉粘粒含量 $> 15\%$ (或粒径小于0.1mm的颗粒含量 $\leq 25\%$) 的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)细砂、粉砂	$12 < w \leq 18$	潮湿	
	粘性土	$w_p < w \leq w_p + 7$	硬塑	
富冰冻土	粉粘粒含量 $\leq 15\%$ (或粒径小于0.1mm的颗粒含量 $\leq 25\%$) 的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)	$16 < w \leq 25$	饱和出水(出水量小于10%)	(III) 融沉
	粉粘粒含量 $> 15\%$ (或粒径小于0.1mm的颗粒含量 $> 25\%$) 的粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂)、细砂、粉砂	$18 < w \leq 25$	饱和	
	粘性土	$w_p + 7 < w \leq w_p + 15$	软塑	

注: w ——天然含水量(标准冻深范围内冻前含水量的平均值);

w_p ——塑限含水量。

项目	多年冻土地区路基施工有关规定和要求
工前调查	1. 施工前应检查沿线冰土分布、类型、冻土上下限、地面水、地下水以及有无其它如热融(湖、塘)、冰丘、冰锥等不良地质路基地段情况
施工安排与原则要求	2. 采取保护多年冻土原则设计和施工的路基,应使路基施工后仍处于热学稳定状态,施工期宜安排在冻结期间。如在融期施工,则应采取分段快速施工作业,以免冻层暴露时间过久,引起破坏 3. 冻土路基原则上均应采取路堤型式,特别在厚冰发育地段,尽可能避免零填或浅挖断面,以免造成严重热融沉陷等病害,弱融沉或不融沉(见表 4-11)的多年冻土地区,路基施工可按融化原则进行
防水与排水	4. 多年冻土地区地表下无法下渗,易于形成地表潮湿或积水,非但影响路基稳定,且关系着施工质量和工效。因此,施工前必须作好排水工作。 5. 在开挖排水沟或取土坑时,必须防止由于冰土融化而产生的边坡坍塌及影响路基稳定的现象发生,一般不宜开挖过深,致使地下水露出,冬季形成冰锥,危害路基
取土坑设置	6. 基于上述《公路路基施工技术规范(JTJ 033-96)》规定,对高速、一级公路宜设置集中取土场,富冰冻土、饱冰冻土及含土冰层路段确需就近解决部分土源时,必须在路基坡脚 20m 以外取土;斜坡地表路堤,取土坑应设在上坡一侧,取土坑深度均不得超过当地多年冻土上限以上土层厚度的 80%,坑底应有坡度,积水应有出口,水能及时排出
基底处理	7. 填方基底含冰过多的细粒土,且地下冰层不厚时,可挖除并用渗水性土回填压实,再填路基。对排水困难沼泽地段应设毛细水隔离层,厚度宜在路堤沉落后至少高出水面 0.5m,并在其上铺设反滤层
路基填料	8. 填料应选用保温隔水性能均较好的细颗粒土,采用粘性土或透水性不良土壤筑路堤时,要控制土的湿度,碾压时的含水量不能超过最佳含水量的 2%;不得用冻土块或杂有树皮草之类的土壤筑路基。通过热融(湖、塘)路堤,水下部分必须用渗水良好的土壤筑,并应高出最高水位 0.5m
压实检查	9. 高速公路和一级公路路基压实检查应采用重型击实标准;成型后路床强度应符合设计要求,用不小于 20t 的压路机或等效碾压机械进行碾压检验(二至三遍),无轮迹和弹软现象为合格
保温层的设置	10. 路基的防护与加固,应考虑保温,对于需保护的冻土,其上均须及时设置足够厚度的保温层,以免在施工过程中引起多年冻土的融化。 12. 草皮护坡铺砌应上下错缝,彼此互相嵌密;块与块之间的缝隙用土或碎草皮填塞严密(严禁用石块塞缝),使草皮连成一个整体,以利坡面草皮成活和防止空气对流,加速保温层的稳定

4-3-4 滑坡地区路基

滑坡地区路基施工有关规定和要求

表 4-14

项目	滑坡地区路基施工有关规定和要求
滑坡处治的依据	1. 滑坡地段必须有效加以处治,因此应对滑坡外表地形、滑坡体构造、滑坡体土质及饱水情况进行分析,以了解滑坡体的形式和形成原因,并根据路基通过滑坡体的位置、水文、地质条件、在充分考虑路基稳定条件下,确定滑坡施工处理措施

项 目	滑 坡 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求			
滑 坡 形 式 分 类 的 施 工 措 施	2. 滑坡形式及其施工措施如下:			
	主要原因	滑 坡 形 式	施 工 措 施	
			最常用方法	常用方法
	河 流 的 纵 横 侵 蚀	浅流动性的滑坡	调水构造物, 表面排水, 排除浅层地下水	挡土墙, 排桩, 表面排水, 锚固桩等
		小规模圆形滑动	调水构造物, 表面排水, 排除浅层地下水	阶梯开挖及边坡防护, 表面排水
		大规模的圆形滑动	水土保持等调水构造物, 排除深层地下水	表面排水, 阶梯开挖, 挡土墙, 排桩, 锚固桩等
		岩石滑动	水土保持等调水构造物	表面排水, 排除浅层地下水, 挡土墙, 排桩, 锚固桩
	降 雨 表 面 流 水 侵 蚀	浅流动性的滑坡	表面排水, 排除浅层地下水	调水构造物, 地下水截断, 挡土墙, 排桩, 锚固桩等
		小规模圆形滑动	表面排水, 阶梯开挖, 排除浅层地下水	挡土墙, 排桩, 锚固桩, 调水构造物, 排除浅层地下水
		大规模的圆形滑动	表面排水, 排除深层地下水	地下水截断, 阶梯开挖, 挡土墙, 锚固桩, 排桩等调水构造物
		岩石滑动	表面排水, 排除深层地下水	挡土墙, 排桩, 锚固桩等
	浅层地下水增加或由其它地区流入的地下水	浅流动性的滑坡	地下水截断, 排除浅层地下水, 表面排水	调水构造物, 挡土墙, 排桩, 锚固桩等
		小规模圆形滑动	地下水截断, 排除浅层地下水, 阶梯开挖, 表面排水	调水构造物, 挡土墙, 排桩, 锚固桩等
		大规模的圆形滑动	排除浅层地下水, 排除深层地下水, 地下水截断	表面排水, 调水构造物, 挡土墙, 排桩, 锚固桩等
	深层地下水增加	大规模的圆形滑动	排除深层地下水, 阶梯开挖	调水构造物, 表面排水, 挡土墙, 排桩, 锚固桩等
		岩石滑动	排除深层地下水	同上及阶梯开挖
地表水与地下水的处理	3. 路基滑坡直接影响到路基的稳定, 不论采取何种方法处理, 均必须作好地表水及地下水的处理。 4. 对于滑坡顶面的地表水, 应采取截水沟截流外引, 不使其流入滑动面内, 因此可在滑动面以外修筑1~2条环形截水沟; 对于滑坡体下部的地下水源应予截断或排出			
防止滑坡体滑移	5. 为防止滑坡体的加速滑移, 要特别注意在滑坡尚未处治之前, 施工中不允许在滑坡体上增加荷载, 如停放机械、堆放材料和弃土等, 以策安全			


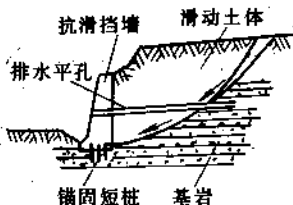
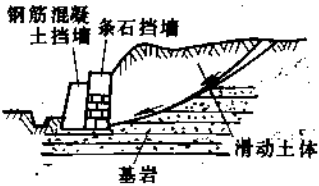
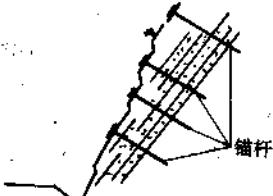
* 根据《公路路基施工技术规范(JTJ 033-95)》摘编。

项 目	滑 坡 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
截水沟与渗水沟	6. 对于挖方路基上边坡发生的滑坡,除在滑动面以外最少 2m 修筑截水沟,以截断流向滑动面的水流(截水沟可用砂浆封面或砌块修筑),并对滑坡上面出现的裂缝加以填土夯实,以免地表水继续渗入,或结合地形,修建树形及相互平行的渗水沟与支撑渗沟,将地表水及渗水迅速排走
挖方路基上边坡滑坡的防治	7. 当挖方路基上边坡发生的滑坡不大时,可采用开挖阶梯减重、打桩或修建挡土墙进行处理,以达到路基边坡稳定。采用打桩时,桩身必须穿入到滑动面以下要求的深度;采用修建挡土墙时,其基础必须置于滑动面以下的硬岩层上。同时,宜修筑明沟、暗沟(盲沟)排出地下水,滑坡较大时,可采用修建挡土墙、锚固桩或预应力锚索等方法处理。但这些方法都必须将其基础置于滑坡面以下的硬岩层上或达到设计要求的深度。同时,宜修筑渗沟、排水涵管或集水井排除地下水或建截水墙截断。
填方路堤的滑坡	8. 对填方路堤的滑坡,一般可采用反压土方或修建挡土墙防护等方法处理,滑坡较大时,除上述反压及挡墙外,如钢筋混凝土锚桩、预应力锚索等法可因地制宜采用,所有构造物基础必须置于滑动面以下的硬岩层上或达到设计要求的深度

滑坡地区路基防治措施示例

表 4-15

防治措施	图 示	防 治 要 求 简 述
树枝状排水沟		主沟应与滑坡体移动方向基本平行,支沟与主沟一般采取 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 斜交角
支撑渗沟		渗沟设置应平行于滑坡的滑动方向,其上部支沟可与主沟成 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 交角,平面形状一般为“III”形、“YYY”或“YYI”形,主沟间距可视当地条件取用 6~15m
边坡网状渗沟		平面形状可作成垂直的或分支的渗沟网,主沟间距为 6~10m,沟深宜不小于 2m,宽度一般为 1.5~2m,为加强边坡的支撑作用,基底可筑成台阶状
截水渗沟		当有较多的深层地下水进入滑坡体时,为使地下水进入滑坡体前即被拦截引走,可采用截水渗沟。其修建位置应在滑坡可能发展的范围 5m 以外的稳定土体上,呈环形或折线形,深度一般不小于 10m

防治措施	图 示	防 治 要 求 简 述
抗滑锚固桩		一般适用于非塑性体浅层和中层滑坡前缘,重力式挡土墙工程量过大,施工困难处。抗滑桩可采用钢筋混凝土沉入桩或采用混凝土钻孔桩
抗滑挡墙		胸墙坡度一般采用 $1:0.3 \sim 1:0.5$,亦可适当放缓,基础埋入稳定岩层中的深度应不小于 0.5m ,埋入稳定土层中的深度应不小于 2m ,抗滑挡墙应设置排水孔,以利墙背排水
双层抗滑挡墙		当支挡滑动土体受力较大,必要时可考虑采用双层挡墙。为使滑动土体适当减重应可在滑动土体上部开挖台阶配合(单纯依靠减重,不能阻止土体滑动,只能减轻或延缓滑动)
锚杆加固		通过锚杆(钢材)将斜坡上被软弱结构面切割的板状岩体组成一稳定的结合体,并利用锚杆与岩体密贴所产生的摩阻力来阻止岩块向下滑移。为防止钢锚杆易于锈蚀,可在钢材表面涂以聚乙烯,并用水泥砂浆封闭钻孔

4-3-5 岩溶地区路基

岩溶地区路基施工有关规定和要求

表 4-16

项 目	岩 溶 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
岩溶的定义和岩溶地区路基的主要问题	<p>1. 石灰岩等可溶性岩层,在流水的长期溶解和剥蚀作用下,产生特殊的地貌形态和水文地质现象,统称为岩溶。岩溶地区路基工程的主要问题有:</p> <p>(1) 由于地下岩溶水的活动,或因地面水的消水洞穴阻塞,导致路基基底冒水、水淹路基、水冲路基以及隧道涌水等病害。</p> <p>(2) 由于地下洞穴顶板的坍塌,引起位于其上的路基及其构造物发生陷陷、下沉或开裂。</p> <p>(3) 某些岩溶形态的利用问题,如利用天然桥跨越地表河流,利用暗河、溶洞扩建隧道等。</p> <p>三者对岩溶地区公路路基设计、施工均有直接关系,尤以前二者直接与施工有关,因此在岩溶地区修筑路基,施工前必须全面了解路线通过地带岩溶发育程度、岩溶形态的空间分布规律,以利于有效避让或防治</p>
岩溶处理基本原则	<p>2. 对影响路基稳定的溶洞,不论采用何种方法处理,在施工中均不应堵塞溶洞水的出路。</p> <p>3. 对路基基底的岩溶泉或冒水洞,不论用何种方法排出,均应保证路基最小填土高度内的土石不受浸润;当为高级或次高级路面时,应保证不因温差作用而使水汽上升,聚集在路面基层下</p>

* 参照《公路设计手册(路基)》及《公路路基施工技术规范(JTJ 033-95)》摘编。

项 目	岩 溶 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
岩溶地区各种情况下的处理方法	<p>4. 对路基上方岩溶泉或冒水洞,可采用排水沟将水引离路基,不宜堵塞;对路基基底的岩溶或冒水洞,宜设涵洞(管)将水排除;对流量较大的暗洞及消水洞,可用桥涵跨越通过。</p> <p>5. 对路基边坡上危及路基稳定的干溶洞,可用干砌(或浆砌)片石堵塞;对于路基基底或挡土墙基底的干溶洞,当洞口不大,深度较浅时,可采用回填夯实;对于洞口较大,深度较深的溶洞,应采用绕避或用桥(涵)跨越;当干溶洞顶板太薄或顶板较破碎时,可采用加固或将顶板炸除以桥(涵)跨越;如顶板较为完整,其厚度大于 5m 时,可不作处理;当溶洞位于边沟附近而且较深时,可采用钢筋混凝土板封闭,并应防止边沟水渗漏到溶洞内。</p> <p>6. 为防止溶洞的沉陷或坍塌,以及处理岩溶水引起的病害,可视溶洞的具体情况分别采用内加固(如桩基加固、衬砌加固)、盖板加固、封闭加固(如锚喷加固)等方法。</p> <p>7. 对影响路基稳定的人工坑洞(如煤洞、古墓、枯井、掏砂坑、防空洞等)应查明后,参照岩溶处治方法进行处理</p>

4-3-6 崩塌岩堆地区路基

崩塌岩堆地区路基施工有关规定和要求

表 4-17

项 目	崩 塌 岩 堆 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
崩塌、岩堆及其施工原则要求	<p>1. 崩塌、岩堆两者互为联系,在比较陡峻的山坡上,岩体或土体在自重作用下,脱离母岩而从高处崩落,即所谓崩塌。经常发生崩塌的山坡坡脚,由于崩落物的不断堆积,就形成岩堆。岩堆地区常沿山坡或河谷坡呈条带状分布,其连续长度可达数公里至数十公里。在这些岩堆上修筑路基,影响稳定性因素不容忽视,以防发生边坡坍塌、路基沉陷及滑移等现象,因此,施工前应全面了解路线经过地段的具体情况,采取必要的防治措施,以保证安全施工和通车后的正常行驶</p>
加强预防保障安全	<p>2. 路基通过岩石容易崩落地区,不论采用何种方法处治,都必须排除坍塌地段对路基造成损坏的潜在威胁或隐患,保证公路在施工及其使用期间的安全运行,为此,必须采取预防岩石坠落的技术措施以保障安全操作。</p> <p>3. 崩塌岩堆地区,应特别注意尽量避免扰动岩堆体,保持岩堆稳定,并避免破坏原有的边坡率,同时应处理好岩堆地段的渗入水及地下水</p>
喷射水泥砂浆或钢丝网水泥砂浆稳定边坡	<p>4. 对挖方边坡及原自然坡面岩石裂缝较多,岩石比较破碎,或因雨水侵蚀容易引起风化,或因冰冻作用而引起岩石剥落、破碎,容易发生崩塌的地段,施工中宜采用喷射水泥砂浆予以稳定,喷浆厚度可为 5~10cm,对气候条件比较恶劣或寒冷地区厚度在 10cm 以上。对于长而高或较陡的边坡,宜嵌入直径 2~6mm,间距 100~200mm 的钢丝网(挂网)固定于边坡上,在 1m² 内固定 1~2 处,然后喷射水泥砂浆稳定</p>
嵌补与支顶加固	<p>5. 对于路基上方的危岩及危石应尽量清除。当清除有困难时,可根据地形和岩层情况采取嵌补(用干砌片石塞缝,再在其外以浆砌片石封面),浆砌片石厚度一般不少于 30cm 或采取支顶法(砌筑挡墙支撑)予以加固。为加强其稳定性,挡墙贴近原坡面处可设置联结钢筋锚结牢固</p>
护面墙或挡土墙的设置	<p>6. 在比较稳定的或厚度不大的岩堆上修筑路基,须设置护面墙或挡土墙,设置上挡土墙时,其高度应与原岩堆的边坡率保持一致;设置下挡土墙时,应保持表面活动层的稳定,同时应设置泄水孔以排出渗入水或地下水</p>

项 目	崩 坍 岩 堆 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
在较大而稳定性较好的岩堆上修筑路基	7. 在比较大而稳定性较好的岩堆上修筑路基,也应注意采取保持其岩堆稳定的措施。在开挖范围内,可采用注水泥砂浆使岩堆稳定后开挖,并应避免采用大、中型爆破施工,以防止岩体受扰动而滑落。在必要时应设置护面墙或挡土墙以稳定岩堆,其设置高度要达到与原岩堆的边坡率一致,并同时设泄水孔排出渗入水或地下水
拦石构造物的设置	8. 在比较大而稳定性较差的地段或遇小型崩坍落石地段,应尽量采取清除的办法,如基岩破坏严重,崩坍、落石的物质丰富,则宜采取落石平台、落石槽、拦石坝、拦石墙等拦截构造物

岩堆路堑边坡坡度参考*

表 4-18

序号	岩 堆 情 况	条 件 说 明	边 坡 坡 度
1	不含杂质的碎石	山区的堆积层	1:1~1:1.25
2	不含杂质的碎石	平坦地区,已密实	1:0.75~1:1
3	碎石被小颗粒包围,碎石间互不接触	小颗粒是无粘结力的砂	1:1.5
4	碎石被小颗粒包围,碎石间互不接触	小颗粒是粘性土	1:1.75~1:2.0
5	碎石相互间尚能接触,中夹粘性土	碎石有棱角	1:1.25
6	碎石相互间尚能接触,中夹粘性土	碎石失去棱角,较圆滑	1:1.5
7	一般堆积层		$\geq 1:1.5$

* 引自《公路设计手册(路基)》。

4-3-7 风沙地区路基

风沙地区路基施工有关规定和要求

表 4-19

项 目	风 沙 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
一般原则	1. 在风沙地区筑路,为防止沙害,要采取边施工,边防护,分段施工,一次作成的办法。对施工过程中的未完部分,要做好临时防护,以免风蚀和沙埋。 2. 施工时要注意保护路侧原有植被,不得随意破坏,当必须破坏时,要及时加以防护,以免沙害蔓延。 3. 最适宜的施工季节是夏秋两季,应尽量避免在多风季节进行施工
覆盖防护	4. 风沙地区路基施工,若当地风力较强或需在风季施工时,应采取临时防护措施,对设计的永久防护工程,如材料运输有困难,需待通车后进行,可采取临时过渡防护,凡当日不能完工的地段,可对其坡面或坡肩加以覆盖,并用小木桩将覆盖的草席、芦苇等绊牢,或用大石块(预制混凝土块)压住
取土坑的设置	5. 填方取土要根据风信情况选择取土坑位置,在单一风向地区,取土坑宜设置在路堤下风一侧,距路堤坡脚至少 5m;在有反向风交替作用的地区,取土坑可设在路堤两侧,施工完成后应将其边坡修成缓坡,使其断面形成浅槽形
废弃土方处置	6. 挖方材料应尽量利用,如需废弃,应弃于背风坡一侧的低地或距路堑坡顶不小于 10m 处,并应予摊平,以免集中引起积沙

项 目	风 沙 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
路基压实	7. 风沙地区用粉砂或细砂填筑路堤时, 仍应分层压实, 根据现场自然条件、沙的特性及水源分布等情况确定压实机械和压实方法。一段采取以机械振动压实为主, 结合水坠沉实, 快成型, 快防护的施工方法。对缺土, 无水源, 压实确有困难的风积沙路基, 可采用土工织物(土工布, 编织砂袋)对路基进行加固
路基两侧清除阻碍	8. 对于地形开阔的风沙流地段, 应将路基两侧 30~50m 范围内的小沙滩、弃土堆、小土丘等凡可引起积砂的障碍物予以清除, 摊平
植物固沙	9. 在风沙地区修筑路基采用植物固沙是防治沙害的重要措施, 有条件采用植树固沙施工时, 应严格按照设计要求的树苗或灌木种类及设计规定的种植间距和布置形式进行栽种。在无条件的地区及采用植物固沙的初期, 为防止沙害并为植物固沙创造条件需要采用工程防沙措施。在林带前缘, 为防止积沙, 也应适当设置工程防沙设施
工程防沙措施	10. 工程防沙措施有固、阻、输、导等四种类型: (1) 固沙措施——作用在于稳定沙地表面, 抑制流沙活动。常用的固沙措施主要是设置平铺式和立式两类。 (2) 阻沙措施——作用在于拦截风沙和限制风沙移动。阻沙设施一般可分为墙式、堤式、棚式、带式等四类。 (3) 输沙设施——作用在于通过增加风力或改变下垫面性质, 使流沙直接吹过路基而不产生堆积。 (4) 导沙措施——作用在于采用导流的方法, 借助风的动力作用, 改变风沙流或沙丘运动的方向, 使沙堆积在对路基无害之处, 导沙设施应设置在路基上风侧, 距路基 50~100m。有导沙墙(土、石、柴草墙等)和导沙板(木板、芭板等)两种类型。 各种类型措施应根据设计结合路基施工及时配套完成
覆盖防护	11. 砂质路基主体应按设计要求进行全面防护, 在路基顶面、边坡坡面及坡脚处 50~100cm 地面范围内, 用粘土、砾(卵)石、乳化沥青等材料进行平铺覆盖或处理。粘性土封闭防护为常用而经济有效措施之一, 采用的粘性土, 应测定其塑性指数, 如设计未规定, 最低不得小于 11(100g 平衡锥测定)

4-3-8 多雨潮湿地区路基

多雨潮湿地区路基施工有关规定和要求

表 4-20

项 目	多 雨 潮 湿 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
注意做好防水排水	<p>1. 多雨潮湿地区修筑路基必须根据地势情况, 特别注意做好防水、排水工作。对所有机具停放处、库房、临时生活区域, 应选择在较高而不易被水淹没之处, 并尽可能全面考虑施工期间保证不为雨水(洪水)所侵袭。因此, 应预先准备为排水而设置的排水沟道, 以利排除, 不致积水。</p> <p>2. 多雨潮湿地区, 特别是低洼地带的排水, 应于施工准备过程即需开挖纵、横向贯通至出水口的排水沟, 以期尽早疏干地表水并避免部分积水, 以防影响施工和路基稳定</p>

项 目	多 雨 潮 湿 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求				
路基干湿类型与土的状态	3. 高速公路和一级公路，一般要求路基处于干燥状态，至少处于中湿状态，特别是路床范围内。路基千湿度状态与液性和稠度指数关系如下：				
路基干湿类型与土的状态	路基干湿状态与液性指数关系(软土时)				
路基干湿类型与土的状态	土的干湿状态	干 燥 $w_x < w_1$	中 湿 $w_1 < w_x < w_2$	潮 湿 $w_2 < w_x < w_3$	过 湿 $w_x > w_3$
路基干湿类型与土的状态	土的状态	固 态	半固态	硬塑态	软塑~流塑
路基干湿类型与土的状态	稠度 w_c	< 0	0~0.25	0.25~0.50	> 0.5
路基干湿类型与土的状态	式中： w_0 ——天然含水量； 液性指数 $I_L = \frac{w_0 - w_p}{w_L - w_p}$ w_L ——液限含水量； w_p ——塑限含水量				
路基干湿类型与土的状态	路基干湿状态与稠度指数的关系				
路基干湿类型与土的状态	土的干湿状态	干 燥	中 湿	潮 湿	过 湿
路基干湿类型与土的状态	土的状态	半固体	硬 塑	软 塑	极软塑
路基干湿类型与土的状态	稠度 w_c	> 1.0	1.0~0.75	0.75~0.5	< 0.5
路基干湿类型与土的状态	式中： w_L ——土的液限； 土的天然稠度 $w_c = \frac{w_L - w_0}{w_L - w_p}$ w_p ——土的塑限； w_0 ——土的天然含水量				
过湿土的处理措施	4. 多雨潮湿地区原地地面多为含水量过大的过湿土，不能满足修筑路基的要求，必须采取措施加以处理。根据实际情况选用下列方法进行：				
过湿土的处理措施	(1)换填干土或石渣——当过湿土深度在2m以内，可挖去湿土，换填适用的干土或石渣、天然砂砾等，并分层压实达到标准。				
过湿土的处理措施	(2)清除淤泥后，将上层湿土翻松耙碎掺5%~10%的生石灰粉压实，其层厚一般以能达到规定压实度为准，使之成为隔离层。				
过湿土的处理措施	(3)当有石方挖土非风化大块岩石可资利用时，亦可在挖去软湿土后铺筑50cm左右石块层，嵌填石渣后，用重型压路机碾压成型，再在其上填筑路堤。二级以下公路可抛填片石挤淤，整理碾压成型后再填筑路堤。				
过湿土的处理措施	(4)当软湿土深度大于2m时，应参照软土、沼泽地区路基施工				
过湿土填筑路堤的处理	5. 当利用过湿土填筑路堤时，应选用下列方法处理：				
过湿土填筑路堤的处理	(1)填料的天然稠度为0.9~1.0时，宜将土摊开翻拌晾晒，当含水量接近最佳含水量时即可碾压密实。当天摊铺的填料，宜当天完成压实。				
过湿土填筑路堤的处理	(2)填料的天然稠度在0.5~0.9时，宜在土中掺入复和粘性土固化剂 NCS 或生石灰、粉煤灰拌匀后，分层填筑压实				
压实时的含水量	6. 填料不论采用晾晒或掺灰的办法处理，其含水量均不宜大于最佳含水量的5%，否则难以压实。用经过处理的过湿土填筑的路堤，其压实度要求见表 3-35 第 8 条(4)				
软湿“弹簧”的处理	7. 湿软土路基经碾压，产生“弹簧”现象时应立即停止碾压，可采取石灰浅坑法，(坑为 40~50cm 方或圆径、深一般 1m 左右)处理，开坑后，清除坑内渗水，放入深为坑深 1/3 生石灰，即可回填土进行碾压(挖坑后如经晾晒 1d，效果更佳)				
注意横坡和当天压实	8. 路堤填筑，每层表面应做成 2%~4% 的横坡，以利排水，当天的填土，必须当日完成压实				

4-3-9 季节性冻融翻浆地区路基

季节性冻土分类

表 4-21

土 的 名 称	冻前土的天然含水量 $w(\%)$	冻结期间地下水位低于冻结线 的最小距离 $h_w(m)$	冻胀类别
岩石、碎石土、砾砂、粗砂、中砂 (粉粘粒含量 $\leq 15\%$)	不考虑	不考虑	不冻胀
碎石土、砂砾、粗砂、中砂(粉粘 粒含量 $> 15\%$)	$w \leq 12$ ($S_r \leq 0.5$)	> 1.5	不冻胀
		≤ 1.5	弱冻胀
	$12 < w \leq 18$ ($0.5 < S_r \leq 0.8$)	> 1.5	冻胀
		≤ 1.5	强冻胀
	$w > 18$ ($S_r > 0.8$)	> 1.5	强冻胀
		≤ 1.5	强冻胀
细砂、粉砂	$w \leq 14$	> 1.5	不冻胀
		≤ 1.5	弱冻胀
	$14 < w \leq 19$	> 1.5	冻胀
		≤ 1.5	强冻胀
	$w > 19$	> 1.5	强冻胀
		≤ 1.5	强冻胀
粘 性 土	$w \leq w_p + 2$	> 2.0	不冻胀
		≤ 2.0	弱冻胀
	$w_p + 2 < w \leq w_p + 5$	> 2.0	冻胀
		≤ 2.0	强冻胀
	$w_p + 5 < w \leq w_p + 9$	> 2.0	强冻胀
		$0.5 < h_w \leq 2.0$	强冻胀
		≤ 0.5	特强冻胀
	$w > w_p + 9$	> 1.0	强冻胀
		≤ 1.0	特强冻胀

注: ① w_p ——塑限含水量; w ——天然含水量(标准冻深范围内冻前含水量的平均值); S_r ——土的饱和度。

② 冻胀类别根据冻胀率 k_d 分为五级(k_d 系天然地表最大冻胀量与标准冻深之比值的百分数);

冻胀率 k_d	$k_d \leq 1$	$1 < k_d \leq 3.5$	$3.5 < k_d \leq 6$	$6 < k_d \leq 13$	$k_d > 13$
类 别	不冻胀土	弱冻胀土	冻胀土	强冻胀土	特强冻胀土

③ 当含盐量超过 0.5% 时, 应根据实际情况降级考虑。

项 目	季 节 性 冻 融 地 区 路 基 施 工 有 关 规 定 和 要 求
翻浆现象与防治原则	<p>1. 翻浆是季节性冰冻地区公路特有的冻害现象,轻则路面弹簧、网裂,重则鼓包、冒泥、压翻,它能降低车速 30%~50%,严重年份养修费用比例高达小修养修费用的 50%~60%,因此翻浆地区路基施工必须贯彻以防为主、防治结合的原则</p>
切实做好排水措施	<p>2. 翻浆地区路基,首先必须注意切实做好路基排水,保证路基填土高度和压实要求。高速公路和一级公路除考虑强度因素外,还需考虑冻胀对路基、路面的影响。</p> <p>由于施工过程中排水措施不好,或竣工后未能形成完整有效的排水系统,往往导致通车后不久,季冻地区路面损坏。因此,如何防止路基表面水的渗入,降低地下水位,减少路基的原始含水量,切断翻浆过程中水的供给来源等都是不可忽视的</p>
防 止 翻 浆 的 工 程 措 施	<p>3. 为防止翻浆,可在路基一定深度处设置隔离层,隔离层宜高出地表水面 25cm,有效厚度一般为 20cm,用碎石、砾石、粗砂、土工布等铺成,为防止淤塞,可在其上、下面反铺草皮或土工织物防淤,上、下面宜设 3%~4% 的横坡,以利排除水分。</p> <p>对采用不透水隔离层时,可选用 3cm 厚含沥青 8%~10% 的沥青土或 6%~8% 的沥青砂;或沥青油毡、塑料膜等作隔离层。</p> <p>隔离层对新旧路线翻浆均可采用,新线尤佳。</p> <p>不透水隔离层多适用于不透水路面的路基中,在透水路面上,只能设置透水隔离层</p>
换填土	<p>4. 采用水稳性好、冻稳性好、强度高的粗颗粒土换填路基上部。换填选料原则是:冻胀时路面不致产生有害变形,冻融时路床承载力不致下降,换填厚度应控制在最大冻深的 70%~100%</p>
隔温层	<p>5. 在路基上部或路面底基层处设置隔温层,用以延缓和减小负气温的强度,隔温层材料可选择炉渣、矿渣、碎砖,厚度一般 20~50cm</p>
横 向 盲 沟 降 水	<p>6. 道路纵坡大于 3% 的坡腰翻浆路段,当中级路面基层采用透水性材料时,为能及时排出透水性层内的纵向水流和春融期土基化冻时的多余水分,可在路槽下设置横向盲沟。</p> <p>横向盲沟可设置成人字形,纵向间距一般为 10m 左右,沟深 20~40cm,宽 40~50cm,填以砾等透水性良好材料,出口接一般盲沟处理</p>
管 渗 沟 等 降 水	<p>7. 为降低路基附近的地下水位,可采用有管渗沟,为拦截并排除流向路基的层间水,可采用截水渗沟疏排。</p> <p>为防止渗沟被淤塞,根据工程重要性及其现场条件,必要时可采取土工布外覆盖层,以维护渗沟的通畅</p>
土 工 布 排 水	<p>8. 采用土工布排水是在路基上部一定深度平铺过滤型土工布或塑编布,其上铺填 30~40cm 砂砾层,然后继续填土至路基顶面</p>

项 目	季节性冻融地区路基施工有关规定和要求	
改善路面结构层	砂(砾)垫层	9. 铺设砂(砾)垫层防治翻浆作用在于隔断毛细水上升,冻融期具有蓄水、排水作用,且在冻结和融化时,砂(砾)垫层的体积变化不大,因而可减轻路面冻胀和融沉。砂垫层的经验厚度为:土基为中湿时,采用15~20cm;潮湿时用20~30cm
	石灰土结构层	10. 石灰土防治翻浆的作用,具有一定的板体性,可使行车荷载传至土基上的应力分布均匀,并逐渐扩散减小。石灰土水稳和冰稳性均较好,力学强度也较高,又属多孔性材料,对土基水温状况有调节作用。铺设石灰土的经验厚度按翻浆等级为:轻型15~20cm,中型20~25cm,重型20~40cm或石灰土20~30cm、砂垫层20~30cm联合使用。 石灰土基层的石灰剂量,应根据强度和稳定性要求选定,上层可采用8%~12%,下层可采用6%~8%,石灰土垫层的剂量可用4%~6%
	煤渣石灰土结构层	11. 煤渣石灰土结构层防治翻浆的作用,与石灰土大致相同,水稳性则较石灰土好。煤渣石灰土的质量配合比一般为: $\text{石灰} : \text{土} : \text{煤渣} = (8 \sim 10) : (37 \sim 20) : (55 \sim 70)$ 煤渣石灰土做基层时,煤渣、石灰剂量用高限,做垫层可用低限。其结构层厚度可根据地区经验确定,一般不小于15cm。 煤渣石灰土可处理轻、中、重冰冻地区的各种翻浆,基层或垫层均可用,特别适用于做基层
其 他	12. 除上述外,还有二灰土、砂砾基层、水泥稳定基层、砂砾垫层等,其厚可根据设计计算确定。上述各种防治翻浆措施,可根据具体情况采用一种或两种以上综合治理	

4-4 冬期、雨季路基施工

4-4-1 冬期路基施工

冬期路基施工的有关规定和要求

表 4-23

项 目	冬 期 路 基 施 工 的 有 关 规 定 和 要 求	
冬季或冬期施工的基本范围	1. 《公路路基施工技术规范(JTJ 033-95)》规定,在反复冻融地区,昼夜平均温度在-4℃以下,连续15d(天)以上时进行路基施工称为冬季路基施工。当昼夜平均温度虽然上升到-4℃以上,但冻土未完全融化时,亦应按冬季施工办理。《城市道路路基工程施工及验收规范(CJJ 44-91)》规定,昼夜平均气温连续10d(天)以上低于-3℃时为冬期。路基冬期施工,应制定冬期施工技术措施	
冻土开挖	2. 开挖冻土,可采用机械或人工刨除表面冻层,挖到设计标高立即碾压成型。如当日达不到设计标高,下班前应将操作面刨松或覆盖,防止冻结。 3. 每日开工时应先开挖向阳处,气温回升后再开挖背阴处。开挖遇水应做临时排水沟及时排除。 4. 开挖冻土应根据冻土深度、机械设备情况,可采用人工破碎或冲击机械、正铲挖掘机等。冻土层较厚时可用爆破法破碎	

项 目	冬 期 路 基 施 工 的 有 关 规 定 和 要 求			
有关填筑路基的规定 (CJJ 44-91)	5. 室外平均气温高于 -5°C 时,填土高度不受限制;低于 -5°C 时,则不得超过下列数值:			
	温度范围($^{\circ}\text{C}$)	$(-5)\sim(-10)$	$(-11)\sim(-15)$	$(-16)\sim(-20)$
	填土高度(m)	4.5	3.5	2.5
	6. 用砂、砂砾、石块填筑路基时,填土高度不受气温条件限制。填筑前应先清除地面积雪、冰块,并根据工程需要及设计要求,决定是否刨出冰层,再次水平分层填土。			
	7. 填土后立即铺筑高级路面或次高级路面的路基,严禁用冻土填筑。填筑冻土的路段,当年不得铺筑高级或次高级路面,并在铺筑前应检验填土密实度符合路基压实度要求(表 3-32)后方可铺筑。			
公路路基填筑施工规定 (JTJ 033-95)	8. 路床顶面以下 1m 范围内,不得用冻土填筑。			
	填筑路基的冻土含量不得超过 30%,冻土块粒径不得大于 5cm,冻土必须与好土掺匀,严禁集中使用。			
	9. 季节性冰冻地区春融期施工的冻土,除按上述有关规定外,并注意防止受到雨水浸泡,加强路基排水。			
	10. 冬季施工的路基填料,应选用未冻结的砂类土、碎、卵石土,开挖石方的石块石渣等透水性良好的土,禁用含水量过大的粘性土。高速、一级公路,禁用冻结填料筑路堤,其他公路可用含有部分冻土(冻土块含量不宜超过 30%,冻土块粒径不大于 5cm)的填料并分散填筑,不得将冻土块集中填在一处(与上述第 8 条同样要求)。			
	11. 冬季填筑路堤,应按横断面全宽平填,每层松厚应按正常施工减少 20%~30%,且最大松厚不得超过 30cm,压实度不得低于正常施工时的要求。当天填的土必须当天完成碾压。			
公路路基开挖施工 (JTJ 033-95)	12. 挖填方交界处,填土低于 1m 的路堤均不应在冬季填筑,涵洞的基坑及洞顶的填土,必须选用砂、砂砾等透水材料分层压实,填到洞顶 1m 以上,方可随路堤一齐填筑。桥头路堤、锥坡填心都应选用砂砾等透水材料分层夯填密实。			
	13. 冬季施工取土坑应远离填方坡脚,如条件限制需在路堤附近取土时,取土坑内侧到填方坡脚的距离应不得小于正常施工护坡道的 1.5 倍。			
	14. 冬季施工填筑的路堤,每层每侧都应超填 30~35cm 的宽度,待正常施工时修整边坡,削去多余部分并拍打密实或加固。			
	15. 当冻土层被开挖到未冻土后,应连续作业,分层开挖中间停顿时间较长时,应在表面覆盖保温,避免重复被冻。			
	16. 路堑挖方边坡不应一次挖足设计线,应预留 30cm 厚台阶,待到正常施工季节再削去预留台阶,整理达到设计边坡。			
公路路基开挖施工 (JTJ 033-95)	17. 路堑挖至路面上 1m 时,挖好排水沟,停止开挖并在表面覆以雪或松土,待到正常施工时再挖去其余部分。			
	18. 冬季开挖路堑,必须从上向下开挖,严禁掏空挖掘,以防事故。			
	19. 冬季施工开挖路堑的弃土要远离路堑边坡顶堆放。弃土堆高度一般不应大于 3m,弃土堆坡脚到路堑边坡顶的距离一般不得小于 3m,深路堑或松软地带应保持 5m 以上;弃土堆应摊开平整,严禁将弃土堆于路堑边坡顶上。			

注:项目栏内所注规范编号系指根据该规范摘编。

4-4-2 雨季路基施工

雨季路基施工的有关规定和要求*

表 4-24

项 目	雨 季 路 基 施 工 的 有 关 规 定 和 要 求
雨季路基施工准备	<p>1. 雨季施工前应做好施工准备工作, 区分路段, 进行适合于雨季施工项目的安排, 并利用雨季修建施工便道, 选择地势较高处搭建临时住址、库房, 车辆停放场地的平整、铺筑等。便道应能晴雨畅通, 临时设施应远离泥石流沟槽冲积堆。</p> <p>2. 雨季路基施工, 应特别注意做好排水工作, 开工时须开挖排水沟道, 以利雨水排除, 可利用边沟位置沟通排水沟把水引向出口。在地势低洼地段应在边沟外侧作好围堰(沿边沟的土壤)防止雨天汇水。</p> <p>3. 利用雨季储备足够的工程材料与生活物资并做好施工机械设备的保养修理</p>
雨季路堤填筑施工	<p>4. 雨季施工填筑路堤应用透水性好的碎、卵石、砂砾、石方碎渣和砂类土作为填料。利用挖土作填方时, 应随挖随填及时压实。含水量过大又无法晾干的土可按表 4-19 内过湿土的处理措施办理。</p> <p>5. 路堤应分层填筑。每层表面保持由路中向路侧的 2%~3% 的排水坡度, 并注意当天填筑的土层, 当天完成压实。</p> <p>6. 雨季填筑路堤需借土时, 取土坑应远离坡脚, 平原区顺路基纵向取土时, 取土坑深度一般宜不大于 1m</p>
雨季路堑开挖施工	<p>7. 开挖路堑前在路堑边坡坡顶 2m 以外开挖截水沟并接通出水口, 用以截断坡顶上的来水。</p> <p>8. 雨季开挖路堑宜分层挖掘, 每挖一层均应设置排水纵横坡。挖方边坡不宜一次挖到设计标准, 应沿坡面保留 30cm, 待雨季结束后再整修到设计坡度。以挖作填的挖方要随挖随运随填。</p> <p>9. 雨季开挖路堑不宜一次挖到路床标高, 挖至设计标高以上 30~50cm 时应停止开挖, 并在两侧挖临时性排水沟。待雨季后再挖至路床设计标高后压实。高速公路或一级公路, 如土的强度低于表 3-11 内填料最小强度的规定则应超挖 50cm, 一般公路可只超挖 30cm, 用粒料分层回填并按路床要求压实</p>
爆破炮眼及挖方处理要求	<p>10. 雨季开挖石方路堑, 采用爆破时的炮眼应尽量水平设置。边坡应按设计坡度自上而下层层刷坡, 并应随时核对其坡度是否符合设计要求。挖出的石渣应利用移挖作填。必须废弃时应按表 4-23 第 19 条办理</p>

* 参照《公路路基施工技术规范(JTJ 033-95)》编表。