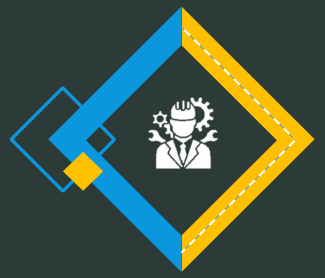
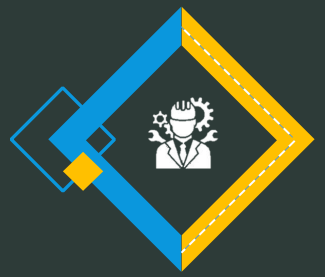
一级建造师
公路工程管理与实务

冲刺串讲班

授课教师：梁静



1B410000
公路工程施工技术



1B411010
路基施工技术

1B411011 路基施工技术准备

技术准备工作的内容主要包括：熟悉设计文件、现场调查核对、设计交桩、复测与放样、试验及试验路段施工等。

二、试验

3.土的试验项目包括天然含水率、液限、塑限、颗粒分析、击实、CBR等，必要时还应做相对密度、有机质含量、易溶盐含量、冻胀和膨胀量等试验。

1B411011 路基施工技术准备

三、试验路段

试验路段长度不宜小于200m。下列情况下，应进行试验路段施工：

(1)二级及二级以上公路路堤。

(2)填石路堤、土石路堤。

(3)特殊填料路堤。

(4)特殊路基。

(5)拟采用新技术、新工艺、新材料、新设备的路基。

1B411012 原地基处理要求

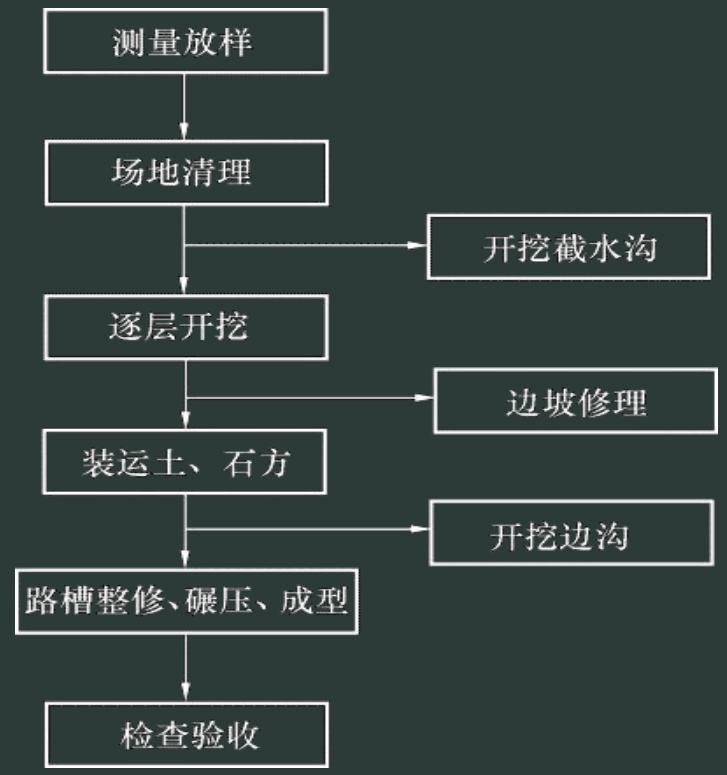
一、土质路堤地基表层处理要求

1.稳定的斜坡上，地面横坡缓于1:5时，清除地表草皮、腐殖土后，可直接填筑路堤；地面横坡为1:5～1:2.5时，原地面应挖台阶，台阶宽度不应小于2m。

1B411013 挖方路基施工

一、土质路堑施工技术

1.土质路堑施工工艺流程



1B411013 挖方路基施工

2.作业方法

1）横向挖掘法

方法	适用条件
单层横向全宽挖掘法	挖掘浅且短的路堑
多层横向全宽挖掘法	挖掘深且短的路堑

1B411013 挖方路基施工

2）纵向挖掘法

（1）分层纵挖法：适用于较长的路堑开挖。

（2）通道纵挖法：该法适用于较长、较深、两端地面纵坡较小的路堑开挖。

（3）分段纵挖法：该法适用于过长，弃土运距过远，一侧堑壁较薄的傍山路堑开挖。

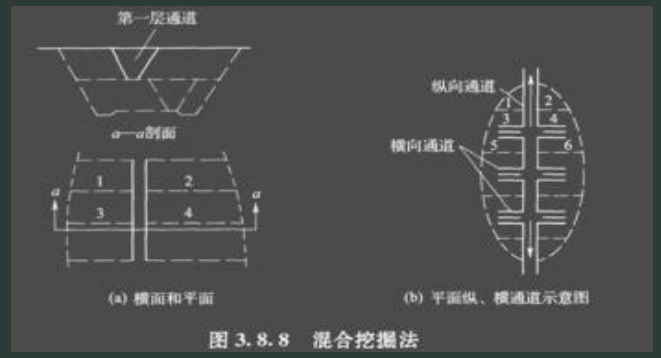


图 3.8.8　混合挖掘法

1B411013 挖方路基施工

3）混合式挖掘法

混合式挖掘法为多层横向全宽挖掘法和通道纵挖法混合使用。该法适用于路线纵向长度和挖深都很大的路堑开挖。

1B411013 挖方路基施工

挖方	软土开挖	平地机	修补道路、平整场地
		推土机	短距离铲土、运土
		拖式铲运机	中等距离铲土、运土
		自行式铲运机	中长距离铲土、运土
	硬土开挖	中、大型推土机（带液压松土器）	适用于风化岩、软岩、漂石混合土质的挖方
		凿岩机、空气压缩机	松土器不能挖掘时，利用炸药来爆破

1B411013 挖方路基施工

运输	道路上运输	推土机	适用于100m以内的短距离运土
		拖式铲运机	适用于500m以内的中距离运土
		自行式铲运机	适用于500m以上的中长距离运土
		装载机、翻斗车	适用于500m以上的中长距离运土。搬运岩石时，不能使用铲运机的情况下运距在50～150m处，可使用轮式装载机来装运

1B411013 挖方路基施工

压实	道路的填土、填筑堤坝等的压实	静力式压路机	适用于粘土、粉土的压实
		轮胎压路机	适用于砂砾石、砂质土及黏土和粉土的压实
		振动压路机	适用于砂砾石、砂质土的压实
		羊脚碾	适用于黏土、粉土的压实

1B411013 挖方路基施工

二、石质路堑施工技术

2.开挖方式

方式	备注
钻爆开挖	薄层开挖、分层开挖、全断面一次开挖和特高梯段开挖等方式。

1B411014 路基爆破施工

一、综合爆破施工技术

综合爆破一般包括小炮和洞室炮两大类。小炮主要包括钢钎炮、深孔爆破等钻孔爆破。洞室炮主要包括药壶炮和猫洞炮。

（1）钢钎炮通常指炮眼直径和深度分别小于70mm和5m的爆破方法。

（2）药壶炮每次可炸岩石数十方至数百方，是小炮中最省工、省药的一种方法。

1B411014 路基爆破施工

二、路基爆破施工技术

2．石质路堑爆破施工技术要点

（6）炮眼布置在整体爆破时采用“梅花形”或“方格形”，预裂爆破时采用“一字形”，洞室爆破根据设计确定药包的位置和药量。

1B411014 路基爆破施工

（8）爆破施工要严格控制飞石距离，采取切实可行的措施，如采用毫秒微差爆破技术，将一响最大药量控制为最深单孔药量，当最深梯段为H_T时，单孔装药量Q按下式计算：

$$Q = e \cdot q \cdot H_T \cdot W_d$$

式中 e——炸药换算系数；

q——梯段爆破单位耗药量；

W_d——最小抵抗线。

1B411015 填方路基施工

一、路基填料一般规定

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

4.粉质土不宜直接用于填筑二级及二级以上公路的路床，不得直接用于填筑冰冻地区的路床及浸水部分的路堤。

1B411015 填方路基施工

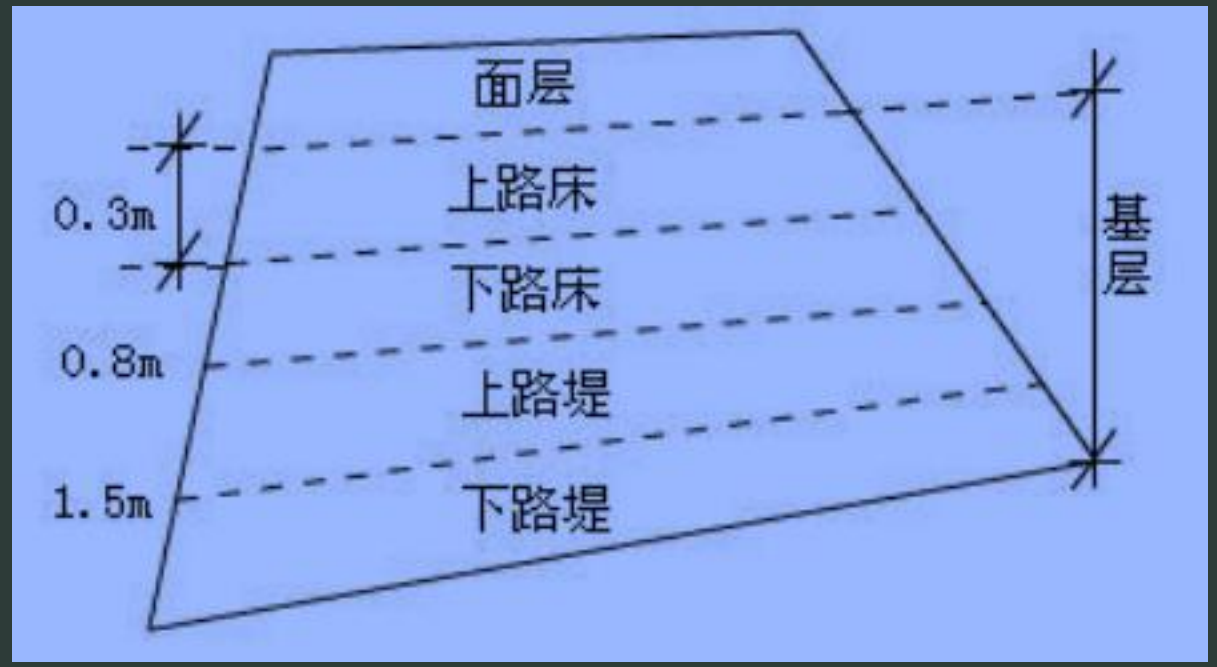
二、路床施工技术

1.零填、挖方路段的路床施工技术

（2）路床范围为过湿土时应进行换填处理，设计有规定时按设计厚度换填，设计未规定时按以下要求换填：高速公路、一级公路换填厚度宜为0.8～1.2m，若过湿土的总厚度小于1.5m，则宜全部换填；二级公路的换填厚度宜为0.5～0.8m。

1B411015 填方路基施工

（4）路床填筑，每层最大压实厚度宜不大于300mm，顶面最后一层压实厚度应不小于100mm。



1B411015 填方路基施工

三、路堤施工技术

1.填土路堤施工技术

1）填土路堤施工工序

主要包括：施工放样、清除表土、填前处理、分层填筑、整平、碾压、整修等。

1B411015 填方路基施工

2）填土路堤的填筑技术

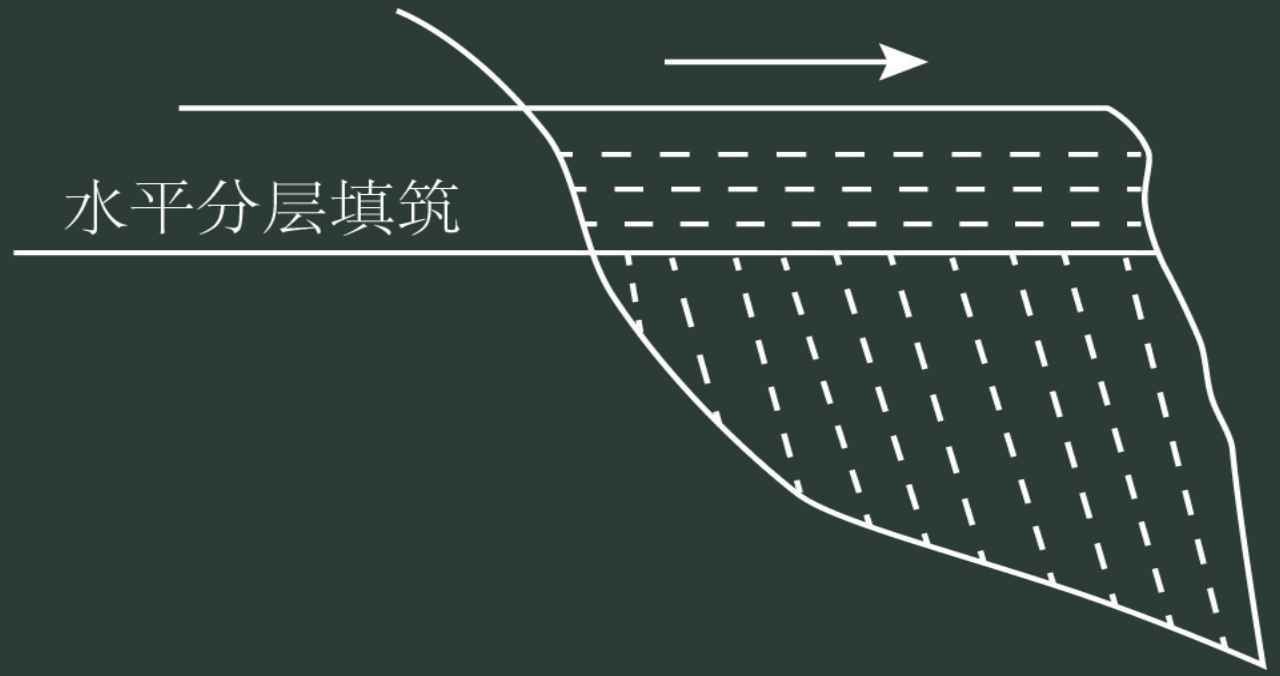
（1）填筑方法

①水平分层填筑。

③横向填筑。仅用于无法自下而上填筑的深谷、陡坡、断岩、泥沼等机械无法进场的路堤。

1B411015 填方路基施工

④联合填筑。一般沿线路分段进行，每段距离以20～40m为宜，多在地势平坦，或两侧有可利用的山地土场的场合采用。



1B411015 填方路基施工

4）土质路堤施工规定

（1）性质不同的填料，应水平分层、分段填筑、分层压实。

①同一层路基应采用同一种填料，不得混合填筑。

②每种填料的填筑层压实后的连续厚度不宜小于500mm。

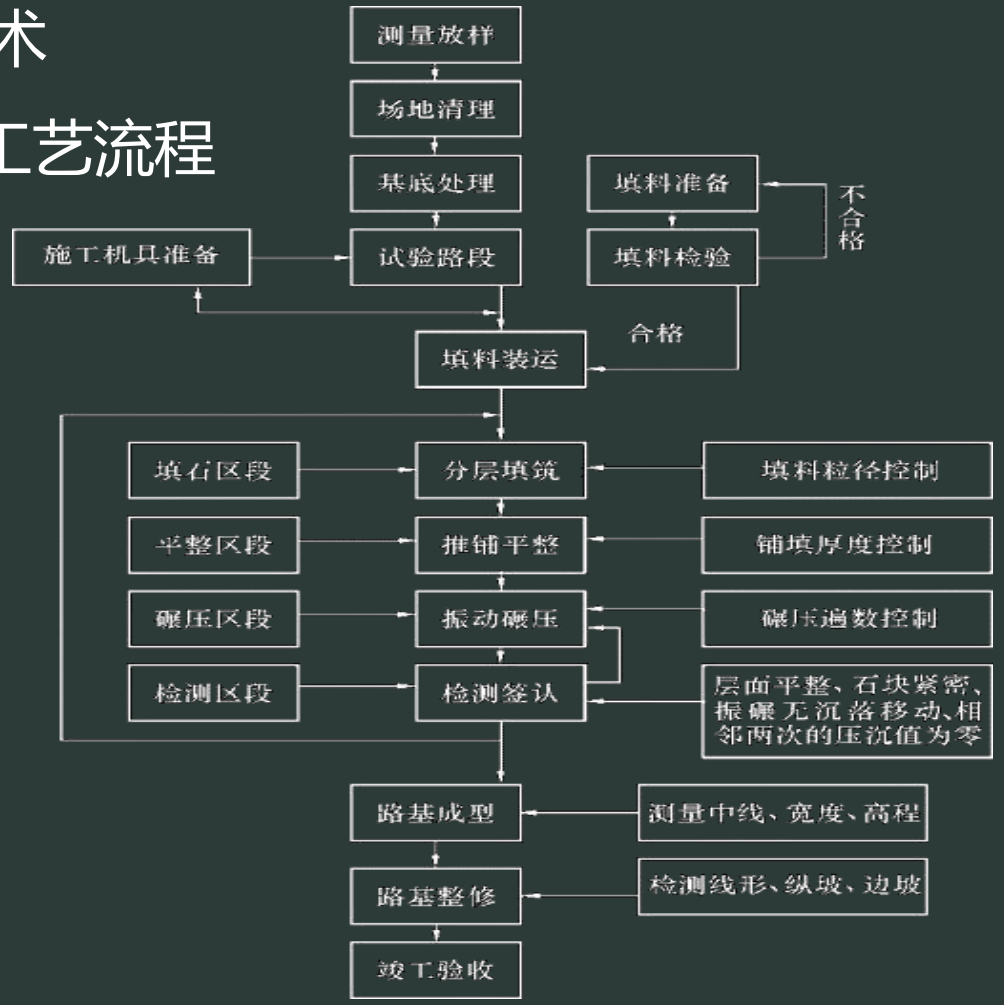
③路基上部宜采用水稳性好或冻胀敏感性小的填料。

④有地下水的路段或浸水路堤，应填筑水稳性好的填料。

1B411015 填方路基施工

2.填石路堤施工技术

1）填石路堤施工工艺流程



1B411015 填方路基施工

3）压实质量标准

填石路堤的压实质量标准宜采用孔隙率作为控制指标。孔隙率的检测应采用水袋法进行。

施工压实质量可采用孔隙率与压实沉降差或施工参数（压实功率、碾压速度、压实遍数、铺筑层厚等）联合控制。

1B411016 路基季节性施工

一、路基雨期施工

3.雨期填筑路堤

（2）每一填筑层的表面，应做成2%～4%的双向路拱横坡以利于排水，低洼地带或高出设计洪水位0.5m以下部位应选用透水性好、饱水强度高的填料分层填筑，并及时施作护坡、坡脚等防护工程。

（4）路堤应分层填筑，并及时碾压。

1B411016 路基季节性施工

4.雨期开挖路堑

（1）挖方边坡不宜一次挖到设计坡面，应预留一定厚度的覆盖层，待雨期过后再修整到设计坡面。

（2）雨期开挖路堑，当挖至路床顶面以上300～500mm时应停止开挖，并在两侧挖好临时排水沟，待雨期过后再施工。

（3）雨期开挖岩石路基，炮眼宜水平设置。

1B411016 路基季节性施工

二、路基冬期施工

在季节性冻土地区，昼夜平均温度在-3℃以下且连续10d以上，或者昼夜平均温度虽在-3℃以上但冻土没有完全融化时，均应按冬期施工办理。

1B411016 路基季节性施工

2.路基工程不宜冬期施工的项目

（1）高速公路、一级公路的土质路基和地质不良地区的公路路堤不宜进行冬期施工。土质路堤路床以下1m范围内，不得进行冬期施工。半填半挖地段、填挖交界处不得在冬期施工。

（2）铲除原地面的草皮、挖掘填方地段的台阶。

（3）整修路基边坡。

（4）在河滩低洼地带将被水淹的填土路堤。

1B411016 路基季节性施工

4. 冬期填筑路堤

（1）路堤填料应选用未冻结的砂类土、碎石、卵石土、石渣等透水性好的材料，不得用含水率大的黏质土。

（2）填筑路堤应按横断面全宽平填，每层松铺厚度应比正常施工减少20%～30%,且松铺厚度不得超过300mm。当天填土应当天完成碾压。

1B411016 路基季节性施工

6.冬期开挖路堑

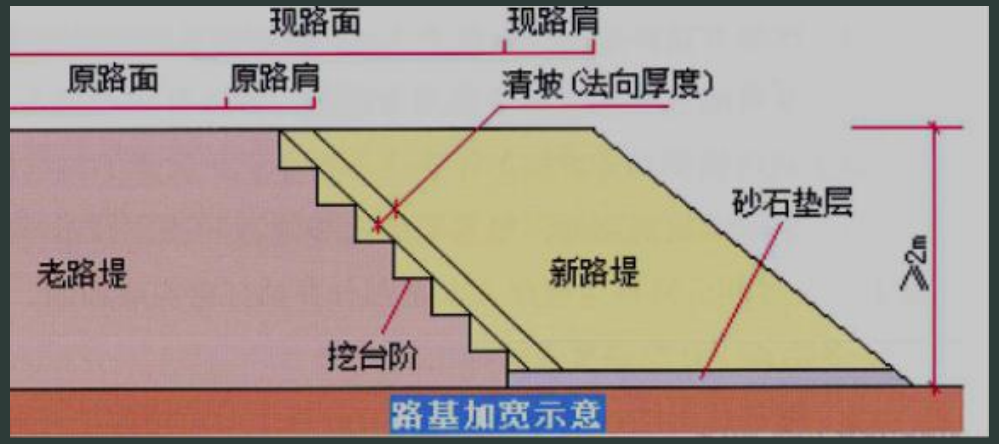
（1）挖方边坡不得一次挖到设计线，应预留一定厚度的覆盖层，待到正常施工季节后再修整到设计坡面。

（2）路基挖至路床顶面以上1m时，完成临时排水沟后，应停止开挖，待冬期过后再施工。

1B411017 路基改建施工

一、一般路堤拓宽施工要求

1.拓宽路堤填筑前，应拆除原有排水沟、隔离栅等设施。拓宽部分的基底清除原地表土应不小于0.3m ，清理后的场地应进行平整压实。老路堤坡面，清除的法向厚度应不小0.3m 。



1B411017 路基改建施工

三、挖方路基拓宽施工要求

1. 应在既有路基边缘设置防止飞石或落石的安全防护措施，并应设置警示标志。

2.边通车边施工时，宜采用机械开挖或静力爆破方式进行开挖。

3.采用爆破方式时，应按爆破施工方案组织施工，宜统一规定爆破时间段，爆破时应临时封闭交通。

1B411017 路基改建施工

三、新旧路基连接部处治技术要点

1.新路基填筑

1）地基处治

（1）低路堤处治

在路基填筑时，如有必要，可铺设土工布或土工格栅，以加强路基的整体强度及板体作用，防止路基不均匀沉降而产生反射裂缝。

1B411017 路基改建施工

（2）高路堤处治

施工中为了确保路基稳定、减少路基工后沉降，对高路堤拓宽可采取粉喷桩、砂桩、塑料排水体、碎石桩等处理措施，并配合填筑轻型材料。

1B411018 特殊路基施工技术

一、软土地区路基施工

（一）软土的工程特性

软土是指天然含水率高、天然孔隙比大、抗剪强度低、压缩性高的细粒土。软土可按表进行鉴别。当表中部分指标无法获取时，可以天然孔隙比和天然含水率两项指标为基础，采用综合分析的方法进行鉴别。

特征指标名称	天然含水率（%）		天然孔隙比	快剪内摩擦角（°）	十字板抗剪强度（kPa）	静力触探锥尖阻力（MPa）	压缩系数 $a_{0.1\sim0.2}$（MPa^{-1}）
黏质土、有机质土	≥35	≥液限	≥1.0	宜小于5	宜小于35	宜小于0.75	宜大于0.5
粉质土	≥30		≥0.9	宜小于8			宜大于0.3

1B411018 特殊路基施工技术

（二）软土地基处理施工技术

1.垫层和浅层处理

1）材料要求

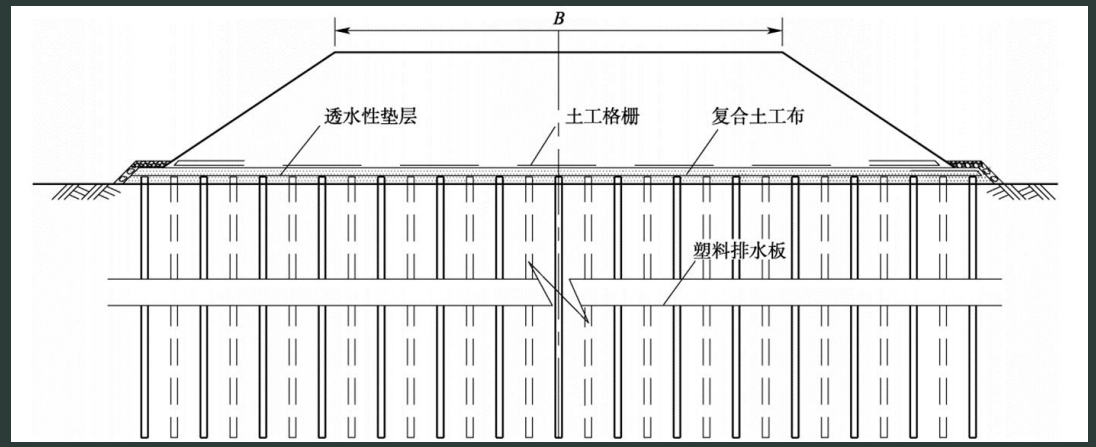
（3）矿渣垫层宜采用粒径20～60mm的分级矿渣，不得混入植物、生活垃圾和有机质等杂物。

表层压实法

1B411018 特殊路基施工技术

2.竖向排水

竖向排水体适用于深度大于3m的软土地基处理。竖向排水体可采用袋装砂井和塑料排水板。袋装砂井和塑料排水板可采用沉管式打桩机施工，塑料排水板也可用插板机施工。



1B411018 特殊路基施工技术

2）袋装砂井施工规定

施工工艺程序：整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具定位→打入套管→沉入砂袋→拔出套管→机具移位→埋砂袋头→摊铺上层砂垫层。

1B411018 特殊路基施工技术

3）塑料排水板施工规定

施工工艺程序：整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具就位→塑料排水板穿靴→插入套管→拔出套管→割断塑料排水板→机具移位→摊铺上层砂垫层。

1B411018 特殊路基施工技术

3.真空预压

真空预压施工应按排水系统施工、抽真空系统施工、密封系统施工及抽气的步骤进行。

当满足下列条件之一时，可停止抽气：

（1）连续5昼夜实测沉降速率小于或等于0.5mm/d。

（2）满足工程对沉降、承载力的要求。

（3）地基固结度达到设计要求的80%以上

1B411018 特殊路基施工技术

5.加固土桩

2）粉喷桩施工规定

（2）提升钻杆、喷粉搅拌时，应使钻头反向边旋转、边喷粉、边提升，提升速度宜为0.5～0.8m/min；当钻头提升至距离地面0.3～0.5m时，可停止喷粉。

（3）应根据设计要求，对桩身从地面开始1/3～1/2桩长并不小于5m 的范围内或桩身全长进行复搅。

1B411018 特殊路基施工技术

（4）应随时记录喷粉压力、瞬时喷粉量和累计喷粉量、钻进速度、提升速度等有关参数的变化。

问题	处理
发现喷粉量不足	应整桩复打，复打的喷粉量应不小于设计用量。
遇停电、机械故障	必须复打，复打重叠桩段长度应大于1m 。

1B411018 特殊路基施工技术

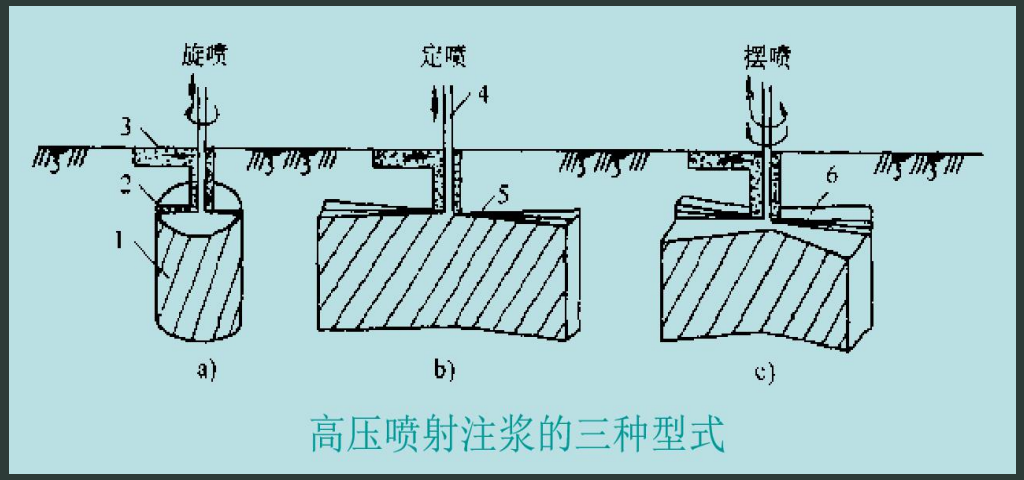
（5）出现沉桩

孔洞深度	处理
1.5m以内	可用8%的水泥土回填夯实。
超过1.5m	可先将孔洞用素土回填，然后在原位补桩，补桩长度应超过孔洞深度0.5m。

1B411018 特殊路基施工技术

3）浆喷桩施工规定

（2）提升钻杆、喷浆搅拌时，应使钻头反向，边旋转、边喷浆、边提升。当钻头提升至距离地面1m时，宜用慢速提升；当喷浆口即将出地面时，应停止提升，搅拌数秒，保证桩头搅拌均匀。



高压喷射注浆的三种型式

搅拌桩机的搅拌叶片

1B411018 特殊路基施工技术

（4）施工问题处理

应随时记录喷浆压力、喷浆量、钻进速度、提升速度等有关参数的变化。

问题	处理
发现喷粉量不足	应整桩复打。
施工中因故停浆	应使搅拌头下沉至停浆面以下0.5m，待恢复供浆后再喷浆提升。
停机超过3h	应拆卸输浆管路，清洗后方可继续施工，防止浆液硬结堵管。

1B411018 特殊路基施工技术

10.强夯和强夯置换

强夯法适用于处理碎石土、低饱和度的粉土与粘土、杂填土和软土等地基。强夯置换法适用于处理高饱和度的粉土与软塑、流塑的软黏土地基，处理深度不宜大于7m。

1B411018 特殊路基施工技术

11. 软土地区路堤施工要求

（2）填筑过程中，应严格控制填筑速率，并应进行动态观测。

（3）施工期间，路堤中心线地面沉降速率24h应不大于10～15mm，坡脚水平位移速率24h应不大于5mm。应结合沉降和位移观测结果综合分析地基稳定性。填筑速率应以水平位移控制为主，超过标准应立即停止填筑。

1B411018 特殊路基施工技术

三、湿陷性黄土地区路基施工

2.湿陷性黄土地基的处理措施

因地制宜采取换填土、重锤夯实、强夯法、预浸法（注水）、挤密法、化学加固法（硅酸钠溶液）等措施对地基进行处理。

1B411018 特殊路基施工技术

3. 陷性黄土路基施工

1）湿陷性黄土路堤填筑

（1）当CBR值不满足要求时，可掺石灰进行改良。

（2）黄土不得用于路基的浸水部位，老黄土不宜用作路床填料。

（3）填挖结合处应清除表层土和松散土层，顶部宜开挖成高度不大于2m、宽度不小于2m的多层台阶，并应对台阶进行压实处理。

1B411018 特殊路基施工技术

4. 地基陷穴处理方法

路基范围内的陷穴，应在其发源地点对陷穴进口进行封填，并截排周围地表水。现有的陷穴，可采用回填夯实、明挖回填夯实、开挖导洞或竖井回填夯实、灌砂、注浆或爆破回填等处理方法。

1B411018 特殊路基施工技术

四、滑坡地段路基施工

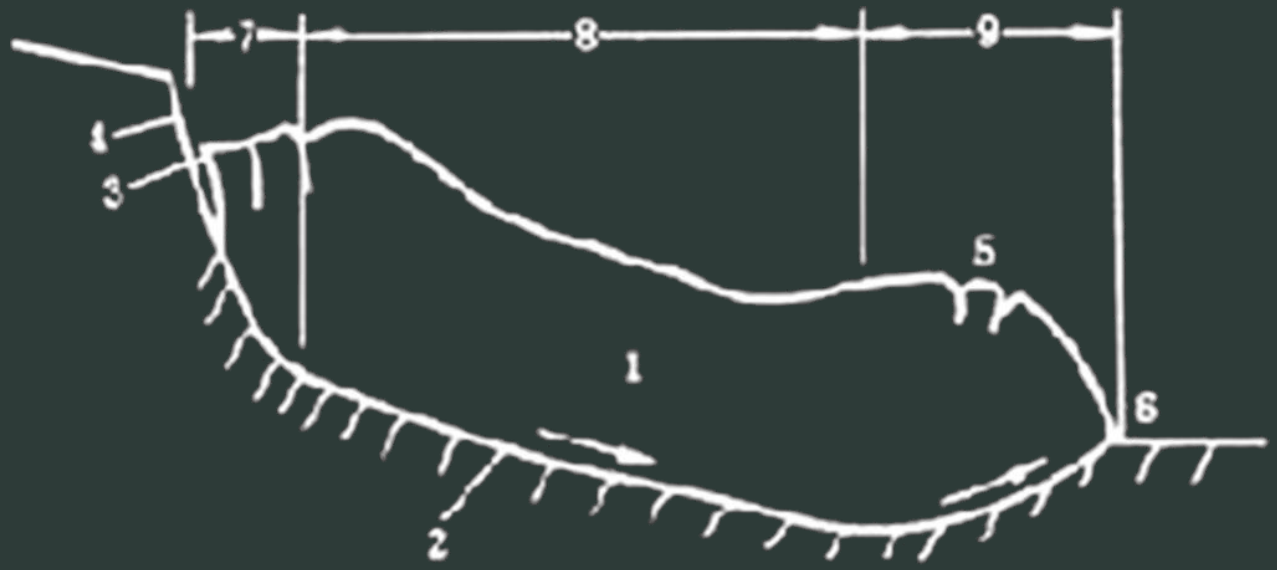


图3 滑坡断面示意图

1 滑坡体 2 滑动带 3 滑坡主裂缝 4 滑坡壁 5鼓张裂缝
6 滑坡舌 7 牵引段 8 主滑段 9搞滑段

1B411018 特殊路基施工技术

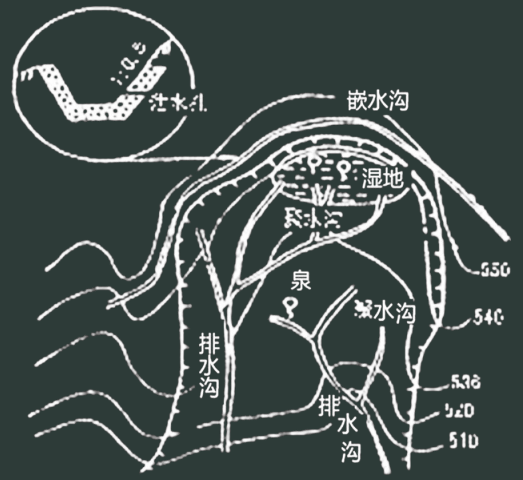
1）滑坡排水

（1）环形截水沟

（2）树枝状排水沟

（3）平整夯实滑坡体表面的土层

（4）排除地下水有支撑渗沟、边坡渗沟、暗沟、平孔等。



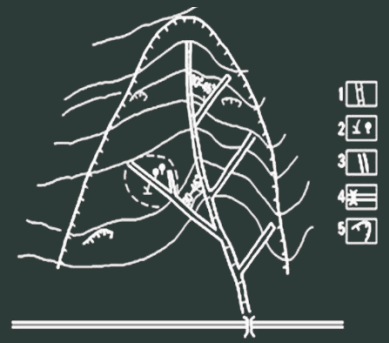


图 5-4　树枝状排水沟平面示意图

1、自然沟的清理或铺砌 2、泉水、湿地 3、排水明沟 4、公路、桥梁 5、滑坡周界

1B411018 特殊路基施工技术

2）力学平衡

当挖方路基上边坡发生的滑坡不大时，可采用刷方（台阶）减重、打桩或修建挡土墙进行处理以达到路基边坡稳定。牵引式滑坡、具有膨胀性质的滑坡不宜用滑坡减重法。

3）改变滑带土

一般有焙烧法、电渗排水法和爆破灌浆法等。