

1B4110000 路基工程

1B411015 填方路基施工

4)填石路堤填料要求(2020 年变化)

(1) 硬质岩石、中硬岩石可用于路堤和路床填筑；软质岩石可用于路堤填筑，不得用于路床填筑；膨胀岩石、易溶性岩石和盐化岩石不得用于路基填筑。

(2) 路基的浸水部位，应采用稳定性好、不易膨胀崩解的石料填筑。

(3) 路堤填料粒径应不大于 500mm，并宜不超过层厚的 2/3。路床底面以下 400mm 范围内，填料最大粒径不得大于 150mm，其中小于 5mm 的细料含量应不小于 30%。

3.土石路堤施工技术

1) 填筑方法

土石路堤不得采用倾填方法，只能采用分层填筑，分层压实。宜用推土机铺填，松铺厚度控制在 40cm 以内，接近路堤设计标高时，需改用土方填筑。

2) 土石路堤施工要求 (2020 年变化)

(1) 压实机械宜选用自重不小于 18t 的振动压路机。

(2) 应分层填筑压实，不得倾填。

(5) 填料由土石混合材料变化为其他填料时，土石混合材料最后一层的压实厚度应小于 300mm。

3) 土石路堤填料要求

(1) 膨胀岩石、易溶性岩石等不宜直接用于路基填筑，崩解性岩石和盐化岩石等不得用于路基填筑。

(2) 天然土石混合填料中，中硬、硬质石料的最大粒径不得大于压实层厚的 2/3；石料为强风化石料或软质石料时，其 CBR 值应符合表 1B411015-1 的规定，石料最大粒径不得大

于压实层厚。

4.高路堤施工技术（2020 年变化）

路基填土边坡高度大于 20m 的路堤称为高路堤。高路堤填料宜优先采用强度高、水稳性好的材料，或采用轻质材料。受水淹、水浸的部分，应采用水稳性和透水性均好的材料。



高路堤施工要求：

- (1) 高路堤段应优先安排施工，宜预留 1 个雨季或 6 个月以上的沉降期。
- (2) 高路堤施工中应按设计要求预留高度与宽度，并进行动态监控。
- (3) 高路堤宜每填筑 2m 冲击补压一次，或每填筑 4-6m 强夯补压一次。
- (4) 高路堤填筑过程中应进行沉降和稳定性观测。
- (5) 在不良地质路段的高路堤填筑，应控制填筑速率，并进行地表水平位移监测，必要时应进行地下土体分层水平位移监测。

5.粉煤灰路堤施工技术

粉煤灰可用于各级公路路堤填筑,不得用于高速公路、一级公路的路床和二级公路的上路床。



5.粉煤灰路堤施工技术

粉煤灰路堤一般由路堤主体部分、护坡和封顶层以及隔离层、排水系统等组成，其施工步骤与土质路堤施工方法相类似，仅增加了包边土和设置边坡盲沟等工序。

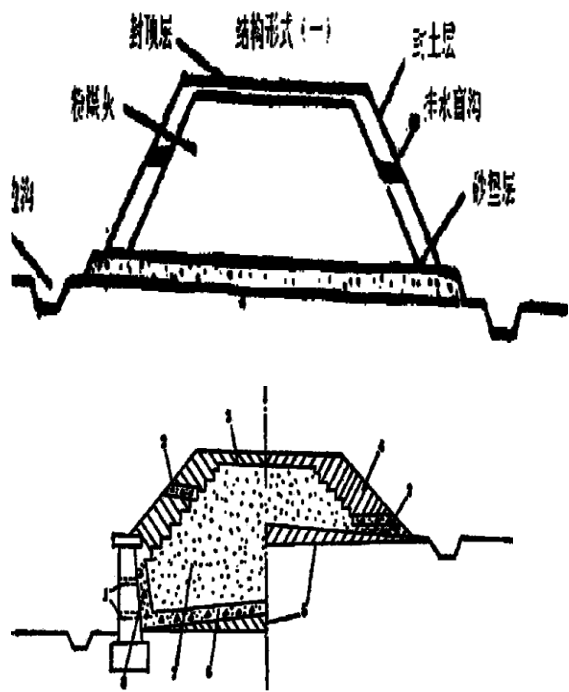


图2.4.1 粉煤灰路堤结构形式图
注：1-排水孔 2-盲沟 3-封顶层 4-土质护坡 5-土质护坡 6-粉煤灰高度 7-包边土 8-封顶层

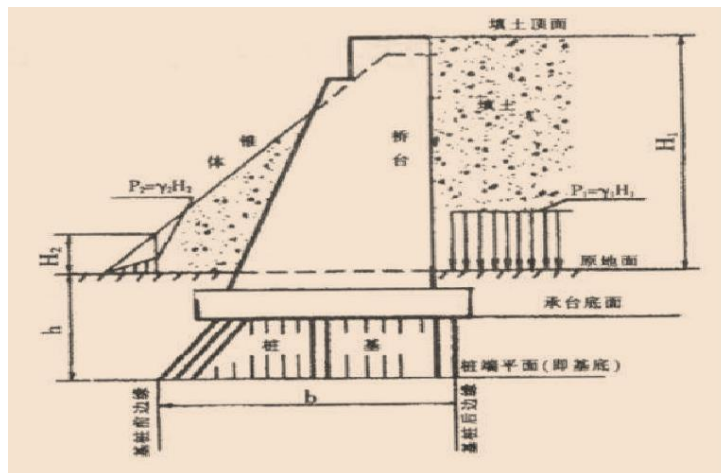
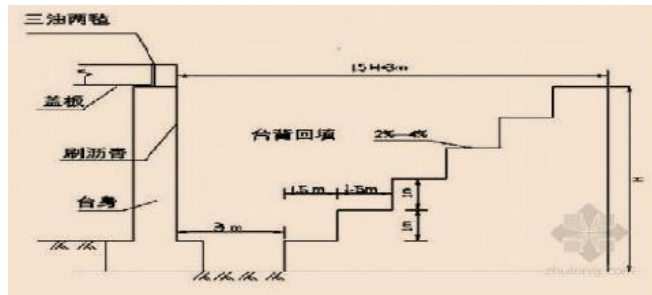
5.粉煤灰路堤施工技术（2020 年新增）

粉煤灰施工要求：

- (1) 大风或气温低于 0℃时不宜施工。
- (2) 有显著差别的灰源应分别堆放，分段填筑。
- (3) 路堤高度超过 4m 时，可在路堤中部设置土质夹层。
- (4) 粉煤灰路堤应进行包边防护，包边土应与粉煤灰同步施工，宽度宜不小于 2m。

6.台背与墙背填筑施工技术





6.台背与墙背填筑施工技术

1) 台背与墙背填筑施工要求

(1) 二级及二级以上公路应按设计做好过渡段，过渡段路堤压实度应不小于 96%；

二级以下公路的路堤与回填的联结部，应预留台阶。

(2) 台背和锥坡的回填宜同步进行。

(3) 台背与墙背 1.0m 范围内回填宜采用小型夯实机具压实。

(6) 涵洞两侧应对称分层回填压实。

(8) 台背与墙背回填，应在结构物强度达到设计强度的 75%以上时进行。

6.台背与墙背填筑施工技术

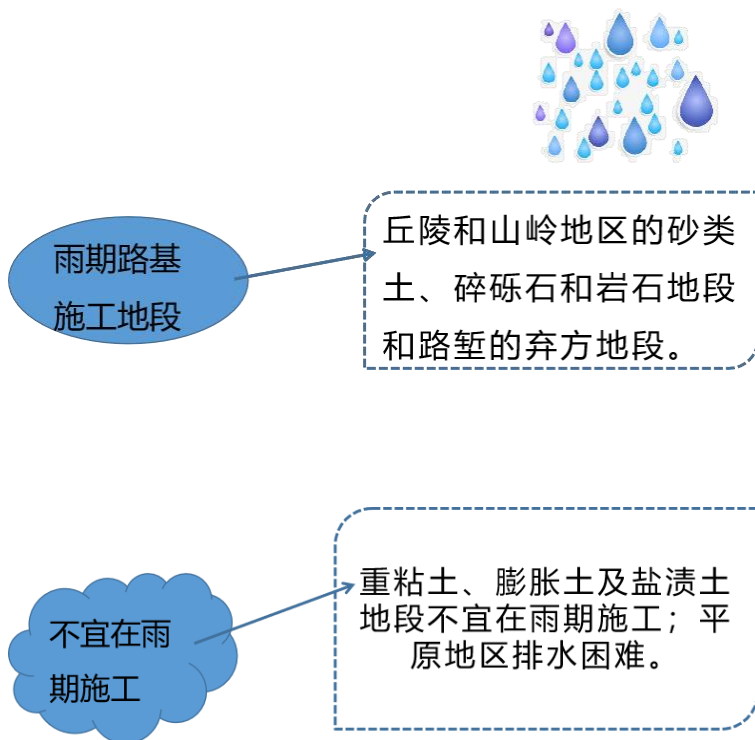
2) 台背与墙背填筑填料要求

填料宜采用透水性材料、轻质材料、无机结合料稳定材料等，崩解性岩石、膨胀土不得用于台背与墙背填筑。

1B411016 路基季节性施工

一、路基雨期施工

1.雨期施工地段的选择



3.雨期填筑路堤（2020 年变化）

- (1) 填料应选用透水性好的碎石土、卵石土、砂砾、石方碎渣和砂类土等。
- (2) 每一填筑层表面应做成 2%-4%双向路拱横坡以利于排水。
- (3) 雨期填筑路堤需借土时，取土坑的设置应满足路基稳定的要求。
- (4) 路堤应分层填筑，并及时碾压。

4.雨期开挖路堑（2020 年变化）

- (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。

二、路基冬期施工（定义变化）

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



1.路基工程可冬期进行的项目

(1) 泥沼地带河湖冻结到一定深度后，如需换土时可趁冻结期挖去原地面的软土、淤泥层换填合格的其他填料。

(2) 含水量高的流动土质、流沙地段的路堑可利用冻结期开挖。

(3) 河滩地段可利用冬期水位低，开挖基坑修建防护工程。

(4) 岩石地段的路堑或半填半挖地段，可进行开挖作业。

2.路基工程不宜冬期施工的项目

(1) 高速公路、一级公路的土路基和地质不良地区的二级以下公路路堤。

(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。

4.冬期填筑路堤（2020 年变化）

(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，不得用含水率大的教质土。

(5) 冬期过后应对填方路堤进行补充压实。

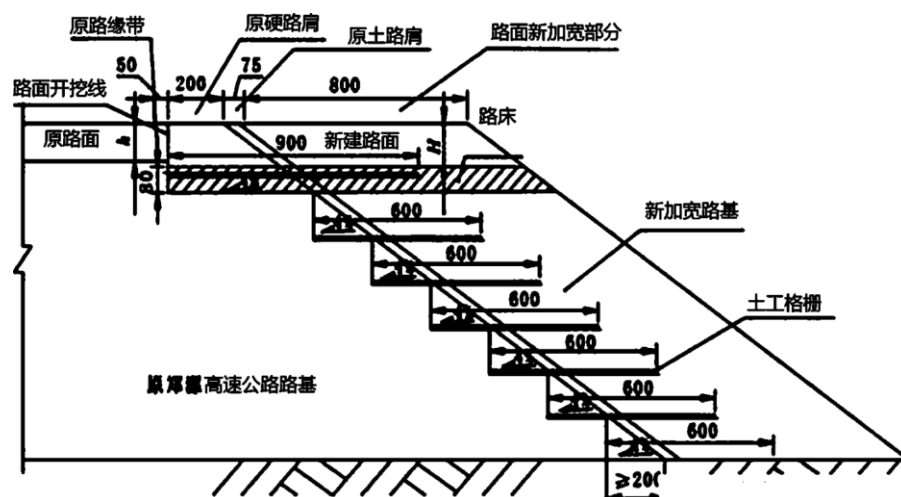
6.冬期开挖路堑（2020 年变化）

(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、路基加宽施工技术要点



一、一般路堤拓宽施工要求（2020 年新增）

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于 0.3m。

3.上边坡的既有防护工程宜与路基开挖同步拆除，下边坡的防护工程拆除时应采取措施保证既有路堤的稳定。

6.从老路堤坡脚向上开挖台阶时，应随挖随填，台阶高度应不大于 1.0m，宽度应不小于 1.0m。

8.宜在新、老路基结合部铺设土工合成材料。

9.拓宽路基应进行沉降观测，观测点应按设计要求设置。高路堤与陡坡路堤路段尚应进行稳定性监测。

二、高路堤与陡坡路堤拓宽施工要求（2020 年新增）

1.原坡脚支挡结构不宜拆除，结构物邻近处可用小型机具薄层夯实。

2.老路底部设置有渗沟或盲沟时，应做好排水通道的衔接施工。

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。

四、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

对于低路堤，当地基土不是十分软弱时，必要时可进行换填和加固。在路基填筑时如有必要可铺设土工或格栅土工布，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

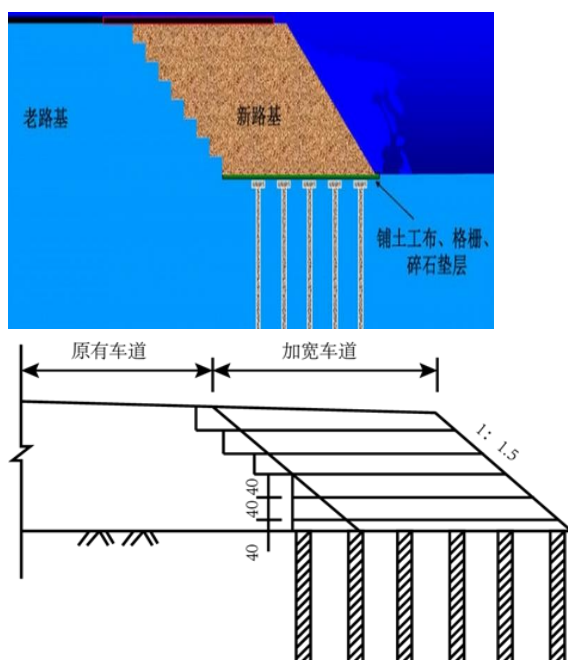
反射裂缝。



(2) 高路堤地基处治

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。

在高路堤的处治过程中，不宜单独采用只适合于浅层处治以及路基填土较低等情况的换填砂石或加固土处治。



2) 新填路基

新路基填土提高和改善填料性质的措施有：

(1) 轻质填料路堤（粉煤灰、石灰）

采用粉煤灰、石灰的轻质填料填筑的路堤，降低新路堤的自重，减小路堤的压缩变形，提高新路堤的强度和刚度，减小路基在行车荷载作用下的塑性累积变形

(2) 砂砾石填料

(3) 冲击补强

采用冲击压实方法可以有效地提高压实度，降低工后沉降量。

2. 新旧路基衔接的技术处理措施

(1) 清除旧路肩边坡上草皮、树根及腐殖土等杂物。

(2) 将旧土路肩翻晒或掺灰重新碾压，以达到质量要求。

(3) 修建试验路，改进路基开挖台阶的方案，由从土路肩开始下挖台阶，改为从硬路肩开始下挖台阶，以消除旧路基边坡压实度不足，加强新旧路基的结合程度，减少新旧路基结合处的不均匀沉降。

1B411018 特殊路基施工技术

特殊路基是指位于特殊土（岩）地段、不良地质地段，或受水、气候等自然因素影响强烈，需要进行特殊设计的路基。

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。包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。大部分软土的天然含水率 30%~70%，孔隙比 1.0~1.9，渗透

系数为 $10^{-8} \sim 10^{-7} \text{cm/s}$ ，其压缩系数 $a_{0.1 \sim 0.2}$ 一般为 $0.7 \sim 1.5 \text{MPa}^{-1}$ ，抗剪强度低（快剪粘聚力在 10kPa 左右，快剪内摩擦角 $0 \sim 5^\circ$ ），具有触变性，流变性显著。

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 ($^\circ$)	十字板抗剪强度 (kPa)	静力触探锥尖阻力 (MPa)	压缩系数 $a_{0.1 \sim 0.2}$ (MPa^{-1})
黏质土、有机质土	≥ 35	$\geq \text{液限}$	≥ 1.0	宜小于 5	宜小于 35	宜小于 0.75
粉质土	≥ 30		≥ 0.9	宜小于 8		宜大于 0.5

(二) 软土地基处理施工技术

1. 垫层和浅层处理

垫层和浅层处理适用于表层软土厚度小于 3m 的浅层软弱地基处理。垫层类型按材料可分为碎石垫层、砂砾垫层、石屑垫层、矿渣垫层、粉煤灰垫层以及灰土垫层等。浅层处理可采用换填垫层、抛石挤淤、稳定剂处理等方法。

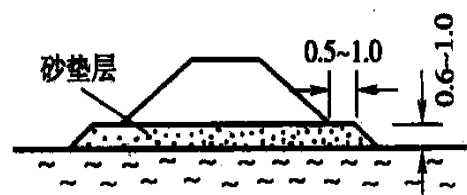


图 2-39 排水砂垫层(尺寸单位:m)

1) 材料要求

- (1) 砂砾垫层宜采用级配良好、质地坚硬的中、粗砂或砂砾。砂的颗粒不均匀系数不宜小于 10，不得含有草根、垃圾等杂物，含泥量应不大于 5%。
- (3) 矿渣垫层宜采用粒径 $20 \sim 60 \text{mm}$ 的分级矿渣，不得混入植物、生活垃圾和有机质等杂物。

(4) 粉煤灰垫层可采用电厂排放的硅铝型低钙粉煤灰，最大粒径不宜大于 2mm，小于 0.075mm 颗粒含量宜大于 45%，烧失量宜小于 12%。

(5) 灰土垫层的石灰剂量（石灰占混合料总质量的百分比），消石灰宜为 8%，磨细生石灰宜为 6%。土料宜采用塑性指数大于 15 的粘性土，不得含有有机质，土料粉碎后土块粒径不宜大于 15mm。

2) 碎石、砂砾、石屑、矿渣垫层施工规定

(1) 垫层宜采用机械碾压施工，碾压工艺和分层摊铺厚度应根据现场试验确定。压实遍数不宜少于 4 遍。

4) 灰土垫层施工规定

(1) 施工前应先施作排水设施，施工期间严禁积水。当遇到局部软弱地基或孔穴时，应挖除后用灰土分层填实。

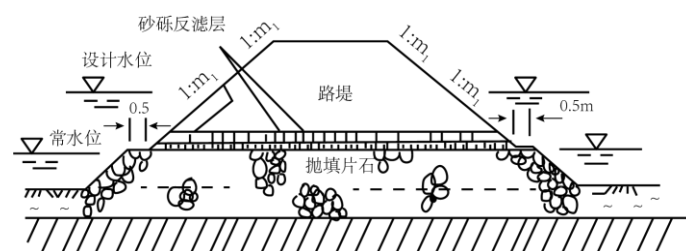
(2) 灰土应拌合均匀，严格控制含水率，拌好的灰土宜当日铺填压实；当土料中水分过多或不足时，应晾干或洒水润湿。

5) 抛石挤淤施工规定

(1) 当下卧地层平坦时，应沿道路中线向前呈三角形抛填，再渐次向两旁展开，将淤泥挤向两侧。

(2) 当下卧地层具有明显横向坡度时，应从下卧层高的一侧向低的一侧扩展，并在低侧边部多抛投不少于 2m 宽，形成平台顶面。

(3) 在抛石高出水面后，应采用重型机具碾压紧密，然后在其上设反滤层，再填土压实。



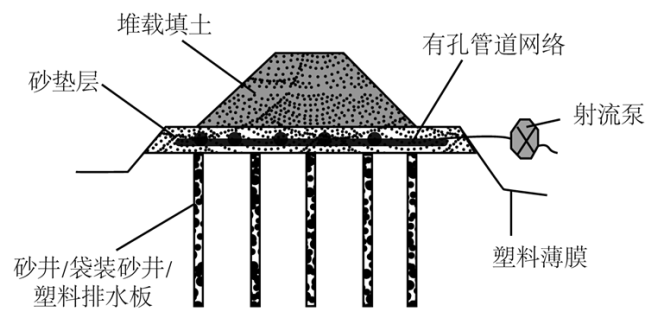
2.竖向排水

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。



用于对淤泥质土和淤泥地基进行处理时，宜与加载预压或真空预压方案联合使用。



真空堆载预压排水法示意图

2) 袋装砂井施工规定

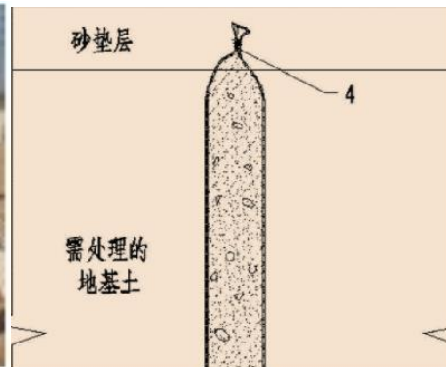
袋装砂井施工工艺流程：

整平地面→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。



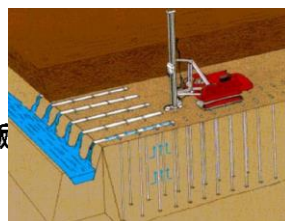
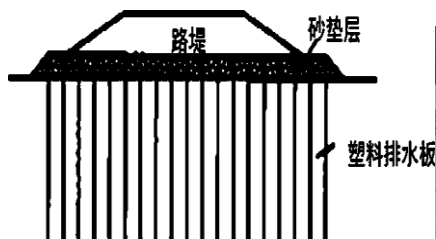
2) 袋装砂井施工规定

- (1) 砂宜以风干状态灌入砂袋。
- (2) 聚丙烯编织袋不宜长时间暴晒。
- (4) 套管起拔时应垂直起吊，防止带出或损坏砂袋；当发生砂袋带出或损坏时，应在原孔的边缘重新打入。
- (5) 砂袋顶部埋入砂垫层的长度不应小于 0.3m，应竖直埋入，不得横置。

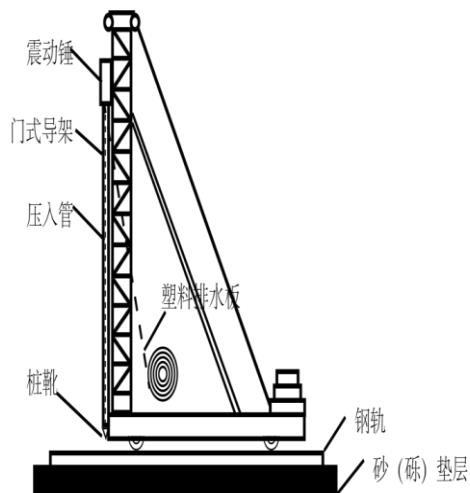


3) 塑料排水板施工规定

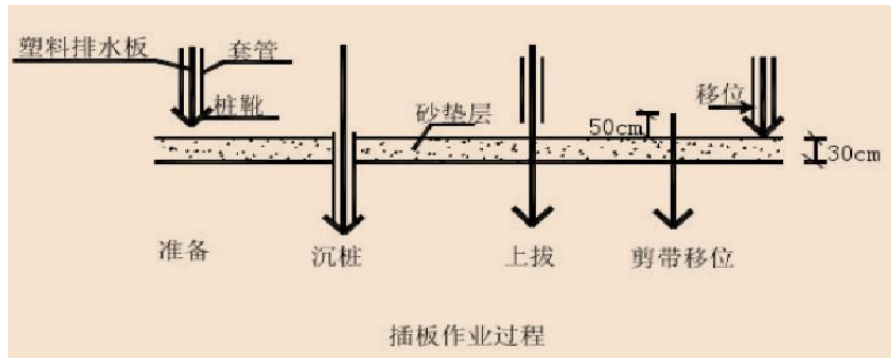
塑料排水板施工工艺程序: 整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具就位→塑料排水板穿靴→插入套管→拔出套管→割断塑料排水板→机具移位→摊铺上层砂垫层。



塑料排水板插板示意图



塑料排水板插板主要由门式导架、基座、支撑杆、压入管、卷扬机、振动锤、行走系统组成。其中压入管为 $\Phi 150\text{mm}$ 的钢管，下端固定有带开口的桩靴。



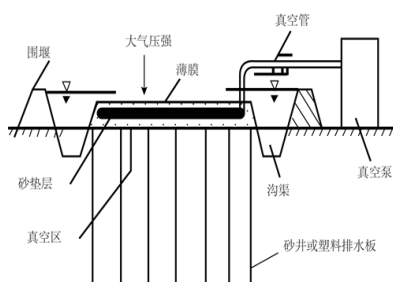
3) 塑料排水板施工规定

(1) 塑料排水板不宜长时间暴晒，盘带露天堆放时应有遮盖，以防老化。

(3) 塑料排水板与桩靴的连接，宜采用穿过桩靴上的固定架之后将板体对折不小于 0.1m，连同桩靴一起塞入套管的方式。

3.真空预压

真空预压法适用于对软土性质很差、土源紧缺、工期紧的软土地基进行处理。





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。

4.粒料桩

粒料桩可采用振冲置换法或振动沉管法成桩。振冲置换法适用于处理十字板抗剪强度不小于 15kPa 的软土地基；振动沉管法适用于处理十字板抗剪强度不小于 20kPa 的软土地基。

振冲置换法施工可采用振冲器、吊机或施工专用平车和水泵。

振动沉管法施工宜采用振动打桩机和钢套管。



5.加固土桩

加固土桩适用于处理十字板抗剪强度不小于 10kPa、有机质含量不大于 10%的软土地基。

加固土桩包括粉喷桩与浆喷桩。施工前应进行成桩工艺和成桩强度试验。

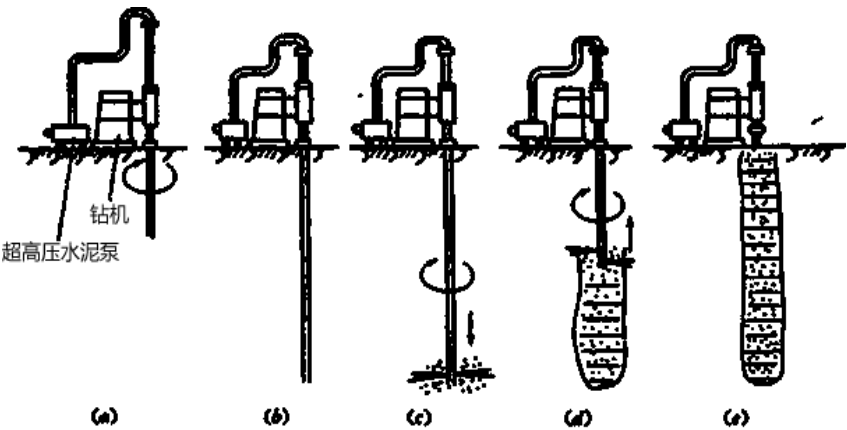


图 11-7 旋喷法施工流程图

(a)定位，钻进；(b)钻至预定深度；(c)开始旋喷；(d)边旋喷边提升；(e)旋喷结束成桩

2) 粉喷桩施工规定

- (1) 钻进速度宜为 0.8 ~ 1.5m/min。
- (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。
- (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 。

(5) 出现沉桩

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

3) 浆喷桩施工规定

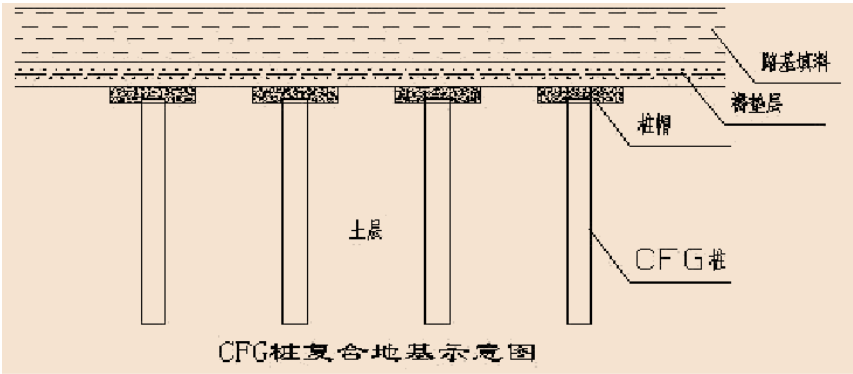
- (1) 制备好的浆液不得离析，不得长时间放置，超过 2h 的浆液应废弃。
- (2) 提升钻杆、喷浆搅拌时，应使钻头反向，边旋转、边喷浆、边提升。当钻头提升至距离地面 1m 时，宜用慢速提升；当喷浆口即将出地面时，应停止提升，搅拌数秒，保证桩头搅拌均匀。
- (3) 应根据设计要求，对地面以下一定深度范围内的桩身进行复搅。
- (4) 施工问题处理

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。
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。

6.水泥粉煤灰碎石桩

水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）适用于处理十字板抗剪强度不小于 20kPa 的软土地基。



水泥粉煤灰碎石桩



2.CFG 桩施工规定

- (1) 混合料搅拌时间不得少于 1min。
- (2) 沉管至设计高程后应尽快投料，首次投料量应使管内混合料面与投料口平齐。桩顶超灌高度不宜小于 0.5m。
- (3) 沉管宜在设计高程留振 10s 左右，然后边振动、边拔管。拔管过程中不得反插。
- (4) 成桩过程中，每个台班应做不少于一组（3 个）试块（边长 150mm 的立方体），检验其标准养护 28d 抗压强度。
- (5) 当设计桩距较小时，宜按隔桩跳打的顺序施工。施打新桩与已打桩间隔的时间不应少于 7d。

7.刚性桩

刚性桩适用于处理深厚软土地基上荷载较大、变形要求较严格的高路堤段、桥头或通道与路堤衔接段。

9.路堤地基隔离墙

路堤地基隔离墙适用于相邻两路堤之间，或已建成路堤与拓宽路堤之间出现相互干扰，对地基渗流、变形、稳定等产生不利影响情况下的隔离。

隔离墙按其作用与功能可分为防渗型隔离墙和支挡型隔离墙。

10.强夯和强夯置换

强夯法适用于处理碎石土、低饱和度的粉土与黏土、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。

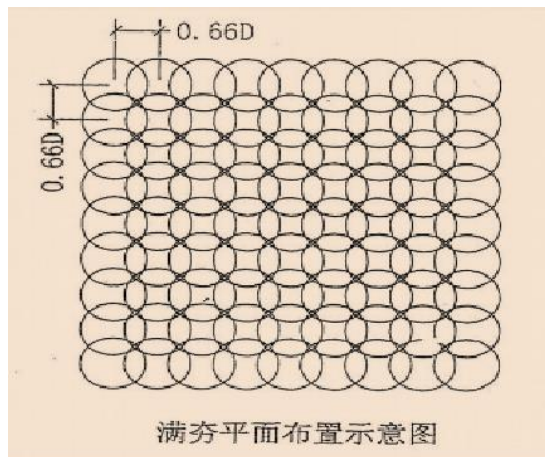


强夯处理范围应超出路堤坡脚，每边超出坡脚的宽度不宜小于 3m。强夯置换处理范围应为坡脚外增加一排置换桩。

采用强夯法处理软土地基时，应在地基中设置竖向排水体。对于地下水水位较高的地基，强夯前应采取降水措施，将地下水位降至加固层深度以下。强夯置换桩顶应铺设一层厚度不小于 0.5m 的粒料垫层，垫层材料可与桩体材料相同，粒径不宜大于 100mm。

强夯和强夯置换施工前应在代表性路段选取试夯区进行试夯，每个试夯区场地面积不应小于

500m²。试夯应确定单击夯击能、夯击次数、夯击遍数、间歇时间等参数。

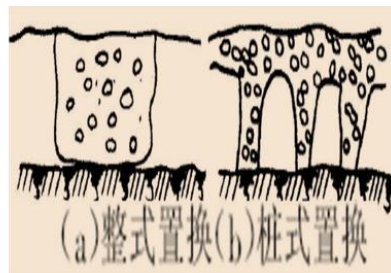
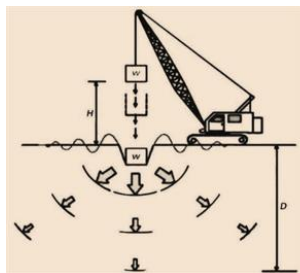


1) 强夯施工规定

- (1) 强夯前应在地表铺设一定厚度的垫层，垫层材料可采用碎石、矿渣等坚硬粗颗粒材料。
- (2) 强夯宜分为主夯、副夯、满夯三遍实施。
- (3) 两遍夯击之间应有一定的时间间隔，对于渗透性较差的黏性土地基，间歇时间不应少于 21d;对于粉性土地基，间歇时间不应少于 7d; 对于渗透性好的地基，间歇时间不宜少于 3d。

2) 强夯置换施工规定

- (3) 强夯置换应按照由内向外、隔行跳打的方式施工。



11.软土地区路堤施工要求 (2020 年新增)

- (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。

- (4) 桥台、涵洞、通道以及加固工程应在预压沉降完成后再进行施工。
- (5) 应按设计要求的预压荷载、预压时间进行预压。堆载预压的填料宜采用上路床填料，并分层填筑压实。
- (6) 在软土地基上直接填筑路堤，应符合下列规定：
- ①水面以下部分应选择透水性好的填料，水面以上可用一般土或轻质材料填筑。
 - ②填筑路基的土宜从取土场取用。
 - ③反压护道宜与路堤同时填筑。分开填筑时，应在路堤达到临界高度前完成反压护道施工。

12.旧路加宽软基处理要求（2020 年新增）

- (1) 软基路段路基加宽台阶应开挖一层、填筑一层，上层台阶应在下层填筑完成后再开挖，台阶开挖应满足台阶宽度和新老路基处理设计要求。
- (2) 确定加宽软基处理施工工艺和方案时，应考虑软基处理时挤土、振动对老路堤或邻近构筑物影响。
- (3) 施工期间应对旧路开挖边坡进行覆盖，并设置必要的临时排水设施。
- (4) 旧路加宽路段应同步进行拼宽路基和老路基的沉降观测，观测点宜布置在同一断面上。

二、膨胀土地区路基施工

1.膨胀土的工程特性及主要特征

含亲水性矿物并具有明显的吸水膨胀与失水收缩特性的高塑性粘土称为膨胀土。



2.膨胀土地区路基的施工技术要点（2020 年变化）

- (2) 高填方、陡坡路基不宜采用膨胀土填筑。
- (3) 强膨胀土不得作为路基填料。
- (4) 路基浸水部分不得用膨胀土填筑。
- (5) 桥台背、挡土墙背、涵洞背等部位严禁采用膨胀土填筑。

2) 膨胀土的填筑 (2020 年变化)

- (1) 物理改良的膨胀土路基填筑工艺应符合下列规定:

- ①位于斜坡路段的膨胀土路基应从最低处开始逐层填筑。当沟底有涵洞等结构物时, 应在结构物两侧对称进行填筑。

- ④采取包边处理时, 应先填筑非膨胀性包边土或石灰处置后的膨胀土, 然后再填筑膨胀土, 两者交替进行。包边土的宽度宜不小于 2m, 以一个压路机宽度为宜。

2) 膨胀土的填筑 (2020 年变化)

- (2) 掺灰处理膨胀土时, 若土的天然含水率偏高, 宜采用生石灰粉处置, 掺石灰宜分两次进行。

- (3) 路基完成后, 应做封层, 其厚度应不小于 200mm。横坡应不小于 2%。

- (4) 物理处置的膨胀土填筑时的压实度标准应根据试验路段与各地的工程经验确定, 且压实度应满足不低于重型压实标准的 90%。

- (5) 填筑膨胀土路堤时, 应及时对路堤边坡及顶面进行防护。

3) 膨胀土地区路堑开挖 (2020 年变化)

- (1) 边坡施工过程中, 必要时可采取临时防水封闭措施保持土体原状含水率。

- (2) 边坡不得一次挖到设计线, 应预留厚度 300-500mm, 待路堑完成后, 再分段削去边坡预留部分, 并立即进行加固和封闭处理。

4) 膨胀土地区路堑边坡防护 (2020 年变化)

(1) 路整边坡防护施工应根据施工能力，分段组织实施。

(2) 采用非膨胀土覆盖置换或设置柔性防护结构进行防护时，边坡覆盖置换厚度应不小于 2.5m，并满足机械压实施工的要求，压实度应不小于 90%。

(3) 采用植物防护时，不应采用阔叶树种。

5) 零填和挖方路段路床 (2020 年变化)

(1) 高速公路、一级公路零填和挖方路段路床 0.8 - 1.2m 范围的膨胀土应进行换填处理，对强膨胀土路堑，路床换填深度宜加深到 1.2 - 1.5m。在 1.5m 范围内可见基岩时，应清除至基岩。

(2) 二级公路、三级公路的零填和挖方路段路床 0.3m 范围的膨胀土应进行换填处理。换填材料为透水性材料时底部应设置防渗层。

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

湿陷性黄土工程特性和工程要求，因地制宜采取换填法、冲击碾压法、强夯法、挤密桩法、桩基础法等措施对地基进行处理。地基处理方法均应进行试验段施工。

(1) 换填法处理湿陷性黄土地基时，宜采用石灰土垫层或水泥土垫层，也可采用素土垫层。

(2) 冲击碾压法处理湿陷性黄土地基时，冲压处理的施工长度应不小于 100m。

(3) 强夯法处理湿陷性黄土地基时，同一强夯能级宜采用重锤、低落距的方式进行；地基土的含水率宜控制在 8%- 24%之间；宜分为主夯、副夯、满夯三遍实施，两遍夯击之间宜有一定的时间间歇；

(4) 挤密桩法处理湿陷性黄土地基，深度在 12m 之内时，宜采用沉管法成孔，超过 12m 时，可采用预钻孔法进行成孔；

(5) 桩基础法进行湿陷性黄土地基处理时，桩顶的桩帽应采用水泥混凝土现场浇筑，桩顶进

入桩帽的长度宜不小于 50mm;

3.陷性黄土路基施工

1) 湿陷性黄土路堤填筑

(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。

(4) 黄土碾压时的含水率宜控制在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内。

(7) 高路堤应采用冲击碾压或强夯方式进行补充压实。

3.陷性黄土路基施工

2) 湿陷性黄土路堑施工

(1) 施工前应对路主顶两侧有危害的黄土陷穴进行处理,堑顶的裂缝和积水洼地应填平夯实,地表平坦或自然坡倾向路基时应在堑顶设置防渗截水沟或拦水埂。

(2) 接近路床高程时宜顺坡开挖。

4.地基陷穴处理方法 (2020 年变化)

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。

(2) 陷穴处理前,应对流向陷穴的地表水和地下水采取拦截引排措施。

(3) 采用灌砂法处理的陷穴,地表下 0.5m 范围内应采用 6%-8%的石灰土进行封填并压实。

陷穴处理方法

陷穴处理方法					表1B411018-3
处理方法	回填夯实	明挖回填夯实	开挖导洞或竖井 回填夯实	注浆或爆破回填	灌砂
适用条件	明陷穴	陷穴埋藏深度 $\leq 3\text{m}$	$3\text{m} < \text{陷穴埋藏深度} \leq 6\text{m}$	陷穴埋藏深度 $> 6\text{m}$	陷穴埋藏深度 $\leq 3\text{m}$, 直径 $\leq 2\text{m}$, 洞身较直

四、滑坡地段路基施工

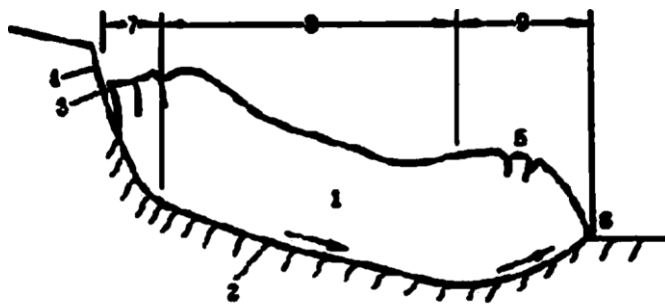


图3 滑坡断面示意图

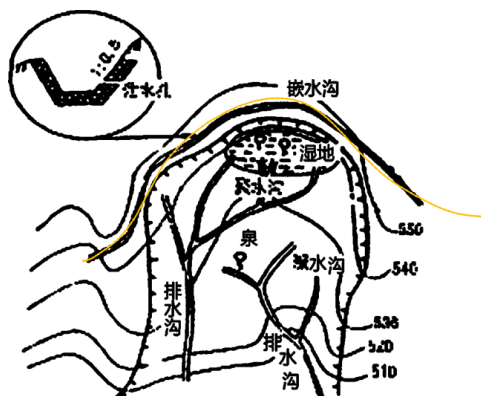
- 1 滑坡体 2 滑动带 3 滑坡主裂缝 4 滑坡壁 5 鼓张裂缝
6 滑坡舌 7 牵引段 8 主滑段 9 搞滑段

2. 滑坡防治的工程措施

滑坡防治的工程措施主要有排水、力学平衡和改变滑带土三类。

1) 滑坡排水

(1) 环形截水沟。环形截水沟设置处，应在坡可能发生的边界以外不少于 5m 的地方。截水沟应采用浆砌片石防护。



(2) 树枝状排水沟

树枝状排水沟的主要作用是排除滑体坡面上的径流。

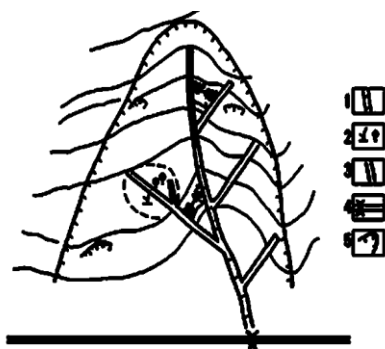
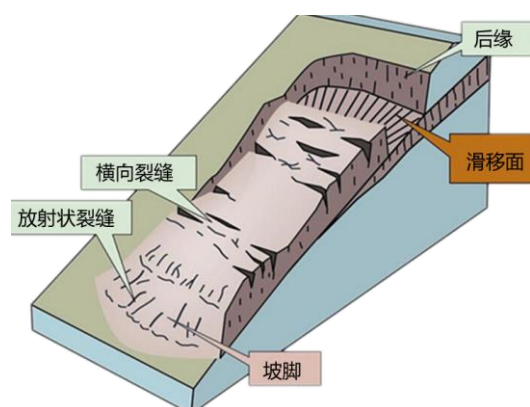


图 5-4 树枝状排水沟平面示意图

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

(3) 平整夯实滑坡体表面的土层。坡面上有裂缝时，应将裂缝两侧的土挖开，宽度不小于

0.5m，深度宜为 1~2m 然后用粘质土分层填筑夯实。



(4) 排除地下水排除地下水的方法较多，有支撑渗沟、边坡渗沟、暗沟、平孔等。

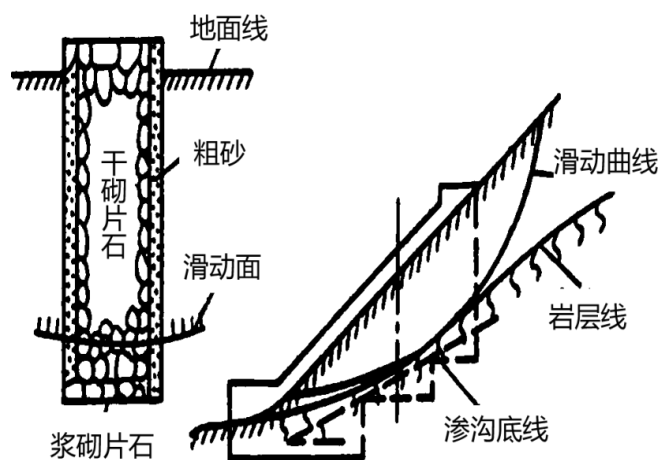
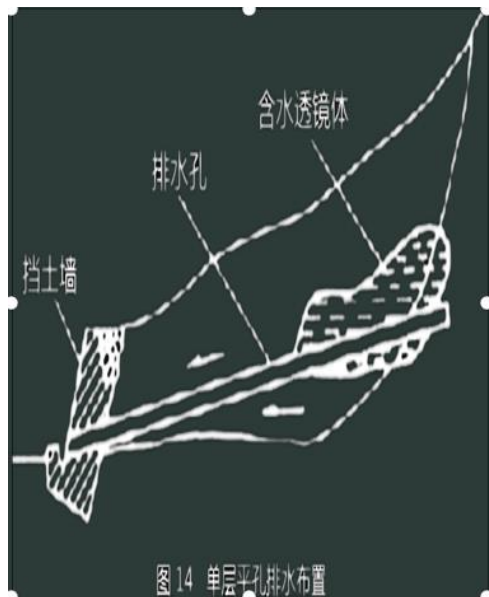


图9 支撑渗沟



2) 力学平衡

(1) 在滑坡体未处治之前，禁止在滑坡体上增加荷载（如停放机械、堆放材料、弃土等）。

(2) 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。牵引式滑坡多发生于粘土和堆积层滑坡中。

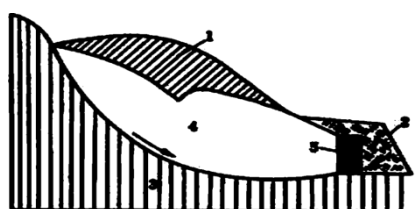


图4.6.2 削头减载
1—削土减重部位；2—卸土修堤反压；
3—渗沟；4—滑坡体；5—不透水层

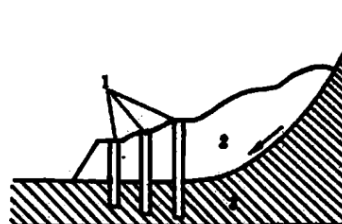


图4.6.5 抗滑桩
1—抗滑桩；2—滑坡体；3—不透水层

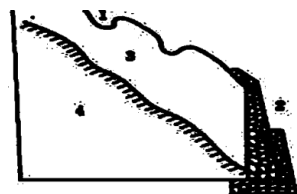


图4.6.6 抗滑墙
1—排水沟；2—挡滑墙并块石护坡；
3—滑坡体；4—不透水层

填方路堤发生的滑坡，可采用反压土方或修建挡土墙等方法处理。

沿河路基发生滑坡，可修建河流调治构造物（堤坝、丁坝、稳定河床等）及挡土方法处理。

3.改变滑带土

一般有焙烧法、电渗排水法和爆破灌浆法等。

3.滑坡地段路基的施工技术要点（2020 年变化）

1) 削坡减载施工应符合下列规定：

- (1) 应自上而下逐级开挖，严禁采用爆破法施工。
- (2) 开挖坡面不得超挖，开挖面上有裂缝时应予灌浆封闭或开挖夯填。

3.滑坡地段路基的施工技术要点（2020 年变化）

2) 填筑反压施工应符合下列规定：

- (1) 反压措施应在滑坡体前缘抗滑段实施。
- (2) 反压填料不得堵塞地下水出口，地下排水设施应在填筑反压前完成。反压填料 宜予压实。
- (3) 应采取措施使受影响的天然河沟保持排水顺畅。

3.滑坡地段路基的施工技术要点（2020 年变化）

- (2) 应在滑坡体处于相对稳定的状态下施工，滑坡体具有滑动迹象或已经发生滑动时，应采取反压填筑等措施。
- (3) 抗滑桩与挡土墙共同支挡时，应先施作抗滑桩。挡土墙后有支撑渗沟及其他排水工程时应先施工。
- (5) 采取微型钢管桩、山体注浆等加固措施或注浆作为其他处置方案的配套措施 时，应采用相应的成孔设备和注浆方式。
- (6) 各种支挡结构的基底应置于滑动面以下，并应嵌入稳定地层。

1B411021 防护工程类型和适用条件

一、路基防护工程类型

1.坡面防护

(1) 植物防护：种草、铺草皮、植树。

(2) 骨架植物防护：浆砌片石（或混凝土）骨架植草、水泥混凝土空心块护坡、锚杆混凝土框架植草。

(3) 圬工防护：喷浆、喷射混凝土、干砌片石护坡、浆砌片（卵）石护坡、浆砌片石护面墙、锚杆钢丝网喷浆或喷射混凝土护坡、封面、捶面。

(4) 土工织物防护。

2.沿河路基防护

(1) 直接防护：植物、砌石、石笼、浸水挡土墙等。

(2) 间接防护：丁坝、顺坝等导治构造物以及改移河道。



二、常用防护工程施工技术要点

1.水泥混凝土骨架防护施工应符合下列规定：

(1) 骨架施工前应修整坡面，填补超挖形成或原生的坑洞和空腔。

(4) 混凝土浇筑完成后应及时养护。养护时间宜不少于 14d。

2.坡面喷射混凝土防护施工应符合下列规定：

(1) 混凝土强度应满足设计要求。

(2) 作业前应进行试喷，选择合适的水胶比和喷射压力。

(4) 混凝土喷射每层应自下而上进行。当混凝土厚度大于 100mm 时，宜分两次喷射。在第二次喷射混凝土作业前，应清除结合面上的浮浆和松散的碎屑。

(8) 喷射混凝土表面质量应密实、平整，无裂缝、脱落、漏喷、漏筋、空鼓和渗漏水等情况。

3.浆砌片石护坡施工应符合下列规定：

(1) 宜在路堤沉降稳定后施工，砌筑前应整平坡面，按设计完成垫层施工。

(4) 每 10- 15m 应设置一道伸缩缝，缝宽宜为 20- 30mm。基底地质有变化处，应设沉降缝。伸缩缝与沉降缝可合并设置。

1B4110000 路基工程

1B411020 公路路基防护与支挡

1B411021 防护工程类型和使用条件

1B411022 支挡工程的类型和功能



1B411022 支挡工程的类型和功能

一、路基支挡工程的类型与功能

按路基加固的不同部位分为：坡面防护加固、边坡支挡、湿弱地基加固三种类型。

二、常用路基挡土墙工程施工技术

1.重力式挡土墙工程施工技术

1) 形式及特点

缺点是墙身截面大，圬工数量也大，在软弱地基上修建往往受到承载力的限制。



重力式挡土墙墙背形式可分为仰斜、俯斜、垂直、凸形折线（凸折式）和衡重式五种。

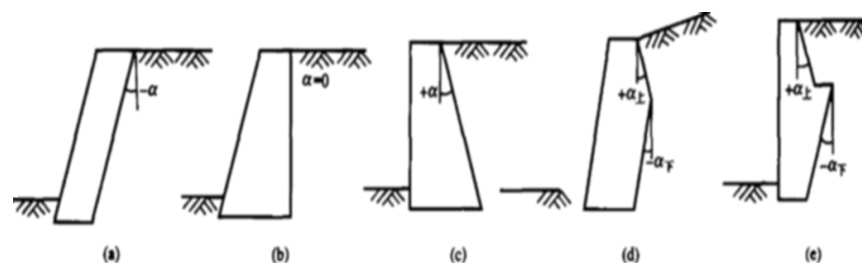


图 15-8 重力式挡土墙的断面形式

(a) 仰斜式；(b) 垂直式；(c) 俯斜式；(d) 凸形折线式；(e) 衡重式

2) 施工要求

(1) 基坑开挖

(2) 开挖完成后应及时进行检验，检验合格后应及时进行下道工序施工。

(3) 基础施工

(4) 墙身施工

(5) 伸缩缝与沉降缝内两侧壁应竖直、平齐，无搭叠。

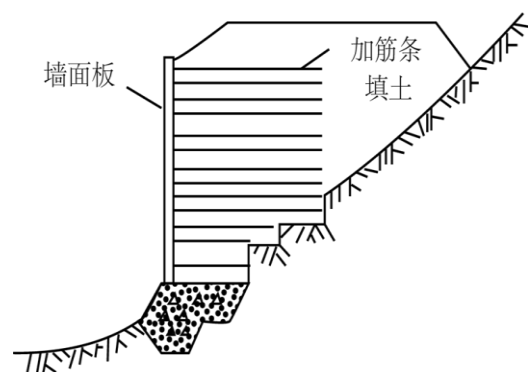
(6) 挡土墙与桥台、隧道洞门连接处应协调施工，必要时可设置临时支撑。

(7) 挡土墙混凝土或砂浆强度达到设计强度的 75% 时，应及时进行墙背回填。

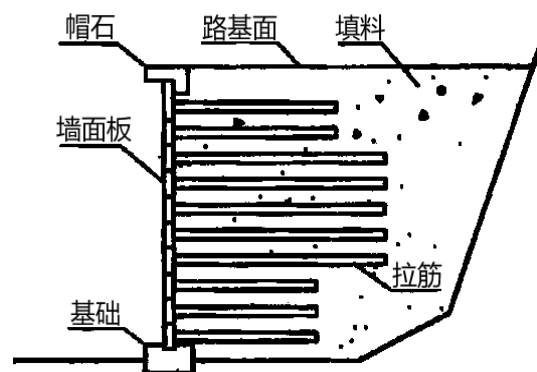
2. 加筋土挡土墙工程施工技术

加筋土挡土墙由填料、在填料中布置的拉筋以及墙面板三部分组成。一般应用于地形较为平

坦且宽敞的填方路段上。加筋土是柔性结构物，抗震结构物。

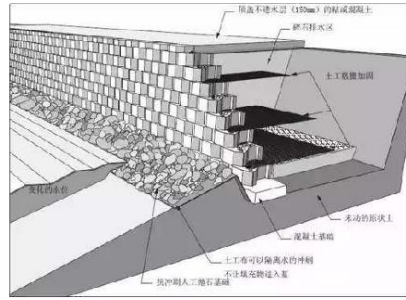


加筋土挡土墙施工工序：基槽（坑）开挖、地基处理、排水设施、基础浇（砌）筑、构件预制与安装、筋带铺设、填料填筑与压实、墙顶封闭等。其中现场墙面板拼装、筋带铺设、填料填筑与压实等工序是交叉进行的。



加筋土挡土墙墙身施工应符合下列规定：

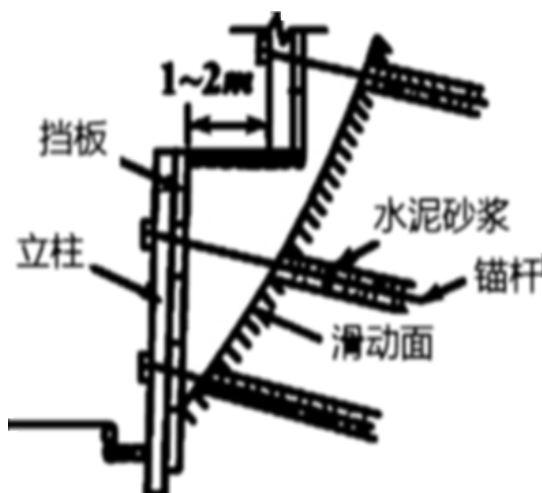
- (1) 墙背拉筋锚固段填料宜采用具有一定级配、透水性好的砂类土或碎砾石土。
- (3) 墙面板安设应根据高度和填料情况设置适当的仰斜，斜度宜为 $1:0.05 - 1:0.02$ 。安设好的面板不得外倾。
- (4) 拉筋与面板之间的连接应牢固，连接部位强度应不低于拉筋强度。
- (5) 填料摊铺、碾压应从拉筋中部开始平行于墙面进行，不得平行于拉筋方向碾压。应先向拉筋尾部逐步摊铺、压实，然后再向墙面方向进行。



(6) 路基施工分层厚度及每层碾压遍数，应根据拉筋间距、碾压机具和密实度要求，通过试验确定，不得使用羊足碾碾压。靠近墙面板 1m 范围内，应使用小型机具夯实或人工夯实，不得使用重型压实机械压实。严禁车辆在未经压实的填料上行驶。

(7) 施工过程中应加强对墙身变形的观测，发现异常变化应及时处理。

3. 锚杆挡土墙工程施工技术

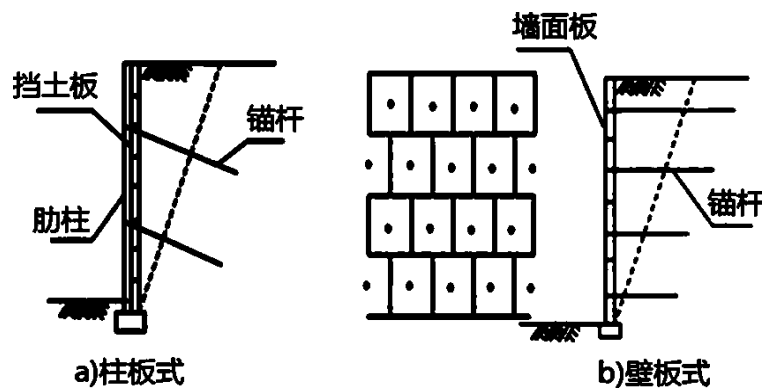


锚杆挡土墙的优点：是结构重量轻，节约大量的圬工和节省工程投资；利于挡土墙的机械化、装配化施工，提高劳动生产率；少量开挖基坑，克服不良地基开挖的困难，并利于施工安全。

锚杆挡土墙缺点：是施工工艺要求较高，要有钻孔、灌浆等配套的专用机械设备，且要耗用一定的钢材。

2) 锚杆挡土墙的类型

按墙面的结构形式可分为柱板式锚杆挡土墙和壁板式锚杆挡土墙。



3) 锚杆挡土墙施工 (2020 年变化)

锚杆挡土墙施工工序主要有：基坑开挖、基础浇（砌）筑、锚杆制作、钻孔、锚杆安放与注浆锚固、肋柱和挡土板预制、肋柱安装、挡土板安装、墙后填料填筑与压实等。

(1) 施工时应针对地层和岩石特点，采用与其相适配并能斜孔钻进的钻机，并根据岩质选择钻头。

(2) 锚孔直径应满足设计要求，钻孔时宜保持孔壁粗糙。

4. 抗滑桩 (2020 年新增)

1) 抗滑桩施工前，应采取卸载、反压、排水等措施使滑坡体保持基本稳定，严禁在滑坡急剧变形阶段进行抗滑桩施工。

2) 开挖及支护应符合下列规定：

(1) 相邻桩不得同时开挖。开挖桩群应从两端沿滑坡主轴间隔开挖，桩身强度达到设计强度的 75% 后方可开挖邻桩。

(2) 开挖应分节进行。分节不宜过长，每节宜为 0.5 - 1.0m。

(3) 应开挖一节、支护一节。

(4) 开挖应在上一节护壁混凝土终凝后进行，护壁混凝土模板支撑应在混凝土强度达到能保

持护壁结构不变形后方可拆除。

(6) 开挖时应采取照明、排水等措施，保证施工安全。

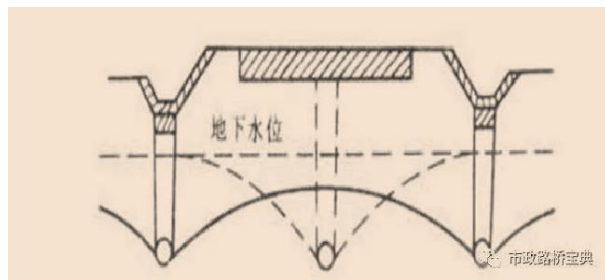
3) 桩基开挖过程中，应随时核对滑动面情况，及时进行岩性资料编录。当实际情况与设计不符时，应及时反馈处理。

1B4110000 路基工程

1B411030 公路工程施工综合排水

1B411031 路基地下水排水设置与施工要求

1B411032 路基地面排水设置与施工要求



1B411031 路基地下水排水设置与施工要求

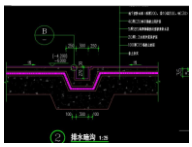


路基地下水排水设施有暗沟（管）、渗沟、渗井、仰斜式排水孔等设施。其作用是将路基范围内的地下水位降低或拦截地下水并将其排除至路基范围以外。

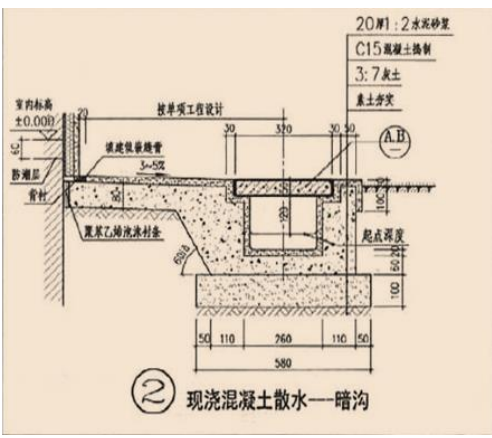
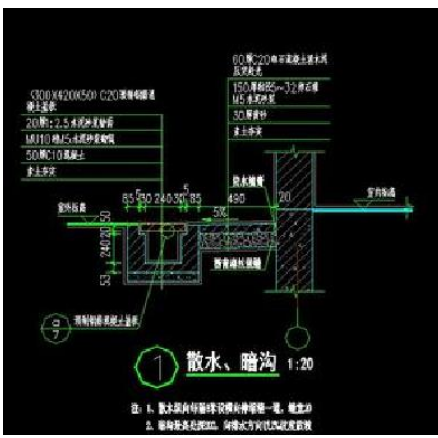
(2020 年变化)

一、暗沟、暗管

1.设置



路基基底范围有泉水外涌时，宜设置暗沟（管）将水引排至路堤坡脚外或路重边沟内。



一、暗沟、暗管 （2020 年变化）

- (1) 沟底应埋入不透水层内，沟壁最低一排渗水孔应高出沟底 200mm 以上。进口应采取截水措施。
- (4) 寒冷地区的暗沟应做好防冻保温处理，出水口坡度宜不小于 5%。
- (5) 暗沟采用混凝土或浆砌片石砌筑时，在沟壁与含水层接触面应设置一排或多排向沟中倾斜的渗水孔，沟壁外侧应填筑粗粒透水性材料或土工合成材料形成反滤层。

二、渗沟 （2020 年变化）

1.设置

有地下水出露的挖方路基、斜坡路堤、路基填挖交替地段，当地下水埋藏浅或无固定含水层时，为降低地下水位或拦截地下水，可在地面以下设置渗沟。渗沟有填石渗沟、管式渗沟、洞式渗沟、边坡渗沟、支撑渗沟等。

管式渗沟：适用于地下水引水较长、流量较大的地区。当管式渗沟长度在 100 - 300m 时，其末端宜设横向泄水管分段排除地下水。

洞式渗沟：适用于地下水流量较大的地段，洞壁宜采用浆砌片石砌筑，洞顶应用盖板覆盖，

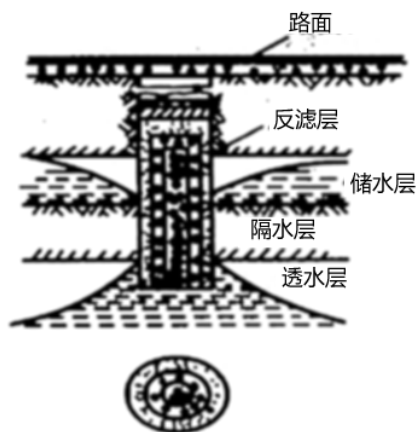
盖板之间应留有空隙，使地下水流入洞内，洞式渗沟的高度要求同管式渗沟。

2.施工要求 (2020 年变化)

三、渗井

当地下水埋藏深或为固定含水层时，可采用渗水隧洞、渗井。渗井宜用于地下含水层较多，但路基水量不大，且渗沟难以布置的地段，将地面水或地下水经渗井通过下透水层中的钻

孔流入下层透水层中排除。



2. 施工要求

- (1) 渗井应边开挖边支撑，并应采取照明、通风、排水措施。
- (2) 填充料应在开挖完成后及时回填。
- (3) 渗井顶部四周应采用黏土填筑围护，并应加盖封闭。

四、仰斜式排水孔

1. 设置

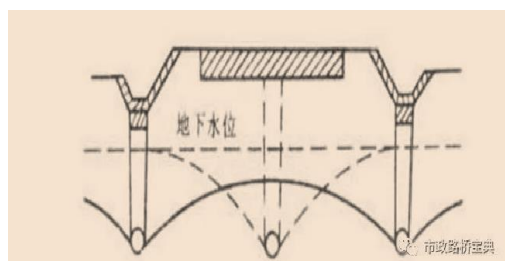
当坡面有集中地下水时，可设置仰斜式排水孔。仰斜式排水孔排出的水宜引入路堑边沟排除。

1B4110000 路基工程

1B411030 公路工程施工综合排水

1B411031 路基地下水排水设置与施工要求

1B411032 路基地面排水设置与施工要求



1B411032 路基地面水排水设置与施工要求

路基地面排水可采用边沟、截水沟、排水沟、跌水与急流槽、拦水带、蒸发池等设施。



一、边沟

- 1.挖方地段和填土高度小于边沟深度的填方地段均应设置边沟。路堤靠山一侧的坡脚应设置不渗水的边沟。
- 2.施工要求：曲线外侧边沟应适当加深，其增加值等于超高值。



二、截水沟

- 1.一般土质至少应离开 5m，对黄土地区不应小于 10m 并应进行防渗加固。截水沟挖出的土，可在路堑与截水沟之间修成土台并夯实，台顶应筑成 2%倾向截水沟的横坡。
- 2.路基上方有弃土堆时，截水沟应离开弃土堆脚 1~5m，弃土堆坡脚离开路基挖方坡顶不应小于 10m，弃土堆顶部应设 2%倾向截水沟的横坡。

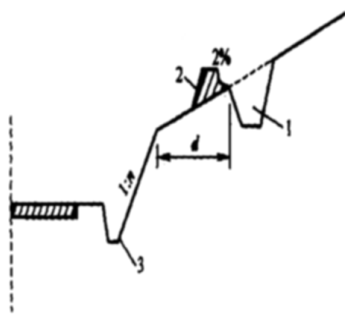


图 5-4 挖方路段截水沟示意图
1—截水沟；2—土台；3—边沟

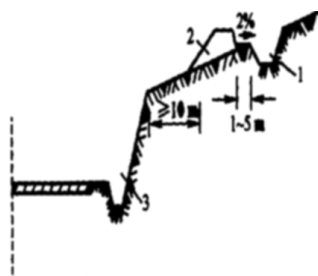


图 5-5 挖方路段弃土堆与截水沟关系图
1—截水沟；2—弃土堆；3—边沟

3.山坡上路堤的截水沟离开路堤坡脚至少 2.0m, 并用挖截水沟的土填在路堤与截水沟之间, 修筑向沟倾斜坡度为 2%的护坡道或土台, 使路堤内侧地面水流入截水沟排出。

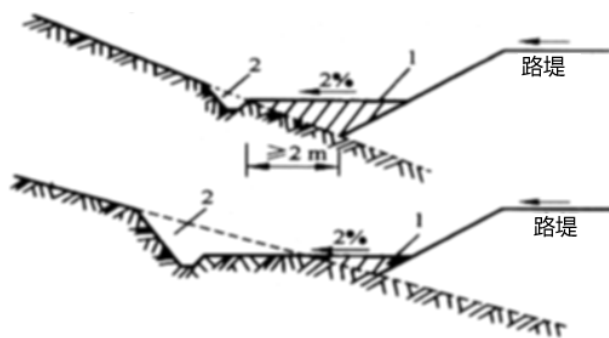


图 5-6 填方路段上的截水沟示意图
1—土台；2—截水沟

1B411041 公路工程施工测量工作要求

应根据公路等级和测量精度要求, 选择测量方法。控制性桩点, 应进行现场交桩, 在复测原控制网的基础上, 根据施工需要适当加密、优化, 建立施工测量控制网, 妥善保护。

施工期间, 应保护好所有控制桩点, 及时恢复被破坏的桩点, 根据情况对控制桩点进行复测。

每项测量成果应进行复核, 原始记录应存档。

一、平面控制测量

1.平面控制测量应采用卫星定位测量、导线测量、三角测量或三边测量方法进行。

二、高程控制测量

1.高程测量应采用水准测量或三角高程测量的方法。

1B411042 公路工程施工测量方法

一、常用测量仪器及其作用

1.水准仪分类及作用

水准仪用于水准测量。

2.经纬仪分类及作用

经纬仪是进行角度测量的主要仪器，它包括水平角测量和竖直角测量。

3.全站仪及其作用

全站仪的功能是测量水平角、竖直角和斜距。

4.卫星定位仪

公路工程的测量主要应用了 GPS 的两大功能：静态功能和动态功能。在公路施工中，GPS 可用于隧道控制测量、特大桥控制测量，也可用于公路中线、边桩的施工放样。

二、中线放样

1.路基开工前，应进行全段中线放样并固定路线主要控制桩，如交点、转点、圆曲线和缓和曲线的起讫点等。高速公路、一级公路宜采用坐标法进行测量放样。

4.测量放样方法。

(1) 传统法放样

① 切线支距法

② 偏角法

(2) 坐标法放样。

根据设计单位布设的导线点和设计单位提供的逐桩坐标表进行放样的一种方法。

(3) GPS-RTK 技术放样。

首先要计算出线路上里程桩的坐标，然后才能用 GPS-RTK 的放样功能解算放样点的平面位

置。

GPS-RTK 放样作业流程：①设置基准站②流动站工作

GPS-RTK 技术用于中线放样，无须沿途布设图根控制点，从而减少施工控制网的布设密度，节约经费，节省时间，其无须通视等优点和可以单人作业更显示出其优越性。

三、路基放样

1.路基施工前，应对原地面进行复测。

2.路基施工前，应设置标识桩，对路基用地界、路堤坡脚、路堑坡顶、取土坑、护坡道、弃土堆等的具体位置标识清楚。

3.对深挖高填路段，每挖填 3 ~ 5m 或者一个边坡平台（碎落台）应复测中线和横断面。

4.路基横断面边桩放样方法。

（1）图解法。一般用于较低等级的公路路基边桩放样。

（2）计算法。本法比上述方法精度高，主要用于公路平坦地形或地面横坡较均匀一致地段的路基边桩放样。

（3）渐近法。该法精度高，适用于各级公路。

（4）坐标法。适用于高等级公路。

1B411051 路基压实质量问题的防治

一、路基行车带压实度不足的原因及防治

1.原因分析

（3）填土松铺厚度过大。

（4）含水率大于最佳含水率，特别是超过最佳含水率两个百分点，造成弹簧现象。

（5）土场土质种类多，出现异类土壤混填。

2.治理措施

(1) 清除碾压层下软弱层，换填良性土壤后重新碾压。

(2) 对产生“弹簧”的部位，可将其过湿土翻晒，拌和均匀后重新碾压，或挖除换填含水量适宜的良性土壤后重新碾压。

(3) 对产生“弹簧”且急于赶工的路段，可掺生石灰粉翻拌，待其含水量适宜后重新碾压。

二、路基边缘压实度不足原因及防治

1.原因分析

(1) 路基填筑宽度不足，未按超宽填筑要求施工。

(2) 压实机具碾压不到边。

(3) 路基边缘漏压或压实遍数不够。

(4) 采用三轮压路机碾压时，边缘带（0～75cm）碾压频率低于行车带。

1B411052 路堤边坡病害的防治

一、边坡滑坡病害及防治措施

1.原因分析

(2) 路基基底存在软土且厚度不均。

(3) 换填土时清淤不彻底。

(4) 路基填筑层有效宽度不够，边坡二期贴补。

(7) 用透水性较差的填料填筑路堤处理不当。

(9) 未处理好填挖交界面。

2.预防措施

(1) 路基设计时，充分考虑使用年限内地震、洪水和水位变化给路基稳定带来的影响。

- (2) 软土处理要到位，及时发现暗沟、暗塘并妥善处治。
- (3) 加强沉降观测和侧向位移观测，及时发现滑坡苗头。
- (4) 掺加稳定剂提高路基层位强度，酌情控制填土速率。
- (5) 路基填筑过程中严格控制有效宽度。
- (6) 加强地表水、地下水的排除，提高路基的水稳定性。
- (7) 减轻路基滑体上部重量或采用支挡、锚拉工程维持滑体的力学平衡；同时设置 导流、防护设施，减少洪水对路基的冲刷侵蚀。
- (8) 原地面坡度大于 12% 的路段，应采用纵向水平分层法施工，沿纵坡分层，逐层 填压密实。
- (9) 用透水性较差的土填筑于路堤下层时，应做成 4% 的双向横坡；如用于填筑上层时，除干旱地区外，不应覆盖在由透水性较好的土所填筑的路堤边坡。

1B411053 高填方路基沉降的防治

一、原因分析

- 1.路基施工前未认真设置纵、横向排水系统或排水系统不畅通，长期积水浸泡路基而使地基和路基土承载力降低，导致沉降发生。
- 2.原地面处理不彻底，如未清除草根、树根、淤泥等不良土壤，地基压实度不足等因素，在静、动荷载的作用下，使路基沉降变形。
- 3.在高填方路堤施工中，未严格按分层填筑分层碾压工艺施工，路基压实度不足而 导致路基沉降变形。
- 4.不良地质路段未予以处理而导致路基沉降变形。
- 5.路基纵、横向填挖交界处未按规定要求挖台阶，原状土和填筑土密度不向，衔接 不良而导致路基不均匀沉降。

6.填筑路基时，未全断面范围均匀分层填筑，而是先填半幅，后填另半幅而发生不均匀沉降。

7.施工中路基土含水率控制不严，导致压实度不足，而产生不均匀沉降。

1.做好施工组织设计，合理安排各施工段的先后顺序。

2.基底承载力应满足设计要求。

3.填筑路基前，疏通路基两侧纵横向排水系统，避免路基受水浸泡。

4.严格选取路基填料用土。宜优先采用强度高、水稳性好的材料，或采用轻质材料。受水淹没的部分，应采用水稳性和透水性均好的材料。

5.路堤填筑方式应采用水平分层填筑，即按照横断面全宽分层逐层向上填筑。

6.合理确定路基填筑厚度，分层松铺厚度一般控制在 30cm。

7.控制路基填料含水率。

8.选择合适的压实机具，重型轮胎压路机和振动压路机效果比较好。

9.做好压实度的检测工作。

11.施工过程中宜进行沉降观测，按照设计要求控制填筑速率。

1B411054 路基开裂病害的防治

一、路基纵向开裂甚至形成错台

1.原因分析

(1) 清表不彻底，路基基底存在软弱层或坐落于古河道处。

(2) 沟、塘清淤不彻底，回填不均匀或压实度不足。

(3) 路基压实不均。

- (4) 旧路利用路段，新旧路基结合部未挖台阶或台阶宽度不足。
- (5) 半填半挖路段未按规范要求设置台阶并压实。
- (6) 使用渗水性、水稳性差异较大的土石混合料时，错误地采用了纵向分幅填筑。
- (7) 高速公路因边坡过陡、行车渠化、交通频繁振动而产生滑坡，最终导致纵向 开裂。

2.预防措施

- (1) 应认真调查现场并彻底清表，及时发现路基基底暗沟、暗塘，消除软弱层。
- (2) 彻底清除沟、塘淤泥，并选用水稳性好的材料严格分层回填，严格控制压实度满足设计要求。
- (3) 提高填筑层压实均匀度。
- (4) 半填半挖路段，地面横坡大于 1 : 5 及旧路利用路段，应严格按照规范要求将原地 面挖成宽度不小于 1.0m 的台阶并压实。
- (5) 渗水性、水稳性差异较大的土石混合料应分层或分段填筑，不宜纵向分幅填筑。
- (6) 若遇有软弱层或古河道，填土路基完工后应进行超载预压，预防不均匀沉降。
- (7) 严格控制路基边坡，符合设计要求，杜绝亏坡现象。