

1B410000 公路工程技术

1B411000 路基工程

1B411011 掌握路基类型

一、一般路基干湿类型

路基的干湿类型表示路基在**最不利季节**的干湿状态，划分为**干燥、中湿、潮湿和过湿**四类。高速公路应使路基处于**干燥或中湿**状态。

原有公路路基土的干湿类型，可以根据路基的**分界相对含水量或分界稠度**划分；新建公路路基的干湿类型可用**路基临界高度**来判别。

二、特殊路基类型

特殊路段：

2. 滑坡地段路基。滑坡是指在一定的地形地质条件下，由于**各种自然的和人为的因素影响**，山坡的不稳定土（岩）体在重力作用下，沿着一定的软弱面（带）作整体、缓慢、间歇性的滑动变形现象。

3. 岩坍与岩堆地段路基。岩坍是岩崩与坍塌的统称，**包括错落、坍塌、落石、危岩**。

4. 泥石流地区路基。

5. 岩溶地区路基。岩溶对路基的危害，一般为**溶洞顶板坍塌引起**的路基下沉和破坏；**岩溶地面坍塌对路基稳定性的破坏**。

6. 多年冻土地区路基。**凡是土温等于或低于 0℃，且含有冰的土（石）称为冻土，这种状态保持三年或三年以上者，称为多年冻土**。主要集中于我国东北大、小兴安岭和青藏高原。

10. 沙漠地区路基。

11. 雪害地段路基。

12. 涎流冰地段路基。

特殊土质的：

7. 黄土地区路基。黄土是一种以粉粒为主，多孔隙，天然含水量小，呈黄红色，含钙质的黏土。黄土的**湿陷性是在外荷载或自重的作用下受水浸湿后产生的湿陷变形**。

8. 膨胀土地区路基。**多分布于全国各地二级及二级以上的阶地与山前丘陵地区**。

9. 盐渍土地区路基。

1. 软土地区路基。包括饱水的软弱粘土和淤泥。

1B411012 掌握原地基处理要求

路基范围内的原地基应在路基施工前按下列要求进行处理：

1. 路基用地范围内的树木、灌木丛等均应在施工前砍伐或移植清理。

2. 路堤修筑范围内，原地面的坑、洞、墓穴等，应在清除沉积物后，用**合格填料分层回填分层压实，压实度应不小于 90%**。

3. 原地基为耕地或松土时，**应先清除有机土、种植土、草皮等**，清除深度应达到设计要求，一般不小于 15cm，**平整后按规定要求压实**。

4. 基底原状土的强度不符合要求时，**应进行换填，换填深度应不小于 30cm**，并予以分层压实到规定要求。

5. 基底应在填筑前进行压实。高速公路、一级公路、二级公路路堤基底的压实度应不小于 90%，**当路堤填土高度小于路床厚度（0.8m）时，基底的压实度不宜小于路床的压实度标准**。

6. 路堤填筑时，**当原地面纵坡大于 12%或横坡陡于 1: 5 时，应按设计要求挖台阶，或设置成坡度向内并大于 4%、宽度大于 2m 的台阶**。

例题：对于原地基处理，下面哪个说法不正确（ ）。

A. 路基用地范围内的树木、灌木丛等均应在施工前砍伐或移植清理

B. 原地面的坑、洞、墓穴等应用原地土或砂性土回填

C. **当路堤填土高度小于路床厚度（80cm）时，路床压实度不宜小于基底压实度标准**

D. 路堤原地基横坡陡于 1: 5 时，原地基应挖成台阶

🔍 [答疑编号 502077101101] 【正确答案】C

1B411013 掌握填方路基施工

一、路基填料的选择

（一）路基填料的一般要求

用于公路路基的**填料要求挖取方便，压实容易，强度高，水稳定性好**。其中强度要求是按 CBR 值**确定**，应通过取土试验确定**填料最小强度和最大粒径**。最小强度和最大粒径的要求见表 1B411013。

（二）路基填料的工程性质

1. **石质土**由粒径大于 2mm 的碎（砾）石，其含量由 25%~50%及大于 50%两部分组成。如碎（砾）石土，空隙度大，透水性强，压缩性低，内摩擦角大，强度高，**属于较好的路基填料**。

2. 砂土没有塑性，但透水性好，毛细水上升高度很小，具有较大的摩擦系数。砂土路基强度高，水稳定性好。但砂土黏性小，易于松散，受水流冲刷和侵蚀易损坏，在使用时可掺入黏性大的土改善质量。

3. 砂性土是良好的路基填料，既有足够的内摩擦力，又有一定的黏聚力。一般遇水干得快、不膨胀，易被压实，易构成平整坚实的表面。

4. 粉质土不宜直接填筑于路床，必须掺入较好的土体后才能用作路基填料，且在高等级公路中，只能用于路堤下层（距路槽底 0.8m 以下）。

5. 轻、重黏土不是理想的路基填料，规范规定：液限大于 50%、塑性指数大于 26、含水量不适宜直接压实的细粒土，不得直接作为路基填料，需要使用时，必须采取技术措施进行处理，经检查满足设计要求后方可使用。

6. 黄土、盐渍土、膨胀土等特殊土体不得已必须用作路基填料时，应严格按其特殊的施工要求进行施工。泥炭、淤泥、冻土、有机质土、强膨胀土、含草皮土、生活垃圾、树根和含有腐殖物质的土不得用作路基填料。

7. 满足要求（最小强度 CBR、最大粒径、有害物质含量等）或经过处理之后满足要求的煤渣、高炉矿渣、钢渣、电石渣等工业废渣可以用作路基填料，但在使用过程中应注意避免造成环境污染。

二、路堤施工技术

（一）土质路堤施工技术

1. 土质路堤施工工艺流程（图 1B411013—1）

2. 土质路堤的填筑技术

（1）填筑方法

土质路堤填筑常用推土机、铲运机、平地机、压路机、挖掘机、装载机等机械按以下几种方式作业：

- 水平分层填筑：填筑时按照横断面全宽分成水平层次，逐层向上填筑，是路基填筑的常用方式。
- 纵向分层填筑：依路线纵坡方向分层，逐层向上填筑。常用于地面纵坡大于 12% 用推土机从路堑取料、填筑距离较短的路堤。缺点是不易碾压密实。

- 横向填筑：从路基一端或两端按横断面全高逐步推进填筑。由于填土过厚，不易压实，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。

- 联合填筑：路堤下层用横向填筑而上层用水平分层填筑。适用于因地形限制或填筑堤身较高，不宜采用水平分层填筑或横向填筑法进行填筑的情况。单机或多机作业均可，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。

（2）机械填筑路堤作业方式

推土机填筑路堤作业方式

推土机作业方式通常是由切土、推土、堆卸、空返等四个环节组成。而影响作业效率的主要是切土和推土两个环节。推土机作业效率取决于切满土的速度、距离，以及推土过程中切满刀片中的土散失量和推运速度。其作业方式一般有坑槽推土、波浪式推土、并列推土、下坡推土和接力推土。

挖掘机填筑路堤作业方式

利用挖掘机填筑路堤施工，一般有两种方式：一种为从路基一侧挖土，直接卸向另一侧填筑路堤。这种方式，用反铲挖掘机施工比较方便。另一种方式则配合运土车辆，挖掘机挖土装车后，运至路堤施工现场卸土填筑，这是挖土机填筑路堤施工的主要方式，正、反铲挖掘机都能适用，而且一般在取土场比较集中且运距较长的情况下，最宜采用。两种方式都宜与推土机配合施工。

例题：推土机作业方式通常是由切土、推土、堆卸、空返等四个环节组成。而影响作业效率的主要是（ ）两个环节。

A. 切土和推土 B. 推土和堆卸 C. 堆卸和空返 D. 切土和空返

【答疑编号 502077101102】 【正确答案】A

3. 土质路堤压实施工技术要点

（1）压实机械对土进行碾压时，一般以慢速效果最好，除羊足碾或凸块式碾外，压实速度以 2~4km/h 最为适宜。羊足碾的速度可以快些，在碾压黏土时最高可达 12~16km/h，还不至影响碾压质量。

（2）碾压一段终了时，宜采取纵向退行方式继续第二遍碾压，不宜采用掉头方式。故压路机始终要以纵向进退方式进行压实作业。

（3）在整个全宽的填土上压实，宜纵向分行进行，直线段由两边向中间，曲线段宜由曲线的内侧向外侧（当曲线半径超过 200m 时，可按直线段方式进行）。两行之间的接头一般应重叠 1/4~1/3 轮迹；对于三轮压路机则应重叠后轮的 1/2。

（4）纵向分段压好以后，进行第二段压实时，其在纵向接头处的碾压范围，宜重叠 1~2m，以确保接头处平顺过渡。

4. 土质路堤施工技术要领

（1）必须根据设计断面，分层填筑、分层压实。

- (2) 路堤填土宽度每侧应宽于填层设计宽度，压实宽度不得小于设计宽度，最后削坡。
- (3) 填筑路堤宜采用水平分层填筑施工。如原地面不平，应由最低处分层填起，每填一层，经过压实符合规定要求之后，再填上一层。
- (4) 原地面纵坡大于 12% 的地段，可采用纵向分层法施工，沿纵坡分层，逐层填压密实。
- (5) 山坡路堤，地面横坡不陡于 1: 5 且基底符合规定要求时，路堤可直接修筑在天然的土基上。地面横坡陡于 1: 5 时，原地面应挖成台阶（台阶宽度不小于 2m），并用小型夯实机加以夯实。填筑应由最低一层台阶填起，并分层夯实，然后逐台向上填筑，分层夯实，所有台阶填完之后，即可按一般填土进行。
- (6) 高速公路和一级公路，横坡陡峻地段的半填半挖路基，必须在山坡上从填方坡脚向上挖成向内倾斜的台阶，台阶宽度不应小于 2m。
- (7) 不同土质混合填筑路堤，以透水性较小的土填筑于路堤下层时，应做成 4% 的双向横坡；
- (8) 不同性质的土应分层填筑，不得混填。每种填料层累计总厚不宜小于 0. 5m。
- (9) 凡不易受潮或冻融影响而改变其体积的优良土应填在上层，强度较小的土应填在下层。
- (10) 河滩路堤填土，应连同护道在内，一并分层填筑。可能受水浸淹部分的填料，应选用水稳性好的土料。

例题：关于采用不同性质的填料填筑路堤的正确要求有（ ）。

- A. 应水平分层、分段填筑，分层压实
- B. 应将不同性质的填料进行拌和，在同水平层路基全宽范围混合填筑
- C. 每种填料的松铺厚度应该一致
- D. 不得在透水性较好的填料所填筑的路堤边坡上覆盖透水性不好的填料
- E. 强度较小的填料层应填筑在强度较大的填料层的下面

🔍 [答疑编号 502077101103] 【正确答案】 ADE

(二) 填石路堤施工技术

1. 填料要求

山区填石路堤最为常见，石料来源主要是路堑和隧道爆破后的石料，其强度（饱水试件极限抗压强度）要求不小于 15MPa，风化程度应符合规定，最大粒径应不大于 500mm，并不宜大于层厚的 2 / 3。路床底面以下 400mm 范围内，填料粒径应小于 150mm。

2. 填石路堤施工工艺流程（图 1B411013—2）

3. 填筑方法

(1) 竖向填筑法（倾填法）：以路基一端按横断面的部分或全部高度自上往下倾卸石料，逐步推进填筑。主要用于二级及二级以下，且铺设低级路面的公路，也可用在陡峻山坡施工特别困难或大量以爆破方式挖开填筑的路段；以及无法自下而上分层填筑的陡坡、断岩、泥沼地区和水中作业的填石路堤。该方法施工路基压实、稳定问题较多。

(2) 分层压实法（碾压法）：自下而上水平分层，逐层填筑，逐层压实，是普遍采用并能保证填石路堤质量的方法。高速公路、一级公路和铺设高级路面的其他等级公路的填石路堤采用此方法。

填石路堤将填方路段划分为四级施工台阶、四个作业区段、八道工艺流程进行分层施工。四级施工台阶是：在路基面以下 0. 5m 为第一级台阶，0. 5~1. 5m 为第二级台阶，1. 5~3. 0m 为第三级台阶，3. 0m 以下为第四级台阶。八道工艺流程及四个作业区段如图 1B411013-2 所示。

施工中填方和挖方作业面形成台阶状，台阶间视具体情况和适应机械化作业而定，一般长为 100m 左右。填石作业自最低处开始，逐层水平填筑，每一分层先是机械摊铺主骨料，平整作业铺撒嵌缝料，将填石空隙以小石或石屑填满铺平，采用重型振动压路机碾压，压至填筑层顶面石块稳定。

(3) 冲击压实法：利用冲击压实机的冲击碾周期性、大振幅、低频率地对路基填料进行冲击，压实填方。它具有分层法连续性的优点，又具有强力夯实法压实厚度深的优点。缺点是在周围有建筑物时，使用受到限制。

(4) 强力夯实法：该方法机械设备简单，击实效果显著，施工中不需铺撒细粒料，施工速度快，有效解决了大块石填筑地基厚层施工的夯实难题。对强夯施工后的表层松动层，采用振动碾压法进行压实。

填石路堤强力夯实法施工要点：

强夯法与碾压法相比，只是夯实与压实的工艺不同，而填料粒径控制、铺填厚度控制都要进行，强夯法控制夯击数，碾压法控制压实遍数，机械装运摊铺平整作业完全一样，强夯法须进行夯坑回填。

• 分层厚度

施工分层线采取与设计路面平行，以保证路堤、路床和路面底层压实的均匀性。强夯压实要求分层进行。分层厚度 5. 0m 左右，高度 20m 以内的填石路堤分四层进行，其中底层稍厚，但不超过 5. 5m，面层稍薄，一般为 4. 0m。

- 各层夯点间距布置

各层夯点采用错位布置，即上层夯点位于下层四夯点间，以获得良好的击实效果。纵向上第一层和第三层在道路中线上布置夯点，并向两侧展布；第二层和第四层在距中心线两侧 2.25m 处布置夯点，夯点间距 4.5m×4.5m。

- 强夯石质填料的粒径控制一般为 40cm 以内，最大粒径不超过 60cm；施工过程若发现夯锤歪斜，应及时将坑底整平再夯；在有结构物如涵洞、挡墙等附近作业时，涵背、墙背 6m 范围填石以碾压法施工，强夯施工一定要远离涵墙、挡土墙外 6m 作业，以保证结构物安全；测量仪器架设在距离夯点 30m 远处；

(三) 土石路堤施工技术

1. 填料要求

土石混合料中石料强度大于 20MPa 时，石块的最大粒径不得超过压实层厚的 2/3；当石料强度小于 15MPa 时，石料最大粒径不得超过压实层厚，超过的应打碎。

2. 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。当土石混合料中石料含量超过 70% 时，宜采用人工铺填，整平应采用大型推土机辅以人工按填石路堤的方法进行；当土石混合料中石料含量小于 70% 时，可用推土机铺填，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。

(四) 高填方路堤施工技术

水田或常年积水地带，用细粒土填筑路堤高度在 6m 以上，其他地带填土或填石路堤高度在 20m 以上时，称为高填方路堤。高填方路堤应采用分层填筑、分层压实的方法施工，每层填筑厚度根据所采用的填料决定。如果填料来源不同，性质相差较大时，不应分段或纵向分幅填筑。位于浸水路段的高填方路堤应采用水稳定性较高及渗水性好的填料，边坡比不宜小于 1:2，避免边坡失稳。

例题·某新建公路，设计车速 40km/h，路线全长 24km，其中部分合同段中填方路基情况见表 1。

表 1 填方路基情况

合同段编号	填方路基高度 / m	填料	原地面情况
A	0.5~5.9	细粒砂土	地表面软土厚 0.3~0.6m
B	1.2~6.4	粗粒土	地表面软土厚 3.0~5.0m
C	16.0~19.0	粗粒土	地面耕地厚 0.3~0.6m
D	16.0~22.3	片石	地表面砂性土厚 1.0~4.0m

有高填方路堤的是 () 合同段。

- A. A B. B C. C D. D

【答疑编号 502077101104】 【正确答案】 D

(五) 粉煤灰路堤施工技术

粉煤灰路堤可用于高速公路。凡是电厂排放的硅铝型低铝粉煤灰都可作为路堤填料。由于是轻质材料，粉煤灰的使用可减轻土体结构自重，减少软土路堤沉降，提高土体抗剪强度。

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。

例题：(07 考点)

背景资料：某高速公路 M 合同段 (K17+300~K27+300)，主要为路基土石方工程，本地区岩层构成为泥岩、砂岩层，抗压强度 20Mpa 左右，地表土覆盖层较薄。在招标文件中，工程量清单列有挖方 2400000m³ (土石比例为 6:4)，填方 2490000m³，填力路段填料由挖方路段调运，考虑到部份工程量无法准确确定，因此采用单价合同，由监理工程师与承包人共同计量，土石开挖综合单价为 16 元 / m³。施工过程部分事件摘要如下：

事件 2：在填筑路堤时，施工单位采用土石混合分层铺筑，局部路段因地形复杂而采用竖向填筑法施工，并用平地机整平每一层，最大层厚 40cm，填至接近路床底面标高时，改用土方填筑。

2. 指出事件 2 中施工方法存在的问题，并提出正确的施工方法。

【答疑编号 502077101105】 【正确答案】

- (1) 不应采用平地机整平。因含石量为 66%，整平应采用大型推土机辅以人工进行。
- (2) 不应采用竖向填筑法。土石路堤只能采用分层填筑，分层压实。

1B411014 掌握挖方路基施工

当铺设轨道或路面的路基面低于天然地面时，路基以开挖方式构成，这种路基为路堑。路堑开挖后破坏了原地层的天然平衡状态，路堑稳定性主要取决于地质与水文条件，以及边坡深度和边坡坡度。

一、土质路堑施工技术

土质路堑开挖方法

(一) 横向挖掘法

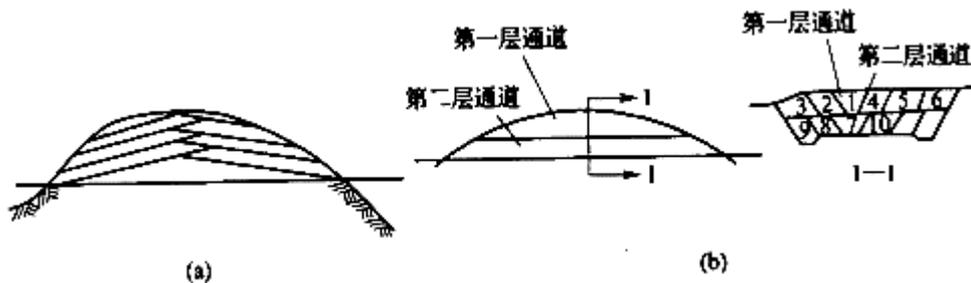
土质路堑横向挖掘可采用人工作业，也可机械作业，具体方法有：

1. 单层横向全宽挖掘法：从开挖路堑的一端或两端按断面全宽一次性挖到设计标高，逐渐向纵深挖掘，挖出的土方一般都是向两侧运送。该方法适用于挖掘浅且短的路堑。
2. 多层横向全宽挖掘法：从开挖路堑的一端或两端按断面分层挖到设计标高，适用于挖掘深且短的路堑。

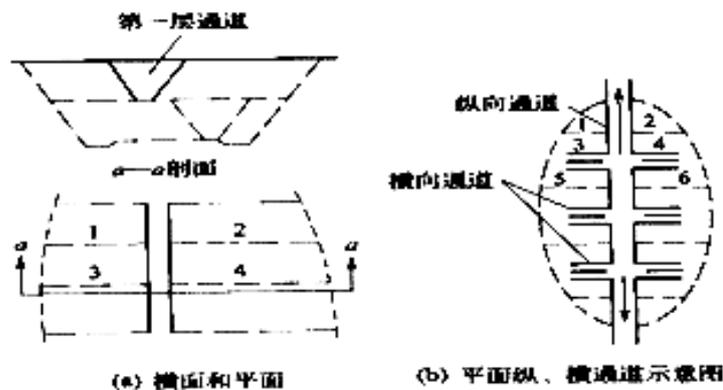
(二) 纵向挖掘法

土质路堑纵向挖掘多采用机械作业，具体方法有：

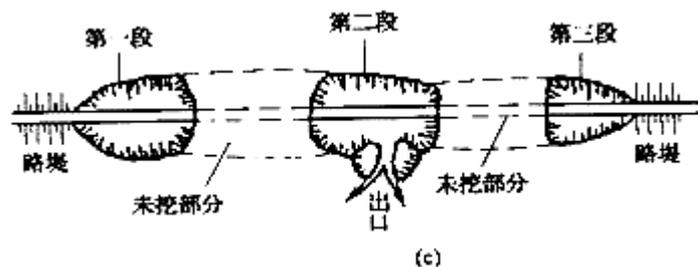
1. 分层纵挖法：沿路堑全宽，以深度不大的纵向分层进行挖掘，适用于较长的路堑开挖。（适用范围）



2. 通道纵挖法：先沿路堑纵向挖掘一通道，然后将通道向两侧拓宽以扩大工作面，并利用该通道作为运土路线及场内排水的出路。该层通道拓宽至路堑边坡后，再挖下层通道，如此向纵深开挖至路基标高，该法适用于较长、较深、两端地面纵坡较小的路堑开挖。（适用范围）



3. 分段纵挖法：沿路堑纵向选择一个或几个适宜处，将较薄一侧堑壁横向挖穿，使路堑分成两段或数段，各段再纵向开挖。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。（适用范围）



(三) 混合式挖掘法

多层横向全宽挖掘法和通道纵挖法混合使用。先沿路线纵向挖通道，然后沿横向坡面挖掘，以增加开挖面。该法适用于路线纵向长度和挖深都很大的路堑开挖。（适用范围）

例题·土质路堑混合挖掘法是指（ ）混合使用。

- A. 多层横向全宽挖掘法和分层纵挖法
- B. 单层横向全宽挖掘法和分层纵挖法
- C. 多层横向全宽挖掘法和通道纵挖法
- D. 单层横向全宽挖掘法和分段纵挖法

【答疑编号 502077101201】 【正确答案】 C

背景资料：

某施工单位承接了一条长 21KM 的公路的路基、路面工程，路基宽 12M，水泥混凝土路面。

K6+280~K6+910 为土质路堑，平均挖方深度约 13m，最大挖深 21.2m，路段土质为细粒土。施工单位在进行路堑开挖时，先沿路线纵向挖出一条通道，再横向进行挖掘。由于该路段地下水位较高，设置了深沟排出地下水，但路床碾压时出现了“弹簧”现象。经检查分析，出现“弹簧”的原因是渗沟的排水效果不理想，路床下局部路段地下水排不了，导致毛细水位上升，使土的含水量偏高。

【问题】指出施工单位进行路堑开挖所采用方法的名称。采用该方法是否恰当？说明理由。（6 分）

【答疑编号 502077101202】 【正确答案】

该方法叫混合式挖掘法（2 分）

恰当（2 分）；因为路较长（630m），而且深度也较深（平均 13m 最深 21.2m）（2 分）。

（三）机械开挖作业方式

1. 推土机开挖土质路堑作业

推土机开挖土质路堑作业方法与填筑路基相同的有下坡推土法、槽形推土法、并列推土法、接力推土法和波浪式推土法。另有斜铲推土法和侧铲推土法。

2. 挖掘机开挖土质路堑作业

公路工程施工中以单斗挖掘机最为常见，而路堑土方开挖中又以正铲挖掘机使用最多。正铲挖掘机挖装作业灵活，回转速度快，工作效率高，特别适用于与运输车辆配合开挖土方路堑。正铲工作面的高度一般不应小于 1.5m，否则将降低生产效率，过高则易塌方损伤机具。

二、石质路堑施工技术

（一）基本要求

在开挖程序确定之后，根据岩石条件、开挖尺寸、工程量和施工技术要求，通过方案比较拟定合理的方式。其基本要求是：

- 1. 保证开挖质量和施工安全；
- 2. 符合施工工期和开挖强度的要求；
- 3. 有利于维护岩体完整和边坡稳定性；
- 4. 可以充分发挥施工机械的生产能力；
- 5. 辅助工程量少。

（二）开挖方式

1. 钻爆开挖：应用最广泛

2. 机械开挖：适用于施工场地开阔、大方量的软岩石工程。不易破碎坚硬岩石。

3. 静态破碎法：将膨胀剂放入炮孔内，利用产生的膨胀力使其慢慢裂开。适用于设备附近、高压线下以及开挖与浇筑过渡段等特定条件下的开挖。优点是安全可靠，没有爆破产生的公害；缺点是破碎效率低，开裂时间长。

例题：某坚石路堑紧邻一座高压线铁塔，其最佳开挖方法是（ ）。

- A. 薄层钻爆开挖
- B. 带松土器的重型推土机破碎开挖
- C. 分层钻爆开挖
- D. 静态破碎开挖

【答疑编号 502077101203】 【正确答案】 D

1B411015 掌握路基季节性施工

一、路基雨期施工技术

（一）雨期施工地段的选择

1. 雨期路基施工地段一般应选择丘陵和山岭地区的砂类土、碎砾石和岩石地段和路堑的弃方地段。

2. 重黏土、膨胀土及盐渍土地段不宜在雨期施工；平原地区排水困难，不宜安排雨期施工。

（二）雨期施工前的准备工作

1. 对选择的雨期施工地段进行详细的现场调查研究，据实编制实施性的雨期施工组织计划。

2. 应修建施工便道并保持晴雨畅通。

3. 住地、库房、车辆机具停放场地、生产设施都应设在最高洪水位以上地点或高地上，并应远离泥石流沟槽冲积堆一定的安全距离。

4. 应修建临时排水设施，保证雨期作业的场地不被洪水淹没并能及时排除地面水。

5. 应储备足够的工程材料和生活物资。

（三）雨期填筑路堤

1. 雨期路堤施工地段除施工车辆外，应严格控制其他车辆在施工场地通行。
2. 在填筑路堤前，应在填方坡脚以外挖掘排水沟，保持场地不积水。
3. 应选用透水性好的碎（卵）石土、砂砾、石方碎渣和砂类土作为填料。利用挖方土作填方时应随挖随填及时压实。含水量过大无法晾干的土不得用作雨期施工填料。
4. 路堤应分层填筑。每一层的表面，应做成2%~4%的排水横坡。当天填筑的土层应当天完成压实。
5. 雨期填筑路堤需借土时，取土坑距离填方坡脚不宜小于3m。平原区路基纵向取土时，取土坑深度一般不宜大于1m。

（四）雨期开挖路堑

1. 土质路堑开挖前，在路堑边坡坡顶2m以外开挖截水沟并接通出水口。
2. 开挖土质路堑宜分层开挖，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高，应沿坡面留30cm厚，待雨期过后整修到设计坡度。以挖作填的挖方应随挖随运随填。
3. 土质路堑挖至设计标高以上30~50cm时应停止开挖，并在两侧挖排水沟。待雨期过后再挖到路床设计标高后再压实。
4. 土的强度低于规定值时应按设计要求进行处理。
5. 雨期开挖岩石路堑，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。

例题：山岭地区的雨期路基施工一般应选择在（ ）地段进行。

A. 砂类土 B. 岩石 C. 碎石 D. 重黏土 E. 膨胀土

【答疑编号 502077101204】 【正确答案】 ABC

二、路基冬期施工技术

在反复冻融地区，昼夜平均温度在-3℃以下，连续10天以上时，进行路基施工称为路基冬期施工。当昼夜平均温度虽然上升到-3℃以上，但冻土未完全融化时，亦应按冬期施工。

（一）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，但应采取加温保温措施，注意养护。
4. 岩石地段的路堑或半填半挖地段，可进行开挖作业。

（二）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. 整修路基曲坡。
4. 在河滩低洼地带将被水淹的填土路堤。

（三）路基冬期施工前的准备工作

1. 对冬期施工项目按次排队，编制实施性的施工组织计划。
2. 冬期施工项目在冰冻前应进行现场放样，保护好控制桩并树立明显的标志，防止被冰雪掩埋。
3. 冰冻前应挖好坡地上填方的台阶，清除石方挖方的表面覆盖层、裸露岩体。
4. 维修保养冬期施工需用的车辆、机具设备，充分备足冬期施工期间的工程材料。
5. 准备施工队伍的生活设施、取暖照明设备、燃料和其他越冬所需的物资。

（四）冬期填筑路堤

1. 冬期施工的路堤填料，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。
2. 冬期填筑路堤，应按横断面全宽平填，每层松厚应按正常施工减少20%—30%，且最大松铺厚度不得超过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。
3. 当路堤高距路床底面1m时，应碾压密实后停止填筑。
4. 挖填方交界处，填土低于1m的路堤都不应在冬期填筑。
5. 冬期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。
6. 冬期填筑的路堤，每层每侧超填并压实。待冬期后修整边坡削去多余部分并拍打密实或加固。

（五）冬期施工开挖路堑表层冻土的方法

1. 爆破冻土法：当冰冻深度达1m以上时可用此法炸开冻土层。
2. 机械破冻法：1m以下的冻土层可选用专用破冻机械如冻土犁、冻土锯和冻土铲等，予以破碎清除。
3. 人工破冻法：当冰冻层较薄，破冻面积不大，可用日光暴晒法、火烧法、热水开冻法、水针开冻法、蒸汽放热解冻法和电热法等方法胀开或融化冰冻层，并辅以人工撬挖。

(六) 冬期开挖路堑

1. 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，应在表面覆雪保温，避免重复被冻。
2. 挖方边坡不应一次挖到设计线，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。
3. 路堑挖至路床面以上 1m 时，挖好临时排水沟后，应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。
4. 冬期开挖路堑必须从上向下开挖，严禁从下向上掏空挖“神仙土”。
5. 每日开工时先挖向阳处，气温回升后再挖背阴处，如开挖时遇地下水源，应及时挖沟排水。
6. 冬期施工开挖路堑的弃土要远离路堑边坡坡顶堆放。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。弃土堆应摊开整平，严禁把弃土堆于路堑边坡顶上。

【背景材料】某地区公路路基雨季施工过程中突遇冷空气气温下降，昼夜平均温度 -3°C 以下，持续一个星期，然后气温回暖，未发生冻土现象。该路段有填有挖，且需以挖做填。土质为砂类土，施工方技术人员提出为保证雨季和冬季施工质量应采用以下几条主要措施：

1. 在填方坡脚外挖好排水沟；
2. 分层填筑时，每一层表面做成 2%~4% 的排水横坡；
3. 按横断面全宽平填，每层松铺厚度按正常施工减少 20%~30%；
4. 挖填交界处、填土低于 1m 处停止填筑，待气温回暖后再实施。

【问题】

1. 请问上述 4 条措施哪些是针对雨季施工？哪些是针对冬季施工？
2. 施工方技术人员提出的 4 条措施是否合理？为什么？
3. 针对雨季路堤填筑出上述措施外还应采取哪些措施？

⑦ [答疑编号 502077101205]

【正确答案】

1. 1 和 2 条是针对雨季施工提出的措施，3 和 4 条是针对冬季施工提出的措施。
2. 施工方技术人员提出的针对雨季施工措施合理；针对冬季施工提出的措施不合理，因为该工程不属于冬季施工范畴。
3. ①雨季路堤施工地段除施工车辆外，应严格控制其他车辆在施工场地通行。
②保持场地不积水，如原地面松软，应采取换填措施。
③当天填筑的土层应当天完成压实。

1B411016 路基改建施工

一、路基加宽施工技术要点

1. 路堤加宽和边沟回填土的压实度不能低于旧路基土的压实度。新填土的压实度应适当提高 1%~2% 以免路基加宽和边沟回填的地方出现沉降。
2. 当旧路基为翻浆土时，路基的上部分应填筑砂土，或者铺筑一层 15cm 无机结合料。
3. 在加宽路堤时，填料如果是粗粒碎石屑，若其中 2mm 以下颗粒占 30%~50%，350mm 颗粒占 15%，这种材料会得到最好的压实效果。
4. 采用粉煤灰加宽路基，压实前铺筑厚度不能超过 20~25cm，如用振动压实机械，其层厚可达 35~40cm。如粉煤灰混合料中 10mm 粒料含量超过 25%，应加进 15%~30% 的黏土。
5. 在加宽深度小于 2m 的路堑时，先将边坡的种植土挖去。当路堑深度大于 6m 时，先填平边沟并压实。

二、路基加高施工技术要点

1. 分层填筑到要求的宽度和高度。
2. 当路基加高的数值略大于路面的设计厚度时，将旧路面挖去。
3. 如果路基内 0.5mm 以下的高塑性石灰石颗粒超过 20%~30% 时，最好掺进 20%~25% 的砂，并在路基全宽拌匀和压实。对于旧路路面的碎石材料，再加进一些本地的低活性粘结料（如粉煤灰、石灰、炉渣、水泥灰、天然沥青砂等），可作为路面的垫层。
4. 旧路槽恢复完之后必须整形，做成不小于 4% 的双向横坡，然后再分层填筑，达到设计高程。

三、新旧路基连接部处治技术要点

(一) 新路基填筑

1. 地基处治

(1) 低路堤处治

施工中应尽量利用原状土结构强度，不扰动下卧层。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。

(2) 高路堤处治

高路堤拓宽部分地基必须进行特殊处理。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。高路堤一侧拓宽时，**应防止新路基失稳，防止施工过快，使路基滑动。**高路堤拓宽时，一定要进行**路基稳定性验算**，采取有效措施，防止路基失稳。

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
- (2) 砂砾石填料

砂砾石可压缩性较小，采用砂砾石填料可大大减小路堤的压缩变形，提高承载力。

(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。**

(二) 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. 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。**

例题：下列土工合成材料，可用于防止路面反射裂缝的有（ ）

- A. 塑料格栅
- B. 油毛毡
- C. 玻璃纤维格栅
- D. 土工织物
- E. 聚丙烯拉筋带

② [答疑编号 502077101206] 【正确答案】ACD

1B411017 了解路基爆破施工

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。用药量 1t 以上的为大炮，1t 以下的为中小炮。

综合 爆破 方法 (小炮、 洞室)	{	钢钎炮 炮眼直径<70mm，深度<5m
		灵活、不可缺少的辅助炮型、不利于爆破能量的利用且工效较低
		深孔爆破 炮眼直径>75mm，深度>5m，延长药包
		潜孔凿岩机或穿孔机钻孔、劳动生产率高、施工进度快、比较安全，发展方向之一。
		药壶炮 在深 2.5~3m 以上的炮眼底部用小量炸药烘膛形成葫芦形炮眼，再集中爆破
		主要用于露天爆破，是小炮中最省工、省药的一种方法
		猫洞炮 炮眼直径 0.2~0.5m,洞穴成水平或倾斜，深度<5m,集中加药爆破岩体本身的崩塌作用，能用较浅的炮眼爆破较高的岩体，不能放孤炮。在有裂缝的软石坚石中，阶梯高度大于 4m，药壶炮药壶不易形成时，采用猫洞炮可以获得好的爆破效果。

二、路基爆破施工技术

常用 爆破 方法	{	光面爆破：有侧向临空面，用控制抵抗线和药量的方法，形成光滑平整的边坡。
		预裂爆破：没有侧向临空面和最小抵抗线的情况下，控制药量，预先炸出一条裂缝，作为隔震减震带，
		微差爆破 两相邻药包或前后排药包以毫秒的时间间隔依次起爆、也叫毫秒爆破
		定向爆破 高挖高填相间、工程量大的鸡爪形地区
		洞室爆破 将爆破岩体抛掷出路基，抛掷爆破、定向爆破、松动爆破

抛掷爆破有三种形式：

• 平坦地形的抛掷爆破（亦称扬弃爆破）。自然地面坡角 $\alpha < 15^\circ$ ，路基设计断面为拉沟路堑，石质大多是软石时，为使石方大量扬弃到路基两侧，通常采用稳定的加强抛掷爆破。

• 斜坡地形路堑的抛掷爆破。自然地面坡角 α 在 $15^\circ \sim 50^\circ$ 之间，岩石也较松软时，可采用抛掷爆破。

• 斜坡地形半路堑的抛掷爆破。自然地面坡角 $\alpha > 30^\circ$ ，地形地质条件均较复杂，临空面大时，宜采用这种爆破方法。

例题：在路基爆破施工中，可以对开挖眼以外的山体起保护作用的爆破技术是（ ）（2008、二建）

A. 光面爆破 B. 预裂爆破 C. 微差爆破 D. 定向爆破

？[答疑编号 502077101301] 【正确答案】 B

2. 石质路堑爆破施工技术要点

(1) 恢复路基中线，放出边线，钉牢边桩。

(2) 根据地形，地质及挖深选择适宜的开挖爆破方法，制订爆破方案，作出**爆破施工组织设计**，报有关部门审批。

(5) 用推土机配合爆破，创造临空面，使最小抵抗线方向面向回填方向。

(6) 炮眼按其不同深度，采用手风钻或潜孔钻钻孔，**炮眼布置在整体爆破时采用“梅花型，或“方格型”，预裂爆破时采用“一字型”**，洞室爆破根据设计确定药包的位置和药量。

(7) 在居民区及地质不良可能引起坍塌后遗症的路段，原则上不采用大中型洞室爆破。在石方集中的深挖路堑采用洞室爆破，防止超爆、少爆或振松边坡，留下后患。

(8) 爆破施工要严格控制飞石距离，采取切实可行的措施，确保人员和建筑物的安全。

(10) 确保**边坡爆破质量**，采用**预裂爆破技术**，**光面爆破技术**和**微差爆破技术**，同时配合选择合理的爆破参数，减少冲击波影响，降低石料大块率，以减少二次破碎，利于装运和填方。

(11) 装药前要布好警戒，做好爆破器材的防水保护工作，雨期或有地下水时，可考虑采用乳化防水炸药。

(12) **装药分单层、分层装药，预裂装药及洞室内集中装药**。炮眼装药后用木杆捣实，填塞黏土。

(14) 顺利起爆，并清除边坡危石后，用推土机清出道路，用推土机、铲运机纵向出土填方。

(16) 路基开挖至设计标高，经复测检查断面尺寸合格后，及时开挖边沟和排水沟，截水沟，经监理工程师验收合格后，按设计对边沟、边坡进行防护，边沟施工要做到尺寸准确，线型直顺，曲线圆滑，沟底平顺，排水畅通，浆砌护坡要做到平整坚实，灰浆饱满。路槽整理要掌握好，不要留孤石和超爆，做到一次标准成型验收合格。

例题·预裂爆破的主要目的是（ ）。（06 考点）

A. 为了节省炸药 B. 为了加强岩石的破碎效果 C. 形成光滑平整的边坡 D. 形成隔震减震带

？[答疑编号 502077101302] 【正确答案】 D 或保护岩体不受震

2010 考点：背景资料

某施工单位承接了某高速公路路基 H 合同段工程施工，该区段设计车速 100km/h，平均挖深 19m，路基宽度 26m，其中 K20+300~ K20+520 为石质路堑。该区段岩石为石炭系硅质灰岩，岩石较坚硬，多为厚层构造，局部呈薄层状构造，裂隙发育。要求路堑采用钻爆开挖，爆破石渣最大允许直径为 30cm，对开挖石渣尽可能提高利用率。

施工单位编制的爆破设计方案摘要如下：

(1) 边坡采用预裂爆破，路基主体尽量采用深孔爆破，局部采用钢钎炮，烘膛炮等方法。

(2) 采用直径 8cm 的钻头钻孔，利用自行式凿岩机或潜孔钻一次钻到每阶平台设计标高位置。

(3) 爆破顺序采用从上至下的分台阶，顺路线方向纵向推进爆破，控制最大爆破深度不超过 10m，纵向每 40~50m 为一个单元，边坡和主体采用微差爆破一次性完成。

(4) 边坡预裂爆破孔间距为 1m，采用“方格型”布置，按水平方向控制炮杆位置，路基主体内炮孔间距 4m，采用“梅花型”均匀布置。

爆破设计方案报主管部门审批时未通过，退回后由施工单位重新修改。

在确定爆破安全距离时，施工单位按《爆破安全规程》中安全距离不小于 200m 的规定，将安全距离设为 200m，并布置警戒线。爆破结束后，未出现安全事故。

K20+300~ K20+520 段需开挖石方 140000m³，采用 2 台装载机（每台作业率 720m³/台班）和 6 台自卸汽车（每台作业率 300m³/台班）配合装运石方，其他机械均配套，将石方调运到两端的填方路段。施工完成后，对路基工程进行了质量检验，其中针对 K20+300~ K20+520 路段，实测了纵断高程、中线偏位、宽度、横坡。

问题 1. 指出并改正爆破设计方案中的错误之处。

2. 施工单位确定爆破安全距离的做法是否恰当？说明理由。

？[答疑编号 502077101303]

【正确答案】 1. 采用“方格型”布置（1 分），按水平方向控制炮杆位置错误（1 分）。

应改为：采用“一字型”布置（2 分），按**边坡坡度控制炮杆位置**（2 分）。

2. 不恰当（1 分）。因为除考虑《爆破安全规程》中露天爆破安全距离不得小于 200m 外，还应考虑个别飞散物影响、地震波、空气冲击波的影响（3 分），经计算后再确定安全距离（2 分）。

1B411020 特殊路基施工技术

1B411021 掌握软土地区路基施工

一、软土地基的工程特性

淤泥、淤泥质土及天然强度低、压缩性高、透水性小的一般黏土统称为软土。

对于高速公路，标准贯击次数小于4，无侧限抗压强度小于50kPa且含水量大于50%的黏土或标准贯击次数小于4且含水量大于30%的砂性土统称为软土。

大部分软土的天然含水量大30%—70%，孔隙比大1.0—1.9，渗透系数小 10^{-8} — 10^{-7} cm/s，压缩性系数高0.005—0.02，抗剪强度低(快剪粘聚力10kPa，快剪内摩擦角 0° — 5°)，具有触变性，流变性显著。

修建在软土地区的路基，主要是路堤填筑荷载引起软基滑动破坏的稳定问题和量大且时间长的沉降问题。

二、软土地基处理施工技术

软土地基处理施工具体方法，按加固性质，主要有以下几种：表层处理法、换填法、重压法、垂直排水固结法，其他软基处理施工技术。常常多种方法综合应用。

按加固性质，主要有以下几类：

(一) 表层处理法(砂垫层、反压护道、土工聚合物处治)

1. 砂垫层

在软土层顶面铺砂垫层，主要起浅层水平排水作用，使软土加速沉降发展，缩短固结时间。但对基底应力分布和沉降量的大小无显著影响。

适用条件：该法适用于路堤高度小于2倍极限高度(在天然软土地基上，基底不作特殊加固处理而用快速施工方法修筑路堤的填筑最大高度)，软土层及其硬壳较薄，或软土表面渗透性很低的硬壳等情况。亦适用于软土层稍厚但具有双面排水条件的地基。

特点：砂垫层施工简便，不需特殊机具设备，占地较少。但需放慢填筑速度，严格控制加荷速率，使地基有充分时间进行排水固结。适用于施工期限不紧迫、砂料来源充足、运距不远的施工环境。

形式：有排水砂垫层、换土砂垫层、砂垫层和土工布混合使用等形式。



图 2-39 排水砂垫层(尺寸单位:m)

2. 反压护道

机理：在路堤两侧填筑一定宽度和高度的护道，以改善路堤荷载方式来增加抗滑力的方法，使路堤下的软基向两侧隆起的趋势得到平衡，从而保证路堤的稳定性。

适用条件：路堤高度不大于1.5~2倍的极限高度，非耕作区和取土不太困难的地区。(特点决定了使用条件)

特点：采用反压护道加固地基，不需特殊的机具设备和材料，施工简易方便，但占地多，土用量大，后期沉降大，以后的养护工作量也大。(特点)

3. 土工聚合物处治

(1) 土工布

机理：土工布铺设于路堤底部，在路基自重作用下受拉产生抗滑力矩，提高路基稳定性。土工布在软土地基加固中的作用包括排水、隔离、应力分散和加筋补强。

土工布连接一般采用搭接法或缝接法。目前缝接法有一般缝法、丁缝法和蝶形法。

(2) 土工格栅

机理：土工格栅加固土的机理存在于格栅与土的相互作用。一般可归纳为格栅表面与土的摩擦作用、格栅孔眼对土的锁定作用和格栅肋的被动抗阻作用。三种作用均能充分约束土的颗粒侧向位移，从而大大地增加了土体的自身稳定性，对土的加固效果，明显高于其他土工织物。

优点：可迅速提高地基承载力，加快施工进度；控制软基地段沉降量发展，缩短工期，使公路及早投入使用。

(二) 换填法(开挖换填法、抛石挤淤法、爆破排淤法)

换填法一般适用于地表下0.5~3.0m之间的软土处治。

1. 开挖换填法

将软弱地基层全部挖除或部分挖除，用透水性较好的材料(如砂砾、碎石、钢渣等)进行回填。该方法简单易行，也便于掌握。对于软基较浅(1~2m)的泥沼地特别有效。但对于深层软基处理，要求沉降控制较严的路基、桥涵构造物、引道等，应考虑采用其他方法。

(1) 开挖方式

基底开挖深度在 2m 以内可用推土机、挖掘机或人工直接清除至路基范围以外堆放或运至取土坑还填；深度超过 2m 时，要由端部向中央分层挖除，并修筑临时运输便道，由汽车运载出坑。

软土在路基坡脚范围以内全部清除。边部挖成台阶状再回填；路基穿过沼泽地只需要清除路基坡角（含护坡道）范围以内的软土。

(2) 泥沼基底的换填

①第一类泥沼，完全为稳定的泥炭所充满，相对稳定；

②第二类泥沼，为不稳定的泥炭所充满，相对不稳定；

③第三类泥沼，为水或流动的泥炭或淤泥所充满，表面有或无飘浮的泥炭皮，极不稳定。

在第一类泥沼地区，路堤高度小于 3m 时，应采取部分挖填的方法，换填深度一般超过 2m，横向换填底宽应等于路基面宽；路堤高度大于 3m 时，一般不予挖除；沼底横坡陡于 1:10 时应整平处理。

在第二类泥沼地区，泥沼深度小于 3m 时，不论路堤高度多少，均应将泥沼全部挖除，换填渗水土，使路堤落到沼底。泥沼深度大于 3m 时，应考虑部分换填和采取路堤两侧增建反压护道的措施，换填深度不得小于 3m；沼底横向坡度陡于 1:15 时，应进行整平处理。

在第三类泥沼地区，不论泥沼多深，路堤均应落到实地上，或将泥炭皮挖除后，抛填片石沉落到沼底。沼底横向坡度陡于 1:20 时，应进行整平处理。

(3) 填筑及压实

软基在开挖时要注意解决渗水或雨水两个问题，可采用边挖边填，也可全部或局部清除后进行全部或局部回填，尽可能换填渗水性材料，并注意及时抽水。

碎石土及粉煤灰等工业废渣常作为换填材料。压实时为达到较好的压实效果，常采用振动压路机和重型静力压路机（三轮压路机 12~15t）。

如果路基与两侧沼泽完全隔离，就可按照一般路堤填筑方式进行填筑

路堤与两侧沼泽不能完全隔离，在清除路基地部软土后，如渗透性良好的土源缺乏，可在路堤底面用砂石料设置透水性路堤。护面墙应在路堤压实稳定后再开挖砌筑。

2. 抛石挤淤法

这种方法施工简单、迅速、方便，适用于常年积水的洼地，排水困难，泥炭呈流动状态，厚度较薄，表层无硬壳，片石能沉达底部的泥沼或厚度为 3~4m 的软土；在特别软弱的地面上施工由于机械无法进入，或是表面存在大量积水无法排除时；石料丰富、运距较短的情况。

抛投顺序，应先从路堤中部开始，中部向前突进后再渐次向两侧扩展，以使淤泥向两旁挤出。当软土或泥沼底面有较大的横坡时，抛石应从高的一侧向低的一侧扩展，并在低的一侧多抛填一些。

片石露出水面后，宜用重型压路机反复碾压，然后在其上面铺反滤层，再行填土。

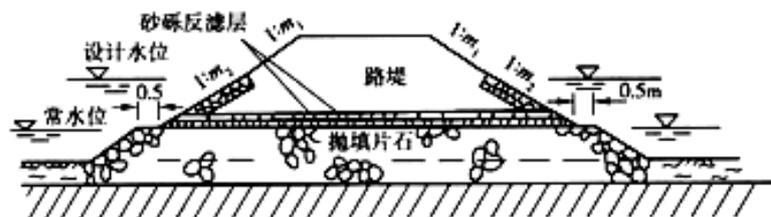


图 2-40 抛石挤淤

3. 爆破排淤法

机理：将炸药放在软土或泥沼中爆炸，利用爆炸时的张力作用，把淤泥或泥沼扬弃，然后回填强度较高的渗水性土壤，如砂砾、碎石等。爆破排淤较一般方法换填深度大、工效较高，软土、泥沼均可采用。

适用条件：爆破排淤法用于当淤泥（泥炭）层较厚，稠度大，路堤较高和施工期紧迫时；路段内没有桥涵等构造物，路基承载力均衡一致，因整体沉降对道路不会产生破坏，也可考虑换填。但对桥涵构造物及两侧引道等，应考虑采用其他方法。

施工方法：爆破排淤分为两种，一种方法是先在原地面上填筑低于极限高度的路堤，再在基底下爆破，适用于稠度较大的软土或泥沼。另一种方法是先爆后填，适用于稠度较小，回淤较慢的软土。

例题：以下关于换填法的作法正确的是：（ ）

- A. 直接用砂、砾、卵石、片石等渗水性材料置换部分软土
- B. 先采用人工或机械挖除公路路堤下全部软土
- C. 换填强度较高的粘性土
- D. 换填砂、砾
- E. 换填卵石、片石

【答疑编号 502077101304】 【正确答案】 ABDE

(三) 重压法

1. 堆载预压法

机理：在软基上修筑路堤，通过填土堆载预压，使地基土压密、沉降、固结，从而提高地基强度，减少路堤建成后的沉降量。

方式：进行预压的荷载超过设计的道路工程荷载，称为**超载预压**；预压荷载等于道路工程荷载，称为**等载预压**。

特点及适用范围：堆载预压法**对各类软弱地基均有效**；使用材料、机具简单，施工操作方便。但堆载预压需要一定的时间，适合工期要求不紧的项目。

2. 其他重压法

(1) **真空预压法**：利用大气压强 0.098MPa 等效堆载预压法对软基进行加固。即依靠真空抽气设备，使密封的软弱地基产生真空负压，使土颗粒间的自由水、空气沿着纵向排水通道，上升到软基上部砂垫层内，由砂垫层过滤再排到软基密封膜以外，从而使土体固结。

该法适用于含水量高、孔隙比大、强度低、渗透系数和固结系数均较小的黏土。

(2) **真空预压加堆载预压法**：是堆载预压和真空预压两种方法的结合，原理与真空预压相同，但加载更大，预压时间缩短了一半。

(四) 垂直排水固结法

利用砂井、袋装砂井、塑料排水板增加土层竖向排水途径，缩短排水距离、加速地基固结。

1. 砂井 在施工时考虑避免“缩颈”和减少对土的扰动。

(1) **套管法**：将带有活瓣管尖或套有混凝土端靴的套管沉到预定深度，然后在管内灌砂后，拔出套管，形成砂井。根据沉管工艺的不同，又分为静压沉管法、振动沉管法等。

(2) **水冲成孔法**：通过专用喷头，在水压力作用下冲孔，成孔后清孔，再向孔内灌砂形成。适用于土质较好且均匀的砂性土。

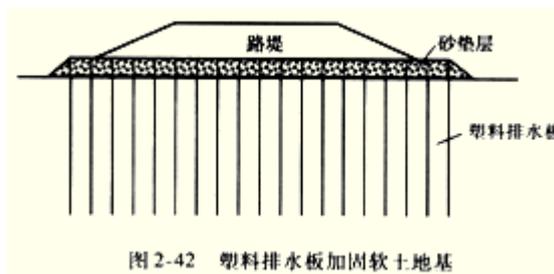
(3) **螺旋钻成孔法**：以动力螺旋钻钻孔，提钻后灌砂成砂柱。适用于陆上工程，砂井长度 10m 以内，且土质较好，不会出现缩颈、塌孔现象的软弱地基。优点是设备简单机动，成孔规则。缺点是灌砂质量较难掌握，不太适用于很软弱的地基。

2. 袋装砂井

采用**渗透率较高的中、粗砂**（大于 0.5mm 的砂的含量宜占总重的 50% 以下，含泥量不应大于 3%，渗透系数不应小于 $5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ ）制成砂袋。

3. 塑料排水板

用插板机或与袋装砂井打设机共用（将圆形套管换成矩形套管）打设。按整平原地面→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→摊铺上层砂垫层的施工工艺程序进行。



【案例 1B411021】

1. 背景

某高速公路 M 合同段，路面采用沥青混凝土，路线长 19.2 km。该路地处平原地区，路基横断面以填方 3~6 m 高的路堤为主，借方量大，借方的含石量 40%~60%。地表层以黏土为主，其中 K7+200~K9+800 段，地表层土厚 7~8m，土的天然含水量为 40%~52%，地表无常年积水，孔隙比为 1.2~1.32，属典型的软土地基。结合实际情况，经过设计、监理、施工三方论证，决定采用砂井进行软基处理，其施工工艺包括加料压密、桩管沉入、机具定位、拔管、整平原地面等。完工后，经实践证明效果良好。

2. 问题 (1) 本项目若采用抛石挤淤的方法处理软基，是否合理？请说明理由。

(2) 根据背景资料所述，按施工的先后顺序列出砂井的施工工艺。

【答疑编号 502077101305】 【正确答案】

(1) 不合理。原因有：软基深度较深、面积大（25 程经济性较差）。地表无常年积水、土质呈软塑~可塑状态（施工速度慢）。

(2) 砂井施工工艺的先后顺序为：整平原地面→机具定位→桩管沉入→加料压实→拔管。

(五) 其他软基处理施工技术

1. 旋喷桩

用水泥、生石灰、粉煤灰等作为加固料。其中粉喷桩的施工要点如下：

- (1) 施工准备。
- (2) 施工机具和材料。

施工主要机具包括：喷粉桩机及配套贮灰罐及喷粉系统、空气压缩机、75kW 以上的发电机等，喷粉桩机由液压步履式底架和导向加减压机构、钻机传动系统、钻具、液压系统、喷粉系统、电气系统等部分组成。

- (4) 施工中注意事项

。施工参数，应在施工前做好标定，施工工艺应经工艺试桩后确定。

• 施工所用的固化材料通过室内试验满足要求后方可使用。

• 为保证搅拌桩的垂直度，应注意起吊设备的地面平整度和导向架对地面的垂直度，**垂直度误差不超过 1.5%**。

• 喷粉桩机必须配置粉料计量装置。

• 预搅时应将软土完全切碎，以利于同固化材料均匀搅拌，保证施工质量。

• 施工中，发现喷粉量不足时应整桩复打，复打的喷粉量仍应不小于设计用量。遇有故障而停止喷粉时，第二次喷粉接桩时，其喷粉重叠长度不得小于 1m。

2. 粒料桩

主要用振冲器、吊机或施工专用平车和水泵，将砂、碎石、砂砾、废渣等粒料（粒径宜为：20~50mm，含泥量不应大于 10%）加入振密。

选择振冲器型号应与桩径、桩长及加固工程离周围建筑物距离相适应。

现以振冲碎石桩为例：

(1) 振冲器对准桩位，打开水源和电源，检查水压、电压和振冲器的空载电流是否正常。

(2) 当振冲器到达设计加固深度以上 **30~50cm** 时可把振冲器往上提至孔口，**提升速度可增至 5~6m/min**，以清除孔壁泥块，防止“缩颈”。

(3) 重复上述步骤 1~2。然后将振冲器停留在设计加固深度以上 30~50cm 处，借循环水使孔内泥浆变稀，即清孔。清孔 1~2min 以后将振冲器提出孔口，准备加填料。

(4) 填料：往孔内倒入填料，将振冲器下放至填料中，进行振实，振冲器一方面将填料振密，另一方面使填料挤入孔壁的土中，从而使桩径扩大。

(5) 成桩：重复上一步骤，自下而上制作桩体，直至孔口。

(6) 表层清理：加固区碎石桩全部完成后，应进行表层清理。将桩顶部约 1m 范围内的桩体挖去，或者用振动碾使之压实。

3. 生石灰桩

主要用振冲器、吊机或施工专用步履式、门架式振动沉桩设备。使用材料为生石灰（颗粒直径不超过 30mm 要求填充材料要密实）。

选择振冲器型号应与桩径、桩长及加固工程离周围建筑物距离相适应。

例题·09 年真题某换填工程，工期紧，换填面积广，淤泥层较厚且稠度大。该工程最适合采用的换填方法是（ ）。

- A. 抛石挤淤法 B. 爆破排淤法 C. 开挖换填法 D. 水冲成孔法

🔍 [答疑编号 502077101306] 【正确答案】 B

1B411022 掌握膨胀土地区路基施工

一、膨胀土的工程特性及主要特征

具有较大吸水膨胀、失水收缩特性的高液限黏土称为膨胀土。按工程性质分为强膨胀土、中等膨胀土、弱膨胀土三类。

膨胀土对公路路基及工程建筑有较强的潜在破坏作用。

膨胀土地区的路堤会出现沉陷、边坡溜塌、路肩坍塌和滑坡等变形破坏。

路堑会出现剥落、冲蚀、溜塌和滑坡等破坏。

二、膨胀土地区路基的施工技术要点

(一) 膨胀土地区原地面处理

高速公路、一级公路路堤原地面处理应按下列规定办理：

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，并按规定压实。

2. 地表为潮湿土时，必须挖去湿软土层换填碎、砾石土、砂砾或利用挖方坚硬岩石碎渣，或将土翻开，掺石灰稳定并按规定压实。

(二) 膨胀土的填筑

1. 强膨胀土稳定性差，不应作为路基填料；中等膨胀土宜经过加工、改良处理后作为填料；弱膨胀土可根据当地气候、水文情况及道路等级加以应用，对于直接使用中、弱膨胀土填筑路堤时，应及时对边坡及顶部进行防护。

2. 高速公路、一级公路、二级公路等采用中等膨胀土用作路床填料时，应作掺灰改性处理。改性处理后要求胀缩总率不超过 0.7 为宜。

3. 限于条件，高速公路，一级公路用中等膨胀土填筑路堤时，路堤填成后，应立即作浆砌底护坡封闭边坡。当填至路床底面时，应停止填筑，改用符合规定程度的非膨胀土或改性处理的膨胀土填至路床顶面设计标高并严格压实。如当年不能铺筑路面，作为封层的填筑厚度，不宜小于 30cm，并做成不小于 2% 的横坡。

4. 使用膨胀土作填料时，为增加其稳定性，可采用石灰处治，石灰剂量可通过试验确定，要求掺灰处理后的膨胀土，其胀缩率接近零为佳。

5. 可用接近最佳含水量的中等膨胀土填筑路堤，但两边边坡部分要用非膨胀土作为封层。路堤顶面也要用非膨胀土形成包心填方。挖方地段当挖到距路床顶面以下 30cm 时，应停止向下开挖，并挖好临时排水沟。待作路面时，再挖至路床顶面以下 30cm，并用非膨胀土回填，并按要求压实。

(三) 膨胀土地区路基碾压施工

根据膨胀土自由膨胀率的大小，选用工作质量适宜的碾压机具，碾压时应保持最佳含水量；压实土层松铺厚度不得大于 30cm；土块应击碎至粒径 5cm 以下。在路堤与路堑交界地段，应采用台阶方式搭接，其长度不应小于 2m，并碾压密实。

(四) 膨胀土地区路堑开挖

挖方边坡不要一次挖到设计线，沿边坡预留厚度 30~50cm 一层，待路堑挖完时，再削去边坡预留部分，并立即浆砌护坡封闭。

膨胀土地区的路堑，高速公路、一级公路的路床应超挖 30~50cm，并立即用粒料或非膨胀土分层回填或用改性土回填，按规定压实，其他各级公路可用膨胀土掺石灰处治。

1B411023 熟悉滑坡地段路基施工

一、各类滑坡的共同特征

1. 滑带土体软弱，易吸水不易排水，呈软塑状，力学指标低；
2. 滑带的形状在匀质土中多近似于圆弧形，在非匀质土中为折线形；
3. 水多是滑坡发展的主要原因，地层岩性是产生滑坡的物质基础，滑坡多是沿着各种软弱结构面发生的；
4. 自然因素和人为因素引起的斜坡应力状态的改变（爆破、机械振动等）均有可能诱发滑坡。

二、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. 对于滑坡的处治，应分析滑坡的情况，以了解滑坡体的形式和形成的原因，根据公路路基通过滑坡体的位置、水文、地质等条件，充分考虑路基稳定的施工措施。
2. 路基滑坡直接影响到公路路基稳定时，不论采用何种方法处理，都必须做好地表水及地下水的处理。
3. 对于滑坡顶面的地表水，应采取截水沟等措施处理，不让地表水流入滑动面内。必须在滑动面以外修筑一两条环形截水沟；对于滑坡体下部的地下水应截断或排出。
4. 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）。
5. 对于挖方路基上边坡发生的滑坡，应修筑一条或数条环形截水沟。
6. 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。
7. 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。
8. 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）及挡土墙方法处理。
9. 滑坡表面处治可采用整平夯实山坡，填筑积水坑，堵塞裂隙或进行山坡绿化固定表土。

例题、09 年真题某二级公路 K9+550~K9+600 段的路基右侧有一滑坡体，施工单位采取了下列滑坡防治措施，其中正确的有（ ）。

- A. 整平滑坡表面的积水坑，并封堵裂缝
- B. 在滑坡体以外修筑环形截水沟
- C. 在滑坡体上部堆放砂袋
- D. 修筑抗滑桩进行支挡
- E. 截断并排出滑坡体下部的地下水

【答疑编号 502077101401】 【正确答案】 ABDE

【答案解析】 参见教材 P24，滑坡防治的工程措施。

三、滑坡地段路基的施工技术要点

1. 迅速排除降水及地下水

地下水活动是诱发滑坡产生的主要外因，不论采用何种方法处理滑坡，都必须做好地表水及地下水的处理，排除降水及地下水的主要方法如下：

(1) 环形截水沟

施工技术规范规定：对于滑坡顶面的地表水，应采取截水沟等措施处理，不让地表水流入滑动面内。**环形截水沟设置处，应在滑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。

(3) 平整夯实滑坡体表面的土层，应将坡面做适当平整。当坡面上有封闭的洼地或泉水露头时，应设水沟将其排出滑坡坡面，疏干积水。

(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。

2. 减轻滑体上作业机械、土体重力和振动

3. 改善土的工程性质，将上积土体减重，加重底脚处

当挖方路基上边坡发生的滑坡不大时，可采用刷方减重，反压坡脚的方法来防治滑坡。确定滑坡性质为推动式，或为由错落转化成的滑坡后，可采用此方法。减重的上积土的位置须在主滑地段的上部。

根据刷方后的地形来设置地表排水沟，在斜坡上设多级小台阶，并设置集水设备以利排水，坡面可采用植树造林或种草等生物防护方式进行保护，同时，对于开挖台阶部分，应按需要采取砌石圪工框架支撑等。

4. 选择干旱的施工季节，集中力量突击滑坡施工段

5. 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黏土和堆积层滑坡中。具有膨胀性质的滑坡的滑带土（或滑体）具有卸荷膨胀的特性，减重后能使滑带土松散，地下水浸湿后其阻滑力减小，因而引起滑坡下滑，故不宜采用减重法。

1B411024 了解湿陷性黄土地区路基施工

一、湿陷性黄土的工程特性

一般呈黄色或黄褐色，粉土含量常占 60%以上，含有大量的碳酸盐、硫酸盐等可溶盐类，天然孔隙比在 1 左右，**肉眼可见大孔隙**。在自重压力或自重压力与附加压力共同作用下，受水浸湿后土的结构迅速破坏而发生显著下沉。具有湿陷性和易溶蚀、易冲刷、各向异性等工程特性，导致黄土地区的路基易产生多种问题及病害。

二、湿陷性黄土地基的处理措施

除采用防止地表水下渗的措施外，可根据湿陷性黄土工程特性和工程要求，**因地制宜采取换填土、重锤夯实、强夯法、预浸法、挤密法、化学加固法等措施**对地基进行处理。

三、地基陷穴处理方法

对现有的陷穴、暗穴，可以采用灌砂、灌浆、开挖回填等措施，开挖的方法可以采用导洞、竖井和明挖等。

1. 灌砂法：本法适用小而直的陷穴，以干砂灌实整个洞穴。

2. 灌浆法：本法适用于洞身不大，但洞壁起伏曲折较大，并离路基中线较远的小陷穴。

3. 开挖回填夯实：本法适用于各种形状的陷穴。

4. 导洞和竖井：本法适用较大、较深的洞穴。由洞内向外逐步回填夯实。

5. 处理好的陷穴，其土层表面均应用石灰土填筑夯实或铺填透水材料加以改善。石灰土厚度如原设计未要求时，其厚度不宜小于 30cm。并将流向陷穴的附近地面水引离，防止形成地表积水或水流集中产生冲刷。

6. 黄土陷穴的处理范围，宜在路基填方或挖方边坡外，上侧 50cm，下侧 10~20cm。

1B411030 公路路基防护与支挡

1B411031 掌握防护工程类型和适用条件

一、路基防护工程类型

(一) 坡面防护

坡面防护，主要是保护路基边坡表面。

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. 圪工防护：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。

(二) 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。

例题. 06年真题沿河路堤河岸冲刷防护工程中，属于间接防护的是（ ）。

- A. 石笼 B. 挡土墙 C. 砌石 D. 顺坝

【答疑编号 502077101402】 【正确答案】 D

二、各种防护工程适用条件

(一) 植物防护 适用于低流速的

1. 种草防护：适用于边坡稳定，坡面受雨水冲刷轻微，且易于草类生长的路堤与路堑边坡。选用根系发达、叶茎低矮、多年生长且适宜于当地土壤和气候条件的草种，植于 40cm（无熟土时，表土厚度 $\geq 20\text{cm}$ ）表土层。播种方法有撒播法、喷播法和行播法。当前推广使用的两种新方法是湿式喷播技术和客土喷播技术。

2. 铺草皮：适用于需要迅速绿化的土质边坡。草皮护坡铺置形式有平铺式、叠铺式、方格式和卵（片）石方格式四种。

3. 植灌木：与种草、铺草皮配合使用，使坡面形成良好的防护层，适用于土质边坡和膨胀土边坡。但对盐渍土经常浸水、经常干旱的边坡及粉质土边坡不宜采用。灌木宜植于 1: 1.5 或更缓的边坡上，或在堤岸边的河滩上，用以降低流速，促使泥沙淤积。

(二) 骨架植物防护

1. 框格防护适用于土质或风化岩石边坡，框格防护可采用混凝土、浆砌片（块）石、卵（砾）石等作骨架，框格内宜采用植物防护或其他辅助防护措施。

2. 浆砌预制块防护适用于石料缺乏地区。预制块的混凝土强度不应低于 C15，在严寒地区不应低于 C20。

(三) 圪工防护

圪工防护有喷浆和喷射混凝土防护，干砌片石护坡，浆砌片（卵）石护坡，护面墙防护，锚杆钢丝网喷浆或喷射混凝土护坡，抹面防护。

1. 喷浆和喷射混凝土防护适用于边坡易风化、裂隙和节理发育、坡面不平整的岩石挖方边坡。

2. 干砌片石护坡适用于易受水流侵蚀的土质边坡、严重剥落的软质岩石边坡、周期性浸水及受水流冲刷较轻（流速小于 $2\sim 4\text{m/s}$ ）的河岸或水库岸坡的坡面防护。

3. 浆砌片（卵）石护坡适用于防护流速较大（ $3\sim 6\text{m/s}$ ）、波浪作用较强、有流水、漂浮物等撞击的边坡。

4. 护面墙用于封闭各种软质岩层和较破碎的挖方边坡以及坡面易受侵蚀的土质边坡。用护面墙防护的挖方边坡不宜陡于 1: 0.5，并应符合极限稳定边坡的要求。护面墙分为实体、窗孔式、拱式等类型，应根据边坡地质条件合理选用。

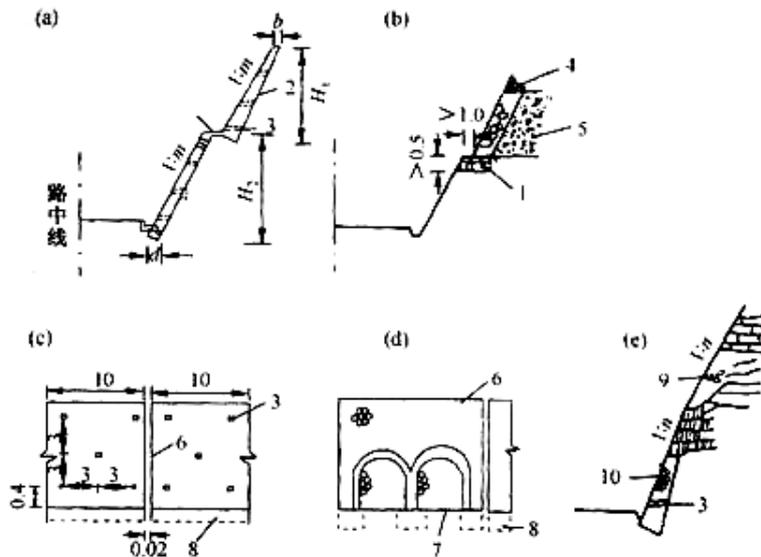


图 6-3 护面墙示意图(单位:m)

(a)双层式;(b)单层式;(c)墙面;(d)拱式;(e)混合式

1—平台;2—耳墙;3—泄水孔;4—封顶;5—松散夹层;
6—伸缩缝;7—软地基;8—基础;9—支补墙;10—护面墙

5. 锚杆钢丝网喷浆或喷射混凝土护坡适用于直面为碎裂结构的硬岩或层状结构的不连续地层，以及坡面岩石与基岩分离并有可能下滑的挖方边坡。施工简便，效果较好。

6. 抹面防护适用于易风化的软质岩石挖方边坡，岩石表面比较完整，尚无剥落。捶面防护适用于易受雨水冲刷的土质边坡和易风化的岩石边坡。

(四) 土工织物防护

1. 挂网式坡面防护适用于风化碎落较严重的岩石边坡。沿边坡悬挂的土工网能截住落石，引导其进入边沟或其他可控制地区。落石直径较大，边坡倾角大于 40° 时不宜使用。

2. 土工织物复合植被防护坡面综合了土工织物和植被两类防护的优点，其典型形式是三维土工网(垫)植草防护，主要适用于边坡坡度缓于 1:1，边坡高度小于 3m 的土质边坡。

3. 其他土工织物防护有草坪植生带、适用于破碎或易风化破碎的岩石路堑边坡的锚杆挂高强塑料网格喷浆(喷射混凝土)，以及土工织物作反滤层的护坡。

例题：一段易风化、裂隙和节理发育、坡面不平整的岩石挖方边坡采用喷射混凝土防护，除此之外还可采用的效果较好的防护工程是()。

- A. 抹面 B. 捶面 C. 护面墙 D. 喷浆

【答疑编号 502077101403】 【正确答案】 D

(五) 沿河路基防护工程技术

1. 直接防护

路堤冲刷主要是洪水急流，水位变迁不定，水流速度较大。(达到，3.0m/s 或更高)时，植树与石砌防护失效，可采用以下防护措施。

(1) 抛石：用于经常浸水且水深较大的路基边坡或坡脚以及挡土墙、护坡的基础防护。抛石一般多用于抢修工程。

(2) 石笼：沿河路堤坡脚或河岸，当受水流冲刷和风浪侵袭，且防护工程基础不易处理或沿河挡土墙、护坡基础局部冲刷深度过大时，可采用石笼防护。

钢丝石笼：多用于抢修或临时工程，不得用于急流滚石河段

钢筋混凝土框架石笼：可用于急流滚石河段。

2. 间接防护

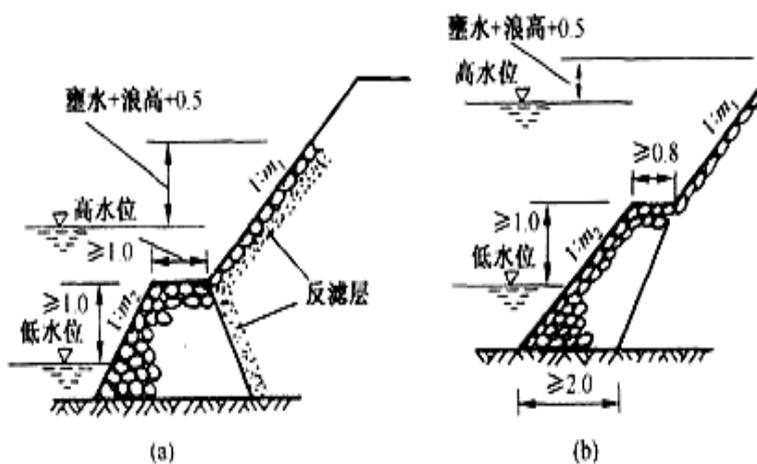


图 6-4 抛石防护示意图(单位:m)

(a)新堤石垛;(b)旧堤石垛

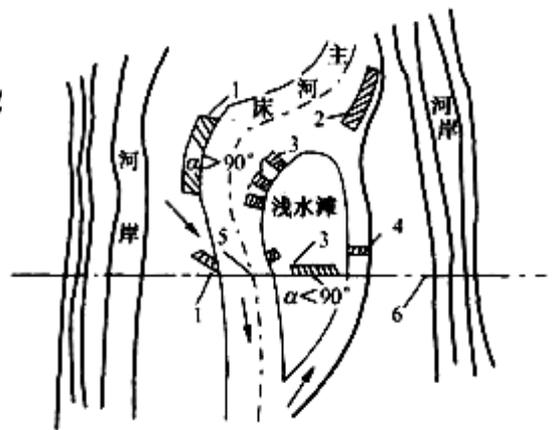


图 6-8 导治结构物综合布置示例

1、2—顺坝;3—丁坝;4—格坝;

5—主河床;6—公路中线

(1) 护坝：当沿河路基挡土墙、护坡的局部冲刷深度过大，深基础施工不便时，宜采用护坝防护基础。

(2) 丁坝：适用于宽浅变迁河段，用以挑流或减低流速，减轻水流对河岸或路基的冲刷。

(3) 顺坝：适用于河床断面较窄、基础地质条件较差的河岸或沿河路基防护，调整流水曲线度和改善流态。

(4) 改移河道：沿河路基受水流冲刷严重，或防护工程艰巨，以及路线在短距离内多次跨越弯曲河道时可改移河道。对主河槽改动频繁的变迁性河流或支流较多的河段不宜改河。

1B411032 掌握加固工程的功能与类型划分

一、路基支挡工程的功能与类型

路基支挡工程的主要功能是支撑天然边坡或人工边坡以保持土体稳定或加强路基强度和稳定性。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。

1. 坡面防护加固：路基防护中均有加固作用。
2. 边坡支挡：包括路基边坡支挡和堤岸支挡。
 - (1) 路基边坡支挡：护肩墙、护坡、护面墙、护脚墙、挡土墙。
 - (2) 堤岸支挡：驳岸、浸水墙、石笼、抛石、护坡、支垛护脚。
3. 湿弱地基加固：碾压密实、排水固结、挤密、化学固结、换填土。

二、常用路基挡土墙工程施工技术

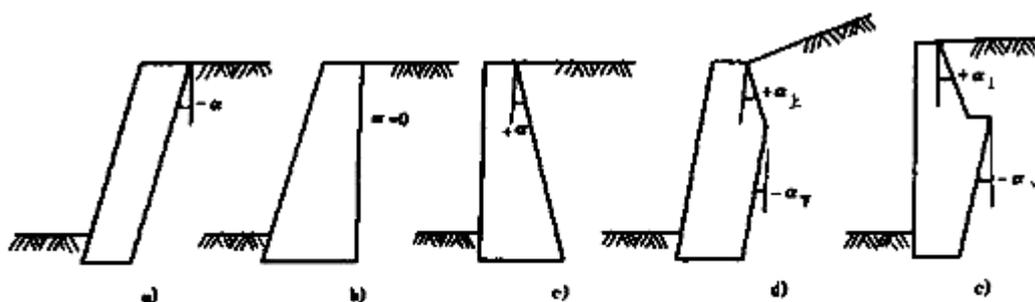
(一) 重力式挡土墙工程施工技术

1. 形式及特点

重力式挡土墙依靠圬工墙体的自重抵抗墙后土体的侧向推力（土压力），以维持土体的稳定，是我国目前最常用的一种挡土墙形式，多用浆砌片（块）石砌筑。

特点：形式简单、施工方便。可就地取材、适应性强，应用广泛。

缺点：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，墙高不宜过高。重力式挡土墙墙背形式可分为仰斜、垂直、俯斜、凸形折线（凸折式）和衡重式五种。



重力式挡土墙的断面形式

a)仰斜; b)垂直; c)俯斜; d)凸形折线式; e)衡重式

- (1) 仰斜墙背所受的土压力较小。适用于路堑墙及墙趾处地面平坦的路肩墙或路堤墙。
- (2) 俯斜墙背所受土压力较大，其墙身截面较仰斜墙背的大，通常在地面横坡陡峻时，借助陡直的墙面，俯斜墙背可做成台阶形，以增加墙背与填土间的摩擦力。
- (3) 垂直墙背的特点，介于仰斜和俯斜墙背之间。
- (4) 凸折式墙背是由仰斜墙背演变而来，上部俯斜、下部仰斜，以减小上部截面尺寸，多用于路堑墙，也可用于路肩墙。
- (5) 衡重式墙背在上下墙间设有衡重台，利用衡重台上填土的重量使全墙重心后移，增加了墙身的稳定。因采用陡直的墙面，且下墙采用仰斜墙背，因而可以减小墙身高度，减少开挖工作量。适用于山区地形陡峻处的路肩墙和路堤墙，也可用于路堑墙。

2. 施工要求

- (1) 墙身分层错缝砌筑，砌出地面后基坑及时回填夯实，完成顶面排水及防渗设施。
- (2) 伸缩缝与沉降缝内两侧壁应竖直、平齐，无搭叠；缝中防水材料应按设计要求施工。
- (3) 泄水孔应在砌筑墙身过程中设置，确保排水通畅，并应保证墙背反滤、防渗设施的施工质量。
- (4) 当墙身的强度达到设计强度的75%时，方可进行回填等工作。在距墙背0.5~1.0m以内，不宜用重型压路机碾压。

(二) 加筋土挡土墙工程施工技术

加筋土挡土墙是在土中加入拉筋，利用拉筋与土之间的摩擦作用，改善土体的变形条件和提高土体的工程特性，从而达到稳定土体的目的。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，在挖方路段或地形陡峭的山坡，由于不利于布置拉筋，一般不宜使用。

加筋土是柔性结构物，能够适应地基轻微的变形；它是一种很好的抗震结构物；节约占地，造型美观；造价比较低，具有良好的经济效益。

加筋土挡土墙施工简便、快速，并且节省劳力和缩短工期。

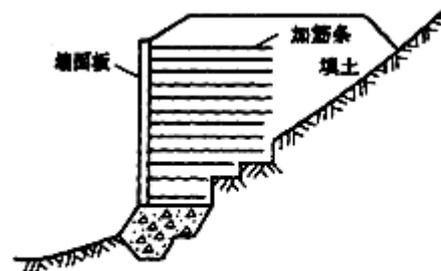


图 7-7 加筋土挡土墙

(三) 锚杆挡土墙工程施工技术

1. 特点及使用条件

锚杆挡土墙是利用锚杆技术形成的一种挡土结构物。

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。

锚杆挡土墙适用于缺乏石料的地区和挖基困难的地段，一般用于岩质路堑路段，但其他具有锚固条件的路堑墙也可使用，还可应用于陡坡路堤。**壁板式锚杆挡土墙多用于岩石边坡防护。**

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。

(1) 柱板式锚杆挡土墙是由挡土板、肋柱和锚杆组成。

(2) 壁板式锚杆挡土墙是由墙面板（壁面板）和锚杆组成，墙面板直接与锚杆连接。

锚杆挡土墙施工工序主要有基坑开挖、基础浇筑（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。

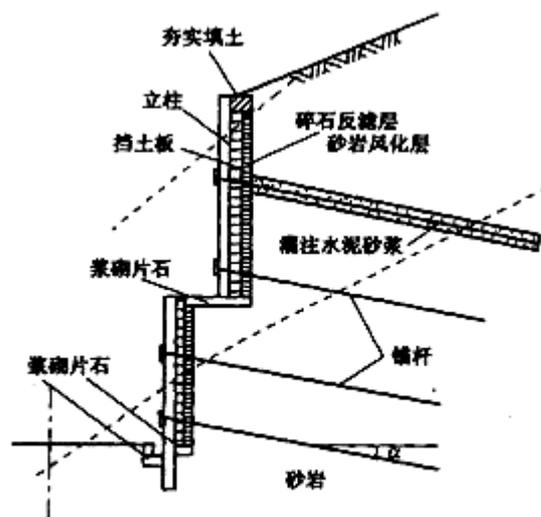
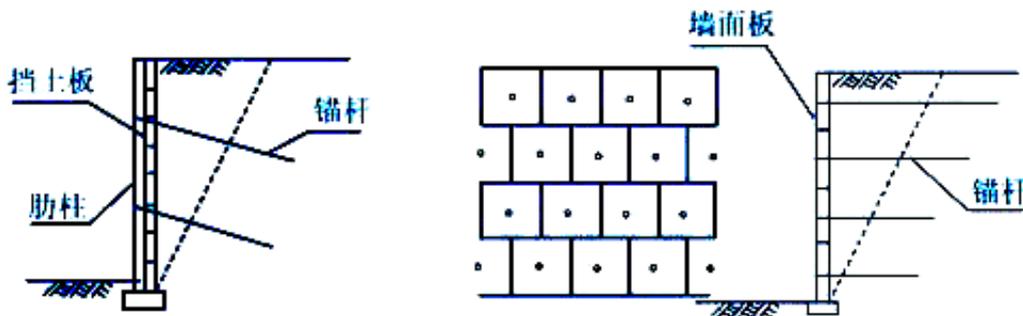


图 7-3 锚杆式挡土墙



例题：下列属于路基加固工程类型的是（ ）

- A. 坡面防护加固 B. 湿弱地基加固 C. 边坡支挡 D. 沿河冲刷防护 E. 绿化边坡

【答疑编号 502077101404】 【正确答案】 ABC

1B411040 公路工程施工综合排水

1B411041 熟悉路基地下水排水设置与施工要求

路基地下水排水设施有**排水沟**、暗沟（管）、渗沟、渗井、检查井等。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路基范围以外。

一、排水沟、暗沟

(一) 设置

沟壁最下一排渗水孔（或裂缝）的底部宜**高出沟底不小于 0.2m**。

排水沟可兼排地表水，在寒冷地区不宜用于排除地下水。

(二) 施工要求

排水沟或暗沟采用混凝土浇筑或浆砌片石砌筑时，应在沟壁与含水量地层接触面的高度处，设置一排或多排向沟中倾斜的渗水孔。沟壁外侧应填以粗粒透水材料或土工合成材料作**反滤层**。沿沟槽每隔**10~15m**或当沟槽通过软硬岩层分界处时应设置**伸缩缝或沉降缝**。

例题. 2010 真题某路堤的基底有 1 处直径 8cm 的泉眼，针对该水源应设置的排水设施是（ ）。

- A. 暗沟 B. 截水沟 C. 拦水带 D. 渗井

【答疑编号 502077101405】 【正确答案】 A

二、渗沟

(一) 设置

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、管式渗沟和洞式渗沟三种形式，三种渗沟均应设置排水层（或管、洞）、反滤层和封闭层。

(二) 施工要求

1. 填石渗沟的施工要求

填石渗沟通常为矩形或梯形，在渗沟的底部和中间用较大碎石或卵石（粒径 3—5cm）填筑，在碎石或卵石的两侧和上部，按一定比例分层（层厚约 15cm），填较细颗粒的料（中砂、粗砂、砾石），做成反滤层，逐层的粒径比例，大致按 4: 1 递减。

2. 管式渗沟的施工要求

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 100~300m 时，其末端宜设横向泄水管分段排除地下水。

管式渗沟的泄水管可用陶瓷、混凝土、石棉、水泥或塑料等材料制成，管壁应设泄水孔，交错布置，间距不宜大于 20cm。

3. 洞式渗沟的施工要求

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。

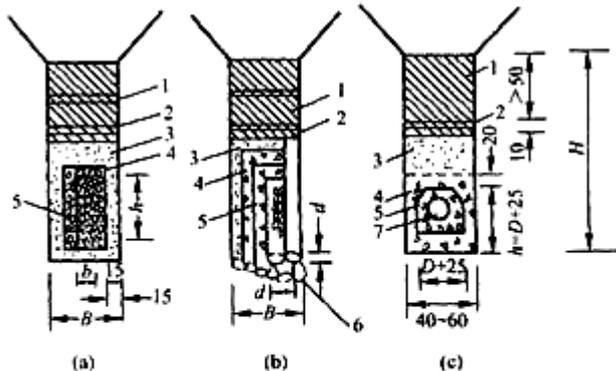


图 5-21 渗沟结构图式(单位:cm)

(a) 盲沟式;(b) 洞式;(c) 管式

1—黏土夯实;2—双层反铺草皮;3—粗砂;

4—石屑;5—碎石;6—浆砌片石沟洞;7—预制混凝土管

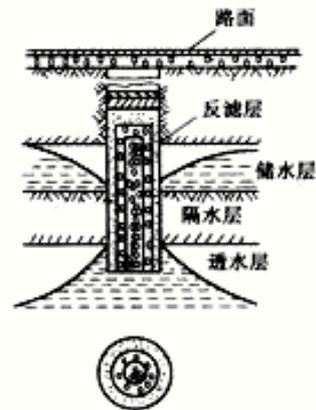


图 5-24 渗井结构与布置实例

三、渗井 排到更下一层

(一) 设置

当路基附近的地面水或浅层地下水无法排除，影响路基稳定时，可设置渗井，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。

(二) 施工要求

渗井直径 50~60cm，井内填置材料按层次在下层透水范围内填碎石或卵石，上层不透水层范围内填砂或砾石，井壁和填充料之间应设反滤层。

渗井离路堤坡脚不应小于 10m，渗水井顶部四周（进口部除外）用黏土筑堤围护，井顶应加筑混凝土盖，严防渗井淤塞。

四、检查井

(一) 设置

为检查维修渗沟，每隔 30~50m 或在平面转折和坡度由陡变缓处宜设置检查井。

(二) 施工要求

检查井一般采用圆形，内径不小于 1.0m，在井壁处的渗沟底应高出井底 0.3~0.4m，井底铺一层厚 0.1~0.2m 的混凝土。兼起渗井作用的检查井的井壁，应在含水层范围设置渗水孔和反滤层。深度大于 20m 的检查井，除设置检查梯外，还应设置安全设备。井口顶部应高出附近地面约 0.3~0.5m，并设井盖。

例题、06 年真题当路基附近的地面水和浅层地下水无法排除，影响路基稳定时，可设置（ ）来排除。 A. 边沟 B. 渗井 C. 渗沟 D. 截水沟

🔍 [答疑编号 502077101406] 『正确答案』 B

1B411042 熟悉路基地面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。其作用是将可能停滞在路基范围内的地面水迅速排除，防止路基范围内的地面水流入路基内。

一、边沟

(一) 设置

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。

为了防止边沟漫溢或冲刷，在平原区和重丘山岭区，边沟应分段设置出水口，多雨地区梯形边沟每段长度不宜超过 300m，三角形边沟不宜超过 200m。

(二) 施工要求

平曲线处边沟施工时，沟底纵坡应与曲线前后沟底纵坡平顺衔接，不允许曲线内侧有积水或外溢现象发生。曲线外侧边沟应适当加深，其增加值等于超高值。

边沟的加固：土质地段当沟底纵坡大于 3% 时应采取加固措施；采用干砌片石对边沟进行铺砌时，应选用有平整面的片石，各砌缝要用小石子嵌紧；采用浆砌片石铺砌时，砌缝砂浆应饱满，沟身不漏水；若沟底采用抹面时，抹面应平整压光。

二、截水沟

(一) 设置

如系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。

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 1m，弃土堆顶部应设 2% 倾向截水沟的横坡。

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。

(二) 施工要求

截水沟长度超过 500m 时应选择适当的地点设出水口，将水引至山坡侧的自然沟中或桥涵进水口，截水沟必须有牢靠的出水口，必要时须设置排水沟、跌水或急流槽。

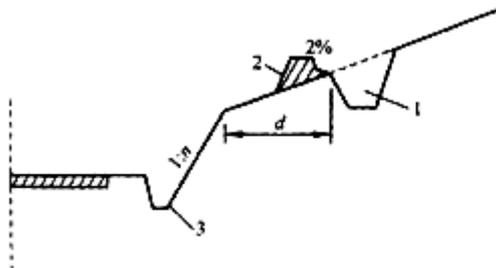


图 5-4 挖方路段截水沟示意图

1—截水沟；2—土台；3—边沟

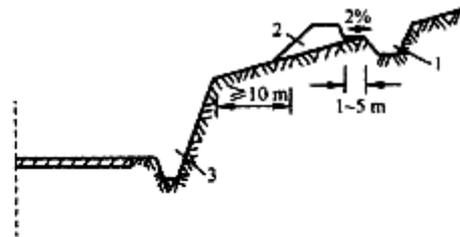


图 5-5 挖方路段弃土堆与截水沟关系图

1—截水沟；2—弃土堆；3—边沟

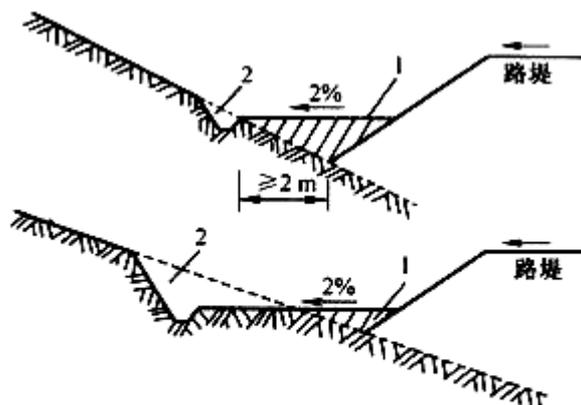


图 5-6 填方路段上的截水沟示意图

1—土台；2—截水沟

三、排水沟 地表、地下都用到

排水沟的施工应符合下列规定：

1. 排水沟的线形要求平顺，尽可能采用直线形，转弯处宜做成弧线，其半径不宜小于 10m，排水沟长度通常不宜超过 500m。
2. 排水沟沿路线布设时，应离路基尽可能远一些，距路基坡脚不宜小于 3~4m。

四、跌水与急流槽

跌水与急流槽的施工应符合下列规定：

1. 跌水与急流槽必须用浆砌圬工结构
2. 急流槽的纵坡不宜超过 1:1.5，同时应与天然地面坡度相配合。当急流槽较长时，槽底可用几个纵坡，一般是上段较陡，向下逐渐放缓。
3. 当急流槽很长时，应分段砌筑，每段不宜超过 10m，接头用防水材料填塞，密实无空隙。
4. 急流槽的砌筑应使自然水流与涵洞进、出口之间形成一个过渡段，基础应嵌入地面以下，基底要求砌筑抗滑平台并设置端护墙。
5. 路堤边坡急流槽的修筑，应能为水流入排水沟提供一个顺畅通道，路缘石开口及流水进入路堤边坡急流槽的过渡段应连接圆顺。

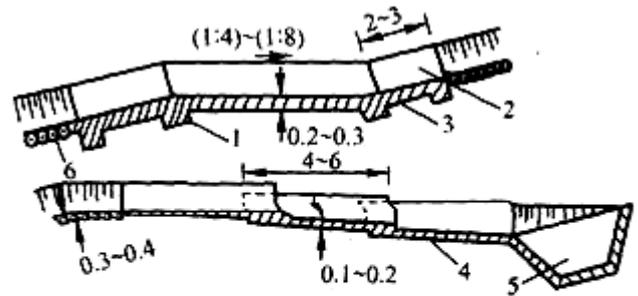


图 5-13 急流槽构造示意图(单位:m)

1—耳墙;2—消力池;3—混凝土槽底;
4—钢筋混凝土槽底;5—横向沟渠;6—砌石护底

五、拦水缘石

拦水缘石的施工应符合下列规定：

1. 为避免高路堤边坡被路面水冲毁可在路肩上设拦水缘石，将水流拦截至挖方边沟或在适当地点设急流槽引离路基。与高路堤急流槽连接处应设喇叭口。
2. 拦水缘石必须按设计安置就位。
3. 设拦水缘石路段的路肩宜适当加固。

六、蒸发池

蒸发池的施工应符合下列规定：

1. 用取土坑作蒸发池时与路基坡脚间的距离不应小于 5~10m。面积较大的蒸发池至路堤坡脚的距离不得小于 20m，坑内水面应低于路基边缘至少 0.6m。
2. 坑底部应做成两侧边缘向中部倾斜 0.5%的横坡。取土坑出入口应与所连接的排水沟或排水通道平顺连接。当出口为天然沟谷时，应妥善导入沟谷内，不得形成漫流，必要时予以加固。
3. 蒸发池的容量不宜超过 200~300m³，蓄水深度不应大于 1.5~2.0m。池周围可用土埂围护，防止其他水流入池中。
4. 蒸发池的设置不应使附近地区泥沼化及影响当地环境卫生。

1B411050 公路工程施工测量技术

1B411051 熟悉公路工程施工测量方法和工作要求

一、控制测量

控制性桩点，应进行现场交桩，并保护好交桩成果。当原测的中线主要控制桩由导线控制时，施工单位必须根据设计资料认真做好导线复测工作。

1. 各级公路的平面控制测量等级。
2. 原有导线点不能满足施工需要时，可增设满足相应精度要求的附合导线点。同一建设项目内相邻施工段的导线应闭合，并满足同等级精度要求。
3. 路基施工期间还应根据情况对控制桩点进行复测。季节性冻土地区，在冻融以后应进行复测。

二、高程测量

1. 公路高程测量应采用水准测量。在水准测量确有困难的地段，四、五等水准测量可以采用三角高程测量，采用三角高程测量时，起讫点应为高一个等级的控制点。

2. 水准点复测与加密

(1) 使用设计单位设置的水准点之前应仔细校核，并与国家**水准点闭合**，超出允许误差范围时，应查明原因并及时报告有关部门。

(2) 沿路线每 500m 宜有一个水准点。在**结构物附近、高填深挖路段、工程量集中及地形复杂路段，宜增设水准点**。临时水准点应符合相应等级的精度要求，并与相邻水准点闭合。

(3) 当水准点有可能受到施工影响时，应进行处理。

三、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。**高速公路、一级公路宜采用坐标法进行测量放样。**

2. 中线放样时，应注意路线中线与结构物中心、相邻施工段的中线**闭合**。

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

GPS 载波相位差分技术达到厘米级的精度。

GPS 技术用于道路中线的**施工放样**，将有别于全站仪或其他传统的放样方法，这种方法简单实用，它不受地形条的限制，高精度、快速测设出道路中线上各里程桩位置。GPS-RTK 技术具有多种放样功能。

1B411052 了解测量仪器的使用方法

一、常用测量仪器及其作用

公路工程施工常用的测量仪器有水准仪、经纬仪、全站仪、全球定位系统（GPS）等。

(一) 水准仪分类及作用

水准仪按工作原理不同可分为电子水准仪和光学水准仪，按精度不同可分为普通水准仪和精密水准仪。我国国家标准把水准仪分为 DS05、DS1、DS3 和 DS20 四个等级。**DS05 级和 DS1 级水准仪称为精密水准仪**，用于国家一、二等精密水准测量及地震监测。DS3 级和 DS10 级水准仪称为普通水准仪，用于国家三、四等水准测量以及一般工程水准测量。**公路工程测量中一般使用 DS3 级水准仪。**

(二) 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。另外，经纬仪兼有低精度的间接测距和测定高差以及高精度的定线的辅助功能。

(三) 全站仪及其作用

全站型电子速测仪简称全站仪，它是一种集自动测距、测角、计算和数据自动记录及传输功能于一体的自动化、数字化及智能化的三维坐标测量与定位系统。**是目前公路施工单位进行测量和放样的主要仪器。**

全站仪的功能是测量水平角、竖直角和斜距，借助于机内固化的软件，可以组成多种测量功能。

(四) 全球定位系统（GPS）

全球定位系统 GPS (Global Position System)，是一种可以授时和测距的空间交会定点的导航系统，可向全球用户提供连续、实时、高精度的三维位置、三维速度和时间信息。

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**。静态功能是通过接收到的卫星信息，**确定地面某点的三维坐标**；动态功能是通过卫星系统，把已知的三维坐标点位，**实地放样地面上**。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。