

第一天—第二天

养精蓄锐

1B410000 公路工程施工技术

1B411000 路基工程

考试目的

本章介绍了路基类型与原地基处理要求，挖方路基施工技术、填方路基施工技术，路基季节性施工、路基改建施工，特殊路基施工技术，公路路基防护与支挡，公路工程施工综合排水，公路工程施工测量技术以及路基工程质量通病及防治措施。其中，挖方路基施工技术、填方路基施工技术为本章考试重点内容。

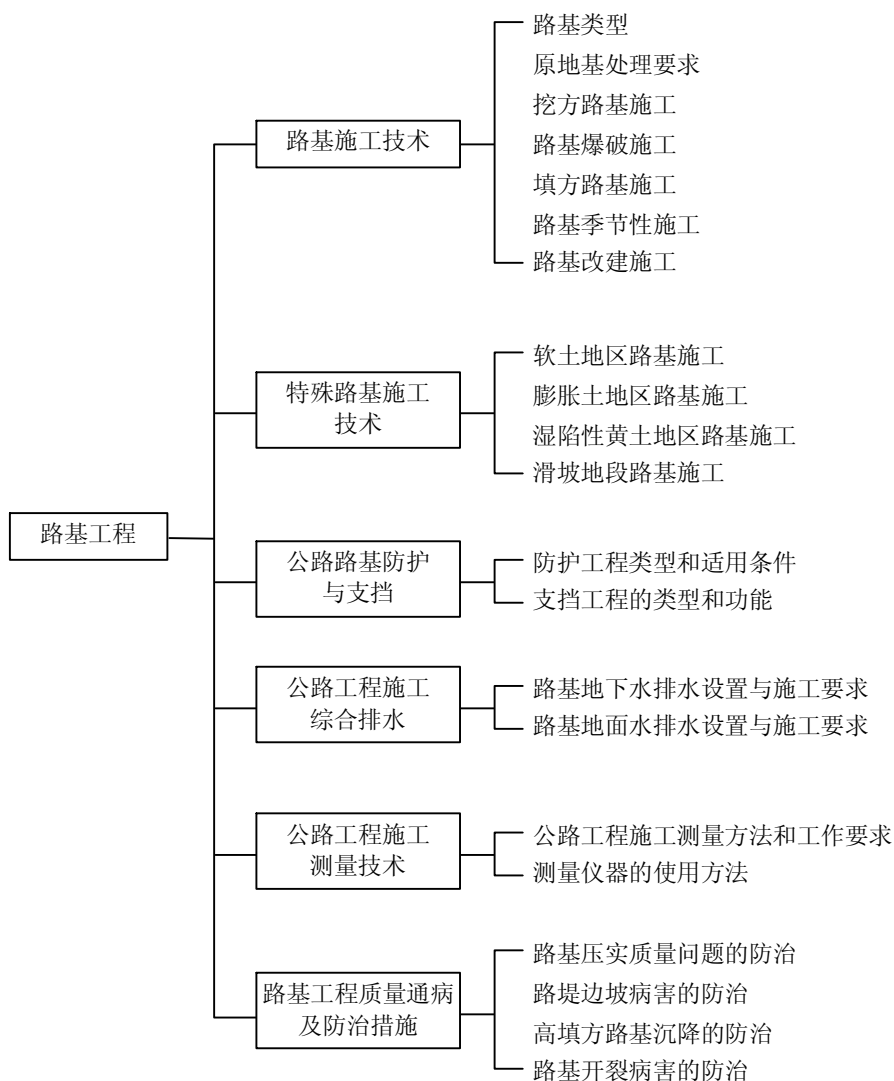
主要考点

考点	学时数（共计 5 学时）
路基施工技术	1.5
特殊路基施工技术	1
公路路基防护与支挡	0.5
公路工程施工综合排水	1
公路工程施工测量技术	0.5
路基工程质量通病及防治措施	0.5

考情分析

本章内容约占考试卷面 10 分，理论概念考核为主，难度不大，涉及题型主要为单项选择题和多项选择题。

学习导图



1B411010 路基施工技术（1.8 学时）

1B411011 路基类型

1. 一般路基干湿类型

路基的干湿类型划分为干燥、中湿、潮湿和过湿四类。

- (1) 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。
- (2) 新建公路路基的干湿类型可用路基临界高度来判别。



专家点拨：高速公路应使路基处于干燥或中湿状态。

2. 特殊路基类型

- (1) 软土地区路基。
- (2) 滑坡地段路基。
- (3) 岩坍与岩堆地段路基。
- (4) 泥石流地区路基。
- (5) 岩溶地区路基。
- (6) 多年冻土地区路基。
- (7) 黄土地区路基。
- (8) 膨胀土地区路基。
- (9) 盐渍土地区路基。
- (10) 沙漠地区路基。
- (11) 雪害地段路基。
- (12) 涎流冰地段路基。



考情提醒：本节主要考核点是一般路基干湿类型。

1B411012 原地基处理要求

(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，砍伐的树木应移置于路基用地之外，进行妥善处理。

(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。

1B411013 挖方路基施工

一、土质路堑施工技术

(一) 土质路堑施工工艺流程(见图1B411013-1)

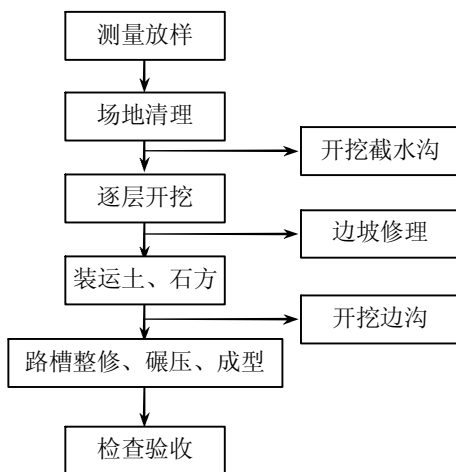


图 1B411013-1 土质路堑施工工艺流程

(二) 作业方法

1. 横向挖掘法

- (1) 单层横向全宽挖掘法(适用于挖掘浅且短的路堑)。
- (2) 多层横向全宽挖掘法(适用于挖掘深且短的路堑)。

2. 纵向挖掘法

- (1) 分层纵挖法(适用于挖掘较长的路堑)。
- (2) 通道纵挖法(适用于挖掘较长、较深、两端地面纵坡较小的路堑)。
- (3) 分段纵挖法(适用于挖掘过长，弃土运距过远，一侧堑壁较薄的傍山路堑)。

3. 混合式挖掘法(适用于挖掘路线纵向长度和挖深都很大的路堑)

专家点拨：路堑施工较为简单，然而，从施工经验和公路使用的角度看，路基上发生的问题大多出在路堑上。

（三）机械开挖作业方式

1. 推土机开挖土质路堑作业
2. 挖掘机开挖土质路堑作业

二、石质路堑施工技术

1. 基本要求

- （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。

2. 开挖方式

- （1）钻爆开挖。
- （2）直接应用机械开挖。
- （3）静态破碎法。



考情提醒：本节重点考核土质路堑施工的作业方法的适用范围。

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两大类。

1. 小炮

包括钢钎炮、深孔爆破等钻孔爆破。

（1）**钢钎炮**：炮眼直径和深度分别小于 70mm 和 5m 的爆破方法。适用于地形艰险及爆破量较小地段。

（2）**深孔爆破**：孔径大于 75mm、深度在 5m 以上、采用延长药包的爆破方法。深孔爆破炮孔需用大型的潜孔凿岩机或穿孔机钻孔。

2. 洞室炮

包括药壶炮和猫洞炮。


（1）**药壶炮**是指在深 2.5~3.0m 以上的炮眼底部用小量炸药经一次或多次烘膛，使眼底成葫芦形，将炸药集中装入药壶中进行爆破。药壶炮主要用于露天爆破。



专家点拨：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。

（2）**猫洞炮**系指炮洞直径为 0.2~0.5m，洞穴成水平或略有倾斜（台眼），深度小于 5m，用集中药包在炮洞中进行爆炸的方法。猫洞炮充分利用岩体本身的崩塌作用，能用较浅的炮眼爆破较

高的岩体，一般爆破可炸松 $15\sim 150\text{m}^3$ 。

 **专家点拨：**洞室炮随药包性质、断面形状和微地形的变化而不同。用药量 1t 以上为大炮， 1t 以下为中小炮。

二、路基爆破施工技术

1. 常用爆破方法

- (1) 光面爆破。
- (2) 预裂爆破。
- (3) 微差爆破。
- (4) 定向爆破。
- (5) 洞室爆破。

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。
- (3) 用推土机整修施工便道，清理表层覆盖土及危石。
- (4) 在地面上准确放出炮眼（井）位置，竖立标牌，标明孔（井）号、深度、装药量。
- (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“一字形”，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时，应认真设计分集药包位置和装药量，精确测算爆破漏斗，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，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。

(9) 控制爆破也可以采用分段毫秒爆破方法，其最大用药量 Q 按下式计算：

$$Q = \frac{R}{(K/v)^{1/2} \cdot M}$$

式中 R ——建筑物距爆破中心距离；

K ——与地质条件有关的系数；

M ——药量指数;

v ——爆破安全振动速度。

(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, 选择好通行道路, 认真检查炮孔、洞室, 吹净残渣, 排除积水, 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, 洞室装药时, 将预先加好的起爆体放在药包中心位置, 周围填以硝酸安全炸药, 用砂黏土填塞, 填塞时要注意保护起爆线路。

(13) 认真设计, 严密布设起爆网络, 防止发生短路及二响重叠现象。

(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, 运距较远时, 用挖掘机械装土, 自卸汽车运输。

(15) 随时注意控制开挖断面, 切勿超爆, 适时清理整修边坡和暴露的孤石。

(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。



考情提醒: 本节主要考点是常用爆破方法和石质路堑爆破施工技术要点。

1B411015 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。

(二) 路基填料的工程性质

(1) 石质土, 如碎(砾)石土、砂土质碎(砾)石及碎(砾)石砂(粉土或黏土)、粗粒土、细粒土中的低液限黏质土都具有较高的强度和足够的水稳定性, 属于较好的路基填料。

(2) 砂土没有塑性, 但透水性好。强度高, 水稳定性好, 但砂土黏性小, 易松散, 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。

(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, 需要应用时, 必须采取满足设计要求的措施(例

如含水量过大时加以晾晒), 经检查合格后方可使用; 粉土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。

(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) 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 (见图 1B411015-1)

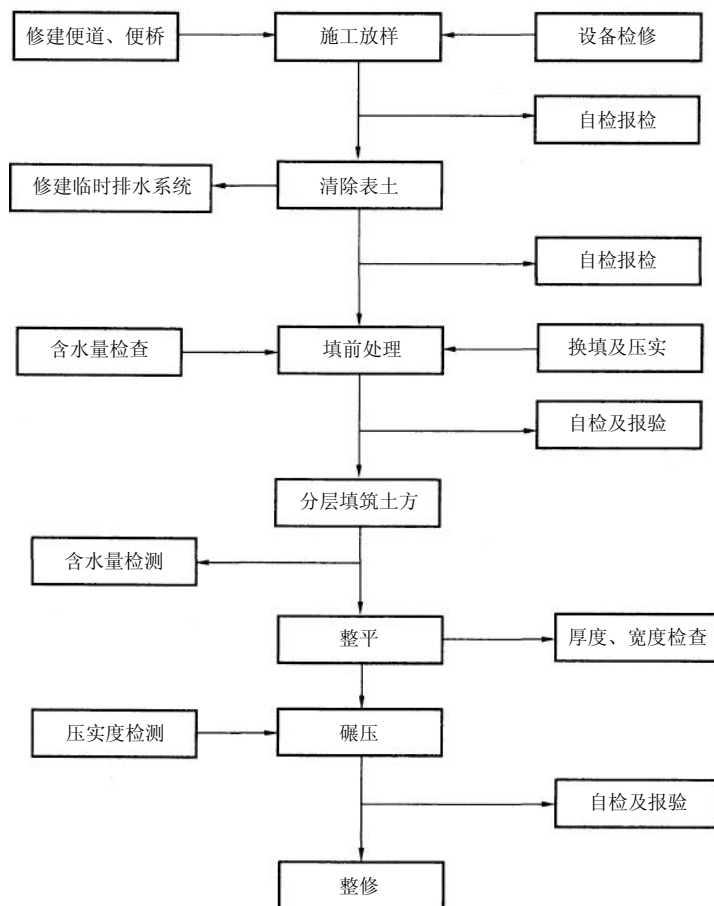


图 1B411015-1 土质路堤施工工艺流程

2. 土质路堤的填筑技术

(1) 填筑方法。

- 1) 水平分层填筑。
- 2) 纵向分层填筑。
- 3) 横向填筑。
- 4) 联合填筑。

(2) 机械填筑路堤作业方式。

- 1) 推土机填筑路堤作业方式。
- 2) 挖掘机填筑路堤作业方式。

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。

(2) 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，可以按直线段方式进行)。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；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上。

(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0.5t。

(9) 凡不易受潮湿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。

(二) 填石路堤施工技术

- (1) 竖向填筑法（倾填法）。
- (2) 分层压实法（碾压法）。
- (3) 冲击压实法。
- (4) 强力夯实法。

(三) 土石路堤施工技术

土石路堤不得采用倾填方法，只能采用分层填筑，分层压实。

(四) 高填方路堤施工技术

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，不应分段或纵向分幅填筑。



专家点拨：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。

(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。



考情提醒：本节重点掌握土质路堤压实施工技术要点和技术要领。

1B411016 路基季节性施工

(一) 路基雨期施工技术

到了雨期，对于路基施工有很大的影响，所以做好雨期的施工工作至关重要。

1. 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，如原地面松软，应采取换填措施。
- (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。利用挖方土作填料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或雨前完成压实。
- (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。

2. 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, 坡度应符合设计要求。

(二) 路基冬期施工技术

1. 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。

2. 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, 开挖石方的石块石碴等透水性良好的土。

(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大于正常施工护坡道的 1.5 倍。

(6) 冬期填筑的路堤, 每层每侧应按设计和施工技术规范规定超填并压实。待冬期后修整边坡, 削去多余部分并拍打密实或加固。

3. 冬期施工开挖路堑表层冻土的方法

(1) 爆破冻土法。

(2) 机械破冻法。

(3) 人工破冻法。

4. 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。



考情提醒: 本节可能出现的考核点是雨期和冬期施工的填筑路堤。

1B411017 路基改建施工

一、路基加宽施工技术要点

- (1) 应按设计拆除老路路缘石、旧路肩、边坡防护、边沟及原有构造物的翼墙或护墙等。
- (2) 施工前应截断流向拓宽作业区的水源, 开挖临时排水沟, 保证施工期间排水通畅。
- (3) 拓宽部分路堤的地基处理应按设计和《公路路基施工技术规范》FTG F10—2006 有关条款处理。

(4) 老路堤与新路堤交界的坡面挖除清理的法向厚度不宜小于 0.3m, 然后从老路堤坡脚向上按设计要求挖设台阶; 老路堤高度小于 2m 时, 老路堤坡面处理后, 可直接填筑新路堤。严禁将边坡清挖物作为新路堤填料。

(5) 拓宽部分的路堤采用非透水性填料时, 应在地基表面按设计铺设垫层, 垫层材料一般为砂砾或碎石, 含泥量不大于 5%。

(6) 拓宽路堤的填料宜选用与老路堤相同的填料, 或者选用水稳性较好的砂砾、碎石等填料。

二、路基加高施工技术要点

(1) 改建中加高路基, 首先用铲运机将边坡的表层去掉, 去掉边坡内有砂、碎石、砾石及其他与土的物理特性不符的材料。然后再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, 用其旧石料来加固路肩和用作路基上层的填料。

(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黏结料(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。为了确保压实度, 使之与经过长期营运的旧路基相适应, 每层填土的厚度应比规范小 10%~20% 之间。

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。

(2) 高路堤处治。

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。
- (2) 砂砾石填料。
- (3) 冲击补强。

(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) 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。

 **考情提醒：**本节主要考核路基加宽和加高施工技术要点。

1B411020 特殊路基施工技术 (0.7 学时)

1B411021 软土地区路基施工

一、软土的工程特性

- (1) 天然含水量高。
- (2) 孔隙比大。
- (3) 透水性差。
- (4) 压缩性高。
- (5) 抗剪强度低。
- (6) 具有触变性。
- (7) 流变性显著。

二、软土地基处理施工技术


按加固性质的处理方法如下。

(一) 表层处理法

1. 砂垫层


砂垫层用于路堤高度小于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。亦可用于软土层稍厚但具有双面排水条件的地基。

砂垫层包括排水砂垫层、换土砂垫层、砂垫层和土工布混合使用等形式。

 **专家点拨：**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。

2. 反压护道

反压护道用于路堤高度不大于 1.5~2 倍的极限高度，非耕作区和取土不太困难的地区。

 **专家点拨：**反压护道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。

3. 土工聚合物处治

(1) 土工布。

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。缝接法包括一般缝法、丁缝法和蝶形法。

土工布一般分一层或多层铺设。当铺设两层以上时，层与层之间要夹 10~20cm 的砂或砂砾垫层，以提高基底透水性。

(2) 土工格栅。

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。

(二) 换填法

换填法一般适用于地表下 0.5~3m 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。

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。

3. 爆破排淤法

爆破排淤换填深度大、工效较高，软土、泥沼均可采用。

(三) 重压法

1. 堆载预压法

堆载预压法对各类软弱地基均有效；但堆载预压需要一定的时间，适合工期要求不紧的项目。

2. 真空预压法

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。

3. 真空预压加堆载预压法

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

1. 砂井

- (1) 套管法。
- (2) 水冲成孔法。
- (3) 螺旋钻成孔法。

2. 袋装砂井

按整平原地面→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→摊铺上层砂垫层的施工工艺流程进行。

3. 塑料排水板

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流程进行。



考情提醒：本节的考核重点是表层处理法。

1B411022 膨胀土地区路基施工

(一) 膨胀土的工程特性及主要特征

膨胀土黏性成分含量很高，其中 0.002mm 的胶体颗粒一般超过 20%，粘粒成分主要由水矿物组成。土的液限 $W_L > 40\%$ ，塑性指数 $I_p > 17$ ，多数在 22~35 之间。自由膨胀率一般超过 40% 的膨胀土按工程性质分为：强膨胀土、中等膨胀土、弱膨胀土。



专家点拨：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

1. 膨胀土地区原地面处理

二级及二级以上公路路堤基底处理应符合以下规定：

- (1) 高度不足 1m 的路堤，应按设计要求采取换填或改性处理等措施处治。
- (2) 表层为过湿土，应按设计要求采取换填或进行固化处理等措施处治。
- (3) 填土高度小于路面和路床的总厚度，基底为膨胀土时，宜挖除地表 0.3~0.6m 的膨胀土，并将路床换填为非膨胀土或掺灰处理。若为强膨胀土，挖除深度应达到大气影响深度。

2. 膨胀土的填筑

- (1) 强膨胀土不得作为路堤填料。中等膨胀土经处理后可作为填料，用于二级及二级以

上公路路堤填料时，改性处理后胀缩总率应不大于 0.7%。胀缩总率不超过 0.7%的弱膨胀土可直接填筑。

(2) 膨胀土路基填筑松铺厚度不得大于 300mm；土块粒径应小于 37.5mm。

(3) 填筑膨胀土路堤时，应及时对路堤边坡及顶面进行防护。

(4) 路基完成后，当年不能铺筑路面时，应按设计要求做封层，其厚度应不小于 200mm，横坡不小于 2%。

3. 膨胀土地区路堑开挖

(1) 路堑施工前，先施工截、排水设施，将水引至路幅以外。

(2) 边坡施工过程中，必要时，宜采取临时防水封闭措施保持土体原状含水量。边坡不得一次挖到设计线，应预留厚度 300~500mm，待路堑完成时，再分段削去边坡预留部分，并立即进行加固和封闭处理。

(3) 路床底标高以下应按照设计要求进行处理。

(4) 宜用支挡结构对强膨胀土边坡进行防护。支挡结构基坑应采取措施防止曝晒或浸水，基础埋深应在大气风化作用影响深度以下。



考情提醒：本节主要掌握膨胀土地区路基的施工技术要点。

1B411023 湿陷性黄土地区路基施工

1. 湿陷性黄土的工程特性

湿陷性黄土的粉土含量常占 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附加下沉。

2. 湿陷性黄土地基的处理方法

湿陷性黄土地基应采取拦截、排除地表水的措施，防止地表水下渗，减少地基地层湿陷下沉。其地下排水构造物与地面排水沟渠必须采取防渗措施。主要处理方法包括：

(1) 换填土。

(2) 强夯法。

(3) 预浸法。

(4) 挤密法。


(5) 化学加固法。



专家点拨：若地基土层有强湿陷性或较高的压缩性，且容许承载力低于路堤自重力时，应考虑地基在路堤自重和活载作用下所产生的压缩下沉。

3. 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。

 **考情提醒：**本节主要掌握湿陷性黄土地基的处理方法。

1B411024 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

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。

2. 力学平衡

3. 改变滑带土

- （1）焙烧法。
- （2）电渗排水法。
- （3）爆破灌浆法。

（三）滑坡地段路基的施工技术要点

- （1）滑坡地段施工前，应制定应对滑坡或边坡危害的安全预案，施工过程中应进行监测。
- （2）滑坡整治宜在旱季施工。需要在冬期施工时，应了解当地气候、水文情况，严格按照冬期施工的有关规定实施。
- （3）路基施工应注意对滑坡区内其他工程和设施的保护。在滑坡区内有河流时，应尽量避免因滑坡工程的施工使河流改道或压缩河道。
- （4）滑坡整治，应及时采取技术措施封闭滑坡体上的裂隙，应在滑坡边缘一定距离外的稳定地层上，按设计要求并结合实际情况修筑一条或数条环形截水沟，截水沟应有防渗措施。
- （5）施工时应采取措施截断流向滑坡体的地表水、地下水及临时用水。
- （6）滑坡体未处理之前，严禁在滑坡体上增加荷载，严禁在滑坡前缘减载。
- （7）滑坡整治完成后，应及时恢复植被。

(8) 采用削坡减载方案整治滑坡时, 减载应自上而下进行, 严禁超挖或乱挖, 严禁爆破减载。

(9) 采用加填压脚方案整治滑坡时, 只能在抗滑段加重反压, 并且做好地下排水, 不得因为加填压脚土而堵塞原有地下水出口。

(10) 抗滑支挡工程施工。



考情提醒: 本节重要考核点是滑坡地段路基的施工技术要点。

1B411030 公路路基防护与支挡 (0.5 学时)

1B411031 防护工程类型和适用条件

一、路基防护工程类型

(一) 边坡坡面防护

- (1) 植物防护。
- (2) 骨架植物防护。
- (3) 圪工防护。
- (4) 土工织物防护。

(二) 沿河河堤河岩冲刷防护。

- (1) 直接防护。
- (2) 间接防护。

二、各防护工程的适用条件

(一) 植物防护

- (1) **种草防护:** 适用于边坡稳定、坡面冲刷轻微的路堤与路堑边坡。
- (2) **铺草皮:** 适用于需要迅速绿化的土质边坡。
- (3) **植灌木:** 灌木应植在 1:1.5 或更缓的边坡上, 或在边坡以外的河岸及漫滩处。

(二) 骨架植物防护

- (1) **框格防护:** 适用于土质或风化岩石边坡。
- (2) **浆砌预制块防护:** 适用于石料缺乏地区。

(三) 圪工防护

(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 2~4m/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(3~6m/s)、波浪作用较强、有流水、漂浮物等撞击的陡坡。

(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。

(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。

(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。

(7) **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。

(2) **土工织物复合植被防护坡面**: 适用于边坡坡度缓于1:1, 边坡高度小于3m的土质边坡。


(五) 沿河路基防护工程技术

1. 直接防护

(1) **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。

1) **钢丝石笼**: 多用于抢修或临时工程。

 **专家点拨**: 钢丝石笼不得用于急流滚石河段, 必要时对钢丝笼灌注小石子水泥混凝土。钢丝石笼一般可容许流速4~5m/s的水流冲刷。

2) **钢筋混凝土框架石笼**: 用于急流滚石河段。


2. 间接防护

(1) **护坝**: 适用于沿河路基挡土墙、护坡的局部冲刷深度过大、深基础施工不便的情况。

(2) **丁坝**: 适用于宽浅变迁河段。

(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。

(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。

 **考情提醒**: 本节主要掌握防护工程的适用条件。

1B411032 支挡工程的类型和功能

一、路基支挡工程的类型

(1) 坡面防护加固。

- (2) 边坡支挡。
- (3) 湿弱地基加固。

二、路基支挡工程的功能

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,以及防护边坡在水流变化条件下免遭破坏。

三、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. 分类重力式挡土墙墙背形式的分类

可分为仰斜、俯斜、垂直、凸形折线(凸折式)和衡重式五种。

2. 重力式挡土墙工程施工技术的特点

(1) 优点: 形式简单、施工方便,可就地取材、适应性强,因而应用广泛。

(2) 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。

3. 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0.5~1m之间,不宜用重型压路机碾压。

(二) 加筋土挡土墙工程施工技术

1. 特点

(1) 加筋土是柔性结构物,能够适应地基轻微的变形,填土引起的地基变形对加筋土挡土墙的稳定性的影响比其他结构物小,地基的处理也较简便;

(2) 它是一种很好的抗震结构物;

(3) 节约占地,造型美观;

(4) 造价比较低,具有良好的经济效益。

2. 适用条件

应用于地形较为平坦且宽敞的填方路段上。



专家点拨: 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挡土墙工程施工技术。

(三) 锚杆挡土墙工程施工技术

1. 锚杆挡土墙的类型

(1) 柱板式锚杆挡土墙。

(2) 壁板式锚杆挡土墙。

2. 特点

(1) 优点：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。

(2) 缺点：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。

3. 适用条件

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。



考情提醒：本节主要考核点是常用路基挡土墙工程施工技术的应用。

1B411040 公路工程施工综合排水（0.5 学时）

1B411041 路基地下水排水设置与施工要求

（一）排水沟、暗沟

1. 适用范围

当地下水位较高，潜水层埋藏不深时，可采用排水沟或暗沟截流地下水及降低地下水位，沟底宜埋入不透水层内。



专家点拨：排水沟可兼排地表水，在寒冷地区不宜用于排除地下水。

2. 施工要求

(1) 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。

(2) 沟壁外侧应填以粗粒透水材料或土工合成材料作反滤层。

(3) 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。

（二）渗沟

1. 渗沟的分类与设置

（1）分类。

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。

（2）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。

2. 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),填较细颗粒的粒料(中砂、粗砂、砾石)作成反滤层,逐层的粒径比例,由下至上大致按4:1递减。砂石料颗粒小于0.15mm的含量不应大于5%。用土工合成材料包裹有孔的硬塑管时,管四周填以大于塑管孔径的等粒径碎、砾石,组成渗沟。顶部做封闭层,用双层反铺草皮或其他材料(如土工合成的防渗材料)铺成,并在其上夯填厚度不小于0.5m的粘土防水层。

(2) 管式渗沟的施工要求。

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

(3) 洞式渗沟的施工要求。

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。

(三) 渗井

1. 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。

2. 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,填充料应采用筛洗过的不同粒径的材料,应层次分明,不得粗细材料混杂填塞,井壁和填充料之间应设反滤层。



专家点拨: 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

1. 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。

2. 施工要求

检查井一般采用圆形,内径不小于1m,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。



考情提醒: 本节考核重点是填石渗沟的施工要求。

1B411042 路基地面水排水设置与施工要求

(一) 边沟

1. 设置

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。

2. 施工要求

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。

(二) 截水沟

1. 设置

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。山坡上路堤的截水沟离开路堤坡脚至少 2m，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。

2. 施工要求

施工过程中，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。截水沟的出水口必须与其他排水设施平顺衔接。



专家点拨：为防止水流下渗和冲刷，截水沟应进行严密的防渗和加固，地质不良地段和土质松软、透水性较大或裂隙较多的岩石路段，对沟底纵坡较大的土质截水沟及截水沟的出水口，均应采用加固措施防止渗漏和冲刷沟壁。

(三) 排水沟的施工要求

(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，排水沟长度根据实际需要而定，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。大于沟底、沟壁土的容许冲刷流速时，应采取边沟表面加固措施。

(四) 跌水与急流槽的施工要求

(1) 跌水与急流槽必须用浆砌圬工结构，跌水的台阶高度可根据地形、地质等条件决定，多级台阶的各级高度可以不同，其高度与长度之比应与原地面坡度相适应。

(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。

(五) 拦水缘石的施工要求

(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) 蒸发池的施工要求

(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 1.5~2m。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。



考情提醒：本节的考核重点是路基地面水排水施工要求。

1B411050 公路工程施工测量技术 (0.5 学时)

1B411051 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，测量成果应符合《公路勘测规范》JTGC10—2007 要求。

(1) 各级公路的平面控制测量等级应符合表 1B411051-1 所示的规定。

表 1B411051-1 平面控制测量等级

高架桥、路线控制测量	多跨桥梁总长 L (m)	单跨桥梁 L _K (m)	隧道贯通长度 L _G (m)	测量等级
—	L ≥ 3000	L _K ≥ 500	L _G ≥ 6000	二等
—	2000 ≤ L < 3000	300 ≤ L _K < 500	3000 ≤ L _G < 6000	三等
高架桥	1000 ≤ L < 2000	150 ≤ L _K < 300	1000 ≤ L _G < 3000	四等
高速、一级公路	L < 1000	L _K < 150	L _G < 1000	一级
二、三、四级公路	—	—	—	二级

(2) 导线复测精度应符合表 1B411051-2 所示的规定。