JTJ

中华人民共和国行业标准　　JTJ 033—95

公路路基施工技术规范

Technical Specification for Construction
of Highway Subgrades

1995—11—30 发布　　1996—10—01 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国行业标准

公路路基施工技术规范

Technical Specification for Construction of Highway Subgrades

JTJ 033—95

主编单位：交通部第一公路工程总公司
批准部门：中华人民共和国交通部
施行日期：1996 年 10 月 1 日

关于发布《公路路基设计规范》、《公路路基施工技术规范》的通知

交公路发［1995］1141号

现批准发布《公路路基设计规范》（编号JTJ 013—95）、《公路路基施工技术规范》（编号JTJ 033—95）作为行业标准，自1996年10月1日起施行。

《公路路基设计规范》及《公路路基施工技术规范》分别由交通部第二公路勘察设计院和交通部第一公路工程总公司负责解释，由人民交通出版社出版。1986年发布的《公路路基设计规范》和《公路路基施工技术规范》同时废止。希望各单位在实践中注意积累资料，总结经验，及时将发现的问题和修改意见分别函告交通部第二公路勘察设计院和交通部第一公路工程总公司，以便修订时参考。

中华人民共和国交通部

1995年11月30日

目　　次

1　总则 …… 1

2　术语、符号 …… 2

2.1　术语 …… 2

2.2　符号 …… 3

3　施工前的准备 …… 4

3.1　施工准备 …… 4

3.2　施工测量 …… 4

3.3　施工前的复查和试验 …… 7

3.4　场地清理 …… 8

3.5　试验路段 …… 8

4　路基施工的一般规定 …… 10

4.1　基本要求 …… 10

4.2　路基施工排水 …… 10

4.3　路基施工取土和弃土 …… 11

4.4　土方机械化施工 …… 12

5　填方路堤的施工 …… 14

5.1　一般规定 …… 14

5.2　土方路堤的填筑 …… 16

5.3　桥涵及其他构造物处的填筑 …… 18

5.4　填石路堤 …… 18

5.5　土石路堤 …… 20

5.6　高填方路堤 …… 21

6　挖方路堑的施工 …… 22

6.1　一般规定 …… 22

6.2　土方路堑的开挖 …… 22

6.3　石方的开挖 …… 27

6.4 深挖路堑的施工 …… 36
7 路基压实 …… 38
7.1 一般规定 …… 38
7.2 填方地段基底的压实 …… 39
7.3 压实机械的要求与选择 …… 39
7.4 填方路堤的压实 …… 40
7.5 路堑路基的压实 …… 42
7.6 桥涵及其他构造物处填土的压实 …… 42
7.7 填石路堤的压实 …… 42
7.8 土石路堤的压实 …… 43
7.9 高填方路堤的压实 …… 44
8 路基排水 …… 45
8.1 一般规定 …… 45
8.2 地面水的排除 …… 46
8.3 地下水的排除 …… 49
8.4 高速公路、一级公路的路基排水 …… 54
9 特殊地区的路基施工 …… 55
9.1 水稻田地区路基施工 …… 55
9.2 河、塘、湖、海地区路基施工 …… 56
9.3 软土、沼泽地区路基施工 …… 58
9.4 盐渍土地区路基施工 …… 59
9.5 风沙地区路基施工 …… 62
9.6 黄土地区路基施工 …… 63
9.7 多雨潮湿地区路基施工 …… 66
9.8 季节性冻融翻浆地区路基施工 …… 68
9.9 多年冻土地区路基施工 …… 72
9.10 岩溶地区路基施工 …… 74
9.11 滑坡地段路基施工 …… 75
9.12 崩坍岩堆地段路基施工 …… 76
9.13 膨胀土地区路基施工 …… 77
10 季节性路基施工 …… 80
10.1 路基的冬季施工 …… 80

10.2 路基的雨季施工 …… 83
11 路基防护与加固 …… 85
11.1 一般规定 …… 85
11.2 坡面防护 …… 85
11.3 路基冲刷防护 …… 88
11.4 其他加固工程 …… 90
12 公路绿化工程与环境保护 …… 92
12.1 公路绿化工程 …… 92
12.2 空气污染的防治 …… 93
12.3 防止水、土污染和流失 …… 93
13 路基整修、检查验收及维修 …… 94
13.1 路基整修 …… 94
13.2 检查及验收 …… 95
13.3 路基维修 …… 96
13.4 质量标准 …… 97
附录A 本规范用词说明 …… 100
附加说明 …… 100
附件：公路路基施工技术规范条文说明 …… 101
修订说明 …… 102
1 总则 …… 104
3 施工前的准备 …… 106
4 路基施工的一般规定 …… 110
5 填方路堤的施工 …… 113
6 挖方路堑的施工 …… 119
7 路基压实 …… 125
8 路基排水 …… 135
9 特殊地区的路基施工 …… 140
10 季节性路基施工 …… 168
11 路基防护与加固 …… 171
12 公路绿化工程与环境保护 …… 180
13 路基整修、检查验收及维修 …… 182

1 总 则

1.0.1 为适应我国公路交通发展的需要，确保公路路基的施工质量，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于各级公路路基工程新建和改建的施工，其他道路路基工程，可参照执行。

1.0.3 公路路基是公路工程的重要组成部分，应具有足够的稳定性和耐久性，应能承受行车的反复荷载作用和抗御各种自然因素的影响。公路路基工程必须精心施工，确保工程质量。

1.0.4 路基工程应推行机械化施工。只有在条件极其困难的三、四级公路，方可采用人工施工，但路基压实，必须采用碾压机械。

1.0.5 路基应按照设计要求施工，在确保工程质量的原则下，应因地制宜，合理利用当地材料和工业废料。

1.0.6 路基施工，应在符合工艺要求和质量标准的条件下积极采用经过鉴定的新材料、新技术、新机具和新的检验方法。

1.0.7 路基施工必须遵守国家有关土地管理法规，应节约用地，保护耕地和农田水利设施。

1.0.8 公路路基施工应保护生态环境，尽量少破坏原有植被地貌。清除的杂物，必须分别情况，予以妥善处理，不得倾弃于河流水域中。

1.0.9 公路路基施工，必须贯彻安全生产的方针，制定技术安全措施，加强安全教育，严格执行安全操作规程，确保安全生产。

1.0.10 公路路基工程施工除应按本规范执行外，尚应遵守国家及部颁的有关规范和标准。

1.0.11 公路路基施工必须按批准的设计文件进行。如需变更设计或改变原定施工方案，或采用特殊施工方法时，应按施工管理程序，报请业主或监理工程师审批。

2　术语、符号

2.1　术　　语

2.1.1　路床

路床是路面的基础，承受由路面传来的荷载。它指的是路面结构层底面以下 80cm 范围内的路基部分。路床在结构上分为上路床 0～30cm 和下路床 30～80cm。

2.1.2　填石路堤

路基施工中利用石料（包括大卵石）填筑的路堤称为填石路堤。

2.1.3　水沉积法

在填石路堤施工中，采用灌水的办法，使砂和细粒料充满石块之间的空隙，从而保证填石路堤的强度和稳定。

2.1.4　土石路堤

利用卵石土、块石土等天然土石混合材料修筑的路堤称为土石路堤。

2.1.5　冻结沟

寒冷地区为了使地下水迅速冻结而开挖的沟槽。

2.1.6　保温沟

在寒冷地区的排水沟槽顶部设置一定厚度的保温覆盖物，使水流在正温下流动的沟槽。

2.1.7　湿陷性黄土

受水浸湿后土的结构迅速破坏而发生显著附加下沉的黄土称为湿陷性黄土，与之对应的称为非湿陷性黄土。

2.1.8　微差爆破

在排炮起爆时间上预先设定一个较短的时间差，让它们依次起爆的爆破方式称为微差爆破。

2.2 符　　号

E_0——土基回弹模量（MPa）

l_0——土基顶面实测代表弯沉值$\left(\frac{1}{100}\text{mm}\right)$

n——导线测量时的测站数

w——土的压实最佳含水量（%）

W——石方爆破的最小抵抗线（m）

w_0——土的天然含水量（%）

w_L——土的液限含水量（%）

w_P——土的塑限含水量（%）

w_c——土的天然稠度（%）

3　施工前的准备

3.1　施 工 准 备

3.1.1　路基开工前，施工单位应在全面熟悉设计文件和设计交底的基础上，进行现场核对和施工调查，发现问题应及时根据有关程序提出修改意见报请变更设计。

3.1.2　根据现场收集到的情况、核实的工程数量，按工期要求、施工难易程度和人员、设备、材料准备情况，编制实施性的施工组织设计，报现场监理工程师或业主批准并及时提出开工报告。重要项目，应编路基施工网络计划。

3.1.3　修建生活和工程用房，解决好通讯、电力和水的供应，修建供工程使用的临时便道、便桥，确保施工设备、材料、生活用品的供应；设立必要的安全标志。

3.2　施 工 测 量

3.2.1　路基开工前应做好施工测量工作，其内容包括导线、中线、水准点复测，横断面检查与补测，增设水准点等。施工测量的精度应符合交通部颁布实施的《公路路线勘测规程》的要求。

3.2.2　导线复测

3.2.2.1　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搞好导线复测工作。

3.2.2.2　导线复测应采用红外线测距仪或其它满足测量精度的仪器。仪器使用前应进行检验、校正。

3.2.2.3　原有导线点不能满足施工要求时，应进行加密，保证在道路施工的全过程中，相邻导线点间能互相通视。

3.2.2.4 导线起讫点应与设计单位测定结果比较，测量精度应满足设计要求。当设计未规定时，应满足以下要求：

角度闭合差（″）为$\pm 16\sqrt{n}$，n是测点数；坐标相对闭合差为$\pm\frac{1}{10000}$。

3.2.2.5 复测导线时，必须和相邻施工段的导线闭合。

3.2.2.6 对有碍施工的导线点，施工前应加以固定，固定方法可采用交点法（图3.2.2.6）或其它的固定方法。所设护桩应牢固可靠，桩位应便于架设测量仪器，并设在施工范围以外。其它控制点也可参考此法固定。

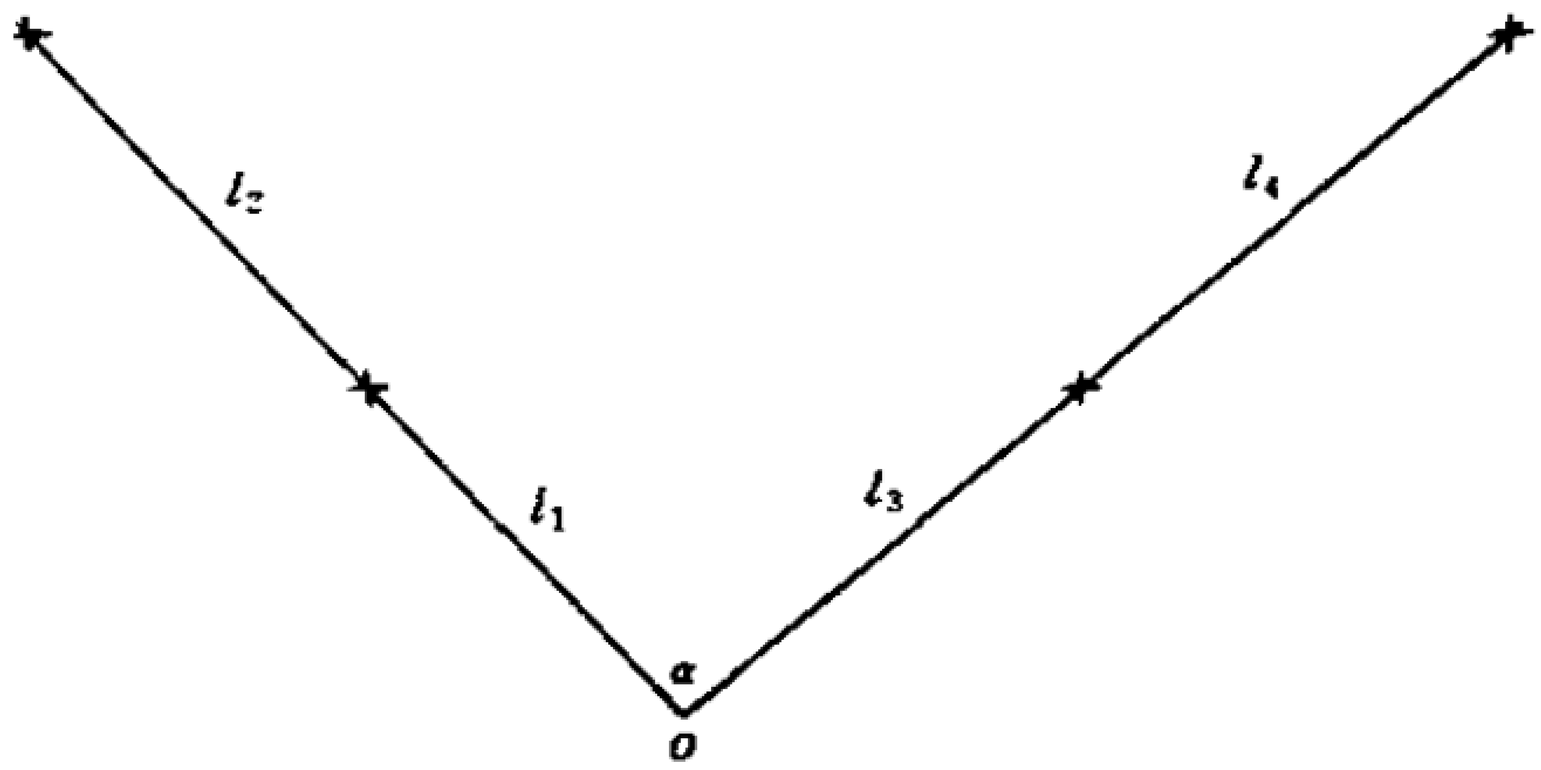

图3.2.2.6 导线点固定法示意

注：$l_2>l_1>15m$；$l_4>l_3>15m$；α在90°左右；o点为导线点

3.2.3 中线复测

3.2.3.1 路基开工前应全面恢复中线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。对于高速公路、一级公路应采用坐标法恢复主要控制桩。

3.2.3.2 恢复中线时应注意与结构物中心、相邻施工段的中线闭合，发现问题应及时查明原因，并报现场监理工程师或业主。

3.2.3.3 如发现原设计中线长度丈量错误或需局部改线时，应作断链处理，相应调整纵坡，并在设计图表的相应部位注明断链距离和桩号。

3.2.4 校对及增设水准基点

3.2.4.1 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。大桥附近的水准点闭合差应按《公路桥涵施工技术规范》的规定办理，高速公路和一级公路的水准点闭合差为 $20\sqrt{L}$ mm，二级以下公路水准点闭合差为 $\pm 30\sqrt{L}$ mm，L 为水准路线长度，以 km 计。

3.2.4.2 水准点间距不宜大于 1km，在人工结构物附近、高填深挖地段、工程量集中及地形复杂地段宜增设临时水准点。临时水准点必须符合精度要求，并与相邻路段水准点闭合。

3.2.4.3 如发现个别水准点受施工影响时，应将其移出影响范围之外，其标高应与原水准点闭合。

3.2.4.4 增设的水准点应设在便于观测的坚硬基岩上或永久性建筑物的牢固处，也可设在埋入土中至少 1m 深的混凝土桩上。

3.2.5 路基施工前，应详细检查、核对纵横断面图，发现问题时应进行复测。若设计单位未提供横断面图，应全部补测。

3.2.6 路基放样

3.2.6.1 路基施工前，应根据恢复的路线中桩、设计图表、施工工艺和有关规定钉出路基用地界桩和路堤坡脚、路堑堑顶、边沟、取土坑、护坡道、弃土堆等的具体位置桩。在距路中心一定安全距离处设立控制桩，其间隔不宜大于 50m。桩上标明桩号与路中心填挖高，用（+）表示填方，用（—）表示挖方。

3.2.6.2 在放完边桩后，应进行边坡放样，对深挖高填地段，每挖填 5m 应复测中线桩，测定其标高及宽度，以控制边坡的大小。

3.2.6.3 路基施工期间每半年至少应复测一次水准点，季节冻融地区，在冻融以后也应进行复测。

3.2.6.4 机械施工中，应在边桩处设立明显的填挖标志，高速公路和一级公路在施工中，宜在不大于 200m 的段落内，距中心桩一定距离处埋设能控制标高的控制桩，进行施工控制。发现桩被碰倒或丢失时应及时补上。

3.2.6.5 取土坑放样时，应在坑的边缘设立明显标志，注明土场供应里程桩号及挖掘深度；作为排水用的取土坑，当挖至距坑底 0.2～0.3m 时，应按设计修整坑底纵坡。

3.2.6.6 边沟、截水沟和排水沟放样时，宜先做成样板架检查，也可每隔 10～20m 在沟内外边缘钉木桩并注明里程及挖深。

3.2.6.7 施工过程中，应保护所有标志，特别是一些原始控制点。

3.3 施工前的复查和试验

3.3.1 路基施工前，施工人员应对路基工程范围内的地质、水文情况进行详细调查，通过取样、试验确定其性质和范围，并了解附近既有建筑物对特殊土的处理方法。

3.3.2 施工人员应根据设计文件提供的资料，对取自挖方、借土场、料场的路堤填料进行复查和取样试验。如设计文件提供的料场填料不足时，应自行勘查寻找。

3.3.3 挖方、借土场和料场用作填料的土应进行下列试验项目，其试验方法按《公路土工试验规程》办理。

a. 液限、塑限、塑性指数、天然稠度或液性指数；

b. 颗粒大小分析试验；

c. 含水量试验；

d. 密度试验；

e. 相对密度试验；

f. 土的击实试验；

g. 土的强度试验（CBR 值）；

h. 一级公路、高速公路应作有机质含量试验及易溶盐含量试验。

对特殊土，除进行以上试验外，还应结合对各种土定名的需要，辅以相应的专门鉴别试验，以确定其种类及处治方法。

3.3.4 使用新材料（如工业废渣等）填筑路堤时，除应按相关规范作有关试验外，还应作对环卫有害成份的试验，同时提出报告，

经批准后方可使用。

3.4 场地清理

3.4.1 施工前应按设计要求进行公路用地放样，由业主办理征用土地手续。施工单位可根据施工需要提出增加临时用地计划，并对增加部分进行公路用地测量，绘制用地平面图及用地划界表，送交有关单位办理拆迁及临时占用土地手续。

3.4.2 路基用地范围内的既有房屋、道路、河沟、通讯、电力设施、上下水道、坟墓及其它建筑物，均应协助有关部门事先拆迁或改造；对于路基附近的危险建筑应予以适当加固；对文物古迹应妥善保护。

3.4.3 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。高速公路、一级公路和填方高度小于 1m 的其它公路应将路基范围内的树根全部挖除并将坑穴填平夯实；填方高度大于 1m 的其它公路允许保留树根但根部露出地面不得超过 20cm。取土坑范围内的树根也应全部挖除。

3.4.4 在填方和借方地段的原地面应进行表面清理，清理深度应根据种植土厚度决定，清出的种植土应集中堆放。填方地段在清理完地表面后，应整平压实到规定要求，才可进行填方作业。

3.5 试验路段

3.5.1 高速公路、一级公路以及在特殊地区或采用新技术、新工艺、新材料进行路基施工时，应采用不同的施工方案做试验路段，从中选出路基施工的最佳方案指导全线施工。

3.5.2 试验路段位置应选择在地质条件、断面型式均具有代表性的地段，路段长度不宜小于 100m。

3.5.3 试验所用的材料和机具应当与将来全线施工所用的材料和机具相同。通过试验来确定不同机具压实不同填料的最佳含水量、适宜的松铺厚度和相应的碾压遍数、最佳的机械配套和施工

组织。对于高速公路、一级公路应按松铺厚度 30cm 进行试验，以确保压实层的匀质性。

3.5.4 试验路段施工中及完成以后，应加强对有关指标的检测；完工后，应及时写出试验报告。如发现路基设计有缺陷时，应提出变更设计意见报审。

4 路基施工的一般规定

4.1 基本要求

4.1.1 路基施工应满足设计和使用要求，并把试验检测作为主要技术手段，指导施工。

4.1.2 特殊地区的路基施工，应按第9章的有关规定执行。

4.1.3 石质挖方路基的施工，不宜采用大爆破方法，必须采用时，应作出专门设计，并按大爆破规定执行。

4.1.4 路基施工宜以挖作填，减少土地占用和环境污染。

4.2 路基施工排水

4.2.1 路基施工中，各施工层表面不应有积水，填方路堤应根据土质情况和施工时气候状况，做成2%～4%的排水横坡。挖方施工中路基各层顶面的纵、横坡，应根据路堑横断面形状，路线纵坡的大小，路堑施工断面长度和施工方法等因素确定，确保在施工过程中，能及时使雨水排走。

4.2.2 雨季施工或因故中断施工时，必须将施工层表面及时修理平整并压实。

4.2.3 当地下水位较高而设计未做出具体方案时，应采取疏导、堵截、隔离等工程措施。

4.2.4 施工过程中，当路堑或边坡内发生地下水渗流时，应根据渗流水的位置及流量大小采取设置排水沟、集水井、渗沟等设施降低地下水位或将地下水排走。

4.2.5 路基施工前应先做好截水沟、排水沟等排水及防渗设施，特别是多雨地区和雨季施工更应加强这方面的工作。排水沟的出

口应通至桥涵进出口处；排、截水沟挖出的废土应堆置在沟与路堑边坡顶一侧，并予以夯实。

4.3 路基施工取土和弃土

4.3.1 路线两侧的取土坑，应按设计规定的位置设置。取土深度可根据用土量和取土坑面积确定。取土坑应有规则的形状，坑底应设置纵、横向坡度和完整的排水系统。取土时不得使作业面积水。

4.3.2 取土坑原地面的草皮、腐殖土或其他不宜用作填料的土均应废弃、处理。如系耕地种植土，宜先挖出堆置一边备用。

4.3.3 当设计未规定取土坑位置或规定的取土坑的贮土量不能满足要求须另寻土源时，应按照下列规定办理：

4.3.3.1 线外设置集中取土坑取土时，其土质应符合填筑路基的技术要求，同时考虑土方运输经济合理和利用沿线荒山、高地取土的可能性，力求少占农田和改地造田。

4.3.3.2 沿线两侧或单侧设置取土坑时，应全线统一规划，合理布局。当地面横坡陡于 1∶10 时，路侧取土坑应设在路基上侧。

在桥头两侧不宜设置取土坑。特殊情况下，可在下游一侧设置，但应留有宽度不小于 4.0m 的护坡道。

河滩上取土坑的位置应与调治构造物的位置相适应，取土坑排出的水，不得影响调治构造物的稳定。

4.3.3.3 取土坑的边坡，内侧宜为 1∶1.5，外侧不宜小于 1∶1。

沿线取土坑的坑底纵坡不宜小于 0.2%，沿河地段的坑底纵坡可减小至 0.1%。坑底除特别规定外，宜高出附近水域的常年水位或附近桥涵进水口处标高，并与路基排水系统相衔接。

取土坑坑底横坡可做成向路线外侧倾斜的单向坡，坡度为 2%～3%，当取土坑坑底宽度大于 6m 时，可做成向中间倾斜的双向横坡，并在中部设置底宽 0.4m 的纵向排水沟。当坑底纵坡大于 0.5%时，可以不设排水沟。

4.3.4 护坡道应严格按设计规定施工，设计无规定时，路基边缘与取土坑底之高差大于 2m 时，对于一般公路，应设置 1～2m 的护坡道；对于高速公路、一级公路，应设置宽度不小于 3m 的护坡道。护坡道应平整密实，并做成 1%～2%向外倾斜的横坡。

4.3.5 弃土堆应少占耕地，除设计图规定位置外，可设于就近的低地和路堑山脚的一侧。当地面横坡缓于 1∶5 时，可设于路堑的两侧。

4.3.6 当沿河弃土时，不得阻塞河流、挤压桥孔和造成河岸冲刷。

4.4 土方机械化施工

4.4.1 土方机械化施工，应按下列规定进行施工管理：

4.4.1.1 制订机械使用与管理制度和油料供应制度。

4.4.1.2 规定土方机械调运的措施。

4.4.1.3 编制机械施工组织技术方案和综合机械流水作业程序，按不同的工程内容，指导机械施工。

4.4.1.4 制订机械的日常保养、定期检修和机械保修的制度，保证机械的正常运转，充分发挥机械的作用。

4.4.1.5 设置临时机修厂房和机械修理场地，安装安全防护设施，并按机械的数量和完好程度，恰当配备检修人员。

4.4.2 综合机械化修筑路基的机械配备，应根据实施性的施工组织计划按就地取土填筑、短距离运土填筑、远距离运土填筑及就地弃土及短距离弃土等原则予以配置。

（1）就地取土填筑。如果工程不大，取土和平整工序可由平地机完成；压实和土的润湿工作，可分别由压路机和洒水车完成。机械配备数量，宜视须完成的工程量、工期和设备的能力而定。

（2）短距离取土填筑路基，宜划段分层以推土机和铲运机担任运土工作，平地机和压路机分别担任整平和压实工作。机械的配备数量，宜最大限度地满足机械产量的要求，充分发挥机械效率。

（3）远距离取土填筑的土一般来源于取土场或路堑。宜以推

土机完成挖土工序，装载机或挖掘机完成装土工序（当土质不坚时，亦可不用推土机，而直接用装土设备装土），以自卸汽车完成运土的工序。汽车数量应按装车设备能力和运距的长短而定，其余各工序可按（1）和（2）的规定办理。

（4）就地弃土或短距离弃土可用推土机或铲运机完成。

5 填方路堤的施工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 填方路堤施工前的原地面，应按照 3.4 节有关规定进行清理。对其基底，还应按下列规定办理：

5.1.1.1 应做好原地面临时排水设施，并与永久排水设施相结合。排走的雨水，不得流入农田、耕地；亦不得引起水沟淤积和路基冲刷。

5.1.1.2 路堤修筑范围内，原地面的坑、洞、墓穴等，应用原地的土或砂性土回填，并按规定进行压实。

5.1.1.3 路堤基底为耕地或松土时，应先清除有机土、种植土，平整后按规定要求压实。在深耕地段，必要时，应将松土翻挖，土块打碎，然后回填、整平、压实。

5.1.1.4 路堤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，压实度应符合 7.2 的规定。

5.1.2 加宽旧路堤时，应遵守下列规定：

5.1.2.1 所用填土宜与旧路相同或选用透水性较好的土。

5.1.2.2 清除地基上的杂草，并沿旧路边坡挖成向内倾斜的台阶，台阶宽度应不小于 1m。

5.1.3 当路堤稳定受到地下水位影响时，应在路堤底部填以水稳性优良、不易风化的砂、砂砾、碎石等材料或采用无机结合料（生石灰粉、水泥等固化材料）进行加固处理，使基底形成水稳性好、厚约 30cm 的稳定层，或按 8.3 节设置隔离层。

5.1.4 路堤填料应符合下列规定：

5.1.4.1 路堤填料，不得使用淤泥、沼泽土、冻土、有机土、含草皮土、生活垃圾、树根和含有腐朽物质的土。采用盐渍土、黄土、膨胀土填筑路堤时，应遵照 9.4 节、9.6 节及 9.13 节的规定。

5.1.4.2 液限大于 50、塑性指数大于 26 的土，以及含水量超过规定的土，不得直接作为路堤填料。需要应用时，必须采取满足设计要求的技术措施，经检查合格后方可使用。

5.1.4.3 钢渣、粉煤灰等材料，可用作路堤填料，其他工业废渣在使用前应进行有害物质的含量试验，避免有害物质超标，污染环境。

5.1.4.4 捣碎后的种植土，可用于路堤边坡表层。

5.1.5 路基填方材料，应有一定的强度。高速公路及一级公路的路基填方材料，应经野外取土试验，符合表 5.1.5 的规定时，方可使用；二级及二级以下的公路路基填方材料，亦宜按表 5.1.5 的规定选用。

路基填方材料最小强度和最大粒径表 表 5.1.5

项目分类（路面底面以下深度）		填料最小强度(CBR)(%)		填料最大粒径(cm)
		高速公路及一级公路	二级及二级以下公路	
路堤	上路床（0～30cm）	8.0	6.0	10
	下路床（30～80cm）	5.0	4.0	10
	上路堤（80～150cm）	4.0	3.0	15
	下路堤（>150cm）	3.0	2.0	15
零填及路堑路床（0～30cm）		8.0	6.0	10

注：①二级及二级以下公路作高级路面时，应按高速公路及一级公路的规定；

②表列强度按《公路土工试验规程》，对试样浸水 96h 的 CBR 试验方法测定；

③黄土、膨胀土及盐渍土的填料强度，分别按各章的规定办理。

5.2 土方路堤的填筑

5.2.1 土方路堤应分层填筑压实，用透水性不良的土填筑路堤时，应控制其含水量在最佳压实含水量±2%之内。

5.2.2 土方路堤，必须根据设计断面，分层填筑、分层压实。采用机械压实时，分层的最大松铺厚度，高速公路和一级公路不应超过 30cm；其他公路，按土质类别、压实机具功能、碾压遍数等，经过试验确定。但最大松铺厚度，不宜超过 50cm。填筑至路床顶面最后一层的最小压实厚度，不应小于 8cm。

5.2.3 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。

5.2.4 填筑路堤宜采用水平分层填筑法施工。即按照横断面全宽分成水平层次逐层向上填筑。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。

5.2.5 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。

5.2.6 山坡路堤，地面横坡不陡于 1∶5 且基底符合 5.1 节规定要求时，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 1m），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。

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 1m。其中挖方一侧，在行车范围之内的宽度不足一个行车道宽度时，则应挖够一个行车道宽度，其上路床深度范围之内的原地面土应予以挖除换填，并按上路床填方的要求施工。

5.2.7 若填方分几个作业段施工，两段交接处，不在同一时间填筑，则先填地段，应按 1∶1 坡度分层留台阶。若两个地段同时填，则应分层相互交叠衔接，其搭接长度，不得小于 2m。

5.2.8 对于陡峻山坡半挖半填路基，设计边坡外面的松散弃土应

在路基竣工后全部清除。

5.2.9 不同土质混合填筑路堤时，应符合下列规定：

5.2.9.1 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。

5.2.9.2 不同性质的土应分别填筑，不得混填。每种填料层累计总厚不宜小于0.5m。

5.2.9.3 凡不因潮湿或冻融影响而变更其体积的优良土应填在上层，强度较小的土应填在下层。

5.2.10 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。河槽加宽、加深工程应在修筑路堤前完成。调治构造物应提前修建。

5.2.11 机械作业时，应根据工地地形、路基横断面形状和土方调配图等，合理地规定机械运行路线。土方集中工点，应有全面、详细的机械运行作业图据以施工。

5.2.12 两侧取土，填高在3m以内的路堤，可用推土机从两侧分层推填，并配合平地机分层整平。土的含水量不够时，用洒水车洒水，并用压路机分层碾压。

5.2.13 填方集中地区路堤的施工，可按以下方法进行：

5.2.13.1 取土场运距在1km范围内时，可用铲运机运送，辅以推土机开道，翻松硬土，平整取土段，清除障碍和助推等。

5.2.13.2 取土场运距超过1km范围时，可用松土机械翻松，用挖掘机或装载机配合自卸汽车运输，用平地机平整填土，配合洒水车压路机碾压。

5.2.13.3 挖掘机、装载机与自卸车配合运输时，要合理布置取土场地的汽车运输路线并设置必要的标志。汽车配备数量，应根据运距的远近和车型确定，其原则是满足挖装设备能力的需要。

5.2.14 土石方运输应视当地条件、运距设备等情况，采用不同的运输机具，如推土机、铲运机、皮带运输机、自卸汽车、卷扬机牵引的索道等。当卸装范围内有一定高差，汽车等运输方式受

到地形和其他条件限制时，可采用空中索道运输。

5.2.15 土方路堤施工的质量标准，见表 13.4.5。

5.3 桥涵及其他构造物处的填筑

5.3.1 回填土工作必须在隐蔽工程验收合格后进行。

5.3.2 桥涵及其他构造物处的填料，除设计文件另有规定外，应采用砂类土或渗水性土。5.2.9 条所列各种土均不得使用。当采用非透水性土时，应在土中增加外掺剂如石灰、水泥等。

5.3.3 桥涵及其他构造物处的填土，应适时分层回填压实。回填土时对桥涵圬工的强度等要求应按照《公路桥涵施工技术规范》有关规定办理。

5.3.4 桥涵填土的范围：台背填土顺路线方向长度，顶部为距翼墙尾端不小于台高加 2m；底部距基础内缘不小于 2m；拱桥台背填土长度不应小于台高的 3～4 倍；涵洞填土长度每侧不应小于 2 倍孔径长度。

5.3.5 桥台背后填土宜与锥坡填土同时进行。

5.3.6 涵洞缺口填土，应在两侧对称均匀分层回填压实。如使用机械回填，则涵台胸腔部分及检查井周围应先用小型压实机械压实填好后，方可用机械进行大面积回填。

5.3.7 涵顶面填土压实厚度大于 50cm 时，方可通过重型机械和汽车。

5.3.8 挡墙填料宜选用砾石土或砂类土。墙趾部分的基坑，应及时回填压实，并做成向外倾斜的横坡。填土过程中，应防止水的浸害。回填结束后，顶部应及时封闭。

5.3.9 回填土应分层填筑并严格控制含水量，分层松铺厚度宜小于 20cm。当采用小型夯具时，一级以上的公路松铺厚度不宜大于 15cm，并应充分压（夯）实，压实标准见 7.6.3 条。

5.4 填石路堤

5.4.1 填石路堤的基底处理同填土路堤。

5.4.2 填石路堤的石料强度不应小于 15MPa（用于护坡的不应小于 20MPa）。填石路堤石料最大粒径不宜超过层厚的 2/3。填石路堤的压实度检验按 7.1.5 条规定执行。

5.4.3 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均应分层填筑，分层压实。二级及二级以下且铺设低级路面的公路在陡峻山坡段施工特别困难或大量爆破以挖作填时，可采用倾填方式将石料填筑于路堤下部，但倾填路堤在路床底面下不小于 1.0m 范围内仍应分层填筑压实。

5.4.4 分层松铺厚度：高速公路及一级公路不宜大于 0.5m；其他公路不宜大于 1.0m。

5.4.5 填石路堤倾填前，路堤边坡坡脚应用粒径大于 30cm 的硬质石料码砌。当设计无规定时，填石路堤高度小于或等于 6m 时，其码砌厚度不应小于 1m；当高度大于 6m 时，码砌厚度不应小于 2m。

5.4.6 逐层填筑时，应安排好石料运输路线，专人指挥，按水平分层，先低后高、先两侧后中央卸料，并用大型推土机摊平。个别不平处应配合人工用细石块、石屑找平。

5.4.7 当石块级配较差、粒径较大、填层较厚、石块间的空隙较大时，可于每层表面的空隙里扫入石渣、石屑、中、粗砂，再以压力水将砂冲入下部，反复数次，使空隙填满。

5.4.8 人工铺填粒径 25cm 以上石料时，应先铺填大块石料，大面向下，小面向上，摆平放稳，再用小石块找平，石屑塞缝，最后压实。人工铺填块径 25cm 以下石料时，可直接分层摊铺，分层碾压。

5.4.9 填石路堤的填料如其岩性相差较大，则应将不同岩性的填料分层或分段填筑。如路堑或隧道基岩为不同岩种互层，允许使用挖出的混合石料填筑路堤，但石料强度、粒径应符合 5.4.2 条的规定。

5.4.10 用强风化石料或软质岩石填筑路堤时，应按土质路堤施工规定先检验其 CBR 值是否符合要求，CBR 值不符合要求时不

得使用，符合使用要求时应按土质筑堤的技术要求施工。

5.4.11 高速公路及一级公路填石路堤路床顶面以下 50cm 范围内应填筑符合路床要求的土并分层压实，填料最大粒径不得大于 10cm。其他公路填石路堤路床顶面以下 30cm 范围内宜填筑符合路床要求的土并压实，填料最大粒径不应大于 15cm。

5.5 土石路堤

5.5.1 土石路堤的基底处理同填石路堤。

5.5.2 天然土石混合材料中所含石料强度大于 20MPa 时，石块的最大粒度不得超过压实层厚的 2/3，超过的应清除；当所含石料为软质岩（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。

5.5.3 土石路堤不得采用倾填方法，均应分层填筑，分层压实。每层铺填厚度应根据压实机械类型和规格确定，不宜超过 40cm。

5.5.4 压实后渗水性差异较大的土石混合填料应分层或分段填筑，不宜纵向分幅填筑。如确需纵向分幅填筑，应将压实后渗水良好的土石混合料填筑于路堤两侧。

5.5.5 当土石混合填料来自不同路段，其岩性或土石混合比相差较大时，应分层或分段填筑。如不能分层或分段填筑，应将含硬质石块的混合料铺于填筑层的下面，且石块不得过分集中或重叠，上面再铺含软质石料混合料，然后整平碾压。

5.5.6 土石混合填料中，当石料含量超过 70%时，应先铺填大块石料，且大面向下，放置平稳，再铺小块石料、石渣或石屑嵌缝找平，然后碾压；当石料含量小于 70%时，土石可混合铺填，但应避免硬质石块（特别是尺寸大的硬质石块）集中。

5.5.7 高速公路及一级公路土石路堤的路床顶面以下 30～50cm 范围内应填筑符合路床要求的土并分层压实，填料最大粒径不大于 10cm。其他公路填筑砂类土厚度应为 30cm，最大粒径不大于 15cm。

5.6 高填方路堤

5.6.1 水稻田或长年积水地带，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，可按本节要求施工。

5.6.2 按 3.4 节规定进行原地面清理后，如地基土的强度不符合设计要求，应按第 9 章有关规定进行处理或加固。

5.6.3 高填方路堤，应严格按设计边坡填筑，不得缺填。

5.6.4 高填方路堤，每层填筑厚度，根据所采用的填料，按 5.2 节、5.4 节和 5.5 节有关规定执行。

如填料来源不同，其性质相差较大时，应分层填筑，不应分段或纵向分幅填筑。

5.6.5 高填方路堤受水浸淹部分，应采用水稳性高及渗水性好的填料，其边坡比不宜小于 1：2。

5.6.6 半挖半填的一侧高填方基底为斜坡时，应按规定挖好横向台阶，并应在填方路堤完成后，对设计边坡外的松散弃土进行清理。

6 挖方路基的施工

6.1 一 般 规 定

6.1.1 挖方路基施工前应作好下列准备工作：

6.1.1.1 复查施工组织设计，核实（或编制）调整土方调运图表。

6.1.1.2 施工现场按 3.4 节的有关规定进行清理。

6.1.1.3 开挖前应按 3.2.6.1 款的规定，以桩志标明轮廓。

6.1.2 路基在开挖前应对沿线土质按 3.4 节规定，进行检测试验。

6.1.3 路堑的排水设施，应按下列规定办理：

6.1.3.1 在路堑开挖前作好截水沟，并视土质情况作好防渗工作。土方工程施工期间应修建临时排水设施。

6.1.3.2 临时排水设施应与永久性排水设施相结合，流水不得排入农田、耕地，污染自然水源，也不得引起淤积和冲刷。

6.1.4 根据施工组织设计成套配齐各种必要的施工机械，并作好保修准备。

6.2 土方路堑的开挖

6.2.1 土方开挖应遵照下列要求：

6.2.1.1 已开挖的适用于种植草皮和其他用途的表土，应储存于指定地点。

6.2.1.2 根据 3.3 节试验结果，对开挖出的适用材料，应用于路基填筑。各类材料不应混杂。不适用的材料应按 6.2.9 条的规定办理。

6.2.1.3 土方开挖不论开挖工程量和开挖深度大小，均应自上而下进行，不得乱挖超挖。严禁掏洞取土。在不影响边坡稳定的情况下采用爆破施工时，应经过设计审批。

6.2.1.4 路堑开挖中，如遇土质变化需修改施工方案及边坡坡度时，应及时报批。

6.2.2 因受冬季或雨季影响，使挖出的土方不能及时用于填筑路堤时，应按第10章有关规定办理。

6.2.3 路堑路床的表层下为有机土、难以晾干压实的土、CBR值小于表5.1.4规定的土或不宜作路床的土，均应清除换填符合5.1节规定的土。

6.2.4 路基开挖如遇特殊土质时，应按第9章有关规定办理。

6.2.5 挖方路基施工标高，应考虑因压实的下沉量，其值应由试验确定。

6.2.6 土方路堑开挖，根据路堑深度和纵向长度，可按下列方式进行：

6.2.6.1 横挖法：以路堑整个横断面的宽度和深度，从一端或两端逐渐向前开挖的方式称为横挖法，如图6.2.6.1所示。本法适用于短而深的路堑。

（1）用人力按横挖法挖路堑时，可在不同高度分几个台阶开挖，其深度视工作与安全而定，一般宜为1.5～2.0m。无论自两端一次横挖到路基标高或分台阶横挖，均应设单独的运土通道及临时排水沟。

（2）用机械按横挖法挖路堑且弃土（或以挖作填）运距较远时，宜用挖掘机配合自卸汽车进行。每层台阶高度可增加到3～4m，其余要求与人力开挖路堑相同。

（3）路堑横挖法也可用推土机进行。若弃土或以挖作填运距超过推土机的经济运距时，可用推土机推土堆积，再用装载机配合自卸汽车运土。

（4）机械开挖路堑时，边坡应配以平地机或人工分层修刮平整。

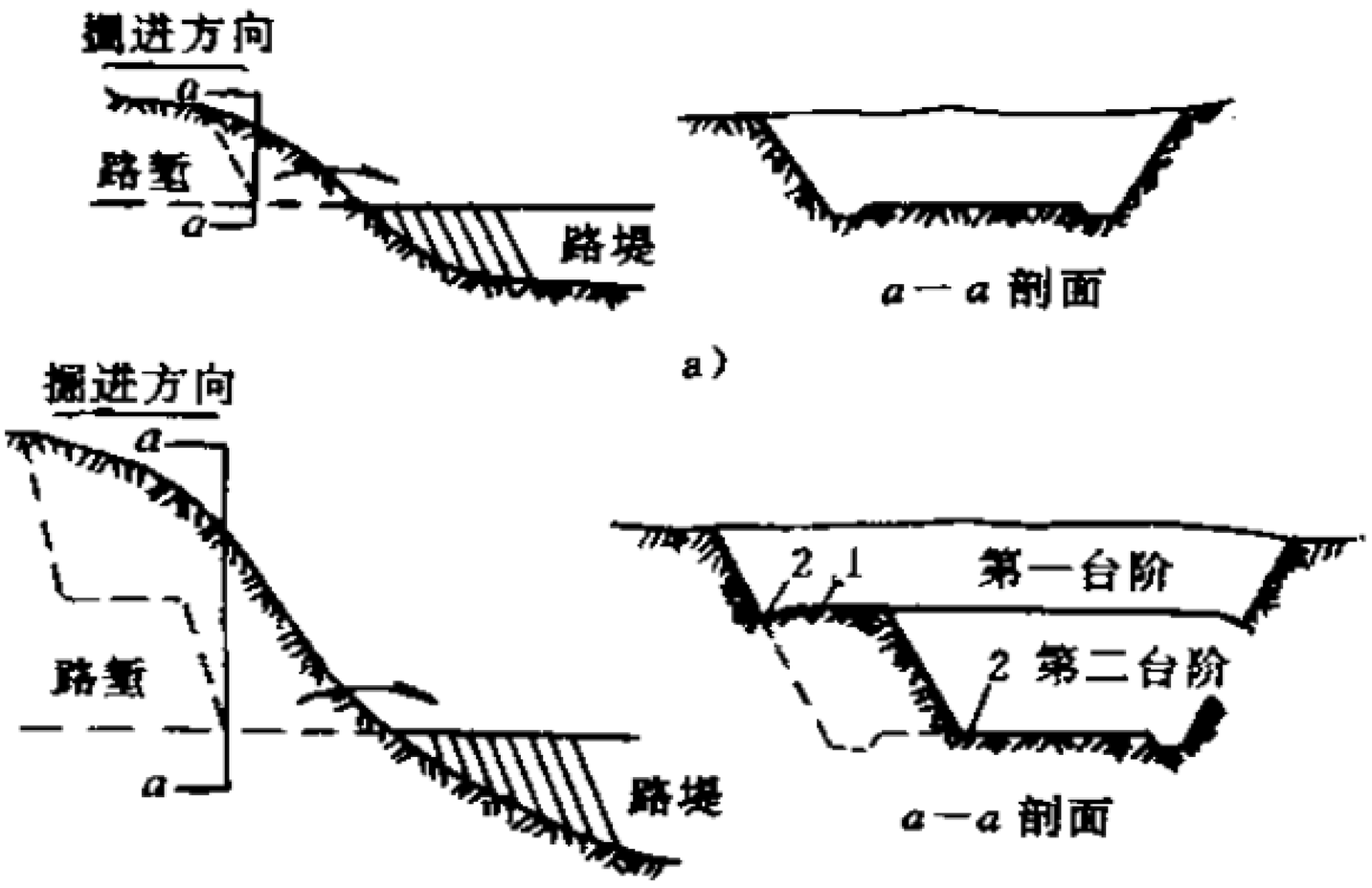

图 6.2.6.1　横向全宽挖掘法

a）一层横向全宽挖掘法；b）多层横向全宽挖掘法

1-第一台阶运土道；2-临时排水沟

6.2.6.2　纵挖法：沿路堑全宽以深度不大的纵向分层挖掘前进时称为分层纵挖法，如图 6.2.6.2 之 a）。本法适用于较长的路堑开挖。

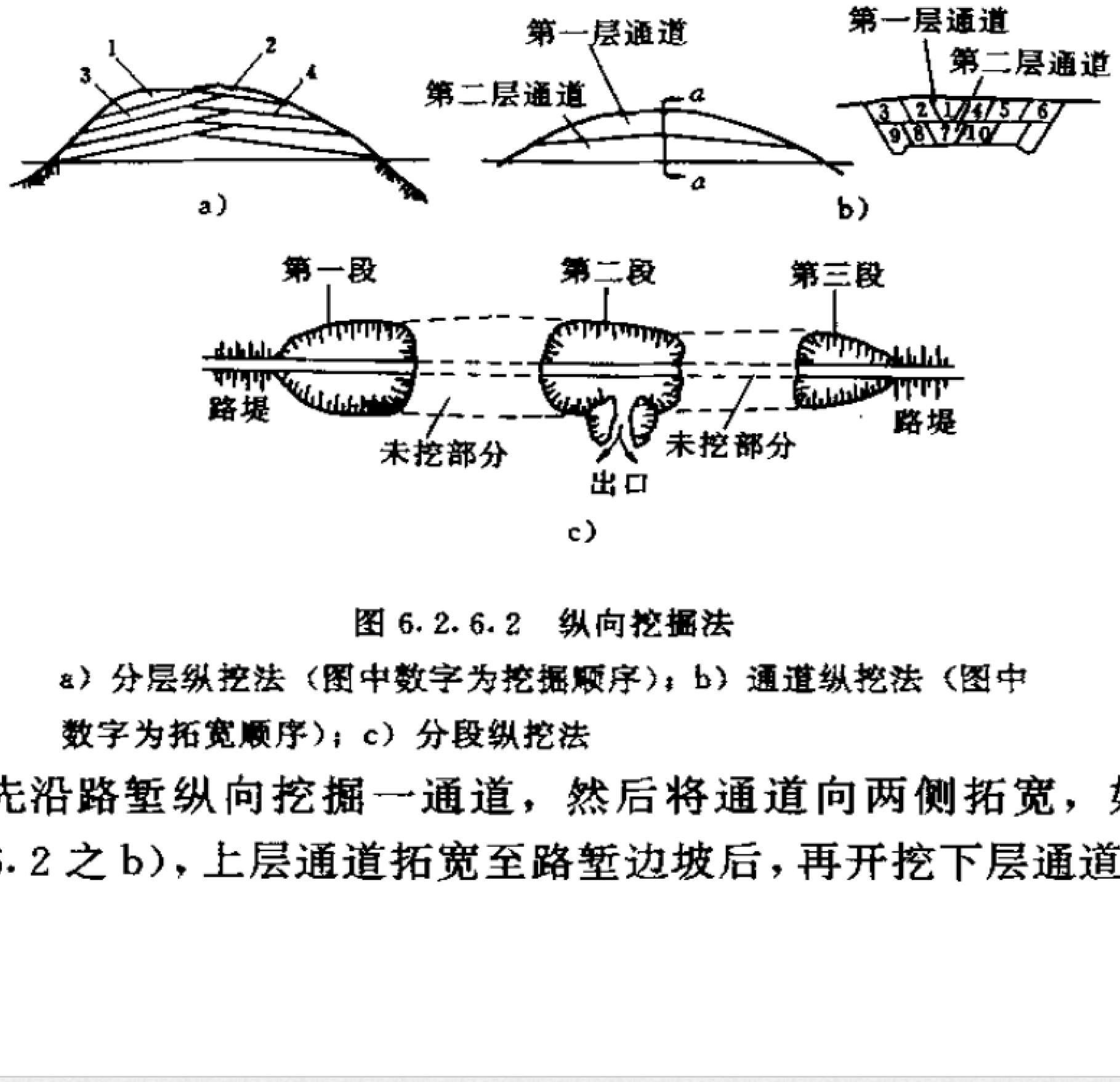

图 6.2.6.2　纵向挖掘法

a）分层纵挖法（图中数字为挖掘顺序）；b）通道纵挖法（图中数字为拓宽顺序）；c）分段纵挖法

先沿路堑纵向挖掘一通道，然后将通道向两侧拓宽，如图 6.2.6.2 之 b），上层通道拓宽至路堑边坡后，再开挖下层通道，如

此向纵深开挖至路基标高称为通道纵挖法。本法适用于路堑较长、较深，两端地面纵坡较小之路堑开挖。

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，各段再纵向开挖称为分段纵挖法，如图 6.2.6.2 之 c)。本法适用于路堑过长，弃土运距过远的傍山路堑，其一侧堑壁不厚的路堑开挖。

(1) 当采用分层纵挖法挖掘的路堑长度较短（不超过 100m），开挖深度不大于 3m，地面坡度较陡时，宜采用推土机作业。

(2) 推土机作业时每一铲挖地段的长度应能满足一次铲切达到满载的要求，一般为 5～10m，铲挖宜在下坡时进行；对普通土下坡坡度宜为 10%～18%，不得大于 30%；对于松土下坡坡度不宜小于 10%，不得大于 15%；傍山卸土的运行道应设有向内稍低的横坡，但应同时留有向外排水的通道。

(3) 当采用分层纵挖法挖掘的路堑长度较长（超过 100m）时，宜采用铲运机作业。

(4) 对于拖式铲运机和铲运推土机，其铲斗容积为 4～8m^3 的适宜运距为 100～400m；容积为 9～12m^3 的适宜运距为 100～700m。自行式铲运机适宜运距可照上述运距加倍。铲运机在路基上的作业距离不宜小于 100m。

有条件时宜配备一台推土机（或使用铲运推土机）配合铲运机作业。

(5) 铲运机运土道，单道宽度不应小于 4m，双道宽度不应小于 8m；重载上坡纵坡不宜大于 8%，空驶上坡，纵坡不得大于 50%；弯道应尽可能平缓，避免急弯；路面表层应在回驶时刮平，重载弯道处路面应保持平整。

(6) 铲运机作业面的长度和宽度应能使铲斗易于达到满载。

在地形起伏的工地，应充分利用下坡铲装；取土应沿其工作面有计划地均匀进行，不得局部过度取土而造成坑洼积水。

(7) 铲运机卸土场的大小应满足分层铺卸的需要，并留有回转余地。填方卸土应边走边卸，防止成堆，行走路线外侧边缘至

填方边缘的距离不宜小于 20cm。

6.2.6.3 当路线纵向长度和挖深都很大时，宜采用混合式开挖法，即将横挖法与通道纵挖法混合使用。先沿路堑纵向挖通道，然后沿横向坡面挖掘，以增加开挖坡面，如图 6.2.6.3 所示。每一坡面应设一个施工小组或一台机械作业。

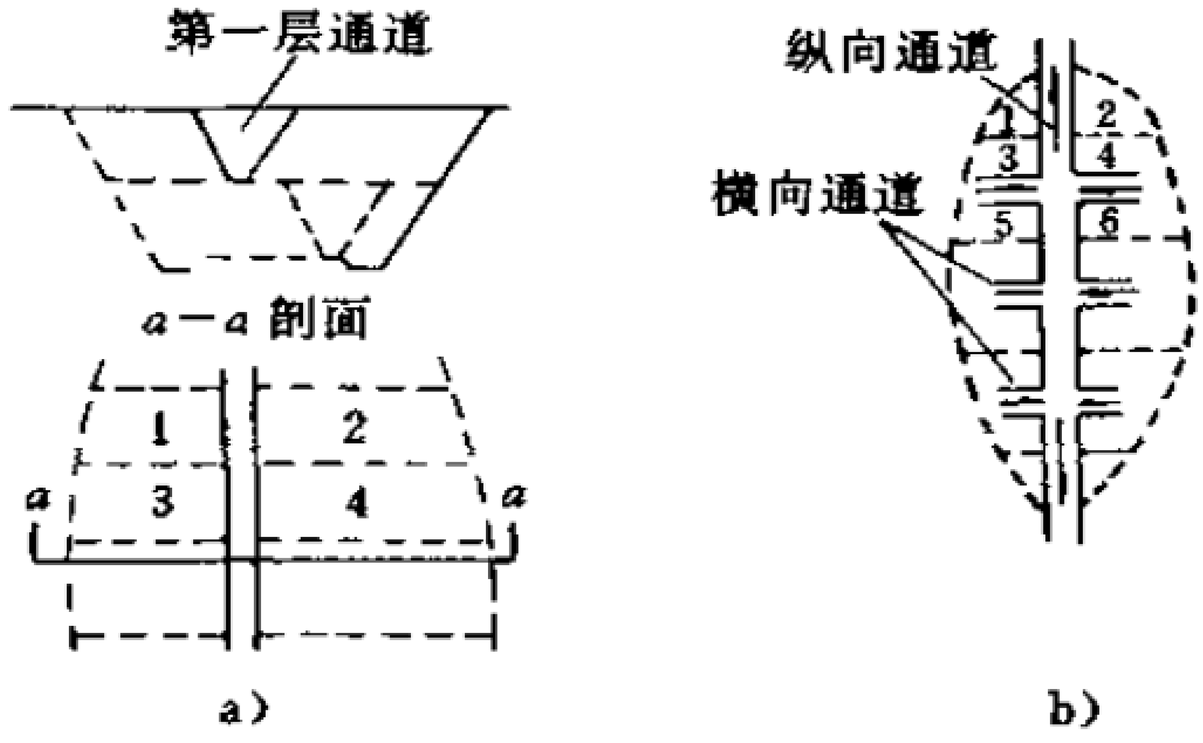

图 6.2.6.3 混合挖掘法

a）横面和平面；b）平面纵横通道示意图中：箭头表示运土与排水方向，数字表示工作面号数

6.2.6.4 开挖边沟、修筑路拱、刷刮边坡、整平路基面时，宜采用平地机配合其它土方机械作业。

6.2.7 边沟与截水天沟的开挖应符合下列要求：

6.2.7.1 边沟、截水沟及其他引、截排水设施的位置、断面尺寸及有关要求，应严格按照设计图纸的规定施工。应先做好这类排水设施，其出口应通至桥涵进、出水口处。截水沟不应在地面坑凹处通过，必须通过时，应按路堤填筑要求将凹处填平压实，然后开挖，并防止不均匀沉陷和变形。

6.2.7.2 平曲线外边沟沟底纵坡，应与曲线前后的沟底相衔接。曲线内侧不得有积水或水外溢现象发生。

6.2.7.3 路堑和路堤交接处的边沟应徐缓引向路堤两侧的天然沟或排水沟，不得冲刷路堤。路基坡脚附近不得积水。

6.2.7.4 所有排水沟渠应从下游出口向上游开挖。

6.2.7.5 所有排截水设施应满足下列要求：

（1）沟基稳固，严禁将排水沟挖筑在未加处理的弃土上；

（2）沟形整齐，沟坡、沟底平顺，沟内无浮土杂物；

（3）沟水排泄不得对路基产生危害；

（4）截水沟的弃土应用于路堑与截水沟间筑土台，并分层压实（夯实）。台顶设 2%倾向截水沟的横坡，土台边缘坡脚距路堑顶的距

离不应小于设计规定，当设计无规定时，可按照 6.2.9 条的规定办理。

6.2.8 路堑施工遇到地下水时应按下列规定处理：

6.2.8.1 挖方地段遇有地下含水层时应根据 4.2.5 条的原则规定，结合现场实际按 8.3 节有关规定执行。

6.2.8.2 当路堑路床顶部以下位于含水量较多的土层时，应换填透水性良好的材料，换填深度应满足设计要求，并整平凹槽底面，设置渗沟，将地下水引出路外，再分层回填压实。

6.2.9 弃土处理除按第四章有关的规定办理外，还应符合下列规定：

6.2.9.1 在开挖路堑弃土地段前，应提出弃土的施工方案报有关单位批准后实施（该方案包括弃土方式、调运方案、弃土位置、弃土形式、坡脚加固处理方案、排水系统的布置及计划安排等）。方案改变时，应报批准单位复查。

6.2.9.2 弃土堆的边坡不应陡于 1：1.5，顶面向外应设不小于 2%的横坡，其高度不宜大于 3m。路堑旁的弃土堆，其内侧坡脚与路堑顶之间的距离，对于干燥硬土不应小于 3m；对于软湿土，不应小于路堑深度加 5m。

6.2.9.3 在山坡上侧的弃土堆应连续而不中断，并在弃土前设截水沟；山坡下侧的弃土堆应每隔 50～100m 设不小于 1m 的缺口排水，弃土堆坡脚应进行防护加固。

6.2.9.4 严禁在岩溶漏斗处、暗河口处、贴近桥墩台处弃土。

6.3 石方的开挖

6.3.1 开挖石方应根据岩石的类别、风化程度和节理发育程度等确定开挖方式。对于软石和强风化岩石，能用机械直接开挖的均应采用机械开挖，也可人工开挖。凡不能使用机械或人工直接开挖的石方，则应采用爆破法开挖。

6.3.2 石方需用爆破法开挖的路段，如空中有缆线，应查明其平面位置和高度；还应调查地下有无管线，如果有管线，应查明其平面位

置和埋设深度；同时应调查开挖边界线外的建筑物结构类型、完好程度、距开挖界距离，然后制定爆破方案。任何爆破方案的制定，必须确保空中缆线、地下管线和施工区边界处建筑物的安全。

6.3.3 进行爆破作业时必须由经过专业培训并取得爆破证书的专业人员施爆。

6.3.4 根据确定的爆破方案，进行炮位、炮孔深度和用药量设计，其设计图纸和资料应报送有关部门审批。

6.3.5 根据设计的炮位和孔深打眼，当工程量小，工期允许时，可采用人工打眼；当工程量较大时，应采用机械钻孔。钻孔机械可采用风钻或潜孔钻。

6.3.6 爆破法开挖石方应按以下程序进行：施爆区管线调查→炮位设计与设计审批→配备专业施爆人员→用机械或人工清除施爆区覆盖层和强风化岩石→钻孔→爆破器材检查与试验→炮孔（或坑道、药室）检查与废碴清除→装药并安装引爆器材→布置安全岗和施爆区安全员→炮孔堵塞→撤离施爆区和飞石、强地震波影响区内的人、畜→起爆→清除瞎炮→解除警戒→测定爆破效果（包括飞石、地震波对施爆区内外构造物造成的损伤及造成的损失）。

6.3.7 公路石方开挖，应充分重视挖方边坡稳定，宜选用中小炮爆破；开挖风化较严重、节理发育或岩层产状对边坡稳定不利的石方，宜用小型排炮微差爆破，小型排炮药室距设计边坡线的水平距离，不应小于炮孔间距的 1/2。

6.3.8 当岩层走向与路线走向基本一致，倾角大于 15°，且倾向公路或者开挖边界线外有建筑物，施爆可能对建筑物地基造成影响时，应在开挖层边界，沿设计坡面打预裂孔，孔深同炮孔深度，孔内不装炸药和其他爆破材料，孔的距离不宜大于炮孔纵向间距的 1/2。

6.3.9 开挖层靠边坡的两列炮孔，特别是靠顺层边坡的一列炮孔，宜采用减弱松动爆破。

6.3.10 开挖边坡外有必须保证安全的重要建筑物，即使采用减弱松动爆破都无法保证建筑物安全时，可采用人工开凿、化学爆破或控制爆破。

6.3.11 在石方开挖区应注意施工排水，在纵向和横向形成坡面开挖面，其坡度应满足排水要求，以确保爆破出的石料不受积水浸泡。

6.3.12 炮眼位置选择应注意以下几点：

（1）炮位设计应充分考虑岩石的产状、类别、节理发育程度、溶蚀情况等，炮孔药室宜避开溶洞和大的裂隙。

（2）避免在两种岩石硬度相差很大的交界面处设置炮孔药室。

（3）非群炮的单炮或数炮施爆，炮孔宜选在抵抗线最小、临空面较多，且与各临空面大致距离相等的位置，同时应为下次布设炮孔创造更多的临空面。

（4）群炮炮眼间距宜根据地形、岩石类别、炮型等确定，并根据炮眼间距、岩石类别、地形、炮眼深度计算确定每个炮眼的装药量和炸药种类。对于群炮，宜分排或分段采用微差爆破。

（5）非群炮的单炮或数炮施爆，炮眼方向宜与岩石临空面大致平行，一般按岩石外形、节理、裂隙等情况，分别选择正炮眼、斜炮眼、平炮眼或吊眼等。

6.3.13 中小型爆破：

6.3.13.1 裸露药包法是将药包置于被炸物体表面或经清理的石缝中，药包表面用草皮或稀泥覆盖，然后进行的爆破，这种方法限用于破碎孤石或大块岩石的二次爆破。

6.3.13.2 炮眼法

（1）炮眼深度。根据岩石的坚硬程度而决定炮眼深度，可按下式计算：

$$L=C \cdot H \qquad (6.3.13.2\text{-}1)$$

式中：L——炮眼深度（m）

H——爆破岩石的厚度，阶梯高度（m）；

C——系数，坚石为1.0～1.15，次坚石为0.85～0.95，软石为0.7～0.9。

（2）炮眼间距。用排炮爆破时，同排炮眼的间距，视岩石的类别、节理发育程度，参照下式计算确定：

$$a=b \cdot W \qquad (6.3.13.2\text{-}2)$$

式中：a——炮眼间距（m）；

W——最小抵抗线（m）；

b——系数，采用火雷管起爆为1.2～2.0，采用电雷管起爆为0.8～2.3。

当使用多排排炮爆破时，炮眼应按梅花形布置，炮排距约为同排炮孔距的0.86倍。

（3）装药量。炮眼的装药高度一般为炮孔深度的1/3～1/2，特殊情况下也不得超过2/3。对于松动爆破或减弱松动爆破，装药高度可降到炮孔深度的1/3～1/4。

（4）提高爆破效果的措施。为提高爆破效果，可选用空心炮（炮眼底部设一段不装药的空心炮孔）、石子炮（底部或中部装一部分石子）或木棍炮（用直径为炮孔直径1/3，长6～10cm的木棍装在炮眼底部或中部）进行爆破。

6.3.13.3 药壶法（葫芦炮）：药壶炮是将炮眼底部扩大成葫芦形，以便将炸药基本集中于炮眼底部的扩大部分，以提高爆破效果的一种炮型。葫芦炮炮眼较深，它适用于均匀致密粘土（硬土）、次坚石、坚石。对于炮眼深度小于2.5m，节理发育的软石，地下水较发育或雨季施工时，不宜采用。

（1）葫芦炮炮眼深度一般为5～7m，不宜靠近设计边坡布设，药室距设计边坡线的水平距离不宜小于最小抵抗线。

（2）葫芦炮的用药量按下式计算：

$$Q=KW^3 \qquad (6.3.13.3\text{-}1)$$

式中：Q——炸药质量（kg）；

W——最小抵抗线（m），一般为阶梯高度0.5～0.8倍；

K——单位岩石的硝铵炸药消耗量（kg/m³），软石为0.26～0.28，次坚石为0.28～0.34，坚石为0.34～0.35。

（3）单排群炮用电雷管起爆，每排药炮间距：

$$a=(0.8\sim1.0)W \qquad (6.3.13.3\text{-}2)$$

式中：a——每排内炮眼间距（m）；

W——相邻两炮之间最小抵抗线的平均值（m）。

（4）多排群炮，各排之间的药包间距：

$$b=1.5W \qquad (6.3.13.3\text{-}3)$$

当炮眼布置成三角形时，上下层药包间距：

$$a=2W_{下} \qquad (6.3.13.3\text{-}4)$$

式中：$W_{下}$——下层最小抵抗线（m）。

6.3.13.4 猫洞炮：猫洞炮是将集中药包直接放入直径为0.2～0.5m、炮眼深2～6m的水平或略有倾斜的炮洞中的一种炮型。它适用于硬土、胶结良好的古河床、冰渍层、软石和节理发育的次坚石，坚石可利用裂隙修成导洞或药室，这种炮型对大孤石、独岩包等爆破效果更佳。

（1）炮眼深度应与阶梯高度自然地面横坡相配合，遇高阶梯时要布置多层药包。烘膛应根据岩石类别，分别采用浅眼烘膛、深眼烘膛和内部扩眼等方法。

（2）用药量计算

当被炸松的岩体能坍塌出路基时：

$$Q=KW^3 \cdot f\ (\alpha)\ d \qquad (6.3.13.4\text{-}1)$$

式中：Q——用药量（kg）；

W——最小抵抗线（m）；

K——形成标准抛掷漏斗的单位耗药量(kg)，一般不宜用抛掷爆破，而是用松动爆破或减弱松动爆破，用药量为抛掷爆破的1/2～1/3；

$f\ (\alpha)$——抛坍系数，$f\ (\alpha)\ =26/a$；

α——地面横坡度；

d——堵塞系数，可近似用$d=3/h$计算，其中h为眼深。

当被炸松的岩体不能坍塌出路基时：

$$Q=0.35KW^3d \qquad (6.3.13.4\text{-}2)$$

式中符号同前，其中0.35系数相当于式中$\alpha=70°\sim75°$时的情况。

（3）炮孔间距

$$a=\ (1.0\sim1.3)\ W \qquad (6.3.13.4\text{-}3)$$

式中 W 为相邻两药包计算抵抗线的平均值（m）；1.0～1.3 系数，可根据岩石硬度、节理发育程度及地面坡度（α）的大小而定，宜采用 1.0～1.2，当 α＞70°时，可采用 1.2～1.3，但须注意，间距过大会使爆破物块度过大，增加二次爆破数量。

6.3.14 大爆破：

6.3.14.1 大爆破施工，是采用导洞和药室装药，用药量在 1000kg 以上的爆破。公路石方开挖一般不宜采用。只有当路线穿过孤独山丘，开挖后边坡不高于 6m，且根据岩石产状和风化程度，确认开挖后，边坡稳定，方可考虑大爆破方案，但须作好技术设计，有详细技术经济论证和边坡稳定性分析，并报主管部门审批。

6.3.14.2 大爆破的技术设计文件包括：

（1）工程名称、概述、工程概况、爆破地点（桩号）、工程数量、地形特征、预计爆破范围、要求或预测爆破效果、工期；

（2）自然条件及工程地质、水文地质资料；

（3）爆破方案及类型说明；

（4）药室位置的布置图，包括平面图和导洞药室剖面图、用药量和爆破网路的主要计算资料；

（5）施工方案和施爆步骤；

（6）爆破危险区预计；

（7）安全措施；

（8）劳力、机械、材料费用与经济指标；

（9）大爆破施工的总平面布置图，纵横剖面图，药室位置图。平面图比例 1：200～1：500，在平面及纵横剖面上应示出爆破范围、药室位置、用于爆破工程的电缆、电线网路，以及安全警戒位置等。

6.3.14.3 施工前的准备工作：根据批准的设计方案进行现场核对，编制导洞、药室施工组织设计，施工进场道路。导洞、药室的实地放样。根据施工组织设计，组织人力、机械和材料。在导洞药室施工前，应先修好进场道路。

6.3.14.4 竖井、导洞和药室开挖

（1）当遇松软岩石或岩石为强风化十分破碎时，平洞和深度大于

3.0m 的竖井应设临时支撑，在回填堵塞时，这些临时支撑材料可由里至外或由下至上逐步拆除回收。

（2）药室应按设计断面开挖，药室宜做成近似立方体，室底标高与设计标高之差不应大于 10cm，导洞与药室用横洞连接，横洞与导洞垂直，药室中心距导洞中心不宜小于 2.5m。

（3）导洞分竖井和平洞两种，竖井深度不宜大于 16m，如超过 16m 或有地下水时，最好用平洞，平洞长度以 30m 左右为宜，竖井或平洞的选用，应考虑施工进度和爆破效果。平洞采用梯形断面，断面尺寸为 1.8m×（0.8＋1.2）m，断面最小尺寸不应小于 1.4m×0.8m 的长方形。竖井断面尺寸与竖井深度有关，当深度 $H>15$m 时，断面最小尺寸不应小于 1.4m×1.2m。土质竖井可采用直径不小于 1.0m 的圆形断面或边长不小于 1m 的长方形断面。

竖井开挖深度大于 6m 时，应采取通风措施。

（4）导洞和药室开挖，可用风钻或掏槽眼，炮眼深度不应大于工作面最小边长的 0.6～0.8 倍，如岩石节理发育，导洞和药室应考虑临时支撑。

6.3.14.5　爆破前的准备工作

1. 导洞和药室验收

检查导洞、药室的几何尺寸应符合设计要求；清除危石和残存石碴，引流裂隙水，清除未炸雷管及瞎炮。

2. 装药

装药时间应尽可能短，避免炸药受潮。装药自下而上，自里向外逐层码砌平稳、密实。起爆体应平稳安放在设计位置。药包要坚固牢靠，下部药包要能承受上部药包压力。装药不得在雨雪、大风、雷电、浓雾天气及黑夜进行；起爆体装入药室后，应拆除洞内及洞口一切电源电线，改用绝缘电筒或其他安全照明。

3. 导洞和竖井堵塞

堵塞前应对装药质量进行检查，并用木槽、竹筒或其他材料保护电爆缆线。在药室外侧砌一道石墙，然后填土捣实，石墙外 2～3m 一段，或洞身至药室拐弯一段，应用粘土填塞夯实，其余部分可用土石

分层填塞紧密。堵塞长度按照设计要求，洞口部分除设计另有规定外，应再砌一道石墙，并用粘土封紧。

竖井和平洞的堵塞料可就地取材，分层回填至原地面，平洞堵塞长度不应小于最小抵抗线。

堵塞过程中，对电爆线路应注意保护，并派专人经常检查、维护，不得损坏。

4. 起爆线路的敷设

敷设线路前，非接线人员和设备应撤离至安全地点，并在爆破影响区外设警戒，禁止人畜进入影响区；截断场内一切设备的电源。然后从药室开始，逐渐向主线和电源方向联接，禁止先接电源和供电设备，并禁止在雷雨天和黑夜进行。接线前，应仔细检查每一个导洞的线路电阻，如发现误差超过10%或不能通电，应查明原因排除故障，对可疑线路和起爆体应更换。为了安全起爆，可设置必要的复线作起爆线路。接线时所有接头要求清洁，接触良好，并用绝缘胶布包好扎牢，以保证电阻稳定，电流正常。

6.3.14.6 爆破

施爆前，应规定醒目清晰的爆破信号，并发布通告，及时疏散危险区内的人员、牲畜、设备及车辆等；对不能撤离的建筑物应采取保护、加固措施。并在危险区周围设警戒。起爆前15min，由总指挥发布起爆准备命令，爆破站作最后一次验收检查和安全检查。如无新情况发生，在接到指挥长起爆命令后立即合闸施爆。起爆后应迅速拉闸断电。起爆后15min，由指定爆破作业人员进入爆破区内进行安全检查，确认无拒爆现象和其他问题后，方能解除警戒。

6.3.15 瞎炮处理

爆破后如有瞎炮，应由原施工人员参加处理，采取安全措施排除。对于大爆破，应找出线头接上电源重新起爆，或者沿导洞小心掏取堵塞物，取出起爆体，用水灌浸药室使炸药失效，然后清除。对中小型炮，可在距瞎炮的最近距离不小于0.6m处，另行打眼爆破，当炮眼不深时，也可用裸露药包爆破。

6.3.16 大爆破后，应及时清理危石和堑内土石方，测定爆破效果。

6.3.17 石质路堑边坡清刷及路床检验，应符合下列要求：

6.3.17.1 石质挖方边坡应顺直、圆滑、大面平整。边坡上不得有松石、危石。凸出于设计边坡线的石块，其凸出尺寸不应大于20cm，超爆凹进部分尺寸也不应大于20cm。对于软质岩石，凸出及凹进尺寸均不应大于10cm，否则应进行处理。

6.3.17.2 挖方边坡应从开挖面往下分级清刷边坡，下挖2～3m时，应对新开挖边坡刷坡，对于软质岩石边坡可用人工或机械清刷，对于坚石和次坚石，可使用炮眼法、裸露药包法爆破清刷边坡，同时清除危石、松石。清刷后的石质路堑边坡不应陡于设计规定。

6.3.17.3 石质路堑边坡如因过量超挖而影响上部边坡岩体稳定时，应用浆砌片石补砌超挖的坑槽。

6.3.17.4 石质路堑路床底高应符合设计要求，开挖后的路床基岩面标高与设计标高之差应符合13.4的要求，如过高，应凿平；过低，应用开挖的石屑或灰土碎石填平并碾压密实。

6.3.17.5 石质路堑路床顶面宜使用密集小型排炮施工，炮眼底标高宜低于设计标高10～15cm，装药时宜在孔底留5～10cm空眼，装药量按松动爆破计算。

6.3.17.6 石质路床超挖大于10cm的坑洼当有裂隙水时，应采用渗沟连通，渗沟宽不宜小于10cm，渗沟底略低于坑洼底，坡度不宜小于6‰，使可能出现的裂隙水或地表渗水由浅坑洼渗入深坑洼，并与边沟连接。如渗沟底低于边沟底则应在路肩下设纵向渗沟，沟底应低于深坑洼底至少10cm，宽不宜小于60cm；纵向渗沟由填方路段引出。渗沟应填碎石，并与路床同时碾压到规定的要求。

6.3.18 开挖石方的清运与二次爆破：

6.3.18.1 开挖石方如横向调运或小于100m的纵向调运用作填方时，可用推土机推运，但调运的石块必须符合填料粒径要求；对大块石料，可集中于挖方区进行二次爆破。

6.3.18.2 开挖石方如为废弃方，如装运受装载运输机械的限制，可对个别大石块进行二次爆破。

6.3.18.3 石方开挖区可分幅或分段进行爆破，石方清除和打炮

眼可轮流作业。

6.4 深挖路堑的施工

6.4.1 路堑边坡高度等于或大于20m时称为深挖路堑。深挖路堑的准备工作，根据土石类别，应按6.1节、6.2节及6.3节办理。

6.4.2 施工前应详细复查设计文件所确定的深挖路堑地段的工程地质资料及路堑边坡，并收集了解土石界限、工程等级、岩层风化厚度及破碎程度、岩层工程特征；路堑为砂类土时应了解其颗粒级配、密实程度和稳定角；路堑为细粒土时应了解含水量和物理力学性质，以及不良地质情况，地下水及其存在形式等。应根据详细了解的工程地质情况、工程量的大小和工期编制施工组织设计，并据以配备适当的机械设备、数量和劳动力。

6.4.3 若设计文件中的工程地质资料缺乏或严重不足，不能据以编制施工组织设计时，宜进行工程地质补探工作；对于高速公路、一级公路补做工程地质勘探时应以钻探为主。

根据补做钻探所得工程地质资料而确定的技术方案，应报请审批后实施。

6.4.4 深挖路堑的边坡应严格按照设计坡度施工。若边坡实际土质与设计勘探的地质资料不符，特别是土质较设计的松散时，应向有关方面提出修改设计的意见，批准后实施。

6.4.5 施工土质边坡时，宜每隔6～10m高度设置平台，平台宽度对于人工施工的不宜小于2m；对于机械施工的不宜小于3m。平台表面横向坡度应向内倾斜，坡度约为0.5%～1%；纵向坡度宜与路线纵坡平行。平台上的排水设施应与排水系统连通。

6.4.6 施工过程中如修建平台后边坡仍然不能稳定或大雨后立即坍塌时，应考虑修建石砌护坡，在边坡上植草皮或做挡土墙。

6.4.7 施工过程中边坡上渗出地下水时，应根据地下水渗出的位置、流量按照8.3节的有关规定，修建地下水排除设施。

6.4.8 土质单边坡深挖路堑的施工方法可采用6.2节中的多层横向全宽挖掘法。

6.4.9 土质双边坡深挖路堑的施工方法宜采用 6.2 中的分层纵挖法和通道纵挖法。若路堑纵向长度较大，一侧边坡的土壁厚度和高度不大时，可采用分段纵挖法。施工机械可采用推土机或推土机配合铲运机。当弃土运距较远超过铲运机的经济运距时，可采用挖掘机配合自卸汽车作业或采用推土机、装载机配合自卸汽车作业。

6.4.10 土质深挖路堑无论是单边坡或双边坡，均应按照 6.2.1.3 款的规定开挖，靠近边坡 3m 以内禁止采用爆破法炸土施工。在距边坡 3m 以外准备采用爆破法施工时，应进行缜密设计，防止炸药量过多，并报请批准。

6.4.11 石质深挖路堑当地形和石质情况不符合 6.3.14 条的规定时，禁止使用大爆破施工方案。

6.4.12 单边坡石质深挖路堑的施工宜采用深粗炮眼、分层、多排、多药量、群炮、光面、微差爆破方法。

6.4.13 双边坡石质深挖路堑的施工可采用纵向挖掘法，应分层在横断面中部开挖出每层通道，然后横断面两侧按照 6.4.12 条的方法作业。

7 路基压实

7.1 一般规定

7.1.1 路堤、路堑和路堤基底均应进行压实。土质路堤（含土石路堤）的压实度应不低于表 7.1.1 的标准。

土质路堤压实度标准 表 7.1.1

填挖类型		路面底面计起深度范围（cm）	压实度（%）	
			高速公路、一级公路	其他公路
路堤	上路床	0～30	≥95	≥93
	下路床	30～80	≥95	≥93
	上路堤	80～150	≥93	≥90
	下路堤	>150	≥90	≥90
零填及路堑路床		0～30	≥95	≥93

注：①表列压实度以部颁《公路土工试验规程》重型击实试验法为准；

②对于铺筑中级或低级路面的三、四级公路路基，允许采用表 9.7.4.1 轻型击实试验法求得的路基压实标准；

③其他等级公路，修建高级路面时，其压实标准，应采用高速公路、一级公路的规定值；

④特殊干旱地区的压实度标准可降低 2%～3%；

⑤多雨潮湿地区的粘性土，其压实度标准按 9.7 节规定执行；

⑥用灌砂法、灌水（水袋）法检查压实度时，取土样的底面位置为每一压实层底部；用环刀法试验时，环刀中部处于压实层厚的 1/2 深度；用核子仪试验时，应根据其类型，按说明书要求办理。

7.1.2 路基土的压实最佳含水量及最大干密度以及其他指标应在路基修筑半个月前，在取土地点取具有代表性的土样进行击实试验确定。击实试验操作方法按现行部颁《公路土工试验规程》进行。每一

种土至少应取一组土样试验。施工中如发现土质有变化，应及时补做全部土工试验。

7.1.3 土质路基的压实度试验方法可采用灌砂法、环刀法、蜡封法、灌水法（水袋法）或核子密度湿度仪（简称核子仪）法。采用核子仪法时，应先进行标定和对比试验。

7.1.4 每一压实层均应检验压实度，合格后方可填筑其上一层。否则应查明原因，采取措施进行补压。检验频率每2000m² 检验8点，不足200m² 时，至少应检验两点，检验标准，必须每点都符合表7.1.1的规定。必要时可根据需要增加检验点。

7.1.5 填石路堤（包括分层填筑岩块及倾填爆破石块）的紧密程度在规定深度范围内，以通过12t以上振动压路机进行压实试验，当压实层顶面稳定，不再下沉（无轮迹）时，可判为密实状态。

7.1.6 土质路床顶面压实完成后应进行弯沉检验。检验汽车的轮重（或轴重）及弯沉允许值按照设计规定执行。检验频率应为每一幅双车道每50m四点，左、右两后轮隙下各一点。路床顶面的检测弯沉值在考虑季节影响之后应符合设计要求。当设计提供为路基回弹模量时，则应采用设计规范规定的换算公式，计算设计要求的弯沉值 l_0。

7.1.7 对填石及土石路堤如设计规定需在路床顶面进行强度试验时，应按照设计规定办理。

7.1.8 土质路床顶面检验的压实度和弯沉值均应满足要求。如仅有一项满足要求时，应找出原因，予以处理。

7.2 填方地段基底的压实

7.2.1 路堤基底应在填筑前进行压实。高速公路、一级公路和二级公路路堤基底的压实度不应小于85%；当路堤填土高度小于路床厚度（80cm）时，基底的压实度不宜小于路床的压实度标准。

7.3 压实机械的要求与选择

7.3.1 路基工程应采用机械压实。压实机械的选择应根据工程规模、场地大小、填料种类、压实度要求、气候条件、压实机械效率等

因素综合考虑确定。

7.3.2 各种土质适宜的碾压机械参见表 7.3.2。

各种土质适宜的碾压机械 表 7.3.2

机械名称 \ 土的类别	细粒土	砂类土	砾石土	巨粒土	备注
6～8t 两轮光轮压路机	A	A	A	A	用于预压整平
12～18t 三轮光轮压路机	A	A	A	B	最常使用
25～50t 轮胎压路机	A	A	A	A	最常使用
羊足碾	A	C 或 B	C	C	粉、粘土质砂可用
振动压路机	B	A	A	A	最常使用
凸块式振动压路机	A	A	A	A	最宜使用于含水量较高的细粒土
手扶式振动压路机	B	A	A	C	用于狭窄地点
振动平板夯	B	A	A	B 或 C	用于狭窄地点，机械质量 800kg 的可用于巨粒土
手扶式振动夯	A	A	A	B	用于狭窄地点
夯锤（板）	A	A	A	A	夯击影响深度最大
推土机、铲运机	A	A	A	A	仅用于摊平土层和预压

注：①表中符号：A 代表适用；B 代表无适当的机械时可用；C 代表不适用。

②土的类别按《公路土工试验规程》的规定划分。

③对特殊土和黄土（CLY）、膨胀土（CHE）、盐渍土等的压实机械选择可按细粒土考虑。

④自行式压路机宜用于一般路堤路堑基底的换填等的压实，宜采用直线式进退运行；

⑤羊足碾（包括凸块式碾、条式碾）应有光轮压路机配合使用。

7.4 填方路堤的压实

7.4.1 细粒土、砂类土和砾石土不论采用何种压实机械，均应在该种土的最佳含水量±2%以内压实。当土的实际含水量不位于上述范围内时，应均匀加水或将土摊开、晾干，使达到上述要求后方可进行压实。运输上路的土在摊平后，其含水量若接近于压实最佳含水量时，应迅速压实。

7.4.2 当需要对土采用人工加水时，达到压实最佳含量所需要的

加水量可按式（7.4.2）估算：

$$m=(w-w_0)\frac{Q}{1+w_0} \tag{7.4.2}$$

式中：m——所需加水量（kg）；

w_0——土原来的含水量（以小数计）；

w——土的压实最佳含水量（以小数计）；

Q——需要加水的土的质量（kg）。

需要加的水宜在取土的前一天浇洒在取土坑内的表面，使其均匀渗透入土中，也可将土运至路堤上后，用水车均匀、适量地浇洒在土中，并用拌和设备拌和均匀。

7.4.3 各种压实机具碾压不同土类的适宜厚度和所需压实遍数与填土的实际含水量（在7.4.1条规定的范围内）及所要求的压实度大小有关，应根据要求的压实度按照3.5节所作试验路段的试验结果确定。

7.4.4 用铲运机、推土机和自卸汽车推运土料填筑路堤时，应平整每层填土，且自中线向两边设置2%～4%的横向坡度，及时碾压，雨季施工时更应注意。

7.4.5 压路机碾压路基时应按下列规定进行：

7.4.5.1 碾压前应对填土层的松铺厚度、平整度和含水量进行检查，符合要求后方可进行碾压。

7.4.5.2 压实应根据现场压实试验提供的松铺厚度和控制压实遍数进行。若控制压实遍数超过10遍，应考虑减少填土层厚。经压实度检验合格后方可转入下道工序。不合格处应进行补压后再做检验，一直达到合格为止。

7.4.5.3 高速公路和一级公路路基填土压实宜采用振动压路机或35～50t轮胎压路机进行。采用振动压路机碾压时，第一遍应不振动静压，然后先慢后快，由弱振至强振。

7.4.5.4 各种压路机的碾压行驶速度开始时宜用慢速，最大速度不宜超过4km/h；碾压时直线段由两边向中间，小半径曲线段由内侧向外侧，纵向进退式进行；横向接头对振动压路机一般重

叠 0.4～0.5m。对三轮压路机一般重叠后轮宽的 1/2，前后相邻两区段（碾压区段之前的平整预压区段与其后的检验区段）宜纵向重叠 1.0～1.5m。应达到无漏压、无死角，确保碾压均匀。

使用夯锤压实时，首遍各夯位宜紧靠，如有间隙，则不得大于 15cm，次遍夯位应压在首遍夯位的缝隙上，如此连续夯实直至达到规定的压实度。

7.5 路堑路基的压实

7.5.1 零填及路堑路床的压实，应符合表 7.1.1 的规定。换填超过 30cm 时，按表列数值 90%的标准执行。

7.6 桥涵及其他构造物处填土的压实

7.6.1 桥台背后、涵洞两侧与顶部、锥坡与挡土墙等构造物背后的填土均应分层压实，分层检查，检查频率每 50m² 检验 1 点，不足 50m² 时至少检验 1 点，每点都应合格，每一压实层松铺厚度不宜超过 20cm。

涵洞两侧的填土与压实和桥台背后与锥坡的填土与压实应对称或同时进行。

7.6.2 各种填土的压实尽量采用小型的手扶振动夯或手扶振动压路机；但涵顶填土 50cm 内应采用轻型静载压路机压实，以达到规定的压实度为准。

7.6.3 高速公路和一级公路的桥台、涵身背后和涵洞顶部的填土压实度标准，从填方基底或涵洞顶部至路床顶面均为 95%；其他公路为 93%。

7.7 填石路堤的压实

7.7.1 填石路堤在压实之前，应用大型推土机摊铺平整，个别不平处，应用人工配合以细石屑找平。

7.7.2 填石路堤均应压实并宜选用工作质量 12t 以上的重型振动压路机、工作质量 2.5t 以上的夯锤或 25t 以上的轮胎压路机压

(夯)实。当缺乏上述的压实机具时，可采用重型静载光轮压路机压实并减少每层填筑厚度和减小石料粒径，其适宜的压实厚度应根据试验确定，但不得大于 50cm。采用重型振动压路机或夯锤压实填石路堤时，可加厚至 1.0m。

填石路堤压实时的操作要求，应先压两侧(即靠路肩部分)后压中间，压实路线对于轮碾应纵向互相平行，反复碾压。对夯锤应成弧形，当夯实密实程度达到要求后，再向后移动一夯锤位置。行与行之间应重叠 40～50cm；前后相邻区段应重叠 100～150cm。其余注意事项应按照 7.4.5.3 款和 7.4.5.4 款的规定办理。

7.7.3 填石路堤压实到所要求的紧密程度所需的碾压或夯压的遍数应经过试验确定。

采用重锤夯实时，可按重锤下落时不下沉而发生弹跳现象(即可按 7.1.5 条的规定)进行压实度检验。

7.7.4 填石路堤使用各种压实机具压实时的注意事项与压实填土路基相同。

7.7.5 填石路堤顶面至路床顶面下 30～50cm（高速公路及一级公路为 50cm，其他公路 30cm）范围内应填筑符合路床要求的土(表 5.1.5 的规定)，并应按 7.1、7.3 和 7.4 节的有关规定予以压实。

7.8 土石路堤的压实

7.8.1 土石路堤的压实方法与技术要求，应根据混合料中巨粒土的含量多少，分别按照 7.4 节或 7.7.1 条和 7.7.2 条的规定办理。

7.8.2 土石路堤的压实度可采用灌砂法或水袋法检测。其标准干容重应根据每一种填料的不同含石量的最大干容重作出标准干密度曲线，然后根据试坑挖取试样的含石量，从标准干容重曲线上查出对应的标准干密度。

当采用灌砂法或水袋法检验有困难时，可按 7.1.5 条的规定进行检验。

如几种填料混合填筑，则应从试坑挖取的试样中计算各种填

料的比例，利用混合填料中几种填料的标准干容重曲线查得对应的标准干容重，用加权平均的计算方法，计算所挖试坑的标准干容重。

7.8.3 土石路堤的压实度标准，可采用灌砂法或水袋法检验并应符合 7.1.1 的规定。当按 7.1.5 条的规定方法检验时，应按该条的规定判定压实度是否合格。

7.9 高填方路堤的压实

7.9.1 高填方路堤的基底应按照 3.4 节的规定进行场地清理，并应按照设计要求的基底承压强度进行压实，设计无要求时，基底的压实度宜不小于 90%。当地基松软仅依靠对原土压实不能满足设计要求的承压强度时，应进行地基改善加固处理，以达到设计要求。

7.9.2 高填方路堤的基底处于陡峻山坡上或谷底时，应按照 5.2 节的规定进行挖台阶处理，并严格分层填筑分层压实。当场地狭窄时，压实工作宜采用小型的手扶式振动压路机或振动夯进行。当场地较宽广时宜采用自行式自重是 12t 以上的振动压路机碾压。

7.9.3 高填方路堤分层压实松铺厚度与一般公路填方相同，应根据填筑材料类别和压实机具性能按照 7.4 节的规定确定。

7.9.4 高填方路堤的压实度必须满足 7.1.1 的规定。

7.9.5 高填方路堤的压实度检验方法应根据填料类别，按照 7.1 节有关的规定办理。

8 路基排水

8.1 一般规定

8.1.1 路基排水除应按照第4章的规定施工外，还应按下列的规定执行。

8.1.1.1 为了保持路基能经常处于干燥、坚固和稳定状态，必须将影响路基稳定的地面水予以拦截，并排除到路基范围之外，防止漫流、聚积和下渗。对于影响路基稳定的地下水，应予以截断，疏干，降低水位，并引导到路基范围以外。

8.1.1.2 路基施工中应校核全线排水系统的设计是否完备和妥善，必要时予以补充和修改。使全线的沟渠、管道、桥涵构成完整的排水体系。

8.1.1.3 路基排水设施应有合适的泄水断面和纵坡。高速公路和一级公路的边沟不应作为农业排灌渠道，其他公路不得已时可和排灌渠道结合，但应适当加大泄水断面，并采取加固措施，以防水流危害路基。

排水设施的进出水口，应视当地土质、水文、地形条件及筑路材料等情况，适当加固。

8.1.1.4 路基施工中，必须按设计要求首先做好排水工程以及施工场地附近的临时排水设施，然后再做主体工程。在无条件时，排水工程可与路基同步施工，并使其随施工进度逐步成型。

8.1.2 在路基施工期时，不得任意破坏地表植被或堵塞水路；各类排水设施应及时维修和清理，保持其完好状态，使水流畅通不产生冲刷和淤塞；临时性排水设施应尽量与永久性排水设施结合起来。

8.1.3　路基排水设施的施工质量应符合下列要求：

8.1.3.1　各类排水设施的位置、断面、尺寸、坡度、标高及使用材料应符合设计图纸要求。

8.1.3.2　沟渠边坡必须平整、稳定，严禁贴坡。

8.1.3.3　排水设施要求纵坡顺适，沟底平整，排水畅通，无冲刷和无阻水现象。

8.1.3.4　边沟要求线形美观，直线线形顺直，曲线线形圆滑。

8.1.3.5　各类防渗加固设施要求坚实稳定，表面平整美观。浆砌片石工程砂浆配合比必须符合试验规定，砌体咬扣紧密，嵌缝饱满、密实，勾缝平顺无脱落，缝宽大体一致。干砌片石工程要求咬扣紧密、错缝，禁止叠砌、贴砌和浮塞。

8.2　地面水的排除

8.2.1　边沟施工应符合下列规定：

8.2.1.1　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。

8.2.1.2　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。

8.2.1.3　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。

8.2.1.4　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。

8.2.2　截水沟的施工应符合下列规定：

8.2.2.1　截水沟的位置：在无弃土堆的情况下，截水沟的边缘离开挖方路基坡顶的距离视土质而定，以不影响边坡稳定为原则。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进行夯实，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坡脚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。

8.2.2.2 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，如图8.2.2.2所示：

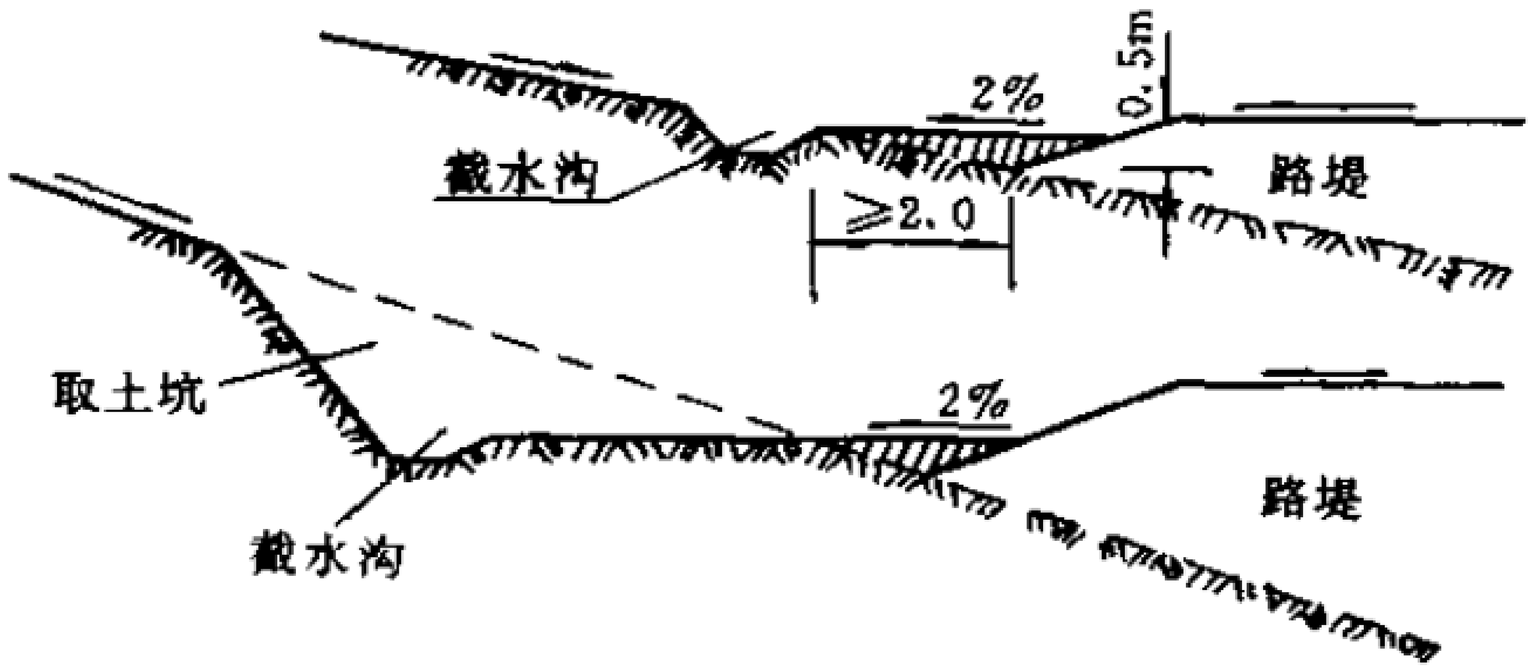

图8.2.2.2 山坡路堤上方截水沟（尺寸单位：m）

8.2.2.3 截水沟长度超过500m时应选择适当地点设出水口，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。

8.2.2.4 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底及沟壁。

8.2.3 排水沟的施工应符合下列规定：

8.2.3.1 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。

8.2.3.2 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。

8.2.3.3 当排水沟、截水沟、边沟因纵坡过大产生水流速度大于沟底、沟壁土的容许冲刷流速时，应采取边沟表面加固措施。

8.2.4 跌水与急流槽的施工应符合下列规定：

8.2.4.1 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。

8.2.4.2 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。

8.2.4.3 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。

8.2.4.4 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。

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。

8.2.5 拦水缘石的施工应符合下列规定：

8.2.5.1 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。

8.2.5.2 拦水缘石必须按设计安置就位。

8.2.5.3 设拦水缘石路段的路肩宜适当加固。

8.2.6 蒸发池的施工应符合下列规定：

8.2.6.1 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。

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。

8.2.6.2 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。

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。

8.3 地下水的排除

8.3.1 排水沟和暗沟施工应符合下列规定：

8.3.1.1 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。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。排水沟或暗沟设在路基旁侧时，宜沿路线方向布置，设在低洼地带或天然沟谷处时，宜顺山坡的沟谷走向布置。

排水沟可兼排地表水；在寒冷地区不宜用于排除地下水。

8.3.1.2 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。

8.3.2 渗沟的施工应符合下列规定：

8.3.2.1 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。

8.3.2.2 填石渗沟的施工要求

（1）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，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。顶部作封闭层，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）填石渗沟的埋置深度，应满足渗水材料的顶部（封闭层以下）不得低于原有地下水位的要求。当排除层间水时，渗沟底部应埋于最下面的不透水层上。在冰冻地区，渗沟埋深不得小于当地最小冻结深度。

（3）填石渗沟只宜用于渗流不长的地段，且纵坡不能小于1%，宜采用5%。出水口底面标高，应高出沟外最高水位0.2m。

8.3.2.3 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100m～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管、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。渗沟的高度应使填料的顶面高于原地下水位。沟底垫枕材料一般采用干砌片石；如沟底深入到不透水层时宜采用浆砌片石、混凝土或土工合成的防水材料。

8.3.2.4 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。

8.3.2.5 渗沟的平面布置，除路基边沟下（或边沟旁）的渗沟应按路线方向布置外，用于截断地下水的渗沟的轴线均宜布置成与渗流方向垂直。用作引水的渗沟应布置成条形或树枝形。

8.3.2.6 渗沟沟内用作排水和渗水的填充料常用的有碎石、卵石和粗砂等，使用前须经筛选和清洗。

8.3.2.7 渗沟的出水口宜设置端墙，端墙下部留出与渗沟排水通道大小一致的排水沟，端墙排水孔底面距排水沟沟底的高度不宜小于0.2m，在寒冷地区不宜小于0.5m。端墙出口的排水沟应进行加固，防止冲刷。

8.3.2.8 渗沟顶部应设置封闭层，封闭层通常采用浆砌片石、干砌片石水泥砂浆勾缝，用粘土夯实，厚约50cm，下面铺双层反铺草皮或铺土工布。寒冷地区沟顶填土高小于冰冻深度时，应设

置保温层，并加大出水口附近纵坡。保温层可采用炉渣、砂砾、碎石或草皮铺筑。

8.3.2.9 渗沟排水层（或管、洞）与沟壁之间应设置反滤层。反滤层应选用颗粒大小均匀的砂、石材料分层埋填，相邻两层的颗粒直径比例不宜小于1：4。

8.3.2.10 渗沟基底应埋入不透水层，渗沟沟壁的一侧应设反滤层汇集水流，另一侧用粘土夯实或浆砌片石拦截水流。如含水层很厚，沟底不能深入不透水层时，两侧沟壁均应设置反滤层。

8.3.2.11 渗沟的开挖宜自下游向上游进行，并应随挖随即支撑和迅速回填，不可暴露太久，以免造成坍塌。支撑渗沟应间隔开挖。

8.3.2.12 当渗沟开挖深度超过6m时，须选用框架式支撑，在开挖时自上而下随挖随加支撑，施工回填时应自下而上逐步拆除支撑。

8.3.2.13 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。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。井基如遇不良土质，应采取换填、夯实等措施。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。

8.3.3 排水渗井施工应符合下列规定：

8.3.3.1 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不透水层中的钻孔流入下层透水层中排除。

8.3.3.2 渗井直径50～60cm，井内填充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。

8.3.3.3 渗井离路堤坡脚不应小于10m，渗水井顶部四周（进

口部分除外）用粘土筑堤围护，井顶应加筑混凝土盖，严防渗井淤塞。

8.3.4 渗池与暗管的施工应符合下列规定：

8.3.4.1 渗池与暗管通常是由渗池汇集山坡地下水，再由暗管配合排出。这种形式适用于一般寒冷地区和严寒地区，并要求渗池与暗管埋设于当地冰冻线以下的土层中。

8.3.4.2 渗池多采用矩形，其中间填片石或块石，四周填粗砂、砾石作反滤层，池底及与水源不接触的壁面采用草皮、粘土做成隔水层，渗池顶面应高于含水层顶面 20cm，暗管底面应低于含水层底面。

8.3.4.3 暗管可用陶瓷管、瓦管、混凝土管或塑料管制成，暗管纵坡不得小于 0.5%，管底应用碎（砾）石及粗砂垫平，管四周的填土应夯实。

8.3.5 土工织物用于排除地下水工程时应符合下列规定：

8.3.5.1 排水隔离层：在承压地下水或地下水很多的地方修筑路基时可用土工织物在原地面与路基交界处设排水隔离层，也可以在路基内部设排水隔离层，把地下水引入边沟，把从路面浸透来的水隔离，见图 8.3.5.1。

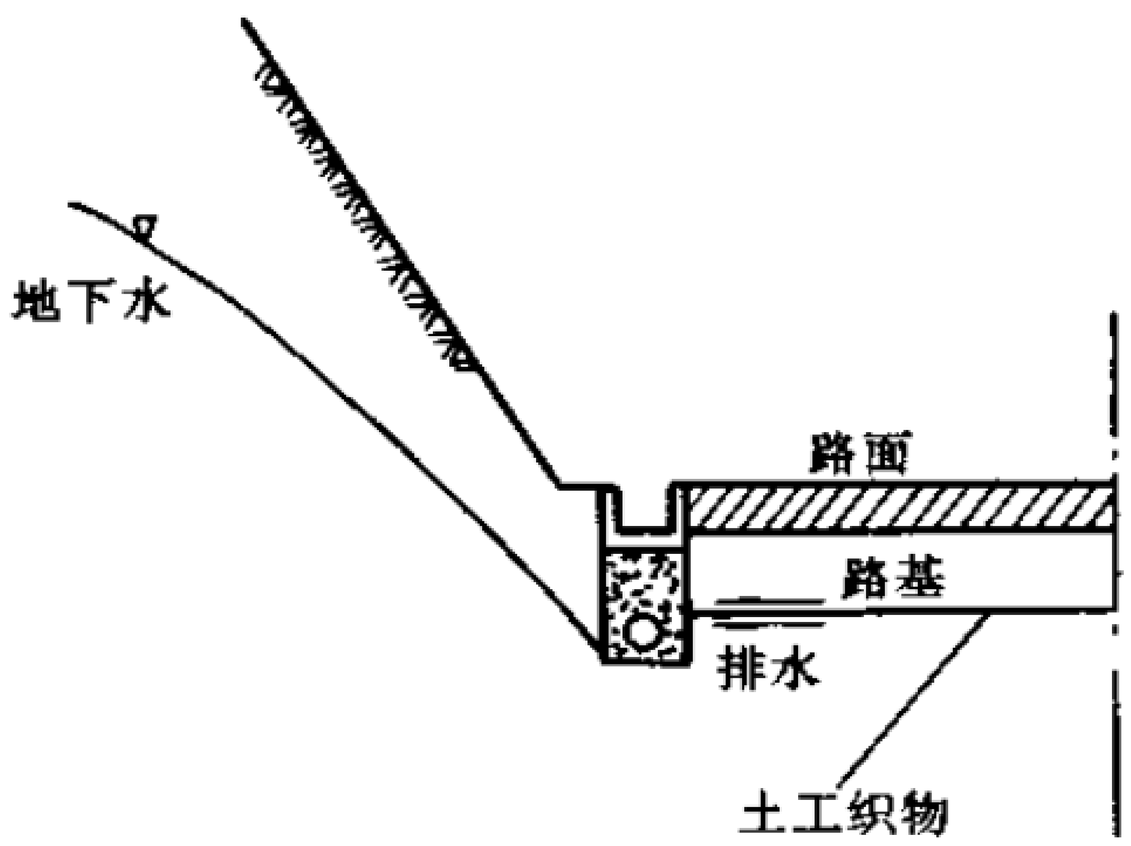

图 8.3.5.1 排水隔离层

用于排水的隔离层应符合以下技术要求：

（1）隔离层的合成纤维土工织物，其最小抗拉强度不应小于 50Pa。

（2）土工织物铺在地面上，用木桩或石块固定就位，其搭接长度纵向和横向宜为 100cm。

（3）在土工织物上的铺筑材料要求选用矿渣、碎石或砾石，其最大粒径为 30cm，通过 20mm 筛孔的材料不得大于 10%，通过 0.074mm 筛孔的材料其塑性指数不得超过 6%。铺筑材料采用重

型机械压实，其最小厚度为 50cm。

(4) 排水隔离层顶面须高出地下水位 30cm 以上，隔离层的施工方法应使下层土扰动最小。

8.3.5.2 为了改善渗沟的排水功能并提高其耐久性，管式渗沟可用土工织物包裹带渗水孔的渗管。洞式渗沟可用土工织物铺在盖板上，以阻止砂土流入渗沟。

8.3.5.3 渗沟或渗沟的排水层、反滤层填充料可用土工织物包裹起来与沟外砂土隔离，使其增加使用年限和增强排水效果。

8.3.6 一般地区和寒冷地区承压水的排除（包括冻结沟、保温沟等设施）宜按下列规定进行：

8.3.6.1 对于一般地区，埋深较浅的承压水可采用在承压水出口处抛填片石或用混凝土预制块扣压等消能措施，使其变为无压水流后再采用排水沟、或渗沟排除，也可采用排水隔离层把承压水引入排水沟。

8.3.6.2 埋藏于两个隔水层之间的含水层中的重力水，在一般地区可根据不同的含水情况和压力情况采用渗沟、排水渗井及渗池和暗管等方法排除。

8.3.6.3 在寒冷地区埋藏于冻土层以下的承压水可采用 8.3.6.2 款的方法排除，但如果因地形或其他条件所限，排水设施未能埋设于当地冰冻深度以下时，上层填土应按 8.3.2.8 款规定采取保温措施。与排水设施出水口相连接的沟槽应作成保温沟。

8.3.6.4 保温沟是在沟槽顶部设保温覆盖层，其布设范围应在排水设施的出口向外延伸 2～5m，必要时应加大出水口排水沟纵坡，使出口水流速度较快不致冻结。

8.3.6.5 在山坡较平缓，含水层和覆盖层都较浅，而且涌水量、动水压力都不大的情况下，可在覆盖层中挖掘冻结沟，使含水层袒露于负气温下冻结，使水源封冻于路基以外。

8.3.7 特殊气候地区积聚水的排除应符合下列规定：

8.3.7.1 埋深较浅的积聚水，可采用渗沟、排水渗井及砂桩等方法排除。对于深层积聚水如对路基造成危害可采用深埋（深度

大于 6.0m）渗沟法排除。

8.3.7.2 砂桩由钻孔填砂而成，其直径一般为 15～20cm，砂桩的深度必须穿过不透水层而深达透水层，在寒冷冰冻地区砂桩底部应在冰冻线以下 30cm，砂桩平面应按梅花形布置，其间距为 0.5～2.0m。

8.4 高速公路、一级公路的路基排水

8.4.1 中央分隔带排水：高速公路和一级公路路面汇水面积大，特别是在弯道段，降雨时中央分隔带附近聚水较多，路基施工应严格按设计要求，认真做好这一部分临时或永久性的排水沟渠管线，确保水流迅速排出路基以外。

8.4.2 立交区和下穿通道桥的排水：立交区和下穿通道是雨季容易积水成塘和冬季容易形成冰湖的两个区域，对路基的强度和稳定性影响较大，排除地面水和地下水的各种设施要严格按设计位置、标高和断面尺寸认真施工，同时应按设计规定设置集水井，在雨季宜采用集中抽水的措施。

8.4.3 高速公路和一级公路宜在紧贴硬路肩部分设立拦水缘石，在适当长度内设置簸箕配合急流槽将路表水排于路基之外。当边坡有加固设施或者该地区年降雨量小且无暴雨径流产生时，在确保边坡稳定的情况下，也可以让路面水散排于路基之外。

8.4.4 高速公路、一级公路的填方路基坡脚处，宜设置坡脚排水沟，排水沟距路基坡脚不宜小于 2m。

9　特殊地区的路基施工

9.1　水稻田地区路基施工

9.1.1　水稻田排水疏干。

施工前应沿公路用地两侧筑埂，在埂内挖纵、横向排水沟，沟底应保持不小于0.5%的坡度并接通出水口，沟深应保证能及时排除地面水以疏干表土。

9.1.2　原地面处理。

地表疏干后，地基土含水量接近最佳含水量时，应清除表层不良土层，经碾压密实后在上面填筑路堤。当地面不能疏干，含水量过大无法压实时，应挖去湿土，换填好土或砂砾然后压实。也可以在湿土中掺石灰或粉煤灰以吸收多余水分以便碾压密实。原地面为淤泥时，二级以下公路可抛填砂砾、碎石、片石等压、挤淤，经碾压稳定后再填路堤。

9.1.3　水稻田地区的路堤边坡，宜作护墙或浆砌护坡。当土质和气候适宜时，填方边坡也可采用种植草皮、灌木等植物防护。

9.1.4　跨越水田的路基应不影响农田排灌，当设计农用排灌涵洞位置不当、数量不足时，应及时按程序提出变更设计，经有关部门批准后执行。

9.1.5　修建高速公路、一级公路时，除按9.1.1条规定筑埂排水疏干外，还应对原地面进行清理，如为软土，则应按9.3节的规定处理。

9.1.6　修建高速公路、一级公路，挖方地段应在边坡顶5m外筑埂并挖截水沟，以防地面水流入路堑冲刷边坡。对于土质、风化岩石的挖方边坡应浆砌护墙或护坡以保持稳定。挖方路堑地段应

加大边沟尺寸并加以浆砌。填方坡脚护坡道外，也应设置浆砌的加大边沟。挖方和填方地段的边沟应互相衔接并通向出水口。

9.1.7 其他挖填方施工的技术要求可按第5和第6章有关规定办理。

9.2 河、塘、湖、海地区路基施工

9.2.1 河、塘、湖、海地区路堤施工应符合以下要求

9.2.1.1 河、塘、湖、海地区路基施工，应事先查明洪水情况和路基基底有无泥沼软土地层；浸水路堤边坡防护高度应考虑设计水位和壅水高，水面宽阔河滩、海滩还应考虑浪袭和余高；软土地基应采取基底稳定措施。

9.2.1.2 常水位以下路堤，宜用水稳性好、塑性指数不大于6且压缩性小、不易风化的透水性土填筑。如采用天然级配的砂砾、卵石、矿渣、石质坚硬而不易风化的片、块、碎石等，边坡不得陡于1：2，必要时可在一侧或两侧设置护道和边坡防护。

9.2.1.3 路堤跨越洪水淹没地段，其两旁不应设置取土坑。特殊情况下的三、四级公路，如需设置取土坑，应留有宽度不小于4m的护坡道，并在路堤下游20m以远设置。

9.2.1.4 路基防护可分别情况采用植物防护、石砌护坡、混凝土板护坡、石笼、抛石、挡土墙等措施。

9.2.1.5 在施工两侧水位差较大的河滩路堤时，为防止管涌现象，除放缓下游一侧边坡外，还宜设滤水趾和反滤层。若渗流通过基底，则应在基底设隔渗墙或隔渗层。

9.2.1.6 施工期间应注意防洪，防洪工程宜在洪水期前完成。

9.2.2 山区沿河路基施工应符合下列要求：

9.2.2.1 山区沿河路基施工，除注意洪水影响外，穿越地质不良陡峻沟谷时，还应查清有无泥石流影响，并相应采取排导、拦截措施。

9.2.2.2 山区沿河高填路段的半填半挖及旧路加宽段，施工时必须确保路基稳定，峡谷地段宜采用石质填料或挡土墙；沿河半

填及加宽段，接触面应挖成向内反坡 2%～4%的台阶，台阶每级宽度，采用小型压实设备时，不得小于 1m。

9.2.2.3 路基废方应妥善处理，有条件可利用弃方筑坝，以保护沿河村舍农田安全，或适当放缓填方边坡，但不宜弃于沿河一侧。

9.2.2.4 山区沿河路基，应针对水流冲刷情况，进行加固和防护。

9.2.2.5 路基边坡有潜水或渗水层时，必须按照第 8 章有关规定设置渗沟排水设施，将其引出路基范围之外。

9.2.3 水库路堤的施工应遵照以下规定：

9.2.3.1 利用水库路堤作路基时，应查明库堤稳定程度是否符合路基使用要求，并考虑日后改造发展规划，若原库堤宽度不足，应在外侧加宽；如属新建水库，应争取路堤在蓄水前竣工。

9.2.3.2 路堤基底如在施工时已被库水浸泡，或蓄水引起地下水位升高而造成基底松软者，填筑前应按软土地基先对基底加以处理。

9.2.3.3 路堤浸水部分加宽时，宜采用水稳性良好的土填筑。如确有困难，必须用一般粘性土填筑时，应经稳定验算，确定水下边坡坡度，高度低于 20m 时，边坡可采用 1∶2～1∶3。

9.2.3.4 水库路基及防护，除按有关条文执行外，对深水浸泡或急浪冲击的高路堤，宜在防护设施顶面设置宽度不少于 2m 的护道。

9.2.3.5 水库库岸有可能发生崩塌、滑坡、松软等现象危及路基者，必须进行防护加固。

9.2.3.6 水库路堤上游地段有冲刷作用时，基础防护要考虑冲刷深度。

9.2.4 河、塘、湖、海地区的高速公路和一级公路路基施工应符合以下规定：

9.2.4.1 必须事先详细查清洪水影响、山坡地质、路基基底、水文条件等情况，并采取相应措施。

9.2.4.2 填料与取土：宜设置集中取土场。常水位以下路堤的施工材料，应选用矿渣、块石、砾石等水稳性良好的材料，其粒径不宜大于 30cm。

受水位涨落影响的部分，也宜选用水稳性好的材料，如具有天然级配的砂砾、卵石、粗（中）砂，石质坚硬不易风化的片、碎石等。

9.2.4.3 必须根据水流对路基破坏作用的性质、程度进行防护和加固，加固防护方式同 9.2.1.4，可根据情况，综合采用两种或两种以上的措施。

护坡宜采用带护脚的浆砌或干砌片石，浆砌片石护坡每长约 10m 应设置一道伸缩缝，用沥青麻絮或其他土工合成材料填塞，下部间隔 5m 留一个排水孔，反滤层可用砂、砾、碎、卵石等材料。

9.3 软土、沼泽地区路基施工

9.3.1 软土、沼泽地区路基施工，应注意解决可能出现的路基盆形沉降、失稳和路桥沉降差等问题。

9.3.2 软土、沼泽地区路基施工前，应做好施工设计，并报送有关部门批准后开工。

9.3.3 软基施工应根据需要修筑地基处理试验路段。

9.3.4 路堤填筑前，应排除地表水，保持基底干燥。淹水部位填土应由路中心向两侧填筑，高出水面后，按要求分层填筑并压实。

9.3.5 软土、沼泽地基应根据软土、淤泥的物理力学性质、埋层深度、路堤高度、材料条件、公路等级等因素分别采取置换土、抛石挤淤、超载预压、反压护道、渗水及灰土垫层、土工织物、塑料排水板、碎石桩、轻质路堤、深层加固等措施。为加强效果，各项措施可配合使用。

9.3.6 软土、沼泽地区下层路堤，应采用渗水材料填筑；路堤沉陷到软土泥沼中部分，不得采用不渗水材料填筑，其中用于砂砾垫层的最大粒径不应大于 5cm，含泥量不大于 5%。

9.3.7 填筑路堤用土宜设置集中取土场，必须在两侧取土时，取

土坑内缘距坡脚距离，填高 2m 以内的路堤，不得小于 20m；填高 5m 以上的路堤，宜大于 40m。

9.3.8 路桥衔接部位：路基与锥坡填土应同步填筑；碾压不易到位的边角处，宜用小型夯压机械按要求夯压密实；填料宜采用渗水性土；分层碾压厚度控制为 15cm。

9.3.9 软基填筑路堤，分层及接茬宜做成错台形状，台宽不宜少于 2m。

9.3.10 软土地段路基应安排提前施工。路堤完工后应留有沉降期，如设计未规定，则不应少于 6 个月，沉降期内不应在路堤上进行任何后续工程。

9.3.11 修筑路面结构之前，路基沉降应基本趋于稳定，地基固结度应达到设计规定值。

9.3.12 软土段填筑路堤要做好必要的沉降和稳定监测，并严格控制施工填料和加载速度。

监测沉降板应安装在路中心线，纵向间距宜为 200m，对于桥头引道路堤，应安装在路中心线和两侧路肩边缘线上，第一块沉降板距桥台背 10m 处开始，其余宜以 50m 间隔设置。

路堤填筑过程中每填一层应进行一次监测，路基加载速度应控制水平位移量每昼夜不宜超过 0.5cm，沉降量不大于 1.5cm，超过时即应暂停填筑，待沉降及位移量小于规定值后再继续施工。

9.3.13 各种软土处理方法的运用范围与施工规定及各种处治方法的质量检验方法与要求应遵照《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》执行。

9.4 盐渍土地区路基施工

9.4.1 在盐渍土地区施工时，路堤填料应符合下列要求：

9.4.1.1 路堤填料的含盐量不得超出规定允许值，不得夹有盐块和其他杂物。其容许含盐量见表 9.4.1.1。

9.4.1.2 对填料的含盐量及其均匀性应加强施工控制检测，路床以下每 1000m^3 填料、路床部分每 500m^3 填料应至少作一组测

试，每组取 3 个土样，取土不足上列数量时，亦应做一组试件。

盐渍土地区路基填料容许含盐量　　表 9.4.1.1

路面等级	填料容许含盐量（以质量百分数计）		
	氯盐渍土及亚氯盐渍土	硫酸盐渍土及亚硫酸盐渍土	碳酸盐渍土
次高级路面	≤8	≤2	≤0.5
高级路面	≤5	≤1	≤0.5

9.4.1.3　在内陆盆地干旱地区，如当地无其他适用的填料，需用易溶盐含量超过规定值的土、砾等作填料时，应根据当地气候、水文地质等条件，通过试验决定填筑措施。

9.4.1.4　用石膏土作填料时，应先破坏其蜂窝状结构。石膏含量一般不予限制，但应控制压实度。

9.4.2　盐渍土路堤应分层铺填分层压实，每层松铺厚度不大于 20cm，砂类土松铺厚度不大于 30cm。碾压时应严格控制含水量，不应大于最佳含水量 1 个百分点。雨天不得施工。

9.4.3　盐土地区路堤施工前应测定其基底（包括护坡道）表土的含盐量和含水量及地下水位，根据测得的结果，分别按设计规定进行处理。

9.4.3.1　如表土含盐量超过表 9.4.1.1 时，应在填筑路堤前予以挖除，如路堤高度小于 1.0m 时，除将基底含盐量较重的表土挖除外，应换填渗水性土，其厚度对高速公路、一级公路不应小于 1.0m，其他公路不应小于 0.8m。

9.4.3.2　原基底土的含水量如超过液限的土层厚度在 1m 以内时，必须全部换填渗水性土；如含水量界于液限和塑限之间时，应铺 10～30cm 的渗水性土后再填粘性土；如含水量在塑限以下时，可直接填筑粘性土。

9.4.3.3　当清除软弱土体达到地下水位以下时，则应铺填渗水性强的粗粒土，并应高出地下水位 30cm 以上，再填粘性土。

9.4.3.4　在内陆盆地干旱地区设计为高级或次高级路面地段，路床的填料应符合 5.1.4 条的规定。土层应设法洒水压实到

7.1.1 条的要求，同时还应在路堤下部设置封闭性隔水层（采用不透水材料如沥青砂、防渗薄膜、聚丙烯薄膜编织布等），隔水层铺设前应清除植物根茎，将基底做成 2%的横坡，整平压实，沿横坡均匀铺平。

9.4.4 在地表为过盐渍土的细粒土地区或有盐结皮和松散土层时，应将其铲除。铲除的深度，应通过试验确定。如地表过盐渍土过厚，亦可铲除一部分，并设置封闭隔水层。隔水层设置深度宜在路床顶以下 80cm 深度处。若有盐胀问题存在，隔水层应设在产生盐胀的深度以下。当采用土工合成材料做隔水层时，为防止合成材料被压挤破，宜在隔水层上、下分别铺一层 10～15cm 厚的砂或粘土保护层。

9.4.5 排水：

9.4.5.1 施工中应及时合理地布置好排水系统，不应使路基及其附近有积水现象。

9.4.5.2 路基一侧或两侧有取土坑时，取土坑底部距离地下水位不应小于 15～20cm；底部应向路堤外有 2%～3%排水横坡和不小于 0.2%的纵坡。

9.4.5.3 在排水困难地段或取土坑有被水淹没可能时，应在路基一侧或两侧取土坑外设置高 0.4～0.5m、顶宽 1m 的纵向护堤。

9.4.5.4 在地下水位较高地段，除挡导表面水外，应加深两侧边沟或排水沟，以降低路基下的地下水位。

9.4.5.5 盐渍土地区的地下排水管与地面排水沟渠，必须采取防渗措施。盐土地区不宜采用渗沟。

9.4.6 高速公路、一级公路的盐渍土路基的路肩及坡面，应采用防护措施或加宽路基措施。其他等级公路，亦宜采用防护措施。

9.4.7 盐渍土路基的施工，应从基底清除开始，连续施工。即从基底到路床表面应分段一次完成，不可间断，在设置隔水层的地段，至少一次做到隔水层的顶部。

9.4.8 施工季节，在地下水位高的粘性土盐土地区，以夏季施工为宜；砂性土盐土地区，以春季和夏初施工为宜；强盐渍土地区，

在表层含盐量较低的春季施工为宜。

9.5 风沙地区路基施工

9.5.1 风沙地区路基宜在少风、风速较小或有雨季节分段集中施工，并在大风来临前配套完成。若当地风力较强或需在风季施工时，应采取临时防护措施；对设计的永久防护工程，若材料运输有困难，需待通车后施工时，可采取临时防护过渡。填筑路堤当日不能完工地段，对坡面和路肩应加以覆盖；开挖路堑，应从一开始就随挖随用平铺式栅栏或草席、芦苇等将坡面、路肩护好，周围用小木桩固定或用大石块或混凝土预制块压住。

9.5.2 风沙地区路基施工应采取措施保护线路两侧的地表原有植被和地表硬壳。施工前应准备充分的防护材料。对因施工作业使两侧地表受损部分应按设计要求在新出露的沙面上及时填筑砾卵石土防护层。施工的路基应集中力量完成一段，防护一段。

9.5.3 填方取土要根据当地风信情况选择取土坑位置。在单一风向地区，取土坑宜设在路堤下风一侧距路堤坡脚至少 5m；在有反向风交替作用的地区，取土坑可设在路堤两侧，施工完后应将其边坡修成缓坡，使其断面成为浅槽形。

应尽量利用挖方材料，如需废弃，应弃于背风坡一侧的低地或距路堑坡顶不小于 10m 处，并应摊平。

9.5.4 路基压实

9.5.4.1 对风沙地区用粉砂或细砂填筑路堤时，仍应分层压实。根据现场自然条件、沙的特性及水源分布等情况确定压实机械和压实方法，宜采取机械振动压实为主，结合蓄水、快成型、快防护的施工方法。当完成压实后的路基不能稳定通车时，可按 9.5.8 条办理。

9.5.4.2 对缺土、缺水，压实确有困难的风积沙路基，可采用土工合成材料（编织布、编织袋）对路基进行加固。

9.5.5 在地形开阔的风沙流地段，应将路基两侧 20～50m 范围内的小沙滩、弃土堆、小土丘等凡可引起积沙的阻碍物予以清除、

摊平。

9.5.6 植物固沙是防治沙害的根本措施，在有条件的地方采用植物固沙法施工时，要严格按照设计要求的树苗或灌木种类和设计规定的种植间隔尺寸及布置形式进行栽种。

在无条件采用植物固沙的地区及采用植物固沙的初期，为防止沙害并为植物固沙创造条件应采用工程防沙措施。在林带前缘，为防止积沙，亦应适当设置工程防沙设施。

工程防沙有固、阻、输、导四种类型，应根据设计并结合路基施工情况及时配套完成。

9.5.7 格状沙障施工应做到稳固、牢实、风吹不走。有水源条件的，可在草方格内播撒适于沙漠生长的植物种籽，使方格内生长沙生植物。路线如通过牧区，还应在路基两侧设置铁丝隔离栅，防止人畜进入破坏草方格。

设置草方格沙障时，在迎风侧应先设主带（垂直主风向），后设副带（平行主风向）；在背风侧应先设副带，后设主带，施工时均应先远后近，自上而下。有新月形沙丘，应从迎风坡脚开始设置。

埋设防风栅栏（立式沙障）应整平两侧地面，插铺草束，压沙插实，埋设稳固，防止栅栏底部被风吹掏空。

9.5.8 沙质路基主体应按设计要求进行全面防护。在路基顶面、边坡面及坡脚外 5～10m 地面范围内，用粘性土、盐盖、砾（卵）石、乳化沥青等材料进行平铺覆盖或处理。

粘性土封闭防护是风沙地区路基常用的一种经济而有效的防护措施。采用粘性土时，应通过试验测定其塑性指数，符合设计要求的方可使用。

9.5.9 风沙地区筑路时，路线主要控制桩、护桩、水准基点桩、路基边桩等均应设置明显的标志，并妥善保护，以防被沙埋没。

9.6 黄土地区路基施工

9.6.1 在黄土地区填筑路堤时，路基基底处理应按设计要求进行

施工并应符合以下要求：

9.6.1.1 若基底为非湿陷性黄土，且无地下水活动时，可按一般粘性土地基进行基底处理，同时做好两侧的施工排水、防水措施。

9.6.1.2 若地基为湿陷性黄土，应采取拦截、排除地表水的措施，防止地表水下渗，减少地基地层湿陷性下沉。其地下排水构造物与地面排水沟渠必须采取防渗措施。

9.6.1.3 若地基土层具有强湿陷性或较高的压缩性，且容许承载力低于路堤自重压力时，应考虑地基在路堤自重和活载作用下所产生的压缩下沉。除采取防止地表水下渗的措施外，可考虑采用重锤夯实，石灰桩挤密加固，换填土等措施。

9.6.2 用黄土填筑路堤应符合下列要求：

9.6.2.1 新、老黄土均为路堤适用填料。老黄土透水性差，干湿难以调节，大块土料不易粉碎，使用前应通过试验决定措施。路床填料不得使用老黄土。新黄土为良好填料，可用于填筑路床。黄土路堤应分层填筑，分层压实，大于 10cm 的块料，必须打碎，并应在接近土的压实最佳含水量时碾压密实。

9.6.2.2 黄土路堤施工时，应做好填挖界面的结合（纵向），清除坡面杂草，挖好向内倾斜的台阶。如结合面陡立，无法挖成台阶时，可采用土工钉加强结合。

9.6.2.3 黄土路堤的边坡应刷顺，整平拍实，并应及时予以防护，防止路表水冲刷。

9.6.2.4 不应使用黄土填筑浸水路堤。必须使用时，应采取措施，并报请审批。

9.6.3 黄土路堤的压实要求与一般粘性土相同，应按 7 章有关规定执行，并应符合下列要求：

9.6.3.1 黄土含水量过小，应均匀加水再行碾压；如含水量过大，可翻松晾晒至需要含水量再进行碾压，也可掺入适量石灰处理，降低含水量。掺灰后应将土、灰拌匀，其最大干密度应通过击实试验确定。

9.6.3.2 路堤的填筑应按 5.2.1～5.2.8 条的规定办理。

9.6.3.3 黄土地区路床的土基强度应符合设计要求，当不能满足要求时，应对原土进行技术处治。

9.6.4 高路堤路基施工期间，应在两侧或一侧（超高段）设临时阻水、拦水设施，以防雨水冲毁边坡。路堤填至设计高程后，应根据设计及时修筑外侧边缘的拦水、截水沟构造物和急流槽，将水引至坡脚以外。对高度大于 20m 的路堤，应按设计预留竣工后路堤自重压密固结产生的压缩下沉量。

9.6.5 黄土路堑边坡，应严格按设计坡度开挖，如设计为陡坡时（如 1∶0.1），施工中不得放缓，以免引起边坡冲刷。

路堑施工，当挖到接近设计标高时，应对上路床部分的土基整体强度和压实度进行检测。

如路堑路床土质不符合设计规定，则应将其挖除，另行取土分层摊铺、碾压至规定的压实度。挖除厚度根据道路等级对路床的要求而定，高速公路及一级公路宜挖除 50cm，其他公路可挖除 30cm。

如路堑路床的密实度不足，土质符合设计规定，则视其含水量情况，经洒水或经翻松晾晒至要求含水量再行整平碾压至规定压实度。

9.6.6 黄土地区应特别注意路基排水，对地表水应采取拦截、分散、防冲、防渗、远接远送的原则，根据设计及时做好综合排水设施，将水迅速引离路基。在填挖交界处引出边沟水时，应做好出水口的加固。

9.6.6.1 湿陷性黄土路基的地下排水管道与地面排水设施，应根据设计进行加固和采取防渗措施。

9.6.6.2 黄土路基水沟的加固类型，宜用浆砌片石或混凝土板。如用预制混凝土板拼砌时，其接缝处应牢固无渗漏。

9.6.7 黄土陷穴应进行处理。处理时，首先要查清陷穴的供给来源、水量、发展方向及对路基可能造成的危害，视具体情况采取以下相应的处理方法：

9.6.7.1 在路堑顶部及路堤的靠山侧做好排水工程，将地表水、地下水引入有防渗层的水沟内排走。

9.6.7.2 对通过路基路床的陷穴，要向上游追踪至发源地点。在发源地点把陷穴进口封填好，并引排周围地表水，使其不再向陷穴进口流入。

9.6.7.3 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，施工时先将陷穴出口用草袋装土堵塞，再在陷穴顶部每隔 4～5m 打钻孔作为灌浆孔，待灌好的土浆凝固收缩后，再在各孔作补充灌浆，一般需重复 2～3 次，有时为了封闭水道也可灌水泥砂浆。

（3）开挖回填夯实：本法适用于各种形状的陷穴，填料一般用就地黄土分层夯实。

（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，在回填前，应将穴内虚土和杂物彻底清除干净。当接近地面 0.5m 时，应用老黄土或新黄土加 10%的石灰拌匀回填夯实。

9.6.7.4 处理好的陷穴，其土层表面均应用石灰与土比例为三比七的石灰土填筑夯实或铺填老黄土等不透水材料加以改善。石灰土厚度应按设计严格执行。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。

9.6.8 黄土陷穴的处理范围，应视具体情况而定，宜在路基填方或挖方边坡外，上侧 50m，下侧 10～20m。若陷穴倾向路基，虽在 50m 以外，仍应作适当处理。对串珠状陷穴应彻底进行处治。

9.7 多雨潮湿地区路基施工

9.7.1 多雨潮湿地区进行路基施工时，应特别注意排水。机具停

放地、库房、生活区域，都必须选在地势较高不易被水淹的地点，并有可靠的排水防洪设施，预防洪水造成危害。

9.7.2 开工前场地准备工作应特别注意排除地面水。低洼地带沿用地两边应挖大断面的纵向排水沟并引向出水口。在纵向排水沟之间应挖掘横向排水沟并互相贯通疏干地表，以达到地面不积水。

9.7.3 多雨潮湿地区，原地面多为含水量过大的过湿土，应按下列方法处理：

9.7.3.1 含水量过大的潮湿土深度在 2m 以内时，可挖去湿土，换填适用的干土或挖方石渣、天然砂砾等，并分层压实达到标准。

9.7.3.2 挖去淤泥后将上层湿土翻松耙碎掺 5%～10%的生石灰粉压实，其层厚以能达到规定压实度为准，使之成为稳定土加固层。

9.7.3.3 当有非风化大块岩石可利用时，在挖去软湿土后铺筑厚 50cm 左右石块层，嵌填石渣后，用重型压路机碾压成型，再于其上填筑路堤。二级以下公路可采用抛填片石挤淤，整理碾压成型后填筑路堤。

9.7.3.4 当软湿土深度大于 2m 时，应按 9.3 节的规定处理。

9.7.4 利用潮湿土填筑路堤时，应按下列压实标准和方法进行。

9.7.4.1 当天然稠度小于 1.1、液限大于 40、塑性指数大于 18 的粘质土用作高速公路、一级公路和二级公路上路床的填料时，应采用各种措施达到表 7.1.1 中规定的压实度；上述土用作下路床及上、下路堤的填料时，当进行处治或采用重型压实度确有困难时，可采用轻型压实标准。填料经翻拌晾晒分层压实后，压实度应符合表 9.7.4.1 所列标准。

9.7.4.2 碾压潮湿土填筑的路堤适宜的压路机型式、规格、填层的适宜厚度、所需碾压遍数和压实度，应通过试验确定。

9.7.4.3 碾压完成后的路段，若不立即铺筑路面，且不需维持通车时，应在路床顶面铺盖一层碾压紧密的防水粘土层或沥青封闭层。

路基压实标准（轻型） 表 9.7.4.1

填挖类型		路面底面计起的深度范围（cm）	压实度 （%）	
			高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
路堤	上路床	0～30	—	≥95
	下路床	30～80	≥98	≥95
	上路堤	80～150	≥95	≥90
	下路堤	>150	≥90	≥90
路堑路床		0～30	—	≥95

注：①表列压实度见部颁《公路土工试验规程》轻型击实试验法为准；

②高速公路、一级公路路床土质强度，应按 5.1.5 条的标准执行，其他公路可参考该条规定执行。

9.7.4.4 填料的天然稠度为 0.9～1.0 时，宜将土摊开翻拌晾晒，当含水量接近最佳含水量时即可碾压密实。

9.7.4.5 填料的天然稠度在 0.5～0.9 时，宜在土中掺入生石灰等外掺剂拌和均匀后，分层填筑压实。

潮湿粘性土经添加外掺剂处理后，其压实度要求应按 7.1.1 条的规定办理。

9.7.5 多雨潮湿地区，土的含水量大，地下水位高，容易影响路基稳定。填方边坡宜用浆砌护坡防护。二级以下公路也宜采取相应的防护措施。

9.7.6 路堤填筑每层表面宜做成 2%～4%的横坡以利排水。当天的填土，必须当日完成压实。

9.7.7 路堤坡脚护坡道外，应设置加大断面的石砌边沟，以降低地下水位。

9.8 季节性冻融翻浆地区路基施工

9.8.1 冻融翻浆地区施工，必须贯彻以防为主，防治结合的原则。

9.8.2 翻浆地区路基，首先应搞好路基排水，保证路基填土高度和对压实的要求。高速公路、一级公路除考虑强度因素外，还需考虑冻胀对路基、路面的影响。

9.8.3 施工前应对冻融翻浆地区进行详细的现场调查，按各段水文地质情况，做好场地排水、填料选择、料场规划等工作，并根据地区特点、翻浆类型、严重程度，按照因地制宜、就地取材和路基路面综合处理的原则提出处治方案。

9.8.4 翻浆防治可根据公路等级、冻融程度、地带类型、当地料源采用下述措施：

9.8.4.1 换填土法：采用水稳性、冻稳性好、强度高的粗粒土换填路基上部；换填选料原则，冻胀时路面不致产生有害变形，冻融时路床承载力不致下降，换填厚度应控制在最大冻深的70%～100%。

9.8.4.2 隔离层法：深度应设在聚冰层以下和地下水以上适当处；隔离层宜高出地表水位25cm，有效厚度一般为20cm。为防淤塞，上下面宜设防淤层，亦可在上下面反铺草皮或土工织物防淤。隔离层材料可用碎石、砾石、粗砂、土工布等，上下面宜设3%～4%拱度。采用何种防淤层，应视道路等级而定。

不透水隔离层可选3cm厚含沥青8%～10%的沥青土或6%～8%的沥青砂，或沥青油毡、塑料膜等。

9.8.4.3 隔温层法：设置在路基上部或路面底基层处，以延缓和减小负气温的强度；材料可选择炉渣、矿渣、碎砖，厚度一般为20～50cm。

9.8.4.4 降低水位法：在低于现有地下水位的两侧边沟底部位设置管沟或渗沟。

9.8.4.5 土工布排水法：将过滤型土工布（也可用塑编布）直接铺在土基上，上面铺填30～40cm砂砾层。

9.8.4.6 改善路面结构法：如设置石灰底基层、二灰砂砾基层、水泥稳定基层、砂砾垫层等，厚度可根据计算确定。

上述各法可根据具体情况采用一种或两种以上。

9.8.5 不论路堤或路堑，在修筑路面结构层前，应用不小于20t的压路机或等效碾压机械对路基进行检验（2至3遍），发现软弹现象时应进行处理。

9.8.6 涎流冰地区在涎流冰融解期，能渗浸路基，降低强度，导致翻浆，融雪洪流通过受阻时还易引起路基水毁；应采取排、挡、截等措施防治。

当采用暗管、渗沟等疏排方法时，管沟等结构应埋在冰冻线以下，并不低于路面以下 2m。上口通过封闭式渗池与含水层衔接，下口于路基下侧边坡坡面以外排出（图 9.8.6），并做好出口处的保温和加固设施。

暗管适用于不产砂石的地区。

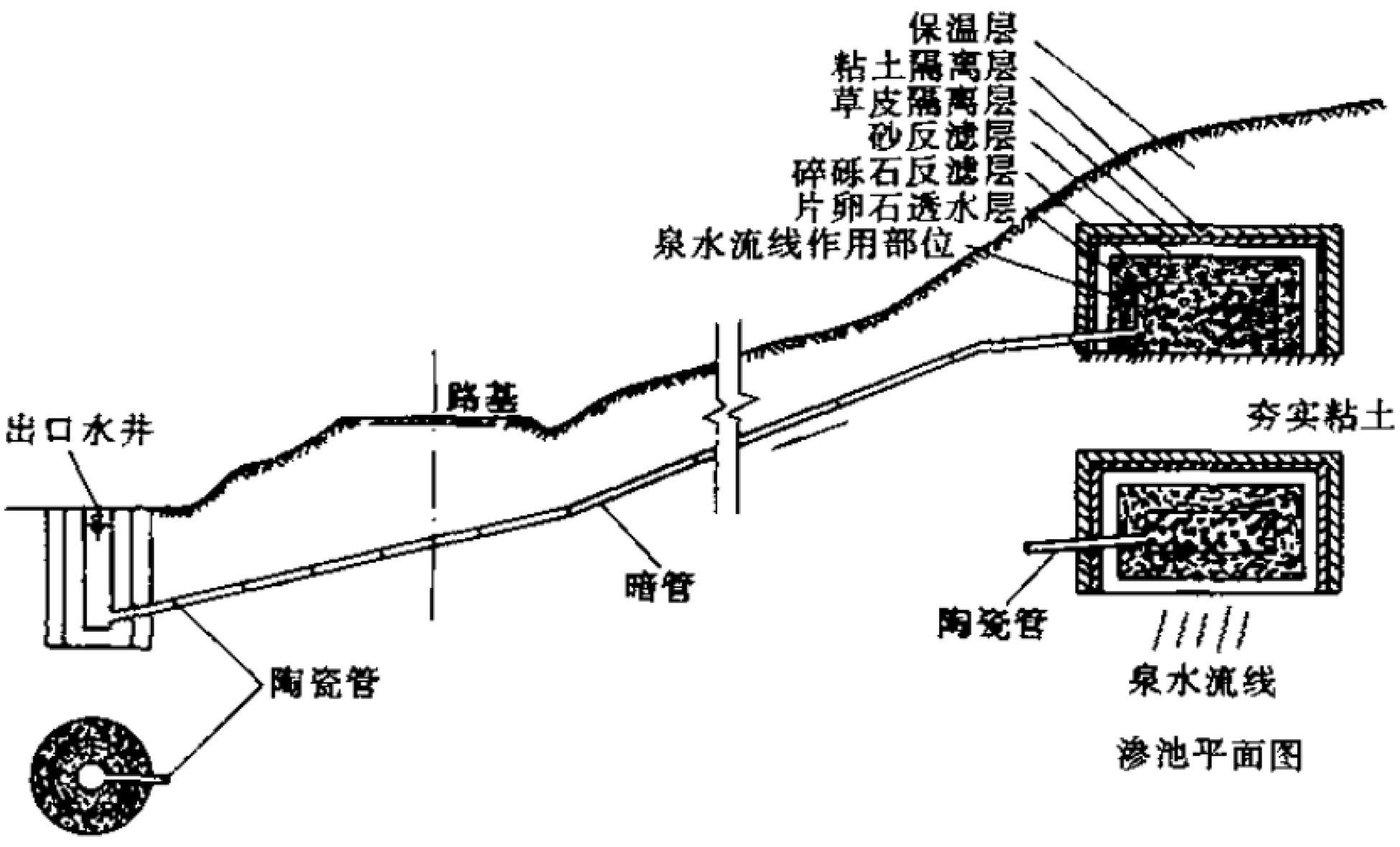

图 9.8.6 渗池、暗管中线纵断面图

9.8.7 季节性冻融翻浆地区路基施工时应符合以下规定：

9.8.7.1 排水：

施工前应认真了解地形及水文地质情况，凡是可能危害路基强度和稳定性的地面水和地下水，均应采取有效的临时性或永久性措施，使水能迅速排出路基之外；路床面应保持良好的排水状态；从路堑到路堤必须修建过渡边沟并无阻塞现象；各层填土应有路拱，使表面无积水；施工后，各式沟、管、井、涵等能形成完整有效的排水系统。

9.8.7.2 路堤：

（1）原地面处理：水文地质不良和湿软地段，可视情况在地

表铺填厚度不小于 30cm 的砂砾，或作局部挖除换填处理。

当路堤高度低于 20cm 时（包括挖方土质路段）应翻松 30～50cm 并分层整形压实，其压实度为 93%～95%，高速公路、一级公路取高限，其他公路取低限。

（2）填料：宜选用水稳性良好的土填筑路基；路基上部受冰冻影响部位，应选用水稳性和冻稳性均较好的粗粒土；冻土、非渗水性过湿土、腐殖土禁止用于填筑各层路堤；压实时的含水量应控制在最佳含水量±2 个百分点范围内。

（3）取土场：宜设置集中取土场，排水困难地段更宜集中取土。

（4）碾压：各层表面碾压前应用平地机进行整平和修整路拱，切实控制松铺厚度以及填料的均匀性。压实后各层表面的平整度，用三米尺丈量，其间隙高度不宜大于 20mm；成型后路床顶面强度按 7.1.6 条、7.1.7 条规定进行检查或用不小于 20t 的压路机碾压检验有无“软弹”现象。

（5）路堤高度：应满足路基能全年处于干燥或中湿状态；修低路堤时，应根据具体情况采取相应技术措施。

（6）为使路基强度和稳定性满足设计要求，施工中各类冻融翻浆防治方法可综合选用。

9.8.7.3　路堑：

（1）石方段超挖回填部位应选用符合要求的石渣，压实度不得低于 95%；禁止使用劣质开山料或覆盖土回填或找平；超挖部分不规则或不超过 8cm 时，可用混凝土修补找平；整平层宜采用级配碎石或水泥稳定碎石、二灰稳定碎石类等半刚性材料。

（2）土质路堑或遇水崩解软化的风化泥质页岩等类路堑的路床压实度如不符合 7.5.1 条的规定时，应翻松压实或根据土质情况，换填符合路床强度并满足压实度要求的足够厚度的好土，并予以压实，然后加强排水措施，如封闭路肩、浆砌边沟等。

（3）有裂隙水、层间水、潜水层、泉眼等路段，应按第 8 章规定分别采取切断、拦截、降低等措施，如加深边沟，设置渗沟、

渗管、渗井等。

9.9 多年冻土地区路基施工

9.9.1 施工前应核查沿线冻土分布、类型、冻土上下限、冰层上限、地面水、地下水以及有无其它如热融（湖、塘）、冰丘、冰椎等不良地质路基地段情况。

9.9.2 施工必须严格遵循保护冻土的原则，使路基施工后仍处于热学稳定状态。路基原则上均应采取路堤型式，尤其在厚冰发育地段，并尽可能避免零填或浅挖断面，以免造成严重热融沉陷等病害，弱融沉或不融沉的多年冻土地区，路基施工可按融化原则进行。

9.9.3 路基排水与加固除满足水力和土力条件外，还应考虑由于施工因素如排水系统修筑等引起的热力变化，不导致多年冻层上限的下降。

9.9.4 填方路基的施工应符合以下要求：

9.9.4.1 排水：当路基位于永久冻土的富冰冻土、饱冰冻土或含土冰层地段时，必须保持路基及周围的冻土处于冻结状态，排水系统与路基坡脚应保持足够距离；高含冰量冻土集中路段，严禁坡脚滞水、路侧积水，边坡应及时铺填草皮。

在少冰与多冰冻土地段，也应避免施工时破坏土基热流平衡。排水沟与坡脚距离不应小于 2m；沼泽湿地地段不应小于 8m；饱冰冻土及含土冰层地段，应避免修建排水沟和截水沟，宜修建挡水埝（堰），距坡脚不应小于 6m，若修建排水沟则不应小于 10m。

9.9.4.2 基底处理：填方基底为含冰过多的细粒土，且地下冰层不厚，可挖除并用渗水性土回填压实，再填路基。

当基底为排水困难的低洼沼泽地段时，其底部应设置毛细水隔离层，其厚度宜在路堤沉落后至少高出水面 0.5m，并在其上铺设反滤层；泥沼地段路堤基底生长塔头草时，可利用其做隔温层。上述地段路堤应预加沉落度，并在修筑路面结构之前，路基沉降基本趋于稳定。

9.9.4.3 路基高度：应达到防止翻浆与不超过路基冻胀值要求的最小填土高度；按保持冻结原则施工的路段，应同时满足冻土上限不下降的要求。

9.9.4.4 取土：宜设置集中取土场，富冰冻土、饱冰冻土及含土冰层路段，确需就近解决部分土源时，应在路基坡脚 10m 以外取土；斜坡地表路堤，取土坑应设在上坡一侧。取土坑深度均不得超过当地多年冻土上限以上土层厚度的 80%，坑底应有坡度，积水应有出口，水能及时排出，同时取土坑的外露面，亦宜用草皮铺填。

9.9.4.5 填料：应选用保温隔水性能均较好的细粒土。采用粘性土或透水性不良土填筑路堤时，要控制土的湿度，碾压时含水量不能超过最佳含水量的±2 个百分点。不得用冻土块或草皮层及沼泽地含草根的湿土填筑路基。通过热融湖（塘）路堤，水下部分必须用渗水良好的土填筑，并应高出最高水位 0.5m。

9.9.4.6 压实：压实检查应采用重型击实标准。成型后路床强度应符合设计要求，用不小于 20t 的压路机或等效碾压机械进行碾压检验 2～3 遍，无轮迹和软弹现象。

9.9.4.7 侧向保护：靠近基底部位有饱冰冻土层且有可能融化时，宜设保温护道和护脚。保温材料宜就地取材。用草皮时，草根应向上一层一层叠铺，最外一层应带泥，以便拍实形成保护层；沿线两侧 20m 内植被和原生地貌应严加保护。

9.9.5 挖方路基施工应符合以下要求：

9.9.5.1 排水：地下水发育地段，路基边沟均应有防渗措施。路堑坡顶避免设置截水沟或排水沟，宜修挡水埝并与坡顶距离不小于 6m。若必须修排水沟或截水沟，距挡水埝外距离不应小于 4m。

9.9.5.2 土质边坡加固铺砌厚度均应满足保温层要求。如用草皮铺砌，应水平叠砌，错缝嵌紧，缝隙用粘土或草皮填塞严密，连成整体。草皮要及时铺填。

9.9.5.3 饱冰冻土、含土冰层地段路堑，为防止开挖后基底冻

胀翻浆，可根据需要换填足够厚度的渗水性土。

9.9.6 路基处于其它不良地质地段时，应按下列规定施工：

冰椎、冰丘地段采用冻结、拦截、截水墙、保温渗沟排水等方法处理；热融湖（塘）地段的路堤水下部分应用渗水性土；松软基底两侧宜设反压护道；沼泽冻土地段路堤下部应设置隔离层和隔温层，并保护好两侧地表植被；水鼓丘较重路段，可在上游主流处设地下渗沟或将水引到一定距离外的地面积冰场。

9.10 岩溶地区路基施工

9.10.1 影响路基稳定的溶洞，不论采用何种方法处理，在施工中均不应堵塞溶洞水路。

9.10.2 路基基底的岩溶泉或冒水，不论用何种方法排出，均应保证路床范围的土石方不受浸润；当修建高级或次高级路面时，应保证不因温差作用而使水汽上升，聚集在路面基层下。

9.10.3 对路基上方岩溶泉或冒水，可采用排水沟将水引离路基，不宜堵塞；对路基基底的岩溶泉或冒水，宜设涵洞（管）将水排除；流量较大的暗洞及消水洞，可用桥涵跨越通过。

9.10.4 路堑边坡上危及路基稳定的干溶洞，可用干砌片石或浆砌片石堵塞。

9.10.5 路基基底的溶洞，应采用桥涵通过；当为干溶洞且又不大时，可采用砂砾石，碎石，干、浆砌片石等回填密实。

9.10.6 路基基底干溶洞的顶板太薄或顶板较破碎时，可采用加固或将顶板炸除之后，以桥涵跨越。

9.10.7 路基基底干溶洞的顶板较为完整，有较大厚度时，可按路基设计规范给出的路基基底溶洞顶板安全厚度的公式，予以验算，并根据验算结果，确定处治方案。

9.10.8 当路基溶洞位于边沟附近，而且较深时，可采用钢筋混凝土板封闭，并应防止边沟水渗漏到溶洞内。

9.10.9 为防止溶洞的沉陷或坍塌，以及处理岩溶水引起的病害，可视溶洞的具体情况分别采用洞内加固（如桩基加固、衬砌加

固）、盖板加固、封闭加固（如锚喷加固）等方法。

9.10.10 对影响路基稳定的人工坑洞（如煤洞、古墓、枯井、掏砂坑、防空洞等），应查明后，参照岩溶处治方法进行处理。

9.11 滑坡地段路基施工

9.11.1 对于滑坡的处治，应分析滑坡的外表地形、滑动面、滑坡体的构造、滑动体的土质及饱水情况，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。

9.11.2 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，都必须作好地表水及地下水的处理。

9.11.3 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1～2条环形截水沟；对于滑坡体下部的地下水源应截断或排出。

9.11.4 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）。

9.11.5 对于挖方路基上边坡发生的滑坡，应修筑一条或数条环形水沟，但最近一条必须离滑动裂缝面最少5m以外，以截断流向滑动面的水流。截水沟可采用砂浆封面浆或砌片（块）石修筑，滑坡上面出现裂缝须填土进行夯实，避免地表水继续渗入，或结合地形，修建树枝形及相互平行的渗水沟与支撑渗沟，将地表水及渗水迅速排走。

9.11.6 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，采用打桩时，桩身必须深入到滑动面以下设计要求的深度；采用修建挡土墙时，挡土墙基础必须置于滑动面以下的硬岩层上。同时，宜修筑排水沟、暗沟（或渗沟）排出地下水。滑坡较大时，可修建挡土墙、钢筋混凝土锚固桩或预拉应力锚索等方法处理，不论采用何种方法处理，其基础都必须置于滑动面以下的硬岩层上或达到设计要求的深度。同时宜修筑深渗沟、排水涵洞（管）或集

水井等排除地下水或修建地下截水墙截断地下水。

9.11.7 对于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。当滑坡较大时，或采用反压土方或修建挡土墙、钢筋混凝土锚固桩、预拉应力锚索等方法处理，修建构造物的基础必须置于滑动面以下的硬岩层上或达到设计要求的深度。

9.11.8 对于沿河路基发生的滑坡，可修建河流调治构造物（如堤坝、丁坝、稳定河床等）、挡土墙等方法处理，其构造物的基础必须置于河流冲刷线以下设计要求的深度或硬岩上。

9.11.9 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。

9.12 崩坍岩堆地段路基施工

9.12.1 公路路基通过岩石容易崩坍地区，不论采用何种方法处治，都必须排除崩坍地段对路基造成损坏的潜在威胁或隐患。

9.12.2 在崩坍地区进行公路路基施工，必须采取预防岩石坍落的安全措施，以保障施工中的安全。

9.12.3 公路通过岩堆地区不论采用何种方法处治，应尽量避免扰动岩堆体，保持岩堆稳定，施工时不宜破坏原有的边坡率，同时应处理好岩堆地段的渗入水及地下水。

9.12.4 对于挖方边坡及原自然坡面岩石裂缝较多，岩石比较破碎，或由于雨水浸蚀容易引起风化，或由于冰冻作用而引起岩石剥落、破碎而容易发生崩坍的地段，施工中宜采用喷射水泥砂浆稳定，砂浆厚度宜为 5～10cm；在气候条件比较恶劣或寒冷地区，厚度应为 10cm 以上；对于长而高或较陡的边坡，宜嵌入直径 2～6mm、间距 100～200mm 的铁丝网（挂网）固定在边坡上，在 $1m^2$ 内固定 1 至 2 处，然后再喷射水泥砂浆稳定，也可用浆砌片（块）石封面，厚度应为 30cm 以上，并宜在 $2m^2$ 内设置一处泄水孔。

9.12.5 对岩石裂缝较大，节理比较发育，容易产生崩坍危险的边坡，宜用混凝土块、片（块）石浆砌铺筑处理，厚度应为 30～

40cm。

9.12.6 在岩堆上部的挖方地段，如有塌落危险的危岩，用一般防护工程不能防止塌落时，应采用清除的办法处理（清除过程中，应作好安全防护措施，保障安全施工）或采用修筑防止落石工程如岩石加固（或锚固）工程，落石防护栅、防护棚等进行防护。

9.12.7 在比较稳定的或厚度不大的岩堆上修筑路基，应设置护面墙或挡土墙。当设置上挡土墙时，其高度应达到与原岩堆的边坡率保持一致；设置下挡土墙时，应保持表面活动层的稳定，同时应设置泄水孔以排出渗入水或地下水。

9.12.8 在比较大而稳定性较好的岩堆上修筑路基，应采取措施治理岩堆，保持岩堆的稳定，在开挖范围内，可采用注水泥砂浆使岩堆稳定后开挖，但应避免采用大、中型炮爆破，以防止岩堆体受扰动而滑移，同时宜修建护面墙或挡土墙以稳定岩堆，其设置高度应达到与原岩堆的边坡率保持一致，并应设置泄水孔排出渗入水或地下水。

对较大而稳定性较差的岩堆，应尽量避免路基通过，若必须通过时，应采用综合治理的办法处治岩堆，先修筑下挡墙稳定岩堆脚，然后在岩堆体上分段注入水泥砂浆，待岩堆体较稳定后，逐步开挖。边坡较长时，分阶梯形成边坡，或修筑护面墙稳定边坡，同时应作好岩堆体的排水工程。

9.13 膨胀土地区路基施工

9.13.1 膨胀土地区的路基施工，应避开雨季作业，加强现场排水，保证地基和已填筑的路基不被水浸泡。

9.13.2 膨胀土地区路基施工，开挖后各道工序要紧密衔接，连续施工，分段完成。路基填筑后不应间隔太久或越冬后做路面。

9.13.3 路堑施工前，先开挖截水沟并铺设浆砌圬工，其出口应延伸至桥涵进出口。

9.13.4 路堤、路堑边坡按设计修整后，应立即浆砌护墙护坡，防止雨水直接侵蚀。

9.13.5 强膨胀土稳定性差，不应作为路堤填料；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。

9.13.5.1 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。

9.13.5.2 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，应立即作浆砌护坡封闭边坡。当填至路床底面时，应停止填筑，改用符合表 5.1.5 规定强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。

9.13.5.3 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，其胀缩总率接近零为佳。

9.13.5.4 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上 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。

9.13.6 高速公路、一级公路路堤原地面处理应按下列规定办理。

9.13.6.1 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。

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

9.13.7 膨胀土地区路堤施工前，应按规定作试验路段。

9.13.8 膨胀土地区路堑开挖应按下列规定办理：

9.13.8.1 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。

9.13.8.2 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，其他各级公路可按照 9.13.5.3 款办理。

9.13.9 膨胀土地区，路基碾压施工应符合下列规定：

9.13.9.1 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。

9.13.9.2 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。压实度的检验频率，按 7.1.4 条规定增加一倍。

9.13.9.3 膨胀土地区路床土强度及压实标准，分别按表 5.1.4 及表 7.1.1 的规定执行。

10 季节性路基施工

10.1 路基的冬季施工

10.1.1 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季施工。当昼夜平均温度虽然上升到－3℃以上，但冻土未完全融化时，亦应按冬季施工办理。

10.1.2 路基冬季施工可进行以下工程项目：

10.1.2.1 泥沼地带河湖冻结到一定深度后，可利用冻结后的一定承载力修筑施工便道，运输所需的机具、设备和材料。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。

10.1.2.2 含水量高的流动土质、流沙地段的路堑可利用冻结期开挖。

10.1.2.3 河滩地段可利用冬季水位低，开挖基坑修建防护工程，但应采取加温保温措施，注意养护。

10.1.2.4 岩石地段的路堑或半填半挖地段，可进行开挖作业。

10.1.2.5 其他情况的二级以下公路路基可在冬季施工，但融冻后必须按规定重新整理边坡，对填方路堤应进行补充压实达到规范要求。

10.1.2.6 砍伐用地界内不需刨根的树木，清除用地界内的杂物。

10.1.3 路基工程不宜冬季施工的项目如下：

10.1.3.1 高速公路、一级公路的土路堤和地质不良地区二级以下公路路堤。

10.1.3.2 铲除原地面的草皮；挖掘填方地段的台阶。

10.1.3.3　整修路基边坡。

10.1.3.4　在河滩低洼地带将被水淹的填土路堤。

10.1.4　路基冬季施工前应进行下列准备工作：

10.1.4.1　对冬季施工项目按次排队，编制实施性的施工组织计划。

10.1.4.2　冬季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。

10.1.4.3　冰冻之前应全部清除路基范围内的树根、草皮和杂物；修通现场的施工便道。

10.1.4.4　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。

10.1.4.5　维修保养冬季施工需用的车辆、机具设备，充分备足冬季施工期间的工程材料。

10.1.4.6　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。

10.1.5　冬季施工的路堤填料，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。禁用含水量过大的粘性土。高速公路、一级公路禁止用冻结填料筑路堤，其他公路可用含有部分冻土的土填筑路堤，但其中冻土块的粒径不得大于 5cm，冻土块含量不宜超过 30%。而且，冻土块应分散于填土中，不得把冻土块集中填于一处。

10.1.6　冬季填筑路堤，应按横断面全宽平填，每层松厚应按正常施工减少 20%～30%，且最大松铺厚度不得超过 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。

10.1.7　当路堤高距路床底面 1m 时，应碾压密实后停止填筑。在上面铺一层雪或松土保温待冬季过后整理复压，再分层填至设计标高。

10.1.8　挖填方交界处，填土低于 1m 的路堤都不应在冬季填筑。

10.1.9　冬季施工取土坑应远离填方坡脚。如条件限制需在路堤附近取土时，取土坑内侧到填方坡脚的距离应不得小于正常施工

护坡道的 1.5 倍。

10.1.10 冬季填筑的路堤，每层每侧应按 5.2.3 条的规定超填并压实。待冬季过后修整边坡削去多余部分并拍打密实或加固。

10.1.11 冬季施工开挖路堑表层冻土时，可根据气温、冻土深度、机械设备情况选用下列方法。

10.1.11.1 爆破冻土法。当冰冻深度达 1m 以上时可用此法炸开冻土层。炮眼深度取冻土深度的 0.75～0.9 倍，炮眼间距取冰冻深度的 1～1.3 倍并按梅花形交错布置。

10.1.11.2 机械破冻法。1m 以下的冻土层可选用专用破冰机械如冻土犁、冻土劈、冻土锯和冻土铲等，予以破碎清出。

10.1.11.3 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。

10.1.12 冬季开挖路堑应符合下列规定：

10.1.12.1 当冻土层破开挖到未冻土后，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。

10.1.12.2 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。

10.1.12.3 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。

10.1.12.4 冬季开挖路堑必须从上向下开挖，严禁从下向上掏空挖“神仙土”。

10.1.12.5 每日开工时选挖向阳处，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。

10.1.13 冬季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。

10.2 路基的雨季施工

10.2.1 雨季路基施工地段一般应选择丘陵和山岭地区的砂类土、碎砾土和岩石地段和路堑的弃方地段。除施工车辆外，应严格控制其他车辆在施工场地通行。重粘土、膨胀土及盐渍土地段不宜在雨季施工。平原地区排水困难，不宜安排雨季施工。

10.2.2 雨季施工前应进行下列准备工作：

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

10.2.2.2 修建施工便道并保持晴雨畅通。

10.2.2.3 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。

10.2.2.4 修建临时排水设施，保证雨季作业的场地不被洪水淹没并能及时排除地面水。

10.2.2.5 储备足够的工程材料和生活物资。

10.2.3 雨季填筑路堤应按照下列规定进行：

10.2.3.1 符合 10.2.1 条规定的地段在填筑路堤前，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，应采取换填等措施。

10.2.3.2 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季施工填料。

10.2.3.3 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。

10.2.3.4 雨季填筑路堤需借土时，取土坑距离填方坡脚不宜小于 3m。平原区顺路基纵向取土时，取土坑深度一般不宜大于 1m。

10.2.4 雨季开挖路堑应按照下列规定进行：

10.2.4.1 路堑开挖前在路堑边坡坡顶 2m 以外按 8.2.3 条规

定，开挖截水沟并接通出水口。

10.2.4.2 雨季开挖路堑宜分层开挖，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，待雨季过后再整修到设计坡度。以挖作填的挖方应随挖随运随填。

10.2.4.3 雨季开挖路堑挖至路床设计标高以上 30～50cm 时应停止开挖，并在两侧挖排水沟。待雨季过后再挖到路床设计标高后压实。高速公路或一级公路，如土的强度低于 5.1.4 条的规定时应超挖 50cm，其他公路超挖 30cm，用粒料分层回填并按路床要求压实。

10.2.4.4 雨季开挖岩石路堑，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，并应随时核对其坡度是否合乎设计要求。应尽量利用挖出的石渣，石渣必须废弃时应按 10.1.13 条办理。

11 路基防护与加固

11.1 一 般 规 定

11.1.1 为防止水流、波浪、雨水、风力、不良水文地质和其它因素对路基形成的危害，改善环境，保护生态平衡，应根据当地条件，因地制宜地采用经济合理、耐久适用的防护措施。

11.1.2 施工前应进行现场核对，如发现设计与实地不符，应及时做补充调查，进行改变设计并报有关部门批准后施工。

11.1.3 路基防护工程及所用各种材料，均应符合部颁有关规范、规定要求。

11.1.4 当路基土石方施工时或完毕后，应及时进行路基防护施工和养护。各类防护与加固应在稳定的基础或坡体上施工。

11.1.5 防护工程的砂浆、混凝土，应用机械拌和，不应直接在砌体面上或路面上以人工拌和。并应随拌随用。

11.2 坡 面 防 护

11.2.1 坡面防护包括植物防护和工程防护，施工必须适时、稳定，防止水、气温、风沙作用破坏边坡的坡面。

11.2.2 植物防护一般采用铺草、种草和植灌木（树木）形式，应根据当地气候、土质、含水量等因素，选用易于成活、便于养护和经济的植物类种。

11.2.3 铺、种植物时，应满足下列要求：

11.2.3.1 坡面应平整、密实、湿润。

11.2.3.2 铺、种植物后，应适时进行洒水施肥、清除杂草等养护管理，直到植物成长覆盖坡面。

11.2.4 铺草皮防护：适用于各种土质边坡。宜选用带状或块状草皮，规格大小视施工情况确定，草皮厚度宜为10cm。铺设时，应由坡脚向上铺钉，用尖木（或竹）桩固于土质边坡上。可根据具体情况选用平铺、叠铺或方格式铺等形式。

当坡面设有圬工骨架在其内铺草皮时，骨架应嵌入坡面，表面应与草皮衔接。

11.2.5 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。草籽应均匀撒布在已清理好的土质坡面上，同时做好保护措施。对不利于草类生长的土质，应在坡面先铺一层10～15cm的种植土。

路堑边坡较陡或较高时，可通过试验采用草籽与含肥料的有机质泥浆混合，喷射于坡面。

11.2.6 灌木（树木）防护：适用于土边坡。栽植方法按设计要求施工，但应注意栽植季节。高速公路、一级公路的边坡上，严禁种植乔木。

11.2.7 工程防护适用于不宜于草木生长的陡坡面。一般采用抹面、捶面、喷浆、勾（灌）缝、坡面护墙等形式。在施工前，应将坡面杂质、浮土、松动石块及表层风化破碎岩体等清除干净；当有潜水露出时，应作引水或截流处理。

11.2.8 抹面、捶面防护施工，应符合下列要求：

11.2.8.1 使用抹面砂浆和捶面多合土的配合比应经试抹、试捶确定，保证能稳固地密贴于坡面。

11.2.8.2 岩体的表面要冲洗干净；土体的表面要平整、密实、湿润。

11.2.8.3 抹面宜分两次进行，底层抹全厚的2/3，面层1/3，捶面应经拍（捶）打使与坡面紧贴。厚度均匀，表面光滑。

11.2.8.4 在较大面积上抹（捶）面时，应设置伸缩缝，其间距不宜超过10m。

11.2.9 喷浆、喷射混凝土（或带锚杆铁丝网）防护施工，应符合下列要求：

11.2.9.1 施工前，坡面如有较大裂缝、凹坑时应先嵌补牢实，使坡面平顺整齐；岩体表面要冲洗干净，土体表面要平整、密实、湿润。

11.2.9.2 锚杆孔应冲洗干净，然后插入锚杆，用水泥砂浆固定。

11.2.9.3 铁丝网应与锚杆连接牢固，均不得外露并与坡面保持设计规定的间隙。

11.2.9.4 喷层厚度应均匀，喷后应养护 7～10d，喷层周边与未防护坡面的衔接处应作好封闭处理。并按有关规定留够试件。

11.2.10 采用勾缝、灌缝对岩体坡面防护时，施工前应将缝内冲洗干净，并依缝宽和缝深分别按下列要求施工：

11.2.10.1 岩体节理多而细者，宜用勾缝，砂浆应嵌入缝中，与岩体牢固结合。

11.2.10.2 缝宽较大，宜用砂浆灌缝，体积比可用 1：4 或 1：5，插捣密实，灌满到缝口抹平。

11.2.10.3 缝宽而深，宜用混凝土灌缝，体积比可用 1：3：6 或 1：4：6 震捣密实，灌满至缝口抹平。

11.2.11 坡面护墙防护施工应符合下列要求：

11.2.11.1 坡面应平整、密实、线形顺适。局部有凹陷处，应挖成台阶后用与墙身相同的圬工找平。

11.2.11.2 墙基应坚固可靠，并埋至冰冻线以下 0.25m。当地基软弱时，应采取加深或加强措施。

11.2.11.3 墙面及两端面砌筑平顺。墙背与坡面密贴结合。墙顶与边坡间缝隙应封严。局部坡面镶砌时，应切入坡面，表面与周边平顺衔接。

11.2.11.4 砌体石质坚硬。浆砌砌体砂浆和干砌咬扣都必须紧密、错缝，严禁通缝、叠砌、贴砌和浮塞。砌体勾缝应牢固、美观。

11.2.11.5 每隔 10～15m 宜设一道伸缩缝。应做好伸缩缝和泄水孔。

11.2.12 植物防护的标准规模及检查项目等应按路基设计及环境保护设计规定执行：

11.2.13 工程防护的标准应按下列规定执行：

11.2.13.1 符合施工要求，原始资料齐全。

11.2.13.2 所用各种胶结材料和石质的强度均应达到设计要求，并按交通部现行《公路工程质量检验评定标准》有关规定进行检查。

11.2.13.3 喷层厚度检查：每50m长度内上、中、下部应各任意抽测一处，厚度均不应小于设计的90%。

11.2.13.4 砌体检查：厚度每100m²检查3处，不应小于设计规定值；顶面高程每50m测平3处，允许偏差±5cm；平面位置每50m检测3处，允许偏差±5cm；坡面平整度用2m直尺任意抽检不大于2cm。

11.3 路基冲刷防护

11.3.1 路基冲刷防护包括坡岸防护、导流构造物防护和其它防护。各种防护都必须加强基础处理和圬工质量，防止水流冲刷和淘空，保证路基稳定。

11.3.2 路基边坡的坡岸防护有干、浆砌片石和混凝土板形式。施工时应符合下列要求：

11.3.2.1 开挖基坑时，应核对地质情况。基础底面必须放置在设计高程上，基础完成后应及时用稳定性材料回填。做好施工原始记录。

11.3.2.2 坡面密实、平整、稳定后，方可铺砌（包括垫层）。铺砌时应自下而上进行，砌块应交错嵌紧，严禁浮塞。砂浆在砌体内必须饱满、密实，不得有悬浆。

11.3.2.3 使用的砂浆或混凝土必须有配合比和强度试验，并按有关规定留够试件。石质强度应符合设计要求。

11.3.2.4 坡岸砌体两端及顶部边坡或岩坡衔接应牢固、平顺、密贴。防止水进入坡岸背面。

11.3.2.5　分段施工时，每隔10～15m宜设一道伸缩缝；基底土质变化处应设沉降缝，并做好伸缩、沉降缝及泄水孔。泄水孔后面，应设置反滤层。

11.3.3　干、浆砌石应满足下列要求：

11.3.3.1　采用片石时，不得大面平铺，石块应彼此交错搭接，不得松动。

11.3.3.2　采用河卵石时，必须长方向垂直于坡面，成横行栽砌牢固。

11.3.4　铺砌混凝土板时应满足下列要求：

11.3.4.1　采用的预制混凝土板，应按设计规格和要求检验合格。

11.3.4.2　采用就地浇筑混凝土板时，宜在混凝土中加入速凝剂，以加快早期强度。并应注意在表面收浆时抹墁，做到平整、光滑。

11.3.5　为改变水流方向、调节水流速度，保护路基、导流构造物，一般采用顺坝和丁坝为主要形式。组织施工前应慎重研究施工方案，避免工期过长而引起沿岸农田、村庄和上、下游路基的冲刷。

11.3.6　导流构造物施工时，应周密调查核对坝址情况，如其地质、河道、水文条件在核查时或在施工中发生新的变化，应及时修改设计并报有关部门批准后，方可施工。

11.3.7　导流构造物施工，应按设计要求并符合水工构造物有关规定，严格掌握工程质量标准。

11.3.8　应处理好坝根与相连地层或其它防护设施的嵌接。

11.3.9　梢料防护。为一种临时性的防护措施，宜采用平铺柴束护坡及柴束墙等形式。柴束长度、重量视情况确定，必须使柴束间紧固，保证柴束整体性。

11.3.10　防水林带防护，在沿河路基边坡外河滩地上种植防水林带，能起到河水导流、防浪，减速淤滩和固滩，达到防护河岸使路基稳固的作用。林带平面布置，以多行带状或梅花式为宜；防

护河岸路基或防御风浪侵蚀，宜采用横行带状；防护桥头引道路堤，宜采用纵行带状。

11.3.11 综合防护。以工程措施与植物防护相结合，因地制宜的综合治理。

11.4 其他加固工程

11.4.1 石笼防护应按下列要求施工：

11.4.1.1 编笼应采用镀锌铁丝。基脚部分宜用箱形笼。边坡部分宜用圆筒形笼。

11.4.1.2 笼装石块直径应大于笼网孔径。较大石块应装在笼的边部，较小石块可装在中部。

11.4.1.3 石笼基底应大致平整，较小孤石应予清除。

11.4.1.4 安置石笼应作到位置正确、搭叠衔接稳固、紧密，保证其整体作用。

11.4.2 抛石防护应按下列要求施工：

11.4.2.1 所抛石料应选用质地坚硬、耐冻且不易风化崩解。

11.4.2.2 抛石粒径的选择，应与当地水深与流速相适应，其粒径应大于 0.3m，并小于设计要求抛石厚度的 1/2。

11.4.2.3 抛石防护除防洪抢险外，应于枯水季节施工。

11.4.2.4 抛石时，宜用不小于计算尺寸的大小不同的石块掺杂抛投，使抛石保持一定的密实度。

11.4.2.5 抛石堆的顶宽、边坡、结构形式及长度，应按设计规定实施。

11.4.2.6 如采用嵌固的抛石防护类型，宜采用打桩嵌固方法，加固效果较好。

11.4.3 干砌边坡（砌石）因其所能承受的侧压力较小，故墙后填石应经过整理堆砌，严禁抛填，并应在地基良好的情况下使用。

砌体宜用 0.3～0.5m 以上的块（片）石，干砌边坡表面应平整，并向内倾斜；如遇坚石可挖成台阶。

11.4.4 支垛护脚可用于支撑路堤坡脚或防护路堤坡免受冲刷，

应按设计要求施工，当采用干砌片石时，外侧边坡度宜用1：1，当边坡不高且较大的平整石块砌筑时，可为1：0.75。

支垛基础应有适当的入土深度，基底应整平或挖成较宽的台阶，石垛应彼此嵌紧。

11.4.5 排桩透水坝，单排的多用于比较顺直的河岸，双排桩则用于河弯的凹岸，后面填以石块或梢料柴束，在排桩上宜附加各种网格建筑物。排桩宜建成非淹没式的。

在排桩的后面应堆放石块、种植灌木或隔一定的距离设置一个不透水的丁坝。

11.4.6 码垄可做为透水性护岸建筑物，常建成菱形架或三角架的码垄。

11.4.6.1 菱形架一般用三根等长的角钢、木料、钢筋混凝土或其他材料，在中点捆紧，使其三轴互相垂直，用缆索把各个单元联结起来，两端固定。并按设计要求进行布设。

11.4.6.2 三脚架系用钢筋混凝土作成三角锥体支架，填压石料或梢料而成。

当所在河段流速大，河床泥沙颗粒小时，三脚架的尺寸应大，填石料或梢料应重。

11.4.7 滞水坝是当透水坝直接修建于河岸的坡脚处，并与河岸平行布置而修筑的构造物，也可用土或石块修建成实体的堤，藉其减速淤沙或将水流挑离河岸，以防护坡岸。

11.4.8 改河工程应通盘安排，按计划步骤在枯水时期施工。一个旱季不能完成的改河工程，应妥善作好防洪措施。

河道开挖应先挖好中段，然后再挖两端。必须经检查确认新河床工程已符合要求时，方可挖通其上游河段。

利用开挖新河道的土石填平河道时，在新河道未通流前，不得堵断旧河道，应保持有适量的流水断面。

通流时，改河上游进口河段的河床纵坡可稍大于设计坡度，不得小于设计坡度。

河床加固设施及导流构造物的施工进度应合理，及时配套完成。

12　公路绿化工程与环境保护

12.1　公路绿化工程

12.1.1　公路两侧边坡、分隔带、弃土堆及用地界以内空地，必须根据道路等级与景观要求，因地制宜种植乔木、灌木、花卉、草皮和绿篱。

12.1.2　公路绿化平面布置应按照设计规定办理。公路行道树只能在边坡以外种植，路肩上不得植树，护坡道上只宜栽种灌木。种植的树种，宜按路段变化。

12.1.3　弯道内侧在设计视距影响范围之内，不得种植影响视线的树木。

12.1.4　高速公路和一级公路，路旁不宜开采砂石材料。必须开采时，应配合景观要求，制定开采规划，并征得施工监理部门的同意。

12.1.5　高速公路和一级公路的服务设施等处所，应按设计要求进行绿化。当设计无规定时，应结合当地地形，景观及建筑美学等，进行规划，予以绿化。

12.1.6　种植的各种植物，应适合公路绿化的原则要求。必须慎重地选择种植土、肥料，认真种植，适度地浇水施肥，确保成活。

12.1.7　公路绿化植物品种的选择，应符合以下原则：

12.1.7.1　具有稳定公路边坡的能力；

12.1.7.2　容易繁殖、移植和管理，能抗御病虫害；

12.1.7.3　适于当地栽种；

12.1.7.4　具有良好的环境和景观效果。

12.2 空气污染的防治

12.2.1 施工和各种临时设施和场地，如堆料场、材料加工厂、混凝土厂等，均宜远离居民区，（其距离不宜小于1000m）而且应设于居民区主要风向的下风处。当无法满足时，应采取适当的防尘及消声等环保措施。

12.2.2 粉状材料应采用袋装或其他密封方法运输，不得散装散卸。施工运输道路，宜采取防止尘土飞扬的措施。

12.2.3 消解块状生石灰时，应按12.2.1条的原则，选定消解加工的场地。施工人员应配备劳动保护用品，并采取环境保护措施。

12.2.4 工程施工用的粉末材料，宜存放在室内。当受条件限制在露天堆存时，应采取防止尘埃飞扬和因水流失的措施。

12.2.5 在推行机械化施工的进程中，要尽量减小噪声、废气、废水及尘埃等的污染，以保障人民的健康。

12.2.6 在城镇居民地区施工时，由机械设备和工艺操作所产生的噪声，不得超过当地政府规定标准，否则应采取消声措施。

12.3 防止水、土污染和流失

12.3.1 公路施工所产生的垃圾和废弃物质，如清理场地的表层腐殖土、砍伐的荆棘丛林、工程剩余的废料，应根据各自不同的情况，分别处理，不得任意裸露弃置。

12.3.2 清洗施工机械、设备及工具的废水、废油等有害物质以及生活污水，不得直接排放于河流、湖泊或其他水域中，也不得倾泻于饮用水源附近的土地上，以防污染水质和土壤。

12.3.3 使用工业废渣填筑公路路基，如废渣中含有可溶性有害物质，可能造成土质、水质污染时，应采取措施，予以处理。

13　路基整修、检查验收及维修

13.1　路基整修

13.1.1　路基工程基本完工后，必须进行全线的竣工测量，包括中线测量、横断面测量及高程测量，以作为竣工验收的依据。

13.1.2　当路基土石方工程基本完工时，应由施工单位会同施工监理人员，按设计文件要求检查路基中线、高程、宽度、边坡坡度和截、排水沟系统。根据检查结果编制整修计划，进行路基及排水系统整修。

13.1.3　土质路基表面的整修，可用机械配合人工切土或补土，并配合压路机械碾压。深路堑边坡整修应按设计要求坡度，自上而下进行削坡整修，不得在边坡上以土贴补。

石质路基边坡，应做到设计要求的边坡比。坡面上的松石、危石应及时清除。

13.1.4　边坡需要加固地段，应预留加固位置和厚度，使完工后的坡面与设计边坡一致。

当路堑边坡受雨水冲刷形成小冲沟时，应将原边坡挖成台阶，分层填补，仔细夯实。如填补的厚度很小（10～20cm），而又非边坡加固地段时，可用种草整修的方法，以种植土来填补，但应顺适、美观、牢靠。

填方边坡受雨水冲刷形成冲沟或坍塌缺口时，应自下而上，分层挖台阶加宽填补夯实，再按设计坡面削坡，弯道内侧路肩边缘，应修建路肩拦水带。

13.1.5　填土经压实后，不得有松散、软弹、翻浆及表面不平整现象。如不合格，必须重新处理。

填石路堤和土石路堤的整修应按照 5.4 节和 5.5 节有关规定办理。

13.1.6 土质路基表面做到设计标高后宜用平地机刮平，石质路基表面应用石屑嵌缝紧密，平整，不得有坑槽和松石。

13.1.7 边沟的整修应挂线进行。对各种水沟的纵坡（包括取土坑纵坡）应仔细检查，应使沟底平整，排水畅通，凡不符合设计及规定要求的，应按规定整修。

截水沟、排水沟及边沟的断面、边坡坡度，应按设计要求办理。沟的表面应整齐、光滑。填补的凹坑应拍捶密实。

13.1.8 整修路堤边坡表面时，应将其两侧超填的宽度切除。如遇边坡缺土时，应按 13.1.14 条的规定办理。

13.2 检查及验收

13.2.1 当每一分项、分部工程完成时，应按批准的设计图纸、设计文件、技术规范的要求，对施工质量进行中间检查。

13.2.2 在路基施工过程中在下列情况或阶段时，应进行中间检查：

13.2.2.1 地基准备工作完成后（清除地面杂草、淤泥等，及在斜坡上完成台阶后）；

13.2.2.2 边坡加固前，应对其加固方法、形式、填挖方边坡加固的适用性，以及边坡坡度是否适当进行检查；

13.2.2.3 发现已完的土方工程及竣工后的路基被地面水浸淹（暴雨、洪水等）损坏时；

13.2.2.4 取土坑及弃土堆超过原设计的数量时；

13.2.2.5 遇意外的填土下陷及填挖方的边坡坍塌需增加土方及边坡加固工程数量时；

13.2.2.6 在进行计划以外的附加土方工程（排水沟、截水沟、疏导工程等）时。

13.2.3 遇下列隐蔽工程时，必须按照设计要求和本规范有关规定进行中间检查验收，凡不符合要求的项目不得进行下一工序。

13.2.3.1　路基渗沟回填土以前；

13.2.3.2　填方或挖方地段，按设计规定所做的换土工作完成后；

13.2.3.3　对需采取特殊措施才能保证填方稳定的路基，在地基处理后（如泉水、溶洞、地下水处理后）；

13.2.3.4　路基隔离层上填土以前；

13.2.3.5　各类防护加固工程基础开挖后，应检查基底地质、标高、地下水情况。

13.2.4　交工竣工验收时，应对下列项目进行检查、验收：

13.2.4.1　路基的平面位置；

13.2.4.2　路基宽度、标高、横坡和平整度；

13.2.4.3　边坡坡度及边坡加固；

13.2.4.4　边沟和其他排水设施的尺寸及底面纵坡；

13.2.4.5　防护工程的各部尺寸及位置；

13.2.4.6　填土压实度和表面弯沉；

13.2.4.7　取土坑、弃土堆、护坡道、截水沟、渗水井等位置和形式；

13.2.4.8　隐蔽工程记录。

13.2.5　路基工程全部完成时的交工及竣工验收的质量检查评定应遵照《公路工程质量检验评定标准》（以下简称标准）有关规定办理。不符合设计、标准和规范的，应按标准和规定进行整修或处理。

13.3　路基维修

13.3.1　路基工程完工后路面未施工前及公路工程初验后至终验前，路基如有损毁，施工单位应负责维修，并保证路基排水设施完好，及时清除排水设施中淤积物、杂草等。

对较长时间中途停工和暂时不做路面的路基，也应做好排水设施，复工前应对路基各分项工程予以修整。

13.3.2　整修路基表面，应使其无坑槽，并保持规定的路拱，在

路堤经雨水冲刷或其他原因发生裂缝沉陷时，应即修补、加固或采取其他措施处理，并查明原因作出记录。遇路堑边坡坍方时，应及时清除。

13.3.3 在未经加固的高路堤和路堑边坡上，或在潮湿地区，对路基有害的积雪应及时清除。

13.3.4 当构造物有变形时，应详细查明原因予以修复，并采取相应的稳定措施。

13.3.5 路基工程完成后，每当大雨、连日暴雨或积雪融化后，应控制施工机械和车辆在土质路基上通行。若不可避免时，应将碾压的坑槽中的积水及时排干，整平坑槽，对修复部分重新压实。

13.4 质量标准

(I) 土方路基

13.4.1 路基必须分层填筑压实，表面平整坚实，无软弹和翻浆现象，路拱合适，排水良好，压实度土壤强度和路床的整体强度符合设计要求。

13.4.2 挖方地段遇有树根、洞穴等必须进行处理，上边坡要平整稳定。路床土质强度及压实度必须符合规定。

13.4.3 填方地段应在填土前排除地面积水和其他杂物、草皮、淤泥、腐殖土和冰块并平整压实。路堤边坡应修整密实、直顺、平整稳定、曲线圆滑，填料及路堤的整体强度必须符合设计要求。

13.4.4 取土坑、弃土堆的位置适当、整齐、无水土流失和淤塞河道情况。

13.4.5 土方路基允许偏差见表 13.4.5。

土方路基允许偏差 表 13.4.5

项次	检查项目	允许偏差	
		高速公路、一级公路	其他公路
1	路基压实度（%）	不低于第 7 章及第 9 章的规定	
2	弯沉（0.01mm）	不大于设计计算值	

续上表

项次	检查项目	允许偏差			
		高速公路、一级公路		其他公路	
3	纵断高程（mm）	10	−20	10	−30
4	中线偏位（mm）	50		100	
5	宽度（mm）	不小于设计值			
6	平整度（mm）	20		30	
7	横坡（%）	±0.5		±0.5	
8	边坡	不陡于设计值			

(II) 石方路基

13.4.6 开炸石方应避免超量爆破，上边坡必须稳定；坡面的松石、危石必须清除干净。

13.4.7 路基表面应整修平整，边线直顺，曲线圆滑。

13.4.8 填方路基表面不得露有直径大于 15cm 的石块。

13.4.9 石方路基允许偏差见表 13.4.9。

石方路基允许偏差 表 13.4.9

项次	检查项目	允许偏差			
		高速公路、一级公路		其他公路	
1	纵断高程（mm）	10	−30	10	−50
2	中线偏位（mm）	50		100	
3	宽度（mm）	不小于设计值		不小于设计值	
4	平整度（mm）	30		50	
5	横坡（%）	±0.5		±0.5	
6	边坡	不陡于设计值		不陡于设计值	

(III) 路 肩

13.4.10 路肩必须表面平整密实，不积水。

13.4.11 路肩边缘直顺，曲线圆滑。

13.4.12 路肩允许偏差见表 13.4.21。

路肩允许偏差 表 13.4.21

项次	检查项目		允许偏差
1	压实度		不小于设计值
2	平整度（mm）	土路肩	20
		硬路肩	10
3	宽度		不小于设计值
4	横坡		±0.5%

（IV） 边沟（排水沟、截水沟）

13.4.13 边沟线条应直顺，曲线圆滑，沟底平整，排水通畅。

13.4.14 浆砌片石边沟，砂浆应饱满密实，砂浆配合比符合设计要求。

13.4.15 边沟勾缝平顺，缝宽均匀，无脱落现象。

13.4.16 边沟断面均匀平整，无凸凹不平现象，沟底无积水现象。

13.4.17 边沟（排水沟）允许偏差见表 13.4.26。

边沟（排水沟）允许偏差 表 13.4.26

项次	检查项目	允许偏差
1	沟底高程（mm）	±50
2	边沟断面尺寸	不小于设计值
3	坡面坡度	不陡于设计值
4	铺砌厚度	不小于设计值（有铺砌时）

（V） 倒虹吸涵管

13.4.18 涵管的进出水口，所设的竖井，井身应竖直，井底标高应低于虹吸涵底标高。

13.4.19 涵身应密实不漏水，浆砌结构应抹面。

13.4.20 为防止泥砂堵塞虹吸涵管，在进水口竖井与虹吸道之间，应设网状拦泥栅。与倒虹涵、管进出口连接的沟渠，在一定长度内应进行加固。

附录 A　本规范用词说明

一、为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”

反面词采用“严禁”

2. 表示严格，在正常情况下，均应这样作的：

正面词采用“应”

反面词采用“不应”或“不得”

3. 表示稍有允许选择，在条件许可时，首先应这样作的：

正面词采用“宜”或“可”

反面词采用“不宜”

二、条文中指明应按其他有关标准执行的写法为；“应按……执行”或“应符合……的要求（或规定）”。非必须按所指定的标准执行的写法为“可参照……的要求（或）规定”。

附加说明：

主编单位：交通部第一公路工程总公司

参编单位：辽宁省交通厅公路工程局

四川省交通厅公路局

陕西省高等级公路管理局

重庆市交通局

主要起草人名单：丁泽远　杨理准　刘树良　陆士平　何朝福

刘元泉　徐承祖　蒋新生　丁适超　杜泽涵

熊洪泰　任贞良　汪增凯　魏　洪　左希光

郑光荣　易廷相　李锡三

附件　公路路基施工技术规范

JTJ 033—95

条 文 说 明

修 订 说 明

原中华人民共和国交通部部标准《公路路基施工技术规范》(JTJ033—86)(以下简称原规范)是交通部于1986年8月1日批准施行的。施行以来，对保证公路路基施工质量起了良好的作用。改革开放以来，我国公路建设事业特别是高等级公路的建设发展很快，原规范难以适应当前公路建设的需要。1992年交通部决定对原规范由交通部第一公路工程总公司负责并由四川省交通厅公路局、陕西省高等级公路管理局、辽宁省交通厅公路工程局和重庆市交通局参加进行修订。

对原规范修订的主要内容如下：

1. 增加第二章术语、符号和第十二章公路绿化工程与环境保护；

2. 原规范“公路路基土方”一章增补内容列为第四章路基施工一般规定；

3. 路基压实从原规范“填土路基施工”中的一节抽出升格列为第七章并增补：填方地段基底的压实、路堑路基的压实、填石路堤的压实、土石路堤的压实和高填方路堤填方压实等内容，以凸出路基压实对路基质量的重要性；

4. 对填土材料规定了强度(CBR值)的技术要求，以保证路基质量并提高路基压实效率；

5. 将原规范“土方工程施工组织”一章取消，改在有关各章中分别规定；因挡土墙已另编设计与施工规范，挡土墙一节予以取消。

6. 原规范“特殊地区路基施工”增补了多雨潮湿地区、滑坡地段、崩坍岩堆地段、膨胀土地区四类地区的施工；

7. 各章中的具体内容有较大的增补；

8. 各章前后顺序排列有较大的调整。

为了便于读者对本规范条文的正确理解和执行，对一些重点条文的编制依据、技术要求的理由和执行时的注意事项在条文说明中予以简要解释。

1 总 则

1.0.2 本规范的适用范围为《公路工程技术标准》所界定的具体范围，考虑到规范标准内容较广，其他类型公路也不少（如旅游公路等），故条文规定其他道路可参照执行。

1.0.3 本条是参考国内已建和正在修建的二级以上公路对路基的基本要求而拟定的。出于高速行车安全的需要，应精心施工，确保路基工程的稳定性和耐久性。

1.0.4 社会的发展，需要提高汽车的行驶速度，特别是一级公路、高速公路行车的速度更高，因此对公路路基的稳固性、均质性、平整性以及不受自然条件影响的要求也较高，如果没有机械作业，是难以满足的。

本条除参照铁路施工规范外，还结合我国当前一级公路、高速公路施工情况，规定推行机械化施工，如先进的碾压设备、平土设备、挖、装、运等设备。但因我国幅员广大，经济发展极不平衡，在经济不发达地区修建三、四级公路时，允许除压实机械必须满足要求之外，其他工序可采用人工施工。

1.0.5 工业废料的品种很多，成分复杂，在使用之前必须进行调查。在满足设计要求、确保工程质量的前提下应充分利用当地材料。在使用工业废料时，必须符合国家有关环境保护的规定。

1.0.6 条文所述的新材料、新技术、新机具和新的检验方法，都有各自的使用条件和使用规定，因此条文作了明确规定。

1.0.7 我国人均耕地少，因此，在路基施工中，应重视土地的节约，保护农田水利设施。在施工中宜有计划地改造荒地或造田。借土宜在高岗的旱地进行，并改造旱地为水田或鱼塘，达到节约土地的目的。

1.0.8 本条是为实施国家环保政策而制订的，路界内的废弃杂物，不得随意弃置，必须妥善处理。界外开采路用材料，亦应有计划进行，不损害景观，不产生水土流失，最大限度地减少植被的破坏，以保护生态环境。

1.0.10 条文所指部颁有关规范，系指材料试验规程、质量检验评定标准、公路工程施工监理办法、公路工程交竣工办法以及各种有关的专项施工技术规范规程。这些规范与规程，均应在施工中遵照执行。

3　施工前的准备

3.1　施 工 准 备

3.1.1　为了让施工单位在进入现场后，尽快熟悉工地情况，更好地领会设计意图，复杂工程可要求设计单位进行设计交底。经现场核对和调查后，如发现工程地质与水文资料与原设计有较大出入时，可要求变更设计。因变更设计可能涉及到质量、工期、投资三大目标的控制，所以必须按照有关审批程序执行。

3.1.2　施工单位进场后收集了大量第一手资料，为确保路基工程保质保量地如期完成，本条文特作此规定，考虑到重要路基施工可能发生变化，需要在施工中加以调整，所以要求施工单位编制施工网络计划。

3.1.3　本条文规定主要是为了从生活物品供应，机械、材料的运输，材料试验，电力供应，施工用水和临时通讯等多方面为路基施工作充分准备。

3.2　施 工 测 量

3.2.1　准确的施工测量是保证路基施工顺利进行和线形质量的关键，所以本条规定路基施工前必须对导线、中线、水准点、纵横断面进行复测，并应符合规定的测量精度。施工时可能有些重要标志桩丢失，更需要复测。

3.2.2　导线复测

3.2.2.1　有些路线的线形主要由导线来控制，根据导线的重要性规定如条文。

3.2.2.2　根据导线的特点规定的，如采用传统的量距办法无法

满足导线复测精度和速度，因此规定使用较先进的仪器。

3.2.2.3 导线点自工程开始至完成都应发挥作用，不得因公路施工地形、地貌发生变化而影响使用。

3.2.2.4 为了确保导线精度，参照我国已采用导线定位最大限度的误差而作出。

3.2.2.5 为避免因导线精度不足而引起各施工段交接处路线错位，规定如条文。

3.2.2.6 为便于导线点丢失后准确、迅速地恢复，交点法是固定点的方法之一，实际工作中也可因地制宜、灵活机动地采取其他固定方法。

3.2.3 中线复测

3.2.3.1 从公路初步设计到路基正式开工间隔时间都较长，这期间难免丢失一些中桩，所以本条规定在开工前需全面恢复中桩。固定主要控制桩是为施工过程中恢复中线提供方便。

3.2.3.2 为了防止路中线与结构物中心、相邻施工段中线错位。

3.2.3.3 为了让设计图表比较直观地反映出长（短）链情况，方便计算里程，为竣工验收提供依据。

3.2.4 校对及增设水准基点

3.2.4.1 水准点是施工过程中控制标高的依据，规定闭合差是为防止因水准点误差过大或错误引起路基施工超填超挖或欠填欠挖。

3.2.4.2 从方便施工的角度要求增设临时水准点，尤其是在条文中规定的一些特殊地段增设水准点，既能给施工带来方便，又能提高施工精度。

3.2.4.3 为了保证在施工过程中水准点始终保持一定的精度和密度。

3.2.4.4 为了保证水准点牢固可靠，不会因点位松动、沉陷引起误差。

3.2.5 纵、横断面是施工放样和计算工程量的依据，必须保证准

确无误。横断面方向应与路线前进方向垂直，否则将引起较大的施工和工程数量误差。

3.2.6　路基放样

3.2.6.1　在施工现场定出路基施工轮廓可方便施工。

3.2.6.2　为按设计控制好路基边坡的大小，保证边坡的稳定和路基宽度。

3.2.6.3　为防止水准点被人为因素、自然因素破坏，避免工程施工中出现不必要的损失，规定了定期对水准点进行复测。

3.2.6.4　为了给现场施工提供依据，便于质量控制，避免盲目施工。

3.2.6.5　公路的用地范围都是事先与地方政府严格商定的，超范围取土是不允许的，所以必须以节约用地为原则严格按条文办。作为排水用的取土坑，为保证排水畅通，必须按设计要求修整纵坡。

3.2.6.6　这是广泛收集各地施工经验后而制定的。

3.2.6.7　施工现场设立的所有标志都是为路基施工顺利进行服务的，所以应该保护。对于一些原始控制点从开始施工至竣工验收都具有重要作用，更应重视，妥善保护。

3.3　施工前的复查和试验

3.3.1　路基施工时，对路线经过地段的土质及水文地质状况应做到心中有数，以便施工时采取各自适用的措施。对沿线特殊土和特殊地区的既有建筑物的施工方法及现状也应进行调查，作为路基施工的借鉴。

3.3.2　为保证路堤的强度和稳定性，对路堤填料有一定要求，不是任何材料都能用于填筑路堤的。为鉴别路堤填料的适用性，应对拟用于填筑路堤的材料取样试验。

3.3.3　条文中规定了对一般填料的试验项目。对于特殊土（如黄土、软土和膨胀土等）还应根据有关规范补做其他试验项目。

3.3.4　为保证路基施工质量，防止水、土污染而规定。

3.4 场 地 清 理

3.4.1 使用土地必须遵循《土地法》并在路基开工前办妥有关土地征用的手续。

3.4.2 这是根据路基施工特点而制定的，也是保证路基施工顺利进行所必需的。

3.4.3 原地面处理得好坏直接影响到路基的稳定性，故规定如条文。

3.4.4 地面表层的种植土含有各种草根和有机杂质，时间一长容易腐烂引起路基沉陷，所以应清除。清出的种植土要集中堆放作为种植草皮的备用土，表层清理后应根据地质和地下水情况整平压实，达到规定的压实度。

3.5 试 验 路 段

3.5.1 高速公路、一级公路投资大，质量要求高，影响大，特殊地区及采用新工艺、新材料、新技术修筑路基时对工程质量都各有不同的要求，为确保路基施工顺利进行，避免因盲目施工而给工程带来重大损失，在无成功经验借鉴的情况下，需要做试验段找出适合所在地区的路基施工方案。

3.5.2、3.5.3 通过路基试验段获得的有关技术成果管理数据将在全线施工中应用，所以要求试验段的情况在全线具有代表性。

3.5.4 通过试验段施工，如发现设计上不合理的地方，可报请修改设计，使之符合实际情况。

3.5.5 路基试验段完成以后，施工单位必须把各方面的施工记录、试验数据加以整理写出试验报告，并报有关部门审批。

4 路基施工的一般规定

4.1 基 本 要 求

4.1.1 建成后的路基裸露于自然环境中，受到车辆荷载和水、风、气温等自然因素的反复作用。如施工质量不符合要求，路基的强度、稳定性和使用寿命就会受到影响。

4.1.2 特殊地区由于有各种特殊条件和技术要求，条文要求应按第9章有关规定办理。

4.1.3 大爆破一般用药量大，较正常爆破超炸数量多，易造成边坡失稳，给工程留下后患。

4.1.4 路基施工做到以挖作填，可减少取土坑和弃土堆用地，减少天然植被的破坏和水土流失，并达到节约用地少占农田的目的。

4.2 路基施工排水

4.2.1 路基施工中，如果施工层表面排水不畅或有积水渗入土中，超过土的压实最佳含水量，使填土难以压实，甚至被迫返工。

路堑施工使原来自然地貌和坡度受到了破坏，在施工中除防止上坡方向的水流入外，其本身的汇水面积也相当大。在大雨时，积水量也很大，条文仅作了原则规定："及时使雨水排走"，但各地条件相差较大，施工中可根据实际情况，酌情处理。

4.2.2 路基的压实度与土的含水量有极其密切的关系，为防止及减少水分进入土中，故规定如条文。

4.2.3 在地下水位较高时，不仅会影响施工，并且影响路基质量，必须采取预防措施。

4.2.4 渗流水对道路的施工和稳定都有极大的影响，甚至造成很

大的危害，故规定如条文。

4.2.5 路基施工前，做好排水设施，这对保证路基正常施工，不被水毁是至关重要的。特别是雨季施工，更应把排水系统规划好，使雨水通过排水系统排于路基之外，以确保道路的稳定。排、截水沟挖出的土，应堆在要求的位置使其起挡水作用。

4.3 路基施工取土和弃土

4.3.1 取土坑设计规定有位置时，要根据其地形、土质和施工方法等选用合理的方法取土。为保证所取土的质量和取土后出土坑的利用，条文规定取土坑要有规则的形状及原地表土的处理原则。

4.3.3 当设计未指定取土坑或指定的取土坑贮土量不能满足要求需另寻找土源时，条文作了一般性的规定。

4.3.3.1～4.3.3.3 主要是考虑路基的稳定、取土坑本身的稳定和其本身的排水作用，保护构造物而规定的。施工时应根据条文的规定进行取土，以保证路基的质量。

4.3.3.4 当地面横坡较陡时，在路基上侧设取土坑可以起到截水的作用，对路基稳定有利。

4.3.3.5 桥头引道一般都位于河滩，地势较低，填土较高，在其两侧取土，对引道的稳定不利，因此桥头两侧不宜设置取土坑。但实在无法解决土源时，考虑在下游一侧取土，其对路堤稳定的影响会小一些，但应注意做好防护工作。

4.3.3.6 为防止影响调治构造物，故规定如条文。

4.3.4 护坡道的作用是保护路堤的稳定，因此护坡道应密实平整、排水通畅，其横坡度视护坡道的宽度而定，但一般宜小于2%。

4.3.5～4.3.6 弃土的原则：一是少占或不占耕地；其次是保证路基的稳定；第三是方便施工，并且经济。

4.4 土方机械化施工

4.4.1.1～4.4.1.5 条文提出了机械化施工时，必须进行的组织、管理、使用和维修方面的要求，以确保充分发挥机械的作用。

4.4.2 综合机械化施工，必须配套，方能保证工程的质量和充分发挥机械的效力，而配套则视工程的内容、工程量大小和不同的工期而定。条文对就地取土填筑、短距离取土填筑、长距离运土填筑和就地弃土或短距离弃土四种不同的情况和使用不同的机械，提出了使用机械的类型。但规格在条文中未予明确，这和施工的土种有关，在施工中可根据实际情况选型定量。

5 填方路堤的施工

5.1 一般规定

5.1.1.1 路基土方工程施工期间，应始终保持场地的良好状态，修建临时排水沟，以确保不受冲刷损坏。

5.1.1.4 条文系指深度在路床范围之外的换填。当深度在路床范围之内时，应按高速公路、一级公路的压实标准压实。

5.1.4.1 条文所列的土均影响路基质量，必须严格控制。

5.1.4.2 该种土透水性很差，干时坚硬，不易挖掘；并具有较大的可塑性、粘结性和膨胀性，毛细现象也很显著。浸水后能较长时间保持水分，因而承载力很小，故不宜作为路堤填料。如取好土确有困难时，可采取在适当含水量时掺外掺剂如石灰等加以拌和提高其强度，以满足设计要求。

5.1.4.3 工业钢渣是较好填料，必要时应破碎，使用时要有良好的级配，最大粒径为 30cm。其他工业废料，应按条文规定进行试验，以免造成污染。

5.1.5 原规范对填料无强度要求，本规定系参考国外路基施工的技术文件和《第十八届世界道路会议报告汇编》上册中的文献；并参考国内已做的高等级道路检测的试验值，经路基设计规范和施工规范专家审查会议研究确定。

5.2 土方路堤的填筑

5.2.2 采用分层并按规定的层厚填筑，可得到均匀的压实层。如填层过厚，则填层底部达到压实度要求时，填层顶面必然超强。土方路堤路床顶面一层如太薄，则易起皮剥离，影响路面基层质量。

5.2.3 土质路基如按设计断面尺寸填筑，路基边缘部分无法碾压

密实，路基的断面尺寸实际上缩小，稳定性得不到保证。根据各地的实践经验，填土宽度每侧应宽于设计填层 30～50cm。

5.2.6 自然地面的横坡度陡于 1∶5 时，原地面挖成台阶，以保证填土土体的稳定。每级台阶高度可按压实机具一层压实厚度的整倍数，如小型夯击机一层压实厚为 15cm，台阶高度以 30cm 为宜。陡坡地段的半填半挖路基，在山坡自然坡上挖台阶。日本规范规定，高等级公路，为保证道路的均匀性，规定中央分隔带之外，挖方的一侧，不足一幅行车道宽度时，路床深度范围内的原土应予挖除换填，以保证车道内土基的均匀性，以确保半填半挖路基的稳定。在路基设计规范送审稿专家审定时，结合我国当前的情况，修改为一个行车道的宽度，厚度确定为上路床的深度，适当增加土基的均匀性及稳定性。

5.2.8 松虚弃土如不清除，雨后虚土下沉时常将路堤内的土拉沉，路堤顶面开裂。

5.2.9 使用不同土质填筑路堤时，不合理的填筑工艺会引起土质路基出现不均匀沉降、水囊现象和不稳的滑动面，故应按照条文规定施工。

5.2.10 采用水稳性材料填筑河滩路堤，可使其浸泡在水中时仍保持稳定；河槽加宽加深工程和调治构造物，可降低洪水流速，调整流向，使河滩路堤不受冲毁。

5.2.11 填方机械化施工主要机械为：推土机、铲运机、挖掘机、装载机、平地机、压路机、洒水车、自卸汽车等。施工前应先编制机械施工生产组织技术方案、综合机械化方案，流水作业程序等，以指导施工。

5.2.12 挖掘机在公路工程施工中，属于大型筑路机械，调运困难，为了保证挖掘机工作合乎正常施工条件，所以在施工前，必须做好准备及有关辅助工作。

5.3 桥涵及其他构造物处的填筑

5.3.3～5.3.4 桥涵台背及挡墙背填土的质量关系到桥台、挡墙

的稳定及行车的舒适与安全，往往由于土质不合要求或回填土压实度不足时，完工后发生沉陷，影响行车的速度、舒适与安全，因此条文对土质、回填时间和桥涵填土范围等分别作了规定。回填土的压实度要求见第 7 章。

5.3.5 按照条文规定同时填土，可减少土的接茬并同时压实，施工较方便，土体均匀。

5.3.6 涵洞缺口填土，在填到顶面之前，两侧对称、均匀分层填筑可防止涵管结构受到偏压力而破坏。

5.3.8 砾石土、砂类土浸水时不膨胀或较少膨胀且较易压实，粘性土浸水时体积膨胀，对挡墙产生侧压力而影响挡墙结构安全。

5.3.9 桥涵缺口比较狭窄，回填土不能使用大型压实机具，为使小型压实机具也能压实到要求的压实度，必须减小填层厚度。

5.4 填石路堤

5.4.2 路堑挖出和隧道爆破产生的石料，要注意其强度和风化程度是否符合要求，条文对此作了具体规定。石料强度是指饱水试件的极限抗压强度。所谓易风化是指该种石料会因短期与水、空气、酸碱盐类接触或受温度（酷暑、严寒冰冻）变化使石料的颜色改变，强度降低（小于 15MPa），次生矿物（石膏等）和裂隙产生。一般泥岩、粘土岩、泥砾岩、泥质砂岩、泥质页岩、粘土页岩、炭质页岩、云母片岩或千枚岩等属于易于风化的软岩。强风化的软岩是岩体结构已部分破坏的软岩。有些岩石虽不属上述的风化岩，但强度低，碾压易粉碎，不得作为填石路堤填料。

5.4.3 填石路堤的填筑施工方式有倾填（含抛填）和逐层填筑、分层压实两种。倾填又可分为石块从岩面爆破后直接散落在准备填筑的路堤内，和用推土机将爆破后堆置在半路堑上的石块以及用自卸汽车从远处运来的爆破石块推入路堤两种情况。无论是哪一种倾填情况，由于石料是从高处自然落下，石料间难免犬牙交错，空隙较大，故倾填路堤的压实，稳定等问题较多。一级以上公路和铺设高级路面的各级公路均应逐层填筑分层压实以保证路

堤的强度和稳定性。为了保证倾填路堤的质量（密实程度和稳定性等），除了应按照本条和5.4.5条的规定施工外，还应按照7.7节关于填石路堤压实的有关规定办理。

倾填路堤因为是自然落下的石料堆成，其顶面必然是凸凹不平，因此其顶面至路床顶面之间一定范围必须分层填筑、分层压实，使路床下有一定厚度的较密实、均匀受力的传力层，以避免路面产生不均匀沉陷而破坏。

5.4.4 机械施工分层填筑时，每层厚度的规定主要应考虑这个厚度压实时能否达到填石路堤要求的密实程度。条文不超过1m的计量值是参考铁道部标准拟定的。对一级以上公路的路基质量要求较高，故定为0.5m。

5.4.5 倾填前要求用粒径大于30m的硬质石块，对边坡及坡脚进行码砌，且与路堤本身填筑同时进行。码砌厚度，按不同的填石路堤的高度予以规定。这是因为倾填时，石料从高处落下，其边坡必然是松散的，无法夯压密实。施工时，加以码砌，可使边坡密实、稳固。

5.4.6 由于每层填筑厚度较大，故摊铺平整工作必须采用大型推土机进行，而且用人工找平。

5.4.7 缝隙中扫入中石渣、石屑、粗砂，再以压力水（可用水车装水用压力喷嘴将水冲入）将砂冲入下部是根据云南省的填石路堤的施工经验拟定的。

5.4.8 人工摊铺填筑填石路堤时，用大于25cm石料和小于25cm石料铺筑路堤不同之处，在于前者因石料块径大，空隙大，需用小石块填入空隙并找平后压实；后者石料粒径小，可仅用石屑嵌入空隙找平后压实。

5.4.9 条文所指岩性相差较大，主要是指岩石强度相差较大，例如5.4.2条规定易风化的软岩不得用于路堤上部，亦不得用于路堤浸水部分；又如有些挖方段路是爆破石料而有的是天然漂石土、块石土等，这些情况的填料不得混填在一起，应分层或分段填筑。如挖方路段基岩为不同岩种互层，但其强度均符合5.4.2条规定

的要求时，可按条文后一段的规定办理。

5.4.10 用强风化石料碎屑和极软岩填筑路堤且用重型压路机或夯锤压实时，石料可能被碾压或夯压成碎屑、碎粒，这类石料能否用于填筑路堤应按5.1节有关规定检验其CBR值，符合要求时（根据公路等级和填筑部位对CBR值的要求有所不同，见5.1节）才准许使用，否则不得使用，目的是保证路堤填筑压实后的浸水整体强度和稳定性符合设计要求。因其与土质路堤类似，故能使用时，应按土质路堤技术要求施工。

5.4.11 填石路堤路床顶部至路床底30～50cm范围内用符合路床要求的土填筑，可提高路床面的平整度，使其均匀受力并有利于与路面底层的连结。

5.5 土石路堤

5.5.2 一般情况下，石块强度大于20MPa时，就不易被压路机压碎。其粒径不超过压实层厚的2/3时，可使压实均匀，并在填筑次层时，不致使上下层石块重叠，避免碾压时不稳定。当所含石块为软质岩或极软岩时，易为压路机压碎，不存在强度较大石块产生的问题，故其粒度可加大如条文规定。

5.5.3 土石路堤中因含土量较多，如采用倾填易使填层超过规定厚度，不易压实。

5.5.4 压实后渗水性差的细粒土如填在路堤两侧，则雨后填筑于路堤中部渗水性好的土吸收的水分无法排除而降低其承载力，甚至路堤中部形成水囊使路面严重破坏。

5.5.5 填料岩性相差较大，主要是指所含石料的强度相差较大。5.5.2条已规定巨粒土中所含石料强度不同时，要求石料的粒度大小也不同，故宜分层、分段铺筑。如都为硬质石料则不论石料类别如何，可混在一起填筑；如都为软质石料且压实后的渗水性基本相同，可混在一起填筑；如压实后渗水性相差较大，则应按5.5.4条的规定办理；如所含石料强度软、硬质都有，分层、分段填筑有困难时，则应按条文后面一段的规定办理，这样可避免

5.5.4 条条文说明所论及的缺点。

5.5.6 当石料含量超过70%时，即说明混合料中含土量较少，在铺填时不易使每块大粒径石周围都有土粘附，难免有些石块直接互相接触在一起，就不易碾压稳定，故须按条文规定办理，使各大石块之间有小石块、石屑、土粒嵌挤稳定。这样，就容易碾压密实、稳定。如含土量较多时，可按条文后面一段的规定办理。

5.5.7 因填石路堤空隙大，在行车作用之下易产生位移。为使路面稳定，并保持较好的平整度，以利舒适行车，条文规定用符合路床要求的土，使在路床高程范围之内，强度均匀一致，并加强路面结构与填石路堤之间的结合。

5.6 高填方路堤

5.6.3 高填方路堤分层填筑时一定要按路堤高度和边坡度将该层的路堤宽度（包括加宽量）填足。如填到上面才发现路堤填的宽度不够，在边坡补填，则因松土不易与原边坡土结合紧密，而且不好压实。

5.6.5 河滩路堤特别是河滩高填方路堤除承受一般外力和自重外，其淹没部分还要承受水的浮力及渗透动水压力的作用。当水位骤然下降时，土体内部的水向边坡外流出，其渗透动水压力可能破坏路堤边坡稳定性，故路堤浸水部分应采用水稳性较高及渗水性好的填料。其边坡较缓和一点可以避免边坡失稳。

5.6.6 设计边坡外面的地基多是没有挖台阶的，它上面堆填的松散弃土，在大雨后随山坡下滑时，会使设计边坡以内的部分路堤土也被牵引而下滑，而引起路堤顶面开裂。

6　挖方路堑的施工

6.1　一 般 规 定

6.1.1　开挖前的准备工作是施工的主要环节，准备工作做得充分与否，直接影响工程工期和施工质量，因此提出 6.1.1.1～6.1.1.3 的要求作为施工前提。

6.1.2　挖方路基开挖前做土样试验，可使施工者心中有数，若系好土，可安排以挖作填；若遇特殊情况可预先采取措施。

6.2　土方路堑的开挖

6.2.1.1　表土（种植土或腐殖土）一般在施工时易被混用或废弃，使边坡植草皮或恢复农田种植土增加了困难，因此，规定了收集表土条款。

6.2.1.2　路基开挖的适用材料，用于路堤填筑或者可减少挖方弃土和弃土堆面积，或者可减少填方借土和取土坑面积，但不能混杂。混杂材料造成均匀性差、难于保证路基的压实质量。

6.2.1.3　土质路堑地段的边坡稳定极为重要，如采用不加控制的爆破法施工，易造成路堑边坡失稳，易于坍方；掏洞取土易造成土坍塌伤人。

6.2.1.4　路堑开挖中如遇土质变化，可能需要变更施工方案（如土方变为石方）或边坡坡度（如土类变化），这些变化都可能影响工程造价，故条文规定应报有关人员审批。

6.2.2　开挖路基产出土石材料应用于路堤填筑时，因气候条件（指多雨地区连续降雨或冬季土冻结影响）使挖出的土含水量过大或土块冻结而不能及时用于填筑路堤，条文规定按 10 章路基的冬

季施工和雨季施工的有关规定办理。

6.2.3 条文所指的土类与6.2.4的不同。换填的目的是为了满足路基强度的要求。

6.2.4 路基开挖如遇到特殊土质（指盐渍土、黄土、膨胀土等）以及易于坍滑的土时，应按第9章有关章节的规定施工。

6.2.5 挖方路基的施工标高与路基的设计标高(路线纵断面图上设计标高)不同，前者要考虑在路基挖到设计标高后，路中间还要向下挖路面路槽；同时土方路床范围还要翻松进行压实，以满足表7.1.1的规定。压实后路床表面可能下沉，只有将路面基层加厚才可避免，这就造成浪费；另外，挖深不够需要返工重挖。

6.2.6 土方路堑的开挖应根据路堑的长度、深度、开挖机械设备条件和是否要移挖作填等情况采取不同开挖方式，以增加工作效率，加速工程进度，本条以下各款分别列述并规定了各种开挖方式的适用条件和相应的技术要求。

原规范对路基的机械化施工是另列专章叙述并规定其使用技术要求，本规范未列机械化施工专章，机械化施工的使用技术要求分列在各章有关条文内。本条规定了各种土方挖掘施工机械的使用条件和技术要求。

关于边沟与截水沟本条各款的规定是开挖时的具体技术要求，施工时对本条各款的规定均应遵照办理。

6.2.7 本条各款的规定是开挖边沟与截水沟的具体技术要求。

6.2.8.1 路堑施工遇到地下水时，在4.2.4条已作了原则规定，施工时应结合施工现场地下水流出的位置是从边坡渗流还是从路基底面涌出，地下水流出的压力和流量大小按照8.3节的有关规定采取适当的地下排水设施，将地下水排走，使路基疏干，以满足路基的强度、稳定和耐久性要求。

6.2.8.2 路堑路床顶部以下位于含水量较多的土层时，如土质为细粒土，土中含有高于压实最佳含水量的多余水分，仅靠设置渗沟仍然不易排出，不能达到压实要求，因而路基的强度和稳定都受到严重影响，条文规定应换填水稳性和透水性良好的材料即砂类

土材料，这样，地下水易于排走，易于达到压实标准。换填深度应满足设计要求，一般不少于 0.8～1.0m。

6.2.9 关于弃土处理的原则性技术要求已在第 4 章作了规定，本条是按原则性规定提出具体的技术要求。

6.2.9.1 有些弃土随便乱堆，以至影响现有公路和施工便道的车辆行驶；有些弃土则堆弃在目前未使用的灌溉渠道，堵塞农田水利设施；有些弃土随意倾入河流，造成水流污染、淤塞或挤压桥孔或涵管口，增加水流速度，改变水流方向，冲刷河岸，这些都是不能允许的，故规定如条文。

6.2.9.4 岩溶地区的漏斗处和暗河口前者多已成为地面水排泄孔道，后者则成为地下水的出口通道，如将弃土堆弃在这些地方，造成地面水和地下水无法排走，影响路基的安全。贴近桥墩、台处弃土将造成桥墩、台承受偏压，桥墩、台的安全受到影响。

6.3 石方的开挖

6.3.7 为确保边坡稳定，靠挖方边坡的两列炮，宜用小型排炮微差爆破，且用松动爆破或减弱松动爆破，药室距设计边坡线的水平距离不小于炮孔间距的 1/2，炮眼钻进的倾斜度同设计边坡坡度。如为分幅工作面，路堑中幅标高已下降，靠边坡的开挖石方宽度不大，可考虑用光面爆破，使边坡成型良好，减少刷坡工作量。

6.3.8 预裂孔是使边坡成型良好、减少边坡坍塌、减轻对边坡外建筑物的地震波造成损失等的良好施工工艺，对于岩层产状不佳或边界外建筑较多，或挖方边坡较高等情况，均宜采用。

6.3.3.1 裸露药包法，也称裸炮，这种方法施爆简便，但炸药能量利用率低。凡有条件打眼的，宜用炮眼法，对于无条件使用炮眼法施工的，宜用裸炮施爆。

6.3.3.3 药壶炮（葫芦炮）的爆破效果较炮眼法好，炸药能量利用率较高。但这种炮施工工艺较繁，炮眼钻好后，应进行扩孔（扩药室），爆破物大块径较多，需进行二次爆破。但由于它的效果好，使用群炮，每次爆破量大，所以仍是一种广泛采用的爆破方法。施工

中，不仅应注重施爆安全，也应注重扩孔时的安全，要严格控制扩孔用药量和每次扩孔的炮孔数，以免扩孔飞出物损伤人、畜。

由葫芦炮演变成的另一种炮型就是洞室炮，它由竖井底向2～4个方向开挖药室构成。药室顶部距竖井底部中央一般不超过2.0m，竖井深度一般5～8m，单炮用药量比葫芦炮大而比大爆破的最小用药量小得多，一般100～200kg，根据洞深和开炸方量计算。这种炮的竖井和药室一般人工开挖。公路石方施工，一般不宜选用这种炮型，当施工机械（钻孔机械）无法进场，石方开炸量较大，同时岩层风化不很严重，而产状又较有利，能保证挖方边坡稳定时，可考虑采用。采用这种炮型，在靠设计边坡的一列炮孔用药量宜按松动爆破或减弱松动爆破计算，且药室距设计边坡的水平距离不小于最小抵抗线。洞室炮当为群炮时，应根据地形分台阶，并可分排或分段用微差爆破使先起爆的炮为后起爆炮孔创造临空面，以提高爆破效果。

洞室炮竖井填筑，靠药室的2m内，应用含水量小或干的松土填筑，并人工踩压密实，2～4m间则用软塑粘土填筑封固，4m以上可用各类土填筑并夯实，至顶部0.5～1.0m，用软塑粘土填筑封闭，一般不宜用石块，瓦砾填筑，以减少飞石数量。特别是在空中有缆线，施爆区外有重要建筑物需保护时，用药量计算应严格控制飞石数量及高度，以免损伤缆线和建筑物。

洞室爆破的安全要求和施爆程序同大爆破。

6.4 深挖路堑的施工

6.4.1 深挖路堑边坡高度的界限是按照《公路路基设计规范》规定的。

6.4.2 深挖路堑因为它的边坡较高，易于坍塌，且工程数量大，常是影响全线按期完工的重点工程。因此施工前详细复查设计文件中的工程地质资料、边坡形式和坡度、工程数量、工期等据以编制施工组织设计，确定配备机械设备类别和劳动力对保证工程质量和按期完成是非常必要的。

6.4.3 过去有些深挖路堑常缺乏工程地质资料或者仅有地表面1～2m深的探坑的地质资料，有些资料只根据天然露头确定工程难易等级，这对保证深挖路堑边坡稳定的论证是不够的，因此条文规定对高速公路、一级公路宜进行补探。

补做工程地质勘探并验算后，若高路堑边坡难以稳定将造成长期后患，则应按补做的地质资料进行方案选择。

6.4.4 深挖路堑边坡是否能够稳定，因素很多，最主要的是边坡坡度大小。若坡度小，边坡平缓则易于稳定，否则反之。同时亦与气候有关，因此要求边坡应严格按照设计坡度施工。但遇到土质情况与设计资料不符，例如设计资料注明土质为密实状态，规定边坡坡度为1：0.75，而挖出后土质实际为较松散状态，坡度至少应为1：1.5才能稳定。设计资料与实际情况相差很远，应向有关部门提出修改设计，以保证路堑边坡的稳定。修改的土质挖方边坡坡度，应按表1进行。

土质挖方边坡坡度表 表1

密实程度	边坡高度(m)	
	<20	20～30
胶结	1：0.3～1：0.5	1：0.5～1：0.75
密实、中密	1：0.5～1：25	1：0.75～1：1.5
较松	1：1.25～1：1.75	1：1.5～1：2.0

注：①高速公路、一级公路应采用较缓的边坡坡度。

②边坡较高，土质比较潮湿地段，或路基开挖之后土壤密实程度容易变松，或因雨水浸易于失稳的土的路段，宜采用较缓的边坡坡度。对于容易失稳的地段，还应根据道路等级、水文等情况，设置必要的防护工程。

6.4.5 实践表明路堑边坡按一定高度设平台与从上至下一面坡相比，虽然设平台的综合坡度与一面坡的坡度相同，但前者边坡较稳定些。此外，分层设有平台还可起到碎落台作用。机械施工的平台宽度要求3m是为了便于推土机施工。

6.4.6 修建平台后的高边坡仍然不能稳定，原因很多，如设计的边坡坡度仍然过陡；大雨后土的含水量大量增加，土的内摩擦角降

低;边坡中地下水的影响等。条文中提示了几种边坡加固方法,可视具体情况选用。

6.4.7 边坡上如有地下水渗出则将造成边坡坍塌的后患,应按照8.3节的有关规定,修建排水设施,将其排走。

6.4.8 土质单边坡深挖路堑的施工方法与一般高度的单边坡路堑的施工方法基本相同,不过多分几层施工就行了。

6.4.9 土质双边坡深挖路堑的施工方法与一般高度的双边坡路堑的施工方法基本相同,也是多分几层施工就行了。

6.4.10 土质深挖路堑施工,靠边坡3m以内禁止采用炸药爆破。当土质紧密,为加快施工进度在距边坡3m以外准备采用爆破法施工时,必须按照条文规定进行缜密设计,以免炸药量过多,爆破时将边坡上的土炸松,使边坡不能稳定,造成后患。过去国内外在这方面的教训是不少的,故规定如条文。

6.4.11 大爆破适用的条件在6.3.14条中已有详细规定,若不符合该条规定的条件,盲目使用,则不仅是边坡超炸,增加成本,而且使边坡被炸松,长期不能稳定,后患无穷。

6.4.12 单边坡石质深挖路堑已有一面临空,为了使爆破后的石块较小,便于推土机清方,绝对不能采用松动爆破、减弱松动爆破或药室爆破。前两种爆破方法虽然能节约一点炸药,但爆破后石块太大。有些大石块还要重新钻眼爆破将石块解小,或需用人工以撬棍将大石块慢慢移走,无法使用机械施工,施工进度太慢。药室爆破虽然一次爆破方量较大,但可能将边坡炸松,而且构建药室时都是人工操作,花费时间多。正确的施工方法应如条文所述。其原则是打炮眼尽量使用机械,爆破后使石块小一点,便于机械清除。最后一排炮眼靠近边坡时,应采用光面爆破设计施工,详情见有关专著。

6.4.13 双边坡石质深挖路堑的施工较单边坡的困难些,首先需在横断面中部开辟一条较宽的纵向通道,以便爆破后的石料运走,同时成为两侧未炸石方的临空面,然后分别按6.3节提示的方法作业。

7 路基压实

7.1 一般规定

7.1.1 表 7.1.1 土质路基压实度标准是在广泛征求全国各地有关公路施工、设计、科研的专家意见基础上编拟的，为了适应公路交通运输的发展并符合《公路工程技术标准》有关公路等级的规定，本表与原《公路路基施工技术规范》(以下简称原规范)的路基压实度表作了下列修订：

1. 引入路床概念，并将路床分为上、下路床，原规范的路槽底面改为路床顶面。

2. 压实度一栏规定为高速公路、一级公路和二级及二级以下公路两级分栏分别规定压实度标准。二级公路如修建高级路面时，其压实度应按高一档次的规定是因为高级路面使用期限较长，设计汽车交通量较大，为避免路面因路基问题而过早破坏，故将路基压实度提高一档。

3. 深度范围从原规范的 0～80cm 和＞80cm 两级改为 0～80cm、80～150cm 和＞150cm 三级。

4. 修订的规范以重型击实试验法为压实度标准。只有对于铺筑中级或低级路面的三、四级公路，以及某些特殊土达不到重型击实法的压实度标准的情况时，才允许采用轻型击实试验法作为压实度标准。

5. 特殊干旱地区的压实度标准允许降低 2～3 个百分点是因为特殊干旱地区雨水较少，地下水位也较低，压实度稍有降低不致影响路基的坚固、稳定和耐久性能。而且因为水量稀少，天然土的含水量大大低于土的压实最佳含水量，要加水到最佳含水量并压

实到表 7.1.1 的规定确有困难。

特殊干旱地区的界定，原规范未规定，《铁路路基施工规范》规定年平均降水量小于 400mm 地区，压实度可降低 5 个百分点。因铁路路基填方压实度要求较公路低，400mm 的界定用于公路似太宽松。现以相当于潮湿系数≤0.25，即年平均降水量≤150mm 地区划为特殊干旱地区。

6. 当平均年降雨量超过 1000mm，潮湿系数大于 2 的地区称为潮湿地区。这类地区的天然含水量如超过土的压实最佳含水量 5 个百分点时，要压实达到本表的标准极为困难。参照交通部公路科学研究所的科研成果，在 9.7.4 条提出了压实这类土路堤的技术要求，规定如注⑤；即按 9.7 节规定办理。

7. 检查压实度取土样深度，原规范无规定，对灌水（水袋）、灌砂法和环刀法取样作了规定，取样原则是使试验结果都为检验压实层的底面至顶面压实度的平均值。

7.1.2 为了避免影响路基工程施工进度，故规定路基土的压实最佳含水量及最大干密度至少应在路基填筑前半个月取土样试验确定。土的工程分类应按 $M_0101-93$ 的规定划分，每种土取样时应具有代表性，至少应取样一组，每组土样个数应按照试验规程确定。

7.1.3 核子仪的精度不如灌砂法等 4 种典型方法，但核子仪检验速度快，检验结果的重复性较高，国内已有几条高速公路使用，故条文规定可以使用核子仪。

新买的或使用半年以上的核子仪，应先进行标定以保证核子仪的可靠性，然后将标定过的核子仪与灌砂法在工地进行对比试验。

标定试验是用核子仪测定已知的各种不同密度和不同含水量的均匀土样，用重型击实法制成不同的 10 个试件（试件大小应满足核子仪试验的要求），用称重法测定其密度；用烘干法测定其含水量。再用核子仪分别测定不同土样的不同密度和不同含水量试件的核子计数的平均值，以之作为纵坐标，与用称重和烘干法测得

的密度和含水量作为横坐标，建立密度和含水量两张标定曲线图。

在工地使用核子仪之前，应再用灌砂法与核子仪做不少于10组的对比试验。再按数理统计法找出二种试验结果的相关性和关系式，即可将核子仪的试验结果换算为灌砂法相应试验值。

各种核子仪的具体使用方法和注意事项应按照仪器说明书办理。

7.1.4 如某一压实层不合格即填筑其上一层，则路堤的整体强度、稳定性和耐久性均将受到影响，此时再进行返工处理，则费时、耗资、误事。

7.1.5 填石路堤(包括分层填筑和倾填爆破石块的)不能用土质路基的压实度来判定路基的密实程度。其判定方法目前国内外各种规范尚无统一规定。原规范只提出填石路堤应逐层水平填筑，不必夯压；城市道路路基工程施工及验收规范规定，填石路堤须用重型压路机或振动压路机分层碾压，表面不得有波浪、松动等现象，路床顶的压实度标准是12～15t压路机的碾压轮迹深度不应大于5mm。

国外填石路堤有采用在振动压路机的驾驶台上装设的压实计反映的计数值来判定是否达到要求的紧密程度。但无定量值的规定，且只限于设有此种装置的压路机。

铁路路基施工规范规定有两种方法来判定：一种是达到以铁锹锄挖动困难，用撬棍方能使之松动的紧密状态；另一种是用地基系数 K_{30}(kg/cm^3)或土基强度[R](MPa)来判定，后一种判定方法较为复杂麻烦，公路上参照采用时，定量值不好确定。

本规范条文参考城市道路的方法，但将碾压后轮迹改为零作为密实状态的判定。这是因为石块本身是不能压缩的，只要石块之间大部分缝隙已紧密靠拢，则重型压路机通行碾压时，路堤应可达到稳定，不再有下沉轮迹。故可判为密实状态。

7.1.6 路基压实的最终目的是要求其路床顶面检验时的路基整体强度——回弹模量或弯沉值达到铺筑路面垫层或底基层的要求。因为测验回弹模量的操作比较复杂，费时较多，故条文规定土

质路基顶面完成后应进行弯沉检验。弯沉值与土基回弹模量之间的相关关系应按路面设计规范规定的公式换算，当无规定时可参考下列回归方程换算：

$$l_0 = 9308E_0^{-0.938}$$

式中：E_0——土基回弹模量(MPa)；

l_0——路床顶面实测弯沉值，以黄河牌JN150型试验车测试值($\frac{1}{100}$mm)为准。

注意：若弯沉检验时不是不利季节，应先将以弯沉值换算的土基回弹模量值乘以季节影响系数换算为不利季节的土基回弹模量值。

7.1.7 填石及土石路堤一般不作弯沉值和回弹模量检验，特别是前者。因为弯沉检验所需时间很短，经过密实程度检验过的填石及土石路堤表面来不及产生回弹反应。所测弯沉值都很小，肯定会满足设计要求。

7.1.8 路基顶面的弯沉值是反映路基上部分的整体强度，而压实度则是反映路基每一压实层的紧密程度，只有使每一压实层的紧密程度都符合规定，才能使路基的整体强度、稳定性和耐久性满足要求，因此，条文规定压实度和弯沉值均应满足要求。

7.2 填方地段基底的压实

7.2.1 路堤基底的天然密实度小于条文的规定时，应进行压实，这样可避免路堤建筑在松软的基底上，加强路基的坚固、稳定和耐久性。

7.3 压实机械的要求与选择

7.3.1 国产路基压实机具不仅在数量方面而且在性能质量方面均已能满足公路路基压实的需要，为了保证路基压实度的要求和施工安全，故条文规定应采用机械压实。

近年来压实机械发展较快，类型也多，通常可分为静碾型、振

动型和夯实型，各有其适用的场合。因此，压实机械的选择应根据条文所述有关因素，综合考虑确定。

7.3.2 表 7.3.2 各种土质适宜的碾压机械是综合参考各种文献拟定的。

7.4 填方路堤的压实

7.4.1 实践早已证明，在土的压实最佳含水量时进行压实，不仅可以减少压实功率，而且压实后的土的渗水率将是最小的，土的密实程度将是最高的，因而路基将是最坚固、稳定、耐久的。但是要严格在土的压实最佳含水量时进行碾压，实际上几乎是办不到的，因此条文规定应在接近该种土的压实最佳含水量时压实。接近的幅度范围与被压实土的类别和要求的压实度大小有关。一般在压实度要求相同时，砂类土比细粒土的幅度范围大些；在同一种土质要求的压实度小比要求的压实度大时的幅度范围大些。幅度范围的具体值可按 3.3 节作出该种土压实最佳含水量曲线，然后按照要求的压实度计算所需干密度，在曲线图的竖坐标上按要求的干密度处画一横线，此线与曲线相交的两点间的含水量值即要求的幅度范围。

7.4.2 本条提示的对土采用人工加水时所需水量的计算公式，是一个理论公式，实际加水时若先一天洒浇在取土坑中，经过一夜时间，运到路堤上后再经平地机或推土机摊开，土中水分必然有些蒸发损耗。因此实际加水量应补足蒸发损耗的水量。用水车将水运到路堤上后，再将水浇洒在土中，水分不易均匀，土的表层会嫌水分多，而土的下层因水分难以及时渗透下去，会嫌水份不足，所以必须用拌和设备拌和均匀。较好的办法，仍然是先一天浇洒在取土坑中。

7.4.3 各种压实机具压实不同土质的适宜厚度，一般规律是以同样的压实机械压实同样的土类时，土的实际含水量越接近压实最佳含水量及要求的压实度越小时，能压实达到要求的土层越厚或所需压实遍数越少，否则反之。土的实际含水量相同且压实度要求

相同，则压实机械工作质量越大或机具性能的压实功率越大，能压实达到要求的土层越厚或所需压实遍数越少，否则反之。其他条件均相同则压实砂类土比压实细粒土能压实达到要求的土层越厚或所需压实遍数越少。

各种压实机具压实不同土类的适宜厚度的所需压实遍数的具体数字应按照条文规定在 3.5 节所作试验路段的试验结果确定。

一级以上公路路基压实度标准要求较高，而且要求有很好的均匀性，为保证压实质量，在 5.2.2 条规定压实松铺土的厚度不应大于 30cm。

7.4.5.1 对填土层的松铺厚度和平整度进行检查，可提高正式压实时的压实效果、均匀性和经济效益，避免松铺过厚，按照规定压实遍数压过以后，仍达不到要求的压实度，要重新补压，甚至要更换更重型或压实功率更大的压实机具才能压实到要求的压实度。填土层表面的平整度太差会影响压实的均匀性。

7.4.5.2 用光轮压路机或振动压路机若压实遍数超过 10 遍，还不能达到要求的压实度，则继续增加碾压遍数，使填土增加其干密度的效果很小，经济效益差，不如减少填土层厚合算。

7.4.5.3 同样工作质量下，振动压路机比光轮静碾压路机的压实有效深度要大 1.5～2.5 倍。一级以上公路的压实标准要求比其他公路高，故前者宜采用压实效果较高的振动压路机。轮胎压路机的工作质量有达 35～50t 的，而光轮静碾压路机工作质量最大的目前为 18～21t(空后轮为 18t，充砂时为 21t)，此外轮胎压路机能使表面高低不平部分都能得到均匀压实；由于轮胎的弹性产生的揉压作用，使土料在各个方向产生位移，形成均匀而密实的表面结构；由于轮胎的切向力很小，可获得密实的表面而无裂纹；轮胎与土料接触面较宽，承受压实力的作用亦较长，压实力影响的深度亦较大，故压实度要求高的路基采用重型轮胎压路机比光轮静碾压路机效果好。

采用振动压路机碾压时，第一遍不振动预压可使填土表面平整度较好，其次是填土经过预压后，振动压实的效果比未预压的效

果好。

7.4.5.4 压路机行驶速度过慢则影响压实工作的劳动生产率；行驶过快，则因压轮对土的接触点停留时间过短，压实效果较差。一般当铺土层厚度不变时，传递至填土的能量与碾压遍数及压路机行驶速度成比例，当压路机行驶速度加倍时，碾压遍数也要加倍。然而压路机有一个最佳适宜的速度，一般光轮静碾压路机为 2～5km/h，振动压路机为 3～6km/h，条文按平均值采用 4km/h，此值是上限，对压实度要求高的土，铺层厚的土和难于压实的土，压路机行驶速度应再降低。

先压两侧后压中间的理由是：因中间未压是松散的，先压两侧不致使土向边坡方向推移；后压中间时受到两侧紧密土的侧限而易于压实。根据土基上的荷载应力分布图，荷载轮廓外缘下面分布的应力比荷载中心的应力小，为了保证横向接缝和纵向接缝之间的压实度都符合要求，故条文规定应重叠压实。重叠的定量值原规范规定为 15～20cm，城市道路路基施工规范只规定压路机碾压要求重叠，未规定重叠多少；用夯锤夯实时，则规定夯击面积要重叠 $\frac{1}{4}\sim\frac{1}{3}$。

使用夯锤压实土质路基时，按照条文规定进行可使夯压顺利进行，且能保持夯实度要求。因为夯捶的压实功率大，首遍夯锤落下时，将使地面降低 10～20cm，次锤夯位如照某些规范重叠，则夯锤下落时偏歪，夯击效果不好。由于夯锤下落至填土上时，填土除受到竖向压力外，土受到挤压还会产生侧向压力，又因次遍夯击的位置落在首遍夯位缝隙上，实践证明，缝隙处下的压实度与夯锤中心处的压实度基本相同。

7.5 路堑路基的压实

7.5.1 零填路基是指路基设计高程（二级以下其他公路指路肩外缘的设计高程；高速公路、一级公路指中央分隔带外侧边缘的设计高程）与原地面高程之差为零（或接近零）即填挖为零的地段。从路

基设计高程至路床表面还要挖去一个路面总厚度的土方。故将零填路基列入路堑一行中。条文规定路堑或零填路基的路床土质不好时，应换填好土，并压实到符合表 7.1.1 的要求，换填超过 30cm 时，条文规定按 90%的压实标准，旨在保证路基强度符合设计要求。

7.6 桥涵及其他构造物处填土的压实

7.6.1 条文所指各处的填土均属于范围狭窄处的填土，其压实工作不能采用大型压实机具，只能采用小型压实机具。这类机具的压实功率较小，为使填土能用小型压实机具压实到要求的压实度标准，应尽量减小压实层厚度，故规定每一压实层松铺厚度不宜超过 20cm，并提高检查频率，以确保填土的工作质量。避免填土沉降。

条文规定应两侧对称或同时进行，旨在防止发生偏压力而使结构发生破坏。

7.6.3 涵洞两侧、桥台背后，因地位狭窄只能使用小型压路机具，但为了使全路压实均匀，路堤路面施工后不发生不均匀沉陷，故将高速公路、一级公路的压实度标准规定从底到顶均为 95%。其他公路的压实度标准不应小于 93%的规定办理，以确保不因密实不足而产生错台，影响行车速度和安全。

7.7 填石路堤的压实

7.7.1 碾压之前用大型推土机摊铺平整，使石块之间无明显高差台阶才便于压路机行驶碾压，或使夯锤下坠到地面时，受力基本均匀，不致使夯锤倾倒。

7.7.2 条文的填石路堤包括各种等级的公路。原规范第 6.1.0 条“填石路堤应逐层水平填筑，不必夯压”的规定不妥。因为填石路堤上面铺砌有路面，要承受行车荷载。高速行车时的振动，可迫使未经压实的石块移位、下沉，而使路面破坏。

填石路堤填料石块本身是密实而不能压缩的，压实工作是使各石块之间松散接触状变为紧密咬合状态。由于石块粒径较大，质

量较大，必须用自重较大的重型振动压路机碾压或重锤夯击或25t以上轮胎压路机碾压才能压实到上述的紧密状态。用振动压路机或夯锤压实能在压实时产生振动力或冲击力，可使石块产生瞬时振动而向紧密咬合状态移位，静载光轮压路机则很难产生这种功效。

当缺乏上述两种压实机具，只能采用静载光轮压路机或轮胎压路机压实时，应减少每层填筑厚度和石料粒径。此时适宜的压实层厚度和粒径应通过试验确定。

7.7.3 夯击压实时重锤下落后不再下沉而发生弹跳现象是根据有关文献介绍的经验拟定的，它的原理如同锤击沉桩一样。当桩遇到的阻力小时，每一次锤击，桩必然下沉。如桩遇到障碍或桩尖和桩侧的抗力增加，桩不再下沉时，桩锤必然会发生弹跳现象。

7.8 土石路堤的压实

7.8.1 土石路堤的填料主要来源于天然巨粒土即其中粒径大于200mm的颗粒超过总质量的50%的漂石土、块石土。当混合料中巨粒土含量多于70%时，其压实作业接近于填石路堤，宜按7.7.1和7.7.2条的规定进行。当混合料中巨粒土的含量低于50%时，其压实作业接近于填土路堤，宜按7.4.5.3款和7.4.5.4款进行。

7.8.2 土石混填路堤的压实度检验方法条文揭示了灌砂法或水袋法及按7.1.5条规定的方法两种。前者适用于巨石含量较少时，后者适用巨石含量较多，用前法检验有困难时。

7.9 高填方路堤的压实

7.9.1 高填方路堤的基底承受路堤土本身的荷载很大，一般应进行路堤稳定性验算和对基底土的承压强度值的检查。如对原土进行常规压实仍不能满足稳定验算要求时，应按照9.3节的规定进行地基改善加固处理。

7.9.2 公路高填方路堤在平原区比较少见，多见于半填半挖的陡峻山坡旁或路线跨越深谷时，大型压实机具常不能进入现场压实。

故条文规定当场地狭窄时，宜采用小型手扶式振动压路机或手扶振动夯进行。

7.9.3 高填方路堤分层压实的松铺厚度与一般填方路堤相同，也应根据填筑材料类别和压实机具性能按照 7.4.5 条的要求通过试验确定。

8 路基排水

8.1 一般规定

8.1.1.1 水是形成路基病害的主要因素之一，路基强度和稳定性同水的关系十分密切，条文对路基施工的排水工程作了原则性规定。

危害路基的水有地面水和地下水两类，因此路基排水工程分为地面排水和地下排水。

8.1.1.2 在路基施工前期的准备工作阶段，根据路基排水设计，进行一次实地核对和考察，可确保全线在施工全过程中能形成完整的排水系统。

8.1.1.4 路基排水工程首先施工桥梁涵洞及路基施工场地范围以外的地面水和地下水排水设施，应使地基和填土料不受水浸害，保证路基工程质量和进度。

8.1.2 施工场地的临时排水设施与路基永久性排水设施相结合可减少临时工程费用。

8.1.3.1～8.1.3.4 所提出的质量要求系原则规定，具体规定在各类排水设施中分别提出。详见 13 章。

8.2 地面水的排除

8.2.1.1 依据原规范第 3.2.2 条编写。在矮路堤地段的边沟深度不得小于 0.3m，并应采取加固措施。

8.2.1.2 依据原规范第 3.2.7 条编写。边沟出水口的间距与雨量、地形等因素有关，一般雨量稀少地区和靠近山脊的道路出水口

可以少设，其间距可以加大，对多雨地区及沿溪道路出水口应多设，间距须减小。

8.2.1.3 依据原规范第3.2.9条编写，但原规范只强调了曲线内侧边沟，根据有些资料介绍，曲线外侧也应按常规加深，故对此作了补充规定。

8.2.2.1 依据原规范第3.2.11条编写。但原规范规定了在无弃土堆时，如土质良好堑坡不高，将得不到截水的效果，而且会使截水沟变成为边坡坍滑的顶部边线，反而带来严重不良后果，这种现象在我国西南地区及南方山区发生较多。故截水沟断面一定按设计施工，不能太小。

根据调查反映，在可能条件下沟渠应尽量进行加固，因经过加固的沟渠，冲刷渗漏明显减少，淤塞后的清理疏通工作也很容易。但加固后的截水沟在山坡上方一侧的砌石与山坡土连接处应进行严密夯实和处理，以防顺山坡下来的水不流入截水沟而从砌石的背后渗入影响山坡稳定。

8.2.3.1～8.2.3.2 排水沟的位置可根据需要结合当地地形等条件而定，离路基要尽可能远一些，避免水溢流到路基上。在平面上要力求直捷，需拐弯时要做成弧形，尽量圆顺，使排水顺畅，排水沟连续长度不宜过长，以免流量增加而漫溢。

8.2.4.1 跌水与急流槽要抵御流速大的水流冲刷，需用浆砌片石或浆砌混凝土块砌筑。跌水台阶的作用在于消能，宜利用地形少挖土和不填土。

8.2.4.2 急流槽主体部分纵坡依地形而定，可减少挖填土方，加强砌石工程稳定。

8.2.5.2 纵坡小的弯道超高的路段，路面水都向内侧汇流，故拦水缘石只设在内侧；在纵坡较大的弯道超高路段，路面水可能沿纵向两侧漫流，故两侧均宜设置拦水缘石。纵坡大小的界限与超高大小有关，一般为1%～2%。

8.2.6 平原地区排水较为困难，挖成取土坑后，其底部较原地面低，排水更为困难了。以取土坑作为蒸发池，在雨水较少地区是一

个较好的选择。本条和以下各款规定了设置蒸发池的技术要求。

8.3 地下水的排除

8.3.1.1 沟底如不埋入不透水层内，则沟底以下含水层来的地下水不能被截走，仍将渗入路基内。寒冷地区的排水沟不应用明沟截排地下水，以免在天寒时，水冻结在沟内，失去排水作用。

8.3.1.2 排水沟或暗沟设置沉降和伸缩缝，可使不均匀沉降或伸缩裂缝限制在设缝处，而缝中填塞有沥青麻絮或沥青木板或土工合成材料弹性物，不致漏水。

8.3.2.1 渗沟可埋设于路基边沟下面或横过路基。若流水量较大，可在填石中或在路基边坡表面上设置水管、孔洞，均称为渗沟。为使填石渗沟发挥效用，故规定如条文。

8.3.2.3 管式渗沟的地下水流量，越往下游越大。为避免渗管容纳不了，应设管分流，或将全部渗管直径加大。

8.3.2.4 石盖板厚度可按板顶荷载和石料强度计算确定，但不宜小于 15cm。

8.3.2.8 渗沟顶部设封闭层的目的是防止泥沙侵入反滤层和防止地面水进入渗沟。

8.3.2.9 为了保持渗沟的效果良好，防止淤塞，做好反滤层是主要关键。因此施工时应按设计要求，选择排水填充料及各层反滤层材料，并筛洗干净。反滤层的一般做法是先铺碎石，然后铺砾石，再在上面铺砂，同一层中粒径要求均匀。

8.3.2.10 渗沟基底埋入不透水层的理由见 8.3.1.1 的说明。

8.3.2.11 渗沟自下游向上游开挖，可使开挖后的沟槽立即做成渗沟，地下水可以从渗沟中排走。

8.3.3.2 渗井的排水填充料和反滤层的施工方法，通常用铁皮套筒分隔，填入不同粒径的材料，随着填料的增高再逐段拔出铁皮套筒。

由于排水渗井易于淤塞，造价较高，一般不常选用。

8.3.4.1～8.3.4.3 渗池与暗管配合排除地下水，分两种情况，

如所在地区不产砂石料则用暗管排水，如所在地区盛产砂石料，可用渗沟代替暗管，但四周必须做好反滤层和隔水层，以免年久淤塞和渗水。渗沟的纵坡不应小于1%。

暗管或渗沟出口应防止水流冻结和冲刷，暗管（渗沟）的最末一段纵坡应适当加大以利排水，在冰冻地区，出水口要采取保温措施或开挖纵坡大于10%的排水沟以防水流冻结。

为避免暗管漏水、漏气，管头须用沥青麻絮、水泥砂浆及土工合成等材料封闭。

8.3.5.1 用土工织物做排水隔离层是一种新材料，施工时应注意：在土工织物铺设前应进行场地准备，最好选择在旱季，地下水位降低时，在原土基地面（或设置隔离层的部位）进行平整（包括伐树、挖根及清草皮）并经充分碾压构成既定的横坡度。

土工织物铺设后应适当拉平，并保持一定松驰度，随之用木桩或石块固定，在填料铺筑前严禁车辆在土工织物上通行。

在隔离层上填筑路基时应先从中间向两侧卸料填筑。

8.3.5.3 渗沟排水层反滤层填料用土工织物的包裹方法是：先将土工织物立放于已挖成形的沟之两侧，再将填料填在两侧土工织物的中间最后将土工布的余高折叠成封盖，其上填粘土夯实或浆砌片石。

8.3.6 一般地区和寒冷地区承压水的排除（包括冻结沟、保温沟等设施）。

8.3.6.1 一般地区冒出浅承压水如不先消能使之成为无压水，则会四处漫流，不能引入沟渠排走，故规定如条文。

8.3.6.3 在寒冷地区的地下水排水设施如因地形等条件所限，未能埋设于冻结深度以下时，上层填土可填炉渣或泥炭覆盖保温。

8.3.6.4 保温沟的保温材料有树枝、秫秸、锯末、炉渣、泥炭、青苔等，其覆盖厚度应通过热工计算确定。

8.3.6.5 冻结沟须在秋末开挖，于冬季封冻之前完成，当地表径流较大时，冻结沟须设不小于1%的纵坡以便在雨季排除地面水。

8.3.7　特殊气候地区积聚水的排除：

8.3.7.2　砂桩的成孔可用机械或人工，也可用打桩法将桩打入土中后拔出，再在孔眼中填满砂料。

8.4　高速公路、一级公路的路基排水

8.4.3　高速公路和一级公路行车速度高，交通量大，而且封闭交通进行维修有相当的难度，为使路表面水不冲毁边坡、中断交通，条文规定在边坡防冲刷无保证的条件下，不宜用散排地表水的方式排水。一般情况下，宜采用拦水缘石配合簸箕口、急流槽等形式排除地表水。

9　特殊地区的路基施工

9.1　水稻田地区路基施工

9.1.1　水稻田排水疏干是十分重要的工序，尤其是在我国南方修筑公路更应重视水稻田排水疏干工作，有了干燥的原地面，才能对原地面进行技术处理。

9.1.2　水稻田地区路基施工特别是填方路基施工对原地面进行处理的目的是提高基底强度。土质较好，含水量适度，翻松压实，达标即可；淤泥应换填；过分潮湿土应掺固化剂、生石灰、粉煤灰以吸收多余水分达到压实的目的。

9.1.6　浆砌截水沟、边沟连通，可防止地面水流入或浸入路堑冲刷边坡。浆砌加大边沟可作为田路分离的重要标志。

9.2　河、塘、湖、海地区路基施工

9.2.1　本条是按照河、塘、湖、海地区路基特点拟定的。

河、塘、湖、海的路堤，多受水浸，其特点是：

(1) 浸水路堤除承受普通路堤所承受的外力和自重外，还要承受水的浮力和渗透动水压力的作用。因此浸水部分路堤，应选用水稳性好的材料，分层填筑，分层压实，分层厚度不大于 30cm 松厚，压实度应符合设计要求，当设计无规定时，应符合表 7.1.1 的规定。渗透动水压力 D 作用于浸润线以下土体的重心，平行于水力降坡 I，作用力

$$D=I\cdot\Omega_{\beta}\cdot\rho$$

式中：　I——渗透水力坡降；

Ω_{β}——浸润曲线与滑动面之间的土体面积 m^2；

ρ——水密度。

土的渗透性具有高度的不均匀性和各向异性性质。见表2。必须按设计要求挑选填料和控制压实标准。

土的渗透性分类 表2

透水程度 (cm/s)	渗透性				
	高	中	低	极低	实际不透水
渗透系数 k	$>10^{-1}$	$10^{-1}\sim10^{-3}$	$10^{-3}\sim10^{-5}$	$10^{-5}\sim10^{-7}$	$<10^{-7}$

例如干净砾石 k 值可达30cm/s，纯粘土则小于 10^{-9}cm/s，中等透水性的土（如亚砂土、亚粘土等）在水位骤降时，对边坡稳定性影响较大。

(2) 软弱地基或土基，应慎重处理，处理不当，则路基易出现沉陷和失稳，例如一般的固结快剪试验，对于 $w=60\%$的淤泥，软土内聚力 $c=0.007$MPa；对于 $w=45\%$的淤泥质土，$c=0.013$MPa；假定安全系数为1.3，填土极限高度内摩擦角 $\varphi=0$，根据地基强度公式 $h_1=\dfrac{(\pi+2)\ c}{\rho_1}$，取 $\rho_1=2\times10^3$kg/m^3 则：

极限填土高度分别为1.4m和2.6m，超过此限值，路基即将出现异常现象。

(3) 边坡和堤脚易受水流的冲刷和冲淘，必须按设计要求采取预防措施。浸水路堤边坡稳定性当设计无规定时通常可采用条分法验算。

抗滑力矩

$$M_{抗}=\Big[f_C\sum_1^C Q_C\cos\alpha_L+f_B\sum_1^B (Q_C+Q_B)\cos\alpha_B+\sum_1^C (C_CL_C)+\sum_1^B (C_BL_B)\Big]R$$

滑动力矩

$$M_{滑}=\Big[\sum_1^C Q_C\sin\alpha_C+\sum_1^B (Q_C+Q_B)\sin\alpha_B\Big]R+\Big(\sum_1^B D\Big)r$$

式中：B——饱和土的分条数；

C——干土的分条数；

Q_C+Q_B——分条的干土质量加饱和土质量；

α_C、α_B——干土和饱和土的 α 角；

γ_B——考虑水的浮力后的土体单位质量。

9.2.2 重丘、山区沿河路基施工应根据其实际情况按条文规定施工：

（1）河床纵坡一般较大，山洪对路基边坡会产生较大的推移力。沿河路堤边坡宜根据水的流速情况，按照设计的防护措施执行。

（2）路基跨越地质不良、地形陡峻的峡谷，且流域中上游有大量降雨或冰雪急剧消融时，或有遭受泥石流的侵袭和破坏时，路基应按照设计规定设置防治构造物，以保持路基的稳定。

（3）路堑边坡碎落体和施工弃方如处理不当，极易阻塞边沟和引起河道壅塞。

（4）沿河半填半挖路基，在半填部分应仔细作好台价，逐层选用与切体相同的土壤填筑，并按设计要求予以压实，可以防止出现沉裂或失稳。当不能取得与切体土壤一致材料时，可选用水稳性好的土填筑。

9.2.3 水库地区路基

9.2.3.1 路基使用状况受控于库区规划。受水浸蚀的路基，须按 9.2.1 条的规定进行施工。

河、塘、湖、海地区路基状况均与水有密切关连，路基的损害，如沉陷、沉裂、失稳、冲掏、冲毁、淹堵、坍岸、管涌等也均与水有关。

9.2.3.2 遇到湿陷性或软弱地基时，必须加以处理，处理方法可参照 9.3 节有关规定。

9.2.3.5 水库区内水位变化幅带范围内的路基，在风浪、水位、形态结构、地质、淤积等多种因素影响下，易引起坍岸现象。岸坡必须按照设计予以防护，当设计无规定时防护高度可参照以下公式计算：

$$H_2=h_0-(h_d+H_s) \tag{1}$$

式中：H_2——岸坡防护下限高度；

h_0——最低水位；

h_d——低水位时最大冲刷深度；

H_s——安全高度，一般取 0.5m。

防护和加固方法，当设计无规定时，应考虑水流破坏作用的性质、大小、水位变化和动水压力的影响。因为两侧水位不同，水位高的一侧，将向路堤低的一侧渗透产生动水压力，与此同时，填土抗剪强度显著减弱，容重在浮力作用下减小，低水位一侧，边坡及坡脚稳定性将显著降低，因此必要时，必须进行防护加固处理，处理方法可参照第 11 章选用。

9.3 软土、泥沼地区路基施工

9.3.1 软土的定义

目前对软土一词解释不一，有的把软土视为整个软弱土质的简称，有的视为整个软弱土基的简称，《公路土工试验规程》对软土划分见表 3：

软土划分表　　表 3

指标 / 土类	含水量 w_0（%）	孔隙比 e	压缩系数 a（kPa^{-1}）（在 100～200kPa 压力下）	饱和度 S_t（%）	内摩擦角 φ（快剪）（°）
粘　　土	＞40	＞1.20	＞0.05	＞95	＜5
中低流限粘土	＞30	＞0.95	＞0.03	＞93	＜5

但表 3 没有包括饱和有机质土，日本高等级公路设计规范软土地基定义主要指：由粘土和粉土等细微颗粒含量多的松软土，孔隙大的有机土，泥炭以及松散砂等土层构成的地下水位高、其上的填方及构造物稳定性差且发生沉降的地基，“日本规范”对软土地基分类如表 4。

我们认为：从广义上讲，只要外荷载加在土基上有可能出现有害的过大变形和强度不够等问题时，都应该视为软基而认真对待，并进行必要的处理。当前高速公路的迅速发展，软土地基问

题逐渐引起各方重视，它所产生的问题可归纳如下：

“日本规范”对软土地基分类表 表 4

土层土质分类				w_0（%）
粘土质地基	高含量有机质土	泥炭	纤维质含量高的有机质土	＞300
		黑泥	分解严重的高含量有机质土	200～300
		有机质土	塑性图 A 线以下的有机质土	100～200
泥炭质地基	细粒土	火山灰质粘性土	塑性图 A 线以下火山灰质土	100～200
		粉土	塑性图 A 线以下膨胀性大	50～100
		粘性土	塑性图 A 线以上或附近膨胀性小	50～100
砂质地基	砂粒土	砂质土	＞74μ　占 15%～50%	30～50
		砂	＞74μ　不足 15%	30

（1）由于公路等级高，填土厚度大，因而沉降也大，甚至要解决失稳问题；

（2）桥台与路的沉降差，由于车速高，桥头跳车突出；

（3）由于机械化施工速度快，要求软土的沉降在路面工程施工前完成大部分；

（4）解决软土地基在扩建工程中同一断面基础软硬、沉降不一对路面所产生的影响；

（5）由于路面宽，中心沉降偏大引起的涵管弯曲和路基路面横坡变小等问题；

(6)软土地基在什么条件下才能应用于刚性或柔性沥青路面。

因而对软土的鉴别，可以提示或警告设计与施工人员，路线已进入软土地基地段，以引起高度的重视和警觉。

软土的物理、力学特性如下：

（1）天然含水量高、孔隙比大。如塘沽，土层深度 8～17m 区间，含水量 w_0 为 47%；上海 6～17m 区间，w_0 为 50%；福州 3～19m 区间 $w_0=68\%$。软土的天然空隙比一般都大于 1，多数在 1.0～2.0 之间。

(2) 透水性差。软土亲水性强透水性差，且有明显的方向性，软土的粘粒含量、有机质含量和液限愈大，渗透系数就越低。

(3) 压缩性高。软土由于孔隙比大，土粒间连结结构不稳定，具有高压缩性的特点，且随液限的增加而增加，压缩系数一般在 $5.10\times10^{-7}\sim1.53\times10^{-5}$ (Pa)。

(4) 抗剪强度低。不排水剪切时，内摩擦角接近于零，一般情况下，内摩擦剪应力小于 19.92kPa，排水剪切时，抗剪强度随固结程度增加而增大。

(5) 触变性和蠕变性。软土结构未被破坏以前具有一定的结构强度，一经扰动，强度迅速降低，但随静置历时增长，强度将逐渐恢复；软土在受荷载作用或荷载变化过程中，将发生连续持久而缓慢的变化，这对工程易产生危害性。

9.3.5 软土处治方法

近年来高等级公路广泛采用的软土基处理方法有如下几种：

(1) 塑料排水板法。

此法于 70 年代开始引进用于水利工程，80 年代沈大高速公路、京津塘高速公路、武黄一级公路已正式采用，广深珠高速公路深圳段也已大面积使用。目前我国上海、天津、南京、建湖等市县均有生产，南京产的 SPB—1 型塑料排水板技术性能如表 5：

SPB—1 型塑料排水板技术性能表 表 5

性能		计量单位	型号			注
			SPB—1	SPB—1B	SPB—1C	
材料			塑料板芯外面包裹土工布滤膜			
截面尺寸	宽度	mm	100±2	100±2	100±2	
	厚度	mm	＞3.5	＞4.0	＞4.5	
纵向透水量		m^3/s	15×10^{-6}	25×10^{-6}	40×10^{-6}	侧压 350kN/m
复合体抗拉强度		kN/10cm	＞1.0	＞1.3	＞1.5	延伸率为 10%时
复合体延伸率		%	＜10	＜10	＜10	拉力为 1kN/10cm
每卷长度		m	200	200	200	

塑料排水板由工厂制作，质量稳定，重量轻，运输保管方便，施工机械简单，投入劳力少。渗滤吸水性能好，具有一定强度和延伸率，工效比袋装砂井高，对软土地基扰动小，插入深度国内已有深达 20m 的记录，对超软土地基处理最为理想。但塑料排水板对提高土层的抗剪能力不如袋装砂井，在需要抗滑稳定的软基地段，应经比较后选用。

（2）土工布法

土工织物加固软土地基，是近年发展起来的一项新技术，从 1979 年至今，国际上已召开了四届土工织物会议，我国在 1986、1989、1992 年也已召开了三届全国性土工织物学术讨论会，由于土工布具有良好的隔离、排水、加筋等物理力学性能，过滤型土工布还具有既能保证孔隙水可自由流出，同时又能截住细颗粒的良好水力特性，虽然公路上应用起步较晚，但已取得了良好效果，交通部重庆公路科学研究所通过计算分析和试验对比，初步得出如下结论：

a）土工织物受材料、编织方式、试验方法等因素的影响，其强度、性能差异很大，土工织物的应用，应根据实际情况加以分析，妥善选取。

b）土工织物对软基路堤的加筋，其主要作用是限制了软基和堤的侧向位移，增加了侧向约束，从而降低了应力水平，加强了路堤的稳定性，但加筋效果受到了织物模量、软基模量、软基厚度等因素的影响。

c）土工织物的加筋效果与施工速度有关，一般来说施工速度快，加筋效果好，施工速度慢，加筋效果不显著。

d）用邓肯模型来耦合 boit 固结理论对实际工程进行有限元分析，基本上能模拟实际施工情况，为重大路堤的设计与施工提供较优方案。

e）土工织物在实际应用中简单易行，无需特殊设备，任何工地均可采用。

（3）袋装砂井法

由于软土一般是饱和的，它的沉降过程主要是排水过程。只有保证排水通道通畅才能达到加快沉降的目的，普通砂井在用沉管排土后灌砂并拔管时，软土的水平压力易使砂井的连续性遭受破坏而且软土在填土荷载作用下不仅产生垂直方向沉降，还可以产生水平方向位移，使砂桩成弯曲状，而砂不能抗拉，从而影响排水固结作用。

袋装砂井直径 7cm 可以较好的避免软土水平压力破坏其连续性，同时具有施工设备简单，速度快，用砂量少，价格便宜等优点。沪嘉高速公路于同样 4m 的路堤高度，当用袋装砂井为 1.5m 间距，16.6 个月实测沉降值为 84.3cm，而自然沉降段 20 个月实测沉降值为 56.6cm，推算最终沉降值分别为 91.61cm 和 69.00cm，完成固结度分别为 92%和 82%，因此，说明采用袋装砂井加速地基固结是有效果的。

9.3.12 软土区路堤填筑时做好沉降、位移观测的目的是控制填筑速度不超过规定值，以保证地基稳定。

9.4 盐渍土地区路基施工

9.4.1 地表土层 1m 内的土易溶盐含量大于 0.5%时称为盐渍土。当易溶盐含量超过 0.5%时，土的性质开始受到盐分的影响而发生改变。盐土地区路基施工系根据盐渍土的工程性质及其对路基稳定性的危害和应采取的防治措施而制订的。

9.4.1.1 盐渍土作为路堤填料的适用性，首先与所含易溶盐的性质和数量有关，其次与所在自然区域的气候、水文和水文地质条件有关，此外也与土质道路技术等级和路面结构类型有关。对路堤填料含盐量不得超过规定允许值，指的是修订后的“公路路基设计规范”的规定值。

9.4.1.2 含盐量大的土层一般分布在地表数十厘米的范围内。加强检测时，如发现上、下层含盐量不一样，但总的平均含量未超过规定允许值时，可以通过将上、下两层盐土打碎拌和来保证填料含盐量的均匀性。

9.4.1.4 根据以往公路、铁路多年实践经验，石膏土或石膏漠均可做为路堤填料。蜂窝状和纤维状石膏土，由于其疏松多孔，用做填料时，应破碎其蜂窝状结构，以保证达到要求的压实度。

9.4.2 采用重型压实标准，可以增大填筑土的密度（密度对盐胀量有一定影响）。密度大的路基对水和盐分的上升起阻碍减缓作用，可使次生盐渍化大为减轻。压实时，应控制略低于最佳含水量为好。缺水的干旱地区含水量不足时，争取加水到最佳含水量的60%～70%以上，也可采用增大压实功能的方法来达到要求的压实度。限制压实层松铺厚度是保证压实度达到规定的重要措施。

9.4.3 盐土地区路基基底的处理，主要与基底的地表含盐量和地下水位有关。

9.4.3.1 一般含盐量大的土层多分布于地表，所以路堤基底的含盐量如超过规定允许值时，在填筑时先要挖除。

9.4.3.3 盐土地区的地下水位一般离地表是比较浅的，如果地下水的毛细水能进入路堤土体内，则土体的含盐量将逐渐增加，产生次生盐渍化，铺填渗水性强的大颗粒土或铺隔离层，可隔断毛细水不使其进入路堤土体。

9.4.4 在修建高级路面或次高级路面地段，仅采用渗水性填料，虽能隔离毛细水进入路堤土体，但不能防止强烈蒸发所产生的气态水携盐上升，聚积于路面下面造成破坏。因此在路堤下部设置封闭性的隔水层是必要的。

9.4.5 盐渍土地区水对盐土所造成的溶蚀是影响路基稳定的主要因素，雨水、融雪水的地面径流以及人为的排、灌水、流动水和积水携盐侵入路基，使路基土体聚积过量的含盐水分导致失稳破坏，因此施工中应及时合理地做好排水系统。

9.4.6 由于硫酸盐渍土有松胀性，氯盐渍土易溶蚀，且具有吸湿性，碳酸盐渍土遇水易冲蚀、崩解、湿陷，使路基的路肩和边坡部分松散软化，易遭雨水冲刷、风蚀及人员践踏的破坏，在运营期中，路肩宽度将日渐缩窄，给养护工作带来困难。因此对路肩和边坡的加固防护，应严格按照设计施工，不能随意改变或取消。

9.4.7 盐土地区路基施工，从清除基底表土开始，分层填土压实，直至达到路床设计标高要求，在较短时间内一气呵成。在蒸发量大的干旱地区施工表面极易风干，下层水分就会携盐上升，最好聚积于表层。如不能连续施工，下层盐向上层转移逐层递补，就会形成上层路基的再盐渍化和形成新的盐壳。否则，应当根据工程量、机械、人力情况合理分段，填完一层检验合格就要及时上第二层。

9.4.8 由于盐渍土中的土和盐状况随着季节不断变化，因此在盐土地区筑路，应尽可能地考虑盐渍土的土盐状态特点，力求在土含水量接近于最佳含水量时期，及不发生冻结，也不积水的枯水季节进行施工。对于不冻结的土地也可以考虑冬季施工。

9.5 风沙地区路基施工

9.5.1 在风砂地区筑路，由于沙质土松散、无粘聚性、在施工过程中易遭大风吹蚀和沙埋，因此通常采用分段施工、一气呵成的办法，同时遵循边施工边防护的原则，对路基、路基防护以及两侧的防沙工程都应配合施工、配套完成。对当日工程的未完部分特别是路肩和坡脚，在每日收工前要做好临时防护。

应争取在风少或风速小的有利季节施工。沙漠地区春季风沙大，施工防护有困难，应尽量避免在春季施工。雨季由于沙土湿润，行走容易，对挖、运、压实等施工作业也比较方便，施工最为有利。

9.5.2 在风沙地区天然生长的稀落植被都是很宝贵的。在施工营运中，首先要防止人为的任意砍伐公路沿线植被，再就是要防止因工程防沙措施不当而引起流沙再起、蔓延、沙化扩大，加剧沙害。植被保护带的宽度主要根据风沙严重程度和当地人为活动情况确定，必要时应请当地政府协助保护，并加强设防带。

一旦施工开始，防护工程或临时防护措施要紧密配合路基主体实施，需用大量的防护材料、劳力与机具。因此，周密的施工组织计划工作十分重要。

9.5.3 取土坑与弃土堆设置的位置、形状，对风速、风沙流的运动有很大影响。因此尽量保持路基两侧平坦、顺适的地形对防止沙害是十分重要的。

9.5.4 风沙地区沙质路基的压实与一般土质路基的压实有很大的不同。沙渗水性好，属于无粘性土，内聚力小，抗剪能力差，在外力作用下易产生位移。一般光面压路机行走有困难。

为了保证沙筑路基的压实质量，分层压实是必要的，压实效果以振动压路机和履带式碾压机械为好。为保证路基压实完成后不再被风吹蚀，可提前铺一层粗粒土作为路面底层。

在水源条件好的地方，用围堤放水、坠实沉沙并配合推土机或振动压路机碾压的方法施工十分有效。每填高 30cm 左右，加足够的水沉实，再结合碾压，达到要求的密实度。依此直至达到设计高度。对在沙漠地区应用土工织物加固路基的试验工作，石油部门和新疆公路研究所正在进行，初步效果是好的。

9.5.5 风沙流在沿平坦的沙质地表运动时，只有沙面引起摩擦阻力，对风、风沙流的影响不大，但当运动中的气流遇到土丘等阻碍物时，由于地形突然变化，引起贴地气流的分离，形成涡流。增加了局部阻力，使近地面的气流速度大大降低，从而削弱了气流搬运沙子的能量，破坏了风沙流中风和沙相互依存的关系，引起多余部分沙子从风沙流中跌落堆积。

对沙害地段两侧一定范围内的地表要求平顺，允许缓变，不得有突变，尽量保持原有平衡状态的地形地貌。

9.5.6 植物固沙是防治沙害、改善环境的根本措施，不仅能减低风速，削弱和抑制风沙流的活动，而且由于沙生植物有发达的根系，能固结其周围的沙粒。枯枝落叶的堆积还利于有机质的聚积，促进沙的成土作用，改变沙地性质，使流动趋向稳定。

植物固沙包括种草、种植灌木和乔木，防沙林带可以采用三者相结合的方法，取长补短，以达到最好的效果。

影响植物固沙的因素很多，主要是路线通过地区的自然条件，关键的条件是水，有水就可育草植树。种植管理也比较困难、复

杂而又需要较长的时间。

在半湿润草原带、半干旱草原带和年平均降雨量大于100mm，湿沙层含水量大于2%～3%的半干旱荒漠带，以及地下水埋藏较浅或附近有水源可利用地区应采用植物防沙。

当地无条件营造防沙林带或在植物防沙未起作用时，需采用工程防沙措施。

工程防沙措施通常以固、阻为主，固沙与阻沙相结合。输沙与导沙只适用于单风向风沙流活动地区，目前还处在试验阶段。

9.5.7 路侧沙害防治的措施很多，可以归纳为固沙、阻沙、输沙、导沙四种类型。格状沙障，兼具固、阻功能。其作用是增加地面的粗糙度，因而加大了对近地面气流的阻力，从而降低近地面风速，此外还可以截留降水，提高沙层含水率，实践证明是一种有效措施，也是目前常用的一种沙障类型。但格状沙障使用期短，是一种临时措施，同时苇草等是风沙地区宝贵的植物资料，已受环境保护部门关注，因而草方格的运用受到了限制。目前，有关科研单位正在研制试用塑料方格，以取代草方格。

9.5.8 采用粘性土、盐盖块等材料封闭路肩、坡面以及两侧地面的措施有很好的固沙、输沙效果，在有土源的地方，是一种方便而价廉的防护类型。

如配合植物固沙时，为防止粘性土隔断雨水，使雨水不能渗入沙层，不利于植物生长，可将平铺式粘土沙障改为带状或方格状。

9.6 黄土地区路基施工

9.6.1 黄土是一种特殊的粘性土，粉土颗粒含量高，多孔隙，呈黄红色，土中含易溶盐类，其中以碳酸盐含量最多，遇水易冲蚀、崩解、湿陷。黄土在我国分布范围很广，尤以北纬34°～41°的大陆内部干旱和半干旱地区特别发育。黄土高原主要是指秦岭以北、长城以南、太行山以西、日月山以东的黄河中游地区的陕、甘、宁、豫、晋等省。黄土在天然含水量时，往往具有较高的强度和较小

的压缩性。但浸水后，在土自重或外荷载或二者的共同作用下，其结构很快破坏，发生大量而剧烈的变形，强度也随之迅速降低，产生所谓黄土的湿陷性，而有的却并不湿陷。

因此，条文规定，在黄土地区施工应做好排水工作，防止黄土受水浸而湿陷，采用重锤夯实和石灰桩挤密加固的目的是提高土层的承载力，减少路堤下沉量。

9.6.2 黄土的变形特性、黄土地基的强度、填料的优劣等皆与时代、成因有关。适用于路基工程的新、老黄土多以时代和成因分类。如表 6 所示：

黄土工程分类表 表 6

分类名称	地层名称	地质符号	地质年代	按成因划分
新黄土	马兰黄土 2	Q_4	全新世（近人）	1. 风积 2. 冲积或洪积 3. 坡积
	马兰黄土 1	Q_3	晚更新世（新第四纪）	
老黄土	离石黄土上部	Q_2^2	中更新世［中第四纪］	不分
	离石黄土下部	Q_2^1		
红色黄土	午城黄土	Q_1	是更新世［老第四纪］	

9.6.2.2 黄土路堤，尤其是高路堤，常在填挖交界面上产生裂缝，除了因路基本体沉陷，结合处被拉开外，结合面处理方法不当也是一个原因，由于黄土坡面常呈陡立形态，无法挖结合台阶，有时可用土工钉来加强结合，土钉一般可用 φ18mm 的钢筋长 80cm，打进老土面 40cm，间距 1.0～1.5m，一般每两层填土高度楔进一排。

9.6.2.3 黄土路堤的边坡容易遭受雨水冲掏，施工防水措施极为重要，故成型后的路堤应及时拍紧、整平、刷顺，做好防护工程。

9.6.3.1 黄土地区多半干旱少雨，水源困难。高岗土一般偏干，低于或稍低于最佳含水量，采用 15t 以上重型压实机具，控制层厚，可以获得满意的压实效果，低阶地和农业灌溉区含水量一般偏大，一级以上公路施工为争取时间，通常采用加入石灰的方法

十分有效，拌和一般采用稳定土拌和机，其压实厚度不宜大于20cm。

9.6.3.2 高路堤路基边缘部分的压实度通常两侧每边加宽30～50cm，路堤完工后进行刷坡，一般刷70～100cm高，然后做一外倾的护坡道，并将下部刷顺，夯拍紧密。

9.6.3.3 黄土是一种特殊的土壤，遇水之后强度变化很大。高速公路、一级公路交通量大，平整度要求较高，为确保高速行车舒适，营运中路床不产生形变，故对上路床的土质提出了强度的规定。

9.6.4 对高度大于20m的路堤，其竣工后下沉量的计算，目前尚无合理的理论计算方法，据铁道部科学研究院西北研究所和铁道部西北第一勘测设计院进行的高路堤沉降观测资料，Q_2、Q_3黄土地基，因填土自重所产生的压缩下沉量，施工期间已完成80%～90%。对高等级公路采用重型击实标准的路基（高路堤）目前尚无可靠资料积累，高路堤沉降观测资料尤其缺少，故条文规定按设计要求预留沉降量。

黄土地区高路堤路基的施工排水和道路竣工后，防止地表水浸入路基十分重要，水是黄土路基产生病害的外部条件，水渗入路基后，一方面溶解黄土中的可溶盐，另一方面在微粒间起着润滑作用，使黄土在自重作用下发生位移，产生沉陷和陷穴。

9.6.5 由于黄土有直立特性，能支持垂直边坡，天然黄土陡壁多呈近90°的边坡，黄土路堑边坡根据黄土的这一特性常设计成陡坡。其好处是：①经济，可以节省大量土方；②由于黄土的抗水性弱，抗冲刷能力较低，陡坡可以减少雨水的受淋面积，减少雨水渗入坡面，避免坡面剥离崩塌，有利于边坡稳定。

路堑路床部分（路床顶面以下0～30cm）压实度要求较高，对一级以上公路应大于95%，对其他公路应大于93%，因此当施工挖到接近设计标高时，对这部分土基必须进行检测，按规定处理。

9.6.6 由于黄土地区水土易流失及黄土的渗透、湿陷等特性，使得黄土地区的路基排水与一般地区有所不同，应特别注意防冲、防

渗，以及水土保持等问题，对高路堤和路堑顶、坡面、底脚若排水设置不当，该设未设，任水下渗，冲刷冲掏，会引起土体滑坍、坡面产生冲沟，进而崩坍。因此，做好排水系统是保证路基坚固稳定的一项重要设施。

9.6.7～9.6.7.1 黄土经水的冲蚀与溶蚀形成的暗沟、暗洞、暗穴等统称陷穴，它的危害性很大。黄土陷穴是由黄土的某些特性（垂直节理、多孔性、大孔性、含可溶盐等）所引起的一种物理地质现象。

当黄土类土受水浸泡时，水一方面溶解黄土中的可溶盐，另一方面在黄土微粒间起着润滑作用，使黄土微粒在自重作用下发生位移下沉，使地表发生沉陷现象。故条文规定应将地表水、地下水引入防渗层的水沟内排走。

9.6.7.2～9.6.7.3 水的潜流溶解黄土中的可溶盐，破坏黄土结构，松动黄土微粒及其集合体，并携带它们流向出口。这样逐渐淘蚀黄土体，使其中产生暗穴。暗穴的洞壁坍塌，又使其逐渐扩大。

陷穴有多种类型，一般多呈竖井状及串珠状。在地形起伏多变、地表径流容易汇集的地方和在土质松散、垂直节理较多的新黄土中，最容易形成陷穴，在填方路堤中，填土夯实密度不足是陷穴病害的主要根源。陷穴对公路运输畅通和安全具有相当大的危害，一般均需按条文规定进行处理。

9.7 多雨潮湿地区路基施工

9.7.1 多雨潮湿地区是指一级区划 IV、V 区范围内二级区划中的中湿区和过湿区。本区的主要特点是年降水量大，平均在 1000mm 以上。经常有泥石流、山洪暴发、泥泞、滑坡等自然灾害发生。特别是水网稻田地区，地下水位高，排水困难，经常降雨，因此土壤过湿，含水量比压实最佳含水量高很多，由此而造成修筑路基按规定要求压实困难。故应采取条文中的各种技术处理以达到质量要求。

9.7.2　高速公路、一级公路必须按本条规定的方法处理原地面，其他公路原地面处理可根据实际情况采用。

9.7.3　用过分潮湿的土填筑路堤难以压实到要求的压实度，所以需要换填或者掺入外加剂。

9.7.4.1　土的天然稠度是指土的液限与天然含水量之差和塑性指数之比，即：

$$w_c=\frac{w_L-W_0}{w_L-w_p}=\frac{w_L-w_0}{I_p} \tag{2}$$

式中：w_0——土的天然稠度(%)；

w_L——土的液限(%)；

w——土的天然含水量(%)；

w_p——土的塑限(%)；

I_p——土的塑性指数(%)。

路基干温状态与稠度关系见表 7。

路基干湿状态与稠度的关系　　表 7

路基干湿状态	干　燥	中　湿	潮　湿	过　湿
稠度 w_{c0}	$w_{c0}>w_{c1}$	$w_{c1}\sim w_{c2}$	$w_{c2}\sim w_{c3}$	$<w_{c3}$

注：w_{c0}——干燥状态路基常见下限稠度；

w_{c1}——干燥和中湿状态路基的分界稠度；

w_{c2}——中湿和潮湿状态路基的分界稠度；

w_{c3}——潮湿和过湿状态路基的分界稠度。

土壤潮湿状况分级见表 8。

土壤潮湿情况分级表　　表 8

土壤湿度分级 / 稠度	液　塑	极软塑	软　塑	硬　塑
w_c	0～0.25	0.25～0.50	0.5～0.75	0.75～1.0

过分潮湿土(即稠度为 1.0～1.1 的粘性土)的压实度采用轻型击实标准，是因为这类土含水量较大，如采用重型击实标准压实时，填土很易压成弹簧土。根据交通部公路科学研究所科研资料表

明，这类土即使晾干，按重型击实标准压实之后，本身极不稳定。当湿气侵入之后，土壤含水量很快增加，强度和密度亦随之而降低；待稠度达到 1.0～1.1 的范围时，趋于稳定，这时土的强度不再降低，含水量也不再增加，而形成稳定的结构层。故这类土壤，采用重型击实标准，是无益的。故条文建议采用轻型击实标准。

9.7.4.2 碾压过分潮湿土所填筑的路堤时，适宜压实设备的选择和碾压遍数、松铺厚度与碾压含水量与接近土的压实最佳含水量的填土不同，它不符合压实设备工作质量越大越好的规律。以工作质量过大的压路机碾压遍数过多时，不会明显增加土的密度程度，反而会使土体内部产生剪切破坏，导致“弹簧”现象。因此，条文规定应按 5.5 节修建试验路段确定。当潮湿土稠度 w_c 在 0.90 以上，每层压实厚度 18～20cm（松铺厚度乘以压实系数），经用犁铧反复翻晾，夏季施工半天至一天，稠度可达 1.0 以上。这时 10t 以上压路机可以碾压，压路机类型以轮胎压路机较好，光轮压路机应先轻后重，一般碾压 2～6 遍可使土体内空隙减至最小，达到最佳压实状态，即土层表面光亮平整，不发生明显软弹时，可停止碾压。此时的压实度平均为 85.3%。

以上是江苏某地区过湿土路基试验结果，其它各地具体情况不一样，只能作为参考。

9.7.4.3 已填筑并碾压后的路堤，在多雨地区如不立即铺筑路面，且无需维持通车时，将路基顶面标高上填筑一层防水粘土层（应予压实）或沥青封闭层可防止雨水浸入路堤中而降低路基表层强度，很有必要。

9.8 季节性冻融翻浆地区路基施工

9.8.1 翻浆是季节性冰冻地区公路的特有冻害现象，轻则路面弹簧、网裂，重则鼓包、冒泥、压翻，它能降低车速 30%～50%，多耗燃料 10%～30%，严重年份养修费用比例高达小修保养费用的 50%～60%，因此翻浆地区路基施工必须贯彻以防为主，防治结合的原则。

9.8.2～9.8.5　道路翻浆的主要因素有：路基土质、温度、水分、路面结构、行车荷载，其相互关系是：土质——内因，水分——条件，温度——媒介，荷载——激发，其中土质、水、温度是形成道路翻浆的三个自然因素，三者同时作用，翻浆才能形成。

（1）水

水是影响翻浆最基本最主要的因素之一，从某种意义上说，没有超量的水分，就不会形成翻浆。路基水的来源主要如表9所示：

造成翻浆水分的来源　　表9

种　类	来　　源
地下水类	山区多见于层间水、裂隙水、泉水，平原多见于潜水及降雨、灌溉引起地下水位升高
地面水类	边沟渗水，路面路肩及边坡渗水，路基两侧季节性积水，稻田、灌渠、河流的渗入水
土体水类	施工遇雨或用过湿土填筑路基
气态水类	强烈温差作用下，土的空隙中移动的水气遇冷凝结为液态水
薄膜类水	通过土颗粒所吸引的水膜移动而来的水，其规律由高温处向低温处、高压区向低压区移动

从防治翻浆角度认识路基水的来源，目的在于如何防止路基表面水的渗入，降低地下水位，减少路基的原始含水量，切断聚冰过程中水的供给来源。

目前有的季冻地区路面，通车后不久即发生坏损，其中很重要的一个原因是，施工过程中排水措施不好，以及竣工后未能形成完整有效的排水系统。

（2）土质

不同土质的土基，在水的作用下，所产生的形变积累是不同的，对冻前土基含水量和冻期聚冰量也有显著差异，一般来说，各类土的性质如下：

砂性土：透水性好，无塑性或低塑性，毛细作用弱，冻结过程中

水分聚流现象轻，强度和水稳性均好，即使含有较多水分也能保持一定强度。

粉性土：透水性小，吸湿性大，毛细作用强烈，负温度作用下水分聚流严重，土体中水分增多时，强度降低很快，易丧失稳定，是最容易翻浆的土。

粘性土：具有可塑性、干缩性，其透水性差，遇水膨胀强烈，毛细水作用较慢，在水源供应充足，且在土基冻结缓慢情况下，能形成比较严重的翻浆。

土基承受荷载、水、温度等多种因素影响，因此路基施工土基填料选择是防治翻浆的一个重要环节。

(3) 温度

温度影响主要视冷量、温差，负低温的持续时间和速度，它促成土体水的聚流和聚冰及其位置，初冬冷暖交替出现持续时间较长，冻结线长期停留在路面下较浅处，就会使大量水分聚流到距地面很近部位，土基上部聚冰少，翻浆程度相对就轻。采取必要措施，减少负气温的强度影响，是应予注意的。

(4) 路面结构影响

冰冻地区，对高级和次高级路面除考虑强度因素外，还应满足允许冻胀即满足防冻层厚度要求，特别是山区路堑地段，超炸、超挖所形成的大小炮坑；竖曲线顶部由于岩层开成反坡呈现的凹形；坡腰部位；土质路堑或遇水崩解软化的风化泥质页岩等类路堑，如果“控山水”丰富，找平填料质量差，施工又未相应采取隔、截、排措施，在强负温作用下，极易引起翻浆，辽宁省丹霍线岭顶和坡腰翻浆就属于这一类。

因此，季冻地区，路基施工翻浆防治措施，必须按照条文规定围绕路堤高度、排水、填料选择、压实、改善路面结构等主要环节，才能取得良好效果。

9.8.6 涎流冰

涎流冰可分为山坡涎流冰与河谷涎流冰，它发育蔓延阶段，路基路面能形成冰坎、冰槽甚至堵塞桥涵。融化阶段时能渗浸路基路

面，降低强度，导至翻浆；融雪洪流通过受阻时易引起路基水毁。

在一般寒冷和严寒地区，常采用集水渗井、渗池、排水暗管和渗沟；等防治措施，集水井适用于设在较集中的山坡地下水露头处，渗池适用于汇集较分散的山坡地下水，排水部分在产砂石地区可用渗沟，在不产砂石地区可用暗管；出水口必要时可设置保温和加固措施，保温材料可因地制宜采用树枝、秫秸、炉渣、泥炭、青苔等，加固措施如边坡可用浆砌片石封闭。

9.8.7 条文的规定是总结国内公路防止翻浆的成功经验而拟定的。

东北季冰地区近年修筑的沈大高速公路、环城高速公路、哈大一级公路等在翻浆防治方面采取的措施有：

(1) 合理提高路基。

(2) 路堤段为保证填料质量，多考虑集中取土场。

(3) 路基上层一定区间，要求采用水稳性及冻稳性均较好的填料。

(4) 碾压采用重型击实标准。

(5) 水文地质不良路段的路基底部，填以一定厚度的砂砾层。

(6) 路面结构层均考虑防冻层厚度要求。

(7) 路堑排水不良路段或控山水较重路段，以深边沟、渗沟等拦、截、排措施，防止对路基土的渗浸。

(8) 弃土不得对排水产生阻塞和干扰。

北方地区的京津塘高速公路、陕西三铜一级公路为防止施工中人为造成填料土体水的增加，在施工规范中还具体规定：

“只有当材料含水量在压实试验的界限范围以内时，路堤材料压实工作才能进行”；“超出最佳含水量±4个百分点的填料不得铺筑路堤”；“路堤每层的铺设要平行于最终的路基表面”，“施工期间，路床面必须始终保持良好的排水状态”；“事先修建好适当的临时排水沟”，“修建过渡边沟”，“保证排水通畅”等。

上述要求和规定，对防止冻害均有积极意义。

9.9 多年冻土地区路基施工

9.9.1 多年冻土地区路基施工宜先了解冻土的一般概念和冻土的力学性质：

1. 一般概念：

季节融冻层：是指受季节冻结和融化作用的地表层。

季节冻结层：是指冬季冻结时不与多年冻土衔接的土层。

冻土上限：是指多年冻土的上部界限。

冻土下限：是指多年冻土的下部界限。

衔接的多年冻土：是指多年冻土上限与季节融冻层相衔接的冻土层。

不衔接的多年冻土：是指多年冻土上限与季节冻土层不衔接的冻土层。

多年冻土分类：少冰冻土(不融沉)；多冰冻土(弱融沉)；富冰冻土(融沉)；饱冰冻土(强融)；含土冰层(强融沉)。

2. 多年冻土的力学性质

冻土一般由矿物颗粒、冰、未冻水、气体四相组成，多年冻土力学性质如下：

1)荷载强度

(1) 瞬时荷载强度

多年冻土由于冰的胶结作用，瞬时抗压强度比未冻土大许多倍。强度随温度降低而提高，因为温度降低时不仅含冰量增加，而且冰的强度也增加，冻土瞬时抗压强度与负温及含水量的关系见图 1 及图 2。

(2) 长期荷载强度

多年冻土在长期荷载作用下，抗压强度比瞬时荷载作用下要小很多倍，与冻土的含冰量及温度有关，由于冻土中有冰和未结冻水存在，在长期荷载作用下的强烈的流变性，冻土的抗压强度与荷载作用历时关系见图 3。

(3) 冻土融化强度

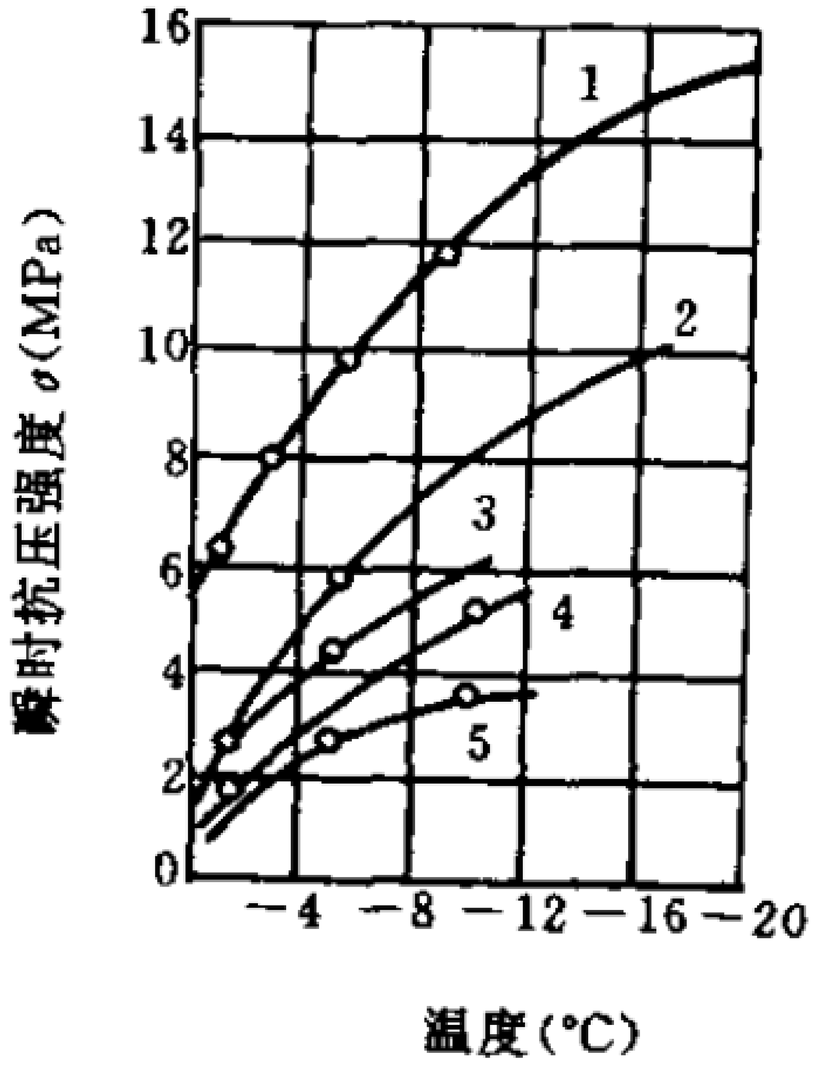

图 1　冻土瞬时抗压强度与温度的关系

1-砂；2、3-轻亚粘土；4、5-粘土

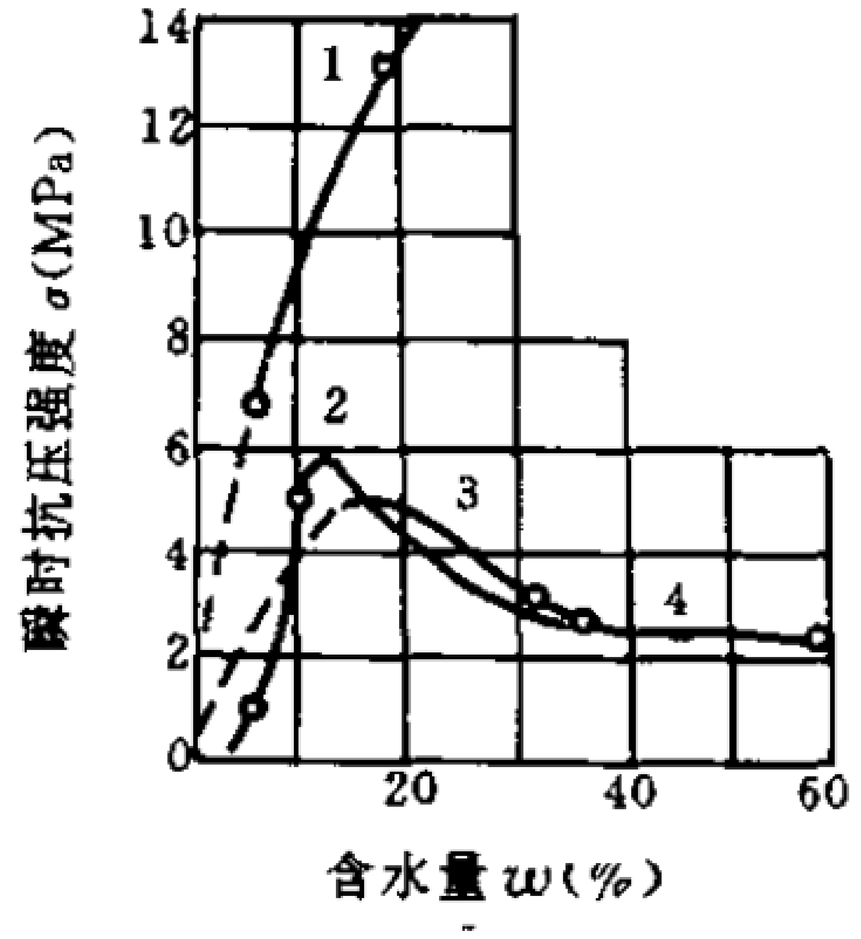

图 2　冻土瞬时抗压强度与含水量的关系

1-砂(0～－12℃)；2-轻亚粘土；3-粘土；4-粘土(0～－5℃)

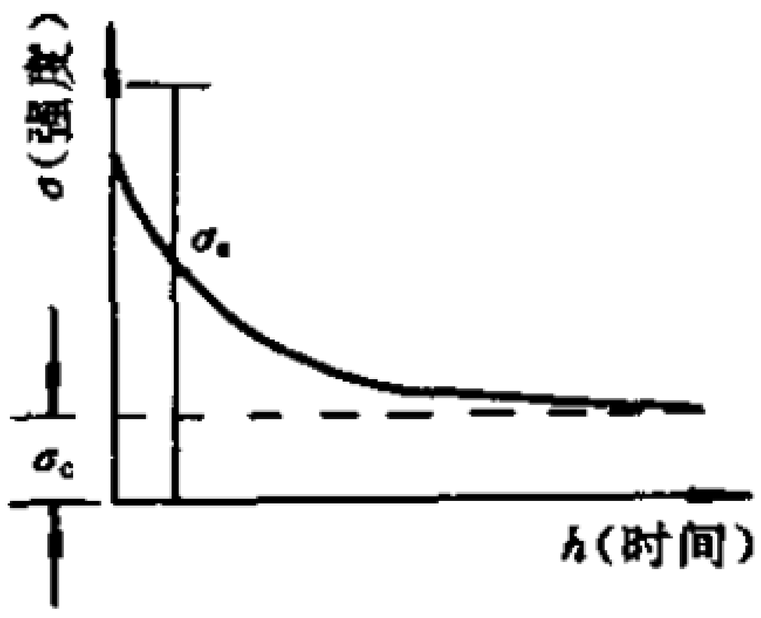

图 3　冻土的抗压强度与荷载作用历时的关系(应力松弛)

σ_c-长期抗压强度(MPa)；

σ_s-瞬时抗压强度(MPa)

多年冻土区，冻土融化时能使抗压和抗剪强度明显下降，特别是含水量大的冻土，融化后的内聚力约为冻结时的 1/10，土的固有结构被破坏，融化的冻土变成具为高压缩性和稀释的土体，这也是多年冻土地区地基融陷的原因，图 4 及图 5 为冻土长期粘聚力 c 与土温 t 的关系和冻土长期粘聚力 c 与含水量 w 的关系。

2)冻土的压缩性质

多年冻土在短期荷载作用下，压缩性很低，类似岩石，一般不计变形，当在长期荷载作用下，尤其是温度为－0.1～0.5℃的塑性冻土，其压缩变形相当大。

融陷变形一部分与压力有关，一部分与压力无关，因此冻土构造及其中腐殖质的含量对融化下沉系数有很大影响。

3)冻土的流变性

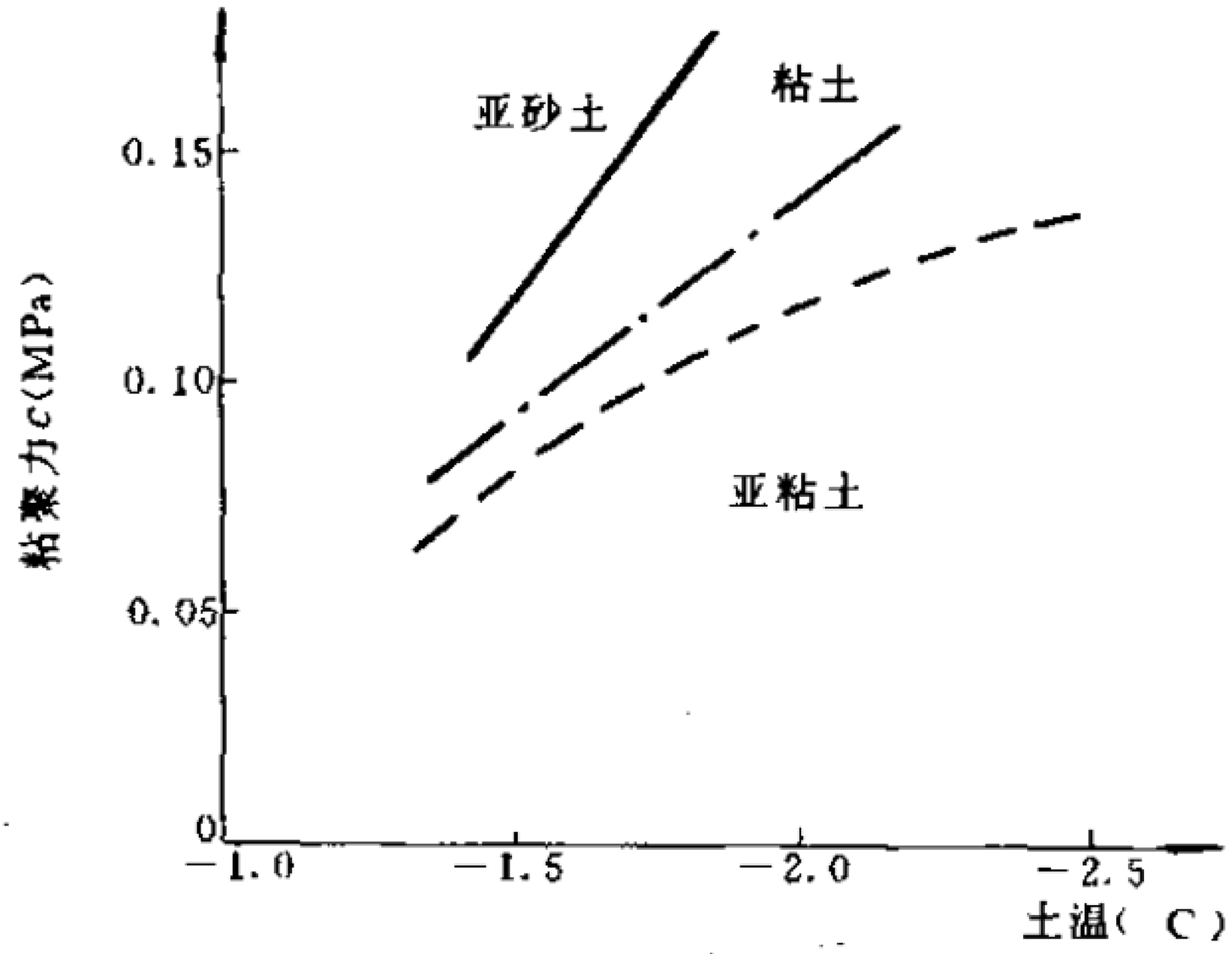

图 4　冻土长期粘聚力 c 与土温 t 关系

流变是冻土强度的主要特征之一，它包括蠕变和松弛两个方面。

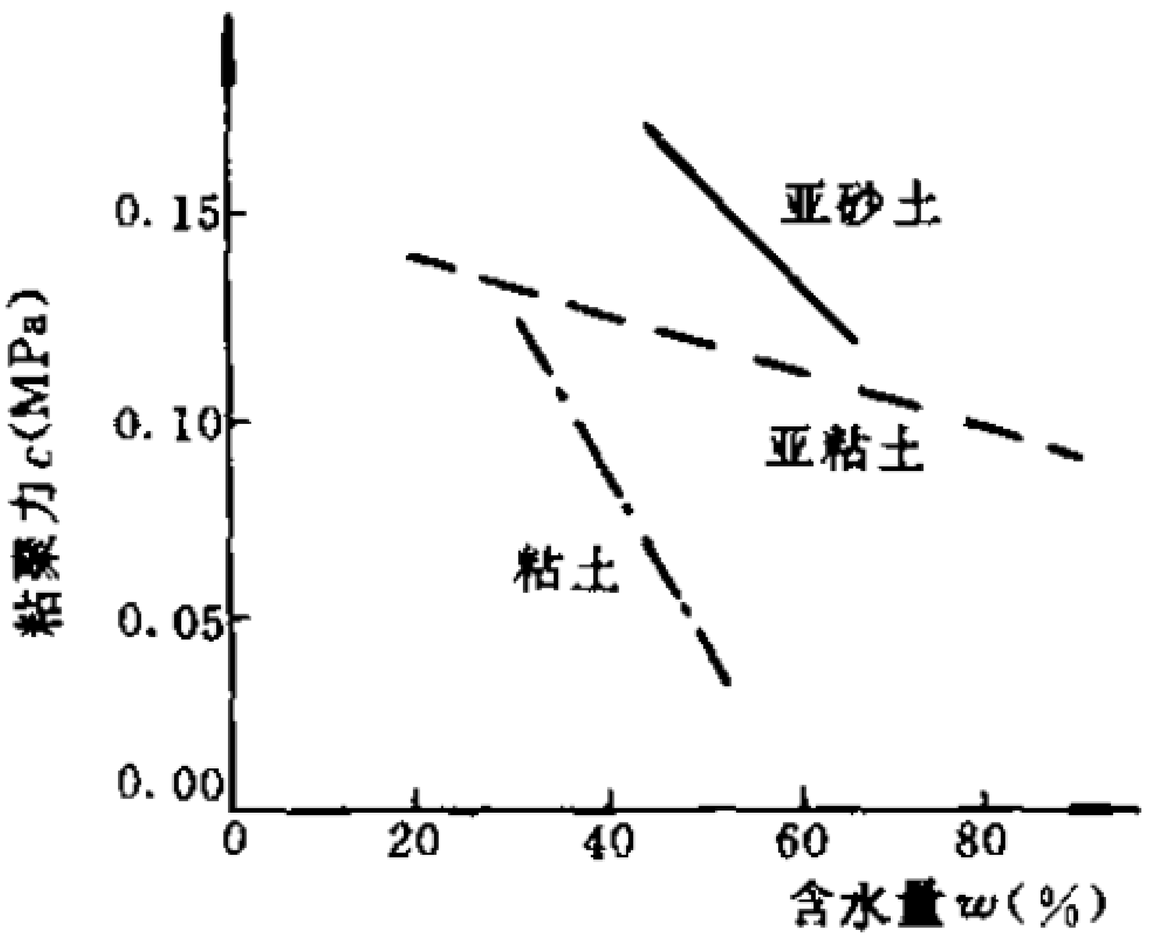

图 5　冻土长期粘聚力 c 与含水量 w 的关系

蠕变是指在不变的压力作用下变形随时间而发展，当荷载不超过持久强度界限，冻土呈衰减型变形，逐渐趋向某一稳定值，一旦荷载超过持久强度，冻土便出现塑-粘性流动，荷载越大，变形速率越甚。

松弛是指固定的变形条件下，压力随时间而衰减，当荷载迅速增加，塑性变形来不及发展，冻土的破坏带有脆性特征，此时破坏应力值也大，加荷速度越快，应力值越大，但当荷载略小于持久强度时，则冻土体不会遭到破坏。

4）冻土的冻胀与沉陷

影响冻胀力的因素主要有：水分、土温、土质、冻结速度、冰冻层厚度等；其中含水量、颗粒成分、温度状况也是影响冻土沉

陷的主要因素。

多年冻土中当土质和温度条件一定时，水分是影响冻胀力的主要因素，在水分和土温一定情况下，冻胀力和颗粒组成有密切关系，试验表明，亚砂土低于－0.1～－0.2℃，亚粘土、粘土低于－0.2～－0.3℃，土中开始产生冻胀力，但纯净的粗颗粒土，尽管处在不充分饱水条件下，也几乎不产生冻胀现象，这对实际工程应用有较重要意义。

冻土融化时沉陷，可分为热力沉陷和压实沉陷。由于在多年冻土中的胶结冰融化为水冻土的物理力学性质就有明显变化，使冻土产生体积收缩和孔隙率减少，导致路基的不均匀沉降。

9.9.1～9.9.3 考虑到上述永久冻土的物理力学性质，永久冻土地区路基施工强调如下原则：

（1）根据多年冻土地区冻土的具体条件，分别采取保持冻结、容许融化或者保护冻层的措施。

（2）路基排水应满足保持路基及周围冻土处于冻结状态的要求。

（3）路基填土高度应达到防止翻浆与不超过路基允许冻胀值所要求的最小填土高度。

（4）严格控制填料的含水量、材质和压实度，用粘性材料时要控制材料是否呈融化状态。

9.9.4.1 各种冻土地段采取保冻原则施工，可防止冻土的抗压强度降低。因为流水温度是大于0℃的，可使冻土融化，故条文规定了排水的具体要求。

9.9.4.2 严格做好路基的侧向保护、基底处理、填料选择和路基压实，可降低融化下沉系数或冻胀系数。

9.9.4.3 路基应尽量采用路堤形式，尽可能避免零填或浅挖断面，这是因为不论以何种细颗粒土填筑路堤，冻土上限均上升，上升值随填高而增加（这主要是地表散热大于吸热，冻结深度大于融化深度所致），这样路堤的基底能处于常年冻结状态，保证了路堤基底的冻土强度和稳定性。

9.10 岩溶地区路基施工

9.10.1 溶洞中如经常有水冒出，采取堵塞水流出的方法是徒劳无效的，故规定如条文。

9.10.2 当路基通过有水溶洞时，不论溶洞在路基上方或下方，只能采取将水排走远离路基，或按 9.10.4 条规定用桥涵跨越。处理岩溶时，必须做到溶洞内流出或渗出的水不能影响路基的稳定，也不能使路基受流出的溶洞水的浸润或浸泡，以免使路基变软，强度下降。因此，治理岩溶水的有效办法就是把流出的水用暗沟（或渗沟）排出路基，保证路基在最小填筑高度范围内不受水的影响，当最小填土高度达不到时，或修建暗沟、渗沟时，应按本规范有关规定设置隔离层。

9.10.4～9.10.8 条文系参照原公路路基施工技术规范及路基设计规范送审稿的规定，对于顶板安全厚度，宜按设计规定的计算方式进行计算。

9.11 滑坡地段路基施工

9.11.1 滑坡形式分类的施工措施是结合我国公路部门多年处理滑坡的经验，增加了一些有效的施工措施而提出的。处理滑坡一般都需要综合治理，应结合滑坡发生的实际情况，参考采用有关的施工措施治理滑坡较为适宜。现将滑坡形式分类说明如下：

（1）浅层流动性滑坡：属堆积层滑坡，堆积层在地面水或地下水的影响下，或坡脚被切割（人工开挖或河流冲刷等）而形成滑坡。滑坡体一般多沿下伏的基岩顶面、不同地质年代或不同成因的堆积物的接触面、或堆积层本身的松散层面滑动。滑坡体厚度一般从几米到几十米。

（2）小规模的圆形滑动：发生在均质或非均质粘土层中的滑坡，滑动面呈现圆弧形，一般滑坡厚度小于 10m，滑坡体规模小于 10 000m^3。

（3）大规模的圆形滑动：多发生在均质或非均质的粘土层中，

滑动面呈圆形，滑坡体厚度从中层（10～20m）到深层（20m 以上），滑坡规模从中型（10 000～100 000m³）到大型（100 000～1 000 000m³ 以上）。

（4）岩石滑坡：发生在各种基岩岩层中的滑坡，它多沿岩层层面或其构造软弱面滑动。

9.11.2 滑坡体的形成主要是由水而引起的，因此处理地表水及地下水是治理滑坡的必要措施。

9.11.6 采用打桩或修建挡土墙治理滑坡，目的是使桩或挡土墙能够承受滑坡体的土压力，使滑坡体达到稳定而不滑移，这是多年来治理滑坡的有效方法，桩（包括锚固桩）或挡土墙必须经过设计，以确定桩或挡土墙的尺寸和桩的数量。桩深必须达到滑动面以下设计要求深度，挡土墙的基础必须置于滑动面以下硬岩上或设计要求的深度，这是处理滑坡的关键。若桩或挡土墙建在滑动面以上，对处治滑坡是不起作用的。

9.12 崩坍岩堆地段路基施工

9.12.4 岩石容易崩坍地段，一般都是岩石裂缝较多，比较破碎，受雨水浸蚀引起风化或因冰冻而引起岩石剥落而发生的，也有因岩石下部被风化，岩石下部失去支撑作用，上部岩石失去稳定而引起的崩坍。因此，条文规定，采用封闭岩石表面，这是防止岩层风化、处理崩坍地段的有效方法。

9.12.5 裂缝较大、岩石节理比较发育的地段，容易发生崩坍，仅采用三合土或水泥砂浆封面效果不好，故条文规定，采用混凝土块或片（块）石浆砌铺筑封面处理，效果较好。

9.12.6 挖方路堑上边坡较高时，为了防止有塌落危险的危岩坍落后影响交通，条文规定应予清除，因清除危岩危险性较大，一般要组建清除危岩的专业队伍进行施工，要制定清除危岩的施工方案和安全措施，经批准后才能施工。有的危岩，采取加固工程也是有效的办法。

9.12.8 岩堆中松散岩块一般占 70%以上，稳定性不好，因此，路

基通过岩堆地区主要是使岩堆保持稳定。条文规定采用注水泥砂浆固结岩堆或修建挡墙、护面墙都是稳定岩堆的有效方法，可根据实际情况采用。同时，在处理岩堆时，作好排水工作也是十分重要的，不然岩堆在水的作用下还会形成坍塌或形成滑坡，因此，应作好地表水及地下水的处理。

9.13 膨胀土地区路基施工

9.13.1 膨胀土是指土中粘粒成分主要由亲水性矿物组成，同时具有吸水膨胀、失水收缩两种变形的高液限粘土。凡是下列两个条件同时具备的粘土即可判断为膨胀土：液限大于或等于40%；自由膨胀率大于或等于40%。

9.13.5 膨胀土根据其膨胀率大致可分为强、中、弱三级，一般在设计文件中有规定，也可取样通过土工试验而定。按照土的自由膨胀率 F_s 可分为：

弱性膨胀土：$40\% \leqslant F_s < 65\%$

中性膨胀土：$65\% \leqslant F_s < 90\%$

强性膨胀土：$F_s \geqslant 90\%$

强性膨胀土难于捣碎压实，故条文规定不应作为路堤填料。对于中、弱性膨胀土，经处理后（一般掺石灰）可作为路床填料。要求处治后的膨胀土，其胀缩总率接近于零，土壤强度不低于表5.1.5的规定。在这样的条件下，处治后的土壤，经压实之后是稳定的。作为路堤填料的中性膨胀土，高速公路及一级公路宜进行处治；如采用包边的方法，并及时采用浆砌片护坡，亦可不加处治。对于弱性膨胀土用于三、四级道路的路堤填料，在水文条件较好时，亦可不作处理，条文对路堑的膨胀土也作了相应的规定，其作用是保持这类土的水稳定性。

9.13.9.1 膨胀土遇水易膨胀，因此压实时，应在压实最佳含水量时进行。自由膨胀率越大的土应采用的压实机具越重。土块击碎在5cm以下，可使土块中水分易于蒸发，减少土块本身的膨胀率，有利于提高压实效率。

9.13.9.2 路堤与路堑分界处即填挖交界处，两者土内的含水量不一定相同，原有的密实程度也不相同，压实时应使其压实得均匀、紧密，避免发生不均匀沉陷。因此，填挖交界处 2m 范围内的挖方地基表面的土应挖台阶翻松，并检查其含水量是否与填土的相近，同时采用适宜的压路机具，将其压实到规定的压实度。

因膨胀土路堤压实后的紧密程度比一般土填筑的路堤更重要，故规定压实度检验点数增加一倍。

10 季节性路基施工

10.1 路基的冬季施工

10.1.1 本条文的“冬季”适用于瞬时冻土和季节性冻土地区。永久性冻土地区路基施工另有规定。

关于冬季施工的定义中的温度分界限，原《规范》规定“……日平均温度0℃以下连续15天以上……”。在这种情况下大多数的天数白天最高温度在0℃以上，晚间才降到0℃以下，冻一薄层，白天气温升高后又趋融化，对施工影响不大，可按正常施工。本条规定“在反复冻融地区，昼夜平均温度在－3℃以下连续10天以上……”是在东北地区调研并与当地的工程技术人员讨论拟定的。

10.1.2.5 其他公路此处指三、四级路，如果这些公路路基修成后要铺设高级路面，还是不宜安排冬季施工。如果只铺中低级路面，可以冬季施工；但应按10.1.5条选用路堤填料。

10.1.3.1 高速公路、一级公路的土路堤填筑禁止在冬季施工。所谓“土路堤”指纯土填的路堤。选择10.1.5条规定的填料也要慎重，北方某大桥引道为赶进度用粒料在冬季填筑，结果压实度达不到要求，在正常施工季节又得推倒重来就是一个例子。一般公路可选10.1.5条规定的材料在冬季填筑路堤。

10.1.5 本条的规定应与10.1.3.1条的规定配合执行。高速公路、一级公路的土路堤禁止冬季施工，用土填是禁止的，用其他透水材料填筑也不宜。因此本条规定只适用于二级以下其他公路。

10.1.6 本条规定主要适用二级以下其他公路。高速公路、一级公路只有在工期十分紧急的情况下才可用粒料填筑下部，转入正

常施工且要整理复压达标，冬季填筑路堤要求层薄、快填、快压，迅速填完每一层。

10.1.7 本条规定适用于所有公路的冬季施工。因为冬季施工，压实容易出问题，再加上填料中允许有部分冻土块，在融冻后沉降增大，因此堤顶的 1m 必须留在正常时期施工。冬季填的部分要重新补压，重新检查压实度，到达标为止。

10.1.8 填挖交界处和填土低于 1m 的路堤如在冬季填筑，由于填土较薄，填完后易于冻结，解冻后土的强度、压实度都会降低，因此不应冬季施工。涵洞缺口，桥台背填土往往工作面狭窄，压实困难，必须选用透水性好的材料分层用机械和人工夯实，避免交工后土基下沉，错台跳车。

10.1.10 冬季填筑路堤，每层的两边边坡的 30～50cm 带内因压路机轮不能悬出，故压实不够，在解冻时又会局部坍塌，故条文规定了每层超填的最小宽度。

10.1.11 条文中提示的破冻机械，市场已有供应，破冻方法按施工需要选定。

10.1.12 本条各款条文规定了开挖冻土路堑的方法：边坡预留、路堑底部预留等都是防止路基冻融时造成的不稳定。在正常施工时再做这一部分以保证质量。

10.1.13 本条文规定主要是防止融冻时引起边坡滑坍。

10.2 路基的雨季施工

10.2.1 在我国南方地区，路基雨季施工往往难度增大，工程经费增加，工程质量不易达到要求，所以最好在雨季暂停土路基填挖施工。但是，雨季时间较长，施工队伍安排工作困难，有些工程工期又很紧急，因此，二级以下公路在经过详细选择后，可在雨季做有限的工程。

10.2.2 本条各款的准备工作主要是防水处理，把水的问题预先考虑到，解决好，雨季施工就可顺利一些。

10.2.3 本条规定了雨季填筑路堤时应遵守的事项。

10.2.3.1 本款的规定只适用于按10.2.1条规定的地段。一般重粘土地区、膨胀土地区、平原地区，原地面往往是不易晾干和压实的过分潮湿土，或排水困难，所以此款不适用这些地区。

10.2.3.2 此款所指的“无法晾干的土”指的是粘性土，因雨季经常降水，达到压实最佳含水量有困难，应按过分潮湿土处理。

10.2.3.3 路堤在雨季施工主要是抓紧晴好天气，讲究操作方法，争取在雨后较短时间内能填上一层，所以必须填完后迅速碾压，当天或雨前完成。

雨季施工，土的含水量大，易坍塌，故填方坡脚距取土坑顶的距离，应增大，以策安全。

10.2.4 本条规定了雨季开挖路堑时应遵守的事项：

10.2.4.1 本款条文规定的目的是防止地面水流入作业面而影响开挖。

10.2.4.2 本款规定边坡预留部分的目的是防止地面水冲坏已成边坡。待雨季过后再刷坡，可保持边坡合乎设计要求。

10.2.4.3 土质挖方超挖回填压实，是观察已成公路的病害而得出的结论。在路面铺筑后使用一段时间，往往路堑的路面容易出现病害，证明挖方地段路基强度不够，故应采取超挖回填压实，如土质不良还应采取换填等措施。

11 路基防护与加固

11.1 一 般 规 定

11.1.1 路基防护与加固工程是公路路基工程的重要组成部分，是路基安全、稳定、汽车快速、行车舒适的保证。它除了能防止水流冲刷、免致路基水毁外，还对防治滑坡、岩堆、雪崩、风沙流和不良地质、土质等特殊土所引起的边坡不稳起到十分重要的作用。

在采取加固和防护措施时，不应只注意到经济问题，随着我国公路等级的不断提高，安全和舒适感的紧迫要求，工程的耐久性和行车舒适也应同时考虑。

11.1.2 防护与加固工程的施工，应按设计图进行，但设计图完成后未立即施工，或者在其他工程也同时上马的地区，开工前应进行现场核对，使工程设置符合实际需要，并编出较好的施工计划。核对时应注意工程位置、长度、高度（或深度）是否与现场吻合，还应核对地质、水文条件有否出入，经核对调查无误后即可开工，否则应通过施工监理及设计部门处理后方可开工。

11.1.4 某些土质（包括特殊土）和软质岩石（包括硬岩风化层）易受雨雪浸泡或冰冻胀融等影响而造成路基软化、边坡坍塌，因此应及时采取防护与加固措施，否则，在产生病害后，需投入大量资金、花较多时间进行整治。

11.2 坡 面 防 护

11.2.1 为防治路基病害和确保路基的稳定，应根据边坡的土质等因素，采取有效的防护与加固措施，这对保证正常的交通运输，

发展GBM工程和保持道路与自然环境的协调均具有积极作用。

坡面防护主要是保护路基边坡表面免受降水、日照、气温、风力等自然力的破坏，从而提高边坡的稳固性。因此，我国公路网中的干、支线公路，非常重视坡面防护，并多使用了植物防护与工程防护措施。

11.2.3 植物防护的项目，一般包括种草籽、铺草皮、种其他草本植物和栽植灌木等。其要点是加强养护管理，保证成活率。具体指标见第11.2.12条。

11.2.4 草皮应选择根系发达、茎矮叶茂的耐旱草种，干枯腐朽及喜水草种不宜采用，泥沼地区的草皮禁用。

铺草皮一般应在春季或秋季进行，气候干旱地区则应在雨季进行。草皮应铺过路堑顶肩部至少100cm，或铺至截水沟。

11.2.5 种草防护可以防止表面水土流失，固结表土，增强路基的稳定性，并可容许缓慢流水（0.4～0.6m/s）的短时冲刷。经常浸水或长期浸水的路堤边坡，草不易生长，则不宜采用此种防护。

种草防护的要点是优选草种，通常应选用适合当地土质和气候条件的易于成活、根系发育、茎干低矮、枝叶茂盛、生长能力强的多年生草种。最好选用几种草籽混合播种。播种草籽一般在春、秋季，按撒播或行播进行；草籽埋入深度应大于5cm。为使草籽均匀分布，可先将种子与砂、干土及肥料或锯末肥料混合后再种。

11.2.6 对经常浸水、盐渍土、粉质土及经常干涸的边坡不宜采用灌木防护。

树种应为根系发达、枝叶茂密、能迅速生长的低矮灌木，宜在当地植树季节栽种。可按梅花形和方格形布置，间距40～60cm。带状布置是沿垂直中线的方向栽植，条状是平行于中线的方向栽植，连续式即是布满全部面积。

11.2.7 工程防护施工的注意事项：易风化的岩石挖方边坡，要及时进行封面，以防继续风化剥落。抹面适用于比较完整而沿未剥落的软质岩层的坡面。抹面材料一般有水泥砂浆、石灰、炉渣（体积比1∶2）、三合土（石灰、炉渣和粘土的质量比为1∶5∶

1）或四合土（石灰、、炉渣、粘土和砂的质量比为1∶9∶3∶6）等。三合土或四合土需用人工捶夯，这称之为捶面。坡面不平整的岩石边坡，宜用喷浆来防护。对岩石较坚硬而不易风化的挖方边坡，为防止水分渗入岩石裂隙造成病害，可视裂隙的深浅与宽窄，分别予以灌浆与勾缝。因受自然力影响易发生泥石流、坍方或严重剥落的路基边坡，均宜采用护坡和护墙等石砌防护。

11.2.8 对风化破碎的岩体，其岩体风化程度系按《铁路工程地质技术规范》的分带名称，依序为：未经风化带、风化轻微带、风化颇重带、风化严重带、风化极严重带。执行时按该规范所列的野外鉴定特征及参考指标判定。

抹面宜分两次进行，第一层是打底，以便能与坡面较好地结合，第二层抹成光面，如全层一次抹墁，易产生流坠变形或开裂。

11.2.9 喷浆和喷射混凝土坡面防护主要适用于易风化但未遭严重风化的岩石边坡，坡面无流水侵入。对高而陡的边坡，当需大面积防护时，采用此类型更为经济但对成岩作用差的粘土岩边坡不宜采用。

喷浆厚度不宜小于5cm，喷射混凝土厚度以8cm为宜，分2～3次喷射。其周边的衔接与抹面护坡相同。坡脚应作1～2m高的浆砌片石护坡。施工时，严禁在结冰季节或大雨中进行喷射作业。

锚杆锚固深度及铁丝网孔密度，视边岩石性质及风化程度而定。锚杆仅适用于灌浆锚杆，一般锚固0.5～1.0m，铁丝网间距20～25cm。

11.2.11 目前公路工程中对坡面防护普遍采用浆砌片石护墙，它能防治比较严重的坡面变形，适用各种土质边坡及易风化剥落的岩石边坡。边坡坡度不大于1∶0.5。

所采用的坡面护墙型式有实体式、孔窗式和拱式等三种。

实体护墙多用等截面0.5m墙厚，墙高常采用6～10m。孔窗式护墙常采用半圆拱型，高2.5～3.5m，宽2～3m，圆拱半径1～1.5m。拱式护墙适用于边坡下部岩层较完整而上部需防护的情况，拱跨采用5m左右。

护墙的高度等于或大于 6m 时，应设置检查梯和栓绳环。

各式护墙墙顶均应设置 25cm 厚的墙帽，并使其嵌入边坡内 20cm，以防雨水从墙背灌入。

11.3 路基冲刷防护

11.3.1 沿河公路沿线由于地形的限制，多依山傍水顺着河谷设置，当避绕山坡不良地质现象时，而将路基靠近河岸，还由于路线、桥位设计方案的选定，而将路基修筑在河滩上，或沿水库边通过，这些情况下的路基必然经常的或周期性地受到水流的冲刷作用。为了保护路基的稳固和安全，应按其环境条件，采用必要的冲刷防护措施。

直接防护加固，主要是对河岸或路基边坡和基底的直接加固，其特点是不干扰或少干扰原来水流的性质，且对防护地段上下游及其对岸的影响较少。但由于这类工程直接受冲，其建筑质量应能经受最不利情况的考验。

导流构造物是按照计划导治线修建的防护工程，属间接加固，它能改变原来水流的性质，故要求所修的构造物，应布置合理，形式适当，工程坚固。

路基边坡和河岸冲刷防护的工程类型、结构形式及适用条件，按表 10 办理。该表是在原规范表 4.3.3 的基础上修订的，其变更内容为：

路基边坡及河岸冲刷防护工程表 表 10

防护类型	结构形式	适用条件		注意事项
		容许速度（m/s）	水流方向、河道地貌等	
植物防护	铺草皮	1.2～1.8	水流方向与线路近乎平行，不受各种洪水主流冲刷的浅滩地段的路堤边坡防护	
	种植防水林		有浅滩地段的河岸冲刷防护	

续上表

防护类型	结构形式	适用条件		注意事项
		容许速度（m/s）	水流方向、河道地貌等	
干砌片石护坡	单层干砌厚0.25～0.35m，双层干砌厚：上层为0.25～0.35m，下层为0.25m	2～3	水流方向较平顺的河岸滩地边缘；不受主流冲刷的路堤边坡；无漂浮物和滚石的河流	应设置垫层
浆砌片石护坡	厚0.3～0.6m	4～8	主流冲刷及波浪作用强烈处的路堤边坡	有冻胀变形的边坡上应设置垫层。有流木、流水、滚石时应适当加厚
混凝土板护坡	厚0.08～0.2m			
抛　石	石块尺寸根据流速、波浪大小计算，不宜小于0.3m	3	水流方向较平顺，无严重局部冲刷的河段；已被浸水的路堤边坡与河岸	抛石厚度不应小于石块尺寸之两倍
石　笼	镀锌铁丝编织成箱形或圆桶形，笼内装石块	4～5	受洪水冲刷但无滚石的河段和大石料缺少地区	
大型砌块	1m×2m×1m；2m×3m×1m；2m×3m×2m	5～8	受主流冲刷严重的河段	常与脚墙配合使用
浸水挡土墙	重力式或衡重式	5～8	峡谷急流和水流冲刷严重的河段	有时也用L型混凝土脚墙

（1）防护类型中，增加了“大型砌块”的项目。

（2）结构形式栏目中，将浸水挡土墙的内容，由“浆砌片（块）石或混凝土”改为重力式或衡重式，则更为恰当。

（3）适用条件内，容许速度的栏目中，对于砌片石护坡、混凝土板护坡及面笼等类型所列的数据，按新的科研成果进行了调整。

（4）适用条件内水流方向、河道地貌等的栏目中，对于砌片石护坡类型的内容进行了适当的补充，使之更为完善。

11.3.2 干砌片石岸坡防护适用于周期性浸水的河岸或路基边坡防护，也适用于洪水时水流较平顺，不受主流冲刷且流速小于3m/

s 的地段。

干砌片石，一般分为单层铺砌、双层铺砌和编格铺砌等几种形式，可根据具体情况选用。所用石料应是未经风化的坚硬岩石，其抗压强度应大于 30MPa。护坡坡脚应修筑墁石铺砌式基础。

浆砌片石岸坡防护常用于经常浸水的受主流冲刷或较强烈波流作用的路基边坡防护和河岸及水库边岸防护，亦可用于有流冰及封冰的河岸边坡防护。石料宜选用坚硬石块，其抗压强度应大于 30MPa，并且耐冻、未风化及遇水不崩解。砂浆宜采用 M7.5～M10 号水泥砂浆，严寒地区宜采用高标号。

干、浆砌片石防护要求铺设在有足够的密实而不易发生不均匀沉陷的边坡上。新填路堤需防护的边坡，尤其应注意夯填紧密。

为消除或减小浆砌片石护坡所产生的温度应力，应沿纵向每隔 10～15m 设置一道伸缩缝，缝宽 2～3cm，用沥青麻筋填塞紧密。在基底土质有变化处，应设置沉降缝。在护坡上下左右一定距离(一般为 2～3m)，交错设置 10cm×10cm 或 ϕ10cm 的泄水孔，主要是为排泄护坡背后的积水并减小其渗压力，以增强护坡的稳定性。

11.3.4 混凝土板护块整体性强，能抵抗流速达 4～8m/s 以及较强烈的波浪作用和冰压力，在缺乏片石材料地区，可用以代替浆砌片石护坡。

由于混凝土具有收缩开裂的特性，不宜整片连续铺设，通常预制成适当大小的方块进行拼铺。每块尺寸或重量可按所承受的荷载计算选择，其最小厚度不宜小于 6cm。当流速大于 6m/s 时，则宜建成大块板，平面尺寸可采用 2m×1m 或 2m×2m 等方形块，厚度采用 20～30cm。

在混凝土板上留一些泄水孔眼，主要是为了减小水流及波浪的上举力，以增强板块的稳固性。

混凝土板的垫层，主要是为铺板时受力均匀，垫层材料可采用砂砾石、卵石等，宜按反滤层要求进行铺筑。经验厚度对于较干燥的边坡为 10～15cm，对于较潮湿的边坡为 20～30cm。

11.3.5 导流构造物是以改变水流方向为主的水工建筑物。在路基工程防护中采用导流构造物，使水流轴线方向偏离路基岸边，或减低防护处的流速，甚至促使其淤积，从而起到对路基的防护作用。

导流构造物的修建，应根据河道宽窄、水流性质、地质条件、材料来源、施工条件、工程效益等进行综合考虑。按导流构造物的使用性质选择建筑材料和结构类型。建筑导流构造物时，应尽可能避免过多压缩河床断面，否则，造成水位抬高，以致影响上下游的路基、农田及建筑物的安全。

必须慎重考虑因建筑导流构造物而挑向对岸的水流有无冲毁河岸及岸区设施的可能性。

导流建筑物的轴向大体沿导治的边缘线布置者称为顺坝，它压缩水流断面较少，对水流性质干扰较小，不致引起过大冲刷，坝体和基础的防护均可较轻，但坝体较长，造价较高。

由于顺坝的坝根部分是受水流冲击作用较重的部位，而坝头部分则受冲击较轻，为此，应特别重视坝根部分与相连地层或其他防护设施的嵌接，以保证施工的质量。

对于较长的不漫水顺坝，一般需要加设横向格坝以连接并加固坝体和河岸。对于较长的漫水顺坝，为了避免洪水在坝岸之间产生纵向水流引起冲刷和促进坝后的淤积，应重视横向格坝的施工质量使之连为整体，稳固坚实。

丁坝（亦称挑水坝），其作用是逼使水流改变方向离开被防护的河岸。它压缩水流断面较多，能强烈地扰乱原来水流的性质。在丁坝坝头附近有强烈的局部冲刷，故其坝头的基础必须要深埋，而且应严格掌握工程质量标准。

由于单个挑水坝只能引起水流情况的恶化而不能起防护作用，因此，丁坝必须成群建筑，以利在坝间形成淤积，经过多次洪水后可造成新河岸。

丁坝群中的第一座丁坝，因首当其冲，不仅受到水流的强烈冲刷，而且还经常遇到排筏及漂木的猛烈撞击，为保护丁坝群的牢固耐用，对首座丁坝要确保其施工质量。

11.4 其他加固工程

11.4.1 铁丝石笼是一种能经受较高流速冲刷的河岸和路基冲刷防护建筑物，也广泛应用于防洪抢险和缺乏大石料的地区。

石笼防护具有较好的柔性，当水流中含有大量泥砂时，石笼中的空隙能很快淤满，而形成一个整体的防护层，其防护效果会更好些，但必须注意各铁丝石笼单元间应彼此很好地连结起来成为一个完整的柔性体。

用于防护岸坡时，一般在最底下的一层采用扁长方体石笼，在靠岸坡外则宜采用长方体石笼的垒砌形式。用于防洪方面的石笼，一般采用圆桶形石笼，以便顺路基或河岸边坡滚下，来防护洪水对边坡的冲刷。

采用镀锌铁丝编笼，使用期限较长，一般 为 8～12 年。编织网孔以六角形为好，常用的网孔尺寸为 8cm×10cm 及 10cm×12cm，铁丝直径可选用 ϕ3～4mm，编织网格时宜用双结，以防网孔变形。

石笼内应选用坚硬不易崩解的卵石、块石填充，块径应大于网孔尺寸，装笼时石块必须全部码砌、塞严，两层石笼接触面应平整，严防片石菱角砸断铁丝而导致整个石笼损坏。

石笼防护可在一年中任何季节施工，但以低水位时施工较好。

11.4.2 抛石防护的应用很广，对于经常浸水且水深较深地段的路基边坡防护及洪水季节防洪抢险更为常用。在缺少较大块石料的地区，也可用预制混凝土块作为抛投材料。

抛石加固，切忌乱抛，最好进行一些人工整理。要在洪水前抛置好，不应遇到洪水危及路基安全时才抛置，如河床枯水时为干河，可进行人工挖基，将石块尽量抛置到最后的稳定位置上，抛石体厚度一般应大于石块尺寸的 2 倍。

抛石防护能否成功，主要取决于施工时是否能根据流速的大小，正确选择好石块的规格。因此在备料时应核实在水流作用下石块的稳定性与在波浪作用下石块(或块体)的稳定性。按其测算结果据以指导施工。

嵌固的抛石加固效果，实践证明是很好的。嵌固的抛石加固比松散的更为稳定，因为可避免个别石块被冲走，同时，休止角大一些，可减少抛石体积而较经济。

11.4.5 排桩透水坝一般没有被淘刷冲毁的危险性，它多用于河床泥砂颗粒较细、自然冲刷深度较大的河床上。

在洪水含沙量较大的河流上，如宽浅游荡河段和宽浅变迁河段等，应用透水坝减速淤沙防护河岸很有成效。挟带泥沙的水流穿过透水坝后，由于流速减小，会沉淀大量泥沙，不仅保护后面被冲刷的河岸，还能形成推向河心的新岸。

排桩透水坝可做成淹没式或非淹没式，视实际需要而定，根据现场调查，非淹没式使用效果好，湖南省公路管理单位在公路水毁防治中，使用排桩透水坝作为路基防护取得了显著的成效。

11.4.6 在宽浅河流上，码垜是最普遍应用的透水性护岸建筑物。

菱形架群可布置在河槽内或河槽外。在黄河中下游的河道整治中，曾使用此菱形架群取得了良好效果。

三角架式的码垜能抵抗较大的流速，支架的脚可随水流冲刷自行沉入河床。由于是柔性结构，能适应较大的变形。如湖南省永龙公路 14K 处，河段变曲，洪水时经常冲塌河岸，威胁公路，当修建了 9 道三脚架丁坝护岸（相邻间距 10～15m 不等），经历年洪水，坝间已淤积，河岸稳定，保护了长约 800m 的路基，也保住了大片农田，收到了良好的效果。

11.4.7 滞水坝不同于丁坝，主要是它与河岸平行而不构成一定的交角。它与河堤的区别主要是其高度等于或低于河岸高度；与护坡的区别主要是其不设置于岸坡上。

11.4.8 在宽滩蜿蜒的河段上，为了消除弯曲河槽水流对路基的威胁，拨正河段水流方向，常将两个互相逼近的弯曲河槽进行人工挖槽，截弯取直，并在废弃的弯道进口处修建截水坝，以根除路段路基水害。

由于截弯取直以后，河流的长度缩短，比降加大，河流的原有特性突然改变，其影响较大，因此，改河工程的实施应通盘安排。

12　公路绿化工程与环境保护

12.1　公路绿化工程

12.1.1　公路绿化，不仅可以美化路容，协调景观，而且能在一定程度上减轻汽车尾气和噪声的污染，减轻驾驶员的视觉疲劳，起到行车安全的作用。

12.1.2　条文规定路肩上不得植树、行道树只能植于边坡以外的地点，护坡道上只宜栽种低矮灌木，主要是防止产生倒影眩光。这种眩光，在高速行车的情况下，影响驾驶员的视觉，不利于行车安全。路肩上不允许植树和护坡道上只许栽低矮灌木，还有防止树干倒于车道上，在高速行车的情况下导致行车事故的作用；另外树叶落于车道上，也难以清扫，影响景观。不同路段树种的变化可防止全路景观单一，减轻驾驶员视觉疲劳。

12.1.3　弯道内侧，种植超过行车视线高度的树木，会妨碍驾驶员的视线，易产生行车事故，所以在条文上作了规定。

12.1.4　为保护自然景观，防止不必要的植被破坏而增加裸露面和泥石流的产生，在一级公路、高速公路两侧，不得任意开采砂石材料，以增加行车的美感和安全感。

12.1.6　我国幅员辽阔，气候、土壤、日照和降雨量变化都很大，因此，在选择绿化植物时，除满足当地气候、土壤条件之外，还必须满足工程对绿化植物性能的要求，以达到绿化的目的。在种植树木时，一定要换填种植土，适时浇水施肥，保证植物的成活。

12.2　空气污染的防治

12.2.1　条文规定的堆放场和加工厂，要远离居民区并保持不少

于规定距离，是防止产生的灰尘、散发不良的气味污染空气和噪声，有害人体健康。

12.2.2～12.2.4 主要是防止粉尘飞扬污染环境，保护施工人员身体健康。

12.2.5 机械施工所产生废油、废气、废水及烟尘，易使空气、土质和水源遭到污染，所以要采取措施，以减轻对周围环境的污染。

12.2.6 噪声影响人体健康。机械施工发出的噪声，应加以控制，以保护居民的健康。

12.3 防止水、土污染和流失

12.3.1 公路施工所产生的垃圾和废弃物质，如不妥善处理，极易破坏景观，有的还会污染土、水和环境。对于废土、石，还易产生新的泥石流，破坏农田，污染水源。条文未对不同的情况，作出规定，但对以下情况、还应作好处理：

清理场地的表层腐殖土，一般应留用边坡植草、植树的营养土或造田之用。

铲除的荆棘丛林、灌木等，应尽量予以利用，当无使用价值时，必须收集在一起，进行有计划的焚烧或掩埋，以保护环境。

废弃的土石方及工程剩余的废弃材料，应有计划地配合景观和工程的需要进行处理。防止水土流失，污染江河，污染环境。

这些不同的规定，目的是降低废料的产生，保证人民的健康。

12.3.2 清洗机械、施工设备的废水及生活污水，如果直接排放，会污染水质、土质，影响鱼类的生存、农作物的生长和人们的饮用水源，因此必须采取必要的净化措施，才得排放。

12.3.3 使用工业废料作为筑路材料，是一项利国利民的工作。当工业废料含有可溶性有害物质时，应采取隔离措施，隔绝水源，使有害的可溶性物质不致溶化、污染土质和水源。

13　路基整修、检查验收及维修

13.1　路 基 整 修

13.1.1　竣工测量成果是衡量工程质量水平和建立工程档案的重要资料，必须认真、严格。

13.1.2～13.1.4　根据竣工测量结果，要对路基进行全面整修。土质路基的整修重点是边坡上的冲沟，石质路基是路堑边坡上的危石清除，以确保行车安全。

13.2　检查及验收

13.2.1～13.2.3　中间检查验收是保证工程质量的重要部分，故经检查不符合要求的项目不得进行下一道工序，必须严格执行。

13.2.4～13.2.6　竣工验收是参照《公路工程质量检验评定标准》拟定的。公路工程一般是在完工后，要经过一个雨季的检验，再进行竣工验收。路基工程作为一个单位工程，在路面工程未做时，很少有单独进行竣工验收的。

13.3　路 基 维 修

13.3.1　路基工程完工后，路面未施工前，及公路未交工验收前，应由施工单位进行路基的维修，但究竟维修期多长时间，目前尚无正式规定，故本条文未明确维修时间。

13.4　质 量 标 准

13.4.1～13.4.26　按照交通部颁布的《公路工程质量检验评定标准》拟定。

现行公路工程标准、规范、规程一览表

序号	名称	序号	名称
1	(JTJ 001－97) 公路工程技术标准	32	(JTJ 051－93) 公路土工试验规程
2	(JTJ 002－87) 公路工程名词术语	33	(JTJ 052－2000) 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
3	(JTJ 003－86) 公路自然区划标准	34	(JTJ 053－94) 公路工程水泥混凝土试验规程
4	(JTJ 004－89) 公路工程抗震设计规范	35	(JTJ 054－94) 公路工程石料试验规程
5	(JTJ 005－96) 公路建设项目环境影响评价规范(试行)	36	(JTJ 055－83) 公路工程金属试验规程
6	(JTJ/T 006－98) 公路环境保护设计规范	37	(JTJ 056－84) 公路工程水质分析操作规程
7	(JTJ 011－94) 公路路线设计规范	38	(JTJ 057－94) 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
8	(JTJ 012－94) 公路水泥混凝土路面设计规范	39	(JTJ 058－2000) 公路工程集料试验规程
9	(JTJ 013－95) 公路路基设计规范	40	(JTJ 059－95) 公路路基路面现场测试规程
10	(JTJ 014－97) 公路沥青路面设计规范	41	(JTJ/T 060－98) 公路土工合成材料试验规程
11	(JTJ 015－91) 公路加筋土工程设计规范	42	(JTJ 061－99) 公路勘测规范
12	(JTJ 016－93) 公路粉煤灰路堤设计与施工技术规范	43	(JTJ 062－91) 公路桥位勘测设计规范
13	(JTJ 017－96) 公路软土地基路堤设计与施工技术规范	44	(JTJ 063－85) 公路隧道勘测规程
14	(JTJ 018－97) 公路排水设计规范	45	(JTJ 064－98) 公路工程地质勘察规范
15	(JTJ/T 019－98) 公路土工合成材料应用技术规范	46	(JTJ 065－97) 公路摄影测量规范
16	(JTJ 021－89) 公路桥涵设计通用规范	47	(JTJ/T 066－98) 公路全球定位系统(GPS)测量规范
17	(JTJ 022－85) 公路砖石及混凝土桥涵设计规范	48	(JTJ 071－98) 公路工程质量检验评定标准
18	(JTJ 023－85) 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范	49	(JTJ 073－96) 公路养护技术规范
19	(JTJ 024－85) 公路桥涵地基与基础设计规范	50	(JTJ 073.1－2001) 公路水泥混凝土路面养护技术规范
20	(JTJ 025－86) 公路桥涵钢结构及木结构设计规范	51	(JTJ 073.2－2001) 公路沥青路面养护技术规范
21	(JTJ 026－90) 公路隧道设计规范	52	(JTJ 074－94) 高速公路交通安全设施设计及施工技术规范
22	(JTJ 026.1－1999) 公路隧道通风照明设计规范	53	(JTJ 075－94) 公路养护质量检查评定标准
23	(JTJ 027－96) 公路斜拉桥设计规范(试行)	54	(JTJ 076－95) 公路工程施工安全技术规程
24	(JTJ 032－94) 公路沥青路面施工技术规范	55	(JTJ 077－95) 公路工程施工监理规范
25	(JTJ 033－95) 公路路基施工技术规范	56	(JTJ/T 0901－98) 1∶1 000 000 数字交通图分类与图式规范
26	(JTJ 034－2000) 公路路面基层施工技术规范	57	GBJ 22－87 厂矿道路设计规范
27	(JTJ 035－91) 公路加筋土工程施工技术规范	58	GB 50092－96 沥青路面施工及验收规范
28	(JTJ 036－98) 公路改性沥青路面施工技术规范	59	GBJ 97－87 水泥混凝土路面施工及验收规范
29	(JTJ 037.1－2000) 公路水泥混凝土路面滑模施工技术规程	60	GBJ 124－88 道路工程术语标准
30	(JTJ 041－2000) 公路桥涵施工技术规范	61	GB 5768—1999 道路交通标志和标线
31	(JTJ 042－94) 公路隧道施工技术规范	62	GB 50162—92 道路工程制图标准