

前 言

根据原建设部《关于印发〈2007年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2007〕125号）的要求，本规范由同济大学会同有关单位共同编制而成。

本规范在编制过程中进行了深入调查研究，认真总结国内外的科研成果和大量实践经验，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

本规范的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 一般路基；5. 路基排水；6. 路基防护与支挡；7. 特殊路基；8. 路基改建与扩建。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由同济大学负责具体技术内容的解释。在执行过程中，有关意见和建议请寄送同济大学（地址：上海市嘉定区曹安公路4800号；邮政编码：201804）。

本规范主编单位：同济大学

本规范参编单位：上海市城市建设设计研究总院
上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司
北京市市政工程设计研究总院
天津市市政工程设计研究院
重庆市设计院

本规范主要起草人员：凌建明 刘伟杰 钱劲松 李进
聂大华 王晓华 黄琴龙 陈希昌
徐一峰 袁胜强 段铁铮 严西华

朱自力 崔新书 徐宏跃 李 伟
本标准主要审查人员：温学钧 徐 波 吴万平 康 平
冯守中 曹亚东 韩 萍 张孟喜
吴立坚

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	7
4	一般路基	8
4.1	一般规定	8
4.2	路基干湿类型	8
4.3	填方路基	9
4.4	挖方路基	11
4.5	路床	13
4.6	路基压实	14
4.7	特殊部位的路基填筑与压实	15
5	路基排水	18
5.1	一般规定	18
5.2	地表水	18
5.3	地下水	20
6	路基防护与支挡	23
6.1	一般规定	23
6.2	路基稳定与变形计算	23
6.3	路基防护	26
6.4	支挡加固	27
6.5	路基监测	33
7	特殊路基	35
7.1	一般规定	35

7.2	软土地区路基	35
7.3	红黏土与高液限土地区路基	42
7.4	膨胀土地区路基	44
7.5	黄土地区路基	47
7.6	盐渍土地区路基	52
7.7	季节性冰冻地区路基	55
7.8	岩溶地区路基	56
7.9	浸水路基	58
7.10	滨海路基	59
8	路基改建与扩建	61
8.1	一般规定	61
8.2	既有路基性状调查与评价	61
8.3	既有路基利用与处治	62
8.4	路基拓宽	63
附录 A	路基临界高度	65
附录 B	路基回弹模量确定方法	75
	本规范用词说明	84
	引用标准名录	85

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	7
4	Ordinary Subgrade	8
4.1	General Requirements	8
4.2	Subgrade Moisture Condition	8
4.3	Filling	9
4.4	Cutting	11
4.5	Roadbed	13
4.6	Compaction	14
4.7	Filling and Compaction at Special Sections	15
5	Subgrade Drainage	18
5.1	General Requirements	18
5.2	Surface Drainage	18
5.3	Subsurface Drainage	20
6	Subgrade Protection and Strengthening	23
6.1	General Requirements	23
6.2	Stability Analysis and Deformation Calculation	23
6.3	Subgrade Protection	26
6.4	Retaining and Strengthening	27
6.5	Subgrade Monitoring	33
7	Special Subgrade	35
7.1	General Requirements	35

7.2	Subgrade in Soft Clay Area	35
7.3	Subgrade in Laterite and High-liquid-limit Soil Area	42
7.4	Subgrade in Expansive Soil Area	44
7.5	Subgrade in Loess Area	47
7.6	Subgrade in Saline Soil Area	52
7.7	Subgrade in Seasonal Frozen Soil Area	55
7.8	Subgrade in Karst Area	56
7.9	Subgrade Immersed in Water	58
7.10	Coastal Subgrade	59
8	Subgrade Reconstruction and Widening	61
8.1	General Requirements	61
8.2	Existing Subgrade Investigation and Evaluation	61
8.3	Existing Subgrade Reuse and Treatment	62
8.4	Subgrade Widening	63
Appendix A	Critical Height of Subgrade	65
Appendix B	Determination Method of Subgrade Modulus	75
	Explanation of Wording in This Code	84
	List of Quoted Standards	85

1 总 则

1.0.1 为适应城市道路发展的需要，使城市道路路基工程设计符合安全适用、技术经济合理的要求，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建的各级城市道路的路基设计。

1.0.3 城市道路路基设计应根据城市中长期发展规划，综合考虑社会效益、环境效益与经济效益的协调统一，合理采用技术标准。

1.0.4 城市道路路基设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 路基 subgrade

按照道路路线位置和横断面要求修筑的带状结构物，是路面结构的基础，承受由路面传来的行车荷载。

2.1.2 路床 roadbed

路面结构底面以下 0.80m 范围内的路基部分，分为上路床 (0~0.30m) 和下路床 (0.30m~0.80m)。

2.1.3 一般路基 ordinary subgrade

在工程地质和水文地质均良好的路段修筑的填方高度和挖方深度不大的路基。

2.1.4 特殊路基 special subgrade

位于特殊岩土地段、不良地质地段的路基，或者高填、深挖的路基，或者其性能受自然因素影响强烈的路基。

2.1.5 路基回弹模量 subgrade modulus

路基重复加-卸载试验中，某一应力级位条件下，卸载阶段的竖向应力与对应回弹应变的比值。

2.1.6 CBR (加州承载比) California bearing ratio

表征路基填料抵抗局部荷载压入变形能力的一种强度指标，即标准击实试件在水中浸泡 4 昼夜后，在规定贯入量时所施加的单位压力与标准碎石在相同贯入量时所施加的单位压力之比值，以百分数表示。

2.1.7 压实度 degree of compaction

路基压实后的实测干密度与标准击实试验所得的最大干密度之比，以百分率表示。

2.1.8 路基湿度 subgrade moisture

路基中水的含量状态，可用含水率、稠度、饱和度等表示。

2.1.9 路基稠度 subgrade consistency

表征路基湿度状态的一种指标，即路基土的含水率与液限之差和塑限与液限之差的比值。

2.1.10 路基临界高度 critical height of subgrade

在最不利季节，路基分别处于干燥、中湿或潮湿状态时，路床顶面距地下水位或地表长期积水位的最小高度。

2.1.11 路基相对高度 relative height of subgrade

路基边缘高出地下水位或地表长期积水位的高度。

2.1.12 填石路基 rock-filled subgrade

用粒径大于 40mm、含量超过 70% 的石料填筑的路基。

2.2 符 号

2.2.1 路基湿度

H ——路基相对高度；

H_1 ——路基干燥与中湿分界状态对应的临界高度；

H_2 ——路基中湿与潮湿分界状态对应的临界高度；

H_3 ——路基潮湿与过湿分界状态对应的临界高度；

w_L ——土的液限；

w_p ——土的塑限；

w_c ——路床顶面以下 80cm 深度内的平均稠度；

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。

2.2.2 路基回弹模量及其测定方法

E ——室内试验法回弹模量实测值；

E_{0D} ——路基回弹模量设计值；

E_{0S} ——室内试验法考虑试筒尺寸约束修正后的回弹模量测试结果；

λ ——室内试验法试筒尺寸约束修正系数；

K ——考虑不利季节和路基干湿类型的回弹模量综合影响系数；

Z ——考虑保证率的回弹模量折减系数；

E_{ob} ——现场承载板法测试计算值；

D ——承载板直径；

P ——现场承载板法的荷载；

l ——现场承载板法检测的回弹变形；

μ ——泊松比；

l_{0D} ——路基设计弯沉值；

p ——测定车轮胎接地压强；

δ ——测定车轮胎当量圆半径；

μ_0 ——均匀体弯沉系数；

K_1 ——不利季节影响系数；

Z_a ——保证率系数。

2.2.3 支挡结构

S ——作用（或荷载）效应的组合设计值；

$R(\cdot)$ ——支挡结构结构抗力函数；

R_k ——抗力材料的强度标准值；

γ_1 ——结构材料、岩土性能的分项系数；

γ_{Q1} ——恒载或车辆荷载、人群荷载的主动土压力分项系数；

γ_{Q2} ——被动土压力分项系数；

γ_{Q3} ——水浮力分项系数；

γ_{Q4} ——静水压力分项系数；

γ_{Q5} ——动水压力分项系数；

α_d ——结构或结构构件几何参数的设计值；

γ_0 ——结构重要性系数；

h_0 ——换算土层厚度；

q ——车辆荷载附加荷载强度；

γ ——墙背填土的重度；

e_0 ——偏心距；

- B ——支挡结构基础宽度；
 $[f_a]$ ——基底容许承载力；
 K_c ——抗滑动稳定安全系数；
 K_0 ——抗倾覆稳定安全系数。

2.2.4 软土地区路基

- S ——总沉降；
 S_d ——瞬时沉降；
 S_c ——主固结沉降；
 S_s ——次固结沉降；
 S_z ——桩长深度内地基的沉降；
 m_s ——沉降系数；
 U_t ——地基平均固结度；
 σ ——滑动面处桩体的竖向应力；
 φ_c ——粒料桩内摩擦角；
 m ——桩对土的置换率；
 τ_p ——桩的抗剪强度；
 τ_s ——地基土的抗剪强度；
 τ_{ps} ——复合地基的抗剪强度；
 E_p ——桩体压缩模量；
 E_s ——土体压缩模量；
 E_{ps} ——复合地基的压缩模量；
 α ——滑动面倾角；
 D_p ——桩的直径；
 B_p ——桩间距；
 μ_s ——桩间土应力折减系数；
 n ——桩土应力比；
 $E_{s,j,i}$ ——桩端平面下第 j 层土第 i 个分层在自重应力至自重应力附加应力作用段的压缩模量；
 $\Delta_{h,j,i}$ ——桩端平面下第 j 层第 i 分层的厚度；
 $\sigma_{j,i}$ ——桩端平面下第 j 层第 i 分层的竖向附加应力；

ψ_p ——桩基沉降计算经验系数。

2.2.5 季节性冰冻地区路基

Z_j ——路基冻胀值；

h_i ——路基冻深内不同土层厚度；

η_i ——路基不同土层土的冻胀率；

h_c ——冻胀土路基临界高度；

Z_{\max} ——道路多年最大冻深；

h_e ——冻结水上升高度。

2.2.6 岩溶地区路基

L ——溶洞坍塌时的影响范围；

H_k ——溶洞顶板厚度；

β ——坍塌扩散角；

K_s ——安全系数；

φ ——岩石内摩擦角。

3 基本规定

3.0.1 路基设计应与城市规划和沿线自然景观相协调，有效利用原有地形，避免高填深挖，防止诱发地质灾害，并应充分评估对沿线重要建筑、市政设施和历史古迹的影响。

3.0.2 路基设计应保证路基足够的强度、整体稳定性、抗变形能力和耐久性。

3.0.3 路基设计前应进行调查和勘察，获取路基设计所需的各项水文、地质、气象资料和岩土物理力学参数。

3.0.4 路基土的分类应采用统一分类法，并应符合现行行业标准《公路土工试验规程》JTG E40 的规定。

3.0.5 岩质边坡的岩体分类应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定。

3.0.6 路基排水设计应按所在排水系统的规划要求，并应符合现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 的规定。

3.0.7 快速路的机动车道内严禁设置管道检查井。

3.0.8 路基防护应根据当地水文、气象、地形、地质条件及筑路材料分布情况，合理采取植物防护或（和）工程防护措施，防治路基病害。条件许可时，宜优先采用有利于生态环境保护的防护措施。

4 一般路基

4.1 一般规定

4.1.1 路基土石方的取、弃应结合当地城市规划，兼顾土石方用量、土石质类型、用地情况及运输条件等因素，合理选择取、弃地点。

4.1.2 路基设计应因地制宜，合理利用当地材料、工业废渣与建筑渣土。生活垃圾不得用于路基填筑。

4.2 路基干湿类型

4.2.1 路基干湿类型可采用分界稠度划分，并应符合表 4.2.1-1 的规定；当缺少资料时，也可根据路基相对高度，按表 4.2.1-2 确定。路基临界高度可按本规范附录 A 进行划分。

表 4.2.1-1 路基干湿状态的分界稠度值

土质类别	干湿状态			
	干燥	中湿	潮湿	过湿
	$w_c \geq w_{c1}$	$w_{c1} > w_c \geq w_{c2}$	$w_{c2} > w_c \geq w_{c3}$	$w_c < w_{c3}$
土质砂	$w_c \geq 1.20$	$1.20 > w_c \geq 1.00$	$1.00 > w_c \geq 0.85$	$w_c < 0.85$
黏质土	$w_c \geq 1.10$	$1.10 > w_c \geq 0.95$	$0.95 > w_c \geq 0.80$	$w_c < 0.80$
粉质土	$w_c \geq 1.05$	$1.05 > w_c \geq 0.90$	$0.90 > w_c \geq 0.75$	$w_c < 0.75$

注： w_{c1} 、 w_{c2} 、 w_{c3} 分别为干燥和中湿、中湿和潮湿、潮湿和过湿状态路基的分界稠度， w_c 为路床顶面以下 80cm 深度内的平均稠度。

表 4.2.1-2 路基干湿状态的路基相对高度判定标准

路基干湿类型	路基相对高度 H	一般特征
干燥	$H \geq H_1$	路基干燥、稳定，路面强度和稳定性不受地下水和地表积水的影响

续表 4.2.1-2

路基干湿类型	路基相对高度 H	一般特征
中湿	$H_2 \leq H < H_1$	路基上部土层处于地下水或地表积水影响的过渡带区内
潮湿	$H_3 \leq H < H_2$	路基上部土层处于地下水或地表积水毛细影响区内
过湿	$H < H_3$	路基上部土层处于地下水或地表积水毛细影响区内

注： H_1 、 H_2 、 H_3 为路基干燥与中湿、中湿与潮湿、潮湿与过湿分界状态对应的临界高度。

4.2.2 对快速路和主干路，路基应处于干燥或中湿状态；对次干路和支路，路基宜处于干燥或中湿状态。否则，应采取翻晒、换填、改良或设置隔水层、降低地下水位等措施。

4.3 填方路基

4.3.1 填方路基应优先选用级配较好的砾类土、砂类土等粗粒土作为填料，填料最大粒径应小于 150mm。

4.3.2 强膨胀土、泥炭、淤泥、有机质土、冻土（及含冰的土）、易溶盐超过允许含量的土以及液限大于 50%、塑性指数大于 26 的细粒土等，不得直接用于填筑路基。

4.3.3 浸水路基应选用渗水性良好的材料填筑，不宜采用粉质土填筑。当采用细砂、粉砂作填料时，应避免振动液化。

4.3.4 当采用细粒土填筑路基时，填料最小强度应符合表 4.3.4 的规定。当不能满足要求时，可采用石灰、水泥或其他稳定材料进行处治。

表 4.3.4 填方路基填料最小强度

路床顶面以下深度 (m)	填料最小强度 (CBR) (%)		
	快速路、主干路	次干路	支路
0.8~1.5	4	3	3
>1.5	3	2	2

4.3.5 当采用石料填筑路基时，最大粒径应小于摊铺层厚的 2/3，过渡层碎石料粒径应小于 150mm。易溶性岩石、膨胀性岩石、崩解性岩石、盐化岩石等均不得用于路堤填筑。

4.3.6 当采用粉煤灰填筑路基时，应预先调查料源并进行必要的室内试验。用于快速路和主干路的粉煤灰烧失量宜小于 20%、含硫量宜小于 3%，超过标准的粉煤灰应做对比试验，经分析论证后方可采用。

4.3.7 当填方路基的地质条件良好，边坡高度不大于 20m 时，边坡设计应符合下列规定：

- 1 填土路基的边坡坡率不宜大于表 4.3.7-1 的规定值。

表 4.3.7-1 填土路基边坡坡率

填料类别	边坡坡率	
	上部高度 ($H \leq 8\text{m}$)	下部高度 ($H \leq 12\text{m}$)
细粒土	1 : 1.5	1 : 1.75
粗粒土	1 : 1.5	1 : 1.75
巨粒土	1 : 1.3	1 : 1.5

- 2 填石路基的边坡坡率不宜大于表 4.3.7-2 的规定值。中硬和硬质石料的填石路基应进行边坡码砌，码砌石块应采用强度大于 30MPa、尺寸不小于 300mm 的规则石块。填高小于 5m 时，码砌厚度不应小于 1m；填高为 5m~12m 时，码砌厚度不应小于 1.5m；填高大于 12m 时，码砌厚度不应小于 2m。

表 4.3.7-2 填石路基边坡坡率

填石料类型	边坡坡率	
	上部高度 ($H \leq 8\text{m}$)	下部高度 ($H \leq 12\text{m}$)
硬质岩石	1 : 1.1	1 : 1.3
中硬岩石	1 : 1.3	1 : 1.5
软质岩石	1 : 1.5	1 : 1.75

3 吹（填）砂和粉煤灰路基的边坡应采取土质坡（包边土）保护措施，土质坡厚度不宜小于 1m。

4.3.8 填方路基地基表层处理应符合下列规定：

1 当地基顶面存在滞水时，应根据积水深度及水下淤泥层的范围和厚度，采取排水疏干、挖除淤泥、抛石挤淤或砂砾石等处理措施。

2 当地面横坡缓于 1:5 时，在清除地表草皮、腐殖土后，可直接在天然地面上填筑路基。

3 当地面横坡为 1:5~1:2.5 时，原地面应开挖台阶，台阶宽度不宜小于 2m，并应设置 2% 的反向坡；当基岩面上的覆盖层较薄时，宜先清除覆盖层再开挖台阶；当覆盖层较厚且稳定时，可予保留。

4 当地下水影响路堤稳定时，应采取拦截、引排地下水或在路堤底部设置渗水性好的隔断层等措施。

5 地基表层应碾压密实。在一般土质地段，快速路和主干路基底的压实度（重型）不应小于 90%；次干路和支路不应小于 85%。路基填土高度小于路面和路床总厚度时，应将地基表层土进行超挖并分层回填压实，压实度不得小于本规范表 4.6.2 中“零填及挖方路基”的规定值。

4.3.9 对边坡高度超过 20m 或地面坡率陡于 1:2.5 的斜坡上的填方路基，以及不良地质、特殊地段的填方路基，应按本规范第 6.2 节的规定，进行稳定、变形计算和个别设计。

4.4 挖方路基

4.4.1 土质挖方路基的边坡形式及坡率应根据实际工程地质与水文地质条件、边坡高度、排水措施和施工方法，并根据当地同类稳定自然山坡和人工边坡的调查及力学分析结果综合确定。对边坡高度不大于 20m 的土质挖方边坡，坡率不宜大于表 4.4.1 的规定值。

表 4.4.1 土质挖方路基边坡坡率

土的类型		边坡坡率
细粒土		1 : 1.0
中密以上的中砂、粗砂、砾砂		1 : 1.5
卵石土、碎石土、 圆砾土、角砾土	胶结和密实	1 : 0.75
	中密	1 : 1.0

注：黄土、红黏土、高液限土、膨胀土等特殊路基挖方边坡形式及坡率应按本规范第 7 章的有关规定确定。

4.4.2 岩质挖方路基边坡的形式及坡率应根据现场工程地质与水文地质条件、地形地貌、边坡高度、岩性、岩体结构、结构面产状、风化程度和施工方法，并参考当地稳定岩质自然边坡和人工边坡的调查结果综合确定。必要时可采用稳定性分析方法予以检算。对高度不大于 30m 且无外倾软弱结构面的岩质挖方边坡，其坡率可按表 4.4.2 确定。

表 4.4.2 岩质挖方路基边坡坡率

边坡岩体类型	风化程度	边坡坡率	
		$H < 15\text{m}$	$15\text{m} \leq H < 30\text{m}$
I	未风化、微风化	1 : 0.1~1 : 0.3	1 : 0.1~1 : 0.3
	弱风化	1 : 0.1~1 : 0.3	1 : 0.3~1 : 0.5
II	未风化、微风化	1 : 0.1~1 : 0.3	1 : 0.3~1 : 0.5
	弱风化	1 : 0.3~1 : 0.5	1 : 0.5~1 : 0.75
III	未风化、微风化	1 : 0.3~1 : 0.5	—
	弱风化	1 : 0.5~1 : 0.75	—
IV	弱风化	1 : 0.5~1 : 1	—
	强风化	1 : 0.75~1 : 1	—

注：1 有可靠的资料和经验时，可不受本表限制；

2 IV类强风化包括各类风化程度的极软岩。

4.4.3 高度超过 20m 的土质挖方边坡，有外倾软弱结构面或坡顶边缘附近有较大荷载或边坡高度超过本规范表 4.4.2 适用范围

的岩质挖方边坡，应根据本规范第 6.2 节的规定，进行稳定性分析和个别设计。

4.4.4 当挖方边坡较高时，可根据不同的土质、岩质和稳定要求开挖成折线形或台阶形边坡。边沟外侧应设置碎落台，其宽度不宜小于 1.0m；台阶形边坡中部应设置边坡平台，其宽度不宜小于 2.0m。

4.4.5 边坡坡顶、坡面、坡脚和边坡中部平台应设置地表排水系统。当边坡有积水湿地、地下水渗出或地下水露头时，应根据实际情况设置地下渗沟、边坡渗沟或仰斜式排水孔，或在上游沿垂直地下水流向设置拦截地下水的排水隧洞等设施。

4.5 路 床

4.5.1 路床顶面横坡应与路拱横坡一致。

4.5.2 路床填料最大粒径应小于 100mm，最小强度应符合表 4.5.2 的规定。

表 4.5.2 路床填料最小强度

路床顶面以下深度 (m)	填料最小强度 (CBR) (%)		
	快速路、主干路	次干路	支路
0~0.3	8	6	5
0.3~0.8	5	4	3

4.5.3 路床顶面设计回弹模量值，对快速路和主干路不应小于 30MPa；对次干路和支路不应小于 20MPa。当不满足上述要求时，应进行处治。回弹模量测定方法宜符合本规范附录 B 的规定。

4.5.4 路床处治应根据路床土质、含水率、降水条件、地下水类型及埋藏深度、加固材料来源等，经比选，采用就地碾压、外来材料改善、土质改良、加强地下排水、土工合成材料加筋等措施。

4.6 路基压实

4.6.1 路基应分层压实、均匀密实。

4.6.2 土质路基压实度不应低于表 4.6.2 的规定。对以下情形，可通过试验路检验或综合论证，在保证路基强度和稳定性的前提下，适当降低路基压实度标准：

1 特殊干旱或特殊潮湿地区，路基压实度可比表 4.6.2 的规定降低 1%~2%；

2 专用非机动车道、人行道，可按支路标准执行。

表 4.6.2 路基压实度要求

项目分类	路床顶面 以下深度 (m)	压实度 (%)			
		快速路	主干路	次干路	支路
填方路基	0~0.8	96	95	94	92
	0.8~1.5	94	93	92	91
	>1.5	93	92	91	90
零填及 挖方路基	0~0.3	96	95	94	92
	0.3~0.8	94	93	—	—

注：表中数值均为重型击实标准。

4.6.3 当采用细粒土作填料时，土的压实含水率应控制在最佳含水率±2%范围内。

4.6.4 填石路基应通过铺筑试验路段合理确定分层填筑的厚度、压实工艺及压实控制标准。宜采用孔隙率与施工参数同时作为压实质量控制指标，并按表 4.6.4 的规定执行。

表 4.6.4 填石路基压实质量控制标准

石料类型	路基顶面以下深度 (m)	摊铺厚度 (mm)	孔隙率 (%)
硬质石料	0.8~1.5	≤400	≤23
	1.5 以下	≤600	≤25

续表 4.6.4

石料类型	路基顶面以下深度 (m)	摊铺厚度 (mm)	孔隙率 (%)
中硬石料	0.8~1.5	≤400	≤22
	1.5 以下	≤500	≤24
软质石料	0.8~1.5	≤300	≤20
	1.5 以下	≤400	≤22

4.7 特殊部位的路基填筑与压实

4.7.1 与相邻路基存在显著刚度差异或不均匀连续的特殊部位，路基应充分压实，使其在一定范围内与周边路基的强度和刚度基本一致。

4.7.2 沟槽回填与压实应符合下列规定：

1 管道沟槽回填土的压实度应符合本规范第 4.6.2 条的规定。当沟槽回填压实确有困难时，上路床以下的回填土可按相关管道设计或施工规范的规定执行。

2 沟槽底至管顶以上 0.5m 范围内宜采用渗水性好、容易密实的砂、砾等填料，填料最大粒径应小于 50mm。

3 当回填细粒土含水率较高且不具备降低含水率条件、难以达到压实要求时，应采用石灰、水泥、粉煤灰等无机结合料进行处治。

4.7.3 管道检查井部位的处理应符合下列规定：

1 市政公用管线检查井位置宜避开机动车轮迹带。

2 管道检查井周边回填土的压实度应符合本规范第 4.6.2 条的规定。

3 管道检查井周边路基回填应采用渗水性好、容易密实的砂、砾等填料。

4 软土地区主干路和次干路的机动车道范围内的管道检查井，宜设置具有卸荷作用的防沉降井盖。

4.7.4 掘路工程中的路基回填修复应符合下列规定：

1 路基回填修复应遵循整体性原则，在保证交通安全和施工安全的条件下进行，并宜缩短修复周期，减少掘路修复对交通的影响。对于城市爆管、过街掘路，以及特别重要或交通特别繁忙的路段，应实施快速修复。

2 回填路基的回弹模量应达到与新建道路相同的标准。

3 路基回填宜选用强度高、级配良好、水稳定性好，便于获取和压实的材料，亦可采用经过处治的钢渣、矿渣等工业废渣。对于应急掘路的快速修复，应采用沉陷量小，易于压实或结硬，或者自密实的材料回填。

4 回填路基的压实度应符合表 4.7.4 的规定。

5 路基回填时，应采取设置台阶、铺设加筋材料等措施，保证开挖与非开挖区域路基接触面的良好结合。

表 4.7.4 回填路基压实度标准

路床顶以下深度 (cm)			压实度 (%)			
			快速路	主干路	次干路	支路
填方	上路床	0~30	95/	95/98	93/95	90/93
	下路床	30~80	95/98	95/98		
	上路堤	80~150	93/95	93/95	90/93	87/90
	下路堤	>150	90/93	90/93		
零填及挖方		0~30	95/	95/98	93/95	90/93

注：表中数字，/线左侧为重型击实标准，/线右侧为轻型击实标准。

4.7.5 城市高架桥梁承台周边的路基填筑与压实应符合下列规定：

1 承台在平面布置时不宜伸入地面道路的机动车道范围。当受条件限制时，承台应深埋，埋深不宜小于 1.5m。

2 在机动车道范围内的承台基坑回填应采用渗水性好、易密实的填料，并应符合路基压实度要求。

4.7.6 桥涵台背的路基填筑与压实应符合下列规定：

1 路堤与桥台、横向构筑物（箱涵、地道）的连接处应设

置过渡段，并应依据填料强度、地基处理、台背防排水系统等进行综合设计。过渡段长度宜按 2 倍~3 倍路基填土高度确定，路基压实度不应小于 96%。

2 桥涵台背、挡土墙墙背应选用渗水性好、易密实的填料。当采用细粒土填筑时，宜采用石灰、水泥、粉煤灰等无机结合料进行处治。

4.7.7 路基填挖交界的处理应符合下列规定：

1 填方区应符合本规范第 4.3 节的规定，挖方区应符合本规范第 4.4 节的规定。

2 对于半填半挖路基，当挖方区为土质时，填方区应优先采用渗水性好的材料填筑，并应对挖方区进行超挖回填碾压；当挖方区为坚硬岩石时，填方区宜采用填石路基。

3 纵向填挖交界处应设置过渡段，土质地段过渡段可采用级配较好的砾类土、砂类土或无机结合料处治土填筑，岩质地段过渡段可采用填石路基。

4 有地下水出露时，宜在填挖之间设置横向或纵向渗沟。

4.7.8 地铁等浅埋结构物上方路基的回填应符合下列规定：

1 地铁等浅埋结构上方的路基设计，应符合结构物的承载力和变形控制要求。

2 路基附加荷载大于浅埋结构物要求时，应采用轻质材料置换。

3 地铁浅埋结构上方路基回填部分压实度应符合本规范第 4.6.2 条的规定，否则应采取处理措施。

4 路床顶面以下 60cm 范围内不宜有基坑维护等坚硬的结构物，否则应采取处理措施。

5 路基排水

5.1 一般规定

5.1.1 路基排水设计应采取排、疏、防相结合的原则，应与路面排水系统、边坡防护、地基处理等其他措施相互协调，保证路基稳定，避免道路水损害。

5.1.2 路基排水设施应与道路工程同步设计、同步实施。

5.1.3 路基施工临时性排水设施，应与永久性排水设施相结合。各类排水设施的设计应满足使用功能要求，且应结构安全可靠，便于施工、检查和养护维修。

5.2 地表水

5.2.1 城市建成区内道路宜采用管道、偏沟、雨水口和连接管等排水设施；郊区道路可采用边沟、排水沟、截水沟、急流槽和涵洞等排水设施。

5.2.2 地表排水设施的布设应充分利用城市排水系统、天然水系和地形，选择和处理进出口位置，并应使水流顺畅，不宜出现堵塞、淤积、冲刷、溢流、渗漏、冻结等。

5.2.3 排水沟管排放的水流不得直接排入饮用水水源。

5.2.4 当道路雨水以自流的形式排放时，排水管出水口应设护坡等防冲刷措施，并根据需要设置标志。当出水口跌水较大时，应设计消能措施。

5.2.5 地表水的雨水径流量应按设计暴雨强度进行计算。暴雨强度的重现期应根据排水方式、道路类别和重要程度等因素确定。当采用管道排水方式时，重现期取值应满足表 5.2.5-1 的要求；当采用边沟排水方式时，重现期取值应满足表 5.2.5-2 的要求。当地表排水设施服务于周边地块时，重现期取值还应符合地

块规划要求。

表 5.2.5-1 管道排水暴雨强度设计重现期 (年)

城市级别 \ 道路等级	快速路	主干路	次干路	支路
	大城市	3~6	2~4	1~2
中小城市	1~3		0.5~1	0.5

表 5.2.5-2 边沟排水暴雨强度设计重现期 (年)

道路等级	快速路	主干路	次干路	支路
设计重现期	15	15	10	10

5.2.6 排水设施的泄水能力应满足地表排水的要求；各种沟管和泄水口的泄水能力，其断面形状和尺寸应满足排泄设计流量的要求；沟管内水流的最大和最小流速应在允许流速范围内。

5.2.7 当采用边沟排水方式时，应符合下列规定：

1 在路线纵坡平缓、汇水量不大、路基较低，且边坡不会受到冲刷的情况下，填方路基边坡可采取横向漫流方式排水；其他情况应在外侧设置拦水带，汇集路面表面水，然后通过泄水口和急流槽排除。

2 边沟沟底纵坡不宜小于 0.3%。困难情况下不宜小于 0.1%。出水口间距多雨地区不宜大于 300m，一般地区不宜大于 500m。

5.2.8 分隔带、人行道的绿化带排水设计应符合下列规定：

1 分隔带表面水的防排水设计应根据所在地区降雨量、道路等级及分隔带宽度等因素综合考虑，防止雨水进入路基内部。

2 分隔带部分被连续高架桥遮挡的路段可不设置分隔带排水设施。

3 绿化带宜设置横坡，坡率不宜小于 2%。

5.3 地下水

5.3.1 当路基范围内地下水位较高、路基干湿状态不满足要求，且路基标高受限时，应采用地下排水设施，以降低地下水位或将地下水引至路基范围外。

5.3.2 路基地下排水可采用暗沟（管）、渗沟、排水隔离层等设施。地下排水设施的类型、位置及尺寸应根据工程地质和水文地质条件确定，并应与地表排水设施相协调。

5.3.3 当地下水排入雨水管道时，其流量应单独计算。接入部分构筑物的设计应符合现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 的规定。

5.3.4 地下排水设施的沟（管）底纵坡，应保证水流通畅，不得淤积，也不得引起冲刷。

5.3.5 当路基范围内有泉水或承压水时，应将水流引至路基范围外。当不能设置明沟时，应设置暗沟或暗管。暗沟或暗管的设计应符合下列规定：

1 暗沟的沟底纵坡不应小于 1%，当采用暗管排水时，管底纵坡不宜小于 0.5%。

2 暗沟或暗管顶应敷设反滤层，出口处水位应高于排入水体最高水位 20cm 以上，防止倒灌。

3 泉水流量可根据丰水季节流量观测或历史流量记录确定。

4 暗沟或暗管的结构强度应保证路基的稳定，暗沟或暗管顶面的埋深不应小于 50cm。冰冻地区暗沟应埋置于当地冰冻线以下的土层中或采取保温措施。

5.3.6 当道路所经地段有潜水、层间水，挖方路基底部出现地下水，或地下水位较高，影响路基或路堑稳定时，可修建渗沟将水排除。渗沟的设计应符合下列规定：

1 渗沟的构造可根据水量选用填石渗沟、管式渗沟或洞式渗沟。

2 用于截断地下水的渗沟的轴线宜与渗流方向垂直布置。

3 渗沟的流量可根据含水层厚度、渗沟内的水流深度、含水层材料的渗透系数、地下水位降落曲线等因素计算确定。

4 填石渗沟可用于流量不大、流程不长的路段，其纵坡不应小于1%，一般可采用5%。沟内可采用石质坚硬的较大粒料填充，填充高度不应小于0.3m，并应高出原地下水位。

5 管式渗沟可用于地下引水较长的地段，但渗沟过长时应加设横向渗沟。管径由水力计算确定，内径不宜小于20cm。纵坡宜为1%~3%，且不应小于0.5%。管道可采用陶土、混凝土、石棉或聚氯乙烯带孔塑料管等材料。冬季管内水流结冰的地段，可采用较大直径的水管，并应加设保温层。

6 洞式渗沟可在地下水流量较大的路段或缺乏管材时使用。洞身大小应依据水流量确定。洞身应设在不透水层内，纵坡宜为1%~3%，且不应小于0.5%，有条件时可采用较大纵坡。

7 渗沟的基底应埋入不透水层，沟壁迎水一侧应设反滤层汇集水流。当含水层较厚，沟底不能埋入不透水层时，沟壁两侧均应设反滤层。

8 渗沟排水层（或管、洞）与沟壁之间应设置反滤层。

9 渗沟的埋置深度应根据路基冻结深度、毛细水上升高度、路基范围内地下水的降落曲线等因素确定。

10 每隔30m~50m或在平面转折和坡度由陡变缓处宜设置检查井。

5.3.7 当挖方路基部分地下水进入路基时，可采用将两侧混凝土支挡结构与防水地板相结合的混凝土U形槽。U形槽沿道路的纵向设置范围宜满足地下水位的最高历史记录和远景年的估计最高水位的要求。混凝土U形槽的结构设计及防水设计应符合混凝土结构相关规范的要求。

5.3.8 在承压地下水或地下水丰富的地区修筑路基时，可在原地面与路基交界处设排水隔离层，也可在路基内部设排水隔离层，将地下水引出路基外或将由路面渗透而来的水隔离。用于排水的隔离层应符合下列规定：

1 隔离层的土工织物最小抗拉强度不应小于 50kN/m，土工织物搭接长度宜为 100cm。

2 隔离材料可选用矿渣、碎石或砾石，其最大粒径宜为 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大于 6%。

3 排水隔离层顶面应高出设计地下水位 30cm 或 30cm 以上。

6 路基防护与支挡

6.1 一般规定

- 6.1.1** 路基坡面防护工程应在稳定的边坡上设置。对路基稳定性不足和存在不良地质因素的路段，应进行路基边坡防护与支挡加固的综合设计。
- 6.1.2** 在地下水较为发育的路段，应进行边坡防护与地下防排水措施的综合设计。在多雨地区，用砂类土、细粒土等填筑的路基，应采取坡面防护和防排水的综合措施。
- 6.1.3** 路基支挡结构设计应满足各种设计荷载组合下支挡结构的稳定、坚固和耐久；支挡结构的类型选择及位置确定应符合安全可靠、经济合理、便于施工养护等要求。
- 6.1.4** 路基支挡结构和防护工程宜与相邻建筑物相协调。
- 6.1.5** 路基施工过程中的边坡临时防护工程宜与永久防护工程相结合。
- 6.1.6** 高填方路基、深挖方路基及不良地质和特殊地段的路基，应进行重点路段的路基稳定和变形的监测设计。

6.2 路基稳定与变形计算

6.2.1 高度超过 20m 或地面斜坡坡率大于 1 : 2.5 的填方路基及不良地质、特殊地段的填方路基，稳定性验算应符合下列规定：

1 填方路基稳定性、填方路基和地基的整体稳定性宜采用简化毕肖普法进行分析计算。软土地基上的路基稳定性验算应符合本规范第 7.2.3 条的规定。

2 填方路基沿斜坡地基或软弱层滑动的稳定性可采用不平衡推力法进行分析计算。

6.2.2 填方路基稳定性分析的强度参数取值应符合现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 的规定。

6.2.3 填方路基稳定安全系数不得小于表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 填方路基稳定安全系数

分析内容	地基情况	采用的地基平均固结度及强度指标	稳定安全系数
填方路基稳定性	—	—	1.35
填方路基和地基的整体稳定性	地基土渗透性差、排水条件不好	取 $U=0$ ，采用直剪固结快剪或三轴固结不排水剪指标	1.20
		按实际固结度，采用直剪固结快剪或三轴固结不排水剪指标	1.40
	地基土渗透性好、排水条件良好	取 $U=1$ ，采用直剪固结快剪或三轴固结不排水剪指标	1.45
		取 $U=1$ ，采用快剪指标	1.35
填方路基沿斜坡地基或软弱层滑动的稳定性	—	采用直剪快剪或三轴不排水剪指标	1.30

6.2.4 对边坡高度大于 20m 的土质挖方路基、边坡高度超过本规范表 4.4.2 适用范围或有外倾软弱结构面的岩质挖方边坡、坡顶边缘附近有较大荷载的边坡，宜综合采用工程地质类比法、图解分析法、极限平衡法和数值分析法进行稳定性评价。定量计算方法应根据边坡可能的破坏形式，按下列方法确定：

1 对规模较大的碎裂结构岩质边坡和土质边坡宜采用简化毕肖普法计算。

2 对可能产生直线形破坏的边坡宜采用平面滑动面解析法进行计算。

3 对可能产生折线形破坏的边坡宜采用不平衡推力法计算。

4 对结构复杂的岩质边坡，可配合采用赤平投影法和实体比例投影法分析及楔形滑动面法进行计算。

5 当边坡破坏机制复杂时，宜结合数值分析法进行分析。

6.2.5 挖方路基边坡稳定性计算的强度参数取值应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定。

6.2.6 挖方路基边坡稳定安全系数不得小于表 6.2.6 的规定，并可按下列工况划分：

1 正常工况：边坡处于天然状态下的工况。

2 非正常工况 I：边坡处于暴雨或连续降雨状态下的工况。

3 非正常工况 II：边坡处于地震等荷载作用状态下的工况。

表 6.2.6 挖方路基边坡稳定安全系数

道路等级	工 况	稳定安全系数
快速路、主干路	正常工况	1.20~1.30
	非正常工况 I	1.10~1.20
	非正常工况 II	1.05~1.10
次干路、支路	正常工况	1.15~1.25
	非正常工况 I	1.05~1.15
	非正常工况 II	1.02~1.05

注：表中稳定安全系数取值应与计算方法对应。

6.2.7 对高度超过 20m 或不良地质、特殊地段的填方路基，应进行路基变形计算，并应符合下列规定：

1 不良地质和特殊地段的地基沉降计算应符合本规范第 7 章的规定。

2 高填方路基工后压缩变形可根据当地实际经验确定。

6.2.8 路基容许工后变形应符合表 6.2.8 的规定。

表 6.2.8 路基容许工后变形

道路等级	工程位置		
	桥台与路堤相邻处	涵洞、通道处	一般路段
快速路、主干路	≤0.10m	≤0.20m	≤0.30m
次干路、支路	≤0.20m	≤0.30m	≤0.50m

- 注：1 当路基中有其他管线及构造物时，应按管线等构造物的沉降要求进行设计，并应与相邻路基良好过渡；
- 2 对主辅路并行且主辅路间设侧分带的路基，可按主辅路相应的等级分别进行工后变形控制。

6.3 路基防护

6.3.1 坡面防护设计应符合下列规定：

1 对受自然因素作用易产生破坏的边坡坡面，应根据边坡的土质、岩性、水文地质条件、坡率、高度，以及环境保护与水土保持要求等，选用适宜的防护措施。

2 软硬岩层相间的挖方边坡应根据岩层情况采用全部防护或局部防护措施。

3 采用植物或喷护、挂网喷护等防护措施的，以及年平均降水量大于 400mm 地区较高的土质挖方边坡路段，宜在坡脚处设高 1m~2m 浆砌片石护坡或护墙。

4 当浆砌片石护墙高度大于 12 m、浆砌片石护坡和骨架护坡高度大于 15m 时，宜在适当高度处设平台，平台宽度不宜小于 2m。

5 浆砌片石护墙、护坡的基础应埋置在路肩线以下不小于 1m，并不应高于侧沟砌体底面；当地基为冻胀土时，应埋置在冻结深度以下不小于 0.25m。

6 封闭式的坡面应在防护砌体上设泄水孔和伸缩缝。当坡面有地下水出露时，应采取措施将水引排。

7 土质和易风化岩石的挖方高边坡，宜在坡脚处设置挡土

墙。当挡土墙墙顶上方坡面设有浆砌片石护墙、护坡时，墙顶应设置边坡平台，平台宽度不宜小于 2m。

6.3.2 沿河路基防护设计应符合下列规定：

1 沿河路基应根据河流特性、水流性质、沿河地貌、地质等因素，结合路基位置，选用适宜的坡面防护、导流或改河工程。

2 防护工程基底应埋设在冲刷深度以下不小于 1 m 或嵌入基岩内。冲刷深度应根据公式计算、河床地层冲淤分析和类似工程的实践资料综合分析确定。当冲刷深度较深、水下施工困难时，可采用桩基、沉井基础或适宜的平面防护或与设桥方案进行比较。

3 冲刷防护工程应与上下游岸坡平顺连接、端部嵌入岸壁足够深度。

4 当改移河道时，应根据河流特性及其演变规律，因势利导，慎重对待，应与设桥方案进行经济比较。改河的起点和终点应与原河床顺接。在改河入口处加大纵坡并设置拦河坝或顺坝。新河槽断面应按设计洪水频率的流量计算确定。

6.4 支挡加固

6.4.1 当受地形、地物或占地等限制而需收缩坡脚，采用较陡的边坡，或为保证路基边坡稳定性而需采取措施以增加抗滑力时，应设置边坡支挡结构。

6.4.2 城市道路路基边坡的支挡工程设计，应查明路基边坡和支挡结构地基的工程地质、水文地质条件及环境条件等，并取得设计必要的岩土物理力学参数。

6.4.3 支挡工程的安全等级的确定，应符合下列规定：

1 当保护对象主要为路基，边坡滑塌影响范围无重要建(构)筑物、管线或人群密集的使用场地时，应根据支挡工程损坏后可能造成的破坏后果的严重性和边坡高度等因素，按表 6.4.3 确定安全等级。

表 6.4.3 城市路基边坡支挡工程安全等级

破坏后果	边坡高度 H	安全等级
很严重	$H \geq 15\text{m}$ (岩质边坡), $H \geq 8\text{m}$ (土质边坡)	一级
	$H < 15\text{m}$ (岩质边坡), $H < 8\text{m}$ (土质边坡)	二级
严重	$H \geq 25\text{m}$ (岩质边坡), $H \geq 15\text{m}$ (土质边坡)	一级
	$15\text{m} \leq H < 25\text{m}$ (岩质边坡), $8\text{m} \leq H < 15\text{m}$ (土质边坡)	二级
	$H < 15\text{m}$ (岩质边坡), $H < 8\text{m}$ (土质边坡)	三级
不严重	$H \geq 25\text{m}$ (岩质边坡), $H \geq 15\text{m}$ (土质边坡)	二级
	$H < 25\text{m}$ (岩质边坡), $H < 15\text{m}$ (土质边坡)	三级

注: 1 一个城市路基边坡支挡工程的各段, 可根据实际情况采用不同的安全等级;

2 对危害性极严重、环境和地质条件复杂的特殊边坡支挡工程, 其安全等级应根据工程情况适当提高。

2 当保护对象主要为邻近的建(构)筑物, 或保护范围内有管线或人群密集时, 安全等级的确定应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定。

6.4.4 应根据工程地质、水文地质、冲刷深度、荷载情况、边坡高度、支挡结构受力特点、环境条件、施工条件及工程造价等因素, 合理选择路基边坡支挡与加固措施。

6.4.5 支挡结构应采用以极限状态设计的分项系数法为主的设计方法, 构件承载能力极限状态设计宜满足下式要求:

$$\gamma_0 S \leq R \left(\frac{R_k}{\gamma_f}, \alpha_d \right) \quad (6.4.5)$$

式中: S ——作用效应的组合设计值 (kN);

$R(\cdot)$ ——支挡结构结构抗力函数 (kN);

R_k ——抗力材料的强度标准值 (kPa);

γ_f ——结构材料、岩土体性能的分项系数;

α_d ——结构或结构构件几何参数的设计值, 当无可靠数据时, 可采用几何参数标准值;

γ_0 ——结构重要性系数, 按表 6.4.5 的规定采用。

表 6.4.5 结构重要性系数 γ_0

支挡工程安全等级	结构重要性系数 γ_0
一级	≥ 1.1
二级	≥ 1.0
三级	≥ 1.0

6.4.6 作用于支挡结构上的荷载计算应符合下列规定：

1 应根据作用于支挡结构上的荷载确定作用效应的组合设计值，支挡结构上的作用应符合表 6.4.6-1 的规定。

表 6.4.6-1 支挡结构上的作用

作用分类		作用名称
永久作用		支挡结构重力
		填土（包括基础襟边以上土）重力
		填土侧压力
		墙顶上的有效永久荷载
		墙顶与第二破裂面之间的有效荷载
		计算水位的浮力及静水压力
		预加力
		混凝土收缩及徐变
		基础变位影响力
		邻近建（构）筑物传来的永久荷载
可变作用	基本可变作用	车辆荷载引起的侧压力
		人群荷载、人群荷载引起的侧压力
		邻近建（构）筑物传来的可变荷载（使用活荷载和风荷载等）
	其他可变作用	水位退落时的动水压力
		流水压力
		波浪压力
		冻胀压力和冰压力
		温度影响力
	施工荷载	与各类型挡土墙施工有关的临时荷载
偶然作用		地震作用力
		滑坡、泥石流的冲击作用力
		作用于墙顶护栏上的车辆碰撞力

2 对一般地区，可只采用永久作用和基本可变作用的组合；浸水地区、地震动峰值加速度值不小于 $0.2g$ 的地区及产生冻胀力的地区，作用组合还应计取其他可变作用和偶然作用，作用组合可按表 6.4.6-2 确定。

表 6.4.6-2 作用组合

组合	荷 载
I	挡土墙结构重力、墙顶上的有效永久荷载、填土重力、填土侧压力及其他永久荷载组合
II	组合 I 与基本可变荷载相组合
III	组合 II 与其他可变荷载、偶然荷载相组合

注：组合时，不同时考虑洪水与地震力的组合，冻胀力、冰压力与流水压力或波浪压力的组合，以及车辆荷载与地震力的组合。

3 当支挡结构上受地震力作用时，应符合现行行业标准《公路桥梁抗震设计细则》JTG/T B02-01 的规定。

4 作用于支挡结构上的土压力的计算应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定。一般情况下，支挡结构前的被动土压力可不计算，当基础埋置较深且地层稳定、不受水流冲刷和扰动破坏时，可计入被动土压力。

5 车辆荷载作用在挡土墙墙背填土上所引起的附加土体侧压力，可按下式换算成等代均布土层厚度：

$$h_0 = \frac{q}{\gamma} \quad (6.4.6)$$

式中： h_0 ——换算土层厚度 (m)；

q ——车辆荷载附加荷载强度 (kN/m^2)，当墙高小于 2m 时，取 $20\text{kN}/\text{m}^2$ ；墙高大于 10m 时，取 $10\text{kN}/\text{m}^2$ ；墙高为 2m~10m 之间时，采用线性内插法计算；

γ ——墙背填土的重度 (kN/m^3)。

6 作用于墙顶或墙后填土上的人群荷载强度应根据实际情

况确定，可取 3kN/m^2 ；作用于挡墙栏杆顶的水平推力可采用 0.75kN/m ；作用于栏杆扶手上的竖向力可采用 1kN/m 。

7 当浸水挡土墙墙背为岩块和粗粒土（除粉砂外）时，可不计墙身两侧静水压力和墙背动水压力。

8 墙身所受浮力，应根据地基地层的浸水情况按下列原则确定：

- 1) 砂类土、碎石类土和节理很发育的岩石地基，按计算水位的 100% 计算。
- 2) 岩石地基按计算水位的 50% 计算。

9 当按承载能力极限状态设计时，除另有规定外，常用作用分项系数可按表 6.4.6-3 的规定采用。

表 6.4.6-3 承载能力极限状态作用分项系数

情 况		荷载增大对挡土墙结构起有利作用时		荷载增大对挡土墙结构起不利作用时	
		I, II	III	I, II	III
分 项 系 数	垂直恒载 γ_G	0.90		1.20	
	恒载或车辆荷载、人群荷载的主动土压力 γ_{Q1}	1.00	0.95	1.40	1.30
	被动土压力 γ_{Q2}	0.30		0.50	
	水浮力 γ_{Q3}	0.95		1.10	
	静水压力 γ_{Q4}	0.95		1.05	
	动水压力 γ_{Q5}	0.95		1.20	

6.4.7 支挡结构基础稳定性计算与设计应符合下列规定：

1 支挡结构宜采用明挖基础。当基底位于坡度大于 5% 的纵向斜坡上时，基底应设计为台阶式。当基础位于横向斜坡地面上时，墙趾埋入地面的深度和距地表的水平距离应满足表 6.4.7-1 的要求。

表 6.4.7-1 斜坡地面基础埋置条件

土层类别	最小埋入深度 h (m)	距地表水平距离 L (m)
较完整的硬质岩石	0.25	0.25~0.50
一般硬质岩石	0.60	0.60~1.50
软质岩石	1.00	1.00~2.00
土质	≥ 1.00	1.50~2.50

2 支挡结构基础应有一定埋置深度，可根据地基岩土特性、承载能力、冻结深度、水流冲刷情况和岩石风化程度等因素确定，并应符合下列规定：

- 1) 一般地区，基础最小埋置深度，对土质地基不应小于 1m，对软质岩石地基不应小于 0.8m。在风化层不厚的硬质岩石地基上，基底应置于基岩表面风化层以下。
- 2) 季节性冰冻地区，当冻结深度小于或等于 1m 时，基底应在冻结线以下不小于 0.25m，且基础埋置深度不应小于 1m。当冻结深度超过 1m 时，基底最小埋置深度不得小于 1.25m，还应将基底至冻结线以下 0.25m 深度范围的地基土换填为冻胀或弱冻胀材料。
- 3) 当受水流冲刷时，应按路基设计洪水频率计算冲刷深度，基底应置于局部冲刷线以下，且基础埋置深度不应小于 1m。
- 4) 路堑式挡土墙基础顶面应低于挖方路基边沟底面不小于 0.5m。

3 支挡结构地基稳定性计算中，各类作用组合下作用效应组合设计值中的作用分项系数，除被动土压力分项系数 γ_{Q2} 可取 0.3 外，其余作用的分项系数应取 1。

4 基底合力的偏心距 e_0 ，对土质地基不应大于基底宽度 B 的 1/6 倍；对岩石地基不应大于基底宽度 B 的 1/4 倍。

5 基底压应力不应大于基底的容许承载力 $[f_a]$ ； $[f_a]$ 的取值应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG

D63 的规定。

6 支挡结构的抗滑动和抗倾覆稳定安全系数不宜小于表 6.4.7-2 的规定值。对设置于不良土质地基、表土下为倾斜岩质地基或斜坡上的支挡结构，尚应对支挡结构地基及填土的整体稳定性进行验算，其稳定安全系数不应小于 1.25。

表 6.4.7-2 支挡结构抗滑动和抗倾覆的稳定安全系数

荷载情况	验算项目	稳定安全系数	
荷载组合 I、II	抗滑动	K_c	1.3
	抗倾覆	K_0	1.5
荷载组合 III	抗滑动	K_c	1.3
	抗倾覆	K_0	1.3
施工阶段验算	抗滑动	K_c	1.2
	抗倾覆	K_0	1.2

6.4.8 支挡结构和加固结构的设计计算及构造要求应符合现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 的规定。

6.5 路基监测

6.5.1 对高填方路基和特殊地基上的填方路基，应实行填筑过程中和填筑以后的变形监测。设计应明确监测路段、监测项目（内容）、监测点的数量及其布置，并应确定路基稳定和变形的监测控制标准。

6.5.2 对路基挖方高边坡及不良地质、特殊岩土地段的挖方边坡，应提出施工方案的特殊要求和监测要求，且应根据边坡变形与稳定监测的反馈信息，及时对原设计进行校核、修改和调整，并应符合下列规定：

1 监测的内容可包括：边坡变形及不稳定的范围，位移的方向、大小和历时特征，地下水位及其变化，爆破震动，支挡结构和加固设施的受力与变形等。

2 监测周期应根据道路等级、边坡及其支挡结构的特点、

变形及其发展情况确定。对快速路重点高边坡，监测周期应从边坡开挖开始，至道路建成营运后不少于一年。

6.5.3 在既有城市道路下进行暗挖施工时，道路顶面位移不应大于道路构筑物的允许沉降，且应保证行车安全。应根据工程地质及水文地质条件、暗挖施工结构及其埋深、道路等级及管线情况以及监测工作的经济性，进行路表变形监测。监测工作应符合下列规定：

1 监测范围应根据道路情况、土层特性和结构埋深等确定，宜为暗挖结构物外沿两侧各 30m 范围内。

2 测点可根据工程性质确定，每个道路监测横断面上的测点不宜少于 7 个。

3 监测频率不宜低于表 6.5.3 的规定。

表 6.5.3 路基顶面位移监测频率

阶 段	频 率
掘进面距监测断面小于或等于 20m	(1 次~2 次)/天
掘进面距监测断面大于 20m，小于或等于 50m	1 次/2 天
掘进面距监测断面大于 50m	1 次/7 天
根据数据分析确定沉降稳定后 3 个月内	1 次/30 天

7 特殊路基

7.1 一般规定

7.1.1 特殊路基设计应进行综合地质勘察，查明具体的特殊条件及特殊岩土或地质体的性质、参数、成因、规模、稳定状况及趋势。特殊路基设计所需的物理力学参数，宜采用原位测试数据，并结合室内试验资料综合分析确定。

7.1.2 特殊路基设计应明确地质和环境等因素对路基的影响，遵循以防为主、防治结合的原则，采取合理的整治方案和工程措施。

7.2 软土地区路基

7.2.1 软土的鉴别应符合表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 软土鉴别指标

土类	天然含水率 (%)		天然孔隙比	直剪内摩擦角 (°)	十字板剪切强度 (kPa)	压缩系数 $a_{0.1\sim 0.2}$ (MPa ⁻¹)
黏质土、有机质土	≥35	≥液限	≥1.00	<5°	<35	>0.5
粉质土	≥30		≥0.90	<8°		>0.3

7.2.2 软土地区路基设计宜包含路基稳定验算、路基沉降计算、地基处理措施及路基监测设计等内容。

7.2.3 软土地区路基的稳定验算应符合下列规定：

1 宜采用瑞典圆弧滑动法中的固结有效应力法或改进总强度法，有条件时也可采用简化毕肖普法、简布普遍条分法。

2 验算时应按施工期和营运期的荷载分别计算稳定安全系

数。施工期的荷载应包括路堤自重及施工机械荷载，运营期的荷载应包括路堤自重、路面结构荷载及行车荷载。运营期的行车荷载宜换算为静止的当量土柱作用。

3 稳定验算中的水平向地震力应符合现行行业标准《公路桥梁抗震设计细则》JTG/T B02-01 的规定。

4 稳定安全系数不应小于表 7.2.3 的规定，否则应针对稳定性进行地基处理。

表 7.2.3 稳定安全系数

安全系数 指标选取	验算方法	固结有效应力法		改进总强度法		简化毕肖普法、简布法
		不考虑固结	考虑固结	不考虑固结	考虑固结	
直接快剪		1.1	1.2	—	—	—
静力触探、十字板剪		—	—	1.2	1.3	—
三轴有效剪切指标		—	—	—	—	1.4

注：当需考虑地震力时，表中稳定安全系数可减少 0.1。

7.2.4 软土地基沉降计算应符合下列规定：

- 1 主固结沉降 S_c 应采用分层总和法计算。
- 2 总沉降宜按下式计算确定：

$$S = m_s S_c \quad (7.2.4-1)$$

式中： S ——总沉降 (m)；

m_s ——沉降系数，与地基条件、荷载强度、加荷速率等因素有关，取值范围 1.1~1.7，应根据现场沉降观测资料和当地经验确定；

S_c ——主固结沉降 (m)。

3 总沉降也可由瞬时沉降 S_d 、主固结沉降 S_c 及次固结沉降 S_s ，按下式计算确定：

$$S = S_d + S_c + S_s \quad (7.2.4-2)$$

- 4 任意时刻地基的沉降量可按下式计算确定：

$$S_t = (m_s - 1 + U_t) S_c \quad (7.2.4-3)$$

或
$$S_t = S_a + S_c U_t + S_s \quad (7.2.4-4)$$

式中： U_t —— t 时间的地基平均固结度，天然地基采用太沙基一维固结理论解计算；对砂井、塑料排水板等竖向排水体处理的地基，固结度宜按巴隆给出的太沙基-伦杜立克固结理论轴对称条件固结方程在等应变条件下的解来计算。

5 软土地基沉降计算的土层深度应以其底面附加应力与自重应力之比值不大于 15% 确定。

6 软土地基上的低填路基，当重载车型较多时，还应计入行车荷载产生的路基永久变形。

7 软土地基路基工后变形应符合本规范第 6.2.8 条的规定，否则应按变形控制对地基进行处理。

7.2.5 软土地基路基填筑应符合下列规定：

1 当填方路基为中湿、潮湿状态时，底部宜设置透水垫层，厚度宜为 0.50m，并宜设 2%~3% 的横坡。

2 特别软弱地基上的路基或软土地基上的高路基，可采用粉煤灰、泡沫聚苯乙烯 (EPS) 块等轻质材料填筑，并应符合下列规定：

1) 采用粉煤灰填筑时，应采取黏土包边等措施防止粉煤灰流失。粉煤灰材料应符合本规范第 4.3.6 条的规定。

2) 采用泡沫聚苯乙烯 (EPS) 填筑时，应验算堤身的压缩变形和抗浮稳定性，且顶层 EPS 的密度不宜小于 0.3kN/m^3 。

3 路基加筋应采用抗拉强度大于 50kN/m 、延伸率小于 10%、耐老化的土工合成材料。

4 不宜采用反压护道。采用反压护道时，其高度不宜超过路基高度的 1/2，宽度应通过稳定验算确定。

7.2.6 对软土层厚度小于 3m、埋深较浅的软土地基，宜采用无机结合料浅层拌合、挖除换填、抛石挤淤等浅层地基处理措施，并应符合下列规定：

1 当采用水泥、石灰等无机结合料拌合处理措施时，应根据试验确定无机结合料的掺入量。

2 浅层地基换填宜采用透水性较好的碎石或中粗砂等粒料，换填料应高出地下水位以上不小于 0.50m、宽出路基两侧不小于 0.50m。

3 抛石挤淤的抛石高度应高出软土、淤泥层顶及地表水位不小于 0.50m，宽出路基两侧 0.50m~1.00m；抛石顶面应采用粒径小于 10cm 的块石或级配碎石填平、碾压密实。抛石挤淤不宜用于快速路和主干路的路基工程。

7.2.7 软土层较厚、路基填土高度超过地基极限填土高度时，应采用排水固结法、粒料桩、加固土桩、刚性桩等深层地基处理措施。

7.2.8 排水固结法设计应符合下列规定：

1 可用于淤泥、淤泥质黏土及充填土等饱和软土。

2 应根据软土性质、填土高度、沉降计算与稳定验算结果、施工工期等，确定采用砂垫层、塑料排水板、砂井、堆载预压、真空预压和真空联合堆载预压等措施。

3 预压期应根据允许工后沉降量或要求的地基固结度确定，不宜小于 6 个月。

4 采用真空联合堆载预压法时，应在地基中设置塑料排水板或砂井等竖向排水体，真空预压密封膜下的真空度不宜小于 75kPa。

5 排水固结法设计不对周围重要建筑物、管线等造成影响。

6 桥头引道采用排水固结法处理时，应先预压，再开挖施工桥梁桩基和承台。

7.2.9 粒料桩法应符合下列规定：

1 振冲粒料桩可用于十字板抗剪强度大于 15kPa 的地基；沉管粒料桩可用于十字板抗剪强度大于 10kPa 的地基。

2 粒料桩的直径、深度和间距应经稳定、沉降验算后确定，

对较薄的软土层，应贯穿；相邻桩净距不应大于 4 倍桩径。

3 计算设有粒料桩复合地基的路基整体滑动稳定安全系数时，复合地基内滑动面上的抗剪强度应采用复合地基抗剪强度，并按下列公式计算：

$$\tau_{ps} = m\tau_p + (1-m)\tau_s \quad (7.2.9-1)$$

$$\tau_p = \sigma \cos \alpha \tan \varphi_c \quad (7.2.9-2)$$

$$m = 0.907 \left(\frac{D}{B} \right)^2 \quad (7.2.9-3)$$

$$m = 0.785 \left(\frac{D}{B} \right)^2 \quad (7.2.9-4)$$

式中： τ_{ps} ——复合地基抗剪强度 (kPa)；

τ_p ——粒料桩抗剪强度 (kPa)；

τ_s ——桩间土抗剪强度 (kPa)；

σ ——滑动面处桩体的竖向应力 (kPa)；

φ_c ——粒料桩的内摩擦角，桩料为碎石时可取 38° ，桩料为砂砾时可取 35° ；

m ——桩对土的置换率，桩在平面上按等边三角形布置时，按式 (7.2.9-3) 计算确定；桩在平面上按正方形布置时，按式 (7.2.9-4) 计算确定；

α ——滑动面倾角 ($^\circ$)；

D_p ——桩的直径 (m)；

B_p ——桩间距 (m)。

4 粒料桩桩长深度内地基的沉降应按下列公式计算：

$$S_z = \mu_s S \quad (7.2.9-5)$$

$$\mu_s = \frac{1}{1 + m(n-1)} \quad (7.2.9-6)$$

式中： S_z ——桩长深度内复合地基的沉降 (m)；

S ——粒料桩桩长深度内未加固地基 (天然地基) 的沉降 (m)；

μ_s ——桩间土应力折减系数；

n ——桩土应力比；宜经工程试验确定。当无资料时， n

可取 2~5，当桩底土质好、桩间土质差时取高值，否则取低值。

7.2.10 加固土桩法应符合下列规定：

1 深层搅拌法可用于加固十字板抗剪强度不小于 10kPa 的软土地基。用于处理有机质土、泥炭土、塑性指数大于 25 的黏土，以及地下水具有腐蚀性的地基时，应通过现场试验确定其适用性。

2 当采用粉喷桩法加固软土地基时，深度不应超过 14m，并应评估对周围环境污染的影响。当地基天然含水率小于 30%、大于 70%或地下水的 pH 值小于 4 时不宜采用粉喷桩法。

3 加固土桩的直径、深度和间距应经稳定性验算确定，并应满足工后沉降的要求，对较薄的软土层，应贯穿。相邻桩的净距不应大于 4 倍桩径。

4 计算设有加固土桩复合地基的路基整体滑动稳定安全系数时，复合地基内滑动面上的抗剪强度应采用复合地基抗剪强度，并按下列公式计算：

$$\tau_{ps} = m\tau_p + (1 - m)\tau_s \quad (7.2.10-1)$$

式中： τ_{ps} ——复合地基抗剪强度 (kPa)；

τ_p ——加固土桩抗剪强度 (kPa)；

τ_s ——桩间土抗剪强度 (kPa)。

5 加固土桩的抗剪强度宜以 90d 龄期的强度为标准强度，可按钻取试验路段的原状试件所测无侧限抗压强度的 1/2 计取；也可按设计配合比由室内制备的加固土试件测得的无侧限抗压强度的 0.3 倍计取。

6 加固土桩复合地基的沉降量应按复合地基加固区的沉降量和加固区下卧层的沉降量两部分来计算。加固区的沉降量应采用复合地基压缩模量法计算；下卧层的沉降量宜采用压缩模量法计算。复合地基压缩模量应按下列公式计算：

$$E_{ps} = mE_p + (1 - m)E_s \quad (7.2.10-2)$$

式中： E_{ps} ——复合地基压缩模量 (MPa)；

E_p ——桩体压缩模量 (MPa), 可根据无侧向抗压强度按经验公式取值;

E_s ——土体压缩模量 (MPa)。

7.2.11 刚性桩法应符合下列规定:

1 刚性桩适用于深厚软土地基上荷载较大、变形要求较严格的高填方路堤段、桥头引道或通道与路堤的衔接部位、新老路堤拼接的拓宽区域。

2 刚性桩桩顶应设置托板、加筋垫层。

3 刚性桩的设置深度和间距应经稳定性、工后沉降验算后确定。

4 当计算刚性桩复合地基的路堤整体抗剪稳定安全系数时, 复合地基滑动面上的抗剪强度应采用复合地基抗剪强度, 计算方法同加固土桩法。

5 刚性桩处理地基的最终沉降量计算, 可不考虑桩间土压缩变形对沉降的影响, 并按下式计算:

$$S = \psi_p \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \frac{\sigma_{j,i} \Delta h_{j,i}}{E_{s_{j,i}}} \quad (7.2.11)$$

式中: S ——最终沉降量 (mm);

m ——桩端平面以下压缩量范围内土层总数;

$E_{s_{j,i}}$ ——桩端平面下第 j 层土第 i 个分层在自重应力至自重应力加附加应力作用段的压缩模量 (MPa);

n_j ——桩端平面下第 j 层土的计算分层数;

$\Delta h_{j,i}$ ——桩端平面下第 j 层第 i 分层的厚度 (m);

$\sigma_{j,i}$ ——桩端平面下第 j 层第 i 分层的竖向附加应力 (kPa), 采用明德林应力公式计算, 按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定执行;

ψ_p ——桩基沉降计算经验系数, 应根据当地的工程实测资料统计对比确定。

6 当采用锤击法沉桩时, 不应因振动造成对周围建筑物的影响。

7.2.12 软土地基路基横断面设计应符合下列规定：

1 预压期结束时，路基高度不宜小于其设计高度，即实际路基填筑高度应等于路基设计高度与预压期间的沉降量之和。

2 预压填方路基底面宜加宽，每侧的加宽量应按下列公式计算：

$$\Delta d = mS_i \quad (7.2.12-1)$$

式中： Δd ——一侧的加宽量（m）；

m ——软基路堤的设计边坡值（坡率的倒数）；

S_i ——路堤坡脚处预压期末的沉降量（m）。

3 预压填方路基的边坡值应按下列公式计算：

$$n = \left(1 - \frac{S_j}{H + S_i}\right)m \quad (7.2.12-2)$$

式中： n ——预压填方路基的边坡值；

S_j ——路肩处预压期末的沉降量（m）；

H ——路基中心高度（m）。

7.2.13 高填方路基或桥头引道应按本规范第 6.5.1 条的规定，进行路基稳定与变形监测设计，路基填土速率应符合下列规定：

1 填筑时间不应小于地基抗剪强度增长所需要的固结时间。

2 路基中心沉降量每昼夜不得大于 10mm~15mm，边桩位移量每昼夜不得大于 5mm。

7.2.14 路面铺筑应在沉降稳定后进行，采用双标准控制，即要求推算的工后沉降量符合本规范第 6.2.8 条的规定；同时要求连续 2 个月观测的沉降量每月不超过 5mm。

7.3 红黏土与高液限土地区路基

7.3.1 红黏土与高液限土地区的路基设计，应查明沿线红黏土或高液限土的分布范围、成因类型、土体结构、湿度状态及其垂直分带、土体中裂隙分布特征、地下水分布情况、物理力学性质及胀缩性等。

1 红黏土的结构可按表 7.3.1-1 的规定进行分类，复浸水

特性可按表 7.3.1-2 的规定进行分类。

2 当红黏土与高液限土具有明显膨胀性时，应按膨胀土路基进行设计。

表 7.3.1-1 红黏土的结构分类

土体结构	裂隙发育特征	S_r
致密状结构	偶见裂隙 (<1 条/m)	>1.2
巨块状结构	较多裂隙 (1~2 条/m)	0.8~1.2
碎块状结构	富裂隙 (>5 条/m)	<0.8

注： S_r 为红黏土的天然状态与保湿扰动状态土样的无侧限抗压强度之比。

表 7.3.1-2 红黏土的复浸水特性分类

类别	I_r 与 I'_r 关系	复浸水特性
I	$I_r \geq I'_r$	收缩后复浸水膨胀，能恢复到原位
II	$I_r < I'_r$	收缩后复浸水膨胀，不能恢复到原位

注： $I_r = \omega_L / \omega_p$ ， $I'_r = 1.4 + 0.0066 \omega_L$ ； ω_L —液限； ω_p —塑限。

7.3.2 红黏土与高液限土地区填方路基应符合下列规定：

1 当红黏土用作路基填料时，其最小强度应满足本规范表 4.3.4 的规定，否则应进行处治。压缩系数大于 0.5MPa^{-1} 的红黏土路基不得用于填筑路基。

2 满足最小强度要求但未经处理的红黏土填筑路基高度不宜大于 10m。

3 高液限土不宜直接作为路基填料。当利用挖方路段的挖方高液限土填筑路基时，应进行处治。

4 高度小于 10m 的填方路基边坡坡率宜为 1 : 1.5~1 : 1.75，当边坡高度大于 6m 时，宜设置边坡平台，其宽度不宜小于 2m。当边坡高度超过 10m 时，应按高边坡设计，并应通过路基稳定性分析计算确定路堤横断面形式、边坡坡度及路堤加固与防护措施等。

5 在确定路基土的最佳含水率和最大干密度时，宜采用湿土法重型击实试验。

6 路基基底应设置排水隔离垫层，厚度宜为 0.50m，应采用渗水性良好的砂砾或碎石填筑，其顶面应设置反滤层。

7 经改性处理的红黏土或高液限土路基，或者用黏土外包封闭的路基可按一般路基进行防护设计。

7.3.3 红黏土与高液限土地区挖方路基应符合下列规定：

1 应分析复浸水 I 类红黏土的开挖面土体干缩导致裂隙发展及复浸水使土质产生变化的不利影响。边坡稳定性计算宜采用饱水剪切试验和重复慢剪试验等强度指标，对裂隙发育的土应采用三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验指标，必要时可进行收缩试验和复浸水试验。

2 挖方边坡高度不宜超过 20m，边坡坡率及平台宽度可按表 7.3.3 确定，当边坡高度超过 6m 时，挖方路基宜采用台阶式断面。若地形允许，宜放缓边坡。

表 7.3.3 红黏土与高液限土挖方边坡坡率

边坡高度 (m)	边坡坡率	边坡平台宽度 (m)
<6	1 : 1.25~1 : 1.5	—
6~10	1 : 1.25~1 : 1.5	2.0
10~20	1 : 1.5~1 : 1.75	≥2.0

3 应根据红黏土或高液限土的工程性质、道路等级，对路床顶面下 0.80m 范围内的红黏土或高液限土进行超挖，并应换填渗水性良好的砂砾、碎石土或采用石灰、水泥等无机结合料进行处治。

4 应进行路基防排水系统的综合设计。

5 挖方边坡的坡面防护与支挡加固应综合设计。

7.4 膨胀土地区路基

7.4.1 膨胀土地区的路基设计应查明沿线膨胀土的分布范围、成因类型、土体结构、地下水分布与赋存条件，以及膨胀土的矿物成分、物理力学性质和胀缩特性等。

7.4.2 膨胀土地区的路基设计应以防止水分侵蚀、防止风化、保持路基湿度稳定为主，结合坡面防护，降低边坡高度，分段连续施工，及时封闭路床和坡面。道路与建筑、广场之间的绿化带和坡面，应采取半封闭的相对保湿、防渗透措施。道路先于建筑实施时，应对城市道路沿线两侧一定范围内未开发土地采取临时保湿、防渗、排水措施。

7.4.3 膨胀土地区路基的边坡及其防护加固应符合下列规定：

1 当可能发生浅层破坏时，宜采取半封闭的保湿防渗措施。

2 当可能发生深层破坏时，应采取边坡稳定加固措施，并进行边坡防护。

3 膨胀土强度指标应采用低于峰值强度值，可采用反算和经验指标。

4 支挡结构基础埋深应大于气候影响层深度，反滤层应适当加厚。

5 防护工程宜采用柔性结构。

7.4.4 膨胀土地区的填方路基设计应符合下列规定：

1 当路基填土高度小于路面与路床的总厚度，基底为膨胀土时，宜挖除地表 0.30m~0.60m 的膨胀土，并应将路床换填成非膨胀土或作掺灰处理。若为强膨胀土，挖除深度应达到大气影响深度。大气影响深度的确定应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 的规定。

2 强膨胀土不得作为路基填料。中等膨胀土应经改良处理后方可用于路基填筑。当采用弱膨胀土作为路堤填料，胀缩总率不超过 0.7% 时，可直接填筑，但应采取防水、保温、封闭、坡面防护等措施；否则，应按道路等级、气候、水文特点、填土层位等具体情况，结合实践经验对弱膨胀土进行处治。

3 膨胀土填筑的路基，应及时碾压密实，路基压实度应符合本规范第 4.6.2 条的规定。在确定路堤填筑的最佳含水率和最大干密度时，宜采用湿土法重型击实试验。

4 路基边坡坡率应根据路堤边坡的高度、填料重塑后的性

质、区域气候特点和既有的路基工程经验综合确定。路基高度不宜大于 6m。对边坡高度不大于 10m 的路基边坡，其坡率和边坡平台的设置可按表 7.4.4-1 确定。

表 7.4.4-1 膨胀土填方路基边坡坡率和边坡平台宽度

膨胀性 边坡高度 (m)	边坡坡率		边坡平台宽度 (m)	
	弱膨胀	中等膨胀	弱膨胀	中等膨胀
<6	1:1.5	1:1.5~1:1.75	可不设	
6~10	1:1.75	1:1.75~1:2.0	2.0	≥2.0

5 路堤边坡的防护应根据工程地质条件及填土高度，按表 7.4.4-2 确定。

表 7.4.4-2 膨胀土填方路基边坡防护措施

边坡高度 (m)	弱膨胀土	中膨胀土
≤6	植物	骨架植物
>6	植被防护, 骨架植物	支撑渗沟加拱形骨架植物

7.4.5 膨胀土地区的挖方路基设计应符合下列规定：

1 边坡坡率应根据边坡土体的性质、软弱层和裂隙的组合关系、气候特点、水文地质条件，以及当地自然山坡、人工边坡的稳定坡率等综合确定。

2 边坡设计应放缓坡率、设置平台。边坡坡率及平台宽度可按表 7.4.5-1 确定。边坡高度大于 10m 时应进行个别设计。

表 7.4.5-1 膨胀土边坡坡率和平台宽度

膨胀土类别	边坡高度 (m)	边坡坡率	边坡平台宽度 (m)	碎落台宽度 (m)
弱膨胀土	<6	1:1.5	—	1.0
	6~10	1:1.5~1:2.0	1.5~2.0	1.5~2.0
中等膨胀土	<6	1:1.5~1:1.75	—	1.0~2.0
	6~10	1:1.75~1:2.0	2.0	2.0

续表 7.4.5-1

膨胀土类别	边坡高度 (m)	边坡坡率	边坡平台宽度 (m)	碎落台宽度 (m)
强膨胀土	<6	1 : 1.75~1 : 2.0	—	2.0
	6~10	1 : 2.0~1 : 2.5	≥2.0	≥2.0

3 应对路床 0.80m 范围内的膨胀土进行超挖换填，或采取土质改良等措施。对强膨胀土、地下水发育、运营中处理困难的挖方路基，换填深度应加深至 1.0m~1.5m，并应采取地下防排水措施。

4 边坡应设置完善的排水系统，及时引排地面水和地下水。

5 挖方边坡的防护和加固类型依据工程地质条件、环境因素和边坡高度可按表 7.4.5-2 及表 7.4.5-3 确定，边坡开挖后应及时防护封闭。边坡植物防护时，不应采用阔叶树种。圪工防护时，墙背应设置缓冲层。

表 7.4.5-2 膨胀土挖方路基边坡防护措施

边坡高度 (m)	弱膨胀土	中等膨胀土
≤6	植物	骨架植物
>6	骨架植物、植物防护、浆砌片石护坡	拱形骨架植物、支撑渗沟加拱形骨架植物

表 7.4.5-3 膨胀土挖方路基边坡加固措施

边坡高度 (m)	弱膨胀土	中等膨胀土	强膨胀土
≤6	不设	坡脚墙	护墙、挡土墙
>6	护墙、挡土墙	挡土墙、抗滑桩	桩基承台挡土墙、抗滑桩、边坡锚固

7.5 黄土地区路基

7.5.1 黄土地区路基设计应查明沿线黄土的分布范围、厚度及

其变化、成因类型和地层特征，各种不同地层黄土的物理、力学性质、湿陷性类型和湿陷等级，以及路线所处的地貌单元及地表水、地下水等情况，并应符合下列规定：

1 黄土塬梁地区，当路基遇到有滑坡、崩塌、陷穴群、冲沟发育、地下水出露的塬梁边缘和斜坡地段，应有充分依据和切实可行的工程措施，对该区域进行综合治理，消除路基危害。

2 位于冲沟沟头和陷穴附近的路基，应分析评价其发展趋势及对路基的危害程度和对路基稳定性的影响。

3 湿陷性黄土地区的路基宜设在湿陷性轻微、湿陷土层较薄、排水条件较好的地段。

4 饱和黄土地基，应按软土地区路基的有关要求进行路基设计和地基处理。

7.5.2 黄土地区路基设计应加强排水，并采取拦截、分散的措施，宜设置防冲刷、防渗漏和有利于水土保持的综合排水设施及防护工程。

7.5.3 黄土地区填方路基设计应符合下列规定：

1 当地基情况良好或经过处理、边坡高度不大于 20m 时，断面形式及边坡坡率可按表 7.5.3 选用。

2 当边坡高度大于 20m 时，应按照本规范第 6.2 节的规定进行个别设计，并宜与桥梁方案相比较。

3 对高度大于 20m 的路基，应按工后沉降量预留路基顶面加宽值；工后沉降量可按路堤高度的 0.7%~1.5%进行估算。

表 7.5.3 黄土填方路基断面形式及边坡坡率

断面形式	路基以下边坡分段坡率		
	$0 < H \leq 8\text{m}$	$8 < H \leq 15\text{m}$	$15 < H \leq 20\text{m}$
折线形	1 : 1.5	1 : 1.75	1 : 2.0
台阶形	1 : 1.5	1 : 1.75	1 : 1.75

注：台阶形断面适用于年降水量大于 500mm 的地区；在边坡高 15m 处设宽为 2.0m~2.5m 的平台。边坡平台宜设截水沟，并作防渗加固处理。

7.5.4 黄土地区挖方路基设计应符合下列规定：

1 边坡形式应根据黄土类别、均匀性及边坡高度按表 7.5.4-1 确定。边坡小平台应根据年平均降水量设置。年平均降水量小于 300mm 的地区应每高 12m 设一级，300mm~500mm 的地区应每高 10m 设一级，500mm~700mm 的地区应每高 8m 设一级。边坡大平台宜设在边坡的中部。非均质土层平台或变坡点的位置应结合不同土层分界面和钙质结核层的位置综合确定。边坡平台宽应根据稳定性计算确定，小平台宽度宜为 2.0m~2.5m，大平台宽度宜为 4.0m~6.0m。年平均降水量大于 250mm 的地区，边坡平台应设截水沟，其底宽及深度均不应小于 0.4m，并应采取防护措施。

表 7.5.4-1 黄土挖方路基边坡形式及适用条件

边坡形式		适用条件
直线形		1) 均质土层, Q_4 、 Q_3 黄土边坡高度 $H \leq 15m$; Q_2 、 Q_1 黄土边坡高度 $H \leq 20m$; 2) 非均质土层, 边坡高度 $H \leq 10m$
折线形 (上缓下陡)		非均质土层, 边坡高度 $H \leq 15m$
台阶形	小平台	1) 均质土层, Q_4 、 Q_3 黄土边坡高度 $15m < H \leq 30m$; Q_2 、 Q_1 黄土边坡高度 $20m < H \leq 30m$; 2) 非均质土层, 边坡高度 $15m < H \leq 30m$
	大平台	边坡高度 $H > 30m$

2 当挖方边坡高度不大于 30m 时，边坡坡率应根据黄土的地貌单元、时代成因、构造节理、地下水分布、降雨量、边坡高度、施工方法，并结合当地自然或人工稳定边坡坡率按表 7.5.4-2 确定。

3 当挖方边坡高度超过 30m 时，应按本规范第 6.2 节的规定进行个别设计，并宜与隧道方案作比较。

4 对设有大平台的深挖方路基，必须对高边坡作整体稳定验算，并应对大平台毗邻的上下分段边坡作局部稳定验算。

5 在有地下水活动的挖方路段，应采取截排地下水及防止地面水渗漏等措施，并应设置必要的防护工程。

表 7.5.4-2 黄土挖方边坡坡率

分区	分类		边坡高度 (m)			
			≤6	6~12	12~20	20~30
I 东南区	新黄土 Q ₃	坡积	1:0.5	1:0.5~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0	—
		Q ₄	1:0.2~ 1:0.3	1:0.3~ 1:0.5	1:0.5~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0
	新黄土 Q ₃		1:0.3~ 1:0.5	1:0.4~ 1:0.6	1:0.6~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0
	老黄土 Q ₂		1:0.1~ 1:0.3	1:0.2~ 1:0.4	1:0.3~ 1:0.5	1:0.5~ 1:0.75
II 中部区	新黄土 Q ₃	坡积	1:0.5	1:0.5~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0	—
		Q ₄	1:0.2~ 1:0.3	1:0.3~ 1:0.5	1:0.5~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0
	新黄土 Q ₃		1:0.3~ 1:0.4	1:0.4~ 1:0.5	1:0.5~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0
	老黄土 Q ₂		1:0.1~ 1:0.3	1:0.2~ 1:0.4	1:0.3~ 1:0.5	1:0.5~ 1:0.75
	红色黄土 Q ₁		1:0.1~ 1:0.2	1:0.2~ 1:0.3	1:0.3~ 1:0.4	1:0.4~ 1:0.6
III 西部区	新黄土 Q ₃	坡积	1:0.5~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0	1:1.0~ 1:1.25	—
		Q ₄	1:0.2~ 1:0.4	1:0.4~ 1:0.6	1:0.6~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0
	新黄土 Q ₃		1:0.4~ 1:0.5	1:0.5~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0	1:1.0~ 1:1.25
	老黄土 Q ₂		1:0.1~ 1:0.3	1:0.2~ 1:0.4	1:0.3~ 1:0.5	1:0.5~ 1:0.75

续表 7.5.4-2

分区	分类		边坡高度 (m)			
			≤6	6~12	12~20	20~30
IV 北部区	新黄土 Q ₃	坡积	1:0.5~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0	1:1.0~ 1:1.25	—
		Q ₄	洪积、 冲积	1:0.2~ 1:0.4	1:0.4~ 1:0.6	1:0.6~ 1:0.75
	新黄土 Q ₃		1:0.3~ 1:0.5	1:0.5~ 1:0.6	1:0.6~ 1:0.75	1:0.75~ 1:1.0
	老黄土 Q ₂		1:0.1~ 1:0.3	1:0.2~ 1:0.4	1:0.3~ 1:0.5	1:0.5~ 1:0.75
	红色黄土 Q ₁		1:0.1~ 1:0.2	1:0.2~ 1:0.3	1:0.3~ 1:0.4	1:0.4~ 1:0.6

注：表内边坡值为设平台后的平均值。

6 边坡防护类型应根据城市规划的景观要求，结合土质、降雨量、气候条件、边坡高度及坡度、防护材料来源等经方案比选，选择合理、经济、美观的边坡防护类型。

7.5.5 湿陷性黄土地基处理应符合下列规定：

1 黄土地基湿陷类型和湿陷等级的判定，以及地基沉降计算和稳定性验算，应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的规定。

2 当地基沉降计算值不符合本规范第 6.2.8 条的规定时，应采取减少或消除湿陷性的处理措施。

3 湿陷性黄土地基的处理深度应通过验算确定。填方路段的处理宽度应至坡脚排水沟外侧不小于 1m；挖方路段应为路基的整个开挖面；非自重湿陷性黄土地基的挡土墙路段应处理至挡土墙基础底面外侧不小于 1m，自重湿陷性黄土地基的挡土墙路段应处理至挡土墙基础底面外侧不小于 2m。

4 黄土地基的湿陷性处理，应按现行国家标准《湿陷性

黄土地区建筑规范》GB 50025 的规定，根据地基特征、处理深度、施工设备、材料来源和对周围环境的影响等因素，处理措施选择，必要时可通过试验确定其可行性、设计参数和施工工艺。当采用强夯法时，应评估其对周边沉降和环境的影响。

5 对危害路基稳定的陷穴应进行处理。对外露的陷穴，在路堤坡脚或路堑坡顶线外上方侧 50m 以内，下方侧 10m~20m 内，应全部处理，处理深度自地面至陷穴底。对横穿路基隐蔽的暗穴，自路堤坡脚或路堑坡脚向外侧按 $(45^\circ + \varphi/2)$ 向下扩展至需处理的暗穴底。对流向陷穴的地面水，应采取拦截引排措施；对路堑坡顶附近的裂缝和积水洼地，应填平夯实。

7.6 盐渍土地区路基

7.6.1 盐渍土地区路基设计应查明沿线盐渍土的分布范围、含盐特征及地下水与地表水等情况，分析可能产生的路基病害。盐渍土根据含盐性质可按表 7.6.1-1 的规定分类，盐渍化程度可按 7.6.1-2 的规定分类。

表 7.6.1-1 盐渍土按含盐性质分类

盐渍土名称	离子含量比值	
	Cl^-/SO_4^-	$(CO_3^- + HCO_3^-)/(Cl^- + SO_4^-)$
氯盐渍土	>2	—
亚氯盐渍土	$1\sim 2$	—
亚硫酸盐渍土	$0.3\sim <1.0$	—
硫酸盐渍土	< 0.3	—
碳酸盐渍土	—	>0.3

注：离子含量以 1 kg 土中离子的毫摩尔数计 (mmol/kg)。

表 7.6.1-2 盐渍土按盐渍化程度分类

盐渍土名称	细粒土 土层的平均含盐量 (%)		粗粒土 通过 10mm 筛孔土的平均含盐量 (%)	
	氯盐渍土及 亚氯盐渍土	硫酸盐渍土及 亚硫酸盐渍土	氯盐渍土及 亚氯盐渍土	硫酸盐渍土及 亚硫酸盐渍土
弱盐渍土	0.3~<1.0	0.3~<0.5	2.0~<5.0	0.5~<1.5
中盐渍土	1.0~<5.0	0.5~<2.0	5.0~<8.0	1.5~<3.0
强盐渍土	5.0~8.0	2.0~5.0	8.0~10.0	3.0~6.0
过盐渍土	>8.0	>5.0	>10.0	>6.0

注：离子含量以 100g 干土内的含盐总质量计。

7.6.2 盐渍土地区路基宜为填方路基。当受高程条件限制采用挖方时，应根据当地水文条件适当超挖，并应回填渗水性填料或设置隔断层。

7.6.3 盐渍土地区路基必须进行路基排水设计，并进行现场调查和核对，排水应畅通。

7.6.4 盐渍土地区填方路基应符合下列规定：

1 路基高度应在满足城市规划高程基础上，使路床处于干燥或中湿状态。路基相对高度不应低于表 7.6.4-1 的规定，否则应采取换填、设置隔断层等措施。

表 7.6.4-1 盐渍土地区最小路基相对高度

土质类别	高出地面 (m)		高出地下水位或地表长期积水位 (m)	
	弱、中盐渍土	强、过盐渍土	弱、中盐渍土	强、过盐渍土
砾类土	0.4	0.6	1.0	1.1
砂类土	0.6	1.0	1.3	1.4
黏质土	1.0	1.3	1.8	2.0
粉质土	1.3	1.5	2.1	2.3

注：快速路、I级主干路按表中值(1.5~2)倍计；II级主干路、I级次干道按(1.2~1.5)倍计。

2 盐渍土用作路堤填料的可用性，应根据不同道路等级和路堤填筑部位以及当地气候特征、水文地质条件，按表 7.6.4-2 确定，否则应外掺石灰等材料处治合格后方可利用。当采用碳酸盐渍土作路基填料时，碳酸盐含量不应超过 0.50%。

表 7.6.4-2 盐渍土作路基填料的可用性

道路等级 填土层位		快速路、主干路			次干路			支路	
		0~0.80m	0.80m~1.50m	1.50m以下	0~0.80m	0.80m~1.50m	1.50m以下	0~0.80m	0.80m~1.50m
		土类及盐渍化程度							
粗粒土	弱盐渍土	×	○	○	△ ¹	○	○	○	○
	中盐渍土	×	△ ¹	○	△ ¹	○	○	△ ³	○
	强盐渍土	×	×	△ ¹	×	△ ²	△ ³	×	△ ¹
	过盐渍土	×	×	×	×	×	△ ²	×	△ ²
细粒土	弱盐渍土	×	△ ¹	○	△ ¹	○	○	△ ¹	○
	中盐渍土	×	×	△ ¹	×	△ ¹	○	×	△ ⁴
	强盐渍土	×	×	×	×	×	△ ²	×	△ ²
	过盐渍土	×	×	×	×	×	△ ²	×	×

注：○：可用；△：部分可用；×：不可用；△¹：氯盐渍土及亚氯盐渍土可用；△²：强烈干旱地区的氯盐渍土及亚氯盐渍土经过论证可用；△³：粉土质（砂）、黏土质（砂）不可用；△⁴：水文地质条件差时的硫酸盐渍土及亚硫酸盐渍土不可用。

3 当基底为过湿地段时，应排除积水，挖除表层湿土后换填，换填厚度不应小于 0.50m；受地面水或地下毛细水影响的路基，应设置隔断层；软弱地基应作特殊处理设计。

4 隔断层设置层位应高出地面和地表长期积水位且不应小于 0.20m，可采用砾（碎）石、风积砂、河砂、复合隔水土工膜等材料。

5 盐渍土地区路堤边坡坡率，应根据填筑材料的土质和盐渍化程度，按表 7.6.4-3 确定。

表 7.6.4-3 盐渍土地区路堤边坡坡率

土质类别	填料盐渍化程度	
	弱、中盐渍土	强盐渍土
砾类土	1:1.5	1:1.5
砂类土	1:1.5	1:1.5 ~ 1:1.75
粉质土	1:1.5 ~ 1:1.75	1:1.75 ~ 1:2.00
黏质土	1:1.5 ~ 1:1.75	1:1.75 ~ 1:2.00

7.7 季节性冰冻地区路基

7.7.1 季节性冰冻地区路基设计应调查道路沿线的水文和水文地质状况，调查宜于冰冻前进行，调查宜包括下列主要内容：

- 1 对路基产生影响的地表常年积水距路面的距离及水深。
- 2 地下水位及其随季节变化情况。
- 3 道路施工期及建成后可能对路基路面造成冻害的各种水源。

7.7.2 季节性冻土地区各级道路的路基设计除满足路基强度要求外，最不利时期路基容许总冻胀值不应超过表 7.7.2 所列的数值。

表 7.7.2 满足道路平整度要求的路基容许总冻胀值 Z_y (mm)

路面类型 道路等级	现浇水泥混凝土	沥青混凝土
	快速路、主十路	20
其他道路	30	60

7.7.3 路基总冻胀值可根据路基冻深（道路冻深减去路面厚度）和土的冻胀率，按下列公式计算：

$$Z_j = \sum_{i=1}^n h_i \eta_i \quad (7.7.3)$$

式中： Z_j ——路基冻胀值 (mm)；

- h_i ——路基冻深内不同土层的厚度 (mm);
- η_i ——路基不同土层土的冻胀率;
- n ——不同土层数。

7.7.4 路基土冻深范围内各层土质填料应根据路基高度、干湿类型、冻土区划、容许总冻胀值及路面结构类型等因素选取,宜采用干燥的砂砾、碎石、砂性土或矿渣、炉渣、粉煤灰等抗冻性良好的材料。

7.7.5 强冻胀土路基距地下水或地表常年积水的高度不应小于冻土路基临界高度。路基临界高度可按式 (7.7.5) 计算确定。否则应采用降排水、换填、设置保温层或隔断层等措施。

$$h_c = Z_{\max} + h_e \quad (7.7.5)$$

式中: h_c ——冻胀土路基临界高度 (m);

Z_{\max} ——道路多年最大冻深 (m);

h_e ——冻结水上升高度 (m), 如无实际观测值, 可按表 7.7.5 确定。

表 7.7.5 各种土质的冻结水上升高度 (m)

土质类别	含细粒土砾石、 含细粒土砂	细粒土质砾、 黏土质砂	粉土质砂	粉质土	黏质土
冻结水 上升高度	0.6~0.8	0.7~0.9	0.8~1.0	1.2~1.5	2.0~2.5

7.7.6 冻胀土路段应及时排出浸入水及春融期路基中的融化水, 季冻地区道路凹形竖曲线的底部、低洼路段、平曲线超高段宜作特殊排水设计。

7.7.7 冻胀土路基可设置防冻隔温层。防冻隔温层应根据路面结构强度、路基土质和干湿类型确定, 并应满足结构强度和耐久性要求。

7.8 岩溶地区路基

7.8.1 岩溶地区的路基设计应采用遥感、物探、钻探及其他有

效方法进行综合勘察，取得岩溶地貌、岩溶发育程度、发展规律、溶洞围岩分级以及地面水、地下水活动规律等方面的资料。

7.8.2 隐伏岩溶对路基工程的危害程度，应按下列规定进行判别：

1 当顶板岩层未被节理裂隙切割，或虽被切割但胶结良好时，溶洞顶板的安全厚度可按厚跨比法确定。当厚度与路基跨越溶洞长度之比值大于 0.8 时，溶洞的顶板岩层可不作处理。

2 当岩溶地貌位于路基两侧时，可根据坍塌扩散角，按式 (7.8.2) 计算确定其岩溶影响范围；地下溶洞顶板岩层上有覆盖土层，可自土层底部采用表 7.8.2 中所列角度或者统一采用 45° 角向上绘斜线，求出其与地面的交点以确定影响范围。路基坡脚处于溶洞坍塌扩散的影响范围之外时，该溶洞可不作处理。

$$L = H_k \cot \beta \quad (7.8.2-1)$$

$$\beta = \frac{45^\circ + \frac{\varphi}{2}}{K_s} \quad (7.8.2-2)$$

式中： L ——溶洞坍塌时的影响范围 (m)；

H_k ——溶洞顶板厚度 (m)；

β ——坍塌扩散角 ($^\circ$)；

K_s ——安全系数，取 1.10~1.25 (快速路、主干路应取大值)；

φ ——岩石内摩擦角 ($^\circ$)。

表 7.8.2 覆盖土层稳定 (休止) 角

覆盖土层土组	细粒土质砂	黏质土	碎石土
覆盖土层稳定 (休止) 角	$35^\circ \sim 45^\circ$	$35^\circ \sim 55^\circ$	$40^\circ \sim 55^\circ$

7.8.3 岩溶处治设计应符合下列规定：

1 路基上方的岩溶泉和冒水洞，宜采用排水沟将水截流至路基外。对路基基底的岩溶泉和冒水洞，宜设置集水明沟或渗沟，将水排出路基。

2 对位于路基基底的开口干溶洞，当其体积不大，深度较浅时，宜回填夯实；当其体积较大或深度较深时，宜采用构造物跨越。对有顶板但顶板强度不足的干溶洞，可炸除顶板后进行回填，或设置构造物跨越。

3 通过溶洞围岩分级或计算判断隐伏溶洞有坍塌可能时，宜采用下列方法进行加固：

- 1) 对洞径大、洞内施工条件好的无充填溶洞，宜采用干砌片石、浆砌片石或钢筋混凝土支撑垛、支撑墙、支撑柱进行加固。
- 2) 对溶洞较深而直径较小，不便于洞内加固时，宜采用石盖板或钢筋混凝土盖板跨越可能的破坏区。
- 3) 对顶板较薄的溶洞，当采取地表构造物跨越有困难或不经济时，可炸除顶板，按明洞的方式进行处理。
- 4) 对有填充物的溶洞，宜采用注浆法、旋喷法等进行加固；当不能满足设计要求时宜采用构造物跨越。
- 5) 当需保持洞内流水通畅时，应设置排水通道。

4 对路基范围内的土洞应先判明土洞的发展状况。对已停止发展的土洞可按一般地基进行评价，需加固时宜采用注浆、复合地基等方法进行处理；对还在发展中的土洞，宜采用构造物跨越。

7.9 浸水路基

7.9.1 沿河路基设计标高的确定应符合下列规定：

1 路基边缘标高，不应低于路基设计洪水频率的水位加壅水高、波浪侵袭高度和 0.5m 的安全高度。

2 路基设计洪水频率应符合现行国家标准《防洪标准》GB 50201 的规定。

7.9.2 路基浸水部分或受水位涨落影响部分，填筑材料宜选用渗水性、水稳性好的粗粒料。重黏土、浸水后容易崩解的岩石、风化的石块、盐渍土均不应用于浸水部分路基的填筑。

7.9.3 路基边坡应适当放缓。在设计水位以下宜为 1 : 1.75 ~ 1 : 2.0；在常水位以下宜为 1 : 2.0 ~ 1 : 3.0；当采用渗水性较好的土填筑路基或采用砌石防护时，边坡可稍陡。当路基较高，应在设计水位以上 0.5m 处设置护坡道。

7.9.4 路基边坡防护应符合本规范第 6.3.2 条的规定。对可能出现管涌或流砂（土）的边坡，可采取放缓下游一侧边坡，或在下游设置滤水趾并设反滤层；若路基填土渗透性小，则可在下游路堤坡脚线以外基底土层上铺设滤水护坦，或在上游铺设黏土隔渗层，或在坡脚或基底下设置防渗墙或止水幕等。

7.9.5 浸水路基稳定性验算时应计入水的浮力、渗透动水压力的不利影响。土的强度参数应按水位高度以上和以下分别采用夯后快剪和夯后饱和快剪试验值，物理参数应分别取值。

7.10 滨海路基

7.10.1 滨海路基设计应根据路基所处的地形、地貌、地质等条件以及水文、气象等因素，结合施工条件及材料供应情况，合理确定路基设计高程，选择适宜的路基断面和防护形式。路基应具有整体稳定性、耐久性、耐腐蚀性。

7.10.2 当滨海路基两侧有较大的水头差时，宜设置过水构造物。当堤身或地基可能发生管涌、潜蚀时，应在低水位一侧边坡下部设置排水设施、放缓边坡或设置护坡道，或在路堤中心设置防渗墙等防渗加固措施。

7.10.3 路基填料应选择渗水性好的材料，可采用下层抛石，上层填石的形式。若当地缺乏石料，亦可采用粗砂、砾石、碎石作为填筑材料，但建成后的路堤填石料不可被海水冲移。当有困难时，设计高水位以上路堤部分可采用细粒土，并应采用适当的防护和加固措施。

7.10.4 滨海路基设计标高的确定应符合下列规定：

1 路基边缘标高不应低于路基设计潮水频率的水位加壅水高、波浪侵袭高度和 0.5m 的安全高度。

2 路基设计潮水频率应符合现行国家标准《防洪标准》GB 50201 的规定。

7.10.5 滨海斜坡式路基的构造应符合下列规定：

1 边坡坡率应根据填料性质、路堤高度、浸水深度、防护形式及海洋水文条件等综合确定，堤身设计应符合现行行业标准《海堤工程设计规范》SL 435 的要求。

2 坡面防护应根据水深、波浪特点、施工条件及材料情况等采用条石、块石、混凝土异型块体、土工合成材料等护坡。可在堤前采用防浪凌台、顺坝及潜坝等措施。各种防护工程应能抗海水及生物侵蚀，在寒冷地区应具有耐冻和承受冰凌撞击的能力。

3 外海侧护坡底部应设抛石棱体，外海侧坡脚应根据冲刷深度、地形、基础形式等采取合适的护底措施。

7.10.6 滨海直墙式路堤的构造应符合下列规定：

1 直墙应有足够的刚度和良好的整体性，并应与基床连接牢固。

2 直墙应根据地基地质的变异及墙身高度、墙身断面的变化情况，设置沉降缝。

7.10.7 滨海路堤稳定性验算应符合下列规定：

1 斜坡式路堤应根据其整体稳定性，采用圆弧滑动面或复合滑动面进行验算。路基浸水部分的边坡，进行稳定性验算时应计入水的浮力、渗透动水压力的不利影响。同时应设计确定护坡块体稳定质量、护坡厚度、人工块体个数和用量、护坡垫层块石和护底块石质量等参数。

2 直墙式路堤应根据其沿基底和基床顶面验算抗倾覆稳定性、抗滑稳定性、地基表面和基床顶面应力，以及直墙式路堤的整体稳定性。同时应设计确定路堤墙混凝土方块最小质量、明基床的基肩和坡面块体稳定质量、堤前护底块石稳定质量、堤前最大波浪底流速等参数。

8 路基改建与扩建

8.1 一般规定

8.1.1 城市道路路基改建与扩建设计，应根据既有道路路基路面的性状，结合沿线的地形、地貌、工程地质与水文地质条件、街区和邻近建筑物情况等，采取合理的技术方案和工程措施。

8.1.2 城市道路路基的改建与扩建，路基路面应协调设计；拓宽路基与既有路基之间应衔接良好，并应采取措施减小拓宽路基与既有路基之间的差异沉降和变形。

8.1.3 当规划建设快速路和主干路近期交通量不大、初期建设资金不足时，可按一次设计、分期修建的原则进行设计，但整体式路基不宜采用分幅分期修建方案。

8.2 既有路基性状调查与评价

8.2.1 既有路基调查应采取资料收集、现场调查和勘探试验相结合的综合方法。

8.2.2 路基改建与扩建设计前，应收集既有道路的地基及路基勘察、设计、施工、竣工、运营和维护等方面的资料。

8.2.3 既有路基现场调查与勘探试验应符合下列规定：

1 应根据既有道路的路况进行分段，对各段选择代表性断面，对道路各结构层及地基进行勘探试验。

2 应选择有代表性的路段，进行路基几何尺寸、弯沉、承载板测试，确定其回弹模量。

3 应对既有填方路基和挖方路基的路床土进行基本物理、力学试验，包括含水率、密度、土粒相对密度、粒径组成、液限、塑限、重型击实、加州承载比、直接快剪等，为设计提供可靠的物理力学性质指标。

4 应调查既有路基支挡结构的基础形式、地基地质条件和使用状况，必要时应对支挡结构地基进行勘探试验。

8.2.4 既有路基的分析评价应符合下列规定：

1 应确定既有路基的填料强度和压实度，并与本规范第 4.3.4 条、第 4.6.2 条中路基填料最小强度和路基压实度既有要求作对比分析。

2 应确定既有路基的干湿状态，并与本规范第 4.2.2 条的要求作对比分析。

3 应分析评价路基边坡的稳定状态、各种防护排水设施的有效性及其改进措施。

4 应分析评价既有路基病害的类型、分布范围、规模、成因，以及既有路基病害整治工程设施的效果，并提出路基病害整治措施。

8.2.5 软土地区既有路基的分析评价除应符合本规范第 8.2.4 条的规定外，还应符合下列规定：

1 应确定既有路基下各种地基处理路段的软土地基固结度、固结系数、压缩变形发展规律，分析各路段软土地基的固结度和剩余沉降量。

2 应分析评价既有软土地基处理方法的效果及其改进措施。

3 应分析评价拓宽改建路基与既有路基之间的稳定性和差异沉降、对既有路基沉降和稳定的影响程度，确定扩建或改建路基的地基处理措施。

8.3 既有路基利用与处治

8.3.1 路基改扩建工程，应根据既有路基病害的类型、特征、成因及危害程度，结合当地水文、水文地质、工程地质等条件，选择合理、有效、经济的病害处治方案。

8.3.2 既有路基的利用应与既有路面的利用和加铺设计相结合，应根据路基病害的成因及对拓宽结构的影响程度，采取针对性的处治措施，并应符合下列规定：

1 当既有路基回弹模量不满足新建路基的要求，但既有路面未出现破损且拓宽后通过加铺设计可满足路面设计要求时，宜充分利用既有路基。

2 当既有路基回弹模量不满足新建路基的要求，且路面出现严重破损时，可根据含水率、压实度和填料类型的分析评价，分别采取改善排水措施、补充碾压、换填处治等措施。

3 当条件受限不能翻挖既有路基时，可采取注浆等路基补强措施。

8.3.3 当路基填筑高度受限，干湿状态不能满足本规范第 4.2.2 条的要求时，应增设排水垫层或布置地下排水设施等。

8.4 路基拓宽

8.4.1 城市道路路基的拓宽改建应根据道路等级和技术指标，结合沿线地形、地质、水文、街区和邻近建筑物情况选择适宜的路基横断面形式。

8.4.2 拓宽路基的地基处理、路基基底处理、路基填料的最小强度和压实度等应满足改建后相应等级道路的技术要求。

8.4.3 填方路基拓宽应符合下列规定：

1 路基填料宜选用与既有路基相同、且符合要求的填料，或较既有路基渗水性更强的填料。当采用细粒土填筑时，应进行新老路基之间的排水设计，必要时，可设置横向排水盲沟。

2 应对既有路基边坡开挖台阶，台阶宽度不宜小于 1.0m，当加宽拼接宽度小于 0.75m 时，可采取超宽填筑或翻挖既有路基等工程措施。

3 拓宽路堤边坡形式和坡率应按本规范第 4.3 节的规定选用。

8.4.4 挖方路基拓宽应符合下列规定：

1 挖方路基拓宽时，挖方边坡形式与坡率可按本规范第 4.4 节规定或按原有挖方路基稳定边坡确定。

2 对原有挖方边坡经多年整治病害已经稳定的路段，改建

时宜减少拆除工程，不宜触动原边坡。

8.4.5 软土地基上的路基拓宽应符合本规范第 8.4.3 条的规定外，还应符合下列规定：

1 既有路基与拓宽路基拼接时，差异沉降引起的工后路拱坡度增大值不应大于 0.5%。

2 当原软土地基采用排水固结法处理时，路基拓宽不得降低既有路基下的地下水位；对水塘、河流、水库等路段进行排水清淤时，必须采取防渗和隔水措施后方可降水。

3 拓宽路基与既有路基拼接时，路基拓宽范围的软土地基处理宜采用复合地基，不宜采用排水固结法、强夯法。

4 当新老路基分离设置，且距离小于 20m 时，可采取隔离措施或对新建路基的地基进行处理。

8.4.6 对既有路基结构物的处理应符合下列规定：

1 因抬高或降低路基、改移中线而需改动既有支挡结构物的路段，当既有支挡结构物无明显损坏且强度及稳定性满足改建要求时，应全部利用既有支挡结构物；当既有支挡结构物部分损坏或不满足改建要求时，可加固利用、改建或拆除重建。

2 加固利用的既有路基结构物，新、旧混凝土或砌体应紧密连接，形成整体。

8.4.7 当快速路、主干路拓宽施工期间不能封闭交通时，路基拓宽设计应采取行车安全和施工安全的保障措施。岩石挖方路段，宜采用光面爆破或预裂爆破方法，并应采取相关防护措施。

附录A 路基临界高度

表 A.0.1 路基临界高度

自然区划	土组			细粒土质砂								
	路床面至各水位 临界水深 (m)			地下水			地面长期积水			地面临时积水		
	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3
II ₁												
II ₂												
II ₃	1.9~2.2	1.3~1.6										
II ₄												
II ₅	1.1~1.5	0.7~1.1										
III ₁												
III ₂	1.3~1.6	1.1~1.3	0.9~1.1	1.1~1.3	0.9~1.1	0.9~1.1	1.1~1.3	0.9~1.1	0.9~1.1	0.6~0.9	0.6~0.9	0.4~0.6
III ₃	1.3~1.6	1.1~1.3	0.9~1.1	1.1~1.3	0.9~1.1	0.9~1.1	1.1~1.3	0.9~1.1	0.9~1.1	0.6~0.9	0.6~0.9	0.4~0.6
III ₄												

续表 A.0.1

自然区划	细粒土质砂																			
	土组					地下水					地面长期积水					地面临时积水				
	路床面至各水位 临界水深 (m)					H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3			
III _{1a}																				
III _{2a}						1.4~1.7	1.0~1.3													
IV ₁ 、IV _{1a}																				
IV ₂																				
IV ₃																				
IV ₄						1.0~1.1	0.7~0.8													
IV ₅																				
IV ₆						1.0~1.1	0.7~0.8													
IV _{6a}																				
IV ₇											0.9~1.0	0.7~0.8	0.6~0.7							
V ₁						1.3~1.6	1.1~1.3	0.9~1.1	1.1~1.3	0.9~1.1	1.1~1.3	0.9~1.1	0.6~0.9	0.9~1.1	0.6~0.9	1.1	0.6~0.9	0.4~0.6		
V ₂ 、V _{2a} (紫色土)																				
V ₃																				
V ₂ 、V _{2a}																				
(黄壤土、现代冲积土)																				

续表 A.0.1

土组		细粒土质砂																
		地下水						地面长期积水						地面临时积水				
		H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3					
路床面至各水位	临界水深 (m)																	
自然区划	V_4, V_5, V_{5a}																	
	V_1	(2.1)	(1.7)	(1.3)	(1.8)	(1.4)	(1.8)	(1.4)	(1.4)	(1.0)	(1.7)	(1.4)	(1.0)	0.7	0.3			
	V_{1a}	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(1.7)	(1.3)	(1.7)	(1.3)	(1.3)	(1.0)	(1.7)	(1.3)	(1.0)	(1.0)	(0.5)			
	V_2	1.4~1.7	1.1~1.4	0.9~1.1	1.1~1.4	0.9~1.1	1.1~1.4	0.9~1.1	0.9~1.1	0.6~0.9	0.9~1.1	0.9~1.1	0.6~0.9	0.9~1.1	0.76~0.9	0.4~0.6		
	V_3	(2.1)	(1.7)	(1.3)	(1.9)	(1.5)	(1.9)	(1.5)	(1.5)	(1.1)	(1.9)	(1.5)	(1.1)					
	V_4	(2.2)	(1.8)	(1.4)	(1.9)	(1.5)	(1.9)	(1.5)	(1.5)	(1.2)	(1.9)	(1.5)	(1.2)	0.8				
	V_{4a}	(1.9)	(1.5)	(1.1)	(1.6)	(1.2)	(1.6)	(1.2)	(1.2)	(0.9)	(1.6)	(1.2)	(0.9)	(0.5)				
	V_{4b}	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(1.7)	(1.3)	(1.7)	(1.3)	(1.3)	(1.0)	(1.7)	(1.3)	(1.0)					
	V_1	(2.2)	(1.9)	(1.6)	(2.1)	(1.6)	(2.1)	(1.6)	(1.6)	(1.3)	(2.1)	(1.6)	(1.3)	(0.8)	(0.4)			
	V_2																	
	V_3	1.5~1.8	1.2~1.5	0.9~1.2	1.2~1.5	0.9~1.2	1.2~1.5	0.9~1.2	0.9~1.2	0.6~0.9	0.9~1.2	0.6~0.9	0.6~0.9	0.9~1.2	0.7~0.9	0.4~0.6		
	V_4	(2.1)	(1.6)	1.3	(1.8)	(1.4)	(1.8)	(1.4)	(1.4)	1.0	(1.8)	(1.4)	1.0	(0.9)				
	V_5	(3.0)	(2.4)	1.9	(2.4)	(2.0)	(2.4)	(2.0)	(2.0)	1.6	(2.4)	(2.0)	1.6	(1.5)	(1.1)	(0.5)		
	V_{6a}																	

续表 A.0.1

自然区划	黏 质 土												
	土组			地下水			地面长期积水			地面临时积水			
	路床面至各水位 临界水深 (m)	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3
II ₁		2.9	2.2										
II ₂		2.7	2.0										
II ₃		2.5	1.8										
II ₄		2.4~2.6	1.9~2.1	1.2~1.4									
II ₅		2.1~2.5	1.6~2.0										
III ₁													
III ₂		2.2~2.75	1.7~2.2	1.3~1.7	1.75~2.2	1.3~1.75	0.9~1.3	1.3~1.75	0.9~1.3	1.3~1.75	0.9~1.3	0.9~1.3	0.45~0.9
III ₃		2.1~2.5	1.6~2.1	1.2~1.6	1.6~2.1	1.2~1.6	0.9~1.2	1.2~1.6	0.9~1.2	1.2~1.6	0.9~1.2	0.9~1.2	0.55~0.9
III ₄													
III _{1a}													
III _{2a}													

续表 A.0.1

土组		黏 质 土											
		地下水			地面长期积水			地面临时积水					
路床面至各水位	临界水深 (m)	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3
自然区划													
IV ₁ 、IV _{1a}		1.7~1.9	1.2~1.3	0.8~0.9									
IV ₂		1.6~1.7	1.1~1.2	0.8~0.9									
IV ₃		1.5~1.7	1.1~1.2	0.8~0.9	0.8~0.9	0.5~0.6	0.3~0.4						
IV ₄		1.7~1.8	1.0~1.2	0.8~1.0									
IV ₅		1.7~1.9	1.3~1.4	0.9~1.0	1.0~1.1	0.6~0.7	0.3~0.4						
IV ₆		1.8~2.0	1.3~1.5	1.0~1.2	0.9~1.0	0.5~0.6	0.3~0.4						
IV _{6a}		1.6~1.7	1.1~1.2	0.7~0.8									
IV ₇		1.7~1.8	1.4~1.5	1.1~1.2	1.0~1.1	0.7~0.8	0.4~0.5						
V ₁		2.0~2.4	1.6~2.0	1.2~1.6	1.6~2.0	1.2~1.6	0.8~1.2	1.2~1.6	0.8~1.2	0.45~0.8			
V ₂ 、V _{2a} (紫色土)		2.0~2.2	0.9~1.1	0.4~0.6									
V ₃		1.7~1.9	0.8~1.0	0.4~0.6									

续表 A.0.1

土组 路床面至各水位 临界水深 (m)	黏 质 土														
	地下水						地面长期积水						地面临时积水		
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃			
自然区划															
V ₂ 、V _{2a} (黄壤土、现代冲积土)	1.7~1.9	0.7~0.9	0.3~0.5												
V ₄ 、V ₅ 、V _{5a}	1.7~1.9	0.9~1.1	0.4~0.6												
VI ₁	(2.3)	(1.9)	(1.6)	(2.1)	(1.7)	(1.3)	0.9	0.5							
VI _{1a}	(2.2)	(1.9)	(1.5)	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(0.9)	(0.5)							
VI ₂	2.2~2.75	1.65~2.2	1.2~1.65	1.65~2.2	1.2~1.65	0.75~1.2	1.2~1.65	0.75~1.2	0.45~0.75						
VI ₃	(2.4)	(2.0)	(1.6)	(2.1)	(1.7)	(1.4)	(0.8)	(0.6)							
VI ₄	2.4	2.0	1.6	(2.2)	(1.7)	(1.3)	1.0	0.6							
VI _{4a}	(2.2)	(1.7)	(1.4)	(1.9)	(1.4)	(1.1)	0.7								
VI _{4b}	(2.3)	(1.8)	(1.4)	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(0.8)								
VII ₁	2.2	(1.9)	(1.5)	(2.1)	(1.6)	(1.2)	(0.9)	(0.5)							
VII ₂	(2.3)	(1.9)	(1.6)	1.8	1.4	1.1	0.8	0.4							
VII ₃	2.3~2.85	1.75~2.3	1.3~1.75	1.75~2.3	1.3~1.75	0.75~1.3	1.3~1.75	0.75~1.3	0.45~0.75						
VII ₄	(2.1)	(1.6)	(1.3)	(1.8)	(1.4)	(1.1)	(0.7)								
VII ₅	(3.3)	(2.6)	(2.1)	(2.4)	(2.0)	(1.6)	(1.5)	(1.1)	(0.5)						
VII _{6a}	(2.8)	2.4	1.9	2.5	2.0	1.6	1.4	(0.8)							

续表 A.0.1

土组		粉质土																			
		地下水					地表长期积水					地表临时积水									
		H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3								
自然区划	路床面至各水位 临界水深(m)																				
	II ₁	3.8	3.0	2.2																	
	II ₂	3.4	2.6	1.9																	
	II ₃	3.0	2.2	1.6																	
	II ₄	2.6~2.8	2.1~2.3	1.4~1.6																	
	II ₅	2.4~2.9	1.8~2.3																		
	III ₁	2.4~3.0	1.7~2.4																		
	III ₂	2.4~2.85	1.9~2.4	1.4~1.9	1.9~2.4	1.0~1.9	1.0~1.4	1.4~1.9	1.4~1.9	1.0~1.4	1.4~1.9	1.0~1.4	1.4~1.9	1.0~1.4	1.0~1.4	0.5~1.0					
	III ₃	2.3~2.75	1.8~2.3	1.4~1.8	1.8~2.3	1.4~1.8	1.4~1.8	1.4~1.8	1.4~1.8	1.0~1.4	1.4~1.8	1.0~1.4	1.4~1.8	1.0~1.4	1.0~1.4	0.55~1.0					
	III ₄	2.4~3.0	1.7~2.4																		
III _{1a}	2.4~3.0	1.7~2.4																			
III _{2a}	2.4~3.0	1.7~2.4																			

续表 A.0.1

土组		粉质土											
		地下水			地表长期积水			地表临时积水					
路床面至各水位	临界水深(m)	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃
自然区划													
IV ₁ 、IV _{1a}		1.9~2.1	1.3~1.4	0.9~1.0									
IV ₂		1.7~1.9	1.2~1.3	0.8~0.9									
IV ₃		1.7~1.9	1.2~1.3	0.8~0.9	0.9~1.0	0.6~0.7	0.3~0.4						
IV ₄													
IV ₅		1.79~2.1	1.3~1.5	0.9~1.1									
IV ₆		2.0~2.2	1.5~1.6	1.0~1.1									
IV _{6a}		1.8~2.0	1.3~1.4	0.9~1.1									
IV ₇													
V ₁		2.2~2.65	1.7~2.2	1.3~1.7	1.7~2.2	1.3~1.7	0.9~1.3	1.3~1.7	0.9~1.3	0.55~0.9			
V ₂ 、V _{2a} (紫色土)		2.3~2.5	1.4~1.6	0.5~0.7									
V ₃		1.9~2.1	1.3~1.5	0.5~0.7									

续表 A.0.1

土组 路床面至各水位 临界水深 (m)	粉质土											
	地下水					地表长期积水					地表临时积水	
	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3
V_2 、 V_{2a} (黄壤土、现代冲积土)	2.3~2.5	1.4~1.6	0.5~0.7									
V_4 、 V_5 、 V_{5a}	2.2~2.5	1.4~1.6	0.5~0.7									
V_1	(2.5)	(2.0)	(1.6)	(2.3)	(1.8)	(1.3)	(1.2)			0.7	0.4	
V_{1a}	(2.5)	(2.0)	(1.5)	(2.2)	(1.7)	(1.2)	0.6					
V_2	2.3~2.15	1.85~2.3	1.4~1.85	1.85~2.3	1.4~1.85	0.9~1.4	1.4~1.85	0.9~1.4	1.4~1.85	0.9~1.4	0.5~0.9	
V_3	(2.6)	(2.1)	(1.6)	(2.4)	(1.8)	(1.4)	(1.3)			(0.7)		
V_4	(2.6)	(2.2)	<u>1.7</u>	<u>2.4</u>	1.9	1.4	1.3			0.8		
V_{4a}	(2.4)	(1.9)	<u>1.4</u>	<u>2.1</u>	1.6	<u>1.1</u>	<u>1.0</u>			0.5		

续表 A.0.1

土组 路床面至各水位 临界水深 (m)		粉质土																		
		地下水			地表长期积水			地表临时积水												
		H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_4									
自然区划																				
Ⅵ _{4b}	(2.5)	<u>1.9</u>	<u>1.4</u>	(2.2)	(1.7)	(1.2)	<u>1.0</u>	0.5												
Ⅶ ₁	(2.5)	(2.0)	(1.5)	(2.4)	<u>1.8</u>	1.3	1.1	0.6												
Ⅶ ₂	(2.5)	(2.1)	(1.6)	(2.2)	(1.6)	(1.1)	0.9	0.4												
Ⅶ ₃	2.4~3.1	2.0~2.4	1.6~2.0	(2.0~2.4)	(1.6~2.0)	(1.0~1.6)	(1.6~2.0)	1.0~1.6	0.55~1.0											
Ⅶ ₄	(2.3)	(1.8)	(1.3)	(2.1)	(1.6)	(1.1)														
Ⅶ ₅	(3.8)	(2.2)	(1.6)	(2.9)	(2.2)	(1.5)		(1.3)												
Ⅶ _{6a}	(2.9)	(2.5)	<u>1.8</u>	(2.7)	2.1	<u>1.5</u>	<u>1.6</u>	1.1												

注：1 Ⅵ、Ⅶ区有横线者，表示实测资料较少；有括号者，表示没有实测资料，根据规律推算的；

2 缺少资料的二级区，可在论证基础上参考相邻二级区数值，并调研积累本地区的资料。

附录 B 路基回弹模量确定方法

B.0.1 路基回弹模量宜根据室内试验法、现场实测法、换算法、查表法等，经综合分析、论证后确定。

B.0.2 当采用室内试验法确定路基回弹模量时，确定方法及步骤应符合下列规定：

1 应选择实际使用的路基土料场取土，按重型击实标准确定的最佳含水率、最大干密度准备试件，并按现行行业标准《公路土工试验规程》JTG E40 规定的承载板法或强度仪法测定路基土的回弹模量。回弹模量测试结果应采用下式修正：

$$E_{0s} = \lambda E \quad (\text{B.0.2-1})$$

式中： E_{0s} ——路基土回弹模量修正值 (MPa)；

E ——路基土回弹模量室内试验值 (MPa)；

λ ——试筒尺寸约束修正系数，50mm 直径承载板取 0.78，100mm 直径承载板取 0.59。

2 路基回弹模量设计值，应根据道路等级、不利季节和路基干湿类型的影响，采用下式计算：

$$E_{0D} = \frac{Z}{K} E_{0s} \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中： E_{0D} ——路基回弹模量设计值 (MPa)；

E_{0s} ——路基土回弹模量修正值 (MPa)；

Z ——考虑保证率的折减系数，快速路、主干路为 0.66，次干路为 0.59，支路为 0.52；

K ——考虑不利季节和路基干湿类型的综合影响系数，宜按表 B.0.2 选取，或者根据室内试验测定的路基土回弹模量与稠度的关系分析确定，或者根据当地经验确定。

表 B.0.2 综合影响系数 K

土基稠度值 w_c	$w_c \geq w_{c1}$	$w_{c1} > w_c \geq w_{c2}$	$w_c < w_{c2}$
综合影响系数	1.3	1.6	1.9

B.0.3 当采用现场实测法确定路基回弹模量时，确定方法应符合下列规定：

- 1 现场实测法适用于已建成的路基，宜采用承载板法。
- 2 承载板测点处的路基回弹模量值应按下式计算：

$$E_{0b} = \frac{\sum P_i}{D \sum l_i} (1 - \mu_0^2) \times 10^5 \quad (\text{B.0.3-1})$$

式中： E_{0b} ——现场承载板法测定的测点路基回弹模量计算值 (MPa)；

D ——承载板直径 (mm)；

P_i 、 l_i ——第 i 级荷载 (kN) 及其相应的实测回弹变形 (0.01mm)；

μ_0 ——路基土的泊松比，可取 0.35。

- 3 某路段路基回弹模量设计值应按下式计算：

$$E_{0d} = (\bar{E}_0 - Z_a S) / K_1 \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中： E_{0d} ——某路段路基回弹模量设计值 (MPa)；

\bar{E}_0 、 S ——路段上各测点实测路基回弹模量的平均值 (MPa) 和均方差 (MPa)；

Z_a ——保证率系数，快速路、主干路为 2，次干路为 1.648，支路为 1.5；

K_1 ——不利季节影响系数，可根据当地经验确定。

B.0.4 当采用换算法确定路基回弹模量时，应通过现场测定的路基回弹模量值与压实度、路基稠度，室内试验测定的路基土回弹模量值与室内路基土加州承载比值等指标的相关性，建立换算关系，利用换算关系计算现场路基回弹模量。

B.0.5 当采用查表法确定路基回弹模量时，应根据道路所属二级区划、拟定路基土的土组类别和路基的平均稠度，可按表 B.0.5 估计路基回弹模量设计值。

表 B.0.5 二级自然区划各土组路基回弹模量参考值(MPa)

区划	土组	稠度														
		0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00				
II ₁	黏质土	19.0	22.0	25.0	26.5	28.0	29.5	31.0	—	—	—	—	—	—	—	—
	粉质土	18.5	22.5	27.0	29.0	31.5	33.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II ₂	黏质土	19.5	22.5	26.0	28.0	29.5	31.5	33.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	粉质土	20.0	24.5	29.0	31.5	34.0	36.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II _{2a}	粉质土	19.0	22.5	26.0	27.5	29.5	31.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	土质砂	21.0	23.5	26.0	27.5	29.0	30.0	31.5	34.5	37.0	45.5	—	—	—	—	—
II ₃	黏质土	23.5	27.5	32.0	34.5	36.5	39.0	41.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	粉质土	22.5	27.0	32.0	34.5	37.0	40.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II ₄	黏质土	23.5	30.0	35.5	39.0	42.0	45.5	50.5	57.0	65.0	—	—	—	—	—	—
	粉质土	24.5	31.5	39.0	43.0	47.0	51.5	56.0	66.0	—	—	—	—	—	—	—
II ₅	土质砂	29.0	32.5	36.0	37.5	39.0	41.0	42.5	46.0	49.5	59.0	69.0	—	—	—	—
	黏质土	26.5	32.0	38.5	41.5	45.0	48.5	52.0	—	—	—	—	—	—	—	—
	粉质土	27.0	34.5	42.5	46.5	51.0	56.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II _{5a}	粉质土	33.5	37.5	42.5	44.5	46.5	49.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	粉质土	27.0	36.5	48.0	54.0	61.0	68.5	76.5	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 B.0.5

区划	稠度		0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
	土组												
III ₂	土质砂	35.0	38.0	41.5	43.0	44.5	46.0	47.5	50.5	53.5	62.0	70.0	
	黏质土	27.0	31.5	36.5	39.0	41.5	44.0	46.5	52.0	57.5	—	—	
	粉质土	27.0	32.5	38.5	42.0	45.0	48.5	51.5	59.0	—	—	—	
III _{2a}	土质砂	37.0	40.0	43.0	44.5	46.0	47.5	49.0	52.0	54.5	62.5	70.0	
III ₃	土质砂	36.0	39.0	42.5	44.0	45.5	47.0	48.5	51.5	54.5	63.0	71.0	
	黏质土	26.0	30.0	34.5	36.5	38.5	41.0	46.0	47.5	52.0	—	—	
	粉质土	26.5	32.0	37.0	40.0	43.0	46.0	49.0	55.0	—	—	—	
III ₄	粉质土	25.0	34.0	45.0	51.5	58.5	66.0	74.0	—	—	—	—	
IV ₁	黏质土	21.5	25.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.5	—	—	—	—	
IV _{1a}	粉质土	22.0	26.5	32.0	35.0	37.5	40.5	—	—	—	—	—	
IV ₂	黏质土	19.5	23.0	27.0	29.0	31.0	33.0	35.0	—	—	—	—	
	粉质土	31.0	36.5	42.5	45.5	48.5	51.5	—	—	—	—	—	
IV ₃	黏质土	24.0	28.0	32.5	35.0	37.5	39.5	42.0	—	—	—	—	
	粉质土	24.0	29.5	36.0	39.0	42.5	46.0	—	—	—	—	—	

续表 B.0.5

区划	稠度		0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
	土组												
IV ₄	土质砂	28.0	30.5	33.5	35.0	36.5	38.0	39.5	42.0	45.0	53.0	61.0	
	黏质土	25.0	29.5	34.0	36.5	38.5	41.0	43.5	—	—	—	—	—
	粉质土	23.0	28.0	33.5	36.0	39.0	42.0	—	—	—	—	—	—
IV ₅	土质砂	24.0	26.0	28.0	29.0	30.0	30.5	31.5	33.5	35.0	40.0	44.5 皖、浙、赣	
	黏质土	22.0	27.0	32.5	33.5	38.5	41.5	44.5	—	—	—	—	—
	黏质土	28.5	34.0	39.5	42.5	45.5	48.5	51.5	—	—	—	—	—
	粉质土	26.5	31.0	36.5	39.0	42.0	45.0	—	—	—	—	—	—
IV ₆	土质砂	33.5	37.0	41.0	43.0	44.5	46.5	48.5	52.0	55.5	66.5	77.0	
	黏质土	27.5	33.0	38.0	41.0	44.0	46.5	50.5	—	—	—	—	—
	粉黏土	26.5	31.5	36.5	39.0	42.0	45.0	—	—	—	—	—	—
IV _{6a}	土质砂	31.5	35.0	38.5	40.0	42.0	43.5	45.0	48.5	52.0	62.0	72.0	
	黏质土	26.0	31.0	35.5	38.0	40.5	43.5	46.0	—	—	—	—	—
	粉质土	28.0	34.5	41.0	44.5	48.5	52.0	—	—	—	—	—	—

续表 B.0.5

区划	稠度		0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
	土组	稠度											
IV ₇	土质砂	35.0	39.0	43.0	45.0	47.0	49.0	51.0	55.0	59.0	70.5	82.0	
	黏质土	24.5	29.5	34.5	37.0	40.0	42.5	44.5	—	—	—	—	
	粉质土	27.5	33.5	40.0	43.5	47.5	51.0	—	—	—	—	—	
V ₇	土质砂	27.5	31.5	35.5	37.5	39.5	41.5	43.5	48.0	52.0	65.0	78.5	
	黏质土	27.0	32.0	37.0	39.0	42.5	45.5	48.0	54.0	60.0	—	—	
	粉质土	28.5	34.0	40.0	43.0	46.0	49.5	52.5	59.5	—	—	—	
V ₁ V ₂ V _{2a}	紫色黏质土	22.5	26.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	—	—	—	—	
	紫色粉质土	22.5	27.5	33.5	36.5	40.0	43.0	—	—	—	—	—	
	黄壤黏质土	25.0	29.0	33.0	35.5	37.5	40.0	42.0	—	—	—	—	
	黄壤粉质土	24.5	30.5	37.5	41.0	45.0	49.0	—	—	—	—	—	
V ₃	黏质土	25.0	29.0	33.0	35.5	37.5	39.5	42.0	—	—	—	—	
	粉质土	24.5	30.5	37.5	41.0	45.0	48.5	—	—	—	—	—	
V ₄ (四川)	红壤黏质土	27.0	32.0	38.0	41.0	44.0	47.0	50.5	—	—	—	—	
	红壤粉质土	22.0	27.0	32.5	35.5	38.5	41.5	—	—	—	—	—	

续表 B.0.5

区划	稠度		0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
	土组												
VI	土质砂	51.0	54.0	57.0	58.5	60.0	61.0	62.0	64.5	67.0	73.5	80.0	
	黏质土	33.5	37.0	41.0	42.5	44.0	45.5	47.2	50.5	—	—	—	
	粉质土	34.0	38.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	—	—	—	—	
VI _{1a}	土质砂	52.5	55.0	58.0	59.0	60.5	61.5	62.5	65.0	67.0	73.0	79.0	
	黏质土	27.0	31.0	34.5	36.0	38.0	40.0	42.0	45.5	—	—	—	
	粉质土	31.5	36.5	41.5	44.0	46.5	49.0	51.5	—	—	—	—	
VI ₂	土质砂	42.0	45.5	49.0	50.5	52.0	53.5	55.5	58.5	61.5	69.0	78.0	
	黏质土	27.0	30.5	33.5	35.0	37.0	38.0	40.0	43.0	46.5	—	—	
	粉质土	25.5	30.5	35.5	38.0	41.0	43.5	46.0	52.0	—	—	—	
VI ₃	土质砂	46.0	50.0	53.5	55.0	56.5	58.5	60.0	63.0	66.0	75.0	83.0	
	黏质土	29.5	33.5	37.5	39.5	44.0	44.0	46.8	50.0	—	—	—	
	粉质土	29.5	35.0	41.0	43.5	49.5	49.5	52.5	—	—	—	—	

续表 B.0.5

区划	稠度		0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
	土组	稠度											
VI ₄	土质砂	51.0	53.5	56.5	57.5	59.0	60.0	61.0	63.5	65.5	72.0	77.5	
	黏质土	28.5	32.0	36.0	37.5	39.5	41.5	43.5	47.5	—	—	—	
	粉黏土	30.5	34.5	39.0	41.0	43.5	45.5	48.0	—	—	—	—	
VI _{4a}	土质砂	45.5	49.0	52.5	54.0	56.0	57.5	59.0	62.0	65.0	73.5	81.5	
	黏质土	31.0	34.5	38.0	40.0	42.0	44.0	45.5	49.5	—	—	—	
	粉质土	33.0	38.5	44.0	47.0	50.0	52.0	56.0	—	—	—	—	
VI _{4b}	土质砂	49.5	52.5	55.5	57.0	58.5	59.5	61.0	63.5	65.5	72.5	78.5	
	黏质土	30.0	33.0	36.5	38.0	39.5	41.0	42.5	45.5	—	—	—	
	粉质土	31.0	35.5	40.5	43.0	45.5	48.5	51.0	—	—	—	—	
VII ₁	土质砂	52.0	55.0	58.0	59.5	61.0	62.0	63.5	66.0	69.0	76.0	82.5	
	黏质土	26.5	31.5	36.5	39.5	42.0	45.0	48.0	54.0	—	—	—	
	粉质土	30.5	37.0	44.0	47.5	51.5	55.0	59.0	—	—	—	—	

续表 B.0.5

区划	稠度		0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.70	2.00
	土组	土组											
Ⅵ ₂	土质砂	48.0	51.0	54.0	55.0	56.5	58.0	59.0	61.5	64.0	71.0	77.0	
	黏质土	25.5	29.5	33.0	35.0	37.0	39.0	41.5	45.5	—	—	—	
	粉质土	28.0	33.5	39.0	42.0	45.0	48.5	51.5	—	—	—	—	
Ⅵ ₃	土质砂	42.5	45.5	49.0	50.5	52.5	53.5	55.0	58.0	60.5	68.5	76.5	
	黏质土	20.5	24.5	28.5	30.5	32.5	35.0	37.0	41.5	—	—	—	
	粉质土	23.5	28.0	33.0	36.0	38.5	41.0	44.0	—	—	—	—	
Ⅵ ₄	土质砂	47.0	50.0	53.0	54.5	56.0	57.0	58.5	61.0	63.5	70.5	77.0	
Ⅵ _{6a}	黏质土	22.0	25.5	29.0	30.5	32.5	34.5	36.0	40.0	—	—	—	
	粉质土	27.5	32.5	37.5	40.5	43.0	46.0	49.0	—	—	—	—	
Ⅵ ₅	土质砂	45.5	49.0	52.0	53.0	54.5	56.0	57.5	60.0	62.5	70.0	76.5	
	黏质土	30.0	33.0	37.5	39.5	41.5	43.5	45.0	49.0	—	—	—	
	粉质土	32.5	38.0	43.5	46.0	49.0	51.5	54.5	—	—	—	—	

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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做的：
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他标准、规范执行的写法为“按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 2 《室外排水设计规范》GB 50014
- 3 《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025
- 4 《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112
- 5 《防洪标准》GB 50201
- 6 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 7 《公路桥梁抗震设计细则》JTG/T B02-01
- 8 《公路路基设计规范》JTG D30
- 9 《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63
- 10 《公路土工试验规程》JTG E40
- 11 《海堤工程设计规范》SL 435