

河南省勘察设计协会团体标准

填方工程地基处理技术标准

（征求意见稿）

二〇二二年七月

目 录

1	总则	4
2	术语和符号	5
2.1	术语	5
2.2	符号	5
3	基本规定	7
4	填方工程	10
4.1	一般规定	10
4.2	填筑材料	10
4.3	设计与施工	11
4.4	质量检验	13
5	场地岩土工程勘察	15
5.1	一般规定	15
5.2	工程测量	17
5.3	岩土工程勘察	19
5.4	岩土工程分析与勘察报告编写	22
6	填筑场地地基处理	24
6.1	一般规定	24
6.2	环境保护	24
6.3	填筑场地地基处理	25
6.4	强夯法	27
6.5	挤密法	28
6.6	多桩型复合地基	29
6.7	桩基础	33
6.8	质量检验	33
7	填筑边坡工程	35
7.1	一般规定	35
7.2	边坡稳定性分析	35
7.3	填筑边坡设计	37
7.4	边坡排水设计	38
7.5	坡面防护设计	39
7.6	边坡施工与质量检验	40
8	排水工程	41
8.1	一般规定	41
8.2	场外地表排水	41
8.3	场内地表排水	42
8.4	原场地地基排水	43
8.5	填筑地基排水	43
8.6	质量检验	44
9	工程监测	47
9.1	一般规定	47
9.2	地基监测	48
9.3	边坡工程监测	50
9.4	环境保护监测	51

附录 A 各类建(构)筑物的举例	52
附录 B 巨粒土和粗粒土密度试验	53
附录 C 巨粒土和粗粒土颗粒分析试验要点	55
附录 D 强夯单点夯击试验要点	57
附录 E 变形监测要点	59
附录 F 地下水位和孔隙水压力监测要点	62
本规范用词说明	63
引用标准名录	64

1 总 则

1.0.1 为确保在填方地基工程中建、构筑物)的安全与正常运行,做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境、节约资源,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于河南省行政区域内填筑厚度不大于 50m 的建设场地或填方地基形成中的勘测、设计、施工、质量检验与监测工作。

1.0.3 填方地基工程设计应坚持因地制宜、就地取材、挖填平衡、保护环境、防止水土流失与诱发次生灾害的原则,应根据填筑场地的建筑结构特点及使用要求、填筑场地岩土工程条件、环境条件和施工条件等因素精心设计。

1.0.4 填方地基工程除应符合本标准外,尚应符合国家及我省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 填方地基 filled ground

为解决工程建设用地，经人工分层填筑并采用强夯、振动碾压、冲击压实或其他技术措施处理所形成的填筑厚（高）度不大于 50m 的场地或地基。按照颗粒组成可分为细粒土填方地基、粗粒土填方地基。

2.1.2 细粒土填方地基 filled ground of fine grained soil

细粒土填方地基是指填料以粉土、黏性土为主，不含或仅含少量粗粒土的填方地基。

2.1.3 原场地地基 original ground

填筑之前未经人工处理的地基。

2.1.4 填筑地基处理 filled ground treatment

采用强夯、振动碾压、冲击压实、挤密、注浆、竖向增强体复合地基或桩基础等方法将黏性土、砂性土、碎石、块石等填筑材料处理密实的技术措施。

2.1.5 松铺系数 coefficient of looseness

填筑施工中填料的松铺厚度与其压（夯）实后厚度的比值。

2.1.6 堆填 landfill

将车载填料均匀倾卸摊铺于填筑场地的施工方法。

2.1.7 抛填 throw fill

将填料由较高、较远处抛投至填筑场地，粒径大小不等的填料颗粒会发生分选的施工方法。

2.2 符号

B ——边坡顶到坡脚的水平距离；

S_r ——土的饱和度；

e ——土体孔隙比；

H ——填筑边坡高度；

C_u ——不均匀系数；

C_c ——曲率系数；

K ——缩分系数；

Q ——缩分标准质量；

s ——强夯点夯夯点间距或挤密孔孔心距；

λ_c ——填土压实系数；

ρ_{dmax} ——土的最大干密度；

ρ_0 ——土的天然（湿）密度；

ρ_d ——土的干密度；

λ_c ——压实系数；

$\bar{\eta}_c$ ——桩间土的平均挤密系数；

ΔS_i ——单击夯沉量；

ΔL_i ——夯坑周围变形量。

3 基本规定

3.0.1 填方地基的设计应根据使用要求,结合原场地工程测量及岩土工程勘察成果,确定原场地地基和填筑地基的处理范围、处理方法、质量控制及技术要求。

3.0.2 填方地基应根据使用功能,结合原场地地基和填筑地基的工程特点,按表 3.0.2 进行工程建设场地分区。

表 3.0.2 建设场地分区

分区名称		分区条件
建(构)筑物区	重要建(构)筑物用地区	结构复杂、荷载大的建(构)筑物所在区域
	一般建(构)筑物用地区	结构简单、荷载小的建(构)筑物所在区域
边坡区	边坡用地区	天然边坡、填筑边坡所占用的区域
	边坡稳定影响区	影响天然地基或填筑边坡稳定的区域
场地平整区		具有一般的压实度和变形要求的区域
规划预留发展区		场地平整范围内预留的规划发展区域,目前尚无确切的技术要求

3.0.3 填方地基设计前应完成下列工作:

1 搜集填方场地的区域地质、工程地质、水文地质、气象、地震及地质灾害、水土保持、环境评价、矿产压覆等已有资料,以及场地拟建建(构)筑物的上部结构及地基基础设计资料等。

2 踏勘现场,调查、分析场地环境情况和现场施工条件,了解场地邻近建(构)筑物使用效果和工程经验。

3 根据场区地形地貌特征及拟建建(构)筑物规模、荷载等工程特性,在工程建设和规划用地范围内进行工程测量与岩土工程勘察。

3.0.4 填方地基填筑前,应选择具有代表性的场地进行原场地地基处理和填筑地基处理的现场试验或试验性施工,确定地基处理施工方法、设计和施工参数。

3.0.5 工程测量应符合下列规定:

1 工程测量应准确反应场地地形、地貌和场地环境状态。

2 采用首级平面、高程控制点(网)的一级导线和二等水准测量,应与国家高一级或同极控制点(网)相联测。

3 平面测量宜根据工程规模采用建设场地独立坐标系统。

4 工程测量成果应满足工程建设的总平面规划、建设用地、初步设计、施

工图设计要求。

3.0.6 填方场地勘察应查明原场地的地形地貌、工程地质和水文地质条件及填筑场地的工程地质条件，分析和评价岩土工程问题，为工程现场试验、设计、施工提供依据。

3.0.7 填方场地岩土工程勘察阶段应与填方工程各设计阶段要求相适应，并应符合下列规定：

1 对填方场地的勘察分为初步勘察和详细勘察两个阶段，必要时可合并进行。

2 对于工程地质条件复杂、有特殊要求的场地，应进行施工勘察。

3 对于水文地质条件复杂、填筑施工可能引起水文地质条件变化或引起设计方案重大调整，以及工程使用期可能出现严重湿陷等工程危害的场地，应进行专项水文地质勘察。

4 原场地地基处理设计与施工应包括原场地地表土的处理、原始地形边坡及坡面处理、填挖交界过渡段处理、特殊土处理等。

3.0.8 填方地基设计与施工包括原场地地基、填筑地基、填筑边坡的勘察与设计、排水、检测、检验及监测等工程内容。

3.0.9 场地中存在有滑坡、崩塌、泥石流及岩溶、采空区等不良地质现象与问题时，应按有关规范、规程进行场地稳定性评价工作，根据工程特点结合当地经验进行处理。

3.0.10 填方地基设计与施工应符合下列规定：

1 填方地建设场地的设计及施工应根据所在区域的规划、地势设计和工程用途，并应与地质灾害治理同步进行。

2 地建设场地的设计及施工宜一次完成；分期完成时，应避免后期的原场地处理、边坡工程及排水工程施工对前期工程的影响。

3 填方地基应按地基变形控制设计，并应进行地基稳定性验算；

4 填方地基边坡坡型和坡比应根据填料的物理力学性质、工程地质条件、工况条件及边坡坡顶稳定影响区域内的使用荷载等进行稳定性计算，并结合工程经验分析确定。

5 填方地基在施工期间应进行地基变形监测；并应依据监测结果验算原地基和填筑地基的整体稳定性。

3.0.11 填方地基应分层填筑、分层压（夯）实、分层检验，且处理后的填方地基应满足密实、均匀和稳定性要求。

3.0.12 原场地地基和填筑地基应对填筑过程和施工完成后的地基变形进行监测。对重要的建（构）筑物或对沉降有特殊要求的填筑地基和边坡工程应进行长期监测。

3.0.13 填方地基上建（构）筑物的建造时间、顺序及加荷速率的安排应根据填筑完成后地基的实测沉降趋势，结合拟建工程的变形控制要求确定，且不得少于 1 个雨季的自然密实期。

3.0.14 填方地基质量检验和验收应按分部工程、分项工程进行质量检验和验收，划分标准宜符合表 3.0.14 的规定。

表 3.0.14 填方地基工程项目划分

分部工程	分 项 工 程
土石方工程	土方填筑地基、石方填筑地基、土石混合填筑地基、原场地软弱地基、台阶开挖、土工合成材料处治层等
排水工程	截水沟、排水箱涵、浆砌排水沟、盲沟、跌水、急流槽等、导流工程、石笼防护等
护坡工程	各类挡墙、抗滑桩、桩板墙、锚喷防护、砌筑护坡、生态护坡、导流工程、石笼防护等
涵洞	基础处理、主要构件预制、安装或浇筑等

3.0.15 填方地基工程及其周边场地应采取措施防止水土流失及其他次生灾害等影响。

3.0.16 对位于抗震设防烈度为 7 度及以上地区的填筑地基，应进行抗震设计。

4 填方工程

4.1 一般规定

4.1.1 填方地基设计前应取得下列资料：

1 当地气象、地形、工程地质及水文地质、防洪、建设总体规划和社会经济等基本资料。

2 分期施工或改（扩）建工程，应具备已建填方工程现状及使用情况等资料。

3 土石方料源勘察资料。

4 施工条件和地方工程经验等资料。

4.1.2 填方地基应结合场地地势设计、建设场地分区对土石方填筑和地基压（夯）实以及质量检验和监测等进行设计。

4.1.3 对经检测达不到设计要求的填筑地基宜重新填筑；当不适宜重新填筑时宜采取更高的综合地基处理措施。

4.1.4 填方地基施工应建立现场试验室，对填筑材料取样，进行填料性质、颗粒分析、击实等试验。

4.1.5 填筑工程施工期及停滞阶段应做好场地防洪及挡、排水工作。

4.1.6 回填基坑肥槽时宜采用隔水性能较好的土料或混合料，并应回填密实。

4.1.7 填筑施工过程中应保证观测仪器埋设与监测工作的正常进行，保护埋设仪器和测量标志完好。

4.2 填筑材料

4.2.1 填筑材料应符合下列规定：

1 巨粒土料中的粒径大于 2mm 的颗粒质量应超过总质量的 70%，不均匀系数应大于或等于 10，曲率系数宜为 1~3，级配应良好，最大粒径不应大于 800mm，并小于填筑层厚度的 2/3，不得含有植物土、生活垃圾等。

2 粗粒土料中的粒径大于 2mm 的颗粒质量应大于总质量的 50%，不均匀系数应大于或等于 10，曲率系数宜为 1~3，级配应良好，不得含有大于 100mm 粒径的黏土块、植物土、生活垃圾等。

3 土夹石混合料中的粒径大于 2mm 的颗粒质量应为总质量的 30%~50%，最大粒径不应大于 800mm，并小于填筑层厚度的 2/3，不得含有大于 100mm 粒径的黏土块、植物土、生活垃圾等。

4 细粒土料中的粉土和黏性土不得含有粒径大于 100mm 的黏土块、污染土和生活垃圾等，有机质含量不得大于 5%。

5 其他填筑材料的组成应满足设计要求，并应进行水稳性、耐久性和无害性等试验确认。

6 当弱膨胀土、多年冻土等特殊岩土作为填筑材料时，应经人工处理并符合填筑材料设计要求后方可用于填筑。

4.2.2 建（构）筑物区拟采用桩基或地基处理时，应避免使用影响后续施工的粗颗粒填料；边坡区可根据现场条件选用巨粒土、粗粒土料。

4.2.3 未经处理的杂填土不应作为建构筑物区地基。当不易挖除时应结合现场条件采取综合处理措施，防止建构筑物地基出现下沉、空洞。

4.3 设计与施工

4.3.1 填方地基设计应包括下列内容：

1 绘制填筑区平面图和断面图、挖填方分区图、土石方调配图，并提供挖填土石方工程量等；

2 确定挖填方分区平面及竖向分布与评价标准。

4.3.2 填方地基的松铺系数宜通过试验确定。

4.3.3 填筑试验应确定下列设计参数和施工方法：

1 根据填筑厚度确定边坡坡形和坡比；

2 巨粒土料、粗粒土料和土夹石混合料的粒径、级配；细粒土料的最大干密度和最优含水量；

3 分层填筑厚度和松铺系数；

4 分层压（夯）实施工方法和施工参数等；

5 质量检验项目、方法、数量和频率，以及质量控制指标与评价标准。

4.3.4 填筑范围应符合下列规定：

1 建（构）筑物区填筑范围宜为从建（构）筑物基础底面或建筑物用地区边缘外扩不小于 5m 处以本标准第 7.3.1 条规定的坡比放坡确定；

2 边坡区的填筑范围应根据建筑物平面设计要求、填筑厚度、原场地的工程地质和水文地质条件，通过边坡稳定性分析确定；

3 预留发展区的填筑范围可根据工程建设项目的规划确定。

4.3.5 分层填筑与压（夯）实应符合下列规定：

1 分层填筑应采用堆填摊铺，不得抛填施工。

2 巨粒土、粗粒土料宜选用强夯法、冲击压实法处理。

3 巨粒土、粗粒土料及土夹石混合料采用强夯法处理时，其分层厚度、施工参数及夯实指标应根据现场强夯单点夯击试验或地区经验确定，强夯单点夯击试验可按本标准附录 D 或地区经验执行。当无试验资料或经验时，可按表 4.3.5 采用。

表 4.3.5 巨粒土、粗粒土料及土夹石混合料分层厚度、施工参数及夯实指标

分层厚度 (m)	强夯施工参数						地基土夯实指标
	夯点形式	单击夯击能 (kN·m)	夯点间距 (m)	夯点布置	单点夯击数	最后两击平均夯沉量 (mm)	
4.0	点夯	3000	4.0	正方形	12-14	≤50	$\rho_d \geq 2.0t/m^3$
	满夯	1000	锤印搭接	锤印搭接	3-5	—	
5.0	点夯	4000	4.0	正方形	10-12	≤100	
	满夯	1500	锤印搭接	锤印搭接	3-5	—	
6.0	点夯	6000	4.5	正方形	10-12	≤150	
	满夯	2000	锤印搭接	锤印搭接	3-5	—	

注：分层强夯时，上层点夯位置应布置在下层四个夯点中间位置。

4.3.6 细粒土料采用冲击压实或振动碾压法处理时，其分层厚度、施工参数及压实指标应根据现场试验或地区经验确定；初步设计时，可按表 4.3.6 采用。

表 4.3.6 细粒土料分层厚度、施工参数及压实指标

分层厚度 (m)		遍数		行驶速度 (km/h)		控制含水量 (%)	地基土压实指标
冲击压实	振动碾压	冲击压实	振动碾压	冲击压实	振动碾压	$\omega_{op} \pm 2$	细粒土料
0.4-0.6	0.3-0.4	8-10	6-8	6-8	1.5-2.0		$\lambda_c \geq 0.97$
0.6-0.8	0.4-0.6	10-12	8-10	6-8	1.5-2.0		
0.8-1.0	—	15-20	—	6-8	—		
1.0-1.2	—	20-25	—	6-8	—		

4.3.7 相邻施工工作面之间搭接部位处理应符合下列规定：

- 1 当填筑区域较大，各工作面施工的起始填筑标高不同时，从低处开始相邻工作面的高差不宜大于施工时的一个填筑层厚度；
- 2 不同填筑层搭接面应在竖向位置错开；
- 3 相邻施工工作面搭接部位应采用强夯补强处理（图 4.3.7），夯击能不小于 3000 kN·m，补强处理宽度不得小于夯点间距的 2 倍和每层填筑层厚度；
- 4 工作面搭接部位强夯法处理分层厚度不宜大于 4m，其强夯施工参数及夯实指标宜符合表 4.3.7 的规定。

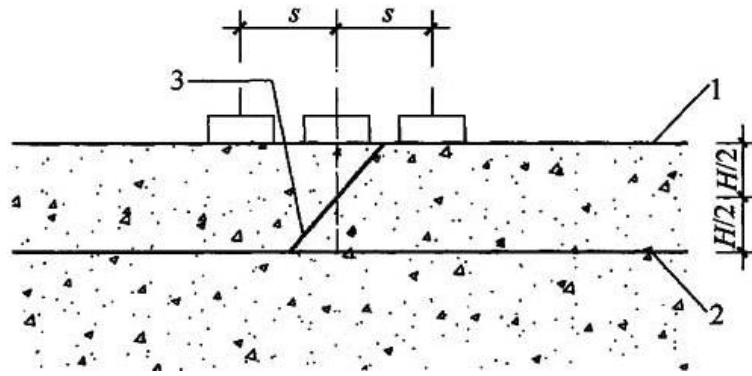


图 4.3.7 工作面搭接处理示意

1—现处理工作面；2—上一搭接处理工作面；3—工作界面

表 4.3.7 工作面搭接处理强夯参数及地基夯实指标

夯点形式	单击夯击能(kN·m)	夯点间距(m)	夯点布置	单点击数	地基土夯实指标	
					粗粒土	细粒土
点夯	3000	3.5	正方形	10~12	$\rho_d \geq 2.0t/m^3$	$\lambda_c \geq 0.97$
满夯	1000	锤印搭接		3~5		

注：点夯最后两击的平均夯沉量不应大于 50mm。

4.3.8 压（夯）实处理施工环境保护应符合下列规定：

- 1 施工前，应对振动、噪声和扬尘对周围环境等造成的影响及风险进行评估，并应采取有效的防护措施。
- 2 应采取措施，做好施工期排水。

4.4 质量检验

4.4.1 填筑地基质量检验应符合下列规定：

- 1 巨粒土、粗粒土和土夹石混合填料分层压（夯）实质量检测应采用现场干密度试验，试验坑的直径宜大于 3 倍最大填料粒径，且不应小于 1.0m；
- 2 填料粒径大于 38mm 时，应在填筑地基深度内挖探坑采用灌水法检测干密度；填料粒径小于 38mm 时，可采用灌砂法或环刀法检测压（夯）实系数；
- 3 对干密度检验的试验坑、动力触探试验和标准贯入试验孔等，检验后应及时回填压（夯）实。

4.4.2 填筑地基采用同一填筑材料、施工方法和参数的检验项目在各建设场地分区不应少于 3 点，并应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 质量检验项目、范围及频数

应用范围 项目	检测频数		
	建（构）筑物用 地区和边坡区	场地平整区	规划预留发展区
层厚检验	每 500m ² 至少有 1 点	每 500m ² 至少有 1 点	每 2000m ² 至少有 1 点
压（夯）层面沉 降量	10m×10m 方格 网测量	20m×20m 方格 网测量	50m×50m 方格 网测量
地基土压（夯） 实指标	每 500m ² 至少有 1 点	每 1000m ² 至少有 1 点	每 2000m ² 至少有 1 点
土的物理力学 指标	每 500m ² 至少有 1 点	每 1000m ² 至少有 1 点	每 2000m ² 至少有 1 点
重型动力触探	每 500m ² 至少有 1 点	每 1000m ² 至少有 1 点	每 2000m ² 至少有 1 点
载荷试验	每 1000m ² 至少有 1 点	—	—

4.4.3 当检验指标未达到设计要求时，应进行两组以上的复检。当复检指标达到设计要求时，可仅处理不合格区域；当复检指标仍未达到设计要求时，应对检验划定的不合格范围重新处理，直到合格。

4.4.4 填筑地基监测宜包括下列项目：

- 1 填筑地基顶面沉降监测。
- 2 填筑地基分层沉降监测。
- 3 填筑边坡坡面位移监测。
- 4 填筑地基内部水平位移监测。

5 场地岩土工程勘察

5.1 一般规定

5.1.1 场地岩土工程勘察应符合下列规定：

- 1 收集场地内总平面规划和地形测量资料。
- 2 根据拟建场地工程建设分区及填筑地基相应设计阶段的要求编制岩土工程勘察方案。
- 3 勘察范围应根据本标准第 3.0.2 条建设场地分区确定，场地附近存在影响工程安全的不良地质作用时应扩大。

5.1.2 与勘察阶段相适应的工程测量应符合下列规定：

- 1 工程测量应在岩土工程勘察前进行。
- 2 工程测量范围应为已批准的工程建设项目总平面规划范围，环境复杂时宜扩大测量范围。
- 3 工程测量应设置平面和高程控制点（网），首级平面、高程控制点，埋设永久性测量标志。
- 4 初步勘察阶段应根据场地规划设置测量控制网，并宜进行比例为 1：1000~1：2000 的地形测量。
- 5 详细勘察阶段应按设计要求或采用 20m×20m 方格网进行地形图测量，比例宜为 1：500~1：1000。
- 6 对工程测量范围内的沟、坑、塘等地形变化较大区域宜进行比例为 1：100~1：200 的平面测量和间距 20m~40m 的剖面测量。
- 7 对排水构筑物应测量其位置、沟底和沟顶高程、结构断面尺寸，并应根据设计要求绘制断面图。

5.1.3 场地岩土工程勘察等级应根据场地复杂程度、场地地基的等级按表 5.1.3-1 确定，复杂程度和等级划分应按表 5.1.3-2 确定，地基等级划分应按表 5.1.3-3 确定。

表 5.1.3-1 岩土工程勘察等级划分

岩土工程勘察等级	确定条件	
	场地复杂程度	场地地基等级
甲级	一级场地（复杂场地）	一级、二级
乙级	二级场地（一般场地）	二级

表 5.1.3-2 场地的复杂程度和等级划分

场地复杂程度	复杂等级	场地条件
复杂场地	一级	地震设防烈度等于或大于 8 度，分布有地震液化可能性砂土、粉土层地段 不良地质作用强烈发育 地质环境已经或可能受到强烈破坏 地形地貌复杂；复杂水文地质条件场地
一般场地	二级	地震设防烈度等于 7 度，分布有地震液化可能性砂土、粉土层地段 不良地质作用一般发育 地质环境已经或可能受到一般破坏 地质地貌较复杂

表 5.1.3-3 场地地基等级划分

场地地基等级	地基条件
一级地基	岩土种类多，性质变化大，地下水对填方工程影响大，且需特殊处理 存在厚度较大的软弱土、湿陷性土、膨胀土、盐渍土、多年冻土等特殊土 其他情况复杂，需作专门处理的地基
二级地基	岩土种类较多，性质变化较大，地下水对填方工程有不利影响 存在除本表一级地基规定以外的特殊性岩土

5.1.4 在场地整平前已经填筑的工程应进行填筑场地及下伏地基的岩土工程勘察勘察。

5.1.5 场地水文地质勘察应根据水文地质条件和复杂程度查明场区地下水的补给、径流、排泄条件及地下水埋深、动态变化及与地表水体的相互联系等水文地质条件，并应提出地下水和地表水处理的建议。

5.1.6 场地遇有下列条件之一时，为复杂水文地质条件场地：

- 1 岩溶发育地区。
- 2 含水层多且含水岩组变化大。
- 3 地下水补给、迁流、排泄条件复杂或地下水位存在明显异常等。
- 4 地质构造复杂，岩体透水性强。
- 5 有较高的承压水头和承压含水层分布。

5.1.7 细粒土填筑地基评价宜按照《湿陷性黄土地区勘察与地基处理技术标准》

(DBJ41--)的规定执行；建构筑物类别划分按照本标准附录 A 执行。

5.2 工程测量

5.2.1 平面、高程控制点（网）测量精度和布设应符合下列规定：

1 首级控制点（网）测量精度应根据工程规模，平面宜采用四等或一级导线，高程采用二等水准；加密及独立地段的平面、高程控制点（网）可采用一、二级导线和二等水准，并应与高一级或同级控制点（网）相联测。

2 平面控制使用全球导航卫星系统测量方法时，首级网应为四等或一级全球导航卫星系统网，加密网应为一级或二级全球导航卫星系统网。

3 首级平面、高程控制点（网）宜沿沟谷轴线及其延长线，间距宜为 200m~400m；平面控制网的布网精度应符合 1:500 比例尺地形图测量精度的要求。

4 高程控制点（网）的布置宜与平面控制点（网）的布置相结合，并可利用相应平面控制点作为高程控制点或单独布设高程控制点。

5.2.2 控制测量应符合下列规定：

1 初步设计阶段测量应建立适用于场地建设、设计阶段的永久性首级控制网，首级控制网的等级应根据工程规模、控制网的用途和精度要求合理选择；

2 施工图设计阶段测量应布设满足精度要求的加密网，并可越级布设或同等级扩展；

3 控制测量应满足工程建设的定位要求，精度应满足场地建设不同阶段的测量要求；

4 控制点应布设在沟谷延长线上，并应埋设作为场地永久性平面、高程控制点的标石（基岩标）；每条延长线上两端应各设置（2~3）个永久性标石，并应有相应的保护措施基准标石。

5.2.3 高程控制测量应符合下列规定：

1 高程系统应采用 1985 国家高程基准或 1956 年黄海高程系统；

2 高程控制网内复核精度应达到相应水准测量等级的要求；

3 施工图设计阶段高程控制测量应以二等水准网作为首级高程控制网，其他等级宜布设三~五等水准测量。

5.2.4 施工控制网测量应包括平面控制测量和场地高程控制测量，并应符合下列规定：

1 土石方施工前，应根据场地分项工程、分部工程和单位工程施工放样需要布设施工控制网。

2 施工控制网的精度，对于平面轴线允许误差应为 50mm，高程的允许误差应为 3mm。

3 网格线点的间距不宜大于 50m，并按一级或二级导线测设，高程宜采用

二等水准精度施测。

5.2.5 施工测量应包括施工区原始地形图或断面图测绘、放样测站点的测设、土石方开挖平面、填筑地基及坡脚轮廓点的放样、竣工地形图及断面图测绘、工程量计算和验收测量等，并应符合下列规定：

1 地形图的基本等高距应符合表 5.2.5-1 的要求。

表 5.2.5-1 地形图的基本等高距 (m)

地形倾角 (α)	比 例 尺			
	1: 500	1: 1000	1: 2000	1: 5000、1: 10000
$\alpha < 3^\circ$	0.5	0.5	1.0	2.0
$3^\circ \leq \alpha < 10^\circ$	0.5	1.0	2.0	5.0
$10^\circ \leq \alpha < 25^\circ$	1.0	1.0	2.0	5.0
$\alpha \geq 25^\circ$	1.0	2.0	2.0	5.0

注：一个测区同一比例尺，宜采用一种基本等高距。

2 放样测站点宜采用交会法、导线测量法或 GPS 定位法进行测设，点位限差应符合表 5.2.5-2 的要求。

表 5.2.5-2 放样测站点的点位限差 (mm)

项目	点位限差	
	平面	高程
混凝土浇筑工程	± 15	± 15
土石方开挖、填筑工程	± 35	± 35

3 土石方开挖工程测量放样应测放出设计开挖轮廓和填筑工程区域，并采用明显标志加以标记，点位限差应符合表 5.2.5-3 的要求。

表 5.2.5-3 开挖轮廓放样点的点位限差 (mm)

轮廓放样点位	点位限差	
	平面	高程
附属物轮廓点	± 100	± 100
土、砂、石覆盖面开挖轮廓点	± 150	± 150

4 土石方开挖施工过程中应标明高程和开挖轮廓线，接近竣工时应及时测量场地分区轮廓线和高程；土石方开挖后，应及时测绘地形图或断面图，对有地质缺陷的部位应详细测绘。

5 施工过程中应定期测算已完成的工程量，并应以不大于 20m×20m 方格网测量计算成果为依据。

5.2.6 施工测量资料整理应符合下列规定：

1 每次测量放样作业结束后应及时整理测量放样记录、放样计算数据资料、测量放样通知单、测量放样交样单或测量检查成果表，并按工程项目或工程部位归档保存。

2 每次测量工作完成后应及时将地形图、断面图、工程量计算表及外业数据资料整理保存。

3 单项工程竣工后应及时整理竣工测量记录、竣工图表及使用的设计图纸和测量技术总结。

5.2.7 竣工测量应随施工的进展逐步汇集资料。单项工程完工后，应进行竣工验收测量，施测精度不应低于施工测量放样的精度；竣工测量的部位应事先与设计、监理、施工管理单位协商确定。竣工测量资料宜包括下列内容：

- 1 开挖底面的比例尺为 1:200~1:500 竣工地形图或高程平面图。
- 2 填筑地基的竣工图测量，关键部位开挖的竣工纵、横断面图。
- 3 地下工程开挖、衬砌或支护结构竣工断面图。
- 4 地下水过流部位或隐蔽工程的形体，各种主要孔、洞的形体；
- 5 变形监测设备埋设、安装。
- 6 边坡及支挡结构的立面图和平面图等竣工测量的项目。

5.3 岩土工程勘察

5.3.1 初步勘察应对场地稳定性做出评价，并进行下列主要工作：

1 搜集拟建工程的有关文件、工程地质和岩土工程资料以及工程场地范围的地形图。

2 初步查明场地地质构造、地层结构及岩土工程特点、地下水类型及埋藏条件。

3 查明场地不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势，并对场地的稳定性做出评价。

4 对抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地，应对场地和地基的地震效应做出初步评价。

5 季节性冻土地区，应调查场地土的标准冻结深度。

6 初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性；

7 初步查明挖方区料场填料的工程性质、风化程度、石料可挖性、土石储量和土石比例。

8 对高层建筑初步勘察时，应对可能采取的地基基础类型、基坑开挖与支护、工程方案进行初步分析评价。

5.3.2 详细勘察阶段应符合下列规定：

详细勘察应按单体建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计、施工所

需的岩土参数；对建筑地基做出岩土工程评价，并对地基类型、基础形式、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等提出建议。主要应进行下列工作：

- 1 搜集附有坐标和地形的建筑总平面图，场区的地面整平标高，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点、基础形式、埋置深度、地基允许变形等资料；
- 2 查明不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出整治方案的建议；
- 3 查明建筑范围内岩土层的类型、深度、分布、工程特性、分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力；
- 4 对岩质地基，应根据地质构造、岩体特性、风化情况等，结合建筑物对地基的要求，按地方标准或当地经验确定；
- 5 对需进行沉降计算的建筑物，提供地基变形计算参数，预测建筑物的变形特征；
- 6 边坡区应查明岩土层分布情况及影响边坡稳定的工程地质问题，提供边坡稳定分析及计算所需的物理、力学参数。
- 7 查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物；
- 8 查明地下水类型及埋藏条件，提供地下水位及其变化幅度。
- 9 在季节性冻土地区，提供场地土的标准冻结深度。
- 10 判定水和土对建筑材料的腐蚀性。
- 11 对挖方区填料应进行详细分类和评价，并提供填料的土石比例及相应的工程技术参数；开挖至设计高程后应查明地面下有无软弱地层、岩溶与土洞以及其他不良地质作用，评价其工程影响，并应提出处理意见和建议。
- 12 对可能采用的地基处理措施，应提供地基处理设计、施工的岩土特性参数，并应分析地基处理时对工程环境影响的有关问题。

5.3.3 场地工程勘探点的布置应符合下列规定：

1 详勘阶段的填筑区勘探点可按工程范围和建设场地分区，沿地形坡向、沟谷走向等布置，勘探点间距按表 5.3.3 确定，并应满足原场地地基处理、填筑地基变形计算与边坡稳定性计算的要求。

初步勘察时勘探点间距可参照表 5.3.3 适当放宽。

2 每个地貌单元和不同地貌单元交接部位应布置勘探点；对发现暗河、暗暗浜、冲沟及溶洞、采空区等不良地质条件的地段应适当加密钻孔。

3 挖方区填料和料源勘察应按山体坡度和基岩出露情况布置勘探线，并根据地质条件及物探成果合理布置钻孔。

表 5.3.3 勘探点间距

勘察等级	勘探点间距(m)					
	边坡用地区		边坡稳定影响区		建（构）筑物区	场地平整区
	填筑区	挖方区	填筑区	挖方区		
甲级	10~20	30~50	20~30	50~80	10~15/15~20	50~100
乙级	20~30	50~80	30~50	80~100		100~150

5.3.4 勘探和原位测试应符合下列规定：

1 控制孔与一般孔在平面上宜均匀分布，挖方区钻孔深度应从设计整平标高起算。

2 勘察等级为甲级工程的控制钻孔不宜少于勘探孔总数的 1/3，勘察等级为乙级工程的控制钻孔不宜少于勘探孔总数的 1/4。

3 应根据场地地质条件选择合适的勘探手段：有特殊土地段及细粒土质填筑地基应采用探井、静力触探与钻探结合的勘探手段，有较厚土层地段宜优先采用静力触探与钻探结合的勘察手段；对粗粒土填筑地段宜采用钻孔、动力触探等勘探手段。

4 钻孔深度应满足查明地基稳定性和控制沉降计算深度要求；在填筑区临边坡地段的勘探点深度应满足拟采用的支挡结构的勘探深度要求。

5.3.5 岩土样、水样应符合下列规定：

1 取样孔、井在平面上应均匀布置，数量不应少于勘探点总数的 1/4~1/3；

2 钻孔岩土取样深度小于 10m 时，取样间距为 1.0~1.5m；取样深度为 10m~15m 时，取样间距为 1.5m~2.0m。每一主要工程地质层土样不宜少于 10 个，岩样不少于 6 个，其他工程地质层每层土样不少于 6 个。

3 遇地下水的钻孔宜量测地下水位，并取水样进行化验，确定对混凝土和钢结构的腐蚀性。

5.3.6 室内土工试验应符合下列规定：

1 岩土样应进行常规物理性质试验和力学性质试验，对于特殊岩土尚应进行判别指标和强度指标试验。

2 填筑地基边坡稳定性计算所采用的参数选取应符合本标准第 7.2.1 条的规定。

3 深厚软弱土层，应提供次固结系数和固结试验取得的各级压力下相应的 $e-p$ 数值。

4 对用于场区各类细粒土填料，应进行击实试验，巨粒土和粗粒土的密度试验应按本标准附录 B 的要求进行，颗粒分析试验应按本标准附录 C 的要求

进行。

5.4 岩土工程分析与勘察报告编写

5.4.1 岩土工程分析评价应在工程地质测绘、工程测量、勘探、测试和搜集已有资料的基础上，结合工程特点和要求进行。

5.4.2 岩土工程分析评价应在定性分析的基础上进行定量分析，并结合邻近工程经验进行。场地的适宜性、场地地质条件的稳定性，可作定性分析。岩土体的变形、强度和稳定性应定量分析，提供岩土体的强度和变形指标。对大型及比较复杂的工程，应对其中的复杂问题进行专门研究，提供场地载荷试验及其他原位测试成果，并结合后续监测对评价结论进行检验。

5.4.3 岩土工程勘察报告所依据的原始资料，应进行整理、检查、分析，确认无误后方可使用。

5.4.4 岩土工程勘察报告应资料完整、真实准确、数据无误、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用和适宜长期保存，并应因地制宜，重点突出，有明确的工程针对性。

5.4.5 岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等具体情况编写，并应包括下列内容：

- 1 勘察目的、任务要求和依据的技术标准。
- 2 拟建工程概况。
- 3 勘察方法和勘察工作布置。
- 4 场地地形、地貌、地层、地质构造、岩土性质及其均匀性。
- 5 各项岩土性质指标，岩土的强度参数、变形参数、地基承载力的建议值；
- 6 地下水埋藏情况、类型、水位及其变化。
- 7 土和水对建筑材料的腐蚀性。
- 8 可能影响工程稳定的不良地质作用的描述和对工程危害程度的评价；
- 9 场地稳定性和适宜性的评价。

5.4.6 岩土工程勘察报告应对岩土利用、整治和改造的方案进行分析论证，提出建议；对工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题进行预测，提出监控和预防措施的建议。

5.4.7 成果报告应附下列图件：

- 1 勘探点平面布置图。
- 2 工程地质柱状图。
- 3 工程地质剖面图。
- 4 原位测试成果图表。
- 5 室内试验成果图表。

当需要时，尚可附综合工程地质图、综合地质柱状图、地下水等水位线图、素描、照片、综合分析图表以及岩土利用、整治和改造方案的有关图表、岩土工程计算简图及计算成果图表等。

5.4.8 对岩土の利用、整治和改造的建议、宜进行不同方案的技术经济论证，并提出对设计、施工和现场监测要求的建议。

6 填筑场地地基处理

6.1 一般规定

- 6.1.1** 场地地基变形与场地稳定不能满足填筑地基和拟建建（构）筑物地基要求时，应对场地地基进行处理。
- 6.1.2** 场地地基处理宜与场地的防洪、截水、防水、排水设施有效结合防止水土流失，确保场地与地基的稳定。
- 6.1.3** 场地地基处理设计应综合考虑建筑结构特点与荷载大小、场地地质条件、填筑厚度及质量、周边环境等要求进行方案选型。当建（构）筑物位于填挖界面处、或建筑荷载较大、对变形有严格要求及填筑场地在长期运行过程中有可能遭受场地汇水的浸泡时宜优先采用桩基础。
- 6.1.4** 经勘察表明场地为湿陷性场地时宜结合建筑等级采取消除湿陷的工程措施。
- 6.1.5** 施工过程中应设置场地沉降及地下水监测点并进行监测。

6.2 环境保护

- 6.2.1** 场地地基处理工程中的环境保护设计应符合下列规定：
- 1 结合场地地基处理区域环境保护现状，因地制宜、合理布局，并与周边环境景观相协调。
 - 2 减少破坏原始地貌、天然林、人工林及草地。
 - 3 采取临时防护措施，减少施工产生的废弃土。
 - 4 考虑土地资源的合理利用，缩短临时占地使用时间。
 - 5 在崩塌、滑坡危险区和泥石流易发区禁止取土、挖砂、采石。
- 6.2.2** 防止水土污染和流失的措施应符合下列规定：
- 1 排水沟渠排出的水不得直接排放到饮用水源、农田、鱼塘中。
 - 2 当使用工业废渣作为填筑材料时，应对其中的可溶性和有害物质进行处理。
- 6.2.3** 场地地表土处理应符合下列规定：
- 1 应根据弃土量设定弃土场，并应采取环境和水土保持措施。
 - 2 清除地表土后地面应进行压（夯）实处理。
 - 3 污染土的清除厚度宜根据实际状况确定。
- 6.2.4** 填方地基工程因开挖、排弃、堆填改变原场地及周边环境条件时，应根据地形、地质、水文条件、施工方式等，采取拦挡、削坡、护坡、截排水等环境和水土保持措施。

6.2.5 土方开挖形成的坡面应采取防止雨水径流由坡面或填挖界面处进入填筑地基的措施。

6.3 填筑场地地基处理

6.3.1 填筑场地地基处理方法和桩基设计应根据建筑类别和场地工程地质条件，结合施工设备、进度要求、材料来源和施工环境等因素，经技术经济比较后综合确定。常用的方法见表 6.3.1，可选用表中的一种或多种方法组合。

表 6.3.1 细粒土填筑地基常用处理方法和桩基选型

序号	名称	适用范围	处理土层厚度 (m)
1	垫层法	地下水位以上	1-3
2	强夯法	$S_r \leq 60\%$ 的湿陷性土	3-15m
3	挤密法	$S_r \leq 65\%$, $w \leq 22\%$ 的湿陷性土	5-15m
4	长短桩复合地基	短桩处理上部松软地基与湿陷性，长桩提高场地承载力并控制变形	10-25m
5	桩基础	适合各类湿陷性场地及各类建筑	可以大于 40m
6	其他方法	经试验研究或工程实践证明行之有效	现场试验确定

6.3.2 当原场地为单向倾斜且基岩面坡度大于 10% 时，应在挖填零线以上部分按坡比 1: 10~1: 8 开挖成斜面。挖填零线低于场地设计标高不应小于 3m。回填部分可采取分层压（夯）实法。

6.3.3 原始坡面与填筑地基接合处的设计应符合下列规定：

1 填筑区内原场地坡比大于 1: 5 时，应在场地设计标高下 4m 内沿顺坡方向开挖高宽比为 1: 2 的台阶，每步台阶高度宜为 0.5m~1.0m，宽度宜为 1.0m~2.0m，顶面宜向台阶内倾斜，坡度宜为 1%~2%。

2 台阶部位宜使用粗粒土料或土夹石混合料分层回填并宜采用强夯法处理（图 6.3.3）；当使用细粒土料分层填筑时宜采用振动碾压法处理。

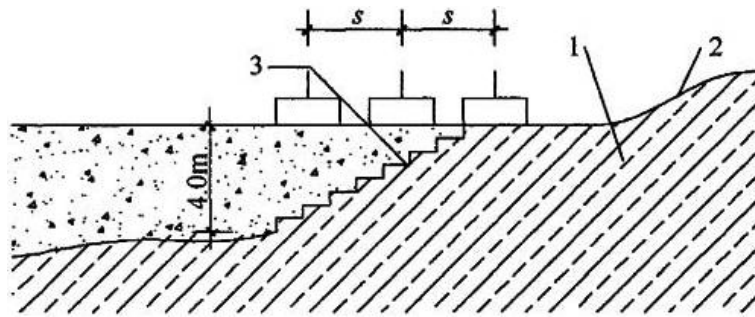


图 6.3.3 接坡强夯处理示意

1—原场地地基；2—开挖植物土及软弱土后原地面；3—开挖台阶

6.3.4 填挖交界面过渡段处理设计应符合下列规定：

1 过渡段在场地设计标高下 3.0m 内挖方界面应按坡比 1: 10~1: 8 开挖成斜坡。

2 过渡段在场地设计标高下 3.0m~8.0m 内应按高宽比为 1: 2 开挖成台阶，每步台阶高度宜为 0.5m~1.0m。

3 对于场地设计标高下 0.6m~8.0m 内的填料和压（夯）实法应与填筑区相同；填料为粗粒土料和土夹石混合料时可采用冲击压实法、强夯法处理，填料为土夹石混合料或细粒土料时可采用振动碾压法、冲击压实法处理。

4 填挖交界面过渡段处理的压（夯）实指标应符合本规范表 6.3.5 的规定。

6.3.5 接合处压（夯）实指标宜符合表 6.3.5 的规定。

表 6.3.5 接合处压（夯）实指标

项目 填料类别	强夯法夯实地基		振动碾压压实地基	
	分层控制厚度 (m)	地基土夯实 指标	分层控制厚度 (m)	地基土压实 指标
细粒土料	3.5~4.0	$\lambda_c \geq 0.96$	0.3~0.4	$\lambda_c \geq 0.97$
粗粒土料	3.5~4.0	$\rho_d \geq 2.0t/m^3$	0.4~0.5	$\rho_d \geq 2.0t/m^3$

注：1 强夯收锤标准；点夯最后两击的平均夯沉量应小于 50mm；

2 压实系数 λ_c 为土的实测干密度 ρ_d 与最大干密度 ρ_{dmax} 的比值；细粒土的最大干密度宜采用标准击实试验法确定。

6.3.6 应结合以下因素分析场区土洞对工程的影响：

1 洞体大小、高度、埋藏深度、洞体形状及分布特征；

2 地下水流特征及地下水位情况。

3 工程场地分区或建（构）筑物情况，填筑厚度，填料与填筑方法等。

6.3.7 对工程有影响的土洞可按下列方式处理：

1 对埋深不大于 3m 的土洞，可挖除塌落的松散土、软弱土，回填级配良好的块石、碎石进行强夯法处理；地下水丰富时应设置排泄通道。

2 对埋深大于 3m 的土洞，可通过钻孔，灌入砂、砾石或细石混凝土，并

辅以强夯法处理。

3 对重要建筑区域可采用桩基础，桩应穿透土洞进入良好持力层。

6.4 强夯法

6.4.1 强夯法适用于处理地下水位以上、含水率介于 10%~22%且平均含水率低于塑限含水率 1%~3%的细粒土填土地基，当强夯施工产生的振动和噪音对周边环境可能产生有害影响时，应评估采用强夯法的适宜性。

1 土层厚度小于 3m 时，可采用压（夯）实换填法；土层厚度大于 6m 时，可采用强夯置换法或复合地基法。换填材料宜选用块石、碎石等透水性强的材料，填料最大粒径不宜大于 400mm，并应小于分层填筑厚度的 2/3。

2 土层厚度大于 3m、小于 6m 时，可采用强夯置换法。

6.4.2 强夯法处理细粒土应根据初步设计要求选择有代表性的场地试夯或试验性施工，并根据试夯测试结果调整设计参数，或修改地基处理方案。

6.4.3 强夯法处理细粒土地基的设计内容包括夯实厚度、强夯能级、处理平面范围及夯点排布、起夯标高、夯击遍数和夯点击数等参数。

6.4.4 强夯法处理细粒土填筑地及，宜采用整片法处理，其平面处理范围超出建（构）物基础外缘宽度，应不小于设计强夯厚度的 1/2，且不小于 3.0m。

6.4.5 夯点排布宜按正三角形网格布置，也可按正方形网格布置。初步设计时夯点中心距可取夯锤直径的（1.2~2.0）倍。夯实厚度小、强夯能级低时夯点中心距取小值；夯实厚度大、强夯能级高时夯点中心距取大值。

6.4.6 强夯地基宜在基底下设置灰土垫层。垫层厚度可取 300mm--500mm 或根据计算确定。

6.4.7 起夯标高应根据终夯面标高，考虑地基夯沉量及垫层厚度确定。地基夯沉量宜通过试夯测定。初步设计时可根据当地工程经验结合岩土工程勘察资料来确定。

6.4.8 全部夯点宜分 2-3 遍夯击，各遍夯击间隔时间可根据夯实土层孔隙水压力消散时间确定。各遍夯击的夯点应互相错开。最末一遍夯完推平后，应采用低能级满夯拍平。满夯拍平锤印宜搭叠夯锤直径的 1/3，每印痕连夯 2-3 击。

6.4.9 每个夯点的连续夯击次数，应根据试夯或试验性施工夯击数与夯沉量关系曲线、最后两击平均夯沉量、夯坑周围地面隆起程度等因素综合确定。

6.4.10 强夯能级应根据细粒土填料特征、夯实厚度等因素综合确定。初步设计时强夯能级宜根据当地试验资料或工程经验确定，无试验资料或工程经验时，可按表 6.4.10 分析确定。

表 6.4.10 强夯能级 (kN·m) 与夯实厚度(m)的关系选用表

单击夯击能 (kN·m)	夯实厚度 (m)
	填土为全新世 (Q ₄) 或 晚更新世 (Q ₃) 土
1000	3.0~4.0
2000	4.0~5.0
3000	5.0~6.0
4000	6.0~6.5
5000	6.5~7.0
6000	7.0~7.5

注：强夯处理深度内土层含水量介于 13%-18%且中上部无坚硬土层时，夯实厚度可取高值，其他情况取低值。

6.5 挤密法

6.5.1 挤密法根据成孔工艺，可分为挤土成孔挤密法和预钻孔夯扩挤密法。宜选择振动沉管法、锤击沉管法、静压沉管法、旋挤沉管法、冲击夯扩法等挤土成孔挤密法。

6.5.2 甲类、乙类建筑或缺乏建筑经验的地区采用挤密法时，应在工程现场选择有代表性的地段进行试验或试验性施工，取得需要的设计参数后，再进行地基处理设计和施工。

6.5.3 挤密地基在基底下宜设置不小于 300-600mm 厚褥垫层，垫层材料宜为水灰土、素土及其它与孔填料相适应的材料。垫层施工前，应对挖去松动层的地面进行夯实或压实。

6.5.4 挤密法处理湿陷性土地基，挤密成桩直径宜为 350mm-450mm；当挤密处理深度较深，采用挤土成孔挤密法有困难，或需要较大面积置换率时，可采用预钻孔挤密法，预钻孔直径宜为 300mm-600mm，挤密后成桩直径宜为 400mm-800mm。

6.5.5 孔内填料宜用素土、灰土或水泥土，也可用混凝土或水泥粉煤灰、碎石制料等强度高的填料，不应使用粗颗粒填料。填料中的土料宜选用粉质黏土，土料中的有机质含量不应超过 5%；且不得含有冻土、渣土和垃圾，土粒径不应大于 15mm；石灰应选用新鲜消石灰，粒径不应大于 5mm。当防（隔）水或消除湿陷性预处理时，宜用素土。填料应分层回填夯实，土料应达到最优含水量要求，压实系数不宜小于 0.97。

6.5.6 挤密孔的孔位，宜按正三角形布置。孔心距可按下式计算：

$$s = 0.95 \sqrt{\frac{\eta_c \rho_{d\max} D^2 - \rho_{d0} d^2}{\eta_c \rho_{d\max} - \rho_{d0}}} \quad (6.5.6)$$

式中：s——孔心距(m)：

D ——成桩直径 (m)；

d ——预钻孔直径 (m)，无预钻孔时取 0；

ρ_{d0} ——地基挤密前孔深范围内各土层的平均干密度 (g/cm^3)；

$\rho_{d\max}$ ——击实试验确定的桩间土最大干密度 (g/cm^3)；

$\bar{\eta}_c$ ——挤密填孔 (达到 D) 后，3 个孔之间土的平均挤密系数，不宜小于 0.93。

6.5.7 桩间土的平均挤密系数 $\bar{\eta}_c$ ，应按下式计算：

$$\bar{\eta}_c = \frac{\rho_{d1}}{\rho_{d\max}} \quad (6.5.7)$$

式中： ρ_{d1} ——在成孔挤密深度内，桩间土的平均干密度 (g/cm^3)，平均试样数不应少于 6 组。

6.5.8 挤密填孔后，3 个孔之间土的最小挤密系数 $\eta_{d\min}$ ，可按下式计算：

$$\eta_{d\min} = \frac{\rho_{dc}}{\rho_{d\max}} \quad (6.5.8)$$

式中： $\eta_{d\min}$ ——土的最小挤密系数：甲、乙类建筑不宜小于 0.88；丙类建筑不宜小于 0.84；

ρ_{dc} ——挤密填孔后，相邻 3 个孔之间形心点部位土的干密度 g/cm^3 。

6.5.9 当仅考虑消除场地湿陷时按照以上条文进行设计；当既考虑消除场地湿陷同时也考虑提高地基承载力时，应按照地基处理规程明确对桩体强度的设计要求。

6.6 多桩型复合地基

6.6.1 多桩型复合地基是指由两种及两种以上不同材料增强体或由同一材料增强体而桩长不同时形成的复合地基，适用于处理存在浅层欠固结土、湿陷性土、液化土等特殊土，或场地土层具有不同深度持力层以及存在软弱下卧层，地基承载力和变形要求较高时的地基处理。

6.6.2 多桩型复合地基的设计应符合下列原则：

1 应考虑土层情况、承载力与变形控制要求、经济性、环境要求等选择合适的桩型及施工工艺进行多桩型复合地基设计。

2 多桩型复合地基中，二种桩可选择不同直径、不同持力层；对复合地基承载力贡献较大或用于控制复合土层变形的长桩，应选择相对较好的持力层并应穿越软弱下卧层；对处理欠固结土的桩，桩长应穿越欠固结土层；对需要消除湿陷性的桩，应穿越湿陷性土层。

3 对浅部存有较好持力层的正常固结土选择多桩型复合地基方案时，可采

用刚性长桩与刚性短桩、刚性长桩与柔性短桩的组合方案。

4 对浅部存在欠固结土，宜先采用预压、压实、夯实、挤密方法或柔性桩等处理浅层地基，而后采用刚性长桩进行处理的方案。

5 对湿陷性填土应根据湿陷性土特点处理、深度并结合建筑结构特点，选择压实、夯实或土桩、灰土桩、夯实水泥土桩等处理湿陷性，再采用刚性长桩进行处理的方案。

6.6.3 多桩型复合地基单桩承载力应由载荷试验确定，其设计、计算可按地基处理规范、桩基规程等有关章节要求进行，但应考虑施工顺序对桩承载力的相互影响；对刚性桩施工较为敏感的土层，不宜采用刚性桩与静压桩组合，刚性桩与其他桩组合时，应对其他桩的单桩承载力进行折减。

6.6.4 多桩型复合地基的布桩应满足以下原则：

1 多桩型复合地基的布桩宜采用正方形或三角形间隔布置。

2 刚性桩可仅在基础范围内布置，柔性桩布置要求应满足建筑抗震设计规范、湿陷性黄土地区建筑规范的规定。

6.6.5 多桩型复合地基的垫层应按以下要求设计：

1 对刚性长短桩复合地基应选择砂石垫层，垫层厚度宜取对复合地基承载力贡献较大桩直径的二分之一；对刚性桩与柔性桩组合的复合地基，垫层厚度宜取刚性桩直径的二分之一；对柔性长短桩复合地基及长桩采用微型桩的复合地基，垫层厚度宜取100mm--150mm。

2 对未完全消除湿陷性的黄土及膨胀土，宜采用灰土垫层，其厚度宜为300mm。

6.6.6 多桩型复合地基承载力特征值应采用多桩复合地基承载力载荷试验确定，初步设计时可采用以下方式估算：

1 由具有粘结强度的A桩、B桩组合形成的多桩型复合地基（含长短桩复合地基、等长桩复合地基）承载力特征值采用下式：

$$f_{spk} = m_1 \frac{\lambda_1 R_{a1}}{A_{p1}} + m_2 \frac{\lambda_2 R_{a2}}{A_{p2}} + \beta(1 - m_1 - m_2) f_{sk} \quad (6.6.56-1)$$

式中： m_1 、 m_2 ——分别为A桩、B桩的面积置换率；

λ_1 、 λ_2 ——分别为A桩、B桩单桩承载力发挥度；应由单桩复合地基试验按等变形准则或多桩复合地基载荷试验确定，有地区经验时也可按地区经验确定。

R_{a1} 、 R_{a2} ——分别为A桩、B桩单桩承载力特征值；

A_{p1} 、 A_{p2} ——分别为A桩、B桩的横截面面积；

β ——桩间土承载力发挥系数；

f_{sk} ——A桩、B桩处理后复合地基桩间土承载力特征值。

2 由具有粘结强度的A桩与散体材料B桩组合形成的复合地基承载力特征值采用下式：

$$f_{spk} = m_1 \frac{\lambda_1 R_{a1}}{A_{p1}} + \beta [1 - m_1 + m_2 (n - 1)] f_{sk} \quad (6.6.6-2)$$

式中： β ——仅由B桩加固处理形成的复合地基承载力发挥系数；

n ——仅由B桩加固处理形成复合地基的桩土应力比；

f_{sk} ——仅由B桩加固处理后桩间土承载力特征值。

6.6.7 多桩型复合地基面积置换率的计算应根据基础面积与该面积范围内实际的布桩数进行计算，当基础面积较大或条形基础较长时，也可按单元面积置换率替代。单元面积置换率的计算模型如图6.6.7所示。

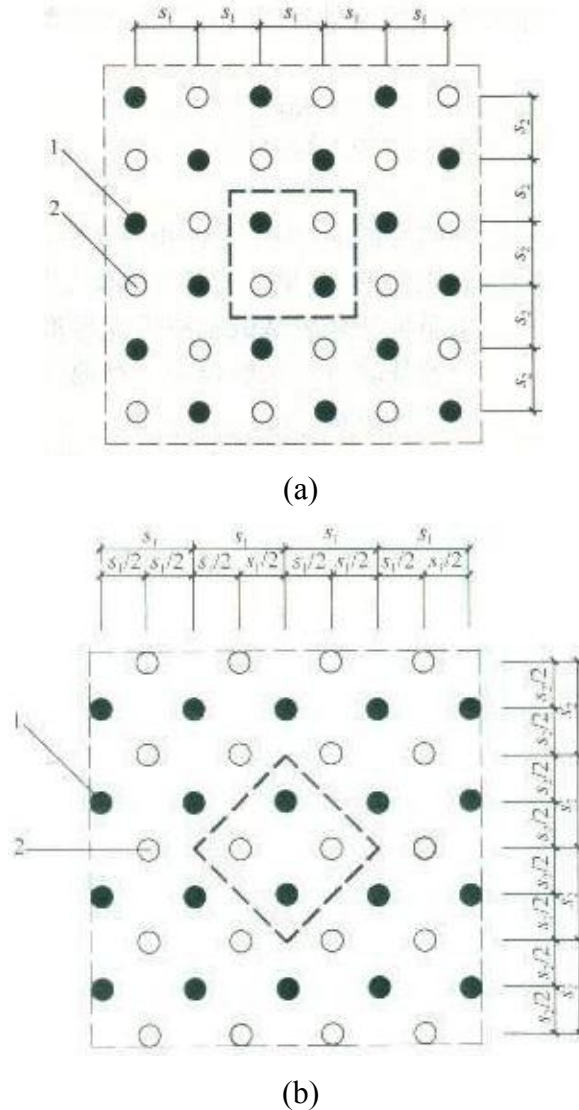


图6.6.7 多桩型复合地基面积置换率计算模型

6.6.8 多桩型复合地基变形计算可按下列规定进行：

1 复合地基变形计算应符合国家《建筑地基基础设计规范》GB50007的有关规定。

复合土层的压缩模量可按下式计算：

$$E_{sp} = \zeta \cdot E_s \tag{6.6.8-1}$$

$$\zeta = \frac{f_{spk}}{f_{ak}} \tag{6.6.8-2}$$

式中： f_{ak} ——基础底面下天然地基承载力特征值(kPa)。

2 复合地基的沉降计算经验系数 ψ_s 可根据地区沉降观测资料统计确定，无经验资料时可采用表6.6.8的数值。

表6.6.8 沉降计算经验系数 ψ_s

\overline{E}_s (MPa)	4.0	7.0	15.0	30.0	45.0
ψ_s	1.0	0.7	0.4	0.25	0.15

3 由具有粘结强度的A桩与散体材料B桩组合形成的复合地基变形计算，宜采用水泥粉煤灰碎石桩复合地基变形计算方法，其中散体材料桩与有粘结强度桩共同形成的复合土层模量计算采用下式：

$$\zeta_1 E_{si} = \frac{f_{spk}}{f_{sk}} [m_2 E_{p2} + (1 - m_2) E_{si}] \tag{6.6.8-3}$$

式中： f_{sk} ——仅由B桩加固处理后桩间土承载力特征值(kPa)；

E_{p2} ——散体材料桩身材料压缩模量。

或者，

$$\zeta_1 E_{si} = \frac{f_{spk}}{f_{sk}} [1 + m_2(n - 1)] \alpha E_s \tag{6.6.8-4}$$

式中： f_{sk} ——仅由B桩加固处理后桩间土承载力特征值(kPa)；

n ——桩土应力比，可按地基处理规范有关规定选取；

α ——桩间土承载力提高系数，可按地基处理规范有关规定选取。

6.6.9 多桩型复合地基的施工应符合下列要求：

1 后施工桩不应使先施工桩产生使其降低或丧失承载力的扰动。

2 对湿陷性黄土，应先处理湿陷性，再施工提高承载力增强体桩。

3 对长短桩复合地基，应先施工长桩后施工短桩。

6.6.10 多桩型复合地基的承载力检测宜采用多桩复合地基载荷试验，承载力载荷试验及复合地基质量检验的具体要求应符合本规范有关章节的要求。

6.7 桩基础

6.7.1 填筑场地上的建（构）筑物，符合下列条件之一时，宜采用桩基：

- 1 采用地基处理等措施不能满足设计要求的建筑。
- 2 对整体倾斜有严格限制的高耸结构。
- 3 对不均匀沉降有严格限制的建筑物和设备基础。
- 4 主要承受水平荷载和上拔力的建（构）筑物或基础。
- 5 位于填挖交界面处的建筑。

6.7.2 在细粒土填筑场地选用桩基时，应根据工程要求、场地湿陷类型、湿陷性土层厚度、桩端持力层的土质情况、施工条件和场地周围环境等因素综合确定。可选用钻、挖孔（扩孔）灌注桩、旋挖灌注桩、挤土成孔灌注桩、打入或静压的预制钢筋混凝土桩、载体桩、水泥土（混凝土）复合管桩、螺杆桩、双向螺旋挤土灌注桩等桩型。

6.7.3 填筑场地的甲、乙类建筑物桩基，其桩端须穿透湿陷性土层，并应选择压缩性较低的岩土层作为桩端持力层。

6.7.4 细粒土填筑场地的桩基，其单桩竖向承载力特征值的确定应符合下列规定：

1 基底下湿陷性土层厚度不小于 10m 时，单桩竖向承载力特征值应通过单桩竖向静载荷浸水试验确定。

2 基底下湿陷性土层厚度小于 10m 或单桩竖向静载荷试验进行浸水试验确有困难时，桩侧摩阻力取值及单桩竖向承载力特征值宜按照《建筑桩基技术规范》（JGJ94 - ）可按有关规定估算，最终应根据现场载荷试验确定。

3 对尚未完成自重固结的填土及杂填土不应计入侧阻力，当填筑场地为自重湿陷性场地时尚应考虑负侧摩阻力。

6.8 质量检验

6.8.1 场地地基处理和桩基质量检验应采用钻探取样、动力触探、静力触探及载荷试验等原位测试方法和室内土工试验等。

6.8.2 对用于质量检验的探坑或重型动力触探孔等，检验后应及时填实恢复。

6.8.3 验收检验的抽检位置应按下列要求综合确定：

- 1 抽检点宜随机、均匀和有代表性分布。

- 2 设计人员认为重要的部位。
- 3 局部岩土特性复杂可能影响施工质量的部分。
- 4 施工出现异常情况的部位。

6.8.4 挤密桩等竖向增强体桩的质量检验应符合《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-) 相关标准规定。

6.8.5 桩基工程应进行桩位、桩长、桩径、桩身质量和单桩承载力的检验。

6.8.6 桩基工程的检验按时间顺序可分为三个阶段：施工前检验、施工检验和施工后检验。

6.8.7 桩基工程的检验按时间顺序可分为三个阶段：施工前检验、施工检验和施工后检验。

6.8.8 对砂、石子、水泥、钢材等桩体原材料质量的检验项目和方法应符合国家现行有关标准的规定。

6.8.9 场地地基处理和桩基质量检验应满足设计要求，并符合现行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79-和《建筑桩基技术规范》JGJ94 -相关标准的规定。

7 填筑边坡工程

7.1 一般规定

7.1.1 填方地基工程的边坡包括填筑前的原始边坡和因填筑所形成的挖方边坡和填筑边坡。

7.1.2 填筑边坡设计应在充分掌握原场地和填筑地基工程地质条件、建筑结构布局及基础特点、建筑功能要求、填筑高度、填筑质量等因素基础上进行填筑断面、边坡支挡、坡面防护、排水设施等综合设计。

7.1.3 边坡工程设计前应进行下列工作：

1 搜集工程建设规划、场地分区、地势设计、功能使用要求、工程测量和岩土工程勘察资料；

2 了解建设场地规划的边坡场地条件及水土保持、环境保护的相关规定和要求；

3 充分了解土石方调配和总体施工方案，掌握原始边坡、挖方边坡、填方边坡的形成条件；

4 当工程分期建设时，应结合工程建设规划综合进行边坡设计，减少临时边坡。

7.1.4 填筑边坡稳定性分析应符合下列规定：

1 根据岩土工程勘察资料及填料特性，确定原始边坡和填筑边坡稳定性分析的计算参数；

2 填筑边坡的稳定性应选择不少于三个具有代表性剖面进行分析；

3 永久边坡在保证原始边坡和填筑边坡稳定的前提下，应提高综合坡比。

7.1.5 挖方边坡稳定性分析和设计应根据本期工程和后续工程使用要求综合确定，并应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定。

7.1.6 填筑边坡设计宜采用动态设计。

7.1.7 边坡工程应根据边坡环境、工程地质和水文地质、支护结构类型等条件编制施工方案，采取合理、可行、有效的措施保证施工安全。

7.2 边坡稳定性分析

7.2.1 边坡稳定性计算所采用的参数应根据室内相似条件下抗剪试验和现场剪切试验成果，结合当地工程经验按下列要求选取：

1 施工期边坡稳定性分析宜采用击实曲线上压实度对应含水量制备的试样所做的直接快剪和三轴不排水剪参数；

2 巨粒土、粗粒土料及土夹石混合料，宜采用相同级配条件下的干密度、

固体体积率的室内三轴试验或现场大型剪切试验获取的抗剪参数；

3 软弱土、黄土等地基宜考虑施工后期强度的增长，可采用地基土的综合抗剪强度；

4 地下水位以下原场地地基和粗粒土料填筑地基、毛细水上升高度以下的细粒土料填筑地基，应采用饱水试件的直接快剪和三轴不排水剪参数；

5 填筑边坡内部排水以及填筑地基与原场地地基结合部排水不畅时，应采用饱水试件的直接快剪和三轴不排水剪参数；

6 原场地地基在具备条件时宜进行现场大型直剪试验，试验点应选在具有代表性土层及控制性的软弱层（带）上。

7.2.2 填筑边坡稳定性分析宜根据原场地岩土性质、填筑材料及填筑厚度等条件，采用下列方法：

1 当原场地地基均匀或为软土时，宜采用圆弧滑动法分析；

2 当原场地地基存在高程变化较大的相对软弱层时，宜采用折线滑裂面分析；

3 对复杂场地除进行工程地质类比法、极限平衡法分析外，尚宜进行三维数值法分析。

7.2.3 填筑边坡稳定性应进行整体抗滑稳定、局部抗滑稳定和抗倾覆稳定分析，并应符合下列规定：

1 初步计算时应根据与填筑相似条件下试验获得的岩土参数、原始地表形态、边界条件等进行；

2 核算时应根据地基处理后的岩土参数、地表形态、边界条件等进行；

3 抗震设防区，应分析地震作用对边坡稳定性的影响。

7.2.4 边坡底部存在软弱土时，应根据场地地形、地基岩土性质、地下水条件、处理深度、稳定性要求等选用换填、挤密法、强夯置换、反压、桩基等方法进行处理，处理范围可结合表 7.2.4 边坡稳定影响区划分确定（图 7.2.4）。

表 7.2.4 边坡稳定影响区划分表

坡高 H (m)	部位	影响区范围	备注
≥20	填筑地基	整个边坡区	B 为边坡坡顶至坡脚的水平距离； B1 为原场地地基处理范围坡脚外 需外延的距离，根据计算分析所 得，且 B1 不得小于 5m
	原场地地基	2B/3+B1	
<20	填筑地基	整个边坡区	
	原场地地基	B/2+B1	

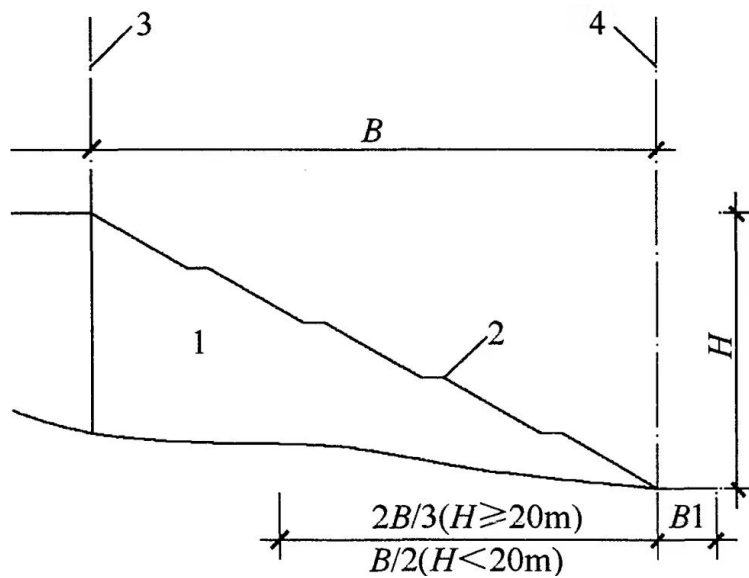


图 7.2.4 边坡稳定影响区划分示意

1 一边坡区；2 一马道；3 一坡顶线；4 一坡脚线

7.2.5 填筑边坡稳定计算安全系数不应小于表 7.2.5 的要求。

表 7.2.5 填筑边坡稳定安全系数

边坡类别	天然工况	暴雨工况	暴雨+地震工况
圆弧法	1.30	1.15	1.05
平面滑动法和折线法	1.35	1.20	1.10

7.3 填筑边坡设计

7.3.1 填筑地基边坡形式设计应符合下列规定：

1 边坡形式应在稳定分析的基础上进行不同形式的比较，优选出适合拟建场地不同填筑边坡的形式。

2 填筑边坡设计应（宜）包括填筑边坡的整体稳定性设计、每级边坡的稳定性设计及坡面防护等。

3 边坡形式和坡比应根据填料的物理力学性质、边坡高度、荷载、填筑边坡地段的地基特征、工程地质条件、边坡稳定性分析及当地工程经验等综合确定。当场地宽敞不受限制时，可采取抗滑平台、反压平台或通过减缓坡比来满足边坡稳定性要求并应采用上陡下缓形式，且宜满足表 7.3.1-1 和表 7.3.1-2 要求。

4 当边坡较高、坡脚可能出现渗水及坡脚为特殊岩土时，应考虑采取刚度较大的支挡结构形式。

5 填筑边坡较高时，多采用上陡下缓的多级放坡形式，其坡比和坡高取小

值，相应马道宽度取大值。

表 7.3.1-1 边坡形式和坡比

综合坡比	边坡设计参数			
	单级边坡坡高 (m)	单级边坡 坡比	马道宽度 (m)	马道坡度 (%)
1: 1.75-1: 3.0	10	1: 1.5-1: 2.5	2.0-3.0	1-2

表 7.3.1-2 临时边坡形式和坡比

综合坡比	边坡设计参数			
	单级边坡坡高 (m)	单级边坡 坡比	马道宽度 (m)	马道坡度 (%)
1: 1.5-1: 2.5	15	1: 1.5-1: 2.0	1.5-2.0	1-2

注：土料填筑的边坡和高度大的边坡坡比、坡高取小值，马道宽度取大值。

6 当场地、地形和填料等受到限制，不能通过放坡满足边坡稳定要求时，宜采用提高原地地基强度、阻滑键、加筋土、挡土墙和抗滑桩（墩）等抗滑措施来保证填筑地基边坡稳定性。

7.3.2 边坡填筑材料不得使用未经处理的红黏土、膨胀土、膨胀岩等。

7.3.3 边坡区底部的碎石垫层、盲沟、透水管等应满足填筑地基疏、排渗水及地下水的要求。

7.3.4 当填料为易风化的软质岩石时，边坡稳定和坡度应按风化后土质边坡设计计算。

7.4 边坡排水设计

7.4.1 边坡排水设计应包括与场外排水系统相接的坡体内排水和坡面排水。

7.4.2 坡体内排水应符合下列规定：

1 巨粒土、粗粒土料、土夹石混合料等透水性好的填筑地基可不设边坡内部排水，底部宜设置排水滤层，水平排水滤层宜采用碎石铺设。碎石滤层垂直间距应根据填料、气候条件、水文地质条件确定，在对应马道布设一层滤层，滤层厚度不宜大于分层填筑碾压厚度。

2 黏性土填筑地基内部水平排水宜采用碎石滤层；采用单一或综合的水平排水的塑料（丝）排水笼或排水管等排水方法，塑料（丝）排水笼或排水管的长度、间距应根据排水量和填料的性质确定。对应于填筑地基内部排水系统出口应

布设不少于一个排水笼或排水管，其长度不宜小于填筑地基内部泄水系统出口与坡面之间的距离。在填筑体与原沟底之间应设置长缓排水暗涵、带反滤包长缓排水管进行排水。

3 碎石排水层和排水笼的坡度宜为 1%-2%。

4 填筑地基内部排水出口应与坡面排水沟结合，不得破坏边坡坡脚。

7.4.3 坡面排水应符合下列规定：

1 渗透性小的填筑地基应在坡面上设置纵向和横向排水系统。

2 纵向排水宜在马道上设置砌石排水沟，排水沟断面尺寸应根据地形、地质、汇水面积和气象条件确定，坡度不宜小 0.3%。

3 横向排水应顺坡方向每隔 30m-50m 设置一道。

4 坡面排水应与填筑地基内部排水和场外排水相结合。

7.5 坡面防护设计

7.5.1 填方边坡坡面防护应根据当地气象条件、水文条件、边坡的岩土性质、水文地质条件、边坡坡比与高度、环境保护、水土保持要求等进行设计。

7.5.2 护坡的覆盖范围应包括边坡坡面和边坡稳定影响区。包括植被防护和刚性防护，护坡的覆盖范围应包括边坡坡面和边坡稳定影响区。

7.5.3 植被防护应符合下列规定：

1 应根据当地气候、坡面土质条件，选用护坡效果好且便于养护的草种或灌木。

2 按设计要求放坡和修坡后，宜在坡面设置 200mm 厚的腐殖土，种植草或灌木。

7.5.4 当植被不能保证坡面冲刷破坏时，宜结合当地的经验采用框格、封面、护面墙、干（浆）砌片石或预制块等刚性防护。刚性防护应符合下列规定：

1 浆砌预制块防护的预制块混凝土强度等级不宜低于 C15；在严寒地区不宜低于 C20。

2 现浇混凝土或钢筋混凝土、浆砌石护坡应设排水孔。

3 浆砌石、混凝土护坡及挡墙应每隔 15m-20m 设置伸缩缝；当基础地质条件变化时，应分段砌筑，并设沉降缝。

4 对于常年受湖塘或积水影响的填方边坡，应在坡面上干砌或浆砌片（卵）石、预制块罩护面。

5 对于受季节性积水影响的填方边坡，最高水位加 0.6m 以下可采用干砌或浆砌片（卵）石、预制块护罩面；最高水位加 0.6m 以上的坡面，宜采用植被防护。

6 冻土地区的填筑边坡坡脚，应设防冻垫层，其厚度不得小于当地冻结深

度。防冻垫层以上坡脚宜采用干砌护坡。

7.6 边坡施工与质量检验

7.6.1 填方填筑边坡施工应符合下列规定：

1 放坡和马道应按设计要求施工，每完成一级边坡和马道后，应及时修整；
2 边坡采用分层填筑强夯法处理时，外侧夯点锤边缘离边坡坡面距离应留足够的安全距离。

3 边坡采用分层填筑碾压时，外边轮距坡面距离宜为 0.4m-0.6m，修坡厚度宜小于 0.5m。

4 填筑边坡施工应控制填筑速率。当填筑地基沉降量大于 10mm/d，水平位移大于 3mm/d 时，应及时分析原因，并应减缓填土速度、停止加载或卸载。

7.6.2 边坡质量检验应符合下列规定：

1 边坡质量检验项目应包括坡比、压实度、物理和力学性质指标等；
2 边坡的压实度检测宜采用环刀法、灌砂法或灌水法。
3 检测点的布置和检测频率宜根据工程特点、填料性质、设计要求及施工工艺等因素确定，对施工完成后处于地下水位以下地段宜增加检测频率。

7.6.3 质量检测报告应包括下列内容：

- 1 质量检测目的及要求。
- 2 质量检测点平面布置图。
- 3 质量检测方法及仪器设备型号。
- 4 质量检测资料整理与分析。
- 5 质量检测结论。

8 排水工程

8.1 一般规定

8.1.1 填方地基排水工程应包括地表排水和地下排水。地表排水包括场内排水和场外排水，地下排水包括原场地地基排水和填筑地基内排水。

8.1.2 排水工程应充分利用场地地形和天然排水系统，结合填方地基范围进行总平面规划设计，形成场内排水与场外排水完整的排水系统。

8.1.3 排水工程设计应根据场地地形地貌、气候条件、工程地质和水文地质条件、地下水类型和补给来源、地下水的活动规律、工程排水范围、汇水面积和流量等资料确定。

8.1.4 排水工程应与坡面防护工程综合考虑，并应符合环境保护和水土保持要求，防止坡面岩土遭受冲刷和失稳。

8.1.5 排水工程水力设计应对排水系统主、支排水沟控制段的汇水面积分段计算，并应根据设计降雨强度和校核标准分别计算主、支沟排水段汇流量和输水量，确定排水沟断面或校核已有排水沟的过水能力。

8.1.6 汇水面积计算可采用积仪法、方格法、称重法、梯形算法或经验公式法。

8.1.7 排水系统设计应符合下列规定：

1 应包括排除地表水、地下水和减少地表水下渗等措施，并应相互结合形成完整的排水体系；

2 排水工程结构应安全可靠，便于施工、检查及维修。

8.1.8 地面临时排水设施，应满足地表水（含临时暴雨）、地下水和施工用水等的排放要求，并宜与地面工程的永久性排水措施相结合。

8.1.9 纵向排水沟间距宜为 100m~300m，其纵向坡降不应小于 0.2%。排水沟宜预留 0.2m 超高值，在转弯半径较小的坡段，凹向侧超高宜大于 0.2m。

8.1.10 地下排水系统设计应符合下列规定：

1 综合考虑地形地貌、水文地质条件、地下水类型、地下水补给、活动及排泄规律等因素；

2 防止排水设施堵塞、水位壅高溢流、渗漏、淤积、冲刷及冻结等影响；

3 根据地形、含水层与隔水层结构及地下水特征，选用管、涵、隧洞、钻孔、盲沟等排水方案。

8.1.11 施工中宜对地下水变化情况进行观测并及时反馈。

8.2 场外地表排水

8.2.1 排（截）水沟宜沿工程场地周边设置，并应充分利用天然地形和水系，离

填筑坡脚的距离不宜小于 5m，并应进行防渗和防冲刷处理。

8.2.2 排水沟和截洪沟的断面尺寸、坡度和长度应根据场内排水流量及毗邻地带的地表水流入量确定。排水沟与截洪沟的连接应根据线形、地形、地质条件等因素确定。当坡度大于 30°或局部高差较大时可按下列要求设置跌水；

1 跌水和陡坡进出口段，应设导流翼墙与上、下游沟渠变墙连接；矩形断面与梯形断面连接宜采用渐变曲面形式。

2 陡坡和缓坡连接剖面曲线应设置消能防冲措施。当跌水高差小于或等于 10m 时，宜采用单级跌水；大于 10m 时，宜采用多级跌水。

3 陡坡与缓坡排水沟底及边墙应设伸缩缝，间距不宜小于 10m，伸缩缝内应设止水措施。

8.2.3 排水沟宜采用浆砌片（块）石砌筑；对于松软地段，宜采用毛石混凝土或素混凝土修筑。对坚硬片、块石砌筑的排水沟，可用比砌筑砂浆高一级的砂浆进行勾缝。

8.2.4 外围截（排）水沟应设置在填筑地基外缘 5m 以外的稳定斜坡面上。根据外围坡体结构，截水沟迎水面应设置泄水孔，尺寸不宜小于 100mm×100mm。

8.2.5 当排水沟通过填挖方交界时，应设置土工合成材料或钢筋混凝土预制板制成的沟槽。

8.3 场内地表排水

8.3.1 场内地表排水设施位置、数量和断面尺寸，应根据地形、降雨强度、历时、分区汇水面积、地面径流量、渗水量等确定。地面排水沟顶部高于沟内设计水面的高度不应小于 0.2m。

8.3.2 排水沟断面宜采用梯形、矩形、复合形或 U 形。

8.3.3 开裂变形的坡体或填筑交界面处，应及时采用黏土或水泥浆填实裂缝，整平积水坑、洼地，迅速排除雨水。

8.3.4 排水沟进出口平面布置，宜采用喇叭口或八字形导流翼墙。导流翼墙长度宜为设计水深的 3 倍~4 倍。

8.3.5 当排水沟断面变化时，应采用渐变衔接，过渡长度宜为水面宽度之差的 5 倍~20 倍。

8.3.6 对排水沟的弯曲段，防止水位壅高的安全超高不宜小于 0.3m。

8.3.7 排水沟的纵坡应根据排水沟的线形、地形、地质以及与排洪沟连接条件等确定，并应进行抗冲刷计算。当自然纵坡大于 30°或局部高差较大时，可设置跌水；在排水沟纵坡变化处宜改变沟道宽度，避免上游产生壅水。

8.4 原场地地基排水

8.4.1 排水盲沟线路宜根据场地原有地形和水系流向设置。

8.4.2 场内填筑区应根据场地原始地形和天然水系,按地表汇水面积和流量设置主、次盲沟。汇水面积和流量大的冲沟、低洼沟渠可沿主要冲沟设置主盲沟,可在小冲沟或低洼沟渠设置次盲沟,并应根据场地地形对泉水和渗流设置支盲沟。

8.4.3 当地表层有积水湿地和泉水露头时,宜将排水沟上端做成伸进湿地内的渗水盲沟。

8.4.4 场内填方区排水盲沟应符合下列规定:

- 1 排水支盲沟间距宜小于 40m,泉眼和渗流点宜增设支盲沟;
- 2 盲沟的平面布置及断面尺寸应根据冲沟汇水面积和流量确定;
- 3 排水盲沟的施工宜在地基处理施工后完成;
- 4 次盲沟应与主盲沟相连接;支盲沟应与主盲沟或次盲沟相连接;
- 5 场内主盲沟出水口应引入场外排水系统;
- 6 主盲沟、次盲沟和支盲沟的纵向坡度应大于 0.5%;
- 7 分段施工,当下游盲沟尚未建成时,不宜与上游盲沟接通;应设临时排水系统,防止淤阻。

8.4.5 填方区域底部宜设置级配块石、碎石排水垫层。排水垫层与周边的纵向集水沟和排水管等组成基层排水系统。垫层石料应不宜有较高强度。不应含有杂质、有机物、黏土等。

8.5 填筑地基排水

8.5.1 填筑地基顶面排水工程应与建(构)筑物和市政工程排水及场外排水系统相结合。

8.5.2 堆石或干砌石护坡可不设表面排水。

8.5.3 填筑边坡连接处均应设排水沟。

8.5.4 填筑边坡设有马道时,纵向排水沟方向宜与马道一致,并设于马道内侧。横向排水沟的间距宜为 50m~100m。

8.5.5 排水沟宜采用混凝土现场浇筑或浆砌石砌筑,当用混凝土预制件拼装时,应使接缝牢固。

8.5.6 填筑地基有下列情况应设置排水设施:

- 1 防止填筑地基渗流逸出处的渗透破坏。
- 2 降低填筑地基浸润线及孔隙压力,改变渗流方向,增强填筑地基稳定;
- 3 保护填筑坡面,防止其冻胀破坏。

8.5.7 填筑地基排水可选择下列形式:

- 1 竖式排水：直立排水、上昂式排水、下昂式排水等。
 - 2 水平排水：不同高程的水平排水层、褥垫层式排水、网状排水带、排水管等。
 - 3 两种或多种形式组成的综合型排水。
- 8.5.8** 对采用细粒土或用弱透水材料的填筑地基，其底部宜设置水平排水体将渗水引出填筑地基外。

8.6 质量检验

- 8.6.1** 排水工程施工质量检验应包括施工过程中和工程完成后的质量检验。
- 8.6.2** 排水设施的质量检验宜包括下列内容：
- 1 排水设施的断面尺寸宜采用钢尺量测，高程、坡度可用水准仪和全站仪进行检验。
 - 2 查验排水设施材料规格、强度及其他指标。
 - 3 填筑边坡排水设施的渗透性宜通过原位渗透试验检测。
- 8.6.3** 排水设施外观质量检验宜符合下列规定：
- 1 纵坡顺直，曲线线形圆滑。
 - 2 沟壁平整、稳定，无贴坡。
 - 3 沟底平整，排水畅通，无冲刷和阻水现象；
 - 4 浆砌片石工程，嵌缝均匀、饱满、密实，勾缝平顺无脱落、密实、美观，缝宽均衡协调；砌体咬扣紧密；抹面平整、压光、顺直，无裂缝、空鼓。
 - 5 干砌片石工程，砌筑咬合紧密，无叠砌、贴砌和浮塞。
 - 6 水泥混凝土砌块的强度应符合设计要求，砌体平整，勾缝整齐牢固。
- 8.6.4** 土质边沟、截水沟、排水沟施工质量检验应符合表 8.6.4 的规定。

表 8.6.4 土质边沟、截水沟、排水沟施工质量检验

序号	检验项目	规定值或允许偏差	检验数量	检验方法
1	沟底纵坡	符合设计要求	每 200m 测 8 处	水准仪
2	沟底高程 (mm)	0, -30	每 200m 测 8 处	水准仪
3	断面尺寸	符合设计要求	每 200m 测 8 处	钢尺
4	边坡坡度	符合设计要求	每 50m 测 2 处	水准仪
5	边棱顺直度 (mm)	50	20m 拉线，每 200m 测 4 处	钢尺

- 8.6.5** 浆砌水沟、截水沟、边沟施工质量检验应符合表 8.6.5 的规定。

表 8.6.5 浆砌水沟截水沟、边沟施工质量检验

序号	检验项目	规定值或允许偏差	检验数量	检验方法
1	砂浆强度	符合设计要求	同一配合比	—
2	轴线偏位 (mm)	50	每 200m 测 8 处	经纬仪
3	墙面直顺度 (mm) 或坡度	符合设计要求	每 200m 测 4 处	经纬仪或吊线、钢尺
4	断面尺寸 (mm)	±30	每 200m 测 4 处	钢尺
5	铺砌厚度	符合设计要求	每 200m 测 4 处	钢尺
6	基础垫层宽、厚度	符合设计要求	每 200m 测 4 处	钢尺
7	沟底高程 (mm)	±15	每 200m 测 8 处	水准仪

8.6.6 混凝土排水管施工质量检验应符合表 8.6.6 的规定。

表 8.6.6 混凝土排水管施工质量检验

序号	检验项目	规定值或允许偏差	检验数量	检验方法
1	混凝土强度	符合设计要求	同一配合比	—
2	管轴线偏位 (mm)	15	每两井间测 5 处	经纬仪或拉线
3	管内底高程 (mm)	±10	每两井间测 4 处	水准仪
4	基础厚度	符合设计要求	每两井间测 5 处	钢尺
5	管座	肩宽 (mm)	每两井间测 4 处	钢尺、挂边线
		肩高 (mm)		
6	抹带	宽度	20%	钢尺、抽查
		厚度		
7	进出口、管节接缝处理	有防水处理	100%	每处检查

8.6.7 排水渗沟施工质量检验应符合表 8.6.7 的规定。

表 8.6.7 排水渗沟施工质量检验

序号	检验项目	规定值或允许偏差	检验数量	检验方法
1	沟底高程 (mm)	±15	每 20m 测 4 处	水准仪
2	断面尺寸	符合设计要求	每 20m 测 2 处	钢尺

8.6.8 过滤排水工程土工合成材料施工质量检验应符合表 8.6.8 的规定。

表 8.6.8 过滤排水工程土工合成材料施工质量检验

序号	检验项目	规定值或允许偏差	检验数量	检验方法
1	下承层平整度、拱度	符合设计要求	每 200m 检查 8 处	—
2	搭接宽度 (mm)	+50, 0	5%	抽查
3	搭接缝错开距离	符合设计要求	5%	抽查

9 工程监测

9.1 一般规定

9.1.1 工程监测前应根据填方地基的工程特点编制包括下列主要内容的监测方案：

- 1 监测目的、监测项目。
- 2 监测方法、监测点的平面布置。
- 3 监测仪器设备与精度、监测周期和频率。
- 4 监测工作量、监测实施细则与信息反馈制度等。

9.1.2 工程监测方案应依据下列资料进行编制：

- 1 工程场地分区，挖、填方区域平面图，土石方计算图和地势设计图。
- 2 工程地质和水文地质勘察资料、场地地形图和建设用地图。
- 3 原场地地基处理、填筑地基与边坡工程等设计文件。
- 4 工程建设总体安排、挖方、填方施工计划及有关施工资料。
- 5 工程监测技术要求。

9.1.3 工程监测使用的平面坐标系统及水准高程系统应与设计和施工等阶段的控制网坐标系统相一致。监测基准点应设在稳定区域内，并有可靠的保护装置，监测期内应定期复测。

9.1.4 监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应根据监测对象、工程规模、特点和具体情况，按照监测技术要求进行针对性的布设；监测点应能全面反映监测对象的整体状态。

2 在地质条件差、原始地形变化大及填方厚度大的部位应设置观测点，为验证和反馈设计而设置的监测点应布置在最不利位置和断面处。

3 不同项目的监测点宜布置在同一监测断面上。

9.1.5 监测元件和仪器应满足量程和测量精度要求，并符合稳定性和耐久性使用的要求。传感器件在埋设前应进行标定，观测仪器使用前应校验或校准，计量器具应在检定有效期内使用。

9.1.6 监测周期和频次应根据原场地地基、填筑地基的工程特点、施工进度确定，并应符合下列规定：

- 1 监测时间间隔宜先短后长。
- 2 发现监测数据变化较大时，应加密观测频次。
- 3 监测过程应保证监测数据的连续性、有效性和完整性。
- 4 相互关联的监测项目，宜在同一时间段进行观测。

9.1.7 填方地基工程应在施工期及施工完成后持续开展监测，满足稳定标准后，

一般工程可停止监测，重大工程应建立长期监测机制。

9.1.8 监测工作应按照规定格式记录、整理、汇总各类数据，及时分析并绘制时程曲线。

9.1.9 监测过程中应定期现场巡查，发现有影响工程安全的情况应及时上报建设单位，应安排专人对可能出现险情的部位进行连续监视。

9.1.10 填方地基工程宜建立完备的监测信息管理系统，固定监测设备和人员，保证监测信息的准确性和及时性，为工程动态设计和信息化施工提供依据。

9.2 地基监测

9.2.1 填筑地基应按表 9.2.1-1 对地表沉降、分层沉降、水平位移进行监测，根据工程特点和需要，宜按表 9.2.1-1、表 9.2.1-2 对孔隙水压力、土压力及地下水位和盲沟出水量进行监测；地下水对工程有影响时，应进行地下水位监测。

表 9.2.1-1 填筑地基监测必测项目

监测项目			监测装置
变形	地表变形	地表沉降	沉降板、沉降标、水准仪、全站仪
		水平位移	位移观测标、全站仪
	内部变形	分层沉降	分层沉降标、分层沉降仪、单点沉降计
		水平位移	测斜仪
	地表裂缝		观测标、直尺、裂缝仪

表 9.2.1-2 填筑地基监测选测项目

监测项目		监测装置
应力	孔隙水压力	孔压计
	土压力	土压力计
其他	地下水位	观测孔、水位计
	盲沟出水量	水量计、流速仪、围堰等

9.2.2 地基变形监测方法应符合本标准附录 E 要求，地下水位和孔隙水压力监测应符合本规范附录 F 要求。

9.2.3 地基变形监测点布置应符合下列规定：

1 地表沉降监测点可按方格网状布置，测点间距可取 50m~100m；在地基均匀性差、谷底分布有软弱地基、计算总沉降量大的部位取小值；填挖交界面两侧、原场地地基地形变化较大部位宜增设地表观测点。

2 地表和内部水平位移监测点应在原场地地基地形变化较大或地基条件较差区域布设典型断面，每个典型断面，宜布置(3-5)个监测点，水平位移观测点

与沉降观测点可结合布置，观测工作应配合进行。

3 对填筑厚度较大部位和原场地地基存在软弱土部位，应设置内部变形监测点，并宜形成观测断面；内部观测点的布置应符合下列规定：

- 1) 观测横断面应布置在填方厚度最大横断面及其他特征断面上，横断面数量可根据工程规模确定，不宜少于3个，每个典型断面，宜布置(3--5)个监测点；
- 2) 观测纵断面宜沿顺坡方向、沟谷走向布置，主沟、主要支沟均应布置；
- 3) 竖向测点间距应根据填筑厚度、原场地地基与填料特性、施工方法等确定，宜为2m~10m。

4 对地表出现的明显裂缝，应测定其位置、出露宽度和分布范围，可用坑探、槽探法检查裂缝深度、宽度及产状等。

9.2.4 应力监测点的布置和监测应符合下列规定：

- 1 孔隙水压力监测可在软弱土和受地下水影响的土层中设置，并宜同变形、土压力和地下水位观测点相结合；
- 2 土压力监测点宜设置在原场地地基表面及填筑地基中，监测点竖向间隔宜为5m~10m；
- 3 应力监测的同时应测记观测点处填方的填筑厚度变化。

9.2.5 地下水位监测点布设应根据工程特点和场地水文地质条件综合确定，宜通过设置专门的水位观测孔或在备用水井内观测。

9.2.6 盲沟出水量观测点宜设置在地下排水盲沟出口处，观测内容应包括水流量及水质。当盲沟流水浑浊时，宜测量相应的泥砂含量。

9.2.7 监测点的安装与埋设应符合下列规定：

- 1 原场地地基监测元件应在地基处理之后埋设，并在填筑前观测到稳定的初始值。
- 2 监测标志安装应稳固，并采取有效措施加以保护或专人看管。测量标志碰损时，应及时恢复并复测，以保证观测数据的连续性。
- 3 边桩宜采用钢筋混凝土预制，并在桩顶预埋不易磨损的测头。边桩、地表监测点的埋设深度在季节性冻土地区应超过冻结深度。
- 4 测斜管埋设时，管内的十字导槽应对准主要监测方向。
- 5 孔隙水压力计和土压力计的量程与测量精度应与被测土体应力状况相适应。

9.2.8 地基监测周期与频率应符合下列规定：

- 1 在填筑施工期间，每填筑一层前后应观测一次，两次填筑间隔时间较长时，每两周至少观测一次。遇降雨、变形异常等情况时，应增加监测频次。
- 2 填筑施工完成后，宜每半个月观测一次；三个月后，宜每月观测一次；一

年后可每（2~3）个月观测一次。

3 地下水位和盲沟出水量监测，填筑施工期间，宜每周观测一次。填筑施工完成后，一个月内宜每周观测一次，一个月后宜每半个月观测一次。

4 填筑完成后，当监测数据变化较大时，应提高监测频率。

9.3 边坡工程监测

9.3.1 边坡工程监测项目应根据边坡重要性、安全等级、支护结构变形控制要求、地质条件和边坡结构特点等确定。填筑边坡在施工过程中和施工完成后应进行水平位移、垂直变形和裂缝监测，边坡监测应根据边坡工程特点和需要按表 9.3.1 确定。

表 9.3.1 边坡监测要求

监测项目		监测装置	
变形	地表变形监测	水平位移监测	全站仪、光电测距仪、水准仪、观测标
		垂直变形监测	
	裂缝监测	观测标、直尺、裂缝仪	
内部变形监测		测斜仪、分层沉降计	
应力	孔隙水压力监测		孔压计
	土压力监测		土压力计
其他	雨量监测		雨量计
	地表水监测		流量计、流速仪、围堰等
	地下水监测		水位观测孔、水位计、流量计等
	支挡结构变形和内力		观测标、测斜仪、应力计等

9.3.2 边坡地表变形观测点的布置应反应坡体范围位移分布规律。沿顺坡方向宜布设（2~4）个观测断面，包括通过坡顶和坡脚线最低处的主观测断面及其他特征断面；每个观测断面应分别在坡顶、坡脚、坡面上布置监测点。坡面上观测点的竖向间距宜为 15m-30m。

9.3.3 边坡内部变形观测点，宜结合地表变形观测点布置。沿可能滑动方向设置数个观测断面，断面上监测点可设置在不同高程处，竖向间距宜取 15m~30m。

9.3.4 孔隙水压力监测点宜设置在地下水可能影响范围内；土压力监测点的位置根据分析计算的需要设置；支挡结构变形和内力监测点应设置在主要构件和应力最大处，以及受力复杂的关键构件上。

9.3.5 不同类型及不同阶段的边坡应根据工程规模、工况阶段、气候条件以及边坡变形的速率等因素调整监测周期和频率，并应符合下列规定：

1 填筑边坡施工期间，宜每 3d 监测一次；填筑施工完成后，半月内，宜

每 3d 观测一次；一个半月内，宜每 10d 观测一次；一个半月后，宜每月观测一次。

2 当变形量增大、变形速率加快时，应加大监测频次；降雨后应加密监测；当出现异常情况时应上报有关单位，并应采取应急措施。

3 日常巡查的次数：在填筑施工期宜每周两次，每月不得少于 4 次；在填筑施工完成后，宜每周一次，或每月不少于两次；雨季应增加次数，当出现大面积降雨时，每天应至少一次。

9.4 环境保护监测

9.4.1 填方地基工程填筑过程中的环境保护监测应包括下列内容：

1 生态环境变化监测应包括地形、地貌和水系的变化情况，建设项目占地和扰动地表面积，挖填方数量及面积，弃土、弃石、弃渣量及堆放面积，项目区林草覆盖率等。

2 环境保护动态监测应包括环境保护面积、强度和总量的变化及其对下游及周边区段造成的危害与趋势。

3 环境保护措施防治效果监测应包括各类防治措施的数量和质量，林草措施的成活率、保存率、生长情况及覆盖率，工程措施的稳定性、完好程度和运行情况，以及各类防治措施的拦渣保土效果。

4 当施工引起的震（振）动对边坡、建（构）筑物等周边环境产生不良影响时，应进行震（振）动监测，监测内容包括质点振动速度峰值、主振频率，监测出现质点振动速度大于现行国家标准《爆破安全规程》GB6722 规定的控制值，应调整爆破方式、药量。

5 在噪声保护要求较高区域施工时，应进行噪声监测，噪声值应满足要求。

9.4.2 环境保护监测应采取定位监测与实地调查、巡查监测相结合的方法，大型建设项目可同时采用遥感监测方法。

附录 A 各类建(构)筑物的举例

各类建筑	举例
甲	<p>高度大于 60m 的建筑；14 层及 14 层以上的体型复杂的建筑；高度大于 50m 的筒仓；高度大于 100m 的电视塔；大型展览馆、博物馆；一级火车站主楼。6000 人以上的体育馆；标准游泳馆；跨度不小于 36m、吊车额定起重量不小于 100t 的机加工车间；不小于 10000t 的水压机车间；大型热处理车间；大型电镀车间；大型炼钢车间；大型轧刚压延车间；大型电解车间；大型煤气发生站；大、中型火力发电站主体建筑；大型选矿、选煤车间；煤矿主井多绳提升井塔；大型水厂；大型污水处理厂；大型游泳池；大型漂、染车间；大型屠宰车间；10000t 以上的冷库；净化公房；有剧毒、强传染性病毒或有放射污染的建筑</p>
乙	<p>高度为 24-26m 的建筑，高度为 30~40m 的筒仓；高度为 50~100m 的烟囱；省（市）级影剧院、图书馆、文化馆、展览馆、档案馆；省级会展中心；大型多层高业建筑；民航机场指挥及候机楼；铁路信号、通讯楼、铁路机务洗修库；省级电子信息中心；多层试验楼；跨度等于或大于 24m、小于 36m 或吊车额定起重量等于或大于 30t、小于 100t 的机加工车间；小于 10000t 的水压机车间；中型轧钢车间；中型选矿车间、小型火力发电厂主体建筑；中型水厂；中型污水处理厂；中型漂、染车间；大中型浴池；中型屠宰车间；特高压输电铁塔</p>
丙	<p>7 层及 7 层以下的多层建筑；高度不超过 30m 的筒仓、高度不超过 50m 的烟囱；浸水可能性小的风电机组基础；跨度小于 24m 且吊车额定起重量小于 30t 的机加工车间；单台小于 10t 的锅炉房；一般浴室、食堂、县（区）影剧院、理化试验室；一般的工具、机修、水工车间、成品库；浸水可能性小的超高压、高压输电杆塔</p>
丁	<p>1~2 层的简易房屋；小型车间、小型库房；无给水排水设施的单层且长高比小于 2.5、总高度小于 5m 的门房；浸水可能性小的光伏电站光伏阵列区</p>

附录 B 巨粒土和粗粒土密度试验

(大体积灌水法) 要点

B.0.1 巨粒土和粗粒土的密度测定应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。

B.0.2 主要仪器设备和材料应符合下列规定：

- 1 台秤称量 100kg，最小分度值 50g，称量 1000kg，最小分度值 100g；
- 2 囊式体积仪采用具有弹性的塑料薄膜袋，直径 0.5m~1.5m，厚度 0.5mm，长度 0.5m~2.0m；
- 3 量测仪器精密水准仪，水准尺，钢卷尺，坑口定位标准尺寸环等；
- 4 其他设备包括开挖试验坑的用具、厚度为 5mm~8mm 堆放土样铁板、储水箱（筒）及坑壁支撑材料等。

B.0.3 试验应进行两次平行测定，取两次测值的算术平均值。试验要求和步骤应符合下列规定：

- 1 试验处的试坑地面整平，除去表面松散的土层，测量其层面标高；
- 2 试坑开挖的直径不小于试样最大粒径的 3 倍，深度不宜小于分层填筑厚度，约 1.0m 取试样一件，连续取样，坑口放置定位环；
- 3 在定位环内下挖至要求深度，边挖边将坑内的试样装入盛土容器内，称试样质量，准确到 0.1kg，并测定试样的含水率；
- 4 开挖试坑时应将坑壁及坑底整平，将松动的碎石全部取出，并称取质量；
- 5 试坑开挖完成后，量测坑壁及坑底的情况，包括坑壁凹凸形态、试坑直径、坑底标高等；
- 6 将塑料薄膜袋轻轻放置坑内后，将已称取质量的水缓慢灌入塑料薄膜袋内，直至水面与坑口定位环面齐平（计算试坑体积时，应扣除定位环的体积），并对静止的水面观测 3min 后，测量水面标高；当袋内出现水面下降时，应另取塑料薄膜袋重新试验；
- 7 所有测试工作完成后，采用最大粒径不大于 100mm 的级配碎石回填试坑，要求按每层 300mm 的厚度进行分层填筑夯实。

B.0.4 试验数据整理应符合下列规定：

- 1 试样的湿密度应按下列公式计算：

$$\rho_0 = m_0 / v \quad (\text{A.0.4-1})$$

式中： ρ_0 — 巨粒土和粗粒土的湿密度（kg/m³）；

m_0 — 试样总质量（kg）；

m_d — 试坑的体积 (m^3)。

2 试样干密度应按下式计算：

$$\rho_d = m_d / v \quad (\text{A.0.4-2})$$

式中： ρ_d — 巨粒土和粗粒土的湿密度 (kg/m^3)；

m_d — 试样干质量 (kg)；

3 绘制密度与深度关系曲线。

附录 C 巨粒土和粗粒土颗粒分析试验要点

C.0.1 本试验适用于最大粒径小于 800mm 的粗颗粒土试样。

C.0.2 巨粒土和粗粒土的颗粒分析试验应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。

C.0.3 主要仪器设备应符合下列规定：

- 1 粗筛：圆孔，孔径为 200mm、100mm、80mm、60mm、40mm、20mm、10mm、5mm；
- 2 细筛：圆孔，孔径为 2.0mm、1.0mm、0.5mm、0.25mm、0.1mm；
- 3 台秤称量 1000kg，最小分度值 50g；
- 4 摇筛机筛析过程中应能上下振动；
- 5 其他设备包括铁桶、铁钎、铁铲、铁箱、火炉、编织袋、毛刷等。

C.0.4 取样应符合下列规定：

- 1 强夯前的块石、碎石填筑料取样数量不少于 3 件。
- 2 地基填筑采用强夯法处理时，强夯夯点下、夯点间均应取样（含深层的夯点下、夯点间取样）。

C.0.5 试验要求和步骤应符合下列规定：

- 1 应将取出的试样称取质量后，用塑料编制袋装好运回试验棚，摊放铁板上进行风干。
- 2 粒径大于 100mm 的试样可用标准直径的套环进行手选，并称取质量。
- 3 试样粒径大于 40mm，小于等于 100mm 的可采用依次叠好的粗筛（孔径分别为 80mm、60mm、40mm）进行筛分，并将留在各层筛上的试样分别称取质量。
- 4 试样粒径小于 40mm 的可先进行质量缩分，试样缩分标准质量可按下列式计算：

$$Q = Kd^2 \quad (\text{B.0.5})$$

式中： Q — 缩分标准质量（kg）；

K — 缩分系数，取 $K=0.1$ ；

d — 颗粒直径（mm）。

5 将小于 40mm 粒径标准质量的缩分样倒入依次叠好的筛中进行筛分，称取留在各层筛上的试样质量，并用倍数法将其还原。

6 粒径小于 5mm 的试样可采用选取具有代表性的试样 5kg，通过细筛（孔径为 2.0mm、1.0mm、0.5mm、0.25mm、0.1mm）进行筛分，称取留在各层筛上的试样质量，并用百分数法将其还原。

7 各巨粒土和粒组试样质量的总和与试样总质量的差值，不得大于试样总质量的 1.5%。

C.0.6 试验数据整理应符合下规定：

1 小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分比应按下式计算（精确至 0.1%）：

$$X = (m_A / m_B) d_x \quad (\text{B.0.6})$$

式中：X— 小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分比（%）；

m_A — 小于某粒径的试样质量（kg）；

m_B — 细筛分析时为所取的试样质量；粗筛分析时为试样总质量（kg）；

d_x — 粒径小于 2mm 的试样质量占试样总质量的百分比（%）。

2 以小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分比为纵坐标，颗粒粒径为横坐标，在单对数坐标上绘制颗粒大小分配曲线。

3 计算级配指标：不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c 。

附录 D 强夯单点夯击试验要点

D.0.1 试验适用于块石、碎石填筑地基强夯单点夯击能为 $1000\text{kN} \cdot \text{m} \sim 6000\text{kN} \cdot \text{m}$ 的单点夯击试验。

D.0.2 主要仪器和设备应符合下列规定：

- 1 夯机应为配有自动脱钩装置的履带式起重机或其他专用设备；
- 2 夯锤质量 $15\text{t} \sim 25\text{t}$ ，锤底静接地压力值 $25\text{kPa} \sim 40\text{kPa}$ ；
- 3 其他仪器包括水准仪、水准尺、直径为 50mm 的铸铁钢球。

D.0.3 观测点布置应符合下列规定：

- 1 夯坑底面土体变形可通过夯锤顶和底面高程及直径测量得出，夯锤顶面观测点应均匀对称设置，不应少于 3 点；
- 2 夯坑周围地表变形观测点以夯锤中心为原点，在相互垂直的两方向上设置。以夯锤边缘为起点，每方向上设置观测点不应少于 4 点，观测点间距宜为 0.5 倍夯锤直径；
- 3 用于后视基准点的基准桩应设置在夯击震力影响区域外。

D.0.4 试验应符合下列规定：

- 1 每夯击一击后应立即测量夯锤顶面及夯坑周围地表观测点的变形量；
- 2 每夯两击应观测一次后视测量；
- 3 单点夯击完成后，需对夯坑体积进行现场实测（即坑底标高、坑口和坑底直径等），并对夯坑形态进行描述；
- 4 夯击次数视夯沉量而定，宜为 20 击 \sim 25 击。

D.0.5 试验资料整理应符合下列规定：

- 1 夯坑下沉量应按下列式计算：

$$\Delta S_i = S_{i-1} - S_i \quad (\text{C.0.5-1})$$

式中： ΔS_i — 每夯一击的夯坑下沉量(mm)；

S_i — 第 i 击后锤顶水准尺读数(mm)；

S_{i-1} — 第 $i-1$ 击后锤顶水准尺读数(mm)。

- 2 夯坑周围地表的变形量应按下列式计算：

$$\Delta L_i = L_{i-1} - L_i \quad (\text{C.0.5-2})$$

式中： ΔL_i — 每夯一击的夯坑周围变形量(mm)；

L_i — 第 i 击后地面水准尺读数(mm)；

L_{i-1} — 第 $i-1$ 击后地面水准尺读数(mm)。

- 3 绘制夯击次数与夯坑及夯坑周围地表变形图。

- 4 绘制单点夯击次数与夯坑下沉量的关系曲线。
- 5 绘制夯击次数与累计夯坑下沉量百分数的关系曲线。

附录 E 变形监测要点

E.1 原场地地基变形监测

E.1.1 原场地地基处理和地基填筑施工过程中应对原场地地基变形进行监测。

E.1.2 主要仪器设备,观测点可采用 750mm×1000mm 的钢板、2.0m 长的 $\phi 52$ mm 镀锌钢管(测杆)、2.0m 长的 $\phi 168$ mm 保护钢管、橡胶隔环,观测应采用高精度电子水准仪。

E.1.3 镀锌钢管埋设步骤应符合下列规定:

1 应在埋设的 52mm 镀锌钢管上加一个接头,并在接头上方加一根 2.0m 长的 $\phi 52$ mm 镀锌钢管。

2 用 $\phi 168$ mm 的保护管套住测杆,并在 $\phi 52$ mm 镀锌钢管上每隔 2m 安装一个橡胶隔环,橡胶隔环厚约 30mm,应保证 $\phi 52$ mm 镀锌钢管在保护管内不晃动。

3 镀锌钢管和保护管应采用丝扣连接,接头部位应保证连接后整个保护管的平直度。

4 随填筑高程的升高,应不断加长镀锌钢管和保护管,保护管周围 1m 应用细砂土填筑,人工振捣密实。每安装一次测杆应用电子水准仪测出上下两个测标间的高差。

5 安装至填地基顶部后,应浇筑孔口混凝土保护墩,并安装孔口保护盖板。周围 2m 范围内不得进行强夯。

E.1.4 地基变形观测应采用二等国家水准,并应从施工场外的基准点引进水准高程。将本次观测值与首次观测值进行比较,获得原场地地基变形监测点的变形量。

E.2 地基分层变形监测

E.2.1 地基填筑施工过程中和施工完成后应对填筑地基内部不同部位、不同深度处的变形进行监测。

E.2.2 主要仪器设备可采用 2.0m 长的 $\phi 53$ mm 的聚乙烯沉降管、 $\phi 53$ mm 的沉降磁环(磁板),观测应采用高精度电子水准仪及钢尺沉降仪。

E.2.3 钻孔安装操作步骤应符合下列规定:

1 可采用 $\phi 108$ mm 的孔径钻孔。

2 沉降管可采用聚醚酯纤维管,安装时,应将最下端的沉降管底部用底盖密封,并将接头处及铆钉处用防水胶带缠紧。相邻两管用管接头紧密连接,每隔 2m 在管子上套上磁环。最上面的沉降管应安装顶盖,防止雨水或其他杂物进入管中。

3 沉降管接好、安装到位后，可用中粗砂进行回填，回填速度不宜太快，以免堵塞后形成空隙。回填完成后在沉降管周围应采取保护措施。

4 回填过程中，不得扰动沉降管及磁环。管子周围 2.0m 范围内不得进行强夯。

E.2.4 聚醚酯纤维管安装操作步骤应符合下列规定：

1 沉降管采用聚醚酯纤维管安装时，应将最上端的顶盖取下，再接上一根分层沉降管，相邻两管应采用管接头紧密连接，并用塑胶纸缠紧，在沉降管中间套上沉降磁板；

2 沉降管接好后，应对沉降磁板周围的填土进行人工捣实，并在管子周围采取保护措施；

3 管子周围 2.0m 范围内，不得进行强夯。

E.2.5 地基分层变形观测应采用二等国家水准，并从施工场外的基准点引进水准高程，测出分层沉降监测点孔口高程；再使用钢尺沉降仪测读出每一个磁环距离孔口的深度，二者相减，即可获得每一个磁环的位置。

E.3 地基表层变形监测

E.3.1 当地基填筑至设计高程时，应对填筑地基的总沉降进行观测，为确定建（构）筑物施工时间提供依据。

E.3.2 主要仪器设备，观测标可采用沉降板或观测桩，观测桩宜采用预制或钻孔现浇混凝土标石，顶部应设置钢筋头。沉降板可采用 52mm 镀锌钢管（测杆）一端焊接于 300mm×300mm 的钢板组成。观测应采用高精度电子水准仪。

E.3.3 观测标安装埋设操作步骤应符合下列规定：

1 填筑完成后，可在地面挖坑埋设，应保持镀锌钢管垂直，并使管口与地面同平。埋设深度不应小于 1.0m，季节性冻土地区应超过冻结深度。

2 周围应采用素土回填密实。

3 镀锌钢管口应安装一个水准标志。

4 应浇筑孔口混凝土保护墩并安装孔口保护盖板。

E.4 边坡坡面位移监测

E.4.1 地基填筑过程及完成后应对高填方边坡坡面位移进行监测，为计算分析高填方边坡稳定性提供依据。

E.4.2 应采用现浇钢筋混凝土墩标墩、强制对中盘，观测应采用高精度或其他仪器。

E.4.3 观测标安装埋设操作步骤应符合下列规定：

1 表面监测点标墩宜高于地面 1.0m，埋深不少于 0.5m，并应超过季节性冻

土地地区冻结深度；

- 2 标墩顶部应设置强制对中盘，底盘对中精度不应低于 0.1mm；
- 3 埋设时，强制对中盘应调整水平，其倾斜度不得大于 4。

E.4.4 当采用双频全球定位系统接收机观测时，应满足三等精度要求，并应符合下列规定：

- 1 卫星截止高度角不应小于 15，观测段数不应少于 2 个，每时段观测时间不应少于 90min；
- 2 复测基线较差、坐标分量闭合差、环闭合差检验应符合现行国家标准《工程测量规范》GB50026 的规定；
- 3 其他技术要求应按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 执行。

附录 F 地下水位和孔隙水压力监测要点

F.0.1 原场地地基处理和地基填筑施工期间应对原场地和填筑地基内部地下水位变化规律和孔隙水压力的增长与消散情况进行监测。

F.0.2 水位观测孔安装埋设步骤应符合下列规定：

1 钻孔不宜使用泥浆护壁工艺，孔径不宜小于 $\phi 108\text{mm}$ 。

2 水位观测管可采用金属管或聚氯乙烯管加工，包括花管和导管两部分，内径 $\phi 50\text{mm}$ 。花管段长度不应少于 2m，透水孔孔径宜为 $\phi 4\text{mm}\sim 6\text{mm}$ ，面积开孔率宜为 18%~20%，并应排列均匀。

3 进水段可能产生塌孔或管涌时，花管段外应设置反滤设施。

4 应在进水花管段底部充填粒径为 10mm~20mm 的砂砾石垫层，厚度不应小于 300mm。将进水花管和导管依次连接放入孔内，花管段底部应位于砂砾石垫层上。

5 在进水花管周围填入粒径为 10mm~20mm 的砂砾石后，再填入 100cm 厚的细砂，细砂上部注入水泥浆，余下的孔段应全部用水泥砂浆或黏性土灌满。

6 应浇筑孔口混凝土保护墩，并安装孔口保护盖板。

F.0.3 孔隙水压力主要仪器设备包括水准仪、孔隙水压力计、孔隙水压力计读数仪、水位计。

F.0.4 孔隙水压力观测点旁边应布置水位变化观测点，两者相距宜为 2m。

F.0.5 孔隙水压力计可采用频率读数仪进行观测；水位观测宜采用高精密度水准仪，按二级变形测量精度进行孔口高程的测量，并宜采用平尺水位计进行水位深度的读数。

F.0.6 孔隙水压力计的安装埋设应按下列步骤进行：

1 取下仪器端部的透水石，在钢膜片上涂一层黄油或凡士林以防生锈，但避免堵孔；

2 安装前应将仪器在水中浸泡 24h 以上，使其达到饱和状态；

3 应采用钻孔方式埋设，钻孔孔径宜为 108mm；

4 应在测头上包上装有干净的饱和细砂袋，使仪器进水口通畅，并应防止水泥浆进入孔隙水压力计内部；

5 将包有砂袋的仪器埋入孔内，观测段应回填透水性材料。透水性材料之上应采用膨润土球封堵，封堵长度不应小于 1.0m，在封堵过程中膨润土球应采用钻杆分段捣实。

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有关标准执行时的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程勘察通用规范》 GB 55017-2021
- 2 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003--2-21
- 3 《岩土工程勘察规范》 GB 5002-2008
- 4 《高填方地基技术规范》 GB 51254 - 2018
- 5 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007-2011
- 6 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 7 《湿陷性黄土地区建筑标准》 GB 50025
- 8 《膨胀土地区建筑技术规范》 GB 50112-2013
- 9 《煤矿采空区岩土工程勘察规范》 GB 51044-2014
- 10 《岩溶地区建筑地基基础技术标准》 GB/T 51238-2018
- 11 《工程测量规范》 GB 50026-
- 12 《高层建筑岩土工程勘察标准》 JGJ /T72-2017
- 13 《建筑地基处理技术规范》 JGJ79-2012
- 14 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94-2008
- 15 《载体桩技术标准》 JGJ /T135-2018
- 16 《水泥石复合管桩基础技术规程》 JGJ /T330-2014
- 17 《湿陷性黄土地区勘察与地基处理技术标准》（DBJ41/T--2021）
- 18 《土工试验方法标准》 GB / T 50123-
- 19 《爆破安全规程》 GB 6722--

