

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

T/HNKCSJ001-2022

填方工程地基处理技术标准

Technical code for ground treatment of filling works

2022-09-23 发布

2023-01-01 实施

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

填方工程地基处理技术标准

Technical code for ground treatment of filling works

T/HNKCSJ001-2022

主编单位：河南波森特基础工程有限公司
河南省新豫地质工程勘察院有限公司
山西金宝岛基础工程有限公司

批准单位：河南省工程勘察设计行业协会

实施日期：2023 年 1 月 1 日

河南省工程勘察设计行业协会

关于发布团体标准《填方工程地基处理技术标准》的公告

由河南波森特基础工程有限公司、河南省新豫地质工程勘察院有限公司和山西金宝岛基础工程有限公司等单位主编的团体标准《填方工程地基处理技术标准》已通过评审，现批准为河南省工程勘察设计行业协会团体标准，编号为 T/HNKCSJ001-2022，自 2023 年 1 月 1 日起实施，特此公告。

本标准已在河南省工程勘察设计行业信息网（www.hngks.com）和全国团体标准信息平台公开，由河南省工程勘察设计行业协会负责管理，河南波森特基础工程有限公司负责具体内容的解释。

附件：《填方工程地基处理技术标准》（T/HNKCSJ001-2022）

2022 年 9 月 23 日

前 言

根据河南省工程勘察设计行业协会于 2022 年 4 月 15 日公布了 2022 年第二批团体标准编制计划的通知，编制组在广泛调查研究，认真总结近年来河南省在填方工程领域的勘察、设计经验，并在广泛征求意见的基础上制定了本标准。

本标准的主要内容：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.场地岩土工程勘察；5.填方工程；6.填方工程地基处理；7.填筑边坡工程；8.排水工程；9.工程监测。

本标准由河南波森特岩土工程有限公司负责具体技术内容的解释。在标准执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，并将意见或建议寄送郑州市郑东新区康平路万通街郑东商业中心 B 区 9 栋 11 楼河南波森特基础工程有限公司《填方工程地基处理技术标准》管理组（邮政编码：450018 E-mail: 15226025223@163.com）。

本标准主编单位：河南波森特基础工程有限公司

河南省新豫地质工程勘察院有限公司

山西金宝岛基础工程有限公司

本标准参编单位：河南省建院勘测设计有限公司

中核勘察设计研究有限公司

河南省地矿建设工程（集团）有限公司

河南卓越建设工程有限公司

河南诚信岩土工程勘察设计有限公司

中誉恒信工程咨询有限公司

河南省建设基础工程有限公司

本标准主要起草人员：王荣彦 王 峰 荣富强 文 哲 邓小宁 董宝志

王威威 孙 豫 何德洪 郭自恒 王水亮 张 鑫

罗雪贵 张敬东 李朋辉 梁怀省 陈俊伟 许录明

王 刚 任胜伟 贾志强 李小辉 武俊杰 路 顺

刘晓辰 吉育兵 许伟杰 李 龙 董国松 樊 华

翟延彬 张伟兵 高 娜 赵方伟 李万牵 申志磊

高雪梅 刘晓文 李 磊 张振兴 鲁峰改 张 勇

曹 栋 高登辉 位俊俊 王永霞 张风泽 凌嘉翔

王安民 赵利杰 刘海洋 赵盈睿 秦 岭 杨文革

本标准主要审查人员：黄雪峰 李小杰 吉建华 钱 伟 王继周

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	4
4	场地岩土工程勘察	7
4.1	一般规定	7
4.2	工程测量	9
4.3	岩土工程勘察	11
4.4	岩土工程分析与勘察报告编写	14
5	填方工程	16
5.1	一般规定	16
5.2	填筑材料	16
5.3	设计与施工	17
5.4	质量检验	19
6	填筑场地地基处理	21
6.1	一般规定	21
6.2	环境保护	21
6.3	填筑场地地基处理	22
6.4	强夯法	24
6.5	挤密法	25
6.6	注浆加固	26
6.7	多桩型复合地基	32
6.8	桩基础	36
6.9	质量检验	36
7	填筑边坡工程	38
7.1	一般规定	38
7.2	边坡稳定性分析	38
7.3	边坡支挡设计	40
7.4	边坡排水设计	41
7.5	坡面防护设计	42
7.6	边坡施工与质量检验	43
8	排水工程	44
8.1	一般规定	44
8.2	场地外地表排水	44
8.3	场地内地表排水	45
8.4	原场地地基排水	46
8.5	填筑地基内排水	46
8.6	质量检验	47
9	工程监测	50
9.1	一般规定	50
9.2	地基监测	51
9.3	边坡工程监测	53

9.4 环境保护监测..... 54

附录 A 各类建(构)筑物等级举例 55

附录 B 粗粒土密度试验..... 56

附录 C 粗粒土颗粒分析试验要点 58

附录 D 变形监测要点..... 60

附录 E 地下水位和孔隙水压力监测要点 63

本标准用词说明 64

引用规范标准名录 65

附：条文说明 66

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察、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

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工程。

2.1.3 粗粒土填方地基 filled ground of coarse grained soil

粗粒土填方地基是指填料以大量粗粒土为主的填方工程。

2.1.4 原场地地基 original ground

填筑之前未经人工处理的地基。

2.1.5 填方工程地基处理 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。

2.1.6 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。

2.1.7 堆填 landfill

将车载填料均匀倾卸摊铺于填筑场地的施工方法。

2.1.8 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；

$\overline{h_c}$ ——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。

河南省工程勘察设计行业协会发布

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 搜集填方场地的原始地形地貌图、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 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地面的地形地貌、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，并宜进行岩土工程概念设计。

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 对填方场地的勘察宜分为初步勘察和详细勘察两个阶段，场地条件简单时可合并进行。

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。

5 当场区所在的建构筑物对变形要求比较严格时，应进行变形控制设计。

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，必要时应结合场地条件和特点进行专项勘察。

3.0.10 填方地基设计与施工应符合下列规定：

1 填方工程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 地基建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 填方工程应按地基变形控制设计，并应进行地基稳定性验算。

4 填方工程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 填方工程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 填方工程应分层填筑、分层压（夯）实、分层检验，且处理后的填方工程应满足密实、均匀和稳定性要求。

3.0.12 原场地地基和填方工程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 填方工程上建（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。对重要工程不得少于 1 个雨季的自然密实期。

3.0.14 填方工程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	土方填方工程、石方填方工程、土石混合填方工程、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、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的发生。

4 场地岩土工程勘察

4.1 一般规定

4.1.1 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范围勘察。

4.1.2 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。

4.1.3 根据工程的规模和特征以及由于岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果，可分为三个工程重要性等级。填方场地上建构筑物类别划分按照附录 A 执行，其中的丙类建筑如无特殊要求及丁类建筑可按三级工程考虑。

1 一级工程：重要工程，后果很严重。

2 二级工程：一般工程，后果严重。

3 三级工程：次要工程，后果不严重。

4.1.4 场地复杂程度等级划分应按表 4.1.4 确定。

表 4.1.4 场地的复杂程度等级划分

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	地震设防烈度小于等于 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 地形地貌较复杂

4.1.5 场地地基等级划分应按表 4.1.5 确定。

表 4.1.5 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、膨胀岩土、盐渍土、多年冻土等特殊性岩土 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。

4.1.6 根据工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级、可按下列条件划分岩土工程勘察等级。

甲级：在工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级中，有一项或多项为一级；

乙级：场地复杂程度和地基复杂程度等级均为二级时的丁类建构筑物。

4.1.7 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。对细粒土填方地基的勘察应结合填方工程特点进行均匀性、湿陷性及承载力、变形等方面的岩土工程勘察和评价。

4.1.8 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。

4.1.9 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。

4.1.10 细粒土填方地基的勘察与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/T243 的规定执行。

4.2 工程测量

4.2.1 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。

4.2.2 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。

4.2.3 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。

4.2.4 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。

4.2.5 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 4.2.5-1 的要求。

表 4.2.5-1 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 4.2.5-2 的要求。

表 4.2.5-2 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 4.2.5-3 的要求。

表 4.2.5-3 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。

4.2.6 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,并应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。

4.2.7 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。

4.3 岩土工程勘察

4.3.1 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、发展趋势等。在专项勘察的基础上并对场地的稳定性和适宜性做出评价。

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。

4.3.2 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。

3 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。

4 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。

5 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。

6 查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、孤石等对工程不利的埋藏物。

7 查明地下水类型及埋藏条件,提供地下水位及其变化幅度。

8 判定水和土对建筑材料的腐蚀性。

9 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、异常地层等,评价其对工程影响,并提出处理意见和建议。

10 在初步勘察、专项勘察的基础上对场地存在不良地质现象和问题提出处理意见和建议。

11 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的影响。

4.3.3 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 4.3.3 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

4.3.4 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 1/2，勘察等级为乙级工程的控制钻孔不宜少于勘探孔总数的 1/3。

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探、动力触探等勘察手段。

4 控制性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。

4.3.5 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 1/3。

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，并取不少于两件水样进行化验，确定

对建筑材料的腐蚀性。

4.3.6 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。粗粒土的密度试验应按本标准附录 B 的要求进行，粗粒土分析试验应按本标准附录 C 的要求进行。

4.4 岩土工程分析与勘察报告编写

4.4.1 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。

4.4.2 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。对场地的适宜性、场地地质条件的稳定性宜作定性分析，对岩土体的变形、强度和稳定性应作定量分析，提供岩土의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，提供场地载荷试验或其他原位测试成果，并结合后续监测对评价结论进行检验。

4.4.3 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。

4.4.4 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。

4.4.5 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。

4.4.6 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。

4.4.7 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。

4.4.8 对岩土的利用、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。

5 填方工程

5.1 一般规定

5.1.1 填方工程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 填方场地的岩土工程勘察报告。

3 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。

4 土石方料源勘察资料。

5 施工条件和地方工程经验等资料。

5.1.2 填方工程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。在细粒土填方地基施工前及施工中宜布设排水设施，确保施工及运行中的渗水有效排出到填筑体外。

5.1.3 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结合建筑特点及要求采取更高的综合地基处理措施。

5.1.4 填方工程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。

5.1.5 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。

5.1.6 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。

5.1.7 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。

5.2 填筑材料

5.2.1 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。

5.2.2 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。

5.2.3 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。

5.3 设计与施工

5.3.1 填方工程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。

5.3.2 填方工程的松铺系数宜通过试验确定。

5.3.3 填筑试验应确定下列设计参数和施工方法：

1 根据填方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 分层填方厚度和松铺系数。

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。

5.3.4 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建设工程项目的规划确定。

5.3.5 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地区经验确定,当无试验资料或经验时,可按表 5.3.5 采用。

表 5.3.5 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	$\rho_d \geq 2.0 \text{ t/m}^3$
	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。

5.3.6 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 5.3.6 采用。

表 5.3.6 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	$w_{op} \pm 2$	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	—		

5.3.7 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 5.3.7),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 5.3.7 的规定。

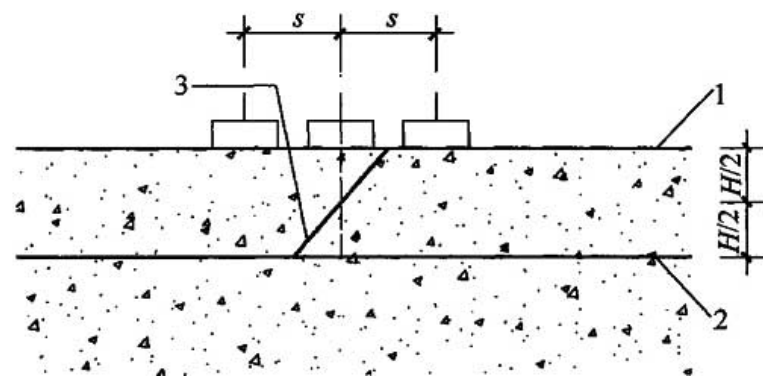


图 5.3.7 工作面搭接处理示意

1—现处理工作面；2—上一搭接处理工作面；3—工作交界面

表 5.3.7 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	$\rho_d \geq 2.0 \text{ t/m}^3$	$\lambda_c \geq 0.97$
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。

5.3.8 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。

5.4 质量检验

5.4.1 填方工程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 对于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。

5.4.2 对细粒土填方地基的质量检测除应结合填方工程特点进行常规的均匀性、湿陷性及承载、变形检测外，填方工程当采用同一材料、施工方法和施工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 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 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
载荷试验	每 2000m ² 至少有 1 点	—	—

5.4.3 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。

5.4.4 填方工程监测应包括下列项目：

- 1 填方工程顶面沉降监测。
- 2 填方工程分层沉降监测。
- 3 填方边坡坡面位移监测。
- 4 填方工程内部水平位移监测。
- 5 填方工程内部地下水位。

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）筑物位于填挖交界面处、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应结合建构筑等级，采取减少或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	地下水位以上土层	1-3
2	强夯法	$S_r \leq 60\%$ 的湿陷性土	3-15
3	挤密法	$S_r \leq 65\%$, $w \leq 22\%$ 的湿陷性土	5-15
4	注浆法	适用于细粒土、粗粒土等	常见 10m 左右
5	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	10-25
6	桩基础	适合各类湿陷性场地及各类建筑	可大于 40m
7	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。

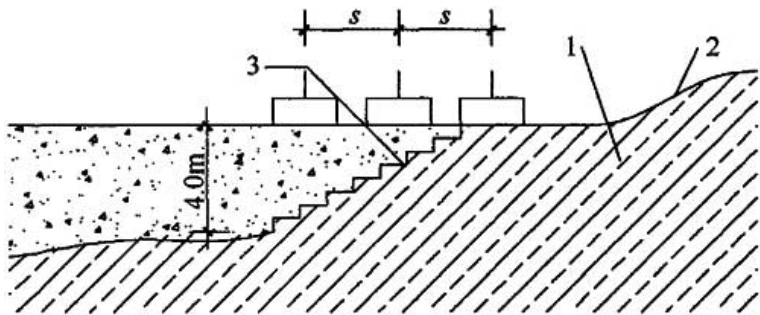


图 6.3.3 接坡强夯处理示意

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%的填方工程。

1 当土体含水率不在上述范围时,可在填筑过程中采取洒水或晾晒等措施进行调整,或采取调整强夯参数等措施。

2 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,宜采取减、隔震措施并评估采用强夯法的适宜性。

6.4.2 强夯法处理填方工程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 强夯法处理填方工程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 强夯法处理填方工程,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 夯点位置宜根据基础形式按正三角或正方形布置。初步设计时夯点中心距可取夯锤直径的(1.2-2.5)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。(一般湿陷性黄土处理后设置灰土垫层,其他土体可能为其他垫层,此条看河南做法)

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或有关经验确定。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。满夯锤印宜搭接夯锤直径的 1/3-1/5,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）
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
8000	8.0-9.0

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，粗颗粒填土夯实厚度取高值，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，褥垫层材料宜为灰土、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：

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

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)；

$\overline{h_c}$ ——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 $\overline{h_c}$ ，应按下式计算：

$$\overline{h_c} = \frac{r_{d1}}{r_{d\max}} \quad (6.5.7)$$

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：

$$h_{d\min} = \frac{r_{dc}}{r_{d\max}} \quad (6.5.8)$$

式中： $\eta_{d\min}$ ——土的最小挤密系数：对甲、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 注浆加固

6.6.1 注浆加固适用于砂土、粉土、粘性土和填土等地基。根据加固目的可分别选用水泥浆液、硅化浆液、碱液等固化剂。

6.6.2 注浆加固设计前，应进行室内浆液配比试验和现场注浆试验，确定设计参数，检验施工方法和设备。有地区经验时可参考类似工程经验确定设计参数。

6.6.3 注浆加固应保证加固地基在平面和深度连成一体，满足土体渗透性、地基土的强度和变形的设计要求。

6.6.4 在地基处理中，注浆加固宜与其他地基处理方法联合使用，当采用单一注浆加固方法处理地基时要充分论证其可靠性。

6.6.5 采用水泥搅拌注浆加固、高压旋喷注浆加固时应按照有关规范、标准的规定进行设计、施工。

6.6.6 水泥为主剂的注浆加固设计应符合下列规定：

1 对软弱土处理, 可选用以水泥为主剂的浆液, 也可选用水泥和水玻璃的双液型混合浆液, 在有地下水流动的情况下, 不应采用单液水泥浆液。

2 注浆孔间距按试验结果确定, 一般可取1.0-2.0m。

3 浆液的初凝时间应根据地基土质条件和注浆目的确定。在砂土地基中, 浆液的初凝时间宜为5-20min; 在粘土地基中, 宜为1-2h。

4 注浆量和注浆有效范围应通过现场注浆试验确定, 在粘性土地基中, 浆液注入率宜为15%-20%; 注浆点上的覆盖土厚度应大于2m。

5 对劈裂注浆的注浆压力, 在砂土中, 宜选用0.2-0.5MPa; 在粘性土中, 宜为0.2-0.3MPa。对压密注浆, 当采用水泥砂浆浆液时, 坍落度宜为25mm-75mm, 注浆压力为1-7MPa。当坍落度较小时, 注浆压力可取上限值。当采用水泥-水玻璃双液快凝浆液时, 注浆压力应小于1MPa。

6 对人工填土, 应采用多次注浆, 间隔时间按浆液的初凝时间根据试验结果确定一般不应大于4h。

6.6.7 硅化浆液注浆加固设计应符合下列规定:

1 渗透系数 $k=0.1-8\text{m/d}$ 的砂土和粘性土宜采用压力双液硅化注浆; 渗透系数 $k=0.1-2\text{m/d}$ 的地下水位以上的湿陷性黄土可采用无压或压力单液硅化注浆; 自重湿陷性黄土宜采用无压单液硅化注浆。

2 防渗注浆加固用的水玻璃模数不宜小于2.2。用于地基加固的水玻璃模数宜为2.5-3.3; 不溶于水的杂质含量不应超过2%。

3 双液硅化注浆用的氧化钙溶液中的杂质不得超过0.06%, 悬浮颗粒不得超过1%, 溶液的PH值不得小于5.5。

4 硅化法注浆加固半径应根据孔隙比、浆液粘度、凝固时间、灌浆速度、灌浆压力、灌浆量等通过实验确定。无试验资料时可按表6.6.7确定。

表6.6.7 硅化法加固半径的确定

土的类型及加固方法	渗透系数 (m/d)	加固半径 (m)
砂土 (双液硅化法)	2-10	0.3-0.4
	10-20	0.4-0.6
	20-50	0.6-0.8
	50-80	0.8-1.0
粉砂 (单液硅化法)	0.3-0.5	0.3-0.4
	0.5-1.0	0.4-0.6
	1.0-2.0	0.6-0.8
	2.0-5.0	0.8-1.0
黄土 (单液硅化法)	0.1-0.3	0.3-0.4
	0.3-0.5	0.4-0.6
	0.5-1.0	0.6-0.8
	1.0-2.0	0.8-1.0

5 注浆管的各排间距可取加固半径的1.5倍；注浆管的间距可取加固半径的1.5-1.7倍；注浆孔超出基础底面宽度不得少于0.5m；分层注浆时，加固层的厚度可按注浆管带孔部分的长度上下各0.25倍加固半径计算。

6 单液硅化法应由浓度为10%-15%的硅酸钠($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$)溶液，掺入2.5%氯化钠组成。

加固湿陷性黄土的溶液用量，可按式估算：

$$Q = Vnd_{N1}\alpha \quad (6.6.7-1)$$

式中：Q——硅酸钠溶液的用量 (m^3)；

V——拟加固湿陷性黄土的体积 (m^3)；

n——地基加固前，土的平均孔隙率；

d_{N1} ——灌注时，硅酸钠溶液的相对密度；

α ——溶液填充孔隙的系数，可取0.60-0.80。

7 当硅酸钠溶液的浓度大于加固湿陷性黄土所要求的浓度时，应将其加水稀释，加水量可按式估算：

$$Q' = \frac{d_N - d_{N1}}{d_{N1} - 1} \times q \quad (6.6.7-2)$$

式中：Q'——稀释硅酸钠溶液的加水量 (t)；

d_N ——稀释前，硅酸钠溶液的相对密度；

q ——拟稀释硅酸钠溶液的质量（t）。

8 采用单液硅化法加固湿陷性黄土地基，灌注孔的布置应符合下列要求：

- 1) 灌注孔的间距：压力灌注宜为0.80-1.20m；溶液自渗宜为0.40-0.60m；
- 2) 加固拟建的设备基础和建(构)筑物的地基，应在基础底面下按等边三角形满堂布置，超出基础底面外缘的宽度，每边不得小于1m；
- 3) 加固既有建(构)筑物和设备基础的地基，应沿基础侧向布置，每侧不宜少于2排。当基础底面宽度大于3m时，除应在基础每侧布置2排灌注孔外，必要时，可在基础两侧布置斜向基础底面中心以下的灌注孔或在其台阶上布置穿透基础的灌注孔，以加固基础底面下的土层。

6.6.8 碱液注浆加固适用于处理地下水位以上渗透系数为0.10-2.0m/d的湿陷性黄土地基；在自重湿陷性黄土场地采用时应通过试验确定其适应性。

6.6.9 碱液注浆加固设计应符合下列规定：

1 当100g干土中可溶性和交换性钙镁离子含量大于10mg·eq时，可采用单液法，即只灌注氢氧化钠一种溶液加固；否则，应采用双液法，即需采用氢氧化钠溶液与氯化钙溶液轮番灌注加固。

2 碱液加固地基的深度应根据场地的湿陷类型、地基湿陷等级和湿陷性黄土层厚度，并结合建筑物类别与湿陷事故的严重程度等综合因素确定。加固深度宜为2-5m。对非自重湿陷性地基，加固深度可为基础宽度的1.5-2.0倍。对II级自重湿陷性地基，加固深度可为基础宽度的2.0-3.0倍。

3 碱液加固土层的厚度 h ，可按式估算：

$$h=l+r \quad (6.6.9-1)$$

式中： l ——灌注孔长度，从注液管底部到灌注孔底部的距离（m）；

r ——有效加固半径（m），当无试验条件或工程量较小时，可取0.40-0.50m。

4 碱液加固地基的半径 r ，宜通过现场试验确定。有效加固半径与碱液灌注量之间，可按式估算：

$$r = 0.6 \sqrt{\frac{V}{nl \times 10^3}} \quad (6.6.9-2)$$

式中： V ——每孔碱液灌注量（L）；

n ——拟加固土的天然孔隙率。

5 当采用碱液加固既有建(构)筑物的地基时，灌注孔的平面布置，可沿条形基础两侧或单独基础周边各布置一排。当地基湿陷较严重时，孔距可取0.7-0.9m，当地基湿陷较轻时，孔距可适当加大至1.2-2.5m。

6 每孔碱液灌注量可按式估算：

$$V = abpr^2(l+r)n \quad (6.6.9-3)$$

式中： α ——碱液充填系数，可取0.6-0.8；

β ——工作条件系数，考虑碱液流失影响，可取1.1。

6.6.10 水泥为主剂的注浆施工应符合下列规定：

- 1 施工场地应预先平整，并沿钻孔位置开挖沟槽和集水坑。
- 2 注浆施工时，宜采用自动流量和压力记录仪，并应及时进行数据整理分析。
- 3 注浆孔的孔径宜为70-110mm，垂直度偏差应小于1%。
- 4 花管注浆法施工可按下列步骤进行：
 - 1) 钻机与注浆设备就位；
 - 2) 钻孔或采用振动法将花管置入土层；
 - 3) 当采用钻孔法时，应从钻杆内注入封闭泥浆，然后插入孔径为50mm的金属花管；
 - 4) 待封闭泥浆凝固后，移动花管自下向上或自上向下进行注浆。
- 5 压密注浆施工可按下列步骤进行：
 - 1) 钻机与注浆设备就位；
 - 2) 钻孔或采用振动法将金属注浆管压入土层；
 - 3) 当采用钻孔法时，应从钻杆内注入封闭泥浆，然后插入孔径为50mm的金属注浆管；
 - 4) 待封闭泥浆凝固后，捅去注浆管的活络堵头，然后提升注浆管自下向上或自上向下对地层注入水泥—砂浆液或水泥—水玻璃双液快凝浆液。
- 6 封闭泥浆7d立方体试块（边长为70.7mm的抗压强度应为0.3-0.5MPa，浆液粘度应为80-90s。
- 7 浆液宜用425号或525号(P.O.32.5或P.O.42.5)普通硅酸盐水泥。
- 8 注浆时可掺用粉煤灰代替部分水泥，掺入量可为水泥重量的20%-50%。
- 9 根据工程需要，可在浆液拌制时加入速凝剂、减水剂和防析水剂。
- 10 注浆用水不得采用PH值小于4的酸性水和工业废水。
- 11 水泥浆的水灰比可取0.6-2.0，常用的水灰比为1.0。
- 12 注浆的流量可取7-10L/min，对充填型注浆，流量不宜大于20L/min。
- 13 当用花管注浆和带有活堵头的金属管注浆时每次上拔或下钻高度宜为0.5m。
- 14 浆体应经过搅拌机充分搅拌均匀后才能开始压注，并应在注浆过程中不停缓慢搅拌，搅拌时间应小于浆液初凝时间。浆液在泵送前液压经过筛网过滤。
- 15 日平均温度低于5℃或最低温度低于-3℃的条件下注浆时，应在施工现

场采取措施，保证浆液不冻结。

16 水温不得超过30-35℃；并不得将盛浆桶和注浆管路在注浆体静止状态暴露于阳光下，防止浆液凝固。

17 注浆顺序应按跳孔间隔注浆方式进行，并宜采用先外围后内部的注浆施工方法。当地下水流速较大时，应从水头高的一端开始注浆。

18 对渗透系数相同的土层，首先应注浆封顶，然后由下向上进行注浆，防止浆液上冒。如土层的渗透系数随深度而增大，则应自下向上注浆。

19 当既有建筑地基进行注浆加固时，应对既有建筑及其邻近建筑、地下管线和地面的沉降、倾斜、位移、和裂缝进行监测。并应采用多孔间隔注浆和缩短浆液凝固时间等措施，减少既有建筑基础因注浆而产生的附加沉降。

6.6.11 硅化浆液注浆施工应符合下列规定：

1 压力灌浆溶液的施工步骤应符合下列规定：

- 1) 向土中打入灌注管和灌注溶液，应自基础底面标高起向下分层进行，达到设计深度后，将管拔出，清洗干净可继续使用；
- 2) 加固既有建筑物地基时，在基础侧向应先施工外排，后施工内排；
- 3) 灌注溶液的压力值由小逐渐增大，但最大压力不宜超过200kPa。

2 溶液自渗的施工步骤，应符合下列规定：

- 1) 在基础侧向，将设计布置的灌注孔分批或全部打(或钻)至设计深度；
- 2) 将配好的硅酸钠溶液注满灌注孔，溶液面宜高出基础底面标高0.50m，使溶液自行渗入土中；
- 3) 在溶液自渗过程中，每隔2-3h，向孔内添加一次溶液，防止孔内溶液渗干。

3 计算溶液量全部注入土中后，所有注浆孔宜用2：8灰土分层回填夯实。

6.6.12 碱液注浆施工应符合下列规定：

1 灌注孔可用洛阳铲、螺旋钻成孔或用带有尖端的钢管打入土中成孔，孔径为60-100mm，孔中填入粒径为20-40mm的石子，直到注液管下端标高处，再将内径20mm的注液管插入孔中，管底以上300mm高度内填入粒径为2-5mm的小石子，其上用2：8灰土填入并夯实。

2 碱液可用固体烧碱或液体烧碱配制，加固1m³黄土需要NaOH量约为干土质量的3%，即35-45kg。碱液浓度不应低于90g/L，常用浓度为90-100g/L。双液加固时，氯化钙溶液的浓度为50-80g/L。

3 配溶液时，应先放水，而后徐徐放人碱块或浓碱液。溶液加碱量可按下列公式计算：

1) 采用固体烧碱配制每1m³液度为M的碱液时，每1m³水中的加碱量为：

$$G_s = \frac{1000M}{P} \quad (6.6.12-1)$$

式中: G_s ——每 m^3 碱液中投入的固体烧碱量(kg);

M ——配制碱液的浓度(g/L), 计算时将g化为kg;

P ——固体烧碱中, NaOH含量的百分数(%)。

2) 采用液体烧碱配制每 m^3 浓度为 M 的碱液时, 投入的液体烧碱体积 V_1 和加水量 V_2 应符合下列公式规定:

$$V_1 = 1000 \frac{M}{d_N N} \quad (6.6.12-2)$$

$$V_2 = 1000 \left(1 - \frac{M}{d_N N} \right) \quad (6.6.12-3)$$

式中: V_1 ——液体烧碱体积(L);

V_2 ——加水的体积(L);

d_N ——液体烧碱的相对密度;

N ——液体烧碱的质量分数。

4 应在盛溶液桶中将碱液加热到 90°C 以上才能进行灌注, 灌注过程中桶内溶液温度应保持不低于 80°C 。

5 灌注碱液的速度, 宜为 $2\text{--}5\text{L}/\text{min}$ 。

6 碱液加固施工, 应合理安排灌注顺序和控制灌注速率。宜间隔1-2孔灌注, 并分段施工, 相邻两孔灌注的间隔时间不宜少于3d。同时灌注的两孔间距不应小于3m。

7 当采用双液加固时, 应先灌注氢氧化钠溶液, 间隔8-12h后, 再灌注氯化钙溶液, 后者用量为前者的1/2-1/4。

6.7 多桩型复合地基

6.7.1 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。

6.7.2 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、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。

6.7.3 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。

6.7.4 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。

6.7.5 多桩型复合地基的褥垫层应按以下要求设计:

1 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填土地基,宜采用灰土垫层,其厚度宜为300mm。

6.7.6 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:

$$f_{spk} = m_1 \frac{l_1 R_{a1}}{A_{p1}} + m_2 \frac{l_2 R_{a2}}{A_{p2}} + b(1 - m_1 - m_2) f_{sk} \quad (6.7.6-1)$$

式中: m_1 、 m_2 ——分别为A桩、B桩的面积置换率;

l_1 、 l_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：

$$f_{spk} = m_1 \frac{l_1 R_{a1}}{A_{p1}} + b [1 - m_1 + m_2 (n - 1)] f_{sk} \quad (6.7.6-2)$$

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。

6.7.7 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6.7.7所示。

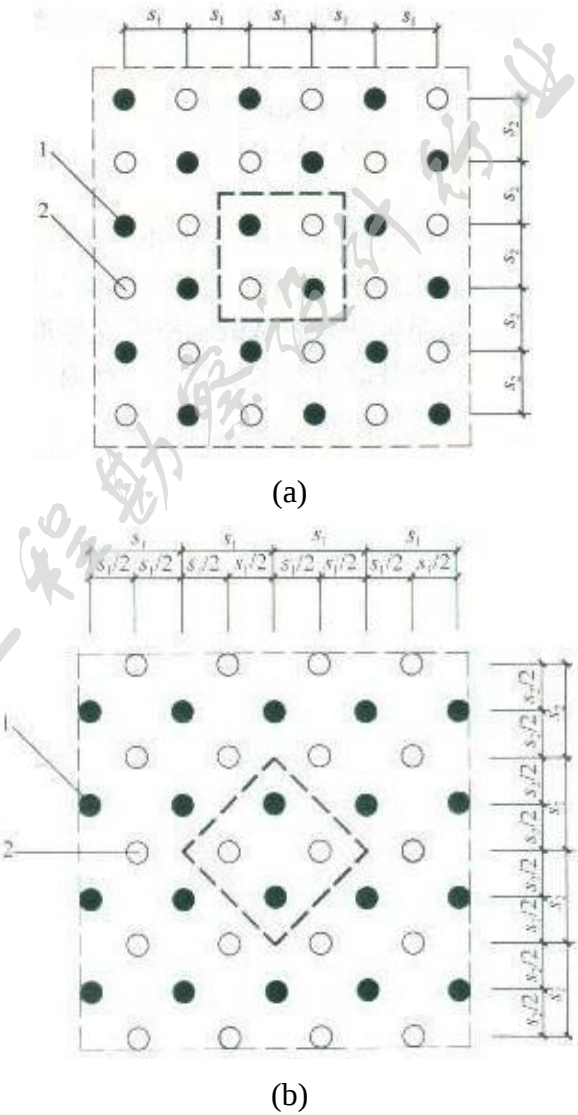


图6.7.7 多桩型复合地基面积置换率计算模型

6.7.8 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》GB 50007的有关规定。

复合土层的压缩模量可按下式计算：

$$E_{sp} = z \cdot E_s \quad (6.7.8-1)$$

$$z = \frac{f_{spk}}{f_{ak}} \quad (6.7.8-2)$$

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6.7.8的数值。

表6.7.8 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：

$$z_1 E_{si} = \frac{f_{spk}}{f_{sk}} [m_2 E_{p2} + (1 - m_2) E_{si}] \quad (6.7.8-3)$$

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，

$$z_1 E_{si} = \frac{f_{spk}}{f_{sk}} [1 + m_2 (n - 1)] \alpha E_s \quad (6.7.8-4)$$

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。

6.7.9 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。

6.7.10 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。

6.8 桩 基 础

6.8.1 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。

6.8.2 在细粒土填筑场地选用桩基时，施工方法应根据工程要求、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。

6.8.3 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。

6.8.4 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 基底下填土层厚度不小于 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 基底下填土土层厚度小于 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》JGJ 94 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填土场地时尚应考虑负侧摩阻力。

6.9 质 量 检 验

6.9.1 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。

6.9.2 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。

6.9.3 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。

6.9.4 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位。
- 4 施工出现异常情况的部位。

6.9.5 场地地基处理中挤密桩等增强体桩质量检验和注浆质量检验应符合《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 相关标准规定。

6.9.6 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。桩基

质量检验应符合现行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 相关标准的规定。

河南省工程勘察设计行业协会发布

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剪快剪和三轴不固结不排水剪参数。

2 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。

3 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。

4 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	

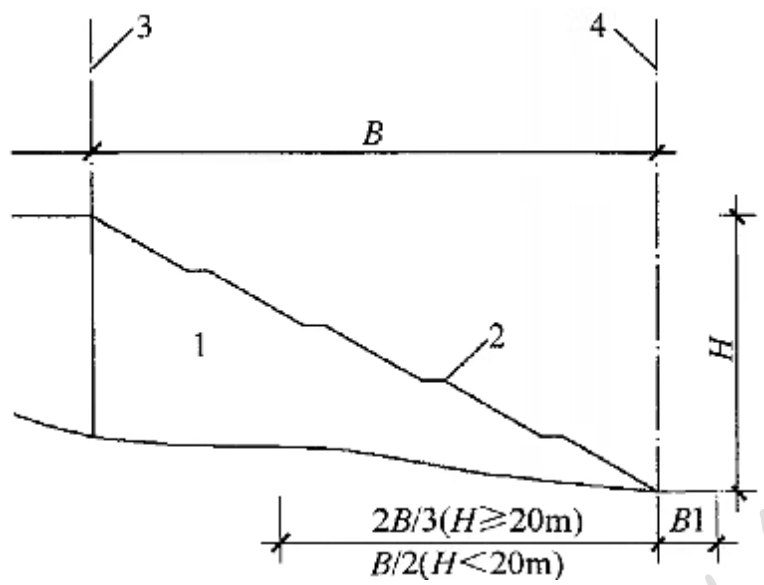


图 7.2.4 边坡稳定影响区划分示意

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 边坡支挡设计

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	2.03.0	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体内部排水，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。

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 C25。

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；当地质条件变化时，应分段砌筑，并设沉降缝。

4 对于常年受潮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 填方工程排水工程应包括地表排水和地下排水。地表排水包括场外挡排水和场地内排水，地下排水包括原场地地基排水和填方工程内的排水。

8.1.2 排水工程应充分利用场地地形和天然排水系统，结合填方工程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 场地外地表排水

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 场地内地表排水

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 3-4 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 5-20 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 当冲沟内有积水湿地或泉水露头时，渗水盲沟宜有效导引到下游。

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 填方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 填方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 填方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方地基外。

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应符合下列规定：

- 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规划图。
- 3 原场地地基处理、填方地基处理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、填方地基的工程特点、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 填方地基应按表 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 填方地基监测必测项目

监测项目			监测装置
变形	地表变形	地表沉降	沉降板、沉降标、
		水平位移	位移观测标、
	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、裂缝仪

表 9.2.1-2 填方地基监测选测项目

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 D 要求，地下水位和孔隙水压力监测应符合本规范附录 E 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》GB 6722 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)筑物等级举例

建(构)筑物分类	举 例
甲	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；大型轧钢压延车间；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
乙	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；大型多层工业建筑；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
丙	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、理化实验室；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
丁	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

附录 B 粗粒土密度试验

（大体积灌水法）要点

B.0.1 粗颗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式计算：

$$r_0 = m_0 / v \quad (\text{B.0.4-1})$$

式中： ρ_0 ——巨粒土和粗粒土的湿密度（ kg/m^3 ）；

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：

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

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。

河南省工程勘察设计行业协会发布

附录 C 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 粗颗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 100g。
- 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式计算：

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

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%):

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

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 变形监测要点

D.1 原场地地基变形监测

D.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。

D.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。

D.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。

D.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。

D.2 地基分层变形监测

D.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。

D.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。

D.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。

D.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。

D.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。

D.3 地基表层变形监测

D.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。

D.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。

D.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。

D.4 边坡坡面位移监测

D.4.1 地基填筑过程及完成后应对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。

D.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。

D.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° 。

D.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》GB 50026 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 E 地下水位和孔隙水压力监测要点

E.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。

E.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 $\phi 4\text{mm}$ - 6mm ，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。

E.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。

E.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。

E.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，并宜采用水位计进行水位深度的读数。

E.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。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,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”。

引用规范标准名录

- 1 《工程勘察通用规范》 GB 55017
- 2 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 3 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 4 《高填方地基技术规范》 GB 51254
- 5 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 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
- 9 《煤矿采空区岩土工程勘察规范》 GB 51044
- 10 《岩溶地区建筑地基基础技术标准》 GB/T 51238
- 11 《工程测量规范》 GB 50026
- 12 《高层建筑岩土工程勘察标准》 JGJ/T 72
- 13 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 14 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 15 《载体桩技术标准》 JGJ/T 135
- 16 《水泥土复合管桩基础技术规程》 JGJ/T 330
- 17 《湿陷性黄土地区勘察与地基处理技术标准》 DBJ41/T 243
- 18 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 19 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 20 《爆破安全规程》 GB 6722

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

填方工程地基处理技术标准

T/HNKCSJ001-2022

条文说明

河南省工程勘察设计行业协会发布

编制说明

河南省工程勘察设计行业协会于 2022 年 9 月 23 日以豫建设协[2022]38 号文发布了《填方工程地基处理技术标准》T/HNKCSJ001-2022。

本标准编制过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了我省填方工程的勘察、设计、施工实践经验，同时参考了国内类似先进标准，与省内相关标准协调，通过调研、立项、分工编写，讨论、技术论证会等形成初稿，在广泛征求意见经国内、省内地基基础、勘察、设计、施工、监测等行业著名专家审查后修改编辑而成。鉴于我省填筑工程特点，在章节安排上依此为场地岩土工程勘察、填方工程、场地地基处理、填筑边坡工程、排水工程、工程监测的顺序进行。

为便于广大设计、施工、科研院校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《填方工程地基处理技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明和解释。本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	69
2	术语和符号	71
2.1	术语	71
3	基本规定	72
4	场地岩土工程勘察	76
4.1	一般规定	76
4.2	工程测量	77
4.3	岩土工程勘察	77
5	填方工程	81
5.1	一般规定	81
5.2	填筑材料	81
5.3	设计与施工	82
5.4	质量检验	88
6	填筑场地地基处理	89
6.1	一般规定	89
6.2	环境保护	89
6.3	填筑场地地基处理	90
6.4	强夯法	92
6.5	挤密法	93
6.7	多桩型复合地基	94
6.8	桩基础	95
7	填筑边坡工程	97
7.1	一般规定	97
7.2	边坡稳定性分析	98
7.3	边坡支挡设计	99
7.4	边坡排水设计	100
7.5	坡面防护设计	100
7.6	边坡施工与质量检验	101
8	排水工程	103
8.1	一般规定	103
8.2	场地外地表排水	104
8.3	场地内地表排水	104
8.5	填筑地基排水	105
8.6	质量检验	105
9	工程监测	107
9.1	一般规定	107
9.2	地基监测	108
9.3	边坡工程监测	109
9.4	环境保护监测	109

1 总 则

1.0.1 近二十年来, 在我省的山区和丘陵地带, 河南省域如郑州的新郑、巩义、上街及信阳、洛阳、三门峡等地、市利用“开山填谷”解决工程建设用地的项目越来越多, 由此形成了大面积、大土石方量的填方地基。填方地基工程涉及面广、岩土地质性质变异大、存在许多不良地质问题, 包括填方工程、原地基的处理及后续填方地基的处理、填筑体的填筑和排水、场地的排水及填筑边坡的支挡、防护设计等内容, 如处理不当, 极易造成场地破坏, 影响建构筑物的安全运行。2018 年《高填方地基技术规范》GB 51254 发布, 极大的提高了对类似工程的勘察设计水平。2021 年 7 月 20 日大暴雨后一些填方地基出现地基事故如场地毁损、桩基失稳、基础破坏等现象和地基变形过大等问题。国家规范在以下四个方面尚不能完全包括在河南省域的丰富工程勘察、设计实践: 1) 适用范围方面: 国标中所述的是高填方地基, 要求大于 20m-80m, 而该标准涵盖了所有不大于 50m 的填方地基; 2) 本标准补充了对细粒土填方地基的勘察与评价及不达标时如何处理的要求, 而国标没有涉及; 3) 本标准提出了对细粒土类填方地基应结合建筑类别及场地湿陷等级进行地基处理的意见, 国家规范没有涉及; 4) 本标准提出了对填筑边坡工程的支挡设计特别是对高于 20m 以上边坡及地基为膨胀土、湿陷土等特殊土遇水易造成地基弱化进而引发边坡失稳的现象, 提出了针对性更强的支挡措施, 而国标没有提及。鉴于我省尚没有类似技术标准, 因此亟需制定一个适用河南省域的地方标准, 以指导河南省域的勘察、设计工作。

制定本标准的目的是使填方地基技术标准化, 明确填方地基在设计和施工中必须贯彻国家的技术经济政策, 做到安全适用、保护环境、技术先进、经济合理、确保质量, 以保障填方地基工程建设科学健康发展。

1.0.2 目前国内一般认为高填方地基是指填筑厚度超过 20m 不超过 80m 经有组织分层填筑和压(夯)实处理后的地基。对于高填方填筑地基确定为 20m, 主要考虑 20m 以下的填筑地基在工程中比较常见, 处理相对容易, 设计和施工人员可按相关标准执行。鉴于我省在建筑类填方地基勘察设计中填方高度不等, 从数米到几十米但多在 50m 内, 即有低于 20m 的一般填方地基, 也有高于 20-50m 的高填方地基, 为方便论述本标准统称为填方地基。考虑到现阶段超过 50m 的高填方填筑地基的工程实例较少, 工程经验不够充足, 因次本标准确定填方高度以不超过 50m 为宜。对超过 50m 高填方地基处理应进行专项设计并评审。

1.0.3 我省 50m 以内填方地基工程设计有如下特点:

- 1 山区和丘陵地区, 地形高差大、工程地质条件与水文地质条件复杂, 在

高填方地基的建设场地，岩土工程特性明显不同，且存在诸多不良地质问题。

2 多为无序回填、回填质量堪忧，需要进行这方面的勘察设计工作。

3 在建设过程中，因河南西部多分布有湿陷性黄土、膨胀土等。出现较多的细颗粒填方地基，也有不少杂填土填方工程。会挖除原有边坡，同时回填和弃土堆放产生新的边坡，边坡的支挡不仅工程造价高，而且对周围环境产生影响。

4 填方地基必然对建设场地原有排灌体系有所影响，从而形成新的排水体系。

根据填方地基的特点，在填方地基的设计与施工时应贯彻执行我国的基本国策，做到因地制宜、就地取材、挖填平衡、节约土地并重视工程环境问题。

1.0.4 本标准是针对填方地基的特点制定的，难以全面反映地质勘察、地基处理、边坡支护、排水工程等工程技术。因此，对填方地基的地基处理除应执行本标准的规定外，对本标准未规定的其他有关内容，尚应符合国家及河南省现行有关规范、标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 本标准所指填方地基是指工程建设中填筑厚度从数米到 50m 不等并经人工有组织分层填筑、分层压（夯）实处理形成的场地或地基。为方便对填方工程及地基的勘察、设计及有效治理提出对填方地基分为细颗粒填方地基和粗颗粒填方地基。

河南省工程勘察设计行业协会发布

3 基本规定

3.0.1 本条规定要求填方地基在设计和施工前，应完成工程场地的测量与岩土工程勘察工作。填方地基工程涉及面广，工程量大，土石方量多，工期长，工程投资高，正式设计和施工前，应查清地质情况，平衡挖填土石方量以及考虑地基处理中可能遇到的问题，评价水文、地质和环境等问题。填方地基工程不能边勘察、边设计和边施工，而应坚持按正常的建设程序进行勘察、设计和施工工作；同时规定了在施工之前设计必须确定原场地地基和填筑地基的处理目标，制定地基处理方法、处理范围、质量控制指标及技术要求。

3.0.2 建筑场地分区是按照工程建设项目的使用功能及建（构）筑物结构的复杂程度、对地基的变形要求及影响范围等确定的。分区的目的是在勘察、原场地处理以及填筑地基的填料选择、质量控制等方面对不同区域、不同部位有所区别和对待，防止填方地基对整个场区采取“一刀切”的同一标准。

3.0.3 本条是对填方地基设计前应完成工作的规定。要求调查了解当地地基处理经验和类似场地上的工程经验，确定原场地和填筑地基的处理目的和要求，拟定地基处理方法、处理范围、质量控制指标及技术要求。

3.0.4 本条规定强调了填方地基进行试验的重要性。填方地基场地条件、安全等级、建设场地分区、填料性质等一般较复杂，各个地区情况差异较大，因此初步设计阶段应进行现场试验或试验性施工，通过调试机械设备、确定施工工艺、用料及配比等各项施工参数，检验已经选定的加固设计参数和处理效果，为施工图设计提供必要的参数，优化设计，节约投资。同时，由于勘察资料具有相对性和局限性，因此，应根据实际情况，及时校验和调整设计，才能取得满意的效果。

3.0.5 工程测量是为工程建设的总平面规划、建设用地、初步设计、施工图设计及施工提供基础资料和依据。

1 测量范围：应为已批准的工程建设的总平面规划范围。

2 测量范围内测量比例可按 1:1000-1:2000 测绘地形图。

3 测量要求：在执行现行国家规范《工程测量规范》GB 50026 的同时，尚应满足本标准要求。

4 首级平面、高程控制点（网）的测量应采用标准中的一级导线和二等水准，作为首级平面、高程控制点（网）的加密及独立地段的平面、高程控制点（网）可采用规范中的图根导线和三等水准。

填方工程多属永久性工程，测量成果作为最基本的数据，应采用国家统一的坐标系统和高程系统，以便于后续工程建设各环节的对接，保证工程数据的延续。在详勘阶段根据设计要求，可建立场地坐标系统。

3.0.6 岩土工程勘察的核心工作是抓住关键岩土工程问题做好岩土工程评价。当场地地质条件复杂,存在诸多岩土工程问题时,应抓住其中关键工程问题进行岩土工程概念设计。概念设计又称思路设计或者叫方向性设计,它是一种管方向、管原则、管大局、管根本、管重点的顶层设计,它是在融合地质理论和力学理论基础上面向关键地质问题的经验设计,其核心是地基基础方案的比选或选型,强调要结合上部建筑结构特点、场地不良地质问题、原地基特殊土问题和填筑地基特点及环境条件进行多种方案的安全、适用、经济的综合对比,从中筛选出合适的地基处理方案。

3.0.7 场地岩土工程勘察应分阶段进行,勘察分为初步勘察、详细勘察以及施工勘察;初步勘察和测量应满足试验区(段)设计和工程初步设计的要求,详细勘察和测量应满足施工图设计要求。场地工程测量应以控制测量和地形测量为主;初步勘察和测量应满足试验区(段)设计和工程初步设计的要求,详细勘察和测量应满足施工图设计要求。

3.0.8 填方地基多分布在山区和丘陵地区,工程地质复杂多变,岩土工程性质差异较大,存在诸多不良地质问题,影响填方地基的稳定和建(构)筑物的安全。因此,在填筑地基前,应查清楚原场地存在的较弱土、特殊土并有针对性地进行处理。处理部位分为地表处理、原始地形边坡和坡面处理、挖填交界段的处理等。

3.0.9 当建筑场地及周边存在滑坡、崩塌、泥石流及岩溶、土洞、采空区、地面沉降等不良地质现象和问题时,应按照有关规范、规程进行勘察,查明问题,提出相应的处理方案。因这些不良地质现象比较复杂,而且国家、行业也有相应规范、规程进行勘察的要求,本标准不再涉及,仅提出必须进行勘察的规定。

3.0.10 本条对填方填筑地基的设计和施工进行了规定。

1 国内近年来的一些填方地基的工程实践,有很多成功的范例,也有失败教训。在失败的工程实例中,有的属于地基失稳,有的属于变形量大。资料显示,有一个填方地基填筑高度为50m左右,当填筑到设计高程时,顶面沉降已达2.40m,对这些工程不得不进行返工补救处理。因此填方地基应进行变形控制和稳定验算,以保证填方地基的安全运用和经济效益。

2 填方地基沉降包括原场地地基沉降和填筑地基沉降两部分。在工程设计中,应对地基沉降进行估算,特别是填筑地基的工后沉降。对超过设计所能容许的变形和不均匀沉降时,应采取处理措施。填筑地基工后沉降,对不同行业、不同建(构)筑物要求不同。根据经验,山区填方填筑地基工后沉降量和差异沉降,可参照以下要求:

1) 一般建筑区工后地基沉降量控制:采用块石、碎石填筑地基时,工后沉降量一般可控制在40mm-60mm;采用土料和土夹石混合料填筑地基时,工后

沉降量一般控制在 60mm-80mm；使用期地基差异沉降一般控制在 1‰-3‰。

现行国家规范《建筑地基基础设计规范》GB 50007 对建筑物的地基变形值作了规定和要求。

影响填方地基变形的因素复杂，工程条件繁多，目前尚无实用的理论计算方法可用于工程实践。工程设计中，主要依据设计经验和工程类比以及参照国家现行有关标准的规定进行估算，并通过本标准对原场地地基处理、填筑地基以及边坡等的质量要求控制措施解决。

2) 关于原场地下卧层问题。考虑到填方填筑地基的实际施工程序，为分层填筑、分层压（或夯）实。对于填料为粗粒土，采用强夯法施工，分层填筑厚度一般控制在 4.0m 左右；对于细粒土，采用碾压法施工，分层厚度控制小于 0.5m。当处理上层土时，对下面的填筑地基均有加固作用，且填筑地基从开始填筑到设计高程将是一个比较长的过程。因此，随着填筑地基分层填筑、分层施工，下卧层的地基是加载预压过程，土体强度随着分层填筑处理而产生固结压密。但如何定量提出下卧层地基处理的要求，目前研究还不够，根据工程经验，当原场地地基承载力不小于 240kPa，地基土为低压缩性，认为场地地基可以满足填方地基的沉降和稳定要求。

3) 预留发展区填筑地基的工后沉降量一般控制在 200mm-300mm。

3.0.11 本条把填方填筑地基应采用分层填筑、分层压（夯）实、分层检测和验收作为强制性条文，强调了“分层”的重要性，不允许施工过程中出现的无序施工，必须保证每层按设计要求压实或夯实，分层填筑地基必须满足密实、均匀和稳定要求方可进行验收。未经验收或验收不合格时，不得进行下一道工序施工。

填方地基由于填方高，在保证地基稳定的前提下，要求形成地基密实、均匀。检测手段主要有静载荷试验、静力触探和动力触探、标准贯入，以及室内土工试验等。不符合设计要求的原场地地基和填筑地基不允许作为建（构）筑物的地基持力层。

3.0.12 监测工作应贯穿于填方地基的施工期间和使用期间。监测结果是工程质量检验的主要依据，也是检验设计、施工质量和进行工程总结的重要资料，通过监测数据分析，可以验证原场地与填筑地基的稳定性和沉降变形，及时掌握高填方地基的工作状态，避免意外事故发生。监测工作应有专人负责，终止时间应符合设计要求。

监测设计应遵循下列原则：

1 监测应能较全面地反映填筑地基和原场地地基的工作状态，目的明确，重点突出。

2 应结合工程特点，有针对性布置监测项目和仪器，监测断面和部位应有

代表性。

3 对沉降有特殊要求的填筑地基和边坡工程以及高填方地基上重要的建（构）筑物，应加强监测设置，并应进行长期监测。

3.0.13 本条对填筑地基处理完成至开始在填筑地基设计高程进行建（构）筑物施工的最少置放时间作出规定。对细粒土填方而言，大量填方地基沉降监测结果表明：即使达到压实标准的填方地基在竣工后头几个月沉降速率较大，可达数毫米/d，遇到雨季时沉降速率有突变，后几个月速率逐渐趋于平缓，约零点几毫米/d，再后来将趋于稳定。所以这里建议当采用细粒土填料时宜为 1-2 个雨季；当采用块石、碎石填料时为 1 个雨季。在实际工程中，在施工期间和工后进行沉降和变形监测，可以判断填方地基变形的发展趋势，结合建（构）筑物的地基沉降控制要求，推算最终沉降，从而确定建（构）筑物的建造时间。建（构）筑物的地基变形允许值和沉降变形观测应按国家现行有关标准执行。

3.0.14 填方地基施工过程属于隐蔽工程，施工质量受人为因素的影响较大，事后检测和补救亦较困难。施工过程中必须有专业技术人员负责质量控制和监测，通过了解和掌握地基处理的目的、加固原理、技术要求和质量标准，确保每道工序处于受控状态，并将检测工作视作保证工程质量的重要手段。施工中，发现质量不合格或场地条件与设计不相符，要及时汇报给设计人员和监理人员，以便妥善解决。质量验收应按分部工程、分项工程进行质量检验和验收。

3.0.15 填方地基必须贯彻实施水土保持法和环境保护法，采取必要措施进行环境保护，防止水土污染和流失。

4 场地岩土工程勘察

4.1 一般规定

4.1.1-4.1.3 勘察是填方建设过程中确保工程质量、提高建设效率、增加投资效益的重要基础工作，也是填方地基建筑区、边坡和边坡稳定影响区进行地基处理设计的地质基础。勘察方法应根据工程情况、场地地质条件确定，填方和挖方区域的岩土工程勘察要以查明挖方区的填料特性和土石储量、填方区填筑质量、填土作用下地基的稳定性评价为主。

依据填方工程的特点和满足地势设计、土石方计算和土石方调配的需要，提出了初步勘察阶段、详细勘察阶段地形图比例尺要求。对符合复杂水文地质条件的场地，勘察应提出地下水和地表水处理的建议。

划分勘察等级是为了突出重点，区别对待。勘察等级按照场地复杂程度和原场地地基等级进行划分，勘察等级不同，勘察工作量的布置也不同。

场地复杂程度的划分按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 中的分类原则执行。

场地地基等级划分目的是要求场地地基处理应根据岩土种类、土的性质和地下水对填方工程的影响设计；特别是对软弱土、湿陷性土、膨胀土、盐渍土、多年冻土等特殊岩土地基的处理设计。场地地基等级的划分按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 中的分类标准，同时考虑了地下水对填方工程的影响程度，地下水对工程影响大的，需要采取截排水等特殊处理的地基，列为一级地基。

4.1.4 实践中常发现在勘察前许多建筑场地已经填筑完毕，这些填筑工程多为无序随意回填，更谈不上压实。此时应对填筑工程及下伏地基进行岩土工程勘察。

4.1.5-4.1.6 对场地水文地质条件相对简单的场地，水文地质勘察可以与岩土工程勘察合并进行，在进行岩土工程勘察时，布置必要的水文地质钻探、试验工作，查清场地水文地质条件。当场地水文地质条件可能对填方工程的安全、稳定产生影响时，应进行专门的水文地质勘察。本条所列水文地质调查的五种情况是水文地质条件较为复杂，会对填方工程的安全、稳定产生影响的情况。

4.1.7 对已经填筑的细粒土场地，因多为无序回填或回填质量问题，勘察时发

现填土为非自重湿陷性场地或自重湿陷性场地，这样就牵扯到对细粒土填筑场地的评价标准问题。同时这里引用国家标准对填筑场地的建构筑物类别进行相应划分，以便进行科学合理的工程评价。

4.2 工程测量

4.2.1 随着全站仪在我国的普及应用，工程测量单位对中小规模的控制测量大部分采用导线测量的方法。导线测量的主要技术要求是根据多数工程测量单位历年来实践经验、理论公式估算以及规范的科研课题试验验证，并基于以下条件确定：

1 三等、四等导线的测角中误差采用同等级三角形网测量的测角中误差值 m_{β} ；

2 导线点的密度应比三角形网密一些，故三、四等导线的平均边长 S 采用同等级三角测量平均边长的 0.7 倍左右；

3 测距中误差是按常用电磁波测距仪器标称精度的估算值，特别是近年来电磁波测距仪器的精度都相应提高，该指标是容易满足的；

4 设计导线时，中间最弱点点位中误差采用 50mm；起始误差 $m_{起}$ 和测量误差 $m_{测}$ 对导线中点的影响按“等影响”处理。

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，这样才能保证地形和地物的测量精度，为以后的勘察点位提供基础依据。

4.2.2 建立的首级控制网应稳固，能保证工程从初步设计到最后完成整个工程施工的测量要求和精度。永久性的控制点应与国家高一级的控制点联测，并定期检查其稳定可靠性。无法与高级控制点联测的情况下，可以建立同样满足整个工程要求精度的独立控制网。

4.2.3 施工图设计阶段要求的高程控制测量精度较高，可以为后续平整场地以及土方开挖及回填等工作的工作量提供依据。

4.2.6、4.2.7 做好施工区原始地形图或断面图测绘，开挖、填筑轮廓点的放样，竣工地形图及断面图测绘和验收测量，为工程量计算提供重要的数据支持。

4.3 岩土工程勘察

4.3.1 由于填方工程的复杂性和特殊性，项目的总体规划、竖向设计等经常会有调整，在不同勘察阶段，岩土工程勘察前，应收集该阶段场地总体规划平面、竖向设计等资料，确定场地挖方区、填方区以及挖填过渡区等范围，根据建设场地分区情况，确定勘察重点。

1 不同的建设场地分区，其勘察范围、勘察重点和勘察的时机可能有所不同，对勘察的要求也会不同。对规划已经明确的功能分区，可根据规划分区确定勘察范围，但还要适当考虑到规划有可能会调整。

2 初步勘察阶段应注重已有资料的收集和工程地质调查与测绘工作。为了满足地势设计、土石方调配、原场地地基处理、填筑、排水、边坡等初步设计要求，初勘阶段需初步查明岩土的工程特性，以及软弱地层、特殊岩土、不良地质作用的分布，填料的工程性质与分布、储量等属性，对石质填料的可挖性、各类填料的适宜性等进行分析评价；对场地内环境工程地质条件、地质灾害进行调查、预测与评价，并提出有关工程建议。

4.3.2 本条规定了详细勘察阶段的主要技术要求：

1 填方区应重点查明原场地地层结构，各类岩土的物理力学性质指标，对特殊土、不良地质作用、软弱地层、岩溶等应查清其分布范围及规模，并进行稳定性等评价，对原场地地基土需要进行地基处理的，要提出处理建议。

2 挖方区作为填料来源、料场时，应按本标准第 4.2.1 条对填料进行分类，对土、石工程等级类别进行鉴定，提供各种填料的比例、料源分布平面图和有关参数。

3 挖方区挖至设计高程后应进行必要的勘察，若存在软弱地层、特殊土、土洞等不良地质现象，在雨季地表水入渗后有可能对填方工程产生不利影响，尤其对挖填过渡区域应特别关注。

4 边坡区勘察的重点是查明边坡区岩土层的分布及其工程特性，为边坡稳定分析、边坡区地基处理提供必要的参数。

5 对可能采用的各种地基处理方案，应提供有关岩土参数及注意事项，分析施工方法可能带来或产生的工程环境问题。

6 当上覆大厚度的填筑后，原场地地基下的可液化土层绝大部分将不具备液化条件，但对填筑厚度较小的坡脚等地带，应重视可液化地层对高填方的影响；场区内有些滑坡、崩塌等地质灾害由于高填方的填筑，可能不具备发生的条件，但场区周边由于挖方等原因，也许会使得原来稳定的滑坡等变得不稳定，因此，有必要对场地的环境地质问题进行预测与评价，提出有关防治与监测的建议。

7 对施工过程中发现的地质条件特别复杂或异常、可疑地段，应采取必要的手段进行工程地质复查，针对勘察重点布置工作量。斜坡地段由于现场条件所限，详勘阶段难以布置足够的勘察工作量，随着填筑厚度的增加，可以在施工阶段分阶段进行施工勘察，及时提供斜坡地段地基处理设计有关岩土参数。

4.3.3 勘探线、勘探点间距应根据场地所处建设分区进行布置：

1 期探线（点）的布置，应按照先粗后细、由浅入深、先整体后局部，全

局控制重点把握的原则。初勘和详勘勘探线（点）布置应综合考虑，分步实施，根据现场情况及时调整钻探点间距。总体上挖方区的勘探线、勘探点间距要大于填方区的勘探点间距。对建（构）筑物用地区勘探点的布置，在考虑建（构）筑物平面轮廓的同时，以总体控制为原则，可适当调整点位。

2 填筑区勘探点的深度应满足原场地地基处理、变形计算的要求，应按照上覆填土荷载情况，按照分层总和法估算影响深度；边坡区稳定性分析由于方法的不同，得到潜在滑动面位置可能不一样，勘探点的深度应超过潜在滑动面位置，勘探及取样、测试点的位置应满足稳定分析的需要。

3 挖方区填料及料源勘察勘探点的间距要考虑地质条件的复杂程度，可结合物探及地质调查成果，对填料料源性质变化大的地段应加密布置，填料类型单一的地段，勘探点间距可以放宽。

4.3.4 本条规定了钻探和原位测试的技术要求：

1 挖方区的勘探可以在挖至设计标高附近后进行，也可结合上部建（构）筑物情况进行，其深度场地整平高程起算；挖方之前对填料的控制性勘探孔，也可在后期挖方区勘察时加以利用。

2 本款提出了不同勘察等级工程控制性勘探孔所占总勘探孔的最低比例，对场地、地基条件复杂的场地，控制性勘探孔数所占比例应增大。高填方工程的范围一般较大，控制性勘探孔的数量以总体控制，满足沉降、稳定性分析等的需要为原则，同时还应兼顾每一地貌单元都应有控制性勘探孔。

3 勘探孔的深度应满足沉降计算与稳定性分析的需要，对基岩埋藏相对不深的场地，应钻至基岩一定深度，对基岩埋藏较深的应钻至较硬的稳定土层3m-5m，对有软弱土层分布的场地，应根据软弱土层的分布厚度和填筑厚度估算，其深度应满足沉降计算需要。对特殊性土，勘探孔的深度应满足国家现行相关规范，如对湿陷性黄土，应满足《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的规定，应穿透湿陷性土层；膨胀土应满足《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 的规定。

4.3.5 对取样和进行原位测试的数量、间距作出规定：

1 由于土性指标的变异性，必须通过统计分析来确定各岩土层的代表值，考虑到高填方场地一般较大，一些地形地貌复杂的场地可能有多个地貌单元，因此，对每个地貌单元的每一主要土层的取样数量或原位测试数量规定最低限制，以满足统计分析的需要。

2 为了全面了解高填方场地不同功能分区岩土的工程性质，进行必要的取样测试或原位测试是必要的。本款规定了取样和原位测试的勘探孔数量之和不少于 1/2，取样孔数量不少于 1/6-1/3，以鼓励多进行原位测试，少布置不取样或不进行原位测试的鉴别孔。

3 为了获取不同深度岩土层的工程特性指标,本款规定了不同深度取样或进行原位测试的间距,对浅部的间距适当加密,深部的间距适当放宽,现场操作过程中可根据地层、岩性变化情况适当调整,地层变化不大时,取样和原位测试间距可适当放大,以免造成不必要的浪费。

4.3.6 本条对土工试验作出规定:

1 土工试验项目的选择应结合高填方工程的特点,如对软土,根据所处工程位置,一般需要进行重直向和水平向渗透试验、固结试验、次固结试验等,对边坡区岩土应进行直剪、三轴剪切试验等。应根据工程分析计算的要求,提供所需的试验指标。

2 在对原场地地基勘察时,勘察人员往往忽视了高填方工程的特点,在进行固结试验时,没有把上覆高填方的荷载加进去,造成固结试验的最大加压级别偏低。在对原场地地基的黄土湿陷性进行评价时,测定黄土湿陷系数的浸水压力,也应考虑填土荷载的作用。

3 对深厚软土层及软弱土层,提供固结系数、固结试验各级压力下的 $e-p$ 数值,是进行沉降分析与预测的需要。对一些软弱土层,如软可塑状态的黏性土和饱和松散粉土等,按照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021,其定名不能划为软土。以往的勘察中,常将其按一般土对待,致使设计和工程实施过程中低估甚至忽视了对工程的不利影响,给多个填方工程带来了地基沉降过大或边坡失稳等程度不同的影响。

4 由于填方的填筑荷载较大,为了尽可能减小填筑地基本身的压缩变形,提高其密实度是减小填筑地基本身变形的直接手段。目前常用的高填方填筑施工方法主要有强夯法和冲击碾压法,考虑到施工机械的能量都比较大,强夯或碾压后填筑地基的干密度可以达到较高的数值,再加上国内水利、公路、民航等行业土方工程的控制压实度均采用重型击实试验指标,因此从控制填筑地基自身沉降的角度,采用重型击实试验。高填方工程往往会遇到一些块石类、碎石类巨粒土,受各种条件所限,不得不将其作为填斜来使用,对巨粒土和粗粒土的密度试验方法,本规范附录 A 做了规定。本规范附录 C 关于巨粒土和粗粒土的颗粒分析试验对现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 做了一些补充。

5 获取抗剪强度的试验方法应尽可能与实际工况相符,根据填筑地基的排水、固结条件,本款规定了为稳定性分析提供剪切指标的试验方法;对粗粒土或块碎石填料,应考虑试样尺寸对试验结果的影响,应采用大型室内试验或现场剪切试验。

5 填方工程

5.1 一般规定

5.1.1 本条规定了在进行填方地基设计前应取得气象、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。其中强调要取得工程场地分区和土石方料源勘察资料，并应了解当地经验和施工条件等。

5.1.2 填方场地通常具有地形起伏大、地质条件复杂、土石方材料多样且工程量大等特点，由此带来的稳定与沉降等问题突出。在填筑地基满足密实、均匀同时，控制地基变形和稳定性为高填方地基设计的主要原则。填方地基因场地条件、填料性质的差异，因此要求初步设计阶段前应进行现场试验或试验性施工，并通过试验来确定填料、施工工艺、参数，为施工图提供必要的参数。

5.1.3 多年工程实践表明，在勘察单位进场前，发现很多填筑工程已经完成，但多属无序回填，而且填筑质量不密实，检测也多流于形式。当填筑材料为无序状态时，如需要进行建设，应严格按照建设程序及建设要求进行勘察、设计及必要的工程处理。当填筑体不太厚时，一般应挖除后重新填筑。但当填筑厚度较大，全部挖除不太现实。此时应结合场地建筑结构特征、填筑质量及原地基特点在详细勘察后采取较全面、综合的地基处理措施。

5.1.4 监测是填方工程的重要环节，对评价目前的状态、预测以后的趋势以及提出工程措施建议，都将提供重要的依据，应充分重视监测工作。因此，在填筑过程中和填筑完成后，应对埋设仪器和测量标志采取可靠的保护措施，以便采集和分析数据。

5.1.5 多年实践经验显示，基坑肥槽回填多流于形式，多不能回填密实导致遇到大降雨时肥槽进水进而造成地库上浮等事故，处理难度较大而且费用较高。鉴于细粒土填筑地基的特点，进水后处理难度较大，因此要把肥槽回填密实。

5.2 填筑材料

5.2.1 在填筑施工方法、填料粒径、级配和强夯施工参数相同的条件下，地基处理效果一般差别较小；但因填料中含块碎石比例不同，其地基处理效果是随着填料中含碎石的比例增加而增加。由此表明，依据对地基处理后的强度和变形要求，进行填料搭配（粒径、级配）设计是非常必要的。

1 “良好级配”一般指不均匀系数 $C_u \geq 5$ ，曲率系数 $C_c = 1-3$ ，根据工程经验和试验特别提出了 $C_u \geq 10$ ，曲率系数 $C_c = 1-3$ 要求；在岩性及地质条件相近的情况下，用控制最大粒径和有一定级配要求，进行填筑填料设计，并选用合理的填筑施工方法，可以达到良好级配、填筑层整体均匀的效果。

试验结果表明,按小于 1/3 倍的夯锤锤底直径控制粒料最大粒径,按不均匀系数 $C_u \geq 5$ 、曲率系数 $C_c > 1$ 的要求,组成颗粒级配;采用松动爆破的方法进行设计,爆破后的粒料组成为:巨粒土料和粗粒料(粒径 200mm-600mm)占总土重的 25.7%-25.8%,中等颗粒(粒径 20mm-200mm)为 55.2%-59.7%,细颗粒(粒径 <200mm)为 14.5%-19.1%。表征粒料组成的各特征值: $d_{10}=8.7\text{mm}-10.8\text{mm}$, $d_{30}=40.0\text{mm}-50.0\text{mm}$, $d_{50}=92.0\text{mm}-108.0\text{mm}$, $d_{60}=124.0\text{mm}-142.0\text{mm}$, $C_u=13.4-14.3$, $C_c=1.5-2.3$ 。

2 特殊性岩土应经人工处理符合填筑材料要求后方可作为填筑材料。

5.2.2 场内开挖的土石方材料性质多样时,应充分考虑不同工程场地分区对变形、强度等的不同要求,建(构)筑物区和边坡区应优先采用性质较好的填料。

5.2.3 多年实践表明,在填沟造地过程中,填筑土多为杂填土。虽然勘察、设计单位已经做了地基处理措施,但一旦遇到大雨浸泡,地基基础地面下多出现空洞、下沉等不利建筑物安全运行现象,后期处理难度较大。因此有必要对地基土采取防渗、注浆等综合性措施。

5.3 设计与施工

5.3.1 填方工程土石方填筑通常就地取材,主要利用场内挖方区开挖的天然土、石材料作为填方区的填料,如何合理地利用好场内填料,同时满足工程场地分区的设计指标要求,是土石方填筑设计需要重点解决的问题。设计时应充分利用场内一种或多种填料,通过对不同场地分区提出相应的填料要求和压实要求来实现对沉降、稳定性等的控制。例如,在填方边坡区,采用石料比土料更有利于边坡稳定,在相同的稳定安全系数下可采用更陡的坡度以节约用地。当不同的工程场地分区采用不同的填料时,天然分布的各种填料如何在较小的运距和较少的倒运次数内运输至要求填筑该填料的场地分区,即为填料调配设计的内容。

5.3.2 松铺系数确定

松铺系数应根据不同的填料通过现场试验确定。采用巨粒土、粗粒土料,分层填筑厚度为 4m 的地基强夯处理试验及工程实践,证明采用单击夯击能量 2500kN·m-3000kN·m,夯点间距为 4.0m-4.5m,夯击 12 次-16 次,主夯一遍,其地基的有效加固深度为 4.0m-4.5m,地基干密度 $\rho_d \geq 2.0\text{g/cm}^3$;松铺系数可取 1.15-1.20。

5.3.5 巨粒土、粗粒土料及土夹石混合料分层厚度、施工参数和松铺系数根据现场单点夯击试验变形特征确定。

1 巨粒土、粗粒土料(块碎石或砾石、卵石或土夹石)填料及不同填筑施工方法根据抛填和堆填两种不同填筑施工方法的地基处理加固效果对比试验,

其结果表明，具有良好级配的块碎石填料，在强夯施工参数相同的条件下，由于填筑施工方法不同，其地基加固效果和填筑地基的整体均匀性都有着明显的差异。高填方填筑地基施工设计，应按堆填要求进行分层施工。中国建筑科学研究院地基所甘厚义、焦景有等在龙洞堡机场填方工程中针对堆填和抛填两种不同的填筑施工方法进行了对比试验。试验中选用良好级配的大块石填料，分层填筑厚度为 4m，采用堆填和抛填两种不同的填筑施工方法，经单击夯击能量 3000kN·m，夯点间距 4.0m，夯击 16 次后，对加固地基进行了颗粒大小分析和地基密度测试，其试验结果见表 1 和表 2。

表 1 巨粒土、粗粒土料填料填筑层夯后颗粒大小分析结果

填筑方法	取样深度 (m)	颗粒大小 (mm)										特征值		
		400	200	100	80	60	40	20	10		<	D_{50}	C_u	C_c
		-	-	-	-	-	-	-	-	<5	0.005			
抛填	0-1.0	2.7	15.1	7.1	9.6	11.4	20.6	8.9	8.3	16.3	4.8	36.0	17.1	1.95
	1.0-2.0	12.5	19.7	6.3	12.8	11.6	20.5	5.8	4.3	6.5	2.7	62.0	7.9	1.49
	2.0-3.0	5.7	15.5	13.9	11.6	12.8	24.1	7.0	3.3	6.1	0.67	54.0	6.3	1.3
	3.0-4.0	27.9	36.3	8.7	7.0	5.6	6.7	2.7	1.4	3.7	1.6	127.0	5.3	1.64
堆填	0-1.0	4.2	13.9	8.0	9.0	8.1	12.9	11.3	9.8	22.8	7.6	28.9	59.2	1.95
	1.0-2.0	0.8	11.3	3.3	6.5	6.0	14.0	15.7	13.4	29.0	14.2	14.0	36.4	2.17
	2.0-3.0	10.0	16.0	6.1	8.8	7.2	11.2	12.8	10.6	17.3	6.5	37.2	34.5	1.14
	3.0-4.0	5.4	18.9	5.3	8.9	9.2	16.1	12.2	7.5	16.5	7.7	36.0	39.1	2.76

抛填而成的大块石填筑层，在同一填筑层的垂向上，颗粒组成是上（0m-1.0m）细下（3.0m-4.0m）粗；从可比的参数平均粒径 D_{50} 看，填筑层的层底粒径比层面粒径大 2.5 倍；粗粒组（块石）含量，层底较层面高 9.3 倍，而细粒组（<20mm）的含量层底较层面少 69.5%；反映颗粒组成的不均匀系数 C_u ，层面高于层底 2.0 倍。相比之下，堆填而成的大块石填筑层，层面与层底的各粒组的含量相差均小于 17.3%，平均粒径 D_{50} 相差 24.5%。因填筑施工方法的不同，地基加固效果及整体的均匀性也存在着明显差别。如抛填法，表层（0m-1m）的干密度比底层（3m-4m）高 17.1%，最小值与最大值相差 44.8%。而堆填法表层的干密度与底层干密度仅相差 1.3%，最大值与最大值相差只有 13.8%。以 3m-4m 的干密度平均值比较，堆填法的干密度平均值比抛填法高 17.6%。

表 2 不同填筑施工方法强夯后的地基干密度统计结果

干密度统计结果	填筑方法							
	抛 填				堆 填			
深度 (m)	0-1	1-2	2-3	3-4	0-1	1-2	2-3	3-4
取样数 n	4	4	4	4	4	4	4	2
最大值 $r_d (\text{t/m}^3)$	2.26	2.36	2.19	1.96	2.30	2.30	2.27	2.25
最小值 $r_d (\text{t/m}^3)$	2.13	2.07	1.71	1.63	2.02	2.12	2.04	2.18
平均值 $r_d (\text{t/m}^3)$	2.19	2.15	1.97	1.87	2.17	2.21	2.20	2.20
标准值 m	0.05	0.12	0.18	0.12	0.10	0.07	0.09	0.04
变异系数 d	0.023	0.056	0.091	0.066	0.046	0.032	0.041	0.018

在填筑厚度及填筑粒料相近的条件下,不同施工方法填筑而成的大块石填筑层,不但颗粒级配及密实度有着明显的差别,整体均匀性也存在着很大差异。采用堆填法填筑而成的大块石填筑地基,无论颗粒组成的级配还是地基加固效果以及填筑地基的整体均匀性都明显优于抛填法。

2 单点夯击试验确定强夯法施工参数

1) 夯锤规格及单击夯击能量见表 3,单点夯测试点和地下标点埋设见图 1。

表 3 夯锤规格及单击夯击能量

锤体材料	锤体形状	锤底直径 D (mm)	锤底面积 F (m ²)	质量 W (kN)	静压力 P (kPa)	落距 h (m)	单击夯击能量 $W \cdot h$ (kN · m)
铸铁	圆台	2400	4.52	210	46.5	4.762	1000
铸铁	圆台	2300	4.15	150	36.1	20.00	3000
铸铁	圆台	2400	4.52	210	46.5	19.05	4000
铸钢	圆台	2400	4.52	265	58.6	22.64	6000

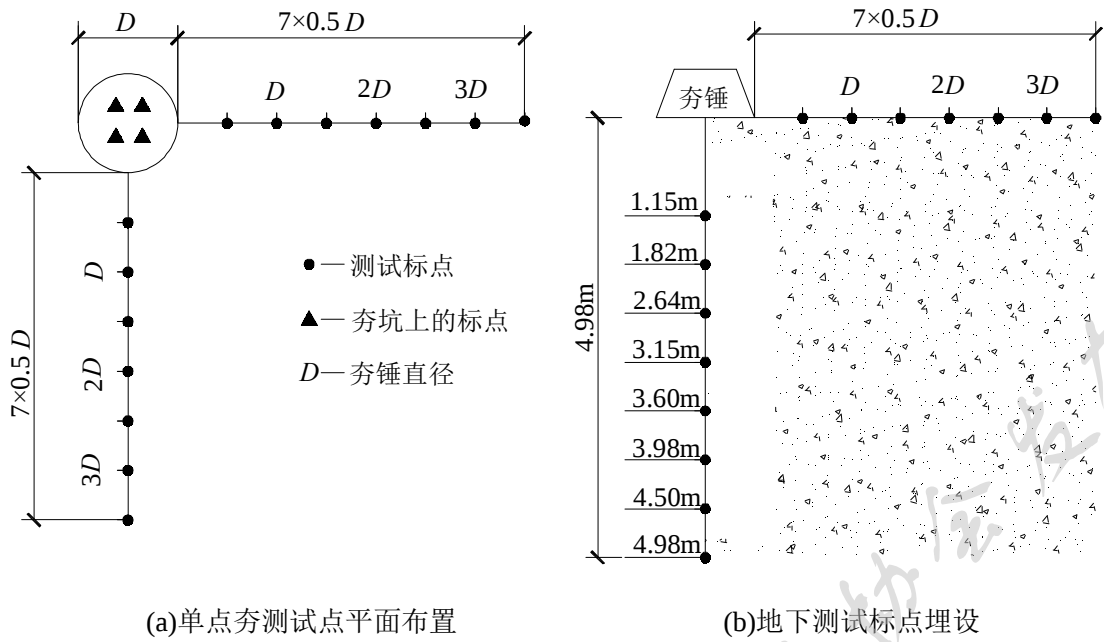


图 1 单点夯测试点和地下标点埋设

2) 单点夯击能量和夯击次数的确定

巨粒土、粗粒土料填筑层，在强夯的冲击荷载反复作用下，使夯点下的大块石骨架产生强制压缩(即竖向压缩变形)，随着夯击次数的增加，被夯击的地基竖向压缩量也随之增加，如图 2 所示。

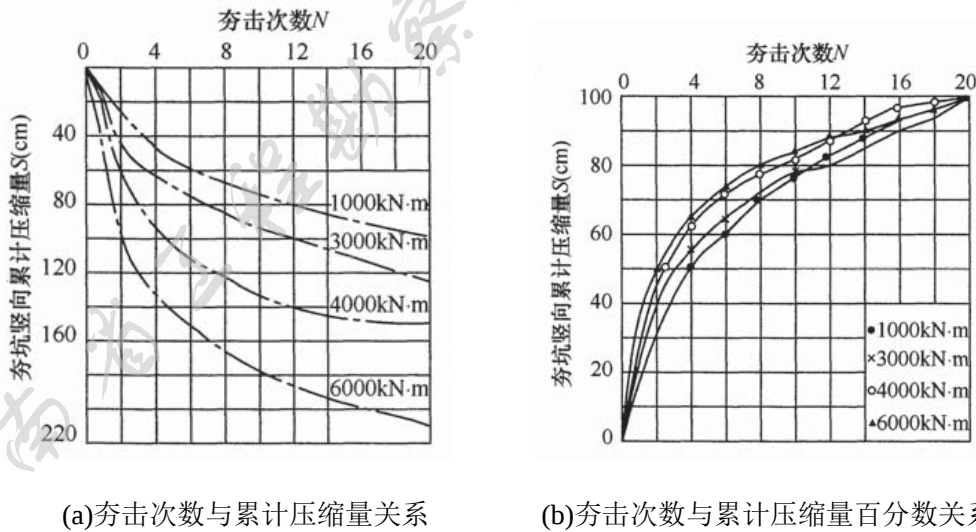


图 2 夯击次数与竖向压缩量关系

取夯坑累计竖向压缩量达到总压缩量 90%的夯击次数为最佳，则可选择出：1000kN·m 夯击 15 次，累计竖向压缩量为 87.7cm，占总压缩量的 91%，相当于填筑层厚度的 21.9%；3000kN·m 夯击 16 次，累计竖向压缩量为 114.7cm，占总压缩量的 91.8%，相当于填筑层厚度的 28.7%；4000kN·m 夯击 14 次，累计竖向压缩量为 144.6cm，占总压缩量的 92.3%，相当于填筑层厚度 36.15%；

6000kN·m 夯击 13 次，累计竖向压缩量为 191.7cm，占总压缩量的 90%，相当于填筑层厚度的 47.92%。

3) 夯点间距的确定

在强夯给以巨粒土、粗粒土料填筑地基冲击力和振动，导致夯坑周围一定范围内的地面产生了竖向下沉（即竖向振密变形）。当夯坑的累计竖向压缩量为总压缩量 90%的夯击次数时，其夯坑周围不同距离与地面累计竖向下沉量关系如图 3 所示。

以地面竖向下沉量累计为 10mm 视作有效影响距离，则：单击夯击能量为 1000kN·m，其夯点周围有效影响距离为 1.0D（D 为夯锤直径），3000kN·m 为 1.5D，4000kN·m 为 1.7D，6000kN·m 为 3.5D。

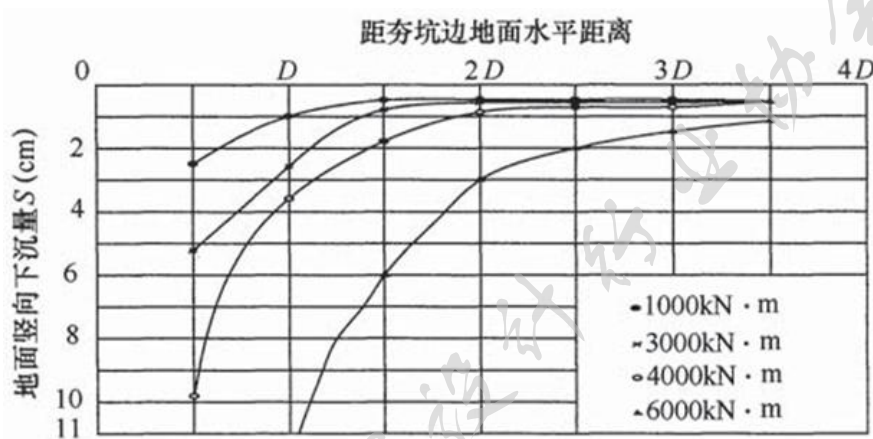


图 3 夯坑周围不同距离与地面累计竖向下沉量关系

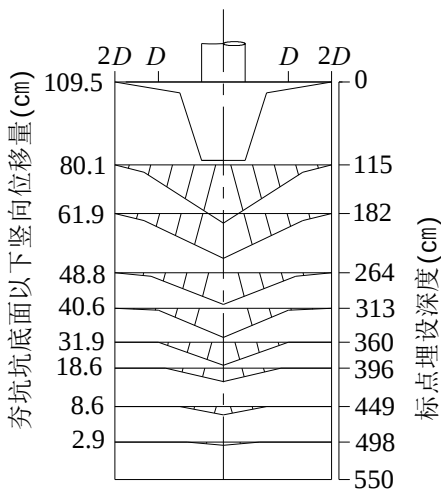
3 地基有效加固深度的确定

1) 有效加固深度

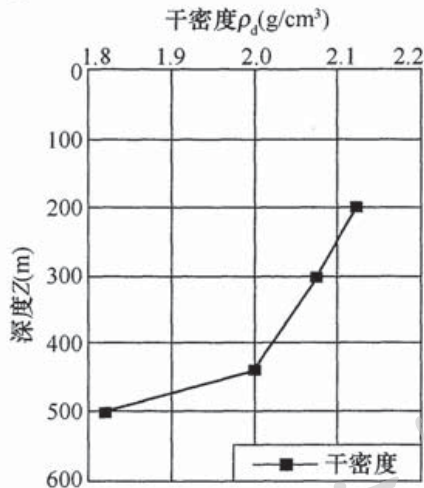
强夯法处理地基的加固深度与有效加固深度具有不同的内涵，后者与加固目标值紧密相关。为确定强夯法处理大块石填筑地基的有效加固深度（以干密度 $\rho_d \geq 2.0t/m^3$ ），夯前，在虚填厚度为 6m 的填筑层中，按垂向每隔 50cm 分别埋设一测量标点，并测量其埋设标高，选用中等夯击能量（3000kN·m）夯击 16 次，测得夯坑下各标点的竖向位移量如表 4 所列，由表 4 绘制的分层标点埋设深度与各标点的竖向位移量关系，如图 4（a）所示。不同深度的竖向位移量及夯后干密度的关系直方图，如图 4（b）所示。

表 4 不同深度标点竖向位移量

标点编号	0	8	7	6	5	4	3	2	1
埋深（m）	0	1.15	1.820	2.645	3.130	3.598	3.980	4.495	4.985
竖向位移量（cm）	109.5	80.1	61.9	48.8	40.6	31.9	18.6	8.6	2.9



(a)分层标点的竖向位移量



(b)不同深度的干密度

图 4 夯坑下的竖向位移量和不同深度的干密度

由表 4 和图 4 结果可见，随着深度的增加，夯坑下的竖向位移量随之减少，在深度为 $2D$ 时的竖向位移量则已甚微，表明夯击能量的传递随深度的增加而逐渐减弱。从图 4 中可见，夯后的干密度增加幅度是随深度增加而减小，按干密度 $\rho_d \geq 2.0 \text{ t/m}^3$ 确定有效加固深度，即虚填厚度为 6m ，以单击夯击能量为 $3000\text{kN}\cdot\text{m}$ ，夯击 16 次为例，其有效加固深度为 4.2m ，在有效加固深度范围内，夯后的干密度比夯前提高 $35\%-42\%$ 。

2) 地基加固效果

单点夯击试验结果表明夯坑的竖向位移量是随夯击次数的增加而增加。为了选择最佳的夯击次数，选用 $3000\text{kN}\cdot\text{m}$ 的单击夯击能量，夯点间距 4m ，正方形布置。按夯击次数为 16 (2-2 区)、12 (B 区)、7 (C 区)、3 (D 区)、0 (0 区) 划分五个试验小区，各试验小区面积为 $25\text{m} \times 25\text{m} = 625\text{m}^2$ ，平面布置见图 5。

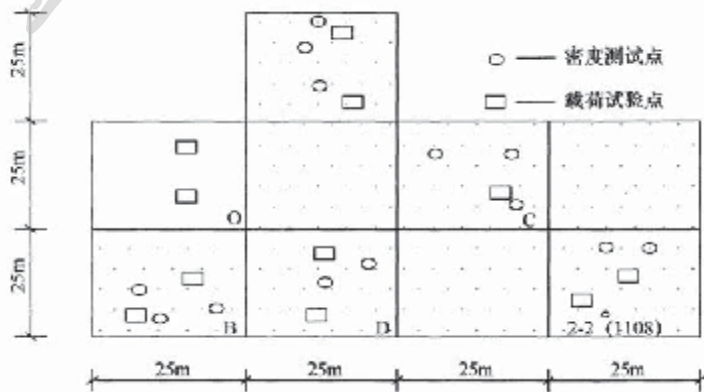
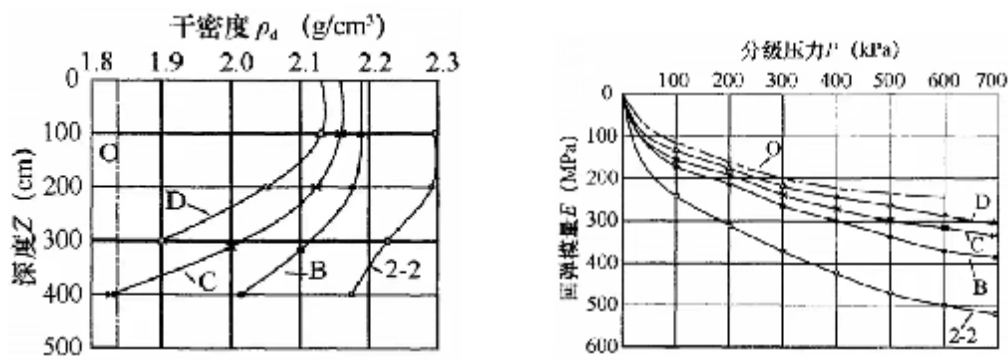


图 5 不同夯击次数平面布置

强夯后，经对在各试验小区的干密度、地基回弹模量的试验检测，其结果如图 6 所示。



(a)不同夯击次数下干密度随深度的变化情况 (b)不同夯击次数下地基回弹模量的变化情况

图6 不同夯击次数下的干密度和地基回弹模量

由图6(a)可见,在深度4m范围内,夯击16次,其干密度比夯前提高15.8%,有效加固深度>4m;夯击12次,干密度比夯前提高13.8%,有效加固深度>4m;夯击7次,干密度比夯前提高9.9%,有效加固深度为3m;夯击3次,干密度比夯前提高6%,有效加固深度<2.5m。从图6(b)中可见,强夯后的地基回弹模量明显高于夯前;若取单位荷载 $P=700\text{kPa}$ 下的回弹模量比较,夯击16次的地基回弹模量比夯前提高108.2%。夯击12次的地基回弹模量比夯前提高20.5%;夯击7次和3次,分别比夯前相应提高了17.8%和12%。

5.3.6 细粒料和黏性土填料分层填筑厚度、施工参数系根据多个山区和丘陵地区已建高填方机场工程的试验研究成果和工程实践经验确定。

5.3.7 填方工程填筑范围较大时通常分为多个施工工作面施工,各工作面起始填筑标高不一或填筑速度不同,存在工作面搭接问题。实际监测表明,工作面搭接处理不好,将造成人为的薄弱面,给高填方地基沉降及稳定性带来不利影响。

5.3.8 填方工程的建设通常会对环境带来较大改变,甚至带来不良结果。因此,本条强调在进行填方工程施工时,要加强环境保护措施。

5.4 质量检验

5.4.2 本条是填方填筑地基的质量检验要求,检验填筑地基是否满足设计要求。检验点数量是根据经验提出的。填方工程属于隐蔽工程,填料质量和施工压实质量受人为因素影响较大,事后补救很困难,施工过程中的每道工序必须严格按照设计要求进行填方和压实并进行相应的检测达到相应质量要求后才能进行下一步施工,在该过程中,必须要工程技术人员进行质量控制和检测,确保每道工序处于可控状态。

6 填筑场地地基处理

6.1 一般规定

6.1.1 本条规定了原场地经地基处理后要满足建（构）筑物地基和高填方地基沉降变形和稳定性的要求，这是由于地基沉降变形，尤其是差异沉降易造成上部建（构）筑物结构的开裂和破坏，同时由于边坡失稳造成滑坡的事例时有发生，严重影响了建（构）筑物的正常使用，因此控制地基沉降变形和保证稳定性是填方地基设计的主要原则。

6.1.2 本条规定了场地地基处理要求：

1 场地地基处理不仅仅是地表土、软弱土的地基处理，同时强调了场地地基处理应包括场地环境保护、防止水土污染和流失的重要性。

2 排水在填方地基设计和施工中具有至关重要的作用，如地基土中的水无法排除可能导致地基土固结缓慢，地基工后沉降较大；边坡在渗流作用下容易失稳。高填方地基的填方区汇水面积一般较大，施工期应采取临时排水措施，避免填筑形成“堰塞湖”。

3 施工中注重周围环境，同时对水土要采取保护措施。

4 原场地地基处理应综合考虑场地排水、截水、防洪等措施，施工中应对周围环境和水土采取保护措施，并进行环境和水质监测。

6.1.3 及 6.3.1 提出了填筑场地地基处理应综合考虑各种影响因素进行地基处理选型。以往在冲沟地段填筑地基的高层建筑中有许多采用复合地基，经过多年运行一旦遇到大雨浸泡常出现高层建筑歪斜事故，且近几年有加剧趋势。分析原因与水的进入弱化地基及竖向增强体复合地基刚度较差抵抗变形能力差密不可分。显然，在填挖方交界面处、建筑荷载较大对变形要求严格及低洼场地宜遭受场地汇水的浸泡时提出宜优先采用桩基础，以确保场地及建筑地基的稳定、安全十分必要。

6.2 环境保护

6.2.1-6.2.3 根据研究成果和多年工程经验，环境保护应因地制宜：

1 在干旱、半干旱区段宜采用防风固沙工程及植物措施；在半湿润区宜采用植物措施与土地整治、工程措施相结合；在湿润区宜采用挡护、坡面排水、植被恢复等措施。

2 填筑区外开挖形成边坡，排弃土或堆填对原场地形成附加荷载均可能引起环境的改变甚至形成对填方场地及地基的安全隐患或潜在危害、应采取保护措施，保护的不仅是新形成的边坡，还应包括由于附加荷载的作用造成的原周边

环境改变。

3 对开挖破损面、堆弃面、占压破损面及边坡，宜采用植物防护措施。对严重风化、岩体破碎的石质边坡、特殊岩土边坡尚应采取支护措施。

6.2.4-6.2.5 由于填方工程多出现在山区和丘陵地区，填筑必然改变原场地的地表水系、地表积水、地下水等流径和流量，若不采取必要的保护措施，长此以往可能造成填筑地基的渗水下沉、地下淘蚀，甚至填筑区外的滑坡、泥石流，从而危及填筑工程的安全和环境劣化。

6.3 填筑场地地基处理

6.3.1-6.3.2 填方地基与原地基的处理方法选择与场地拟建工程特点荷载大小、场地地基特征及可能存在的地质问题密不可分。地基处理应优先采用技术成熟、质量可靠、易操作、经济节约的处理方法。对土层厚度小于 6m 的松软土层采用换填垫层、压（夯）实、强夯置换、复合地基等方法处理软弱土地基是有效的。常见的细粒土填筑地基的方法有垫层法、强夯法、挤密法，细粒土填筑土往往具有干密度小、含水量较低及欠压密的特点，适当加水后适用于夯击和挤密方法处理，成本相对较低。

但当建筑荷载大、岩土问题多样，对场地变形要求高且不跨越地貌单元时宜优先选用长短桩复合地基。其中常见的多桩型复合地基有：挤密桩与 CFG 桩结合、挤密桩与预应力管桩结合等。

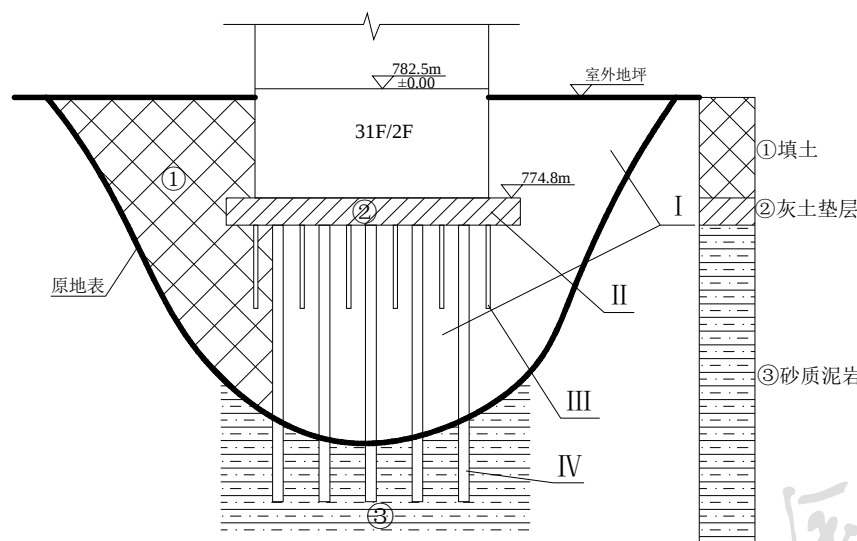
对多层建筑当湿陷深度不大时多采用挤密法素土桩、灰土桩；对高大建筑物及大框架结构的建筑物，当场地湿陷深度较大时可采用夯实水泥土桩、多桩型复合地基等。

当建筑荷载大、变形要求高且跨越不同地貌单元时应考虑采用桩基础。

以下结合不同场地特点及建筑结构特点举例如下。

（1）案例 1：某高层建筑冲沟地段地基处理（图 7）

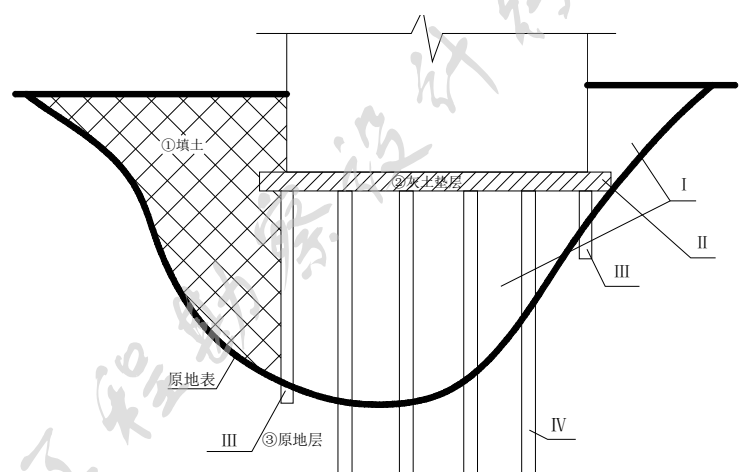
- 1) 灌注桩直径 0.6m（扩大头 1.1m），有效桩长 20.5m，桩间距 2.4m， $R_a=1200\text{kN}$ ；
- 2) 注浆孔直径 91mm，间距 1500mm，孔深约 15m，单孔注浆水泥用量不少于 300kg/m。
- 3) 强夯：夯击遍数为四遍；第一、二遍的单击夯击能取 $3000\text{kN}\cdot\text{m}$ ；夯锤底面为圆形，直径 2.5m；夯点为正方形布置，夯点间距 4m。第三、四遍采用满夯法，单点夯击能取 $1500\text{kN}\cdot\text{m}$ ，单点击数不少于四击；锤印搭接 0.8m；满夯后的地表加一遍机械碾压。



I：素填土强夯；II：灰土垫层；III：注浆；IV：挖孔桩

图 7 某高层建筑冲沟地段地基处理示意图

(2) 案例 2：跨越冲沟地段时某高层建筑地基处理（图 8）



I：素填土强夯；II：灰土垫层；III：隔离桩；IV：钢筋混凝土桩

图 8 跨越冲沟地段时某高层建筑地基处理示意图

6.3.3 填方工程中，建（构）筑物地基主要受力层范围内为基岩时，应注意在填挖交接处的搭接坡比应较小，以便调节填挖过渡处较短距离内的沉降差。

填方地基不重视填挖交接面的处理，容易造成上部建（构）筑物的损坏。因此，高填方地基，除控制沉降变形外，尚需注意填筑地基与原场地地基坡面交接处的处理，该处经常是导致高填方地基出现问题的薄弱环节，特别是挖方区地基为岩石的情况。对此类场地，除了采用传统的处理方法将挖方区超挖 300mm-600mm，换填炉渣、中粗砂或碎石等作为褥垫层，以消除或减小因上部荷载对交接处地基产生的应力集中，达到调整地基差异沉降的目的外，尚应注

意在交接处采用较小的搭接坡比，以减少填挖过渡处的沉降差。

6.4 强 夯 法

6.4.1 本条规定强夯法处理的适用范围主要基于以下两方面考虑：一方面是地基土含水率范围，细粒土填方地基土地基在一定的夯击能级下强力夯击，消除湿陷，属于机械加密的方法，同压实法一样存在地基土最优含水量问题。当地基土的含水量接近最优含水率（强夯法一般采用重型击实试验所得）时，强夯效果好，反之最差，偏离最优含水量越大，效果越差。另一方面拟建场地环境因素。强夯法处理地基时会产生弹性波（振动），对周围空气引起声能（噪声）。强夯能级越大，振动幅度和噪声波及的范围也就越大。设计人员在选择地基处理方法时应考虑强夯法处理于基对本场地及周围环境的影响，包括地下建筑物、地下管线和科研实验仪器等的破坏与不利影响；在人口居住密集区对居民生产、生活产生的不良影响。这类场地一般不宜选用强夯法处理地基。

当细粒土填方地基的含水率满足适用条件时，强夯能级就是满足夯实厚度，保证强夯法处理效果的关键指标。一方面，夯实厚度要求越大，强夯能级即单位夯击能也就要求越大，但其两者关系并不成正比例关系，一般随强夯能级的加大，夯实厚度增加的幅度越来越小。在工程实践中常用的强夯能级多为(3000-6000)kN·m，消除填土层的夯实厚度多为3.0m-6.5m，以发挥强夯法快捷、经济的特点。高能级强夯机械移位、夯锤提升均较慢，造价增幅较大，不大经济，对于大厚度填土经济、工期比较后也可以对夯实厚度内填土进行分层强夯。另一方面，根据以往工程实践经验，当拟处理地基中上部含坚硬土层时，中上部坚硬土层消耗能量增大，相应强夯能级也须增大，故同一强夯能级下当地基处理深度内含水率介于13%-18%且中上部无坚硬土层夯实厚度取高值，其他情况下取低值。

6.4.2 本条是强夯法处理地基设计单位要设计的内容，其顺序也是强夯法处理地基设计的步骤：强夯厚度、强夯能级、处理平面范围及夯点排布、开夯标高、夯击遍数和夯点击数。

6.4.4 考虑到强夯土为夯压素土，且终止夯面以下土层的力学指标随深度逐渐变差，下层强夯土水稳性较差，强夯处理地基的平面范围，应大于建（构）筑物基础平面边界，超出建（构）物基础外缘的宽度，以减小地基土浸水的可能性，降低地基土由于浸水产生的变形。

6.4.5 夯点排布包括夯点平面布置形式和夯点中心距。排布原则是既要充分发挥每一夯点的强夯效益，又要保证整个强夯地基的强夯质量和均匀性。夯点的平面布置形式以采用三角形较优，根据工程具体情况及方便施工，也可采用正方形布置。夯点布置的原则是同一遍夯点应尽量远离，以利于土中孔隙水、气

有足够的时间排逸，利于强夯土固结增密。

6.4.10 引入“夯实厚度”的概念，即依据拟建场地工程地质资料和拟建工程对地基土密度、强度、变形的要求。由设计确定基础底面以下必须夯实的厚度，即由终止夯面（一般为基础底面或垫层底面）向下算起。此厚度内地基土的物理力学性质指标经强夯法地基处理后应达到拟建工程对地基的要求。

用夯实厚度代替老“规范”中的地基处理厚度（起夯面向下），工程使用意义更明确。由于强夯后的地基可直接砌筑基础，强夯后处理效果表现为两方面，一方面是夯实厚度满足设计要求，这是保证建筑物上部安全使用的前提；另一方面是终夯面标高与基础底面（或垫层底面）标高一致，这是最大限度发挥强夯法处理地基减少土方的挖填、节约工期及造价的优点。夯实厚度既表明了基础下已处理的厚度，又可以控制终夯面标高，减少夯后的挖填方量，从而保证强夯施工质量，节省劳力，缩短工期，降低工程费用。

6.5 挤密法

6.5.1 经挤密法处理后的地基称为“挤密地基”或“挤密复合地基”。挤土挤密法是指将填料孔位的土体完全挤压到填料孔周围，适用于地基土含水量略低于最优含水量或塑限的土层，或地基土含水量偏低经增湿后达到最优含水量或接近最优含水量的土层；预钻孔夯扩挤密法是将填料孔位的土体取出，然后分层填入规定的填料，利用 1.5T-3T 重锤进行夯击，将填料挤压到填料孔周围，形成大于钻孔孔径的桩体。适用于含水量偏高的土层，或处理深度较大的土层。挤土夯扩挤密法是目前高层建筑应用最多的一种方法，是将上两种方法综合使用，先采用不排土，直接挤土成孔，再采用 1.5T-3T 重锤，进行夯击回填，孔径也适当增大的一种方法。

在含水量较高的情况下，挤土挤密成孔易出现缩径，可采用预钻孔。预钻孔往往不易消除湿陷性，挤密系数也达不到要求，处理效果较差。随着建筑物高度增加，对地基处理要求越来越高，近年机械设备的施工能力发展较快。因此优选挤土夯扩挤密法。

在同样设计参数情况下，预钻孔挤密法的置换率较挤土挤密法高，但前者对施工工艺、质量的要求也高于后者。预钻孔挤密法在施工前，应根据填料的密度、填料孔直径和夯后设计要求填料干密度、夯后孔直径等参数，计算填料体积，确保夯实质量。

6.5.3 对某些比较重要建筑和缺乏工程经验的地区，为慎重起见，可在地基处理施工前，在工程现场选择有代表性的地段进行试验或试验性施工，必要时应按实际的试验检测结果，对设计参数和施工要求进行调整。根据大量的试验研究和工程实践，相同压实系数下的夯实灰土的防水、隔水性不如素土如消除湿

陷性是地基处理主要目的，填料采用素土即可。孔内夯实灰土、水泥土等其他强度高的材料，有提高复合地基承载力或减小地基处理宽度的作用。

6.5.4 灰土填料中的消石灰粉应符合《建筑消石灰粉》JC/T481 中合格品以上标准，储存期不超过 3 个月，所含活性 CaO 或 Mg 不低于 60%或 55%。

水泥土由于使用方便，污染小，工地已开始广泛应用，一是环保的要求越来越高，二是地基承载力相对较高，三是配合比例灵活。水泥土挤密桩应区别于夯实水泥土桩，前者注重挤密效果，消除湿陷性，桩间距一般比较小。后者主要是提高承载力，水泥的比例较高，按刚性桩设计时，考虑挤密、震动影响，桩间距不小于 3d，较大，湿陷性不能消除；桩间土低含水量时，桩体抗压强度达不到 4 倍水泥土桩承载力要求。

6.5.5 对于正三角布置挤密孔的挤密地基，其 3 个孔间的地基土是最薄弱的，它的处理效果好坏，直接反映了挤密地基施工质量。最小挤密系数与挤密桩与桩间土组成的复合地基湿陷性没有直接关系，3 孔间形心点存在湿陷性，并不能代表整个挤密地基存在湿陷性，关键是这些点竖向不要连贯，水平不要成片。

6.5.6 明确了挤密地基的布孔原则和孔心距的确定方法。本条的孔心距计算式涵盖了正三角布孔时挤密成孔、须钻孔挤密法的计算。无预钻孔时，计算式中的预钻孔直径取 0。

6.5.8 挤密法成桩常见两种桩型：1) 单纯消除场地湿陷性的素土桩，此时仅按照本章常规要求设计即可；2) 既要消除场地湿陷性，同时还承担着提高复合地基承载力和减少建筑物沉降的要求，此时的增强体必须有足够的刚度，即要求增强体必须有足够的强度，才能承担“重任”。近年来 DDC 工法处理深度可达 25-35m，处理后复合地基承载力可达 350-400kPa，但设计时必须明确对桩体强度的设计要求。

近年来发现建筑在填土地基上的多层建筑往往因荷载不大，多采用强度较低的复合地基，一场大雨过后发现出现建筑歪斜现象。分析原因：1) 由于填土的特殊性，遇水湿陷，地基土弱化；2) 采用的挤密桩因强度较低加上桩周土弱化对桩的侧限减弱导致；3) 跨地貌单元及水的作用导致。

6.5.9 本条强调的是，采用挤密法形成的桩多为散体桩，仅仅承担消除场地湿陷性的功能；当该桩还要承担大幅度提高承载力时，此时应为有一定粘结强度的桩，此时应对该桩型提出桩体强度的设计要求，否则将为以后的工程质量埋下隐患。

6.7 多桩型复合地基

6.7.1 当场地地质条件复杂，建筑荷载较大时，此时如采用灰土桩消除场地湿陷性，采用 CFG 桩提高承载力并控制建筑变形，就是一种常见的复合地基处理

模式。

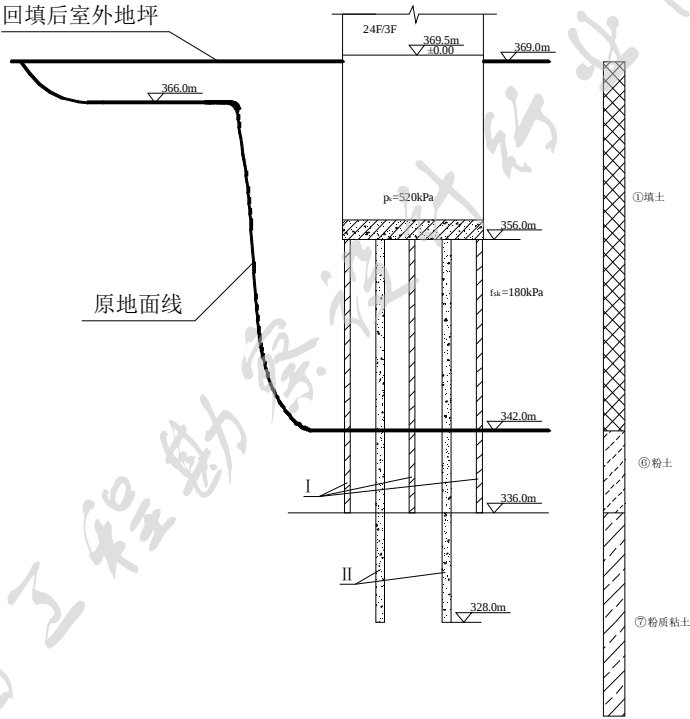
案例：（1）某填筑场地各层土物理力学指标见表 5。

表 5 各层土物理力学指标

层号	岩土名称	含水量 $\omega(\%)$	天然重度 $\gamma(\text{kN}/\text{m}^3)$	孔隙比 e	湿陷系数 δ_s	承载力特征值 $f_{ak}(\text{kPa})$	压缩模量 $E_s(\text{MPa})$
①	素填土	/	/	/	/	/	/
⑥	粉土	14.7	17.8	0.825	0.014	220	18.0
⑦	粉质粘土	19.5	18.2	0.774	0.009	260	16.5

注：本场地为Ⅱ级自重湿陷场地，冲沟以上二级台塬②、③、④、⑤层为湿陷地层，表中未列。

（2）处理方案：该高层建筑未跨越不同的地貌单元，采用灰土桩与 CFG 长短桩复合地基方案，示意图见图 9。



I：灰土挤密桩；II：CFG 桩

图 9 灰土桩与 CFG 长短桩复合地基方案示意图

6.8 桩基础

6.8.1-6.8.2 选用桩型时，应根据工程要求、场地湿陷类型、地基湿陷等级、岩土工程地质条件、施工条件及场地周围环境等综合因素确定。如在湿陷性土场地，首先考虑干作业成孔（扩底）或人工挖孔（扩底）灌注桩，在河南省西部地区被广泛采用。混凝土预制桩沉桩工艺有静力压桩法和打入法两种，但打入

法因噪声大和污染严重，不宜在人口稠密地区或住宅区采用。若采用钻孔灌注桩，具有施工质量可靠、速度快、适应性强的优点，但应充分考虑土体遇水湿陷性变形引起失稳、保持泥浆比重及泥浆排放、储运等问题。

常见的桩基础有：（1）各类灌注桩（钻孔、旋挖、机械性洛阳铲灌注桩等）；（2）预制钢筋混凝土桩；（3）夯扩桩，多适用于多层和小高层建筑，当桩端为土层和粉细砂时，单桩承载力多在 1000-1300kN。施工中应采取严密的工程措施；（4）螺杆桩；（5）双向螺旋挤土灌注桩；（6）打入（静压）敞口钢管桩；（7）水泥石（混凝土）复合管桩；（8）组合桩：近年来，随着城市大规模建设，当上部有较厚杂填土含块径较大（大于成孔直径）的桩头、漂石下部有较厚湿陷性黄土时，采取上部人工挖孔护壁或保护套管，下部旋挖或钻孔的组合型成桩方式。

6.8.3 在湿陷性填筑土地采用桩基础：1）桩端持力层选择：桩端必须穿透湿陷性土层，选择压缩性较低的岩土层作为桩端持力层；2）在非自重湿陷性土地，桩周土在浸水后会软化，导致桩侧极限阻力减小，因此对桩侧正摩阻力不宜取值过大；3）在自重湿陷性土地，会产生负摩阻力。4）甲、乙类建筑物，其工程重要性或浸水可能性较高时，应按桩周土饱和条件进行设计。

6.8.4 1 湿陷性填土层的厚度越大，湿陷性可能越严重，由此产生的危害可能越大。采用桩基础一般都是甲、乙类建筑，其中一部分是地基受水浸湿可能性大的重要建筑；一部分是高、重建筑，地基一旦浸水，便有可能引起湿陷给建筑物带来危害。因此，确定单桩竖向承载力特征值时，应按饱和状态考虑。

2 在自重湿陷性填土地，单桩竖向承载力的计算除不应计中性点深度以上土层的正侧阻力外，尚应扣除桩侧的负摩阻力。负摩阻力值宜通过现场浸水试验测定，考虑到对细粒土填筑地基自重湿陷性土湿陷性特点及负摩阻力问题目前尚无成熟经验，今后应加强这方面的研究，以便指导今后的工程实践。对重要及较大工程或其他代表性工程宜通过现场试验确定。无场地负摩阻力实测资料时，对一般工程进行初步设计时可参考表 6 中的数值估算。

表 6 桩侧平均负摩阻力特征值(kPa)

填土自重湿陷量的计算值或实测值（mm）	钻、挖孔灌注桩	打（压）入式预制桩
70-200	10	15
≥200	15	20

7 填筑边坡工程

7.1 一般规定

7.1.2-7.1.3 近年来边坡垮塌或滑坡的工程事故时有发生，因此充分重视边坡稳定性分析尤为重要。

1 进行边坡稳定性分析时，应合理选取强度参数，且选取多个典型断面进行分析。

2 边坡形式和坡比应根据工程地质与水文地质条件、边坡高度、排水措施、填料特性和施工方法，并结合原始边坡和人工边坡的调查和力学分析综合确定。

3 永久边坡在保证稳定性的前提下，应尽可能提高综合坡比，以减少占地范围。

填筑边坡包括（1）建筑区域包括原有场区（I）、浅填埋区（交界区II）、深填埋区（III）；（2）填土边坡的坡型、坡脚控制，如图 10、图 11 所示。

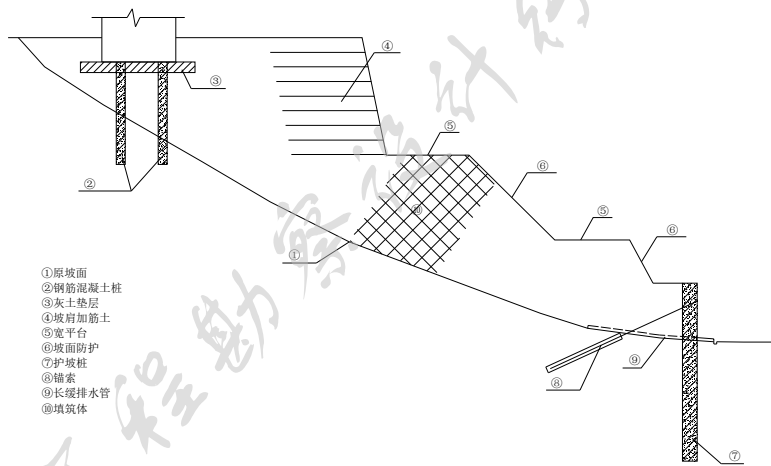


图 10 填方地基及填筑边坡处理示意图

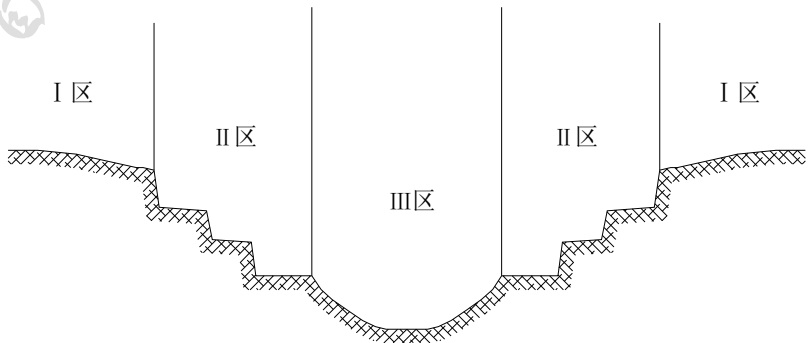


图 11 垂沟方向填土边坡横剖面图

I区：原场地；II区：浅填筑区；III区：深填筑区

7.1.6 动态设计在掌握施工现场地质状况、施工情况和监测反馈信息的基础上，对原设计进行校核、优化和完善的方法，是填筑边坡设计应大力提倡的设计理念。由于地质参数难以准确确定，设计理论和方法带有经验性和类比性，根据施工中反馈的信息和监测资料完善设计，是一种客观求实、准确安全的设计方法，适用于工程施工阶段，是施工图设计的延伸。

7.2 边坡稳定性分析

7.2.1 岩土参数与环境条件、边界条件等密切相关，所以填方边坡稳定性计算所采用的参数应尽可能接近现场情况。填方地基现场条件一般都比较复杂，无论是室内试验还是现场测试，获取的都是点的参数，同时受气候、地形条件、开挖深度、岩土采样、运输、试验方法等影响，而且施工过程中诸多不确定性，为确保安全，推荐对施工期填方边坡稳定性分析，采用击实曲线上要求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。填方边坡稳定性分析所采样参数应结合现场条件、当地工程经验综合确定。

7.2.2 边坡稳定性分析除应根据原场地岩土性质、填筑材料及填筑厚度等条件外，还应结合当地工程经验，依据不同的边界条件选择不同方法进行边坡稳定性计算。

填筑边坡的稳定性不仅与地形、岩土条件及填筑厚度有关，还与不同的边界条件、加载方式和过程有关，故应根据填筑边坡的不同条件选择不同方法。设计过程中填筑边坡稳定性计算过程如图 12 所示。

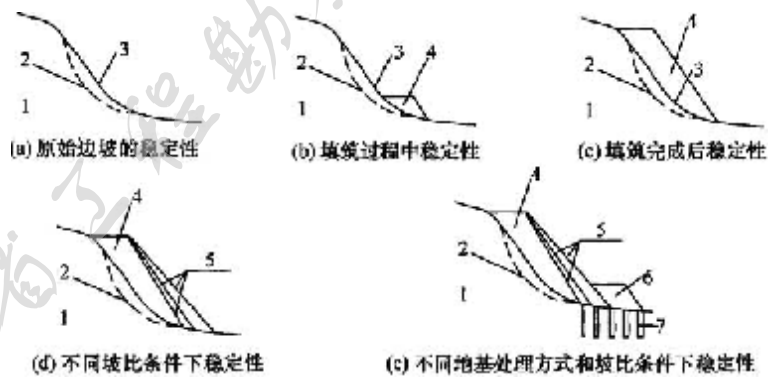


图 12 填方边坡计算过程示意

1—原场地地基；2—潜在滑裂面；3—原始坡面；4—填筑地基；
5—坡面；6—反压平台；7—碎石桩

7.2.3 由于引起边坡破坏的因素，既可能来自原场地地基，也可能来自填筑地基，为确保边坡稳定，在进行边坡整体稳定性验算的同时，还要进行原场地地基和填筑地基的局部稳定性验算。当采用支挡结构时，还要进行抗倾覆稳定性验算。

7.2.4 引起边坡破坏的因素众多，总的来说分为两方面：一方面来自填筑地基。

由于土体重量以及渗透的影响引起土体剪切破坏；另一方面来自填筑地基下方的原场地地基，其本身的工程地质特性对边坡的稳定亦起到很大的影响作用，很多情况下滑裂面是通过原场地地基的。在山区工程中的高边坡要着重考虑这两方面的因素，在山区填方边坡工程中应采取划分稳定影响区的设计方法。边坡稳定影响区范围内部的原场地地基和填筑地基要进行特别的填筑夯实以及其他方法进行处理，以提高其本身的抗剪能力和承载能力。

7.2.5 现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 中边坡稳定系数 F_s 的取值：对于新设计的边坡、重要工程宜取 1.3-1.50，一般工程宜取 1.15-1.30，次要工程宜取 1.05-1.15。采取峰值强度时取大值，采取残余强度时取小值。验算已有边坡稳定时 F_s 取 1.10-1.25。《工程地质手册》(第四版)边坡的安全系数因所采用的方法不同而不同，通常圆弧法计算结果较平面滑动法和折线法偏低，并给出表 7 的安全系数控制值。

表 7 安全系数控制值

边坡类别	一级	二级	三级
平面滑动法和折线法	1.35	1.30	1.25
圆弧法	1.30	1.25	1.20

7.3 边坡支挡设计

7.3.1 1 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。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、工程地质条件、当地工程经验等因素确定合适的支护形式。大量及多年工程实践及有关研究成果表明：（1）对超过 10m 以上的填筑边坡，一般每 10m 放坡，当高度超过 20m 时坡宜采用宽大平台；（2）当坡顶无建构筑物时，坡顶采用加筋土结构可有效控制坡顶变形，减少坡顶不均匀沉降；（3）挡坡脚为软弱土、特殊岩土（如膨胀土、膨胀岩）时，填筑边坡长期运行因各种水的进（侵）入，会造成坡脚软化，一般的挡土墙结构难以有效支挡，极易造成底部坡脚出现垮塌，加上拖拽效应，进而引发整个边坡垮塌。

因此当填筑边坡高度超过 10m 以上时，建议采用多级放缓坡、宽大平台加下部较强的支挡形式：如下部采用锚拉桩组合，同时做好坡顶、坡面、坡底排水措施，即所谓的复合支挡：如 1）上部放坡与排桩；2）上部放坡与桩拉锚等结合；3）上部加筋土挡土墙与下部锚拉桩组合。

2 综合考虑目前国内填方地基多在山区，地基条件复杂以及勘察、设计及施工水平现状，建议填方综合坡比为 1：1.75-1：3.0，单级坡比 1：1.50-1：2.5。

因此建(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 条第 1 款规定的坡比放坡确定。

3 填筑地基与原场地地基斜坡接触面粗糙度是影响填方边坡稳定性的的重要因素,当接触面光滑或软弱时,可能在填筑地基与原场地地基斜坡接触面(带)上形成潜在滑动面,降低高填方地基稳定性。相反,根据工程经验当受场地地形、填料等限制,不能通过放坡满足边坡稳定要求时,提高原场地地基承载力,增设不小于 2:4 抗滑平台,使接触面足够粗糙,可极大地增大填筑地基稳定性。研究同时也表明支挡结构设置在边坡中部比设置在坡脚效果明显。工程实践中增大接触面粗糙度手段主要有开挖台阶、刻槽、设置阻滑键等。

7.3.2 膨胀岩土类在水浸泡后,其抗剪强度会急剧降低。为确保边坡的稳定性,尽量不使用膨胀岩土类作为边坡填料。若填料没有选择余地,只能采用易风化的软质岩石作为边坡填料时,应采用风化后土料的强度参数进行边坡稳定性分析。

7.4 边坡排水设计

7.4.2 对透水性差的黏性土、泥岩填筑地基内部,可适当布设排水设施。填筑边坡排水笼的长度宜为 50m-80m、水平间距宜为 15m-20m,竖向间距宜为 5m-7.5m,每个台阶宜设置一层,如图 13 所示。

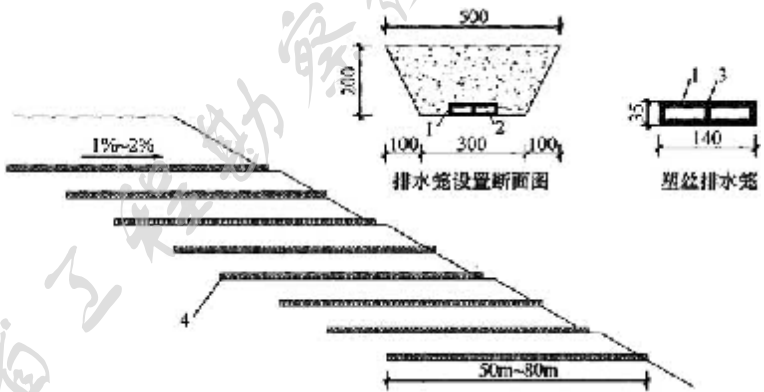


图 13 排水笼、塑丝排水笼设置示意

1—土工布; 2—塑丝排水笼; 3—改性聚丙烯; 4—排水笼

7.4.3 填筑地基内部水体对边坡破坏包括填筑地基内部水体在流出过程中对边坡坡体的潜蚀和流出后对坡面冲刷。在坡面上设置完整的横向与纵向排水系统,目的是使地表水和填筑地基内部渗出来的水不能漫流,应流入马道上的纵向排水沟中,再经顺坡向的横向排水沟流出场外,保证坡面上排水通畅,又不直接在坡面上形成径流而冲刷坡面。

7.5 坡面防护设计

7.5.1-7.5.3 边坡坡面防护形式分为柔性防护和刚性防护两种。植被护坡是柔性防护，这种防护形式是通过在坡体上栽种护坡植物，利用护坡植物来改善护坡土质状况，防止坡面水土流失，提高边坡稳定性，同时达到一定的景观和生态效应。传统的干(浆)砌片石护面墙(挡墙)和喷混凝土等是刚性防护，这种防护方式对边坡有较好的支撑和封闭作用，但一旦出现开裂，防护效果将急剧下降。坡面防护形式，应因地制宜，合理选用，可将刚性防护和柔性防护相结合、防护和绿化相结合。

7.5.4 边坡植被的效果，取决于植被时间、植被种类、边坡坡度、坡面土层和位置朝向等因素。在边坡坡面上植被，可以有效控制地表水和边坡内部向外渗流水对边坡的冲蚀，并对美化环境起到重要作用。植被对边坡稳定性的影响程度评价尚无定量的方法。常用的边坡植被物种有花草、藤本植物、矮生的木本植物。在边坡坡度较陡或植物生长困难的坡面上，可以采用移植草皮的方法防护边坡，也能取得较好的效果。

7.6 边坡施工与质量检验

7.6.1 填方地基填筑工程，当填筑厚度较大时，应严格控制填筑速率，过快的填筑速率会破坏地基土的结构，加大沉降总量。现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 对预压地基为防止地基发生剪切破坏或产生过大的塑性变形，要求分级逐渐堆载，在堆载过程中应每天进行竖向变形、边桩水平位移和孔隙水压力等项目的观测，沉降每天控制在 10mm-15mm，在参考有关标准和经验的基础上，规定了填方地基边坡的填筑速率。

河南省工程勘察设计行业协会发布

8 排水工程

8.1 一般规定

8.1.1 排水工程一般分为场内排水和场外排水。场内排水可根据填筑地基性状和工程特点设计, 以实现最优的排水设计; 场外排水系根据地形地貌、地区气候条件、工程地质和水文地质条件、地下水的类型和补给来源、地下水的活动规律、工程排水范围、汇水面积、汇水流量等有关水文气象参数设计, 场内排水应安全、合理地分流、排泄到场外排水设施中。

8.1.2 排水工程在细粒土填方地基设计中具有至关重要的影响。水的影响体现在多个方面, 如地基土中的水无法排除可能导致地基土固结缓慢, 地基工后沉降较大; 填筑地基排水不畅容易造成浸润线上升, 边坡在渗流作用和填料强度降低影响下失稳。填方地基的填方区尤其是冲沟区汇水面积一般较大, 排水设计应充分利用场地地形和天然排水系统, 并采取措施, 形成完整的排水系统。

8.1.3 排水工程是根据场地的地形地貌、地区气候条件、工程地质和水文地质条件设计, 对于水文地质条件较复杂的地下水状况, 要求进行较详细的调查、勘探和测定, 取得较为可靠的设计依据。

8.1.4 填筑地基边坡坡面应首先考虑采取坡面防护措施, 以保障坡体稳定、减少冲刷(水土流失)和增加美观。表面排水设计应结合已采取的坡面防护措施, 按所能提供的耐冲刷能力, 选择适当的排水设施, 避免由于考虑不当而使冲刷或失稳加剧。

8.1.5 排水设施主要由各种沟和管组成, 分别承担一定汇水面积范围内地表水的排泄功能。排水设计的内容为: 按排水的功能要求选择沟、管的类别, 布置在合适的位置上, 并将各项设施组合成一个将地表水顺畅地汇集拦截和排引到场外的排水系统。地表水被汇集或拦截后集中排放, 流量和流速都增大, 这就增加了对沟渠和泄水口周围地面冲刷和侵蚀的可能性。因此, 排水系统的设计要考虑采取有效的措施, 使之不会对填筑地基和填筑地基界内外各项设施造成危害。

地表排水设施的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控制在允许流速范围内。

8.1.7 地表排水的功能, 除了把填筑地基范围内的地表水排除到场外, 还应通过合理的设计把周边地表水截流在填方地基范围以外。地表排水设计应研究周边的自然地形和建(构)筑物的排水, 结合既有排水设施, 充分考虑工程运营期间一定周期内可能出现的最大降水量和周边工业与民用建(构)筑物排水的综合影响, 保证填筑地基地表排水系统的设计达到安全、合理、经济。

8.1.10 地下排水沟管较长时，为避免淤塞和便于疏通，应在其间设置出水口，通过横向排水管将地下水引出地面，排入低地或水道。对于出水口的排水通道，应作妥善处理，防止出现坡面冲刷。

8.2 场地外地表排水

8.2.2-8.2.3 排水沟起连接各种排水设施，将水引排到附近自然水道或场地排水系统，从而形成完善的排水系统的作用。排水沟与水道衔接，应做到汇流处水流顺畅，有良好的流向和交角。当填筑地基采用边坡平台排水沟时，由于平台较窄(宽度为 1m-3m)，排水量有限，且需加强冲刷防护，宜采用水泥混凝土预制或现浇的刚性排水沟。

8.2.4 截水沟用于拦截和排除填筑地基上方自然斜坡的地表径流，防止水流冲刷和侵蚀挖方边坡和填筑地基坡脚。但在一些已建工程上，常出现因截水沟设置不合理而不发挥作用，应该设置但未设置而造成坡面冲刷，设计时未重视防冲刷或防渗处理而导致边坡坡体坍塌，或者出水口处理不当而冲刷填挖交界处的填筑地基边坡等现象。因此，设计前应进行实地调查，了解地形、地质、水文、植被等条件，对截水沟的适宜位置和排水出口的引伸范围作出合理的布局。

8.3 场地内地表排水

8.3.1 场地内地表排水的主要任务是迅速把填筑地基表面的积水排走，以免造成填筑地基浸水破坏或影响使用功能。首先考虑采取的是通过水文计算设置排水沟及阻水设施，通过排水设施将填筑地基表面的积水迅速排至填筑地基以外，通过拦水设施将可能进入填筑地基的地表水拦截在外。可采用两种方式排除表面积水：一种是让地表水以横向漫流形式向填筑地基坡面分散排放；另一种方式是在填筑地基外侧边缘处设置拦水带，将地表水汇集在拦水带内，然后通过隔一定间距设置的泄水口和急流槽集中排放到填筑地基坡脚外。两种排水方式的选择，主要依据表面水可能对填筑地基坡面造成的冲刷危害。在汇水量不大，坡面耐冲刷能力强（坡面采用防护措施或坡体为岩质填料）的情况下，应优先采用横向漫流分散排放的方式。而在地表水有可能冲刷填筑地基坡面的情况下，则采用将地表水汇集在拦水带内，通过泄水口和急流槽集中排放的方式。由于修筑拦水带和急流槽需增加工程投资，需对投资的经济性进行分析和比较：采用有效的坡面防护措施而不设拦水带和急流槽经济，还是修筑拦水带和急流槽而降低对坡面防护工程的要求合算。当然，这种经济分析和比较还要同填筑地基的重要性相结合。在填筑地基较高且上有重要的建筑物时，坡面虽已采取植草防护，但土质仍较疏松的情况下，通常选用设拦水带和急流槽的排水方式；反之，除了遇到多雨地区，通常都采用漫流分散排水的方式。

8.3.2 一般情况下, 为便于施工和维护, 尽可能提高过流能力, 应优先选择矩形、梯形断面排水沟, 但在具体设计中, 应充分考虑地形、工程地质条件、排水沟底坡及地表水的情况综合进行选择。

8.3.6 排水沟的安全超高取值是按《水电站引水渠道及前池设计规范》SL/T 205 条文说明中的第 3.0.8 条中的规定而提出的, 此数值应为最高水位以上的加高值, 其目的是为了提提高排水设施的安全运行能力。

8.5 填筑地基排水

8.5.1 填筑地基排水工程是一项复杂的系统工程, 不仅要做好场地内的地表排水、地下排水、填筑地基内和填筑地基顶面的排水, 还要与市政排水、场外排水相结合, 将场地内部水引出场外, 确保填方地基的稳定性。

8.5.6 填方地基场地表面需设置各种接缝, 同时场地使用期间会出现各种裂缝、松散、坑槽等病害。降落在场地表面的水, 会通过表面接缝或裂缝、松散等病害处或者面层孔隙下渗到填筑地基结构内部。此外, 填筑地基两侧有滞水时, 也有可能侧向渗入填筑地基结构内部。

进入填方地基结构内的自由水, 可通过向填筑场地地基下部渗流而逐渐排走。渗流的速度随填筑地基土料的渗透性和地下水位的高度而异, 可以利用达西渗流定律, 对不同渗透性的填筑地基土的排水时间进行计算分析。

当填方地基土石料为低透水性土(渗透系数不大于 1.0×10^{-5} cm/s), 而外侧边坡也由这种土填筑时, 填筑地基结构便类似于被安置在封闭的槽式“浴盆”内, 进入填筑地基结构内的水分, 无法向下或向外侧迅速渗漏, 而被长时间积滞滞滞在填筑地基结构内部。特别是位于填筑地基最低底部、低洼河谷地, 由于地表径流或地下水汇集, 进入结构内的自由水不仅量大, 而且停滞时间久。

被围封在填方地基结构内的水, 会浸湿各结构层材料和填方地基结构, 使其强度下降, 变形增加, 从而使填方地基结构的承载力降低。设置填筑地基内部排水系统, 将积滞滞在填方地基结构内的水分迅速排除到结构外, 有利于改善填方地基的使用性能, 大大提高其使用寿命。

8.6 质量检验

8.6.2-8.6.3 应按照设计要求检验排水设施的符合性, 其中纵、横断面形状、材料强度和渗透性是对排水设施有显著影响的项目, 直接决定排水设施能否安全有效地发挥作用, 确保排水设施和相邻建筑物的安全。排水设施有其特殊性, 正常情况下应该边施工边检验, 特别是随主体工程同步施工的地下排水设施, 应该同步检验。

排水设施是根据填方地基及其主体工程的排水需要系统设计的, 必须严格

执照设计要求进行施工，因此对排水设施各部分的外观、断面尺寸、高程、坡度和材料的物理力学特性等指标都应进行严格检测。

河南省工程勘察设计行业协会发布

9 工程监测

9.1 一般规定

9.1.1 填方工程一般具有土石方量大、施工周期紧、建设环境复杂、相互影响因素多等特点，现有的土力学理论尚不能完全解决高填方设计中遇到的变形与稳定性问题。要在时间、空间上对高填方的变形与稳定性问题作出准确判断必须依赖高填方施工过程和竣工后的现场监测成果。每个高填方工程都有其自身特点，影响因素和复杂性各不相同，开展填方工程监测工作前，应制定专门的监测方案。

9.1.2 监测方案编制应充分收集勘察、设计施工、管理等各方面的资料，明确设计单位对工程监测提出的技术要求，在全面了解高填方的工程特点和设计关心的问题后，才能有针对性地编制监测方案。

9.1.3 工程监测采用与设计、施工相同的高程和坐标控制网，便于监测数据的使用和反馈。由于高填方改变了地表形态，使得地应力在大范围内重新调整和分配，沉降影响范围可能较大，监测基准点设置不合理，就会受到影响，因此，应定期对基准点进行复测，以保证监测数据的准确性。

9.1.4-9.1.6 监测点布设应根据工程特点，选择有代表性的地段布置。不同监测项目尽可能布置在同一断面或相近位置，有助于相互印证和满足数值分析的需要，监测点的布置还应考虑同一条件下有一定的互补或验证的数据，不至于因为某个监测元件发生故障而缺失某种情况的数据，使得监测数据不完整。

监测元件、仪器的选择既要考虑精度要求，还要考虑耐久性要求，有的监测元件可能单次精度比较高，但其抗干扰、抗腐蚀等耐久性较差，不能满足长期监测的要求。

监测所用的电子水准仪、高精度全站仪等计量仪器，应按要求定期进行检定，以保证所测数据准确性和有效性。不能检定的专有仪器设备可定期进行校准。每次测量前还应对各类仪器设备进行校验和检查，确保仪器状态正常。

监测周期和频次总体上应该能反应物理量的变化过程及规律，变化较大时应加密观测，变化平缓时观测间隔时间可放宽。

9.1.7-9.1.8 填方工程一般工程量都很大，工程监测的项目众多，整个建设周期内各类监测数据信息量非常大，施工过程中还要记录填方施工信息，因此应建立完备的监测信息管理系统，实现对各类监测数据的有效管理，以保证监测信息的准确和完整，以便为工程提供必要的依据。

9.1.9 施工过程中参建各方人员很多，较为容易发现异常情况，填筑施工完成后，更应重视巡查工作。现场巡视的主要内容包括地面有无裂缝、洞穴、积水、

冲刷、崩塌、滑移等异常情况，大雨后还应巡视地下水位、盲沟出水口水质有无浑浊、含泥量增大等情况；对边坡工程的巡查内容还应包括排水系统是否通畅，护面或护坡是否损坏，支挡结构有无开裂、错断、倾斜，护坡植被是否完好等。巡视检查中发现异常现象时，应按应急预案采取相应措施。

9.2 地基监测

9.2.3 地表变形监测一般可按网格布置，网格的方向宜顺主沟方向和垂直主沟方向，在斜坡地带、挖填交接面附近、地形较陡等部位，宜适当加密观测点。对地形地貌突变部位、地质条件复杂部位、使用期间可能发生问题部位和施工薄弱段等处也应增设监测点。

水平位移监测一般设置在地形变化大、可能发生水平位移的地段，可选择代表性断面进行监测。内部分层沉降监测点的间距一般根据原场地地基的地基条件、填筑地基的均匀性综合考虑。分层沉降断面的选择要考虑沉降计算和反演分析的需要。由于原始地形、地貌和地质条件的复杂性，高填方工程通常会出现地表裂缝，在原场地地基存在软弱土、陡坎地形的部位容易出现明显裂缝，明显裂缝一般指裂缝宽度超过 5mm，裂缝平面长度超过 5m。

9.2.4 土压力监测一般根据数值计算的需要设置，可布置在最大填筑厚度、受力情况复杂、工程地质条件差或结构薄弱等部位。可在地形条件复杂时设置 1-2 个观测横断面，土压力观测断面上的测点，竖向间隔一般为 5m-10m，一般不少于 3-4 个监测高程。土压力观测断面的位置，应同高填方内孔隙水压力、变形观测断面相结合，同一测点区内各观测仪器之间的距离不宜超过 2m。

埋设时，宜在埋设点附近取样，进行土的干密度、级配等物理性质试验和力学性质试验。孔隙水压力观测的同时应测计地下水位变化，用于校验孔隙水压力计观测数据。

9.2.6 盲沟出水口不但要观测水量排出是否正常，还要观测水质是否浑浊，一旦水中泥沙含量变大，则意味着地下水排出过程中携带了地基土中的细颗粒，严重时将形成空洞、坍塌，影响地基稳定。用于观测盲沟出水量的所有集水和量水设施均应避免客水干扰，观测工作应在相对固定出口或堰口进行。盲沟出水量的观测方法可参照现行河流流量测验规范和水文普通测量规范的有关规定。根据盲沟出水量的大小和汇集条件，宜采用如下方法和设备：

- 1 当流量小于 1L/s 时，宜采用容积法。
- 2 当流量在 1L/s-30L/s 之间时，宜采用量水堰法。
- 3 当流量大于 300L/s 或难以设置水堰时，应将盲沟出水引入排水沟中，采用测流速法。

9.2.7 各类监测点埋设应确保稳固，与监测体紧密接触，以保证监测的准确性。

另外还要采取必要的保护和警示措施，以免监测标志受损或毁坏。

9.2.8 不同地质条件下的高填方工程，由于填料性质的不同、原场地地基地质条件的不同，其变形稳定所需要的时间会有差异，监测频率的确定应考虑其固结稳定规律，监测周期的确定应满足变形预测的需要。监测工作应保证监测数据的连续性和完整性，根据监测量的变化情况，适当增减观测频次和间隔时间。

9.3 边坡工程监测

9.3.2 边坡工程地表变形监测点的布置以能控制整个边坡范围及位移规律为准，因此应沿顺坡方向布置断面，横向可结合放坡台阶布置。对于主滑动方向和范围明确的边坡，可采用十字形和方格网布置；对主滑动方向和范围不明确的边坡，宜采用放射形布置。当边坡的范围大且复杂时，断面及测点可酌情增加。

9.3.3 内部变形监测以水平位移监测为主，需要时布置分层变形监测，宜结合地表变形点设置内部变形监测点位置，便于分析计算。

9.3.4 孔隙水压力和土压力监测根据需要设置。孔隙水压力监测点主要在原场地地基中设置，当地下水可能上升至填筑地基时，也可在填筑地基中可能受地下水上升影响范围内增设。

9.4 环境保护监测

9.4.1 填方工程多存在大挖大填现象，建设过程中必须加强环境保护监测，避免出现大面积生态环境破坏，对由于挖方而引起的山体裸露、植被减少等情况，应及时采取保护和防治措施。并应对防治效果进行监测。

对施工中的爆破、强夯、打桩等，应采取必要的措施减轻震(振)动引起的不良影响。震动控制标准及监测方法可按现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 执行。对于居民区、工业集中区等受振动可能影响人居环境时，可按现行国家标准《城市区域环境振动标准》GB 10070 和《城市区域环境振动测量方法》GB 10071 要求执行。

噪声的控制标准和监测方法可按现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 执行。

河南省工程勘察设计行业协会发布