

中华人民共和国工程建设地方标准

DBJ

DB52/T046-2018

备案号:

贵州省建筑岩土工程技术规范

Technical code for geotechnical engineering

For building projects in Guizhou Province

2018-01-10 发布

2018-02-01 实施

贵州省住房和城乡建设厅 发布

中华人民共和国工程建设地方标准

贵州省建筑岩土工程技术规范

Technical code for geotechnical engineering

For building projects in Guizhou Province

DB52/T046—2018

主编单位：贵州省建筑设计研究院有限责任公司

贵阳建筑勘察设计有限公司

批准部门：贵州省住房和城乡建设厅

施行日期：2018年02月01日

2018 贵阳

前 言

本规范根据贵州省住房和城乡建设厅《关于下达〈贵州建筑地基基础设计规范〉（DB22/45-2004）〈贵州建筑岩土工程技术规范〉（DB22/46-2004）修编任务的通知》（黔建科标通发[2013]529号），由贵州省建筑设计研究院有限责任公司、贵阳建筑勘察设计院有限公司主编，20个勘察设计公司分章节编写，参考了国内有关标准、规范，广泛征求了省内外有关单位及专家意见，经多次讨论审查，修订而成。

本规范针对贵州常见的地基岩土类型，结合贵州建筑地基特点编写，共10章7个附录，主要内容包括：总则、术语符号、红粘土地基、填土地基、砂砾卵石地基、岩石地基、岩溶地基、边坡与基坑工程、滑坡治理工程、岩溶地下水等。

本次规范修订的主要内容是：对原规范进行了全面的梳理和额调整，使校订的规范更具有鲜明的地方特色，深化了各类地基勘察与评价内容。强调各类地基勘察资料的科学、真实和可靠性，充分挖掘地基承载力，研究安全、合理经济的的基础形式和地基处理措施；深化岩溶地下水勘察与评价，首次提出了岩溶地下水

位的判定方法。

本规范是对国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB50021 的延伸与补充，力求按建筑地基岩土工程模式编写，内容上以岩土工程勘察为主，岩土工程的其余部分仅提出基本要求和要点，为避免与国标过多的重复，本规范未罗列部分，在实际工作中仍应遵照国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB50021 执行。

希望各单位在使用本规范的过程中，结合工程实际，加强经验总结和资料积累，以便为今后进一步修订提供技术依据。

本规范由贵州省住房和城乡建设厅归口管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。

主编单位：贵州省建筑设计研究院有限责任公司

贵阳建筑勘察设计有限公司

参编单位（排序不分先后）：

贵州省工程设计质量监督站

贵阳市工程设计质量监督站

贵州省建筑工程勘察院

贵州正业工程技术投资有限公司

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司

贵州省水利水电勘测设计研究院
中铁二院贵阳勘察设计研究院有限责任公司
贵州有色地质工程勘察公司
贵州中建建筑科研设计院有限公司
贵州省煤矿设计研究院
贵州地质工程勘察设计研究院
贵州地矿基础工程有限公司
贵州建工集团有限公司
贵州开磷设计研究院有限责任公司
贵州开磷建设集团有限公司
中天城投集团贵阳房地产开发有限公司
昆明捷程桩工有限责任公司

本规范编制委员会：

主任委员：毛方益

名誉主任：李光荣

副主任委员：金幸初 袁志英 许家强 陈宗强

郝江南 李卫民

顾问专家：高岱常大美张洪生 张先茂

李佑方 时南翔

主要起草人：金幸初袁志英 郝江南李卫民丁坚平

张建忠 袁凌云 李光耀 沈志平何文勇

郭维祥莫安儒 李勇刚 袁代江 陈宗强

参编人员：（排序不分先后）

毛方益 李光荣 许家强 莫志刚 须六平

朱彦 何昶 田硕 杨振杰 龙万学

沈春勇 刘荣富 周忠德 刘发祥 王林枫

张竹云 段启杉 廖德武 廖卫红 王德斌

王彤标 邓竹林 彭煜 张建 鲁迟

主要审查专家：（排名不分先后）

沈小克 武威 梁金国 戴一鸣 徐张健

张可能

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	3
2.1 术语	3
2.2 符号	6
3 红粘土地基	12
3.1 一般规定	12
3.2 红粘土地基岩土工程勘察与评价	14
3.3 红粘土地基岩土工程设计与施工	18
3.4 红粘土地基岩土工程检测	21
4 填土地基	22
4.1 一般规定	22
4.2 非压实性填土地基的岩土工程勘察与评价	24
4.3 压实填土地基岩土工程勘察与评价	27
4.4 填土地基岩土工程设计	29
4.5 填土地基岩土工程施工	30
4.6 填土地基的检测	37
5 砂砾卵石地基	39
5.1 一般规定	39

5.2 砂砾卵石地基岩土工程勘察	39
5.3 砂砾卵石层地基岩土工程评价	41
5.4 砂砾卵石层岩土工程设计与监测	42
6 岩石地基	44
6.1 一般规定	44
6.2 岩石地基岩土工程勘察	45
6.3 岩石地基岩土工程评价	55
6.4 岩石地基基础	63
6.5 岩石地基基础施工与检验检测	63
7 岩溶地基	66
7.1 一般规定	66
7.2 岩溶地基勘察	66
7.3 岩溶地基稳定性评价	72
7.4 岩溶地基基础方案设计	74
7.5 岩溶地基处理、基础施工与检测	76
8 边坡与基坑工程	80
8.1 一般规定	80
8.2 边坡岩土工程勘察	83
8.3 边坡稳定性评价、侧压力计算	87

8.4	边坡支护结构设计	94
8.5	边坡支护岩土工程施工	97
8.6	边坡岩土工程监测	98
9	滑坡治理工程	101
9.1	一般规定	101
9.2	滑坡治理工程勘察	102
9.3	滑坡治理设计	106
9.4	滑坡治理施工	110
9.5	滑坡治理工程监测	111
10	岩溶地下水	113
10.1	一般规定	113
10.2	岩溶地下水勘察	114
10.3	岩溶地下水作用评价	116
10.4	工程降水	117
10.5	岩溶地下水位的测定及抗浮设防水位的确定	118
附录 A	岩芯块度指数 k_a 确定方法	120
附录 B	抽水试验方法与技术要求	122
附录 C	用词及用语说明	127
附录 D	岩溶探测适用物探方法表	128

附录 E 岩溶含水层、岩溶与非岩溶互层含水层分类·····	133
附录 F 隐式法剩余下滑力计算公式·····	136
附录 G 顺层滑动长度 L 计算公式·····	140
条文说明·····	141

1 总 则

1.0.1 贵州地区有其独特的地质条件，为了在建筑地基基础设计中，贯彻执行国家技术经济政策，结合地方特点，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规范。

1.0.2 本规范以贵州常见且积累一定工程实践经验的岩土工程问题为内容进行编制，是结合地区特点和经验，对国家现行有关标准、规范相关章节的补充和延伸。

1.0.3 本规范编写内容以岩土工程勘察为主，对岩土工程设计、施工、检测、监测，也提出了基本工作要点及技术要求。

1.0.4 本规范适用于工业与民用建筑的岩土工程勘察项目，市政工程参照执行。

1.0.5 本规范岩土工程勘察工作作为详细勘察阶段，初步勘察和可行性研究阶段勘察应按现行国家有关标准执行。

1.0.6 本规范应与《贵州建筑地基基础设计规范》（DBJ52/45）配套使用。

1.0.7 除应执行本规范外，贵州省建筑工程项目的岩土工程勘察、设计、施工、检测、监测、监理尚应符合国家现行有关技术法规、

标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 岩土工程勘察 geotechnical engineering investigation

为建设工程而进行的、对地质、岩土、地下水及地质环境等工程条件的调查研究，是工程地质测绘与调查、勘探与取样、原位测试与室内试验、检验与监测、分析与评价及编写勘察报告等工作的总称。

2.1.2 岩土工程勘探 geotechnical engineering exploration

岩土工程勘察的一种手段，包括钻探、井探、槽探、坑探、洞探以及物探、触探等。

2.1.3 工程地质测绘 engineering geologic mapping

采用搜集资料、调查访问、地质测量、遥感解译等方法，查明场地的工程地质要素，并绘制相应的工程地质图件。

2.1.4 原始资料 original material

勘察过程中形成的未经加工的、真实反映客观情况的各种记录，包括手工记录和自动采集的观测数据、测试数据、像片、录

像等，原始资料一般不对外提交。

2.1.5 岩土工程勘察报告 geotechnical engineering investing-ation report

在原始资料的基础上进行整理、统计、归纳、分析、评价，提出工程建议，形成系统的为工程建设服务的勘察技术文件。一般由文字报告、图表以及必要的附件组成。

2.1.6 原位测试 in-situ tests

保持岩土原来的结构、湿度和应力状态的情况下，对岩土体进行的有关建筑性能的测试。

2.1.7 现场检验 in-situ inspection

在现场采用一定的检测手段，对勘察成果、地基方案(处理)效果及设计施工措施提出定量评价指标。

2.1.8 现场监测 in-situ monitoring

在现场对岩土性状、地下水变化、岩土体结构应力应变进行系统监控和观测。

2.1.9 地基承载力特征值 characteristic value of subsoil bearing capacity

由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值，其最大值为比例界限值。

2.1.10 主要受力层 main bearing layer

条形基础底面以下 3 倍基础宽度、或独立基础底面以下 1.5 倍基础宽度深度范围，且厚度不小于 5m 的土层。

2.1.11 岩石质量指标 rock quality designation (RQD)

用直径为 75mm 的金刚石钻头和双层岩芯管在岩石中钻进，连续取芯，回次钻进所取岩芯中，长度大于 10cm 的岩芯段长度之和与该回次进尺的比值，以百分数表示。

2.1.12 地基处理 ground treatment

指为提高岩土地基的建筑性能而采取的人工处理方法。用以提高岩土地基的承载能力和改善其变形性质。

2.1.13 滑坡 slide

具备临空面和软弱结构面的斜坡，在客观地质条件发生变化时产生滑移的坡体。

2.1.14 工程边坡 engineered slope

经人类工程活动，在斜坡上产生的、具一定高差和较大坡度的人工地形，或为人类工程建设需要而应该评价的处在斜坡上的自然地质单元。

2.1.15 支挡结构 retaining structure

在工程必须与周围环境保持必要的标高差异时，对其采取的

安全稳定的挡土（岩）结构物，或为使岩土体不致滑移而采取的挡土（岩）结构措施。有临时性和永久性两类。

2.1.16 基坑 excavations

为进行建（构）筑物地下部分的施工由地面向下开挖出的空间。

2.1.17 岩土参数标准值 standardized value for geotechnical parameter

岩土参数的基本代表值，通常取概率分布的 0.05 分位数。

2.1.18 软基座 Soft foundation

红粘土特有的土层结构，从上至下一般有硬塑、可塑、软塑、流塑状。土层呈上硬下软组合，边坡挖时，常因下部土层软弱，边坡容易产生坡顶开裂、边坡下挫滑动等破坏。

2.2 符号

2.2.1 岩土物理力学性质

e — 孔隙比；

I_L — 液性指数；

I_p — 塑性指数；

n — 孔隙度，孔隙率；

S_r — 饱和度；

ω — 含水量；

ω_L — 液限；

ω_p — 塑限；

W_u — 有机质含量；

γ — 重力密度（重度）；

ρ — 质量密度（密度）；

ρ_d — 干密度；

γ_d — 干重度；

d — 颗粒粒径；

α_a — 红粘土含水量

a_w — 红粘土的含水比。

2.2.2 岩土变形参数

α — 压缩系数；

C_c — 压缩指数；

C_e — 再压缩指数；

C_s — 回弹指数；

C_h — 水平向固结系数；

c_v — 垂直向固结系数；

E_0 — 变形模量；

E_D — 侧胀模量；

E_m — 旁压模量；

E_s — 压缩模量；

G — 剪切模量；

P_c — 先期固结压力。

δ_{ef} — 自由膨胀率；

δ_{ep} — 有荷载膨胀率。

2.2.3 原位测试及试验指标

P_0 — 载荷试验比例界限压力，旁压试验初始压力；

s — 载荷试验沉降量；

P_u — 载荷试验极限压力；

P_f — 旁压试验临塑压力；

P_L — 旁压试验极限压力；

R_f — 静力触探摩阻比；

f_s — 静力触探侧阻力；

P_s — 静力触探比贯入阻力；

q_c — 静力触探锥头阻力；

N — 标准贯入试验锤击数；

N_{10} —轻型圆锥动力触探锤击数；

$N_{63.5}$ —重型动力触探（锤重 63.5kg）锤击数；

N_{120} —超重型动力触探（锤重 120kg）锤击数；

V_P —压缩波波速；

V_S —剪切波波速；

τ —抗剪强度。

2.2.4 水文地质参数

B —越流系数；

K —渗透系数；

Q —流量，涌水量；

r —影响半径；

s—抽水降深；

S —释水系数；

T —导水系数；

r —抽水试验孔半径；

H —含水层厚度；

μ —孔隙水压力。

2.2.5 岩土工程设计参数

c — 粘聚力；

ϕ — 内摩擦角；
 f_{ak} — 地基承载力特征值；
 f_{sp} — 复合地基承载力；
 f_{rk} — 岩石饱和单轴抗压强度标准值；
 K_0 — 静止土压力系数；
 K_a — 主动土压力系数；
 K_p — 被动土压力系数；
 T — 地基卓越周期；
 θ — 地基的压力扩散角；
 δ — 土对挡土墙墙背的摩擦角；
 μ — 土对挡土墙基底的摩擦系数；
 Q_s — 单桩总极限侧阻力；
 Q_p — 单桩总极限端阻力；
 Q_u — 单桩极限承载力；
 μ — 泊松比；
 F_s — 边坡稳定系数；
 γ_t — 滑坡下滑力计算安全系数；
 s — 基础沉降量，载荷试验沉降量。

2.2.6 指标统计参数

- μ — 平均值;
- σ — 标准差;
- δ — 变异系数;
- ψ — 修正系数;
- n — 参加统计的数据数。

3 红粘土地基

3.1 一般规定

3.1.1 颜色为棕红、褐黄，覆盖于碳酸盐岩系之上，液限大于或等于 50% 的高塑性粘土可判定为红粘土。红粘土经搬运、沉积后仍保留其特征，且液限大于 45% 的土，可判定为次生红粘土。

3.1.2 红粘土除按成因分类外，根据工程需要可按以下特征进行岩土工程分类：

1 红粘土的状态按表 3.1.2-1 中的含水比 α_w 判定，进行静力触探时也可按比贯入阻力 P_s 进行判定；

表 3.1.2-1 红粘土的状态分类

状态	含水比 α_w	比贯入阻力 P_s (kPa)
坚硬	$\alpha_w \leq 0.55$	$P_s \geq 2300$
硬塑	$0.55 < \alpha_w \leq 0.70$	$2300 > P_s \geq 1300$
可塑	$0.70 < \alpha_w \leq 0.85$	$1300 > P_s \geq 700$
软塑	$0.85 < \alpha_w \leq 1.00$	$700 > P_s \geq 200$
流塑	$\alpha_w > 1.00$	$P_s < 200$

注： $\alpha_w = \omega / \omega_L$

2 红粘土的结构类型、综合灵敏度指标和裂隙发育特征按可

表 3.1.2-2 分类;

表 3.1.2-2 红粘土的结构类型、综合灵敏度指标和裂隙发育特征表

土体结构	类型	灵敏度 S_t	裂隙发育特征
致密状	I	$S_t > 1.2$	偶见裂隙 (<1 条/m)
块状	II	$1.2 \geq S_t > 0.8$	有较多裂隙 (1~5 条/m)
碎块状	III	$S_t \leq 0.8$	富裂隙 (>5 条/m)

3 红粘土的复浸水特性应按表 3.1.2-3 分类;

表 3.1.2-3 红粘土的复浸水特性分类

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

注: $I_r = \omega_L / \omega_p$, $I_r' = 1.4 + 0.0066 \omega_L$

4 红粘土地基变形均匀性分类应按表 3.1.2-4 执行;

表 3.1.2-4 红粘土地基变形均匀性分类

类别	地基变形均匀性	基底下 Z 深度范围内岩土构成
I	变形均匀地基	全部由红粘土构成
II	变形不均匀地基	由红粘土和岩石构成

注: 1 当单独基础的总荷载 p_1 为 500kN~3000kN / 柱, 条形基础荷载 p_2 为

100kN/m~250kN / m 时, Z 值可按下式确定:

单独基础: $Z(m) = Z_1 p_1 + 1.5$

条形基础: $Z(m) = Z_2 p_2 - 4.5$

式中 Z_1 、 Z_2 系数: Z_1 可取 0.003m/kN , Z_2 取 0.05m/kN 。

- 2 若不满足上述条件时,按《地基基础设计规范》的相关规定,对建(构)物地基的沉降进行估算。
- 3 对于土岩组合地基,若受拟建场地内红粘土的厚度变化大、建筑载荷差异大、建(构)筑体型复杂等因素的影响,应结合实际明确勘察的内容,并对不同建(构)物地基存在的变形差异影响进行评价。

3.2 红粘土地基岩土工程勘察与评价

3.2.1 红粘土场地岩土工程测绘与调查应查明以下内容:

- 1 不同地貌单元红粘土和次生红粘土的分布、厚度、物质组成、土性等特征及其差异;
- 2 下伏基岩岩性、岩溶发育特征与红粘土土性、厚度变化的关系;
- 3 土体结构特征,土体中裂隙发育的密度、深度、延展方向等特征规律,地裂缝的成因及分布特征;
- 4 斜坡与人工边坡的土性、坡率与高度、裂隙分布及变形破坏特征的调查统计;

5 地表水及地下水的分布、水位动态与红粘土状态在埋深方向的关系；

6 已有建筑物开裂原因分析，勘察、设计与施工经验等。

3.2.2 红粘土地基岩土工程勘察应符合下列规定：

1 勘探及测试按下列规定执行：

- 1) 采用钻探、原位测试、取样室内试验等勘察手段；
- 2) 钻探施工应干作业，回次钻进深度应小于螺纹钻头长度或取土管长度，用岩芯管钻进每回次不宜超过 0.5m。50mm 螺纹钻限于鉴别土层且深度不得超过 6.0m；
- 3) 每栋建筑应布置不应少于 3 个钻孔，自红粘土顶面往下应每间隔不大于 0.5m 取 1 件土样，测定其含水比的变化。原位测试与取试样应按土质单元进行，每栋建筑单元勘探点数量不应少于 3 个，并在场地上均匀分布，各土质单元参加统计的测定值不少于 6 个。对坚硬状态、硬塑状态及可塑状态的红粘土，原位测试宜采用载荷试验、静力触探试验；对软塑、流塑状态红粘土，可采用旁压试验和十字板剪切试验。
- 4) 对于建筑群勘察，每栋建筑物应取样，划分红粘土土质单元。采取质量等级为 I - II 级的原状土，必须使用与

质量等级相对应的取土器，采取软塑、流塑土试样应使用活塞取土器，并采用快速静力连续压入或重锤少击法取样。为鉴别土的状态可连续采取III级保湿土试样；

- 5) 需要进行地基变形验算、地基承载力或稳定验算时，除测定土的物理力学性质指标外，对裂隙发育的红粘土应作三轴剪切及无侧限抗压强度试验。评价边坡稳定还可进行重复慢剪等试验。判别红粘土胀缩性应进行收缩和复浸水试验。

2 勘探点的布置应沿建筑轴线布置，勘探点间距：对 I 类地基应取 12m~24m；对 II 类地基应取 6m~12m。对厚度和状态变化大的地段，勘探点应加密布置，独立基础应一柱一孔。

3 红粘土地基勘探深度，应根据红粘土状态及红粘土地基分类确定：

- 1) 坚硬（硬塑）状态的红粘土地基宜按表 3.2.2-1 确定。

表 3.2.2-1 I 类红粘土地基勘探深度

单独基础		条型基础	
荷载 (kN/柱)	勘探点深度 (m)	荷载 (kN/m)	勘探点深度 (m)
3000	6.5 (10.5)	250	5.0 (8.5)
2000	5.0 (8.5)	200	3.5 (6.0)

续表

1000	3.5 (6.0)	150	3.0
500	3.0	100	2.0

注：1 括号内数值是指地基变形计算深度内存在软塑、流塑状态的红粘土层时的勘探深度值；

2 勘探深度从基础底面起算；

3 对于其他情况，勘探深度应满足《岩土工程勘察规范》(GB50021)的相关规定。

2) 当基础底面宽度不大于 5m 时，勘探深度对条形基础不应小于基础底面宽度的 3 倍，对单独柱基不应小于基础短边宽度的 1.5 倍，且不应小于 5m。

4 水位观测点按地下水迳流方向布置，需测定地下水流量及土的渗透性时，应进行专门的试验。

5 对土岩组合地基，有土洞、地表塌陷或基础形式改用桩基等需进行施工补充勘察时，勘探点间距和深度应根据需要确定。

6 对潜在不稳定斜坡地段上的勘察，应对边坡的稳定性进行评价，提出建议。

3.2.3 不同类型的红粘土地基的岩土工程评价，除按有关规定外，要注意下列要求：

1 应根据工程需要划分出红粘土类型的空间分布，并分别提

出特性参数及工程评价；

2 应避免建筑物跨越地裂密集带和深长地裂；

3 应分析表层红粘土收缩、干湿循环及复浸水特性对土体性状和结构的影响。高温设备基础下土的不均匀收缩。基坑、边坡及明渠周边土中裂隙发生和发展导致土体结构改变。场地开挖石芽外露，岩土界面土体收缩的影响，地表水下渗引发地面变形的影响等；

4 应分析评价地表水、地下水及其季节性变化对红粘土状态与裂隙特征分带的影响。同时还应分析地表水、上层滞水、土中与岩面裂隙水及岩溶水的不均匀分布及其间的连通性和补给关系及其对基础施工及建筑物正常使用的影响。

3.3 红粘土地基岩土工程设计与施工

3.3.1 在红粘土地基上低层建筑物的基础埋深应大于大气影响急剧层深度。纵向长度大的低层砌体结构房屋，其角端 2~3 开间的基础埋置可适量加深，宜应加大房屋周边的散水宽度。

3.3.2 地基承载力按地基基础设计等级，由荷载试验或其他原位测试、公式计算及地区工程经验综合确定。当基础浅埋、外侧地面倾斜、有临空面或承受较大水平荷载时，结合以下因素综合考

考虑。

1 土体结构和裂隙对承载力的影响；

2 开挖面长时间暴露，裂隙发展和复浸水对土质的影响。

3.3.3 地基变形验算除计算各地段最终变形量外，当红粘土水平方向厚度和竖向状态剧烈变化以及石芽外露时，还应验算地基差异变形。当相邻基础的荷载和尺寸相近符合下列条件之一者，可不考虑地基不均匀对建筑物的影响：

1 变形均匀地基，相邻基础下的土层厚度超过表 3.2.2-1 中的勘探深度值；

2 变形不均匀地基，相邻基础底面下的土呈坚硬、硬塑状态时，其厚度应符合表 3.3.3-1 的规定。

表 3.3.3-1 不同基础底面下红粘土厚度界限值

单独基础		条形基础	
荷载 (kN/柱)	厚度 (m)	荷载 (kN/m)	厚度 (m)
3000	$h > 3.5$ 或 $h < 0.8$	250	$h > 2.0$ 或 $h < 0.9$
2000	$h > 2.5$ 或 $h < 0.9$	200	$h > 1.5$ 或 $h < 1.0$
1000	$h > 1.3$ 或 $h < 1.0$	150	$h > 1.0$ 或 $h < 1.2$
500	$h > 0.6$ 或 $h < 1.1$	100	$h > 0.5$ 或 $h < 2.0$

3.3.4 在满足 3.3.1、3.3.2 条的前提下，基础宜浅埋，优先选择上部坚硬、硬塑红粘土作持力层。

3.3.5 当地基的承载力和变形不能满足要求时，优先选择下列地

基处理措施:

1 相邻基础下土层厚度、状态不均时可改变基宽、调整相邻地段基底应力及增减相邻基础埋深;

2 属变形均匀性 II 类地基,可采用局部换填,调整基础埋深,协调基底应力与地基变形:

- 1) 当基底有外露石芽,应凿除等于或略大于基宽范围内的岩体作软褥垫处理,褥垫材料宜采用燃煤炉渣(粒径 0.5mm~10mm)、中粗砂等,其铺填厚度(H)为 0.3m~0.5m 或按下式计算确定:

$$H = \frac{\Delta S}{S''} \quad (3.3.5)$$

式中 ΔS —需要调整的不均匀变形量 (cm);

S'' —褥垫材料在相同荷载下的相对压缩量 (cm/m),由单轴压缩试验确定,褥垫材料为压实后的厚度与分层虚铺厚度的比值由试验确定,压实比初步可按 0.85~0.87 选取。

- 2) 当水平方向红粘土厚度变化大且有可塑、软塑土存在时,可在地基变形较大的一端作硬垫置换。垫层材料采用碎石充填角砾,其底部铺 10cm 厚中细砂,分层夯实填筑,

垫层厚度由变形调整计算确定。

3.3.6 基坑开挖至预定深度前应预留保护层，应检验合格后开挖到位并及时封闭基底，对边坡可喷浆护面封闭，封闭范围超过坡肩不小于 2m，并做好坡顶、坡面的有组织排水。高温季节中断开挖时，应用水封保湿。

3.4 红粘土地基岩土工程检测

3.4.1 红粘土地基检测应包括下列内容：

1 对地基基础设计等级属于甲级建筑物应进行建筑物施工及建成后的沉降观测。对重要边坡工程除，进行边坡变形观测外，应对土的湿度状态和裂缝随季节变化进行观测；

2 对浅表层发育的土洞，可采用土层钎探或物探方法，对深埋土洞应进行施工勘察，查明其分布范围及发育形态特征。

4 填土地基

4.1 一般规定

4.1.1 填土应根据以下规定，按照堆填方式进行分类：

1 非压实填土：由生产和生活废弃物在地表自然堆填而成，按其物质组成可分为：

- 1) 素填土：由碎石土、砂土、粘性土等一种或多种材料组成，不含或少含杂物；
- 2) 杂填土：含有大量建筑垃圾、生活垃圾等杂物混合组成；
- 3) 工业废料填土：由炉渣、煤灰、煤矸石等组成；
- 4) 混合填土：由上述二种以上填土混合组成。

2 压实填土：对选定的填料按压实标准，有组织分层填筑的土层。按压实方法可分为：

- 1) 机械振动碾压填土；
- 2) 强夯压实填土。

4.1.2 当使用非压实填土作为建筑物的天然地基时应进行专门勘察。对填土地基处理利用前，应选择有代表性的地段设置试验区进行设计参数验证试验。

4.1.3 填土地基岩土工程勘察应满足下列基本要求：

1 对非压实填土地基，勘探测试工作除应满足现行《岩土工程勘察规范》（GB50021）有关规定外，尚应结合山区填土空间分布的复杂性、物质成分多样性，勘探点应加密，并应采用钻探、井探、触探、物探等综合勘探手段。

2 对压实填土应分别对拟填场地与填料场地及周边有影响的范围进行勘察。

4.1.4 填土地基岩土工程设计，应根据建筑物体型、结构荷载、填料性能及大气降水影响等，结合现场条件及地区经验，进行以下工作内容：

1 非压实填土应验算地基承载力、变形及场地稳定性；

2 压实填土应根据压实填土质量目标，提出 1~2 种地基处理方法，并根据试验区试验结果对加固效果、技术经济及环境影响等作出评价；进行岩土工程设计，验算地基承载力、变形及场地稳定性。确定地基加固范围、加固目标值、施工工艺、检测方法及技术措施等；

3 提出填土地基施工及使用期监测的技术要求；

4 提出填土地基上建筑与结构的处理建议。

4.1.5 填土地基施工与检测应符合下列要求：

1 应建立加固全过程信息化施工管理体系，优化加固设计，及时调整施工工艺；

2 压实填土应采用与试验区相同的检测手段与技术标准，进行分层质量检测。

4.2 非压实性填土地基的岩土工程勘察与评价

4.2.1 填土地基工程地质测绘与调查应包括下列内容：

1 地形地貌的变迁、填料来源、堆填年限与堆填方式；

2 填土分布、厚度、物质组成，下卧岩土的工程特性及填土基底的稳定条件；

3 根据钻探、土工试验、原位测试资料划分土质单元；

4 填土的自重固结及外载作用下排水固结条件与特征；

5 填土中水的赋存、运动条件，与邻近水体的联系，分析对填土固结与施工的影响。

6 查明有无暗浜、暗塘、渗井、废土坑、旧基础及古墓的存在并提出处治建议。

4.2.2 填土地基勘探应符合下列要求：

1 对细粒填土宜采用标准贯入、静力触探、轻型动力触探等；

对含较多粗粒的杂填土、工业废料填土，宜采用重型或超重型动

力触探、钻探及井探；

2 每栋建筑物不应少于 4 个勘探点，勘探点间距宜为 6m~12m，填料性质及厚度变化较大取小值。勘探深度应穿过填土层底部，当有下卧软弱土层时，勘察深度应超过软弱下卧层变形计算深度；

3 应选择有代表性的位置布置探井，每类填土不宜少于两个并在井中取试样；

4 对分布范围较大的填土区，宜采用综合物探方法。根据场地条件、勘探要求及填土物性参数特征等，选用地震、地质雷达、声波、高密度电测等方法；

5 当场地存在塘、坑、浜，分布有软土，应考虑填筑的不利影响。

6 当场地天然坡度大于 20%，应对稳定性进行评价。

7 当填土场外围存在填土边坡时，应进行专门勘察，并对其稳定性进行评价。

4.2.3 填土地基试验、测试应符合下列规定：

1 当进行室内土工试验时，细粒填土实验项目应包括比重、含水量、重力密度、塑性指数、有机质含量、压缩性、湿陷性、不固结不排水剪切试验等，粗粒填土实验项目应包括比重、重力

密度、颗粒组成、级配、粗颗粒成分及风化特征、软弱颗粒含量、含泥量等；

2 现场测试应包括下列内容：

根据不同深度段的触探参数平面等值线图划分土质单元。对细粒填土除取样试验外，也可采用核子密度湿度仪测定含水量和密度，对粗粒填土可采用大体积灌水（砂）法测定密度；

3 确定地基承载力、压缩性和湿陷性，可采用压板面积不小于 0.5m^2 平板浅层载荷试验，并在预计地基承载力的荷载下浸水测定湿陷性，当土层厚或有地下水时可采用螺旋板深层载荷试验，每个土质单元测定值不少于三点；

4.2.4 填土地基评价应包括下列内容：

1 根据工程需要，按填土成分、堆填时段、触探参数及厚度，在平面图、剖面图上进行分区评价；

2 满足地基承载力和变形要求，并采取改善建筑物对地基变形适应能力的措施，当符合下列条件之一时，可作为不超过 6 层的混合结构及 6 层以下体形简单的轻型框架结构房屋的地基：

- 1) 完成自重固结的素填土、性能稳定的工业废料填土；
- 2) 压缩模量 $E_s \geq 10\text{MPa}$ 粘性素填土、比贯入阻 $P_s \geq 0.8\text{MPa}$ 和轻型动力触探锤击数 $N \geq 10$ 。

3 当属下列条件之一者，不得作为建筑地基使用：

- 1) 富含有机质生活垃圾的杂填土和混合填土；
- 2) 对建筑材料有腐蚀、可能自燃的工业废料填土；
- 3) 未完成自重固结的新填土；
- 4) 具湿陷性的填土。

4 对不满足承载力和变形要求或未完成自重固结的新填土，拟建物层数不高、荷载不大，可采用填土做地基时，应提出建议填土地基的处理措施。

4.3 压实填土地基岩土工程勘察与评价

4.3.1 待填场地勘察应查明下列内容：

- 1 地形地貌、地物、植被、岩土构成及地下水的埋藏条件；
- 2 地表水体的分布、流量、季节变化与地下水的联系；
- 3 不同预填标高周边地基及堆载稳定分析；
- 4 不同预填标高堆载及建筑物附加荷载作用下的稳定分析。

4.3.2 待填场地的评价应包括下列内容：

- 1 填方前基底及侧坡的清理范围、方法与工程量；
- 2 岩溶垂直通道涌水及地表水下渗的危害及处治；
- 3 填方加载对基底土固结变形的评价；

4 根据现场条件、填料物质组成和数量，提出土石挖填与调配的要求；

5 对场地填筑体进行稳定性评价；

6 不良地质体对填土的不利影响，分析评价场地填筑后填筑体沿原地表及地表浅层滑移的稳定性。

4.3.3 填料场地着重查明和评价下列内容：

1 岩土构成及其特性，预计开挖标高以上的剥离量与剥采比及土石量与土石比；

2 对填料中风化岩块、含泥夹层、土石混杂和天然湿度过高土料等的评价与处理；

3 开采方法、程序及路径的建议，弃方及周转料场位置的选择；

4 开采边坡坡率及稳定性，引发其他环境工程问题的评价；

5 当填料为建筑垃圾、工业废料时，查明其组成及自然级配，估算其存量和增量，并收集已有工程实践经验。

4.4 填土地基岩土工程设计

4.4.1 填土地基承载力计算应符合下列规定：

1 应根据载荷试验或其它原位试验、公式计算、工程经验综

合确定地基承载力特征值，并满足软弱下卧层承载力要求。平板载荷试验压板面积按需检验土层的厚度确定，且不应小于 1.0 m^2 ，夯实地基不应小于 2.0 m^2 ，且压板直径或短边尺寸不小于填料最大粒径3倍；

2 应通过复合地基载荷试验或由所用的增强体载荷试验成果，结合填土承载力特征值，综合计算确定复合地基承载力特征值；

3 当分层厚度大于压板影响深度时，试验区可通过开挖分亚层进行平板载荷试验；

4 在未经加固或新近填筑的填土中，采用桩基础时，应分析考虑填土变形对基桩侧壁产生的负摩阻力作用。

4.4.2 填土地基均应进行地基变形验算并应符合下列要求：

1 地基计算变形值应小于建筑物的允许变形值，并考虑与建筑物相关连的管、线或相邻建筑物维持正常使用对允许变形的限制；

2 填土地基变形计算中，压缩模量计算按实际地基应力取值，变形计算经验系数按当地经验确定。规定变形计算经验系数按当地经验确定，是为了保证地基变形计算的准确性，这就要求在填土地基岩土工程中应加强监测，并对其结果进行分析，从总结归

纳各地的变形计算经验系数，为岩土工程设计所采用。

4.4.3 填土地基的稳定性验算应符合下列要求：

1 粘性填土可采用圆弧滑动面法、粗粒填土可采用平面滑动面法进行稳定性验算，稳定系数根据工程重要性按有关规定取值；

2 压实填土边坡率允许值由计算确定，当初步选定时，可根据填料性质、填土厚度按《建筑地基基础设计规范》（GB50007）执行。如边坡高度超过时可分级放坡，每隔 6m~8m 设一道边坡平台，平台宽 1m~3m 并进行超高验算。

4.5 填土地基岩土工程施工

4.5.1 当地基承载力或变形不能满足要求时，可选用机械夯（压）实、换填、挤密桩、注浆或强夯法等地基处理方法进行处理，应符合下列要求：

1 机械压实宜用于处理由无机杂填土、工业废料及各类低湿度的粘性土填土等，其分层铺填厚度和有效处理深度由试验确定；

2 换填法可用于填土地基的浅层处理，置换材料可用中砂以上的粗粒土及矿渣等性能、稳定无腐蚀性的材料。置换层的厚度及宽度应满足下卧层承载力和基础底面应力扩散的要求；

3 挤密桩法宜用于不含粗巨颗粒、不属本规范第 4.2.4 条第

3 款规定的填土的加固处理。应按工程要求和填土特性，选用适当的增强体，其设计布置、置换率及施工方法的选择，应满足复合地基承载力和变形要求。增强体为透水材料时，其顶部宜设置碎石等散体材料垫层；

4 注浆加固法宜用于透水性强的填土地基的加固处理，应通过室内浆液配比和现场注浆试验确定各项参数，应在处理前确定施工方法与顺序、加固效果、检测以及采用的设备等；

5 强夯法宜用于处理由粗粒组成的填土，经现场试验验证后，可用于红粘土填土及其他高饱和度软弱填土的加固处理。应根据加固目标值、土质条件、置换材料等，通过现场试验确定强夯加固的单击夯击能、总夯击能量、夯点间距及有效加固深度等参数和指标。

4.5.2 待填场地应符合以下要求进行处理：

1 填料前清除场地耕植土和软弱土层、树根草皮等；

2 当填土填筑后整体稳定性不满足要求时，应采取有效措施加固填土以下软弱土层，防止填土滑移；

3 基底和填方标高以上的原始斜坡、井泉、岩溶垂直通道，应设置必要的排水设施，避免无组织渗流和排泄；

4 填土以下土层沉降不满足要求时，应对填土以下土层先进

行加固处理。

4.5.3 填土填筑应符合下列规定：

1 填土应分层回填、分层处理。对填土物质成分杂、均匀性差、分层厚度大的填土，应分亚层进行填筑，亚层厚度宜为 1.0m~1.5m；

2 块石、碎石为主的填土回填时，粘土不应集中回填，回填时宜进行混合或对粘土进行摊铺，摊铺厚度不应大于 0.5m；

4.5.4 使用机械振碾压实填土地基时，除应遵照《建筑地基基础设计规范》（GB50007）有关规定外，还应根据建筑物结构类型、填土性能和现场条件等，对填土的压实质量提出要求与相关参数，并选择下列有效的施工工艺：

1 对拟填筑的场地应作下列处理：

- 1) 填料前清除耕植土和软弱土层、树根草皮等；
- 2) 基底土较密实、且地面坡度缓于 20%时，可直接在经清理放阶整平的地面上填筑；
- 3) 坡上填筑压实填土，当坡率大于 20%且计算为不稳定时填筑前应采取有效措施，防止填土沿坡面滑移；
- 4) 基底和填方标高以上的原始斜坡上应设置必要的排水设施，避免无组织渗流和排泄。

2 粘性土填土压实质量以压实系数 λ_c 控制，根据建筑物结构类型和压实填土所在部位按有关规定执行。碎石或堆石填土压实质量以密实度控制，最大干密度取 $2.0 \sim 2.3 \text{T/m}^3$ ，块石取大值；

3 当压实填土阻截地表或地下水排泄时，根据地形和汇水量应先行修筑排水设施位于压实填土区内的上、下水管道，应采取防漏措施。

4 机械压实填土的施工应符合下列规定：

- 1) 填料选用应符合本规范 4.2.4 条第 3 款的要求，当使用含水量高的红粘土作填料时，应晾晒减水，待填土料应遮盖，施工时宜选用中、轻型碾压机械设备。
- 2) 填筑中定期检测填料的质量，丈量碾振后的压实变形量，雨季施工时应采取排水措施，防止填料淋湿，当出现土面横向隆起等塑性变形现象时应中断施工并采用相应防患措施；
- 3) 压实填土各层搭接位置应错开并适当增加碾压遍数。

5 对大面积填土地基压实时，可采用冲击式压路机进行分层冲击碾压；

6 压实填土压实质量以压实系数 λ_c 判定，最大干密度和最优含水量通过击实试验确定。

4.5.5 注浆加固法的设计施工与质量检测应按《既有建筑地基基础加固技术规范》（JGJ123）的有关规定执行。

4.5.6 换填法、挤密桩以及强夯法的设计、施工与质量检测按《建筑地基处理技术规范》（JGJ79）有关规定执行，尚应符合下列规定：

1 强夯法适用于处理由粗粒组成的填土，强夯置换法经试验施工认证后还可处理红粘土填土及其他高饱和度软弱填土。加固设计时应根据加固目标值、土质条件、置换材料等，通过试验确定强夯加固的单击夯击能、总夯击能量、夯点间距、夯击遍数及有效加固深度等；

2 填料以块石为主时，填料最大粒径应不大于 800mm，超径块石应剔除或在现场爆破解体。强夯单击夯击能量应不小于 3000kN·m；

3 对沉降变形要求高、荷载大的建筑物，可在强夯点夯完成后，在柱位处基础以下采用高能级强夯、置换强夯进行加强处理；

4 强夯试验时，有效加固深度宜采用夯前夯后的动探击数分析确定。当填土为硬质岩块石为主，动探无法实施时，宜通过埋设钢球测位移、探井取大样测密度或固体体积率、瑞雷波等两种以上手段平行检测，分别测试夯前夯后的数据分析确定；

5 填土顶部回填标高以下、基础底面以上宜设置一层 0.5m 左右厚的粘土滞水层，避免地表水渗入填土层；

6 强夯施工前，应对场地周边可能受到影响的建(构)筑物、地下管线等进行调查评价，并设置监测点和采取有效防护隔离措施。当强夯施工所引起的振动和侧向挤压可能对邻近建(构)筑物产生不利影响时，宜采用对周边环境影响较小的孔内深层强夯法。

4.5.7 强夯法加固填土还可按下列要求执行：

1 地基基础设计等级为乙级或乙级以下的填土地基，满足下列条件时，填土层有效加固深度为建筑物矩形基础的 3 倍基宽或条形基础的 6 倍基宽，且不小于 6m。

1) 填土厚度大于 10m，填料为无腐蚀性粗粒材料，填筑时间在 2 年以上，勘察评价其自重下沉已基本完成；

2) 填方及基底稳定，强夯加固深度内无软弱土，不存在地下水作用下发生潜蚀的可能。

3) 回填前应清除软弱土层，当地下水位较高时，宜采用人工降水措施，确保正常施工。

2 对于轻型排架结构房屋、厚度小于 10m、以粗粒为主的填土，可在填土表层先进行一遍搭接式能量不小于 1000kN/m 满夯

后，在柱位及设备基础位置上进行大能量一次性置换强夯，置换材料用块石或碎石，并以预计的基础埋深作为置换时夯坑底的控制深度。

3 填料以块石为主、强夯单击夯击能量不小于 3000kN.m，对压实填土填料最大粒径容许不大于 800mm，超径块石应剔除或在现场爆破解体，并要求填料按堆填法分层铺垫。

4 强夯施工前，应对场地周边可能受到影响的建(构)筑物、地下管线等进行调查评价，并采取有效防护措施。当强夯施工所引起的振动和侧向挤压对邻近建(构)筑物产生不利影响时，应设置监测点，并采取挖隔减振沟等隔振或防振措施。

4.6 填土地基的检测

4.6.1 填土地基必须坚持从勘察到处理的施工全过程监理与检测，填土的质量检测应随施工进度同步进行。基坑开挖后应进行验槽，检验密实度与均匀性是否符合设计要求。

4.6.2 强夯处理地基的质量检测数量根据加固体及加固条件的复杂程度和建筑物的重要性确定。对于简单场地上的一般建筑物，按每 400m² 不少于 1 个检测点，且不少于 3 点；对于复杂场地或重要建筑地基，每 300m² 不少于 1 个检验点，且不少于 3 点。强

夯置换地基，可采用超重型或重型动力触探试验等方法，检查置换墩着底情况及承载力与密度随深度的变化，检验数量不应少于墩点数的 3%，且不少于 3 点。

强夯地基承载力检验的数量，应根据场地复杂程度和建筑物的重要性确定，对于简单场地上的一般建筑，每个建筑地基载荷试验检验点不应少于 3 点；对于复杂场地或重要建筑地基应增加检验点数。检测结果的评价，应考虑夯点一和夯间位置的差异。强夯置换地基单墩载荷试验数量不应少于墩点数的 1%，且不少于 3 点；对饱和粉土地基，当处理后墩间土能形成 2.0m 以上厚度的硬层时，其地基承载力可通过现场单墩复合地基静载荷试验确定，检验数量不应少于墩点数的 1%，且每个建筑载荷试验检验点不应少于 3 点。

4.6.3 强夯处理地基的质量检测方法应按本规范第 4.2.3 条、4.5.6 条的规定选用原位测试和室内土工试验并采用两种或两种以上的方法平行检验。对于重要工程或复合地基应增加检验项目，并通过现场载荷试验确定竣工验收的地基承载力特征值及变形模量。

4.6.4 压实填土地基的质量检验必须随填筑分层进行。根据工程重要性在加固范围内每 100 m²~500m² 应有一个检验点。压实填

土的检测时间应在加固结束并间隔一定时间后进行，碎石土强夯的间隔时间为1周~2周，粘性土的间隔时间为3周~4周。

4.6.5 填土地基上建筑物的沉降观测应符合下列规定：

1 对建筑物应在施工及使用期间进行沉降观测。地基基础设计等级甲级的压实填土工程，应对填土体及下卧层变形进行观测；

2 沉降观测水准基点的设置在一个观测区内不应少于1个，观测点的数量不宜少于6个。水准测量应采用闭合法，测量精度满足水准测量要求，观测次数和间隔时间根据具体情况确定。

5 砂砾卵石地基

5.1 一般规定

5.1.1 当利用山间、河谷两岸的砂砾卵石层作为建筑物基础持力层时，岩土工程勘察应因地制宜合理布置勘探工作，并分辨其与平原地区的砂砾卵石层有以下不同的分布特征：

- 1 随河流曲折呈条带状或不连续分布；
- 2 厚度一般为 3m~8m，基岩为其下卧层；
- 3 颗粒分选性差，常粗细混杂组成。

5.2 砂砾卵石地基岩土工程勘察

5.2.1 砂砾卵石地基的岩土工程勘察应查明下列内容：

- 1 调查砂砾卵石层分布区地形地貌特征、成因及物质组成；
- 2 砂砾卵石层的分布范围、颗粒级配、颗粒形状、颗粒排列、母岩成分、风化程度、充填物的性质、充填程度、密实度及其在水平方向和垂直方向上的变化规律；
- 3 地下水位及地表水、下卧基岩中地下水的补排条件；
- 4 上覆及下卧土层或基岩的工程特性。

5.2.2 砂砾卵石层地基分布范围较大的场地，可根据场地岩土工程和水文地质条件，采用工程物探与钻探、坑探、动力触探及室内试验相结合的综合勘探方法。

5.2.3 勘探点的间距，应根据建筑物特性、场地工程地质条件以及砂砾卵石土的分布均匀性确定，可取 6m~12m，在不同的地貌单元边缘或粒度组成、有凸镜体、夹层等岩土结构复杂地段应适当加密；其控制性勘探孔宜占总勘探孔数量的 1/4~1/3；对一般性建筑物，当砂砾卵石层在水平分布和垂直厚度的变化较为均匀时，勘探点的间距可适当放宽，且不按柱位布孔。

5.2.4 一般性勘探孔深度为 6m~10m，控制性勘探孔深度宜穿过砂砾卵石土层进入稳定基岩。查明砂砾卵石层中各分层深度、下卧土层或基岩的空间分布；

5.2.5 测试手段包括现场原位测试和室内试验：

1 现场原位测试宜采用载荷试验、剪切试验、动力触探等。其中载荷试验的承压板、剪切试验的剪切面直径不小于最大粒径的 5 倍；

2 室内试验应进行颗（筛）分试验、击实实验、含水率、渗透系数、重度的测定等物理力学指标。

5.3 砂砾卵石层地基岩土工程评价

5.3.1 砂砾卵石层地基承载力特征值可采用以下方法综合确定：

1 当采用载荷试验时，应不少于 3 个试验点，并按照《建筑地基基础设计规范》（GB50007）附录 C 和附录 D 的技术要求执行；

2 当采用动力触探法时，应采用修正后的锤击数 N_{63.5} 或 N₁₂₀ 与载荷试验成果的相关统计数据对比，根据其均匀性和物理性质特征，确定承载力及变形参数。动力触探锤击数的修正方法，按照《岩土工程勘察规范》（GB50021）附录 B 执行；

3 在具有成熟经验的地区，应根据勘探、试验成果与地区工程经验类比确定，并作出评价。

5.3.2 选择砂砾卵石层作为地基持力层时，岩土工程分析应符合以下规定：

1 在地基受力层范围内是否软弱下卧层分布，并进行下卧层承载力特征值验算；

2 对有透镜体或夹层等分布的复杂地段和基岩面起伏较大地段，应分析地基不均匀变形；

3 应根据渗透性、地下水补给条件，分析评价地下水对基础施工、基坑边坡开挖及邻近工程稳定性的影响；

4 工程活动、水动力条件可能改变时,应进行渗流稳定分析,对潜蚀管涌的可能性进行评价。

5.4 砂砾卵石层岩土工程设计与监测

5.4.1 当采用砂砾卵石层作为地基持力层时,符合下列条件之一应进行地基处理:

1 地基承载力不能满足上部结构对地基的要求;

2 在地基受力层范围内有软弱下卧层分布且验算下卧层承载力不满足要求;

3 地基不均匀变形超过地基变形允许值。

5.4.2 应根据场地建筑物结构形式、荷载大小、岩土工程条件和水文地质条件并结合施工机械设备与当地材料供应等综合分析,选定砂砾卵石层地基处理方案,可采用换填法、灌浆法、碎石桩、强夯法、CFG 桩法等。处理后必须经检测,确认其地基承载力和变形指标满足设计要求。地基处理设计和评价方法可按照《建筑地基处理技术规范》(JGJ79)相关规定执行。

5.4.3 基础施工时,应检验砂砾卵石层地基持力层的颗粒含量、级配、密实度等是否与勘察资料相符,必要时进行施工阶段的补充勘察及监测。

5.4.4 基础施工采用降排水措施时，应监测其对周围环境和已有工程的影响，同时应对基坑涌水量、地下水渗流及基坑稳定性进行分析和评价。

6 岩石地基

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于非岩溶地层的岩石地基。

6.1.2 岩石地基勘察应先进行工程地质测绘及水文地质调查，后进行勘探及测试。岩石地基勘探应先疏后密，先施工控制性勘探点，后施工一般性勘探点。

6.1.3 对岩体基本质量等级的分类，除按《岩土工程勘察规范》（GB50021）有关规定执行外，可采用多因素综合评价确定，并在平、剖面图上划分出岩体质量单元，分别提出工程评价及对地基基础设计的建议。

6.1.4 岩石地基的基础施工应进行持力层检验，对于存在软弱夹层、断层破碎带等特殊岩土工程问题的场地，必要时应进行施工勘察。

6.1.5 岩石地基应根据场地岩土工程条件，选择多手段的综合勘察方法，查明不同地质体、地层的地质界面，节理、裂隙的发育程度和地下水的类型、埋藏条件、分布状况等水文地质特征。

6.2 岩石地基岩土工程勘察

6.2.1 岩石地基详细勘察应取得场地和建筑物的有关资料及其对地基条件的要求等,并采用工程地质测绘与调查、钻探、物探、测试、试验等综合勘察方法,分析评价场地的稳定性、适宜性。应按单体建筑或建筑群提出地基持力层、基底标高、基础形式、地基处理的建议,以及基坑支护、工程降水、不良地质作用防治等岩土工程评价。

6.2.2 岩石地基的工程地质测绘与调查范围应包括拟建场地及其建设可能影响到的附近地段,调查内容应包括:

- 1 地层岩组中的易滑体、可溶性及软弱夹层的空间分布特征;
- 2 断裂构造、岩层产状、节理裂隙的空间分布特征与变化规律,主导裂隙的分析统计,运用赤平投影、实体比例投影等分析图件和统计图表,预测岩层变形滑移的方向与范围;
- 3 含水、隔水地层的类别、厚度及其组合特征,地下水的类型、水位、各含水层的水力联系、埋藏运移、污染情况及其与地表水体的关系;
- 4 不良地质作用的空间分布、类型、规模、及其与地形地貌、地质构造、岩性、水文地质条件的成生关系,预测其在不同高程或地段的形态及发育特征;

5 已有建筑物的勘察、地基基础设计处理施工的工程经验。

6.2.3 岩石地基详细勘察的勘探点布置应按表 6.2.3 确定：

表 6.2.3 详细勘察勘探点间距 (m)

建筑物特征	一级建筑、20 层或高度 60 米及以上的二级建筑、跨度大于 30 米的单层厂房和仓库、跨度大于 12 米或 6 层及以上的多层厂房或仓库		20 层以下的二级建筑，跨度小于或等于 30 米的单层厂房和仓库、跨度小于或等于 12 米或 3 层及以上的多层厂房和仓库		6 层（含 6 层）以下的三级建筑，跨度小于 24 米的单层厂房或仓库、跨度小于或等于 6 米、楼盖无动荷载的 3 层及以下的多层厂房和仓库	
	独立基础 桩墩基础	条形基础	独立基础 桩墩基础	条形基础	独立基础 桩墩基础	条形基础
IV-V 级	按柱位布孔	6~9	间隔柱位布孔	9~12	间隔 2 个柱位布孔	12~15
I-III 级	间隔柱位布孔	9~12	间隔 2 个柱位布孔	12~15	间隔 3 个柱位布孔	15~18

注：1 建筑物特征引用《工业建筑工程设计等级分类》；

2 岩性组合复杂，岩体风化、完整性变化大时应加密勘探点；

3 勘探点选择时，对破碎岩体、断层破碎带、软质岩、极软岩、软硬互层岩体宜采用较小间距。对岩体较完整的坚硬岩、较硬岩和岩体完整的较软岩可采用较大间距；

4 重大设备基础和高耸构筑物，应单独布置勘探点，且不少于 3 个；

5 地质条件简单、岩性单一的场地，应布置 $1/5\sim 1/4$ 的控制性勘探点。

地质条件及岩性复杂的场地，应布置 $1/4\sim 1/3$ 控制性勘探点，并布置在有利于查明岩性组合规律和可能出现特殊岩土工程问题的部位。

6.2.4 岩石地基详细勘察的勘探深度，应根据建筑物特征和岩体质量等级分别按表 6.2.4-1、6.2.4-2、6.2.4-3 确定，并满足下列规定：

1 勘探深度应能控制地基主要受力层，对强风化、极破碎岩体尚应达到变形计算要求的深度。

2 需进行地基稳定性验算的地段，勘探深度应满足稳定性验算要求；

3 控制性勘探孔深度应符合下列规定：

1) 岩体质量等级为IV-V级的场地，一级建筑、20层或高度60米及以上的二级建筑、跨度大于30米的单层厂房和仓库、跨度大于12米或6层及以上的多层厂房或仓库为5m~6m，20层以下的二级建筑，跨度小于或等于30米的单层厂房和仓库、跨度小于或等于12米或3层及以上的多层厂房和仓库为3m~5m，6层（含6层）以下的三级建筑，跨度小于24米的单层厂房或仓库、跨

度小于或等于 6 米、楼盖无动荷载的 3 层及以下的多层
 厂房和仓库为 2m~3m;

- 2) 岩体质量等级为 I-III 级场地，一级建筑、20 层或高度
 60 米及以上的二级建筑、跨度大于 30 米的单层厂房和
 仓库、跨度大于 12 米或 6 层及以上的多层厂房或仓库
 为 3m~5m，20 层以下的二级建筑，跨度小于或等于 30
 米的单层厂房和仓库、跨度小于或等于 12 米或 3 层及
 以上的多层厂房和仓库为 2m~3m，6 层（含 6 层）以下
 的三级建筑，跨度小于 24 米的单层厂房或仓库、跨度
 小于或等于 6 米、楼盖无动荷载的 3 层及以下的多层厂
 房和仓库为 1m~2m。

表 6.2.4-1 详细勘察勘探深度 (m)

建筑物 特征 岩体质 量等级	一级建筑、20 层或高度 60 米及以上的二级建筑、跨度大于 30 米的 单层厂房和仓库、跨度大于 12 米或 6 层及以上的多层厂房 或仓库		
	独立 基础	桩墩 基础	条形 基础
IV-V 级	2B 且不少于 7m	5D 且不少于 7m	3.5B 且不少于 7m
I-III 级	2B+1	5D+1	3.5B+1

表 6.2.4-2 详细勘察勘探深度 (m)

建筑物特征	20层以下的二级建筑, 跨度小于或等于30米的单层厂房和仓库、 跨度小于或等于12米或3层及以上的多层厂房和仓库		
岩体质量等级	独立基础	桩墩基础	条形基础
IV-V级	1.5B且不少于5m	3D且不少于5m	3B且不少于5m
I-III级	1.5B+1	3D+1	3B+1

表 6.2.4-3 详细勘察勘探深度 (m)

建筑物特征	6层(含6层)以下的三级建筑, 跨度小于24米的单层厂房或仓库、 跨度小于或等于6米、楼盖无动荷载的3层及以下的多层厂房和仓库		
岩体质量等级	独立基础	桩墩基础	条形基础
IV-V级	1.5B且不少于3m	3D且不少于3m	3B且不少于3m
I-III级	1.5B+0.5	3D+0.5	3B+0.5

注: 1 B—基础宽度, D—桩墩基底直径;

2 勘探深度自基础底面起算。

6.2.5 岩石地基的勘探应符合下列规定:

1 钻孔孔径应满足勘察目的、采样、测试及钻进工艺的要求。

鉴别和划分地层的孔径不应小于75mm, 采集软质岩试验岩样孔径

不宜小于 91mm。孔内测试试验的孔径应满足相应的要求；

2 岩芯采取率对完整、较完整岩体不应低于 80%，对较破碎、破碎岩体不应低于 65%；对不同岩性界面和软弱结构面等需重点查明的部位，应采用双层岩芯管连续取芯等措施提高岩芯采取率；

3 当需采用岩石质量指标 RQD 进行岩石质量判定时，应采用 75mm 口径（N 型）双层岩芯管和金刚石钻头；

4 钻进回次进尺对完整、较完整的硬质岩石不应超过 2m，对破碎软弱岩体、软硬互层岩系，不应超过 1m，对不同岩性界面、软弱结构面等特殊部位应减少回次进尺；

5 不同岩性分层的界面深度不应超过 10cm、地下水位的量测误差不应超过 10mm；

6 对下列情况宜布置坑探：

1) 风化破碎的软弱及互层岩体；

2) 钻探未能查明岩性特征及组合规律及采集试样不满足要求时。

6.2.6 岩石地基的勘探编录应符合下列规定：

1 岩石的描述应包括地质年代、地层名称、颜色、主要矿物、结构构造、坚硬程度、风化程度、节理裂隙特征、岩芯块度等表征岩石与岩体性状的内容；

2 应计算岩芯采取率、岩石质量指标 RQD、岩芯块度指数等量化指标；

3 探井、探槽应绘制剖面图、展示图等反映井、槽壁和底面岩性、地层分界、构造特征、试验样和原位试验位置。

6.2.7 岩石地基的物探测试应根据建筑物对地基条件和地基参数的要求，结合场地条件实施，应符合下列规定：

1 为查明勘探深度范围的岩土组合规律、岩体风化程度变化剖面、断层破碎带、软弱结构体、洞隙等异常地质体的位置、宽度、展布方向、空间形态特征，可采用浅层地震、孔间地震 CT、孔间电磁波 CT、瞬态面波法等测试方法，且应布置在代表性地段和代表性深度范围；

2 为确定岩体质量等级，评价岩体完整性，可采用单孔或跨孔弹性波速测试。单孔弹性波速测试的平面布置和测点间距可根据建筑物的重要性和岩性条件按表 6.2.7 采用；

3 需提供场地卓越周期时，应进行地微振测试；确定场地抗震类别应进行覆盖层的剪切波测试，且每个场地测试数不少于 3 点。

6.2.7 详细勘察单孔波速测试

建筑物特征 岩体质量等级	一级建筑、20层或高度60米及以上的二级建筑、跨度大于30米的单层厂房和仓库、跨度大于12米或6层及以上的多层厂房或仓库	20层以下的二级建筑，跨度小于或等于30米的单层厂房和仓库、跨度小于或等于12米或3层及以上的多层厂房和仓库		
	平面布置	测点间距(m)	平面布置	测点间距(m)
IV~V级互层岩体	逐孔位	0.2	间隔孔位	0.2
IV~V级单一岩性岩体或I~III级岩体	间隔孔位	0.2	间隔2~3孔	0.2

6.2.8 岩石地基原位测试应符合下列规定：

1 当确定天然地基或桩基持力层的地基参数时，对岩体基本质量等级为IV~V级及软硬互层岩体上的一级建筑、20层或高度60米及以上的二级建筑、跨度大于30米的单层厂房和仓库、跨度大于12米或6层及以上的多层厂房或仓库可进行岩基载荷试验，同一岩性层或岩体单元上的载荷试验不得少于3个点；

2 软弱破碎岩体上的20层以下的二级建筑，跨度小于或等于30米的单层厂房和仓库、跨度小于或等于12米或3层及以上的多层厂房和仓库，6层（含6层）以下的三级建筑，跨度小于24米的单层厂房或仓库、跨度小于或等于6米、楼盖无动荷载的

3层及以下的多层厂房和仓库，可采用重型和超重型动力触探，动力触探测试孔宜与勘探钻孔间隔布置，或选择代表性钻孔旁布置，且数量不少于6孔；

3 20层以下的二级建筑，跨度小于或等于30米的单层厂房和仓库、跨度小于或等于12米或3层及以上的多层厂房和仓库，6层（含6层）以下的三级建筑，跨度小于24米的单层厂房或仓库、跨度小于或等于6米、楼盖无动荷载的3层及以下的多层厂房和仓库的勘察，可进行现场岩块点荷载试验，同一岩性层或岩体单元不得少于6组，每组10件。当统计的变异系数大于0.3时，应分析原因。

4 斜坡场地的稳定性验算，应基于岩体中的外倾软弱结构面上进行的现场大型剪切试验。

6.2.9 岩石地基的室内试验应根据需要策划，试验应符合下列要求：

1 每个岩性层或岩体单元保证参加统计的数量不得少于6件；当场地作为一个建筑物群进行勘察时，每个单体建筑物下每个岩性层或者每个岩体单元参加统计的数量不得少于3个钻孔，且不得少于3件，建筑群累计参加统计的数量不得少于6件。

2 评价岩石地基承载力，应进行硬质岩石的饱和状态单轴抗

压试验，软质岩石的天然状态单轴抗压试验；为评价岩体的完整性指数，应同步进行单轴试验岩样的波速检测；

3 当评价软质岩石的软化性、膨胀性、崩解性等特殊性质时，应进行相关试验确定；

4 当需提供岩石的弹性模量和泊松比时，应进行单轴压缩变形试验；

5 当需提供岩石的抗剪强度指标时，可根据岩石的坚硬程度分别进行三轴压缩试验或直接剪切试验。

6.2.10 岩石地基中的地下水勘察应符合本规范第10章有关的规定。

6.3 岩石地基岩土工程评价

6.3.1 岩石地基的岩体质量评价应符合下列规定：

1 应根据岩石坚硬程度、岩体完整程度，并按表 6.3.1-1 确定岩体基本质量等级；

表 6.3.1-1 岩体基本质量等级分类

完整程度 坚硬程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	II	III	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

2 岩体完整程度可按不同岩土工程勘察等级所获的评价因素，按表 6.3.1-2、6.3.1-3 组合评价；

表 6.3.1-2 岩体完整程度划分

岩体完整程度	组合评价因素		
	风化特征	岩芯特征	岩体体积节理数 J_v
完整岩体	微风化至未风化，岩质新鲜	柱状、长柱状为主，偶含短柱状	<3
较完整岩体	微风化，岩质新鲜	短柱状、柱状为主，偶含碎块状	3-10
较破碎岩体	中风化，岩质较新鲜	短柱状、柱状，含较多碎块状	10-20
破碎岩体	强风化，岩质不新鲜，次生矿物较明显	碎块状、短柱状，含较多砾砂状	20-35
极破碎岩体	强风化，次生矿物明显	砂砾状，碎石状，偶含短柱状	≥ 35

注:1 岩体体积节理数 J_v 调查统计方法见《工程岩体分级标准》(GB50218)。

表 6.3.1-3 岩体完整程度划分

岩体完整程度	评价指标	组合评价因素			
	完整性指数 K_v 特征	岩石质量指标 RQD (%)	岩体波速 VP 特征 (m/s)	岩芯块度指数 k_d	岩体基本质量指标 BQ
完整岩体	> 0.75	> 90	>5000 (>4500)	7~9	>550
较完整岩体	0.75~0.55	75-90	4000~5000 (3500~4500)	5~7	550-451
较破碎岩体	0.55~0.35	50-75	3000~4000 (2500~3500)	3~5	450-351
破碎岩体	0.35~0.15	25-50	2000-3000 (1500~2500)	1~3	350-251
极破碎岩体	< 0.15	< 25	< 2000 (< 1500)	< 1	<250

注: 1 表中括号内波速值为软质岩石的岩体波速 VP 值;

2 岩芯块度指数 K_d 的计算方法见附录 A。

3 岩体基本质量指标 BQ 见《工程岩体分级标准》(GB/T50218)。

4 岩体完整性指数按下列方法确定: 岩体纵波速度与岩块纵波速度之比的平方。岩体波速代表值取测试岩体单元的统计平均值, 岩块波速代表值取大于岩体波速值最大值的岩块波速统计平均值。当出现测定岩块波速小于岩体波速的最大值的异常值, 可取岩体波速的最

高值表征岩块波速的代表值。

6.3.2 岩石地基测试实验指标统计应符合下列规定：

1 统计前应对测试实验数据的可靠性和适用性做出分析，对离散异常数据进行复查检验，确认无误后才进行统计。

2 参与统计的抗压强度指标应是高径比为2的标准件实验值，对于非标准件试样的抗压强度指标应按下式进行强度换算：

$$f_r = \frac{8f_r'}{7+2D/H} \quad (6.3.2)$$

式中 f_r —高径比为2的标准件试样抗压强度；

f_r' —非标准件试样的抗压强度；

D—非标准件实验样的直径；

H—非标准件实验样的高度。

3 由方块样和近似方块样的不规则块体的点荷载实验计算的抗压强度，可按高径比为1的试样抗压强度进行换算。

4 统计指标包括范围值、平均值、标准差、变异系数，对于抗压、抗拉、抗弯、抗剪各类强度指标，应统计计算标准值。

1) 平均值 f_m ：

$$f_m = \sum_{i=1}^n f_i / n \quad (6.3.2-1)$$

2) 标准差 σ_f :

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} [\sum_{i=1}^n f_i^2 - (\sum_{i=1}^n f_i)^2/n]} \quad (6.3.2-2)$$

3) 变异系数 δ :

$$\delta = \sigma_f / f_m \quad (6.3.2-3)$$

4) 标准值 f_k :

$$f_k = r_s \cdot f_m \quad (6.3.2-4)$$

$$r_s = 1 \pm \left[\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right] \delta \quad (6.3.2-5)$$

以上式中 f_i —实验指标实测值;

N —试验指标统计数;

γ_s —统计修正系数。

5 当统计的变异系数 > 0.3 时,可采用正负三倍标准差法 $f_m \pm 3\sigma_f$ 的异常数值舍去后重新统计。如果重新统计的标准差和变异系数偏高,应检查原因,考虑重新划分岩质统计单元。

6 动力触探锤击数、岩体波速应统计范围值、平均值、标准差、变异系数、标准值。

7 岩基载荷实验,现场大剪实验指标,参照国家有关标准的

规定统计，确定其平均值和代表值。

6.3.3 岩石地基承载力的确定应满足下列要求：

1 对于一级建筑、20层或高度60米及以上的二级建筑、跨度大于30米的单层厂房和仓库、跨度大于12米或6层及以上的多层厂房或仓库，岩体基本质量等级为V类，且完整程度为较破碎、破碎、极破碎的软质岩石地基、岩体基本质量等级为IV级、V级，且完整程度为破碎、极破碎的硬质岩石地基，在单轴抗压和点荷载强度试验成果初步确定的基础上，应由静荷载试验成果确定；20层以下的二级建筑，跨度小于或等于30米的单层厂房和仓库、跨度小于或等于12米或3层及以上的多层厂房和仓库，6层（含6层）以下的三级建筑，跨度小于24米的单层厂房或仓库、跨度小于或等于6米、楼盖无动荷载的3层及以下的多层厂房和仓库，可由单轴抗压试验和点荷载强度结合经验确定；

2 对于一级建筑、20层或高度60米及以上的二级建筑、跨度大于30米的单层厂房和仓库、跨度大于12米或6层及以上的多层厂房或仓库，岩体基本质量等级为I、II、III级，且完整程度为完整、较完整的硬质岩石地基，可由单轴抗压试验强度进行确定；

3 相同岩性的较完整和较破碎岩体单元间，可通过完整性指

数比拟，按下式确定：

$$f_{ab} = (K_{wb}/K_{wy}) \times f_{ay} \quad (6.3.3)$$

式中 f_{ab} —被比拟岩体单元的承载力特征值；

f_{ay} —由载荷试验或单轴抗压试验获得确定的岩体单元承载力特征值；

K_{wb} —被比拟岩体单元的完整性指数；

K_{wy} —已确定承载力的岩体单元的完整性指数。

6.3.4 软硬夹层或互层时，承载力的确定，可按照下列规定：

1 当岩层产状水平或缓倾斜时，

1) 基础直接置于软质岩上，应按软质岩的承载力进行确定；

2) 基础直接置于硬质岩上，可根据基础类型和硬质岩石夹软质岩石在基底下的厚度，按表 6.3.3 确定；

表 6.3.3 岩层产状平缓硬软岩夹层承载力确定

基础类型	基底硬质 岩石厚度 H (m)	承载力确定方法
扩展式 独立基础	$(H/B) \geq 1.5$	硬质岩石承载力
	$(H/B) = 1.0 \sim 1.4$	硬质岩石承载力的 80%~90%
	$(H/B) = 0.5 \sim 0.9$	硬质岩石承载力的 50%~60%

续表 6.3.3

桩墩式 基础	$(H/D) \geq 3.0$	硬质岩石承载力
	$(H/D) = 2.0 \sim 2.9$	硬质岩石承载力的 80%~90%
	$(H/D) = 1.0 \sim 1.9$	硬质岩石承载力的 50%~60%
条形 基础	$(H/B) \geq 3.0$	硬质岩石承载力
	$(H/B) = 2.0 \sim 2.9$	硬质岩石承载力的 80%~90%
	$(H/B) = 1.0 \sim 1.9$	硬质岩石承载力的 50%~60%

注：B — 扩展式或条形基础的宽度(m)；

D— 桩、墩式基础的基底直径(m)。

2 当岩层产状陡倾斜或直立时，按 6.3.3 确定

$$f_{az} = f_{aR} + K (f_{ay} - f_{aR}) \quad (6.3.3)$$

式中： f_{az} — 软硬互层岩组的承载力特征值综合值；

f_{aR} — 软质岩的承载力特征值；

f_{ay} — 硬质岩的承载力特征值；

K— 硬层在夹层或互层综合承载力中的贡献率，

$$K = [h_y - (1/(n+1))] / [1 - (1/(n+1))]$$

n — 软硬层的承载力比值 (f_{ay}/f_{aR})；

h_y — 硬层的厚度比， $h_y = d_Y / \sum d$ ；

d_Y — 硬层厚度；

Σd — 硬层与软层的总厚度。

上式 6.3.3 的使用条件应满足下列条件：

- 1) $n > 2$;
- 2) 基础底面应力扩散范围内无临空面;
- 3) 基础跨越且尺寸大于夹层或互层中单层的平面出露宽度三倍以上。

6.3.5 对易受水软化、风化崩解的煤系、煤层、泥质、炭质等岩层，应分析软化、崩解对承载力的影响；

6.3.6 岩石地基的地下水评价应符合下列规定：

- 1 提供水位及其变化幅度，当地下水位高于地下室底板标高时，应提出抗浮设计水位；
- 2 深基坑开挖应分析地下水的不良作用，提供基坑的预测涌水量、腐蚀性评价及防止地下水不良作用的措施。

6.4 岩石地基基础

6.4.1 岩石地基的验算应符合下列规定：

- 1 I~III 类基本质量等级岩体上的一级建筑、20 层以下的二级建筑，跨度小于或等于 30 米的单层厂房和仓库、跨度小于或等于 12 米或 3 层及以上的多层厂房和仓库、三级建筑物的基

础埋深应满足抗滑要求；

2 IV~V 类基本质量等级的岩体、软硬互层岩组、变形模量差异 2 倍以上的一级建筑、20 层或高度 60 米及以上的二级建筑、跨度大于 30 米的单层厂房和仓库、跨度大于 12 米或 6 层及以上的多层厂房或仓库应作变形验算。在受力层范围内存在软弱层时，应进行下卧层承载力及变形验算。

6.5 岩石地基基础施工与检验检测

6.5.1 岩石地基的爆破应考虑不同岩质条件、爆破方式，预留人工开挖的适当深度。硬质岩石宜预留 500mm~700mm，软质岩石应预留 700mm~1000mm；

6.5.2 人工挖孔嵌岩灌注桩在嵌岩段宜采用微差微分爆破或预裂爆破，以充分发挥其侧阻嵌固力。

6.5.3 岩石地基施工时必须对地基持力层的岩性特征、岩质单元及承载力进行核定，并判定有无软弱及风化层。

6.5.4 易风化和崩解的岩石地基基础施工挖至预定深度，应经检验合格后应及时浇灌封闭。

6.5.5 人工挖孔桩应进行桩壁的编录，当开挖至预定深度时应进行桩端持力层检验。

6.5.6 机械成孔的大直径钻孔灌注桩至预定深度时必须检测孔深、孔底沉渣，并应有一定比例的小口径钻探；检验受力层内的岩土情况。

6.5.7 施工中降水工程，应预留观测孔或设置观测点，监测地下水位和降水对周边环境的影响。

6.5.8 地下室深基坑的施工，应对支护结构、周边建筑物及附近地下管线等市政设施的沉降、位移进行监测。

6.5.9 位于斜坡上的岩石地基，宜根据需要进行边坡水平位移和竖向变形的监测。

6.5.10 施工过程中应加强信息反馈，出现异常应分析其原因和潜在的危害性，提出处理措施及建议，必要时应进行施工勘察。

6.5.11 对于岩体较完整，且无地下水或水量较小，开挖深度内无软弱土层（淤泥、流沙）的场地，可采用人工挖孔桩，但桩孔深度不宜大于 25m，对于岩石较破碎、破碎，且工程地质及水文地质条件复杂、较复杂的场地，宜采用机械成孔桩。

7 岩溶地基

7.1 一般规定

7.1.1 岩溶地基是指以碳酸盐类岩石为地基持力层且岩体中存在岩溶现象及上覆土层中存在土洞，对场地稳定和建筑安全产生影响的地基，不包括以基岩上覆土层作持力层的地基。

7.1.2 以基岩上覆土层作持力层的地基和土洞与土洞群的勘察，应按《岩土工程勘察规范》（GB50021）第 5.1 节和本规范第 3 章的有关规定执行。

7.1.3 根据岩溶发育程度，将岩溶场地划分为下列三个发育等级，并按表 7.1.3 确定。

表 7.1.3 场地岩溶发育等级

岩溶强发育	①地表岩溶塌陷、漏斗、洼地、土洞发育。溶沟、溶槽、石芽密布； ②钻孔见洞隙率>30%、线岩溶率>20%、土洞率≥10%； ③相邻柱基之间基岩起伏面相对高差>5m； ④岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度>20m； ⑤地下有暗河、伏流。岩溶裂隙水丰富，地表泉眼多有分匝布。
岩溶中等发育	①地表岩溶塌陷、漏斗、洼地、土洞较发育。溶沟、溶槽、石芽较发育；
岩溶中等发育	②钻孔见洞隙率 10~30%、线岩溶率 5%~20%、土洞率<10%； ③相邻柱基之间基岩起伏面相对高差 2m~5m； ④岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度<20m； ⑤无地下暗河、伏流。岩溶裂隙水较丰富，地表泉眼有分布。
岩溶微发育	①无岩溶塌陷、漏斗。溶沟、溶槽较发育； ②钻孔见洞隙率<10%、线岩溶深率<5%、无土洞； ③相邻柱基之间基岩起伏面相对高差<2m； ④岩溶裂隙或串球状溶洞发育深度<5m； ⑤岩溶裂隙多被充填，地下水不丰富。

注： 1 各等级的 5 项条件中，有一项符合者即判定为相应岩溶发育等级；

2 当钻孔遇洞率为 0，基岩石面起伏高差>5m、5~2m、<2m 时可分别定为表生岩溶强发育、中等发育和微发育。

7.2 岩溶地基勘察

7.2.1 岩溶地基勘察应遵循地质调查分析由面到点、勘探工作由疏到密的原则。针对建筑物特征和场地条件，宜采用工程地质调

查测绘、钻探、物探、测试等多种手段结合的方法进行。其主要工作内容应符合下列要求：

1 充分搜集场地及其邻近地段的有关岩土工程勘察资料，建筑物特征（建筑规模、结构、基础形式、埋深、持力层岩土性质等）及当地建筑经验；

2 查明岩溶发育程度、洞隙特征（规模、埋深、顶板完整性、充填物性质及充填程度）及其与岩性、地质构造、地形地貌的关系，划分场地的岩溶发育程度等级，根据岩溶发育强烈程度将对岩层划分成不同的工程地质岩组，评价岩溶对场地和地基的影响，当场地岩溶水文地质条件复杂时，可扩大岩溶水文地质测绘和调查范围；

3 查明岩溶水的赋存与运移条件、水位及变幅、水量、水质，评价其对建筑工程的影响和建筑工程对周边岩溶水文地质环境的影响，预测基坑涌水量以及施工降水对环境可能造成的不良影响，提出降水方案的建议；

4 查明岩溶区不良地质作用及类型，并提出防治处理意见；

5 对覆盖型岩溶发育地区存在土洞和塌陷的位置文职应查明成因、分布形态特征、发育规律及发展趋势；

6 与工程场地有关的暗河、大型溶洞、岩溶泉等应查明其分

布规律、补径排关系及规模。人员可以进入的洞体，均应入洞勘察，人员不能进入的洞体，宜用孔内电视等手段探测；对于钻探揭示的溶洞，当洞内充水且场地周边有大的岩溶泉出露时，宜进行连通试验；

7 对地基设计、基础方案、持力层选定、基础埋置标高、岩溶及土洞塌陷的治理提出建议。

7.2.2 为查明场地岩溶发育的宏观分布规律，可采用综合物探方法。当采用电法勘探时，测线布置宜垂直岩溶发育方向，线距宜为 10m~20m，点距宜为 5m~10m，探测深度自岩面以下宜为 15m~20m。相同类型的物探异常点应经适量钻探验证。为探测溶洞空间形态，可采用钻孔间电磁波 CT、超声波透视 CT、钻孔雷达、孔内电视等综合物探方法。

7.2.3 岩溶地基钻探工作量的布置应符合下列规定：

1 钻探孔应沿建筑基础轴线布置，单独基础按预估基础底面积 A 确定。A 小于等于 2 m²时布 1 个孔，A 大于 2 m²时布 2 个孔。条形基础宜按 6m~12m 布置钻孔。

1) 针对岩溶强发育地段，单独基础按预估基础底面积 A 确定。A 大于 2 m²，对采用机械成孔桩基应在上述钻孔基础上增加不宜少于 2 个钻孔；条形基础应 6m 布一个孔。

- 2) 遇深溶槽或串珠状溶洞，拟采取混凝土梁、板跨越，需查找稳定支点时，可适当增加钻孔或物探，加孔方向宜垂直岩溶发育方向：
- 3) 岩溶中等发育和微弱发育地段钻孔数在满足“一桩一孔”的条件下，对于已揭示有岩溶洞隙的孔位，可根据实际需要增加钻孔。
- 4) 为探测溶洞空间形态，相同类型的物探异常点应经适量钻探验证。

2 钻孔按深度可分为下列两类：

- 1) 控制性钻孔：用以查明地质构造、岩性展布、岩溶发育规律，孔深可根据探测目的确定。最大深度及孔数以查明溶洞空间分布为目的，作为一般控制性钻孔数不超过总孔数的 1/10。
- 2) 一般性钻孔：用以查明地基建条件，孔深宜进入持力层 3~5 倍基础短边宽度或桩基底面直径，且均不小于 5m。拟定钻孔深度内遇溶洞时，应钻穿溶洞进入洞底持力层，持力层厚度应满足上述规定。如串珠状溶洞或溶隙深度大时，根据实际需要和结合基础施工的可能性确定。

7.2.4 岩溶地下水的勘察和评价，除满足《岩土工程勘察规范》（GB50021）第7章和本规范第10章的要求外，尚应满足以下要求：

1 抽水试验井孔宜按不同岩溶发育地段布置，岩溶强烈发育地段不少于2个，岩溶中等发育地段不少于1个。预测降水可能造成不良环境工程问题时，宜将抽水试验改为压水试验或注水试验。

2 岩溶地下水抗浮水位应根据实测地下水位，并结合当地长期地下水位观测的历史最高水位进行综合评价。

7.2.5 为探测可能影响建筑条件的岩溶管道或暗河空间分布及走向，可采用物探或连通试验；为评价浅埋溶洞顶板强度与稳定性，可进行原位实体基础深层载荷试验。

7.2.6 对岩溶地基岩体完整程度的定量划分，可采用单孔声波测井，测点间距宜为0.2m。

7.2.7 岩石饱和单轴抗压试验取样要求应按本规范第六章的有关规定执行。

7.2.8 岩溶勘察报告除应符合《岩土工程勘察规范》（GB50021）第14章的规定外，尚应包括下列内容：

1 岩溶发育的地质背景和形成条件；

- 2 基岩顶板等值线图；
- 3 洞隙、土洞、塌陷纵横剖面图；
- 4 岩溶发育程度分区图，绘出洞隙、土洞、塌陷的平面位置；
- 5 岩溶洞隙、土洞特征一览表；
- 6 岩溶稳定性分析；
- 7 建议基础埋置深度（高程）一览表；
- 8 评价成桩可能性，论证桩的施工条件及其对周边环境的影响；
- 9 提出降水方案建议；
- 10 岩溶治理和监测的建议。

7.3 岩溶地基稳定性评价

7.3.1 根据岩溶发育强烈程度，对场地进行地段划分，重大建筑宜避开岩溶强发育区段。

7.3.2 对钻探深度范围内的溶洞，在查明其平面形态后，当遇到下列情况时应评价其顶板在建筑荷载作用下的稳定性：

1 当基底面积大于溶洞平面尺寸并满足支承长度要求时，对于基本质量等级为 I 级岩体中的溶洞，其基底以下的溶洞顶板厚度大于 $0.3d$ (d 为溶洞直径)。II 级岩体中的溶洞，其溶洞顶板厚

度大于 $0.4d$ ，III 级岩体中的溶洞，其溶洞顶板厚度大于 $0.5d$ 可不考虑溶洞的影响；

2 当基底面积小于溶洞平面尺寸时，对基本质量等级为 I 级或 II 级的岩体，可按冲切锥体模式验算溶洞顶板的抗冲切承载力。岩石极限抗拉强度标准值宜由试验确定，岩体抗冲切承载力可取 0.05 倍岩石饱和单轴抗压强度。基础底面以下的溶洞顶板厚度 h 大于 $1.7d$ (d 为溶洞直径) 时，可不考虑溶洞的影响；

3 基本质量等级为 III 级或 IV 的岩体，可作原位实体基础载荷试验评价溶洞顶板的强度与稳定性，最大加载量应不小于地基设计要求的 2 倍。

7.3.3 位于溶槽、漏斗、岩石陡坎近傍的基础，当岩体中有倾向临空面的软弱结构面时，应验算地基滑移稳定性，当相邻临基础高差大于等于 5m 时，宜将相邻临基础高差调为相近。软弱结构面的抗剪强度宜由试验确定。无试验资料时，可参照《建筑边坡工程技术规范》(GB50330) 表 4.3.1 选用。当稳定系数大于或等于 1.35 时，可不考虑地基滑移。

7.3.4 有土洞分布的场地，应根据土洞成因，预测其发生和发展趋势，评价土洞对场地地坪稳定性的影响。

7.3.5 地下水位高于基岩面附近的场地，需作施工降水时，应评

价降水对周围环境是否会造成危害。在岩溶强发育区的降水影响半径范围内，如有道路、管线等公共设施，或有土层作地基持力层的建筑时，如未采取可靠的防护措施，不宜采用降水施工。降水施工前应采取可靠的防护措施，若拟建场地附近已建有供水水源井，应评价供水井抽水对场地稳定性的影响。

7.3.6 对埋深小于 5m 的浅埋溶洞，针对荷载不大的低层或多层建筑物，当采用浅埋基础时，需查明溶洞顶板的岩体的完整性及厚度，深基础应穿过浅埋溶洞，尚应评价浅埋溶洞对建筑物的影响。

7.4 岩溶地基基础方案设计

7.4.1 岩溶地基基础方案的选定和地基处理，应根据建筑结构形式、荷载大小、岩溶形态特征、洞体围岩的岩质及完整程度、地下水赋存条件及技术上的可行性和经济上的合理性等因素综合确定。

7.4.2 经判定岩溶洞隙顶板在设计附加荷载作用下处于稳定状态的地基，可按原定基础方案设计。

7.4.3 对浅埋岩溶地基设计应按下列条件考虑：

- 1 基底下浅埋岩溶洞隙呈开口状或顶板不满足稳定性要求

时，可炸开洞隙顶板，清除填充物，回填素混凝土（洞体较小）或毛石混凝土（洞体较大），然后在其上按原定基础方案设计；

2 如溶洞平面尺寸远大于基础底面积、地下水位低于溶洞底或地下水涌水量不大，可采用人工挖孔桩基础穿过溶洞，将桩端置于洞底稳定岩体内；

3 当溶洞平面尺寸远大于基础底面积、地下水位高于溶洞底板、地下水涌水量较大或不宜作施工降水时，可采用机械成孔桩穿过溶洞，将桩端置于洞底稳定岩体内。

7.4.4 当遇竖向溶槽、溶洞或串珠状溶洞地基时应按下列方法进行地基设计：

1 基底下存在大于等于1m的珠状溶洞时，可采用混凝土梁、板跨越，梁式结构在可靠岩石上的支承长度应大于梁高的1.5倍。梁、板在溶槽或溶洞平面投影范围外的支承面积上的基底承载力应等于或略大于基础设计荷载的1.25倍；

2 对于荷载不大的低层或多层建筑，如溶洞位于条形基础端头，跨越工程量大时，可按悬臂梁设计；溶洞位于单独基础重心一侧，可按偏心荷载设计基础；

3 如设计桩径大于溶槽宽度或竖井直径，可按悬挂式嵌岩桩进行计算，如嵌岩段的岩体基本质量等级为I级或II级岩体时，

嵌岩深度应大于 2 倍桩径。如嵌岩段的岩体基本质量等级为 III 级或 IV 级岩体（除破碎岩体）时，嵌岩深度应大于 5 倍桩径，且侧阻力应大于设计荷载的 1.25 倍，并于基岩面上加做适当尺寸的承台；

4 岩溶洞隙发育深度较大、地下水位较高、涌水量大或不宜作降水施工的岩溶地基，可采用钻孔灌注嵌岩桩基础，将桩端嵌入洞隙底部稳定岩体内。单桩承载力根据洞隙底部的岩质、岩体完整程度按嵌岩桩基设计。桩身穿过的溶洞顶板岩体一般不计其侧阻力；基本质量等级为 I 级或 II 级岩体构成的竖向溶洞顶板，其厚度大于 2m 时，可将溶洞顶（隔）板厚度乘以 0.75 的折减系数，计入相应的侧阻力。

7.4.5 在溶沟、溶槽、石芽或岩溶洞隙强烈发育，不能满足独立基础或条形基础的地基条件，但却存在较大面积可靠支点分布的场地，可采用筏基、箱基或桩筏、桩箱基础。为增强筏板刚度与强度，可辅以暗梁。必要时，基底下的破碎岩体可采用灌浆加固；深度不大的溶沟溶槽，可清除充填物回填毛石混凝土。

7.4.6 为避免土洞引起地表塌陷，对浅埋土洞可采取灌砂、揭顶灌填土石。对于土洞密集或有可能继续新生土洞的场地，可将室内地坪设计成架空楼面。

7.5 岩溶地基处理、基础施工与检测

7.5.1 在施行信息化施工岩溶地基基础工程及地基处理中，应根据出现的问题，进行必要的补充勘探、测试与监测，针对具体条件修改地基与基础设计及施工方案，对强岩溶发育场地，应有勘察设计人员配合工程施工。

7.5.2 岩溶强烈发育场地宜采用机械成桩，接触面存在软弱粘性土、淤泥时，应下护筒封堵，溶洞内充填软土时，应结合实际采用护筒或泥浆护壁，溶洞内无充填物，且洞体不大时，宜采用粘土，块石填实或 C15 混凝土灌实后复打，当洞体较大时，宜采用护筒穿越溶洞。

7.5.3 利用岩体侧阻力的地段，为保持桩（孔）侧壁岩体的完整性，应采取预裂爆破等有效措施。采用水下浇筑成桩时，必须严格按照水下灌注混凝土的工法施工。在岩溶微发育地段，其土岩接触带上无流塑粘性土，溶蚀裂隙充填较好，成桩深度小于 8m 时，可采用人工挖孔桩，并做好护壁。

7.5.4 施工抽降水过程中，应避免水位急剧下降和反复升降，并对环境进行适时监测，发现地形地物出现异常或抽出带泥浆，有可能引发环境灾害时应停止降水并分析原因，采取设置隔水灌浆帷幕等有效措施。基坑抽降水过程中，应避免水位急剧下降和反

复升降，并应对环境进行监测。发现地形地物异常或抽出泥浆，有可能引发环境灾害时应停止降水并分析原因，采取设置隔水灌浆帷幕等有效措施。

7.5.5 岩溶地基施工验槽，应注意下列各点：

1 在持力层设计深度对照地质柱状图和工程地质剖面图进行验槽，发现异常，应进行施工补充勘探手段（如钎探、钻探、物探）查明存在问题，提出处理方案；

2 采用机械成孔灌注桩且无法进入桩底验槽时，应采取反循环等有效方式桩底清渣措施，确保桩底沉渣厚度不大于 5cm 的要求。

3 测绘坑底出露洞隙的平面与剖面，并结合特征按下列方法处理：

- 1) 对浅层岩溶洞隙，可清除充填物，清洗隙壁，采取 C15 混凝土、毛石混凝土或红粘土块石填实；
- 2) 对基底下宽度不大的深溶槽，可清除槽内一定深度的充填物，洗净岩壁，横截刻槽（槽距约 200mm），嵌入钢筋，回填混凝土或水泥砂浆；
- 3) 位于基底边缘宽度不大的溶槽或溶洞，按本条第 2 款方法处理后可扩大基础跨越。在基底一侧或一角有宽度和

深度较大的溶洞、溶槽或地下水位高，涌水量大，可采用孔径大于 300mm 的钻孔嵌岩灌注桩支承基底，桩基承载力应大于支承面积荷载的 1.25 倍；

4 基坑验槽合格应及时浇灌垫层封底。

7.5.6 重大基础的地基经处理后，应按有关规定设置观测点进行变形观测。岩溶场地的桩基，特别是钻孔灌注桩，应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》（JGJ106）有关规定的要求进行质量检测，并适当增加抽检量。

8 边坡与基坑工程

8.1 一般规定

8.1.1 本章针对在自然状况稳定的地段上，土质边坡开挖高度不大于 15m、岩质边坡开挖高度不大于 30m 的人工边坡提出岩土工程有关技术规定和要求。当边坡和开挖条件不符合上述规定时，应另行单独研究，基坑边坡工程可遵照执行。

8.1.2 边坡工程应根据其损坏后可能造成的破坏后果(危及人的生命、造成经济损失、产生不良社会影响)的严重性、边坡类型和边坡高度等因素，按表 8.1.2 确定边坡工程安全等级。

表 8.1.2 边坡工程安全等级

边坡类型		边坡高度 H (m)	破坏后果	安全等级
岩质 边坡	岩体类型为 I 或 II 类	$H \leq 30$	很严重	一级
			严重	二级
			不严重	三级
	岩体类型为 III 或 IV 类	$15 < H \leq 30$	很严重	一级
			严重	二级
		$H \leq 15$	很严重	一级
			严重	二级
			不严重	三级

续表

土质边坡	$10 < H \leq 15$	很严重	一级
		严重	二级
	$H \leq 10$	很严重	一级
		严重	二级
		不严重	三级

注：1 一个边坡工程的各段，可根据实际情况采用不同的安全等级；

2 对危害性极严重、环境和地质条件复杂的边坡工程，其安全等级应根据工程情况适当提高；

3 很严重：造成重大人员伤亡或财产损失；严重：可能造成人员伤亡或财产损失；不严重：可能造成财产损失；

4 边坡高度 H：边坡开挖高度、挡墙高度。

8.1.3 破坏后果很严重、严重的下列边坡工程，其安全等级应定为一级：

- 1 由外倾软弱结构面控制的边坡工程；
- 2 工程滑坡地段的边坡工程；
- 3 边坡滑塌区有重要建（构）物的边坡工程。

8.1.4 下列边坡工程，通称超限边坡，其设计及施工应进行专门论证：

- 1 高度超过本规范适用范围的边坡工程；
- 2 地质和环境条件复杂，稳定性极差的一级边坡；

3 塌滑区（包括冲击区）有重要建构筑物、稳定性较差的边坡工程；

4 拟采用新结构、新技术的一、二级边坡工程。

8.1.5 除按《建筑边坡工程技术规范》(GB50330) 4.1.3 条应进行专门性边坡工程地质勘察外，既有资料不能满足边坡稳定性验算和支护设计要求的二、三级边坡工程应进行勘察工作。

8.1.6 边坡与基坑工程在执行《建筑边坡工程技术规范》(GB50330)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120)、《岩土工程勘察规范》(GB50021)的同时，应符合本章规定。

1 当场地水文地质条件复杂，在基坑开挖过程中需要对地下水进行治理（降排及隔水或防渗）时，应进行专门的水文地质勘察；

2 边坡及基坑工程岩土工程勘察范围，应包括边坡最低滑动面及临空结构面可能滑动的影响范围；

3 边坡工程支护设计，不应改变主体结构功能要求；

4 边坡工程监测，应与边坡工程同步进行。施工完成后对坡体、水体、支护结构、有关建（构）筑物不少于 2 个水文年监测。

8.1.7 最不利潜在滑移面应按下列规定确定：

1 具顺层滑动趋势的边坡工程，以被切脚的最深层面为最不

利潜在滑移面，塌滑后缘可按本规范 8.3.5 条结合经验确定；

2 无外倾结构面的岩石边坡、粘聚力值极小的粗粒土边坡工程，可按该边坡的岩体（土体）等效内摩擦角确定；

3 细粒土边坡及其他采用圆弧法计算的边坡工程，应检算出稳定系数约等于 1，下滑力最大的圆弧，作为最不利潜在滑移面。

8.2 边坡岩土工程勘察

8.2.1 边坡勘察前应取得下列资料：

1 附有地形图的工程总平面布置图，与边坡有关建筑物底层（地下室）平、剖面图及基地标高、基础形式、荷载、持力层；

2 场地附近已有的地质资料和边坡的支护经验；

3 调查在边坡稳定影响范围内的建（构）筑物、道路、各类管线分布、类别、埋深、管径大小等基本情况，将其绘制到工程地质断面图中。

8.2.2 边坡勘察应满足下列要求：

1 边坡岩土工程条件，边坡类型，安全等级；

2 边坡支护设计岩土参数，水文地质条件及相关图件；

3 代表性断面的土压力、岩石侧向压力、不稳定条件的下滑力；

4 不同开挖标高或断面的稳定分析；

5 提出边坡断面设计或支护方案的建议。

8.2.3 边坡岩土工程测绘与调查应查明以下内容：

1 场地的地形地貌、地质构造；

2 岩土的成因类型、厚度、结构、岩层与节理的产状，软弱夹层、基岩面形态与边坡稳定条件的关系；

3 岩土性状特征，基岩软夹层、土质边坡软基座（边坡上部硬塑土下部软塑或可塑土）的物理力学性质；

4 地下水的类型、水量及水位动态，地表水、生活污水的分布及排放条件；

8.2.4 边坡勘探应满足下列要求：

1 勘探线应垂直边坡走向布置，宜与建筑物勘探线重合，向外延伸应满足本规范第 8.1.5 条要求。在可能布置支挡工程的纵轴线，必须布置勘探线，且勘探点应适当加密。勘探线、勘探点间距可参照表 8.2.4 确定，地质情况复杂的地段，宜适当加密。

表 8.2.4 勘探线、点间距 (m)

边坡安全等级	线间距	点间距
一级	≤15	≤12
二级	15~25	12~15
三级	25~35	15~20

2 勘探孔深度，应超过最低可能滑移面 2m~5m，支档工程的勘探深度应适当加深，并满足支档设计的要求。

8.2.5 边坡岩土测试与试验应满足下列要求：

1 各岩、土层（包括极薄软弱夹层），应取样进行直剪试验，宜进行现场大剪试验，取得其粘聚力和内摩擦角指标；滑塌范围的岩、土重度、支档结构地基承载力等，宜通过测试、试验取得。且各项试验数量应符合数理统计要求。

2 具有膨胀、崩解特性的特殊岩类的软弱结构面，应取样送试验室进行岩石定名，其抗剪强度指标宜通过现场大剪试验取值，当无现场大剪试验条件时，可类比同类岩性滑动面指标取值。

3 红粘土边坡的软基座土层，还应进行无侧限抗压强度试验。

4 当利用岩块抗剪强度指标折减获取岩体抗剪强度指标时，内摩擦角折减系数 0.8，粘聚力折减系数 0.2—0.05。

5 边坡岩体分类及等效内摩擦角取值参照表 8.2.5。

表 8.2.5 边坡岩体分类与岩体等效内摩擦角对照表

边坡岩体分类	对应（GB 50218）岩体基本质量等级	等效内摩擦角
I 类	I 级、II 级	$\Phi_s > 72^\circ$
II 类	III 级	$72^\circ \geq \Phi_s > 62^\circ$
III 类	IV 级	$62^\circ \geq \Phi_s > 52^\circ$
IV 类	V 级	$52^\circ \geq \Phi_s > 35^\circ$

8.2.6 边坡勘察成果

1 文字报告

应包括：边坡工程概况、安全等级、使用年限、勘察等级；勘察目的、任务、执行的技术标准；勘察方法、完成的主要工作量；地形地貌、地质构造、地层岩性、地震、不良地质、水文地质、水及土的腐蚀性评价；边坡岩土构成及物理力学参数取值；边坡定性分析评价、边坡稳定性计算；边坡支护措施；结论与建议。

2 边坡工程地质平面图

应包括：坐标或方向；地形内容：地形等高线、高程点、现状建（构）筑、道路、管线；拟建建（构）筑物、拟设计边坡顶、底线及标高；地质内容、勘探点、线；拟设计的支挡结构平面布置，比例尺 1: 200~1: 1000，图面字、线、符号必须清晰可辨。

3 边坡工程地质剖面图

比例尺 1: 100~1: 500；纵、横比例尺相同；按换算后的岩层视（真）倾角绘制岩性花纹；横剖面长度必须达潜在滑动后缘以外；应有现状地面线、拟开挖的边坡线、拟设计的支挡轮廓；准确绘出坡顶、底建（构）筑物、道路、管线及相关地下室、基础情况。

- 4 钻孔、探坑柱状图
- 5 岩、土、水试验报告、现场测试报告；
- 6 钻探（坑、槽）探原始记录。

8.3 边坡稳定性评价、侧压力计算

8.3.1 边坡稳定性评价执行《建筑边坡工程技术规范》(GB50330)

第5章，边坡稳定系数 F_{st} 按表 8.3.1 确定，当边坡稳定系数小于边坡稳定安全第数时，应对边坡进行处理。

表 8.3.1 边坡稳定安全系数 F_{st}

边坡工程 稳定安全系数		安全等级		
		一级	二级	三级
边坡类型				
永久边坡	一般工况	1.35	1.30	1.25
	地震工况	1.15	1.10	1.05
临时边坡		1.25	1.20	1.15

8.3.2 当边坡条件符合《建筑边坡工程技术规范》（GB50330）、《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120）侧压力计算公式假定条件时，按该规范相关公式计算边坡侧压力，其结果为标准值，设计值=标准值×安全系数 k，k 取值应符合表 8.3.2 规定：

表 8.3.2 安全系数 k

安全系数 k / 边坡等级 / 边坡类型	一级	二级	三级
永久边坡	1.35	1.30	1.25
临时边坡	1.25	1.20	1.15

注：1 当支护后边坡整体稳定系数不满足表 8.3.1 规定时，或支护后边坡水平位移量不能满足设计要求时，可适当提高 k 值。

2 乘以安全系数 k 后，侧压力设计值不再重复乘以 (JGJ120) 的作用基本组合的综合分项系数 $\gamma_F=1.25$ 或 (GB50330) 的 β_1 、 β_2 岩土侧压力修正系数、增大系数=1.0~1.55。

8.3.3 当边坡位于 7 度及以上(超限边坡 6 度及以上)地震区时，侧压力水平分力设计值按下式计算：

侧压力水平分力设计值 = 侧压力水平分力标准值 × 安全系数 k + 水平地震力 + 水压力 U；

水平地震力 = $a \times (\text{滑体重量} + \text{附加荷重})$ ；

a—水平地震影响系数最大值，按《建筑抗震设计规范》(GB50011) 表 5.1.4-1 取值：6 度区多遇地震 $a= 0.04$ ，7 度区多遇地震 $a= 0.08$ ，8 度区多遇地震 $a= 0.16$ ，

U—如果存在水压力，侧压力水平设计值还需加水压力 U 值。

8.3.4 下列边坡宜按不稳定斜坡，采用隐式法剩余下滑力公式计算边坡侧压力，包括下列边坡：

- 1 破裂面为折线或圆弧形的边坡；
- 2 坡面呈多台阶状或地面非直线的边坡；
- 3 岩土分层复杂或附加荷载复杂的边坡；
- 4 稳定系数不满足表 8.3.1 规定，但采用《建筑边坡工程技术规范》（GB50330）或《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120）计算时侧压力 ≤ 0 的边坡。

8.3.5 隐式法剩余下滑力计算公式：

1 当破裂面为直线型时

$$E=F-R/k \quad (8.3.5-1)$$

当 E 为负值时，取 $E=0$

E—剩余下滑力（kN /m）

F—下滑力（kN /m）

R—抗滑力（kN /m）

k—安全系数，见表 8.3.2

当计算地震力和水压力时，剩余下滑力水平分力为

$$E_x=E \cdot \cos \alpha +a \cdot W+U \quad (8.3.5-2)$$

$a \cdot W$ —水平地震力，

U—水压力。

2 当破裂面为圆弧型时：

$$E_i = F_i - R_i / k \quad (8.3.5-3)$$

当 E_i 为负值时，取 $E_i = 0$ ；

E_i —第 i 块剩余下滑力 (kN/m)；

F_i —第 i 块下滑力 (kN/m)；

R_i —第 i 块抗滑力 (kN/m)；

滑体 (共 n 块) 总剩余下滑力：

$$E = \sum_{i=0}^{i=n} E_i \quad (8.3.5-4)$$

当计算地震力和水压力时，滑体剩余下滑力水平分力为

$$E_x = E \cos \alpha_n + a \sum_{i=0}^{i=n} W_i + \sum_{i=0}^{i=n} U_i \quad (8.3.5-5)$$

$a \sum_{i=0}^{i=n} W_i$ —水平地震力

$\sum_{i=0}^{i=n} U_i$ —水压力

3 当破裂面为折线型时：

$$E_i = E_{i-1} \cdot \psi_i + F_i - R_i / k \quad (8.3.5-6)$$

$$\psi_i = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i) \quad (8.3.5-7)$$

E_i —第 i 块剩余下滑力 (kN/m) ;

F_i —第 i 块下滑力 (kN/m) ;

R_i —第 i 块抗滑力 (kN/m) ;

ψ_i —第 $i-1$ 块对第 i 的块传递系数。

当 E_i 为负值时, 取 $E_i=0$

滑体 (共 n 块) 总剩余下滑力:

$$E_n = \sum_{i=1}^{n-1} F_i \cdot \prod_{j=1}^{i-1} \psi_j + F_n - [\sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=1}^{i-1} \psi_j + R_n] / k \quad (8.3.5-8)$$

$$\prod_{i=1}^{n-1} \psi_i = \psi_1 \cdot \psi_{1+1} \cdot \psi_{1+2} \cdots \psi_{n-1} \quad (8.3.5-9)$$

当计算地震力和水压力时, 滑体剩余下滑力水平分力为

$$E_x = E_n \cos \alpha_n + a \sum_{i=0}^{i=n} W_i + \sum_{i=0}^{i=n} U_i \quad (8.3.5-10)$$

$a \sum_{i=0}^{i=n} W_i$ —水平地震力 ;

$\sum_{i=0}^{i=n} U_i$ —水压力。

8.3.6 采用圆弧法或直线法对破裂面不确定的边坡进行剩余下

滑力计算时，应试算多个破裂面，检算出最大剩余下滑力和相应破裂面才能作为最终计算结果，不得简单地将稳定系数最小的破裂面或任意破裂面的剩余下滑力作为计算结果。

8.3.7 沿外倾结构面滑动的边坡，计算范围应符合下列规定：

1 两侧无侧限，两端无支撑，滑面单一、顺直，按直线破裂面计算剩余下滑力，计算范围应达被切断的岩层面与地面交点处，并应分段试算，检算出最大剩余下滑力。

2 两侧无侧限，两端无支撑，滑面波状起伏，按折线破裂面计算剩余下滑力，计算范围应达被切断的岩层面与地面交点处，并应分段试算，检算出最大剩余下滑力。

3 当滑动后缘明显，如卸荷裂隙等，应验算卸荷裂隙以上山体稳定系数，当其符合规范规定后，剩余下滑力计算可止于卸荷裂隙位置。

4 当顺层边坡只进行局部开挖时，未开挖的两端形成支点，开挖段滑动受斜向成拱限制，顺层滑动范围可只计算到斜拱拱顶，滑动长度 L 可按下式计算：

$$L = 0.45 \times 2^{i-1} \times (1 + 0.2B) \quad (8.3.6-1)$$

i —按《工程岩体分级标准》（GB50218）确定的工程岩体等级。

B-开挖宽度(m)

当计算结果 $L > L_1$ 时，取为 $L = L_1$ ，计算简图见附录 G。

5 当只有一侧有拱脚支撑，另一侧为开放式，开放一侧按第 1 条计算，有支撑侧按第 4 条计算，中部取 1 条与 4 条计算结果平均值。

8.4 边坡支护结构设计

8.4.1 边坡支护结构设计执行《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120)等现行国标，并应符合本节规定。

8.4.2 边坡结构设计，首先应进行边坡稳定性评价，根据计算结果，对边坡采取结构性支挡、加固与防护。

8.4.3 边坡稳定性系数 $F_s < F_{st}$ 的边坡，需要建立支挡结构体系，并应符合下列规定：

1 分级边坡，需要分级建立支挡结构体系，分级进行支挡结构体系的受力分析；

2 格构立(肋)柱应按压弯构件进行截面设计及配筋计算；

3 格构立(肋)柱基础需要作承载力和抗滑移验算；

4 设计应考虑施工开挖安全措施。

8.4.4 边坡稳定安全系数 F_{st} 执行《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330) 5.3.2 条

8.4.5 预应力锚杆(索)主要是为控制边坡变形,并考虑拉直钢绞线需要而施加部分预应力。当使用过程中锚杆(索)的预应力保留值不能得到保持或塌滑体存在竖向变形时,边坡稳定性验算中不应考虑预应力产生的摩擦力作用。

8.4.6 边坡支护结构常用形式可按表 8.4.6 选用。

表 8.4.6 边坡支护结构常用形式

支挡、防护类	边坡环境条件	边坡高度 H	边坡安全等级	注意事项
稳定坡率+防护	具放坡条件	根据工程建设需要	一级、二级、三级边坡	当边坡高度>8m时,应分级并设台阶;每级边坡的稳定系数均应符合规范规定。
重力(衡重)式挡墙	基槽开挖不影响周边建(构)筑物及管线、道路稳定。	土质边坡 $H \leq 10m$ 岩石边坡 $H \leq 12m$	一级、二级、三级边坡	适用于填方边坡;对于挖方边坡,施工期间不利于边坡稳定,宜分段开挖。
扶壁式挡墙	承载力较低的填方边坡	$H \leq 10m$	一级、二级、三级边坡	抗滑、抗倾、承载力验算应符合规定;

续表 8.4.6

悬臂式单 (双) 桩	无放坡条件, 坡顶有建 (构) 筑物需 要保护。	$H \leq 15\text{m}$	一级、二级、 三级边坡	桩顶位移量应满足 设计要求;
锚杆(索) 挡墙	具备适当放 坡条件, 但不 能达到稳定 坡率。	土质边坡 $H \leq 15\text{m}$ 岩石边坡 $H \leq 30\text{m}$	一级、二级、 三级边坡	挡土(岩) 构件可采 用板、格构+板; 挡土(岩) 构件不应 采用无板独墩。
支挡、防 护类	边坡环境条 件	边坡高度 H	边坡安 全等级	注意事项
排桩式+ 锚杆(索) 挡墙	无放坡条件, 坡顶有建 (构) 筑物需 要保护, 悬臂 桩不满足桩 顶偏移量要 求。	土质边坡 $H \leq 15\text{m}$ 岩石边坡 $H \leq 30\text{m}$	一级、二级、 三级边坡	锚索成孔工艺不应 对坡顶建(构)筑物、 道路、管线造成影 响。
围护结构 (桩)+ 内支撑	无放坡条件, 坡顶有建 (构) 筑物需 要保护, 对侧边坡距 离较近;	土质边坡 $H \leq 15\text{m}$ 岩石边坡 $H \leq 30\text{m}$	一级、二级、 三级边坡	适用于对侧边坡距 离较近; 对侧边坡距 离较远或无对侧边 坡时, 不适用。
支挡、防 护类	边坡环境条 件	边坡高度 H	边坡安	支挡、防护类

续表 8.4.6

加筋土挡墙	承载力较低的填方边坡,	$H \leq 10\text{m}$	二级、三级边坡	边坡潜在垮塌范围无重要建(构)筑物。
土钉墙	具适当放坡条件;无红粘土软基座。	$H \leq 12\text{m}$	二级、三级边坡	适用于临时边坡;永久性边坡不宜采用。

8.4.7 边坡绿化、边坡防、排水执行《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)等现行国标。

8.5 边坡支护岩土工程施工

8.5.1 支护施工前,按岩土工程条件,场地施工准备工作还应注意以下各点:

- 1 边坡开挖前,做好坡面、坡顶封闭及有组织排水;
- 2 卸除坡顶堆载,在距坡肩 1.5 倍坡高范围内不应布置弃土或料场;
- 3 边坡布设大型施工设备时,应考虑对边坡的不利影响。

8.5.2 支护施工组织还应注意如下各点:

- 1 施工顺序应采用逆作法,每一水平段垂高不应大于 2.0m,纵向应间隔分段施工,间距宜为 6~10m,当红粘土边坡有软基座时取小值;

2 各分段开挖到位后，支护结构应快速施工，对破坏后果很严重的支护工程，尚须考虑临时支护及其它应急措施，对支护体所用混凝土、砂浆可添加早强剂；

3 应待支护结构达到足够强度后方可开挖相邻段土石方；

4 当支护结构为锚肋(柱)或桩时，施工顺序应先锚后肋(柱)或桩，当支护体混凝土达到设计强度的 70%时，及时拧紧锚头或施加预应力。

8.5.3 支护施工中尚应满足下列要求：

1 锚孔造孔施工对土层应实行干作业，对岩层宜用潜孔锤造孔；

2 支护结构采用肋(柱)挡板时，应验证柱底地基承载力及肋(柱)间挡板的土压力；

3 注意爆破振动时，对松散土体的不利影响；

4 对永久性支护外露的锚头均应封闭。

8.5.4 各项支护工程均应编制隐蔽记录、竣工图件及附用材质量检验报告，具体要求按建筑施工工程验收有关规定执行。

8.6 边坡岩土工程监测

8.6.1 边坡工程监测，应按设计要求和国家有关规范进行。

8.6.2 监测项目应考虑其安全等级、支护结构变形控制要求、地质条件和支护结构特点，根据表 8.6.2 选择实施。

8.6.3 施工单位应在施工期间自行检测。监测单位监测项目以支护结构、坡顶建筑物、坡顶水平、垂直位移为主。

表 8.6.2 边坡工程监测项目

测试项目	测点布置位置	边坡工程安全等级		
		一级	二级	三级
坡顶水平位移和垂直位移	支护结构顶部	应测	应测	应测
地面裂缝	支护工程后 1.0H(岩石) ~1.5H(土质) 范围	应测	应测	选测
坡顶建(构)筑物变形	建筑物墙脚, 构筑物下部	应测	应测	选测
降雨、洪水与时间关系	----	应测	应测	选测
锚杆(索)拉力	外锚头或锚杆筋	应测	选测	不可测
支护结构变形	主要受力杆件	应测	选测	不可测
支护结构应力	应力最大处	应测	选测	不可测
地下水、渗水与降水关系	出水点	应测	选测	不可测

注：1 边坡顶水平位移的报警值：国标边坡规范是位移 $\geq 20\text{mm}$ （一般坡顶

五建筑物可放大些取 30mm）或 1/500（H 边坡高度）连续 3 次观测

>2mm 即报警。

- 2 基坑边坡国标是 $\geq 30\text{mm}$ 报警，城市坡顶多有建筑，应取 20mm；地方规范边坡可取 30mm，连续 3 次观测 $> 2\text{mm}$ 。

9 滑坡治理工程

9.1 一般规定

9.1.1 拟建工程场地或其附近存在滑坡危害或工程建设可能引发工程滑坡灾害时，应按本章进行滑坡专项勘察设计。滑坡治理设计应遵循“以防为主、防治结合、力求根治、先治后建”的原则。

9.1.2 滑坡勘察的范围，应大于滑坡对斜坡及建筑物有影响区域，勘探深度，应到达对工程有影响的最深一层滑动面或潜在滑动面以下。

9.1.3 滑坡勘察应查明滑坡地质条件、成因、规模、类型、岩土特性及变形状态等特征，滑坡稳定性评价应考虑滑坡与工程活动相互影响的关系，采用定性分析与定量计算相结合的方法进行。

9.1.4 滑坡治理设计应遵循“以防为主、防治结合、力求根治、先治后建”的原则。

9.1.5 当滑坡体上有建（构）筑物时，滑坡防治在确保滑坡整体稳定的同时，还应确保坡体变形不危及建（构）筑物安全，并保证其正常使用功能。

9.1.6 滑坡治理施工应依据勘察设计文件，并结合现场实际情况，

遵循“动态设计、信息法施工”的原则，合理组织施工。

9.1.7 滑坡监测应根据滑坡地质条件、滑坡规模、支护结构变形控制要求及滑坡治理工程不同阶段的工作任务，确定滑坡监测项目、监测点布置、监测周期等内容。

9.1.8 滑坡治理工程提倡采用经充分论证的新技术、新结构、新材料及新工艺。

9.1.9 建筑工程滑坡按滑体厚度、滑体体积可按表 9.1.9-1 及表 9.1.9-2 进行分类：

9.1.9-1 建筑工程滑坡按滑体厚度分类

滑坡类型	浅层滑坡	中层滑坡	深层滑坡
滑体厚度 H	$H \leq 5$	$5 < H \leq 10$	$H > 10$

9.1.9-2 建筑工程滑坡按滑体体积分类

滑坡类型	浅层滑坡	中层滑坡	深层滑坡
滑体体积 V	$V \leq 1 \times 10^4$	$1 \times 10^4 < V \leq 5 \times 10^4$	$V > 5 \times 10^4$

9.2 滑坡治理工程勘察

9.2.1 收集滑坡区及相邻影响区域的地质环境资料，主要包含以下内容：

- 1 区域地质资料和图件，包括地形图、地质图、地层及分布、

地质构造及地震区划等。

2 滑坡所在地的气象、水文资料，包括降雨分布、近期降雨情况、地表水、地下水分布情况等。

3 已有人工活动资料。

4 附有坐标和地形的建筑总平面图，拟建场地场坪标高，建筑物的布置、性质、规模、荷载，地基允许变形等资料。

9.2.2 滑坡场地岩土工程测绘与调查还应符合以下内容：

1 使用比例尺 1:100~1:500 的地形图，测绘与调查范围应符合本章第 9.1.2 条要求；

2 查明滑坡要素的基本形态，包括周界、微地貌及地物变形特征，主滑方向、张拉裂缝、剪切裂缝、滑床、结构面、滑坡体岩土构成、后缘破裂壁、滑体中各类滑坡裂隙、前缘地面变形等的位置特征、可能产生滑坡的情况分析、时间顺序与标高，建筑物开裂情况及修复过程等；

3 调查井泉位置、流量、水质与动态，积水洼地，地表水体的分布，河水涨落，降水及其影响等；

4 滑坡形成的条件因素、滑移速度、活动周期、变形现状与阶段、滑坡活动与人为和自然（含地震、水体影响）因素的关联性及诱发原因分析。

9.2.3 滑坡勘探与测试应查明滑坡体与滑床的岩土性状、厚度及其组合, 软弱夹层、软弱结构面, 含水层性质、地下水位、流向、滑面形态、埋深以及滑土带的物理力学性质等, 其内容如下:

1 勘探线应平行滑坡主滑方向布置, 主轴部位必须有一条勘探线, 当滑坡规模较大时, 主轴两侧尚应布置 1~2 条勘探线, 并超过滑坡影响范围 10~20m。支挡工程轴线处应布置勘探线, 勘探点间距为 10~20m, 主轴剖面 and 支挡工程轴线上应加密。勘探点的布置, 应考虑绘制 1~2 条横剖面。必要时在后缘稳定地段布置一个勘探点。

一般性钻孔深度应超过最低一层滑面或潜在滑面以下 3m~5m; 控制钻孔深度应超过最低一层滑面或潜在滑面以下不宜小于 5m。

2 滑坡勘探, 应采用干作业造孔, 主轴勘探线宜布置井、槽探, 查明滑坡前后缘滑面形态特征和滑土带性质, 并取样或原位测试。

3 视场区地层岩性特征、地形条件, 当滑坡规模较大时, 可采用钻探与物探相结合的勘探方法, 必要时采用钻孔深部位移监测查明滑动面位置。

4 每一岩土质单元(含软夹层、滑带土)应取样试验, 每一

岩土质单元参加统计测定值数量应不少于 9 件；

5 滑面土样应做饱和重剪，滑带土应做重复剪或重塑土重复剪。滑坡规模较大时应取得抗滑段、主滑段滑动面（带）土的残余抗剪强度指标，必要时应做原位大型剪切试验。

9.2.4 勘察报告应包括以下内容：

1 文字部分：地形地貌、地质构造、地层岩性、水文地质条件，滑坡的形成原因、规模、类型，滑坡岩土体物理力学参数，滑坡目前所处发育活动阶段、稳定程度，滑坡推力计算，建议治理方案及后续监测方案；

2 图表部分：应包括滑坡勘探点平面布置图，纵横地质剖面图、滑坡推力验算剖面图、治理工程断面推力图，图件应包含建（构）筑物及场坪相关信息、比例尺宜为 1: 100~1: 500（垂直方向与水平方向比例尺均应一致）。钻孔柱状图、槽井探展开图，比例尺宜为 1: 50~1: 100。岩土、水及原位试验的有关表格和曲线图。对大型滑坡尚应提供勘察期间监测点布置图及监测数据、时间与位移关系曲线图。

9.2.5 滑动面（带）土的抗剪强度参数按滑动面（带）土的抗剪强度指标应考虑滑动面（带）土的岩土性质、滑坡的变形特征及含水条件等因素，根据试验值、反算值和地区经验等综合分析确

定。

9.3 滑坡治理设计

9.3.1 滑坡稳定性分析评价应符合下列规定：

1 滑坡稳定性分析评价应考虑滑坡自重、滑坡体上建（构）筑物等的附加荷载、地下水及洪水的静水压力和动水压力以及地震作用等的影响。

2 滑坡稳定性计算应以极限平衡法为基本计算方法，必要时，对大型复杂的滑坡可同时采用数值模拟方法进行验算，推荐计算方法如下：

1) 堆积层（土质）滑坡，包括 2 种滑动面类型：

a) 折线形滑动面：用传递系数法进行稳定性评价；

b) 圆弧形滑动面：用毕肖普法（Bishop 法）进行稳定性评价。

2) 岩质滑坡，包括 3 种滑动面类型：

a) 折线形滑动面：用传递系数法进行稳定性评价；

b) 单一平面滑动面：用二维块体极限平衡法进行稳定性评价；

c) 多组弱面组合滑动面：用二维极限平衡法进行稳定性评价。

性评价。

3 滑坡稳定性计算应分以下三种工况：

- 1) 正常工况：滑坡处于天然状态下的工况；
- 2) 非正常工况 I：滑坡处于暴雨或连续降雨状态下工况；
- 3) 非正常工况 II：滑坡处于地震荷载作用下工况。

4 滑坡稳定安全系数 F_{st} 取值标准如下：

- 1) 正常工况 F_{st} 取 1.35；
- 2) 非正常工况 I F_{st} 取 1.25；
- 3) 非正常工况 II F_{st} 取 1.15。

5 滑坡稳定性分析除应评价滑坡体沿既有滑动面（带）滑动的稳定性外，还应计算潜在滑动面滑动的稳定性；当有局部滑动可能时除验算整体稳定性外，尚应验算局部稳定性。

9.3.2 滑坡推力计算应符合下列规定：

- 1 当滑体有多层滑动面(带)时,应取推力最大的滑动面(带)确定滑坡推力；
- 2 大型滑坡所有纵剖面均应计算滑坡推力,并绘制滑坡推力曲线,并据此正确划分滑坡牵引段、主滑段及抗滑段；
- 3 滑坡治理设计应按场坪完成及相关荷载施加后状态验算

滑坡稳定性并据此计算滑坡推力；

4 滑坡推力计算方法按本章 9.3.1 条执行；

5 作用在抗滑支挡结构上的滑坡推力分布，可根据滑体性质和厚度因素确定为三角形、矩形或梯形，力的作用点取支挡剖面处滑坡厚度的 $1/3\sim 1/2$ ，具体根据力的分布形态确定。

9.3.3 反算滑动面（带）土的抗剪强度参数时，滑坡稳定性系数 K 值应根据变形特征确定，具体如下：

1 滑坡处于强变形阶段， $1.00\leq K\leq 1.05$ ；

2 滑坡处于滑动阶段， $0.95\leq K\leq 1.00$ 。

9.3.4 滑坡支挡工程，宜选在滑坡纵剖面上，滑坡下滑力较小的位置布置，并取不同部位相应下滑力作为支挡结构设计的依据。治理工程的要求，参照第 8 章有关规定。

9.3.5 滑坡治理设计应考虑滑坡特征、滑坡推力、坡上建（构）筑物布置、支挡结构及建（构）筑物变形控制要求等因素，因地、因工程制宜采用综合治理方案，并符合下列要求：

1 排水：滑坡排水应根据场区地形地貌、水文地质条件、滑坡特征、场地排水条件等选择系统性排水措施，有效截、排滑坡地下水。

1) 滑坡变形与降雨关系或地表水密切时，宜采用坡面

封闭或地表截排水措施；

- 2) 当滑坡变形与地下水关系密切时，宜设置排水盲沟、仰斜式孔等地下排水措施，对地下水丰富的大型滑坡，可采用排水廊道疏排地下水。

2 支挡：滑坡支挡措施主要有重力式抗滑挡墙、抗滑桩及预应力锚索（杆），应根据滑坡特征、推力大小、场地施工条件及支挡结构耐久性等选择合适的结构形式。

- 1) 对滑面较平缓、滑坡推力较小的中、小型滑坡宜采用重力式抗滑挡墙支挡；
- 2) 对滑坡推力较大的中、大型滑坡宜采用抗滑桩支挡，常见抗滑桩结构形式主要有单排桩、门式桩等；
- 3) 对岩质滑坡及对支挡结构或建（构）筑物变形有严格要求的工程宜采用预应力锚索（杆）支挡，预应力锚索（杆）常与钢筋混凝土梁、板及抗滑桩等组合使用。

3 减载：当滑坡后壁及两侧地层不会因刷方减载引起新的滑坡、崩塌或恶化地质环境时可采用刷方减载进行治疗，刷方减载应在滑坡的主滑段实施。

4 反压：对处于正在滑动的的滑坡，可在滑坡前缘抗滑段区

域采用土石回填反压以提高滑坡的稳定性。

9.4 滑坡治理施工

9.4.1 滑坡治理的组织措施应注意下列各点：

1 按滑坡治理设计的技术要求，编制施工组织设计，健全信息化施工管理，不断优化治理设计，及时调整治理措施；

2 滑坡治理施工宜早、宜快，应一次性完成综合治理，当设计治理措施分项、分期实施时，应考虑自然和人为因素随时间的改变对滑坡的不利影响；

3 治理时段选择上，尽可能安排在滑体滑移速率趋于平稳的季节或有利的工程时间进行；

4 坚持预防为主治理方针，首先做好外围及坡面的有组织排水、防渗、堵漏，治理施工前应消除直接引发岩土体失稳的人为和自然的因素。

9.4.2 滑坡治理施工中应注意下列各点以避免或减轻治理工程活动对岩土体的稳定产生不利因素：

1 坡前土石方开挖、爆破工程或强夯加固振动等对坡体稳定的影响；

2 布置于滑体前缘的支挡工程在施工顺序上，从横断面下滑

力较小的地段开始，并采取间隔跳跃施工，必要时应采取临时支护措施；

3 不得在牵引段堆载，治理前条件允许时，在滑坡主滑段卸方减载，不在抗滑段堆料加载。

9.5 滑坡治理工程监测

9.5.1 滑坡的监测工作，包括滑坡变形和支挡工程的应力、应变、滑坡泉水及地下水位，滑坡上建（构）筑物变形的监测，条件允许时宜建立实时监测系统。

9.5.2 滑坡的变形监测，包括滑坡的垂直位移、水平位移、地表裂缝、建筑物裂缝监测。

9.5.3 滑坡变形监测，应在滑坡勘察时开始进行，直到治理结束，大型滑坡至少监测两个水文年，必要时长长期监测。

9.5.4 大型滑坡应进行支挡结构的应力变形监测，在施工开始时进行，直到主体完工。支挡结构应力应变可采用钢筋应力计、混凝土应变计及光纤传感器等进行监测。

9.5.5 滑坡变形监测点按观测线布置，观测线宜垂直滑坡滑动方向，观测基点应设在滑坡范围以外的稳定地段。观测时间宜一周一次，降雨时应加密观测。

9.5.6 滑坡泉水和用于治理滑坡的地下水观测，主要观测滑坡地下水水位、疏水工程及泉的水量变化，观测时间与滑坡变形观测同步，观测期不少于两个水文年，必要时应长期监测。

10 岩溶地下水

10.1 一般规定

10.1.1 地下水的勘察除按《岩土工程勘察规范（2009 版）》（GB 50021）的规定执行外，还应执行本章以下规定。

10.1.2 岩溶地区建设场地地下水勘察应包括以下内容：

岩溶地区的建设场地地下水勘察应包括以下内容：

- 1 含水层组合特征，按本规范附录 E 确定；
- 2 地下水的埋藏类型及赋存状态；
- 3 当地降水量、蒸发量及其变化对岩溶地下水位和水量的影响；
- 4 场地岩溶地下水的补给排泄条件、水位动态变化、丰水期及历史最高水位、地表水与地下水的转换关系；
- 5 勘察时的岩溶地下水位，水位情况变化和主要影响因素；
- 6 人为改变环境水文地质条件对岩溶地下水的影响；
- 7 地下水和地表水可能的污染源及污染程度。

10.1.3 岩溶强发育、构造复杂、地下水位高于地下室底板标高的地段，地下水对基础抗浮和工程降水有重大影响时，应进行专门地下水勘察。

10.2 岩溶地下水勘察

10.2.1 专门地下水勘察应符合下列要求：

- 1 查明岩溶含水层组合特征（附录 E）；
- 2 查明地下水的埋藏类型、流向、水位及动态；
- 3 场地为岩溶与非岩溶含水层互层区，应分层量测地下水位，并查明相互之间的补给关系；
- 4 查明岩溶含水层渗流及边界条件，应在地下水径流方向布置抽水试验孔，进行抽水试验，量测水头变化，确定边界性质，求取渗透系数和影响半径等水文地质参数；
- 5 应根据抽水试验及观测资料，确定水位及动态变化、抗浮水位，预测基坑涌水量；
- 6 预测降水可能引起的地面变形、塌陷、地裂及对相邻建筑设施的影响等；
- 7 有污染产生的工业场地勘察，应进行地下水连通试验，预测可能影响范围；
- 8 分析评价地下水对地基、边坡和基坑稳定的不利影响。

10.2.2 专门地下水勘察，应进行现场抽水、注水或压水试验，提供地下水控制设计、施工所需的水文地质参数。

10.2.3 抽水试验除应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）

的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 抽水试验方法应为稳定流单孔、多孔抽水试验；
- 2 抽水试验原则上不得少于三次降深，且最大降深应低于工程设计所需的地下水标高；
- 3 当涌水量小于 $0.01\text{L/s} \cdot \text{m}$ 及水位恢复为小于 1m/h 时，可作二次降深；
- 4 抽水试验孔布置在主径流带部位；钻孔深度应最大降深的试验要求；孔径应能满足抽水设备的安装，不宜小于 $\phi 130\text{mm}$ ；观测孔宜平行和垂直地下水流向布置；
- 5 抽水试验技术要求及水文地质参数计算方法见附录 B；
- 6 当场地位于强富水地段，采用单孔抽水试验无法达到有效降深，宜进行群孔或大孔径抽水试验，并预测涌水量。

10.2.4 注水试验可在试坑或钻孔中进行，砂土和粉土可采用试坑单环法，粘性土可采用试坑双环法。当试验深度较大时，可采用钻孔法。

10.2.5 压水试验参照《水力水电工程钻孔压水试验规程 (SL31-2003)》等。

10.3 岩溶地下水作用评价

10.3.1 地下水评价应包括下列内容：

1 评价地下水对地下室浮托作用，提供抗浮设防水位。位于径流地段，评价地下水渗流作用；

2 验算边坡（滑坡）稳定时，应考虑地下水对边坡（滑坡）稳定的不利影响；

3 当挡墙背为粉沙、粉土或粘性土，验算支挡结构的稳定性时，应根据不同排水条件评价岩溶表层带水压力对支挡结构的作用；

4 地下水位下开挖基坑或地下工程时，应分析评价降（疏）水、隔水措施的可行性、对基坑或地下工程稳定和邻近工程的影响；

5 评价地下水降（疏）水，引发的环境地质问题，并提出相应的防治措施；

6 评价地下水位变化对土洞、充填粘土的溶洞（隙）引发的地面塌陷的可能性；

7 在承压水分布区进行基坑开挖，应评价基坑开挖产生突水、涌水的可能性。

10.3.2 地下水的腐蚀性评价应按《岩土工程勘察规范》(GB 50021)

的相关规定执行。

10.3.3 建设场地有易溶岩或易溶盐类时，应对其溶蚀性进行评估。

10.4 工程降水

10.4.1 对地下水进行排水疏干或降水可采用下列方式进行：

1 集水坑（井）槽排水疏干常用于松散层，即在基坑内（外）开挖集水坑（井）或集水槽（沟）进行地下水引排，坑（井）槽位置视降水要求确定；

2 钻孔（井）点降水，宜在场地内（外）钻孔（井）抽排，地下水位应降至基坑（人工挖孔桩）底部 0.5~1.0m，机械成孔桩应根据施工条件确定；

3 成井方式应因地制宜，可采用下列方法进行：

1) 直接利用桩（孔）基坑；

2) 在基坑（槽）或桩（孔）附近钻孔（井）降水，钻孔（井）数和孔（井）规格视涌水量和降水要求而定，孔（井）径不小于 200mm，必要时可设辅助减压井；

4 降水过程宜连续稳定，当出现流沙现象时，应采取措施，防止引发地面塌陷及地裂缝；

5 当场地位于强富水地段，达不到工程降水要求时，宜采用止水帷幕等隔（阻）水措施。

10.4.2 在降水施工过程中和结束后一定时间内，应加强对场地及其周边地面、建筑物的变形监测和对周边井、泉水位、流量的观测。

10.5 岩溶地下水位的测定及抗浮设防水位的确定

10.5.1 地下水位的测定应符合下列规定：

- 1 钻探过程中遇地下水时应量测水位时；
- 2 勘探结束后不少于 24 小时，统一量测稳定地下水位；
- 3 对岩溶与非岩溶含水层互层分布区，遇承压含水层或多层含水层时，应采取分层止水措施，量测不同含水层的水位。

10.5.2 基坑地下水位的确定应排除以下因素：

- 1 基坑在施工过程中受上层滞水、大气降水的影响；
- 2 基坑相邻场地工程建设的影响；

10.5.3 抗浮设防水位应符合下列规定：

- 1 有长期观测孔水位资料，应以最高历史水位作为抗浮设防水位；
- 2 无初勘长期观测孔水位资料，应根据勘察期间最高稳定水

位，结合场地地形地貌、岩溶发育情况、地下水补径排条件、人类工程活动综合确定，可参照附录 E；

3 当勘察场地附近存在水库、河流、溪沟、湿地等地表水体，必须查明场地地下水与地表水的水力联系，若存在水力联系，丰水期应以地表水洪水位作为抗浮设防水位；若无水力联系，应执行本节第 1 条第或 2 条。

附录 A 岩芯块度指数 k_d 确定方法

A.0.1 将回次进尺的岩芯按块度（节长 d ）分为 I、II、III 级；I 级为柱状岩芯， $d \geq 10\text{cm}$ ；II 级为块状岩芯， $10 > d \geq 5\text{cm}$ ；III 级为砾砂状岩芯， $d < 5\text{cm}$ 。

A.0.2 将 II 级块状岩芯和 III 级砾砂状岩芯排列成与岩芯管直径相同的柱状，然后丈量各级岩芯的长度 l_i ，且使 $l_I + l_{II} + l_{III} = 1$ （岩芯总长度）。

A.0.3 计算各分级块度的含量百分数：

$$L_i = (l_i / L) \times 100\% \quad (\text{A.0.3})$$

A.0.4 计算岩芯块度指数 k_d ：

$$k_d = (\eta_I L_I + \eta_{II} L_{II} + \eta_{III} L_{III}) \quad (\text{A.0.4})$$

式中 η_i —各分级块度含量的分项系数； η_I 为 0.09， η_{II} 为 0.05， η_{III} 为 0.01。

A.0.5 为了确保岩芯块度指数 k_d 的准确性和可靠性，钻具和钻探工艺应符合本规范第 6.2.7 条的规定，并满足下列要求：

1 准确丈量各级块度的岩芯长度 L_i ，丈量时必须将 II、III 级块度岩芯排列成与岩芯管直径相同的柱状；

2 针对地层特点控制回次进尺、钻压、钻速、钻进用水量等钻探指标，提高岩芯采取率；

3 检测并剔除回次进尺岩芯中的残留岩芯。

附录 B 抽水试验方法与技术要求

B.0.1 抽水试验技术要求

1 稳定流抽水试验技术要求

- 1) 稳定流抽水试验一般进行三次水位降深，最大降深值应尽抽水设备能力确定。降深间距不宜过小。稳定时间一般不少于 8~24h。
- 2) 水位降深顺序，基岩含水层一般宜先大后小，松散含水层宜按先小后大逐次进行。
- 3) 在稳定延续时间内，涌水量和动水位与时间关系曲线
- 4) 在一定范围内波动，而且没有持续上升或下降的趋势应以最远观测孔的动水位判定。
- 5) 当水位降深小于 10m，用压风机抽水时，抽水孔水位波动值不得超过 10~20cm；用离心泵、深井泵等抽水时，水位波动值不超过 5cm。一般不应超过平均水位降深值的 1%，涌水量波动值不能超过平均流量的 3%。
- 6) 观测频率及精度要求
 - ① 水位观测时间一般在抽水开始后第 1、3、5、10、20、30、45、60、75、90 分钟进行观测，以后每隔 30 分钟观测一次，稳定后可延至 1h 观测一次。水位读数

应准确到 cm;

- ② 涌水量观测应与水位观测同步进行;当采用堰箱或孔板流量计时,读数应准确到 mm;
- ③ 水温、气温宜 2~4h 观测一次,读数应准确到 0.5℃,观测时间应与水位观测时间相对应。
- ④ 停泵后应立即观测恢复水位,观测时间间隔与抽水试验要求基本相同。若连续 3h 水位不变,或水位呈单向变化,连续 4h 内每小时水位变化不超过 1cm,或者水位升降与自然水位变化相一致时,即可停止观测。

7) 试验结束后应测量孔深,确定过滤器掩埋部分长度。淤砂部位应在过滤器有效长度以下,否则,试验应重新进行。

2 非稳定流抽水试验技术要求

- 1) 钻孔涌水量应保持常量(或阶梯流量),其变化幅度不大于 3%。
- 2) 抽水延续时间除多孔一般要求 48h,并可结合最远观测孔水位下降与时间关系曲线 $S \sim \lg t$ 来确定:
 - ① 当 $S \sim \lg t$ 曲线至拐点后出现平缓段,并可以推出最大水位降深时,抽水方可结束;

② 当 $S \sim \lg t$ 曲线没有拐点或出现几个拐点，则延续时间宜根据试验的目的确定。

3) 观测频率及精度应符合下列要求：

① 水位观测宜按第 0.5、1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、5、6、7、8、10、12、15、20、25、30、40、50、60、75、90、105、120 分钟进行观测，以后每隔 30 分钟观测一次，其余观测项目及精度要求可参照稳定流抽水试验要求进行；

② 抽水孔与观测孔水位必须同步观测；

4) 抽水结束后，或试验期间因故中断抽水时，应观测恢复水位，观测频率应与抽水时一致，水位应恢复到接近抽水前的静止水位。

B.0.2 抽水试验资料整理

1 试验期间，对原始资料和表格应及时进行整理。

2 试验结束后，单孔抽水试验应提交抽水试验综合成果表，其内容包括：水位和流量过程曲线、水位和流量关系曲线、水位和时间关系曲线、恢复水位与时间关系曲线、抽水成果、水质化验成果、水文地质计算成果、施工技术柱状图、钻孔平面位置图等、分析井损和水跃可能对计算参数及涌水量的影响。多孔抽水

试验尚应提交抽水试验地下水水位下降漏斗平面图、剖面图。

B. 0. 3 水文地质参数计算方法

1 稳定流方法： 计算 (Dupuit) 公式

1) 潜水公式

$$Q = 1.366K \frac{(2H_0 - S_w)S_w}{\lg R - \lg r_w} \quad (\text{B. 0. 3-1})$$

2) 承压水公式

$$Q = 2.73 \frac{KMS_w}{\lg R - \lg r_w} \quad (\text{B. 0. 3-2})$$

3) 用裘布依公式和影响半径的经验公式联立求解，通常使用试算法即可得到渗透系数 k、影响半径 R。

① 潜水

$$K = \frac{0.366Q}{MS_w} \lg \frac{R}{r} \quad (\text{B. 0. 3-3})$$

$$R = 2S_w \sqrt{KH} \quad (\text{B. 0. 3-4})$$

② 承压水

$$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_w)S_w} \lg \frac{R}{r} \quad (\text{B. 0. 3-5})$$

$$R = 10S \sqrt{K} \quad (\text{B. 0. 3-6})$$

$$Q = 1.366K \frac{(2H_0 - S_w)S_w}{\lg R - \lg r_w}$$

2 非稳定流方法：半对数（Jacob）公式

$$s = \frac{0.183Q}{T} \lg \frac{2.25Tt}{r^2\mu^*} \quad (\text{B. 0. 3-7})$$

附录 C 用词及用语说明

C.0.1 编写规范条文时，关于要求严格程度的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样作不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样作的用词：

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作的用词：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

C.0.2 条文引用说明如下：

1 指明必须按其他有关标准和规范执行的写法为：

“应按……执行”或“应符合……要规定”。

2 非必须按所指定的标准和规范执行的写法为：

“可参照……”。

附录 D 岩溶探测适用物探方法表

物探方法		探测岩溶类型	探测内容	适用阶段	主要技术条件
直流电法	电剖面法	覆盖层下浅埋岩溶	定性追踪岩溶(溶沟、溶槽)发育走向	可行性、初勘	地表较平缓,无电流干扰。剖面方向尽可能与岩溶主发育方向垂直,岩溶异常区内测点数不少于三个,在异常段采用多极距
	电测深法(含激电)	浅埋岩溶及地下岩溶水	定性岩溶存在、确定岩溶主发育走向	各勘测阶段	
	高密度电法	浅埋岩溶	确定岩溶深度、范围及充填情况	各勘测阶段	地表相对平缓,无电流干扰。剖面方向近可能与岩溶主发育方向垂直。在岩溶异常区内测点数不少于三个。
	自然电位法	地下岩溶水	测定地下水流向	可行性、初勘	测试点选在比较水平的地方进行,采用同心圆进行测试,电极采用不极化电极

.....

续表

物探方法		探测岩溶类型	探测内容	适用阶段	主要技术条件
地震勘探	折射法	覆盖层下岩溶	定性追踪岩溶主发育方向并确定宽度	可行性、初勘	地形相对平缓，下伏基岩相对匀一。无震动干扰。在岩溶异常区内检波点数不少于三个
	反射法 (含映像)	隐伏岩溶	定量探测岩溶的顶板埋深、水平位置	各勘测阶段	
	面波法	浅埋隐伏岩溶	定量探测岩溶垂直发育范围	各勘测阶段	
探地雷达	地表探测法	浅埋隐伏岩溶、隧道近洞壁或掌子面隐藏岩溶	定量探测岩溶顶板埋深、水平位置	各勘测阶段	地表雷达测试时，地表相对平缓，基岩面无或有少量覆盖层，测线垂直岩溶主发育方向；孔内雷达可单孔或双孔，单孔使用收发一体天线，双孔使用一发一收天线。孔内无金属物
	孔内探测法	钻孔四周或两孔剖面间发育的岩溶	单孔探测可确定岩溶位置、大小，双孔可进行雷达精确成像	各勘测阶段	

续表

物探方法		探测岩溶类型	探测内容	适用阶段	主要技术条件
电磁法	频率域人工及天然源声频电磁	深埋岩溶	定性及半定量探测深埋岩溶	可行、初勘、详勘	无强电磁干扰，视探测深度确定使用人工源或天然源
	时间域瞬变电磁	浅埋岩溶	定性及半定量探测浅埋岩溶	可行、初勘、详勘	无强电磁干扰，覆盖层不宜过厚
CT法	声波 CT	孔间存在的岩溶	视孔距大小、频率高低决定其探测精度,可进行定性探测,也可进行精确探测	初勘、详勘、施工	钻孔深度须超过探测的岩溶发育深度,孔距与孔深比在 1:3~1:1 之间,单位成像单元内保证至少 3 条以上不同方向(方向偏差 5 度)的射线通过。钻孔必须保持共面,非平行钻孔须测斜
	地震波 CT	孔间或洞间存在的岩溶		初勘、详勘、施工	
	电磁波 CT	孔间或洞间存在的岩溶		初勘、详勘、施工	

续表

物探方法		探测岩溶类型	探测内容	适用阶段	主要技术条件
孔内测试、示踪、监测	综合测井	钻孔孔壁岩溶发育情况	测定岩溶地层的电性、温度、密度、声速、放射性等参数	初勘、详勘、施工	因地层岩溶化特性不同，可选取数种测井方法
	同位素示踪	低流速或渗流岩溶水	测试地下岩溶水的渗流速度、方向	初勘、详勘、施工	使用 I ¹³¹ 短衰期元素，进行全孔测试与定点监测相结合，定点测试须配备定向杆
	流速测试	岩溶管道水	测试高流速的岩溶管道水速度、流向	详勘、施工	使用钻孔流速仪，并配备定向杆
	噪声监测	岩溶地下水活动	监测及测定地下岩溶水噪声	详勘、施工	使用高灵敏度监测探头进行连续实时监测，监测信号进行强度、频谱分析
	孔内电视录像	钻孔揭示的岩溶	观察孔壁岩溶及构造发育情况、溶洞空间形态、溶洞水运动情况等	施工、详勘	有转向和调焦功能，在较大的地下溶洞内，应进行大光源观察

续表

物探方法		探测岩溶类型	探测内容	适用阶段	主要技术条件
地温法		岩溶管道水或暗河出口	岩溶管道水或暗河出口	各勘测阶段	

注：1 上述物探方法在具体应用时，其技术(仪器、操作、分析解释、图件报告)要求须依据相关行业制定的工程物探规程进行；

2 物探方法的选用依据如下原则进行：探测精度满足设计(施工)要求、方法适用环境要求；

3 探测岩溶需要选择综合物探方法进行，选择物探方法时，应结合解决必要的实际问题，选择必要的物探方法。

附录 E 岩溶含水层、岩溶与非岩溶互层含水层分类

纯碳酸盐岩类含水层						非纯碳酸盐岩类含水层					
以灰岩为主的纯碳酸盐岩类含水层		以白云岩为主纯碳酸盐岩类含水层				间互状纯碳酸盐岩类含水层		不纯碳酸盐岩类含水层		间互状纯碳酸盐岩与碎屑岩含水层	
裂隙-溶洞水		溶洞-裂隙水		溶孔-溶隙水		裂隙-溶洞水或溶洞-裂隙水		溶隙-裂隙水		溶洞-裂隙水	
无长期地下水位观测资料，当场地处于地形低凹（洼地、谷地）、岩溶强发育、导水断层附近、地下水径流汇集（排泄）地段，平水期、丰水期宜抬高地下水位变幅范围											
平水期	丰水期	平水期	丰水期	平水期	丰水期	平水期	丰水期	平水期	丰水期	平水期	丰水期
2.0~4.0m	1.0~2.0m	2.0~4.0m	1.0~2.0m	1.5~3.0m	1.0~1.5m	1.5~3.0m	1.0~1.5m	1.5~3.0m	0.5~1.5m	1.5~3.5m	0.5~1.5m
岩性以灰岩为主，含水介质组合为裂隙-溶洞，含裂隙-溶洞水。地下水以集中管道流形式赋存，渗透极不均匀。		岩性以白云岩为主，含水介质组合为溶洞-裂隙，含溶洞-裂隙水。地下水赋存形式以裂隙流为主，管道流次之，渗透不均匀。		岩性以白云岩为主，含水介质组合为裂隙、溶孔、溶隙等，含溶孔-溶隙水。地下水赋存形式以裂隙孔隙流为主，渗透相对均		岩性以灰岩、白云岩间互产出，含水介质组合为裂隙-溶洞或溶洞裂隙，含裂隙-溶洞水或溶洞裂隙水。地下水以裂隙、管道流形式		岩性以泥灰岩、泥质白云岩、燧石灰岩等为主，含水介质组合为以溶隙-裂隙为主，赋水性差，渗透不均匀。含水层主要有二叠		岩性为泥岩、页岩与灰岩、白云岩互层，为多层含水结构，含水介质组合为以溶洞-裂隙为主，具承压性，赋水性差，渗透不均匀。含水层主要有	

续表

<p>含水层主要有三叠系茅草铺组 (T_{1m}) ,二叠系栖霞-茅口组 (P_{2q-m}) , 石炭系上司组 (C_{1s})、黄龙组 (C_{2hn})、马平群 (C_{3mp}) , 奥陶系桐梓-红花园组 (O_{1t-h}) , 寒武系清虚洞组 (Є_{1q}) 等。</p>	<p>含水层主要有三叠系安顺组 (T_{1a})、大冶组 (T_{1d}) , 石炭系岩关组 (C_{1y}) 等</p>	<p>匀。含水层主要有震旦系灯影组 (Zbdn)、寒武系石冷水组 (Є_{2s})、娄山关群 (Є_{2-3ls}) 等</p>	<p>赋存, 渗透极不均匀。含水层主要有石炭系摆佐组 (C_{1b})、石炭系独山组 (C_{2d}) 等</p>	<p>系长兴-大隆组 (P_{3c-d}) , 三叠系关岭组 (T_{2g}) 等</p>	<p>三叠系松子坎组 (T_{2s})、下统永宁镇组 (T_{1yn})、飞仙关组 (T_{1f}) 等</p>
---	---	--	---	---	--

注： 当勘察场地及附近无长期观测钻孔水位资料时，抗浮设防水位应根据勘察期间最高稳定水位，结合场地地形地貌、岩溶发育情况、地下水补径排条件、人类工程活动综合确定：

- 1 平水期量测的地下水位宜抬高 1.0~2.0m，若丰水期量测的地下水宜抬高 0.5~1.0m；
- 2 当场地处于地形低凹（洼地、谷地）、岩溶强发育、导水断层附近、地下水径流汇集（排泄）地段，平、丰水

期宜抬高的水位可参照附录 E 中地下水变幅范围。

附录 F 隐式法剩余下滑力计算公式

F.0.1 当破裂面为直线型时

$$E = F - R/k \quad (\text{F.0.1-1})$$

当 E 为负值时，取 $E=0$

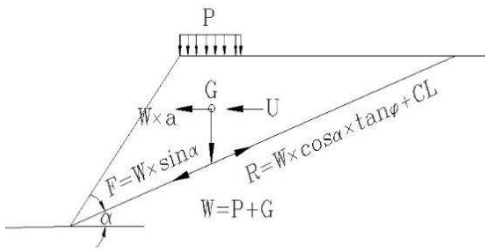
E—剩余下滑力 (kN /m)

F—下滑力 (kN /m)

R—抗滑力 (kN /m)

k—安全系数，见表 8.3.2

如下图所示：



当计算地震力和水压力时，剩余下滑力水平分力为

$$E_x = E \cdot \cos \alpha + a \cdot W + U \quad (\text{F.0.1-2})$$

$a \cdot W$ —水平地震力，

U—水压力。

F. 0. 2 当破裂面为圆弧型时:

$$E_i = F_i - R_i / k \quad (\text{F. 0. 2-1})$$

当 E_i 为负值时, 取 $E_i = 0$;

E_i —第 i 块剩余下滑力 (kN/m) ;

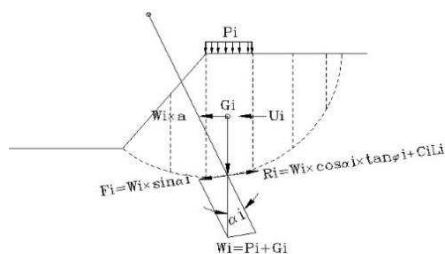
F_i —第 i 块下滑力 (kN/m) ;

R_i —第 i 块抗滑力 (kN/m) ;

滑体 (共 n 块) 总剩余下滑力:

$$E = \sum_{i=0}^{i=n} E_i \quad (\text{F. 0. 2-2})$$

如下图所示:



当计算地震力和水压力时, 滑体剩余下滑力水平分力为

$$E_x = E \cos \alpha_n + a \sum_{i=0}^{i=n} W_i + \sum_{i=0}^{i=n} U_i \quad (\text{F. 0. 2-3})$$

$a \sum_{i=0}^{i=n} W_i$ —水平地震力

$$\sum_{i=0}^{i=n} U_i \quad \text{—水压力}$$

F. 0. 3 当破裂面为折线型时

$$E_i = E_{i-1} \cdot \psi_i + F_i - R_i / k \quad (\text{F. 0. 3-1})$$

$$\psi_i = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i) \quad (\text{F. 0. 3-2})$$

E_i —第 i 块剩余下滑力 (kN/m) ;

F_i —第 i 块下滑力 (kN/m) ;

R_i —第 i 块抗滑力 (kN/m) ;

ψ_i —第 $i-1$ 块对第 i 的块传递系数。

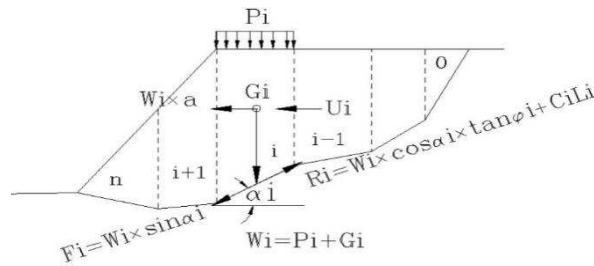
当 E_i 为负值时, 取 $E_i=0$

滑体 (共 n 块) 总剩余下滑力:

$$E_n = \sum_{i=1}^{n-1} F_i \cdot \prod_{j=1}^{i-1} \psi_j + F_n - [\sum_{i=1}^{n-1} R_i \prod_{j=1}^{i-1} \psi_j + R_n] / k \quad (\text{F. 0. 3-3})$$

$$\prod_{i=1}^{n-1} \psi_i = \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 \cdot \dots \cdot \psi_{n-1}$$

如下图所示:



当计算地震力和水压力时，滑体剩余下滑力水平分力为

$$E_x = E_n \cos \alpha_n + a \sum_{i=0}^{i=n} W_i + \sum_{i=0}^{i=n} U_i \quad (\text{F. 0. 3-4})$$

$$a \sum_{i=0}^{i=n} W_i \quad \text{— 水平地震力}$$

$$\sum_{i=0}^{i=n} U_i \quad \text{— 水压力}$$

附录 G 顺层滑动长度 L 计算公式

G. 0.1 斜向成拱高度:

当具外倾结构面的顺层边坡只进行局部开挖时,未开挖的两端形成支点,开挖段滑动受斜向成拱限制,顺层滑动范围可只计算到斜拱拱顶,滑动长度 L 可按下式计算:

$$L = 0.45 \times 2^{(i-1)} \times (1 + 0.2B) \quad (\text{G. 0. 1-1})$$

i-按《工程岩体分级标准》(GB50218)确定的工程岩体等级。

B-开挖宽度(m)

当计算结果 $L > L_1$ 时,取为 $L = L_1$

如图 8. 3. 7-1、图 8. 3. 7-2 所示:

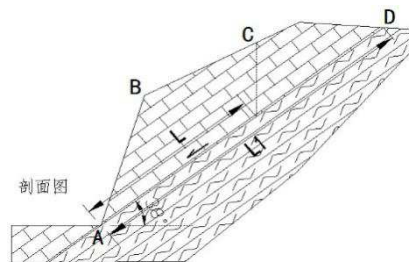


图 8. 3. 7-1 顺层滑动长度 L 计算剖面图

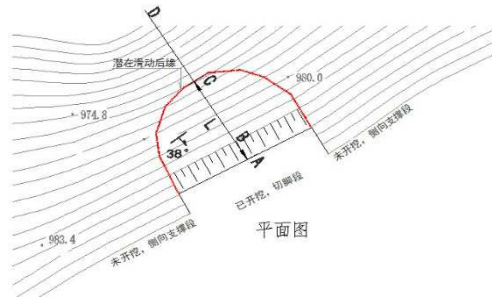


图 8.3.7-2 顺层滑动长度 L 计算平面图

引用规范标准名录

- 1 《岩土工程勘察规范》 GB50021
- 2 《建筑边坡工程技术规范》 GB50330
- 3 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ120
- 4 《建筑地基基础设计规范》 GB50007
- 5 《既有建筑地基基础加固技术规范》 JGJ123
- 6 《建筑地基处理技术规范》 JGJ79
- 7 《工程岩体分级标准》 GB/T50218
- 8 《建筑基桩检测技术规范》 JGJ106

贵州省地方标准
贵州建筑岩土工程技术规范

DB52/T046-2018

条文说明

前 言

本规范总结了《贵州建筑岩土工程技术规范》(DB22/46-2004)使用情况,结合工程实践经验,修订而成,经贵州省住房和城乡建设厅批准发布。

为便于广大勘察、设计、施工、质监、监理、科研、教学等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,按章、节、条、款编出了本规程条文说明,供使用者参考,在使用中如发现本条文说明有不妥之处,请将意见寄往贵州省建筑设计研究院有限责任公司。

目次

1 总则	148
2 术语和符号	152
2.1 术语	152
2.2 符号	152
3 红粘土地基.....	153
3.1 一般规定	153
3.2 红粘土地基岩土工程勘察与评价	155
3.3 红粘土地基岩土工程设计与施工	158
3.4 红粘土地基岩土工程检测	159
4 填土地基	160
4.1 一般规定.....	160
4.2 非压实性填土地基的岩土工程勘察与评价	161
4.3 压实填土地基岩土工程勘察与评价.....	162
4.4 填土地基岩土工程设计.....	163
4.5 填土地基岩土工程施工.....	163
4.6 填土地基的检测.....	165
5 砂砾卵石地基.....	166
5.1 一般规定	166

5.2 砂砾卵石地基岩土工程勘察	166
6 岩石地基	168
6.1 一般规定	168
6.2 岩石地基岩土工程勘察	169
6.3 岩石地基岩土工程评价	171
7 岩溶地基	174
7.1 一般规定	174
7.2 岩溶地基勘察.....	176
7.3 岩溶地基稳定性评价.....	183
7.4 岩溶地基基础方案设计.....	186
7.5 岩溶地基处理、基础施工与检测.....	188
8 边坡与基坑工程.....	190
8.1 一般规定	190
8.2 边坡岩土工程勘察.....	191
8.3 边坡稳定性评价、侧压力计算.....	193
8.4 边坡支护结构设计.....	195
8.5 边坡支护岩土工程施工.....	196
8.6 边坡岩土工程监测.....	196
9 滑坡治理工程	199

9.1 一般规定	199
9.2 滑坡治理工程勘察.....	201
9.3 滑坡治理设计.....	204
10 岩溶地下水.....	207
10.1 一般规定	207
10.2 岩溶地下水勘察.....	207
10.3 岩溶地下水作用评价.....	208
10.4 工程降水.....	208
10.5 岩溶地下水位的测定及抗浮设防水位的确定.....	209

1 总 则

1.0.1 贵州地处我国西部山区，建筑场地岩石遍布，尤以碳酸盐类岩石分布最广，其中岩溶普遍发育，山间低处红粘土分布广泛，由于地形起伏，建筑场地整平挖、填量大，山体稳定性较差，岩溶发育、地下水复杂，这些基本的自然条件，构成了贵州地区建筑场地和地基都具有独特的岩土工程条件而闻名于国内。

20 世纪 70 年代以前，我国的勘察体制仍沿袭前苏联的模式，对建筑场地的勘察只注重“看病”，不开“处方”，更谈不上“治病与护理”，使勘察与设计、施工严重脱节，由此造成工程质量与经济损失的事故时有发生。20 世纪 80 年代以来，我国开始实施岩土工程体制，经过 20 年的努力，这种体制已经基本形成。

岩土工程勘察的任务，除了应正确反映场地和地基的工程地质条件外，还应结合工程设计、施工条件、进行技术论证和分析评价，提出解决岩土工程问题的建议，并服务于工程建设的全过程，具有很强的工程针对性。现行的国家规范所包含的内容，尚不能完全涵盖贵州山区复杂的场地条件和繁多的地基岩土类型，也不能完全适应市场对岩土工程专业的需求，因此，制定本规范的主要

目的是突出地方特色，针对常见的地基岩土类型，在国家现行标准《岩土工程勘察规范》的基础上作适当的补充与延伸，力求做到技术先进，经济合理，安全适用，确保质量，满足工程建设健康发展的需要。

1.0.2 本规范的编写超越了一般岩土工程规范的编写模式，较《21 规范》而言，它是该规范在贵州山区建筑地基应用的补充，为避免过多的重量或出现“挂一漏十”的弊端，《21 规范》中的“勘察分级和岩土分类”、“各类工程的勘察基本要求”、“工程地质测绘和调查”、“勘探和取样”、“原位测试”、“室内试验”、“水和腐蚀性评价”、“现场检验和监测”、“岩土工程分析评价”和“成果报告及附录”等相关章节在本规范中并未罗列，但这些基本要求和强制性的规定都应遵照执行。

1.0.3 规范在编写过程中，充分考虑了专业的发展趋势与我省建筑行业岩土工程专业的实际情况，在编写中和章节设置上，按照不同的地基岩土类型和岩土工程的问题，突出重点，照顾一般，比较系统地提出解决工程建设中遇见的岩土工程问题。比如，某建筑场地划属某种地基岩土类型，存在那些主要岩土工程问题，需采用那些勘探、测试手段，应获取那些成果资料与数据，如何对建筑场地进行评价。此外对地基、岩土工程设计、工程地下水

的处理、施工、检测、监理等过程中应进行哪些工作内容、注意事项、质量控制等问题提出基本要求和要点。这样做的目的是对本规范使岩土工程勘察工作有序遵从的同时，对岩土工程设计、施工与检测和监理等方面的工作亦有一定的指导，并在执行实践中推动其发展。

1.0.4 岩土工程的业务范围，涉及土木工程建设中所有与岩体和土体有关的工程技术问题，本规范在使用范围上仅涉及建筑地基中的岩土工程问题，内容上是以岩土工程勘察为主，其余部分只提出基本要求及技术要点，编写思路主要基于以下考虑：其一：建筑岩土工程勘察积累的资料和工程经验较多，整理提炼后能上升为地区技术标准，而岩土工程勘察以外部分由于工作开展时间较短，仅能根据工程实践中所遇见的问题，而又是必须强调和重视的问题，提出基本的要求和技术要点；其二：既为国标的补充，在内容上，为避免过多重复，在编写上不求完整，要求在执行《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（以下简称《21规范》）相关章节的基础上，针对地区常见的几种地基岩土类型或岩土工程问题提出相应的条文，力求结合贵州实际，解决建筑工程中与岩体和土体有关的技术问题；其三：适用范围仅限于建筑地基。水利、铁路、公路工程，在解决相关岩土工程问题时，可参照本规

范有关条文。但由于这些工程专业性强，有特殊技术上要求，因此，还应符合行业的有关标准。

1.0.5 本规范岩土工程勘察条文的内容，只限于详细勘察阶段，其余勘察阶段的具体要求参照《21 规范》；岩土工程设计涉及与岩体和土体有关的设计与处理的内容，不包含结构与建筑材料方面的设计计算内容；岩土工程施工部分对常用的施工方法及手段，影响工程的关键性问题提出了基本的要求和技术要点，实施过程中尚应满足相关规范、规程的要求；检测与监理部分是根据我省目前工程实践中应用较多的方法加以总结，提出基本要点，主要针对岩土工程勘察专业的工程技术人员所必须掌握的内容，对于列为专项检测与监理的工程项目应满足相关规范、规程的要求。

1.0.6 由于规范的分工，本规范不可能包括建筑岩土工程中所遇到的所有技术问题，使用时还需遵守其它有关规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

根据 2002 年 12 月 4 日中华人民共和国建设部令第 115 号“总则”中关于建设工程勘察的定义，参考有关名词术语标准和技术标准，在现行《岩土工程勘察规范》GB50021 的基础上，除规定了岩土工程勘察方面的一般术语外，增加了与山区建设场地岩土工程评价有关的术语。

2.2 符号

以《岩土工程勘察规范》GB50021 为基准，在“岩土物理力学性质”、“岩土变形参数”、“原位测试及试验指标”、“水文地质参数”、“岩土工程设计参数”、“指标统计”等几个方面，除了常规符号外，补充了贵州山区有关红粘土膨胀性及边坡稳定性计算、指标统计等常用的符号。

3 红粘土地基

3.1 一般规定

3.1.1 红粘土具有失水收缩、裂隙发育、上硬下软的特征。次生红粘土是搬运再沉积而形成在相同物理指标情况下，其承载力只及红粘土的 $3/4$ 左右，而且呈可塑、软塑状态的比例在总量中也明显增高，压缩性也较高。勘察中应以第四纪地质地貌研究红粘土特征保留程度中划分出红粘土，判定是否为次生红粘土。

3.1.2 除按成因划分红粘土与次生红粘土之外，根据工程需要红粘土可按特性对其进行岩土工程分类，以区别对待和合理利用，现作下列说明：

1 湿度状态是影响红粘土工程性能的重要因素，在岩土工程勘察中，必须按湿度状态划分土质单元。红粘土的湿度状态划分宜采用含水比划分法，根据大量资料统计得到的静探比贯入阻力与含水比之间的相关关系，它也可按比贯入阻力值进行划分，如有疑问时，应采样进行对比试验；

2 红粘土富含网状裂隙，裂隙有随远离地表而递减之势，裂隙的赋存将破坏土的整体性，降低承载力和抗剪强度，工程中可

根据裂隙特征进行量测和描述，对土体结构进行分类。天然土与重塑土的无侧限抗压强度试验对比，可以反映出土中裂隙的存在，对试样破损的影响，因此也可借灵敏度指标，进行土体结构分类；

3 红粘土天然状态膨胀率仅 0.1%~2.0%，其胀缩性主要表现为收缩，线缩率一般 2.5%~8%，最大达 14%。但红粘土在缩后复水特性上却有明显不同的表现。按经验方程划定的 I 类土胀缩循环呈现涨势，II 类土胀缩循环则呈现缩势，两类土呈现不同的缩后水稳性和工程性能，工程中应予区分；

4 红粘土具有水平方向上厚度与竖向上湿度状态分布不均的特征。为了初步判别红粘土地基变形的均匀性，根据事先假定条件、并对所得的地基变形计算结果进行归纳，提出按变形均匀性对红粘土地基进行分类，并结合 GB50021 进行了修改，将 II 类变形不均匀地基修改为“土岩组合地基”。其中对于符合 I 类岩土条件的地基，由于在确定 Z 值时，已经概括了不利条件的组合，所以已满足地基不均匀变形问题，即使在岩土剖面上显示土层厚度有变化，仍可视为变形属均匀的地基。对“土岩组合地基”的地基，由于情况比较复杂，地基变形差是否满足要求，应作具体分析 with 检验计算。

Z 值计算的假定条件为：

- 1) 地基岩土模型有：基底下全部为硬塑状态土；基底下 3.0m 为硬塑，其下为可塑；基底下 3m 为硬塑，其下 3m 为可塑，再下为软塑土；
- 2) 硬塑土 E_s 取 12MPa，可塑土 E_s 取 7.0MPa，软塑土 E_s 取 3.0MPa；
- 3) 沉降检验段长度按最小勘探点间距 6m；
- 4) 考虑了刚性下卧层对基底下土中应力增大及部分相邻基础作用的影响。

3.2 红粘土地基岩土工程勘察与评价

3.2.1 本条规定了在岩土工程测绘及调查中，除按常规要求外，结合红粘土地基的特点，提出尚应注意的一些补充要求。

3.2.2 本条为红粘土地基详细勘察阶段工作方法及技术要点的规定，现做下列说明：

1 勘探与测试内容应作下列说明：

- 1) 单一手段往往不能满足岩土工程勘察的要求，应根据工程勘察等级及场地岩土工程条件、合理选定相应的勘察手段；
- 2) 湿度状态是红粘土的重要特征指标，为避免钻探施工过

程中，人为改变土体原有湿度状态，要求钻探工作应采用干作业，不得加水及冲水钻进；

- 3) 红粘土作为一种特殊类型土，由于其性质垂向变化大，厚度上分布不均匀，因此，评价红粘土的取样试验和原位测试按现行国家标准执行是必须的，但考虑到红粘土需实施大量用于空间分布特征的鉴别类钻孔，这类孔可不计入取样和测试范围内；
- 4) 选用合理的取土器和采用正确的取土方法，是保证获得合格土样的前提。如所取土样已扰动或湿度已改变，也就得不到真实的物理力学指标；
- 5) 裂隙发育是红粘土的重要特性，红粘土抗剪强度的确定宜采用三轴剪切试验，当用直剪仪快剪指标时，计算参数应予修正，对 C 值乘 0.6~0.8，对 ϕ 值乘 0.8~1.0；红粘土具收缩特性，缩后再浸水（复水）时，有不同的性质反映，必要时应作收缩试验和复浸水试验；

2 由于红粘土具有垂直方向湿度状态变化大，以及水平方向厚度变化也大的特点，地基勘探中应采用较密的勘探间距。在施工顺序上，应先进行鉴别孔，初步查明场地红粘土的空间分布特征，为下一步合理地钻探及取样打下基础。

3 表 3.2.2-1 备注是指当存在软弱土时的勘察深度值。

4 红粘土中的地下水一般情况下，对建筑材料无腐蚀，故条文中未强调每一工程必须取水样进行腐蚀性试验，但场地附近有污染源时，则应取样进行试验。

5 红粘土下伏基岩面起伏很大且底部常有软弱土层，对属变形不均匀地基或有土洞发育时，详细勘察阶段不一定能查明所有情况，为确保安全，在施工阶段进行补充施工勘察是必要的。基岩面高低不平、倾斜或有临空面时，岩面端承桩容易失稳，有必要进行施工勘察。

3.2.3 红粘土地基岩土工程评价须作如下说明：

1 勘察中应划分出各类红粘土，描述各土质单元在平面、剖面上的空间分布形态，并提供相应的特性参数的范围值、平均值等，在此基础上方可进行地基变形均匀性评价、基础沉降计算，也才能提出合理的地基基础建议。

2 红粘土具失水后收缩量大，由此产生较多的土中裂隙，部分红粘土复浸水后湿化崩解，干湿循环导致土体性状和结构的较大改变，使得红粘土力学指标大为降低，由此而来引发一系列岩土工程问题。在工程中应给予足够注意，并采取相应保湿、保温措施，在高温设备基础底部设置一定的隔热层；加快基坑、边坡

工程开挖作业过程，做好有组织排水、坡面护坡或种植草皮等。

3 红粘土一般具上硬下软、裂隙发育的特点，但工程中应注意大气降雨或地表水沿土体裂隙向下渗入，软化浸润造成土体湿度状态分布的改变，以致地基承载力下降及变形加大，造成工程事故。

3.3 红粘土地基岩土工程设计与施工

3.3.3 表 3.3.3-1 中数据的计算假定条件是基底以下红粘土湿度状态是坚硬、硬塑状态土。当石芽密布，基底以下红粘土厚度均小于或均大于 h 时，地基可视为变形均匀的地基可不处理。

3.3.4 红粘土基础埋深的确定，从充分利用硬层、减轻下卧软层附加应力、调整基础沉降出发，宜尽量浅埋；但对底层砌体结构房屋而言，为避免地表因素对地基的不利影响，必须深于大气影响急剧层的深度。评价时应提出适当的工程建议。

3.3.5 当不能满足承载力和变形要求时，进行地基处理是最有效、可靠、经济的方法。在地基变形不均匀处理时，地基处理的一般原则是：在以硬为主的地段（岩石外露处），处理软的；在以软为主的地段，则处理硬的，以减少处理工作面。并以调整基底应力与变形并重，选用的措施要施工简单，质量易于控制。

3.3.6 土中裂隙使土体整体性遭受破坏，大大削弱了土体的强度。试验表明，裂隙使抗剪强度降低了 50% 以上，故而对边坡与基坑、土体承受较大水平荷载情况，土的抗剪强度值应作相应的折减。当坡顶近距离范围有水沟、水管等的基坑、边坡工程，为避免漏水造成的不利影响，可对土的抗剪强度值作相应折减。

3.4 红粘土地基岩土工程检测

3.4.1 红粘土地基采用土层钎探查明基底压缩层厚度方便、实用、可行。

4 填土地基

4.1 一般规定

4.1.1 填土分类将杂填土与工业废料填土分开是有意义的，杂填土多不可利用，而由炉渣、煤灰、煤矸石等组成的填土在一定条件下是可以利用的。根据我省省情，存在丰富的炉渣、煤灰、煤矸石资源和由它们组成的填土地基，岩土工程中可充分利用，既可节约投资，又保护了环境。我省的公路及建筑部门都有这方面的利用经验，都取得良好效果。

4.1.2 由于山区填土的成分比较复杂，均匀性差，厚度变化大，当利用非压实填土作为天然地基时，应持慎重态度，必须进行专题勘察，对其可用性作出评价。在对填土地基处理利用前，应选择有代表性的地段设置试验区，通过试验性施工及相应检测，取得可靠的设计参数和施工控制指标并论证地基处理方法的可靠性。这是我省填土工程中重要的经验之一。

4.1.3 本条强调在遵照国标的基础上，勘探方法及其工作量的布置应充分考虑我省山区填土成分多样性、空间分布复杂性和填土界面多变性的特点。非压实填土地基是指可能作为建筑物地基持

力层，堆填过程中又未经人工控制处理回填质量的无序回填土地基。由于回填土成分的多样性，山区填土空间分布的复杂性，加密勘探点并采用综合的勘探手段是必要的。目前物探手段（如面波勘探、电法勘探等）在查明岩土介质的均匀性方面已有比较成熟的经验，也有比较先进快捷和经济使用的设备和仪器，可以选用物探手段对非压实填土地基的均匀性进行初步勘探。

4.1.4 本条提出填土地基岩土工程设计内容的一般要求，工程中尚应根据工程具体特点有针对性的考虑其他一些问题。

4.1.5 由于山区填土及其场地条件的复杂性，自然条件往往不能被人们一次性认识，因此强调建立加固处理全过程信息反馈的施工管理体制的必要性，以便不断优化加固设计，及时调整施工工艺。强调检测手段与技术标准应与试验施工时所采用相一致，是保证设计参数和质量指标的统一性，有效的验证加固效果，以确保工程质量。

4.2 非压实性填土地基的岩土工程勘察与评价

4.2.2 物探方法是一种快速高效、经济、立体的勘探方法，但要求探测对象与周围介质有足够物性差异，同时使用上存在受地形和环境的影响的局限，因此必须经过现场试验，选用有效合理的

探测方法。物探资料与其他勘探测试资料综合分析，互相验证补充，以提高解释的准确性和可靠性。

4.2.3 核子密度湿度仪有使用方便、快速的优点，在我省高等级公路建设中使用较广，多用于施工质量控制及现场快速检测，但其测定精度尚存在一些问题，使用时必须与其他测试结果对照，工程中不宜用作仲裁试验和验收依据。CBR 试验在公路部门已经广泛使用，具体试验方法可以参照《公路土工试验规程》JTJ 051 中的有关规定。

4.3 压实填土岩土工程勘察与评价

4.3.1 待填场地的地基条件对将来填土及其上建筑物的变形和稳定有直接影响，因此必须予以查明，并作出正确评价，在填土场地地势低洼、山间垭口以及地表水排出口外侧的稳定性更应予以重视。

4.3.2 本条给出的是对填料场地勘察评价的一般原则与要求。工程中应对料场勘察评价予以足够的重视，除考虑技术条件外，还应分析其经济的合理性，有时填料场地与待填场地的距离、运输条件直接影响工程造价，甚至是使用或舍弃的控制因素。

4.4 填土地基岩土工程设计

4.4.1 地基承载力是岩土工程设计的重要参数，一般来说，目前现场静载荷试验仍是确定填土地基和复合地基承载力特征值的可靠手段，但应注意压板尺寸与填土厚度的关系，其他原位测试、公式计算法计算的结果应与现场静载荷试验对比，地区经验有工程为依托，取值时经验也不可忽视。另外，由于载荷试验费用高，试验费时费力，试验数量有限，因此，确定填土地基或者复合地基的承载力特征值时提倡选择多种方法进行综合对比。

4.4.2 规定变形计算经验系数按当地经验确定，是为了保证地基变形计算的准确性，这就要求在填土地基岩土工程中应加强监测，并对其结果进行分析，从总结归纳各地的变形计算经验系数，为岩土工程设计所采用。

4.4.3 红粘土填土边坡允许值是依据我省经验确定的，取值时可根据工程的等级和填土的密实性取值。

4.5 填土地基岩土工程施工

4.5.1 各种地基处理方法都有各自局限性和适用范围，因此，在选择地基处理方法时要具体分析和进行施工试验，从地基条件、处理要求、费用和材料、设备来源与上部结构协同工作等方面综

合考虑,进行技术、经济、工期等方面的比较,选用技术上可靠,经济上合理的地基处理方法。

4.5.4 山区地基特别是处于斜坡或半填半挖地段的填土地基,应根据天然地面的实际坡度验算填土的稳定性,填料前,宜将坡面挖成若干反坡台阶。雨水和地下水对填土的稳定性影响很大,必须建立有效的排水系统予以疏排,对降雨水可根据地形设置排水沟;对于地下水,可根据地形和水文地质条件设置涵洞、碎石盲沟、塑料盲沟等,并应注意泥砂淤阻,使排水系统失效。位于填土区的上、下水管道,常常被忽视,处理不好也会引起填土失稳,故应采取防渗、防漏措施。根据我省特点,本条还提出了以红粘土为填料时应注意的事项,必须认真执行。

4.5.5 本条的各款是根据我省的工程经验提出的,补充了《既有建筑地基基础加固技术规范》(JGJ123),节省工程费用,加快施工进度,但应注意使用条件,正确的采用,工程中还应加强检测及施工管理。

4.5.6 换填法、挤密桩以及强夯法的设计、施工与质量检测主要按国家现行《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2012)有关规定执行。本次修订增加了软弱土层上回填的有关规定和地下水位较高时的回填要求。由于强夯施工的震动影响很大,因此,增加了

对周边环境调查评价、监测点设置和设置隔震措施的基本要求。

4.6 填土地基的检测

4.6.1 本条强调坚持全过程的工程监理与检测的必要性，只有这样，以保证设计参数、加固处理设计的正确实施，才能真正做到信息化施工管理，确保施工质量。

4.6.3 本条要求采用两种或两种以上的方法进行平行检验，是为了保证检验结果的可靠性。现场载荷试验是核定承载力特征值及变形模量的可靠手段，对重要工程或复合地基必须进行。本次修订根据国家现行有关规范对强夯地基质量检测的检测点数量提出了最低要求。

5 砂砾卵石地基

5.1 一般规定

5.1.2 我省虽处山区，但地表河流较为发育，母岩成份也较为复杂，本章重点针对具体冲积、洪积成因、分布在河流两侧阶地上的砂砾卵石地基，并注意与平原地区砂砾卵石地基具有不同的分布特征。

5.2 砂砾卵石地基岩土工程勘察

5.2.1 需查明的工程地质问题还应包括岩土工程勘察中的常规要求。

5.2.3 对一般性建筑物，当砂卵石层在水平分布和垂直厚度的变化较为均匀时，勘探点的间距可适当放宽，且不按柱位布孔。

5.2.4 对砂卵石地基，动力触探是常规的勘探方法和手段，但必须保证有一定数量的检测鉴别孔作为确定砂、卵石层分层界线和厚度变化的依据，同时，查明砂、卵石层下卧土层和基岩的工程特性。

5.2.5 测试、试验的方法和技术要求在《岩土工程勘察规范》GB50021 和《建筑地基基础设计规范》GB50007 中均有规定，故不需详细阐述。

6 岩石地基

6.1 一般规定

6.1.1 根据影响岩石地基稳定性、完整性和承载力的控制因素，可将我省的岩石地基区分为裂隙岩体和洞隙岩体地基。裂隙岩体地基系以岩体中的节理裂隙和各类软弱结构面为主导控制因素的岩体地基；洞隙岩体地基系指除了受岩体中节理裂隙和软弱结构面的控制，更主要受控于岩体中洞隙发育程度的岩体地基。为予以区别，本规范称前者为《岩石地基》，后者为《岩溶地基》。本章适用于岩体中无洞隙现象的各类岩体地基的勘察与评价。当岩体中存在洞隙现象时，尚应按本规范《岩溶地基》的有关规定进行相应岩土工程问题的勘察与评价。

6.1.2 地基岩体中的节理裂隙、软弱结构面和洞隙的发育程度与发育特征，随环境条件的变化而具有强烈的差异性，对这些地质体的研究需要采取由面到点、由粗到细、先宏观后微观、先调查后勘探的工作方法。本条规定岩石地基的勘察，应先进行岩土工程调查或测绘，了解场地及其附近岩土工程条件，并进行勘探、测试查明岩性组合、岩体结构特征及有关的岩土工程参数指标。

再规定勘探工作应采取先疏后密，先施工控制性钻孔，后施工一般性钻孔，以提高勘探工作的针对性和有效性。

6.1.3 针对影响岩石地基岩体质量和建筑特性的多因素特点，本条规定岩石地基的岩土工程评价应采用多因素综合评价。分析评价时对岩石的坚硬程度、岩体的完整程度、风化程度和基本质量等级的分类，按《岩土工程勘察规范》GB50021 的有关规定执行，以使评价标准与国家规范保持同步性。

6.1.4 岩体中的软弱夹层、破碎带等特殊异常地质体，很难一次完全查清楚，往往需要在地基基础施工时进行复核验证，本条规定可根据施工检验情况进行必要的施工勘察。

6.2 岩石地基岩土工程勘察

6.2.1 为了使岩石地基详细勘察的工作布置和对岩土工程问题的评价赋有针对性和实用性，本条规定了进行勘察时应取得的工程设计资料与设计要求，应根据勘察的目的任务采用测绘调查、钻探、物探、测试、试验等综合勘察方法，以提出满足建筑物施工图设计所需的岩土工程资料和指标参数，是岩石地基详细勘察的总纲。

6.2.2 规定了岩土工程测绘应重点研究的问题，力图将工程地质

测绘延伸到岩土工程测绘，强调了对场地及其附近已有建筑的勘察、设计、施工经验、地基处理、岩土利用、改造、防治、治理的有效与失效工程经验的调查。

6.2.3~6.2.6 根据我省 20 世纪 80 年代以来在各类岩体上进行的高层和多层建筑的勘察经验，规定了根据建筑物特征和场地条件合理布置详细勘察勘探孔间距及勘探深度的有关原则，提出了一般情况可使用的表 6.2.3 和表 6.2.5。并通过第 6.2.4 条和第 6.2.6 条分别规定了控制性勘探孔的布置和加深原则，应说明以下三点：

1 在确定勘探孔间距与勘探深度时，把 12 层（含 12 层）以上的二级建筑物归类到了一级建筑的同档

次，是基于在我省的建筑工程中该类建筑比较多，由于地层岩性和岩体结构的复杂性，设计提出的勘察工作量与技术要求往往与一级建筑的勘察相当；

2 表 6.2.5 中对 12 层以上的二级建筑和一级建筑的勘探深度，将国家标准作了适当的加深，是根据以往工程的经验教训而提出的规定；

3 鉴于 IV、V 类岩体的岩质性状和结构特征变化复杂，对其规定了较密的孔间距和较深的勘探深度。

6.2.7~6.2.8 针对我省在岩石地基勘探、记录、编录中存在的问题，对勘探技术工艺和记录，编录作了一些细化性的规定，提出了岩芯块度指标的编录内容。

6.2.9 由于岩石地基的复杂性和变异性较大、当前建筑场地往往建筑规模大，多以建筑群的形式出现，目前许多工程的取样数量是难以代表建筑场地岩体单元的物理力学性能的，加上 GB 50021 对岩石地基的取样数量未做明确规定，因此，对本条加强取样数量的规定是必要的。另外，对于薄层状岩体和破碎岩体难以取得满足单轴抗压强度试验的试样时，可采用点荷载强度试验。

6.3 岩石地基岩土工程评价

6.3.1 岩石地基详细勘察的重要评价内容之一是划分岩体质量单元，提出各单元岩体的地基参数指标，以供进行技术可行、经济合理、安全可靠的地基基础设计。本条提出了划分岩体完整程度的评价指标与组合评价因素汇于表 6.3.1。该表是根据以往大量的工程实践资料编制的，具有实践性和综合性，在实际工作中可根据不同勘察等级获取的评价因素进行组合分析，其中的岩芯块度指标是常规钻探都能获得的一项易得指标，应予大力推行。完整性指数应该是针对不同的风化单元才有意义，所以计算完整

性指数的岩块波速应是在对应的岩体波速测试段取样测试得到的，岩块波速测试成果应以统计值为代表值作为计算完整性指数的依据才有工程意义，才能以测试样本值的统计结果代表场地总体的特征，这是认识自然界的统计学规律。

6.3.2~6.3.3 鉴于国标《岩土工程勘察规范》GB50021 对用单轴抗压试验、岩基荷载试验确定岩基承载力的方法已有明确规定，本规范主要是针对各种岩体质量特征和岩性组合情况提出有关的确定方法。

近年来，工程实践中对原规范第 1 款的执行力度不够，应做静载荷试验的工程没有很好执行，建筑物对地基的承载力要求越来越高，造成岩石地基的承载力挖掘不够或者提供的承载力过高存在安全风险。本次修订将原规范的条文作了进一步细化，细化后的规定对完整性较好的岩体放松了要求，对完整性较差的岩石提出了更严格和更明确的规定，基本要求如下：

1 对于一级和 20 层（含 20 层）以上的二级建筑，岩体基本质量等级为 V 类，且完整程度为较破碎、破碎、极破碎的软质岩石地基、岩体基本质量等级为 IV 类及 V 类，且完整程度为破碎、极破碎的硬质岩石地基，在单轴抗压和点荷载强度试验成果初步确定的基础上，应由静荷载试验成果确定；12 层以下的二、三级

建筑，可由单轴抗压试验和点荷载强度结合经验确定；

2 对于一级和 20 层（含 20 层）以上的二级建筑，岩体基本质量等级为 I、II、III 类，且完整程度为完整、较完整的硬质岩石地基，可由单轴抗压试验强度进行确定。

7 岩溶地基

7.1 一般规定

7.1.1~7.1.2 鉴于《岩土工程勘察规范》GB50021 第 5.1 节对岩溶勘察已作了系统全面的规定，为了突出我省岩溶地基勘察重点，本节拟结合物探等新技术的成熟应用，在国标的基础上加以补充，重点力求向岩土工程方面延伸，工作内容做如下说明：

1 直接以碳酸盐岩为持力层的岩溶地基，即地基强度、稳定性以及建筑物的安全使用，在不同程度上受到地基岩体中岩溶现象的影响，因此，研究的重点对象是岩体中的岩溶现象。至于岩石地基的建筑条件（诸如岩质单元的划分、岩基承载力的评价等）则应按本规范第 6 节“岩石地基”的有关规定执行。利用岩溶场地内基岩上覆土层作地基持力层，其勘探评价则应按《岩土工程勘察规范》GB50021 第 5.1 节的有关规定执行。与岩溶伴生的土洞，本节只着重于研究其对场地地坪稳定性的影响。可溶岩类地层包含硫酸盐和氯化物类的石膏、岩盐等易溶解的岩石，由于其分布局限，地质上对岩溶的研究以碳酸盐岩为主。贵州地区的三叠系关岭组地层中发现有膏溶层分布，形成溶塌角砾岩，当位于

工程场地时，其长期溶蚀作用下的工程影响需引起重视。

2 岩溶地基勘察、评价、设计、处理等工作，应满足建筑物施工图设计的要求。相应可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察、施工勘察阶段的工作应按《岩土工程勘察规范》GB50021 第 5.1 的有关规定执行。对于合并阶段设计的单体建筑，其勘察工作应满足对应设计阶段的深度要求。

7.1.3 岩溶发育与地形地貌、地层岩性、地质构造、地下水运移条件等诸因素及其相互组合有关，因此岩溶发育存在着极大的不均匀性。为了区别对待不同岩溶发育程度地基上的岩土工程勘察设计工作，将场地岩溶发育程度划分为强发育、中等发育、微发育三个等级，用以指导勘察、设计、施工的进行。

场地岩溶发育程度的等级划分，可相当于《岩土工程勘察规范》GB50021 规范划分场地和地基的复杂程度等级，即岩溶强发育地段相当于一级（复杂）场地和地基、岩溶中等发育地段相当于二级（中等复杂）场地和地基、岩溶微发育地段相当于三级（简单）场地和地基。为了尽可能使分级便于操作，对强发育、中等发育和微发育等级分别列出了一些判别条件，这些条件遵循由宏观到微观、由面到点、由表及里的认识过程。勘察工作刚开展时，可根据场地岩溶水文地质条件的地表地质测绘成果，对场地的岩溶

发育等级进行初步判定，并据此布置勘察工作，随着工作的逐步深入，岩溶发育程度等级应根据实际条件及时修正。钻孔见洞隙率 = (见洞隙钻孔数量/钻孔总数) × 100%，线岩溶率 = (见洞隙的钻探进尺之和/钻孔总进尺) × 100%。针对钻孔揭示的溶洞，当洞径小于 1m 时，为小溶洞，洞径 1m~3m 的为中型溶洞，洞径 3m~10m 的为大型溶洞，洞径大于 10m 的为特大溶洞。

7.2 岩溶地基勘察

7.2.1 岩溶现象具有三大特点：一是发育的不均匀性、二是形态的复杂性、三是分布的隐蔽性。因此对岩溶地基的勘察难度极大，故本条首先提出了必须遵循的三条原则：一是地质调查分析应“由面到点”。即充分运用传统的地质调查手段，从较大范围入手，首先弄清场地周围的地质与水文地质背景，取得岩溶发育的基本要求，然后分析其发育规律，落实到勘察场地上，避免仅着眼于在拟建场地范围内找问题；二是勘探工作应“由疏到密”，对隐伏的、复杂多变的岩溶现象与形态的勘探工作，在很大程度上具有探索性，有一个逐步认识过程，不大可能一蹴而就，故工作量必须由疏到密，逐步逼近，避免一孔（点）之见，以点概面；三是勘探测试手段应“多样性和综合性”。必须针对建筑特征、

场地条件、研究目的采用不同手段相互配合验证，避免仅凭单一的岩芯钻探“打天下”。

综上，岩溶勘察的工作方法和程序，强调下列各点：1) 重视工程地质研究，在工作程序上必须坚持以工程地质测绘和调查为先导；2) 岩溶规律研究和勘探应遵循从面到点、先地表后地下、先定性后定量、先控制后一般以及先疏后密的工作准则；3) 应有针对性地选择勘探手段，如为查明浅层岩溶，可采用槽探或地表物探，为查明溶洞规模，可采用圈孔法或孔内电视、孔间 CT 透视等；4) 采用综合物探，用多种方法相互印证，但不宜以未经验证的物探成果作为施工图设计和地基处理的依据；5) 岩溶地区有大片非可溶性岩石存在时，勘察工作应与岩溶区段有所区别，可按一般岩石地基进行勘察。同时，工程建设过程中，对岩溶水文地质环境的影响越来越重视，如，贵州某县因某房地产项目桩基施工，导致地下岩溶管道被堵塞，进而影响到周边泉群的补给，造成较大的环境影响。为此，在规范条文中增加“建筑工程对岩溶水文地质环境的影响评价内容”。

岩溶地基勘察应遵循地质调查分析由面到点、勘探工作由疏到密的原则。针对建筑物特征和场地条件，宜采用工程地质调查测绘、钻探、物探、测试等多种手段结合的方法进行。其主要工作内容

应符合下列要求：

1 充分搜集场地及其邻近地段的有关岩土工程勘察资料，建筑物特征（建筑规模、结构、基础形式、埋深、持力层岩土性质等）及当地建筑经验；

2 查明岩溶发育程度、洞隙特征（规模、埋深、顶板完整性、充填物性质及充填程度）及其与岩性、地质构造、地形地貌的关系，划分场地的岩溶发育程度等级，根据岩溶发育强烈程度对岩层划分成不同的工程地质岩组，评价岩溶对场地和地基的影响，当场地岩溶水文地质条件复杂时，可扩大岩溶水文地质测绘和调查范围；

3 查明岩溶水的赋存与运移条件、水位及变幅、水量、水质，评价其对建筑工程的影响和建筑工程对周边岩溶水文地质环境的影响，预测基坑涌水量以及施工降水对环境可能造成的不良影响，提出降水方案的建议；

4 查明岩溶区不良地质作用及类型，并提出防治处理意见；

5 对覆盖型岩溶发育地区存在土洞和塌陷的应查明成因、分布形态特征、发育规律及发展趋势；

6 与工程场地有关的暗河、大型溶洞、岩溶泉等应查明其分布规律、补径排关系及规模。人员可以进入的洞体，均应入洞勘

察，人员不能进入的洞体，宜用孔内电视等手段探测；对于钻探揭示的溶洞，当洞内充水且场地周边有大的岩溶泉出露时，宜进行连通试验；

7 对地基设计、基础方案、持力层选定、基础埋置标高、岩溶及土洞塌陷的治理提出建议。

7.2.2 岩土工程勘察工作一般时间紧、任务重，为此，勘察过程中，提倡采用成熟的物探新技术，为此，在规范中增加“钻孔雷达、孔内电视”等先进的物探方法，以适应快速、准确查明溶洞空间展布及规模的要求。当采用电法勘探时，测线布置宜垂直岩溶发育方向，线距宜为 10~20m，点距宜为 5~10m，探测深度自岩面以下宜为 15~20m。相同类型的物探异常点应经适量钻探验证。为探测溶洞空间形态，可采用钻孔间电磁波 CT、弹性波 CT、钻孔雷达、孔内电视等综合物探方法。

7.2.3 岩心钻探是岩溶地基主要勘探手段之一，近年来习惯于“一柱一孔，孔深进入持力层三倍基宽并不小于 5m”。

实践证明，这种千篇一律的钻孔布置，对于岩溶强发育或中等发育的场地，特别是对一些柱荷载较大的高层建筑，如荷载为 20000kN~30000kN，则柱基面积可能过 4~6m²，此外，目前在岩溶地区孔桩施工由于受溶洞、地下水影响，大都采用机械成孔，

一柱一孔显然难以查明桩侧及基底岩溶发育情况。很多工程把问题留给施工阶段去解决，致使基础施工过程中发现问题时，不得不中止施工，要求勘察单位再次进场，增加大量勘探测试工作量查明基底岩溶情况，然后提出地基处理方案，甚至需要改变原地基基础设计方案，大大延误了工期，耗费了更多的人力财力。由于岩溶现象的复杂性，施工阶段补充适量勘察工作在所难免，为了尽可能把问题解决在详细勘察阶段，避免大量出现施工阶段补勘后才能提出切合实际的地基与基础设计和处理方案，本节规定钻探工作量的制定必须遵循以下原则：

1 岩溶中等至微发育场地的钻孔布置，重点关注孔内遇溶洞的情况，合理确定钻孔数量并通过钻孔圈定溶洞规模及空间展布。岩溶强发育地段的单独基础钻孔布置，应根据建筑物特征、基础型式和场地岩溶发育程度等级，考虑勘探手段的有效性、勘察投入的经济合理性，综合确定勘探布置方案。对于人工挖孔桩基础，施工开挖过程中可进一步检验孔桩周边的岩溶发育情况，详勘阶段重点关注孔底的岩溶发育情况；对于机械成孔桩基础，因无法验证桩底情况，建议增加钻孔控制基底岩溶发育形态。

2 钻孔深度根据勘探目的分为控制性钻孔和一般性钻孔分别确定。（1）原规程规定钻孔最大深度不宜超过 30m，是基于当

时的地基处理技术及施工难度综合确定的；考虑到现在旋挖桩技术的应用，且贵州山区地形起伏较大，建设大型住宅区和高层建筑等多数存在大规模开挖、回填问题，有的场地回填层厚度已经超过 30m，钻孔最大深度 30m 已远远不能满足要求。因此，综合现代建筑高度不断增加、施工技术的发展、场地条件越来越复杂的特点，控制性孔和一般性孔的最大深度不做具体规定，最大深度以查明溶洞空间分布为目的，便于现场地质工作人员根据实际情况及时确定孔深。（2）单独基础孔深宜进入持力层 3~5 倍基础短边宽度或桩底直径，且不小于 5m 的规定中，小基础或桩径小者宜取较大倍数，均不小于 5m 是考虑到岩溶地基的复杂性，特别是基础埋深不大时，持力层可能尚处在表生岩溶现象发育带内，而基底下深度 5m 内的岩溶现象存在较大的隐患，为安全计，钻孔进入持力层的深度均不应小于 5m。

3 若钻探遇溶洞发育，其顶板厚度大于三倍预估桩径，则加孔查明其岩溶形态的空间发育特征，以确定溶洞顶板是否可作为地基持力层。

4 若其顶板厚度小于等于三倍预估桩径，则持力层置于溶洞底板完整基岩上；若相邻钻孔基岩顶面标高高差大于等于 5m，应沿轴线加孔确定其基岩起伏形态，保证基础的整体稳定。

7.2.4 由于岩溶发育的不均匀性，致使岩溶潜水的赋存条件和涌水量也是极不均匀的，为使预估基坑涌水量尽可能接近实际情况，并取得岩溶场地潜水的涌水量计算参数，抽水试验孔宜布置在有代表性的、不同岩溶发育程度的地段上。

7.2.5 “浅埋溶洞”指埋深在 5m 范围内的溶洞，对荷载不大的低层和多层建筑物基础可考虑利用浅埋溶洞顶板，但需查明溶洞顶板的展布及完整性；深基础宜尽量穿过浅埋溶洞，不宜利用。

7.2.6 单孔声波测点距一般都是 0.2m，跨孔声波采用一发一收装置的设备（自带发射器）孔间距需要由岩体质量等级确定。跨孔声波测试时，岩体质量为 I～III 级对应孔间距为 5～3m，岩体质量为 IV～V 级对应孔间距一般小于或等于 1m；如激发能量采用雷管、炸药、电火花等则穿透距可达几十米，甚至数百米，这要看分辨率和勘察目的需要。对于一般建筑物孔深不会超过 10m，超高层建筑物或重要建筑物孔深会超过 20m，但单孔声测点距都是 0.2m；跨孔弹性波点距宜为 0.2～0.5m，孔越深点距可适当放大，一般不超过 1m。

7.2.8 本条规定了岩溶勘察报告除应符合《岩土工程勘察规范》第 14 章的规定外，尚应包括的内容。增加了基岩顶板等值线图；

洞隙、土洞、塌陷纵横剖面图；岩溶发育程度分区图；岩溶洞隙、土洞特征一览表；建议基础埋置深度（高程）一览表；提出降水建议方案。提高了对岩溶地基勘察的研究深度，对岩溶地基评价更接近实际，有利于指导岩溶地基设计、岩溶不良工程地质问题的处理和基础施工。

7.3 岩溶地基稳定性评价

7.3.1 许多工程项目场地勘察都是初勘与详勘二阶段合并进行，导致岩溶场地的建筑物规划方案制定时，对场地地质条件基本不考虑或考虑不充分，有些重大建筑物主体工程布置在岩溶强烈发育地段，从而引起详勘阶段建筑物规划布局的重大调整，或处理工程量非常大。为此，针对不开展初步勘察的岩溶场地，宜在详勘工作开展前，进行场地的岩溶水文地质测绘工作，初步查明场地岩溶发育特征，并初步确定场地岩溶发育程度等级，为场地重大建筑物主体布局时避开岩溶强发育地段提供支撑依据。

7.3.2 对岩溶稳定性的评价，目前仍处于定性多于定量，在生产实践中则是经验多于理论。这是由于构成和影响岩溶稳定性的因素多种多样，特别是隐伏岩溶，现行的探测手段尚不能一一查明，因此就难以对其稳定性作出准确的定量评价并上升为理论。本节

提出的对岩溶地基稳定性的分析评价，便是总结成功与失败两方面的实践经验，从而提出的定性和半定量分析评价准则与要求。对溶洞顶板稳定性的定量评价，目前还是一大难题。有些技术文献中曾介绍采用结构力学中的梁、板、拱理论评价，鉴于计算边界条件不能查明，则计算结果带有不确定性，故本节未予推荐采用。本节采用应力扩散线原理评价基础底面积大于溶洞平面尺寸的溶洞顶板稳定性，采用冲切原理评价基底面积小于溶洞平面尺寸的的溶洞顶板稳定性，其计算原理和对溶洞顶板岩石强度与完整程度的限定都是偏于安全的，有测试数据作为鉴别依据的。

1 基础底面积大于溶洞平面尺寸：

假设基底面积为 $A_{基}$ ，溶洞平面投影面积为 $A_{洞}$ ，溶洞顶板平面处基础附加应力扩散面积为 $A_{扩}$ ，基底以下溶洞顶板厚度为 h 、地基承载力特征值取 $f_{a} = \psi_r \cdot f_{ak}$ （折减系数 ψ_r 对 I、II 级岩体取 0.5，对 III 级岩体取 0.2）。

满足条件 $A_{扩} = 1.5A_{基} + A_{洞}$ 。经试算：对于基本质量等级为 I 级的岩体（硬质岩、完整岩体）， $h = 0.3d$ （ d 为溶洞直径）， $h = 0.4d$ 时， $\theta = 35^\circ$ ；对于 III 级岩体（硬质岩、较破碎岩体）， $h = 0.5d$ 时 $\theta = 30^\circ$ 。以上计算表明，岩体中的附加应力扩散角 $\theta = 45^\circ$ 近于砼基础中的应力扩散角， $\theta = 30^\circ$ 近于碎石类土中的应力扩散角。可

见本条第 1 款规定的溶洞顶板厚度是有足够安全度的。

2 基底面积小于溶洞平面尺寸：

对于基本质量等级为 I、II 级岩体中的溶洞，在建筑基础荷载作用下，顶板稳定性按冲切模式验算，冲切承载力按《建筑地基设计规范》GB50007 中式 (8.2.8-1) 进行验算。由于隐伏溶洞的边界条件存在很大的不确定性，本次规范修订时，对基底面积小于溶洞平面尺寸的情况，取消了“基础底面以下的溶洞顶板厚度 h 大于 $1.7d$ 时，可不考虑溶洞的影响”这一内容，同时，对其溶洞顶板的边界条件进行了限制，首先应满足《岩土工程勘察规范》GB50021、《建筑地基设计规范》GB50007 的要求。

7.3.3 验算地基滑移稳定性时，当稳定系数 ≥ 1.35 可不考虑地基滑移。稳定安全系数 1.35 系取自《建筑边坡工程技术规范》GB50330 表 5.3.2 的相关规定。

7.3.4 当勘探查明，场地范围内有土洞分布时，表明场地基覆界面附近地下水活动较频繁，为此，在进行土洞的详细勘探的同时，应开展系统的场区水文地质调查工作，对地下水环境条件及变化趋势进行全面调查分析。

7.3.5 岩溶地区实施工程降水应特别注意降水对周围环境的影响。对岩溶地下水进行井点降水时，受地下水连通作用，降水过

程可能会在远离降水点的地方出现地面坍塌、建筑物开裂、道路下沉等危害，各地都有这样的教训。因此岩溶地区确实需要实施降水时，应充分评价降水的影响范围与危害程度。

7.4 岩溶地基基础方案设计

7.4.1 在查明了基底岩溶条件后，地基与基础方案的选择和设计就要针对具体条件区别对待。在很多条件下，岩溶是需要加以适当处理后才能作地基或地基持力层的，岩溶地基上地基与基础方案的技术经济合理性，往往是与采取经济合理的地基处理措施息息相关，因此岩溶地基与基础方案的选择和设计，除了考虑自然条件(地基现状)外，还要同时考虑地基处理方案的选择和设计。本条的编制正是贯彻了这一原则。

7.4.4 第1款，对跨越溶槽溶洞的梁、板式结构在可靠岩石上的支承长和支承面积作了具体规定。支承长度应大于梁高1.5倍的要求，系根据GB50007第6.6.9条之规定。一般情况下，岩溶洞隙侧壁都受到一定程度的溶蚀风化，其岩体强度和完整性也有一定程度的降低，为了安全计，要求梁、板在溶槽或溶洞平面投影范围外的支承面积上的承载力应等于或略大于基础设计荷载的1.25倍是十分必要的。

第 3 款，在一些竖向发育深度很大的溶槽或溶洞处，欲将基础置于溶槽或溶洞底板岩体内既不经济施工难度也大，如设计桩径大于溶槽宽度或溶洞直径，即桩身侧壁是嵌入溶槽或溶洞侧壁岩体中的，可采用悬挂式嵌岩桩（即空底桩）模式进行设计计算，只需桩侧阻力满足荷载要求，勿需桩底嵌入槽洞底的稳定岩体内。这一设计模式已为很多深挖难以到底的工程所使用。本条第 3 款规定的最低嵌岩段深度以及侧阻力应等于或大于设计荷载的 1.25 倍，都是从提高安全度考虑的。

第 4 款，桩身穿过溶洞顶板的岩体是否计算侧阻力的问题，在工程实践中也是备受关注的问题。考虑到岩溶现象的复杂性，一般情况下都不计算该段岩体的侧阻力，作为安全储备，但是不分具体条件一概不予考虑的作法也是不合理的。实践表明，在中厚层至厚层白云岩和灰岩中的溶洞顶板或串珠状溶洞间的隔板，其厚度较大时岩体的完整性仍然是较好的，通过钻探、取岩样试验和超声波测试，可以判定其岩石强度和岩体完整程度，是可以做到有根据地予以利用的。故本条第 4 款规定，对 I、II 级岩体构成的竖向溶洞顶板，其厚度超过 2m 或串珠状溶洞的隔板厚度大于下部溶洞高度时，可将溶洞顶（隔）板厚度乘以 0.75 的折减系数，计入相应的侧阻力。

7.4.5 岩溶场地的地基与基础方案选择应针对具体条件区别对待。大多数岩溶场地经适当地基处理或采取针对性的基础形式后，均可进行工程建设，而地基基础方案经济合理与否，除考虑地基自然状况外，还应考虑地基处理方案的选择。

7.4.6 土洞的顶板强度低，稳定性差，且土洞的发育速度一般都很慢，因此其对地基稳定性的危害大。故在岩溶发育地区的地基基础设计对土洞应给予高度重视，并采取相应的工程处理措施或调整建筑基础设计。

7.5 岩溶地基处理、基础施工与检测

7.5.1 因岩溶发育的不均匀性和隐蔽性，即便是进行了场地详勘，难免存在认识上的差异。因此，加强和重视施工阶段的勘察是十分必要的。尤其在岩溶强发育地段，更应高度重视施工阶段的勘察。施工勘察阶段，应在已开挖的基槽内，布置轻型动力触探、钎探或静力触探，判断土洞的存在。对重要或荷载较大的工程，可在槽底采用小口径钻探检测。对大直径嵌岩桩，勘探孔应一桩一孔或一桩多孔、并结合物探测试，综合确定桩基岩溶发育情况。贵州、桂林等地的长期实践证明，坚持这样做具有重要的实际意义。

7.5.2 钢筋笼下放过程中孔壁土或岩溶空腔段充填物易坍塌至孔底,导致孔底沉渣。因此,孔桩施工过程中的护壁措施非常重要。

同时应注意:1) 桩型选择与地下水位埋深、桩深及场地施工条件等密切相关,宜根据技术经济比较,综合确定桩型;2) 岩溶地区的钻孔灌注桩施工过程中,存在桩身下沉、侧滑及断桩等一系列问题,施工过程中信息化施工和可靠的护壁措施是桩基施工成功的关键。

7.5.5 机械成孔灌注桩一般采用泥浆护壁,无法测试桩底岩体质量,且桩底沉渣不好测量和控制,这都关系到桩底持力层质量的认证问题,一直没有很好的检测手段。为此,本规范明确要求,采用机械成孔灌注桩且无法进入桩底验槽时,应采取有效桩底清渣措施,确保桩底沉渣厚度不大于5cm。

7.5.6 本次修订时,明确岩溶场地的桩基,特别是钻孔灌注桩,应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 有关规定的要求进行质量检测,并适当增加抽检量。

8 边坡与基坑工程

8.1 一般规定

8.1.1 本条执行《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)的规定,并根据贵州实际,很多情况“边坡”和“基坑边坡”均指开挖岩、土体形成的边坡,勘察要求相同,故本规范针对边坡为主,基坑边坡工程可遵照执行。

8.1.2 边坡安全等级执行《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)规定;根据本规范 8.1.1 条,边坡高度指“边坡开挖高度”及《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330) 2.2.3 节“边坡高度 H——边坡高度;挡墙高度。”综合规定为“边坡高度 H: 边坡开挖高度、挡墙高度。”

8.1.3 本条根据贵州情况,对边坡安全等级进行补充规定。

8.1.4 本条执行《建筑边坡工程技术规范》(GB50330) 3.1.12 条规定;并根据贵州情况补充规定。

8.1.5 边坡勘察执行《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330) 第 4 章规定,并根据贵州情况补充“既有资料不能满足边坡稳定性验算和支护设计要求的二、三级边坡工程应进行勘察工作。”

8.1.6 本条在执行《建筑边坡工程技术规范》(GB50330)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120)、《岩土工程勘察规范》(GB50021)的同时,并根据贵州情况进行补充规定。

8.1.7 《建筑边坡工程技术规范》(GB50330)对最不利潜在滑移面的确定:直立土、岩边坡取 $45 + \phi / 2$; 倾斜土、岩边坡取 $45 + (\phi + \beta) / 2$; 《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120)对最不利潜在滑移面的计算公式较为复杂,但也以“ $45 + \phi / 2$ ”为最不利潜在滑移面的基础参数。最不利潜在滑移面的确定,是锚杆(索)长度设计计算的基本依据,但以“ $45 + \phi / 2$ ”确定的潜在滑移面,存在一定安全隐患,故增加本条规定。

8.2 边坡岩土工程勘察

8.2.1 边坡勘察前应取得的资料,对坡顶已有工程的有关隐蔽资料原则上应由甲方提供,当不能收集时,应在勘察时予以查明。新设计的与边坡支护相关的资料,应由设计人员提供,边坡勘察、设计人员一定要吃透主体工程设计与边坡有关部份的平面布置、空间关系。

8.2.3 影响边坡主动土压力的主要因素是边坡岩、土层的性状,岩质边坡的岩性岩层面节理面产状及结构面结合程度、夹泥情况。

土质边坡的土层强度，特别是垂向的状态变化，红粘土的地质剖面特征是上硬下软，当在边坡上出现可塑、软塑土就构成边坡不利的软基座，本规范给予专门技术术语“软基座边坡”。红粘土边坡破坏几乎都是对软基座认识不足，处理不当造成的，因此对软基座厚度要准确划分。岩土两相边坡是基岩面形态，外倾角度、岩面上土层状态等等。

8.2.4 根据近几年的执行情况，对本规范 2004 版的边坡勘探线距、勘探点距进行微小调整。

8.2.5 根据贵州情况及近几年对本规范 2004 版的执行情况，对岩体粘聚力、内摩擦角、等效内摩擦角取值作出规定。岩体抗剪强度指标 C 、 ϕ 值不能直接获取，一般是采用岩块试验的 C 、 ϕ 值折减后近似代替，折减系数与岩体的破碎程度相关，现行国家标准边坡规范中，对该折减系数未作规定，其他行业的规定为 0.1~0.2，贵州地区大部份岩体，采用该系数折减后， C 值偏高，用于边坡支护不安全，需要再减小折减系数，直至 0（已破碎成散体的岩体）。为了能更准确划分边坡岩体类别，本条修编增加了边坡岩体类别与国标《工程岩体分级标准》（GB 5021）的工程岩体分级对应关系。并将边坡岩体等效内摩擦角的下限值由原 42° 下延至 35° 。

8.2.6 地质剖面图，当有岩层时，条文要求必须垂直水平比例尺一样，以免垂直、水平比例尺不同将岩层或节理的倾角扭曲，按岩体节构面倾角来评价岩体边坡稳定性，得出错误的结论。

同时，绘制工程地质剖面，应有支护工程观念，必须将有关的开挖线、建议放坡线、坡顶建（构）筑物位置及基础埋深、地下管线埋深等各种线条按各自标高画在地质剖面图上，以便设计人员有总体的观念和结构设计考虑处理措施，不得提供单一的地质剖面图。

8.3 边坡稳定性评价、侧压力计算

8.3.2 根据贵州边坡施工图审查中，发现常有遗漏边坡侧压力调整系数情况增补本条。

8.3.3 由于《建筑边坡工程技术规范》（GB50330）对地震水平力的计算与《建筑抗震设计规范》（GB50011）不同，本规范根据《建筑抗震设计规范》（GB50011）对边坡地震水平计算进行规定。

8.3.4 《建筑边坡工程技术规范》（GB50330）的边坡侧压力计算，针对单一土层、单斜地面进行计算，、《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120）的边坡侧压力计算，针对多层土层，直立墙背进行计

算,对于破裂面为折线或圆弧形、坡面呈多台阶状或地面非直线、岩土分层复杂或附加荷载复杂、稳定系数不满足规范值,需要支护,但采用(GB50330)或《建(JGJ120)计算时侧压力 ≤ 0 的边坡,本规范按不稳定斜坡对待,规定采用剩余下滑力公式计算边坡侧压力。

8.3.5 剩余下滑力法分显示法 $E_i = k \cdot F_i - R_i$ 和隐示法 $E_i = F_i - R_i / k$, 本规范与《建筑边坡工程技术规范》(GB50330)一致,推荐隐示法。

对于某种特定情况(当边坡和破裂面很陡或滑面指标很低)时,隐示法的安全系数失效:

举例: 设下滑力 $F_i = 10000\text{KN}$, 抗滑力 $R_i = 100\text{KN}$, $k = 1.05$ 时剩余下滑力为 $E(1.05) = 10000\text{KN} - 100\text{KN} / 1.05 = 9904.76\text{KN}$; $k = 1.10$ 剩余下滑力 $E(1.10) = 10000\text{KN} - 100\text{KN} / 1.10 = 9909.09\text{KN}$; $E(1.10) / E(1.05) = 9909.09 / 9904.76 = 1.00044$, 安全系数增大 0.05, 隐示法剩余下滑力增大 0.00044, 安全系数增大对剩余下滑力影响极其微弱。

举例: 采用显示法计算, $k = 1.05$ 的剩余下滑力为 $E(1.05) = 1.05 \times 10000\text{KN} - 100\text{KN} = 10400.0\text{KN}$; $k = 1.10$ 剩余下滑力 $E(1.10) = 1.1 \times 10000\text{KN} - 100\text{KN} = 10900.0\text{KN}$; $E(1.10) / E(1.05) =$

$10900.0/10400.0=1.04808$ ，安全系数增大 0.05，显示法剩余下滑力增大 0.04808，与安全系数增大相匹配。

对于某些特定情况（通过反算法计算取得滑动面指标）时，显示法的剩余下滑力异常增大：

举例：设下滑力 $F_i=10000\text{KN}$ ，抗滑力 $R_i=9999\text{KN}$ ， $k=1.05$ 的剩余下滑力为： $E(1.05)=1.05\times 10000\text{KN}-9999\text{KN}=501.0\text{KN}$ ； $k=1.10$ 的剩余下滑力为： $E(1.10)=1.10\times 10000\text{KN}-9999\text{KN}=1001.0\text{KN}$ ； $E(1.10)/E(1.05)=1001.0/501.0=1.998$ ，安全系数增大 0.05，剩余下滑力增大 99.8% ，

对于前一种情况，宜采用显示法，而通过反算法取得滑动面指标时，推荐隐示法。

8.3.6 根据贵州边坡施工图审查中，发现常有剩余下滑力计算时，只搜索稳定系数最小的滑动面，遗漏最大剩余下滑力滑面，增补本条规定。

8.3.7 顺层滑动的计算长度，目前尚属难点，多根据经验取值，随意性较大，本规范根据隧道开挖岩、土成拱等理论及应力拱理论对顺层滑动的计算长度作出规定。

8.4 边坡支护结构设计

8.4.1 本条对《建筑边坡工程技术规范》（GB50330）、《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120）的边常用的支挡、防护类型进行归类汇总，方便设计使用。

8.4.2 本条对《建筑边坡工程技术规范》（GB50330）、《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120）的边常用的支挡、防护类型适用条件进行归类汇总，方便设计使用。

8.5 边坡支护岩土工程施工

8.5.1 边坡深基坑工程由于部分业主不重视，不做勘察或勘察深度不够，仅根据建筑物地基勘察资料进行边坡支护设计，所以经常施工发现地质情况与设计出入很大，因此施工单位应及时向业主和设计反映修改原设计，整改补充勘察或重新设计，以确保支护工程和周边建筑物的安全。

8.5.2 水是边坡稳定性和土压力变化的重要因素，施工场地一定要加强地表水的管理，当边坡揭露地下水或管道水时，应以疏导为主，及时引出边坡。

8.6 边坡岩土工程监测

8.6.2 边坡与深基支护工程是 90 年代后期发展起来的一门新技术，在理论上还不够成熟，经验不足，施工难度大，风险性

也大，因此在施工中更应严把质量关，加强有关监测测试工作。

首先是材料性能的试验，钢材、锚索材质和锚杆连接的焊接拉应力强度试验，应在安装前取样试验，是否达到设计要求，锚孔注浆的砂浆强度试验应特别注意，砂应不含泥。挡板桩身砼也应有试验资料。

其次是锚杆（索）砂浆与土、岩石孔壁的粘结强度试验，即抗拔试验，大型一级边坡支护工程，不仅工程安全级别高，锚杆（索）的工程量大，设计采用的砂浆与孔壁的粘结强度指标，往往按规范的低值选用，通过施工之前的现场抗拔试验，往往有所提高，而且是符合工程实际的参数，用实际参数修改设计，从而节省工程量。如果设计采用的粘结强度指标偏高，更要通过现场试验予以修正，确保工程安全。

其次是锚杆（索）砂浆与土、岩石孔壁的粘结强度试验，即抗拔试验，大型一级边坡支护工程，不仅工程安全级别高，锚杆（索）的工程量大，设计采用的砂浆与孔壁的粘结强度指标，往往按规范的低值选用，通过施工之前的现场抗拔试验，往往有所提高，而且是符合工程实际的参数，用实际参数修改设计，从而节省工程量。如果设计采用的粘结强度指标偏高，更要通过现场试验予以修正，确保工程安全。

第三是边坡及环境监测，首先是施工之前，对坡顶建筑物现状进行详细的观察记录，有无老裂缝及缝的宽度长度，必要时拍照。施工时在支护结构顶部、紧临坡顶的建筑物墙脚设观测点，随支护工程的推进，定期观测水平位移和沉降，大暴雨时加密观测，直至竣工基坑回填，永久性支护和高边坡支护工程，尚应按规定延长观测时间。贵航集团二层地下室的土质边坡支护工程，从开工即进行全过程观测，历时一年发现边坡向基坑方向有很大位移时，对支护结构进行改进加强，最后观测完全稳定，观测发挥了很大作用，积累了宝贵经验，不仅验证了有软基座边坡的正确支护结构形式，同时积累了该类型边坡的变形资料，对今后边坡支护设计有重大的指导意义。美中不足的是该工程未进行边坡的沉降观测。

9 滑坡治理工程

9.1 一般规定

9.1.1 不稳定斜坡指在自然或人为因素影响下，可能引起滑坡、崩塌等潜在地质灾害隐患的斜坡地段。

不稳定斜坡尚无变形迹象，但具有发生新生地质灾害的地质条件，人工活动极易诱发工程新滑坡。在工程建设中对不稳定斜坡采取合适的措施进行预加固处理，有助于显著减少滑坡灾害的发生并节约工程造价。

9.1.2 滑坡、不稳定斜坡勘察的平面范围，不仅是滑坡和不稳定斜坡位置，还包括滑坡和不稳定斜坡影响范围，并规定了勘察的钻孔深度不得小于滑动面或潜在滑动面适当深度。

9.1.3 当需要进行滑坡、不稳定斜坡整治时，应采用有效的综合治理措施。

9.1.4 滑坡是指斜坡上的岩土体，受河流冲刷、地下水活动、加载、地震及人工切坡等因素影响，在重力作用下，沿着一定的软弱面或者软弱带，整体或者分散地顺坡向下滑动的现象。

拟建工程场地存在滑坡或有滑坡可能时，应进行滑坡专项勘察设计；拟建工程场地附近存在滑坡或有滑坡可能时，如危及工程安全，也应进行滑坡专项勘察设计。这是因为，滑坡是一种对工程安全有严重威胁的不良地质作用和地质灾害，可能造成重大人身伤亡和经济损失，产生严重后果。

9.1.6 对于规模较大、性质复杂的滑坡区，由于整治工程大，造价高，且因性质不明、工程可靠度低，根治困难，一般应进行避让与整治的比较，设计时应优先考虑避让。

对于潜在滑坡，其滑动面尚未全面贯通，岩土力学性能要优于滑坡产生后滑动面贯通的情况，因此事先对滑坡采取预防措施所费人力、物力要比滑坡产生后再设法整治的费用少得多，且可避免滑坡危害，这就是“以防为主，防治结合”的原则。

滑坡整治，原则上应一次根治、不留后患。否则，若一次治理工程失效，滑坡规模继续扩大和恶化，多次治理的费用远超过一次根治的投资。滑坡一经发现，应及早整治，争取主动，以取得事半功倍的效果，防止病害蔓延恶化，造成处理困难，甚至发展至难以处理的地步。滑坡的形成与发展是多因素作用的结果，治理滑坡要从诸因素中分清主次，有针对性地进行整治设计，同时又要考虑各种因素的相互影响，灵活应用各种技术、进行综合整治。

9.1.7 当滑坡体上有二级及以上等级的建（构）筑物时，滑坡治理除必须保证滑体的承载能力极限状态功能外，还应避免支护结构的变形或滑坡体的再压缩变形等造成危及重要建（构）筑物正常使用功能状况发生，应从设计方案上采取相应处理措施。

9.1.8 滑坡是一种复杂的地质现象，由于种种原因人们对他的认识有局限性、时效性。因此根据施工现场反馈的信息采用动态设计和信息法施工是非常必要的。

9.1.9 由于需要治理的滑坡危害性均较大，一旦失稳后后果严重，所以在积极采用新技术、新结构、新材料及新工艺的同时，必须安全可靠，所采用材料必须符合国家或行业标准的要求。

9.2 滑坡勘察

9.2.1 滑坡勘察范围包括滑坡周界之外有台阶湿地、马刀树、有蠕变历史和周边有建（构）筑物的区域。岩性为炭质泥岩、页岩及地下水特别发育时，控制性钻孔应加深至 8m~12m，每条计算断面上应有一个控制性钻孔，并错开布置。

在我省荔波茂兰矿区的炭质泥岩、页岩分布的缓坡，由炭质泥岩风化的残坡积粘土，由于基岩是不透水层，第四系土层全部饱水，地表有大量沼泽湿地，有的形成淤泥赋集在土层底部、基

岩面上，当基岩面坡度角大于或等于淤泥质软土的抗剪强度时，第四系土层就向山坡下方产生缓慢的蠕动，土力学上称为流变。地表发生不均匀位移和变形，两侧出现羽毛状裂缝，当有建筑物或道路涵洞置于土层上，就遇到拉裂破坏，地表裂缝与滑坡裂缝完全一样，但这种滑动没有滑坡发育的大动或速滑阶段，也没有停止稳定阶段，而是一种长期的塑性变形和滑移的运动，故定名为塑性滑坡。

这类滑坡当下部切坡时，发展稍快，一年约有 30cm~50cm 的位移，但仍无速滑阶段。因此在炭质泥岩和页岩分布的潮湿地区，地表有大片沼泽湿地和马刀树、醉汉林时，要特别注意是否有塑性滑坡存在。

塑性滑坡，一般厚度不大，下滑力较小，当建筑物在滑坡边缘时，可以采用抗滑桩割断滑坡局部整治的办法，无需全面整治。茂兰平寨矿的办公楼翻车机房在滑坡的后部就是这样，效果很好。

9.2.5 滑坡稳定性主要取决于其自身岩土特性，同时受降雨及人工活动影响，收集滑坡区降雨及人工活动资料，并分析降雨及人工活动与滑坡变形时序关系是分析滑坡形成机理的关键。

9.2.6 滑坡现场调查应重点调查滑坡边界条件及变形特征，滑坡边界应根据既有裂缝分布范围确定外，尚应将调查范围扩大至滑

体以外两侧邻近沟谷以分析古滑坡复活的可能性，“双沟同源”现象往往是古老滑坡的独具地貌特征。

9.2.7 钻孔深度应以进入滑床内稳定地层为控制标准，稳定地层应根据滑坡区地层结构、潜在滑动面深度等综合确定，用于深层位移监测的钻孔深度应适当加深。

滑坡钻探一般采用无泵反循环钻探方法，它的优点是岩芯采取率高，不会漏掉软弱夹层和滑带，能保持岩芯的汗水状态，及时发含水层位置。一般不能采用开水正循环钻探方法，因它会冲掉滑带软弱夹层造成滑带漏判，也不能查清地下水分布。

9.2.8 对于圆弧滑动面，本规范建议采用简化毕肖普法进行计算。对于折线滑动面，本规范建议采用传递系数隐式解。传递系数法是一种工程实用计算方法，其隐式解可以得到和“严格解”相近的精度，借助计算机采用迭代计算方式，一般迭代3~4次即可满足工程要求；其显式解是近似解，方法简便，可以手算，受计算条件限制时可用于估算。采用传递系数法计算过程中，滑面中所有控制点处的倾角变化值宜小于 10° ，后缘部位可以放宽到 15° 。当倾角超过时，宜设置过渡段，使其满足限制条件。相关公式参见《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）附录A。

滑坡稳定安全系数根据设计工况出现的概率及工程重要性

综合确定。

工程滑坡多在切脚开挖过程中形成，在对既有滑坡进行评价的同时应评价场坪开挖至设计标高后潜在滑坡的稳定性。

9.3 滑坡整治设计

9.3.2 滑坡下滑力应采用取值计算、反算分析和工程类比法综合取定。

9.3.11 滑坡工程监测项目的确定可根据建（构）筑物等级、地质环境、滑坡特征、支护结构类型和变形控制要求等，经综合分析后确定。滑坡深层位移监测是监测滑坡体整体变形的重要方法，用以滑坡勘察、指导防治工程的实施和效果检验。监测方法主要为钻孔位移监测，监测仪器宜采用钻孔测斜仪，系统精度要求不超过 $\pm 5\text{mm}/15\text{mm}$ 。多年来，贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司通过大量滑坡工程钻孔测斜仪位移监测实践应用，积累了丰富的数据及经验。通过深层位移监测数据可绘制深层位移曲线图，纵坐标朝下，取深度值，横坐标取位移值。根据深层位移曲线图，可直接判明滑坡深部不同位置的岩土体深部位移及速率，确定滑动面位置。这是确定滑坡几何形态及分析滑坡活动规律不可缺少的资料。

支挡结构受力状态监测常规采用压力传感器，使用中应考虑传感器的量程与精度、稳定性、抗震及抗冲击性能、密封性等因素。压力盒常用于抗滑桩受力和滑带承重阻滑受力监测，以了解滑坡体传递给支挡工程的压力。除传统测试方法外，近年来新兴的基于BOTDA分布式光纤传感技术能较好的应用于混凝土支挡结构的应力、微应变测试、环境中温度测试。在滑坡测试方面，贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司已开展大量工程实践应用研究。图1为抗滑桩内典型的光纤布置方案，图2为通过测试计算分析得到的桩深-弯矩曲线图，从图可知抗滑桩桩身各位置弯矩分布情况。该技术较传统的测试方法具有分布式、测试精度高、埋设方便、兼备传感和传输功能、长寿命、可实现远距离的检测与传输、使用期限内维护费用低等一系列优点。

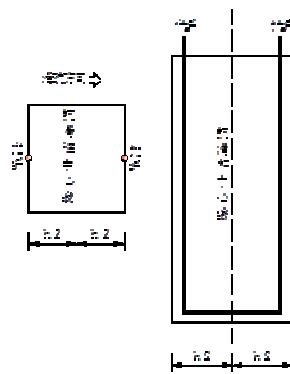


图1 抗滑桩光纤布置图

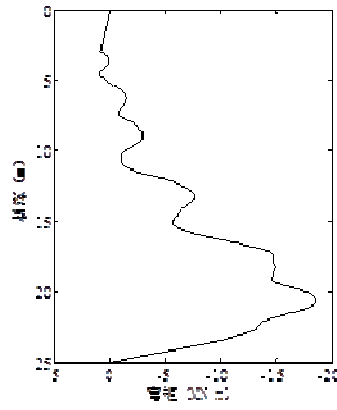


图2 桩深-弯矩曲线图

10 岩溶地下水.

10.1 一般规定

10.1.1 工程岩溶地下水勘察是对贵州岩溶地区独特的岩溶水文地质条件所制定的补充规定。

10.1.2 建设场地工程岩溶地下水勘察应包括的内容。

10.1.3 规定场地位于岩溶强发育地段、构造复杂地段、地下水位高于地下室底板标高时，应进行专门工程岩溶地下水勘察。

10.2 岩溶地下水勘察

10.2.1 贵州省可溶岩分布面积占全省面积的 69.1%，近 20 年来，贵州省大量的工程建设中，尽管建设场地都做过勘察工作，但由于岩溶含水层的非均匀性，岩溶含水系统渗透和渗流场复杂性，动态变幅大等，一些基坑、孔桩及地下室工程在施工过程中，出现地下水上浮渗水，不仅上浮水位高出勘察报告计算值数米，且涌水量要超出勘察报告预测值的几倍乃至几十倍，造成治理上的很大困难。当岩溶地下水对地基评价、基础抗浮和工程降水等有重大影响时，应进行专门工程岩溶地下水勘察。

10.2.2 重大项目、复杂岩溶水文地质场地的初步勘察，宜设长期观测孔，进行至少一个水文年的观测。

10.2.3 规定抽水试验方法。

附录 B ①依据供水水文地质勘察规范（GB50027-2001），结合贵州岩溶水文地质勘察实施的经验制定。②稳定流计算，抽水孔带观测孔，查供水水文地质手册，采用有观测孔的计算公式；无观测孔，根据含水层的性质分别采用（Dupuit）公式和影响半径的经验公式联立求解的计算方法。非稳定流，采用半对数（Jacob）公式。

10.2.4 注水试验可在试坑或钻孔中进行，砂土和粉土可采用试坑单环法，粘性土可采用试坑双环法。当试验深度较大时，可采用钻孔法。

10.2.5 压水试验执行《水力水电工程钻孔压水试验规程（SL31-2003）》

10.3 岩溶地下水作用评价

10.3.1 规定岩溶地下水力学作用评价的内容。

10.3.2 规定岩溶地下水的物理、化学的评价的内容。

10.4 工程降水

10.4.1~10.4.2 基坑(孔桩)岩溶地下水采取降低水位措施时,应符合的规定。

10.5 岩溶地下水位的测定及抗浮设防水位的确定

10.5.1~10.5.3 岩溶地下水位的测定及抗浮水位的确定:

通过近 20 年来基坑、孔桩及地下室工程在施工过程中出现的渗(涌)水及上浮水位问题的分析研究,并参考贵州省(1:20 万水文地质普查报告)、部分(1:5 万地下水及地质环境调查报告)及贵阳市、安顺市、毕节市等部分地下水位长期观测钻孔资料,规定岩溶地下水位测定及抗浮水位确定的方法及附录 E。