

UDC

广西壮族自治区工程建设地方标准



DBJ/T45-066-2026

备案号:J11629-2026

P

岩土工程勘察规程

岩土工程勘察规程

Technical code for investigation of geotechnical
engineering

2026-02-02 发布

2026-05-01 实施

广西壮族自治区住房和城乡建设厅 发布

广西壮族自治区工程建设地方标准

岩土工程勘察规程

Technical code for investigation of geotechnical engineering

DBJ/T45-066-2026

批准部门：广西壮族自治区住房和城乡建设厅

主编单位：广西建设职业技术学院

广西华蓝岩土工程有限公司

实施日期：2 0 2 6 年 5 月 1 日

2026 广西

自治区住房城乡建设厅关于批准发布 《岩溶地区建筑地基基础技术规程》等两项 广西工程建设地方标准的通知

各设区市住房城乡建设局，各有关单位：

由我厅批准立项，广西建设职业技术学院、广西华蓝岩土工程有限公司主编的《岩溶地区建筑地基基础技术规程》《岩土工程勘察规程》等两项广西工程建设地方标准已获专家评审通过，现予以批准发布。标准编号如下：

《岩溶地区建筑地基基础技术规程》（DBJ/T45-024-2026）

《岩土工程勘察规程》（DBJ/T45-066-2026）

上述标准于 2026 年 2 月 2 日发布，自 2026 年 5 月 1 日起实施。原《岩溶地区建筑地基基础技术规程》（DBJ/T45-024-2026）、《广西壮族自治区岩土工程勘察规范》（DBJ/T45-066-2018）自实施之日起同时废止。

上述标准由广西壮族自治区住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位负责具体技术内容解释。

广西壮族自治区住房和城乡建设厅

2026 年 2 月 2 日

前 言

根据广西壮族自治区住房和城乡建设厅《自治区住房城乡建设厅关于下达 2025 年度全区工程建设地方标准制（修）订项目计划的通知》（桂建标准科技〔2025〕10 号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程共 17 章和 4 个附录，主要技术内容是：总则、术语和符号、一般性土、岩石、膨胀岩土、红黏土、软土、填土、混合土、风化岩和残积土、岩溶、采空区、危岩和崩塌、滑坡、边坡工程、基坑工程和地下水等。

本规程修订的主要内容是：

1、删除原来的第 1.0.2 条，增加第 1.0.6 条、第 1.0.7 条。

2、按通规 GB55003-2021 第 4.2.3 条要求修改了 3.3.1 条的第 1 款，删除了第 2 款。

3、将所有的《广西膨胀土地区建筑勘察设计施工技术规范》DB45/T396 改为《膨胀土地区建筑技术规范》DB45/T396。

4、将第 3.2.3 条第 3 款与第 4 款合并。

5、按 JGJ/T72 调整了第 4.1.2 条注 3、注 4。

6、第 5.3.2 条增加膨胀岩土的地基承载力确定方法。

7、第 10.2.3 条第 1 款删除了“对于一柱一桩，应每桩布设勘探点；”，第 3 款增加了施工勘察的要求。

8、第 11.1.3 条的岩溶发育等级划分与 GB/T51238 统一。

9、第 11.2.3 条增加第 7 款。

10、第 11.2.6 条删除了一柱一桩的勘察要求。

11、重点修改了第 11.2.11 条，对施工勘察的工作量做了重

大调整。

12、新增第 11.2.12 条、第 11.2.13 条、第 11.2.14 条分别规定了施工勘察的深度、开孔位置。

13、结合《危岩防治工程技术规范》DB45/T1696-2018 对第 13.1.3 条进行修改。

14、将 JGJ/T72 调整为 JGJ120。

15、将第 16.3.1 条的第 6 款调整为独立条文，放到第 17.3.2 条。

16、按 JGJ/T72 调整了第 B.0.2 条。

17、表 C.0.1 折减系数调整了硬质岩的系数，删去了碳酸岩的规定。

本规程由广西壮族自治区住房和城乡建设厅负责管理。

本规程起草单位：

广西建设职业技术学院

广西华蓝岩土工程有限公司

广西交科集团有限公司

广西壮族自治区桂林水文工程地质勘察院
有限公司

广西天力建设工程有限公司

广西北港规划设计院有限公司

广西筑科岩土工程有限公司

广西有色勘察设计院有限公司

中建材广西勘测规划设计有限公司

广西金图工程咨询有限公司

湖南化工地质工程勘察院有限责任公司广
西分公司

广西基础勘察工程有限责任公司

贺州市勘察测绘研究院有限公司

核工业柳州工程勘察院

广西大汉岩土工程有限责任公司

广西桂东水电勘测设计院有限责任公司

广西湘桂岩土工程有限公司
广西岭南岩土工程有限公司
广西建工第五建筑工程集团有限公司
广西投资集团有限公司
广西华南岩土工程集团有限公司
广西壮族自治区城乡规划设计院
广西壮族自治区建筑科学研究设计院
广西北投交通养护科技集团有限公司
广西方德岩土工程有限公司
广西云策科技有限公司
桂林理工大学
广西大学
广西工勘岩土工程有限公司

本规程主要起草人员：李结全 卢玉南 林 峰 陈云杰
张永闯 张红日 黄汉林 李晓鹏
李志强 黄建成 唐迎春 颜学贤
欧 刚 陆韦春 周兴勇 梁金福
曾召田 翁敦贤 梁福顺 蓝红珠
周继辉 蒋仕清 朱海强 邓祖豪
张高攀 陈升锋 钟未礼 林有超
陆荣嘉 纪 超 朱国雄 阳 胜
苏燕奕 王 军 罗 诚 黄贵华
梁清潭 蒋仕荣 邢文豪 蒋 进
温家鸣 乌青松 李成庆 韦漫春
潘绍日 劳从时 张 璐 麦家敏
梁俊勋 杨 阳 江 鸿 莫 鹏
廖有芳 王 洋 崔 皓 文红宇
柯 璐 刘宗辉 韦 政 李红明
张金纯 黄春尼 黄文化
本规程主要审查人员：张信贵 梁远忠 肖玉明 郑玉洁
魏祚兴 江 杰 沈玉涛

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	5
3	一般性土	9
3.1	一般规定	9
3.2	岩土工程勘察	9
3.3	岩土工程评价	10
3.4	地基处理与检测	12
4	岩 石	14
4.1	一般规定	14
4.2	岩土工程勘察	15
4.3	岩土工程评价	17
4.4	地基处理与检测	18
5	膨胀岩土	20
5.1	一般规定	20
5.2	岩土工程勘察	20
5.3	岩土工程评价	24
5.4	地基处理与检测	25
6	红黏土	27
6.1	一般规定	27
6.2	岩土工程勘察	28
6.3	岩土工程评价	31
6.4	地基处理与检测	32
7	软 土	34
7.1	一般规定	34

7.2	岩土工程勘察	34
7.3	岩土工程评价	36
7.4	地基处理与检测	38
8	填 土	39
8.1	一般规定	39
8.2	岩土工程勘察	39
8.3	岩土工程评价	40
8.4	地基处理与检测	41
9	混合土	43
9.1	一般规定	43
9.2	岩土工程勘察	43
9.3	岩土工程评价	44
9.4	地基处理与检测	46
10	风化岩和残积土	47
10.1	一般规定	47
10.2	岩土工程勘察	47
10.3	岩土工程评价	51
10.4	地基处理与检测	54
11	岩 溶	57
11.1	一般规定	57
11.2	岩土工程勘察	58
11.3	岩土工程评价	62
11.4	岩溶治理与监测	65
12	采空区	66
12.1	一般规定	66
12.2	岩土工程勘察	66
12.3	场地稳定性评价	67
12.4	采空区治理与监测	68
13	危岩和崩塌	70
13.1	一般规定	70
13.2	岩土工程勘察	70

13.3	岩土工程评价	72
13.4	危岩和崩塌防治与监测	74
14	滑 坡	75
14.1	一般规定	75
14.2	岩土工程勘察	75
14.3	滑坡稳定性评价	79
14.4	滑坡整治与监测	82
15	边坡工程	84
15.1	一般规定	84
15.2	岩土工程勘察	84
15.3	岩土工程评价	87
15.4	边坡整治与监测	88
16	基坑工程	90
16.1	一般规定	90
16.2	岩土工程勘察	90
16.3	岩土工程评价	91
16.4	基坑支护与监测	92
17	地下水	94
17.1	一般规定	94
17.2	水文地质勘察	94
17.3	地下水作用评价	97
17.4	地下水控制与监测	98
附录A	按查表法确定地基承载力特征值	100
附录B	广西新近系、古近系泥岩的工程分类和桩端承载力	106
附录C	岩石地基承载力特征值的计算	107
附录D	用标准贯入试验确定风化岩和残积土单桩竖向极限 承载力	109
本规程用词说明		111
引用标准名录		112
附：条文说明		113

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	5
3	General soil	9
3.1	General requirements	9
3.2	Geotechnical investigation	9
3.3	Geotechnical evaluation	10
3.4	Ground treatment and inspection	12
4	Rock	14
4.1	General requirements	14
4.2	Geotechnical investigation	15
4.3	Geotechnical evaluation	17
4.4	Ground treatment and inspection	18
5	Expansive rock and soil	20
5.1	General requirements	20
5.2	Geotechnical investigation	20
5.3	Geotechnical evaluation	24
5.4	Ground treatment and inspection	25
6	Red clay	27
6.1	General requirements	27
6.2	Geotechnical investigation	28
6.3	Geotechnical evaluation	31
6.4	Ground treatment and inspection	32
7	Soft clay	34

7.1	General requirements	34
7.2	Geotechnical investigation	34
7.3	Geotechnical evaluation	36
7.4	Ground treatment and inspection	38
8	Filling	39
8.1	General requirements	39
8.2	Geotechnical investigation	39
8.3	Geotechnical evaluation	40
8.4	Ground treatment and inspection	41
9	Composite soil	43
9.1	General requirements	43
9.2	Geotechnical investigation	43
9.3	Geotechnical evaluation	44
9.4	Ground treatment and inspection	46
10	Weathered rock and residual soil	47
10.1	General requirements	47
10.2	Geotechnical investigation	47
10.3	Geotechnical evaluation	51
10.4	Ground treatment and inspection	54
11	Karst	57
11.1	General requirements	57
11.2	Geotechnical investigation	58
11.3	Geotechnical evaluation	62
11.4	Karst treatment and monitoring	65
12	Goaf	66
12.1	General requirement	66
12.2	Geotechnical investigation	66
12.3	Site stability evaluation	68
12.4	Goaf treatment and monitoring	70
13	Dangerous rock and collapse	70

13.1	General requirements	70
13.2	Geotechnical investigation	70
13.3	Geotechnical evaluation	72
13.4	Dangerous rock and collapse treatment and monitoring	74
14	Landslide	75
14.1	General requirements	75
14.2	Geotechnical investigation	75
14.3	Landslide stability evaluation	79
14.4	Landslide treatment and monitoring	82
15	Slope engineering	84
15.1	General requirements	84
15.2	Geotechnical investigation	84
15.3	Geotechnical evaluation	87
15.4	Slope treatment and monitoring	88
16	Foundation pit engineering	90
16.1	General requirements	90
16.2	Geotechnical investigation	90
16.3	Geotechnical evaluation	91
16.4	Foundation supporting and monitoring	92
17	Groundwater	94
17.1	General requirements	94
17.2	Hydrogeological investigation	94
17.3	Evaluation of groundwater effect	97
17.4	Groundwater control and monitoring	98
Appendix A Characteristic value of subgrade bearing capacity by look-up table		100
Appendix B Engineering classification and pile end bearing capacity of neogene and paleogene mudstone in guangxi		106

Appendix C Calculation of characteristic value of bearing capacity of rock foundation.....	107
Appendix D Vertical ultimate bearing capacity of single pile in weathered rock and residualsoil by standard penetration test (spt)	109
Explanation of wording in this code	111
List of quoted standards.....	112
Addition: Explanation of provisions	113

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家有关技术经济政策，做到技术先进、经济合理、确保工程质量、提高投资效益，根据广西的岩土工程特点，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于广西壮族自治区各类建筑工程、基坑工程、边坡工程、地基处理以及地基基础施工等工程的勘察、测试、治理、检测与监测。

1.0.3 各项建设工程在设计和施工之前，必须按基本建设程序进行岩土工程勘察。

1.0.4 岩土工程勘察应根据工程性质、场地条件、设计阶段的要求和特点，制定勘察方案。无勘察方案不得实施勘察作业。

1.0.5 岩土工程勘察应按工程建设各勘察阶段的要求，正确反映场地水文地质与工程地质条件，查明不良地质作用和地质灾害，精心勘察、精心分析，提出资料完整、评价正确的勘察报告。

1.0.6 岩土工程勘察机构应建立勘察管理信息系统，并在网络环境下运行。

1.0.7 工程勘察范围宜以拟建工程场地用地红线为基准。当存在不良地质作用或特殊性岩土可能对工程稳定性产生影响时，应将勘察范围合理扩展至地质作用影响区。

1.0.8 岩土工程勘察除应符合本规程的规定外，尚应符合国家、行业和广西现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 岩土工程勘察 geotechnical investigation

根据建设工程的要求，查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件，编制勘察文件的活动。

2.1.2 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。

2.1.3 岩土工程勘探 geotechnical exploration

岩土工程勘察的一种手段，包括钻探、井探、槽探、坑探、洞探、物探以及触探等。

2.1.4 勘察阶段 investigation stage

根据工程各设计阶段的要求而进行的各相应阶段工程勘察的总称。

2.1.5 岩土工程勘察报告 geotechnical investigation 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 取样 sampling

为获取岩土参数而在钻孔、探井、探槽中采取土样、岩石样或水样的总称。

2.1.7 室内试验 laboratory test

在室内对现场采取的土、岩、水试样进行物理力学指标及化学性质的各种测试。

2.1.8 原位测试 in-situ tests

在岩土体所处的位置，基本保持岩土原来的结构、湿度和应力状态，对岩土体进行的测试。

2.1.9 圆锥动力触探试验 dynamic penetration test (DPT)

用一定质量的击锤，以一定的自由落距将一定标准规格的圆锥型探头击入土层，根据探头贯入土层一定深度所需锤击数来判断土层的性状和确定其承载力的一种原位试验方法。

2.1.10 标准贯入试验 standard penetration test (SPT)

以质量为 63.5kg 的穿心锤，沿钻杆自由下落 76cm，将标准规格的贯入器自钻孔底高程预先击入 15cm，再继续击入 30cm，并记下相应的击数。

2.1.11 地球物理勘探 geophysical exploration

应用地球物理方法来探测地层、岩性、构造等地质问题的勘探方法。

2.1.12 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。

2.1.13 现场检验 in-situ inspection

在现场采用一定的检测手段，对勘察成果或设计、施工措施的效果进行核查。

2.1.14 现场监测 in-situ monitoring

在现场对岩土性状和地下水的变化，岩土体和结构物的应力、位移进行系统监视和观测。

2.1.15 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。

2.1.16 岩石坚硬程度 hardness degree of rock

按饱和单轴抗压强度或工程地质类比法划分的岩石等级。

2.1.17 岩体完整性指数（岩体速度指数）intactness index of

rockmass

岩体和未受裂隙切割的岩块压缩波速度之比的平方值。

2.1.18 岩石风化程度 weathering degree of rock

岩石的原生矿物、结构与构造，受自然环境的风化作用而引起分解和变色的程度。

2.1.19 岩土工程勘察分级 investigation categorization of geotechnical projects

根据工程性质和规模、场地和地基条件等因素，对岩土工程难度和复杂程度的等级划分。

2.1.20 土试样质量等级 quality classification of soil samples

按土试样受扰动程度不同划分的等级。

2.1.21 地基 ground, foundation soils

支承基础的土体或岩体。

2.1.22 基础 foundation

将结构所承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分。

2.1.23 特殊土 special soil

具有特殊物质成分、结构和独特工程特性的土。

2.1.24 地基处理 ground treatment

为提高地基承载力，改变其变形性质或渗透性质而采取的人工处理地基的方法。

2.1.25 产状 attitude

以走向、倾向、倾角三要素表示的结构面在空间的位置与状态。

2.1.26 不良地质作用 adverse geologic actions

由地球内力或外力产生的对工程可能造成危害的地质作用。

2.1.27 地质灾害 geological disaster

由不良地质作用引发的，危及人身、财产、工程或环境安全的事件。

2.1.28 基坑 foundation ditch

为进行建（构）筑物基础或地下室所开挖的地面以下的

空间。

2.1.29 岩溶 karst

可溶性岩石（碳酸盐岩、硫酸岩、卤化物岩等）在水的溶蚀作用下，产生的各种地质作用、形态和现象的总称。

2.1.30 滑坡 landslide

斜坡上的部分岩体和土体在自然或人为因素的影响下沿某一明显的界面向坡下运动的现象。

2.1.31 危岩 dangerous rock

被结构面切割、在外营力作用下松动变形可能失稳的岩体。

2.1.32 崩塌 collapse

危岩体离开母岩失稳坠落或倾倒的一种地质现象。

2.1.33 岩土参数标准值 standard value of a 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。

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

指由静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。

2.1.35 岩土工程评价 geological evaluation

根据已获得的地质资料，结合具体工程特点进行岩土工程条件分析，经过定性评估和定量计算，对场地的稳定性和适宜性、有利条件和不利条件、建筑地基基础的设计施工方案、不良地质现象的防治措施等作出的总结性意见。

2.2 符 号

2.2.1 岩土物理力学性质

ω —— 含水量；

α_w —— 红黏土的含水比；

e —— 孔隙比；

n —— 孔隙度，孔隙率；

d	——	颗粒粒径；
S_r	——	饱和度；
r	——	重力密度（重度）；
r_d	——	干重度；
ρ	——	质量密度（密度）；
ρ_d	——	干密度；
ω_L	——	液限；
ω_P	——	塑限；
I_L	——	液性指数；
I_P	——	塑性指数；
I_r	——	液塑比。

2.2.2 岩土工程设计参数

c	——	黏聚力；
φ	——	内摩擦角；
μ	——	泊松比；
F_s	——	边坡稳定系数；
s	——	基础沉降量，静载荷试验沉降量；
f	——	地基承载力设计值；
f_o	——	地基承载力基本值；
f_k	——	地基承载力标准值；
f_{ak}	——	地基承载力特征值；
f_{spk}	——	复合地基承载力特征值；
f_{rk}	——	岩石饱和单轴抗压强度标准值。

2.2.3 岩土变形参数

δ_{ef}	——	自由膨胀率；
δ_{ep}	——	有荷载膨胀率；
α	——	压缩系数；
C_c	——	压缩指数；
C_e	——	再压缩指数；
C_s	——	回弹指数；

E_0 —— 变形模量；
 E_s —— 压缩模量；
 G —— 剪切模量；
 p_c —— 先期固结压力。

2.2.4 原位测试及试验指标

P_0 —— 静载荷试验比例界限压力，旁压试验初始压力；
 P_u —— 静载荷试验极限压力；
 P_f —— 旁压试验临塑压力；
 P_l —— 旁压试验极限压力；
 E_m —— 旁压模量；
 E_d —— 侧胀模量；
 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 —— 静力触探锥尖阻力；
 N —— 标准贯入试验锤击数；
 N_{10} —— 轻型圆锥动力触探锤击数；
 $N_{63.5}$ —— 重型圆锥动力触探锤击数；
 N_{120} —— 超重型圆锥动力触探锤击数；
 V_p —— 压缩波波速；
 V_s —— 剪切波波速；
 τ —— 抗剪强度。

注： N 、 $N_{63.5}$ 、 N_{120} 均为修正后锤击数，相应的 N' 、 $N'_{63.5}$ 、 N'_{120} 均为实测锤击数，本规程有关条款采用的符号实测或修正后的锤击数均与此对应。

2.2.5 水文地质参数

k —— 渗透系数；
 Q —— 流量、涌水量；
 R —— 影响半径；
 S —— 抽水降深；

r —— 抽水试验孔半径；
 H —— 含水层厚度；
 u —— 孔隙水压力。

3 一般性土

3.1 一般规定

3.1.1 除特殊性土之外的黏性土、粉土、砂土和碎石土应判定为一般性土。

3.1.2 一般性土的分类、状态、密实度等的划分应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

3.2 岩土工程勘察

3.2.1 一般性土的岩土工程勘察应在搜集建筑物上部荷载、功能特点、结构类型、基础型式、埋置深度和变形限制等方面资料的基础上进行，其工作内容应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

3.2.2 一般性土的岩土工程勘察工作应与设计阶段相适应，可分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察；场地条件复杂或有特殊要求的工程，应进行施工勘察。场地较小且无特殊要求的工程可合并勘察阶段。当建筑物平面布置已经确定，且场地或其附近已有岩土工程资料时，可根据实际情况，直接进行详细勘察。

3.2.3 各勘察阶段勘探点布置、勘探孔深度、采取土试样和原位测试等除应符合国家现行标准《工程勘察通用规范》GB 55017、《岩土工程勘察规范》GB 50021 及《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72 的规定外，详细勘察采取的土试样和进行原位测试尚应符合下列规定：

1 采取土试样和进行原位测试的勘探孔的数量，应根据地层结构、地基土的不均匀性和工程特点确定，且不应少于勘探孔总数的 1/2，钻探取土试样孔的数量不应少于勘探孔总数的 1/3；

2 每个场地每一主要土层的土试样或原位测试数据不应少

于 6 件（组）；

3 一个场地内每一单体的主要土层的土试样和原位测试数据各不应少于 2 件（组）；

4 在地基主要受力层内，对厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体，应采取土试样或进行原位测试。

3.2.4 黏性土、粉土宜采取不扰动试样和做标准贯入试验，砂土宜做标准贯入试验，碎石土宜做重型或超重型圆锥动力触探试验。

3.3 岩土工程评价

3.3.1 一般性土的岩土工程评价除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 一般性土的地基承载力特征值应采用下列方法确定：
- 1) 地基承载力特征值应由静载荷试验或其它原位测试、公式计算，并结合工程实践经验等方法综合确定；
- 2) 根据室内土工试验成果确定地基承载力特征值，可按本规程附录 A 的表 A.0.1-2、表 A.0.1-3 和表 A.0.2-1、表 A.0.2-2 确定；
- 3) 根据原位测试成果确定地基承载力特征值，可按本规程附录 A 的表 A.0.3-1、表 A.0.3-2、表 A.0.3-3、表 A.0.3-4、表 A.0.3-5、表 A.0.3-6 和表 A.0.3-7 确定。
- 2 砂土、碎石土的孔隙比根据重型圆锥动力触探试验的锤击数可按表 3.3.1-1 确定；

表 3.3.1-1 用重型圆锥动力触探试验锤击数 $N_{63.5}$ 确定砂土、碎石土的孔隙比

$N_{63.5}$ 土的类型	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
中砂	1.14	0.97	0.88	0.81	0.76	0.73	—	—	—	—
粗砂	1.05	0.90	0.80	0.73	0.68	0.64	0.62	—	—	—
砾砂	0.90	0.75	0.65	0.58	0.53	0.50	0.47	0.45	—	—
圆砾	0.73	0.62	0.55	0.50	0.46	0.43	0.41	0.39	0.36	—
卵石	0.66	0.56	0.50	0.45	0.41	0.39	0.36	0.35	0.32	0.29

3 砂土、碎石土的抗剪强度指标根据重型圆锥动力触探试验的锤击数可按表 3.3.1-2 确定；

表 3.3.1-2 用重型圆锥动力触探试验锤击数 $N_{63.5}$ 确定砂土、碎石土的内摩擦角标准值 φ_k

$N_{63.5}$	内摩擦角标准值 φ_k (°)			
	卵石	圆砾、砂砾	中、粗砂	粉、细砂
2	34.5	31.5	28.5	21.0
4	35.5	32.5	29.5	23.0
6	36.4	33.4	30.4	25.0
8	37.5	34.4	31.4	27.0
10	38.4	35.4	32.4	29.0
12	39.4	36.4	33.4	30.0
14	40.0	37.4	34.4	31.0
16	41.3	38.3	35.3	32.0
18	42.3	39.3	36.3	33.0
20	43.3	40.3	37.3	34.0
25	45.7	42.7	39.7	—
30	48.2	45.2	42.2	—

注：触探深度不大于 15m。

4 碎石土变形模量应采用下列方法确定：

1) 根据重型圆锥动力触探试验的锤击数应按表 3.3.1-3 确定；

表 3.3.1-3 用重型圆锥动力触探试验锤击数 $N_{63.5}$ 确定碎石土的变形模量 E_0

$N_{63.5}$	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14
E_0 (MPa)	10	12	14	16	18.5	21	23.5	26	30	34
$N_{63.5}$	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40
E_0 (MPa)	37.5	41	44.5	48	51	54	56.5	59	62	64

2) 根据超重型圆锥动力触探试验的锤击数可按表 3.3.1-4 确定；

表 3.3.1-4 用超重型圆锥动力触探试验锤击数 N_{120} 确定碎石土的变形模量 E_0

N_{120}	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
E_0 (MPa)	21	23.5	26	28	31	34	37	42	47	52	57	62

3.3.2 粉土、砂土、碎石土的岩土工程勘察尚应根据场地的岩土条件、设计和施工的需要，对以下岩土工程问题进行专门评价：

1 有透镜体或夹层等分布的复杂地段、基岩面起伏较大的地段应提供地基变形计算参数，预测建筑物的变形特征；

2 抗震设防烈度等于或大于 6 度的地区，应划分场地类别，划分对抗震有利、不利、危险或一般地段；对 6 度以上（不含 6 度）的场地地震液化判别应先进行初步判别，当初步判别认为有液化可能时，应再作进一步判别；液化的判别应采用多种方法，综合判定液化的可能性和液化等级；

3 凡判别为可液化的土层均应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定确定其液化指数和液化等级；勘察报告除应阐明可液化的土层、各孔的液化指数外，尚应根据各孔液化指数综合确定场地液化等级；

4 在有水头差的粉细砂、粉土层中，若对基础施工有不良影响时，应进行抗渗流稳定性验算，评价产生流土、管涌、接触冲刷、接触流失的可能性，渗透的水力梯度不应超过临界水力梯度。土的渗透变形判别应符合现行国家标准《水利水电工程地质勘察规范》GB50487 的有关规定；

5 在地下水位下开挖基坑或地下工程时，应根据岩土的渗透性、地下水的补给条件，分析评价降水或隔水措施的可行性及其对基坑稳定和邻近工程的影响。

3.4 地基处理与检测

3.4.1 存在下列情况时应进行地基处理：

- 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，且下卧层承载力不满足要求；

3 地基变形超过地基变形允许值。

3.4.2 一般性土的地基处理可根据地质条件、建筑体型、结构特点、荷载性质等，结合施工机械设备、施工条件、当地材料供应和环境保护等综合分析选定，地基处理方法可按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79的有关规定执行。

3.4.3 地基处理后应进行处理效果检测，确保其承载力和变形指标满足设计要求。检测方法应根据地基处理的方式选择，应以静载荷试验为主，辅之标准贯入试验、动力触探试验、钻孔取芯、波速测试及室内试验等，以及进行沉降变形观测，综合评价地基处理质量。

3.4.4 地基处理施工时，应确认地基实际地质条件是否与勘察资料相符。

4 岩石

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于一般性岩石，膨胀岩、花岗岩风化岩和碳酸盐岩应按本规程有关规定执行。

4.1.2 根据岩石的野外特征和风化程度参数指标，岩石的风化程度可按表 4.1.2 划分。

表 4.1.2 岩石风化程度分类

风化程度	野外特征	风化程度参数指标	
		波速比 k_v	风化系数 k_f
未风化	岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中等风化	结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖，岩芯钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8
强风化	结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙很发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	0.2~0.4	—
残积土	组织结构全部破坏，已风化成土状，锹镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性	<0.2	—

注：1 波速比 k_v 为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比；

2 风化系数 k_f 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比；

3 可采用标准贯入试验划分风化程度，硬质岩为： $N > 70$ 为强风化， $70 \geq N > 40$ 为全风化， $N \leq 40$ 为残积土；软质岩为： $N > 50$ 为强风化， $50 \geq N > 30$ 为全风化， $N \leq 30$ 为残积土；

4 新近系、古近系泥岩风化程度划分标准参照软岩执行，具体见附录 B。

4.2 岩土工程勘察

4.2.1 岩石的岩土工程勘察阶段的划分及勘察内容应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定，满足设计和施工的要求。

4.2.2 岩石的岩土工程勘察应在工程地质测绘和调查的基础上，再做勘探、测试；勘探时应先疏后密，先施工控制性勘探点，后施工一般性勘探点。应鉴定岩石的名称和风化程度，进行岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分。

4.2.3 工程地质测绘范围应包括拟建建筑物地段及可能受其影响的地段，测绘比例尺及图幅的选取应确保主要地质要素、重要地质现象及其他关键信息在图纸上清晰表达。

4.2.4 岩石的勘探应符合下列规定：

1 钻孔孔径应满足勘察目的、取样、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，采取软质岩试验岩样孔径不宜小于 91mm；孔内测试试验的孔径应符合国家现行相关标准的规定；

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%；应选用合适的钻探工艺提高岩芯采取率；

3 对不同岩性界面和软弱结构面等需重点查明的部位，应采用双层单动取芯钻具连续取芯等措施提高岩芯采取率；

4 当需采用岩石质量指标（RQD）评价岩石质量时，应采用 75mm 口径（N 型）双层岩芯管和金刚石钻头钻进；

5 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小回次进尺；

6 不同岩性分层的界面深度量测误差不应超过 5cm。

4.2.5 岩石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、岩石名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造、坚硬程度、节理裂隙特征、岩芯状

态等表征岩石与岩体性状的内容；

2 岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型；

3 应计算岩芯采取率、岩石质量指标 RQD 等量化指标；

4 应对探井、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、取样和原位试验位置。

4.2.6 根据建筑物地基条件和岩土工程评价的需要，结合场地条件，可选择适宜的物探方法进行岩石地基物探测试，并应符合下列规定：

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、空间形态特征，可采用浅层地震、孔间地震波 CT、孔间电磁波 CT、孔间声波 CT、瞬态面波法等测试方法，跨孔（洞）间距、点距应根据探测的精度和探测的方法选择，并应符合国家现行相关标准的规定；

2 为评价岩体完整性，确定岩体质量等级，可采用单孔或跨孔弹性波速测试；点距应按地球物理条件和仪器的精度要求确定，对声波法宜为 0.2m~0.5m，对地震波法宜为 1m~2m；

3 当提供地基岩体的动弹性模量、动剪切模量、岩土卓越周期等参数指标时，可进行地微振测试；为确定场地抗震类别可进行覆盖层的剪切波测试，其测试数量应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定。

4.2.7 根据场地岩性条件、建筑物的重要性和地基条件，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指标时，对强风化、软弱、破碎及软硬互层岩体上的工程重要性等级为一级的工程应进行岩基静载荷试验，同一岩性层或岩体单元上的试验不应少于 3 个点；

2 对各类软弱破碎岩体上的工程重要性等级为二、三级的工程勘察，应采用重型或超重型圆锥动力触探，动力触探测试孔应与勘探钻孔间隔布置，或选择在代表性的钻孔旁布置，且数量应占勘探点总数的 1/2，且不应少于 3 个孔；每个岩性层试验数

量不应少于 6 次；

3 对破碎和较破碎岩石的地基宜进行岩块点荷载强度试验，同一岩性层或岩体单元不应少于 6 组，对岩芯试件每组不应少于 10 个，对方块体或不规则块体每组不应少于 20 个；

4 为进行斜坡场地稳定性计算，宜对岩体中的控制性软弱结构面进行现场大型剪切试验。

4.2.8 岩石室内试验应符合下列规定：

1 每个岩性层或岩体单元参加统计的数量不应少于 6 组；对 3 栋及 3 栋以上的建筑群，每栋每一主要岩层的试样不应少于 2 组；

2 为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，应同步进行单轴抗压试验和岩样的波速测试；

3 当评价软质岩石的软化性、膨胀性、崩解性等特殊性质时，应进行相应的试验；

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，应根据岩石的坚硬程度进行三轴压缩强度试验或直剪试验。

4.3 岩土工程评价

4.3.1 岩体质量评价应按表 4.3.1 确定。

表 4.3.1 岩体基本质量等级划分

坚硬程度	完整程度				
	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

注：1 岩石坚硬程度、岩体完整程度可采用定量与定性相结合，以定量为主的方法进行分类，并应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 的有关规定；

2 对未进行波速测试的钻孔，可按岩石质量指标 RQD 值划分岩体的完整程度：RQD>90

为完整, $90 \geq \text{RQD} > 75$ 为较完整, $75 \geq \text{RQD} > 50$ 为较破碎, $50 \geq \text{RQD} \geq 25$ 为破碎, $\text{RQD} < 25$ 为极破碎。

4.3.2 岩石地基承载力特征值可按本规程附录 C 有关规定确定。对岩体基本质量等级为IV、V级、工程重要性等级为一级的工程,其地基承载力特征值可在饱和单轴抗压强度试验或点荷载强度试验成果初步确定的基础上,由静载荷试验确定;对工程重要性等级为二、三级的工程,可由饱和单轴抗压强度试验或点荷载强度试验,结合当地经验确定。

4.3.3 软硬岩夹层或互层的地基承载力特征值,可按照下列方法确定:

1 当岩层产状水平或缓倾斜时,可按下列规定执行:

- 1) 基础直接置于软质岩上的,可取软质岩的承载力特征值作为软硬岩互(夹)层的承载力特征值;
- 2) 基础直接置于硬质岩上的,可根据基底硬质岩体的厚度及其质量等级、基础宽度或直径,结合工程经验综合确定:对I~III级岩体,当硬质岩体厚度与基础宽度或直径的比值(H/B)为0.5~1.0时,可取0.6~0.8倍硬质岩承载力特征值作为软硬岩互(夹)层的承载力特征值; H/B 为1.0~2.0时,可取0.8~1.0倍; H/B 大于2.0时,可直接取硬质岩承载力特征值作为软硬岩互(夹)层的承载力特征值;对IV、V级岩体,可取下卧软质岩的承载力特征值作为软硬岩互(夹)层的承载力特征值。

2 当岩层产状陡倾斜或直立时,可按软质岩、硬质岩所占面积与各自承载力特征值进行加权平均确定软硬互层岩组的承载力特征值。

4.4 地基处理与检测

4.4.1 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、静力爆破。

4.4.2 对易风化和崩解的岩石,在地基基础施工挖至预定深度

时，经检验合格后应及时浇灌封闭。

4.4.3 对机械成孔的大直径钻（冲）孔灌注桩，在钻至预定度时应检测孔深和孔底沉渣；对人工挖孔桩，在开挖至预定深度时应进行桩端持力层检验。

4.4.4 位于斜坡上的岩石地基，可根据需要进行边坡水平和竖向变形的监测。

4.4.5 岩石的地基基础施工应进行持力层检验，对存在影响基础稳定或不均匀变形的软弱夹层、断层破碎带等特殊岩土工程问题的场地，应进行施工勘察，并加强施工过程中的信息反馈，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。

5 膨胀岩土

5.1 一般规定

5.1.1 含有大量亲水矿物，湿度变化时有较大体积变化，变形受约束时产生较大内应力的岩土，应判定为膨胀岩土。膨胀岩土的判别应符合现行地方标准《膨胀土地区建筑技术规程》DB45/T 396 的有关规定。

5.1.2 采用本规程设计时，荷载取值应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 和《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定，基础计算尚应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。当基础处于腐蚀性环境或受温度影响时，应按国家现行有关标准的规定执行，采取相应的防治措施。

5.2 岩土工程勘察

5.2.1 膨胀岩土的岩土工程勘察阶段应与设计阶段相适应，分为可行性研究阶段、初步勘察及详细勘察三个阶段。损坏建筑维修工作需要时，应进行维修勘察。对场地面积不大且地质条件简单或已有建筑经验的地区，可简化勘察阶段，但必须满足详细勘察阶段的技术要求。

5.2.2 岩土样应保持天然结构和天然湿度，施钻完毕应及时回填封孔；当岩土层的标准贯入试验锤击数小于 50 时，对鉴别岩土特性采取质量等级为Ⅲ~Ⅳ级岩土样的勘探孔，可采用冲（锤）击钻进方式；对采取质量等级为Ⅰ~Ⅱ级岩土样和原位测试的勘探孔应采用回转钻进，也可以采用冲（锤）击钻进鉴别描述岩土特性，在预计取Ⅰ~Ⅱ级岩土样或原位测试位置 1.0m 以上可改

用回转钻进。

5.2.3 室内试验应进行自由膨胀率、一定压力下膨胀率、土的收缩试验和膨胀压力试验。必要时，可进行颗粒分析、化学分析和黏土矿物分析。

5.2.4 根据成因，膨胀岩土可分为下列三个类型：

1 新近系、古近系湖相半成岩的泥岩、粉砂质泥岩及它们的风化物可分为 A 类；

2 碳酸盐岩经红土化作用形成的红黏土可分为 B 类；

3 第四系河流冲积相的黏土可分为 C 类。

5.2.5 勘察场地根据地形地貌、地下水、土层结构、膨胀岩土均匀程度及不良地质作用，可按下列条件划分为三类：

1 符合下列条件之一者可划分为一类场地：

1) 地形坡度大于 5° ；

2) 高差大于 5m 以上的边坡或沟谷；

3) 地下水局部分布，埋深不一，变化大；

4) 膨胀岩土和非膨胀岩土互层多、透镜体多；岩土层厚度、产状、埋深、土质胀缩性变化大；

5) 浅层滑坡、崩塌多。

2 符合下列条件之一者可划分为二类场地：

1) 地形坡度 $2^\circ \sim 5^\circ$ ；

2) 沟谷、边坡、陡坎高差小于 5m；

3) 地下水局部分布，但埋藏 8m 以下；

4) 膨胀岩土和非膨胀岩土互层、透镜体较少，岩土层厚度和土质胀缩性变化较大。

3 符合下列条件之一者可划分为三类场地：

1) 地形坡度小于 2° ；

2) 无沟谷、陡坎、边坡，或位于常有水浸润的低洼地带；

3) 地下水位浅，水位稳定；

4) 地层单一，厚度和土质变化小。

5.2.6 大气影响深度，应根据各地区土的深层变形观测或含水

量观测资料确定；无此资料时，可根据表 5.2.6 确定。

表 5.2.6 大气影响深度及大气影响急剧层深度（m）

膨胀岩土胀缩等级	场地类别	大气影响深度 d_a	大气影响急剧层深度 d_r
强胀缩岩土	一、二	8	3.0~3.6
	三	6	2.0~2.7
中等胀缩岩土	一、二	7	2.0~2.7
	三	6	1.2~1.5
弱胀缩岩土	一、二	6	1.5~2.0
	三	5	1.2~1.5

注：1 表中大气影响深度内，有稳定地下水位时，则以稳定水位以上 2m 处的埋深作为大气影响深度；对承压水则以隔水层底板以上 2m 处的埋深作为大气影响深度；

2 膨胀岩土胀缩等级应根据现行地方标准《膨胀土地区建筑技术规程》DB45/T 396 的有关规定确定；当膨胀岩土地基不均匀时，岩土的胀缩性等级可按岩土层的厚度加权平均值确定，其计算深度：A 类型膨胀岩土取 8m，B 类型膨胀土取 7m，C 类型膨胀土取 6m。

5.2.7 可行性研究勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 的有关规定，并应以工程地质调查为主，配合少量钻探或坑探，勘探孔的深度应较初步勘察略深，了解地层分布和特征，并采取有代表性的原状岩土样，测定自由膨胀率、胀缩总率，初步判定场地内膨胀岩土的分布及胀缩等级，对场地的稳定性和建设的可行性作出工程地质评价。

5.2.8 工程地质调查应调查下列内容：

1 收集当地气象及水文资料、建筑经验，并对场地附近已有建筑物进行调查，分析其完好或损坏的原因；

2 收集当地工程地质和水文地质资料，初步查明膨胀岩土的地质时代、成因类型和岩性特征；

3 调查场地地形地貌形态，划分地貌单元；

4 调查场地内地裂、滑坡、冲沟、岩溶和土洞等不良地质作用，并初步圈定其范围；

5 调查地表水排泄积聚情况，地下水类型，水位变化幅度；

6 初步预估拟建建筑物在施工和使用过程中对环境地质的影响。

5.2.9 初步勘察阶段应符合国家现行勘察有关标准的规定，并应符合下列规定：

1 确定膨胀岩土成因类型，初步查明其分布的规律和胀缩等级；

2 根据地形地貌，对场地进行分类；

3 勘探点应结合地貌单元和微地貌形态布置，在地形地貌交界处、地层岩性急剧变化处，应有勘探点；勘探点网格间距不应大于 50m×100m。在大气影响深度范围内，对基岩面起伏较大、地下水变化较大、岩溶土洞发育和岩性差异较大等地段，应缩小勘探点的间距；

4 勘探点深度应超过大气影响深度；在斜坡上勘探时，应考虑整平后地面标高的变化，适当加深勘探点的深度。控制性勘探点应占勘探点总数的 1/4~1/3，且每个地貌单元均应有控制性勘探点；

5 勘探线、点的间距和勘探深度应按表 5.2.9-1、表 5.2.9-2 确定；

表 5.2.9-1 初步勘察阶段的勘探线、点的间距（m）

膨胀岩土 类型 场地类别	A		B		C	
	线距	点距	线距	点距	线距	点距
一类	<50	<30	50~60	30~50	<60	<50
二类	50~65	<50	60~70	30~50	60~75	50
三类	65~100	<50	70~100	30~50	75~100	50

表 5.2.9-2 初步勘察阶段的勘探深度（m）

膨胀岩土 类型 勘探孔情况	A		B		C	
勘探孔类别	控制性孔	一般性孔	控制性孔	一般性孔	控制性孔	一般性孔
勘探深度	10~20	8~10	10~20	8~10	10~20	8~10

注：1 勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等，特殊用途的钻孔除外；

2 该表仅适用于小于 7 层的建筑物。

6 取原状岩土样的勘探点应根据地貌单元、膨胀岩土的胀

缩性和拟建建筑物的类别合理布置，其数量应为勘探点总数的1/3~1/2。取岩土试样的深度应从地面以下1m开始，在大气影响深度内每隔1m取样1件（组），在该深度以下取样间距可适当加主要岩土层进行胀缩性试验的岩土样，每层不应少于6件（组）。

5.2.10 详细勘察阶段应符合下列规定：

- 1 应确定场地膨胀岩土의胀缩性等级和建筑地基的胀缩等级；
- 2 勘探点的间距可按表5.2.10确定；

表 5.2.10 详细勘察阶段勘探点的间距（m）

膨胀岩土类型 场地类别	A	B	C
一类	<15	6~20	10~15
二类	15~30	12~24	15~30
三类	20~40	15~30	20~40

3 勘探点深度除应满足基础埋深和附加应力的影响深度外，尚应超过大气影响深度，对挖方场地，应从整平后地面起算；

4 取岩土试样或做原位测试的勘探点不应少于全部勘探点的1/2，取样的深度、间隔与初步勘察阶段相同，主要岩土层进行胀缩试验的试样数量应符合本规程第3.2.3条的规定；

5 对重要的和有特殊要求的工程场地，应现场进行浸水静载荷试验、现场剪切试验或旁压试验。

5.2.11 当基坑或基槽开挖后，若岩土条件与勘察资料不符或发现有必须查明的异常情况时，应进行施工勘察；在工程施工期间，当地基土、边坡体中地下水等发生未曾估计到的变化时，应进行监测并对工程和环境的影响进行分析评价。

5.2.12 维修勘察应查明与建筑物破坏有关的岩土工程问题，并对建筑物的维护与使用提出建议。

5.3 岩土工程评价

5.3.1 对初判为膨胀岩土的地区，应在其成因类型的基础上，

按胀缩总率和膨胀率的大小划分膨胀岩土의 胀缩等级，并计算岩土의 膨胀变形量、收缩变形量和胀缩变形量，结合对低层砌体结构房屋的影响程度，对膨胀岩土地基进行评价。划分、计算及评价方法应符合现行地方标准《膨胀土地区建筑技术规程》DB45/T 396 的有关规定。

5.3.2 膨胀岩土地基承载力特征值，应采用载荷试验或其他原位测试、公式计算，并结合工程实践经验等方法综合确定。

5.3.3 膨胀岩土的岩土工程评价应符合下列规定：

1 膨胀岩土地基承载力及其基础埋深、桩基设计、总平面布置、建筑和结构措施、施工和维护应符合现行地方标准《膨胀土地区建筑技术规程》DB45/T 396 的有关规定；

2 对边坡及位于边坡上的工程，应进行稳定性验算，验算时应考虑坡体内含水量变化的影响。对均质土且无节理面时可采用圆弧滑动法验算；对有软弱夹层及层状膨胀岩土应按最不利的滑动面验算；对具有胀缩裂缝和地裂缝的膨胀岩土地坡，应进行沿裂缝滑动面的验算；

3 验算稳定性时，应考虑建筑物和堆料荷载，抗剪强度应为岩土体沿潜在滑动面的抗剪强度；潜在滑动面强度指标 c 、 φ 值，用相近的滑坡体反算求得；如没有反算的 c 、 φ 值，用室内排水反复直接剪切试验或饱和状态下不固结不排水三轴剪切试验求得。

5.4 地基处理与检测

5.4.1 膨胀岩土地基处理可采用换土、砂垫层及地基的防水保湿方法，亦可采用桩基或墩基，并应符合现行地方标准《膨胀土地区建筑技术规程》DB45/T 396 的有关规定。

5.4.2 使用单位必须保存有勘察、设计、施工的全部原始资料。

5.4.3 使用单位应建立定期观测记录的技术档案，做好定期观测记录的资料分析工作。针对资料分析结果应及时采取相应的维修措施。

5.4.4 使用单位应定期检查管线漏水、阻塞情况，挡土结构及建筑物的位移、变形、裂缝等。必要时应进行变形、地温、岩土含水量和岩土压力的观测工作。

5.4.5 使用单位发现房屋、挡土结构等损坏时，应及时通知原设计单位，根据岩土工程勘察资料，结合建筑周围环境和维护等情况进行分析，查明损坏原因。若勘察资料不足，应及时补做勘察工作。

5.4.6 使用单位应定期检查建筑物周围的排水情况。

5.4.7 使用单位应定期检查是否有改变建筑环境条件的现象。

5.4.8 除按规定进行升降观测的建筑物外，其它建筑物在使用过程中，使用单位应定期观察使用状况，发现有异常情况，如墙柱裂缝、地面隆起开裂、吊车轨道变形、烟囱倾斜、害体下沉等，应作好记录，并及时与相关单位研究处理。

5.4.9 严禁破坏坡脚、墙基及在坡肩大面积堆料，使用单位应经常观察有无水平位移的情况。若坡体表面出现水平裂缝时，应及时与相关单位研究，采取措施预防坡体滑动。

6 红黏土

6.1 一般规定

6.1.1 颜色为棕红或褐黄，覆盖于碳酸盐岩系之上，其液限大于或等于 50% 的高塑性黏土，应判定为原生红黏土。原生红黏土经搬运、沉积后仍保留其基本特征，且液限大于 45% 的黏土，可判定为次生红黏土。

6.1.2 红黏土除按成因分类外，尚可根据工程需要按以下特征进行分类：

1 根据含水比 α_w 或液性指数 I_L ，红黏土的状态可按表 6.1.2-1 分类：

表 6.1.2-1 红黏土的状态分类

状态	坚硬	硬塑	可塑	软塑	流塑
含水比 α_w	$\alpha_w \leq 0.55$	$0.55 < \alpha_w \leq 0.70$	$0.70 < \alpha_w \leq 0.85$	$0.85 < \alpha_w \leq 1.00$	$\alpha_w > 1.00$
液性指数 I_L	$I_L \leq 0$	$0 < I_L \leq 0.25$	$0.25 < I_L \leq 0.75$	$0.75 < I_L \leq 1.0$	$I_L > 1.0$

注： $\alpha_w = 0.45I_L + 0.55$ 或 $\alpha_w = \omega/\omega_L$ ，宜优先采用含水比划分法进行分类。

2 根据裂隙发育特征，红黏土的结构可按表 6.1.2-2 分类：

表 6.1.2-2 红黏土的结构分类

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

3 根据收缩后复浸水时表现出的不同水稳性和工程特性，红黏土复浸水特性可按表 6.1.2-3 分类：

表 6.1.2-3 红黏土的复浸水特性分类

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

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

4 根据地基压缩层范围内的岩土组成, 红黏土地基均匀性可按表 6.1.2-4 分类:

表 6.1.2-4 红黏土地基均匀性分类

地基均匀性	地基压缩层 z 范围内岩土组成
均匀地基	全部由红黏土组成
不均匀地基	由红黏土和岩石组成

注: 1 “地基压缩层”的厚度 z 一般应根据建筑物结构类型、基础形式、荷载等综合分析确定; 当独立基础总荷载 p_1 为 500kN~3000kN, 条形基础线荷载 p_2 为 100kN/m~250kN/m 时, z 值可分别按下式确定:

独立基础: $z_1 = \eta_1 p_1 + 1.5$

条形基础: $z_2 = \eta_2 p_2 - 4.5$

式中:

η_1 、 η_2 系数: η_1 可取 0.003m/kN, η_2 可取 0.05m²/kN;

2 当箱(筏)基础无相邻荷载影响、基础宽度 ≤ 30 m 时: $z = b(2.5 - 0.4 \ln b)$;

3 对均匀地基, 基底下 z 深度范围内全部由红黏土构成。

6.2 岩土工程勘察

6.2.1 红黏土的工程地质测绘和调查应查明:

1 不同地貌单元红黏土的分布、厚度、物质组成、土性等特征及其差异;

2 下卧基岩岩性、岩溶发育特征及其与红黏土土性、厚度变化的关系;

3 地裂分布、发育特征及其成因、土体结构特征、土体中裂隙的密度、深度、延展方向及其发展规律;

4 地表水及地下水的分布、动态变化及其与红黏土状态垂向分带的关系;

5 既有建筑物开裂原因的分析, 当地勘察、设计与施工的

经验等。

6.2.2 红黏土的勘探点应沿建筑轴线布置，并应取较密的间距查明红黏土厚度和状态的变化，各勘察阶段勘探点的间距和勘探孔的深度应符合下列规定：

1 初步勘察勘探点间距应取 30m~50m，其中控制性勘探点应占勘探点总数的 1/5~1/3，且每个地貌单元均应有控制性勘探点；对均匀地基，勘探孔的深度应按表 6.2.2 确定；对不均匀地基，勘探孔应深入稳定分布的岩层；

表 6.2.2 初步勘察勘探孔深度（m）

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级（重要工程）	≥ 15	≥ 30
二级（一般工程）	10~15	15~30
三级（次要工程）	6~10	10~20

注：勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等，特殊用途的钻孔除外。

2 详细勘察勘探点的间距，对均匀地基应取 12m~24m，对不均匀地基应取 6m~12m；土层厚度和状态变化大的地段，勘探点间距还可加密；独立基础勘察宜一柱一点，对于基底面积较大的设备基础或墩基，应布置多点；钻探孔施工顺序应遵循先疏后密的原则，先进行土性鉴别，再进行土试样的采集，以实现信息化过程控制；

3 详细勘察的勘探孔深度应能控制红黏土地基主要受力层，当基础底面宽度不大于 5m 时，勘探孔的深度自基础底面算起，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底面宽度的 1.5 倍，且不应小于 5m；

4 对高层建筑和需作变形计算的地基，详细勘察控制性勘探点不应少于勘探点总数的 1/3；控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；一般性勘探孔的深度应达基底下 0.5~1.0 倍的基础宽度，且不应小于 5m；

5 当基础底面下红黏土层厚度小于地基变形计算深度时，详细勘察的一般性勘探孔应钻至基岩面；控制性勘探孔应深入完

整、较完整的基岩不小于 5m；

6 在基岩浅层岩溶发育地区，当红黏土中分布有土洞、软弱土时，应适当加密勘探孔查明土洞的成因、形态、规模和下卧岩溶发育情况，勘探孔应深入土洞或溶洞洞底完整岩（土）层小于 5m。

6.2.3 红黏土的勘探及测试应符合下列规定：

1 应采用钻探、原位测试、取土样室内试验等勘察手段；

2 钻探施工应干作业，对一般鉴别土性、采取质量等级为 III~IV 级土样的勘探孔，可采用冲（锤）击钻进方式；对采取质量等级为 I~II 级土样和原位测试的勘探孔应采用回转钻进方式；

3 应采用冲（锤）击钻进鉴别描述土性，在预计取 I~II 级土样或原位测试位置 1.0m 以上的深度时改用回转钻进方式；

4 对采取质量等级为 I~II 级的土样，应使用与质量等级相对应的取土器，并用快速静力连续压入或者重锤少击法取样，也可以在探井中切块取样；

5 对红黏土地裂的勘探应采用井探或槽探，钻孔和探井（槽）施工完后，应及时妥善回填；

6 原位测试应采用静载荷试验、标准贯入试验、静力触探试验等方法；对软塑、流塑状土应采用旁压试验或十字板剪切试验；对浅部红黏土地基应采用轻型圆锥动力触探试验；

7 初步勘察取土试样和进行原位测试的勘探点应为勘探点总数的 1/4~1/2，对主要土层采取土试样和进行原位测试的数量均不应少于 6 件（组）；详细勘察取土试样和进行原位测试勘探点不应少于全部勘探点的 1/2，且每栋主要建筑物不应少于 3 个；钻探取土试样孔的数量不应少于勘探点总数的 1/3；采取土试样和进行原位测试的数量应符合本规程第 3.2.3 条的规定；

8 室内试验除测定红黏土一般的物理力学性质指标外，对裂隙发育的红黏土还应进行三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验；评价边坡稳定性时，应进行重复剪切试验；为判别红黏土的胀缩性，除作自由膨胀率试验外，还应进行膨胀试验、收缩试

验，必要时应做复浸水试验。

6.2.4 地下水位观测点应按地下水径流方向布置，需测定地下水量及土的渗透性和评价水、土对建筑材料的腐蚀性时，应进行专门的试验。

6.3 岩土工程评价

6.3.1 红黏土的地基承载力特征值，应采用载荷试验或其他原位测试、公式计算，并结合工程实践经验等方法综合确定。根据土工试验结果，红黏土地基承载力特征值可按本规程附录 A 表 A.0.2-4 确定。

6.3.2 当基础浅埋、外侧地面倾斜或有临空面以及存在较大的水平荷载时，应结合以下因素综合考虑确定红黏土的承载力：

- 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 地表水体下渗的影响。

6.3.3 红黏土的胀缩性评价，除应符合本规程第 5 章有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 轻型建筑物的基础埋置深度应大于大气影响急剧层深度；
- 2 炉窑等高温设备的基础应考虑地基土不均匀收缩变形的影响；
- 3 开挖明渠时，应考虑土体干湿循环过程胀缩的影响；
- 4 基坑开挖时，应采取保湿措施，边坡应及时维护，防止失水干缩。

6.3.4 红黏土地基岩土工程评价应符合下列规定：

- 1 应根据工程需要划分出红黏土类型的空间分布，并分别提出特性参数及工程评价；
- 2 应收集当地地表水、地下水、红黏土裂隙及土洞发育等资料，分析场地有无土洞形成的可能性；
- 3 应分析地表水、上层滞水、土和岩面裂隙水、岩溶水的不均匀分布及相互连通补给关系，对基础施工及建筑物正常使用

的影响；

4 应避免建筑物跨越地裂密集带或深长地裂；

5 石芽出露地段应考虑地表水下渗、冲蚀形成地面变形的可能性；

6 干旱季节在大范围挖方区，建筑物周围地面应尽快恢复植被，加强保湿，并宜在推土整平并经历一个水文年后再作基础施工；

7 对一般轻型建筑物，若基础埋置深度大于大气影响急剧层的深度时，应浅埋；若浅埋的深度小于大气影响急剧层的深度时，应进行地基处理或利用下卧岩石作桩（墩）端持力层。

6.4 地基处理与检测

6.4.1 当红黏土地基不能满足承载力或变形要求时，宜采用下列地基处理措施：

1 采用刚性桩复合地基法应进行地基处理；

2 对于岩土组合的不均匀地基，当坚硬、硬塑状土体的强度能满足建筑物承载力要求但部分出露有基岩、石芽、或大块孤石时，为防止不均匀沉降，可将其开凿整平后在其上作砂褥垫层；当石芽密布且石芽间分布有较厚的软土时，可用碎石、级配砂土将其置换。

6.4.2 当红黏土地基发育土洞、软弱土时，可作以下处理：

1 对浅层土洞，可采用强夯法进行地基处理，也可采取挖除法，清除洞中的软弱土，抛填块（碎）石，面层用黏土夯填，然后高压注入混凝土将洞中的空隙充填；上部结构应采用梁板跨越；

2 对深埋的土洞，可通过钻孔灌填砂、砾石，然后采用高压双液灌浆自下而上对其封堵、固结处理。

6.4.3 当红黏土地基处理不能满足地基设计要求时，也可采用桩基，以完整基岩作桩端持力层。

6.4.4 红黏土地基检验和监测应包括下列内容：

1 天然地基的基坑（槽）开挖后，应检验以下内容是否与勘察报告相符：

1) 地基土状态、承载力和土裂隙发育情况；

2) 地下水情况；

3) 基坑开挖是否超过大气影响急剧层深度；

2 对基底红黏土状态的鉴别除手搓法外，还可采用袖珍贯入仪测定，必要时可采取保湿土试样测定其含水量等状态指标；

3 可采用轻型圆锥动力触探测试校验红黏土的承载力；

4 对不均匀地基或有土洞分布时，应进行基底钎探或轻型动力触探查明土层厚度、石芽位置、土洞的成因、规模、形态与埋深；

5 对地基基础设计等级为甲级的建筑物和不均匀地基或复合地基上的乙级建筑物，应进行建筑物施工及建成后的沉降观测；

6 对重要边坡工程应进行边坡支护结构的变形和邻近已有建筑的变形监测；此外，还应对红黏土的湿度状态和裂缝随季节变化及基坑周边地面变形进行观测；

7 建筑物和边坡的变形监测应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

7 软 土

7.1 一般规定

7.1.1 天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土。

7.1.2 软土的分类标准应按表 7.1.2 确定。

表 7.1.2 软土的分类标准

土的分类	划分标准
淤 泥	$e \geq 1.5, I_L > 1$
淤泥质土	$1.5 > e \geq 1.0, I_L > 1$
泥 炭	$\omega_w > 60\%$
泥炭质土	$10\% < \omega_w \leq 60\%$

注： e ——天然孔隙比； I_L ——液性指数； ω_w ——有机质含量。

7.2 岩土工程勘察

7.2.1 软土的岩土工程勘察阶段应与设计阶段相适应，分为可行性研究阶段、初步勘察和详细勘察三个阶段。场地条件复杂或有特殊要求的工程，应进行施工勘察。对简单场地、建筑经验成熟地区或位置已确定的工程，可仅进行一次性勘察，但必须满足详细勘察的技术要求。

7.2.2 当建筑场地工程地质条件复杂，软土在平面上有显著差异时，应根据场地的稳定性、适宜性及工程地质条件的差异，进行工程地质分段或分区。

7.2.3 采取土试样应用薄壁取土器。取样时应避免扰动、涌土等；在运输、贮存、制备过程中均应防止土样的扰动。

7.2.4 软土的岩土工程勘察应查明下列内容：

- 1 软土的成因类型、埋藏条件、分布规律、层理特征，水

平与垂直方向的均匀性、渗透性，地表硬壳层的分布与厚度，下卧硬土层或基岩的埋藏条件、分布特征和起伏变化情况；

2 软土的固结历史，强度和变形特征随应力水平的变化规律，以及结构破坏对强度和变形的影响程度；

3 微地貌形态和暗浜、暗塘、墓穴、填土、古河道的分布范围和埋藏深度；

4 地下水情况及其对基础施工的影响，基坑开挖、回填、支护、工程降水、打桩和沉井等对软土的应力状态、强度和压缩性的影响；

5 地震区产生震陷的可能性及对震陷量的估算和分析；

6 当地的工程经验。

7.2.5 根据场地等级、工程重要性等级和勘察阶段，勘探点的间距可按表 7.2.5 确定。当土层变化较大或有暗埋的塘、浜、沟、坑、穴时应予加密。

表 7.2.5 勘探点的间距（m）

场地等级	初步勘察阶段	详细勘察阶段		
		一级 （重要工程）	二级 （一般工程）	三级 （次要工程）
三级场地（简单场地）	150~200	30~50	40~60	50~70
二级场地 （中等复杂场地）	100~150	15~30	25~40	35~50
一级场地（复杂场地）	50~100	<15	<25	<35

7.2.6 根据工程重要性等级、勘察阶段等，勘探孔深度可按表 7.2.6-1 和表 7.2.6-2 确定。

表 7.2.6-1 初步勘察勘探孔深度（m）

工程重要性等级	勘探孔种类	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级（重要工程）		>30	>50
二级（一般工程）		>20	>30
三级（次要工程）		>10	>15

注：勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等。

表 7.2.6-2 详细勘察勘探孔深度 (m)

基础型式 \ 基础宽度 (m)	1	2	3	4	5
条形基础	8	12	14	—	—
独立基础	—	8	11	13	14

注：1 表内深度未考虑相邻基底荷载的影响；

2 勘探孔深度从基础底面算起。

7.2.7 当遇到下列情况时，应对勘探孔深度进行调整：

1 当预定深度范围内遇基岩或坚硬土层，控制性勘探孔应进入基岩或坚硬土层适当深度，一般性勘探孔应达到基岩面；当到达预计深度仍为软弱土层时，控制性勘探孔应加深；

2 对箱形基础和筏板基础，控制性勘探孔的深度应超过地基变形的计算深度；

3 对桩基础，控制性勘探孔应穿透桩端平面以下地基变形的计算深度，一般性勘探孔应钻至桩端平面以下 3m~5m；

4 对大面积堆载场地，勘探孔深度应为堆土高度，若需验算沉降，应由地基变形的计算深度确定；

5 当需要进行地基整体稳定性验算时，勘探孔的深度应满足验算的要求。

7.2.8 对软土的原位测试宜采用静力触探试验、旁压试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验和螺旋板静载荷试验。

7.2.9 软土的力学参数宜采用室内试验、原位测试，结合当地经验确定。有条件时，可根据堆载试验、原型监测反分析确定。抗剪强度指标宜采用三轴试验，原位测试宜采用十字板剪切试验。

7.3 岩土工程评价

7.3.1 在建筑场地内，如遇下列情况之一时，应评价地基的稳定性：

1 当建筑物离池塘、河岸、海岸等边坡较近时，应分析软土发生侧向塑性挤出或滑移的可能性；

2 当地基土受力范围内，软土下卧层为基岩或硬土层且其表面倾斜时，应分析软土沿此倾斜面产生滑移或不均匀变形的可能性；

3 当地基土层中含有浅层沼气时，应分析沼气的逸出对地基稳定性和变形的影响；

4 根据场地地下水变化幅度、水力梯度或软土层之下的承压水水头，分析其对软土地基稳定性和变形的影响。

7.3.2 拟建场地和持力层的选择应符合下列规定：

1 当场地有暗浜（塘）等不利因素存在时，建筑物的布置应避免这些不利地段，如无法避开时，则必须进行地基处理；

2 在地表分布有厚度不大的硬壳层地区，对轻型建筑应充分利用硬壳层作为地基持力层，且基础应浅埋；

3 软土不应作为桩基持力层，应选择软土层以下的硬土层或砂层作为桩基持力层；

4 当地基主要受力层范围内，有薄砂层或砂土互层时，应分析其对地基变形和承载力的影响。

7.3.3 软土地基承载力确定方法应符合下列规定：

1 软土地基承载力应根据室内试验、原位测试和当地经验，结合下列方法综合确定：

1) 应根据三轴不固结不排水剪切试验指标计算；

2) 应根据软土的天然含水量按本规程附录 A 表 A.0.2-5 确定；

3) 有建筑经验的地区，可采用工程地质类比法确定；

4) 对于缺乏建筑经验的地区和工程重要性等级为一级的工程，应以较大面积压板的静载荷试验确定。

2 当为上硬下软的双层土地基时，应进行软弱下卧层强度的验算；

3 软土地基承载力应在满足建筑物变形要求的前提下，由设计人员按基础的实际尺寸、埋深和建筑物的地基变形允许值最终综合确定。

7.3.4 软土地基沉降计算可采用分层总和法或应力历史法，并

应根据当地经验进行修正。必要时，应考虑软土的次固结效应。

7.3.5 当建筑物相邻高低层荷载相差较大时，应分析其变形差异和相互影响；当地面有大面积堆载时，应分析其对相邻建筑物的不利影响；因工程施工降水或大量抽取地下水时，在地下水位下降的影响范围内，应评价可能引起土体变形或大面积地面沉降及其对工程的危害。

7.4 地基处理与检测

7.4.1 对暗塘、暗浜、暗沟、坑穴、古河道等的处理，可采用以下的方法：

- 1 当深度不大时，宜采用基础加深或换填处理；
- 2 当宽度不大时，宜采用基础梁跨越处理；
- 3 当范围及深度较大时，宜采用短桩处理。

7.4.2 对厚层软土地基的处理，可采用以下的方法：

- 1 采用堆载预压法或真空预压法，并在地基土层中埋置砂井、袋装砂井或塑料排水板；
- 2 采用复合地基，包括深层搅拌桩、砂桩、碎石桩、灰土桩、旋喷桩和小断面的预制桩等；
- 3 采用桩基，穿透软土层以增大承载力和减小沉降量。

7.4.3 经处理后的软土地基，应按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的要求进行质量检测。

7.4.4 对重要的建筑物和有特殊要求的软土地基，或对周围环境有影响的场地，在施工和使用过程中，应根据工程建设的需要，进行必要的监测。

8 填 土

8.1 一般规定

8.1.1 填土根据其物质组成和堆填方式，可分为下列四类：

1 由碎石土、砂土、粉土和粘性土等一种或多种材料组成的素填土，不含或少含杂物；

2 含有大量建筑垃圾、工业废料或生活垃圾等杂物的杂填土；

3 由水力冲填泥砂形成的冲填土；

4 按一定标准控制材料的成分、密度、含水量，经分层压实或夯实而成的压实填土。

8.1.2 当利用填土作为建筑物地基时，应进行专门勘察。

8.2 岩土工程勘察

8.2.1 填土的岩土工程勘察应包括以下内容：

1 搜集资料，了解地形和地物的变迁以及填土的来源、堆积年限和堆积方法；

2 查明填土的分布范围、厚度、物质成分、颗粒级配、均匀性、密实性、压缩性和湿陷性、下卧岩土的工程特性及填土基底的稳定条件等，对冲填土尚应了解其排水条件和固结程度；

3 调查有无暗浜、暗塘、渗井、废土坑、旧基础及古墓的存在；

4 查明场地水文地质条件，判定地下水对建筑材料的腐蚀性以及与相邻地表水体的水力联系。

8.2.2 勘探点的布置应按每个单体工程不应少于 4 个勘探点。勘探点间距应为 10m~20m，土性及厚度变化较大时应取小值。

对暗埋的塘、浜、沟、坑，应加密勘探点并圈定其范围。

8.2.3 勘探孔深度应穿过填土层，当填土下为软弱土层时，控制性勘探孔还应适当加深。

8.2.4 勘探方法应根据填土性质确定。对以粉土、黏性土为主的填土，应采用钻探取样、轻型钻具与原位测试相结合的方法，轻型钻具可用小口径螺纹钻、洛阳铲等；对含较多粗粒成分的素填土和杂填土，应采用动力触探试验、钻探，并配置适量探井。

8.2.5 对以黏性土为主的素填土，在勘探时可从土粒结构和埋藏形态来区别填土与新近沉积黏性土。

8.2.6 填土的测试工作应以原位测试为主，辅以室内试验，并应符合下列规定：

1 对能取得适合室内试验的填土，宜采取试样进行室内土工试验；试验项目除一般物理力学性质外，尚应进行压缩性、湿陷性、膨胀性、前期固结压力等试验项目，并应注意填土的特点和工程实际应用的需要，增加击实试验，不可机械的套用天然土的试验方法；

2 现场测试应符合下列规定：

1) 对填土的均匀性和密实度宜采用动力触探试验，并辅以室内试验；对由黏性土、粉土组成的填土宜按单元取原状土测定含水量和密度，对由砂土、碎石土组成的填土可采用大体积灌水（砂）法测定密度；

2) 确定填土的地基承载力、压缩性和湿陷性，宜用压板面积不小于 0.5m^2 的平板浅层静载荷试验，并在预计地基承载力的荷载下浸水测定其湿陷性，当土层厚度大或有地下水时可采用螺旋板深层静载荷试验，每个土质单元测定的数量不应少于 3 点。

8.3 岩土工程评价

8.3.1 阐明填土的成分、分布和堆积年代，判定地基的均匀性、压缩性、膨胀性和密实度；必要时应按厚度、强度和变形特

性分层或分区评价。

8.3.2 对堆积年限较长的素填土、冲填土和由建筑垃圾或性能稳定的工业废料组成的杂填土，当较均匀和较密实时，可考虑作为天然地基；对未完成自重固结的新填土、由有机质含量较多的生活垃圾和对基础有腐蚀的工业废料组成的杂填土，不宜作为天然地基。

8.3.3 填土地基承载力特征值应以静载荷试验或其他原位测试、公式计算，并结合工程实践经验等方法综合确定，应满足下卧层承载力的要求，并应符合下列规定：

1 静载荷试验应在有代表性土层的位置并宜在预计的基础底面标高进行；地基承载力特征值应取 $p\sim s$ 曲线上的比例界限压力或沉降量 s 为 0.015 倍压板宽度 b 的对应荷载值；

2 根据室内压缩试验结果确定地基承载力特征值时，应符合本规程附录 A 表 A.0.2-6 的规定；

3 根据轻型圆锥动力触探试验锤击数 (N_{10}) 和重型圆锥动力触探试验锤击数 ($N_{63.5}$) 确定地基承载力特征值时，应符合本规程附录 A 表 A.0.3-8 和表 A.0.3-9 的规定；

4 复合地基承载力特征值应通过静载荷试验确定。

8.3.4 当填土底面的天然坡度大于 20° 时，应验算其沿坡面的稳定性，并应判定原有斜坡受填土影响引起滑动的可能性。

8.3.5 对由特殊性岩土构成的填土，其岩土工程评价除按本章要求进行外，尚应符合本规程有关特殊性岩土评价的要求。

8.4 地基处理与检测

8.4.1 对填土地基处理利用前，宜选择有代表性的地段设置试验区。

8.4.2 填土地基处理方法，应从加固效果、经济费用、工程周期、环境影响以及地区经验等方面综合比较后，可按下列条件确定：

1 换填垫层适用于地下水位以上，可减少和调整地基不均

匀沉降；

2 机械碾压、重锤夯实适用于加固浅埋的松散低塑性或无黏性填土；

3 挤密土桩、灰土桩适用于地下水位以上，砂、碎石桩适用于地下水位以下的地基处理；

4 柱锤冲扩桩法、强夯和强夯置换法适用于由一般性土组成的填土处理。

8.4.3 对填土地基应从勘察到处理施工全过程进行检验与监测，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，填土的质量检测应随施工进度同步进行。

8.4.4 检测数量应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，每栋建筑物检测点不应少于3点；对于复杂场地或重要建筑物应增加检测点，检测深度应不小于设计处理深度。

8.4.5 检测方法宜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宜增加检测项目，并应进行现场静载荷试验以确定竣工验收承载力特征值及变形模量。

8.4.6 压实填土地基的质量检测应随压随检，分层进行，分层检测厚度可取200mm~300mm，根据工程重要性，在加固范围内每100m²~500m²应有一个检测点；强夯地基检测时间应安排在加固结束并间隔一定时间后进行，对碎石土强夯检测间隔时间为1~2周，对黏性土为3~4周。

8.4.7 填土地基的建筑物沉降观测应包括下列内容：

1 对建筑物应在施工及使用期间进行沉降观测；

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，观测点的数量不应少于6个；水准测量应采用闭合法，测量精度应满足Ⅱ级水准测量要求，观测次数和间隔时间根据具体情况确定。

9 混合土

9.1 一般规定

9.1.1 由细粒土和粗粒土混杂且缺乏中间粒径的土应定名为混合土。当碎石土中粒径小于 0.075mm 的细粒土质量超过总质量的 25%时，应定名为粗粒混合土；当粉土或黏性土中粒径大于 2mm 的粗粒土质量超过总质量的 25%时，应定名为细粒混合土。

9.1.2 混合土的定名和分类的原则，应当根据其组成材料和呈现性质的不同，针对具体情况区别对待。

9.2 岩土工程勘察

9.2.1 混合土的工程地质调查和测绘应包括下列内容：

1 查明地形地貌特征，混合土的成因、分布范围、下卧岩土层的埋藏条件，接触面的坡向、坡度以及下卧岩土层的性质；

2 查明混合土的组成、物质来源、均匀性及其在水平方向和垂直方向上的变化规律；调查当地与混合土成因有关的地质现象发生的周期性、覆盖范围和堆积量；

3 查明混合土中颗粒粒径，大颗粒的风化情况，细颗粒的成分和状态；

4 查明混合土是否具有湿陷性、膨胀性；

5 查明混合土场地是否存在崩塌、滑坡、潜蚀和洞穴等不良地质作用；

6 查明泉水和地下水的情况；

7 调查当地利用混合土作为建筑地基、建筑材料的经验和地基处理的方法。

9.2.2 混合土宜采用多种勘探手段和方法。粗粒粒径较小的混合土可采用动力触探试验；含细粒为主的混合土可采用静力触探试验；动力触探、静力触探试验资料宜有一定数量的探井或钻孔予以检验；土中粗颗粒较少且粒径小的混合土可采用旁压试验。

9.2.3 勘探点的间距和勘探孔的深度除应满足现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 的要求外，尚应适当加密、加深；应布有一定数量的探井、探坑，以便直接对混合土的结构进行观察，并应采取大体积土试样进行颗粒分析和物理力学性质试验；如不能采取不扰动土试样时，则应多采取扰动试样，并注意试样的代表性。

9.2.4 现场静载荷试验的承压板直径和现场直剪试验的剪切面直径均应大于试验土层最大粒径的 5 倍，静载荷试验的承压板面积不应小于 0.5m^2 ，直剪试验的剪切面面积不宜小于 0.25m^2 。

9.2.5 对细粒混合土现场密度测试，可用大环刀法取样分析；对粗粒混合土现场密度测试，可现场挖坑，采用充砂法或充水法测定其密度。

9.2.6 混合土的室内土工试验应包括天然密度、天然含水量、相对密度（比重）试验、颗粒分析和压缩试验等；混合土进行室内土工试验时，试样应具有代表性，其与一般性土试验应有区别。

9.3 岩土工程评价

9.3.1 混合土的岩土工程评价应符合下列规定：

1 由不良地质作用形成的混合土，应评价其不良地质作用是否有重复发生的可能；

2 应分析混合土与下卧岩土接触面的性质、层面的倾角、倾向，判断混合土地基的稳定性；对于含巨大漂石的混合土，尤其是粒间填充不密实并为软弱土所填充时，应考虑因这些漂石的滚动或滑动而影响地基的稳定性；

3 应依据粗粒土的粒径、含量和分布特征，评价混合土地基的不均匀性；

4 对于残积、膨胀性等具有特殊性质的混合土，应按本规程的第 5 章和第 10 章的规定进行评价。

9.3.2 混合土地基承载力，可根据土的颗粒级配、结构、构造及工程重要性等级，并按下列方法确定：

1 混合土地基承载力特征值可采用静载荷试验确定；也可通过静载荷试验与原位测试资料建立相关关系后，根据原位测试并结合当地经验确定；

2 当混合土中粗粒的粒径较小，细粒土分布比较均匀，能取得抗剪强度指标时，可采用计算方法确定地基承载力特征值；计算时要充分考虑土中细粒部分的作用，可采取土中细粒的强度指标计算其承载力；

3 工程重要性等级为一级的工程初步勘察阶段及二级、三级工程的详细勘察阶段混合土地基承载力特征值，可根据干密度或孔隙比按本规程附录 A 表 A.0.2-7 和表 A.0.2-8 确定。

9.3.3 当混合土不能取到不扰动试样时，其变形参数应由静载荷试验或其它原位测试方法获得；变形计算方法，应用变形模量计算公式计算其沉降量。

9.3.4 对具有膨胀性、溶陷性的混合土，在评价地基变形时，应考虑其膨胀、溶陷变形，并考虑粗大颗粒对变形的实际影响。

9.3.5 对由混合土组成的边坡稳定性评价，可按本规程第 15 章的规定进行。混合土边坡的容许坡度值可根据现场调查和当地经验确定，对一般工程的混合土边坡或混合土填土边坡的容许坡度值，可按表 9.3.5-1 和表 9.3.5-2 确定，对重要工程应进行专门试验研究。

表 9.3.5-1 混合土边坡容许坡度值

混合土类型	混合土的密实状态	边坡容许坡度值（高宽比）	
		坡高<5m	坡高（5~10）m
粗粒混合土	稍密	1：0.75~1：1.00	1：1.00~1：1.25
	中密	1：0.50~1：0.75	1：0.75~1：1.00
	密实	1：0.35~1：0.50	1：0.40~1：0.75
细粒混合土	硬塑	1：1.00~1：1.25	1：1.25~1：1.50
	坚硬	1：0.75~1：1.00	1：1.00~1：1.25

表 9.3.5-2 混合土填土边坡容许坡度值

填土类别	压实系数 (λ_c)	边坡容许坡度值（高宽比）	
		坡高<8m	坡高（8~15）m
粗粒混合土	0.94~0.97	1：1.50~1：1.25	1：1.75~1：1.50
细粒混合土		1：1.50~1：1.25	1：2.00~1：1.50

9.3.6 混合土中的粗、细颗粒，因其矿物成分、重度、相对密度、比表面积、风化程度等相差较大，不宜将其作为均质体考虑，对混合土的测试、各种指标的计算和评价均宜结合当地的工程经验进行。

9.4 地基处理与检测

9.4.1 对可能不稳定或由崩塌堆积形成的混合土地基，应考虑产生滑坡、崩塌、泥石流的可能性，并采取避开或其它处理措施。

9.4.2 对含有漂石且其孔隙填充不密实的混合土地基，可根据漂石的大小，采取重锤夯击、强夯、灌浆等加固措施。

9.4.3 对具有膨胀性、溶陷性等不良地质性质的混合土应按本标准有关章节的规定采取相应的处理措施。

9.4.4 地基处理的质量检测应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

10 风化岩和残积土

10.1 一般规定

10.1.1 岩石在风化营力的作用下，其结构、成分和性质已产生不同程度的变异时，应定名为风化岩。已完全风化成土而未经搬运的应定名为残积土。本章适用于花岗岩的风化岩及其残积土，其它岩石应按本规程第 4 章执行。

10.1.2 花岗岩的风化程度划分和工程定名应符合下列规定：

1 根据岩石的野外特征和风化程度参数指标，花岗岩的风化程度可按本规程表 4.1.2 划分；

2 花岗岩残积土的工程定名可按土中大于 2mm 的颗粒含量进行划分：当大于 2mm 的颗粒含量大于或等于 20%可定为砾质黏性土，小于 20%可定为砂质黏性土，不含可定为黏性土。花岗岩残积土野外鉴别方法可按表 10.1.2 确定；

表 10.1.2 花岗岩残积土野外鉴别方法

土的名称	砾质黏性土	砂质黏性土	黏性土
母岩类别	中粗粒花岗岩，结晶颗粒大于 2mm	细粒花岗岩，结晶颗粒 0.2mm~2mm	以花岗岩体中的脉岩为主，如煌斑岩、辉绿岩、正长岩等
颜 色	灰白、褐红、褐红杂白色	灰白、褐黄、褐红杂白色	褐色、深褐、灰白、灰色
结构性	保持原岩结构并尚可辨认	保持原岩结构并尚可辨认	结构不易辨别
用手捏摸时的感觉	除石英颗粒基本未风化外，其它矿物，如长石已风化成高岭土，黑色矿物风化成黏土，手捏细腻具滑感	除石英颗粒基本未风化外，其它矿物，如长石已风化成高岭土，黑色矿物风化成黏土，手捏细腻具滑感	无石英颗粒，均为黏土，可搓成较细土条
颗粒状况	粒径大于 2mm 颗粒超过全重 20%	粒径大于 2mm 颗粒不超过全重 20%	——
湿润时用刀切	有阻力，切不成光滑土片	稍有阻力，能切成不太光滑的土片	易切成土片，切面光滑细腻

10.2 岩土工程勘察

10.2.1 风化岩和残积土的岩土工程勘察阶段应与设计阶段相适应，分为可行性研究阶段、初步勘察及详细勘察三个阶段。对场地面积不大且地质条件简单或已有建筑经验的地区，可简化勘察阶段，但必须满足详细勘察阶段的技术要求。各勘察阶段应符合下列规定：

1 可行性研究勘察应查明风化岩与残积土的风化规律，并根据建设条件，进行技术经济论证，提出设计比选方案；

2 初步勘察阶段应查明各风化岩和残积土的厚度，并对风化岩和残积土的特性以及有无岩脉、球状风化体（孤石）存在等作出初步评价；

3 详细勘察阶段应查明拟建工程范围内风化岩和残积土的埋深、厚度、物理力学性质，岩脉、球状风化体（孤石）的分布位置、规模，提出详细的岩土工程资料和设计所需的岩土参数，对风化岩和残积土地基作出岩土工程分析评价，并对基础选型、地基处理、不良地质作用的防治等作出论证和建议；

4 施工勘察应针对某一地段或尚未查明的专门问题进行补充勘察。

10.2.2 风化岩与残积土的岩土工程勘察应查明下列内容：

1 母岩地质年代和岩石名称；

2 根据岩石的野外特征和风化程度参数指标，进行岩石风化程度的划分；

3 不同风化程度风化带的埋深及厚度；

4 风化的均匀性和连续性；

5 有无侵入的岩体、岩脉、断裂构造及其破碎带和其它软弱夹层的产状和厚度；

6 岩脉和风化花岗岩中球状风化体（孤石）的分布；

7 囊状风化的分布深度及范围；

8 各风化带中节理、裂隙的发育情况及其产状；

- 9 风化带及残积土开挖暴露后的抗风化能力；
- 10 残积土与风化岩是否具有膨胀性及湿陷性；
- 11 地下水埋藏特征。

10.2.3 风化岩和残积土的勘探测试除应符合本规程第 3.2.3 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 勘探点的平面布设、深度控制、取样和原位测试等应结合残积土和风化岩的水平和垂直分布的稳定性，岩脉、软弱夹层、断裂构造、囊状风化物及球状风化体的产状、厚度、大小以及分布特点，按建筑物基础类型、相应勘察阶段要求的勘察精度来布置；在初步勘察阶段，对工程重要性等级属一级的工程应有部分勘探点深度进入微风化层 3m~5m；

2 对高层建筑详细勘察阶段勘探孔深度应符合下列规定：

- 1) 天然地基勘察应查明残积土和全风化岩的分布深度，控制性勘探孔深度应超过地基变形的计算深度，一般性勘探孔的深度应适当大于主要持力层的深度；在预计深度内遇基岩时，应进入强风化岩 3m~5m，对工程重要性等级为一级的工程取大值，对二级及以下的工程取小值；一般性勘探孔应深入到强风化层顶面；
- 2) 桩基勘察中当以可压缩地层（包括全风化和强风化岩）作为桩端持力层时，勘探孔深度应能满足沉降计算的要求，控制性勘探孔深度应进入桩端持力层以下 5m~10m 或 $6d\sim 10d$ （ d 为桩身直径或方桩的换算直径，直径大的桩取小值，直径小的桩取大值），一般性勘探孔深度应达到预计的桩端下 3m~5m 或 $3d\sim 5d$ ；对花岗岩地区的嵌岩桩，一般性勘探孔深度应进入微风化岩 3m~5m，控制性勘探孔深度应进入微风化岩 5m~8m；

3 花岗岩风化地区，如果岩性均匀性差，风化带起伏大，且在详勘阶段发现中、微风化花岗岩球状风化体，基础形式为嵌岩桩时，应进行施工勘察；按桩位布孔，每桩应不少于 1 个钻孔；

4 除钻探取样外，对残积土或全风化岩、强风化岩带必要

时应布置探井，直接观察其结构及岩土暴露后的变化情况；从探井中采取不扰动试样并利用探井作原位密度试验等；

5 在探井中或用双重管、三重管钻探采取试样，每一风化带取样数量不应少于 6 件（组）；

6 原位测试采用圆锥动力触探、标准贯入试验、波速测试和静载荷试验，应采用原位测试与室内试验相结合，并应以原位测试作为确定力学参数的主要依据；

7 对残积土、全风化岩、强风化岩，采用标准贯入试验、圆锥动力触探试验及静力触探试验应进行风化带的划分；当采用标准贯入试验划分风化岩与残积土时，试验勘探孔数量应占勘探孔总数的 1/2~2/3，并从上往下按每 1.5m~2.5m 的间距进行试验；

8 在岩石中钻探时应测定 RQD 指标，并视岩体的完整程度取样做点荷载试验或岩石饱和单轴抗压试验；

9 花岗岩残积土和全风化岩需测定塑性指数 I_p 、液性指数 I_L 时，应先筛去粒径大于 0.5mm 粗颗粒，测定剩余细粒土的天然含水量 ω_f 、塑限 ω_p 、液限 ω_L ，并计算塑性指数 I_p 和液性指数 I_L ，细粒土部分的天然含水量 ω_f 、塑性指数 I_p 、液性指数 I_L 可按式（10.2.3-1）、式（10.2.3-2）和式（10.2.3-3）确定。

$$\omega_f = \frac{\omega - \omega_{0.5} \times 0.01P_{0.5}}{1 - 0.01P_{0.5}} \quad (10.2.3-1)$$

$$I_p = \omega_L - \omega_p \quad (10.2.3-2)$$

$$I_L = \frac{\omega_f - \omega_p}{I_p} \quad (10.2.3-3)$$

式中： ω_f —— 花岗岩残积土中细粒土的天然含水量（%）；

ω —— 花岗岩残积土（包含粗、细粒土）的天然含水量（%）；

$\omega_{0.5}$ —— 土中粒径大于和等于 0.5mm 颗粒吸着水的含水量（%），无试验数值可取 12%；

$P_{0.5}$ ——土中粒径大于和等于 0.5mm 颗粒的质量含量（%）；

ω_L ——土中粒径小于 0.5mm 颗粒的液限（%）；

ω_p ——土中粒径小于 0.5mm 颗粒的塑限（%）。

10.3 岩土工程评价

10.3.1 风化岩和残积土的岩土工程评价应符合下列规定：

1 建在软硬互层或风化程度不同地基上的工程，应分析不均匀沉降对工程的影响；

2 基坑开挖后应及时检验，对易风化的岩类，应及时砌筑基础或采取其它措施，防止风化加深；

3 对岩脉和球状风化体（孤石），应分析评价其对地基（包括桩基）的影响，并提出相应的建议。

10.3.2 风化岩和残积土的岩土工程评价应考虑以下因素：

1 岩层中软弱层和软硬互层的厚度、位置及其产状，对边坡稳定性、地基稳定性和均匀性的影响；

2 球状风化作用在各风化带中残留的未风化球状体及岩脉的平面和垂直位置及其对地基均匀性的影响；

3 岩层中断裂构造破碎带、囊状风化带的平面和垂直位置及其对地基均匀性的影响；

4 风化岩及残积土有无膨胀性和湿陷性。

10.3.3 花岗岩残积土及全风化、强风化层边坡稳定性评价及基坑开挖评价，应考虑其中的原生、次生裂隙面对边坡稳定性的影响；当场地位于斜坡附近，不均匀风化岩体软硬互层，主要软弱结构面与坡向一致且夹角小于 45° 时，应评价边坡的稳定性。

10.3.4 风化岩和残积土地基承载力应根据室内试验、原位测试和当地经验综合确定，并主要以原位测试作为依据。应按下列方法综合确定：

1 对不同完整程度岩石的地基承载力特征值应按本规程附录 C 确定；

2 对无建筑经验的风化岩和残积土地地区的地基承载力应采用静载荷试验确定；有成熟地方经验时，对工程重要性等级为二级、三级工程，应根据标准贯入试验等原位测试资料，结合当地经验综合确定；

3 花岗岩残积土地基承载力应按下列方法确定：

- 1) 工程重要性等级为一级的工程应以静载荷试验结果确定；
- 2) 二级、三级工程应按本规程附录 A 表 A. 0. 2-9 和表 A. 0. 3-10 确定；

3) 当基础宽度大于 3m，或埋置深度大于 0. 5m 时，从静载荷试验或其它原位试验、经验值等方法确定的花岗岩及残积土地基承载力特征值，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 有关规定进行修正。基础宽度和埋深影响的地基承载力修正系数 η_b 、 η_d 可按表 10. 3. 4 确定；

表 10. 3. 4 花岗岩及残积土承载力特征值修正系数 η_b 、 η_d 值

修正系数		η_b	η_d
土的种类			
花岗岩残积土	砾质黏性土	1.2	2.0
	砂质黏性土	1.0	1.5
	黏性土	0.5	1.3
花岗岩	全风化	0	2.3
	强风化	0	2.5

注：1 中等风化、微风化岩石不修正；

2 地基承载力特征值按深层平板静载荷试验确定时 η_d 取 0。

10.3.5 花岗岩残积土、全风化岩和强风化岩的变形模量 E_0 值，可按浅层平板荷载试验确定；当无试验条件时，可用实测标准贯入试验击数 N' 按下式估算：

$$E_0 = \alpha N' \tag{10. 3. 5}$$

式中： α ——静载荷试验与标准贯入试验对比而得的经验系数可按表 10. 3. 5 确定；

N' ——实测（未经修正）标准贯入锤击数。

表 10.3.5 花岗岩经验系数

N'	α
$10 < N' \leq 30$	2.3
$30 < N' \leq 50$	2.5
$50 < N' \leq 70$	3.0

10.3.6 对于地基压缩层为残积土、全风化岩和强风化岩地基最终变形量可按下列方法计算：

1 当地基压缩层比较均匀时，地基最终变形量可按下式计算：

$$S = \psi_s \frac{p_0 b}{E_0} \quad (10.3.6-1)$$

式中： S ——地基最终变形量（mm）；

E_0 ——土的变形模量（MPa），应按 10.3.5 条确定；

p_0 ——相应荷载效应准永久组合标准值的基底附加压力（MPa）；

b ——基础宽度（mm）；

ψ_s ——经验系数，按当地经验取值；缺乏经验时，可按表 10.3.6 确定。

表 10.3.6 沉降计算经验系数 ψ_s

单独基础	方形	0.5~0.8
	矩形	0.7~1.2
条形基础		1.0~1.5
筏形基础		0.3~0.5

注：1 矩形基础长边与短边之比 $a/b=1.5\sim4$ ；条形基础长边与短边之比 $a/b>4$ ；

2 筏形基础宽度 $b\leq 50\text{m}$ ；长边与短边之比 $a/b\leq 1.5$ 时取较小值， $a/b>1.5$ 时取较大值。

2 当地基压缩层各土层压缩性差别较大时，地基最终变形量可按下列公式计算：

$$S = \psi_s \frac{p_0 b}{E_0} \quad (10.3.6-2)$$

$$\bar{E}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (h - \sum_{j=1}^i h_j) h_i E_{0i} + \frac{h_n^2}{2} E_{0n}}{\sum_{i=1}^{n-1} (h - \sum_{j=1}^i h_j) h_i + \frac{h_n^2}{2}} \quad (10.3.6-3)$$

式中： h ——地基变形计算深度，方形基础可取 $h = (1 \sim 1.5) b$ ，矩形基础可取 $h = (1.5 \sim 2) b$ ，条形基础可取 $h = (2 \sim 3) b$ ，片筏基础可取 $h = (0.5 \sim 0.9) b$ ；

$\bar{E}_0$ ——变形计算深度范围内土变形模量的当量值（MPa）；

h_i ——基底起自上至下第 i 层土的厚度；

$\sum_{i=1}^n h_i = h$ ；在计算深度范围内存在层厚为 h_n 的中微风化基岩时，式（10.3.6-3）中

$\frac{h_n^2}{2} E_{0i}$ 及 $\frac{h_n^2}{2}$ 可不计；

E_{0i} ——第 i 层土的变形模量（MPa）。

10.3.7 根据标准贯入试验成果，风化岩和残积土的预制桩、预应力混凝土管桩桩的极限侧阻力标准值和桩的极限端阻力标准值可按本规程附录 D 表 D.0.1-1 和表 D.0.1-2 确定。

10.4 地基处理与检测

10.4.1 在地基开挖过程中，应根据岩性风化程度确定稳定边坡角。

10.4.2 在地下水位以下开挖深基坑时，应采取预先降水或支挡等防护措施。

10.4.3 对于较宽的侵入岩脉应根据其岩性、风化程度和工程性质采取利用、换土或挖除等措施。

10.4.4 花岗岩残积土、全风化、强风化花岗岩地基施工时应符合下列规定：

1 应防止基坑浸泡：开挖前地下水位应降低至基底设计标高以下 0.50m~1.0m 处，雨季施工应在基坑边挖排水沟或筑土堤，防止地表水流入基坑；土堤坡脚或排水沟边离基坑边的距离应为 0.6m~1.0m；

2 应保持基坑底土层的原状结构，缩短基底暴露时间；雨季施工或采用机械开挖时，应在基坑底设计标高以上预留 15cm~30cm 土层作为保护层，待下一工序垫层开始前进行人工清理；基底土层验收后，应立即浇筑垫层；浇筑垫层时，应采取措措施，避免施工机具、人员直接在基底土层上行进、践踏；

3 基坑开挖应根据坡顶荷载、地表水、地下水等因素验算边坡的稳定性，并注意对邻近建筑物的影响，深度在 5m 以内的基坑边坡按高宽比 1:0.3~1:0.5 进行开挖，并对坡面进行必要的防护；开挖时若发现有倾向于基坑的裂隙、节理面时，应及时采取措施，防止土体滑坡；当基坑开挖深度大于 5m 时，应进行专门的支护设计；

4 基坑抽水时，应防止黏土颗粒及粉细砂大量流失而造成基底土层扰动；基坑四周应设置引水沟、集水坑，沟（坑）边至基础外边距离不小于 1m，至基坑边坡底距离为 30cm~50cm；集水坑应均匀设置，间距 20m~30m；集水坑内设滤水层，并避免在一处集中抽水，以免黏粒及粉细砂大量流失；

5 基坑施工完毕，不应长期暴露，应及时回填；回填时，应按设计要求进行；如无要求，应排除积水、烂泥，清除土中杂物，从相对的两侧或四周同时均匀进行，分层夯实；

6 当基坑开挖深度范围内遇有中、微风化花岗岩球状风化体（孤石）时，在孤石与基础接触部位应超深凿除一定厚度的孤石后采用褥垫进行处理，褥垫可采用炉渣、中砂、粗砂、土夹石等材料，其厚度为 30cm~50cm，夯实度应根据试验确定；当建筑物对地基变形要求较高或地质条件比较复杂，不能按上述方法进行处理时，可适当调整建筑平面位置，也可采用桩基或梁、拱跨越等处理措施；

7 桩基孤石的处理可采用打（压）入式桩进行补桩，或改用挖孔、冲（钻）孔灌注桩予以穿越。

10.4.5 桩端嵌入残积土、全风化、强风化岩的预应力混凝土空心桩，沉桩后，应对桩端以上约 2m 范围内采取有效的防渗措施，可采用微膨胀混凝土填芯或在内壁预涂柔性防水材料。

10.4.6 地基处理的质量检测应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

11 岩 溶

11.1 一般规定

11.1.1 拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的岩溶时，应进行岩溶勘察。

11.1.2 根据碳酸盐岩地层被覆盖埋藏的情况，岩溶地基可分为裸露型岩溶、浅覆盖型岩溶、深覆盖型岩溶和埋藏型岩溶等四种类型。

11.1.3 根据岩溶发育程度，场地岩溶发育等级可按表 11.1.3 划分：

表 11.1.3 场地岩溶发育等级划分

岩溶发育等级	地表岩溶发育密度 (个/km ²)	线岩溶率 (%)	遇洞隙率 (%)	单位涌水量 (L/s·m)	岩溶发育特征
岩溶弱发育	<1	<5	<10	<0.1	以不纯碳酸盐岩为主，地表岩溶形态稀疏，泉眼、暗河及溶洞少见，无岩溶塌陷、漏斗；溶沟、溶槽弱发育；相邻钻孔存在临空面且基岩面高差小于 2m。
岩溶中等发育	1~5	5~20	10~30	0.1~1	以次纯碳酸盐岩为主，地表发育有洼地、漏斗、落水洞，泉眼、暗河稀疏、溶洞少见。介于强烈发育与弱发育之间。
岩溶强烈发育	>5	>20	>30	>1	岩性纯，分布广，地表有较多的洼地、漏斗、落水洞，泉眼、暗河、岩溶塌陷；溶沟、溶槽强发育，石芽密布，相邻钻孔间存在临空面且基岩面高差大于 5m；地下有暗河、伏流。

注：1 同一档次的四个划分指标中，根据最不利组合的原则，从高到低，有 1 个达标即可定为该等级；

2 地表岩溶发育密度是指单位面积内岩溶空间形态（塌陷、落水洞等）的个数；

3 线岩溶率是指单位长度上岩溶空间形态长度的百分比，即：线岩溶率=（钻孔所遇岩溶洞隙长度）/（钻孔穿过可溶岩的长度）×100%；

4 遇洞隙率是指钻探中遇岩溶洞隙的钻孔与钻孔总数的百分比。

11.2 岩土工程勘察

11.2.1 岩溶的岩土工程勘察宜采用工程地质测绘和调查、物探、钻探等多种手段相结合的方法进行，并应符合下列规定：

1 可行性研究勘察应查明岩溶洞隙、土洞的发育条件，并对其危害程度和发展趋势做出判断，对场地的稳定性和工程建设的适宜性做出初步评价；

2 初步勘察应查明岩溶洞隙及其伴生土洞、塌陷的分布、发育程度和发育规律，并按场地的稳定性和适宜性进行分区评价；

3 详细勘察应查明拟建工程范围及有影响地段的各种岩溶洞隙和土洞的位置、规模、埋深、岩溶堆填物性状和地下水特征，对地基基础的设计和岩溶的治理提出建议；

4 施工勘察应针对某一地段尚待查明的岩溶问题进行补充勘察。

11.2.2 岩溶场地的工程地质测绘和调查应调查下列内容：

- 1 岩溶洞隙的类型、分布、形态和发育规律；
- 2 岩面起伏、形态和覆盖层厚度；
- 3 地下水赋存条件、水位变化和运动规律；
- 4 岩溶发育与地貌、构造、岩性、地下水的关系；
- 5 土洞和塌陷的分布、形态及发育规律；
- 6 土洞和塌陷的成因及其发展趋势；
- 7 当地治理岩溶、土洞和塌陷的经验。

11.2.3 初步勘察勘探线、点的间距可按表 11.2.3 确定。对下列异常地段，应进行重点勘察，并加密勘探点：

- 1 地面塌陷或地表水消失的地段；
- 2 地下水强烈活动的地段；
- 3 碳酸盐岩层与非碳酸盐岩层接触的地段；
- 4 碳酸盐岩埋藏较浅且起伏较大的石芽发育地段；
- 5 软弱土层分布不均匀的地段；

- 6 物探成果异常或基础下有溶洞、暗河分布的地段；
- 7 构造发育带、破碎带及构造相交地段。

表 11.2.3 初步勘察勘探线、勘探点的间距（m）

地基复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距
一级（复杂）	40~80	25~40
二级（中等复杂）	60~120	35~80
三级（简单）	100~150	50~100

注：表中间距不适用地球物理勘探。

11.2.4 初步勘察勘探孔的深度可按表 11.2.4 确定。

表 11.2.4 初步勘察勘探孔深度（m）

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级（重要工程）	≥ 15	≥ 30
二级（一般工程）	10~15	15~30
三级（次要工程）	6~10	10~20

注：1 控制性勘探点应占勘探点总数的 1/4~1/3，且每个地貌单元均应有控制勘探点；

2 勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等；

3 特殊用途的钻孔除外。

11.2.5 当遇下列情形之一时，应适当增减勘探孔深度：

1 当勘探孔的地面标高与预计整平地面标高相差较大时，应按其差值调整勘探孔深度；

2 在预定深度内遇碳酸盐岩时，控制性勘探孔钻入碳酸盐岩基底下完整灰岩不应少于 5m，一般性勘探孔的深度达到基岩面下能确认碳酸盐岩即可终孔；

3 当预定深度内有软弱土层时，勘探孔深度应适当增加，部分控制性勘探孔应穿透软弱土层。

11.2.6 详细勘察勘探点应沿建筑物周边和角点布置，勘探点间距可按表 11.2.6 确定。异常地段应进行重点勘察，并加密勘探点。

表 11.2.6 详细勘察勘探点的间距 (m)

地基复杂程度等级	勘探点间距
一级 (复杂)	8~15
二级 (中等复杂)	15~20
三级 (简单)	20~25

11.2.7 详细勘察勘探点的深度除应满足下列要求:

1 当基础底面以下土层厚度不大于独立基础宽度的 3 倍或条形基础宽度的 6 倍、且具备形成土洞或其它地面变形条件时, 应有部分或全部勘探点钻入基岩 3m~5m;

2 当预计深度内有溶洞存在且可能影响地基稳定时, 应钻入洞底基岩面下不少于 2m, 必要时应圈定洞体范围, 如串珠状溶洞或溶隙深度大时, 勘探点的深度不宜超过 30m;

3 对重大建筑物基础应适当加深勘探点的深度;

4 对大直径嵌岩桩勘察深度应不小于桩底面下 3 倍桩径并不小于 5m, 当相邻桩底的基岩面起伏较大时应适当加深勘探点的深度;

5 为验证物探异常带布置的勘探点, 应钻入异常带以下适当深度, 但最大深度不宜超过 50m。

11.2.8 对岩溶地基岩体完整程度的定量划分, 可采用声波测井。测点间距根据岩性结构及岩体破碎程度可取 0.2m~0.4m。必要时, 可采用电磁波测井。

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

11.2.10 取样和原位测试的数量除应符合本规程第 4.2.8 条的规定外, 并宜符合下列要求:

1 当追索隐伏洞隙的联系时, 可进行物探或连通试验;

2 评价洞隙稳定性时, 可采取洞体顶板岩样和充填物土样作物理力学性质试验, 必要时可进行现场顶板岩体的静载

荷试验；

3 当需查明土的性状与土洞形成的关系时，可进行湿化、胀缩、可溶性和剪切试验；

4 当需查明地下水的动力条件、潜蚀作用、与地表水的联系，预测土洞和塌陷的发生、发展时，可进行流速、流向的测定和水位、水质的长期观测。

11.2.11 施工勘察的勘探点布置应符合表 11.2.11 的规定。

表 11.2.11 施工勘察勘探点布置

场地岩溶发育等级	勘探方法	基础类别	具体规定
岩溶中等发育	钻探	竖向受力较大或大直径嵌岩桩	不应少于 1 个钻孔
岩溶强烈发育	物探结合钻探	独立基础	不应少于 1 个钻孔
		条形基础	沿中线每 6m~12m 布置不应少于 1 个钻孔
		筏板基础	物探异常区应进行钻探验证，每 16m ² 布置不应少于 1 个钻孔
		竖向受力较大或大直径嵌岩桩	不应少于 1 个钻孔
	钻探	独立基础	1) 宜均匀布孔； 2) 基础面积 $A \leq 4\text{m}^2$ 时，不应少于 1 个钻孔； 3) 基础面积 $4\text{m}^2 < A \leq 9\text{m}^2$ 时，不应少于 3 个钻孔； 4) 基础面积 $A > 9\text{m}^2$ 时，不应少于 5 个钻孔
		条形基础	沿中线每 2m~4m 布置，不应少于 1 个钻孔
		筏板基础	每根柱下均不少于 1 个钻孔，对核心筒和剪力墙部位应适当加密
		竖向受力较大或大直径嵌岩桩	1) 桩径 $\leq 1\text{m}$ 时，不应少于 1 个钻孔； 2) $1\text{m} < \text{桩径} \leq 1.2\text{m}$ 时，不应少于 2 个钻孔； 3) $1.2\text{m} < \text{桩径} \leq 1.6\text{m}$ 时，不应少于 3 个钻孔； 4) 桩径 $> 1.6\text{m}$ 时，不应少于 4 个钻孔

注：以土层为持力层的土洞勘察，在土洞、塌陷可能分布的地段，可在已开挖的基槽内采用动力触探或钎探的方法进行勘察，勘探点的间距可在上表基础上加密。

11.2.12 施工勘察勘探点的深度应满足下列要求：

1 土层地基勘察中，对于条形基础、独立基础，勘察深度不应小于基础底面以下基础底面宽度的 3 倍且不小于 5m 或到岩层面，当基础底面下土层厚度小于地基变形计算深度，应钻入基岩 5m；对于筏板基础，勘探深度应满足设计要求；

2 岩石地基勘探中，对于条形基础、独立基础，应不小于基础底面以下基底宽度的 3 倍或进入作为持力层的基岩不小于 5m；对于筏板基础，勘探深度应满足设计要求；

3 大直径嵌岩桩勘探深度应为桩端以下不小于桩径的 3 倍且进入较完整岩或完整岩不小于 5m；

4 摩擦桩勘探深度应满足单桩承载力和变形要求；

5 当邻近基础或桩底的基岩面起伏较大时，应适当加深，同时在相邻基础（桩）间增加勘探点，查明可能影响基础（桩端）滑移的临空面。

11.2.13 桩基的施工勘察勘探点钻孔位置应符合下列规定：

1 当钻孔为 1 个时，宜布置在桩中心位置；

2 当钻孔为 2 个或 2 个以上时，开孔位置宜在桩径范围内均匀对称布置。

3 钻孔的定位应满足桩基施工规范要求。

11.2.14 施工勘察阶段应复核揭露岩土类别及参数是否与详细勘察成果一致，进一步完善详勘成果，指导设计、施工。

11.3 岩土工程评价

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

11.3.2 当场地存在下列情况之一时，可判定为未经处理不宜作为地基的不利地段：

1 有浅层洞体或溶洞群，洞径大，且不稳定的地段；

2 有埋藏的漏斗、槽谷等，并覆盖有软弱土体的地段；

3 有土洞或塌陷成群发育的地段；

4 岩溶水排泄不畅，可能被暂时淹没的地段。

11.3.3 当地基属下列条件之一时，对工程重要性等级为二级及以下工程可不考虑岩溶稳定性的不利影响：

1 基础底面以下土层厚度大于独立基础宽度的 3 倍或条形基础宽度的 6 倍，且不具备形成土洞或其它地面变形的条件；

2 基础底面与洞顶间岩土层厚度虽小于本条上款的规定，但符合下列条件之一时：

1) 洞隙或岩溶漏斗被密实的沉积物填满且无被水冲蚀的可能；

2) 洞体为基本质量等级为Ⅰ级或Ⅱ级岩体，顶板岩石厚度大于或等于洞跨；

3) 洞体较小，基础底面大于洞的平面尺寸，并有足够的支承长度；

4) 宽度或直径小于 1.0m 的竖向洞隙、落水洞近旁地段。

11.3.4 当不满足本规程第 11.3.3 条的条件时，应进行洞体地基稳定性分析，并应符合下列规定：

1 顶板不稳定，但洞内为密实堆积物充填且无流水活动时，可认为堆填物受力，按不均匀地基进行评价；

2 当能取得计算参数时，应将洞体顶板视为结构自承重体系进行力学分析；

3 有工程经验的地区，应按类比法进行稳定性评价；

4 在基础近旁有洞隙和临空面时，应验算向临空面倾覆或沿裂面滑移的可能及分析岩溶作用的不利影响；

5 对不稳定的岩溶洞隙应采用地基处理或桩基础。

11.3.5 对钻探深度范围内的溶洞，查明其平面形态后，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应大于 $0.3d$ (d 为溶洞直径)，Ⅱ级岩体中的溶洞，其溶洞顶板厚度应大于 $0.4d$ ，Ⅲ级岩体中的溶洞，其溶洞顶板厚度应

大于 $0.5d$ 时,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应由试验确定,初步确定时,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大于 $1.7d$ (d 为溶洞直径) 时,可不考虑溶洞的影响;

3 对基本质量等级为Ⅲ级或Ⅳ的岩体,可作原位实体基础静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。

11.3.6 对位于溶槽、漏斗、岩石陡坎近旁的基础,当岩体中有倾向临空面的不利软弱结构面时,应验算地基滑移稳定性。软弱结构面的抗剪强度宜由试验确定,初步确定时,可按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 选用。当稳定系数大于或等于 1.35 时,可不考虑地基滑移。

11.3.7 有土洞分布的场地,应分析土洞成因,预测其发生和发展的趋势,评价土洞对场地稳定性的影响。

11.3.8 对岩溶中等发育和强烈发育的浅覆盖型岩溶地基,当基岩面上部存在软弱土层时,应从地下水的潜蚀及土洞塌陷的形成、发育等方面,分析评价地基土的稳定性;对稳定性不良地段,应提出工程治理措施。

11.3.9 对地下水位高于基岩面的场地,需作施工降水时,应评价降水对周围环境的影响。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,或有以土层作地基持力层的建筑物时,如未采取可靠的防护措施,不宜采用降水施工;建筑场地附近不宜建供水水源井,对已建的供水水源井,应评价供水井抽水对场地稳定性的影响。

11.3.10 岩溶勘察报告除应包括下列内容:

- 1** 岩溶发育的地质背景和形成条件;
- 2** 溶隙、土洞、塌陷的形态、平面位置和顶底标高;
- 3** 岩溶稳定性分析;

4 岩溶治理和监测的建议。

11.4 岩溶治理与监测

11.4.1 对于影响地基稳定性的岩溶洞隙，应根据其位置、大小、埋深、围岩稳定性和水文地质条件等综合分析，因地制宜地采取相应的处理措施；一般处理措施可采用填堵、结构跨越、灌浆、设置褥垫、调整基础底面面积和地下水排导等。

11.4.2 对于影响地基稳定性的土洞或塌陷，其处理措施应符合下列规定：

1 由地表水下渗及潜蚀作用形成的土洞或塌陷地段，应采取地表截流、防渗或堵漏等措施；对土洞应根据其埋深分别选用挖填、灌砂等方法处理；

2 由地表水形成塌陷或浅埋土洞，应清除软土，抛填块石作反滤层；面层用黏土夯填；对深埋土洞，宜用砂、砾石或细石混凝土灌填；在上述处理的同时，尚应采用梁板或拱跨越；对重要建筑物，可采用桩基处理。

11.4.3 在岩溶地基处理中，应根据出现的问题，进行必要的补充勘探、测试与监测，针对具体条件及时修改设计及施工方案，对岩溶强烈发育场地，应有勘察人员配合工程施工。

11.4.4 地基处理后，应按有关规定进行质量检测；岩溶场地的桩基，特别是钻孔灌注桩，应按国家现行相关标准的规定进行桩体质量检测，并适当增加检测量。

11.4.5 岩溶土洞发育区应监测下列内容：

- 1 地面变形；
- 2 地下水位的动态变化；
- 3 场区及其附近的抽水情况；
- 4 地下水位变化对土洞发育和塌陷发生的影响。

12 采空区

12.1 一般规定

12.1.1 本章适用于老采空区和现采空区的岩土工程勘察。

12.1.2 采空区勘察应查明采空区上覆岩土层的稳定性，预测现采空区的地表移动、变形的特征和规律性；判定其作为工程场地的适宜性。

12.2 岩土工程勘察

12.2.1 采空区的岩土工程勘察宜以搜集资料、调查访问为主，并应查明下列内容：

1 矿层的分布、层数、厚度、深度、埋藏特征和开采层的上覆岩层的岩性、构造等；

2 矿层开采的范围、深度、厚度、时间、方法和顶板管理方法，采空区的塌落、密实程度、空隙和积水等；

3 地表变形特征和分布，包括地表陷坑、台阶、裂缝的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与地质构造、开采边界、工作面推进方向等的关系；

4 地表移动盆地的特征，划分中间区、内边缘区和外边缘区，确定地表移动和变形的特征值；

5 采空区附近的抽水和排水情况及其对采空区稳定的影响；

6 当地建筑物变形情况和防治措施的经验。

12.2.2 采空区岩土工程勘察的方法应包括下列内容：

1 工程地质调查与测绘；

2 工程物探；

3 工程钻探；

4 室内试验及原位测试;

5 地表变形观测。

12.2.3 工程地质调查与测绘采用的方法应包括工程地质调查、采矿情况调查、变形观测、采空区稳定程度调查及井下测量工作。

12.2.4 工程物探方法应包括电法勘探、电磁勘探、地震勘探、重力勘探和氦射气勘探等。

12.2.5 钻探工作应包括下列内容:

1 对地质测绘、采矿区调查资料及采空区地球物理探测成果进行验证;

2 查明采空区的地层结构;

3 查明采空区的埋深、厚度、顶底板岩性;

4 查明采空区引起的垮落带、裂隙带和弯曲带的埋深、高度和发育情况;

5 采集岩、土样品;

6 进行必要的原位测试、物探试验及水文试验。

12.2.6 钻孔位置和数量应根据工程地质测绘成果、物探异常带、地表变形观测资料、建筑物位置及建筑的重要性来确定。

12.2.7 对采深小、地表变形剧烈且为非连续变形的小窑采空区,应通过搜集资料、调查、物探和钻探等工作,查明采空区和巷道的位置、大小、埋藏深度、开采时间、开采方式、回填塌落和充水等情况;并查明地表裂缝、陷坑的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与采空区的关系。

12.2.8 应对采空区地面进行变形观测,查明采空区变形的范围、变形特征、地表垂直沉降量、地表倾斜、地表水平变形、地表曲率以及变形速率等数据。观测的等级、观测点的布置、观测周期、观测精度、观测资料整理应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的有关规定。

12.3 场地稳定性评价

12.3.1 采空区场地稳定性评价方法可采用开采条件判别法、地

表移动变形预计法、沉降观测法和有限元算法；其中前三种应为评价的主要方法，有限元法可作为评价的参考。

12.3.2 采空区场地应根据开采情况、地表移动盆地特征和变形大小，划分为不宜建筑的场地和相对稳定的场地，并应符合下列规定：

1 下列地段不宜作为建筑场地：

- 1) 在开采过程中可能出现非连续变形的地段；
- 2) 在地表移动处于活跃阶段的地段；
- 3) 在特厚矿层和倾角大于 55° 的厚矿层露头的地段；
- 4) 在地表移动和变形可能引起边坡失稳和山崖崩塌的地段；
- 5) 在地表倾斜大于 10mm/m 或地表曲率大于 0.6mm/m^2 或地表水平变形大于 6mm/m 的地段。

2 下列地段作为建筑场地时，应评价其适宜性：

- 1) 在采空区采深采厚比小于 30 的地段；
- 2) 在采深小、上覆岩层极坚硬，并采用非正规开采方法的地段；
- 3) 在地表倾斜为 $3\text{mm/m}\sim 10\text{mm/m}$ 或地表曲率为 $0.2\text{mm/m}^2\sim 0.6\text{mm/m}^2$ 或地表水平变形为 $2\text{mm/m}\sim 6\text{mm/m}$ 的地段。

3 相对稳定场地应包括下列区域：

- 1) 地表变形趋于稳定，且无重复开采可能的地表移动盆地的中间区；
- 2) 预测地表变形小于建筑物允许变形的地段。

12.3.3 小窑采空区的建筑物应避开地表裂缝和陷坑地段。对次要建筑且采空区采深采厚比大于 30，地表已经稳定时可不进行稳定性评价；当采深采厚比小于 30 时，可根据建筑物的基底压力、采空区的埋深、范围和上覆岩层的性质等评价地基的稳定性，并根据矿区经验提出处理措施的建议。

12.4 采空区治理与监测

12.4.1 在采空区设计新建筑物时，应在充分掌握地表变形规律

及分析地表稳定性的基础上，选择有利的建筑场地和采取有效的建筑和结构措施，保证建筑物的正常使用功能，并应符合以下规定：

1 选择地表变形小、变形均匀的地段进行建筑，应避开地表变形较大和裂缝、陷坑、台阶等分布地段；

2 选择地基土层均一的场地，应避免把基础置于软硬不一的地基土层上；当为岩石地基时，可在基槽内设置砂垫层，以缓冲建筑物变形；

3 建筑物平面力求形状简单、对称，宜为矩形，高度应一致。建筑物或变形缝区段长度宜小于 20m；

4 应采用整体式基础，加强上部结构刚度，以保证建筑物具有足够的刚度和强度；

5 在地表非连续变形区内，应在框架与柱子之间设置斜拉杆，基础设置滑动层等措施；在地表压缩变形区内，宜挖掘变形补偿沟。在地下管网接头处，可设置柔性接头，增设附加阀门等。

12.4.2 采空区的治理方法主要有注浆法和非注浆法，非注浆法包括干砌法、浆砌法、开挖回填法和桥跨法；对采深小、地表变形剧烈且为非连续变形的小采空区的治理方法应符合下列规定：

1 回填或压力灌浆，回填材料宜采用毛石混凝土或流态固化土等；

2 应加强建筑物基础和上部结构的刚度。

12.4.3 对现采空区，应进行地表移动和建筑物变形的监测，并应符合下列规定：

1 观测线宜平行和垂直矿层走向布置，其长度应超过移动盆地的范围；

2 观测点的间距可按开采深度的 $1/7 \sim 1/10$ 确定；

3 观测周期应根据地表变形速度和开采深度确定。

13 危岩和崩塌

13.1 一般规定

13.1.1 拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的危岩或崩塌时，应进行危岩和崩塌勘察。

13.1.2 危岩按其失稳模式可分为滑塌式、倾倒式和坠落式危岩；崩塌按形成机理可分为倾倒式崩塌、滑移式崩塌、鼓胀式崩塌、拉裂式崩塌和错断式崩塌。

13.1.3 崩塌规模等级可按表 13.1.3 进行划分。

表 13.1.3 崩塌规模等级

灾害等级	特大型	大型	中型	小型
体积 V (10^4m^3)	$V \geq 100$	$100 > V \geq 10$	$10 > V \geq 1$	$V < 1$

13.2 岩土工程勘察

13.2.1 危岩和崩塌的岩土工程勘察应在拟建建（构）筑物的可行性研究或初步勘察阶段进行，应采用安全可靠的技术手段，防止因勘察而诱发危岩和崩塌的发生。

13.2.2 危岩和崩塌的岩土工程勘察应查明危岩分布及产生崩塌的条件、危岩规模、类型、稳定性以及危岩崩塌危害的范围等，对崩塌危害做出工程建设适宜性的评价，并根据崩塌产生的机制提出防治建议。

13.2.3 勘察范围应包括危岩带和可能崩落的陡坡区及相邻的地段，坡顶应到达卸荷带之外一定位置，岩质边坡不应不小于 1 倍边坡高度，土质边坡不应小于 1.5 倍边坡高度，坡底应到达危岩崩塌堆积区外一定的距离，以便准确圈定危岩和崩塌的范围和规模。

13.2.4 危岩和崩塌的岩土工程勘察应以地质测绘与调查为主，以勘探为辅；当宏观判定稳定性较差时应按滑坡勘察的要求进行勘察。

13.2.5 危岩和崩塌区工程地质测绘和调查的比例尺宜采用 1：200~1：500；对危岩体和危岩崩塌方向主剖面的比例尺宜采用 1：200。

13.2.6 危岩和崩塌的岩土工程勘察应符合下列规定：

1 应收集当地崩塌类型、规模、范围、方向和危害程度等崩塌史、气象、水文、工程地质勘察（含地震）、防治危岩和崩塌的经验资料；

2 应查明崩塌区的地形地貌；

3 应查明危岩和崩塌区的地质环境条件；重点查明危岩和崩塌区的岩体结构类型、结构面形态、产状、组合关系、延伸长度和密度、闭合程度、力学属性、贯通情况和岩性特征、风化程度以及下伏洞室等；

4 应查明地下水活动状况；

5 应分析危岩变形迹象和崩塌原因。

13.2.7 危岩和崩塌区勘探应符合下列规定：

1 为查清地质构造及被覆盖的裂隙特征、充填物的性质及充水情况，有条件时可布置适当槽探和少量钻探；并结合采用跨孔声波测试、孔中彩色电视及地质雷达测试等手段；

2 对勘探控制性结构面的钻孔应采用水平或倾斜钻进，钻孔应穿过控制性结构面，深度不应小于可能的卸荷带最大宽度和结构面最大间距；

3 对崖顶卸荷带、软弱基座分布范围的勘探应采用槽探和井探；

4 探槽和探井的总数量占勘探点总数的比例不应少于 1/3；

5 对危岩带勘察时，勘探线应通过危岩体重心，勘探线间距应为 80m~100m；对单个危岩进行勘探时，勘探线应通过危岩体重心；

6 勘探点应能控制危岩体的主要结构面，揭露同一结构面的勘探点不宜少于 3 个；

7 当拟采用锚杆（索）结构工程措施时，孔深应穿越最底层结构面，深入较完整、完整岩石 3m~5m；

8 当采用落石槽、拦石墙、拦石网或其它被动防护工程措施时，工程设置部位应按本规程的相关规定布置勘探工作；

9 危岩和崩塌勘察的试验样品应在母岩及治理工程可能涉及的范围采取；当结构面中有充填土时，应采取土样；

10 危岩岩样采取的数量每种岩性的岩样不应少于 6 组，每组不应少于 3 件。

13.2.8 对危岩体及其母岩、基座应采样作物理力学性质、抗压强度及变形试验；对受抗拉强度控制的危岩和结构面的岩土体应采样作抗拉强度试验；对受抗剪强度控制的危岩和结构面的岩土体或充填物应采样作室内抗剪强度试验，有条件时可进行现场抗剪强度试验。

13.2.9 对崩塌落石的方向、运动路径、方式、弹跳高度、距离和堆积范围等难以判明时，宜在现场进行简易岩块滚落试验；需要进行落石计算，求取落石运动速度、投射角等参数时，可在现场进行人工落石试验。

13.3 岩土工程评价

13.3.1 危岩和崩塌的岩土工程评价应符合下列规定：

1 对规模大，稳定性差，破坏后果很严重，难于治理的，不应作为工程场地，建设工程应避让，当无法避让时，必须采取确实可靠的工程措施；

2 对规模较大，稳定性较差，破坏后果严重的，应对可能产生崩塌的危岩进行清除、加固处理，建设工程应采取防护措施；

3 对规模小，破坏后果不严重的，可作为工程场地，但应对不稳定或稳定性较差的危岩采取清除或加固治理措施。

13.3.2 应根据危岩的破坏型式按单个危岩形态特征进行分析评价，并提供相关图件，标明危岩分布、大小和数量。危岩和崩塌的稳定性评价应以定性和半定量分析为主，定量分析为辅，互相验证，可采用下列评价方法：

1 工程地质类比法：对已有的崩塌或附近崩塌区以及稳定区的山体形态、斜坡坡度、岩土体岩性、地质构造和结构面分布、产状、闭合及填充情况进行调查对比，分析山体的稳定性及危岩的分布，判断产生崩塌落石的可能性及其破坏力；

2 图解分析法和多因素综合评判分析法：当存在多组结构面分离切割形成崩塌型危岩体时，宜采用赤平投影等图解方法，将结构面和临空面按三维空间组合进行评价；在建设工程场地较大、地质条件差异明显、区域工程地质资料较丰富时，可采用层次分析、模糊判别、灰色理论等方法，在综合考虑地形地貌、地层岩性结构、地质构造、水文气象和人类工程活动等因素的基础上，进行危岩和崩塌的稳定性分析；

3 力学分析法：在分析可能崩塌体、落石的崩塌类型和受力条件的基础上，用块体平衡理论计算其稳定性；计算时应考虑当地地震力、风力、爆破力、地表水冲刷力、地下水静水压力和扬压力、冰冻力等的影响。

13.3.3 当拟采用拦石墙、拦石网等拦截建（构）筑物对崩塌落石进行防护时，应计算崩塌落石的运动速度、撞击力和弹跳高度，计算方法可根据崩塌落石类型按照能量守恒原理进行。

13.3.4 危岩和崩塌区岩土工程勘察报告应根据山体地形地貌、地层岩性结构、地质构造、危岩崩塌及其堆积物发育情况、变形特征和稳定性，进行崩塌隐患场地分类，圈出可能崩塌的范围和危险区，对各类建（构）筑物的场地适宜性作出评价，并提出防治对策和方案的建议。

13.4 危岩和崩塌防治与监测

13.4.1 危岩和崩塌的防治应以根治为原则，当不能清除或根治时，对大型崩塌宜采用避让措施，对中、小型崩塌可采用下列综合防治措施：

1 对小型危岩和崩塌，可修筑明洞、棚洞等遮挡建筑物使线路通过；

2 对中、小型危岩和崩塌，当建筑工程或线路工程离坡脚有足够距离时，可在预测崩塌落石路径的坡脚或半坡设置落石平台或拦石墙、拦石网；

3 对中、小型危岩和崩塌，可在危岩体的下部修筑支撑柱、支撑墙，亦可将易崩塌体用锚索（杆）、挂网、锚喷与斜坡稳定部分联固；

4 对小型危岩和崩塌，对岩体中存在的空洞、溶隙、裂缝，可用片石填补、混凝土或水泥浆灌注；

5 对易风化的软弱岩层，可用沥青、砂浆或浆砌片石护面；

6 设排水工程以拦截疏导斜坡地表水和地下水；

7 在危石突出的山嘴以及岩层表面风化破碎不稳定的山坡地段，可削缓山坡。

13.4.2 为判定剥离体或危岩的稳定性，应对危岩体及其张裂缝变形、地表水、地下水和应力变化等进行监测。对有较大危害的大型危岩，应结合监测结果，对可能发生崩塌的时间、规模、滚落方向、路径、危害范围等做出预报。

14 滑 坡

14.1 一般规定

14.1.1 拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的滑坡或有滑坡可能时，应进行专门的滑坡勘察。

14.1.2 建设工程应力求避让大型滑坡；在需要对滑坡整治时，应采用综合治理措施，整治施工应先于主体工程。

14.2 岩土工程勘察

14.2.1 滑坡勘察应包括下列内容：

- 1 查明滑坡范围、类型及要素；
- 2 查明滑坡的性质、地质环境、变形阶段；
- 3 分析滑坡的成因、判定稳定程度及其危险程度；
- 4 提出计算、评价和防治工程设计需要的有关岩土物理力学及地下水的参数；
- 5 预测滑坡发展趋向、阐明滑坡防治的必要性，提出滑坡防治对策或整治设计的建议。

14.2.2 滑坡岩土工程勘察应先进行工程地质测绘与调查，其范围应包括滑坡及其邻区，且应大于滑坡对斜坡及建筑物有影响的区域，即在滑坡的后缘应包括滑坡后缘以外一定范围的稳定斜坡或汇水洼地，在滑坡前缘应包括剪出口以下的稳定地段，在滑坡的两侧应到达滑体以外一定距离或邻近沟谷。涉水滑坡尚应到达河（库）心或对岸。

14.2.3 工程地质测绘与调查的比例尺宜采用 1：200~1：1000，根滑坡面积、滑坡地质环境复杂程度、防治工程等级和滑坡治理工程设计的需要进行选择，对大型、特大型滑坡地质测绘平面图的比例尺可采用 1：2000。

14.2.4 滑坡工程地质测绘与调查应包括下列内容：

1 滑坡区的自然地理、行政区划、交通状况、气象水文、地质环境、区域经济状况、地震和人类活动等相关资料；

2 滑坡各种要素特征和滑坡的变形破坏历史及现状，包括滑动时间、滑坡周界、微地貌及地物变形特征、各种裂隙的时间顺序与标高、建筑物开裂情况及修复过程；对滑坡重点部位应摄影或录像；

3 地表水、地下水、泉和湿地等的分布；

4 根据地形特征、树木的异态及地面裂缝分布规模等情况判定滑坡范围、主滑方向及主滑线，并对滑坡的成因、性质和稳定性作出判断；

5 当地治理滑坡的经验。

14.2.5 滑坡勘探应查明滑坡体的范围、厚度、物质组成和滑面（带）的个数、形状、滑带厚度与物质组成；查明滑体内含水层的层数、分布和地下水位、分布、来源、动态及各含水层间的水力联系。

14.2.6 滑坡勘探宜采用钻探、坑（井）探和槽探等方法，必要时，应辅以洞探和物探方法，根据需要可按表 14.2.6 选用。

表 14.2.6 滑坡勘探方法

勘探方法		适用条件及勘探点布设位置
钻探		用于了解滑体内部的结构，滑面（带）的深度、个数、地下水位及水量，采集滑体、滑带及滑床岩、土、水样。
槽探		用于确定滑坡周界、后缘滑壁和前缘剪出口附近滑面的产状及裂隙延伸情况，有时也可用作原位直剪试验的试坑。
井探		用于观察滑体结构和滑面（带）特征、取不扰动试样和进行原位直剪试验。主要应布在滑坡的主滑线附近。
洞探 （平硐或斜洞）		用于了解滑坡内部特征，取不扰动试样和进行原位直剪试验；适用于地质环境复杂、深层、超深层的滑坡。洞口宜选在滑坡两侧沟壁或滑坡前缘。平洞可兼作观测洞，也可用于汇排地下水，常结合滑坡排水整治施工布置。
物探	电法勘探	常用高密度电法。用于了解滑体厚度、岩性的变化，了解下卧基岩起伏和断裂破碎带的分布，了解滑坡区含水层、富水带的分布和埋深。在滑坡规模较大、物性差异较大、地形地物变化较小时采用。勘探线宜布置在主滑线上、剖面线间及支挡工程轴线附近。
	地震勘探	常用浅震反射波法。用于探测滑坡区基岩埋深，滑面位置、形状。在非人口密集区滑坡规模较大时采用。勘探线宜布置在主滑线上、剖面线间及支挡工程轴线附近。

14.2.7 滑坡勘探工作应遵循先勘探主滑线后勘探主滑线两侧的原则，并应符合下列规定：

1 勘探线应平行滑坡主滑方向布置，主滑线必须有一条勘探线；当滑坡规模较大时，在主滑线两侧尚应平行布置 1~2 条勘探线，勘探线间距应为 20m~40m；在滑坡体转折处和预计支挡工程轴线及拟设地下排水构筑物位置也应布置勘探线；

2 勘探点的间距应为 20m~30m；主滑线和支挡工程轴线上应取较小值，滑坡纵向变化大时应取小值，滑坡前、后缘应取小值；勘探点的布置，应满足能绘制 1~2 条横剖面，必要时在后缘稳定地段布置一个勘探点；

3 滑坡勘探深度的确定应符合下列规定：

1) 控制孔勘探深度应进入可能的最低滑面以下 3m~5m，其它钻孔可钻至最低滑面以下 1m~3m；如滑坡有无深层滑面难以判断时，个别控制性勘探点可根据需要加深；探井应揭穿最低滑面；

2) 对需要整治的滑坡，在可能治理部位的勘探深度应满足整治工程设计的需要，在拟设置抗滑桩地段的钻孔进入滑床的深度宜为孔位处滑体厚度的 1/2，并不小于 5m。

4 滑坡勘探应满足下列要求：

1) 钻探应干作业施工；对滑体松软土层采用单动双管、塑胶护壁、无泵或小水量钻进等钻探工艺，水文孔应采用滤水管护壁；为保证取样和试验的需要，钻孔终孔直径不应小于 110mm；

2) 岩芯采取率，对土质滑坡滑体土不应小于 75%，对岩质滑坡滑体不应小于 85%，对滑带土不应小于 90%，对滑床不应小于 85%；

3) 钻进过程中应观测、记录钻进难易程度的变化，测量记录缩径、掉块、塌孔、卡钻、涌水、漏水及套管变形的位臵；观测记录地下水的初见水位和稳定水位；接近滑面（带）时，回次进尺不应大于 0.3m；

- 4) 每一探井均应取不同深度且每米取 1 件的土样测定含水量、饱和度，绘制含水量随深度的变化曲线；
- 5) 对槽井中滑带土的物质组成、滑动面应进行鉴定，测量滑面的产状及擦痕方向；
- 6) 应取相关样品或作相应试验；
- 7) 所有勘探工作完成后都应填写验收表；验收后，合格的钻孔、探井、探坑、探槽（用于监测的除外）均应及时封填密实。

5 滑坡勘探编录应符合下列规定：

- 1) 各类勘探工程均应按工程进度及时作相应的地质编录；
- 2) 应编录记录滑带、滑动面的位置、特征、产状，并对岩芯拍照，必要时可拍滑带、滑动面的岩芯微距照或绘制岩芯素描图；
- 3) 编录图应以基线为准量测、现场绘制，探槽应展示图至少一壁一底，探井展示图应至少三壁一底，探洞展示图应为两壁一项，钻孔应作柱状图；
- 4) 编录图的比例尺应能反映滑带特征，宜为 1:50~1:100。

14.2.8 滑坡勘察时，测试试验应符合下列规定：

1 取样位置应主要布置在滑坡主滑线上及可能支挡的部位；取样勘探点不应少于勘探点总数的 1/3，每层岩土（含滑带土和软夹层）主要指标的试样数量：土层不应少于 6 组，岩石不应少于 9 组；

2 滑体土、滑带土测试指标应包括天然重度、饱和重度、含水量、压缩系数、液限、塑限、天然及饱和状态的黏聚力、内摩擦角；对于滑体土应以原状土的天然快剪和饱和快剪为主，必要时应采用原状土三轴压缩试验；对于滑带土应作饱和重复剪或重塑土重复剪试验；

3 有条件时应进行滑带土原位剪切试验；剪切试验成果应包括峰值强度指标和残余强度指标；

4 对滑床岩土体应作常规土工试验或岩石物性、强度及变

形试验；

5 应根据需要进行岩土体的现场渗透试验。

14.2.9 滑带土的抗剪强度指标应以测试成果、反分析成果、宏观地质判断和当地工程经验综合确定；如不同剖面或同一剖面不同地段的抗剪强度差异明显时，对滑带土的抗剪强度指标应分区、分段分别取值。

14.3 滑坡稳定性评价

14.3.1 滑坡稳定性评价应在进行滑坡稳定性分析及计算的基础上进行。

14.3.2 滑坡稳定性分析应在查明工程地质条件的基础上，根据滑坡的岩土类型和结构、地形、地质条件、滑坡成因及已经出现的变形破坏迹象等，并应按下列规定综合确定。

1 滑坡变形滑动阶段划分应符合按表 14.3.2-1 的规定；

表 14.3.2-1 滑坡变形滑动阶段划分表

变形滑动阶段	滑动带及滑动面	滑坡前缘	滑坡后缘	滑坡两侧	滑坡体
变形阶段	主滑段滑动带在蠕动变形，但滑体尚未沿可能滑动带位移，少数探井及钻孔发现新滑面	无明显变化，未发现新的泉点	地表或建筑物出现一条或数条与地形等高线大体平行的拉张裂缝，裂缝断续分布，多成弧形向内侧突出	无明显裂缝，边界不明显	无明显异常
蠕动阶段	主滑段滑动带已基本形成，滑体局部沿滑动带位移，滑带土特征明显，多数探井及钻孔发现滑动带有镜面、擦痕及搓揉现象	常有隆起，有放射状裂缝或大体垂直等高线的压张裂缝，有时有局部坍塌现象或出现湿地、泉水溢出	地表或建筑物拉张裂缝多而宽，且贯通，外侧交错	出现雁行羽状剪切裂缝	有裂缝及少量沉陷等异常现象

续表 14.3.2-1

变形滑动阶段	滑动带及滑动面	滑坡前缘	滑坡后缘	滑坡两侧	滑坡体
滑动阶段	整个滑坡滑动带已全面形成，滑动带土特征明显且新鲜，绝大多数探井及钻孔发现滑动带有镜面、擦痕及搓揉现象，滑动土含水量常较高	出现明显的剪出口并经常错出，剪出口附近湿地明显，有一个或多个泉点，有时形成了滑坡舌，滑坡舌常明显伸出，鼓胀及放射状裂缝加剧非常有坍塌	张裂缝与滑坡两侧羽状裂缝连通，常出现多个阶坎或地堑式沉陷带，滑坡壁常较明显	滑坡后缘张裂缝与羽状裂缝连通，滑坡周界明显	有差异运动形成的纵向裂缝，滑坡后缘上的水塘、水沟或水田渗漏，不少树木成醉树，滑坡体整体位移
稳定阶段	滑体不再沿滑动带滑移，进入固定状态，滑动土含水量降低	滑坡舌伸出，覆盖于原地表上或到达前方阻挡体而壅高，前缘湿地明显，鼓舌不再发展	裂缝不再增多，不再扩大，滑坡壁明显	羽状裂缝不再增多，不再扩大，甚至闭合	滑体变形不再发展，原始地形总体坡度显著变小，裂缝不再增多，不再扩大，甚至闭合

2 滑坡的稳定性应根据地貌特征，按表 14.3.2-2 判断。

表 14.3.2-2 根据地貌特征判断滑坡稳定性

滑坡要素	相对稳定	不稳定
滑坡体	坡度较缓，坡面较平整，草木丛生，土体密实，无松塌现象，两侧沟谷已下切深达基岩	坡度较陡，平均坡度大于 30°，坡面高低不平，有陷落松塌现象，无高大直立树木，地表水、泉、湿地发育
滑坡壁	滑坡壁较高，长满草木，无擦痕	滑坡壁不高，草木少，有坍塌现象，有擦痕
滑坡平台	平台宽大，且已夷平	平台面积不大，有向下缓倾或后倾现象
滑坡前缘及滑坡舌	前缘斜坡较缓，坡上有河水冲刷过的痕迹，并堆积了漫滩阶地，河水已远离舌部，舌部坡脚有清晰泉水	前缘斜坡较陡，常处于河水冲刷之下，无漫滩阶地，有时有季节性泉水出露

3 将滑坡地段的工程地质、水文地质条件与附近相似条件的稳定山坡进行对比，分析其差异性，应按下列规定，判定其稳

定性及预测其发展趋势。

1) 滑坡两侧及滑坡范围内同一沟谷的两侧，在滑动体与相邻稳定地段的地质断面中，详尽的对比描述各层的物质组成、组织结构、不同矿物含量和性质，风化程度和液性指数在不同位置上的分布等，借以判断山坡处于滑动的某一阶段及其稳定程度；

2) 分析滑动面的坡度、形状、与地下水的关系，软弱结构面的分布及其性质，以判断其稳定性及预测其发展趋势；

3) 若下卧基岩呈凸形的，不易积水，较稳定；相反，呈勺形，且地表有反坡向地形时，易积水，不稳定；

4 应根据滑动前的迹象及滑动因素的变化，如裂缝、泉水复活、舌部鼓胀、隆起等，以及引起滑动的自然和人为因素如切方、填土、冲刷等，分析和研究滑坡的下滑力与抗滑力的变化，从而判断滑坡的稳定性；

5 应利用滑坡工程地质图，根据各阶地标高的联结关系，滑坡位移量与周围稳定地段在地物、地貌上的差异，以及滑坡变形历史等分析地貌发育历史过程和变形情况来推测其发展趋势，判断滑坡整体和局部的稳定程度。

14.3.3 滑坡稳定性分析评价应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定。

14.3.4 当滑坡稳定系数小于安全系数时应给出剩余下滑力。滑坡剩余下滑力计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

14.3.5 滑坡勘察报告应包括下列内容：

1 文字部分应包括：前言、勘察区的自然地理条件、地质构造、地层岩性、水文地质条件，滑坡的成因、规模、类型，滑坡稳定性的分析、计算和评价，滑坡整治措施、结论和建议；

2 图件和附件应包括：滑坡平面地质图、勘探点线布置图、剖面图、滑体等厚线图、滑床顶面等高线图、滑坡剩余下滑

力计算剖面图、地下水位等水位线图、钻孔柱状图、探槽、探井、平洞展示图、测试报告、物探报告、监测报告等。

14.4 滑坡整治与监测

14.4.1 滑坡整治应根据滑坡的规模、岩土工程条件、环境因素、下滑力、安全性等级等，宜采用综合整治方案，并应符合下列规定：

1 对浅层滑坡，应采用挡土墙或抗滑桩方案；

2 对规模较小滑坡，且在滑坡区内有一、二级建筑时，应采用锚（索）拉式排桩、门字桩方案；无建筑物时，应采用悬臂桩、锚杆（索）方案；

3 对地下水丰富、规模较大的滑坡，且滑坡内有一、二级建筑物时，应在滑面上下设疏水巷道加降水孔疏干滑体，截排地表水，在有利部位辅以排桩式锚杆（索）、门字桩、锚索等治理；

4 对工程重要性等级为二、三级工程、规模较小的滑坡，应疏干沼泽湿地，排出滑坡内的地表水，改水田为旱地，在建筑物地段采用悬臂桩局部支挡切断滑坡。有条件时在滑坡前缘采用反压马道等整治方案；

5 当条件允许时，对规模较小的滑坡采用主滑段减载、抗滑段反压的方案。

14.4.2 滑坡整治应坚持预防为主方针，首先做好滑体外围及坡面的有组织排水、防渗、堵漏，整治施工前应消除直接引发岩土体失稳的人为和自然的因素。

14.4.3 滑坡整治施工宜早、宜快，应一次性完成综合整治；当设计整治措施分项、分期实施时，应考虑自然、人为因素和时间的改变对滑坡的不利影响。

14.4.4 对整治时段的选择，应安排在滑体滑移速率趋于平稳或有利于工程施工的季节进行；整治施工中应注意避免或减轻整治工程活动对滑坡的稳定产生不利的影响。

14.4.5 滑坡的监测应包括下列内容：

- 1 滑坡体的位移；**
- 2 滑面位置及错动；**
- 3 滑坡裂缝的发生和发展；**
- 4 滑坡体内外地下水位、流向、泉水流量和滑带孔隙水压力；**
- 5 支护结构及其它工程设施的位移、变形、裂缝的发生和发展。**

14.4.6 滑坡的监测应满足下列要求：

1 滑坡的变形监测，应在滑坡勘察开始时进行，直到整治结束，对规模较大的滑坡至少监测一个水文年，必要时应长期监测；

2 对规模较大的滑坡在施工开始时，应对支挡结构的应力和变形进行监测，直到主体完工；

3 滑坡变形监测点应按观测线布置，观测线应垂直滑坡的滑动方向，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；

4 观测滑坡地下水位、疏水工程及泉的流量变化，观测应与滑坡的变形监测同步，观测期不应少于一个水文年；对规模较大的滑坡应长期监测。

15 边坡工程

15.1 一般规定

15.1.1 边坡按成因可分为人工边坡和自然边坡，按地层岩性可分为土质边坡和岩质边坡。

15.1.2 边坡工程按其破坏后可能造成的破坏后果的严重性、边坡类型和坡高等因素，应按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 将边坡工程安全等级划分为三个等级。

15.1.3 一级建筑边坡工程应进行专门的岩土工程勘察；二、三级建筑边坡工程可与主体建筑勘察一并进行，但应满足边坡勘察的深度和要求；大型的和地质环境条件复杂的边坡宜分阶段勘察；地质环境复杂的一级边坡工程尚应进行施工勘察；当边坡成为建筑场地取舍与比选条件之一时，应对该边坡提前进行专门勘察。

15.2 岩土工程勘察

15.2.1 边坡岩土工程勘察前应取得下列资料：

- 1 附有坐标和地形的拟建建（构）筑物的总平面布置图；
- 2 拟建建（构）筑物的性质、结构特点及可能采取的基础形式、尺寸和埋置深度；
- 3 边坡高度、坡底高程和边坡平面尺寸；
- 4 拟建场地的整平标高和挖方、填方情况；
- 5 场地及其附近已有的勘察资料和边坡支护型式与参数；
- 6 边坡及其周边地区的场地等环境条件资料；
- 7 收集相关气象资料、最大降雨强度和十年一遇的最大降雨量，研究降雨对边坡稳定性的影响；

8 收集历史最高水位资料，调查可能影响边坡水文地质条件的水库、江河等水源因素以及相关水库的水位调度方案资料等。

15.2.2 对一级安全等级的边坡，应分阶段进行岩土工程勘察，各勘察阶段应符合下列规定：

1 初步勘察应搜集地质资料，进行工程地质测绘和少量的勘探和室内试验，初步评价边坡的稳定性；

2 详细勘察应对可能失稳的边坡及相邻地段进行工程地质测绘、勘探、试验、观测和分析计算，做出稳定性评价，对人工边坡提出最优开挖坡角；对可能失稳的边坡提出防护处理措施的建议；

3 施工勘察应配合施工开挖进行地质编录，核对、补充前阶段的勘察资料，必要时，进行施工安全预报，提出修改设计的建议。

15.2.3 对二级及以下安全等级的边坡，勘察阶段可适当简化，可进行详细勘察。

15.2.4 边坡的工程地质测绘与调查应符合下列规定：

1 调查边坡的整体稳定情况，其范围应包括可能对场地稳定性有影响的全部边坡地段；地形图比例尺应根据场地大小及复杂程度采用 1：500~1：2000；

2 应调查边坡的形态特征；应查明有无滑坡、错落、崩塌和危岩等不良地质作用，研究其形成条件，并确定其对建设场地的影响程度；

3 应调查边坡的岩土成因、类型、分布、形状，覆盖层的厚度，基岩面形态和坡度，岩石风化程度，岩体完整程度等；

4 应调查岩体结构面（含软弱夹层）的类型、产状、延伸分布、组合情况、粗糙程度及充填物的成分与厚度等，并分析其力学属性及与临空面的稳定关系；

5 应调查边坡地下水类型、分布和结构面的充水情况；查明边坡泉水和湿地的分布位置、水的类型、水量、补给来源和动

态条件；调查坡体植被发育和水对坡体稳定性的影响；

6 应调查对边坡工程产生重大影响的汇水面积、排水坡度、长度和植被等情况；

7 应调查边坡周围山洪、冲沟和河流冲淤等情况；

8 应调查当地边坡的防治经验。

15.2.5 边坡工程勘探宜采用钻探、坑（井）探、槽探等方法，必要时可辅以硃探和物探方法。

15.2.6 边坡工程勘探应符合下列规定：

1 勘探范围应包括不小于 1 倍岩质边坡高度或 1.5 倍土质边坡高度，以及可能对建（构）筑物有潜在安全影响的区域；

2 勘探线应垂直于边坡走向和平行于可能滑动的方向布置，宜与建筑物勘探线重合；在主要控制性验算剖面地段应有勘探线；详细勘察的线、点间距应按表 15.2.6 或地区经验确定，且对每一单独边坡段，勘探线不应少于 2 条，每条勘探线不应少于 3 个勘探点；

表 15.2.6 详细勘察的勘探线、点间距（m）

边坡工程安全等级	线间距	点间距
一级	≤ 20	≤ 15
二级	20~30	15~20
三级	30~40	20~25

3 勘探深度，应穿过最深的潜在滑动面，并应进入稳定地层 2m~5m；控制性勘探孔的深度尚应进入稳定地层不小于 5m，且应进入坡脚地形剖面最低点和截洪沟（管）、支护结构基底不小于 3m，支挡工程的勘探深度应满足支挡设计及边坡稳定性验算所需的深度；

4 当需直接观察软弱夹层或软弱结构面的性状，或需进行原位测试以及采取原状试样时，应布置少量探井（坑）；当覆盖层的厚度不大时，为追索重要的地质界线应布置适量的探槽；

5 主要岩土层和软弱层应采取试样进行物理力学性质试验；每层岩土主要指标试样的数量：土层不应少于 6 件，岩层不

应少于 9 件，软弱层宜连续取样；

6 对边坡岩土工程勘察中施工的探井、探坑和探槽等，在野外工作完成后应及时封填密实。

15.2.7 边坡工程勘察的测试应符合下列规定：

1 岩土的物理力学试验应着重测试岩土层的抗剪强度；抗剪强度指标应根据实测结果结合当地经验确定，并应采用反分析法验证；

2 室内实验条件应与试样在边坡体内的实际受荷情况及水文地质条件相近，应合理采用三轴试验或直剪试验成果，并与稳定性分析时所采用的计算方法相适应；

3 对控制边坡稳定性的软弱结构面或软弱夹层，有条件时应进行现场原位剪切试验；对大型边坡，必要时可进行岩体应力、波速、动力测试及模型试验；对有特殊要求的永久边坡，尚应考虑岩石（体）强度随时间降低的蠕变效应，并作岩体流变试验；

4 当坡体有地下水分布时，应对地下水的流速、流向、流量，岩土的渗透性和孔隙水压力等进行测定；

5 应提供必需的水文地质参数，在不影响边坡安全的条件下，可考虑进行抽水试验、渗水试验或压水试验等。

15.3 岩土工程评价

15.3.1 下列建筑边坡应进行稳定性评价：

- 1 选为建筑场地的自然斜坡；
- 2 由于开挖或填筑形成并需要进行稳定性验算的边坡；
- 3 施工期出现不利工况的边坡；
- 4 使用条件发生变化的边坡。

15.3.2 边坡稳定性评价应在充分查明工程地质条件的基础上，根据边坡岩土类型和结构，在确定边坡可能的破坏模式后，综合采用工程地质类比法、图解分析法和刚体极限平衡计算法进行，并宜采用有限单元法验证；各区段条件不一致时，应分区

段分析。

15.3.3 边坡稳定安全系数的取值，一级边坡宜取 1.30~1.35，二级边坡宜取 1.25~1.30，三级边坡宜取 1.20~1.25；当边坡采用平面滑动法或折线滑动法计算时应取大值，当采用圆弧滑动法计算时应取小值；对地质条件很复杂或破坏后果很严重的边坡工程，其稳定安全系数宜适当提高。

15.3.4 除应进行地下水力学作用和地下水物理、化学作用的评价以外，还宜考虑雨季和暴雨的影响。

15.3.5 边坡岩土工程勘察报告应包括下列内容：

1 文字报告应包括下列内容：

- 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) 代表性剖面的土压力、岩石侧向压力、不稳定时的下滑力；
- 4) 不同开挖标高或断面的稳定性分析；
- 5) 提出最优坡型、坡角、不稳定边坡的整治措施和监测的建议。

2 图件部分应包括下列内容：

- 1) 工程地质图、附工程总平面的勘探点线布置图；
- 2) 纵横剖面图，标明设计地坪及地下室标高、最低开挖线、建议放坡线、坡顶建筑物、基础埋深线、管线位置及标高；
- 3) 钻孔成果图、槽井展开图，比例尺均为 1:100；
- 4) 稳定性计算及分析图表。

15.4 边坡整治与监测

15.4.1 当工程条件许可时，边坡的整治应采用坡率法放坡。当工程条件不许可时，应采用下列加固措施处理：

1 对高度较小的边坡，可采用重力式挡墙；对岩质边坡或局部不稳定的岩块，可采用消除或喷锚支护；对潜在滑面较深的

不稳定坡体，可选用锚杆（索）或预应力锚杆、排桩式锚杆挡墙、板肋式锚杆挡墙、格构式锚杆挡墙等支护；对高度较大的土质填方边坡，可采用扶壁式挡墙；

2 对边坡稳定性较差的压实填土边坡，可采用设置堆石棱体、重力式挡墙、抗滑桩或埋设土工格栅等加强措施；

3 对软弱岩体或极破碎的裂隙岩体，可采用浆砌片块石铺面或喷射混凝土等抗风化、护面措施；对土质边坡、填方边坡可采用浆砌片块石、格构或种植草皮等护面措施；

4 对软弱层或软硬互层的岩体边坡，可清除其易风化的表层，并在清除的岩腔内填筑混凝土或浆砌不易风化的块石；

5 当采用爆破法施工时，可采取有效措施避免爆破对边坡和坡顶建（构）筑物的破坏；当开挖清爆斜坡接近设计的坡面与坡角时，开挖施工应设置防震孔，并应采用非爆破法清除表面的松动岩体；

6 为防止地表水浸入坡体、冲刷坡面以及排出地下水，可采取修筑排水沟、截水沟和盲沟。

15.4.2 对采用压实填土的边坡，应进行边坡稳定性验算，其抗剪强度指标应根据现场原位试验或室内试验，结合工程经验确定，且必须对填土施工的质量进行检验、验收。

15.4.3 潜在不稳定的一级边坡或大型、复杂边坡的位移、地表裂缝、坡顶建（构）筑物变形、地下水动态、工程支挡结构的应力与变形、支挡构筑物承受的土压力情况和易风化岩体的风化速度应根据工程安全等级、地质复杂程度、支护结构特点等进行监测。其它边坡可根据具体情况开展必要的监测。

15.4.4 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）筑物仍应有一定时段的监测；对地质环境条件复杂、稳定性较差的边坡应在勘察期间进行变形监测，并应设置一定数量的水文长期观测孔。

16 基坑工程

16.1 一般规定

16.1.1 本章主要适用于土质基坑工程的勘察。

16.1.2 需进行基坑设计的工程，应进行基坑岩土工程勘察。

16.1.3 基坑工程安全等级应根据周边环境和地质条件的复杂程度、基坑深度等因素，按现行国家行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定划分为一、二、三级。

16.2 岩土工程勘察

16.2.1 基坑岩土工程勘察宜分阶段进行，勘察阶段应与设计阶段相适应。初步勘察阶段，应根据岩土工程条件，初步判定开挖可能发生的岩土工程问题和需要采取的支护措施；详细勘察阶段，应针对基坑工程设计的要求进行勘察；施工阶段，必要时尚应进行补充勘察。基坑岩土工程勘察可单独进行，也可结合地基岩土工程勘察进行，但必须满足设计要求。

16.2.2 基坑岩土工程勘察应包括下列内容：

1 应查明场地的地层结构与成因类型、分布规律及其在水平和垂直方向的变化；并应需要查明软土和粉土夹层或交互层的分布与特征；

2 应提供各有关岩土层的物理力学指标及基坑支护设计施工所需的有关参数；

3 应查明地下水的类型、埋藏条件、水位及土层的渗流情况，提供基坑地下水治理设计所需的有关资料；

4 应进行环境状况的调查，查明邻近建筑物和地下设施的现状、结构特点以及对开挖变形的承受能力；在城市地下管网密

集分布区，可通过地理信息系统或其它档案资料了解管线的类别、平面位置、埋深和规模，必要时应采用有效的方法进行地下管线探测。

16.2.3 基坑岩土工程勘察的范围和深度应根据场地条件和设计要求确定。勘察深度宜为开挖深度的 2~3 倍，在此深度内遇到坚硬黏性土、碎石土和岩层时，可根据岩土类别和支护设计要求减少深度。勘察的平面范围宜超出开挖边界外开挖深度的 2~3 倍；在深厚软土区，勘察深度和范围尚应适当扩大；在开挖边界外，勘察手段以调查研究、搜集已有资料为主，复杂场地和斜坡场地应布置适量的勘探点。

16.2.4 当基坑开挖可能产生流砂、流土、管涌等渗透性破坏时，应有针对性进行勘察，分析评价其产生的可能性及对工程的影响；当基坑开挖过程中有渗流时，其渗流作用宜通过渗流计算确定。

16.2.5 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降水或隔渗，且已有资料不能满足要求时，应进行专门的水文地质勘察。

16.2.6 在特殊性岩土分布区进行基坑岩土工程勘察时，可根据本标准的相关规定进行勘察。应分析评价软土的蠕变和长期强度，软岩和极软岩的失水崩解，膨胀岩土的膨胀性和裂隙性以及非饱和土增湿软化等对基坑的影响。

16.2.7 主要土层和软弱层应采取试样进行物理力学性质试验；每个场地每一主要土层的土试样不应少于 6 件，黏性土应采取不扰动试样，软弱层应连续取样。

16.2.8 在受基坑开挖影响和可能设置支挡结构的范围内，应查明岩土层的分布，分层应提供支护设计所需的抗剪强度指标。土的抗剪强度试验应采用与基坑工程设计要求一致的试验方法，符合设计采用的标准，并应在勘察报告中说明。

16.3 岩土工程评价

16.3.1 基坑岩土工程评价内容除应符合现行行业标准《高层建

筑岩土工程勘察标准》JGJ/T72 的规定外，尚应针对以下内容进行分析，提供有关计算参数和建议：

- 1 基坑的局部稳定性、整体稳定性和坑底抗隆起稳定性；
- 2 坑底和侧壁的渗透稳定性；
- 3 挡土结构和边坡可能发生的变形；
- 4 降水效果和降水对环境的影响；
- 5 开挖和降水对邻近建筑物和地下设施的影响。

16.3.2 对放坡或浅部支护的基坑应进行整体稳定性验算，方法可采用圆弧滑动法。

16.3.3 软土地区基坑稳定性分析应考虑因基坑暴露时间对土体强度的影响。

16.3.4 基坑各项稳定性验算所用的土的抗剪强度指标应根据土质条件与工程实际确定，并与稳定性分析时所选用的抗力分项系数取值相适应；如有成熟经验可按当地经验执行。

16.3.5 岩土工程勘察报告中与基坑工程有关的部分应包括下列内容：

- 1 与基坑开挖有关的场地条件、土质条件和工程条件；
- 2 提出处理方式、计算参数和支护结构选型的建议；
- 3 提出地下水控制方法、计算参数和施工控制的建议；
- 4 提出施工方法和施工中可能遇到的问题的防治措施的建议；
- 5 提出施工阶段的环境保护和监测工作的建议。

16.4 基坑支护与监测

16.4.1 基坑工程的支护可根据基坑周边环境、开挖深度、工程地质与水文地质、施工作业设备和施工季节等条件，选用放坡、排桩、地下连续墙、水泥土墙、逆作拱墙、土钉墙或上述型式的组合。各方法的适用条件可按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定执行。

16.4.2 基坑工程监测应先于或与基坑工程同步进行，并应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 的有关

规定。基坑工程监测方案，应根据工程安全等级、场地条件和开挖支护的施工设计确定，并应包括下列内容：

- 1 支护结构变形；
- 2 基坑周边的地面变形；
- 3 邻近工程和地下设施的变形；
- 4 地下水动态；
- 5 渗漏、冒水、冲刷、管涌等情况。

17 地下水

17.1 一般规定

17.1.1 地下水根据其埋藏条件可分为包气带水、潜水和承压水三个主要类型。

17.1.2 水文地质条件复杂程度根据场地含水层分布、地下水补排条件和地质构造等因素，可按表 17.1.2 划分。

表 17.1.2 水文地质条件复杂程度类型

类型	场地水文地质与工程地质特征
简单	1 单层含水层，地下水的补给排泄条件清楚； 2 含水层分布厚度稳定、岩性均匀； 3 地质构造简单，岩层水平分布或倾角很缓，倾角 $<15^{\circ}$
中等	1 双层含水层，地下水形成条件较复杂，补给和边界条件不易查清； 2 含水层岩性及分布厚度变化较大； 3 地质构造较复杂，基岩褶皱和断裂较发育，岩层倾角较陡，倾角 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$
复杂	1 多层含水层，地下水形成条件复杂，补给和边界条件判定困难； 2 含水层岩性及分布厚度变化大； 3 地质构造复杂，基岩褶皱和断裂发育，岩层倾角较陡，倾角 $>30^{\circ}$

17.1.3 当场地水文地质条件复杂，地下水作用对工程有重大影响，且已有资料不能满足要求时，应进行专门的水文地质勘察。

17.2 水文地质勘察

17.2.1 场地水文地质勘察应根据工程要求，通过搜集资料和勘察工作，查明场地的水文地质条件，提供水文地质参数；针对地基基础和基坑支护的型式、施工方法等情况分析评价地下水作用对工程的影响，并提出预防和处理措施的建议。

17.2.2 地下水勘察应包括下列内容：

- 1 含水层的岩性、埋藏分布、地下水类型及其渗透性；

2 区域性气象、水文资料，如年降水量、蒸发量及其变化和对地下水位的影响；

3 地下水的补给排泄条件、地表水与地下水的水力联系及其对地下水位的影响；

4 勘察时的地下水位、历史最高地下水位、近 3~5 年地下水位变化趋势和主要影响因素；

5 地下水对建筑材料的腐蚀性和地下水、地表水可能遭受污染的污染源及污染程度。

17.2.3 专门水文地质勘察应符合下列规定：

1 应查明含水层的埋藏分布条件和地下水类型；

2 应查明地下水的补给、径流、排泄条件和水位动态，当有多层对工程有影响的地下水时，应分层量测地下水位，并查明含水层之间、地下水与附近地表水体之间的水力联系；

3 缺乏常年地下水监测资料的地区或地下水作用对工程影响重大的场地，应设置地下水长期观测孔，监测地下水的变化规律，或在不同深度埋设孔隙水压力计，量测压力水头随深度的变化规律；

4 应通过现场试验，测定含水层的渗透系数、单井涌水量、影响半径等水文地质参数；当地下水作用对工程有重大影响时，宜进行多孔干扰抽水、回灌压水（注水）等专项试验工作；

5 查明地下水作用对工程设计、施工和周围环境的影响，提出地下水控制措施的建议，预估可能产生的工程和环境危害并提出防护措施；

6 对与工程相关的含水层，应分层采取有代表性的水样进行水质分析，判定水对建筑材料的腐蚀性，必要时应对水质进行动态监测。

17.2.4 专门水文地质勘察的勘探、试验工作布置应符合下列规定：

1 勘探孔、试验井（孔）的布置应能查明场地的水文地质条件，能取得满足地下水治理设计、施工所需的水文地质参数和

相关资料;

2 勘察范围应包括基坑开挖周边线内和基坑开挖周边线外2~3倍基坑开挖深度的范围,当水文地质条件复杂、地下水作用对工程有重大影响时,可适当扩大勘察范围;

3 勘探点应布置在降水井或截水结构可能设置的地段,勘探点间距可按25m~50m布置;对水文地质条件复杂、地下水作用对工程影响重大的工程应取小值,反之取大值;

4 勘探孔深度应能揭露与工程相关的含水层厚度;

5 每个场地应设置1个~2个抽水试验井(孔),3个~8个观测孔;当含水层边界条件复杂、地下水作用对工程有重大影响的场地应适当增加抽水试验井(孔)和观测孔。

17.2.5 含水层的渗透系数等水文地质参数的测定,应根据含水层特性和工程的需要,宜采用现场井(孔)抽水试验、压水试验、注水试验等方法测定。

17.2.6 当已有资料能满足工程要求时,可按当地经验提供有关含水层的渗透系数经验值等水文地质参数。

17.2.7 地下水位的量测应符合下列规定:

1 遇到地下水时应量测水位;

2 对工程有影响的多层含水层的水位量测,应采取止水措施,将被测含水层与其它含水层隔开。

17.2.8 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井或测压管内直接量测。稳定水位的间隔时间按岩土层的渗透性确定,对砂土和碎石土不得少于0.5h,对粉土和黏性土不得少于8h,并宜在勘察结束后统一量测稳定水位;量测读数至厘米,精度不得低于 $\pm 2\text{cm}$ 。

17.2.9 抽水试验类型选择与井(孔)的设计应符合下列规定:

1 初步测量含水层的渗透系数时,可采用不带观测孔的抽水试验或简易抽水试验;需较准确测定含水层的渗透系数时,应采用带观测孔的抽水试验;重要工程且地下水作用对工程有重大影响时,可根据工程需要采用多个抽水井(孔)同时干扰的抽水试验;

2 抽水试验原则上应做 3 次降深, 且最大降深应低于工程设计所需的地下水位标高; 简易抽水试验可简化为 1~2 次的降深。当出现下列情况时, 可只作 1 次降深:

1) 涌水量小于 $0.1\text{L/s}\cdot\text{m}$;

2) 钻孔涌水量大于 $80\text{m}^3/\text{h}$, 且水位降深小于 1.0m 。

17.2.10 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, 黏性土可采用试坑双环法。当试验深度较大时, 可采用钻孔法。

17.2.11 压水试验宜按工程特点、岩土层条件及渗透性划分试验段, 按需要确定试验的起始压力、最大压力和压力级, 从平面和剖面上分点分段进行。

17.3 地下水作用评价

17.3.1 地下水力学作用的评价应包括下列内容:

1 对位于地下水位以下的基础、地下结构物、挡土墙等, 应考虑其最不利的组合情况下, 地下水对结构物的上浮作用, 提供地下水抗浮水位; 对节理不发育的岩石和黏土, 当有地方经验或实测数据时, 可根据经验确定; 有渗流时, 应对渗流作用进行分析评价;

2 验算边坡稳定性时, 应考虑地下水对边坡稳定的不利影响;

3 对有水头压差的粉细砂、粉土层及在岩溶地区的软塑土、流塑土、洞穴充填物分布的地段, 应评价产生潜蚀、流砂(流土)、管涌的可能性;

4 采取降水措施时, 应在地下水位下降的影响范围内, 考虑地面沉降及其对工程的危害, 在岩溶地区尚应评价降水措施引起地面塌陷的可能性及防控措施;

5 在地下水位下开挖的基坑, 应评价降水或截水措施的可性及其对基坑稳定和周边环境的影响;

6 当基坑底下存在高水头的承压含水层时, 应评价坑底土层的隆起或产生突涌的可能性;

7 地下水位回升时,应考虑可能引起回弹、附加浮托力对地面或建筑物的破坏;

8 对软质岩石、强风化岩石、残积土、湿陷性土、膨胀岩土和盐渍岩土,应评价地下水位的上升和下降所产生的软化、崩解、湿陷、胀缩和潜蚀等有害作用;

9 对地下水位以下的工程结构,应评价地下水对建筑材料的腐蚀性。

17.3.2 当建设项目存在地下建(构)筑物时,应提供抗浮设防水位。抗浮设防水位宜取地下建(构)筑物自施工期间和使用期可能遇到的最高水位;抗浮水位可综合考虑岩土渗透性、地形条件、防洪涝水位和地下室基坑回填土渗透性等进行分区提供;当无可靠的地下水位观测资料时,地下建(构)筑物抗浮设防水位取值宜为建(构)筑物室外最低地坪标高以下 0.5m~1.5m。对情况复杂的重要工程,应进行专项论证。

17.3.3 地下水的腐蚀性评价应符合下列规定:

1 对与工程相关的含水层,应采取水样进行检测;

2 地下水试样应在建筑材料所在的深度内采取,每个场地的地下水试样不应少于 2 件;

3 地下水腐蚀性试验项目及试验方法应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定;

4 地下水对建筑材料的腐蚀性评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

17.4 地下水控制与监测

17.4.1 对地下水采取降低水位措施时,应符合下列规定:

1 施工中地下水位应保持在基坑底面下 0.5m~1.0m;

2 降水过程中应采取有效措施,防止土颗粒的流失;

3 防止深层承压水引起的突涌,必要时应采取降低基坑下的承压水头。

17.4.2 当需要进行工程降水时,应根据含水层渗透性和降深的

要求，选择适当的降低地下水位方法。当几种方法有互补性时，亦可组合使用。工程降水的方法可按表 17.4.2 选用。

表 17.4.2 降低地下水位方法的适用条件

降水方法	适用土层	渗透系数（m/d）	降水深度（m）
明排井	黏性土、粉土、砂土	<0.5	<2
真空井点	黏性土、粉土、砂土	0.1~20	单级<6，多级<20
电渗井点	黏性土、粉土	<0.1	按井的类型确定
引渗井	黏性土、粉土、砂土	0.1~20	根据含水层条件选用
管井	砂土、碎石土	1~200	>5
大口井	砂土、碎石土	1~200	<20

17.4.3 基坑工程中采取灌浆、水泥土搅拌法和高压喷射注浆法等帷幕止水措施时，应评价基坑因内外水头差产生突涌和突水的可能性。

17.4.4 地下水的监测应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

附录 A 按查表法确定地基承载力特征值

A. 0. 1 根据野外鉴别结果确定地基承载力特征值时, 应符合表 A. 0. 1-1~表 A. 0. 1-3 的规定。

表 A. 0. 1-1 岩石承载力特征值 f_a (kPa)

岩石类别	风化程度	强风化	中等风化	微风化
坚硬岩		800~1500	1500~4000	>4000
较硬岩		600~1300	1300~2600	2600~4000
较软岩		500~1000	1000~2000	2000~3500
软 岩		400~750	750~1600	1600~2500
极软岩		300~550	550~1000	1000~1600

- 注: 1 除风化情况外, 尚需结合岩体裂隙、节理、夹层及均匀性综合取值;
2 对微风化坚硬岩, 其承载力如取用大于 4000kPa 时, 应由岩基载荷试验确定;
3 对于强风化的岩石, 当与残积土难以区分时, 可按土考虑。

表 A. 0. 1-2 碎石土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

土的类型	密实度	稍 密	中 密	密 实
卵 石		300~500	500~800	800~1000
碎 石		250~400	400~700	700~900
圆 砾		200~300	300~500	500~700
角 砾		200~250	250~400	400~600

- 注: 1 表中数值适用于骨架颗粒空隙全部为中砂、粗砂或硬塑、坚硬状态的黏性土或稍湿的粉土所填充;
2 当粗颗粒为中风化或强风化时, 可按其风化程度适当降低承载力, 当颗粒间呈半胶结状时, 可适当提高承载力。

表 A. 0. 1-3 砂土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

土的类型	密实度	稍密	中密	密实
砾砂、粗砂、中砂		160~240	240~340	>340
细砂、粉砂	稍湿	120~160	160~220	>220
	很湿		120~160	>160

A. 0. 2 根据室内物理、力学指标标准值确定地基承载力特征值时，应符合表 A. 0. 2-1~表 A. 0. 2-9 的规定。

表 A. 0. 2-1 黏性土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

液性指数 I_L 孔隙比 e	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.20
0.5	380	340	310	280	(250)	—
0.6	300	270	250	230	210	—
0.7	250	220	200	180	160	(135)
0.8	220	200	180	160	140	(120)
0.9	190	170	150	130	110	(100)
1.0	180	140	120	110	100	(90)
1.1		130	110	100	90	80

注：1 在湖、塘、沟、谷与河漫滩地段新近沉积的黏性土，其工程性质一般较差；第四纪更新世沉积的老黏性土，其工程性质通常较好；这些土均应根据当地实践经验取值；

2 有括号者仅供内插用。

表 A. 0. 2-2 粉土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

天然含水量 ω (%) 孔隙比 e	20	25	30	35
0.6	(260)	(240)	—	—
0.7	200	190	(160)	—
0.8	160	150	130	—
0.9	130	120	100	(90)
1.0	110	100	90	(80)
1.1	100	90	80	(70)

注：1 在湖、塘、沟、谷与河漫滩地段，新近沉积的粉土，其工程性质一般较差，应根据当地实践经验取值；

2 有括号者仅供内插用。

表 A. 0. 2-3 膨胀岩土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

孔隙比 e 含水比 α_w	0.6	0.9	1.1
<0.5	350	280	200
0.5~0.6	300	220	170
0.6~0.7	250	200	150

注：1 含水比为天然含水量与液限比值；

2 此表适用于基坑开挖时土的天然含水量等于或小于勘察取土试验时土的天然含水量。

表 A. 0. 2-4 红黏土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

含水比 α_w		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
土的分类	液塑比 I_L						
红黏土	≤ 1.7	350	260	210	170	130	110
	≥ 2.3	260	190	160	120	100	80
次生红黏土		230	180	150	120	100	80

表 A. 0. 2-5 淤泥和淤泥质土承载力特征值 f_{ak}

天然含水量 ω (%)	36	40	45	50	55	65	75
f_{ak} (kPa)	70	65	60	55	50	40	30

注：1 本表只适用于一般工程，应同时进行地基变形验算。缺乏经验地区，必须有可靠的试验对比或实际工程验证；

2 ω 为原状土的天然含水量。

表 A. 0. 2-6 素填土承载力特征值 f_{ak}

压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	7	5	4	3	2
f_{ak} (kPa)	130	110	90	70	50

注：本表仅适用于堆填时间超过 10 年的黏性土，以及超过 5 年的粉土。

表 A. 0. 2-7 粗粒混合土承载力特征值 f_{ak}

干密度 (g/cm ³)	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
f_{ak} (kPa)	170	200	240	300	380	480	620

表 A. 0. 2-8 细粒混合土承载力特征值 f_{ak}

孔隙比 e	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
f_{ak} (kPa)	190	200	210	230	250	270	320	400

表 A. 0. 2-9 花岗岩残积土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

天然含水量 ω (%) 孔隙比 e	砾质黏性土				砂质黏性土				黏性土			
	<10	20	30	40	<10	20	30	40	<30	40	50	60
0.6	450	400	(350)	—	400	350	300	(250)	—	—	—	—
0.8	400	350	300	—	350	300	250	(200)	280	—	—	—
1.0	350	300	250	(200)	300	250	200	(150)	250	200	—	—
1.1	300	250	200	150	250	200	150	(100)	200	160	(140)	—
1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	160	140	120	(100)

注：括号的数值为提供内插时使用。

A. 0. 3 根据标准贯入试验锤击数 N 、轻便触探试验锤击数 N_{10} 、重型圆锥动力触探试验锤击数 $N_{63.5}$ 和超重型圆锥动力触探试验锤击数 N_{120} 的标准值确定地基承载力特征值时，应符合表 A. 0. 3-1~表 A. 0. 3-10 的规定，对实测试验的锤击数应按 A. 0. 4 进行修正。

表 A. 0. 3-1 黏性土承载力特征值 f_{ak}

N	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
f_{ak} (kPa)	105	145	190	220	295	326	370	430	515	600	680

表 A. 0. 3-2 黏性土承载力特征值 f_{ak}

N_{10}	15	20	25	30
f_{ak} (kPa)	100	130	150	180

表 A. 0. 3-3 粉土承载力特征值 f_{ak}

N	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f_{ak} (kPa)	105	125	145	165	185	205	225	245	265	285	305	325	345

表 A. 0. 3-4 砂土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

N	10	15	20	25	30	35	40	45	50
土的种类									
中砂、粗砂、砾砂	180	250	280	310	340	380	420	460	500
粉砂、细砂	140	180	200	230	250	270	290	310	340

表 A. 0. 3-5 砂土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

$N_{63.5}$	3	4	5	6	7	8	9	10
土的种类								
中砂、粗砂、砾砂	120	160	200	240	280	320	360	400
粉砂、细砂	75	100	125	150	175	200	225	250

表 A. 0. 3-6 碎石土承载力特征值 f_{ak}

$N_{63.5}$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	18
f_{ak} (kPa)	140	170	200	240	280	320	360	400	440	480	510	540	600	680

表 A. 0. 3-7 碎石土承载力特征值 f_{ak}

N_{120}	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
f_{ak} (kPa)	270	350	430	500	580	670	750	820	900	975	1020	1070	1100

表 A. 0. 3-8 黏性素填土承载力特征值 f_{ak}

N_{10}	10	20	30	40
f_{ak} (kPa)	80	110	130	150

表 A. 0. 3-9 杂填土承载力特征值 f_{ak}

$N_{63.5}$	1	2	3	4
f_{ak} (kPa)	40	80	120	160

表 A. 0. 3-10 花岗岩残积土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

N 土的分类	4	10	15	20	30
砾质黏性土	(100)	250	300	350	(400)
砂质黏性土	(80)	200	250	300	(350)
黏性土	150	200	240	(270)	—

注：1 括号内数字仅供内插用；

2 N 按修正后锤击数标准值进行查表。

A. 0. 4 当采用标准贯入试验锤击数 N 、重型圆锥动力触探试验锤击数 $N_{63.5}$ 和超重型圆锥动力触探试验锤击数 N_{120} 确定岩土的物理力学指标时，锤击数应按式（A. 0. 4-1）、式（A. 0. 4-2）、式（A. 0. 4-3）进行修正后，按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定，计算锤击数的标准值。

$$N = \alpha_1 N' \quad (\text{A. 0. 4-1})$$

$$N_{63.5} = \alpha_2 N_{63.5}' \quad (\text{A. 0. 4-2})$$

$$N_{120} = \alpha_3 N_{120}' \quad (\text{A. 0. 4-3})$$

式中：

N , $N_{63.5}$, N_{120} ——修正后的标准贯入试验、重型和超重型圆锥动力触探试验的锤击数；

α_1 , α_2 , α_3 ——标准贯入试验、重型和超重型圆锥动力触探试验锤击数的修正系数，应按表 A. 0. 4-1、表 A. 0. 4-2、表 A. 0. 4-3 确定；

N' , $N_{63.5}'$, N_{120}' ——标准贯入试验、重型和超重型圆锥动力触探试验的实测锤击数。

表 A. 0. 4-1 标准贯入试验触探杆长度校正系数 α_1

杆长 L (m)	≤ 3	6	9	12	15	18	21	25	30	40	50	75
α_1	1.00	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70	0.68	0.65	0.60	0.55	0.50

表 A. 0. 4-2 重型圆锥动力触探锤击数修正系数 α_2

L (m) \ $N'_{63.5}$	5	10	15	20	25	30	35	40	>50
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
4	0.96	0.95	0.93	0.92	0.9	0.89	0.87	0.86	0.84
6	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.75
8	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.67
10	0.88	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.61
12	0.85	0.79	0.75	0.7	0.67	0.64	0.61	0.59	0.55
14	0.82	0.76	0.71	0.66	0.62	0.58	0.56	0.53	0.50
16	0.79	0.73	0.67	0.62	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45
18	0.77	0.70	0.63	0.57	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40
20	0.75	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.39	0.36

注：表中 L 为杆长。

表 A. 0. 4-3 超重型圆锥动力触探锤击数修正系数 α_3

L (m) \ N'_{120}	1	3	5	7	9	10	15	20	25	30	35	40
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.96	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88
3	0.94	0.88	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81
5	0.92	0.82	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72
7	0.90	0.78	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.68	0.67	0.66
9	0.88	0.75	0.72	0.7	0.69	0.68	0.67	0.66	0.64	0.63	0.62	0.62
11	0.87	0.73	0.69	0.67	0.66	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60	0.59	0.53
13	0.86	0.71	0.67	0.65	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55
15	0.84	0.69	0.65	0.63	0.62	0.61	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53
17	0.85	0.68	0.63	0.61	0.6	0.6	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52	0.50
19	0.84	0.66	0.62	0.60	0.58	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.48

注：表中 L 为杆长。

附录 B 广西新近系、古近系泥岩的工程分类和桩端承载力

B.0.1 广西新近系、古近系泥岩可根据标准贯入试验的锤击数 N 和泥岩的天然状态单轴抗压强度标准值 f_{tk} 进行工程分类。

B.0.2 广西新近系、古近系泥岩的风化程度分类应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 广西新近系、古近系泥岩风化程度分类

标准贯入试验 实测值	$N' \leq 30$	$30 < N' \leq 50$	$N' > 50$
风化程度	残积土	全风化	强风化

B.0.3 广西新近系、古近系泥岩坚硬程度分类应符合表 B.0.3 的规定。

表 B.0.3 广西新近系、古近系泥岩坚硬程度分类

f_{tk} (MPa)	$f_{tk} \leq 5$	$5 < f_{tk} \leq 15$	$15 < f_{tk} \leq 30$
坚硬程度	极软岩	软岩	较软岩

注: f_{tk} ——泥岩的天然状态单轴抗压强度标准值。

B.0.4 广西新近系、古近系泥岩干作业钻孔灌注桩或人工挖孔桩的极限端阻力标准值应符合表 B.0.4 的规定。

表 B.0.4 广西新近系、古近系泥岩桩的极限端阻力标准值 (kPa)

风化程度	全风化	强风化	中等风化
q_{pk}	600~1300	1300~2600	2600~5000

附录 C 岩石地基承载力特征值的计算

C.0.1 对完整、较完整和较破碎岩石的岩石地基承载力特征值应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 确定。也可按照下列规定确定：

1 根据室内岩石饱和单轴抗压强度值，可按下列式确定。

$$f_a = \psi_r f_{rk} \quad (\text{C.0.1})$$

式中： f_a ——岩石地基承载力特征值（kPa）；

f_{rk} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值（kPa），可按式（C.0.2-1）和式（C.0.2-2）确定；

ψ_r ——折减系数。根据岩体的完整程度以及结构面的间距、宽度、产状和组合，由地区经验确定。无经验时，可按表 C.0.1 确定。

表 C.0.1 折减系数

岩石类别 \ 岩体完整程度	完整岩体	较完整岩体	较破碎岩体
	完整岩体	较完整岩体	较破碎岩体
硬质岩	0.40~0.50	0.20~0.40	0.10~0.20
软质岩	0.40~0.50	0.30~0.40	—

注：1 上述折减系数未考虑施工因素及建筑物使用后风化作用的继续；

2 对于黏土质岩，在确定施工期及使用期不致遭水浸泡时，也可采用天然湿度的试样，不进行饱和处理；

3 广西新近系、古近系泥岩折减系数取 0.80~0.95。

2 对破碎、极破碎的岩石地基承载力特征值，可根据平板静载荷试验确定；当试验难以进行时，也可按表 C.0.1 确定。

C.0.2 岩石饱和单轴抗压强度标准值可根据岩石单轴抗压强度试验确定，并应符合下列规定：

1 试料可用钻孔的岩心或坑、槽探中采取的岩块；

2 岩样尺寸应为 $\Phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，每岩层试验的数量不应少于 6 组，每组不应少于 3 件，进行饱和处理；

3 在压力机上应以每秒 500kPa~800kPa 的加载速度加载，直到试样破坏为止，记下最大加载，做好试验前后的试样描述：

4 应根据参加统计的每个岩性层试样的试验值计算其平均值、标准差、变异系数，按照下列公式确定岩石饱和单轴抗压强度的标准值：

$$f_{rk} = \Psi \cdot f_{rm} \quad (C. 0. 2-1)$$

$$\Psi = 1 - \left[\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right] \cdot \delta \quad (C. 0. 2-2)$$

式中： f_{rm} ——岩石饱和单轴抗压强度平均值；

f_{rk} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值；

Ψ ——统计修正系数；

n ——试样个数；

δ ——变异系数。

附录 D 用标准贯入试验确定风化岩和残积土单桩竖向极限承载力

D.0.1 当根据标准贯入试验的锤击数 N' 估算预制桩、预应力混凝土管桩单桩竖向极限承载力标准值时，可按下式进行估算。

$$Q_{uk} = \beta_s \mu \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (\text{D.0.1})$$

式中： β_s ——桩侧阻力修正系数，土层埋深 h (m)，当 $10 \leq h \leq 30$ 时取 1.0；土层埋深 $h > 30\text{m}$ 时取 1.1~1.2；

μ ——桩身周长 (m)；

q_{sik} ——第 i 层土桩的极限侧阻力标准值 (kPa)，可按表 D.0.1-1 取值；

l_i ——第 i 层土的桩长 (m)；

q_{pk} ——桩的极限端阻力标准值 (kPa)，可按表 D.0.1-2 取值；

A_p ——桩的截面积 (m²)。

D.0.1-1 桩的极限侧阻力标准值 q_{sik} (kPa)

土的种类		N'	q_{sik} (kPa)
花岗岩残积土	黏性土	5~10	30~50
		10~15	50~70
		15~30	70~80
	砂质黏性土	5~10	50~60
		10~15	60~80
		15~30	80~90
	砾质黏性土	5~10	70~80
		10~15	80~90
		15~30	90~100

续表 D. 0. 1-1

土的类别	N'	q_{sik} (kPa)
全风化软质岩	30~50	100~120
全风化硬质岩	30~50	140~160
强风化软质岩	≥ 50	160~240
强风化硬质岩	≥ 50	200~300

- 注：1 表中数据可以内插；
2 表中数据对无经验的地区应先用试桩资料进行验证。

D. 0. 1-2 桩的极限端阻力标准值 q_{pk} (kPa)

桩入土深度 (m)	N'					
	70	50	40	30	20	10
10	8500	7800	7400	5400	3600	1600
15	9000	8200	7800	6000	4000	1800
20	11000	8600	8200	6600	4400	2000
25		9000	8600	7000	4800	2200
30		9400	9000	7400	5000	2400
>30		10000	9400	7800	6000	2600

- 注：1 表中数据可以内插；
2 表中数据对无经验的地区应先用试桩资料进行验证。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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做的用词：

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做的用词：

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用词：

采用“可”。

2 条文中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”；非必须按所指定的标准、规范执行时，写法为：“可参照……”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《工程测量标准》GB 50026
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487
- 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497
- 《工程结构通用规范》GB 55001
- 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 《工程勘察通用规范》GB 55017
- 《岩溶地区建筑地基基础技术标准》GB/T 51238
- 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72
- 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 《膨胀土地区建筑技术规程》DB45/T 396
- 《危岩防治工程技术规范》DB 45/T 1696

广西壮族自治区工程建设地方标准

岩土工程勘察规程

DBJ/T45-066-2026

条文说明

目 次

1	总 则	117
2	术语和符号	119
2.1	术 语	119
2.2	符 号	119
3	一般性土	120
3.2	岩土工程勘察	120
3.3	岩土工程评价	120
3.4	地基处理与检测	121
4	岩 石	122
4.1	一般规定	122
4.2	岩土工程勘察	122
4.3	岩土工程评价	122
4.4	地基处理与检测	123
5	膨胀岩土	124
5.1	一般规定	124
5.2	岩土工程勘察	124
5.3	岩土工程评价	125
5.4	地基处理与检测	126
6	红黏土	127
6.1	一般规定	127
6.2	岩土工程勘察	130
6.3	岩土工程评价	131
6.4	地基处理与检测	133
7	软 土	135
7.1	一般规定	135
7.2	岩土工程勘察	135

7.3	岩土工程评价	136
7.4	地基处理与检测	137
8	填 土	138
8.1	一般规定	138
8.2	岩土工程勘察	138
8.3	岩土工程评价	139
8.4	地基处理与检测	139
9	混合土	141
9.1	一般规定	141
9.2	岩土工程勘察	141
9.3	岩土工程评价	141
9.4	地基处理与检测	142
10	风化岩和残积土	143
10.1	一般规定	143
10.2	岩土工程勘察	143
10.3	岩土工程评价	145
10.4	地基处理与检测	145
11	岩 溶	147
11.1	一般规定	147
11.2	岩土工程勘察	149
11.3	岩土工程评价	1492
11.4	岩溶治理与监测	153
12	采空区	154
12.1	一般规定	154
12.2	岩土工程勘察	154
12.3	场地稳定性评价	156
12.4	采空区治理与监测	158
13	危岩和崩塌	160
13.1	一般规定	160
13.2	岩土工程勘察	161

13.3	岩土工程评价	161
13.4	危岩和崩塌防治与监测	161
14	滑 坡	162
14.1	一般规定	162
14.2	岩土工程勘察	162
14.3	滑坡稳定性评价	163
14.4	滑坡整治与监测	163
15	边坡工程	165
15.1	一般规定	165
15.2	岩土工程勘察	166
15.3	岩土工程评价	168
15.4	边坡整治与监测	168
16	基坑工程	170
16.1	一般规定	170
16.2	岩土工程勘察	170
16.3	岩土工程评价	172
16.4	基坑支护与监测	173
17	地下水	174
17.1	一般规定	174
17.2	水文地质勘察	175
17.3	地下水作用评价	177
17.4	地下水控制与监测	177
附录 A	按查表法确定地基承载力特征值	178
附录 B	广西新近系、古近系泥岩的工程分类和桩端承载力	179
附录 C	岩石地基承载力特征值的计算	181
附录 D	用标准贯入试验成果估算单桩竖向极限承载力	182

1 总 则

1.0.1 广西地处我国西南部，碳酸盐类岩石分布最广，岩溶普遍发育，红黏土、膨胀岩土等特殊岩土分布广泛。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，构成了广西地区建筑场地和地基都具有独特的岩土工程条件。

20 世纪 80 年代以前，我国的勘察体制基本上还是建国初期的前苏联模式，即工程地质勘察体制，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 多年的努力，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，尚不能完全涵盖广西地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，制定本规程的主要目的是突出地方特色，针对广西地区常见的地基岩土类型，在 GB 50021 的基础上进行适当的补充与延伸，力求做到技术先进、经济合理、确保工程质量、提高投资效益，满足工程建设健康发展的需要。

为避免过多的重复或出现“挂一漏十”的弊端，GB 50021 中的“勘察分级和岩土分类”、“各类工程的勘察基本要求”、“勘探和取样”、“原位测试”、“室内试验”、“水和土腐蚀性的评价”、“现场检验和监测”、“岩土工程分析评价和成果报告”等相关章节在本规程中并未罗列，但这些基本要求和强制

性的规定都应遵照执行。

1.0.4 先勘察，后设计，再施工，是国务院《建设工程勘察设计管理条例》（国务院令第 293 号）规定的工程建设必须遵守的程序，是国家一再强调的重要基本政策。

1.0.5 勘察方案（或勘察纲要）是岩土工程勘察工作实施的指导文件。本条款强调编制勘察方案（或勘察纲要）的重要性和必要性。勘察单位在提供施工图审查机构审图时，应提供勘察方案或勘察纲要。

1.0.6 建设工程勘察质量管理办法鼓励勘察单位采用信息化对勘察全过程进行数据采集存档。

1.0.7 本条明确了勘察场地及其影响范围的界定。2015 年 12 月 20 日，深圳某工业园区发生山体滑坡事故，导致多栋楼房被埋，造成 73 人死亡、4 人失踪，直接经济损失达 8.8 亿余元。对于该工程项目而言，勘察工作本应细致完成，因其已运行多年；然而，实际勘察仅限于项目红线范围内，仅能提供“一孔之鉴”或“多孔之鉴”的局部地质信息，难以全面反映整个边坡的地质状况。因此，为提高勘察工作的系统性和全面性，特制定本条规定。

1.0.8 勘察人员进行工作时，还需遵守其它有关标准、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，在现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021（以下简称 GB 50021）的基础上，结合《岩土工程基本术语标准》GB/T50279，规定了岩土工程勘察方面的一般术语。

2.2 符 号

以 GB50021 为基础，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，补充了广西地区有关红黏土、膨胀岩土、指标统计等常用的符号。

3 一般性土

3.2 岩土工程勘察

3.2.1 岩土工程勘察应有明确的针对性，因而要求了解建筑物的上部荷载、功能特点、结构类型、基础型式、埋置深度和变形限制的要求，以便提出岩土工程设计参数和地基基础设计方案的建议。不同的勘察阶段，对建筑结构了解的深度是不同的。

3.2.2 勘察是一个探索性很强的工作，勘察的过程是一个由粗而细，由浅而深的过程，各设计阶段对勘察成果也有不同的要求，因此必须分阶段勘察。

3.2.3 岩土工程详细勘察阶段勘探点的布置、勘探深度、以及采取土试样和进行原位测试等，GB 50021 及《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72 已有要求，本规程结合广西岩土工程的特点和可操作性，特别对岩土工程详细勘察阶段应采取的土试样和进行原位测试的数量提出了具体的要求。在可能存在多种基础方案时，勘探孔深度应按最深基础方案确定。

3.2.4 采取砂土、碎石土的原状试样进行室内试验往往十分困难，而原位测试则相对简便、经济，取得的参数也能够较为真实反映土层特性和环境条件。具体的原位测试方法可根据土的颗粒组成、物质成分、密实度等综合选择。

3.3 岩土工程评价

3.3.2 对粉土、砂土、碎石土的岩土工程勘察，场地地震液化和土的渗透稳定性是两个非常重要的岩土工程问题，需要进行专门评价。GB 50021 给出了这两个问题的评价要求、内容和方法，具体评价时可参照执行。

3.4 地基处理与检测

3.4.1~3.4.3 当地基承载力不能满足上部结构对地基的要求和地基不均匀变形超过地基变形允许值时，应进行地基处理。按现行国家行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79，常用地基处理方法有换填垫层法、强夯法和强夯置换法、深层搅拌法、高压喷射注浆法、水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）法等，具体方法应根据场地水文地质与工程地质条件、建筑体型、结构特点、荷载性质等，结合施工机械设备与当地材料供应等综合分析选定。

地基处理后，应以静载荷试验为主，辅之标准贯入试验、动力触探试验、钻孔取芯等综合评价地基处理质量。

4 岩 石

4.1 一般规定

4.1.1 根据广西的特点，一般性岩石主要包括除膨胀岩（新近系、古近系泥岩）、花岗岩风化岩和碳酸盐岩外的沉积岩、火成岩及其变质作用形成的各类岩石。

4.2 岩土工程勘察

4.2.3 工程地质测绘是初步勘察的主要方法，选用适宜的比例尺和图幅是做好工程地质测绘和调查的前提，测绘范围应包括拟建建筑物地段及可能受其影响的地段，采用的比例尺应能将测绘范围内主要的地质要素和重要的地质现象及其它重要的地物信息完整、清晰地反映在图纸上。

4.2.4、4.2.5 钻探是岩石地基勘探的重要手段，其工艺、质量标准对钻探质量、效果起决定性的作用，是确保勘察质量的关键，故应认真遵守。

4.2.6~4.2.8 方法较全面、数量较充分的现场测试及室内试验是合理确定岩石地基物理力学性质指标的重要基础。由于岩性指标的变异性，单个指标不能代表岩石的工程特性，必须通过统计分析确定其代表值，故第 4.2.8 条第 1 款规定了采取岩样的最少数量，以满足统计分析的需要。

4.3 岩土工程评价

4.3.1 岩体基本质量是岩石地基岩土工程评价的基础。在划分岩体基本质量时，岩体的完整程度可采用定量（压缩波速度）、半定量（岩石质量）及定性（节理统计）的方法综合分析确定。

采用岩石质量作为岩体完整性评价指标时，钻探取芯工艺应满足相应的要求。

4.3.2、4.3.3 对岩石地基承载力取值做出的详细规定。通常情况下，一般岩石地基需要提供岩体抗剪强度、变形模量等参数的情况不多，需要时，可参照现行国家标准《水利水电工程地质勘察规范》GB50487 确定。

4.4 地基处理与检测

4.4.1 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、静力爆破，以充分发挥其侧阻嵌固力。

4.4.4 斜坡稳定是斜坡岩石地基的核心问题，是否需要进行边坡变形观测，取决于边坡的稳定状态和建筑物的重要性，既要考虑监测工作的技术需要，也要适当照顾人们的心理需求。

4.4.5 勘察期间受工作条件、工作量等因素限制，在施工开挖过程中可能会揭露到一些对基础稳定或不均匀变形影响较大的软弱夹层、断层破碎带等特殊岩土工程问题，对此应进行施工勘察，复核地质条件，以确保工程安全。在新近系和古近系岩层中进行施工勘察时，应采取必要措施及时封孔。

5 膨胀岩土

5.1 一般规定

5.1.1 膨胀岩土包括膨胀岩和膨胀土。膨胀岩土的判定，目前尚无统一的指标和方法。本规程采用综合判定方法，并分为初判和终判两步。初判主要根据地貌形态、土的成因、外观特征和自由膨胀率判别。终判是在初判的基础上，结合室内试验及场地条件来进行。

5.2 岩土工程勘察

5.2.2 膨胀岩土地区对取岩土试样的勘探孔，不应送水钻进，否则会影响土样的天然含水量，而造成土样的物理力学及胀缩性质差异大，影响到胀缩等级的评价。如不及时回填钻孔，因雨水或地表水的倒灌，会诱发一系列的工程地质问题。

5.2.3 膨胀率及收缩系数是评价膨胀岩土的胀缩等级和膨胀岩土地基胀缩等级的两项主要指标。而膨胀压力较大的膨胀岩土，地基计算压力亦可相应增大，在选择基础型式及基底压力时，膨胀压力是很有用的指标。

自由膨胀率因不能反映原状岩土的胀缩变形，故不能用它来评价地基岩土的胀缩性，只能在作初判时采用。

5.2.5 将勘察场地分为三类，便于在勘察、设计时区别对待。

5.2.6 大气影响深度，是受多种因素影响的、不易确定的重要参数。主要影响因素有地下水位埋深、地层岩性构造、地形坡度、植被蒸发能力和气候条件等。本规程所取大气影响深度是根据原广西建筑综合设计研究院在 1975 年至 1982 年对不同岩性、

不同地区深标的测量统计结果，且考虑实测值和计算值并结合地形因素的影响而得。

大气影响急剧层深度是根据原广西建筑综合设计研究院勘察分院（现广西华蓝岩土工程有限公司）的勘探资料分析，结合膨胀岩土类型、胀缩等级、地形地貌、裂隙发育程度和标准贯入试验击数综合确定。

5.2.7 明确在可行性研究阶段以工程地质调查为主，其主要内容应查明有无膨胀岩土，并初步判定场地内膨胀岩土的胀缩等级。

5.2.9 规定取土试样深度从地下 1m 开始，在大气影响深度内每隔 1m 取样 1 件（组），主要岩土层进行胀缩性试验的土试样不少于 6 件（组）的要求，是根据大气影响深度及土试样胀缩性评价所需的最少数量确定。

在斜坡上勘探时，应考虑整平后地面标高的变化，一般加深勘探点的深度为 3m~5m。

5.2.10 指明在详细勘察阶段，除满足一般要求外，应确定场地膨胀岩土的胀缩等级和建筑地基的胀缩等级，以作为设计的依据，同时，对取土试样的深度、间隔和最少数量作出了强制性的要求，以满足统计分析的需要。

因膨胀岩土的裂隙较多，易沿裂隙破坏而降低承载力，故对重要和有特殊要求的工程，宜进行浸水试验、剪切试验或旁压试验，以确定地基承载力特征值。

5.2.11 广西新近系、古近系泥岩，往往夹煤或泥煤等软弱夹层，采用桩基础时，应进行施工勘察，勘察点宜逐桩布置，勘察深度应不小于桩端以下桩径的 3 倍并不小于 5m。

5.3 岩土工程评价

5.3.2 膨胀岩土即使在坡度很小时也经常发生滑动，故应特别重视场地稳定性分析。本条根据膨胀岩土的特点对稳定分析方法作了规定。

5.4 地基处理与检测

5.4.4~5.4.9 对膨胀岩土地区建构筑物的运营及环境变化情况经常进行检查和监测，及时发现问题并采取相应的整治措施，对保证建构筑物的安全是十分必要的。

使用单位是指建筑物的使用或管理人，一般指项目业主或物业管理单位。

6 红黏土

6.1 一般规定

6.1.1 红黏土是母岩为碳酸盐岩系（包括间夹其中的非碳酸盐岩类岩石），在湿热条件下经红土化作用形成的特殊土类。根据柳州的工程勘察资料统计表明：红黏土的化学成份以 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 为主，矿物成分则主要为高岭石，绿泥石次之、蒙脱石少许。化学成分中的硅铝比 $\text{SiO}_2/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 平均值为 0.88。

表 1 柳州白莲机场红黏土化学成份统计表（%）

项目 指标	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
范围值	28.40~80.07	3.59~25.95	11.91~38.62	2.14~9.33	0.76~1.24	0.70~2.04	0.54~0.85
平均值	40.97	12.92	33.53	4.79	1.02	1.50	0.73

表 2 柳州白莲机场红黏土矿物成份统计表（%）

项目 指标	高岭石	伊利石	绿泥石	蒙脱石	三水铝石、纤镁石、石英
范围值	6.23~34.16	0~8.84	0~15.98	少许	少许
平均值	16.91	2.32	8.41		

根据对柳州、桂林、贵港、玉林、贺州、河池等地的红黏土物理指标统计，在一般情况下，其天然孔隙比 e 多大于 1、塑性指数 I_p 大于 20、饱和度 S_r 大于 85%，土体多呈现中压缩性；柳州、桂林、宜州红黏土的天然含水量 ω 还接近塑限含水量 ω_p （表 6.1.1-3）。

表 3 广西红黏土主要物理指标统计表

项目 采样地点	天然孔隙比 e	天然含水量 $\omega\%$	塑限 $\omega_L\%$	液限 $\omega_P\%$	塑性 指数 I_P	饱和度 $S_r\%$	样品数 n
柳州	1.250	37.38	38.03	74.60	29	96	1180
桂林	1.120	37.00	35.00	65.00	28	93	2350
贵港	1.340	47.15	35.80	79.75	44	98	33
玉林	1.176	40.95	32.30	70.23	38	95.5	6
北流	1.012	33.80	28.08	58.31	30	92	8
河池	1.458	52.80	47.16	91.85	45	98.5	6
宜州	1.205	41.50	42.80	69.00	26	95	6
贺州	1.048	34.00	37.28	62.67	25	88.4	17

注：以上统计为样品指标平均值。

因此，在实际勘察中，具有上述特征且土层底部直接与碳酸盐岩呈不整合接触，液限含水量 ω_L 大于或等于 50%，颜色为棕红、褐黄的高塑性土，即可划为原生红黏土。

次生红黏土则是原生红黏土经搬运后再沉积形成，在相同物理指标的情况下，其承载力要比原生红黏土降低 1/3 左右，而且呈可塑、软塑状态的比例在总量中也明显增高，压缩性也高。勘察中应通过第四纪地质、地貌的研究，根据红黏土特征保留的程度确定其是否为次生红黏土。

河流冲积作用形成的黏土有时其物理特征和指标与次生红黏土颇相似，但其结构紧密、多呈现硬塑状，承载力也较高，且黏土层之下还分布有粉质黏土、粉土、砂土或碎石土，具典型的二元结构。故此类黏土不应划为次生红黏土。

红黏土具有失水收缩、裂隙发育、上硬下软的特征。

6.1.2 除了原生红黏土和次生红黏土之分外，根据工程需要还可以按其它特性分类：

1 为反映红黏土上硬下软的特征，红黏土宜采用含水比划分法分类，由于红黏土属黏性土的特殊土类，也可按液性指数划分法分类；

2 为反映红黏土裂隙发育的特征，应根据野外观测的裂隙密度对土体结构进行分类；

3 根据柳州、桂林、贵港、玉林、河池等地工程资料统计表明：广西红黏土自由膨胀率 δ_{ef} 为 22.0%~54.4%、50kPa 压力下的相对膨胀率 δ_{xe50} 为 -0.63%~0.198%、线收缩率 δ_x 为 1.735%~6.890%，表明土体的胀缩是以失水收缩为主要特征。但在缩后复浸水的过程中，各地红黏土的膨胀势能有不同的表现，按 GB50021 推荐的界限液塑比 $I_L \approx 1.4 + 0.0066\omega_L$ 进行红黏土浸水特性划分，柳州、贺州、河池、宜州的红黏土多属Ⅱ类，胀缩循环呈现缩势；而贵港、玉林、北流、桂林的红黏土则表现为Ⅰ类，胀缩循环呈现胀势；

表 4 广西红黏土胀缩性指标统计表

工程名称	自由膨胀率 δ_{ef} (%)		50kPa 压力下的相对 膨胀率 δ_{xe50} (%)		线收缩率 δ_s (%)		液塑 比 I_r	界限 液塑 比
	范围值	平均值	范围值	平均值	范围值	平均值		
柳州市维容造纸厂	33.0~65.0	46.0	-0.039~0.055	-0.015	0.75~5.47	2.990	1.92	2.09
柳州市白莲机场	8.0~90.0	39.0	-0.04~0.089	0.008	0.80~6.60	2.214	1.748	1.90
柳州市马鹿山奇石公园	19.0~25.0	22.0	-0.08~0.02	-0.027	1.43~2.14	1.780	1.77	1.79
贵港市东湖商住楼	38.0~72.0	54.4	-1.90~0.26	-0.630	3.8~10.35	6.890	2.23	1.93
玉林市兴业建材厂	33.0~43.0	37.2	0.01~0.68	0.198	2.48~4.53	3.780	2.17	1.86
北流市人民医院	6.0~53	28.2	-0.02~0.22	0.040	0.35~2.89	1.735	2.08	1.75
河池市自来水公司住宅楼	21.0~66.0	40.3	-	-	-	-	1.95	2.00
宜州市广维化工污水处理厂	34.0~40.0	37.0	-	-	-	-	1.61	1.85
桂林市	-	25.0	-	-	-	-	1.86	1.79
贺州市二中住宅楼	19.6~30.9	-	-0.03~-0.02	-0.024	2.00~4.10	3.100	1.68	1.81

4 对红黏土地基均匀性的划分, 主要考虑基础形式和上部荷载确定基底下 z 的深度, 对高层建筑则按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定的地基变形计算深度确定 z 值。地基压缩层深度范围内全部由红黏土组成, 应指全部由坚硬、硬塑或可塑状红黏土组成, 且满足地基计算要求。

6.2 岩土工程勘察

6.2.1 红黏土场区工程地质测绘和调查, 应在一般性的工程地质测绘基础上进行, 条文中提及的 5 个方面可灵活掌握, 有所侧重。

6.2.2 红黏土地区地基的均匀性差别很大。如地基压缩层范围为红黏土, 则为均匀地基; 否则, 上覆硬塑红黏土较薄, 红黏土与岩石组成的土岩组合地基, 是很严重的不均匀地基。红黏土具有垂直方向状态和水平方向厚度变化大的特点, 特别是在岩土组合的不均匀地基, 要获得较准确的地层剖面, 勘探点应采用较密的间距。

6.2.3 红黏土的钻探应采用干作业, 不应送水钻进, 以确保钻孔编录反映真实的地质状况。

冲(锤)击钻进方式效率较高, 但对土体结构扰动较大, 一般鉴别土性、采取Ⅲ~Ⅳ级土样的勘探孔可采用此方法钻进; 对采取Ⅰ~Ⅱ级土样和作原位测试的勘探孔则应采用对土体结构扰动较小的回转钻进方式; 也可以两种钻进方式相结合, 既可保证取土样和原位测试的质量又可提高钻进效率。红黏土地裂的发育深度一般在近地表浅部, 可用人工挖坑(槽)探, 能全面观查和描述裂隙的形态、规模及充填物情况。

对红黏土地基的勘探孔(井)完工后若回填封孔, 等于人为制造了地表水与下部岩溶水直接联系的通道, 频繁的地下水活动会加速对红黏土土体的冲刷掏蚀作用, 极易产生新的土洞而造成地基不稳, 故应及时回填。

初步勘察阶段取土样和原位测试的勘探孔数量按 GB 50021

第 4.1.9 条执行。考虑红黏土地基的不均匀性，详细勘察阶段取土样和原位测试的勘探孔数量除了满足 GB 50021 第 4.1.20 条的规定外，还要求每栋主要建筑物不应少于 3 个是指详勘取土样和原位测试的勘探孔除了应满足全部勘探点的 1/2 外，再附加的一个条件，例如：某栋建筑物布 4 个钻孔，其中取土样和原位测试的勘探孔应满足 1/2 即 2 个孔外，还要满足最少 3 个的条件，即该建筑物取土和原位测试的钻孔应为 3 个，这个条件也是原 GB 50021 第 4.1.20 对甲级建筑物勘察的要求，现引用于红粘土岩土工程勘察。

考虑土性指标的变异性，规定了不扰动试样和原位测试的最少数即不扰动试样和原位测试数据均不应少于 6 组（次）是满足数理统计分析需要的最少数量，同时要求按规范 3.2.3 条的规定每个单体每一主要土层的土试样和原位测试数据均不应少于 2 件（组），也是针对红黏土的不均匀性而制定，故应严格执行。

红黏土收缩作用产生的土裂隙，易使一些较陡的边坡土体常沿着这些裂隙光滑面产生滑塌失稳，特别在水的作用下尤为明显，故红黏土的抗剪强度应采用三轴试验，若采用直剪则应作重复慢剪试验；另参照贵州的经验，当用直剪仪快剪指标时，应对 c 值乘以 0.6~0.8、对 φ 值乘以 0.8~1.0 的系数进行修正。

红黏土以失水收缩为主，遇水膨胀作用不明显，故土样试验不仅要测定自由膨胀率还要测定土的线收缩率和不同压力下土的相对膨胀率，并评价红黏土的胀缩性等级和红黏土地基的胀缩等级。

6.2.4 一般情况下，红黏土地区地下水和土体对混凝土结构多具微腐蚀性，但对于具体的勘察场地，必须调查附近是否有污染源，要有足够的经验或充分的资料。否则必须按 GB 50021 的要求取水、土样作专项分析，以评价其对建筑材料的腐蚀性。

6.3 岩土工程评价

6.3.1 红黏土承载力与其它土层一样，应采用多种测试手段综

合确定，本规程附录 A 表 A.0.2-4 确定承载力特征值的方法是
我区长期积累的工程经验，应予利用，但对于工程重要性等级为
一级的工程应进行静载荷试验；由于收缩裂隙的发育破坏了土的
结构，复浸水后强度降低，因此在确定承载力特征值时还应考虑
红黏土的这些特性。

6.3.3 红黏土的大气影响急剧深度可按本规程第 5 章表 5.2.6
确定；高温设施的烘烤会加速红黏土的收缩变形，明渠水的浸泡
和干湿循环作用会使 I 类红黏土的胀量逐次积累而加速崩解，故
对红黏土评价时要注意这些特性对建（构）筑物的不利影响。

6.3.4 地裂是红黏土地区特有的现象，一般发育深度为地表下
2m~4m，已见最深者达 8m，裂隙在地面呈竖向开口，往深处渐
弱，呈闭合网状。裂面常见光滑镜面、擦痕、铁锰质浸染。它的
存在对建筑物（特别是轻型建筑物）的影响是显而易见的，场地
评价时应建议建筑物绕避地裂。

结构致密的红黏土渗透系数一般小于 $1.2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ，据 103
份桂林红黏土资料统计，渗透系数最大值为 $4.95 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 、最
小值为 $1.57 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ 、平均值为 $1.57 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，因而可视为不
透水层。但当红黏土中存在收缩裂隙时，大气降水和地表水可渗
入其中，在土体中形成依附网状裂隙赋存的含水层。该含水层很
不稳定，一般水量不大也无统一水位，只有在补给充分、地势低
洼地段才可测到该水位。但钻孔揭穿红黏土进入碳酸盐岩层遇岩
溶水时，应注意测量岩溶水的初见水位和稳定水位，分析岩溶水
对红黏土层是否具承压性。如必要，尚应讨论承压水头对基坑可
能产生突涌的可能和抗浮设计水位。

干旱季节大范围的堆土方区和人工削坡使深处土体外露地表
后，原来土中较高的天然含水量会迅速降低，此时土的收缩作用
尤为明显。当失水后的天然含水量低于土的缩限含水量时，就会
伴随地裂的产生。有时新挖坡面数日内就可被收缩裂隙切割，使
土体结构呈巨块状和碎块状。故在建筑物（特别是砖混结构的低
矮建筑物）采取保湿措施是很有必要的。如柳州某营区兴建数十

栋 1 层~3 层的楼房，由于事前没考虑此因素，在干旱季节堆土后便快速施工，且竣工后地面长期裸露日晒，结果导致 60% 的建筑因红黏土地基收缩变形而产生墙体开裂破坏。若推土后经过一个水文年的干湿循环，使土中天然含水量稳定后，再考虑基础埋深大于大气影响急剧深度，就可避免上述事故的发生。

红黏土基础埋深既要考虑利用土层上部硬层又要考虑大于大气影响急剧深度，若天然地基不能解决这一矛盾，则宜考虑用下部岩石作桩（墩）基础。

6.4 地基处理与检测

6.4.1 水泥粉煤灰夹碎石桩（简称 CFG 桩），桩体强度 C5~C25，其单桩承载力高，可大幅度提高复合地基的承载力，且具有地基变形小、适用范围广的特点，既适用于条基、独立柱基，也适用于箱基和筏基。目前广西区内已有多项应用于 30 多层甚至 40 层以上的高层建筑采用该方法处理红黏土的工程实例，处理后的复合地基承载力特征值可达到 400kPa。

在不均匀地基作砂褥垫层和用碎石夹土置换软塑红黏土对一般建筑物沉降差的调整是简易可行而有效的办法。

6.4.2 对红黏土中的土洞处理，除了充填砂石，还需进一步灌浆充填其间的空隙，为防止跑浆、漏浆，可在水泥浆中加入速凝剂并自下而上灌浆施工。在基岩面附近，要控制好灌浆压力使浆液固结并将其下的岩溶通道封堵，然后再加大灌浆压力对土洞空隙充填。对浅层土洞，虽经处理，但上部结构亦应采取相应的措施。

6.4.3 红黏土地基基坑（槽）开挖后的检验与其它土质地基检验一样，可用肉眼观察、手搓并辅以微型贯入仪检验土的状态、密实度、均匀性和土裂隙发育及分布情况，必要时可用轻型圆锥动力触探实测土体承载力。对轻型建筑的基坑（槽），还应检验确定基坑（槽）是否超过当地大气影响急剧深度。基坑（槽）内若有积水，应分析其补给来源和对基础施工的影响，并提出处理

措施。

对不均匀和岩溶发育地基，在基坑（槽）底采用钎探查土洞、软土的方法，该方法操作简单、成本低，应优先采用。

根据 GB 50021 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 有关规定，对地基基础设计等级为甲级的建筑物（工程重要性等级为一级）、不均匀的红黏土地基或红黏土经过处理后复合地基上的乙级建筑物（工程重要性等级为二级）应进行沉降和变形观测；同理，对建在红黏土场区的重要边坡工程，除了应进行支护结构变形和邻近已有建筑物变形的监测外，对红黏土裂隙随季节的变化及基坑周围地面变化的观测也是十分必要的。

7 软 土

7.1 一般规定

7.1.1 参考《工程地质手册》（第五版），软土根据天然孔隙比、液性指数、有机质含量等分为淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等四种类型。

7.2 岩土工程勘察

7.2.2 场地的复杂程度可按其工程地质条件划分。

1 简单场地：地形平坦，地貌单元单一，无暗塘暗沟，互层简单，土质均一，无不良地质现象，地下水对地基基础无不良影响；

2 中等复杂场地：地形微起伏，地貌单元少，暗塘暗沟不多，交互层较复杂，土质变化较大，地基主要受力层内硬层和基岩面起伏较大，不良地质现象较发育，地下水对地基基础可能有不良影响；

3 复杂场地：地形起伏大，地貌单元较多，暗塘暗沟较多，交互层复杂，土质变化大，地基主要受力层内硬层和基岩面起伏大，不良地质现象发育，存在液化和震陷，地下水对地基基础有不良影响。

在具体进行场地划分时，如有类别的过渡，则须以主要方面综合分析判定。

7.2.3 软土易扰动，保证取土质量十分重要。

7.2.5 不同成因类型的软土其工程性质不一样，软土的岩土工程勘察应针对不同成因类型及地基复杂程度采用不同的布置原则。北海、钦州、防城港等滨海地区的软土，范围一般较大，场

地相对简单，土质结构疏松，勘探点间距可以取大值，并可以静力触探孔代替相当数量的钻孔；南宁、柳州等内陆地区冲积成因的软土，成层情况较为复杂，成分不均一，平面分布范围不规则，勘探点间距宜取小值，并以钻探为主。

7.2.6 对勘探孔的深度，一般由场地地质条件、建筑物特点、可能的基础类型确定，在深厚软土的地区，主要由桩基深度和地基变形计算深度确定。此外，还要考虑可能采取的地基处理方案的要求。

7.2.8 本条提出了适用于软土地区的原位测试方法。此外还可采用平板载荷试验，在测定土层的动力参数时可用波速测试。标准贯入试验对软土本身并不适用，但可用于软土中夹的砂土及硬黏土。

7.2.9 试验土样的初始应力状态、应力变化速率、排水条件和应变条件均应尽可能地模拟工程的实际条件。常规固结试验对于工程重要性等级为一级的建筑物其最后的一级压力，可依建筑物的附加压力和土的自重压力来选定；对于二、三级建筑物，其最后一级压力，一般不超过 400kPa。对正常固结的软土应在自重应力下预固结后再做不固结不排水的三轴剪切试验。

7.3 岩土工程评价

7.3.3 软土地基承载力实质上是由变形控制的，评定其承载力应使用多种方法，结合建筑等级、基础类型和场地复杂程度以变形控制的原则，作出综合评价，要以当地经验为主，不能单靠理论计算。

7.3.4 软土地基的沉降计算仍推荐用一维固结沉降计算模式并乘经验系数的分层总和法，但也可结合采用其它新的计算方法，以便积累经验，提高技术水平。

7.3.5 当存在建筑物相邻高低层荷载相差较大时，宜考虑上部结构和地基的共同作用，提出减少地基不均匀沉降的措施，防止建筑物因沉降差异过大导致严重开裂和损坏。在软土地区因基坑

开挖等需加大降水深度时应考虑和评价软土因排水固结而引起的地面沉降及水位恢复对工程边坡稳定的不利影响。

7.4 地基处理与检测

7.4.1 软土地基处理，必须从场地的土层和土质特点出发，对地基与基础的结构、施工及使用等方面进行综合考虑，通过方案比较合理地选择地基处理方案。并注意处理方法的机理是否适合具体建筑物地基土的特性、载荷条件和其它要求等。对于某一具体工程的地基往往可以有多种地基处理方法，只有通过方案比较，权衡利弊，才能选择比较合理的方案。

7.4.2 对厚层软土地基处理，在广西沿海地区用得较多和成功的是水泥土深层搅拌法，其它加固方法使用的并不多或没有，需在今后的工程项目中多加实践，以扩大软土地基处理的途径。

7.4.4 软土具有触变性、流变性、高压缩性、低强度和低透水性等工程性质，使建于软土地基上的建筑物地基变形较大，对建筑物本身及周边环境影响也较大，因此对重要建筑物在施工及使用期间应进行必要的监测。

8 填 土

8.1 一般规定

8.1.2 人工填土一般具有不均匀性、密实度较差、密度变化大、低强度、高压缩性和湿陷性等特点，规律性较差。因此当使用填土作为建筑物地基时，应进行针对填土特点的岩土工程勘察。

8.2 岩土工程勘察

8.2.2 由于填土具有不均匀性及规律性差等特点，所以填土地勘探点的布设应按复杂场地考虑。勘探点的间距，宜密于天然地基场地上的同类工程。考虑到不同类别的填土，其岩土工程性质相差较大，如压实填土相对于杂填土更具规律性及均匀性，因此确定勘探间距为 10m~20m，工程性质变化大时取小值。

8.2.3 填土厚度随原始地形变化较大，针对填土的勘探深度不便以具体数字确定，应以能查清填土底部界限为原则。

8.2.4 填土的勘探方法，应针对不同的物质组成，采用不同的手段。轻型圆锥动力触探适用于粉性素填土和黏性素填土，静力触探适用于冲填土和黏性素填土，重型圆锥动力触探适用于砂性素填土等。杂填土成分复杂，均匀性差，单纯依靠钻探难以查明，应有一定数量的探井配合勘探。

8.2.5 土粒结构杂乱，埋藏形态无规律的定性为填土，具有自然沉积土结构层理的定性为新近沉积黏性土。

8.2.6 素填土和杂填土可能有湿陷性，如无法取样作室内试验，可在现场用浸水载荷试验确定。

8.3 岩土工程评价

8.3.2 填土的均匀性和密实度与填土的组成物质、分布特征和堆积年代有密切的关系。填土的工程性质取决于它的均匀性和密实度。未经人工压实的填土，一般密实度较差，但随着堆积时间的增长，在土的自重压实作用下，当达到一定的密实度和具有一定的强度时，也可作为一般建筑物的天然地基。

8.3.3 填土的地基承载力，可由轻型圆锥动力触探、重型圆锥动力触探、静力触探和取样分析，并结合当地建筑经验综合确定，必要时应采用静载荷试验。采用计算方法确定填土复合地基承载力时，宜将计算结果与当地建筑经验相结合。

8.3.4 山区的填土往往因原始坡面较陡而产生滑动，此时查明填土所处的原始地面坡度非常重要。当原始斜坡坡度大于 20% 时，应验算填土沿原始斜坡面滑动及原始斜坡因填土而产生滑动的可能性。

8.3.5 填土的物质成分因地而异，如沿海地区冲填的可能是软土；百色、上思、南宁等地填筑的可能是膨胀岩土；桂林、柳州等地区填筑的可能是红黏土。显然，对这些特殊填土应按相应的特殊性土的要求进行岩土工程评价。

8.4 地基处理与检测

8.4.1 填土的地基处理有多种方法，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，以确定地基处理方法及检测处理效果。

8.4.2 对不同的填土类型，可采用不同的处理方法：素填土可采用机械碾压法和夯实的方法；杂填土可采用换填垫层法、强夯法和强夯置换法、振冲法、石灰桩法、灰土挤密桩法和土挤密桩法、水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）法等；冲填土可采用换填垫层法、振冲法、预压法等。

8.4.6 对压实填土，在压实前应测定填料的最优含水量和最大

干密度，压实后应测定其压实系数。对大量的、分层的检验，可用微型贯入仪测定其贯入度，并作为判别密实度和均匀性的参考依据。

9 混合土

9.1 一般规定

9.1.1 经验和研究表明：当混杂在黏性土、粉土中的碎石组分的质量大于总质量的 25%时，才能起到改善土的工程性质的作用，而混杂在碎石中的黏粒组分的质量大于总质量的 25%时，对碎石土的工程性质才有明显的影响。

9.1.2 混合土的性质主要决定于土中的粗、细颗粒含量的比例，粗粒的大小及其相互接触关系和细粒土的状态。因此，混合土的定名和分类的原则，应当根据其组成材料和呈现性质的不同，针对具体情况区别对待。

9.2 岩土工程勘察

9.2.1~9.2.5 对混合土的岩土工程勘察应根据其特点，按当地工程经验，集中解决其突出问题。条文强调对混合土的岩土工程勘察应运用多种勘察手段和方法，并对混合土现场原位测试做出了相应的规定。混合土宜采用多种勘探手段和方法，如钻孔、探井、动力触探试验、静力触探试验、旁压试验和地球物理勘探等。混合土由于大小颗粒混杂，布置一定数量的探井直接观察，采取试样是很有必要的。动力触探试验对粗粒混合土是很好的测试手段。

9.3 岩土工程评价

9.3.1~9.3.6 混合土的成因一般为冲积、洪积、坡积、残积和崩塌堆积，是一种性质极为复杂多样，目前仍未完全认识、掌握的特殊性土。各地分布的混合土，由于其成因、形成环境及物质

组分的较大差异，使其性质差异十分明显，不具有可比性。对混合土地基的评价应尊重各地的工程经验，不宜生搬硬套。

本规程混合土地基承载力表（表 C.0.2-7 和表 C.0.2-8）及混合土边坡容许坡度值（表 9.3.5-1，表 9.3.5-2）都有明确的使用条件，采用时，应参照混合土的工程经验及工程现状具体分析。

9.4 地基处理与检测

9.4.1~9.4.3 目前对混合土的物理力学性质及混合土地基处理的研究尚缺乏经验，在混合土地区工作时，岩土工程师应重视总结当地的工程经验并与结构工程师紧密配合，研究地基土的工程特征和上部结构的要求，采用合理的地基基础方案或处理方案。

10 风化岩和残积土

10.1 一般规定

10.1.1 阐述花岗岩的风化岩及其残积土的定义。不同的气候条件和不同的岩类具有不同的风化特征，湿润气候以化学风化为主，干燥气候以物理风化为主。花岗岩类多沿节理风化，风化程度大，且以球状风化为主。对层状岩，多受岩性控制，硅质比黏土质的不易风化，风化后层理尚较清晰，风化厚度较薄。风化岩仍保持原岩的结构和构造，而残积土则已全部风化成土，其矿物结晶、结构、构造等不易辨认，成碎屑状的松散体。风化岩和残积土的共同特点是均保持在其原岩所在的位置，没有经过搬运。

10.1.2 从我区工程应用实际出发，对花岗岩残积土的定名作了详细的规定。

10.2 岩土工程勘察

10.2.2 风化岩与残积土的岩土工程勘察时，对不同的工程应有所侧重。如作为建筑物天然地基时，应重点查明风化岩和残积土的风化均匀性及其物理力学性质，作为桩基础时，应重点查明全风化、强风化的埋深、厚度及力学性质，作为嵌岩桩应重点查明桩端岩层埋深、力学性质，以及破碎带、软弱夹层、岩脉、球状风化体（孤石）的分布和厚度。

对于花岗岩地区，球状风化体（孤石）的判定可从以下方面进行：

在花岗岩地区，在强风化带上部、全风化带及残积土中常见有中、微风化球状风化体（孤石），球状风化体（孤石）的存在

使得土石分布不均匀，如将球状风化体误判为基岩易产生不均匀沉降。球状风化体直径一般 1m~3m，最大可达 5m，勘察时来控制球状风化体，控制性钻孔需进入微风化带不小于 5m，一般性钻孔进入微风化带不小于 3m，重要工程或嵌岩桩进入微风化带的深度尚需增加。球状风化体的判别一般可从以下几个方面进行：

1 分布位置在强风化带上部及全风化带、残积土中；

2 球状风化体仅有几厘米厚的风化层薄壳，无论是勘察还是施工掘进中，风化程度不同的风化岩层常有缺失，多呈突变，不符合由残积土——全风化——强风化——中等风化——微风化——未风化的风化规律；

3 球状风化体成分多以微风化岩为主，风化球内部一般无裂隙，开挖桩孔底部也无裂隙面上常见的铁质浸染；少量为中风化岩体，裂隙较发育；

4 桩孔中验桩时一般能见到弧面。

10.2.3 根据 GB50021 的有关规定，风化岩与残积土属特殊类岩土，但其工程性质一般较好，勘探点的布置可按 GB 50021 及现行国家行业标准《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T72 的有关规定确定。

勘探取样，规定在探井中刻取或在钻孔中采用双重管、三重管取样器采取，目的是为了保证采取风化岩样质量的可靠性。风化岩和残积土一般很不均匀，取样试验的代表性差，故应考虑原位测试与室内试验结合的原则，并以原位测试为主。

风化岩和残积土的划分，可采用标准贯入试验、圆锥重型触探试验或静力触探试验，也可采用波速测试。当采用标准贯入试验划分时，试验孔宜占勘探孔总数的 1/2~2/3，并从上往下按每间隔 1.5m~2.5m 的间距进行试验，目的是确保风化岩与残积土层位划分的精度。

对于花岗岩残积土，为求得合理的液性指数，应确定其中细粒土（粒径小于 0.5mm）的天然含水量 ω_r 、塑性指数 I_p 、液性

指数 I_L ，试验应筛去粒径大于 0.5mm 粗颗粒后再做。根据许多工程的计算结果，若按 GB 50021 取 $\omega_{0.5}=5\%$ ，按规范公式计算得到的细粒土含水量偏大（30.3%~46.5%），液性指数 I_L 亦偏大（0.63~2.04），该指标对部分残积土承载力的确定无指导意义，故 $\omega_{0.5}$ 取值宜为 15%。此外，花岗岩残积土宜以原位测试确定地基承载力特征值等重要岩土参数。

10.3 岩土工程评价

10.3.4 花岗岩风化岩和残积土取样扰动性较大，其承载力特征值的确定以原位测试为主。

10.3.5 花岗岩残积土、全风化岩和强风化岩的变形模量可按本规范第 10.3.5 条规定的经验公式确定，主要参考《工程地质手册》（第五版）。

10.3.6 虽然花岗岩残积土的压缩系数大都属于中等偏高压缩性，不属于低压缩性土，但载荷试验、沉降观测和工程实践表明，花岗岩残积土的沉降速率是很快的，可与低压缩性土同等对待。

工程经验表明，采用传统的分层总和法计算残积层、全风化及强风化层的地基沉降量往往偏大，其主要原因是土样受扰动，使测得的压缩模量偏小。式（10.3.6-1）和式（10.3.6-2）采用土的变形模量作为计算参数，地基的计算沉降量与实测结果较为接近。根据布辛奈斯克解答，地基沉降可按下式计算：

$$s = I_0 \frac{(1-\nu^2)p_0 b}{E_0} \quad (1)$$

式中： I_0 ——轴向荷载作用下刚性基础的沉降影响系数；

ν ——土的泊松比；

P_0 ——附加压力；

B ——基础宽度。

方形基础 $I_0=0.88$ ；矩形基础长边与短边之比 $a/b=1.5\sim 4$ 时， $I_0=1.08\sim 1.61$ ；条型基础长边与短边之比 $a/b \geq 5$ 时， $I_0=1.72\sim 2.12$ ；取土的泊松比 $\nu=0.3$ ；由于弹性半空间压缩层深度偏大，使计算沉降量亦偏大，故对计算结果乘以折减系数

Ψ_s' ，即 $\Psi_s = I_0(1-\nu^2)\Psi_s'$ ，可得到表 10.3.6 的经验系数值。

对于刚性基础下的成层地基，以各土层的近似附加应力面积为权，求变形计算深度范围内土的加权变形模量，即变形模量的当量值。变形计算深度：方形基础取 $(1\sim 1.5)b$ ，矩形基础取 $(1.5\sim 2)b$ ，条形基础取 $(2\sim 3)b$ ，片筏基础取 $(0.5\sim 0.9)b$ ，可得式 (6)。

10.4 地基处理与检测

10.4.4 花岗岩残积土、全风化、强风化花岗岩均具有遇水易软化、崩解，手捏易碎散等特性，地基土易受扰动而使承载力降低，因此针对花岗岩残积土地基施工提出了具体的要求，并对球状风化体（孤石）的处理结合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 提出了相应的规定。

10.4.5 根据采用预应力管桩的经验，当桩端持力层为风化岩和残积土等遇水易软化的岩土层时，闭口桩沉桩一定时间后，由于桩端构造缝隙浸水导致风化岩软化，端阻力会有显著降低的现象。实践表明，沉桩后即刻灌入微膨胀性混凝土至桩端以上约 2m，能起到防止渗水软化桩端岩土的作用。

11 岩 溶

11.1 一般规定

11.1.1 可溶性岩石主要指碳酸盐岩。覆盖在岩溶形态之上的土层，经过岩溶水体的潜蚀等作用而形成的土洞、地面塌陷是岩溶的一种特殊形态。

岩溶现象在地球岩石圈中分布是很广泛的，岩溶的形成和发展要有其内在因素和外界条件。形成岩溶一般需要同时具备三个条件：即可溶性岩层、溶蚀体、溶蚀通道。岩溶的发育与岩性、地质构造、构造运动、地形及大气降水关系密切。

土洞是指在有覆盖土的岩溶发育区，因其特定的水文地质条件，使岩面以上的土体遭到流失迁移而形成的土中洞穴和洞内塌落物以及引发地面变形破坏的总称。土洞是岩溶的一种特殊形态，是岩溶范畴内的一种不良地质现象，因其发育速度快、分布密，对工程的影响远大于岩洞，故而将其与岩溶并列。

广西是典型的岩溶发育区，近年来因大量抽吸地下水，使水位急剧下降，引发土洞的发展和地面塌陷的发生，严重威胁工程和人身的安。如 1973 年以来，黎塘地面塌陷 250 处，塌坑大的直径达 20m，深度达 25m。2006 年 4 月 17 日马山县永州镇永州村一个鱼塘严重塌陷，并致使一个小孩掉进塌陷坑身亡。2009 年 5 月 8 日南宁明阳工业园区内，广西明阳生化科技股份有限公司二车间旁边的地面发生塌崩，出现两个大坑，其中一个大约长 20m，宽 10m，深 2m，总面积达 220m²，一辆叉车完全陷入大坑内。上林县乔贤镇龙头村 1000 多亩农田从 2006 年 11 月起，频频出现地表塌陷现象形成上百个大坑，先后有 3 头耕牛被这些“黑洞”吞噬，3 名村民险些被掩埋。故本条强调，拟建工程场

地或其附近存在对工程安全有影响的岩溶时，应进行岩溶勘察。

11.1.2 根据碳酸盐岩地层被覆盖埋藏的情况，岩溶地基可分为裸露型岩溶、浅覆盖型岩溶、深覆盖型岩溶和埋藏型岩溶等四种类型：

1 裸露型岩溶：指碳酸盐岩直接出露地表，没有或很少被第四系沉积物覆盖；

2 浅覆盖型岩溶：指碳酸盐岩部分被第四系沉积物覆盖，覆盖率一般在 30%~70%左右，覆盖层厚度一般小于 30m；

3 深覆盖型岩溶：指碳酸盐岩大部分被第四系沉积物覆盖，覆盖率一般在 70%以上，覆盖层厚度一般 30m~100m；

4 埋藏型岩溶地基：碳酸盐岩层被非碳酸盐岩岩层（如砂岩、页岩）覆盖，没有岩溶景观显露地表，埋深大于 100m，最深可大于 1000m。

在大多数情况下，与岩土工程关系密切的岩溶地基主要是前两类，即裸露型岩溶和浅覆盖型岩溶。岩溶对工程的不良影响主要体现在以下几个方面：

- 1 岩溶岩面起伏导致上覆土质地基压缩变形不均；
- 2 岩体洞穴顶板变形造成地基失稳；
- 3 岩溶水的动态变化给施工和建筑物使用造成不良影响；
- 4 洞塌落形成地表塌陷。

11.1.3 岩溶发育程度是一个综合性的评价指标，它受岩溶发育的多项因素影响，是地表地下岩溶的综合反映。本条将场地岩溶发育程度定性地划分为强、中、弱三级，是以岩性和沉积组合特征为基础，结合岩溶地貌和个体岩溶形态及水文地质特征的分析，综合考虑地表岩溶发育密度、线岩溶率、遇洞隙率及富水性指标。这种划分只是一种相对的概念，因为在岩溶强发育地段中可包含有弱发育的层位，弱发育区域也可包含局部强发育地段。

四个划分指标不必确定以哪一个为主，因为这涉及到勘察方法、手段的因素，如采用的是地面地质调查，则揭露的是地表岩溶发育密度、富水性指标；如采用的是钻探方法，则反映的是线

岩溶率和遇洞隙率。

岩溶率（factor of karst, karst ratio, karst percentage）又称喀斯特率，是反映碳酸盐岩分布区在一定地段内岩溶发育程度的指标。岩溶率在一定程度上能反映岩溶发育的强度及方式，具体可分为：

- 1 点岩溶率：单位面积内岩溶空间形态的个数；
- 2 线岩溶率：单位长度上岩溶空间形态长度的百分比；
- 3 面岩溶率：单位面积上岩溶空间形态面积的百分比；
- 4 体岩溶率：孔洞体积占所测量碳酸盐岩体积的百分比；
- 5 钻孔岩溶遇洞隙率（揭露率）：在一定深度或层位的条件下，揭露到孔洞的钻孔占勘探钻孔总数的百分比。

根据统计方法的不同，可计算出：

线岩溶率 = （钻孔所遇溶洞、溶隙的长度） / （钻孔穿过碳酸盐岩的长度） × 100%；

面岩溶率 = （地面漏斗、落水洞和溶洞面积） / （所测地段面积） × 100%；

体岩溶率 = （溶洞体积） / （岩石总体积） × 100%；

通常线岩溶率法适用于钻孔，面岩溶率法适用于地质调查与测绘，体岩溶率法仅用于特定工程项目。

除了以上方法外，还可以用强岩溶蚀带特征评价岩溶发育程度，具体方法见由广西华蓝岩土工程有限公司、广西交科集团有限公司、桂林理工大学等单位合作完成的科技成果《岩溶场地溶蚀程度深度变化特征评价关键技术与工程应用》，该成果已从理论上发现了浅层岩溶（自岩面起算以下 30m）范围内的溶蚀率具有随深度增大呈指数衰减的函数规律，该函数规律的普遍存在性已经过多个岩溶工程勘察项目资料的验证。

11.2 岩土工程勘察

11.2.1 岩溶地基岩土工程勘察除按规范要求外，尚应结合其自身的特点及已有的勘察经验，通过调查分析，明确岩溶对场地地

基稳定的影响程度，提出影响建筑的主要岩溶问题，使勘察工作有目的性和针对性。在岩溶区建筑，应重视可行性研究勘察。在项目决策阶段，科学的预测、实事求是地分析可能存在的危害，对今后的建设将起到关键的作用。

在岩溶区进行施工勘察是非常必要的，因岩溶是一种分布多样、形态奇特的自然现象，在详勘阶段，限于工作量或岩溶的复杂性，不可能完全查明各建筑物下的各种岩溶形态，这些都有待施工阶段进行专门勘察予以查明。

根据住房和城乡建设部《建筑工程五方责任主体项目负责人质量终身责任追究暂行办法》建质〔2014〕124号文，详细勘察单位项目负责人为建筑工程五方责任主体之一，施工勘察资料应经原详细勘察单位同意后实施。

11.2.3~11.2.5 这几条规定都是围绕岩溶勘察中应遵循的工作程序与方法而制定的。岩溶勘察应坚持以岩溶工程地质调查研究为先导的工作程序；遵循从面到点、分区对待、先已知后未知、先地面后地下、先控制点后一般点、先疏后密以及评价中先定性后定量的工作准则。依不同的探测对象和对工程影响程度，合理选用勘探手段，且物探方法需采用有多种方法和手段相互印证，排除假象。

11.2.8~11.2.10 岩溶洞隙是岩溶发育程度最直接的标志。岩溶洞隙主要发育在浅部，随深度的增加，洞隙发育迅速减弱。据统计资料，桂林溶洞多发育于现代排泄基准面下50m~60m内，浅部岩溶洞隙由于地下水活动频繁，交替强烈，一般连通性较好，能形成错综复杂的洞隙网络系统。

岩溶地下水具有赋存状态复杂（集中管道状或分散网络状），动态变化迅猛、径流通畅、流态多变等特点。在不同的区域，由于地下水的补给、径流和排泄条件的不同，其地下水又表现出明显的差异特征。影响地下水的补给、径流和排泄条件的因素除了地质构造外，主要受地形地貌限制，即碳酸盐岩的出露条件、地形切割程度及水文网的配置格局等。

11.2.11 本次修订旨在科学规范岩土勘察工作，确保工程安全的同时合理控制勘察成本。修订要点包括：一是结合广西地方经济发展水平和区域地质条件，根据岩溶发育等级差异化制定勘察要求——弱发育区原则上不进行施工勘察，中等及以上发育区优化勘察方案、减少勘探数量；二是强化物探技术的应用，在物探结果与钻孔验证一致时减少钻孔数量，并采取“有效优先”的物探方法选择原则，不限定具体技术手段，充分发挥项目技术负责人的专业判断，从而在保障工程质量的前提下提升勘察经济效益，实现广西建设项目投资的提质增效。

有效的物探测试方法指在开展物探测试工作前需在测区内通过钻孔验证与解释结果一致并能如实反映出地层情况的方法，且其分辨能力及误差应满足施工勘察的要求。物探的探测范围应覆盖整个基础或桩位，采用单孔物探测试方法或孔间物探测试方法。

有效的物探测试方法是工程勘察常用的辅助手段，施工勘察采用物探方法得当，能有效缩短工期，提高工程投资效益。为查明持力层的完整性，可在不同条件下采用以下物探测试方法：

1 采用天然地基宜采用浅层地震法、探地雷达等物探方法在开挖至持力层附近时进行物探测试；

2 采用桩基时，可在基桩钻孔的基础上，采用单孔物探方法，查明钻孔外径向一定范围内的岩溶、软弱带、裂隙带的发育和分布情况等，无孔液时宜采用井中雷达等物探方法，有孔液耦合时宜采用管波探测或钻孔弹性波成像等物探方法；采用跨孔物探方法，无孔液时宜采用电磁波 CT 成像等物探方法，有孔液时宜采用（弹性波、电阻率）CT 成像等物探方法探测钻孔之间的岩溶、软弱带、裂隙带的发育和分布情况。

3 基桩施工过程中，可在预计桩底采用桩底弹性波（水下高频地震波）探测法、探地雷达等物探方法，查明桩底持力层 3 倍桩径且不少于 5m 深度范围内是否存在溶洞、软弱夹层等不良地质体。

由于筏板基础应用较为广泛，且其面积较大，若仅采用钻探方式进行施工勘察，所需布置的钻孔数量将显著增加，导致勘察成本大幅上升。因此，为了提高勘察工作的合理性与经济性，本次修订考虑了筏板自身的跨度效应，合理的减少的钻孔当量。筏板基础的施工勘察应对比物探与钻探相结合的方式、钻探方式的经济性后进行。在勘察过程中，若发现岩溶发育，对于重要建筑物的重要位置应以原钻孔为中心，沿横向和纵向以 2m 间距对称布置 4 个钻孔，进一步查明岩溶分布情况。如新增钻孔再次发现岩溶发育，应在新钻孔为中心，继续以 2m 间距进行加密布孔；若新增钻孔未发现岩溶发育，则应以该钻孔为中心，按 1m 间距进行布孔，不再继续扩展，以最终确定岩溶发育的平面及剖面尺寸，确保地质条件的准确识别与工程安全。

在地基处理过程中所采用的 CFG 桩等技术，并不属于桩基础的范畴，因此无需进行施工勘察。这是因为此类方法主要利用表层土进行地基加固，而当溶洞的深度较大时，其对建筑物的安全性影响已相对较小。

11.2.14 通常情况施工勘察的目的是解决施工过程中出现的岩土工程问题，广西进行施工勘察主要是岩溶地区，其中一个主要目的是确定桩底高程，由于岩溶的复杂性，对于石灰岩、白云岩、泥灰岩等风化、完整（或破碎）程度、硬度等的判断往往因人而异。经常出现施工勘察在未做任何试验的前提下，桩端持力层高程则远低于详勘揭露的岩面的情况。因此有必要要求施工勘察阶段在岩性、风化、完整（或破碎）程度、硬度等的判断是否与详勘阶段保持一致。既要复核详勘揭露的岩土类别，在判断可能出现岩土层与详勘成果有差异时还应复核岩土参数，规避其可能的随意性，确保工程安全。目前这个问题在详勘和施工勘察是同一单位时，也许会在勘察单位内部协调处理而不会明显暴露出来，但该问题在施工勘察和详勘阶段不是同一勘察单位实施时特别突出，出现多次纠纷。因此按建设工程质量管理办法及岩土工程勘察文件技术审查要点的要求，确有必要提出施工勘察阶段需复核

详勘揭露岩土类别及参数是否与详勘成果一致的要求。从另一个角度分析，施工勘察阶段钻孔数量是详勘阶段的数倍甚至数十倍，该阶段获取了海量的岩土信息不应仅仅为揭露溶洞或破碎带这一单一目的，理应进行适量的试验或测试更有利于发现详勘阶段可能遗漏的信息，且并不会明显增加施工勘察单位负担。而对整个项目的安全、质量及造价控制等均有百利而无一弊，因此要求施工勘察阶段需复核详勘揭露岩土类别及参数是否与详勘成果一致具有现实可行性和经济性。

11.3 岩土工程评价

11.3.9 地下水活动是岩溶塌陷形成中一种十分重要的动力因素。地下水的活动主要表现为水位的升降及流速、流量、水力梯度的变化，它在塌陷形成中产生多方面的作用，归纳起来有以下几个方面：

- 1 对碳酸盐岩的溶蚀作用；
- 2 改变岩土体的状态；
- 3 对水位以下岩土体的浮托作用；
- 4 对岩土体的侵蚀作用；
- 5 对土体的渗流潜蚀作用；
- 6 引起岩溶空间的正负压力作用；
- 7 地下水的搬运作用。

在岩溶区进行岩土工程施工时，一定要加强对地下水的控制，切忌盲目抽排。

11.4 岩溶治理与监测

11.4.5 塌陷是岩溶对工程最大危害之一，而塌陷的发生和发展又与地下水的运动密切相关，特别是人工抽吸地下水，使地下水位急剧下降时，常引发大面积的地面塌陷。故本条规定，在岩溶区监测工作的内容中，除了地面变形外，特别强调对地下水的监测。

12 采空区

12.1 一般规定

12.1.1 采空区是指地下矿层被开采后形成的地下空间。根据开采现状分为老采空区、现采空区和未来采空区。老采空区是指历史上已经开采过，现已停采的采空区；现采空区是指地下正在开采的采空区；未来采空区是指地下赋存着具有工业开采价值的矿层，在规划中要开采的采空区而尚未开采的采空区。

由于不同采空区的勘察内容和评价方法不同，所以本规程仅讨论老采空区、现采空区两类。

12.1.2 对老采空区主要应查明采空区的分布范围、埋深、充填情况和密实程度等，评价其上覆岩层的稳定性；对现采空区应预测地表移动的规律，计算变形特征值。通过上述工作判定其作为建筑场地的适宜性和对建筑物的危害程度。

12.2 岩土工程勘察

12.2.1 采空区勘察主要通过搜集资料和调查访问，必要时辅以物探、勘探和地表移动的观测，以查明采空区的特征和地表移动的基本参数。

12.2.3 工程地质调查与测绘的目的是研究采空区及附近的区域地质构造、地层岩性、水文地质条件、地下采空区的分布位置、采矿状况、地面塌陷程度等。工程地质调查与测绘是采空区勘察的基础，其成果对采空区的勘察有重要的指导意义。其工作内容为：

1 搜集勘察区已有的各种地质、地形、地貌、地震、构造、水文、气象等资料，特别是大比例尺的地形、地质图；

2 对勘察区的微地形、地貌特征、地层、岩性、构造、矿产等情况进行调查,同时应对地表变形(包括地面塌陷、地面建筑物破坏等)情况进行调查访问;

3 进行采矿情况的详细调查访问。调查内容主要为采空区位置、开采情况等,根据调查资料绘制出采掘工程平面图;

4 调查所采矿层顶底板的岩性、厚度及矿层上覆岩性的组合类型,条件许可时应进行井下测量工作,绘制采空区地质剖面图;

5 初步确定工作区的三维工程地质结构概念和物探探测范围;

6 根据调查情况选择相应的物探方法。

12.2.4 工程物探的目的是在地质调查与测绘的基础上,进行物理探测。工程物探是工程地质勘察的辅助手段,无论采用那一种物探方法,都应在认识测区地质概念模型后进行典型地段(或井旁)的试验,以掌握测区内各电性层的特征和分布规律,进而利于未知地段的解释。

12.2.6 钻孔位置及数量,直接关系到勘察精度和经济效益,在确定之前需对地质、物探等各种资料进行综合分析,以提高验证钻孔的命中率,减少钻孔数量。

钻探位置确定后,钻探施工及地质描述至关重要,这不但需要精细的施工工艺,而且需要钻探记录人员认真负责的操作和编录,施工过程中稍有疏忽,就有可能遗漏空洞或埋深位置记录不准。

12.2.7 小窑一般是人工开挖,采空范围较窄,开采深度较浅,一般多在 50m 深度范围内,但最深也可达 200m~300m,平面延伸达 100m~200m,以巷道采掘为主,向两边开挖支巷道,一般呈网格状分布或无规律,单层或 2 层~3 层重叠交错,巷道的高宽一般为 2m~3m,大多不支撑或临时支撑,任其自由垮落。因此,地表变形的特征是:

1 由于采空范围较窄,地表不会产生移动盆地。但由于开

采深度小，又任其垮落，因此地表变形剧烈，大多产生较大的裂缝和陷坑：

2 地表裂缝的分布常与开采工作面的前进方向平行；随着开采工作面的推进，裂缝也不断向前发展，形成互相平行的裂缝。裂缝一般上宽下窄，两边无显著高差出现。

对小窑开采区，搜集资料的工作方法主要是向有关方面调查访问，并进行测绘、物探和勘探工作。

12.2.8 地表变形观测是分析采空区的地面变形发展趋势和稳定性评价的重要依据。

12.3 场地稳定性评价

12.3.1 开采条件判别法评价采空区稳定性的关键是要了解采空区的采矿方法、开采范围、开采时间和矿层赋存条件等因素。

地表移动变形预计法一般适用于壁式陷落法开采或经过正规设计的条带或房柱式开采的地表稳定性评价。

地表沉降观测法可以通过获得的沉降观测数据，掌握采空区地表当前的下沉速度，从而判断于何时可进行工程建设。

由地下采煤引起的地表移动有下沉和水平移动，因地表各点的移动量不相等，而产生三种变形：倾斜、曲率和水平变形。这两种移动和三种变形将引起其上建筑物基础和建筑物本身产生移动和变形。地表呈平缓而均匀的下沉和水平移动，建筑物不会变形，没有破坏的危险，但过大的不均匀下沉和水平移动，就会对建筑物造成严重的破坏。

地表倾斜将引起建筑物附加压力的重分配。建筑的原均匀荷重将会变成非均匀荷重，导致建筑结构内应力发生变化而引起破坏。

地表曲率对建筑物也有较大的影响。在负曲率（地表下凹）作用下，使建筑物中央部分悬空。如果建筑物长度过大，则在其重力作用下从底部断裂，使建筑物破坏。在正曲率（地表上凸）作用下，建筑物两端将会悬空，也能使建筑物开裂破坏。

地表水平变形也会造成建筑物的开裂破坏。

12.3.2 根据地表移动特征、地表移动所处阶段和地表移动变形值的大小等进行采空区场地的建筑适宜性评价，下列场地不宜作为建筑场地：

1 在开采过程中可能出现非连续变形的地段，当采深采厚比大于 25~30，无地质构造破坏和采用正规采矿方法的条件下，地表一般出现连续变形；连续变形的分布是有规律的，其基本指标可用数学方法或图解方法表示；在采深采厚比小于 25~30，或虽大于 25~30，但地表覆盖层很薄，且采用高落式等非正规开采方法或上覆岩层的地质构造被破坏时，易出现非连续变形，地表将出现大的裂缝或陷坑；非连续变形是无规律的、突变的，其基本指标目前尚无严密的数学公式表示；非连续变形对地面建筑的危害要比连续变形大得多；

2 处于地表移动活跃阶段的地段，在开采影响下的地表移动是一个连续的时间过程，对于地表每一个点的移动速度是有规律的，亦即地表移动都是由小逐渐增大至最大值，随后又逐渐减小直至零。在地表移动的过程中，可划分为起始阶段、活跃阶段和衰退阶段；其中对地表建筑物危害最大的是地表移动的活跃阶段，是一个危险变形期；

3 在地表倾斜大于 10mm/m 或地表曲率大于 0.6mm/m^2 或地表水平变形大于 6mm/m 的地段，对砖石结构建筑物破坏等级已达IV级，建筑物将严重破坏甚至倒塌；对工业构筑物，此值也已超过容许变形值，有的已超过极限变形值，因此本条作了相应的规定。

应该说明的是，如果采取了严格的抗变形结构措施后，即使是处于主要影响范围内，可能会出现非连续变形的地段或水平变形值较大（10mm/m~17mm/m）的地段，也是可以建筑的。

12.3.3 对小窑采空区的稳定性评价，首先是根据调查和测绘的资料来圈定地表裂缝、塌陷的范围，如地表尚未出现裂缝或裂缝尚未达到稳定阶段，可参照同类型的小窑开采区的裂缝角用类比

法确定。其次是确定安全距离。地表裂缝或塌陷区属不稳定阶段，建筑物应予避开，并有一定的安全距离。安全距离的大小可根据建筑物等级、性质确定，一般应大于 5m~15m。当建筑物位于采空区影响范围内时，要进行顶板的稳定性分析，但目前顶板稳定性的力学计算方法尚不成熟。因此，本规程未推荐计算公式。主要靠搜集当地矿区资料和当地的建筑经验，以判定其是否需要处理和采取何种措施处理。

12.4 采空区治理与监测

12.4.2 注浆法是指向地基土颗粒的空隙、岩层界面、岩层空隙、采空区的垮落带和裂隙带中注入具有充填、胶结性能的浆液材料，硬化后能增强其强度或降低其渗透性的施工方法。

干砌法是在采矿后形成的空洞内，回填砌筑片石，使砌体与洞顶板紧密接触后，堆砌体起到支撑顶板的作用，从而保证采空区上覆岩石的稳定性。该方法主要适用于矿层开采后未完全塌落、空间较大的采空区，且应具备采空区内通风良好、易于人工作业、材料运输等施工条件。

浆砌法同样是在采矿后形成的空洞内，用砂浆回填砌筑片石，直至洞顶，使堆砌物具有整体性和足够的强度，并与洞顶板紧密接触后，堆砌体起到支撑顶板的作用，从而保证采空区上覆岩石的稳定性。该方法的适用条件与干砌法基本相同，由于堆砌物具有较高的整体强度，多用于重要建筑物的重要部位。

开挖回填法是对建筑物区域浅层采空区先行开挖，然后用干砌或浆砌的方式回填。

桥跨方法是以桥的形式跨越采空区不稳定的地段，桥墩应落在稳定的岩层中。主要适用于开采规模小、开采深度在十几米内的采空区。

采空区治理方法的选择直接关系到工程的造价、工期和安全，应主要考虑以下条件：

1 矿藏和采空区的特征，包括：采空区类型、矿层顶板及

覆岩性质、开采方法、顶板管理方法、矿层厚度和层数、开采厚度、采空区形成时间和矿层产状等；

2 建筑物的结构、平面布置和重要性；

3 施工条件。

12.4.3 现采空区的地表移动和建筑物变形的观测工作，一般由矿产开采单位进行，勘察单位可向其搜集资料。

13 危岩和崩塌

13.1 一般规定

13.1.1 危岩是指位于陡崖或陡坡上被岩体结构面切割且稳定性较差的岩块。而当危岩在重力或有其它外力作用下,突然向下崩落的现象称为崩塌。因此,危岩与崩塌的涵义有所区别,前者是指岩体被结构面切割,在外力作用下产生松动和塌落,后者是指危岩的塌落过程及产物。

危岩和崩塌对人类及工程的危害是十分严重的。如 2008 年 9 月 25 日在崇左市江州区太平镇马安村陇留屯发生一起危岩崩塌地质灾害,两块石头从山上约 80m 高的地方滚落,撞穿一户民房,造成母子 2 人死亡。2008 年 11 月 23 日发生在河池市凤山县的突发性山体崩塌,造成 1 人死亡、5 人失踪、6 人受伤住院,13 间房屋被掩埋、3 间民房损坏。2009 年 3 月 2 日至 5 日发生在桂林秀峰区西山、叠彩区白面山、西城区金山的 3 起危岩崩塌灾害,造成了 4 死 1 重伤的重大事故。在居民区、建筑场地、工矿区、交通线上等,为了保证建筑物稳定和人身安全,整治一个大型危岩和崩塌工程往往需要数十万、百余万、甚至上千万的投资。故拟建工程场地及附近有对工程安全有影响的危岩或崩塌时,应进行危岩和崩塌勘察。

13.1.2 崩塌按形成机理可分为倾倒式崩塌、滑移式崩塌、鼓胀式崩塌、拉裂式崩塌和错断式崩塌。

其分类标准可参照《工程地质手册》(第五版)表 6-3-20。此外,崩塌还可以根据其发生地层的物质成分分为黏性土崩塌和岩体崩塌等。

13.2 岩土工程勘察

13.2.1 在丘陵、山区选择场址和考虑建筑总平面布置时，应首先判定山体的稳定性，查明是否存在产生危岩崩塌的条件。实践表明，这些问题如不在选址或可行性研究中及时发现和解决，会给工程建设造成巨大的损失。因此，本规程也参照我国现行有关规范规定危岩崩塌勘察应在可行性研究或初步勘察阶段进行。

13.2.5、13.2.6 危岩和崩塌勘察区的主要工作手段是工程地质测绘。工作中应着重分析、研究形成崩塌的基本条件，判断产生崩塌的可能性及其类型、规模、范围等。预测发展趋势，对可能发生崩塌的时间、规模、方向、途径、危害范围作出预测，为防治工程提供准确的工程勘察资料并提出防治措施。

13.3 岩土工程评价

13.3.4 危岩和崩塌区的岩土工程评价应在查明形成崩塌的基本条件的基础上，圈出可能产生崩塌的范围和危险区，评价作为工程场地的适宜性，并提出相应的防治对策和方案的建议。

13.4 危岩和崩塌防治与监测

13.4.2 对危岩的观测可遵循下列步骤实施：

- 1** 对危岩及裂隙进行详细的编录；
- 2** 在岩体裂隙主要部份设置伸缩仪，记录其水平位移量和垂直位移量；
- 3** 分别绘制水平位移、垂直位移与时间的关系曲线，并求得移动速度。

14 滑 坡

14.1 一般规定

14.1.1 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，可能会造成重大人身伤亡和经济损失而产生严重的后果，故应进行专门的滑坡勘察。

14.1.2 大型滑坡滑动时，其破坏力及整治的费用是非常大的，故建筑物应力求避让大型滑坡。

14.2 岩土工程勘察

14.2.1 滑坡的形成常常是多因素的，只有查明了滑坡的范围、类型、要素、地质环境、变形阶段等，才能正确的分析滑坡的成因和稳定程度，提出合乎实际的岩土参数及整治对策或设计建议。

滑坡可根据其滑体物质的组成、形成原因及滑动形式等因素，分为各种类型，其详细分类可参照《工程地质手册》（第五版）表 6-3-1。

14.2.2 工程地质测绘与调查是查明滑坡范围、要素、性质及主滑线较为有效的快捷方法，只有做好测绘与调查工作，才能有的放矢地选用恰当的勘探方法及合理地布置勘探工作量。

14.2.6 不同的勘探方法获得的滑坡内部信息是不一样的。根据滑坡岩性、地貌、水文地质条件等选用恰当的勘探方法，是岩土工程师必须认真考虑的问题。

14.2.7 在主滑线的部位，滑坡的推力是最大的。故无论是从滑坡的稳定性评价或是从整治措施考虑，均需在主滑线上有勘探线。

14.2.9 滑带土的抗剪强度指标对滑坡稳定性计算结果的影响是

十分明显的，有时甚至出现计算结果所代表的稳定状态与实际不符的现象。这是因为滑带土的抗剪强度指标测试条件与滑坡的实际条件存在较大的偏差。故应以测试成果、反分析成果、宏观地质判断和当地工程经验综合确定。当用反分析法检验时，应采用滑动后实测主滑线剖面计算。对正在滑动的滑坡，稳定系数 F_s 可取 0.95-1.00，对处在暂时稳定的滑坡，稳定系数 F_s 可取 1.00~1.05。

14.3 滑坡稳定性评价

14.3.1 由于影响滑坡稳定的因素十分复杂，计算参数难以选定，计算的模型与实际情况亦存在着偏差，故不宜单纯依靠计算，应综合评价。

14.4 滑坡整治与监测

14.4.4 滑坡整治施工中，整治工程活动可能对滑坡的稳定产生以下不利的影响：

1 坡前土石方开挖、爆破工程或强夯加固振动等对滑坡稳定性的影响；

2 滑坡支挡工程在施工顺序上的不当对滑坡稳定性的影响；

3 不正确的堆载和卸载，对滑坡稳定性的影响；

4 滑坡体内或前缘积水、支护桩不坚持干作业施工、跨越滑坡体的水管未迁移等对滑坡稳定性的影响。

14.4.5 滑坡体位移监测时，应建立平面和高程控制测量网，通过定期观测，确定位移边界、位移方向、位移速率和位移量。滑坡位置的监测可采用钻孔测斜仪、单点或多点钻孔挠度计、钻孔伸长仪等进行，钻孔应穿过滑面，量测元件应通过滑带。地下水对滑坡的活动极为重要，应根据滑坡体及附近的水文地质条件精心布置，并应搜集当地的气象水文资料，以便对比分析。

对滑坡地点和规模的预报，应在搜集区域地质、地形地貌、气象水文、人类活动等资料的基础上，结合监测成果分析判定。

对滑坡时间的预报，应在地点预报的基础上，根据滑坡要素的变化，结合平面位移和高程位移监测、地下水监测，以及测斜仪、地音仪、测震仪和伸长仪的监视进行分析判定。

15 边坡工程

15.1 一般规定

15.1.2 边坡工程安全等级是支护工程设计和施工中根据不同的地质环境条件及工程具体情况加以区别对待的重要标准。本条提出边坡安全等级分类的原则是根据现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330，按其破坏后可能造成的破坏后果（危及人的生命、造成的经济损失、产生的社会不良影响）的严重性、边坡类型和坡高等因素，将边坡工程安全等级分为一级、二级和三级。破坏后果很严重、严重的下列建筑边坡工程，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 危岩、滑坡地段的边坡工程；
- 3 边坡滑塌区内或边坡塌方影响区内有重要建（构）筑物的边坡工程。破坏后果不严重的上述边坡工程的安全等级可定为二级。

15.1.3 为给边坡治理提供充分的依据，以达到安全、合理的整治边坡的目的，对边坡（特别是一些高边坡或破坏后果严重的边坡）进行专门性的岩土工程勘察是十分必要的。

当某边坡作为主体建筑的环境时，应进行专门性的边坡勘察；对于二、三级边坡可结合主体建筑场地勘察一并进行。岩土体的变异性一般都比较大，对于复杂的岩土边坡很难在一次勘察中就将其主要的岩土工程问题全部查明；而且对于一些大型边坡，设计往往也是分阶段进行的。分阶段勘察，是考虑与设计阶段相适应和我国的长期习惯做法。

当地质环境条件复杂时，岩土差异性就表现得更加突出，往

往即使进行了初勘、详勘还不能准确的查明某些重要的岩土工程问题，这时进行施工勘察就很必要了。

15.2 岩土工程勘察

15.2.1 对边坡勘察前应取得的资料是对边坡勘察工作的基本要求。大量的建筑边坡失稳事故的发生，无不说明了雨季、暴雨过程、地表径流及地下水对建筑边坡稳定性的重大影响，所以建筑边坡的工程勘察应满足各类建筑边坡的支护设计与施工的要求，并开展进一步专门必要的分析评价工作，因此提供完整的气象、水文及水文地质条件资料，并分析其对建筑边坡稳定性的作用与影响是非常重要的。

15.2.4 边坡的工程地质测绘与调查范围应适当扩大，除场地范围外，还应包括可能影响到场地稳定性的边坡外围地段。

对大面积基岩出露的边坡，测绘与调查的观测路线宜采用穿越法，即垂直构造线与岩层走向布置。对每个不良地质体应有测线和测点控制，其间距应视边坡的地质条件而定，当岩石露头较少时，宜采用全露头标绘。对重要的地质界线或现象，应进行追索性探查，当其覆盖层较薄时，应布置适量探井和探槽进行揭露，查明其情况。对节理裂隙应选取有代表性的地段详细量测，记录其形状、相互切割与组合关系，并分析边坡的稳定性。经验表明，边坡的失稳与水的作用因素有密切的联系，在进行边坡的测绘与调查时，对边坡上的每一处出水点和地下水形成的湿地及其变迁情况，均应引起重视并将其查明，分析水对坡体与坡脚的软化对稳定性的影响。

15.2.6 边坡岩土工程勘察中勘探工作的具体要求：

1 建筑边坡的勘察范围理应包括可能对建（构）筑物有潜在安全影响的区域；但以往多数勘察单位在专门性的边坡勘察中也常常是范围偏小，将勘察范围局限在指定的边坡范围之内；

2 边坡的主要破坏方式是沿垂直于边坡走向的滑移失稳，故而勘探线应沿垂直边坡走向布置；表 15.2.6 中勘探线、点的

间距是以能满足查明边坡地质环境条件的需要而确定的；

3 对勘察孔进入稳定层深度的确定，主要依据是保证能查明支护结构持力层的性状，并避免在坡脚（或沟心）出现判层错误（将巨块石误判为基岩）等；

4 对岩质边坡而言，是查明边坡岩体中结构面的发育性状。用单一的直孔往往难以达到预期的效果，如采用多种手段，特别是斜孔、井槽、探槽对于查明陡倾的结构面是非常有效的。

15.2.7 对不同的土质、不同的工况下，土的抗剪强度是不同的。所以土的抗剪强度指标应根据土质条件和工程实际情况确定。如土坡处于稳定状态，土的抗剪强度指标就应用直接快剪强度进行适当折减，若已经滑动则应采用残余抗剪强度；若土坡处于饱水状态，应用饱和状态下的抗剪强度值等。

1 抗剪强度室内试验时所选择的试验方法和条件应与自然受力条件和水文地质条件相近。室内抗剪试验时应考虑如下几个方面的因素：

- 1) 如边坡的稳定是受岩体软弱结构面或软弱夹层控制时，应采用直接剪切试验，剪切方向宜与结构面方向一致；对不受结构面控制的较厚土层或软弱层，应采用三轴剪切试验；对加荷速率快、排水条件差的均质黏性土或有裂隙的黏性土，宜采用直接快剪或三轴不排水剪试验；
- 2) 当边坡运行期间岩土体受地下水、地表水浸泡或运行期间有被浸泡的可能时，尚应作饱和状态下的剪切试验；
- 3) 需要采用有效应力法计算时，应采用三轴固结不排水剪，并测孔隙水压力，提供有效应力的抗剪强度指标；
- 4) 对于岩层中的泥化夹层，当无法取样时，可刮取夹层或层面上的土样制备成土膏，进行重塑土反复剪试验；

2 岩石（体）作为一种材料，具有在静载作用下随时间的推移而出现强度降低的“蠕变效应”（或称“流变效应”）；岩石（体）流变试验在我国（特别是建筑边坡）做得不是很多；根据研究资料表明，长期强度一般为平均标准强度的 80%左右；对

于一些有特殊要求的岩质边坡，从安全、经济的角度出发，进行“岩体流变”试验是必要的；

3 必要的水文地质参数是边坡稳定性评价、预测及排水系统设计所必需的，为获取水文地质参数而进行的现场试验必须在确保边坡稳定的前提下进行。

15.3 岩土工程评价

15.3.1 施工期存在不利工况的边坡系指在建筑和边坡加固措施尚未完成的施工阶段可能出现显著变形或破坏的边坡。对于这些边坡，应对施工期不利工况条件下的边坡稳定性做出评价。

15.3.2 工程地质类比法主要是依据工程经验和工程地质学分析方法，按照坡体介质、结构及其它条件的类比，进行边坡破坏类型及稳定性状态的定性判断。边坡稳定性评价应包括下列内容：

- 1** 边坡稳定性状态的定性判断；
- 2** 边坡稳定性计算；
- 3** 边坡稳定性综合评价。

15.3.3 对边坡稳定安全系数的取值，GB 50021 第 4.7.7 条和《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 第 5.3.1 条规定不一样，考虑到一般边坡稳定性计算不采用残余强度，因此，本规程规定采用后者的取值标准。

15.3.4 在边坡岩土工程勘察或专门水文地质勘察中，应对边坡岩土体或可能的支护结构因受地下水作用产生的侵蚀、矿物成分改变等的物理、化学影响及影响程度进行调查研究与评价；另外，特别强调了雨季和暴雨过程的影响；对一级边坡或建筑边坡治理条件许可时，可开展降雨渗入对建筑边坡稳定性影响的研究工作。

15.4 边坡整治与监测

15.4.1 本条列举了一些常用的对不稳定边坡的加固处理措施。坡率法是一种较为经济、施工方便的方法，对有条件的工程场

地，一般情况下应优先采用。对不稳定的边坡可以通过预应力锚杆或锚杆（索）、排桩式锚杆挡墙、板肋式锚杆挡墙、格构式锚杆挡墙等支护的作用，使被结构面切割的岩体牢固地锚锁在稳定的岩体中，从而使处于极限平衡状态的岩体保持长期稳定。除锚固措施外，还列举了削坡护面、挡墙及排水等处理措施，这些方法如能根据边坡的实际情况综合运用，会对边坡的治理收到更好的效果。根据近年来的工程应用经验，对压实填土边坡可采用设置堆石棱体、重力式挡墙、抗滑桩或埋设土工格栅等加强措施。

15.4.2 人工填方边坡一般在勘察期间尚未形成，边坡填土的质量将与填筑材料、设计方案与技术要求、施工方法和施工质量有密切的关系，不是勘测工作本身所能控制的。当采用压实填土边坡时，进行施工前的现场剪切试验或室内试验，以及对填土施工质量的检验、验收是十分必要的。

15.4.3 监测工作的重要性是不言而喻的，尤其是对建筑而言，它是预防地质灾害的重要手段之一。以往由于多种原因对监测工作重视不够，产生突发性灾害的事例也是屡见不鲜的。因而规范特别强调要对地质环境条件复杂的工程安全等级为一级的边坡在勘察过程中应进行监测。

众所周知，水对边坡工程的危害是很大的，因而掌握地下水随季节的变化规律和最高水位等有关水文地质资料对边坡治理是很有必要的。对位于水体附近或地下水发育等地段的边坡工程宜进行长期观测，至少应观测一个水文年。

15.4.4 有必要时，应对大型边坡的地下水及边坡的变形进行监测。地下水的监测包括水位、水量和水压等，监测时间至少为一个水文年，为确定边坡整治效果的水文地质的监测尚应持续到确定的边坡稳定为止。对边坡的变形监测主要是测量坡面的位移，重点应是边坡的可能不稳定区段和采取支挡、锚固措施的部位。目的是验证加固系统能否达到预期效果，如未能达到预期效果，应及时提出补救措施，并做好边坡稳定的预报工作。

16 基坑工程

16.1 一般规定

16.1.1 岩质基坑的勘察要求和土质基坑有较大的差别，到目前为止，我国基坑工程的经验主要在土质基坑方面，岩质基坑的经验较少。故本节规定只适用于土质基坑，岩质基坑的勘察可根据实际情况按地方经验进行。

16.1.2 目前基坑工程的勘察很少单独进行，大多是与地基勘察一并完成的。但是由于一些勘察人员对基坑工程的特点和要求不很了解，提供的勘察成果不一定能满足基坑支护设计的要求。例如，对采用桩基的建筑，地基勘察往往对持力层、下卧层研究较仔细，而忽略对浅部土层的划分和取样试验；侧重于针对地基的承载性能提供土质参数，而忽略支护设计所需要的参数；只在划定的轮廓线以内进行勘探工作，而忽略对周边的调查了解等。因深基坑开挖属于施工阶段的工作，一般设计人员提供的勘察任务委托书可能不会涉及这方面的内容。因此，勘察单位应根据本节的要求开展工作。

16.2 岩土工程勘察

16.2.1 分阶段勘察是根据我国工程建设的实际情况和数十年勘察工作的经验规定的，因此，分阶段勘察的原则必须坚持。但也应注意到，工程的规模和要求各不相同，场地和地基的复杂程度差别也很大，要求对每个基坑都分阶段进行勘察，是不实际也是不必要的。勘察单位应根据任务要求进行相应阶段的勘察工作，满足基坑支护设计要求。

在城市和工业区，一般已经积累了大量的工程勘察资料。当

建筑物平面布置已经确定时，可以直接进行详细勘察。但对于高层建筑和其它重要工程，在短时间内不易查明复杂的岩土工程问题，并作出明确的评价，故宜分阶段进行。

16.2.2 环境保护是深基坑工程的重要任务之一，在建筑物密集、交通流量大的城区尤其突出。由于对周边建（构）筑物和地下管线情况不了解，就盲目开挖造成损失的事例很多，有的后果还十分严重。所以一定要事先进行环境状况的调查，设计、施工时才能有针对性地采取有效的保护措施。对地面建筑物可通过观察访问和查阅档案资料进行了解，对地下管线可通过地面标志、档案资料进行了解。有的城市建立有地理信息系统，能提供更详细的资料。如确实搜集不到资料，应采用开挖、物探、专用仪器或其它有效方法进行探测。

16.2.3 基坑勘察深度范围 $2H$ 大致相当于在一般土质条件下悬臂桩墙的嵌入深度，在土质特别软弱时可能需要更大的深度。但一般地基勘察的深度比这更大，所以勘察深度满足本条规定的要求一般不会有问题。但由于场地周边的限制，在平面上扩大勘察范围可能会遇到困难。考虑这一点，本条规定对周边外以调查研究、搜集原有勘察资料为主。在复杂场地和斜坡场地，由于稳定性分析的需要，或布置锚杆的需要，必须有实测的地质剖面，故应适量布置勘探点。

16.2.5 深基坑工程的水文地质勘察工作不同于供水水文地质勘察工作，其目的应包括两个方面：一是满足降水设计（包括降水井的布置和井管设计）的需要，二是满足对环境影响评估的需要。前者按通常供水水文地质勘察工作的方法即可满足要求，后者因涉及问题很多，要求更高。降水对环境影响的评估需要对基坑外围的渗流进行分析，研究流场优化的各种措施，考虑降水延续时间长短的影响。因此，要求勘察对整个地层的水文地质特征作更详细的了解，具体的勘察和试验工作可执行本规程第 19 章及其它相关规范的规定。

当已做的勘察工作比较全面，获取的水文地质资料已满足要

求时，可不必再作专门的水文地质勘察。

16.2.8 土的抗剪强度指标是支护设计最重要的参数，但不同的试验方法（有效应力法或总应力法、直剪或三轴剪、*UU* 或 *CU*）可能得出不同的结果。勘察时应按照设计所依据的有关标准、规范的要求进行试验，提供数据。

从理论上说基坑开挖形成的边坡是侧向卸荷，其应力路径是不断减小，明显不同于承受建筑物荷载的地基土。另外有些特殊性岩土（如超固结老黏性土、软质岩），开挖暴露后会发生应力释放、膨胀、收缩开裂、浸水软化等现象，强度急剧衰减。因此选择用于支护设计的抗剪强度参数，应考虑开挖造成的边界条件改变、地下水条件的改变等影响，对超固结土原则上取值应低于原状试样的试验结果。

16.3 岩土工程评价

16.3.1 本条文所列内容是深基坑支护设计需要的基本内容，但作为岩土工程勘察，应在岩土工程评价方面有一定的深度。只有通过比较全面的分析评价，才能使支护方案选择的建议更为确切，更有依据。

降水消耗水资源。我国是水资源贫乏的国家，应尽量避免降水，保护水资源。降水对环境会有或大或小的影响，对环境影响评价目前还没有成熟的得到公认的方法。目前我国一些国家和地方的标准、规范上所列的方法是根据水头下降在土层中引起的有效应力增量和各土层的压缩模量分层计算地面沉降，这种粗略方法计算结果并不可靠。根据南宁市的经验，降水引起的地面沉降与水位降幅、土层剖面特征、降水延续时间等多种因素有关；而建筑物受损害的程度不仅与动水位坡降有关，而且还与土层水平方向压缩性的变化和建筑物的结构特点有关。地面沉降最大区域和受损害建筑物不一定都在基坑附近，而可能在远离基坑外的某处。因此评价降水对环境的影响主要依靠调查了解地区经验，有条件时宜进行考虑时间因素的非稳定流渗流场分析和压缩层的

固结时间过程分析。

16.4 基坑支护与监测

16.4.1 目前基坑采用的支护措施和处理方式多种多样，但归纳起来不外乎为现行国家行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 表 3.3.2 所列的 5 种型式。由于各地地质情况不同，勘察人员提供建议时应充分了解工程所在地区的经验和习惯，对已有的工程进行调查。

16.4.2 由于岩土工程的不确定性，基坑工程的设计计算往往不很准确，无论是岩土参数还是计算模式，常常与实际情况不一致。为了保证工程安全，监测是十分必要的。通过对监测数据的分析，必要时可调整施工程序或调整支护设计。遇到紧急时，应及时发出警报，以便采取应急措施。

监测数据应及时整理，及时报送，发现异常或趋于临界状态时，应立即向有关单位和部门报告。

17 地下水

17.1 一般规定

17.1.1 地下水的分类方法很多,根据地下水的埋藏条件,地下水可分为包气带水、潜水和承压水三个主要类型。同时每一类又可根据地下水的赋存介质和分布范围再分类。地下水的主要类型可参见《工程地质手册》(第五版)表 9-1-1。值得指出的是,潜水和承压水均指重力水,而包气带水(又称非饱和水)泛指储存在包气带中的水,包括气态水、结合水、毛细管水和流经的重力渗入水,以及由特定条件所形成的属于重力水状态的上层滞水。工程分析中通常根据实际需要考虑到包气带水的不同赋存形式。

17.1.2 建设场地水文地质条件的复杂程度参考现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 划分为简单、中等、复杂三类。表 17.1.2 中,场地水文地质与工程地质特征内容主要以含水层和地下水的基本特征为主,以构造特征为辅。

17.1.3 工程施工过程中需要对地下水进行治理(降水或截水)的工程,当已有资料不能满足要求时,必须进行专门的水文地质勘察,也是 GB 50021 要求强制性执行的内容。

随着城市建设的高速发展,特别是高层建筑的大量兴建,地下水对基础工程的影响日益突出,地下水控制措施的合理与否已成为一个牵涉巨额造价以及施工难度和周期的十分关键的问题。一些水文地质问题需要进行专门研究后,才能确定采取哪一种地下水的控制措施,如:

1 覆盖型岩溶地区需要进行降水或截水的深基坑工程,由于岩溶含水层厚度巨大,一般有几十米到一百多米厚,其空间分布很不均匀,当场地岩溶强烈发育,地下水水量丰富,大流量抽

水容易引发地面塌陷等工程危害，应进行专门的水文地质勘察后，才能正确评估降水或截水措施的可行性，必要时可进行多个抽水井（孔）的干扰抽水试验以及其它专门试验；

2 对受多层孔隙地下水影响且含水层空间分布极不均匀的滨海地区的深基坑工程，当含水层水量丰富、大量抽水可能引起海水入侵等环境危害时，亦应进行专门的水文地质勘察。

提前进行专门水文地质勘察工作，为 GB 50021 所要求。由于专门水文地质勘察中涉及到野外试验和地下水长期观测工作的周期较长，故勘察时间应该提前，其次，专门水文地质勘察工作与建筑结构布置关系不大，初步设计的总平面图确定之后就可以开展工作，因此规定专门水文地质勘察工作应在岩土工程详细勘察阶段之前开展。

17.2 水文地质勘察

17.2.1 在岩土工程勘察中地下水对基础工程和环境的影响问题越来越突出，如基础设计中的抗浮、基坑支护设计中的侧向水压力、基坑开挖过程中的管涌、突涌以及工程降水引起地面沉降等环境问题。大量工程经验表明，地下水作用对工程建设的安全与造价的影响极大。因此，勘察中要求查明与工程有关的水文地质条件，评价地下水对工程的作用和影响，预测可能产生的岩土工程问题，为设计和施工提供必要的水文地质资料。

17.2.2 一般来说，当地表河流往往与地下水有着密切的联系，河流的洪水位对确定地下水抗浮水位有着重要的参考作用，为此要求搜集 50 年一遇的洪水位或历史最高水位等有关资料及其变化和对地下水位的影响。

17.2.5 含水层的渗透系数等水文地质参数的测定，有现场试验和室内试验两种方法，由于含水层的厚度和岩性分布极不均匀，现场难以取得代表性的试样，而且含水层的边界条件复杂，在场地条件未查清前，室内模拟的边界条件与实际相差太大，室内与现场试验结果有时相差几个数量级，如选择参数不当，可能造成

不安全的降水设计，故本条提出宜采用现场试验。

17.2.6 基础位于地下水位之上或虽基础位于地下水位之下，但含水层富水性差，采用集水明排方法可以满足施工要求的工程，结合岩土工程勘察，在通过搜集和调查取得的资料能满足工程要求时，可不进行专门的水文地质勘探和试验，按当地经验提供有关含水层的渗透系数经验值等水文地质参数。

17.2.7 地下水位的量测十分重要，查明多层含水层的各层地下水位以及含水层之间、地下水与附近地表水体之间的水力联系，不仅因为地下水可能对建筑材料的化学作用，而且对基础设计和基坑支护设计施工有较大的影响。但目前不少勘察人员往往只测量实际上不存在的混合水位，这可能会造成严重的不良后果。故本条强制规定，当有多层对工程有影响的地下水时，应采取止水措施将被测含水层与其它含水层隔离，分层量测地下水位。

17.2.8 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井或测压管内直接量测。稳定水位是指钻探时的水位经过一定时间恢复到天然状态后的水位；地下水位恢复到天然状态的时间长短受含水层渗透性影响最大，根据含水层渗透性的差异，本条规定了至少需要的观测时间；当需要编制地下水等水位线图或工期较长时，在工程结束后宜统一量测一次稳定水位。上层滞水常无稳定水位，但也应量测。

采用泥浆钻进时，为了避免孔内泥浆的影响，应将测水管打入含水层不少于 20cm 后方可较准确地测得地下水位。

地下水位量测精度规定为 $\pm 2\text{cm}$ 是指量测工具、观测等造成的总误差的限值，因此量测工具应定期用钢尺校正。

17.2.9 抽水试验方法和应用范围可分为下表四种情况：

表 5 抽水试验方式（类型）及适用条件

试验方法		应用范围
一个抽水井	钻孔或探井简易抽水	粗略估算弱含水层的渗透系数
	不带观测孔抽水	初步测定含水层的渗透系数
	带观测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数
多个抽水井	多个抽水井同时抽水	准确测定含水层的各种参数并预测基坑涌水量

17.3 地下水作用评价

17.3.1 在岩土工程勘察、设计、施工过程中,地下水的影响始终是一个极为重要的问题,因此,在工程勘察中应当对其作用进行预测和评价,提出评价的结论与建议。

对位于地下水位以下的基础、地下结构物、挡土墙等,评价地下水抗浮作用时,地下水抗浮水位应为建筑寿命周期(一般为50年)内的最高地下水位。

17.3.2 抗浮设防水位是很重要的设计参数,对建设投资的经济性影响较大。但要预测建筑物使用间水位可能发生的变化和最高水位有时相当困难。以南宁市为例,南宁以前的邕江水位是63.0m左右,但近几年邕江水位提高到68.0m左右,这样也影响南宁市距邕江较近的建筑的抗浮水位发生相应的提高,但不能说以前的工程提出的水位不是正确的。故抗浮设防水位不仅与气候水文地质等自然因素有关,有时还涉及地下水开采、上下游水量调配、跨流域调水等复杂因素。各地的抗浮水位应结合勘察报告水位实测数据和以上应考虑的参数综合确定。当无可靠的地下水位观测资料时,地下室抗浮设防水位宜取室外地坪标高以下0.5m~1.5m。复杂情况应结合场地和建筑的特点进行专门研究。

17.4 地下水控制与监测

17.4.1 要求施工中地下水位应降至开挖基坑底面以下0.5m~1.0m(砂土应在0.5m以下,黏性土和粉土应1.0m以下)是为了避免由于土体中毛细作用使槽底土质处于饱和状态,在施工活动中受到严重扰动,影响地基承载力和压缩性。在降水过程中如不满足有关规范要求,带出土颗粒,有可能使基底土体受到扰动,严重时可能影响拟建建筑的安全和正常使用。

附录 A 按查表法确定地基承载力特征值

A.0.1 根据现场鉴别结果确定地基承载力一般适合于初步设计阶段的岩土工程勘察，施工图阶段的详细岩土工程勘察应根据试验进一步确定。

A.0.2 利用室内土工试验得到的土的物理力学性质指标来确定地基土的承载力是一种传统、简便的经验方法，但对于工程重要性等级为二级及以上的建筑物应结合其它原位测试综合确定。根据工程数值统计惯例及征询相关专家学者，将原来的平均值改为标准值更为合理。

A.0.3 用原位测试方法确定地基承载力是岩土工程勘察的一个重要方面，本规程根据广西的工程实际情况，提出按标准贯入试验或圆锥动力触探试验等原位测试指标确定地基承载力特征值，而静力触探试验方法除北海市外，其它地区很少用来确定地基承载力特征值，故本规程不推荐使用。

A.0.2 和 A.0.3 中有关表格确定承载力特征值的依据：表 A.0.2-3 中的膨胀岩土承载力特征值主要参考《工程地质手册》（第五版）外，其它承载力特征值表则参考现行国家、行业 and 地方的标准、规范，结合广西的大量工程经验和研究成果整理而成。表格数据将随着广西工程经验的不断积累而逐步修改完善。

附录 B 广西新近系、古近系泥岩的工程分类和桩端承载力

B.1 新近系 (Neogene System) 和古近系 (Paleogene System) 曾统称第三系。根据目前的中国地层表, 新近系曾称新第三系或上第三系, 新近纪时期形成的地层称为新近系, 新近系自下而上包括中新统和上新统; 古近系曾称老第三系或下第三系 (Eogene System), 古近纪时期形成的地层称为古近系, 古近系自下而上包括古新统、始新统和渐新统。

中国新近系和古近系以陆相为主, 广西主要分布于南宁、百色、宁明等地。广西新近系地层主要沉积类型为内陆盆地湖泊沉积, 以灰色粘土岩富含哺乳动物和昆虫化石为其主要特征; 广西古近系地层主要沉积类型有两种: ①干燥气候条件下山间盆地的红色碎屑堆积, 以红色砂、砾岩为主, 常夹岩盐和石膏; ②湿润气候条件下凹陷盆地的含油、煤堆积, 是中国较重要的含油、煤地层。

广西新近系、古近系泥岩是泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩的统称, 是“岩不岩、土不土、似岩非岩、似土非土”的介于岩石和土之间的过渡类型, 归属软质岩石类, 是广西软岩的主要组成部分, 对其进行科学分类, 将有助于泥岩地层的岩土工程活动。本规程根据标准贯入试验锤击数 N 和岩石的天然状态单轴抗压强度 f_c 对泥岩进行分类。

B.0.2、B.0.3 广西新近系、古近系泥岩的风化程度和坚硬程度的分类, 是根据国家现行标准、规范, 参考广西新近系、古近系泥岩的研究成果, 结合广西大量工程实践经验确定。

B.0.4 根据广西区内 13 个场地的新近系、古近系泥岩桩端承载力现场静载荷试验的成果, 并收集了大量的广西新近系、古近系泥岩的物理力学性质数据资料, 参考广西华蓝岩土工程有限公

司（原广西建筑综合设计研究院勘察分院）与广西大学共同完成的广西科技成果《广西第三系泥岩桩端承载力研究》，经统计分析，得出干作业钻孔灌注桩或人工挖孔桩新近系、古近系中等风化泥岩的桩的极限端阻力标准值为：2600 kPa~5000kPa，拟合出计算广西新近系、古近系泥岩桩的极限端阻力标准值的回归公式：

$$P_u = 3.78L^{1.5} - 609.992d + 3.629c_k + 65.337\varphi_k + 12.8E_0 \quad (2)$$

其中： P_u ——桩的极限端阻力标准值（kPa）；

L ——桩长（m）；

d ——桩径（m）；

c_k ——广西新近系、古近系泥岩黏聚力标准值（kPa）；

φ_k ——广西新近系、古近系泥岩内摩擦角标准值（°）；

E_0 ——广西新近系、古近系泥岩变形模量（MPa）。

与现行国家行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 推荐的桩的参数比较，广西新近系、古近系泥岩桩的极限端阻力标准值提高了 85%~150%。

附录 C 岩石地基承载力特征值的计算

C.0.1 岩石地基承载力可采用岩体载荷试验直接确定，当进行大型载荷试验或大型剪切试验有困难时，对于完整、较完整岩石，也可采用饱和单轴抗压强度作为评价承载力的基础，即以 f_{rk} 乘以折减系数 Ψ_r ，得到岩石地基承载力特征值。广西新近系、古近系泥岩一般为膨胀性岩土，无法做饱和单轴抗压强度试验，宜采用天然状态单轴抗压强度标准值进行评价。

附录 D 用标准贯入试验成果估算单桩 竖向极限承载力

D.0.1 风化岩与残积土取样扰动性较大，取得不扰动试样往往比较困难，其力学指标主要通过标准贯入试验测定。因标准贯入试验与预制桩在打入时受力机理类似，参考广东省有关管桩规程中花岗岩风化岩和残积土的管桩岩土参数，结合梧州市风化岩与残积土一些预应力混凝土管桩试桩成果与标准贯入试验对比的结果，对现行国家行业标准《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T72 附录 D 整理而得附录 D 表 D.0.1-1 和表 D.0.1-2。全风化岩和强风化岩的划分标准是根据标准贯入试验的锤击数，可按本规程表 B.0.2 确定。

