

中华人民共和国行业标准
高层建筑岩土工程勘察规程

Specification for geotechnical investigation
of tall buildings

JGJ72—2004

J366—2004

中国建筑工业出版社出版社

2004北京

中华人民共和国建设部

公 告

第251号

建设部关于发布行业标准

《高层建筑岩土工程勘察规程》的公告

现批准(高层建筑岩土工程勘察规程)为行业标准, 编号为JGJ72—2004, 自2004年10月1日起实施。其中第3 . 0. 6、8. 1. 2、8. 2. 1、8. 3. 2、10. 2. 2条为强制性条文, 必须严格执行。原标准(高层建筑岩土工程勘察规程)(JGJ72-90)同时废止。

本规程由建设部标准定额研究所组织中国建筑业出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

2004年6月25日

目 次

- 1总则
- 2术语和符号
 - 2.1术语
 - 2.2符号
- 3基本规定
- 4勘察方案布设
 - 4.1天然地基勘察方案布设
 - 4.2桩基勘察方案布设
 - 4.3复合地基勘察方案布设
 - 4.4基坑工程勘察方案布设
- 5地下水
- 6室内试验
- 7原位测试
- 8岩土工程评价
 - 8.1场地稳定性评价
 - 8.2天然地基评价
 - 8.3桩基评价
 - 8.4复合地基评价
 - 8.5高低层建筑差异沉降评价
 - 8.6地下室抗浮评价
 - 8.7基坑工程评价
- 9设计参数检测、现场检验和监测
 - 9.1设计参数检测

9.2现场检验

9.3现场监测

10岩土工程勘察报告

10.1一般规定

10.2察报告主要内容和要求

10.3图表及附件

附录A天然地基极限承载力估算

附录B用变形模量E。估算天然地基平均沉降量

附录C用静力触探试验成果估算单桩竖向极限承载力

附录D用标准贯入试验成果估算单桩竖向极限承载力

附录E大直径桩端阻力载荷试验要点

附录F用原位测试参数估算群桩基础最终沉降量

附录G抗浮桩和抗浮锚杆抗拔静载荷试验要点

附录H基床系数载荷试验要点

本规程用词说明

条文说明

1总则

1.0.1为了在高层建筑岩土工程勘察中，贯彻执行国家技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量和保护环境，制定本规程。

1.0.2本规程适用于高层、超高层建筑和高耸构筑物的岩土工程勘察。对于有不良地质作用、地质灾害和特殊性岩土的场所和地基尚应符合现行有关标准的规定。

1.0.3高层建筑岩土工程勘察，应体现高层建筑特点、重视地区经验、广泛搜集资料，详细了解和明确建设、设计要求，精心勘察、精心分析，提出资料真实准确、评价确切合理的岩土工程勘察报告和工程咨询报告。

1.0.4高层建筑岩土工程勘察除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2术语和符号

2.1术语

2.1.1高层建筑岩土工程勘察

geotechnical investigation for tall buildings

采用工程地质测绘与调查、勘探、原位测试、室内试验等多种勘察手段和方法，对高层建筑(含超高层建筑、高耸构筑物)场地的稳定性、岩土条件、地下水以及它们与工程之间相互关系进行调查研究，并在此基础上对高层建筑地基基础、基坑工程等作出分析评价和预测建议。

2.1.2一般性勘探点exploratory hole

为查明地基主要受力层性质，满足地基(包括桩基)承载力评价等一般常规性问题的要求而布设的勘探点。

2.1.3控制性勘探点control exploratory hole

为控制场地地层结构，满足场地、地基基础和基坑工程的稳定性、变形

评价的要求而布设的勘探点。

2.1.4取土测试勘探点exploratoryholeforstapling or
in-situtesting

采取土试样或进行原位测试的勘探点。

2.1.5基准基床系数basic subgrade reaction coefficient

直径0.3m标准刚性承压板下，静力载荷试验p-s曲线直线段的斜率。

2.1.6抗浮设防水位water level for prevention of up-floatirtg

地下室抗浮评价计算所需的、保证抗浮设防安全和经济合理的场地地下水水位。

2.1.7突涌heave—plpmg

当基坑开挖后，基坑底面下不透水土层的自重压力小于下部承压水水头压力时，引起基坑底土体隆起破坏并同时发生喷水涌砂的现象。

2.2符号

A ——基础底面积

A_i ——平均附加应力系数在第*i*层土的层位深度内积分值

A_p ——桩端面积

α ——压缩系数

B ——假想实体基础的等效基础宽度

b ——基础底面宽度

c ——黏聚力

C_{ci} ——第*i*层土的平均压缩指数

C_{ri} ——第*i*层土的平均回弹再压缩指数

c_u ——十字板剪切强度

C_v ——固结系数

d_c ——控制性勘探孔深度

d_g ——一般性勘探孔深度

d ——基础埋置深度，桩身直径 E_m

E_m ——旁压模量

E_s ——土的压缩模量

E_0 ——土的变形模量

\bar{E}_s ——某个钻孔的压缩模量当量值

e ——孔隙比

f_{ak} ——地基承载力特征值

f_a ——深宽修正后的地基承载力特征值

f_r ——岩石饱和单轴极限抗压强度

f_u ——由极限承载力公式计算的地基极限承载力

Q_u ——单桩竖向极限承载力

Q_{ul} ——单桩抗拔极限承载力

q_c ——双桥静力触探锥头阻力

q_{sis} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力

q_{sir} ——桩侧第 j 层岩层极限侧阻力

q_{ps} ——桩端土极限端阻力

q_{pr} ——桩端岩石极限端阻力

R_a ——单桩竖向承载力特征值

s ——基础沉降量，载荷试验沉降量

T ——场地土的卓越周期

u ——桩身周长

u_l ——桩群外围周长

u_r ——嵌岩桩嵌岩段周长

v_s ——剪切波波速

w —含水量

z_n —沉降计算深度 $r \setminus f$ 、子

$\eta \beta \xi$ ——折减系数，修正系数

$\zeta_r \zeta_q \zeta_c$ ——基础形状系数

γ ——土的重力密度

ϕ —内摩擦角

ψ_s ——沉降计算经验系数

ν —土的泊松比

3 基本规定

3.0.1 高层建筑(包括超高层建筑和高耸构筑物,下同)的岩土工程勘察,应根据场地和地基的复杂程度、建筑规模和特征以及破坏后果的严重性,将勘察等级分为甲、乙两级。勘察时根据工程情况划分勘察等级,应符合表3.0.1的规定:

表 3.0.1 高层建筑岩土工程勘察等级划分

勘察等级	高层建筑、场地、地基特征及破坏后果的严重性
甲级	符合下列条件之一、破坏后果很严重的勘察工程: 1 30层以上或高度超过100m的超高层建筑; 2 体形复杂, 层数相差超过10层的高低层连成一体的高层建筑; 3 对地基变形有特殊要求的高层建筑; 4 高度超过200m的高耸构筑物或重要的高耸工业构筑物; 5 位于建筑边坡上或邻近边坡的高层建筑和高耸构筑物; 6 高度低于1、4规定的高层建筑或高耸构筑物,但属于一级(复杂)场地、或一级(复杂)地基; 7 对原有工程影响较大的新建高层建筑; 8 有三层及三层以上地下室的高层建筑或软土地区有二层及二层以上地下室的高层建筑
乙级	不符合甲级、破坏后果严重的高层建筑勘察工程
注: 场地和地基复杂程度的划分应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021的规定。	

3.0.2 勘察阶段的划分应符合下列规定:

1 对城市中重点的勘察等级为甲级的高层建筑, 勘察阶段宜分为可行性

研究、初步勘察、详细勘察三阶段进行；

2当场地勘察资料缺乏、建筑平面位置未定，或场地面积较大、为高层建筑群时，勘察阶段宜分为初步勘察和详细勘察两阶段进行；

3当场地及其附近已有一定勘察资料，或勘察等级为乙级的单体建筑且建筑总平面图已定时，可将两阶段合并为一阶段，按详细勘察阶段进行；

4对于一级(复杂)场地或一级(复杂)地基的工程，可针对施工中可能出现或已出现的岩土工程问题，进行施工勘察。地基基础施工时，勘察单位宜参与施工验槽。

3.0.3进行勘察工作前，应详细了解、研究建设设计要求，宜取得由委托方提供的下列资料：

1初步勘察前宜取得和搜集的资料包括：

1)建设场地的建筑红线范围及坐标；初步规划主体建筑与裙房的大致布置情况；建筑群的幢数及大致布置情况；

2)建筑的层数和高度，及地下室的层数；

3)场地的拆迁及分期建设等情况；

4)勘察场地地震背景、周边环境条件及地下管线和其他地下设施情况；

5)设计方的技术要求。

2详细勘察前宜取得和搜集的资料包括：

1)附有建筑红线、建筑坐标、地形、±0.00高程的建筑总平面图；

2)建筑结构类型、特点、层数、总高度、荷载及荷载效应组合、地下室层数、埋深等情况；

3)预计的地基基础类型、平面尺寸、埋置深度、允许变形要求等；

4)勘察场地地震背景、周边环境条件及地下管线和其他地下设施情况；

5)设计方的技术要求。

3.0.4勘察方案(包括勘探点布设)应由注册岩土工程师根据委托单位的技术要求,结合场地地质条件复杂程度制定,并对勘察方案的质量、技术经济合理性负责。

3.0.5初步勘察阶段应对场地的稳定性和适宜性作出评价,对建筑总图布置提出建议,对地基基础方案和基坑工程方案进行初步论证,为初步设计提供资料,对下一阶段的详勘工作的重点内容提出建议。本阶段需解决的主要问题应符合下列要求:

1充分研究已有勘察资料,查明场地所在地貌单元;

2判明影响场地和地基稳定性的不良地质作用和特殊性岩土的有关问题,包括:断裂、地裂缝及其活动性,岩溶、土洞及其发育程度,崩塌、滑坡、泥石流、高边坡或岸边的稳定性;调查了解古河道、暗浜、暗塘、洞穴或其他人工地下设施;初步判明特殊性岩土对场地、地基稳定性的影响;在抗震设防区应初步评价建筑场地类别,场地属抗震有利、不利或危险地段,液化、震陷可能性,设计需要时应提供抗震设计动力参数;

3初步查明场地地层时代、成因、地层结构和岩土物理力学性质,一、二级建筑场地和地基宜进行工程地质分区;

4初步查明地下水类型,补给、排泄条件和腐蚀性,如地下水位较高需判明地下水升降幅度时,应设置地下水长期观测孔;

5初步勘察阶段的勘探点间距和勘探孔深度应按现行《岩土工程勘察规范》GB50021的规定布设,并应布设判明场地、地基稳定性、不良地质作用和桩基持力层所必须的勘探点和勘探深度。

3.0.6详细勘察阶段应采用多种手段查明F场地工程地质条件;应采用综合评价方法,对场地和地基稳定性作出站论;应对不良地质作用和特殊性岩土的防治、地基基础形式、埋深、地基处理、基坑工程支护等方案的选型提

出建议；应提供设计、施工所需的岩土工程资料和参数。

3.0.7详细勘察阶段需解决的主要问题应符合下列要求：

1查明建筑场地各岩土层的成因、时代、地层结构和均匀性以及特殊性岩土的性质，尤其应查明基础下软弱和坚硬地层分布，以及各岩土层的物理力学性质。对于岩质的地基和基坑工程，应查明岩石坚硬程度、岩体完整程度、基本质量等级和风化程度。

2 查明地下水类型、埋藏条件、补给及排泄条件、腐蚀性、初见及稳定水位；提供季节变化幅度和各主要地层的渗透系数；提供基坑开挖工程应采取的地下水控制措施，当采用降水控制措施时，应分析评价降水对周围环境的影响。

3 对地基岩土层的工程特性和地基的稳定性进行分析评价，提出各岩土层的地基承载力特征值；论证采用天然地基基础形式的可行性，对持力层选择、基础埋深等提出建议。

4 预测地基沉降、差异沉降和倾斜等变形特征，提供计算变形所需的计算参数。

5 对复合地基或桩基类型、适宜性、持力层选择提出建议；提供桩的极限侧阻力、极限端阻力和变形计算的有关参数；对沉桩可行性、施工时对环境的影响及桩基施工中应注意的问题提出意见。

6 对基坑工程的设计、施工方案提出意见；提供各侧边地质模型的建议。

7 对不良地质作用的防治提出意见，并提供所需计算参数。

8 对初步勘察中遗留的有关问题提出结论性意见。

3.0.8 高层建筑经勘察后，当条件特别复杂时宜由有岩土工程咨询设计资质的单位对高层建筑地基基础方案选型、主楼与裙房差异沉降的计算和处理、深基坑支护方案、降水或截水设计、地下室抗浮设计以及有关设计参数

检测的试验设计等岩土工程问题，提供专门的岩土工程咨询报告。

3.0.9 对勘察等级为甲级的高层建筑应进行沉降观测；当地下水水位较高，宜进行地下水长期观测；当地下室埋置较深，且采取箱形、筏形基础需考虑回弹或回弹再压缩变形时，应进行回弹或回弹再压缩变形测试和观测；对基坑工程应进行基坑位移、沉降和邻近建筑、管线的变形观测。

4 勘察方案布设

4.1 天然地基勘察方案布设

4.1.1 高层建筑详细勘察阶段勘探点的平面布设应符合下列要求：

1 满足高层建筑纵横方向对地层结构和地基均匀性的评价要求，需要时还应满足建筑场地整体稳定性分析的要求；

2 满足高层建筑主楼与裙楼差异沉降分析的要求，查明持力层和下卧层的起伏情况；

3 满足建筑场地类别划分的要求，布设确定场地覆盖层厚度和测量土层剪切波速的勘探点；

4 满足湿陷性黄土、膨胀土、红黏土等特殊岩土的评价要求，布设适量的探井；

5 满足降水、截水设计要求，在缺乏经验的地区宜进行专门的水文地质勘察。

4.1.2 详细勘察阶段勘探点的平面布设，应根据高层建筑平面形状、荷载的分布情况进行，并应符合下列规定：

1 当高层建筑平面为矩形时应按双排布设，为不规则形状时，应在凸出部位的角点和凹进的阴角布设勘探点。

2 在高层建筑层数、荷载和建筑体形变异较大位置处，应布设勘探点。

3对勘察等级为甲级的高层建筑应在中心点或电梯井、核心筒部位布设勘探点。

4单幢高层建筑的勘探点数量，对勘察等级为甲级的不应少于5个，乙级不应少于4个。控制性勘探点的数量不应少于勘探点总数的1 / 3且不少于2个。

5高层建筑群可按建筑物并结合方格网布设勘探点。相邻的高层建筑，勘探点可互相共用。

4.1.3根据高层建筑勘察等级，勘探点间距应控制在15—35m范围内，并符合下列规定：

1甲级宜取较小值，乙级可取较大值。

2在暗沟、塘、浜、湖泊沉积地带和冲沟地区；在岩性差异显著或基岩面起伏很大的基岩地区；在断裂破碎带、地裂缝等不良地质作用场地；勘探点间距宜取小值并可适当加密。

3在浅层岩溶发育地区，宜采用物探与钻探相配合进行，采用浅层地震勘探和孔间地震CT或孔间电磁波CT测试，查明溶洞和土洞发育程度、范围和连通性。钻孔间距宜取小值或适当加密，溶洞、土洞密集时宜在每个柱基下布设勘探点。

4.1.4高层建筑详细勘察阶段勘探孔的深度应符合下列规定：

1控制性勘探孔深度应超过地基变形的计算深度。

2控制性勘探孔深度，对于箱形基础或筏形基础，在不具备变形深度计算条件时，可按式(4.1.4-1)计算确定：

$$d_c = d + \alpha_c \beta b \quad (4.1.4-1)$$

式中 d_c ——控制性勘探孔的深度(m)；

d ——箱形基础或筏形基础埋置深度(m)；

α_c ——与土的压缩性有关的经验系数，根据基础下的地基主要土层按表4.1.4取值；

β ——与高层建筑层数或基底压力有关的经验系数，对勘察等级为甲级的高层建筑可取1.1，对乙级可取1.0；

b ——箱形基础或筏形基础宽度，对圆形基础或环形基础，按最大直径考虑，对不规则形状的基础，按面积等代成方形、矩形或圆形面积的宽度或直径考虑(m)。

3一般性勘探孔的深度应适当大于主要受力层的深度，对于箱形基础或筏形基础可按式(4.1.4-2)计算确定：

$$d_g = d + \alpha_g \beta b \quad (4.1.4-2)$$

式中 d_g ——一般性勘探孔的深度(m)；

d_g ——与土的压缩性有关的经验系数，根据基础下的地基主要土层按表4.1.4取值。

表4.1.4经验系数 α_c 、 α_g 值

土类 值别	碎石土	砂 土	粉 土	黏性土 (含黄土)	软 土
α_c	0.5-0.7	0.7-0.9	0.9-1.2	1.0-1.5	2.0
α_g	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.7	0.6-0.9	1.0
注：表中范围值对同一类土中，地质年代老、密实或地下水位深者取小值，反之取大值					

4一般性勘探孔，在预定深度范围内，有比较稳定且厚度超过3m的坚硬地层时，可钻入该层适当深度，以能正确定名和判明其性质；如在预定深度内遇软弱地层时应加深或钻穿。

5 在基岩和浅层岩溶发育地区，当基础底面下的土层厚度小于地基变形

计算深度时，一般性钻孔应钻至完整、较完整基岩面；控制性钻孔应深入完整、较完整基岩3—5m，勘察等级为甲级的高层建筑取大值，乙级取小值；专门查明溶洞或土洞的钻孔深度应深入洞底完整地层3—5m。

6在花岗岩残积土地区，应查清残积土和全风化岩的分布深度。计算箱形基础或筏形基础勘探孔深度时，其 α_c 和 α_g 系数，对残积砾质黏性土和残积砂质黏性土可按表4.1.4中粉土的值确定，对残积黏性土可按表4.1.4中黏性土的值确定，对全风化岩可按表4.1.4中碎石上的值确定。在预定深度内遇基岩时，控制性钻孔深度应深入强风化岩3~5m，勘察等级为甲级的高层建筑宜取大值，乙级可取小值。一般性钻孔达强风化岩顶面即可。

9评价土的湿陷性、膨胀性、砂土地震液化、确定场地覆盖层厚度、查明地下水渗透性等钻孔深度，应按有关规范的要求确定。

8在断裂破碎带、冲沟地段、地裂缝等不良地质作用发育场地及位于斜坡上或坡脚下的高层建筑，当需进行整体稳定性验算时，控制性勘探孔的深度应满足评价和验算的要求。

4.1.5采取不扰动土试样和原位测试勘探点的数量不宜少于全部勘探点总数的2 / 3，勘察等级为甲级的单幢高层建筑不宜少于4个。

4.1.6采取不扰动土试样或进行原位测试的竖向间距，基础底面下1.0倍基础宽度内宜按1—2m，以下可根据土层变化情况适当加大距离。

4.1.7采取岩土试样和进行原位测试应符合下列规定：

1每幢高层建筑每一主要土层内采取不扰动土试样的数量或进行原位测试的次数不应少于6件(组)次；

2在地基主要受力层内，对厚度大于0.5m的夹层或透镜体，应采取不扰动土试样或进行原位测试；

3当土层性质不均匀时，应增加取土数量或原位测试次数：

4岩石试样的数量各层不应少于6件(组)；

9地下室侧墙计算、基坑边坡稳定性计算或锚杆设计所需的抗剪强度试验指标，各主要土层应采取不少于6件(组)的不扰动土试样。

4.1.8对勘察等级为甲级的高层建筑、或工程经验缺乏、或研究程度较差的地区，宜布设载荷试验确定天然地基持力层的承载力特征值和变形参数。

4.2桩基勘察方案布设

4.2.1对于端承型桩，勘探点的平面布置，应符合下列规定：

1勘探点应按柱列线布设，其间距应能控制桩端持力层层面和厚度的变化，宜为12—24m；

2在勘探过程中发现基岩中有断层破碎带，或桩端持力层为软、硬互层，或相邻勘探点所揭露桩端持力层层面坡度超过10%，且单向倾伏时，钻孔应适当加密；荷载较大或复杂地基的一柱一桩工程，应每柱设置勘探点；

3岩溶发育场地当以基岩作为桩端持力层时应按柱位布孔，同时应辅以各种有效的地球物理勘探手段，以查明拟建场地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；

4控制性勘探点不应少于勘探点总数的1 / 3。

4.2.2对于摩擦型桩，勘探点的平面布置，应符合下列规定：

1勘探点应按建筑物周边或柱列线布设，其间距宜为20—35m，当相邻勘探点揭露的主要桩端持力层或软弱下卧层层位变化较大，影响到桩基方案选择时，应适当加密勘探点。带有裙房或外扩地下室的高层建筑，布设勘探点时应与主楼一同考虑。

2桩基工程勘探点数量应视工程规模大小而定，勘察等级为甲级的单幢高层建筑勘探点数量不宜少于5个，乙级不宜少于4个，对于宽度大35m的高

层建筑，其中心应布置勘探点。

3控制性的勘探点应占勘探点总数的 $1/3—1/2$ 。

4.2.3对于端承型桩，勘探孔的深度应符合下列规定：

1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，控制性勘探孔的探度应深入预计桩端持力层以下 $5-10r_n$ 或 $6d-10d$ (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)，一般性勘探孔的深度应达到预计桩端下 $3-5m$ 或 $3d-5d$ ；

2对一般岩质地基的嵌岩桩，勘探孔深度应钻入预计嵌岩面以下 $1d-3J$ ，对控制性勘探孔应钻入预计嵌岩面以下 $3d—5d$ ，对质量等级为III级以上的岩体，可适当放宽；

3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 $3-5m$ ，控制性勘探孔应进入微风化岩 $5—8m$ ；

4对于岩溶、断层破碎带地区，勘探孔应穿过溶洞、或断层破碎带进入稳定地层，进入深度应满足 $3d$ ，并不小于 $5m$ ；

5具多韵律薄层状的沉积岩或变质岩，当基岩中强风化、中等风化、微风化岩呈互层出现时，对拟以微风化岩作为持力层的嵌岩桩，勘探孔进入微风化岩深度不应小于 $5m$ 。

4.2.4对于摩擦型桩，勘探孔的深度应符合下列规定：

1一般性勘探孔的深度应进入预计桩端持力层或预计最大桩端入土深度以下不小于 $3m$ ；

2控制性勘探孔的深度应达群桩桩基(假想的实体基础)沉降计算深度以下 $1\sim 2m$ 。群桩桩基沉降计算深度宜取桩端平面以下附加应力为上覆土有效自重压力 20% 的深度，或按桩端平面以下 $(1\sim 1.5)b$ (b 为假想实体基础宽度)的深度考虑。4.2.5桩基勘察的岩(土)试样采取及原位测试工作应符合下列

规定:

1对桩基勘探深度范围内的每一主要土层,应采取土试样.并根据土质情况选择适当的原位测试,取土数量或测试次数不应少于6组(次);

2对嵌岩桩桩端持力层段岩层,应采取不少于6组的岩样进行天然和饱和单轴极限抗压强度试验;

3以不同风化带作桩端持力层的桩基工程,勘察等级为甲级的高层建筑勘察时控制性钻孔宜进行压缩波波速测试,按完整性指数或波速比定量划分岩体完整程度和风化程度,划分标准应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021的规定。

4.3复合地基勘察方案布设

4.3.1复合地基勘察前,应搜集必要的基础资料,并应着重搜集本地区同类建筑的复合地基工程经验,明确本地区需要解决的主要岩土工程问题、适宜的增强体类型、设计施工常见问题及处理方法。

4.3.2高层建筑复合地基勘察方案,其勘探点平面布设应按照天然地基勘察方案布设,符合本规程第4章4.1节的规定;勘探孔深度应符合4.2节桩基勘察的要求,查明适宜作为桩端持力层的分布情况和下卧岩土层的性状;当适宜作为桩端持力层的顶板高程、厚度变化较大时,应加密勘探点,探明其变化;查明建筑场地各土层分布及性状和地下水的分布及类型,并取得各土层承载力特征值、压缩模量以及计算单桩承载力、变形等所需的参数。

4.3.3应根据建筑地基处理目的和可能采用的复合地基增强体类型,布设勘察试验方案。需重点查明的问題,应符合下列要求:

1以消除黄土湿陷性为目的而采用土或灰土桩挤密等方案时,应重点查明场地湿陷类型、地基湿陷等级、湿陷性土层的分布范围,非湿陷性土层的埋深及性质,提供地基土的湿陷系数、自重湿陷系数、干密度、含水量、最

大干密度和最优含水量等指标。

2以消除砂土、粉土液化为目的而采用砂石桩挤密等方案时，应重点查明建筑场地液化等级：提供地基土层的标准贯入试验锤击数、比贯入阻力、相对密度和液化土层的层位及厚度。

3以提高高层建筑地基承载力和减小沉降或差异沉降为目的而采用柔性增强体、半刚性增强体复合地基方案时，应查明相对软弱土层的分布范围，深度和厚度情况，以及设计、施工所需的有关技术资料。对黏性土地基，应取得地基土的压缩模量、不排水抗剪强度、含水量、地下水位及pH值、有机质含量等指标；对砂土和粉土地基应取得天然孔隙比、相对密度、标准贯入试验锤击数等指标。

4高层建筑采用刚性桩复合地基方案时，应查明承载力较高、适宜作为桩端持力层的土层埋深、厚度及其物理力学性质以及地基土的承载力特征值。

4.3.4高层建筑复合地基承载力特征值和变形参数应在施工图设计期间通过设计参数检测——复合地基载荷试验确定。有经验的地区，可依据增强体的载荷试验结果和桩间土的承载力特征值结合地区经验计算确定；在缺乏经验的地区，尚应进行不同桩径、桩长、置换率等的复合地基载荷试验。

4.4基坑工程勘察方案布设

4.4.1基坑工程勘察，应与高层建筑地基勘察同步进行。初步勘察阶段应初步查明场地环境情况和工程地质条件、预测基坑工程中可能产生的主要岩土工程问题；详细勘察阶段应在详细查明场地工程地质条件基础上，判断基坑的整体稳定性，预测可能破坏模式，为基坑工程的设计、施工提供基础资料，对基坑工程等级、支护方案提出建议。

4.4.2基坑工程勘察前，委托方应提供以下资料：

1邻近的建(构)筑物的结构类型、层数、地基、基础类型、埋深、持力层及上部结构现状;

2周边各类管线及地下工程情况;

3周边地表水汇集、排泄以及地下管网分布及渗漏情况;

4周边道路等级情况等。

4.4.3勘察区范围宜达到基坑边线以外两倍以上基坑深度,勘探点宜沿地下室周边布置,边线以外以调查或搜集资料为主,为查明某些专门问题可在边线以外布设勘探点。勘探点的间距根据地质条件的复杂程度宜为11—30m,当遇暗浜、暗塘或填土厚度变化很大或基岩面起伏很大时,宜加密勘探点。

4.4.4勘探孔的深度不宜小于基坑深度的两倍;对深厚软土层,控制性勘探孔应穿透软土层;为降水或截水设计需要,控制性勘探孔应穿透主要含水层进入隔水层一定深度;在基坑深度内,遇微风化基岩时,一般性勘探孔应钻入微风化岩层1—3m,控制性勘探孔应超过基坑深度1—3m;控制性勘探点宜为勘探点总数的 $1/3$,且每一基坑侧边不宜少于1个控制性勘探点。

4.4.5对岩质基坑,勘察工作应以工程地质测绘调查为主,以钻探、物探、原位测试及室内试验为辅,基坑施工时,应进行施工地质工作。应查明的主要内容包括:

1岩石的坚硬程度;

2岩石的完整程度;

3主要结构面(特别是软弱外倾结构面)的力学属性、产状、延伸长度、结合程度、充填物状态、充水状况、组合关系、与临空面的关系;

4岩石的风化程度;

5坡体的含水状况等。

4.4.6对一般黏性土宜进行静力触探和标准贯入试验；对砂土和碎石土宜进行标准贯入试验和圆锥动力触探试验；对软土宜进行卜字板剪切试验；当设计需要时可进行基床系数试验或旁压试验、扁铲侧胀试验。

4.4.7岩土不扰动试样的采取和原位测试的数量，应保证每一主要岩土层有代表性的数据分别不少于6组(个)，室内试验的主要项目是含水量、密度、抗剪强度和渗透试验，对砂、砾、卵石层宜进行水上、水下休止角试验。对岩质基坑，当存在顺层或外倾岩体软弱结构面时，宜在室内或现场测定结构面的抗剪强度。

4.4.8当地下水位较高，应查明场地的水文地质条件，除应符合本规程第5章要求外，尚应符合下列要求：

1当含水层为卵石层或含卵石颗粒的砂层时，应详细描述卵石的颗粒组成、粒径大小和黏性土含量；

2当附近有地表水体时，宜在其间布设一定数量的勘探孔或观测孔；

3当场地水文地质资料缺乏或在岩溶发育地区，应进行单孔或群孔分层抽水试验，测求渗透系数、影响半径、单井涌水量等水文地质参数。

5 地下水

5.0.1根据高层建筑的工程需要，应采用调查与现场勘察方法，查明地下水的性质和变化规律，提供水文地质参数；针对地基础形式、基坑支护形式、施工方法等情况分析评价地下水对地基基础设计、施工和环境影响，预估可能产生的危害，提出预防和处理措施的建议。

5.0.2已有地区经验或场地水文地质条件简单，且有常年地下水位监测资料的地区，地下水的勘察可通过调查方法掌握地下水的性质和规律，其调查宜包括下列内容：

- 1地下水的类型、主要含水层及其渗透特性;
- 2地下水的补给排泄条件、地表水与地下水的水力联系;
- 3历史最高、最低地下水位及近3—5年水位变化趋势和主要影响因素;
- 4区域性气象资料;
- 5地下水腐蚀性和污染源情况。

5.0.3当在无经验地区, 地下水的变化或含水层的水文地质特性对地基评价、地下室抗浮和工程降水有重大影响时, 在调查的基础上, 应进行专门的水文地质勘察, 并应符合下列要求:

- 1查明地下水类型、水位及其变化幅度;
- 2与工程相关的含水层相互之间的补给关系;
- 3测定地层渗透系数等水文地质参数;

4对缺乏常年地下水监测资料的地区, 在初步勘察阶段应设置长期观测孔或孔隙水压力计;

5对与工程结构有关的含水层, 应采取有代表性水样进行水质分析;

6在岩溶地区, 应查明场地岩溶裂隙水的主要发育特征及其不均匀性。

5.0.4当场地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他含水层隔离后测定地下水位或承压水头高度。必要时, 宜埋设孔隙水压力计, 或采用孔压静力触探试验进行量测, 但在黏性土中应有足够的消散时间。

5.0.5含水层的渗透系数等水文地质参数的测定, 应根据岩土层特性和工程需要, 宜采用现场钻孔或探井抽水试验、注水试验或压水试验求得。

5.0.6应按下列内容评价地下水对工程的作用和影响:

1对地基基础、地下结构应考虑在最不利组合情况下, 地下水对结构的上浮作用;

- 2验算边坡稳定时,应考虑地下水及其动水压力对边坡稳定的不利影响;
 - 3采取降水措施时在地下水位下降的影响范围内,应考虑地面沉降及其对工程的危害;
 - 4当地下水位回升时,应考虑可能引起的回弹和附加的浮托力等;
 - 5在湿陷性黄土地区应考虑地下水位上升对湿陷性的影响;
 - 6在有水头压差的粉细砂、粉土地层中,应评价产生潜蚀、流砂、管涌的可能性;
 - 7在地下水位下开挖基坑,应评价降水或截水措施SE的可行性及其对基坑稳定和周边环境的影响;
 - 8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;
 - 9对地下水位以下的工程结构,应评价地下水对混凝土或金属材料的腐蚀性。
- 5.0.7基坑工程中采取降低地下水位的措施应满足下列要求:
- 1施工中地下水位应保持在基坑底面下0.5-1.5m;
 - 2降水过程中应防止渗透水流的不良作用;
 - 3深层承压水可能引起突涌时,应采取降低基坑下的承压水头的减压措施;
 - 4应对可能影响的既有建(构)筑物、道路和地下管线等设施进行监测,必要时,应采取防护措施。

6 室内试验

6.0.1常规试验项目的试验要求应按现行国家标准{岩土工程勘察规范}GB50021及<建筑地基基础设计规范>GB50007执行。其具体操作和试验仪

器应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB / T50123、《工程岩体试验方法标准》GB / T50266和《工程岩体分级标准》GB50218的有关规定。

6.0.2计算地基承载力所需的抗剪强度试验应符合下列规定：

1对勘察等级为甲级的高层建筑，所采取的土试样质量等级应符合I级，且应采用三轴压缩试验。

2抗剪强度试验的方法应根据施工速度、地层条件和计算公式等选用，尽可能符合建筑和地基土实际受力状况。对饱和黏性土或施工速率较快、排水条件差的土可采用不固结不排水剪(uu)，对饱和软土，应对试样在有效自重压力预固结后再进行试验，总应力法提供 C_{uu} 、 ϕ_{uu} 参数；经过预压固结的地基，可根据其固结程度采用固结不排水剪(cu)，总应力法提供 C_{cu} 、 ϕ_{cu} 参数。

3三轴压缩试验结果应提供摩尔圆及其强度包线。

6.0.3计算地基沉降的压缩性指标，根据工程的不同计算方法，可采用下列试验方法：

1当采用单轴压缩试验的压缩模量按分层总和法进行沉降计算时，其最大压力值应超过预计的土的有效自重压力与附加压力之和，压缩性指标应取土的有效自重压力至上的有效自重压力与附加压力之和压力段的计算值。

2当采用考虑应力历史的固结沉降计算时，应采用I级土样进行试验。试验的最大压力应满足绘制完整的 $e-\log p$ 曲线的需要，以求得先期固结压力 P_c 、压缩指数 C_c 和回弹再压缩指数 C_r 。回弹压力宜模拟现场卸荷条件。

3当需进行群桩基础变形验算时，对桩端平面以下压缩层范围内的土，应测求土的压缩性指标。试验压力不应小于实际土的有效自重压力与附加压力之和。

4当需要考虑基坑：f挖卸荷引起的回弹量，应进行测求回弹模量和回弹再压缩模量的试验，以模拟实际加荷卸荷情况，其压力的施加宜与实际加、卸荷状况一致。回弹模量和回弹再压缩模量的试验方法、稳定标准等应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB / T50123标准固结试验的要求，试验前应做试验设计。

6.0.4基坑开挖需要采用明沟、井点或管井抽水降低地下水位时，宜根据土性情况进行有关土层的常水头或变水头渗透试验。

6.0.5为验算边坡稳定性和基坑工程等支挡设计所进行的抗剪强度试验，对黏性土宜采用三轴压缩试验。当按总应力法计算时，验算地基整体稳定性宜采用不固结不排水试验(UU)，提供 C_{uv} 、 ϕ_{uv} 参数，对饱和软土应对试样在有效自重压力预固结后再进行试验；计算土压力可采用固结不排水试验(cu)，提供 C_{cu} 、 ϕ_{cu} 参数。当按有效应力法计算时，宜采用测孔隙水压力的固结不排水试验(cu)，提供有效强度 C' 、 ϕ' 参数。

6.0.6当需根据室内试验结果确定嵌岩桩单桩竖向极限承载力时，应进行饱和单轴抗压强度试验。对于在地下水位以下、韵律薄层状的黏土质沉积岩或变质岩，可采用天然湿度试样，不进行饱和处理；对较为破碎的中等风化带岩石，取样确有困难时，可取样进行点荷载强度试验，其试验标准及与岩石单轴抗压强度的换算关系应分别按现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB / 50266及《工程岩体分级标准》CB50218中有关规定执行。

6.0.7当进行地震反应分析和地基液化判别时，可采用动三轴试验、动单剪试验和共振柱试验，测定地基土的动剪变(切)模量和阻尼比等参数。动应变适用范围：对动三轴和动单剪为 $10^{-4} \sim 10^{-2}$ ，对共振柱为 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 。

7 原位测试

7.0.1在高层建筑岩土工程勘察中原位测试方法应根据岩土条件、设计对参数的需要、地区经验和测试方法的适用性等因素综合确定。

7.0.2原位测试成果应结合地区工程经验综合分析后使用。

7.0.3原位测试的试验项目、测定参数、主要试验目的可参照表7.0.3的规定。

表7.0.3高层建筑岩土工程勘察中的原位测试项目

试验项目	测定参数	主要试验目的
载荷试验	比例界限压力 P_0 极限压力 P_u 和压力变形的关系	1 评定岩土承载力; 2 估算土的变形模量; 3 计算土的基床系数
静力触探试验	单桥比贯入阻力, 双桥锥尖阻力, 侧壁摩阻力, 摩阻比, 孔压静力触探的孔隙水压力	1 判别土层均匀性和划分土层; 2 选择桩基持力层、估算单桩承载力; 3 估算地基土承载力和压缩模量; 4 判断沉桩可能性; 5 判别地基土液化可能性及等级
标准贯入试验	标准贯入击数 N (击)	1 判别土层均匀性和划分土层; 2 判别地基液化可能性且等级; 3 估算地基承载力和压缩模量; 4 估算砂土密实度且内摩擦角; 5 选择桩基持力层、估算单桩承载力; 6 判断沉桩的可能性
动力触探试验	动力触探击数 $N_{10}N_{63.5}N_{120}$ (击)	1 判别土层均匀性和划分土层; 2 估算地基承载力和压缩模量; 3 选择桩基持力层、估算单桩承载力;
十字板剪切试验	不排水抗剪强度峰值和残余值	1 测求饱和黏性土的不排水抗剪强度和灵敏度; 2 估算地基土承载力和单桩承载力; 3 计算边坡稳定性; 4 判断软黏性土的应力历史
现场渗透试验	岩土层渗透系数, 必要时测定释水系数	为重要工程或深基坑工程的设计提供土的渗透系数、影响半径、单井涌水量等
旁压试验	初始压力、临塑压力、极限压力和旁压模量	1 测求地基土的临塑荷载和极限荷载强度, 从而估算地基土的承载力; 2 测求地基土的变形模量, 从而估算沉降量;

		3 估算桩基承载力; 4 计算土的侧向基床系数; 5 自钻式旁压试验可确定土的帮原位水平应力和静止侧压力系数
扁铲侧胀试验	侧胀模量, 侧胀土性指数, 侧胀水平应力指数和侧胀孔压指数。	1 划分土层和 R 分土类; 2 计算土的侧向基床幕数; 3 判别地基土液化 q 能性
波速测试	压缩波速、剪切波速	1 划分场地类别; 2 提供地震反应分析所需的场地土动力参数; 3 评价岩体完整性; 4 估算场地卓越周期
场地微振动测试	场地卓越周期和脉动幅值	确定场地卓越周期

8 岩土工程评价

8.1 场地稳定性评价

8.1.1 高层建筑岩土工程勘察应查明影响场地稳定性的不良地质作用, 评价其对场地稳定性的影响程度。

8.1.2 对有直接危害的不良地质作用地段, 不得选作高层建筑建设场地。对于有不良地质作用存在, 但经技术经济论证可以治理的高层建筑场地, 应提出防治方案建议, 采取安全可靠的整治措施。

8.1.3 高层建筑场地稳定性评价应符合下列要求:

1 评价划分建筑场地属有利、不利或危险地段, 提供建筑场地类别和岩土的地震稳定性评价, 对需要采用时程分析法补充计算的建筑, 尚应根据设计要求提供有代表性的地层结构剖面、场地覆盖层厚度和有关动力参数;

2 应避开浅埋的全新活动断裂和发震断裂, 避让的最小距离应按现行国家标准(建筑抗震设计规范)GB50011的规定确定;

3 可不避开非全新活动断裂, 但应查明破碎带发育程度, 并采取相应的地基处理措施;

4应避开正在活动的地裂缝，避开的距离和采取的措施应按有关地方标准的规定确定；

5在地面沉降持续发展地区，应搜集地面沉降历史资料，预测地面沉降发展趋势，提出高层建筑应采取的措施。

8.1.4位于斜坡地段的高层建筑，其场地稳定性评价应符合下列规定：

1高层建筑场地不应选在滑坡体上，对选在滑坡体附近的建筑场地，应对滑坡进行专门勘察，验算滑坡稳定性，论证建筑场地的适宜性，并提出治理措施；

2位于坡顶或临近边坡下的高层建筑，应评价边坡整体稳定性、分析判断整体滑动的可能性；

3当边坡整体稳定时，尚应验算基础外边缘至坡顶的安全距离；

4位于边坡下的高层建筑，应根据边坡整体稳定性论证分析结果，确定离坡脚的安全距离。

8.1.5抗震设防地区的高层建筑场地应选择在抗震有利地段，避开不利地段，当不能避开时，应采取有效的防护治理措施，并不应在危险地段建设高层建筑。

8.1.6应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度划分建筑场地类别，抗震设防烈度为7—9度地区，均应采用多种方法综合判定饱和砂土和粉土（不含黄土）地震液化的可能性，并提出处理措施的建议；6度地区一般不进行判别和处理，但对液化沉陷敏感的乙类建筑可按7度的要求进行判别和处理。

8.1.7在溶洞和土洞强烈发育地段，应查明基础底面以下溶洞、土洞大小和顶板厚度，研究地勘加固措施。经技术经济分析认为不可取时，应另选场地。

在地下采空区，应查明采空区上覆岩层的性质、地表变形特征、采空区的埋探和范围，根据高层建筑的基底压力，评价场地稳定性。对有塌陷可能的地下采空区，应另选场地。

8.2 天然地基评价

8.2.1 天然地基分析评价应包括以下基本内容：

1 场地、地基稳定性和处理措施的建议；

2 地基均匀性；

3 确定和提供各岩土层尤其是地基持力层承载力特征值的建议值和使用条件；

4 预测高层和高低层建筑地基的变形特征；

5 对地基基础方案提出建议；

6 抗震设防区应对场地地段划分、场地类别、覆盖层厚度、地震稳定性等作出评价；

9 对地下室防水和抗浮进行评价；

8 基坑工程评价

8.2.2 天然地基方案应在拟建场地整体稳定性基础上进行分析论证，并应考虑附属建筑、相邻的既有或拟建建筑、地下设施和地基条件可能发生显著变化的影响。

8.2.3 在天然地基方案的工程分析中，地基承载力验算采用荷载效应标准组合，地基变形验算采用荷载效应准永久组合。

8.2.4 符合下列情况之一者，应判别为不均匀地基。对判定为不均匀的地基，应进行沉降、差异沉降、倾斜等特征分析评价，并提出相应建议。

1 地基持力层跨越不同地貌单元或工程地质单元，工程特性差异显著。

2地基持力层虽屑于同一地貌单元或工程地质单元,但遇下列情况之一:

- 1)中一高压缩性地基,持力层底面或相邻基底标高的坡度大于10%;
- 2)中一高压缩性地基,持力层及其下卧层在基础宽度方向上的厚度差值

大于0.05b(b为基础宽度)。

3同一高层建筑虽处于同一地貌单元或同一工程地质单元,但各处地基土的压缩性有较大差异时,可在计算各钻孔地基变形计算深度范围内当量模量的基础上,根据当量模量最大值和当量模量最小值的比值判定地基均匀性。当比值大于地基不均匀系数界限值K时,可按不均匀地基考虑。K见表8.2.4。

8.2.5在确定地基承载力时,应根据土质条件选择现场载荷试验、室内试验、静力触探试验、动力触探试验、标准贯入试验或旁压试验等原位测试方法,结合理论计算和设计需要进行综合评价。特殊土的地基承载力评价应根据特殊土的相关规范和地区经验进行。岩石地基应根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021划分和评定岩石坚硬程度、岩体完整程度、风化程度和岩体基本质量等级,其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有关规定确定。

表 8.2.4 地基不均匀系数界限值 K

同一建筑物下各钻孔压缩模量当量值的平均值 (Mpa)	≤4	7.5	15	>20
不均匀系数界限值 x	1.3	1.5	1.8	2.5
注: 在地基变形计算深度范围内, 某一个钻孔的压缩模量当量值应根据平均附加应力系数在各层土的层位深度内积分值和各土层压缩模量按下式计算:				

8.2.6地基承载力的计算应符合下列要求:

- 1持力层及软弱下卧层的地基承载力验算;

2当高层建筑周边的附属建筑基础处于超补偿状态，且其与高层建筑不能形成刚性整体结构时，应考虑由此造成高层建筑基础侧限力的永久性削弱及其对地基承载力的影响；

3拟提高附属建筑部分基底压力，以加大其地基沉降、减小高低层建筑之间的差异沉降时，应同时验算地基承载力特征值及地基极限承载力，保证建议的地基承载力满足强度控制要求。

8.2.7除应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007的有关规定确定地基承载力特征值 f_{ak} 和修正后的地基承载力特征值 f_a 外，还可按附录A估算地基极限承载力 f_u 除以安全系数K以确定实际基础下地基承载力特征值 f_a ，K值应根据建筑安全等级和土性参数的可靠性在2-3之间选取。计算 f_a 时，应根据基底下的地层组合条件并结合地区经验综合确定地基持力层的代表性内摩擦角标准值 ϕ_k 和代表性黏聚力标准值 c_k 。

8.2.8采用旁压试验(PMT)成果验算岩性均一土层的竖向地基承载力时，可按以下方法进行承载力计算分析，对计算结果应结合其他评价方法进行合理判定。

1通过旁压临塑压力计算地基承载力

$$f_{ak} = \lambda (P_f - P_0) \quad (8.2.8-1)$$

式中 f_{ak} ——岩性均一土层的地基承载力特征值(Kpa)；

P_0 ——由旁压试验曲线和经验综合确定的土的初始压力(Kpa)；

P_f ——由旁压试验曲线确定的临塑压力(Kpa)；

λ ——临塑值修正系数，可结合各地区工程经验取值，但一般不应大于1。

2通过旁压极限压力可按式(8.2.8-2)计算地基极限承载力 f_u ，除以旁压安全系数K后获得地基承载力特征值 f_{ak} 。旁压极限承载力安全系数K的取值应

根据各地区经验总结分析后确定，当计算分析地基承载力特征值儿时，K值可取2-4，并不得低于2。

$$f_u = P_L - P_0 \quad (8.2.8-2)$$

式中 P_L —由旁压试验曲线确定的极限压力(KPa)。

8.2.9当场地、地基整体稳定且持力层为完整、较完整的中等风化、微风化岩体时，可不进行地基变形验算。其余地基的最终沉降应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007规定的方法，亦可按本规程规定的其他方法计算分析。在地基沉降预测中的地基应力计算宜考虑地基土层渗透性的影响，沉降预测应考虑后期地面填方和相邻建设工程的影响。

8.2.10对于不能准确取得压缩模量的地基土，包括碎石土、砂土、粉土、花岗岩残积土、全风化岩、强风化岩等，可采用变形模量 E_0 ，按附录B计算箱形或筏形基础的高层建筑地基平均沉降。

8.2.11当地基由饱和土层组成，次固结变形可以忽略不计时，根据I级土样的标准固结试验结果，可采用以下计算方法，分层预测超固结土、正常固结土和欠固结土的地基沉降，然后合计计算总沉降，并结合地区经验进行修正和判断。

1利用标准固结试验测求土的回弹再压缩指数(C_r)、压缩指数(C_c)、初始孔隙比(e_0)和先期固结压力(P_c)，根据先期固结压力 P_c 与土的有效自重压力 P_{zi} 的比值超固结比OCR，确定土的固结状态。当超固结比OCR为1.0-1.2时，可视为正常固结土；当OCR>1.2时，按超固结土考虑；当OCR<1.0时，为欠固结土。

2超固结土

1)当超固结土层中的 $P_{0i} + P_{zi} \leq P_{ci}$ 时，该层上的固结沉降量可按下式计算：

$$(8.2.11-1)$$

式中 S_i ——第 i 层土的固结沉降量(mm)；

h_i ——第 i 层土的平均厚度(m)；

e_{0i} ——第 i 层土的初始孔隙比平均值；

C_{ri} ——第 i 层土的回弹再压缩指数平均值；

P_{zi} ——第 i 层土的有效自重压力平均值(KPa)；

P_{0i} ——对应于荷载效应准永久组合时，第 i 层土有效附加压力平均值(KPa)；

P_{ci} ——第 i 层土的先期固结压力平均值(kPa)。

2) 当超固结土层中的该土层的 $P_{0i} + P_{zi} > P_{ci}$ 时，该土层的固结沉降量可按
下式计算：

(8.2.11-2)

式中 C_{ci} ——第 i 层土的压缩指数平均值。

3 正常固结土的固结沉降量可按式计算：

(8.2.11-3)

4 欠固结土的沉降量可按式计算：

(8.2.11-4)

5 整个沉降计算深度内的总沉降量为各土层沉降量之和。沉降计算深度对于非软土算至有效附加压力等于土有效自重压力20%处，对于软土算至有效附加压力等于有效自重压力10%处。当无相邻荷载影响时，亦可按附录B式(B.0.2-2)计算沉降计算深度。

8.2.12 应对高层建筑进行整体倾斜预测分析。分析时，可根据高层建筑角点钻孔的地层分布和土质参数统计结果，结合建筑物荷载分布情况进行估算和判断。

8.3 桩基评价

8.3.1 桩基工程分析评价宜具备下列条件：

- 1 充分了解工程结构的类型、特点、荷载情况和变形控制等要求；
- 2 掌握场地的工程地质和水文地质条件，考虑岩土体的非均质性、随时间延续的增减效应以及土性参数的不确定性；
- 3 充分考虑地区经验和类似工程的经验；
- 4 缺乏经验地区应通过设计参数校核和施工监测取得实测数据，调整和修改设计和施工方案。

8.3.2 桩基评价应包括以下基本内容：

- 1 推荐经济合理的桩端持力层；
- 2 对可能采用的桩型，规格及相应的桩端入土深度(或高程)提出建议；
- 3 提供所建议桩型的侧阻力、端阻力和桩基设计、施工所需的其他岩土参数；
- 4 对沉[成]桩可能性、桩基施工对环境影响评价和对策以及其他设计，施工应注意事项提出建议。

8.3.3 当工程需要(且条件具备)时，可对下列内容进一步评价或提出专门的工程咨询报告：

- 1 估算单桩、群桩承载力和桩基沉降量，提供与建议桩基方案相类似的工程实例或试桩及沉降观测等资料；
- 2 对各种可能的桩基方案进行技术经济分析比选，并提出建议；
- 3 对欠固结土和大面积堆载的桩基，分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其对桩基承载力的影响并提出相应防治措施的建议。

8.3.4 选择桩端持力层应符合下列规定：

- 1 持力层宜选择层位稳定、压缩性较低的可塑—坚硬状态黏性土、中密

以密的粉土、砂土、碎石土和残积土及不同风化程度的基岩；不宜选择在町液化土层、湿陷性土层或软土层中：

2当存在相对软弱下卧层时，持力层厚度宜超过6—10倍桩径；扩底桩的持力层厚度宜超过3倍扩底直径；且均不宜小于5m。

8.3.5桩型选择应根据工程性质、地质条件、施工条件、场地周围环境及经济指标等综合考虑确定：

1当持力层顶面起伏不大、坡度小于10%、周围环境允许且沉桩可能时，可采用钢筋混凝土预制桩；

2当荷载较大，桩较长或需穿越一定厚度的坚硬土层，且选用较重的锤，锤击过程可能使桩身产生较大锤击应力时，宜采用预应力桩；或经方案比较，证明技术、经济合理可行时，也可采用钢桩；

3当土层中有难以清除孤石或有硬质夹层、岩溶地区或基岩面起伏大的地层，均不宜采用钢筋混凝土预制桩、预应力桩和钢桩，而可采用混凝土灌注桩；

4在基岩埋藏相对较浅，单桩荷载较大时，宜采用以不同：风化程度为持力层的冲孔、钻孔、挖孔、扩底或嵌岩钢筋混凝土灌注桩；

5当场地周围环境保护要求较高、采用钢筋混凝土预制桩或预应力桩难以控制沉桩挤土影响时，可采用钻孔混凝土灌注桩或钢桩（指采用压入式H型钢桩）。

8.3.6当打（压）入桩需贯穿的岩土层中夹有一定厚度的（或需进入一定深度的）坚硬状态黏性土、中密以上的粉土、砂土、碎石土和全风化、强风化基岩时，应根据各岩土组成的力学特性、类似工程经验、桩的结构、强度、形式和设备能力等综合考虑其沉桩的可能性；当无法准确判断时，宜在工程桩施工前进行沉桩试验，测定贯入阻力（指压入桩），总锤击数、最后一米锤

击数及贯入度(指打入桩)或在沉桩过程中进行高应变动力法试验(指打入桩),测定打桩过程中桩身压应力和拉应力;根据试验结果评定沉桩可能性、桩进入持力层后单桩承载力的变化以及其他施工参数。

8.3.7沉(成)桩对周围环境的主要影响的分析评价内容宜包括:

1锤击沉桩产生的多次反复振动,对邻近既有建(构)筑物及公用设施等的损害;

2对饱和黏性土地基宜考虑大量、密集的挤土桩或部分挤土桩对邻近既有建(构)筑物和地下管线等造成的影响;

3大直径挖孔桩成孔时,宜充分考虑松软地层可能坍塌的影响、降水对周围环境影响、以及有毒害或可燃气体对人身安全的影响;

4灌注桩施工中产生的泥浆对环境的污染。

8.3.8根据工程和周围环境条件,挤土桩和部分挤土桩可选择下列一种或几种措施减少沉桩影响:

1合理安排沉桩顺序;

2控制沉桩速率;

3设置竖向排水通道;

4在桩位或桩区外预钻孔取土;

5设置防挤沟等。

8.3.9单桩承载力应通过现场静载荷试验确定。估算单桩承载力时应结合地区的经验,根据静力触探试验、标准贯入试验或旁压试验等原位测试结果进行计算,并参照地质条件类似的试桩资料综合确定。单桩竖向承载力特征值 A 可按式确定:

$$R_a = Q_u / K \quad (8.9.9)$$

式中 R_a ——单桩竖向承载力特征值(kN);

Q_u ——单桩竖向极限承载力(kN)；

K ——安全系数，按本规程所列计算式所估算的 Q_u 值，均可取 $K=2$ 。

8.3.10当以静力触探试验确定预制桩的单桩竖向极限承载力时，可按附录c估算。

8.3.11当根据标准贯入试验结果，确定顶制桩、预应力管桩、沉管灌注桩的单桩竖向极限承载力时，可按附录D估算。

8.3.12嵌岩灌注桩可根据岩石风化程度、单轴极限抗压强度和岩体完整程度用下式估算单桩竖向极限承载力：

$$Q_u = u_s \sum q_{sis} l_i + u_r \sum q_{sir} h_{ri} + q_{pr} A_p \quad (8.3.12)$$

式中 Q_u ——嵌入中风化、微风化或未风化岩石中的灌注桩单桩竖向极限承载力(kN)；

u_s 、 u_r ——分别为桩身在土层、岩层中的周长(m)；

q_{sis} 、 q_{sir} ——分别为第*i*层土、岩的极限侧阻力(kPa)；

q_{pr} ——岩石极限端阻力(kPa)；

h_{ri} ——桩身全断面嵌入第*i*层中风化、微风化岩层内长度(m)。

q_{sis} 、 q_{sir} 应根据极限侧阻力载荷试验和本规程附录E大直径桩端阻力载荷试验要点确定，当无条件试验时，可按照表8.3.12经地区经验验证后确定。

表8.3.12嵌岩灌注桩岩石极限侧阻力、极限端阻力

岩石风化程度	岩石饱和单轴极限抗压强度 f_{rk} (MPa)	岩体完整程度	岩石极限侧阻力(kPa)	岩石极限端阻力(kPa)
中等风化	$5 < f_{rk} \leq 15$ (软岩)	破碎	300-800	3000-9000
	$15 < f_{rk} \leq 30$ (较软岩)	较破碎	800-1200	9000-18000
微风化—未风化	$30 < f_{rk} \leq 60$ (较硬岩)	较完整	1200-2000	18000-36000
	$60 < f_{rk} \leq 90$ (坚硬岩)	完整	2000-2800	36000-50000

注：1表中极限侧阻力和极限端阻力适用于孔底残渣厚度为50-100mm的钻孔、冲孔灌注桩；对于残渣厚度小于100mm的钻孔、冲孔灌注桩和无残渣挖孔

桩. 其极限端阻力按表中数值乘1. 1-1. 2取值;

2对于扩底桩, 扩大头斜面及斜面以上直桩部分1. 0—2m不计侧阻力(扩底直径大者取大值, 反之取小值);

3风化程度愈弱、抗压强度愈高、完整程度愈好、嵌入厚度愈大, 其侧阻力、端阻力可取较高值, 反之取较低值;

4对于软质岩, 单轴极限抗压强度可采用天然湿度试样进行, 不经饱和处理。

8. 3. D如场地进行了旁压试验, 预制桩的桩周土极限侧阻力 Q_m 可根据旁压试验曲线的极限压力凡查表8. 3. 13确定;

表8. 3. 13打入式预制桩的桩周极限侧阻力

旁压试轴 土性	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	≥ 2600
黏性土	10	24	36	50	64	74	80	86	90				
粉 土		24	40	52	66	76	84	92	96	98	100		
砂 土		24	40	54	68	84	94	100	106	110	114	118	120
注：1 表中数值可内插； 2 表中数据对无经验的地区应先进行验证。													

桩端土的极限端阻力 q_{ps} 可按下式估算：

黏性土： $q_{ps}=2PL$ (8. 3. 13—1)

粉土： $q_{ps}=2. 5PL$ (8. 3. 13—2)

砂土： $q_{ps}=3 PL$ (8. 3. 13—3)

当为钻孔灌注桩时, 其桩周土极限阻力 q_{sis} 为预制桩的70%—80%；桩的极限端阻力 q_{ps} 为打入式预制桩的30%—40%。

8. 3. 14详细勘察阶段, 根据工程性质及设计要求, 对需要验算沉降的高层建筑桩基宜按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007计算最终沉降量, 亦可在取得地区经验后用有关原位测试参数按本规程附录F规定的

方法进行最终沉降量的估算。

8.3.15当需估算桩基最终沉降量时，应提供土试样压缩曲线、地基土在有效自重压力至有效自重压力加附加压力之和时的压缩模量 E_s 。对无法或难以采取不扰动土样的土层，可在取得地区经验后根据原位测试参数按附录F表F.0.2换算土的压缩模量 E_s 值。

8.4复合地基评价

8.4.1复合地基主要适用于本规程第

3.0.1条所规定的勘察等级为乙级的高层建筑，对勘察等级为甲级的高层建筑拟采用复合地基方案时，须进行专门研究，并经充分论证。

8.4.2高层建筑勘察中复合地基评价应包括以下内容：

1根据设计条件、工程地质和水文地质条件、环境及施工条件，对复合地基方案提出建议；

2提供有关复合地基单桩承载力设计及变形分析所需的计算参数；

3建议增强体的加固深度及其持力层，提供桩间土天然地基承载力特征值和增强体桩侧、桩端阻力特征值；

4建议桩端进入持力层的深度；

5提供地下水的埋藏条件和腐蚀性评价，对淤泥和泥炭土应提供有机质含量，分析对复合地基桩体的影响，并提出处理措施和建议；

6对复合地基设计参数检测和设计、施工中应注重的问题提出建议；

7对复合地基的检验、监测工作提出建议。

8.4.3高层建筑复合地基增强体选型应符合下列要求：

1对深厚软土地基，不宜采用散体材料桩；

2当地基承载力或变形不能满足设计要求时，宜优先考虑采用刚性或半刚性桩；

3当以消除建筑场地液化为主要目的时，宜优先选用砂石挤密桩；以消除地基土湿陷性为主要目的时，宜优先选用灰土挤密桩。

8.4.4复合地基的承载力特征值应通过复合地基载荷试验确定。各种类型复合地基的承载力特征值估算及载荷试验应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79的有关规定。

8.4.8当复合地基加固体以下存在软弱下卧层时，软弱下卧层承载力验算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007的有关规定。

8.4.6刚性桩复合地基变形计算应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007有关规定执行。其中复合土层的分层与天然地基相同，各复合土层的压缩模量等于该天然地基压缩模量的 ξ 倍， ξ 值可按下式确定：

$$\xi = f_{spk} / f_{ak} \quad (8.4.6)$$

式中 f_{ak} ——基础底面下天然地基承载力特征值 (kPa)。

其他增强体类型复合地基加固深度范围内，复合土层的压缩模量可按照现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79相应章节的规定计算取值。

8.4.7复合地基监测、检验除应符合本规程第9章有关规定外，尚应符合下列要求：

1工程施工完成后的验收检测应进行现场单桩、单桩或多桩复合地基静载荷试验，确定复合地基承载力特征值，并检验由公式估算的结果。地基检验应在桩身强度满足试验荷载条件时，并宜在增强体的养护龄期结束后进行。试验数量宜为总桩数的0.5%–1.0%，且每个单体工程的试验数量不应少于3点。

2对加固目的在于改善桩间土性状的复合地基，宜对加固后的桩间土层进行测试，测试方法可采用动力触探试验、标准贯入试验、静力触探试验、十字板剪切试验等原位测试方法或采取不扰动土样进行室内试验。

3根据增强体的类型可采用低应变动测试验、标准贯入试验、动力触探试验、抽芯检测、开挖观测等方法检验增强体的质量。

4应进行施工阶段和使用阶段的沉降观测，监控和验证建筑物的变形。

9复合地基质量检测宜选择在地基最不利位置和工程关键部位进行。

8.5 高低层建筑差异沉降评价

8.5.1 下列情况之一应进行高低层建筑差异沉降分析评价：

1主体与裙房或附属地下建筑结构之间不设永久沉降缝；

2内部荷载差异显著，平面不规则或荷载分布不均造成建筑物显著偏心；

3采用不同类型基础；

4不均匀地基或压缩性较高的地基。

8.5.2 事前基本掌握地基条件时，宜在勘察前与设计单位共同研究可能采用的适宜地基方案，以提高勘察阶段基础工程问题分析的针对性。

8.5.3 在详细勘察阶段，差异沉降分析可根据各建筑物或建筑部分的基底平均竖向荷载分别估算建筑重心、角点的地基沉降量。沉降估算应包括相邻建筑和结构施工完成后地基剩余沉降的影响，结合基础整体刚度情况和实测资料类比，综合评估各建筑部分的沉降特性及其影响。处于超补偿状态的基础，应采用地基回弹再压缩模量和建筑基底总压力进行沉降估算。

8.5.4 在进行差异沉降分析时，必须取得分析所需的、充分可靠的地基数据和资料。当数据资料不能满足要求时，应由原勘察单位按要求进行补充勘测并提供所需成果。

8.5.5 对荷载差异显著的高低层建筑工程，在下列情况下，宜采用经过工程有效验证的模型，按照上部结构、基础与地基的共同作用进行分析，为确定地基方案提供依据：

1采取可能的设计、施工调整措施后，相邻建筑或建筑部分估算的差异沉降临近现行规范限制或设计允许极限时；

2按沉降控制设计的摩擦桩；

3高层建筑主楼及其附属建筑采用联合基础时；

4基坑开挖引起的地基回弹再压缩量占地基总沉降量的比例很大时。

8.5.6在进行沉降估算和结构—地基共同作用分析时，应考虑以下基本因素的影响：

1地下水位和土工试验参数的正确选择；

2地基承载力验算分析；

3地基回弹再压缩的影响；

4桩间土对建筑基底荷载的分担；

5施工顺序、施工阶段和施工后浇带的影响；

6结构施工完成后至沉降稳定的地基剩余沉降。

8.5.7当预测的差异沉降可能超过现行规范标准或设计的限制，应对结构设计或施工提出减少地基差异沉降不利影响的建议，包括：

1调控地基持力层。高层建筑部分宜选择固结较快、后期沉降小的土层和岩层；裙房部分宜选择压缩性相对较高的土层。

2不同建筑物或建筑部分的建造顺序。

3设置沉降缝或施工缝(后浇带)及其位置，施工后浇带的浇注时间。

4适当扩大高层建筑部分基底面积。

5低层裙房、地下建筑物采用条基或独立柱基(加防水板)，增加结构自重、配重或覆土。

6在不影响建筑使用功能的条件下，适当增加裙房墙体结构。

7调整高层建筑与裙房之间的连接刚度，或进行桩长、桩径、桩间距的

优化

8进行局部换土、加固处理或采用局部深基础方案。

9减少地基差异沉降的措施，宜兼顾建筑基础结构抗浮问题等。

8.5.8进行上部结构、基础与地基共同作用分析的工程，应进行基坑回弹与沉降监测，作为信息化施工决策和技术验证的依据。

8.6地下室抗浮评价

8.6.1地下室抗浮评价应包括以下基本内容：

1当地下水位高于地下室基础底板时，根据场地所在地貌单元、地层结构、地下水类型和地下水位变化情况，结合地下室埋深、上部荷载等情况，对地下室抗浮有关问题提出建议；

2根据地下水类型、各层地下水位及其变化幅度和地下水补给、排泄条件等因素，对抗浮设防水位进行评价；

3对可能设置抗浮锚杆或抗浮桩的工程，提供相应的设计计算参数。

8.6.2场地地下水抗浮设防水位的综合确定应符合下列规定：

1当有长期水位观测资料时，场地抗浮设防水位可采用实测最高水位；无长期水位观测资料或资料缺乏时，按勘察期间实测最高稳定水位并结合场地地形地貌、地下水补给、排泄条件等因素综合确定；

2场地有承压水且与潜水有水力联系时，应实测承压水水位并考虑其对抗浮设防水位的影响；

3只考虑施工期间的抗浮设防时，抗浮设防水位可按一个水文年的最高水位确定。

8.6.3地下水赋存条件复杂、变化幅度大、区域性补给和排泄条件可能有较大改变或工程需要时，应进行专门论证，提供抗浮设防水位的咨询报告。

8.6.4对位于斜坡地段的地下室或其他可能产生明显水头差的场地上的地下室进行抗浮设计时,应考虑地下水渗流在地下室底板产生的非均布荷载对地下室结构的影响;对地下室施工期间各种最不利荷载组合情况下,应考虑地下室的临时抗浮措施。

8.6.5地下室在稳定地下水位作用下所受的浮力应按静水压力计算,对临时高水位作用下所受的浮力,在黏性土地基中可以根据当地经验适当折减。

8.6.6当地下室自重小于地下水浮力作用时,宜设置抗浮锚杆或抗浮桩。对高层建筑附属裙房或主楼以外、独立结构的地下室宜推荐选用抗浮锚杆;对地下水水位或使用荷载变化较大的地下室宜推荐选用抗浮桩。

8.6.7抗浮桩和抗浮锚杆的抗拔承载力应通过现场抗拔静载荷试验确定。抗拔静载荷试验及抗拔承载力取值应符合附录G抗浮桩和抗浮锚杆抗拔载荷试验要点的规定。

8.6.8抗浮桩的单桩抗拔极限承载力也可按下式估算:

$$Q_{ul} = \sum \lambda_i q_{si} u_i l_i \quad (8.6.8)$$

式中 Q_{ul} —单桩抗拔极限承载力(kN);

u_i —桩的破坏表面周长(m),对于等直径桩取 $u_i = \pi d$,对于扩底桩按表

8.6.8-1取值;

q_{si} ——桩侧表面第*i*层土的抗压极限侧阻力(KPa);

λ_i ——第*i*层土的抗拔系数,按表8.6.8-2取值;

l_i ——第*i*层土的桩长(m);

D —桩的扩底直径(m);

d—桩身直径(m)。

表8. 6. 8-1扩底桩破坏表面周长 u_i

自桩底起逢的长度 l_i	$\leq 5d$	$> 5d$
u_i	πD	πd

表 8. 6. 12 抗拔系数 λ_i

土类	砂土	黏性土、粉土
λ_i	0. 50-0. 70	0. 70-0. 80
注: 桩长 l 与桩径 d 之比小于20时 λ_i 取较小值, 反之取较大值		

8. 6. 9群桩呈整体破坏时, 单桩的抗拔极限承载力可按下式计算:

$$Q_{ul} = \frac{1}{n} u_l \sum \lambda_i q_{si} l_i \quad (8. 6. 9)$$

式中 u_l —桩群外围周长;

n ——桩数。

8. 6. 10抗浮桩抗拔承载力特征值可按下式估算:

$$F_a = Q_{ul} / 2. 0 \quad (8. 6. 10)$$

式中 F_a ——抗浮桩抗拔承载力特征值(KN)。

8. 6. 11抗浮锚杆承载力特征值可按下式估算:

$$F_a = \sum q_{si} u_i l_i \quad (8. 6.) 1)$$

式中 F_a ——抗浮锚杆抗拔承载力特征值(kN);

u_i ——锚固体周长(m), 对于等直径锚杆取 $u_i = \pi d$ (d 为锚固体直径);

q_{si} ——第 i 层岩土体与锚固体粘结强度特征值(kPa), 可按现行国家标准

《建筑边坡工程技术规范》GB50330取值。

8.7 基坑工程评价

8.7.1 基坑工程岩土工程评价应包括以下内容：

1对基坑工程安全等级提出建议；

2对地下水控制方案提出建议，若建议采取降水措施，应提供水文地质计算有关参数和预测降水时对周边环境可能造成的影响；

3对基坑的整体稳定性和可能的破坏模式作出评价；

4对基坑工程支护方案和施工中应注意的问题提出建议；

5对基坑工程的监测工作提出建议。

8.7.2 基坑工程安全等级应根据周边环境、破坏后果和严重程度、基坑深度、工程地质和地下水条件，按表8.7.2的规定划分为一、二、三级。

表 8.7.2 基坑工程安全等级划分表

基坑工程安全等级	环境，破坏后果、基坑深度，工程地质和地下水条件
一级	周边环境条件很复杂；破坏后果很严重；基坑深度 $h > 12\text{m}$ 工程地质条件复杂；地下水位很高、条件复杂、对施工影响严重
二级	周边环境条件较复杂；破坏后果严重；基坑深度 $6\text{m} < h \leq 12\text{m}$ ；工程地质条件较复杂；地下水位较高，条件较复杂，对施工影响较严重
三级	周边环境条件简单；破坏后果不严重；基坑深度 $h \leq 6\text{m}$ ；工程地质条件简单；地下水位低、条件简单，对施工影响轻微
注：从一级开始，有二项(含二项)以上，最先符合该等级标准者，即可定为该等级。	

8.7.3 根据场地所在地貌单元、地层结构、地下水情况，宜提供基坑各侧壁安全、经济合理、有代表性的地质模型的建议。

8.7.4 所提供的各项计算参数，其试验方法应根据其用途和计算方法按表8.7.4的规定确定。

表8.7.4基坑工程计算参数的试验方法、用途和计算方法

计算参数	试验方法	用途和计算方法
土粒相对密度(比重) G_s , 孔隙 e_0 。	室内土工试验	抗渗流稳定计算
砂土休止角	室内土工试验	估算砂土内摩擦角
内摩擦角 ϕ 内聚力 c	1 总应力法, 三轴不固结不排水 (uu) 试验, 对饱和软粘土应在有效自重压力下固结后再剪	抗隆起验算和整体稳定性验算
	2 总应力法, 三轴固结不排水 (uu) 试验	饱和黏性土用土水合算计算土压力
	3 有效应力法, 三轴固结不排水测孔隙水压力试验, 求有效强度参数	饱和黏性土用土水分算法计算土压力、计算静止土压力
十字板剪切强度	原位十字板剪切试验	用于抗隆起验算、整体稳定性验算
标准贯入试验击数	现场标准贯入试验	判断砂土密实度或按经验公式估计 ϕ 值
渗透系数	室内渗透试驻, 理插抽水试骏	用于降水和截水设计
基床系数 K_v 、 K_H	附录 H 基床系数荷试验要点, 旁压试验、扁铲侧胀试验	用于支护结构按弹性地基梁计算

8.7.5根据实测地下水位、长期观测资料和地区经验, 宜提供基坑支护截水设计和抗管涌设计的设防水位; 当场地地下水位较高时, 宜分析场地地下水与邻近地面水体的补给、排泄条件, 判明地面水与地下水的联通关系, 和对场地地下水水位、基坑涌水量的影响; 在详细分析周边环境和场地水文地质条件的基础上, 应对基坑支护采取降水或截水措施提出明确结论和建议, 若建议采取降水措施, 应提供水文地质计算有关参数, 估算基坑涌水量, 并建议降水井、回灌井的位置和深度。

8.7.6当基坑底部为饱和软土或基坑深度内有软弱夹层时, 应建议设计进行抗隆起、突涌和整体稳定性验算; 当基坑底部为砂土, 尤其是粉细砂地层和存在承压水时, 应建议设计进行抗渗流稳定性验算; 提供有关参数和防

治措施的建议；当土的有机质含量超过10%时，应建议设计考虑水泥土的可凝固性或增加水泥含量。

9 设计参数检测、现场检验和监测

9.1 设计参数检测

9.1.1 设计参数检测是指施工图设计期间、正式施工前，对地基基础和基坑工程设计中的重要设计参数，进行检验校核、对施工工艺和控制施工的重要参数进行核定的各种现场测试。主要包括大直径桩单桩极限端阻力载荷试验、单桩竖向抗压(抗拔)静载荷试验、单桩水平静载荷试验、复合地基的载荷试验和锚杆抗拔试验、最终确定天然地基承载力的载荷试验、判定沉桩可能性的沉桩试验等。

9.1.2 对于勘察等级为甲级的高层建筑，其单桩极限承载力应采用现场单桩竖向抗压(抗拔)静载荷试验确定，在同一地质条件下不应少于3根。试验应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94有关规定执行。

9.1.3 当桩基础承受的水平荷载较大时，应进行单桩水平静载荷试验，以确定单桩水平极限承载力和桩侧土的水平抗力系数，其数量不应少于2根。试验应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94有关规定执行。

9.1.4 对于大直径桩的极限端阻力宜采用大直径桩单桩极限端阻力载荷试验确定，其数量不宜少于3根。试验应按本规程附录E有关规定执行。

9.1.5 对于采用复合地基的高层建筑，为确定复合地基承载力，应进行增强体(桩体)竖向静载荷试验、单桩或多桩复合地基载荷试验，试验点的数量不应少于3点。试验应按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79有关规定执行。

9.1.6 对于重要工程的抗浮桩和抗浮锚杆，为确定其抗拔极限承载力，

应进行现场抗拔静载荷试验，考虑其实际受荷特征，宜采用循环加、卸载法，试验数量不应少于3根。试验应按本规程附录G有关规定执行。

9.1.7对于用于基坑支护的锚杆(土钉)，如工程需要，为确剧其抗拔极限承载力，应进行现场抗拔试验，试验数量每一主要土层不宜少于3根。试验应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007有关规定执行。

9.2现场检验

9.2.1现场检验是指在施工期间对工程勘察成果和施工质量应；进行的检查、复核，对出现的问题应提出处理意见，主要包括基槽检验、桩基持力层检验和桩基检测等。

9.2.2基槽检验应在天然地基开挖或基坑开挖时进行，应检查其揭露的地基条件与勘察成果的相符性，包括暗浜的位置、土层的分布、持力层的埋探和岩土性状等。

9.2.3桩基工程应通过试钻或试打检验岩土条件与勘察成果的相符性。对大直径挖孔桩，应核查桩基持力层的岩土性质、埋深和起伏变化情况。检验桩身质量可采用高、低应变动测法或其他有效方法。检验单桩承载力应采用静载荷试验，用高应变动测确定单桩承载力应有充分的桩静载荷试验对比资料。

9.2.4当现场检验发现地质情况有异常时，应对出现的问题进行分析并提出解决意见，必要时可进行施工阶段补充勘察。

9.2.5现场检验结束后应写出检验报告，且应在有关文件上签署意见。

9.3现场监测

9.3.1现场监测是指在工程施工及使用过程中对岩土体性状、周边环境、

相邻建筑、地下管线设施所引起的变化应进行的现场观测工作，并视其变化规律和发展趋势，提出相应的防治措施，主要包括基坑工程监测、沉桩施工监测、地下水长期观测和建筑物沉降观测。

9.3.2现场监测应根据委托方要求、工程性质、施工场地条件与周围环境受影响程度有针对性地进行，高层建筑施工遇下列情况时应布置现场监测：

1基坑开挖施工引起周边土体位移、坑底土隆起危及支挡结构、相邻建筑和地下管线设施的安全时；

2地基加固或打人桩施工时，可能危及相邻建筑和地下管线，并对周围环境有影响时；

3当地下水位的升降影响岩土的稳定时；当地下水上升对构筑物产生浮托力或对地下室和地下构筑物的防潮、防水产生较大影响时；

4需监测建筑施工和使用过程中的沉降变化情况时。

9.3.3现场监测前应进行踏勘、编制工作纲要、设置监测点和基准点、测定初始值、确定报警值。

9.3.4基坑施工前应对周围建筑物和有关设施的现状、裂缝开展情况等进行调夯，并做详细记录，或拍照、撮像作为施工前档案资料。

9.3.5各类仪器设备在埋设安装前均应进行重复标定。各种测量仪器除精度需满足设计-要求外，应定期由法定计量单位进行检验、校正，并出具合格证。

9.3.6现场监测的结果应认真分析整理、仔细校核，及时提交当日报表。当监测值达到报警指标时，应及时签发报警通知。必要时，应根据监测结果提出施工建议和预防措施。

9.3.7基坑工程监测一般包括下列内容，应根据工程情况、有关规范和

设计要求选择部分或全部进行：

1支挡结构的内力，变形和整体稳定性。

2基坑内外土体和邻近地下管线的水平、竖向位移、邻近建筑物的沉降和裂缝。当基坑开挖较深，面积较大时，宜进行基坑卸荷回弹观测。

3基坑开挖影响范围内的地下水位、孔隙水压力的变化。

4有无渗漏、冒水、管涌、冲刷等现象发生。

9.3.8沉桩施工监测一般包括下列内容，应根据工程情况、有关规范和设计要求选择部分或全部进行

1在挤土桩和部分挤土桩沉桩施工影响范围内地表土和礅层土体的水平、竖向位移和孔隙水压力的变化情况

2邻近建筑物的沉降及邻近地下管线水平、竖向位移；

3当为锤击法沉桩时，还应根据需要监测振动和噪声。

9.3.9地下水长期观测应符合下列要求：

1每个场地的观测孔宜按三角形布置，孔数不宜少于3个；

2地下水位变化较大的地段或上层滞水或裂隙水赋存地段，均应布置观测孔；

3在临近地表水体的地段，应观测地下水与地表水的水力联系；

4地下水受污染地段，应定期进行水质变化的观测；

5观测期限至少应有一个水文年。

9.3.10建筑物沉降观测应符合下列要求：

1在被观测建筑物周边的适当位置，应布置2~3个沉降观测水准基点。水准基点标石应埋设在基岩层或其他稳定地层中。埋设位置以不受周边建(构)筑物基础压力的影响为准，在建筑区内，水准基点与邻近建筑物的距离应大于建筑物基础最大宽度的2倍。

2沉降观测点的布设应根据建筑物体形、结构形式、工程地质条件等综合考虑，一般可沿建筑物外墙周边、角点、中点每隔10-15m或每隔2~3根柱基上设一观测点。对高低层连接处、不同地基基础类型、沉降缝连接处以及荷载有明显差异处，均应布置沉降观测点。

3沉降观测可分为二等和三等水准测量，应根据建筑物的重要性、使用要求、基础类型、工程地质条件及预估沉降量等因素综合确定

4为取得建筑物完整的沉降资料，宜在浇筑基础时开始测量，施工期间宜每增加一层观测一次，竣工后第一年每隔3个月观测一次，以后每隔4—6个月观测一次，直至沉降相对稳定为止。

5沉降相对稳定标准可根据双测目的、要求并结合地区地基土压缩性确定，一般可采用日平均沉降速率0.01—0.02mm/d。对软土地基沉降观测时间宜持续5-8年。

6埋设在基础底板上的初始沉降观测点应随施工逐层向上引测至地面以上。

10岩土工程勘察报告

10.1一般规定

10.1.1高层建筑岩土工程勘察报告应结合高层建筑的特点和主要岩土工程问题进行编写，做到资料完整、真实准确、数据无误、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用，并应因地制宜，重点突出，有明确的工程针对性。文字报告与图表部分应相互配合、相辅相成、前后呼应。

10.1.2若工程需要时，根据任务要求，可进行有关的专门岩土工程勘察与评价，并提交专题咨询报告。

10.1.3勘察报告、术语、符号、计量单位等均应符合国家有关标准的规

定。

10.2 勘察报告主要内容和要求

10.2.1 初步勘察报告应满足高层建筑初步设计的要求,对拟建场地的稳定性和建筑适宜性作出明确结论,为合理确定高层建筑总平面布置,选择地基基础结构类型,防治不良地质作用提供依据。

10.2.2 详细勘察报告应满足施工图设计要求,为高层建筑地基基础设计、地基处理、善坑工程、基础施工方案及降水截水方案的确定等提供岩土工程资料,并应作出相应的分析和评价。

10.2.3 高层建筑岩土工程勘察详细勘察阶段报告,除应满足一般建筑详细勘察报告的基本要求外,尚应包括下列主要内容:

1 高层建筑的建筑、结构及荷载特点,地下室层数、基础埋深及形式等情况;

2 场地和地基的稳定性,不良地质作用、特殊性岩土和地震效应评价;

3 采用天然地基的可能性,地基均匀性评价;

4 复合地基和桩基的桩型和桩端持力层选择的建议;

5 地基变形特征预测;

6 地下水和地下室抗浮评价;

7 基坑开挖和支护的评价。

10.2.4 详勘报告应阐明影响高层建筑的各种稳定性及不良地质作用的分布及发育情况,评价其对工程的影响。场地地震效应的分析与评价应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011的有关规定;建筑边坡稳定性的分析与评价应符合现行国家标准(建筑边坡工程技术规范)GB50330的有关规定。

10.2.5 详勘报告应对地基岩土层的空间分布规律、均匀性、强度和变形

状态及与工程有关的主要地层特性进行定性和定量评价。岩土参数的分析和选用应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007和《岩土工程勘察规范》GB50021的有关规定。

10.2.6详勘报告应阐明场地地下水的类型、埋藏条件、水位、渗流状态及有关水文地质参数.应评价地下水的腐蚀性及对深基坑、边坡等的不良影响。必要时应分析地下水对成桩工艺及复合地基施工的影响。

10.2.7天然地基方案应对地基持力层及下卧层进行分析。提出地基承载力和沉降计算的参数，必要时应结合工程条件对地基变形进行分析评价。当采用岩石地基作地基持力层时。应根据地层、岩性及风化破碎程度划分不同的岩体质量单元，并提出各单元的地基承载力。

10.2.8桩基方案应分析提出桩型、桩端持力层的建议，提供桩基承载力和桩基沉降计算的参数，必要时应进行不同情况下桩基承载力和桩基沉降量的分析与评价，对各种可能选用的桩基方案宜进行必要的分析比较，提出建议。

10.2.9复合地基方案应根据高层建筑特征及场地条件建议一种或几种复合地基加固方案，并分析确定加固深度或桩端持力层。

应提供复合地基承载力及变形分析计算所需的岩土参数，条件具备时，应分析评价复合地基承载力及复合地基的变形特征。

10.2.10高层建筑基坑工程应根据基坑的规模及场地条件，羽出基坑工程安全等级和支护方案的建议，宜对基坑各侧壁的地模型提出建议。应根据场地水文地质条件，对地下水控制方案调出建议。

10.2.11应根据可能采用的地基基础方案、基坑支护方案及场地的工程地质、水文地质环境条件，对地基基础及基坑支护等周工中应注意的岩土工程问题及设计参数检测、现场检验、监测工作提出建议。

10.2.12对高层建筑建设中遇到的下列特殊岩土工程问题，应根据专门岩土工程工作或分析研究，提出专题咨询报告：

1场地范围内或附近存在性质或规模尚不明的活动断裂属地裂缝、滑坡、高边坡、地下采空区等不良地质作用的工程；

2水文地质条件复杂或环境特殊。需现场进行专门水文均质试验，以确定水文地质参数的工程；或需进行专门的施工降水、截水设计，并需分析研究降水、截水对建筑本身及邻近建筑和设施影响的工程；

3对地下水防护有特殊要求，需进行专门的地下水动态分析研究，并需进行地下室抗浮设计的工程；

4建筑结构特殊或对差异沉降有特殊要求，需进行专门的上部结构、地基与基础共同作用分析计算与评价的工程；

5根据工程要求，需对地基基础方案进行优化、比选分析论证的工程；

6抗震设计所需的时程分析评价；

7有关工程设计重要参数的最终检测、核定等。

10.3图表及附件

10.3.1高层建筑岩土工程勘察报告所附图件应体现勘察工作的主要内容，全面反映地层结构与性质的变化，紧密结合工程特点及岩土工程性质，并应与报告书文字相互呼应。主要图件及附件应包括下列几种：

1岩土工程勘察任务书(含建筑物基本情况及勘察技术要求)；

2拟建建筑平面位置及勘探点平面布置图；

3工程地质钻孔柱状图或综合工程地质柱状图；

4工程地质剖面图。

当工程地质条件复杂或地基基础分析评价需要时，宜绘制下列图件：

1关键地层层面等高线图和等厚度线图；

2工程地质立体图；

3工程地质分区图；

4特殊土或特殊地质问题的专门性图件。

10.3.2高层建筑岩土工程勘察报告所附表格和曲线应全面反映勘察过程中所进行的各项室内试验和原位测试工作，为高层建筑岩土工程分析评价和地基基础方案的计算分析与设计提供系统完整的参数和分析论证的数据。主要图表宜包括下列几类：

1土工试验及水质分析成果表，需要时应提供压缩曲线、三轴压缩试验的摩尔圆及强度包线；

2各种地基土原位测试试验曲线及数据表；

3岩土层的强度和变形试验曲线；

4岩土工程设计分析的有关图表。

附录A天然地基极限承载力估算

A.0.1天然地基极限承载力可按下式估算：

$$f_u = \frac{1}{2} N_r \zeta_\gamma b_r + N_q \zeta_q r_0 d + N_c \zeta_c C_k \quad (\text{A.0.1})$$

式中 f_u ——地基极限承载力(KPa)；

$N_r N_q N_c$ ——地基承载力系数，根据地基持力层代表性内摩擦角标准值按表A.0.1-1确定；

$\zeta_\gamma \zeta_q \zeta_c$ ——基础形状修正系数，按表A.0.1—2确定；

b, l ——分别为基础(包括箱形基础和筏形基础)底板的宽度与长度，当基础宽度大于6m时，取 $b=6\text{m}$ ；

γ_0, γ ——分别为基底以上和基底组合持力层的土体平均重力密度(kN /

m^3)；位于地下水位以下且不删于隔水层的土层取浮重力密度；当基底土层位于地下水位以下但属于隔水层时， γ 可取天然重力密度；如基底以上的地下水与基底高程处的地下水之间有隔水层，基底以上土层在计算 γ_0 时可取天然重力密度；

d ——基础埋置深度(m)，应根据不同情况按下列规定选取：(1)一般自室外地面高程算起；对于地下室采用箱形或筏形基础时，自室外天然地面起算，采用独立柱基或条形基础时，从室内地面起算；(2)在填方整平地区，可自填土地面起算；但若填方在上部结构施工后完成时，自填方前的天然地面起算；(3)当高层建筑周边附属建筑为超补偿基础时，宜分析和考虑周边附属建筑基底压力低于土层自重压力的影响；

C_k ——地基持力层代表性黏聚力标准值(kPa)。