

# 第一篇

## 地质勘察综述



# 第一章 地质与地震

## 第一节 地质构造及岩体结构

### 一、地质构造

#### (一) 沉积岩的原生构造

##### 1. 层和层理的分类

(1) 按层的绝对厚度分 (表 1-1-1):

表 1-1-1                      层 的 厚 度 分 类

分类名称	薄 层	中 厚 层	厚 层	巨 厚 层
绝 对 厚 度 (cm)	≤10	10 ~ 50	50 ~ 100	> 100

(2) 层理按形成条件和成因的分类 (表 1-1-2)

表 1-1-2                      层理按形成条件和成因的分类

类 型	形 成 过 程	形 成 环 境
水平层理	物质在沉积环境相当固定的条件下形成	平静的沉积环境，如牛轭湖，深水湖、海
波状层理	物质在浪浪的振荡运动过程中形成	湖泊浅水带，海湾或河漫滩
交错层理	物质在一个方向运动的沉积过程中形成	河流的三角洲，海岸的潮汐带

##### 2. 岩层的产状和接触关系

(1) 岩层的产状要素如图 1-1-1。

(2) 岩层的接触关系从成因特征上可分为整合和不整合两种类型（表 1-1-3）。

(二) 褶皱

岩层受力发生弯曲变形称褶皱。褶皱的基本类型有背斜和向斜两种。背斜两侧岩层倾向相背，中部为老岩层；向斜两侧岩层倾向相向，中部为新岩层。褶皱的基本要素如图 1-1-2。

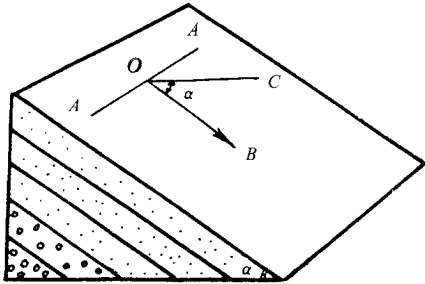


图 1-1-1 岩层产状要素  
AA—走向线；OB—倾向线；OC—水平线；α—岩层倾角

表 1-1-3 岩层的接触关系		产 状 特 征
整 合		岩层在沉积时间上没有间断，形成连续的平行层次，各层的走向和倾向一致
不整合	平行不整合（假整合）	沉积物在沉积过程中发生间断，虽然不同地质时代的各个岩系相互接触，层理彼此平行，但在接触面上通常可见冲刷或风化的痕迹，并有底砾岩
	角度不整合	较老的岩层经过构造运动发生褶曲与错动，再经长期侵蚀作用后，新的沉积物覆盖其上，新老岩层之间呈显著的角度相交
	假角度不整合	在平行不整合中，由于交错层理的出现而造成

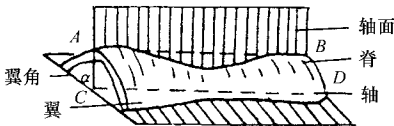


图 1-1-2 褶皱的基本要素

(三) 裂隙（节理）

岩石中的断裂，沿断裂面没有（或有很微小的）位移称裂隙，亦称节理。

裂隙的类型，按成因可分为原生裂隙和次生裂隙；按作用力性质可分为剪裂隙和张裂隙。

剪裂隙的特征是：产状较稳定，沿走向和倾向延伸较远；裂隙面平直、光滑；裂隙面常有擦痕和摩擦镜面；裂隙多呈闭合状；由于发育较密，常形成裂隙密集带。

张裂隙的特征是：产状不稳定，往往延伸不远即消失；裂隙面粗糙不平，呈弯曲状或锯齿状；裂隙呈开口状或楔形；由于发育稀疏，很少构成裂隙密集带。

#### (四) 断层

断裂两侧的岩石沿断裂面发生明显位移者称断层。

##### 1. 断层的基本要素 (见图 1-1-3)

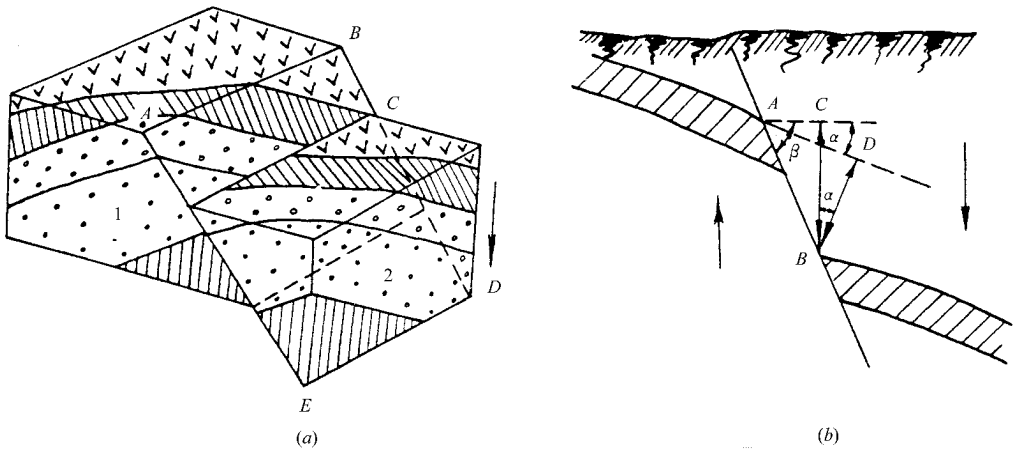


图 1-1-3 断层的基本要素

(a) 断层要素；(b) 断层断距

1—下盘；2—上盘；

(a) 中的 ABCDE 面—断层面；(a) 中的 AB 线—断层走向线；

(a) 中的 AE 线—断层倾向线；(b) 中的 AB 线—总断距；

(b) 中的 CB 线—垂直断距；(b) 中的 AC 线—水平断距

##### 2. 断层的类型

(1) 按断层两盘的相对位移可分为正断层、逆断层（冲断层、逆掩断层、辗掩断层、叠瓦式断层）和平移断层。

(2) 按断层走向与岩层走向的关系分为走向断层、倾向断层和斜交断层。

(3) 按断层走向与褶皱轴向的关系分为纵断层、横断层和斜断层。

##### 3. 断层的识别

(1) 地形上的特征：表现为陡坡悬崖或河流纵坡突变或山峰中断，有时沿断层方向出现溪谷，沿断层往往有多个泉水出露。

(2) 岩层排列上的特征：岩脉的移动，地层的重复或缺失，岩层的突然中断。沿岩

层走向观察如岩层突然中断等，都可能有断层。

### (3) 断层面及破碎带上的特征：

①擦痕：断层面上因两盘摩擦而产生断层擦痕，从擦痕方向可推知断层运动方向，但有些断层面因长期风化和侵蚀，擦痕可能不清楚。

②破碎带：由于断层两盘相对运动的结果，常使断层面附近岩石破坏成碎石和粉末，组成断层角砾岩和断层泥，角砾岩的石质和断层附近的相同。在正断层中，角砾岩岩块多棱角，堆积较无次序，混杂物质却很普遍。在逆掩断层中角砾岩岩块多磨圆磨光，不出现其它混杂物质。

③断层的拖曳现象：断层两盘相对运动，常使断层面两侧的岩石发生一定的塑性变形，形成小的弯曲。

## 4. 活动性断裂

### (1) 活动性断裂划分的时间界线

在我国由于第四纪的早更新世和中更新世之间的构造运动是一次大范围的，它引起的断裂活动基本上是一直延续至今的。而且由中更新世至今几十万年间的活动部位也没有多大改变，这个时期以来的活动性断裂与现代地震活动在空间分布上大体也相吻合。所以把中更新世以来有过活动痕迹的断裂，定为划分活动性断裂的时间界线比较适宜。也可根据工程建设的需要，在近代地质时期（一万年）内有过较强烈地震活动或近期正在活动、在将来（今后一百年）可能继续活动的断裂定为全新活动断裂。

### (2) 活动性断裂的判别特征

①中更新统以来的第四系地层中发现有断裂（错动）或与断裂有关的伴生褶曲；

②断裂带中的侵入岩浆其绝对年龄新或者对现场新地层有扰动或接触烘烤剧烈；

③在实际工作中遇到上列两条有充分依据来判断活动性断裂的情况是不多的，可寻找一些间接地质现象作为判断活动性断裂的佐证。比如：

活动性断裂常常表现在山区和平原有长距离的平滑分界线；沿分界线常有沼泽地、芦苇地呈串珠状分布；泉水呈线状分布；有的泉水有温度升高和矿化度明显增大的现象；有的有一定规律的形态完整的地表构造地裂缝；有的在断层面上有一种新的擦痕叠加在有不同矿化现象的老擦痕之上。

另外，由断层新活动引起河流横向迁移，阶地发育不对称，河流袭夺，河流一侧出现大规模的滑坡，文化遗迹的变位，植被被不正常干扰等。

## 二、岩体结构

### (一) 结构面和结构体

岩体结构包括两个要素，即结构面和结构体。

岩体结构面：是指岩体中各种地质界面，它包括物质分异面及不连续面。是在地质发展的历史中，在岩体内形成的具有不同方向、不同规模、不同形态以及不同特性的

面、缝、层、带状的地质界面。

结构体：是由不同产状的各种结构面将岩体切割而成的单元体。

(二) 岩体结构的类型及其特征

岩体结构类型及特征如表 1－1－4 所列。

表 1－1－4 岩体按结构类型分类

岩体结构类型	岩体地质类型	主要结构体形状	结构面发育情况	岩土工程特征	可能发生的岩土工程问题
整体状结构	均质，巨块状岩浆岩、变质岩、巨厚层沉积岩、正变质岩	巨块状	以原生构造裂隙为主，多呈闭合型，结构面间距大于 1.5m，一般不超过 2～3 组，无危险结构面组成的落石掉块	整体性强度高，岩体稳定，在变形特征上可视为均质弹性各向同性体	要注意由结构面组合而成的不稳定结构体的局部滑动或坍塌，深埋洞室要注意岩爆
块状结构	厚层状沉积岩、正变质岩、块状岩浆岩、变质岩	块状	只具有少量贯穿性较好的裂隙，裂隙结构面间距 0.7～1.5m。一般为 2～3 组，有少量分离体	整体强度较高，结构面互相牵制，岩体基本稳定，在变形特征上接近弹性各向同性体	
层状结构	多韵律的薄层及中厚层状沉积岩、正变质岩	层状板状透镜体	层理、片理、构造裂隙，但以风化裂隙为主，常有层间错动面	岩体接近均一的各向异性体，其变形及强度特征受层面及岩层组合控制，可视为弹塑性体，稳定性较差	要注意不稳定结构体可能产生滑塌，要特别注意岩层的弯张破坏及软弱岩层的塑性变形

岩体结构类型	岩体地质类型	主要结构体形状	结构面发育情况	岩土工程特征	可能发生的岩土工程问题
破裂状结构	构造影响严重的破碎岩层	碎块状	断层、断层破碎带、片理、层理及层间结构面较发育，裂隙结构面间距0.25 ~ 0.50m，一般在3组以上，有许多分离体形成	完整性破坏较大，整体强度大大降低，并受断裂等软弱结构面控制，多呈弹塑性介质，稳定性很差	易引起规模较大的岩块失稳，要特别注意地下水加剧岩体失稳的不良作用
散体结构	构造影响剧烈，呈风化的断层破碎带、接触带	碎屑状颗粒状	断层破碎带交叉，构造及风化裂隙密集，结构面及组合错综复杂，并多充填粘性土，形成许多大小不一的分离岩块	完整性遭到极大破坏，稳定性极差，岩体属性接近松散体介质	

第二节 岩土分类及鉴别特征

一、岩石的分类

(一) 按成因分类

岩石按成因可分为：岩浆岩（火成岩）、沉积岩和变质岩三大类。

1. 岩浆岩

岩浆在向地表上升过程中，由于热量散失逐渐经过分异等作用冷凝而成岩浆岩。在地表下冷凝的称侵入岩；喷出地表冷凝的称喷出岩。侵入岩按距地表的深浅程度又分为：深成岩和浅成岩。

岩基和岩株为深成岩产状，岩脉、岩盘和岩枝等为浅成岩产状，火山锥和岩钟为喷出岩产状。岩浆岩的分类如表 1-1-5。



表 1-1-5 岩浆岩的分类

化 学 成 分		含 Si、Al 为主			含 Fe、Mg 为主		产 状
酸 基 性		酸 性	中 性		基 性	超基性	
颜 色		浅 色 的 ( 浅灰、浅红、红色、黄色 )			深 色 的 ( 深灰、绿色、黑色 )		
成因及结构 矿物成分		含正长石		含斜长石		不含长石	
		石英云母 角 闪 石	黑云母角 闪 石辉石	角闪石辉 石黑云母	辉石角闪 石橄榄石	辉石橄榄 石角闪石	
深成的	等粒状，有时为斑粒状， 所有矿物皆能用肉眼鉴别	花岗岩	正长岩	闪长岩	辉长岩	橄榄岩 辉 岩	岩 基 岩 株
浅成的	斑状（斑晶较大且可分 辨出矿物名称）	花岗斑岩	正长斑岩	玢岩	辉绿岩	苦橄玢岩 （少见）	岩 脉 岩 枝 岩 盘
喷出的	玻璃状，有时为细粒斑 状，矿物难于用肉眼鉴别	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	苦橄岩 （少见） 金伯利岩	熔岩流
	玻璃状或碎屑状	黑曜岩、浮石、火山凝灰岩、火山碎屑岩、火山玻璃					火山喷出 的堆积物

2. 沉积岩

沉积岩是由岩石、矿物在内外力作用下破碎成碎屑物质后，再经水流、风吹和冰川等的搬运、堆积在大陆低洼地带或海洋，再经胶结、压密等成岩作用而成的岩石。沉积岩的主要特征是具层理。沉积岩的分类如表 1-1-6。

表 1-1-6 沉 积 岩 的 分 类

成 因	硅 质 的	泥 质 的	灰 质 的	其 它 成 分
碎屑沉积	石英砾岩、石英角砾岩、燧石角砾岩、砂岩、石英岩	泥岩、页岩、粘土岩	石灰砾岩、石灰角砾岩、多种石灰岩	集块岩
化学沉积	硅华，燧石、石髓岩	泥铁石	石笋、石钟乳、石灰华、白云岩、石灰岩、泥灰岩	岩盐、石膏、硬石膏、硝石
生物沉积	硅藻土	油页岩	白垩、白云岩、珊瑚石灰岩	煤炭、油砂、某种磷酸盐岩石

3. 变质岩

变质岩是岩浆岩或沉积岩在高温、高压或其它因素作用下，经变质所形成的岩石。变质岩的分类如表 1－1－7。

表 1－1－7 变 质 岩 的 分 类

岩 石 类 别	岩石名称	主要矿物成分	鉴 定 特 征
片状的岩石类	片麻岩	石英、长石、云母	片麻状构造，浅色长石带和深色云母带互相交错，结晶粒状或斑状结构
	云母片岩	云母、石英	具有薄片理，片理面上有强的丝绢光泽，石英凭肉眼常看不到
片状的岩石类	绿泥石片岩	绿泥石	绿色，常为鳞片状或叶片状的绿泥石块
	滑石片岩	滑石	鳞片状或叶片状的滑石块，用指甲可刻划，有滑感
	角闪石片岩	普通角闪石、石英	片理常常表现不明显，坚硬
	千枚岩、板岩	云母、石英等	具有片理，肉眼不易识别矿物，锤击有清脆声，并具有丝绢光泽，千枚岩表现得很明显
块状的岩石类	大理岩	方解石、少量白云石	结晶粒状结构，遇盐酸起泡
	石英岩	石英	致密的，细粒的块体，坚硬，硬度近 7°，玻璃光泽，断口贝壳状或次贝壳状

(二) 按强度分类

岩石按强度的分类如表 1－1－8。

表 1－1－8 岩 石 强 度 的 分 类

类 别	亚 类	强度（MPa）	代 表 性 岩 石
硬质岩石	极硬岩石	> 60	花岗岩、花岗片麻岩、闪长岩、玄武岩、石灰岩、石英砂岩、石英岩、大理岩、硅质、钙质砾岩、砂岩等
	次硬岩石	30 ~ 60	

类 别	亚 类		强度（MPa）	代 表 性 岩 石
软质岩石	次软岩石	较软岩	15 ~ 30	粘土岩、页岩、千枚岩、板岩、绿泥石片岩、云母片岩、泥质砾岩、砂岩、凝灰岩等
		软岩	5 ~ 15	
	极软岩石		< 5	

注：强度指新鲜岩块的饱和单轴极限抗压强度。

（三）按风化程度分类

岩石按风化程度的分类如表 1－1－9。

表 1－1－9 岩 石 按 风 化 程 度 分 类

岩石类别	风化程度	野 外 特 征	风化程度参考指标		
			压缩波速度 $v_p$ （m/s）	波 速 比 $K_v$	风化系数 $K_f$
硬质岩石	未风化	岩质新鲜，未见风化痕迹	> 5000	0.9 ~ 1.0	0.9 ~ 1.0
	微风化	组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色，有少量风化裂隙	4000 ~ 5000	0.8 ~ 0.9	0.8 ~ 0.9
	中等风化	组织结构部分破坏，矿物成分基本未变化，仅沿节理面出现次生矿物。风化裂隙发育。岩体被切割成 20 ~ 50cm 的岩块。锤击声脆，且不易击碎，不能用镐挖掘，岩芯钻方可钻进	2000 ~ 4000	0.6 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8
硬质岩石	强风化	组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化。长石、云母已风化成次生矿物。裂隙很发育，岩体破碎。岩体被切割成 2 ~ 20cm 的岩块，可用手折断。用镐可挖掘，干钻不易钻进	1000 ~ 2000	0.4 ~ 0.6	< 0.4
	全风化	组织结构已基本破坏，但尚可辨认，并且有微弱的残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	500 ~ 1000	0.2 ~ 0.4	
残 积 土		组织结构已全部破坏。矿物成分除石英外，大部分已风化成土状，锹镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性	< 500	< 0.2	

岩石类别	风化程度	野外特征	风化程度参考指标		
			压缩波速度 $v_p$ ( $m/s$ )	波速比 $K_v$	风化系数 $K_f$
软质岩石	未风化	岩质新鲜，未见风化痕迹	> 4000	0.9 ~ 1.0	0.9 ~ 1.0
	微风化	组织结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色，有少量风化裂隙	300 ~ 4000	0.8 ~ 0.9	0.8 ~ 0.9
	中等风	组织结构部分破坏。矿物成分发生变化，节理面附近的矿物已风化成土状。风化裂隙发育。岩体被切割成 20 ~ 50cm 的岩块，锤击易碎，用镐难挖掘。岩芯钻方可钻进	1500 ~ 3000	0.5 ~ 0.8	0.3 ~ 0.8
	强风化	组织结构已大部分破坏，矿物成分已显著变化，含大量粘土质矿物。风化裂隙很发育，岩体破碎。岩体被切割成碎块，干时可用手折断或捏碎，浸水或干湿交替时可较迅速地软化或崩解。用镐或锹可挖掘，干钻可钻进	700 ~ 1500	0.3 ~ 0.5	< 0.3
	全风化	组织结构已基本破坏，但尚可辨认并且有微弱残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	300 ~ 700	0.1 ~ 0.3	
残积土		组织结构已全部破坏，矿物成分已全部改变并已风化成土状，锹镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性	< 300	< 0.1	

- 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. 岩石风化程度，除按表列野外特征和定量指标划分外，亦可根据地区经验按点荷载试验资料划分。
4. 花岗岩强风化与全风化、全风化与残积土的划分，宜采用标准贯入试验，其划分标准分别为强风化： $N \geq 50$ ；全风化： $50 > N \geq 30$ ；残积土： $N < 30$ 。

（四）按软化程度分类

岩石按软化系数  $K_R$  可分为软化岩岩和不软化岩石。当软化系数  $K_R$  值小于或等于 0.75 时，为软化岩石；当软化系数  $K_R$  大于 0.75 时，为不软化岩石。

（五）按岩体质量分类

1. 岩体按完整性指数 ( $K_v$ ) 分类如表 1 - 1 - 10。

表 1-1-10 岩体完整性分类

$K_v$	> 0.75	0.75 ~ 0.55	0.55 ~ 0.35	0.35 ~ 0.15	< 0.15
完整程度	完 整	较完整	较破碎	破 碎	极 破 碎

注：岩体完整性指数（ $K_v$ ）按下式计算

$$K_v = (v_{pm}/v_{pr})^2$$

式中  $v_{pm}$ 、 $v_{pr}$  分别为岩体及岩石的弹性波纵波速度（ $m/s$ ）。

2. 岩体按岩石的质量指标（ $RQD$ ）分类如表 1-1-11。

表 1-1-11 岩体按岩石的质量指标（ $RQD$ ）分类

岩 体 分 类	$RQD$ （%）
很 好	> 90
好	75 ~ 90
中 等	50 ~ 75
坏	25 ~ 50
极 坏	< 25

注： $RQD$  指钻孔中用  $N$  型（75mm）二重管金钢石钻头获取的大于 10cm 的岩芯段长度与该回次钻进深度之比。

3. 岩体按基本质量指标（ $BQ$ ）分类

基本质量指标（ $BQ$ ）综合反映了岩石的强度和岩体完整性两个方面的特性。《工程岩体分级标准》（GB50218—94）中岩体基本质量分级如表 1-1-12。

表 1-1-12 岩体基本质量分级

基 本 质 量 级 别	岩体基本质量的定性特征	岩体基本质 量指标（ $BQ$ ）
I	坚硬岩，岩体完整	> 550
II	坚硬岩，岩体较完整； 较坚硬岩，岩体完整	550 ~ 451
III	坚硬岩，岩体较破碎； 较坚硬岩或软硬岩互层，岩体较完整； 较软岩，岩体完整	450 ~ 351

基 本 质 量 级 别	岩体基本质量的定性特征	岩体基本质 量指标（BQ）
IV	坚硬岩，岩体破碎； 较坚硬岩，岩体较破碎～破碎； 较软岩或软硬岩互层，且以软岩为主，岩体较完整～较破碎； 软岩，岩体完整～较完整	350～251
V	较软岩，岩体破碎； 软岩，岩体较破碎～破碎； 全部极软岩及全部极破碎岩	< 250

注：岩石的坚硬程度可按表 1-1-7 划分。

岩体基本质量指标（BQ），可根据岩体完整性指数（ $K_v$ ）和岩石单轴饱和抗压强度（ $R_c$  以 MPa 计）按下式计算。

$$BQ = 90 + 3R_c + 250K_v \qquad (1-3-1)$$

当  $R_c > 90K_v + 30$  时，应以  $R_c = 90K_v + 30$  和  $K_v$  代入式（1-3-1）计算 BQ；当  $K_v > 0.04R_c + 0.4$  时，应以  $K_v = 0.04R_c + 0.4$  和  $R_c$  代入式（1-3-1）计算 BQ。

二、土的分类

（一）国家标准《土的分类标准》的分类

土分为一般土和特殊土两大类。

1. 一般土按其不同粒组的相对含量划分为巨粒土和含巨粒的土、粗粒土、细粒土三类。粒组的划分如表 1-1-13。

表 1-1-13 粒 组 划 分

粒 组 统 称	粒 组 名 称	粒组粒径 d 的范围（mm）
巨 粒	漂石（块石）粒	$d > 200$
	卵石（碎石）粒	$200 \geq d > 60$
粗 粒	砾粒	$60 \geq d > 20$
	粗砾	$20 \geq d > 2$
	细砾	$2 \geq d > 0.075$
	砂粒	

粒 组 统 称	粒 组 名 称	粒组粒径 $d$ 的范围 ( mm )
细 粒	粉粒 粘粒	$0.075 \geq d > 0.005$ $0.005 \geq d$

(1) 巨粒土和含巨粒的土：巨粒组质量大于总质量的 50% 的土称巨粒土；巨粒组质量为总质量的 15% ~ 50% 的土称含巨粒的土（包括混合巨粒土和巨粒混合土）。巨粒土和含巨粒的土的分类如表 1 - 1 - 14。

表 1 - 1 - 14 巨粒土和含巨粒的土的分类

土 类	粒 组 含 量		土 代 号	土 名 称
巨粒土	巨粒含量 100% ~ 75%	漂石粒 > 50%	$B$	漂石
		漂石粒 $\leq 50\%$	$C_b$	卵石
混 合 巨粒土	巨粒含量 < 75% , > 50%	漂石粒 > 50%	$BS1$	混合土漂石
		漂石粒 $\leq 50\%$	$C_bS1$	混合土卵石
巨 粒 混合土	巨粒含量 50% ~ 15%	漂石 > 卵石	$S1B$	漂石混合土
		漂石 $\leq$ 卵石	$S1C_b$	卵石混合土

(2) 粗粒土：粗粒组质量大于总质量的 50% 的土称粗粒土。当砾粒组质量大于总质量的 50% 的粗粒土称砾类土；当砾粒组质量小于或等于总质量的 50% 的粗粒土称砂类土。

砾类土的分类如表 1 - 1 - 15。砂类土的分类如表 1 - 1 - 16。

表 1 - 1 - 15 砾 类 土 的 分 类

土 类	粒 组 含 量		土 代 号	土 名 称
砾	细粒含量 < 5%	级配： $C_u \geq 5$ $C_c = 1 \sim 3$	$GW$	级配良好砾
		级配： 不同时满 足上述要求	$GP$	级配不良砾
含细粒土砾	细粒含量 5% ~ 15%		$GF$	含细粒土砾
细粒土质砾	细粒含量 > 15% $\leq 50\%$	细粒为粘土	$GC$	粘土质砾
		细粒为粉土	$GM$	粉土质砾

注：表中土代号  $C$  或  $M$  根据表 1 - 1 - 6 或 3 - 1 - 6 确定。

表 1-1-16 砂 类 土 的 分 类

土 类	粒 组 含 量		土 代 号	土 名 称
砂	细粒含量 < 5%	级配： $C_u \geq 5$ $C_c = 1 \sim 3$	SW	级配良好砂
		级配： 不同时满 足上述要求	SP	级配不良砂
含细粒土砂	细粒含量 5% ~ 15%		SF	含细粒土砂
细粒土质砂	细粒含量 > 15% ≤ 50%	细粒为粘土	SC	粘土质砂
		细粒为粉土	SM	粉土质砂

(3) 细粒土：细粒组质量大于或等于总质量的 50% 且粗粒组质量小于总质量的 25% 的土称细粒土。当粗粒组质量为总质量的 25% ~ 50% 的土称含粗粒的细粒土。

细粒土按塑性图分类。当取质量为 76g、锥角为 30° 的液限仪锥尖入土深度为 17mm 的含水量为液限时，按塑性图 1-1-4 分类；当取质量为 76g、锥角为 30° 的液限仪锥尖入土。

表 1-1-17 细 粒 土 的 分 类

土的塑性指标在塑性图中的位置		土 代 号	土 名 称
塑性指数 $I_p$	液 限 $w_L$		
$I_p \geq 0.63 (w_L - 20)$ 和 $I_p \geq 10$	$w_L \geq 40\%$	CH	高液限粘土
	$w_L < 40\%$	CL	低液限粘土
$I_p < 0.63 (w_L - 20)$ 和 $I_p < 10$	$w_L \geq 40\%$	MH	高液限粉土
	$w_L < 40\%$	ML	低液限粉土

含粗粒的细粒土分为含砾细粒土（粗粒中砾粒占优势）和含砂细粒土（粗粒中砂粒占优势）。含砾细粒土和含砂细粒土也按表 1-1-17 划分，并分别在细粒土代号后缀以代号 G 或代号 S。

细粒土含部分有机质的土称有机质土，表 1-1-17 相应土类代号后缀以代号 O。

2. 特殊土（指黄土、膨胀土和红粘土）按其塑性指标在塑性图上的位置初步判别。当取液限仪锥尖入土深度为 17mm 的含水量为液限时，按表 1-1-18 和图 1-1-4 判别；当取液限仪锥尖入土深度为 10mm 的含水量为液限时，按表 1-1-17 和图 1-1-4 判别。



表 1-1-18                      黄土、膨胀土和红粘土的判别

土的塑性指标在塑性图中的位置		土 代 号	土 名 称
塑性指数 $I_p$	液 限 $w_L$		
$I_p < 0.73 (w_L - 20)$	$w_L < 40\%$	CLY	低液限粘土（黄土）
	$w_L > 50\%$	CHE	高液限粘土（膨胀土）
$I_p < 0.73 (w_L - 20)$	$w_L > 55\%$	MHR	高液限粉土（红粘土）

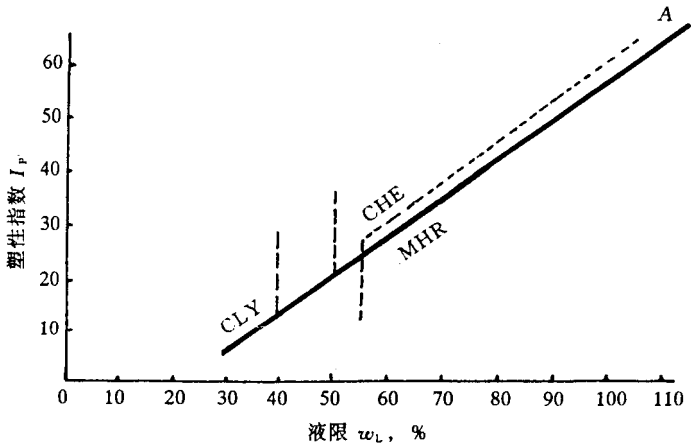


图 1-1-4    特殊土塑性图

（二）国家标准《岩土工程勘察规范》和《建筑地基基础设计规范》  
的分类

1. 按地质成因分类

土按地质成因可分为：残积、坡积、洪积、冲积、淤积、冰积、风积和化学堆积等类型。

2. 按堆积时代分类

（1）老堆积土：第四纪晚更新世及其以前堆积的粘性土，一般具有较高的强度和较低的压缩性。

（2）一般堆积土：第四纪全新世（文化期以前）堆积的粘性土。

（3）新近堆积土：文化期以来，新近堆积的粘性土，一般为欠固结的，且强度较低。

3. 按颗粒级配和塑性指数分类

土按颗粒级配和塑性指数可分为碎石土、砂土、粉土和粘性土。

（1）碎石土：为粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土。碎石土的分类见表 1-1-19。

表 1-1-19 碎 石 土 分 类		
土 的 名 称	颗 粒 形 状	颗 粒 级 配
漂 石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒超过全重 50%
块 石	棱角形为主	
卵 石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒超过全重 50%
碎 石	棱角形为主	
圆 砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒超过全重 50%
角 砾	棱角形为主	

注：定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

（2）砂土：为粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量 50%、粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土。砂土的分类见表 1-1-20。

表 1-1-20 砂 土 分 类	
土 的 名 称	颗 粒 级 配
砾 砂	粒径大于 2mm 的颗粒含量占全重 25 ~ 50%
粗 砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒含量超过全重 50%
中 砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒含量超过全重 50%
细 砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 85%
粉 砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 50%

注：1. 定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定；  
2. 当砂土中，小于 0.075mm 的土的塑性指数大于 10 时，应冠以“含粘性土”定名，如含粘性土粗砂等。

（3）粉土：为塑性指数小于或等于 10 的土。  
（4）粘性土：为塑性指数大于 10 的土。粘性土的分类见表 1-1-21。

表 1-1-21 粘 性 土 分 类

土 的 名 称	塑 性 指 数
粉质粘土	$10 < I_p \leq 17$
粘 土	$I_p > 17$

注：确定塑性指数  $I_p$  时，液限以 76 克瓦氏圆锥仪入土深度  $10mm$  为准；塑限以搓条法为准。

4. 按工程特性分类

具有一定分布区域或工程意义上具有特殊成分、状态和结构特征的土称特殊性土，根据工程特性分为湿陷性土、红粘土、软土（包括淤泥和淤泥质土）、冻土、膨胀土、盐渍土、混合土、填土和污染土。

5. 按有机质含量分类

根据有机质含量分类见表 1-1-22。

表 1-1-22

分类 名称	有机质含量 $Q$ (%)	现 场 鉴 别 特 征	说 明
无机土	$Q < 5\%$		
有机质土	$5\% \leq Q \leq 10\%$	灰、黑色，有光泽，味臭，除腐植质外尚含少量未完全分解的动植物体，浸水后水面出现气泡，干燥后体积有收缩	①如现场能鉴别有机质土或有地区经验时，可不做有机质含量 $Q$ 测定； ②当 $w > w_L$ 、 $1.0 \leq e < 1.5$ 时称淤泥质土； 当 $w > w_L$ 、 $e \geq 1.5$ 时称淤泥
泥炭质土	$10\% < Q \leq 60\%$	深灰或黑色，有腥臭味，能看到未完全分解的植物结构，浸水体胀、易崩解，有植物残渣浮于水中，干缩现象明显	根据地区特点和需要，也可按 $Q$ 细分为： 弱泥炭质土（ $10\% < Q \leq 25\%$ ） 中泥炭质土（ $25\% < Q \leq 40\%$ ） 强泥炭质土（ $40\% < Q \leq 60\%$ ）
泥炭	$Q > 60\%$	除有泥炭质土特征外，结构松散，土质极轻，暗无光泽，干缩现象极为明显	

注：有机质含量  $Q$  按灼失量试验确定。

三、土的野外鉴别

1. 碎石土密实程度的野外鉴别见表 1-1-23。

表 1－1－23 碎石土密实度野外鉴别方法

密实度	骨架颗粒含量和排列	可挖性	可钻性
密实	骨架颗粒质量大于总质量的70%，呈交错排列，连续接触	锹镐挖掘困难。用撬棍方能松动；井壁一般较稳定	钻进极困难；冲击钻探时，钻杆、吊锤跳动剧烈；孔壁较稳定
中密	骨架颗粒质量等于总质量的60～70%，呈交错排列，大部分接触	锹镐可挖掘；井壁有掉块现象，从井壁取出大颗粒处，能保持颗粒凹面形状	钻进较困难；冲击钻探时，钻杆、吊锤跳动不剧烈；孔壁有坍塌现象
稍密	骨架颗粒质量小于总质量的60%，排列混乱，大部分不接触	锹可以挖掘；井壁易坍塌，从井壁取出大颗粒后，砂土立即塌落	钻进较容易；冲击钻探时，钻杆稍有跳动；孔壁易坍塌

注：碎石土的密实度，应按表列各项特征综合确定。

2. 砂土的野外鉴别见表 1－1－24。

表 1－1－24 碎 土 的 野 外 鉴 别

鉴别特征	砾砂	粗砂	中砂	细砂	粉砂
观察颗粒粗细	约有 1/4 以上颗粒比荞麦或高粱粒（2mm）大	约有一半以上颗粒比小米粒（0.5mm）大	约有一半以上颗粒与砂糖或白菜籽（>0.25mm）近似	大部分分颗粒与粗玉米粉（>0.1mm）近似	大部颗粒与小米粉（<0.1mm）近似
干燥时状态	颗粒完全分散	颗粒完全分散，个别胶结	颗粒基本分散，部分胶结，胶结部分一碰即散	颗粒大部分分散，少量胶结，胶结部分稍加碰撞即散	颗粒少部分分散，大部分胶结（稍加压即能分散）
湿润时用手拍后的状态	表面无变化	表面无变化	表面偶有水印	表面有水印（翻浆）	表面有显著翻浆现象
粘着程度	无粘着感	无粘着感	无粘着感	偶有轻微粘着感	有轻微粘着感

3. 粘性土、粉土的野外鉴别见表 1－1－25。

表 1－1－25 按塑性指数的分类及野外鉴别

鉴别方法	分 类		
	粘 土	粉 质 粘 土	粉 土
	$I_p > 17$	$10 < I_p \leq 17$	$I_p \leq 10$
	塑 性 指 数		
湿润时用刀切	切面非常光滑，刀刃有粘腻的阻力	稍有光滑面，切面规则	无光滑面，切面比较粗糙
用手捻摸时的感觉	湿土用手捻摸有滑腻感，当水分较大时极易粘手，感觉不到有颗粒的存在	仔细捻摸感觉到有少量细颗粒，稍有滑腻感，有粘滞感	感觉有细颗粒存在或感觉粗糙，有轻微粘滞感或无粘滞感
粘着程度	湿土极易粘着物体（包括金属与玻璃），干燥后不易剥去，用水反复洗才能去掉	能粘着物体，干燥后较易剥掉	一般不粘着物体，干燥后一碰就掉
湿土搓条情况	能搓成小于 0.5mm 的土条（长度不短于手掌），手持一端不致断裂	能搓成 0.5～2mm 的土条	能搓成 2～3mm 的土条
干土的性质	坚硬，类似陶器碎片，用锤击方可打碎，不易击成粉末	用锤易击碎，用手难捏碎	用手很易捏碎

4. 新近堆积土的野外鉴别见表 1－1－26。

表 1－1－26 新近堆积土野外鉴别

堆 积 环 境	颜 色	结 构 性	含 有 物
河漫滩、山前洪、冲积扇（锥）的表层，古河道，已堵塞的湖、塘、沟、谷和河道泛滥区	较深而暗，呈褐、暗黄或灰色，含有机质较多时带灰黑色	结构性差，用手扰动原状土时极易变软，塑性较低的土还有振动水析现象	在完整的剖面中无粒状结核体，但可能含有圆形及亚圆形钙质结核体（如僵结石）或贝壳等，在城镇附近可能含有少量碎砖、瓦片、陶瓷、铜币或朽木等人类活动的遗物

5. 土按《土的分类标准》的简易鉴别方法见表 1－1－27。

表 1－1－27 细粒土的简易鉴别方法

半固态时的干强度	硬塑—可塑态时的手捻感和光泽度	土在可塑态时		软塑—流动态时的摇震反应	土类代号
		土条可搓成的最小直径（mm）	韧性		
低—中	粉粒为主，有砂感，稍有粘性，捻面较粗糙，无光泽	> 3 或 3 ~ 2	低—中	快—中	ML
中—高	含砂粒，有粘性，稍有滑腻感，捻面光滑，有光泽	2 ~ 1	中	慢—无	CL
中—高	粉粒较多，有粘性，稍有滑腻感，捻面较光滑，稍有光泽	2 ~ 1	中—高	慢—无	MH
高—很高	无砂感，粘性大，滑腻感强，捻面较光滑，稍有光泽	< 1	高	无	CH

- 注：1. 凡呈黑灰色有臭味的土，应在相应土类代号后加代号“O”，如 MLO、CLO、MHO、CHO。
2. 干强度可根据用力的大小区分：很难或用力才能捏碎或掰断者为干强度高；稍用力即可捏碎或掰断者为干强度中等；易于捏碎和捻成粉末者为干强度低
3. 韧性可根据再次搓条的可能性，分为：能揉成土团，再搓成条，捏而不碎者为韧性高；可再揉成团，捏而不易碎者为韧性中等；勉强或不能再揉成团，稍捏或不捏即碎者，为韧性低。
4. 摇震反应根据上述渗水和吸水反应快慢，可区分为：立即渗水及吸水者为反应快；渗水及吸水中等者为反应中等；渗水吸水慢及不渗不吸者为反应慢或无反应。

第三节 地 震

一、地震基本术语

1. 震源：地球内部发生地震的地方称为震源。
2. 震中：震源在地面上的投影位置称为震中。
3. 震中距：地面上任何一个地方或观测点（如地震台）到震中的直线距离，称为震中距。
4. 震中区：震中附近的地区称为震中区。强烈地震时，破坏最严重的地区，称为极震区。
5. 震源深度：从震中到震源的距离称为震源深度。

6. 地震波：地震引起的振动以波的形式从震源向各个方向传播，称为地震波。地震波可分为：体波（纵波和横波）面波（Rayleigh 波和 love 波）。

7. 地震震级：地震震级是表示地震本身强度大小的等级，它是地震震源释放出能量大小的一种量度。

8. 地震烈度：地震对地表和地表建筑物的影响和破坏的强烈程度，称为地震烈度。

（1）基本烈度：是指一个地区今后一定时期内，在一般场地条件下可能遭遇的最大地震烈度，即现行《中国地震烈度区划图》规定的地震烈度。

（2）抗震设防烈度：按国家批准权限审定作为一个地区抗震设防依据的地震烈度，一般情况下取基本烈度。

9. 近震与远震：当某地区受地震影响来自震中烈度与该地区设防烈度相等或比它大一度的地震时，按近震考虑；当某地区所受地震影响可能来自震中烈度比该地区设防烈度大二度或二度以上的地震时，按远震考虑。

二、震级烈度、震源间的关系

1. 震级与能量大小的近似关系如式 3 - 1 - 1

$$\lg E = 4.8 + 1.5M \qquad (1 - 1 - 1)$$

式中 E——能量（J）；  
M——地震震级。

2. 震级与震源断层长度的关系如表 1 - 1 - 28。

表 1 - 1 - 28 震级与震源断层长度关系

震级 M 与断层长度 L	提 出 者	备 注
$\lg L = 1.02M - 5.76$	Tocher 1958 年	根据美国地震资料统计
$\lg L = 0.6M - 2.9$	松 田 1975 年	根据日本地震资料统计
$\lg L = 0.73M - 2.74$	杨 章 1983 年	根据中国西部及邻区资料统计
$M = 1.931 \lg D + 2.4$	郭增建 1973 年	根据中国及邻区资料统计
$M = 0.64 \lg L + 6.24$	王钟琦 1986 年	根据全世界 13 个国家资料统计

3. 震级与震中烈度及震源深度的关系如表 1－1－29。

表 1－1－29                      震级与震中烈度及震源深度的关系

M	k                      ( km )				
	5	10	15	20	25
	I <sub>0</sub>				
2	3.5	2.5	2	1.5	1
3	5	4	3.5	3	2.5
4	6.5	5.5	5	4.5	4
5	8	7	6.5	6	5.5
6	9.5	8.5	8	7.5	7
7	11	10	9.5	9	8.5
8	12	11.5	11	10.5	10

三、地震的分类

1. 按成因分类如表 1－1－30。

表 1－1－30                      地震按成因分类

类    型	成    因	特    征
构造地震	主要由地壳断裂构造运动所引起	是最普遍和重要的一类地震，影响较为强烈且范围广泛
火山地震	由火山喷发时岩浆或气体对围岩的冲击引起	影响范围一般不大，且为数较少
陷落地震	由地壳陷落引起，多为石灰岩溶洞陷落造成	其数量少、影响小
人工诱发地震	水库蓄水或向地下大量灌水，使地下岩层增大负荷，使断层复活而引起；也可由地下核爆炸或地下大爆破引起，巨大的爆破力量对地下产生强烈的冲击，诱发了地震	多发生的水库或爆炸点附近地区，小震多，震动次数多，震源深度较浅，最大的震级目前不超过 6.5 级



2. 按震源深度分类如表 1-1-31。

表 1-1-31 按震源深度分类

名 称	震 源 深 度 ( km )
浅源地震	0 ~ 70
中源地震	70 ~ 300
深源地震	> 300

3. 按震级大小分类如表 1-1-32。

表 1-1-32 按震级分类

名 称	M
大地震	$M \geq 7$
中地震或强震	$7 > M \geq 5$
小地震或弱震	$5 > M \geq 3$
微 震	$3 > M \geq 1$
超 微 震	$M < 1$

四、地震烈度表

1. 我国的地震烈度分类如表 1-1-33。
2. 我国的地震烈度表与国外的几种地震烈度表的对比见表 1-1-34。

表 1-1-33 中国地震烈度表（1980）

烈度	人 的 感 觉	一 般 房 屋		其 它 现 象	参考物理指标	
		大多数房屋震害程度	平 均 震害指数		水平加速度 ( cm/s <sup>2</sup> )	水平速度 ( cm/s )
1	无 感					
2	室内个别静止中 的人感觉					
3	室内少数静止中 的人感觉	门、窗轻微作响		悬挂物微动		

烈度	人的感觉	一般房屋		其它现象	参考物理指标	
		大多数房屋震害程度	平均震害指数		水平加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	水平速度 (cm/s)
4	室内多数人感觉。 室外少数人感觉。 少数人梦中惊醒	门、窗作响		悬挂物明显摆动，器皿作响		
5	室内普遍感觉。 室外多数人感觉。 多数人梦中惊醒	门窗、屋顶、屋架颤动作响，灰土掉落，抹灰出现微细裂缝		不稳定器物翻倒	31 (22~44)	3 (2~4)
6	惊慌失措，仓惶逃出	损坏——个别砖瓦掉落、墙体微细裂缝	0~0.1	河岸和松软土上出现裂缝。饱和砂层出现喷砂冒水。地面上有的砖烟囱轻度裂缝、掉头	63 (45~89)	6 (5~9)
7	大多数人仓惶逃出	轻度破坏——局部破坏、开裂，但不妨碍使用	0.11~0.30	河岸出现塌方。饱和砂层常见喷砂冒水。松软土地裂缝较多。大多数砖烟囱中等破坏	125 (90~177)	13 (10~18)
8	摇晃颠簸，行走困难	中等破坏——结构受损，需要修理	0.31~0.50	干硬土上亦有裂缝。大多数砖烟囱严重破坏	250 (178~353)	25 (19~35)
9	坐立不稳。行动的人可能摔跤	严重破坏——墙体龟裂、局部倒塌、修复困难	0.51~0.70	干硬土上有许多地方出现裂缝。基岩上可能出现裂缝。滑坡，塌方常见。砖烟囱出现倒塌	500 (354~707)	50 (36~71)

烈度	人的感觉	一般房屋		其它现象	参考物理指标	
		大多数房屋震害程度	平均震害指数		水平加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	水平速度 (cm/s)
10	骑自行车的人会摔倒。处不稳状态的人会摔出几尺远，有抛起感	倒塌——大部倒塌，不堪修复	0.71 ~ 0.90	山崩和地震断裂出现。基岩上的拱桥破坏，大多数砖烟囱从根部破坏或倒毁	1000 (708 ~ 1414)	100 (72 ~ 141)
11		毁灭	0.91 ~ 1.00	地震断裂延续很长。山崩常见。基岩上拱桥毁坏		
12				地面剧烈变化、山河改观		

- 注：1. 1 ~ 5 度以地面上人的感觉为主，6 ~ 10 度以房屋震害为主，人的感觉仅供参考；11、12 度以地表现象为主。11、12 度的评定，需要专门研究。
2. 一般房屋包括用木构架和土、石、砖墙构造的旧式房屋和单层或数层的、未经抗震设计的新式砖房。对于质量特别差或特别好的房屋，可根据具体情况，对表列各烈度的震害程度和震害指数予以提高或降低。
3. 震害指数以房屋“完好”为 0，“毁灭”为 1，中间按表列震害程度内插。平均震害指数指所有房屋的震害指数的总平均值而言，可以用普查或抽查方法确定。
4. 使用本表时可根据地区具体情况，作出临时的补充规定。
5. 在农村可以自然村为单位，在城镇可以分区进行烈度的评定，但面积以 1km<sup>2</sup> 左右为宜。
6. 烟囱指工业或取暖用的锅炉房烟囱。
7. 表中数量词的说明：个别：10% 以下；少数：10% ~ 50%；多数：50% ~ 70%；大多数：70 ~ 90%；普遍：90% 以上。

表 1 - 1 - 34 几种地震烈度表的对比

新的中国地震烈度表 (1980)	美国修订的烈度表 (MM 表) (1931)	苏联地球物理研究所烈度表 (1952)	MSK—1964 烈度表 (①)	欧洲烈度表 (MCS 表) (1917)	欧 洲 Rossi - Forel 烈度表 (1873)	日本烈度表 (JMA) (1952)
1	1	1	1	1	1	0
2	2	2	2	2	2	1
3	3	3	3	3	3	2
4	4	4	4	4	4	2 ~ 3

新的中国地震 烈 度 表 ( 1980 )	美国修订的烈 度表 ( MM 表 ) ( 1931 )	苏联地球物理 研究所烈度表 ( 1952 )	MSK—1964 烈度表 ( ① )	欧洲烈度表 ( MCS 表 ) ( 1917 )	欧 洲 Rossi – Forel 烈度表 ( 1873 )	日本烈度表 ( JMA ) ( 1952 )
5	5	5	5	5	5 ~ 6	3
6	6	6	6	6	7	4
7	7	7	7	7	8	4 ~ 5
8	8	8	8	8	9	5
9	9	9	9	9	10	6
10	10	10	10	10	10	6
11	11	11	11	11	10	7
12	12	12	12	12	10	7

①此表为国际地震和地震工程方面的有关组织于 1962 ~ 1964 年在已有烈度表基础上制定的一种烈度表，其意图是逐渐统一烈度标准。

五、我国地震基本烈度的分布

我国地震基本烈度 6 度及 6 度以上的主要地区分布如表 1 – 1 – 35。

表 1 – 1 – 35 我国地震基本烈度 6 度及 6 度以上的主要地区分布

烈 度	地 区
≥9 度	东川、松潘、西昌、康定、墨脱、昭苏、塔什库尔、澜沧、当雄、寻甸、礼县、乌恰、洱源、大理、石屏、宿迁、台中
8 度	北京、通县、大兴、顺义、平谷、延庆、廊坊、新乡、唐山、郟城、霍县、洪洞、襄汾、临汾、太原、介休、灵石、榆次、芮城、三门峡、临潼、咸阳、银川、中宁、固原、呼和浩特、包头、兰州、天水、陇西、武山、文县、永善、昆明、玉溪、通海、泸定、甘孜、景洪、腾冲、喀什、拉萨、乌什、石嘴山、乌鲁木齐、冕宁、海口、香河、三河、西安、潼关、台北、基隆、炉霍
7 度	天津、沈阳、辽阳、鞍山、营口、大连、盘锦、丹东、朝阳、保定、鹤壁、郑州、濮阳、开封、淄博、济宁、徐州、蚌埠、合肥、潍坊、临沂、兖州、霍山、南京、镇江、扬州、盐城、上海、杭州、宁波、马鞍山、福州、厦门、汕头、深圳、珠海、广州、中山、茂名、湛江、琼海、百色、常德、岳阳、房山、昌平、怀柔、密云、张家口、连云港、大同、阳泉、榆次、平遥、永济、候马、宝鸡、西宁、敦煌、昌都、格尔木、嘉峪关、成都、泸定、昭通、个旧、保山、克拉玛依、库尔勒、韩城、都江堰、思茅、楚雄、元谋、攀枝花

注：资料根据国家地震局《中国地震烈度区划图》( 1990 年 )。

<h2>第二章 地质勘察内容与勘察报告的方法</h2>		
<h3>第一节 地质勘察内容及技术要求</h3>		
<h4>一、工程地质勘察的主要内容</h4>		
<p>1. 查明建设工程地点的地质构造和岩土性能，地层成因、定型、年代、厚度及分布范围。</p> <p>2. 研究与场地稳定性密切相关的地质构造，岩石类型、风化程度，褶皱碎带裂隙、断层和节理的性质，坍方、滑坡、泥石流的性质及岩溶的性质等。</p> <p>3. 探明含水地层的构造特点，如层位与埋藏条件、侵蚀性地下水储量、渗透速度和流向，以及水质、水位变化规律等，为生活用水、结构防水、施工降水作出评价。</p> <p>4. 调查分析区域地震，作出小区域地震烈度的划分，为抗震设防提供数据。</p> <p>5. 探明建筑材料产状、分布和储藏量。</p> <p>6. 对工程建设有可能导致环境地质的变化，预测其发展趋势。</p>		
<h4>二、工程地质勘察的阶段划分及各阶段任务</h4>		
<p>工程地质勘察阶段的划分是与设计阶段的划分相适应的，一般分为选择场址勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。各阶段的目的要求和主要任务如表 1-2-1 所示。</p>		
<p>表 1-2-1 工程地质勘察工作分阶段的任务</p>		
阶 段	要 求	任 务
选 择 场 址 阶 段 的 工 程 地 质 勘 察	对拟建项目场 (厂)址的稳定性和 适宜性作出工 程地质评价	①搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产资料和附近地区的工程地质资料，以及当地的建筑经验；②通过踏勘，了解建设场地的地层、构造、岩土性质、不良地质现象和工程地质条件；③对工程地质条件复杂但倾向于选择的场地，进行必要的工程地质测绘和勘探工作

阶 段	要 求	任 务
工程地质 初步勘察	为初步设计提供地质资料，满足建筑总平面布置、确定主要建筑物地基基础方案和对不良地质防治方案的要求	①初步查明地层、构造、岩石和土的物理力学性质、地下水埋藏条件及土壤冻结深度；②查明场地不良地质现象的分布范围、成因、对场地稳定性的影响程度及其发展趋势；③对地震设计烈度为7度及7度级以上的建筑物，判定场地和地基的地震效应
工程地质 详细勘察	为施工图设计提供地质资料，针对具体建筑物地基作出工程地质评价，满足地基基础设计的要求	①查明建筑物范围内的地层构造、岩石和土的物理力学性质，并对地基的稳定性和承载能力作出评价；②提供不良地质现象防治工程所需的设计计算资料；③查明地下水的埋藏条件和侵蚀性，必要时查明地层的渗透性、水位变化幅度及规律；④判定地基岩石、土和地下水在建筑物施工和使用中可能产生的变化和影响，并提出防治办法和建议

三、工程地质勘察基本技术要求

（一）勘察任务委托书

勘察任务委托书是进行勘察工作的依据。也是甲、乙双方签订与贯彻执行技术经济合同，保证工程质量的依据和保证，但工程实际中，以下问题频繁出现：

- ①甲、乙双方发包、承包工程勘察任务时没有办理勘察任务委托书。
- ②以勘察合同代替委托书
- ③建筑物的性质、规模、功能不交代清楚。

这些做法，必然导致：

- ①制订勘察方案，勘探测试试验工作量时，很难与工程要求相结合。地基评价，基础方案都难以准确进行。工程质量也无法保证，工程效果也很难衡量。
- ②甲、乙双方的经济、技术责任制无法体现，可能引起纠纷。

勘察任务委托书必须明确以下各点：

(1) 工程名称、场址、勘察阶段。初勘阶段，应规定勘察范围，主要工程性能及要求。详勘阶段，列表说明工程规模、建筑物高度、层数、结构类型、上部荷载，设计标高，基础埋深及特殊要求等。

(2) 甲方应提供必要的图纸、文件，初勘应有较勘察范围稍大的地形图，其比例尺为1/1000或1/2000 标明主要建（构）筑物区段。详勘应有带地形的建筑物布置图、各单项工程基础方案布置图、初步设计说明书。

(3) 全面提出勘察要求，包括：

- 1) 地基工程地质要求；
- 2) 水文地质要求；
- 3) 其他特殊要求；
- 4) 工期计划要求。

(4) 明确与甲方联系工作的联系人，单位负责人及电话。

勘察单位一般应印制固定格式的勘察任务委托书，提供委托单位填写，表1-2-2可供参考。

## （二）编制勘察纲要前应明确地工程地质问题

建设单位、设计部门提出的勘察要求往往不能完全符合场地具体情况，例如某些场地存在的工程水文地质问题未提出，已提出的要求该场地又恰恰不存在这些工程地质问题。为此，勘察单位在接受勘察任务委托后，应认真做好收集已有的、与场地及工程有关的各类资料：如地形地貌的现状与历史变迁；地层、构造及物理地质现象；岩土地基物理力学性质；各类建筑经验等。

在分析已有资料基础上进行全面的工程地质调查，并核实地形地貌，物理地质现象，地层构造、岩土工程地质特征等。找出场地的主要工程地质问题，作为编制勘察方案的研究重点。

(1) 在碳酸盐岩分布区应重点研究岩溶形态类型、规模、分布特征及其发育与岩性构造和地貌的关系；岩溶地下水的水位、水量及其对工程的影响；红粘土的分布，物理力学性质及胀缩性；土洞与地表塌陷现象等。

(2) 软质岩石分布区应重点研究风化特征及各种风化带的建筑性能以及天然边坡和人工边坡稳定性。

(3) 软土分布区应重点研究其分布、厚度变化及物理力学性能。

(4) 冲积层分布区应重点研究地层结构、厚度变化、尤其是透镜体状软弱层的性质。

表 1-2-2

---

# 工程地质勘察委托书

---

工程编号\_\_\_\_\_

委托单位负责人\_\_\_\_\_

委托单位经办人\_\_\_\_\_

委托单位地址\_\_\_\_\_

委托单位电话\_\_\_\_\_

委 托 日 期\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

委托单位\_\_\_\_\_（盖章）



填写和提供勘察资料表

- 一、工程名称：
- 二、资金来源：中央、省、地（州）、市、县投资、或自筹、贷款。
- 三、勘察地点：
- 四、设计单位：1. 名称：\_\_\_\_\_
2. 地点\_\_\_\_\_
3. 联系人及电话\_\_\_\_\_
- 五、勘察阶段：初步勘察、技术勘察或施工勘察。
- 六、勘察面积：
- 七、提交以下勘察基础资料：
1. 上级批准的初步设计总平面图和子项底层平面图。
  2. 进行过的勘察资料。
  3. 勘察范围地形图（1:500 或 1:1000）
  4. 地质人员为开展工作提出的其他资料。
- 八、委托的勘察工作内容及要求：

序  号	建（构）筑物  名    称  或 编 号	建筑  面积  (m²)	结  构  类  型	层  数  或  高  度	设  计  标  高	估计  基础  砌置  深度	基础单位  长度荷载  (T/M)或  单独基础  荷载(T)	地下  室及  设备  基础  情况	建筑  物对  下沉  的敏  感性	备       注
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
注：生产车间中需勘察的重型设备基础应注明坐标及荷重量。										

注 意 事 项

- 一、本委托书由建设单位或建设单位授权的设计部门填写一式三分，送我院两份，建设单位存查一份。
- 二、委托书内容填写：需要的就填，不需要的不填；是就在字头上打“√”，不是就不打。
- 三、任务如有变动、需持有关文件来我院办理变更手续。
- 四、建设单位提交委托书后，双方应签订工程地质勘察合同，并预付定金。
- 五、勘察成果资料发送份数为四份，建设单位如需增晒份数，请在备注栏内注明，我院对增晒部分的资料只收工本费。

备 注 栏

下达任务意见及

日 期

年 月 日

### 3. 勘察纲要的格式和内容

勘察纲要是整个勘察工程的纲领性文件，是贯彻“事先指导”，确保各项勘察按质按时全面完成任务的生产技术管理措施。每项工程都必须施工前进行编制。有些工程没有编制纲要便盲目施工，有些工程虽然编制了纲要，但内容不全或流于形式，不能真正起到指导和控制作用。

勘察纲要应包括以下内容：

#### (1) 任务概况

1) 工程名称、工程编号、工程地点、勘察阶段。

2) 勘察项目及建筑性质：详勘阶段应详细列述各子项的规模、结构特点、荷载、设计标高，基础形式与预计埋深等。

3) 勘察目的、任务、要求。

#### (2) 场地基本地质条件

1) 场地已有研究程度及可供参考与利用的资料。

2) 地形、地貌、地质构造、地层与岩性、水文地质、物理地质现象。

3) 主要工程地质问题及勘察重点。

#### (3) 勘察工作

1) 采用的测绘、勘探、测试方法与手段。

2) 各项勘察工作的布置原则、工作量。

3) 特殊技术要求。

#### (4) 勘察报告

1) 勘察报告拟编章节与主要内容。

2) 附录图表的名称与编制原则。

#### (5) 工程进度计划

1) 进场前须进行的特殊准备工作。

2) 生产组织。

3) 作业进度计划。

4) 完成任务的措施。

#### (6) 附件：勘察任务委托书、勘察工作量布置图等。

勘察纲要的编制要因地、因工程制定、不能千篇一律，但内容必须完整、切实、科学，有预见性和可操作性。对于建筑规模较大、地质条件复杂的工程，应按上述内容分章节详细编写；对于建筑规模较小、地质条件简单的工程亦可用固定表格化的形式填写，但内容必须齐全。表 1-2-3 供参考。

表 1-2-3

工程地质勘察纲要

工 程 编 号\_\_\_\_\_

工 程 名 称\_\_\_\_\_

工 程 地 点\_\_\_\_\_

工 程 类 型\_\_\_\_\_

勘 察 阶 段\_\_\_\_\_

院 长\_\_\_\_\_

总 工 程 师\_\_\_\_\_

室 主 任\_\_\_\_\_

审 核\_\_\_\_\_

工 程 负 责 人\_\_\_\_\_

勘察单位名称

年    月    日

勘  察  项  目	
建  筑  物 性  质	
场地地质条件、需查明的主要问题	
已有资料内容与可利用的程度	

勘察工作量布置		
工作内容	数量	工作要求与工程量
工程调查或测绘	km <sup>2</sup>	
测 量 定 孔	个	
50mm 螺纹钻孔	个	
30 型或 50 型钻机钻孔	个	要求深度   m   预计进尺   m
岩 层 钻 孔	个	m                   m
动 力 触 探	个	m                   m
	个	m                   m
	个	m                   m
保 湿 土 样	件	
原 状 土 样	件	
岩 石 样		
规范以外的技术要求及对生产计划安排的要求		
报告书的主要内容与图件名称		

附件：

审 核 人 意 见	
审 定 人 意 见	
院 长 意 见	
生产组安排计划	
承担勘察测试班组	
工程合同工期	共 天从 月 日至 月 日
地 质 测 绘	天从 月 日至 月 日
勘探（岩、土层钻探与动探）	天从 月 日至 月 日
静 力 触 探	天从 月 日至 月 日
土 试 验	天从 月 日至 月 日
资 料 整 理	天从 月 日至 月 日
审 核 审 定	
描 图 打 定	
备 注	1、土试样应按试验开始时间至少提前一天送至试验室



## 第二节 工程地质勘察方法及勘察报告

### 一、工程地质勘察的方法

#### （一）勘探、测试手段的选择

勘探、测试手段的正确与否，是影响工程质量的主要因素。有些工程不针对建筑特征，地基条件及岩土性能，盲目采取勘探测试手段，成果不能满足设计要求的事例屡见不鲜。正确选择勘探测试手段应考虑以下几个方面：

（1）根据建筑物安全等级选择：如一级建筑地基承载力确定时，除采取原状土样试验而外，应尽可能进行载荷试验。

（2）根据地基地质条件选择：如土质地基及岩质地基有强风化层应选择冲水的钻探机具；软粘土应选择标贯、旁压试验、十字板试验及静力触探为最佳手段；砂卵石、碎石层要用重动探；裂隙发育、风化破碎的岩石地基宜进行声波测试。

（3）要按勘探、测试、试验手段的工作机理选择：如土质地基中的勘探、测试都不容许冲水钻进；50mm 螺纹钻应限制在硬塑、可塑土及 5~8m 深度钻进；重型动探不能用于粘性土。

#### （二）岩、土试样的采取

岩土工程勘察特点是要求定量地进行工程地质评价，准确地进行地基计算，为地基基础设计提供准确的计算参数。而取样试验是取得参数的主要手段之一。目前在试样采取方面存在以下较严重的问题必须立即改进。

（1）岩土取样时，不考虑勘察阶段，工程等级，有的偏多，一个单元取数十件，而有的偏少，每个单元 2~3 件，不能满足数理统计要求。样点的分布，在平面和垂直方向上太集中，没有代表性。

（2）取样方法不正确，不够科学，例如：

①无正规取土器，用取土皮在岩心管打出的土芯中套取样品。

②取土样时，打入深度尺寸不准，打入深度大于取土器长，则土体受压，过小则土样长度不够。

（3）土样包装不正规，或封样不及时，试样结构、含水量受损，影响成果质量。

#### （三）简易勘察原则

勘探手段的选择，要根据工程建筑级别、工作量的大小更应如此，而且还要考虑场地条件的复杂程度，当繁则繁，当简则简，但工程实践往往存在以下问题：

(1) 有些三级工程建筑,在布置勘探测试工作时,按一级、二级工程对待,工作项目及工作量都偏大,浪费人力、物力。

(2) 工程地质条件简单或已有研究资料的场地,不充分利用已有资料,而布置大量勘探、测试工作。

为使勘察工作取得较好的效益,凡具备以下条件的,可进行简易勘察:

(1) 三级建筑,即简单、轻型工程:包括五层及五层以下的民用住宅,柱荷载为500kN的框排架房屋。

(2) 工程地质条件简单,地形平坦,地层单一。

测量工作一般分两步进行。第一步建立控制点,进行控制测量,第二步是测定特征点的位置,称为细部测量。

关于对测量工具的要求、测量方法及各种方法的技术要求、工作精度和允许的中误差,以及内业和外业的要求,都应符合原国家建委颁发的《工程测量规范》有关条款的规定。

## 二、工程地质勘察报告

工程勘察的水平如何,决定于勘察纲要及勘探、测试试验工作,其成果集中体现在勘察报告。勘察报告不但要求内容全面,研究深度大,还要有足够的定量数据,才能满足设计施工需要。目前常见以下几方面问题。

1. 勘察报告综合水平只达工程地质条件的查明,岩土工程内容缺项多,可用性差。

2. 针对建筑工程的性能需要地基条件所需资料交代不清,研究不够。

3. 场区工程地质条件论述与地基基础评价缺乏有机联系。

4. 不作岩土工程地质分区,或分区规律不突出。岩土单元划分不细不准。不分别提各单元岩土工程指标取值理由。论据不足,设计无法使用。

5. 地基基础方案论证不够,最佳方案依据不足,无明确推荐方案,不能提供设计,施工使用。

6. 缺乏对工程施工及监测方面的建议。

为保证岩土工程勘察为设计、施工服务,为工程取得效益奠定基础,勘察报告一般应考虑以下方面内容:

1. 应确立岩土工程勘察报告模式,最大限度地提高勘察报告的针对性、工程性、可用性。

2. 勘察报告的文字,图件应满足以下要求:

(1) 工程情况介绍应包括建(构)筑物性能、特征;勘察阶段及要求;场地工程地质问题;勘察方案及勘探测试工作量;质量要求及作业计划,勘探工作质量评价。

(2) 场区内外工程地质条件包括地形地貌的过去、现在的情况及未来可能的变化;地层结构及岩性特征;物理地质现象(岩溶土洞、塌陷、边坡及古滑坡等);水文地质条件。

(3) 岩土的工程性质包括岩土工程特性描述；岩土单元划分；岩、土物理力学性质；

(4) 场地与地基评价包括场地稳定性评价；地基稳定性评价；边坡稳定性评价；地基均匀性评价；

(5) 地基基础方案论证：包括影响地基基础方案的条件；可供选择的地基础方案；方案技术经济优劣比较；最佳方案推荐；

(6) 施工、监测；

(7) 结论与建议。

此外，报告书还应要求：文字精炼、语言通顺、数据精确，结论可靠、实用。

## 第三章 岩土工程地质勘察

### 第一节 概 述

#### 一、岩土工程勘察的基本任务

通过工程地质调查与测绘、勘探与岩土取样、原位测试、室内试验和岩土工程监测等工作，岩土工程勘察将完成以下任务：

1. 场地稳定性的评价。对若干可能的建筑场地或建筑场地不同地段的建筑适宜性进行技术论证，对公路和铁路各线路方案和控制工程的工程地质和水文地质条件进行可行性分析。
2. 为岩土工程设计提供场地地层和地下水分布的几何参数和岩土体工程性状参数。
3. 对岩土工程施工过程中可能出现的各种岩土工程问题（如开挖、降水、沉桩等）作出预测，并提出相应的防治措施和合理施工方法的建议。
4. 对建筑地基作出岩土工程评价，对基础方案、岩土加固与改良方案或其他人工地基设计方案进行论证和提出建议，根据设计意图监督地基施工质量。
5. 预测由于场地及邻近地区自然环境的变化对建筑场地可能造成的影响，以及工程本身对场地环境可能产生的变化及其对工程的影响。
6. 为现有工程安全性的评定、拟建工程对现有工程的影响和事故工程的调查分析提供依据。
7. 指导岩土工程在运营和使用期间的长期观测，如建筑物的沉降和变形观测等工作。

#### 二、岩土工程勘察基本程序

根据政府或其主管部门的有关批文，按规划或设计部门所定的拟建工程地点或路线的必经点（县、市或特殊地点）及可能的线路方案进行岩土工程勘察工作，其基本程序如下：

1. 通过调查、搜集资料、现场踏勘或工程地质测绘，初步了解场地的工程地质条

件、不良地质现象及其他主要问题。

2. 针对工程的特点，结合场地的工程地质条件，明确工程可能出现的具体岩土工程问题（可采用分析原理或计算模式），以及所提供的岩土技术参数。

3. 有针对性地制定岩土工程勘察纲要，选择有效的勘探测试手段，积极采用新技术和综合测试方法，计算合理的工作量，获得所需的岩土技术参数。

4. 确定岩土参数的最佳估值。通过岩土室内或现场测试，依据场地的地质条件，考虑到岩土材料的不均匀性、各向异性和随时间的变化，评估岩土参数的不确定性，比较工程中岩土体工程性状与室内试验和现场测试的岩土体工程性状间的关系，用统计分析方法，确定岩土参数的最佳估值。当岩土参数有较大不确定性时，建议的设计岩土参数尤应慎重，必要时可通过原型试验或现场监测检验，或修正所建议的设计参数。

5. 根据所建议的岩土设计参数和工程经验的判断，对特定的岩土工程问题作出分析评价，对设计和施工的主要的技术要求提出建议，并提出改良和防治措施的方案。

6. 对重要工程进行岩土施工的监测和监理，检查和监督施工质量，使其符合设计意图，或根据现场实际情况的变化，对设计提出修改意见。这里所讲的监理并非指工程建设项目实施阶段的施工监理，即建设监理，而是指重要工程中由勘察单位对其岩土工程问题所实施的监理，其目的是使工程建设中岩土工程问题的勘察、设计、处理和监测密切结合，成为一体化的专业体制，即岩土工程体制，使其服务于工程建设的全过程。

7. 岩土工程运营使用期限内进行长期观测（如建筑物的沉降、变形观测），用工程实践检验岩土工程勘察的质量，积累地区性经验，提高岩土工程勘察水平。

### 三、岩土工程勘察等级

#### （一）岩土工程的安全等级

根据工程破坏后果的严重性，如危及人的生命、造成的经济损失、产生的社会影响和修复的可能性，岩土工程按表 1-3-1 分为 3 个等级。

表 1-3-1 岩土工程安全等级

安全等级	破坏后果	工程类别
一级	很严重	重要工程
二级	严 重	一般工程
三级	不严重	次要工程

对于房屋建筑物和构筑物而言，属于重要的工业与民用建筑物、20 层以上的高层建筑、体形复杂的 14 层以上的高层建筑、对地基变形有特殊要求的建筑物、单桩承受

的荷载在 4000kN 以上的建筑物等，其安全等级均划为一级；一般工业与民用建筑划为二级；次要建筑物划为三级。划为一级的其他岩土工程有：有特殊要求的深基开挖及深层支护工程；有强烈地下水运动干扰的大型深基开挖工程；有特殊工艺要求的超精密设备基础、超高压机器基础；大型竖井、巷道、平洞、隧道、地下铁道、地下洞室、地下储库等地下工程；深埋管线、涵道、核废料深埋工程；深沉井、沉箱；大型桥梁、架空索道、高填路堤、高坝等工程。划为二级的其他岩土工程有：大型剧院、体育场、医院、学校、大型饭店等公共建筑；设有特殊要求的公共厂房、纪念性或艺术性建筑物等。不属于一、二级岩土工程的其他工程划为三级岩土工程。

### （二）场地复杂程度分级

场地条件按其复杂程度分为一级（复杂的）、二级（中等复杂的）、三级（简单的）场地 3 个级别。

1. 一级场地可按下列条件划定：抗震设防烈度大于或等于 9 度的强震区，需要详细判定有无大面积地震液化、地表断裂、崩塌错落、地震滑移及产生其他高震害异常的可能性；存在其他强烈动力作用的地区，如泥石流沟谷、雪崩、岩溶、滑坡、潜蚀、冲刷、融冻等地区；地下环境已遭受或可能遭受强烈破坏的场地，如过量地采取地下水、地下气、地下水，而形成大面积地面沉降，地下采空区引起地表塌陷等；大角度顺层倾斜场地、断裂破碎带场地；地形起伏大、地貌单元多的场地。

2. 二级场地可按下列条件划定：抗震设防烈度为 7~8 度的地区，且需进行小区划的场地；不良动力地质作用一般发育的地区；地质环境已受到或可能受到一般破坏的场地；地形地貌较复杂的场地。

3. 三级场地可按下列条件划定：抗震设防烈度小于或等于 6 度的场地，或对建筑抗震有利的地段；无不良动力地质作用的场地；地形较平坦、地貌单元单一的场地。

### （三）地基复杂程度等级

地基条件亦按其复杂程度分为一级（复杂的）、二级（中等复杂的）、三级（简单的）地基 3 个级别。

1. 一级地基为：岩土类型多，岩土性质变化大，地下水对工程影响大；需特殊处理的地基；极不稳定的特殊性岩土组成的地基，如强烈季节性冻土、强烈湿陷性土、强烈盐渍土、强烈膨胀岩土、严重污染土等。

2. 二级地基为：岩土类型较多，性质变化较大，地下水对工程有不利影响；需进行专门分析研究，可按专门规范或借鉴成功建筑经验的特殊性岩土。

3. 三级地基为：岩土类型单一，性质变化不大或均一，地下水对工程无影响；虽属特殊性岩土，但邻近即有地基资料可利用或借鉴，不需进行地基处理的。

### （四）岩土工程的勘察等级

根据岩土工程安全等级、场地等级和地基等级，按表 1-3-2 对岩土工程勘察划分

等级。

表 1-3-2 岩土工程勘察等级划分

勘察等级	确定勘察等级的条件		
	工程安全等级	场地等级	地基等级
一 级	一 级	任 意	任 意
	二 级	一 级	任 意
		任 意	一 级
二 级	二 级	二 级	二级或三级
		三 级	二 级
	三 级	一 级	任 意
		任 意	一 级
		二 级	二 级
三 级	二 级	三 级	三 级
	三 级	二 级	三 级
		三 级	二级或三级

由表 1-3-2 可以看出，勘察等级是工程安全等级、场地等级和地基等级的综合表现。如一级勘察等级，当工程安全等级为一级时，场地等级和地基等级均可任意；还可看出，勘察等级均等于或高于工程安全等级，如二级勘察等级，其工程安全等级可为二级或三级，高于安全等级的原因，则是考虑场地等级或地基等级只要有一个是一级或两者均为二级即可。这些结论正是确定岩土工程勘察等级综合考虑上述 3 个因素的结果。

(1) 对于一级岩土工程勘察，由于结构复杂，荷载大，要求特殊，或具有复杂的场地条件和地基条件，设计计算需采用复杂的计算理论和方法，采用复杂的岩土本构关系，考虑岩土与结构的共同作用，故必须由具有较高水平和较丰富工程经验的工程师参加；岩土工程勘察除进行常规的室内试验外，还要进行专门测试目的的测试项目和方法，以获取非常规的计算参数；为保证工程质量，常采用多种手段进行测试，以便进行综合分析，并进行原型试验和工程监测，以便相互检验。

(2) 对于二级岩土工程勘察，其岩土工程为常规结构物，基础为标准型式，故采用常规的设计与施工方法；需要定量的岩土工程勘察，常由具有相当经验和资历的工程师参加，采用常规的室内试验和原位测试方法，即可获得地基的有关指标参数；有时也可能要进行某些特殊的测试项目。

(3) 对于三级岩土工程勘察，因结构物为小型的或简单的，或场地稳定，地基具有足够的承载力，故只需通过经验与定性的岩土工程勘察，就能满足设计和施工要求，设计采用简单的计算模式。

## 四、岩土工程勘察阶段

岩土工程勘察阶段按先后顺序分为：可行性研究勘察（简称选址勘察）、初步勘察（简称初勘）、详细勘察（简称详勘）和施工勘察。当场地条件简单、或已有充分的工程地质资料和工程经验时，可以简化勘察手段，跳过选址勘察，有时甚至将初勘和详勘合并为一次性勘察。

### （一）选址勘察

选址勘察的目的是为了得到若干个可选场址方案的勘察资料。其主要任务是对拟选场址的场地稳定性和建筑适宜性作出评价，以便方案设计阶段选出最佳的场址方案。所用的手段主要侧重于搜集和分析已有资料，并在此基础上，对重点工程或关键部位进行现场踏勘，了解场地的地层、岩性、地质结构、地下水及不良地质现象等工程地质条件，对倾向于选取的场地，如果工程地质资料不能满足要求时，可进行工程地质测绘及少量的勘探工作。

### （二）初步勘察

初勘是在选址勘察的基础上，在初步选定的场地上进行的勘察，其任务是满足初步设计的要求。初步设计内容一般包括：指导思想、建设规模、产品方案、总平面布置、主要建筑物的地基基础方案、对不良地质条件的防治工作方案。初勘阶段也应搜集已有资料，在工程地质测绘与调查的基础上，根据需求和场地条件，进行有关勘探和测试工作，带地形的初步总平面布置图是开展勘察工作的基本条件。

初勘应初步查明：建筑地段的主要地层分布、年代、成因类型、岩性、岩土的物理力学性质，对于复杂场地，因成因类型较多，必要时应作工程地质分区和分带（或分段），使利于设计确定总平面布置；场地不良地质现象的成因、分布范围、性质、发生发展的规律及对工程的危害程度，提出整治措施的建议；地下水类型、埋藏条件、补给径流排泄条件，可能的变化及侵蚀性；场地地震效应及构造断裂对场地稳定性的影响。

### （三）详细勘察

经过选址和初勘后，场地稳定性问题已解决，为满足初步设计所需的工程地质资料亦已基本查明。详勘的任务是针对具体建筑地段的地质地基问题所进行的勘察，以便为施工图设计阶段和合理的选择施工方法提供依据，为不良地质现象的整治设计提供依据。对工业与民用建筑而言，在本勘察阶段工作进行之前，应有附有坐标及地形等高线的建筑总平面布置图，并标明各建筑物的室内外地坪高程、上部结构特点、基础类型、所拟尺寸、埋置深度、基底荷载、荷载分布、地下设施等。

详勘主要以勘探、室内试验和原位测试为主。



#### （四）施工勘察

施工勘察指的是直接为施工服务的各项勘察工作。它不仅包括施工阶段所进行的勘察工作，也包括在施工完成后可能要进行的勘察工作（如检验地基加固的效果）。但并非所有的工程都要进行施工勘察，仅在下面几种情况下才需进行：对重要建筑的复杂地基，需在开挖基槽后进行验槽；开挖基槽后，地质条件与原勘察报告不符；深基坑施工需进行测试工作；研究地基加固处理方案；地基中溶洞或土洞较发育；施工中出现斜坡失稳，需进行观测及处理。

### 五、岩土工程勘察内容

岩土工程勘察从开始到结束，包括下述几项主要工作。

#### （一）勘察纲要

勘察纲要是勘察工作的设计书，是开展勘察工作的计划和指导性文件。

勘察纲要的内容取决于设计阶段、工程重要性和场地的地质条件，其基本内容有以下几个方面：

- （1）工程名称、建设单位及建设地点；
- （2）勘察阶段及勘察的目的和任务；
- （3）建筑场地自然条件及其研究程度的简要说明；
- （4）勘察工作的方法和工作量布置，包括尚需搜集的各种资料文献、工程地质测绘、勘探、原位测试、土和水分析，各种长期观测及需总结的项目的内容、方法、数量，以及对各项工作的要求；
- （5）资料整理及报告书编写的内容要求；
- （6）勘察工作进行中可能遇到的问题及采取的相应措施；
- （7）附件，包括工程地质勘察技术要求表、勘探试验点布置图及勘察工作进度计划表等。

#### （二）工程地质测绘与调查

当地质条件复杂或有特殊要求的工程项目，在选址或初勘阶段，应先进行工程地质测绘与调查，其目的在于查明拟建场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、物理地质现象及工程活动对场地稳定性的影响等，为确定勘探、测试工作及对场地进行工程地质分区与评价提供依据。

测绘范围包括场地内外和研究内容有联系的地段。对工业与民用建筑，测绘范围应包括建筑场地及其邻近地段；对于渠道和各种线路建设，测绘范围应包括线路及轴线（或中线）两侧一定宽度的地带；对于洞室工程，应包括洞室本身、进洞山体及其外围地段。对复杂场地，应考虑不良地质现象可能影响的范围，例如拟建在靠近斜坡地段的

建筑物，测绘范围应包括邻近斜坡可能产生滑坡的影响地带；对于泥石流，不仅要研究与工程建设有关的堆积区，而且要研究补给区（形成区）和通过区的地质条件。

测绘方法常用的有路线穿越法、界线追索法和布点法等 3 种。

（1）路线穿越法是沿着与地层的走向、构造线方向及地貌单元相垂直的方向，穿越测绘场地，详细观察沿线的地质情况，并将观察到的地质情况标示在地形图上。

（2）界线追索法是一种辅助方法，系沿地层走向或某一构造线方向追索，以查明其接触关系。

（3）布点法是在上述方法工作的基础上，对某些具有特殊意义的研究内容布置一定数量的观察点，逐步观察。

上述 3 种方法都需设立观察点来观察地质现象。因此，确定观察点的位置是个关键，通常将观察点定在不同岩层的接触处，不同地貌单元及微地貌的分界处，地质构造或物理地质现象地段，以及对工程性质有重要意义的地方。

测绘的比例尺：选址阶段应不小于 1:50000；初勘阶段可选用 1:2000 ~ 1:5000；详勘阶段可选用 1:500 ~ 1:1000。测绘精度：要求地质界线在图上的最大误差不超过 5mm；与工程设计有关部位不超过 3mm。

### （三）勘探工作

工程地质测绘只能查明地表出露的现象，对于地下深部的地质情况需靠勘探来解决，但勘探点的布置又需要在测绘的基础上予以确定。通过勘探可查明场地内地层的分布和变化，并鉴别和划分地层；了解基岩的埋藏深度和风化层的厚度；探查岩溶、断裂、破碎带、滑动面的位置和分布范围等。

勘探包括掘探（探井或探槽）、钻探、触探和物探等 4 大类。

#### 1. 掘探

探井常根据开口形状分为圆形、椭圆形、方形和长方形几种，其截面有  $1\text{m} \times 1\text{m}$ 、 $1\text{m} \times 1.2\text{m}$  和  $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$  等不同尺寸，挖掘硬土层时用较小的尺寸，松土层时用较大的尺寸，当土层松软易于坍塌时，必须支护井壁，确保施工安全。

在挖掘过程中，必须随时记录和描述，并作探井展开图。其内容包括：探井编号、位置、标高、尺寸、深度，井壁加固情况；地下水的初见水位和稳定水位；岩土的名称、颜色、粒度、包含物、湿度、密度和状态；土层厚度及产状。

探槽适用于了解地质构造线、断裂破碎带的宽度、地层、岩性分界线、岩脉宽度及其延伸方向等，一般在覆土厚度小于 3m 时使用。

#### 2. 钻探

在工程地质勘探中，钻探是目前最常用、最广泛、最有效的一种勘探手段。利用钻探设备及工具，在地壳中钻进直径小（如浅孔钻钻孔直径小于 325mm）、深度大（浅孔钻深度可达 100m），叫做“钻孔”的圆柱形空间，从钻孔中取出岩土试样，以测定岩土物理力学性质指标，鉴别和划分地层。

在掘探和钻探过程中，不仅可取岩芯和地下水试样，进行室内土、水分析试验，还

可利用这些坑孔进行原位试验或长期观测，如在孔内做十字板剪切试验或地下水位长期观测，在坑内做载荷试验等。

### 3. 触探

触探可分为静力触探和动力触探，它既是一种勘探方法，也是一种测试手段，它还可以确定地基土的物理力学性质、天然地基和桩基的承载力。

### 4. 物探

物探是根据各种岩土具有不同的物理性能，对岩土层进行研究，以解决某些地质问题的一种勘探方法同时，也是一种测试手段。例如，电法勘探是以不同岩土具有不同的电学性质为基础的一种勘探方法；地震勘探则是利用振动方法使地基土产生振动，根据土的振动原理来勘探地基土的物理力学性质。国内目前使用的其他物探方法尚有磁法勘探、孔内无线电波透射法和超声波波速法等。

我国用物探方法在解决下述工程地质问题方面已取得了较好的效果：查明地层界线及其在水平和垂直方向的分布和变化；查明基岩的埋藏深度和风化层的厚度；探查岩溶、断裂破碎带的分布和发展规律；测定地基土的动力特性；查明地下水的水位、流速和流向等。

## （四）测试工作

测试工作包括室内试验和现场原位试验。前者有室内的土工试验和水分析试验；后者包括载荷试验、十字板剪切试验、大型直剪和水平推剪试验、地基土动力参数测定、桩基承载力测定和抽水试验等。通过测试，为设计和施工提供所需计算指标。

## （五）长期观测工作

勘察中的长期观测工作主要指建筑物的沉降观测、滑坡的位移观测和地下水的动态观测。这三个问题的研究，往往需要延续较长的时间，不是一般工程勘察周期内能完成的。长期观测所得到符合客观规律的资料，一方面可用于设计和施工，另一方面也可检验一般测试资料及对工程问题的计算和评价的适用性，以便总结经验，不断提高勘察工作水平。

## （六）岩土工程分析评价与成果报告

岩土工程勘察的成果应编写成一份岩土工程报告，这是一份十分重要的文件，它不仅是全体勘察人员劳动的结晶，特别是对设计、施工、工期、质量和投资起着至关重要的作用。岩土工程报告常由3部分组成：

（1）岩土工程资料 包括室内试验、野外勘探工作的方法和工作量。

（2）岩土工程资料的评价 应评价岩土参数的变异性、可靠性和适用性。对不同测试手段所得的成果应进行比较分析，应指出不合格的、不相关的、不充分的或不准确的数据，凡有矛盾的测试结果均应仔细分析，以便确定是错误的还是反映真实情况的。

（3）结论和建议 包括对岩土工程主要问题的评述；地层变化情况以及岩土工程参

数的选择；最简便和最廉价的基础方案的建议；对施工时预期可能出现的问题的预防或解决措施的建议。

## 第二节 岩土工程勘察技术

### 一、岩土试验技术

#### 1. 岩土离心模拟试验技术

岩土离心模拟试验技术是岩土工程试验中的一项核心与关键技术，是可以模拟土的重力作用的一种物理模拟技术。数值模拟和物理模拟的相互印证是研究与解决岩土工程问题时必不可少的两个方面。但由于土的力学性状与所处的应力水平密切相关，物理模拟试验必须使模型中的应力水平与现场一致，这只能借助于离心模拟试验技术。

自 1869 年法国 E. Philips 首次提出用离心机做模型试验的设想以后，经历了漫长的探索阶段，直到 20 世纪 30 年代，前苏联和美国才各自利用这种试验方法研究了一些工程问题，之后在离心模拟试验的相似理论、试验设备及试验方法等方面做了许多有成效的工作。20 世纪 60 年代后期，英国、美国和日本等国开始制造土工模型试验用的离心机，其设备比较先进，技术发展比较快。20 世纪 70 年代以后，随着高土石坝、大跨度的地下工程、海上石油平台、大型港口码头、核电站等的建设，对岩土工程提出了一系列技术难题。同时，由于大容量、高速度的电子计算机的普及应用，有限元等数值计算广泛地应用于上述岩土工程问题，对离心模拟试验的验证提出了新的要求，促使 20 世纪 80 年代离心模拟试验技术有了进一步的发展。法国、丹麦、意大利、荷兰、德国等国相继建立土工离心模拟试验室，发展大型离心机，提高了容量，还召开了多次的国际学术会议交流土工离心模拟试验技术。

土工离心模拟试验技术主要可应用于检查工程设计方案的经济合理性与安全可靠性。1988 年巴黎土工离心模拟试验国际学术会议认为，今后对重大工程要逐步做到必须有离心模拟试验的鉴定书，作为设计方案评估及优选的重要依据。对已建工程的安全性和可靠性进行检查。如陕西羊毛湾水库在蓄水以后发现右岸出现裂缝，经离心模型试验为该水库的安全论证及修复提出了重要依据。离心模拟试验是校正数值分析最可靠的手段，还可用离心模型机研究土的地震荷载作用下的性状，这是国际上的最新发展。

#### 2. 岩土试验数据采集及处理系统自动法

土工试验数据采集与处理系统自动化是高新技术在土工试验领域中的具体应用，在我国的发展大致经历了 3 个阶段。20 世纪 70 年代末，我国引进了一批当时在国际上比较先进的土工试验仪器，随着这批仪器的进口，先进的数据采集和处理系统也进入我国，随后对这些系统进行学习、消化与吸收；20 世纪 80 年代初期，土工试验界向政府建议研制开发土工试验数据采集和处理系统，建设部投资 10 余万元在北京市勘察院进

行试点工作, 1982 年地矿部地球物理研究所与北京市勘察院合作研制出 GSX-1 型工程地质试验数据处理系统, 该系统可控制 36 台固结仪, 一台静三轴仪的数据采集与处理, 其他一些单位也研制成类似的系统, 但由于系统本身的缺陷, 部件效能不稳定或元器件质量不过关而不适宜于推广应用; 20 世纪 80 年代中期以后, 土工试验数据采集与处理自动化得到了较大的发展与普及, 其中有 3 个系统值得介绍: 空军工程设计研究局研制的 KTG 固结试验检测处理系统通过鉴定, 之后又进一步开发, 增加了直剪试验、三轴试验的数据采集与处理功能, 并完成了与微机的通讯联系, 实现了分散采集、分散处理与分散采集、集中处理的双重功能; 南京自动化研究所先后与上海勘察院、华东电力设计院、机电部工程勘察研究院等单位合作, 研制出 TSW-1 型土工试验微机数据采集处理系统, 整个系统由微机支持, 选用电位器式位移传感器, 配有绘图仪和打印机, 有 104 路模拟通道和 40 路数字通道, 可以完成固结、直剪和三轴等常规力学试验和物理性质试验的数据采集、处理、绘图和打印功能, 采用集中采集、集中处理的模式; 南京土壤仪器厂与南京船舶雷达研究所、南京市建筑设计院勘察分院合作, 研制出 TWJ 土工试验微机数据采集和处理系统, 该系统由微机控制, 选用差动变压器式位移传感器, 采用 C 语言编程, 分散采集, 集中处理的模式。

## 二、岩土工程地质信息系统与专家系统

20 世纪 90 年代初, 武汉市勘测设计研究院开发了“武汉市城市工程勘察岩土工程信息系统”(UGEIIS), 其主要功能包括: 对长期积累的资料进行管理和维护, 输入不同媒体的数据和通过软盘输入试验室土工试验数据; 对可入库资料进行街区范围搜索、按图幅号检索、单项检索和多条件检索; 土工参数的统计分析; 图表输出; 单项工程勘察资料信息处理, 包括数据与图形输入、计算统计、自动分层、自动绘图和编制勘察报告。

北京市勘察设计院分别于 1991 年、1993 年和 1995 年建立了“北京工程地质信息系统”(BEGIS)、“城市建设工程勘察信息系统”(GEIS) 和“北京市区潜层地下水信息管理系统”(BGWIMCS) 均以数据库为核心, 系统中各模块的功能可视对数据库的一组操作, 既重视已有数据资料的存储、查询和分析, 又提供新工程项目专业报告的地层数据统计分析和图文编制等功能。

20 世纪 90 年代中期左右, 人工智能、专家系统技术和 GIS 技术从实验研究阶段向实际应用阶段发展, 为半理论、半经验性很强的岩土工程分析提供了新的计算机应用拓展的机遇, 计算机在工程勘察中的应用进入智能化分析辅助决策系统的阶段。在这期间, 桂林冶金地质学院开发的“膨胀土地区工程建设专家系统”(ESCES), 可以根据土工试验指标和滇桂经验鉴别膨胀土; 通过系统提问、推理, 对膨胀土类别和膨胀性进行划分; 通过试验结果或根据用户提供的土、水资料确定地基承载力; 可分别按照国家标准或地方标准对地基等级进行划分, 作为地基处理、基础选型的基础资料; 通过系统推理、滇桂经验和工程实例综合论证基础选型及处理方案; 对膨胀土边坡稳定性作出评价并提出整治措施。

北京市勘察设计院张在明等开展了探索性项目“工程勘察与地基评价计算机专家系统”(EIFEES)的研究,这一系统的功能包括对专家知识、公认经验和规范知识的获取和扩充功能;知识的表示、存储和处理功能;正、逆向多级的学习和推理功能(包括不精确推理功能);数据和图形的智能处理功能;数据流的控制功能;具有开放特性的数据库功能;计算分析功能和报告文本的编辑功能等。

当使用 EIFEES 系统时,可自动访问 GIS 系统和有关数据库,查询与本工程有关的资料;根据场区的邻近资料和拟建建筑物的结构特点,用模糊分析和人工神经网络方法相结合判定场区的复杂性,确定钻探方案所需的参数;针对建筑物的条件,根据规范和经验自动布置钻孔位置,自动进行钻孔分类(控制孔和一般孔),计算孔深和钻探工作量,完成勘察纲要;按规范规定对已采集的数据进行处理和统计;依据规范要求和智能约束条件初步选择合理的地基方案;针对选择的地基方案进行各类工程分析;根据钻探资料和对 GIS 和 GWIMCS 系统的访问结果,提出满足规范要求的水文地质资料,提出建筑防水、抗浮和地下室外墙承载力验算所需的水文参数;提出施工期间地下水控制方案及参数;根据原位测试成果和对系统的访问结果,提出地震场地类别,必要时提供其他有关的抗震设计参数;综合以上结果,提出本工程项目的地基方案、承载力参数及地基评价;进行工程图件的绘制和报告编辑;自动完成当前工程资料的存储及知识库、实录库的扩充。

EIFEES 系统具有下列特点:

1. 系统的完整性。由于系统包括了多方面的知识库、子专家系统、工程实录库和富有特色的推理机,包容了多个范畴的专家知识、公认经验和规范规程的有关规定,实现了与 GIS 系统和多个信息系统的有效连接,从而形成了能够满足专业要求的连续的多维空间模糊性和随机性推理要求,并能自动进行数据、文本和图形处理的“大系统”,可以辅助完成一项工程勘察自始至终的所有生产程序,实现了系统的完整性。

2. 技术的先进性。在软件的开发方面采用了先进的数据库引擎和 ODBC(开放的数据库连接)标准,Windows 环境下多种语言的动态数据技术、OLE(目标的链接与嵌入)技术、地理信息系统(GIS)开发技术和具有 Windows 界面的人工智能专家系统构造技术;在专家系统的结构上采用了利用模糊子集的正向推理-神经网络分析的两层模型。并在此基础上形成的推理机是该系统开发的一个显著特点,即可以使用正向、逆向、正向和逆向联合三种演绎推理方法。其中很多技术都是在行业应用软件中首次使用。

3. 具有流畅的界面和易使用性。系统采用 WINDOWS3.X/95 环境,在数据输入、图形编辑等方面采取了多项方便用户的措施,不但使系统简单易学,而且大大提高了工作效率。

4. 系统运行的稳定性、可靠性和易维护、易扩展性。

从资料检索看出,这个系统是国内外在勘察行业中第一个开发成功的可用于生产全过程的大型专家系统,系统的开发成功和推广使用具有很大的理论意义和实用价值,有利于勘察技术水平的提高,促进勘察行业工作面貌的改变,在国家基本建设中具有很大

的经济和社会效益。

### 三、强震区勘察技术

#### (一) 对饱和砂土液化的认识评价

对地震液化规律性的认识建立在现场宏观调查、取得第一手资料的基础上,对砂土液化的机理和判别的研究由不同的途径得到了互补性的研究成果:

1. 与地震背景、地貌地形等宏观条件相结合,从断裂、土层的性质、地貌特征、地下水等因素分析液化的形成与发展的规律。水冒砂使砂层的密度变松,在地震以后孔隙水压力消散使砂土密度又趋向增大。《建筑抗震设计规范》中规定的对饱和的砂土或粉土进行初步判别为不液化的条件从一个侧面反映了土的年代、粘粒含量、地下水位以及上覆非液化土层厚度等因素对限制形成土层液化的重要影响。

2. 以室内试验为主要手段模拟土体内任一点作用的静、动应力状态,研究土发生液化的可能性,或土发生液化时静、动应力的组合条件。

3. 以现场原位试验为主要手段,通过统计分析寻找实用的液化判别方法。哈尔滨工程力学研究所根据我国几次大地震的震害调查和勘探分析,并在标准贯入对比试验基础上提出了评价砂土液化的实用公式。

4. 从震害调查中人们发现,就可能发生液化的土类而言,从实际地震中出现液化的土类来看,已超过了过去一般认为只有饱和砂(特别是粉细砂)才能液化的传统观念,而已扩大到含有一定的细颗粒含量(例如粒径小于 $0.005\text{mm}$ 的粘粒质量超过总质量的 $15\% \sim 20\%$ )的少粘性土和含有一定粗颗粒含量(例如粒径大于 $5\text{mm}$ 的砾粒质量不超过总质量的 $60\% \sim 70\%$ )的砂砾料。这个宏观的震害调查得到的情况也在室内试验中出现和得到证实,并已为岩土工程界取得基本一致的认识。上面所说的少粘性土,即粉土,在 $70 \sim 80$ 年代一度称为轻亚粘土,对于这种土类也进行了大量的原位试验和室内试验,发现粉土的液化具有不同于砂土的一些特性,从而提出了判别粉土液化的实用方法。粉土液化判别的实用方法已经列入抗震设计规范、岩土工程勘察规范或地基基础设计规范,对粉土的地震液化从发现宏观现象,进行机理研究到提出实用判别方法,形成了一种成熟的强震区勘察技术。

5. 地震液化判别与评价的专家系统。石兆吉等认为地震液化属于复杂问题,同一场地由不同专家用不同方法进行判别与评价,可能得到不同的结果,因此适宜于应用专家系统。系统由知识库、规则库和推理机组成。

#### (二) 断裂

断裂的勘察与评价是强震区工程建设的重要问题。断裂的地震工程分类分为全新活动断裂、发震断裂、非全新活动断裂和地裂四类。对于活动断裂早在 $100$ 多年前就受到地质学家的注意,但对活动断裂的研究是最近 $20$ 多年的事。对于活动断裂涵义的认识,

各国、各部门，甚至各个学者都不相同，但公认的是：活动断裂是那些在近代地质史上有过活动，同时在将来也容易或可能重新活动的断裂。当前争论和分歧较大的是活动断裂的时限，我国在地震工程领域中对于活动断裂的判定有重要的进展，具有重大的工程意义。根据国内发表的观点，有如下几种意见：

1. 新生代或新第三纪有过活动的断裂，即传统的新构造断裂，由于活动时限过远，工程界已多不采用；

2. 第四纪（200 万年）以来有过活动的断裂，这种观点得到地震地质界普遍的应用，工程界也是重视的；

3. 中更新世（15~70 万年）以来有过活动的断裂，这是根据我国构造运动的具体情况提出来的，在地震地质界都有应用；

4. 晚更新世（1.0~15 万年）以来有过活动的断裂，水利水电工程特别重视晚更新世以来有过活动的断裂；

5. 全新世（1.0 万年）以来活动过的断裂，由于是距今最近的地质年代，对工程的影响至关重要，这种观点常被工程界所支持，常被重大工程所采用。

地裂分为构造性地裂和重力性地裂两种，构造性地裂是由强烈的地震动和断裂错位应力引起的，与发震断裂走向吻合；重力性地裂是由于液化、滑移在地面造成的沿重力方向产生的无水平错位的张性地裂缝。在工程勘察中鉴别活动断裂的方法主要为查阅文献资料、运用遥感技术和进行野外调查。目前国内外已广泛应用卫星像片和航空像片的地质解释来发现和鉴别活动断裂，遥感技术具有直观性强、速度快、精度高、成本低的优越性，它视域广、信息多、透视深，对反映断裂构造具有独特的效果，尤其对隐伏活动断裂的分析能弥补一般地质方法的不足。

中国科学院工程力学研究所根据对几次大地震的实地调查，研究了断裂对地震烈度的影响，认为由于发震断裂释放能量而引起地震的强烈程度，就是基本烈度所表示的内容，在断裂上方或其附近，震动的程度并不比基本烈度更强，因此由断裂错位而产生的破坏作用，是一种地基失效现象，不能用提高烈度的方式来处理，而只能用场地选择和抗震构造措施去解决；对于非发震断裂的影响，可以按其破碎带的实际场地土层情况来考虑。

方鸿琪等研究了唐山地震后的地形变及历史地质形迹，根据唐山地区大地精密三角测量所得地面水平与垂直位移幅值与地震效应表明，唐山断裂是一条发震断裂，是孕育 1976 年大地震的主要机制，断裂的地面效应受断裂类型、地层结构、地形地貌及距发震断裂的距离等因素所控制。

## 四、取土技术

### （一）取土器的技术参数

#### 1. 直径



取土器直径的大小，关系到土样质量。设计取土器直径应考虑下列因素：

(1) 取样方法：取样时土试样与取土筒内壁产生摩擦而造成土试样边缘扰动，此扰动。

(2) 土层性质：对于易扰动的软土，取土器直径不应小于 100mm；湿陷性黄土不应小于 120mm；砂土可采用直径较小的取土器，以免提取时脱落土试样。

(3) 环刀直径：目前土工试验所用的环刀直径，其规格有多种，土样直径除去扰动带宽度后，尚应稍大于环刀直径。

此外，尚应考虑取样长度和目前所生产的管径直径。取土器愈长，则其直径应相应增大。

## 2. 内间隙比

取土管内径 ( $D_s$ ) 和管靴刃口内径 ( $D_e$ ) 之差与刃口内径之比称内间隙比 ( $C_i\%$ )，如图 1-3-1。

$$C_i = \frac{D_s - D_e}{D_e} \times 100 \quad (1-3-1)$$

内间隙比的大小主要是控制土试样与取土器内壁摩擦引起的压密扰动和减少掉样现象。如内间隙比过小，则扰动宽度增加；过大则难以保证采取率。

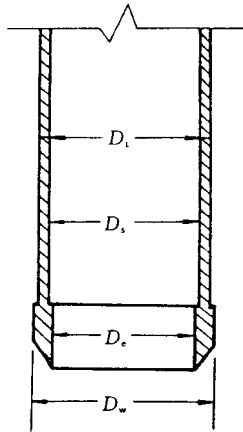


图 1-3-1 取土器间隙比

## 3. 外间隙比

取土器管靴外径 ( $D_w$ ) 和取土管外径 ( $D_t$ ) 之差与取土管外径之比称外间隙比 ( $C_0\%$ )，如图 1-3-1。

$$C_0 = \frac{D_w - D_t}{D_t} \times 100 \quad (1-3-2)$$

外间隙比要选择适当，以减少取土器外壁与孔壁的摩擦，从而减少取土器进入土层的阻力。但外间隙比不宜太大，否则会增加取土器的面积比，也就增加土试样的扰动程度。

4. 面积比

取土器外径所包围的最大断面积和不扰动土试样断面积之差与不扰动土试样断面积之比称面积比（ $A_r\%$ ）

$$A_r = \frac{D_w^2 - D_e^2}{D_e^2} \times 100$$

(1-3-3)

取土器面积比越小，则土试样所受的扰动程度就越小，要使面积比小，关键是减少取土器壁厚。但取土器壁太薄容易产生变形而影响土试样质量。因此，在保证取土器壁有足够的强度和刚度的前提下，尽量使面积比设计得最小。

取土器的基本技术参数如表 1-3-3。

表 1-3-3 取土器技术参数

技术参数	厚壁取土器	中厚壁取土器	薄壁取土器
面积比（ $A_r\%$ ）	13~20	10~20	$\leq 10$
内间隙比（ $C_i\%$ ）	0.5~1.5	0.5~1.5	0.5~1.0
外间隙比（ $C_o\%$ ）	1.0~2.0	0~2.0	0
刃口角度 $\alpha$ （°）	5~10	5~10	5~10
长度 $L$ （mm）	400，550	450，550	砂 土 5~10 $D_e$ 粘性土 10~15 $D_e$
内径 $D_e$ （mm）	75~89，108	75，100	75，100
衬 管	整圆或半合管，塑料， 酚醛层压纸或镀锌铁皮 制	整圆或半合管，塑料， 酚醛层压纸或镀锌铁皮 制	无衬管；束节式 取土器衬管，整圆 或半合管，塑料， 酚醛层压纸或镀锌 铁皮制

- 注：1. 取土器及衬管内壁必须光滑圆整，内壁加工光洁度应达  $\nabla_5 \sim \nabla_6$ 。
2. 允许使用带衬管的束节式取土器代替薄壁取土器。其下端薄壁管靴段长度不应小于  $3D_e$ ，其余参数应符合本表对薄壁取土器要求。
3. 回转式取土器面积比不受本表限制。

5. 管靴刃口的形式及角度

管靴刃口的形式有两种：即单倾斜刃口和双倾斜刃口（图 1-3-2）。我国采用较多的是单倾斜刃口。单倾斜刃口的角度一般为  $10^\circ$  左右。

6. 取土管的形式

（1）根据取土器侧壁层数取土管的形式可分为：

- ①单壁式：一般的活塞取土器为单壁，适用于砂层。
- ②复壁式：为最常见的取土器。

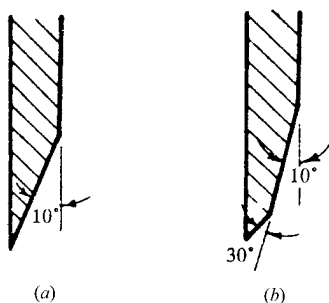


图 1-3-2 管靴刃口形式  
(a) 单倾斜刃口 ; (b) 双倾斜刃口

(2) 根据取土管结构又可分为：

①圆筒式：取土管带有两对退土槽，退土时，将退土棍插入退土槽中，用退土器顶退土棍将取土衬筒顶出。这种退土方法有时会引起人为的二次扰动，尤其在软土中，一般不宜采用。

②半合焊接式：取土管分成两半，一半的下端与管靴焊在一起，另一半可插入，取土管上部用螺钉固定，这种形式的取土管可避免在退土时的人为二次扰动。

③可分半合式：在软土地区较普遍使用的一种。取土管上部用丝扣与余土管连接，下部用丝扣与管靴相接，卸土时，只要将余土管、管靴拧下，将半合的管打开，即可取出土试样。

#### 7. 上部封闭装置

上部封闭装置基本上有三种类型：限制球阀式、上提活阀式、简易活塞式。同一种封闭装置也有多种不同形式，如：上提活阀式常用的有三种形式（如图 1-3-3）。

### (二) 取样技术要求

在钻孔中采取Ⅰ～Ⅱ级土试样，操作方法应符合以下要求：

1. 在地下水位以上钻进遇水易于浸湿而影响土试样质量的土层，不允许向孔内注水或使用冲洗液。
2. 在地下水位以下的软土、粉土及砂土中钻进宜采用泥浆护壁。如使用套管，应始终保持孔内水位等于或稍高于地下水位，且取样位置至少应低于套管底部 1m。
3. 如采用冲击、振动等方法钻进，至少应在预计取样位置以上 1m 开始改用回转方式钻至取样位置。
4. 下放取土器之前应仔细清孔，孔底残留浮土厚度不得大于取土器上端废土段长度，下放取土器时禁止冲击孔底。
5. 采取土试样宜用快速静力连续压入法；条件不允许时也可采用重锤少击方式，但应有良好的导向装置，避免锤击时摇晃。
6. 对粘性较强的土层，上提取土器之前可回转 3 圈，使土试样从底端断开。

### (三) 取土方法

#### 1. 击入法

(1) 按锤击能量应采用重锤少击法。

(2) 按锤的位置可分为：(1) 上击法和 (2) 下击法。

#### 2. 压入法

##### (1) 慢速压入法

是用杠杆、千斤顶、钻机手把等加压，取土器进入土层的过程不是连续的。慢速压入法取样对土试样有一定程度的扰动。

##### (2) 快速压入法

是将取土器快速、均匀地压入土中，采用这种方法对土试样的扰动程度最小。目前较普遍使用的方法有两种：

活塞油压筒法系采用比取土器稍长的活塞油压筒通以高压，强迫取土器以等速压入土中。

纲绳、滑车组法是借机械力量通过纲绳、滑车装置将取土器压入土中。

#### 3. 回转法

这种方法系使用回转式取土器取样。取土时内管压入取样，外管回转削切的废土一般用机械钻机靠冲洗液带出孔口。使用这种方法取样可减少土试样的扰动程度，从而提高取样质量。

## 第三节 特殊性岩土勘察

### 一、红粘土地基勘察

#### (一) 地质测绘与调查

1. 不同地貌单元的红粘土和次生红粘土的分布、厚度、物质组成、土性、土体结构等特征及其差异。

2. 下伏基岩的岩性、岩溶发育特征与红粘土土性、横向厚度变化的关系。

3. 查明地裂分布、发育特征及其与各自然因素的内在联系。在场地范围内划分出土体结构特征不同的红粘土分布。调查土中裂隙的密度、延伸方向、深度等发育特征及规律，分析其对人工边坡的影响。

4. 地表水体、地下水的分布、动态及其对红粘土湿度状态垂向分带、土质软化的影响。

5. 已有各类建筑物的使用情况，开裂原因的地基分析，地基勘察、设计与基础施

工的经验，有效工程措施及其经济指标。

（二）勘察工作的布置

- 1. 初步勘察：按一般地区复杂场地的规定进行。
- 2. 详细勘察：按地基均匀性类别布置钻孔及确定钻探深度。

（1）勘探点间距的确定，对Ⅰ类地基一般为12~25m。对Ⅱ类地基，由于土层的厚度状态变化较大，应结合下伏基岩的岩溶发育和起伏变化等确定。一般为6~12m，并沿基础轴线布置，在土层厚度和状态变化大的地段，应按柱基单独布置。

（2）勘探点深度的确定，当基础形式或荷载条件符合表1-3-4规定时，勘探点深度按表值确定。当条件不符或需要计算地基沉降量和在荷载差异较大的交接部位，应按本手册第7篇对各类建筑物勘察的规定执行。

表 1-3-4 红粘土勘探点深度

单独基础		条形基础	
荷 载（kN）	勘探孔深度（m）	每延米荷载（kN/m）	勘探孔深度（m）
3000	6.5（4.0）	250	5.0（3.0）
2000	5.0（3.5）	200	3.5（0.5）
1000	3.5（2.5）	150	1.5（0）
500	1.0（0）	100	1.0（0）

注：勘探孔深度从基础底面算起。括号内数值系指地基沉降计算深度内存在软塑土层时应增加的勘探深度值。

3. 施工勘察：当基础方案采用岩石端承桩基、场地属有石芽出露的Ⅱ类地基或有土洞需查明时应进行施工勘察，其勘探点间距和深度根据需要单独确定。

注：对Ⅱ类地基上的各级建筑物，基坑开挖后，对已出露的石芽及导致地基不均匀性的各种情况应进行施工验槽工作。

二、黄土地基勘察

（一）对勘察工作的要求

1. 查明地层时代、成因、湿陷性土层的厚度，湿陷性随深度变化，场地湿陷类型和湿陷等级的分布，地下水位变化幅度和其它工程地质条件。结合工程要求，对场地和地基作出评价和处理措施建议。

2. 采取不扰动土试样（Ⅰ级土试样）。探井中取样竖向间距一般为 1m，土样直径不应小于 10cm；钻孔中取样，必须注意钻进工艺，应按本节第二款有关规定执行。

取土勘探点中，应有一定数量的探井，在Ⅲ、Ⅳ级自重湿陷性黄土场地，探井数量不得少于  $1/3$ 。

3. 为评价地层均匀性和土的力学性质, 勘探点中应有一定数量的静力触探孔, 并可采用标贯试验或旁压试验等原位测试手段。

4. 勘探点的间距, 宜按表 1-3-5 确定。

表 1-3-5	勘探点的间距 (m)
---------	------------

场地类别	初步勘察	详细勘察
简单场地	250 ~ 150	100 ~ 50
中等场地	150 ~ 100	50 ~ 30
复杂场地	100 ~ 50	< 30

注：场地的复杂程度可分为：

1. 简单场地：地形平缓、地貌、地层简单，湿陷类型单一，湿陷等级变化不大；
2. 中等场地：地形起伏较大，地貌、地层较复杂，不良地质现象局部发育，湿陷类型、湿陷等级变化较复杂；
3. 复杂场地：地形起伏很大，地貌、地层复杂，不良地质现象广泛发育，湿陷类型、湿陷等级分布复杂，地下水位变化显著。

取样勘探点，初步勘察时应按地貌单元和控制性的地段布置，其数量不得少于全部勘探点的 1/2；详细勘察时不得少于全部勘探点的 2/3，若勘探点的间距较大或数量不多时，全部勘探点可作为取样勘探点。

5. 勘探点深度除应大于压缩层深度外, 对非自重湿陷性黄土场地还应大于基础底面下 5m。对自重湿陷性黄土场地, 当基础底面以下湿陷性黄土厚度大于 10m 时, 对陇西、陇东和陕北地区, 不应小于基础底面下 15m, 其它地区不小于基础底面下 10m。对甲、乙类建筑物, 应有一定数量的取样勘探点穿透湿陷性土层。

6. 在特定条件下,季节性降水或定期灌溉等会影响黄土的湿陷性评价。雨季取样试验确定的湿陷等级和承载力会偏低,而在旱季确定的湿陷等级和承载力又可能偏高。这些因素,在勘察和评价时应根据具体情况加以考虑。

## （二）钻孔内取的扰动土试样的操作要点

在湿陷性黄土地区进行勘察时，为了正确评价黄土地基的湿陷程度，在钻孔中采取不扰动土试样，必须严格掌握钻进操作方法和取样方法，使用适合的取土器。

1. 钻进方法，一般宜采用回转钻进，在含水量适中（ $16\% < \omega < 24\%$ ）及有经验时，亦可使用冲击钻进。

回转钻进时应使用螺纹钻头，并应控制每次进尺的深度，严格掌握“一米三钻”的操作顺序，即取样间隔 1m 时，第一钻进尺 0.5 ~ 0.6m，第二钻清孔进尺 0.2 ~ 0.3m，第三钻取土样。当间距大于 1m 时，其下部 1m 深度内仍按上述方法操作。

清孔时应不加压或少加压慢速钻进，最好使用薄壁取土器压入清孔，一次压入或击入 12 ~ 15cm，严禁多次压入或击入。不得使用小钻头钻进，大钻头清孔。

冲击钻进时，应使用专用的薄壁钻头（直径不小于 140mm，壁厚不大于 3mm，刃口角度不大于  $10^\circ \sim 12^\circ$ ），并严格执行“一米三钻”操作顺序。

2. 取样方法，压入法：取样前，将取土器轻轻吊起放至孔内预定取土深度处，然后以均速压入，中途不得停顿，钻杆要保持垂直和不摇摆，压入深度以超过盛土段 3 ~ 5cm 为宜。

击入法：要一击完成，不得进行二次锤击。

### （三）钻探取样需注意的事项

1. 严禁向钻孔内加水钻进。
2. 卸土过程不得用钎头敲打取土器，土样从取土器推出时，要防止土筒回弹崩裂土。
3. 要经常检查钻头、取土器是否完好，检查取出的土样是否受压受损、碎裂等。
4. 经常注意与探井取样进行对比。
5. 勘察报告应注明钻进、取样方法和取土器规格，并应评价土样质量。

## 三、软土地基勘察

### （一）勘察要点

软土地基勘察，应着重查明和分析：

1. 软土的成因、成层条件、分布规律、层理特征，水平与垂直向的均匀性、渗透性，地表硬壳层的分布与厚度，地下硬土层或基岩的埋藏条件与分布特征；
2. 暗浜、暗塘、墓穴、填土、古河道的分布范围和埋藏深度；
3. 软土的固结历史，强度和变形特征随应力水平的变化，以及结构破坏对强度和变形的影响；
4. 地下水对基础施工的影响，地基土在施工开挖、回填、支护、降水、打桩和沉井等过程中及建筑使用期间可能产生的变化、影响，并提出防治方案及建议；
5. 在强地震区应对场地的地震效应作出鉴定。

(二) 勘察工作量

- 1. 勘探点间距，可按表 1-3-6 和 3-3-7 确定。
- 2. 勘探点深度，可按表 1-3-8 和 3-3-9 确定。

(三) 不同工程要求试验方法及设计参数的确定

- 1. 对于一级建筑物应采用不固结不排水三轴剪切试验；对于其它建筑物可采用直接剪切试验。对于加、卸荷快的工程，应做快剪试验；对渗透性很低的粘性土，也可做无侧限抗压强度试验。
- 2. 对于排水速度快的土层，而施工速度慢的工程，宜采用固结排水剪切试验。剪切方法可用三轴试验或直剪试验，提供有效应力强度参数。
- 3. 一般提供峰值强度的参数，但对于土体可能发生大应变的工程应测定其残余抗剪强度。

表 1-3-6 初步勘察阶段勘探点间距

场地类别	勘探点间距（m）
简单场地	150 ~ 200
中等复杂场地	100 ~ 150
复杂场地	50 ~ 100

表 1-3-7 详细勘察阶段勘探点间距

场地类别	一级	二级	三级
	勘探点间距（m）		
简单场地	30 ~ 50	40 ~ 60	50 ~ 70
中等复杂场地	15 ~ 30	25 ~ 40	35 ~ 50
复杂场地	< 15	< 25	< 35

注：1. 为查清暗浜（塘）、墓穴及填土分布范围等，可采用小螺纹钻孔，最小间距 2 ~ 3m；

表 1-3-8 初步勘察阶段勘探点深度（m）

建筑物等级	勘探孔种类	
	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一 级	> 30	> 50
二 级	> 20	> 30



建筑物等级	勘探孔种类	
	一般性勘探孔	控制性勘探孔
三 级	> 10	> 15

表 1－3－9 详细勘察阶段勘探点深度（m）

基础形式	基础宽度（m）				
	1	2	3	4	5
条形基础	8	12	14	—	—
单独基础	—	8	11	13	14

注：1. 表内深度未考虑相邻基底荷载的影响；  
2. 勘探点深度系自基底面算起。

4. 有特殊要求时，对软土应进行蠕变试验，测定土的长期强度；当研究土对动荷载的反应，可进行动力扭剪试验、动单剪试验或动三轴试验。
5. 当对变形计算有特殊要求时，应提供先期固结压力、固结系数、压缩指数、回弹指数。试验方法一般采用常规（24h 加一级荷重）固结试验，有经验时，也可采用快速加荷固结试验。

四、填土的勘察

（一）调查

1. 了解地形和地物的变迁、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、密实性、压缩性、湿陷性、含水量及填土的均匀性等，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. 查明地下水的水质对混凝土的腐蚀性和相邻地表水体的水力联系。

（二）勘探与测试

1. 勘探点一般按复杂场地布置。勘探孔应穿透填土层。对暗埋的塘、浜、沟、坑的范围，应予追索并圈定。
2. 勘探方法：对以粉土、粘性土为主的填土，宜采用轻型钻具，如小口径螺纹钻、洛阳铲等；对含较多粗粒成分的建筑垃圾、工业废料填土，宜采用触探、钻探、并配置适量探井。
3. 测试工作应以原位测试为主、辅以室内试验，宜符合下列原则：

(1) 填土的均匀性及密实度宜用触探测定, 辅以室内试验。轻型动力触探适用于粘性、粉性素填土, 静力触探适用于冲填土和粘性素填土, 重型动力触探适用于粗粒填土。

(2) 填土的压缩性、湿陷性可采用室内压缩试验、浸水压缩试验或载荷试验、浸水载荷试验确定。

(3) 杂填土的密度, 必要时可采用大容积法测定。

(4) 填土的地基承载力, 可由轻型动力触探、重型动力触探、静力触探和取样分析确定, 必要时应采用载荷试验。

(5) 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。压实后测定其压实系数。大量的、分层的检验, 可用微型贯入仪测定贯入度, 作为密实度和均匀性的比较数据。

## 五、膨胀岩地区的勘察

### (一) 测绘及调查

膨胀岩土地区工程地质测绘与调查宜采用 1:1000 ~ 1:2000 比例尺, 应着重研究下列内容:

1. 研究微地貌、地形形态及其演变特征, 划分地貌单元, 查明天然斜坡是否有胀缩剥落现象。
2. 查明场地内岩土膨胀造成的滑坡、地裂、小冲沟等的分布。
3. 查明膨胀岩土的成因、年代、竖向与横向分布规律及岩土体膨胀性的各向异性程度。
4. 查明膨胀岩节理、裂隙构造及其空间分布规律。
5. 调查地表水排泄、积聚情况; 地下水的类型、水位及其变化幅度; 土层中含水量的变化规律。
6. 搜集历年降雨量、蒸发量、气温、地温等气象资料。
7. 调查当地建筑物的结构类型、基础型式和埋深, 建筑物的损坏部位, 破裂机制、破裂的发生发展过程及胀缩活动带的空间展布规律。
8. 调查当地天然及人工植被的分布, 浇灌方法。

### (二) 勘察方法及工作量

勘察方法及工作量根据勘察阶段决定:

1. 膨胀岩土地区勘探点的深度应考虑基础埋深及土层湿度变化的影响深度。一般不小于 5m, 部分勘探点深度不小于 8m。
2. 在控制性勘探孔中应采用 I 级岩土试样。一般勘探孔均应采取 II、III 级岩土试样以测定天然含水量。

3. 膨胀岩土应测定自由膨胀率、收缩系数以及膨胀压力。对膨胀土需测定 50kPa 压力下的膨胀率。对膨胀岩尚应测定粘粒、蒙脱石或伊利石含量、体膨胀量及无侧限抗压强度。为确定膨胀岩土的承载力、膨胀压力，还可进行浸水载荷试验、剪切试验及旁压试验等。

## 六、冻土地基的勘察

### (一) 季节性冻土的勘察

可按一般地区的勘察方法并参照多年冻土地区的勘察方法进行。

### (二) 多年冻土地区的勘察

#### 1. 勘察的主要内容

(1) 查明多年冻土的类别、冻土总含水量、冻土中含水量的分布规律，冻土结构特征、厚度和冻土的物理力学性质，进行融陷性分级及评价。

(2) 查明地表水与地下水特征，研究多年冻土层上水、层间水、层下水的赋存形式、相互关系及其对工程建筑的影响。

(3) 查明多年冻土上限深度的分布范围，确定多年冻土上限深度的采用数值。

(4) 查明多年冻土地区各种不良地质现象，如厚层地下冰、冰椎、冰丘、冻土沼泽、热融滑塌、热融湖塘、融冻泥流等的形态特征、形成条件、分布范围、发生发展规律，分析对工程建筑的危害程度。

(5) 查明大河桥渡冻融区的分布情况。

(6) 查明地下洞室遇到地下水、冻土融化圈造成围岩强度降低及冰层融化，水分转移可能引起的岩土工程问题。

(7) 调查填料、保温材料及工程用水的分布情况。

#### 2. 勘探与测试

多年冻土地区的勘探与测试应满足下列要求：

(1) 勘探点数量、深度，除满足一般地区勘察要求外，尚应适当增加数量，以查明土的含冰变化情况和上限深度，并符合下列要求：

①所有勘探点深度均应穿透上限深度，一般情况下不宜小于上限深度的 1.5 倍。在多年冻土不稳定地带，应有部分钻孔查明多年冻土下限深度，当地基为饱冰冻土或含土冰层时，勘探点应适当加深或穿透该层。

②道路路堑的勘探深度，应至最大季节融冻深度下 2~3m。

③在采用保持冻结原则时，大、中桥地基的勘探深度不应小于 10~20m；小桥和挡土墙的勘探深度不应小于 8~12m；涵洞不应小于 5~7m；对二、三级建筑物地基的勘探深度应至基底下一定深度或桩尖以下 2~3m，对一级建筑物或其它重要工程应视具体情况研究确定。

④对直接建在基岩上的建筑物或对可能经受地基融陷的三级建筑物，勘探深度可按一般地区勘察要求进行。

(2) 在多年冻土地区钻探时，应尽量缩短施工时间，以避免在钻孔周围造成人工融区或孔内冻结。为避免钻头摩擦生热而破坏冻层结构，宜采用低速钻进、并宜采用大孔径，终孔直径不宜小于 108mm，钻进中不宜采用泥浆液，必要时可采用低温泥浆液。

(3) 凡采取保持冻结设计地段的勘探孔，竣工后均需进行回填。

(4) 冻土的试样应尽快试验，以免土试样融化。

(5) 多年冻土试验项目，除按一般物理力学性质试验要求外，应根据各类工程建筑的不同需要，提供冻土的热物理及力学参数，如导温系数、融化系数、冻土地基承载力等。

(6) 为查明地温状态与土的物理力学性质的关系，必要时，应建立地温观测点。

(7) 为查明多年冻土地区不良地质现象的季节性特点，调查的时间应包括二～五月份；上限深度勘察宜在九～十月份进行。

## 七、盐渍岩土勘察

### (一) 勘察内容

1. 盐渍岩土的分布范围，形成条件、含盐类型、含盐程度、溶蚀洞穴发育程度和空间分布状况，以及植物分布生长状况。

2. 对含石膏为主的盐渍岩，应查明当地硬石膏的水化程度（硬石膏水化后变成石膏的界限）；对含芒硝较多的盐渍岩，在隧道通过地段查明地温情况。

3. 大气降水的积聚、径流、排泄、洪水淹没范围、冲蚀情况，及地下水类型、埋藏条件、水质变化特征、水位及其变化幅度。

4. 有害毛细水上升高度值。粉土、粘性土用塑限含水量法，砂土用最大分子含水量法确定。

5. 搜集研究区域气象（主要为气温、地温、降水量、蒸发量）和水文资料，并分析其对盐渍岩土工程性能的影响。

6. 搜集研究区域盐渍岩土地区的建筑经验。

7. 对具有膨胀性、湿陷性的盐渍岩土，尚应按照有关规范查明其湿陷性和膨胀性。

### (二) 勘探点的布置及试样的采取

1. 勘探点的布置尚应满足查明盐渍岩土的分布特征的要求。

2. 采取岩土试样宜在干旱季节进行。对用于含盐离子分析的扰动土试样，应符合表 1-3-10 的规定。

表 1-3-10

盐渍土扰动土试样取样要求

勘察阶段	深度范围 (m)	取土试样 间 距 (m)	取 样 点 占 勘察点总数 (%)	勘察阶段	深度范围 (m)	取土试样 间 距 (m)	取 样 点 占 勘察点总数 (%)
初步勘察	< 5	1.0	100	详细勘察	< 5	0.5	100
	5 ~ 10	2.0	50		5 ~ 10	1.0	50
	> 10	3.0 ~ 5.0	20		> 10	2.0 ~ 3.0	30

注：浅基取土试样深度到 10m 即可

### (三) 原位测试及室内试验

1. 原位测试：根据盐渍土的分类选用适宜的原位测试方法，宜进行载荷试验。对湿陷性盐渍土应做大面积浸水试验和浸水载荷试验，以确定其湿陷性质；对松胀性盐渍土应进行长期观测以确定其松胀临界深度。

#### 2. 室内试验

(1) 试验方法应按照盐渍土试验的特殊要求，对松胀性和湿陷性指标的测定应按照膨胀土和湿陷性土的有关试验方法进行。

(2) 对硬石膏根据需要可做水化试验、测定有关膨胀参数。

(3) 应有一定数量的试样做岩、土的化学含量分析、矿物成分分析和有机质含量的测试。

## 八、混合土的勘察

### (一) 混合土的测绘及调查

混合土的调查及测绘，重点在于查明：

1. 混合土的成因、物质来源及组成成分以及其形成时期；
2. 混合土是否具有湿陷性、膨胀性；
3. 混合土与下伏岩石的接触情况以及接触面的坡向和坡度；
4. 混合土中是否存在崩塌、滑坡、潜蚀现象及洞穴等不良地质现象；
5. 当地利用混合土作为建筑物地基、建筑材料的经验以及各种有效的处理措施。

### (二) 勘探

混合土中勘探的目的主要查明土体的构成成分、均匀性及其性状在平面上和垂直方向上的变化规律。

1. 宜采用多种勘探手段，如井探、钻探、静力触探、动力触探以及物探等。勘探孔的间距宜较一般土地区者为小，深度则应较一般土地区为深。

2. 除了从钻孔中采取不扰动土试样外，一般应从探井中采取大体积不扰动土试样，如不能取得不扰动土试样时，则采取数量较多的扰动土试样，应注意试样的代表性。
3. 应布置一定数量的探坑，直接对混合土的结构进行观察、素描、照相。

### （三）室内试验

混合土的室内试验方法及试验项目除应注意其与一般土试验的区别。试验时应注意土试样的代表性，在使用室内试验资料时，应估计由于土试样代表性不够所造成的影响。必须充分估计到由于土中所含粗大颗粒对土样结构的破坏和对测试资料的正确性和完备性的影响。不可盲目地套用一般测试方法和不加分析地使用测试资料。

## 九、风化岩及残积土的勘察

### （一）勘察要点

风化岩与残积土勘察应着重查明：

1. 不同风化程度风化带的埋深及各带的厚度；
2. 风化的均匀性和连续性；
3. 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，其产状和厚度；
4. 袋状风化的分布深度及分布范围；
5. 残积土中风化残留体（如孤石、未风化成土状的岩脉、岩石构造带风化形成的软弱带等）的分布范围；
6. 各风化带中节理、裂隙的发育情况及其产状；
7. 风化带及残积土开挖暴露后的抗风化能力；
8. 残积土与风化岩是否具有膨胀性及湿陷性；
9. 地下水的赋存状况及其变化。

### （二）勘探

1. 各勘察阶段的勘探点均应考虑到不同岩层和其中岩脉的产状及分布特点布置；
2. 一般在初勘阶段，应有部分勘探点达到或深入微风化层，了解整个风化剖面；
3. 除用钻探取样外，对残积土或强风化带宜挖掘一些探井，直接观察其结构，岩土暴露后的变化情况（如干裂、湿化、软化等等）。从探井中采取不扰动试样并利用探井作原位密度试验等；
4. 在岩石中钻探时应尽量测定  $RQD$  指标，并取样作点荷载试验。

### （三）原位测试

1. 载荷试验：利用载荷试验求取风化岩土的承载力指标及变形指标，并将其结果与其它原位测试方法建立关系。载荷试验压板直径（或边长）应大于该带中最大颗粒的

5 倍。

2. 对强风化、中等风化及残积土（全风化），常可用动力触探、标准贯入试验及静力触探进行剖面划分。

3. 对含粗粒的残积土，应在现场进行原位测定其密度；

4. 暴露后风化岩土的状态改变的观察测试，例如利用微型贯入仪对其作定量测定等；

5. 为划分风化带，可采用波速测试，并将其与其它测试结果建立关系。

#### （四）室内试验

1. 除进行一般的物理力学性质试验外，对花岗岩残积土（或其它含粗粒的残积土）应增作细粒土（粒径小于 0.5mm）部分的天然含水量  $\omega_f$ 、塑性指数  $I_p$ 、液性指数  $I_L$ ，其值可按式（1-3-4）~ 式（1-3-6）计算：

$$\omega_f = \frac{\omega - \omega_A \cdot 0.01P_{0.5}}{1 - 0.01P_{0.05}} \quad (1-3-4)$$

$$I_p = \omega_L - \omega_p \quad (1-3-5)$$

$$I_L = \frac{\omega_l - \omega_p}{I_p} \quad (1-3-6)$$

式中  $\omega_f$ ——花岗岩残积土中细粒土的天然含水量（%）；

$\omega$ ——花岗岩残积土（包括粗、细粒土）的天然含水量（%）；

$\omega_A$ ——土中粒径大于 0.5mm 颗粒吸着水含水量（%），可取 5%；

$P_{0.5}$ ——土中粒径大于 0.5mm 颗粒的含量（%）；

$\omega_L$ ——土中粒径小于 0.5mm 颗粒的液限含水量（%）；

$\omega_p$ ——土中粒径小于 0.5mm 颗粒的塑限含水量（%）。

2. 对于风化岩，一般宜进行干、湿状态下单轴极限抗压强度试验及密度、比重、吸水率、弹性模量等试验。对于强风化岩，因取样困难而难于试验，为评定其强度，可采用点荷载试验法。用点荷载强度指数  $I_s$  换算单轴极限抗压强度  $\sigma_c$ （kPa）按下式计算

$$\sigma_c = 23.7 I_{[50]} \quad (1-3-7)$$

式中  $I_{[50]}$ ——按直径 50mm 修正后的点荷载强度指数。

## 十、岩溶勘察

岩溶勘察的目的是查明对建筑场地和地基有影响的岩溶的发育规律，岩溶形态的分布、形状、规模，岩溶水情况和土层的工程性质等，并对建筑的适宜性和地基的稳定性作出评价。

#### （一）工程地质测绘

岩溶地区工程地质测绘内容除按一般要求外，应着重查明：

1. 地层岩性：可溶性岩层与非可溶性岩层的分布及接触关系，可溶性岩层的成分、结构和溶解性，第四纪土层的成因类型和分布等。

2. 地质构造：场地的构造类型，断裂带的位置、规模、性质，主要节理裂隙的延伸方向及新构造运动的性质、特点等。

3. 岩溶地下水的埋藏、补给、径流和排泄情况、水位动态及水力连通情况，判定场地受岩溶地下水淹没的可能性。

4. 岩溶形态的类型、位置、大小、分布规律、形成原因及与地表水、地下水的联系，以及地表岩溶形态和地下岩溶形态的联系。

### （二）物探工作

在岩溶地区应用物探方法，尽量采取多种方法的综合判释。

1. 物探线点的间距应按先疏后密的原则布置，测线应垂直于岩溶发育带。电法可采用复合对称四极剖面法辅以联合剖面法、电测深法。

2. 为详细探测岩溶形态在空间的位置和形状时，可采用无线电波透视、井下电视等。

3. 为追索暗河通道的位置和测定地下水的流速和流向，可采用充电法或自然电场法。

### （三）勘探工作

#### 1. 勘探工作的主要内容

岩溶地区勘探工作的内容除按一般要求外，应着重查明：

（1）基岩埋藏深度和基岩面起伏情况；

（2）地下溶洞、暗河的分布、形状、规模，地下溶洞顶板厚度，溶洞的填充情况和填充物的性质。

（3）上覆土层（特别是软土）的分布、厚度及工程特性；

（4）地下水的性质、埋深、动态及水动力特征。

#### 2. 勘探点的间距及深度

（1）勘探点的间距：一般按复杂场地布置勘探点，但在下列地段应进行重点勘探并加密勘探点：①地面塌陷、地表水消失的地段；②地下水活动强烈的地段；③可溶性岩层与非可溶性岩层接触的地段；④基岩埋藏较浅且起伏较大的石芽发育地段；⑤软弱土层分布不均的地段；⑥物探异常或基础下有溶洞、暗河分布的地段。

详勘阶段必要时应在每个单独基础处布置勘探点。

#### （2）勘探点深度

①当基础底面下的土层厚度大于地基压缩层的计算深度时，勘探孔深度根据建筑物性质确定；小于地基压缩层的计算深度时，对有可能存在影响地基稳定性的溶洞，勘探孔应深入完整基岩 3~5m 或钻穿溶洞；对重大建筑物基础尚应适当加深。

②为验证物探异常带的勘探孔，一般钻入异常带以下适当深度，但总深度一般可不



大于 30m。

## 第四节 特殊性工程勘察

### 一、高层建筑工程勘察

#### (一) 高层建筑对地基勘察的基本要求

1. 地基承载力：由于高层建筑荷载大，对地基承载力要求高，因此需要选择地基承载力较高的土层作为基础持力层。在地基承载力不能满足时（包括下卧层），需要进行地基加固或采用被基。

2. 变形和倾斜：高层建筑可能产生的地基变形较大，因此需要提供地基土的变形性质指标以作地基变形验算。同时，由于建筑物重心高，容易产生横向整体倾斜，因而必须查清地基土在纵横两个方向的不均匀性。

高层建筑往往周边有裙房连接，荷载差异很大，因而要处理好高层建筑主体与裙房之间的差异沉降问题。

3. 深基坑开挖：由于高层建筑的基础埋深较大，箱形基础的高度一般取建筑物高度的  $1/8 \sim 1/12$ ，不宜小于箱形基础长度的  $1/18$ ，随之带来了深基坑开挖边坡稳定等一系列岩土工程问题，还有基坑卸荷回弹对地基强度和变形的影响。如果地下水位较高，则还有人工降低地下水位以及地下室防水等问题。

4. 环境影响：高层建筑往往位于城市中建筑物密集的道路两侧成建筑群中心，因此需要考虑对环境的影响问题，包括施工过程中的基坑开挖、人工降低地下水位、打桩振动和噪声以及建筑物建成后的地基沉降对相邻建筑物的影响等。

5. 抗震设计：在地震烈度大于 7 度的地区，高层建筑的抗震设计需要提供场地、地基的地震效应，确定场地和场地土的分类，判定砂土液化的可能性以及确定地基土的卓越周期等。

#### (二) 勘察要点

##### 1. 勘探点的布设

(1) 勘探点的平面布设应根据建筑物体型、荷载的大小、地层结构和均匀性确定，其应满足评价建筑物横向整体倾斜的地层均匀性的要求。对于浅基础，如十字交叉基础、式基础、箱形基础等可按以下原则布设。若采取桩基，则应按桩基的有关原则布设。

1) 单一单体的高层建筑，勘探点的数量不应少于 4 个，其中控制性勘探点不宜少于 2 个。

2) 当建筑物平面为矩形时可按双排布设；当为不规则形状时，宜按突出部位的角点和中心点布设。

3) 在层数、荷载和建筑体型变化较大处宜布置适量勘探点。

4) 高层建筑比较密集的建筑群，可考虑共用钻探点。有时还可按网格布设，以适应建筑总图的变化。

5) 勘探点的间距一般为 15 ~ 35m，复杂场地可取小值，简单场地可取大值。控制性勘探点的数量宜为全部勘探点总数的 1/2 以上。

6) 在软土地区、岩溶地区或花岗岩残积土地区尚应参照有关地区性或专门规范要求考虑。

(2) 关于勘探点的深度：

1) 控制性勘探点的深度应适当大于地基压缩层计算深度，对于箱形或筏板基础，可按下式计算确定：

$$d_c = d + a_c b \tag{3-3-7}$$

式中  $d_c$ ——控制性勘探点深度 (m)；

$d$ ——箱形基础或筏板基础埋置深度 (m)；

$a_c$ ——与土的压缩性有关的经验系数，根据基础下的主要土层，按表 1-3-11 确定；

$b$ ——箱形或筏板基础宽度 (m)，对圆形或环板基础，按最大直径考虑，对不规则形状的基础，按等代于方形、矩形或圆形面积的宽度或直径考虑。对于多边形

基础可按  $b = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}}$  考虑，式中  $A$  为基础面积。

2) 一般性勘探点的深度应适当大于主要受力层的层底深度，对于箱形或筏板基础可按下式计算确定：

$$d_g = d + a_g b \tag{1-3-8}$$

式中  $d_g$ ——一般性勘探点的深度 (m)；

$a_g$ ——与土的压缩性有关的经验系数，根据基础下的主要土层按表 1-3-11 确定。

表 1-3-11 经验系数  $\alpha_c$ 、 $\alpha_g$  值

值 别	碎 石 土	砂 土	粉 土	粘性土 (含黄土)	软 土
$\alpha_c$	0.5 ~ 0.7	0.7 ~ 0.9	0.9 ~ 1.2	1.0 ~ 1.5	2.0
$\alpha_g$	0.3 ~ 0.4	0.4 ~ 0.5	0.5 ~ 0.7	0.6 ~ 0.9	1.0

注：表中范围值对基础宽者、同一类土中时代老的、密实的或地下水位深者取小者，反之取大值。

(3) 取土和原位测试勘探点的数量和取样数量应符合以下规定：

1) 取样和原位测试勘探点不应少于全部勘探点总数的 2/3。且每幢单体建筑不宜少于 2 个。当需要计算横向倾斜时，四个角点均应有取土孔。

2) 每幢建筑物下各主要土层内的取作力学性指标的土试样数量和每种测试数据应满足表 1-3-12 规定。

3) 为地下室侧墙和基坑边坡稳定性计算，或为锚杆设计需要，应在基底以上的主要土层内采取不少于 3 件的土试样进行力学性试验。

2. 原位测试

表 1-3-12 各主要土层取土和原位测试数量

类 别	持 力 层 内	持力层底至主要受力层底	主要受力层以下
不扰动土试样 (件)	12 ~ 18	8 ~ 12	6 ~ 10
原位测试 (次)	8 ~ 12	6 ~ 10	4 ~ 7

注：1. 主要受力层层底深度 ( $Z_0$ )，按  $Z_0 = \alpha_g b$  计算。  
2. 表中原位测试仅指：十字板剪切试验、旁压试验或标准贯入试验。

(1) 为确切地评价地基承载力，对一般粘性土应进行静力触探试验、旁压试验；对粉土、砂土、碎石土和花岗岩残积土宜进行标准贯入试验，重型或超重型动力触探；对软土宜进行静力触探和十字板剪切试验；对一级高层建筑宜进行平板载荷试验。

(2) 为准确计算地基的最终沉降量或沉降差，应进行旁压试验，必要时还要进行平板载荷试验以求得变形模量。

(3) 为地下室设计中需考虑防水或防潮需要，以及施工降水设计需要，宜在现场进行适量的井、孔抽水、渗水、注水试验以确定地层的垂直或横向渗透系数，一般来说，抽水试验是以横向渗透为主，渗水、注水试验是以垂直渗透为主。必要时还要实测地下水流速和流向。

(4) 为抗震设计需要，应测求场地土的剪切波速，必要时应作地微动测试，以确定场地土类型，建筑场地类别以及抗震设计所需的其它参数。

(5) 当采用桩基时，为测求桩侧摩阻力、端承力和单桩承载力，应进行动力、静力触探，必要时应进行十字板剪切试验，以测求土的不排水强度，计算桩侧摩阻力和端承力；用现场桩载荷试验测求桩的垂直和水平承载力；用动测法检验桩身质量，当用动测法确定单桩承载力时应有充分的桩静载荷试验对比资料。

(6) 当基坑开挖较深、面积较大时，宜进行基坑卸荷回弹观测；对高层建筑均宜进行沉降观测。

(7) 为考虑深坑开挖、桩基施工等对相邻已有建筑的影响，应进行边坡位移、孔隙水压力变化、打桩振动影响等的监测工作。

3. 室内试验

对高层建筑地基勘察来说除作一般常规土工试验外，重点应作剪力试验和固结试

验。

(1) 为计算地基承载力的剪力试验，持力层内应采用三轴试验，下卧层内亦宜用三轴，但亦可用直剪。剪力试验的方法应根据所采用计算方法，施工速率和土的排水条件等选用，使尽可能符合建筑物实际受力和排水状态。一般情况下，对施工加荷速率较快者，以采用不排水剪（快剪）为宜。对于排水条件较差的土，如粘土、粉质粘土等，固结排水时间需要较长，在加荷速率较快时，来不及达到完全固结，强度增高即剪损，故宜采用不固结不排水剪（UU）；反之，对于施工加荷速率较慢，地基土排水条件较好，如属粉土，实际工程中有充分时间固结，这种情况下宜采用固结不排水剪（CU）；对于某些工程，需要采取降水或预压加固时，为验算施工结束时短期承载力，亦可根据施工结束时可能达到的固结度，采用相应固结度下的固结不排水剪。

(2) 为验算基坑边坡稳定性，或为地下室作挡土墙计算，或锚杆设计所需抗剪强度商标，均宜采用三轴不固结不排水剪，或直剪的快剪。

(3) 当需计算桩侧极限摩阻力时，可采用不固结不排水剪；当需估算桩的极限承载力时，可采用固结不排水剪。

(4) 当按现行规范用分层总和法进行沉降计算时，固结试验的最大压力值应超过预计的土自重压力与附加压力之和，压缩系数应取土自重压力至土自重压力与附加压力之和压力段计算，并取相应的压缩模量。

(5) 当需要计算回弹量和回弹再压缩量的压缩试验方法，可模拟工程的实际受力状态进行试验，即先加荷至所处深度的自重压力，以模拟恢复原有土试样的应力状态，然后开始卸荷，使卸荷压力相当于开挖土重所减少的附加压力，再分级加荷至土自重压力与附加压力之和段。用取样深度的自重压力至基坑开挖卸荷土重的压力段（即  $ab$  段）算得的回弹模量计算回弹量，取卸荷土重的压力至土自重压力段（即  $bc$  段）可算得的回弹再压缩模量供计算回弹再压缩量（图 1-3-3）。

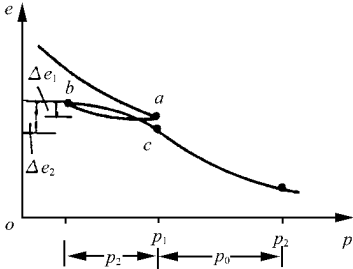


图 1-3-3 模量计算示意

$$a_e = \frac{\Delta e_1}{p_z} \times 1000 \tag{1-3-9}$$

$$a_a = \frac{\Delta e_2}{p_z} \times 1000 \tag{1-3-10}$$

$$E_e = \frac{1 + e_0}{a_e} \quad (1-3-11)$$

$$E_a = \frac{1 + e_0}{a_a} \quad (1-3-12)$$

式中  $a_e$ 、 $a_a$ ——分别为回弹系数和回弹再压缩系数 ( $\text{MPa}^{-1}$ );  
 $E_e$ 、 $E_a$ ——分别为回弹模量和回弹再压缩模量 ( $\text{MPa}$ );  
 $P_z$ ——基坑开挖处卸荷土自重压力 ( $\text{kPa}$ );  
 $e_0$ ——基坑开挖卸荷后土的孔隙比。

(6) 当采用考虑应力历史的固结沉降计算时, 应进行高压固结试验, 绘制  $e - \log p$  曲线、最大压力一般应加至  $3000 \sim 5000 \text{kPa}$ , 以求得先期因结压力  $p_e$ 、压缩指数  $C_c$  和回弹指数  $C_e$ 。

## 二、地下工程人工洞室的勘察

### (一) 洞室位置的选择

选择洞室位置, 一般应分三步进行, 即区域位置、进洞山体 and 洞口、洞轴确定。

#### 1. 区域位置的选择

在根据工业生产布局需要 (或军事战略需要) 确定的区域位置基础上, 首先要选择区域稳定性较好的地段。

(1) 地质构造较简单的地段。要避免开复杂构造线或不同构造体系交接、重叠等应力集中、变形强烈的复合部位。

(2) 地震活动相对稳定的地段。要避免地震活动带或活动性断裂带, 尽量避开地震基本烈度 9 度以上地区。

#### 2. 进洞山体的选择

(1) 山体高度或土层厚度能满足工程防护或工程需要。

(2) 山形完整, 山体未被冲沟、山洼等负地形切割破坏, 无滑坡、塌方等破坏地形。在黄土地区还要注意沟谷稳定, 选择停止下蚀的沟谷。

(3) 岩性均一且比较坚硬完整。当为层状岩体时, 要求层厚较大, 无软弱夹层, 产状稳定; 当为块状岩体时, 要求无 (或尽量少) 岩脉等侵入体、捕虏体; 当为可溶性岩体时, 要求岩溶不发育; 当为黄土时, 最好选  $Q_2$  老黄土。

(4) 地质构造简单, 无含水构造, 无断层 (或规模小), 节理不发育。

(5) 地下水少, 岩体中无有害气体、有用矿产和放射性元素。

#### 3. 洞口、洞轴位置的选择

(1) 洞口。宜选在新鲜岩石直接出露, 山坡下陡上缓, 无滑坡、无崩塌的反向坡上, 洞口标高根据地形、地质和使用要求而定, 应有利于洞内外交通运输、洞内排水和防洪需要。

(2) 洞轴线。应与区域构造线大角度相交或沿山脊布置, 避开断层破碎带、接触变质带、软弱夹层、向斜轴部和地表水体。

(3) 洞轴线的间距, 要能满足防护安全和围岩稳定的要求。

## (二) 勘察内容

### 1. 测绘

(1) 测绘内容: 重点是在洞区及其邻近地段。

(2) 测绘比例尺: 外围地区为  $1:5000 \sim 1:10000$ ; 洞区为  $1:2000$ ; 洞口、洞轴线及其它重点部位为  $1:500 \sim 1:1000$ 。测绘工作量应满足有关规范要求。

### 2. 勘探

(1) 主要目的: 查明影响洞口及洞体围岩稳定性的工程地质、水文地质因素, 主要是:

①查明层位、岩性以及其在垂直、水平方向的变化。

②查明松散覆盖层的厚度和岩层的风化厚度。

③查明断层破碎带、软弱结构面、软弱夹层和隐伏溶洞的分布部位、宽度、性质及其富水性。

(2) 勘探手段: 通常采用物探、钻探和洞探等。

### 3. 测试

(1) 室内试验: 试验项目除一般项目外, 尚有岩石的吸水率 ( $\omega_1$ )、饱和抗压强度 ( $R_b$ )、抗剪强度 ( $R_s$ )、泊松比 ( $\nu$ )、弹性模量 ( $E$ )、抗拉强度 ( $R_t$ )、软质岩石的软化系数 ( $K_d$ ) 以及有关岩石的可溶性、膨胀性试验等。层状岩石还要考虑其不同方向的变化。对黄土, 除做一般物理力学试验外, 尚应做无侧限抗压强度和侧压力系数等, 湿陷系数、压缩系数的测定, 应尽量符合土样所处深度和可能的受力状态。

2. 现场测试: 测试项目主要有: 岩体及软弱结构面的强度试验 (包括抗压、抗剪、抗拉), 节理面的剪切试验 ( $c$ 、 $\varphi$ ), 围岩松动范围和岩体应力、变形的量测, 岩体岩块的波速测试 ( $\nu_p$ 、 $\nu_s$ ) 等。遇地温异常和有害气体时, 需进行地温及有害气体种类和含量的测定工作。根据工程规模和条件, 有时还需在施工期进行必要的应力、变形等监测工作。

3. 长期观测: 根据洞室工程性质和地质条件的需要, 可在围岩及衬砌中布置长期观测点, 进行岩体变形、岩体应力、围岩压力和地下水等的长期观测。

## 三、核电厂工程的勘察

### (一) 断裂的验证与勘察

地坪开挖整平和建筑物地基开挖后, 应验证上覆地层中的断裂构造是否到达地基, 当存在断裂构造时, 应进行详细的编录。编录的内容包括产状、破碎带宽度、错距、断



$$\varphi_i = \exp \left[ - \left( \frac{a - b_i}{C_i} \right)^2 \right]$$

(1-3-14)

式中  $N_i$ ——参数， $N_1$  取 4.5， $N_2$  取 11.5， $N_3$  取 18.0；  
 $a$ ——地面加速度（g）；  
 $b_i$ ——参数， $b_1$  取 0.125g， $b_2$  取 0.250g， $b_3$  取 0.500g；  
 $C_i$ ——参数， $C_1$  取 0.054g， $C_2$  取 0.108g， $C_3$  取 0.216g。

对于易液化的复杂地质条件建筑物地基和与核安全有关建筑物地基，除采用标准贯入试验判别外，尚可采用静力触探、跨孔波速测试、动三轴试验等方法综合判定。

与核安全有关建筑物和常规建筑物中安全性重要的建筑物地基判定为液化时，原则上建筑物应予避开，无法避开时，必须对地基采取有效的抗液化措施。

各勘察阶段的勘察方法和内容参见表 1-3-14。

表 1-3-14

各勘察阶段的勘察方法和内容

勘察阶段	勘察目的和要求	勘察方法和内容
初可阶段	根据区域地质和地震研究成果，对优选厂址作综合分析评价，为总平面布置提供初步资料 对优选厂址的场地稳定性、地基条件、环境地质作出初步评价，提出适宜或不适宜建厂的意见	<div>1. 搜集资料：地震、地质、构造和工程地质、水文地质资料和 1/5000 ~ 1/25000 地形图；</div> <div>2. 工程地质调查：调查地貌、地层、岩性、地质构造、不良地质现象，尤其是地表断裂作用，断层构造的展布和性质；</div> <div>3. 水文地质调查：调查水文地质特征，水文地质单元的水力特征；</div> <div>4. 地形地貌调查：调查河岸、海岸岸坡和山地边坡的稳定性，包括河流的动力性质和侵蚀作用，潮汐潮流和波浪对海岸的侵蚀作用，降水和洪水对边坡的侵蚀和冲刷作用；</div> <div>5. 工程地质钻探和测试：划分工程地质分层，提供地层主要物理力学性质指标，工程地质钻探要求：（1）每个厂址应有两个以上钻孔；（2）钻孔深度应为厂址设计地坪标高以下 30 ~ 60m；（3）要求全断取芯岩芯采取率一般岩石应大于 85%，破碎岩石应大于 70%；（4）主要岩土层应采取 3 组以上试样；（5）每个孔间隔 2 ~ 3m 应作标贯试验一次；</div> <div>6. 室内试验：岩石试验项目：密度、弹性模量、泊松比、抗压强度、软化系数、抗剪强度和纵横波速；土样试验项目：颗粒分析、含水量、密度、比重、塑液限、压缩系数、压缩模量和抗剪强度</div>



勘察阶段	勘察目的和要求	勘察方法和内容
可研阶段	<p>查明厂区地基的岩土分布特征和岩体风化特征，获取厂址初步设计参数，为初步确定核岛位置和总平面布置提供充分的工程地质资料</p> <p>要求查明厂址地区的地貌、地质构造、断裂的展布和特征；地层成因、时代、分布、岩土的风化特征和主要物理力学性质，确定静态力学参数和初步的动态参数；不良地质现象，评价河岸、海岸、山地边坡的稳定性；判断抗震设计场地类别，划分出对建筑物抗震有利、不利和危险地段；查明水文地质基本条件进行专门水文地质勘察</p>	<p>1. 搜集资料：初步的总平面图，设计要求，拟建厂的规模，机组容量，反应堆类型，设计地坪标高，主要建筑物尺寸，基础埋深和荷载；1/1000 地形图；初可阶段的勘察报告；</p> <p>2. 工程地质测绘：测绘范围应包括厂址及其周边地区，测绘比例尺为 1：1000，测绘内容要求详见本手册第 2.2 章；</p> <p>3. 工程物探：对陆域应查明覆盖层的厚度，隐伏岩体的地质、构造特征，及隐伏的软弱带和洞穴；对水域应查明水工建筑物位置的地层分布和基岩埋深和起伏情况；</p> <p>4. 工程地质钻探：按网格状布置钻孔，间距 150m，核岛和常规岛中轴线应布置勘探线，孔距 30～50m，控制孔数量不少于钻孔总数的 1/3～1/4；钻孔深度为设计地坪标高以下 20～40m，控制性钻孔应为 60～80m；水工建筑物应结合水下地形布置钻孔，宜垂直河床或海岸布置 3～5 条剖面线，每条勘探线不少于两个钻孔，钻孔深度应大于河床最大冲刷深度以下 5m，但控制孔深度一般不大于 40m，泵房钻孔应钻入压缩层以下 5～10m；取芯要求同初可阶段，但每回次应量测采取率。RQD、节理条数和倾角；每一主要岩层应采取 3 组以上岩样、土样间距 2～3m、主要土层不少于 6 组；</p> <p>5. 原位测试：根据地质条件进行标贯、静探、旁压、十字板剪切试验，以计算变形模量、承载力和抗剪强度，标贯试验间距为 1.5～2.0m，在核岛位置应有 1～2 个钻孔进行波速测试，计算动态参数；有一定数量钻孔的声波测井，评价岩体风化程度和完整性；</p> <p>6. 室内试验：岩土试验项目除初可阶段要求外，岩石增做膨胀率和吸水率，土样增做渗透系数，固结参数、无侧限抗压强度等项目，水土的化学成分和对建筑材料的腐蚀性；</p> <p>7. 水文地质观测和试验：水文地质单元应有长期观测孔 2～3 个，观测周期不少于 1 个水文年，每季度定时取水样作水质简分析；对主要地层进行注水、抽水或压水试验，测定地层渗透系数和单位吸水率</p>

勘察阶段	勘察目的和要求	勘察方法和内容
初设阶段	<p>结合各建筑物的工程性质、安全分类、使用条件和结构特点分地段勘察</p> <p>查明厂区各建筑地段的岩土类别、成因、物理力学性质和动力参数、验证厂区内断层的分布特征和性质，论证对地基和边坡稳定性的影响，边坡的稳定性分析和有关设计参数和治理方案，厂区地下水类型、含水层特征、层数、埋深及其动态变化规律；不良地质现象分布，规模、性质及其治理方案</p>	<p>1. 搜集资料：有坐标系统和地形等高线的总平面图；技术合同和勘察任务书；核岛、常规岛上部结构特点基础形式、荷载组合特点。基础埋深，地基处理方案等，水工建筑物的平面布置图，泵房基础埋深，管线埋深，防波堤结构类型及荷重；</p> <p>2. 勘察要求：（1）核岛地段：钻孔应布置在反应堆周边和中部，钻孔间距 10~30m，每个核岛钻孔总数不应少于 10 个，反应堆不应少于 4 个，控制孔占总数的 1/2；钻孔深度一般孔为 40~60m，控制孔为 80~100m；（2）常规岛地段：钻孔应沿建筑物基础边线布置，每个常规岛钻孔总数不应少于 10 个，控制孔不宜少于 1/4；钻孔深度，控制孔应超过地基压缩层计算深度，岩石地基应钻入基底下坚硬岩石不少于 3m，一般孔应满足地基压缩层计算深度，岩石应钻穿强风化层，钻入中等风化层 3~5m；（3）附属建筑物可按《火力发电厂岩土工程勘测技术规程》和《岩土工程勘察规范》执行；泵房、进排水管线，海堤、防波堤的钻孔应根据建构筑物的位置布置钻孔，钻孔间距不大于 30m（泵房钻孔数不应少于 4 个），控制孔不应少于钻孔总数的 1/4，钻孔深度为基底设计标高以下 5m（海堤、防波堤为堤底设计标高以下 10m），控制孔应钻入中等风化岩石 1.5~3.0m 或穿透受压层；</p> <p>3. 原位测试：包括波速测试、动力触探、静力触探、标准贯入、抽水、压水和注水试验，核区应堆厂房应做跨孔波速测试和钻孔弹性模量试验，需要时应进行实体试验；</p> <p>4. 室内试验：岩石成分试验项目：矿物鉴定分析、水溶盐含量分析；岩石物理性质试验项目增做抗冻系数、膨胀崩解试验；岩石力学性质试验项目增做静力变形试验，动三轴试验，提供动力参数；土工试验应选择动三轴、动直剪、动单剪、动扭剪和共振柱等试验测定土的动力参数</p>

勘察阶段	勘察目的和要求	勘察方法和内容
设施阶段	<p>是前面各阶段的继续和补充，成果应满足设计和施工的要求</p> <p>内容包括建筑物平面布置改变而增加的工作量和现场检验和监测</p> <p>检验工作应在施工开始至核电厂整个寿期内进行，监测应在建造和投运三年内进行</p>	<p>1. 搜集资料：（1）勘察任务书；（2）具有座标及地形的建筑总平面图；（3）建筑物地坪标高，基础形式和尺寸，基础埋深和上部荷载；（4）地基处理方案、施工方法和主要技术参数；（5）各阶段的勘察报告；</p> <p>2. 补充勘察：（1）下列情况应进行补充勘察：1）增加新建筑物或设计变更；2）前期遗留的工程地质问题，3）存在与勘察结论明显不符的情况，4）原勘察报告不能满足要求的。（2）工作方法同初设阶段；</p> <p>3. 现场检验与监测：检验基槽开挖检验，边坡开挖检验，洞室开挖检验；岩土监测包括深基坑回弹隆起、边坡变形、土压力和孔隙水压力的监测，建筑物监测：沉降、位移、倾斜监测；地下水监测：地下水长期动态监测和洞室涌水监测</p>

（三）土石方工程勘察

土石方工程勘察是为了获得岩土的采掘、填筑开挖等的设计和施工所需的有关参数和资料而进行的勘察。

1. 开挖山体的土石方工程的勘察。

（1）为满足选择采掘施工机具和区分土、石方量的需要，应将能用机械挖掘的残坡积土、风化岩与必须用爆破方法开挖的岩石区分开，划出明确的界线。

（2）为确定开挖坡角，要了解山体中断裂构造的分布、岩体结构、裂隙发育情况及地层产状等与边坡稳定性有关的因素。

（3）必要时可通过爆破试验获取炸药量与岩石破裂影响范围的关系。

2. 第四纪地层基坑开挖的勘察

（1）提供土的抗剪强度、侧压力系数等指标以评价基坑边坡稳定性和支护设计的需要。

（2）评价由孔隙水压力引起的塌滑、坑底隆起、回弹的可能性，并提供有关指标。

（3）查明管涌、流沙、触变等不良现象存在条件与因素。

（4）提供降、排水设计的有关参数。

（四）边坡勘察

对核电厂安全有影响的天然边坡或人工开挖边坡，都应进行边坡勘察。边坡勘察目的是查明边坡工程地质及水文地质条件，确定边坡评价技术参数，分析验证边坡稳定性，提出合理的边坡设计，并提出整治和监测方案。

边坡勘察分三个阶段进行：

1. 初可阶段和可研阶段，进行边坡调查和分析；
2. 初设阶段，进行边坡勘察和稳定性评价；
3. 施设阶段，进行补充勘察，坡面开挖验证，提出整治和监测方案。

### （五）与放射性物质污染有关的水文地质勘察

与放射性物质污染有关的水文地质勘察，应包括建设前期的勘察试验和运行后的长期水文地质监测，这种监测应直到核电厂退役。

勘察工作可按阶段进行：

1. 在初可阶段，要求初步查明候选厂址及其附近一定范围内的水文地质条件，含水层的水力特性和弥散、滞留特性。
2. 在可研和初设阶段，要求详细查明厂址及其附近地下水的循环与径流特征、影响范围与有关的水文地质参数，为评价事故状态下放射性物质在地下水中的浓度、运移途径和速度提供依据。
3. 在施设阶段（包括运行以后的长期过程），应建立地下水监测体系，开展现场监测和试验室分析工作。提供水文地质条件，径流与循环的验证资料和放射性物质含量的资料。

## 四、废物场的勘察

废物场勘察分选址查勘与详细勘察两个阶段，但当地质条件，水文地质条件简单时可合并为一个阶段。

废物场应选在地下水位低、水文地质单元独立、单一，岩性单一，岩石裂隙不发育，无断裂构造通过的地段，且拟选场址与其它水文地质单元、工业和民用井水区之间不存在贯通性含水断层带或裂隙带。通过查勘对选址区拟建废物场址的安全性、适用性作出评价。

废物场的详细勘察，应查明场址内外断层带、裂隙带互相连通的可能性，在场址区布置钻孔查明主要含水层位，介质的物理、化学特性，水文地质参数和各含水层间的水力动态联系。当不能排除场区地表水排泄与邻区地下水有联系时，应作现场示踪试验，评价地下水的弥散特征。

## 五、线路工程勘察

### （一）铁路、公路地基勘察

应遵循以下勘察要求：

1. 线路地基勘察应查明沿线地层岩性、地质构造、水文地质条件和土的物理力学

性质。当线路通过陡于 1:2.5 的斜坡地段时，尚应查明上覆土层与基岩接触面的横向坡度和软弱结构面的分布特征。

2. 勘探点一般沿线路中心线布置，对高路堤、深路堑、斜坡地段和其它特殊地质条件地段应布置一定数量的横剖面，每个横剖面不少于 3 个勘探点。勘探点的间距和深度可参照表 1－3－15 采用。

表 1－3－15 勘探点间距、深度（m）

地 基 类 别	勘 探 点 间 距	勘 探 点 深 度
高度大于 12m 的路堤	100～200	3～4
深度大于 10m 的路堑	50～150	路堑底面下 1～2
沼泽及软土地基	50～100	4～6（高路堤 8～12）

3. 岩土试验项目及应提供的物理力学指标（参见表 1－3－16）。

表 1－3－16 土的物理力学试验项目

工 程 类 别		土的类别	天然含水量	天然密度	比重	天然孔隙比	孔隙度	饱和度	界限含水量	液性指数	相对密实度	颗粒分析	毛细管水上升高度	渗透系数
桥 涵 基 础		砂性土 粘性土	+	+	+	+	(+)		+		+	+(+)		(+)
路 基	深 挖	粘性土	+	+	+	+			+	+			(+)	
	松软基底	粘性土	+	+				(+)	+					+
	高 填 方	粘性土	+	+					+	+			+	
	沼 泽	粘性土	+	+	+	+			+					
	黄土及黄土状土		+	+	+	+			+			+		
工 程 类 别		土的类别	膨胀试验	击实试验	回弹试验	压缩试验	相对湿陷系数	剪 切 试 验			十字板	无侧限	天然坡角	
								排水剪	不排水剪	固结不排水剪	剪切试验	抗压强度	干燥	水下
桥 涵 基 础		砂性土 粘性土				+								
路 基	深 挖	粘性土	+	+	+					+				
	松软基底	粘性土		+	+	+		(+)		(+)	+	+		
	高 填 方	粘性土												
	沼 泽	粘性土				+		+			(+)			
	黄土及黄土状土			+	+		+	+						

注：表内有 + 者，为初步设计、施工设计试验项目；有（ ）者，不视需要试验项目。

击实试验是测求土的最优含水量和最大干密度，该两指标是填土质量检验的主要依据，但由于室内击实试验的条件与现场施工差别太大，往往不能反映实际情况，较好的方法是路基开始施工时，取一段填方路基作现场碾压试验，以测求现场施工时的最优含水量和最大干密度，作为整个工程的填土质量控制标准。

回弹模量的测定宜采用现场承压板法，在无实测条件时可选用经验值。

### （二）架空索道、输出线路地基勘察

1. 勘察要求：架空索道、架空输电线路地基勘察，主要查明沿线的工程地质条件，提供为防治不良地质现象采取治理措施所需资料。

2. 勘探点的布置：对架空线路工程中的直线塔每 3~4 个塔基布置一个勘探点；对转角塔、耐张塔、终端塔、大跨越塔等重要塔基应按支架位置每个塔基布置一个勘探点。在线路拐角、端点及地质条件复杂地段，应布置一定数量的横剖面。勘探点深度应根据杆塔受力性质及地质条件确定，一般为基础底面下 0.5~2.0 倍基础底面宽度，当支架高度大于 20m 时，勘探点深度不应小于 8m。

### （三）给排水管道和岸边取水构筑物地基勘察

1. 勘察要求：

（1）查明沿线（特别是通过铁路、公路、河流、冲沟、陡坡等地段）和取水构筑物地段的地质岩性、地形地貌、不良地质现象，地下水埋藏深度及水对混凝土、金属管道的腐蚀性。

（2）查明管道通过地段内土的最大冻结深度，明渠开挖地段内地层的渗透性和边坡的稳定性。

（3）查明取水构筑物地段河床的冲刷、淤积、变迁、河水位的变化情况，并提供河床最大冲刷深度。

2. 勘探点的布置：

（1）沿线路中心线布置勘探点，不宜偏离中心线 3m。在地貌单元交界处、高填深挖地段和跨越公路、铁路、河流、冲沟、陡坡的管道支墩或支架处、管道转角处均应布置勘探点。

（2）当管道穿越河底时，在两岸及河床均应布置勘探点。

（3）取水构筑物地段应垂直河床轴线布置勘探线，每条勘探线不少于三个勘探点，并结合构筑物的位置布置。

## 六、机场场道地基勘察

### （一）机场场址选择

（1）机场场址的选择，重点是跑道位置的选择。跑道位置要选在长 1600~3400m，

宽 240 ~ 350m 的平坦地带，并保证跑道两侧及两端有足够的净空。

(2) 机场场址与以下目标的距离不得少于下列数值：主要航路 30km，国境线 35km，空中禁区 10km。

(3) 机场场址应设在大湖泊、大河流、大工业区的上风方向。

(4) 机场场址要具有良好的气象、水文、地质和水文地质条件，要避免不良地质条件和特殊土地区，要避开地磁异常区和地下水位过高的地段。

## (二) 机场场道的勘察

机场场道勘察应查明机场跑道及其附属建构筑物范围内的地层结构、岩土性质、地下水分布规律、埋藏条件和腐蚀性。

一般在选定机场场址后，按照工程需要及场地复杂程度，分阶段进行定点勘察和详细勘察。

# 七、桥涵地基勘察

## (一) 小桥、涵洞地基勘察

主要应查明地层结构、岩土性质，判明地基不均匀沉降和斜坡不稳引起的桥涵变形的可能性，提供土石工程分类及承载力。

勘探点的布置：每个桥涵不少于一个勘探点，当桥的跨度较大、涵洞较长或地质条件复杂或桥涵位于陡峻的沟床上时，应适当增加勘探点。勘探深度应视土层性质确定。

## (二) 大、中桥地基勘察

1. 勘探目的，应查明：

(1) 河床及两岸、墩台、调治建筑物地段的地质构造、地层岩性，当有软弱夹层分布时，应注意软土地基上墩台的稳定性。

(2) 地基土的物理力学性质及承载力。

(3) 不良地质现象的类型、分布、规模、发育程度，特别要注意隐伏岩溶、空洞对墩台的影响。

(4) 河床及两岸的水文地质条件，确定地层渗透性能，判明地下水及地表水对基础的腐蚀性，基坑发生涌水、流砂的可能性。

(5) 河流的变迁及两岸的冲刷情况，提供河床的最大冲刷深度。

2. 勘探点的布置

勘探点一般按桥墩、桥台布置，对桥头引线、调治构筑物亦应布置适当数量的勘探点。当河床地层均一或第四纪地层较薄、基岩面平整时，每个墩台布置一个勘探点或两个墩台一个勘探点。当遇下列情况之一时，应加密勘探点：

(1) 一个墩台基底由两种以上土层组成；

- (2) 河床冲刷深度突变的局部地段；
- (3) 基底岩层坡度较大，墩台建在斜坡上；
- (4) 断层破碎带或岩溶发育地段。

### 3. 勘探点深度：

应根据地层情况、基础类型、基础尺寸、埋置深度和荷重大小等情况确定：

(1) 在无软弱土层分布的情况下，一般第四纪地层中的钻孔深度应达到基础底面下相当于基底宽度的 1.0~1.5 倍。

(2) 基岩的勘探深度，应穿过风化带至完整基岩面以下 2~4m，对抗冲刷能力弱的岩层应适当加深。当风化层很厚时可参考表 7-6-12。

(3) 岩溶地区的勘探点深度，应钻至基岩面以下 10~15m，在此深度内如遇溶洞，应钻至溶洞底以下不少于 10m。

## 八、建筑物的加层与加固勘察

### (一) 勘察要求

1. 建筑物的加层、加载勘察应查明地基土的承载力提高幅度和加层、加载后可能产生的附加沉降和差异沉降，对建造在斜坡上的建筑物，尚应考虑其稳定性。

2. 建筑物的加固则主要查明建筑物事故产生原因，土层性质和确定加固方案所需要地基土的物理力学性质指标。

3. 分析加层和加固施工过程中可能引起的地基问题，如由于降水可能引起建筑物的附加沉降和不均匀沉降；由于基坑开挖可能造成新的地基稳定性问题等。

4. 分析加层（加载）、加固的可能性，提供地基处理和地基加固措施的建议。

### (二) 勘察要点

#### 1. 资料搜集和现场调查工作

##### (1) 搜集资料的主要内容：

① 收集和已有勘察资料，如土层分布、土的物理力学性质、地下水位变化情况等；

② 了解场地有无被掩埋的古河沟、渠、塘、洼地、污土坑、大的墓穴及其它人工洞穴等；

③ 建筑物的结构资料，搜集基础平面布置图，了解基础形状、埋深、尺寸、基底附加压力和砌筑材料；建筑物上部结构设计等；

④ 搜集建筑物沉降—变形观测成果资料；

⑤ 是否进行过地基处理，以及处理施工过程的有关情况。

##### (2) 现场调查

① 建筑物上部结构的调查：



查明建筑物有无开裂变形、倾斜，吊车运行是否正常等，如有问题，应查明原因，绘制裂缝分布位置图，详细描述裂缝大小、形状，出现部位、发展方向，最好能拍摄照片。

②基础调查：通过开挖验证基础的宽度、类型和砌筑材料、埋置深度，有无防水材料等。有条件时，尚应检查基础砌体的损坏程度和判断材料的标号，可取试样进行材料试验。

对于桩基，则应查明桩的截面积和桩距、钢筋用量、水泥标号、桩尖深度和持力层名称及性能。

③对于加固勘察的调查，还应注意地面水的排泄是否畅通，有无管道渗漏，以及地下水的变化动态等。其它有关人为的因素影响，如不合理的加载、地基土是否受到污染腐蚀作用，邻近建筑的深开挖、地下工程的施工、过量开采地下水、地基浸水或失水、斜坡的破坏，以及动荷载的振动影响等。

## 2. 勘探工作的布置和勘探方法

(1) 建筑加层、加载勘察时所要挖掘的地基潜力主要是由于地基土的压密效应随时间增长的地基承载力增加部分和原设计中未被用完的承载力，勘探工作量的布置应紧密结合这一要求进行。因此勘探点应有一部分布置在基础上，以便直接采取基底以下的土试样，有困难时，可以在紧靠基础边缘处进行，且最好是采用探井，可在基础和基础外侧同时取样。每幢单独建筑物勘探点的数量不应少于 3 个，同时还应在基础外围布置一定数量勘探点以了解场地外围土质条件。勘探点均应采取不扰动土试样，取样间距在基底下一倍基础宽度的深度内为 0.5m，其下为 1m。

(2) 对建筑物地基事故的勘察除按上述有关要求布置工作量外，尚应结合建筑物变形和损坏情况布置一些重点勘探孔，并应作以下工作：

①如为地基湿陷事故造成的变形，宜采用适当测试手段，如静力触探以查明湿陷事故的范围和界线；

②如房屋局部破坏严重时，应在该处进行开挖，以查明地基内是否存在特殊情况；

③如为土层压缩层厚薄不一造成的差异沉降引起建筑物变形时；应采用较密的钻孔，查明下卧软、硬层的起伏变化情况；

④在预计要做附加支柱或补桩地点，应有钻孔或探坑了解柱或桩尖持力土层的情况。

(3) 勘探点的深度，探井应为  $1.5b \sim 2.5b$  ( $b$  为基础宽度)，钻孔静探孔应深些；需要补桩时，钻孔应深入到比较坚硬的桩尖持力层内。

## 3. 对室内试验的要求

加层（加载）加固勘察中的室内试验项目应包括最终压力大于加层、加载后地基土内的垂直有效应力的各层土的  $e - \log p$  曲线，压缩试验结果尚应提供土的先期固结压力、压缩指数、再压缩指数，以及与加层，加载后土中垂直有效应力相应的固结系数及固结排水或不固结不排水抗剪强度指标。