

# 第一章 岩土工程勘察的基本技术要求

**本章重点：**本章介绍了岩土工程勘察的基本知识，岩土工程勘察的基本任务、基本程序、勘察的分级、勘察阶段的划分和主要工作以及岩土工程勘察的基本方法。并介绍了工程岩土的分类原则和方法。

**学习要求：**通过学习，要十分明确岩土工程勘察在建设工程中的重要性，掌握不同勘察阶段、不同勘察等级时的任务，细化岩土工程勘察工作，实现更好地为工程服务的目的。

岩土工程勘察是根据建设工程的要求，查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件，编制勘察文件的活动。包括工程地质测绘与调查、勘察与岩土取样、原位测试与室内实验、岩土工程评价与监测等内容，岩土工程勘察应符合下列基本程序：

(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及主要岩土工程问题，明确工程中设计与施工方案中所需解决的岩土工程问题以及要求提供的岩土技术参数。

(2) 有针对性地制定勘察方案，选择有效的勘探测试手段，积极采用新技术和综合方法，布置合理的工作量，获得所需的岩土技术参数。

(3) 认真分析工程中岩土体性状与室内实验和现场测试的岩土性状间的关系，通过统计分析和判断，提供工程所需的岩土指标和计算参数。

(4) 运用合理的分析原理和计算模式，依据建议的岩土设计参数，加上工程经验的判断，对特定的岩土工程问题做出分析评价。

岩土工程勘察的主要目的是为工程建设的规划选址、可行性研究、设计、施工、以及工程建成后的运营监测提供技术成果和技术服务。

## 第一节 岩土工程勘察分级

岩土工程勘察等级划分的主要目的，是为了勘察工作的布置及勘察工作量的确定。显然，工程规模较大或较重要、场地地质条件以及岩土体分布和性状较复杂者，所投入的勘察工作量就较大。反之则较小。按《规范》规定，岩土工程勘察的等级，是由工程安全等级、场地和地基的复杂程度三项因素决定的。首先应分别对三项因素进行分级，在此基础上进行综合分析，以确定岩土工程勘察的等级划分。下面先分别论述三项因素等级划分的依据及具体规定，随后综合划分岩土工程勘察的等级。

### 一、工程重要性等级

工程重要性等级，是根据工程的规模和特征，以及由于岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果，可分为三个工程重要性等级：

表 1-1 工程安全等级

| 工程重要性等级 | 工程的规模和特征 | 破坏后果 |
|---------|----------|------|
| 一级      | 重要工程     | 很严重  |
| 二级      | 一般工程     | 严重   |
| 三级      | 次要工程     | 不严重  |

对于不同类型的工程来说，应根据工程的规模和特征具体划分。目前房屋建筑与构筑物的设计等级，已在国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)中明确规定根据地基复杂程度，建筑物规模和功能特征以及由于地基问题可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度，将地基基础设计分为三个设计等级，设计时应根据具体情况，按表 1-2 选用。

表 1-2 地基基础设计等级

| 设计等级 | 工程的规模 | 建筑和地基类型  |
|------|-------|--|
| 甲级   | 重要工程  | 重要的工业与民用建筑物；30 层以上的高层建筑；体型复杂，层数相差超过 10 层的高低层连成一体建筑物；大面积的多层地下建筑物(如地下车库，商场、运动场等)；对地基变形有特殊要求的建筑物；复杂地质条件下的坡上建筑物(包括高边坡)；对原有工程影响较大的新建建筑物；场地和地基条件复杂的一般建筑物；位于复杂地质条件及软土地区的二层及二层以上地下室的基坑工程 |
| 乙级   | 一般工程  | 除甲级，丙级以外的工业与民用建筑物  |
| 丙级   | 次要工程  | 场地和地基条件简单，荷载分布均匀的七层及七层以下民用建筑及一般工业建筑物；次要的轻型建筑物  |

目前，地下洞室、深基坑开挖、大面积岩土处理等尚无工程安全等级的具体规定，可根据实际情况划分。大型沉井和沉箱、超长桩基和墩基、有特殊要求的精密设备和超高压设备、有特殊要求的深基坑开挖和支护工程、大型竖井和平洞、大型基础托换和补强工程，以及其他难度大、破坏后果严重的工程，以列为一级安全等级为宜。

### 二、场地复杂程度等级

场地复杂程度等级是由建筑抗震稳定性、不良地质现象发育情况、地质环境破坏程度、地形地貌条件和地下水等五个条件衡量的。根据场地的复杂程度，可按下列规定分为三个场地等级：

1.符合下列条件之一者为一级场地(复杂场地)：

- (1) 对建筑抗震危险的地段；
- (2) 不良地质作用强烈发育；
- (3) 地质环境已经或可能受到强烈破坏；
- (4) 地形地貌复杂；
- (5) 有影响工程的多层地下水，岩溶裂隙水或其他水文地质条件复杂，需专门研究的场地。

2.符合下列条件之一者为二级场地(中等复杂场地)：

- (1) 对建筑抗震不利的地段；
- (2) 不良地质作用一般发育；
- (3) 地质环境已经或可能受到一般破坏；
- (4) 地形地貌较复杂；
- (5) 基础位于地下水位以下的场地；

3.符合下列条件者为三级场地(简单场地)：

- (1) 抗震设防烈度等于或小于 6 度，或对建筑抗震有利的地段；
- (2) 不良地质作用不发育；
- (3) 地质环境基本未受破坏；
- (4) 地形地貌简单；
- (5) 地下水对工程无影响；

以上划分从一级开始，向二级，三级推定，以最先满足的为准。参见表 1-3。

表 1-3 场地复杂程度等级

| 等级         | 一级           | 二级          | 三级              |
|------------|--------------|-------------|-----------------|
| 建筑抗震稳定性    | 危险           | 不利          | 有利(或地震设防烈度≤6 度) |
| 不良地质现象发育情况 | 强烈发育         | 一般发育        | 不发育             |
| 地质环境破坏程度   | 已经或可能强烈破坏    | 已经或可能受到一般破坏 | 基本未受破坏          |
| 地形地貌条件     | 复杂           | 较复杂         | 简单              |
| 地下水条件      | 多层水、水文地质条件复杂 | 基础位于地下水位以下  | 无影响             |

注：一级、二级场地各条件中只要符合其中任一条件者即可。

### （一）建筑抗震稳定性

按国家标准《建筑抗震设计规范》（GB50011—2001）规定，选择建筑场地时，对建筑抗震稳定性地段的划分规定为：

（1）危险地段：地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流及发震断裂带上可能发生地表位错的部位。

（2）不利地段：软弱土和液化土，条状突出的山嘴，高耸孤立的山丘，非岩质的陡坡、河岸和斜坡边缘，平面分布上成因、岩性和性状明显不均匀的土层（如古河道、断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷及半填半挖地基）等。

（3）有利地段：稳定基岩、坚硬土，开阔、平坦、密实均匀的中硬土等。

### （二）不良地质现象发育情况

“不良地质作用强烈发育”是指泥石流沟谷、崩塌、土洞、塌陷、岸边冲刷、地下水强烈潜蚀等极不稳定的场地，这些不良地质作用直接威胁着工程的安全；“不良地质作用一般发育”是指虽有上述不良地质作用，但并不十分强烈，对工程设施安全的影响不严重；或者说对工程安全可能有潜在的威胁。

### （三）地质环境破坏程度

“地质环境”是指人为因素和自然因素引起的地下采空、地面沉降、地裂缝、化学污染、水位上升等。

由于人类工程——经济活动导致地质环境的干扰破坏，是多种多样的。例如，采掘固体矿产资源引起的地下采空；抽汲地下液体（地下水、石油）引起的地面沉降、地面塌陷和地裂缝；修建水库引起的边岸再造、浸没、土壤沼泽化；排除废液引起岩土的化学污染；等等。地质环境破坏对岩土工程实践的负影响是不容忽视的，往往对场地稳定性构成威胁。地质环境“受到强烈破坏”，是指由于地质环境的破坏，已对工程安全构成直接威胁；如矿山浅层采空导致明显的地面变形、横跨地裂缝等。“受到一般破坏”是指已有或将有地质环境的干扰破坏，但并不强烈，对工程安全的影响不严重。

### （四）地形地貌条件

主要指的是地形起伏和地貌单元（尤其是微地貌单元）的变化情况。一般地说，山区和丘陵区场地地形起伏大，工程布局较困难，挖填土石方量较大，土层分布较薄且下伏基岩面高低不平。地貌单元分布较复杂，一个建筑场地可能跨越多个地貌单元，因此地形地貌条件复杂或较复杂。平原场地地形平坦，地貌单元均一，土层厚度大且结构简单，因此地形地貌条件简单。

### （五）地下水条件

地下水是影响场地稳定性的重要因素。地下水的埋藏条件、类型、和地下水位等直接影响工程及其建设。

综合以上因素，把场地复杂程度划分为一级、二级、三级三个等级。

## 三、地基复杂程度等级

地基复杂程度依据岩土种类、地下水的影响；特殊土的影响也划分为三级：

### 1. 一级地基

符合下列条件之一者即为一级地基：

（1）岩土种类多，性质变化大，地下水对工程影响大，且需特殊处理；

（2）多年冻土及湿陷、膨胀、盐渍、污染严重的特殊性岩土，对工程影响大，需作专门处理的；变化复杂，同一场地上存在多种的或强烈程度不同的特殊性岩土也属之。

### 2. 二级地基

符合下列条件之一者即为二级地基：

（1）岩土种类较多，性质变化较大，地下水对工程有不利影响；

(2)除上述规定之外的特殊性岩土。

### 3. 三级地基

(1)岩土种类单一，性质变化不大，地下水对工程无影响；

(2)无特殊性岩土。

## 四、岩土工程勘察等级

综合上述三项因素的分级，即可划分岩土工程勘察的等级，根据工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级、可按下列条件划分岩土工程勘察等级。

甲级：在工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级中，有一项或多项为一级；

乙级：除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目；

丙级：工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级。

注：建筑在岩质地基上的一级工程，当场地复杂程度等级和地基复杂程度等级均为三级时，岩土工程勘察等级可定为乙级。

## 第二节 岩土工程勘察阶段的划分

为保证工程建筑物自规划设计到施工和使用全过程达到安全、经济、合用的标准，使建筑物场地、结构、规模、类型与地质环境、场地工程地质条件相互适应。任何工程的规划设计过程必须遵照循序渐进的原则，即科学地划分为若干阶段进行。

建筑物的岩土工程勘察宜分阶段进行，可行性研究勘察应符合选择场址方案的要求；初步勘察应符合初步设计的要求；详细勘察应符合施工图设计的要求；场地条件复杂或有特殊要求的工程，宜进行施工勘察。场地较小且无特殊要求的工程可合并勘察阶段。当建筑物平面布置已经确定，且场地或其附近已有岩土工程资料时，可根据实际情况，直接进行详细勘察。

按照《规范》要求，岩土工程勘察的工作可划分为以下几个阶段：

### 一、可行性研究勘察

可行性研究勘察也称为选址勘察，其目的是根据建设条件进行经济技术论证，提出设计比较方案。勘察的主要任务是对拟选场址的稳定性和适宜性做出岩土工程评价；进行技术、经济论证和方案比较，满足确定场地方案的要求。这一阶段的勘察范围是在可能进行建筑的建筑地段，一般有若干个可供选择的场址方案，都要进行勘察；各方案对场地工程地质条件的了解程度应该是相近，并对主要的岩土工程问题的作初步分析评价，以此比较说明各方案的优劣，选取最优的建筑场地。本阶段的勘察方法主要是在搜集、分析已有资料的基础上，进行现场踏勘、了解场地的工程地质条件。如果场地工程地质条件比较复杂，已有资料不足以说明问题时，应进行工程地质测绘，或必要的勘探工作。工程结束时，应对场址稳定性和适宜性做出岩土工程评价，进行技术经济论证和方案比较。并应符合下列要求：

1. 搜集区域地质、地形地貌、地震、矿产、当地的工程地质、岩土工程和建筑经验等资料；

2. 在充分搜集和分析已有资料的基础上，通过踏勘了解场地的地层、构造、岩性、不良地质作用和地下水等工程地质条件；

3. 当拟建场地工程地质条件复杂，已有资料不能满足要求时，应根据具体情况进行工程地质测绘和必要的勘探工作；

4. 当有两个或两个以上拟选场地时应进行比选分析。

### 二、初步勘察

初步勘察的目的，是密切结合工程初步设计的要求，提出岩土工程方案设计和论证。其主要任务是在可行性勘察的基础上，对场地内拟建建筑地段的稳定性做出岩土工程评价，为确定建筑物总平面布置、主要建筑物地基基础方案、对不良地质现象的防治工程方案进行论

证。勘察阶段的工作范围一般限定于建筑地段内，相对比较集中。本阶段的勘察方法，在分析已有资料的基础上，根据需要进行工程地质测绘，并以勘探、物探或原位测试为主。应根据具体的地形地貌、地层和地质结构条件，布置勘探点、线、网，其密度和孔（坑）按不同的工程类型和岩土工程勘察等级确定。原则上每一岩土层应取样和进行原位测试，取样和原位测试的坑孔的数量应占相当大的比重。此阶段进行下列主要工作：

1. 搜集拟建工程的有关文件、工程地质和岩土工程资料以及工程场地范围的地形图；
2. 初步查明地质构造、地层结构、岩土工程特性、地下水埋藏条件；
3. 查明场地不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势，并对场地的稳定性做出评价。
4. 对抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地，应对场地和地基的地震效应做出初步评价；
5. 季节性冻土地区，应调查场地土的标准冻结深度；
6. 初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性；
7. 高层建筑初步勘察时，应对可能采取的地基基础类型、基坑开挖与支护、工程降水方案进行初步分析评价。

### **三、详细勘察**

详细勘察的目的，是对岩土工程设计、岩土提出利于加固、不良地质现象的防治工程进行计算与评价，以满足施工图设计的要求。此阶段的任务应按单体建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数；对建筑地基做出岩土工程评价，并对地基类型、基础形式、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等提出建议。勘察的范围主要于建筑地基内。本阶段的勘察方法以勘探和原位测试为主。勘探点一般应按建筑物轮廓线布置，其间距根据岩土工程勘察等级确定，较之初勘阶段密度更大、深度更深。勘探坑孔的深度一般以建筑工程基础底面为准算起。采取岩土试样和进行原位测试的坑孔数量，也较初勘阶段要大。为了与后续的施工监理衔接，此阶段应适当布置监测工作。在此阶段主要应进行下列工作：

1. 搜集附有坐标和地形的建筑总平面图，场区的地面整平标高，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点、基础形式、埋置深度、地基允许变形等资料；
2. 查明不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出整治方案的建议；
3. 查明建筑范围内岩土层的类型、深度、分布、工程特性、分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力；
4. 对需进行沉降计算的建筑物，提供地基变形计算参数，预测建筑物的变形特征；
5. 查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物；
6. 查明地下水的埋藏条件，提供地下水位及其变化幅度；
7. 在季节性冻土地区，提供场地土的标准冻结深度；
8. 判定水和土对建筑材料的腐蚀性。

### **四、施工勘察**

施工勘察不作为一个固定阶段，视工程的实际需要而定，对条件复杂或有特殊施工要求的重大工程地基，需进行施工勘察。施工勘察包括施工阶段的勘察和竣工运营工程中的一些必要的勘察工作，主要是检验与监测工作、施工地质编录和施工超前地质预报、检验地基加固效果。它可以起到核对已取得的地质资料和所作评价结论准确性的作用。此外，对一些规模不大且工程地质条件简单的场地，或者由建筑经验的地区，可简化勘察阶段。

### 第三节 岩土工程勘察的方法及其相互关系

岩土工程勘察的方法或技术手段，有以下几种：

1. 工程地质测绘。
2. 勘探与取样。
3. 原位测试与室内试验。
4. 现场检验与监测。

工程地质测绘是岩土工程勘察的基础工作，一般在勘察的初期阶段进行。这一方法的本质是运用地质、工程地质理论，对地面的地质现象进行观察和描述，分析其性质和规律，并藉以推断地下地质情况，为勘探、测试工作等其他勘察方法提供依据。在地形地貌和地质条件较复杂的场地，必须进行工程地质测绘；但对地形平坦、地质条件简单且较狭小的场地，则可采用调查代替工程地质测绘。工程地质测绘是认识场地工程地质条件最经济、最有效的方法，高质量的测绘工作能相当准确地推断地下地质情况，起到有效地指导其他勘察方法的作用。

勘探工作包括物探、钻探和坑探等各种方法。它是被用来调查地下地质情况的；并且可利用勘探工程取样进行原位测试和监测。应根据勘察目的及岩土的特性选用上述各种勘探方法。

物探是一种间接的勘探手段，它的优点是较之钻探和坑探轻便、经济而迅速，能够及时解决工程地质测绘中难于推断而又急待了解的地下地质情况，所以常常与测绘工作配合使用。它又可作为钻探和坑探的先行或辅助手段。但是，物探成果判释往往具多解性，方法的使用又受地形条件等的限制，其成果需用勘探工程来验证。

钻探和坑探也称勘探工程，均是直接勘探手段，能可靠地了解地下地质情况，在岩土工程勘察中是必不可少的。其中钻探工作使用最为广泛，可根据地层类别和勘察要求选用不同的钻探方法。当钻探方法难以查明地下地质情况时，可采用坑探方法。坑探工程的类型较多，应根据勘察要求选用。勘探工程一般都需要动用机械和动力设备，耗费人力、物力较多，有些勘探工程施工周期又较长，而且受到许多条件的限制。因此使用这种方法时应具有经济观点，布置勘探工程需要以工程地质测绘和物探成果为依据，切避盲目性和随意性。

原位测试与室内试验的主要目的，是为岩土工程问题分析评价提供所需的技术参数，包括岩土的物性指标、强度参数、固结变形特性参数、渗透性参数和应力、应变时间关系的参数等。原位测试一般都藉助于勘探工程进行，是详细勘察阶段主要的一种勘察方法。

原位测试与室内试验相比，各有优缺点。原位测试的优点是：试样不脱离原来的环境，基本上在原位应力条件下进行试验；所测定的岩土体尺寸大，能反映宏观结构对岩土性质的影响，代表性好；试验周期较短，效率高；尤其对难以采样的岩土层仍能通过试验评定其工程性质。缺点是：试验时的应力路径难以控制；边界条件也较复杂；有些试验耗费人力、物力较多，不可能大量进行。室内试验的优点是：试验条件比较容易控制(边界条件明确，应力应变条件可以控制等)；可以大量取样。主要的缺点是：试样尺寸小，不能反映宏观结构和非均质性对岩土性质的影响，代表性差；试样不可能真正保持原状，而且有些岩土也很难取得原状试样。

现场检验与监测是构成岩土工程系统的一个重要环节，大量工作在施工和运营期间进行；但是这项工作一般需在高级勘察阶段开始实施，所以又被列为一种勘察方法。它的主要目的在于保证工程质量和安全，提高工程效益。

现场检验的涵义，包括施工阶段对先前岩土工程勘察成果的验证核查以及岩土工程施工监理和质量控制。现场监测则主要包含施工作用和各类荷载对岩土反应性状的监测、施工和运营中的结构物监测和对环境影响的监测等方面。

检验与监测所获取的资料,可以反求出某些工程技术参数,并以此为依据及时修正设计,使之在技术和经济方面优化。此项工作主要是在施工期间内进行,但对有特殊要求的工程以及一些对工程有重要影响的不良地质现象,应在建筑物竣工运营期间继续进行。

随着科学技术的飞速发展,在岩土工程勘察领域中不断引进高新技术。例如,工程地质综合分析、工程地质测绘制图和不良地质现象监测中遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球卫星定位系统(GPS)即“3S”技术的引进;勘探工作中地质雷达和地球物理层成像技术(CT)的应用等。

## 第四节 岩土的工程分类

岩土的工程分类是岩土工程勘察和设计的基础,从工程的角度来说,岩土分类就是系统的把自然界中不同的岩土分别根据工程地质性质的相似性划分到各个不同的岩土组合中去,以使人们有可能依据同类岩土一致的工程地质性质去评价其性质、或提供人们一个比较确切的描述岩土的方法。

### 一、分类的目的、原则和分类体系

土的分类体系就是根据土的工程性质差异将土划分成一定的类别,目的在于通过通用的鉴别标准,便于在不同土类间作有价值的比较、评价、积累以及学术与经验的交流。分类原则如下:

1. 分类要简明,既要能综合反映土的主要工程性质,又要测定方法简单,使用方便。
2. 土的分类体系所采用的指标要在一定程度上反映不同类工程用土的不同特性。

岩体的分类体系有:

(1)建筑工程系统分类体系侧重作为建筑地基和环境的岩土,例如:《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2002)地基土分类方法、《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)岩土的分类。

(2)工程材料系统分类体系侧重把土作为建筑材料,用于路堤、土坝和填土地基工程。研究对象为扰动土,例如:《土的分类标准》(GBJ145-90)工程用土的分类和《公路土工试验规程》(JTJ051-93)土的工程分类。

### 二、分类方法:

#### (一) 岩石的分类和鉴定

在进行岩土工程勘察时,应鉴定岩石的地质名称和风化程度,并进行岩石坚硬程度、岩体结构、完整程度和岩体基本质量等级的划分。

1. 岩石按成因可划分为岩浆岩、沉积岩、变质岩等类型。
2. 岩石质量指标(RQD)

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

表 1-4 岩石质量指标的划分

| 岩石质量指标 | 好的   | 较好的     | 比较差的    | 差的      | 极差的  |
|--------|------|---------|---------|---------|------|
| RQD    | >90% | 75%-90% | 50%-75% | 25%-50% | <25% |

3. 岩石按风化程度可划分为六个级别,见表 1-5。

表 1-5 岩石按风化程度分类

| 风化程度 | 野外特征   | 风化程度参数指标  |            |
|------|--|-----------|------------|
|      |  | 波速比 $K_v$ | 风化系数 $K_f$ |
| 未风化  | 岩质新鲜、偶见风化痕迹                                    | 0.9-1.0   | 0.9-1.0    |
| 微风化  | 结构基本未变，仅节里面有渲染，或略有变形，有少量风化痕迹                   | 0.8-0.9   | 0.8-0.9    |
| 中等风化 | 结构部分变化，沿节理有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖，用岩芯钻进方可钻进 | 0.6-0.8   | 0.4-0.8    |
| 强风化  | 结构大部分破坏，矿物部分显著变化，风化裂隙很发育，岩体破碎。可用镐挖，干钻不易钻进      | 0.4-0.6   | <0.4       |
| 全风化  | 结构基本破坏，但尚可确认，有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进                | 0.2-0.4   | --         |
| 残积土  | 组织结构全部破坏，已风化成土状，镐易挖掘，干钻易钻进，具有可塑性               | <0.2      | --         |

注：①波速比为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比。  
 ②风化系数为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比。  
 ③岩石风化强度，除按表列特征和定量指标划分外，也可根据当地经验划分。  
 ④花岗岩类岩石，可采用标准贯入试验划分，为强风化；为全风化；为残积土。  
 ⑤泥岩和半成岩，可不进行风化程度划分。

4. 岩体按结构可分为五大类（见表 1-6）

表 1-6 岩体按结构类型划分

| 岩体结构类型 | 岩体地质类型             | 结构面形状 | 结构面发育情况  | 岩体工程特征                       | 可能发生的岩体工程问题          |
|--------|--------------------|-------|--|------------------------------|----------------------|
| 整体状结构  | 巨块状岩浆岩和变质岩，巨厚层沉积岩  | 巨块状   | 以层面和原生、构造节理为主，多呈闭合性，间距大于 1.5m，一般为 1~2 组，无危险结构面 | 岩体稳定，可视为均质弹性各向同性体            | 局部滑动或坍塌，深埋洞室的岩爆      |
| 块状结构   | 厚层状沉积岩，块状沉积岩和变质岩   | 块状柱状  | 有少量贯穿性节理裂隙，节理面间距 0.7~1.5m，一般有 2~3 组，有少量分离体     | 结构面相互牵制，岩体基本稳定，接近弹性各向同性体     |                      |
| 层状结构   | 多韵律薄层、中厚层状沉积岩，副变质岩 | 层状板状  | 有层理、片理、节理，常有层间错动带                              | 变形和强度受层面控制，可视为各向异性弹塑性体，稳定性较差 | 可沿结构面滑动，软岩可产生塑性变形    |
| 碎裂结构   | 构造影响严重的破碎岩层        | 碎块状   | 断层、节理、片理、层理发育，结构面间距 0.25~0.50m，一般 3 组以上，有许多分离体 | 整体强度较低，并受软弱结构面控制，呈弹塑性体，稳定性差  | 易发生规模较大的岩体失稳，地下水加剧失稳 |
| 散体状结构  | 断层破碎带，强风化及全风化带     | 碎屑状   | 构造和风化裂隙密集，结构面错综复杂，多充填粘性土，形成无序小块和碎屑             | 完整性遭极大破坏，稳定性极差，接近松散介质        | 易发生规模较大的岩体失稳，地下水加剧失稳 |

5. 岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分，应分别按表 1-8~表 1-11 执行

(1) 岩石的坚硬程度等级可按表 1-7 定性划分。

按表 1-7 岩石的坚硬程度等级定性划分



| 名称          |      | 定性鉴定                          | 代表性岩石   |
|-------------|------|-------------------------------|---|
| 硬<br>质<br>岩 | 坚硬岩  | 捶击声清脆，有回弹，震手，难击碎，基本无吸水反应      | 未风化-微风化的：花岗岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英岩、石英砂岩、硅质砾岩、硅质石灰岩等 |
|             | 较坚硬岩 | 捶击声较清脆，有轻微回弹，稍震手，较难击碎，有轻微吸水反应 | 弱风化的坚硬岩：未风化-微风化凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、石灰岩、钙质胶结砂岩等             |
| 软<br>质<br>岩 | 较软岩  | 捶击声不清脆，无回弹，较易击碎，浸水后，指甲可刻出指痕   | 强风化坚硬岩；弱风化较坚硬岩；未风化-微风化：千枚岩、页岩等                        |
|             | 软岩   | 捶击声哑，无回弹，有凹痕，易击碎，浸水后，手可掰开     | 强风化坚硬岩；弱风化-强风化的较坚硬岩；弱风化较软岩；微风化的泥岩                     |
|             | 极软岩  | 捶击声哑，无回弹，有较深凹痕，手可捏碎，浸水后，手可捏成团 | 全风化的各种岩石；各种未成岩  |

(2) 岩石的坚硬程度等级可根据岩块的饱和单轴抗压强度  $f_{rk}$  定量分类 (表 1-8)。

表 1-8 岩石坚硬程度的定量分类

| 坚硬程度类别                  | 坚硬岩           | 较硬岩                   | 较软岩                   | 软岩                   | 极软岩             |
|-------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| 饱和单轴抗压强度 $f_{rk}$ (MPa) | $f_{rk} > 60$ | $30 < f_{rk} \leq 60$ | $15 < f_{rk} \leq 30$ | $5 < f_{rk} \leq 15$ | $f_{rk} \leq 5$ |

(3) 岩体的完整性程度等级可按野外鉴定特征定性划分 (表 1-9)

表 1-9 岩体的完整性程度等级定性划分

| 名称  | 结构面发育程度 |          | 主要结构面的结合程度 | 主要结构面类型      | 相应结构面类型   |
|-----|---------|----------|------------|--------------|-----------|
|     | 组数      | 平均间距 (m) |            |              |           |
| 完整  | 1~2     | >1.0     | 结合好或结合一般   | 裂隙、层面        | 整体状或厚层状结构 |
| 较完整 | 1~2     | >1.0     | 结合差        | 裂隙、层面        | 块状或厚层状结构  |
|     | 2~3     | 1.0~0.4  | 结合好或一般     |              | 块状结构      |
| 较破碎 | 2~3     | 1.0~0.4  | 结合差        | 裂隙、层面<br>小断层 | 镶嵌碎裂结构    |
|     | ≥3      | 0.4~0.2  | 结合好        |              | 中、薄层状结构   |
|     |         |          | 结合一般       |              | 裂隙块状结构    |
| 破碎  | ≥3      | 0.4~0.3  | 结合差        | 各种类型结构面      | 裂隙块状结构    |
|     |         | ≤0.2     | 结合一般或结合差   |              | 碎裂状结构     |
| 极破碎 | 无序      |          | 结合很差       |              | 散体状结构     |

(4) 岩体的完整性程度等级按表 1-10 定量划分

表 1-10 岩体的完整性程度等级定量划分

| 完整程度等级 | 完整    | 较完整       | 较破碎       | 破碎        | 极破碎   |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 完整性系数  | >0.75 | 0.75~0.55 | 0.55~0.35 | 0.35~0.15 | <0.15 |

注：完整性系数为岩体压缩波速度与岩块压缩波速度之比的平方，选定岩体和岩块测定波速时应注意代表性。

(5) 岩体的基本质量指标的划分

岩体基本质量等级的划分依据岩石的坚硬程度等级和岩体的完整程度等级来划分，见表 1-11。

表 1-11 岩体基本质量等级的划分

| 完整程度 \ 坚硬程度 | 完整  | 较完整 | 较破碎 | 破碎 | 极破碎 |
|-------------|-----|-----|-----|----|-----|
| 坚硬岩         | I   | II  | III | IV | V   |
| 较坚硬岩        | II  | III | IV  | IV | V   |
| 较软岩         | III | IV  | IV  | V  | V   |
| 软岩          | IV  | IV  | V   | V  | V   |
| 极软岩         | V   | V   | V   | V  | V   |

(二) 地基土的分类和鉴定

地基土的分类可按成沉积时代、地质成因、有机质含量及土粒大小、塑性指数划分为如下几类：

- 1.土按沉积时代划分：晚更新世  $Q_3$  及其以前沉积的土，应定为老沉积土；第四纪全新世中近期沉积的土，应定为新近沉积土。
- 2.根据地质成因，可划分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、淤积土、冰积土和风积土等。
- 3.土根据有机质含量分类，应按表 1-12 执行。

表 1-12 土根据有机质含量分类

| 分类名称 | 有机质含量 $W_u(\%)$          | 现场鉴定特征  | 说明   |
|------|--------------------------|---|--|
| 无机土  | $W_u < 5\%$              |   |  |
| 有机质土 | $5\% \leq W_u \leq 10\%$ | 深灰色，有光泽，味臭，除腐殖质外尚含有少量未完全分解的动植物体，浸水后水面出现气泡，干燥后体积收缩   | 1 如现场能鉴定或由地区经验时，可不作有机质含量测定<br>2 当 $w > w_L$ ， $1.0 \leq e < 1.5$ 时称为淤泥质土<br>3 当 $w > w_L$ ， $e \geq 1.5$ ，时称为淤泥                  |
| 泥炭质土 | $10\% < W_u \leq 60\%$   | 深灰色或黑色，有腥臭味，能看到未完全分解的植物结构，浸水膨胀，易崩解，有植物残渣浮于水中，干缩现象明显 | 可根据地区特点和需要，按 $W_u$ 细分为：<br>弱泥炭质土（ $10\% < W_u \leq 25\%$ ）<br>中泥炭质土（ $25\% < W_u \leq 40\%$ ）<br>强泥炭质土（ $40\% < W_u \leq 60\%$ ） |
| 泥炭   | $W_u > 60\%$             | 除有泥炭质土特征之外，结构松散，土质很轻，暗无光泽，干缩现象极为明显                  |  |

4. 根据土粒大小、土的塑性指数把地基土分为碎石土、砂土、粉土和粘性土四大类。

(1) 碎石土的分类

粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土称为碎石土（表 1-13）。

表 1-13 碎石土的分类

| 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 的颗粒含量超过全重 50% |
| 块石   | 棱角形为主    |                          |
| 卵石   | 圆形及亚圆形为主 | 粒径大于 20mm 的颗粒含量超过全重 50%  |
| 碎石   | 棱角形为主    |                          |
| 圆砾   | 圆形及亚圆形为主 | 粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 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) 砂土的分类

粒径大于 2mm 的颗粒含量不超过全重 50% 的土，且粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土称为砂土（表 1-14）。

表 1-14 砂土的分类

| 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：定名时应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定

(3) 粉土的分类

粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 50%，塑性指数  $I_p \leq 10$  的土称为粉土。

(4) 粘性土的分类

粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不超过全重 50%，塑性指数  $Ip > 10$  的土称为粘性土。粘性土根据塑性指数细分（表 1-15）。

表 1-15 粘性土的分类

| 土的名称 | 塑性指数              |
|------|-------------------|
| 粘土   | $Ip > 17$         |
| 粉质粘土 | $10 < Ip \leq 17$ |

注：塑性指数由相应于 76g 圆锥体沉入土样中深度为 10mm 测定的液限计算而得

5. 特殊土的分类

对特殊成因和年代的土类应结合其成因和年代特征定名，特殊性土除应描述上述相应土类规定的内容外，尚应描述其特殊成分和特殊性质；如对淤泥尚需描述臭味，对填土尚需描述物质成分、堆积年代、密实度和厚度的均匀程度等。。

6. 土的密实度鉴定  
(1) 碎石土的密实度可根据圆锥动力触探锤击数按表 1-16 或表 1-17 确定，表中的  $N_{63.5}$  和  $N_{120}$  应进行杆长修正。定性描述可按表 1-18 的规定执行。

表 1-16 碎石土密实度按  $N_{63.5}$  分类

| 重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$   | 密实度 | 重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$    | 密实度 |
|------------------------|-----|-------------------------|-----|
| $N_{63.5} \leq 5$      | 松散  | $10 < N_{63.5} \leq 20$ | 中密  |
| $5 < N_{63.5} \leq 10$ | 稍密  | $N_{63.5} > 20$         | 密实  |

注：本表适用于平均粒径小于或等于 50mm，且最大粒径小于 100mm 的碎石土，对于平均粒径大于 50mm，或最大粒径大于 100mm 碎石土，可用超重型动力触探或野外观察鉴别。

表 1-17 碎石土密实度按  $N_{120}$  分类

| 重型动力触探锤击数 $N_{120}$    | 密实度 | 重型动力触探锤击数 $N_{120}$    | 密实度 |
|------------------------|-----|------------------------|-----|
| $N_{120} \leq 3$       | 松散  | $11 < N_{120} \leq 14$ | 密实  |
| $3 < N_{120} \leq 6$   | 稍密  | $N_{120} > 14$         | 很密  |
| $63 < N_{120} \leq 11$ | 中密  |                        |     |

表 1-18 碎石土密实度野外鉴别

| 密实度 | 骨架颗粒含量和排列                | 可挖性                              | 可钻性                      |
|-----|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 松散  | 骨架颗粒含量小于总质量的，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，立即崩落       | 钻进较易，钻杆稍有跳动，孔壁易坍塌        |
| 中密  | 骨架颗粒含量等于总质量的，呈交错排列，大部分接触 | 锹镐可以挖掘，井壁有掉块现象，从井壁取出大颗粒处，能保持凹面形状 | 钻进较困难，钻杆、吊锤跳动不剧烈，孔壁有坍塌现象 |
| 密实  | 骨架颗粒含量大于总质量的，呈交错排列，连续接触  | 锹镐挖掘困难，用撬棍方能松动，井壁较稳定             | 钻进困难，钻杆、吊锤跳动不剧烈，孔壁较稳定    |

注：密实度应按表列各项特征综合确定

(2) 砂土的密实度应根据标准贯入试验锤击数实测值  $N$  划分为密实、中密、稍密和松散，并应符合表 1-19 的规定。当用静力触探探头阻力划分砂土密实度时，可根据当地经验确定。

表 1-19 砂土密实度分类

| 标准贯入锤击数 $N$      | 密实度 | 标准贯入锤击数 $N$       | 密实度 |
|------------------|-----|-------------------|-----|
| $N \leq 10$      | 松散  | $105 < N \leq 30$ | 中密  |
| $10 < N \leq 15$ | 稍密  | $N > 30$          | 密实  |

(3) 粉土的密实度应根据孔隙比  $e$  划分为密实、中密和稍密；其湿度应根据含水量  $w$  (%) 划

分为稍湿、湿、很湿。密实度和湿度的划分应分别符合表 1-20 和表 1-21 的规定。

表 1-20 粉土密实度分类

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 孔隙比 $e$                 | 密实度 |
| $e < 0.75$              | 密实  |
| $0.75 \leq e \leq 0.90$ | 中密  |
| $e > 0.9$               | 稍密  |

表 1-21 粉土湿度分类

|                     |    |
|---------------------|----|
| 含水量 $w$             | 湿度 |
| $w < 20$            | 稍湿 |
| $20 \leq w \leq 30$ | 湿  |
| $w > 30$            | 很湿 |

(4) 粘性土的状态应根据液性指数  $I_L$  划分为坚硬、硬塑、可塑、软塑和流塑，并符合表 1-22 的规定。

表 1-22 粘性土的状态分类

|                        |    |      |                     |
|------------------------|----|------|---------------------|
| 液性指数                   | 状态 | 液性指数 | 状态                  |
| $I_L \leq 0$           | 坚硬 | 软塑   | $0.75 < I_L \leq 1$ |
| $0 < I_L \leq 0.25$    | 硬塑 | 流塑   | $I_L > 1$           |
| $0.25 < I_L \leq 0.75$ | 可塑 |      |                     |