

## B.2 标准贯入试验判别

**B.2.1** 当初步判别认为需进一步进行液化判别时,应采用标准贯入试验判别法判别地面下 7m 深度范围内的液化;当饱和土标准贯入实测锤击数小于液化判别标准贯入锤击数临界值时,应判为液化土。当有成熟经验时,也可采用其他判别方法。在地面下 7m 深度范围内,液化判别标准贯入锤击数临界值可按式计算:

$$N_{cr} = N_0 [0.9 + 0.1(d_s - d_w)] \sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (\text{B.2.1})$$

式中:  $N_{cr}$ ——液化判别标准贯入锤击数临界值;

$N_0$ ——按表 B.2.1 选用的液化判别标准贯入锤击数基准值;

$d_s$ ——饱和土标准贯入试验点深度(m);

$d_w$ ——地下水位深度(m);

$\rho_c$ ——黏粒含量百分率,当小于 3 或为砂土时,均应采用 3。

表 B.2.1 标准贯入锤击数基准值

| 设计地震分组 | 7 度   | 8 度    | 9 度 |
|--------|-------|--------|-----|
| 第一组    | 6(8)  | 10(13) | 16  |
| 第二、三组  | 8(10) | 12(15) | 18  |

注:括弧内数值用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

**B.2.2** 凡经判定为可液化的土层,应探明各液化土层的深度和厚度,并按下列公式计算液化指数;

$$I_{IE} = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_i}{N_{cri}}\right) d_i \omega_i \quad (\text{B.2.2-1})$$

$$\omega_i = 10 \quad (\text{当 } d_{si} \leq 5 \text{ 时}) \quad (\text{B.2.2-2})$$

$$\omega_i = 10 - Z_{oi} \quad (\text{当 } 5 < d_{si} \leq 7 \text{ 时}) \quad (\text{B.2.2-3})$$

式中:  $I_{IE}$ ——液化指数;

$n$ ——7m 深度范围内每一个钻孔标准贯入试验点的总数;

$N_i, N_{cri}$ ——分别为  $i$  点标准贯入锤击数的实测值和临界值,当实

测值大于临界值时应取临界值的数值；

$d_i$ —— $i$  点所代表的土层厚度(m)，可采用与该标准贯入试验点的相邻的上、下两标准贯入试验点深度差的一半；但上界不小于地下水位深度，下界不大于液化深度；中间的非液化土层应扣除；

$\omega_i$ —— $i$  土层考虑单位土层厚度的层位影响权函数( $m^{-1}$ )，按式(B. 2. 2-2)或式(B. 2. 2-3)计算；

$d_{si}$ ——第  $i$  个标准贯入点的深度(m)；

$Z_{oi}$ —— $d_i$  的中点深度(m)。

**B. 2. 3** 存在液化土层的场地，应根据其液化指数按表 B. 2. 3 划分其液化等级。

表 B. 2. 3 液化等级

| 液化指数 | $0 < I_{LE} \leq 3.5$ | $3.5 < I_{LE} \leq 10$ | $I_{LE} \geq 10$ |
|------|-----------------------|------------------------|------------------|
| 液化等级 | 轻微                    | 中等                     | 严重               |

## 附录 C 隧道围岩分级

### C.1 围岩分级的基本因素

C.1.1 分级因素及其确定方法应符合下列规定：

1 围岩基本分级应由岩石坚硬程度和岩体完整程度两个因素确定；

2 岩石坚硬程度和岩体完整程度，应采用定性划分和定量指标两种方法综合确定。

C.1.2 岩石坚硬程度应按表 C.1.2 进行划分。

表 C.1.2 岩石坚硬程度的划分

| 岩石类别 |     | 饱和单轴抗压强度 $R_c$ (MPa) | 代表性岩石   |
|------|-----|----------------------|---|
| 硬质岩  | 坚硬岩 | $R_c > 60$           | 未风化~微风化的花岗岩、正长岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英片岩、硅质板岩、石英岩、硅质胶结的砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等 |
|      | 较硬岩 | $60 \geq R_c > 30$   | 1. 微风化的坚硬岩<br>2. 未风化~微风化的熔结凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、石灰岩、钙质胶结的砂岩、结晶颗粒较粗的岩浆岩等     |
| 软质岩  | 较软岩 | $30 \geq R_c > 15$   | 1. 强风化的坚硬岩<br>2. 微风化的较硬岩<br>3. 未风化~微风化的凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩、泥质砂岩、粉砂岩、页岩等  |
|      | 软岩  | $15 \geq R_c > 5$    | 1. 强风化的坚硬岩或较硬岩<br>2. 中等风化~强风化的较软岩<br>3. 未风化~微风化的页岩、泥岩、泥质砂岩等           |
|      | 极软岩 | $R_c \leq 5$         | 1. 全风化的各种岩石<br>2. 各种半成岩   |

### C.1.3 岩体完整程度应按表 C.1.3 进行划分。

表 C.1.3 岩体完整程度的划分

| 完整程度 | 结构面特征   | 结构类型         | 岩体完整性指数 ( $K_v$ )      |
|------|---|--------------|------------------------|
| 完整   | 结构面 1 组~2 组,以结构型节理或层面为主,密闭型                           | 巨块状整体结构      | $K_v > 0.75$           |
| 较完整  | 结构面 2 组~3 组,以构造型节理、层面为主,裂隙多呈密闭型,部分为微张型,少有充填物          | 块状结构         | $0.75 \geq K_v > 0.55$ |
| 较破碎  | 结构面一般为 3 组,以节理及风化裂隙为主,在断层附近受构造影响较大,裂隙以微张型和张开型为主,多有充填物 | 层状结构、块石、碎石结构 | $0.55 \geq K_v > 0.35$ |
| 破碎   | 结构面大于 3 组,多以风化型裂隙为主,在断层附近受构造影响较大,裂隙以张开型为主,多有充填物       | 碎石角砾状结构      | $0.35 \geq K_v > 0.15$ |
| 极破碎  | 结构面杂乱无序,在断层附近受断层作用影响大,宽张裂隙全为泥质或泥夹岩屑充填,充填物厚度大          | 散体状结构        | $K_v \leq 0.15$        |

注:完整性指数为岩体弹性纵波波速与岩块弹性纵波波速之比的平方,选定岩体和岩块测定波速时,应注意其代表性。

## C.2 围岩基本分级及其修正

C.2.1 围岩基本分级应根据岩石坚硬程度和岩体完整程度及围岩基本质量指标 BQ,并应按表 C.2.1 的规定确定。

表 C.2.1 围岩基本分级

| 级别 | 岩体特征                  | 围岩弹性纵波速度 (km/s) | 围岩基本质量指标 BQ    |
|----|-----------------------|-----------------|----------------|
| I  | 坚硬岩,岩体完整              | $>4.5$          | $>550$         |
| II | 坚硬岩,岩体较完整<br>较硬岩,岩体完整 | $3.5 \sim 4.5$  | $550 \sim 451$ |

续表 C. 2. 1

| 级别 | 岩 体 特 征  | 围岩弹性纵波速度(km/s)       | 围岩基本质量指标 BQ |
|----|--|----------------------|-------------|
| Ⅲ  | 坚硬岩,岩体较破碎<br>较硬岩或软硬岩互层,岩体较完整<br>较软岩,岩体完整   | 2.5~4.0              | 450~351     |
| Ⅳ  | 坚硬岩,岩体破碎<br>较硬岩,岩体较破碎或破碎<br>较软岩和较硬岩互层,且以较软岩为主,岩体较完整或较破碎<br>软岩,岩体完整或较完整           | 1.5~3.0              | 350~251     |
|    | 土体:具压密或成岩作用的黏性土、粉土及砂类土,一般钙质、铁质胶结的碎(卵)石土、大块石土、黄土(Q <sub>1</sub> 、Q <sub>2</sub> ) |                      |             |
| Ⅴ  | 软岩,岩体破碎至极破碎<br>全部极软岩及全部破碎岩(包括受构造影响严重的破碎带)  | 1.0~2.0              | ≤250        |
|    | 土体:一般第四系坚硬、硬塑黏性土,稍密及以上、稍湿、潮湿的碎石土、砂类土、粉土及黄土(Q <sub>3</sub> 、Q <sub>4</sub> )      |                      |             |
| Ⅵ  | 受构造影响很严重呈碎石、角砾及粉末、泥土状的断层带  | <1.0<br>(饱和状态的土<1.5) | —           |
|    | 土体:软塑状黏性土、饱和的粉土、砂类土等   |                      |             |

### C. 2. 2 隧道围岩级别的修正应符合下列规定:

- 1 围岩级别应在围岩基本分级的基础上,结合隧道工程的特点,考虑地下水状态、初始地应力状态等必要的因素进行修正;
- 2 地下水状态的分级宜按表 C. 2. 2-1 确定;

表 C. 2. 2-1 地下水状态的分级

| 级 别 | 状 态   | 渗水量[l/min · 10m] |
|-----|-------|------------------|
| Ⅰ   | 干燥或湿润 | >10              |
| Ⅱ   | 偶有渗水  | 10~25            |
| Ⅲ   | 经常渗水  | 25~125           |



3 地下水对围岩级别的修正,宜按表 C. 2. 2-2 的规定进行确定;

表 C. 2. 2-2 地下水对围岩级别的修正

| 地下水状态分级 | 围岩级别 |     |     |    |    |    |
|---------|------|-----|-----|----|----|----|
|         | I    | II  | III | IV | V  | VI |
| I       | I    | II  | III | IV | V  | —  |
| II      | I    | II  | IV  | V  | VI | —  |
| III     | II   | III | IV  | V  | VI | —  |

4 围岩初始地应力状态,当无实测资料时,可根据隧道工程埋深、地貌、地形、地质、构造运动史、主要构造线与开挖过程中出现的岩爆、岩芯饼化等特殊地质现象,并按表 C. 2. 2-3 作出评估;

表 C. 2. 2-3 初始地应力状态评估

| 初始地应力状态 | 主要现象   | 评估基准<br>( $R_c/\sigma_{max}$ ) |
|---------|--|--------------------------------|
| 极高应力    | 1. 硬质岩:开挖过程中时有岩爆发生,有岩块弹出,洞壁岩体发生剥离,新生裂缝多,成洞性差<br>2. 软质岩:岩芯常有饼化现象,开挖过程中洞壁岩体有剥离,位移极为显著,甚至发生大位移,持续时间长,不易成洞 | $<4$                           |
| 高应力     | 1. 硬质岩:开挖过程中可能出现岩爆,洞壁岩体有剥离和掉块现象,新生裂缝较多,成洞性较差<br>2. 软质岩:岩芯时有饼化现象,开挖过程中洞壁岩体位移显著,持续时间长,成洞性差               | $4\sim7$                       |

注: $R_c$ ——岩石饱和单轴抗压强度(MPa); $\sigma_{max}$ ——最大地应力值(MPa)。

5 初始地应力对围岩级别的修正宜按表 C. 2. 2-4 的规定进

行确定；

表 C.2.2-4 初始地应力对围岩级别的修正

| 初始地应力状态 | 围岩基本分级 |    |                       |                     |    |
|---------|--------|----|-----------------------|---------------------|----|
|         | I      | II | III                   | IV                  | V  |
| 极高应力    | I      | II | III 或 IV <sup>1</sup> | V                   | VI |
| 高应力     | I      | II | III                   | IV 或 V <sup>2</sup> | VI |

注：1 围岩岩体为较破碎的坚硬岩、较完整的较硬岩时，定为Ⅲ级；围岩岩体为完整的较软岩、较完整的软硬岩互层时，定为Ⅳ级；

2 围岩岩体为破碎的坚硬岩、较破碎及破碎的较硬岩时，定为Ⅳ级；围岩岩体为完整及较完整软岩、较完整及较破碎的较软岩时，定为Ⅴ级。

6 隧道洞身埋藏较浅，应根据围岩受地表的影响情况进行围岩级别修正；当围岩为风化层时，应按风化层的围岩基本分级考虑；围岩仅受地表影响时，应较相应围岩级别降低 1 级～2 级。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。



## 引用标准名录

- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 《地基动力特性测试规范》GB/T 50269
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87
- 《建筑基坑支护技术规范》JGJ 120
- 《地下水封洞库岩土工程勘察规范》SY/T 0610

中华人民共和国国家标准

油气田及管道岩土工程勘察规范

GB 50568 - 2010

条文说明



## 制 订 说 明

本规范是依据住房和城乡建设部建标〔2008〕105号文的要求,由中国石油天然气管道工程有限公司等单位共同编制,经住房和城乡建设部2010年5月31日以612号公告批准,并会同国家质量监督检验检疫总局联合发布。

本规范制订过程中,编制组进行了细致广泛的调查研究,总结了我国石油、石化行业工程建设的实践经验,结合石油天然气行业标准《油气田及管道岩土工程勘察规范》SY/T 0053的相关内容,同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

为了便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《油气田及管道岩土工程勘察规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。





## 目 次

|     |                   |       |
|-----|-------------------|-------|
| 1   | 总 则 .....         | (99)  |
| 3   | 基本规定 .....        | (100) |
| 4   | 各类工程的勘察 .....     | (102) |
| 4.1 | 站场建(构)筑物 .....    | (102) |
| 4.2 | 管道线路 .....        | (105) |
| 4.3 | 管道穿越 .....        | (109) |
| 4.4 | 管道跨越 .....        | (111) |
| 4.5 | 隧道 .....          | (112) |
| 4.6 | 储罐 .....          | (114) |
| 4.7 | 地下水封洞库 .....      | (117) |
| 4.8 | 滩海结构物 .....       | (120) |
| 5   | 不良地质作用勘察 .....    | (124) |
| 5.1 | 岩溶 .....          | (124) |
| 5.2 | 滑坡 .....          | (124) |
| 5.3 | 危岩和崩塌 .....       | (126) |
| 5.4 | 泥石流 .....         | (126) |
| 5.5 | 采空区 .....         | (126) |
| 5.6 | 场地和地基的地震效应 .....  | (127) |
| 5.7 | 活动断裂 .....        | (127) |
| 6   | 特殊性岩土段的线路勘察 ..... | (129) |
| 6.1 | 黄土 .....          | (129) |
| 6.2 | 盐渍岩土 .....        | (130) |
| 6.3 | 膨胀岩土 .....        | (133) |

|     |            |       |
|-----|------------|-------|
| 6.4 | 多年冻土 ..... | (134) |
| 6.5 | 软土 .....   | (139) |
| 6.6 | 风沙 .....   | (140) |

# 1 总 则

**1.0.1、1.0.2** 由于石油、石化行业油气田及管道建设的特殊性,需要制定结合行业特点的岩土工程勘察规范。这两条明确了本规范制定的目的及适用范围。

**1.0.3** 依据《建设工程勘察设计管理条例》(中华人民共和国国务院令 第293号)第四条“从事建设工程勘察、设计活动,应当坚持先勘察、后设计、再施工的原则”,工程建设应该符合基本建设程序的要求,但仍有一些工程不进行岩土工程勘察就设计施工,造成了工程安全事故或安全隐患,为此规定本条为强制性条款。

**1.0.4** 岩土工程勘察的任务,除了正确反映场地的工程地质条件及其岩土体性状的影响外,还应结合工程设计、施工条件,以及地基处理、开挖、支护、降水等工程的具体要求,进行技术论证和评价,提出岩土工程问题及解决问题的决策性具体建议,并提出基础、边坡等工程的设计准则和岩土工程施工的指导性意见,为设计、施工提供依据,服务于工程建设的全过程。

**1.0.5** 由于岩土工程的广泛性,本规范不可能将岩土工程勘察中遇到的所有技术问题全部包括进去,勘察人员进行工作时,还需遵守其他有关标准的规定。

### 3 基本规定

**3.0.4、3.0.5** 这两条对于线路工程勘察等级的划分进行了单独规定。长输管道工程属于生命线工程,其工程重要性等级应为一級,如按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定,其岩土工程勘察等级均应定为甲級,这样将导致长输管道的勘察工作量相当大,根据几十年来的管道勘察经验,也没有必要。在充分考虑工程安全性的同时,认为管道的岩土工程勘察等级的划分应主要依照地基等级和场地等级两个因素来划分即可。

**3.0.8** 现行行业标准《原状土取样技术标准》JGJ 89—92 对于原状土试样采取过程中选择取样工器具设备、取样操作、土试样质量的现场鉴别,以及土样封装、储存、运输等均有明确的规定,目前该标准正在修订,修订后将合并到国家现行标准《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87 中,因此本条规定了钻探和取样依据的标准均按国家现行标准《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87 执行。

**3.0.13** 对场地和地基地震效应不同的烈度区有不同的考虑,所谓场地和地基的地震效应一般包括以下内容:

- 1 相同的基底地震加速度,由于覆盖层厚度和土的剪切模量不同,会产生不同的地面运动;
- 2 强烈的地面运动会造成场地和地基的失稳或失效,如地裂、液化、震陷、崩塌、滑坡等;
- 3 地表断裂造成的破坏;
- 4 局部地形、地质结构的变异引起地面异常波动造成的破坏。

**3.0.14** 地震灾害调查表明,6 度区液化对房屋结构和其他各类工程所造成的震害是比较轻的,故本条规定在抗震设防烈度大于

或等于 6 度时,一般情况下可不考虑液化的影响,但为安全设计,对液化沉陷敏感的乙类建筑(包括相当于乙类建筑的其他重要工程),可按 7 度进行液化判别。建筑场地的液化判别应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 判别,对于管道线路工程的液化判别应按本规范附录 B 的规定执行。



## 4 各类工程的勘察

### 4.1 站场建(构)筑物

**4.1.1** 本条主要对油气田及管道沿线、各类场站建(构)筑物的岩土工程勘察在原则上规定了应做的工作和应有的深度。要求应有明确的针对性,因而在岩土工程勘察工作开展前应了解建(构)筑物上部荷载、基础形式、埋置深度和变形等方面的要求,以便针对建(构)筑物的情况,制定有针对性的勘察方案,在不同的勘察阶段提供相应的岩土工程设计参数和相关的方案建议。

**4.1.2** 本规范规定勘察工作宜分阶段进行,是根据工程建设的实际情况,并结合岩土工程勘察多年的经验规定的。不同设计阶段对勘察成果要求的深度不一样。工作中应结合设计阶段、工程规模和场地及地基条件等情况进行相应阶段的勘察工作,但要求每个工程均分阶段进行,是不实际也不必要的,勘察单位应根据任务要求和客观情况进行相应阶段的勘察工作。在有经验地区,当建筑平面布置已经确定,且工程规模较小,已有资料可以满足前期各阶段设计要求时可直接进行一次性详细勘察。石油天然气的站场等场址一般位于远离城镇和岩土工程勘察资料缺乏的地区,特别是近年来中石油在海外投资的工程,大多处于荒无人烟的沙漠、原始森林地区,没有任何经验资料可借鉴,为提高勘察资料的准确性并避免设计的盲目性,有条件时应尽量分阶段进行勘察。

**4.1.3** 可行性研究勘察阶段又称为选址阶段勘察,本阶段对无任何岩土工程资料的大型站场尤其重要,其主要任务是对场址的稳定性和适宜性进行评价,以收集资料和工程地质调查为主,对拟选场地内存在的活动断裂尤其是发震断裂应进行必要

调查和研究,有条件时尽量采取避让措施,应远离地质灾害和活动断裂发育地区。场址方案的比选分析也是该阶段的主要任务。

**4.1.4~4.1.8** 初步勘察的主要内容是对拟建场地作出稳定性评价。场地稳定性问题应在初勘阶段基本解决,不宜留给详勘阶段。对于基坑开挖与支护、工程降水等问题应在初步勘察阶段提出初步分析评价,有条件时应进行抽水试验并进行长期的地下水位观测,以便为详细勘察阶段工作提供资料。

岩质地基特征和土质地基不一样,与岩体特征、地质构造、风化程度有关,且不同成因、不同地段的岩质地基有很大差别,控制性孔一般应进入中等~微风化层,考虑到桩基设计要求应进入中等~微风化层 3m~5m,有基坑工程(如污水处理池、雨水池等)时孔深应超过基坑深度,所以对岩质地基的勘察仅作了原则性的规定,重点对土质地基勘探工作提出了要求,主要包括勘探线、勘探点布置、勘探孔深度、取样与原位测试。由于场地位置确定后,勘探线、勘探点的间距主要取决于地基的复杂程度,所以对于勘探点的布置,规范中按“地基复杂程度等级”予以分档;而勘探孔的深度主要决定于建(构)筑物的荷载大小、基础埋深、基础宽度等因素,所以按工程重要性等级予以分档。

根据地质条件适当增减勘探孔深度的规定,不仅适用于初勘阶段,也适用于其他勘察阶段。对于坚实土层,一般指碎石土、密实砂、老沉积土等。

地下水为岩土工程分析评价的主要因素之一,特别是基坑工程、地下水池工程等,需要满足抗浮设计要求,搞清地下水埋藏条件是勘察工作的重点之一。初步勘察阶段应通过搜集资料、调查访问等工作掌握工程场地所在地区的宏观水文地质条件,并要求根据工程情况做相应抽水试验、长期水位观测等水文地质勘察工作。

工程物探工作是初步勘察期间的主要工作,确定构造带、基岩

面、岩溶等需要进行必要的电法、地层反射等适合场地特点的工程物探工作。为评价场地类别应进行波速测试,测试数量不宜少于3个,对于丙、丁类建筑应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中第4.1.3条第3款规定执行。

**4.1.9~4.1.12** 规定了详细勘察的具体工作任务。详细勘察阶段,建(构)筑物总平面已经确定,需要对具体单体工程地基基础的设计提供详细的岩土工程勘察资料和设计施工所需的岩土参数,并应进行相应的岩土工程评价与建议。

在详细勘察阶段勘察工作进行前,搜集与工程有关的结构资料、明确设计要求非常重要,这样能够使岩土工程勘察工作的工作量布置、最终的岩土工程评价建议更具有针对性和合理性。

地基承载力和稳定性是保证工程安全的重要前提,但多年的工程经验表明,大多数与岩土工程有关的故事是地基变形问题产生的,所以条文中规定勘察中应分析评价地基的均匀性,提供地基变形计算参数和预测地基变形特征。

地下埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程的安全影响很大,地下水的埋藏条件是地基基础设计、基坑工程设计、支护施工的主要控制因素,抗浮水位是抗浮设计的重要依据,原则上勘察时应予以查明,但水文地质条件复杂时可进行专门的水文勘察工作。

对于站场建(构)筑物中采用的桩基础和存在基坑工程的情况,本规范要求按国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《建筑基坑支护技术规范》JGJ 120 的规定执行。

压缩机等动力设备是泵站和站场的主要设备,动力设备基础勘察的主要任务是为设计提供动力参数,需要在设备基础下布置孔内波速测试点,取得动力参数,对重要动力设备设计要求提供地基刚度系数和阻尼比等动力参数时,应按现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定进行。

详细勘察期间的工程物探工作应根据建筑物及场地特点、初



步勘察阶段工作程度和设计要求布置。工程物探方法应根据地层、场地特点选用。对阴极保护需要的深孔电阻率测试、现场导热系数测试、地温测试等应进行专门的测试工作。

对场区存在较大边坡及重大不良地质作用时应进行专门的勘察工作;特殊岩土应按照专门的勘察规范布置工作量和勘察手段。

对于勘探孔深度的规定,主要从以下几方面考虑:

- 1 满足变形计算要求;
- 2 满足地基承载力和软弱下卧层验算的要求;
- 3 满足特殊单体工程地基基础设计方面的要求;
- 4 满足对某些不良地质作用追索的要求;
- 5 满足桩基和基坑设计要求。

条文中规定的勘探孔深度均自基础底面算起。

**4.1.13** 由于土性指标存在变异性,必须通过不少于一定数量的数据统计分析才能确定其代表值,所以参照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定了对原状土试样和原位测试数据最少数量的要求。对于场地和装置规模较小,地层与临区有可比性时,可利用场地邻近的已有数据资料,对特殊性岩土应按照专门的勘察规范布置取样数量和方法。

## **4.2 管道线路**

**4.2.2** 关于勘察阶段的划分,一般分为可行性研究勘察[简称可研勘察或选线(址)勘察]、初步勘察(简称初勘)和详细勘察(简称详勘)三个阶段。对于工程地质条件简单或有建筑经验的地区,可适当简化勘察阶段。应当指出的是,过去有不少工程,要求勘察资料急,应该分阶段而没有分阶段进行,只进行了一次性勘察,结果在工程施工中出现了这样那样的问题,线路走向不合理或客观地质情况未能全面反映,结果造成设计一再修改,投资一再增加,工期一再拖延。因此,盲目地简化勘察阶段的做法,必然是事与愿违,贻误工期,造成不必要的浪费。所以,强调按基建程序办事,将

勘察工作分阶段进行,遵循认识逐步深化的规律,才能适应工程设计、施工的客观需要。

施工勘察不作为一个固定阶段,视工程的实际需要而定,当工程地质条件复杂或有特殊施工要求的重要工程,就需要进行施工勘察。施工勘察包括施工阶段的勘察和竣工后一些必要的勘察工作(如检验地基加固效果等),因此,施工勘察并不是专指施工阶段的勘察。

**4.2.3** 本条规定了各类岩土室内试验项目除按《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定的有关试验项目进行外,尚应符合本条的要求。本条第 1 款主要是为了满足线路工程场地液化判别需要,规定在抗震设防烈度大于或等于 7 度地区,建筑场地内有饱和粉土时,应分析其粒径小于 0.005mm 的黏粒含量百分比,此黏粒含量系采用六偏磷酸钠作分散剂测定的,采用其他方法时应按有关规定换算。第 2 款测定岩石天然状态下的单轴极限抗压强度是为了进行岩土的土石等级划分。

**4.2.5** 可行性研究勘察的工作,主要是收集和分析已有有关资料,对主要的线路控制点如河流大中型穿跨越点,进行踏勘调查,一般不做实际钻探工作,即便如此,在本规范中,仍然把可研勘察列为一个必要的勘察阶段,其目的是为了强调选择线路方案时岩土工程勘察工作的重要性。以往有些单位在选线工作中,由于对地质工作重视不够,往往没有工程地质专业人员参加,也不进行可研勘察,事后发现选定的线路方案有不少地质问题。例如沿线的滑坡、泥石流等不良地质现象较多,往往不易治理。如果整治,则耗费很大,增加工程投资;如不加以整治,则后患无穷。在这种情况下,有时不得不重新组织选线,造成人力物力上的浪费,为此,加强可研勘察工作是十分必要的。

**4.2.7** 本条规定了可研勘察阶段应进行的准备工作。需要说明的是,水文、气象两项已超越岩土工程勘察的范围。在其他国家,对于干线管道工程勘察,已将水文、气象单独列出。由于我国石油



行业尚未制订这一方面的规范,而在设计工作中又需应用水文、气象资料,为了方便工作,本条第1款仍把水文、气象两项作为应收集资料的内容,供设计人员分析研究和应用。

**4.2.12** 工程地质调查是整个勘察的先行工作,特别是在山区和地质条件复杂的场地进行勘察时,更是一项重要的内容。应该指出,工程地质调查工作虽然很重要,但并不是每项工程都要进行的,应视场地的岩土工程条件的复杂程度和工程实际需要而定,同时,每个勘察阶段对工程地质调查的内容和要求也是不同的。在一般情况下,详细的工程地质调查工作大多是在初步勘察阶段进行的。详细勘察阶段再做些必要的补充工作,并在有关范围内进行扩大比例尺的测绘。

**4.2.13** 初步勘察阶段的工作重点是地质调查。工作方法以利用天然和人工露头为主。一般不进行大量的勘探、试验工作,只在地质条件复杂、露头条件不好的地段,才进行简便的勘探工作。这样规定,是考虑线路勘察的特点,因为在初勘时,可能有几个比选方案,如果都做勘察工作,工作量太大;而且线路尚未最后定下来,也没有必要。所以,本阶段要求初步查明管道埋设深度内的地层岩性特征和厚度即可。这里的“初步查明”是指把岩土的基本性质查清楚,查明有无流沙、软土和重大的不良地质现象,不致在详勘阶段出现本质上不同的结论。如现场的天然和人工露头缺乏,则进行简便的勘察工作。例如采用小螺旋钻或洛阳铲或挖掘少量探坑、探槽进行观察、描述即可,一般不必采取试样进行室内分析试验。岩石的物理力学性质留待下一阶段查清。

**4.2.16** 本条旨在明确详细勘察阶段的目的是任务,经过选址和初步勘察两个阶段的工作后,不仅场地的稳定性问题已经初步解决,而且为满足初步设计阶段所需要的岩土工程条件亦已基本查明。为此,本阶段的勘察任务就在于针对具体的场地或具体的岩土工程问题进行工作,为施工图阶段的地基基础设计、地基处理与加固、不良地质现象的防治等提供可靠的岩土工程勘察资料。所

以,在开展本阶段勘察工作之前,应详细地了解设计意图及将采取的施工方案。

**4.2.17** 本条规定了详细勘察前应取得的资料。根据这些资料,方能制定详细勘察工作的纲要。

**4.2.19** 本条对详细勘察的工程地质测绘作出了规定。

当地质条件复杂时才进行工程地质测绘工作,旨在把线路确定在地质条件较好的地段。目前国内对实际单元的界限在图上标定的误差无统一规定。本条规定图上标定的误差与现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致。地质界限测绘精度在图上的误差不应超过 3mm。

工程地质测绘所选用的地形图的比例尺大小,不仅与勘察阶段有关,也直接关系到成果的精度。根据国外的经验和我国其他行业的有关规范,本规范规定详细勘察阶段可选用 1:500~1:2000。当解决某一特殊的岩土工程问题时,比例尺可以适当放大。

为了达到精度要求,通常要求在测绘填图中采用比提交成图比例尺大一级的地形图为填图底图。如进行 1:1000 比例尺测绘时,常采用 1:500 的地形图作为外业填图底图。外业填图完成后再缩成 1:1000 的成图,以提高测绘精度。

**4.2.20** 按照本章要求布置的勘察工作,如果不足以查明不良地质作用的性质和影响时,应按照本规范第 5 章的要求进行专项勘察,对于设计要求采用指定测试方法判定土壤的腐蚀性或者要求提供土壤导热系数时,应根据需要采用适宜的方法获取相关参数。

**4.2.21** 岩土工程土石等级的划分是根据近年来的工程经验、依据现行国家标准《建设工程工程量清单计价规范》GB 50500 中的土壤及岩石(普氏)分类表从管道施工方面确定的,该表已为国内建筑工程与爆破界所公认,不仅可以确定工程所在岩石的开挖方法,判断岩石爆破的难易程度,而且可以作为计算承包工程单

价、编制招投标文件的依据,所以没有采用现行国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218 中的分类。

### 4.3 管道穿越

**4.3.2** 本条结合水域水文特征给出了水域穿越工程等级,其等级划分与现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 一致。

**4.3.3、4.3.4** 穿越工程的可研勘察,如同线路工程的可研勘察一样,主要是调查研究工作,搜集分析已有资料,进行现场踏勘。这是一个重要的勘察阶段。河流的穿越点选得好不好,是关系设计、施工和经营管理的关键问题。在确定穿越点以前,应进行必要的可研勘察工作,比选出最佳的穿越方案。穿越点的位置,既要照顾到整个线路走向的合理性,又要考虑到工程地质条件的适宜性。

**4.3.7~4.3.11** 主要说明在初步勘察阶段应取得和需搜集的有关资料,如地质图、构造图、工程地质图、地貌及第四纪地质图、地质剖面图等,以及大致的工作方法,其中对穿越山体调查的主要内容应包括山势、坡度及植被情况,对河谷调查的主要内容应包括漫滩、阶地和斜坡地的形态等。

**4.3.13** 本条第一款规定了在拟定的穿越方案(包括比选方案)上游 15m~20m 范围内布置勘探点,这条规定主要是基于该阶段无法确定具体的穿越方式,防止勘察钻孔对今后穿越施工带来工程隐患;勘探点间距为 100m~200m,主要是对于穿越距离较长的宽浅河流考虑的,同时规定了每个方案应至少布置 3 个钻探点,这是考虑河床内至少应有 1 个钻探点。

**4.3.15、4.3.16** 明确了详细勘察的主要任务,对于盾构穿越还应重点分析评价其水文地质条件及围岩分级。详细勘察前应取得有关资料,以便确定经济合理的勘察方案。由于勘察方案受穿越方式的影响很大,因此有必要获得可能采取的穿越方式,如沟埋敷



设、顶管或定向钻等。

**4.3.17** 所谓非开挖穿越是指定向钻、顶管及盾构等,勘探点间距根据岩土工程勘察等级确定为 30m~100m,对于非开挖穿越工程可以理解为投影到管道中线上的间距。

**4.3.18** 本条规定详细勘察阶段的勘探孔深度的确定原则,但实际勘察过程中经常出现设计特殊要求的情况,因此对于这种情况必须单独考虑。

**4.3.19、4.3.20** 对于取岩土试样和原位测试的勘探点数量应着重考虑穿越方式,对于非开挖方式的情况下,应尽量取高值;每一主要土层的试样或原位测试数据不应少于 6 件(组),这与现行国家标准是一致的,对于盾构方式穿越可结合竖井及穿越岩体性质布置适当的水文地质试验工作。

**4.3.21** 本条对于沟埋敷设方式测试岩石单轴极限抗压强度试验,为的是能够进行岩土工程土石等级划分;对于顶管和盾构方式进行岩石的物理、力学试验以便为施工单位选择适宜的施工工艺参数。条文中所列参数一般为易于获取的工程中经常使用的,其他特殊参数的选取应根据工程特点及岩土性质决定。对于颗粒分析的试样重量应满足下列要求:最大粒径超过 40mm 者,应为 4kg 以上;最大粒径不超过 40mm 者,应为 2kg~4kg;最大粒径不超过 20mm 者,应为 1kg~2kg;最大粒径不超过 10mm 者,应为 0.5kg~1kg。当河床表层为密集的卵漂石层时,应在现场挖掘探坑,采取试样,按体积法分析。

**4.3.22、4.3.23** 对于小型穿越工程勘察一般与线路勘察工作进行合并,其勘察阶段和方法应结合线路统筹考虑,勘察成果一般也不单独提交文字和图纸资料的勘察报告,而是合并在线路工程勘察报告中。

**4.3.24** 等级公路、铁路穿越一般采用顶管方式,为了设计、施工报批,常需要单独编制勘察报告。当采用定向钻穿越方式时,应满足定向钻穿越勘察的相关规定。

**4.3.25** 对于施工勘察,过去在穿越工程施工过程中很少做。根据近年来的一些工程施工过程中出现的问题,对于地质条件复杂的地区,特别是对于顶管、盾构等工程施工前和施工过程中进行施工勘察是很有必要的。通过对施工过程所揭露的岩土条件的了解,针对施工工艺的要求,对施工过程可能出现的岩土工程问题进行预测预报。

**4.3.26** 由于部分穿越工程勘探点不在穿越中线上,设计人员可能要求绘制沿管道中线的地层剖面图,借鉴国内西气东输二线、兰州—郑州—长沙输油管道等项目的习惯做法,即把中线两侧钻孔剖面投影到管道中线上,给出虚拟的管道中线投影地质剖面图。对于盾构和顶管穿越工程可能会涉及竖井的设计施工问题,在勘察报告中应提供隧道和竖井的围岩分级。

## **4.4 管道跨越**

**4.4.1~4.4.4** 管道跨越勘察的工作,主要是调查研究,搜集分析已有资料,进行现场踏勘。这是一个重要的勘察阶段,关系到跨越方案与墩位确定,所以应重视这一阶段的工作。

**4.4.5、4.4.6** 目前管道经常采用的桁架、悬索、斜拉索三种跨越方式,初勘阶段可能会存在方案比选问题,了解其可能采用的跨越形式有利于作出有针对性的岩土评价。

**4.4.11** 跨越工程岩土工程勘察重点是查明管墩、锚固墩或塔架基础范围内的地层岩性,对其地基稳定性作出评价。当跨越地段的抗震设防烈度大于或等于6度时,应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 确定建筑场地类别;当地震基本烈度大于或等于7度时,应对饱和砂土及粉土进行液化判别和确定地基的液化等级。

**4.4.13** 对于天然地基,即在地基主要受力层深度内无软弱土层、适宜按天然地基设计时,勘探深度规定为 $2.0b \sim 3.0b$  ( $b$ 为基础宽度)。对于桩基,勘探深度规定至桩尖持力层顶面以下 $3m \sim 5m$ 。



如为水下桩基,应考虑冲刷深度。众所周知,桩尖持力层的选择条件,应选择有足够地基强度和具备一定厚度的稳定土层。所谓“稳定土层”,必须在水流的冲刷深度以下。

## 4.5 隧 道

4.5.2、4.5.3 在可研勘察阶段,应通过搜集资料和现场踏勘工作,选择合适的隧道位置,并对影响隧道的各种因素进行可行性评价,油气管道隧道截面小,在纵向上受坡度影响小,洞口开挖对边坡的影响小,因此在隧道方案的选择及洞址选择上,应考虑这些因素,可以比公路隧道及铁路隧道等更加灵活。

隧道通过岩溶地段施工中经常遇到的问题有:大量的突泥、冒水、涌水或季节性涌水;洞穴堆积物的大量坍塌造成隧道无法通过,对地表水环境造成极大影响等,因此岩溶地区的隧道应选择难溶岩的地段和地下水不发育的地带,避免穿越岩溶严重发育及地质构造破碎带等地段,宜避开易溶岩与难溶岩的接触带,不能避免时,宜选择在较狭窄、影响范围最小处,以垂直或大角度通过;水下隧道应避开岩溶发育地段。

4.5.6 油气管道隧道断面相对较小,工程投资少,建设周期短,工程物探是最快速经济的一种勘探方法,而且它所显示的是一条线或一个面的综合情况,对隧道勘探,该方法能帮助探测基岩埋深起伏和隧道围岩分界面、溶洞、断层破碎带等,而不像钻孔那样只能反映勘探点垂直线上的情况,因此在油气管道隧道初步勘察阶段应以工程物探为主,通过工程物探大面积查明隧道地层、岩性、构造等地质情况,再通过少量钻孔对不良地质现象、重点或难点地质问题进行揭露,以达到经济、快速、基本准确查明隧道区地质情况的目的。

工程物探手段多种多样,但每一种工程物探手段都有它的适用条件和使用范围,大量的油气管道隧道勘察表明地震纵波反射法及高密度电法是比较适用的工程物探方法。

深埋隧道在高地应力情况下,硬岩隧道容易产生岩爆,软岩隧道容易产生大变形,随着油气管道隧道长度的增加,将会出现一些深埋隧道,对于深埋隧道以及在地质构造活动强烈地带建造的隧道应在工程勘察期间测量地应力,结合围岩情况预测施工地质灾害。

**4.5.9** 对水文地质条件复杂,地下水对隧道施工有影响的隧道,为防止大量涌水淹没隧道,应分段预测隧道涌水量,隧道洞身涌水量的预测是个错综复杂的问题,受地层岩性、地质构造等多因素控制,计算参数较多,且难以确定,因而很难进行精确计算,常用的计算方法有:根据压水试验或抽水试验等水文地质试验资料进行计算;水文地质比拟法计算洞身涌水量;水均衡法计算洞身涌水量等。这些方法都是经验公式,有各自的适用范围和边界条件,隧道涌水受各种具体条件影响很大,地质条件千变万化很难保证选择的计算公式符合实际情况。因此,为了计算出隧道洞身比较符合实际情况的涌水量,必须详细查明场地条件,选择几种较适宜的计算方法进行计算,然后与工程地质条件相类似的已建成或在建隧道进行对比,相互校核,分析使用。

**4.5.10** 当地质构造和水文地质条件简单时,钻孔数量可以适当少些,当地质条件复杂时,钻孔数量宜适当增加,对于覆土较厚的洞口,考虑到洞口开挖后边坡的稳定性,应布置勘探点查明地质情况。另外,由于油气管道隧道断面相对较小,对于地质条件简单的短隧道可不布置钻孔,通过工程地质测绘、坑探、槽探等查明地质条件。

钻孔布置一般要求在不影响隧道勘探精度的前提下,把钻孔布置在隧道两侧 6m~8m,岩溶地区布置在中线两侧 15m~20m,是因为钻孔施工难免会形成地下水的通道,错开隧道轴线布置是防止钻孔封孔质量不好,造成漏水,影响隧道施工。钻孔在隧道两侧交错布置也是为了防止钻孔间连通不同的含水层。

遇溶洞、暗河等不良地质现象时适当加深勘探孔深度,主要是