



# 中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3159—2009

## 石油化工岩土工程勘察规范

Specification of geotechnical engineering investigation  
in petrochemical industry



2009-12-04 发布

2010-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目次

前言.....III

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....1

4 一般规定.....2

4.1 勘察等级.....2

4.2 勘察阶段与勘察方案.....4

4.3 勘探、原位测试和土工试验.....4

4.4 岩土分类和定名.....5

4.5 岩土工程单元.....6

5 石油化工厂区岩土工程勘察.....6

5.1 选场勘察.....6

5.2 初步勘察.....6

5.3 详细勘察.....8

5.4 既有基础的勘察.....10

5.5 动力机器基础的勘察.....11

5.6 补充或施工勘察.....11

6 储罐区岩土工程勘察.....12

6.1 一般规定.....12

6.2 初步勘察.....12

6.3 详细勘察.....14

7 长输管道岩土工程勘察.....15

7.1 一般规定.....16

7.2 线路工程.....16

7.3 穿越工程.....18

7.4 跨越工程.....20

7.5 隧道工程.....22

8 岩土工程分析与评价.....23

8.1 岩土参数的分析与选用.....23

8.2 场地稳定性评价.....24

8.3 天然地基评价.....24

8.4 地基处理评价.....25

8.5 桩基评价.....26

8.6 水和土对建筑材料的腐蚀性评价.....27

8.7 池类基础抗浮评价.....27

9 岩土工程勘察报告.....27

9.1 一般规定.....27

9.2 勘察报告主要内容和要求.....27



附录 A (资料性附录) 物探方法应用选择.....30

附录 B (资料性附录) 原位测试方法测定的参数和目的.....32

附录 C (规范性附录) 岩石风化程度分类.....34

附录 D (资料性附录) 土的野外鉴别.....35

附录 E (规范性附录) 既有基础地基承载力特征值确定.....36

附录 F (规范性附录) 土的液化和震陷判别.....37

附录 G (规范性附录) 环境水和土对钢管道的腐蚀性评价.....41

附录 H (规范性附录) 管道隧道围岩分级.....43

附录 I (规范性附录) 隧道工程岩土试验项目表.....46

附录 J (资料性附录) 边坡坡度容许值.....47

附录 K (规范性附录) 岩土工程分级表.....48

用词说明.....49

附：条文说明.....51

## 前 言

本规范是根据原国家经贸委《2002年石化行业标准制修订项目计划》(国经贸厅行业[2002]36号),由中国石油化工集团公司组织北京东方新星石化工程股份有限公司(原中国石化集团勘察设计院)主编。

本规范共分九章(范围、规范性引用文件、术语和符号、一般规定、石油化工厂区岩土工程勘察、储罐区岩土工程勘察、长输管道岩土工程勘察、岩土工程分析与评价、岩土工程勘察报告)和十一个附录,其中附录A、附录B、附录D、附录J为资料性附录,附录C、附录E、附录F、附录G、附录H、附录I、附录K为规范性附录。

本规范由中国石油化工集团公司建筑设计技术中心站管理,由北京东方新星石化工程股份有限公司负责解释。

本规范在实施过程中,如发现需要修改补充之处,请将意见和有关资料提供给管理单位和主编单位,以便今后修订时参考。

管理单位:中国石油化工集团公司建筑设计技术中心站

通讯地址:河南省洛阳市中州西路27号

邮政编码:471003

电 话:0379—64887187

传 真:0379—64887187

主编单位:北京东方新星石化工程股份有限公司

通讯地址:北京市丰台区南四环西路188号七区28号楼

邮政编码:100070

电 话:010—63706999

参编单位:上海金地工程勘察有限公司

主要起草人:胡德新 马惠民 胡贵卿 宋矿银 黄利成 季惠彬 张连中

主要审查人:陆祖国 黄左坚 何国富 任 意 李立昌 嵇转平 韩根荣 刘 武 王耀东  
黄文岐 黄月年 董以富 秦永乐

本规范为首次发布。

# 石油化工岩土工程勘察规范

## 1 范围

本规范规定了石油化工岩土工程勘察的一般规定、厂区、储罐区和长输管道的岩土工程勘察规定、工程分析与评价以及勘察报告的内容和要求。

本规范适用于石油化工主要生产装置及其系统配套工程设施的新建、扩建和改建的岩土工程勘察，也适用于储罐和长输管道建设的岩土工程勘察。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后的所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB 50218 工程岩体分级标准
- GB/T 50266 工程岩体试验方法标准
- GB/T 50269 地基动力特性测试规范
- JGJ 87 建筑工程地质钻探技术标准
- JGJ 89 原状土取样技术标准
- SH/T 3123 石油化工企业钢储罐充水预压监测规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

### 3.1

**岩土工程勘察** **geotechnical investigation**

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

### 3.2

**工程地质测绘** **engineering geological mapping**

采用搜集资料、调查访问、地质测量、遥感解译等方法，查明场地的工程地质要素，并绘制相应的工程地质图件。

### 3.3

**岩土工程勘探** **geotechnical exploration**

岩土工程勘察的一种手段，包括钻探、井探、槽探、坑探、洞探以及物探、触探等。

3.4

原位测试 in-situ test

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

3.5

软土 soft soil

天然孔隙比大于或等于1.0,且天然含水量大于液限的细粒土。

3.6

现场检验 in-situ inspection

在现场采用一定手段,对勘察成果或设计、施工措施的效果进行核查。

3.7

现场监测 in-situ monitoring

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

3.8

岩石质量指标(RQD) rock quality designation

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。

3.9

土试样质量等级 quality classification of soil samples

按土试样受扰动程度不同划分的等级。

3.10

土的灵敏度 soil sensitivity

原状土的无侧限抗压强度与重塑土的无侧限抗压强度之比,反映土的性质受结构扰动影响的程度。

3.11

不良地质作用 adverse geologic actions

由地球内力或外力产生的对工程可能造成危害的地质作用。

3.12

岩土参数标准值 standard value of a geotechnical parameter

岩土参数的基本代表值。

注:通常取概率分布的0.05分位数。

3.13

特殊性岩土 special rock and soil

湿陷性土、红粘土、软土、混合土、填土、多年冻土、膨胀岩土、盐渍岩土、风化岩、残积土和污染土的总称。

3.14

地震作用 earthquake action

由地震动引起的结构动态作用。

注:地震作用包括水平地震作用和竖向地震作用。

4 一般规定

4.1 勘察等级

- 4.1.1 岩土工程勘察等级应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划分。
- 4.1.2 石油化工建(构)筑物的工程重要性等级,根据使用功能的重要性和破坏后果的严重性应按表 1 划分。

表 1 石油化工建(构)筑物工程重要性等级划分

重要性等级	破坏后果	特 点	建(构)筑物名称举例
一级	很严重	荷载大,高耸,对沉降很敏感,易倾覆的建(构)筑物	高度大于 80m 的自立塔型设备基础、造粒塔框架、催化裂化反应再生器支架,延迟焦化焦炭塔架及出焦钢架 高度大于 100m 的火炬及排气筒塔架;乙烯裂解炉,球形、压力或低温储罐基础及石油化工装置中的重要设备主框架,聚乙烯、聚丙烯挤压造粒塔,大型动力设备基础
二级	严重	荷载、高度一般,对沉降敏感	除一、三级以外的其它生产建筑、辅助及附属建(构)筑物,如中心控制室,大型储罐,长输管道的场站、阀室
三级	不严重	荷载小、高度低,对沉降一般不敏感	地下井内构筑物,小型泵基础,地面高度小于 1m 的管墩,地下及半地下管沟、过桥、独立操作平台等

- 4.1.3 场地复杂程度等级,根据场地条件按表 2 划分为一级场地(复杂场地)、二级场地(中等复杂场地)、三级场地(简单场地)。

表 2 场地复杂程度等级划分

等 级	划 分 条 件
一级场地	对建筑抗震危险的地段;不良地质作用对工程安全有严重影响;地质环境已经或可能对工程的安全构成直接威胁;地形地貌复杂;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
二级场地	对建筑抗震影响不利的地段;不良地质作用对工程安全的影响不严重;地质环境已经或可能受到一般破坏,对工程的安全的影响不严重;地形地貌较复杂;基础位于地下水位以下的场地
三级场地	抗震设防烈度等于或小于 6 度,或对建筑抗震有利的地段;不良地质作用对工程安全影响不大;地质环境基本未受到破坏;地形地貌简单;地下水对工程影响较小

- 4.1.4 地基复杂程度等级,根据地基复杂条件按表 3 划分为一级地基(复杂地基)、二级地基(中等复杂地基)、三级地基(简单地基)。

表 3 地基复杂程度等级划分

等 级	划 分 条 件
一级地基	岩土种类多，很不均匀，岩土力学性质变化大，需进行特殊处理；存在严重盐渍、湿陷、污染等的特殊性岩土，或需作专门处理的岩土；其他复杂情况如土岩组合地基
二级地基	除一级地基和三级地基之外的地基
三级地基	岩土种类单一，均匀，岩土力学性质变化不大；无特殊性岩土，或对工程影响轻微

4.1.5 岩土工程勘察等级按表 4 综合划分为甲级、乙级、丙级。

表 4 岩土工程勘察等级划分

等 级	划 分 条 件
甲级勘察	在工程重要性等级、场地复杂程度等级、地基复杂程度等级中，有一项或多项为一级
乙级勘察	除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目，但建筑在岩质地基上的一级工程，当场地和地基复杂程度等级均为三级时，可定为乙级
丙级勘察	工程重要性等级、场地复杂程度等级、地基复杂程度等级均为三级
注 1：岩质地基指地基为强风化、中风化、微风化和未风化的岩石地基。 注 2：长输管道岩土工程勘察等级划分，只考虑场地、地基的复杂程度等级。	

4.2 勘察阶段与勘察方案

4.2.1 岩土工程勘察宜分为选场（线）勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。场地条件复杂或有特殊要求的工程，可进行针对性的补充或施工勘察。

4.2.2 选场（线）勘察应符合可行性研究阶段和总体设计阶段的设计要求；初步勘察应符合基础设计的要求；详细勘察应符合详细设计的要求。补充和施工勘察应满足设计变更和专门目的的要求。

4.2.3 当场址已经确定时，可直接进行初步勘察。对于工程场地已确定且范围不大的改扩建工程，在场地和附近已有勘察资料时，可直接进行详细勘察阶段的岩土工程勘察。

4.2.4 勘察工作在开展前应编制勘察方案。勘察方案的编制应综合考虑下列内容：

- a) 勘察阶段及项目规模；
- b) 场地工程地质、水文地质条件的研究程度及当地的勘察和施工经验；
- c) 场地、地基复杂程度；
- d) 建（构）筑物特点和工程重要性等级；
- c) 地基基础设计和施工的特殊要求；
- f) 收集到的相关资料。

4.3 勘探、原位测试和土工试验

4.3.1 勘探工作应根据场地的地形、地质和工程特点，选用适当的勘探手段。宜多种勘探手段配合使用：



- a) 对出露或埋藏较浅的构造线、破碎带、地层分界线和岩脉的勘探宜采用探槽；对难以采取原状土样的特殊类土，条件允许时，宜布置探井；
- b) 对土层钻探，应选择符合土层特点的有效钻进方法，宜避免或减轻对取试样段的扰动。具体要求应符合 JGJ 87、JGJ 89 的规定；
- c) 对岩层的钻探应根据岩石的硬度、可钻性和研磨性选用合适的钻进方法和工艺。优先采用金刚石钻头钻进工艺；
- d) 当条件适宜时，宜采用工程物探（地球物理勘探）方法，物探成果应通过直接的或半直接的勘探方法加以验证。各种物探方法的应用选择参见附录 A。

4.3.2 应根据岩土层条件、需要取得的岩土工程参数和地区经验采用适宜的原位测试方法，原位测试结果应与钻探和室内土工试验相互印证，并结合地区工程经验综合分析后使用。各种原位测试方法的适用范围、试验项目和测定参数可参照附录 B 的规定。

4.3.3 土工试验项目的试验要求应按 GB 50021 执行。其具体操作和试验仪器要求应符合 GB/T 50123、GB/T 50266 和 GB 50218 的有关规定。

#### 4.4 岩土分类和定名

4.4.1 岩石根据其成因类型可分为三大岩类：沉积岩、岩浆岩和变质岩，在此基础上，根据其矿物成分、结构构造确定具体的地质名称。

4.4.2 应根据岩石的风化程度按附录 C 分类。

4.4.3 根据工程特点和工程需要，可按 GB 50021 的规定进一步划分：

- a) 按岩石的饱和单轴抗压强度划分岩石的坚硬程度；
- b) 按岩石的质量指标 RQD 值划分岩石工程性质；
- c) 按岩体的结构面发育程度、结合程度及结构类型划分岩体完整程度；
- d) 按岩体的完整程度和坚硬程度划分岩体基本质量等级；
- e) 当岩石的软化系数等于或小于 0.75 时，应定为软化岩石；当岩石具有特殊成分、特殊结构或特殊性质时，应定为特殊性岩石，如易溶性岩石、崩解性岩石等。

4.4.4 岩石的描述应包括地质年代、地质名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造和岩石质量指标。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度；对岩浆岩和变质岩应着重描述矿物结晶大小和结晶程度。岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型。

4.4.5 土应根据其沉积年代划分老沉积土和新近沉积土，根据其地质成因划分类别。根据其是否具有特殊性划分一般性土和特殊性土。

4.4.6 一般性土和特殊类土分类和定名除应符合 GB 50021 的规定外，还宜进一步划分：

- a) 对残积土，当大于 2mm 的颗粒含量为 5%~20%时，土的定名前加“砂质”前缀；当颗粒含量大于 20%时，土的定名前加“砾质”前缀；
- b) 对粉土需按其粘粒含量进一步细分，当粘粒含量（ $M_c$ ）为 10%~20%时，土的定名前加“粘质”前缀；
- c) 对填土应根据其成因和物质组成进一步划分：
  - 1) 杂填土，含有大量建筑垃圾、工业废料或生活垃圾等杂质的填土，按其垃圾来源可进一步细分；
  - 2) 素填土，由碎石、砂、粉土和粘性土等为主，不含杂质或杂质很少；
  - 3) 冲填土，由水力冲填泥砂而成；
  - 4) 压实填土，按一定标准控制材料、密度、含水量，分层压实或夯实而成；
  - 5) 块石填土，由抛石挤淤或山区开山填筑洼地而成，主要成分为大小不等的块石、片石。

4.4.7 土的鉴定应在现场描述和鉴别的基础上，结合室内土工试验结果综合确定。土的描述应符合 GB 50021 的规定。土的野外鉴别参照附录 D。

## 4.5 岩土工程单元

4.5.1 对建设场地，应按地貌单元、地质土层、成因类型、岩性、物理力学性质、沉积或堆积年代等划分岩土工程单元，在平面上进行分区，在剖面上进行分层。

4.5.2 对岩质地基和土岩组合地基，应按岩石的风化程度分层。必要时，按岩石的工程性质和岩体完整程度等进行分区。

4.5.3 对土层的分层应符合下列原则：

- 当层厚较大、定名相同，但物理力学性质有差异时，应单独分层；
- 对同一分层中相间呈韵律沉积的不同土层，当薄层土与厚层土的厚度比大于  $1/3$  时，应定为“互层”；厚度比为  $1/10 \sim 1/3$  时，应定为“夹层”；厚度比小于  $1/10$  的土层，且多次出现时，应定为“夹薄层”；
- 在同一分层中，当出现不同土类并且在小范围内呈水平向逐渐尖灭时，应定为“透镜体”；
- 对厚度大于  $0.5\text{m}$ ，或虽小于  $0.5\text{m}$  但对工程有明确影响的土层（如：有机质土、淤泥、碎石等），应单独分层。

## 5 石油化工厂区岩土工程勘察

### 5.1 选场勘察

5.1.1 选择场址的勘察，宜取得至少两个场地或较大区域范围内的主要岩土工程资料，及进行建厂可行性研究所需的相关资料，以配合选场组其它专业选定场址。

5.1.2 选场勘察的主要任务是：

- 分析评价场地的稳定性和适宜性；
- 明确选择场地范围和应避开的地段；
- 根据拟建厂产品性质、工艺流程等特点，进行选址方案比较，明确最佳场址方案。

5.1.3 选场勘察的主要工作包括以下内容：

- 调查自然地理、水文条件、区域地质、地形地貌与环境工程地质问题，如断裂、岩溶、区域地震背景等，调查不良地质作用的影响，研究其危害程度；
- 调查第四系地层的分布及水文地质条件，初步了解场地的主要地层结构和成因、土的物理力学性质及地下水埋藏条件；
- 调查地下矿藏和文物的分布情况。

5.1.4 勘察工作宜以踏勘访问、收集和分析已有的地质资料，了解当地建筑经验为主。必要时应进行工程地质测绘及少量勘探工作。测绘精度比例尺一般为  $1:10000$  或  $1:50000$ 。

### 5.2 初步勘察

5.2.1 初步勘察主要任务是：

- 根据岩土工程条件分区，评价拟建建筑地段的稳定性，为确定和优化总平面布置、主要建（构）筑物地基基础方案提供建议，为不良地质作用的防治方案提供资料；
- 提供地基岩土体的承载力和变形参数范围值；
- 初步评价地下水对工程建设的影响；
- 提出下阶段勘察应注意的问题。

5.2.2 初步勘察的主要工作内容为：

- 查明场地不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势，初步评价工程建设活动（挖方、填方、开挖边坡、降水等）对场地稳定性的影响；
- 初步查明地质构造、地层结构、岩土物理力学性质，提出地基基础方案的初步建议；
- 初步查明场地地下水埋藏条件，初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性；
- 季节性冻土地区，应调查场地土的标准冻结深度；

e) 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。

5.2.3 初步勘察宜以钻探、原位测试为主要手段；场地复杂程度为中等复杂以上时，宜进行工程地质测绘，并视具体条件采用工程物探初步了解地层、地质构造等。当场地为丘陵或山区时，宜在场地整平前，进行工程地质测绘工作。测绘比例尺宜选择 1:2000~1:5000。

5.2.4 初步勘察勘探线、点的布置原则：

- 土质地基沿勘探线布置勘探点，分控制性勘探点和一般性勘探点，控制性勘探点数量约占勘探点总数的 1/3，且每个地貌单元不少于 1 个。勘探线间距和勘探点的间距可按表 5 确定；
- 应垂直地貌单元、地质构造、地层界线布置勘探线，平原区勘探线可均匀布置；
- 对岩质地基，勘探线和勘探点的布置，应根据地质构造、岩体特性、风化情况等，按地方标准或当地经验确定；
- 在地貌单元交界处、破碎带和地层变化较大处，以及可能设置重大建（构）筑物的地段，应有勘探点控制。

表 5 勘探线、点间距

地基复杂程度	勘探线间距, m	勘探点间距, m
简单	150~300	100~150
中等复杂	100~150	50~100
复杂	50~100	30~50

5.2.5 初步勘察勘探孔深度可按以下要求确定：

- 勘探孔的深度应根据拟建建（构）筑物重要性等级和地基复杂程度确定。控制性勘探孔深度不宜小于 30m，一般性勘探孔深度不小于 15m；
- 场地或地段可能有较大面积挖方或填方时，勘探孔深度应适当调整；
- 在勘探深度内遇基岩时，控制性勘探孔宜穿过强风化层，其他勘探孔应进入强风化层一定深度；
- 当勘探深度内埋藏有厚度较大且分布稳定的坚实地层（如坚硬状态的粘性土、密实的粗砂、砾砂和碎石层等），其下又无软弱土层时，则控制性勘探孔宜钻入该层 3m~5m，一般性勘探孔钻入该层即可；
- 在勘探深度内遇软弱土层时，勘探孔的深度宜钻穿该软弱土层。
- 勘探孔的深度除应满足上述规定之外，尚应满足场地稳定性评价与抗震评价等要求，对深厚软弱地基，还应满足初步确定地基基础方案的要求。

5.2.6 初步勘察取土和原位测试的要求

- 取土试样的勘探孔和原位测试的勘探孔应在平面上均匀分布，其数量可占勘探孔总数的 1/2~1/4；
- 采取土试样或进行原位测试的竖向间距，应视地层的厚度、分布和土的均匀性确定；
- 用于物理力学性质试验的土试样，应在每一土层中选取，且每一土层应不少于 6 件。

5.2.7 抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地，对于饱和砂土和粉土，应进行标准贯入试验或静力触探试验，用于地震液化判别。宜选择适量钻孔测定各土层的波速以判定场地的类型，场地类别和场地土类型的判定按 GB 50011 执行。

5.2.8 在高填方场地或地段，应设置一定数量的沉降（或分层沉降）观测点进行地基土的固结变形观测。

5.2.9 对地下水勘察的要求如下：

- 初步查明场地各含水层和地下水类型；
- 当地下水对建（构）筑物基础有影响时，同一含水层宜采取不少于 2 件水样，进行水对混凝土和钢构件的腐蚀性分析；

- c) 初步查明地下水位变化幅度，必要时，设置地下水位长期观测井并进行地下水位观测，观测时间不应少于一个水文年。

5.3 详细勘察

5.3.1 详细勘察应按单体建（构）筑物或建（构）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。

5.3.2 详细勘察前应取得附有坐标的总平面图，收（搜）集场地的地面整平标高，建（构）筑物的性质、规模、荷载、结构特点、基础形式、埋置深度、地基允许变形及前期或邻近场地勘察资料。当场地已进行地质灾害评估和地震安全性评价工作的，还应收集相关报告或资料。

5.3.3 详细勘察主要应进行下列工作：

- a) 解决前期勘察遗留的问题；进一步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；
- b) 查明建（构）筑物影响深度范围内各岩土层的类别、深度及层厚、分布状况、物理力学性质，分析和评价地基的稳定性、均匀性，确定地基承载力特征值和变形指标；
- c) 对特殊类土，应提出能表征地基土特殊性质的相关指标或对地基与基础方案设计有影响的相关参数；
- d) 对地基处理和桩基方案，应提供设计计算所必需的参数，并进行各种方案的估算和对比分析；对需要进行沉降计算的建（构）筑物，提供地基变形计算参数，预测建（构）筑物的变形特征；
- e) 查明埋藏的河道、暗浜、地下人工构筑物、孤石等对工程不利的埋藏物；
- f) 查明地下水的埋藏条件，提供地下水位及其变化幅度。对在地下水影响范围内的池类基础，应建议抗浮设计水位；
- g) 判定水和土对建筑材料的腐蚀性；
- h) 对抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地，判定场地和地基土的地震效应。

5.3.4 详细勘察的勘探点布置，应符合下列原则：

- a) 勘探点宜按建（构）筑物周边和柱列线布置。对密集的装置群及无特殊要求的其他建（构）筑物可按其范围网格状布置。厂区管廊应按其基础布置勘探点；
- b) 同一建（构）筑物范围内的主要受力层及有影响的下卧层起伏较大或土的压缩性显著不均匀可能影响到基础设计或施工方案选择时，应加密勘探点查明其变化规律；
- c) 重大设备基础应单独布置勘探点，高耸构筑物及对变形有特殊要求的建（构）筑物，勘探点不宜少于 3 个。

5.3.5 详细勘察勘探点的间距可按表 6 确定，当相邻两个勘探点揭露出的层面坡度大于 10%时，应根据具体工程条件适当加密勘探点。在岩浆岩分布和岩溶发育地区，勘探点间距宜取小值，也可根据柱位排列选择一柱一个勘探点。抗拔桩的勘探点间距宜为 30m～50m。对于端承桩和嵌岩桩，勘探点间距应根据桩端持力层顶面坡度确定，宜为 12m～24m。

表 6 勘探点的间距 单位：m

地基复杂程度	一级建（构）筑物	二级建（构）筑物	三级建（构）筑物
复杂	15～20	20～25	25～35
中等	20～25	25～35	35～45
简单	25～30	30～40	40～50



5.3.6 控制性勘探点应根据建（构）筑物平面均匀布置，其数量应占勘探点总数的  $1/3 \sim 1/2$ 。对装置群，每个装置应有不少于 1 个控制性勘探点。重要性等级为一级的建（构）筑物应有不少于 2 个控制性勘探点。

5.3.7 自基础底面算起详细勘察的勘探深度，应符合下列规定：

- a) 对于天然地基：勘探孔深度应能控制地基主要受力层，当基础底面宽度（b）大于 5m 时，勘探孔的深度对条形基础不应小于底面宽度的 3 倍；对单独柱基不小于 1.5 倍，且不应小于 5m；大型设备基础不宜小于基础底面宽度的 2 倍；
- b) 若勘探深度内主要为淤泥及淤泥质土等高压缩性土层时，则勘探孔深度还应适当加深，尽可能穿过软弱土层；若勘探深度内遇基岩或厚层碎石土等地层时，勘探孔深度可视情况调整；
- c) 对于地基处理：一般性勘探孔应在满足天然地基勘探深度的前提下达到地基处理目标层以下 1m~3m；
- d) 对于桩基础：一般性勘探孔深度应达到预计桩长以下  $3d \sim 5d$ （d 为桩径），且不小于 3m，对大直径桩，不得小于 5m。对于嵌岩桩，勘探孔深度均应达到预计嵌岩面以下  $3d \sim 5d$ ，如遇基岩破碎带或溶洞等应进入稳定地层；对于岩浆岩分布地区，当存在球状风化体时，勘探深度应适当加深以免误判；
- e) 对需作变形计算的地基，控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；当有大面积地面堆载（生产堆料、大面积填土荷载）或软弱下卧层时，应适当加深控制性勘探孔的深度；
- f) 对池类基础，勘探孔深度应达到基坑开挖深度 2.5 倍，且不小于 6m，或至坚实地层。当不能满足抗浮设计要求，需设置抗浮桩或锚杆时，勘探孔深度应满足抗拔承载力评价的要求；
- g) 当需进行地基整体稳定性验算时，控制性勘探孔深度应根据具体条件满足验算要求；
- h) 当需确定场地抗震类别而邻近无可靠的覆盖层厚度资料时，应布置波速测试孔，其深度应满足确定覆盖层厚度的要求。

5.3.8 进行勘探、原位测试和采取土试样应符合以下规定：

- a) 勘探手段宜采用钻探与原位测试方法相配合，在复杂地质条件、湿陷性土、膨胀岩土、风化岩和残积土等地区，宜布置适量探井。当该地区某种勘探手段与地基土的性状已经有可靠的经验关系式时，宜增加该种勘探手段的工作量布置或按地方经验进行；
- b) 采取土试样和进行原位测试的勘探点数量，应根据建（构）筑物类别、地层结构、地基土的均匀性和设计要求确定，不宜少于勘探点总数的  $2/3$ ，每个重大建（构）筑物不少于 2 个；
- c) 每个场地地基压缩层深度内各主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件（组），并应根据主要建（构）筑物位置及土质条件在平面上合理布置；当土层性质不均匀时，应增加取土数量或原位测试工作量；
- d) 在地基主要受力层内，对厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体，应采取土试样或进行原位测试；
- e) 取土试样的深度宜从基础底面开始。取试样的间距在主要受力层内应在 1.5m 左右，在主要受力层以下可适当放大。软土层可适当多取；
- f) 对于淤泥、淤泥质土及流塑状态的粘性土，宜采用静力触探试验，在采取原状土试样时，宜采用薄壁取土器，以静力连续压入方法进行；
- g) 在地震基本烈度等于或大于 6 度的场地，对饱和砂土及粉土应进行标准贯入试验，并自贯入器内选取有代表性试样测定其粘粒（粒径小于 0.005mm）的含量，以判定地基土的地震液化可能性，确定液化等级；
- h) 对单个工艺单元，测量土层剪切波速的钻孔数量不宜少于 2 个，数据变化较大时，可适量增加；对于厂区中处于同一地质单元的密集装置群，测量土层剪切波速的钻孔数量可适当减少；但每

套装置不得少于1个；

- i) 需要时，选择有代表性的2个~4个地段进行地基土的视电阻率的测试，以判定地基土对钢结构的腐蚀性。

5.3.9 岩质地基尚应重点查明岩体的结构面、风化均匀性，有无岩脉、球状风化体、破碎带、软弱夹层等。对于傍山地带及洼地，应查明软弱层分布和底部硬层起伏情况。勘探点间距宜取10m~20m；勘探深度可根据不同建（构）筑物按一般要求确定；勘探手段以钻探为主，辅以槽探或井探，露头较多时，宜在场平前进行1:1000~1:2000的工程地质测绘，并结合工程物探技术进行综合勘探。

#### 5.3.10 地下水的勘察要求

- a) 测定各含水层水位深度，综合分析有关资料（包括长期观测资料），进一步判定地下水类型、埋藏条件及场地（或各地段）的地下水位变化幅度，对池类基础，应提供抗浮设计水位建议值；
- b) 地下水位埋深接近或高于基础设置深度时，整个场地内每一含水层应采集不少于3件水样进行试验分析。对沿海地带和受污染的场地，应于不同地段采集具有代表性的足够件数的水样。当场地内存在地表水时，也应同时采样；
- c) 如在地下水水位以下设置基础或其他地下建（构）筑物，需要大开挖而涉及降水排水时，应按要求提出含水层的渗透系数；当地基处理方案涉及到地基土的排水固结时，应查明地基土的排水条件及各排水层的渗透系数；
- d) 如基础埋置深度或桩基（人工挖孔桩）深度内存在地下水水位以下的粉砂、细砂或粉土层时，则应研究基槽（坑）开挖和桩基施工时产生流沙、涌土、串孔的可能性，并提出有关处理措施的建议；
- e) 对高填方场地，应预测回填后地下水位的变化及对地基土物理力学性质的影响；
- f) 如已有的勘察资料尚不满足评价地下水对建（构）筑物基础的影响时，则应增加勘探工作，以进行地下水的专门研究；
- g) 地下水、土对混凝土、钢结构的腐蚀性评价，可按国家标准GB 50021的有关规定结合地方经验执行。

#### 5.4 既有基础的勘察

5.4.1 在改扩建工程中，对已有基础可利用程度的勘察，应在收集、调查和分析下列有关资料的基础上确定勘察方案：

- a) 收集和研究已有勘察资料、原始地形图、建（构）筑物的结构资料、基础平面布置图、建（构）筑物沉降及变形观测成果资料等；
- b) 了解场地有无古河道、被掩埋的沟、渠、塘、洼地、污水坑、大的墓穴及其它人工洞穴等；了解地下水排泄条件和地下水水位变化情况；
- c) 调查建（构）筑物有无开裂变形、倾斜、吊车运行是否正常。调查上下管道的布置及使用情况、地面水的排泄是否畅通、有无管道渗漏、地基土是否受到污染腐蚀等不利情况；若采用了地基处理，应了解设计方案和施工过程的有关情况、隐蔽工程的施工记录；
- d) 对于桩基，则应查明桩的类型、截面积和桩距、钢筋用量、混凝土强度等级、桩尖深度和持力层层位；
- e) 宜直接开挖验证基础的宽度、类型和砌筑材料、埋置深度。

#### 5.4.2 勘察工作应满足下列要求：

- a) 宜在基础内侧布置一部分勘探点，有困难时，可紧靠基础边缘布置。每一单独建（构）筑物勘探点的数量不应少于3个。同时还应在基础外侧布置一定数量勘探点，以了解场地外围土质条件，并进行对比分析；
- b) 勘探孔除钻孔、探井外，还应有部分静力触探或旁压试验。勘探孔应采取不扰动土试样，取样



间距在基底下 1 倍基础宽度的深度内为 0.5m, 其下为 1.0m, 旁压试验的测试间距可按此确定;

- c) 勘探孔的深度, 探井应为基础宽度的 1.0 倍~2.5 倍, 钻孔和静探孔应不小于 2.5 倍。需要补桩时, 钻孔应深入到比较坚硬的桩尖持力层内;
- d) 若曾因场地不稳定或地基变形造成已有建(构)筑物的开裂、倾斜等不良状况时, 则勘察工作应查明其原因、已治理的方法、效果及变形是否稳定, 针对具体情况, 采取适宜的地基和桩基方案;
- e) 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  $e-\lg p$  曲线, 压缩试验结果尚应提供土的前期固结压力、压缩指数、再压缩指数, 以及与加层、加载后土层中垂直有效应力相应的固结系数及固结或不固结不排水抗剪强度指标。

5.4.3 应分别评价基础内外侧主要受力层的地基承载力, 可采用原位测试结果和土性指标综合评价。对难以取得基础下压密土层指标的二级、三级建(构)筑物, 未出现因场地不稳定、地基变形或地基浸水而影响正常的生产运行或其他不良情况, 且地基土固结变形已稳定时, 提高后的地基承载力特征值可按附录 E 或经验方法确定。

5.4.4 若既有基础为桩基础, 其利用程度应根据拟建建(构)筑物的结构特点、基础荷载及已有桩基条件等, 专门研究解决。

## 5.5 动力机器基础的勘察

5.5.1 动力机器基础的勘察除应查明在静力作用条件下地基的稳定性、变形性质和承载力等外, 还应查明在动力(反复荷载)作用条件下地基土层是否出现以下情况:

- a) 产生砂土由于振动加速度超过某界限值, 而导致振动压密、造成过大沉降或不均匀沉降;
- b) 造成饱和砂土的振动液化, 使地基失稳;
- c) 产生软土的震陷;
- d) 造成一般粘性土的抗剪强度降低, 而使地基土结构破坏, 丧失稳定;
- e) 造成地基内部溶洞、土洞等的塌陷或使附近边坡失稳而产生崩塌、滑坡。

5.5.2 动力机器基础的勘察工作应满足如下要求:

- a) 勘探点宜结合动力机器所在装置或厂房的勘察一起布置, 每个动力机器基础不少于 1 个勘探点, 但对平面尺寸较大或独立的动力机器基础, 以及地层情况较复杂或需进行地基处理时, 应按动力机器基础的位置单独布置勘探点, 勘探点的个数不应少于 2 个;
- b) 对于块体式基础, 勘探孔深度不宜小于基础底面宽度的 2 倍; 对于框架型板式基础和多台机器在一起的联合基础, 应按静荷载下的压缩层计算勘探孔的深度;
- c) 采取原状土试样的数量应满足测定动力参数的要求;
- d) 当地基为基岩时, 应采取岩石试样进行抗压和抗剪强度试验。

5.5.3 小型动力机器基础的动力参数可根据室内试验和波速试验确定, 大中型动力机器基础宜通过野外原位块体模型振动试验来测定地基的各种刚度系数和阻尼比, 测试方法和要求应符合 GB/T 50269 的规定。

## 5.6 补充或施工勘察

5.6.1 在下列情况下, 应进行补充或施工勘察:

- a) 总平面调整, 原勘察工作量已不能满足设计的要求;
- b) 上部结构及基础条件发生变化, 原勘探深度已不能满足设计的要求;
- c) 地基处理方案改变, 详细勘察提供的资料不能满足设计的需要;
- d) 复杂地基条件的大直径桩基, 详细勘察未能查清桩位持力层情况;

- e) 基槽开挖过程中, 出现地层不稳定, 或与原勘察资料不符, 需进一步勘察时;
  - f) 施工过程中出现边坡失稳, 需进行检验、处理、监测时;
  - g) 施工过程中出现其它问题, 需进一步勘察、检验时;
  - h) 在场地或地段回填之前完成详细勘察工作, 回填后, 地下水条件或地基土性质发生较大变化, 需进一步勘察时。
- 5.6.2 对 5.6.1 条所列 a)、b) 和 c) 三种情况, 应按详细勘察要求进行补充工作, 以满足变更的设计要求; 对其它情况应针对性的开展下列勘察工作:
- a) 施工验槽中, 可进行基坑地质素描, 划分地层岩性界限, 可采用钎探、轻便触探或袖珍贯入仪检测基槽下地基土的物理力学性质, 查明其均匀程度, 是否存在暗浜、古井、墓穴等, 提出处理建议;
  - b) 施工过程中出现边坡失稳时, 应调查失稳原因、发展趋势、对建(构)筑物和邻近建(构)筑物的影响, 提出处理建议, 必要时进行适量勘探、测试和监测工作;
  - c) 对性质不明的填土, 可按填土的有关要求进行补充勘察工作, 宜采用原位测试手段;
  - d) 对高填方下卧的软弱土, 当其固结程度影响地基基础设计时, 应通过钻探取样和原位测试查明其物理力学性质的改变和固结程度, 对地基的变形及对桩基的影响做出评价;
  - e) 对因各种原因引起的地下水变化的情况, 应调查分析地下水补给、径流和排泄条件的改变, 并提出相应的建议。如已有资料不足时, 可作适量勘察、测试工作;
  - f) 复杂地基的大直径端承桩, 在施工前, 宜每桩设置勘探点, 以了解桩位持力层情况, 确定桩端深度, 条件许可时, 宜下入桩孔查验。

6 储罐区岩土工程勘察

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于常温、常压筒式钢制储罐(拱顶罐、浮顶罐)的岩土工程勘察。球罐、低温罐类的岩土工程勘察可参照执行。

6.1.2 储罐按容积分类可按表 7 进行。

表 7 储罐的分类 单位: m<sup>3</sup>

分 类	大 型	中 型	小 型
筒式储罐容积	≥50 000	50 000~5 000	≤5 000

6.1.3 储罐区的勘察一般可从初勘阶段开始。对大型储备库区, 可按 5.1 条的要求进行可行性研究勘察。

6.1.4 储罐区附属设施可按第 5 章的有关要求进行勘察。

6.2 初步勘察

6.2.1 初步勘察应进行下列主要工作:

- a) 初步查明地质构造、地层结构、岩土工程和地下水埋藏条件;
- b) 初步查明场地不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势, 并对场地的稳定性作出评价;
- c) 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;
- d) 季节性冻土地区, 应查明场地土的标准冻结深度;
- e) 初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性;
- f) 初步对场地岩土工程条件作出评价, 并提出地基基础方案的初步建议。

6.2.2 初步勘察的勘探工作应符合下列要求:

- a) 勘探线应垂直地貌单元、地质构造和地层界限布置;
- b) 每个地貌单元均应布置勘探点,地貌单元交接部位和地层变化较大地段,勘探点应适当加密;
- c) 在地形平坦地区,可按网格布置勘探点;
- d) 控制性勘探点宜占勘探点总数的  $1/5\sim 1/4$ ,每个地貌单元均应有控制性勘探点;若罐位已初步确定,大中型储罐每个罐位应至少有一个控制性勘探点;
- e) 勘探线、勘探点间距可按表 8 确定,局部异常地段可适当加密;

表 8 初步勘察勘探线、勘探点间距

地基复杂程度	勘探线间距, m	勘探点间距, m
复杂	50~100	30~50
中等复杂	75~150	40~100
简单	150~250	75~160

注:表中间距不适用地球物理勘探。当采用适宜的地球物理勘探方法作为补充时,勘探点间距可取大值。

- f) 勘探孔深度可参考表 9 确定;
- g) 对大型储备库区,当场地条件较复杂时,宜在勘探工作前进行工程地质测绘。

表 9 初步勘察勘探孔深度

储罐规模	一般性勘探孔, m	控制性勘探孔, m
小型	15~20	18~35
中型	20~40	35~60
大型	40~70	60~100

注:勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等。

6.2.3 当遇到下列情况之一时,应适当增减勘探孔深度:

- a) 当勘探孔的地面标高与预计整平地面标高相差较大时,应按其差值调整勘探孔深度;
- b) 在预定深度内遇基岩时,控制性勘探孔宜钻入强风化层 5m,当强风化层不足 5m 时,可钻入中风化层 1m,一般性勘探孔宜进入强风化层;
- c) 在预定深度内有厚度较大,且分布均匀的坚实土层(如碎石土、密实砂、老沉积土等)时,除控制性勘探孔应达到规定深度外,一般性勘探孔的深度可适当减小;
- d) 在预定深度为软弱土层时,勘探孔深度应适当增加;
- e) 对复杂场地的大型储罐或库区,有必要了解更深部地层时,可加深 1 个~3 个控制性勘探孔的深度。

6.2.4 初步勘察采取土样和进行原位测试应符合下列要求:

- a) 采取土试样和进行原位测试的勘探孔应结合地貌单元、地层结构和土层工程性质布置,其数量可占勘探孔总数的  $1/4\sim 1/2$ ;
- b) 采取不扰动土试样的数量和孔内原位测试的竖向间距,应根据地层特点和土的均匀程度确定;每层土应采取不扰动土试样和进行原位测试,其数量不少于 6 件(组);
- c) 对大面积的同一地质单元,测量土层剪切波速的钻孔数量,宜为控制性钻孔的  $1/5$ ,山间河谷地区可适量减少,但不宜少于 3 个。

6.3 详细勘察

6.3.1 详细勘察的主要工作内容有：

- a) 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，提出预防和治理方案的建议；
- b) 详细查明岩土层的类型、分布、工程特性，分析评价地基稳定性、均匀性和承载力；
- c) 提供地基变形计算所需的参数，预测其变形特征；
- d) 详细查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物，提出相应的处理措施；
- e) 查明地下水的埋藏条件，提供地下水位及其变化幅度；
- f) 在季节性冻土地区，提供场地土的标准冻结深度；
- g) 判定水和土对建筑材料的腐蚀性；
- h) 当天然地基承载力或变形（含不均匀沉降）不能满足要求时，应建议适宜的地基处理或桩基础方案并提供设计和施工所需的岩土参数。

6.3.2 勘察前应取得下列资料：

- a) 总平面图或附有储罐中心坐标的位置图（1:500~1:2000），图中注明罐中心坐标；
- b) 储罐容积、直径、高度、结构特征，设计地面整平标高，基础型式、尺寸、埋置深度、单位荷载以及其他技术要求等；
- c) 前期勘察资料、地质灾害评价、地震安全性评价资料。

6.3.3 勘探点数量应根据储罐的型式、容积、地基复杂程度等确定。一般可按表 10 采用。

表 10 每台储罐勘探点数量

地基复杂程度	储罐容积, m <sup>3</sup>					
	≤ 5 000	10 000	20 000~30 000	50 000	100 000	150 000
简单	3	3~5	5~7	7~9	10~13	13~16
中等	3~4	5~7	7~9	9~13	13~21	16~25
复杂	4~5	6~9	9~12	13~18	21~25	25~30

6.3.4 勘探点的布置应符合下列规定：

- a) 对小型储罐，勘探点应在罐中心和周边布置；
- b) 对大中型储罐，宜以罐中心为基点，沿半径以环形方式布置勘探点。当采用桩基时，也可按方格网布置，间距 15m~80m；
- c) 控制性勘探点应占总勘探点的 1/3~1/4；每台罐中心应布置控制性勘探点；
- d) 同一罐区范围内的主要受力层或有影响的下卧层起伏变化较大时，应加密勘探点；
- e) 在复杂地质条件、湿陷性土、膨胀岩土、风化岩土和残积土地区，宜布置适量探井。

6.3.5 勘探深度应根据储罐规模和地基复杂程度确定，可按表 11 采用。

表 11 勘探孔深度

储罐规模		一般性勘探孔, m	控制性勘探孔, m
小型储罐		$0.8D_t \sim 1.0D_t$	$1.4D_t \sim 1.5D_t$
中型储罐 $m^3$	10 000	$0.7D_t \sim 0.9D_t$	$1.2D_t \sim 1.3D_t$
	20 000~30 000	$0.6D_t \sim 0.8D_t$	$1.1D_t \sim 1.2D_t$
大型储罐 $m^3$	50 000	$0.5D_t \sim 0.7D_t$	$0.9D_t \sim 1.1D_t$
	70 000	$0.4D_t \sim 0.6D_t$	$0.8D_t \sim 1.0D_t$
注 1: $D_t$ 为储罐底圈内直径, m。 注 2: 勘探孔深度以场地整平地面标高算起。 注 3: 罐中心区域控制孔应取大值, 邻近罐周边区域可取小值。			

6.3.6 当遇到下列情况之一时, 应适当增减勘探孔深度:

- 当勘探孔的地面标高与预计整平地面标高相差较大时, 应按其差值调整勘探孔深度;
- 在预定深度内遇基岩时, 控制性勘探孔宜钻入强风化层 5m 或钻入中等风化岩层 1m, 一般性勘探孔宜钻入强风化层;
- 在预定深度内有厚度较大, 且分布均匀的坚实土层 (如碎石土、密实砂) 时, 除控制性勘探孔应达到规定深度外, 一般性勘探孔的深度可适当减小;
- 在预定深度为软弱土层时, 勘探孔深度应适当增加;
- 当需进行地基整体稳定性验算时, 控制性勘探孔深度应根据具体条件满足验算要求;
- 当需确定场地抗震类别而邻近无可靠的覆盖层厚度的要求时, 勘探孔应满足划分场地类别的要求;
- 当需进行地基处理时, 勘探孔的深度应满足地基处理设计与施工要求; 当采用桩基时, 勘探孔的深度还应满足桩基勘察的要求;
- 当地基土存在饱和砂土和粉土需进行地震液化判别时, 天然地基方案深度不小于 15m, 桩基方案不小于 20m。

6.3.7 勘察、试验工作, 除应按 GB 50021 有关规定执行外, 尚应符合下列要求:

- 当储罐区抗震设防烈度为 6 度及 6 度以上时, 应按 GB 50011 划分场地类别, 划分对抗震有利、不利和危险的地段;
- 每个罐位的主要土层均应采取原状土试样进行压缩试验, 试验的最大压力宜略大于预估的土自重压力与附加压力之和;
- 采取土试样和进行原位测试的勘探孔应占勘探孔总数的  $1/3 \sim 1/2$ 。有经验的地区, 原位测试勘探孔可适量多布, 但不宜超过勘探孔总数的  $2/3$ ;
- 应进行渗透性试验及固结试验, 以确定每一主要地层的渗透系数和固结系数;
- 当采用充水预压法加固地基时, 应进行地基变形及侧向位移等项目的观测。观测技术按 SH/T 3123 进行;
- 当储罐区的抗震设防烈度为 7 度及 7 度以上, 且地表下 15m (桩基考虑 20m) 深度范围内有饱和砂土或饱和粉土时, 应按附录 F 综合判定液化可能性和液化等级。

## 7 长输管道岩土工程勘察



## 7.1 一般规定

7.1.1 本章规定适用于储运系统油、气输送管道的岩土工程勘察。

7.1.2 长输管道岩土工程勘察包括管道线路工程、穿跨越工程、隧道工程的勘察。沿线站址勘察按石油化工厂区勘察的要求进行。

7.1.3 站址不应选在有开采价值的矿床区，滑坡、活动断层地区，河道、流砂、泥石流和流动性砂丘可能堆积区，也不应选在水坝发生意外事故时有可能遭受冲毁或淹没的地区，亦不宜选在可能受洪水威胁地区，站址应避开城市规划区和铁路枢纽、重要工程和军事设施。

7.1.4 勘察工作宜按选线（址）勘察（踏勘）、初步勘察与详细勘察三个阶段进行。在管道工程量较小，通过地区岩土工程条件简单或有建筑经验的地区，勘察阶段也可以简化为踏勘与详细勘察两个阶段，或详细勘察一个阶段。

## 7.2 线路工程

7.2.1 选线勘察阶段应通过搜集资料和重点踏勘调查，了解线路起迄点和必经的控制点间各线路方案的工程地质、水文地质的一般特征和主要工程地质问题，为编制设计任务书提供岩土工程资料。

7.2.2 选线勘察阶段应搜集线路通过地区的区域地质、地形地貌、工程地质、水文地质、地震、水文、气象和航测遥感照片等资料，在室内分析研究和地质判译工作的基础上，开展下列工作：

- a) 了解区域性的地形地貌、地质构造、工程地质、水文地质、不良地质作用、道路与交通等概况，利用天然和人工露头进行地质描述，调查了解沿线岩土类型、厚度、产状以及工程性质和水土对钢结构的腐蚀性等，概略提供线路各方案通过地区的岩土工程条件；
- b) 对控制线路方案的越岭地段，踏勘调查地质构造、岩性、产状、水文地质和不良地质现象，推荐线路越岭方案；
- c) 对于线路各方案的特殊地质与不良地质地段，概略了解其性质，调查和分析其发展趋势及其对管道的危害程度；
- d) 对控制线路方案的河流，了解地形地貌、地层岩性、构造、河床与岸坡的稳定程度等概况，收集水文资料，提出穿跨越方案比选的建议；
- e) 了解沿线有关大型水库的分布情况、近期及远景规划、水位、回水淹没的范围、有无诱发地震的可能及对路线方案的影响；
- f) 了解沿线矿产及地下文物的分布概况；
- g) 了解沿线抗震设防烈度和地震动参数；
- h) 在抗震设防烈度为7度及以上地区，应通过调查、收集资料等，初步了解管道沿线7.0m深度范围内有无砂土及粉土液化的可能性和分布地段，按附录F.1.4进行初判。

7.2.3 初步勘察阶段，应通过搜集资料，踏勘与工程地质调查，对拟定线路的岩土工程条件做出初步评价，并提供初步设计所需要的工程地质资料。

7.2.4 初步勘察阶段，应对选线勘察中所搜集的资料进行分析，并补充搜集线路通过地区的区域地质、工程地质、水文地质、抗震设防烈度及全新活动断裂、发震断裂等资料。岩土工程勘察以地质调查为主，调查工作应在线路两侧各100m的带状范围内进行，地质构造复杂和重大的不良地质地段，应扩大调查范围。其工作内容应包括：

- a) 沿线地形地貌；
- b) 管道埋设及影响深度内的地层成因、岩性特征和厚度等；
- c) 岩层产状和风化破碎程度，对线路有影响的断裂走向、宽度以及新构造运动的特点；
- d) 沿线的不良地质作用（如滑坡、崩塌、泥石流、岩溶、冲沟等）的范围、性质及其发展趋势；
- e) 沿坡敷设段坡体的坡度、岩性、产状和稳定性及其对管沟开挖、管道施工和安全运营的影响；
- f) 沿线井、泉的分布，地下水位深度及土的冻结深度等；
- g) 大中型河流的最大洪水位、含砂量、冲刷深度等水文资料、岸坡稳定性、河床及两岸的地层岩



性和洪水淹没范围；

- h) 在抗震设防烈度为 7 度及 7 度以上地区，应通过调查、资料收集，初步查明管道沿线 7.0m 深度范围内砂土及粉土液化的可能性和分布地段，按附录 F.1.4 进行初判。

7.2.5 初步勘察阶段的工程地质调查应以利用天然和人工露头为主，对重要的地质现象，宜在现场绘制素描图或摄影摄像。在地质条件复杂、露头条件不好的地段，可使用简便的勘探手段，了解其地层、岩性、构造等情况。

7.2.6 详细勘察阶段是在已确定的线路方案上进行的勘察工作，应详细查明沿线的工程地质、水文地质条件，提供施工图设计所需的岩土工程资料。

7.2.7 详细勘察阶段应收集相关资料并进行下列相应的准备工作：

- 取得附有线路走向的地形图和线路断面图 (1:2000)；
- 取得线路中线桩的座标及高程；
- 搜集选线、初步勘察报告和地质灾害评价报告，进行分析研究，确定重点勘察地段；
- 分析研究补充搜集的有关沿线区域地质、工程地质、水文地质等资料；
- 编制详细的勘察方案。

7.2.8 详细勘察阶段，当地质条件复杂时应进行工程地质测绘。测绘条带宽度视地形、地质条件而定，一般以线路两侧各 100m 为限。测绘比例尺可选用 1:500~1:2000。地质界线的测绘精度，在图上的误差不应超过 3mm。测绘工作包括以下内容：

- 地形地貌的形态特征、分布情况、成因类型、岩层产状和节理裂隙的发育充填情况，以及与地形坡向的相对关系，分析其对边坡稳定性的影响程度；
- 各类岩层的性质、时代，产状、分布和厚度；土的颗粒组成、湿度、密度、有机质含量和结构特征，并对岩土的可开挖性及回填管沟的适宜性进行评价；
- 查明地下水的埋藏条件，并着重查明有无砂土及粉土地震液化的可能性及其分布范围，可按附录 F.1.4 进行地震液化判别；
- 调查影响管道建设和运营安全不良地质作用（如滑坡、崩塌、岩溶、泥石流、沼泽、黄土湿陷及冲沟、活动沙丘及岸边冲刷等）的分布和发育程度；
- 查明沿线的地质构造，对于线路通过的断裂，应查清其走向、产状、断距、破碎带的宽度及充填胶结情况，着重调查有无全新活动断裂。

7.2.9 详细勘察的工作量布置和工作内容应符合下列规定：

- a) 详细勘察的勘探点间距可按表 12 确定；每一个地貌单元不宜少于 3 个勘探点；

表 12 勘探点间距

场地复杂程度	间距, m
复杂	50~300
中等复杂	300~600
简单	600~1 000

注 1：以地形地貌复杂程度和不良地质作用发育程度按表中区间确定适宜的间距。  
 注 2：勘探方法在平原区可采用螺旋钻洛阳铲等，山区可采用井探、坑探和钻探等。  
 注 3：对于靠近线路的人工和天然露头，描述或取样测试的地质点可视为勘探点。  
 注 4：线路详勘中进行勘探点布设时，除满足上述要求外，还应考虑地貌单元因素，每一地貌单元不宜少于 3 个勘探点，做到尽量客观地反映管道沿线的地层情况。

- b) 勘探孔深度应达到管沟底面以下 1m。当无法取得管底埋深资料时，平原地区宜为 3.0m；地

- 形起伏较大的山区宜为 4m；特殊性岩土应适当加深；控制性勘探孔的深度不应小于 5m；
- c) 地下水在丰水期的水位埋深小于管道埋设深度的线路地段，宜取地下水水样，在管道经过沟塘、河、溪等地表水体的线路地段宜采取地表水样，作水质简分析，以判定环境水对钢管道的腐蚀性，判定方法按附录 G.1 进行；
  - d) 沿线电阻率测定的间距同勘探点间距，一般地区可根据土壤视电阻率按附录 G.2 判定土壤的腐蚀性等级；
  - e) 每个地貌单元宜取土试样进行原位极化法和试片失重法试验，每个地貌单元不宜少于 2 件；土壤腐蚀性等级按附录 G.3 确定；
  - f) 对芦苇地带和细菌腐蚀较强的地区，应取土试样进行氧化还原电位测试，按附录 G.4 判定土壤细菌腐蚀等级。

7.2.10 详细勘察阶段应对管道沿线岩土进行工程分级，可按附录 K 确定。

7.3 穿越工程

7.3.1 管道穿越工程的等级可按表 13 和表 14 确定。公路和铁路的穿越可并视为小型穿越工程。

表 13 穿越水域工程等级

工程等级	多年平均水位水面宽度, m	相应水深度, m
大型	$\geq 200$	不计水深
	100~200	$\geq 5$
中型	100~200	$< 5$
	40~100	不计水深
小型	$< 40$	$< 5$

表 14 穿越冲沟工程等级

工程等级	冲沟深度, m	冲沟边坡坡度
大型	$> 40$	$> 25$
中型	10~40	$> 25$
小型	$< 10$	$< 25$

注：冲沟边坡小于表列坡度者，工程等级降低一级。

7.3.2 选址勘察阶段应通过搜集资料、踏勘、调查，概略了解穿越河段的工程地质条件，对拟选穿越河段的稳定性和适宜性作出概略性评价，为编制设计任务书提供岩土工程资料。

7.3.3 选址勘察阶段应进行下列工作：

- a) 搜集上、下游附近有关区域地质、区域构造、地形地貌、地震、河谷发育或平原河道变迁史、工程地质及河流水文资料；
- b) 调查河床、漫滩及两岸出露的地层、构造、岩土性质和不良地质等工程地质条件；
- c) 穿越位置应选择在河道、河床、岸坡相对稳定的河段。下列河段宜避开：
  - 1) 河道弯曲、经常改道的河段；
  - 2) 河床冲淤变幅大的河段；
  - 3) 岸坡区岩土松软、不良地质现象发育且对穿越工程稳定性有直接危害或潜在威胁的河段；
  - 4) 断层河谷或靠近发震断裂的河段。

7.3.4 初步勘察阶段,应初步查明拟选河段的岩土工程条件,选择最优的穿越断面,推荐合理的穿越方式,为初步设计提供岩土工程资料。初步勘察应包括下列工作内容:

- a) 初步查明河床地层结构、岩性、成因、年代及工程地质性质;
- b) 对抗震设防烈度等于或大于6度的地区,应对场地和地基的地震效应进行初步分析评价;
- c) 初步评价河床及岸坡稳定性;
- d) 当存在多方案时,提出方案比较意见;
- e) 下一阶段勘察需重点查明的问題。

7.3.5 初步勘察阶段应收集下列资料:

- a) 拟定穿越河段范围的地形图(1:500~1:2000);
- b) 可能采取的穿越方式;
- c) 拟选河段有关的区域地质资料,如地质图、构造地质图、工程地质图、地貌及第四纪地质图、地质剖面图等;
- d) 补充搜集河流水文资料(如最大流量、最大流速、含砂量、冲刷深度等)及上下游已建、在建和拟建工程有关资料。

7.3.6 对小型穿越工程,初步勘察以工程地质调查与测绘为主。工程地质调查应包括下列内容:

- a) 调查河谷(包括漫滩、阶地)的成因、形态、特征及其发展趋势;
- b) 调查河(沟)床及两岸岸坡地层的岩性、成因类型、分布规律、产状、节理裂隙、岸坡稳定情况况及不良地质作用的成因类型、分布范围、形成条件及其对管道工程的影响。

7.3.7 对大中型穿越工程,除进行工程地质调查外,还应进行勘探工作。勘探点的布置原则和深度应符合下列规定:

- a) 勘探点位置应布置在拟定穿越位置(包括比较方案)的上游15m处,勘探点间距为100m~200m,每一个方案应至少布置4个勘探点;
- b) 勘探孔的深度应根据设计要求确定;无设计要求时,控制性钻探点深度为20m~30m(自河底起算,下同),一般性勘探点深度为15m~20m。

7.3.8 在拟选河段内,当地层有较明显的物性差异而地形起伏变化不大时,宜进行工程物探工作。物探线宜垂直穿越线布置。对物探的实测资料,必须结合有关地质资料进行综合分析,提出地质解释成果。

7.3.9 穿越工程详细勘察在已确定的穿越断面上进行,应满足施工图设计的要求。工作内容应包括:

- a) 查明穿越断面的地层结构、岩性、成因及岩土工程性质;
- b) 按GB 50021的规定,对场地和地基的地震效应进行分析评价;
- c) 对河床的稳定性作出评价;
- d) 评价岸坡的稳定性,提出护坡措施和方案建议;
- e) 解决初勘时提出的问題。

7.3.10 详细勘察前应取得下列资料:

- a) 附有穿越位置的地形图(1:500~1:2000);
- b) 拟采取的穿越方式(沟埋敷设、顶管或定向钻等方式)和预计的埋设深度。

7.3.11 详细勘察的勘探点布置应符合下列规定:

- a) 对于沟埋敷设方式,勘探点应尽可能布置在确定的穿越管道中线上,偏离中心线不宜大于3m;
- b) 对于非开挖穿越方式,勘探点应在中线两侧15m处各布置1条勘探线,两条勘探线上的勘探点交错布置;
- c) 勘探点的间距为30m~100m,按地基复杂程度等级取值,复杂的取小值,简单的取大值。小型穿越工程勘察工作可在确定的穿越断面的两端各布置1个勘探点,对于河面较宽或地质条件复杂的小型河流,宜在河床内增布1个~2个勘探点;
- d) 当采取长距离顶管及盾构等方案需要设置沉井时,应在沉井处布置勘探点3个~4个;

- e) 当需要查明穿越地段地下有无异常埋置物(如管线、电缆、混凝土构筑物、古城遗址等),可采用物探方法探测。
- 7.3.12 详细勘察阶段的勘探孔深度应按下列原则确定:
- a) 对于沟埋敷设方式,一般应钻至河床最大冲刷深度以下 3m~5m。无冲刷深度资料时,应视河床地质条件而定。对于粉细砂、粉土及粘性土河床,勘探深度为 10m~15m;对于中、粗、砾砂河床,勘探深度为 8m~12m;对于卵(砾)石河床,勘探深度为 6m~8m;对于基岩,应钻穿强风化层,无强风化层时,勘探深度为 5m。当强风化层很厚时,最大深度以 10m 为限。以上勘探深度均自河床底面算起;
  - b) 当设计采取顶管或盾构方式时,勘探孔深度根据设计要求确定;
  - c) 当采取定向钻穿越方式时,勘探孔深度为设计穿越深度以下 3m~5m;
  - d) 岸坡区地面高差较大,且岸坡为第四系松散堆积物时,位于高处的勘探孔深度应达到与其相邻的低处勘探孔的地面标高以下适当深度;
  - e) 对抗震设防烈度等于或大于 6 度的地区,勘探孔深度应满足场地和地基地震效应分析评价的要求。
- 7.3.13 详细勘察阶段取岩土试样和进行原位测试的勘探孔数量,对大中型穿越工程,一般占勘探孔总数的 1/2~2/3;小型穿越一般只进行地层野外分层描述,不取土试样分析试验。
- 7.3.14 取试样或进行原位测试的竖向间距,应根据地层结构、地基土的均匀性和设计要求确定,每一主要土层的试样或原位测试数据不应少于 6 件(组)。
- 7.3.15 大中型穿越工程试验项目应根据穿越方式和岩土类别确定,可按表 15 确定。

表 15 管道穿越工程试验项目

穿越方式	岩土类别			
	粘性土	粉土	碎石土、砂土	岩石
沟埋敷设	液限、塑限	液限、塑限、颗分、渗透系数	颗分、自然休止角、渗透系数	单轴极限抗压强度
顶管和盾构	除“沟埋敷设”要求的试验项目外,尚应进行各岩土层的物理力学试验			
定向钻	密度、相对密度、液限、塑限	密度、相对密度、天然含水量及液限、塑限、颗分	颗分	单轴极限抗压强度

- 7.3.16 对于地质条件复杂或采用盾构等方式施工,而详勘成果不能满足施工要求时,应针对性进行施工勘察。
- 7.4 跨越工程
- 7.4.1 跨越工程选址勘察应按穿越工程选址勘察要求进行。
- 7.4.2 初步勘察应初步查明拟跨越段岩土工程条件并对场地稳定性进行初步评价,为初步设计提供必需的岩土工程资料。当跨越段的抗震设防烈度等于或大于 6 度时,尚应按 GB 50011 的规定,初步进行场地的地震效应评价。
- 7.4.3 初步勘察前应取得下列资料:
- a) 拟跨越段范围的地形图(1:500~1:5000);当需进行不良地质调查评价时,地形图比例尺不宜

小于 1:2000;

- b) 可能采取的跨越方式及其有关的工程性质。
- c) 当需进行不良地质调查评价时, 地形图比例尺不宜小于 1:2000。

7.4.4 初步勘察勘探点按拟定的跨越方案(包括比选方案)布置, 每个方案应不少于 4 个勘探孔。初步勘察勘探孔深度宜按下列原则确定:

- a) 陆域部分勘探孔深度为 15m~20m, 或进入强风化基岩 3m~5m;
- b) 河床(沟谷)部分勘探孔深度应为最大冲刷深度以下 15m~20m; 无冲刷深度资料时, 勘探孔深度应为 20m~25m, 勘探深度内遇基岩时, 进入强风化层 5m~8m, 或进入中至微风化层 1m~3m。

7.4.5 跨越工程详细勘察应对管墩、锚固墩场地及地基的稳定性进行岩土工程评价, 并为地基与基础设计、地基处理与加固提供岩土工程资料。

7.4.6 详细勘察前应取得下列资料:

- a) 附有管墩及锚固墩位置的地形图(1:500~1:2000);
- b) 各管墩及锚固墩可能采取的结构型式、受力特点;
- c) 可能采取的基础型式、尺寸、埋置深度、单位荷载以及有特殊要求的基础设计和施工方案等。

7.4.7 跨越工程详细勘察应进行下列工作:

- a) 查明跨越地段的地形、地貌及地质构造, 对场地的稳定性作出评价;
- b) 查明沟谷的地层结构、产状、节理裂隙的发育情况及其与岸坡发育和稳定性的关系;
- c) 查明管墩及锚固墩范围内地层的岩性、风化破碎程度、软弱夹层情况及其物理力学性质, 提供各层土地基承载力特征值和变形计算参数;
- d) 抗震设防烈度等于或大于 6 度时, 应提供场地土类型、建筑场地类别, 划分对抗震有利、不利或危险的地段;
- e) 当跨越地段的抗震设防烈度等于或大于 7 度时, 应按 GB 50011 的规定, 对地基土地震液化可能性进行分析评价;
- f) 查明对管墩及锚固墩场地有影响的不良地质的性质特征、分布情况、发展趋势和危害程度, 并提出整治方案和措施;
- g) 当地表水或地下水对基础有影响时, 应查明对钢筋混凝土结构的腐蚀性;
- h) 当采用地基处理和桩基方案时, 提供设计计算参数。

7.4.8 跨越工程详勘工作应在已确定的管墩及锚固墩位置进行, 勘探方法可根据场地的地层条件采用钻探、静力触探、动力触探等手段。必要时可辅以坑探、槽探、物探等。勘探点的数量可按表 16 确定。

表 16 跨越工程详勘勘探点数量 单位: 个

地基复杂程度等级	管 墩	锚 固 墩
一级(复杂)	4	2
二级(中等复杂)	3	1
三级(简单)	2	1

7.4.9 勘探孔的深度应按地基土的性质和基础类型确定:

- a) 对于天然地基, 勘探孔深度应为基础底面以下  $2.0b \sim 3.0b$  ( $b$  为基础宽度), 且不小于 5m。当在预定的深度范围内有软弱下卧层时, 应予钻穿, 并达到厚度不小于 3m 的密实土层;
- b) 对于桩基, 勘探孔深度应至桩尖持力层顶板以下 3m~5m;
- c) 在预定深度内遇基岩时, 应钻穿强风化层至中等风化层内 2m~3m; 当强风化层很厚时, 最深



以进入强风化层 10m 为限。

7.4.10 采取原状土试样或原位测试的竖向间距应按设计要求、地基土的性质确定。每个场地每一主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件(组)。

## 7.5 隧道工程

7.5.1 选址勘察阶段应通过搜集资料和现场踏勘了解拟选隧道场址的地形地貌、地层岩性、地质构造、工程地质和水文地质条件、洞口稳定条件及对环境的影响等,进行可行性评价。隧道选址应遵循下列原则:

- 隧道宜选择在地质构造简单、地层单一、山形岩体完整性好、岩层稳定无软弱夹层等岩土工程条件较好的地段;
- 倾斜岩层中隧道走向宜垂直岩层走向或大角度相交;
- 隧道应选择在地下水影响小及不含有害气体、不含有用矿体和放射性元素的地层通过;
- 隧道宜避开断层破碎带。当必须穿过时,隧道走向宜与断层破碎带垂直或大角度相交;
- 隧道洞身应避开滑坡和错落体等不良地质作用地段;
- 隧道洞口应选择在坡体稳定、覆盖层薄、无不良地质作用之处,宜早进洞、晚出洞;
- 对于地质构造复杂、岩体破碎、堆积物厚的傍山偏压隧道,宜往里靠;
- 隧道通过岩溶地区,宜选择在岩溶和地下水不发育的地带。

7.5.2 初步勘察阶段应通过工程地质测绘、物探、钻探,取样及试验等勘测工作,初步查明隧道的地形地貌、地层结构和地质构造等条件,初步查明隧道进出口的环境地质条件,对隧道工程岩土工程条件提供初步评价,为方案比选和施工方案优选提供依据。

7.5.3 初步勘察阶段工程地质测绘应初步查明隧道的下列问题:

- 地形、地貌及成因;
- 地层岩性、产状、厚度及风化及破碎程度;
- 不良地质的分布、规模、趋势及对隧道的影响;
- 地震地质条件;
- 地应力分布及最大主应力作用方向;
- 地下水的类型、埋藏、补给、径流和排泄条件;
- 地表水体分布及其与地下水体的关系;
- 隧道穿越段的地面建筑物、地下构筑物等的影响;
- 隧道进出口的环境地质条件。

7.5.4 初步勘察阶段勘探和测试应符合下列要求:

- 采用浅层地震剖面法或其他有效方法初步查明隐伏断裂、构造破碎带、基岩埋深、划分风化带;
- 勘探点宜布设于隧道轴线两侧 3m~5m 处,对于岩溶地区勘探点宜布设于隧道轴线两侧 15m~20m 处,钻探、试验完毕应回填封孔;初步勘察勘探点的间距宜为 400m~600m,且每条隧道不宜少于 3 个勘探点;
- 勘探孔深度应超过隧道底板 3m~5m,控制性勘探孔应超过隧道底板 5m~10m;遇溶洞、暗河或其他不良地质体时应适当加深;
- 勘探揭露的每一地层应取样;对膨胀性岩土应加做矿物成分分析及膨胀试验;有地下水时应采取地下水样;当存在有害气体时应测试有害气体成分、含量;当地温异常时应测定地温;对高地应力区应测定地应力;
- 岩质隧道应进行弹性波或声波测试,判定岩体完整性;应进行原位测试确定岩体的物理力学指标;
- 土质隧道宜采用钻探和原位测试查明土体的物理力学性质;



- g) 综合利用工程地质钻探孔进行水文地质观测与试验。必要时应布设专门的水文地质勘探孔和观测孔进行水文地质勘察工作, 求取各项水文地质参数;
- h) 隧道工程岩土试验项目见附录 I。

7.5.5 详细勘察阶段应通过工程地质测绘、物探、钻探及取样试验、压水试验、地应力测试等勘测工作, 查明隧道的地形、地貌、地质、地震情况、进出口的环境地质条件, 对隧道工程地质条件和水文地质条件提供详细评价, 根据控制隧道围岩稳定的各项因素, 分段确定隧道围岩类别, 为隧道施工方案、各段洞身掘进方法及程序、支护及衬砌类型或整治工程提供依据。主要工作内容包括:

- a) 查明隧道通过地段的地形、地貌、地层、岩性、构造。岩质隧道应着重查明岩层层理、片理、节理等软弱结构面的产状及组合形式, 断层、褶皱的性质、产状、破碎带宽度及破碎程度;
- b) 当隧道通过含放射性元素、有害气体的地层、膨胀性岩土、高应力区及可能对隧道造成的偏压等地段时, 应查明其范围并预测地层膨胀、高应力、偏压等对洞体的影响, 对有害气体或放射性物质危害程度做出评价;
- c) 查明不良地质作用和特殊地质条件对隧道的影响, 特别是对洞口位置边坡、仰坡的影响, 提出工程措施和建议;
- d) 调查隧道附近井、泉的分布, 查明含水层的位置和厚度。分析隧道地区的水文地质条件, 判明地下水的类型、水质及补给来源; 水文地质条件复杂的隧道, 应进行压水或抽水试验, 分析预测隧道开挖后洞体分段涌水量; 并充分估计隧道开挖引起地表塌陷及地表水漏失的问题, 提出相应的工程措施建议;
- e) 在隧道洞口需要接长明洞的地段, 应查明明洞基底的工程地质条件;
- f) 综合分析岩性、构造、地下水等资料, 以及工程地质测绘、勘探、测试成果, 分段确定隧道围岩分级。隧道围岩分级按附录 H 执行。

7.5.6 详细勘察阶段测绘、勘探和测试应符合下列要求:

- a) 采用浅层地震剖面法或其他有效方法查明隐伏断裂、构造破碎带, 查明基岩埋深、划分风化带;
- b) 勘探孔一般应根据地形地貌、工程地质测绘和综合物探成果有重点的布置。勘探点宜布设于隧道轴线两侧 3m~5m 处, 对于岩溶地区勘探点应布设于隧道轴线两侧 15m~20m 处, 钻探、试验完毕应回填封孔; 勘探点间距应为 200m~400m; 洞口附近覆土较厚时, 应布置适量勘探点;
- c) 勘探孔深度应超过隧道底板 3m~5m, 遇溶洞、暗河或其他不良地质现象时应钻至隧洞、暗河底部以下 3m~5m;
- d) 隧道底板以上 10m~20m 至勘探深度内每一地层应取样进行试验, 岩土试验项目见附录 I; 对膨胀性岩土应加做矿物成分分析及膨胀试验; 有地下水时应采取地下水样, 当存在有害气体时应测试有害气体成分、含量; 当地温异常时应进行地温测定;
- e) 岩质隧道底板以上 10m~20m 至勘探深度内应进行弹性波测试, 判定岩体完整性; 应进行原位测试确定岩体强度、岩体弹性模量及地应力等物理力学指标;
- f) 土质隧道宜将钻探和原位测试相结合, 测试隧道底板以上 10m~20m 至勘探深度内土体的物理力学性质;
- g) 综合利用工程地质钻探孔进行水文地质观测, 必要时布设专门的水文地质勘探孔和观测孔进行水文地质工作, 求取各项水文地质参数。

7.5.7 当岩土工程条件复杂时应进行施工勘察。

## 8 岩土工程分析与评价

### 8.1 岩土参数的分析与选用

- 8.1.1 岩土的物理力学指标和原位测试结果应按场地的岩土体单元和层位分别统计，并提供最大值、最小值、算术平均值、标准差、变异系数及子样数，同时，应说明岩土参数在使用时应注意的问题。
- 8.1.2 对岩土参数的可靠性应进行分析评价，岩土参数特征值统计修正系数可根据公式计算，也可按岩土工程的类型和重要程度、参数的变异性和样本的大小，根据经验确定。
- 8.1.3 评价岩土参数的均匀性时，应充分考虑各参数的数据特性好变异系数。由于不同岩土参数之间的离散程度不同，变异系数选用也不一样，常用指标的变异系数不宜超过表 17 中的数值。当岩土参数指标的统计数量少于 6 个以及变异系数超过标准时，可结合地区经验，给出经验值。

表 17 变异系数取值

岩土参数	抗剪强度	压缩模量	压缩系数	液限	塑限	标准贯入试验击数	无侧限抗压强度	孔隙比	重度	粘粒含量
变异系数	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.30	0.40	0.25	0.03	0.25

- 8.1.4 岩土参数的选用应符合下列规定：
- a) 评价岩土性状的指标，如天然含水量、天然密度等，应选用指标的平均值；
  - b) 正常使用极限状态计算所需的岩土参数，如岩土抗剪强度指标、静载荷试验的极限承载力等，应选用指标的特征值。
- 8.2 场地稳定性评价
- 8.2.1 建（构）筑物场地稳定性评价应符合下列要求：
- a) 按 GB 50011 的规定评价划分建筑场地属有利、不利或危险地段，划分建筑场地类别。评价划分活动断裂、非活动断裂和发震断裂，确定是否避让、避让的最小距离或地基处理措施；
  - b) 场地地震液化的判别宜按附录 F 先进行初判，当初步判别认为有可能液化时，按 GB 50011 的规定进一步判别，确定液化指数和液化等级；
  - c) 在软土地区，对抗震和变形要求严格的乙类建（构）筑物（包括大型油罐），应按附录 F 评价软土震陷对建（构）筑物的影响，并提出地基处理措施；
  - d) 按 GB 50021 的要求对不良地质作用和地质灾害进行评价，并提出工程治理措施。
- 8.2.2 位于斜坡地段的建（构）筑物，其场地稳定性评价应符合下列规定：
- a) 建设场地不应选在滑坡体上，对选在滑坡体附近的建筑场地，应对滑坡进行专门勘察，验算滑坡稳定性，论证建筑场地的适宜性，并提出治理措施；
  - b) 位于坡顶或临近边坡下的建（构）筑物，应评价边坡整体稳定性、分析判断整体滑动的可能性；
  - c) 进行斜坡稳定性计算时，应按可能滑动面的形状，考虑其他因素选用适宜公式；
  - d) 边坡允许坡度值可按附录 J 选用。当边坡整体稳定时，尚应验算基础外边缘至坡顶的安全距离。
- 8.3 天然地基评价
- 8.3.1 对场地地基土应进行总体评价，评价包括地基土的可压缩性、地基土的均匀性、固结状态、灵敏度以及地基土的可利用程度等。
- 8.3.2 符合下列情况之一者，应判定为不均匀地基。对判定为不均匀的地基，应进行沉降、差异沉降、倾斜等特征分析评价，并提出相应建议：
- a) 地基持力层跨越不同地貌单元或工程地质单元，工程特性差异显著；
  - b) 中～高压压缩性地基，基础范围内持力层底面坡度大于 10%；
  - c) 中～高压压缩性地基，主要压缩层在基础宽度（储罐直径）方向上的厚度差值大于  $0.05b$  ( $b$  为基础宽度，对圆形基础， $b$  为直径)；

d) 在地基中有埋藏的河道、暗浜、孤石等。

### 8.3.3 确定和提供各主要岩土层承载力特征值和使用条件:

- a) 在确定地基承载力时,应根据土质条件选择现场载荷试验、室内试验、静力触探试验、动力触探试验、标准贯入试验或旁压试验等原位测试方法,结合理论计算和设计需要进行综合评价;
- b) 特殊土的地基承载力评价应根据特殊土的相关规范和地区经验进行。岩石地基承载力特征值应按 GB 50007 有关规定确定。

### 8.3.4 确定和提供各岩土层尤其是基础影响范围内的变形参数和使用条件。

- a) 应根据原位测试和土工试验结果综合确定;
- b) 对于不能准确取得压缩模量的地基土,包括碎石土、砂土、粉土、花岗岩残积土、全风化岩、强风化岩等,可采用变形模量,变形模量宜通过载荷试验或经验公式确定。

## 8.4 地基处理评价

8.4.1 当天然地基不能满足建(构)筑物承载力或变形要求、或者出于消除液化、治理地质灾害或边坡稳定性需要时,应结合设计要求,建议适宜的地基处理方案并提供相应的设计参数。

8.4.2 对重要性等级为一、二级的建(构)筑物,地基处理的最终效果和设计施工参数应通过现场试验检测确定。

### 8.4.3 换填垫层法应主要分析和评价:

- a) 适宜的垫层材料及建议的压实系数;
- b) 查明待换填的不良土层的分布范围和埋深;
- c) 垫层以下软弱下卧层的承载力和抗滑稳定性,必要时,估算建筑物的沉降;
- d) 换填材料与地下水的相互作用和影响。

### 8.4.4 预压法应主要分析和评价:

- a) 在预压影响深度内地基土水平和垂直方向上的排水条件,特别是夹砂层的埋深和厚度及其对预压效果的评估;
- b) 地下水的补给和排泄条件等;
- c) 通过先期固结压力、压缩性参数、固结特性参数和抗剪强度指标、分析软土在预压过程中强度的增长规律;
- d) 需要时,预估预压荷载的分级和大小、加荷速率、预压时间、强度的可能增长和可能的沉降。

### 8.4.5 强夯法应主要分析评价:

- a) 根据地基土层的组成、分布、强度、压缩性、透水性和地下水条件评价强夯法的适宜性;
- b) 根据设计要求和经验建议适宜的强夯能级;
- c) 施工中对环境的影响及可能采取的措施。

### 8.4.6 复合地基应主要分析评价:

- a) 根据土的组成、分布和物理力学性质,软弱土的厚度和埋深,结合设计要求和地区经验,确定适宜的复合地基方案;
- b) 地下水的埋藏条件和腐蚀性评价,对淤泥和泥炭土应提供有机质含量,分析对复合地基桩体的影响,并提出处理措施和建议;
- c) 对刚性桩、半刚性桩复合地基,给出地基主要受力层范围内各层地基土的侧摩阻力特征值,对适宜的桩端持力层,应分析确定桩端阻力特征值;
- d) 以 1 个~2 个典型钻孔为例,分析评价桩间土承载力,预估单桩承载力和复合地基承载力;
- e) 评价桩间土、桩身、复合地基、桩端以下变形计算深度范围内土层的压缩性,任务需要时估算复合地基的沉降量,并进行软弱下卧层强度验算;
- f) 预估成桩施工可能性(有无地下障碍、地下洞穴、地下管线、电缆等)和成桩工艺对周围土体、邻近建筑、工程设施和环境的影响(噪声、振动、泥浆排放、侧向挤土、地面沉陷或隆起等),

桩体与水土间的相互作用(地下水对桩材的腐蚀性, 桩材对周围水土环境的污染等);

g) 对复合地基设计参数检测和设计、施工中应注意的问题提出建议。

#### 8.4.7 注浆法应主要分析评价:

- a) 土的级配、孔隙性或岩石的裂隙宽度和分布规律, 岩土渗透性、地下水埋深、流向和流速, 岩石的化学成分和有机质含量;
- b) 根据岩土性质和工程要求选择浆液和注浆方法(渗透注浆、劈裂注浆、压密注浆等), 根据地区经验或通过现场试验确定浆液浓度、粘度、压力、凝结时间、有效加固半径或范围;
- c) 评价加固后地基的承载力、压缩性、稳定性或抗渗性。

### 8.5 桩基评价

#### 8.5.1 桩基评价应包括以下基本内容:

- a) 推荐合理的桩端持力层;
- b) 对可能采用的桩型、桩号、规格及相应的桩端入土深度(或高程)提出建议;
- c) 提供所建议的或设计所需桩型的侧阻力、端阻力和桩基设计、施工所需的其他岩土参数及适用条件;
- d) 对沉桩可能性、桩基施工对环境影响评价和对策以及其他设计、施工应注意事项提出建议;
- e) 对欠固结土和大面积堆载的桩基, 分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其对桩基承载力的影响力, 并提出相应防治措施的建议。

#### 8.5.2 当条件具备时, 可对下列内容进一步评价:

- a) 以1个~2个典型钻孔为例估算单桩承载力和桩基沉降量, 提供与建议桩基方案相类似的工程实例或试桩及沉降观测等资料;
- b) 对各种可能的桩基方案进行技术分析比选, 并提出建议。

#### 8.5.3 选择桩端持力层应符合下列规定:

- a) 持力层宜选择层位稳定、压缩性较低的可塑~坚硬状态粘性土、中密以上的粉土、砂土、碎石土和残积土及不同风化程度的基岩; 不宜选择在可液化土层、湿陷性土层或软土层中;
- b) 当存在相对软弱下卧层时, 持力层厚度一般不宜小于5m或6倍桩径。

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

- a) 当土层中有难以清除孤石或有硬质夹层、岩溶地区或基岩面起伏大的地层, 均不宜采用钢筋混凝土预制桩、预应力桩和钢桩, 宜采用混凝土灌注桩;
- b) 在基岩埋藏相对较浅, 单柱荷载较大时, 宜采用以不同风化带为持力层的冲孔、钻孔、挖孔、扩底或嵌岩钢筋混凝土灌注桩;
- c) 当场地周围环境保护要求较高、采用钢筋混凝土预制桩或预应力桩难以控制沉桩挤土影响时, 应提出适宜的施工措施;
- d) 当岩土层中夹有一定厚度的(或需进入一定深度的)坚硬状态粘性土、中密以上的粉土、砂土、碎石土和全风化、强风化基岩时, 应根据各岩土组成的力学特性、类似工程经验、设备能力等综合考虑其沉桩的可能性。

#### 8.5.5 沉(成)桩对周围环境影响的分析评价内容宜包括:

- a) 锤击沉桩产生的反复振动, 对邻近既有建(构)筑物及公用设施等的损害;
- b) 对饱和粘性土地基宜考虑大量、密集的挤土桩或部分挤土桩对邻近既有建(构)筑物和地下管线等造成的影响;
- c) 大直径挖孔桩成孔时, 宜充分考虑松软地层可能坍塌的影响、降水对周围环境影响、以及有毒害或可燃气体对人身安全的影响;
- d) 钻孔灌注桩施工中产生的泥浆对环境的污染。



8.5.6 估算单桩承载力时应结合地区的经验,根据静力触探试验、标准贯入试验或旁压试验等原位测试结果和岩石单轴极限抗压强度及岩体完整程度进行计算,并参照地质条件类似的试桩资料综合确定。

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

#### 8.6 水和土对建筑材料的腐蚀性评价

8.6.1 根据场地气候、土层渗透性、干湿交替和冻融交替情况,结合地区经验评价场地的环境类别。

8.6.2 应查明并分析不同埋藏条件下的水、土中的离子含量及 pH 值、总矿化度等环境介质的测试结果。

8.6.3 应根据场地环境类别和水、土的试验指标及 GB 50021 的有关规定,结合地区经验,分析判定不同埋藏条件下的水、土对建筑材料的腐蚀性。

8.6.4 对于因受污染而导致地下水 and 土对建筑材料有腐蚀性的场地,应分析、评价受污染的程度、范围。

#### 8.7 池类基础抗浮评价

8.7.1 池类基础抗浮评价应包括以下基本内容:

- a) 当地下水位高于池类基础底板时,根据场地所在地貌单元、地层结构、地下水类型和地下水位变化情况,结合池类基础埋深、上部荷载等情况,对池类基础抗浮有关问题提出建议;
- b) 根据地下水类型、各层地下水位及其变化幅度和地下水补给、径流、排泄条件等因素,对抗浮设计水位进行评价;
- c) 对可能设置抗浮锚杆或抗浮桩的工程,提供相应的设计计算参数。

8.7.2 拟建场地抗浮设计水位的综合确定应复合下列规定:

- a) 当场地地下水类型为潜水,并有长期地下水位观测资料时,场地抗浮设计水位可采用实测最高水位;如缺乏地下水位长期观测资料时,可按勘察期间最高水位并结合场地地形地貌特征、地下水补给、径流、排泄条件等因素综合确定,对地下水埋藏较浅的滨海地区和滨江地区,抗浮设计水位可取室外地坪标高;
- b) 当场地有承压水且与潜水发生水力联系时,应实测承压水水位并考虑其对抗浮设计水位的影响;
- c) 当只考虑施工期间的抗浮设计时,抗浮设计水位可按一个水文年的最高水位确定;
- d) 当地下水与地表水发生水力联系时,应考虑地表水的最高洪水位作为抗浮设计水位。

8.7.3 池类基础在稳定地下水位作用下所受的浮力应按静水压力计算,对临时高水位作用下所受的浮力,在粘性土地基中可以根据当地经验适当折减。

### 9 岩土工程勘察报告

#### 9.1 一般规定

9.1.1 石油化工岩土工程勘察报告应结合石油化工建(构)筑物的特点和主要岩土工程问题进行编写,做到资料完整、真实准确、数据无误、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用,并因地制宜,重点突出,有明确的工程针对性。文字报告与图表部分应相互配合、相辅相成、前后呼应。

9.1.2 对丙级岩土工程勘察的成果报告内容可适当简化,采用以图表为主,辅以必要的文字说明。

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

9.1.4 勘察报告的文字、术语、符号、计量单位等均应符合国家有关标准的规定。

9.1.5 除提供纸质报告和成果外,勘察单位还应提供电子版资料成果。

#### 9.2 勘察报告主要内容和要求

9.2.1 岩土工程勘察报告应根据相应的勘察阶段,针对场地的地质条件和建(构)筑物的工程性质、规模以及设计和施工的要求等具体情况编写,且宜包括以下内容:



- a) 拟建工程概况;
  - b) 勘察目的、要求和任务以及依据的技术标准;
  - c) 勘察方法和勘察工作量布置;
  - d) 场地地形、地貌、地层、地质构造;
  - e) 场地岩土层的划分及岩土(质)特征描述;
  - f) 地下水埋藏情况、类型及其对工程的影响;
  - g) 土和水对建筑材料的腐蚀性评价;
  - h) 场地的稳定性评价;
  - i) 各项岩土性质指标、岩土的强度参数、变形参数及地基承载力的建议值;
  - j) 场地岩土利用、整治改造方案和地基基础方案;
  - k) 结论和建议。
- 9.2.2 长输管道线路、穿跨越工程的岩土工程勘察报告内容应符合表 18 和表 19 的规定:

表 18 长输管道线路岩土工程勘察报告内容

初 勘 阶 段	详 勘 阶 段
拟建工程概况	拟建工程概况
地形地貌概况、区域地质概况	沿线地形、地貌分布情况、区域地质概况
各方案的水文地质及工程地质条件	查清沿线岩土性质、分布及土石分级情况
与工程相关的不良地质现象的发育情况,判断其影响程度	沿线不良地质作用、特殊性土的分布以及对管道工程的影响及防治措施
推荐最优线路方案	沿线地下水及岩土对管道的腐蚀性评价
	沿线区域地质稳定性评价(包括地震效应评价及各地段抗震设防烈度)
	管道施工中可能引发的岩土工程问题及建议采取的防治方案

表 19 长输管道穿跨越岩土工程勘察报告内容

初 勘 阶 段	穿越详勘阶段	跨越详勘阶段
拟建工程概况	拟建工程概况	拟建工程概况
任务要求及勘察工作概况	任务要求及勘察工作概况	任务要求及勘察工作概况
河床地质概况(若穿越河床)	穿越断面的河床地质构成特征	跨越地段的
进行场地和地基的地震效应初步分析评价	地形、地貌、地质构造、地层和岩土物理力学性质等	地形、地貌、地质构造、地层和岩土物理力学性质等
河床及岸坡稳定性初步分析	河床及岸坡稳定性分析评价	场地及地基的稳定性评价
方案比较意见及存在问题	场地和地基的地震效应分析评价	地基承载力和变形参数
—	河流水文系数	地基基础方案建议
—	施工条件及设计施工中应注意的问题	
注:小型穿越工程的勘察成果资料可并入线路勘察成果资料,扼要填写地层岩性和结论性意见,一般不单独出文字和图纸资料。		

9.2.3 成果报告应附下列图表：

- a) 勘探点平面布置图；
- b) 工程地质柱状图；
- c) 工程地质剖面图；
- d) 原位测试成果图表；
- e) 室内试验成果图表；
- f) 对长输管道线路勘察，尚应有线路纵断面图，其上包含地貌单元、地层岩性、地下水埋深及岩土视电阻率等资料。

9.2.4 当工程地质条件复杂、或设计要求、工程需求、还应附下列图表或资料：

- a) 重点层位层面等高线图和等厚度线图；
- b) 综合工程地质图；
- c) 工程地质分区图；
- d) 综合地质柱状图；
- e) 地下水等水位线图；
- f) 特殊土或特殊地质问题的专门性图件；
- g) 岩土工程计算简图及计算成果图表；
- h) 素描、照片等。

## 附录 A

(资料性附录)

## 物探方法应用选择

各种物探方法的应用选择见表 A.1。

表 A.1 物探方法应用选择

方法名称		应用范围	适用条件
电法勘探	电阻率剖面法	探测地层岩性在水平方向的电性变化,解决与平面位置有关的问题	被测地质体有一定的宽度和长度,电性差异显著;电性界面倾角大于 $30^\circ$ ;覆盖层薄,地形平缓
	电阻率测深法	探测地层岩性在垂直方向的电性变化,解决与深度有关的地质问题	被测岩层有足够厚度;岩层倾角小于 $20^\circ$ ;相邻层电性差异显著,水平方向电性稳定;地形平缓
	高密度电阻率法	探测浅部不均匀地质体的空间分布	被测地质体与围岩的电性差异显著,其上方没有极高阻或极低阻屏蔽层;地形平缓,覆盖层薄
	充电法	用于钻孔或水井中测定地下水流向流速;测定滑坡体的滑动方向和速度	含水层埋深小于 50m,地下水流速大于 1m/d;地下水矿化度微弱;覆盖层的电阻率均匀
	自然电场法	判定在岩溶、滑坡及断裂带中地下水的活动情况	地下水埋藏较浅,流速足够大,并有一定的矿化度
	激发极化法	寻找地下水,测定含水层埋深和分布范围,评价含水层的富水程度	在测区内没有游散电流的干扰,存在激电效应差异
电磁法勘探	频率测深法	探测断层、裂隙、地下洞穴及不同岩层界面	被测地质体与围岩电性差异显著;覆盖层的电阻率不能太低
	瞬变电磁法	可在基岩裸露、沙漠、冻土及水面上探测断层、破碎带、地下洞穴及水下第四系地层厚度等	被测地质体相对规模较大,且相对围岩呈低阻;其上方没有极低阻屏蔽层;没有外来电磁干扰
	可控源音频大地电磁测深法	探测中、浅部地质构造	被测地质体有足够的厚度及显著的电性差异;电磁波噪声比较平静;地形开阔、起伏平缓
	探地雷达	探测地下洞穴、构造破碎带、滑坡体;划分地层结构	被测地质体上方没有极低阻的屏蔽层和地下水的干扰;没有较强的电磁场源干扰
声波探测		测定岩体的动弹性参数;评价岩体的完整性和强度;测定洞室围岩松动圈和应力集中区的范围	—
层析成像		评价岩体质量;划分岩体风化程度、圈定地质异常体、对工程岩体进行稳定性分类;探测溶洞、地下暗河、断裂破碎带等	被测地质体与围岩有明显的物性差异;电磁波 CT 要求外界电磁波噪声干扰小

表 A.1 (续) 物探方法应用选择

方法名称		应用范围	适用条件
地震 勘探	直达波法	测定波速, 计算岩土层的动弹性参数	—
	反射波法	探测不同深度的地层界面	被探测地层与相邻地层有一定的波阻抗差异
	折射波法	探测覆盖层厚度及基岩埋深	被测地层的波速应大于上覆地层波速
	瑞雷波法	探测覆盖层厚度和分层, 探测不良地质体	被测地层与相邻地层之间、不良地质体与围岩之间, 存在明显的波速和波阻抗差异
综合 测井	电测井	划分地层, 区分岩性, 确定软弱夹层、裂隙破碎带的位置和厚度; 确定含水层的位置、厚度; 划分咸、淡水分界面; 测定地层电阻率	无套管、有井液的孔段进行
	声波测井	区分岩性, 确定裂隙破碎带的位置和厚度; 测定地层的空隙度; 研究岩土体的力学性质	无套管、有井液的孔段进行
	放射性测井	划分地层; 区分岩性, 鉴别软弱夹层、裂隙破碎带; 确定岩层密度、空隙度	无论钻孔有无套管及井液均可进行
	电视测井	确定钻孔中岩层节理、裂隙、断层、破碎带和软弱夹层的位置及结构面的产状; 了解岩溶洞穴的情况; 检查灌浆质量和混凝土浇注质量	无套管和清水钻孔中进行
	井径测量	划分地层; 计算固井时所需的水泥量; 判断套管井的套管接箍位置及套管损坏程度	有无套管及井液均可进行
	井斜测量	测量钻孔的倾角和方位角	在无铁套管的井段进行

附 录 B  
(资料性附录)

原位测试方法测定的参数和目的

原位测试方法测定的参数和目的见表 B. 1。

表 B. 1 原位测试方法测定的参数和目的

试验项目	子 类	测 定 参 数	主要试验目的	适 用 土 类						
				岩石	碎石土	砂土	粉土	粘性土	填土	软土
载荷试验	平板(PLT)	比例界限压力 $P_0$ 、极限压力 $P_u$ 和压力变形的关系	1. 评定岩土承载力 2. 估算土的变形模量 3. 计算土的基床系数	+	++	++	++	+	++	++
	螺旋板(SPLT)					++	++	+		+
静力触探试验	常规(CPT)	单桥比贯入阻力, 双桥锥尖阻力、侧壁摩阻力、摩阻比, 孔压静力触探的孔隙水压力(DPT)	1. 判别土层均匀性和划分土层 2. 选择桩基持力层、估算单桩承载力 3. 估算地基土承载力和压缩模量 4. 判断沉桩可能性 5. 判别地基土液化可能性及等级			+	++	++	+	+
	孔压(CUPT)					+	++	+	+	++
标准贯入试验	(SPT)	标准贯入击数 $N$ (击)	1. 判别土层均匀性和划分土层 2. 判别地基液化可能性且等级 3. 估算地基承载力和压缩模量 4. 估算砂土密实度且内摩擦角 5. 选择桩基持力层、估算单桩承载力 6. 判断沉桩的可能性			++	++	+		
动力触探试验(DPT)	轻型	动力触探击数 $N_{10}$ (击)	1. 判别土层均匀性和划分土层 2. 估算地基承载力和压缩模量 3. 选择桩基持力层、估算单桩承载力			+	+	+	++	+
	重型	动力触探击数 $N_{63.5}$ (击)			++	+	+	+		
	超重型	动力触探击数 $N_{120}$ (击)			++					
十字板剪切试验	(VST)	不排水抗剪强度峰值和残余值	1. 测求饱和粘性土的不排水抗剪强度和灵敏度 2. 估算地基土承载力和单桩承载力 3. 计算边坡稳定性 4. 判断软粘性土的应力历史					+		++
现场渗透试验	—	岩土层渗透系数, 必要时测定释水系数	为重要工程或深基坑工程的设计提供土的渗透系数、影响半径、单井涌水量等	++	++	++	++	++	+	+
旁压试验	预钻式(PMT)	初始压力、临塑压力、极限压力和旁压模量	1. 测求地基土的临塑荷载和极限荷载强度, 从而估算地基土的承载力 2. 测求地基土的变形模量, 从而估算沉降量 3. 估算桩基承载力 4. 计算土的侧向基床系数 5. 自钻式旁压试验可确定土的帮原位水平应力和静止侧压力系数	+	+	+	+	+	+	
	自钻式(SBPMT)					+	++	+		++



表 B.1 (续) 原位测试方法测定的参数和目的

试验项目	子 类	测 定 参 数	主要试验目的	适 用 土 类						
				岩石	碎石土	砂土	粉土	粘性土	填土	软土
扁铲侧胀试验	(DMT)	侧胀模量, 侧胀土性指数, 侧胀水平应力指数和侧胀孔压指数	1. 划分土层和 R 分土类 2. 计算土的侧向基床系数 3. 判别地基土液化可能性			+	++	+		+
波速测试	(WVT)	压缩波速、剪切波速	1. 划分场地类别 2. 提供地震反应分析所需的场地土动力参数 3. 评价岩体完整性 4. 估算场地卓越周期	+	+	+	+	+	+	+
场地微振动测试	—	场地卓越周期和脉动幅值	确定场地卓越周期	+	+	+	+	+	+	+
注: “++” 为很适用, “+” 为适用。										

附录 C  
(规范性附录)  
岩石风化程度分类

岩石风化程度分类见表 C.1

表 C.1 岩石风化程度分类

风化程度	野外特征	风化程度参数指标		面波波速 $v_R$ , m/s	剪切波波速 $v_s$ , m/s
		波速比 $K_v$	风化系数 $K_f$		
未风化	岩质新鲜, 偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0	—	—
微风化	结构基本未变, 仅节理面有渲染或略有变色, 有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9	1 400~1 850	1 500~2 000
中等风化	结构部分破坏, 沿节理面有次生矿物, 风化裂隙发育, 岩体被切割成岩块, 用镐难挖, 岩芯钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8	480~1 400	600~1 500
强风化	结构大部分破坏, 矿物成分显著变化, 风化裂隙很发育, 岩体破碎, 用镐可挖, 干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4	330~480	≥500 碎裂状
					350~500 散体状
全风化	结构基本破坏, 但尚可辨认, 有残余结构强度, 可用镐挖, 干钻可钻进	0.2~0.4	—	240~330	250~350
残积土	组织结构全破坏, 已风化成土状, 锹镐易挖掘, 干钻易钻进, 具可塑性	<0.2	—	≤240	≤250
<p>注 1: 波速比 <math>K_v</math> 是风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比, 风化系数 <math>K_f</math> 是风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比。</p> <p>注 2: 按面波波速 <math>v_R</math> 和剪切波波速 <math>v_s</math> 对岩石风化程度进行分类仅适用于硬质岩。</p> <p>注 3: 岩石风化程度, 除按表列野外特征和定量指标划分外, 也可根据当地经验划分。</p> <p>注 4: 花岗岩类岩石, 可根据标准贯入试验实测击数 <math>N</math> 进行划分, <math>N \geq 50</math> 为强风化; <math>50 &gt; N \geq 30</math> 为全风化; <math>N &lt; 30</math> 为残积土。</p> <p>注 5: 泥岩和半成岩, 可不进行风化程度的划分。</p> <p>注 6: 全风化岩(残积土)是母岩的全风化产物, 可按土类对待并与岩石的风化程度相区别。</p>					

附录 D  
(资料性附录)  
土的野外鉴别

土的野外鉴别项目、方法和内容如表 D.1~表 D.3 所示。

表 D.1 碎石土密实度现场鉴别

密实度	骨架颗粒含量和排列	可挖性	可钻性
松散	骨架颗粒质量小于总质量的 60%，大部分不接触，排列混乱	锹可以挖掘，井壁易坍塌，从井壁取出大颗粒后，立即塌落	钻进容易，钻杆稍有跳动，孔壁易坍塌
中密	骨架颗粒质量小于总质量的 60%，大部分不接触，排列混乱	锹镐可挖掘，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	骨架颗粒质量超过总质量的 70%，连续接触，交错排列	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。			

表 D.2 砂土现场鉴别

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

表 D.3 粉土和粘性土现场鉴别

鉴别方法	粉土	粉质粘土	粘土
手捻	感觉粗糙	稍有滑腻感	感觉不到有颗粒存在
粘着程度	一般不粘物体	能粘物体	极易粘着物体，干燥后不易剥落
湿土搓条	湿土能搓成 2mm~3mm 的土条	湿土能搓成 0.5mm~2mm 的土条	湿土能搓成小于 0.5mm 的土条
干强度	低	中等	高
韧性	低	中等	高
摇晃反应	迅速~中等	无	无
光泽反应	无	切面稍有光滑	切面非常光滑

附录 E  
(规范性附录)

既有基础地基承载力特征值确定

E.1 二级、三级建（构）筑物的天然地基，未出现因场地不稳定或地基变形而影响正常的生产运行或其他不良情况，且地基土固结变形已稳定时，提高后的地基承载力特征值可按式 E.1 计算：

$$f_{ak} = (k_1 - 1)f_j + f'_{ak} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

- $f_{ak}$ ——提高后的地基土承载力特征值，kPa；
- $k_1$ ——地基承载力提高系数，按表 E.1 采用；
- $f_j$ ——建（构）筑物增载前地基土所承受的实际基底压力，kPa；
- $f'_{ak}$ ——未经压密的天然地基承载力特征值，kPa，当  $f'_{ak} < f_j$  时，按  $f'_{ak} = f_j$  计算。

表 E.1 地基承载力提高系数

地基土类别、条件		不同建成投产年限的提高系数 $k_1$			
		10 年	20 年	30 年	40 年
砂类土		1.05	1.10	1.15	1.2
粘性土、粉土（包括淤泥质的）	地下水位以上	1.10	1.20	1.25	1.30
	地下水位以下	—	1.15	1.20	1.25

E.2 黄土地区试验及工程实践证明，荷载愈大，压密效应愈好，长期压密作用下承载力的提高系数  $k_1$  可按表 E.2 采用，并按上式计算提高后的地基土承载力特征值。

表 E.2 黄土地基承载力提高系数

$f_j / f'_{ak}$	0.9~1.0	0.8~0.9	0.7~0.8	0.6~0.7	<0.5
$k_1$	1.25	1.20	1.15	1.10	1.00
注：建（构）筑物使用年限不能少于 10 年，建筑本身不应存在裂缝、变形和其它不均匀沉降。					

附录 F  
(规范性附录)  
土的液化和震陷判别

F.1 土的液化判别

F.1.1 土的液化判别工作可分初判和复判两个阶段。初判应排出不会发生液化的土层。对初判可能发生液化的土层，应进行复判。

F.1.2 土的地震液化初判应符合下列规定：

- a) 地质年代为第四纪晚更新世 (Q<sub>3</sub>) 或其以前时，可判为不液化；
- b) 粉土的粘粒（粒径小于 0.005mm 的颗粒）含量百分率  $\rho_c$  (%)，其与地震基本烈度为 7 度、8 度和 9 度相对应的值分别不小于 10，13 和 16 时，可判为不液化土。用于液化判别的粘粒含量系采用六偏磷酸钠作分散剂测定，采用其他方法时应按有关规定换算；
- c) 当土层的剪切波速大于式 (F.1) 计算的上限剪切波速时，可判为不液化；

$$V_{st} = 219\sqrt{K_H Z_{rd}} \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：

- $V_{st}$  ——上限剪切波速，m/s；
- $K_H$  ——地面最大水平地震加速度系数。可按地震设防烈度 7 度、8 度、9 度，分别采用 0.1、0.2 和 0.4；
- $r_d$  ——深度折减系数，按式 (F.2) ~ 式 (F.4) 计算：

$$Z=0m\sim10m, r_d=1.0-0.01Z \dots\dots\dots (F.2)$$

$$Z=10m\sim20m, r_d=1.1-0.02Z \dots\dots\dots (F.3)$$

$$Z=20m\sim30m, r_d=0.9-0.01Z \dots\dots\dots (F.4)$$

- d) 深度不超过 2m 的天然地基，可根据图 F.1 中规定的上覆非液化土层厚度  $d_u$  和地下水深度  $d_w$ ，判定土层是否考虑液化影响。上覆非液化土层厚度  $d_u$ ，不包括淤泥和淤泥质土层厚度。

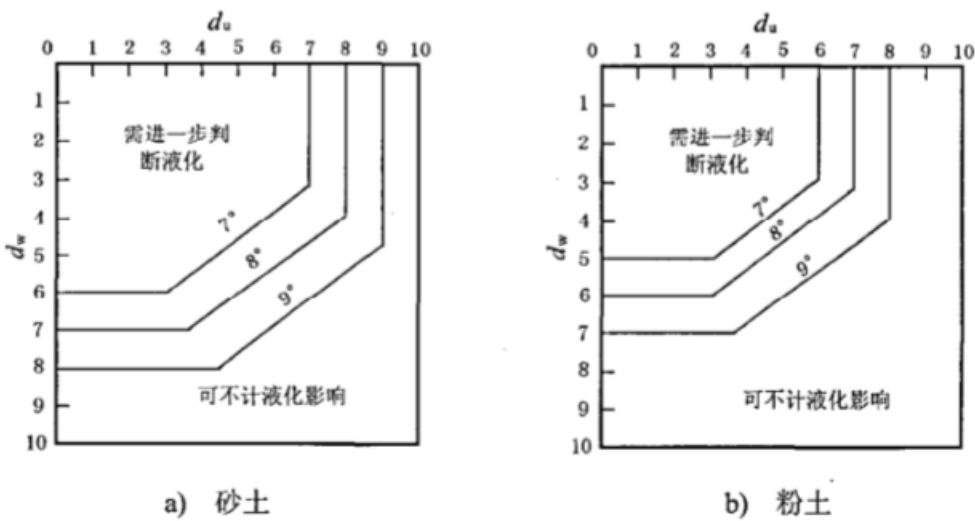


图 F.1 土的液化判别

- F.1.3 标准贯入试验判别法和地基液化指数计算和液化等级的评价按 GB 50021 的要求进行。
- F.1.4 长输管道沿线饱和砂土和饱和粉土的地震液化判别。



F.1.4.1 饱和的砂土或粉土，当符合下列条件之一时，可初步判别为不液化或不考虑液化影响：

- a) 地质年代为第四纪晚更新世（Q<sub>3</sub>）及其以前时，7度，8度时可判为不液化土；
- b) 粉土的粘粒（粒径小于0.005mm的颗粒）含量百分率，7度、8度和9度区分别不小于10%，13%和16%时，可判为不液化土。用于液化判别的粘粒含量，应采用六偏磷酸钠作分散剂测定；采用其他方法时，应按有关规定换算；
- c) 当上覆非液化土层厚度和地下水位深度符合式（F.5）～式（F.7）之一时，可不考虑液化影响。

$$d_u > d_0 + d_b - 2 \dots\dots\dots (F.5)$$

$$d_w > d_0 + d_b - 3 \dots\dots\dots (F.6)$$

$$d_u + d_w > 1.5d_0 + 2d_b - 4.5 \dots\dots\dots (F.7)$$

式中：

- $d_w$  —— 地下水位深度，m，宜按设计基准期内年平均最高水位采用，也可按近期年内最高水位采用；
- $d_u$  —— 上覆盖非液化土层厚度，m，计算时宜将淤泥和淤泥质土层扣除；
- $d_b$  —— 管道埋置深度，m，不超过2m时应采用2m；
- $d_0$  —— 液化土特征深度，m，可按表F.1采用。

表 F.1 地下水临界深度 单位：m

饱和土类别	设防烈度		
	7度	8度	9度
粉土	6	7	8
砂土	7	8	9

F.1.4.2 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；当饱和土标准贯入试验锤击数（未经杆长修正）小于液化判别标准贯入试验锤击数临界值时，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，液化判别标准贯入试验锤击数临界值可按式（F.8）计算：

$$N_{cr} = N_0 [0.9 + 0.1(d_s - d_w)] \sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \dots\dots\dots (F.8)$$

式中：

- $N_{cr}$  —— 液化判别标准贯入试验锤击数临界值；
- $N_0$  —— 液化判别标准贯入试验锤击数基准值（应按表F.2选用）；
- $d_s$  —— 饱和土标准贯入试验点深度，m；
- $d_w$  —— 地下水位深度，m；
- $\rho_c$  —— 含量百分率，当小于3或为砂土时，均应采用3。

表 F.2 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。

F.1.4.3 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，并按式（F.9）计算液化指数。

$$I_{IE} = \sum_{i=1}^n (1 - \frac{N'_i}{N_{cri}}) d_i \omega_i \dots\dots\dots (F.9)$$

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  $i$  点标准贯入试验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）；
- $d_i$  ——  $i$  点所在的土层厚度， $m$ （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）；
- $\omega$  ——  $i$  土层考虑单位土层厚度的层位影响权函数， $(m^{-1})$ ，按式（F.10）计算。

当  $d_{si} \leq 5$  时， $\omega_i = 10 \dots\dots\dots (F.10)$

当  $5 < d_{si} \leq 7$  时， $\omega_i = 15 - Z_{oi}$

式中：

- $d_{si}$  —— 第  $i$  个标准贯入试验点的深度， $m$ ；
- $Z_{oi}$  ——  $d_i$  的中点深度， $m$ 。

F.1.4.4 存有液化土层的场地，应根据其液化指数按表 F-3 划分其液化等级。

表 F.3 液化等级

液化指数	$0 < I_{IE} \leq 3.5$	$3.5 < I_{IE} \leq 10$	$I_{IE} > 10$
液化等级	轻微	中等	严重

F.2 土的震陷判别

F.2.1 当地基承载力特征值或剪切波速大于表 F.4 中数值时，可不考虑震陷影响。

表 F.4 临界承载力特征值和等效剪切波速

抗震设防烈度	7 度	8 度	9 度
承载力特征值 $f_{ak}$ , kPa	$> 80$	$> 100$	$> 120$
等效剪切波速 $v_{sp}$ , m/s	$> 90$	$> 140$	$> 200$

F.2.2 场地的地震基本烈度为 7 度或大于 7 度时，对于采用天然地基的建（构）筑物，符合下列条件时应对其地震震陷进行分析计算：

- a) 一级建（构）筑物应进行专门的震陷分析计算；
- b) 对沉降敏感的三级建（构）筑物当无条件进行专门的分析计算时，可按表 F.5 参考值或根据地区经验确定。

表 F.5 二、三级建（构）筑物地震震陷估算参考值 单位：mm

地基土条件	不同地震基本烈度下的震陷估算值 <sup>a</sup>		
	7 度	8 度	9 度
地基主要受力层深度内软土厚度>3m	≤30	150	>350
地基土承载力特征值≤70kPa			
<sup>a</sup> 当地基土实际条件与表中两项条件相比，只要有一项不符合时，应按实际条件变化的大小和建筑物性质和结构类型，适当地减小震陷值，当条件都不相符时，可不考虑震陷对建筑物的影响。			

附录 G  
(规范性附录)

环境水和土对钢管道的腐蚀性评价

G.1 水对钢管道腐蚀性评价应符合表 G.1 的规定，土对钢管道的腐蚀性评价应符合表 G.2、表 G.3 及 G.4 的规定。

表 G.1 水对钢管道腐蚀性评价<sup>a</sup>

腐 蚀 等 级	pH 值和 (Cl <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) 含量
弱	pH 3~11, (Cl <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) <500mg/l
中	pH 3~11, (Cl <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) ≥500mg/l
强	pH<3, (Cl <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), mg/l 任何浓度
注：表中系指氧能自由溶入的水及地下水。	
<sup>a</sup> 如水的沉淀物中有褐色絮状沉淀（铁）、悬浮物中有褐色生物膜、绿色丛块或有硫化氢臭，应做铁细菌、硫酸盐还原细菌的检验，查明有无细菌腐蚀。	

表 G.2 一般地区土壤腐蚀性分级标准

等 级	强	中	弱
土壤视电阻率, Ω·m	<20	20~50	>50

表 G.3 土壤腐蚀性分级标准

指 标	等 级				
	极 轻	较 轻	轻	中	强
电流密度, μA/cm <sup>2</sup> (原位极化法)	<0.1	0.1~3	3~6	6~9	>9
平均腐蚀速率, g/(dm <sup>2</sup> ·a) (试片失重法)	<1	1~3	3~5	5~7	>7

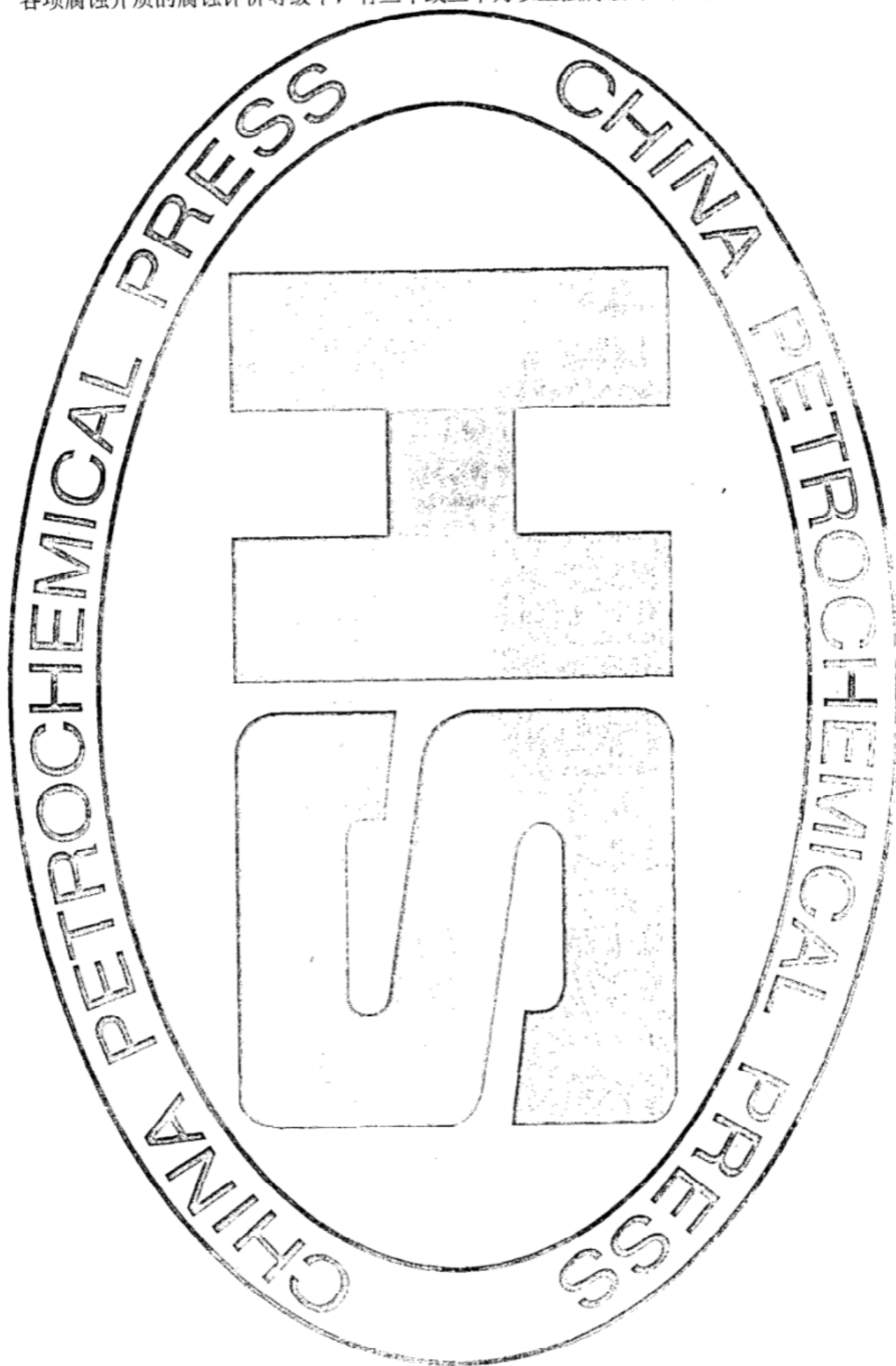
表 G.4 土壤细菌腐蚀性评价指标

腐 蚀 级 别	强	较强	中	小
氧化还原电位, mV <sup>^</sup>	<100	100~200	200~400	>400

G.2 当表 G.1 和表 G.2、表 G.3、表 G.4 中各项腐蚀介质评价的腐蚀等级不同时，应按下列规定综合评价腐蚀等级：

- a) 各项腐蚀介质的腐蚀评价等级中，只有弱腐蚀，无中等腐蚀和强腐蚀时，应综合评价为弱腐蚀；
- b) 各项腐蚀介质的腐蚀评价等级中，无强腐蚀，腐蚀等级最高为中等腐蚀时，应综合评价为中等腐蚀；

- c) 各项腐蚀介质的腐蚀评价等级中, 有一个或两个为强腐蚀, 应综合评价为强腐蚀;
- d) 各项腐蚀介质的腐蚀评价等级中, 有三个或三个为以上强腐蚀时, 应综合评价为严重腐蚀。





附录 H  
(规范性附录)  
管道隧道围岩分级

H.1 围岩分级的基本因素

H.1.1 分级因素及其确定方法:

- a) 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;
- b) 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确定

H.1.2 岩石坚硬程度应按表 H.1 划分。

表 H.1 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	极硬岩	$>60$	花岗岩、闪长岩、玄武岩等岩浆岩; 硅质岩、钙质胶结的砾岩、石灰岩、白云岩等沉积岩; 片麻岩、石英岩、大理岩、板岩、片岩等变质岩
	硬岩	$30\sim60$	
软质岩	较软岩	$15\sim30$	凝灰岩等岩浆岩; 砂砾岩、泥质砂岩、泥质页岩、炭质页岩、 泥灰岩、泥岩、煤等沉积岩; 云母片岩或千枚岩等变质岩
	软岩	$5\sim15$	
	极软岩	$<5$	

H.1.3 岩石完整程度应按表 H.2 划分。

H.2 岩体完整程度应按表

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, 以结构型节理、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, 裂隙宽度以张开型为主, 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, 应注意其代表性。

H.2 围岩基本分级及其修正

H.2.1 围岩基本分级应按表 H.3 确定。

表 H.3 围岩基本分级

级别	岩 体 特 征	土 体 特 征	围岩弹性纵波速度 km/s
I	极硬岩，岩体完整	—	>4.5
II	极硬岩，岩体较完整； 硬岩，岩体完整	—	3.5~4.5
III	极硬岩，岩体较破碎；硬岩和软 硬岩互层，岩体较完整；较软岩， 岩体完整	—	2.5~4.0
IV	极硬岩，岩体破碎；硬岩，岩体 较破碎或破碎；较软岩或软硬岩 互层，且以软岩为主，岩体较完 整或较破碎；软岩，岩体完整或 较完整	具压密或成岩作用的粘性土、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> ）	1.5~3.0
V	软岩，岩体破碎至极破碎；全部 极软岩及全部破碎岩（包括受构 造影响严重的破碎带）	一般第四系坚硬、硬塑粘性土，稍密及以上、稍 湿、潮湿的碎（卵）石土、圆砾土、粉土及黄土 （Q <sub>1</sub> 、Q <sub>2</sub> ）	1.0~2.0
VI	受构造影响很严重呈碎石、角砾 及粉末、泥土状的断层带	软塑状粘性土、饱和的粉土、砂类土等	<1.0（饱和状态的 土<1.5）

H.2.2 隧道围岩级别的修正应符合下列规定：

- a) 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；
- b) 地下水状态的分级宜按表 H.3 确定；

表 H.3 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

c) 地下水对围岩级别的修正，宜按表 H.4 进行；

表 H.4 地下水影响的修正

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	—

d) 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工程中出现的岩爆、岩心饼化等特殊地质现象,按表 H.5 作出评估;

表 H.5 初始地应力状态评估

初始地应力状态	主要现象	评估基准 $R_c/\sigma_{max}$
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	<4
	2. 软质岩: 岩心常有饼化现象, 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	
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, 成洞性比较差	4~7
	2. 软质岩: 岩心常有饼化现象, 开挖过程中洞壁岩体位移显著, 持续时间长, 成洞性差	

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

e) 初始地应力对围岩级别的修正宜按表 H.6 进行。

表 H.6 初始地应力影响的修正

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>a</sup>	V或VI	VI
高应力	I	II	III	IV或V <sup>b</sup>	VI

<sup>a</sup> 围岩岩体为较破碎的极硬岩、较完整的硬岩时, 定位III级; 围岩岩体为完整的较软岩、较完整的软硬互层时, 定为IV级。  
<sup>b</sup> 围岩岩体为破碎的极硬岩、较破碎及破碎的硬岩时, 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。

附录 I  
(规范性附录)

隧道工程岩土试验项目表

I.1 隧道工程岩土试验项目表见表 I.1。

表 I.1 隧道工程岩土试验项目表

试验项目 <sup>a</sup>		岩土类别				
		硬质岩石	软质岩石	碎石类土	砂性土	粘性土
天然密度		+	+	+	+	+
天然含水量				+	+	+
重度		+	+	+	+	+
孔隙比				(+)	(+)	(+)
饱和度				(+)	(+)	(+)
塑性指数						+
液性指数						+
相对密度					+	
渗透系数		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
自然休止角				+	+	
颗粒分析				+	+	(+)
吸水率		+	+			
耐冻性		(+)	(+)			
软化性		+	+			
压缩试验						+
弹性模量		+	+			
泊松比		+	+			
抗压强度	干	+	+			
	湿	+	+			
剪切试验		+	+			+
载荷试验		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
野外剪切		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
应力测试		+	+			
屈服前后抗剪强度	天然	+	+			
	饱和	+	+			
抗拉强度	天然	(+)	(+)			
	饱和		(+)			

注：+ 为应作项目，(+) 按需要确定。

<sup>a</sup> 当存在地下水对隧道的影响和威胁时，应作渗透系数试验，最低气温低于 -10℃ 应作耐冻性试验。

<sup>b</sup> 对于特殊性岩土（如黄土，膨胀岩土，盐渍土等）还应该做其他有关的特性试验。

附录 J  
(资料性附录)  
边坡坡度容许值

J.1 边坡坡率允许值应根据经验,按工程类比法的原则并结合已有稳定边坡的坡度值分析确定。当无经验、且土质均匀良好、地下水贫乏、无不良地质作用和地质条件简单时,可按表 J.1 确定。

表 J.1 边坡坡度容许值

边坡岩土类别	风化程度	容许边坡值(高宽比)		
		坡高在 8m 内	坡高在 8m~15m	坡高在 15m~30m
硬质岩石	微风化	1:0.10~1:0.20	1:0.20~1:0.35	1:0.30~1:0.50
	中等风化	1:0.20~1:0.35	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75
	强风化	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	全风化	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00	(1:1.00~1:1.50)
软质岩石	微风化	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	中等风化	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.50
	强风化	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25	(1:1.25~1:1.75)
	全风化	1:1.00~1:1.50	(1:1.50~1:2.00)	—
碎石土(混合土)		坡高在 5m 内	坡高在 5m~10m	—
	密实	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75	—
	中密	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00	—
粉土	稍密	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25	—
	稍密	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50	—
粘性土	坚硬	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25	—
	硬塑	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50	—
压实填土 (压实系数 0.94~0.97)		坡高在 8m 内	坡高在 8m~15m	—
	碎石、卵石	1:1.25~1:1.50	1:1.50~1:1.75	—
	砂夹石(其中碎石、卵石占全重 30%~50%)	1:1.25~1:1.50	1:1.50~1:1.75	—
	土夹石(其中碎石、卵石占全重 30%~50%)	1:1.25~1:1.50	1:1.50~1:2.00	—
	粉质粘土、粉土	1:1.50~1:1.75	1:1.75~1:2.25	—

注 1: 考虑区域性的水文、气象等条件,结合具体情况使用,括号内为参考值,空白者边坡高度加以限制。  
 注 2: 本表不适用于岩层层面或主要节理面有顺坡向滑动可能的边坡,或有地下水活动地段的边坡。  
 注 3: 表中碎石土的充填物为坚硬或硬塑状态的粘性土、粉土,对于砂土或充填物为砂土的碎石土,其边坡坡度容许值均按自然休止角确定。



附 录 K  
(规范性附录)  
岩土工程分级表

K.1 岩土工程分级见表 K.1。

表 K.1 岩土工程分级表

土石等级	土 石 名 称	单轴极限抗压强度, MPa	开挖方法及工具
I	流塑—软塑的粘性土、稍密的粉土、耕植土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土、泥炭、砂土及未经压密的素填土	—	用铁锹开挖
II	可塑—硬塑的粘性土、中密—密实的粉土、新素土、松散—稍密的圆砾（或角砾）及卵石（碎石）、风积沙压实的素填土	—	用铁锹开挖并少数用镐开挖
III	坚硬的粘性土、老黄土、含块石或飘石≥30%~50%的土，中密—密实的圆砾（或角砾）及卵石（碎石）、各种岩石的强风化土、压实的杂填土	—	用尖锹开挖并少数用镐开挖
IV	块石土、飘石土、含有的质量达 50kg 以内的巨粒含量为 10%以内的冰积土、极软岩	≤5	用尖锹开挖并少数用镐和撬棍开挖
V	含有质量达 50kg 以内的巨粒含量为 10%以内的冰积土、白垩岩、胶结力弱的砾岩，400mm≤粒径≤800mm 的碎石土	>5~20	部分用手凿工具，部分用爆破开挖
VI	凝灰岩和浮石、裂隙发育的灰岩、中硬的片岩、中硬的泥灰岩	>20~40	用风镐和爆破开挖
VII	钙质胶结的砾岩、泥质砂岩、坚实的泥质板岩、坚实的泥灰岩	>40~60	用爆破方法开挖
VIII	砾质胶结的砾岩、泥质砂岩、砂质的云母片岩、硬石膏	>60~80	用爆破方法开挖
IX	滑石化的蛇纹岩、致密的石灰岩、硅质胶结的砾岩和砂岩	>80~100	用爆破方法开挖
X	白云岩、硬质的灰岩、大理岩、石灰质胶结的砾岩、坚硬的砂质片岩	>100~120	用爆破方法开挖
XI	粗粒花岗岩、坚硬的白云岩、蛇纹岩、硅质胶结的砂岩、粗粒正长岩	>120~140	用爆破方法开挖
XII	风化的安山岩及玄武岩、片麻岩、硅质胶结的砾岩	>140~160	用爆破方法开挖
XIII	中粒花岗岩、坚硬的片麻岩、辉绿岩、玢岩、中粒正长岩	>160~180	用爆破方法开挖
XIV	坚硬的细粒花岗岩、花岗片麻岩、闪长岩	>180~200	用爆破方法开挖
XV	安山岩、玄武岩、高硬度的辉绿岩和闪长岩，坚硬的辉长岩和石英岩	>200~250	用爆破方法开挖
XVI	拉长玄武岩、橄榄玄武岩、特别坚硬的辉长岩、辉绿岩和石英岩及玢岩	>250	用爆破方法开挖

## 用 词 说 明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的助动词，说明如下：

（一）表示要求很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”（must）。

（二）表示要准确地符合规范而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”（shall）；

反面词采用“不应”或“不得”（shall not）。

（三）表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：

正面词采用“宜”（should）；

反面词采用“不宜”（should not）。

（四）表示在规范的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”（may）；

反面词采用“不必”（need not）。

中华人民共和国石油化工有限公司标准

# 石油化工岩土工程勘察规范

SH/T 3159—2009

## 条文说明

2009 北 京

目 次

1 范围.....55

4 一般规定.....55

4.1 勘察等级.....55

4.2 勘察阶段与勘察方案.....55

4.3 勘探、原位测试和土工试验.....55

4.4 岩土分类和定名.....56

4.5 岩土工程单元.....56

5 石油化工厂区岩土工程勘察.....56

5.1 选场勘察.....56

5.2 初步勘察.....56

5.3 详细勘察.....57

5.4 既有基础的勘察.....58

5.5 动力机器基础的勘察.....58

5.6 补充或施工勘察.....58

6 储罐区岩土工程勘察.....59

6.1 一般规定.....59

6.2 初步勘察.....59

6.3 详细勘察.....59

7 长输管道岩土工程勘察.....59

7.1 一般规定.....59

7.2 线路工程.....59

7.3 穿越工程.....60

7.4 跨越工程.....61

7.5 隧道工程.....61

8 岩土工程分析与评价.....62

8.1 岩土参数的分析与选用.....62

8.2 场地稳定性评价.....62

8.3 天然地基评价.....63

8.4 地基处理评价.....64

8.5 桩基评价.....64

8.6 水和土对建筑材料的腐蚀性评价.....64

8.7 池类基础抗浮评价.....65

9 岩土工程勘察报告.....65

9.1 一般规定.....65

9.2 勘察报告主要内容和要求.....65

# 石油化工岩土工程勘察规范

## 1 范围

本规范的范围主要是炼化厂区、储罐区、长输管道的勘察，与厂区配套的码头、铁路、变电站等。

## 4 一般规定

### 4.1 勘察等级

4.1.1 一般情况下，岩土工程勘察等级可在勘察工作开始前，通过收集已有资料确定，但随着勘察工作的开展，场地和地基复杂程度有可能发生变化，因此，岩土工程勘察等级也可能随之改变。

4.1.2 石油石化行业涉及到的建（构）筑物众多，重要性等级分类主要参照了石油化工抗震分类中的分类，未列出的其它装置可比照划分。

4.1.4 地基复杂程度的划分条件，关键是判别地基土的性状对工程设计及施工的影响程度。对石油化工建设场地的填土，当厚度不厚，经过人工压实且比较均匀，不按特殊土的标准划分。

4.1.5 勘察等级划分的次序应从最高等级开始，向下推定，以最先满足的为准。当多个装置一同勘察时，其重要性等级应以最高的为准。对长输管道，因其重要性等级习惯上归为一级，若按 GB 50021《岩土工程勘察规范》的规定划分，其勘察等级应定为甲级，会使得勘察工作量相当大，既不经济也无必要，故表中规定只考虑按场地和地基等级划分。

### 4.2 勘察阶段与勘察方案

4.2.1 岩土工程勘察工作分阶段进行，一方面与设计阶段相呼应，另一方面，勘察是一个探索性较强的过程，总是有一个由粗到细、由浅到深的过程，应坚持分阶段勘察。但在勘察资料比较丰富的地区，可直接进行详勘工作。

4.2.2 与建筑行业不同，石油化工厂区设计通常分为四个阶段，即：可研阶段、总体设计阶段、基础设计阶段和详细设计阶段。初步勘察工作一般为基础设计阶段服务，但也可在总体设计阶段之前进行。

4.2.4 “勘察方案应明确勘察工作的范围、要求和目的；布置的勘察手段和预计工作量；执行的技术标准和规范；对前人或前一阶段勘察成果及存在的问题加以评价和说明；为保证勘察成果质量而采取的质量控制和保证措施；HSE 方面的相关要求等。”

当同一块场地由一家以上勘察单位同时进行勘察时，应统一技术标准和规范，统一岩土分层、参数统计及评价准则，结论应基本一致，避免误导设计。此种情况时，通常需要指定一家勘察单位负责总体协调，并对工程勘察合理性和整体性负责。

### 4.3 勘探、原位测试和土工试验

4.3.1 合理选择勘探手段和方法，是能否有效解决岩土工程问题的关键因素之一。因此，勘察工作中宜将多种勘探手段配合使用，发挥各自技术优势，扬长避短，取得最理想的技术经济效益。在勘察工作中，钻探仍然是最有观、最普遍使用的勘探手段，实际工作中，应根据土（岩）层特点采取适宜的钻探工艺。

在线路勘察中，对浅部土层一般可采用小口径麻花钻、小口径勺形钻或洛阳铲钻进方法。工程物探方法较多，技术发展很快，不断有新技术、新方法出现，但在石油化工勘察工作中的应用相对滞后。在土岩组合、岩溶地区、隧道勘察工作中，采用合适的工程物探方法作为勘探的辅助手段可达到事半功倍的效果。

虽然静力触探的力学分层直观连续，但由于其多解性容易引起误判，如以静力触探为主要勘探手段，除非有经验的地区，否则应有一定数量的钻孔配合。

4.3.2 原位测试是岩土工程勘察中十分重要的手段，合理地安排原位测试工作量，将有助于缩短勘察



周期,提高工程勘察质量。

影响原位测试数据真实性的因素很多,主要有测试仪器、试验条件、操作技能、岩土的不均匀性等,使用时应剔除异常数据,保证测试数据的可靠性。

#### 4.4 岩土分类和定名

4.4.1 岩石的工程分类是在地质分类的基础上进行的。

4.4.2 岩石的风化程度的划分与国标一致分为五级,加入了面波波速和剪切波波速对硬质岩的分类标准。由于岩石往往不具有完整的风化分带,在这种情况下,可用类似“全风化—强风化”、“强风化—中风化”等表述。岩体的完整性也可用类似的方法表述。

4.4.3 岩石的工程分类主要根据岩体的工程性状,包括坚硬程度、岩体完整程度、岩体的基本质量等级以及软化性状。工程分类的目的是使岩土工程师对岩石建立起明确的工程特性概念,便于有针对性地进行工程评价。显然,工程项目不同,其侧重点也不同,所以强调“根据工程需要”。

4.4.4 野外描述是第一手资料,非常重要。除了文字描述,对重要的工程性状,应配以素描或图片。

4.4.5 沉积年代不同的同类土,其工程性质差异明显。老沉积土是指第四纪更新世  $Q_3$  及其以前沉积的土。第四纪全新世中近期沉积的土,定为新近沉积土。

4.4.6 近二十年来,在临海、丘陵区 and 山区,开山块石就近堆填的情况越来越多,由此引发的工程问题也为数不少。由于块石填土地基的勘察尚无成熟的方法和经验,而且其检测、地基处理、桩基施工也存在诸多难题,故在本规范中单独列出,以引起工程建设各方重视,慎重对待。

4.4.7 勘察成果质量很大程度上取决于野外第一手原始资料的质量,因此,对野外工作中可能碰到的各种薄层、互层、夹层、透镜体、空洞、井窖、旧基础、孤石等的定名和描述,应尽可能明确。

#### 4.5 岩土工程单元

4.5.1 平面上分区主要根据不同的地貌类型、地质构造等条件分区,剖面上根据地质时代、成因类型、岩土类别和物理力学性质分层。

4.5.2 对岩石风化程度的划分方法,规定可采用标准贯入试验,也可根据波速测试如剪切波速度和面波速度,同时也不排除可以用岩石的极限抗压强度指标来划分。

4.5.3 土层的分层首先考虑成因类型、土的类别、物理力学性质(包括特殊性),其次考虑堆积年代、沉积韵律和沉积环境。土层中的夹层,特别是软弱夹层和透镜体往往对工程建设的稳定性和安全性在某些情况下起着控制作用,应引起足够重视,本条中规定的 0.5m 的最小分层厚度仅仅对一般情况而言,当工程需要时,应不局限于这一厚度。

### 5 石油化工厂区岩土工程勘察

#### 5.1 选场勘察

5.1.1~5.1.3 随着国民经济的高速发展,建设用地日趋紧张,石油化工建设场地的选择余地也越来越小。但随着地基处理技术和桩基技术的提高,地基的复杂程度已不是制约场地选择的关键。场地的工程地质条件只是场地选择的因素之一,但对于选场组倾向于选取的场地,若存在可能影响其取舍的下列因素时,应对该场地的稳定性和适宜性作出明确结论:

- a) 不良地质作用发育强烈或环境工程地质条件差,对场地稳定性有直接或潜在威胁的地段;
- b) 对建筑物抗震属危险的地段;
- c) 地下有可开采价值的矿藏或对场地稳定有严重影响的地下采空区。

5.1.4 选场阶段,当可利用的资料比较少时,可布置少量的勘探孔。对山区、丘陵地区,可进行小比例尺的工程地质测绘。

#### 5.2 初步勘察

5.2.1~5.2.2 对拟建场地的稳定性进行评价是初步勘察阶段的主要工作内容。该问题应在初勘阶段解

决,不应留给详勘阶段。同时,当场地条件复杂时,应注意进行工程地质分区,为总平面布置提供依据。另外,与过去不同的是,现在按工程项目建设的要求,建设场地应单独进行地质灾害和地震安全性评价工作,而有些工作与场地勘察工作是交叉的,建议相互结合进行,相关资料可相互利用,避免重复工作。

5.2.4 出于稳定性评价和工程地质分区的目的,勘探点的布置,特别是对山区地基,应以控制地貌单元、查明地质构造、地层界限等为最低要求,可不受表5的规定控制。对平原土质地基,一般可按表5的规定控制。

5.2.6 取土试样和原位测试的勘探点布置以基本能控制场地为原则,对于简单地基其数量取小值,复杂地基取大值。

5.2.8 高填方场地,往往底部存在相对软弱土层,其稳定性往往是设计人员极为关心的,而其固结稳定需要一个过程,因此本条强调在填方时,就要设置观测点,积累数据,以便为后期分析提供依据。此项工作可单独进行。

5.2.9 地下水的勘察应注意两点,一是地下水的腐蚀性问题,二是地下水位变幅问题。因为它们对工程概算影响较大。所以对地下水条件较复杂场地(如海边、晒盐场地等),地下水的腐蚀性调查深度可适当加深。对于缺少地下水长期监测资料的地区,本条强调在初勘阶段甚至更早阶段建立长期观测井,积累数据。此项工作也可单独进行。

### 5.3 详细勘察

5.3.2 与一般建筑工程不同,石化工程建设常常时间紧,工期急,特别是长周期设备的影响,该阶段设计往往无法提供基础尺寸和荷载条件,这就需要勘察与设计的深度交叉,同时,勘察单位也应该熟悉石化建(构)筑物特点。

5.3.3 本条规定了详勘的具体工作。需要说明以下几点:

- a) 当不良地质作用成为突出的岩土工程问题时,应进行专门的勘察评价(地质灾害勘察评价);
- b) 地基的承载力和稳定性是保证工程安全的前提,这是毫无疑问的。但是,工程经验表明,绝大多数与岩土工程有关的事故是变形问题,包括总沉降、差异沉降、倾斜和局部倾斜;变形控制是地基与基础设计的主要原则,因此,查明地基的均匀性是详勘工作的重点之一;
- c) 埋藏的古河道、沟浜,以及墓穴、防空洞、孤石等,对工程安全影响很大,应予查明;
- d) 工程勘察向岩土工程设计延伸是值得肯定的工作,但延伸的深度各勘察单位并不一致。就现阶段岩土工程勘察的任务和实际情况,将岩土工程勘察的落脚点定位于为设计、施工提供参数,并进行方案比较是适宜的。

5.3.4 勘探点的布置只能原则性的规定,在这一阶段,尽管总平面已大致确定,但仍然经常调整,加之炼化装置区布置比较紧凑、密集,故通常采用方格网布置。不过有条件时,还是建议按照单体建(构)筑物或柱列线布置。

5.3.5 勘探点的间距主要取决于地基复杂程度,特别是地基的均匀性。从近年来在岩浆岩土岩组合地区,地基条件复杂的岩土工程勘察实践来看,勘探点按15m~20m间距基本能满足石油化工项目的要求,局部坡度比较大或极不均匀的地段,适当加密。

5.3.7 本条主要是针对场平已达到设计标高的场地,深度的规定也是原则性的。个别石化建设项目在场地未完成整平时,就进行详勘工作,这是不可取的,因为后期的场平,特别是回填工作量较大时,前期详勘的资料恐难以满足设计与施工要求。极端情况下,可能对岩土工程地质环境(如地下水条件、场地稳定性等)产生影响。

根据基础尺寸来确定勘探点的深度只是一种理想情况。由于石化工程建设的特点,在详勘阶段,设备基础尺寸可能无法确定,因此从适用、方便的角度而言,根据上部荷载和拟采用的基础形式,结合地基类型来综合确定勘探孔深度可能更合理一些。

对土岩组合地基,勘探孔深度应以全风化层、强风化层、中风化层或微风化层(对桩基)作为控制

依据;

对土质地基,一般勘探孔的深度应能控制地基主要受力层,地基主要受力层可按略大于地基变形计算深度的70%考虑。地基变形计算深度:对中、低压缩性土可取附加压力等于上覆土层有效自重压力20%的深度;对于高压压缩性土层可取附加压力等于上覆土层有效自重压力10%的深度。控制孔深度应略大于地基变形计算深度。

5.3.8 对于勘探手段,通常以钻探为主,但应注意的是某些有经验的软土地区,地方规范容许静力触探工作量达到2/3。

对于室内土工试验和进行原位测试,对每一主要岩土层规定数量不少于6件(组),是一个最低标准,实际工作中应根据工程规模大小、场地岩土工程条件进行合理安排。当工程规模较大或土质不均时,应适时调整增加取样和测试的数量,以提高岩土参数统计分析的精确度和代表性。当试验成果的离散性较大且无法满足数理统计要求时,应增加取土数量和试验量。

土的视电阻率是埋地钢结构、变电站、储罐基础设计要考虑的参数,往往在场地勘察中遗漏,而不得不后补,给工作造成被动,为此,有条件时,要求与详勘工作一并进行。

5.3.10 详勘阶段,了解的是勘察期间的地下水状态。地下水长期动态规律只能通过收集资料进行分析和评价,对山区地基,往往误差较大。所以,有条件时,应在初勘阶段预设长期观测孔。

回填场地,因地下(表)水径流条件的改变,地下水往往会在回填土层中聚集、地下水位会逐步升高。若详勘工作在回填前或回填后未经历一个水文年进行,可根据地形地貌、地下(表)水的补给、径流和排泄条件进行初步预测评价。

对水质分析,取3套水样是对地下水水质单一场地的最低要求,在沿海地带因虾塘、鱼塘甚至盐场可能造成同一场地、同一层位水质差异较大,此时,宜分区评价,每一区水样数量2件~3件。同时,地表水体也应采样以便对比分析。

#### 5.4 既有基础的勘察

5.4.1 随着科技进步,旧有的石油化工装置显得产量低、能耗高、规模小,不得不进行改建和扩建,这就涉及到既有基础的可利用的问题。勘察工作量的布置取决于原有资料详尽程度。

5.4.2 对既有基础的利用实际上是挖掘地基潜力,一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;二是原设计中可能有未被用完的承载力,勘察工作量的布置应紧密结合这一要求进行。沿基础侧壁布置的探井,取样时可取双样,即在靠基础一侧和另一侧分别取样。

5.4.3 论证地基土承载力是否有潜力可挖时,应考虑改扩建后土体中出现新的应力水平和工作状态,故应对土的强度特性值(如前期固结压力、旁压试验的临塑荷载、静力触探的贯入阻力及土的固结或不固结不排水抗剪强度)进行分析比较,必要时应进行载荷试验验证。附录E只适用于一、三级建(构)筑物承载力的确定。

5.4.4 对桩基础,重点是桩体强度的增减与桩周摩擦力和桩端端承力的提高及相互间的协调。

#### 5.5 动力机器基础的勘察

5.5.1 动力机器基础设计除了考虑静力荷载作用外,还要考虑动力荷载的作用。勘察工作的重点是评价地基在静力和动力的共同作用下具有足够的强度和稳定性。

5.5.2~5.5.3 对动力机器基础,按详勘要求布置工作量一般能满足对地基的均匀性和静荷载作用下地基承载力的评价,但天然地基和人工地基的动力特性需通过激振法测试进行评价。此项工作受制于基础的位置、尺寸、型式以及机器的性能,通常在详勘阶段后单独进行。

#### 5.6 补充或施工勘察

5.6.1 补充或施工勘察并不是勘察过程的一个独立阶段,但由于设计变更或场地条件复杂,详勘成果可能无法满足设计与施工的需要时,方有必要开展此项工作。

5.6.2 补充和施工勘察目的明确,针对性强,勘察工作量的布置以能解决具体问题为原则。大直径嵌岩灌注桩(直径 $\geq 800\text{mm}$ ),化工装置(包括低温罐)使用得较多,重要性等级通常为一级,单桩承受的荷载较大,在复杂地区进行一桩一孔的勘察是有必要的。

## 6 储罐区岩土工程勘察

### 6.1 一般规定

6.1.1 主要说明本章条文的适用范围,本节规定适用于常温、常压条件下的筒式储罐拱顶罐、浮顶罐。此类大中型储罐基础面积大,多为柔性基础且与罐体非固定连接、对不均匀沉降敏感,因此,其勘察要求与一般建(构)筑物有所不同。

### 6.2 初步勘察

6.2.1 本条对初步勘察阶段的主要工作进行了说明。

6.2.2~6.2.4 控制性勘探点宜占勘探点总数的  $1/5 \sim 1/4$ ,场地条件简单取小值,场地条件复杂取大值,但应保证每个地貌单元有控制性勘探点。在复杂场地有必要增加1个~3个控制孔的勘探深度,为地基基础方案提供更多的选择余地。

### 6.3 详细勘察

6.3.1 本条对详细勘察阶段的主要工作内容进行了说明,在实际工程中,还应结合工程特点,根据场地岩土工程条件增加相应工作。

6.3.4 控制性勘探点宜占勘探点总数的  $1/4 \sim 1/3$ ,场地条件简单取小值,场地条件复杂取大值,但应保证每个罐中心位置有控制性勘探点。

6.3.5~6.3.6 规定详勘阶段勘探深度的要求。对于表中的深度是按中软场地土考虑的,具体实践中应酌情考虑增减。

## 7 长输管道岩土工程勘察

### 7.1 一般规定

7.1.1 石油化工生产区内的管道按厂区勘察要求进行。

7.1.2 本章未涉及水下隧道勘察,需要时,可参照相关行业规范。

7.1.4 对于勘察阶段的简化应当指出的是,过去有不少工程,由于种种原因,来不及分阶段进行,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,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。

对于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工程,且详勘成果不能满足设计及施工要求时,需要进行施工勘察。

### 7.2 线路工程

7.2.1 选线勘察主要以配合选线组踏勘为主。应从岩土工程条件出发,结合工程情况,选择地形和地质条件较好、安全经济的线路走向方案。

7.2.2 选成阶段野外踏勘要对图上预选的线路方案实地调查。通过调查首先证实或补充从地形图和所搜集资料中获得的情况,对线路方案得到感性认识,对有出入的情况应查清补正。其次是对线路方案的重点地段做重点调查。重点地段通常是指特殊地质与不良地质地段,大中型河流、冲沟穿(跨)越点,山体隧道穿越点,及其他有特殊情况的地段。应该概略了解特殊与不良地质地段的性质,调查分析其发展趋势及对管道的危害程度。大中型河流、冲沟穿(跨)越点及山体隧道穿越点往往会控制线路的走向,为了给线路方案对比提供条件,必须在踏勘阶段进行重点调查,初步推选出供选择确定的穿(跨)越地段。



7.2.3 初步勘察是在踏勘基础上对初步选择的线路方案加深勘察，通过技术经济比较推荐出最佳线路方案。一般情况下，初步勘察不做线路定线和测量。在管道工程规模不大或工期紧迫时，踏勘与初步勘察可以合并为一个阶段。

7.2.4~7.2.5 初步勘察阶段的工作重点是地质调查，通过收集的区域性资料的分析结合线路大致走向，确定重点调查区域和一般区域，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，在重点调查区域，露头条件不好的地段，可进行简便的勘探工作。这里的“初步查明”是指把岩土的基本性质查清楚，查明有无流砂、软土、重大的不良地质作用查明全新活动断裂，查明及发震断裂与线路的关系和影响，全新活动断裂是指在全新地质时期（10000年）内有过地震活动或近期正在活动，在将来（今后100年）可能继续活动的断裂，条件具备时，地震设防裂度、全新活动断裂和发震断裂的调查应与地震安全性评价工作相结合。

长输管道不同于通常的工业场地建（构）物，饱和粉土和砂土的地震液化对其影响要比一般的建（构）筑物小。长输管道采用钢管、焊接方式、口径较大且埋于地下，具有一定的柔性，从历史上多次地震调查情况看，对于线路段，土层的液化大多使管道发生变形，产生完全破坏的情况比较少见，因此，初勘阶段，只要求通过收集资料和地质调查区分出可能液化地段即可。

7.2.8 c) 尽管饱和砂土和粉土的地震液化对管道的破坏不像对其它构筑物那样严重，但在下列情况下也应引起足够的重视：

- 1) 液化区处于断层和强震区附近；
- 2) 因地震动力作用可能产生不良地址作用的液化地段；
- 3) 主干管与支管的连接部位；
- 4) 管道与其他（结构）物、构造物连接处；
- 5) 地质、地貌条件特殊地段，如具有侧向扩展危险的河岸和斜坡地带的液化层。

进行地震液化判别时，应在初勘阶段划分的可能产生液化的地段进行进一步工作。应采用钻探、标准贯入试验等对地面以下7.0m深度范围内的液化地层进行判别，并进行液化指数的计算及液化等级的划分。

7.2.9 本条“表12”所给出的勘探点间距，是指同一地貌单元中的勘探点间距。

“表12脚注”中所列的勘探方法为线路常规勘探方法，对于一些特殊地层，如松散砂土、碎石类土、含粗颗粒的粘性土等，无法采用小螺旋钻、洛阳铲等方法进行勘探，若采用井探、坑探与简便物探（如对称四极电法等）相结合的方法，较为合理。该方法在一些地区的山间平地线路勘察中应用较多。特殊性岩土勘探孔深度应满足取样和特殊性岩土评价的要求。

### 7.3 穿越工程

7.3.2~7.3.3 穿越工程的选址勘探阶段勘察，主要是调查研究工作，搜集分析已有资料，进行现场踏勘。在确定穿越点以前，应进行必要的选址勘察工作，比选出最佳的穿越方案。穿越点的位置，即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。

7.3.5 d) 项要求搜集的河流水文资料主要是用于计算或估算穿越河段的最大冲刷深度，为河床段管道采用合理的埋设深度提供依据。最大冲刷深度数据至关重要，取值小会影响管道安全，取值大会增加工作量（尤其对开挖方式穿越）。在实际勘察中往往收集该类水文资料较为困难，无法进行最大冲刷深度的计算或估算。一般情况下，可根据穿越河段的地层资料及上下游已建、在建或拟建工程的有关资料，结合工程经验给出河床内管道埋深建议值，或给出建议穿越的地层（指抗冲刷能力较强的稳定地层，如基岩、卵石层等）。

7.3.7 a) 项规定了在拟定穿越位置（包括比较方案）的上游15m处布置勘探点，这条规定主要是基于该阶段无法确定具体的穿越方式，防止勘探孔对今后穿越施工带来工程隐患。该款同时规定每个方案应至少布置4个勘探点，这是考虑河床内至少应有2个勘探点。



b)项给出的勘探孔深度较以往增加了 5m~10m,主要考虑到随着定向钻技术的发展,穿越深度随之增加。

7.3.8 此条主要是针对穿越工程初步勘察的工作特点,建议在各项条件许可的情况下,布置适宜的工程物探工作,断面的布置方式和间距可根据工程的具体情况酌情考虑。

7.3.9~7.3.10 明确了详勘阶段的主要任务和应取得的资料,以便确定经济合理的勘察方案。

7.3.11 本条规定了详勘阶段勘探点布置的原则。所谓非开挖穿越方式是指定向钻、顶管、隧道及盾构等。

因非开挖穿越方式的勘探点均偏离中心线 15m,不能直接反映中心线位置处的地层情况,在某管道工程的定向钻穿越中因中心线处基岩面埋深明显浅于勘探孔处,导致了定向钻穿越的失败。因此,在地质条件较为复杂(如基岩面起伏大,有卵石层分布等)的地段进行非开挖穿越方式详勘时,宜采用钻探与物探相结合的方法进行,在穿越中心线位置及其两侧 15m(勘探线位置)处各布置 1 条物探线,以便为穿越方案取得更为可靠的地质资料。

7.3.13~7.3.14 对于取岩土试样和原位测试的勘探孔数量应着重考虑穿越方式,对于非开挖方式,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),与现行国标是一致的。

7.3.16 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,特别是对于顶管和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,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。

#### 7.4 跨越工程

7.4.1 对于管道工程而言,宜尽量埋入地下,因此在工程条件允许的情况下应选择穿越方式。

7.4.2 跨越工程岩土工程勘察工作重点,是初步查明场地,岸坡的稳定性。

7.4.4 b)项是针对需在河床内设置管墩的情况。

7.4.8 本条提出了勘探方法可根据地层条件采取不同的手段;对管墩和锚固墩勘探点的数量,按地基复杂程度等级的不同进行了区别对待,以确保勘探工作的合理性。

7.4.9 本条规定了勘探孔的深度。对于水下基础勘探孔的深度充分考虑冲刷深度的影响,勘探孔深度的计算顶面应为水流的最大冲刷深度面。

#### 7.5 隧道工程

7.5.1 在选址勘察阶段,通过搜集资料和现场踏勘工作,选择合适的隧道位置,并对影响隧道的因素进行分析评价。管道隧道截面较公路、铁路小,在纵向上受坡度影响小,当洞口条件好时采用隧道群较长隧道节省工期,因此在选择洞址时更为灵活。

7.5.2~7.5.4 初勘阶段的勘探手段应以物探为主。物探方法能够帮助探测基岩埋深起伏和隧道围岩分界面、地下洞穴和断裂构造带等,而钻探只能反映某一点的有限的垂直线上的情况,所以,在隧道初勘中物探应广泛应用而且应较钻探先行一步。通过物探大面积的勘探来查明隧道区地层、岩性、岩溶、构造等地质情况。

钻探在初勘阶段一般为辅助性勘探手段,钻孔要求少而精。对于陆上隧道除地质条件较差的洞口布置钻孔外,洞身除测绘或物探发现有构造破碎带或其他不良地质需要布置钻孔揭露外,其余一般不布置钻孔,不以 7.5.4 条第二款的“初步勘察勘探孔的间距宜为 400m~600m”为束缚,尤其在洞身埋深较大(超过 300m)地段。

7.5.5~7.5.6 详勘阶段的工程地质测绘范围一般与初勘未查明的地质条件相适应。对初勘提出的重大地质问题或地质条件复杂的地段,观测点、线可较初勘密一些,追踪范围可放大一些。本阶段工程地质测绘的主要是道明初勘遗漏和未查明的工程地质问题。

详勘阶段的勘探手段应以钻探为主。因为这个阶段隧道位置一般已确定,而且初勘期间做了大量的

地质调绘和物探工作,对隧道区的工程地质、水文地质条件有了基本了解,本阶段勘察主要查明隧道范围内的地质情况,而钻探是最直观有效的手段。原则上隧道洞身、洞口均应有钻孔,通过钻探可进行地层划分、岩性鉴定,查明岩层的风化程度、裂隙发育情况、地下水情况等;通过对岩土、水的测试可为围岩分级提供直观的资料,同时也为物探提供了对比资料。

洞身钻孔的布置是为了揭露隧道围岩情况,但钻孔在穿过上部地层钻到隧道底板标高以下几米往往钻孔较深。因而洞身钻孔一般布置在地形低凹处,一是可减小钻孔深度,二是地形低凹处往往是地层薄弱处、构造发育处等。地质条件复杂处,也是隧道设计与施工的重点地段。

近年来在岩溶地区隧道施工中出现了不少突水事故,如宜万铁路的野三关隧道施工中发生了特大突水事故,造成十儿人死亡或失踪,经济损失巨大。因此,在岩溶地区隧道勘察中应加强水文地质方面的工作,必要时可进行专门的水文地质勘查。在地下水较丰富的岩溶地区隧道施工中应进行水平勘探,加强超前预报,防止突水事故的发生。

## 8 岩土工程分析与评价

### 8.1 岩土参数的分析与选用

8.1.1~8.1.2 基本沿用了 GB 50021—2001《岩土工程勘察规范》的相关内容,在岩土参数分析与选用过程中,应注意岩土参数的可靠性与适用性问题。岩土的物理力学指标和原位测试结果应按岩土单元和分层统计,切不可将不属于同一层的数据混在一起统计,故正确分层至关重要。

8.1.4 岩土工程勘察报告一般只提供岩土参数的标准值,不提供设计值。需要时,将标准值除以有关规范规定的分项系数即为设计值。

### 8.2 场地稳定性评价

8.2.1 场地稳定性评价应按先宏观再微观、先区域再地段的原则进行。场地地质条件的稳定性,仅做定性分析,而对于场地地震液化、软土震陷、黄土湿陷性、膨胀岩土的胀缩性以及其它不良地质作用和地质灾害宜在定性分析的基础上进行定量分析。

对于 c) 项,目前由于震陷产生的机理及理论研究不深,认识也不统一。但防止震陷的最好措施就是采用桩(基础),其次是换土法。如不具备这些条件时,可采用把地基承载力降低 20%~25%,达到减小震陷量的目的。

8.2.2 对于折线形滑动面,国标推荐了滑坡稳定性计算公式。当可能滑动面为圆弧面、平面或交角不大的折平面时,也可按公式(1)计算:

$$k = \frac{\sum N \tan \varphi + cL + \sum T'}{\sum T} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$k$  —— 稳定系数;

$\sum N$  —— 作用于可能滑动面上的法向压力之和, kN/m;

$\sum T$  —— 作用于可能滑动面上的滑动力之和, kN/m;

$\sum T'$  —— 作用于可能滑动面上的反向滑动力之和, kN/m;

$L$  —— 可能滑动面总长度, m;

$c$  —— 可能滑动面上土的粘聚力, kPa;

$\varphi$  —— 可能滑动面上土的内摩擦角, °。

当需要进行滑坡治理而涉及滑坡推力计算时,可采用《建筑地基基础设计规范》的滑坡推动计算公

式。

8.3 天然地基评价

8.3.1 总体评价宜结合拟建建（构）筑物情况进行，总体评价应具针对性，适用性。天然地基方案一般情况下比地基处理方案或桩基方案投资省、工期短，宜优先考虑。

8.3.2 虽然地基均匀性判断不是精确的定量分析，但地基的均匀性评价仍存有其积极的指导作用，尤其是地貌、工程地质（单元）和地基岩土层（结构）等条件具有重要的控制性影响，往往会被忽视或轻视。

8.3.3 现场载荷试验是确定地基承载力最直观、最可靠的方法，对于新建场地或重要性等级为一级的工程应进行现场载荷试验。

8.3.4 对于粗颗粒土，由于无法采取土样，或者即使能够采样也产生较大的扰动，无法通过室内试验或者即使能进行试验也不能准确的获得压缩模量值，且误差甚大（如花岗岩和玄武岩残积土）。为此，只能通过原位测试提供变形模量  $E_0$ 。表 2 列出了砂土的变形模量经验值可供参考。

表 2—砂石物理力学指标经验值

土 名	孔隙比 $e$	天然含水量 $w$ %	重力密度 $r$ $\text{kN/m}^3$	黏聚力 $c$ $\text{kPa}$	内摩擦角 $\phi$ °	变形模量 $E_0$ $\text{MPa}$
粗砂	0.4~0.5	15~18	20.5	2	42	46
	0.5~0.6	19~22	19.5	1	40	40
	0.6~0.7	23~25	19.0	0	38	33
中砂	0.4~0.5	15~18	20.5	3	40	46
	0.5~0.6	19~22	19.5	2	38	40
	0.6~0.7	23~25	19.0	1	35	33
细砂	0.4~0.5	15~18	20.5	6	38	37
	0.5~0.6	19~22	19.5	4	36	28
	0.6~0.7	23~25	19.0	2	32	24
粉砂	0.5~0.6	15~18	20.5	5~8	36	14
	0.6~0.7	19~22	19.5	3~6	34	12
	0.7~0.8	23~25	19.0	2~4	28	10

对花岗岩残积土，深圳地区经验公式如式（2）：

$$E_0 = 2.2N \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_0$ ——花岗岩残积的变形模量，MPa；

$N$ ——标贯击数，适用与  $4 < N < 30$ 。

福建省《岩土工程勘察规范》给出的经验公式如式（3）：

$$E_0 = 1.1767N' - 1.053 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$N'$ ——经杆长校正后的标准贯入试验击数。

土的压缩模量和变形模量同属压缩性指标，两者之间存在一定的数学关系，但按照纯理论计算公式

所得结果与实际试验资料存在较大差异,甚至相反的结果。通过试验发现:土的结构强度越小,压缩性越大,则 $E_0/E_s$ 的比值越小,土的结构强度越大,压缩性越小,则 $E_0/E_s$ 的比值越大。 $E_0/E_s$ 一般在1~3之间,即实际中 $E_0 > E_s$ ,这是理论与实践的矛盾,在使用中要引起注意。

#### 8.4 地基处理评价

8.4.1 每种地基处理方法各有利弊,应尽可能地提出多种适宜的地基处理方案,进行技术经济比选,建议最优地基处理方案。安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境是建议地基处理方案的原则。许多工程实践证明,当岩土条件复杂或建(构)筑物对地基要求较高时,采用单一的地基处理方法处理地基,往往满足不了设计要求或造价太高,而由两种或两种以上地基处理措施组成的综合处理方案很可能是最佳选择。

8.4.2 地基处理达不到设计要求时,应查明原因,修改设计参数或调整地基处理方案。

8.4.3 换填垫层法适用于处理各类浅层软弱地基及不均匀地基,处理深度控制到3.00m以内较为经济合理。该法常用于在道路、地坪、轻型建筑、堆料场等。

8.4.4 预压法适用于处理淤泥质土、淤泥、冲填土等饱和粘性土地基。

8.4.5 强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土、粘性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基。

8.4.6 复合地基是指天然地基在地基处理过程中部分土体得到增强加固,或被置换,或在天然地基中设置加筋材料。由天然地基土体和增强体两部分组成的人工地基。根据复合地基荷载传递机理将复合地基分成竖向增强体复合地基和水平向增强复合地基两类,又把竖向增强体复合地基分成散体材料桩复合地基、半刚性桩复合地基和刚性桩复合地基三种。常用的散体材料桩复合地基包括砂石桩、灰土/土挤密桩、石灰桩复合地基等,常用的半刚性桩复合地基包括水泥搅拌桩、夯实水泥土桩、旋喷桩复合地基等,刚性桩复合地基包括水泥粉煤灰碎石桩(CFG桩)、微型预制桩复合地基等。

8.4.7 注浆法一般常用于既有建筑物和新建建筑地基的加固以及深基坑等工程的加固或防水。

#### 8.5 桩基评价

8.5.1 桩基础是石油化工建(构)筑物设计时最常用的一种基础形式,因此在岩土工程勘察报告桩基评价部分,应尽量做到全面、详实,不要有疏漏。本条是对桩基评价内容的总要求。

由于大面积新近填土未完成自重固结而对桩基产生负摩阻力,常常引起工程事故,因而本条e)项中特此强调。

8.5.3 本条是选择桩端持力层时的一般性规定。一般情况下,应选择具有一定厚度、承载力高、压缩性较低、分布均匀稳定的坚实土层或岩层作为持力层。具体到实际工程,可结合场地地质条件、建(构)筑物荷载情况实事求是地综合分析,合理选择。

8.5.4 勘察报告中可以提出几种可能的桩方案,进行技术经济比选后,推荐合理的桩型方案。

8.5.5 沉(成)桩对周围环境的影响评价应作为桩基评价一个重要组成方面。

8.5.6 这里需要注意的是,根据经验确定的承载力一般比实际静载荷试验确定的承载力低一些。

#### 8.6 水和土对建筑材料的腐蚀性评价

8.6.1~8.6.2 环境水对混凝土的腐蚀可分为结晶类腐蚀性和分解类腐蚀。不同的腐蚀类型其气候因素和环境条件存在差异,结晶类腐蚀中较广泛而且危害较大的是硫酸盐型为主的腐蚀,多出现在我国干旱地区,与气候的干燥度关系较密切。环境条件中起主要作用的是干湿交替作用和冻融交替作用。分解类腐蚀常见的有微碱度 $\text{HCO}_3^- < 1.0\text{mmol/L}$ 型、侵蚀性 $\text{CO}_2$ 和普通酸(pH)型三种,多分布在我国湿热多雨的湿热地区,环境条件中起主要作用的是土的渗透性和渗透压力。

8.6.3 国标的判别准则适用于一般建(构)物的腐蚀判别,而长输管道由于特殊性和防护措施的不同其腐蚀性判别应接本规范7.2.9条和附录执行,注意与国标的差别。在判别水(土)对建筑材料的腐蚀性充分考虑当地经验,一些老的工业基地,通过对旧有基础的开挖发现,其腐蚀程度并不象想像的那样



严重,当这些经验经过检验是可靠和成熟时,可以适当降低腐蚀级别,并加以说明。再如北京、上海地区一般情况下不考虑地下水对混凝土的腐蚀性,只有在有可能受环境水污染地段,才进行水的腐蚀性评价。而在天津滨海地区,桩基础通常不考虑干湿交替作用。

## 8.7 池类基础抗浮评价

8.7.1 在石油化工厂区建(构)筑物中,该类基础也是较普遍的一类基础,其一般深度不大,对地基承载力要求不高,但因为地下水的作用,上浮而影响正常运行的情况也时有发生。

抗浮桩和桩锚杆的抗拔极限承载力,一般都应通过现场抗拔静载荷试验确定,试验应采用循环加卸荷方式进行。

8.7.2 如何提供正确的抗浮设计水位是本条文的重点。地下建(构)筑物的抗浮设计水位是建(构)筑物正常使用期间的地下水最高水位。当地下水属潜水类型且无长期的水位观测资料时,本条规定可按勘察期间实测最高稳定水位确定抗浮设计水位,但应注意:不能把勘察期间实测最高稳定水位作为抗浮设计水位,应结合场地地形、地貌、地下水补给、迳流排泄条件等因素综合分析确定。

8.7.3 池类基础所受浮力应按静水压力计算。即使在粘性土地基或池底板直接与基岩接触的情况下,也不宜折减。因池类基础所受地下水的浮力是永久性荷载,不因粘性土的渗透性差而减小,即使底板与基岩接触,由于基岩总是存在节理和裂隙等,且混凝土与基岩接触面也存在微裂隙,静水压力也不宜折减。如因暴雨等因素产生的临时高水位而引起的浮力,当池子位于粘性土地基且地表水排泄良好时,可乘以0.6~0.8的折减系数,其主要条件下不宜折减。

## 9 岩土工程勘察报告

### 9.1 一般规定

9.1.1 鉴于石油化工岩土工程勘察的规模、大小各不相同,目的要求、工程特点、自然条件千差万别,因此本条制定了岩土工程勘察报告的一般性规定。本条包含了两层意思:第一是岩土工程勘察报告必须反映客观情况,各种资料与数据必须真实可靠,保证质量,严禁弄虚作假;第二是在查明情况,取得数据的基础上,针对工程要求,合理正确的分析评价,提出建议。前者是勘察报告的基础,否则,分析评价便无从说起;后者是要解决工程问题,否则,不能成为完整的岩土工程勘察报告。一份优秀的勘察报告,应同时满足以下要求:

- a) 任务要求,工程性质、场地条件等阐述清楚、简练、工作量布置合理,场地调查等较充分;
- b) 真实反映场地的岩土层分布规律、均匀性及其特征,力学分层合理,各亚层的物理力学指标统计全面,准确且相互协调;
- c) 对场地存在的不良地质现象分析、评价及处理措施合理;
- d) 根据工程需要做出切实可行的地基评价和建议,相关计算全面、合理;
- e) 勘察结论正确,合理,对设计及施工的建议切实可行,对设计与施工中存在的问题评价全面、合理;
- f) 技术上有一定创新。

9.1.2 对于丙级勘察,由于规模小、工作量不大、针对性强,可以采取简化形式,但必须满足设计要求。

9.1.3 本条专题报告特指单项岩土工程测试报告、岩土工程检验或监测等报告、岩土工程事故调查与分析报告、岩土工程设计报告、专门岩土工程问题的技术咨询报告。

9.1.4 本条的目的是为了统一标准,以免造成理解上的偏差和使用上的错误。

9.1.5 电子版文件传输迅捷、阅读方便,但出现疑问时,还应以纸质文件为准。

### 9.2 勘察报告主要内容和要求

9.2.1 对于 a) 项,工程概况是对拟建工程的性质特点进行全面的阐述,包括拟建(构)筑物类别、

规模、荷重、结构类型，拟采用的基础类型及对沉降变形有无特殊要求等。

对于 b) 项，应对建设和设计方对勘察工作提出的勘察技术要求予以详细说明和交待，包括：场地的勘察范围；勘察阶段；工程重要性等级和岩土工程勘察等级；勘察所依据的规范、规程及技术标准；所要达到的目的等。

对于 c) 项，以满足设计要求和规范要求为目的所布置或者直接由设计方布置的勘察工作应有详细说明，包括布置的原则、勘察工作量完成情况、勘探孔的类别、数量、深度、取（岩、土、水）试验的质量、数量等，必要时，对所采取的各种勘探方法和手段的目的、方法、采用的设备性能作详细的阐述。

对于 d) 项，场地基本情况包括地下管线、人防、沟坑分布，原有建筑物及周围建筑物情况等。地形、地貌条件着重描述场地现代地形的起伏情况、原始地形的变迁（挖方、填方）、河塘分布，地面高程和坡度，微地貌变化及地貌类型等。地层主要从地质角度说明岩土层的成因及形成环境。

对于 e) 项，对所分岩土层（或亚层）自上而下依次编号，并描述各岩土层成因年代，土性、分布范围，埋藏深度、厚度、垂直方向和水平方向的分布规律及变化规律，对于特殊性岩土还应分析和评价其特殊的工程性质和特殊的物质组成。对于承受动力荷载的场地，还应评价地基土的动力特性。

对于 f) 项，报告应对场地地下水方面提供如下资料：勘察期间场地地下水初见水位、静止水位及地下水类型；提供的地下参数应合理；必要时制定地下水的补给来源，预测地下水的变化趋势，提供最高、最低水位及年变幅；提供场地冻结深度。涉及到基坑时，还应评价地下水对基础稳定性的影响，如渗透稳定性、水压力作用稳定性（浮压力）。

对于 g) 项，所取地下水、土试样及原位试验的位置、数量；各指标的测试结果；根据场地气候，土层渗透性、干湿交替和冻融交替情况准确评价场地的环境类型；水、土对建筑材料腐蚀性的判定结果；对于因受污染而导致地下水和土对建筑材料有腐蚀性的场地，应分析评价污染的程度、范围、发展趋势。

对于 h) 项，对各种影响场地稳定性的不良地质作用进行评价，评价其对场地稳定性的影响程度，不良地质作用主要指岩溶、滑坡、崩塌、活动断裂、采空区、地面沉降河床和岸坡稳定性和地震效应等；场地和地基的地震效应评价也可单独成章，内容包括：提供场地的抗震设防烈度；设计基本地震加速度和设计特征周期分区；场地断裂的地震工程分类及其对工程稳定性的影响分析；场地内饱和砂土和粉土的液化判别和软土地区软土震陷分析评价。

对于 i) 项，岩土的物理力学指标统计，应按场地的岩土体单元和层位分别统计，同时说明统计原则和标准，以及使用岩土参数时应注意的问题。结合岩土的特点，综合分析，比较室内试验指标、原位测试指标和地区经验，在相互检验的基础上，提供和评价地基承载力和变形参数。

对于 j) 项，对一般场地勘察，着重于地基基础方案的分析和评价，对（天然）地基、复合地基和地基处理、桩基的适宜性进行评价，对可行的方案提供设计计算参数，对复合地基和桩基推荐合适的持力层层位，有代表性的计算过程和结果，对地基和基础方案施工的可行性进行分析比较，说明注意事项。

对于 k) 项，结论和建议应紧扣勘察的目的和设计要求，汇总前面各章节的勘察成果，同时根据勘察成果对岩土体的利用，整治和改造方案（地基和基础方案）提出相关建议，另外要说明本次勘察遗留的问题。

9.2.3 本条所列图表为一般情况下应附的图表。

9.2.4 由于地质条件和工程特点的多种多样。本条只列出一些常见的图表，难以列全，需要强调的是满足设计要求和工程需要。



中 华 人 民 共 和 国  
石 油 化 工 行 业 标 准  
石油化工岩土工程勘察规范  
SH/T 3159—2009

\*

中国石化出版社出版  
中国石化集团公司工程标准发行总站发行  
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号  
邮编：100011 电话：(010) 84271850  
石化标准编辑部电话：(010) 84289937  
读者服务部电话：(010) 84289974  
<http://www.sinopec-press.com>  
E-mail: [press@sinopec.com.cn](mailto:press@sinopec.com.cn)  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 4.75 字数 131 千字  
2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

\*

书号：155114·0114  
(购买时请认明封面防伪标识)