

# JTS

中华人民共和国行业标准

JTS 133—2013

## 水运工程岩土勘察规范

Code for Geotechnical Investigation  
on Port and Waterway Engineering

2013-08-01 发布

2014-01-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布



中华人民共和国行业标准

# 水运工程岩土勘察规范

JTS 133—2013

主编单位：中交第二航务工程勘察设计院有限公司

长江航道规划设计研究院

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：2014 年 1 月 1 日

人民交通出版社

2013 · 北京

# 交通运输部关于发布《水运工程 岩土勘察规范》(JTS 133—2013)的公告

2013 年第 46 号

现发布《水运工程岩土勘察规范》(以下简称《规范》)。本《规范》为强制性行业标准,编号为 JTS 133—2013,自 2014 年 1 月 1 日起施行。《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)、《航道工程地质勘察规范》(JTS 133—3—2010)和《渠化工程地质勘察规范》(JTJ 241—98)同时废止。

本《规范》第 3.0.1 条、第 5.4.3 条、第 6.3.5 条、第 7.4.5 条和第 8.4.3 条中的黑体字部分为强制性条文,必须严格执行。

本《规范》由交通运输部组织中交第二航务工程勘察设计院有限公司和长江航道规划设计研究院等单位编制完成,由交通运输部水运局负责管理和解释,由人民交通出版社出版发行。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部

2013 年 8 月 1 日

# 制定说明

本规范是在《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)、《航道工程地质勘察规范》(JTS 133—3—2010)和《渠化工程地质勘察规范》(JTJ 241—98)的基础上,总结多年来我国水运工程岩土勘察的实践经验,通过深入调查研究,广泛征求有关单位和专家意见,充分考虑水运工程岩土勘察对于保证水运工程建设质量与安全的重要作用,并结合我国水运工程建设的实际情况和发展需要制定而成。主要包括岩土分类与描述、港口工程勘察基本要求、航道工程勘察基本要求、渠化工程勘察基本要求、修造船厂水工建筑物勘察基本要求、专项勘察、不良地质作用和特殊性岩土勘察、地下水勘察、工程地质调查和测绘、勘探、原位测试、室内试验、岩土工程评价和勘察报告等技术内容。

本规范主编单位为中交第二航务工程勘察设计院有限公司、长江航道规划设计研究院,参编单位为中交水运规划设计院有限公司、中交第一航务工程勘察设计院有限公司、中交第三航务工程勘察设计院有限公司、中交第四航务工程勘察设计院有限公司、中国地质大学(武汉)、四川省交通运输厅交通勘察设计研究院、江苏省交通规划设计院股份有限公司、湖南省交通规划勘察设计院。

本规范第3.0.1条、第5.4.3条、第6.3.5条、第7.4.5条和第8.4.3条中的黑体字部分为强制性条款,必须严格执行。

本规范共分16章和6个附录并条文说明。本规范编写人员分工如下:

- 1 总则:王 晋
- 2 术语和符号:程新生、朱才宝
- 3 基本规定:程新生、王 晋、唐辉明
- 4 岩土分类与描述:谭志平、吴凤娟、王春平
- 5 港口工程勘察基本要求:戚玉红、刘 星
- 6 航道工程勘察基本要求:谭志平、李兴陆、李志江
- 7 渠化工程勘察基本要求:胡惠华、程新生、徐春明、李志江、蔡泽明
- 8 修造船厂水工建筑物勘察基本要求:戚玉红、刘 星
- 9 专项勘察:代卫强、唐辉明、李志江
- 10 不良地质作用和特殊性岩土勘察:刘 星、代卫强
- 11 地下水勘察:刘 星、程新生
- 12 工程地质调查和测绘:谭志平、朱才宝
- 13 勘探:蔡泽明、乌孟庄
- 14 原位测试:乌孟庄、蔡泽明、万中喜
- 15 室内试验:吴凤娟、万中喜、王春平
- 16 岩土工程评价和勘察报告:万中喜、谭志平、徐春明

附录 A ~ 附录 B:谭志平

附录 C:王春平

附录 D ~ 附录 F:程新生

本规范于 2012 年 6 月 13 日通过部审,于 2013 年 8 月 1 日发布,自 2014 年 1 月 1 日起实施。

本规范由交通运输部水运局负责管理与解释。请各有关单位在使用本规范过程中,将发现的问题和意见及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街 11 号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:湖北省武汉市武昌区民主路 555 号,中交第二航务工程勘察设计院有限公司,邮政编码:430071),以便修订时参考。

## 目 次

1	总则 .....	(1)
2	术语和符号 .....	(2)
2.1	术语 .....	(2)
2.2	符号 .....	(3)
3	基本规定 .....	(6)
4	岩土分类与描述 .....	(8)
4.1	岩的分类 .....	(8)
4.2	土的分类 .....	(9)
4.3	岩土描述 .....	(13)
5	港口工程勘察基本要求 .....	(14)
5.1	一般规定 .....	(14)
5.2	可行性研究阶段 .....	(14)
5.3	初步设计阶段 .....	(15)
5.4	施工图设计阶段 .....	(17)
5.5	施工期勘察 .....	(24)
6	航道工程勘察基本要求 .....	(25)
6.1	一般规定 .....	(25)
6.2	可行性研究阶段 .....	(25)
6.3	初步设计阶段 .....	(26)
6.4	施工图设计阶段 .....	(29)
7	渠化工程勘察基本要求 .....	(31)
7.1	一般规定 .....	(31)
7.2	预可行性研究阶段 .....	(31)
7.3	可行性研究阶段 .....	(32)
7.4	初步设计阶段 .....	(34)
7.5	施工图设计阶段 .....	(37)
7.6	施工期勘察 .....	(37)
8	修造船厂水工建筑物勘察基本要求 .....	(39)
8.1	一般规定 .....	(39)
8.2	可行性研究阶段 .....	(39)
8.3	初步设计阶段 .....	(39)
8.4	施工图设计阶段 .....	(41)

<b>9 专项勘察</b>	(44)
9.1 一般规定	(44)
9.2 桩基	(44)
9.3 岸坡与边坡	(45)
9.4 基坑工程	(47)
9.5 疏浚工程	(48)
9.6 吹填工程	(49)
9.7 地基处理	(50)
9.8 天然建筑材料	(53)
<b>10 不良地质作用和特殊性岩土勘察</b>	(54)
10.1 一般规定	(54)
10.2 场地和地基地震效应	(54)
10.3 滑坡	(55)
10.4 软土	(56)
10.5 混合土	(57)
10.6 填土	(58)
10.7 层状构造土	(59)
10.8 风化岩与残积土	(60)
<b>11 地下水勘察</b>	(62)
<b>12 工程地质调查和测绘</b>	(64)
<b>13 勘探</b>	(67)
13.1 一般规定	(67)
13.2 钻探与取样	(68)
13.3 井探、槽探、硐探	(70)
13.4 物探	(70)
<b>14 原位测试</b>	(73)
14.1 一般规定	(73)
14.2 浅层平板载荷试验	(73)
14.3 十字板剪切试验	(75)
14.4 静力触探试验	(76)
14.5 标准贯入试验	(78)
14.6 圆锥动力触探试验	(79)
14.7 旁压试验	(80)
14.8 波速测试	(82)
<b>15 室内试验</b>	(84)
15.1 一般规定	(84)
15.2 土工试验	(85)

15.3	岩石试验 .....	(87)
15.4	水、土腐蚀性试验 .....	(87)
<b>16</b>	<b>岩土工程评价和勘察报告 .....</b>	<b>(89)</b>
16.1	一般规定 .....	(89)
16.2	岩土参数统计与分析 .....	(89)
16.3	岩土工程评价 .....	(89)
16.4	岩土工程勘察报告 .....	(90)
附录 A	岩体风化程度划分 .....	(92)
附录 B	岩体结构类型划分 .....	(93)
附录 C	水运工程中常见的几种成因类型的土及其工程地质特征 .....	(94)
附录 D	常用地质符号与色标 .....	(95)
附录 E	常用图例 .....	(98)
附录 F	本规范用词用语说明 .....	(101)
附加说明	本规范主编单位、参编单位、主要起草人、总校人员和管理组 人员名单 .....	(102)
附 条文说明	.....	(105)



# 1 总 则

**1.0.1** 为统一水运工程岩土勘察技术要求和程序,做到技术先进、经济合理、安全可靠,确保勘察质量,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于港口工程、航道工程、渠化工程和修造船厂水工建筑物工程等的岩土勘察。

**1.0.3** 水运工程建设在设计和施工之前,必须按基本建设程序进行岩土勘察。

**1.0.4** 水运工程岩土勘察应积极采用先进的技术、设备和工艺,深入调查研究、广泛搜集资料、综合应用多种勘察手段,查明和评价建设场地的地质、岩土工程条件和环境特征,为水运工程设计和施工等提供可靠依据。

**1.0.5** 水运工程岩土勘察除应符合本规范规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

- 2.1.1 水运工程岩土勘察** Geotechnical Investigation for Port and Waterway Engineering  
根据水运工程建设的要求,查明、分析、评价建设场地的地质、岩土工程条件和环境特征,并编制勘察文件的活动。
- 2.1.2 工程地质调查** Engineering Geologic Survey  
通过搜集资料、现场踏勘、目测和访问等方式进行调查,并将工程地质信息整理成技术文件的工作。
- 2.1.3 工程地质测绘** Engineering Geologic Mapping  
对勘察场地的工程地质条件进行现场观察、量测和描述,并将有关地质要素以图例、符号表示在地形图上的勘察工作方法。
- 2.1.4 岩土工程勘探** Geotechnical Exploration  
岩土工程勘察的一种手段,包括钻探、槽探、井探、坑探、硐探、物探和触探等。
- 2.1.5 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。
- 2.1.6 现场监测** In-situ Monitoring  
现场对岩土性状、地下水的变化、岩土体与结构物的应力和位移等进行系统监视和观测。
- 2.1.7 室内试验** Laboratory Test  
在试验室对现场勘探所取的岩石、土或水试样进行的试验。
- 2.1.8 河床表面打印** Printing of Bed Surface  
采用可塑物制成的探测器拓印河床表面,从而判断河床表面组成物性状的探测方法。
- 2.1.9 岩芯采取率** Core Recovery  
每回次钻进采得的岩芯长度与其进尺之比,以百分数表示。
- 2.1.10 岩石质量指标** Rock Quality Designation  
用直径 75mm 金刚石钻头和双层岩芯管在岩石中连续钻进取芯,回次钻进所取岩芯中,长度大于 10cm 岩芯段长度之和与该回次进尺的比值,以百分数表示。
- 2.1.11 软弱结构面** Weak Structural Plane  
由力学强度明显低于周围岩石强度的软弱介质充填的结构面。

**2.1.12 软弱夹层 Weak Intercalated Layer**

岩体中夹有的强度较低的薄层,如被泥化、软化、破碎的薄层等。

**2.1.13 软土 Soft Soil**

天然孔隙比大于或等于 1.0,且天然含水率大于液限的细粒土。包括流泥、淤泥、淤泥质土、泥炭和泥炭质土等。

**2.1.14 层状构造土 Bedded Soil**

由不同性质的土相间成层,呈韵律沉积,具有明显层状构造特征的土。

**2.1.15 不良地质作用 Adverse Geologic Action**

由地球的内外营力造成的对工程建设可能具有危害性的地质作用。

**2.1.16 震陷 Earthquake Subsidence**

在强烈地震作用下,由于土层加密、塑性区扩大或强度降低而导致工程结构或地面产生的下沉。

**2.1.17 流砂 Quick Sand**

饱和松砂中剪应力增大时,在不排水条件下的剪缩势使土内孔隙水压力大幅度升高,土强度骤然下降,导致砂土流动的现象。

**2.2 符 号****2.2.1 岩土物理性质指标**

$C_c$ ——曲率系数;

$C_u$ ——不均匀系数;

$d_{10}$ ——有效粒径,mm;

$d_{60}$ ——限制粒径,mm;

$D_r$ ——砂的相对密度;

$e$ ——孔隙比;

$G_s$ ——土粒比重;

$I_L$ ——液性指数;

$I_p$ ——塑性指数;

$h$ ——锥沉量,mm;

$O_m$ ——有机质含量,%;

$S_r$ ——饱和度,%;

$w$ ——含水率,%;

$w_L$ ——液限,%;

$w_P$ ——塑限,%;

$\gamma$ ——重力密度(重度), $\text{kN/m}^3$ ;

$\rho$ ——质量密度(密度), $\text{g/cm}^3$ ;

$\rho_d$ ——干密度, $\text{g/cm}^3$ 。

### 2.2.2 岩土变形指标

- $a$ ——压缩系数,  $\text{MPa}^{-1}$ ;
- $C_c$ ——压缩指数;
- $C_s$ ——回弹指数;
- $C_v$ ——垂直向固结系数,  $\text{cm}^2/\text{s}$ ;
- $C_h$ ——水平向固结系数,  $\text{cm}^2/\text{s}$ ;
- $E_0$ ——变形模量,  $\text{MPa}$ ;
- $E_m$ ——旁压模量,  $\text{MPa}$ ;
- $E_s$ ——压缩模量,  $\text{MPa}$ ;
- $P_c$ ——先期固结压力,  $\text{kPa}$ 。

### 2.2.3 岩土强度指标

- $c$ ——黏聚力,  $\text{kPa}$ ;
- $\varphi$ ——内摩擦角,  $(^\circ)$ ;
- $C_u$ ——十字板剪切强度,  $\text{kPa}$ ;
- $f_r$ ——岩石饱和单轴抗压强度,  $\text{MPa}$ ;
- $p_0$ ——(1) 载荷试验比例界限压力,  $\text{kPa}$ ; (2) 旁压试验初始压力,  $\text{kPa}$ ;
- $p_f$ ——旁压试验临塑压力,  $\text{kPa}$ ;
- $p_L$ ——旁压试验极限压力,  $\text{kPa}$ ;
- $I_{s(50)}$ ——岩石点荷载强度,  $\text{MPa}$ ;
- $\tau$ ——抗剪强度,  $\text{kPa}$ ;
- $q_u$ ——无侧限抗压强度,  $\text{kPa}$ 。

### 2.2.4 标准贯入和触探试验指标

- $N$ ——标准贯入试验锤击数;
- $N_{10}$ ——轻型圆锥动力触探试验锤击数;
- $N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探试验锤击数;
- $N_{120}$ ——超重型圆锥动力触探试验锤击数;
- $P_s$ ——静力触探试验比贯入阻力,  $\text{MPa}$ ;
- $q_c$ ——静力触探试验锥头阻力,  $\text{MPa}$ ;
- $R_f$ ——静力触探试验摩阻比, %;
- $f_s$ ——静力触探试验侧阻力,  $\text{kPa}$ 。

### 2.2.5 其他符号

- $k$ ——渗透系数,  $\text{cm/s}$ ;
- $K_0$ ——静止侧压力系数;
- $K_v$ ——(1) 基准基床系数,  $\text{kN/m}^3$ ; (2) 岩体完整性指数;
- $K_R$ ——岩石软化系数;
- $K_{VP}$ ——波速风化折减系数;
- $S_i$ ——灵敏度;

- $\mu$ ——泊松比；  
 $\lambda_c$ ——压实系数；  
 $V_p$ ——压缩波(纵波)波速, m/s；  
 $V_s$ ——剪切波(横波)波速, m/s；  
 $V_R$ ——瑞利波(面波)波速, m/s；  
 $F$ ——附着力, g/cm<sup>2</sup>；  
RQD——岩石质量指标, %。



### 3 基本规定

**3.0.1** 勘察工作应由具有相应资质的勘察单位承担。当有多个单位共同承担同一勘察任务时,应由一个单位作为总体负责单位,统一协调勘察工作。

**3.0.2** 勘察阶段宜分为可行性研究阶段勘察、初步设计阶段勘察和施工图设计阶段勘察,必要时应进行施工期勘察,并应符合下列规定。

**3.0.2.1** 场地较小且地质条件简单的工程可合并勘察阶段。当工程方案已经确定,可根据实际情况进行一次勘察。

**3.0.2.2** 各勘察阶段提交的成果应满足相应阶段设计和施工的需要。各阶段的勘察工作宜相互衔接,前阶段的勘察成果应在后阶段的勘察中充分利用。

**3.0.3** 勘察工作内容、方法和工作量应根据下列因素确定:

- (1) 勘察阶段;
- (2) 工程安全等级、规模、类型和结构特点;
- (3) 建设场地工程地质条件;
- (4) 工程设计和施工的要求;
- (5) 当地工程建设经验。

**3.0.4** 勘察应根据工程设计要求、场地的工程地质条件与当地勘察经验,经济合理地综合应用工程地质调查和测绘、勘探、原位测试和室内试验等多种技术方法。

**3.0.5** 勘察宜按搜集资料、现场踏勘、编写勘察大纲、工程地质调查和测绘、勘探和原位测试、室内试验、资料分析整理和岩土工程勘察报告编制的程序进行,并应保证合理的勘察周期。

**3.0.6** 勘察资料的搜集、分析与应用应符合下列规定。

**3.0.6.1** 资料搜集宜包括下列内容:

- (1) 区域和建设场地的基础地质资料和岩土工程勘察资料,包括地貌、地层、地质构造、岩土性质、地下水、不良地质作用、岩土工程评价等;
- (2) 地形、水深、航道和岸线变迁等图件与说明,平面、高程控制等资料;
- (3) 当地地基基础、地基处理、疏浚和填海造陆等工程勘察经验和设计、测试、施工经验;
- (4) 有关的气象、水文资料;
- (5) 地震及震害情况,地质灾害资料;
- (6) 水下和地下文物、建筑物、抛石、沉船、管道、电缆及其他异物分布情况。

**3.0.6.2** 资料的分析与应用应满足下列要求:

- (1) 了解资料的来源、产生的年代、执行的技术标准和工作方法、应用的基础资料以

及鉴定审批意见等,并根据需要对所搜集资料按现行标准进行整理、分析与验证后应用;

(2)场地的地质环境与资料形成时已有明显改变,需分析所搜集资料的适用性。

### 3.0.7 勘察大纲的编制应符合下列规定。

**3.0.7.1** 勘察大纲应在了解工程特性、设计意图和对勘察的要求、场地的工程地质条件与开展勘察工作的条件的基础上,根据勘察合同或委托方的勘察技术要求、搜集的资料和现场踏勘情况进行编制。

#### 3.0.7.2 勘察大纲应包括下列内容:

- (1)工程名称、地点、任务来源;
- (2)勘察依据、执行的标准;
- (3)勘察阶段、目的与任务;
- (4)工程概况、设计方案、规模等级;
- (5)现场工作条件和地形地貌等地质情况,包括已知的不良地质、已建工程情况;
- (6)前期勘察及审查咨询主要结论、意见;
- (7)勘察重点、技术路线和工作思路;
- (8)勘察内容、工作方法和技术要求,主要包括工程地质调查与测绘、勘探、原位测试、室内试验、长期观测等,以及重点分析、评价的工程地质问题;
- (9)勘察工期、勘察程序、进度安排、人员配备、技术装备、环境与职业健康安全、质量保证措施及后期服务;
- (10)成果的项目、名称、数量、技术要求;
- (11)附件的项目、名称、数量、技术要求。

**3.0.8** 勘察资料的分析整理应贯穿勘察的全过程,并通过勘察资料的及时分析整理完善勘察工作。岩土工程勘察报告应客观反映场地的工程地质条件,资料完整、评价正确。

**3.0.9** 重要的水运工程建设项目或地质条件复杂的项目初步设计阶段或施工图设计阶段勘察报告应由委托方组织评审验收。

## 4 岩土分类与描述

### 4.1 岩的分类

#### 4.1.1 岩石应按下列因素分类：

- (1) 按成因分为岩浆岩、沉积岩和变质岩；
- (2) 根据强度按表 4.1.1-1 进行岩石坚硬程度分类；

岩石坚硬程度分类

表 4.1.1-1

岩石坚硬程度	极软岩	软岩	较软岩	较硬岩	坚硬岩
岩石饱和单轴抗压强度 $f_r$ (MPa)	$f_r \leq 5$	$5 < f_r \leq 15$	$15 < f_r \leq 30$	$30 < f_r \leq 60$	$f_r > 60$

- (3) 根据其软化系数按表 4.1.1-2 分为软化岩石和不软化岩石。

岩石软化类别分类

表 4.1.1-2

岩石软化类别	软化岩石	不软化岩石
软化系数 $K_R$	$K_R \leq 0.75$	$K_R > 0.75$

注：软化系数  $K_R$  为饱和与干燥状态的岩石单轴抗压强度之比。

#### 4.1.2 岩体应按下列因素分类：

- (1) 岩体风化程度按附录 A 分为未风化、微风化、中风化、强风化、全风化；
- (2) 岩体依岩石质量指标按表 4.1.2-1 分类；

岩体按岩石质量指标 RQD 分类

表 4.1.2-1

岩体 RQD 分类	极差	差	较差	较好	好
RQD (%)	$RQD \leq 25$	$25 < RQD \leq 50$	$50 < RQD \leq 75$	$75 < RQD \leq 90$	$RQD > 90$

- (3) 岩体结构类型按附录 B 分类；
- (4) 岩层的单层厚度按表 4.1.2-2 分类；

岩层按单层厚度分类

表 4.1.2-2

岩层厚度分类	薄层	中厚层	厚层	巨厚层
单层厚度 $h$ (m)	$h \leq 0.1$	$0.1 < h \leq 0.5$	$0.5 < h \leq 1.0$	$h > 1.0$

- (5) 岩体完整程度按表 4.1.2-3 确定。

岩体完整程度分类

表 4.1.2-3

岩体完整程度	极破碎	破碎	较破碎	较完整	完整
完整性指数 $K_v$	$K_v \leq 0.15$	$0.15 < K_v \leq 0.35$	$0.35 < K_v \leq 0.55$	$0.55 < K_v \leq 0.75$	$K_v > 0.75$

注：完整性指数  $K_v$  为岩体压缩波波速与岩块压缩波波速之比的平方，选定岩体和岩块测定波速时要具有代表性。

#### 4.1.3 岩体基本质量等级分类可按表 4.1.3-1 确定。当地下工程的岩体存在地下水、软



弱结构面和高初始应力时,应按表 4.1.3-1 及表 4.1.3-2 综合确定岩体基本质量等级,岩体基本质量指标的计算及修正方法应按现行国家标准《工程岩体分级标准》(GB 50218)的有关规定执行。

岩体基本质量等级分类

表 4.1.3-1

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

岩体基本质量等级分类

表 4.1.3-2

岩体基本质量等级分类	I	II	III	IV	V
岩体基本质量指标(BQ)	$BQ > 550$	$550 \geq BQ > 450$	$450 \geq BQ > 350$	$350 \geq BQ > 250$	$BQ \leq 250$

## 4.2 土 的 分 类

**4.2.1** 土的分类根据地质成因可划分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、湖积土、海积土、风积土、人工填土和复合成因的土等。水运工程常见的几种成因类型的土及其工程地质特征可参见附录 C。

**4.2.2** 土的分类根据沉积时代可进行下列分类:

(1)老沉积土,即第四纪晚更新世( $Q_3$ )及其以前沉积的土,一般具有较高的强度和较低的压缩性;

(2)一般沉积土,即第四纪全新世( $Q_4$ )文化期以前沉积的土,一般为正常固结的土;

(3)新近沉积土,即第四纪全新世( $Q_4$ )文化期以后沉积的土,其中黏性土一般为欠固结的土,且具有强度较低和压缩性较高的特征。

**4.2.3** 土的分类根据颗粒级配和塑性指数可划分为碎石土、砂土、粉土和黏性土,并应符合下列规定。

**4.2.3.1** 粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土应定名为碎石土。碎石土可根据颗粒级配及形状按表 4.2.3-1 作进一步分类。

碎石土分类

表 4.2.3-1

名 称	颗 粒 形 状	颗 粒 级 配
漂石	圆形、亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒质量超过总质量 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形、亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形、亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 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。

**4.2.3.2** 粒径大于2mm的颗粒质量不超过总质量50%,且粒径大于0.075mm的颗粒质量超过总质量的50%的土应定名为砂土。砂土可根据颗粒级配按表4.2.3-2作进一步分类。

砂土分类

表4.2.3-2

名称	颗粒级配	名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于2mm的颗粒质量占总质量25%~50%	细砂	粒径大于0.075mm的颗粒质量超过总质量85%
粗砂	粒径大于0.5mm的颗粒质量超过总质量50%	粉砂	粒径大于0.075mm的颗粒质量超过总质量50%
中砂	粒径大于0.25mm的颗粒质量超过总质量50%		

注:定名时根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

**4.2.3.3** 粒径大于0.075mm的颗粒质量不超过总质量的50%,且塑性指数小于或等于10的土应定名为粉土。

**4.2.3.4** 塑性指数大于10的土应定名为黏性土,并按表4.2.3-3分为黏土和粉质黏土。

黏性土分类

表4.2.3-3

名称	黏土	粉质黏土
塑性指数 $I_p$	$I_p > 17$	$10 < I_p \leq 17$

注:塑性指数的液限值由79g圆锥仪沉入土中10mm测定。

**4.2.4** 在静水或缓慢的流水环境中沉积、天然含水率大于或等于36%且大于液限、天然孔隙比大于或等于1.0的黏性土应定名为淤泥性土。淤泥性土可按表4.2.4进一步划分为淤泥质土、淤泥和流泥。

淤泥性土分类

表4.2.4

名称	淤泥质土	淤泥	流泥
孔隙比 $e$	$1.0 \leq e < 1.5$	$1.5 \leq e < 2.4$	$e \geq 2.4$
含水率 $w(\%)$	$36 \leq w < 55$	$55 \leq w < 85$	$w \geq 85$

注:淤泥质土可根据塑性指数按第4.2.3.4条再划分为淤泥质黏土、淤泥质粉质黏土。

**4.2.5** 土中有机质含量不小于5%时,可按现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021)划分为有机质土、泥炭质土和泥炭。

**4.2.6** 由粗细两类土呈混合状态存在,具有颗粒级配不连续、中间粒组颗粒含量极少、级配曲线中间段极为平缓等特征的土应定名为混合土。定名时应将主要土类列在名称前部,次要土类列在名称后部,中间以“混”字联结。混合土按不同土类的含量可分为淤泥和砂的混合土、黏性土和砂或碎石的混合土,其分类方法应符合下列规定。

**4.2.6.1** 淤泥和砂的混合土可分为淤泥混砂或砂混淤泥,并应满足下列要求:

- (1) 淤泥质量超过总质量的30%时为淤泥混砂;
- (2) 淤泥质量超过总质量10%且小于或等于总质量的30%时为砂混淤泥。

**4.2.6.2** 黏性土和砂或碎石的混合土可分为黏性土混砂或碎石、砂或碎石混黏性土,并应满足下列要求:

(1)黏性土质量超过总质量的 40% 时定名为黏性土混砂或碎石；

(2)黏性土的质量大于 10% 且小于或等于总质量的 40% 时定名为砂或碎石混黏性土。

**4.2.7** 层状构造土定名时应将厚层土列在名称前部,薄层土列在名称后部,根据两类土层的厚度比可分为下列三类:

(1)互层土,具互层构造,两类土层厚度相差不大,厚度比一般大于 1:3;

(2)夹层土,具夹层构造,两类土层厚度相差较大,厚度比 1:3 ~ 1:10;

(3)间层土,常呈黏性土间极薄层粉砂的特点,厚度比小于 1:10。

**4.2.8** 花岗岩残积土应为花岗岩风化的最终产物,并残留在原地未经搬运,除石英外其他矿物均已变为土状的土,根据大于 2mm 的颗粒含量可按表 4.2.8 分为黏性土、砂质黏性土和砾质黏性土。

花岗岩残积土分类

表 4.2.8

名称	黏性土	砂质黏性土	砾质黏性土
大于 2mm 颗粒百分含量 $X$ (%)	$X < 5$	$5 \leq X \leq 20$	$X > 20$

**4.2.9** 填土应由人类活动堆积的土,根据其物质组成和堆填方式可分为下列三类:

(1)冲填土,由水力冲填的淤泥性土、砂土或粉土;

(2)素填土,由碎石类土、砂土、粉土、黏性土等堆积的填土;

(3)杂填土,含有建筑垃圾、工业废料或生活垃圾的填土。

**4.2.10** 碎石土的密实度可用重型或超重型动力触探试验锤击数按表 4.2.10-1 或表 4.2.10-2 确定,  $N_{63.5}$ 、 $N_{120}$  的实测值应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021) 的有关规定修正。

碎石土密实度按  $N_{63.5}$  分类

表 4.2.10-1

碎石土密实度	松散	稍密	中密	密实
重型动力触探试验锤击数 $N_{63.5}$	$N_{63.5} \leq 5$	$5 < N_{63.5} \leq 10$	$10 < N_{63.5} \leq 20$	$N_{63.5} > 20$

注:本表适用于平均粒径等于或小于 50mm,且最大粒径小于 100mm 的碎石土。

碎石土密实度按  $N_{120}$  分类

表 4.2.10-2

碎石土密实度	松散	稍密	中密	密实	很密
超重型动力触探试验锤击数 $N_{120}$	$N_{120} \leq 3$	$3 < N_{120} \leq 6$	$6 < N_{120} \leq 11$	$11 < N_{120} \leq 14$	$N_{120} > 14$

注:本表适用于平均粒径大于 50mm 或最大粒径大于 100mm 的碎石土。

**4.2.11** 砂土的密实度可根据标准贯入试验锤击数按表 4.2.11 判定。

砂土密实度分类

表 4.2.11

砂土密实度	松散	稍密	中密	密实	极密实
标准贯入试验锤击数 $N$	$N \leq 10$	$10 < N \leq 15$	$15 < N \leq 30$	$30 < N \leq 50$	$N > 50$

注:对地下水位以下的中、粗砂,其  $N$  值宜按实测锤击数增加 5 击计。

**4.2.12** 粉土的密实度和湿度可根据表 4.2.12-1 及表 4.2.12-2 进行判定。

粉土密实度按孔隙比分类

表 4.2.12-1

粉土密实度	密实	中密	稍密
孔隙比 $e$	$e < 0.75$	$0.75 \leq e \leq 0.90$	$e > 0.90$

注:当有经验时,也可用原位测试或其他方法划分粉土的密实度。

粉土湿度按含水率分类

表 4.2.12-2

粉土湿度	稍湿	湿	很湿
含水率 $w$ (%)	$w < 20$	$20 \leq w \leq 30$	$w > 30$

**4.2.13** 黏性土状态应根据液性指数按表 4.2.13-1 确定;黏性土的天然状态可根据标准贯入试验锤击数或锥沉量分别按表 4.2.13-2 和表 4.2.13-3 确定。

根据液性指数确定黏性土的状态

表 4.2.13-1

黏性土状态	流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬
液性指数 $I_L$	$I_L > 1$	$1 \geq I_L > 0.75$	$0.75 \geq I_L > 0.25$	$0.25 \geq I_L > 0$	$I_L \leq 0$

根据标准贯入试验锤击数确定黏性土的天然状态

表 4.2.13-2

黏性土天然状态	很软	软	中等	硬	坚硬
标准贯入试验锤击数 $N$	$N < 2$	$2 \leq N < 4$	$4 \leq N < 8$	$8 \leq N < 15$	$N \geq 15$

根据锥沉量确定黏性土的天然状态

表 4.2.13-3

黏性土天然状态	很软	软	中等	硬	坚硬
锥沉量 $h$ (mm)	$h \geq 7$	$7 > h \geq 5$	$5 > h \geq 3$	$3 > h \geq 2$	$h < 2$

注:锥沉量为 76g 圆锥仪沉入土中的毫米数。

**4.2.14** 砂土颗粒组成特征应根据土的不均匀系数和曲率系数确定,并应满足下列要求:

(1) 不均匀系数按下式计算:

$$C_u = d_{60} / d_{10} \quad (4.2.14-1)$$

式中  $C_u$ ——不均匀系数,表示级配曲线分布范围的宽窄;

$d_{60}$ ——限制粒径,在土的粒径分布曲线上的某粒径,小于该粒径的土粒质量为总土粒质量的 60%;

$d_{10}$ ——有效粒径,在土的粒径分布曲线上的某粒径,小于该粒径的土粒质量为总土粒质量的 10%。

(2) 曲率系数按下式计算:

$$C_c = d_{30}^2 / (d_{10} \times d_{60}) \quad (4.2.14-2)$$

式中  $C_c$ ——曲率系数,表示级配曲线分布形态;

$d_{30}$ ——在土的粒径分布曲线上的某粒径,小于该粒径的土粒质量为总土粒质量的 30%;

$d_{10}$ ——有效粒径,在土的粒径分布曲线上的某粒径,小于该粒径的土粒质量为总土粒质量的 10%;

$d_{60}$ ——限制粒径,在土的粒径分布曲线上的某粒径,小于该粒径的土粒质量为总土粒质量的 60%;

(3) 当不均匀系数大于等于 5, 曲率系数 1~3 时, 为级配良好的砂土。

### 4.3 岩土描述

#### 4.3.1 岩的描述应满足下列要求:

(1) 岩石: 名称、颜色、矿物组成、结构及构造特征等, 对沉积岩应描述其胶结成分、胶结结构及胶结类型, 对岩浆岩和变质岩应描述其矿物的结晶大小和结晶程度;

(2) 岩体: 岩性、岩层厚度、结构类型、构造特征、风化分带、风化性状、软弱夹层的分布和性状、地质时代、成因类型等;

(3) 对由第四纪钙、铁质局部胶结砂砾层和海滩生物胶结层, 不描述为岩石;

(4) 在沉积岩中描述硬层与软层交互形成的层状构造特征。

#### 4.3.2 土的描述应满足下列要求:

(1) 碎石土: 名称、成分、均匀程度、颗粒形状、磨圆度、排列、风化程度、密实程度、胶结程度、含量百分比、充填物及充填程度;

(2) 砂土: 名称、颜色、湿度、密实度、包含物颗粒形状、粒径均匀程度、成因类型等;

(3) 粉土: 名称、颜色、湿度、密实度、包含物等;

(4) 黏性土: 名称、颜色、状态、均匀程度、湿度、塑性、臭味、斑纹、虫孔、结构性、包含物等;

(5) 填土: 类型、厚度、均匀程度、物质成分、填龄、压实程度和分布范围;

(6) 混合土: 名称、颜色、颗粒组成、类别、均匀程度、状态、成因类型、主要土类量的估判;

(7) 层状土: 名称、颜色、土层的厚度、韵律沉积特征、成因类型、状态、构造特征;

(8) 残积土: 名称、颜色、颗粒组成、状态、母岩的岩性等。



## 5 港口工程勘察基本要求

### 5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于港口工程各类建筑物场地和地基的勘察。

5.1.2 港口工程勘察应采用多种方法综合研究。勘察方法和布置应与工程需求、设计阶段和地质条件等相适应。

### 5.2 可行性研究阶段

5.2.1 本阶段勘察应与可行性研究阶段的要求相适应。政府投资的大中型项目、重点项目和技术复杂的项目,应分为预可行性研究阶段勘察和工程可行性研究阶段勘察;政府投资的小型项目和技术成熟的项目,可简化步骤,直接进行工程可行性研究勘察。企业投资的项目应进行工程可行性研究阶段勘察。

5.2.2 预可行性研究阶段勘察应对场地的稳定性和建设的适宜性进行初步评价。

5.2.3 预可行性研究阶段勘察应包括下列内容:

- (1)调查地貌特征,了解掩埋的故河道、沟、塘的分布及其土质状况;
- (2)调查搜集区域地质构造、活动性断层、地震活动和场地地震动参数;
- (3)调查场地不良地质作用的成因、分布、发育和性状;
- (4)了解场地岩土组成、成因、性质和分布情况;
- (5)调查分析地下水、地表水活动对港口工程地质条件的影响。

5.2.4 预可行性研究阶段勘察方法,应以搜集、分析现有资料和现场踏勘为主,搜集资料内容应按第3.0.6条规定执行。已有资料不能满足要求时,应进行工程地质调查或测绘,必要时应布置少量勘探测试工作。

5.2.5 工程可行性研究阶段勘察应对场地的稳定性和建设的适宜性作出基本评价。

5.2.6 工程可行性研究阶段勘察应包括下列内容:

- (1)初步划分地貌单元;
- (2)调查研究地质构造、地震活动和不良地质作用的成因、分布、发育等;
- (3)调查研究岩土分布、成因、时代,主要岩土层的物理力学性质;
- (4)调查地下水类型、含水层性质、地下水与地表水水位的动态变化,分析对岸边坡稳定的影响;
- (5)分析评价场地稳定性和建筑的适宜性;
- (6)根据需要对陆域形成、地基处理的适宜性进行岩土工程评价。

5.2.7 工程可行性研究阶段勘察,应在搜集资料的基础上,根据工程要求、拟布置的主体

建筑物的位置和场地工程地质条件布置工程地质测绘和勘探测试工作。勘探工作布置应符合下列规定。

**5.2.7.1** 河港宜垂直于岸向布置勘探线,线距不宜大于 200m,线上勘探点间距不宜大于 150m。

**5.2.7.2** 海港可按网格状布置勘探点,点的间距宜为 200 ~ 500m。

**5.2.7.3** 勘探点的深度宜参照初步设计阶段勘察控制性勘探点深度范围的大值确定。

**5.2.7.4** 对地貌单元较多的场地和基岩埋藏较浅而岩性、构造复杂、岩面起伏较大的场地,勘探点宜局部加密加深。

**5.2.7.5** 取样和测试间距宜为 1.5 ~ 2.0m。

**5.2.7.6** 物探线、点间距可在第 5.2.7.1 款和第 5.2.7.2 款规定的间距上适当加密。

**5.2.8** 对于影响建港场地取舍的重大工程地质问题,应进行专题勘察。

### 5.3 初步设计阶段

**5.3.1** 初步设计阶段勘察应初步查明建筑场地工程地质条件,为确定总平面布置、建筑物结构和基础形式、施工方法和场地不良地质的防治提供地质依据,对建筑物地基进行岩土工程评价,提供地基基础初步设计所需的岩土参数。

**5.3.2** 初步设计阶段勘察工作应包括下列工作内容:

- (1)划分地貌单元;
- (2)初步查明岩土层性质、分布规律、形成时代、成因类型、基岩的风化程度及埋藏条件;
- (3)查明与工程建设有关的地质构造,搜集地震资料;
- (4)查明不良地质作用的分布范围、发育程度和形成原因;
- (5)初步查明地下水类型、含水层性质,调查水位变化幅度、补给与排泄条件;
- (6)分析场地各区段工程地质条件,分析评价岸坡与边坡稳定性和地基稳定性,推荐适宜建设地段,提出基础形式、地基持力层、陆域形成和地基处理的建议;
- (7)对抗震设防烈度大于等于 6 度的场地进行场地和地基的地震效应勘察。

**5.3.3** 初步设计阶段勘察应采用工程地质调查、测绘、勘探、原位测试和室内试验相结合的方法进行。

**5.3.4** 勘察工作应充分利用场地已有资料,勘察过程中应根据掌握的地质条件变化情况,及时调整勘察方法和技术要求。

**5.3.5** 勘探线和勘探点宜布置在比例尺为 1:1000 或 1:2000 的地形图上;勘探线宜垂直岸向或平行于水工建筑物长轴方向布置;勘探线和勘探点的间距应根据工程要求、地貌特征、岩土分布、不良地质作用发育情况及对场地工程条件的研究程度等确定,在岸坡地段和岩石与土层组合地段宜适当加密。勘探线、勘探点的布置可按表 5.3.5 确定。

**5.3.6** 勘探点的深度应根据工程规模、设计要求和岩土条件确定,勘探点的深度可按表 5.3.6 确定。

初步设计阶段勘探线、勘探点布置表

表 5.3.5

工程类别		地质条件	勘探线数量及间距	勘探点间距 (m)
河港	水工建筑物区	山区	2~3 条	20~30
	陆域建筑物区		70~100m	50~70
	水工建筑物区	丘陵	2~3 条	30~50
	陆域建筑物区		70~150m	50~100
	水工建筑物区	平原	2~3 条	50~70
	陆域建筑物区		100~200m	70~150
海港	水工建筑物区	岩基	3~5 条	40~100
		土基	2~4 条	75~200
	港池及锚地区	岩基	50~100m	50~100
		土基	100~300m	100~300
	进港航道区	岩基	50~100m	50~100
		土基	1~3 条	100~500
	防波堤区	各类地基	1~3 条	100~300
	陆域建筑区、 陆域形成区	岩土基	50~150m	75~150
		土基	100~200m	100~200

注:①岩基——在工程影响深度内基岩上覆盖层薄或无覆盖层;岩土基——在工程影响深度内基岩上覆盖有一定厚度的土层;土基——在工程影响深度内全为土层;

②各种物探工作的布置可根据各自的特点和工程的要求参照上述数值进行。

初步设计阶段勘探点深度表

表 5.3.6

工程类别		一般性勘探点勘探深度 (m)	控制性勘探点勘探深度 (m)
码头	10 万吨级以上	40~60	60~80
	万吨级	35~55	55~65
	千吨级	25~35	35~45
	千吨级以下	20~30	30~40
防波堤区		20~30	30~40
港池、进港航道区		设计高程以下 2~3	
锚地区		5~8	
陆域建筑区、陆域形成区		15~30	30~40

注:①在预定勘探深度内遇基岩时,一般性勘探点深度应钻入标准贯入击数大于 50 的风化岩层中不小于 1m,控制性勘探点深度应钻入标准贯入击数大于 50 的风化岩层中不小于 3m 或预计以风化岩为持力层的桩端以下不小于 5m;对于港池、进港航道,勘探深度不变;

②在预定勘探深度内遇到密实砂层和碎石土层时,深度可酌减,一般性勘探点达到密实砂层和碎石土层内深度,砂层不小于 10m,碎石土层不小于 3m;控制性勘探点达到密实砂层和碎石土层内深度,应按一般勘探点深度增加 5~8m;

③在预定勘探深度内遇到坚硬的老黏性土时,深度可酌减,一般性勘探点达到坚硬的老黏性土层内深度,水域不小于 10m,陆域不小于 5m;控制性勘探点达到坚硬的老黏性土层内深度,应按一般勘探点深度增加 5~8m;

④在预定勘探深度内遇松软土层时,控制性勘探点应穿透松软土层,一般性勘探点应根据具体情况增加勘探深度;

⑤在预定勘探深度内遇到溶洞,应穿透各层溶洞,进入底板以下完整岩层厚度 3~5m。

### 5.3.7 进港航道、港池和锚地等水域地段根据地质条件可采用地震映像探测、水底地层



剖面仪探测和其他适宜的物探方法结合钻探进行勘察。

**5.3.8** 勘探点中控制性勘探点数量不得少于勘探点总数的  $1/4$ , 对每个地貌单元和拟布置重要建筑物区至少应有一个控制性勘探点。取原状土孔数量不得少于勘探点总数的  $1/3$ , 其余勘探点应主要为原位测试孔; 当不易取得原状土样或土样不宜做室内试验时, 可适当减少取原状土孔数量, 并增加原位测试孔的数量; 进港航道、港池和锚地区宜以标准贯入试验孔为主, 并应适当布置一定数量的取原状土孔。

**5.3.9** 取原状土样和标准贯入试验等原位测试间距宜为  $1.0 \sim 2.0\text{m}$ , 主要土层中应有足够数量的代表性原状土样和试验数据; 其相关有效试验参数的数量应满足数理统计的要求; 地层厚度较大且土质均匀时可适当放宽取样和原位测试间距。地层变化时应及时取样和测试。基岩应在拟选的基础持力层内采取岩芯, 并选取代表性岩芯进行岩石试验。

**5.3.10** 需确定建筑场地类别而邻近无可靠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。

**5.3.11** 岩、土、水试验除应进行常规试验项目外, 有特殊要求时应根据工程需要确定试验项目。

## 5.4 施工图设计阶段

**5.4.1** 施工图设计阶段勘察应查明建筑场地岩土工程条件, 提供相应阶段地基基础设计、施工所需的岩土参数, 对建筑地基做出岩土工程评价, 并提出地基类型、基础型式、陆域形成、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等设计、施工中应注意的问题和建议。

**5.4.2** 施工图设计阶段勘察应包括下列内容:

(1) 搜集附有坐标和地形的总平面图, 场区的地面整平高程, 建筑物类型、规模、荷载、结构特点、基础型式、埋置深度和地基容许变形等资料;

(2) 查明影响场地的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) 查明各个建筑物影响范围内的岩土分布及其物理力学性质;

(4) 分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力;

(5) 评价岩土疏浚的难易程度及其土的特性;

(6) 需进行沉降计算时, 提供地基变形计算参数;

(7) 查明地下水的类型、埋藏条件, 提供地下水位及其变化幅度;

(8) 判定水和土对建筑材料的腐蚀性;

(9) 在季节性冻土地区, 提供场地的标准冻结深度。

**5.4.3** 施工图设计阶段勘察工作的布置应符合下列规定。

**5.4.3.1** 勘察工作应采取勘探、取样、原位测试和室内试验相结合的方法。

**5.4.3.2** 勘探点的位置、数量和深度应根据工程类型、建筑物特点、基础类型、荷载情况和岩土性质, 结合所需查明的问题综合确定。

表 5.4.3-1

港口工程施工图设计阶段勘探线、勘探点布置表

工程类别	勘探线(点)布置方法	勘探线距或条数		勘探点距或点数		备 注
		岩土层简单	岩土层复杂	岩土层简单	岩土层复杂	
码头	斜坡式	按垂直岸线方向布置	50 ~ 100m	30 ~ 50m	20 ~ 30m	≤20m
	高桩式	沿桩基长轴方向	1 ~ 2 条	2 ~ 3 条	30 ~ 50m	15 ~ 25m
	栈桥	沿栈桥中心线	1 条	1 条	30 ~ 50m	15 ~ 25m
		每墩至少 1 个勘探点	—	—	至少 1 个点	至少 3 个点
	墩式	每墩至少 1 个勘探点	—	—	至少 1 个点	至少 3 个点
头	板桩式	按垂直码头长轴方向	50 ~ 75m	30 ~ 50m	10 ~ 20m	10 ~ 20m
	重力式	沿基础长轴方向布置纵断面	1 条	2 条	20 ~ 30m	≤20m
		垂直于基础长轴方向布置横断面	40 ~ 75m	≤40m	10 ~ 30m	10 ~ 20m
单点或多 点系泊式	按沉块和桩的分佈范围布点	—	—	—	4 个点	不少于 6 个点
	每一区段布置 1 个垂直于围堰长轴方向的横断面	—	—	—	每一横断面上布置 2 ~ 3 个点	“区段”按岩土层特点及围堰轴向变化划分
施工围堰	沿长轴方向	1 ~ 3 条	1 ~ 3 条	75 ~ 150m	≤50m	
防波堤	沿道路中心线、料堆长轴方向	75 ~ 100m	50 ~ 75m	75 ~ 100m	50 ~ 75m	
道路、堆场	按建筑物轮廓线	30 ~ 50m	20 ~ 30m	30 ~ 50m	15 ~ 30m	
条形基础	按柱列线方向	25 ~ 50m	15 ~ 25m	30 ~ 50m	15 ~ 30m	
柱基	每一建筑物不少于 2 个勘探点	如灯塔、油罐、系船设备及重大设备的基础等				
单独建筑物						

注:①相邻勘探点间岩土层急剧变化而不能满足设计、施工要求时,应增补勘探点;  
②“岩土层简单”及“岩土层复杂”主要根据基础影响深度内或勘探深度内岩土层分布规律性及岩土性质的均匀程度判定;  
③确定勘探线距及勘探点距时除应考虑具体地质条件外,尚应综合考虑建筑物重要性等级、结构特点及其轮廓尺寸、形状等;  
④对沉井基础如基岩面起伏显著时,应沿沉井周界加密勘探点;  
⑤本阶段港口、进港航道区勘探点的布置应在初步设计阶段勘察的基础上适当加密;  
⑥护岸工程勘探点的布置根据工程情况可参照码头、防波堤执行。

**5.4.3.3** 取原状土孔的数量应不少于勘探点总数的  $1/3$ , 其余应为原位测试孔。控制性勘探点的数量应不少于勘探点总数的  $1/6$ 。

**5.4.3.4** 勘探线和勘探点宜布置在比例尺不小于  $1:1000$  的地形图上。线距和点距可按表 5.4.3-1 确定。

**5.4.3.5** 勘探点的勘探深度应满足下列要求:

- (1) 一般性勘探点勘探深度能满足查明地基持力层情况, 参照表 5.4.3-2 确定;
- (2) 控制性勘探点的勘探深度尚需满足查明下卧岩土层情况, 需作变形计算时, 要超过地基变形计算深度;
- (3) 大面积填土堆载区勘探深度根据具体情况确定。

港口工程施工图设计阶段勘探点深度表

表 5.4.3-2

地基基础类别	建筑物类型	勘探至基础底面(或桩尖)以下深度				基岩
		一般黏性土	老黏性土	中密、密实砂土	中密、密实碎石土	
天然地基	重力式码头	$\geq 1.5B$	$\geq B$	3~5m	2~3m	$N > 50$ 的风化岩大于等于 1m
	斜坡码头	坡顶及坡身 $\geq 15m$ , 坡底 3~5m	3~5m	2~3m	1~2m	
	防波堤	10~20m	5~10m	2~3m	1~2m	
	施工围堰	根据具体技术要求确定				
	道路、堆场	压缩层底面以下 1~3m				
	陆域建筑	条形基础	6~12m	3~5m	3~5m	$N > 50$ 的风化岩大于等于 1m
		矩形基础	3~9m	2~3m	3~5m	
桩基	水工建筑物、陆域建筑物	$3 \sim 5d$ 且不小于 3m, 对于大直径桩不小于 5m				$N > 50$ 的风化岩 2~3d
板桩	水工建筑物、陆域建筑物	3~5m		1~2m	—	—

注:① $B$  为基础底面的宽度(m);

② $d$  为桩的直径(m);

③本勘察阶段中港池、进港航道的勘探点深度应与初步设计勘察阶段相同;

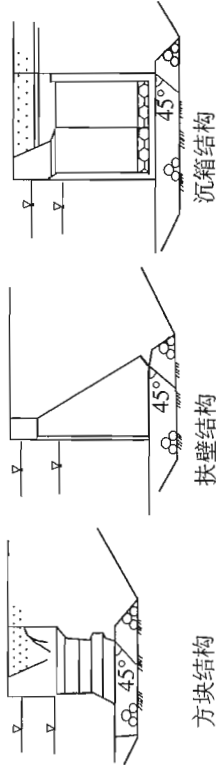
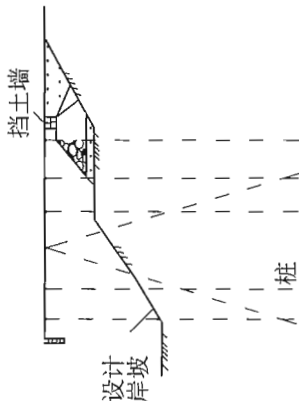
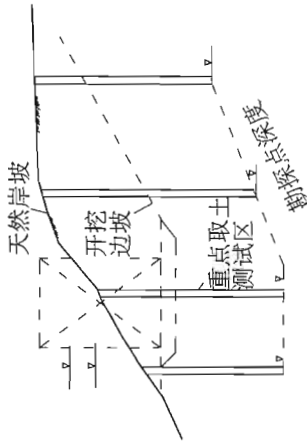
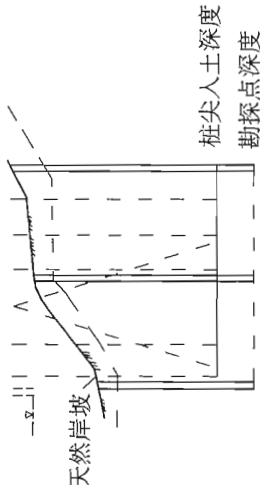
④护岸工程勘探点深度根据工程情况可参照相关地基基础类别执行。

**5.4.3.6** 建筑物地基计算所需的岩土指标及重点取样测试区应按表 5.4.3-3 确定。取样间距应为 1.0~2.0m, 重点取样区岩土层变化大时应加密取样或连续取样, 有足够经验时非重点取样区取样间距可适当加大。

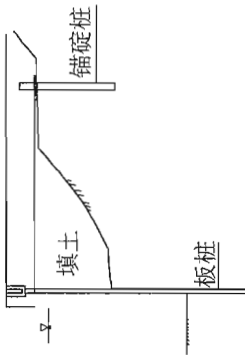
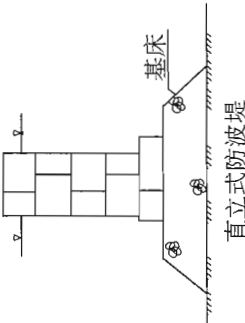
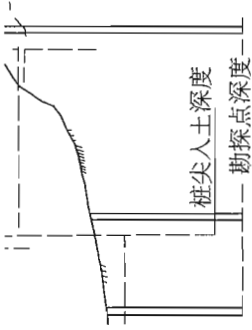
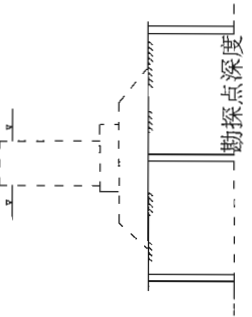
**5.4.3.7** 工程施工需降低地下水位时, 应通过抽水试验或其他野外渗透试验确定所需的水文地质参数。有地下水位长期观测资料时, 应结合进行分析。

表 5.4.3-3

港口建筑物地基计算所需岩土指标及重点取样测试区表

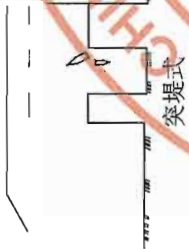
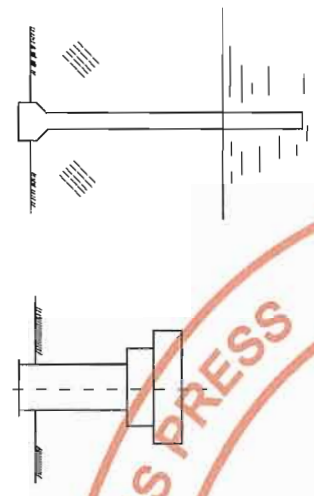
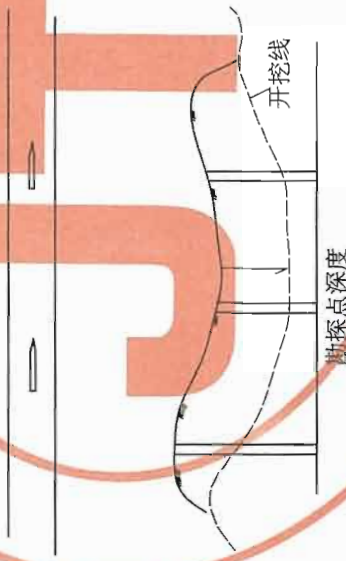
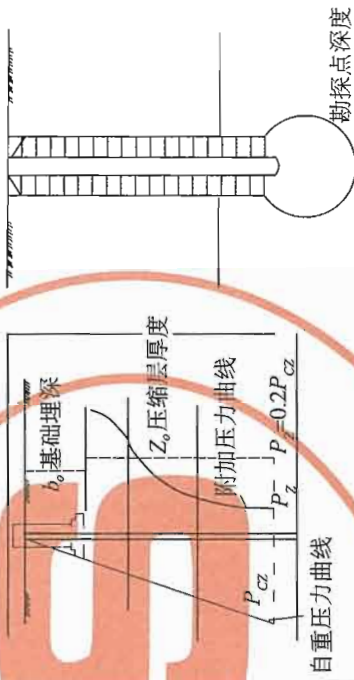
项目	建筑物类别	重力式码头	高桩码头
港口建筑物 横断面示意图			
勘探点位及重点 取样测试区示意图			
一般结构型式	实心、空心、异型等方块结构,扶壁结构,沉箱结构,干地施工的现场灌注混凝土和浆砌块石结构	板梁式结构、无梁面板式结构、桁架式结构、墩式结构等	
重点取样测试区	持力层、开挖边坡区	桩入土范围、桩尖持力层、开挖边坡区	
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、原位测试指标	
建筑物地基计算项目	倾覆稳定、滑移稳定、整体稳定、基底和地基承载力、地基沉降等	整体稳定、桩的承载力	

续表 5.4.3-3


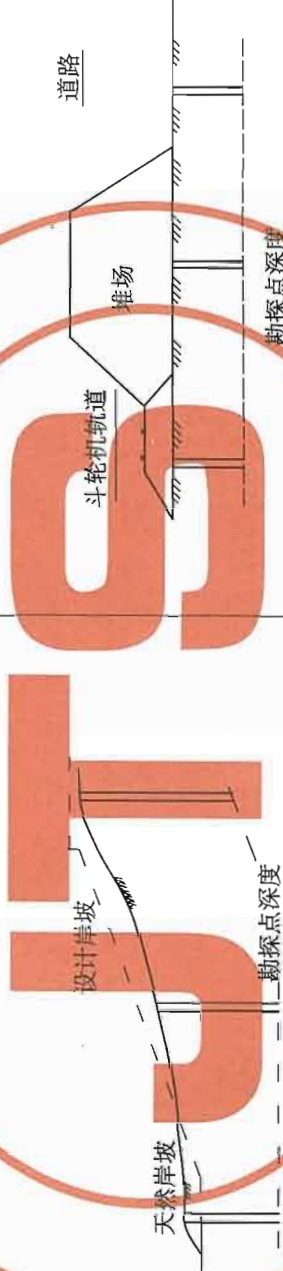
建筑物类别 项目	板桩码头	防波堤工程
港口建筑物 横断面示意图		
勘探点位及重点 取样测试区示意图		
一般结构型式	单锚板桩、双锚板桩、无锚板桩或多锚板桩	直立式、斜坡式、混合式、透空式、浮式和气压式
重点取样测试区	板桩后主动土压力区、板桩前被动土压力区、整体稳定验算区、锚碇桩、锚碇墙稳定验算区	持力层、压缩层、开挖边坡及整体稳定区
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、原位测试指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标
建筑物地基计算项目	板桩入土深度、整体稳定、锚碇结构稳定	地基承载力、沉降、基槽开挖边坡稳定、整体稳定、抗滑计算等



续表 5.4.3-3

项目	建筑物类别	港池、进港航道、锚地	港口仓库、灯塔及其他土建工程
港口建筑物示意图			
勘探点位及重点取样测试区示意图			
一般结构型式	港池：顺岸式、挖入式、突堤式； 航道：通畅航道、设闸航道； 锚地：装卸锚地、避风锚地、检疫锚地、到离港停泊锚地	条形基础、桩基础	
重点取样测试区	查明开挖深度内有无暗礁障碍物，开挖深度内取土和测试区	持力层、压缩层	
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、附着力、原位测试指标、粉土的黏粒含量	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标	
建筑物地基计算项目	开挖边坡稳定、锚着力、沉块稳定	地基承载力、沉降、单桩承载力	

续表 5.4.3-3

项目	建筑物类别	斜 坡 码 头	堆场、陆域形成工程
港口建筑物 横断面示意图			
勘探点位及重点 取样测试区示意图			
一般结构型式	单级斜坡和多级斜坡码头	天然地基道渣轨枕、桩基刺道梁	
重点取样测试区	整体稳定区、持力层及基槽边坡稳定验算区	持力层、压缩层、需地基处理影响区	
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标、排水固结指标	
建筑物地基计算项目	整体稳定、地基承载力、基槽边坡稳定	地基承载力、强度提高值、施工期固结沉降及使用期残余沉降、固结度、施工期稳定	

## 5.5 施工期勘察

### 5.5.1 下列情况应根据设计、施工的要求进行施工期勘察：

- (1) 岩溶等地质条件复杂,需进一步查明施工图设计确定的天然和人工地基位置处的地质情况时;
- (2) 基槽和进港航道开挖、打桩等施工中,出现地质情况与原勘察资料严重不符时;
- (3) 施工中遇到障碍物时;
- (4) 当需进行岩土工程检验与监测时;
- (5) 施工期中出现其他岩土工程勘察问题需进一步查明时。

### 5.5.2 施工期中的勘察应针对需解决的具体岩土工程问题,原则上按照施工图设计阶段勘察的要求,结合现场条件,合理选择勘察方法,确定勘察工作,提供相应的勘察资料,并作出分析、评价和建议。



## 6 航道工程勘察基本要求

### 6.1 一般规定

- 6.1.1** 本章适用于航道整治工程、运河开挖工程、护岸工程和航道标志工程的勘察。
- 6.1.2** 同一航道工程中包含多项工程内容时,应统筹考虑勘察方案,合理布置勘探线和勘探点。
- 6.1.3** 航道工程对原有地质环境造成影响时,应在勘察的基础上作出分析评价,并提出防治措施建议。
- 6.1.4** 施工期勘察应视设计、施工的需要进行,并应针对具体的岩土工程问题,结合具体类型的航道工程特点及施工场地的地质情况,采用合理的勘察方法和手段,确定合理的勘察工作,提供相应的勘察资料,并作出分析、评价和建议。

### 6.2 可行性研究阶段

- 6.2.1** 长河段航道整治工程和大型新线运河开挖工程,可分为预可行性研究阶段勘察和工程可行性研究阶段勘察两个阶段。
- 6.2.2** 预可行性研究阶段勘察应对场地的稳定性和建设的适宜性进行初步评价。
- 6.2.3** 预可行性研究阶段勘察应包括下列内容:
- (1)调查工程影响区域内地形、地貌,了解工程区域的工程地质、水文地质条件;
  - (2)调查搜集区域地质构造、活动性断层、地震活动和场地地震动参数;
  - (3)调查场地主要构造破碎带和不良地质作用的成因、分布、发育和性状;
  - (4)了解工程岩土组成、成因、时代、性质和分布情况;
  - (5)调查工程附近堤防地基稳定性。
- 6.2.4** 预可行性研究阶段勘察方法应符合第5.2.4条的规定。
- 6.2.5** 工程可行性研究阶段勘察应对场地的稳定性和建设的适宜性作出评价。
- 6.2.6** 工程可行性研究阶段勘察应包括下列内容:
- (1)各地貌单元、地质构造、岩土层分布及其成因类型、形成时代、产状要素、物理力学性质;
  - (2)调查地下水类型、含水层的性质,承压含水层的厚度、透水性、承压水头以及顶板和底板的位置,各含水层和地表水体的层间水力联系;
  - (3)调查不良地质作用、特殊性岩土及其特性,并做出初步评价;
  - (4)初步评价开挖边坡、护岸稳定性,并提出边坡坡率建议值。
- 6.2.7** 工程可行性研究阶段勘察应在搜集资料的基础上,根据工程要求、拟布置的主体

建筑物的位置和场地工程地质条件布置工程地质测绘和勘探测试工作。勘探点布置应符合下列规定。

**6.2.7.1** 整治筑坝工程、护滩、护底和航道浅区宜顺轴线走向布置纵向勘探线;运河开挖段沿运河两侧布置勘探线;护岸工程宜顺岸线走向布置纵向勘探线。

**6.2.7.2** 开挖边坡、护岸工程布置横向勘探线,每条线设置2个勘探点。

**6.2.7.3** 勘探点的深度,应进入持力层、冲刷深度和稳定性影响以下适当深度。

**6.2.7.4** 对地貌单元较多的场地和基岩埋藏较浅而岩性、构造复杂、岩面起伏较大的场地,勘探点宜局部加密加深。

**6.2.7.5** 勘探线、勘探点布置可按表6.2.7-1确定。

勘探线、勘探点布置表			表 6.2.7-1
工程类别	勘探线间距或勘探线条数	勘探点间距	
炸礁	50~150m	100~150m	
整治筑坝工程、护滩和航道浅区	1条	200~500m,且锁坝不少于2个,导堤不少于4个	
运河工程	地质条件复杂	1条	500~1000m
	地质条件简单	1条	1000~2000m
护岸	1条	1000~2000m	

**6.2.7.6** 勘探点的深度应根据工程规模、设计要求和岩土条件确定,勘探点的深度可按表6.2.7-2确定。

勘探点深度表			表 6.2.7-2
工程类别	一般性勘探点勘探深度	控制性勘探点勘探深度	
炸礁	达到炸礁底面以下至少5m		
整治筑坝工程	沉降和承载力影响深度以下3m	沉降和承载力影响深度以下至少5m	
运河工程	设计开挖河底高程以下至少5m		
护岸	稳定影响深度以下2~3m	稳定影响深度以下至少5m	

**6.2.8** 勘探点中控制性勘探点数量不得少于勘探点总数的1/2;取原状土孔数不得少于勘探点总数的1/3,其余勘探点应为原位测试孔;土质不易取得原状土样或土样不宜做室内试验时,可适当减少取原状土孔数量,并应增加原位测试的工作量。

**6.2.9** 取原状土样和原位测试间距等要求应按第5.3.9条的规定执行。

**6.2.10** 岩、土、水试验除进行常规试验项目外,有特殊要求时应根据工程需要确定试验项目。

**6.2.11** 对于影响方案取舍的重大工程地质问题,应进行专题勘探及试验研究工作。

### 6.3 初步设计阶段

**6.3.1** 初步设计阶段勘察应详细查明航道工程场地的工程地质、水文地质条件,提供工程场地的岩土参数并对工程场地做出岩土工程评价,满足初步设计和场地不良地质作用防治的需要。

### 6.3.2 常规勘察工作应包括下列内容:

(1)查明各地貌单元的形态、岩土类别、成因、时代、性质及其分布规律;查明与工程建设有关的地质构造及其发育特征,重点查明断裂、岩层产状、节理裂隙的分布及其特征;

(2)查明不良地质作用的类型、分布范围或边界条件、发育程度和形成原因,论证对航道工程建筑物稳定性、开挖边坡稳定性的影响程度,并提出防治措施的建议;

(3)查明地下水类型、含水层性质、补给与排泄条件、水位变化幅度;查明承压含水层厚度、透水性、承压水头以及顶板和底板位置,各含水层和地表水体的层间水力联系;查明透水层、相对隔水层分布和特性;必要时,需查明与场地外水域相通的地基透水层及各土层的孔隙水压力;

(4)分析评价地基、岸坡或边坡稳定性,提出基础型式、基础持力层和地基处理的建议;

(5)对抗震设防烈度大于等于6度的地区,涉及建筑物或坡体稳定性方面的工程,进行场地和地基地震效应的岩土工程勘察。

### 6.3.3 不同类型的航道工程勘察工作除应包括第6.3.2条的内容外,尚应包括下列内容:

(1)水下炸礁区查明覆盖层的性质和厚度及覆盖层下伏基岩的岩性、分布情况,尤其是基岩顶面高程,取样进行强度试验并确定岩石的风化程度及开挖等级,评价爆破的难易程度以及炸礁影响区内的地质环境;陆上炸礁区,除满足水下炸礁的要求外,尚需查明岩体结构、节理裂隙分布、软弱夹层以及炸礁区的微地貌;

(2)整治筑坝及护滩、护底、护岸、航道标志等工程建筑物查明场地及其相邻边坡或岸坡的岩土组成、分布及其物理力学性质,重点查明场地或岸坡、基槽的岩土性质、河床组成物性质及其冲淤特性,重点查明有无影响岸坡和工程结构稳定的软弱和不稳定土层及其分布;查明整治筑坝工程配套的设计航道内浅区岩土的冲淤特性;存在不良地质作用时分析评价建筑物场地及其邻近边坡的稳定性、地基稳定性,并做出评价;

(3)运河开挖工程查明开挖线及其边坡范围内的岩土性质及其分布,土质地段重点查明特殊性岩土的分布,岩质地段重点查明岩体的软弱夹层和缓倾角断裂、节理裂隙等的分布、规模和性质;进行陆域开挖的岩土工程分级,分析评价开挖边坡的稳定性,并提出开挖边坡坡比建议值。

### 6.3.4 勘察工作应采用工程地质调查、测绘、勘探、原位测试和室内试验相结合的方法进行,并结合场地地质条件的简单或复杂程度确定合理的方法和勘察手段,根据掌握的地质条件变化情况,及时调整勘察方法和技术要求。

### 6.3.5 勘察工作的布置应符合下列规定。

6.3.5.1 勘察工作的范围应为已确定的工程实施范围或工程建筑物场地及其影响区。

6.3.5.2 勘探点的位置、数量和深度应根据工程类型、建筑物特点、荷载情况和岩土性质综合确定。

6.3.5.3 取原状土孔的数量不少于勘探点总数的1/2,控制性勘探点的数量不少于勘探点总数的1/3。

**6.3.5.4** 勘探线和勘探点宜在比例尺为 1:1000 或 1:2000 的地形图上布置。勘探线和勘探点的间距,应根据工程要求、地貌特征、岩土分布、不良地质作用发育情况等确定。勘探线、勘探点的布置可按表 6.3.5-1 确定。

勘探线、勘探点布置表 表 6.3.5-1

工程类别		勘探线、勘探点 布置方法	勘探线距或条数		勘探点距或点数	
			地质条件 简单	地质条件 复杂	地质条件 简单	地质条件 复杂
炸礁	陆上炸礁	平行礁石长轴线方向 布置	50 ~ 100m		50 ~ 100m	
	水下炸礁	根据礁石具体分布状 况布置	根据礁石具体分布状况确 定,地形起伏大者线距不大 于 50m		根据礁石顶面形状和有无 覆盖层确定,复杂者间距 25 ~ 50m	
整治筑 坝和护 滩、护 底、航 道浅区	丁坝、顺坝、护 滩、护底、锁坝	平行长轴线方向的纵 向布置及垂直长轴线方 向的横向布置	每道 1 条纵向勘探线和若 干条横向勘探线		纵向 100 ~ 300m 且不少于 2 个,横向每条不少于 2 个	
	导堤		每道 1 条纵向勘探线和若 干条横向勘探线		纵向 100 ~ 300m,横向每条 不少于 3 个	
	航道浅区	—	1 条纵向勘探线及适当的横 向勘探线		纵向不大于 500m,当地质 条件复杂时,横向 1 ~ 2 个	
运河开挖		平行岸线的纵向布置 及垂直岸线的横向布置	纵向 1 ~ 2 条勘探线,横向 若干条		纵向点距 200 ~ 500m,横向 每条 3 个	
护岸	斜坡式	平行岸线的纵向布置 及垂直岸线的横向布置	纵向 1 条勘探线,横向若 干条		纵向点距 200 ~ 500m,横向 每条 2 个,坡顶坡脚各 1 个	
	直立式和混合式	沿护岸纵向布置	1 条	2 条	100 ~ 300m	50 ~ 100m
		垂直岸线方向布置	200 ~ 1000m	100 ~ 200m	20 ~ 50m	不大于 20m
大型航 道标志	塔型标	塔基处呈等边三角形	—		3 个,遇基岩时 1 ~ 2 个	
	大型标牌	在两只牌脚处布置	—		各 1 个	

注:①勘察对象中的丁坝、顺坝、护滩、护底,坝体长度大于 500m 取大值或适当增加;

②锁坝坝体高大者取大值;

③四级及以下航道工程和小窄沟上的锁坝工程勘探线、勘探点间距可适当放宽;

④斜坡式护岸,在岩土层地质结构复杂和近岸有幽沟地段,适当增加勘探点。

**6.3.5.5** 勘探点深度应根据工程特点、设计要求和岩土条件确定,勘探点的深度要求可按表 6.3.5-2 确定。

**6.3.5.6** 取样间距、取样要求应满足下列要求:

(1)炸礁工程每种岩石取 3 组,只有一种岩石时,取样间距为 2 ~ 3m;

(2)整治筑坝工程根据实际情况,钻孔取样以能判明床面下地层分层界面及各自特性为原则;



(3)运河开挖、护岸及大型航道标志工程取样间距取1~1.5m,运河设计常水位以及护岸基础底面高程附近及其上下层位均为重点取样部位,斜坡式护岸工程在危险滑动面附近酌情加密。

勘探点深度要求表 表 6.3.5-2

工 程 类 别			一般性勘探点勘探深度	控制性勘探点勘探深度
炸礁			炸礁底面以下 2 ~ 3m	—
整治 筑坝	丁坝、顺坝、 护滩、护底、 锁坝、导堤		筑坝区的孔深应满足地基承载力和建筑物沉降量的要求,且低于极限冲刷面 2 ~ 3m	应考虑坝体规模、岩土条件等综合因素以满足抗滑稳定性验算需要,且孔深低于潜在滑面 3 ~ 5m
	航道浅区		设计航槽底面以下 2 ~ 3m	—
运河开挖			设计开挖河底面以下 1 ~ 3m	—
护岸	斜坡式		危险滑动面以下 2 ~ 3m	危险滑动面以下 3 ~ 5m
	直立式和 混合式	重力式	基础底面以下 1.5 ~ 2.0 <i>H</i>	基础底面以下不小于 2 <i>H</i> 且不大于 30m
		板桩式	桩尖以下 3 ~ 5m	桩尖以下 8m
大型航 道标志	塔型标		10 ~ 15m,遇基岩钻透强风化层	遇不良地层时需适当加深
	大型标牌		10m,遇基岩钻透强风化层	

注:①H为拟建护岸的高度(m);  
②岸坡地面高差较大时,位于高处勘探点的深度应达到与其相邻的低处勘探点地面下适当深度,使地质剖面图上地层能相互衔接;  
③运河开挖工程遇岩溶地层时,其控制性孔深应穿过表层岩溶发育带。

6.3.5.7 原位测试和室内试验应满足下列要求:

- (1)碎石类土做重型或超重型圆锥动力触探试验,黏土、粉土、砂土作标准贯入或静力触探试验;
- (2)黏性土室内试验做常规物理力学性质试验;砂性土做颗粒分析、天然密度、相对密度等试验,其中运河开挖及护岸工程砂性土需测定其渗透系数;碎石土做天然密度、颗粒分析;岩石做天然、饱和单轴抗压强度试验;需对粉土进行液化判别时,采用比重计法进行颗粒分析。

6.4 施工图设计阶段

- 6.4.1 施工图设计阶段勘察应在初步设计阶段勘察的基础上进一步查明场地的工程地质、水文地质条件,对工程场地作出岩土工程评价,提供施工图设计、施工所需的岩土参数,满足施工图设计、施工及不良地质作用防治的需要。
- 6.4.2 勘察的范围、内容、工作量应根据设计需要或尚存在的具体地质问题确定。勘察的方法、手段应参照第6.3节的有关规定执行。新线运河开挖工程的勘探线、勘探点的布置宜取表6.3.5-1中的下限值并适当加密。
- 6.4.3 新线运河开挖工程应详细查明已定新线运河沿线的工程地质、水文地质条件,并根据施工图设计方案详细核查前阶段勘察资料的符合性和有效性,根据实际需要重点

工程地质问题进行专门的勘探及试验研究工作。

6.4.4 新线运河开挖工程施工图设计阶段勘察应符合下列规定。

6.4.4.1 勘探线应在前阶段勘察的基础上,针对工程地质条件复杂的区段沿运河的两侧加密布置,勘探点间距可按表 6.4.4 确定。

新线运河开挖工程施工图设计阶段勘探点布置要求		表 6.4.4
地质条件复杂程度	工程地质条件	勘探点间距
复杂	地形有起伏,地貌单元较多,岩土性质有变化	50 ~ 150m
简单	地形平坦,地貌单一,岩土性质单一	100 ~ 300m

- 6.4.4.2 勘探点深度应符合第 6.3.5.5 款的规定。
- 6.4.4.3 取样间距、取样要求应符合第 6.3.5.6 款的规定。
- 6.4.4.4 原位测试与室内试验应符合第 6.3.5.7 款的规定。

## 7 渠化工程勘察基本要求

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 本章适用于天然河流的渠化工程、运河和湖泊的航运枢纽工程。

**7.1.2** 渠化工程勘察的范围应包括枢纽建筑物、大型临时工程的勘察,渠化河段、变动回水区和枢纽下游近坝河段的勘察。

**7.1.3** 渠化工程勘察必须加强对坝址区及渠化河段不良地质作用的勘察,对工程无法避开的不良地质作用,应进行详细勘察,作出评价并提出处理意见。

**7.1.4** 临时码头的勘察应符合第5章的有关规定。渠化河段岸坡稳定性、变动回水区和枢纽下游近坝河段的勘察应符合第6章的有关规定。渠化河段防洪排涝工程的勘察应按现行国家标准《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50487)的有关规定执行。

### 7.2 预可行性研究阶段

**7.2.1** 预可行性研究阶段勘察应为渠化工程选定梯级方案、拟定比选坝址提供岩土勘察资料。

**7.2.2** 预可行性研究阶段勘察应包括下列主要内容:

- (1) 了解与渠化工程有关的区域地质与地震情况;
- (2) 调查坝址区工程地质条件及水文地质条件,重点了解与坝基有关重大工程地质问题,论证坝址建坝的可能性;
- (3) 了解渠化河段、变动回水区和枢纽下游近坝河段工程地质条件,重点了解有无产生重大的边坡失稳和严重浸没、渗漏等工程地质问题;
- (4) 对天然建筑材料进行普查。

**7.2.3** 坝址区勘察方法与布置应符合下列规定。

**7.2.3.1** 坝址区本阶段勘察方法,应以搜集、分析现有资料和现场踏勘为主,搜集资料内容应包括 1:200000 或较大比例尺的区域地质图和有关的工程地质、水文地质资料。已有资料不能满足要求时,宜进行工程地质调查或测绘,必要时应布置少量勘探测试工作。

**7.2.3.2** 工程地质测绘比例尺,峡谷区可选用 1:10000 ~ 1:5000,丘陵平原区可选用 1:25000 ~ 1:10000。测绘范围应包括比选坝址、绕坝渗漏的岸坡地段,以及附近低于水库水位的垭口、故河道等。

**7.2.3.3** 坝址勘探可在各初拟坝址区选择 1~2 条具有代表性的横河向工程地质剖面线,进行剖面测绘以及物探、坑探和槽探等勘探工作,并结合测绘和物探成果布置 2~3 个钻孔。河床控制性钻孔深度宜不小于坝高的 1.5 倍,并应控制中风化岩石或隔水层的

埋深。

**7.2.3.4** 岩土的物理力学性质指标可用工程地质类比法确定,必要时应对坝区主要岩土体取样进行岩矿鉴定和室内物理力学试验。

**7.2.4** 渠化河段、变动回水区和枢纽下游近坝河段的勘察方法与布置应符合下列规定。

**7.2.4.1** 勘察方法应以搜集、分析现有资料和现场踏勘为主,搜集资料内容应包括渠化河段的区域地质图、航道图和有关的工程地质、水文地质资料。已有资料不能满足要求时,宜进行工程地质调查或测绘,必要时布置少量勘探测试工作。

**7.2.4.2** 工程地质测绘比例尺可选用 1:100000~1:50000;测绘范围应包括渠化河段内的所有工程建筑物,并满足梯级方案研究的需要。

**7.2.4.3** 不同地貌单元和护岸、裁弯等工程地段可布置勘探坑、勘探孔。

**7.2.4.4** 岩土的物理力学性质指标可采用工程地质类比法确定,根据需要应进行少量试验验证。

### 7.3 可行性研究阶段

**7.3.1** 可行性研究阶段勘察应在各比选坝址及相关河段上进行,为选定坝址、初拟枢纽建筑物总体布置和建筑型式以及渠化河段的工程地质问题的研究提供岩土勘察资料,并作出评价。

**7.3.2** 可行性研究阶段勘察应包括下列主要内容:

- (1)初步查明地形地貌、地质构造、地震,并对场地的稳定性作出初步评价;
- (2)初步查明岩土层的分布及性质、不良地质作用和特殊性岩土的分布及特征,并对枢纽建筑物的地基和边坡稳定以及渠化河段的岸坡稳定等工程地质条件作出初步评价;
- (3)初步查明水文地质条件,对枢纽建筑物可能产生的渗漏和渗透稳定问题以及渠化河段可能产生的渗漏和浸没问题作出初步评价;
- (4)对天然建筑材料进行初查。

**7.3.3** 勘察方法应符合下列规定。

**7.3.3.1** 各建筑物及相关河段应全线或分段布置勘探剖面线,宜采用物探、钻探、坑探、硐探等方法。钻孔深度应满足防渗要求。

**7.3.3.2** 各比选坝址应布置一条主要勘探剖面;推荐坝址沿河流方向应布置勘探剖面,勘探钻孔间距应根据需要确定;对影响坝址选择的重要地质现象,应根据需要布置专题勘探。

**7.3.3.3** 岩基应进行钻孔压水或注水试验测定岩体透水率或渗透系数,第四纪沉积物应进行钻孔抽水或注水试验测定渗透系数,存在集中渗漏的地带应进行连通试验。

**7.3.3.4** 勘察宜采用物探方法探测覆盖层厚度、岩土风化程度、地下水位、故河道、隐伏断层、岩溶洞穴、地下采空区、地下构筑物 and 地下管线等。

**7.3.3.5** 勘察期间应进行地下水动态观测,对推荐的坝址应布置地下水长期观测孔。影响坝址选择的潜在不稳定岸坡应进行岸坡位移变形观测,观测线应在平行和垂直可能位移变形的方向布置。



**7.3.3.6** 岩土物理力学性质参数可根据室内试验和原位测试成果结合工程地质类比法确定,对特殊性岩土宜进行专项试验。

**7.3.4** 工程地质测绘应符合下列规定。

**7.3.4.1** 工程地质测绘范围应包括各比选坝线和渠化河段及其工程影响区域。

**7.3.4.2** 坝址区的工程地质测绘比例尺可选用 1:5000 ~ 1:2000,渠化河段的工程地质测绘比例尺可选用 1:10000 ~ 1:5000,渠化河段重点勘察区域的工程地质测绘比例尺可选用 1:5000 ~ 1:1000。

**7.3.5** 勘察工作的布置应符合下列规定。

**7.3.5.1** 勘探点的位置、数量和深度应根据工程类型、建筑物特点、基础类型、荷载情况和岩土性质,结合所需查明的问题综合确定。取原状土孔的数量应不少于勘探孔总数的 1/2,其余应为原位测试孔;勘探孔中,控制性钻孔数量应不少于勘探孔总数的 1/3。峡谷区坝址两岸坝肩部位应布置平硐。对每个地貌单元和拟布置重要建筑物区至少应有 1 个控制性勘探孔。

**7.3.5.2** 勘探线、勘探孔的布置可按表 7.3.5-1 确定。

勘探线、勘探孔布置表

表 7.3.5-1

工程类别	勘探线数量及间距	勘探孔间距
挡水及泄水建筑物	横河向主勘探线不少于 1 条,间距 100 ~ 300m	100 ~ 200m
	河床部位顺河向不少于 1 条,间距 150 ~ 300m	50 ~ 150m
通航建筑物	顺河向 2 ~ 3 条	100 ~ 200m
	横河向不少于 3 条	50 ~ 200m
渠化河段的可能渗漏及浸没区	沿渗流方向不少于 1 条	勘探孔不少于 3 个,间距 50 ~ 100m

注:①岩基区的枢纽建筑物物探剖面线应结合钻探剖面线布置;

②挡水及泄水建筑物的横河向主勘探线,在不同地貌单元和两岸坝肩附近均有钻孔控制,钻孔总数不少于 5 个,河床部分钻孔不少于 2 个;

③勘探平硐应垂直岸坡走向布置;

④渠化河段的护岸工程、变动回水区和枢纽下游近坝河段的勘探应符合第 6 章的有关规定。

**7.3.5.3** 勘探孔的深度应根据工程规模、设计要求和岩土条件确定,勘探孔的深度可按表 7.3.5-2 确定。

**7.3.5.4** 取原状土样和原位测试间距等要求应按第 5.3.9 条的规定执行。基岩应根据构造破碎情况和风化程度采取岩石样,取样长度和密度应满足试验和数理统计的要求。

**7.3.5.5** 岩、土、水试验除进行常规试验项目外,有特殊要求时应根据工程需要确定试验项目。

**7.3.6** 水文地质勘察应满足下列要求:

(1) 进行水文地质观测,对地表水、地下水取样做水质分析,评价水对混凝土的腐蚀性。存在承压含水层时,初步查明承压含水层厚度、透水性、承压水头以及顶板和底板位置。

(2) 坝址、船闸等工程场地及其影响范围内水文地质条件复杂时,在覆盖层中进行抽水、注水试验,在钻孔的基岩段进行分段压水试验。

勘探孔深度表

表 7.3.5-2

工程类别	一般性勘探孔深度		控制性勘探孔深度	
	岩基	土基	岩基	土基
挡水及泄水建筑物	进入中风化岩 1 倍坝高,且不小于 10m	建基面以下 1~1.5 倍坝高或闸底宽度,且入相对隔水层 5~10m	进入中风化岩 1 倍坝高,且不小于 15m	建基面以下 1.5 倍坝高或闸底宽度,且入相对隔水层不小于 10m
通航建筑物	建基面以下中风化岩 3~5m	建基面以下 1~1.5 倍基础底宽,且入相对隔水层 5~10m	建基面以下中风化岩 5~10m	建基面以下 1.5 倍基础底宽,且入相对隔水层 5~10m
渠化河段的渗漏及浸没区	相对隔水层顶板以下 3~5m			

注:①岩基是指在工程影响深度内基岩上覆盖层薄或无覆盖层,土基是指在工程影响深度内全为土层;

②勘探点深度应满足防渗设计和稳定性分析要求;

③岩溶地区勘探点深度应根据具体情况确定;

④勘探平硐深度应不小于 1 倍坝高;

⑤渠化河段的护岸工程、变动回水区和枢纽下游近坝河段的勘探应符合第 6 章的有关规定;

⑥建基面为拟建建筑物基础底面。

### 7.3.7 物探应符合下列规定。

7.3.7.1 物探方法应根据勘察目的及地形、地质条件和岩土体物理特性等确定。

7.3.7.2 物探测线宜结合勘探剖面布置,并应充分利用钻孔进行综合测试。

7.3.7.3 坝址两岸平硐应进行岩体弹性波测试。

## 7.4 初步设计阶段

7.4.1 初步设计阶段勘察应在选定的坝址及渠化河段上进行,为选定坝线、确定通航建筑物的布置和结构设计、地基处理,渠化河段的岸坡防护、航道整治以及大型临时工程的布置和设计等提供工程地质资料。

7.4.2 初步设计阶段勘察应包括下列内容:

(1)查明工程及影响范围的地形地貌、地质构造、地震、岩土体分布特征及其物理力学性质;

(2)查明地下水活动特点,承压含水层厚度、透水性、承压水头以及顶板和底板位置,透水层、相对隔水层的分布和特性;对闸室等提供抗浮设计参数并作出评价;

(3)查明各类岩土层及软弱结构面的分布与组合、坝基岩土的渗漏特征等工程地质问题和不良地质作用,分析评价其对坝基、闸基及边坡稳定和渗漏的影响;

(4)查明渠化河段可能浸没区和可能坍岸区工程地质条件,对浸没区和坍岸区作出评价;

(5)查明导流明渠、围堰等大型临时工程的工程地质条件,对堰基渗漏与稳定性、导流明渠岩土体抗冲刷性、开挖边坡稳定性等作出评价;

(6)对抗震设防烈度大于等于 6 度的场地,进行场地和地基的地震效应勘察并作出评价;

(7)对天然建筑材料进行详查。

**7.4.3** 勘察方法除应符合第 7.3.3 条规定外,岩溶地区宜增加钻孔密度和深度,并加强水文地质勘察和试验工作。勘察过程中应根据掌握的地质条件变化情况,及时调整勘察方法和技术要求。

**7.4.4** 工程地质测绘应符合下列规定。

**7.4.4.1** 工程地质测绘范围应包括坝线和渠化河段及其工程影响区域。

**7.4.4.2** 岩基区的坝址区工程地质测绘比例尺可选用 1:2000 ~ 1:1000;土基区的坝址区工程地质测绘比例尺可选用 1:5000 ~ 1:2000;重点勘察的渠化河段和变动回水区河段、坝下近坝河段工程地质测绘比例尺可选用 1:2000 ~ 1:1000;地质条件复杂的坝址区、渠化河段的不稳定边坡及礁石区工程地质测绘比例尺可选用 1:1000 ~ 1:500。

**7.4.5** 勘察工作的布置应符合下列规定。

**7.4.5.1** 勘探点的位置、数量和深度应根据工程类型、建筑物特点、基础类型、荷载情况和岩土性质,结合所需查明的问题综合确定;对每个地貌单元和拟布置重要建筑物区至少应有 1 个控制性勘探孔;峡谷区坝址两岸坝肩部位宜分高程布置平洞。

**7.4.5.2** 取原状土孔的数量应不少于勘探孔总数的 1/2,其余应为原位测试孔;勘探孔中控制性钻孔数量应不少于勘探孔总数的 1/3。

**7.4.5.3** 勘探线宜平行于水工建筑物长轴方向布置;勘探线和勘探点的间距,应根据工程要求、地貌特征、岩土分布、不良地质作用发育情况等确定,可按表 7.4.5-1 确定勘探线、勘探点的布置。在岸坡地段和岩石与土层组合地段宜适当加密布置横断面。

勘探线、勘探孔布置表

表 7.4.5-1

工程类别		勘探线布置方法	勘探线数量及间距	勘探孔间距	
				岩基	土基
挡水及泄水建筑物		横河向	不少于 2 条,间距 30 ~ 100m	30 ~ 50m	50 ~ 100m
		顺河向	不少于 2 条	30 ~ 100m	30 ~ 100m
通航建筑物及引航道	闸首	横河向	上下闸首各 2 条	20 ~ 30m	
	闸室	沿两侧闸墙	每个闸室 2 条	30 ~ 50m	
		垂直闸墙	不少于 1 条,间距 80 ~ 100m	20 ~ 30m	
	导航墙	沿导航墙	每线导航墙 1 条	30 ~ 50m	50 ~ 100m
	靠船墩	沿靠船墩轴线	每线靠船墩 1 条	逐墩或隔墩布置	隔墩或隔两墩布置
	引航道	沿引航道两侧	上下游各 2 条	50 ~ 100m	100 ~ 150m
垂直引航道		上下游各 2 ~ 3 条	30 ~ 50m	50 ~ 100m	
渠化河段的渗漏及淹没区		平行渗流方向	不少于 1 条,间距 200 ~ 500m	间距 50 ~ 100m,并不少于 3 个	
大型临时工程	导流明渠	沿导流明渠两侧	两侧各 1 条	间距 100 ~ 150m,并不少于 3 个	
	围堰	沿围堰中心线	不少于 1 条	间距 50 ~ 150m,并不少于 3 个	

注:①根据具体勘探要求、场地微地貌、地层岩土性质和层面起伏变化、有无不良地质作用及对场地工程条件的研究程度等可参照本表综合确定勘探间距;

②勘探平洞垂直岸坡走向,宜每隔 30 ~ 50m 高差布设一层;

③通航建筑物的闸首、闸室及导航墙勘探孔布置应符合第 9.3 节的有关规定;

④导流明渠存在开挖边坡或围堰存在堰基稳定问题时,应适当布置横向勘探线。



**7.4.5.4** 勘探孔的深度应根据工程规模、设计要求和岩土条件确定,并应满足防渗要求。勘探孔的深度可按表 7.4.5-2 确定。岩溶地区孔深应穿透各层溶洞,进入完整岩层深度不小于 10m。对受侵蚀的渠化河段的控制性勘探孔,孔深应进入最低冲刷侵蚀线以下不小于 10m。

勘 探 孔 深 度

表 7.4.5-2

工 程 类 别		一般性勘探孔深度		控制性勘探孔深度	
		岩基	土基	岩基	土基
挡水及泄水建筑物		进入中风化岩 1 倍坝高,且不小于 10m	建基面以下 1~1.5 倍坝高或闸底宽度,且进入相对隔水层 5~10m	进入中风化岩 1 倍坝高,且不小于 15m	建基面以下 1.5 倍坝高或闸底宽度,且进入相对隔水层不小于 10m
通航建筑物及引航道	闸首	建基面以下中风化岩 3~5m	建基面以下 1~1.5 倍基础底宽,且进入相对隔水层 3~5m	建基面以下中风化岩 5~10m	建基面以下 1.5 倍基础底宽,且进入相对隔水层不小于 10m
	闸室				
	导航墙	建基面以下中风化岩 3~5m	建基面以下 1~1.5 倍基础底宽	建基面以下中风化岩 5~10m	建基面以下 1.5 倍基础底宽
	靠船墩	建基面以下中风化岩 3~5m	建基面以下持力层 5~10m	建基面以下中风化岩 5~10m	建基面以下持力层 10~15m
	引航道	设计航道底高程以下 2~3m	设计航道底高程以下 3~5m	—	—
渠化河段的渗漏及浸没区		进入相对隔水层 3~5m			
大型临时工程	导流明渠	设计导流明渠底高程以下 2~3m	设计导流明渠底高程以下 3~5m	—	—
	围堰	建基面以下中风化岩 5~8m	建基面以下 1.5 倍堰高,且进入相对隔水层 5~8m	建基面以下中风化岩 8~10m	建基面以下 2 倍堰高,且进入相对隔水层 8~10m

注:①预定深度内遇松软土层时,一般性勘探点根据情况可适当增加深度,控制性勘探点应穿透松软土层;

②勘探深度内遇到极软岩时,勘探点深度控制原则可参照土基;

③勘探平洞长度不应小于 1 倍坝高。

**7.4.5.5** 取岩土试样和原位测试间距应按第 7.3.5.4 款规定执行。

**7.4.5.6** 岩、土、水试验除进行常规试验项目外,应根据工程需要增加渗透变形、高压固结等特殊试验项目。

**7.4.5.7** 控制坝基、坝肩稳定和变形的岩土层必要时应进行原位变形试验和剪切试验。其试验数量应根据岩土层分布、岩性、产状、软弱结构面及其组合特征、地下水渗流特性等因素决定,剪切试验不宜少于 2 组,变形试验不宜少于 3 点。

**7.4.6** 水文地质勘察工作的布置应根据水文地质复杂程度确定,勘察内容应符合第 7.3.6 条的规定。

**7.4.7** 物探工作应根据勘探目的并结合勘探剖面布置,物探方法和内容应符合第 7.3.7

条的规定。

## 7.5 施工图设计阶段

**7.5.1** 施工图设计阶段勘察应在审定的建筑物场地和确定的工程部位进行,复核前期勘察的地质资料和结论,对前阶段尚未查清或因设计的深化需要查清的工程地质问题应进行专题勘察,为本阶段设计提供工程地质资料。

**7.5.2** 施工图设计阶段勘察应包括下列主要内容:

- (1)查明初步设计审查时要求进一步论证的工程地质问题;
- (2)查明各建筑物设计中需要进一步解决的专题工程地质问题;
- (3)查明大型临时工程的工程地质条件;
- (4)必要时对天然建筑材料进行核查。

**7.5.3** 施工图设计阶段勘察应符合下列规定。

**7.5.3.1** 对枢纽主体建筑物部位,应根据审查提出的要求或设计工作的实际需要进行勘察,进一步论证和解决工程地质问题。勘察重点宜放在与建筑物基础、边坡有关的地质问题上。

**7.5.3.2** 对围堰、导流、施工通航以及其他大型临时工程,宜根据初步设计审定的方案进行勘察,勘察内容应包括必要的补充勘探、水文地质试验,以及围堰等大型临时工程的用料勘查。

**7.5.3.3** 天然建筑材料的储量或质量需要进一步核实时,应按详查要求进行核查。

**7.5.3.4** 勘探应以钻探为主,勘探工作的布置原则和勘探深度应符合第7.4.5条的规定。地质条件复杂,且初步设计阶段尚未查清的工程地质问题,勘探孔应在初步设计阶段勘探间距的基础上加密布置。

**7.5.3.5** 原位测试和取样试验应根据岩土体物理力学参数复核的需要进行,并结合前期的试验成果进行统计,其试验数量应满足数理统计的要求。

## 7.6 施工期勘察

**7.6.1** 施工期勘察应结合工程施工的全过程进行,为渠化工程的施工服务,并为工程的设计和施工变更、竣工验收与运行管理提供岩土工程勘察资料。

**7.6.2** 施工期勘察应包括下列主要内容:

- (1)在建筑物基坑和边坡开挖过程中连续进行施工地质编录;
- (2)检验前期的勘察资料,必要时进行勘探测试;
- (3)进行地质观测和预报可能出现的地质问题;
- (4)从工程地质角度提出优化设计和施工方案的建议;
- (5)参加与地质有关的工程验收;
- (6)提出运行期工程地质监测内容、布置方案和技术要求的建议。

**7.6.3** 施工期勘察的具体内容和方法应满足下列要求:

- (1)施工地质编录的内容包括各建筑物地基和边坡的岩土层性状和空间分布,基坑



和边坡的渗水和稳定情况,岩体的风化情况、断层和裂隙情况,岩溶洞穴形状及其填充物,以及地下水等;编录的方法包括采用测绘、素描、摄影和视频资料等,并作必要的文字记述;

(2)通过开挖工作面对开挖深度、基面高程、地基完整性和强度、边坡状况等进行观察、检验,必要时采用原位测试或室内试验复核岩土的物理力学性质,对前期勘察成果进行校核、修正和补充;

(3)对施工过程中发现的必须查清但前期尚未查清的工程地质问题和新出现的工程地质问题,提出勘察方案并实施;

(4)对基坑和边坡开挖中可能出现的边坡失稳、渗透性破坏以及其他影响施工的工程地质问题,提出预防和处理措施、监测和预报方法的建议;

(5)结合开挖和浇筑的不同阶段参加工程验收,特别是基坑或基槽底开挖并清理至预定基面时进行鉴定,从工程地质角度提出验收意见;验收前提交地质平面图、剖面图以及相应的文字说明;

(6)编写施工期勘察日志和简报,勘察资料及时进行整理,必要时按工点或分阶段提交施工期勘察成果;

(7)勘察成果的内容主要包括工程地质条件、前期勘察的结论、揭露的实际地质情况和主要工程地质问题、对地质勘察成果的修正和补充及其依据、地基和围岩处理措施、工程地质评价、工程地质监测建议、验收意见等,并附必要的图表、照片和视频资料。

## 8 修造船厂水工建筑物勘察基本要求

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 本章适用于船坞、船台、滑道、舾装码头及施工围堰等水工建筑物的勘察。
- 8.1.2 修造船厂舾装码头勘察应符合第5章的有关规定。
- 8.1.3 施工期勘察应符合第5.5节的有关规定。

### 8.2 可行性研究阶段

8.2.1 可行性研究阶段勘察应根据工程的特点及其技术要求,通过搜集资料、现场踏勘、工程地质调查、勘探、岩土水试验和原位测试等,初步查明场地的岩土工程条件,对场地的稳定性和建筑的适宜性作出基本评价,为确定场地的建设可行性提供岩土工程勘察资料。

8.2.2 可行性研究阶段勘察应包括下列内容:

- (1)划分地貌单元,调查研究海岸、河段类型、岸坡形态与冲淤变化;
- (2)调查地层成因、时代,岩土性质与分布;
- (3)调查对场地稳定性有影响的地质构造和地震情况;
- (4)调查不良地质作用和特殊性岩土;
- (5)调查地下水类型、含水层性质、地下水与地表水的水力联系和动态变化;
- (6)调查岸坡的整体稳定性;
- (7)根据需要对陆域形成、地基处理的适宜性进行岩土工程评价。

8.2.3 可行性研究阶段勘察应在搜集相关资料的基础上综合布置工程地质测绘、勘探、原位测试和岩土水试验等工作。勘探与原位测试的布置应符合下列规定。

8.2.3.1 垂直岸向或平行主要建筑物的长轴方向宜布置不少于2条勘探线,线距不宜大于150m,线上勘探点间距不宜大于100m;岩土层复杂时,宜适当加密。

8.2.3.2 勘探点应进入持力层内适当深度。

8.2.3.3 原状样取样间距和标准贯入试验间距宜取1.5~2.0m。

8.2.4 对于影响拟建场地取舍的重大工程地质问题应进行专项勘察。

### 8.3 初步设计阶段

8.3.1 初步设计阶段勘察应在已选定的场地上进行,为合理地确定总平面布置、建筑物结构型式、基础类型、不良地质作用的防治和施工方法提供岩土工程勘察资料。

8.3.2 初步设计阶段勘察应包括下列内容:

- (1)初步查明岩土层性质、分布、成因类型；
- (2)查明与工程有关的地质构造和地震情况；
- (3)查明不良地质作用的分布范围、发育程度和形成原因；
- (4)初步查明地下水类型、含水层性质,调查水位变化幅度、补给与排泄条件；
- (5)对于抗震设防烈度大于等于 6 度的场地应进行场地和地基土的地震效应评价；
- (6)分析场地各区段岩土工程条件,推荐适宜建设地段、基础形式和基础持力层,对地基处理给出建议。

**8.3.3** 初步设计阶段勘察应根据工程类别和要求、拟建建筑物的总平面布置及场地条件等,综合布置工程地质测绘、钻探、岩土水试验及多种原位测试等勘察工作,并应符合下列规定。

**8.3.3.1** 工程地质测绘比例尺宜为 1:2000 ~ 1:1000。测绘工作应以区域地质资料为基础,查明场区地貌、地层、地质构造、地下水和不良地质作用与环境工程地质问题;并应重点查明河海动力地质作用对岸坡稳定的影响,软弱岩土、软弱结构面、不良地质作用、淹埋的河、湖、沟谷等的分布及其对工程的影响。

**8.3.3.2** 勘探与原位测试工作的布置应满足下列要求：  
(1)勘探线垂岸向或平行于主建筑物长轴方向布置,岸坡区勘察点较相邻的水域和陆域适当加密;勘探线、勘探点的间距按表 8.3.3-1 确定；

勘探线、勘探点布置表					表 8.3.3-1
工 程 类 别			勘探线距或条数		勘探点距(m)
			岩土层简单	岩土层复杂	
船 塢	5 万吨级以上	纵断面	2~4 条	4~5 条	30~50
		横断面	50~75m	30~50m	
	5 千至 5 万吨级	纵断面	2~3 条	3~4 条	60~90
		横断面	2~4 条	4~5 条	
	5 千吨级以下	纵断面	2 条	2~3 条	60~90
		横断面	2 条	2~3 条	
船台			1~2 条	2~3 条	60~90
滑道			1~3 条		60~90
施工围堰			1 条		50~100

- (2)勘探点的深度根据工程类型和规模结合场地岩土条件,按表 8.3.3-2 确定；
- (3)勘探点中控制性勘探点数量不少于勘探点总数的 1/4;取原状土孔数不少于勘探点总数的 1/2,其余勘探点为原位测试孔;对每个地貌单元和拟布置重要建筑物区至少有一个控制性勘探点；
- (4)取原状土样间距为 1.0 ~ 2.0m,主要土层均有足够数量的代表性原状土样;其相关有效试验参数的数量能满足数理统计的要求;地层厚度较大且土质均匀时适当放宽取样间距;地层变化时及时取样；
- (5)根据岩土性质和工程需要选择适宜的原位测试项目及数量。

勘探点深度表

表 8.3.3-2

工程类别		一般性勘探点勘探深度(m)	控制性勘探点勘探深度(m)
船坞 船台	5万吨级以上	40~60	60~80
	5千至5万吨级	35~55	55~65
	5千吨级以下	25~40	40~50
滑道		20~40	40~50
施工围堰		20~30	30~40

注:①预定勘探深度内遇基岩时,一般性勘探点深度钻入标准贯入击数大于 50 的风化岩层中不少于 1m,控制性勘探点深度钻入标准贯入击数大于 50 的风化岩层中不少于 3m 或预计以风化岩为持力层的桩端以下不少于 5m;

②预定勘探深度内遇到密实砂层和碎石土层时,一般性勘探点达到密实砂层和碎石土层内的深度,砂层不少于 10m,碎石土层不少于 3m;控制性勘探点达到密实砂层和碎石土层内深度,按一般勘探点深度增加 5~8m;

③预定勘探深度内遇到坚硬的老黏性土时,深度酌减,一般性勘探点达到坚硬的老黏性土层内深度,水域不少于 10m,陆域不少于 5m;控制性勘探点达到坚硬的老黏性土层内的深度,按一般勘探点深度增加 5~8m;

④预定勘探深度内遇松软土层时,控制性勘探点穿透松软土层,一般性勘探点根据具体情况增加勘探深度;

⑤预定勘探深度内遇到溶洞,穿透各层溶洞,进入底板以下完整岩层厚度 3~5m;

⑥对受侵蚀的江、河岸坡段的控制性勘探孔,孔深进入附近河床深泓线以下不少于 5m;

⑦船坞部位的控制性勘探点深度要满足渗流计算的要求。

**8.3.3.3 岩、土、水试验**除进行常规试验项目外,有特殊要求时应根据工程需要确定试验项目;船坞部位的含水层渗透系数应采用抽水试验确定。

## 8.4 施工图设计阶段

**8.4.1 施工图设计阶段勘察**应查明建筑场地岩土工程条件,提供相应阶段地基基础设计、施工所需的岩土参数,对建筑地基做出岩土工程评价,并提出地基类型、基础型式、陆域形成、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等设计、施工中应注意的问题和建议。

**8.4.2 施工图设计阶段勘察内容**应符合第 5.4.2 条的规定。

**8.4.3 施工图设计阶段勘察工作的布置**应符合下列规定。

**8.4.3.1 勘察工作**应采取勘探、取样试验、原位测试相结合的方法。

**8.4.3.2 勘探点的位置、数量和深度**应根据工程类型、建筑物特点、基础类型、荷载情况和岩土性质,结合所需查明的问題综合确定。

**8.4.3.3 取原状土孔的数量**应不少于勘探点总数的 1/3,其余应为原位测试孔。控制性勘探点的数量应不少于勘探点总数的 1/6。

**8.4.3.4 勘探线和勘探点**宜布置在比例尺不小于 1:1000 的地形图上,线距和点距可按表 8.4.3-1 确定。

**8.4.3.5 勘探点的勘探深度**应满足下列要求:

(1)一般性勘探点勘探深度能满足查明地基持力层情况,参照表 8.4.3-2 确定;

(2)控制性勘探点的勘探深度尚需满足查明下卧岩土层情况,作变形计算时要满足



地基变形计算深度；

(3)对大面积填土堆载区勘探深度根据具体情况确定。

勘探线、勘探点布置表

表 8.4.3-1

工程类别	勘探线、勘探点布置方法	勘探线距或条数		勘探点距或点数		备 注
		岩土层简单	岩土层复杂	岩土层简单	岩土层复杂	
修造船厂水工建筑物	船坞	纵断面	3~4条 15~20m	5条 10~20m	30~50m 15~30m	坞口横断面线距用下限,坞室横断面线距用上限,地质条件简单时坞口布2条,复杂时布3条
		横断面	30~50m	15~30m	15~20m 10~20m	
	船台	—	50~75m	25~50m	50~75m 25~50m	—
	滑道	纵式滑道按平行滑道中心线布置	1~2条	1~2条	20~30m ≤20m	—
		横式滑道按平行滑道中心线布置	2~3条	3~5条	20~30m ≤20m	—
施工围堰	每一区段布置1个垂直于围堰长轴方向的横断面	—	—	每一横断面上布置2~3个点		“区段”按岩土层特点及围堰轴向变化划分

注:①相邻勘探点间岩土层急剧变化而不能满足设计、施工要求时,应增补勘探点;

②“岩土层简单”及“岩土层复杂”主要根据基础影响深度内或勘探深度内岩、土层分布规律性及岩土性质的均匀程度判定;

③确定勘探线距及勘探点距时除应考虑具体地质条件外,尚应综合考虑建筑物重要性等级、结构特点及其轮廓尺寸、形状等;

④对沉井基础如基岩面起伏显著时,应沿沉井周界加密勘探点。

勘探点深度表

表 8.4.3-2

地基基础类别	建筑物类型	勘探至基础底面或桩尖以下深度				基岩
		一般黏性土	老黏性土	中密、密实砂土	中密、密实碎石土	
天然地基	船坞	$\geq B$	5~8m	$\geq 5m$	3~5m	$N > 50$ 的风化岩大于等于 1m
	船台	10~20m	8~10m	3~5m	2~3m	
	滑道	同斜坡码头	3~5m	$\geq 3m$	2~3m	
	施工围堰	根据具体技术要求确定				
桩基	—	3d~5d 且不小于 3m,对于大直径桩不小于 5m				$N > 50$ 的风化岩 2d~3d
板桩	—	3~5m		1~2m	—	—

注:①B为基础底面的宽度(m);

②d为桩的直径(m)。



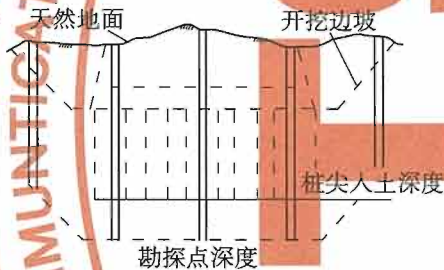
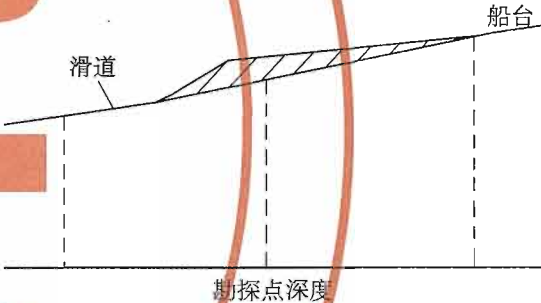
8.4.3.6 建筑物地基计算所需的岩土指标及重点取样测试区应按表 8.4.3-3 确定。



取样间距宜为 1.0~2.0m,重点取样区岩土层变化大时应加密取样或连续取样,当有足够经验时非重点取样区取样间距可适当加大。

**8.4.3.7** 工程施工需降低地下水位时,应通过抽水试验或其他野外渗透试验确定所需的水文地质参数;有地下水位长期观测资料时应结合进行分析。

修造船厂水工建筑物地基计算所需岩土指标及重点取样测试区表 表 8.4.3-3

建筑物类别 项目	船坞工程	船台、滑道工程
建筑物横断面示意图		
勘探点位及重点取样测试区示意图		
一般结构型式	干船坞、灌水船坞、浮船坞、母子船坞、冰上简易船坞	横向或纵向船台;木滑道或机械化滑道
重点取样测试区	持力层、桩入土范围、开挖边坡区、渗透计算区	持力层、桩入土范围
地基岩土指标	一般物理性指标、抗剪强度指标、压缩性指标、基床系数、渗透系数	一般物理性指标、抗剪强度指标
建筑物地基计算项目	地基承载力、桩的承载力、开挖边坡区整体稳定、渗透计算、抗滑计算、抗浮计算等	地基承载力或桩的承载力

## 9 专项勘察

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 本章适用于桩基、岸坡与边坡、基坑工程、疏浚工程、吹填工程、地基处理、天然建筑材料等专项的勘察。

**9.1.2** 桩基、岸坡与边坡、基坑工程、天然建筑材料等专项勘察应与相关工程的勘察相协调。

### 9.2 桩 基

**9.2.1** 桩基工程勘察应包括下列内容：

(1) 查明岩土层性质、分布规律、形成时代、成因类型及物理力学性质,对可供选择的持力层和下卧层的岩土层面要查明其起伏变化,判定有无洞穴、临空面、破碎岩体或软弱夹层,必要时尚需查明土层的应力历史;

(2) 查明与工程建设有关的地质构造及不良地质作用,查明场地和地基的地震效应及对桩基的危害,并提出防治措施的建议;

(3) 查明水文地质条件,判定地下水及地表水对建筑材料的腐蚀性;

(4) 查明岸坡形态、冲淤变化及稳定性,查明掩埋的故河道、沟、塘的分布;

(5) 查明场区内可能影响沉桩、成桩的岩土层和地下管道等建筑物的设施及分布;

(6) 提供桩基设计所需的岩土设计参数,推荐桩基型式及桩基持力层;

(7) 评价沉桩、成桩可行性,提出设计和施工中需注意的问题及建议,分析桩基施工对环境及边坡稳定性的影响。

**9.2.2** 桩基工程勘察应在工程地质调查与测绘的基础上,根据地层情况采用钻探、触探、标准贯入试验以及其他原位测试相结合的方法进行,对软土、黏性土、粉土、砂土宜采用静力触探或标准贯入试验,对碎石土宜采用重型或超重型圆锥动力触探试验。勘察工作布置应符合第5章~第8章的规定,并应满足下列要求:

(1) 对于端承桩和嵌岩桩,相邻两勘探点揭露的持力层层面坡度大于10%时根据工程条件适当加密勘探点;

(2) 对于摩擦桩,相邻两勘探点所探明的持力层顶面高差大于2m时,在两勘探点之间加密勘探点;

(3) 相邻两勘探点揭露的持力层性质发生变化时,在其交界处适当加密勘探点;

(4) 对岩溶发育地区或地质条件复杂的工程,每桩至少布置一个勘探点;

(5) 控制性勘探点布置在具代表性地段或建构筑物的中心和四周角点,其深度满足

下卧层验算深度要求,对需验算沉降的桩基,超过地基变形计算的深度;

(6)一般性勘探点的深度达到预计桩长以下 3~5 倍桩径且不小于 3m,对大直径桩不小于 5m;

(7)对于嵌岩桩勘探点深度进入设计桩端以下 3~5 倍桩径且不小于 5m,遇溶洞、破碎带穿过并进入完整岩层,进入深度满足上述勘探深度要求。

### 9.2.3 岩土室内试验应满足下列要求:

(1)估算桩的侧阻力、端阻力和验算下卧层强度时,黏性土进行常规物理力学试验,软土进行三轴压缩试验或无侧限抗压强度试验;

(2)估算沉降的桩基工程进行固结试验,最大压力取大于上覆自重压力与附加压力之和;

(3)桩端持力层为基岩时,采取岩样进行干燥和饱和单轴抗压强度试验;软岩、极软岩进行天然湿度的单轴抗压强度试验及耐崩解试验;无法取样的破碎和极破碎的岩石进行原位测试或点荷载试验;

(4)桩基需进行水平力试验时,在地表下 16 倍桩径深度范围内,每间隔 1m 进行土样的物理力学试验;需要应用  $P-Y$  曲线法验算水平力作用下桩身内力和变形时,进行三轴压缩试验。

### 9.2.4 桩基工程的岩土工程评价应包括下列内容:

(1)推荐桩基型式及桩基持力层,提出有关岩土的桩侧阻力和桩端阻力,估算桩的竖向承载力,必要时估算桩的水平承载力;

(2)对需要进行沉降计算的桩基工程,提供计算所需的各层岩土的变形参数;

(3)对欠固结土和有大量堆载的工程,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;

(4)分析沉桩、成桩的可能性和沉桩、成桩对岸坡稳定性的影响,并提出防护措施的建议;

(5)持力层为倾斜地层,或基岩面凹凸不平以及岩土中有洞穴时,评价桩的稳定性并提出处理措施的建议;

(6)评价地表水和地下水水质对桩身材料的腐蚀性。

## 9.3 岸坡与边坡

### 9.3.1 岸坡与边坡勘察应包括下列内容:

(1)查明地形地貌和危及岸坡与边坡稳定的滑坡、危岩、崩塌、岩溶等不良地质作用成因和发育情况,有无掩埋的故河道或冲沟分布;

(2)查明组成土坡的土的成因类型、形成时代、土的类别、物理力学性质,重点查明软土等特殊土土的分布和特性及其下卧硬土层或基岩面的形态、坡度和坡向;

(3)查明岩质边坡的岩石类别、物理力学性质、软弱岩层和构造破碎带、卸荷裂隙等不利结构面的分布、密度、产状及其组合关系,分析其力学属性及其与临空面的关系;

(4)调查地下水类型、含水层的水理性质、水位、水压、水量、补给关系和出露情况,搜

集地下水位与地面水位同步观测资料;

- (5)调查人为因素对岸坡与边坡稳定性的影响;
- (6)调查地区地震动参数和地震震害情况对岸坡与边坡稳定性的作用;
- (7)调查搜集当地水文、气象条件对岸坡与边坡稳定性的影响。

### 9.3.2 岸坡与边坡勘察阶段的划分和勘察工作的布置应符合下列规定。

#### 9.3.2.1 岸坡与边坡勘察阶段的划分应满足下列要求:

- (1)岸坡与边坡稳定成为场址选择的主要条件时,勘察在可行性研究阶段开始进行;
- (2)岸坡工程与水工建筑物主体工程的勘察阶段及勘察方法相结合进行;大型复杂的边坡勘察分阶段进行。

#### 9.3.2.2 岸坡与边坡勘察工作的布置应满足下列要求:

- (1)采用工程地质调查或测绘与勘探、测试相结合的方法进行;
- (2)勘探线垂直于岸坡或边坡走向布置,每条勘探线上布置不少于3个勘探点;
- (3)勘探线、勘探点间距随勘察阶段和地质复杂程度而定,以查明岩土性质、地下水、软弱夹层和不利结构面的分布等为原则;岸坡区勘探线间距取40~80m、勘探点间距取20~40m;
- (4)勘探点深度穿过潜在滑动面进入稳定层不小于3m,并满足稳定验算的需要;
- (5)主要岩土层、软弱层进行全断面取芯;每层试样中土样不少于6件,岩样不少于9件;软弱层连续取样,地下水位以上地层钻探采取干钻;
- (6)大型或地质条件复杂的边坡工程必要时布置平硐勘探。

### 9.3.3 岸坡与边坡勘察的岩土测试应符合下列规定。

9.3.3.1 进行以抗剪强度为主的物理力学试验,软土层宜进行十字板剪切试验和三轴压缩试验。

9.3.3.2 控制边坡稳定的软弱结构面,有条件时可进行原位剪切试验。对大型边坡必要时应进行岩体应力测试、波速测试和动力测试。

9.3.3.3 大型复杂的土质岸坡可进行离心模型试验或土工原型试验与观测。

### 9.3.4 岸坡与边坡稳定性评价应符合下列规定。

9.3.4.1 岸坡与边坡稳定性评价可参照执行现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330),并应以工程地质综合研究为基础,定性分析与定量评价相结合。

9.3.4.2 岸坡与边坡的稳定性计算应根据岸坡与边坡条件,正确选用有代表性的地质断面和计算模型进行。重要的或工程地质条件复杂的岸坡与边坡尚应采用数值模拟分析方法评价其稳定性。

9.3.4.3 稳定性计算所需岩土物理力学性指标应根据测试成果、反分析和当地经验综合确定、选用。

9.3.4.4 岸坡与边坡的稳定性应根据岸坡与边坡的规模、工程地质、水文地质和人类活动、水文、气象等条件,分析对稳定有利和不利的因素,进行综合评价。

9.3.4.5 对不稳定或潜在不稳定岸坡与边坡,应分析其变形成因,提出影响稳定性的因素,判断稳定程度,预测其发展趋势,提出最优坡形、坡角、动态观测方案和治理措施的



建议。

## 9.4 基坑工程

### 9.4.1 基坑工程勘察应包括下列内容：

- (1) 查明基坑工程场地的地层结构、成因类型、岩土类别和分布规律；
- (2) 提供岩土层的物理力学性质指标和基坑设计施工所需要的有关参数；
- (3) 查明地下水的类型、埋藏条件、水位及含水层性质和渗透情况，提供基坑地下水治理设计所需的有关资料；
- (4) 查明基坑周边的建筑物、道路、地下障碍物的分布现状及地下空间可占用与否的环境条件资料；
- (5) 基坑开挖可能产生流砂、流土、管涌等渗透破坏时，进行专项水文地质勘察。

### 9.4.2 基坑工程勘察工作布置应符合下列规定。

**9.4.2.1** 勘探点应沿基坑周边布置，并应根据开挖深度及场地的岩土工程条件在开挖边界外按开挖深度的2~3倍范围内布置，在此范围内无法布置勘探点时，应通过调查取得相应资料。深厚软土区勘察范围宜扩大。

**9.4.2.2** 勘探点间距宜为30m，地层变化较大时，应加密勘探点，查明分布规律。

**9.4.2.3** 勘探点的深度不应小于2倍开挖深度，当在预定的勘探深度内遇有基岩时，勘探点深度宜穿透基岩强风化层，且不应小于基坑底下2.0m。当基础类型和设计需要时，应进入中风化岩或微风化岩中一定深度。水文地质测试孔深度应根据需要确定。

**9.4.2.4** 勘探方法宜采用钻探或静力触探试验、标准贯入试验、旁压试验等原位测试方法，钻孔应分层采取试样，并保证每一主要土层的各种原位测试或室内试验指标的统计子样数不少于6个。

**9.4.2.5** 大型或地质条件复杂的基坑工程，风化岩的抗剪强度试验宜在现场进行大型剪切试验，测定其抗剪强度指标。

**9.4.2.6** 软土应采用十字板剪切试验，测定软土的抗剪强度和灵敏度。

### 9.4.3 基坑工程水文地质勘察应满足下列要求：

- (1) 查明开挖范围内及邻近场地地下水含水层和隔水层的层位、埋深、厚度和分布情况；
- (2) 查明地下水类型、补给条件、与地表水的水力联系；
- (3) 观测各含水层的水位及其变幅，对地下水位年变幅较大的地区，必要时进行长期水位观测；
- (4) 提供各含水层的渗透系数，其中砂土渗透系数通过抽水试验测定，并求得降水影响半径；基岩渗透系数通过压水试验测定。

### 9.4.4 室内试验除应进行常规物理力学试验项目外，尚应根据工程需要与岩土特性选做以下试验项目：

- (1) 黏性土、粉土和砂土进行渗透试验，测定水平向渗透系数和垂直向渗透系数；
- (2) 黏性土的强度采用三轴压缩试验测定；



- (3)软土测定其灵敏度,对第四纪晚更新世及其以前沉积的黏性土测定其膨胀性指标;
- (4)对有支护结构的基坑,增加土的静止侧压力系数试验。

9.4.5 基坑工程勘察的岩土工程分析与评价应包括下列内容:

- (1)对水位年度变幅较大的地区,重点评价基坑开挖期间的水位与基坑开挖有关的场地条件、岩土条件和工程条件的相互影响;
- (2)对基坑边坡的局部稳定性、整体稳定性和坑底抗隆起稳定性进行初步分析和评价;
- (3)评价降水效果和降水对环境、邻近建筑物和地下设施的影响;
- (4)对基坑边坡稳定计算所需岩、土的指标参数和支护结构选型提出建议;
- (5)对地下水控制方法、计算参数和施工控制提出建议;
- (6)对施工中可能出现的岩土工程地质问题及其防治措施提出建议;
- (7)对施工阶段的安全、环境保护和监测方案提出建议。

9.5 疏浚工程

9.5.1 疏浚工程勘察应包括下列内容:

- (1)划分地质、地貌单元;
- (2)查明岩土类型、分布及其物理力学性质;
- (3)评价岩土工程特性和分级;
- (4)评价疏浚岩土管道输送和作为填土的适宜性;
- (5)提出水下开挖边坡建议值并进行边坡稳定性评价。

9.5.2 疏浚工程勘察工作布置应符合下列规定。

9.5.2.1 勘察范围应包括疏浚区首尾各 200m、两侧各 50m 周边区域。当疏浚可能影响堤岸安全时,勘察范围应适当扩大。

9.5.2.2 勘探线、勘探点应布置在水深地形图上,其间距可按表 9.5.2 确定。

疏浚工程勘探线、勘探点布置表 表 9.5.2

阶段	工程地区	地质条件	勘探线条数	勘探点间距(m)
可研阶段	山区	—	长轴方向 1 条	100 ~ 300
	平原	—	长轴方向 1 条	300 ~ 500
	沿海	—	长轴方向 1 ~ 2 条	500 ~ 800
初设阶段	山区	复杂	长轴方向 2 ~ 3 条	20 ~ 50
		简单	长轴方向 1 ~ 2 条	50 ~ 100
	平原	复杂	长轴方向 2 ~ 3 条	50 ~ 100
		简单	长轴方向 1 ~ 2 条	100 ~ 200
	沿海	复杂	长轴方向 2 ~ 3 条	100 ~ 200
		简单	长轴方向 1 ~ 2 条	200 ~ 400

注:①复杂——地形起伏大,岩土性质变化大,地貌单元多;  
②简单——地形平坦,岩土性质单一,地貌单一;  
③孤立勘探区域的钻孔不得少于 3 个。

**9.5.2.3** 勘探深度应达到设计疏浚深度以下 2~3m,对有特殊需要的勘探孔应适当加深,需进行稳定验算时,则应钻到潜在滑动面以下 2~5m。

**9.5.3** 勘察方法应在工程地质调查与测绘的基础上,采用钻探、钎探、坑探、物探、原位测试及岩土试验等。原位测试宜以标准贯入试验或圆锥动力触探试验为主,必要时应对软土进行十字板剪切试验。岩土试验项目应满足边坡稳定验算及疏浚岩土分类的要求。当疏浚区地层适宜采用物探方法时,宜优先采用,并可适当减少勘探点数量;地层划分和岩土性质的判释应结合勘探资料进行分析和解释。

## 9.6 吹填工程

**9.6.1** 吹填工程勘察应包括下列内容:

- (1)查明取土区可用土层的性质、分布、储量以及开采条件;
- (2)查明吹填区、围堰、泄水口和排水沟等区域的地貌类型、岸坡形态、地基土的分层状况、承载力、压缩性、不良地质和地下水情况等;
- (3)分析评价吹填区、围堰、泄水口和排水沟等场地的稳定性。

**9.6.2** 吹填工程勘察工作布置应符合下列规定。

**9.6.2.1** 勘察范围应包括取土区、吹填区及围堰、泄水口和排水沟等区域。

**9.6.2.2** 勘探线、勘探点宜布置在比例尺为 1:2000 或 1:5000 的地形图上,其间距可按表 9.6.2 确定。

吹填工程勘探线、勘探点布置表

表 9.6.2

阶 段	工程部位	勘探线布置	勘探线间距或条数	勘探点间距或孔数
可研阶段	取土区	沿纵、横向布置	300~600m	300~600m
	吹填区	沿纵、横向布置	100~300m	100~300m
	围堰	沿长轴方向布置	1~3 条	100~300m
	泄水口	在泄水口处	—	每个泄水口 1 个
	排水沟	沿长轴方向布置	1 条	200~400m
初设阶段	取土区	沿纵、横向布置	200~400m	200~400m
	吹填区	沿纵、横向布置	100~200m	100~200m
	围堰	沿长轴方向布置	1~3 条	50~150m
	泄水口	在泄水口处	—	每个泄水口 1~3 个
	排水沟	沿长轴方向布置	沿纵向 1 条	100~200m

**9.6.2.3** 可研阶段勘察取样孔及测试孔总数宜占钻探孔总数的 1/5~1/3,且每个地貌单元应不少于 1 个;取样孔应分层取样,取土区取样间距宜为 1.0~2.0m,吹填区及围堰、泄水口和排水沟取样间距宜为 1.0~1.5m;各代表性区段主要土层取样应不少于 10 件。

**9.6.2.4** 初步设计阶段勘察取样孔及测试孔总数宜占钻探孔总数的 1/4~1/2,且每个地貌单元应不少于 1 个;取样孔应分层取样,取土区、吹填区及围堰、泄水口和排水沟取样间距宜为 1.0~1.5m;各代表性区段主要土层取样应不少于 15 件。

**9.6.2.5** 施工图设计阶段勘察可在初步设计阶段勘察的基础上,根据工程的实际需要布置勘察工作。

**9.6.2.6** 勘探点的深度,取土区应达到取土深度,吹填区及围堰应达到沉降影响深度以下3m;需要对吹填区及围堰稳定性验算时,勘探点的深度应钻至潜在滑动面以下2~5m。

**9.6.3** 吹填工程勘察方法应在工程地质调查与测绘的基础上,采用钻探、坑探、物探、原位测试及室内试验等手段。原位测试宜以标准贯入试验或圆锥动力触探试验为主,必要时应对软土进行静力触探试验或十字板剪切试验。室内试验应对取土区各分层代表性土样进行颗粒分析和天然密度试验,对吹填区及围堰、泄水口、排水沟等的原状土样进行常规物理力学试验。

## 9.7 地基处理

**9.7.1** 地基处理勘察应满足下列要求:

- (1) 针对可能采用的地基处理方案,提供地基处理设计和施工所需的岩土特性参数和地下水资料;
- (2) 预测所选地基处理方法对环境和邻近建筑物的影响;
- (3) 提出地基处理方案的建议。

**9.7.2** 不同类别地基土处理方法的勘察内容应符合下列规定。

**9.7.2.1** 换填法的勘察宜包括下列内容:

- (1) 查明待换填不良土层的物理力学性质、分布范围和埋深;
- (2) 评定垫层以下软弱下卧层的承载力和抗滑稳定性,估算建筑物的沉降;
- (3) 评定换填材料质量及其对地下水的环境影响;
- (4) 对设计与施工过程中的注意事项提出建议。

**9.7.2.2** 排水固结法的勘察宜包括下列内容:

- (1) 查明土的成层条件、水平和垂直方向的分布、夹砂层的分布和厚度;
- (2) 查明地下水类型、水位变幅、地下水与地面水连通情况、地下水的补给和排泄条件等;
- (3) 提供待处理软土的先期固结压力、压缩系数、固结系数、渗透系数和抗剪强度指标。

**9.7.2.3** 强夯法的勘察宜包括下列内容:

- (1) 查明强夯影响深度范围内土层的组成、分布,土的物理力学性质和地下水位等条件;
- (2) 查明施工场地及其周围受影响范围内有无对振动敏感设施,是否需在强夯施工期间进行检测。

**9.7.2.4** 振冲法的勘察宜包括下列内容:

- (1) 查明加固土层的埋藏深度、厚度、薄夹层情况、分布范围及规律、特征参数;
- (2) 各类土的颗粒组成;



- (3)砂土和粉土密实度;
- (4)地下水的水位、类型、排水条件。

#### 9.7.2.5 搅拌桩的勘察宜包括下列内容:

- (1)查明土层的物理力学性质、厚度、组成、分布范围等,评定桩间土承载力;
- (2)查明埋藏的故河道、沟浜、塘、洞穴的分布;
- (3)调查地下水的 pH 值、易溶盐、地面水污染程度,以及对桩体的侵蚀性等;
- (4)场地土的化学分析和矿物组成分析,土的 pH 值和有机质含量等;
- (5)在无工程经验的地区,配合钻探取土样和水样进行室内配比试验。

#### 9.7.3 地基处理勘察方法和布置应符合下列规定。

##### 9.7.3.1 勘察应综合采用勘探、取样、室内试验和多种原位测试的方法。

##### 9.7.3.2 勘探点应根据地质情况、建筑物类别和拟采用的地基处理方法布置,并应满足下列要求:

- (1)对拟采用换填法、排水固结法、振冲法及复合地基等进行处理的场地,采用网格布置,间距为 50 ~ 100m,孔深穿透拟处理土层以下 3 ~ 5m;
- (2)对拟采用强夯法进行处理的场地,布置取土试样或进行原位测试的勘探点数量视地基的复杂程度、建筑物类别以及场地面积确定,勘探点间距 50 ~ 100m;在勘探深度内遇有基岩,且基岩起伏较大,或有部分软弱层分布时,其勘探深度大于强夯拟加固的深度。

##### 9.7.3.3 地基处理勘察应进行地下水与地面水体的观测和地下水水质分析。

#### 9.7.4 地基处理岩土参数应包括下列内容:

- (1)常规室内试验物理力学指标;
- (2)采用换填法时,提供换填材料的最大干密度、最优含水率;
- (3)采用排水固结法时,提供地基土的十字板强度、灵敏度、渗透系数、压缩性指标;对水平向和垂直向渗透性相差较大的土层,分别测定水平向和垂直向渗透系数;
- (4)采用强夯法、振冲法、桩土复合地基加固场地,采用标准贯入试验、静力触探试验、圆锥动力触探试验或载荷试验确定地基承载力。

#### 9.7.5 地基处理效果检验勘察应符合下列规定。

##### 9.7.5.1 地基处理效果检验应遵循下列原则:

- (1)根据地基处理的目的确定效果检验勘察内容;
- (2)根据地基处理的方法和土层性质,分别在地基处理过程中和完成后按规定的时间安排效果检验;
- (3)反映地基处理后土质指标变化的勘察方法、仪器设备与评价标准等与地基处理前的勘察相一致,有差异时在地基处理报告中予以说明;
- (4)勘探点的位置选择在有代表性的、地质条件较差的和施工过程中出现异常情况的地段,并与地基处理前的勘探点位置相邻近;
- (5)结合孔隙水压力、总沉降、分层沉降、测斜和表面位移观测等地基处理监测成果与效果检验勘察成果综合分析,对加固效果作出评价。

##### 9.7.5.2 对换填法加固的地基,其效果检验勘察宜满足下列要求:

(1)根据设计要求,用钻探取样或原位测试方法检查换填料的颗粒级配、休止角、含泥量、密实度等,并对地震液化可能性进行分析;

(2)垫层地基承载力通过原位测试确定;采用静载荷试验确定时,每个单体工程或区段不少于3点;对于大型工程,按单体工程的数量或工程面积确定检验点数;

(3)用钻探方法检查爆破挤淤或抛石挤淤等强制换填后的基底残留软土或泥石混合层的分布、厚度和土质;

(4)对利用开山土石作为换填料并经夯实处理的地基,采用动力触探、载荷试验检查换填地基的强度。

**9.7.5.3** 排水固结法加固的地基宜采用钻探取样、室内试验和原位测试方法进行土体强度检查。每加一级荷载宜进行一次检查。地基处理代表性施工区每次土体强度检查的勘探点总数应不少于6个;必要时尚应进行现场荷载试验,试验点数应不少于3个。

**9.7.5.4** 强夯法地基处理效果检验勘察宜满足下列要求:

(1)强夯结束后,间隔一定时间方能对地基加固质量进行检验;碎石土和砂土地基间隔时间取1~2周,粉土和黏性土地基取2~4周;采用强夯置换法的间隔时间取4周;

(2)选用钻探取样试验、原位测试进行夯后土体的强度和影响深度的检测,验算土层地震液化的可能性;对于大面积地基处理采用物探结合钻探进行处理深度和土体强度检验;

(3)对于重要工程布置不少于3个载荷试验点,载荷板面积根据荷载、基础尺寸、垫层及土层情况选定,最大荷载取设计荷载的2倍以上。

**9.7.5.5** 不加填料振冲法地基处理效果检验勘察宜满足下列要求:

(1)根据土性采用钻探取样、标准贯入试验、静力触探试验、动力触探试验、载荷试验等方法检验处理效果;

(2)检验点选在具有代表性或地基土质较差的地段,并位于振冲点围成的单元形心处;

(3)检验点数量为振冲点数量的1%,且总数不少于6个,载荷试验不少于振冲点数量的0.5%,且总数不少于3个。

**9.7.5.6** 搅拌桩地基效果检验勘察宜满足下列要求:

(1)抽取桩数的0.5%~1%进行成桩效果检验,检验采用开挖检验、钻探取芯、物探、标准贯入试验、圆锥动力触探试验和载荷试验等方法;载荷试验采用圆形载荷板,载荷板面积与桩断面相同;

(2)桩间土的加固效果采用钻探取样试验和原位测试方法检验;

(3)对于大型工程需检验搅拌桩复合地基承载力时,采用大型载荷试验方法,最大荷载取设计荷载的2倍以上。

**9.7.5.7** 地基处理效果评价应包括下列内容:

(1)根据钻探取样、物探、原位测试和室内试验取得的成果评价地基土处理效果;

(2)评价采用定性分析和定量分析的方法;

(3)根据取值方法、测试结果的离散性、不同测试方法与当地经验值的比较等,分析



参数的代表性和可靠性。

## 9.8 天然建筑材料

### 9.8.1 天然建筑材料勘察应包括下列内容：

- (1) 查明天然建筑材料的种类、质量和储量；
- (2) 查明天然建筑材料的开采和运输条件；
- (3) 测试各类材料的物理力学性质，评价材料的适宜性；
- (4) 评价天然建筑材料开采对环境的影响。

### 9.8.2 天然建筑材料勘察工作布置应符合下列规定。

**9.8.2.1** 天然建筑材料的勘察应分别达到普查、初查和详查的勘察深度要求。普查应初步评价推荐料场的储量、质量及开采、运输条件；初查储量与实际储量的误差不应超过40%，且储量不得少于设计需要量的3倍；详查储量与实际储量的误差应不超过15%，且储量不得少于设计需要量的2倍。

**9.8.2.2** 天然建筑材料的测绘应根据普查、初查和详查的勘察深度要求进行布置。在普查阶段应编制天然建筑材料产地分布图，比例尺宜采用1:50000~1:20000；在初查阶段和详查阶段应结合勘察工作进行产地地质平面测绘与重点地质剖面测绘，编制天然建筑材料综合图，比例尺宜采用1:5000~1:2000或1:2000~1:1000。

**9.8.2.3** 应遵循先测绘后勘探，勘探点的布置应先疏后密，逐渐增加并形成网格的原则。勘探点间距在普查阶段可取150~450m，初查阶段可取100~300m，详查阶段可取50~150m。

**9.8.2.4** 陆域部分可采用简易钻探、物探、坑探等勘探方法；水域部分可采用钻探、物探或其他有效勘探手段。勘探深度应至有用层以下1~2m，有用层很厚时，勘探点深度应超过最大开采深度。

**9.8.2.5** 对各类料场应采取代表性样品进行试验。块石料场宜根据不同深度及不同岩性采取样品；其他料场宜每隔1~2m采取一个样品，取样组数不少于4组，试验样品数量应根据材料类别和试验需要确定。

**9.8.2.6** 勘察应分阶段查明料场地形地质条件、岩土结构、岩性、夹层性质及空间分布，地下水位，剥离层、无用层厚度及方量，有用层储量、质量，开采运输条件和对环境的影响。

### 9.8.3 根据材料类别，试验项目应包括下列内容：

- (1) 块石料：干燥、饱和单轴极限抗压强度试验，矿物成分、针片状矿物、天然密度、吸水率、级配等试验；
- (2) 碎石料：颗粒分析、含泥量、针片状、软弱颗粒含量、碱活性等，需要时增加击实试验；
- (3) 砂料：颗粒分析、含泥量、针片状、软弱颗粒含量、碱活性，水上、水下休止角等试验；
- (4) 土料：含水率、液限、塑限、密度、颗粒分析、击实、有机质含量等试验。

**9.8.4** 成果报告应对天然建筑材料的种类、分布、储量、剥离量、开采运输条件及对环境的影响等问题进行论述。当天然建筑材料条件复杂和对工程的影响重大时，应编制专题报告。

## 10 不良地质作用和特殊性岩土勘察

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 本章适用于场地和地基地震效应、滑坡两种不良地质作用的勘察。泥石流、危岩和岩崩、岩溶等的勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021)的有关规定。

**10.1.2** 具有特殊物质成分、结构和独特工程性质的岩土应判定为特殊性岩土。本章适用于软土、混合土、填土、层状构造土和风化岩与残积土等特殊性岩土的勘察。膨胀岩土的勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021)和《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ 112)的有关规定;盐渍岩土、污染土、湿陷性土、红黏土、多年冻土等的勘察应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021)的有关规定。

### 10.2 场地和地基地震效应

**10.2.1** 抗震设防烈度大于等于6度的地区,应进行场地和地基的地震效应勘察。抗震设防烈度大于9度的地区,其场地和地基的地震效应勘察应按国家有关规定执行。

**10.2.2** 勘察工作应采用调查、搜集资料和勘探测试等方法进行,并应包括下列内容:

(1)划分地貌单元,着重调查条状突出的山嘴、非岩质陡岸、海岬、故河道、掩埋的暗沟、暗塘和新近填土的分布;

(2)土的成因类型、土层组成、形成时代、土质及其均匀性,重点查明饱和粉砂、粉土、软土和松散饱和的水力冲填土的分布与性状;

(3)场地覆盖层的厚度和等效剪切波速;

(4)场地及其附近历史地震震害和构造破碎带的分布与性状;

(5)地下水类型、水位和含水层的有关情况;

(6)场地及其附近不良地质作用的分布和发育;

(7)除进行室内常规土工试验和现场原位测试外,粉土需测定粘粒含量,必要时测定液化剪应力和动三轴试验测定的抗液化剪应力等土的动力性质参数。

**10.2.3** 场地地震液化和震陷的判别应符合下列规定。

**10.2.3.1** 场地地震液化的判别应符合现行行业标准《水运工程抗震设计规范》(JTS 146)的有关规定。经初判为可液化土层时,应采用标准贯入试验的实测试验击数作进一步判别。

**10.2.3.2** 地震液化的进一步判别,应自地面至深度20m范围内进行。为判别液化而布置的勘探孔不应少于3个,可结合水运工程勘察的钻孔进行。勘探孔深度应大于液化

判别的深度。勘探孔内标准贯入试验点间距应为 1.0 ~ 1.5m, 每层土的试验点数应不少于 6 个。

**10.2.3.3** 凡判别为可液化的土层, 水运工程建筑场地的抗液化指数的确定应符合现行行业标准《水运工程抗震设计规范》(JTS 146) 有关规定。

**10.2.3.4** 抗震设防烈度为 8 度和 9 度的厚层软土分布区, 其震陷判别可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 50011) 的有关规定执行。

**10.2.4** 地震效应勘察的分析评价应包括下列内容:

- (1) 根据国家批准的地震动参数区划和国家现行有关标准, 提出勘察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;
- (2) 划分场地土的类型和场地类别, 划分对抗震有利、一般、不利或危险地段;
- (3) 需要采用时程分析法补充计算的建筑, 根据设计要求, 提供土层剖面、场地覆盖层厚度、剪切波速及有关的动力参数;
- (4) 根据室内试验和现场测试的指标, 对地震地基液化或震陷进行分析评价; 当液化层倾向水域或临空面时评价液化引起滑移的可能性;
- (5) 为地震作用下岸坡稳定验算提供所需地下水资料和有关地质指标;
- (6) 地基为软土、液化土、新近填土或土质严重不均匀时, 评价地震对地基不均匀沉降等不利影响;
- (7) 场地及其附近有滑坡、崩塌、采空区等不良地质作用时进行专门勘察, 分析评价场地地震时的稳定性。

### 10.3 滑 坡

**10.3.1** 滑坡勘察的主要内容应满足下列要求:

- (1) 查明滑坡类型及要素, 重点查明滑坡体、滑带和滑床的结构特征, 查明滑带的基本性状和物理力学特征;
- (2) 查明滑坡范围、性质、地质背景及其危害程度;
- (3) 分析滑坡成因, 查明滑坡稳定性影响因素, 评价滑坡稳定性, 预测其发展趋势;
- (4) 提出滑坡防治对策和建议。

**10.3.2** 滑坡勘察方法和工作布置应符合下列规定。

**10.3.2.1** 滑坡勘察应采用综合勘探方法, 宜采用工程地质调查和测绘与钻探、静力触探、井探、槽探等相结合的方法, 必要时应采用硇探和物探方法。

**10.3.2.2** 工程地质测绘和调查的范围应包括滑坡及其邻近地段, 比例尺可选用 1:1000 ~ 1:200, 用于整治设计时, 比例尺应选用 1:500 ~ 1:200。

**10.3.2.3** 滑坡的勘探应满足下列要求:

- (1) 勘探方法除钻探、静力触探和十字板试验外, 根据需要布置一定数量的探井;
- (2) 勘探线、勘探点的布置根据场地工程地质条件、地下水情况和滑坡形态确定; 除沿主滑方向布置勘探线外, 在滑坡体外两侧、滑坡体转折处和预计采取工程措施的地段, 均需布置勘探点、勘探线, 勘探点间距不大于 40m 且主轴断面上的勘探点不少于 3 个;



(3) 勘探点的深度需穿过最下一层滑面,进入稳定地层大于 3m 并满足滑坡治理需要;

(4) 钻探采用干钻、反循环或双层岩芯管方法钻进,不能采用水冲钻进;提高岩芯采取率,并及时检查岩芯,注意钻进过程变化,正确确定滑动面位置;

(5) 重点对滑带及其上下土层采取足量的岩土试样,并配合原位测试方法直接获取相关原位测试指标。

#### 10.3.3 滑坡勘察岩土试验应满足下列要求:

(1) 进行相应的物理力学试验,提供滑体天然重度、饱和重度、滑带土的抗剪强度峰值和残余强度等;

(2) 采用室内、现场滑面重合剪,滑带宜进行重塑土或原状土多次剪试验,并提供多次剪和残余剪的抗剪强度;

(3) 采用与滑动受力条件相似的试验方法。

#### 10.3.4 滑坡勘察的岩土工程分析与评价应符合下列规定。

10.3.4.1 滑坡稳定性评价应以工程地质综合研究为基础,定性分析与定量评价相结合。

10.3.4.2 根据滑面、滑带条件,应选用有代表性分析断面和正确的计算模型进行滑坡的稳定性计算。

10.3.4.3 稳定性计算所需岩土物理力学性质指标应根据测试成果、反演分析和当地经验综合确定;对重要的或工程地质条件复杂的滑坡,宜采用数值方法分析滑坡稳定性。

10.3.4.4 滑坡稳定性应考虑地下水、地震、冲刷、人类活动等因素的影响。

10.3.4.5 滑坡稳定性应根据滑坡的规模、主导因素、滑坡前兆、滑坡区的工程地质和水文地质条件,以及稳定性验算结果综合评价。

10.3.4.6 滑坡勘察应分析滑坡变形发展趋势和危害程度,提出滑坡动态监测以及治理方案的建议。

#### 10.3.5 滑坡勘察报告应包括下列内容:

- (1) 滑坡的地质背景和形成条件;
- (2) 滑坡的形态要素、性质;
- (3) 提供滑坡的平面图、剖面图和岩土工程特性指标;
- (4) 滑坡稳定性分析;
- (5) 滑坡防治和监测的建议等。

### 10.4 软 土

#### 10.4.1 软土勘察应包括下列内容:

(1) 查明软土的形成年代、成因、土层结构、分布规律、水平向和垂直向的均匀性、夹层和地表硬土层的分布与厚度、下卧硬土层或基岩的埋深与起伏;

(2) 查明软土的物理力学性质,主要包括含水量、重度、塑性、渗透、固结和强度特性等;

(3) 查明暗浜、暗塘、墓穴、填土、故河道的分布范围和埋藏深度；

(4) 查明地下水的埋藏条件，水质对建材的腐蚀性和地下水与地表水的补排关系。

**10.4.2** 软土的勘探应采用钻探、室内试验和原位测试相结合的方法，并应满足下列要求：

(1) 勘探以钻孔取样为主，勘探孔的间距在满足第 5 章～第 8 章有关规定的基础上适当加密；

(2) 钻探的钻进工艺、土样的采取、储存、运送等按有关规定执行，并使用薄壁取土器采取原状土样；

(3) 原位测试采用十字板剪切试验、静力触探试验、标准贯入试验和旁压试验等方法。

**10.4.3** 软土的室内试验应满足下列要求：

(1) 根据工程设计需要，采用直剪试验、无侧限抗压强度试验和三轴压缩试验测定土的抗剪强度指标；

(2) 采用渗透试验测定土的垂直向和水平向的渗透系数；

(3) 采用固结试验测定压缩系数、先期固结压力、压缩指数、固结系数、次固结系数和超固结比；

(4) 测定土的灵敏度；

(5) 疏浚工程增加附着力试验；

(6) 测定土中有机质含量。

**10.4.4** 软土的岩土工程评价应符合下列规定。

**10.4.4.1** 软土的岩土工程评价应以对土的物理力学性质指标统计为基础，统计除应遵循土的一般统计方法外，尚应满足下列要求：

(1) 剔除土中夹层和含有结核、砂砾、贝壳等包含物部位的指标；

(2) 强度指标由室内试验、原位测试并结合当地经验确定；

(3) 厚层状软土根据指标的变化分层统计。

**10.4.4.2** 软土应分析评价其触变、流变性质、结构性对工程的影响。

**10.4.4.3** 软土岸坡应分析产生侧向变形或滑坡的可能性。

**10.4.4.4** 灵敏度较高的软土岸坡应评价打桩震动和挤土作用对岸坡稳定的影响。

**10.4.4.5** 当软土下卧的基岩面或硬土层面倾斜时，应分析评价软土沿硬层面产生滑移、不均匀变形以及打桩偏位的可能性。

**10.4.4.6** 软土应评价其在固结过程中沉降对桩基产生负摩擦作用的可能性。

**10.4.4.7** 在软土中进行开挖、降水、回填、地基加固时，应考虑施工对软土应力状态、强度和压缩性的影响。

**10.4.4.8** 提出软土地基处理的建议。

## 10.5 混 合 土

**10.5.1** 混合土勘察应包括下列内容：



- (1) 查明地形和地貌特征,混合土的成因、分布,下卧土层或基岩的埋藏条件;
- (2) 查明混合土的颗粒组成、均匀性及其在水平方向和垂直方向上的变化规律;
- (3) 提出混合土的物理力学性质指标;
- (4) 查明影响混合土场地稳定性的不良地质作用以及地下水情况。

#### 10.5.2 混合土的勘察方法应符合下列规定。

10.5.2.1 混合土的勘察应采用勘探取样、原位测试和室内土工试验等相结合的方法。

10.5.2.2 勘探应以钻孔为主,陆域勘探时可辅以探坑、探槽或探井,勘探孔的间距除应满足第5章~第8章的有关规定外,尚应适当加密。

10.5.2.3 钻探应采用回转式钻进,并应根据土质采用合适的取土器,取样数量应多于常规取样数量。

10.5.2.4 原位测试可根据土质情况选用标准贯入试验、动力触探试验、静力触探试验、旁压试验或载荷试验。

10.5.3 室内土工试验宜进行颗粒分析试验、无侧限抗压强度试验或三轴压缩试验,不宜采用直剪试验方法。

#### 10.5.4 混合土的岩土工程评价应结合当地经验进行,并应符合下列规定。

10.5.4.1 根据混合土的成因、颗粒组成、土的结构和构造特点等,混合土应对物理指标和力学指标不匹配的情况进行分析,并对混合土的不均匀性、指标离散性大的特点进行评价。

10.5.4.2 混合土的物理指标与力学指标不相匹配时,应以粗细两类土中能起主导作用的土类的指标为依据进行评价。

10.5.4.3 确定混合土的地基承载力时,应考虑土的颗粒组成和结构与构造特点。对粗颗粒为砂土组成的混合土,应以室内土工试验的力学指标和原位测试成果为依据确定;对粗颗粒为碎石土组成的混合土,应以原位测试成果为依据确定。

### 10.6 填 土

#### 10.6.1 填土勘察应包括下列内容:

(1) 搜集填土前场区的地形、地质资料,查明填土来源、龄期、期次和堆填方式;了解水力冲填土排泥管口和围堰排水的位置;

(2) 查明填土的范围、厚度、物质成分、颗粒级配和水平、垂直方向上的均匀性、密实性及其物理力学性质指标;

(3) 判断填土与地下水对建筑材料的腐蚀性。

#### 10.6.2 填土勘察方法应符合下列规定。

10.6.2.1 分布范围较小、厚度小于3m的填土,可在工程地质调查的基础上,辅以简易钻探、轻型动力触探、静力触探等勘探手段进行勘察工作。

10.6.2.2 分布范围大、厚度大于3m的填土,应根据填土类别、工程性质与设计阶段进行勘察工作,并应满足下列要求:

(1) 素填土的勘察采取钻探取样与标准贯入试验、圆锥动力触探试验、静力触探试验

等原位测试相结合的方法；

(2) 对难于钻进的杂填土采用坑探、动力触探试验等原位测试方法；

(3) 冲填土为黏性土时,采取钻探取样与十字板剪切试验、标准贯入试验、静力触探试验等原位测试相结合的方法;冲填土为砂性土时,采用静力触探试验、动力触探试验、标准贯入试验或载荷试验等原位测试方法；

(4) 对于压实填土,在压实前需测定填料的最优含水量和最大干密度,压实后测定其压实系数；

(5) 一般性勘探孔深度穿透填土层,进入下卧天然土层 1~2m;控制性勘探孔深度达到填土堆载附加应力影响深度以下 1~2m；

(6) 根据填土的组成成分与来源、污染与环境情况、工程要求,采取土样与地下水样进行分析。

**10.6.3** 填土室内试验应针对填土类别、工程特性选取试验项目和试验方法。杂填土的密度试验宜采用大容积法。

**10.6.4** 填土的岩土工程评价应包括下列内容：

(1) 确定填土的类别、组成成分与来源、堆填时间和分布情况,对填土的均匀性、压缩性和密实度等工程特征做出评价；

(2) 大面积分布的填土,按其在水平与垂直方向上强度与变形等工程特性的变化规律,分层、分区进行评价,并分析大面积填土的堆载对下卧天然土层及桩基工程产生的影响；

(3) 根据工程需要,对填土作为天然地基的适宜性与稳定性进行评价,对不能满足设计要求的填土地基,提出加固处理的建议；

(4) 填土为饱和砂土和粉土,尤其对水力冲填的砂土或粉土,需评价其地震液化的可能性；

(5) 填土为软土时,评价软土震陷的可能性；

(6) 评价填土及其地下水对建筑的腐蚀性和对环境的影响。

## 10.7 层状构造土

**10.7.1** 层状构造土的勘察应包括下列内容：

(1) 查明土的成因、层位关系及其分布规律；

(2) 查明地下水类型、水位,岸坡地段有无地下水渗出、细颗粒被带出等对工程的不良影响；

(3) 查明土层的构造特征、层厚比例、组成成分、层理状态及其在垂直与水平方向上的分布变化规律；

(4) 查明土的物理力学性质及其各向异性。

**10.7.2** 勘探线、勘探孔的间距除应满足第 5 章~第 8 章的有关规定外,尚应满足下列要求：

(1) 采用全断面取芯钻探与标准贯入试验、静力触探试验、旁压试验等原位测试相结

合的方法；

- (2) 所取原状土样立即密封,严防漏水；
- (3) 现场钻探记录详细量测各层厚度,计算厚度比,确定土层类别。

**10.7.3 层状构造土的室内试验应满足下列要求：**

- (1) 通常情况下室内试验在现场进行,制备试样需具有代表性；
- (2) 层状构造土根据成因和两类土层的厚度比定名,条件许可时对互层土及夹层土中的两类土分别进行物理性试验；
- (3) 采用三轴压缩试验和无侧限抗压强度试验测定力学强度；
- (4) 必要时进行水平与垂直方向的渗透、固结和抗剪强度等力学试验。

**10.7.4 层状构造土的岩土工程评价应包括下列内容：**

- (1) 结合工程需要对层状构造土的渗透性、压缩性、力学强度等具有各向异性的特点进行评价；
- (2) 根据土工试验与原位测试成果,结合地区经验确定土的物理力学性质指标和承载力；
- (3) 分析层状构造土水平和竖向排水对地基处理固结度提高及后期地基固结的作用。

## **10.8 风化岩与残积土**

**10.8.1 风化岩与残积土的勘察应包括下列内容：**

- (1) 查明风化岩的母岩地质时代和岩石名称；
- (2) 按附录 A 划分岩石的风化程度,确定不同风化程度带的埋深及厚度；
- (3) 查明岩土的统一性和风化岩中岩脉、断裂破碎带、袋状风化囊、带状风化槽、球状风化体和软弱夹层的分布；
- (4) 查明岩土是否具有可软化性、膨胀性及遇水崩解等特性；
- (5) 查明主要风化营力和岩体开挖暴露后的易风化的特点；
- (6) 查明岩土物理力学性质及地下水赋存条件。

**10.8.2 风化岩与残积土的勘探方法应符合下列规定。**

**10.8.2.1** 勘探点的布置应考虑岩性变化、岩脉与破碎带的产状及分布特点。

**10.8.2.2** 风化岩作为基础持力层时,勘探点应适当加密,并应查明岩面起伏及风化带的特征。

**10.8.2.3** 采取试样宜使用双重管、三重管；钻探中应测记岩芯采取率,必要时测定岩石质量指标。

**10.8.2.4** 勘探中应采用原位测试,原位测试应根据风化岩与残积土的性状采用标准贯入试验、圆锥动力触探、波速测试或载荷试验等方法,并应与室内试验相结合。

**10.8.2.5** 残积土的地基承载力和变形模量宜采用载荷试验确定；也可根据标准贯入试验等原位测试资料,结合当地经验综合确定。

**10.8.3 风化岩与残积土室内试验应符合下列规定。**

**10.8.3.1** 呈土状的风化岩与残积土可按土工试验要求进行,必要时应进行膨胀性、崩解或湿化试验。

**10.8.3.2** 强度试验应以不同含水率状态的单轴抗压强度试验为主,配合点荷载试验,必要时应进行现场大型剪切试验。

**10.8.3.3** 风化岩的物理性试验应包括密度、比重和吸水率等。

**10.8.4** 风化岩与残积土的岩土工程评价应符合下列规定。

**10.8.4.1** 厚层的强风化和全风化岩石可结合当地经验细分为碎块状、碎屑状和土状;厚层残积土可细分为硬塑残积土和可塑残积土,也可根据含砾或含砂量划分为黏性土、砂质黏性土和砾质黏性土。

**10.8.4.2** 风化岩与残积土的岩土工程评价应分析原位测试数据和物理力学性质试验指标,综合确定相关指标推荐值。

**10.8.4.3** 港池、航道、基坑区风化岩与残积土的可挖性,应根据其力学强度和遇水软化性、易风化性等工程特性和挖掘机械设备的性能等因素进行综合评价。

**10.8.4.4** 开挖边坡或深基坑时,边坡稳定性应根据坡面与岩层面、岩脉、构造破碎带产状的关系及裂隙发育情况、岩体风化破碎程度、岩性和地下水的渗流作用等综合评价,同时应评价风化岩的风化发展趋势,并提出相应的措施。

**10.8.4.5** 风化岩作为桩基持力层时,应评价其承载力及沉桩的可能性,并分析桩孔遇水浸泡后对其软化、崩解的影响程度。

**10.8.4.6** 风化岩作为重力式建筑物持力层时,应评价其地基承载能力和沉降特性。

**10.8.4.7** 岩脉、断裂破碎带、袋状风化囊、带状风化槽、球状风化体和软弱夹层,应分析评价岩土的均匀性及其对地基基础的影响,并提出相应的建议。

**10.8.4.8** 采用风化岩作为填筑材料时应评价其适宜性。

**10.8.4.9** 花岗岩地区的中小型工程无试验资料时,花岗岩不同风化程度的物理力学指标可结合当地经验选用。



## 11 地下水勘察

### 11.0.1 地下水勘察应符合下列规定。

**11.0.1.1** 地下水勘察应视工程需要,通过搜集资料、地质调查和测绘、勘探测试工作,查明地下水类型、含水层性质与分布、地下水位的动态变化、补排关系、水质及污染情况,区域气象、水文条件对地下水的影响。

**11.0.1.2** 岸坡地区应着重调查地下水活动与岸坡失稳等不良地质作用发育的关系。

**11.0.1.3** 需了解地下水动态变化及其与地表水的相关变化时,应对有关层位的地下水与地面水水位进行长期同步观测,观测时间不宜少于1个水文年。观测孔应布置在垂岸向勘探线上。

### 11.0.2 地下水参数的测定应符合下列规定。

**11.0.2.1** 地下水参数测定项目应根据工程需要与岩土特性确定。

**11.0.2.2** 地下水水位可在钻孔、探井中测量,并应满足下列要求:

(1)陆域钻孔、探井,均需测定初见水位和稳定水位;多层含水层的水位,采取止水措施分层测定;承压含水层测定承压水头;稳定水位观测的间隔时间对砂土不少于0.5h,粉土和黏性土不少于8h,且量测偏差不超过 $\pm 2\text{cm}$ ;

(2)测定钻孔初见地下水位前,不能采用泥浆护壁钻进或往钻孔中注水。

**11.0.2.3** 地下水的流向宜根据等水位线图采用几何法确定。地下水流速的测定可采用指示剂法。

**11.0.2.4** 含水层的渗透系数宜采用钻孔或探井抽水试验、注水试验求得;岩土层透水性的强弱可根据渗透系数按表11.0.2划分。

岩土层的透水性

表 11.0.2

类 别	不透水	微透水	弱透水	中等透水	强透水	特强透水
渗透系数 $k$ 值 (cm/s)	$k < 1.2 \times 10^{-6}$	$1.2 \times 10^{-6} \leq k < 1.2 \times 10^{-5}$	$1.2 \times 10^{-5} \leq k < 1.2 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3} \leq k < 1.2 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{-2} \leq k \leq 2.3 \times 10^{-1}$	$k > 2.3 \times 10^{-1}$

**11.0.2.5** 抽水、注水试验应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021)的有关规定执行。

### 11.0.3 水样的采取与试验应符合下列规定。

**11.0.3.1** 水质分析的水样应代表天然条件下的客观水质状态,并应满足下列要求:

(1)地下水试样在混凝土结构和钢结构所在位置采取,每个场地不少于3件;当土中盐类成分和含量分布不均匀时分层取样,每层不少于3件;

(2)采取水试样的钻孔不采取泥浆护壁,且无外界物质;

(3)盛水容器采用带磨口玻璃塞的玻璃瓶或塑料瓶,取水样前彻底清洗;



- (4) 采取水试样深度在水面 0.5m 以下；
- (5) 水样总量不少于 750ml, 分装 2 瓶；其中一瓶 250 ~ 300ml 立即加入 2 ~ 3g 大理石粉, 进行侵蚀性试验；
- (6) 水样采取后立即用蜡封口, 并按有关规定填好水样标签和送样单；
- (7) 水样避免阳光直接照射；试样存放时间, 清洁水样不超过 72h, 稍受污染的水样不超过 48h, 受污染的水样不超过 12h。

**11.0.3.2** 水质试验项目及要求应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021) 的有关规定。

**11.0.4** 地下水作用的评价应包括下列内容：

- (1) 对地下水位以下的建筑物基础, 考虑在最不利组合情况下, 评价地下水对结构物的上浮作用；
- (2) 验算岸坡与边坡稳定时, 考虑地下水对岸坡与边坡稳定的不利影响；
- (3) 在地下水位下降的影响范围内, 考虑地面沉降及其对工程的影响；地下水位回升时, 考虑可能引起的回弹和附加的浮托力；
- (4) 墙背填土为粉砂、粉土或黏性土, 验算支挡结构物的稳定时, 根据不同排水条件评价静水压力、动水压力对支挡结构物的作用；
- (5) 有水头压差的地层, 评价产生潜蚀、流砂、流土、管涌的可能性；
- (6) 在地下水位以下开挖基坑或地下工程时, 根据岩土渗透性、地下水补给条件, 分析评价降水或隔水措施的可行性及其对基坑稳定和邻近工程的影响；
- (7) 对软质岩、强风化岩、全风化岩、残积土、湿陷性土、膨胀岩土和盐渍岩土, 评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解、湿陷、胀缩和潜蚀等有害作用；
- (8) 冻土地区评价地下水对土的冻胀和融陷的影响；
- (9) 对地下水位以下的工程结构, 按现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021) 的规定评价地下水对混凝土的腐蚀性；地下水对钢结构的腐蚀性评价应按表 11.0.4 执行。

水对钢结构腐蚀性评价

表 11.0.4

腐蚀等级	pH 值	( $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ ) 含量 (mg/L)
弱	3 ~ 11	< 500
中	3 ~ 11	$\geq 500$
强	< 3	任何浓度

## 12 工程地质调查和测绘

**12.0.1** 水运工程在进行岩土工程勘探前均应进行工程地质调查,了解工程区域内的地貌条件和各种地质要素,并在必要时进行工程地质测绘。对地质条件简单的场地可采用工程地质调查,对基岩出露或地貌、地质条件较复杂的场地应进行工程地质测绘。

**12.0.2** 工程地质调查和测绘适用的勘察阶段和场地条件应符合下列规定。

**12.0.2.1** 工程地质调查和测绘,宜在可行性研究阶段和初步设计阶段勘察进行。在施工图设计阶段勘察或施工阶段,可对工程地质条件复杂地段和工程关键地段的专门地质问题,进行详细或补充测绘。

**12.0.2.2** 对下列场地,宜进行工程地质调查或测绘:

- (1)基岩海岸、山区河流和渠化工程影响范围内的库岸地区有较多基岩出露的场地;
- (2)河海侵蚀、堆积地貌发育,地形起伏,有不同时代、成因和性质的岩土层分布于地表的场地;
- (3)有影响工程安全的不良地质作用和地质构造发育的场地。

**12.0.2.3** 工程地质测绘应在搜集资料的基础上采用填图法进行,并应通过对地面地质观测点的观察、描述,按规定的比例测绘于地形图上的方法完成。对露头较少地段可布置适量的勘探测试工作。

**12.0.3** 工程地质调查和测绘的准备工作应满足下列要求:

- (1)根据勘察合同和勘察技术要求了解工程特点、设计意图和对勘察的要求;
- (2)根据第3.0.6条的规定搜集当地地质、地形、水文、气象等资料;
- (3)踏勘了解现场条件,编制工程地质调查或测绘纲要。

**12.0.4** 工程地质调查和测绘的范围应包括拟建场区以及为查明有关地质问题需要向周边追索延伸的地段。

**12.0.5** 工程地质测绘比例尺应根据勘察阶段、工程类型和场地地质条件选用。预可行性研究阶段勘察宜为1:100000~1:5000;工程可行性研究阶段勘察宜为1:10000~1:1000;初步设计阶段勘察宜为1:5000~1:500;施工图设计阶段勘察宜为1:1000~1:200。

**12.0.6** 地质观测点的布置、密度、定位精度应满足下列要求:

- (1)地质观测点布置在各种地质界线、构造、不良地质现象和地下水露头等处;
- (2)地质观测点的分布密度,以能控制各种地质现象和界线的分布为原则,间距为图上的2~3cm,地质条件简单时为图上的3~5cm;
- (3)重要的地质观测点采用测绘仪器定位,其精度在图上误差不超过3mm。

**12.0.7** 工程地质调查和测绘的重点,应包括关系场址选择和对工程建设有重大影响的工程地质问题,并应符合下列规定。

**12.0.7.1 地貌的调查与测绘宜包括下列内容：**

- (1) 划分微地貌单元,查明地貌形态与第四系堆积类型、地质构造、岩土性质、不良地质作用的关系;
- (2) 人类活动对岸坡与边坡稳定的作用;
- (3) 掩埋的故河道、沟、塘,堤防水毁段、人工和天然洞穴的分布;
- (4) 天然和人工岸坡与边坡的坡高、坡比、坡向与地质构造的关系和对岸坡与边坡稳定的影响。

**12.0.7.2 地层的调查与测绘宜包括下列内容：**

- (1) 前第四纪地层的形成时代、层序、接触关系、岩性、软夹层、泥化层和易容易崩解易风化岩的分布和性状;
- (2) 第四纪地层的形成时代、成因类型、土质、冻结深度、新近沉积土、胶结层、火山岩和特殊土的分布与性质。

**12.0.7.3 地质构造和地震的调查与测绘宜包括下列内容：**

- (1) 构造类型、岩体结构、岩层产状、断层、节理,岸边坡卸荷裂隙等的分布、发育、规模、产状和组合情况以及对建筑场地和岸边坡稳定的影响;
- (2) 根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》(GB 18306)以及由国家地震部门制定的地震小区划确定地区地震动参数;调查历史地震的震害情况、水库诱发地震对场地的影响、新构造活动形迹与地震活动的关系。

**12.0.7.4 不良地质作用的调查与测绘宜包括滑坡、崩塌、泥石流、冲淤、浪蚀、潜蚀、渗透变形、岩溶、土洞、地面塌陷等的成因、范围、发育程度和发展趋势。**

**12.0.7.5 滑坡的调查与测绘宜包括下列内容：**

- (1) 搜集当地滑坡史、易滑地层的分布以及场地地质、地下水、水文、气象、地震和人类活动等相关资料;
- (2) 调查滑坡的形态要素、滑带和滑床的组成和岩土特征,圈定滑坡周界;
- (3) 查明地表水、地下水、泉和湿地等的分布及其动态变化和植被情况;
- (4) 调查滑坡内外工程设施、树木等的变形、位移、特点及其形成的时间和破坏过程;
- (5) 调查当地治理滑坡的经验;
- (6) 对滑坡的重点部位进行摄影或摄像。

**12.0.7.6 地下水的调查与测绘内容应包括地下水的露头位置、含水层类型、性质、地下水位与地表水位的动态变化和补排关系,对岸坡与边坡稳定的影响和不良地质作用的成因关系。并可根据需要调查地下水水质对建材的腐蚀性和地下水作为场区供水水源的可能性。**

**12.0.7.7 水文、气象的调查与测绘应包括对岸坡与边坡稳定的影响。****12.0.7.8 对已有建筑物应调查其地基处理、岸线整治、不良地质作用治理等经验。**

**12.0.8 工程地质调查和测绘的现场记录应详细、真实、准确,重点描述工程地质特性。图件应按地质制图原理实地勾绘,图上地质要素应有相应记录,重要处应有素描或照片。**

**12.0.9 成果资料应根据地质条件的复杂程度和工程需要进行整理,报告和图件应符合**

下列规定。

**12.0.9.1** 报告应全面叙述建筑场地的工程地质条件,结合工程性质和相应设计阶段的要求进行岩土工程分析、评价,并提出勘察工作布置的建议。

**12.0.9.2** 报告应提供下列图件:

- (1)综合柱状图;
- (2)探井、探槽展布图;
- (3)综合工程地质图或工程地质分区图;
- (4)工程地质剖面图;
- (5)照片、素描图或其他专用图件。





## 13 勘 探

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 岩土工程勘探应根据勘察技术要求和场地岩土特性,选用钻探、井探、槽探、硐探、物探等方法。

**13.1.2** 岩土工程勘探应符合下列规定。

**13.1.2.1** 勘探工作应加强相关资料的搜集,防止对地下和水下管线、工程设施、文物、自然环境和水资源的破坏。

**13.1.2.2** 水域勘探应在水上固定勘探平台或勘探船筏等浮式平台上进行。平台类型应根据当地的水文、气象、地质条件和勘探技术要求选定,并应满足安全生产和环保的要求。

**13.1.2.3** 冰上勘探前应搜集勘探区的水文、气象及冰冻期、冰层厚度等相关资料,必须在冰冻期进行勘探,且冰层的厚度不得小于0.4m,勘探过程中应定时对水文、气象和冰层厚度的变化进行观测,并宜采用整体箱式勘探平台。

**13.1.2.4** 对堤防安全、交通、生产、环境等可能造成不良影响的,或有地下水、可燃气体冒出的钻孔、探井、探槽,完工后应按有关规定妥善回填,并认真做好回填记录。

**13.1.3** 勘探点位、高程和勘探深度测量应符合下列规定。

**13.1.3.1** 勘探点应根据场地地形、地物、离岸距离的远近等具体条件,选择定位测量的仪器与方法,应按设计坐标施放,并应在点位确定后设木桩、浮标等明显标识,在开孔后实测点位坐标与高程。

**13.1.3.2** 水域勘探点高程应根据多次同步测量的水深与水位确定,并宜用下入水中套管的长度作校核,也可根据最新测绘的水域地形图及水文、潮汐等情况进行核对。在水深流急区域不宜使用水砣绳测量水深。

**13.1.3.3** 冰上勘探点高程应根据冰面高程、冰层厚度与水深确定。

**13.1.3.4** 在有潮汐水域采用勘探船或筏等浮式平台作业时,应定时进行水位观测,校正水面高程,准确计算勘探深度。

**13.1.3.5** 勘探点位、高程和勘探深度的允许偏差可按表 13.1.3 的规定确定,并应满足工程需要。

勘探点位、高程和勘探深度的允许偏差

表 13.1.3

勘 察 阶 段		可行性研究	初步设计	施工图设计
陆 域	点位	5m	2m	1m
	点位高程和勘探深度	±5cm		



续表 13.1.3

勘察阶段			可行性研究	初步设计	施工图设计
水域	点位		10m	3m	2m
	点位高程和 勘探深度	$H \leq 20\text{m}$	$\pm 20\text{cm}$		
		$H > 20\text{m}$	$\pm 0.01H$		

注:① $H$ 为水深(m);  
②冰上勘探点位、高程和勘探深度测量的允许偏差可参照陆域勘探点执行。

13.2 钻探与取样

13.2.1 钻探工作应符合下列规定。

13.2.1.1 钻探方法应根据岩土的性质和勘察技术要求选取,并应满足下列要求:

- (1)全断面取芯取样或进行原位测试的钻孔,按取芯取样及原位测试技术标准或规定进行,采用回转钻探方法;
- (2)对于粉土、砂、碎石类土与破碎的岩层或构造带,采用泥浆护壁或套管跟进的钻进方法;
- (3)对采集扰动土样的浅部土层钻探,采用小口径的螺纹提土钻、麻花钻、勺形钻及洛阳铲等简易钻探方法。

13.2.1.2 钻探机具的配备及规格应根据取样、测试要求、岩土地基的性质和水域、陆域、冰上的施工条件等情况选用,并应符合国家现行有关标准的规定。

13.2.1.3 陆域钻孔的护孔套管应保证垂直,插入深度应超过需隔离的土层 0.5m,套管规格应满足成孔孔径的要求;水域与冰上钻孔的护孔套管除应达到陆域钻孔的要求外,插入土层的套管长度不得小于水底泥面以上套管自由段长度的 1/2,并确保冲洗液不在水底泥面处流失。

13.2.1.4 冰上钻探平台 20m 半径范围内不得开凿抽水、回水的冰洞,且不应有车辆交通运输线通过。

13.2.1.5 钻探应控制钻进回次的进尺,每回次进尺不宜大于 2m,并应满足分层精度的要求;遇变层应立即取样。

13.2.1.6 全断面取芯取样钻孔的岩芯采取率,对完整和较完整的岩体与黏性土、层状构造土、黏粒含量超过 10% 的粉土不得低于 80%;对较破碎和破碎岩体与砂土、黏粒含量小于或等于 10% 的粉土不得低于 65%。取芯钻探宜采用双管或三管取芯钻具。需确定岩石质量指标时,应采用 75mm 口径的双管单动金刚石钻头钻具。

13.2.1.7 钻孔记录应由经过专业培训的人员承担,钻孔记录应内容详实、书写清楚、数据准确,按钻进回次逐项填写,严禁事后追记;水域钻孔应及时记录同步测量的水尺读数和水深,冰上钻孔应记录冰层厚度和水深。钻孔记录应依据岩土分类的规定对所采取的岩、土芯样定名,对其岩土特性进行详细的描述,并根据需要现场采用微型十字板仪、袖珍贯入仪等测试土芯样的力学强度。

13.2.1.8 钻孔中地下水的量测应符合第 11.0.2 条的规定。

**13.2.1.9** 钻探成果应包括钻孔测量数据、钻孔记录、钻孔柱状图、岩土芯样彩色照片和按工程要求留存的岩土芯样。

**13.2.2** 取样应符合下列规定。

**13.2.2.1** 土样根据被扰动的程度,可划分为原状、扰动两个类别及不扰动(Ⅰ)、轻微扰动(Ⅱ)、显著扰动(Ⅲ)、完全扰动(Ⅳ)四个质量等级。

**13.2.2.2** 取样应根据土层的工程特性和工程所需土样的质量等级按表 13.2.2 选择取土器具,确定取土方法。

取土器及取土方法适用的土层与取土的质量等级

表 13.2.2

土样质量等级		取土器及取土方法	薄壁取土器	重管回转取土器	厚壁敞口取土器	厚壁敞口环刀取土器	标准贯入器	单套岩芯管
土性			压入	回转压入	压入或击入	压入或击入	击入	回转压入
黏性土、黏性土为主的层状构造土、粉土	流塑~可塑		Ⅰ	Ⅰ~Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ~Ⅱ	Ⅲ~Ⅳ	Ⅳ
	可塑~硬塑		—		Ⅰ~Ⅱ			Ⅲ~Ⅳ
砂土为主的层状构造土、粉细砂、粉土	松散~密实		—	Ⅱ	Ⅱ~Ⅲ			Ⅳ

注:厚壁敞口取土器与厚壁敞口环刀取土器不能压入取土时,则采用重锤少击或孔底锤击的方法取土。

**13.2.2.3** 在钻孔中采取原状土样应满足下列要求:

(1)在软土、砂土为主的层状土、粉土、粉细砂中采用泥浆或套管护壁,当采用套管时,孔内水位不能低于地下水位,取样位置低于套管底端 3 倍孔径的距离;

(2)取土前清孔做到孔壁稳定,不缩孔、不坍塌,孔内干净,孔底残留土厚度不大于取土器废土段的长度,并减少对孔底土层的扰动;在取土位置以上 1m 处,严禁用水冲、冲击、振动等钻进方法清孔;

(3)取土器下入孔内临近取样位置时,要稳慢落底,防止冲击孔底土层。用快速静力连续压入的方法取样,当遇硬土或砂土压入困难时,采用厚壁取土器用重锤少击或孔底锤击的方法取样;

(4)使用双管或三管单动回转取土器取芯、取样时,转速一般不大于 100r/min;并根据土性施加钻进压力,控制掌握冲洗液泵量和泥浆的稠度;

(5)取土器在孔内提升时,卷扬速度用中档或慢档,防止钻杆与取土器抖动并冲撞套管造成土样脱落;

(6)原状土样的直径为 75~100mm,长度不小于 20cm。

**13.2.2.4** 原状土样应妥善密封不渗漏,直立安放,不得倒置,尽快运往试验室进行土工试验,储运过程中应采取防冻、防晒和防振等措施。

**13.2.2.5** 需进行物理、力学性质试验的岩样,应按照现行国家标准《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266)的要求钻取岩芯或在探井、探槽、竖井和平硐中刻取;对需要保持

天然湿度的岩芯或岩样应立即蜡封。

### 13.3 井探、槽探、硐探

**13.3.1** 钻机不易进位或常规钻探方法难以准确查明地下的岩土性质和构造特征,或配合原位测试需要时,可采用井探或槽探。在坝址、大型边坡等勘察中,当需要详细查明深部岩层性质、构造特征或进行原位测试时,可采用竖井或平硐。

**13.3.2** 探井和探槽的深度不宜超过地下水位。竖井和平硐的深度、长度、断面应按工程要求确定。

**13.3.3** 探井、探槽、探硐除文字描述记录外,尚应绘制柱状图、展示图和剖面图等,反映井、槽、硐的底部和侧壁岩性、地层分界、构造特征、取样和原位试验位置,并辅以代表性部位的彩色照片。

**13.3.4** 在探井、探槽、探硐中采取原状土样或岩样,宜采用刻取的方式进行。

### 13.4 物 探

**13.4.1** 水域物探可采用水底地层剖面仪探测、水域地震映像探测等物探方法。水域物探应满足下列要求:

- (1) 充分了解探区的环境噪声、水下地形、岩土组成和勘探期间的水文气象条件,选择合适的物探方法和探测方案;
- (2) 选择有代表性的地段进行方法的有效性试验;
- (3) 采用地质钻探资料进行验证;
- (4) 地质条件复杂地段采用多种物探方法进行综合探测。

**13.4.2** 水底地层剖面仪探测应符合下列规定。

**13.4.2.1** 水底地层剖面仪可探测第四纪覆盖层厚度和划分沉积层序。走航式探测宜用于水深大于2m的水域,在环境噪声大、水底地形坡度陡峻的水域不宜采用。

**13.4.2.2** 水底地层剖面仪探测的测线应根据测区的地质条件和工程要求合理布置。探测线间距宜不大于同阶段地质勘探线的间距,并在垂直探测线的方向上布置检查探测线,检查探测线的数量不宜少于3条。代表性和控制性的探测线上应布置对比勘探孔,数量不宜少于3个。

**13.4.2.3** 水底地层剖面仪探测作业应满足下列要求:

- (1) 地层剖面仪发射机具有足够发射功率,接收机具有足够的频带宽和时变增益调节功能,能同时进行剖面输出和数字采集处理与存储;
- (2) 采用拖曳方式进行探测时,声源和水听器阵拖曳在船尾涡流区外,并稳浮在水面下0.1~0.5m;采用舷挂方式进行探测时,换能器入水深度不小于0.5m;
- (3) 探测前在测区内进行试验性探测,使探测剖面获得最佳穿透深度和分辨率,确定最佳作业参数;
- (4) 作业时探测船沿测线方向匀速、直线持续航行,航行速度不大于6kn,不随意停船,转换测线时不作小角度转弯;采用动态差分全球定位系统(GPS)导航和同步定位,并



同时进行潮位观测；

(5) 记录剖面图像清晰,没有强噪声干扰和图像模糊、间断等现象;中间漏测或缺失部分大于 50m 或累计漏测段大于测线总长的 2% 时,予以补测;

(6) 水深变化较大时及时调整记录仪量程、延时、炮间距及偏移距等作业参数;风浪较大时采用波浪补偿器或进行滤波处理;

(7) 现场对记录剖面图像进行初步分析,发现可疑目标时增设补充测线予以查明;

(8) 受风浪、水流、潮汐等环境因素的影响,探测船不能正常作业时,停止探测。

#### 13.4.2.4 水底地层剖面仪探测资料整理及成果应包括下列内容:

(1) 识别剖面图像记录上的各种干扰信号;

(2) 根据剖面图像的反射结构、振幅、频率、同相轴连续性和反射波接触关系,追踪发射界面、划分反射波组、分析反射波组的特征,划分声学地层层序;

(3) 结合地质钻孔资料,解释地层沉积构造,判断沉积类型及其工程地质特性等;

(4) 根据钻孔层位对比、实际地层声速进行时间—深度转换,编制地层剖面图和相关的地质特征图。

#### 13.4.3 水域地震映像探测应符合下列规定。

13.4.3.1 水域地震映像探测可用于分辨地球物理特性不同的水下各类岩土的地质界面。走航式探测宜用于水深大于 5m 的水域。

13.4.3.2 水域地震映像探测的测线宜按网格状布置,测线的间距宜不大于同阶段地质勘察勘探线的间距,地质复杂时或针对具体问题探测时可加密测线。沿测线应布置相应的对比钻孔,主要测线上的对比钻孔不应少于 3 个。

#### 13.4.3.3 水域地震映像探测作业应满足下列要求:

(1) 接收仪器具有自动连续启动功能,能对数据进行实时采集、处理、存储和显示;

(2) 震源具有大能量输出、余震小、气泡效应小等特点,且频带适宜;

(3) 探测船沿测线匀速持续航行,结合震源激振的时间间隔确定走航速度,且不超过 5kn;

(4) 采用动态差分全球定位系统进行导航和定位,并同时进行潮位观测;

(5) 探测采用单点接收或多道接收走航式采集,探测前选择主要测线或已知区域进行有效性试验,选择适宜的滤波档、偏移距和道间距等采集参数;

(6) 记录剖面图像清晰、完整,缺漏或缺失部分大于 30m 或累计漏测段不大于测线总长度的 2%,或实测测线偏离设计测线大于测线间距的 20% 时,予以补测;

(7) 对于探测中发现的异常区域,根据工程需要进行重测或加密探测;

(8) 风浪、水流等环境因素影响探测船走航作业时,停止探测。

#### 13.4.3.4 水域地震映像探测资料整理应满足下列要求:

(1) 探测成果的整理在采集到的高信噪比地震信号的基础上进行;

(2) 单点接收时直接形成地震映像剖面,多道采集时通过数据处理形成地震映像剖面;

(3) 数据处理综合采用滤波、动校正、速度分析、叠加、小波变换和能量补偿等方法

进行；

(4) 地震映像剖面的解释结合已有地质勘察资料进行；

(5) 地震映像探测成果包含报告、实测测线位置图、综合地质剖面图、覆盖层厚度图、基岩面高程等值线图、测区地质异常分布范围图等。

**13.4.4** 陆域物探应根据场地地基条件和工程要求选择有效的方法。



## 14 原位测试

### 14.1 一般规定

**14.1.1** 原位测试方法应根据岩土性质、场地条件、设计对参数的要求和地区经验等因素选用。

**14.1.2** 根据原位测试成果确定岩土工程特性参数、对岩土工程问题作出评价时,应结合钻探与室内土工试验等勘察资料和地区经验,必要时应与工程反算参数比较,检验其可靠性。

**14.1.3** 原位测试的仪器设备应定期检验和标定。

**14.1.4** 分析原位测试成果资料时,应考虑仪器设备、试验条件、试验方法和操作等对试验成果的影响,结合岩土性质,剔除异常数据。

**14.1.5** 在水域或冰上勘探平台上进行原位测试时,勘探平台应能提供满足原位测试要求的反力,保证勘探平台的稳定、安全和测试成果的准确。

### 14.2 浅层平板载荷试验

**14.2.1** 浅层平板载荷试验可用于测定浅层地基各类岩土承压板下 1.5 ~ 2.0 倍承压板的宽度或直径深度的承载力和变形模量。

**14.2.2** 浅层平板载荷试验点的平面布置应具有代表性,在同一岩土层上不应少于 3 个点,试验点应布置在基础底面高程处。

**14.2.3** 浅层平板载荷试验应符合下列规定。

**14.2.3.1** 试坑底面宽度或直径不应小于承压板宽度或直径的 3 倍。

**14.2.3.2** 试坑底岩土应避免扰动,试验前应保持其原状结构和天然湿度,尽快安装试验设备。拟试压表面应采用粗砂或中砂找平,找平厚度不超过 20mm。

**14.2.3.3** 载荷试验宜采用圆形刚性承压板,土的载荷试验承压板面积不应小于  $0.25\text{m}^2$ ,对软土或填土不应小于  $0.5\text{m}^2$ ;岩石载荷试验承压板的面积不宜小于  $0.07\text{m}^2$ 。

**14.2.3.4** 加荷标准,包括设备自重的第一级荷载宜接近试坑挖除的土重;以后每级荷载增量,对于低、中等压缩性土宜采用 50kPa,高压缩性土宜采用 25kPa,特别软弱的土宜采用 10kPa,软岩、较软岩宜采用 100 ~ 200kPa。当能够预估极限荷载时,每级荷载增量宜取极限荷载的  $1/8 \sim 1/12$ 。

**14.2.3.5** 加荷方式宜采用分级维持荷载沉降相对稳定法;有地区经验时,可采用分级加荷沉降非稳定法;荷载的量测精度不应低于最大荷载的  $\pm 1\%$ ,承压板沉降量的量测精度不应低于  $\pm 0.01\text{mm}$ 。对不同岩土试验的相对稳定标准应满足下列要求:

(1) 试验对象为土体时,每级荷载施加后,间隔 10min、10min、10min、15min、15min 测读一次沉降,以后间隔 30min 测读一次,直到连续 2h 内每 1h 沉降增量小于等于 0.1mm 的相对稳定标准时,施加下一级荷载;

(2) 试验对象为岩体时,每级荷载施加后,间隔 1min、2min、2min、5min 测读一次沉降,以后每隔 10min 测读一次,直到连续 3 次读数差小于等于 0.01mm 的相对稳定标准时,施加下一级荷载。

**14.2.3.6** 当以确定地基变形模量为目的时,试验应进行至出现比例界限点以后 1~2 级荷载为止。当以确定地基承载力为目的时,试验应进行至能获得极限荷载或者最后一级荷载达到设计荷载的 2 倍为止。出现下列情况之一时,可终止试验,并取前 3 种情况对应的前一级荷载为极限荷载:

(1) 承压板周围的土被挤出或出现裂缝和隆起,沉降急剧增加;

(2) 本级荷载的沉降量大于前级荷载的沉降量的 5 倍,荷载与沉降曲线出现明显陡降;

(3) 在某级荷载下,持续 24h 内沉降速率等速或加速发展,不能达到相对稳定标准;

(4) 总沉降量超过承压板宽度或直径的 1/12。

**14.2.3.7** 需要进行回弹观测时,卸荷应分级进行并观测回弹值,每级卸荷载量可为加荷的 2 倍。每卸一级荷载后应以 10min 为间隔连续观测 1h,荷载卸完后应以 30min 为间隔继续观测 3h。

**14.2.4** 浅层平板载荷试验资料的整理和应用应符合下列规定。

**14.2.4.1** 浅层平板载荷试验的资料整理应首先绘制荷载与沉降曲线( $P-S$  曲线)。

**14.2.4.2** 变形模量应根据  $P-S$  曲线的初始直线段按下列公式确定:

$$\text{承压板为圆形} \quad E_0 = 0.785(1 - \mu^2)d \frac{P}{S} \quad (14.2.4-1)$$

$$\text{承压板为方形} \quad E_0 = 0.886(1 - \mu^2)b \frac{P}{S} \quad (14.2.4-2)$$

式中  $E_0$ ——试验土层的变形模量(MPa);

$\mu$ ——地基土的泊松比;

$d$ 、 $b$ ——承压板的直径、边长(cm);

$P$ —— $P-S$  曲线线性段的压力(kPa);

$S$ ——对应于施加压力的沉降量(cm)。

**14.2.4.3** 地基土的泊松比可按表 14.2.4 采用。

泊松比值

表 14.2.4

土的名称	碎石土	砂土	粉土	粉质黏土	黏土
泊松比 $\mu$	0.27	0.30	0.35	0.38	0.42

**14.2.4.4** 地基承载力可按下列方法确定:

(1)  $P-S$  曲线上存在明显的直线段时,以比例界限  $P_0$  值作为容许承载力;比例界限  $P_0$  值与极限荷载  $P_u$  接近时,将  $P_u$  除以安全系数 2.0~3.0,作为容许承载力;

(2)  $P-S$  曲线上没有明显的直线段时,在  $P-S$  曲线较平缓的区段选取承载力,对一般黏性土、软土采用相对沉降不大于 0.02 对应的压力作为容许承载力;极限荷载  $P_u$  小于  $P_{s/b=0.02}$  的 2 倍时,以  $P_u/2$  作为容许承载力;对低压缩性土、砂土采用相对沉降 0.010 ~ 0.015 对应的压力作为容许承载力;对软岩、较软岩采用相对沉降 0.001 ~ 0.002 对应的压力作为容许承载力。

14.2.4.5 基准基床系数可根据承压板的边长为 30cm 的平板载荷试验按下式计算:

$$K_v = P/S \tag{14.2.4-3}$$

式中  $K_v$ ——基准基床系数(kN/m<sup>3</sup>);  
 $P/S$ —— $P-S$  曲线直线段的斜率, $P-S$  曲线无直线段时, $P$  取临塑荷载的一半(kPa), $S$  为相应于该  $P$  值的沉降值(m)。

14.3 十字板剪切试验

14.3.1 十字板剪切试验可用于测定饱和软黏性土的不排水抗剪强度和灵敏度等参数。

14.3.2 十字板剪切试验点的布置,对均质土竖向间距可为 1m,当试验深度处遇有间夹砂土、硬塑土、胶结层等硬层时,应穿过硬层再行试验;也可根据已有勘察资料,选择其间软黏性土段进行试验。

14.3.3 十字板剪切试验可分为机械式和电测式,其主要技术要求应符合下列规定。

14.3.3.1 十字板头和轴杆的规格尺寸应符合表 14.3.3 的规定。

十字板头和轴杆的规格尺寸 表 14.3.3

型号	板宽 (mm)	板高 (mm)	板厚 (mm)	刃角 (°)	轴 杆		面积比 (%)
					直径 (mm)	长度 (mm)	
I	50	100	2	60	13	50 ~ 75	≤14
II	75	150	3		16		≤13

14.3.3.2 机械式十字板剪切试验操作要点应满足下列要求:

- (1) 十字板试验孔使用空心螺纹钻清孔,套管跟进护壁,孔底残留浮土厚度小于 10cm,保证成孔垂直度;
- (2) 十字板头用慢速压至试验点位,入土深度不小于套管底端以下 50cm;
- (3) 每次试验后量测轴杆的摩擦阻力。

14.3.3.3 电测式十字板剪切试验操作要点应满足下列要求:

- (1) 贯入主机安装水平,并能提供满足最大试验深度的反力,探杆夹持器牢固夹持探杆,不产生相对转动;
- (2) 电测式十字板的扭力传感器及其连接导线在水域中工作,其绝缘电阻不小于 300MΩ;
- (3) 当十字板头压进地下土层 0.5m 后,稍作停留,待传感器与地温取得热平衡,仪表输出值不变并调零后,再压至试验点位;
- (4) 试验结束,将十字板头拔出地面,及时记录仪表不归零读数。

14.3.3.4 十字板剪切试验前,应对测力用的扭力传感器或开口钢环进行标定。标定

工作宜在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的室温环境中操作。扭力传感器应连同配套使用的仪器、电缆一同参与标定。

**14.3.3.5** 十字板剪切速率应以10s转动 $1^\circ$ 为标准,其峰值读数或稳定读数宜在3~10min内出现,试验出现峰值后应再测记1min,稳定值的确定应以最小值读数连续出现6次为准。试验的剪切强度峰值或稳定值测试完后,应顺扭转方向连续转动探杆6圈,测定重塑土的不排水抗剪强度。

**14.3.4** 水域十字板剪切试验宜在固定勘探平台上进行,潮间浅滩或浅水区域也可采用勘探船与脱开的套管支架平台相结合的方法进行。

**14.3.5** 十字板剪切试验成果与分析应符合下列规定。

**14.3.5.1** 各试验孔应计算试验点土的不排水抗剪强度、残余强度、重塑土的强度和灵敏度,并绘制随深度变化的关系曲线。

**14.3.5.2** 各试验土层应统计计算不排水抗剪强度、残余强度、重塑土的强度和灵敏度的平均值,以及随深度变化的相关关系。

**14.3.5.3** 十字板不排水抗剪强度值应根据土层性状、地区经验和试验方法等实际情况进行修正。

## 14.4 静力触探试验

**14.4.1** 静力触探试验可用于黏性土、粉土、砂土和含有少量碎石的土。

**14.4.2** 静力触探的探头按结构和功能可分为单桥探头、双桥探头和带孔隙水压力量测探头。静力触探试验可测定比贯入阻力、锥头阻力、侧壁摩阻力和贯入时的孔隙水压力。静力触探试验的探头规格和探头磨损标准应符合表14.4.2-1~表14.4.2-3的规定。

单桥探头规格

表 14.4.2-1

型号	锥头直径 (mm)	锥头截面积 ( $\text{cm}^2$ )	有效侧壁长度 (mm)	锥角 $\alpha$ ( $^\circ$ )
I-1	35.7	10	57	60
I-2	43.7	15	70	60

双桥探头规格

表 14.4.2-2

型号	锥头直径 (mm)	锥头截面积 ( $\text{cm}^2$ )	有效侧壁长度 (mm)	摩擦筒表面积( $\text{cm}^2$ )	锥角 $\alpha$ ( $^\circ$ )
II-1	35.7	10	179	200	60
II-2	43.7	15	219	300	60

探头磨损更换标准

表 14.4.2-3

标准锥头直径 (mm)	磨损锥头直径 (mm)	磨损摩擦筒直径 (mm)	磨损锥头高度 (mm)
35.7	<35.16	小于锥头直径	<28
43.7	<43.04		<34

### 14.4.3 静力触探试验应符合下列规定。

#### 14.4.3.1 试验前应对探头的测力传感器进行标定,并满足下列要求:

- (1) 与其配套使用的仪器及电缆一起参与标定;
- (2) 标定的应力与应变关系呈直线,并通过坐标原点,线性误差不大于 1% FS;
- (3) 分级加荷、卸荷反复进行 3 次以上,重复性误差不大于 1% FS,所加荷载接近空心柱的最大设计荷载,其应力—应变关系直线不能外延使用;
- (4) 标定时顶柱与测力传感器接触良好,转换顶柱方位,其读数误差不大于同一级荷载变量观测值的 1% FS;
- (5) 测力传感器的温度飘移与归零误差不超过 1% FS;
- (6) 测力传感器及其连接导线的绝缘电阻不小于 500M $\Omega$ 。

注:FS——在额定荷载下探头及仪表的满量程输出值。

14.4.3.2 水域静力触探试验应在固定平台上进行,或采用水下静力触探试验设备进行。静力触探试验平台抗风浪能力应满足试验作业与安全的要求。

#### 14.4.3.3 静力触探试验操作要点应满足下列要求:

- (1) 陆域、水域勘探平台上的静力触探机与水下静力触探设备安装水平,并能提供足够的反力,确保静探杆贯入与拔起时的垂直度以及静探机座的稳定;
- (2) 静探贯入深度超过 30m 时,孔内下套管导向与抗弯,防止孔斜与断杆;或配置具有测斜能力的探头,量测触探孔的偏斜角,校正土层界线的深度;遇硬塑或密实的硬层贯入困难时,采用泥浆护壁或跟管清孔,进行分段触探,但清孔深度不超过原触探深度已扰动的土层,并距触探段土层顶面 50cm 以上;
- (3) 水上静力触探采用多重套管,外套管直径满足抗水流、风浪和多重套管变径的要求,一般大于 146mm,套管变径根据静探孔的要求和工况条件确定,套管上端固定在作业平台上,套管下端的入土深度保证静探作业顺利进行;
- (4) 将单桥或双桥探头贯入土面下 1m 左右,上提探头 5 ~ 10cm,使得探头传感器处于不受力状态,待探头温度与地温平衡,仪器零位基本稳定后,将仪器调零或记录初始读数,再进行正常连续贯入触探试验;
- (5) 测试时匀速连续贯入,速率为  $1.2 \pm 0.3$  m/min;
- (6) 孔压静力触探试验的探头在进入地下水位以下的土层前,保持饱和状态,在试验的整个过程中不上提探头;在预定深度进行孔压消散试验,量测停止贯入后不同时间的孔压值时,不松动探头;
- (7) 静力触探试验点与最近的已有其他勘探点的间距不小于已有勘探点孔径的 25 倍,且不小于 2m。

### 14.4.4 静力触探试验成果分析应符合下列规定。

#### 14.4.4.1 应依据探头的类型绘制如下相应的试验曲线:

- (1) 单桥探头绘制比贯入阻力与深度的关系曲线( $P_s - h$  曲线);
- (2) 双桥探头绘制锥头阻力、侧壁摩阻力、摩阻比与深度的关系曲线( $q_c - h$ 、 $f_s - h$ 、 $R_f - h$  曲线);



(3)带孔隙水压力量测探头绘制孔隙水压力、真锥头阻力、真侧壁摩阻力、静探孔压系数与深度的关系曲线( $u_i-h$ 、 $q_i-h$ 、 $f_i-h$ 、 $B_q-h$  曲线),以及孔压消散过程时刻的孔隙水压力与孔压消散过程时刻的对数关系曲线( $u_i-\lg t$  曲线)。

14.4.4.2 成果分析应根据静力触探贯入曲线的线型特征,结合场地的钻探资料和地区经验划分土层和判定土性,并应统计计算单孔各土层的比贯入阻力和锥头阻力、侧壁摩阻力等测试值,以及各土层测试值的场地平均值或加权平均值。

14.4.4.3 成果分析应根据静力触探试验的测试结果,结合其他勘察资料和地区经验,估算土的塑性状态或密实度、压缩性、固结系数、渗透系数、地基承载力、单桩承载力,判断沉桩的可能性,进行液化评价,判断地基处理效果等。

14.5 标准贯入试验

14.5.1 标准贯入试验适用于砂土、粉土和黏性土,也可用于残积土、极软岩、软岩。

14.5.2 标准贯入试验的设备规格应符合表 14.5.2 的规定。

标准贯入试验设备规格			表 14.5.2
落 锤		锤的质量(kg)	63.5
		落距(cm)	76
贯入器	对开管	长度(mm)	>500
		外径(mm)	51
		内径(mm)	35
	管靴	长度(mm)	50~76
		刃口角度(°)	18~20
		刃口单刃厚度(mm)	1.6
钻 杆		直径(mm)	42
		相对弯曲	<1/1000

14.5.3 标准贯入试验的技术要求应符合下列规定。

14.5.3.1 标准贯入试验孔宜采用回转钻进、并保持孔壁稳定,孔底的废土高度不得超过 5cm。陆域钻孔应保持孔内水位略高于地下水位,水域钻孔应保持孔内水位不低于所在水域地表水位。下放贯入器时不得冲击孔底。

14.5.3.2 水域钻孔采用浮式平台时,贯入度量测基面应不受平台晃动的影响。

14.5.3.3 采用自动脱钩的自由落锤法进行锤击,贯入器、探杆、导向杆间的联接应紧密,并保持垂直度,锤击时不应偏心或侧向晃动,锤击速率应小于 30 击/min。

14.5.3.4 贯入器打入土中 15cm 后,应开始记录每打入 10cm 的锤击数,应以累计打入 30cm 的锤击数为标准贯入试验锤击数。当锤击数已达 50 击,而贯入深度未达 30cm 时,可记录 50 击的实际贯入深度并终止试验,按式(14.5.3)换算成相当于 30cm 的标准贯入试验锤击数  $N$ 。

$$N = 30 \times 50 / \Delta S$$

(14.5.3)

式中  $N$ ——标准贯入试验锤击数;

$\Delta S$ ——50 击时的贯入度 (cm)。

**14.5.4 标准贯入试验成果与分析应符合下列规定。**

**14.5.4.1** 汇编标准贯入试验成果数据表,可按其测试深度标注于钻孔柱状图或工程地质剖面图上,也可绘制单孔标准贯入试验击数与深度关系曲线或直方图。

**14.5.4.2** 试验土层中夹杂有碎砖瓦、卵石、碎石、砾石、姜石、硬贝壳或薄层胶结层、硬土层等使标准贯入试验击数异常时,应剔除异常值后再分层统计。

**14.5.4.3** 标准贯入试验成果可用于判定砂土、粉土、黏性土的物理状态,估算土的强度、变形参数、地基承载力和单桩承载力,判别砂土和粉土是否液化,评价沉桩、成桩的可能性和地基加固效果等。

**14.5.4.4** 应用标准贯入试验成果时,标准贯入试验锤击数应根据具体情况修正。

## 14.6 圆锥动力触探试验

**14.6.1** 圆锥动力触探试验可用于黏性土、砂类土、碎石类土、极软岩、软岩等。

**14.6.2** 圆锥动力触探试验的类型可分为轻型、重型和超重型三种,其规格和适用土类应符合表 14.6.2 的规定。

圆锥动力触探类型

表 14.6.2

类 型		轻 型	重 型	超 重 型
落 锤	锤的质量 (kg)	10	63.5	120
	落距 (cm)	50	76	100
探 头	直径 (mm)	40	74	74
	锥角 (°)	60	60	60
探杆直径 (mm)		25	42	50
指 标		贯入 30cm 的读数 $N_{10}$	贯入 10cm 的读数 $N_{63.5}$	贯入 10cm 的读数 $N_{120}$
主要适用岩土		填土、砂土、粉土、黏性土	砂土、中密以下的碎石土、极软岩	密实和很密实的碎石土、软岩、极软岩

**14.6.3 圆锥动力触探试验操作要点应符合下列规定。**

**14.6.3.1** 所有连接部件应连接紧密,并采用自动落锤装置,轻型动力触探可采用手动落锤。

**14.6.3.2** 触探杆最大偏斜度不应超过 2%,锤击贯入应连续进行,应防止锤击偏心、探杆倾斜和侧向晃动,保持探杆垂直度;锤击速率每分钟宜为 15 ~ 30 击。进行水上试验时,发生导向杆与探杆晃动及锤击偏心的情况,应停止试验。

**14.6.3.3** 每贯入 1m,宜将探杆转动一圈半;连续贯入深度超过 10m,每贯入 20cm 宜转动探杆一圈半。砂、圆砾、角砾和卵石、碎石土连续触探深度不宜超过 12m。

**14.6.3.4** 水域钻孔采用浮式平台时,贯入度量测基面应不受平台晃动的影响。

**14.6.3.5** 对轻型动力触探,当  $N_{10}$  大于 100 击或贯入 15cm 锤击数超过 50 击时,可停止试验;对重型动力触探,当连续三次  $N_{63.5}$  大于 50 击时,可停止试验或改用超重型动力触探。

**14.6.3.6** 探头直径磨损不应大于 2mm,锥尖高度磨损不应大于 5mm。

**14.6.4 圆锥动力触探试验成果分析应满足下列要求:**

(1)单孔连续圆锥动力触探试验绘制锤击数与贯入深度关系曲线,并统计单孔分层贯入指标平均值;

(2)根据各孔分层的贯入指标平均值,用厚度加权平均法计算场地分层贯入指标平均值和变异系数;

(3)根据圆锥动力触探试验成果,结合地区经验,进行力学分层,评定岩土的统一性和物理性质、土的强度、变形参数、地基承载力、单桩承载力,查明土洞、软硬土层界面、检测地基处理效果等;

(4)根据具体情况对锤击数进行修正;采用动力触探击数确定碎石土密实度时,按现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021)的有关规定进行修正。

**14.7 旁压试验**

**14.7.1** 旁压试验可分为预钻式和自钻式两类。预钻式旁压试验可用于黏性土、粉土、砂土、碎石土、残积土、极软岩和软岩;自钻式旁压试验可用于黏性土、粉土和砂土等。

**14.7.2** 旁压试验孔应符合下列规定。

**14.7.2.1** 试验孔的平面布置应具有代表性,在同一场地不宜少于2个孔;试验孔与已有钻孔的水平距离不宜小于3m。

**14.7.2.2** 孔内试验点的垂直间距不宜小于1m,旁压器的测量腔应在同一土层内,同一土层内试验点总数不宜少于6个。

**14.7.2.3** 预钻式旁压试验应根据岩土条件采用适当的成孔方法,其成孔质量应满足下列要求:

(1)孔壁垂直、光滑、截面呈圆形、不受扰动;

(2)成孔直径比旁压器外径大2~6mm;成孔深度大于试验深度0.5m;

(3)同一试验孔试验点按自上而下顺序,每一试验段成孔后尽快试验。

**14.7.2.4** 自钻式旁压试验应根据岩土条件调整切削器和冲洗液喷头位置、进尺速率、切削器旋转速率、冲洗液压力与流量,并保证自钻成孔的质量。

**14.7.3** 旁压试验操作主要技术要求应符合下列规定。

**14.7.3.1** 旁压试验的加压等级可取预估极限压力的1/8~1/12,也可按表14.7.3选用。

旁压试验的加压等级

表 14.7.3

土的工程特性	加压等级 $\Delta P$ (kPa)	
	临塑压力前	临塑压力后
淤泥、淤泥质土、流塑的黏性土、粉土,饱和或松散粉细砂	$\Delta P \leq 15$	$\Delta P \leq 30$
软塑的黏性土、粉土,稍密很湿的粉细砂,稍密的中、粗砂	$15 < \Delta P \leq 25$	$30 < \Delta P \leq 50$
可塑至硬塑的黏性土、粉土,中密至密实很湿的粉细砂,稍密至中密的中、粗砂	$25 < \Delta P \leq 50$	$50 < \Delta P \leq 100$
坚硬的黏性土、粉土,密实的中、粗砂	$50 < \Delta P \leq 100$	$100 < \Delta P \leq 200$
中密至密实的碎石类土、极软岩、软岩	$\Delta P > 100$	$\Delta P > 200$

**14.7.3.2** 各级压力下的相对稳定时间宜为 1min 或 3min, 并应分别按下列要求测记测管的水位下降值或旁压器测量腔扩张体积量:

- (1) 稳定时间为 1min 的, 按 15s、30s、60s 测记;
- (2) 稳定时间为 3min 的, 按 1min、2min、3min 测记。

**14.7.3.3** 当扩张体积相当于测量腔的固有体积时, 或压力达到仪器的容许最大压力时, 应终止试验。

**14.7.4** 旁压试验资料的整理和应用应符合下列规定。

**14.7.4.1** 绘制压力与体积曲线( $P-V$  曲线)应采用校正后的压力与体积变量。

**14.7.4.2** 初始压力、临塑压力和极限压力可按下列方法从压力与体积曲线( $P-V$  曲线)上确定:

(1) 将旁压曲线直线段延长与  $V$  轴相交, 由交点作与  $P$  轴平行线相交于曲线的一点, 其对应的压力为初始压力值;

(2) 取旁压曲线直线段的终点, 即曲线与直线段的第二个切点所对应的压力为临塑压力值;

(3) 旁压曲线过临塑压力, 趋向于与  $V$  轴平行的渐近线时, 其对应的压力为极限压力值; 极限压力值不能直接求取时, 采用曲线外延法或压力与体积倒数曲线( $P-1/V$  曲线)法求取。

**14.7.4.3** 旁压模量可按下列式计算:

$$E_m = 2(1 + \mu)(V_c + V_m) \frac{\Delta P}{\Delta V} \quad (14.7.4-1)$$

式中  $E_m$ ——旁压模量(kPa);

$\mu$ ——地基土的泊松比, 可按表 14.2.4 取值;

$V_c$ ——旁压器测量腔初始固有体积( $\text{cm}^3$ );

$V_m$ ——平均体积增量, 为旁压曲线上直线段两端点压力所对应的体积增量之和的一半( $\text{cm}^3$ );

$\Delta P$ ——旁压曲线上直线段的压力增量(kPa);

$\Delta V$ ——相应于  $\Delta P$  的体积增量( $\text{cm}^3$ )。

**14.7.4.4** 地基容许承载力可按下列公式计算:

$$\text{临塑压力法} \quad f = P_f - P_0 \quad (14.7.4-2)$$

$$\text{极限压力法} \quad f = (P_L - P_0) / F \quad (14.7.4-3)$$

式中  $f$ ——地基容许承载力(kPa);

$P_f$ ——临塑压力(kPa);

$P_0$ ——初始压力(kPa);

$P_L$ ——极限压力(kPa);

$F$ ——安全系数, 取 2~3。

**14.7.4.5** 静止侧压力系数可按下列式估算:

$$K_0 = \frac{P_0}{z\gamma} \quad (14.7.4-4)$$



式中  $K_0$ ——静止侧压力系数;  
 $P_0$ ——初始压力(kPa);  
 $z$ ——旁压器中心点至地面的土柱高度(m);  
 $\gamma$ ——土的重度( $\text{kN/m}^3$ )。

## 14.8 波速测试

**14.8.1** 波速测试可用于测定各类岩土体的压缩波、剪切波或瑞利波的波速,其测定方法可根据测试目的和现场条件选用单孔法、跨孔法或面波法,并应符合下列规定。

**14.8.1.1** 单孔法波速测试在陆域宜采用地面激发、孔中接收的方式进行测试,也可采用孔中激发及孔中接收的方式进行测试;水域可采用孔中激发及孔中接收的方式进行测试。

**14.8.1.2** 跨孔法波速测试宜采用在一条直线上布置一个振源孔和两个接收孔的三孔方式进行测试。

**14.8.1.3** 面波法波速测试宜用于陆域的测试,可采用瞬态法或稳态法进行测试。

**14.8.2** 波速测试的技术要求应符合下列规定。

**14.8.2.1** 单孔法波速测试应满足下列要求:

- (1)振源能产生足够的能量并具有良好的重复性,剪切波振源具有可反向性;
- (2)触发器性能稳定,灵敏度为0.1ms;
- (3)采用三分量检波器接收,其固有频率要小于地震波主频率的1/2;
- (4)测试孔垂直;
- (5)根据工程情况及地质分层,每隔1~3m布置一个测点,并自下而上按预定深度进行测试,检波器能在孔内预定深度处固定并紧贴孔壁;
- (6)每个测点获得不少于3次的清晰波形,取得剪切波正、反两方向激发的有效记录;
- (7)重复测试的测点数量不少于测点总数的10%。

**14.8.2.2** 跨孔法波速测试应满足下列要求:

- (1)剪切波振源采用孔中剪切波锤,压缩波振源采用电火花;
- (2)测试孔的间距在土层中为3~5m,在岩层中为8~15m;测点间距为1~2m,地质变化处加密测点;
- (3)测试孔垂直,测试深度大于15m时测量倾斜度及倾斜方位,并取测点间距为1m;
- (4)测试孔放置塑料套管,并采用灌浆法固定;
- (5)每个测点获得不少于3次的清晰波形,取得剪切波正、反两方向激发的有效记录;
- (6)重复测试的测点数量不少于测点总数的10%,或采用振源孔和接收孔互换的方法进行检测。

**14.8.2.3** 面波法波速测试应满足下列要求:

- (1)激振方式保证面波勘察所需的频率和足够激振能量,瞬态法根据勘察深度选择

大锤激振、落锤激振或炸药激振,稳态法采用电磁激振器;

(2) 检波器安置牢固,并采用低频检波器;

(3) 正式采集前进行现场试验,检查仪器通道和检波器的频响与幅度的一致性、确定采集参数和最佳激振方式,且保证测试方法的有效性;

(4) 根据场地条件、勘察目的和精度要求,合理布置测线和测点,布置时规避非震源干扰波的影响,测线经过钻孔;合理选择面波采集排列与激振点的组合方式,保证对主要目的层的连续跟踪;

(5) 重复测试的测点数量不少于测点总数的 5%。

#### 14.8.3 波速测试资料的整理及应用应符合下列规定。

##### 14.8.3.1 单孔法波速测试资料的整理应满足下列要求:

(1) 利用检波器记录的各测点波形初至确定压缩波、剪切波从振源到达各测点的传播时间;

(2) 根据振源和测点的相对位置将波的传播时间校正为竖直向距离的传播时间;

(3) 以测点深度为纵坐标、校正后的传播时间为横坐标,绘制时距曲线图;

(4) 结合地质情况,按时距曲线上具有不同斜率的折线段划分波速层,计算各层的波速。

##### 14.8.3.2 跨孔法波速测试资料的整理应满足下列要求:

(1) 利用检波器记录的各测点波形初至确定压缩波、剪切波从振源到达各测点的传播时间,并计算各接收孔对应测点的传播时间差值;

(2) 根据孔距和孔斜测量资料,计算波由振源到达各接收孔对应测点的传播距离差值;

(3) 根据传播时间差值和对应的传播距离差值,分别求各测点的压缩波和剪切波的波速;

(4) 当测试地层附近不均匀,存在高速层且有地层倾斜时,分析是否接收到折射波,并进行处理。

##### 14.8.3.3 面波法波速测试资料的整理应满足下列要求:

(1) 绘制测线、测点平面布置图和编制测线、测点的高程表;

(2) 对面波数据资料进行预处理,对现场采集参数的输入进行检查和改正;

(3) 稳态法由相邻检波器水平距离和相应的瑞利波时间差或相位差计算瑞利波的波速;

(4) 瞬态法通过数据处理获得瑞利波的频散曲线,根据频散曲线进行速度层划分,反演计算剪切波的波速。

##### 14.8.3.4 波速测试成果的应用可包括下列方面:

(1) 计算岩土的动力参数;

(2) 划分土的类型和建筑场地类别;

(3) 评价岩体的风化程度、完整性和强度;

(4) 地质分层以及探测地质异常体;

(5) 检验地基加固的处理效果;

(6) 地震效应分析和动力反应分析。

## 15 室内试验

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 室内试验的项目和方法的确定应满足下列要求:

- (1) 根据工程设计、施工要求和岩土特性确定试验项目和方法;
- (2) 岩土力学性质试验条件接近工程实际情况,注意岩土的非均质性、非等向性和不连续性以及由此产生的岩土体与岩土试样在工程性状上的差别;
- (3) 对特殊试验项目,制定专门的试验方案。

**15.1.2** 土样自取样之日起至开土试验的时间不宜超过三周,对低塑性、高灵敏度的土样应尽早安排试验。

**15.1.3** 不同等级土样适用的土工试验内容可按表 15.1.3 选用。

不同等级土样适用的土工试验内容

表 15.1.3

类 别	扰动程度	质量等级	适应的土工试验内容
原状	不扰动	I	土类定名指标、含水率、密度、强度参数、变形参数
	轻微扰动	II	土类定名指标、含水率、密度
扰动	显著扰动	III	土类定名指标、含水率
	完全扰动	IV	土类定名指标

**15.1.4** 试验仪器应按规定定期检定并符合试验精度要求,附有标识。

**15.1.5** 软土遇振动后易于液化和水土离析,其土样宜就近进行土工试验。

**15.1.6** 土样应严密蜡封,贴好标签,储存过程不得受振、受热、受冻;水样应蜡封瓶口、贴好标签,储存过程不得受热、受冻。

**15.1.7** 室内试验操作和使用仪器应符合现行国家标准《土工试验方法标准》(GB/T 50123)、《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266)、《土工仪器的基本参数及通用技术条件》(GB/T 15406)的有关规定。

**15.1.8** 试验报告的编写应符合下列规定。

**15.1.8.1** 试验报告所依据的试验数据应进行整理、检查、分析,所提供的指标真实、准确,物理力学指标间关系宜匹配。

**15.1.8.2** 室内试验应及时汇总试验数据,编制试验成果报告及各项试验曲线图、表。

**15.1.8.3** 对工程需要作文字说明的,试验报告宜包括工程概况、试验项目、试验要求及试验条件、试验过程、试验完成的数量质量及其与勘察技术要求的一致性、基本结论等内容。

**15.1.9** 各项试验的原始资料应及时签注说明、分类归档,电子类原始数据应及时标注,并制作不可修改文件或打印纸质文件存档。

## 15.2 土工试验

## 15.2.1 土工试验可分为常规试验项目和特殊试验项目,见表 15.2.1。

试验项目的分类表

表 15.2.1

项目 分类	试验 类别	试 验 项 目		参数及曲线	适用土类
常 规 试 验	物理性	含水率、密度、比重		含水率 $w$ 、密度 $\rho$ 、比重 $G_s$	黏性土、粉土、粉细砂
		界限含水率		液限 $w_L$ 、塑限 $w_p$ 、塑性指数 $I_p$ 、液性指数 $I_L$	黏性土、粉土
		颗粒分析(筛析法、比重计法等)		不均匀系数 $C_u$ 、曲率系数 $C_c$ 、黏粒含量 $M_c$ 、粒径分布曲线	各类土
	力学性	直剪快剪		内摩擦角 $\varphi_q$ 、黏聚力 $C_q$ 、抗剪强度与垂直压力关系曲线	渗透系数小于 $1.1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 且土质均匀的黏性土
		直剪固快		内摩擦角 $\varphi_{cq}$ 、黏聚力 $C_{cq}$ 、抗剪强度与垂直压力关系曲线	黏性土、粉土、粉细砂
		自然休止角		干休止角 $\alpha_c$ 、水下休止角 $\alpha_m$	砂土
		无侧限抗压强度		抗压强度 $q_u$ 、灵敏度 $S_i$	黏性土
		快速固结		$e-p$ 曲线、压缩系数 $a$ 、压缩模量 $E_s$	黏性土、粉土
	物理性	锥沉量		锥尖入土深度 $h$	黏性土、粉土
		有机质含量		有机质含量 $O_m$	有机质土
		相对密度		最大干密度 $\rho_{dmax}$ 、最小干密度 $\rho_{dmin}$	砂土
特 殊 试 验	水性性	渗透	变水头	渗透系数 $k_v$ 、 $k_h$	黏性土、粉土
			常水头	渗透系数 $k$	砂土
	力学性	击实		最大干密度 $\rho_{dmax}$ 、 最优含水率 $w_{opt}$	粒径不大于 40mm 的各类土
		附着力		附着力 $F$	黏性土
		三轴压缩试验	三轴不固结不排水剪(UU)	内摩擦角 $\varphi_u$ 、黏聚力 $C_u$ 、 不固结不排水剪强度包线	黏性土、粉土、砂土
			三轴固结不排水剪测孔隙水压力(CU)、三轴固结不排水剪(CU)	内摩擦角 $\varphi'$ 、黏聚力 $C'$ 、 内摩擦角 $\varphi_{cu}$ 、黏聚力 $C_{cu}$ 、 固结不排水剪强度包线	黏性土、粉土、砂土
			固结排水剪(CD)	内摩擦角 $\varphi_d$ 、黏聚力 $C_d$ 、 固结排水剪强度包线	黏性土、粉土、砂土
		标准固结		$e-\lg p$ 曲线、先期固结压力 $P_c$ 、超固结比 OCR、压缩指数 $C_c$ 、回弹指数 $C_s$ 、固结系数 $C_v$ 和 $C_h$ 、次固结系数 $C_{\alpha e}$	饱和黏性土
	动力性	动三轴 动单剪		动强度( $C_d$ 和 $\varphi_d$ )、动弹性模量 $E_d$ 、动阻尼比 $\lambda$	饱和黏性土、粉土、砂土



**15.2.2** 界限含水率试验可采用液塑限联合测定法,也可采用 76g 圆锥仪法进行液限测定和滚搓法进行塑限测定。

**15.2.3** 土粒比重可取当地经验值或按表 15.2.3 采用;在缺乏经验的地区或有机质含量高的土样应通过试验确定。

土粒比重经验值

表 15.2.3

土的名称	黏土	粉质黏土	粉土	粉砂
土粒比重	2.74	2.72	2.70	2.68

**15.2.4** 饱和状态的淤泥性土的重度可按式估算:

$$\gamma = 32.4 - 9.07lgw \quad (15.2.4)$$

式中  $\gamma$ ——土的重度( $\text{kN/m}^3$ );

$w$ ——天然含水率(%).

**15.2.5** 疏浚土中黏性土的附着力试验应符合现行行业标准《疏浚与吹填工程设计规范》(JTS 181-5)的有关规定。

**15.2.6** 抗剪强度试验方法应根据工程设计、施工要求、工程竣工后地基土状态和土质特性等,模拟土层的实际受荷情况和排水条件等选用,并应符合下列规定。

**15.2.6.1** 三轴压缩试验的试验方法可根据工程要求、荷载类型、加荷速率和地基土的排水条件、土质情况等有选择性地采用,并应选择适当的试验围压、排水条件、孔隙水压的测定和试样的固结状态。

**15.2.6.2** 直接剪切试验的试验方法应根据荷载类型、加荷速率和地基土的排水条件、土质情况等有选择性地采用。选择施加荷重时应考虑土的状态。土质不均匀的、低塑性黏性土、粉土、砂土不宜进行直剪快剪试验。

**15.2.6.3** 考虑地基土在施工中或竣工时的实际固结程度对抗剪强度的影响时,应进行土的不同固结度的抗剪强度试验。

**15.2.6.4** 原来处于不饱和状态的土在施工中或竣工后将受到水浸时,应进行饱和状态下的抗剪强度试验。

**15.2.6.5** 需测定滑坡带土土的残余抗剪强度时,应进行反复直剪试验。

**15.2.6.6** 岩土工程评价有专门要求时,可进行  $K_0$  固结不排水试验、 $K_0$  固结不排水测孔隙水压力试验、特定应力比固结不排水试验、平面应变压缩试验或平面应变拉伸试验等。

**15.2.7** 饱和软黏性土宜进行无侧限抗压强度试验。

**15.2.8** 固结试验加荷的大小、等级、速度等,应根据土质特征、取土深度、荷载大小、施工条件及设计要求确定,并应符合下列规定。

**15.2.8.1** 仅需测定压缩系数、压缩模量时,可采用快速固结试验,试验的最大压力应大于土的有效自重压力与附加压力之和,加荷最大压力一般不大于 400kPa。

**15.2.8.2** 需提供土的先期固结压力、压缩指数、回弹指数时,应采用标准固结试验,施加的最大压力应满足绘制完整的  $e - \lg p$  曲线。若计算回弹指数,应在估计的先期固结压力之后,进行逐级卸荷回弹,再继续加荷,直至完成预定的最后一级压力;或在最后一级压

力稳定后卸荷,直至第一级压力。

**15.2.8.3** 需测定沉降速率、固结系数、次固结系数时,应在需要的压力段按规定的时间顺序测记试样的高度变化,一般土试样以每级荷载下固结 24h 为稳定标准,特殊土试样应以量表读数每小时不大于 0.005mm 为稳定标准。

**15.2.9** 渗流分析、基坑降水、软基加固等要求提供土的透水性参数时,可进行渗透试验。常水头试验宜用于砂土和碎石土,变水头试验宜用于粉土和黏性土;透水性很低的软土也可通过固结试验测定固结系数、体积压缩系数,计算渗透系数。土的渗透系数取值可与现场抽水试验或注水试验的成果比较后确定。

**15.2.10** 建筑物的地基需进行地震安全分析评价或有动荷载存在时,可采用动三轴试验、动单剪试验测定地基土的动弹性模量、动阻尼比、动剪切强度和判别可液化土的抗液化剪应力。

**15.2.11** 土工试验资料整理应满足下列要求:

- (1) 及时整理各项试验结果,发现异常数据,立即查找原因进行处置;
- (2) 对取舍后的试验数据分别进行计算、绘图、汇总成表;
- (3) 检查土工试验成果表中,同一土样不同土性指标之间是否相互匹配、同一土层相同试验项目指标是否离散、相邻钻孔间土层分布及试验结果是否合理,同时参考当地相同条件下土性指标,仍有明显不合理数据时,查明原因后进行取舍。

### 15.3 岩石试验

**15.3.1** 试样制备时,应详细描述岩石的名称、颜色、矿物成分、结构、风化程度、胶结物性质和胶结程度等,并应记录试件形状、尺寸、制备方法等。

**15.3.2** 岩石试验应包括下列内容:

- (1) 常规试验项目包括岩石密度、吸水率、饱和、干燥和天然状态下的单轴抗压强度试验,点荷载强度试验;
- (2) 根据工程需要选定的特殊试验项目包括岩矿鉴定、直剪试验、抗拉强度试验、单轴压缩变形试验、耐崩解性试验和膨胀性试验等。

**15.3.3** 岩石的弹性模量和泊松比可根据单轴压缩变形试验测定。

**15.3.4** 岩石的单轴抗压强度试验可采用圆形或方柱体试件;其中圆形试件直径不应小于 5cm,软质岩石宜为 7~10cm,试件高度与直径之比宜为 2.0~2.5。

**15.3.5** 点荷载强度试验可用于脆性岩块的测试,试件的含水状态可根据需要选择天然、干燥或饱和状态。利用点荷载强度可进行岩石强度分类,并可据此评价岩石强度的各向异性程度以及与之相关的单轴抗压强度和抗拉强度。

### 15.4 水、土腐蚀性试验

**15.4.1** 水、土腐蚀性的测试项目应满足下列要求:

- (1) 水对混凝土结构腐蚀性的测试项目包括 pH 值、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、侵蚀性  $\text{CO}_2$ 、游离  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{OH}^-$ 、总矿化度等;

(2) 土对混凝土结构腐蚀性的测试项目包括 pH 值、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  的易溶盐(土水比 1:5)分析等;

(3) 土对钢结构的腐蚀性的测试项目包括 pH 值、氧化还原电位、极化电流密度、电阻率、质量损失等;

(4) 水对钢结构的腐蚀性测试项目包括 pH 值、( $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ ) 含量等。

#### 15.4.2 腐蚀性测试项目的试验方法应符合表 15.4.2 的规定。

腐蚀性试验项目和试验方法

表 15.4.2

序 号	试 验 项 目	试 验 方 法
1	pH 值	电位法或锥形玻璃电极法
2	$\text{Ca}^{2+}$	EDTA 容量法
3	$\text{Mg}^{2+}$	EDTA 容量法
4	$\text{Cl}^-$	摩尔法
5	$\text{SO}_4^{2-}$	EDTA 容量法或质量法
6	$\text{HCO}_3^-$	酸滴定法
7	$\text{CO}_3^{2-}$	酸滴定法
8	侵蚀性 $\text{CO}_2$	盖耶尔法
9	游离 $\text{CO}_2$	碱滴定法
10	$\text{NH}_4^+$	钠氏试剂比色法
11	$\text{OH}^-$	酸滴定法
12	总矿化度	计算法
13	氧化还原电位	铂电极法
14	极化电流密度	原位极化法
15	电阻率	四极法
16	质量损失	管罐法

## 16 岩土工程评价和勘察报告

### 16.1 一般规定

**16.1.1** 岩土工程评价和勘察报告所依据的原始资料应进行整理、检查、分析,确认无误后方可使用。

**16.1.2** 岩土工程评价和勘察报告的编制应在工程地质调查与测绘、勘探、原位测试、现场试验、室内岩土水试验和搜集已有资料的基础上,结合工程特点和要求进行。

### 16.2 岩土参数统计与分析

**16.2.1** 岩土的物理力学指标应采用数理统计方法进行整理、分析。指标的统计应在同一单元体内进行,对厚层状土应分成亚单元体后进行统计。每个主要岩土体单元,其各项岩土试验指标的统计子样应不少于6个。主要统计的特征值应包括平均值、频数、变化幅度值、标准差和变异系数等。

**16.2.2** 岩土单元体的物理力学性质指标统计方法应符合现行行业标准《水运工程地基设计规范》(JTS 147)的有关规定。

**16.2.3** 岩土参数分析应研究岩土测试数据的代表性、可靠性和相关性,并结合地区经验按相关标准要求确定推荐值。对不合理的测试数据应查明原因,必要时应复查验证后确定取舍。对主要特性指标变异系数较大的单元土体,应分析土质的均匀性、试验指标的正确性和单元土体划分的合理性。

**16.2.4** 岩土参数的分析和选用应符合下列规定。

**16.2.4.1** 岩土单元体的划分应根据其形成的时代成因、岩土类别、分布层位、岩土特征、测试成果等条件综合确定。

**16.2.4.2** 岩土指标应根据工程特点和地质条件选用,并按下列内容评价其可靠性和适宜性:

- (1)取样的方法、质量、数量和代表性对试验结果的影响;
- (2)采用的测试方法、取值标准的适宜性和测试结果的离散性;
- (3)测试指标的相关性,室内试验指标与原位测试和当地经验值的分析比较;
- (4)测试方法与计算模型的协调性。

### 16.3 岩土工程评价

**16.3.1** 岩土工程评价应满足下列要求:

- (1)充分了解工程结构的类型、特点、荷载情况和变形控制要求;



(2)掌握场地的工程地质条件和自然条件;

(3)充分考虑当地经验和类似工程的经验;

(4)选用岩土指标时,考虑岩土体材料的非均匀性和各向异性;指标与原型岩土体性状之间的差异及随工程环境不同可能产生的变异。

**16.3.2** 岩土体的变形、强度和稳定性宜在定性的基础上进行定量分析。场地的适宜性、区域稳定性可仅作定性分析。

**16.3.3** 岩土工程评价应分析岸坡与边坡稳定、疏浚排泥、人工造陆地基处理以及抽取地下水引起的地面沉降或海水入侵等环境工程地质问题,提出预测和防治建议。

**16.3.4** 各阶段岩土工程评价应符合下列规定。

**16.3.4.1** 预可行性研究阶段或工程可行性研究阶段应着重说明场地的工程地质特征,分析判断工程地质条件的主要有利因素和不利因素,并重点分析场地的整体稳定性,评价场地建设的适宜性。

**16.3.4.2** 初步设计阶段应根据工程建设的具体要求,综合分析所取得的各项地质资料,阐明场地工程地质条件,分别评价各区段地质特点及其建设的适宜性,对场地稳定性和地基方案作出评价,对岩土利用、整治和改造的方案进行论证,为工程的初步设计方案提出建议和相应的地基计算参数。

**16.3.4.3** 施工图设计阶段应分别阐明各个建筑物地段的工程地质条件,详细说明岩土层的分布,分析评价所需的岩土技术指标,提出设计和施工中应注意的问题和建议;预测工程使用期可能发生的岩土工程问题,并提出监控和预防措施的建议。

**16.3.4.4** 施工期勘察阶段应针对需查明的岩土问题提供勘察资料并作出分析、评价与建议。

**16.3.5** 地基承载力的确定应满足下列要求:

(1)地基承载力依据载荷试验或其他原位测试成果、公式计算结果,并结合工程实践经验等方法综合确定;

(2)岩石地基需分析构造破碎对地基承载力的影响和各种结构面对岸边坡稳定的作用;软化岩石需分析岩石风化、开挖扰动和干湿变化对地基承载力的影响。

## **16.4 岩土工程勘察报告**

**16.4.1** 岩土工程勘察外业资料的整理应满足下列要求:

(1)随勘察工作的开展及时编绘、检查、校核外业勘察的工程地质调查与测绘、钻探、原位测试、现场土工试验等原始记录和图纸,并及时拍摄岩芯及场地典型照片;

(2)勘察过程中,随时绘制地质剖面草图,分析地质情况,编写勘察报告草稿。

**16.4.2** 岩土工程勘察报告的编写应满足下列要求:

(1)根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等具体情况编写;

(2)对依据的原始资料,进行整理、检查、分析,确认无误;

(3)文字简练、资料完整、真实准确、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用、突出重点、针对性强。

**16.4.3** 岩土工程勘察报告应对岩土利用、整治和改造的方案进行分析论证,提出建议,并对工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题进行预测,提出监控和预防措施的建议。

**16.4.4** 岩土工程勘察报告应由文字说明部分和所附图表、附件组成,编写内容应符合下列规定。

**16.4.4.1** 文字部分应包括下列内容:

- (1) 拟建工程概况;
- (2) 勘察目的、任务要求和依据的技术标准;
- (3) 勘察方法和勘察工作布置;
- (4) 场地地形、地貌、地质构造;
- (5) 岩土层分布、性质及其均匀性;
- (6) 岩土参数的统计、分析和选用;
- (7) 场地地下水情况;
- (8) 水和土对建筑材料的腐蚀性;
- (9) 场地地震效应的分析和评价;
- (10) 不良地质作用和特殊性岩土的描述和评价;
- (11) 场地稳定性和适宜性评价;
- (12) 岩土工程分析和评价;
- (13) 对工程设计和施工的建议;
- (14) 监控及预防措施的建议。

**16.4.4.2** 所附图表和附件部分应包括下列内容:

- (1) 勘探点平面图或工程地质平面图;
- (2) 勘探点成果数据表;
- (3) 钻孔柱状图;
- (4) 工程地质剖面图;
- (5) 原位测试成果图表;
- (6) 室内试验成果图表;
- (7) 岩土层特征指标综合统计表;
- (8) 其他图表、附件、照片或视频等。

**16.4.4.3** 根据工程需要可提交下列专题报告:

- (1) 岩土工程测试报告;
- (2) 岩土工程检验或监测报告;
- (3) 岩土工程事故调查与分析报告;
- (4) 岩土利用、整治或改造方案报告;
- (5) 专门岩土工程问题的技术咨询报告。

**16.4.5** 报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位均应符合国家现行有关标准的规定,常用地质符号与色标见附录 D,常用图例见附录 E。

## 附录 A 岩体风化程度划分

A.0.1 岩体的风化程度类别可按表 A.0.1 划分。

岩体风化程度分类

表 A.0.1

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
中风化	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
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
全风化	结构基本破坏, 但尚可辨认, 有残余结构强度, 用镐可挖, 干钻可钻进	0.4 ~ 0.2	—

注: ①波速比  $K_v$  为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比;

②风化系数  $K_f$  为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比;

③岩石风化程度除按表列野外特征和定量指标划分外, 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,  $N \geq 50$  为强风化,  $50 > N \geq 30$  为全风化,  $N < 30$  为残积土;

⑤泥岩和半成岩可不进行风化程度划分。

## 附录 B 岩体结构类型划分

### B.0.1 岩体根据结构类型可按表 B.0.1 划分。

岩体结构类型划分

表 B.0.1

岩体结构类型	岩体地质类型	结构体形状	结构面发育情况	岩土工程特征	可能发生的岩土工程问题
整体状结构	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,多呈闭合型,间距大于 1.5m,一般为 1~2 组,无危险结构面组成的落石掉块	岩体稳定,可视为均质弹性各向同性体	局部滑动或坍塌
块状结构	厚层状沉积岩,块状岩浆岩和变质岩	块状柱状	有少量贯穿性节理裂缝,结构面间距 0.7~1.5m;一般为 2~3 组,有少量分离体	结构面互相牵制,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	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	可沿结构面滑塌,软岩可产生塑性变形
破裂状结构	构造影响严重	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	整体强度很低,并受软弱结构面控制,呈弹塑性体,稳定性很差	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,多充填黏性土,形成无序小块和碎屑	完整性遭极大破坏,稳定性极差,接近松散体介质	易发生规模较大的岩体失稳,地下水加剧失稳



## 附录 C 水运工程中常见的几种成因类型的土及其工程地质特征

C.0.1 水运工程中常见的土的成因类型及其工程地质特征可参见表 C.0.1。

水运工程中常见的几种成因类型的土及其工程地质特征

表 C.0.1

成因	分布地区	砂 土	粉土和黏性土	碎石土
残积	分布于基岩起伏和平缓地区	未经分选,具母岩矿物成分,表面粗糙,有棱角,常与碎石及黏性土混在一起,其厚度不均	产状复杂,厚度不均,土质不均,深埋者常为硬塑或坚硬状态;裸露地表者,孔隙比常较大	碎石成分与母岩相同,未经搬运、分选,大小混杂、颗粒呈棱角形
坡积	分布于坡脚和坡底	颗粒磨圆度差,分选性差、成分不均,常混有碎石或黏性土;其密实度常处于松散或稍密状态	无层理,未经分选,粒度成分有急剧变化,一般都处于不稳定状态中,且具有较高的孔隙比,潮湿时有较大的压缩性,常处于欠固结状态	分选性差,颗粒有棱角,但不尖锐,混有砂或黏性土,常处于不稳定状态中
冲积	砂土、黏性土多分布于河流中下游的河床、三角洲及河漫滩等处;老黏性土多分布于河海岸阶地上;碎石、卵石土分布于河流中、上游	砂粒呈浑圆状,具有分选性;含有少量黏土颗粒和粉土颗粒;且常有黏土夹层及透镜体;在平原地区砂层厚度较稳定	具有层理构造和透镜体产状,层理构造的土具有渗透性、膨胀性、压缩性、力学强度的各向异性	磨圆度较好,有分选性
海积	碎石、卵石土、砂土分布于岩岸滨海地带;黏性土在沿海河口,岸滩和泥质海岸深水、浅水区域广泛分布	砂颗粒多是圆形或次圆形,砂粒纯洁,但含有碎贝壳	其近期沉积的淤泥性土,有微生物作用,颜色较暗,具有含水量高、压缩性高、承载力低等特性;常处于欠固结状态,为软塑或流塑状态的土;泥质海岸的淤泥质土常呈“千层饼”状间层构造	磨圆度好,光滑纯洁
海陆复合型	河流下游三角洲地带陆域有丘陵分布时,由两种以上成因的土相混形成	常见者为砂混淤泥质土,以砂为主,呈松散状态	常见者为淤泥质土混砂,以淤泥质土为主;其力学性强度指标,应以淤泥质土为准	—

## 附录 D 常用地质符号与色标

D.0.1 地层年代的符号与色标应符合表 D.0.1 的规定。

地层年代的符号与色标

表 D.0.1

界	系	统	符 号	色 标
新生界 $K_z$	第四系 Q	全新统	$Q_4$	浅黄
		上更新统	$Q_3$	
		中更新统	$Q_2$	
		下更新统	$Q_1$	
	上第三系 N	上新统	$N_2$	深黄
		中新统	$N_1$	
中生界 $M_z$	下第三系 E	渐新统	$E_3$	深黄
		始新统	$E_2$	
		古新统	$E_1$	
	白垩系 K	上白垩统	$K_2$	果绿
		下白垩统	$K_1$	
	侏罗系 J	上侏罗统	$J_3$	湖蓝
		中侏罗统	$J_2$	
		下侏罗统	$J_1$	
	三叠系 T	上三叠统	$T_3$	紫红
		中三叠统	$T_2$	
		下三叠统	$T_1$	
古生界 $P_z$	二叠系 P	上二叠统	$P_2$	土黄
		下二叠统	$P_1$	
	石灰系 C	上石灰统	$C_3$	灰
		中石灰统	$C_2$	
		下石灰统	$C_1$	
	泥盆系 D	上泥盆统	$D_3$	棕
		中泥盆统	$D_2$	
		下泥盆统	$D_1$	
	志留系 S	上志留统	$S_3$	草绿
		中志留统	$S_2$	
		下志留统	$S_1$	

续表 D.0.1

界	系	统	符 号	色 标
古生界 $P_z$	奥陶系 O	上奥陶统	$O_3$	深绿
		中奥陶统	$O_2$	
		下奥陶统	$O_1$	
	寒武系 $\epsilon$	上寒武统	$\epsilon_3$	橄榄绿
		中寒武统	$\epsilon_2$	
		下寒武统	$\epsilon_1$	
上元古界 $P_d$	震旦系 Z	上震旦统	$Z_3$	桔红
		中震旦统	$Z_2$	
		下震旦统	$Z_1$	
下元古界			$P_{il}$	玫瑰
太古界			$A_r$	

注:①年代不明的变质岩系代号为 M;

②前寒武系代号为  $A_{Ne}$ ;

③前震旦系代号为  $A_{NZ}$ 。

#### D.0.2 第四纪不同成因类型地层的符号应符合表 D.0.2 的规定。

第四纪地层成因类型符号

表 D.0.2

成因类型	符 号
人工填土	$Q^{ml}$
冲 积	$Q^{al}$
洪 积	$Q^{pl}$
坡 积	$Q^{dl}$
残 积	$Q^{el}$
风 积	$Q^{eol}$
湖 积	$Q^l$
泥石流堆积	$Q^{sef}$
沼泽沉积	$Q^h$
海相沉积	$Q^m$
海陆交互沉积	$Q^{mc}$
冰 积	$Q^{ol}$
冰水积	$Q^{igl}$
火山堆积	$Q^b$
崩 积	$Q^{col}$
滑坡堆积	$Q^{dcl}$
成因不明沉积	$Q^{pr}$

注:①地质年代与成因符号可联合使用,例如由冲积形成的第四系上更新统,用  $Q_3^{al}$ ;

②成因类型可用混合符号,例如  $Q^{al+pl}$ 。

D.0.3 岩性的符号应符合表 D.0.3 的规定。

岩 性 符 号		表 D.0.3
岩 性 类 别	岩 石 名 称	符 号
沉积岩	页 岩	$S_h$
	砂 岩	$S_s$
	砾 岩	$C_B$
	石灰岩	$L_s$
变质岩	千枚岩	$P_h$
	石英岩	$Q_u$
	片 岩	$S_o$
	片麻岩	$G_n$
	大理岩	$M$
	板 岩	$S_b$
岩浆岩	花岗岩	$\gamma$
	闪长岩	$\delta$
	辉长岩	$\omega$
	斑 岩	$\pi$
	玢 岩	$\mu$
	辉绿岩	$\beta_U$
	流纹岩	$\lambda$
	安山岩	$\alpha$
	玄武岩	$\beta$



## 附录 E 常用图例

E.0.1 岩土图例应符合表 E.0.1-1 和表 E.0.1-2 的规定。

土的图例

表 E.0.1-1

土 的 名 称	图 例	土 的 名 称	图 例
耕土(表土)		碎 石	
素填土		漂 石	
杂填土		块 石	
冲填土		流 泥	
黏 土		淤 泥	
粉质黏土		淤泥质黏土	
粉 土		淤泥质粉质黏土	
黏性土夹砂		淤泥混砂	
砂夹黏性土		砂混淤泥	
粉 砂		砂间淤泥	
细 砂		淤泥间砂	
中 砂		淤泥质土混砂	
粗 砂		淤泥质土间砂	
砾 砂		淤泥质土夹砂	
圆 砾		泥 炭	
角 砾		贝 壳	
卵 石		珊瑚屑	

岩石的图例

表 E.0.1-2

岩石的名称	图 例	岩石的名称	图 例
砾 岩		凝灰岩	
角砾岩		火山角砾岩	
砂 岩		辉绿岩	
泥 岩		花岗斑岩	
页 岩		片麻岩	
泥灰岩		片 岩	
石灰岩		板 岩	
白云岩		大理岩	
花岗岩		石英岩	
闪长岩		千枚岩	
辉长岩		微风化	
玢 岩		中风化	
流纹岩		强风化	
安山岩		全风化	
玄武岩		—	—

**E.0.2** 勘探工程图例应符合表 E.0.2 的规定。

勘探工程图例

表 E.0.2

勘探工程名称	图 例	勘探工程名称	图 例
控制孔		静力触探试验孔	
取土试样钻孔		动力触探试验孔	
标准贯入试验孔		十字板剪切试验孔	
取土、水试样钻孔		波速试验孔	
取土试样探井		旁压试验孔	

**E.0.3** 地质构造和其他图例应符合表 E.0.3 的规定。

地质构造和其他图例

表 E.0.3

名 称	图 例	名 称	图 例
岩层产状		背斜轴线	
节理产状		阶地界线(Ⅰ级Ⅱ级)	
倒转地层产状		坍 岸	
正断层		滑 坡	
逆断层		溶洞	
平移断层		下降泉	
向斜轴线		上升泉	

## 附录 F 本规范用词用语说明

**F.0.1** 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度的用词用语说明如下:

(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)对表示允许或稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

**F.0.2** 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的有关规定”或“应按……执行”。



## 附加说明

### 本规范主编单位、参编单位、 主要起草人、总校人员和管理组人员名单

主 编 单 位:中交第一航务工程勘察设计院有限公司  
长江航道规划设计研究院

参 编 单 位:中交水运规划设计院有限公司  
中交第一航务工程勘察设计院有限公司  
中交第三航务工程勘察设计院有限公司  
中交第四航务工程勘察设计院有限公司  
中国地质大学(武汉)  
四川省交通运输厅交通勘察设计院  
江苏省交通规划设计院股份有限公司  
湖南省交通规划勘察设计院

主 要 起 草 人:程新生(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)  
谭志平(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)  
王春平(长江航道规划设计研究院)  
(以下按姓氏笔画为序)  
万中喜(中交水运规划设计院有限公司)  
王 晋(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)  
乌孟庄(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)  
代卫强(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)  
朱才宝(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)  
刘 星(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)  
李兴陆(四川省交通运输厅交通勘察设计院)  
李志江(长江航道规划设计研究院)  
吴凤娟(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)  
胡惠华(湖南省交通规划勘察设计院)  
徐春明(江苏省交通规划设计院股份有限公司)

唐辉明(中国地质大学(武汉))

戚玉红(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

蔡泽明(中交第四航务工程勘察设计院有限公司)

总校人员名单:胡明(交通运输部水运局)

李德春(交通运输部水运局)

张浩强(交通运输部水运局)

吴敦龙(中交水运规划设计院有限公司)

程新生(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)

王春平(长江航道规划设计研究院)

戚玉红(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

徐春明(江苏省交通规划设计院股份有限公司)

董方(人民交通出版社)

管理组人员名单:程新生(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)

谭志平(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)

王春平(长江航道规划设计研究院)

戚玉红(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

夏旭东(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)



中华人民共和国行业标准

# 水运工程岩土勘察规范

JTS 133—2013

条文说明





## 目 次

1	总则 .....	(111)
2	术语和符号 .....	(112)
2.1	术语 .....	(112)
2.2	符号 .....	(113)
3	基本规定 .....	(114)
4	岩土分类与描述 .....	(116)
4.1	岩的分类 .....	(116)
4.2	土的分类 .....	(116)
4.3	岩土描述 .....	(117)
5	港口工程勘察基本要求 .....	(118)
5.1	一般规定 .....	(118)
5.2	可行性研究阶段 .....	(118)
5.3	初步设计阶段 .....	(119)
5.4	施工图设计阶段 .....	(119)
5.5	施工期勘察 .....	(120)
6	航道工程勘察基本要求 .....	(121)
6.1	一般规定 .....	(121)
6.2	可行性研究阶段 .....	(121)
6.3	初步设计阶段 .....	(121)
6.4	施工图设计阶段 .....	(122)
7	渠化工程勘察基本要求 .....	(124)
7.1	一般规定 .....	(124)
7.2	预可行性研究阶段 .....	(124)
7.3	可行性研究阶段 .....	(124)
7.4	初步设计阶段 .....	(124)
7.5	施工图设计阶段 .....	(125)
7.6	施工期勘察 .....	(126)
8	修造船厂水工建筑物勘察基本要求 .....	(127)
8.2	可行性研究阶段 .....	(127)
8.3	初步设计阶段 .....	(127)
9	专项勘察 .....	(128)

9.1	一般规定	(128)
9.2	桩基	(128)
9.3	岸坡与边坡	(129)
9.4	基坑工程	(130)
9.5	疏浚工程	(130)
9.6	吹填工程	(130)
9.7	地基处理	(130)
9.8	天然建筑材料	(132)
<b>10</b>	<b>不良地质作用和特殊性岩土勘察</b>	<b>(133)</b>
10.1	一般规定	(133)
10.2	场地和地基地震效应	(133)
10.3	滑坡	(133)
10.4	软土	(134)
10.5	混合土	(135)
10.6	填土	(135)
10.7	层状构造土	(136)
10.8	风化岩与残积土	(136)
<b>11</b>	<b>地下水勘察</b>	<b>(138)</b>
<b>12</b>	<b>工程地质调查和测绘</b>	<b>(139)</b>
<b>13</b>	<b>勘探</b>	<b>(141)</b>
13.1	一般规定	(141)
13.2	钻探与取样	(142)
13.4	物探	(143)
<b>14</b>	<b>原位测试</b>	<b>(145)</b>
14.1	一般规定	(145)
14.2	浅层平板载荷试验	(145)
14.3	十字板剪切试验	(145)
14.4	静力触探试验	(147)
14.5	标准贯入试验	(147)
14.6	圆锥动力触探试验	(148)
14.7	旁压试验	(148)
14.8	波速测试	(149)
<b>15</b>	<b>室内试验</b>	<b>(150)</b>
15.1	一般规定	(150)
15.2	土工试验	(150)
15.3	岩石试验	(152)
15.4	水、土腐蚀性试验	(152)

---

<b>16</b>	<b>岩土工程评价和勘察报告</b>	(153)
16.1	一般规定	(153)
16.2	岩土参数统计与分析	(153)
16.3	岩土工程评价	(153)
16.4	岩土工程勘察报告	(154)
<b>附录 D</b>	<b>常用地质符号与色标</b>	(155)



## 1 总 则

**1.0.1** 本规范是在《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)、《航道工程地质勘察规范》(JTS 133—3—2010)、《渠化工程地质勘察规范》(JTJ 241—98)的基础上编制而成,涵盖了水运工程基本建设的主要方面。岩土勘察是岩土工程勘察的简称。

**1.0.5** 本条中的国家现行有关标准主要指《岩土工程基本术语标准》(GB/T 50279)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007)、《土的工程分类标准》(GB/T 50145)、《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50487)、《城市轨道交通岩土工程勘察规范》(GB 50307)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011)、《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)、《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025)、《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ 112)、《土工试验方法标准》(GB/T 50123)、《工程岩体分级标准》(GB 50218)、《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79)、《水运工程地基设计规范》(JTS 147)、《水运工程桩基设计规范》(JTS 167—4)、《水运工程抗震设计规范》(JTS 146)、《疏浚与吹填工程设计规范》(JTS 181—5)等。



## 2 术语和符号

本规范术语主要来源于《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009 年版)、《岩土工程基本术语标准》(GB/T 50279—98)和原《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)、《航道工程地质勘察规范》(JTS 133—3—2010)、《渠化工程地质勘察规范》(JTJ 241—98)三本基础规范。符号主要源自现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009 年版)、《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999)和上述三本基础规范。

### 2.1 术 语

**2.1.1** 水运工程岩土勘察是针对水运工程建设而进行的岩土工程勘察,目的是查明场地的岩土工程条件,提供勘察数据,分析、评价岩土工程问题并提出处理建议,达到保证工程安全,提高投资效益,促进社会和经济的可持续发展。

勘察工作根据工程要求和不同的地质条件通过搜集资料、工程地质调查和测绘、勘探与测试、室内试验、资料的分析整理等技术方法,查明和评价场地的岩土分布及其工程特性、地下水、不良地质作用等地质、环境特征和岩土工程条件。

#### 2.1.11 软弱结构面

软弱结构面,《岩土工程基本术语标准》(GB/T 50279—98)被定义为“延伸较远、两壁较平滑、充填有一定厚度软弱物质的结构面,如泥化、软化、破碎薄夹层等的面”;而在《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)被定义为“断层破碎带、软弱夹层、含泥或岩屑等结合程度很差、抗剪强度极低的结构面”;实质上,软弱结构面就是力学强度明显低于围岩的结构面,如断层破碎带、软弱夹层;一般充填有一定厚度软弱介质,如泥化、软化、破碎薄夹层等。

#### 2.1.15 不良地质作用

现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009 年版)认为“现象只是一种表现,只是地质作用的结果。勘察工作应调查研究的不仅是现象,还包括其内在规律”,所以将“不良地质现象”称为“不良地质作用”。不良地质作用的类型包括断裂、地震、岩溶、崩塌、滑坡、塌陷、泥石流、冲刷、潜蚀等。水运工程建设场地位于水陆交接的斜坡地带,并受地表水和地下水以及水文、气象和人类活动的作用,尤为关注岸坡区崩塌、滑坡、冲刷、淤积、潜蚀等不良地质作用的分布与发育。

#### 2.1.16 震陷

引自《工程抗震术语标准》(JGJ/T 97—2011)。

### 2.1.17 流砂

流砂是土体的一种现象,通常细颗粒、颗粒均匀、松散、饱和的非黏性土容易发生这个现象。流砂的形成是多种多样的,主要原因是由于河水的冲积经过地质的变化而形成的砂层,在遇到水流的情况下,整个砂层发生流动,从而形成了流砂层。

## 2.2 符 号

$K_v$ ——作为基准基床系数,  $\text{kN/m}^3$ , 引自《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001) (2009 年版)。基床系数类似于弹簧系数,物理意义:使土体(围岩)产生单位位移所需的应力;或使单位面积土体产生单位位移所需要的力;广义来讲,基床系数是考虑土—结构相互作用的;狭义来讲,基床系数用于计算围护桩、墙的变形。

$K_r$ ——作为岩体完整性指数,引自《工程岩体分级标准》(GB 50218—94)。

$F$ ——附着力,引自《疏浚与吹填工程设计规范》(JTS 181—5—2012)。

### 3 基本规定

**3.0.1** 本条是水运工程岩土勘察长期实践经验的总结,是明确勘察工作承担单位的责任,是保证勘察质量的需要。

**3.0.2** 水运工程设计按基建程序是分阶段进行的,一般分为可行性研究(预可行性研究和工程可行性研究)、初步设计和施工图设计阶段,由于各设计阶段的目的、任务和深度各不相同,水运工程岩土勘察必须与之相适应,坚持分阶段勘察的原则。施工期勘察常常是必要的,他与施工密切相关而不对应常规的设计阶段。因此,作为特例归到此条进行规定。施工期勘察常在工程地质条件复杂、有特殊要求的工程或在施工中发现前期未能揭露的工程地质问题时进行。关于工程地质条件复杂与否,首先与场地的地质因素如岩土性质、地质构造、地下水等有关,且只有当它对水运工程建设有明显影响时,才构成评价其复杂程度的条件。

由于工程规模及重要性不同,以及建设场地岩土工程条件的复杂程度和研究程度的不同,要求每个工程都按统一规定的阶段进行勘察,显然是不合理的。因此,条文第3.0.2.1款规定可根据情况,对勘察阶段予以调整。

**3.0.3** 勘察方案的制定是勘察工作的首要环节,其核心就是确定勘察工作内容、方法和工作量,即勘察方案的三要素。此三要素的确定涉及到许多方面,本条列举了5个方面,其中“工程安全等级、规模、类型和结构特点”在施工图设计阶段勘察尤显重要,只有这样,才能使勘察工作的布置和岩土工程的评价更具有明确的工程针对性。

**3.0.4** 目前岩土勘察方法,除钻探和井探、槽探外,尚有工程地质调查和测绘以及原位测试等方法。尤其是原位测试方法的不断推广应用,改变了过去单一地采用钻探方法的状态,对提高勘察质量、缩短工期、节省开支取得了明显成效。但原位测试由于岩土性质的适应性,测试方法的局限性,试验结果的多解性,所以应与钻探等方法相结合。实践证明,科学合理地采用多种勘察方法相结合是当今勘察工作的方向。就水运工程岩土勘察而言,对水域原位测试方法的创新和推广应用,尤为重要。

对于一个勘察项目,选用哪些勘察方法相结合,取决于该方法能否提供设计需要的岩土参数,能否适用于该场地的岩土类别和当地的使用经验,现场是否具备该勘察方法的实施条件,以及资料验证和判释的需要。

**3.0.5** 本条列出了水运工程岩土勘察的一般工作程序,避免工作中出现疏漏。该工作程序源于《建设工程勘察设计管理条例实施手册》,同时也是水运工程岩土勘察实践的总结。

**3.0.6** 每个勘察项目的准备阶段,搜集已有资料的工作是不可或缺的程序,通过对搜集资料的分析、研究,达到明确勘察重点,合理布置勘察任务和正确评价建设场地岩土工程



条件的目的。

**3.0.7.1** 勘察大纲是勘察工作的纲领性文件,其编写依据一方面是勘察合同或勘察技术要求,从中了解工程特性、设计意图和对勘察的要求;另一方面是依据搜集到的资料和现场踏勘情况,从中了解场地的地层等基本工程地质条件和开展勘察工作的条件。只有如此,才能编制出符合实际情况、满足勘察要求的勘察工作大纲。

**3.0.7.2** 勘察大纲的内容涉及很多方面,本款所列是基本的内容。

**3.0.8** 岩土勘察过程是对建设场地的工程地质条件不断探索和认识的过程,从勘察开始就对获得的信息进行分析整理、去伪存真、发现和解决问题,在此基础上安排或调整好下一步工作,才能使勘察的每个环节避免疏漏和差错,臻于完善,正确查明场地的工程地质条件,才能提出真实反映实际情况的岩土勘察报告。

**3.0.9** 岩土勘察报告一般由本单位审核人和审定人等二级以上人员进行内审,随着水运工程建设质量管理的需要,对勘察报告进行外审是很有必要的。目前仅要求对重要水运工程建设项目或地质条件复杂的项目,初步设计阶段或施工图设计阶段勘察报告应由委托方组织评审验收。其中的初步设计阶段的勘察报告一般指航道工程和渠化工程,而施工图设计阶段勘察报告则指港口工程和修造船厂水工建筑物。

## 4 岩土分类与描述

### 4.1 岩的分类

**4.1.1** 本条系对岩石按成因、强度、软化系数三个方面进行划分。取消了原《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)第(3)项以未风化岩石饱和单轴抗压强度进行硬质岩、软质岩的划分,将岩石的分类尽量与现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009 版)保持一致。

**4.1.2** 本条内容与原《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)中对岩体的分类保持一致,但对岩石风化程度的划分标准进行了改写,尽量与现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009 版)保持一致。

**4.1.3** 本条内容与原《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)保持一致。为了更加直观及方便使用,将原规范表 4.1.3 拆分为表 4.1.3-1、4.1.3-2,在形式上做了适当调整。

### 4.2 土的分类

**4.2.1** 水运工程中常见的几种成因在附录 C 中均有详细描述。

**4.2.3.3** 本款对粉土未细分为黏质粉土和砂质粉土二个亚类,是基于工程项目实践中不好把握,在划分单元土体绘制剖面图时易产生零乱烦琐,且对黏质粉土和砂质粉土二个亚类的地基不能作出准确的分析评价,故而未细分。这与现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009 年版)保持一致。

**4.2.4** 对淤泥性土未列浮泥这个亚类,其理由如下:

浮泥在《水运技术词典》中,给出其湿重度在  $10.5 \sim 12.0 \text{ kN/m}^3$  之间,泥颗粒的中值粒径在  $0.005 \text{ mm}$  左右,水的含泥量为  $3.0 \text{ kN/m}^3$  ( $1000 \text{ kg}$  的水含有泥  $300 \text{ kg}$ ),这是水与泥的重量比,若按水与泥的体积比约为  $1:0.11$ 。从浮泥的几项指标来看,浮泥是一种泥、水的混合物,为液体状态或泥浆状态。岩土工程的“土”和土力学的“土”是固态的土。土的状态有硬土和软土之分,再软的土如流泥也是固体状态能够成型的土。按工程勘察室内、外常规设备对流泥暨能取样和进行原位十字板试验,也能进行室内试验测其物理力学性指标。浮泥只有液体类强度,水运船舶的适航深度就包括浮泥层。因此,本规范根据实际情况对淤泥性土未列浮泥亚类。

**4.2.6** 关于混合土是由中交第一航务工程勘察设计院在进行大量专门研究试验的基础上提出的,混合土的定名与一般按某粒组含量大于总质量的 50% 的定名原则不同,它更着重于该粒组含量对土的工程性质的影响。因此,提出当土中淤泥或黏性土含量大于



10%时,定名为砂和碎石混淤泥或黏性土;而当土中淤泥含量大于30%或黏性土含量大于40%时,定名为淤泥或黏性土混砂和碎石,从而能从土的名称中认清起主导作用的土类。

**4.2.6.1** 关于淤泥的质量由室内试验确定,小于0.075mm的颗粒按淤泥考虑。

**4.2.7** 层状构造土定名实例如:互层土的粉质黏土与粉砂互层,夹层土的粉质黏土夹粉砂;间层土的黏土间粉砂等。

**4.2.10** 碎石土密实度按重型和超重型圆锥动力触探试验锤击数分类判别标准与现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)一致。

**4.2.11** 砂土密实度根据标准贯入试验锤击数判别,是国内外普遍采用的统一标准,其标准是由美国太沙基(Terzaghi)最早提出的按标准贯入锤击数的分类标准。

关于标准贯入试验锤击数的修正问题,对地下水位下中粗砂实测标准贯入试验锤击数增加5击计,有实用价值,也有砂粒在地下水位下的浮力和动力作用的理论依据。

**4.2.12** 关于粉土密实度的判定,本规范根据孔隙比 $e$ 判定粉土密实度的标准系引自现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)。

**4.2.13** 本条规定了黏性土状态判别标准,其中根据液性指数按表4.2.13-1确定黏性土的状态与现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)一致。按标准贯入试验击数判别黏性土天然状态,是美国太沙基(Terzaghi)最早提出的,是国内外普遍采用的标准,稍有不同之处就是标准贯入试验击数大于30为极坚硬这一档,有的行业规范有极坚硬这档,本规范没有划分这档。根据锥沉量判定黏性土天然状态的标准是水运工程勘察方面的经验总结。

**4.2.14** 砂土的不均匀系数和曲率系数是确定砂土颗粒组成的特征,本条引自现行国家标准《土的工程分类标准》(GB/T 50145—2007)。不均匀系数和曲率系数是表示级配曲线分布范围的宽窄和级配曲线分布形态,对水运工程地基砂类土有实用价值。

### 4.3 岩土描述

岩土的描述主要是依据岩土的特性和参照《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)中的内容而制定的。本节主要是为岩土的描述而做的具体规定,不含有鉴定的内容。描述是靠感观、眼看、手触摸和原位测试的数值给出的现场记录;鉴定是靠室内试验而记录其指标值(如干强度和韧性二项特性是通过室内试验而得出的)。在对岩石的风化程度和风化性状的描述中,花岗岩风化带中的囊袋状、球状和沉积岩中的带状、软硬岩层相间的隔层状等风化性状是描述的重点。

## 5 港口工程勘察基本要求

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 港口工程包括码头、防波堤、施工围堰、护岸、港池、进港航道、锚地、道路、堆场、陆域建筑物等。

**5.1.2** 本条是港口勘察的一般原则要求。

### 5.2 可行性研究阶段

**5.2.1** 可行性研究是港口建设项目前期工作的重要阶段。其研究成果是建设项目岸线审批立项和项目核准或备案依据的主要技术资料。

《港口建设项目预可行性和工程可行性研究报告编制办法》(2009)指出“可行性研究分为预可行性研究与工程可行性研究两个阶段。政府投资的港口建设项目应进行可行性研究,按项目的类型、规模及建设条件等,分别开展预可行性研究与工程可行性研究,相应编制预可行性研究与工程可行性研究报告;小型工程或技术上较成熟的项目,经项目主管部门同意后,可直接开展工程可行性研究,编制工程可行性研究报告。企业投资的港口建设项目应开展工程可行性研究,编制工程可行性研究报告。”本规定与港口工程设计阶段是完全相对应的。

**5.2.2** 根据《港口建设项目预可行性和工程可行性研究报告编制办法》(2009)规定“预可行性研究应对港口建设项目是否可行进行初步判断,论证项目建设的必要性和建设规模。在对项目建设条件进行调查研究和必要的勘察、科学实验基础上,研究项目建设的可能性、工程建设方案的技术可行性和经济合理性,提出项目可行性的初步评价结论,为项目立项提供依据。”为此,预可行性研究勘察的目的是对场地的稳定性和建筑的适宜性进行初步评价,为工程方案设计提供必要的基础资料。

**5.2.3** 本条根据本阶段勘察须对拟建港址的场地稳定性和建筑适宜性等基本建港条件作出岩土工程初步评价的要求,提出了勘察内容。

**5.2.4** 预可行性研究阶段勘察在港口建设项目立项之前进行,因此不可能开展大量勘探工作,主要由有经验的技术人员,采用搜集资料和现场踏勘的方法完成。

本条规定“已有资料不能满足要求时,应进行工程地质调查或测绘,必要时应布置少量勘探测试工作。”这是因为港区水域的岩土工程条件对建港的可行性研究十分重要,而水域的勘察,目前仍需采用勘探和测试的方法进行。

**5.2.5** 根据《港口建设项目预可行性和工程可行性研究报告编制办法》(2009)规定“工程可行性研究是确定港口建设项目是否可行的最后研究阶段,应论证项目建设的必

要性,合理确定码头建设规模和建设时机。通过全面调查研究和勘察、科学实验,从经济、技术、资源、环境、社会等方面对建设方案比较、论证,提出项目可行性评价结论,为项目决策提供技术依据。”为此,工程可行性研究勘察的目的是对场地的稳定性和建筑适宜性进行基本评价,为工程建设方案比选提供基础资料。

**5.2.6、5.2.8** 提出了工程可行性研究阶段勘察的内容,较之预可行性研究阶段勘察深入了一步。但可行性研究阶段的勘察不可能做得很详细,因此要把握住对港址选择的主要岩土工程问题作出正确的评价,防止出现原则性的错误和疏漏,必要时对重大工程地质问题进行专题勘察,以免影响工程建设决策的正确性。

**5.2.7** 工程可行性研究阶段勘察为满足 5.2.5 条指出的本阶段勘察深度的要求,在勘察方法上除了搜集资料、进行工程地质调查或测绘外,通常均需根据本条规定布置适量的勘探和测试工作。

### 5.3 初步设计阶段

**5.3.6** 根据近年来对部分勘察项目的勘探深度统计,趋势是勘探深度较之原相关规范增大,主要是因为建设规模、荷载日益加大,拟建场地的工程地质条件较差,加之新型结构的需要,都要求探明具有较高承载力的岩土层作为持力层,所以本次制定对部分勘探点的深度作了调整。但在参照表 5.3.6 确定勘探点深度时,注意根据表“注”的内容进行调整。

**5.3.7** 进港航道、港池和锚地等水域地段面积大,在一定的勘察工作和费用下,如采用传统的钻探方法不但费时又费钱且难以查清其地质条件。而物探则具有高效、经济、连续覆盖等特点,两者结合使用会有事半功倍的效果。需要指出的是,再好的物探也一定要配合钻探才能起到作用,物探的解释需要钻探资料的配合,并考虑当地的使用经验。

**5.3.9** 由于现在取原状样孔的钻进工艺一般均采用回转钻进,全程取芯方式,对地层的控制比较准确,加之已经要求每一主要土层均需取得能满足统计学要求的测试指标数量,故适当加大了取原状土样的间距,以减少取样总量、缩短勘察周期和降低费用。这里的足够数量是指所取原状土样的数量必须满足进行试验后取得的有效土试指标数量满足统计学要求,一般要求其数量不低于 6 个。因此根据不同试验要求和土质情况并考虑可能产生的一些需要剔除的不合理值,一般预估取原状土样数量均远多于 6 个。

当土层厚度大且土质均匀时,如仍按规定的间距要求取样,所取得的原状土样数量将远远超过试验所需要的数量,既不经济也延长了勘察周期。故可适当加大取样间距,这也符合国际上取样宜精不宜多的要求。

但当地层出现变化时,此时不应受既有取样间距的控制,应及时取样和测试,其下可再按既有间距取样,这样可避免因地层较薄而漏取土样。

### 5.4 施工图设计阶段

**5.4.1** 建筑物总平面布置、结构形式和基础形式等在初步设计阶段已基本确定。施工图设计阶段勘察通过增加工作量,其成果提供的场地岩土工程条件更详细,岩土参数更有针对性,并使建筑物结构形式和基础形式等得以确认。某些工程项目还涉及陆域形成、地基

处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等诸多方面,而另一些工程项目则可能只涉及某一或某些方面。

**5.4.2** 本条第(5)项码头基槽、港池和进港航道等均需要疏浚船舶进行施工,此时需评价岩土疏浚的难易程度及土的特性,评价按有关疏浚工程规范进行。

**5.4.3.4** 港口工程陆域往往是水力冲填形成,冲填土层分布比较复杂。对于陆域建筑物,《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)规定的勘探线、点的间距偏大,日益满足不了需要,表 5.4.3-1 中对陆域建筑物勘探线、点的间距做了适当调整。

## **5.5 施工期勘察**

**5.5.1** 本条第(2)项是指诸如地层不符、地层性质严重不符等,对设计和施工造成重大影响的情况。



## 6 航道工程勘察基本要求

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 本条为航道工程勘察的适用范围。

**6.1.2** 鉴于目前和今后实施的航道整治大多为含有多项工程内容的综合性整治,在制定勘察方案时作统筹考虑,有利于节省勘察费用,提高勘察质量。

**6.1.3** 炸礁工程涉及砂土液化及岸坡稳定问题,运河开挖工程涉及岸坡稳定问题,整治筑坝涉及局部河床冲刷问题,这些问题如果处理不当,将直接影响航道整治效果。因此本条规定了“应在勘察的基础上作出分析评价,并提出防治措施建议”。

**6.1.4** 本条中的“设计、施工的需要”一般包含下列情况:(1)地质条件复杂,需进一步查明地质情况时;(2)工程施工中出现地质情况与原勘察资料不符时;(3)工程施工期中出现其他岩土工程问题需进一步查明时。

### 6.2 可行性研究阶段

**6.2.1** 本条主要是明确长河段航道整治工程、大型新线运河开挖工程,分为两个阶段勘察。

**6.2.3** 根据本阶段勘察须对拟建建筑物的场地稳定性和适宜性等基本建设条件作出岩土工程初步评价的要求,提出了勘察内容。

**6.2.6** 可行性研究阶段勘察在工程项目立项之前进行,因此不可能开展大量勘探工作,主要由有经验的技术人员,采用搜集资料、现场踏勘与勘探相结合方法完成。本条中各款对勘察的主要内容,勘探孔布置和深度分别提出了要求。

**6.2.7 ~ 6.2.11** 条对原位测试和室内试验分别提出了要求,是从工程实践经验的归纳和提炼中得出的,其中第 6.2.11 条规定中的“重大工程地质问题”,系指边坡稳定、渗透变形、不良地质作用等。

### 6.3 初步设计阶段

**6.3.1** 该条明确了初步设计阶段勘察工作的目的和要求。本规范为岩土勘察规范,要求在查明场地工程地质、水文地质条件的基础上,结合现场测试、室内试验数据进行岩土工程评价,同时还需提出合理的措施建议,对不良地质作用尚需提出合理的防治方法建议。

鉴于航道工程的特点,要求在本阶段将场地的工程地质、水文地质条件包括岩土参数基本上查明,满足确定工程规模和控制投资的需要,故航道工程岩土勘察的主要工作量体



现在本阶段,其勘察深度实际上要求达到常规意义上的详细勘察深度,以后阶段的勘察仅是对本阶段的勘察成果作一定的补充完善,这一特点有别于其他工程。

**6.3.2** 该条根据工程建设的技术要求,对初步设计阶段的常规勘察内容作了明确规定。由于航道工程的类型较多,且各类型的特点及要求的勘察深度或技术要求各有侧重,不利于针对每类航道工程逐一提出具体要求。为了规范条款便于使用,将常规的“勘察工作内容”归纳一起,纳入到本条各项中做出明确规定。

**6.3.3** 将不同类型的航道工程根据各自的工程特点,按勘察深度要求的不同,将其“勘察工作”纳入到本条做出明确规定,其中第(1)项明确了炸礁工程勘察工作内容,并按“水下炸礁区”和“陆上炸礁区”分别提出要求,类似疏浚工程,需查明岩土的开挖等级,评价爆破的难易程度。除此之外,还需对炸礁影响区内的地质环境进行评价。炸礁区是否存在穿越江河的工程也需在本阶段查明,包括穿越工程类型、规模、埋深等情况,并评价其相互影响和相关的地质建议。第(2)项明确了整治筑坝及护滩、护底、护岸、航道标志等工程勘察工作内容,主要涉及与工程的稳定和安全相关方面的勘察要求。由于整治筑坝、护滩、护底的目的是改善航道的航行条件,与之配套的设计航道内浅区岩土的冲淤特性也是需要在本阶段搞清楚。第(3)项明确了运河开挖工程的勘察工作内容,强调土质地段、岩质地段和陆域开挖的勘察重点。

**6.3.4** 该条规定了初步设计阶段勘察工作的方法和手段,并根据掌握的地质条件的变化及时调整勘察方法和技术要求。

**6.3.5** 该条对初步设计阶段勘察工作的布置列7款分别对勘察工作的范围,勘探点的位置、数量、深度的确定原则,取原状土孔的数量和控制性勘探点的数量比例,勘探线、勘探点的具体布置,勘探点深度的确定,勘探取样间距和取样要求,原位测试和室内试验的内容及要求等做出了明确的规定。

**6.3.5.4** 该款明确规定了勘探线、勘探点的布置宜在比例尺为1:1000或1:2000的地形图上进行,不同类型的航道工程的勘探线、勘探点的布置综合反映在表6.3.5-1中供参照。该表中的布置方法、勘探线、勘探点间距均是在搜集国内具有代表性的已建或在建工程所进行的勘察工作的布置情况结合具体类型的航道工程的特点综合确定的。

**6.3.5.5** 针对不同类型的航道工程初步设计阶段勘探点深度明确了综合确定原则,其具体要求参照表6.3.5-2确定。该表也是搜集国内具有代表性的已建或在建工程所进行的勘察工作的具体情况,结合各类航道工程的特点综合确定的。

**6.3.5.6** 根据搜集的国内具有代表性的已建或在建工程所进行的勘察工作的资料,结合各类航道工程的特点,针对不同类型航道工程的勘探取样间距和取样要求做出明确规定。

## 6.4 施工图设计阶段

**6.4.1** 本条明确了施工图设计阶段勘察与前期勘察的关系,以及勘察目的。

**6.4.2** 本条明确规定了本阶段勘察工作的“范围、内容、工作量”只与设计需要或尚存在的具体地质问题相关,这一点与港口工程的勘察不一致,是与其设计阶段的工作内容相协

调的。

**6.4.3** 本条鉴于新线运河开挖工程的特点,明确规定了新线运河开挖工程施工图设计阶段勘察的重点内容。

**6.4.4** 本条针对新线运河开挖工程施工图设计阶段勘察要求做出具体规定,其中第 6.4.4.1 款规定了勘探线布置原则,而勘探点间距可按表 6.4.4 确定。



## 7 渠化工程勘察基本要求

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 渠化工程涉及类型多,本条指出本章适用的范围是很有必要的。

**7.1.3** 不良地质作用对渠化工程的影响很敏感,常常影响到渠化工程的建设投资,甚至影响到工程的成败。因此,重视不良地质作用的勘察对坝址区及渠化河段尤为重要。

### 7.2 预可行性研究阶段

**7.2.1、7.2.2** 渠化工程的预可行性研究是在既定的河流渠化工程总体规划的基础上,一个梯级、一个梯级地进行。一个梯级可能有几个可供选择的梯级位置。为了初选梯级位置、拟定比选坝址区,需要较全面地了解与渠化工程有关的工程地质条件。本阶段是岩土勘察的初始阶段,工作面大,不可能作深入细致的工作,对勘察任务的要求是“调查”、“了解”。

**7.2.3** 本阶段坝址区勘察以搜集、分析资料为主,则工程地质测绘是有效而必不可少的;在必要时布置少量勘探测试工作是对工程地质测绘有效的补充。

**7.2.4** 本阶段渠化河段、变动回水区和枢纽下游近坝河段的勘察以搜集、分析资料为主,必要时才布置少量勘探测试工作,但一般在不同地貌单元和护岸、裁弯等工程地段需要布置勘探坑、勘探孔。

### 7.3 可行性研究阶段

**7.3.1** 本条规定了可行性研究阶段工程地质勘察的任务和目的。本阶段工程地质勘察的重点对象是挡水及泄水建筑物、渠化河段和通航建筑物等影响方案能否成立的主要建筑物区。

**7.3.4** 本条是根据近几年已建工程的调研,经综合分析确定的。

**7.3.5 ~ 7.3.7** 系结合《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50487—2008)和《渠化工程地质勘察规范》(JTJ 241—98)中进行勘察工作的布置、水文地质勘察和物探的有关规定制定的。

### 7.4 初步设计阶段

**7.4.2** 本条在可行性研究阶段勘察的基础上对初步设计阶段勘察内容作了明确和细化,并对各分项工程的工程地质、水文地质和不良地质作出分析和评价。坝、闸址区的工程地质条件包括坝线区域以及渠化河段地形地貌、地质构造、地震、岩土层分布情况,特别是软

弱岩层、夹层或透镜体的性状、厚度及分布情况,以及主要断层、破碎带、缓倾结构面及节理裂隙的分布情况。水文地质条件包括岩土层的渗透性,相对隔水层的埋深、厚度和连续性,两岸地下水水位,环境水的腐蚀性等。

**7.4.4** 由于各建设工程项目的工程类型、勘察范围、地质条件等因素有较大差异,所以条文中对于工程地质测绘比例尺给出了不同的范围。

**7.4.5** 本条主要阐明初步设计阶段勘察工作布置原则。

**7.4.5.1** 规定了勘探点的位置、数量和深度的确定所应考虑的主要因素。为取得相对准确的地质参数,对每个地貌单元和拟布置重要建筑物区至少布置1个控制性勘探点是很有必要的。此外突出强调了对于峡谷区坝址两岸拱肩及抗力岩体部位应分高程布置平硐。在一般岩基上筑坝,我国已积累了十分丰富的经验,除常规工程地质测绘外,勘察工作中采用硐探查明边坡岩体深部情况较为有效和直观,特别是对刚性坝(拱坝)坝址高山坡陡,多分层开挖探硐,在探硐中还可以进行物探和现场力学试验。

**7.4.5.2** 作为强制性条款系考虑到渠化工程建筑物的重要性,对取原状土孔和控制性钻孔数量提出较严格的要求,一是为了保证取样、试验数量满足数理统计要求,统计指标准确、可靠;二是通过一定数量的控制性钻孔资料揭示建筑物基础下部岩性、物理力学特征,为建筑物沉降稳定计算提供必要的地质参数。

**7.4.5.3** 勘探线和勘探点布置是在可行性研究阶段勘察工作的基础上,根据各分项工程的侧重点按岩基和土基分别布置勘探线和勘探点。表7.4.5-1主要参考了《渠化工程地质勘察规范》(JTJ 241—98)、《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50487—2008)等规范,并结合实际工程经验总结出来的。条文中规定在岸坡地段和岩石与土层组合地段宜适当加密布置横断面,主要因为这些地区一般地形起伏、岩土层性质变化大、地下水活动强烈,多有断裂、岩溶等不良地质发育,所以加密布置勘探点。

**7.4.5.4** 规定了勘探点的深度确定原则。表7.4.5-2注中说明在预定勘探深度内遇松软土层和极软岩等特殊岩性时,勘探点深度应根据实际地质条件适当增加。注中“平硐长度不宜小于1倍坝高”的规定系参考《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50487—2008)的有关规定。

## 7.5 施工图设计阶段

**7.5.1、7.5.2** 条款规定了施工图设计阶段勘察目的和勘察内容。由于经过审定的初步设计,渠化工程的枢纽主体建筑物具体位置、尺寸、基础型式和埋置深度已经确定,与之对应,初步设计阶段的勘察工作已基本满足这些设计要求,在施工图设计阶段,并不需要对枢纽主体建筑物普遍增加勘探和测试工作。这一点,与港口工程勘察的要求不同,而与航道工程勘察的要求相似,也与《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50487—2008)相近。但在施工图设计阶段,应复核前期的勘察资料和结论,对尚未查清或因设计的调整深化需要查清的工程地质问题进行专题勘察。需要专题勘察的问题,包括在初步设计文件评审和勘察单位自身复核过程中发现的地质资料的不足,也包括建筑物的设计调整而造成地质资料的欠缺,还包括施工图设计阶段发现的地质资料与实际情况存在的较大差异。



**7.5.3** 该条各款对各类勘察的精度和基本内容作了规定,明确了勘察应达到初步设计阶段勘察的精度要求,并规定了在地质条件复杂,且初步设计阶段勘察资料与实际地质条件存在差异,应在初步设计阶段勘探间距的基础上加密布置勘探孔。

## **7.6 施工期勘察**

**7.6.1** 工程的地质条件是复杂的,而勘察手段是有限的,设计阶段的勘察成果往往和施工揭示的实际情况会有出入,差异大时可能导致设计、施工方案的变更。结合施工全过程进行的施工期勘察有着重要作用,能及时检验前期勘察成果的符合性,能先于施工提出补充勘察或专题勘察、地质问题的观测预报以及优化方案的建议。施工期勘察资料也是竣工验收和运行管理必要的基础资料。

**7.6.2** 本条对施工期勘察的主要任务进行了规定。对建筑物的基坑、工程边坡、地下建筑物的围岩等进行地质编录和观测是基础性的工作,这项工作需要在整个施工期间连续进行。通过地质编录和观测,可以检验前期勘察资料、进行工程地质评价和预测、对施工方法和地基处理提出建议、提出进一步勘察的建议、参加竣工验收。

**7.6.3** 本条对施工期勘察的内容和工作方法作了详细的规定。施工期勘察对施工会有一些的干扰,因此强调勘察工作应及时、准确,勘察手段宜简易、轻便。



## 8 修造船厂水工建筑物勘察基本要求

由于投资主体及工程规模的缘故,现行修造船厂项目一般均未做预可行性研究阶段的勘察,故此在规范中没有列出预可行性研究阶段的勘察。

### 8.2 可行性研究阶段

**8.2.3** 本阶段勘察主要是初步了解场地的工程地质条件,为确定场地建设的可行性和确定平面位置提供地质资料,为此在勘察方法上除了搜集资料、进行工程地质调查或测绘外,通常均需根据本条规定布置适量的勘探和测试工作。

### 8.3 初步设计阶段

**8.3.3** 本阶段建设场地已基本确定,需要比较详细地查明其工程岩土条件,在勘察工作的布置上和勘察手段的选用上需要全面考虑。

勘探线、勘探点的布置及其深度确定主要参照了《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)的相关内容以及近年来的一些工程实例。但在实际工作中尚应根据实际情况灵活布置,特别在勘探点深度上,虽然综合各种因素列出了布置深度,并对一些岩土条件下深度控制原则予以注明,但自然界千变万化,工作中务求结合具体情况确定,原则上以能控制住场地的地层分布为度。

需要强调在地层变化时的取样间距不应受既有取样间距的控制,应及时采取原状土样,其下可再按既有间距取样。进行标准贯入试验时也应按此进行,这样可避免对较薄的但却是比较重要的地层漏取原状土样和漏做标准贯入试验等。

**8.3.3.3** 要求船坞部位采用抽水试验确定其含水层渗透系数,是基于此参数对于船坞的设计非常重要,而由抽水试验得到的渗透系数较其他方法更为准确。

## 9 专项勘察

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 本章选择桩基、岸坡与边坡、基坑工程、疏浚工程、吹填工程、地基处理、天然建筑材料等作为专项勘察进行规定,是为了突出水运工程中常见的勘察类型,有利于进一步集中规范这些专项的勘察。

**9.1.2** 桩基、岸坡与边坡、基坑工程、天然建筑材料等方面的勘察是水运工程常常遇见的基础形式或工程类别,本规范的第5~8章对这几方面的勘察作了基本要求。实际工作中水运工程四大工程类别凡遇到桩基、岸坡与边坡、基坑工程、天然建筑材料等方面的勘察均应兼顾到各主体工程勘察的基本要求与各专项勘察的要求。

### 9.2 桩 基

在实际工作中,桩基专项勘察是在初步设计或方案设计阶段确定了基础方案后进行,通常情况下直接进行详细勘察,本节适用于水运工程中已确定采用预制预应力混凝土桩、预应力混凝土管桩、钢管桩、钢筋混凝土桩、灌注桩及嵌岩桩等桩基方案时的勘察。

**9.2.1** 本条是对桩基勘察内容的总要求。

(1) 桩基持力层下一定深度范围内有无洞穴、临空面、破碎岩体或软弱岩层,掩埋的故河道、沟、塘等,对桩长的确定和桩基的稳定有重要影响,故条文要求查明其分布。

(4) 采用桩基方案的水运工程所处近岸斜坡处,一般地层上部都存在软弱土层,对岸坡稳定性不利,故条文要求查明港湾或河段类型、冲淤变化、岸边坡形态及稳定性。

**9.2.2** 桩基勘察勘探点数量、勘探点类型根据具体工程特点,规定了按照本规范第5章~第8章,并结合场地岩土层复杂程度布置。桩基设计和施工所需的岩土参数一般通过钻探取样和原位测试等综合方法取得,勘察过程中也可根据地区经验和地质条件选择合适的原位测试方法。

(1)~(3)项是对地质条件复杂时勘探点间距的补充规定。当桩基持力层层面起伏较大或持力层性质发生变化时,会影响桩长和沉桩,往往造成接桩或截桩,故当相邻勘探点揭露的持力层层面坡度不能满足控制要求或持力层性质发生变化时应加密勘探点。

(4)项对于岩溶发育或存在破碎带、软弱层、花岗岩球状风化、风化深槽等的地质条件复杂的地区,由于溶洞、溶槽、漏斗或软弱层的存在,对桩长和桩基础的稳定有非常重要的影响,故本项规定进行逐桩钻孔,保证每个桩位都有可靠的地质资料。

(5)~(7)项是对采用桩基础方案时勘探点深度的补充规定,勘探点深度既要满足持力层选择的需要,又要满足基础沉降计算的需要。因此,将勘探点分为了控制性勘探点和

一般性勘探点,勘探点的深度需满足本规范第5章~第8章的有关规定,当以基岩作为桩基持力层时需避免将孤石误判为基岩。

**9.2.3** 本条规定了基岩作为桩基持力层时进行干燥状态和饱和状态下的极限抗压强度试验,但对软岩和极软岩,干燥和浸水饱和均可使岩样破坏,无法试验,因此规定进行天然湿度的极限抗压强度试验。性质接近土时,按土工试验要求。破碎和极破碎的岩石无法取样,规定进行原位测试或点荷载试验。

**9.2.4** 桩基型式根据地质条件及施工条件进行推荐,一般水域和陆域施工方法不一样,可推荐不同桩型。勘察报告中可以提出几个可能的桩基持力层,进行技术、经济比较后,推荐合理的桩基持力层。一般情况下选择具有一定厚度、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。

单桩极限承载力的确定较可靠的方法仍为桩的静载荷试验。在未进行试桩前,一般根据土工试验及原位测试成果提供桩侧及桩端阻力进行单桩极限承载力估算,但最终还是需要以静荷载试验进行校核。

沉降计算参数和指标,可以通过压缩试验或静力触探试验、标准贯入试验、重型动力触探试验、旁压试验、波速测试等综合分析,求得计算参数。

在施工期,由于打桩的震动及桩的挤土效应,经常出现水下岸坡的滑移变形,故评价沉桩、成桩对岸坡稳定性的影响是非常必要的。

当持力层坡度较大、基岩面起伏不平或岩土中存在洞穴时,桩基础易产生不均匀沉降,造成上部结构物开裂、破坏,故规定勘察报告中应对桩基稳定性做出评价,对有隐患的要提出处理措施的建议。

### 9.3 岸坡与边坡

**9.3.1** 本条规定了岸坡与边坡勘察应查明的主要内容。岸坡与边坡根据其岩土组成为岩质岸坡和土质岸坡,土质岸坡稳定性的主要控制因素是土体的强度,岩质岸坡则为岩体的结构面。而地表水和地下水的作用都是影响稳定的重要因素。场地涉及的滑坡是指坡上的部分岩体或土体在自然或人为因素的影响下沿滑动面发生剪切破坏并向坡下运动的现象;危岩则是指位于陡崖或陡坡上受岩体结构面切割为稳定性较差的岩石块体;崩塌是指陡坡或悬崖上的岩体或土体在重力作用下突然下坠滚落的现象;崩塌又有崩岸和坐崩之分,崩岸是指河岸在短时间内突然发生坍塌;坐崩是指河岸坡脚受淘空后使河岸产生近垂直性坍塌。

**9.3.3** 岸坡与边坡稳定分析的关键之一在于能否正确确定岩土物理力学指标和结构面的强度指标,本条强调了岩土测试的几点规定。

**9.3.4** 本条规定了岸坡与边坡勘察的岩土工程分析与评价的基本要求。首先强调稳定性评价应采用定性分析与定量评价相结合。其次强调选用正确的计算模型进行稳定性计算,计算模型又源于岸边坡潜在的破坏模式;破坏模式有平面滑动、圆弧滑动、楔形体滑落、倾倒、剥落等。强调对不稳定或潜在不稳定岸边坡应分析变形成因,提出影响稳定性

的因素,判断稳定程度,预测其发展趋势,提出最优坡形、坡角、动态观测方案和治理措施的建议。

## 9.4 基坑工程

本节各条文内容,主要参照现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)和《城市轨道交通岩土工程勘察规范》(GB 50307—2012)及《工程地质手册》(第四版)。

## 9.5 疏浚工程

**9.5.1** 疏浚工程勘察因其特殊性,其勘察内容要紧密结合疏浚工程设备选择、岩土可挖性、水下边坡稳定性评价的需要来确定,本条规定了疏浚工程勘察的常规内容。

**9.5.2** 疏浚工程勘察范围是比较好界定的,其勘察工作主要在初步设计阶段完成,表9.5.2是搜集国内具有代表性的已建或在建工程所进行的勘察工作的具体情况,结合疏浚工程的特点综合确定的。

**9.5.3** 疏浚工程注重工程地质调查与测绘、物探工作,强调当疏浚区地层适宜采用物探方法时,宜优先采用,并可适当减少勘探点数量;岩土试验项目则以满足边坡稳定验算及疏浚岩土分类的要求为重点。

## 9.6 吹填工程

**9.6.1** 明确了吹填工程勘察的内容主要有两方面,一是取土区,着重在可用土层的性质、分布位置、储量情况及其开采的条件等。二是吹填区,包括围堰、泄水口和排水沟等工程部位,重点在地貌类型、岸坡的形态、地基土的分层情况、承载力、压缩性、不良地质和地下水情况等;而分析评价的重点是吹填区、围堰、泄水口和排水沟等场地的整体稳定性。

**9.6.2** 对吹填工程勘察工作的布置做出规定,其中第9.6.2.1款明确规定了吹填工程勘察的范围。第9.6.2.2款规定了勘探线、点宜在比例尺为1:2000或1:5000的地形图上布置,其间距可按表9.5.2确定,该表是在搜集国内具有代表性的已建或在建吹填工程勘察并经综合分析后制定的。第9.6.2.3款、第9.6.2.4款分别对可研阶段勘察和初步设计阶段勘察取样孔及测试孔总数、取样间距做出了明确规定。第9.6.2.5款对一般性勘探点、控制性勘探点的勘探深度做出了明确规定。

**9.6.3** 规定了吹填工程的勘察方法和手段以及原位测试及室内试验的内容。

## 9.7 地基处理

**9.7.1** 本条是地基处理岩土工程勘察的总要求。

(2)地基处理岩土工程勘察,考虑对临近建筑物和环境产生的影响,如强夯法对周围建筑物影响,基坑开挖、排水、降低地下水位会导致周围建筑物下沉的影响,爆破挤淤对周围建筑物的影响,深层搅拌对地下水污染的影响,水的腐蚀性等是非常重要的。

(3)每种地基处理方法都有各自的适用范围、局限性和特点。因此,在选择地基处理



方法时都要进行具体分析,从地基条件、处理要求、处理费用和材料、设备来源等综合考虑,进行技术、经济、工期等方面的比较。以选用技术可靠,经济合理的地基处理方法。

**9.7.2** 本条规定了不同类别地基土处理方法的勘察内容,地基处理方法类别依据现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版),结合水运工程中常用的处理方法进行分类。

**9.7.2.1** 换填法适用于浅层软弱地基及不均匀地基的处理,是先将基底下一定范围内的软弱土层挖除,然后回填强度较高、压缩性较低且不含有有机质的材料,分层碾压后作为地基持力层,以提高地基承载力和减少变形。换填法的关键是换填材料的最优含水量和最大干密度、换填垫层的碾压密实度、垫层以下软弱下卧层的承载力和稳定性,并应注意换填材料对地下水的污染影响。

**9.7.2.2** 排水固结法适用于深厚的饱和软土,包括淤泥、淤泥质黏性土、冲填土等饱和黏性土,是在建筑物等工程项目未建造前,预先对软土地基施加荷载,缩短地基土固结周期,达到预期固结效果,从而提高地基强度和稳定性。常用的方法有堆载预压法、真空预压法、真空—堆载预压法等。为加快土的固结速率,常设置水平向或垂直向排水通道。预压法的关键是待处理软土的物理力学性质指标的可靠性。

**9.7.2.3** 强夯法适用于碎石土、砂土、低饱和度的粉土和黏性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等土类,在工程实际中,对于控制变形要求不严的工程项目,处理饱和软黏土时也常采用强夯置换法。勘察的内容取决于强夯加固的目的、场地和地基的复杂程度和地基设计方案等。强夯法由于振动和噪声对周围环境影响较大,有一定的局限性。

**9.7.2.4** 振冲法适用于松散砂卵石、砂土、粉土、粉质黏土、素填土和杂填土等地基,通过振冲置换提高地基的承载力,减少地基变形量。加固土层的埋藏深度、厚度、软夹层、分布范围、规律及特性参数等,是确定处理方法、处理深度及使用机理的关键因素,勘察过程中需重点查明。

**9.7.2.5** 搅拌桩地基适用于松砂、软土、填土和湿陷性黄土等土类。搅拌桩地基是在土中设置由弱胶结材料(石灰土、水泥土)或胶结材料(水泥)等构成桩柱体,与桩间土一起共同承受建筑荷载。该地基除可提高地基承载力、减少变形外,还有消除湿陷和液化的作用。

**9.7.3.1** 本款规定地基处理勘察采用勘探、取样、室内试验和多种原位测试的综合勘察方法。由于软土取样质量不易保证,运输过程中的扰动,试验操作的不规范等都会影响参数指标的准确性,所以勘察中需通过多种试验手段和原位测试手段来综合确定软土的物理力学指标。

**9.7.3.2** 本款规定了各种类型地基土处理勘察中勘探点间距和深度范围值,勘探点间距一般根据场地岩土条件复杂程度进行取值。

**9.7.4** 本条规定了不同土的不同处理方法应提供的岩土参数以及确定这些参数的不同方法。

**9.7.5.1** 本款提出了地基处理效果检验的基本原则,明确需根据地基处理的目的来确定效果检验勘察的内容。效果检验主要通过对处理前后土层强度变化进行对比分析,最



终确定地基处理效果。

**9.7.5.2** 对黏性土、灰土、粉煤灰和砂石垫层的地基处理效果检验,一般采用环刀法、静力触探试验、轻型动力触探或标准贯入试验等方法;对砂石、矿渣垫层一般采用重型动力触探检验。通过现场试验以设计压实系数所对应的贯入度为标准,检验垫层的施工质量。

**9.7.5.3** 本款明确了排水固结法加固处理地基效果检验的方法、检验点的数量等。对于以抗滑稳定性控制的重要工程,在预压区内预留孔位,在堆载不同阶段进行原位测试和取土样进行室内土工试验,根据试验结果验算下一级荷载地基的抗滑稳定性,同时也检验地基处理效果。在预压处理完成后,需要检验处理深度范围内土层及以下受压土层的沉降变形和平均固结度是否满足设计要求。载荷试验确定地基承载力是目前比较可靠的手段,故本规范规定了必要时进行现场载荷试验确定地基承载力。

**9.7.5.4** 强夯地基的质量检验,包括施工过程中的质量监测及夯后地基的质量检验。经强夯处理的地基,其强度是随着时间增长而逐步恢复和提高的,因此,处理完成后效果检验在施工结束间隔一定时间后方能进行。目前在水运工程中常规的检测手段主要有载荷试验、取土室内试验、标准贯入试验、静力触探试验、动力触探试验、旁压试验、十字板剪切试验等。随着我国工程物探技术的不断发展和日臻成熟,物探方法在强夯地基检测中得到了推广应用,特别是在大面积地基处理检测中,瑞雷波法、高密度点法、磁法等物探手段与原位测试、土工试验相结合运用取得了较好的效果,故本规范增加物探方法应用于效果检测中。

**9.7.5.6** 搅拌桩地基载荷试验和单桩载荷试验是检测加固效果最可靠的方法之一,当载荷试验主要目的为确定地基承载力时,试验一般进行到能得到极限压力为止,当达不到极限荷载时,至少为设计荷载的2倍,故本条款规定最大荷载为设计荷载2倍以上。

## 9.8 天然建筑材料

**9.8.1** 本条规定了天然建筑材料勘察内容,主要是查明其种类、质量、储量、物理力学性质,评价材料的适用性等基本情况。

**9.8.2** 本条规定了天然建筑材料勘察中普查、初查和详查的内容、编图、勘探点布置上的不同要求,以及勘探方法、取样、分析评价等要求。简易钻探一般为小口径麻花钻、小口径勺形钻、洛阳铲钻探等。

**9.8.3** 本条根据天然建筑材料的用途和类别对不同材料规定了相关的试验要求。

**9.8.4** 本条规定了成果报告编制的原则要求。

## 10 不良地质作用和特殊性岩土勘察

### 10.1 一般规定

本节根据水运工程中所遇到的不良地质作用和特殊性岩土的频度和对工程的影响情况规定了适用范围,并对本规范没有包括的一些不良地质作用和特殊性岩土指明了需参照的规范。

### 10.2 场地和地基地震效应

**10.2.1** 本条有关地震效应勘察与抗震设防烈度的关系,系根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)和现行行业标准《水运工程抗震设计规范》(JTS 146—2012)制定的。

**10.2.3** 当前工程界广泛采用标准贯入试验、抗液化剪应力、波速测试等几种方法判别砂土液化,比较成熟的还是标准贯入试验法。

**10.2.3.4** 关于震陷量的计算目前尚无合适的公式,厚层软土分布区的“厚层”也尚无明确的界定,有待在今后工程实践中积累经验。

**10.2.4** 场地和地基地震效应与地基土的类型及场地类别有关。关于场地地基土的类型及场地类别划分,以及划分对抗震有利、一般、不利或危险地段,参见《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)。

根据《水运工程抗震设计规范》(JTS 146—2012)只对抗震设防烈度为7~9度地区的可液化地基进行液化判别;对于6度区,一般不考虑进行液化判别,只确定勘察场地类别,提出抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组,划分对抗震有利、一般、不利和危险的地段。但对液化敏感的码头、船闸结构,需要按7度进行液化判别。

### 10.3 滑坡

**10.3.1** 滑坡是一种严重威胁水运工程安全的不良地质作用和地质灾害,一旦发生就可能造成重大人身伤亡和经济损失,产生严重后果。同时滑坡产生的成因机制复杂、滑坡边界条件不易勘定、滑动面难以查找、滑动带的物理力学性特征指标亦很难获取。因此,一旦拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的滑坡或有滑坡可能时,进行专门的滑坡勘察是非常必要的。

本条规定了滑坡勘察的主要任务要求。任务之一是查明滑坡体、滑带和滑床、滑坡类型、地质背景等滑坡各要素特征;任务之二是分析滑坡成因、影响因素,判断稳定程度,预测其发展趋势;任务之三是提出滑坡防治对策、方案。

**10.3.2** 本条规定了滑坡勘察方法和工作布置的原则。首先强调了应采用综合勘探方法,针对不同的场地条件,选用有效组合的勘探方法。其次强调了工程地质测绘和调查选用要合适,测绘内容要全面和具有针对性。第三,滑坡的勘探方法和工作量一般根据场地工程地质条件、地下水情况和滑坡形态综合确定。

**10.3.3** 本条规定了滑坡勘察岩土试验的要求,其中试验项目以滑体天然重度、饱和重度、滑带土的抗剪强度峰值和残余强度为主,强调采用与滑动受力条件相似的试验方法。

**10.3.4** 本条规定了滑坡勘察的岩土工程分析与评价的要点。由于影响滑坡稳定的因素十分复杂,故滑坡稳定性评价必须以工程地质综合研究为基础,定性分析与定量评价相结合。在定量分析计算中,选用正确的计算模型和岩土物理力学性质指标,并考虑地下水、地震、冲刷、人类活动等多因素对滑坡稳定性的影响是至关重要的。本条强调对重要的或工程地质条件复杂的滑坡,采用数值方法分析滑坡稳定性。

## 10.4 软 土

**10.4.1** 本条规定了软土勘察的基本内容。

(1)明确了对软土排水固结、沉降速率、强度增长等影响较大的层理及砂夹层应特别注意查明。当地基土受力范围内有硬土层或基岩,且其表面倾斜时,存在该面以上地基土沿此面发生滑移或不均匀变形的可能,故需查明硬土层或基岩的分布条件。

(2)指出了应查明土的物理力学性质指标,其目的是为地基变形、地基承载力和稳定计算、地基处理提供所需的参数。

(3)当场地存在暗埋的塘、浜、沟、穴等不利因素时,建筑物的布置须尽量避开这些不利地段,若无法避开时须进行处理,故勘察须查明这些不利因素的分布规律。

**10.4.2** 软土地基勘察中常用的原位测试方法为十字板剪切试验、静力触探试验,静力触探试验最大的优点在于精确的分层,用旁压试验测定软土的模量和强度,用十字板剪切试验测定内摩擦角近似为零的软土强度,实践证明是行之有效的。软土勘察采用的原位测试是否应包括标准贯入试验,一种意见认为应该列入,原因是岩土分类表 4.2.13-2 给出了根据标准贯入试验锤击数确定黏性土的天然状态。一种意见认为软土进行标准贯入试验不适宜,不应列入。在疏浚工程中,标准贯入锤击数是疏浚岩土工程分级的重要判别指标,本规范将标准贯入试验列入采用的原位测试内容中。

**10.4.3** 本条规定了软土力学性质试验的具体项目。

(1)抗剪强度指标一般通过直剪试验、三轴压缩试验、无侧限抗压强度试验测得的指标对比分析确定。

(3)常规固结试验最后一级压力一般根据建筑物荷重和上覆土自重压力确定,固结系数、先期固结压力采用的最后一级荷载、加荷级数及稳定标准,一般按土质特性、上覆土压力和建筑物性质确定。

**10.4.4** 本条给出了软土岩土工程评价的总要求,具体内容需要根据场地条件,结合建筑物具体特点、基础型式等有针对性地选择。



## 10.5 混 合 土

**10.5.1** 本条根据混合土的特点,规定了勘察时应重点注意的问题。混合土的性质主要取决于粗细粒含量的比例、粗粒的大小及其接触关系以及细粒土的状态。已有的试验资料表明,粗粒土的性质将随其中细粒的含量增加而变差,细粒土的性质常因粗粒含量的增加而改善,故查明混合土的颗粒组成、均匀性和垂直、水平方向的变化规律是必要的。

**10.5.2** 混合土成分复杂,土质不均匀、试验指标离散性大,因此勘探点的布置、勘探测试方法的选择以及成果的评价均要具有针对性。本规范规定混合土勘察应采用多种手段相结合是实践的总结。而陆域勘察时要求辅以槽探、坑探的方法,是为了便于直接观察,采取土样。

原位测试是混合土勘察的重要手段,但要注意其适用范围。十字板剪切试验适用于测定软黏土的不排水抗剪强度,并不适用于混有较多粗粒土的混合土;静力触探试验及三轴试验不适用于混有较多碎石的混合土,而动力触探对粗粒混合土是很好的手段。

**10.5.3** 混合土的室内试验方法及试验项目除按一般常规土的物理力学性质试验外,要注意其与一般土的区别。混合土中混有较多粗颗粒,直剪试验的适用性和准确性均受到影响,因此有必要采用三轴试验;对于混有碎石等大颗粒的混合土,原状土样的采取和试样的制备有较大难度时,三轴压缩试验是不宜采用的。

**10.5.4** 目前国内勘察中,对于粗粒为砂土的混合土,常采用三轴试验取得其力学指标,土工试验的力学指标仍然是最重要的依据之一,混合土承载力的确定一般采用土工试验的力学指标和原位测试成果综合确定;对于粗粒为碎石土组成的混合土,因难以由土工试验取得其力学指标,其承载力则以原位测试成果为依据确定。

## 10.6 填 土

**10.6.1** 本条根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)制定。填土的物质组成、堆填时间、堆填方式等的不同致使其工程性质差异较大,勘察时需要重点查明。

**10.6.2** 填土的勘察方法,需要针对不同的物质组成采用不同的手段。静力触探试验和轻型动力触探试验适用于黏性土、粉土类素填土,标准贯入试验适用于砂性土类素填土,重型动力触探试验适用于粗粒填土。

在水运工程中经常遇到的冲填土,不但分布范围大,而且厚度大。由于冲填土土源的不均匀性,冲填施工的种种变化,以及冲填土在垂直方向上受到自重应力的作用,使得同一时期的冲填土在水平或垂直方向上呈现不同的工程特性。此外,巨厚的冲填土在其底面产生的压力,对下卧原始天然土层产生的影响也非常大。因此,查明大面积,尤其是厚度较大的填土,在水平与垂直方向上工程特性的变化规律,及对下卧层的影响,是填土勘察的重要内容。

压实填土是按一定标准控制材料成分、密度、含水量,分层压实或夯实而成。压实填土的压实系数系控制干密度与最大干密度的比值,最大干密度通过击实试验确定。

**10.6.3** 杂填土由于成分复杂,颗粒大小不匀,按常规室内试验的方法制作的试件及测试结果,通常不具有代表性,故需要区别对待。而杂填土的密度试验,采用环刀法适用于细粒土类杂填土,采用的环刀容积在室内试验一般为 $60\text{cm}^2$ 、室外现场则为 $200\sim 500\text{cm}^2$ ;采用蜡封法适用于易破裂和形状不规则的坚硬土类杂填土;采用灌水法和灌砂法适用于粗粒土类杂填土。

## 10.7 层状构造土

**10.7.1** 层状构造土是水运工程建设中经常遇到的一种特殊土,一般由两种不同类型土呈互层、夹层或间层状产出。由于土性的差异和层状分布的特点,层状构造土往往具有各向异性的特征,主要体现在宏观空间上的不均匀性、物理力学指标的差异性和离散性,这就给层状土物理力学指标的获取、地基承载力的确定、地基稳定性评价带来了不便。本条规定了层状土勘察的基本要求,勘察需要重点查明其成层特征、分布规律等,由于层状土的工程特性一般受其中弱势土体的特性控制,所以勘察必须分别查明主层及夹层的厚度、成分、物理力学特征等。

**10.7.2** 因层状构造土采用两种土的厚度比定名,现场定名更显重要。因此条文规定应采用全断面取芯钻探,提高岩心采取率。

层状构造土室内土工试验指标离散性较大,现场多进行原位测试,有利于岩土设计参数根据土工试验指标结合原位测试数据综合取值。

**10.7.3** 层状构造土室内试验除按照一般常规物理力学试验进行外,主要注意以下内容:

(1)因夹砂层、土样中水分易流失,必须对此十分关注,条文规定土工试验宜在现场进行是十分必要的。

(2)层状构造土室内试验时,由于将黏性土和砂土混合后定名,易错将层状构造土定名为粉土。故条文提出对互层土及夹层土中的两种土宜分别进行物理性试验。

(3)在盒式直剪仪做剪切实验时,首先是排水快,此外剪切面在黏性土或在砂土上,其抗剪强度相差较大,尤其内摩擦角的离散性很大,故条文提出宜采用三轴压缩试验和无侧限抗压强度试验。

**10.7.4** 层状构造土具有渗透性、压缩性、力学强度等各向异性的特点,而这些特点对不同工程的影响力是不一样的,因此需要结合工程需要进行评价。层状构造土具有明显各向异性的特点使得其岩土参数需要结合土体物理力学指标、现场原位测试数据以及地区经验综合确定。层状构造土由于夹有砂层,一般水平向的排水较好,垂直向因有黏性土层,排水较差;但当进行地基处理,如打设沙井、塑料排水板等竖向排水通道时,其固结速度会显著提高,因此条文中提出应分析其对固结度提高的作用。

## 10.8 风化岩和残积土

**10.8.1** 本条规定了风化岩和残积土勘察应注意对不同的工程有所侧重。如作为建构筑物天然地基时,着重查明岩土的统一性及其物理力学性质;作为桩基础时则重点查明由破碎带、袋状风化囊、带状风化槽、球状风化体孤石和软弱夹层等的分布,造成桩端持力层起



伏变化。同时关注岩体是否具有可软化性、膨胀性及遇水崩解等特性,并对其时效性作出评价。

**10.8.2** 本条规定了风化岩和残积土勘探方法选用的基本原则。规定使用双重管、三重管采取试样,其目的是为了保证采样质量的可靠性。要求采用原位测试与室内试验相结合的原则,是针对风化岩和残积土一般很不均匀,取样试验的代表性差的特点提出的。原位测试方法采用标准贯入试验、圆锥动力触探试验、波速测试和载荷试验,同时也不排除采用其他方法。对残积土进行载荷试验以得到地基承载力和变形模量等指标,目前多在水运工程陆域场地进行;而水域则根据标准贯入试验等原位测试资料,结合当地经验综合确定;此外进行深层载荷试验、旁压试验等亦能得到残积土地基承载力和变形模量。

**10.8.3** 本条规定了风化岩和残积土室内试验选用原则。国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)规定“6.9.4 对花岗岩残积土,应测定其中细粒土的天然含水率  $w_f$ 、塑限  $w_p$ 、液限  $w_L$ 。”相关办法可参照执行。

**10.8.4** 本条规定了风化岩和残积土岩土工程评价的内容,注意对不同的工程有所侧重。

## 11 地下水勘察

地下水对水运工程水域建筑物一般影响不大,但对陆域建筑物的基础和地基以及港口岸坡与边坡则是重要的设计条件。

**11.0.1** 地下水勘察常以搜集资料,调查与观测相结合的方法进行,岸坡区地下水活动与岸坡失稳的关系非常重要,是地下水勘察的重点。关于地下水长期观测时间为一个水文年,这是适用于内河水运工程而言,因内河高岸坡区地下水位在一年中变化很大。

**11.0.2** 地下水参数的测定,根据各类土规定了稳定水位的观测时间,这个规定引自现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)。

渗透系数的经验值很有实用价值,表 11.0.2 中含水层渗透系数的经验值引自现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》(GB 50307—2012),该规范反映抽水、压水试验工程实例丰富,渗透系数经验值的可信度较高。

**11.0.3.1** 本款第(1)项引自《城市轨道交通岩土工程勘察规范》(GB 50307—2012),第(7)项引自现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版),以上各款的规定均是保证水样化学分析成果的可靠性和准确性。

**11.0.4** 地下水作用的评价是地下水勘察结果的主要内容和地下水勘察目的所在,因此,在工程勘察中结合水运工程各类建筑物,作出有关合理的评价,这是直接的评价;地下水对岩土层起了物理力学性的变化,而又间接引起建筑物基础地基的稳定、沉降、强度产生变化,这是间接的评价;还有岸边坡的滑动和基坑岩土边坡的滑动失稳均是地下水的作用而引起的。

## 12 工程地质调查和测绘

**12.0.1** 工程地质调查和测绘是岩土工程勘察的基础性工作。运用地质学和工程地质学原理,以地面观测和描述为主的方法进行。结合勘探测试结果,以全面了解工程区域的工程地质全貌和主要的工程地质问题,对场地的稳定性和适宜性进行评价,并为经济合理地布置勘察起指导作用。

**12.0.2** 工程地质调查和测绘是岩土工程勘察的先导性工作。主要用于场址选择与规划,故常为可行性和初步设计阶段勘察所采用。在施工图设计阶段或施工阶段,必要时对某些专门工程地质问题,在先前勘察阶段的工程地质调查和测绘的基础上,进行详细或补充性调查和测绘工作。

工程地质调查和测绘固然是岩土工程勘察的重要手段之一,但并非每项工程都需进行。如对地质资料较多的熟悉地区就不必进行。而对不熟悉地区,是进行工程地质调查还是测绘则根据现场具体情况确定。有时工程地质调查将作为工程地质测绘的先行准备工作。工程地质调查和测绘的区别见下表。

	工程地质调查	工程地质测绘
适用条件	港址面积小,地质条件简单	港址面积大,地质条件复杂
工作方法	不用仪器,以目测、访问、搜集资料为主	布置地质点进行观察,描述和用仪器定位
表达方式	不一定用图件表达,无比例尺要求	以规定比例尺的工程地质图等为表达
技术标准	无严格的技术标准,可按需自行确定	按规定的技术标准执行

工程地质调查和测绘纲要,一般包括在勘察纲要中,必要时单列。工程地质调查和测绘纲要内容,通常包括:任务来源、工程特点、地质概况、工作目的、任务、范围、方法、精度、应查明的主要问题、应提交资料的内容、工期安排、安全措施等。

**12.0.4** 条文中提出调查与测绘的延伸范围,一般包括追索各种有关地质界线和地质现象,以及由于拟建工程可能引发的工程地质问题影响的范围。

**12.0.5** 勘察阶段比例尺的规定范围较大,工作时一般根据工程类型,地质条件合理选用。对渠化工程,各阶段各建筑物或区域的测绘比例尺的选用参照第7章的有关规定。常采用填图法进行全面勘查,为保证测绘精度,要求使用的地形图比例尺,一般比地质测绘的比例尺大一级,待外业填图完成后,再缩成地质测绘要求的比例尺成图。

**12.0.6** 关于地质观测点的点位布置,密度与定位精度说明如下:

(1)地质点的布置是否恰当,关系到成果质量,乃至岩土工程评价,要予以重视。地质点布置在有关地质要素处,地层接触线,不同岩性和土质的分界线,地貌界线、地质构造线和滑坡、坍岸、断层、卸荷裂隙、岩溶、土洞不良地质现象等分布处。充分利用路堑、岸边坡、冲沟、采石场、取土坑等露头好、地层齐全、构造简单、化石丰富地点,必要时辅助勘探

测试工作,以绘制柱状图、剖面图,选定标准层,划分好填图地质单位,测绘工程地质图。

(2)对地质点布置的密度,本款提出“以能控制各种地质现象和界线的分布为原则”,具体的布置密度,迄今国内外未见统一规定。本款采用了《中国工程建设标准化协会》编制的《工程地质测绘通则》规定的密度,以方便应用。

(3)地质点的精度规定为“在图上误差不超过3mm”,目前国内诸多规范规定均在2~3mm之间,本规范按国标《岩土工程勘察规范》(GB 50021)规定采用3mm。

**12.0.7** 本条从地貌、地层、地质构造、不良地质作用、地下水、水文、气象、人类活动和调查当地工程建设经验等方面列出了工程地质调查和测绘的内容。但具体到每项工程的调查与测绘内容,则根据当地的地质情况,针对工程实际需要进行。重点是关注那些关系场址选择和对工程建设有重大影响的工程地质问题。

**12.0.7.1** 本条第(1)项水运工程地貌调查与测绘的重点是河、海侵蚀、堆积地貌。由于地貌是内外地质营力相互作用形成的地表起伏形态,它与河、海侵蚀堆积作用、岩土性质、地质构造、新构造运动、不良地质作用和地下水等均有密切关系,通过地貌调查和测绘,有助于对其他地质条件的调查与测绘工作。

第(3)项掩埋的故河道、冲沟、湖塘等处,由于土层形成时代新、土质弱、地下水滞留富集、土的固结差,已引发岸坡失稳事故多,要引起高度关注。

**12.0.7.2** 第四纪地层特别是软土层是地层调查测绘的重点。此外,注意对第四系胶结层和火山岩的调查,防止与前第四系基岩混淆。

第四纪胶结层由地下水中的钙质或铁质将砂、砾石胶结或部分胶结成层,另在我国南海由珊瑚、贝壳、软体生物的碎屑与砂、砾在潮间带胶结成海滩岩。但它们每层的厚度都不大,与其下面的松散砂砾均属于同一层沉积,依此区别基岩与土的界面。

第四纪形成的玄武岩虽然属于岩石,但其下面同样有与其属同一年代形成的土层。

**12.0.7.3** 地质构造和地震活动关系到建设场地和地基的稳定性,着重调查构造破碎带、岸边坡卸荷裂隙、新构造活动形迹、地震烈度与液化、震陷、地面破坏和崩塌、滑坡等次生灾害等震害情况。

**12.0.7.5** 岸坡稳定与否,是场址比选的首要条件,重视滑坡、塌岸等不良地质作用的调查与测绘是非常必要的。从地质、水文和气象等方面查明其成因,研究其发育、发展和治理方法。

**12.0.7.6** 地下水位与地面水位的动态变化关系十分重要,由水位差引起的地下水渗透压力关系到岸坡的稳定,如长江枯水期,尤其在春节前后,江水位最低,与地下水位差值最大,常是岸坡失稳的高发期。

**12.0.8** 工程地质调查和测绘的记录在现场完成,图件在实地勾绘,对有关地质现象多作素描图和照相。



## 13 勘 探

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 勘探依据勘察目的与阶段以及岩土工程特性等,采用钻探、井探、槽探、硐探、物探等多种手段,并结合测试与试验,互相印证、补充及综合的方法,以利于提高岩土工程勘察的质量与效率,更好地查明岩土工程地质条件,达到理想的技术经济效益。

**13.1.2.2** 本款主要是考虑水上勘探平台与勘探船筏的适用性及安全性。

目前,在我国水域勘探中,大型固定式勘探平台由于制造与使用成本较高尚未普及;主要是利用小型交通运输船与驳船,或用浮箱、油桶、小木船搭建浮动式勘探平台。因此,勘探船筏的吨位,以及锚型、锚重、抛锚的数量与锚位、系缆长度等,都会直接影响勘探船、筏的适用性及安全性。

浮箱、油桶、小木船搭建的勘探船筏,一般都用于水流、风浪较平稳的内河、湖泊、水塘、潮间滩地等水域;江、海水域则基本采用具有一定抗风浪能力,能适应水流、潮汐变化,吃水较浅,船底较平的运输船或吊驳搭建的勘探船。

江内水域勘探船的吨位一般不小于 100t;河口与近岸海域勘探船的吨位一般不小于 200t;远岸海域勘探船的吨位一般不小于 500t。

锚重根据勘探船的吨位确定,150 ~ 200 吨位船的主锚一般不小于 250kg;200 ~ 500 吨位船的主锚一般不小于 350kg;大于 500 吨位船的主锚一般不小于 500kg。采用抓力锚型,不采用重力锚型。

锚缆的规格与长度,根据船的吨位与水深确定,锚缆的长度一般不小于 10 倍水深。

抛锚的数量,根据水文、气象、地质等条件确定,多数情况抛 6 只锚,船头、船尾各抛 1 只锚,船的两侧各抛 2 只锚,也有抛 4 ~ 5 只锚或多于 6 只锚,但不少于 4 只锚。边锚与头锚或尾锚的夹角在  $45^{\circ}$  ~  $90^{\circ}$  之间,如抛两只头锚或两只尾锚,两只锚之间的夹角为  $30^{\circ}$  ~  $45^{\circ}$ 。

**13.1.2.3** 冰上勘探是本次编写工作根据调研单位提出的意见,在整合相关规范的基础上新增的内容。冰上勘探通常是冬季在我国寒冷冰冻地区江河、湖泊、沼泽、浅滩等原水域进行的工程或科研勘探作业。冰上勘探既像陆地勘探一样在冰面上作业,又要求像水上勘探一样采用套管导向通过水体进入岩土层。虽然冰上勘探作业工艺介于陆域与水上勘探两者之际,但还是有其自身的特殊要求,冰层的强度必须满足勘探设备与作业人员静、动总荷重的要求,还必须克服寒冷与冰冻对勘探作业造成的种种不利的影响。因此,冰上勘探首先要求掌握勘探区的水文、气象及冰冻期、冰层厚度等相关资料,准确地判断勘探区施工作业的自然条件;必须在冰层稳定的冰冻期,且冰层达到一定的厚度,也就是



冰层强度达到作业荷重要求时才能进行勘探;在勘探作业期间,尤其是接近解冻期必须随时掌握水文、气象与冰层的变化情况,确保勘探施工作业的安全。根据中国地质大学科学钻探国家专业实验室冬季在内蒙古呼伦湖进行冰上勘探的经验,采用钢框架结构和彩钢夹心复合板搭建的整体箱式勘探平台,能较好地克服在寒冷的冰面上作业的困难,这种平台具有良好的保温与抗风的能力,且能在冰上整体移动;需要注意的是平台设计的重量要符合冰层的强度的要求,内部空间要满足钻探、物探与原位测试等勘探作业的需要,高度须达到钻机提升的要求,还要方便运输可以整体装卸。

**13.1.2.4** 钻孔、探井、探槽等如不妥善回填,可能影响安全、交通、生产,或造成对自然环境的污染与破坏,有时这种影响或污染与破坏,在短期内不易被察觉,但到一定时候会引起严重后果。因此,应该严格执行回填的有关规定。

**13.1.3.1** 勘探点位测量采用的仪器与方法,根据实际情况与具体条件确定,关键是测量误差要符合规定的要求。陆域一般采用丈量法、经纬仪前方交会法、经纬仪加激光测距仪或全站仪极坐标法;水域勘探点根据其离岸的远近,选用经纬仪前方交会法、经纬仪加激光测距仪、全站仪极坐标法或 GPS 卫星定位法等;对于一些离岸不远可用测量仪器直接观测的水域勘探点,也可用常规测量与 GPS 相结合的方法。勘探船先用 DGPS 指向标引导进位抛锚,然后采用前方交会或极坐标法指挥勘探船准确进入孔位,这样不但能保证水域勘探点位测量的精度,而且提高效率。

**13.1.3.2** 使用水砣绳测量水深是种传统的常用简便测量方法,但这种测量方法往往误差较大,尤其在水深、流急的水域,产生的误差可达 1m 以上,严重影响勘探深度的测量精度。根据水砣绳使用的实际情况,一般在水深大于 5m,流速大于 0.5m/s 的水域,水砣绳测量的水深误差就比较大了,要使用测深仪测量水深,并用下入水中套管的长度作校正。

**13.1.3.4** 在有潮汐的水域,水深是随时间变化的,注意定时观察变化的水位,校正水面高程,以准确计算勘探深度。

**13.1.3.5** 水域勘探点高程测量由于受水深测量误差的制约,故其允许偏差依据现行国家行业标准《水运工程测量规范》(JTJ 203—2001)的有关规定确定,如表 13.1.3 所示。冰上勘探点位、高程和勘探深度测量的条件与陆域勘探点基本一致,故测量的允许偏差参照陆域勘探点执行。

## 13.2 钻探与取样

**13.2.1** 本条对工程地质钻探的性质与基本工作要求作了进一步的明确。

**13.2.1.1** 现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009 年版)表 9.2.1 列明了钻探方法适用范围,根据岩土类别和勘察要求参照该表选择好钻探方法。

**13.2.1.2** 水域或冰上钻探合理配置回转液压钻机与泥浆泵很重要。江、海域采用 300 型钻机或更大型的钻机,与 120 型泥浆泵或泵量更大的泥浆泵;冰上钻探设备的配置须考虑钻探的要求及冰层的强度,以保证水域与冰上钻探的顺利进行。

**13.2.1.3** 水域与冰上钻探如护孔套管不稳定、或冲洗液不能从护孔套管口溢出,会直

接影响钻进,甚至发生孔内事故。因此,护套管的下土深度要保证护套管的稳定,冲洗液不在水底泥面处流失,尤其是在有潮汐变化的水域,当采用护套管与勘探船直接或间接连接的作业方法时,更要注意此问题。

**13.2.1.4** 冰上钻探必须要求冰层稳定,紧邻冰上钻探平台四周随意开凿冰洞抽水或回水,或有运输车辆停留与通过,都可能会直接影响冰层的冰冻程度和整体稳定,危及钻探平台的安全。

**13.2.1.7** 钻孔记录是钻探最原始的第一手资料,其质量优劣直接影响到勘察成果质量,严格要求是非常必要的。

**13.2.2.1** 本款参照原规范和现行国家和一些行业、地方标准的规定,根据土试样破坏扰动的程度,划分为不扰动、轻微扰动、显著扰动、完全扰动四个质量等级。

**13.2.2.2** 本款归纳了我国目前采用的取土器与取土方法,采取流塑~硬塑状黏性土及性状接近黏性土的粉土的Ⅰ级高质量原状土样,采用薄壁取土器或重管单动回转取土器。

单动回转取土器有三重管与双管两种不同类型,三重管主要有国外的丹尼森型与皮切尔型取土器和国内的三重管单动回转取土器,双管主要有水运工程系统勘察设计单位研制的双管单动活门式取芯取土器,该取土器一个钻进回次可同时取土芯与原状土样,回次最大进尺为2m。

**13.2.2.3** 在实际的取样工作中,不是采用了先进的取土器与取土方法,就一定能取到高质量的原状土,还要认真执行有关的钻进与取土作业工艺。本款就是对主要的钻进与取土工艺提出了明确的要求,以保证采取原状土的质量。

## 13.4 物 探

**13.4.1** 本条所列的物探方法,侧重于探测港池、航道等大面积水域的地质界面或界线、划分沉积层位等,是水域岩土勘察有效的辅助手段,当前在水运工程勘察中应用较多,一般用于前期的工程规划、选址和可行性研究阶段勘察,也可用于初步设计、施工图设计阶段及施工期勘察。其他可能应用的物探方法还有钻孔电视探测、侧扫声纳探测和海洋磁力探测等。钻孔电视探测采用摄像头对钻孔壁的地层特征进行摄录,目前应用并不多;侧扫声纳探测侧重于探测水下的地形、障碍物;海洋磁力探测侧重于探测海底电缆、管道和其他磁性障碍物。相关障碍物的探测目前可以参考水运测量、海底电缆管道路由和海洋调查等领域的规范。

**13.4.2.1** 水底地层剖面探测的分层精度相对较低,不能直接获得土性指标。水运工程勘察区域一般水深在0~20m,采用浅水型的地层剖面仪,不同的剖面仪对水深有不同的要求,最小水深多为2~5m,其探测深度取决于仪器本身和探区的地层条件。地层剖面仪探测精度主要受到噪声、潮差、涌浪、海底多次波等方面的影响,噪声对资料的解释判别影响较大、潮位和涌浪直接影响各个层位高程的计算、海底多次波则对底层的判别有一定的干扰作用。

**13.4.2.2** 探测线的布置一般和相应的勘察阶段相适应,检查探测线 and 对比勘探孔是



必要的,是判断探测工作质量和进行剖面地质分层的重要依据。

**13.4.2.3、13.4.2.4** 对水底地层剖面仪探测的要求和资料整理作了详细规定,可以参考的国家标准有《海洋调查规范 第8部分:海洋地质地球物理调查》(GB/T 12763.8—2007)、《海底电缆管道路由勘察规范》(GB/T 17502—2009)和《海上平台场址工程地质勘察规范》(GB/T 17503—2009)。

**13.4.3.1** 地震映像探测又称高密度地质地震映像探测,是工程物探的一种重要方法,主要利用人工激发的地震波在弹性性质不同的地层内的反射规律,研究小偏移距条件下不同介质的反射特征,揭示岩土层分布规律的一种物探方法。该方法在水域和陆域均可应用,本规范仅包括水域的地震映像探测。

水域地震映像探测是一种间接的地球物理探测手段,要求探测的目标地层存在明显的波速或密度差异,探测效果取决于水深、震源能量、激发波频率、水听器精度、水下岩土层的物性等条件。对于水深小于5m的水域,由于受到多次波和地震子波的干扰,探测精度较差。

**13.4.3.2** 水域地震映像探测的测线一般按网格状布置,测线分为主测线和联络线,主测线一般与海底地形等深线的总趋势垂直,或与区域地质构造走向垂直,联络线与主测线垂直。地震映像探测需要根据钻孔资料标注地层属性。

对于地震映像探测网,主要考虑以下几个方面:

(1)选址及工可阶段:采用普查方式,对拟建设区域采用100m×200m网格进行勘探,对于地层复杂、变化较大或工程重点水域,适当加密;

(2)初设阶段:采用详查方式,对拟建设区域采用50m×100m网格进行勘探,对于地层复杂、变化较大或工程重点水域,适当加密;

(3)施工图设计及施工阶段:主要针对具体的地质问题进行详查;

(4)障碍物探测:主要针对具体的障碍物规模和地段进行详查;

(5)对于航道、管线路由等长条形勘探区域,主测线以设计轴线为中心对称布置,联络线可与主测线垂直,也可斜交。

**13.4.3.3** 本条第(5)项地震映像探测的有效性试验非常重要,在正式的勘探作业以前,有必要充分利用已知资料进行方法有效性试验,以确定采用的探测方法能够满足勘探要求。采集参数是否合适主要体现在穿透深度满足要求、记录波形初至清晰、海底反射明显、激发与接收一致、同相轴清晰连续可追踪、信噪比较高。采集参数确定后,如遇到地质异常确需调整,需要记录相关时间、测线号、变更原因等,并且进行必要的重复勘探,以确定变更的效果优于原参数。参数选择时进行的试验段勘探资料要保存并归档,选择的相关参数在班报表中须完整记录。

**13.4.3.4** 地震勘探数据处理的方法和手段较多,根据勘探要求和原始资料进行方法选择,通过对比已知地质资料,确认资料处理的效果,以满足勘探要求。另外,地震映像勘探是一种间接的物探勘察方法,虽然近年来通过不断的技术创新和新仪器新设备的应用,其勘探能力和勘探效果都获得了长足的进步,但其多解性无法根本消除,故需要一定的地质钻探等直接勘探资料进行验证,以确定其成果的精度和可靠性。

## 14 原位测试

### 14.1 一般规定

**14.1.2** 我国地域广大,各地岩土条件变化较大,地区经验各不相同,所以注意地区经验特性很重要。在地方标准中建立和采用的地区经验关系一般都经过工程实践的验证,可以参照或直接引用。

**14.1.4** 造成原位测试成果误差的原因比较复杂,测试仪器、试验条件、试验方法、操作技能、岩土的不均匀性等都有可能成为主要的影响因素,因此强调剔除异常数据是必不可少的。

**14.1.5** 在水域或冰上勘探平台上进行十字板剪切试验、静力触探试验等原位测试,勘探平台是否能提供满足测试要求的反力,是保证勘探平台稳定与安全的关键。

### 14.2 浅层平板载荷试验

本节主要引自现行行业标准《土工试验规程》(SL 237—1999)并参考国家现行标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)和《铁路工程地质原位测试规程》(TB 10041—2003)等标准。

浅层平板载荷试验是观测地基土承受压力和变形的原位试验,它反映的是承压板下1.5~2.0倍承压板直径或宽度的深度范围内地基土的强度、变形的综合性状,用于评价地基土承载力、计算地基土变形模量和基床系数。

**14.2.2** 浅层平板载荷试验点的平面布置,依据现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)的相关要求,定为“不应少于3个点”。

**14.2.4** 地基承载力确定方法,对于坚硬黏性土、砂土、碎石土等脆性土,因其比例界限荷载 $P_0$ 与极限荷载 $P_u$ 接近,若按临塑荷载法取比例界限 $P_0$ 作为容许承载力是偏于危险的,故本规范未采用临塑荷载法。

### 14.3 十字板剪切试验

**14.3.1** 十字板剪切试验成果一般用于计算岸坡稳定、地基承载力,检验软弱地基的加固效果,测定软土地基破坏面位置和残余强度,判定软黏性土的固结历史等。

**14.3.3** 目前我国常用的机械式十字板剪切仪有开口钢环式十字板剪切仪;电测式十字板剪切仪有电阻应变式十字板剪切仪。开口钢环式十字板剪切仪使用时期较早,利用蜗轮蜗杆通过探杆扭转插入土层中的十字板头,借助开口钢环与百分表测定土体的抵抗力矩,该仪器需钻机配合成孔;电阻应变式十字板剪切仪与机械式十字板剪切仪的主要区别



在于测力装置不用钢环,而是在十字板头上端连接一个贴有电阻应变片的扭力传感器,试验时通过加压贯入与回转装置,将十字板头压入到土层中的试验深度,扭转十字板头,由电子系统直接量测土的抵抗力矩,在试验过程中不需要钻机成孔,进行机械安装与轴杆摩擦力校正等作业,操作较机械式十字板剪切仪简便许多,试验成果也较稳定,因此得到较广泛的应用。两种十字板剪切仪由于工作原理与试验方法有所不同,测试的结果也有所差异,一般机械式十字板剪切仪的测试值较电测式十字板剪切仪大,两者相差10~20%。水上十字板剪切试验,除了同样受到试验仪器与工艺及土质的影响外,还要受到水流、潮汐、风浪等水上各种因素的影响,机械式与电测式两种仪器的测试值的差异往往更大。因此,十字板剪切试验要考虑两种不同仪器测试值的差异,严格遵守操作规程,尽可能避免或减少各种干扰因素的影响,客观反映试验的测试成果。

**14.3.3.1** 50mm×100mm与75mm×150mm两种不同规格十字板头的试验结果并非总是相同,75mm×150mm规格的十字板头通常在浅部软弱的淤泥、淤泥质黏性土层中使用。使用的十字板头须清洗干净,无损坏变形,否则会使十字板头的厚度与面积比发生变化,试验时对土体的扰动增大,使测得土的抗剪强度偏小。

**14.3.4** 水域十字板剪切试验一般在水上固定勘探平台上进行,在潮间浅滩区可利用搁浅的勘探船筏,但由于水上固定勘探平台使用成本高,还需配备相应的辅助设备,至今尚未在我国工程勘察中普及使用,由此造成十字板剪切试验这种原位测试勘探手段,在水域工程中的应用受到较大的限制。

近年来,水运工程相关勘察设计单位,成功地创造了一种在潮间滩地或浅水区,进行水上十字板剪切试验的施工作业方法。这种施工作业方法是用勘探船作为浮动式作业平台,把机械式或电测式十字板剪切仪连接在入土固定并与勘探船脱开的套管上,把套管作为支架进行试验。这种试验作业工艺方法,已成为这些勘察设计单位进行水上十字板剪切试验的常用手段。

为了使这种相对较经济、简便的水上十字板剪切试验作业工艺方法,能得到推广应用,《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)编写组曾对这种试验作业工艺方法的可靠性与适应性作了进一步的研究,在天津与上海两地进行了勘探船搁浅与浮起两种不同作业状况的十字板剪切试验对比,对比试验结果表明,这两种作业方式的试验效果基本一致,不存在本质的差别,不但测试的过程基本一致,而且测试的结果也基本一致。

根据多年的水上十字板剪切试验的经验,一般在水深不超过10m的浅水区和风力小于6级的工况条件下,也就是自然条件不足以影响试验正常进行的情况下,可以采用这种水上十字板剪切试验作业工艺方法。由于电测式十字板剪切仪影响因素相对较少,性能较稳定,效率高,更适宜这种水上十字板剪切试验作业工艺方法使用。采用此水上试验作业工艺方法注意以下几点:

- 1) 勘探船、筏根据本规范的有关规定确定。
- 2) 连接十字板剪切仪的支架套管的直径不小于146mm,并根据水深和试验深度的要求,设置抗探杆弯曲的内套管。
- 3) 在水底泥面处,导向受荷的外套管安装带有吸盘的稳定控制板,增强套管支架平

台的稳定性与承载能力,采用机械式十字板剪切仪时,稳定控制板上安装翻板活门,以便跟管护孔。支架套管和抗弯内套管的入土深度,根据支架稳定和试验要求确定。

4)作业时套管支架平台与勘探船脱开,并考虑潮汐对作业的影响。

**14.3.5.3** 国内外研究资料认为,十字板剪切试验所测得的土的不排水抗剪强度为峰值,高于土的长期不排水抗剪强度,并与土的性状直接相关,随着软黏性土的含水量增大,黏粒含量的增高,这种差异的反映愈是明显,在工程中应用时,需根据土质条件,对实测的十字板不排水抗剪强度作相应的修正。《铁路工程地质原位测试规程》(TB 10018—2003)规定,当软黏性土的  $I_p \leq 20$  时,不作修正;当  $20 < I_p \leq 40$  时,修正系数  $\mu$  为 0.9。国外 Daccal 等建议,  $I_L \leq 1.1$  的软黏性土,当  $I_p \leq 20$  时,不作修正,当  $20 < I_p \leq 40$  时,修正系数  $\mu$  为 1~0.88;  $I_L > 1.1$  的软黏性土,当  $I_p \leq 20$  时,修正系数  $\mu$  为 0.88~0.8,当  $20 < I_p \leq 40$  时,修正系数  $\mu$  为 0.8~0.7。但对实测的十字板不排水抗剪强度如需进行必要的修正时,不仅要依据土质的具体情况,还必须考虑试验方法和地区工程实践的经验等实际情况,综合确定作为工程应用参数的十字板不排水抗剪强度推荐值。

## 14.4 静力触探试验

**14.4.2** 目前国内静力触探仍主要使用单桥与双桥探头,但在国际上已有许多国家与地区,已把可测孔压、孔斜等的多功能探头作为常用探头,并取得了良好的效果。提倡使用多功能探头,积累工程经验,以推动静力触探试验技术水平的提高与发展。

**14.4.3.2** 目前国内水域静力触探试验,基本上多在水上固定勘探与试桩平台或搁浅的勘探船上进行,水下静力触探尚未普及,处于引进与研制阶段。国外水下静力触探技术及设备已较为成熟,按其工艺可分为海床静力触探试验(Seabed CPT)和井下静力触探试验(Downhole CPT)。海床静力触探试验是把静探机潜入水底作业,以水底泥面为基准,将探头及探杆直接连续地贯入水底土层中,这种工艺和设备较适宜在水深一般不大于 30m 的港口、航道等水运岩土工程勘察中应用。但在密实的砂层中,往往一次连续贯入的深度难以满足要求,需进行分段触探。井下静力触探试验的工艺特点是采用钻探与静力触探相结合的推进方式,探头通过置于钻孔内的管内锥探总成加压贯入钻孔底部的土层,单次可贯入 1m,每回次共贯入 3m,钻探主要是为下一次的触探清除已触探经过的土层,这种静探工艺方法对于孔深较大的勘探孔来说,不能通过一次连续贯入或几次贯入完成,难以保证触探过程的连续性与完整性。

## 14.5 标准贯入试验

**14.5.1** 标准贯入试验一般用于砂土、粉土和黏性土,虽然对一般工程中软塑~流塑的软土意义不大,但考虑到在水运工程疏浚方面,其对软塑~流塑的软土仍是主要的勘察手段,故仍定为适用于整个黏性土。考虑到目前使用的一些地区性规范和经验关系,故将残积土、极软岩、软岩也包括进去。

**14.5.2** 依据现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009 年版)的相关要求,表 14.5.2 中的刃口单刃厚度由统一为 1.6mm。



**14.5.3** 标准贯入试验测试时,贯入度量测基面一般选择套管口或平台面,水域钻孔采用浮式平台时,受波浪影响平台面是晃动的,若套管与平台固定,则套管口也随平台一起晃动,这种情况下,将套管口或平台面作为贯入度量测基面是不妥当的,须采取措施避免这一因素影响。

**14.5.4** 标准贯入试验的修正问题,国外对  $N$  值的传统修正包括:饱和粉细砂的修正、地下水位修正、土的上覆压力修正;国内长期以来并不考虑这些修正,而着重考虑杆长修正;杆长修正是依据牛顿碰撞理论,杆件系统质量不得超过锤重二倍,限制了标贯使用深度小于 21m,但实际使用深度已远超过 21m,最大深度已达 100m 以上;通过实测杆件的锤击应力波,发现锤击传输给杆件的能量变化远大于杆长变化时的能量的衰减,故建议不作杆长修正的  $N$  值是基本的数值;但考虑过去建立的  $N$  值与土性参数、承载力的经验关系所用  $N$  值均经杆长修正,而抗震规范评定砂土液化时, $N$  值又不作修正;故在实际应用  $N$  值时,按具体岩土工程问题,参照有关规范考虑是否作杆长修正或其他修正;勘察报告提供不作修正的  $N$  值,应用时再根据情况考虑修正或不修正,用何种方法修正。

由于标准贯入试验击数离散性大,故依据单孔少量标贯试验资料提供整体场地的设计参数是不可靠的;在统计分析时,剔除个别异常值。

在实际应用中发现,美国太沙基(Terzaghi)最早提出的用标贯击数估算黏性土的无侧限抗压强度标准存在较大偏差,故将《港口岩土工程勘察规范》(JTS 133—1—2010)中所列二者关系对应表删除。

## 14.6 圆锥动力触探试验

**14.6.1** 考虑到目前使用的一些其他行业规范、地区性规范和经验,故将极软岩、软岩也包括进去。

**14.6.2** 轻型圆锥动力触探试验,非常适用于施工验槽、填土勘察以及查明局部软弱土层、洞穴等分布;重型动力触探试验是应用最广的一种,其规格与国际通用标准一致;超重型动力触探规格与国标接近,适用于碎石土。

**14.6.3** 本条操作要点主要考虑了影响试验成果的因素,其中锤击能量和触探杆与岩土间的侧壁摩阻力是主要因素,锤击速度是次要因素,而在黏性土中击入的间歇也会使侧壁摩阻力增大。动力触探试验测试时贯入度量测基面要求同标准贯入试验。

**14.6.4** 根据动力触探试验成果进行土层划分时注意超前和滞后现象,上为硬土层下为软土层,超前约为 0.5~0.7m,滞后约为 0.2m;上为软土层下为硬土层,超前约为 0.1~0.2m,滞后约为 0.3~0.5m。超前滞后范围内值、临界深度以内的值均不反映真实土性,故不参加统计。

依据动力触探试验成果评定土性参数和设计参数,均基于地区经验的基础上。

## 14.7 旁压试验

旁压试验系指通过旁压器在钻孔内对孔壁施加横向压力使土体产生相应变形的一种原位测试方法,又称横压试验。该试验所得的旁压曲线特征值有初始压力、临塑压力、极

限压力,用于确定地基承载力和旁压模量等;自钻式旁压试验尚用于测求土的原位水平应力、静止侧压力系数。

**14.7.4.5** 自钻式旁压试验钻进对孔壁土层的扰动和天然应力的改变较小,初始压力接近原位水平应力,故自钻式旁压试验能用于估算静止侧压力系数。

## 14.8 波速测试

**14.8.1 ~ 14.8.3** 适用于测波速的方法较多,本节只涉及单孔法、跨孔法和面波法。

测定各类岩土体的压缩波、剪切波或瑞利波的波速,选用合适的振源是很关键的条件。不同的传感器有不同的测试精度,而测试孔要求与之配套,方可满足测试要求。

有关单孔法、跨孔法和稳态面波法波速测试可以参考现行国家标准《地基动力特性测试规范》(GB/T 50269—97)及其条文说明。

面波法的特点是在地面求瑞利波的速度,再利用瑞利波速与剪切波速的关系求出剪切波速,面波法又分为稳态方法和瞬态方法两大类。水运工程勘察中一般使用多道瞬态面波仪测定瑞利波速度。

有关瞬态面波法波速测试可以参考现行行业标准《多道瞬态面波勘察技术规程》(JGJ/T 143—2004)及其条文说明。



## 15 室内试验

### 15.1 一般规定

15.1.3 考虑到在实际工作中,轻微扰动的Ⅱ级土样,在大多数的情况下作为原状土,用来进行土的力学性试验,测定土的强度指标,故将Ⅱ级土样与Ⅰ级土样划为同一原状类别,以示与Ⅲ、Ⅳ级土样的本质区别。

### 15.2 土工试验

15.2.1 所谓常规试验项目是指一般情况下工程需要做的基本项目,而特殊试验项目则是根据工程设计、施工需要特别提出的项目。粉细砂只有取原状样时,才需进行含水率、密度、直剪固快等常规试验。

15.2.2 关于界限含水率试验,本规范考虑到水运系统的使用习惯,未采用国标有关 76 克圆锥仪入土 17mm 作为液限含水率的标准,而是保持了以 76 克圆锥仪入土 10mm 作为液限含水率的标准。

测定液限还可选用碟式液限仪的方法,由于此法不常用,故此次不列入规范。若有需要参见其他现行规范。

关于塑限含水率,多年来每个地区、单位都积累了大量的相关资料,经统计其液限与塑性指数均有较好的相关关系,因此,我们建议尽可能利用。但对低塑性黏性土、粉土采用经验数据要慎重。下表是部分地区塑性指数  $I_p$  与液限  $w_L$  关系的经验公式,供参考。

序号	经验公式	适用范围	适用地区
1	$I_p = 0.71w_L - 10.4$	冲积黏性土	长江、淮河
2	$I_p = 0.71w_L - 8.6$	$21 \leq w_L \leq 60$	天津新港
3	$I_p = 0.71w_L - 10.0$	$26 \leq w_L \leq 56$	上海
4	$I_p = 0.51w_L - 4.7$	$20 \leq w_L \leq 60$	广州
5	$I_p = 0.59w_L - 3.8$	$17 \leq w_L \leq 70$	湛江
6	$I_p = 0.52w_L - 3.1$	$16 \leq w_L \leq 60$	福建

15.2.3 土粒比重变化幅度不大,而且试验过程比较烦琐,所以一般选用经验值,但在缺乏经验的地区需要进行试验直接测定。当土样的有机质含量超过 5% 时,会对土粒比重产生影响,故要进行直接测定。

15.2.4 本条估算淤泥性土重度的经验公式系引用自日本港湾设计所,经过工程实践的验证,经验公式具有可靠性和实用性,本经验公式多用于含水率很高的流泥状态的土,对取得天然含水率的扰动土样,根据含水率按经验公式估算其重度值。

**15.2.5** 附着力试验是水运工程中特有的一项室内试验。在疏浚工程中,对塑性状态的黏性土,当选择斗式挖泥设备时,其斗壁附着泥量的多少,根据塑性状态黏性土的附着力值进行计算,以便确定挖泥效率。附着力试验的具体操作,详见行业现行标准《疏浚与吹填工程设计规范》(JTS 181—5—2012)附录 A。

**15.2.6.2** 直剪快剪试验由于其排水条件不能控制、剪切面固定、剪切面面积愈来愈小等原因,一般不建议采用。但由于仪器和操作都比较简单,又有大量实践经验,故在一定条件下仍采用,只对其应用范围加以限制。对渗透系数大于  $10^{-6}$  cm/s 的土样及层状构造土及夹粗砾或贝壳的土样不使用此方法。对软土则注意其最大荷重不使试样产生挤出破坏。对超固结土视其前期固结压力的大小选择合理的压力等级,尽可能避免由于垂直压力过小而造成的试验指标失真。

在对软土进行直剪固快试验时,注意所加荷重较大的试样由于固结而产生的高度变化,避免剪切时因剪切面过高带来的指标异常现象。

近年来,不少单位用一种微型十字板仪对软土的抗剪强度试验做了一些探索性工作。微型十字板剪切试验是由便携式十字板剪切仪完成。该仪器体积小、重量轻,使用方便、简单,测量速率快,可在 10s 内测出土的不排水抗剪强度值,并与室内无侧限抗压强度试验和三轴不固结不排水剪所得的结果有很好的相关性,它已被广泛地使用于海洋地质调查、石油钻探、土壤的研究及建筑设计等方面。由于它对软土的抗剪强度测定有着其他试验方法不具备的优势,目前有关水运工程岩土勘察单位多在试用、对比,积累资料,待其仪器规格、性能、操作方法等相对统一后,再作为一种试验方法列入规范。

**15.2.7** 无侧限抗压强度试验仪器和操作简单,既不受排水条件及剪切面的限制,也比三轴不固结不排水剪的试验周期短且经济,除软土外,适合所有黏性土,因此近年来被越来越多的工程所采用。

**15.2.8.1** 快速固结法即为每级压力下固结 2h 测计量表读数,最后一级压力下除测读 2h 读数外还需测读压缩稳定时量表读数,用最后一级压力的稳定读数与 2h 读数的比值进行每级压力的稳定值修正,试验结果用  $e-p$  曲线整理。现行国家标准《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999)取消了快速固结法,但考虑到此方法可缩短固结周期,加快试验进度,并且多年来在水运工程中被广泛应用,各单位均积累了大量的设计和试验经验,故本规范沿用快速固结的试验方法,至于稳定值的修正方法,各单位根据各地区的不同土性特征,采用合适的修正方法。

**15.2.8.2** 采用标准固结试验时,为得到准确的先期固结压力,欠固结土在试验初始段的荷重率要小于 1,一般采用 0.5 或 0.25;土的自重压力越小或土质越软,采用的荷重率宜越小。而硬质土或超固结土为防止土样在试验过程中吸水膨胀,考虑适当加大荷重或荷重率;施加的最大应力应使测得的  $e-\log p$  曲线下段出现直线段。测回弹指数时,采用“在最后一级压力稳定后卸荷,直至第一级压力”的方法源于上海地区规范《岩土工程勘察规范》(DGJ 08—37—2012),对比试验表明同一土样在不同压力下的回弹指数是互相平行的直线斜率。

**15.2.8.3** 沉降计算时一般只考虑主固结,不考虑次固结。但对厚层高压缩性软土,次

固结沉降可能占相当份量,因此取一定数量的土试样测定次固结系数,用以计算次固结沉降及其历时关系是非常必要的。

### 15.3 岩石试验

本节岩石试验具体的试验方法参见现行国家标准《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266—99)。

**15.3.2** 试验项目分为一般常做的试验项目,简称常规试验项目和特殊试验项目。常规试验项目为工程需要做的基本项目,特殊试验项目为按照工程需要所选做项目。

**15.3.4** 单轴抗压试验试件尺寸系依据现行国家标准《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266—99)和行业标准《水利水电工程岩石试验规程》(SL 264—2001)的规定综合确定的。

**15.3.5** 点荷载试验适用于各类岩石的脆性岩块;对如黏土岩的软质岩石,点荷载试验时两个球状体与岩石接触点在施力过程中岩石块形成两个小坑,而不是岩石块产生抗力而破坏,这样的岩石块就不适用于点荷载试验。

### 15.4 水、土腐蚀性试验

水、土腐蚀性试验的条文内容主要是引用《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)中的内容。

## 16 岩土工程评价和勘察报告

### 16.1 一般规定

本节为岩土工程评价和勘察报告编制的总要求,强调对原始资料的处理,并要在搜集已有资料及现场所取得的第一手资料基础上,结合地区经验及类似工程经验,根据拟建工程的特点有针对性地进行评价和勘察报告的编制。

### 16.2 岩土参数统计与分析

**16.2.1** 参数统计与分析首先要根据岩土体形成的时代成因、岩土类别、分布层位、岩土特征、测试成果等条件划分确定不同的岩土单元体。岩土的物理力学指标的统计在同一单元体内进行,对厚层状土应分成亚单元体后进行统计。不同地质单元体统计参数的离散性大,不利于对岩土层性质的分析和评价,对设计和施工也会带来不利影响。本条要求“对厚层状土应分成亚单元体后进行统计”,是基于如下二点,一方面厚层状土自上而下土体沉积年代、应力状态不同,其物理力学性质存在差异,要分亚层;另一方面,在提供设计参数时,桩侧及桩端阻力与深度有关,为便于更准确估算承载力及确定持力层位置,也要将厚层状土进行细分。

### 16.3 岩土工程评价

**16.3.3** 岸坡与边坡的稳定性是水运工程常常涉及的非常重要的问题,而疏浚排泥、人工造陆地基处理以及抽取地下水引起的地面沉降或海水入侵等环境工程地质问题,越来越得到关注,对此在勘察中提出对其预测和防治建议是很有必要的。

**16.3.4** 岩土工程评价与传统的工程地质评价相比,增加了岩土利用、整治、改造方案的分析、论证和工程施工及运营期间可能发生的岩土工程问题的预测及监控、预防措施的建议等方面的内容。

不同勘察阶段的岩土工程评价内容有所侧重是必须的,如可行性研究阶段勘察主要是评价场地的稳定性和建筑的适宜性,考虑的是整个场地的宏观方面的问题,一般从搜集分析工程地质条件入手,找出可能存在的主要工程地质问题,评价其对场地适宜性和稳定性的影响;注重的是工程地质方面的问题,所需解决的是可行性问题。而施工图设计阶段勘察主要是针对各建筑物单体,分析评价提供地基基础设计和地基处理、不良地质作用的防治等所需的岩土技术指标,提出设计、施工中应注意的问题和建议,预测工程使用期可能发生的岩土工程问题,并提出监控和预防措施的建议;考虑的是各建筑物单体微观方面的问题,所需解决的是设计、施工中涉及的岩土参数及岩土工程问题。初步设计阶段勘察



岩土工程评价介于可行性研究与施工图设计阶段勘察两者之间,主要是评价场区内各区段的地质特点及稳定性、适宜性评价和有关岩土工程评价。

**16.3.5** 本规范未列入承载力表,主要考虑水运工程涉及地区较广,承载力表具有局限性,难以覆盖全国所有地区,所以本规范强调地基承载力由原位测试、公式计算并结合工程实践经验及地区经验综合确定。

## **16.4 岩土工程勘察报告**

**16.4.1** 资料的整理工作是编制岩土工程勘察报告的基础,而外业资料的整理又是重中之重,本条对外业资料的整理作了相关规定,强调了及时和动态性。

**16.4.2** 对水运工程岩土勘察报告的基本要求作了规定,以涵盖各种类型的水运工程项目。

**16.4.3** 与传统的工程地质勘察报告比较,岩土工程勘察报告增加了下列内容:

- 1) 岩土利用、整治、改造方案的分析和论证;
- 2) 工程施工和运营期间可能发生岩土工程问题的预测及监控、预防措施的建议。

**16.4.4** 鉴于水运工程的类型、规模大小、勘察阶段各不相同,目的要求、工程特点、自然条件等差别很大,要制定一个统一的适用于每个工程的报告内容和形式是很困难的。因此,本条只规定了岩土工程勘察报告的基本内容,使用时有待结合《水运工程岩土勘察报告编制标准》中的相关要求和具体勘察阶段在此基础上进行增删,以达到“因地制宜、重点突出、有明确的工程针对性”的目的。

## 附录 D 常用地质符号与色标

表 D.0.1 中“色标”是在地质剖面图上,对不同地质时代的地层用不同颜色来表示,以示区别。

