

水利水电工程地质勘察规范

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50487 - 2008

# 水利水电工程地质勘察规范

Code for engineering geological investigation  
of water resources and hydropower

2008 - 12 - 15 发布

2009 - 08 - 01 实施

中国计划出版社



统一书号: 1580177 · 192

/N: 1580177 · 192



158017 719208 >

中华人民共和国住房和城乡建设部 联合发布  
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

中华人民共和国国家标准

水利水电工程地质勘察规范

Code for engineering geological investigation  
of water resources and hydropower

**GB 50487 - 2008**

主编部门:中华人民共和国水利部

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2009年8月1日

中国计划出版社

2009 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 193 号

## 关于发布国家标准 《水利水电工程地质勘察规范》的公告

现批准《水利水电工程地质勘察规范》为国家标准,编号为 GB 50487—2008,自 2009 年 8 月 1 日起实施。其中,第 5.2.7(1、5)、6.2.2(1、4)、6.2.6(5)、6.2.7、6.3.1(2)、6.4.1(2、3)、6.5.1(2、3、4)、6.8.1(4)、6.9.1(4、7、11)、6.19.2(2、3)、9.4.8(1、2)条(款)为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部  
二〇〇八年十二月十五日

### 中华人民共和国国家标准 水利水电工程地质勘察规范

GB 50487-2008

☆

中华人民共和国水利部 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

850×1168 毫米 1/32 8.5 印张 219 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—10100 册

☆

统一书号:1580177·192

## 前 言

根据建设部“关于印发《二〇〇四年工程建设国家标准制订、修订计划》的通知”（建标〔2004〕67号），按照《工程建设标准编写规定》（建标〔1996〕626号）的规定，水利部组织水利部水利水电规划设计总院和长江勘测规划设计研究院等单位，总结了《水利水电工程地质勘察规范》GB 50287—99（以下简称原规范），颁布以来我国水利水电工程地质勘察的技术、方法和经验，对原规范进行了全面、系统的修订。

本规范共9章和21个附录，主要内容包括总则，术语和符号，基本规定，规划阶段工程地质勘察，可行性研究阶段工程地质勘察，初步设计阶段工程地质勘察，招标设计阶段工程地质勘察，施工详图设计阶段工程地质勘察，病险水库除险加固工程地质勘察等。

对原规范修订的主要内容包括：

1. 对原规范的章节结构进行了调整。
2. 增加了术语和符号一章。
3. 增加了招标设计阶段的工程地质勘察。
4. 增加了病险水库除险加固工程的工程地质勘察。
5. 增加了引调水工程、防洪工程、灌区工程、河道整治工程及移民新址的工程地质勘察。
6. 增加了附录B“物探方法适用性”、附录J“边坡岩体卸荷带划分”、附录M“河床深厚砂卵石层取样与原位测试技术规定”、附录Q“岩爆判别”、附录R“特殊土勘察要点”、附录S“膨胀土的判别”和附录W“外水压力折减系数”。
7. 删除了原规范中有关抽水蓄能电站勘察的条款。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。  
 本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由水利部水利水电规划设计总院负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位注意总结经验,积累资料,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄至水利部水利水电规划设计总院(地址:北京市西城区六铺炕北小街 2-1 号,邮政编码:100120),以供修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

**主编单位:**水利部水利水电规划设计总院  
 长江水利委员会长江勘测规划设计研究院

**参编单位:**中水北方勘测设计研究有限责任公司  
 黄河勘测规划设计有限公司  
 中水东北勘测设计研究有限责任公司  
 长江岩土工程总公司(武汉)  
 陕西省水利电力勘测设计研究院  
 新疆水利水电勘测设计研究院  
 河南省水利勘测有限公司  
 中国水利水电科学研究院  
 长江科学院  
 长江勘测技术研究所  
 成都理工大学

**主要起草人:**陈德基 司富安 蔡耀军 高玉生 郭麒麟  
 路新景 张晓明 徐福兴 鞠占斌 蔺如生  
 汪海涛 孙云志 赵健仓 颜慧明 余永志  
 李会中 马贵生 黄润秋 刘丰收 吴伟功  
 魏迎奇 周火明 宋肖冰 苏爱军 李彦坡  
 边建峰 冯 伟

## 目 次

标准分享网 [www.bzfxw.com](http://www.bzfxw.com) 免费下载

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 .....	( 4 )
4	规划阶段工程地质勘察 .....	( 6 )
	4.1 一般规定 .....	( 6 )
	4.2 区域地质和地震 .....	( 6 )
	4.3 水库 .....	( 7 )
	4.4 坝址 .....	( 8 )
	4.5 引调水工程 .....	( 9 )
	4.6 防洪排涝工程 .....	( 10 )
	4.7 灌区工程 .....	( 11 )
	4.8 河道整治工程 .....	( 12 )
	4.9 天然建筑材料 .....	( 13 )
	4.10 勘察报告 .....	( 13 )
5	可行性研究阶段工程地质勘察 .....	( 15 )
	5.1 一般规定 .....	( 15 )
	5.2 区域构造稳定性 .....	( 15 )
	5.3 水库 .....	( 17 )
	5.4 坝址 .....	( 21 )
	5.5 发电引水线路及厂址 .....	( 25 )
	5.6 溢洪道 .....	( 28 )
	5.7 渠道及渠系建筑物 .....	( 29 )
	5.8 水闸及泵站 .....	( 31 )

5.9	深埋长隧洞	(32)
5.10	堤防及分蓄洪工程	(33)
5.11	灌区工程	(34)
5.12	河道整治工程	(35)
5.13	移民选址	(36)
5.14	天然建筑材料	(37)
5.15	勘察报告	(37)
6	初步设计阶段工程地质勘察	(40)
6.1	一般规定	(40)
6.2	水库	(40)
6.3	土石坝	(47)
6.4	混凝土重力坝	(49)
6.5	混凝土拱坝	(52)
6.6	溢洪道	(55)
6.7	地面厂房	(56)
6.8	地下厂房	(57)
6.9	隧洞	(59)
6.10	导流明渠及围堰工程	(61)
6.11	通航建筑物	(62)
6.12	边坡工程	(63)
6.13	渠道及渠系建筑物	(64)
6.14	水闸及泵站	(67)
6.15	深埋长隧洞	(69)
6.16	堤防工程	(69)
6.17	灌区工程	(70)
6.18	河道整治工程	(71)
6.19	移民新址	(73)
6.20	天然建筑材料	(74)
6.21	勘察报告	(75)

7	招标设计阶段工程地质勘察	(78)
7.1	一般规定	(78)
7.2	工程地质复核与勘察	(78)
7.3	勘察报告	(79)
8	施工详图设计阶段工程地质勘察	(80)
8.1	一般规定	(80)
8.2	专门性工程地质勘察	(80)
8.3	施工地质	(81)
8.4	勘察报告	(82)
9	病险水库除险加固工程地质勘察	(83)
9.1	一般规定	(83)
9.2	安全评价阶段工程地质勘察	(83)
9.3	可行性研究阶段工程地质勘察	(86)
9.4	初步设计阶段工程地质勘察	(87)
9.5	勘察报告	(91)
附录 A	工程地质勘察报告附件	(93)
附录 B	物探方法适用性	(95)
附录 C	喀斯特渗漏评价	(97)
附录 D	浸没评价	(101)
附录 E	岩土物理力学参数取值	(103)
附录 F	岩土体渗透性分级	(109)
附录 G	土的渗透变形判别	(110)
附录 H	岩体风化带划分	(114)
附录 J	边坡岩体卸荷带划分	(117)
附录 K	边坡稳定分析技术规定	(118)
附录 L	环境水腐蚀性评价	(120)
附录 M	河床深厚砂卵砾石层取样与原位 测试技术规定	(122)
附录 N	围岩工程地质分类	(123)

附录 P 土的液化判别 .....	(129)
附录 Q 岩爆判别 .....	(133)
附录 R 特殊土勘察要点 .....	(134)
附录 S 膨胀土的判别 .....	(140)
附录 T 黄土湿陷性及湿陷起始压力的判定 .....	(142)
附录 U 岩体结构分类 .....	(145)
附录 V 坝基岩体工程地质分类 .....	(146)
附录 W 外水压力折减系数 .....	(149)
本规范用词说明 .....	(150)
附:条文说明 .....	(151)

## 1 总 则

**1.0.1** 为了统一水利水电工程地质勘察工作,明确勘察工作深度和要求,保证勘察工作质量,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于大型水利水电工程地质勘察工作。

**1.0.3** 水利水电工程地质勘察宜分为规划、项目建议书、可行性研究、初步设计、招标设计和施工详图设计等阶段。项目建议书阶段的勘察工作宜基本满足可行性研究阶段的深度要求。

**1.0.4** 病险水库除险加固工程勘察宜分为安全评价、可行性研究和初步设计三个阶段。

**1.0.5** 水利水电工程地质勘察除应符合本规范外,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 活断层 active fault

晚更新世(10万年)以来有活动的断层。

#### 2.1.2 水库渗漏 reservoir leakage

水库内水体经由库盆岩土体向库外渗漏而漏失水量的现象。

#### 2.1.3 水库浸没 reservoir immersion

由于水库蓄水使库区周边地区的地下水位抬高,导致地面产生盐渍化、沼泽化及建筑物地基条件恶化等次生地质灾害的现象。

#### 2.1.4 水库塌岸 reservoir bank caving

水库蓄水后或蓄水过程中,受水位变化和风浪作用的影响,引起岸坡土体稳定性发生变化,导致岸坡遭受破坏坍塌的现象。

#### 2.1.5 水库诱发地震 reservoir induced earthquake

因蓄水引起库盆及库周原有地震活动性发生明显变化的现象。

#### 2.1.6 移民选址工程地质勘察 engineering geological investigation for resettlement sites

为水利水电工程建设移民安置选址所进行的工程地质勘察工作。

#### 2.1.7 河床深厚覆盖层 thick overburden

厚度大于40m的河床覆盖层。

#### 2.1.8 卸荷变形 unloading deformation

地表岩体由于天然地质作用或人类工程活动减载卸荷,内部应力调整而引起的变形。

#### 2.1.9 透水率 permeability rate

• 2 •

以吕荣值为单位表征岩体渗透性的指标。

#### 2.1.10 渗透稳定性 seepage stability

在渗透水流作用下,岩土体内松散物质抵抗渗透变形的能力。

#### 2.1.11 软弱夹层 weak interbed

岩层中厚度相对较薄,力学强度较低的软弱层或带。

#### 2.1.12 长隧洞 long tunnel

钻爆法施工长度大于3km的隧洞;TBM法施工长度大于10km的隧洞。

#### 2.1.13 深埋隧洞 deep tunnel

埋深大于600m的隧洞。

### 2.2 符号

$M_L$ ——近震震级标度;

$H_{cr}$ ——浸没地下水埋深临界值(m);

$H_k$ ——土的毛管水上升高度(m);

$f$ ——抗剪强度摩擦系数;

$f'$ ——抗剪断强度摩擦系数;

$c'$ ——抗剪断强度粘聚力(MPa);

$K$ ——渗透系数(cm/s);

$q$ ——透水率(Lu);

$R_b$ ——岩石饱和单轴抗压强度(MPa);

$P$ ——土的细颗粒含量,以质量百分率计(%);

$C_u$ ——不均匀系数;

$J_{cr}$ ——临界水力比降;

$S$ ——围岩强度应力比;

$K_v$ ——岩体完整性系数;

$\beta_e$ ——外水压力折减系数。

• 3 •



### 3 基本规定

3.0.1 水利水电工程各阶段的工程地质勘察工作,应符合本规范的有关规定。

3.0.2 勘察单位在开展野外工作之前,应收集和分析已有的地质资料,进行现场踏勘,了解自然条件和工作条件,结合工程设计方案和任务要求,编制工程地质勘察大纲。

勘察大纲在执行过程中应根据客观情况变化适时调整。

3.0.3 工程地质勘察大纲应包括下列内容:

- 1 任务来源、工程概况、勘察阶段、勘察目的和任务。
- 2 勘察地区的地形地质概况及工作条件。
- 3 已有地质资料、前阶段勘察成果的主要结论及审查、评估的主要意见。
- 4 勘察工作依据的规程、规范及有关规定。
- 5 勘察工作关键技术问题和主要技术措施。
- 6 勘察内容、技术要求、工作方法和勘探工程布置图。
- 7 计划工作量和进度安排。
- 8 资源配置及质量、安全保证措施。
- 9 提交成果内容、形式、数量和日期。

3.0.4 水利水电工程地质勘察应按勘察程序分阶段进行,并应保证勘察周期和勘察工作量。勘察工作过程中,应保持与相关专业的沟通和协调。

3.0.5 勘察工作应根据工程的类型和规模、地形地质条件的复杂程度、各勘察阶段工作的深度要求,综合运用各种勘察手段,合理布置勘察工作,注意运用新技术、新方法。

3.0.6 工程地质勘察应先进行工程地质测绘,在工程地质测绘成

果的基础上布置其他勘察工作。

3.0.7 应根据地形地质条件、岩土体的地球物理特性和探测目的选择物探方法。

3.0.8 应根据地形地质条件和水工建筑物类型,选择坑(槽)、孔、硐、井等勘探工程,并应有专门设计或技术要求。

3.0.9 岩土物理力学试验的项目、数量和方法应结合工程特点、岩土体条件、勘察阶段、试验方法的适用性等确定。试样和原位测试点的选取均应具有地质代表性。

3.0.10 工程地质勘察应重视原位监测及长期观测工作。对需要根据位移(变形)趋势或动态变化作出判断或结论的重要地质现象,应及时布设原位监测或长期观测点(网)。

3.0.11 天然建筑材料的勘察工作应确保各勘察阶段的精度和成果质量满足设计要求。

3.0.12 对重大而复杂的水文地质、工程地质问题应列专题进行研究。

3.0.13 工程地质勘察应重视分析工程建设可能引起环境地质条件的改变及其影响。

3.0.14 勘察工作中的各项原始资料应真实、准确、完整,并应及时整理和分析。

3.0.15 各勘察阶段均应编制并提交工程地质勘察报告。报告应结合水工建筑物的类型和特点,加强对水文地质、工程地质问题的综合分析。报告正文可按照本规范有关条款编写,其附件应符合本规范附录 A 的规定。

## 4 规划阶段工程地质勘察

### 4.1 一般规定

4.1.1 规划阶段工程地质勘察应对规划方案和近期开发工程选择进行地质论证,并提供工程地质资料。

4.1.2 规划阶段工程地质勘察应包括下列内容:

- 1 了解规划河流、河段或工程的区域地质和地震概况。
- 2 了解规划河流、河段或工程的工程地质条件,为各类型水资源综合利用工程规划选点、选线和合理布局进行地质论证。重点了解近期开发工程的地质条件。
- 3 了解梯级坝址及水库的工程地质条件和主要工程地质问题,论证梯级兴建的可能性。
- 4 了解引调水工程、防洪排涝工程、灌区工程、河道整治工程等工程地质条件。
- 5 对规划河流(段)和各类规划工程天然建筑材料进行普查。

### 4.2 区域地质和地震

4.2.1 区域地质和地震的勘察应包括下列内容:

- 1 区域的地形地貌形态、阶地发育情况和分布范围。
- 2 区域内沉积岩、岩浆岩、变质岩的分布范围,形成时代和岩性、岩相特点,第四纪沉积物的成因类型、组成物质和分布。
- 3 区域内的主要构造单元,褶皱和断裂的类型、产状、规模和构造发展史,历史和现今地震情况及地震动参数等。
- 4 大型泥石流、崩塌、滑坡、喀斯特(岩溶)、移动沙丘及冻土等的发育特点和分布情况。
- 5 主要含水层和隔水层的分布情况,潜水的埋深,泉水的出

露情况与类型等区域水文地质特征。

4.2.2 区域地质勘察工作应在收集和分析各类最新区域地质资料的基础上,利用卫片、航片解译编绘区域综合地质图,并应根据需要进行地质复核。

4.2.3 地震勘察工作应收集最新正式公布的历史和近代地震目录、地震区划资料、相关省区仪测地震及地震研究资料、邻近地区工程场地的地震安全评价结论,编绘区域构造与地震震中分布图。应按现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 确定各工程场地的地震动参数。

4.2.4 区域综合地质图、区域构造与地震震中分布图的比例尺可选用1:500000~1:200000。编图范围应包括规划河道或引调水线路两侧各不小于150km。

4.2.5 对近期开发工程,宜根据区域地质环境背景,断层活动性、历史及现今地震活动性、地震动参数区划等进行区域构造稳定性分析。

### 4.3 水库

4.3.1 水库区勘察应包括下列内容:

- 1 了解水库的地质和水文地质条件。
- 2 了解可能威胁水库成立的滑坡、潜在不稳定岸坡、泥石流等的分布,并分析其可能影响。
- 3 了解水库运行后可能对城镇、重大基础设施的安全产生严重不良影响的不稳定地质体、坍岸和浸没等的分布范围。
- 4 了解透水层与隔水层的分布范围、可溶岩地区的喀斯特发育情况、河谷和分水岭的地下水位,对水库封闭条件及渗漏的可能性进行分析。
- 5 了解水库区可能对水环境产生影响的地质条件。
- 6 了解重要矿产的分布情况。

4.3.2 水库勘察宜结合区域地质研究工作进行。当水库可能存

在渗漏、坍岸、浸没、滑坡等工程地质问题且影响工程决策时,应进行相应的工程地质测绘,并应根据需要布置勘探工作。

**4.3.3** 水库工程地质测绘比例尺可选用 1:100000~1:50000,可溶岩地区可选用 1:50000~1:10000。水库渗漏的工程地质测绘范围应扩大至与渗漏有关的地段。

#### 4.4 坝 址

**4.4.1** 坝址勘察应包括下列内容:

1 了解坝址所在河段的河流形态、河谷地形地貌特征及河谷地质结构。

2 了解坝址的地层岩性、岩体结构特征、软弱岩层分布规律、岩体渗透性及卸荷与风化程度。了解第四纪沉积物的成因类型、厚度、层次、物质组成、渗透性,以及特殊土体的分布。

3 了解坝址的地质构造,特别是大断层、缓倾角断层和第四纪断层的发育情况。

4 了解坝址及近坝地段的物理地质现象和岸坡稳定情况。

5 了解透水层和隔水层的分布情况,地下水埋深及补给、径流、排泄条件。

6 了解可溶岩坝址喀斯特洞穴的发育程度、两岸喀斯特系统的分布特征和坝址防渗条件。

7 分析坝址地形、地质条件及其对不同坝型的适应性。

**4.4.2** 近期开发工程坝址勘察除应符合本规范第 4.4.1 条的规定外,尚应重点了解下列内容:

1 坝基中主要软弱夹层的分布、物质组成、天然性状。

2 坝基主要断层、缓倾角断层和破碎带性状及其延伸情况。

3 坝肩岩体的稳定情况。

4 当第四纪沉积物作为坝基时,土层的层次、厚度、级配、性状、渗透性、地下水状态。

5 当可能采用地下厂房布置方案时,地下洞室围岩的成洞条件。

6 当可能采用当地材料坝方案时,溢洪道布置地段的地形地质条件及筑坝材料的分布与储量。

**4.4.3** 坝址的勘察方法应符合下列规定:

1 坝址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 1:50000~1:10000。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堰口、古河道等。

2 在地形和岩性条件适合的情况下,可布置 1 条顺河物探剖面 and 1~3 条横河物探剖面,近期开发工程应适当增加。物探方法的选择应符合本规范附录 B 的规定。

3 坝址勘探应符合下列规定:

1)沿坝址代表性轴线可布置 1~3 个钻孔,河床较为开阔的坝址,河床钻孔数可适当增加。近期开发工程坝址或地质条件较为复杂的坝址可布置 3~5 个钻孔,其中两岸至少各有 1 个钻孔。峡谷地区坝址,两岸宜布置平洞,平洞应进入相对完整的岩体。

2)河床控制性钻孔深度宜为坝高的 1~1.5 倍。在深厚覆盖层河床或地下水位低于河水位地段,钻孔深度可根据需要加深。

3)钻孔基岩段应进行压水试验。

4)钻孔基岩段宜进行综合测试。

4 坝区主要岩土体应取样做岩矿鉴定和少量室内物理力学试验。

5 对地下水、地表水进行水质简分析。

#### 4.5 引调水工程

**4.5.1** 引调水工程线路勘察应包括下列内容:

1 了解沿线地形地貌特征。

2 了解沿线地层岩性,第四纪沉积物的分布和成因类型。

- 3 了解沿线地质构造特征。
- 4 了解沿线的水文地质条件,可溶岩区的喀斯特发育特征。
- 5 了解沿线崩塌、滑坡、泥石流、地下采空区、移动沙丘等的分布情况。
- 6 了解沿线沟谷、浅埋隧洞及进出口地段的覆盖层厚度,岩体的风化、卸荷发育程度和山坡的稳定性。
- 7 了解主要渠系建筑物的工程地质条件和主要工程地质问题。
- 8 了解沿线矿产、地下构筑物和地下管线等的分布。

#### 4.5.2 引调水工程线路的勘察方法应符合下列规定:

- 1 收集和分析引调水工程区域地质、航(卫)片解译资料,编绘综合地质图。
- 2 引调水工程线路应进行工程地质测绘,比例尺可选用1:50000~1:10000,测绘范围宜包括各比选线路两侧各1000~3000m,对于深埋长隧洞宜适当扩大。
- 3 根据地形和地质条件选用合适的物探方法。物探剖面应结合勘探剖面布置,并应充分利用勘探钻孔进行综合测试。
- 4 沿渠道中心线宜布置勘探剖面,勘探点间距宜控制在3000~5000m之间,勘探点深度根据需要确定。沿线的不同地貌单元、地下采空区、跨河建筑物等地段应布置钻孔。
- 5 隧洞沿线的勘探点宜布置在进出口及浅埋段。
- 6 应测定沿线地下水位,并取水样进行水质简分析。
- 7 引调水工程沿线主要岩土层,可进行少量室内试验。根据需要进行原位测试。

### 4.6 防洪排涝工程

#### 4.6.1 防洪排涝工程勘察应包括下列内容:

- 1 了解工程区的地形地貌特征。
- 2 了解工程区地层的成因类型、分布和性质,特别是工程性

质不良岩土层的分布情况。

- 3 了解对工程有影响的物理地质现象分布情况。
- 4 了解工程区水文地质条件。

#### 4.6.2 防洪排涝工程的勘察方法应符合下列规定:

- 1 调查、访问、收集分析有关资料。
- 2 工程地质测绘比例尺可选用1:50000~1:10000,测绘范围应包括线路两侧各1000~3000m。
- 3 根据需要进行少量勘探和室内试验工作。

### 4.7 灌区工程

4.7.1 灌区工程勘察包括灌排渠道及渠系建筑物的工程地质勘察和灌区水文地质勘察。

#### 4.7.2 灌排渠道及渠系建筑物的工程地质勘察应包括下列内容:

- 1 了解地形地貌特征。
- 2 了解地层岩性和第四纪沉积物的分布情况,尤其是工程性质不良岩土层的分布情况。
- 3 了解泥石流、地面沉降、地下采空区、移动沙丘等的分布情况。
- 4 了解水文地质条件。

#### 4.7.3 灌排渠道及渠系建筑物的工程地质勘察方法应符合下列规定:

- 1 工程地质测绘比例尺可选用1:50000~1:10000,测绘范围宜包括各比选线路两侧各1000~3000m。
- 2 根据需要开展地面物探工作。
- 3 勘探工作应符合下列规定:
  - 1)沿灌排渠道宜布置勘探剖面,勘探点宜结合渠系建筑物布置。
  - 2)勘探剖面上的勘探点间距宜控制在3000~5000m。
  - 3)勘探工作以坑探为主,结合建筑物需要布置少量钻孔,钻

孔深度根据建筑物类型和地质条件确定。

4 岩土试验以物理性质试验为主,主要岩土层的试验累计组数不应少于3组。

4.7.4 灌区水文地质勘察应包括下列内容:

1 了解水文、气象、农田水利及水资源利用状况。

2 了解主要含水层的空间分布及其水文地质特征,地下水的补给、排泄、径流条件,初步划分水文地质单元。

3 了解地下水化学特征及其变化规律。

4 了解土壤盐渍化的类型、程度及其分布特征。

5 对于可能利用地下水作为灌溉水源的灌区,圈定可能富水地段,概略评价地下水资源,估算地下水允许开采量。

4.7.5 灌区的水文地质勘察方法应符合下列规定:

1 调查收集灌区水文、气象、土壤、地下水资源开发利用现状等资料。

2 水文地质测绘比例尺可选用1:50000~1:10000,测绘范围应根据灌区规划面积和所处水文地质单元确定。

3 根据需要开展物探工作。

4 勘探工作应符合下列规定:

1)勘探剖面宜沿水文地质条件和土壤盐渍化变化最大的方向布置,剖面间距根据复杂程度确定。

2)每个地貌单元应有坑或钻孔控制。

3)钻孔孔深应达到潜水位以下5~10m;地下水资源勘探孔的孔深应能够确定主要含水层的埋深、厚度。

5 根据需要开展水文地质试验工作。

#### 4.8 河道整治工程

4.8.1 河道整治工程勘察应包括下列内容:

1 了解区域地质特征,分析主要区域构造对河势的影响。

2 了解河道整治地段的地形地貌和河势变化情况。

3 了解河道整治地段地层岩性,第四纪沉积物的成因类型,重点了解松散、软弱、膨胀、易溶等工程性质不良岩土层的分布情况。

4 了解河道整治地段崩塌、滑坡等物理地质现象的分布与规模。

5 了解河道整治地段的水文地质条件。

6 了解河道整治地段河岸利用现状与观测成果,各类已建岸边工程对河道的影响。

7 了解河道整治工程建筑物的工程地质条件和主要工程地质问题。

4.8.2 河道整治工程的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用1:50000~1:10000,测绘范围应包括河道整治地段内的所有工程建筑物,并满足规划方案的需要。

2 不同地貌单元和护岸、裁弯等工程地段可布置勘探坑、孔。

3 可采用工程地质类比法提出主要岩土体的物理力学参数,根据需要进行少量试验验证。

4 对地表水和地下水进行水质分析。

#### 4.9 天然建筑材料

4.9.1 应对规划工程所需的天然建筑材料进行普查。

4.9.2 对近期开发工程所需的天然建筑材料宜进行初查,初步评价推荐料场的储量、质量及开采、运输条件。

#### 4.10 勘察报告

4.10.1 规划阶段工程地质勘察报告正文应包括绪言、区域地质概况、各规划方案的工程地质条件及主要工程地质问题、结论和附件等。

4.10.2 绪言应包括规划方案概况、区域地理概况、以往地质研究

程度和本阶段完成的勘察工作量。

**4.10.3** 区域地质概况应包括地形地貌、地层岩性、地质构造与地震、物理地质现象和水文地质条件等。

**4.10.4** 流域水利水电综合利用规划各方案的工程地质条件应按梯级序次编写,各梯级可按水库、坝址等建筑物分别编写,内容包括基本地质条件及主要工程地质问题初步分析。

**4.10.5** 引调水工程各方案的工程地质条件可按取水建筑物、渠道及渠系建筑物、隧洞等编写,内容包括基本地质条件及主要工程地质问题初步分析。

**4.10.6** 流域防洪规划各方案的工程地质条件应按水库、堤防、河道整治等分别编写,内容包括基本地质条件及主要工程地质问题初步分析。

**4.10.7** 灌区工程应按灌排渠道、渠系建筑物工程地质条件及灌区水文地质条件分别编写。渠道及渠系建筑物工程地质条件应包括基本地质条件及主要工程地质问题初步分析;灌区水文地质条件应包括基本水文地质条件、土壤类型、地下水埋深等,对灌区施灌后可能产生的盐渍化、沼泽化等次生灾害进行分析;当采用地下水作为灌溉水源时,应包括地下水资源初步评价的有关内容。

**4.10.8** 河道整治工程的工程地质条件可按工程类型分别编写,内容包括区域地质特征与河势、基本地质条件及主要工程地质问题初步分析。

**4.10.9** 天然建筑材料宜结合规划方案和料源类型编写。

**4.10.10** 结论应包括对规划方案和近期开发工程选择的地质意见和对下阶段工程地质勘察工作的建议。

## 5 可行性研究阶段工程地质勘察

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 可行性研究阶段工程地质勘察应在河流、河段或工程规划方案的基础上选择工程的建设位置,并应对选定的坝址、场址、线路等和推荐的建筑物基本形式、代表性工程布置方案进行地质论证,提供工程地质资料。

**5.1.2** 可行性研究阶段工程地质勘察应包括下列内容:

- 1 进行区域构造稳定性研究,确定场地地震动参数,并对工程场地的构造稳定性作出评价。
- 2 初步查明工程区及建筑物的工程地质条件、存在的主要工程地质问题,并作出初步评价。
- 3 进行天然建筑材料初查。
- 4 进行移民集中安置点选址的工程地质勘察,初步评价新址区场地的整体稳定性和适宜性。

### 5.2 区域构造稳定性

**5.2.1** 区域构造稳定性评价应包括下列内容:

- 1 区域构造背景研究。
- 2 活断层及其活动性质判定。
- 3 确定地震动参数。

**5.2.2** 区域构造背景研究应符合下列规定:

- 1 收集研究坝址周围半径不小于 150km 范围内的沉积建造、岩浆活动、火山活动、变质作用、地球物理场异常、表层和深部构造、区域性活断层、现今地壳形变、现代构造应力场、第四纪火山活动情况及地震活动性等资料,进行 II、III 级大地构造单元和地震

区(带)划分,复核区域构造与地震震中分布图。

2 收集与利用区域地质图,调查坝址周围半径不小于 25km 范围内的区域性断裂,鉴定其活动性。当可能存在活动断层时,应进行坝址周围半径 8km 范围内的坝区专门性构造地质测绘,测绘比例尺可选用 1:50000~1:10000。评价活断层对坝址的影响。

3 引调水线路区域构造背景研究按本条第 1 款进行,范围为线路两侧各 50~100km。

5.2.3 活断层的判定内容应包括活断层的识别、活动年代、活动性质、现今活动强度和最大位移速率等。

5.2.4 活断层可根据下列标志直接判定:

1 错动晚更新世( $Q_3$ )以来地层的断层。

2 断裂带中的构造岩或被错动的脉体,经绝对年龄测定,最新一次错动年代距今 10 万年以内。

3 根据仪器观测,沿断裂有大于 0.1mm/年的位移。

4 沿断层有历史和现代中、强震震中分布或有晚更新世以来的古地震遗迹,或者有密集而频繁的近期微震活动。

5 在地质构造上,证实与已知活断层有共生或同生关系的断裂。

5.2.5 具有下列标志之一的断层,可能为活断层,应结合其他有关资料,综合分析判定:

1 沿断层晚更新世以来同级阶地发生错位;在跨越断裂处水系、山脊有明显同步转折现象或断裂两侧晚更新世以来的沉积物厚度有明显的差异。

2 沿断层有断层陡坎,断层三角面平直新鲜,山前分布有连续的大规模的崩塌或滑坡,沿断裂有串珠状或呈线状分布的斜列式盆地、沼泽和承压泉等。

3 沿断层有水化学异常带、同位素异常带或温泉及地热异常带分布。

5.2.6 活断层的活动年龄应根据下列鉴定结果综合判定:

1 活断层上覆的未被错动地层的年龄。

2 被错动的最新地层和地貌单元的年龄。

3 断层中最新构造岩的年龄。

5.2.7 工程场地地震动参数确定应符合下列规定:

1 坝高大于 200m 的工程或库容大于  $10 \times 10^9 \text{m}^3$  的大(1)型工程,以及 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 地区且坝高大于 150m 的大(1)型工程,应进行场地地震安全性评价工作。

2 对 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 地区,土石坝坝高超过 90m、混凝土坝及浆砌石坝坝高超过 130m 的其他大型工程,宜进行场地地震安全性评价工作。

3 对 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 地区的引调水工程的重要建筑物,宜进行场地地震安全性评价工作。

4 其他大型工程可按现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 确定地震动参数。

5 场地地震安全性评价应包括工程使用期限内,不同超越概率水平下,工程场地基岩的地震动参数。

5.2.8 在构造稳定性方面,坝(场)址选择应符合下列准则:

1 坝(场)址不宜选在 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度大于或等于 0.40g 的强震区。

2 大坝等主体建筑物不宜建在活断层上。

3 在上述两种情况下建坝时,应进行专门论证。

## 5.3 水 库

5.3.1 水库区工程地质勘察应包括下列内容:

1 初步查明水库区的水文地质条件,确定可能的渗漏地段,估算可能的渗漏量。

2 初步查明库岸稳定条件,确定崩塌、滑坡、泥石流、危岩体

及潜在不稳定岸坡的分布位置,初步评价其在天然情况及水库运行后的稳定性。

3 初步查明可能坍岸位置,初步预测水库运行后的坍岸形式和范围,初步评价其对工程、库区周边城镇、居民区、农田等的可能影响。

4 初步查明可能产生浸没地段的地质和水文地质条件,初步预测水库浸没范围和严重程度。

5 初步研究并预测水库诱发地震的可能性、发震位置及强度。

6 调查是否存在影响水质的地质体。

#### 5.3.2 水库渗漏勘察应包括下列内容:

1 初步查明可溶岩、强透水岩土层、通向库外的大断层、古河道以及单薄(低矮)分水岭等的分布及其水文地质条件,初步分析渗漏的可能性,估算水库建成后的渗漏量。

2 碳酸盐岩地区应初步查明喀斯特的发育和分布规律、隔水层和非喀斯特岩层的分布特征及构造封闭条件、不同层组的喀斯特化程度,主要喀斯特泉水的流量及其补给范围、地下水分水岭的位置、水位、地下水动态,初步分析水库渗漏的可能性和渗漏形式,估算渗漏量,初步评价对建库的影响程度和处理的可能性。喀斯特渗漏评价应符合本规范附录 C 的规定。

3 修建在干河谷或悬河上的水库,应初步查明水库的垂向渗漏和侧向渗漏情况,以及地下水的外渗途径和排泄区。

#### 5.3.3 水库库岸稳定勘察应包括下列内容:

1 初步查明库岸地形地貌、地层岩性、地质构造、岩土体结构及物理地质现象等。

2 初步查明库岸地下水补给、径流与排泄条件。

3 初步查明库岸岩土体物理力学性质,调查水上、水下与水位变动带稳定坡角。

4 初步查明水库区对工程建筑物、城镇和居民区环境有影响

的滑坡、崩塌和其他潜在不稳定岸坡的分布、范围与规模,分析库岸变形失稳模式,初步评价水库蓄水前和蓄水后的稳定性及其危害程度。

5 由第四纪沉积物组成的岸坡,应初步预测水库坍岸带的范围。

6 进行库岸稳定性工程地质分段。

#### 5.3.4 水库浸没勘察应包括下列内容:

1 调查当地气候,降雨,冻土层深度,盐渍化、沼泽化的历史及现状等自然情况。

2 初步查明水库周边的地貌特征,潜水含水层的厚度,地层岩性、分层、基岩或相对隔水层的埋藏深度,地下水位以及地下水的补排条件。

3 初步查明土壤盐渍化、沼泽化现状、主要农作物种类、根须层厚度、表层土的毛管水上升高度。

4 调查城镇和居民区建筑物的类型、基础形式和埋深及是否存在膨胀土、黄土、软土等工程性质不良岩土层。

5 预测浸没的可能性,初步确定浸没范围和危害程度。浸没判别应符合本规范附录 D 的规定。

#### 5.3.5 水库区的工程地质勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘的比例尺可选用 1:50000~1:10000,对可能威胁工程安全的滑坡和潜在不稳定岸坡,可选用更大的比例尺。

2 测绘范围除应包括整个库盆外,还应包括下列地区:

1) 喀斯特地区应包括可能存在渗漏的河间地块、邻谷和坝下游地段。

2) 盆地或平原型水库应测到水库正常蓄水位以上可能浸没区所在阶地后缘或相邻地貌单元的前缘。

3) 峡谷型水库应测到两岸坡顶,并包括坝址下游附近的塌滑体、泥石流沟和潜在不稳定岸坡分布地段。



3 物探应根据地形、地质条件,采用综合物探方法,探测库区滑坡体,可能发生渗漏或浸没地区的地下水位、隔水层的埋深、古河道和喀斯特通道以及隐伏大断层破碎带的延伸情况等。

4 水库区勘探剖面 and 勘探点的布置应符合下列规定:

1)可能渗漏地段水文地质勘探剖面应平行地下水流向或垂直渗漏带布置。勘探剖面上的钻孔应进入可靠的相对隔水层或可溶岩层中的非喀斯特化岩层。

2)浸没区水文地质勘探剖面应垂直库岸或平行地下水流向布置。勘探点宜采用试坑或钻孔,试坑应挖到地下水位,钻孔应进入相对隔水层。

3)坝岸预测剖面应垂直库岸布置,水库死水位或陡坡脚高程以下应有坑、孔控制。

4)滑坡体应按滑动方向布置纵横剖面。剖面上的勘探坑、孔、竖井应进入下伏稳定岩土体 5~10m,平硐应揭露可能的滑动面。

5 岩土试验应根据需要,结合勘探工程布置。有关岩土物理力学性质参数,可根据试验成果或按工程地质类比法选用。岩土物理力学性质参数的取值应符合本规范附录 E 的规定。

6 可能发生渗漏或浸没的地段,应利用已有钻孔和水井进行地下水位观测。重点地段宜埋设长期观测装置进行地下水动态观测,观测时间不应少于一个水文年。对可能渗漏地段,有条件时应进行连通试验。

7 近坝库区的大型不稳定岸坡应布置岩土体位移监测和地下水动态观测。

5.3.6 水库诱发地震预测应包括下列内容:

1 进行全库区的水库诱发地震地质环境分区。

2 预测可能诱发地震的库段。

3 预测可能发生诱发地震的成因类型。

4 预测水库诱发地震的最大震级和相应烈度。

5.3.7 水库诱发地震预测研究工作宜包括下列内容:

1 初步查明水库区及影响区地层岩性、火成岩的分布和岩体结构类型。

2 初步查明水库区及影响区区域性和地区性断裂带的产状、规模、展布、力学性质、现今活动性、透水性及与库水的水力联系。

3 初步查明水库区及影响区中新生代构造盆地的分布、其边界断裂的现今活动性、透水性及与库水的水力联系。

4 初步查明水库区及影响区的水文地质条件,泉水和温泉的分布、地热异常分布,喀斯特发育程度、规模及与库水的关系。

5 收集水库区及影响区历史地震记载和现代仪测地震。

6 了解水库区的现今构造应力场。

7 初步查明水库区岸坡卸荷变形破坏现象和采矿矿洞分布及规模。

8 初步查明水库区及影响区天然喀斯特塌陷和矿洞塌陷的规模和频度。

9 水库诱发地震的预测研究工作应充分利用水库区工程地质勘察和地震安全性评价工作的成果。

5.3.8 当预测有可能发生水库诱发地震时,应提出设立临时地震台站和建设地震台网的初步规划和建设。

## 5.4 坝 址

5.4.1 坝址勘察应包括下列内容:

1 初步查明坝址区地形地貌特征,平原区河流坝址应初步查明牛轭湖、决口口门、沙丘、古河道等的分布、埋藏情况、规模及形态特征。当基岩埋深较浅时,应初步查明基岩面的倾斜和起伏情况。

2 初步查明基岩的岩性、岩相特征,进行详细分层,特别是软岩、易溶岩、膨胀性岩层和软弱夹层等的分布和厚度,初步评价其对坝基或边坡岩体稳定的可能影响。

3 初步查明河床和两岸第四纪沉积物的厚度、成因类型、组成物质及其分层和分布,湿陷性黄土、软土、膨胀土、分散性土、粉细砂和架空层等的分布,基岩面的埋深、河床深槽的分布。初步评价其对坝基、坝肩稳定和渗漏的可能影响。

4 初步查明坝址区内主要断层、破碎带,特别是顺河断层和缓倾角断层的性质、产状、规模、延伸情况、充填和胶结情况,进行节理裂隙统计,初步评价各类结构面的组合对坝基、边坡岩体稳定和渗漏的影响。

5 初步查明坝址区地下水的类型、赋存条件、水位、分布特征及其补排条件,含水层和相对隔水层埋深、厚度、连续性、渗透性,进行岩土渗透性分级,初步评价坝基、坝肩渗漏的可能性、渗透稳定性和渗控工程条件。岩土体渗透性分级应符合本规范附录 F 的规定,土的渗透变形判别应符合本规范附录 G 的规定。

6 初步查明坝址区岩体风化、卸荷的深度和程度,初步评价不同风化带、卸荷带的工程地质特性。岩体风化带划分应符合本规范附录 H 的规定,岩体卸荷带划分应符合本规范附录 J 的规定。

7 初步查明坝址区崩塌、滑坡、危岩及潜在不稳定体的分布和规模,初步评价其可能的变形破坏形式及对坝址选择和枢纽建筑物布置的影响。边坡稳定初步评价应符合本规范附录 K 的规定。

8 初步查明坝址区泥石流的分布、规模、物质组成、发生条件及形成区、流通区、堆积区的范围,初步评价其发展趋势及对坝址选择和枢纽建筑物布置的影响。

9 可溶岩坝址区应初步查明喀斯特发育规律及主要洞穴、通道的规模、分布、连通和充填情况,初步评价可能发生渗漏的地段、渗漏量,喀斯特洞穴对坝址和枢纽建筑物的影响。

黄土地区应初步查明黄土喀斯特分布、规模及发育特征,初步评价其对坝址和枢纽建筑物的影响。

10 初步查明坝址区环境水的水质,初步评价环境水的腐蚀性。环境水腐蚀性判别应符合本规范附录 L 的规定。

11 初步查明岩土体的物理力学性质,初步提出岩土体物理力学参数。

12 初步评价各比选坝址及枢纽建筑物的工程地质条件,提出坝址比选和基本坝型的地质建议。

#### 5.4.2 坝址的勘察方法应符合下列规定:

##### 1 工程地质测绘应符合下列规定:

- 1) 工程地质测绘范围包括各比选坝址主副坝、导流工程和枢纽建筑物布置等有关地段。当比选坝址相距在 2km 及以上时,可分别单独测绘成图。
- 2) 工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:2000。

##### 2 物探应符合下列规定:

- 1) 物探方法应根据勘察目的及坝址区的地形、地质条件和岩土体的物理特性等确定。
- 2) 物探剖面宜结合勘探剖面布置,并应充分利用钻孔进行综合测试。
- 3) 坝址两岸应利用平硐进行岩体弹性波测试。

##### 3 坝址勘探布置应符合下列规定:

- 1) 各比选坝址应布置一条主要勘探剖面。坝高 70m 及以上或地质条件复杂的主要坝址,应在主要勘探剖面上、下游布置辅助勘探剖面。
- 2) 主要勘探剖面勘探点间距不应大于 100m。其中,河床部位不应少于 2 个钻孔。两岸坝肩部位,在设计正常蓄水位以上也应布置钻孔。
- 3) 峡谷区河流坝址两岸坝肩部位应分高程布置平硐。坝高在 70m 及以上或拱坝,在设计正常蓄水位以上可根据需要布置平硐。
- 4) 土石坝应沿河流方向布置渗流分析勘探剖面,勘探钻孔

间距视需要确定。土石坝的混凝土建筑物应沿建筑物轴线布置勘探剖面。

- 5) 当存在影响坝址选择的顺河断层、河床深槽和潜在不稳定岸坡等不良地质现象时,应布置钻孔,可视需要布置平洞。
- 6) 软弱夹层及主要缓倾角结构面勘探应布置探井(大口径钻孔)和平洞。
- 7) 坝址区有较厚粉细砂或软土、淤泥质土等工程性质不良岩土层分布时,应布置原位测试孔。
- 8) 对影响坝址选择的重要地质现象,应根据需要布置专门性的勘探工作。

4 坝址勘探钻孔深度应符合下列规定:

- 1) 峡谷区坝址河床钻孔深度应符合表 5.4.2 的规定,两岸岸坡上的钻孔深度应达到河水位高程以下,并进入相对隔水层。

表 5.4.2 峡谷区坝址河床钻孔深度

覆盖层厚度 (m)	钻孔进入基岩深度(m)	
	坝高 $H \geq 70\text{m}$	坝高 $H < 70\text{m}$
$< 40$	$H/2 \sim H$	$H$
$\geq 40, \text{且} < H$	$> 50$	$30 \sim 50$
$\geq 40, \text{且} > H$	$> 20$	

- 2) 平原区建在深厚覆盖层上的坝,勘探钻孔进入建基面以下的深度不应小于坝高的 1.5 倍,在此深度内若遇有泥炭、软土、粉细砂及强透水层等时,还应进入下卧承载力较高的土层或相对隔水层。

当基岩埋深小于坝高的 1.5 倍时,钻孔进入基岩深度不宜小于 10m。

- 3) 可溶岩地区钻孔深度可根据具体情况确定。
- 4) 控制性钻孔或专门性钻孔深度应按实际需要确定。

5 水文地质测试应符合下列规定:

- 1) 勘探中应观测地下水位,收集勘探过程中的水文地质资料。
- 2) 基岩地层应进行钻孔压(注)水试验,测定岩体透水率或渗透系数;根据需要采用物探方法测试地下水的有关参数。
- 3) 第四纪沉积物应进行钻孔抽水或注水试验,测定渗透系数。
- 4) 可能存在集中渗漏的地带应进行连通试验。
- 5) 应进行水质分析。

6 岩土试验应符合下列规定:

- 1) 每一主要岩石(组)室内试验累计有效组数不应少于 6 组。每一主要土层室内试验累计有效组数不应少于 6 组。
- 2) 土基应根据土的类型选择标准贯入、动力触探、静力触探、十字板剪切等方法进行原位试验,主要土层试验累计有效数量不宜少于 6 组(段、点)。河床深厚砂卵砾石层取样与原位测试应符合本规范附录 M 的规定。
- 3) 控制坝基稳定和变形的岩土层可进行原位变形和剪切试验,剪切试验不少于 2 组,变形试验不少于 3 点。
- 4) 特殊岩土应根据其工程地质特性进行专门试验。

7 长期观测应符合下列规定:

- 1) 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。
- 2) 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。

5.5 发电引水线路及厂址

5.5.1 发电引水线路勘察应包括下列内容:

1 初步查明引水线路地段地形地貌特征和滑坡、泥石流等不良物理地质现象的分布、规模。

2 初步查明引水线路地段地层岩性、覆盖层厚度、物质组成和松散、软弱、膨胀等工程性质不良岩土层的分布及其工程地质特性。隧洞线路尚应初步查明喀斯特发育特征、放射性元素及有害气体等。

3 初步查明引水线路地段的褶皱、断层、破碎带等各类结构面的产状、性状、规模、延伸情况及岩体结构等,初步评价其对边坡和隧洞围岩稳定的影响。

4 初步查明引水线路岩体风化、卸荷特征,初步评价其对渠道、隧洞进出口、傍山浅埋及明管铺设地段的边坡和洞室稳定性的影响。

5 初步查明引水线路地段地下水位、主要含水层、汇水构造和地下水溢出口的位置、高程,补排条件等,初步评价其对引水线路的影响。隧洞尚应初步查明与地表溪沟连通的断层破碎带、喀斯特通道等的分布,初步评价掘进时突水(泥)、涌水的可能性及对围岩稳定和周边环境的可能影响。

6 进行岩土体物理力学性质试验,初步提出有关物理力学参数。

7 进行隧洞围岩工程地质初步分类。围岩工程地质分类应符合本规范附录 N 的规定。

#### 5.5.2 地面式厂房勘察应包括下列内容:

1 初步查明场址区地形地貌特征及岩体风化带、卸荷带、倾倒体、滑坡、崩塌堆积体、喀斯特、地下采空区等的分布,初步评价其对厂房及附属建筑物场地稳定的影响。

2 初步查明场址区的地层岩性,软弱和易溶岩层、软土、粉细砂、湿陷性黄土、膨胀土和分散性土的分布与埋藏条件,并对岩土的物理力学性质和承载能力作出初步评价。对可能地震液化土应进行液化判别,土的地震液化判别应符合本规范附

录 P 的规定。

3 初步查明场址区的地质构造,断层、破碎带、节理裂隙等的性质、产状、规模和展布情况,结构面的组合关系及其对厂址和边坡稳定的影响。

4 初步查明场址区的水文地质条件。初步评价电站压力前池的渗漏、渗透稳定条件以及基坑开挖发生涌水、涌砂的可能性。

5 进行岩土体物理力学性质试验,初步提出有关物理力学性质参数。

5.5.3 地下厂房勘察除应符合本规范第 5.5.1 条的有关规定外,尚应包括下列内容:

1 初步查明地下厂房和洞群布置地段的岩性组成和岩体结构特征及各类结构面的产状、性状、规模、空间展布和相互切割组合情况,初步评价其对顶拱、边墙、洞群间岩体、交岔段、进出口以及高压管道上覆岩体等稳定的影响。

2 初步查明地下厂房地段地应力、地温、有害气体和放射性元素等情况,初步评价其影响。

5.5.4 发电引水线路及厂址的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘应符合以下规定:

1)引水线路测绘范围应包括线路及两侧 300~1000m,厂址测绘范围应包括厂房和附属建筑物场地及周围 200~500m。

2)引水线路测绘比例尺可选用 1:10000~1:2000,隧洞进出口段及厂址测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000。

2 宜采用综合物探方法探测覆盖层厚度、地下水位、古河道、隐伏断层、喀斯特洞穴等,并应利用钻孔和平硐进行综合测试。

3 勘探应符合下列规定:

1)沿引水线路轴线应布置勘探剖面。进出口、调压井、高压管道和厂房等场地宜布置横剖面。勘探点应结合地形地质条件布置。

2) 隧洞进出口、傍山、浅埋、明管铺设等地段以及存在重大地质问题的地段应布置勘探钻孔或平洞。

3) 地下厂房区可布置平洞。

4) 引水隧洞、地下厂房钻孔深度宜进入设计洞底、厂房建基面高程以下 10~30m, 但不应小于隧洞洞径或地下厂房跨度。

地面厂房钻孔深度, 当地基为基岩时宜进入建基面高程以下 20~30m; 当地基为第四纪沉积物时应根据地质条件和建筑物荷载大小综合确定。

4 勘探过程中应收集水文地质资料。隧洞和建筑物场地钻孔应根据需要进行抽水、压(注)水试验和地下水动态观测。

5 岩土试验应符合下列规定:

1) 主要岩土层室内试验累计有效组数不应少于 6 组。

2) 特殊岩土应根据其工程地质特性进行专门试验。

3) 土基厂址的主要土层应进行原位测试。

6 隧洞和地下厂房可利用平洞或钻孔进行岩体变形参数、岩体波速等原位测试。

7 隧洞和地下厂房应利用平洞或钻孔进行地应力、地温、有害气体和放射性元素测试。岩爆的判别应符合本规范附录 Q 的规定。

## 5.6 溢洪道

5.6.1 溢洪道勘察应包括下列内容:

1 初步查明溢洪道区地形地貌特征及滑坡、泥石流、崩塌体等的分布和规模。

2 初步查明溢洪道区地层岩性, 覆盖层厚度、物质组成, 基岩风化、卸荷深度和岩土体透水性。

3 初步查明溢洪道区断层、破碎带、软弱夹层、缓倾角结构面等的性质、产状、规模和展布情况, 结构面的组合关系。

4 进行岩土体物理力学性质试验, 初步提出有关物理力学参数。

5 初步评价溢洪道边坡、泄洪闸基的稳定条件以及下游消能段岩体的抗冲条件和冲刷坑岸坡的稳定条件。

5.6.2 溢洪道的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:2000。当溢洪道与坝址邻近时, 可与坝址一并测绘成图。

2 勘探剖面应沿设计溢洪道中心线和消能设施等主要建筑物布置, 钻孔深度宜进入设计建基面高程以下 20~30m, 泄洪闸基钻孔深度应满足防渗要求。

3 泄洪闸基岩钻孔应进行压水试验。

4 主要岩土层室内试验累计有效组数不应少于 6 组。

## 5.7 渠道及渠系建筑物

5.7.1 渠道勘察应包括下列内容:

1 初步查明渠道沿线的地形地貌和喀斯特塌陷区、古河道、移动沙丘、地下采空区及矿产等的分布与规模。对于穿越城镇、工矿区的渠道, 应调查和探测地下构筑物、地下管线等。

2 初步查明渠道沿线的地层岩性, 重点是工程性质不良岩土层的分布及其对渠道的影响。特殊土勘察要点应符合本规范附录 R 的规定。

3 初步查明渠道沿线含水层和隔水层的分布, 地下水补排条件、水位、水质、岩土体的渗透性、土壤的盐渍化现状, 并对环境水文地质条件的可能变化进行初步预测。

4 初步查明傍山渠道沿线崩塌体、滑坡体、泥石流、洪积扇、残坡积土等的分布、规模及覆盖层厚度, 基岩风化带、卸荷带深度、地质构造和主要结构面的组合等, 并对边坡稳定性进行初步评价。

5 初步查明岩土物理力学性质, 初步提出岩土物理力学参数。

6 进行渠道工程地质初步分段。对可能发生严重渗漏、浸

没、地震液化、岩土膨胀、黄土湿陷、滑塌、冻胀与融沉等工程地质问题作出初步评价。膨胀土的判别应符合本规范附录 S 的规定。黄土湿陷性及湿陷起始压力的判定应符合本规范附录 T 的规定。

**5.7.2 渠系建筑物勘察**除应符合本规范第 5.7.1 条的规定外,尚应包括下列内容:

1 初步查明建筑物区水文地质条件,对地基渗漏和渗透稳定条件及基坑开挖过程中发生涌水、涌砂的可能性作出初步评价。

2 结合建筑物基础形式,初步查明各岩土层的物理力学性质。

3 应对建筑物地基进行工程地质初步评价。

**5.7.3 渠道及渠系建筑物的勘察方法**应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺:渠道可选用 1:10000~1:5000,渠系建筑物可选用 1:2000~1:1000。

2 工程地质测绘范围应包括各比选渠线两侧各 500~1500m,渠系建筑物应包括对建筑物可能有影响的地段,对高边坡及傍山渠段测绘范围应适当扩大。

3 宜采用物探方法探测覆盖层厚度、岩体风化程度、地下水位、古河道、隐伏断层、喀斯特洞穴、地下采空区、地下构筑物 and 地下管线等。

4 勘探布置应符合下列规定:

1)沿渠道中心线应布置勘探坑、孔,勘探点间距 500~1000m;勘探横剖面间距 1000~2000m,横剖面上的钻孔数不应少于 3 个。傍山渠道勘探点应适当加密,高边坡地段宜布置勘探平硐。

2)渠系建筑物宜布置纵、横勘探剖面,建筑物轴线钻孔间距宜控制在 100~200m 之间,剖面上的钻孔数不宜少于 3 个。

3)挖方渠道钻孔深度宜进入设计渠底板以下 5~10m,填方渠道钻孔深度应能满足稳定分析的要求;渠系建筑物钻

孔深度宜进入设计建基面以下 20~30m,或进入基础以下一定深度。特殊情况应适当加深。

4)钻孔在钻进过程中应收集水文地质资料,并应根据需要进行抽水、压(注)水试验和地下水动态观测,对可能存在渗漏、浸没或盐渍化地段,应进行野外注水试验。

5 岩土试验应符合下列规定:

1)岩土物理力学性质试验应以室内试验为主。原位测试方法宜根据土(岩)类和工程需要选择。

2)对特殊土应进行专门试验。

3)渠道各工程地质单元(段)和渠系建筑物地基主要岩土层的室内试验累计有效组数不应少于 6 组。

## 5.8 水闸及泵站

**5.8.1 水闸及泵站场址勘察**应包括以下内容:

1 初步查明水闸及泵站场地的地形地貌,重点为古河道、牛轭湖、决口口门等的位置、分布和埋藏情况。

2 初步查明水闸及泵站场地滑坡、泥石流等不良地质现象的分布。

3 初步查明水闸及泵站场地的地层结构、岩土类型和物理力学性质,重点为工程性质不良岩土层的分布情况和工程特性。

4 初步查明地下水类型、埋深及岩土透水性,透水层和相对隔水层的分布,地表水和地下水水质,初步评价地表水、地下水对混凝土及钢结构的腐蚀性。

5 进行岩土物理力学性质试验,初步提出岩土物理力学参数。

6 初步评价建筑物场地地基承载力、渗透稳定、抗滑稳定、地震液化和边坡稳定性等。

**5.8.2 水闸及泵站场址的勘察方法**应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:1000。测绘范

围应包括比选方案在内的所有建筑物地段,进水和泄水方向应包括可能危及工程安全运行的地段。

2 可采用物探或调查访问方法确定古河道、牛轭湖、决口口门、沙丘等的分布、位置和埋藏情况。宜采用物探方法测定土体的动力参数。

3 纵、横勘探剖面 and 勘探点应结合建筑物、场址的地形地质条件布置;主要勘探剖面的钻孔间距宜控制在 50~100m 之间,每条剖面不应少于 3 个孔。

4 闸基勘探钻孔进入建基面以下的深度,不应小于闸底板宽度的 1.5 倍,在此深度内遇有泥炭、软土、粉细砂及强透水层等工程性质不良岩土层时,钻孔应进入下卧的承载力较高的土层或相对隔水层。当基岩埋深小于闸底板宽度的 1.5 倍时,钻孔进入基岩深度不宜小于 5~10m。

5 泵站勘探钻孔深度,当地基为基岩时宜进入建基面以下 10~15m,当地基为第四纪沉积物时应根据持力层情况确定。

6 分层取原状土样进行物理力学性质试验及渗透试验。各建筑物地基主要岩土层的室内试验累计有效组数均不应少于 6 组;当主要持力层为第四纪沉积物时,应根据土层类别选择合适的原位测试方法,每一主要土层试验累计有效数量不宜少于 6 组(段、点)。

7 根据需要进行抽水试验、压(注)水试验、地下水动态观测工作。应取水样进行水质分析。

## 5.9 深埋长隧洞

5.9.1 深埋长隧洞勘察除应符合本规范第 5.5.1 条的有关规定外,尚应包括下列内容:

1 初步查明可能产生高外水压力、突(涌)水(泥)的地质条件。

2 初步查明可能产生围岩较大变形的岩组及大断裂破碎带

的分布及特征。

3 初步查明地应力特征及产生岩爆的可能性。

4 初步查明地温分布特征。

5 初步评价成洞条件及存在的主要地质问题,提出地质超前预报的初步设想。

5.9.2 深埋长隧洞进出口段及浅埋段的勘察方法应符合本规范第 5.5.4 条的有关规定。

5.9.3 深埋段的勘察方法应符合下列规定:

1 收集本区已有的航片、卫片、各种比例尺的地质图及相关资料,进行分析与航片、卫片解译。

2 工程地质测绘比例尺可选用 1:50000~1:10000,测绘范围应包括隧洞各比选线及其两侧各 1000~5000m,当水文地质条件复杂时可根据需要扩大。

3 选择合适的物探方法,探测深部地质构造特征、喀斯特发育特征等。

4 宜选择合适位置布置深孔,进行地应力、地温、地下水位、岩体渗透性、岩体波速等综合测试。

5 进行岩石物理力学性质试验。

## 5.10 堤防及分蓄洪工程

5.10.1 堤防及分蓄洪工程勘察应包括下列内容:

1 初步查明新建堤防各堤线的水文地质、工程地质条件及存在的主要工程地质问题,并对堤线进行比较,初步预测堤防挡水后可能出现的环境地质问题。

2 调查已建堤防工程散浸、管涌、堤防溃口等历史险情。对堤身质量进行检测、评价。

3 初步查明已建堤防堤基的水文地质、工程地质条件及存在的主要工程地质问题,结合历年险情隐患对堤基进行初步分段评价。

4 初步查明堤岸岸坡的水文地质、工程地质条件,并对岸坡稳定性进行初步分段评价。

5 初步查明分蓄洪区围堤,转移道路、桥梁和安全区内各建筑物的水文地质、工程地质条件及存在的主要工程地质问题。

6 初步提出各土(岩)层的物理力学参数。

**5.10.2 堤防及分蓄洪工程的勘察方法应符合下列规定:**

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:50000~1:10000。新建堤防测绘范围为堤线两侧各 500~2000m,已建堤防为堤线两侧各 300~1000m,并应包括各类险情分布范围。

2 勘探纵剖面沿堤线布置,钻孔间距宜为 500~1000m;横剖面垂直堤线布置,间距宜为纵剖面上钻孔间距的 2~4 倍,孔距宜为 20~200m。钻孔进入堤基的深度宜为堤身高度的 1.5~2.0 倍。

3 应取样进行物理力学性质试验及渗透试验。每一工程地质单元各主要土(岩)层试验累计有效组数不应少于 6 组。

## 5.11 灌区工程

**5.11.1 灌区的工程地质勘察内容应符合本规范第 5.7.1 条和第 5.7.2 条的规定。**

**5.11.2 灌区的工程地质勘察方法应符合下列规定:**

1 进行渠道纵横剖面工程地质测绘,比例尺可选用 1:10000~1:1000。

2 渠道勘探以坑、孔为主,间距宜为 500~1000m,深度宜进入设计渠底板以下不小于 5m 或根据需要确定;各建筑物场地应布置钻孔,钻孔深度宜进入设计建基面以下 20~30m,或进入基础以下一定深度。

3 岩土物理力学性质试验应以室内试验为主。原位测试方法宜根据土(岩)类和工程需要选择。

**5.11.3 灌区水文地质勘察应包括下列内容:**

1 初步查明地层岩性、第四纪沉积物的成因类型和分布情况。

2 初步查明主要含水层的空间分布及其水文地质特征,地下水的补给、排泄、径流条件及其动态变化规律。

3 当采用地下水作为灌溉水源时,初步查明主要含水层水质、补给量、储存量和允许开采量。对拟建水源地的可靠性进行评价。

4 初步查明地下水的水质、土壤盐渍化的类型、程度及其分布特征。

5 初步确定地下水埋深临界值和地下排水模数。

6 初步评价土壤改良的水文地质条件,提出防治土壤盐渍化、沼泽化的建议。

**5.11.4 灌区的水文地质勘察方法应符合下列规定:**

1 水文地质测绘比例尺可选用 1:50000~1:10000,测绘范围应根据水文地质条件确定。

2 进行地面物探和水文测井工作。

3 勘探剖面一般应沿水文地质条件和土壤盐渍化变化最大的方向布置,勘探点、线的间距应根据水文地质复杂程度合理确定。

4 进行水文地质试验和地下水动态观测工作。

## 5.12 河道整治工程

**5.12.1 河道整治工程勘察应包括下列内容:**

1 初步查明河道整治地段的岸坡形态、滩地、冲沟、古河道等的分布和近岸河底形态。

2 初步查明河道整治地段河势稳定状况、河床的冲淤变化,并对岸坡、滩地等的稳定性进行初步评价。

3 初步查明河道整治地段地层岩性,重点是软土、粉细砂等土层的分布和向近岸水下延伸情况。



4 初步查明河道整治地段崩塌、滑坡等物理地质现象的分布与规模。

5 初步查明河道整治地段的地下水类型、地下水位和水质。

6 初步查明各岩土层物理力学性质,初步提出岩土层物理力学参数。

7 初步查明河道整治工程建筑物的工程地质条件和主要工程地质问题。

#### 5.12.2 河道整治工程的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:10000~1:5000。测绘范围为工程边线外 200~500m,并应包括各类险情分布范围。

2 可根据各类河道整治工程的要求布置勘探坑、孔。钻孔深度应进入河道深泓底以下 5~10m。

3 根据需要进行取样试验和原位测试。

### 5.13 移民选址

5.13.1 可行性研究阶段移民选址工程地质勘察应结合移民安置规划进行,为初选移民新址提供地质依据。

5.13.2 移民选址工程地质勘察应包括下列内容:

1 评价新址区区域构造稳定性。

2 初步查明新址区基本地形地质条件,重点是对场址整体稳定性有影响的地质结构及特殊岩(土)体的分布。

3 初步查明新址区及外围滑坡、崩塌、危岩、冲沟、泥石流、坍岸、喀斯特等不良地质现象的分布范围及规模,初步分析其对新址区场地稳定性的影响。

4 初步查明生产、生活用水水源、水量、水质及开采条件。

5 进行新址区场地稳定性、建筑适宜性初步评价。

5.13.3 移民选址的工程地质勘察方法应符合下列规定:

1 应收集区域地质、地震、矿产、航片、卫片、气象、水文等资料。

2 新址区工程地质测绘比例尺可选用 1:10000~1:2000,工程地质测绘范围应包括新址区及对新址区场地稳定性评价有影响的地区。

3 按地形坡度小于 10°、10°~15°、15°~20°和大于 20°分别统计面积。

4 新址区勘探剖面应结合地貌单元及地质条件布置,不同地貌单元应有勘探点控制。

5 取样进行试验和原位测试。每一主要岩(土)层的试验累计有效组数不宜少于 6 组。试验项目宜根据场地岩土体的实际条件确定。

6 对生产、生活用水水源应进行水质分析。

### 5.14 天然建筑材料

5.14.1 对工程所需的天然建筑材料应进行初查,对影响设计方案选择的料场宜进行详查。

5.14.2 初步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。

5.14.3 初查储量与实际储量的误差不应超过 40%;初查储量不得少于设计需要量的 3 倍。

### 5.15 勘察报告

5.15.1 可行性研究阶段工程地质勘察报告正文应包括绪言、区域地质概况、工程区及建筑物工程地质条件、天然建筑材料以及结论与建议等。

5.15.2 绪言应包括工程概况、勘察地区的自然地理条件,历次所进行的勘察工作情况和研究深度,有关审查和评估意见,本阶段及历次完成的工作项目和工作量等。

5.15.3 区域地质概况应包括区域地形地貌、地层岩性、地质构造

与地震、物理地质现象、水文地质条件、区域构造稳定性及地震动参数等。

**5.15.4** 水库区工程地质条件应包括库区的地质概况、水库渗漏、浸没、库岸稳定、泥石流等工程地质问题及初步评价,水库诱发地震的预测结果及监测建议等。

**5.15.5** 坝址区的工程地质条件应按坝址、引水发电系统、溢洪道、主要临时建筑物等节编写。

1 坝址工程地质条件应包括坝址地质概况、各比选坝址的工程地质条件、对坝址选择的意见、推荐坝址的工程地质条件和主要工程地质问题。

2 引水发电系统的工程地质条件应包括地质概况、各比选方案的工程地质条件,推荐方案隧洞进出口段、洞身段、调压井和厂房等的工程地质条件和主要工程地质问题。

3 溢洪道、通航建筑物及其他建筑物的工程地质条件。

**5.15.6** 引调水工程的工程地质条件应包括地质概况、各比选方案的工程地质条件、方案比选地质意见和推荐方案的工程地质条件。推荐方案可按渠道、渠系建筑物、管道、隧洞等分别进行论述和评价。

**5.15.7** 水闸和泵站工程地质条件应包括地质概况、各比选闸(站)址的工程地质条件、闸(站)址方案比选地质意见和推荐闸(站)址的工程地质条件。

**5.15.8** 灌区工程地质条件应按灌排渠道、渠系建筑物工程地质条件及灌区水文地质条件分别编写。灌排渠道、渠系建筑物工程地质条件应包括基本地质条件、各比选方案的工程地质条件、方案比选地质意见和推荐方案的工程地质条件;灌区水文地质条件应包括基本水文地质条件、土壤类型、地下水埋深等,对灌区施灌后可能产生的盐渍化、沼泽化等次生灾害进行分析;当采用地下水作为灌溉水源时,应包括地下水资源初步评价的有关内容。

**5.15.9** 堤防及分蓄洪区工程地质条件应按堤防、涵闸、泵站、护

岸工程等分节编写,并应符合下列规定:

1 堤防工程地质条件应包括地质概况、各比选堤线的工程地质条件和线路比选地质意见,推荐堤线的工程地质分段说明,对已有堤防,还应说明堤身的填筑质量和历年出险情况。

2 涵闸和泵站工程地质条件应包括地基各土层的分布、物理力学特性,存在的主要工程地质问题和地基处理建议等。

3 护岸工程地质条件应包括地貌特征、河岸演变、土层特性、冲刷深度、岸坡稳定现状等。

**5.15.10** 河道整治工程地质条件应包括地质概况、开挖岩土层类别、建议开挖的边坡等。

**5.15.11** 天然建筑材料编写内容应包括设计需求量、各料场位置及地形地质条件、勘探和取样、储量和质量、开采和运输条件等。

**5.15.12** 结论与建议应包括方案比选地质意见、推荐方案各主要建筑物的工程地质结论、下阶段勘察工作建议。

**5.15.13** 移民选址工程地质勘察报告编写应符合下列规定:

1 移民选址工程地质勘察报告应包括绪言、区域地质概况、基本地质条件、主要工程地质与环境地质问题、生产及生活水源、场地稳定性和场地适宜性评价、结论与建议。

2 报告附图宜包括移民新址综合地质图及地质剖面图等。

## 6 初步设计阶段工程地质勘察

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 初步设计阶段工程地质勘察应在可行性研究阶段选定的坝(场)址、线路上进行。查明各类建筑物及水库区的工程地质条件,为选定建筑物形式、轴线、工程总布置提供地质依据。对选定的各类建筑物的主要工程地质问题进行评价,并提供工程地质资料。

**6.1.2** 初步设计阶段工程地质勘察应包括下列内容:

- 1 根据需要复核或补充区域构造稳定性研究与评价。
- 2 查明水库区水文地质、工程地质条件,评价存在的工程地质问题,预测蓄水后的变化,提出工程处理措施建议。
- 3 查明各类水利水电工程建筑物区的工程地质条件,评价存在的工程地质问题,为建筑物设计和地基处理方案提供地质资料和建议。
- 4 查明导流工程及其他主要临时建筑物的工程地质条件。根据需要进行施工和生活用水水源调查。
- 5 进行天然建筑材料详查。
- 6 设立或补充、完善地下水动态观测和岩土体位移监测设施,并应进行监测。
- 7 查明移民新址区工程地质条件,评价场地的稳定性和适宜性。

### 6.2 水 库

**6.2.1** 水库勘察应包括下列内容:

- 1 查明可能严重渗漏地段的水文地质条件,对水库渗漏问题

作出评价。

- 2 查明可能浸没区的水文地质、工程地质条件,确定浸没影响范围。

- 3 查明滑坡、崩塌等潜在不稳定库岸的工程地质条件,评价其影响。

- 4 查明土质岸坡的工程地质条件,预测坍岸范围。

- 5 论证水库诱发地震可能性,评价其对工程和环境的影响。

**6.2.2** 可溶岩区水库严重渗漏地段勘察应查明下列内容:

- 1 可溶岩层、隔水层及相对隔水层的厚度、连续性和空间分布。

- 2 喀斯特发育程度、主要喀斯特洞穴系统的空间分布特征及其与邻谷、河间地块、下游河弯地块的关系。

- 3 喀斯特水文地质条件、主要喀斯特水系统(泉、暗河)的补给、径流和排泄特征,地下水位及其动态变化特征、河谷水动力条件。

- 4 主要渗漏地段或主要渗漏通道的位置、形态和规模,喀斯特渗漏的性质,估算渗漏量,提出防渗处理范围、深度和处理措施的建议。

**6.2.3** 非可溶岩区水库严重渗漏地段勘察,应查明断裂带、古河道、第四纪松散层等渗漏介质的分布及其透水性,确定可能发生严重渗漏的地段、渗漏量及危害性,提出防渗处理范围和措施的建议。

**6.2.4** 水库严重渗漏地段的勘察方法应符合下列规定:

- 1 水文地质测绘比例尺可选用 1:10000~1:2000。

- 2 水文地质测绘范围应包括需查明渗漏地段喀斯特发育特征和水文地质条件的区域,重点是可能渗漏通道及其进出口地段。对能追索的喀斯特洞穴均应进行测绘。

- 3 根据地形、地质条件选择物探方法,探测喀斯特的空间分布和强透水带的位置。

4 勘探剖面应根据水文地质结构和地下水渗流情况,并结合可能的防渗处理方案布置。在多层含水层结构区,各可能渗漏岩组内不应少于2个钻孔。钻孔应进入隔水层、相对隔水层或枯水期地下水位以下一定深度;喀斯特发育区钻孔深度应穿过喀斯特强烈发育带;在河谷近岸喀斯特水虹吸循环带,应有控制性深孔,了解喀斯特洞穴发育深度。平硐主要用于查明地下水位以上的喀斯特洞穴和通道。

5 应进行地下水动态观测,并基本形成长期观测网。各可能渗漏岩组内不应少于2个观测孔。观测内容除常规项目外,还应观测降雨时的洞穴涌水和流量变化情况。雨季观测时间间隔应缩短。地下水位、降雨量、喀斯特泉流量应同步观测。

6 喀斯特区应进行连通试验,查明喀斯特洞穴间的连通情况。可采用堵洞抬水、抽水试验等方法了解大面积的连通情况。

7 根据喀斯特水文地质条件的复杂程度,可选择对地下水的渗流场、化学场、温度场、同位素场及喀斯特水均衡进行勘察研究。

#### 6.2.5 水库浸没勘察应包括下列内容:

1 查明可能浸没区的地貌、地层的层次、厚度、物理性质、渗透系数、表层土的毛管水上升高度、给水度、土壤含盐量。

2 查明可能浸没区的水文地质结构、含水层的类型、埋深和厚度、隔水层底板的埋深,地下水补给、径流和排泄条件、地下水流向、地下水位及其动态、地下水化学成分和矿化度。确定浸没类型。

3 喀斯特区水库应在查明库周喀斯特发育与连通情况,水库蓄水后库水、地表水与地下水之间的补给、排泄关系的基础上,查明库周洼地、槽谷的分布、形态、岩土类型和水文地质条件。

4 对于农作物区,应根据各种现有农作物的种类、分布,查明土壤盐渍化现状,确定地下水埋深临界值。

5 对于建筑物区,应根据各种现有建筑物的类型、数量和分布,查明基础类型和埋深,确定地下水埋深临界值。查明黄土、软

土、膨胀土等工程性质不良岩土层的分布情况、性状和土的冻结深度,评价其影响。

6 确定浸没的范围及危害程度。

#### 6.2.6 水库浸没的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺,农作物区可选用1:10000~1:5000,建筑物区可选用1:2000~1:1000。测绘范围,顶托型浸没应包括可能浸没区所在阶地的后缘或相邻地貌单元的前缘,渗漏型浸没应包括渗漏补给区、径流区和排泄区及其邻近洼地。

2 勘探剖面应垂直库岸、堤坝或平行地下水流向布置。剖面间距,农作物区宜为500~1000m,建筑物区宜为200~500m,水文地质条件复杂地区应适当加密。

3 勘探工作布置应符合下列规定:

1) 勘探剖面上的钻孔间距,农作物区应为500~1000m,建筑物区应为200~500m,剖面上每个地貌单元钻孔不应少于2个,水库正常蓄水位线附近应布置钻孔。钻孔深度应到达基岩或相对隔水层以下1m,钻孔内应测定稳定地下水位。

2) 试坑宜与钻孔相间布置,试坑深度应到达表部土层底板或稳定的地下水位以下0.5m。

3) 当勘察区地层为双层结构,下部为承压含水层,且上部黏土层厚度较大时,宜在钻孔旁边布置试坑,对比试坑内地下水位与钻孔内地下水位之间的关系。

4) 勘探剖面之间根据需要采用物探方法了解剖面间地下水位、基岩或相对隔水层埋深的变化情况。

4 试验工作应符合下列规定:

1) 通过室内试验测定各主要地层的物理性质、渗透系数、给水度、毛管水上升高度、地下水化学成分和矿化度。每一主要土层的试验累计有效组数不宜少于6组。

2) 毛管水上升高度还应在试坑内实测确定。

3) 渗漏型浸没区应进行一定数量的现场试验, 确定渗透系数。

4) 可能次生盐渍化的农作物浸没区应测定表部土层含盐的成分和数量。

5) 建筑物浸没区应测定持力层在天然含水率和饱和含水率状态下的抗剪强度和压缩性。

5 建筑物浸没区和范围较大的农作物浸没区应建立地下水动态观测网; 当浸没区地层为双层结构, 且上部土层厚度较大时, 应分别观测下部含水层和上部土层内的地下水动态。

6 水库蓄水后地下水壅高计算可采用地下水动力学方法。渗漏型浸没区可采用水均衡法计算。渗流场较复杂的浸没区宜采用三维数值分析方法进行计算。

7 当勘察区的水文地质条件较复杂时, 应编制地下水等水位线图。当原布置的勘探剖面方向与地下水流向有较大差别时, 应根据地下水等水位线图调整计算剖面方向。

8 浸没计算应采用正常蓄水位, 分期蓄水水库应采用分期蓄水位。水库末端应采用考虑库尾翘高后的水位值, 多泥沙河流的水库应考虑淤积对库水位的影响。

9 当地层为双层结构, 且上部黏土层厚度较大时, 浸没地下水位的确定应考虑黏性土层对承压水头折减的影响。

6.2.7 水库库岸滑坡、崩塌和坍岸区的勘察应包括下列内容:

1 查明水库区对工程建筑物、城镇和居民区环境有影响的滑坡、崩塌的分布、范围、规模和地下水动态特征。

2 查明库岸滑坡、崩塌和坍岸区岩土体物理力学性质, 调查库岸水上、水下与水位变动带稳定坡角。

3 查明坍岸区岸坡结构类型、失稳模式、稳定现状, 预测水库蓄水后坍岸范围及危害性。

4 评价水库蓄水前和蓄水后滑坡、崩塌体的稳定性, 估算滑坡、崩塌入库方量、涌浪高度及影响范围, 评价其对航运、工程建筑

物、城镇和居民区环境的影响。

5 提出库岸滑坡、崩塌和坍岸的防治措施和长期监测方案建议。

6.2.8 库岸滑坡、崩塌堆积体的工程地质勘察方法应符合下列规定:

1 收集滑坡区水文、气象、地震、人类活动、地表变形、影像和当地治理滑坡的工程经验等资料。

2 滑坡区工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:500, 范围应包括滑坡区和可能的次生地质灾害区。

3 滑坡勘探应在工程地质测绘、物探基础上进行。主勘探线应布设在滑坡主滑方向且滑坡体厚度最大的部位, 纵穿整个滑坡体; 横剖面勘探线的布设应满足控制滑坡形态的要求。

4 滑坡勘探线间距可选用 50~200m, 主勘探线上勘探点数不宜少于 3 个, 滑坡后缘以外稳定岩土体上勘探点不应少于 1 个。

5 滑坡勘探钻孔深度进入最低滑面(或潜在滑面)以下不应小于 10m。

6 大型滑坡或对工程建筑物、城镇和居民区环境有重要影响的滑坡宜布置竖井、平硐。竖井、平硐深度应穿过最低滑面(或潜在滑面)进入稳定岩土体, 且应保证满足取样、现场原位试验、地下水变形监测等要求。

7 对已经出现或可能出现地表变形的滑坡, 宜进行滑坡体深部位移监测, 辅助确定滑动带位置; 对滑体和滑床应分别观测地下水位, 当滑坡体中存在两个以上含水系统时, 亦应分层观测。

8 对水工建筑物、城镇、居民点及主要交通线路的安全有影响的不稳定岩体的滑带土应进行室内物理力学性质试验, 试验累计有效组数不应少于 6 组。根据需要可进行原位抗剪试验、涌浪模型试验和滑带土的黏土矿物分析。

9 崩塌堆积体的工程地质勘察方法可参照滑坡的工程地质勘察方法执行。

6.2.9 库岸坍岸区的工程地质勘察方法应符合下列规定:

1 坍岸区工程地质测绘比例尺,城镇地区可选用 1:2000~1:1000,农业地区可选用 1:10000~1:2000,范围应包括坍岸区及其影响区。

2 坍岸预测剖面应垂直库岸布置,靠近岸边的坑、孔应进入水库死水位或相当于陡坡脚高程以下。勘探线间距,城镇地区可选用 200~1000m,农业地区可选用 1000~5000m。

3 根据需要进行土层物理力学性质试验。

4 坍岸预测宜采取多种方法,坍岸范围与危害性宜进行综合评价。

5 每一勘探剖面不应少于 2 个坑、孔,坑、孔间距视可能坍岸宽度确定,靠近岸坡边缘应布置钻孔,钻孔深度应穿过可能坍岸面以下 5m。

#### 6.2.10 泥石流勘察应包括下列内容:

1 查明形成区及周边的水源类型、水量、汇水条件、地形地貌特征、岩体组成、地质构造特征及不良地质现象的发育情况。

2 查明可能形成泥石流固体物质的组成、分布范围、储量及流通区、堆积区的地形地貌特征。

3 分析评价对建筑物、水库运行及周边环境的影响,提出处理措施的建议。

#### 6.2.11 泥石流的勘察方法应符合下列规定:

1 勘察方法应以工程地质测绘和调查为主,测绘范围应包括沟谷至分水岭的全部地段和可能受泥石流影响的地段,测绘比例尺宜采用 1:10000~1:2000。

2 勘探、物探、试验及监测工作可根据具体情况确定。

#### 6.2.12 水库诱发地震预测应符合下列规定:

1 当可行性研究阶段预测有可能发生水库诱发地震时,应对诱发地震可能性较大的地段进行工程地质和地震地质论证,校核可能发震库段的诱震条件,预测发震地段、类型和发震强度,并应对工程建筑物的影响作出评价。

2 对需要进行水库诱发地震监测的工程,应进行水库诱发地震监测台网总体方案设计。台网布设应有效控制库首及水库诱发地震可能性较大的库段,监测震级( $M_L$ )下限应为 0.5 级左右。台网观测宜在水库蓄水前 1~2 年开始。

## 6.3 土石坝

### 6.3.1 土石坝坝址勘察应包括下列内容:

1 查明坝基基岩面形态、河床深槽、古河道、埋藏谷的具体范围、深度以及深槽或埋藏谷侧壁的坡度。

2 查明坝基河床及两岸覆盖层的层次、厚度和分布,重点查明软土层、粉细砂、湿陷性黄土、架空层、漂孤石层以及基岩中的石膏夹层等工程性质不良岩土层的情况。

3 查明心墙、斜墙、面板趾板及反滤层、垫层、过渡层等部位坝基有无断层破碎带、软弱岩体、风化岩体及其变形特性、允许水力比降。

4 查明坝基水文地质结构,地下水埋深,含水层或透水层和相对隔水层的岩性、厚度变化和空间分布,岩土体渗透性。重点查明可能导致强烈漏水和坝基、坝肩渗透变形的集中渗漏带的具体位置,提出坝基防渗处理的建议。

5 评价地下水、地表水对混凝土及钢结构的腐蚀性。

6 查明岸坡风化卸荷带的分布、深度,评价其稳定性。

7 查明坝区喀斯特发育特征,主要喀斯特洞穴和通道的分布规律,喀斯特泉的位置和流量,相对隔水层的埋藏条件,提出防渗处理范围的建议。

8 提出坝基岩土体的渗透系数、允许水力比降和承载力、变形模量、强度等各种物理力学参数,对地基的沉陷、不均匀沉陷、湿陷、抗滑稳定、渗漏、渗透变形、地震液化等问题作出评价,并提出坝基处理的建议。

### 6.3.2 土石坝坝址的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺宜选用 1:5000~1:1000,测绘范围应包括坝址区水工建筑物场地和对工程有影响的地段。

2 物探应符合下列规定:

- 1)物探方法应根据坝址区的地形、地质条件等确定。
- 2)可采用电法、地震法探测覆盖层厚度、基岩面起伏情况及断层破碎带的分布。物探剖面应尽量结合勘探剖面进行布置。
- 3)可采用综合测试查明覆盖层层次,测定土层的密度。
- 4)可采用单孔法、跨孔法测定纵、横波波速。
- 5)应利用勘探平洞和勘探竖井进行岩体弹性波波速测试。

3 勘探应符合下列规定:

- 1)勘探剖面应结合坝轴线、心墙、斜墙和趾板防渗线、排水减压井、消能建筑物等布置。
- 2)勘探点间距宜采用 50~100m。
- 3)基岩坝基钻孔深度宜为坝高的 1/3~1/2,防渗线上的钻孔深度应深入相对隔水层不少于 10m 或不小于坝高。
- 4)覆盖层坝基钻孔深度,当下伏基岩埋深小于坝高时,钻孔进入基岩深度不宜小于 10m,防渗线上钻孔深度可根据防渗需要确定;当下伏基岩埋深大于坝高时,钻孔深度宜根据透水层与相对隔水层的具体情况确定。
- 5)专门性钻孔的孔距和孔深应根据具体需要确定。
- 6)对两岸岩体风化带、卸荷带以及对坝肩岩体稳定和绕坝渗漏有影响的断层破碎带、喀斯特洞穴(通道)等宜布置平洞。

4 岩土试验应符合下列规定:

- 1)坝基主要土层的物理力学性质试验累计有效组数不应少于 12 组。土层抗剪强度宜采用三轴试验,细粒土还应进行标准贯入试验和触探试验等原位测试。
- 2)根据需要进行现场渗透变形试验和载荷试验,以及可能

地震液化土的室内三轴振动试验。

3)根据需要进行岩体物理力学性质试验。

5 水文地质试验应符合下列规定:

- 1)根据第四纪沉积物的成层特性和水文地质结构进行单孔或多孔抽水试验,坝基主要透水层的抽水试验不应少于 3 组。
- 2)强透水的断裂带应做专门的水文地质试验。
- 3)防渗线上的基岩孔段应做压水试验,其他部位可根据需要确定。

6 地下水动态观测和不稳定岩土体位移监测的要求应符合本规范第 6.4.2 条第 6 款和第 7 款的规定。

## 6.4 混凝土重力坝

6.4.1 混凝土重力坝(砌石重力坝)坝址勘察应包括下列内容:

1 查明覆盖层的分布、厚度、层次及其组成物质,以及河床深槽的具体分布范围和深度。

2 查明岩体的岩性、层次,易溶岩层、软弱岩层、软弱夹层和蚀变带等的分布、性状、延续性、起伏差、充填物、物理力学性质以及与上下岩层的接触情况。

3 查明断层、破碎带、断层交汇带和裂隙密集带的具体位置、规模和性状,特别是顺河断层和缓倾角断层的分布和特征。

4 查明岩体风化带和卸荷带在各部位的厚度及其特征。

5 查明坝基、坝肩岩体的完整性、结构面的产状、延伸长度、充填物性状及其组合关系。确定坝基、坝肩稳定分析的边界条件。

6 查明坝基、坝肩喀斯特洞穴、通道及长大溶蚀裂隙的分布、规模、充填状况及连通性,查明喀斯特泉的分布和流量。

7 查明两岸岸坡和开挖边坡的稳定条件。结合边坡地质结构,提出工程边坡开挖坡比和支护措施建议。

8 查明坝址的水文地质条件,相对隔水层埋藏深度,坝基、坝

肩岩体渗透性的各向异性,以及岩体渗透性的分级,提出渗控工程的建议。

9 查明地表水和地下水的物理化学性质,评价其对混凝土和钢结构的腐蚀性。

10 查明消能建筑物及泄流冲刷地段的工程地质条件,评价泄流冲刷、泄流水雾对坝基及两岸边坡稳定的影响。

11 峡谷坝址应根据需要测试岩体应力,分析其对坝基开挖岩体卸荷回弹的影响。

12 进行坝基岩体结构分类,岩体结构分类应符合本规范附录 U 的规定。

13 在分析坝基岩石性质、地质构造、岩体结构、岩体应力、风化卸荷特征、岩体强度和变形性质的基础上进行坝基岩体工程地质分类,提出各类岩体的物理力学参数建议值,并对坝基工程地质条件作出评价。坝基岩体工程地质分类应符合本规范附录 V 的规定。

14 提出建基岩体的质量标准,确定可利用岩面的高程,并提出重大地质缺陷处理的建议。

15 土基上的混凝土闸坝勘察内容可参照土石坝和水闸的有关规定。

#### 6.4.2 混凝土重力坝坝址的勘察方法应符合下列规定:

##### 1 工程地质测绘应符合下列规定:

- 1) 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000。
- 2) 工程地质测绘范围应包括坝址水工建筑物场地和对工程有影响的地段。
- 3) 当岩性变化或存在软弱夹层时,应测绘详细的地层柱状图。

##### 2 物探应符合下列规定:

- 1) 宜采用综合测试和孔内电视等方法,确定对坝基(肩)岩体稳定有影响的结构面、软弱带及软弱岩石、低波速松弛

岩带等的产状、分布,含水层和渗漏带的位置等。

2) 可采用单孔法、跨孔法、跨洞法测定各类岩体纵波或横波速度。

3) 喀斯特区可采用孔间或洞间测试以及层析成像技术调查喀斯特洞穴的分布。

##### 3 勘探应符合下列规定:

1) 勘探剖面应根据具体地质条件结合建筑物特点布置。选定的坝线应布置坝轴线勘探剖面和上下游辅助勘探剖面,剖面的间距根据坝高和地质条件可采用 50~100m。上游坝踵、下游坝趾、消能建筑物及泄流冲刷等部位应有勘探剖面控制。溢流坝段、非溢流坝段、厂房坝段、通航坝段、泄洪中心线部位等均应有代表性勘探纵剖面。

2) 坝轴线勘探剖面上的勘探点间距可采用 20~50m,其他勘探剖面上的勘探点间距可视具体需要和地质条件变化确定。

3) 钻孔深度应进入拟定建基面高程以下 1/3~1/2 坝高的深度,帷幕线上的钻孔深度可采用 1 倍坝高或进入相对隔水层不小于 10m。

4) 专门性钻孔的孔距、孔深可根据具体需要确定。当需要查明河床坝基顺河断层、缓倾角软弱结构面时可布置倾斜钻孔。

5) 平硐、竖井、大口径钻孔应结合建筑物位置、两岸地形地质条件和岩体原位测试工作的需要布置。高陡岸坡宜布置平硐,地形和地层平缓时宜布置竖井或大口径钻孔。

6) 当钻孔或平硐遇到溶洞或大量漏水时,应继续追索或采用其他手段查明情况。

##### 4 岩土试验应符合下列规定:

1) 各主要岩体(组)及控制性软弱夹层,应进行现场变形试验和抗剪试验,每一主要岩体(组)变形试验累计有效数



量不应少于6点,同一类型夹层抗剪试验累计有效组数不应少于4组。建基主要岩体(组)应进行混凝土/岩石接触面现场抗剪试验,每一主要岩体(组)累计有效组数不应少于4组。根据需要,进行室内岩石物理力学性质试验。

2) 根据需要可进行岩体应力测试和现场载荷等专门试验。

5 水文地质试验应符合下列规定:

1) 坝基、坝肩及帷幕线上的基岩钻孔应进行压水试验,其他部位的钻孔可根据需要确定。坝高大于200m时,宜进行大于设计水头的高压压水试验及为查明渗透各向异性的定向渗透试验。

2) 喀斯特区及为查明坝基集中渗漏带的渗流特征、连通情况,可根据需要进行地下水连通试验和抽水试验。

3) 强透水的破碎带可做专门的渗透试验和渗透变形试验。

4) 在水文地质条件复杂的坝址区,宜进行数值模拟等专题研究,分析建坝前后渗流场的变化,编制建坝前后的等水位(压)线图和流网图,为渗控处理设计提供依据。

5) 进行地下水和地表水水质分析。

6 地下水动态观测应符合下列规定:

1) 观测网点的布置应与地下水的流向平行和垂直。

2) 观测内容应包括水位、水温、水化学、流量或涌水量等。

3) 观测时间应延续一个水文年以上,并逐步完善观测网。

7 根据需要,对不稳定岩土体可逐步建立和完善监测网,监测网应由观测剖面 and 观测点组成。

8 土基上的混凝土闸坝坝址的勘察方法可参照土石坝和水闸的有关规定。

## 6.5 混凝土拱坝

6.5.1 混凝土拱坝(砌石拱坝)坝址的勘察内容除应符合本规范

第6.4.1条的规定外,还应包括下列内容:

1 查明坝址河谷形态、宽高比、两岸地形完整程度,评价建坝地形的适宜性。

2 查明与拱座岩体有关的岸坡卸荷、岩体风化、断裂、喀斯特洞穴及溶蚀裂隙、软弱层(带)、破碎带的分布与特征,确定拱座利用岩面和开挖深度,评价坝基和拱座岩体质量,提出处理建议。

3 查明与拱座岩体变形有关的断层、破碎带、软弱层(带)、喀斯特洞穴及溶蚀裂隙、风化、卸荷岩体的分布及工程地质特性,提出处理建议。

4 查明与拱座抗滑稳定有关的各类结构面,特别是底滑面、侧滑面的分布、性状、连通率,确定拱座抗滑稳定的边界条件,分析岩体变形与抗滑稳定的相互关系,提出处理建议。

5 查明拱肩槽及水垫塘两岸边坡的稳定条件,对影响边坡稳定的岩体风化、卸荷、断裂构造、喀斯特洞穴、软弱层(带)、水文地质等因素进行综合分析,并结合边坡地质结构,进行分区、分段稳定性评价,提出工程边坡开挖坡比和支护措施建议。

6 查明坝址区岩体应力状态,评价高应力对确定建基面、建基岩体力学特性和岩体稳定的影响。

7 查明水垫塘及二道坝的工程地质条件,并作出评价。

6.5.2 混凝土拱坝坝址的勘察方法除应符合本规范第6.4.2条的规定外,还应符合下列规定:

1 工程地质测绘应符合下列规定:

1) 工程地质测绘比例尺可选用1:1000,高拱坝和断裂构造复杂的坝址可选用1:500。

2) 工程地质测绘范围应包括坝址水工建筑物场地和对工程有影响的地段。

3) 对影响拱座和坝基岩体稳定的软弱层(带)、喀斯特洞穴、软弱结构面等,应根据地表露头,结合勘探揭露情况,确定分布范围、产状、规模、性状、连通率等要素,编制拱座

岩体稳定分析的纵横剖面图和不同高程的平切面图。

2 物探工作除应符合本规范第 6.4.2 条第 2 款的规定外,尚应在平硐、钻孔中采用声波、地震、电磁波等方法,探测岩体质量和地质缺陷。

3 勘探除应符合本规范第 6.4.2 条第 3 款的规定外,还应符合下列规定:

1) 两岸拱肩及抗力岩体部位勘探应以平硐为主,视地质条件复杂程度和坝高,宜每隔 30~50m 高差布设一层平硐,每层平硐的探测范围应能查明拱肩及上下游一定范围岩体的工程地质条件。平硐深度可根据岩体风化、卸荷、喀斯特发育、断裂、软弱(层)带等因素确定,控制性平硐长度不宜小于 1.5 倍坝高。

2) 影响拱座岩体稳定的控制性结构面、软弱(层)带、喀斯特洞穴等应布设专门平硐查明。

4 岩土试验除应符合本规范第 6.4.2 条第 4 款的规定外,还应符合下列规定:

1) 坝基及拱座各类持力岩体和对变形有影响的软弱(层)带均应布置原位变形试验,每一主要持力岩体或软弱(层)带累计有效数量不应少于 6 点,并建立岩体波速与变形模量的相关关系。

2) 原位抗剪和抗剪断试验应在分析研究岩体滑移模式的基础上进行,每一主要持力岩体和控制坝肩(基)岩体抗滑稳定的结构面,累计有效组数分别不应少于 4 组。

3) 对影响坝肩变形和稳定的主要软弱岩体(带)应进行流变试验。

4) 高地应力区坝高大于 200m 的拱坝坝址宜在不同高程、不同平硐深度进行岩体应力测试。

5 水文地质试验应符合本规范第 6.4.2 条第 5 款的规定。

6 地下水动态观测应符合本规范第 6.4.2 条第 6 款的规定。

7 对两岸边坡和不稳定岩土体应进行变形监测。

## 6.6 溢洪道

6.6.1 溢洪道勘察应包括下列内容:

1 查明溢洪道地段地层岩性,特别是软弱、膨胀、湿陷等工程性质不良岩土层和架空层的分布及工程地质特性。

2 查明溢洪道地段的断层、裂隙密集带、层间剪切带和缓倾角结构面等的性状及分布特征。

3 查明溢洪道地段岩体风化、卸荷的深度和程度,评价不同风化、卸荷带的工程地质特性。

4 查明地下水分布特征和岩土体透水性。

5 查明下游消能段、冲刷坑岩体结构特征和抗冲性能。

6 进行岩土体物理力学性质试验,提出有关物理力学参数。

7 评价泄洪闸基及控制段、泄槽段建筑物地基稳定性,以及溢洪道沿线边坡、下游消能冲刷区和泄洪雾雨区的边坡稳定性。

6.6.2 溢洪道的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘应符合下列规定:

1) 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000。地质条件复杂的泄洪闸和控制段、泄槽段建筑物场地及下游消能冲刷区,比例尺可选用 1:1000~1:500。

2) 地质条件复杂的边坡段应进行工程地质剖面测绘,比例尺可选用 1:1000~1:500。

3) 测绘范围包括引渠、控制段、泄槽段、消能段以及为论证溢洪道边坡稳定所需要的地段。

2 勘探应符合下列规定:

1) 不同工程地质分段可布置横向勘探剖面。

2) 泄洪闸、泄槽及消能等建筑物和地质条件复杂地段应布置勘探剖面。

3) 钻孔深度宜进入设计建基面高程以下 20~30m,泄洪闸

基钻孔深度应满足防渗要求,其他地段孔深视需要确定。

4) 根据需要泄洪闸边坡部位可布置平硐。

3 泄洪闸基及两侧帷幕区的钻孔应进行压水或注水试验。

4 控制泄洪闸基和边坡稳定的岩土与软弱夹层的室内物理力学性质试验累计有效组数不应少于 6 组。根据需要可进行原位变形和抗剪试验。

5 根据需要可进行地下水动态和不稳定岩土体位移变形观测。

## 6.7 地面厂房

6.7.1 地面厂房勘察应包括下列内容:

1 查明厂址区风化、卸荷深度,滑坡、泥石流、崩塌堆积、采空区和不稳定体等的分布、规模。

2 查明厂址区地层岩性,特别是软弱岩类、膨胀性岩类、易溶和喀斯特化岩层以及湿陷性土、膨胀土、软土、粉细砂、架空层等工程性质不良岩土层的分布及其工程地质特性。

厂址地基为可能地震液化土层时,应进行地震液化判别。

3 查明厂址区断层、破碎带、裂隙密集带、软弱结构面、缓倾角结构面的性状、分布、规模及组合关系。

4 查明厂址区水文地质条件和岩土体的透水性。估算基坑涌水量。

5 进行岩土体物理力学性质试验,提出有关物理力学参数。

6 评价厂房地基、边坡的稳定性及压力前池的渗漏和渗透稳定性。

6.7.2 地面厂房的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:1000~1:500。测绘范围应包括厂房及压力前池或调压井(塔)、压力管道、尾水渠、开关站等建筑物场地及周边地段。

2 勘探剖面应结合建筑物轴线布置。对建筑物安全有影响的边坡地段可布置钻孔和平硐。

3 厂房、调压井(塔)、压力管道地段,当地基为基岩时,勘探钻孔深度宜进入建基面以下 10~15m;当地基为第四纪沉积物时,勘探钻孔深度应根据持力层分布确定。压力前池勘探钻孔深度宜为 1~2 倍水深,黄土地区宜为 2~3 倍水深。

4 厂房和压力前池地段的钻孔应进行压水或抽水试验。

5 每一主要岩土层(组)室内试验累计有效组数不应少于 6 组。

6 厂房等建筑物场地为第四纪沉积物时,根据需要可进行地基承载力及土体动力参数的原位测试。

7 厂址区钻孔宜进行地下水动态观测,观测时间不得少于一个水文年。

8 对建筑物安全有影响的不稳定岩土体应布置位移观测。

## 6.8 地下厂房

6.8.1 地下厂房系统勘察应包括下列内容:

1 查明厂址区的地形地貌条件、沟谷发育情况,岩体风化、卸荷、滑坡、崩塌、变形体及泥石流等不良物理地质现象。

2 查明厂址区地层岩性、岩体结构,特别是松散、软弱、膨胀、易溶和喀斯特化岩层的分布。

3 查明厂址区岩层的产状、断层破碎带的位置、产状、规模、性状及裂隙发育特征,分析各类结构面的组合关系。

4 查明厂址区水文地质条件,含水层、隔水层、强透水带的分布及特征。可溶岩区应查明喀斯特水系统分布,预测掘进时发生突水(泥)的可能性,估算最大涌水量和对围岩稳定的影响,提出处理建议。

5 外水压力折减系数的确定应符合本规范附录 W 的规定。

6 进行岩体物理力学性质试验,提出有关物理力学参数。

7 进行原位地应力测试,分析地应力对围岩稳定的影响,预

测岩爆的可能性和强度,提出处理建议。

8 查明岩层中的有害气体或放射性元素的赋存情况。

9 对地下厂房系统应分别对顶拱、边墙、端墙、洞室交叉段等进行围岩工程地质分类。

10 根据厂址区的工程地质条件和围岩类型,提出地下厂房位置和轴线方向的建议,并对地下厂房、主变压器室、调压井(室)方案的边墙、顶拱、端墙进行稳定性评价。采用地面主变压器室和开敞式调压井时,应评价地基和边坡的稳定性。

6.8.2 地下厂房系统的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘应符合下列规定:

- 1) 复核可行性研究阶段厂址区工程地质图。
- 2) 厂址区工程地质测绘比例尺可选用 1:1000~1:500。

2 物探应符合本规范第 5.5.4 条第 2 款的规定。

3 勘探应符合下列规定:

- 1) 各建筑物地段应布置勘探剖面。
- 2) 勘探剖面上的钻孔深度可视地质复杂程度和洞室规模确定,深度宜进入设计洞底高程以下 10~30m。
- 3) 应在厂房系统布置纵、横方向平硐,硐深宜超过控制稳定的主要结构面。

4 岩土试验应符合下列规定:

- 1) 洞室主要围岩应进行岩体现场变形试验、抗剪断试验,试验组数视需要确定。当存在软岩时,可进行流变试验。
- 2) 洞室群区应进行岩体应力测试,测试孔、点应满足应力场分析需要。

5 水文地质试验应符合下列规定:

- 1) 勘探钻孔应根据需要进行压水试验。高压管道及气垫式调压室布置地段应进行高压压水试验,试验压力应超过内水水头或气垫压力。

2) 喀斯特水系统可进行地下水连通试验。

6 地下厂址区钻孔应进行地下水动态观测,观测时间不应少于一个水文年。

7 对建筑物安全有影响的不稳定边坡和岩土体应进行变形监测。

## 6.9 隧 洞

6.9.1 隧洞勘察应包括下列内容:

1 查明隧洞沿线的地形地貌条件和物理地质现象、过沟地段、傍山浅埋段和进出口边坡的稳定条件。

2 查明隧洞沿线的地层岩性,特别是松散、软弱、膨胀、易溶和喀斯特化岩层的分布。

3 查明隧洞沿线岩层产状、主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、规模、性状及其组合关系。隧洞穿过活断层时应进行专门研究。

4 查明隧洞沿线的地下水位、水温和水化学成分,特别要查明涌水量丰富的含水层、汇水构造、强透水带以及与地表溪沟连通的断层、破碎带、节理裂隙密集带和喀斯特通道,预测掘进时突水(泥)的可能性,估算最大涌水量,提出处理建议。提出外水压力折减系数。

5 可溶岩区应查明隧洞沿线的喀斯特发育规律、主要洞穴的发育层位、规模、充填情况和富水性。洞线穿越大的喀斯特水系统或喀斯特洼地时应进行专门研究。

6 查明隧洞进出口边坡的地质结构、岩体风化、卸荷特征,评价边坡的稳定性,提出开挖处理建议。

7 提出各类岩体的物理力学参数。结合工程地质条件进行围岩工程地质分类。

8 查明过沟谷浅埋隧洞上覆岩土层的类型、厚度及工程特性,岩土体的含水特性和渗透性,评价围岩的稳定性。

9 对于跨度较大的隧洞尚应查明主要软弱结构面的分布和组合情况,并结合岩体应力评价顶拱、边墙和洞室交叉段岩体的稳定性。

10 查明压力管道地段上覆岩体厚度和岩体应力状态,高水头压力管道地段尚应调查上覆山体的稳定性、侧向边坡的稳定性、岩体的地质结构特征和高压水渗透特性。

11 查明岩层中有害气体或放射性元素的赋存情况。

6.9.2 隧洞的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘应符合下列规定:

- 1) 复核可行性研究阶段的工程地质图。
- 2) 隧洞进出口、傍山浅埋段、过沟段及穿过喀斯特水系统、喀斯特洼地等地质条件复杂的洞段,应进行专门性工程地质测绘或调查,比例尺可选用 1:2000~1:1000。
- 3) 根据地质条件与需要,局部地段可进行比例尺 1:500 的工程地质测绘。

2 物探应符合本规范第 5.5.4 条第 2 款的规定。

3 勘探应符合下列规定:

- 1) 进出口及各建筑物地段应布置勘探剖面。
- 2) 勘探剖面上的钻孔深度应深入洞底 10~20m,从洞顶以上 5 倍洞径处起始,以下孔段均应进行压水试验。
- 3) 隧洞进出口宜布置平硐。

4 岩土试验应符合下列规定:

- 1) 每一类岩土室内物理力学性质试验累计有效组数不应少于 6 组。
- 2) 大跨度隧洞应进行岩体变形模量、弹性抗力系数、岩体应力测试等。

5 高水头压力管道地段宜进行高压压水试验。

6 隧洞沿线的钻孔宜进行地下水动态观测,观测时间不应少于一个水文年。喀斯特发育区应进行连通试验及地表、地下水径

流观测。

7 进行地温、有害气体和放射性元素探测。

8 对建筑物安全有影响的不稳定边坡和岩土体应进行变形监测。

## 6.10 导流明渠及围堰工程

6.10.1 导流明渠及围堰工程勘察应包括下列内容:

1 查明导流明渠和围堰布置地段的地形条件。

2 查明地层岩性特征。基岩区应查明软弱岩层、喀斯特化岩层的分布及其工程地质特性;第四纪沉积物应查明其厚度、物质组成,特别是软土、粉细砂、湿陷性黄土和架空层的分布及其工程地质特性。

3 查明主要断层、破碎带、裂隙密集带、缓倾角结构面的性状、规模、分布特征。

4 查明围堰堰基含水层、相对隔水层的分布及岩土体渗透性、渗透稳定性。

5 进行岩体物理力学性质试验,提出有关物理力学参数。提出导流明渠岩土体抗冲流速。

6 评价堰基稳定性、导流明渠和围堰开挖边坡稳定性及导流明渠岩土体抗冲刷性。

6.10.2 导流明渠及围堰工程的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘范围应包括明渠、围堰及其两侧各 100~200m 地段,为论证边坡稳定性可适当扩大范围。比例尺宜选用 1:2000~1:1000。

2 勘探剖面应沿导流明渠和围堰中心线布置。围堰上、下游可根据需要布置辅助勘探剖面,导流明渠边坡可布置专门性勘探。

3 勘探方法视地质条件复杂程度宜采用物探、坑槽探、钻探。勘探点间距视需要确定。

4 围堰地基为基岩时,钻孔深度宜为堰高的 1/3。围堰地基

为第四纪沉积物时,当下伏基岩埋深小于堰高,钻孔深度进入基岩不宜小于10m;当下伏基岩埋深大于堰高,钻孔深度宜进入相对隔水层或基岩面以下5m。

5 根据需要可进行钻孔抽水试验。

6 每一主要岩土层(组)室内物理力学性质试验累计有效组数不宜少于6组。特殊性土应进行专门试验。当地质条件简单时,可采用工程地质类比法确定工程地质参数。

7 围堰地基为第四纪沉积物时应进行标准贯入、静力触探、动力触探、十字板剪切等原位测试。

### 6.11 通航建筑物

6.11.1 通航建筑物的工程地质勘察应包括下列内容:

1 查明引航道、升船机、船闸闸首、闸室、闸墙等的地基、边坡的水文地质、工程地质条件。

2 岩基上的通航建筑物应查明软岩、断层、层间剪切带、主要裂隙及其组合与地基、边坡的关系,提出岩土体的物理力学性质参数,评价地基、开挖边坡的稳定性。

3 土基上的通航建筑物应对地基的沉陷、湿陷、抗滑稳定、渗透变形、地震液化等问题作出评价。

6.11.2 通航建筑物的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用1:2000~1:1000。

2 工程地质测绘范围应包括整个通航建筑物及对工程有影响的地段。

3 可采用物探综合测试、孔内电视、孔间穿透等方法进行覆盖层的分层,探测喀斯特洞穴、溶蚀裂隙带的分布与规模,测定土层的密度和岩土体的纵波波速;根据需要可采用跨孔法测定横波波速,确定动剪切模量。

4 勘探剖面应结合建筑物布置。基岩地基钻孔深度应进入闸底板以下10~30m或弱风化岩顶面以下5~10m。覆盖层地基

钻孔深度宜结合建筑物规模确定。

5 对通航建筑物安全有影响的边坡应布置勘探剖面,钻孔深度可根据需要确定。

6 岩土物理力学性质试验应根据建筑物或工程地质分段进行,每一主要土层的物理力学性质试验组数累计有效组数不应少于12组,每一主要岩石(组)室内物理力学性质试验组数累计有效组数不应少于6组。根据需要可进行土层原位测试。

7 建筑物基坑的钻孔应进行抽水试验或压(注)水试验。

8 建筑物区应进行地下水动态观测,并应符合本规范第6.4.2条第6款的规定;对建筑物安全有影响的不稳定边坡和岩土体应进行变形监测。

### 6.12 边坡工程

6.12.1 边坡工程地质勘察应包括以下内容:

1 查明边坡工程区地形地貌、地层岩性、地质构造、地下水特征及边坡稳定性现状。

2 岩质边坡尚应查明岩体结构类型,风化、卸荷特征,各类结构面和软弱层的类型、产状、分布、性质及其组合关系,分析对边坡稳定的影响。

3 土质边坡尚应查明土体结构类型及分布特征。

4 查明岩土体及结构面的物理力学性质。

5 对工程运行前后开挖边坡和自然边坡的变形破坏形式和稳定性进行分析评价。

6 提出工程处理措施和变形监测的建议。

6.12.2 边坡工程的勘察方法应符合下列规定:

1 边坡工程地质勘察宜结合建筑物勘察进行。对于重要边坡、高边坡和地质条件复杂边坡,应进行专门性边坡工程地质勘察。

2 测绘比例尺宜选用1:2000~1:500,测绘范围应包括可

能对边坡稳定有影响的地段。

3 物探工作可根据需要布置。

4 边坡工程勘探应符合下列规定：

- 1) 勘探剖面应垂直边坡走向布置,剖面的长度应大于稳定分析的范围。剖面间距宜选用 50~200m,且不应少于 2 条。
- 2) 每条勘探剖面上勘探点不应少于 3 个,当遇到软弱层或不利结构面时应适当增加。勘探点间距宜为 50~200m。
- 3) 钻孔深度应穿过可能的滑移面、变形岩体等,进入稳定岩体不小于 10m。
- 4) 应根据地形条件和边坡变形破坏特征布置竖井或平硐。
- 5) 勘探工程的布置应满足测试、试验和监测的要求。

5 试验应符合下列规定：

- 1) 对控制土质边坡稳定的土层的室内物理力学试验,每层试验累计有效组数不应少于 12 组。
- 2) 对控制岩质边坡稳定的软弱结构面,应进行现场原位抗剪试验,试验累计有效组数不宜少于 4 组。
- 3) 对特殊岩土体组成的边坡,可进行针对性的试验。

6 应进行地下水长期观测,必要时应进行边坡变形的位移监测。

### 6.13 渠道及渠系建筑物

6.13.1 渠道勘察应包括下列内容：

1 查明渠道沿线地层岩性,重点是粉细砂、湿陷性黄土、膨胀土(岩)等工程性质不良岩土层的分布和性状。

2 查明渠道沿线冲洪积扇、滑坡、崩塌、泥石流、新生冲沟、喀斯特等的分布、规模和稳定条件,并评价其对渠道的影响。对于沙漠地区渠道,还应查明移动沙丘及植被的分布等情况。

3 查明渠道沿线含水层和隔水层的分布,地下水补排关系和

水位,特别是强透水层和承压含水层等对渠道渗漏、涌水、渗透稳定、浸没、沼泽化、湿陷等的影响以及对环境水文地质条件的影响。

4 查明渠道沿线地下采空区和隐藏喀斯特洞穴塌陷等形成的地表移动盆地,地震塌陷区的分布范围、规模和稳定状况,并评价其对渠道的影响。对于穿越城镇、工矿区的渠段,还应探明地下构筑物及地下管线的分布。

5 查明傍山渠道沿线不稳定山坡的类型、范围、规模等,评价其对渠道的影响。

6 查明深挖方和高填方渠段渠坡和地基岩土性质与物理力学参数及其承载能力,评价其稳定性。

7 进行渠道工程地质分段,提出各段岩土体的物理力学参数和开挖渠坡坡比建议值,进行工程地质评价,并提出工程处理措施建议。

6.13.2 渡槽勘察除应符合本规范第 6.13.1 条的有关规定外,尚应包括下列内容：

1 查明渡槽跨越地段岸坡的稳定性。

2 查明渡槽桩基或墩基可供选择的持力层的埋藏深度、厚度及其岩性变化,岩土体的强度等。

3 提出渡槽桩基或墩基相关的岩土体物理力学参数,并作出工程地质评价。

6.13.3 倒虹吸勘察除应符合本规范第 6.13.1 条的有关规定外,尚应包括下列内容：

1 查明倒虹吸跨越地段岸坡的稳定性。

2 查明强透水层和承压含水层的埋藏条件,评价基坑涌水、涌砂、渗透变形的可能性及其对工程的影响,提出排水措施建议。

3 查明基础可供选择的持力层的埋藏深度、厚度及其岩性变化,岩土体的强度等。

4 提出倒虹吸基础开挖所需的岩土体物理力学参数、基坑开挖坡比建议值,并对基坑稳定作出工程地质评价。

5 倒虹吸的围堰工程勘察内容应符合本规范第 6.10.1 条的规定。

6.13.4 渠道与渠系建筑物的勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘应符合下列规定：

1) 工程地质测绘比例尺：渠道可选用 1:5000~1:1000，渠系建筑物可选用 1:2000~1:500。

2) 工程地质测绘范围应包括渠道两侧各 200~1000m 地带，当有局部线路调整、弃土场、移民等要求时，可适当加宽；渠系建筑物测绘范围应包括建筑物边界线外 200~300m 地带，并应包括有配套建筑物和设计施工要求的地段。

2 宜采用物探方法探测覆盖层厚度、岩体风化程度、地下水位、古河道、隐伏断层、喀斯特洞穴、地下采空区、地下构筑物 and 地下管线等。

3 勘探应符合下列规定：

1) 渠道中心线应布置勘探剖面，勘探点间距 200~500m；各工程地质单元(段)均应布置勘探横剖面，横剖面间距宜为渠道中心线钻孔间距的 2~3 倍，横剖面长不宜小于渠顶开口宽度的 2~3 倍，每条横剖面上的勘探点数不应少于 3 点。钻孔深度宜进入渠道底板下 5~10m。

2) 渠系建筑物应布置纵横勘探剖面，钻孔应结合建筑物基础形式布置。采用桩(墩)基的渡槽，每个桩(墩)位至少应有 1 个钻孔，桩基孔深应进入桩端以下 5m，墩基孔深宜进入墩基以下 10~20m；倒虹吸轴线钻孔间距宜为 50~100m，横剖面间距宜为轴线钻孔间距的 2~4 倍，钻孔深度宜进入建筑物底板下 10~20m。遇软土、喀斯特发育的可溶岩等时，钻孔应适当加深。

4 岩土试验应符合下列规定：

1) 渠道每一工程地质单元(段)和渠系建筑物地基，每一岩

土层均应取原状样进行室内物理力学性质试验。每一主要岩土层试验累计有效组数不应少于 12 组。

2) 各土层应结合钻探选择适宜的原位测试方法。

3) 特殊性岩土应取样进行特殊性试验。

5 水文地质试验应符合下列规定：

1) 可能存在渗漏、基坑涌水问题的渠段，应进行抽(注)水试验。对于强透(含)水层，抽(注)水试验不应少于 3 段。

2) 渠道底部和建筑物岩石地基应进行钻孔压水试验。

3) 根据需要可布置地下水动态观测。

6 对渠道沿线的地下采空区，应充分收集矿区开采资料；调查地表移动盆地的分布范围、规模、变形发展与稳定情况，根据需要可进行勘探验证和布置变形监测网。

## 6.14 水闸及泵站

6.14.1 水闸及泵站勘察应包括以下内容：

1 查明水闸及泵站场址区的地层岩性，重点查明软土、膨胀土、湿陷性黄土、粉细砂、红黏土、冻土、石膏等工程性质不良岩土层的分布范围、性状和物理力学性质，基岩埋藏较浅时应调查基岩面的倾斜和起伏情况。

2 查明场址区的地质构造和岩体结构，重点是断层、破碎带、软弱夹层和节理裂隙发育规律及其组合关系。

3 查明场址区滑坡、潜在不稳定岩体以及泥石流等物理地质现象。

4 查明场址区的水文地质条件和岩土体的透水性。

5 评价地基和边坡的稳定性及渗透变形条件。

6.14.2 水闸及泵站的勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:500。

2 勘探剖面应根据具体地质条件结合建筑物特点布置，并应符合下列规定：



1)对于水闸,应在闸轴线及其上、下游,防冲消能段、导(翼)墙等部位布置勘探剖面。剖面上钻孔间距可为20~50m。

2)对于泵站,应结合泵房轴线、进水池、出水管道、出水池等建筑物布置勘探剖面。泵房基础剖面上钻孔间距不应大于50m,其他建筑物基础剖面钻孔间距可适当放宽。

3)对水闸、泵站安全有影响的边坡应布置勘探剖面。

**3** 勘探剖面上钻孔应结合建筑物进行布置,钻孔深度宜根据覆盖层厚度及建基面高程确定,并符合下列规定:

1)当覆盖层厚度小于建筑物底宽时,钻孔深度应进入基岩5~10m。

2)当覆盖层厚度大于建筑物底宽时,钻孔深度宜为建筑物底宽的1~2倍,并应进入下伏承载力较高的土层或相对隔水层。

3)当建筑物地基为基岩时,钻孔深度宜进入建基面下10~15m或根据帷幕设计深度确定。

4)专门性钻孔的孔距、孔深可根据具体需要确定。

**4** 分层取原状土样进行物理力学性质试验及渗透试验,建筑物地基每一主要土层室内试验累计有效组数不宜少于12组;对于重要建筑物地基,应进行三轴试验,每一主要土层试验累计有效组数不宜少于6组;特殊土的特殊试验项目,应根据土层分布情况确定,每一土层试验累计有效组数不宜少于6组。当建筑物地基为基岩时,每一主要岩石(组)室内试验累计有效组数不宜少于6组。

**5** 根据土层类别选择合适的原位试验方法。动力触探(标准贯入)试验、十字板剪切试验累计有效数量不宜少于12段(点),静力触探试验孔累计有效数量不宜少于6孔。根据需要可进行原位载荷试验、可能地震液化土的三轴振动试验等专门性试验工作。当需要进行现场变形和抗剪试验时,试验组数各不宜少于2组。

**6** 建筑物渗控剖面上的钻孔应进行压(注)水或抽水试验。

**7** 建筑物渗控剖面的钻孔应进行地下水动态观测,其要求应

符合本规范第6.4.2条第6款的规定;对于建筑物区附近潜在不稳定边坡及岩土体,应进行变形监测。

## 6.15 深埋长隧洞

**6.15.1** 深埋长隧洞勘察除应符合本规范第6.9.1条的有关规定外,尚应包括下列内容:

1 基本查明可能产生高外水压力、突涌水(泥)的水文地质、工程地质条件。

2 基本查明可能产生围岩较大变形的岩组及大断裂破碎带的分布及特征。

3 基本查明地应力特征,并判别产生岩爆的可能性。

4 基本查明地温分布特征。

5 基本确定地质超前预报方法。

6 对存在的主要水文地质、工程地质问题进行评价。

**6.15.2** 深埋长隧洞进出口及浅埋段的勘察方法应符合本规范第6.9.2条的有关规定。

**6.15.3** 深埋段的勘察方法应符合下列规定:

1 复核可行性研究阶段工程地质测绘成果。

2 宜采用综合方法对可行性研究阶段探测的断裂带、储水构造、喀斯特等进行验证。

3 宜选择合适位置布置深孔或平硐,进一步测定地应力、地温、地下水位、岩体渗透性、波速、有害气体和放射性元素等;进行岩石物理力学性质试验。

## 6.16 堤防工程

**6.16.1** 堤防工程勘察应包括下列内容:

1 查明新建和已建堤防加固工程沿线的水文地质、工程地质条件。

2 查明已建堤防加固工程堤身和堤基的历史险情和隐患的

类型、规模、危害程度和抢险处理措施及其效果,并分析其成因和危害程度,提出相应处理措施的建议。

3 对堤基进行工程地质分段评价,并对堤基抗滑稳定、沉降变形、渗透变形和抗冲能力等工程地质问题作出评价。

4 预测新建堤防工程挡水或已建堤防采取垂直防渗措施后,堤基及堤内相关地段水文地质、工程地质条件的变化,并提出相应处理措施的建议。

5 查明涵闸地基的水文地质、工程地质条件,对存在的主要工程地质问题进行评价,对加固、扩建、改建涵闸工程与地质有关的险情隐患提出处理措施的建议。

6 查明堤岸防护段的水文地质、工程地质条件,结合护坡方案评价堤岸的稳定性。

#### 6.16.2 堤防工程的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:2000。新建堤防测绘范围为堤线两侧各 500~1000m,已建堤防为堤线两侧各 300~1000m,并应包括各类险情分布范围。

2 勘探纵剖面沿堤线布置,钻孔间距宜为 100~500m;横剖面垂直堤线布置,间距宜为纵剖面上钻孔间距的 2~4 倍,孔距宜为 20~200m。钻孔进入堤基深度宜为堤身高度的 1.5~2.0 倍。

3 应取样进行物理力学性质试验及渗透试验。每一工程地质单元各主要土(岩)层的室内试验累计有效组数均不应少于 12 组。

### 6.17 灌区工程

6.17.1 灌区的工程地质勘察内容应符合本规范第 6.13.1~6.13.3 条的规定。

6.17.2 灌区的工程地质勘察方法应符合下列规定:

1 渠道纵横断面工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:2000;建筑物场地平面工程地质测绘比例尺可选用 1:1000~

1:500,测绘范围应包括各比选方案渠系建筑物及其配套建筑物布置地段。

2 开展物探工作,探测地层结构、覆盖层厚度等。

3 渠线勘察以钻孔、坑探为主,沿渠线的勘探点间距宜为 200~500m,勘探深度宜进入渠底高程以下不小于 5m,控制性钻孔孔深根据需要确定;建筑物场地钻孔应结合建筑物基础形式布置,控制性钻孔深度应能揭穿主要持力层。

4 岩土物理力学性质试验应以室内试验和现场原位测试相结合,每一工程地质分段各主要岩土层试验累计有效组数均不少于 12 组,特殊性岩土应根据其特性进行专门性试验。

5 根据需要可进行抽水、压水、注水试验和地下水动态观测等。

#### 6.17.3 灌区水文地质勘察应包括下列内容:

1 查明与灌区建设有关的环境水文地质问题。

2 查明土壤盐渍化的类型、程度及其分布特征。

3 查明土壤改良的水文地质条件,提出防治土壤盐渍化、沼泽化的地质建议。

4 当采用地下水作为灌溉水源时,应建立数值模型,预测不同开采条件下的地下水水位、水量、水质的变化,计算和评价补给量,确定允许开采量。提出地下水水源保护措施。

#### 6.17.4 灌区的水文地质勘察方法应符合下列规定:

1 水文地质测绘比例尺可选用 1:10000。

2 进行物探工作,调查主要含水层和隔水层界限。

3 地下水源地勘探以水文地质钻孔为主,土壤改良水文地质勘探以浅孔和试坑为主,坑、孔数量应根据水文地质复杂程度合理确定。

4 进行水文地质试验及地下水动态观测工作。

### 6.18 河道整治工程

#### 6.18.1 护岸工程勘察应包括下列内容:

1 调查工程区的岸坡形态、坡度、滩地宽度和近年河底形态及冲淤变化情况,古河道、冲沟、渊塘等的分布与规模。

2 查明工程区崩塌、滑坡等的分布与规模,并对岸坡的稳定性及其对堤防工程稳定性的影响分段进行工程地质评价。

3 调查工程区坍岸险情的发生经过、原因及抢险处理措施与效果。

4 查明工程区的地层岩性,重点是软土、粉细砂等土层的分布厚度及其变化情况。

5 查明工程区含水层和隔水层的分布、地下水位。

6 提出护岸工程岸坡土层的物理力学参数和护岸坡比建议值,并评价其稳定性。

#### 6.18.2 护岸工程的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000,测绘范围可根据需要确定。

2 顺河流方向沿岸肩布置勘探纵剖面,钻孔间距宜为 200~500m;垂直岸线的横剖面间距宜为纵剖面钻孔间距的 2~4 倍,横剖面上钻孔宜为 3 个(水上 1 个)。钻孔深度进入深泓底以下不宜少于 10m。

3 应取样进行物理力学性质试验,每一主要岩土层试验累计有效组数不宜少于 12 组。

4 应进行地表水、地下水的水质分析及评价。

#### 6.18.3 裁弯工程勘察应包括下列内容:

1 查明工程区的地形地貌特征,河道弯曲形态。

2 查明工程区地层岩性和土体结构。

3 查明工程区含水层和隔水层的分布,地下水位及其变化。

4 进行工程地质分段评价。

5 提出工程区各土层物理力学参数、抗冲性能及疏浚土的类别。对裁弯取直新河道岸坡的稳定性进行评价。

#### 6.18.4 裁弯工程的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000,测绘范围应满足设计、施工的需要。

2 裁弯工程中心线应布置勘探纵剖面,钻孔间距宜为 100~500m;垂直岸线的横剖面间距宜为纵剖面钻孔间距的 2~4 倍,横剖面上钻孔不宜少于 3 个,剖面长度为新开河道开口宽度的 1.5~2.0 倍。钻孔深度宜进入设计新开河道底板以下不小于 10m。

3 应取样进行物理力学性质试验,并应进行崩解试验和抗冲试验。每一主要岩土层试验累计有效组数不宜少于 12 组。

#### 6.18.5 丁坝、顺直坝和潜坝勘察应包括下列内容:

1 查明工程区岸坡和近岸河底的地形地貌形态及其稳定性。

2 查明工程区各地层岩性、土体结构及其工程地质性质。

3 提出各土层的物理力学参数及允许承载力等指标,并对坝基稳定性进行工程地质评价。

#### 6.18.6 丁坝、顺直坝和潜坝的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘应根据工程区的具体条件及需要确定,测绘比例尺可选用 1:1000~1:500。

2 沿坝轴线布置勘探纵剖面,钻孔间距宜为 100~200m。钻孔深度宜为坝高的 1.0~1.5 倍,当河流冲刷深度较大或有软土分布时,孔深应加大。

3 应取样进行物理力学性质试验,每一主要岩土层试验累计有效组数不宜少于 6 组。

4 宜进行标准贯入试验等原位测试,软土宜进行十字板剪切试验。

### 6.19 移民新址

6.19.1 初步设计阶段移民新址工程地质勘察应在可行性研究阶段工程地质勘察的基础上进行,为选定新址提供地质依据。

### 6.19.2 移民新址工程地质勘察应包括下列内容:

1 查明对新址区整体稳定性有影响的地质结构及特殊岩(土)体的分布、微地貌及不同坡度场地的分布情况。

2 查明新址区及外围滑坡、崩塌、危岩、冲沟、泥石流、坍岸、喀斯特等不良地质现象的分布范围及规模,分析其对新址区场地稳定性的影响。

3 查明生产、生活用水水源、水量、水质及开采条件。

4 进行新址区场地稳定性、建筑适宜性评价。

### 6.19.3 移民新址的工程地质勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:500,范围包括新址区及对新址区场地稳定性评价有影响的地区。

2 复核新址区地形坡度分区和统计面积。

3 针对新址区工程地质与环境地质问题布置勘探工作。

4 新址区应布置控制性勘探剖面,勘探剖面间距山区宜为 100~300m,平原区宜为 300~500m,勘探点间距不宜大于 150m,每条勘探剖面上钻孔数不宜少于 3 个,孔深应根据任务要求和岩土条件确定。对工程地质条件复杂或县级以上新址应增加勘探剖面;对于平原区乡镇以下新址,勘探剖面可适当减少。

5 应进行岩土体室内试验和原位测试,每一主要岩土层试验累计有效组数不宜少于 12 组。

6 应对生产、生活用水水源、水质进行复核。

## 6.20 天然建筑材料

6.20.1 应对工程所需各类天然建筑材料进行详查。

6.20.2 详细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。

6.20.3 详查储量与实际储量的误差应不超过 15%,详查储量不得少于设计需要量的 2 倍。

## 6.21 勘察报告

6.21.1 初步设计阶段工程地质勘察报告正文应包括绪言、区域地质概况、工程区及建筑物工程地质条件、天然建筑材料、结论与建议等。

6.21.2 绪言应包括下列内容:

1 工程位置、工程主要指标、主要建筑物的布置方案。

2 可行性研究阶段工程地质勘察主要结论及审查、评估意见。

3 本阶段工程地质勘察工作概况,历次完成的工作项目和工作量。

6.21.3 区域地质概况应包括下列内容:

1 区域基本地质条件。

2 可行性研究阶段区域构造稳定性的结论和地震动参数。

3 区域构造稳定性复核工作及结论。

6.21.4 水库区工程地质条件应包括下列内容:

1 基本地质条件。

2 水库渗漏的性质、途径和范围,渗漏量及处理措施建议。

3 水库浸没的范围,严重程度分区及防治措施建议。

4 库岸不稳定体及坍岸的范围、边界条件、稳定性和危害程度,处理措施建议。

5 水库诱发地震类型、位置、震级上限,对工程和环境的影响,监测方案总体情况。

6.21.5 大坝及其他枢纽建筑物的工程地质条件应包括下列内容:

1 坝址工程地质条件应包括地质概况,各比选坝线的工程地质条件及存在的问题,坝线比选的地质意见,选定坝线与坝型的工程地质条件、防渗条件、坝基岩体分类、坝基坝肩稳定、物理力学参数及工程处理措施建议等。

2 引水隧洞、泄洪隧洞工程地质条件应包括进出口边坡,隧洞工程地质条件分段及说明,围岩工程地质分类和工程地质问题评价及处理建议。

3 厂址工程地质条件应包括厂区工程地质条件,调压井(塔)或压力前池、地下压力管道或明管、地面(地下)厂房、尾水渠(洞)的工程地质条件,地下洞室围岩分类,主要工程地质问题评价与建议。

4 溢洪道、通航建筑物和导流工程等工程地质条件及工程地质问题评价。

6.21.6 边坡工程地质条件应包括基本地质条件,主要节理、裂隙及断层等结构面分布及组合关系,边坡稳定分析的边界条件和物理力学参数,边坡稳定性及工程处理措施建议等。

6.21.7 引调水工程的工程地质条件应包括基本地质条件,渠道(管涵)、隧洞、渠系建筑物的工程地质条件、物理力学参数、主要工程地质问题评价及处理措施建议。

6.21.8 水闸及泵站工程地质条件应包括基本地质条件,物理力学参数,主要工程地质问题评价及处理措施建议。

6.21.9 堤防工程地质条件应包括基本地质条件,已建堤防堤身质量情况,堤基、穿堤建筑物及堤岸工程地质条件,物理力学参数,主要工程地质问题评价及处理措施建议。

6.21.10 灌区工程地质条件应包括基本地质条件,地下水源水文地质条件,灌区水文地质条件,渠道及渠系建筑物工程地质条件,物理力学参数,主要水文地质、工程地质问题评价及处理措施建议。

6.21.11 河道整治工程地质条件应包括基本地质条件,护岸、裁弯取直、疏浚及有关建筑物的工程地质条件,物理力学参数,主要工程地质问题评价及处理措施建议。

6.21.12 天然建筑材料编写内容应包括设计需求量,各料场位置及地形地质条件,勘探和取样,储量和质量,开采和运输条件等。

6.21.13 结论和建议应包括主要工程地质结论,下阶段勘察工作的建议。

6.21.14 移民新址工程地质勘察报告编写应符合下列规定:

1 移民新址工程地质勘察报告应包括绪言,区域地质概况,场地工程地质条件,主要工程地质与环境地质问题,生产及生活水源,场地稳定性和建筑适宜性评价,结论与建议。

2 报告附图宜包括移民新址综合地质图及地质剖面图等。

## 7 招标设计阶段工程地质勘察

### 7.1 一般规定

7.1.1 招标设计阶段工程地质勘察应在审查批准的初步设计报告基础上,复核初步设计阶段的地质资料与结论,查明遗留的工程地质问题,为完善和优化设计及编制招标文件提供地质资料。

7.1.2 招标设计阶段工程地质勘察应包括下列内容:

- 1 复核初步设计阶段的主要勘察成果。
- 2 查明初步设计阶段遗留的工程地质问题。
- 3 查明初步设计阶段工程地质勘察报告审查中提出的工程地质问题。
- 4 提供与优化设计有关的工程地质资料。

### 7.2 工程地质复核与勘察

7.2.1 工程地质复核应包括下列主要内容:

- 1 水库工程地质条件及结论。
- 2 建筑物工程地质条件及结论。
- 3 主要临时建筑物工程地质条件及结论。
- 4 天然建筑材料的储量、质量及开采运输条件。

7.2.2 工程地质复核方法应符合下列规定:

- 1 分析研究初步设计阶段工程地质勘察成果和审查意见。
- 2 补充收集水库区及附近地区地震资料,进一步分析研究水库区地震活动特征或诱震条件,复核可能发生水库诱发地震库段的发震地段和强度。

3 提出实施台网建设建议,编制水库诱发地震监测台网招标文件。

4 对边坡、地下水等的观(监)测成果做进一步分析。

7.2.3 工程地质勘察应包括下列主要内容:

- 1 水库及建筑物区尚需研究的工程地质问题。
- 2 施工组织设计需要研究的工程地质问题。
- 3 当料场条件发生变化或需要开辟新的料场时,应对天然建筑材料进行复查或补充勘察。

7.2.4 工程地质勘察方法应符合下列规定:

- 1 勘察方法和勘察工作量应根据地质问题的复杂程度确定。
- 2 根据具体情况补充地质测绘、勘探与试验工作。
- 3 分析和利用各种监测与观测资料。
- 4 天然建筑材料的复查或补充勘察的方法,应针对具体问题选择。

### 7.3 勘察报告

7.3.1 根据需要编制单项或总体招标设计阶段工程地质勘察报告。

7.3.2 单项工程地质勘察报告应包括绪言、地质概况、工程地质条件及评价、结论。

7.3.3 招标设计阶段工程地质勘察报告内容应包括概述、水库工程地质、水工建筑物工程地质、临时建筑物工程地质、天然建筑材料及结论与建议。

## 8 施工详图设计阶段工程地质勘察

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 施工详图设计阶段工程地质勘察应在招标设计阶段基础上,检验、核定前期勘察的地质资料与结论,补充论证专门性工程地质问题,进行施工地质工作,为施工详图设计、优化设计、建设实施、竣工验收等提供工程地质资料。

**8.1.2** 施工详图设计阶段工程地质勘察应包括下列内容:

- 1 对招标设计报告评审中要求补充论证的和施工中出现的工程地质问题进行勘察。
- 2 水库蓄水过程中可能出现的专门性工程地质问题。
- 3 优化设计所需的专门性工程地质勘察。
- 4 进行施工地质工作,检验、核定前期勘察成果。
- 5 提出对工程地质问题处理措施的建议。
- 6 提出施工期和运行期工程地质监测内容、布置方案和技术要求的建议。

### 8.2 专门性工程地质勘察

**8.2.1** 专门性工程地质勘察应针对确定的工程地质问题进行,其勘察内容应根据具体情况确定。

**8.2.2** 专门性工程地质勘察宜包括下列内容:

- 1 施工期和水库蓄水过程中,当震情发生变化时,应收集和分析台网监测资料,对发震库段进行地震地质补充调查,鉴定地震类型,增设流动台站进行强化监测,预测水库诱发地震的发展趋势。
- 2 当建筑物地基、地下洞室围岩及开挖边坡出现新的地质问

题,导致建筑物设计条件发生变化时,应进一步查明其水文地质、工程地质条件,复核岩土体物理力学参数,评价其影响,提出处理建议。

**8.2.3** 当料场情况发生变化时需开辟料场时,应查明或复查天然建筑材料的储量、质量及开采条件。

**8.2.4** 专门性工程地质的勘察方法应符合下列规定:

- 1 勘察方法、勘察布置和工作量应根据地质问题的复杂性、已经完成的勘察工作和场地条件等因素确定。
- 2 应利用施工开挖条件,收集地质资料。
- 3 充分分析和利用各种监测与观测资料。
- 4 当设计方案有较大变化或施工中出现新的地质问题时,应进行工程地质测绘,布置专门的勘探和试验。

### 8.3 施工地质

**8.3.1** 施工地质应包括下列内容:

- 1 收集建筑物场地在施工过程中揭露的地质现象,检验前期的勘察资料。
- 2 编录和测绘建筑物基坑、工程边坡、地下建筑物围岩的地质现象。
- 3 进行地质观测和预报可能出现的地质问题。
- 4 进行地基、围岩、工程边坡加固和工程地质问题处理措施的研究,提出优化设计和施工方案的地质建议。
- 5 提出专门性工程地质问题专项勘察建议。
- 6 进行地基、边坡、围岩等的岩体质量评价,参与与地质有关的工程验收。
- 7 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。
- 8 渗控工程、水库、建筑材料等的施工地质工作内容应根据具体情况确定。

8.3.2 施工地质方法应符合下列规定:

- 1 地质巡视,编写施工日志和简报。
- 2 采用观察、素描、实测、摄影、录像等手段编录和测绘施工揭露的地质现象。
- 3 根据需要采用波速、点荷载强度、回弹值等测试方法鉴定岩体质量。
- 4 根据需要复核岩土体物理力学性质。

8.3.3 施工地质资料应及时进行分类整编,分阶段编制施工地质技术成果。

#### 8.4 勘察报告

8.4.1 专门性工程地质勘察报告内容应根据工程实际需要确定。针对单项工程或建筑物的勘察报告正文可包括绪言、地质概况、分段工程地质条件、主要工程地质问题分析与评价、地质结论和建议。

8.4.2 竣工地质报告和安全鉴定自检报告正文应包括工程的主要工程地质条件、前期勘察的工程地质结论,各建筑物场地施工开挖后的实际地质情况,工程地质问题及地基和围岩处理措施,工程地质评价,工程地质监测建议等。

## 9 病险水库除险加固工程地质勘察

### 9.1 一般规定

9.1.1 病险水库除险加固工程地质勘察的主要任务是复核水库工程区水文地质、工程地质条件,分析病险产生的地质原因,检查坝体填筑质量,为水库大坝安全评价、除险加固设计提供地质资料和物理力学参数,对水库安全评价和加固处理措施提出地质建议。

9.1.2 病险水库除险加固工程地质勘察的对象包括水库近坝库岸、各建筑物地基及边坡、隧洞围岩、防渗帷幕及土石坝坝体等。

9.1.3 病险水库除险加固工程地质勘察应充分利用已有工程地质勘察资料、施工和运行期间有关监测资料,针对影响大坝安全的主要地质缺陷和隐患布置勘察工作,采用适用的勘探技术与方法。

### 9.2 安全评价阶段工程地质勘察

9.2.1 安全评价阶段工程地质勘察应符合下列规定:

- 1 收集分析已有的地质、设计、施工和水库运行监测及水库险情处理资料。
- 2 全面复查工程区水文地质、工程地质条件,重点检查水库运行以来地质条件的变化。
- 3 对坝基、岸坡、地下洞室等处理效果作出地质初步分析。
- 4 了解坝体填筑质量并作出地质分析。
- 5 复核工程区场址的地震动参数。

9.2.2 土石坝工程安全评价勘察应符合下列规定:

- 1 土石坝坝体勘察应包括下列内容:
  - 1)了解坝体现状,包括坝身结构、坝体填土组成及填筑质量,特别是软弱土体(层)及施工填筑形成的软弱带等的



厚度和空间分布情况。复核填筑土的物理力学参数。

- 2) 检查大坝防渗体(心墙、水平铺盖等)、过渡层及反滤排水体等质量,了解填料级配、密实度、渗透系数等。
- 3) 了解坝体埋管、输水涵洞及其周边的渗漏情况。
- 4) 调查坝体渗漏、开裂、沉陷、滑坡以及其他建筑物的险情的分布位置、范围、特征及抢险处理措施与效果,初步分析病害险情的类型、成因。

## 2 土石坝坝区勘察应包括下列内容:

- 1) 了解坝基、坝肩及各建筑物地基的地层结构、岩(土)体层次特性及主要物理力学性质。
- 2) 了解坝基清基情况,河床深槽情况(包括基础风化深槽),覆盖层分布、层次、厚度、性状、物理力学性质及渗透性等。
- 3) 了解岩(土)体透水性、相对隔水层的埋藏深度、厚度和连续性,重点是地基渗漏情况,并对原基础防渗效果及渗透稳定性进行初步评价。
- 4) 地基分布有特殊岩土体时,应了解其性状,初步分析其对建筑物的影响。
- 5) 了解可溶岩坝基喀斯特发育情况及其对渗漏和大坝安全的影响。
- 6) 了解输水、泄水建筑物边坡工程地质条件,初步分析其稳定性。
- 7) 了解地下洞室围岩稳定性和渗漏状况及进出口边坡的稳定性。
- 8) 了解近坝库区与建筑物安全有关的滑坡体、坍滑体的分布范围、规模,初步分析其稳定性。

### 9.2.3 土石坝工程安全评价的勘察方法应符合下列规定:

- 1 根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 复核工程区地震动参数。

2 收集分析有关资料,包括已有的勘察、设计、施工、监测和险情处理等资料。

3 调查与隐患险情有关的现象。

4 宜采用综合物探方法探测坝基、坝体隐患。

5 勘探剖面应平行、垂直建筑物轴线或防渗线布置,垂直剖面不少于3条,其中1条应布置在最大坝高处。

6 根据需要布置坑、孔、井勘探工作。

7 宜进行压水或注水试验和地下水位观测。

8 应分层(区)取样,每层(区)试验累计有效组数不应少于6组。

9 当坝基存在可能液化地层时,应进行标准贯入试验。

### 9.2.4 混凝土坝工程安全评价勘察应包括下列内容:

1 了解坝基、坝肩岩体的层次、岩体完整性及风化特征,复查软弱岩层、软弱夹层、断层破碎带、缓倾角结构面等的性状、分布以及接触情况。

2 了解地基开挖情况及地质缺陷的处理情况。

3 了解坝基和绕坝渗漏的分布范围、途径和渗漏量的动态变化。

4 了解可溶岩坝基喀斯特发育情况,渗漏、塌陷对大坝安全的影响。

5 了解混凝土与地基接触状况。

6 了解两岸及近坝库区边坡的稳定状况。

7 了解泄流冲刷地段的工程地质条件,冲坑发育特征及其对大坝、边坡的影响。

9.2.5 混凝土坝工程安全评价的勘察方法除应按本规范第9.2.3条第1~7款的有关规定执行外,尚应根据需要对坝体混凝土与坝基接触部位、影响坝基(肩)抗滑稳定与变形的结构面和岩体等取样进行室内物理力学性质试验。

9.2.6 其他建筑物区安全评价可结合工程的实际情况,按本规范

第 9.2.1~9.2.5 条的有关内容执行。

### 9.3 可行性研究阶段工程地质勘察

9.3.1 可行性研究阶段工程地质勘察应符合下列规定：

1 初步查明病险水库安全评价报告和安全鉴定成果核查意见中的主要地质问题、工程病害和隐患的部位、范围和类型，分析工程隐患的原因。

2 进行天然建筑材料初查。

9.3.2 土石坝勘察应符合下列规定：

1 初步查明坝体填筑料组成、填筑质量、坝体填料物理力学性质及渗透特性。

2 初步查明坝身病害，包括坝坡滑坡、开裂、塌陷、渗水以及其他各种病害险情和不良地质现象的分布位置、范围、特征、险情成因。了解已发生险情过程，抢险措施及效果。

3 分析坝体浸润线与库水位的关系。

4 初步查明坝基与坝体接触部位的物质组成及渗透特性。

5 初步查明坝体埋管、输水涵洞及其周边的渗漏情况。

6 初步查明建筑物地基地层岩性、地质构造、岩土体结构及其透水性，特别是坝基覆盖层分布、层次、厚度、性状、物理力学性质及渗透性等。

7 初步查明坝基渗漏和绕坝渗漏性质、范围及渗漏量。

9.3.3 混凝土坝勘察应符合下列规定：

1 初步查明坝基、坝肩岩体的层次和软弱岩层、软弱夹层、断层破碎带、缓倾角结构面等的性状、分布以及接触情况。

2 初步查明坝基渗漏和绕坝渗漏的分布范围、渗漏形式、渗漏量与库水位的关系。

3 初步查明混凝土与地基接触状况，评价地质缺陷的处理效果。

4 初步查明可溶岩坝基、坝肩喀斯特发育规律，主要渗漏通

道的分布、连通、充填和已处理情况。

5 初步查明泄流冲刷地段的工程地质条件，冲坑发育特征及其对大坝、边坡的影响。

9.3.4 可行性研究阶段的工程地质勘察方法应符合下列规定：

1 复核原有工程地质图，根据需要补充工程地质测绘，测绘比例尺可选用 1:2000~1:500。

2 根据水库病害的类型和地质条件，选用合适的物探方法。

3 钻探工作应符合下列规定：

1) 钻孔应结合查明水库险情隐患布置。

2) 防渗剖面钻孔进入地基相对不透水层不应小于 10m，其他钻孔深度按隐患或险情的情况综合确定。

3) 钻孔应进行原状土取样，孔内应进行原位测试和地下水位观测等。

4) 基岩段应进行钻孔压水试验，对坝体(含防渗体)、覆盖层应进行钻孔注水试验。

5) 所有钻孔应及时进行封堵。

4 应分层(区)取样，每层(区)试验累计有效组数不应少于 12 组。岩石取样试验根据需要确定。

### 9.4 初步设计阶段工程地质勘察

9.4.1 渗漏及渗透稳定性勘察应包括下列内容：

1 土石坝坝体渗漏及渗透稳定性应查明下列内容：

1) 坝体填筑土的颗粒组成、渗透性、分层填土的结合情况，特别是坝体与岸坡接合部位填料的物质组成、密实性和渗透性。

2) 防渗体的颗粒组成、渗透性及新老防渗体之间的结合情况，评价其有效性。

3) 反滤排水棱体的有效性，坝体浸润线分布。

4) 坝体埋管、输水涵洞及其周边的渗漏情况。

5) 坝体下游坡渗水的部位、特征、渗漏量的变化规律及渗透稳定性。

6) 坝体塌陷、裂缝及生物洞穴的分布位置、规模及延伸连通情况。

2 坝基及坝肩岩土体渗漏及渗透稳定性勘察应查明下列内容:

1) 坝基、坝肩第四纪沉积物和基岩风化带的厚度、性质、颗粒组成及渗透特性。

2) 坝基、坝肩断层破碎带、节理裂隙密集带的性状、规模、产状、延续性和渗透性。

3) 可溶岩层喀斯特的发育和分布规律,主要喀斯特通道的延伸形态、规模和连通情况。

4) 古河道及单薄分水岭等的分布情况。

5) 两岸地下水位及其动态,地下水位低槽带与漏水点的关系。渗漏量与库水位的相关性。

6) 渗控工程的有效性。

9.4.2 渗漏及渗透稳定性的勘察方法应符合下列规定:

1 应收集分析已有地质勘察、施工编录和防渗加固处理资料,运行期的渗流量、两岸地下水位、坝体浸润线、坝基扬压力、幕后排水量等及其与库水位的关系。

2 工程地质测绘可在可行性研究阶段地质测绘的基础上进行,比例尺可选用1:1000~1:500,测绘范围应包括与渗漏有关的地段。

3 宜采用综合物探方法探测坝体渗漏、喀斯特的空间分布、渗漏通道和强透水带的位置及埋藏深度。

4 沿可能的渗漏通道部位应布置勘探剖面,钻孔间距可根据渗漏特点确定。

5 防渗线上的钻孔深度应进入隔水层或相对隔水层10~15m;喀斯特区钻孔应穿过喀斯特强烈发育带,其他部位的钻孔深

度可根据具体情况确定。

6 防渗体上的钻孔应进行压(注)水试验。

7 土石坝坝体应取原状样进行室内物理力学和渗透试验。

9.4.3 不稳定边(岸)坡勘察应查明下列内容:

1 边坡的地形地貌特征和基本地质条件。

2 不稳定边坡的分布范围、边界条件、规模、地质结构和地下水位。

3 潜在滑动面的类型、产状、力学性质及与临空面的关系。

4 分析不稳定边坡变形影响因素,评价其失稳后可能对工程安全产生的影响。

5 对加固处理措施和监测方案提出建议。

9.4.4 不稳定边坡的勘察方法应符合下列规定:

1 应收集分析与边坡变形有关的地质资料。

2 工程地质测绘比例尺可选用1:2000~1:500。测绘范围应包括可能对边坡稳定有影响的地段。

3 宜采用钻探、坑槽等方法,根据需要可布置平硐或竖井。勘探剖面应平行和垂直边坡走向布置。

4 勘探剖面上的钻孔间距视不稳定边坡规模、危害程度等具体情况确定,孔深应进入稳定岩(土)体。

5 对控制边坡稳定的软弱结构面应取样进行物理力学性质试验,根据需要进行现场抗剪试验。

6 根据需要在勘察过程中对不稳定边坡进行监测。

9.4.5 坝(闸)基及坝肩抗滑稳定勘察应查明下列内容:

1 地层岩性和地质构造,特别是缓倾角结构面及其他不利结构面的分布、性质、延伸性、组合关系及与上、下岩层的接触情况,确定坝(闸)基及坝肩稳定分析的边界条件。

2 坝基(肩)水文地质条件。

3 坝体与基岩接触面特征。

4 冲刷坑及抗力体的工程地质条件,评价泄洪冲刷对坝(闸)

基及坝肩抗滑稳定的影响。

5 提出滑动控制结构面的物理力学参数建议值。

9.4.6 坝(闸)基及坝肩抗滑稳定的勘察方法应符合下列规定:

1 应收集分析施工期基础处理情况、冲刷坑现状、运行期各种观测资料。

2 工程地质测绘比例尺可选用 1:500。测绘范围应包括与坝(闸)基、坝肩抗滑稳定分析有关的地段。

3 宜采用钻探、坑槽等方法,根据需要布置平硐或竖井。勘探剖面应沿垂直坝轴线方向布置,剖面上钻孔间距和位置应根据可能滑动面的分布情况确定,每条剖面不应少于 2~3 个钻孔,钻孔深度应进入可能滑动面以下稳定岩体。

4 应进行取样试验,根据需要进行原位抗剪试验。

9.4.7 溢洪道地基抗滑稳定、边坡稳定问题的勘察内容和方法可执行本规范第 9.4.3~9.4.6 条的有关规定。

9.4.8 坝体变形与地基沉降勘察应包括下列内容:

1 查明土石坝填筑料的物质组成、压实度、强度和渗透特性。

2 查明坝体滑坡、开裂、塌陷等病害险情的分布位置、范围、特征、成因,险情发生过程与抢险措施,运行期坝体变形位移情况及变化规律。

3 查明地基地层结构、分布、物质组成,重点查明软土、湿陷性土等工程性质不良岩土层的分布特征及物理力学特性,可溶岩区喀斯特洞穴的分布、充填情况及埋藏深度。

4 查明坝基开挖和地基处理情况。

9.4.9 坝体变形与地基沉降的勘察方法应符合下列规定:

1 应收集和分析已有的观测资料和坝体变形与地基沉降险情处理资料。

2 应进行工程地质测绘,比例尺可选用 1:1000~1:500。

3 宜采用综合物探方法探测空洞、裂缝等位置。

4 应在坝体变形和地基沉降部位布置勘探剖面和勘探点,勘

探深度可根据具体情况确定。

5 应取样进行室内物理力学性质试验。

9.4.10 土的地震液化勘察应包括下列内容:

1 查明坝基和坝体无黏性土和少黏性土层的分布范围,厚度变化等情况。

2 查明土层的土体结构、颗粒组成、密实度、排水条件等。

3 查明坝基水文地质条件和坝体浸润线位置。

4 评价饱和和无黏性土和少黏性土的地震液化可能性,提出加固处理措施地质建议。

9.4.11 土的地震液化的勘察方法应符合下列规定:

1 应布置钻探、坑槽,其数量和深度根据需要确定。

2 应进行剪切波速测试和标准贯入试验。

3 应取原状土样,测定土的天然含水率、密度和颗粒组成等。

## 9.5 勘察报告

9.5.1 病险水库工程地质勘察报告由正文、附图和附件组成。

9.5.2 安全评价工程地质勘察报告正文应包括绪言、地质概况、土石坝坝体状况及评价、各建筑物地基及边坡工程地质条件及评价、结论及建议。

9.5.3 绪言宜包括工程概况、工程运行中出现的问题、历次除险加固概况、本阶段勘察工作开展情况及完成的工作量。

9.5.4 地质概况宜包括区域地质概况、工程区基本地质条件。

9.5.5 土石坝坝体状况宜包括坝体结构组成、填料物质组成、物理力学指标及渗透性参数、已有险情、坝体质量评价。

9.5.6 各建筑物地基及边坡工程地质条件宜包括基本地质条件、存在的地质问题及险情、工程地质评价。

9.5.7 结论及建议宜包括本阶段勘察的主要结论、需要说明的问题、下一阶段工作建议。

9.5.8 可行性研究阶段和初步设计阶段工程地质勘察报告正文

应包括绪言、地质概况、险情或隐患工程地质评价、天然建筑材料、结论与建议。

9.5.9 险情或隐患工程地质评价宜包括基本地质条件,险情或隐患的特征、分布范围、边界条件及成因,有关物理力学性质及渗透性指标,处理措施及建议。

9.5.10 天然建筑材料宜包括设计需求量,各料场位置及地形地质条件,勘探和取样,储量和质量,开采和运输条件等。

## 附录 A 工程地质勘察报告附件

表 A 工程地质勘察报告附件表

序号	附件名称	规划阶段	可行性研究阶段	初步设计阶段	招标投标设计阶段	施工详图设计阶段
1	区域综合地质图(附综合地层柱状图和典型地质剖面)*	√	+	—	—	—
2	区域构造与地震震中分布图*	√	√	+	—	—
3	水库区综合地质图(附综合地层柱状图和典型地质剖面)	+	√	√	+	—
4	水库区专门性问题工程地质图	—	+	+	+	—
5	坝址及附属建筑物区工程地质图(附综合地层柱状图)	+	√	√	√	—
6	专门性水文地质图*	+	+	+	+	—
7	坝址基岩地质图(包括基岩面等高线)	—	+	+	+	—
8	工程区专门性问题地质图*	—	+	+	+	—
9	竣工工程地质图*	—	—	—	—	√
10	引调水工程综合地质图	√	√	√	√	—
11	堤防工程综合地质图	—	√	√	√	—
12	河道整治工程综合地质图	—	√	√	√	—
13	水闸(泵站)综合地质图	+	√	√	√	—
14	灌区工程综合地质图	+	√	√	—	—
15	天然建筑材料产地分布图*	+	√	√	+	—
16	料场综合地质图*	—	√	√	√	—
17	坝址、引水线路或其他建筑物场地工程地质剖面图	+	√	√	√	—
18	坝基(防渗线)渗透剖面图	—	√	√	√	—

续表 A

序号	附件名称	规划阶段	可行性研究阶段	初步设计阶段	招标设计阶段	施工详图设计阶段
19	专门性问题地质剖面图或平切面图*	-	+	√	√	+
20	引调水工程及主要建筑物地质剖面图	+	√	√	√	-
21	堤防及主要建筑物地质剖面图	+	√	√	√	-
22	河道整治工程典型地段地质剖面图	-	√	√	√	-
23	水闸(泵站)工程地质剖面图	-	√	√	√	-
24	灌区工程地质剖面图	-	+	√	-	-
25	钻孔柱状图*	+	+	+	+	+
26	试坑、平硐、竖井展示图*	+	+	+	+	+
27	岩、土、水试验成果汇总表*	-	√	√	√	√
28	地下水动态、岩土体变形等监测成果汇总表*	-	+	+	+	+
29	水库诱发地震等监测成果汇总表	-	+	+	+	+
30	岩矿鉴定报告*	+	+	+	+	-
31	地震安全性评价报告*	-	+	+	-	-
32	物探报告*	+	√	√	√	+
33	岩土试验报告*	-	√	√	√	+
34	水质分析报告*	-	+	+	+	+
35	专门性工程地质问题研究报告*	-	+	+	+	+

注:1 “√”表示应提交的附图附件;“+”表示视需要而定的附图附件;“-”表示不需要提交的附图附件。

2 \* 表示各类水利水电工程都需要考虑的图件。

## 附录 B 物探方法适用性

表 B 物探方法适用性选择表

物探方法	探测项目																													
	电测深法	电剖面法	自然电场法	充电法	激发极化法	大地电磁频谱探测(MD)	可控源音频大地电磁测深(CSAMT)	瞬变电磁法	浅层折射法	浅层反射法	面波法	砂土地震液化	深埋洞室勘探	洞室超前探测	灌浆效果检测	爆破影响带	洞室围岩松弛圈	密度	动弹性力学参数	滑坡体	渗漏地段	地下水流速流向	地下水位	含水层	软弱夹层	溶洞	地下管线	断层破碎带	岩性界线	岩体完整性
电法																														
地震法																														

续表 B

物探方法	探测项目														
	弹性波测试法	声波速测试	声波穿透法	地震波速测试	地震波穿透法	层析成像法(CT)	电磁波 CT	地震 CT	探地雷达法	电测井	声波测井	放射性测井	电磁波法	钻孔电视	同位素示踪法
覆盖层探测	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-
岩体完整性	√	+	√	√	+	√	-	-	-	√	+	+	-	+	-
岩性界线	-	-	-	-	+	√	+	-	+	+	+	-	+	√	-
断层破碎带	-	-	-	-	+	√	+	-	√	+	+	-	+	√	-
地下管线	-	-	-	-	-	-	+	√	-	-	-	-	-	-	-
溶洞	-	-	-	-	-	√	+	√	-	-	-	-	√	-	-
软弱夹层	+	-	-	-	-	-	-	-	√	√	√	-	√	-	-
含水层	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
地下水位	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
地下水流速流向	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√
渗漏地段	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√
滑坡体	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
动弹性力学参数	√	+	√	√	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-
密度	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-
洞室围岩松散圈	√	+	√	+	√	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-
爆破影响带	+	+	√	-	√	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-
灌浆效果检测	√	+	-	+	√	+	-	-	-	-	√	-	-	+	-
洞室超前探测	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-
深埋洞室勘探	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
砂土地震液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注：“√”表示主要方法；“+”为辅助方法；“-”为不适用的方法。

## 附录 C 喀斯特渗漏评价

**C.0.1** 喀斯特渗漏评价应在区域和工程区喀斯特发育规律、水文地质和渗漏条件勘察研究的基础上,根据地形地貌、地质构造、可溶岩的层组类型、空间分布和喀斯特化程度、喀斯特发育规律和水文地质条件等,对渗漏的可能性、渗漏量、渗漏对工程的危害和对环境的影响等作出综合评价。

**C.0.2** 喀斯特渗漏评价应分为水库渗漏(向邻谷或下游河弯)、坝基和绕坝渗漏两类。水库渗漏仅与工程效益和环境有关,坝基和绕坝渗漏还与工程建筑物安全有关。

**C.0.3** 喀斯特水库渗漏评价可分为不渗漏、溶隙型渗漏、溶隙与管道混合型渗漏和管道型渗漏四类。

**1** 水库存在下列条件之一时,可判断为水库不存在喀斯特渗漏:

- 1) 水库周边有可靠的非喀斯特化地层或厚度较大的弱喀斯特化地层封闭。
- 2) 水库与邻谷或与下游河弯地块有可靠的地下水分水岭,且分水岭水位高于水库正常蓄水位。
- 3) 水库与邻谷或与下游河弯地块的地下水分水岭水位略低于水库正常蓄水位,但分水岭地段喀斯特化程度轻微。
- 4) 邻谷常年地表水或地下水水位高于水库正常设计蓄水位。

**2** 水库存在下列条件之一时,可判断为可能存在溶隙型渗漏:

- 1) 河间或河弯地块存在地下水分水岭,地下水位低于水库正常蓄水位,但库内、外无大的喀斯特水系统(泉、暗河)

发育,无贯穿河间或河弯地块的地下水位低槽。

2)河间或河弯地块地下水分水岭水位低于水库正常蓄水位,库内、外有喀斯特水系统发育,但地下分水岭地块中部为弱喀斯特化地层。

3 水库存在下列条件之一时,可判断为可能存在溶隙与管道混合型渗漏或管道型渗漏:

1)可溶岩层通向库外低邻谷或下游支流,可溶岩地层喀斯特化强烈,河间或河弯地块地下水分水岭水位低平且低于水库正常蓄水位,喀斯特洼地呈线或带状穿越分水岭地段,分水岭一侧或两侧有喀斯特水系统发育。

2)经连通试验或水文测验证实,天然条件下河流向邻谷或下游河弯排泄。

3)悬托型或排泄型河谷,天然条件下存在喀斯特渗漏。

4)库内外有喀斯特水系统发育,系统之间在水库蓄水位以下曾发生过相互袭夺现象,或有对应的成串状喀斯特洼地穿越分水岭地块,经连通试验证实地下水经喀斯特洼地、漏斗、落水洞流向库外。

**C.0.4** 坝基和绕坝渗漏的主要判别依据有:河谷喀斯特水动力条件,河谷地质结构、可溶岩层空间分布和喀斯特化程度、坝址所处的地貌单元和断裂构造特征。

1 存在下列条件之一时,可判断为坝基和绕坝渗漏轻微:

1)坝址为横向谷,坝基及两岸岩体喀斯特化轻微,补给型喀斯特水动力条件,两岸水力坡降较大。

2)横向谷,坝基及两岸为不纯碳酸盐岩或夹有非喀斯特化地层,且未被断裂构造破坏。

2 存在下列条件之一时,可判断为坝基和绕坝渗漏较严重:

1)坝址河谷宽缓,两岸地下水位低平,或为补排型河谷水动力类型,可溶岩喀斯特化程度较强。

2)坝址上、下游均有喀斯特水系统发育,且顺河向断裂较发育。

3)为悬托型或排泄型喀斯特水动力类型,天然条件下河水补给地下水,河谷及两岸深部喀斯特洞隙较发育。

3 存在下列条件之一时,可判断为坝基和绕坝渗漏问题复杂,可能存在严重的喀斯特渗漏:

1)坝址为纵向谷,可溶岩喀斯特发育,两岸地下水位低平,较大范围内具有统一地下水位,且有良好的水力联系。

2)为悬托型或排泄型喀斯特水动力类型,天然条件下河水补给地下水;河床或两岸存在纵向地下径流或有纵向地下水凹槽,或坝址上游有明显水量漏失现象。

3)坝区有顺河向的断层、裂隙带、层面裂隙或埋藏古河道发育,并有与之相应的喀斯特系统发育。

**C.0.5** 喀斯特渗漏量估算应根据岩体喀斯特化程度,地下水赋存及运动特征、计算单元内水力联系等情况概化计算模型,用相应的计算方法进行估算。溶隙型渗漏可采用地下水动力学方法和水量均衡法进行估算,管道型渗漏可采用水力学法和水量均衡法进行估算,管道与溶隙混合型渗漏可分别估算后迭加,此外也可采用数值模拟方法估算。由于喀斯特渗漏量计算的边界条件和参数十分复杂,需对各种计算方法取得的成果进行相互验证,作出合理判断。

**C.0.6** 喀斯特渗漏处理的范围、深度、措施和标准,应根据渗漏影响程度评价,通过技术经济比较,依照下列原则确定:

1 喀斯特渗漏处理应根据与工程安全的关系、水量损失和对环境的影响等情况区别对待。影响工程安全的渗漏要以满足建筑物渗控要求为原则进行处理;仅有水量损失的渗漏,可视水库库容、河流多年平均流量和水库调节性能等,以不影响工程效益的正常发挥为原则进行处理;具有一定环境效益的渗漏,如补给地下水或泉水,使地下水位升高,泉水流量增加,可发挥环境效益的水库渗漏,在不严重影响工程效益的前提下可不予处理,但对有次生灾害的渗漏应予以处理。



2 与工程建筑物安全有关的防渗处理应利用隔水层和相对隔水层,提高防渗的可靠性,防止坝基坝肩附近溶洞、溶隙中的充填物在工程运行期发生冲刷破坏,并满足建筑物渗控要求。

3 为减少水库渗漏量进行的防漏处理可分期实施,水库蓄水前应对可能出现严重渗漏的部位进行处理,对可能存在溶隙型渗漏的部位可待蓄水后视渗漏情况确定是否处理。

4 喀斯特防渗处理措施可根据具体条件,宜采用封、堵、围、截、灌等综合防渗措施。防渗帷幕通过溶洞时,应先封堵溶洞,以保证灌浆的可靠性。

## 附录 D 浸没评价

**D.0.1** 浸没评价按初判、复判两阶段进行。

**D.0.2** 根据地质测绘结果、拟建水库水位情况或渠道水位情况进行浸没可能性初判。

初判认定的不可能浸没地段不再进行工作。初判认定的可能浸没地段应通过勘探、试验、观测和计算确定浸没范围和浸没程度。

**D.0.3** 初判时符合下列情况之一的地段可判定为不可能浸没地段:

1 库岸或渠道由相对不透水岩土层组成的地段。

2 与水库无直接水力联系的地段:被相对不透水层阻隔,且该相对不透水层顶部高程高于水库设计正常蓄水位;被有经常水流的溪沟阻隔,且溪沟水位高于水库设计正常蓄水位。

3 渠道周围地下水位高于渠道设计水位的地段。

**D.0.4** 初判时符合下列情况之一的地段可判定为不可能次生盐渍化地段:

1 处于湿润性气候区,降水量大,径流条件好。

2 地下水矿化度较低。

3 表层黏性土较薄,下部含水层透水性较强,排泄条件较好。

4 排水设施完善。

**D.0.5** 判别时应确定该地区的浸没地下水埋深临界值。当预测的蓄水后地下水埋深值小于临界值时,该地区应判定为浸没区。

**D.0.6** 初判时,浸没地下水埋深临界值可按式(D.0.6)确定:

$$H_{cr} = H_k + \Delta H \quad (\text{D.0.6})$$

式中  $H_{cr}$ ——浸没地下水埋深临界值(m);

$H_k$ ——土的毛管水上升高度(m);

$\Delta H$ ——安全超高值(m)。对农业区,该值即根系层的厚度;对城镇和居民区,该值取决于建筑物荷载、基础形式、砌置深度。

**D.0.7** 复判时农作物区的浸没地下水埋深临界值应根据下列因素确定:

1 对可能次生盐渍化地区,应根据地下水矿化度和表部土层性质确定防止土壤次生盐渍化地下水埋深临界值。

2 对不可能次生盐渍化地区,应根据现有农作物种类确定适于农作物生长的地下水埋深临界值。

3 在确定上述两种地下水埋深临界值时,应对当地农业管理部门、农业科研部门和农民进行调查,收集相关资料,根据需要开挖试坑验证。

**D.0.8** 复判时建筑物区的浸没地下水埋深临界值应根据下列因素确定:

1 居住环境标准:浸没地下水埋深临界值等于表土层的毛管水上升高度。

2 建筑物安全标准:当勘探、试验成果表明现有建筑物地基持力层在饱和状态下强度显著下降导致承载力不足,或沉陷值显著增大超出建筑物的允许值时,浸没地下水埋深临界值等于该类建筑物的基础砌置深度加土的毛管水上升高度。

3 上述两种情况确定建筑物区的浸没地下水埋深临界值,要根据表层土的毛管水上升高度、地基持力层情况、冻结层深度以及当地现有建筑物的类型、层数、基础形式和深度等确定,根据需要进行开挖验证。地基持力层情况主要包括是否存在黄土、淤泥、软土、膨胀土等地层,持力层在含水率改变下的变形增大率及强度降低率等。

**D.0.9** 当复判的浸没区面积较大时,宜按浸没影响程度划分为严重和轻微两种浸没区。

## 附录 E 岩土物理力学参数取值

**E.0.1** 岩土物理力学参数取值应符合下列规定:

1 收集工程区域内岩土体的成因、物质组成、结构面分布、地应力场和水文地质条件等地质资料,掌握岩土体的均质和非均质特性。

2 了解枢纽布置方案、工程建筑类型、工程荷载作用方向及大小,以及对地基、边坡和地下洞室围岩的质量要求等设计意图。

3 岩土物理力学参数应根据有关的试验方法标准,通过原位测试、室内试验等直接或间接的方法确定,并应考虑室内、外试验条件与实际工程岩土体的差别等因素的影响。

4 应进行工程地质单元划分和工程岩体分级,在此基础上根据工程问题进行岩土力学试验设计,确定试验方法、试验数量以及试验布置。

5 试验成果整理可按相关岩土试验规程进行。抗剪强度参数可采用最小二乘法、优定斜率法或小值平均法,分别按峰值、屈服值、比例极限值、残余强度值、长期强度等进行整理。

6 收集岩土试验样品的原始结构、颗粒成分、矿物成分、含水率、应力状态、试验方法、加载方式等相关资料,并分析试验成果的可信程度。

7 按岩土体类别、岩体质量级别、工程地质单元、区段或层位,可采用数理统计法整理试验成果,在充分论证的基础上舍去不合理的离散值。

注:可按极限误差法(样本容量 $>10$ )或格拉布斯(Grubbs)法(样本容量 $\leq 10$ )舍去不合理的离散值。

8 岩土物理力学参数应以试验成果为依据,以整理后的试验

值作为标准值。

9 根据岩土体岩性、岩相变化、试样代表性、实际工作条件与试验条件的差别,对标准值进行调整,提出地质建议值。

10 设计采用值应由设计、地质、试验三方共同研究确定。对于重要工程以及对参数敏感的工程应做专门研究。

**E.0.2** 土的物理力学参数标准值选取应符合下列规定:

1 各参数的统计宜包括统计组数、最大值、最小值、平均值、大值平均值、小值平均值、标准差、变异系数。

2 当同一土层的各参数变异系数较大时,应分析土层水平与垂直方向上的变异性。

1)当土层在水平方向上变异性大时,宜分析参数在水平方向上的变化规律,或进行分区(段)。

2)当土层在垂直方向上变异性大时,宜分析参数随深度的变化规律,或进行垂直分带。

3 土的物理性质参数应以试验算术平均值为标准值。

4 地基土的允许承载力可根据载荷试验(或其他原位试验)、公式计算确定标准值。

5 地基土渗透系数标准值应根据抽水试验、注(渗)水试验或室内试验确定,并应符合下列规定:

1)用于人工降低地下水位及排水计算时,应采用抽水试验的小值平均值。

2)水库(渠道)渗漏量、地下洞室涌水量及基坑涌水量计算的渗透系数,应采用抽水试验的大值平均值。

3)用于浸没区预测的渗透系数,应采用试验的平均值。

4)用于供水工程计算时,应采用抽水试验的小值平均值。

5)其他情况下,可根据其用途综合确定。

6 土的压缩模量可从压力-变形曲线上,以建筑物最大荷载下相应的变形关系选取,或按压缩试验的压缩性能,根据其固结程度选定标准值。对于高压缩性软土,宜以试验压缩模量的小值平

均值作为标准值。

7 土的抗剪强度标准值可采用直剪试验峰值强度的小值平均值。

8 当采用有效应力进行稳定分析时,地基土的抗剪强度标准值应符合下列规定:

1)对三轴压缩试验测定的抗剪强度,宜采用试验平均值。

2)对黏性土地基,应测定或估算孔隙水压力,以取得有效应力强度。

9 当采用总应力进行稳定分析时,地基土抗剪强度的标准值应符合下列规定:

1)对排水条件差的黏性土地基,宜采用饱和快剪强度或三轴压缩试验不固结不排水剪切强度;对软土可采用原位十字板剪切强度。

2)对上、下土层透水性较好或采取了排水措施的薄层黏性土地基,宜采用饱和固结快剪强度或三轴压缩试验固结不排水剪切强度。

3)对透水性良好,不易产生孔隙水压力或能自由排水的地基土层,宜采用慢剪强度或三轴压缩试验固结排水剪切强度。

10 当需要进行动力分析时,地基土抗剪强度标准值应符合下列规定:

1)对地基土进行总应力动力分析时,宜采用动三轴压缩试验测定的动强度作为标准值。

2)对于无动力试验的黏性土和紧密砂砾等非地震液化性土,宜采用三轴压缩试验饱和固结不排水剪测定的总强度和有效应力强度中的最小值作为标准值。

3)当需要进行有效应力动力分析时,应测定饱和砂土的地震附加孔隙水压力、地震有效应力强度,可采用静力有效应力强度作为标准值。

11 混凝土坝、闸基础与地基土间的抗剪强度标准值应符合下列规定：

- 1) 对黏性土地基,内摩擦角标准值可采用室内饱和固结快剪试验内摩擦角平均值的 90%,凝聚力标准值可采用室内饱和固结快剪试验凝聚力平均值的 20%~30%。
- 2) 对砂性土地基,内摩擦角标准值可采用室内饱和固结快剪试验内摩擦角平均值的 85%~90%。
- 3) 对软土地基,力学参数标准值宜采用室内试验、原位测试,结合当地经验确定。抗剪强度指标宜采用室内三轴压缩试验指标,原位测试宜采用十字板剪切试验。

12 对边坡工程,土的抗剪强度标准值宜符合下列规定：

- 1) 滑坡滑动面(带)的抗剪强度宜取样进行岩矿分析、物理力学试验,并结合反算分析确定。对工程有重要影响的滑坡,还应结合原位抗剪试验成果等综合选取。
- 2) 边坡土体抗剪强度宜根据设计工况分别选取饱和固结快剪、快剪强度的小值平均值或取三轴压缩试验的平均值。

E.0.3 规划与可行性研究阶段的坝、闸基础与地基土间的摩擦系数,可结合地质条件根据表 E.0.3 选用地质建议值。

表 E.0.3 坝、闸基础与地基土间摩擦系数地质建议值

地基土类型		摩擦系数 $f$
卵石、砾石		$0.55 \geq f > 0.50$
砂		$0.50 \geq f > 0.40$
粉土		$0.40 \geq f > 0.25$
黏土	坚硬	$0.45 \geq f > 0.35$
	中等坚硬	$0.35 \geq f > 0.25$
	软弱	$0.25 \geq f > 0.20$

E.0.4 岩体(石)的物理力学参数取值应按下列规定进行：

1 岩体的密度、单轴抗压强度、抗拉强度、点荷载强度、波速等物理力学参数可采用试验成果的算术平均值作为标准值。

2 岩体变形参数取原位试验成果的算术平均值作为标准值。

3 软岩的允许承载力采用载荷试验极限承载力的 1/3 与比例极限二者的小值作为标准值;无载荷试验成果时,可通过三轴压缩试验确定或按岩石单轴饱和抗压强度的 1/10~1/5 取值。坚硬岩、半坚硬岩可按岩石单轴饱和抗压强度折减后取值;坚硬岩取岩石单轴饱和抗压强度的 1/25~1/20,中硬岩取岩石单轴饱和抗压强度的 1/20~1/10。

4 混凝土坝基础与基岩间抗剪断强度参数按峰值强度参数的平均值取值,抗剪强度参数按残余强度参数与比例极限强度参数二者的小值作为标准值。

5 岩体抗剪断强度参数按峰值强度平均值取值。抗剪强度参数对于脆性破坏岩体按残余强度与比例极限强度二者的小值作为标准值,对于塑性破坏岩体取屈服强度作为标准值。

6 规划阶段及可行性研究阶段,当试验资料不足时,可根据表 E.0.4 结合地质条件提出地质建议值。

表 E.0.4 坝基岩体抗剪断(抗剪)强度参数及变形参数经验值表

岩体分类	混凝土与基岩接触面			岩体			岩体变形模量
	抗剪断		抗剪	抗剪断		抗剪	
	$f^c$	$C'$ (MPa)	$f$	$f^c$	$C'$ (MPa)	$f$	
I	1.50~1.30	1.50~1.30	0.85~0.75	1.60~1.40	2.50~2.00	0.90~0.80	>20
II	1.30~1.10	1.30~1.10	0.75~0.65	1.40~1.20	2.00~1.50	0.80~0.70	20~10
III	1.10~0.90	1.10~0.70	0.65~0.55	1.20~0.80	1.50~0.70	0.70~0.60	10~5
IV	0.90~0.70	0.70~0.30	0.55~0.40	0.80~0.55	0.70~0.30	0.60~0.45	5~2
V	0.70~0.40	0.30~0.05	0.40~0.30	0.55~0.40	0.30~0.05	0.45~0.35	2~0.2

注:表中参数限于硬质岩,软质岩应根据软化系数进行折减。

E.0.5 结构面的抗剪断强度参数标准值取值按下列规定进行：

1 硬性结构面抗剪断强度参数按峰值强度平均值取值,抗剪强度参数按残余强度平均值取值作为标准值。

2 软弱结构面抗剪断强度参数按峰值强度小值平均值取值,

抗剪强度参数按屈服强度平均值取值作为标准值。

3 规划阶段及可行性研究阶段,当试验资料不足时,可结合地质条件根据表 E.0.5 提出地质建议值。

表 E.0.5 结构面抗剪断(抗剪)强度参数经验取值表

结构面类型		$f'$	$C'$ (MPa)	$f$
胶结结构面		0.90~0.70	0.30~0.20	0.70~0.55
无充填结构面		0.70~0.55	0.20~0.10	0.55~0.45
软弱 结构面	岩块岩屑型	0.55~0.45	0.10~0.08	0.45~0.35
	岩屑夹泥型	0.45~0.35	0.08~0.05	0.35~0.28
	泥夹岩屑型	0.35~0.25	0.05~0.02	0.28~0.22
	泥型	0.25~0.18	0.01~0.005	0.22~0.18

- 注:1 表中胶结结构面、无充填结构面的抗剪强度参数限于坚硬岩,半坚硬岩、软质岩中结构面应进行折减。  
2 胶结结构面、无充填结构面抗剪断(抗剪)强度参数应根据结构面胶结程度和粗糙程度取大值或小值。

## 附录 F 岩土体渗透性分级

表 F 岩土体渗透性分级

渗透性等级	标 准	
	渗透系数 $K$ (cm/s)	透水率 $q$ (Lu)
极微透水	$K < 10^{-6}$	$q < 0.1$
微透水	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$0.1 \leq q < 1$
弱透水	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$1 \leq q < 10$
中等透水	$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	$10 \leq q < 100$
强透水	$10^{-2} \leq K < 1$	$q \geq 100$
极强透水	$K \geq 1$	

## 附录 G 土的渗透变形判别

**G.0.1** 土的渗透变形特征应根据土的颗粒组成、密度和结构状态等因素综合分析确定。

1 土的渗透变形宜分为流土、管涌、接触冲刷和接触流失四种类型。

2 黏性土的渗透变形主要是流土和接触流失两种类型。

3 对于重要工程或不易判别渗透变形类型的土,应通过渗透变形试验确定。

**G.0.2** 土的渗透变形判别应包括下列内容:

1 判别土的渗透变型类型。

2 确定流土、管涌的临界水力比降。

3 确定土的允许水力比降。

**G.0.3** 土的不均匀系数应采用下式计算:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (\text{G.0.3})$$

式中  $C_u$ ——土的不均匀系数;

$d_{60}$ ——小于该粒径的含量占总土重 60% 的颗粒粒径 (mm);

$d_{10}$ ——小于该粒径的含量占总土重 10% 的颗粒粒径 (mm)。

**G.0.4** 细颗粒含量的确定应符合下列规定:

1 级配不连续的土:颗粒大小分布曲线上至少有一个以上粒组的颗粒含量小于或等于 3% 的土,称为级配不连续的土。以上述粒组在颗粒大小分布曲线上形成的平缓段的最大粒径和最小粒径的平均值或最小粒径作为粗、细颗粒的区分粒径  $d$ ,相应于该

粒径的颗粒含量为细颗粒含量  $P$ 。

2 级配连续的土:粗、细颗粒的区分粒径为

$$d = \sqrt{d_{70} \cdot d_{10}} \quad (\text{G.0.4})$$

式中  $d_{70}$ ——小于该粒径的含量占总土重 70% 的颗粒粒径 (mm)。

**G.0.5** 无黏性土渗透变形类型的判别可采用以下方法:

1 不均匀系数小于等于 5 的土可判为流土。

2 对于不均匀系数大于 5 的土可采用下列判别方法:

1) 流土:

$$P \geq 35\% \quad (\text{G.0.5-1})$$

2) 过渡型取决于土的密度、粒级和形状:

$$25\% \leq P < 35\% \quad (\text{G.0.5-2})$$

3) 管涌:

$$P < 25\% \quad (\text{G.0.5-3})$$

3 接触冲刷宜采用下列方法判别:

对双层结构地基,当两层土的不均匀系数均等于或小于 10,且符合下式规定的条件时,不会发生接触冲刷。

$$\frac{D_{10}}{d_{10}} \leq 10 \quad (\text{G.0.5-4})$$

式中  $D_{10}$ 、 $d_{10}$ ——分别代表较粗和较细一层土的颗粒粒径 (mm),小于该粒径的土重占总土重的 10%。

4 接触流失宜采用下列方法判别:

对于渗流向上的情况,符合下列条件将不会发生接触流失。

1) 不均匀系数等于或小于 5 的土层:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \quad (\text{G.0.5-5})$$

式中  $D_{15}$ ——较粗一层土的颗粒粒径 (mm),小于该粒径的土重占总土重的 15%;

$d_{85}$ ——较细一层土的颗粒粒径 (mm),小于该粒径的土重

占总土重的 85%。

2) 不均匀系数等于或小于 10 的土层:

$$\frac{D_{20}}{d_{70}} \leq 7 \quad (\text{G. 0. 5-6})$$

式中  $D_{20}$ ——较粗一层土的颗粒粒径(mm), 小于该粒径的土重占总土重的 20%;

$d_{70}$ ——较细一层土的颗粒粒径(mm), 小于该粒径的土重占总土重的 70%。

**G. 0. 6** 流土与管涌的临界水力比降宜采用下列方法确定:

1 流土型宜采用下式计算:

$$J_{cr} = (G_s - 1)(1 - n) \quad (\text{G. 0. 6-1})$$

式中  $J_{cr}$ ——土的临界水力比降;

$G_s$ ——土粒比重;

$n$ ——土的孔隙率(以小数计)。

2 管涌型或过渡型可采用下式计算:

$$J_{cr} = 2.2(G_s - 1)(1 - n)^2 \frac{d_5}{d_{20}} \quad (\text{G. 0. 6-2})$$

式中  $d_5$ 、 $d_{20}$ ——分别为小于该粒径的含量占总土重的 5% 和 20% 的颗粒粒径(mm)。

3 管涌型也可采用下式计算:

$$J_{cr} = \frac{42d_3}{\sqrt{\frac{K}{n^3}}} \quad (\text{G. 0. 6-3})$$

式中  $K$ ——土的渗透系数(cm/s);

$d_3$ ——小于该粒径的含量占总土重 3% 的颗粒粒径(mm)。

**G. 0. 7** 无黏性土的允许比降宜采用下列方法确定:

1 以土的临界水力比降除以 1.5~2.0 的安全系数; 当渗透稳定对水工建筑物的危害较大时, 取 2 的安全系数; 对于特别重要的工程也可用 2.5 的安全系数。

2 无试验资料时, 可根据表 G. 0. 7 选用经验值。

表 G. 0. 7 无黏性土允许水力比降

允许 水力比降	渗透变形类型					
	流土型			过渡型	管涌型	
	$C_u \leq 3$	$3 < C_u \leq 5$	$C_u \geq 5$		级配连续	级配不连续
$J_{允许}$	0.25~0.35	0.35~0.50	0.50~0.80	0.25~0.40	0.15~0.25	0.10~0.20

注: 本表不适用于渗流出口有反滤层的情况。

## 附录 H 岩体风化带划分

H.0.1 岩体风化带的划分一般应符合表 H.0.1 的规定。

表 H.0.1 岩体风化带划分

风化带	主要地质特征	风化岩与新鲜岩纵波速之比
全风化	全部变色,光泽消失 岩石的组织结构完全破坏,已崩解和分解成松散的土状或砂状,有很大的体积变化,但未移动,仍残留有原始结构痕迹 除石英颗粒外,其余矿物大部分风化蚀变为次生矿物 锤击有松软感,出现凹坑,矿物手可捏碎,用锹可以挖动	<0.4
强风化	大部分变色,只有局部岩块保持原有颜色 岩石的组织结构大部分已破坏;小部分岩石已分解或崩解成土,大部分岩石呈不连续的骨架或心石,风化裂隙发育,有时含大量次生夹泥 除石英外,长石、云母和铁镁矿物已风化蚀变 锤击哑声,岩石大部分变酥,易碎,用镐撬可以挖动,坚硬部分需爆破	0.4~0.6
弱风化 (中等风化)	上带 岩石表面或裂隙面大部分变色,断口色泽较新鲜 岩石原始组织结构清楚完整,但大多数裂隙已风化,裂隙壁风化剧烈,宽一般 5~10cm,大者可达数十厘米 沿裂隙铁镁矿物氧化锈蚀,长石变得浑浊、模糊不清 锤击哑声,用镐难挖,需用爆破	0.6~0.8
	下带 岩石表面或裂隙面大部分变色,断口色泽较新鲜 岩石原始组织结构清楚完整,沿部分裂隙风化,裂隙壁风化较剧烈,宽一般 1~3cm 沿裂隙铁镁矿物氧化锈蚀,长石变得浑浊、模糊不清 锤击发音较清脆,开挖需用爆破	

续表 H.0.1

风化带	主要地质特征	风化岩与新鲜岩纵波速之比
微风化	岩石表面或裂隙面有轻微褪色 岩石组织结构无变化,保持原始完整结构 大部分裂隙闭合或为钙质薄膜充填,仅沿大裂隙有风化蚀变现象,或有锈膜浸染 锤击发音清脆,开挖需用爆破	0.8~0.9
新鲜	保持新鲜色泽,仅大的裂隙面偶见褪色 裂隙面紧密,完整或焊接状充填,仅个别裂隙面有锈膜浸染或轻微蚀变 锤击发音清脆,开挖需用爆破	0.9~1.0

H.0.2 碳酸盐岩溶蚀风化带划分一般应符合下列规定:

1 灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩等碳酸盐岩,其风化往往具溶蚀风化特点,风化带的划分应符合表 H.0.2 规定。

2 部分白云岩(因微裂隙极其发育)、灰岩(因特殊结构构造,如豆状、瘤状等),有时具均匀风化特征,当其均匀风化特征明显时,风化带的划分宜按表 H.0.1 进行。

3 灰岩与泥岩之间的过渡类岩石,随着泥质含量的增加,其风化形式逐渐由溶蚀风化为定向均匀风化过渡,当以溶蚀风化为主时,风化带应按表 H.0.2 划分,当以均匀风化为主时,风化带按表 H.0.1 划分。

表 H.0.2 碳酸盐岩溶蚀风化带划分

风化带	主要地质特征
表层强烈溶蚀风化	沿断层、裂隙及层面等结构面溶蚀风化强烈,风化裂隙发育。在地表往往形成上宽下窄溶缝、溶沟、溶槽,其宽(深)一般数厘米至数米不等,且多有黏土、碎石土充填;而在地下(如勘探平硐等)则多见溶蚀风化裂隙、宽缝(洞穴)等,其规模一般数厘米至数十厘米不等,且多有黏土、碎石土等充填 溶蚀风化结构面之间,岩石断口保持新鲜岩石色泽,岩石原始组织结构清楚完整 该带岩体一般完整性较差,力学强度低



续表 H. 0. 2

风化带		主要地质特征
裂隙性溶蚀风化	上带	沿断层、裂隙及层面等结构面溶蚀风化现象较普遍, 风化裂隙较发育, 结构面胶结物风化蚀变明显或溶蚀充泥现象普遍, 溶蚀风化张开宽度一般 3~10mm 不等 结构面间的岩石组织结构无变化, 保持原始完整结构, 岩石表面或裂隙面风化蚀变或褪色明显 岩体完整性受结构面溶蚀风化影响明显, 岩体强度略有下降
	下带	沿部分断层、裂隙及层面等结构面有溶蚀风化现象, 结构面上见有风化膜或锈膜浸染, 但溶蚀充泥或夹泥膜现象少见且宽度一般小于 3mm 岩石原始结构清楚, 组织结构无变化, 岩石表面或裂隙面有轻微褪色 岩体完整性受结构面溶蚀风化影响轻微, 岩体强度降低不明显
微新岩体		保持新鲜色泽, 仅岩石表面或大的裂隙面偶见褪色 大部分裂隙紧密、闭合或为钙质薄膜充填, 仅个别裂隙面有锈膜浸染或轻微蚀变

H. 0. 3 使用表 H. 0. 1 和表 H. 0. 2 时, 遇有下列情况之一时, 岩体风化带的划分可适当调整:

1 除弱风化岩体外, 当其他风化岩体厚度较大时, 也可根据需要进一步划分。

2 选择性风化作用地区, 当发育囊状风化、隔层风化、沿裂隙风化等特定形态的风化带时, 可根据岩石的风化状态确定其等级。

3 某些特定地区, 岩体风化剖面呈非连续性过渡时, 分级可缺少一级或二级。

## 附录 J 边坡岩体卸荷带划分

表 J 边坡岩体卸荷带划分

卸荷类型	卸荷带分布	主要地质特征	特征指标	
			张开裂隙宽度	波速比
正常卸荷松弛	强卸荷带	近坡体浅表部卸荷裂隙发育的区域 裂隙密度较大, 贯通性好, 呈明显张开, 宽度在几厘米至几十厘米之间, 充填岩屑、碎块石、植物根须, 并可见条带状、团块状次生夹泥, 规模较大的卸荷裂隙内部多呈架空状, 可见明显的松动或变位错落, 裂隙面普遍锈染 雨季沿裂隙多有线状流水或成串滴水 岩体整体松弛	张开宽度 > 1cm 的裂隙发育 (或每米硎段张开裂隙累计宽度 > 2cm)	< 0.5
	弱卸荷带	强卸荷带以里可见卸荷裂隙较为发育的区域 裂隙张开, 其宽度几毫米, 并具有较好的贯通性; 裂隙内可见岩屑、细脉状或膜状次生夹泥充填, 裂隙面轻微锈染 雨季沿裂隙可见串珠状滴水或较强渗水 岩体部分松弛	张开宽度 < 1cm 的裂隙较发育 (或每米硎段张开裂隙累计宽度 < 2cm)	0.5 ~ 0.75
异常卸荷松弛	深卸荷带	相对完整段以里出现的深部裂隙松弛段 深部裂缝一般无充填, 少数有锈染 岩体纵波速度相对周围岩体明显降低	—	—

## 附录 K 边坡稳定分析技术规定

### K.0.1 边坡稳定分析应收集下列资料:

- 1 地形和地貌特征。
- 2 地层岩性和岩土体结构特征。
- 3 断层、裂隙和软弱层的展布、产状、充填物质以及结构面的组合与连通率。
- 4 边坡岩体风化、卸荷深度。
- 5 各类岩土和潜在滑动面的物理力学参数。
- 6 岩土体变形监测和地下水观测资料。
- 7 坡脚淹没、地表水位变幅和坡体透水与排水资料。
- 8 降雨历时、降雨强度和冻融资料。
- 9 地震动参数。
- 10 边坡施工开挖方式、开挖程序、爆破方法、边坡外荷载、坡脚采空和开挖坡的高度与坡度等。

### K.0.2 边坡变形破坏应根据表 K.0.2 进行分类。

表 K.0.2 边坡变形破坏分类

变形破坏类型	变形破坏特征
崩塌	边坡岩体坠落或滚落
滑动	平面型 边坡岩体沿某一结构面滑动
	弧面型 散体结构、碎裂结构的岩质边坡或土坡沿弧形滑动面滑动
	楔形体 结构面组合的楔形体,沿滑动面交线方向滑动
蠕变	倾倒 反倾向层状结构的边坡,表部岩层逐渐向外弯曲、倾倒
	溃屈 顺倾向层状结构的边坡,岩层倾角与坡角大致相似,边坡下部岩层逐渐向上鼓起,产生层面拉裂和脱开
	侧向张裂 双层结构的边坡,下部软岩产生塑性变形或流动,使上部岩层发生扩展、移动张裂和下沉
流动	崩塌碎屑类堆积向坡脚流动,形成碎屑流

### K.0.3 当边坡存在下列现象之一时,应进行稳定分析:

• 118 •

- 1 坡脚被水淹没或被开挖的新老滑坡或崩塌体。
- 2 边坡岩体中存在倾向坡外、倾角小于坡角的结构面。
- 3 边坡岩体中存在两组或两组以上结构面组合的楔形体,其交线倾向坡外、倾角小于边坡角。
- 4 坡面上出现平行坡向的张裂缝或环形裂缝的边坡。
- 5 顺坡向卸荷裂隙发育的高陡边坡,表层岩体已发生蠕变的边坡。
- 6 已发生倾倒变形的高陡边坡。
- 7 已发生张裂变形的下软上硬的双层结构边坡。
- 8 分布有巨厚崩坡积物的高陡边坡。
- 9 其他稳定性可疑的边坡。

### K.0.4 边坡稳定分析应符合下列规定:

- 1 边坡岩体中实测结构面的产状、延伸长度,可进行结构面网络模拟,确定结构面贯通情况或连通率;应用赤平投影方法,确定结构面组合交线产状。
- 2 根据边坡工程地质条件,对边坡的变形破坏类型作出初步判断。
- 3 岩质边坡稳定分析可采用刚体极限平衡方法,根据滑动面或潜在滑动面的几何形状,选用合适的公式计算。同倾向多滑动面的岩质边坡宜采用平面斜分条块法和斜分块弧面滑动法,试算出临界滑动面和最小安全系数;均匀的土质边坡可采用滑弧条分法计算。根据工程实际需要可进行模型试验和原位监测资料的反分析,验证其稳定性。
- 4 应选择代表性的地质剖面进行计算,并应采用不同的计算公式进行校核,综合评定该边坡的稳定安全系数。
- 5 计算中应考虑地下水压力对边坡稳定性的不利作用。分析水位骤降时的库岸稳定性应计入地下水渗透压力的影响。在 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 的地区,应计算地震作用力的影响。
- 6 稳定性计算的岩土体物理力学参数可参照本规范附录 E 的有关规定选取。

• 119 •

## 附录 L 环境水腐蚀性评价

**L.0.1** 判别环境水的腐蚀性时,应收集流域地区或工程建筑物场地的气候条件、冰冻资料、海拔高程,岩土性质,环境水的补给、排泄、循环、滞留条件和污染情况以及类似条件下工程建筑物的腐蚀情况。

**L.0.2** 环境水对混凝土的腐蚀性判别,应符合表 L.0.2 的规定。

表 L.0.2 环境水对混凝土腐蚀性判别标准

腐蚀性类型	腐蚀性判定依据	腐蚀程度	界限指标
一般酸性型	pH 值	无腐蚀 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$pH > 6.5$ $6.5 \geq pH > 6.0$ $6.0 \geq pH > 5.5$ $pH \leq 5.5$
碳酸型	侵蚀性 $CO_2$ 含量 (mg/L)	无腐蚀 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$CO_2 < 15$ $15 \leq CO_2 < 30$ $30 \leq CO_2 < 60$ $CO_2 \geq 60$
重碳酸型	$HCO_3^-$ 含量 (mmol/L)	无腐蚀 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$HCO_3^- > 1.07$ $1.07 \geq HCO_3^- > 0.70$ $HCO_3^- \leq 0.70$
镁离子型	$Mg^{2+}$ 含量 (mg/L)	无腐蚀 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$Mg^{2+} < 1000$ $1000 \leq Mg^{2+} < 1500$ $1500 \leq Mg^{2+} < 2000$ $Mg^{2+} \geq 2000$
硫酸盐型	$SO_4^{2-}$ 含量 (mg/L)	无腐蚀 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$SO_4^{2-} < 250$ $250 \leq SO_4^{2-} < 400$ $400 \leq SO_4^{2-} < 500$ $SO_4^{2-} \geq 500$

注:1 本表规定的判别标准所属场地应是不具有干湿交替或冻融交替作用的地区和具有干湿交替或冻融交替作用的半湿润、湿润地区。当所属场地为具有干湿交替或冻融交替作用的干旱、半干旱地区以及高程 3000m 以上的高寒地区时,应进行专门论证。

2 混凝土建筑物不应直接接触污染源。有关污染源对混凝土的直接腐蚀作用应专门研究。

**L.0.3** 环境水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性判别,应符合表 L.0.3 的规定。

表 L.0.3 环境水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性判别标准

腐蚀性判定依据	腐蚀程度	界限指标
$Cl^-$ 含量 (mg/L)	弱腐蚀	100~500
	中等腐蚀	500~5000
	强腐蚀	>5000

注:1 表中是指干湿交替作用的环境条件。

2 当环境水中同时存在氯化物和硫酸盐时,表中的  $Cl^-$  含量是指氯化物中的  $Cl^-$  与硫酸盐折算后的  $Cl^-$  之和,即  $Cl^-$  含量 =  $Cl^- + SO_4^{2-} \times 0.25$ ,单位为 mg/L。

**L.0.4** 环境水对钢结构的腐蚀性判别,应符合表 L.0.4 的规定。

表 L.0.4 环境水对钢结构腐蚀性判别标准

腐蚀性判定依据	腐蚀程度	界限指标
$pH$ 值、 $(Cl^- + SO_4^{2-})$ 含量 (mg/L)	弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$pH$ 值 3~11、 $(Cl^- + SO_4^{2-}) < 500$
		$pH$ 值 3~11、 $(Cl^- + SO_4^{2-}) \geq 500$
		$pH < 3$ 、 $(Cl^- + SO_4^{2-})$ 任何浓度

注:1 表中是指氧能自由溶入的环境水。

2 本表亦适用于钢管道。

3 如环境水的沉淀物中有褐色絮状物沉淀(铁)、悬浮物中有褐色生物膜、绿色丛块,或有硫化氢臭味,应做铁细菌、硫酸盐还原细菌的检查,查明有无细菌腐蚀。

## 附录 M 河床深厚砂卵砾石层取样 与原位测试技术规定

**M.0.1** 河床深厚砂卵砾石层的取样方法与原位测试方法应视覆盖层物质组成、结构以及地下水位等情况进行选择。

**M.0.2** 河床深厚砂卵砾石层宜采用金刚石或硬质合金回转钻具、硬质合金钻具干钻、冲击管钻、管靴逆爪取样器等取样方法。采用金刚石或硬质合金回转钻具取样时应选择合适的冲洗液。

**M.0.3** 河床深厚砂卵砾石层原位测试宜采用重型或超重型动力触探试验、旁压试验、波速测试和钻孔载荷试验等方法,并应采用多种方法互相验证。

**M.0.4** 波速测试可选择单孔声波法、孔间穿透声波法、地震测井及孔间穿透地震波速测试等方法,测定砂卵砾石层的纵波、横波。

## 附录 N 围岩工程地质分类

**N.0.1** 围岩工程地质分类分为初步分类和详细分类。

初步分类适用于规划阶段、可研阶段以及深埋洞室施工之前的围岩工程地质分类,详细分类主要用于初步设计、招标和施工图设计阶段的围岩工程地质分类。根据分类结果,评价围岩的稳定性,并作为确定支护类型的依据,其标准应符合表 N.0.1 的规定。

表 N.0.1 围岩稳定性评价

围岩类型	围岩稳定性评价	支护类型
I	稳定。围岩可长期稳定,一般无不稳定块体	不支护或局部锚杆或喷薄层混凝土。大跨度时,喷混凝土、系统锚杆加钢筋网
II	基本稳定。围岩整体稳定,不会产生塑性变形,局部可能产生掉块	
III	局部稳定性差。围岩强度不足,局部会产生塑性变形,不支护可能产生塌方或变形破坏。完整的较软岩,可能暂时稳定	喷混凝土、系统锚杆加钢筋网。采用 TBM 掘进时,需及时支护。跨度 > 20m 时,宜采用锚索或刚性支护
IV	不稳定。围岩自稳时间很短,规模较大的各种变形和破坏都可能发生	喷混凝土、系统锚杆加钢筋网,刚性支护,并浇筑混凝土衬砌。不适宜于开敞式 TBM 施工
V	极不稳定。围岩不能自稳,变形破坏严重	

**N.0.2** 围岩初步分类以岩石强度、岩体完整程度、岩体结构类型为基本依据,以岩层走向与洞轴线的关系、水文地质条件为辅助依据,并应符合表 N.0.2 的规定。

表 N.0.2 围岩初步分类

围岩类别	岩质类型	岩体完整程度	岩体结构类型	围岩分类说明	
I、II	硬质岩	完整	整体或巨厚层状结构	坚硬岩定 I 类, 中硬岩定 II 类	
II、III		较完整	块状结构、次块状结构	坚硬岩定 II 类, 中硬岩定 III 类, 薄层状结构定 III 类	
II、III			厚层或中厚层状结构、层(片理)面结合牢固的薄层状结构		
III、IV			互层状结构		洞轴线与岩层走向夹角小于 30° 时, 定 IV 类
III、IV		完整性差	薄层状结构	岩质均一且无软弱夹层时可定 III 类	
III			镶嵌结构	—	
IV、V		较破碎	碎裂结构	有地下水活动时定 V 类	
V		破碎	碎块或碎屑状散体结构	—	
III、IV		软质岩	完整	整体或巨厚层状结构	较软岩定 III 类, 软岩定 IV 类
IV、V			较完整	块状或次块状结构	较软岩定 IV 类, 软岩定 V 类
	厚层、中厚层或互层状结构				
IV、V	完整性差		薄层状结构	较软岩无夹层时可定 IV 类	
	较破碎		碎裂结构	较软岩可定 IV 类	
	破碎	碎块或碎屑状散体结构	—		

N.0.3 岩质类型的确定, 应符合表 N.0.3 的规定。

表 N.0.3 岩质类型划分

岩质类型	硬质岩		软质岩		
	坚硬岩	中硬岩	较软岩	软岩	极软岩
岩石饱和单轴抗压强度 $R_b$ (MPa)	$R_b > 60$	$60 \geq R_b > 30$	$30 \geq R_b > 15$	$15 \geq R_b > 5$	$R_b \leq 5$

N.0.4 岩体完整程度根据结构面组数、结构面间距确定, 并应符合表 N.0.4 的规定。

表 N.0.4 岩体完整程度划分

组数 间距 (cm)	1~2	2~3	3~5	>5 或无序
>100	完整	完整	较完整	较完整
50~100	完整	较完整	较完整	差
30~50	较完整	较完整	差	较破碎
10~30	较完整	差	较破碎	破碎
<10	差	较破碎	破碎	破碎

N.0.5 岩体结构类型划分应符合附录 U 的规定。

N.0.6 对深埋洞室, 当可能发生岩爆或塑性变形时, 围岩类别宜降低一级。

N.0.7 围岩工程地质详细分类应以控制围岩稳定的岩石强度、岩体完整程度、结构面状态、地下水和主要结构面产状五项因素之和的总评分为基本判据, 围岩强度应力比为限定判据, 并应符合表 N.0.7 的规定。

表 N.0.7 地下洞室围岩详细分类

围岩类别	围岩总评分 T	围岩强度应力比 S
I	$> 85$	$> 4$
II	$85 \geq T > 65$	$> 4$
III	$65 \geq T > 45$	$> 2$
IV	$45 \geq T > 25$	$> 2$
V	$T \leq 25$	—

注: II、III、IV 类围岩, 当围岩强度应力比小于本表规定时, 围岩类别宜相应降低一级。

N.0.8 围岩强度应力比 S 可根据下式求得:

$$S = \frac{R_b \cdot K_v}{\sigma_m} \quad (\text{N.0.8})$$

式中  $R_b$ ——岩石饱和单轴抗压强度(MPa);

$K_v$ ——岩体完整性系数;

$\sigma_m$ ——围岩的最大主应力(MPa),当无实测资料时可以自重应力代替。

**N.0.9 围岩详细分类中五项因素的评分应符合下列规定:**

1 岩石强度的评分应符合表 N.0.9-1 的规定。

表 N.0.9-1 岩石强度评分

岩质类型	硬质岩		软质岩	
	坚硬岩	中硬岩	较软岩	软岩
饱和单轴抗压强度 $R_b$ (MPa)	$R_b > 60$	$60 \geq R_b > 30$	$30 \geq R_b > 15$	$R_b \leq 15$
岩石强度评分 A	30~20	20~10	10~5	5~0

注:1 岩石饱和单轴抗压强度大于 100MPa 时,岩石强度的评分为 30。

2 岩石饱和单轴抗压强度小于 5MPa 时,岩石强度的评分为 0。

2 岩体完整程度的评分应符合表 N.0.9-2 的规定。

表 N.0.9-2 岩体完整程度评分

岩体完整程度	完整	较完整	完整性差	较破碎	破碎	
岩体完整性系数 $K_v$	$K_v > 0.75$	$0.75 \geq K_v > 0.55$	$0.55 \geq K_v > 0.35$	$0.35 \geq K_v > 0.15$	$K_v \leq 0.15$	
岩体完整性评分 B	硬质岩	40~30	30~22	22~14	14~6	<6
	软质岩	25~19	19~14	14~9	9~4	<4

注:1 当  $60\text{MPa} \geq R_b > 30\text{MPa}$ ,岩体完整程度与结构面状态评分之和  $> 65$  时,按 65 评分。

2 当  $30\text{MPa} \geq R_b > 15\text{MPa}$ ,岩体完整程度与结构面状态评分之和  $> 55$  时,按 55 评分。

3 当  $15\text{MPa} \geq R_b > 5\text{MPa}$ ,岩体完整程度与结构面状态评分之和  $> 40$  时,按 40 评分。

4 当  $R_b \leq 5\text{MPa}$ ,岩体完整程度与结构面状态不参加评分。

3 结构面状态的评分应符合表 N.0.9-3 的规定。

表 N.0.9-3 结构面状态评分

结构面状态	宽度 $W$ (mm)	$W < 0.5$		$0.5 \leq W < 5.0$						$W \geq 5.0$					
	充填物	—		无充填		岩屑		泥质		岩屑	泥质	无充填			
起伏粗糙状况	起伏粗糙	平直光滑	起伏粗糙	起伏光滑或平直粗糙	平直光滑	起伏粗糙	起伏光滑或平直粗糙	平直光滑	起伏粗糙	起伏光滑或平直粗糙	平直光滑	—	—	—	
结构面状态评分 C	硬质岩	27	21	24	21	15	21	17	12	15	12	9	12	6	0~3
	较软岩	27	21	24	21	15	21	17	12	15	12	9	12	6	
	软岩	18	14	17	14	8	14	11	8	10	8	6	8	4	

注:1 结构面的延伸长度小于 3m 时,硬质岩、较软岩的结构面状态评分另加 3 分,软岩加 2 分;结构面延伸长度大于 10m 时,硬质岩、较软岩减 3 分,软岩减 2 分。

2 结构面状态最低分为 0。

4 地下水状态的评分应符合表 N.0.9-4 的规定。

表 N.0.9-4 地下水评分

活动状态		渗水到滴水	线状流水	涌水	
水量 $Q$ [L/(min·10m 洞长)] 或压力水头 $H$ (m)		$Q \leq 25$ 或 $H \leq 10$	$25 < Q \leq 125$ 或 $10 < H \leq 100$	$Q > 125$ 或 $H > 100$	
基本因素评分 $T'$	$T' > 85$	地下水评分 D	0	0~-2	-2~-6
	$85 \geq T' > 65$		0~-2	-2~-6	-6~-10
	$65 \geq T' > 45$		-2~-6	-6~-10	-10~-14
	$45 \geq T' > 25$		-6~-10	-10~-14	-14~-18
$T' \leq 25$		-10~-14	-14~-18	-18~-20	

注:1 基本因素评分  $T'$  是前述岩石强度评分 A、岩体完整性评分 B 和结构面状态评分 C 的和。

2 干燥状态取 0 分。

5 主要结构面产状的评分应符合表 N. 0. 9-5 规定。

表 N. 0. 9-5 主要结构面产状评分

结构面走向与洞轴线夹角 $\beta$		$90^\circ \geq \beta \geq 60^\circ$				$60^\circ > \beta \geq 30^\circ$				$\beta < 30^\circ$			
结构面倾角 $\alpha$ ( $^\circ$ )		$\alpha > 70^\circ$	$70^\circ \geq \alpha > 45^\circ$	$45^\circ \geq \alpha > 20^\circ$	$\alpha \leq 20^\circ$	$\alpha > 70^\circ$	$70^\circ \geq \alpha > 45^\circ$	$45^\circ \geq \alpha > 20^\circ$	$\alpha \leq 20^\circ$	$\alpha > 70^\circ$	$70^\circ \geq \alpha > 45^\circ$	$45^\circ \geq \alpha > 20^\circ$	$\alpha \leq 20^\circ$
结构面产状评分 $E$	洞顶	0	-2	-5	-10	-2	-5	-10	-12	-5	-10	-12	-12
	边墙	-2	-5	-2	0	-5	-10	-2	0	-10	-12	-5	0

注：按岩体完整程度分级为完整性差、较破碎和破碎的围岩不进行主要结构面产状评分的修正。

**N. 0. 10** 对过沟段、极高地应力区 ( $>30\text{MPa}$ )、特殊岩土及喀斯特化岩体的地下洞室围岩稳定性以及地下洞室施工期的临时支护措施需专门研究,对钙(泥)质弱胶结的干燥砂砾石、黄土等土质围岩的稳定性和支护措施需要开展针对性的评价研究。

**N. 0. 11** 跨度大于 20m 的地下洞室围岩的分类除采用本附录的分类外,还宜采用其他有关国家标准综合评定,对国际合作的工程还可采用国际通用的围岩分类进行对比使用。

## 附录 P 土的液化判别

**P. 0. 1** 地震时饱和和无黏性土和少黏性土的液化破坏,应根据土层的天然结构、颗粒组成、松密程度、地震前和地震时的受力状态、边界条件和排水条件以及地震历时等因素,结合现场勘察和室内试验综合分析判定。

**P. 0. 2** 土的地震液化判定工作可分初判和复判两个阶段。初判应排除不会发生地震液化的土层。对初判可能发生液化的土层,应进行复判。

**P. 0. 3** 土的地震液化初判应符合下列规定:

1 地层年代为第四纪晚更新世  $Q_3$  或以前的土,可判为不液化。

2 土的粒径小于 5mm 颗粒含量的质量百分率小于或等于 30% 时,可判为不液化。

3 对粒径小于 5mm 颗粒含量质量百分率大于 30% 的土,其中粒径小于 0.005mm 的颗粒含量质量百分率 ( $\rho_c$ ) 相应于地震动峰值加速度为 0.10g、0.15g、0.20g、0.30g 和 0.40g 分别不小于 16%、17%、18%、19% 和 20% 时,可判为不液化;当黏粒含量不满足上述规定时,可通过试验确定。

4 工程正常运用后,地下水位以上的非饱和土,可判为不液化。

5 当土层的剪切波速大于式 (P. 0. 3-1) 计算的上限剪切波速时,可判为不液化。

$$V_{st} = 291 \sqrt{K_H \cdot Z \cdot r_d} \quad (\text{P. 0. 3-1})$$

式中  $V_{st}$ ——上限剪切波速度 (m/s);

$K_H$ ——地震动峰值加速度系数;

Z——土层深度(m);

$r_d$ ——深度折减系数。

6 地震动峰值加速度可按现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 查取或采用场地地震安全性评价结果。

7 深度折减系数可按下列公式计算:

$$Z=0\sim 10\text{m}, r_d=1.0-0.01Z \quad (\text{P. 0. 3-2})$$

$$Z=10\sim 20\text{m}, r_d=1.1-0.02Z \quad (\text{P. 0. 3-3})$$

$$Z=20\sim 30\text{m}, r_d=0.9-0.01Z \quad (\text{P. 0. 3-4})$$

**P. 0. 4** 土的地震液化复判应符合下列规定:

1 标准贯入锤击数法。

1)符合下式要求的土应判为液化土:

$$N < N_{cr} \quad (\text{P. 0. 4-1})$$

式中  $N$ ——工程运用时,标准贯入点在当时地面以下  $d_s$ (m)深度处的标准贯入锤击数;

$N_{cr}$ ——液化判别标准贯入锤击数临界值。

2)当标准贯入试验贯入点深度和地下水位在试验地面以下的深度,不同于工程正常运用时,实测标准贯入锤击数应按式(P. 0. 4-2)进行校正,并应以校正后的标准贯入锤击数  $N$  作为复判依据。

$$N = N' \left( \frac{d_s + 0.9d_w + 0.7}{d'_s + 0.9d'_w + 0.7} \right) \quad (\text{P. 0. 4-2})$$

式中  $N'$ ——实测标准贯入锤击数;

$d_s$ ——工程正常运用时,标准贯入点在当时地面以下的深度(m);

$d_w$ ——工程正常运用时,地下水位在当时地面以下的深度(m),当地面淹没于水面以下时, $d_w$ 取0;

$d'_s$ ——标准贯入试验时,标准贯入点在当时地面以下的深度(m);

$d'_w$ ——标准贯入试验时,地下水位在当时地面以下的深度

(m);若当时地面淹没于水面以下时, $d'_w$ 取0。

校正后标准贯入锤击数和实测标准贯入锤击数均不进行钻杆长度校正。

3)液化判别标准贯入锤击数临界值应根据下式计算:

$$N_{cr} = N_0 [0.9 + 0.1(d_s - d_w)] \sqrt{\frac{3\%}{\rho_c}} \quad (\text{P. 0. 4-3})$$

式中  $\rho_c$ ——土的黏粒含量质量百分率(%),当  $\rho_c < 3\%$  时, $\rho_c$ 取3%。

$N_0$ ——液化判别标准贯入锤击数基准值。

$d_s$ ——当标准贯入点在地面以下5m以内的深度时,应采用5m计算。

4)液化判别标准贯入锤击数基准值  $N_0$ ,按表 P. 0. 4-1 取值。

表 P. 0. 4-1 液化判别标准贯入锤击数基准值

地震动峰值加速度	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
近震	6	8	10	13	16
远震	8	10	12	15	18

注:当  $d_s=3\text{m}, d_w=2\text{m}, \rho_c \leq 3\%$  时的标准贯入锤击数称为液化标准贯入锤击数基准值。

5)公式(P. 0. 4-3)只适用于标准贯入点地面以下15m以内的深度,大于15m的深度内有饱和砂或饱和少黏性土,需要进行地震液化判别时,可采用其他方法判定。

6)当建筑物所在地区的地震设防烈度比相应的震中烈度小2度或2度以上时定为远震,否则为近震。

7)测定土的黏粒含量时应采用六偏磷酸钠作分散剂。

2 相对密度复判法。当饱和和无黏性土(包括砂和粒径大于2mm的砂砾)的相对密度不大于表 P. 0. 4-2 中的液化临界相对密度时,可判为可能液化土。



表 P.0.4-2 饱和和无黏性土的液化临界相对密度

地震动峰值加速度	0.05g	0.10g	0.20g	0.40g
液化临界相对密度 ( $Dr$ ) <sub>cr</sub> (%)	65	70	75	85

3 相对含水率或液性指数复判法。

1) 当饱和和少黏性土的相对含水率大于或等于 0.9 时, 或液性指数大于或等于 0.75 时, 可判为可能液化土。

2) 相对含水率应按下式计算:

$$W_u = \frac{W_s}{W_L} \quad (\text{P.0.4-4})$$

式中  $W_u$ ——相对含水率(%);

$W_s$ ——少黏性土的饱和含水率(%);

$W_L$ ——少黏性土的液限含水率(%).

3) 液性指数应按下式计算:

$$I_L = \frac{W_s - W_p}{W_L - W_p} \quad (\text{P.0.4-5})$$

式中  $I_L$ ——液性指数;

$W_p$ ——少黏性土的塑限含水率(%).

附录 Q 岩爆判别

Q.0.1 岩体同时具备高地应力、岩质硬脆、完整性好~较好、无地下水的洞段, 可初步判别为易产生岩爆。

Q.0.2 岩爆分级可按表 Q.0.2 进行判别。

表 Q.0.2 岩爆分级及判别

岩爆分级	主要现象和岩性条件	岩石强度应力比 $R_b/\sigma_m$	建议防治措施
轻微岩爆 (I级)	围岩表层有爆裂射落现象, 内部有噼啪、撕裂声响, 人耳偶然可以听到。岩爆零星间断发生。一般影响深度 0.1~0.3m。对施工影响较小	4~7	根据需要进行简单支护
中等岩爆 (II级)	围岩爆裂弹射现象明显, 有似子弹射击的清脆爆裂声响, 有一定的持续时间。破坏范围较大, 一般影响深度 0.3~1m。对施工有一定影响, 对设备及人员安全有一定威胁	2~4	需进行专门支护设计。多进行喷锚支护等
强烈岩爆 (III级)	围岩大片爆裂, 出现强烈弹射, 发生岩块抛射及岩粉喷射现象, 巨响, 似爆破声, 持续时间长, 并向围岩深部发展, 破坏范围和块度大, 一般影响深度 1~3m。对施工影响大, 威胁机械设备及人员人身安全	1~2	主要考虑采取应力释放钻孔、超前导洞等措施, 进行超前应力解除, 降低围岩应力。也可采取超前锚固及格栅钢支撑等措施加固围岩。需进行专门支护设计
极强岩爆 (IV级)	洞室断面大部分围岩严重爆裂, 大块岩片出现剧烈弹射, 震动强烈, 响声剧烈, 似闷雷。迅速向围岩深处发展, 破坏范围和块度大, 一般影响深度大于 3m, 乃至整个洞室遭受破坏。严重影响施工, 人财损失巨大。最严重者可造成地面建筑物破坏	<1	

注: 表中  $R_b$  为岩石饱和单轴抗压强度 (MPa),  $\sigma_m$  为最大主应力。

## 附录 R 特殊土勘察要点

### R.1 软 土

R.1.1 软土勘察应包括下列内容:

1 查明软土分布区表层硬壳层的性状、厚度及下卧硬土层或基岩的埋深与起伏状况。

2 查明软土的有机质含量。

3 调查降水、开挖、回填、堆筑、打桩等对软土强度和压缩性的影响以及在类似软土上已建工程的建筑经验。

R.1.2 软土的勘察方法应符合下列规定:

1 软土的抗剪强度宜采用三轴试验或十字板剪切试验测定。

2 应进行固结试验,根据需要进行少量代表性的次固结试验,其最大固结压力应按上覆土层与建筑物荷载之和确定。

R.1.3 软土工程地质评价应包括下列内容:

1 当地表存在硬壳层时,应评价其利用的可能性。

2 评价软土地基的抗滑稳定性、侧向挤出和沉降变形特性。

3 软土地基处理措施建议。

### R.2 黄 土

R.2.1 黄土勘察应包括下列内容:

1 查明黄土形成时代,并区分老黄土( $Q_1$ 、 $Q_2$ )、新黄土( $Q_3$ 、 $Q_4$ )和新近堆积黄土( $Q_4^i$ )。

2 查明黄土的成因类型、厚度、黄土层的均匀性与结构特征,古土壤与钙质结核层的分布与数量,单层厚度等。

3 查明湿陷性黄土层的厚度、湿陷类型和湿陷等级、湿陷系数随深度的变化情况。

4 查明黄土滑坡、崩塌、错落、陷穴、潜蚀洞穴、垂直节理、卸荷裂隙等的分布范围、规模、性质等。

5 查明黄土的地下水类型,地下水位及其变化幅度。

6 应按黄土湿陷性程度分别提出物理力学参数、承载力和开挖边坡坡比建议值,并结合建筑物的基础形式进行工程地质评价。

R.2.2 黄土的勘察方法应符合下列规定:

1 宜在探坑(井)内采取黄土原状样。

2 应进行黄土湿陷试验,测定湿陷系数、自重湿陷系数、湿陷起始压力等参数。

R.2.3 黄土工程地质评价应包括下列内容:

1 黄土物理力学性质和湿陷性随深度的变化规律,湿陷类型和等级。

2 冲沟、陷穴、碟型洼地、溶蚀洞穴、滑坡、错落、崩塌等的分布范围、规模、发育特点及其对工程的影响。

3 各类裂隙、溶蚀洞穴、地下水等对建筑物地基、边坡和洞室稳定的影响。

4 提出处理措施建议。

### R.3 盐 渍 土

R.3.1 盐渍土勘察应包括下列内容:

1 调查植物生长情况和溶蚀洞穴的分布与发育程度。

2 查明盐渍土的形成条件、含盐类型和含盐程度,了解含盐量在水平和垂直方向上的分布特征。

3 查明盐渍土的毛管水上升高度和蒸发作用影响深度(蒸发强度)。

4 调查盐渍土地区已有建筑物被腐蚀破坏情况。

5 收集工程区气温、湿度、降水量等气象资料。

R.3.2 盐渍土的勘察方法应符合下列规定:

1 测定含盐量的土样宜在地表下 1.0m 深度范围内分层采

取,平均取样间隔 0.25m,近地表取样间隔应适当减小,地下水位埋深小于 1.0m 时取样至地下水位,地下水位埋深大于 1.0m 且 1.0m 深度以下含盐量仍然很高时,可适当加大取样深度,取样间隔可为 0.5m,取样宜在干旱季节进行。

2 测定毛管水上升高度。

3 对溶陷性盐渍土,应采用浸水载荷试验确定其溶陷性;对盐胀性盐渍土,宜现场测定有效盐胀厚度和总盐胀量,当土中硫酸钠含量不超过 1% 时可不考虑盐胀性。

4 溶陷性试验和化学成分分析,根据需要对土的微观结构进行鉴定。

5 进行混凝土和钢结构的腐蚀性试验。

**R. 3.3 盐渍土工程地质评价应包括下列内容:**

1 含盐类型、含盐量及主要含盐矿物对土的特性的影响。

2 土的溶陷性、盐胀性、腐蚀性和场地工程建设的适宜性。

3 对于浅挖、半填半挖和填土渠段,预测渠水渗漏形成次生盐渍土的可能性。

4 提出处理措施建议。

## R. 4 膨 胀 土

**R. 4.1 膨胀土勘察应包括下列内容:**

1 调查膨胀土地区的自然坡高和坡度。

2 收集降雨量、蒸发量、地温、气温和大气影响深度等。

3 查明膨胀土的结构、构造、裂隙发育与充填情况、夹层性状及膨胀特性在水平与垂直方向的变化规律,土体特性与含水率的关系。

4 查明膨胀土的黏土矿物成分、化学成分。

5 调查膨胀土地区滑坡的特点和范围,建筑物变形破坏情况和基础埋置深度。

**R. 4.2 膨胀土的勘察方法应符合下列规定:**

1 测定土的黏土矿物成分和化学成分。

2 测定自由膨胀率、膨胀率、收缩系数、膨胀力和崩解速率等。

3 按膨胀土的垂直分带,分别测定土的残余抗剪强度、快剪或固结快剪强度,根据需要进行现场剪切试验。

**R. 4.3 膨胀土工程地质评价应包括下列内容:**

1 对膨胀土的胀缩性进行评价,按膨胀潜势对膨胀土地基分类。

2 根据膨胀土的强度特性、含水率的变化幅度以及大气影响深度等,评价膨胀土边坡稳定性。

3 提出膨胀土处理措施建议。

## R. 5 人 工 填 土

**R. 5.1 人工填土勘察应包括下列内容:**

1 填土的类型、年限、填筑方法。

2 原始地形起伏状况,掩埋的坑、塘、暗沟等情况。

3 填土的物质成分、颗粒级配、均匀性及物理力学性质。

4 填土地基上已有建筑物的变形或破坏情况。

**R. 5.2 人工填土的勘察方法应符合下列规定:**

1 对杂填土,宜进行注水试验,了解其渗透性。

2 当无法取得室内试验资料时,宜进行动力触探试验或载荷试验。

**R. 5.3 根据人工填土的物质组成、颗粒级配、均匀性、密实程度和渗透性,评价地基不均匀变形及渗透稳定性,提出处理措施的建议。**

## R. 6 分 散 性 土

**R. 6.1 分散性土勘察应包括下列内容:**

1 收集水文、气象资料,调查土壤类型、分布、植物生长情况、土壤水和潜水状况、自然冲蚀和工程破坏情况以及分散性土的处理措施与效果。

2 查明分散性土形成的地质背景和特征、黏土矿物成分、化

学成分、结构、构造及含盐类型。

**R. 6.2** 分散性土的判定应在野外调查的基础上,通过室内试验综合判定。

**R. 6.3** 评价分散性土对工程的影响。

**R. 6.4** 提出处理措施建议。

## R.7 冻土

**R. 7.1** 冻土勘察应包括下列内容:

1 季节性冻土的冻胀性及形成条件,了解积水、排水条件、冻土层厚度、最大埋深;多年冻土的融沉性及含冰情况,不同地貌单元冻土层埋藏深度、厚度、延伸情况及相互关系。

2 查明多年冻土的分布范围及上限深度。

3 查明多年冻土的分类、厚度、总含水率、结构特征、热物理性质、冻胀性和融沉性分级。

4 查明多年冻土层上水、层间水、层下水的赋存形式、相互关系及其对工程的影响。

5 查明多年冻土区厚层地下冰、冰锥、冰丘、冻土沼泽、热融滑塌、热融湖塘、融冻泥流、寒冻裂隙等的形态特征、形成条件、分布范围、发生发展规律及其对工程的危害。

**R. 7.2** 季节性冻土工程地质评价应包括下列内容:

1 冻土的温度状况,包括地表积雪、植被、水体、沼泽化、大气降水渗透作用、土的含水率、地形等对地温的影响。

2 评价冻土的融沉性和冻胀性。

**R. 7.3** 多年冻土工程地质评价除应符合本规范 R. 7.2 的规定外,尚应包括下列内容:

1 季节融化层的厚度及其变化特征。

2 对多年冻土的融沉性和季节融化层的冻胀性进行分级。

3 根据冻土工程地质条件及其变化,提出利用原则及其相应的保护和防治措施建议。

## R.8 红黏土

**R. 8.1** 红黏土勘察应包括下列内容:

1 查明不同地貌单元原生红黏土与次生红黏土的分布、厚度、物质组成、土性、土体结构等特征及其差异。

2 查明下伏基岩岩性或可溶岩岩性及层组类型、产状、基岩面起伏状况、隐伏喀斯特发育特征及其与红黏土分布、物理力学性质的关系。

3 查明地表水与地下水对红黏土湿度状态、垂直分带和物理力学性质的影响。

4 调查土体中裂隙的发育情况,分析其对边坡稳定的影响。

5 调查红黏土地裂的分布、成因等发育情况及其对已有建筑物的影响。

6 查明地基及其附近土洞发育情况。

7 收集红黏土地区勘察设计及施工处理经验。

**R. 8.2** 红黏土的勘察方法应符合下列规定:

1 应采用钻探、原位测试和室内试验等方法进行勘察。

2 判别红黏土的胀缩性宜进行收缩试验、复浸水试验,确定承载力宜进行天然土与饱和土的无侧限抗压强度试验,原位试验宜采用载荷试验、静力触探等方法。

3 对裂隙发育的红黏土,宜进行三轴剪切试验。

4 评价边坡长期稳定性时,应采用反复剪切试验指标。

**R. 8.3** 红黏土工程地质评价应包括下列内容:

1 红黏土的塑性状态分类、结构分类、复浸水特性分类、均匀性分类。

2 根据湿度状态的垂向变化,评价地基抗滑稳定及沉降变形问题。

3 根据红黏土裂隙发育、干湿循环等情况评价边坡稳定性。

4 提出工程处理措施建议。

## 附录 S 膨胀土的判别

**S.0.1** 膨胀土是一种含有大量亲水性矿物、湿度变化时有较大体积变化、变形受约束时产生较大内应力的黏性土。膨胀土的判别分初判和详判。初判是判定场地有无膨胀土,对拟选场地的稳定性和适宜性作出工程地质评价;详判是确定膨胀土的工程特性指标,对场地膨胀土进行膨胀潜势分类及工程地质条件评价,提出膨胀土处理措施方案。

**S.0.2** 具有下列特征的土可初判为膨胀土:

- 1 地层年代为第四纪晚更新世  $Q_3$  以前,多分布在二级或二级以上阶地,山前丘陵和盆地边缘。
- 2 地形平缓,无明显自然陡坎,常见浅层滑坡和地裂。
- 3 土体裂隙发育,常有光滑面和擦痕,有的裂隙中充填灰白或灰绿色黏土,干时坚硬,遇水软化,自然条件下呈坚硬或硬塑状态。
- 4 浅部胀缩裂隙中含上层滞水,无统一地下水位,水量较贫且随季节变化明显。
- 5 新开挖边坡工程易发生坍塌,地基未经处理的建筑物破坏严重,刚性结构较柔性结构严重,建筑物裂缝宽度随季节变化。

**S.0.3** 膨胀土详判包括膨胀潜势分类和地基胀缩等级划分,并应符合下列规定:

- 1 膨胀土的膨胀潜势可按表 S.0.3-1 分为三类。

表 S.0.3-1 膨胀土的膨胀潜势分类

自由膨胀率 $\delta_{ef}$ (%)	膨胀潜势分类
$40 \leq \delta_{ef} < 65$	弱
$65 \leq \delta_{ef} < 90$	中
$\delta_{ef} \geq 90$	强

2 膨胀土地基的胀缩等级可按表 S.0.3-2 分为三级。

表 S.0.3-2 膨胀土地基的胀缩等级

地基分级变形量 $S_c$ (mm)	胀缩等级
$15 \leq S_c < 35$	I
$35 \leq S_c < 70$	II
$S_c \geq 70$	III

**S.0.4** 地基分级变形量应按现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 的有关规定计算。

## 附录 T 黄土湿陷性及湿陷起始压力的判定

**T.0.1** 黄土湿陷性的判别可分初判和复判两阶段进行。

**T.0.2** 黄土湿陷性初判宜采用下列标准：

1 根据黄土层地质时代初判：

早更新世  $Q_1$  黄土不具有湿陷性；

中更新世  $Q_2$  黄土不具有湿陷性；

中更新世  $Q_2$  顶部部分黄土具有湿陷性；

上更新世  $Q_3$  与全新世  $Q_4$  黄土具有湿陷性。

2 根据典型黄土塬区完整黄土地层剖面初判：

自地表向下第一层黄土 ( $Q_3$ ) 宜判为强湿陷性或中等湿陷性；第二层黄土 ( $Q_2$  上部) 宜判为轻微湿陷性；第三层及以下各层黄土 (含古土壤层) 可判为无湿陷性。第一层与第二层 ( $Q_3$ - $Q_2$  上部) 所夹的古土壤层宜判为轻微湿陷性。

3 上更新世  $Q_3$  黄土, 天然含水率超过塑限含水率时, 宜判为轻微湿陷性或不具湿陷性。

**T.0.3** 黄土湿陷性试验可分为室内压缩试验和现场浸水载荷试验两种。取样与试验应符合以下规定：

1 取样要求：地下水位以上黄土层, 应开挖竖井取样；地下水位以下的饱和黄土, 可采用钻孔薄壁取土器静压法取样, 并应符合 I 级土样质量要求。

2 试验取样应穿透湿陷性土层。

3 试验压力一般可采用  $0 \sim 300\text{kPa}$ , 当基底压力大于  $300\text{kPa}$  时, 宜按实际压力进行湿陷性试验。

4 重要工程除应做室内固结试验外, 还应做现场浸水载荷试验, 确定黄土湿陷性及湿陷起始压力。在  $200\text{kPa}$  压力下浸水载

荷试验的附加湿陷量与承压板宽度之比等于或大于  $0.023$  的土, 应判定为湿陷性土。

**T.0.4** 黄土湿陷性的复判, 应包括黄土的湿陷性质、场地湿陷类型、地基湿陷等级等。判别标准和方法应符合下列规定：

1 湿陷性黄土的湿陷程度, 可根据湿陷系数  $\delta_s$  值的大小分为下列三种：

1) 当  $0.015 \leq \delta_s \leq 0.03$  时, 湿陷性轻微。

2) 当  $0.03 < \delta_s \leq 0.07$  时, 湿陷性中等。

3) 当  $\delta_s > 0.07$  时, 湿陷性强烈。

2 湿陷性黄土场地的湿陷类型, 应按自重湿陷量的实测值  $\Delta_{zs}'$  或计算值  $\Delta_{zs}$  判定, 并应符合下列规定。

1) 当自重湿陷量的实测值  $\Delta_{zs}'$  或计算值  $\Delta_{zs}$  小于或等于  $70\text{mm}$  时, 应定为非自重湿陷性黄土地场。

2) 当自重湿陷量的实测值  $\Delta_{zs}'$  或计算值  $\Delta_{zs}$  大于  $70\text{mm}$  时, 应定为自重湿陷性黄土地场。

3) 当自重湿陷量的实测值和计算值出现矛盾时, 应按自重湿陷量的实测值判定。

3 湿陷性黄土地基的湿陷等级, 应根据湿陷量的计算值和自重湿陷量的计算值等按表 T.0.4 判定。

表 T.0.4 湿陷性黄土地基的湿陷等级

湿陷类型 $\Delta_{zs}$ (mm)	非自重湿陷性场地		自重湿陷性场地	
	$\Delta_{zs} \leq 70$	$70 < \Delta_{zs} \leq 350$	$\Delta_{zs} > 350$	
$\Delta_s \leq 300$	I (轻微)	II (中等)	—	
$300 < \Delta_s \leq 700$	II (中等)	II (中等) 或 III (严重)	III (严重)	
$\Delta_s > 700$	II (中等)	III (严重)	IV (很严重)	

注：\* 当湿陷量的计算值  $\Delta_s > 600\text{mm}$ 、自重湿陷量的计算值  $\Delta_{zs} > 300\text{mm}$  时, 可判为 III 级, 其他情况可判为 II 级。

**T.0.5** 湿陷性黄土的湿陷起始压力  $p_{sh}$  值, 可按下列方法确定：

1 当按现场浸水载荷试验结果确定时,应在  $p-s_s$  (压力与浸水下沉量) 曲线上,取其转折点所对应的压力值为湿陷起始压力。当曲线上的转折点不明显时,可取浸水下沉量 ( $s_s$ ) 与承压板直径 ( $d$ ) 或宽度 ( $b$ ) 之比值等于 0.017 所对应的压力值为湿陷起始压力值。

2 当按室内压缩试验结果确定时,在  $p-\delta_s$  曲线上宜取  $\delta_s = 0.015$  所对应的压力值为湿陷起始压力值。

3 对于非自重湿陷性黄土场地,当地基内土层的湿陷起始压力值大于其附加压力与上覆土的饱和自重压力之和时,可按非湿陷性黄土评价。

## 附录 U 岩体结构分类

表 U 岩体结构分类

类型	亚类	岩体结构特征
块状结构	整体结构	岩体完整,呈巨块状,结构面不发育,间距大于 100cm
	块状结构	岩体较完整,呈块状,结构面轻度发育,间距一般 50~100cm
	次块状结构	岩体较完整,呈次块状,结构面中等发育,间距一般 30~50cm
层状结构	巨厚层状结构	岩体完整,呈巨厚状,层面不发育,间距大于 100cm
	厚层状结构	岩体较完整,呈厚层状,层面轻度发育,间距一般 50~100cm
	中厚层状结构	岩体较完整,呈中厚层状,层面中等发育,间距一般 30~50cm
	互层结构	岩体较完整或完整性差,呈互层状,层面较发育或发育,间距一般 10~30cm
	薄层结构	岩体完整性差,呈薄层状,层面发育,间距一般小于 10cm
镶嵌结构		岩体完整性差,岩块镶嵌紧密,结构面较发育到很发育,间距一般 10~30cm
碎裂结构	块裂结构	岩体完整性差,岩块间有岩屑和泥质物充填,嵌合中等紧密~较松弛,结构面较发育到很发育,间距一般 10~30cm
	碎裂结构	岩体破碎,结构面很发育,间距一般小于 10cm
散体结构	碎块状结构	岩体破碎,岩块夹岩屑或泥质物
	碎屑状结构	岩体破碎,岩屑或泥质物夹岩块

## 附录 V 坝基岩体工程地质分类

表 V 坝基岩体工程地质分类

类别	A 坚硬岩 ( $R_b > 60\text{MPa}$ )		
	岩体特征	岩体工程性质评价	岩体主要特征值
I	$A_{I1}$ : 岩体呈整体状或块状、巨厚层状、厚层状结构, 结构面不发育~轻度发育, 延展性差, 多闭合, 岩体力学特性各方向的差异性不显著	岩体完整, 强度高, 抗滑、抗变形性能强, 不需作专门性地基处理, 属优良高混凝土坝地基	$R_b > 90\text{MPa}$ , $V_p > 5000\text{m/s}$ , $RQD > 85\%$ , $K_v > 0.85$
II	$A_{II}$ : 岩体呈块状或次块状、厚层结构, 结构面中等发育, 软弱结构面局部分布, 不成为控制性结构面, 不存在影响坝基或坝肩稳定的大型楔体或棱体	岩体较完整, 强度高, 软弱结构面不控制岩体稳定, 抗滑、抗变形性能较高, 专门性地基处理工程量不大, 属良好高混凝土坝地基	$R_b > 60\text{MPa}$ , $V_p > 4500\text{m/s}$ , $RQD > 70\%$ , $K_v > 0.75$
III	$A_{III1}$ : 岩体呈次块状、中厚层状结构或焊合牢固的薄层结构。结构面中等发育, 岩体中分布有缓倾角或陡倾角(坝肩)的软弱结构面, 存在影响局部坝基或坝肩稳定的楔体或棱体	岩体较完整, 局部完整性差, 强度较高, 抗滑、抗变形性能在一定程度上受结构面控制。对影响岩体变形和稳定的结构面应做局部专门处理	$R_b > 60\text{MPa}$ , $V_p = 4000 \sim 4500\text{m/s}$ , $RQD = 40\% \sim 70\%$ , $K_v = 0.55 \sim 0.75$
	$A_{III2}$ : 岩体呈互层状、镶嵌状结构, 层面为硅质或钙质胶结薄层状结构。结构面发育, 但延展差, 多闭合, 岩块间嵌合力较好	岩体强度较高, 但完整性差, 抗滑、抗变形性能受结构面发育程度、岩块间嵌合力, 以及岩体整体强度特性控制, 基础处理以提高岩体的整体性为重点	$R_b > 60\text{MPa}$ , $V_p = 3000 \sim 4500\text{m/s}$ , $RQD = 20\% \sim 40\%$ , $K_v = 0.35 \sim 0.55$

续表 V

类别	A 坚硬岩 ( $R_b > 60\text{MPa}$ )		
	岩体特征	岩体工程性质评价	岩体主要特征值
IV	$A_{IV1}$ : 岩体呈互层状或薄层状结构, 层间结合较差。结构面较发育~发育, 明显存在不利于坝基及坝肩稳定的软弱结构面、较大的楔体或棱体	岩体完整性差, 抗滑、抗变形性能明显受结构面控制。能否作为高混凝土坝地基, 视处理难度和效果而定	$R_b > 60\text{MPa}$ , $V_p = 2500 \sim 3500\text{m/s}$ , $RQD = 20\% \sim 40\%$ , $K_v = 0.35 \sim 0.55$
	$A_{IV2}$ : 岩体呈镶嵌或碎裂结构, 结构面很发育, 且多张开或夹碎屑和泥, 岩块间嵌合力弱	岩体较破碎, 抗滑、抗变形性能差, 一般不宜作高混凝土坝地基。当坝基局部存在该类岩体时, 需做专门处理	$R_b > 60\text{MPa}$ , $V_p < 2500\text{m/s}$ , $RQD < 20\%$ , $K_v < 0.35$
V	$A_V$ : 岩体呈散体结构, 由岩块夹泥或泥包岩块组成, 具有散体连续介质特征	岩体破碎, 不能作为高混凝土坝地基。当坝基局部地段分布该类岩体时, 需做专门处理	—
B 中硬岩 ( $R_b = 30 \sim 60\text{MPa}$ )			
I	—	—	—
II	$B_{II}$ : 岩体结构特征与 $A_I$ 相似	岩体完整, 强度较高, 抗滑、抗变形性能较强, 专门性地基处理工程量不大, 属良好高混凝土坝地基	$R_b = 40 \sim 60\text{MPa}$ , $V_p = 4000 \sim 4500\text{m/s}$ , $RQD > 70\%$ , $K_v > 0.75$
III	$B_{III1}$ : 岩体结构特征与 $A_{II}$ 相似	岩体较完整, 有一定强度, 抗滑、抗变形性能一定程度受结构面和岩石强度控制, 影响岩体变形和稳定的结构面应做局部专门处理	$R_b = 40 \sim 60\text{MPa}$ , $V_p = 3500 \sim 4000\text{m/s}$ , $RQD = 40\% \sim 70\%$ , $K_v = 0.55 \sim 0.75$
	$B_{III2}$ : 岩体呈次块或中厚层状结构, 或硅质、钙质胶结的薄层结构, 结构面中等发育, 多闭合, 岩块间嵌合力较好, 贯穿性结构面不多见	岩体较完整, 局部完整性差, 抗滑、抗变形性能受结构面和岩石强度控制	$R_b = 40 \sim 60\text{MPa}$ , $V_p = 3000 \sim 3500\text{m/s}$ , $RQD = 20\% \sim 40\%$ , $K_v = 0.35 \sim 0.55$



续表 V

类别	B 中硬岩 ( $R_b = 30 \sim 60 \text{MPa}$ )		
	岩体特征	岩体工程性质评价	岩体主要特征值
IV	$B_{N1}$ : 岩体呈互层状或薄层状, 层间结合较差, 存在不利于坝基(肩)稳定的软弱结构面、较大楔体或棱体	同 $A_{N1}$	$R_b = 30 \sim 60 \text{MPa}$ , $V_p = 2000 \sim 3000 \text{m/s}$ , $RQD = 20\% \sim 40\%$ , $K_v < 0.35$
	$B_{N2}$ : 岩体呈薄层状或碎裂状, 结构面发育~很发育, 多张开, 岩块间嵌合力差	同 $A_{N2}$	$R_b = 30 \sim 60 \text{MPa}$ , $V_p < 2000 \text{m/s}$ , $RQD < 20\%$ , $K_v < 0.35$
V	同 $A_V$	同 $A_V$	—
C 软质岩 ( $R_b < 30 \text{MPa}$ )			
I	—	—	—
II	—	—	—
III	$C_{III}$ : 岩石强度 15~30MPa, 岩体呈整体状或巨厚层状结构, 结构面不发育~中等发育, 岩体力学特性各方向的差异性不显著	岩体完整, 抗滑、抗变形性能受岩石强度控制	$R_b < 30 \text{MPa}$ , $V_p = 2500 \sim 3500 \text{m/s}$ , $RQD > 50\%$ , $K_v > 0.55$
	—	—	—
IV	$C_{IV}$ : 岩石强度大于 15MPa, 但结构面较发育; 或岩石强度小于 15MPa, 结构面中等发育	岩体较完整, 强度低, 抗滑、抗变形性能差, 不宜作为高混凝土坝地基, 当坝基局部存在该类岩体, 需专门处理	$R_b < 30 \text{MPa}$ , $V_p < 2500 \text{m/s}$ , $RQD < 50\%$ , $K_v < 0.55$
	—	—	—
V	同 $A_V$	同 $A_V$	—

注: 本分类适用于高度大于 70m 的混凝土坝。  $R_b$  为饱和单轴抗压强度,  $V_p$  为声波纵波波速,  $K_v$  为岩体完整性系数,  $RQD$  为岩石质量指标。

## 附录 W 外水压力折减系数

W.0.1 前期勘察阶段可根据岩土体渗透性等级按表 W.0.1 确定外水压力折减系数。

表 W.0.1 外水压力折减系数

岩土体渗透性等级	渗透系数 $K$ (cm/s)	透水率 $q$ (Lu)	外水压力折减系数 $\beta_e$
极微透水	$K < 10^{-6}$	$q < 0.1$	$0 \leq \beta_e < 0.1$
微透水	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$0.1 \leq q < 1$	$0.1 \leq \beta_e < 0.2$
弱透水	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$1 \leq q < 10$	$0.2 \leq \beta_e < 0.4$
中等透水	$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	$10 \leq q < 100$	$0.4 \leq \beta_e < 0.8$
强透水	$10^{-2} \leq K < 1$	$q \geq 100$	$0.8 \leq \beta_e \leq 1$
极强透水	$K \geq 1$		

W.0.2 地下工程施工期间或有勘探平洞时, 可按表 W.0.2 确定外水压力折减系数。当有内水组合时,  $\beta_e$  应取小值, 无内水组合时,  $\beta_e$  应取大值。

表 W.0.2 外水压力折减系数经验取值表

级别	地下水活动状态	地下水对围岩稳定的影响	折减系数
1	洞壁干燥或潮湿	无影响	0.00~0.20
2	沿结构面有渗水或滴水	软化结构面的充填物质, 降低结构面的抗剪强度。软化软弱岩体	0.10~0.40
3	严重滴水, 沿软弱结构面有大量滴水、线状流水或喷水	泥化软弱结构面的充填物质, 降低其抗剪强度, 对中硬岩体发生软化作用	0.25~0.60
4	严重滴水, 沿软弱结构面有小量涌水	地下水冲刷结构面中的充填物质, 加速岩体风化, 对断层等软弱带软化泥化, 并使其膨胀崩解及产生机械管涌。有渗透压力, 能鼓开较薄的软弱层	0.40~0.80
5	严重股状流水, 断层等软弱带有大量涌水	地下水冲刷带出结构面中的充填物质, 分离岩体, 有渗透压力, 能鼓开一定厚度的断层等软弱带, 并导致围岩塌方	0.65~1.00

注: 本表引自《水工隧洞设计规范》SL 279—2002。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

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用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

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”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

水利水电工程地质勘察规范

GB 50487 - 2008

条文说明

## 目 次

1	总 则 .....	(157)
2	术语和符号 .....	(159)
2.1	术语 .....	(159)
3	基本规定 .....	(160)
4	规划阶段工程地质勘察 .....	(167)
4.1	一般规定 .....	(167)
4.2	区域地质和地震 .....	(167)
4.3	水库 .....	(168)
4.4	坝址 .....	(169)
4.5	引调水工程 .....	(170)
4.6	防洪排涝工程 .....	(171)
4.7	灌区工程 .....	(171)
4.8	河道整治工程 .....	(171)
4.9	天然建筑材料 .....	(171)
4.10	勘察报告 .....	(172)
5	可行性研究阶段工程地质勘察 .....	(173)
5.1	一般规定 .....	(173)
5.2	区域构造稳定性 .....	(173)
5.3	水库 .....	(175)
5.4	坝址 .....	(175)
5.5	发电引水线路及厂址 .....	(177)
5.7	渠道及渠系建筑物 .....	(177)
5.8	水闸及泵站 .....	(178)

5.9	深埋长隧洞	(179)
5.10	堤防及分蓄洪工程	(180)
5.11	灌区工程	(180)
5.12	河道整治工程	(181)
5.13	移民选址	(182)
5.15	勘察报告	(184)
6	初步设计阶段工程地质勘察	(185)
6.1	一般规定	(185)
6.2	水库	(185)
6.3	土石坝	(191)
6.4	混凝土重力坝	(191)
6.5	混凝土拱坝	(192)
6.6	溢洪道	(193)
6.7	地面厂房	(194)
6.8	地下厂房	(194)
6.9	隧洞	(195)
6.10	导流明渠及围堰工程	(195)
6.11	通航建筑物	(196)
6.12	边坡工程	(196)
6.13	渠道及渠系建筑物	(208)
6.14	水闸及泵站	(209)
6.15	深埋长隧洞	(209)
6.16	堤防工程	(210)
6.17	灌区工程	(210)
6.18	河道整治工程	(210)
6.19	移民新址	(211)
6.21	勘察报告	(212)
7	招标设计阶段工程地质勘察	(214)
7.1	一般规定	(214)

7.2	工程地质复核与勘察	(214)
8	施工详图设计阶段工程地质勘察	(216)
8.1	一般规定	(216)
8.2	专门性工程地质勘察	(216)
8.3	施工地质	(217)
8.4	勘察报告	(218)
9	病险水库除险加固工程地质勘察	(219)
9.1	一般规定	(219)
9.2	安全评价阶段工程地质勘察	(219)
9.3	可行性研究阶段工程地质勘察	(220)
9.4	初步设计阶段工程地质勘察	(220)
附录 B	物探方法适用性	(222)
附录 C	喀斯特渗漏评价	(223)
附录 D	浸没评价	(224)
附录 E	岩土物理力学参数取值	(227)
附录 F	岩土体渗透性分级	(229)
附录 G	土的渗透变形判别	(230)
附录 H	岩体风化带划分	(234)
附录 J	边坡岩体卸荷带划分	(237)
附录 K	边坡稳定分析技术规定	(239)
附录 L	环境水腐蚀性评价	(241)
附录 M	河床深厚砂卵砾石层取样与原位 测试技术规定	(243)
附录 N	围岩工程地质分类	(244)
附录 P	土的液化判别	(247)
附录 Q	岩爆判别	(250)
附录 R	特殊土勘察要点	(252)
附录 S	膨胀土的判别	(256)
附录 T	黄土湿陷性及湿陷起始压力的判定	(258)

附录 U 岩体结构分类 .....	(259)
附录 V 坝基岩体工程地质分类 .....	(260)
附录 W 外水压力折减系数 .....	(262)

## 1 总 则

**1.0.1** 《水利水电工程地质勘察规范》GB 50287—99(以下简称原规范)自颁布以来,对规范我国水利水电工程地质勘察工作发挥了重要的作用。但是近十余年来,随着国民经济的高速发展和科学技术的进步,国内很多大型水利水电工程相继建成,积累了丰富的经验,勘察技术和方法日趋先进和多样化;原规范侧重于水库、大坝及水力发电工程,对防洪工程、灌溉工程等水利工程涉及相对偏少;引调水工程、病险水库除险加固工程及深埋长隧洞工程等项目越来越多,对工程地质勘察提出新的要求;水利水电工程的勘察阶段也有新的调整,勘察内容与方法都发生了较大变化,因此,原规范的内容已不能满足实际工作的需要。为了适应新的形势要求,进一步统一和明确大型水利水电工程地质勘察的工作程序、深度要求及勘察内容、方法,对原规范进行了修订。

**1.0.2** 本规范适用的大型水利水电工程是指按现行国家标准《防洪标准》GB 50201 所确定的大型工程。

**1.0.3** 根据目前水利水电工程勘测设计阶段划分的实际情况,对工程地质勘察阶段作了相应调整,增加了项目建议书阶段,将原来技施设计阶段改为招标设计阶段和施工详图设计阶段。

**1.0.4** 根据国家发展和改革委员会办公厅与水利部办公厅联合发布的《病险水库除险加固工程项目建设管理办法》(发改办农经〔2005〕806号)规定,除险加固工程前期工作包括安全鉴定、安全鉴定复核和项目审批三部分。安全鉴定和安全鉴定复核以安全评价工作为基础,而安全评价需要开展一些必要的勘察、测试工作。项目审批规定总投资 2 亿元(含 2 亿元)以上或总库容在 10 亿  $m^3$ (含 10 亿  $m^3$ )以上的病险水库除险加固工程,分为可行性研究和

初步设计两个阶段,其他大中型工程只有初步设计阶段。据此,本规范规定病险水库除险加固工程的工程地质勘察分为安全评价、可行性研究和初步设计三个阶段。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

**2.1.1** 原规范规定,经绝对年龄测定,最后一次错动年代距今 10 万~15 万年的断层为活断层。这一标准跨越时间尺度过大,不宜掌握。近些年,国家有关部门颁布的《工程场地地震安全性评价》GB 17741—2005、《活动断层探测方法》DB/T 15—2005,均对活断层有明确定义,即活动断层是指晚第四纪以来有活动的断层,其中晚第四纪是指距今 10 万~12 万年以来的时段。在《核电厂厂址选择中的地震问题》[HAF0101(1)](1994)中,将“能动断层”定义为晚更新世(约 10 万年)以来有过活动的断层。我国台湾对活断层分为三类:第一类,1 万年内曾发生错移的断层;第二类,10 万年内曾发生错移的断层;第三类,存疑性活断层,根据文献资料无法纳入前两类的断层。综合以上资料,结合近些年西部地区水利水电工程建设的实际,本规范采用最后一次错动年代距今 10 万年的断层为活断层标准。

**2.1.12** 根据水工隧洞施工经验,本规范对钻爆法和 TBM 法施工的长隧洞的长度分别作出了规定。

**2.1.13** 本规范规定埋深大于 600m 的隧洞为深埋隧洞,是基于目前常规的地质钻探可以达到的深度;超过这一深度其他的勘探方法也难以取得可靠的资料。

### 3 基本规定

**3.0.3** 本条关于工程地质勘察大纲的内容,较原规范作了较多补充。包括任务来源、前阶段勘察的主要结论及审查、评估的主要意见,勘察工作依据的规程、规范及有关技术规定等,勘察工作关键技术问题和主要技术措施,资源配置及质量,安全保证措施,包括人力、设备资源、项目组织管理及质量、安全保证措施等。这些补充规定都是根据这些年的实践经验概括出来的。

**3.0.4** 新增本条的目的既是对勘察工作的要求,也是对主管部门和任务委托单位的约束,明确工程地质勘察应分阶段、由浅入深地进行。

**3.0.5** 我国幅员辽阔,自然条件和地质条件复杂,且地区间差异很大。不同的自然条件和地质条件,不同类型的水工建筑物,工程地质勘察工作的重点、深度要求、采用的手段、方法均有很大差异。在基本规定中强调勘察工作量、勘察手段、方法和勘察工作布置要结合地质条件复杂程度,表1~表3是针对几种代表性水利水电工程而编制的地质条件复杂程度划分标准。

本规范规定在勘察工作中,要注意新技术、新方法的应用,体现了科学技术是第一生产力的精神。

表1 水利水电工程枢纽建筑物区地质条件复杂程度划分

因子等级	项目	I类(简单)	II类(中等)	III类(复杂)
I	2	地形较完整,相对高差小于100m,岸坡小于20°	地形较完整,相对高差100~300m,岸坡20°~35°	地形较破碎~破碎,相对高差大于300m,岸坡大于35°

续表1

因子等级	项目	I类(简单)	II类(中等)	III类(复杂)	
I	2	无剧烈物理地质现象	局部有剧烈物理地质现象	不良物理地质现象发育	
		枢纽区附近不存在影响建筑物安全的重大地质灾害			枢纽区附近存在影响建筑物安全的重大地质灾害
		风化卸荷带厚度一般小于10m	风化卸荷带厚度10~40m	风化卸荷带厚度大于40m	
I	1	区域构造环境及地震活动性	构造稳定区,地震基本烈度小于或等于6度	构造较稳定区~较不稳定区,地震基本烈度大于6度小于8度	构造较不稳定~不稳定区,距枢纽区8km范围内有活动断裂,地震基本烈度大于或等于8度
I	1	地层岩性	地台型沉积,地层岩性均一	地台和准地台型沉积,地层岩性不均一,岩相较稳定	地槽或准地槽型沉积,地层岩性复杂,岩相变化大
			河床覆盖层厚度小于10m	河床覆盖层厚度10~40m,岩性较单一	河床覆盖层厚度大于40m,岩性较复杂
I	1	地质构造	近水平或单斜构造,地层产状稳定	单斜构造或正常褶皱,地层产状变化较大	非正常褶皱,地层产状变化剧烈
			断层裂隙不发育	断层裂隙较发育	近枢纽建筑物区有区域性断层通过,断裂构造发育
			无影响建筑物稳定的控制性软弱结构面		

续表 1

因子等级	项目	I类(简单)	II类(中等)	III类(复杂)
I 1	水文地质	非岩溶地区,无承压含水层或仅有裂隙承压水,相对隔水层埋深小于1/3坝高	岩溶不发育,仅有裂隙承压水,相对隔水层埋深1/2~1/3坝高	岩溶发育,防渗工程复杂且量大,存在对建筑物稳定有影响的承压水
II 2		岩体透水性弱而均一	岩体透水性弱~中等,且不均一	岩体透水性强,且不均一
II 2	天然建筑材料	坝址5km范围内有合适的天然建筑材料	坝址5~10km范围内有合适的天然建筑材料	不论何种坝型,天然建筑材料都不理想
备注	I-1类因子单独一项即可决定本工程的复杂程度,当存在多个I-1类因子时,取高类;其他可视因子等级组合情况综合判定工程地质条件的复杂程度。			

表 2 引调水工程地质条件复杂程度划分

建筑物	I类(简单)	II类(中等)	III类(复杂)
渠道	<ol style="list-style-type: none"> <li>地震基本烈度等于或小于6度区,或虽为7度区,但对建筑抗震有利的地段</li> <li>平原、丘陵地貌</li> <li>岩质边坡坡高小于15m,土质边坡坡高小于10m</li> <li>不良地质作用(岩溶、滑坡、崩塌、危岩、泥石流、采空区、地面沉降)不发育</li> <li>地层岩性较单一,无特殊性岩土</li> <li>产状有利于边坡稳定,断层裂隙不发育</li> <li>水文地质条件简单,岩土体透水性弱而均一;无大的渗漏或浸没问题</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>地震基本烈度7度区,对建筑抗震不利的地段</li> <li>丘陵、山区地貌</li> <li>岩质边坡坡高15~30m,土质边坡坡高10~20m</li> <li>不良地质作用较发育</li> <li>岩土种类较多,边坡或渠基下分布有特殊性岩土及易地震液化的粉细砂,但延续性差,范围小</li> <li>地层产状较不利于边坡稳定,断层裂隙较发育</li> <li>水文地质条件较复杂,岩土体透水性弱~中等,但不均一;局部存在较严重的渗漏或浸没问题</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>地震基本烈度7度或大于7度区,且对建筑抗震危险的地段</li> <li>高山深谷地貌</li> <li>岩质边坡坡高大于30m,土质边坡坡高大于20m</li> <li>不良地质作用强烈发育</li> <li>岩土种类多,性质变化大。边坡或渠基分布有较大范围的特殊土及粉细砂,渠道变形、稳定及地震液化问题突出;沙漠渠道</li> <li>地层产状变化剧烈,且在较大范围不利于边坡稳定;断裂构造发育,渠线有区域性断层通过</li> <li>水文地质条件复杂,有影响工程的多层地下水,存在严重的渗漏或浸没问题</li> </ol>

续表 2

建筑物	I类(简单)	II类(中等)	III类(复杂)
引水隧洞	<ol style="list-style-type: none"> <li>地震基本烈度等于或小于6度区,或虽为7度区,但对建筑抗震有利的地段</li> <li>周边地质环境良好,无剧烈物理地质现象</li> <li>地质构造较简单,断裂构造不发育,低地应力</li> <li>地层岩性较单一,无特殊岩土层分布</li> <li>水文地质条件简单,不存在大的涌水突泥问题</li> <li>进出口边坡地质条件较好</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>地震基本烈度7度区,对建筑抗震不利的地段</li> <li>周边地质环境较差,存在对建筑物有影响的物理地质现象,但规模不大,类型较单一</li> <li>地质构造较复杂,断裂构造发育,但产状较有利。无区域性断裂通过,地应力中等</li> <li>地层岩性较复杂,有厚度不大的软岩</li> <li>无有害气体,无地温异常,有轻度岩爆</li> <li>水文地质条件较复杂,有范围不大的强透水带,局部承压水,局部存在涌水突泥问题</li> <li>进出口边坡存在局部稳定问题</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>深埋长隧洞;水下(湖、河、海)隧洞;城市地下隧洞</li> <li>地震基本烈度7度或大于7度区,且对建筑抗震危险的地段</li> <li>周边地质环境差,物理地质现象强烈</li> <li>地质构造复杂,有大断裂或区域性断裂通过,高地应力</li> <li>地层岩性复杂,有较大范围的软岩、特殊岩土分布;新第三系或第四系松散地层中的隧洞</li> <li>存在有害气体,或地温异常,或中~重度岩爆</li> <li>水文地质条件复杂,岩溶发育区,有强透水带,局部承压水。存在涌水突泥问题</li> <li>进出口为高陡边坡</li> </ol>
备注	<ol style="list-style-type: none"> <li>中等和复杂地区,除有*项为非决定因子外,其他任一项因子,即可确定该地区的复杂等级。</li> <li>对建筑抗震有利、不利和危险地段划分,可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定确定。</li> </ol>		

表 3 水闸及泵站场地地质条件复杂程度划分

因子等级	项目	I类(简单)	II类(中等)	III类(复杂)
2	建筑抗震	地震基本烈度等于或小于6度,或地震基本烈度7度但对建筑抗震有利的地段	地震基本烈度7度区,对建筑抗震不利的地段	地震基本烈度等于或大于7度的地区,且对建筑抗震危险的地段



续表 3

因子等级	项目	I类(简单)	II类(中等)	III类(复杂)
2	地形地貌	平原地区,地形较完整,相对高差<50m	平原-丘陵区,地形较完整,相对高差50~150m	丘陵-山区,地形较破碎,相对高差>150m
1	场区及周边地质环境	地质构造稳定,场区、近场区无活动断裂通过	地质构造较稳定,场区、近场区无活动断裂通过	地质构造稳定性差,近场区有活动断裂通过
1		不良地质作用(岩溶、滑坡、危岩和崩塌、崩岸、泥石流、采空区、地面沉降等)不发育	不良地质作用较发育	不良地质作用强烈发育
2	地基	岩土种类单一,均匀,性质变化不大	岩土种类较多,不均匀,性质变化较大	岩土种类多,很不均匀,性质变化大
1		无特殊性土(红黏土、软土、自重湿陷性黄土、膨胀土、人工杂填土、分散性土、多年冻土等)及粉细砂层	局部有特殊土或粉细砂分布,对建筑物稳定、变形有一定影响	有特殊土或粉细砂层分布,导致地基严重沉降、变形、抗滑稳定、地震液化等,需做较复杂的工程处理
2	地下水	地下水对工程无影响;地下水对混凝土、金属结构无腐蚀性	基础位于地下水位以下的场地;有承压含水层,但对工程影响小;地下水对混凝土有一般性腐蚀	水文地质条件复杂,有岩溶水活动,有影响工程的承压含水层;地下水对混凝土、金属结构有强腐蚀性
备注	1 I类因子一项即可决定场地复杂程度级别,2类因子需两项组合取高类确定场地地质条件复杂程度级别。 2 对建筑抗震有利、不利和危险地段划分,按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定确定。			

**3.0.6** 本条强调了工程地质测绘在水利水电工程地质勘察工作中的基础作用。工程地质测绘应执行国家现行标准《水利水电工

程地质测绘规程》SL 299—2004。

**3.0.7** 不同的物探方法因其工作原理及适用条件不同,可以解决的地质问题也不同,因此物探方法的选择应考虑地形地质条件和岩土体的物性特点。物探工作应执行《水利水电工程物探规程》SL 326—2005。

**3.0.9** 与原规范相比,本条明确了试验方法的选择应根据试验对象和试验项目的重要性确定;试验项目、数量和方法的确定,不仅要根据勘察阶段和工程特点,还应结合岩土体条件(地质条件)。岩土物理力学试验应符合国家现行标准《水利水电岩石试验规程》SL 264—2001和《土工试验规程》SL 237—1999的规定。

**3.0.10** 本条是根据近十余年工程地质勘察的实践经验,结合国外经验新增的条文,目的是要求工程地质工作者高度重视观测、监测手段的运用,特别是对一些需要根据位移(变形)趋势或动态变化作出判断或结论的重要地质现象,如位置重要的大型滑坡的稳定性评价,重要人工开挖边坡的变形情况,地下开挖、坝基开挖卸荷变形,对区域构造稳定性评价有重要意义的活动断层,重要的泉水、承压水等,均应及时布设原位监测或长期观测点。长期观测工作在以往的勘察工作中虽然也在进行,但有愈来愈降低要求的趋势,观测网的布置、观测时间和观测延续的时段常常获取不到长期观测应该提供的资料,所以这次修编的基本规定中,将其单列一条加以强调。

**3.0.11** 新增本条是因为在过去的工作中,对天然建筑材料的勘察不够重视,因此本条明确规定“天然建筑材料的勘察工作应确保各勘察阶段的精度和成果质量满足设计要求”。天然建筑材料勘察应按照国家现行标准《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》SL 251—2000的要求进行。

**3.0.12** 根据多年来工程地质勘察实践经验,对重大而复杂的水文地质、工程地质问题列专题进行研究是保证勘察成果质量的重要措施。

**3.0.13** 随着国家对环境保护的日益重视,水利水电工程建设对环境的影响越来越引起社会的关注,本条是为适应这种要求而制定的。

## 4 规划阶段工程地质勘察

### 4.1 一般规定

**4.1.2** 本条修改主要体现了以下几点:

1 增加了“了解规划河流、河段或工程的工程地质条件,为各类型水资源综合利用工程规划选点、选线和合理布局进行地质论证”。这应该是规划阶段工程地质勘察的主要任务。

2 原规范的内容侧重于河流梯级规划,具体内容主要是坝址和水库,本次修改增加了引调水工程、防洪排涝工程、灌区工程、河道整治工程等勘察内容。

3 明确将“重点了解近期开发工程的地质条件”作为规划阶段的勘察内容和任务。

### 4.2 区域地质和地震

**4.2.1** 区域地质和地震的勘察内容主要包括5个方面,即地形地貌、地层岩性、地质构造与地震、物理地质现象和水文地质条件。这些资料是分析水利水电工程地质条件的基础。

本条中各款只列举了应研究的主要地质内容,详细内容或需展开研究的问题可根据规划河流(河段)及工程区的具体区域地质特征有所侧重。例如可溶岩地区,重点应放在喀斯特发育情况和水文地质条件上;在地震活动性较强的地区,要特别注意地质构造和断裂活动情况;在第四系分布区,要重点了解第四纪沉积物的类型、河流发育史和阶地发育情况等。

**4.2.2** 目前,国内大部分地区已完成了1:200000区域地质图,正在新编1:250000区域地质图,少数地区已完成1:50000区域地质测图。大多数省已出版了区域地质志。不少地区还编制有区

域地质图、区域水文地质图、环境地质图和灾害地质图。这些资料都是进行规划阶段区域地质研究的基础资料。但是这些图件出版年代不一,其内容也往往不能满足水利水电工程的需要。因此,本条规定,河流或河段区域综合地质图的编图应在收集和分析各类最新区域地质资料的基础上,利用卫片、航片解译等进行编绘,并需要进行地质复核。地质复核方法可采用遥感地质方法和路线地质调查方法。

**4.2.3** 在原规范中本条内容与第4.2.2条同属一条,本次修编中考虑到区域地质与地震勘察工作的内容方法有所差别,为明确地震勘察内容,将其分为两条。目前,国家地震部门出版有中国历史强震目录、中国近代强震目录、地震动参数区划图和地震区带划分图;各省区现今仪器地震记录日臻完善,并编有系统的仪测地震目录;大多省区编有地震构造图。地震勘察工作以收集资料为主,进行适当野外调查,即可满足规划阶段编图和评价的需要。按国家颁布的地震动参数区划图确定各工程场地的地震动参数。

**4.2.4** 区域综合地质图、区域构造与地震震中分布图的比例尺可根据流域面积的大小、规划工程范围、区域地质的复杂程度、地震活动强烈程度等在1:500000~1:200000之间选择。

**4.2.5** 为新增条文。近期开发工程的勘察工作要求相对较深,因此要求进行区域构造稳定性分析。

### 4.3 水 库

**4.3.1** 水库的勘察内容主要根据威胁水库或梯级成立的重大地质问题而提出。大规模的坍塌、泥石流、滑坡等物理地质现象以及严重的水库渗漏常常影响水库效益,可溶岩地区的喀斯特水库渗漏甚至影响梯级方案的成立,坍塌、浸没等则可能对库周的城镇、重大基础设施的安全构成威胁。这些问题在本阶段都需要进行初步调查,了解其严重程度,以便选择最适宜的梯级开发方案。此外,本次修订把影响库区水环境的地质条件作为勘察内

容之一。

**4.3.2、4.3.3** 水库的勘察方法基本上分两种情况:

1 根据已有的区域地质资料分析水库地质条件,如不存在严重威胁水库成立的地质问题,本阶段可以不进行水库工程地质测绘。

2 当水库可能存在影响工程方案成立或对库周重大基础设施安全构成威胁的严重渗漏或大规模滑坡、坍塌、浸没等工程地质问题时,应进行水库工程地质测绘。测绘比例尺的选择可以根据水库面积和地质条件复杂程度等因素综合考虑选定。

为了解这些问题的严重程度,可布置少量的勘探工作。

### 4.4 坝 址

**4.4.1** 规划阶段对坝址地质勘察的内容偏重于基本地质情况的了解。条文中所列各款内容,都是梯级规划所需要的基本地质资料。本次修编增加了坝址地形、地质条件对不同坝型适应性的分析内容。

**4.4.2** 本条规定了近期开发工程规划阶段的坝址地质的勘察内容。当第四纪沉积物作为坝基时,应了解对大坝基础可能有明显影响的软土、砂性土等工程性质不良岩土层的空间分布与性状。对于当地材料坝方案,需要优先考虑是否具备布置溢洪道的地形地质条件及筑坝材料,特别是防渗材料的分布与储量。为此,本次修编增加了相关勘察内容。

**4.4.3** 规划阶段坝址的勘察方法主要采用工程地质测绘、物探和少量钻探(或平硐)。

工程地质测绘是最基本的方法。应当根据坝址区地形的陡缓、地层和构造的复杂程度及坝址区面积的大小等因素,综合考虑选定合适的比例尺。

物探方法是规划阶段坝址勘探的主要手段之一。物探方法可用于探测河床冲积层厚度、较大的断层和溶洞等地质缺陷,但地形

条件和岩性条件对物探精度有较大影响,应根据实际条件选择合适的方法。

本阶段坝址钻探工作量一般较少,所以对近期开发工程和一般梯级坝址的钻孔布置应区别对待。条文中的钻孔数量是最低要求,地质条件复杂时可以适当增加。对于峡谷地区坝址,两岸宜布置勘探平洞,以便更好地揭示岩性、风化与卸荷深度。

钻孔深度的确定受很多具体因素的影响,如坝高、河床冲积层厚度、两岸风化深度、基岩的完整性和透水性等。各地情况千差万别,本阶段不确定因素较多,难以具体规定,根据国内外经验,一般约为1~1.5倍坝高。执行中可结合实际情况灵活掌握。

#### 4.5 引调水工程

4.5.1 引调水工程是指长距离和跨流域的引调水工程,如南水北调工程、引黄入晋工程、引大入秦工程、辽宁东水西调工程、引额济乌工程等。建筑物主要包括渠道、隧洞及渠系建筑物等。规划阶段的勘察任务主要是了解引调水工程基本地质条件,与原规范第3.5.1条相比,增加了对沿线地下构筑物 and 地下管线分布情况的勘察。

##### 4.5.2

1 关于引调水工程线路的勘察方法,首先要收集和分析已有的地质资料,特别是利用航(卫)片资料分析线路的主要地质现象和主要工程地质问题。

2 工程地质测绘是规划阶段引调水工程的主要工程地质勘察方法。考虑到规划阶段方案变化较大,测绘范围大一些有利于方案比选。

4 沿渠道布置勘察点应以坑、井为主,钻孔可在一些关键地质部位布置。

5 隧洞进出口及浅埋段常常是地质条件薄弱部位,是隧洞勘察的重点。

#### 4.6 防洪排涝工程

4.6.1 防洪排涝工程包括堤防、泵站和水闸工程等,多在平原区及河流中下游地区,因此本条的勘察内容主要侧重第四纪沉积物。

4.6.2 对于已有工程,由于已经运行多年,原勘察资料及历年险情、隐患资料较多,在开展规划阶段工程地质勘察时应首先调查、访问和收集资料,然后开展工程地质测绘和必要的勘探、试验。

#### 4.7 灌区工程

4.7.2 鉴于灌区工程主要涉及第四纪沉积物,因此本条的勘察内容主要侧重于第四纪地层,要求对基本地质条件有所了解。

4.7.4 灌区水文地质勘察包括两部分内容,一是了解灌区土壤情况及水文地质条件,特别是老灌区在运行过程中已经形成的盐渍化和沼泽化问题,预测灌区工程建成运行后可能产生的次生地质问题;二是对于可能利用地下水水源的灌区,应了解地下水源地的水文地质条件。

#### 4.8 河道整治工程

4.8.1 河道整治工程包括导流坝(顺直坝、丁坝、潜坝等)、护岸、裁弯取直、堵汉(口)、疏浚河道等多种类型工程。河势变化及崩岸、滑坡的分布等对河道整治工程很重要,在此规定为勘察内容。

#### 4.9 天然建筑材料

原规范对规划阶段的天然建筑材料勘察仅列了第3.4.4条一条,本次修订将其扩展为一节,要求在规划阶段对工程区内天然建筑材料进行普查,从而了解天然建筑材料的分布及质量情况。对于近期开发的工程,必要时可进行初查。

#### 4.10 勘察报告

本节对阶段工程地质勘察报告的基本内容作了简要规定。由于工程类型和规划内容差别较大,报告的编写内容也不同,因此在编写工程地质勘察报告时,要结合规划内容和工程类型确定编写提纲和编写内容,其中心意思是勘察报告要全面、系统地反映勘察成果。这里的基本地质条件是指工程区或建筑物区的地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象及水文地质条件等。

## 5 可行性研究阶段工程地质勘察

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本条规定了可行性研究阶段工程地质勘察的任务和目的。原规范主要针对水利水电枢纽工程,本次修订涵盖了各类水利水电工程。

**5.1.2** 与原规范相比,本条内容作了适当调整。

**1** 将勘察的对象统称为工程区及建筑物,以包括所有水利水电工程。工程区包括坝址区、水库区、灌区等。

**2** 增加了移民集中安置点选址的勘察内容。对水库工程而言,如果采用后靠方案,则移民选址勘察在水库区勘察工作的基础上进行;如采用外迁方案则需单独进行勘察。其他水利水电工程,如引调水工程、防洪工程等涉及移民选址时,根据具体情况布置勘察工作。

### 5.2 区域构造稳定性

**5.2.1** 区域构造稳定性问题是关系水利水电工程是否可行的根本地质问题,要求在可行性研究阶段作出明确评价。本条规定了区域构造稳定性评价的内容。

区域构造背景研究是评价所有工程地质问题的基础工作,也是地震安全性评价中潜在震源区划分的基本依据之一。

断裂活动性问题是评价坝址和其他建筑物场地构造稳定性以及进行地震安全性评价的主要依据,也是关系建筑物安全的重大问题,所以本阶段要求对场地和邻近地区的活断层作出鉴定。

地震动参数是工程抗震设计的重要依据,要求在可行性研究

阶段确定工程场地的地震动参数及相应的地震基本烈度。

**5.2.2** 本条内容主要根据《工程场地地震安全性评价》GB 17741—2005 进行修订。与原规范相比,主要修改包括:将原规范区域地质构造背景研究范围由 300km 改为 150km;将区域构造调查范围由原来 20~40km 改为 25km;明确引调水线路区域地质构造研究范围为 50~100km,其依据是南水北调中线一期工程总干渠工程沿线地震动参数区划的工作经验。

**5.2.4** 关于活断层的判别标志与原规范相比基本一致,仅将原规范中的“最后一次错动年代距今 10 万~15 万年”改为 10 万年内。

**5.2.7** 关于地震安全性评价,近几年国家颁布了一系列法规和条例,如《中国地震动参数区划图》GB 18306—2001、《地震安全性评价管理条例》(2001 年)等,在此基础上各地方又相继颁布了一些地方法规,都对需要做地震安全性评价的工程范围作了界定。本条内容在原规范基础上作了适当修改:①根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL 252—2000 中有关水工建筑物级别确定的有关规定,对于土石坝坝高超过 90m、混凝土坝及浆砌石坝坝高超过 130m 的 2 级建筑物等级可提高一级;根据《水工建筑物抗震设计规范》SL 203—97,对 1 级壅水建筑物根据其遭受强震影响的危害性,可在基本烈度基础上提高一度作为设计烈度。因此,本次修编时将原规范第 4.2.8 条第 2 款有关内容“……对地震基本烈度为七度及以上地区的坝高为 100~150m 的工程,当历史地震资料较少时,应进行地震基本烈度复核”改为“对 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 地区,土石坝坝高超过 90m、混凝土坝及浆砌石坝坝高超过 130m 的其他大型工程,宜进行场地地震安全性评价工作”。②增加了“50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 地区的引调水工程的重要建筑物,宜进行场地地震安全性评价工作”的规定,主要是针对引调水工程的单项重要建筑物,至于引调水工程是否需要全面做地

震安全性评价,则未做硬性规定。

**5.2.8** 本条从区域构造稳定性观点出发,提出了坝址选择应遵守的三条准则,这是基于水工建筑物抗震安全考虑的。

## 5.3 水 库

**5.3.1** 增加了第 6 款“调查是否存在影响水质的地质体”,主要是指是否存在大范围的岩盐、石膏及其他有害矿层,从而严重污染水质。

**5.3.4** 通过工程地质测绘进行浸没初判,对于可能发生浸没或次生盐渍化的地段进一步开展勘察工作。

**5.3.6、5.3.7** 本规范要求大型水库工程都应进行水库诱发地震研究。水库诱发地震研究的范围为水库及影响区,一般指水库正常蓄水位淹没线内及外延 10km 的范围。

原规范将水库诱发地震的研究内容列在区域构造稳定性评价之内。考虑到水库诱发地震是工程运行后水库区出现的一种地震现象,且常常不是地质构造活动引起的地震,本次修订时将其作为水库工程地质问题之一。

已有的水库诱发地震震例显示,中等强度以上的水库诱发地震,有可能对大坝和水工建筑物造成损害,对库区环境和城镇建筑物产生一定的影响。从工程宏观决策和规划设计工作的需要考虑,在水利水电工程的可行性研究阶段,必须对水库诱发地震的危险性作出合理的预测或评估。

**5.3.8** 当可行性研究阶段预测有可能发生水库诱发地震时,应研究进行监测的必要性,并提出监测的初步设想,以便在工程立项时预留经费,为初步设计阶段进行监测台网设计及以后的监测工作提供条件。

## 5.4 坝 址

**5.4.1** 本条对原规范的规定作了必要的结构调整和内容补充。

地形、地貌条件是影响方案布置、施工组织设计、工程造价的重要因素,不同坝型对地形地貌条件的要求亦不相同。在第1款增加了初步查明地形地貌特征的要求。

缓倾角结构面特别是缓倾角断层是混凝土坝基和基岩边坡稳定的重要影响因素,因此,在第4款中进一步强调了对缓倾角断层应初步查明的内容。勘察中应注意分析与其他结构面的组合关系,特别是不稳定组合的形态、性质。

黄土喀斯特是黄土地区坝址主要的工程地质问题。因此,第9款增加了对黄土喀斯特调查的规定。

根据对国内已建工程现状的调查,环境水(天然河水和地下水)对水利水电工程混凝土及钢筋混凝土中的钢筋和钢结构的腐蚀问题日渐突出。因此,第10款专门作了应对环境水的腐蚀性进行初步评价的规定。

#### 5.4.2

3.4 对峡谷区河流坝址及宽谷区或深厚覆盖层河流上坝址勘探的布置、方法选择、钻孔深度分别作了规定。

为了保证各比较坝址方案的可比性,条文规定各比较坝址均应有一条主要勘探剖面,如地质条件较复杂或坝较高,可在主要勘探剖面的上、下游布置辅助勘探剖面,其数量视具体需要决定。

条文所指的勘探点包括钻孔、平硐和探井等重型勘探工程。根据以往经验,本阶段勘探点的间距不应大于100m。但有的峡谷型坝址,河宽不足百米,为了取得河床部位可靠的地质资料,条文规定峡谷河床部位不应少于2个钻孔。另外还规定对坝址比较有重大影响的工程地质问题,都应有钻孔或平硐等勘探工程控制。

土石坝的混凝土建筑物是指混合坝型的混凝土坝段、土石坝的混凝土连接坝段、导流墙和混凝土面板坝堆石的趾板等。

平硐在了解地形坡度较陡的岸坡和产状较陡的地质构造等方

面,探井在了解缓倾角软弱夹层方面都有较好的效果。所以条文对此作了强调。

勘探钻孔深度取决于勘探目的的需要和地质条件的复杂程度。

对于峡谷区的坝址,条文规定70m以上的高坝,河床覆盖层小于40m的,钻孔进入基岩深度为 $H/2 \sim H$ ( $H$ 为坝高),从坝基稳定和防渗要求来说,孔深达到这个深度已可满足要求。当覆盖层较厚时,为调查基岩中是否有埋藏深槽和避免对河床覆盖层厚度的误判,孔深达到基岩面以下20m是必要的。

平原区建在深厚覆盖层上的坝,勘探钻孔深度是根据持力层厚度、渗流分析及防渗方案需要考虑的。在此深度内如仍未揭穿工程性质不良岩土层时,应根据具体情况加大孔深。

6 考虑试验成果数理统计的合理性,对试验组数作了调整。有效试验组数是指剔除不合理成果的试验后,可纳入统计分析计算的试验组数。

条文规定的特殊岩土应根据其工程地质特性进行专门试验,主要包括湿陷性土的湿陷试验、膨胀性土的膨胀试验、分散性土的分散性试验、盐渍土的含盐性质和含盐量试验等。

### 5.5 发电引水线路及厂址

5.5.1 水利水电枢纽工程中引水式水电站的引水线路方案选择,对工程可行性有重要影响,是工程可行性研究的主要任务之一。本次修订将原规范引水隧洞线路和渠道线路的勘察内容合并为一条。

### 5.7 渠道及渠系建筑物

5.7.1 渠道工程地质勘察内容中,喀斯特塌陷、采空区、物理地质现象及特殊岩土层的勘察是重点和难点,对工程选线至关重要。

渠道工程地质初步分段是本阶段的重要内容之一。目前还没有成熟的分段标准,根据已有勘察经验,分段的依据主要包括地形地貌、地质构造、岩土体性质、物理地质现象、特殊岩土体的分布、水文地质条件及存在的主要工程地质问题等。

**5.7.2** 渠系建筑物的类型很多,包括倒虹吸、渡槽、分水闸、节制闸、退水闸等。条文所列勘察内容适用于所有渠系建筑物。但是由于各类建筑物的荷载条件和基础形式不同,对地基地质条件的评价应有所区别。

**5.7.3** 工程地质测绘比例尺按渠道和渠系建筑物分别列出,并根据地质条件的复杂程度选用。

物探方法对探测覆盖层厚度、地下水位、喀斯特洞穴、采空区和断层等,有一定效果,宜尽量选用。

钻孔是最常用的主要勘探手段,沿渠道中心线和渠系建筑物轴线上均应布置钻孔,形成纵、横勘探剖面线,钻孔间距可根据建筑物类型、地形地质条件等进行调整。特别是在容易出现工程地质问题的地段应有控制性钻孔。

探坑或竖井是平原丘陵区渠道和建筑物区研究黄土湿陷性、膨胀岩土的性质及渠道浸没等的一种最直观有效的手段。勘探平硐可作为渠道高边坡,傍山边坡和跨河岸坡稳定研究的一种勘探手段。

岩土物理力学性质试验仍以室内试验和简易原位试验为主。对膨胀土、湿陷性黄土、分散性土、冻土等特殊土,除常规试验项目外,规定应进行专门试验,以便有利于选择相关参数和工程性质评价。

## 5.8 水闸及泵站

**5.8.1** 水闸及泵站主要建在平原地区的土基上,这些条文是针对土基的,岩基上的涵闸及泵站未作规定,可参照岩基上混凝土闸坝的有关规定进行勘察。

古河道、牛轭湖、决口口门、沙丘等多是强透水地层或地层结构复杂的地段,且地表不易发现,对水闸及泵站选址影响较大,因此在地貌调查中应予以重视。

在地层结构、岩土类型中,强调查明工程性质不良岩土层如湿陷性黄土、泥炭、淤泥质土、淤泥、膨胀土、分散性土、粉细砂和架空层等的重要性。

**5.8.2** 工程地质测绘比例尺应根据工程规模和地质条件的复杂程度选用,工程范围大且地质条件相对简单的工程可选用较小比例尺;工程范围较小且地质条件复杂的工程可选用较大比例尺。进水和泄水方向容易遭受水流的冲刷侵蚀,其影响区应包括在工程地质测绘范围内。

勘探坑、孔应沿建筑物轴线和水流方向布置,形成勘探剖面。

对主要持力层的原位试验,黏性土、砂性土主要采用标准贯入试验和静力触探试验;淤泥、淤泥质土等软土采用十字板剪切试验;砂性土等强透水层分层进行注水试验等。

## 5.9 深埋长隧洞

**5.9.1** 深埋长隧洞工程有其自身的特点,地应力水平较高,地层岩性多变,同时可能会存在突涌水(泥)、岩体大变形、有害有毒气体、高地温、高地应力及岩爆等工程地质问题。因此,产生这些问题的水文地质、工程地质条件是深埋长隧洞的勘察重点。

**5.9.2** 深埋长隧洞由于埋深大、洞线长,又常常位于山高坡陡地区,工程地质勘察难度极大。当前还没有成熟、可靠的勘察手段和方法。

广泛收集已有的各种比例尺的地质图和航片、卫片资料,充分利用航片、卫片解译技术,对已建工程进行调研,总结已有工程经验,进行工程地质类比分析,是一项重要工作。

重视工程地质测绘工作,必要时进行较大范围的测绘和对重要地质现象进行野外追踪,对地质问题的宏观判断极为重要。可



行性研究阶段深埋长隧洞的工程地质测绘比例尺定为1:50000~1:10000,主要考虑深埋长隧洞通过地带的地形和地质条件的复杂性。工程地质测绘范围除满足分析水文地质、工程地质问题的需要外,应考虑工程布置可能的调整范围。

常规的物探方法对深部地质体的探测效果不理想。近些年来,国内一些单位进行了有益的尝试,如黄河勘测规划设计有限公司、中水北方勘测规划设计有限公司和铁道部第一勘测规划设计研究院等采用多种物探方法[包括可控源音频大地电磁测深(CSAMT)和大地电磁频谱探测(MD)等方法],对深部地质结构进行探测,取得了一些成果。

钻探是最常用的勘探手段,但对于深埋长隧洞线路钻孔深度大,而有效进尺少,因此利用率很低。另外,深埋长隧洞工程区通常是高山峡谷地区,交通不便,实施钻探困难,无法规定钻孔的间距。但选择合适位置布置深孔是必要的,在孔内应尽可能地进行地应力、地温、地下水位、岩体渗透性等测试,以取得更多的资料。

### 5.10 堤防及分蓄洪工程

本节为新增章节,其内容主要是根据国家现行标准《堤防工程地质勘察规程》SL 188—2005的有关条款编写的。新建堤防挡水后引起的环境地质问题主要指因采取垂直防渗措施截断地下水的排泄出路而引起的堤内地下水壅高带来的问题。收集和调查已建堤防的历史险情和加固的资料,并结合其分析地质条件是非常重要的。

### 5.11 灌区工程

5.11.1、5.11.2 灌区渠道及渠系建筑物的勘察内容与第5.7节渠道及渠系建筑物相同,考虑到灌区工程的渠道及渠系建筑物规模相对较小,因此勘察方法与第5.7.2条相比适当简化,一般不要

求进行平面工程地质测绘,而进行纵、横剖面工程地质测绘。

5.11.3 灌区水文地质勘察分两部分,即地下水源地水文地质勘察和土壤改良水文地质勘察。

地下水源地水文地质勘察,可行性研究阶段控制的地下水允许开采量应相当于《供水水文地质勘察规范》GB 50027—2001的C级精度要求,当地下水开采对灌区规划影响较大时,宜达到B级精度。

盐渍化土壤改良水文地质勘察,应在查明地下水水位埋藏深度、土体特别是根系层的含盐量及地形、地貌条件的基础上,根据灌区所处的水文地质类型,对盐渍化土壤形成原因、地下水临界深度、地下排水模数、盐渍化土壤对作物的危害程度及其发展预测等作出综合评价。在包气带岩性变化较大的地区,应根据观测、试验或调查结果,提出地下水临界深度系列值和地下排水模数。地下排水模数是单位面积上、单位时间内需要排走的地下水量,包括年平均值和月最大值,单位为 $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 。

防治土壤盐渍化的主要目标是,把地下水水位控制在临界深度以下,使土壤逐渐向脱盐方向发展。同时,应注意把盐渍化土壤改良与咸水利用改造结合起来。对可能形成新的土壤盐渍化的地区提出预防措施建议。对于土壤盐渍化已经得到基本治理的地区,也须防止反复。

### 5.12 河道整治工程

历史上的河道整治工程往往没有或很少做过地质勘察工作。近年来,河道整治工程的地质勘察工作已引起各方面的重视。长江中下游河道整治特别是下荆江河段和河口综合整治工程,黄河、珠江河口治理工程,均先后开展了各相应设计阶段的地质勘察工作。

本节为新增章节,所列勘察内容都是河道整治工程设计所需要的基本地质资料。其中近岸水下地形变化和冲淤情况、软

土、粉细砂等的分布,对岸坡稳定和护岸工程影响较大,应特别注意。

### 5.13 移民选址

**5.13.1** 随着国家对移民安置工作的高度重视,移民选址工程地质勘察已越来越重要。然而长期以来,由于没有规范可循,勘察内容与勘察深度没有统一标准,导致选定的新址出现许多重大工程地质问题,其教训是深刻的。故迫切需要规范移民选址工程地质勘察工作,为此,本次规范修订增加了这一节内容。

根据《水利水电工程建设征地移民设计规范》SL 290—2003的规定,对农村移民,可行性研究阶段要编制农村移民安置初步规划;对于集镇、城镇移民,可行性研究阶段要初拟迁建方案,初选新址地点。因此,本规范规定可行性研究阶段选址的勘察必须结合移民安置规划进行,为初选新址提供地质资料 and 依据。

**5.13.2** 可行性研究阶段移民选址工程地质勘察的中心任务是:确保所选新址稳定、安全,在建设和使用过程中,不会发生危及新址安全的重大环境地质问题。因此本条规定的勘察内容主要侧重于选址,勘察的重点是新址场地的稳定性及外围有无崩塌、滑坡、泥石流等对新址安全不利的地质灾害,不同于在场址上进行的岩土工程勘察工作。

在新址区场地稳定性、建筑适宜性初步评价方面,三峡工程移民选址工程积累了一些经验。根据新址区的主要工程地质条件和地表改造程度,将场地的稳定性划分为5类,即稳定区(A)、基本稳定区(B)、潜在非稳定区(C)、非稳定区(D)和特殊地质问题区(E),详见表4。根据新址区的地形坡度、地基强度、场地稳定程度、对外交通和城镇排水状况,将场地的建筑适宜程度划分为5类,即最佳建筑场地区(I)、良好建筑场地区(II)、一般建筑场地区(III)、不宜建筑场地区(IV)和特殊地质问题场地区(V),见

表5。

表4 三峡工程移民选址场地稳定程度分区

场地稳定程度类别	主要工程地质条件	地表改造程度
稳定区(A)	地层岩性相对均一,产状稳定且平缓;地层倾向山体且反倾裂隙不发育;地层倾向坡外但坡脚没有临空面;地层走向与坡面走向夹角大	无
基本稳定区(B)	地层岩性比较复杂,但产状比较稳定;地层倾向山体且反倾裂隙不甚发育;地层倾向坡外,仅局部坡脚存在临空面;地层走向与坡面走向夹角大于30°	弱
潜在非稳定区(C)	地层岩性比较复杂,但产状比较稳定;地层倾向山体且反倾裂隙不甚发育;地层倾向坡外,仅局部坡脚存在临空面;地层走向与坡面走向夹角小于30°	较强
非稳定区(D)	地层岩性复杂,产状不稳定;地层倾向山体且反倾裂隙发育;地层倾向坡外,坡脚存在临空面;地层走向与坡面走向夹角小于30°	强
特殊地质问题区(E)	古滑坡体、近代滑坡体、近代有变形迹象的崩坡积与冲洪积层,近代崩塌错落体,岩溶塌陷,落水洞,暗河,特殊类土,采空区,泥石流区	极强

注:地表改造是指人工边坡开挖、人工填土加载、人工改造地表水系等。

表5 三峡工程移民选址场地建筑适宜程度分区

建筑适宜程度类别	地形坡度(°)	地基强度(kPa)	场地稳定程度类别	对外交通状况	城镇给排水状况
最佳建筑场地区(I)	≤10	≥120	稳定区(A)	良好	良好
良好建筑场地区(II)	10~15	100~120	基本稳定区(B)	好	好
一般建筑场地区(III)	15~20	100~120	潜在非稳定区(C)	较好	较好
不宜建筑场地区(IV)	≥20	≤100	非稳定区(D)	一般	一般
特殊地质问题场地区(V)			特殊地质问题区(E)		

**5.13.3** 本条提出了可行性研究阶段移民选址工程地质的勘察方

法及相关的技术规定。

2 工程地质测绘是移民选址工程地质勘察最为重要的基础地质工作,为此本款规定了移民选址工程地质测绘的范围及比例尺。已经开展的部分工程经验是,北京市区及卫星城镇、上海市、南京市、青岛市、杭州市总体规划阶段移民选址勘察工程地质图比例尺都为1:10000;三峡库区移民城镇总体规划阶段(该工程称为初步勘察阶段)工程地质测绘比例尺使用过1:2000(1984年以前)、1:5000(1991~1993年)和1:10000(1991~1993年)。

3 从环境地质问题考虑,新建城镇不宜大规模地改造地表形态,应尽可能利用自然地形布置建筑物。为此,新址区地形坡度分区是移民选址工程地质勘察的重要内容。本款规定了地形坡度分区的级别。

4 本款强调了新址区勘探剖面应结合地形地貌、地质条件布置,不同地貌单元应有勘探控制点。

### 5.15 勘察报告

5.15.1 本条中的工程区及建筑物工程地质条件是水库区工程地质条件、坝址工程地质条件、渠道及渠系建筑物工程地质条件、水闸及泵站工程地质条件、堤防及分蓄洪区工程地质条件、河道整治工程地质条件等的总称,在编制报告时,可根据具体工程项目内容取舍。

5.15.13 移民选址勘察按单独编制勘察报告考虑,本阶段应重点评价选址的稳定性和适宜性。

## 6 初步设计阶段工程地质勘察

### 6.1 一般规定

6.1.2 本条内容作了如下调整:

1 本款为新增内容。区域构造稳定性评价及地震动参数一般情况下在可行性研究阶段都应该有明确的结论,但对于地震地质条件复杂特别是工程区附近存在活动性断层等情况时,往往需要在初步设计阶段进一步开展一些专项研究或复核工作,如断层活动性的复核、断层活动性的监测等。

7 本款为新增内容。目前国家对移民安置工作非常重视,也提出了更高的要求。在初步设计阶段要落实移民安置具体地点,因此移民新址的勘察工作,是在可行性研究阶段初步选定的新址上,查明移民新址的工程地质条件,评价新址场地的稳定性和适宜性。

### 6.2 水 库

6.2.1 初步设计阶段工程地质勘察是在可行性研究阶段工程地质勘察工作的基础上进行,一般不再进行全面的勘察,而是针对存在的主要工程地质问题开展工作。

6.2.2 可行性研究阶段对水库渗漏问题已经作出初步评价,初步设计阶段是针对严重渗漏地段的进一步勘察。

喀斯特渗漏问题比较复杂,在本阶段仍应对可溶岩、隔水层或相对隔水层、喀斯特发育特征和洞穴系统,喀斯特水文地质条件、地下水位及动态进行勘察研究,确定渗漏通道的位置、形态和规模,估算渗漏量。喀斯特发育程度是根据可溶岩岩性、岩层组合和喀斯特化程度的差异等确定,可分强、中、弱三类,同时应特别注意

弱喀斯特化地层的作用及空间分布。对于喀斯特水文地质条件,要特别重视喀斯特水系统(泉、暗河)的勘察研究,对代表稳定地下水的泉和暗河,要尽可能查明补给、径流、水量、水化学及其动态,分析泉水之间的相互关系。最后,根据勘察成果及地质评价结论,提出防渗处理的范围、深度和措施的建议。

**6.2.4 喀斯特水文地质测绘的范围**,应包括与查明喀斯特发育特征、水文地质条件有关的区域如低邻谷、低喀斯特洼地、下游河湾等。

喀斯特洞穴追索是查明洞穴形态、大小、方向和了解发育特征的重要手段,对有水流洞穴的追索还可了解地下水的情况。

随着物探仪器设备的不断改进及探测技术、解释方法的不断完善,物探在喀斯特洞穴和含水特性的探测均有一定的效果。由于每种物探方法都有一定的适用条件,因此应采用多种物探方法互相印证。

连通试验可用于查明地表水与地下水的联系,以及地下水的流向,洞穴之间、洞穴与泉水之间的连通情况,判断洞穴的规模和通畅程度,确定喀斯特水系统之间的关系等。连通试验的示踪剂有荧光素、石松孢子、食盐、钼酸铵、同位素等,具体可根据连通试验的长度、水量和通畅程度等条件选择。有条件时,还可采用堵洞试验或抽水试验了解连通情况。

地下水渗流场、温度场、化学场、同位素和水均衡勘察研究,应根据需要、可能和具体条件确定。

**6.2.5、6.2.6** 对初步设计阶段水库浸没问题的勘察内容和方法进行了规定,其勘察范围是可行性研究阶段初判可能浸没的地段。

这两条的规定也适用于渠道等其他类型水利水电工程浸没问题的勘察。

#### 1 浸没区的成因和影响对象分类。

按其成因,浸没可分为顶托型和渗漏型两种基本类型。

顶托型浸没:天然情况下,地下水向河流排泄,水库蓄水后,原

来的补给、排泄关系不变,致使地下水位壅高。水库周边产生的浸没现象多属于这种类型,也可称为补给区浸没。

渗漏型浸没:水库、渠道运行后产生渗漏,导致排泄区的地下水位升高,造成浸没,也可称为排泄区浸没。堤坝下游(特别是平原地区的围坝型水库下游)、渠道(特别是填方渠道)两侧、水库渗漏排泄区的低洼地段,均易产生渗漏型浸没。

按照浸没影响的对象,可分为农作物区和建筑物区两类。

浸没区由于成因类型和影响对象不同,因而在勘察范围、勘察内容和精度要求(包括测绘比例尺、勘探剖面线、勘探点密度等)、试验项目、分析计算方法、评价标准等方面都有很大差异,在工作初期应根据具体情况判断可能出现的浸没类型,确定影响对象,据此制订相应的工作计划。

#### 2 上部土层地下水位与下部含水层地下水位之间的差异。

当地层为双层结构,上部黏性土厚度较大且其水位受下部承压含水层水位影响时,工程实际调查资料显示,黏土层中的地下水位不等于且总是低于下部承压水位。

嫩江尼尔基水利枢纽右岸副坝下游浸没现场调查时,先挖试坑至黏土层稳定地下水位,然后用钻孔钻穿黏土层,测定下部含水层地下水位,或在钻孔旁边另挖试坑至黏土层内地下水位。

表6是1999年和2004年两次调查的结果汇总。勘探点共14个,黏土层内水位无一例外地均低于含水层承压水位。 $\alpha$ 值范围在0.29至0.92之间,表明尼尔基表层黏土的非均质性,但总体上仍具有一定的规律性。

表6 尼尔基右岸副坝下游浸没调查结果

勘探点号	黏土层厚度(m)	黏土层水位埋深(m)	含水层水位埋深(m)	T(m)	H <sub>0</sub> (m)	$\alpha(T/H_0)$
Sj12	13.50	8.50	5.50	5.00	8.00	0.63
Sj13	4.70	4.30	3.95	0.40	0.75	0.53
Sj16	8.00	6.40	5.60	1.60	2.40	0.67

续表 6

勘探点号	黏土层厚度(m)	黏土层水位埋深(m)	含水层水位埋深(m)	T(m)	H <sub>0</sub> (m)	$\alpha(T/H_0)$
Sj18	4.80	4.60	4.10	0.20	0.70	0.29
TZ03	7.40	5.80	3.86	1.60	3.54	0.45
TZ05	9.20	6.80	5.20	2.40	4.00	0.60
TZ06	8.60	5.40	4.56	3.20	4.04	0.79
TZ08	6.50	5.80	5.20	0.70	1.30	0.54
TZ09	5.40	5.00	4.50	0.40	0.90	0.44
Sj02	8.00	3.20	2.56	4.80	5.44	0.88
Sj03	7.40	4.00	3.72	3.40	3.68	0.92
Sj05	9.20	5.30	3.30	3.90	5.90	0.66
Sj08	6.50	6.20	5.73	0.30	0.77	0.39
Sj10	7.40	5.60	3.86	1.80	3.54	0.51

黏土层中的含水带厚度( $T$ )与下伏承压水头( $H_0$ )之间的折减关系( $\alpha$ )可采用野外实测或室内试验确定。

### 3 坑探在浸没区勘察的作用。

条文中把坑探与钻探并列作为浸没区勘探的主要手段,目的是:了解表部土层厚度和性质的变化;在坑壁实测土的毛管水上升高度;位于钻孔旁边的试坑可以了解土层水位与含水层水位之间可能存在的差异。

### 4 试验工作。

用室内测定的土的毛细力来代替土的毛管水上升高度,其结果较实际情况偏大。因此规范强调有条件时,应在试坑内现场测定。测定方法包括试坑现场观察、根据含水率计算饱和度、含水量变化曲线与液限对比等,可根据具体情况选择。

对于顶托型浸没而言,渗透系数的影响不十分敏感,但对渗漏型浸没,渗透系数是重要参数,故除室内试验外,应进行一定数量的现场试验。

为了准确评价建筑物区的浸没影响,应进行持力层在不同含水率情况下抗剪强度和压缩性试验,当地基存在黄土、淤泥、膨胀土等工程性质不良岩土层时,试验数量应相应增加。

### 5 分析计算。

地下水等水位线图是揭示勘察区在建库前地下水渗流条件的重要图件。实践表明,垂直于库岸或堤坝轴线布置的勘探剖面线往往并不平行于地下水流线,有时差异较大,水文地质条件复杂地区、有支流汇入地区尤其如此。绘制地下水等水位线图有助于揭示这种现象。为了使计算更符合实际情况,必要时调整计算剖面方向。绘制地下水等水位线图需要较多的勘探点,充分利用现有的民井资料有助于提高图件精度。

地下水位壅高计算通常采用地下水动力学方法,可根据具体情况选择相应公式。水均衡法是研究地下水补给、排泄条件与水位的动态关系,也就是由于收入项与支出项均衡的结果,造成地区水位动态变化,官厅水库怀涿盆地惠民北渠灌区的浸没计算采用过这种方法。

数值分析方法有许多种,常用的是有限元法。有限元法就是将描述地下水运动规律的偏微分方程离散,利用变分原理,将该偏微分方程转化为一组线性方程组,通过微机模拟计算,从而求得有限个节点的地下水位,该方法适用于各种复杂的边界形状和边界条件,同时要求对地层和天然地下水位的变化有较详细的了解。

**6.2.7** 本条规定了初步设计阶段水库滑坡、崩塌及坍岸勘察应包括的内容,是在可行性研究阶段勘察成果的基础上,对存在滑坡、崩塌及坍岸问题的具体库岸段进行的勘察。水库库岸工程地质勘察的内容是多方面的,但重点是对工程建筑物、城镇和居民区环境有影响的滑坡、崩塌体的勘察。

**6.2.8** 对于滑坡而言,底滑面的勘察是关键。实践证明,竖井、平洞是揭露底滑面最直观的手段,不仅效果好,而且也便于取原状样

进行试验甚至进行现场原位试验,因此条件具备时应优先考虑布置竖井或平洞。

通常滑体和滑床的地下水位是不同的,对地下水位必须分层进行观测;有时由于滑坡体堆积的多序次或在形成过程中多次滑动,也会在滑坡体中形成两个以上含水层系统,如三峡库区巴东黄蜡石滑坡、万州和平广场滑坡等,有的滑坡体还存在局部承压水,如万州枇杷坪滑坡、云阳寨坝滑坡,因此应进行地下水位的分层观测。

**6.2.9** 本条规定了库岸坍岸工程地质勘察的技术方法。勘探坑、孔的布置,向上应包括可能坍岸的范围和影响区,向下应达到死水位以下波浪淘刷深度。

水库坍岸预测理论最早来源于前苏联。在 20 世纪 40、50 年代,前苏联萨瓦连斯基、卡丘金、佐洛塔廖夫等研究了水库坍岸问题,提出了坍岸预测的基本计算方法和图解法。目前水库坍岸预测常用的方法有:工程地质类比法、卡丘金法、图解法等。由于坍岸的影响因素多,条件比较复杂,为此,本条规定坍岸预测宜采用多种方法综合确定。

**6.2.12** 可行性研究阶段对设置地震监测台网的必要性已有充分论证,初步设计阶段应进行地震监测台网设计。监测台网设计一般包括台网技术要求、台网布局和台站选址、台网信道、系统设备选型及配置、资料分析与预测、运行与管理等内容。

地震观测起始时间宜在水库蓄水前 1~2 年,其目的是掌握水库区的地震活动的本底情况,便于和蓄水后地震活动情况进行对比。原规范规定,观测时间宜延续到库水位达到设计正常蓄水位后 2~3 年,由于水库诱发地震形成条件比较复杂,其起始时间不同,水库差异较大,故本次修订对水库诱发地震监测台网的观测时限未作统一规定。根据统计资料,当蓄水后地震活动没有变化,观测时限宜延续至水库达设计正常蓄水位后 2~3 年;水库蓄水后,地震活动有变化,观测时限宜延续至地震活动水平恢复到原活动

水平后 2~3 年。

## 6.3 土石坝

**6.3.1** 土石坝坝址包括第四纪地层坝址和基岩坝址,由于当地材料坝对坝基强度的要求相对较低,基岩坝基一般都可以满足要求,故条文内容侧重于第四纪地层坝基。对于基岩坝基,条文中只强调了心墙和趾板基岩的风化带、卸荷带、岩体透水性和岩体中主要的透水层(带)和相对隔水层、喀斯特情况等的勘察。

软土层、粉细砂、湿陷性黄土、架空层、漂孤石层以及基岩中的石膏夹层等工程性质不良岩土层对坝基的渗漏、渗透稳定、不均匀变形等影响较大,是土石坝坝基勘察的重点内容。

### 6.3.2

**3** 勘探点间距包括不同类型的勘探点间距。

由于覆盖层坝基和基岩坝基条件差别较大,对勘探钻孔深度分别作了规定,对防渗线钻孔和一般勘探孔也作了不同规定。

**4** 本款规定主要土层物理力学性质试验累计有效组数不应少于 12 组,是按数据统计的要求规定的。

## 6.4 混凝土重力坝

**6.4.1** 本条为岩基上混凝土重力坝坝址的勘察内容。土基上的混凝土重力坝(闸),由于土基的岩性、岩相和厚度变化大,结构松散,压缩性较大,易产生不均匀沉降且渗流控制较复杂,一般只适宜修建中、低闸坝,其勘察内容和方法可参照土石坝和水闸的有关规定。

第 2 款、第 3 款内容是影响重力坝坝基抗滑稳定、坝基变形、渗透稳定的主要地质因素,因此是勘察工作的重点。

确定建基岩体质量标准和可利用岩面高程,是本阶段混凝土重力坝的重要勘察内容。影响建基岩体质量标准的主要因素有岩体风化程度、岩体完整程度、岩体强度、透水性等。

#### 6.4.2

1 工程地质测绘中规定当岩性变化或存在软弱夹层时,应测绘详细的地层柱状图,是指砂岩、页岩或泥灰岩、灰岩、页岩相互交替出现,岩性变化复杂或性状差、软弱夹层密度高的情况下,而测绘比例尺又不易反映时,应该按岩性逐层测量和进行描述,并编制出柱状图或联合柱状图,供制图和地质分析用。

2 强调物探工作,是因为初步设计阶段勘探钻孔、平硐数量较多,有条件开展多种物探方法,以便取得更多的信息,为工程地质分析提供更多的依据。孔内电视近些年应用较为广泛,对探测结构面、软弱带及软弱岩石、卸荷带、含水层和渗漏带等分布和性状,有较好的效果。

3 对主勘探剖面、辅助勘探剖面等的布置,帷幕孔与一般勘探孔的深度,不同建筑物部位、不同地形地质条件对勘探手段、勘探点间距、勘探深度等作了不同规定,其目的是使勘探布置的目的性和针对性更加明确。布置倾斜钻孔查明坝基顺河断层是根据有关工程的经验提出来的。河底勘探平硐施工难度较大,只有当常规勘探手段不能满足要求时,才考虑布置河底勘探平硐,因此,本次修订未做具体规定。

勘探点间距是指钻孔、平硐、竖井等各类重型勘探工程的间距。

岩土试验条文中所列项目是常规项目,工作中可根据具体情况进行一些专门性试验。

### 6.5 混凝土拱坝

6.5.1 混凝土拱坝的勘察内容有很多与混凝土重力坝相同,但拱坝对地形地质条件有特殊要求,因此本条所列7款内容都是针对拱坝需要勘察并加以查明的工程地质条件。

对于拱坝,两岸岩体的质量直接影响拱座开挖深度、抗滑稳定、变形稳定等问题的评价。拱肩嵌入深度取决于岩体风化、卸

荷、喀斯特发育强度及工程荷载等因素。根据国家现行标准《混凝土拱坝设计规范》SL 282—2003,拱坝建基岩体根据坝基具体地质情况,结合坝高选择新鲜、微风化或弱风化中、下部岩体。

条文要求查明与拱座抗滑稳定有关的各类结构面,确定拱座抗滑稳定的边界条件。一般来说,缓倾结构面构成底滑面,与河流呈小锐角相交的结构面构成侧滑面,而岩体中厚度较大的软弱(层)带构成压缩变形的“临空面”。

拱座变形稳定评价中,要注意拱座不同部位岩体质量的不均匀性,还应注意两岸岩体质量的差异。

由于拱坝一般选择在峡谷河段,坝基特别是两岸坝肩开挖后存在两岸拱肩槽及水垫塘开挖边坡稳定问题,因此条文中强调了对边坡稳定问题的勘察研究,要求提出安全合理的坡比及加固处理建议,并进行变形监测。

6.5.2 工程地质测绘要特别注意与拱座岩体稳定有关的各类结构面的调查。高陡边坡的峡谷坝址,可在两岸不同高程修建勘察路或半隧洞,既可用于交通,又可揭露地质现象。

勘探手段中,查明两岸拱座岩体的工程地质条件应以平硐为主,河床以钻孔为主,并充分利用勘探平硐、钻孔等进行各类物探测试。

岩体原位变形试验应考虑不同岩性、不同方向。岩体及结构面原位抗剪试验,混凝土与岩体胶结面抗剪试验点的选择应具有代表性。

### 6.6 溢洪道

6.6.1 根据初步设计阶段溢洪道工程地质勘察的基本任务和有关工程的勘察经验,本条对原规范第5.7.1条的内容作了补充。主要包括查明溢洪道地段工程性质不良岩土层的分布及其工程地质特性,分析评价溢洪道特别是泄洪、消能建筑物地基稳定、边坡稳定、抗冲刷等工程地质问题。抗冲刷是溢洪道特殊的工程地质

问题,包括消能段和下游两岸岸坡的冲刷,条文对此专门提出了要求。此外,冲刷坑的向上游掏蚀冲刷也应予以注意。

**6.6.2** 工程地质测绘范围除建筑物地段外还应包括为论证岸坡稳定所需的有关地段,即建筑物地段开挖的工程边坡和冲刷区等的天然岸坡,以便查明对开挖边坡有影响的各类结构面的情况。

## 6.7 地面厂房

**6.7.1** 本条根据原规范第 5.6 节的有关内容对地面电站厂房的勘察内容作了规定。

滑坡、泥石流、崩塌堆积及不稳定岩土体的分布、规模,常常是影响厂址选择和厂基稳定的主要物理地质因素,峡谷区尤为突出,勘察中应予以重视。

地面厂房的边坡主要包括厂址区的天然边坡和厂房地基开挖边坡。其中,厂址区的天然边坡,特别是厂房后山坡的高边坡,常常是地面厂房的主要工程地质问题。因此,条文规定要查明厂址区地质构造和岩体结构特征,评价厂址区边坡和厂基开挖边坡稳定条件。

**6.7.2** 勘探钻孔深度的规定是指一般情况而言,有特殊需要时应根据具体情况确定。压力前池等建筑物荷载小,主要是渗水后对地基的影响,根据以往经验钻孔深度应为 1~2 倍水深。黄土因垂直裂隙发育,垂直渗透性相对较大,另外考虑到黄土特有的湿陷问题,勘探钻孔深度宜增加至 2~3 倍水深。

## 6.8 地下厂房

**6.8.1、6.8.2** 地下厂房系统的勘察范围包括主厂房,主变压器室、副厂房等建筑物。

地下厂房掘进时如发生突水(泥)影响施工安全和施工进度,岩层中如存在有害气体或放射性元素,不仅影响施工安全而且对

长期运行会造成不利影响,必须予以重视。

初步设计阶段地下厂房除应布置顺厂房轴线的主勘平硐外,还应布置相应的横向平硐,目的是控制厂房两侧边墙的地质条件,正确评价边墙稳定性,为确定施工方法和支护措施提供地质资料。勘探平硐最好能结合施工和总体布置,使之(或扩大后)能在施工中或作为永久建筑加以利用。

## 6.9 隧洞

**6.9.1** 条文根据原规范第 5.4 节的有关内容对隧洞的勘察内容作了具体规定。本条所指的隧洞包括导流洞、泄洪洞、引水洞、放空洞及输水隧洞等。

**3** 增加了对隧洞穿过活动断裂带应进行专题研究的规定,主要是考虑近年来西部地区隧洞工程往往要跨越活动断裂带,评价活动断裂带的活动情况及其对工程的影响,也是采取工程措施的依据。

**4** 增加了提出岩体外水压力折减系数的要求。

**5** 当隧洞穿越喀斯特水系统、喀斯特汇水盆地时,地质条件复杂,勘察难度大,根据多年实践经验,需要扩大测绘范围,并应进行专题研究,提高预测评价的准确性。

**9** 根据多年实践经验,隧洞洞径大于 15m 时,需分部位研究结构面的组合及其对围岩稳定的影响。

**11** 隧洞掘进时如发生突水(泥)影响施工安全和施工进度,岩层中如存在有害气体或放射性元素,不仅影响施工安全而且对长期运行会造成不利影响,必须予以重视。

## 6.10 导流明渠及围堰工程

**6.10.1、6.10.2** 根据大型水利水电工程设计和施工的需要,本次修订将导流明渠和围堰的工程地质勘察单独列为一节。

导流明渠、施工围堰虽然是水利水电工程施工建设的临时性



工程,但对枢纽布置、施工组织设计、工程施工安全影响很大。因此,要重视导流明渠及围堰工程的勘察。

由于大坝的规模、形式及施工方式、工期的不同,导流明渠及施工围堰的规模及其可能的工程地质问题也不同。因此,执行中应结合实际、具体运用。

### 6.11 通航建筑物

**6.11.1** 一般来说,通航建筑物包括船闸和升船机两种类型,其勘察范围除船闸和升船机外,还应包括引航道,上、下游码头和两侧边坡等。

土基上的通航建筑物在平原地区比较常见,主要类型是船闸。

### 6.12 边坡工程

**6.12.1** 水利水电工程建设中边坡类型多,高度大,运行条件复杂,常常成为工程设计和运行中的重大问题,也是工程地质勘察中的重点和难点问题之一,同时边坡工程也是典型的岩土工程,因此本次修订规范时将边坡工程单独列为一节。

边坡工程地质分类有很多种,表7~表10为现行国家标准《中小型水利水电工程地质勘察规范》SL 55—2005中的有关分类,可供参考。

表7 边坡一般性分类

分类依据	分类名称	分类特征说明
与工程关系	自然边坡	未经人工改造的边坡
	工程边坡	经人工改造的边坡
岩性	岩质边坡	由岩石组成的边坡
	土质边坡	由土层组成的边坡
	岩土混合边坡	部分由岩石、部分由土层组成的边坡
变形	未变形边坡	边坡岩(土)体未发生变形
	变形边坡	边坡岩(土)体曾发生或正在发生变形

续表7

分类依据	分类名称	分类特征说明
边坡坡度	缓坡	$\theta \leq 10^\circ$
	斜坡	$10^\circ < \theta \leq 30^\circ$
	陡坡	$30^\circ < \theta \leq 45^\circ$
	峻坡	$45^\circ < \theta \leq 65^\circ$
	悬坡	$65^\circ < \theta \leq 90^\circ$
	倒坡	$90^\circ < \theta$
工程边坡高度 H(m)	超高边坡	$150 \leq H$
	高边坡	$50 \leq H \leq 150$
	中边坡	$20 \leq H < 50$
	低边坡	$H < 20$
失稳边坡体积 (m <sup>3</sup> )	特大型滑坡	$1000 \times 10^4 \leq V$
	大型滑坡	$100 \times 10^4 \leq V < 1000 \times 10^4$
	中型滑坡	$10 \times 10^4 \leq V < 100 \times 10^4$
	小型滑坡	$V < 10 \times 10^4$

表8 岩质边坡分类(按岩体结构)

边坡类型	主要特征	影响稳定的主要因素	可能主要变形破坏形式	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
块状结构岩质边坡	由岩浆岩或巨厚岩层组成,岩性相对较均一	1. 节理裂隙的切割状况及充填物情况 2. 风化特征	以松弛张裂变形为主,常有卸荷裂隙分布,有时出现局部崩塌	一般较稳定。但应注意不利节理组合,分析局部塌滑的可能性;当有卸荷裂隙分布时,注意边坡上输水建筑物漏水引起边坡局部失稳	1. 对可能产生局部崩塌的岩体可采用锚固处理 2. 对可能引起渗漏的卸荷裂隙做灌浆防渗处理 3. 做好边坡排水,防止裂隙充水引起边坡局部失稳

续表 8

边坡类型	主要特征	影响稳定的主要因素	可能主要变形破坏形式	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
层状同向缓倾结构岩质边坡	由坚硬层状岩石组成,坡面与层面同向,坡角大于岩层倾角,岩层层面被坡面切断	1. 岩层倾角大小 2. 层面抗剪强度 3. 节理发育特征及充填物情况	1. 顺层滑动 2. 因坡脚软弱导致上部张裂变形或蠕变 3. 沿软弱夹层蠕滑	层面因施工开挖常被切断,若岩层中有软弱夹层,易产生顺层滑动;某些红层地区常沿缓倾角泥岩夹层产生蠕滑,雨后更易滑动;不利于建筑物边坡稳定	1. 防止沿软弱层面滑动 2. 局部锚固 3. 挖除软层并回填处理 4. 采用支挡工程防滑 5. 做好排水
层状同向陡倾结构岩质边坡	由坚硬层状岩石组成,坡面与层面同向,坡角小于岩层倾角,岩层层面未被坡面切断	1. 节理裂隙特别是缓倾角节理发育情况及充填物情况 2. 软弱夹层发育状况 3. 裂隙水作用 4. 振动	1. 表层岩层弯曲、倾角 2. 局部崩塌 3. 滑动	一般较稳定,但在薄层岩层和有较多软弱夹层分布地区,施工开挖可能诱发边坡倾角蠕变	1. 开挖坡角不应大于岩层倾角,勿切断坡脚岩层,坡高时应设置马道 2. 注意查明节理分布特征,分析有无不利抗滑的组合结构面
层状反向结构岩质边坡	由层状岩石组成,坡面与层面反向	1. 节理裂隙分布特征 2. 岩性及软弱夹层分布状况 3. 地下水、地应力及风化特征	1. 蠕变倾角、松动变形 2. 坡有软层分布时上部张裂变形 3. 局部崩塌、滑动	一般较稳定,但在薄层岩层或有较多软弱夹层分布地区,施工开挖可能诱发边坡倾角蠕变	1. 注意查明节理裂隙发育特征,适当削坡防止局部崩塌、滑动 2. 局部锚固

续表 8

边坡类型	主要特征	影响稳定的主要因素	可能主要变形破坏形式	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
斜向结构岩质边坡	由层状岩石组成,岩石走向与坡面走向呈一定夹角	节理裂隙发育特征	1. 崩塌 2. 楔状滑动	一般较稳定	注意查明节理裂隙产状,分析产生楔状滑动的可能性,必要时适当清除或锚固
碎裂结构岩质边坡	不规则的节理裂隙强烈发育的坚硬岩石边坡	1. 岩体破碎程度 2. 节理裂隙发育特征 3. 裂隙水作用 4. 振动	1. 崩塌 2. 坍滑	易局部崩塌,影响建筑物安全;透水;不利坝肩稳定及承受荷载	1. 适当清除,合理选择稳定坡角 2. 表部喷锚保护 3. 做好排水

表 9 土质边坡分类(按土层性质)

边坡类型	主要特征	影响稳定的主要因素	可能的主要变形破坏形式	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
黏性土边坡	以黏粒为主,干时坚硬,遇水膨胀崩解。某些黏土具大孔隙性(山西南部);某些黏土甚坚固(南方网纹红土);某些黏土呈半成岩状,但含可溶盐量高(黄河上游);某些黏土具水平层理(淮河南游)	1. 矿物成分,特别是亲水、膨胀、溶滤性矿物含量 2. 节理裂隙的发育状况 3. 水的作用 4. 冻融作用	1. 裂隙性黏土常沿光滑滑裂面形成滑面,含膨胀性亲水矿物黏土易产生滑坡,巨厚层半成岩黏土高边坡,因坡脚蠕变可导致高速滑坡 2. 因冻融产生剥落 3. 坍塌	作为水库或渠道边坡,因蓄水、输水可能引起部分黏土边坡变形滑动,注意库岸大范围黏土边坡滑动带来不利影响;寒冷地区工程边坡因冻融剥落而破坏	1. 防水、排水 2. 削坡压脚 3. 对冻融剥落边坡,植草或护砌覆盖,坡体内排水,保持坡面干燥

续表 9

边坡类型	主要特征	影响稳定的主要因素	可能的主要变形破坏形式	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
砂性土边坡	以砂粒为主,结构较疏松,凝聚力低为其特点,透水性较大,包括厚层全风化花岗岩残积层	1. 颗粒成分及均匀程度 2. 含水情况 3. 振动及地下水作用 5. 密实程度	1. 饱和均质砂性土边坡,在振动力作用下,易产生地震液化 2. 管涌、流土 3. 坍塌和剥落	1. 在高地震烈度区的渠道边坡或其他建筑物边坡,地震时产生液化滑坡;机械振动也可能出现局部滑坡 2. 基坑排水时易出现管涌、流土	1. 排水 2. 削坡压脚 3. 预先采取振冲加密、封闭措施,并注意排水
黄土边坡	以粉粒为主、质地均一。一般含钙量高,无层理,但柱状节理发育,天然含水量低,干时坚硬,部分黄土遇水湿陷,有些呈固结状,有时呈多元结构	主要是水的作用,因水湿陷,或水对边坡浸泡,水下渗使下垫隔水黏土层泥化等	1. 崩塌 2. 张裂 3. 湿陷 4. 高或超高速滑坡 高边坡可能出现	渠道边坡,因通水可能出现滑坡;库岸边坡因库水浸泡可能坍岸或滑动;黄土塬上灌溉使地下水位抬高,可出现黄土湿陷,谷坡开裂崩塌,半成岩黄土区深切河谷可出现高速滑坡;因湿化引起古滑坡复活	1. 防水、排水,尽可能避免输水建筑物漏水 2. 合理削坡 3. 对坍岸、古滑坡做好监测及预测
软土边坡	以淤泥、泥炭、淤泥质土等抗剪强度极低的土为主,塑流变形严重	1. 土性软弱(低抗剪强度高压缩性塑流变形特性) 2. 外力作用、振动	1. 滑坡 2. 塑流变形 3. 坍塌、边坡难以成形	渠道通过软土地区因塑流变形而不能成形,坡脚有软土层时,因软土流变挤出使边坡坐塌	1. 彻底清除 2. 避开 3. 反压回填 4. 排水固结

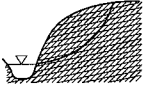
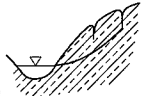

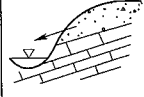
续表 9

边坡类型	主要特征	影响稳定的主要因素	可能的主要变形破坏形式	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
膨胀土边坡	具有特殊物理力学特性,因富含蒙脱石等易膨胀矿物,内摩擦角很小,干湿效应明显	1. 干湿变化 2. 水的作用	1. 浅层滑坡 2. 浅层崩解	边坡开挖后因自然条件变化、表层膨胀、崩解引起连续滑动或坍塌	1. 尽可能不改变土体含水条件 2. 预留保护层,开挖后速盖压保湿 3. 注意选择稳定坡角 4. 加强排水,砌护封闭
分散性土边坡	属中塑性土及粉质黏土类,含一定量钠蒙脱石,易被水冲蚀,尤其遇低含盐量水,表面土粒依次脱落,呈悬液或土粒被流动的水带走,迅速分散	1. 低含盐量环境水 2. 孔隙水溶液中钠离子含量较高,介质高碱性 3. 土体裸露,水土接触	1. 冲蚀孔洞、孔道 2. 管涌、崩塌和溶蚀孔洞 3. 坍塌、崩塌和滑坡	堤坝和渠道边坡在施工和运行中随机发生变形破坏或有潜在危害	1. 尽量不用分散性土作地基和建筑材料 2. 全封闭,使土水隔离 3. 设置反滤 4. 改土,如掺石灰等 5. 改善工程环境水,增大其含盐量
碎石土边坡	由坚硬岩石碎块和砂土颗粒或砾质土组成的边坡,可分为堆积、残坡积混合结构、多元结构	1. 黏土颗粒的含量及分布特征 2. 坡体含水情况 3. 下伏基岩面产状	1. 土体滑坡 2. 坍塌	因施工切挖导致局部坍塌,作为库岸边坡因水库蓄水可导致局部坍塌或上部坡体开裂,库水骤降易引起滑坡	1. 合理选择稳定坡角 2. 加强边坡排水,防止人为向坡体注水 3. 库岸重要地段蓄水期应进行监测


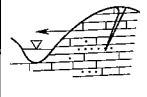
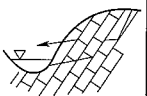
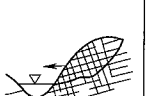
续表 9

边坡类型	主要特征	影响稳定的主要因素	可能的主要变形破坏形式	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
岩土混合边坡	边坡上部为土层、下部为岩层,或上部为岩层、下部为土层(全风化岩石),多层叠置	1. 下伏基岩面产状 2. 水对土层浸泡,水渗入土体	1. 土层沿下伏基岩面滑动 2. 土层局部坍塌 3. 上部岩体沿土层蠕动或错落	叠置型岩土混合边坡基岩面与边坡同向且倾角较大时,蓄水、暴雨后或振动时易沿基岩面产生滑动	1. 合理选择稳定坡角 2. 加强边坡排水,防止人为向坡体注水 3. 库岸重要地段蓄水期应进行监测

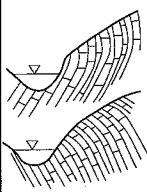
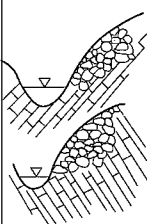
表 10 变形边坡分类

变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
滑动变形	黏性土滑坡		黏土干时坚硬,遇水崩解膨胀,不易排水,连续降雨或遇水湿化可使强度降低,易滑	1. 水的作用:暴雨浸水,人为注水,排水不畅 2. 振动:地震、爆破 3. 开挖方式不当:头部堆载,先后上下开挖	滑坡区不宜布置建筑物,对边坡稳定,丘陵峡谷移靠水后出现滑动	1. 注挖和意方程序 2. 坡面及坡体排水 3. 支挡抗滑桩等
	黄土滑坡		垂直裂隙发育,易透水湿陷,黄土塬边或峡谷高陡边坡的滑坡规模较大,当有黏土夹层时,连续大雨后易滑			
	砂性土滑坡		透水性强,当有饱和砂层时,因地震可能产生液化滑坡,因暴雨排水不畅而滑动			
	碎石土滑坡		土石混杂,结构较松散,易透水,多为坡残积层,常沿基岩接触面滑动			


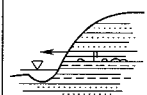
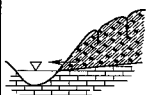
续表 10

变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议		
滑动变形	均质软岩滑坡		滑体形态主要受软岩强度控制,滑面常呈弧形、切层,与软弱结构面不一定吻合,特别是大型滑坡	1. 软弱夹层或顺层抗剪强度 2. 淘蚀切脚,开挖不当 3. 水的作用	滑坡规模一般较大,条件恶化后可能复活,滑坡区不宜布置建筑物	1. 避开 2. 清除或部分清除 3. 排水		
	顺层滑坡		一般沿岩层面产生的滑坡,滑体形态主要受岩层层面控制				作为建筑物危险区,不宜作边建设,物不宜作边建设	1. 清除或部分清除 2. 排水 3. 规时或模支挡或锚固
	切层滑坡		滑面切过岩层面,滑体形态受几组节理裂隙的控制				不宜作其他物或建设边建设	1. 清除或部分清除 2. 排水 3. 规时或模支挡或锚固
	破碎岩石滑坡		节理裂隙密集发育,滑面产生于破碎岩体中,滑面形态受破碎岩体强度控制				透水性不强,利于防渗,不宜作边建设	1. 削坡清除 2. 排水 3. 规时或模支挡

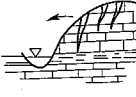
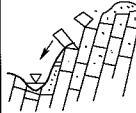
续表 10

变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
蠕动变形	岩质边坡		岩体向外倒, 层序未乱, 但岩体松动, 裂隙发育, 层间相对错动, 倾角向深部逐渐变小, 边坡表部有时出现反坎	1. 开挖切脚 2. 振动 3. 充排水不畅	对抗不利, 变形不沉降, 大于渗沉形利受荷载, 开挖常连续	1. 自下而上清除, 坡角大于自然坡面 2. 坡面排水和防渗 3. 边坡速度应快, 应挖留保护层
	土质边坡		岩层层序扰动, 岩块松动, 岩层无完整界面, 多系完整面进一步发展而成	1. 开挖切脚 2. 振动 3. 充排水不畅	对抗不利, 开挖引起连续坍塌, 库区范围大, 松蓄水能, 不宜作接脸和建筑物	1. 维持原状, 保持不动 2. 坡面及排水 3. 自下而上清除, 坡角大于自然

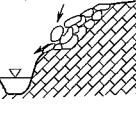
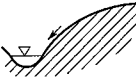
续表 10

变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
蠕动变形	岩质边坡		多出现于塑性薄层岩层, 岩层向坡外挠曲, 很少折裂(注意和构造变形相区别), 有层间错动, 但张裂隙不显著	1. 岩石流变效应 2. 水的作用 3. 振动 4. 开挖卸荷及方式不当	局部滑层或缓慢扭动, 影响建筑物安全, 除透水性不强外, 一般不强烈	1. 削坡清除, 坡角适当 2. 预留保护层 3. 局部锚固
	岩质边坡		脆性岩体沿下垫塑性软弱层缓慢流动, 或挤入软层中	1. 塑性层因水作用进一步泥化 2. 软层的流变效应	切脚后缓慢滑塌, 影响建筑物安全, 作为边水库易滑	1. 坡面及局部锚固 2. 沿层流塑将岩体清除
	土质边坡		因土层塑性蠕变、流动导致上部土体开裂、倾倒或沿层带产生微量位移, 严重者可发展成滑坡或坍滑, 常为滑动变形前兆	1. 水的作用 2. 坡脚或坡体内土层软化 3. 重力作用下土体流变	遇水、振动, 易发展成滑坡, 不宜作其他建筑物	1. 按稳定角开挖 2. 清除 3. 坡面及坡体排水

续表 10

变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
张裂变形	岩质边坡 张裂变形边坡		岩体向坡外张裂,但未发生剪切位移或崩落滚动,有微小角变位,多发生于厚层或块状坚硬岩石中,特别当坡角有软弱层(如煤层、断层破碎带)分布时	1. 岩体向外张裂 2. 岩层面(特别是软弱夹层)	强烈对防渗不利;于透坝渗垂裂变形不拱肩崩塌失造成害	1. 防脚被步和破止垫进软人为坏 2. 控破和制规模方法 3. 固浆灌固或锚固 4. 必减重要载
崩塌变形	岩(土)质边坡 崩塌变形边坡		陡坡地段,上部岩(土)体突然脱离母岩翻滚或坠落坡脚,坡脚常堆积岩土块堆积体	1. 风化作用、冰冻膨胀 2. 暴雨、排水不畅 3. 振脚被淘蚀软化	变形影响急破坏施工安全;堆积疏松,强烈透渗,堆物不均陷变形	1. 清除危岩,保护建筑物 2. 局部锚固、支挡 3. 用堆物基时,需进行特殊加固处理

续表 10

变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
坍塌变形	岩(土)质边坡 坍塌变形边坡		边坡岩(土)体解体坐塌,并伴随局部或整体滑动,滑面多不平整,局部可能崩塌、蠕变松动等复合型变形边坡	1. 塑流层蠕变 2. 暴雨、排水不畅 3. 振动 4. 不利组合性和面	堆积物疏松,透水性不均,均陷浸水局部能继续滑动	1. 坡面防渗,排水 2. 清除 3. 局部支挡
剥落变形	石(土)质边坡 剥落变形边坡		高寒地区黏性土边坡因冻融作用表层剥落,南方硬质黏土边坡因干湿效应而剥落,强风化泥质岩层剥落,影响不深,但可连续剥落	1. 冻融作用 2. 干湿效应 3. 风化	使其道或他工边坡疏松解体,增加维护困难	1. 护草面或覆盖 2. 排水 3. 预留层

6.12.2 一般情况下,建筑物区的边坡与建筑物的关系密不可分,在工程地质勘察时应一并考虑进行。本条规定的内容是针对边坡专门性工程地质勘察而言的。

2 地质测绘是边坡工程地质勘察的基本方法。地质测绘比例尺确定为 1:2000~1:500,是根据近些年边坡工程地质勘察的实践经验确定的,1:500 大比例尺测绘主要用于地质条件复杂、边坡稳定问题突出的边坡工程。

3 工程物探常与其他勘探方法配合使用。

4 边坡工程地质勘探的目的是查明边坡地段的地质结构等,

并满足必要的测试、试验及监测的要求。勘探点、线的布置是总结了近些年我国水利水电工程边坡勘察经验后确定的,勘探手段与一般地质勘察使用的勘探手段相同,主要包括钻探、槽探、井(坑)探和硐探。通过钻探可以了解边坡深部地质情况,并可进行多种试验、测试等。通过硐(井)探可以直接观测到组成边坡工程岩土体的地质结构、滑移面特征等,并可进行现场试验、测试,其效果要优于钻探、物探,应尽可能布置。同时要尽可能利用勘探硐、井、孔进行有关测试和试验工作。

5 边坡工程岩土物理力学试验项目中,对边坡稳定分析计算影响最大的是抗剪试验,在测定抗剪强度时,应结合边坡岩体变形运动特征,真实地模拟岩土体破坏面情况,尽可能采用野外大剪试验。

### 6.13 渠道及渠系建筑物

6.13.1 通过可行性研究阶段的工程地质测绘,地形地貌条件已查清楚,初步设计阶段不再作为勘察内容规定。近些年来引调水工程及长距离渠道工程建设经验表明,因勘察精度不够,施工阶段岩土分界变化引起的土石方工程量变化是导致工程投资增加的重要原因之一,因此在实际工程地质勘察中,除对渠道存在的工程地质问题进行重点勘察外,还应重视不同地层分布特别是土岩分界面起伏变化的勘察。

傍山渠道往往地形、地质条件复杂,滑坡、泥石流等物理地质现象发育,修建渠道的地质问题较多,是工程地质勘察的重点和难点,对此本规范规定除要勘察渠道的工程地质条件外,第5款特别强调对渠道所在山坡整体稳定的勘察与工程地质评价。

#### 6.13.4

1 关于渠道工程地质测绘比例尺,平原地区普遍分布第四纪地层,比例尺过大,会增加很多工作量而对勘察精度提高有限,因此比例尺可小一些;山区渠道或傍山渠道,一般来说地形、地质条

件都较复杂,比例尺可大一些。对于渠系建筑物工程地质测绘比例尺,可结合地形、地质条件复杂程度和建筑物范围大小选用,地形、地质条件复杂或建筑物范围较小,可选较大的比例尺,反之选较小的比例尺。

2 实践证明,在地形条件适合、物探方法选用得当的条件下,对探测覆盖层厚度、地下水位、古河道、隐伏断层、喀斯特洞穴、地下采空区、地下构筑物 and 地下管线等有较好的效果。纵向剖面上的勘探点间距较大,控制的勘探精度较低,因此沿渠道轴线方向也应布置物探剖面。

6 由于对地下采空区的分布探测困难、处理难度大且经处理后还可能留下工程安全隐患,因此选线时尽量避开。如渠道工程不能避开,对其勘察应高度重视。

### 6.14 水闸及泵站

6.14.1 勘察内容与原规范第5.6节地面电站与泵站厂址的内容基本一样,只是局部调整。一般来说,当第四纪沉积物作为水闸或泵站地基时,勘察主要是解决地基强度、沉陷、不均匀变形、渗透稳定、开挖边坡、基坑排水等问题;当基岩作为水闸或泵站地基时,地基强度及变形问题不突出,勘察主要是查明岩体结构、地质构造及岩体风化、卸荷情况等。因此,在工程地质勘察时应各有侧重。

6.14.2 勘察工作要结合水闸及泵站建筑物布局布置,不同建筑物部位都应有勘探剖面控制。另外,我国北方地区常常需要修建高扬程的提水泵站,出水管道较长且顺山坡从下向上布置,管道镇墩地基和边坡稳定问题较为突出,是这类泵站勘察的重点之一。水闸的导墙、翼墙对地基条件要求较高,布置勘探工作时要特别注意。

### 6.15 深埋长隧洞

限于当前的技术水平和勘探手段,在初步设计阶段深埋长隧

洞勘察的主要任务是对可行性研究阶段的成果进行复核及进一步勘察。勘察内容上,与可行性研究阶段的相同;勘察方法上,强调在地形及勘探条件许可时,布置深孔或平洞进一步开展有关测试和地质条件的复核工作。

## 6.16 堤防工程

**6.16.1** 本条对堤防工程地质的勘察内容进行了规定,新建堤防和已建堤防勘察内容差别较大,对于已建堤防,不仅要勘察堤基的工程地质条件,还要勘察堤身质量,初步设计阶段勘察的重点是地质条件较差堤段或险情隐患部位。

**6.16.2** 本条仅对堤防工程地质测绘、勘探布置及试验的主要要求作了规定,详细内容见国家现行标准《堤防工程地质勘察规程》SL 188。关于试验数量,本规范规定每一工程地质单元各主要土(岩)层的累计有效室内试验组数与《堤防工程地质勘察规程》SL 188—2005中规定不同,今后堤防工程地质勘察时应以此为准。

## 6.17 灌区工程

**6.17.1** 灌区工程的渠道与渠系建筑物工程地质勘察内容与本规范第6.13节相同,只是工程规模相对小一些。因此,本条规定“灌区工程地质的勘察内容应符合本规范第6.13.1~6.13.3条的规定。”

**6.17.3、6.17.4** 初步设计阶段对地下水源地水文地质勘察深度要求应相当于现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027—2001中的勘探阶段,探明的地下水允许开采量应满足B级精度要求。

## 6.18 河道整治工程

**6.18.1、6.18.2** 岸坡的稳定性对护岸工程十分重要,因此影响岸

坡稳定的软弱土层及其物理力学性质是主要勘察内容。当地层单一且工程性质较好时,勘探剖面及勘探点的间距可选大值,反之选小值。

**6.18.3、6.18.4** 裁弯工程地质勘察的对象主要为第四纪沉积物,其勘察的重点是裁弯工程段的物质组成、物理力学特性和允许开挖边坡。

**6.18.5、6.18.6** 丁坝、顺直坝和潜坝地基常常位于河水位以下,只有当场地无水时才能进行工程地质测绘,同时考虑到工程地质测绘的实际作用不大,因此,没有强调工程地质测绘工作。

## 6.19 移民新址

**6.19.1** 根据国家现行标准《水利水电工程建设征地移民设计规范》SL 290—2003的规定,对农村移民,初步设计阶段要编制农村移民安置规划,确定安置方案;对于集镇、城镇,初步设计阶段确定迁建方案和新址的地点。因此,本规范规定初步设计阶段是为选定新址提供地质依据。

**6.19.2** 本条提出了初步设计阶段移民选址工程地质勘察应包括的内容。大体包括三个方面:一为新址区外围的环境地质条件,二为新址区内的地质条件,三为新址区场地稳定程度和建筑适宜程度。考虑到查明新址区环境地质条件及其环境地质问题对移民新址的重要性,将本条的第2、3款列为强制性条文。

**6.19.3** 本条提出了初步设计阶段移民选址工程地质的勘察方法及相关的技术规定。

1 规定工程地质测绘比例尺应结合新址区的地形地质条件和新址的规模等选定。对于平原区或较大城镇可选用较小的比例尺,对于山区或规模较小的新址可选用较大的比例尺。

2 地形坡度是决定新址场地建筑适宜程度的重要条件,因此本款规定对第5.13.3条按坡度分区统计的面积进行复核。如果需要,可对大于20°的地形进一步细分。



3 规定勘探工作的布置原则是根据新址区的地质条件和存在的工程地质问题确定,存在的工程地质问题不同,勘探布置的原则和工作量也不同。例如,外围滑坡可能对新址安全构成威胁,需要对滑坡进行勘察时,就要按本规范有关滑坡的勘察内容和方法开展工作;存在坍岸问题时,对坍岸进行具体的勘察等。

4 强调勘探剖面针对新址场地进行布置,其目的是通过适当的勘探剖面,掌握新址区的地质条件,便于进行场地建筑适宜性评价。关于勘探剖面的间距,主要是参考了国家现行标准《城市规划工程地质勘察规范》CJJ 57—94 中详细规划阶段 I、II、III 类场地的工程地质勘察勘探剖面间距综合确定的,见表 11。

表 11 勘探线、点间距(m)

场地类别	间 距	
	线距	点距
I 类场地	50~100	<50
II 类场地	100~200	50~150
III 类场地	200~400	150~300

注:勘探点包括钻孔、浅井、竖井。

## 6.21 勘察报告

6.21.1 本条的工程区及建筑物工程地质条件包括:水库工程地质条件、大坝及其他枢纽建筑物工程地质条件、边坡工程地质条件、引调水工程(渠道、隧洞及渠系建筑物)工程地质条件、水闸及泵站工程地质条件、堤防工程地质条件、灌区工程地质条件及河道整治工程地质条件等,在编制报告时,可根据具体工程项目内容取舍。

6.21.3 初步设计阶段如进行了区域构造稳定性复核工作,应重点论述。

6.21.5 在评价大坝工程地质条件时,针对不同坝型(混凝土重力坝、拱坝、土石坝)对地质条件的要求,内容应各有所侧重。

6.21.10 地下水源水文地质勘察一般都有专题报告,因此,这里只需对主要勘察结论进行说明。

## 7 招标设计阶段工程地质勘察

### 7.1 一般规定

7.1.1 根据 1998 年水利部发布的《水利工程建设程序管理暂行规定》，招标设计属于施工准备阶段的一项工作内容。招标设计的前提是初步设计报告已经批准。通过招标设计阶段工程地质勘察，进一步复核工程地质结论，查明遗留的工程地质问题，为完善和优化设计以及落实招标合同有关的问题提供地质资料。要求形成完整的阶段性成果，并作为招标编制的基础。因此本章为规范修订新增内容。

7.1.2 本条规定了招标设计阶段工程地质勘察的四项主要内容。

2、3 初步设计阶段遗留的或初步设计报告审批提出的专门性工程地质问题，是招标设计阶段工程地质勘察的主要内容。

4 工程设计进一步优化需要补充的有关工程地质资料。

### 7.2 工程地质复核与勘察

7.2.2 工程地质复核以内业工作为主，分析初步设计阶段工程地质勘察成果、观(监)测成果，复核工程地质结论，并根据复核情况，确定相应的勘察工作内容。

对水库诱发地震，应在初步设计阶段勘察的基础上，进行第 2、3 款规定的工作内容。

7.2.3 招标设计阶段工程地质勘察内容，应根据每个工程的具体情况和存在的工程地质问题确定。

本条第 2 款说明的是因施工组织设计需要，宜对主要临时(辅助)建筑物存在的工程地质问题应进行补充勘察或研究。临时(辅助)建筑物的规模、布置与施工要求密切相关，特别与建设单位的

要求有很大关系，但在招标设计阶段只能根据施工组织设计总布置，在选定的位置进行地质勘察工作，对有关工程地质问题提出初步评价，以满足招标文件编制的需要。详细地质勘察工作可在施工详图设计阶段进行。

近年来工程实际情况表明，天然建筑材料在工程开工后出现问题较多，因此本条第 3 款对天然建筑材料招标设计阶段的复查或补充勘察工作作了规定。料场需要进行复查或补充勘察的主要原因有：料场条件发生变化需对详查级别的勘察成果进行复查；初步设计报告审批或项目评估要求补充论证；设计方案改变，要求开辟新的料场。

7.2.4 鉴于招标设计阶段的特点，本阶段需要勘察的内容差别很大，因此本条文对勘察方法只作了原则性规定。

勘察方法应针对要查明问题的性质、复杂程度、已有的勘察成果和场地条件等确定。

## 8 施工详图设计阶段工程地质勘察

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 本条规定了施工详图设计阶段工程地质勘察的基本前提和任务。通过施工详图设计阶段工程地质勘察,可以检验、核定前期勘察成果质量,进一步提高勘察成果精度,并配合施工开挖开展施工地质工作,为施工详图设计、优化设计、建设实施、竣工验收等提供工程地质资料。

由于勘察阶段的调整,原“技施设计阶段”改作“施工详图设计阶段”,但其勘察内容基本保持不变。

**8.1.2** 条文中规定了施工详图设计阶段工程地质勘察的主要内容。

**1、2** 由于自然界地质环境的复杂性和其他原因,在前期勘察中可能会遗留(漏)某些工程地质问题;在施工和水库蓄水过程中,可能会出现新的工程地质问题。对这些工程地质问题进行专门勘察是施工详图设计阶段勘察的主要内容之一。

**4、5** 明确了本阶段包括施工地质工作,施工地质工作应结合施工开挖及时进行,并贯穿工程施工的全过程。

### 8.2 专门性工程地质勘察

**8.2.1** 施工详图设计阶段勘察工作通常都是针对特定的建筑物和确定的工程地质问题进行,这是本阶段勘察工作的一个重要特征。

**8.2.2** 条文中列举了专门性工程地质勘察的主要内容,将原规范第 6.2.2~6.2.5 条的内容进行了简化归纳,使规范结构上更趋合理。

**1** 关于水库诱发地震的勘察工作,主要任务是监测台网建设和初期运行资料的分析整理,以及当库区周边发生较强烈地震时的现场地震地质调查等工作。

**8.2.3** 施工详图设计阶段进行天然建筑材料专门性勘察,往往是由于设计方案变更或其他原因需新辟料场,天然或人为因素造成料场储量或质量发生明显改变等。

**8.2.4** 本阶段专门性工程地质的勘察应充分利用各种开挖面揭露的地质情况和各种监测与观测资料。

### 8.3 施工地质

**8.3.1** 条文中规定了施工地质的 8 款内容。

对建筑物的基坑、工程边坡、地下建筑物的围岩进行地质编录和观测是基础性的工作。随着工程开挖的不断进行,岩土体实际状况逐渐暴露。因此,从开始开挖到施工结束的整个施工期间均要进行地质编录和观测,不断积累资料。通过地质编录和观测检验前期勘察成果,预测不良地质现象,对施工方法和地基加固处理提出建议,为工程验收和运行期研究有关问题提供地质资料。

本条第 5 款为新增内容。施工地质应根据施工揭露的地质情况变化,当需要时,及时提出专门性工程地质勘察建议。进行专门性工程地质问题勘察时,应充分利用施工地质工作成果。

进行工程地质评价、参加工程验收和进行地质预报是施工地质的主要内容。施工地质人员应认真检查地基、围岩、边坡和有关地质问题处理的质量是否达到验收标准;如发现施工方法不当,岩土体急剧变形或有失稳前兆,应及时向有关单位提出建议。

**8.3.2** 本条对施工地质方法作了原则性规定,将原规范第 6.3.2 条的内容进行了分解,使规范结构上更趋合理。

第 1 款是本条新增加的规定。地质巡视,编写施工日志和简报是施工地质的一项承上启下的日常性工作,是施工地质工作中最基本、也最重要的工作。

由于工程开挖与回填交替进行,施工地质与施工有一定的干扰。因此,要求施工地质工作应及时和准确,所采用的手段要简易和轻便。除采用观察、素描、实测、摄影和录像外,也可采用波速、点荷载强度、回弹值等测试方法鉴定岩体质量。

**8.3.3** 本条为新增内容。大型水利水电工程施工地质工作周期较长,资料种类多、数量大,如不及时整理,将不利于后期成果的编制。同时,水利水电工程施工地质需编制多种技术成果,如块(段)地质小结、阶段性竣工地质报告、安全鉴定工程地质自检报告等。这些技术成果常需要分阶段进行,并为最终竣工地质报告提供可靠的技术支撑。

#### 8.4 勘察报告

**8.4.1** 本条在原规范第 6.2.8 条的基础上,针对专门性工程地质勘察报告正文内容作了一般规定。专门性工程地质勘察报告编制内容要根据工程存在的实际问题拟定。

**8.4.2** 竣工地质报告包括单项工程竣工地质报告和工程竣工地质总报告。

## 9 病险水库除险加固工程地质勘察

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 本条对病险水库除险加固工程勘察的任务作了规定。除险加固工程勘察就是要查明病险部位及其产生的原因,勘察工作必须抓住这个重点有针对性地进行,避免盲目扩大勘察范围。

**9.1.3** 由于病险水库是已建工程,有些病害已长期存在,甚至经过多次除险加固处理,已经积累了很多资料,因此条文强调应首先收集已有地质勘察、施工处理及运行监测资料,并对所收集的资料进行综合分析,这样既可充分利用已有的勘察成果,减少勘探工作量,又能深入了解工程问题的实质,使勘察工作做到有的放矢。

### 9.2 安全评价阶段工程地质勘察

**9.2.1** 本条对安全评价阶段工程地质的勘察内容作了规定。其中,第 5 款提出“复核工程区场址的地震动参数”,是由于我国地震基本烈度或地震动参数区划图先后已经出版四代,并且在有些地方有很大调整。

**9.2.2、9.2.3** 这两条规定了土石坝工程安全评价阶段工程地质的勘察内容与勘察方法,是在总结我国近 5 年工程实践经验的基础上提出的,针对性较强。鉴于病险水库土石坝坝体存在的质量问题较为普遍,因此,在本规范第 9.2.2 条第 1 款第 4 项中特别强调了对坝体渗漏、开裂、滑坡、沉陷等险情隐患的调查了解。至于勘察方法,由于工程已经建成,因此收集已有的各种资料,如前期勘察资料,访问施工期间的开挖处理和坝体填筑情况,详细了解运行观测资料等,就显得尤为重要。

**9.2.4、9.2.5** 这两条规定了混凝土坝工程安全评价阶段工程地

质的勘察内容与勘察方法。对于混凝土坝勘察方法,除参照本规范第 9.2.3 条土石坝的有关规定外,特别规定了针对坝体混凝土与坝基接触部位、坝基(肩)抗滑稳定及拱坝坝肩变形问题而需要开展的试验工作。

### 9.3 可行性研究阶段工程地质勘察

**9.3.1** 本条规定了可行性研究阶段病险水库除险加固工程地质勘察是在安全评价阶段基础上确定病险的类型和范围,初步评价大坝与地质有关的险情和隐患的危害程度,并进行天然建筑材料初查。

**9.3.2、9.3.3** 分别对土石坝和混凝土坝在可行性研究阶段的勘察内容提出明确要求。由于地质条件及已经存在的病险差别较大,实际工作中应根据具体地质条件、工程特点及病险情况等确定勘察内容。

**9.3.4** 本条规定了可行性研究阶段工程地质的勘察方法。

1 工程地质测绘主要是对原坝址工程地质图进行复核,如没有前期测绘资料,则应进行工程地质测绘。测绘比例尺选用 1:2000~1:500 是根据近年各单位实际操作确定的。

2 对于大坝的洞穴、裂缝,渗漏通道等隐患的规模、位置和埋深,可选用电法勘探、探地雷达、弹性波测试和同位素示踪等进行探测。

3 本款第 2 项规定“防渗剖面钻孔深度应进入地基相对不透水层不应小于 10m”是为了满足防渗的需要而提出的。

### 9.4 初步设计阶段工程地质勘察

除险加固初步设计阶段工程地质勘察应在可行性研究阶段工程地质勘察的基础上,针对有关地质问题(病害)进行详细勘察,目的是查明病险详细情况、原因及地质条件,提出处理措施建议,为制定除险加固设计方案提供地质依据。

由于病险种类多,原因复杂,因此,对所有病害的勘察内容和方法不可能一一列出,条文重点对工程中常见的病害,如渗漏及渗透稳定性问题、不稳定边(岸)坡问题、坝(闸)基及坝肩抗滑稳定问题、地基沉陷与坝体变形问题、土的地震液化问题等的主要勘察内容、勘察方法作了规定。

至于勘察方法,条文特别强调对已有地质资料、施工编录以及运行观测等资料的收集和分析;工程地质测绘比例尺的选择,是根据所研究的问题确定的;采用何种勘探方法,勘探点的间距则可根据具体情况综合考虑。

由于土石坝上、下游坝坡的环境条件和功能不同,浸润线上、下坝体土的含水性质有着质的差别,对于坝体取样试验工作强调分区取样,避免取样数量过少或代表性不强。

第 9.4.8 条第 1、2 款“查明土石坝填筑料的物质组成、压实度、强度和渗透特性”、“查明坝体滑坡、开裂、塌陷等病害险情的分布位置、范围、特征、成因,险情发生过程与抢险措施,运行期坝体变形位移情况及变化规律”是评价坝体变形与地基沉降的重要地质条件,同时也是进行除险加固措施论证的重要地质依据,因此,将此两款列为强制性条文。

## 附录 B 物探方法适用性

该附录为新增附录。

物探是水利水电工程地质勘察的重要手段之一。物探方法的种类很多,如:电法勘探、地震勘探、弹性波测试、层析成像法、探地雷达法及测井法等。物探方法轻便、高效,但其应用有一定条件和局限性。所以应用物探方法时,要根据实地的地形地质和物性条件等因素,综合考虑,选择有效的方法,以获得最佳的效果。

本附录所列的方法均是目前水利水电勘测单位经常使用的方法,同时也将近几年在深埋隧洞勘探中取得一定效果的大地电磁频谱探测(MD)和可控源音频大地电磁测深(CSAMT)等方法吸收了进来。

本附录将所列物探方法分为主要方法和辅助方法两类,主要方法一般可以对相应的地质情况作出较为有效的探测,辅助方法则需要结合其他方法或手段进行综合判断。

## 附录 C 喀斯特渗漏评价

**C.0.2** 本规定明确区分水库渗漏与坝基和绕坝渗漏两类,有利于对渗漏评价和防渗处理区别对待。把渗漏对环境的影响列入评价内容,包括对环境的负面影响和正面影响,正面影响如有些水库渗漏可补充地下水,使干涸的泉水恢复生机,净化地下水水质等。

**C.0.3、C.0.4** 喀斯特水库渗漏评价分为不渗漏、溶隙型渗漏、溶隙与管道混合型渗漏和管道型渗漏四类。每种渗漏的判别条件,主要依据已建工程渗漏实例和勘察经验总结。

坝基和绕坝渗漏评价分为轻微、较严重和严重三级,并列出了相应的判别条件,其中两岸地下水水力坡降较大,一般指大于5%。

渗漏判别条件中岩体或地块喀斯特化程度划分,一般可根据岩组类型、喀斯特地貌特征,溶洞及暗河发育程度,水量大小,钻孔、平硐揭露溶洞的数量、规模等综合判定。岩体或地块喀斯特化强烈的标志,一般为峰丛洼地、峰林谷地地貌特征,溶蚀洼地、漏斗、落水洞广泛分布,暗河、溶洞规模大,喀斯特水系统网络复杂,钻孔遇洞率高等。相反,岩体或地块喀斯特化程度轻微则表现为喀斯特地貌不明显,喀斯特水系统不发育,主要为喀斯特裂隙水、地下水水力坡降较大,钻孔遇洞率低等特征。

**C.0.5** 水库喀斯特渗漏量计算问题十分复杂,主要是计算模型和参数难以准确确定,计算成果只能作为渗漏评价的参考。

## 附录D 浸没评价

**D.0.1** 浸没评价按初判、复判两阶段进行。初判阶段的任务是在工程地质测绘的基础上,根据拟建水库或渠道的设计水位和周边地区的地形、地质条件,判定哪些地段可能发生浸没。复判是在初判基础上,对可能浸没地段进一步勘察,最终确定浸没范围和危害程度,为采取防治措施设计提供资料。

**D.0.7** 农作物区的地下水埋深临界值有两个标准,一是适宜于作物生长的地下水埋深临界值,二是防止土壤次生盐渍化的地下水埋深临界值。

### 1 适宜于作物生长的地下水埋深临界值。

农作物在不同的生长期要求保持一定的地下水适宜深度,即土壤中的水分和空气状况适宜于作物根系生长的地下水深度。

我国幅员广阔,各地区自然条件差异较大,而影响地下水适宜埋深的因素又很多,如农作物种类、品种,以及气候、土壤、生育阶段、农业技术措施等,难以定出统一标准。

水稻是喜水作物,但地下水位长期过高,也会影响产量。根据广东、江苏等省的试验,水稻在分蘖末期的晒田期间,地下水埋深以0.3~0.6m为宜。为了满足机收机耕的要求,撤水后地下水适宜埋深为0.7~1.0m。

江苏省试验调查资料,小麦生育阶段的适宜地下水埋深,播种出苗期为0.5m左右,分蘖越冬期为0.6~0.8m,返青、拔节至成熟期为1.0~1.2m。棉花生育阶段的适宜地下水埋深,苗期为0.5~0.8m,蕾期为1.2~1.5m,花铃期和吐絮成熟期为1.5m。

我国部分地区几种作物所要求的地下水埋深临界值见表12。

表12 我国部分地区农作物要求的地下水埋深临界值(m)

地区	小麦	棉花	马铃薯	苎麻	蔬菜	甘蔗
长江中下游	0.5~0.6	1.0~1.4	0.8~0.9	1.0~1.4	0.8~1.0	0.8~1.4
华北	0.6~0.7	1.0~1.4	0.9~1.1	—	0.9~1.1	—

确定适宜于作物生长的地下水埋深临界值的合理方法是对当地农业管理和科研部门以及农民进行调研,针对实际农作物类型因地制宜地确定适当的地下水埋深临界值。

用传统的公式(土的毛管水上升高度加农作物根系深度)确定适宜的地下水最小埋深,难以反映不同农作物的实际情况和需求,且据此确定的浸没范围往往偏大,因此只适用于初判。

### 2 防止土壤次生盐渍化的地下水埋深临界值。

土壤次生盐渍化的影响因素较多,其中气候(主要是降雨量和蒸发量)是基本因素,干旱、半干旱地区易于产生土壤次生盐渍化,而湿润性气候区不会出现盐渍化。土壤质地和地下水矿化度是影响次生盐渍化的主要因素。砂性土的毛管水上升高度虽比黏性土低,但其输水速度却大于黏性土,上升的水量多,更易于产生盐渍化。地下水矿化度低,土壤积盐作用就小,反之,地下水矿化度高,土壤积盐作用就大。

各地区的防止盐渍化地下水埋深临界值各不相同,应根据实地调查和观测试验资料确定。总体而言,防止土壤次生盐渍化所要求的地下水埋深临界值要大于作物适宜生长的地下水埋深临界值。

无资料地区,防止土壤次生盐渍化的地下水埋深临界值及盐渍化程度分级可参考表13和表14确定。

表13 几种土在不同矿化度下防止次生盐渍化的地下水埋深临界值

地下水矿化度 (g/L)	地下水埋深临界值(m)			
	砂土	砂壤土	黏壤土	黏土
1~3	1.4~1.6	1.8~2.1	1.5~1.8	1.2~1.9
3~5	1.6~1.8	2.1~2.2	1.8~2.0	1.2~2.1
5~8	1.8~1.9	2.2~2.4	2.0~2.2	1.4~2.3

表 14 土壤盐渍化程度分级(%)

成 分	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化	盐土
苏打( $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ )	0.1~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	>0.7
氯化物( $\text{Cl}^-$ )	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~1.0	>1.0
硫酸盐( $\text{SO}_4^{2-}$ )	0.3~0.5	0.5~0.7	0.7~1.2	>1.2

**D.0.8** 建筑物区因地下水上升引起的环境恶化主要表现为:地面经常处于潮湿状态,无法居住;房屋开裂、沉陷以致倒塌。

第一种情况,表明地下水位或毛细水带到达地面,导致生态环境恶化,应判定为浸没区。这种情况的浸没地下水埋深临界值为地下水的毛细水上升高度。

第二种情况,房屋开裂、沉陷、倒塌的原因有:冻胀作用(北方地区);地基持力层饱水后强度大幅度下降,承载力不足或持力层饱水后产生大量沉降变形或不均匀变形。上述这些情况是否会出现,与现有建筑物的类型、层数、基础形式、砌置深度、持力层性质(特别是有无湿陷性黄土、淤泥、软土、膨胀土等工程性质不良岩土层)密切相关。因此应针对具体情况进行相应调查、勘察和试验研究工作,在掌握充分资料后进行建筑物区浸没可能性评价。当地基持力层在饱水后出现承载力不足或大量沉陷时,浸没地下水埋深临界值为土的毛细水上升高度加基础砌置深度。

不做任何调查分析,简单地采用土的毛细水上升高度加基础砌置深度作为临界值进行建筑物区浸没评价,实际上是认为任何建筑物的持力层,只要含水量达到饱和,就必然承载力不足或产生过量沉陷,而实际情况显然不完全都是如此,结果将造成预测的浸没范围偏大。

**D.0.9** 当判定的浸没区面积较大时,浸没的影响程度可能不尽相同,为了使评价结果更有针对性,宜按浸没影响程度划分亚区,即严重浸没区和轻微浸没区。

进行浸没程度分区前,应根据勘察区的具体情况和勘察结果,确定严重浸没区和轻微浸没区相应的地下水埋深临界值。

## 附录 E 岩土物理力学参数取值

**E.0.1** 本条是岩土体物理力学参数取值的基本原则。第3款旨在强调岩土体物理力学参数要在室内、外试验及原位测试等的基础上,考虑试验条件和工程特点等综合确定。第9款规定了地质建议值的选取原则,地质建议值的选择是一项综合性工作,与标准值之间不是简单地通过一个系数折减的问题,要考虑试验成果、试验条件、地质条件及工程运行条件等多方面因素后综合确定。工程实践中,对于一些重要的地质参数有时要通过多方研究,甚至召开专门的专家论证会确定。

**E.0.2** 本条是土的物理力学参数标准值的取值原则,与原规范相比没有原则性变化。第2款是新增内容,在统计试验成果时,如果同一土层参数变异系数较大时,应分析土层性质在水平方向和垂直方向的变化,如水平、垂直方向上岩性变化较大,应考虑分段或分带统计试验数据。第5款是从偏于安全的角度提出渗透系数的选取原则。

**E.0.4** 对于岩体(石)各项物理力学参数标准值的取值原则,条文中都作了明确规定。有以下几点需重点加以说明。

**3** 岩石地基的容许承载力是反映岩基整体强度的性质,取决于岩石强度和岩体完整程度,对于软质岩还需要考虑长期强度问题,另外还应当考虑岩体三维应力状态。第3款所列根据岩石单轴饱和抗压强度,按不同的岩石类别进行不同比例折减(1/25~1/5),以选用岩体容许承载力的做法,最早出处为原苏联《水工手册》(1955年),以后国内一些教科书和设计规范中都引用这一方法。目前,这种取值方法已约定俗成,成为勘测设计人员估算岩石地基承载力的通用方法。这种方法过于粗糙,但由于坚硬、半坚硬



岩石的岩体承载力一般不起控制作用,所以用这种方法估算的结果通常没有引起争议,而对于软岩,这种方法适用性较差,需要进行载荷试验或三轴试验,根据试验成果确定软岩地基容许承载力。还有其他一些通过岩石单轴饱和抗压强度求取岩体承载力的经验方法,但还都缺乏足够的论证,没有形成共识,故未推荐使用。

6 岩体抗剪断(抗剪)强度参数经验取值表(表 E.0.4)与原规范相同,但在选取地质建议值时考虑到规划、可行性研究阶段试验数量较少的情况,宜参照已建工程相似岩体条件的试验成果和设计采用值,以及相关的规程、规范类比采用。考虑到采用纯摩公式进行坝基稳定分析的需要,增加了抗剪强度参数取值。

E.0.5 关于软弱结构面抗剪断强度参数取值,原规范规定应取屈服强度或流变强度。对于坝基抗滑稳定来说,当采用剪摩计算公式计算时,安全系数按求取 3.0~3.5,已经考虑了破坏机理和时间效应等影响因素,因此软弱结构面抗剪断强度参数按峰值强度小值平均值取值是合理的。根据近些年的经验,对原规范表 D.0.5 进行了调整,并增加了抗剪强度参数取值。表中的岩块岩屑型、岩屑夹泥型、泥夹岩屑型、泥型,其黏粒(粒径小于 0.005 mm)的百分含量分别为少或无、小于 10%、10%~30%、大于 30%。

## 附录 F 岩土体渗透性分级

岩土体渗透性分级标准与原规范相比没有变化。但考虑到原规范中各级渗透性所对应的岩体特征和土的类别在实际工作中难以一一对应,本次修订删掉了这部分内容。为便于参考,将原规范中岩土体渗透性分级在此列出,见表 15。

土体的透水性分级以渗透系数为依据,岩体的透水性分级以透水率为依据。但强透水~极强透水岩体宜采用渗透系数作为划分依据。

渗透系数是通过室内试验或现场试验测定的岩土体透水性指标,其单位为 cm/s 或 m/d。

透水率是通过现场压水试验测定的岩体透水性指标,其单位为 Lu(吕荣)。

针对具体工程拟定的防渗帷幕标准,可根据压水试验资料在渗透剖面图上增加一条 3Lu 或 5Lu 界线。

表 15 原规范中的岩土体渗透分级

渗透性等级	标准		岩体特征	土类
	渗透系数 K (cm/s)	透水率 q (Lu)		
极微透水	$K < 10^{-6}$	$q < 0.1$	完整岩石,含等价开度 $< 0.025\text{mm}$ 裂隙的岩体	黏土
微透水	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$0.1 \leq q < 1$	含等价开度 $0.025 \sim 0.05\text{mm}$ 裂隙的岩体	黏土-粉土
弱透水	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$1 \leq q < 10$	含等价开度 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$ 裂隙的岩体	粉土-细粒土质砂
中等透水	$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	$10 \leq q < 100$	含等价开度 $0.1 \sim 0.5\text{mm}$ 裂隙的岩体	砂-砂砾
强透水	$10^{-2} \leq K < 10^0$	$q \geq 100$	含等价开度 $0.5 \sim 2.5\text{mm}$ 裂隙的岩体	砂砾-砾石、卵石
极强透水	$K \geq 10^0$		含连通孔洞或等价开度 $> 2.5\text{mm}$ 裂隙的岩体	粒径均匀的巨砾

## 附录 G 土的渗透变形判别

**G.0.1** 土体在渗流作用下发生破坏,由于土体颗粒级配和土体结构的不同,存在流土、管涌、接触冲刷和接触流失四种破坏形式。

**流土:**在上升的渗流作用下局部土体表面的隆起、顶穿,或者粗细颗粒群同时浮动而流失称为流土。前者多发生于表层为黏性土与其他细粒土组成的土体或较均匀的粉细砂层中,后者多发生在不均匀的砂土层中。

**管涌:**土体中的细颗粒在渗流作用下,由骨架孔隙通道流失称为管涌,主要发生在砂砾石地基中。

**接触冲刷:**当渗流沿着两种渗透系数不同的土层接触面,或建筑物与地基的接触面流动时,沿接触面带走细颗粒称接触冲刷。

**接触流失:**在层次分明、渗透系数相差悬殊的两土层中,当渗流垂直于层面将渗透系数小的一层中的细颗粒带到渗透系数大的一层中的现象称为接触流失。

前两种类型主要出现在单一土层中,后两种类型多出现在多层结构土层中。除分散性黏性土外,黏性土的渗透变形形式主要是流土。本附录土的渗透变形判定主要适用于天然地基。

**G.0.4** 由多种粒径组成的天然不均匀土层,可视为由粗、细两部分组成,粗粒为骨架,细粒为填料,混合料的渗流特性决定于占质量 30% 的细粒的渗透性质,因此对土的孔隙大小起决定作用的是细粒。

最优细粒含量是判别渗透破坏形式的标准。粗粒孔隙全被细粒料充满时的细料颗粒含量为最优细粒含量,相应级配称为最优

级配。最优细粒含量由式(1)确定。

$$P_{cp} = \frac{0.30 + 3n^2 - n}{1 - n} \quad (1)$$

式中  $P_{cp}$ ——最优细粒颗粒含量(%);

$n$ ——孔隙率(%).

试验和计算结果均证明,最优级配时的细粒颗粒含量变化于 30% 左右的范围内。从实用观点出发,可以认为细粒颗粒含量等于 30% 是细料开始参与骨架作用的界限值。当细粒颗粒含量小于 30% 时,填不满粗粒的孔隙,因此对渗透系数起控制作用的是粗粒的渗透性;当细粒颗粒含量大于 30% 时,混合料的孔隙开始与细粒发生密切关系。

将许多级配不连续土的渗透稳定试验结果,根据破坏水力比降与细粒颗粒含量的关系绘成曲线,可得图 1 的形式,图中当  $P < 25\%$  时破坏水力比降很小,仅变化于 0.1~0.25 之间,破坏水力比降不随细粒颗粒含量的变化而变化。这表明当  $P < 25\%$  时,各种混合料中的细粒均处于不稳定状态,渗透破坏都是管涌的一种形式。当  $P > 35\%$  时,破坏水力比降的变化随细粒颗粒含量的增大而缓慢增加,其值接近或大于理论计算的流土比降。这表明细粒土全部填满了粗粒孔隙,渗透破坏形式变为流土型。图 1 从渗透稳定试验方面进一步证明了最优细粒颗粒含量的理论是正确的,而且阐明了  $P > 25\%$  以后,细粒开始逐渐受约束,直到  $P > 35\%$  时细粒和粗粒之间完全形成了统一的整体。对于级配连续的土,同样可用细粒颗粒含量作为渗透破坏形式的判别标准,关键问题是细粒区分粒径问题,可用几何平均粒径  $d = \sqrt{d_{70} \cdot d_{10}}$  作为区分粒径,有一定的可靠性。

原规范中第 M.0.2 条第 1 款中流土和管涌的判别式(M.0.2-1)和式(M.0.2-2)在实际应用中存在一定不确定性,目前也无更确切的表述,为避免错判,本次修订予以删除。

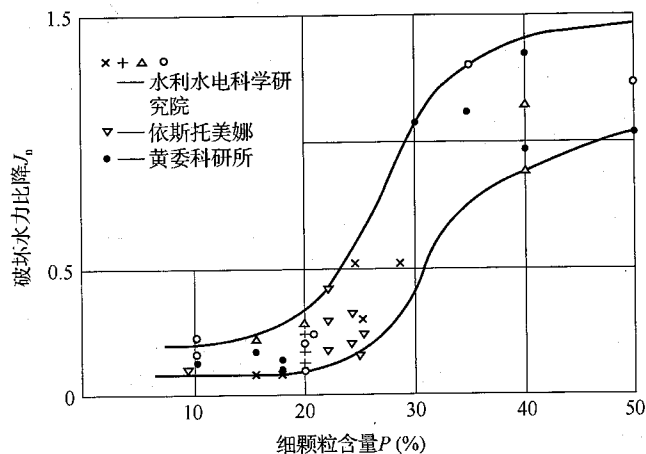


图1 破坏水力比降与细颗粒含量关系曲线

**G.0.6** 土的级配和土的孔隙率对临界水力比降的影响明显,本附录针对上述情况,分别列出几种通用的临界水力比降计算方法,可根据土层的地质条件选择或进行综合比较。对于重要的大型工程或地层结构复杂的地基土的临界水力比降和允许水力比降应通过专门试验确定。

流土的临界水力比降计算式(G.0.6-1)对无黏性土比较合适,而对黏性土或泥化夹层等不适用。

室内大量试验显示,对于管涌型渗透破坏,从出现颗粒流失到土体塌落往往有一个较长的过程。有人将开始出现颗粒流失的水力比降称为启动比降或起始比降;之后,随着水力比降增大,每次均有一定的颗粒流失,但当水力比降稳定后,水流也会逐渐变得清晰,土体骨架并不发生破坏;直到水力比降达到某个较大的值(即破坏比降),颗粒流失才会不断发生,并最终导致土体塌落。因而这一类型的临界比降有一个较大的区间,实际应用时可根据工程的重要性等选取合适的临界值。

考虑当前土的渗透系数测试方法的规范化和普遍性,无需通

过土的其他物性试验结果来近似推算土的渗透系数,避免测试误差的传递,本次修订将原规范第 M.0.3 条中第 4 款渗透系数的近似计算公式  $K=6.3C_u^{-3/8}d_{20}^2$  删除。

## 附录 H 岩体风化带划分

**H.0.1** 风化是一种普遍存在的地质作用,在鉴定和描述岩体风化作用的产物时,应以地质特征为主要标志,包括岩石的颜色、结构构造、矿物成分、化学成分的变化;岩石的崩解、解体程度,矿物蚀变程度及其次生矿物成分等。间接标志如锤击反应、波速变化也是重要的辅助手段。

岩体风化分带的划分主要考虑风化岩石的类型及组合特征,岩体的宏观结构及完整性,物理力学性质及水文地质条件等。岩体风化分带的划分仍主要采用国内外通用的5级分类法,并采用国际统一术语命名。但由于各地气候条件,原岩性质和裂隙发育情况差异很大,导致岩体风化程度和状态的变化极为复杂,本次修订主要是将中等风化(弱风化)进一步分为上、下两个亚带,并增加了碳酸盐岩风化带划分标准,而仍保留了原规范中对全、强、微风化带的划分规定。

这次规范修订对风化岩与新鲜岩波速比作了部分修正。对原规范表 E.0.1 中等风化岩与新鲜岩纵波速之比由“ $>0.6\sim 0.8$ ”修正为“ $0.6\sim 0.8$ ”,将微风化波速比由“ $>0.8\sim 1.0$ ”修正为“ $0.8\sim 0.9$ ”,将新鲜波速比由“ $>1.0$ ”修正为“ $0.9\sim 1.0$ ”(因为波速比理论上不可能大于1)。

随着工程技术的进步与工程经验的积累,工程可利用岩体条件有所放宽。基于这一情况,从工程实际需要出发,并参考国内多个工程经验,将弱风化带进一步分为上、下两个亚带。

《三峡工程地质研究》(长江水利委员会编)一书总结了三峡工程的经验,从疏松物质含量、*RQD* 值、岩体纵波速度、视电阻率、回弹指数、岩体变形模量、透水率等多方面对弱风化上带与下带岩体

特性作了详细对比,二者的宏观特征分别为:上带“半坚硬及疏松状岩石夹坚硬状岩石。大部分裂隙已风化,风化宽一般 $5\sim 10\text{cm}$ ,最宽可达 $1.0\text{m}$ 。疏松物含量达 $10\%\sim 20\%$ ”;下带“坚硬状岩石夹少量风化岩,沿部分裂隙风化,风化宽一般 $1\sim 4\text{cm}$ ,疏松物含量小于 $1\%$ ”。

**H.0.2** 为新增内容,其提出主要基于以下考虑:

碳酸盐岩的风化,特别是石灰岩的风化特征明显有别于其他岩体风化,原规范附录 E 风化标准划分显然不适用于此类岩石。统一认识并规范碳酸盐岩风化带划分标准是十分必要的。

石灰岩一般是没有典型意义的风化现象的,除了岩体浅表部因溶蚀、卸荷,充填夹泥需要开挖清除外,岩石本身则是没有风化或风化程度轻微,因此在石灰岩地区不必刻意划分岩石的风化带;但同属碳酸盐岩的白云岩,情况则完全不同,质纯的白云岩可以发育非常完全的风化带,典型的全风化带表现为白砂糖似的白云岩风化砂,以下逐渐过渡到新鲜岩体。最有代表性的是乌江渡水电站上坝址,寒武系娄山关组白云岩,全风化带呈砂状的白云岩粉最厚达二十余米,整个风化带厚达四十余米。至于石灰岩与白云岩之间的过渡岩类,如白云质灰岩、灰质白云岩等,则视岩石的组分、结构、构造及当地的自然条件而呈现复杂的情况。

碳酸盐岩地区大量的工程实践,尤其是清江、乌江流域诸工程(如隔河岩、高坝洲、水布垭、彭水等)在碳酸盐岩风化带划分方面所取得的成果,为表 H.0.2 的制订奠定了基础。

考虑到碳酸盐岩地区溶蚀与风化常是互为影响,现象互相混杂的,因此将溶蚀与风化一并考虑,将碳酸盐岩的风化划分为表层强烈溶蚀风化和裂隙性溶蚀风化两个带;而后考虑到风化特征之差异,以及岩体可利用性问题,把裂隙性溶蚀风化带进一步分为上、下两带。

关于表 H.0.2 的适用范围。因为碳酸盐岩不仅包括灰岩、白云岩两大岩类及其过渡岩类,而且还包括与泥岩之间的过渡岩类,

因岩性及其结构构造(如微裂隙发育程度等)的不同,其风化特征也存在一定差异,如部分白云岩(三峡、乌东德等地的震旦系灯影组白云岩)因微裂隙极其发育,其溶蚀风化特征有时并不突出,而具有均匀风化特征,再如豆状灰岩,有时也具有均匀风化的特点。与泥岩的过渡类岩石,则随着含泥量的增加,其风化特征往往由以溶蚀风化为主逐渐向均匀风化过渡。因此,在进行碳酸盐岩风化带划分时,还要视具体情况而定,以均匀风化为主时采用表H. 0. 1进行风化带划分,而以溶蚀风化为主时则采用表 H. 0. 2 进行风化带划分。此外,表 H. 0. 2 不适合于深部岩溶。

## 附录J 边坡岩体卸荷带划分

我国水利水电工程建设中曾大量遇到岩体卸荷所带来的复杂问题。近些年来,随着水利水电工程建设重点向西部地区转移,工程所处的地质环境多为深山峡谷、新构造运动强烈与高地应力区,卸荷作用强烈,在一些工程建设中卸荷现象已成为一个突出的问题,如二滩、小湾、构皮滩、溪洛渡、锦屏、百色、紫坪铺、九甸峡、吉林台等。岩体卸荷带直接关系到坝肩稳定、边坡稳定、建筑物地基变形和洞室围岩稳定等,是影响基础开挖和处理工程量以及方案比选的重要因素。

长期以来,在水利水电工程建设中没有统一的岩体卸荷带划分标准。在工程实践中,有的工程只划分出卸荷带和非卸荷带;有的工程则划分强卸荷带和弱卸荷带;而三峡船闸高边坡岩体卸荷带则按强卸荷带、弱卸荷带和轻微卸荷带进行划分。由于划分标准不统一,给岩体质量评价和地基处理设计带来很多不便。因此本次修订增加了本附录。

边坡卸荷是岩体应力差异性释放的结果,表现为谷坡应力降低、岩体松弛、裂隙张开,其中裂隙张开是卸荷的重要标志。

本规范规定的卸荷带划分标准是以地质特征为主要标志,辅以裂隙张开宽度及波速比等特征指标。

波速比是指卸荷岩体的纵波速度与该处未卸荷岩体的纵波速度的比值。

对大型水利水电工程,强卸荷带岩体不宜作为坝基(特别是拱坝坝基),一般予以挖除,如需作为坝基,应进行专题研究;弱卸荷带岩体通过工程处理可作为坝基。

异常卸荷松弛(深卸荷带)是指岸坡深部、正常卸荷带以里较远部位发育在较完整岩体中的宽张裂隙带。其形成机制还有待进一步研究,对工程的影响和处理措施应进行专门论证。

## 附录 K 边坡稳定分析技术规定

**K.0.1** 影响边坡稳定的因素很多,如地形地貌、岩性构造、岩体结构、水的作用、地应力、人为因素、地震作用等。根据《岩质高边坡稳定与研究》中,对 117 个边坡的统计(表 16),可分为天然和人为两种诱发因素。统计结果表明:水的作用和人类工程活动对边坡失稳影响最大,水的作用中暴雨所引起的边坡变形破坏所占比例最大,而人类开挖活动在所有诱发因素中所占比例最大。

表 16 边坡变形、破坏诱发因素统计

诱发因素	数量	其 中				备 注
		稳定 (个)	所占比例 (%)	变形破坏 (个)	所占比例 (%)	
水的作用:	62	30	48.4	32	51.6	大中型或巨型滑坡为主
1. 暴雨	32	15	46.9	17	53.1	
2. 水库蓄水	18	10	55.6	8	44.4	
3. 地下水变化	3	1	33.3	2	66.7	
4. 降雨、地下水	6	3	50.0	3	50.0	
5. 冲刷	3	1	33.3	2	66.7	
人类活动:	44	12	27.3	32	72.7	中小型楔体滑动为主,拉裂及大型崩塌
1. 开挖	41	12	29.3	29	70.7	
2. 采矿	3	0	—	3	100	
其他:	11	4	36.4	7	63.6	倾倒、崩塌及溃屈、滑动
1. 重力	7	3	42.9	4	57.1	
2. 降雨、地震	4	1	25.0	3	75.0	
合计	117	46	39.3	71	60.7	

**K.0.2** 在此列出常见的边坡变形破坏分类,便于判断边坡变形破坏机制,选择边坡稳定分析方法。

**K.0.3** 本条所列出的现象,表明边坡处于变形或潜在不稳定状态,需要进行稳定性分析。

**K.0.4** 规范只列出通用的几种边坡稳定分析方法,它们都属于极限平衡稳定分析方法的范畴。极限平衡法虽然在理论上存在一些缺陷,但目前仍是边坡稳定分析的一种简便的、行之有效的方法。

考虑到边坡稳定安全系数在有关规程、规范中已有规定,本规范对此不再作规定。

## 附录 L 环境水腐蚀性评价

**L.0.1** 环境水主要指天然地表水和地下水。当环境水中含有某些腐蚀性离子,可能会对混凝土、金属等建筑材料产生腐蚀。因此,水利水电工程地质勘察应进行环境水腐蚀性判别。

本次修订删去了原规范附录 G 中 G.0.1 环境水对混凝土腐蚀程度分级的规定,增加了环境水对钢筋混凝土结构中钢筋和钢结构腐蚀性判别的规定。

**L.0.2** 对原规范附录 G 中第 G.0.3 条的内容作了技术性调整。

环境水是多种腐蚀性介质的复合溶液,在对混凝土产生腐蚀时各种离子相互影响、共同作用,但其中某些离子起着主要作用。因此表 L.0.2 是以一种起主要作用的离子作为腐蚀性的判定依据。关于界限指标,原规范是综合了国内外标准并结合我国水利水电工程情况制定的,本次修订仍保留使用。

环境水的腐蚀性分类有多种方法,目前尚无统一标准,较常见的是按环境水的腐蚀机理和环境水的腐蚀介质特征进行分类。本次修订按环境水的腐蚀介质特征将腐蚀性类型分为一般酸性型、碳酸型、重碳酸型、镁离子型、硫酸盐型五类。

原规范附录 G 表 G.0.3 中对  $\text{SO}_4^{2-}$  的腐蚀性分别规定了普通水泥和抗硫酸盐水泥的界限指标。鉴于目前没有关于抗硫酸盐水泥耐腐蚀性指标的规定,因此本次修订删去了原规范表 G.0.3 中  $\text{SO}_4^{2-}$  对抗硫酸盐水泥腐蚀的界限指标。《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748—1996 中,曾规定中抗硫酸盐水泥可抵抗  $\text{SO}_4^{2-}$  浓度不超过 2500mg/L 的纯硫酸盐腐蚀,高抗硫酸盐水泥可抵抗  $\text{SO}_4^{2-}$  浓度不超过 8000mg/L 的纯硫酸盐腐蚀。这些规定虽然在《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748—2005 中已被取消,但据材质分析仍可

参照使用。

气候条件对环境水的腐蚀性具有加速和延续作用。不同气候条件下,腐蚀介质对混凝土的腐蚀作用是不同的。如在寒冷的气候条件下,硫酸盐型腐蚀能力加强;而其他类型腐蚀,则在炎热气候条件下腐蚀能力加强。干湿交替、冻融交替等将引起物理风化,也会加速介质对混凝土的腐蚀作用。由于我国幅员辽阔,各地气候差异很大,要制订一个全面具体的标准是困难的,因此对表 L.0.2 适用的气候条件作了限定。

环境水作用于混凝土建筑物的方式(如有压、无压,表面接触、渗透接触)、混凝土建筑物的规模尺寸以及混凝土的质量(如密实性、水灰比)等,是环境水腐蚀性的重要影响因素。原规范附录 G 中第 G.0.4 条第 2、3 款的规定,在工程地质勘察阶段难以合理考虑,因此本次修订予以删除。但对除险加固及改扩建工程进行环境水腐蚀性评价时,这些因素是可以考虑的。

**L.0.3、L.0.4** 环境水对钢筋混凝土结构中钢筋和钢结构腐蚀性判别标准引自《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001 第 12 章水和土腐蚀性的评价。

钢筋长期浸泡在水中,由于氧溶入较少,不易发生电化学反应,故钢筋不易被腐蚀;处于干湿交替状态的钢筋,由于氧溶入较多,易发生电化学反应,钢筋易被腐蚀。所以,表 L.0.3 中仅对钢筋混凝土结构中钢筋在干湿交替环境条件下的腐蚀性规定了判别标准。

表 L.0.4 判别指标中,若一项具有腐蚀性,则按该项相应的腐蚀等级判定;若两项均具有腐蚀性,则以具有较高腐蚀等级者判定;若两项均为同一腐蚀等级,可提高一个腐蚀等级判定。

## 附录 M 河床深厚砂卵石层取样 与原位测试技术规定

**M.0.1** 本条是对河床深厚砂卵石层取样方法与原位测试方法选择的原则要求。

河床深厚砂卵石层的钻进取样与原位测试是一项技术复杂且难度较大的工作。目前还没有成熟的经验,仍处于探索阶段。

**M.0.2** 覆盖层的取样方法大致可分为钻具钻进取样和取样器取样两大类。钻具钻进取样就是采用适于覆盖层钻进的各种钻具,或为了提高岩芯样的质量对钻具作了结构性能改进后的取样钻具,通过控制冲洗液种类、护壁方式和回次长度进行钻进,所获得的岩芯样质量取决于覆盖层的颗粒组成及级配,一般对于细粒土效果较好,粗粒土较差。

由于河床深厚砂卵石层厚度大、颗粒粗和结构松散等特点,常规的细粒土取样方法和取样器都不适用,本条推荐的都是实际工作中较常用的方法。成都勘测设计研究院研制的 SD 系列金刚石钻头结合 SM 植物胶取芯技术,近些年在水利水电系统应用比较广泛,效果较好,能取到近似原状样,其他几种方法取得的为扰动样。

**M.0.3** 由于河床砂卵石层的组成极不均匀,因此在实际工作中最好能多使用几种原位测试方法,以便互相验证,为综合评价砂卵石层的工程地质条件提供资料。

**M.0.4** 波速测试方法有很多,这里推荐的是在钻孔内测试的方法,包括声波、地震波及其单孔法、跨孔法等。



## 附录 N 围岩工程地质分类

本附录提出的围岩分类分为初步分类和详细分类。初步分类为本次修订时增加,用于规划、可行性研究阶段以及深埋隧洞在施工前的围岩工程地质评价。这是考虑到这两种情况勘察资料较少,无法得到详细分类所需的各种参数条件下使用。

初步分类以比较容易获取的岩石强度、岩体完整性、岩体结构类型等三个参数为基本依据,以岩层走向与洞轴线的关系、水文地质条件等两项指标为辅助依据。岩体完整性和岩体结构类型可通过地面地质调查、地质测绘,或结合勘探资料确定;水文地质条件可根据岩性、地质构造和地面水文地质调查等分析确定。初步分类可以实现在资料较少的情况下围岩分类的可操作性,同时又能总体上把握洞室的围岩稳定性。

详细分类是在“六五”国家科技攻关研究成果的基础上,参考了国内外一些主要的隧洞围岩分类方法和我国鲁布革、天生桥、彭水、小浪底、水丰等十几个大型水利水电工程的实际分类而编制的。详细分类采用累计评分的综合评价法进行多因素分类,它以岩石强度、岩体完整性、结构面状态为基本因素(取正分),以地下水活动状态和主要结构面产状为修正因素(取负分),同时根据围岩强度应力比做相应调整。自原规范颁布实施以来,该分类在水利水电工程勘察中得到广泛应用,效果良好。因此,本次修订时基本保留了原分类格局,只作了局部修改调整。

考虑结构面状态是本附录围岩分类的特色。结构面状态是控制围岩稳定的重要因素之一。实践证明,在地下洞室围岩稳定分析中不考虑结构面状态或把岩体当作均质体,只考虑岩石的完整性系数是不合适的。结构面状态是指地下洞室某一洞段内比较发

育的、强度最弱的结构面的状态,包括宽度、充填物、起伏粗糙和延伸长度等情况。结构面宽度分为小于 0.5mm、0.5~5.0mm、大于 5mm 三个等级。充填物分为无充填、岩屑和泥质充填三种。起伏粗糙分为起伏粗糙、起伏光滑或平直粗糙、平直光滑三种情况。延伸长度反映结构面的贯穿性,本分类参照国际岩石力学学会建议的五级,依据国内目前洞室跨度情况简化为三级,即:短(<3m)、中等(3~10m)、长(>10m)。上述三项因素是围岩工程地质分类的基本因素,均为正值。

修正因素为地下水和主要结构面产状两项因素,均为负值。地下水活动性分为干燥、渗水或滴水、线流和涌水四种状态,当Ⅲ、Ⅳ类围岩水量很大、水压很高时,对围岩稳定影响较大,故负评分较低,对围岩稳定影响最大时为负 20 分,即围岩类别降低 1 类。主要结构面产状与地下工程轴线夹角不同,对围岩稳定性的影响显著不同。例如:高倾角的主要结构面,当其走向与地下工程轴线近于平行时,则对围岩稳定很不利;反之,其走向与之近于正交时,则几乎不影响围岩的稳定。把结构面走向与轴线夹角分为  $60^\circ \sim 90^\circ$ 、 $30^\circ \sim 60^\circ$ 、 $<30^\circ$  三档,把结构面倾角分为  $>70^\circ$ 、 $45^\circ \sim 70^\circ$ 、 $20^\circ \sim 45^\circ$ 、 $<20^\circ$  四档。由于地下厂房、尾水调压室等的边墙高达几十米,因此,对洞顶及边墙围岩分别进行评分。

围岩强度应力比  $S$  值,是反映围岩应力大小与围岩强度相对关系的定量指标。提出围岩强度应力比这一分类判据,目的是控制各类围岩的变形破坏特性。Ⅱ类以上围岩不允许出现塑性挤出变形,Ⅲ类围岩允许局部出现塑性变形。因此,Ⅰ、Ⅱ类围岩要求大于 4,Ⅲ、Ⅳ类围岩要求大于 2,否则围岩类别要降低。围岩强度应力比还可作为判别地下洞室开挖时围岩可能发生岩爆的强烈程度指标。如天生桥二级引水隧洞 2 号支洞, $S < 2.5$  时有强烈岩爆; $S > 2.5$  时,有中等岩爆; $S > 5$  时,有时也有岩爆,但不强烈。工程实践表明,地应力水平较高时,洞室顶拱部位较边墙更易出现块体失稳。

原规范自颁布以来, TBM 施工技术已经在我国水利水电工程得到大量应用, 本次修订时适当考虑了 TBM 施工时的支护建议。TBM 施工方法在 I、II 类围岩条件下能充分发挥其优越性, 塌方及涌水(突水)或突泥对 TBM 施工影响最大。

## 附录 P 土的液化判别

**P.0.1** 土体由固体状态转化为液体状态的作用或过程都可称为土的液化, 但若没有导致工程上不能容许的变形时, 不认为是破坏。土的液化破坏主要是在静力或动力作用(包括渗流作用)下土中孔隙压力上升、抗剪强度(或剪切刚度)降低并趋于消失所引起的, 表现为喷水冒砂、丧失承载能力、发生流动变形。本附录主要给出评价地震时可能发生液化破坏土层的原则和一些判别标准。

**P.0.2** 液化判别分为初判和复判两个阶段。初判主要是应用已有的勘察资料或较简单的测试手段对土层进行初步鉴别, 以排除不会发生地震液化的土层。对于初判可能发生地震液化的土层, 则再进行复判。对于重要工程, 则应做更深入的专门研究。

初判的目的在于排除一些不需要再进一步考虑地震液化问题的土, 以减少勘察工作量。因此所列判别指标从安全出发, 大都选用了临近可能发生液化的上限。

**P.0.3** 本条规定了初判不液化的标准。

**1** 说明第四纪晚更新世  $Q_3$  或以前的土, 一般可判为不液化, 主要依据是在邢台、海城、唐山等地震中没有发现  $Q_3$  及  $Q_3$  以前地质年代的土层发生过液化的实际资料。

**3** 目前新的地震区划图是以地震动峰值加速度划分的, 7 度区对应地震动峰值加速度为  $0.10g$  和  $0.15g$ , 8 度区对应地震动峰值加速度  $0.20g$  和  $0.30g$ , 9 度区对应地震动峰值加速度  $0.40g$ , 相应的黏粒含量也按内插的方法分为 16%、17%、18%、19%、20% 五级。

原规范规定“粒径大于 5mm 的颗粒含量的质量百分率小于 70% 时, 若无其他整体判别方法时, 可按粒径小于 5mm 的这部分

判定其液化性能”是基于当时的试验条件,判别结果偏于安全。目前大型动三轴试验应用较为普遍,所以对该内容进行相应修改,合并到该款。

4 鉴于水工建筑物正常运用时的地下水位往往不同于地质勘察时的地下水位,而抗震设计需要考虑工程正常运用后的情况,因此特别写明为工程正常运用后的地下水位。

7 规定了  $r_d$  的取值方法。本附录公式  $V_{st} = 291 \sqrt{K_H \cdot Z r_d}$  中,深度折减系数  $r_d$  不仅随土层的深度  $Z$  的增大而减小,并且在同一个深度变幅内又随  $Z$  的增大而减小较多。因此如何选择合适的  $r_d$  值,涉及土层性质、厚度以及地震特征等多种因素,是一个很复杂的问题。表 17 是原规范对此进行的分析,可以看出,用本附录建议方法计算的不同深度的  $r_d$  值,上限保证率不小于 85%,上限误差率不大于 14.6%,作为初判使用有一定的安全余度。

表 17 深度折减系数  $r_d$  取值及其上限保证率和误差率分析

深度 $Z$ (m)	范围值			平均值			征求意见稿 $r_d = 1 - 0.01Z$			修改后建议值			
	上 限 量	下 限 量	变 幅	数 值 $r_d$	误 差 率	上 限 保 证 率 (%)	数 值 $r_d$	上 限 保 证 率 (%)	上 限 误 差 率 (%)	公 式	数 值 $r_d$	上 限 保 证 率 (%)	上 限 误 差 率 (%)
0	1.00	1.00	0.00	1.00	0.0	100	1.00	100	0.0	$r_d = 1.0 - 0.01Z$	1.00	100	0.0
5	0.99	0.95	0.04	0.97	±2.1	98	0.95	96	4.2		0.95	96	4.2
10	0.96	0.84	0.12	0.90	±6.7	94	0.90	94	6.7	$r_d = 1.1 - 0.02Z$	0.90	94	6.7
15	0.90	0.60	0.30	0.75	±20.0	83	0.85	94	5.9		0.80	89	12.5
20	0.82	0.42	0.40	0.62	±32.2	76	0.80	98	2.5	$r_d = 0.9 - 0.01Z$	0.70	85	14.6
25	0.76	0.33	0.43	0.55	±39.4	72	0.75	99	1.3		0.65	86	14.5
30	0.70	0.30	0.40	0.50	±40.0	71	0.70	100	0.0		0.60	86	14.6

对于深度大于 30m 的情况,建议仍用  $r_d = 0.9 - 0.01Z$ ,但不小于 0.5。

#### P. 0. 4

1 考虑水利水电工程的特殊性,工程运行时地下水位会发生变化,因此在评价时,应按工程运行后的地下水位来考虑,并采用式(P. 0. 4-2)进行相应的换算。表 P. 0. 4-1 按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定对标准贯入试验锤击数基准值进行了相应的修改。

2 表 P. 0. 4-2 中采用“液化临界相对密度  $(Dr)_c$  (%)”一词,是作为相对密度  $Dr$  (%) 的界限值提出来的,以示区别。表 P. 0. 4-2 中包括了地震动峰值加速度为 0. 05g、0. 10g、0. 20g、0. 40g 的液化临界相对密度值,它们都是有宏观实际资料作为依据的,与国家现行标准《水工建筑物抗震设计规范》DL 5073 中一致。相对密度复判法可适用于饱和和无黏性土(包括砂和粒径大于 2mm 的砂砾),而标准贯入试验主要只适用于砂土和少黏性土地基。因此相对密度复判法可以延伸标准贯入锤击数法所不能判别的范围。在标准贯入试验适用的范围内,可以标准贯入试验锤击数作为判别的主要依据,同时相对密度也可用以相互印证。对于地震动峰值加速度为 0. 15g 和 0. 30g 对应的临界相对密度,可根据表 P. 0. 4-2 内插取得。

3 饱和少黏性土相对含水量及液性指数的判别可以作为标准贯入试验延伸到少黏性土范围的印证之用。

## 附录 Q 岩爆判别

**Q.0.1** 岩爆判别应视工程前期工作的不同阶段和勘测设计工作的不同深度分阶段进行。

可行性研究阶段,根据野外地质测绘,通过对区域历次构造痕迹的调查和近期构造运动的分析,以及少量地应力测量资料,初步确定初始应力的最大主应力方向和量级,结合室内岩石力学试验成果,对工程项目可能发生岩爆的最高烈度做出判断,对工程不同地段可能发生的岩爆烈度初步进行分级。如地质勘察资料较少,可通过区域地质构造及应力场资料的分析,对是否有发生岩爆的可能性作出初步的宏观判断。若工程区位于以构造应力为主的强烈上升地区(产生岩爆无临界深度)或洞室埋深大于 500m 以上的以自重应力为主的地区,或洞室地处高山峡谷区、属边坡应力集中的傍山隧洞(室),并具备围岩岩质硬脆、完整性好~较好、无地下水等四项基本条件,即可能产生岩爆。

初步设计至施工详图设计阶段,根据洞室围岩完整性、地应力测量、岩石力学试验成果、岩体结构特征、最大主应力与岩体主节理面夹角、地下水等资料,确定岩爆发生的工程地段和强弱程度以及在工程断面上的部位。很多工程实例表明,岩爆不是在工程整个地段和工程全断面上发生。

根据有关研究成果,最大主应力与岩体节理(裂隙)的夹角与岩爆关系密切,在其他条件相同情况下,夹角越小,岩爆越强烈。当夹角小于  $20^{\circ}$  时可能发生强烈或极强烈岩爆;当夹角大于  $50^{\circ}$  时可能发生轻微岩爆。

**Q.0.2** 本条内容是在总结了国内外一些学者的研究成果的基础上制定的,本规范规定根据岩爆现象和岩石强度应力比进行岩爆

分级和判别。

关于岩爆防治,一般对不同烈度的岩爆采取不同的预防和治理措施。从目前的经验看,由于不同行业及其拥有技术力量的差异,在处理方法上则不尽相同。总的来说,岩爆防治可分为预防和治理两大类。

所谓预防旨在消除产生岩爆的条件,尽可能杜绝岩爆发生的危险。为此,应首先判别岩爆可能发生的地域、地段,工程选址时应尽量避开。在难以避开的情况下,需进一步分析地应力、岩体结构和洞室轴线的关系,调整、优化洞室轴线,以降低岩爆级别。

关于岩爆治理大体上有以下几种措施:

释放岩体应力。对可能发生岩爆的部位采取围岩应力解除,如超前应力释放钻孔、松动爆破或震动爆破,使岩体应力降低,能量在开挖前释放。

弱化岩体弹脆性。一般采用注水或表面喷水。

加固围岩。加固围岩的方法有超前锚固,即采用不同长度的锚杆,先锚后挖,挖锚循环作业,以阻止岩爆发生。适用于在隧洞掌子面上和坝基产生岩爆的地段。另一种是爆后喷锚法,可视岩爆的强烈程度,分别对弱、中、强不同级别的岩爆裂带,采取一般性喷浆、喷锚、钢纤维混凝土喷锚或挂网喷锚。对强、极强者除做喷锚支护外,多采取钢支撑或结合混凝土挡墙等工程措施。

## 附录 R 特殊土勘察要点

### R.1 软 土

**R.1.1** 天然孔隙比大于或等于 1.0,且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土,如淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。有时处于地下水位以下的黄土状土在孔隙比较高时也具有软土的性质。软土引起的工程地质问题主要有承载力不足、地基沉降变形和不均匀变形、边坡稳定等。

**R.1.2** 软土勘察的重点是查明其空间分布,可采用钻探与静力触探相结合的手段,静力触探是软土地区十分有效的原位测试方法,标准贯入试验对软土的适应性较差。其抗剪强度指标室内宜采用三轴试验,原位测试宜采用十字板剪切试验。

**R.1.3** 在评价其承载力和分析地基沉降变形时,还应注意对邻近建筑物的影响。在分析评价过程中,应充分吸收和借鉴当地工程经验。

### R.2 黄 土

**R.2.1** 黄土的物理力学性质与黄土形成时代存在较密切的关系,因此黄土勘察首先应查明黄土的形成时代。此外,黄土勘察还应重点研究黄土的湿陷性、物理地质现象和地下水的分布。黄土的力学性质在干燥状态和饱水状态下存在很大的差别,应根据土体在天然状态、施工期和工程运行期的地下水条件提出合适的力学指标。

**R.2.2** 黄土的物理力学性质对含水量较为敏感,且土体具有弱~中等透水性,钻孔内取样难以保证其原状性,因此规范推荐坑槽或竖井内取样。

**R.2.3** 黄土的湿陷性分自重湿陷和非自重湿陷两种,且湿陷性黄土多分布在地表下数米范围内。

### R.3 盐 渍 土

**R.3.1** 盐渍土系指含有较多易溶盐的土体。对易溶盐含量大于 0.3%,且具有吸湿、松胀等特性的土称为盐渍土。在干旱半干旱地区、地势低洼排水不畅地区、灌溉退水及渗漏渠道两侧可能出现土壤盐渍化。

土壤盐渍化的影响主要有三个方面:影响农作物生长、腐蚀建筑物和改变土体物理力学性质。氯盐类有较大的吸湿性,具有保持水分的能力,结晶时体积不膨胀;硫酸盐类在结晶时体积发生膨胀,因而具有盐胀性;碳酸钠的水溶液具有较大的碱性反应,对土颗粒具有分散作用。

**R.3.2** 盐渍土的厚度与地下水埋深、土的毛细作用上升高度以及蒸发强度有关,一般分布在地表下 1.5~4.0m 范围内。

土壤盐渍化程度可按表 18 确定。

表 18 盐渍土按含盐量分类

盐渍土名称	平均含盐量(%)		
	氯及亚氯类	硫酸及亚硫酸类	碱性盐
弱盐渍土	0.3~1.0	—	—
中盐渍土	1.0~5.0	0.3~2.0	0.3~1.0
强盐渍土	5.0~8.0	2.0~5.0	1.0~2.0
超盐渍土	>8.0	>5.0	>2.0

溶陷性指标的测定可按湿陷性土的湿陷性试验方法进行。

### R.4 膨 胀 土

**R.4.1** 膨胀土地区的自然地面坡度往往与土的膨胀性相关,可以间接地反映土体的膨胀潜势。膨胀土的大气影响深度在平原地区一般为数米,过去在一些规范或著作中多认为不超过 5m。近几

年,南水北调中线工程围绕膨胀土渠坡的稳定性开展了大量的专门勘察研究,认为大气影响带可进一步分为两个带:一是剧烈影响带,平原地区深度一般在 2m 左右;二是过渡带,平原地区深度一般在 5~7m。在人工开挖的渠道两侧边坡,大气影响深度有加大趋势。

膨胀土地区的滑坡有多种成因机理,除了渐进式浅层滑坡外,尚有受层间软弱带控制的渐进式深层滑坡和受多种因素控制的深层整体式滑坡。

**R.4.2** 我国的膨胀土具有明显的时代特征。自由膨胀率仍是目前广泛使用的膨胀性划分指标,但在工程应用时应综合分析蒙脱石矿物含量、黏粒含量、膨胀力等指标,以免造成误判。

膨胀土在空间上的相变往往较大,膨胀性在平面和垂直方向上变化频繁,因而勘探及取样应保证一定的密度。

膨胀土的抗剪强度是一个难以确定的指标,目前尚无公认的方法。膨胀土的抗剪强度与土体含水量、裂隙发育程度密切相关。南水北调中线工程的勘察研究显示,膨胀土抗剪强度具有明显的尺寸效应,且垂直方向上具有明显的分带特征。此外,膨胀土开挖边坡土体的物理力学性质尚具有随时间变化的动态特性,地质建议值应充分考虑土体结构、分带性、施工及运行工况等不同条件下的差异。

## R.5 人工填土

**R.5.2** 人工填土的最大特点是不均匀,应针对不同的物质组成,采用不同的勘察手段。除了钻探外,应有一定数量的探井,以查明填土的结构。

**R.5.3** 对于人工填土,不能采用常规的数理统计方法对试验成果进行统计分析,而应根据勘察试验成果对土体进行分区分段,查明存在工程地质问题的部位。

填土的成分比较复杂,利用填土作为天然地基时应慎重。

## R.6 分散性土

**R.6.1** 分散性土是指土在遇水后即分散成原级颗粒的土,我国主要分布在西北、东北等地区。分散性土不能作为大坝、渠道的填筑料。

**R.6.2** 分散性土的鉴别首先以地形、地貌、岩性等宏观特征做初步判断,再以室内试验进行综合评判。目前经常采用的分散性试验包括针孔试验、孔隙水溶液试验、土块试验、双比重计试验等方法。

## R.7 冻土

**R.7.1** 土体在冻结状态时,具有较高的强度和较低的压缩性。但冻土融化后则承载力大为降低,使地基产生融沉(或融陷);在冻结过程中则产生冻胀。土颗粒愈小,冻胀和融沉性愈强。

冻土勘察应紧密结合设计原则。

**R.7.3** 多年冻土融沉性可根据总含水量和平均融沉系数分为五级。

## R.8 红黏土

**R.8.1** 红黏土是指棕红或褐黄色、覆盖于碳酸盐岩之上、其液限大于等于 50% 的高塑性黏土。原生红黏土经搬运、沉积后仍保留其基本特征,且其液限大于 45% 的黏土可判定为次生红黏土。形成时代较早、后期又被其他地层覆盖的棕红色高塑性黏土可能具有红黏土的部分特性。

红黏土的主要特征是上硬下软、表面收缩、裂隙发育。红黏土具有胀缩性,且主要表现为收缩。土体高含水量及裂隙发育是土体稳定的不利因素。

**R.8.2** 红黏土底部常有软弱土层分布,应注意选用合适的勘察方法和密度。

**R.8.3** 在提出红黏土地区建筑物基础埋置深度和基础类型地质建议时应特别慎重,红黏土上硬下软的特性和浅表受大气影响的特性是一对矛盾,对于重要建筑物,宜采用桩基。

## 附录 S 膨胀土的判别

**S.0.1** 本规范规定对膨胀土的判别采用初判和详判,工作逐步深入,可以避免误判。

**S.0.2** 我国中东部及西南地区  $Q_2$ 、 $Q_1$  土体普遍有膨胀潜势,  $Q_3$  土体一般只有微弱膨胀潜势,源于  $Q_2$ 、 $Q_1$  地层或上第三系~侏罗系的全新统地层或残坡积层可能具有弱膨胀潜势。

膨胀土的特征可以概括为以下几个方面:

**野外特征:**多分布在二级及二级以上阶地与山前丘陵地区,个别分布在一级阶地上,呈龙岗、丘陵与浅而宽的沟谷,地形坡度平缓,一般小于  $12^\circ$ ,无明显的自然陡坎。在流水冲刷作用下,水沟水渠常易崩塌、滑动而淤塞。

**结构特征:**膨胀土多呈坚硬~半坚硬状态,结构致密,成棱形土块者常具有胀缩性,棱形土块越小,胀缩性越强。土内分布有裂隙,斜交剪切裂隙越发育,胀缩性越严重。另外,膨胀土多由细腻的胶体颗粒组成,断口光滑,土内常包含钙质结核和铁锰结核,呈零星分布,有时富集成层。

**地表特征:**分布在沟谷头部、库岸和开挖边坡上的膨胀土常易出现浅层滑坡,新开挖的边坡,旱季常出现剥落,雨季则出现表面滑塌。有时,在旱季出现长可达数十米至近百米、深数米的地裂,雨季闭合。

**地下水特征:**膨胀土地区多为上层滞水或裂隙水,无统一地下水位,随着季节水位变化,常引起地基的不均匀胀缩变形。

**S.0.3** 膨胀土的判别,目前尚无统一的标准和方法。国内不同单位或标准采用的指标主要有自由膨胀率、蒙脱石或伊利石含量、黏粒含量、膨胀力等,国外也有采用缩率作为判别指标。其中自由膨

胀率是一个广泛采用的评价指标,但在确定土的膨胀性及进行工程地质评价时,应结合土的宏观特征、膨胀力及其他物理指标进行综合评判。

长江勘测规划设计研究院结合南水北调中线一期工程地质勘察,对南阳盆地的膨胀土进行了较为深入的研究,提出按膨胀土的结构特征和强度指标进行分类,见表 19。

表 19 膨胀土工程地质分类

膨胀土分类	结构特征	膨胀力 (kPa)	抗剪强度			变形模量 $E$ (kPa)	承载比例界限值 (kPa)	
			室内直剪		现场大剪			
			$\tan\varphi$	$\tan\varphi_r$	$\tan\varphi$			
强膨胀土 I	灰白色黏土,网状裂隙发育,土体呈碎块状结构,水对其影响特别显著	$>120$	0.27~ 0.35	0.15~ 0.25	0.20~ 0.30	18000 ~ 30000	150~ 200	
中膨胀土	II <sub>1</sub>	棕黄色黏土,裂隙发育,充填灰白色黏土,层状结构,水对其影响显著	40~ 120	0.32~ 0.42	0.25~ 0.30	0.30~ 0.35	30000 ~ 40000	200~ 300
	II <sub>2</sub>	棕黄色或红色黏土夹姜石,裂隙较发育,部分充填灰白色黏土,厚层状或块状结构	40~70	0.38~ 0.45	0.30~ 0.32	0.32~ 0.52	40000 ~ 60000	280~ 400
弱膨胀土 III	灰褐或褐黄色黏土,裂隙不发育,块状结构	$<50$	0.33~ 0.46	0.32~ 0.35	0.32~ 0.44	40000 ~ 50000	220~ 330	

## 附录 T 黄土湿陷性及湿陷起始压力的判定

**T.0.1** 黄土是干旱、半干旱气候条件下形成的,颜色以黄色为主,色调有深浅差异,颗粒组成以粉粒为主,级配均匀,具有大孔隙,富含碳酸盐的第四纪黏性土。具有湿陷性的黄土是特殊土,浸水时,发生湿陷变形,并造成危害。天然状态下,强度较高,压缩性较低,稳定性较好;增湿时,综合性能弱化或恶化,稳定性降低,甚至失稳。

本条规定了黄土湿陷性的判别分为初判与复判。初判是定性的;对初判认为可能具有湿陷性的黄土,应进行定量的复判。

**T.0.2** 黄土的湿陷性初判,可按黄土层地质时代、地层剖面进行初判,本次修订基本保持原规范条文的内容。根据西北电力设计院、陕西省水利电力勘测设计研究院等单位的最新研究成果,仅对 $Q_2$ 黄土层湿陷性初判作了修改。

**T.0.3、T.0.4** 对湿陷性黄土取样、试验及复判作了规定。复判的标准、内容和方法与现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025—2004 相同;根据水利水电工程特点,修改了取样要求,提高了取样标准。

**T.0.5** 为新增条文。明确了湿陷性黄土的湿陷起始压力  $P_{sh}$  值的确定方法及应用;根据经验,湿陷性黄土地基的评价应结合湿陷性黄土总湿陷量  $\Delta_s$ 、自重湿陷量  $\Delta_{zs}$  和湿陷起始压力  $P_{sh}$  值综合进行。

## 附录 U 岩体结构分类

与原规范相比,本次修订中有 3 处较大的改动:

1 将镶嵌结构从碎裂结构中分出,作为一种单独类型列出。这是考虑到二者有较大的差别。在岩体质量评价中,镶嵌结构岩体一般可划为Ⅲ级,而碎裂结构岩体一般只能划为Ⅳ级。

2 碎裂结构中增加块裂结构亚类。块裂结构的特点是岩体的破碎程度较碎裂结构轻,岩块块度较大,岩块间嵌合程度紧密~较松弛,但紧密程度不如镶嵌结构岩体。

3 对于层状结构中的巨厚层状结构、厚层状结构,若内部结构面发育,可进一步划分亚类。巨厚层状结构划分为:巨厚层块状结构、巨厚层次块状结构、巨厚层镶嵌结构;厚层状结构划分为:厚层块状结构、厚层次块状结构和厚层镶嵌结构。



## 附录 V 坝基岩体工程地质分类

原规范的附录 L“坝基岩体工程地质分类”,经多年使用总体上是好的,有可操作性。本次修订保留了原附录的基本框架和主要内容,仅作了以下重要的修改和补充。

1 增加了岩体主要特征值一栏,给出了体现岩体主要工程性质的一些力学参数,包括:岩石抗压强度、岩体纵波速度(声波)、岩体完整性系数、 $RQD$  值等。这些参数不是推荐用作设计采用,而是与岩体工程地质分类定性描述相匹配的评价体系。该表是调查、统计、分析了三峡、丹江口、隔河岩、葛洲坝、万安、皂市、构皮滩、彭水、二滩、五强溪、江垭、东江、双牌、万家寨、潘家口、漫湾、大朝山、百色、白山、安康、小浪底、军渡等二十余个工程建基岩体的资料,综合整理分析后提出的。一般情况下,岩体的工程地质类别是可以和相应的特征值对应的,但也有一些例外的情况,这是由于岩体的特异性和复杂性所决定的。

2 对薄层状结构的岩体,根据其层面的结合、胶结情况作了区分,分别归入  $A_{III1}$ 、 $A_{III2}$  和  $A_{IV1}$ ,而原规范将薄层状结构只列入  $A_{IV1}$  类中,这是欠妥当的。大量的工程实践证明,薄层状结构岩体的工程特性差别很大,主要取决于层面的结合情况。对于隐形和变质的薄层结构、硅质胶结的薄层岩体(如乌东德枢纽的硅质薄层大理岩和灰岩),其强度和完整性可以很好(其他节理裂隙不发育时),钙质胶结的薄层岩体也可以是好的岩体,如下奥陶系南津关组第二段页岩( $O_2^n$ )。只有泥质胶结或成岩作用差,层面间胶结很弱的薄层岩体才是性状很差的岩体,如:三叠系巴东组页岩、葛洲坝坝基的薄层粉砂岩等。有人建议将第一种情况的薄层状岩体划为  $A_{II}$  类,这是一个值得讨论的问题,本次修订未作考虑。

3 对于强度很高,裂隙发育,但裂隙间无松软物质充填,岩块间嵌合紧密的岩体,俗称“硬脆碎”岩体,如故县水库,皂市水库等工程的坝基岩体。这类岩体的主要特点是岩石强度很高(一般大于  $100\text{MPa}$ ),但岩体变形模量较低,坝基开挖应力解除后,岩体易解体。本次修订将其划为  $A_{III2}$  类,并对其特性及工程处理措施作了较准确的描述。

4  $A_{III1}$  与  $A_{III2}$ ,  $A_{IV1}$  与  $A_{IV2}$  的差别,在岩体特征与工程性质评价栏中,文字作了必要的调整,使二者特点的区别更明显。前者的特点是坝基变形、稳定主要受软弱结构面的控制,工程需针对软弱结构面做专门性处理;而后者主要是提高岩体的完整性和整体抗变形能力,工程处理以加强常规固结灌浆为主。

## 附录 W 外水压力折减系数

### W.0.1

1 根据国家现行标准《水工隧洞设计规范》SL 279—2002,作用在隧洞衬砌结构外表面上的外水压力,可按式(2)估算:

$$P_e = \beta_e \cdot \gamma_w \cdot H_e \quad (2)$$

式中  $P_e$ ——作用在衬砌结构外表面上的地下水压力(kN/m<sup>2</sup>);

$\beta_e$ ——外水压力折减系数, $\beta_e = 0 \sim 1.0$ ;

$\gamma_w$ ——水的重度(kN/m<sup>3</sup>),一般采用 9.81kN/m<sup>3</sup>;

$H_e$ ——地下水位线至隧洞中心线的作用水头(m)。

上覆岩(土)体中地下水渗流产生的作用于衬砌外表面的水压力往往不等于地下水位至隧洞中心线的水头(静水压力  $P_e$ ),存在水头的折减用折减系数  $\beta_e$  表示。

2 由于前期勘察阶段无法取得地下水活动状态的完整资料,用地下水活动状态判定外水压力折减系数依据不足,易产生大的偏差,国家现行标准《水工隧洞设计规范》SL 279—2002 附录 H 外水压力折减系数表在前期勘察中难以应用。

3 地下水活动状态主要反映岩体的渗透特性。岩(土)体渗透性的强弱是岩体渗透特性的综合反映,大体上也能反映出地下水可能的活动状态,而在前期勘察中可以得到较丰富的岩土体渗透性资料,因此本附录用岩土体渗透性指标确定外水压力折减系数。

4 表 W.0.1 表明岩(土)体渗透性越弱,其相对应的  $\beta_e$  值越小,甚至趋近于 0;反之岩(土)体渗透性越大, $\beta_e$  值越大,可趋近于 1。这是符合地下水渗透规律的,并被工程实例所证实。但表 W.0.1 的渗透性分级与  $\beta_e$  值对应关系,目前还缺乏试验和工程观测资料,需要进一步补充修改和完善。