

中华人民共和国水利部

关于批准发布《中小型水利水电工程  
地质勘察规范》SL 55—2005 的通知

水国科〔2005〕149号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水务）厅（局），各计划单列市水利（水务）局，新疆生产建设兵团水利局：

经审查，批准《中小型水利水电工程地质勘察规范》为水利行业标准，并予发布。标准编号为 SL 55—2005，替代 SL 55—93。

本标准自 2005 年 7 月 1 日起实施。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

二〇〇五年四月十八日

# 前 言

根据水利部水利水电规划设计管理局水总局科〔2001〕1号“关于下达2001年度水利水电勘测设计技术标准制定、修订项目计划及主编单位的通知”和《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002),对《中小型水利水电工程地质勘察规范》(SL 55—93,以下简称原规范)进行修订。

本标准共9章27节127条和6个附录,主要技术内容有:

- 规定了本标准的适用范围;
- 对中小型水利水电工程地质勘察阶段、勘察程序和勘察精度作了统一规定;
- 明确各勘察阶段的勘察任务、内容、方法和要求;
- 规定了各勘察阶段必须提交勘察报告及报告的编写提纲。

对原规范修订的主要内容有:

- 前引部分增加了前言;
- 增加了病险水库除险加固工程勘察的内容、要求和方法;
- 增加了移民迁建新址勘察的内容和要求;
- 修改了各勘察阶段工程地质测绘比例尺;
- 删掉了原规范中有关小型水利水电工程独立成节的内容,将小型水利水电工程的勘察内容、方法和要求移至基本规定中;
- 增加了部分附录内容;
- 其他的结构性和文字性修改。

本标准为全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为:

- SL 55—93

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计管理局

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：水利部湖南省水利水电勘测设计研究总院

本标准参编单位：陕西省水利电力勘测设计研究院

吉林省水利水电勘测设计研究院

广东省水利电力勘测设计研究院

江苏省工程勘测研究院

广西水利电力勘测设计研究院

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：刘明寿 左重辉 刘 辉 蔺如生

陈丁发 陈云长 左小平 邢丁家

曾晓阳 宋意勤 米德才 梁天津

司富安 胡唐伯

本标准审查会议技术负责人：李广诚

本标准体例格式审查人：陈登毅

# 目 次

1	总则 .....	1
2	基本规定 .....	2
3	规划阶段工程地质勘察 .....	4
3.1	任务 .....	4
3.2	区域地质勘察 .....	4
3.3	水库区勘察 .....	5
3.4	坝(闸)址区勘察 .....	5
3.5	引水、排水线路勘察 .....	6
4	可行性研究阶段工程地质勘察 .....	8
4.1	任务 .....	8
4.2	区域及水库区地质勘察 .....	8
4.3	坝(闸)址区勘察 .....	11
4.4	厂房、溢洪道及其他地面建筑物区勘察 .....	14
4.5	地下洞室区勘察 .....	15
4.6	引水、排水线路勘察 .....	16
5	初步设计阶段工程地质勘察 .....	18
5.1	任务 .....	18
5.2	水库区勘察 .....	18
5.3	坝(闸)址区勘察 .....	24
5.4	厂房、溢洪道及其他地面建筑物区勘察 .....	30
5.5	地下洞室区勘察 .....	32
5.6	引水、排水线路勘察 .....	33
6	技施设计阶段工程地质勘察 .....	35
6.1	任务 .....	35
6.2	专门性工程地质勘察 .....	35
6.3	施工地质 .....	36

7 病险水库除险加固工程勘察	38
7.1 一般规定	38
7.2 安全鉴定勘察	38
7.3 除险加固设计勘察	41
8 天然建筑材料勘察	46
8.1 一般规定	46
8.2 勘察方法	46
9 勘察成果	48
9.1 一般规定	48
9.2 工程地质勘察报告	48
附录 A 围岩工程地质分类	53
附录 B 边坡工程地质分类	59
附录 C 软弱夹层工程地质分类	69
附录 D 岩土渗透性分级	70
附录 E 水库病险类型划分	71
附录 F 工程地质勘察报告主要附件	73
标准用词说明	75
条文说明	76

# 1 总 则

**1.0.1** 为进一步统一中小型水利水电工程地质勘察工作，明确各勘察阶段的勘察任务、内容和方法，保证勘察成果质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于中小型水利水电工程地质勘察和中小型病险水库除险加固工程勘察。

工程地质条件复杂，且坝高超过 70m 的中型水利水电工程，其工程地质勘察宜按《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287—1999) 执行。

**1.0.3** 中小型水利水电工程地质勘察宜分为规划、可行性研究、初步设计和技施设计四个勘察阶段。工程地质条件简单的小型工程，其勘察阶段可适当合并。

**1.0.4** 本标准的引用标准有：

《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287—1999)

《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)

《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)

《水利水电工程施工地质勘察规程》(SL 313—2004)

《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》(SL 251—2000)

《水利水电工程制图标准》(SL 73—95)

**1.0.5** 中小型水利水电工程地质勘察，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 基本规定

**2.0.1** 中小型水利水电工程地质勘察工作应遵守下列规定：

1 充分了解规划设计意图及工程特点，因地制宜地进行地质勘察。

2 按照由区域到场地，由一般性调查到专门性勘察的原则进行勘察工作。

3 以地质测绘为主，优先采用轻型勘探和现场简易试验，综合利用重型勘探，加强资料的综合分析。

4 抓住主要工程地质问题，充分运用已有经验，重视采用工程地质类比和经验分析方法。

5 重视施工地质工作，加强对不良地质问题的预测和处理研究。

6 积极采用新技术、新方法，不断提高勘察技术水平和勘察质量。

**2.0.2** 勘察工作应按勘察任务书（或勘察合同）的要求进行。勘察任务书应明确设计阶段、规划设计意图、工程规模、天然建筑材料需用量及有关技术指标、勘察任务和对勘察工作的要求。

**2.0.3** 开展勘察工作之前，应收集和分析工程地区已有的地形、地质资料，进行现场查勘，根据勘察任务书，结合设计方案，编制工程地质勘察大纲。

**2.0.4** 勘察大纲应包括下列内容：

1 工程概况。

2 勘察阶段、勘察目的及任务。

3 工程区地形、地质概况及工作条件。

4 勘察依据。

5 勘察工作的内容、方法和计划工作量。

6 主要工程地质问题及技术对策。

- 7 主要技术要求、质量保证措施。
  - 8 勘察成果及其完成时间。
  - 9 勘察工程布置图。
- 2.0.5** 选择工程场地应尽量避免存在严重渗漏和大型滑坡体、崩塌体等重大不良地质问题地段。
- 2.0.6** 小型水利水电工程地质勘察，应符合下列要求：
- 1 水库勘察方法应以收集分析资料和地表地质调查为主，必要时可进行局部地质测绘和勘探。对重要的或地质条件复杂的水库，则应进行地质测绘和必要的勘探。
  - 2 主要建筑物区的勘察深度，应根据地质条件的复杂程度确定。地质条件简单的场地，可只进行剖面地质测绘和必要的物探或坑（槽）探。
- 2.0.7** 中小型水利水电工程特别是小型工程基岩的物理力学参数，可采用工程地质类比和经验判断方法确定，必要时应进行室内试验或现场试验。土的物理力学参数则应在试验成果的基础上，结合工程地质类比方法确定。
- 2.0.8** 勘察资料应及时整理和分析。各阶段勘察工作结束时，应编制工程地质勘察报告。

当地质条件比较简单时，规划阶段可不编制工程地质专题报告，工程地质仅作为规划报告的一章。

## 3 规划阶段工程地质勘察

### 3.1 任 务

3.1.1 规划阶段工程地质勘察应对河流开发方案和水利水电工程规划进行地质论证。

3.1.2 规划阶段工程地质勘察的主要任务是：

- 1 了解规划河流（段）或地区的区域地质、地震概况。
- 2 了解各规划方案水库、坝（闸）址（段）区的地质条件和主要工程地质问题，分析建库、坝（闸）的可能性。
- 3 了解引水、排水线路的工程地质条件。
- 4 了解规划方案中的其他水利工程地质概况。
- 5 了解各规划方案所需天然建筑材料概况。

### 3.2 区域地质勘察

3.2.1 区域地质勘察应包括下列内容：

1 了解河流（段）或地区的地形地貌特点，特别是阶地发育情况和分布范围，规划河流（段）与邻谷的关系、可溶岩地区喀斯特地貌特征。

2 了解地层岩性的分布、形成年代，特别是可溶岩层、软弱岩层、膨胀岩（土）、软土、湿陷性黄土、分散性土、冻土等不良工程地质岩（土）体的分布。

3 了解地质构造特征、区域性褶皱，断层的分布、规模、产状、性质；收集活断层、历史地震及地震动参数等资料。

4 了解规模较大的滑坡体、崩塌体、蠕变体、泥石流、移动沙丘等分布情况及区域岩体风化特征。

5 了解主要含水层和隔水层的分布情况，特别是喀斯特地下水出露高程、流量及区域补给、径流、排泄概况。

3.2.2 区域地质勘察方法应符合下列规定：

1 收集本区已有的地形、地质资料，结合航（卫）片解译资料进行综合分析，编绘河流（段）或地区的综合地质图，比例尺可选用 1：200000~1：100000。

2 对可能存在重大工程地质问题的地段进行地质调查。

### 3.3 水库区勘察

3.3.1 各梯级水库区勘察应包括下列内容：

1 了解水库区的基本地质条件。

2 了解可能导致水库渗漏的可溶岩层及洞穴系统、古河道、贯穿库外的大断裂破碎带、低矮垭口、单薄分水岭、低邻谷等的分布情况和附近泉、井水位及流量。

3 了解库区规模较大的变形边坡、潜在不稳定岸坡、泥石流、浸没、塌陷和坍岸等的分布范围。

4 对利用堤防作库岸的平原型水库，了解堤基的稳定性及渗漏情况。

5 了解水库区内主要矿产资源的分布情况。

3.3.2 水库区勘察方法应符合下列规定：

1 应收集有关区域地质和航（卫）片解译资料，结合进行路线地质调查。

2 工程地质条件简单的水库，库区地质图可与区域地质图结合；工程地质条件复杂的中型水库，宜单独编绘库区地质图，并应对重点地段进行专门工程地质测绘，比例尺可选用 1：100000~1：50000。

3 对可能存在严重渗漏、大型滑坡体和崩塌体等工程地质问题的地段，必要时可根据需要布置少量勘探工作。

4 对利用堤防作库岸的平原型水库，应收集有关堤防工程地质资料。

### 3.4 坝（闸）址区勘察

3.4.1 各梯级坝（闸）址区勘察应包括下列内容：

1 了解坝（闸）址区或平原型水库枢纽围堤地段的地形地貌特征。

2 了解土基区土体的成因类型、土层结构、土的基本性质、组成物质及特殊土层等的分布情况。

3 了解岩基区地层岩性、覆盖层的厚度、岩体风化卸荷情况、软弱岩（夹）层产状及其分布规律。

4 了解坝（闸）址区的地质构造、主要断裂破碎带的分布位置、产状和性质。

5 了解坝（闸）址区的物理地质现象，特别是较大滑坡体、崩塌体、蠕变体等不稳定岩土体的分布范围和规模。

6 了解强透水岩土体、强喀斯特化岩层及溶蚀带、古河道、古冲沟等可能与库外连通的强透水层（带）分布情况。

#### 3.4.2 坝（闸）址区勘察方法应符合下列规定：

1 地质条件简单的坝（闸）址区可进行代表性的剖面地质测绘。

2 近期开发工程应进行工程地质测绘，峡谷区比例尺可选用 $1:5000\sim 1:2000$ ，丘陵平原区比例尺可选用 $1:10000\sim 1:5000$ 。测绘范围应包括各比较坝（闸）址及坝（闸）址附近可能渗漏的岸坡地段。当各比较坝（闸）址相距较远时，可分别进行测绘。

3 各梯级坝（闸）址区应有一条代表性勘探剖面，并宜采用地面物探等轻型勘探方法。

4 近期开发工程应布置钻探，钻孔布置根据地质条件复杂程度而定。河床、两岸及对规划方案成立影响较大的地质条件复杂地段，应有钻孔控制。

5 坝（闸）址区岩土物理力学参数可用工程地质类比法提供，必要时可进行岩土试验。

### 3.5 引水、排水线路勘察

#### 3.5.1 引水、排水线路勘察应包括下列内容：

1 了解线路区地形地貌，特别是较大滑坡体、崩塌体、蠕变体、山麓堆积体、泥石流、移动沙丘等的规模和分布情况。

2 了解线路区地层岩性、土层和岩层分区分段情况，特别是有无特殊土层及其分布情况。

3 了解线路区地质构造、主要断裂的分布特征。

4 了解线路区水文地质条件，特别是可溶岩区的喀斯特发育情况和其他强透水岩土层分布情况。

5 了解影响隧洞成洞和进口、出口稳定的不良地质现象。

6 了解线路区内主要建筑物区的工程地质条件。

**3.5.2 引水、排水线路的勘察方法应符合下列规定：**

1 在收集区域地质资料的基础上，应进行沿线工程地质调查。重要建筑物和地质条件复杂的地段，可进行剖面地质测绘。

2 对穿越河流、软基段、深挖方及高填方段、高架渡槽和其他重要建筑物区，可布置勘探。

3 岩土物理力学参数，可采用工程地质类比法提供。

## 4 可行性研究阶段工程地质勘察

### 4.1 任 务

4.1.1 可行性研究阶段工程地质勘察应在选定的规划方案的基础上进行，为选定坝（闸）址、推荐基本坝型、枢纽布置和引水、排水线路方案进行地质论证。

4.1.2 可行性研究阶段工程地质勘察的主要任务是：

1 调查区域地质构造和地震活动情况，对工程区的区域构造稳定性作出评价。

2 进行库区地质调查，论证水库的建库条件，并对影响方案选择的库区主要工程地质问题和环境地质问题作出初步评价。

3 初步查明坝（闸）址区和其他建筑物区的工程地质条件，对有关的主要工程地质问题作出初步评价。

4 对初选的移民迁建新址进行地质调查，初步评价新址区的整体稳定性和适宜性。

5 进行天然建筑材料初查。

### 4.2 区域及水库区地质勘察

4.2.1 区域及水库区地质勘察应包括下列内容：

1 研究区域地质资料，确定工程区所属大地构造部位，分析区域主要构造对工程区的影响。结合历史地震及断层活动性等资料，对区域及场地的构造稳定性进行评价，提出工程区的地震动参数。

2 初步查明水库区的渗漏条件，主要内容应包括：

1) 单薄分水岭、低邻谷、强透水岩层（带）、断层破碎带和古河道、第四纪透水层等的分布和水文地质条件，对产生渗漏的可能性及其严重程度作出初步评价。

2) 可溶岩区喀斯特发育和分布规律、相对隔水层的厚度、

分布和封闭条件，地下水与河水的补排关系，分析可能发生渗漏的形式、途径及严重程度，初步评价对建库的影响及处理的可能性。

- 3) 溶洞水库区和溶注水库区喀斯特泉水和暗河的分布，水文动态、流量和汇水范围，分析库坝区地表水和地下水流动系统的补排关系，初选堵体位置，初步评价建库的可能性。

3 调查库区，尤其是近坝库区的滑坡体、崩塌体等不稳定岩土体和泥石流的分布、规模，初步评价其稳定性及影响；对第四系组成的库岸，应调查河道坍岸的现状和原因，初步分析建库后可能坍岸的范围及规模。

4 调查可能产生浸没地段的地形地貌、岩土性质、相对隔水层分布和地下水埋深情况，初步预测浸没区的范围，分析引起沼泽化和盐渍化的可能性。浸没评价除应符合 GB 50287—1999 附录 C 的规定外，还应结合各地的具体情况综合考虑。

5 分析水库蓄水后可能引起的其他环境地质变化，包括水库对重要矿产、居民点、名胜古迹和自然保护区影响，水库诱发地震及塌陷的可能性，因大坝拦水断流引起下游水文地质条件的变化等。

#### 4.2.2 区域及水库区勘察方法应符合下列规定：

- 1 应收集区域地质、航（卫）片解译资料、历史地震和地震台网观测等资料，编制构造纲要图，综合分析本区的地质构造稳定性。

- 2 工程区地震动参数应按 GB 18306 确定。地震动峰值加速度在  $0.1g$  及以上的地区，地震地质条件特别复杂、所处位置十分重要的中型工程，可复核工程场地地震动参数。

- 3 水库区地质测绘比例尺可选用  $1:50000\sim 1:10000$ 。测绘范围应包括与渗漏有关的邻谷地段；平原型水库应包括围堤及邻近地区。典型地段应作剖面地质测绘。

- 4 对可能影响建库和方案成立的主要工程地质问题应布置

勘探剖面，并应符合下列规定：

- 1) 严重渗漏地段，水文地质勘探剖面应垂直和平行渗漏方向布置，剖面数量可根据渗漏地段长度及地质情况确定。勘探方法宜以物探为主，辅以控制性钻孔。每一剖面控制性钻孔不宜少于3个，孔深宜达到相对隔水层或强喀斯特发育下限。钻孔在蓄水位以下孔段应进行水文地质试验，并保留适量钻孔和其他水文地质点，一起进行不少于一个水文年或一个丰水、枯水季的水文地质观测。
- 2) 对大滑坡体、崩塌体等宜以物探和坑（槽）探为主，按其可能失稳方向布置纵、横勘探剖面，必要时布置少量的硐（井）探、钻探，并可设置变形观测网点。
- 3) 对浸没和坍岸区，勘探剖面应垂直库岸布置，勘探方法可采用物探、坑（井）探、钻探等。勘探点间距可根据地貌单元和水文地质条件布置，勘探点不宜少于3个。浸没区勘探坑（孔）应至地下水位以下或进入相对隔水层。
- 4) 岩土试验可结合勘探工作布置进行。岩土物理力学参数应在试验成果的基础上结合工程地质类比法选用。

4.2.3 移民迁建新址地质调查应包括下列内容：

1 调查规划区的地形地貌、地层岩性、地质构造及岩体风化带等分布情况。

2 调查规划区第四纪松散堆积层的厚度、成因类型及其分布，特别是软弱夹层、膨胀性岩土层及其他不良岩土层的分布情况和厚度。

3 调查规划区及其附近滑坡体、崩塌体、变形岩体、泥石流、喀斯特及不稳定岸坡等的分布范围和规模，初步分析其对场地稳定性的影响。

4 调查规划区水文地质条件、地表水文网的分布，生活用水水源、可供开采量及水质情况等。

#### 4.2.4 移民迁建新址勘察方法应符合下列规定：

1 应收集区域地质、地震、矿产、航（卫）片及当地气象、水文等资料。

2 地质调查可结合水库地质测绘进行。

3 对人口集中的重要集镇新址，宜进行平面或剖面地质测绘，平面测绘比例尺可选用 1：10000～1：2000，测绘范围应包括规划区及对场地稳定性评价相关的地段；剖面测绘比例尺可选用 1：5000～1：500。

4 对生活用水水源应取样进行水质分析。

### 4.3 坝（闸）址区勘察

#### 4.3.1 坝（闸）址区勘察应包括下列内容：

1 一般岩基坝（闸）址区勘察内容：

- 1) 初步查明河谷地形地貌、两岸冲沟和低矮垭口发育状况，及河床深槽、埋藏谷、古河道等的分布情况。
- 2) 初步查明第四纪沉积物的厚度、成因类型、组成物质及分布情况。
- 3) 初步查明地层岩性及其分布，特别是软弱岩层、夹层或透镜体的性状、厚度及分布情况。
- 4) 初步查明地质构造，特别是主要断层、破碎带、缓倾结构面及节理裂隙的分布、性质、产状、规模、充填和胶结情况，并初步分析各类结构面及其组合对坝（闸）基、边坡岩体稳定和渗漏的影响。
- 5) 初步查明岩体风化带、卸荷带的分布规律和厚度，与建筑物有关的滑坡体、崩塌体等的分布范围和规模，并初步分析其稳定性及对工程的影响。
- 6) 初步查明水文地质条件，重点是岩土层的渗透性，相对隔水层的埋深、厚度和连续性，两岸地下水水位，环境水的腐蚀性。环境水对混凝土腐蚀性的评价应符合 GB 50287—1999 附录 G 的规定。

2 可溶岩基坝（闸）址区勘察内容，除应符合 4.3.1 条 1 款的规定外，尚应重点勘察下列内容：

- 1) 喀斯特发育规律和分布情况，主要溶洞和渗漏通道的分布、规模、连通和充填情况，并对岩溶塌陷的可能性作出初步评价。
- 2) 岩溶水文地质条件，相对隔水层的分布、厚度及其延续性，初步分析可能产生渗漏的地段、渗漏类型及其严重程度，对处理方案提出建议。

3 软质岩基坝（闸）址区勘察内容，除应符合 4.3.1 条 1 款的规定外，尚应重点勘察下列内容：

- 1) 软质岩层的物理力学性状及风化、软化、泥化、崩解、膨胀、抗冻、抗渗等特性；对含石膏等易溶物质成分的软弱岩层，重点是调查其溶蚀和风化特征；初步评价坝基的沉陷和抗滑稳定性。
- 2) 坝（闸）址及消能设施部位岩体的组成情况、完整性，对其抗冲刷及作为坝基的稳定性作出初步评价。
- 3) 因软岩蠕变而引起的边坡失稳情况。

4 土基坝（闸）址区勘察内容：

- 1) 调查河谷地形地貌特征、阶地类型及地质结构，初步查明各级阶地的接触关系和古河道、古冲沟、古塘、决口口门、沙丘等的埋藏、分布情况。
- 2) 初步查明各类土层的性质、成因、厚度、分布、层理特征、颗粒组成及主要物理力学性质，重点是工程地质性质不良的特殊土层、夹层或透镜体的分布和特点。
- 3) 对地震动峰值加速度在  $0.1g$  及以上地区的饱和和无粘性土、少粘性土地基振动液化问题进行初步评价。土的液化判别应符合 GB 50287—1999 附录 N 的规定。
- 4) 初步查明透水层及相对隔水层的埋藏条件、渗透及渗透稳定性、含水层类型、各透水层间的水力联系，地下水与地表径流及潮汐的水力联系、补排关系，地下

水位及其变幅，地下水水质及土的化学成分等，必要时研究地下水流向。土的渗透变形评价应符合 GB 50287—1999附录 M 的规定。

- 5) 初步查明基岩浅埋及利用基岩作防渗依托的坝（闸）址基岩的埋深、风化程度和渗透性。

5 初步进行坝（闸）址工程地质条件评价，对坝（闸）址及基本坝型的选择提出地质方面的建议。

#### 4.3.2 坝（闸）址区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。测绘范围应包括各比较坝（闸）址枢纽、有关建筑物及其下游冲刷区在内，当各比较坝（闸）址相距较远时，可单独测绘成图。

- 2 物探方法应根据坝（闸）址区的地形、地质条件等确定。物探剖面线应结合勘探剖面布置，覆盖型可溶岩坝（闸）区、宽敞河谷深厚覆盖层和软质岩基坝（闸）址区宜布置地面物探探测网格，并充分利用钻孔进行综合测试。

- 3 各比较坝（闸）址区至少应布置一条代表性勘探剖面，必要时可增加勘探剖面。勘探点的布置应符合下列规定：

- 1) 勘探剖面上应有坑、孔控制，勘探点间距 50~150m，河床及两岸坝肩部位应布置钻孔，必要时两岸宜布置勘探平洞。
- 2) 岩基坝（闸）址代表性勘探剖面上河床部位的钻孔深度应为 1~1.5 倍坝高，两岸岸坡上的钻孔应进入相对隔水层或稳定的地下水位以下。在可溶岩区，控制性钻孔应深至地下水位以下一定深度。有特殊要求的钻孔，其深度可按实际情况确定。
- 3) 土基坝（闸）址，每个不同工程地质单元应有钻孔控制，一般钻孔深度宜为 1~1.5 倍坝高或 1~1.5 倍闸底宽度。当坝（闸）基下分布有深厚软土层或强透水层时，钻孔孔深应进入坚实土层一定深度或基岩相对隔水层 5~10m。

4 基岩钻孔应分段进行压水试验，可溶岩区根据需要宜进行连通试验。在土基上的坝（闸）址区钻探时，应分层观测地下水位，主要透（含）水层宜进行抽水试验或注水试验。

5 岩土物理力学参数宜根据物探和室内试验成果，结合工程地质类比法提供。主要土层有效试验组数不宜少于 6 组，并宜布置原位测试。

6 河水、地下水应取样作腐蚀性分析，评价其对混凝土的腐蚀性。

#### 4.4 厂房、溢洪道及其他地面建筑物区勘察

4.4.1 厂房、溢洪道及其他地面建筑物区勘察应包括下列内容：

1 初步查明建筑物区的地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象和水文地质条件，特别是风化层、喀斯特洞穴、特殊土层等的分布情况，对地基的稳定性作出初步评价。

2 初步查明建筑物区边坡的地质结构，地下水活动特点，主要断层、软弱（破碎）夹层和节理裂隙的产状、性质、规模及其延伸情况，初步分析各结构面及其组合对建筑物边坡稳定及地基抗滑稳定的影响。

3 初步查明建筑物区及邻近的滑坡体、崩塌体、卸荷松动带、喀斯特洞穴和采空区等的分布及规模，对其稳定性和对建筑物的影响进行初步评价。

4 初步查明建筑物区的水文地质条件，分析基坑开挖涌水、涌砂的可能性，初步评价渗流对地基和边坡稳定的影响。

5 初步查明挡水建筑物地基的渗透性，对地基的渗透稳定性作出初步评价。

4.4.2 厂房、溢洪道及其他地面建筑物区勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘可结合坝址区勘察进行，未包括在坝址区的应单独测绘。测绘比例尺可选用 1：5000~1：1000。测绘范

围包括建筑物各比较方案及配套建筑物布置地段。

**2 勘探应符合下列规定：**

- 1) 勘探剖面线应沿建筑物长轴线、溢洪道中心线和溢流堰轴线布置。
- 2) 工程地质条件简单的场地，宜采用物探或坑（槽）探。
- 3) 覆盖层较厚和工程地质条件复杂的场地，沿勘探剖面线应布置钻探。钻孔数量可根据建筑物要求和地质条件确定，钻孔深度宜进入拟定最低建基面以下 15~20m，遇特殊岩土层宜适当加深。
- 4) 有防渗要求的建筑物，钻孔应进行水文地质试验，钻孔深度宜进入相对隔水层 5~10m。

**3 岩石物理力学参数可采用工程地质类比法提供，必要时** 取样进行室内试验。土基上的建筑物场地应取样进行室内试验，并结合原位测试，提供物理力学参数。

## **4.5 地下洞室区勘察**

**4.5.1 地下洞室区勘察应包括下列内容：**

**1 初步查明地下洞室沿线的地形地貌特征、物理地质现象、岩溶发育特征，初步评价其对地下建筑物布置和施工的影响。**

**2 初步查明地下洞室区的地层岩性，重点是软弱、易风化、膨胀、可溶等岩层和特殊土层的分布。**

**3 初步查明地下洞室区的地质构造，主要褶皱、断层破碎带和各种类型结构面产状、规模、性质和延伸情况，初步评价其对进、出口边坡和地下洞室围岩稳定的影响。**

**4 初步查明地下洞室沿线主要含水层、汇水构造和地下水溢出点位置和高程，地下水补排关系，喀斯特通道、地表溪流、库塘或其他地下富水带（层）的分布及其对洞室的影响，预测施工中可能突水、突泥的部位。**

**5 初步查明地下洞室进口段、出口段、过沟浅埋洞段、傍山洞段和高压管道段的上覆岩（土）层厚度、性质、风化、卸荷**

带深度和边坡的稳定性等。

6 了解和分析区域地应力特征及发生岩爆的可能性。

7 了解岩层中放射性矿物和有害气体的赋存情况。

8 初步查明岩土物理力学性质试验，对围岩质量、成洞条件作出初步评价。

#### 4.5.2 地下洞室区勘察方法应符合下列规定：

1 收集分析已有地形、地质和航（卫）片解译资料，分析工程区地形地貌、地层岩性和地质构造特点，特别是断裂构造、软弱岩（带）和富水带（层）构造、喀斯特（洞穴）等和洞线的关系。

2 工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:1000。测绘范围应包括地下洞室各比较方案及附属建筑物布置地段。

3 沿地下洞室中心线应布置勘探剖面，对过沟浅埋段、地质条件复杂的隧洞进口、出口和地下厂房区，应布置平硐和钻孔，钻孔深度应进入设计洞底板高程以下不小于 1 倍洞径。

4 应收集钻进过程中的水文地质资料，进行压水试验，并根据需要进行地下水位长期观测。

5 勘探过程中宜进行孔内、洞内弹性波波速测定和简易原位测试。

6 进行必要的岩（土）物理力学性质试验，并初步进行围岩的工程地质分类。围岩工程地质分类应符合附录 A 的规定。

### 4.6 引水、排水线路勘察

#### 4.6.1 引水、排水线路勘察应包括下列内容：

1 初步查明引水、排水线路沿线地形地貌及喀斯特洞穴、崩塌体、滑坡体、泥石流、古河道、移动沙丘等不良地质现象的分布情况。

2 初步查明引水、排水线路沿线地层岩性，重点是岩盐、石膏、软土、湿陷性土、膨胀土、分散性土、冻土等不良岩土层的分布、特性及其对渠线和建筑物的影响。

3 初步查明引水、排水线路沿线地基岩土渗透性，地下水与地表水的补排关系，环境水和土腐蚀性，土壤盐渍化、沼泽化等问题。土腐蚀性评价应符合 GB 50021—2001 第 12 章的有关规定。

4 初步查明傍山渠段、高陡边坡渠段和深挖方渠段的边坡形态、地质构造、不良地质现象的分布情况及其对渠道边坡稳定的影响。

5 初步查明高填方渠段、渡槽、倒虹吸管和暗涵、水闸、泵站等较大建筑物地基岩土的基本性质、稳定条件及可能存在的问题。

#### 4.6.2 引水、排水线路勘察方法应符合下列规定：

1 应收集引水、排水线路区已有地形图、区域地质图、水文地质图、航（卫）片等资料，进行室内综合分析解译。

2 工程地质测绘比例尺可选用 1：25000～1：5000。测绘范围应包括引水、排水线路及其两侧各 200～500m。建筑物场地测绘比例尺可选用 1：2000～1：1000。

3 沿引水、排水线路应全线或分段布置勘探剖面线，宜采用物探、坑（槽）探等方法。地质条件复杂的线路和建筑物区应布置钻孔。

4 岩土物理力学性质参数可根据室内试验和原位测试成果结合工程地质类比法提供。对特殊土宜进行室内试验分析。

## 5 初步设计阶段工程地质勘察

### 5.1 任 务

5.1.1 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（闸）址和建筑物场地的基础上进行，为选定坝线、坝型和其他建筑物位置、枢纽布置和地基处理进行地质论证。

5.1.2 初步设计阶段工程地质勘察的主要任务是：

1 查明水库区水文地质、工程地质条件，对水库渗漏、库岸稳定、浸没和固体径流等问题作出评价，预测蓄水后可能引起的环境地质问题。

2 查明坝（闸）址、引水线路、排水线路和其他建筑物区的工程地质条件并进行评价，为选定坝线、坝型和其他建筑物轴线位置及地基处理方案提供地质资料与建议。

3 查明导流工程的工程地质条件，必要时进行施工附属建筑物场地的工程地质勘察和施工与生活用水水源初步调查。

4 对库区移民迁建新址进行勘察，进一步评价新址区的整体稳定性和适宜性。

5 进行天然建筑材料详查。

### 5.2 水 库 区 勘 察

5.2.1 水库非喀斯特可能渗漏地段勘察应包括下列内容：

1 查明相对隔水层及主要透水层（带）的岩土性质、厚度、产状和延伸分布情况。

2 查明渗漏层（带）的地下水位、透水性、渗透稳定性，评价因渗漏可能引起的浸没等危害。

3 查明渗漏地段泉井分布位置、高程及地下水补排关系。

4 查明天然铺盖层的物质组成、厚度以及渗透特性。

5 估算可能渗漏地段的渗漏量，对防渗处理措施提出建议。

**5.2.2 水库非喀斯特可能渗漏地段勘察方法应符合下列规定：**

1 一般地段可进行剖面地质测绘，地形、地质条件复杂地段应进行专门的水文地质测绘。比例尺可选用 1 : 10000 ~ 1 : 2000。测绘范围应包括渗漏层（带）的可能入渗、出逸区和渗漏量估算所必须的范围在内。

2 垂直或平行可能渗漏方向应布置勘探剖面线，剖面线的位置、数量应根据渗漏层（带）类型、产状和渗漏地段宽度而定，并应注意不同地貌单元和水文地质条件的代表性。

3 宜采用物探方法探测渗漏层（带）的位置。地质条件复杂地段可布置钻探，钻孔的数量和孔距可根据地质情况确定。钻孔深度应进入相对隔水层或当地河流枯水位以下 10~15m。

4 在设计蓄水位以下的钻孔，应分段或分层进行压水（注水）试验，在第四系透水层中地下水位以下宜进行抽水试验。

5 对钻孔地下水位应进行动态观测。

**5.2.3 水库喀斯特可能渗漏地段勘察应包括下列内容：**

1 查明喀斯特系统及主要溶蚀带（层）的发育特征、分布规律、形态与规模、充填程度、连通情况及其与河流的关系。

2 查明地表水点和地表水、地下水网的空间分布及补给、径流、排泄关系。

3 查明相对隔水层的厚度、分布、延续性及其封闭条件。

4 查明地下水位埋深，地下水分水岭的位置、高程。

5 查明利用天然铺盖防渗地段的地表天然覆盖层类型、性质、分布范围、厚度变化、渗透性及渗透稳定性。

6 估算渗漏量，对防渗处理的范围和深度提出建议。

**5.2.4 水库喀斯特可能渗漏地段勘察方法应符合下列规定：**

1 一般渗漏地段工程地质测绘可结合水库地质测绘进行，严重渗漏地段应进行专门的水文地质测绘。比例尺可选用 1 : 10000 ~ 1 : 2000。测绘范围应包括分水岭两侧可能渗漏通道的进口、出口部位及与渗漏评价有关的地段。

2 对与渗漏评价有关的主要溶洞、漏斗、落水洞、地下河

及喀斯特泉等应测绘其位置、高程、流量和延伸情况。

3 对强喀斯特或断层破碎带的空间分布、岩体汇水特征、地下水位和强透水带的位置宜采用综合物探方法探查。物探范围和剖面数量可根据地段重要性和喀斯特复杂程度确定。

4 严重渗漏地段应垂直和平行可能渗漏方向布置勘探剖面，剖面线上的钻孔不宜少于3个，其中地下水分水岭最低处附近宜有1个钻孔。钻孔深度应进入相对隔水层，或穿过强喀斯特发育下限，或穿过本区常年最低河水位（含邻谷水位）以下适当深度。在深喀斯特或有越流渗漏地区，孔深可根据需要确定。

5 各钻孔在设计蓄水以下应进行压水试验或注水试验。

6 喀斯特区应进行连通试验，查明喀斯特洞穴间连通情况和地下水补给、径流、排泄条件。

7 应进行地下水位长期观测。对多层含水层的钻孔应分层隔离进行观测；对与渗漏评价有关的地表水点及主要喀斯特水点，应同步进行水位、流量等观测，观测期应不少于一个水文年或一个丰水、枯水季节。

8 在喀斯特地下水流比较复杂地区或在研究喀斯特水形成的地球化学环境时，宜对地表水点、地下水点进行化学分析，试验项目可根据研究目的选定。

9 必要时可进行堵洞试验、地下水氟含量分析、洞隙充填物渗透破坏等专项试验。

### 5.2.5 水库不稳定边坡勘察应包括下列内容：

1 查明岩质边坡或土石混合边坡的地层岩性、岩体结构、地质构造、岩体风化、卸荷和节理裂隙切割状况，特别是控制性结构面的产状、性质、延伸情况及其组合关系。

2 查明土质边坡的土体类型、各类土层的分布、厚度、颗粒级配和物理力学性质，库水位以下土体浸水软化崩解特性，河岸水上、水下天然稳定坡角及浪击带稳定坡角，并收集风向、风速资料。

3 查明库区，特别是近坝库岸已变形边坡的类型、性质、

分布范围、规模、控制性结构面产状及其力学性质。

4 查明边坡地下水的赋存特点和水流活动情况。

5 进行库岸边坡工程地质分类，预测和评价不同库水位的岸坡稳定性和可能变形破坏或坍岸的范围、规模、方式，以及变形失稳后可能产生的影响，并对可能失稳边坡的防治措施和长期观测提出建议。边坡工程地质分类应符合附录 B 的规定。

5.2.6 水库不稳定边坡勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘应利用前阶段水库区地质图进行补充复核；近坝库岸不稳定边坡应单独进行工程地质测绘。比例尺可选用 1:5000~1:1000。测绘范围应包括与边坡稳定性评价有关的地区。

2 近坝库区或城镇附近规模较大的不稳定边坡，应平行和垂直边坡可能失稳方向布置勘探剖面线，并在前期勘探工作的基础上补充钻孔、平硐或竖井。

3 对重点地段或对水库影响较大的不稳定边坡岩土体、滑带土层应进行室内物理力学性质试验，必要时可进行滑移面原位抗剪试验。与坍岸预测计算有关的参数可按工程地质类比法提供。

4 应进行地下水动态观测，并根据需要建立和完善变形监测网。

5.2.7 水库浸没区勘察应包括下列内容：

1 调查浸没区地形地貌特征，丰水季节地表渍水及其消泄情况。

2 查明土层成因、物理性质、厚度、颗粒组成和下伏基岩或相对隔水层的埋深。

3 查明各土层的渗透性、地下水位埋深和变化规律，及地下水的补给、排泄条件。

4 查明土的毛管水上升带高度、给水度、土壤含盐量、浸没区植物种类和根系深度、建筑物基础型式及埋深，确定产生浸没的地下水临界深度。

5 预测浸没区的范围,对水库浸没引起的盐渍化、沼泽化对农作物、矿产资源、建筑物和交通线路等的危害程度作出评价,对防治措施提出建议。

6 当地面高程低于水库蓄水位时,查明防护区的水文地质、工程地质条件,评价防护区的浸没及防护工程地基的渗透稳定性,对结合防治浸没的处理措施提出建议。

#### 5.2.8 水库浸没区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。测绘范围应包括全部可能浸没影响区。

2 垂直库岸或平行地下水流向应布置勘探剖面线。剖面线间距:农业区宜为 1000~2000m,城镇区宜为 500~1000m。勘探点宜采用钻孔或试坑,每一剖面线上不宜少于 3 个勘探点。在可能浸没区靠近水库设计蓄水位边线附近、建筑物密集区等应有钻孔或试坑控制,试坑深度应达到地下水位,钻孔应进入相对隔水层。

3 试坑、钻孔应进行注(抽)水试验和地下水位观测。

4 应通过室内试验和野外试验测定土的渗透系数、毛管水上升高度、土壤含盐量和地下水化学成分等。主要土层的物理性质和化学成分试验组数累计不应少于 5 组。

5 对面积较大的重要浸没区,可根据需要利用勘探剖面上的坑孔建立长期观测网,观测内容应包括地下水位、土壤含盐量、水化学成分等。观测期不应少于一个丰水、枯水季节或一个水文年。

#### 5.2.9 溶洼水库和溶洞水库勘察应包括下列内容:

1 调查库盆区所属地貌部位及喀斯特地貌特点。

2 调查库盆区地表、地下水的汇水补给范围,各区段地表、地下水流量变化特征,及洼地、溶洞丰水季节渍水和消泄情况等。论证水库蓄水后与邻近沟谷、洼地及喀斯特泉的补排关系。

3 查明库盆区主要消水洞穴(隙)的分布位置、性质、规模及与库外连通程度,被掩埋的地面塌坑、溶井和其他消泄水点

情况等。

4 利用库盆覆盖层作天然铺盖防渗时，勘察内容应符合 5.2.3 条 5 款的规定。

5 查明堵体部位覆盖层的类型、性质和厚度，喀斯特洞隙发育规律和管道枝叉的连通情况。在利用洞周岩壁挡水时，应调查洞周岩壁的完整情况、有效厚度及其支承稳定性。

**5.2.10 溶洼水库和溶洞水库勘察方法应符合下列规定：**

1 溶洼水库地质测绘比例尺可选用 1 : 10000 ~ 1 : 5000。测绘范围应包括水库邻近的洼地、沟谷以及与渗漏分析有关的地段。

2 溶洼水库宜采用物探探测覆盖层分布、厚度、隐伏洞穴和强喀斯特异常位置、地下水流向等。

3 溶洼水库库盆主要消水区应布置勘探剖面线，勘探点宜采用钻孔，钻孔数量可根据实际情况确定，孔深应进入可靠的相对隔水层、强喀斯特发育相对下限或弱喀斯特发育带内。钻孔之间宜进行无线电波透视或地质雷达探测。

4 溶洞水库地质测绘比例尺可选用 1 : 5000 ~ 1 : 2000。溶洞部分测绘可采取平面和剖面结合的方法，洞外部分测绘范围应包括与渗漏有关的地段。堵体部位测绘比例尺可选用 1 : 1000 ~ 1 : 500。

5 溶洞水库沿堵体的主要防渗部位应布置勘探剖面线，钻孔数量和孔深应符合 5.2.10 条 4 款的规定。

6 对所有钻孔应进行压水或注水试验，并观测钻孔稳定水位。主要渗漏洞穴（含水层、带）应利用钻孔进行连通试验。

7 应分段进行库盆区内的主要地表水流与地下水流流量检测。对流量异常地段，必要时应分别设站进行长期观测，研究其变化特点和渗漏规律。

8 具备堵洞条件的溶洞水库和溶洼水库，必要时可进行堵洞试验，实际观测库水壅高和渗漏变化情况。

**5.2.11 库区移民迁建新址区勘察应包括下列内容：**

1 调查新址区微地貌和不同坡度场地的分布情况。

2 查明地层岩性、地质构造、基岩风化层的厚度。可溶岩地区重点查明喀斯特发育的基本规律、主要溶洞的分布与规模。

3 查明第四纪覆盖层的组成物质、厚度及成因类型，特别是软弱夹层、亲水（膨胀）性夹层、软土层、可能液化土层等的厚度及分布情况。

4 查明新址及其附近地区规模较大的滑坡体、崩塌体、潜在不稳定岩土体及坍岸的分布范围、规模和边界条件，并对其稳定性及其他环境地质问题进行预测和评价。

5 查明供水水源、可开采水量和水质情况。

6 评价新址区的整体稳定性，并根据环境地质条件进行建筑适宜程度分区。

**5.2.12 库区移民迁建新址区勘察方法应符合下列规定：**

1 工程地质测绘应结合水库地质测绘进行，重要集镇应单独进行测绘。比例尺可选用1：2000。测绘范围应包括与新址场地稳定有关的周围地区。

2 新址区应布置勘探剖面线，剖面线长度应能控制新址边坡及库岸。勘探方法可采用坑探、槽探或钻探，勘探点的间距和深度可根据具体地质条件确定。

3 对供水水源应取样进行水质分析，并根据需要对新址区主要岩土层进行物理力学性质试验。

### **5.3 坝（闸）址区勘察**

**5.3.1 一般岩基坝（闸）址区勘察应包括下列内容：**

1 查明河床及两岸覆盖层的厚度、组成物质及分布情况。

2 查明坝（闸）址区地层岩性、岩体完整程度及物理力学性质。对砌石坝、混凝土坝坝基，应重点查明软弱岩层、软弱夹层，特别是缓倾角软弱夹层、断层和节理裂隙等的分布、性质、厚度、产状、延续性和组合关系。坝基软弱夹层工程地质分类应符合附录C的规定。

3 查明坝（闸）址区地质构造和节理裂隙发育特征，查明断层破碎带、节理密集带的具体位置、产状、规模、充填物的性状和透水性。对土石坝坝基，应评价其对防渗体变形及渗透稳定的影响；对砌石坝、混凝土坝坝基，应评价其对坝基、坝肩稳定的影响。

4 查明岩体风化带和卸荷带的厚度及其性状。

5 查明边坡的稳定状况，对开挖边坡的处理提出建议。

6 查明坝（闸）址区的水文地质条件、岩体渗透性的分级、相对隔水层埋藏深度，提出防渗处理的建议。岩土渗透性分级应符合附录 D 的规定。

7 查明泄流冲刷地段工程地质条件，评价泄流冲刷和雾化对坝基及岸坡稳定的影响。

8 对坝基岩体进行工程地质分类，提出各类岩体的物理力学参数，并对坝基的综合工程地质条件进行评价。

### 5.3.2 一般岩基坝（闸）址区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。测绘范围应包括枢纽所有建筑物和对工程有影响的地段。

2 宜采用地震、声波、孔内电视及综合测井等物探方法探查结构面、软弱带的产状、分布、含水层和渗漏带的位置等。

3 勘探应符合下列规定：

1) 勘探剖面线应根据具体地质情况结合建筑物特点布置。对土石坝，宜沿大坝防渗线或坝轴线布置；对混凝土坝，应沿坝轴线布置。辅助剖面线可根据建筑物的位置和需要而定。溢流坝段、厂房坝段、过坝建筑物等应有代表性勘探纵剖面。

2) 沿勘探剖面线除布置物探、坑（槽）探外，主勘探剖面线的河床及两岸应有钻孔控制，钻孔间距不应大于 50m，钻孔深度进入相对隔水层不应小于 10m。当坝基相对隔水层埋藏较深时，孔深不应小于 1 倍坝高或闸底宽度，两岸钻孔孔深应达到河水位以下或枯季地

下水位以下。辅助勘探剖面、消能设施部位和存在专门性地质问题的地段应布置钻孔，钻孔深度可根据需要确定。

- 3) 对混凝土坝和砌石坝，两岸坝肩宜有平硐控制，平硐深度应以揭穿岩体强风化带和卸荷带，查明软弱岩层、夹层和其他不利结构面，便于进行岩体现场测试为原则。当坝高大于 70m 或坝型为拱坝时，宜每隔 30~50m 高差布置一层平硐。

4 钻孔应分段进行压水试验或注水试验，钻进中遇到承压水时，应测定顶板位置、底板位置、初见水位、稳定水位、水温及流量。坝基存在规模较大的胶结较差的顺河断层破碎带和软弱夹层时，宜进行大于设计水头的渗透试验。

5 应取地表水和地下水水样进行水质分析，评价其对混凝土的腐蚀性。

6 岩土物理力学参数应在试验成果的基础上，结合工程地质类比法提供。主要岩石的室内物理力学试验组数累计不应少于 5 组，对拱坝坝肩主要岩体应进行原位变形试验，试验点数不宜少于 3 点；控制坝基、坝肩抗滑稳定的岩层或软弱结构面应进行原位抗剪（断）试验，试验组数不宜少于 2 组。

7 必要时应对钻孔地下水位进行长期观测，对可能失稳的边坡应进行变形观测。

**5.3.3 可溶岩基坝（闸）址区勘察内容**，除应符合 5.3.1 条的规定外，尚应重点查明下列内容：

- 1 坝基喀斯特形态的类型、特征、分布位置、规模、发育规律，主要溶洞和渗漏通道的空间分布、连通性和充填物的性状、充填程度、渗透稳定性及其对坝基（肩）渗漏与稳定的影响。

- 2 坝址水文地质结构类型，喀斯特地下水的赋存特点、水动力特征，喀斯特地下水与河水关系，以及河谷水动力条件。

- 3 相对隔水层的岩性组合特征、厚度、延伸分布、受构造

破坏情况及顶板、底板附近溶蚀情况，并对相对隔水层的可靠性作出评价。

4 进行坝基喀斯特化程度工程地质分区（带），并对建基面选择和防渗处理措施等提出建议。

#### 5.3.4 可溶岩基坝（闸）址区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。测绘范围应包括枢纽及附近所有水工建筑物、两岸坝肩及与绕坝喀斯特渗漏有关的范围在内。

2 主勘探剖面线宜沿坝轴线或防渗线布置，上游、下游和其他建筑物区可布置辅助勘探剖面。在宽敞河谷和覆盖型可溶岩坝区，宜利用物探方法进行探查。

3 主勘探剖面钻孔间距宜为 30～50m。河床部位钻孔深度应进入相对隔水层或弱喀斯特化岩层；岸坡部位钻孔深度在平原区宜与河床钻孔深度相同；峡谷区控制性钻孔深度应达到河床底基岩面以下 10m。高山峡谷区，岸坡部位可采用硃探，必要时利用探硃布置钻孔。

4 各孔（洞）间宜进行无线电波透视或地震波穿透及层析成像技术测试。

5 对重要水点和洞隙可进行平硃或井探追索。

6 对主要含水层和洞隙渗漏带，必要时宜进行抽水试验和连通试验。应进行地下水动态长期观测，对多层含水层应分层进行观测。观测点应包括钻孔、井和主要地表水点。

7 对坝基下洞隙内的充填物，宜取样进行物理性质、渗透性和渗透稳定性试验。必要时应进行帷幕灌浆试验。

#### 5.3.5 软质岩基坝（闸）址区勘察内容，除应符合 5.3.1 条的规定外，尚应重点查明下列内容：

1 软岩层的物理力学性状及风化、软化、泥化、崩解、膨胀、抗冻、抗渗等特性，研究岩层的成岩条件、岩相变化特征。

2 坝（闸）址区岩体的组成情况、完整性、变形特征，评价其抗冲刷能力和对坝基稳定的影响。

3 因软岩或软弱夹层的蠕变可能引起边坡失稳和岩体风化卸荷情况。

4 进行坝（闸）基岩层风化崩解速度的观测，评价软岩和软弱夹层的工程地质特性及其对工程的影响程度。

**5.3.6 软质岩基坝（闸）址区勘察**除应符合 5.3.2 条规定的办法外，尚应符合下列规定：

1 对混凝土坝和砌石坝，应对河床纵剖面进行勘探，其长度应包括下游抗力岩体和冲刷影响区。

2 勘探剖面线上应有钻孔控制，必要时可布置竖井。钻孔深度宜为建基面以下 1~1.5 倍坝高或闸底宽度，竖井深度应能满足抗滑和抗冲稳定计算对软岩的取样要求。

3 钻孔宜采用孔内综合测井或孔内电视探查软弱夹层或结构面的分布规律及特征。

4 坝（闸）基主要岩石的室内物理力学性质试验组数累计不宜少于 10 组；软弱岩石的软化、冻融、崩解、膨胀等试验不宜少于 6 组；影响坝（闸）基变形的的主要岩层原位变形试验不宜少于 2 点；控制坝（闸）基抗滑稳定的岩层或软弱结构面的原位抗剪（断）试验组数不宜少于 2 组；岩石风化崩解速度观测点数量不宜少于 5 点。

**5.3.7 土基坝（闸）址区勘察**应包括下列内容：

1 查明场地地形地貌特征、阶地类型及结构、古河道、暗浜、古冲沟、古塘、决口口门、沙丘、地下坑穴、埋藏谷、滑坡体等具体位置、范围及埋深。

2 查明坝（闸）址区土层分布、成因，并对其进行详细分层，重点查明粉细砂、软土、湿陷性黄土及具有架空结构的碎石类土等特殊土层的分布情况、厚度、结构组成特征及其工程地质性质，分层分段（区）提出物理力学性质参数。

3 对地震动峰值加速度在 0.1g 及以上地区的饱和无粘性土、少粘性土地基的振动液化作出评价。

4 查明坝（闸）基透水层、相对隔水层的埋深、厚度、分

布范围、地下水位及其变化规律，各透水层（带）的渗透系数及允许水力坡降。调查坝（闸）前库区表层土的性质、分布、厚度、颗粒组成、渗透性及渗透稳定性，研究其作为天然铺盖防渗的可能性。

5 查明岩溶塌陷或土洞、膨胀土胀缩性、地裂缝、滑坡体等不良地质作用及地质灾害的分布情况，评价其对工程的影响。

6 查明基岩浅埋区河床和两岸基岩埋藏和风化深度，基岩面起伏变化情况及防渗线部位基岩透水性。

### 5.3.8 土基坝（闸）址区勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺宜选用 1：2000~1：500。测绘范围应包括坝（闸）址及其附近所有水工建筑物场地、坝肩绕渗部位和下游冲刷淤积区。

2 沿建筑物轴线或防渗线应布置主勘探剖面线，必要时可布置辅助勘探剖面线。各勘探剖面线宜采用物探方法探查，并应有坑探和钻孔控制。

3 主勘探剖面上坑、孔间距，丘陵峡谷区坝址不宜大于 50m，平原区坝址不宜大于 100m，可根据地质条件变化加密或放宽孔距。辅助勘探剖面上的坑、孔间距可根据具体需要确定。

4 当基岩埋深小于 1 倍坝高或 1 倍闸底宽度时，钻孔深度应进入基岩相对隔水层；当基岩埋深很大时，钻孔深度宜为建基面以下 1.5 倍坝高或 1.5 倍闸底宽度。在钻探深度内如遇有对工程不利影响的特殊性土层时，还应有一定数量的控制性钻孔，钻孔深度应能满足稳定、变形和渗透计算要求。对桩基钻孔深度，应进入桩端持力层 4 倍桩径以上。

5 土层的渗透系数和允许渗透比降宜由室内试验结合工程地质类比法提供，对坝（闸）址有影响的主要透水层应进行抽水试验或注水试验，必要时宜进行渗透变形试验。基岩钻孔应进行压水试验。

6 对河水、地下水和土体应取样进行腐蚀性分析，试样数不应少于 3 件。

7 对地震动峰值加速度为  $0.1g$  及以上的坝（闸）址区的可液化土层，应进行标准贯入等试验。

8 除坑、钻探取样作室内土工试验外，应根据坝（闸）址区地层情况进行触探、旁压、载荷及十字板剪切等原位测试。

## 5.4 厂房、溢洪道及其他地面 建筑物区勘察

5.4.1 地面厂房区勘察应包括下列内容：

1 查明厂房、压力前池或高压管道等建筑物区地层岩性，特别是软弱岩（夹）层、可溶岩层、软土层、粉细砂层、湿陷性黄土、膨胀土等的分布、厚度和物理力学性质，对地基的承载能力和变形特性作出评价。

2 查明厂区的断层、破碎带和节理裂隙发育规律及其组合情况，评价边坡的稳定性，对处理措施提出建议。

3 查明厂区喀斯特洞穴、滑坡体、崩塌体、潜在不稳定岩土体和泥石流对建筑物稳定的影响。

4 查明厂区的水文地质条件和岩土体渗透特性，对厂房基坑涌水、压力前池的渗漏和渗透变形作出评价。

5.4.2 地面厂房区勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘应在前阶段地质测绘的基础上进行补充工作，比例尺宜选用  $1:1000\sim 1:500$ 。测绘范围应包括压力前池或调压塔至厂房尾水渠地段。

2 沿建筑物轴线应布置勘探剖面线，勘探方法可采用物探、坑（槽）探和钻探。

3 岩基钻孔深度宜进入建基面以下  $10\sim 15m$ ，土基钻孔应进入主要持力层一定深度。对主要建筑物安全有影响的边坡和厂房后高边坡区，宜布置平硐，硐深可根据需要确定。

4 岩土物理力学参数可采用工程地质类比法结合试验成果提供。必要时，对主要岩土体可取样进行室内试验或进行原位测试。

#### 5.4.3 溢洪道区勘察应包括下列内容：

1 查明覆盖层、风化层厚度和基岩的埋藏深度。当溢洪道布置在土层上时，应查明软土、膨胀土、湿陷性黄土等不良地土层的分布及其性状。

2 查明开挖边坡岩土体的性质、结构特征，特别是断层、节理裂隙密集带、软弱夹层的分布及其空间组合情况。

3 查明岩土体的透水性和地下水分布情况。

4 查明泄流冲刷段岩体的强度和完整性程度、冲刷坑边坡的岩体结构和稳定条件。

5 分段提供岩土体的物理力学性质参数，对泄洪闸基、沿线边坡稳定条件和泄流冲刷段抗冲能力进行评价。

#### 5.4.4 溢洪道区勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘应在前阶段地质测绘的基础上进行补充工作。测绘比例尺宜选用 1:1000~1:500。测绘范围应包括从引水渠至下游消能设施部位，以及为论证边坡稳定所需的地段。

2 勘探剖面线应在溢洪道区工程地质分段的基础上结合溢流堰、泄槽和消能建筑物等的轴线布置。溢流堰钻孔深度宜进入建基面以下 15~25m，并应进行压水试验。消能设施部位、挑流鼻坎宜有钻孔控制，钻孔深度可根据需要确定。

3 对影响建筑物稳定的主要岩土层和软弱夹层，应取样进行物理力学性质试验，试验组数累计应不少于 6 组。

#### 5.4.5 其他地面建筑物区勘察应包括下列内容：

1 查明地基岩土分层、厚度及其物理力学性质，特别是不良工程地质岩土体的分布、厚度、强度和变形特性。

2 查明建筑物区断层、破碎带和节理裂隙的产状、性质、分布情况及其组合关系。

3 查明地基的水文地质条件和渗透特性。

4 查明建筑物地段的边坡稳定状况，滑坡体、崩塌体的规模、分布情况及其对建筑物的不利影响。

#### 5.4.6 其他地面建筑物区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 勘探剖面线应结合建筑物轴线布置，剖面线上钻孔的数量和深度可根据具体的地质条件确定。

3 岩土物理力学性质参数可采用工程地质类比法提供，必要时可结合勘探坑、孔取样进行室内试验或进行原位测试。

## 5.5 地下洞室区勘察

5.5.1 地下洞室区勘察应包括下列内容：

1 查明地下洞室及隧洞沿线地形地貌条件和物理地质现象，以及傍山浅埋段和进口、出口边坡的稳定条件。

2 查明洞室地段地层岩性、产状、风化深度和分布情况，主要断层、破碎带、软弱夹层和其他软弱结构面的产状、延伸情况、性状及其组合关系。

3 查明土层洞室土层分层特性，特殊土层的分布位置、厚度、上下接触关系，地下水埋深和补给排泄情况。

4 查明地下洞室区的地下水类型、水位、富集条件和与地表水的关系及连通条件，水温和水化学成分，洞室外水压力形成条件，岩体高压渗透特征。

5 查明喀斯特地区地表溶洞、洼地、漏斗充填情况和地下暗河发育分布规律，分析其深部延伸情况及对洞室围岩稳定的影响，预测施工开挖突水的可能性，对处理措施提出建议。

6 查明地下厂房、调压井和其他大跨度、高边墙地下建筑物以及深埋隧洞洞顶、高边墙和洞室交叉段岩体稳定条件，结合岩体应力分析产生岩爆的可能性。

7 提出各类围岩的物理力学性质参数，评价洞室围岩的稳定性。

5.5.2 地下洞室区勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘应在前阶段地质测绘的基础上进行补充工作，地质条件复杂和重要的隧洞段、进口段、出口段和地下厂房区应进行专门地质测绘。比例尺可选用 1 : 2000~1 : 500。测绘

范围：洞室进口、出口应包括对洞脸边坡有影响的地段；地下厂房区应包括邻近的调压井、闸门井、尾水隧洞等，其他部位可根据具体情况确定。

## 2 勘探应符合下列规定：

- 1) 隧洞进口、隧洞出口、地下厂房、调压井、闸门井、洞室交叉部位应布置纵、横勘探剖面线。对长引水隧洞在过沟的鞍部，宜布置勘探工作。
- 2) 勘探剖面线上的钻孔数量可根据具体地质条件复杂程度和洞室规模确定，钻孔深度应进入洞室（井）底板以下至少1倍洞径。在洞室顶板上下5~15m范围内的孔段，以及闸门井、调压井部位，应作压（注）水试验。
- 3) 地下厂房、隧洞进口、隧洞出口应布置平硐。
- 4) 钻孔、平硐宜进行弹性波测试。

3 围岩物理力学性质参数宜在试验成果的基础上，结合工程地质类比法确定。对深埋大跨度洞室应现场测试岩体变形模量，必要时宜进行地应力测试。

4 对工作条件恶劣、难以进行勘探工程的地区，应充分利用航（卫）片解译成果，加强地质测绘，结合区域地质资料，预测大断层破碎带、接触带、喀斯特地下暗河等的分布及其对地下工程的影响。

## 5.6 引水、排水线路勘察

5.6.1 引水、排水线路勘察应包括下列内容：

1 查明沿线的地层岩性和岩土体的透水性，特别是强透水层、喀斯特化岩层、易风化崩解岩层、山麓堆积体、湿陷性黄土、膨胀土、软土、冻土等不良工程地质岩土体的分布情况。

2 查明沿线的地质构造，断层、破碎带、节理裂隙等的分布情况、产状、性质及各结构面的组合关系。

3 查明傍山渠段、深挖方渠段、高填方渠段地基和边坡的

稳定条件，以及边坡不稳定岩土体的分布、规模，分析其对线路的影响；对丘陵平原区线路应重点查明特殊土的沉陷、膨胀、冻融变形和渗漏问题，分析渗漏对浸没、土壤盐渍化等的影响及风沙沉积可能带来的问题。

4 查明各建筑物地基持力层岩性组成、性质和分布情况，分析地基的强度、变形、渗透特征和开挖边坡稳定条件。调查各建筑物所在溪沟的冲刷深度和覆盖层厚度，确定各建筑物基础的安全埋深。

5 分段评价引水、排水线路工程地质条件，提出岩土层的物理力学性质参数，并对不良地质问题防治和地基处理提出建议。

#### 5.6.2 引水、排水线路勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺宜选用 1:5000~1:2000，建筑物区、严重变形边坡和喀斯特发育地段，工程地质测绘比例尺宜选用 1:1000~1:500。测绘范围应包括线路及其两侧各 100~200m，必要时，两侧测绘范围可适当扩大。

2 沿线路中心线、各工程地质区（段）和建筑物区，应布置勘探剖面线。

3 地质条件简单的线路段，宜以物探、坑探为主；规模较大、结构复杂的建筑物区和存在特殊地质问题的线路段，应布置钻探。勘探坑、孔的间距和深度可根据需要确定。

4 对特殊土，可分段（区）分层取样进行室内物理力学性质试验，试验累计组数不宜少于 3 组，必要时宜进行原位测试。

## 6 技施设计阶段工程地质勘察

### 6.1 任 务

6.1.1 技施设计阶段工程地质勘察应根据初步设计审查意见和设计要求，补充论证专门性工程地质问题。

6.1.2 进行施工地质工作。

6.1.3 对施工过程中出现的各种工程地质问题的处理提出建议。

6.1.4 对施工期和运行期工程地质监测的内容、方法、布置方案及技术要求提出建议。

### 6.2 专门性工程地质勘察

6.2.1 专门性工程地质勘察内容，应根据初步设计报告的建议及审查意见，以及施工中出现的重大地质问题和设计要求确定。

- 1 当存在危及工程安全的不稳定边坡时，勘察内容应包括：
  - 1) 复核影响边坡稳定的工程地质条件、水文地质条件及失稳边坡的边界条件。
  - 2) 复核已有及潜在滑动面的物理力学参数。
  - 3) 复核边坡失稳的可能性及其对工程的影响。
  - 4) 对边坡监测、防护及处理措施提出建议。
- 2 当施工开挖后地质条件有变化时，勘察内容应包括：
  - 1) 复核坝基岩体的强、弱风化深度，持力层的力学指标。
  - 2) 根据断层、节理裂隙及软弱夹层的分布变化情况，复核坝基岩体的抗滑稳定性。
  - 3) 当存在渗漏及渗透稳定性问题时，确定渗漏的分布范围、规模、深度及透水岩（土）层渗透特性，评价渗漏及渗透稳定性对工程的影响程度。
  - 4) 当存在软土、湿陷性黄土、膨胀土等特殊土层时，复核特殊土层的分布范围、性状及对工程的影响。

- 5) 复核地下洞室围岩类别和力学参数。
  - 3 对工程影响较大的天然建筑材料应进行复查。
  - 4 当施工过程中出现重大地质问题时, 应按勘察任务书(或勘察合同)规定的内容进行勘察。
- 6.2.2 专门性工程地质勘察方法应符合下列规定:**
- 1 勘察方法和精度应根据专门性工程地质问题的性质、前期勘察的深度及设计要求确定。
  - 2 需要详细查明新出现的工程地质问题时, 应进行工程地质测绘, 比例尺宜选用 1:500~1:200, 并应根据具体情况布置钻探、物探、硃探和试验等工作。
  - 3 应结合利用已有的勘探工程和施工开挖工作面收集有关地质资料。

## **6.3 施 工 地 质**

- 6.3.1 施工地质工作的主要任务是:**
- 1 收集、分析、整理施工开挖所揭露的地质现象, 检验前期勘察成果, 校核、修正岩土物理力学参数。
  - 2 对可能出现的不良工程地质问题进行预测和预报, 对已揭露的不良工程地质问题的处理措施提出建议。
  - 3 进行施工地质编录、测绘和地质巡视。
  - 4 参加与地质有关的工程验收。
  - 5 对地质监测及必要的补充地质勘察提出建议。
  - 6 编制施工地质报告。
- 6.3.2 施工地质工作的方法、内容和技术要求宜按 SL 313—2004 执行。地质条件比较简单的工程, 其施工地质的取样、试验、监测等工作可根据具体情况适当简化。**
- 6.3.3 开展施工地质工作之前, 应编制施工地质工作大纲, 大纲中应明确工作范围、工作内容、主要技术要求及提交的资料等。**
- 6.3.4 根据施工开挖揭露的地质情况, 应对下列内容进行复核:**

1 地基承载力、抗剪（断）强度、建基面高程、开挖深度及不良地基处理要求。

2 围岩工程地质分类及其物理力学性质参数。

3 边坡临时及永久开挖坡角、边坡形态。

6.3.5 对施工中可能遇到危及施工或建筑物安全的有关地质现象，应及时进行预测和预报，其重点内容是：

1 根据基坑开挖所揭露的土层情况，预测软土、湿陷性黄土、膨胀土等特殊土层的分布位置、高程、厚度，及可能发生的边坡滑动、塌陷、基坑涌水、涌砂和地基顶托等不利现象。

2 预测洞室掘进中可能遇到的重大塌方、碎屑流、突水或其他地质灾害发生的部位。

3 根据边坡开挖后所揭露的岩土性质和不利结构面的分布情况，预测边坡失稳的可能性及其边界条件，对施工期的监测提出建议。

6.3.6 施工地质编录应随开挖连续进行，主要记录施工过程中遇到的重要地质现象、不良地质问题的处理情况、施工地质重要事件及有关地基、围岩、边坡的处理决定。

6.3.7 施工地质人员应参与地基、地下洞室围岩和开挖边坡等的验收，并填写验收文件中的地质结论意见。

6.3.8 对在施工开挖中新揭露的重要地质问题的补充勘察，应按 6.2 节中的有关内容执行。

6.3.9 施工地质应收集地基加固、防渗处理、边坡处理等施工资料及有关会议纪要、批文、通知等。

6.3.10 施工期间应建立施工地质日志，逐日记录与施工地质有关的主要事件。与业主、监理、设计、施工单位的往来函件，均应采用工作联系单的形式。

6.3.11 施工地质应详细了解规划设计意图，与设计人员积极配合，做好服务工作。

## 7 病險水库除險加固工程勘察

### 7.1 一般规定

7.1.1 病險水库除險加固工程勘察宜分为病險水库安全鉴定勘察和病險水库除險加固设计勘察。除險加固设计勘察阶段应与设计阶段相适应。

7.1.2 病險水库除險加固工程勘察的主要任务是查明病險水库工程的水文地质、工程地质条件，分析地质病害产生的原因，对加固处理措施提出地质方面的建议；检查土石坝坝体填筑质量，提出有关地质参数。

7.1.3 病險水库除險加固工程勘察应充分利用和深入分析已有工程地质勘察资料、施工和运行期间有关监测资料。

7.1.4 对除險加固工程设计所需的天然建筑材料应进行详查。

### 7.2 安全鉴定勘察

7.2.1 安全鉴定勘察的对象和范围，应包括各建筑物地基及边坡、近坝库岸、地下工程围岩以及土石坝坝体等。

7.2.2 安全鉴定勘察的主要任务是：

1 全面复查影响工程安全的工程地质和水文地质条件，检查工程运行后地质条件的变化情况。

2 对坝基、岸坡的工程处理效果和土石坝坝体填筑质量作出地质评价。

3 初步查明工程区存在的地质病害及其危害程度，为工程安全鉴定分级提供地质资料。中小型水库病險类型划分应符合附录 E 的规定。

4 提出工程区的地震动参数。

7.2.3 土石坝工程安全鉴定勘察应包括下列内容：

1 土石坝坝体勘察内容应包括：

- 1) 调查坝体填筑土的物质组成、物理力学性质、渗透特性，软弱土体（层）及施工填筑形成的软弱接触带等的厚度和分布情况。评价填筑土的质量是否满足有关要求。
- 2) 调查坝体渗漏、开裂、沉陷、滑坡以及其他不良地质现象和隐患的分布位置、范围、特征及处理情况与效果。
- 3) 调查坝体浸润线分布高程及其与库水位的关系，评价防渗体和反滤排水体的可靠性。

## 2 土石坝坝区勘察内容应包括：

- 1) 调查坝体与坝基接触部位的物质组成及其渗透特性，及坝体埋管、输水涵洞的渗漏情况。
- 2) 调查坝基、岸坡水文地质和工程地质条件，重点是调查坝基、坝肩渗漏情况，并对原防渗效果及渗透稳定性进行初步评价。
- 3) 调查可溶岩坝基喀斯特发育情况及其对渗漏和坝基的影响。
- 4) 对湿陷性土层分布地区，调查坝基土体和运行水位浸润线以上的坝体的湿陷情况。
- 5) 调查溢洪道、两岸坝肩及近坝库区天然边坡和人工开挖边坡的稳定状况。

### 7.2.4 土石坝工程安全鉴定勘察方法应符合下列规定：

- 1 应收集已有地质、设计、施工和水库运行中各种监测、险情及病害处理等资料。
- 2 应按 GB 18306—2001 复核工程区地震动参数。
- 3 应复核原地质图。若无前期勘察资料，应进行工程地质测绘。比例尺可选用 1：2000～1：500。测绘范围应包括整个枢纽布置区和近坝库区。
- 4 宜采用物探方法探测坝基、坝体隐患的位置和分布。
- 5 垂直和平行坝轴线应布置勘探剖面线，剖面线的数量和

勘探点的间距可根据具体情况确定。

6 勘探剖面线上应有钻孔控制。坝轴线或防渗帷幕线上钻孔的深度应进入相对隔水层，其他剖面上的钻孔深度应进入坝基以下 5~10m。

7 坝体或土基钻孔宜进行注水试验，基岩孔段应进行压水试验。

8 坝体填筑土应按坝体上游坡、下游坡分区取样进行室内物理力学性质和渗透性试验，每区试验组数不宜少于 6 组。坝基土层宜取样进行物理力学性质试验，每层试验组数不宜少于 3 组。

9 在地震动峰值加速度  $0.1g$  及以上地区，若坝基存在饱和和无粘性土、少粘性土层，应进行标准贯入试验，必要时可进行剪切波速测试。

**7.2.5 混凝土坝、砌石坝工程安全鉴定勘察应包括下列内容：**

1 了解工程区水文地质和工程地质条件，及坝基、岸坡开挖和不良地质缺陷的处理情况。

2 调查坝基和绕坝渗漏的分布范围、渗漏量的动态变化及其与库水位的关系，检查原防渗体质量，初步分析渗漏的原因和可能的通道。

3 对可溶岩坝基的调查内容应符合 7.2.3 条 2 款 3) 项的规定。

4 调查混凝土与基岩接触状况，及对坝基、坝肩稳定不利的断层破碎带、软弱夹层等的分布情况。

5 调查两岸及近坝库区边坡的稳定状况。

6 调查地下洞室围岩稳定性和渗漏状况。

**7.2.6 混凝土坝、砌石坝工程安全鉴定勘察方法除应按 7.2.4 条有关规定执行外，尚应符合下列规定：**

1 宜根据工程区地形、地质条件，采用物探方法探测地质病害和隐患的空间分布及位置。

2 沿坝轴线应布置勘探剖面线，剖面线上的钻孔宜结合病

害部位布置 3~5 个孔，孔深应进入相对隔水层或强喀斯特发育下限。

3 各钻孔在进入基岩后，应进行压（注）水试验。

4 对坝体与坝基接触部位，可根据需要取样进行室内物理力学性质试验。

7.2.7 其他建筑物区安全鉴定勘察可结合各工程的实际情况，参照 7.2.3 条~7.2.6 条有关内容执行。

### 7.3 除险加固设计勘察

7.3.1 除险加固设计勘察应在安全鉴定勘察的基础上，对土石坝坝体及其他有关地质问题进行详细勘察，主要任务是：

1 进一步调查、分析土石坝坝体病害的分布情况、类型及成因，评价其危害程度，提供坝体渗透和抗剪力学参数。

2 查明地质病害和隐患的部位、范围和类型，分析其产生的原因，为除险加固设计提供地质资料与建议。

3 进行天然建筑材料详查。

7.3.2 渗漏及渗透稳定勘察应包括下列内容：

1 土石坝坝体渗漏及渗透稳定应查明下列内容：

1) 坝体填筑土的颗粒组成、渗透性、分层填土的结合情况，填土中砂性土的位置、厚度及分层结合部位的渗透系数。

2) 防渗体的渗透性、有效性及新老防渗体之间的结合情况。

3) 反滤排水棱体的有效性，坝体浸润线分布，坝内埋管的完整性及管内渗漏特征。

4) 坝体下游坡渗水、渗漏的部位、特征、渗漏量的变化规律及渗透稳定性。

5) 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。

6) 坝体与山坡结合部位的物质组成、密实性和渗透特性。

2 坝（闸）基及坝肩渗漏及渗透稳定勘察应查明下列内容：

- 1) 坝基、坝肩施工期未作处理的第四纪松散堆积层、基岩风化层的厚度、性质、颗粒组成及渗透特性。
- 2) 坝基、坝肩断层破碎带、节理裂隙密集带的规模、产状、延续性和渗透性。
- 3) 可溶岩区主要漏水地段或主要通道的位置、形态和规模，两岸地下水位及其动态，地下水位低槽带与漏水点的关系。
- 4) 渗漏量与库水位的相关性。
- 5) 渗控工程的有效性和可靠性。
- 6) 输水涵洞的漏水情况。
- 7) 环境水对混凝土的腐蚀性。

7.3.3 渗漏及渗透稳定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、运行期渗流观测的渗流量、两岸地下水位、坝体浸润线、坝基扬压力、幕后排水、库水位及前期防渗加固处理等资料。

2 工程地质测绘可在安全鉴定地质测绘的基础上进行补充修编。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 宜采用电法、地质雷达、电磁波等物探方法探测坝体病害、喀斯特的空间分布、渗漏通道的位置及埋藏深度。

4 沿大坝防渗线和可能的渗漏通道部位应布置勘探剖面线，剖面线上应有钻孔控制，钻孔间距可根据渗漏特点确定。

5 防渗线上钻孔孔深应进入相对隔水层，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 防渗线上的钻孔应进行压（注）水试验。

7 喀斯特区必要时应进行连通试验，查明喀斯特洞穴与漏水点间的连通情况。

8 土石坝坝体应结合钻孔分层（区）取原状样进行室内物

理力学和渗透试验。

9 喀斯特洞穴充填物应取样进行室内颗粒组成和渗透试验。

10 检查、编录涵洞漏水点的位置、状况和漏水量。

7.3.4 建筑物及近坝库区不稳定边坡勘察应包括下列内容：

1 查明变形边坡、潜在不稳定边坡的边界条件、规模、地质结构和水文地质条件。

2 分析不稳定边坡形成原因，并对其失稳后可能对建筑物产生的影响作出评价和预测。

3 对处理措施和长期监测方案提出建议。

7.3.5 建筑物及近坝库区不稳定边坡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。测绘范围应包括与边坡稳定性分析有关的地段。

3 勘探剖面线应平行和垂直滑移方向布置，并在安全鉴定阶段勘探的基础上补充钻孔，必要时可补充探硐或竖井。

4 剖面线上的钻孔间距 50~100m，孔深应进入稳定岩(土)体。

5 影响建筑物安全的规模较大滑坡体，应取滑带土样进行物理力学性质试验，必要时可进行现场抗剪试验。

6 可根据需要建立地表监测网(点)。

7.3.6 坝(闸)基及坝肩抗滑稳定勘察应包括下列内容：

1 查明地层岩性、地质构造，特别是缓倾角软弱夹层、缓倾角节理及其他不利结构面的产状、分布位置、性质、延伸长度、组合关系，确定可能滑动体的边界条件，提出滑动结构面的抗剪强度参数。

2 查明坝基(肩)水文地质条件和排水条件。

3 查明坝体与基岩接触面(带)特征。

4 调查冲刷坑及抗力体的状况。

7.3.7 坝(闸)基及坝肩抗滑稳定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 沿坝轴线及垂直坝轴线方向应布置勘探剖面线,剖面线上钻孔间距和位置应根据可能滑动面的分布情况确定。

4 钻孔应进入可能滑动面以下一定深度。

5 拱坝坝肩必要时可布置探洞。

6 可采用工程地质类比法确定滑面的物理力学参数,必要时取样试验。

7.3.8 地基沉陷与坝体变形勘察应包括下列内容:

1 进一步调查土石坝填筑料的物质组成和密实度及填筑料的强度、变形等性能。

2 查明地基土层结构、性状,重点查明软土、粉细砂等不良土层的分布特征,可溶岩区喀斯特洞穴的分布、充填情况及埋藏深度。

3 查明坝区水文地质特征,特别是产生严重渗漏的具体位置。

4 调查地基处理情况,运行期坝体垂直、水平变位情况及变化规律。

5 查明坝体裂缝分布位置、开度、长度、深度、产状及形成原因。

6 查明土石坝迎水、背水坡滑坡位置、规模和特征,分析其产生的原因。

7 查明土石坝坝面塌陷变形的的位置、规模、深度,形成原因及发生时间。

8 查明湿陷性土层的厚度、下限深度,确定湿陷系数、湿陷类型和湿陷等级。

9 调查坝基合拢口清基和旧坝的残留物等情况。

10 调查有关地基沉陷和坝体变形的处理情况。

7.3.9 地基沉陷与坝体变形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应急处理资料。
  - 2 应进行工程地质测绘，准确测定变形位置。地质测绘比例尺可选用 1 : 500~1 : 200。
  - 3 宜采用电法、面波探测等物探方法调查集中渗漏带、空洞、裂缝等的位置。
  - 4 沿地基沉陷和坝体变形部位应布置勘探剖面线，剖面线上应有坑（槽）探、井探或钻孔控制，勘探点的间距和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。
- 7.3.10 溢洪道地基抗滑稳定、边坡及泄流冲刷段边坡稳定问题的勘察内容和方法可参照 7.3.4 条~7.3.7 条有关内容执行。**

## 8 天然建筑材料勘察

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 天然建筑材料勘察工作应按勘察任务书进行。勘察任务书中应明确设计阶段、勘察精度，所需建材种类、数量和特殊要求。
- 8.1.2 天然建筑材料勘察宜按 SL 251—2000 执行。根据中小型工程特点和料场的具体条件，对 SL 251 中的某些技术要求可适当简化。
- 8.1.3 当天然建筑材料影响基本坝型时，应在可行性研究阶段的工程地质勘察中进行详查。
- 8.1.4 对外购天然建筑材料的质量，应进行检验复核。

### 8.2 勘察方法

- 8.2.1 应收集已开采天然建筑材料料场资料。如继续采用该料场天然建筑材料，应进行复核。
- 8.2.2 天然建筑材料的勘察应由近到远，先测绘后勘探，综合利用各种勘探手段。
- 8.2.3 产地的勘探、取样和试验，除应执行 SL 251—2000 中规定的内容外，宜根据中小型工程的特点、具体地质条件和设计要求进行适当调整，并应符合下列规定：

1 选定的块石料产地经经验判断，岩石强度及质量指标远超过设计要求时，可用工程地质类比法提供岩石物理力学性质参数。构造简单、岩性单一、岩相稳定、裸露地表且风化轻微的产地，勘探网点布置可适当简化。在强风化石料产地或被覆盖的强喀斯特发育区石料勘察时，应适当加密勘探网点。

2 对分布广、表面覆盖少、有用层厚且稳定的砂、砾料产地，经普查判断，储量远超过设计要求时，勘探网点布置可适当

简化，若质量亦符合要求且较为稳定时，取样试验工作可适当减少，但每一料场取样不应少于3组。

3 当土料的需要量不多，而料场储量丰富且经普查类比其质量符合要求时，勘探取样和试验工作可适当减少。

4 根据需要，对砾质土料、基岩全风化土料、开挖弃碴料等建筑材料的勘察，应按专门编制的任务书进行。

8.2.4 应收集外购天然建筑材料质量检验资料，必要时进行勘探检验，并对供料情况进行调查。

8.2.5 有关天然建筑材料的储量、质量、开采运输条件等问题，应在各阶段工程地质勘察报告中论述，并附有关图件。当天然建筑材料复杂或其问题成为影响坝型选择的关键时，应编制专门的天然建筑材料勘察报告，报告编写和成果整理应按 SL 251—2000 的规定执行。

## 9 勘察成果

### 9.1 一般规定

9.1.1 各阶段工程地质勘察和病险水库除险加固工程勘察工作结束后，应提交工程地质勘察报告，必要时提交专题研究报告。施工地质工作结束后，应提交竣工地质报告。

9.1.2 工程地质勘察报告应由正文、附图和附件三部分组成。

1 正文应全面论述本阶段勘察工作获取的各项成果，依据地质条件和试验资料进行综合分析，并针对建筑物的特点进行工程地质评价，做到文字简练、条理清晰、重点突出、论证有据、结论明确。

2 附图宜按 SL 73 的规定执行，要求图面准确、内容实用、数据可靠、图文相符。

3 附件是报告重要内容的补充文件，应准确、清楚。

9.1.3 竣工地质报告应详尽阐述施工中揭露的地质现象、遇到的地质问题、处理情况及结论意见。对施工期重要的有关技术文件、影像资料和施工记录等，可作为竣工地质报告附件。

9.1.4 各阶段工程地质勘察报告、病险水库除险加固工程勘察报告的主要附件，应符合附录 F 的规定。

9.1.5 各阶段工程地质勘察和病险水库除险加固工程勘察工作完成后，勘察报告正文、附图、附件的纸质文件和电子文件及各种原始资料应按有关规定归档。

### 9.2 工程地质勘察报告

9.2.1 规划阶段工程地质勘察报告应包括下列内容：

1 绪言应包括规划意图和方案、规划河流（段）自然地理概况、以往地质研究程度和本阶段完成的勘察工作量等。

2 规划河流（段）或地区区域地质概况应包括地形地貌、

地层岩性、地质构造、地震和水文地质条件等。

3 各规划梯级（方案）的工程地质条件可按水库区、坝（闸）址（段）、引水线路、排水线路等章节依次叙述。规划梯级可简述，近期开发工程应包括下列内容：

- 1) 水库区基本地质条件和对渗漏、岸坡稳定等主要工程地质问题的初步评价。
- 2) 坝（闸）址（段）的地质概况、水文地质条件、主要工程地质条件和问题的初步分析与评价。
- 3) 引水、排水线路沿线基本地质条件、线路上主要建筑物区工程地质条件的初步分析。

4 规划河流（段）或地区各规划梯级（方案）天然建筑材料简述。

5 结论应包括对规划方案和近期开发工程选择提出地质评价与建议、对下阶段勘察工作提出意见等。

9.2.2 可行性研究阶段工程地质勘察报告应包括下列内容：

1 绪言应包括工程概况和设计主要指标，勘察工作过程、方法、内容，完成的主要工作量等。

2 区域地质和水库区工程地质条件应包括地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象、水文地质条件等。在论述地质构造时，应指出区域断层的活动性、地震活动性及地震动参数；评价水库区工程地质条件时，应指出存在的主要工程地质问题。

3 各建筑物区工程地质条件应分别论述各比较坝（闸）址的工程地质条件及坝址选择意见。其他建筑物区的工程地质条件，按溢洪道、地面厂（站）址、地下洞室、引水线路、排水线路等分别论述各比较方案的地质概况、主要工程地质问题和方案选择意见。

4 移民迁建新址地质条件应简述新址区地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件及不良地质现象等，初步评价新址区生活用水水源、水质、各类地质灾害发生的可能性及其危害性。

5 天然建筑材料应包括勘察任务，各料场的基本情况和储量、质量，及开采和运输条件等。

6 结论和建议应包括区域构造稳定和水库区工程地质条件的评价、各建筑物区基本地质特点和主要工程地质条件的评价、下阶段勘察工作重点的建议等。

9.2.3 初步设计阶段工程地质勘察报告应包括下列内容：

1 绪言应包括工程位置和设计主要指标、主要建筑物布置方案，可行性研究阶段勘察的主要结论和审查意见，本阶段的勘察任务、勘察工作概况和完成的勘察工作量等。

2 水库区工程地质条件应包括水库区的地质概况和主要地质问题，对水库区的工程地质条件作出评价等。

3 各建筑物区的工程地质条件应包括下列内容：

1) 坝（闸）址工程地质条件应包括选定坝（闸）址的工程地质条件及各比较坝（闸）线主要工程地质问题，分问题依次进行论述，包括工程地质评价、主要勘察结论以及处理措施建议等，并对坝线、坝型、枢纽布置的建议等进行总结性的评价。

2) 溢洪道的工程地质条件、主要工程地质问题的评价及处理措施建议。

3) 地面厂（站）址工程地质条件、主要工程地质问题的评价及处理措施建议。

4) 地下洞室的地质概况，围岩工程地质条件分类、分段和主要工程地质问题评价及处理措施建议。

5) 引水、排水线路工程地质分段及说明，线路上建筑物区的工程地质条件和主要工程地质问题评价及处理措施建议。

6) 其他附属建筑物区、临时建筑物区工程地质条件和主要工程地质问题评价及处理措施建议。

4 水库移民迁建新址的地形、地质条件、主要物理地质现象和存在的主要环境地质问题，进行建筑适宜程度分区，并对场

址的稳定性作出评价。

5 天然建筑材料应分述各料场勘探和取样情况、储量和质量评价及开采、运输条件等。

6 结论和建议应包括水库区主要工程地质问题评价、各建筑物区的主要工程地质问题评价及处理措施建议、下阶段勘察工作重点的建议。

#### 9.2.4 竣工地质报告应包括下列内容：

1 绪言应包括工程概况，前期勘察过程、主要工程地质问题及工程地质结论，施工地质工作起止时间、工作项目及完成工作量等。

2 水库区工程地质条件应包括水库区地质概况，水库渗漏、边坡、淹没及浸没防护、地质灾害防治的施工处理情况等。

3 建筑物区主要工程地质条件应包括各建筑场地施工揭露的实际工程地质条件、主要工程地质问题的处理措施及评价、地质参数的最终采用情况等。

4 天然建筑材料应包括天然建筑材料的前期勘察结论，施工开采的实际料场、开采方法、质量、储量等。

5 监测和观测资料应包括施工期岩土体变形监测的内容、方法及资料分析，水文地质的观测情况和成果分析等。

6 结论及建议应包括对各建筑场地的工程地质条件、施工处理措施和质量作概括性的评价，对工程运行期长期监测和观测工作提出建议等。

#### 9.2.5 病险水库安全鉴定工程地质勘察报告应包括下列内容：

1 绪言应包括工程位置和设计主要指标、主要建筑物布置方案，工程运行中出现的问题，历次除险加固情况，前期和本阶段勘察工作概况及完成工作量等。

2 病险水库区地质概况应包括地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件及地震动参数等。

3 建筑物区工程地质条件及评价应包括地基的工程地质条件及主要工程地质问题等，土石坝尚应包括填土质量和存在的问

题等。

#### 4 结论和建议。

**9.2.6 病险水库除险加固设计工程地质勘察报告应包括下列内容：**

1 绪言应包括工程概况、主要病险情况、除险加固任务和要求、完成的主要工作项目与工作量等。

2 病险水库区地质概况应包括地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件及地震动参数等。

3 土石坝坝体质量评价应包括坝体填筑质量，对沉陷、裂缝、滑塌、渗漏等病险原因进行分析论证，对加固措施提出建议等。

4 病险工程地质条件及评价应包括地质概况，存在的地质病险类型、病险部位、危害程度及产生原因，对处理措施提出建议等。

5 天然建筑材料应包括除险加固拟用的各类天然建筑材料的质量、储量及开采运输条件的评价，原料场的开采使用情况，可利用方量等。

#### 6 结论与建议。

## 附录 A 围岩工程地质分类

A.0.1 中小型水利水电工程围岩工程地质分类应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 围岩工程地质分类

围岩类别	围岩稳定程度	围岩主要工程地质特征	毛洞自稳能力和变形	支护类型
I	稳定	坚硬岩，新鲜~微风化，层状岩为巨厚层，且层间结合牢固，岩体呈整体~块状结构，强度高、完整，节理裂隙不发育，无不利结构面组合和明显地下水出露	成型好，可长期稳定，偶有掉块，深埋或高应力区可能有岩爆	不支护或随机锚杆
II	基本稳定	坚硬岩，微风化块状或中、厚层状，岩体强度高，较完整，结构面粗糙，层间结合良好，结构面无不稳定组合及软弱夹层，地下水活动轻微，洞线与主要结构面走向夹角大于 30°	基本稳定，围岩整体能维持较长时间稳定，局部可能有掉块，平缓岩层或裂隙顶部易局部坍落	一般不支护，部分喷混凝土结合锚杆加固，遇平缓岩层拱顶需及时支护
		中硬岩，微风化，岩体呈整体结构或厚层状，岩体较完整，无不利结构面组合，节理裂隙较发育，无软弱夹层，地下水活动轻微，洞线与主要结构面走向夹角大于 45°，岩层倾角大于 45°		

表 A. 0. 1 (续)

围岩类别	围岩稳定程度	围岩主要工程地质特征	毛洞自稳能力和变形	支护类型
Ⅲ	局部稳定性差	<p>坚硬岩，薄层状，微风化夹弱风化，无软弱夹层，受构造影响严重，节理裂隙发育，岩体完整性差，裂面有夹泥或泥膜，层间结合差，地下水活动轻微，洞线与主要结构面走向夹角大于 <math>45^\circ</math>，岩层倾角大于 <math>30^\circ</math></p>	<p>围岩稳定受软弱结构面组合控制，可发生小~中等坍塌，毛洞短时间内可稳定。完整的较软岩，稳定性较好，但强度不足，局部会产生塑性变形或小~中等坍塌，可短期稳定</p>	<p>喷混凝土或喷锚支护，拱顶系统锚杆</p>
		<p>坚硬岩为主，夹中硬岩或较软岩，或呈互层状，微风化夹较多弱风化岩，受构造影响节理裂隙发育，有贯穿性软弱结构面或局部存在不利组合，岩体完整性差，呈块状结构，地下水活动中等，沿裂隙面或软弱结构面有大量滴水或线流，洞线与主要结构面走向夹角大于 <math>45^\circ</math></p>		
		<p>中硬岩，微风化夹弱风化火成岩、变质岩，中厚层沉积岩，岩体完整性差，节理裂隙发育，有贯穿性软弱结构面，地下水活动中等，沿裂隙面或软弱结构面有大量滴水或线流，洞线与主要结构面走向夹角大于 <math>30^\circ</math></p>		
		<p>较软岩，微风化，岩性均一，厚层状，无软弱夹层，岩体完整，节理裂隙不发育，闭合无充填，无控制性软弱结构面，岩体抗风化能力低，暴露大气和湿水后，强度降低较快，地下水活动轻微，洞线与岩层走向夹角大于 <math>30^\circ</math></p>		

表 A. 0. 1 (续)

围岩类别	围岩稳定程度	围岩主要工程地质特征	毛洞自稳能力和变形	支护类型
IV	不稳定	坚硬岩与软岩互层, 弱风化夹强风化, 节理裂隙发育, 岩体较破碎, 层面和其他结构面易构成不稳定块体或存在不利结构面组合, 地下水活动强烈, 洞线与主要结构面走向夹角及岩层倾角均小于 $30^\circ$	围岩自稳时间很短, 拱顶常有坍塌, 边墙也有失稳现象, 时间效应明显, 可能产生较大的变形破坏, 软岩流变显著, 可产生较大的塑性变形	开挖后需及时支护, 喷锚挂网, 必要时可全部衬砌或设钢拱架, 需注意施工期安全
		中硬岩, 薄层状, 弱风化带夹软弱夹层, 岩体节理裂隙发育, 破碎, 局部夹泥, 层间结合差, 地下水活动中等, 洞线与岩层走向夹角及岩层倾角均小于 $30^\circ$		
		较软岩或软岩, 弱风化为, 节理裂隙较发育, 层间错动常见, 多为软弱面与其他结构面形成不利组合, 地下水活动轻微, 洞线与岩层走向夹角大于 $30^\circ$		
V	极不稳定	中硬岩, 强风化, 岩体破碎, 受地质构造影响, 节理裂隙很发育, 无规则, 且张开夹泥, 咬合力差, 呈不规则碎裂块体状, 地下水活动中等, 洞线与结构面夹角小于 $30^\circ$ , 倾角平缓	难于自稳, 边墙、拱顶极易坍塌变形, 经常是边挖边塌, 甚至出现冒顶和地面下陷, 变形破坏严重	成洞条件差, 开挖需支护紧跟或超前支护, 全断面衬砌
		较软岩或软岩, 弱风化夹强风化, 岩体破碎, 受地质构造影响, 节理裂隙发育, 多张开有泥, 有软弱夹层和顺层错动带, 有大量临空切割体, 地下水活动中等~强烈, 加速岩体风化和降低结构面抗剪强度, 洞线与结构面夹角大于 $30^\circ$ , 岩层倾角小于 $30^\circ$		
		全风化, 多呈松散碎石土状不均一散体结构, 地下水活动中等~强烈		

A.0.2 围岩工程地质分类中有关岩石强度、层状岩石单层厚度、岩体完整程度、节理裂隙发育程度及地下水活动程度的划分应符合下列规定：

1 岩石强度的划分应符合表 A.0.2-1 的规定。

表 A.0.2-1 岩质分类与岩石强度分级

岩质分类	岩石强度分级	单轴饱和抗压强度 $R_b$ (MPa)	岩体纵波波速值 $V_p$ (km/s)	点荷载强度 $I_s$ (MPa)	岩体回弹仪测试值 $r$
硬质岩	坚硬岩	$60 < R_b$	$5 < V_p$	$8 < I_s$	$60 < r$
	中硬岩	$30 < R_b \leq 60$	$4 < V_p \leq 5$	$4 < I_s \leq 8$	$35 < r \leq 60$
软质岩	较软岩	$15 < R_b \leq 30$	$3 < V_p \leq 4$	$1 < I_s \leq 4$	$20 < r \leq 35$
	软岩	$5 < R_b \leq 15$	$2 < V_p \leq 3$	$I_s \leq 1$	$r \leq 20$

2 层状岩石单层厚度的划分应符合表 A.0.2-2 的规定。

表 A.0.2-2 层状岩石单层厚度分级

层状岩石分级	单层厚度 $h$ (cm)	层状岩石分级	单层厚度 $h$ (cm)
巨厚层	$100 \leq h$	薄层	$5 \leq h < 20$
厚层	$50 \leq h < 100$	极薄层	$h < 5$
中厚层	$20 \leq h < 50$		

3 岩体完整程度的划分应符合表 A.0.2-3 的规定。

表 A.0.2-3 岩体完整程度分级

岩体完整程度	完整	较完整	完整性差	较破碎	破碎
完整性系数 $K_v$	$0.75 < K_v$	$0.55 < K_v \leq 0.75$	$0.35 < K_v \leq 0.55$	$0.15 < K_v \leq 0.35$	$K_v \leq 0.15$

4 节理裂隙发育程度的划分应符合表 A.0.2-4 的规定。

表 A.0.2-4 节理裂隙发育程度分级

节理裂隙发育程度	节理间距 $d$ (m)	节理特征
不发育	$2 \leq d$	规则裂隙少于 2 组, 延伸长度小于 3m, 多闭合, 无充填
较发育	$0.5 \leq d < 2.0$	规则裂隙 2~3 组, 一般延伸长度小于 10m, 多闭合, 无充填, 或有少量方解石脉或岩屑充填
发育	$0.1 \leq d < 0.5$	一般规则裂隙多于 3 组, 延伸长短不均, 多超过 10m, 多张开、夹泥
很发育	$d < 0.1$	一般规则裂隙多于 3 组, 并有很多不规则裂隙, 杂乱无序, 多张开、夹泥, 并有延伸较长的大裂隙

5 地下水活动程度的划分应符合表 A.0.2-5 的规定。

表 A.0.2-5 地下水活动程度分级

地下水活动程度	地下水活动状态
无	洞室位于地下水位以上, 施工时岩壁干燥或局部潮湿
轻微	洞室临近地下水位, 施工时沿岩体结构面有渗水或滴水
中等	洞室位于地下水位以下, 外水压力水头小于 10m, 岩体透水性和富水性较差, 施工时沿裂隙破碎结构面有大量滴水线状流水
较强烈	外水压力水头 10~100m, 岩体透水性与富水性较好, 施工时岩溶裂隙管道、断层破碎带向斜蓄水构造有线状流水线大量突水
强烈	外水压力水头大于 100m, 施工时沿岩端管道、大断层破碎带大量涌水

A.0.3 各类围岩主要物理力学参数可按表 A.0.3 选用。

A.0.4 本围岩工程地质分类适用于中小型水利水电工程直径小于 5m 的洞室, 不适用于高地应力区、山体不稳定区、埋深小于 2 倍洞径的地下洞室和土质洞室。直径大于 5m 的洞室可按 GB 50287 执行。

表 A.0.3 各类围岩主要物理力学参数

围岩类别	密度 $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	内摩擦角 $\phi$ (°)	凝聚力 $C$ (MPa)	变形模量 $E$ (GPa)	泊松比 $\mu$	单位弹性抗力系数 $K_0$ (MPa/cm)	
						有压洞	无压洞
I	$2.7 \leq \gamma$	$45 < \phi$	$3.5 < C$	$20.0 < E$	$\mu < 0.17$	$100 < K_0$ $\leq 200$	$20 < K_0$ $\leq 50$
II	$2.5 \leq \gamma$ $< 2.7$	$40 < \phi$ $\leq 45$	$1.7 < C$ $\leq 3.5$	$10.0 < E$ $\leq 20.0$	$0.17 \leq \mu$ $< 0.23$	$50 < K_0$ $\leq 100$	$15 < K_0$ $\leq 20$
III	$2.3 \leq \gamma$ $< 2.5$	$35 < \phi$ $\leq 40$	$0.4 < C$ $\leq 1.7$	$5.0 < E$ $\leq 10.0$	$0.23 \leq \mu$ $< 0.29$	$20 < K_0$ $\leq 50$	$5 < K_0$ $\leq 15$
IV	$2.1 \leq \gamma$ $< 2.3$	$30 < \phi$ $\leq 35$	$0.1 < C$ $\leq 0.4$	$0.5 < E$ $\leq 5.0$	$0.29 \leq \mu$ $< 0.35$	$5 < K_0$ $\leq 20$	$1 < K_0$ $\leq 5$
V	$\gamma < 2.1$	$\phi \leq 30$	$C \leq 0.1$	$E \leq 0.5$	$0.35 \leq \mu$	$K_0 \leq 5$	$K_0 \leq 1$

## 附录 B 边坡工程地质分类

B.0.1 边坡工程地质一般性分类应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 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
变形情况	未变形边坡	边坡岩(土)体未发生变形位移
	变形边坡	边坡岩(土)体曾发生或正在发生变形位移
边坡坡度 $\theta$	缓坡	$\theta \leq 10^\circ$
	斜坡	$10^\circ < \theta \leq 30^\circ$
	陡坡	$30^\circ < \theta \leq 45^\circ$
	峻坡	$45^\circ < \theta \leq 65^\circ$
	悬崖	$65^\circ < \theta \leq 90^\circ$
	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	$20 < H$
失稳边坡体积 $V$ ( $m^3$ )	特大型滑坡	$1000 \times 10^4 \leq V$
	大型滑坡	$100 \times 10^4 \leq V \leq 1000 \times 10^4$
	中型滑坡	$10 \times 10^4 \leq V \leq 100 \times 10^4$
	小型滑坡	$V < 10 \times 10^4$

## B.0.2 岩质边坡分类应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 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	由岩浆岩或巨厚层沉积岩组成,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,分析局部崩塌的可能性;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. 作好边坡排水,防止裂隙充水引起边坡局部失稳
层状同缓倾结构岩质边坡	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. 作好排水
层状同陡倾结构岩质边坡	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. 震动	1. 表层岩层蠕滑弯曲、倾倒 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倒蠕变	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

表 B. 0. 2 (续)

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、松动、坡脚软层分布时上部张裂变形 2. 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倒错	1. 注意查明节理裂隙发育特征, 适当削崩、滑动 2. 局部锚固
层状斜向结构岩质边坡	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. 坍塌	易局部崩塌, 影响建筑物安全; 透水性差, 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. 作好排水

B. 0. 3 土质边坡分类应符合表 B. 0. 3 的规定。

表 B. 0. 3 土质边坡分类 (按土壤性质)

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
粘性土边坡	以粘粒为主, 一般干时坚硬, 遇水膨胀崩解。某些粘土具大孔隙性 (山西南部); 某些粘土甚坚固 (南方网纹红土); 某些粘土呈半成岩状, 但含可溶盐量高 (黄河上游); 某些粘土具水平层理 (淮河南游)	1. 矿物成分, 特别是亲水性、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. 裂隙性粘土常沿光滑膨胀面, 含亲水性矿物易产生巨厚层粘坡脚因导致产生剥落 2. 因冻融产生剥落 3. 坍塌	作为水库或渠道边坡, 因可蓄水、输水引起部分土边坡变形滑动, 注意库岸大范围粘坡滑动影响; 寒冷地区工程因冻融而破坏	1. 防水、排水 2. 削坡压脚 3. 对冻融剥落或护砌覆盖, 保持坡面干燥

表 B. 0. 3 (续)

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
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 4. 外水及地下水作用 5. 密实程度	1. 饱和均质砂性土边坡, 在振动力作用下, 易产生液化滑坡 2. 管涌、流土 3. 坍塌和剥落	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, 机械震动也可能出现局部滑坡。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, 水下渗使下垫隔水粘土层泥化等	1. 崩塌 2. 张裂 3. 湿陷 4. 高或超高边坡可能出现高速滑坡	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、古滑坡作好监测及预测
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

表 B. 0.3 (续)

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
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	属中塑性土及粉质粘土类, 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、崩陷和溶蚀孔洞 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机	1. 尽量不用分散性土作地基和建筑材料, 使土水隔离 2. 设置反滤 3. 改土, 如掺石灰等 4. 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. 粘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
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. 上层局部坍塌 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

B. 0.4 变形边坡分类应符合表 B. 0.4 的规定。

表 B.0.4 变形边坡分类(按变形特征)

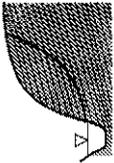
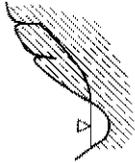
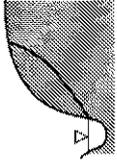
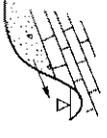
变形类型	边坡名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
滑动变形	粘性土滑坡		粘土干时坚硬,遇水膨胀,不易排水,连续降雨或遇水湿化可使强度降低,易滑	1. 水的作用;暴雨浸水,人为注水,排水不畅 2. 震动;地震、爆破 3. 开挖方式不当;切脚,头部堆载,先下后上开挖	滑坡区不宜布置建筑物,滑坡对渠道边坡稳定不利;注意丘陵峡谷库区移民后靠区蓄水后出现滑动	1. 注意开挖方式和程序 2. 坡面及坡体排水 3. 支挡结构如抗滑桩等
	黄土滑坡		垂直裂隙发育,易透水湿陷,黄土坡边或峡谷高陡边坡的滑坡规模较大,当有粘土夹层时,连续大雨后易滑			
	砂性土滑坡		透水性强,当有饱和砂层时,因震动可能产生液化滑坡,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			

表 B.0.4 (续)

变形类型	边坡名称	示意图面	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	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 岩石强度</li> <li>2. 水的作用</li> <li>3. 边坡坡度和高度</li> </ol>	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	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 避开</li> <li>2. 清除或部分清除</li> <li>3. 排水</li> </ol>
	顺层滑坡		一般沿岩层层面产生的滑坡,滑体形态主要受岩层层面控制	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 软弱夹层或顺层面抗剪强度</li> <li>2. 冲刷切脚,开挖不当</li> <li>3. 水的作用</li> </ol>	作为建筑物边坡危及建筑物安全,不宜作渠道边坡	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 清除或部分清除</li> <li>2. 排水</li> <li>3. 规模小时支挡或锚固</li> </ol>
	切层滑坡		滑面切过层面,滑体形态受几组节理裂隙的控制	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 节理切割状况</li> <li>2. 岩体强度</li> <li>3. 水的作用</li> <li>4. 缓倾结构面及软弱夹层</li> </ol>	不宜做渠道或其他建筑物边坡	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 清除或部分清除</li> <li>2. 排水</li> <li>3. 规模小时支挡或锚固</li> </ol>
	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	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 节理裂隙切割状况</li> <li>2. 岩体强度</li> <li>3. 水的作用</li> </ol>	透水强烈不利于坝肩防渗,不宜做渠道边坡	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 削坡清除</li> <li>2. 排水</li> <li>3. 规模小时支挡</li> </ol>

表 B. 0. 4 (续)

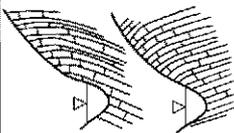
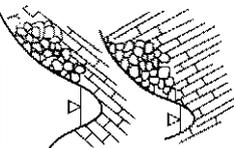
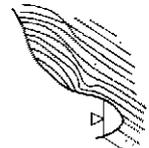
变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
	倾型蠕动形边坡		岩体向外倾倒, 层序未乱, 但岩体松动, 裂隙发育, 层间相对错动, 倾倒幅度向深部逐渐变小, 边坡表面有时出现反坎	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 开挖切脚</li> <li>2. 振动</li> <li>3. 充水并非排水不畅</li> </ol>	<p>对抗渗不利, 沉降变形大, 不利于承受工程荷载, 开挖切脚常引起连续坍塌</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 自上而下清除, 开挖坡角不宜大于自然坡角</li> <li>2. 坡面和坡体排水防渗</li> <li>3. 变形速度快者, 应留开挖保护层</li> </ol>
蠕动变形	岩质边坡 松型蠕动形边坡		岩层层序扰动, 岩块松动架空, 与下部完整岩层无明显完整界面, 多系倾型型进一步发展而成	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 开挖切脚</li> <li>2. 振动</li> <li>3. 充水并非排水不畅</li> </ol>	<p>对抗渗承载不利, 开挖切脚常引起连续坍塌, 库岸大范围松动体蓄水后可能变形, 不宜做大坝接头、洞脸、渠涵和建筑物边坡</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 维持原状不予扰动, 保持自然稳定</li> <li>2. 坡面及坡体排水</li> <li>3. 自上而下清除, 开挖坡角不宜大于自然坡角</li> </ol>
	扭曲型蠕动形边坡		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	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 岩石流变效应</li> <li>2. 水的作用</li> <li>3. 振动</li> <li>4. 开挖卸荷及开挖方式不当</li> </ol>	<p>局部顺层滑动或缓慢扭曲变形, 影响建筑物安全, 除表层外, 一般透水不甚强烈</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 削坡清除, 开挖坡角应适当</li> <li>2. 预留开挖保护层</li> <li>3. 局部锚固</li> </ol>

表 B. 0. 4 (续)

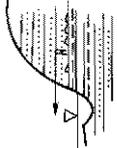
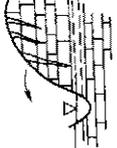
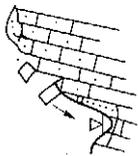
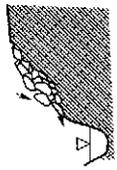
变形类型	边坡分类名称	示意图面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
蠕变形	岩质边坡		脆性岩体沿下垫型或软弱夹层缓慢流动, 或挤入软层中	1. 塑性层因水的作用进一步泥化 2. 软层的流变效应	切脚后边坡缓慢滑动或局部坍塌, 影响建筑物安全, 作为渠道及水库边坡易于滑动	1. 坡面及坡体排水 2. 局部锚固 3. 沿型流层将上部岩体清除
	土质边坡		因土层塑性蠕变、流动导致上部土体开裂、倾斜或沿蠕变层产生微量位移, 严重者可发展成滑坡或坍塌, 常为滑动变形前兆	1. 水的作用 2. 坡脚或坡体内土层遇水软化流变 3. 长期重力作用下坡体土层流变	遇水、遇震动易发展成滑坡, 不宜作渠道或其他建筑物边坡	1. 按稳定坡角开挖 2. 清除 3. 坡面及坡体排水
张裂变形	岩质边坡		岩体向坡外张裂, 但未发生剪切位移或崩塌, 有微小角变或块状坚硬岩石中, 特别当坡角有软弱层(如煤层、断层破碎带)分布时	1. 坡脚软垫层进一步软化或被淘蚀架空 2. 振动 3. 暴雨、排水不畅 4. 应力释放	强烈透水对坝肩防渗不利; 垂直于裂缝的变形大, 不利于拱坝坝肩承压; 崩塌岩体失稳造成灾害	1. 防止坡脚垫层被进一步软化和人为破坏 2. 控制爆破规模和方法 3. 固结灌浆或锚固 4. 必要时爆破减载

表 B. 0. 4 (续)

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
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. 振动 4. 坡脚被淘蚀软化	变形破坏急剧影响施工建筑安全;堆积物疏松,强烈透水,对防渗不利;堆积物不均匀沉降变形	1. 清除危岩,保护建筑物 2. 局部锚固、支挡 3. 用堆积物作地基时,需进行特殊防渗加固处理
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. 不利的岩性组合和结构面	堆积物疏松,透水性大,易不均匀沉降变形,浸水后局部可能继续滑动	1. 坡面防渗,坡体排水 2. 清除 3. 局部支挡
剥落变形	岩(土)质边坡 剥落变形边坡		高寒地区粘性土边坡因冻融作用表层剥落,南方硬质粘土边坡因干缩效应而剥落,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. 干缩效应 3. 风化	使渠道或其他工程边坡局部疏松解体,增加维护困难	1. 护砌植草或坡面覆盖 2. 排水 3. 预留保护层

## 附录 C 软弱夹层工程地质分类

表 C 软弱夹层工程地质分类

软弱夹层类型	粘粒含量 (%)	基本特征	抗剪强度参考值		抗剪断强度参考值	
			摩擦系数 $f$	凝聚力 $c$ (MPa)	摩擦系数 $f'$	凝聚力 $c'$ (MPa)
破碎夹层 (岩块岩屑型)	极少	薄层软弱岩层因构造挤压、错动而破碎，碎块形成层间骨架，碎块间很少有泥质物，碎块多成序排列	$0.45 < f \leq 0.50$	$0.050 < C \leq 0.150$	$0.45 < f' \leq 0.55$	$0.100 < C' \leq 0.250$
破碎夹泥层 I (岩屑夹泥型)	$< 10$	以碎块、岩屑为主，在碎块骨架间填有少量泥浆或次生泥质物，厚度常有变化	$0.35 < f \leq 0.45$	$0.025 < C \leq 0.050$	$0.35 < f' \leq 0.45$	$0.050 < C' \leq 0.100$
破碎夹泥层 II (泥夹岩屑型)	$10 \sim 30$	碎块岩屑间填充泥质物较多，呈泥包碎块状，有时上下层面附有断续的泥化层	$0.25 < f \leq 0.35$	$0.015 < C \leq 0.025$	$0.25 < f' \leq 0.35$	$0.020 < C' \leq 0.050$
泥化夹层 (全泥型)	$> 30$	薄层软弱岩石全部或大部分泥化而成，可塑状，以泥质物为主，夹于上、下硬岩之间，有时有次生泥质物充填	$0.15 < f \leq 0.25$	$0.010 < C \leq 0.015$	$0.18 < f' \leq 0.25$	$0.002 < C' \leq 0.005$

## 附录 D 岩土渗透性分级

表 D 岩土渗透性分级

渗透性分级		渗透性标准		岩体特征	土类
		渗透系数 $K$ (cm/s)	透水性 $q$ (Lu)		
极微透水		$K < 10^{-6}$	$q < 0.1$	完整岩石, 含等价开度 小于 0.025mm 裂隙的岩体	粘土
微透水		$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$0.1 \leq q < 1$	含等价开度 0.025 ~ 0.05mm 裂隙的岩体	粘土—粉土
弱透水	下带	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$1 \leq q < 3$	含等价开度 0.05 ~ 0.01mm 裂隙的岩体	粉土、细粒 上质砂
	中带		$3 \leq q < 5$		
	上带		$5 \leq q < 10$		
中等透水		$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	$10 \leq q < 100$	含等价开度 0.01 ~ 0.5mm 裂隙的岩体	砂 砂砾
强透水		$10^{-2} \leq K < 1$	$100 \leq q$	含等价开度 0.5 ~ 2.5mm 裂隙的岩体	砂砾—砾 石、卵石
极强透水		$1 \leq K$		含连通孔洞或等价开度 大于 2.5mm 裂隙的岩体	粒径均匀的巨砾

## 附录 E 水库病险类型划分

表 E 水库病险类型划分

类型	亚类	主要特征及成因
渗漏问题	土石坝坝体渗漏	坝体填筑材料不良, 抗渗性能不能满足要求, 渗透系数过大, 导致坝体外坡大面积散浸; 进土层过厚, 夯压不密实, 或坝身防渗体断裂、新老防渗体之间结合不良而漏水; 导滤排水棱体被堵塞失效, 浸润线上升, 坝脚饱润和湿润渗水; 坝内埋管破裂, 生物破坏导致坝体集中漏水
	非喀斯特坝(闸)基、坝肩渗漏	不良地基未作妥善处理或处理不彻底, 松散覆盖层、构造破碎带、松动变形岩土体及坝体与基岩接触面是其主要渗漏通道, 严重时往往导致渗透破坏
	喀斯特坝(闸)基、坝肩渗漏	坝(闸)基、坝肩喀斯特发育, 无封闭条件良好的相对隔水层或施工处理不彻底, 导致漏水严重, 渗漏量大
	防渗帷幕渗漏	防渗帷幕质量不能满足设计要求, 坝基、坝肩渗漏出现异常或幕后扬压力偏高
	涵、洞渗漏	输水涵、洞破损或回填灌浆不密实, 涵、洞内出现渗漏
稳定问题	坝(闸)基、坝肩抗滑稳定问题	坝(闸)基或坝肩存在的不利软弱结构面未查明, 或施工处理不彻底; 坝基下游形成较深冲刷坑将不利结构面截断; 坝(闸)体与岩(土)基接触面接触不良, 抗剪强度低
	边坡稳定问题	近坝库区和其他建筑物边坡存在滑移边界条件, 或已变形边坡和潜在不稳定边坡开始出现变形前兆
	渗透稳定问题	沿坝(闸)基、肩或坝体与岸坡接头渗漏大的部位产生管涌、流土, 或土石坝坝体因施工和填土质量不符合要求, 渗透系数大, 坝体生物破坏导致漏水量大而产生渗透破坏
	围岩变形	围岩分类和提供的参数不合理, 或围岩存在膨胀性矿物, 导致变形过大, 衬砌破坏

表 E (续)

类型	亚类	主要特征及成因
土石坝坝体变形问题	坝体裂缝	因不均匀沉陷、坝体与岸坡接头处理不良、夯压不实、基岩边坡过陡, 填土固结速度不同等而产生纵、横向裂缝
	坝体滑坡	填土粘粒含量过高、含水量过大、抗剪指标低; 粘性较大的均质土坝, 下游无导体或导流失效; 坝坡过高、水库调度不当, 水位下降过快, 排水不畅使坝体饱和和软化, 坝基软土类土层清除不彻底
	坝体塌陷	因严重渗漏, 下部土体产生管涌、流土出现空洞, 或可溶岩地区坝基存在溶洞, 上部覆盖土体在水压作用下而塌陷
	护坡损坏	护坡过陡, 下垫层不合要求, 岩石抗风化能力差, 坝体滑移或塌陷, 浪击淘蚀
	输水涵管损坏	坝内埋管质量差, 施工碾压、相邻地基不均匀沉陷使其断裂, 或将无压管作为有压管使用、坝体扩建受力条件改变而破裂, 从而产生漏水并携带坝体填土
坝(闸)基沉陷问题	不均匀沉陷	存在软土或因渗漏及渗透变形而引起
	岩溶塌陷	坝(闸)基、肩存在喀斯特洞穴, 上覆有一定厚度的盖层, 且地表、地下水流动较频繁
	黄土湿陷变形	对湿陷性土处理不足, 使其浸水产生附加沉降
抗震稳定问题	饱和砂基振动液化	对高烈度地震区可液化土层缺乏认识, 没有清除或施工处理不彻底
	地震动参数偏高	地震动峰值加速度不小于 $0.1g$ , 且坝体或坝基有成层可液化无粘性土、少粘性土层分布

## 附录 F 工程地质勘察报告主要附件

表 F 工程地质勘察报告主要附件

序号	附件名称	规划	可行性研究	初步设计	技施设计	除险加固勘察
1	区域综合地质图（附综合地层柱状图和典型地质剖面）	√		—	—	—
2	区域构造纲要图（附地震烈度区划）	√	√	—	—	—
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	坝（闸）址及其他建筑物区工程地质图（附综合地层柱状图）	√	√	√	—	√
5	水文地质图	—	+	√	+	—
6	坝址基岩地质图（包括基岩面等高线）	—	+	√	+	—
7	专门性问题地质图	—	+	+	√	√
8	施工地质编录图			—	√	—
9	天然建筑材料产地分布图	√	√	√	—	+
10	各料场综合成果图（含平面图、勘探剖面图、试验和储量计算成果表）	+	√	√	+	+
11	实际材料图	—	+	+	+	—
12	各比较坝址、引水线路、排水线路或其他建筑物场地工程地质剖面图	√	√	—	—	—
13	选定坝址、引水线路、排水线路或其他建筑物地质纵、横剖面图	—	√	√	—	—
14	坝（闸）基（防渗线）渗透剖面图	—	√	√	—	√
15	专门性问题地质剖面图或平切面图	—	+	+	√	+
16	钻孔柱状图	+	+	+	+	+

表 F (续)

序号	附件名称	规划	可行性研究	初步设计	技施设计	除险加固勘察
17	坑槽、平硐、竖井展示图	+	+	+	+	+
18	岩、土、水试验成果汇总表	-	√	√	√	√
19	地下水动态、岩土体变形等监测成果汇总表	-	+	+	+	+
20	岩矿鉴定报告	-	+	+	+	-
21	物探报告	-	√	√	-	-
22	岩土试验报告	-	√	√	+	√
23	水质分析报告	+	+	+	+	+
24	专门性工程地质问题研究报告	-	+	+	+	√
注：“√”表示必须提交的图件；“+”表示视具体需要提交的图件；“-”表示不需要提交的图件。						

## 标准用词说明

执行本标准时，标准用词应遵守下表规定。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

中小型水利水电工程地质勘察规范

SL 55—2005

条 文 说 明

# 目 次

1	总则	79
2	基本规定	83
3	规划阶段工程地质勘察	87
3.1	任务	87
3.2	区域地质勘察	87
3.3	水库区勘察	89
3.4	坝(闸)址区勘察	89
3.5	引水、排水线路勘察	90
4	可行性研究阶段工程地质勘察	92
4.1	任务	92
4.2	区域及水库区地质勘察	92
4.3	坝(闸)址区勘察	95
4.4	厂房、溢洪道及其他地面建筑物区勘察	97
4.5	地下洞室区勘察	97
4.6	引水、排水线路勘察	98
5	初步设计阶段工程地质勘察	100
5.1	任务	100
5.2	水库区勘察	100
5.3	坝(闸)址区勘察	104
5.4	厂房、溢洪道及其他地面建筑物区勘察	107
5.5	地下洞室区勘察	108
5.6	引水、排水线路勘察	109
6	技施设计阶段工程地质勘察	111
6.1	任务	111
6.2	专门性工程地质勘察	111
6.3	施工地质	113

7 病险水库除险加固工程勘察 .....	115
7.1 一般规定 .....	115
7.2 安全鉴定勘察 .....	116
7.3 除险加固设计勘察 .....	117
8 天然建筑材料勘察 .....	118
8.1 一般规定 .....	118
8.2 勘察方法 .....	119
9 勘察成果 .....	121
9.1 一般规定 .....	121
9.2 工程地质勘察报告 .....	123
附录 A 围岩工程地质分类 .....	124
附录 B 边坡工程地质分类 .....	126
附录 C 软弱夹层工程地质分类 .....	129
附录 D 岩土渗透性分级 .....	130
附录 E 水库病险类型划分 .....	131

# 1 总 则

**1.0.1** 1994年3月1日起实施的《中小型水利水电工程地质勘察规范》(SL 55—93)(以下简称原规范),对我国中小型水利水电工程地质勘察起到了重要的作用。随着我国水利水电建设事业的加速发展和改革的不断深入,相关法规相继出台,在使用原规范的同时,发现一些不相适应的或需要补充的内容。为适应新的形势要求,进一步统一中小型水利水电工程地质勘察工作,明确各勘察阶段的勘察任务、内容和方法,保证勘察成果质量,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用范围中所指中小型工程是指按《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)所确定的Ⅲ~Ⅴ等工程,见表1~表4。

表1 水利水电工程分等指标

工程等级	工程规模	水 库 总库容 ( $10^8\text{m}^3$ )	防 洪		治 涝	灌 溉	供 水	发 电
			保护城镇 及工矿 企业的 重要性	保护 农田 ( $10^4$ 亩)	治涝 面积 ( $10^4$ 亩)	灌溉 面积 ( $10^4$ 亩)	供水 对象 重要性	装机 容量 ( $10^4\text{kW}$ )
I	大(1)型	$\geq 10$	特别 重要	$\geq 500$	$\geq 200$	$\geq 150$	特别 重要	$\geq 120$
II	大(2)型	10~1.0	重要	100~500	60~200	50~150	重要	30~120
III	中型	1.0~0.10	中等	30~100	15~60	5~50	中等	5~30
IV	小(1)型	0.10~0.01	一般	5~30	3~15	0.5~5	一般	1~5
V	小(2)型	0.01~0.001		<5	<3	<0.5		<1

注1: 水库总库容指水库最高水位以下的静库容。  
注2: 治涝面积和灌溉面积均指设计面积。

表 2 拦河水闸工程分等指标

工程等别	工程规模	过闸流量 (m <sup>3</sup> /s)
I	大(1)型	≥5000
II	大(2)型	1000~5000
III	中型	100~1000
IV	小(1)型	20~100
V	小(2)型	<20

表 3 灌溉、排水泵站分等指标

工程等别	工程规模	分等指标	
		装机流量 (m <sup>3</sup> /s)	装机功率 (10 <sup>4</sup> kW)
I	大(1)型	≥200	≥3
II	大(2)型	50~200	1~3
III	中型	10~50	0.1~1
IV	小(1)型	2~10	0.01~0.1
V	小(2)型	<2	<0.01

注 1: 装机流量、装机功率系指包括备用机组在内的单站指标。  
 注 2: 当泵站按分等指标分属两个不同等别时, 其等别按其中高的等别确定。  
 注 3: 由多级或多座泵站联合组成的泵站系统工程的等别, 可按其系统的指标确定。

表 4 永久性水工建筑物级别

工程等别	主要建筑物	次要建筑物
I	1	3
II	2	3
III	3	4
IV	4	5
V	5	5

中型水利水电枢纽工程如果地质条件复杂, 且坝高超过 70m 时, 为慎重起见, 其工程地质勘察宜按国家标准《水利水电工程

地质勘察规范》(GB 50287—1999) 执行。

**1.0.3** 原规范将中型工程地质勘察划分为规划、可行性研究、初步设计三个勘察阶段和施工地质工作；小型工程地质勘察分为规划和设计两个勘察阶段和施工地质工作。由于中小型工程存在小库高坝、大库低坝或小库低坝，但其他建筑物等级较高等特点，根据近几年各地实际操作情况，本次修订仍采用前水利电力部《大中型水利水电前期工作程序的暂行规定》(〔85〕水电水建字第 33 号文) 中的划分意见，将中小型工程地质勘察阶段划分为规划、可行性研究、初步设计和技施设计四个阶段，并将原规范中的施工地质工作归并到技施设计阶段，旨在强调通过技施设计进一步提高勘察精度，为优化设计提供更为准确的地质资料。

对于工程地质条件简单的小型工程，有些不存在河流规划或坝址选择问题，例如，在小溪流上只有惟一可能建坝的位置，开发目标也简单明确，因此勘察阶段可适当合并，勘察工作量也可适当减少，但事先要报经主管部门批准。

所谓“条件简单”，有两个含义：从地质上说，地质条件简单、明确，经查勘后确信基岩完整、坚硬，地质构造简单，凭经验判断，完全可以满足抗渗、抗压、抗滑、抗震等的稳定要求，又无可资比较选择的余地；从规划设计上说，建筑物简单，对地基条件的要求不高，如坝高较低（15m 以下）的土石坝等。

另外，1998 年 1 月 7 日水利部水建〔1998〕16 号通知发布的《水利工程建设程序管理暂行规定》中规定，水利工程建设程序一般分为项目建议书、可行性研究报告、初步设计、施工准备（含招标设计）、建设实施、生产准备、竣工验收、后评价等。本次修订，虽未将项目建议书和招标设计的地质勘察工作深度作为单独条款提出，但在编制工程项目建议书文件时，其地质工作深度可参照可行性研究的勘察工作深度执行；招标设计则可在初步设计勘察工作深度的基础上进行，必要时可进行补充勘察。

**1.0.4** 本条为新增条文，列出了本标准的主要引用标准，以便本标准的使用者更加理解本标准与相关标准的协调关系。

**1.0.5** 除第 1.0.4 条所列引用标准外，与本标准有关的其他国家标准和行业标准有：

- 《冻土工程地质勘察规范》(GB 50324—2001)
- 《地形图航空摄影规范》(GB/T 15661—1995)
- 《堤防工程地质勘察规程》(SL/T 188—96)
- 《水利水电工程物探规程》(DL 5010—1992)
- 《水利水电工程钻探规程》(SL 291—2003)
- 《水利水电工程钻孔压水试验规程》(SL 31—2003)
- 《水利水电工程坑探规程》(SL 166—96)
- 《水利水电工程测量规范(规划设计阶段)》(SL 197—97)
- 《水利水电工程地质测绘规程》(SL 299—2004)
- 《水利水电工程地质勘察资料内业整理规程》(SDJ 19—78)
- 《水库大坝安全评价导则》(SL 258—2000)

## 2 基本规定

**2.0.1** 本条是根据我国几十年中小型水利水电工程地质勘察工作的正、反两方面经验总结提出的一些工作原则。中小型水利水电工程地质勘察工作基本上都由各省、市，甚至县的勘察单位进行，勘察经费、勘察手段设备和技术力量都不及大型工程勘察单位。在资金、设备有限的情况下，又必须查明工程的基本地质条件和主要工程地质问题。通过几代人的努力，几十年来，我国中小型工程的地质勘察走出了自己的勘察路子，积累了丰富的经验，绝大多数工程建成运行。当然也吸取了很多教训，一些工程因勘察工作不完善而使工程失误。正是在此基础上，提出了今后勘察工作应当贯彻的基本原则。例如强调“重视施工地质工作”，是根据几十年的成功经验而提出的。限于经费，中小型工程投入的勘探工作量较少，勘察时只能抓住主要的和关键性的地质问题，而一般地质问题和不良地质现象，如小断层破碎带的处理等，都是在施工开挖揭露以后才现场研究决定怎样处理。这样自然要求加强施工期的地质工作，并强调地质勘察和设计、施工的密切配合。一方面要充分了解规划设计意图，以便于勘察工作得以按设计要求有针对性布置；另一方面也能配合参与基础、边坡和洞室工程的设计，根据地质情况，及时提出地质方面的建议。这是一条好经验。地质只管勘察，和设计、施工脱节，不参与施工，分工过细的做法是错误的。

关于勘察方法，中小型工程强调以地质测绘为主，因地制宜地尽可能采用轻型勘探手段，也是根据我国中小型工程勘探队伍的现状和经验提出的。关于勘探工作，本标准按照勘探手段设备的笨重程度和花费大小，分为轻型勘探和重型勘探。轻型勘探手段如物探、坑（槽）探、轻便土钻等，投资不多，特别是物探应大力提倡。重型勘探手段如机械岩心钻探，大型井探、硐探，甚

至过河探硐，因设备笨重，投资大，应尽量少用。试验工作也是以尽可能采用一些现场简易试验的方法为好。

此外，应特别提出的是，几十年来，我国各地已积累十分丰富的地形、地质、遥感、地震等资料，全国 1:200000 地质区测工作已经完成，很多省区都已有 1:10000 航测地形图，部分省已经完成 1:50000 地质图，已建的数以万计的水库工程，采用的地质参数也极为丰富，这些资料是极为珍贵的国家财富。另外，地质人员的经验也越来越丰富，已远非中华人民共和国成立初期一切白手起家的情况。鉴于现实条件，今后勘探工作应特别强调充分收集和利用已有地形、地质等有关资料，强调重视采用工程地质类比和经验分析的方法，获取和提供岩土物理力学性质等方面参数。

总之，勘察工作要贯彻的工作原则是根据我国中小型水利水电工程地质勘察的正、反两方面经验和我国现实条件提出的。本标准修订内容也尽可能贯彻了这些原则精神。

**2.0.2** 为避免勘察工作的盲目性或勘察与设计脱节现象，本条规定勘察工作应按设计提出的勘察任务书或勘察合同进行，这是工程地质勘察工作的依据。实践经验证明，明确工程规划设计意图，是组织实施经济有效的工程地质勘察的前提。所以，设计部门提出勘察任务书时，应明确勘察设计阶段、规划设计意图、工程规模、天然建筑材料实际需要量、有关技术指标等，以便勘察单位结合工程实际需要编制工程地质勘察工作大纲，从而达到预期的勘察目的。

**2.0.3** 本条主要强调勘察单位在编制勘察大纲之前一定要进行现场踏勘，实际了解工程地区的地形、地质、交通等场地情况和工作条件，以便能作出符合实际的勘察计划。

**2.0.4** 本条为新增条款。工程地质勘察大纲是勘察过程控制的重要内容之一，也是确保勘察工作的有效实施、确保勘察成果满足有关技术法规和设计要求的、提高勘察水平的技术指导。所以，本条列出了一个较完整的提纲及相关内容。

在编制勘察工作大纲时，应注意结合勘察单位的实际和勘察工作内容，计划合理的勘察工作时间。

**2.0.5** 本条为新增条款，是根据几十年水利水电工程建设经验提出的要求。水利水电工程勘察全过程中，就是要重点抓住选择一个好坝（闸）址、修建一个不漏水的水库。如果轻率定下坝（闸）址即开工兴建，或水库渗漏严重，常给工程造成很大的被动和浪费，而且影响工程效益的发挥，甚至造成空库。

**2.0.6** 小型水利水电工程在我国已建水利水电工程中占绝大多数。今后，水利水电工程仍将以小型为多。据以往经验，小型工程的勘察，一般由市、县级勘察单位进行，仅少数重要的小（1）型工程由省级勘察单位进行。限于勘察单位的技术、设备和资金条件，且鉴于小型工程的规模较小，事实上也不可能按对中型工程的要求进行勘探。因此，本条强调，小型水库的勘察方法以资料收集分析和地表调查为主，必要时才做些局部测绘和勘探。资料收集时，区域地质测绘资料十分重要，其他与水库区有关的、前人做过的地质成果也尽可能收集利用。至于地质调查，主要是指线路地质踏勘，核实、修正、补充收集来的与水库有关的区域地质成果。通过调查认为，必要时可在局部地段，如估计可能出现渗漏、库岸失稳的库段，做小范围地质测绘；但对重要的或地质条件复杂的水库则要求做地质测绘，甚至做少量勘探。所谓重要的或地质条件复杂的水库，包括：要求严格防渗的小型抽水蓄能水库；估计因水库可能产生漏水而影响库外安全者；因蓄水库岸边坡可能较大范围失稳影响库边居民区安全者；库边分布有可溶岩而邻谷水位又低，必须查明分水岭地下水位以论证喀斯特漏水的可能性者；利用溶注成库，为查明溶注通向库外的通道者等。至于勘探工作，则尽可能采用物探、坑（槽）探、土钻等轻型勘探手段，少采用重型勘探手段，但岩心钻有时是避免不了的。

对于主要建筑物区的勘察工作深度，仍强调根据地质条件的复杂程度区别对待。地质条件简单的场地，可以地表地质调查为

主，沿建筑物做些剖面地质测绘和必要的物探、坑（槽）探；地质条件较为复杂的场地，则应进行必要的勘探。

**2.0.7 中小型工程（特别是小型工程）地质勘察**，限于资金、人力和其他条件，不可能在勘察阶段投入较多的勘探工作，岩土物理力学试验也不可能做到统计所必须的数量，但又必须提供岩土的物理力学参数。在这种情况下，就不得不依靠地质人员的经验和专家判断，这是中小型工程地质勘察的特色之一。实际上，自然地质条件虽然千差万别，但也有某些相似之处，或符合同一的规律之处。例如，对于同一地质年代的同一地层岩性，其工程地质条件和岩石的物理力学性质可能是相似的。利用这种相似性，可将某一工程已有的勘察试验成果和经验运用于类似地质条件的新的工程上去，以节约对新工程的勘察工作量。因此，在掌握大量相似资料 and 实际经验的基础上，中小型工程（特别是小型工程）岩基的物理力学性质参数如抗压强度、弹性模量、摩擦系数等，可采用工程地质类比方法提供。当然，如果存在不良工程地质岩体或地质条件复杂，必要时应进行室内或现场测试。至于土体，由于其组成成分和组织结构不同，工程地质性质差别很大。所以本次修订，强调土的物理力学参数应在试验成果的基础上，结合工程地质类比法提供。

## 3 规划阶段工程地质勘察

### 3.1 任 务

3.1.1、3.1.2 中小型工程的规划包含两种类型，一种是河流或河段的规划；另一种是地区性规划，即可以是一条河上，也可以是跨流域的，在一个区域内的工程的规划。在这一阶段中，工程地质勘察的任务和目的是了解规划河流（段）或地区的区域地质情况及各规划方案的基本地质条件，以便为河流（段）的开发或梯级开发方案的确定提供地质依据，包括对近期开发工程的推荐。

由于中小型工程河流较短，有的仅为一级开发，特别是一些小型工程，通过规划阶段工程地质勘察，已为直接选定的坝址提供地质资料，设计阶段不再进行选坝勘察。也有小型工程不进行正规的规划阶段勘察，直接在小河流上选定坝址进行设计阶段勘察。实际上，为选定坝址的合适位置而进行的勘察，仍属于规划阶段工程地质勘察，只是不单独进行而已，这一阶段工作不能省略，只是工作的深浅，根据地形、地质条件差别较大。

除河流（段）外，根据国家有关方针，本次修订增加了对规划方案中的其他水利工程地质条件的了解。

### 3.2 区域地质勘察

3.2.1 本条规定的区域地质勘察内容都是一些影响规划方案能否成立的基本地质内容，包括地形地貌、地层岩性、构造、水文地质、物理地质现象、天然建筑材料等，期望先从宏观上掌握区域地质资料，明确基本地质条件和主要工程地质问题。

本条中各款免去了常识性内容，只列出一些应勘察的主要和重点内容。为便于实用和掌握并突出某些重点，在每一款勘察内容中列出要强调的内容（勘察的全部内容当然不止这些）的前面

冠以“特别是”三字。这些都是根据中小型工程规划的多年经验，认为对规划方案的选定影响较大的内容，可结合各地区的实际情况加以考虑。以后各章节有关勘察内容部分，也采取了类似做法。

本标准所指不良工程地质岩（土）体系指包括软土、膨胀土、湿陷性黄土、冻土、草甸土、分散性土、冻土、架空碎石土等的总称。

**3.2.2** 本阶段的勘察方法主要是资料的收集与分析。目前，全国几乎全有1:50000地形图，不少地区还有航测的1:10000地形图，大部分地区已完成了1:200000区域地质和水文地质测图，少数地区已完成1:50000区域地质测图。有的地区完成了区域工程地质编图、环境地质编图和灾害地质编图。此外，国土资源部门和其他一些部门还有不少航片（卫）片解译资料、矿产资料及为本部门服务的局部地区地质资料，交通、建筑等部门也积累了很多丰富的局部地区的工程地质资料，大多数省、自治区、直辖市已出版了地质志，国家地震部门还有很多地震资料，许多可资参考的有关某地区地质情况的论文、专著、报告等。另外，各省、自治区、直辖市已有甲级（或乙级）水利水电勘测设计院，部分市县也有相当勘察力量，他们不仅熟知所在地区的基本地质情况，而且还积累有丰富的勘察和建设经验。因此，完全有条件利用这些资料，没有必要再从区域地质测绘做起。只是为了使已有的资料切合实用，有必要再做一些现场踏勘，对编拟的图件做些补充修正。而对一些重大工程地质问题的地段，例如影响水库蓄水的可能严重漏水段或影响梯级方案成立的严重不良坝址，只进行踏勘可能不够，必要时需做一些调查。

考虑到本阶段使用的基本图件是1:200000地质图，以及区测时使用的1:50000工作底图，因此，本阶段的成图精度也只能是1:200000或利用1:50000工作底图编绘的1:100000地质图。本条提及的比例尺是指实际提交的成图精度。至于成图后图幅的比例尺，可结合地区范围大小和便于阅读选定。如果地区

范围很小，图幅面积过小，不便阅读时，可将图件放大，但一般不宜大于1:50000，而其精度仍然不变。

本标准后面提及的比例尺都是指成图精度比例尺，不是成图后图幅的比例尺。

### 3.3 水库区勘察

**3.3.1** 本阶段水库区的勘察内容，无论大型或是中小型工程均基本相同，都是对水库的渗漏、库岸稳定、固体径流来源、浸没、淹没等问题进行了解，阐明其严重程度，以便选择最合适的梯级开发方案。对利用堤防作库岸的平原型水库，由于都修建在土基上，因此，主要考虑建库后堤防本身和堤基的渗透稳定性。

原规范规定本阶段搜集库区矿产资源的分布情况，为统一用词，本次修订将“搜集”改为“了解”。

**3.3.2** 本阶段库区勘察的主要方法是尽可能收集利用已有的区域地质资料，结合进行现场路线踏勘。对地质条件简单的水库，不要求单独进行水库地质测绘，水库地质图可与区域地质图相结合。地质条件复杂如可能存在渗漏、大型滑坡体和崩塌体、浸没等工程地质问题时，要求单独进行地质测绘。为查明这些工程地质问题的严重程度，必要时可根据需要布置少量的勘探工作。

对利用堤防作库岸的平原型水库，则强调要到最了解堤防、堤基稳定和渗漏情况的当地堤防管理部门和老乡中去调查访问。

### 3.4 坝（闸）址区勘察

**3.4.1** 河流（段）规划或地区规划阶段应确定河流（段）或地区水利开发的中小型工程梯级枢纽位置，即坝（闸）址的位置。规划阶段的勘察内容，主要是了解有无影响该坝（闸）址成立的关键地质问题，如坝基强度、抗渗条件、边坡稳定条件、天然建筑材料等方面的内容。在北方平原水库修建围堤调蓄水库，围堤为挡水建筑物，应将围堤枢纽地段视作土基一样进行勘察。规划阶段代表本梯级的坝（闸）址位置，并不一定是以后选定的坝

(闸)址位置,它代表本梯级的典型地质条件。

**3.4.2** 规划阶段各梯级枢纽的勘察方法,深度差异较大。对近期可能开发的工程,影响规划方案的骨干工程,或地质条件复杂的工程,工作要做细一些,都应当测绘坝址地质图和剖面图。对于地质条件比较简单的坝址,也可只测绘代表性地质剖面图。

关于勘探工作,强调尽量采用物探,特别是在探测覆盖层厚度、风化深度、喀斯特发育和重大地质构造等方面。经验证明,物探有很大优越性,虽然精度稍差一些,但可以满足规划阶段的要求。除物探外,本阶段还可布置一些坑(槽)探和土钻。对近期开发工程,则应布置必要的钻孔,钻孔的数量可根据具体的地质条件确定。

本阶段一般不进行岩石的物理力学试验,可用工程地质类比法提供岩石物理力学参数,土的物理力学试验也很少进行。对一些重点勘探的软土层,可结合土钻进行触探、十字板剪力试验或取少量土样做室内物理力学试验。

### 3.5 引水、排水线路勘察

**3.5.1、3.5.2** 本标准所指引水、排水线路系指工农业城乡供水或排水工程和引水发电工程中的引水或排水渠道、隧洞等。主要建筑物指上述工程附属的渡槽、倒虹吸管、水闸、泵站、引水隧洞、压力前池、压力明管等。鉴于中小型工程的上述建筑物规模有的很小,无需进行专门勘察,因此规定,勘察的对象是引水、排水线路总干渠和干渠,一般主要指长度在2km以上,引水、排水流量大于 $1\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道和渠系建筑物。规划阶段对引水、排水线路勘察的主要目的是确定线路的大致走向,了解规划方案成立可能存在哪些主要地质问题。因此,勘察的重点是了解线路区的上、石分区分段,重大的物理地质现象,强透水区段和重要附属建筑物区的基本地质条件和主要工程地质问题;以收集、分析已有资料结合路线地质踏勘为主要手段,一般可不布置勘探工

作，也不测绘地质平面图。但对重要建筑物和地质条件复杂的地段，要求进行剖面地质测绘。少数过沟、过岗、浅埋线路或深挖方、高填方、高架渡槽段，如确有必要，可采用物探、坑（槽）探或土钻勘测覆盖层厚度。

## 4 可行性研究阶段工程地质勘察

### 4.1 任 务

**4.1.1、4.1.2** 本节对可行性研究阶段工程地质勘察的主要任务作了规定。鉴于小型工程和绝大多数中型工程的非主体建筑物规模较小、等级低，因此，本阶段工程地质勘察研究的重点对象是水库、坝（闸）址、地下建筑物和引水、排水线路等影响方案能否成立的主要建筑物区，对其他建筑物没有要求面面俱到，当然也不排除在必要时对这些建筑物应进行勘察。

另外，以往地质勘察工作中，对移民新址选择重视不够，甚至这方面的勘察工作根本没有开展，曾发生不少重大事故，特别是滑坡事故，影响较大。因此，本次修订，将库区移民新址选择地质勘察作为主要任务提出，旨在引起重视。

### 4.2 区域及水库区地质勘察

**4.2.1** 针对大部分中小型工程，特别是小型工程对区域地质研究内容不多，区域地质背景多引用区域地质测绘资料或结合水库地质阐述的实际情况，本条将区域和水库区地质勘察合并编写。在勘察内容要求上，强调在全面了解基本地质情况的基础上，重点调查和分析研究的主要问题。

**1** 提出了一般中小型水利水电工程开展区域地质研究的重点内容。

**2~4** 列出的水库区工程地质勘察内容都是水库常见的工程地质问题。在这些工程地质问题中，水库渗漏问题作为成库前提条件，在很大程度上影响工程可行性方案的能否成立。因此，在勘察深度上要求初步查明。对库岸稳定和浸没问题，本阶段要求进行调查，重点是其分布范围和规模，分析对建筑物的影响。

**5** 对水库诱发地震和其他环境地质问题的评价，本标准没

有作具体规定。但要求在进行工程地质勘察的同时，对和地质密切相关、影响建库可能性的一些主要问题，如矿产淹（浸）没、水库诱发地震的可能性、因大坝拦水断流引起下游水文地质条件改变等，从地质上进行论证。本次修订增加了名胜古迹、自然保护区和水库塌陷等内容。这些分析论证，作为工程勘察部门的意见，既可供环评部门评价时参考，也可供业主和设计单位考虑。

#### 4.2.2

1 强调中小型水利水电工程所处的大地构造部位和区域主要构造，一般都可以通过收集、分析已有的区域地质资料、航（卫）片解译资料等予以确定。但对和建筑物关系密切的主要构造线，必要时应进行调查复核，进一步落实这些构造线的位置、产状、性质和规模，尤其是对活动性断层，评价其对场区和建筑物的影响。

2 在一般情况下，工程区地震动参数应按《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2001）确定。但提出“地震动峰值加速度在  $0.1g$  及以下的地区，地震地质条件特别复杂、所处位置十分重要”的中型工程，可委托地震部门进行地震动参数复核。这里“所处位置十分重要的中型工程”系指大坝下游附近有铁路干线、重要城镇、工矿企业，一旦失事将造成巨大损失的中型工程。

3 库区地质测绘比例尺原规范规定为  $1:100000 \sim 1:25000$ 。根据国家现有地形图和各单位近几年实际采用的比例尺情况，本次修订改为  $1:50000 \sim 1:10000$ 。

4 规定了对影响建库和方案成立的主要工程地质问题的勘探工作布置原则和方法：

1) 对可能发生严重渗漏地段（包括非喀斯特区的强透水岩层渗漏、断层和破碎岩体渗漏、喀斯特渗漏、第四系强透水层渗漏和平原水库围堤堤基渗漏等），勘探剖面一般情况下以垂直和平行渗漏方向布置，并尽可能结合防渗方案为好，数量可视渗漏段长度和具体地质

条件确定。根据经验，采用物探和钻探相结合的方法查明渗漏地段的基本地质条件，效果较好。至于具体的物探方法，可根据实际情况选择。每一剖面控制性钻孔不少于3个，是根据一个完整的地质剖面一般应具备在分水岭低洼处及其两侧部分至少各应有一个钻孔的最低数量而拟定的，只有这样才能满足分析论证防渗地段宽度范围、深度的起码要求。

钻孔深度根据一般中小型工程特点拟定了3个标准，即在有相对隔水层的地方，以相对隔水层作为控制标准；无相对隔水层的地方，以强喀斯特发育下限为控制标准，此处强喀斯特发育下限是一个相对标准，应根据当地喀斯特发育相对强弱程度划分；而对于具有多个喀斯特含水层、排泄和悬托水动力类型等特殊地质情况的地方，则应根据实际情况确定。

关于钻孔和其他水文点一起进行不少于一个水文年或一个丰、枯季节的地下水位观测，两种长期观测时限的存在，主要是考虑在中小型工程勘察中，勘探工程较少，而由于种种原因，真正能同步长期观测一个水文年以上的钻孔是不多的，许多工程实际应用仍然是区段观测资料，基本上可满足中小型工程评价的要求。因此，本标准将观测时间规定为除通常规定的一个水文年外，还规定丰、枯季节两种标准同时存在，既照顾了常规规定和某些要求较高的工程，又考虑了大部分中小型工程的现状。

- 2)、3) 对库岸稳定和浸没问题，本次修订亦要求布置勘探剖面，并明确了勘探点布置的基本原则。
- 4) 原规范对库区勘察没有规定岩土测试工作内容，由于库岸稳定和浸没都有可能影响建库的可能性，为对这些重大问题作出预测和初步评价，必要的岩土测试仍需进行。因此，本次修订列出了岩土测试的相关要求。

鉴于本阶段试验数量不可能很多，结合中小型工程几十年的勘探经验，提出在必要的试验成果的基础上，选用岩土物理力学参数。

**4.2.3 移民迁建新址勘察**是水利水电工程勘察中一项十分重要的工作，近年来各单位在从事这方面的勘察工作时，没有规范可循，勘察内容和精度难以掌握。故本次修订特增加这方面的内容。新址勘察的中心任务是确保所选新址有一个安全的地质环境，在天然条件下和水库运行后，都不会发生危及村镇安全的重大地质灾害。基于此，本条列举了新址勘察的主要内容，以及为评价场地稳定性和生活用水应取得的地质资料。

**4.2.4** 本条列举的勘察方法，仍为收集、分析已有的资料，结合水库地质调查进行。但对人口集中的重要集镇，则要求单独进行地质测绘。本阶段一般不布置专门勘探工作，因生活用水水源涉及到场址的选择，故提出应取样进行水质分析。

### 4.3 坝（闸）址区勘察

**4.3.1 可行性研究阶段坝（闸）址区勘察**的主要任务是选定坝（闸）址，因此，对影响工程可行性、方案选择、总体布置及控制较大工程量的主要工程地质问题，要求初步查明。

由于不同的地基类型，坝址工程地质勘察研究的重点、要求、方法和手段不同。因此，本标准参照《岩土工程勘察规范》（GB 50021—2001），将地基类型划分为岩基和土基两大类。其中，岩基又根据其强度和工程地质特征进一步分为一般岩基、可溶岩基和软质岩基。

本标准中的一般岩基系指非可溶性岩层中坚硬、半坚硬（饱和单轴抗压强度大于30MPa）的岩浆岩、沉积岩和变质岩类，也包括夹有软弱夹层的坚硬、半坚硬岩类所组成的地基。

可溶岩坝基包括通常所指碳酸盐类岩石坝基和某些溶蚀洞隙较发育、具有类似喀斯特特征并含有可溶性胶结物的，或含有碳酸盐岩砾石成分的三迭系以后的陆相红色碎屑岩（统称“红层”）

及其他膏盐类岩石坝基。

软质岩系指饱和单轴抗压强度小于 30MPa 的各类岩石，主要包括第三系、中生代红色岩层中的泥岩、泥质粉砂岩等，以及一些较古老的岩性软弱易于崩解的页岩、千枚岩类岩层。

本次修订对原规范进行了一定的调整，即按上述不同地基类型分别列举其勘察内容，以便与原规范初步设计阶段统一。在勘察内容方面也作了一些补充规定，并特别强调了对坝（闸）址工程地质条件的综合评价。总之，本条各款所列的勘察内容都是可行性研究阶段坝（闸）址勘察必回答的问题。

**4.3.2** 在可行性研究阶段，坝（闸）址勘察一般应采用多种手段综合勘察、互相验证的方法进行。

**1** 将原规范的测绘比例尺由 1:5000~1:2000 修订为 1:5000~1:1000，是根据近几年各单位实际操作情况确定的。工作中可按以下基本原则选用，即丘陵和平原区为 1:5000~1:2000，峡谷区为 1:2000~1:1000。

**2** 指出了物探在坝址勘察中所起作用的领域。不少工程取得的成功经验证明，通过布置地面物探探测网络，可以初步确定坝（闸）址喀斯特洞穴、风化深槽等的大致分布情况。同时，强调钻探和物探的配合使用，以提高勘测成果的精度。

**3** 规定各坝址至少应布置一条代表性勘探剖面，勘探钻孔的深度要求可按坝高不同而不同。规定孔深按坝高的倍数应理解为：坝越低，孔深按坝高的倍数应大一些；坝越高，孔深按坝高的倍数可小一些。坝高都是从拟定建基面起算。

中小型工程的勘探点间距，主要与地质条件复杂程度及工程规模有关，各地执行时的差别较大。本次修订，对原规范峡谷区不宜大于 50m，丘陵平原区不宜大于 100m，调整为 50~150m，据对可行性研究阶段一些地质条件较复杂坝（闸）址区勘探剖面图实际检查结果看，上述勘探点间距已基本能将坝（闸）址地质现象反映清楚，可以满足本阶段勘察精度的要求。另外，还规定对地质条件比较复杂的坝址区，且坝型为拱坝，必要时宜有探洞

控制。

4 有关钻孔压水试验、抽水试验或注水试验的规定。基岩钻孔原则上应进行压水试验，在可溶岩地区若遇喀斯特洞穴还应结合压水试验进行连通试验。土基中的主要透（含）水层，条文还要求进行钻孔抽（注）水试验。限于本阶段的钻孔工作量，抽（注）水试验的孔数，各工程可视具体情况综合考虑。

5 指出了坝基岩土物理力学参数选取的一般原则。对基岩而言，强调的是经验类比；土基则强调对主要土层应取样进行室内试验，同时应考虑包括标准贯入、触探、十字板剪切等原位测试。试验组数的确定，一方面是为了满足统计计算的最低要求；另一方面也是沿用习惯作法。

#### 4.4 厂房、溢洪道及其他地面 建筑物区勘察

4.4.1、4.4.2 本节所指其他地面建筑物系指除地面厂房、溢洪道外，所有设置在地面上的其他永久和临时性建筑物，如船闸、筏道、泵站、变电站、开关站、围堰等。条文提出的勘察内容，都是本阶段所应取得的地质资料。勘察研究的重点是地基的性质和边坡的稳定条件。至于勘察方法，因中小型工程建筑物的规模等级一般较小，故多以地质调查和轻型勘探手段为主，一般可以满足工程要求。如果覆盖层较厚和地质条件复杂的地基，如大江大河上强喀斯特区的围堰工程，高陡深切方溢洪道、船闸工程和地面厂房、泵站工程等，则应布置钻探。本阶段岩石地基允许采用工程地质类比法提供物理力学参数，土基则要求结合室内试验和原位测试结果提供物理力学参数。

#### 4.5 地下洞室区勘察

4.5.1、4.5.2 地下洞室包括各引水隧洞、导流洞、泄洪洞、交通洞、地下厂房和调压井等。勘察的目的主要是对地下洞室的位置选择提出地质建议，对地下洞室的进口、出口边坡稳定和洞室

围岩质量、成洞条件、岩体富水导水特点和施工中可能遇到的不良地质问题、环境地质问题作出初步评价。

在勘察方法上，条文首先强调了收集分析已有地形、地质资料，特别是利用航（卫）片和遥感资料来分析研究长隧洞、深埋隧洞区的一些主要地质现象和主要工程地质问题，例如，在选（厂）址定（洞）线分析评价线性构造、构造界面富水、喀斯特富水等地下建筑物区水文地质、工程地质条件中，曾取得了成功经验。

工程地质测绘比例原规范为 1 : 5000 ~ 1 : 2000，根据近几年各单位实际操作情况，本次修订改为 1 : 5000 ~ 1 : 1000。一般而言，地下厂房、调压井和高压隧洞等，测绘比例可选用 1 : 2000 ~ 1 : 1000；其他如长引水隧洞和附属洞室等可选 1 : 5000 ~ 1 : 2000。测绘范围的考虑主要基于二点：一是为阐明地下洞室区地质构造和有关地质问题；二是设计上为建筑物布置方案的需要。

勘探工作的布置，取决于建筑物的类型和地形、地质条件的复杂程度。勘探手段则强调在地质条件复杂的隧洞进口、隧洞出口、过沟浅埋段、地下厂房和高压管道等部位应布置平硐和钻探。因为这些地段上覆岩体厚度较小，而且工程实践证明，这些地段也是最容易出现工程地质问题的地段。

为便于工程地质类比确定地质参数，岩土试验应以室内物理力学性质试验为主，有条件的还应结合钻孔、平硐进行适当的现场测试，如回弹测试、点荷载试验和弹性波波测试等，以便为初步进行围岩分类提供必要的依据。

## 4.6 引水、排水线路勘察

**4.6.1、4.6.2** 可行性研究阶段引水、排水线路勘察，不包括线路上的隧洞。在可行性研究阶段，引水、排水线路工程地质勘察的重点是调查研究渠系渗透条件、沿线边坡稳定、渠系建筑物的地基稳定条件等主要地质问题，为线路方案的比较提供地质依

据。因此，4.6.1条规定的内容，都是对引水、排水线路可能遇到的上述问题作出初步评价所应掌握的地质资料。实践证明，线路选择是一个宏观性、全局性的问题，没有对全局的清晰概念和宏观地质条件的把握，不可能提出合理的地质建议。

关于勘察方法，仍以地质测绘为主，辅以必要的勘探工作。测绘比例尺将原规范的1:25000~1:10000，修改为1:25000~1:5000，并增加了对建筑物场地测绘比例尺的要求。

## 5 初步设计阶段工程地质勘察

### 5.1 任 务

**5.1.1、5.1.2** 中小型水利水电工程初步设计阶段的勘察任务与大型工程基本相同，只是勘察的深度和精度因工程规模、勘察周期、勘察手段和经费的限制，不一定能达到大型工程那样的程度。本阶段的水库区勘察只针对存在的主要的工程地质问题进行，包括局部地段的渗漏问题、库岸稳定问题和水库蓄水后的淹没问题等。坝（闸）址区、引水线路、排水线路及其他建筑物区勘察结果应能满足各建筑物设计的要求，并为最终确定坝型、建筑物轴线的确切位置，确定各建筑物的建基面高程和地基处理方案提供地质资料与建议。对于一般性的地质问题，可在施工期间随地基开挖而解决。至于施工附属建筑物，因属临时性质，要求要低些，除影响建筑物安全稳定的问题要查明外，其他问题可进行调查，以确保工程得以顺利建成即可。在本阶段，库区移民迁建新址应进一步进行勘察，以便选择合适的场地，并确保新址区的整体稳定性。

### 5.2 水 库 区 勘 察

**5.2.1、5.2.2** 水库非喀斯特渗漏地段系指非可溶岩组成的可能发生严重渗漏的地段（并非指不影响水库运行的正常微弱渗漏地段），通常包括单薄分水岭、低矮垭口、平原水库的堤（坝）基和堤岸、通向库外的第四系松散含透水层带、断层破碎带等。这些地段在可行性研究阶段已经初步查明了位置，本阶段应查明其具体的水文地质条件，并对渗漏及其危害作出评价。

水库渗漏地段勘察方法，因为需要查明地下水位和透水层的透水性，所以除地质测绘外，主要依靠勘探工程。水文地质测绘可结合水库地质测绘进行，对可能严重渗漏地段进行专门水文地

质测绘。勘探剖面线要求垂直或平行可能渗漏方向布置，主要为研究确定可能渗漏地段的地下水位和计算渗漏量。泉水可作为了解当地地下水位的重要依据，应测定其位置、高程，调查（访问）泉井水位、流量随季节的变化情况。勘探一般可先采用物探初步查明含水层情况，再合理布置钻孔进行校验。钻孔的数量条文未作规定，可视具体地质条件而定。钻孔深度应达到相对隔水层或河流枯水位以下是为了确定透水层厚度和满足计算要求。为预防差错，还要求超过10~15m，即2~3段压（抽）水试段长。

**5.2.3、5.2.4** 在中小型水利水电工程中，喀斯特渗漏是最常见的水库病害类型之一，其勘察要求和方法均有特殊性。故本阶段将水库喀斯特渗漏地段勘察单独列出，以便于应用。

评价水库喀斯特渗漏主要目的是分析喀斯特渗漏的条件，判定是否漏水、漏水去向、渗流型式、严重程度及防渗处理条件等。因此，条文所列勘察内容就是针对上述目的而提出的。由于中小型水库水头一般不太高，根据不少可溶岩水库成功利用库盆天然铺盖防渗的经验，所以在勘察内容上提出了应查明天然铺盖层的有关情况。

在水库喀斯特渗漏勘察方法中，洞穴地质调查、示踪试验等是切实可行而又有成效的方法，并在工程实践中获得了较好的效果，条文中对此特别予以明确。另外，条文还规定对重要地段的水文地质钻探，要求钻孔应在地质测绘和物探的基础上合理布置，以减少钻孔布置的盲目性。勘探剖面线上的钻孔不少于3个，是因为无论纵、横剖面，至少要有3个钻孔才能反映出喀斯特强弱分带、地下水位坡降和形态起伏等基本特点。对多层含水层要求分层隔离观测水位，主要是为了取得各含水层，特别是可能渗漏层的地下水位。

**5.2.5、5.2.6** 在可行性研究阶段的水库区勘察中，对水库边坡一般情况已经有所了解，并圈定了不稳定边坡或蓄水后可能失稳边坡的范围。本阶段就是针对上述不稳定边坡（特别是近坝库岸边坡）进行专门勘察。这是根据近些年来不少水库运行中由于库

岸水文地质条件改变和人类生产活动而出现不少边坡稳定问题提出来的。条文特别强调对近坝库岸边坡的勘察，也是考虑到一旦近坝库岸边坡失稳，产生涌浪，还可能危及大坝及其他建筑物和人民生命财产的安全。

经几十年的实践与总结，水利水电工程边坡勘察积累了丰富的经验，对各种类型边坡的工程地质特征及其与水利水电工程的关系已有比较成熟的看法，附录 B“边坡工程地质分类”统一了边坡的术语与分类特征，可作为边坡勘察中边坡分类的依据。

边坡勘察首先应查明边坡的地形地貌、地层岩性、构造、结构特征，变形特点、地下水活动特点等等，根据外观资料进行边坡工程地质分类，再查对附录 B 了解边坡的工程地质特征、影响稳定的因素、与水利水电工程的关系及整治的原则，最后对边坡的稳定性进行计算，评价其稳定性及失稳后可能产生的危害。基于此，条文分别规定了岩质边坡、土质边坡、变形边坡（岩质和土质）以及可能坍岸地段应勘察的内容。其中，关于边坡地下水的赋存特点和水流活动情况系指岩、土体中是否有地下水、地下水位和水力坡降、含水层的性质、是否具有承压性质、地下水出露位置、边坡岩土体结构及库水位的相互关系等。在坍岸地段要求调查统计水上、水下天然稳定坡角、浪击带稳定坡角及风速、风向资料，其目的是用工程地质类比法预测蓄水后坍岸宽度。对可能产生急剧滑动的边坡（主要指一些体积较大、滑面较陡的悬挂式滑坡），要求进行涌浪高度计算，以便论证评价其危害性。

不稳定边坡勘察方法除地质测绘外，主要靠物探、硃探和钻探。硃探是边坡勘察中最有效和最直观的方法，可以直接观测滑移体的滑面位置，进行素描和测试。钻探也是查明边坡变形岩土体的有效方法，通过钻进中的压（注）水试验，可以了解孔内水量漏失情况、水位降落速度和稳定水位位置，计算坡体渗透系数、判断滑移面位置。

关于坍岸，只发生在第四系松散土层中，其实际形成条件比

较复杂，迄今为止，仍处于一般分析判断、定性评价阶段，只能通过调查访问用工程地质类比法解决。对勘探工作量未作具体规定。

变形监测是不稳定边坡勘察工作的重要组成部分，并对边坡工程地质评价影响重大。因此，本次修订特增加了这方面的内容。

**5.2.7、5.2.8** 水库岸边的浸没只发生在土质库边的地形平缓区。由于水库蓄水后，引起库边地下水位壅高，土层中毛管水上升，使表土层沼泽化、盐碱化、南方库边稻田出现冷浸导致农作物减产，或使土基软化危及土基建筑物安全。浸没区还包括库区水位翘高后引起的浸没地区。

水库浸没区勘察方法主要是水文地质测绘和调查访问。剖面地质勘探宜采用坑探、钻探并结合浸没区的水文地质长期观测。观测工作应在水库蓄水以前提前进行，以便和蓄水后进行对比，分析评价浸没的影响。由于浸没既涉及地下水位的深度，也与作物的种类有关，因此条文中对浸没标准没有明确。

**5.2.9、5.2.10** 溶洼水库和溶洞水库是南方可溶岩区常见的一种特殊类型的中小型水利水电工程。其特点是：①以喀斯特地表、地下水流作为主要水源；②利用溶蚀洼地（坡立谷）和溶洞作为主要库盆；③依靠堵塞暗河溶洞或落水洞口形成堵体蓄水。这类工程既有一般可溶岩区水利水电工程所遇到的问题，又有因其特定的地貌和地质环境所带来的一些专门地质问题。因此，将其单列予以规定。

水源的可靠性一般不属于工程地质勘察和评价的范畴。但由于溶洼水库和溶洞水库主要是以拦截喀斯特地表、地下水流作为主要水源，此水源汇水面积小，来水量有限，且地表、地下分水岭面积的确定和水源可靠性评价十分重要，是设计人员所不能单独解决的。为此，要求地质上调查研究库盆区地表、地下水的汇水补给范围，各区段地表、地下水流量的变化特点，对水源可靠性作出评价。

详细的地质测绘是进行溶洼或溶洞水库勘察的主要方法。为提高测绘精度，本次修订将原规范的测绘比例尺作了相应扩大。

不少工程的实践证明，对库盆主要消水区及堵头等主要防渗部位进行较详细的物探普查，圈绘出基岩等高线图，对研究洼地的形成条件，分析建库后可能入渗消水位置，决定防渗处理措施有重要意义。因此，在物探方法中对此项作了明确规定。

堵洞试验，能最有效和最直观地显示喀期特通道漏水和防漏的可靠性，但耗资较多，一般由建设部门主持进行，地质方面可提出建议，并指导和参加堵洞时的地质技术和观测工作。

**5.2.11、5.2.12 新增条款。**评价库区移民迁建新址区的整体稳定性和适宜性是现阶段勘察的主要任务，5.2.11条所列6款内容就是为进一步论证所选新址区地质环境的安全性提出的。至于勘察方法，仍以地质测绘为主，勘探剖面线和勘探点的布置取决于新址区的地质条件。

### 5.3 坝（闸）址区勘察

**5.3.1、5.3.2** 一般岩基上可以修建各种类型的坝（闸），包括刚性坝（混凝土、砌石坝类）和柔性坝（土石坝类）等。如果坝（闸）型不同，勘察内容的侧重点自然有所不同。对柔性坝，重点是查明河床及两岸覆盖层、风化层的工程地质条件；对刚性坝，除应查明覆盖风化层外，还应查明基岩的工程地质条件，特别是基岩中所夹软弱岩层、软弱夹层和其他软弱结构面的性状；对于拱坝，则应注意拱肩岩体的勘察。此外，对坝基和坝肩的渗透性和渗透稳定性也应注意勘察。在一般岩基上筑坝，我国已积累了十分丰富的经验，除常规工程地质测绘外，勘察工作中采用硐探查明边坡岩体深部情况较为有效和直观，特别是对刚性坝（拱坝）坝址高陡山坡，多分层开挖探硐，在探硐中还可以进行物探和现场力学试验。至于钻孔，多用于探查河床基岩、两岸风化深度及坝址基岩的渗透特性。一般岩基坝址岩体的物理力学性质参数，多采用工程地质类比法提供，因为我国在这方面已有很

多参考资料，只是对一些控制抗滑稳定的重要软弱夹层及结构面才做一些现场或室内抗剪试验。对于拱坝拱座岩体的变形模量，有时需现场测试。

**5.3.3、5.3.4** 可溶岩坝基包括通常所指碳酸盐类岩石坝基和某些溶蚀洞隙较发育、具有类似喀斯特特征并含有可溶性胶结物的，或含有碳酸盐岩砾石成分的三迭系以后的陆相红色碎屑岩（统称“红层”）及其他膏盐类岩石坝基。可溶岩坝基在我国广西、云南、贵州、湖南、湖北、山西等省区较为普遍。可溶岩岩石强度和一般岩基坝址岩石强度没有大的区别，其主要区别在于可溶岩坝基喀斯特洞穴发育，有时规模甚大，使坝基和坝肩的渗漏和稳定成为最突出的水文地质和工程地质问题，有时甚至造成大坝长期带病运行或水库无法蓄水。据湖南省调查统计，全省修建于可溶岩坝基的大坝 3601 座，其中有 1136 座带病运行。因此，条文规定，首先按一般岩石坝基要求进行勘察，在此基础上再就喀斯特发育问题增加一些勘察内容，重点是喀斯特发育特点和相对隔水层的查证。

可溶岩坝基勘察方法除岩石坝基的常规勘察方法外，应采取一些特殊的勘察方法。例如：水文地质工程地质测绘范围，有时为勘察喀斯特发育通道，两岸测绘范围远较一般岩石坝基为宽，必须把与喀斯特渗漏有关的范围包括在内；河床钻孔深度，不仅应满足查明岩基强度的需要，达到一定深度，而且应满足查明喀斯特发育规律的需要，达到相对隔水层或弱喀斯特化岩层，以考虑坝基防渗处理工程量。此外，还可以根据需要做些连通试验，跟踪开挖一些洞隙以查明喀斯特发育规律特征；取一些洞穴充填物，进行充填物质年代、物理性质、渗透特性等试验，以便考虑能否不加清除，利用或经处理后利用洞穴充填物防渗。条文还规定，必要时应进行帷幕灌浆试验。在正常情况下，中小型水利水电工程在勘察阶段一般不做帷幕灌浆试验。但对可溶岩坝基，有时灌浆工程量甚大，灌浆工艺也有很大差别，灌浆对工程造价、工期都可能有较大影响，为论证帷幕灌浆防渗的可行性和可靠

性，如果必要，应提前在初设阶段进行帷幕灌浆试验，通过灌浆试验确定最优灌浆压力、灌浆工艺、灌浆材料、灌浆孔布置等参数。

**5.3.5、5.3.6** 软质岩基坝（闸）址区勘察内容与一般岩基坝（闸）址区相同。但由于其具有一些特殊的物理和水理性质，对工程的影响较大，主要表现在：因易于软化、泥化，不利于沉降变形稳定；因易于崩解，给施工和长期维护带来困难，有时不得不预留保护层或采取特殊保护措施；因岩质软弱，抗刷能力较低；因易于泥化、蠕变，不利于抗滑稳定，有时岩层倾角虽很平缓，也可能因夹层蠕变产生顺层滑动，不利于边坡稳定。上述情况在我国中小型水利水电工程中屡见不鲜。为此，在勘察内容中特别强调应补充的一些内容。

关于勘察方法，指出在一般岩基坝（闸）址区勘察的基础上，注意研究抗力体及冲刷坑的情况，并补充一些为查明软质岩特性应进行的试验，包括冻融、膨胀试验，防护崩解的方法试验，风化速度的现场观测试验，确定预留保护层的试验等。

**5.3.7、5.3.8** 土基系指由第四系松散岩（土）层组成的地基。如砂砾石层、砂层、各类土层及全风化呈土状的残坡积层等。在土基上，我国已修建了数以万计的当地材料坝和各类水闸，积累了比较丰富的经验。

土基坝（闸）址区勘察内容在 4.3.1 条 4 款中已作出了明确规定，本阶段只是在可行性研究阶段勘察的基础上进一步调查并查明问题，作为设计的依据。例如对基岩浅埋区要查明基岩埋藏深度和基岩面起伏变化情况，以便为防渗清基提供依据。防渗线基岩一般应进行帷幕灌浆，为此要查明基岩的透水性。对一些特殊土层，要求详细查明它们的分布、厚度、组成特征和工程地质特性，以便于设计处理。关于水文地质勘察，除对坝（闸）基透水和相对隔水层进行勘察外，特别提到要注意勘察研究坝前表土层作为防渗天然铺盖的问题。另外，本次修订增加了对饱和无粘性土、少粘性土地基振动液化评价的内容，这是为了与《水工

建筑物抗震设计规范》(SL 203—97)相适应。至于将地震动峰值加速度不小于 $0.1g$ (即地震基本烈度不小于7度)作为起点,也是根据国内、外震害情况资料(水工建筑物出现地震损害一般从7度开始)确定的。当然,国内也有6度地震造成水工建筑物损害的实例。因此,各地在实际工作中可根据具体情况酌情处理。

关于勘察方法,考虑到土地地表出露土层单一,要查明坝基的土层情况,首先应布置坑探、井探或钻探,物探虽可以大致分层,但其成果需经钻探校核,因此,勘察方法中钻探不能缺少。其次,钻孔的深度和间距,虽然条文中作了规定,但可根据实际情况灵活掌握。在水闸的闸墩部位最好有钻孔控制。关于试验工作,除土的室内物理力学试验外,也提出原位测试,对提供土层物理力学性质参数较为方便。

## 5.4 厂房、溢洪道及其他地面建筑物区勘察

5.4.1、5.4.2 这两条在勘察内容上对原规范进行了调整,并新增了地质构造和泥石流的勘察内容。考虑到地面厂房区建筑物的种类不同,要求也不一样,因此,条文对一般性的勘察内容未再细列,主要列出一些影响建筑物的常见工程地质和水文地质问题。对地面厂房,关键是地基岩土层的特性、强度是否能满足要求和边坡稳定条件;对前池,关键是防止漏水问题;对地面压力管道,关键是管道通过地段的边坡稳定状况和墩基地质条件。至于勘察方法,考虑到上述建筑物等级较低,要求不高,故宜以测绘和轻型勘探为主,并根据需要布置钻探或硃探。所需岩土物理力学性质参数可用工程地质类比法提供,但对主要岩土的物理力学性质参数,条文提出取样进行室内试验。当主要持力层为第四纪地层时,还应进行原位测试。试验的数量条文未作明确规定,各工程可视具体要求而定。

5.4.3、5.4.4 无论溢洪道是布置在岩基或土基上,其勘察的主

要工程地质问题是地基的强度和透水特性、溢洪道（包括下游斜坡泄水道）开挖后边坡的稳定性，及下游受冲部位岩土体的抗冲刷性能等，5.4.3条各款对此作出了明确规定。至于勘察方法，本次修订对原规范作了较大的调整。第一，明确了地质测绘的比例尺，测绘范围除溢洪道本身外，尚应包括下游受冲刷部位和两侧设计开挖坡顶线以外一定范围，以便查明对工程有影响的各类结构面的情况；第二，规定在溢流堰、泄槽和消能设施等部位应布置钻探；第三，对影响建筑物稳定的主要岩土和软弱夹层应取样进行试验。

## 5.5 地下洞室区勘察

**5.5.1** 在初步设计阶段，地下洞室区勘察重点是洞室进口、出口的进洞条件和洞室本身的成洞条件。根据中小型工程地下建筑物施工经验，影响进洞和成洞条件的重要因素有：进口、出口岩（土）体完整和风化程度，进口、出口边坡稳定情况；洞室区有无对洞室围岩稳定不利的断层破碎带、破碎岩层和软弱结构面；洞室内是否存在特别软弱、易风化、崩解的岩层，及软土、湿陷性黄土、膨胀土等特殊土层；地下水是否丰富和活动强烈，是否会遇到地下水与地表水流或喀斯特管道水流相连通的强透水带；深埋洞地应力较高，会否产生岩爆；洞室以上岩（土）体的有效厚度是否满足要求等。本条1~7款就是根据这些影响洞室的进口、出口稳定条件和洞身成洞条件分别提出的要求，其中1款是本次修订新增内容。

### 5.5.2

1 地质测绘是根据中小型水利水电工程的实际情况提出的，洞身部分，一般只测绘地质纵剖面，只要能反映隧洞经过地段的地层岩性、地质构造和断层破碎带，能进行洞身围岩工程地质分段即可；对地质条件复杂的洞段、地下厂房区和进口部位、出口部位等，应进行平面地质测绘，测绘比例尺原规范定为1:2000~1:1000，本次修订改为1:2000~1:500，也是根据近几年

各地实际操作情况确定的。1:500大比例尺测绘主要用于地形、地质条件复杂的隧洞进口、出口部位。

2 规定了勘探工作的布置原则，所列内容也只是常用的。根据经验，硃探是进行地下洞室勘察最有效、最直接的手段，特别在进口、出口部位和地下厂房，一般应有探硃控制。探硃尽可能在施工前结合施工排水或施工通风进行布置。为查明深部洞室岩体完整性、透水性和地下水位，也可打少量钻孔。另外，条文中增加了钻孔、平硃进行弹性波测试，主要是为围岩工程地质分类提供更多的依据。

3 新增了深埋大跨度地下洞室现场测试岩体变形模量的要求，这是根据实际需要提出的。

4 强调在工作条件十分恶劣，勘探工作事实上不可能进行的地区，强调充分利用航（卫）片，特别是比例尺较大的航片来分析解译隧洞沿线地质条件，利用航（卫）片来解译穿过洞线的较大断层带和变形边坡，是十分有效的和宝贵的。

## 5.6 引水、排水线路勘察

5.6.1 中小型工程引水、排水线路的渠道断面一般虽不太长，但所通过地段遇到的地质情况可能各种各样。因此，本阶段勘察工作主要在于论证渠道能否成立，渠道开挖通水后可能带来什么问题，及渠系建筑物地基和边坡的稳定条件。条文重点强调要调查渠道岩土体的透水性，通水后强透水岩（土）层的大量漏水可能带来一系列问题，都应引起注意。对于一些穿过溪沟的渠系建筑物（例如渡槽、倒虹吸管等），不仅要研究溪沟覆盖情况，以决定建筑物排架基础的砌置深度，还要考虑溪沟洪水冲刷对建筑物基础的影响。本阶段还要求分段评价渠道全线工程地质条件，主要为了核算渠道土、石方工程量，编制工程概算。

5.6.2 在初步设计阶段，引水、排水线路工程地质测绘是在可行性研究阶段工程地质勘察选定线路的基础上进行补充的，用以查明重点地段的工程地质问题。本次修订增加了测绘范围的规

定，目的在于查明周边不良地质现象对引水、排水线路的影响。原规范对建筑物区、严重变形边坡和喀斯特发育等地段的测绘比例尺规定为1:2000~1:1000，本次修订为1:1000~1:500，一是为提高地质测绘的精度，二是根据各地的实际操作情况确定的。至于勘探手段，条文规定地质条件简单的线路宜以轻型为主，如可以采用坑探、物探或土钻查明覆盖层厚度和基岩风化深度，在一些重要的渠段、结构复杂的建筑物地区和地质条件复杂的线路段，应布置岩心钻探，以提高勘察精度。设计所需岩土物理力学性质参数，可以用工程地质类比法提供。如果遇到特殊土，如膨胀土、软土、湿陷性黄土等，因其物理力学性质差异较大，较难准确提出经验数据，因此，可以取样进行室内试验。如有条件（设备和技术条件）当然也可以作些现场原位测试，如十字板剪切试验、触探之类。

## 6 技设计阶段工程地质勘察

### 6.1 任 务

**6.1.1** 本条是此次修编补充的内容。不少中小型水利水电工程未按基建程序办事，前期地质勘察的深度和精度不够，导致许多应在初步设计阶段解决的问题遗留到了施工期。为了与设计阶段相配套，确保地质勘察精度，以利施工顺利进行，要求对专门性工程地质问题进行勘察。

**6.1.2** 中小型水利水电工程特别强调施工地质工作。原规范把施工地质专门列为一章，本次修订将其作为技设计的一部分，并不是削弱施工地质工作，而只是与目前国家有关规定相一致，与设计阶段同步。

**6.1.3** 对施工过程中出现的各种工程地质问题的处理提出建议是施工地质的任务之一，这里将其单独列为一条，旨在强调地质建议在施工中的重要性。

**6.1.4** 严格来说，工程地质监测也是施工地质的内容之一。本条单独提出，一是强调工程地质监测的重要性，如边坡、危岩、软基、承压水等对工程影响较大的地质现象，都应进行监测；二是强调监测的难度，因设置监测网进行监测需要投入一定的人力物力，往往需要业主、设计、监理多方共同确定。因此，工程地质专业只能提出建议。

### 6.2 专门性工程地质勘察

**6.2.1** 本条强调的是确定专门性工程地质勘察内容的原则。专门性工程地质勘察内容应根据以下4条原则来确定：

(1) 初步设计阶段工程地质勘察报告的建议。在前期勘察中由于经费和技术条件等原因，一般会遗留少量的工程地质问题待继续查清，当遗留的问题对工程影响较大时，应作为专门性问题

在工程开工前予以查明。

(2) 初步设计报告的审查意见。审查意见中，一般会对下一步工作提出要求，勘察单位应根据审查意见提出专门性勘察的内容。

(3) 施工实际情况。施工中往往会出现一些难以预见的问题，例如可能出现边坡失稳、基础岩土强度不能满足要求、严重渗漏或开挖情况与前期勘察资料有较大出入时，以及天然建筑材料的质量、储量出现偏差等，上述问题均应作为专门性问题进行勘察。

(4) 设计要求。工程地质勘察强调的是工程的针对性，以解决工程问题为最终目标。如果脱离了设计要求，就失去了工程地质勘察的基本意义。因此，应根据设计需要，进行专门性工程地质勘察。

本条 1~3 款列举了专门性勘察的主要内容。

这里将天然建筑材料复查列为一款，强调天然建筑材料的重要性。由于前期天然建筑材料勘察深度和精度未达到要求，从而影响工程建设质量和进度的例子屡见不鲜。施工过程中发现天然建筑材料与勘察成果提供的储量、质量有较大出入时，应及时进行复查，并应达到详查的精度。

**6.2.2 专门性勘察的精度主要决定于工程地质问题的性质、前期勘察的深度、设计要求等三个方面，其中设计要求是最主要的。**

专门性勘察的范围一般比较小，比例尺宜大一些，平、剖面图最小比例尺一般不宜小于 1:500，但总体上应满足设计要求，尽量与设计保持一致。

关于勘探工作量的问题，因专门性勘察的情况多种多样，本标准中没有提出具体的标准，可根据具体情况酌情考虑。

对于岩土试验的要求，中小型工程一般不是特别重视。本标准提出专门性勘察的试验工作应根据具体情况确定，当部位特别重要、问题特别严重或室内试验不能达到要求时，应进行现场试

验。条件允许时，室内和现场试验可同时进行，相互验证，使各种地质参数更加符合实际。

## 6.3 施工地质

**6.3.1** 施工地质工作是工程勘察阶段地质工作的继续，是对勘察成果的最终验证，也是水利水电工程建设中必不可少的一项重要工作。一些在勘察阶段未能细查和充分揭露的水文地质和工程地质问题，随着施工开挖，将被充分揭露。对于中小型工程而言，这种情况更为突出。这是因为，大多数中小型工程都是地方筹资兴建，在勘察阶段不可能投入较多的勘探工作，除一些重大的关键性的水文地质和工程地质问题必须在勘察阶段查明外，可能有些一般性的地质问题，随施工开挖的不断揭露，在施工阶段才研究处理。因此，对中小型工程，特别强调施工期的施工地质工作，强调施工期的应变处理。

原规范将施工地质单独成章，将施工地质工作的任务、内容及工作方法列为三节。本次修订将施工地质列为一节，在条文形式上进行了重新编排，并补充了部分内容。本条规定的6项任务，首要的任务就是研究分析所揭露的地质现象，检验和校正前期勘察结论和岩（土）物理力学参数，与设计、施工人员共同研究，提出处理措施建议，这是中小型工程施工地质工作的特点。除上述任务外，还列出了编录、监测、参加与地质有关的工程验收和必要的专项补充地质勘察等任务。

**6.3.2** 本条规定施工地质工作方法、内容以及技术要求宜按《水利水电工程施工地质勘察规程》（SL 313—2004）执行，旨在强调施工地质工作的重要性。但针对中小型工程的特点，对于地质条件较简单的工程，特别是小型工程，有些内容和要求可适当简化。

**6.3.3** 标准是技术工作应遵循的准则，具有普遍的指导意义。但对每一个具体工程而言，工程地质条件和技术要求是千差万别的，施工地质工作大纲是某个工程开展工作的指导性文件，具有

很强的针对性。本条强调在施工地质工作开展之前，应编制施工地质工作大纲，实践证明，这是做好施工地质工作的前提。

**6.3.4~6.3.9** 分别列举了施工地质工作应特别注意的重点工作内容和工作方法。工作重点是对已有成果资料的复核、检验以及对工程地质问题的预测预报。例如，对一些重点工程地质问题的结论、建议、原提供的参数进行检验，必要时作一些修正；施工期可能出现的地质问题的预测、预报等。工作方法的重点是施工地质编录，编录一定要认真细致，不能遗漏地质现象。编录方法可采用文字说明、素描、摄像、录像等，但强调要连续进行。在基坑开挖完成验收以前，应按有关标准的规定进行地质测绘。

**6.3.10** 建立施工地质日志是施工地质必不可少的工作。各单位应建立统一格式的施工日志本和日志编写责任制度，从施工开始至施工结束要连续记录。工作联系单是各有关单位往来的文字依据，也是出现问题时划分责任的主要依据，施工地质人员应认真填写和收集保存。

**6.3.11** 本条强调了解规划设计意图，做好与设计人员配合和施工地质服务工作。施工地质人员如果不了解规划设计意图，工作中往往可能出现偏差。由于与设计人员配合不好，服务工作不到位，引起设计、施工、业主投诉的例子时有发生。因此，施工地质人员应充分了解规划设计意图，熟悉各种建筑物对地质条件的要求，认真做好配合和服务工作。

## 7 病險水库除險加固工程勘察

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 病險水库除險加固工程勘察实际上是对已建工程的再勘察。这些工程有一大批是 20 世纪五六十年代兴建的，由于当时急于求成和财力、物力不足，不少工程未按基建程序办事，设计、施工均存在一些问题，后期管理工作又没有很好跟上，致使病害问题较为突出。近几年，各省开展了大量的除險加固工程勘察，但对其勘察精度，勘探工作的布置和勘察方法一直没有规范可循，为规范除險加固工程勘察工作，在总结各地经验和成果的基础上，本次修订特增加本章。根据水利部《关于发布〈水库大坝安全鉴定办法〉的通知》（水建管〔2003〕271 号）和 SL 258—2000 以及各地实际操作情况，本条规定病險水库除險加固勘察一般划分为安全鉴定勘察和除險加固设计勘察。设计勘察一般一次性完成，当除險加固设计分为初步设计和技施设计时，则勘察阶段应与设计阶段相适应。

**7.1.2** 本条对除險加固工程勘察的任务作了规定。除險加固工程勘察就是要查明病險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；如果抓不住重点，反而造成工作的延误或浪费。

**7.1.3** 除險加固工程勘察是对已建工程的再勘察。由于工程已建成运行，有些病害已长期存在，有时需经加固处理，因此，条文强调应加强收集原有地质勘察、施工处理及运行监测资料，有时还要调查访问早期施工人员，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。

**7.1.4** 除險加固工程特别是病險土石坝加固处理工程，一般需要一定数量的天然建筑材料，因此，在除險加固设计勘察阶段，

应对所需天然建筑材料进行勘察或对原施工用料进行复查。根据除险加固工程勘察的特点，条文提出了天然建筑材料勘察的精度应达到详查的要求。

## 7.2 安全鉴定勘察

**7.2.1** 本条对安全鉴定勘察的对象和范围作了规定。把安全鉴定勘察的对象和范围界定于各建筑物地基及周围边坡、近坝库岸、地下工程围岩、土石坝坝体等，主要是从与工程安全有关的角度出发而提出的。这里特别把土石坝坝体列为勘察对象，是考虑我国病险土石坝的现状，即土石坝坝体病害是病险工程的主要病害。至于混凝土坝或砌石坝坝体，则不在地质勘察之列。

**7.2.2** 本条 1~4 款提出了安全鉴定勘察的主要任务。安全鉴定勘察实际是为工程质量评价、结构安全评价、渗流安全评价和抗震安全评价提供地质资料和依据，以便于工程的安全鉴定分级。

**7.2.3~7.2.6** 这 4 条规定了土石坝、混凝土坝和砌石坝的地质勘察基本内容，这些内容都是在工程实践中总结得出的，也是进行工程的安全鉴定分级所应取得的地质资料。鉴于病险水库土石坝坝体存在的质量问题较为普遍，因此，条文特别强调了对坝体填筑质量，坝体渗漏、开裂、滑坡、沉陷等不良地质现象和隐患的调查。

至于勘察方法，由于工程已建成，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情况，详细了解运行观测资料等，就显得尤为重要。工程地质测绘也是对原坝址工程地质图进行复核，如果没有前期勘察资料，则应进行工程地质测绘。

安全鉴定勘察主要是全面揭露问题，相当于普查。因此，物探宜是主要的勘探方法之一。钻探工作量一般较少，但勘探剖面线和病险部位应有少量钻孔控制。试验方面，土石坝坝体是重点，并且要求分区取样进行室内物理力学性质和渗透试验，试验的组数一般沿用习惯作法，或以满足统计分析和计算的需要

确定。

**7.2.7** 其他建筑物由于种类较多，且各自的问题各不相同，因此，本标准没有一一列出，具体问题具体分析，参照有关条文执行。

### 7.3 除险加固设计勘察

**7.3.1** 本条指出除险加固设计勘察应在安全鉴定勘察的基础上，对有关地质问题进行详细勘察，目的是查明病险详细情况和原因，提出处理措施建议。本条1~3款的任务就是针对这一目的提出的。

由于除险加固设计勘察目的明确，针对性强，因此大部分省、自治区、直辖市的除险加固设计勘察均能做到一次性完成。但部分省、自治区、直辖市要求先提交可行性研究报告，本条未对可行性研究勘察提出明确要求，各地可视具体情况酌情考虑；部分省、自治区、直辖市尚需提交技施设计报告，而技施设计阶段只针对专门性地质问题进行补充勘察，可参照设计阶段勘察有关规定进行。

**7.3.2~7.3.10** 由于病险种类多，原因复杂，因此，对所有病害的勘察内容、方法不可能一一列出，条文重点对工程中常见的病害，如渗漏及渗透稳定问题、不稳定边坡问题、抗滑稳定问题、地基沉陷与坝体变形问题等的勘察内容、勘察方法作了规定。所列勘察内容都是为查明这些问题而提出的主要内容。当然，在实际工作中，勘察内容可能尚不止这些。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，勘探点的间距为多少，则可根据具体情况综合考虑。对于坝体取样试验工作，强调必须分区取样，避免取样数量过少或代表性不强，基岩则强调以经验类比为主。对工程安全有影响的、规模较大的不稳定边坡，仍需进行必要的室内和现场试验。

## 8 天然建筑材料勘察

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 本条规定天然建筑材料勘察应按任务书要求进行，因为在执行天然建筑材料规程时往往有一定的变动，如果没有任务书的明确规定，精度的变动便无所依据。此外，对天然建筑材料勘察的一些特殊要求，也可在任务书中详细列出，例如，对某些工程需要某一些特殊的材料，对某些材料的产地，运输条件等有特殊要求等。

**8.1.2** 天然建筑材料勘察是中小型水利水电工程地质勘察任务之一，在《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》（SL 251—2000）中，对勘察精度等级、各种材料的勘探和取样试验以及资料整理和报告编写等都有明确规定，因此，本条规定天然建筑材料宜按 SL 251 执行。但对中小型工程而言，由于勘察条件的限制，往往不能按规程规定的勘探取样数量布置勘探工作。有些工程所需天然建筑材料数量不多，经经验判断认为质量可用，而储量又很丰富的情况下，勘察阶段也往往简化，未按普查、初查、详查三级循序进行；有些工程所需建筑材料的储量很少，但又必须采用，反而要求较规程规定更为精确地进行勘察等。鉴于我国中小型水利水电工程的实际情况，又不宜完全死板地按规程去做，对某些技术要求应做一些变通，因此，本条特别规定“根据中小型工程的特点和料场的具体条件，对 SL 251 中的某些技术要求可适当简化”。凡本标准补充说明了的，按本标准去做。未说明的，一律仍按 SL 251 的要求去做，例如，各级精度的勘探取样试验方法和资料整理报告编写等。

**8.1.3** 可行性研究阶段的天然建筑材料勘察，直接关系到基本坝型的选择。如果某种材料影响到基本坝型的选择时，应对起控制性作用的料源及主要料场进行详查，保证工程设计的需要。

**8.1.4** 在中小型水利水电工程勘察工作中，有时会发现建筑场地附近天然砂砾石料中细骨料缺乏，采用人工轧制细骨料成本又高，因此，业主常采用外购天然细骨料作为补充。为确保外购材料的质量，本条规定应对外购天然建筑材料的质量进行检验复核。

## 8.2 勘察方法

**8.2.1** 本条强调对已开采使用过的天然建筑材料料场，如一些石料场、土料场的储量和质量资料的收集。如果继续采用这些料场，应该补充勘探工作，以便复核其储量。

**8.2.2** 根据中小型水利水电工程的特点和习惯作法，本条提出了由近到远、先测绘后勘探的勘察工作原则。对中小型工程，天然建筑材料的使用往往是尽可能就近采用，甚至储量不多的产地，只要质量好往往优先采用。运距也是决定料场是否采用的很重要的因素。因此，在勘察时，应先勘察近距离料场，储量不足时再向远距离料场勘察。对每一料场，一般都应先查勘、测绘，对其储量和质量作出经验判断，再布置必要的勘察工作（钻探、坑探、物探等），以减少勘探工作量，而且宜采用综合手段，不是单一地依靠钻探或坑探。

**8.2.3** 关于天然建筑材料的勘探与取样试验，SL 251 已有明确规定。对砂砾料，将产地分为三种类型，每种类型产地又规定了初查和详查不同的勘探网（点）间距，根据产地储量大小规定了取样级数最少值，还规定了取样方法、取样数量和试验项目等。土料、石料等也都有类似的规定。但由于中小型工程，特别是小型工程用料不多，或受勘探条件的限制，在保证满足设计要求的前提下，勘探和取样试验可作一些变动。例如，对一些小型堆石坝或砌石坝，当采用石料时，如果附近有大面积裸露的石灰岩，储量甚丰，岩性单一，岩相稳定，当地居民又有采用该石料的经验，已有采料场或天然剖面，勘探网点布置可以大为简化。有时，可不布置勘探工作即可使用，也可少取或不取样进行室内试

验。相反，在有些强喀斯特发育的石灰岩区，表部被覆盖，下部喀斯特发育形状（溶沟、溶槽、溶洞等）难以判断，表层覆盖物和洞内充填物直接影响堆石坝上坝石料或人工骨料的含泥量，而这种石料又非用不可时，勘探网点布置可根据需要适当加密。对砂砾料，如果用料不多，但附近有大面积远超过设计要求储量的砂砾滩地，且经判断质量也符合要求，勘探网点布置也可简化。总之，对中小型工程的天然建筑材料勘察，强调现场查勘和经验判断，并结合工程特点进行勘察。

**8.2.5** 关于天然建筑材料的资料整理和报告编写，SL 251 有明确规定，包括应提交的图件编制、试验成果整理、储量计算方法及报告编写的规定和报告提纲等。但考虑到中小型工程的特点，本标准作了一些变动。规定一般情况下不编写专门的天然建筑材料勘察报告，天然建筑材料问题可在工程地质勘察报告的专门章节中论述。只有当天然建筑材料条件复杂或所存在的问题成为影响坝型选择关键时，才编写专门的天然建筑材料勘察报告。报告的提纲，应按 SL 251 的规定执行。不论是否编写专门的天然建筑材料勘察报告，究竟应附什么图件，在附录 F 中已明确列出。

## 9 勘 察 成 果

### 9.1 一 般 规 定

**9.1.1** 本条对各阶段工程地质勘察及病险水库除险加固工程勘察应提交的成果作了明确规定。各阶段工程地质勘察工作结束后，都必须编制工程地质勘察报告。对一些专门性工程地质问题进行专题研究时，应提交专题研究报告。

阶段性工程地质勘察报告，可以根据工程规模、地质条件复杂程度及特殊要求，采取几种不同的形式。对中型水利水电工程或地质条件复杂的小型工程，一般可提交阶段性工程地质勘察报告；如果地质条件比较简单，经勘测设计主管单位同意，也可以提交地质简报，或作为设计报告中的一章提出；对于地质条件一般或简单的小型工程，可以在设计报告中写入地质说明部分，不另编写单独的工程地质勘察报告。

**9.1.2** 本条对工程地质勘察报告的三个组成部分，即正文、附图和附件提出了具体的要求，以保证成果的质量。对报告正文要求——客观真实，重点突出，依据事实和数据进行综合分析论证，合理提出各项参数和建议，围绕任务和规划设计意图进行工程地质评价等，都是针对过去工程地质报告的缺点而提出的。过去有些地质报告文字过长，内容空洞，一般地质内容叙述多，结合工程的评价少，结论含混不清，重点不突出，泛泛而谈，这些弊端都应尽量避免。

对图面要求准确、实用和图文相符，也是针对过去常见的缺点提出的。过去有些图面虽然清晰，也很准确，但不实用，工程地质内容甚少。要求图面实用，就是为工程所用，此外图文也应绝对相符。

**9.1.3** 竣工地质报告是工程的重要资料。中小型水利水电工程因为条件限制，勘察阶段不可能十分详细、彻底查明所有工程地

质和水文地质问题，而强调在施工阶段对揭露的问题进行及时研究处理。中小型水利水电工程更加强调施工地质工作。为了给工程的长期安全运行，今后的维修加固提供可靠的资料依据，必须将施工阶段的地质工作、所遇到的地质问题、处理情况和结论意见，作出详细的报告，包括其他一切有关施工地质的技术资料都应系统完整地进行整编。几十年来，有一些中小型工程忽视施工期地质编录，更缺少系统完整的竣工地质报告，给建成后工程的维修处理造成很大困难，有时不得不去向原施工地质人员进行调查访问，了解施工时遇到的地质问题、部位和处理情况，这是很深刻的教训。因此，本条对竣工地质报告的基本要求作出了明确规定。

**9.1.4** 地质报告的主要附件都是各阶段地质报告的基本附件。附件分为两类：一类是必须提交的图件；另一类图是根据具体需要才提交的图件。例如，规划阶段的水库区综合地质图，如果水库区地质条件简单，就可以和区域综合地质图合并成一张，不另提交专门的水库区综合地质图；反之，如果需要也可以提。但初步设计阶段，则规定必须提交。至于小型工程，提交图件的伸缩性较大，除了建筑物地质纵、横剖面图以外，其他图件都是根据需要提交，不作硬性规定。总的原则是既要能说明问题，又要尽量简化，以减少不必要的工作量。

**9.1.5** 原始资料系指作为编制工程地质勘察报告和施工地质报告依据的一切未经系统加工的第一手最基本资料。针对中小型工程原始资料保存不全甚至根本不重视原始资料归档的情况，本条明确规定，在各阶段工程地质勘察、施工地质和病险水库除险加固工程地质勘察工作结束后，各种原始资料和勘察成果应按有关规定归档，是十分必要的。当不少工程出现病害，需查询原始资料以便弄清病害原因时，由于资料未系统整编装订，当事人也没有进行必要的说明和注记，甚至事隔多年，连当事人是谁都无法查找，给查询工作带来很大的困难，耽误了工程的加固处理工作，这种教训应当吸取，为此列入本条规定。

## 9.2 工程地质勘察报告

9.2.1~9.2.6 分别对规划阶段、可行性研究阶段、初步设计阶段、技施设计阶段及除险加固工程地质勘察报告的基本内容作了一些规定，即一般情况下应包括的内容。考虑到各工程地质条件千差万别，工程的特点也不一样，文字表达形式也有差异，因此，不可能都严格按一个模式编写报告。使用时应按各工程的实际情况，作相应的增加或简化。

## 附录 A 围岩工程地质分类

本次修订,对原规范的内容作了适当调整。国内目前围岩分类方法很多,国家标准有《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GBJ 86—85)、《工程岩体分级标准》(GB 50218—94)和《地下铁道、轻轨交通岩土工程勘察规范》(GB 50307—99)、《水利水电工程地质规范》(GB 50287—99),以及铁路、公路和冶金等系统的工程地质勘察规范均有各自的围岩分类,所有分类都不外是考虑围岩强度、岩体完整程度、结构面的状态、地下水的影响、结构面走向与洞室长轴方向关系等因素,并采取定量评分的办法来判别围岩类别。

中小型水利水电工程地下洞室,洞径(跨度)一般较小,而且勘察条件、工作深度和测试手段也难于满足上述规范要求,因此,编制一个适合中小型水利水电工程的围岩工程地质分类,可帮助野外地质人员通过地质测绘和勘探,并根据围岩的主要工程地质特征,迅速确定围岩的类别,从而可以判断围岩的自稳能力和变形特征,提出支护、衬砌的方法,同时通过分类标准的划分,将常用的一些描述围岩(岩体)状况的术语(如岩质软硬程度、岩体完整性、地下水活动程度等)规范化。本分类主要针对岩质洞室,未包括土洞。

本分类的主要依据是:岩石强度、岩体结构、岩体完整性、岩体结构面特征、产状,地下水活动强弱等,将围岩按其稳定性分为5类。分类中还列出各类围岩主要物理力学参数。考虑到目前不少中小型隧洞工程设计时仍要求提供山岩压力(围岩压力、围岩松动压力),可以根据岩体力学属性采用与之相适应的理论和方法确定。Ⅰ类围岩稳定性与应力分布的计算,宜采用弹性理论或弹塑性理论方法,它可以不计山岩压力;Ⅱ类、Ⅲ类围岩宜采用极限平衡理论,并按实际情况,考虑应力的重新分布及结构

自重，实际操作时根据拱顶坍塌高度估计山岩压力。估计山岩压力的经验公式为： $p=hr$ 。[式中： $p$ 为垂直山岩压力（MPa）； $h$ 为坍塌高度（m）； $r$ 为岩体重度（ $\text{kN/m}^3$ ）]。

Ⅱ类、Ⅲ类围岩在隧洞开挖前按 $h=(0.1\sim 0.2)B$ 估算围岩松动压力。式中： $B$ 为隧洞开挖跨度（m）。

Ⅳ类、Ⅴ类围岩可按松动介质平衡理论估算围岩压力，亦可按坍塌高度估算围岩压力，Ⅳ类围岩坍塌高度 $h=(0.33\sim 0.66)B$ ，Ⅴ类围岩 $h=(0.6\sim 1.2)B$ 或更大，当洞顶岩体不能形成自然平衡拱或有冒顶可能时，应按全部上覆岩体重量计算山岩压力。

另外，在进行岩质分类时，增加了便于野外现场测试的点荷载强度、岩体回弹仪测试值及岩体纵波波速值。地下水活动程度分级主要参考了GB 50287—1999，并考虑外水压力的影响。洞室外水压力系数取值为0.2~1.0m，当外水压力较大时，其作用于隧洞衬砌上的压力也较大，同时，地下水涌水量和排泄形式对围岩稳定的影响也不容忽视。

## 附录 B 边坡工程地质分类

边坡工程地质分类的目的主要是为水利水电工程实用服务。边坡是水利水电工程地质勘察三大对象（地基、围岩和边坡）之一。边坡的稳定状况直接或间接影响建筑物的安全。但是，中小型工程因建筑物规模较小、勘察周期较短、勘察手段和资金也受到限制，因此，很难对边坡进行较为详细的勘探工作，与大型工程相比，更加重视根据经验对边坡的现状作出客观分析，并对其稳定性作出评价。而分析和评价的依据，首先应能有一个可以通用的边坡分类。本附录所列边坡工程地质分类，是在总结我国水利水电工程边坡勘察成果的基础上，以边坡分类文字说明为主，将各种不同工程地质特性的边坡加以区分，某种类型边坡代表某种工程地质特征，对其稳定特点和对工程的影响分别作出不同的判断。

边坡分类的主要目的是：

(1) 根据野外调查，并依据边坡分类特征，对边坡的类别迅速予以辨认，从而较快掌握此类边坡的主要工程地质特征。

(2) 根据边坡分类，对边坡的稳定性作出初步评价，就边坡对工程的影响作出判断。

(3) 根据边坡分类，预测边坡可能出现的工程地质问题，并对边坡的工程处理提出原则性建议。

(4) 当边坡问题较为复杂时，也可根据边坡分类，对下一步勘察试验工作指明方向。

国内外边坡分类十分繁杂多样，究其原因，主要是因为所依据的分类原则各自不同，这些分类原则是分类者自己确定的，是为各自的分类目的服务的，绝大多数都是边坡变形形式的分类，或就某种变形形式（例如滑坡）再作进一步细部分类，尚未见到对边坡进行综合工程地质分类。

本分类有为中小型水利水电工程服务的明确目的，实用性较强。为此，贯彻了以下的分类原则：

(1) 以实践为基础进行分类。总结我国水利水电工程实际遇到的边坡，特别是一些变形边坡，并按岩性、结构、变形特征等综合工程地质、水文地质条件对边坡进行分类。

(2) 分类以实用为目的，要便于野外对边坡类别进行辨认，并能对其稳定性作出评价。为此，在分类表中将各种边坡的特征、影响边坡稳定的主要因素、可能的主要变形破坏形式和可能出现的问题，以及与水利水电工程的关系都分别加以说明。

为避免边坡术语的混乱，表 B. 0. 1 还就边坡与工程的关系、岩性、变形情况、边坡坡度、工程边坡高度和失稳边坡体积，作了一般性分类。首先，应当统一的是边坡总称的叫法。“slope”一词，在我国有很多译名，有叫“边坡”，有叫“斜坡”，也有叫“岸坡”，我们叫“边坡”，并定义为“地壳表部一切具有侧向临空面的地质体”，“边坡是坡面、坡顶及其下部一定深度坡体的总称”，而不是仅指边坡的坡面。边坡的临空向侧面称为“坡面”，坡的顶部缓坡面或水平面称为“坡顶面”，坡面与坡顶面的转折部分称为“坡肩”，边坡的下部与平地相接部位称为“坡脚”，坡面与坡顶面以下至坡脚的岩体称为“坡体”，坡面与理想水平面的交线称为“边坡走向线”，二者最大夹角称为边坡“坡角”或“坡度”，自坡脚到坡顶面间的高度称为边坡的“坡高”。一般来说边坡的高度从谷底起算，如边坡经人工改造，则从改造后坡脚的平面起算。

本分类对边坡未采用“斜坡”一词（铁路部门有叫斜坡者），主要是考虑“斜”含有坡度的涵义。因此，将斜坡不作为“slope”的总称，而仅指一定坡度（ $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ）的边坡为“斜坡”。也未采用“岸坡”一词，主要是考虑“岸”相对于河流水边而言，系指“水边高起之地”，不能概括有些不在河流岸边的边坡。

在边坡分类表中，将碎石边坡和岩土混合边坡列入土质边坡

类。野外实际情况是，除了纯是土层（砂性土、粘性土等）组成的边坡和裸露无覆盖的岩质边坡外，一般岩石边坡也可能覆有少量残坡积层，但因其相对于坡体体积量较少，不是控制坡体稳定的主要因素，因此，仍归入岩质边坡类。除此而外，还有含有较多的块石、碎石，同时也混有土的边坡，归入碎石土边坡类。此类边坡所含块碎石（多经位移）和土一起仍属松散体，如坡积形成的碎石土边坡，边坡的特性决定于土石混杂体本身的特性，故将此类边坡归入土质边坡类。而土石混合边坡则系指边坡坡面除露土层（碎石土、砾质土或其他土层）外，不同部位（多在土层下部）还出露岩石，边坡的特性除决定于土层本身特性外，还与土层和基岩的接触面特性有关。例如：上部为坚硬玄武岩，中部为全风化页岩，而下部又为坚硬岩石，即上岩、中土、下岩组成的边坡。土石混合边坡虽然在坡面上有岩石出露，但因坡体中土层分布较厚，对边坡整体特性有较大影响，因此，也把此类边坡归属于土质边坡。在编写过程中，原拟将碎石土边坡和岩土混合边坡，另分为一大类，称为土石边坡，以区别于岩质边坡和土质边坡，考虑到这种更为详细的分类依据资料不足，因此，暂时仍归于土质边坡大类，待今后资料积累丰富后再进行边坡分类修订。

本次修订的边坡分类，增加了失稳边坡和分散性土边坡的相关内容。

## 附录 C 软弱夹层工程地质分类

软弱夹层工程地质分类，目前有的侧重于成因，有的侧重于岩性组合，本附录以软弱夹层的粘粒含量、基本特征为依据，将其分为 4 类。各类软弱夹层抗剪、抗剪断强度参考值则主要根据中小型水利水电工程几十年工程实践经验，并参考了《岩石力学参数手册》（叶金汉等，水利电力出版社，1991）和《水利水电工程地质手册》（水利电力部水利水电规划设计院主编，水利电力出版社，1985），进行综合分析整理提出的。在规划和可行性研究阶段，当坝（闸）址软弱夹层试验资料不足时，其抗剪、抗剪断地质建议值可根据表 C 所列参考值，结合各工程具体的地质条件进行折减提出。

## 附录 D 岩土渗透性分级

渗透性是岩（土）体一种主要的水力性质，为了便于对各种试验方法测定的岩土渗透性能的强弱进行统一描述，特制定本附录。

渗透系数  $K$  可通过室内试验和现场试验测定，其单位为  $\text{cm/s}$  或  $\text{m/d}$ 。

透水率  $q$  是指用压水试验方法测定的压水流量，其单位为  $\text{Lu}$ （吕荣），是指  $1\text{MPa}$  压力下，压入  $1\text{m}$  试段中每分钟的水量。

表 D 中各级渗透性分级主要是在 GB 50287 附录 J 的基础上制成的。针对中小型水利水电工程近几年实际采用的防渗标准，将 GB 50287 附录 J 中的弱透水按  $q=1\sim 3$ 、 $q=3\sim 5$ 、 $q=5\sim 10$  依次划分为上、中、下三个带。此外，各级渗透性分级所对应的岩体特征和土类只是典型的例子，在实际工作中，岩土的渗透性均应通过试验确定。

## 附录 E 水库病险类型划分

我国中小型水利水电工程已出现的病险水库约占中小型工程总数的 41%，已成为影响中小型水利工程充分发挥效益的重要制约因素，从而逐渐引起了各级水利主管部门的高度重视。由于病险类型不同，对其进行勘察研究的方法和重点亦不同，为此提出本附录。

本附录以工程现状调查为基础，结合工程特点和成因，将水库病险类型划分为 5 大类 19 个亚类，各病险水库可根据具体的情况，按表 E 所列主要特征及成因进行划分。