

中华人民共和国水利行业标准

SL 55—2005

替代 SL 55—93

中小型水利水电工程地质勘察规范

**Specification of engineering geological investigation for
medium-small water conservancy and
hydropower development**

2005-04-18 发布

2005-07-01 实施



中华人民共和国水利部 发布

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的出露高程、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 and 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) 溶洞水库区和溶洼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 $1:10000 \sim 1:2000$ ，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 $1:5000 \sim 1:500$ 。

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土层时,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의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 各钻孔在设计蓄水位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 $1:5000 \sim 1:1000$ 。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方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 $1:10000 \sim 1:5000$ 。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 $1:5000 \sim 1:2000$ 。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 $1:1000 \sim 1:500$ 。

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，岸坡部位可采用硐探，必要时利用探硐布置钻孔。

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硐或井探追索。

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）址区勘察应符合 5.3.2 条规定的方法外，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 $1:2000 \sim 1:500$ 。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 $10 \sim 15\text{m}$ ，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基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 查明地基层土分层、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，特别是强透土层、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 技设计阶段工程地质勘察

6.1 任 务

6.1.1 技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、硐探和试验等工作。

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 病险水库除险加固工程勘察

7.1 一般规定

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

7.1.2 病险水库除险加固工程勘察的主要任务是查明病险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 病险水库除险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 对除险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。中小型水库病险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。如果无前期勘察资料, 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、坝肩施工期末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、库水位及前期防参加固处理等资料。

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 $1:2000 \sim 1:500$ 。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 $50 \sim 100\text{m}$ ，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硐。

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，必要时应提交专题研究报告。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 and 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° 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°	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

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	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 45° , 岩层倾角大于 30°	围岩稳定受软弱结构面组合控制, 可发生小~中等坍落, 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~中等坍落, 可短期稳定	喷混凝土或喷锚支护, 拱顶系统锚杆
		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 45°		
		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 30°		
		较软岩, 微风化, 岩性均一, 巨厚层状, 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 30°		

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°	围岩自稳时间很短, 拱顶常有坍落, 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°		
		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°		
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° , 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° , 岩层倾角小于 30°		
		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 γ (g/cm ³)	内摩擦角 ϕ (°)	凝聚力 C (MPa)	变形模量 E (GPa)	泊松比 μ	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 θ	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	$20 < H$
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. 作好边坡排水, 防止裂隙充水引起边坡局部失稳
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. 作好排水
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. 蠕变倾倒、松动变形 2. 坡脚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倒蠕变	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
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; 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、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裂隙面形成滑面, 含膨胀性亲水矿物粘土易产生滑坡, 巨厚层半成岩粘土高边坡, 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、输水可能引起部分粘土边坡变形滑动, 注意库岸大范围粘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

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、崩塌和溶蚀孔洞 3. 坍塌和滑坡	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 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. 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	因施工开挖导致局部坍塌,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. 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

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)

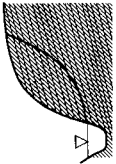
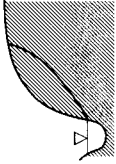
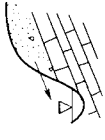
变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
滑动变形	粘性土滑坡		粘土干时坚硬,遇水崩解膨胀,不易排水,连续降雨或遇水湿化可使强度降低,易滑	1. 水的作用:暴雨浸水,人为注水,排水不畅 2. 振动:地震、爆破 3. 开挖方式不当:切脚,头部堆载,先下后上开挖	滑坡区不宜布置建筑物,滑坡对渠道边坡稳定不利;注意丘陵峡谷库区移民后靠区蓄水后出现滑动	1. 注意开挖方式和程序 2. 坡面及坡体排水 3. 支撑结构如抗滑桩等
	黄土滑坡		垂直裂隙发育,易透水湿陷,黄土塬边或峡谷高陡边坡的滑坡规模较大,当有粘土夹层时,连续大雨后易滑			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

表 B. 0. 4 (续)

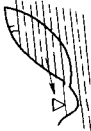
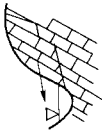
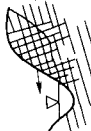
变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
滑动变形	均质软岩滑坡		滑体形态主要受软岩强度控制, 滑面常呈弧形、切层, 与软弱结构面不一定吻合, 特别是大型滑坡	1. 岩石强度 2. 水的作用 3. 边坡坡度和高度	滑坡规模一般较大, 条件恶化后可能复活, 滑坡区不宜布置建筑物	1. 避开 2. 清除或部分清除 3. 排水
	顺层滑坡		一般沿岩层层面产生的滑坡, 滑体形态主要受岩层层面控制	1. 软弱夹层或顺层面抗剪强度 2. 淘蚀切脚, 开挖不当 3. 水的作用	作为建筑物边坡危及建筑物安全, 不宜作渠道边坡	1. 清除或部分清除 2. 排水 3. 规模小时支挡或锚固
	切层滑坡		滑面切过层面, 滑体形态受几组节理裂隙的控制	1. 节理切割状况 2. 岩体强度 3. 水的作用 4. 缓倾结构面及软弱夹层	不宜做渠道或其他建筑物边坡	1. 清除或部分清除 2. 排水 3. 规模小时支挡或锚固
	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	1. 节理裂隙切割状况 2. 岩体强度 3. 水的作用	透水强烈不利于坝肩防渗, 不宜做渠道边坡	1. 削坡清除 2. 排水 3. 规模小时支挡

表 B. 0. 4 (续)

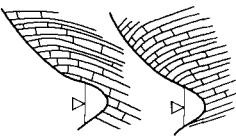
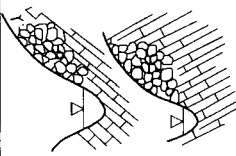
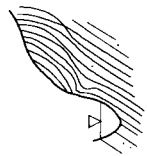
变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
蠕变型	倾倒型蠕变边坡		岩体向外倾倒, 层序未乱, 但岩体松动, 裂隙发育, 层间相对错动, 倾倒幅度向深部逐渐变小, 边坡表面有时出现反坎	1. 开挖切脚 2. 振动 3. 充水并排水不畅	对抗渗不利, 沉降变形大, 不利于承受工程荷载, 开挖切脚常引起连续坍塌	1. 自上而下清除, 开挖坡角不宜大于自然坡角 2. 坡面和坡体排水防渗 3. 变形速度快者, 应留开挖保护层
	岩质边坡		岩层层序扰动, 岩块松动架空, 与下部完整岩层无明显完整界面, 多系倾倒型进一步发展而成	1. 开挖切脚 2. 振动 3. 充水并排水不畅	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、渠道和建筑物边坡	1. 维持原状不予扰动, 保持自然稳定 2. 坡面及坡体排水 3. 自上而下清除, 开挖坡角不宜大于自然坡角
	扭曲型蠕变边坡		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. 开挖卸荷及开挖方式不当	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	1. 削坡清除、开挖坡角适当 2. 预留开挖保护层 3. 局部锚固

表 B.0.4 (续)

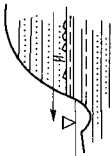
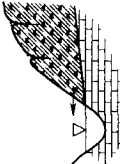
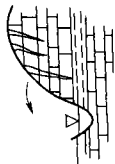
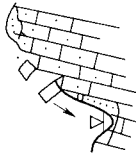
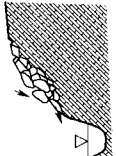
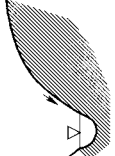
变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方法建议
蠕动变形	塑性蠕变边坡		塑性岩体沿下垫塑性软弱夹层缓慢流动,或挤入软层中	1. 塑性层因水的作用进一步泥化 2. 软层的流变效应	切脚后边坡缓慢滑动或局部坍塌,影响建筑物安全,作为渠道及水库边坡易于滑动	1. 坡面及坡体排水 2. 局部锚固 3. 沿塑流层将上部岩体清除
	土质蠕变边坡		因土层塑性蠕变、流动导致上部土体开裂、倾倒或沿蠕变层带产生微量位移,严重者可发展成滑坡或坍塌,常为滑动变形前兆	1. 水的作用 2. 坡脚或坡体内土层遇水软化流变 3. 长期重力作用下坡体土层流变	遇水、遇振动易发展成滑坡,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
	张裂变形边坡		岩体向坡外张裂,但未发生剪切位移或崩塌滚动,有微量角变位,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. 坡脚软土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,对防冲不利;堆积物不均沉降变形	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,为滑动、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	使渠道或其他工程边坡表部疏松解体,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)	透水率 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 土质砂
	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	因不均匀沉降、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, 下游无导滤体或导滤失效; 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、相邻地基不均匀沉降使其断裂, 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 沉降问题	不均匀沉降	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、地下水流活动较频繁
	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	