

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 5336—2006

水电水利工程
水库区工程地质勘察技术规程

Technical code of reservoir area
engineering geological investigation for
hydropower and water resources project

2006-05-06 发布
2006-10-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言

1	范围
2	规范性引用文件
3	基本规定
4	术语和定义
5	水库渗漏工程地质勘察
6	库岸稳定工程地质勘察
7	水库坍岸工程地质勘察
8	水库浸没工程地质勘察
9	规划移民区和防护工程的工程地质勘察
10	泥石流等问题的工程地质勘察
附录 A (资料性附录) 规划移民区的区划标准	
条文说明	

前 言

本标准是根据《关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》(发改办工业[2005]739 号)安排编制的。

水库渗漏、坍岸、浸没和库岸稳定是影响水电水利工程经济效益和社会效益的工程地质问题,在 GB 50287—1999《水利水电工程地质勘察规范》中,对上述工程地质问题勘察的任务和要求作了原则性的规定。在当前对水库工程地质勘察内容的广度和深度方面提出了更高要求的情况下,为做好水库区的工程地质勘察,编制了本技术规程,就水库工程地质问题,以及规划移民区和防护工程的勘察内容、技术方法、评价原则等作了具体的规定。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电规划标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位:水电水利规划设计总院、长江水利委员会长江规划勘测设计研究院。

本标准主要起草人:黄长青、张性一、袁建新、陈兆林、侯红英。

1 范围

本标准规定了水电水利工程水库区及规划移民区工程地质勘察的内容、方法和技术要求。

本标准适用于大型水电水利工程水库区的工程地质勘察。水库区地质条件复杂的中型水电工程可参照执行。

2 规范性引用文件

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

- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50287 水利水电工程地质勘察规范
- DL/T 5335 水电水利工程区域构造稳定性勘察技术规程
- DL/T 5337 水电水利工程边坡工程地质勘察技术规程
- DL/T 5338 水电水利工程喀斯特工程地质勘察技术规程

3 基本规定

3.0.1 水库区工程地质勘察的任务是：查明水库区的工程地质条件和问题，预测水库蓄水后可能产生的地质作用和现象，为水库处理设计提供地质依据。

3.0.2 水库区工程地质勘察应查明的工程地质问题，按 GB 50287 的规定，包括水库渗漏、库岸稳定性、浸没、坍岸和有关的工程地质问题，以及水库诱发地震分析预测等。其中水库诱发地震分析预测应遵守 DL/T 5335、库岸稳定性分析与计算应遵守 DL/T 5337、水库喀斯特渗漏和喀斯特浸没性内涝的勘察应遵守 DL/T 5338。

3.0.3 水库区工程地质勘察可分为：

1 综合性勘察，对水库区工程地质条件进行全面的调查和分析，判断水库区存在的工程地质问题及其危害程度。

2 专门性勘察，查明所研究工程地质问题的边界条件和有关参数，预测水库蓄水后和运行阶段的变化，作出定性和定量的评价，并提出防治措施的建议。

3.0.4 水库区工程地质勘察工作，除应符合本技术规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

4 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准：

4.0.1

水库渗漏 reservoir leakage

库水向库外低邻谷或向坝下游漏失的现象。

4.0.2

库岸稳定 reservoir bank stability

水库蓄水过程和运行阶段改变河谷岸坡的自然平衡条件后，库岸岩土体的稳定性。

4.0.3

水库浸没 reservoir immersion

水库蓄水使水库周边地区地下水位壅高而引起土壤盐渍化和沼泽化、建筑物地基沉陷或破坏、地下工程和矿井充水或涌水量增加等灾害现象的统称。

4.0.4

水库坍岸 reservoir bank ruin

水库周边岸坡土体在水位升降、洪水冲刷及风浪冲蚀下不断发生坍落破坏的现象。

4.0.5

土壤盐渍化 soil salinization

潜水位壅高后，毛管水通过蒸发向地表输送的盐分不断积聚，演变成盐渍土的过程。

4.0.6

次生盐渍化 secondary salinization

在干旱和半干旱地区，人为因素使盐分聚积于地表形成盐渍土的过程。

4.0.7

沼泽化 swampiness

潜水位壅高到接近地表，土壤长年或季节性呈过饱和状态，其上层积聚有机酸和未分解的植物残体，逐渐形成不透气及土壤过冷的泥炭层的过程。

4.0.8

临界地下水埋深 critical groundwater depth

开始引起浸没灾害现象的潜水面埋藏深度。

4.0.9

泥石流 debris flow

在山区由于暴雨或冰雪迅速消融而形成的一种挟带大量泥沙、石块等固体物质的突发性洪流。

5 水库渗漏工程地质勘察

5.1 勘察内容

5.1.1 水库渗漏综合性勘察应包括下列内容：

- 1 水库区的地形地貌特征。
- 2 水库区地层岩性的分布及其特性。
- 3 水库区的地质构造条件。
- 4 水库区的水文地质条件。
- 5 分析水库渗漏的可能性。

5.1.2 地形地貌特征勘察应包括下列内容：

- 1 库盆地形、河谷形态、地貌类型的发育特征和分布规律；平原河流要注意河曲的发育规律与河道的变迁情况。
- 2 支流与沟谷的主要发育方向、切割程度及其汇入干流的方式，并区分常年水流、季节性水流或干沟谷；古水文网及其变迁情况；邻谷的发育特征、形态及谷底高程。
- 3 水库与邻谷间地形分水岭的形态、宽度及变化情况，分水岭走向与主要构造线方向的关系。当存在单薄分水岭或存在低于正常蓄水位的地形垭口时，要研究其成因和地质构造及蓄水后的变化趋势。
- 4 水库与下游河道毗邻的河湾及下游支流、沟谷交汇地段的形态、高程、宽度及其地质结构。
- 5 地形地貌特征与岩性、构造、新构造活动及水文、气象等因素的关系。

5.1.3 地层岩性勘察应包括下列内容：

- 1 水库区地层建造类型、层序、接触关系及其分布特点。
- 2 各地层的厚度、岩性组合、岩相岩性变化及其风化程度。
- 3 平原地区及第四纪地层发育的山区，要调查第四纪地层的厚度、成因类型、岩性结构、岩相变化、分布特征及与地貌的关系，下伏基岩的性质。

5.1.4 地质构造条件勘察应包括下列内容：

- 1 水库区所处构造单元的部位与基本构造格架。跨越多个构造单元时，应研究构造单元的特征及构造单元间的复合关系。
- 2 主要褶皱的规模与形态，褶皱轴部与两翼的岩层分布情况和产状变化规律。
- 3 主要断层的规模、产状、分布、性质与延伸情况、破碎带特征等；节理裂隙的主要发育方向、组数、性状、规模及分布规律。

5.1.5 水文地质条件勘察应包括下列内容：

- 1 主要含水（透水）岩土层（组）和隔水（相对隔水）岩土层（组）的岩性和分布特征。要研究含水（透水）岩土层（组）在库内外的埋藏与出露情况、位置、高程及其上覆下伏岩土层（组）特征以及与库水位的关系。
- 2 断层对含水（透水）岩土层（组）和隔水（相对隔水）岩土层（组）的切错破坏和沟通情况；沿大断层破碎带特别是延伸到库外的断层破碎带的阻水、导水或出水情况，对岩体透水性的影响与渗漏的可能性。
- 3 调查地下水类型、赋存条件、出露情况及其分布规律；从分水岭至河谷间各地貌单元地下水埋藏条件和出露情况；地下水的补给、流向、渗流方式、水力坡降和排泄条件；地下水与河（库）水的补排关系；重要泉（井）的分布高程、水质、水量及其动态变化；地下水分水岭位置和高程。

5.1.6 应根据综合性勘察的成果，分析水库的渗漏条件，对可能产生渗漏的地段，应进行专门性勘察。其勘察范围应延伸至邻谷或下游河道，并对渗漏量作出估计。

5.1.7 水库渗漏的专门性勘察，除应查明 5.1.2～5.1.5 内容外，尚应包括下列内容：

- 1 透水岩土层（组）和隔水岩土层（组）的组合特征、产状及其空间分布，以及与水库正常蓄水位的关系。
- 2 对厚度较大并具有分带性的透水岩土层（组），应查明透水分带特征和边界条件。当存在多个透水岩土层时，应查明其组合关系与水力联系情况。
- 3 隔水岩土层的性质、厚度及其分布规律。当隔水岩土层尖灭或被断层错开时，应查明所形成缺口的规模和形态，并分析断层破碎带和影响带的透水性及与上下透水岩土层的沟通情况。
- 4 查明大断层带的分带性、断层影响带的透水性及两条断层交汇带的透水性能。
- 5 可能渗漏地段沿途及其两侧地下水的埋藏条件、水动力特征和渗流特征；泉水出露部位、高程、类型、水质、水量及其动态变化。并预测蓄水后的变化，估算水库渗漏量。
- 6 提出防渗处理的范围和深度的建议。

5.1.8 抽水蓄能电站上、下水库渗漏问题勘察内容，除应符合 5.1.2～5.1.6 要求外，尚应包括下列内容：

1 库盆覆盖土层的结构、性质、厚度及分布，各土层的渗透系数和允许渗透比降。研究黄土湿陷性、膨胀土的膨胀性和软土的分布、压缩性等；研究覆盖土层用做天然防渗层的可能性。

2 岩体性质、风化程度，透水岩层（组）和隔水（相对隔水）岩层的空间分布及构造封闭条件。

3 主要断层性质、规模、性状及其向库外延伸情况；主要节理裂隙、卸荷裂隙带和节理裂隙密集带的空间分布及透水性。

4 库盆周边土体和岩体的水文地质结构，地下水补排条件和出露情况，地下水位及其动态变化。预测水库垂向和侧向的可能渗漏地段，估算水库渗漏量，并评价其对建库的影响程度和采取防渗处理措施的可能性。

5 当水库是开挖、围堤建库时，应查明岩土层结构、性质、颗粒组成、渗透系数等；各土层的物理力学性质；透水土层与隔水土层的空间分布。研究围堤堤基土的承载力、水文地质结构和渗透稳定性。预测可渗漏地段和估算渗漏量。

6 上水库蓄水前后的地下水渗流场及其变化对水文地质环境的影响。

5.2 勘察方法

5.2.1 水库渗漏的综合性勘察方法应符合下列要求：

1 搜集并分析有关资料，包括区域地质调查报告及附图，区域水文地质调查报告及附图，各种遥感图像，陆地卫星多波段图像、航空遥感相片或彩红外相片、地面立体摄像等；水库周边地区开采地下水和矿洞情况及有关参数，有关勘探、试验和观测资料，水文、气象资料。

2 可利用遥感资料进行地质解译工作，以航空遥感相片资料解译为主，航片比例尺 1：30000～1：20000。解译成果应进行野外校核，并编制相关的解译图件。

3 在分析区域地质、区域水文地质和遥感解译成果的基础上，应进行水库区工程地质测绘。比例尺可根据地质复杂程度选用 1：50000～1：10000，抽水蓄能电站上、下水库工程地质测绘比例尺可根据上、下水库范围大小、地质条件的复杂程度选用 1：5000～1：2000。测绘范围应包括水库区和可能存在渗漏地段的河间地块、邻谷和库外下游地区。平原水库及第四纪地层发育的山区，应进行第四纪地质调查。

4 利用综合物探方法了解地下水位、流速流向，隔水（相对隔水）层的埋深，古河道和隐伏大断层破碎带的埋藏与延伸情况。

5 在分析工程地质测绘和综合物探成果的基础上，对可能存在渗漏的地段，抽水蓄能电站上、下水库的库周边临近设计正常蓄水位的垭口和分水岭应布置钻探工作。

6 在可能发生渗漏的地段，利用已有的钻孔和水井，进行地下水动态观测。

5.2.2 水库渗漏的专门性勘察方法，应符合下列要求：

1 工程地质测绘可选用比例尺 1：10000～1：2000。测绘范围应包括可能渗漏途径或地段及其进出口地区。

2 宜采用综合物探方法探测透水带的位置和空间分布，并为布置钻探提供信息。

3 勘探剖面应根据水文地质结构、结合可能的防渗处理方案，平行地下水流向或垂直可能渗漏带布置。在多层含水层结构区，各可能渗漏岩土层（组）内应不少于两个钻孔，孔距视可能渗漏岩土层（组）的延伸范围而定。钻孔应进入隔水（相对隔水）层或枯水期地下水位以下 5m～10m。

4 钻孔应分层、分段进行水文地质试验，查明可渗漏岩土层（组）的透水性和渗漏边界条件。

5 应进行地下水动态观测，建立并完善地下水动态观测网，各可能渗漏岩土层（组）内应不少于两个观测孔。观测时间应不少于一个水文年。

5.2.3 抽水蓄能电站水库渗漏的专门性勘察方法，应符合下列要求：

1 工程地质测绘比例尺可选用 1：2000～1：1000。

2 工程地质测绘范围应包括坝址区、库周单薄山脊、垭口、库内外坡至地表分水岭。

3 勘探剖面应根据地形和水文地质条件，并结合垂直或水平防渗处理方案布置。单薄分水岭、垭口地段、强透水岩土层、断层破碎带等处，均应布置有钻孔。

4 钻孔间距应根据单薄分水岭和垭口的宽度，透水岩土层（组）或断层破碎带的性质、长度和宽度确定。

5.3 分析与评价

5.3.1 具备下列条件之一的水库，可判别为不存在渗漏问题：

1 水库外围一定范围内不存在低邻谷，且水库蓄水后仍然是区域地下水的排泄基准面。

2 水库周边（抽水蓄能电站水库库盆）分布有连续的隔水（相对隔水）岩土层（组），构造封闭条件良好。

3 水库周边地下水位高于水库正常蓄水位，水文地质封闭条件良好。

5.3.2 具备下列条件之一的水库，可判别为可能存在水库渗漏问题：

1 水库与低邻谷之间没有隔水（相对隔水）岩土层（组），不存在地下水分水岭或地下水分水岭明显低于水库正常蓄水位。

2 水库与邻谷之间虽然有隔水（相对隔水）岩土层（组），但隔水（相对隔水）岩土层被断层破坏，且地下水位明显低于水库正常蓄水位的单薄分水岭或河湾地区。

3 具有通向库外的断层破碎带、裂隙密集带等，并形成低于水库正常蓄水位的地下水低槽。

4 库水补给地下水，并流向邻谷或下游河道。

5 具有贯通库内外的渗漏通道，如古河道砂卵石层、古风化壳或古侵蚀面、矿洞，并低于水库正常蓄水位。

5.3.3 渗漏量的估算应符合下列要求：

1 根据渗漏地段的水文地质结构、渗流特性和边界条件，选择适宜的公式估算渗漏量。存在多个透水层时，可分别估算渗漏量。

2 应根据水文地质测试成果，经统计分析后，给定各透水层（组、带）的渗透系数。要注意透水层（组、带）的不均匀性，具有多个透水层或明显渗透分带的透水层，难以单独估算渗漏量的，可取各透水层（带）渗透系数的加权平均值，用以估算渗漏量。

5.3.4 应评价水库渗漏对水电水利工程的影响。

5.3.5 对水库渗漏地段，应提出防渗处理的型式、范围和深度的建议。

6 库岸稳定工程地质勘察

6.1 勘察内容

6.1.1 库岸稳定综合性勘察应包括下列内容：

1 库岸所处地貌单元，河谷类型及其形态特征，河谷阶地类型、发育程度、分布状况及其组成物质，岸坡形态，冲刷岸和堆积岸的分布。应特别调查库水位频繁变动带岸坡的结构、坡度、坡面形态变化和支流沟谷的切割程度，岸坡后缘陡壁的高度等。

2 库岸岩土层名称、成因类型、结构、厚度、成层条件、组合特征、风化程度、空间分布状态及与岸坡的关系、物理力学性质及水理性质。应特别调查特殊性土层的分布和工程地质特性，岩土混合岸坡中土体与岩体的接触情况，岩体中软弱夹层的分布和特性等。

3 库岸所处的构造部位，褶皱的形态特征及其两翼地层产状的变化情况，并依据岩层产状、河谷类型（横向谷、纵向谷、斜向谷）与坡向的关系划分岸坡结构类型（顺向坡、反向坡、横向坡、斜向坡）。

4 主要断层的分布、产状、性质、规模、充填情况，特别调查顺坡向的中、缓倾角断层的情况。

5 节理裂隙的发育程度、充填情况及相互切割关系，卸荷带的发育情况、深度和充填情况。

6 含水层类型及其埋藏条件，含水层的补给、排泄和水动力特征，地下水埋深和动态变化规律，泉水分布和流量变化。

7 库岸的动力环境，包括降雨情况、暴雨和久雨的历时和雨量；河水位的变幅情况；库水位的变化；岩体应力和地震情况。

8 库岸稳定现状，变形破坏的迹象等。特别调查对水工建筑物、城镇、乡村居民区等有影响的潜在不稳定岸坡的分布、范围、体积，评价水库蓄水前后的稳定性及其危害程度。

6.1.2 库岸稳定专门性勘察除应查明 6.1.1 的内容外，尚应包括下列内容：

1 潜在不稳定库岸和变形破坏体的分布范围、厚度、体积、地质结构。

2 潜在不稳定库岸和变形破坏体的滑动面（带）或潜在滑动面埋藏类型、空间分布形态、组成物质、物理力学性质和水理性质。

3 潜在不稳定库岸和变形破坏体的变形破坏迹象、发育阶段、边界条件、变形破坏模式和发展趋势。

4 抽水蓄能电站水库的水位变幅频繁，库岸岩土体在库水入渗和回流综合作用下的稳定性及库外岸坡的稳定条件。

5 在查明库区特别是近坝库岸、城镇居民区、主要交通线路、规划移民区和抽水蓄能电站库区的潜在不稳定岸坡和变形破坏体基本情况的基础上，评价其稳定性，预测施工期和运行期失稳的可能性、失稳模式和机制，分析其危害性，并提出加固处理措施的建议。

6.2 勘察方法

6.2.1 库岸稳定的综合性勘察应结合水库区工程地质勘察进行，并应符合下列要求：

1 搜集并分析有关遥感图像资料和区域地质资料。

2 工程地质测绘比例尺可选用 1：50000～1：10000。对可能威胁工程、城镇、乡村居民区安全的潜在不稳定库岸、变形破坏体和抽水蓄能电站水库岸坡的工程地质测绘比例尺可选用 1：5000～1：2000。

3 工程地质测绘范围应包括水库正常蓄水位以上一定范围，重点是潜在不稳定库岸和变形破坏体。

4 采用综合物探方法，探测隐伏的地质界面，以及潜在不稳定岸坡和变形破坏体的厚度、滑动面（带）位置和地下水位等。

5 勘探剖面应沿潜在不稳定岸坡的可能滑动方向或大坝滑体的滑动方向布置。根据潜在不稳定岸坡或变形破坏体的范围大小，宜布置纵横剖面各 1～2 条。勘探剖面上勘探点应根据地质条件和地形条件选用钻孔、平洞或竖井，其深度应进入下伏的稳定岩土体一定深度。

6 对控制库岸稳定的主要岩土组、软弱夹层或滑动面（带）应采取一定数量的样品进行岩土物理力学性质试验。

7 对威胁安全，特别是近坝库岸的潜在不稳定库岸和变形破坏体进行位移监测和地下水动态观测。

6.2.2 库岸稳定专门性勘察方法，应符合下列要求：

1 工程地质测绘比例尺，可根据潜在不稳定库岸或变形破坏体的规模和所处位置重要性选用 1：5000～1：1000；抽水蓄能电站库岸稳定问题专门性勘察的测绘比例尺可选用 1：2000～1：1000。

2 工程地质测绘范围应包括整个潜在不稳定库岸或变形破坏体及其周围有影响的地区，抽水蓄能电站还应包括为论证库岸稳定所需的库外岸坡一定范围。

3 可选用浅层地震波反射法、综合测井或孔内电视等方法探测覆盖层、变形破坏体或潜在不稳定体的厚度，滑动面（带）或软弱夹层的分布、厚度、性质等。

4 勘探剖面应沿主滑线方向或主要控制计算剖面布置，并在综合性勘察工作的基础上，补充钻孔或平洞、竖井，查明滑动面（带）的位置、厚度、性状、变形破坏的边界条件。勘探孔的深度宜结合加固处理的要求，满足确定锚固端位置或抗滑桩深度。

5 对控制库岸稳定的主要岩土层、软弱夹层或滑动面（带）应进行黏土矿物分析和物理力学性质试验，累计试验组数应不少于 5 组。根据需要应进行原位直剪试验、岩体应力测试、地质力学模型试验、涌浪模型试验和滑动面（带）物质的绝对年龄测定。

6 建立或完善岩土体位移监测网。监测网应由观测点和观测剖面组成。监测工作应遵循仪器与简易方法相结合、地表观测与地下深部观测相结合、局部观测与整体观测相结合的原则。

7 建立或完善地下水动态观测网，并同步观测库水位的动态变化。

6.3 分析与评价

6.3.1 库岸稳定工程地质分析与评价，应建立在库岸岩土体结构分类和库岸工程地质分段的基础上。分析评价库岸、潜在不稳定库岸和变形破坏体的稳定现状；预测它们在水库蓄水过程和运行期（库水位骤降、库水位频繁升降）的发展趋势，失稳的可能性和变形破坏的规模、机制；提出加固处理措施的建议。

6.3.2 应根据河谷地貌形态、岩土体性质和结构类型、地质构造特征、河谷和岸坡结构类型、水文地质条件、库岸稳定性现状等因素，进行库岸工程地质分段。

6.3.3 应根据下列主要内容对库岸稳定性进行分析评价：

1 地形地貌条件，支流和冲沟发育情况。

2 库岸的岩土体性质，完整程度，断层和节理裂隙的发育程度，充填物的物理力学性质，风化程度，岩体应力状况。

3 岩体中各种结构面（层面、断层、节理裂隙、软弱夹层）与库岸坡向的组合关系，河谷和岸坡结构类型。

4 水文地质条件、地下水和河（库）水的补排关系、泉水出露情况。

5 库岸的稳定现状、变形破坏的发育阶段、变形破坏迹象和位移监测资料。

6 库水位的变化，特别是抽水蓄能电站库水位的变幅情况。

7 暴雨、久雨、地震、地下矿藏开采等天然与人为活动情况等。

6.3.4 对工程安全有威胁的潜在不稳定库岸和变形破坏体，应进行稳定性分析和计算，必要时还应进行涌浪计算。稳定性分析和计算可按《水电水利工程边坡工程地质勘察技术规程》的要求进行。

6.3.5 应根据库岸工程地质条件和具体情况，确定稳定性分析和计算时所需的有关参数。

1 边界条件，包括滑动面（带）、切割面和临空面的形态特征。

2 受力条件，包括自重应力，地下水的静水压力、动水压力、浮托力，岩体应力和工程荷载等。地震动峰值加速度等于或大于 $0.1g$ 地区，还应考虑地震作用力。

3 主要计算参数，包括滑动面（带）和软弱结构面抗剪强度、岩土体密度等。滑动面（带）和软弱结构面的抗剪强度可采用工程经验类比、室内或原位试验并结合观测成果分析、反分析等综合方法确定。潜在不稳定岩质库岸的抗剪强度可取峰值强度；古滑坡或多次滑动的滑动面（带）抗剪强度，地下水位以上采取天然状态快剪残余强度，地下水位以下采用饱和固结快剪残余强度。

6.3.6 库岸稳定分析时，除应选择有代表性的剖面进行计算外，还应选择辅助剖面进行校核。

6.3.7 在稳定性分析计算时，可通过改变计算参数和计算条件进行敏感性分析，了解影响库岸稳定的主要因素，包括岸坡的表面坡度、滑动面（带）倾角和形态、滑动面（带）抗剪强度、阻抗比（滑动面的长度中阻滑段长度与滑动面总长度之比）、含水层厚度比（饱水层平均厚度与变形破坏体平均厚度之比）、淹没比（洪水或库水淹没滑动面长度与滑动面总长度之比）、库水位的降幅和日最大降水量等。

6.3.8 应根据对潜在不稳定库岸和变形破坏体的稳定性分析计算，预测可能失稳的机制、规模、滑速和涌浪高度及其影响范围等，并从下列方面进行危害性评价：

1 对水电水利工程施工期和运行期的影响。

2 对水库堵塞（库中坝）和使用寿命（库容）的影响。

3 对航运、库周地下工程、矿山和农田区的影响。

4 对城镇、居民区、规划移民区和其他重要工程设施的影响。

6.3.9 根据影响库岸稳定的主要因素及潜在不稳定库岸和变形破坏体的失稳机制、规模和危害程度，提出防治措施和长期监测方案的建议。

7 水库坍岸工程地质勘察

7.1 勘察内容

7.1.1 搜集下列资料：

1 气候特征、全年气温变化、暴雨、久雨的强度和持续时间、冻融作用，风向和风速，特别是频率最多的风向和风速及其最大风速和持续时间。

2 风浪及船浪的高度、浪向和浪程、波浪冲刷深度等；水库蓄水初期的最高水位、消落水位和正常蓄水位，库水位升降幅度和频率；水库各段的回水位。

3 邻近地区已建水库库岸和相似的地质条件的河湖岸的坍岸情况，自然稳定坡角和浪击带稳定坡角。

7.1.2 库岸的形态特征，岸坡的高度和坡角、岸坡方向、岸线的曲率、冲刷岸和淤积岸；阶地及河漫滩的成因、形态、类型及基座高程、河床的冲淤情况及微地貌特征；冲沟的密度、深度、长度、宽度和形状。

7.1.3 库岸地层性质及其分布情况，特别是库水位变化幅度内岸坡土层的组成物质、颗粒级配、厚度、层序和结构状态、物理力学性质和水理性质，应注意特殊性土层的耐崩解性、膨胀性和湿陷性等。各种软弱岩层的风化程度、节理裂隙发育程度、充填情况、组合特征及与库岸的关系。

7.1.4 地下水位及其变化幅度、渗透系数、水力梯度、水库回水与地下水的动态关系。

7.1.5 崩塌、坍滑、泥石流等的现状及其发展趋势。

7.2 坍岸勘察方法

7.2.1 水库坍岸综合性勘察应符合下列要求：

1 在水库区工程地质测绘的基础上，根据需要选取代表性地段进行地质剖面测绘，剖面线应垂直库岸布置，沿剖面线可布置少量试坑和钻孔。

2 结合勘探坑孔的布置，取少量样品进行土的物理力学性质试验。有关参数可根据试验成果或按工程地质类比法选用。

7.2.2 水库坍岸专门性勘察方法，应符合下列要求：

1 工程地质测绘比例尺，城镇区可选用 1:2000~1:1000，农业区可选用 1:10000~1:5000。测绘范围应包括初步圈出的坍岸地段及其影响范围。

2 坍岸预测勘探剖面应垂直库岸布置。剖面间距，城镇区为 200m~1000m，农业区为 1000m~5000m。剖面线上靠近岸边的试坑和钻孔应进入水库死水位或相当于陡坡脚高程以下。

3 各土层应进行物理力学性质试验，其中颗粒分析、自然休止角和水下休止角试验组数累计不得少于 5 组。

4 在城镇规划移民区、工矿区、农业区和其他重要工程设施的地段或重点坍岸地段，应进行坍岸观测工作。观测内容包括岸坡地下水和库水位动态、库水面风浪和沿岸流速，以及坍岸及其淤积方式、速率、宽度和坍岸后的岸坡形态等。在汛期、暴雨、久雨和冻融期要加强观测工作。

7.3 分析与评价

7.3.1 水库坍岸分析与评价应在工程地质测绘、勘探和试验成果分析的基础上，对库岸分区或分段，并选择坍岸预测剖面，预测水库蓄水过程和蓄水后水库坍岸的发展过程及最终宽度，确定坍岸范围，并对其危害性进行评价。

7.3.2 坍岸预测可采用工程地质类比法、图解法或计算法。必要时，应采用多种方法的成果综合分析确定。

7.3.3 坍岸宽度的预测可分短期预测和长期预测。短期预测宜根据岸坡形态、土体强度、耐崩解性能、风浪和船浪的强度等因素，选择水库初次蓄水后 3 年~10 年作为预测阶段；长期预测系水库蓄水达到正常蓄水位与死水位之间变化形成的最终坍岸宽度，此时，应考虑水库蓄水后的淤积影响。对于汛期大流速洪水侧蚀冲刷引起的坍岸问题，应进行专门调查，分析汛后岸坡的稳定性，预测稳定岸坡位置。

7.3.4 坍岸宽度预测时有关参数的选择，应遵守下列要求：

1 库水位，短期预测宜选取定时段内蓄水初期的最高水位，长期预测宜取正常蓄水位或设计洪水位。

2 水下浅滩坡角宜根据现场调查与试验或工程地质类比确定，亦可利用库水位平均上升速率和调查的坍岸后退速率的比值求得。

3 岸坡自然稳定坡角和浪击带稳定坡角宜根据土的物理力学性质试验成果和现场调查资料综合分析选用。

4 宜以死水位以下波浪冲刷深度为坍岸起始点。当库岸前分布有阶地或漫滩，其地面高程高于死水位时，以阶地或漫滩的后缘与岸坡接触处作为坍岸起始点。

7.3.5 根据预测的最终坍岸宽度和范围，应评价其对城镇、规划移民区、农业区、重要工程设施的影响和危害性。

7.3.6 应对需要防护的坍岸地段提出防护措施的建议。

8 水库浸没工程地质勘察

8.1 勘察内容

8.1.1 水库浸没综合性勘察应包括下列内容：

- 1 调查水库周边的地貌特征，平原及河谷阶地的分布情况、成因类型、范围、地面高程及地形坡度的变化；山前洪积扇、洪积裙的分布及其形态特征。
- 2 调查与地下水有密切关系的集水洼地、湿地的形成条件、分布特点及其发展概况；封闭和半封闭洼地的分布情况；沟谷及地表水系（或渠系）的分布、水位及其补给、径流和排泄条件。
- 3 调查水库周边矿井、地下建筑物的分布、高程及其形态特征。
- 4 调查水库周边第四纪地层的成因类型、结构、组成物质、厚度、分布范围及其岩相岩性的变化。在黄土地区，还应调查其湿陷性和耐崩解性。
- 5 调查水库周边含水层的颗粒组成、易溶盐含量、渗透性、给水度、饱和度。
- 6 调查水库周边的水文地质条件、地下水类型、水化学特性、埋藏条件、出露情况及其补给、径流和排泄条件。相对隔水层或基岩的埋藏深度。
- 7 潜水位的动态变化。
- 8 搜集和调查水库区水文、气象资料；水库周边城镇和居民区建筑物的基础类型和砌置深度；主要农作物的种类、根须层厚度；土壤盐渍化和沼泽化的历史和现状。

8.1.2 根据综合勘察成果的分析，对初判可能产生浸没的地区，应在综合性勘察工作的基础上进行专门性勘察，查明其地质条件，为确定浸没范围和有关参数提供依据。

- 1 查明土层的层次、厚度、物理力学性质、渗透系数、给水度、饱和度。
- 2 查明潜水含水层的边界条件、相对隔水层或基岩的埋藏分布条件。
- 3 通过试验和长期观测，确定土的毛管水上升带高度和产生浸没的地下水临界深度。
- 4 建立渗流数学模型，进行非稳定状态潜水回水预测计算。绘出水库回水位情况下，水库周边的潜水等水位线预测图，预测不同库水位时的浸没范围。

8.2 勘察方法

8.2.1 水库浸没综合性勘察应结合水库区工程地质勘察进行，并应符合下列要求：

- 1 搜集并分析有关区域地质资料和遥感图像资料。
- 2 工程地质测绘比例尺可选用 1：50000～1：10000。测绘范围应包括水库回水位以上可能浸没区所在的阶地后缘、盆地边缘坡麓或相邻地貌单元的前缘。在黄土地区，测绘范围应适当扩大。
- 3 可布置适量的物探、坑探和钻孔，了解可能浸没区的岩土性质和水文地质条件。勘探剖面应垂直库岸或平行地下水流向布置。剖面间距城镇地区为 500m～1000m；农业区为 2500m～5000m。钻孔间距为 300m～500m。钻孔应进入相对隔水层。
- 4 根据需要进行水文地质参数测试和土的室内试验。
- 5 在初判可能产生浸没的地区，应利用已有钻孔和水井进行地下水动态观测，观测时间应不少于一个水文年。

8.2.2 水库浸没专门性勘察方法，应符合下列要求：

- 1 工程地质测绘比例尺，城镇区可选用 1：2000～1：1000，农业区可选用 1：10000～1：5000。测绘范围应包括可能浸没区所在地貌单元的后缘。
- 2 勘探剖面应实测，并垂直库岸或平行地下水流向布置。剖面间距，城镇区为 200m～500m，农业区为 1000m～3000m。钻孔间距 100m～300m。一般钻孔深度应进入稳定地下水位以下 3m～5m，控制性钻孔应进入相对隔水层。可能浸没区所在地貌单元至少应有两个控制钻孔，其中一个控制孔应布置在靠近水库正常蓄水位的边线处。
- 3 勘探剖面之间可采用物探方法了解地下水位、相对隔水层或基岩埋深的变化情况。
- 4 应通过室内试验和野外试验测定土的渗透系数、饱和度、毛管水上升带高度、含盐量和地下水化学成分等。每一可能浸没区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 防护工程地段应进行土的物理力学性质试验和水文地质试验，主要土层的试验组数累计不应少于 5 组。
- 6 建立并完善地下水动态观测网，观测内容应包括地下水位、水化学成分、土壤含盐量等。

8.3 分析与评价

8.3.1 水库浸没分析与评价应包括下列工作内容：

- 1 根据试验和观测资料，或通过计算，确定产生浸没的临界地下水埋深。
- 2 根据水文地质条件，预测潜水回水埋深值。
- 3 根据土层的性质和水库运用水位情况，预测浸没区的范围。

4 根据气候和水文地质条件,预测浸没的类型。

8.3.2 水库浸没问题分析评价可分为初判和复判两个阶段。初判阶段应确定水库回水位条件下的浸没范围。复判阶段应根据各剖面潜水回水计算成果,绘制水库蓄水后潜水等水位线预测图或潜水埋深分区预测图,结合气候条件和临界地下水埋深,预测不同库水位下次生盐渍化、沼泽化和危害建筑物基础等不同类型浸没区的范围,并评价其危害性和提出防护措施的建议。

8.3.3 具有下列情况之一的地区,可判定为不易产生浸没问题:

- 1 库岸由不透水或相对不透水的岩土体组成的地段。
- 2 调查地区与库水之间有隔水层或相对隔水层分布,且其空间状态能阻隔库水入渗的地段。
- 3 调查地区与库岸间有经常性水流的溪沟,地表水和地下水排泄通畅。

8.3.4 具有下列情况之一的地区,可判为易产生浸没问题:

- 1 库岸周边由透水的松散土体组成的河谷阶地或平原。
- 2 地形平缓、地表水和地下水排泄不畅、地面高程低于或等于水库回水位的封闭洼地或盆地。
- 3 库岸周边原有的常年或季节性水池、涝池、沼泽地和盐渍化地带等的边缘地区。
- 4 地下水补给量大于排泄量的库岸地区。
- 5 土层毛管水上升作用强,地下水含盐量较高、蒸发量较大的地区。
- 6 与水库渗漏通道相连的邻谷或下游地区。
- 7 与库岸相连的山前洪积扇、洪积裙或超河漫滩阶地。
- 8 水库蓄水后,库尾淤积使库水位翘高引起地下水壅高的地区。

8.3.5 浸没临界地下水埋深是判定浸没的基本依据和确定浸没范围的边界条件。当预测的潜水回水埋深值小于临界地下水埋深时,该地区即应判定为浸没区。浸没临界地下水埋深应根据土层性质、地下水矿化度、土壤毛管水上升带高度、农作物种类和根系层厚度或建筑物基础砌置深度等,通过实地观测和当地生产实践经验确定,也可按下列公式计算:

$$H_{\text{临}} = H_{\text{L}} + \Delta H \quad (8.3.5)$$

式中:

H_{L} ——浸没临界地下水埋深, m;

H_{L} ——地下水位以上土壤毛管水上升带高度, m;

ΔH ——安全超高值, m。对农业区,该值即根系层的厚度;城镇和居民区,该值取决于建筑物基础型式和砌置深度。

8.3.6 地下水位以上土壤毛管水上升带高度,可在试坑、井中直接量测;也可根据农作物生长期的土壤适宜含水率和现场实测地下水位以上土壤含水率随深度变化曲线选取。城镇和居民区可通过地下水位以上土壤含水率变化曲线与水库蓄水前基础持力层的天然含水率的对比确定。

8.3.7 库岸潜水回水值的计算,应符合下列要求:

- 1 潜水回水计算剖面应垂直库岸或平行地下水流向。
- 2 选择潜水回水计算的库水位,应取水库回水位或运行时段代表性库水位。
- 3 选择潜水回水计算的地下水位,应取浸没预测时段库水位同期的平均地下水位。
- 4 根据浸没区含水层的性质、厚度、渗透系数、下伏相对隔水层的分布状况、地下水与库水的补排特征等,并应注意地下水的扩散型辐射流或收敛型辐射流对壅高水位的影响。
- 5 初判阶段潜水回水预测可用稳定流潜水回水计算方法。
- 6 复判阶段宜建立潜水渗流模型,进行非稳定流潜水回水计算。

9 规划移民区和防护工程的工程地质勘察

9.1 规划移民区的工程地质勘察

9.1.1 规划移民区勘察应包括下列内容：

1 地形地貌特征及其成因类型，微地貌单元：山峰、洼地、冲沟、陡崖、阶地、坡地等。应注意岸坡斜坡地貌形态的演变过程和发育阶段、类型及稳定情况等。

2 岩土性质、分布、成因和时代。土层应注意新近沉积土、特殊土的分布及其工程地质特性。岩层的结构类型，软弱岩层及夹层的分布，岩石风化程度与厚度。碳酸盐类岩石的喀斯特发育程度、类型、形态与规模、空间分布及充填情况与充填物性质等。

3 岩层产状及褶曲类型，节理裂隙性质、产状、数量及充填与胶结情况；断层分布、类型、产状及断距，破碎带宽度及胶结情况，新构造活动形迹和地震情况等。

4 河流、冲沟、堰塘等分布及其汇水面积、流量、水位特性与地下水关系。地下水含水层类型、埋深、水位变幅、补给、径流与排泄条件，水质类型。泉水出露位置、高程、类型、流量、季节性变化及水质等。

5 滑坡、崩塌、危岩体、新生冲沟、泥石流、岸坡冲刷、采空区、地面坍塌、移动沙丘等不良地质现象的形成、分布、规模、发育程度及其稳定情况等。

9.1.2 规划移民区勘察方法应遵守 GB 50021 的有关规定。

9.1.3 规划移民区工程地质条件的分析评价应符合下列要求：

1 综合分析工程地质条件，结合人类活动的影响，对山丘和岸坡地区应评价其稳定性，并进行稳定程度分区，宜划分为稳定地区、基本稳定地区、稳定较差地区、稳定差地区和特殊地质问题地区，参见附录 A。

2 在稳定程度分区的基础上，结合微地貌或地形坡度、交通和给排水工程等的建设条件，并进行建筑适宜程度分区，可划分为最佳建筑场地区、良好建筑场地区、一般建筑场地区 and 不宜建筑场地区，参见附录 A。

9.2 防护工程的工程地质勘察

9.2.1 防护工程的地质勘察工作应在水库区有关工程地质问题勘察基础上，根据防护工程的性质、布局、结构型式、规模和重要性等确定。

9.2.2 防护工程勘察应包括下列内容：

1 搜集防护区的水文、气象资料。水系的分布，各支流数及长度，河槽特性，汇水面积，流速、流量等；历史最高洪水位、淹没深度与历时；降雨量及其频率，气温变化，风向风力等。

2 地貌类型及其分布、高程、山坡和岸坡形态、坡度与稳定性，波浪冲刷带的坡度等。

3 岩土层的空间分布、高程和厚度变化。土的性质、颗粒组成、矿物成分、物理力学性质及土的渗透稳定性。岩石性质、风化程度、岩层产状与地形斜坡的关系。断裂发育程度等。

4 含水层类型、分布范围和厚度变化及其与水库的关系。水库蓄水后的地下水埋深、水位变幅、流向、补排条件和水质等。泉、井出露位置及流量。应注意判明隔水层顶板的薄弱地段和可能的天窗口。

5 当防护区的地面高程低于水库正常蓄水位时，应研究防护工程地基的渗透稳定性和渗漏量，并提出处理措施的建议。

6 天然建筑材料的分布位置、范围、储量及质量、开采和运输条件。

9.2.3 防护工程勘察方法应符合下列要求：

1 防护区的工程地质测绘，比例尺可选用 1：50000～1：10000，测绘范围应包括全部需要防护地区或邻近地貌单元的前缘。

2 防护工程部位的工程地质测绘，比例尺可选用 1：5000～1：1000，测绘范围可按工程类型确定。

3 勘探剖面、勘探点的布置和数量，可依据防护工程类型、规模、工程地质水文地质条件确定。

4 防护工程地段应进行土的物理力学性质试验和水文地质试验。主要土层的试验组数应根据防护工程类别、规模、土层性质等确定。

9.2.4 防护工程的分析与评价，应按防护工程类型、规模，结合工程地质水文地质条件、建筑物工况等进行，提出岩土物理力学性质参数和处理措施的建议。

10 泥石流等问题的工程地质勘察

10.1 泥石流的工程地质勘察

10.1.1 泥石流勘察应包括下列内容：

- 1 搜集水文、气象资料，包括年降雨量及其分配、暴雨时间和强度、一次最大降雨量及径流模数、最大流量模数，冰川、积雪的分布与消融期等。
- 2 利用航片资料解译泥石流沟的分布及形成泥石流的地形地貌条件。
- 3 泥石流发生区、通过区、堆积区的范围，形成泥石流的固体物质来源及其物质组成、颗粒级配。
- 4 泥石流沟的平、剖面形态，弯曲程度，宽窄变化，沟床的纵坡变化，支沟发育情况等。沟坡的稳定性，滑坡、崩塌等的分布位置、发育程度、范围等。
- 5 断层带性质、破碎带宽度、节理裂隙发育程度及岩体结构、新构造活动形迹与地震情况。
- 6 第四系松散堆积物的分布、岩性、厚度变化及下伏基岩的岩性特征。
- 7 泥石流沟的汇水面积、水补给类型与条件、地下水露头和流量。
- 8 历史泥石流活动情况、类型、冲淤、危害性及防治情况。
- 9 人类伐木、垦荒、耕植、采石（矿）弃渣、修路等对形成泥石流的影响。
- 10 峡谷河段还应包括沟口泥石流痕迹和主河床（水库）泥石流堆积痕迹，沟口假阶地的物质组成特征及其成因，沟口附近沟床的平面和剖面形态、沟坡稳定性、最高泥痕、沟内最大块石粒径。
- 11 宽谷河段还应包括泥石流扇的形态特征和物质组成、扇面纵坡和淤积坡度，泥石流扇淤积速率、冲淤变化规律，泥石流扇上沟床改道和泥石流漫流的历史情况并分析发展趋势，泥石流排入主河床（水库）的固体物质数量、主河床（水库）淤积地段的淤积速率。
- 12 进行泥石流和泥石流流体性质的分类。泥石流可分为泥流、泥石流、水石流。泥石流流体性质可划分为黏性泥石流、稀性泥石流。

10.1.2 泥石流勘察方法应符合下列要求：

- 1 航片资料解译草图应进行野外检验和核实。航片比例尺可选用 1：34000~1：8000。
- 2 在航片资料解译的基础上，进行工程地质测绘，比例尺可选用 1：50000~1：10000，测绘范围应包括泥石流的发生区、通过区、堆积区及其对主河床（水库）的影响地区。
- 3 根据需要可布置物探、坑探和钻探。为查明泥石流堆积厚度的钻孔，进入基岩的深度应超过沟内最大块石直径的 3m~5m。
- 4 应取泥石流堆积物的代表性样品进行物理力学性质试验。

10.1.3 应根据泥石流的类别、泥石流的形态、形成泥石流的松散碎屑物质的积累和聚集程度、水源的补给情况和启动条件等，建立预警和预测观测点，预测泥石流暴发的可能性、规模及其频率，分析评价其对水工建筑物的安全、水库淤积、库周城镇、规划移民区、农业区及重要工程设施的影响和危害程度，并提出综合治理措施的建议。

10.2 移动沙丘（风沙）的工程地质勘察

10.2.1 移动沙丘（风沙）勘察应包括下列内容：

- 1 搜集并分析水文、气象资料。包括年（月）最高最低温度、温差变幅，年（月）降水量、降水强度、连续降水期，最多风向和频率、最大风速及其风向、年（月）平均风速、起沙风速、风沙的日数等。
- 2 查明风蚀洼地、风积地貌、沙漠化土地戈壁风沙流的形态（长、宽、深）、排列方向和组成物质，以及剥蚀区和堆积区的分布轮廓等。沙丘的分布范围、间距、走向、迎风与背风坡度，沙丘颗粒组成、矿物成分、结构与胶结物性质，沙丘各部位表层结皮情况及干沙层厚度，草灌丛沙丘的植物种类等。
- 3 调查水文网密度、水量、含沙量及其季节变化，古河床的分布变迁和被风沙掩埋情况等。
- 4 调查第四系松散堆积物的岩性特征、结构、厚度、颗粒组成与矿物成分等，下伏基岩的岩性特征。

10.2.2 移动沙丘（风沙）勘察方法应符合下列要求：

- 1 利用航片资料解释移动沙丘的分布界线及形态要素（长度、宽度和坡度）、古河床分布和变迁、植被种类及覆盖度等。可采用不同时期的航片进行比较，量测或推算沙丘移动方向和速度。航片比例尺可采用 1：10000。
- 2 根据需要对移动沙丘可布置简易勘探，如坑探、土钻或洛阳铲等。

10.2.3 根据移动沙丘（风沙）的分布范围、风速、颗粒组成、沙层厚度等，分析评价移动沙丘（风沙）对水库淤积和水工建筑物安全的影响。

10.3 矿产资源的调查

10.3.1 水库区特别是淹没、坍岸、浸没范围内的矿产资源都应进行调查。

10.3.2 矿产资源调查应委托有资质的单位进行，调查工作应包括下列内容：

- 1 矿产类型的矿种分类及矿床规模。

- 2 各矿种的产地、矿区名称、矿床分布范围及高程、埋藏深度、勘探等级、地质储量及开采储量、开采规模、已开采年限和远景规划等。
- 3 水库蓄水后，对矿产资源影响程度和评价，并提出防护措施的建议。
- 10.3.3 被委托方应提交水库区矿产资源调查报告和有关图件，并经有关主管部门审批。

附 录 A
(资料性附录)
规划移民区的区划标准

- A.1 规划移民区的稳定区划标准**
- A.1.1 稳定地区：**地层岩性简单，产状变化不大；构造简单，岩体破坏较轻；岩层倾向山体且反倾向裂隙不发育；岩层倾向坡外但坡脚没有临空面；岩层走向与坡面走向夹角大。
- A.1.2 基本稳定地区：**地层岩性比较复杂，产状有明显变化；岩层倾向山体但反倾向裂隙较发育；岩层倾向坡外且坡脚部分地段临空；岩层走向与坡面走向夹角小于 30°。
- A.1.3 稳定较差地区：**基本地质条件与基本稳定地区相同，但人类活动恶化了自然条件，如边坡、排水工程设计不合理等。
- A.1.4 稳定差地区：**岩层产状混乱，构造复杂，岩体受构造破坏和风化作用甚为破碎；顺河向张裂隙发育且延伸长；岩层大体上虽倾向山体但反倾向裂隙发育成为控制稳定的界面；岩层倾向坡外且在坡脚临空；陡倾基岩面上冲洪积物或古滑坡与崩塌堆积体发育。
- A.1.5 特殊地质问题地区：**古代和近代滑坡体，现代有形变迹象的崩坡积层、冲洪积层，崩塌错落体；喀斯特塌陷，落水洞，地下暗河；特殊土，矿产采空区，泥石流等。
- A.2 规划移民区建筑适宜程度区划标准**
- A.2.1 最佳建筑场地区：**地形平坦，地貌和地质构造简单；岩土性质均一、强度高；无不良地质现象；地下水埋藏较深，对建筑物基础无不良影响。交通及给、排水条件良好。
- A.2.2 良好建筑场地区：**地形略有起伏；岩土种类较多、性质稍有差异；不良地质现象不发育；地下水对建筑物基础可能无不良影响。交通及给、排水条件较好。
- A.2.3 一般建筑场地区：**地形起伏较大，地貌单元较多；岩土性质有较大变化；不良地质现象较发育但不严重；地下水埋藏较浅，对建筑物基础可能有不良影响。交通及给、排水条件较复杂。
- A.2.4 不宜建筑场地区：**地形相对高差大；不良地质现象发育且稳定性差，对建筑物存在潜在威胁或有直接危害；洪水或地下水对建筑物有不良影响。

水电水利工程水库区工程
地质勘察技术规程

条 文 说 明

目 录

- 3 基本规定
- 5 水库渗漏工程地质勘察
- 6 库岸稳定工程地质勘察
- 7 水库坍岸工程地质勘察
- 8 水库浸没工程地质勘察
- 9 规划移民区和防护工程的工程地质勘察
- 10 泥石流等问题的工程地质勘察

3 基 本 规 定

3.0.1 本条规定了水库区工程地质勘察的任务，即水库区工程地质勘察工作需要完成的目标。水库处理设计包括水库渗漏的防渗设计、不稳定岸坡的加固设计、规划移民区规划设计，以及淹没、浸没和塌岸的防护设计等。

3.0.2 水库区工程地质勘察应查明的工程地质问题是针对可能影响水库成立、或工程效益、岸区环境等问题而提出的，在实践工作中，应根据各工程的具体情况确定，并应达到预期的勘察目标。为了避免内容的重复，条文明确规定水库诱发地震分析预测、库岸稳定性分析与评价、水库喀斯特渗漏和喀斯特浸没性内涝应分别遵守有关的技术规程。

3.0.3 水库区工程地质勘察分为综合性勘察和专门性勘察，其目的在于突出勘察重点、区别对待，以利于顺利完成勘察和管理工作的。

综合性勘察在规划阶段或预可行性研究阶段进行。根据区域地质、航（卫）片解译等资料分析，初步判断是否存在水库渗漏、库岸稳定、浸没等工程地质问题。当可能存在某些问题时，除进行工程地质测绘外，为了解问题的严重性和危害程度，应根据具体的地质条件，布置适当的勘探工作，并做出初步预测和评价。

专门性勘察在可行性研究或招标设计阶段进行，它是在综合性勘察初步查明工程地质问题基础上，针对具体问题布置的勘察工作。应查明具体问题产生的地质和边界条件及影响因素，预测其变化、严重性和危害程度，做出定性和定量评价，并提出防治和处理措施的建议。

5 水库渗漏工程地质勘察

5.1 勘 察 内 容

5.1.1～5.1.5 这几条规定了综合性勘察的内容，这些内容是根据可能产生或影响库水向库外渗流而漏失水量的因素提出的。这些因素主要包括单薄分水岭、低矮垭口、强透水岩层、断层破碎带、裂隙密集带和第四系透水层带等。

5.1.7 经综合性勘察初步评价确定的可能渗漏地段应进行专门性勘察。专门性勘察的内容应更为深入和具体。条文中规定的内容是为确定水库渗漏地段性质、范围、估算水库渗漏量，以及建议防渗范围和深度等的需要而提出的。

5.1.8 抽水蓄能电站有上、下水库。一般来说，上水库修建在山顶，地下水位均低于水库设计正常蓄水位。其渗漏问题是水库水直接向库外渗漏，而且是主要表现为向下垂直渗漏；另外，上水库修建在山顶，库岸单薄，渗漏途径短，抗渗漏条件比较差；上水库是一个用电能抽水储备蓄能的场所，其库容小，面积不大，上、下水库的水要反复使用，因此不允许产生永久渗漏。这些都是与常规水库不同之处，条文规定的勘察内容是根据上述特点和要求提出的。

5.2 勘 察 方 法

5.2.1 综合性勘察方法主要是在收集分析区域地质、区域水文地质和遥感判译成果的基础上，确定是否需要进行水库区工程地质测绘。测绘比例尺可根据地质复杂程度和水库区面积大小选用 1：5000～1：1000。抽水蓄能电站上、下水库高差较大，测绘比例尺根据上、下水库范围，地质条件选用 1：5000～1：2000。地质条件简单，库区面积较大，可采用 1：5000；如地质条件复杂，则可采用 1：2000 进行工程地质测绘。

在地形和物性条件允许的情况下，应选用适当的物探方法，对了解地下水位、古河道、覆盖层厚度、隐伏的断层破碎带等通常都是有效的。

5.2.2～5.2.3 专门性勘察方法是在综合性勘察的基础上，采用综合勘察手段，提高精度的问题，根据综合性勘察初步圈定的可能渗漏地段，需要投入更多的勘察工作，查明影响评价渗漏问题的有关工程地质水文地质条件。

利用综合物探和勘探相结合的方法，查明透水带的位置和空间分布往往是有成效的。建立并完善地下水动态观测网，观测时间应不少于 1 个水文年，这主要是为了获得完整的地下水动态资料，为估算水库渗漏量所不可缺的。

条文强调了查明抽水蓄能电站的水库渗漏应布置勘探剖面，除考虑水文地质条件外，还需结合垂直或水平防渗处理方案，这是因为抽水蓄能电站控制水库渗漏比一般水库有更严格的要求，并达到最好的防渗效果。

5.3 分析与评价

5.3.1~5.3.2 具有条文中所规定的条件之一的水库不存在或存在水库渗漏问题（非喀斯特渗漏），这些内容已为我国许多已建水库的实践得到证实。

5.3.3~5.3.4 分别提出了估算渗漏量和评价水库渗漏对水电水利工程及环境影响的内容。

不同的水库渗漏类型其水文地质结构、渗漏特性和边界条件差异很大，渗流途径及其断面的变化更大。划分水库渗漏类型是估算水库渗漏量、评价水库渗漏问题的基础之一。

渗漏计算的精度取决于渗漏边界条件的分析、计算参数的确定和计算模式的选择，但由于水文地质结构和渗漏边界条件的复杂性，渗透系数也很难有准确的数字，因此计算水库渗漏量是困难的，只能是估算。条文规定了估算水库渗漏量的基本要求。

评价水库渗漏对水电水利工程及环境的影响，包括由于水库渗漏对水库经济效益和社会效益的影响，由于水库渗漏引起的淹没或浸没对农作物及城镇、厂矿的影响，由于水库渗漏对水工建筑物安全的影响等。

5.3.5 防渗处理的型式、范围和深度，取决于水库渗漏地段的渗漏形式和程度。要抓住渗漏的关键部位，充分利用有利的水文地质条件，如隔水层或相对隔水层等，并根据渗漏形式和渗漏程度，提出相应的防渗处理措施的建议。

6 库岸稳定工程地质勘察

6.1 勘察内容

6.1.1~6.1.2 条文分别提出了库岸稳定综合性勘察和专门性勘察的主要内容。

综合性勘察任务是初步评价水库岸坡的稳定性，条文规定的内容是基于这一任务的要求，侧重于基本地质条件的调查，包括地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件和动力环境等。专门性勘察应评价潜在不稳定岸坡、变形破坏体的稳定性，因此条文规定，专门性勘察的内容是查明其范围、变形破坏迹象、发育阶段、边界条件有关参数及稳定性的发展趋势等。

抽水蓄能电站水库要经历蓄水、蓄满、放水、空库四个阶段，水位循环升降频繁，水位变幅大，动水压力的作用显著，故条文要求应研究岸坡在库水入渗和回流的动水压力综合作用下的稳定性。

6.2 勘察方法

6.2.1~6.2.2 专门性勘察应比综合性勘察采用更多更有效的手段来查明库岸潜在不稳定岩土体的边界条件及其性状，以便为评价其稳定性提供必须的资料和数据。对建立并完善库岸不稳定岩土体的监测工作应给予充分的重视，进行专门的监测网点（包括不稳定岩土体位移监测网和地下水动态观测网）的设计和尽早实施，布置监测网点还需考虑工程施工期和运行期监测预报的需要，保持监测资料 and 数据的连续性和完整性，有利于分析应用。

6.3 分析与评价

6.3.1~6.3.2 库岸稳定性分析和评价包含了两个内容：库岸岸坡的稳定性和潜在不稳定岸坡、变形破坏体等的稳定性。因此，需要对库岸岸坡划分工程地质类型和工程地质分段。

对土质库岸岸坡，通常可依据土层成因、性质及其组合特征划分，如冲积黏性土岸坡、崩滑堆积碎块石土岸坡等。

对岩质库岸岸坡，通常可依据岩性质、主要结构面的组合特征等划分。如碎屑岩岸坡、碳酸盐岩岸坡、结晶岩岸坡和变质岩岸坡等。对于层状岩层组成的库岸，还可进一步考虑岩体主要结构面与库岸岸坡间的组合关系划分，如层状平适岸坡、横向岸坡、顺向岸坡、反向岸坡、斜向岸坡、特殊结构的岸坡（岩体受构造作用强，断裂带或裂隙带发育，破碎程度高的岸坡，包括下部有软弱基座的岸坡）等。

6.3.3~6.3.7 库岸稳定性是由多种因素决定的，概括起来主要有：

（1）地质条件。组成库岸岸坡的岩土体性状、组合与结构类型和岸坡外貌特征。

（2）动力条件。暴雨强度、地下水作用、地表水流的侵蚀与磨蚀、后缘加载、地震以及人类工程活动等。

分布于库岸已有的，特别是对工程和人民生命财产安全有影响的潜在不稳定岸坡、变形破坏体等，应进行稳定性分析和计算。主要方法有宏观地质判断、稳定计算、有限元分析等。这些方法所得出的结论是否正确，取决于影响岸坡稳定因素的资料与数据，以及人们对其认识是否符合客观实际。在稳定计算时，滑体的边界条件是否清楚，尤其是滑动面（带）是否准确、计算参数选择是否正确、受力条件确定是否合理，都将影响成果的准确性。我国地质条件十分复杂，库岸岸坡的破坏模式差别很大，一般可归纳为平面滑动、圆弧滑动、楔形体滑动、倾倒、溃屈、拉裂等。在实际工作中，查清潜在不稳定岸坡、变形破坏体的边界条件和取得准确的参数都较困难。因此，建议采用多种分析和计算方法，进行综合评价，以便得到较为符合实际的结论。

6.3.8~6.3.9 水库区岸坡，特别是近坝库岸产生崩塌、滑坡等将形成灾害，对水电水利工程、城镇、矿山、道路等造成严重危害。例如云南省 60% 的中小型水库受滑坡、泥石流的影响，平均每年经济损失达 1500 万元。大渡河铜街子水电站右坝肩及主要建筑物处为古滑坡，迫使原设计作重大修改，对无法避开滑坡的水工建筑物耗巨资进行工程处理。湖南拓溪水库唐岩光滑坡体体积 165 万 m^3 滑入库内，坝前涌浪达 2.5m，漫过坝顶，摧毁施工现场，造成重大损失，延误工期达一年之久。崩滑体等地质灾害不仅直接威胁着水电水利工程的安全，由此产生的大量固体物质进入水库，使库容不断减少，电站运行受到严重威胁。据不完全统计，长江上游地区各类水电水利工程每年淤积 3 亿 m^3 。如大渡河龚嘴水电站建成 10 年后，库容 48% 被淤积；碧口水电站运行 6 年，库容损失达 16.5%。

此外，崩滑体等地质灾害还经常中断公路和铁路、堵塞河道、阻碍航运、危害城镇厂矿安全、毁坏农田和民居，甚至造成重大伤亡等。因此，进行崩滑体等的危害性评价是很必要的。同时，并应做好监测预报工作，直接掌握崩滑体等的位移信息和稳定状况的变化，检验崩滑体等前期稳定性分析成果与治理措施的效果，对其可能失稳的趋势作出预测预报。除水电水利工程施工和运行期的预测外，崩滑体等临失稳前的预测预报尤为重要。如长江新滩滑坡在 1985 年 6 月 12 日再次发生滑动前，曾进行了多年监测，临滑前作出了准确及时的预报，使滑区内 1371 人适时撤离，无一伤亡，物质财产亦安全转移，使灾害损失减少到最低程度，成为我国成功预报大型滑坡失稳的首例。

7 水库坍岸工程地质勘察

7.1 勘 察 内 容

7.1.1~7.1.5 水库蓄水后，库岸为适应新的自然平衡条件，将被库水作用强烈改造而引起坍岸，直到岸坡稳定为止。坍岸主要发生在松散土层或黄土组成的库岸。主要形式有崩坍、滑坍和浪蚀等，岩质库岸也可导致崩滑体失稳。

坍岸可分为风浪坍岸和冲刷坍岸，前者主要发生在库面宽阔、库水较深的地段；后者发生在库尾地段。水库坍岸问题主要是勘察和分析评价风浪坍岸的问题。

条文中强调应搜集气象、水文、岸坡自然稳定坡角、浪击带坡角等资料，并与相关的试验成果结合选用。由于风向、风速频率和最大风速持续时间，决定着风浪的波向、波高、击浪高度和波浪冲刷深度，浪击力的大小也与库岸自然岸坡角有关，而每次坍岸的规模则往往取决于组成库岸的土层性状。

7.2 勘 察 方 法

7.2.1~7.2.2 在水库区工程地质勘察工作中，选取代表性地段，布置少量的勘探工作，初步分析坍岸情况，只有在规划移民区、工矿区、农业区和重要工程地段，应进行坍岸问题的专门性勘察。在水库蓄水期，即应开始进行库水位和地下水动态，风浪、岸流、淤积和库岸变形过程的观测工作。

7.3 分析与评价

7.3.1~7.3.6 坍岸的短期预测是水库开始蓄水后，预测不同库水位的坍岸规模和范围；长期预测是水库达到设计正常蓄水位形成最终的坍岸规模和范围。并评价对规划移民区、工矿区、农业区和重要工程的危害程度，提出防护措施的建议。

8 水库浸没工程地质勘察

8.1 勘 察 内 容

8.1.1~8.1.2 浸没是水库蓄水使其周边地带地下水在土层中的毛管水上升到接近或达到地表,引起土壤次生盐渍化、沼泽化和土层软化现象。造成农作物受害、地基条件恶化和地下工程涌水量增大等次生灾害,这在开阔的平原水库周边地带较为常见,峡谷水库则常发生在高漫滩、阶地和山间洼地、库尾水位翘高后引起的浸没地区。

勘察内容主要强调了水文地质调查,在初判可能产生浸没的地区,要进行专门性勘察,以核实和查明可能浸没地区的水文地质条件,为圈定浸没范围和评价提供确切的资料。并在水库蓄水前即开始进行水文地质长期观测,获取详细的水文地质参数,即潜水位动态、土的毛管水上升带高度、浸没对农作物、道路和建筑物地基、地下厂矿等的临界地下水位埋藏深度等,这些都与当地地理环境、气象条件和可能浸没区的水文地质条件有关。

8.2 勘 察 方 法

8.2.1~8.2.2 浸没问题的综合性勘察主要是收集和分析已有的资料,初步分析库周可能产生浸没的地区,确定工程地质测绘的范围,并在工程地质测绘的基础上,采用钻探及物探与钻探相结合的方法,调查可能浸没地区的工程地质水文地质条件。

在专门性勘察时,为提高勘察精度,除加密勘探剖面 and 减少钻孔间距外,还可在勘探剖面 and 钻孔之间采用物探方法了解地下水位、相对隔水层或基岩埋深的变化情况,采用物探来了解这些情况,往往是有效的手段。

8.3 分析与评价

8.3.1~8.3.2 条文提出了水库浸没问题分析与评价的内容,并规定划分为初判和复判。

初判相对应于预可行性研究阶段,只预测在水库设计正常蓄水位时的浸没范围;复判相对应于可行性研究阶段和招标设计阶段,除复核水库设计正常蓄水位条件下的浸没范围外,还要根据需要,按水库运行时段的库水位,通过长期观测资料或计算确定潜水回水位,编制不同库水位时的潜水等水位预测图或潜水平深分区预测图,来圈定不同库水位时不同类型的浸没范围,并评价其危害性与严重程度,提出防护措施的建议。

8.3.3~8.3.4 条文所提出的内容是多年实践经验的总结,可以指导在初判时如何分析是否存在浸没问题。

8.3.5~8.3.7 浸没临界地下水埋深、土壤毛管水上升带高度和潜水回水计算成果等,都是分析和圈定浸没地区范围的重要参数和依据,条文就这些内容和计算方法均作了详细的规定和说明。

9 规划移民区和防护工程的工程地质勘察

9.1 规划移民区的工程地质勘察

9.1.1 水库的规划移民区主要是指库区内就地移民后靠或异地选择移民城镇新址，在工程地质勘察中应重点解决移民城镇选址与地质环境的关系，预测新城镇建设与运行中可能出现的环境地质问题，使其具备较好居民生活、生存和发展的地形地质环境。

9.1.2~9.1.3 水库区的规划移民区的工程地质勘察，应遵守 GB 50021 的有关规定，但亦应按水库区各勘察阶段的要求，正确反映规划移民区的工程地质条件，查明不良地质作用和地质灾害，精心勘察，精心分析，提出资料完整、评价正确的勘察成果。

对于移民就地后靠小规划移民区，应注意分析水库蓄水后，库岸岸坡的长期改造过程，需考虑形成最终库岸对规划移民区的影响和利用问题。

为了扩大可利用土地，在规划移民区往往需要平山填沟，但应注意由此造成严重的工程地质和环境地质问题，可能留下隐患。如沟谷填土地基的稳定问题、水文地质条件的改变等。

规划移民区内自然边坡形态及其稳定性的调查是很重要的，由此可以类比新城镇建设中将产生的大量人工边坡稳定条件。提出人工边坡的坡高、稳定坡角、坡面形态、马道设置、排水设施和护坡措施的建议。

9.2 防护工程的工程地质勘察

9.2.1 为了阻隔库水对防护区的浸没或淹没而设置的防护工程，如防护堤（坝）等，是保护防护区内人民生命财产安全、保障人民群众的正常居住生活条件的重要工程设施。根据防护工程的性质、布局、结构型式、规模和重要性等，应满足相应勘察阶段的堤或坝的工程地质勘察要求。

10 泥石流等问题的工程地质勘察

10.1 泥石流的工程地质勘察

10.1.1~10.1.2 泥石流是由于降水（暴雨、融雪、冰川）而形成挟带大量饱和泥沙、石块、巨砾等固体物质的特殊洪流。是山区特有的常见的一种地质现象。它暴发突然，来势凶猛，具多发性。虽历时短暂，但有强大的破坏力。它可能危及水工建筑物、库周城镇、规划移民区、农业区和重要工程设施的安全甚至毁坏；大量泥沙、石块等堆积于库内，将严重影响水库效益。例如长江流域西部山区的干支流的泥石流沟即达 6800 余条。故条文特别强调应调查水库区内泥石流的分布、规模及成因。

在山高沟深、地势陡峻、有利于集水和岩土碎屑物的地形、有丰富的松散的岩土碎屑物和短时间突发大量流水等，具备这些条件就将发生泥石流。因此，针对形成泥石流的条件，条文明确了泥石流的勘察内容和方法。

泥石流发生区，应详细调查岩土性质、风化程度和厚度、构造破碎情况、滑坡、崩塌等堆积体的规模和稳定程度，并估算可能供给的各种固体物质数量。

泥石流通过区应详细调查沟床纵坡、沟谷急湾、基岩陡坎等有利减弱泥石流的条件。调查历史泥石流痕迹及两侧山坡可能供给的固体物质源泉。

泥石流堆积区范围、最新堆积物分布特点等。根据堆积物粒径大小、堆积的韵律分析历次泥石流活动的规模、规律和频繁程度，评价其活动程度及危害性，并估算一次最大堆积量等。

10.1.3 泥石流类型多、分布地域广，具突发性和多发性的特点，对峡谷型水库往往造成严重影响。那些对水库淤积、水工建筑物等安全有严重影响或威胁的泥石流，需建立预警预测观测点，及时作出预测预报，可采用图 1 程序。

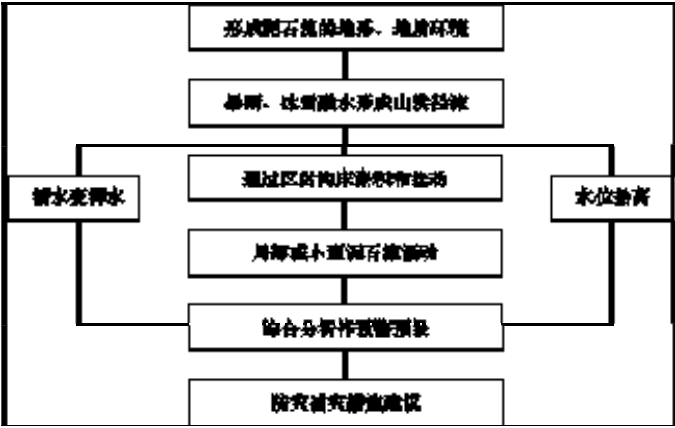


图 1 预测预报程序图

10.2 移动沙丘（风沙）的工程地质勘察

10.2.1 干旱、半干旱地区的水库、移动沙丘（风沙）可能成为水库淤积的固体物质来源和淹埋或影响水工建筑物的运行效益。

10.3 矿产资源的调查

10.3.1 水库区的矿产资源属于不能再生资源，应委托有资质的专业部门进行调查。并评价因水库蓄水产生浸没或淹没时对各类矿产储量和开采条件的影响，提出防护措施的建议。