



SL

中华人民共和国行业标准

P

SL 55—93

中小型水利水电工程地质
勘 察 规 范

1993—06—22 发布

1994—03—01 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国行业标准
中小型水利水电工程地质勘察规范
SL 55—93

主编单位：湖南省水利水电勘测设计院

批准部门：中华人民共和国水利部
电力工业部

中华人民共和国水利部
电力工业部
关于发布《中小型水利水电工程地质
勘察规范》SL 55—93 的通知

水规[1993]338 号

由湖南省水利水电勘测设计院会同有关单位编制的《中小型水利水电工程地质勘察规范》经两部审查通过，现批准发布为水利和电力行业标准，编号 SL 55—93，自 1994 年 3 月 1 日起实施。

请各单位在执行过程中注意积累资料，如有意见，请函告水利水电规划设计总院和湖南省水利水电勘测设计院。

本标准由水利电力出版社出版发行。

1993 年 6 月 22 日

目 次

1 总则	(4)
2 规划勘察	(5)
3 设计勘察	(8)
4 天然建筑材料勘察	(23)
5 施工地质工作	(24)
6 勘察成果	(26)
附录 A 中小型水利水电工程边坡工程地质分类	(29)
附录 B 中小型水利水电工程围岩工程地质分类	(35)
附录 C 工程地质勘察报告主要附图目录	(38)
附录 D 本规范用词说明	(38)
附加说明	(39)

1 总 则

1.0.1 为了统一中小型水利水电工程地质勘察程序、明确勘察内容、要求和方法,特制定本规范。本规范是进行中小型水利水电工程地质勘察工作的基本准则,是编制勘察任务书、勘察工作大纲、执行勘察任务和检查验收勘察成果质量的依据。

1.0.2 中小型水利水电工程地质勘察是中小型水利水电工程建设的基础。其任务是查明水库及水工建筑物区的基本地质条件和主要工程地质问题,查明天然建筑材料的分布、储量和质量,为工程规划、设计、施工、防治地质灾害和工程运行期监测提供地质资料。

1.0.3 本规范适用于:

- (1)中、小型水利水电枢纽工程;
- (2)灌排系统的配套水工建筑物。

工程地质条件复杂的中型水利水电工程,可参照中华人民共和国国家标准《水利水电工程地质勘察规范》执行。

1.0.4 中小型水利水电工程地质勘察工作应贯彻下列原则:

- (1)坚持基本建设程序,充分了解规划设计意图,紧密配合规划设计工作。
- (2)充分搜集和利用已有地形地质等有关资料。按照由区域到场地、由面到点、由地表到地下、由一般性调查到专门性勘察的原则进行勘察工作。以地质测绘为主,优先采用轻型勘探和现场简易测试,综合利用重型勘探。加强勘察资料的综合分析。
- (3)在进行工程地质勘察和评价时,应抓住关键性工程地质问题。充分运用已有的经验。重视采用工程地质类比法和经验分析方法。
- (4)重视施工地质工作。注意对不良地质问题的处理研究。

1.0.5 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。经勘察设计主管和审批单位同意,可将条件简单的中型工程可行性研究勘察和初步设计勘察合并为一个阶段(设计勘察)进行。

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。工程地质条件简单的小型工程,经勘察设计主管和审批单位同意,可只做一次性设计勘察。

1.0.6 工程地质勘察应按主管单位下达的勘察任务书进行。

勘察任务书应明确:规划设计意图、勘察阶段、工程规模及有关技术指标、勘察目的、拟查明的主要工程地质问题和对勘察工作的要求。

勘察单位应仔细研究任务书内容,搜集分析已有资料,结合本工程实际编拟勘察工作大纲,必要时,应进行现场查勘。

1.0.7 勘察单位应按全面质量管理的方法,不断提高勘察质量,加强工序管理,做到事先有指导、中间有检查、成果有校审;勘察工作人员应实事求是,深入调查研究,积极采用新技术、新方法,做好资料的综合分析,及时提交勘察成果,努力缩短勘察周期,不断提高勘察技术水平;应注意做好工程回访,不断总结经验。

1.0.8 本规范采用的各种勘察方法应按现行水利水电工程有关规程执行。

2 规划勘察

2.1 任务

2.1.1 规划勘察是为河流开发和水利水电工程规划提供工程地质资料。主要任务是：

- (1)了解规划河流(段)或地区的区域地质概况；
- (2)了解各规划方案的基本地质条件，了解或调查各库坝(闸)址(段)区和长输排水线路区的主要工程地质问题，为选定规划方案、近期可能开发的中型工程坝段或小型工程选定坝(闸)址、初选坝型提供地质资料；
- (3)了解各规划方案所需天然建筑材料概况。

2.2 勘察内容与方法

2.2.1 河流(段)或地区勘察

2.2.1.1 勘察内容与要求：

- (1)了解规划河流(段)或地区的地貌特点，注意各规划工程所处的地貌部位，特别是规划河流(段)与邻谷的关系，在可溶岩区注意喀斯特发育类型和程度。
- (2)了解地层结构与岩性分布特点，特别是喀斯特化岩层、软弱岩层等不良工程地质层组和软土、膨胀土、湿陷性黄土、粉细砂、永久冻土等特殊土层的分布。
- (3)了解地质构造特征，特别是河谷的地质构造类型，区域性褶皱断层的分布、规模、产状、性质；搜集活断层、历史地震和地震基本烈度区划资料。
- (4)了解物理地质现象，特别是规模较大的滑动、蠕动、崩塌等变形边坡和泥石流的分布及大体规模，区域岩体风化特征和水土流失概况。
- (5)了解水文地质概况，主要透水层和隔水层的分布情况，特别是喀斯特发育及喀斯特水的区域补给、径流、排泄概况。

通过上述勘察，应基本掌握规划河流(段)或地区的地质概况和主要工程地质条件。注意利用有利地质因素，避开和减少不利地质因素的影响。在地震基本烈度较高、构造活动强烈地区，注意区域构造稳定性，为合理选定规划方案提供地质资料。

2.2.1.2 勘察方法：

- (1)资料搜集。搜集本区已有的 1:50000 地形图和 1:200000 区域地质图及其 1:50000 工作底图等，结合航、卫照片、历史地震、地震烈度区划图和其他有关资料进行综合分析、解译，编绘河流(段)或地区的综合地质图。比例尺为 1:200000~1:100000。
- (2)现场综合勘察。了解各规划方案的基本地质条件，对编绘的综合地质草图进行补充修正。必要时，对有重大工程地质问题的地段进行调查。

2.2.2 中型工程水库区勘察

2.2.2.1 勘察内容与要求：

- (1)了解可能导致水库严重渗漏的喀斯特化岩层及洞穴系统、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及附近泉井水位高程。
- (2)了解库区规模较大的变形边坡、泥石流的分布和规模；可能出现大范围浸没、塌陷和坍岸地区的概况；主要固体径流来源区概况。
- (3)对利用堤防作库岸的平原水库，应了解堤基的稳定性及渗漏情况。

(4)搜集水库区内重要矿产资源的分布情况资料。

通过上述勘察,应分析水库的建库条件,对影响规划方案成立的渗漏、库岸稳定、浸没等重大地质问题作出初步评价。

2.2.2.2 勘察方法:以搜集分析资料结合路线地质踏勘为主,地质条件复杂时,可有重点地布置少量勘探。

(1)工程地质调查。以搜集利用本区有关区域地质和航卫片解译资料为主,结合进行路线地质踏勘。条件简单的水库,库区地质图可与区域地质图结合;条件复杂的水库,应单独编绘库区地质图,比例尺为 1:200000~1:100000。必要时局部库段进行地质测绘。

对利用堤防作库岸的平原水库,应到当地堤防管理部门和群众中调查访问,搜集有关堤防、堤基稳定和渗漏等方面的情况。

(2)勘探。本阶段对有重大地质问题的库段可布置物探和槽、坑探,必要时有重点地布置少量钻探。

2.2.3 中型工程坝(闸)段勘察

2.2.3.1 勘察内容与要求:

(1)了解坝(闸)段或平原水库枢纽围堤地段地形地貌、地层岩性、地质构造特征和水文地质条件等的一般情况。

(2)土基区应了解土层结构、土的基本性质、颗粒组成和土层分布情况,特别是软土、湿陷性黄土、粉细砂、膨胀土等特殊土层的分布情况。

岩基区应了解覆盖层、基岩风化、卸荷情况,特别是软弱岩(夹)层产状及其大致分布情况。

(3)了解两岸边坡稳定情况,特别是较大滑坡体、崩塌体、坍滑体、蠕变岩体等不稳定岩土体的分布范围和大体规模。

(4)了解岩基区强透水岩层和透水带分布概况,特别是强喀斯特化岩层及溶蚀带、大断裂破碎带的分布位置、产状、规模、性质、坝端单薄山体及河弯的基本地质情况和河床及两岸覆盖层的厚度、透水性等。

土基区应注意河谷类型、阶地、古河道、古冲沟等可能与库外连通的强透水层分布情况。

通过上述勘察,对坝段的地形地质条件、主要工程地质问题作出初步分析,为选定坝(闸)段提供地质资料。

2.2.3.2 勘察方法:

(1)工程地质测绘。近期开发工程、影响规划方案成立的控制性工程和地质条件复杂的坝段,应进行平面地质测绘,比例尺在峡谷山区为 1:10000~1:5000,丘陵平原区为 1:25000~1:10000。测绘范围应包括各比较坝址及枢纽布置有关建筑物在内。当各比较坝址相距较远时,可分别进行测绘。

地质条件简单的坝(闸)段,可进行代表性剖面地质测绘。

(2)勘探。每一坝(闸)段应有一条代表性勘探横剖面。在地形地质条件适宜时,应尽量采用物探等轻型勘探方法,近期开发工程、重要梯级和土基坝段应布置钻探。

钻孔位置、孔距和孔深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段,应有钻孔控制。

(3)试验。岩基坝(闸)段可用工程地质类比法提供岩石物理力学性质参数;土基坝(闸)段必要时可结合坑探和土钻进行现场简易土工试验或室内试验。

2.2.4 中型工程输排水线路及主要建筑物区勘察

2.2.4.1 勘察内容与要求:

- (1)了解输排水线路区的地形地貌、地层岩性、地质构造和物理地质现象等一般情况。
- (2)了解土层和岩层分区分段情况,特别是有无特殊土层的分布情况。
- (3)了解沿线较大滑坡体、崩塌体、坍滑体、山麓堆积体、泥石流等的分布情况。
- (4)了解沿线及主要建筑物区水文地质条件,特别是强喀斯特区和其他强透水岩土层分布情况。
- (5)了解影响隧洞成洞和进出口稳定的不良地质现象。
- (6)输排水工程主要建筑物区勘察内容与要求按 2.2.3 的规定执行。

通过上述勘察应对线路和建筑物区的基本地形地质条件,可能遇到的主要工程地质问题作出初步分析,为选定规划线路方案提供地质资料。

2.2.4.2 勘察方法:以搜集分析资料,结合路线地质踏勘为主,重要线路方案和建筑物段可布置少量勘探。

(1)工程地质调查。在搜集区域地质资料的基础上,进行沿线地质踏勘。重要建筑物段、地质条件复杂的地段,可进行剖面地质测绘。

(2)勘探。对过岗、过沟、过河、浅埋线路段,深挖方、高填方段,高架渡槽和重要建筑物段,可布置轻型勘探。

(3)试验。岩土物理力学性质参数可用工程地质类比法提供。

2.2.5 小型工程勘察

2.2.5.1 勘察内容与要求:

(1)了解库、坝区地形地貌、地层岩性和地质构造等一般情况,搜集地震基本烈度资料。

(2)了解组成库盆的岩土性质及其渗透性,特别是有无单薄分水岭、低邻谷、贯通库外的喀斯特通道和其他严重透水带;了解库岸岩土体的稳定性,注意有无较大的滑坡体分布,可能出现浸没、塌陷以及泥石流和固体径流来源区等的概况。

(3)了解坝址区岩土的基本性质,特别是岩基坝址的基岩风化强度、土基坝址有无软土、湿陷性黄土、膨胀土、粉细砂等特殊土层分布;了解坝肩岩土体的稳定性,注意大滑坡体、山麓堆积体、蠕变岩体分布情况;了解岩土的渗透性,注意喀斯特洞穴及强透水带的分布。

(4)了解输排水线路土层和岩层的分段,沿线较大不稳定岩土体和强透水岩土层的分布,注意隧洞成洞条件。

通过上述勘察,对水库、坝址及输排水线路的基本地质条件和主要工程地质问题作出初步分析,为选定坝址、初选坝型提供地质资料。

2.2.5.2 勘察方法:

(1)资料搜集。搜集分析区域和有关地质资料,进行现场地质踏勘。

(2)工程地质测绘。一般坝址区应进行平面和剖面地质测绘,近期开发工程枢纽区、宽河床坝址区和地质条件复杂的枢纽区应进行平面和剖面地质测绘。平面地质测绘比例尺为 1:10000~1:5000。

(3)勘探。采用物探、槽坑探和土钻。近期开发和地质条件复杂的工程枢纽区,必要时布置少量钻探。

(4)岩土物理力学性质参数,可用工程地质类比法提供。

3 设计勘察

3.1 中型工程可行性研究勘察

3.1.1 中型工程可行性研究勘察

该勘察是在选定的规划方案的基础上进行的,重点对水库、坝(闸)址、地下建筑物和输排水线路等主要建筑物区的工程地质条件进行勘察研究,为选定坝(闸)址和输排水线路方案,基本坝型和初选建筑物布置方案进行地质论证。主要任务是:

(1)了解或调查区域地质构造情况,对工程地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,对影响方案选择的工程地质问题及环境地质问题作出评价。

(3)初步查明坝(闸)址区和其他建筑物区的工程地质条件,对影响选定坝(闸)址和输排水线路、基本坝型和初选枢纽布置方案的主要工程地质问题作出评价。

(4)进行天然建筑材料勘察。

3.1.2 区域与水库区勘察

3.1.2.1 勘察内容与要求:

(1)研究工程区及其周围的区域地质资料,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、地震台网观测及断层活动性等资料,对区域构造稳定性进行评价,确定工程区的地震基本烈度。

(2)初步查明水库区的渗漏条件。重点分析库周单薄分水岭、低邻谷、强透水岩层、断层破碎带和古河道、第四系透水层及平原水库围堤地段等产生渗漏的可能性,并对其严重程度作出初步评价。

在可溶岩区应调查论证喀斯特发育程度和分布规律、相对隔水层的厚度和延伸分布及封闭条件、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。

溶洞水库和溶洼水库还应了解喀斯特泉水或暗河的分布、水文动态、流量和汇水范围,分析库坝区地表水和地下水流系统的补排关系,初选堵体位置、评价建库的可能性。

(3)调查库区特别是近坝库区的滑坡体、坍滑体等不稳定岩土体和泥石流的分布及规模,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,调查水库固体径流来源区情况。

(4)调查可能产生浸没与塌陷地段的地形地貌、岩土性质和水文地质结构、相对隔水层分布和地下水位埋深情况,初步预测浸没与塌陷区的范围,对平原水库应注意围堤周边区和泉井的调查,分析引起沼泽化的可能性。

(5)分析水库蓄水后可能引起的其他环境地质变化,如库区重要矿产和居民点淹(浸)没、水库诱发地震可能性、因大坝拦水断流引起下游水文地质条件的变化等问题。

通过上述勘察,应对工程区的区域构造稳定性作出评价,初步查明影响建库的主要工程地质问题 and 环境地质问题,对各种蓄水位方案在地质上的可行性作出评价。

3.1.2.2 勘察方法:

(1)资料搜集。应搜集区域地质、航卫片解译资料、历史地震和地震台网观测等资料,综合分析本区的地质构造特点及其和建筑物的关系。

地震基本烈度的确定原则是,一般直接根据 1:4000000《中国地震烈度区划图 1990 年》确定。

地震基本烈度 7 度以上(含 7 度)地区,地震地质条件特别复杂、所处位置十分重要的工程,必要时进行一定的地震地质补充工作,复核由《中国地震烈度区划图》所查得的地震基本烈度。

(2)工程地质测绘。有关区域地质内容可引用当地 1:200000 区域地质资料或结合库区地质图进行评述。

库区地质测绘:在 1:200000 区域地质图的基础上进行地质测绘,比例尺为 1:100000~1:25000。测绘范围应包括与渗漏有关的邻谷地段,平原水库应包括围堤及邻近地区。典型地段应作剖面地质测绘。

(3)勘探。对影响建库和方案成立的重大工程地质问题应布置勘探剖面。

对严重渗漏地段,勘探剖面应垂直和平行渗漏方向布置,剖面数量视渗漏地段长度及地质情况决定。勘探方法宜以物探为主,辅以控制性钻孔。剖面物探点的间距一般不大于 30 m,每一剖面控制性钻孔应不少于 3 个,孔深应到相对隔水层或强喀斯特发育下限。所有钻孔在蓄水位以下应进行水文地质试验,并和其他水文地质点一起进行不少于一个水文年或一个丰枯水季的地下水位连续观测。

对大坝滑体、滑坡体等不稳定岩土体,宜以物探和槽坑探方法为主,按其可能失稳方向布置纵横勘探剖面,必要时布置平硐(井),并考虑设置变形观测。

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、土钻和坑探等。

3.1.3 坝(闸)址区勘察

3.1.3.1 勘察内容与要求:

岩基坝(闸)址

(1)初步查明覆盖层厚度和基岩埋藏深度,特别是河床深槽、埋藏谷、古河道等的分布情况。

(2)初步查明地层岩性及其分布,特别是工程地质性质不良的岩(土)层、夹层或透镜体的性状、厚度和分布情况。

(3)初步查明岩体风化带、卸荷带的分布规律和厚度,调查与建筑物有关的滑坡体、坍滑体等不稳定岩土体的分布范围和规模,初步评价坝肩山体的稳定性。

(4)初步查明坝(闸)址主要岩(土)层的渗透性及水文地质条件。可溶岩区应注意喀斯特发育规律,主要溶洞和渗漏通道分布、连通和充填情况,分析判断可能产生渗漏的地段及其严重程度。

(5)初步查明主要断层,特别是缓倾角、顺河向断层和主要裂隙(带)的分布、产状、组合、规模、性质及充填情况。

土基坝(闸)址

(1)调查研究河谷的地形地貌特征、阶地类型及地质结构,特别是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)初步查明坝(闸)基各类土层的性质、成因、厚度、分布、颗粒组成及主要物理力学性质,特别是工程地质性质不良的特殊土层、夹层或透镜体的分布、性质和特点。在地震基本烈度 7 度及以上地区,应注意研究砂土振动液化问题。

(3)调查透水层和相对隔水层的埋藏条件、渗透性含水层类型、各透水层间的水力联系、地下水位及地下水补排关系,特别是表层土层的透水性及砂砾石等强透水层、承压含水层,以及粘土等相对隔水层的分布和性状。

(4)对基岩埋深较浅及利用基岩作防渗依托的坝(闸)址,应调查基岩的埋深、风化程度和渗透性。

通过上述勘察,应对坝(闸)基的均一程度、承载能力、抗震稳定条件、抗滑稳定条件、渗透性和渗透稳定性,以及坝(闸)址下游冲刷淤积影响作出初步评价,对坝址、基本坝型、平原区水库枢纽围

堤地段位置和土基渗流控制等方案的选择提出地质建议。

3.1.3.2 勘察方法:宜采用地质测绘、物探、槽坑探、钻探等综合勘探的方法。土基上的坝(闸)址区应注重原位测试工作。

(1)工程地质测绘。比例尺为 1:5000~1:2000。测绘范围应包括各比较坝址枢纽、有关建筑物及其下游冲刷淤积区在内,当各比较坝址相距较远时可单独测绘成图。

(2)勘探。各比较坝(闸)址至少应布置一条代表性勘探剖面,必要时可布置辅助勘探剖面。应优先采用物探,在此基础上布置其他勘探工程。勘探点间距在地质条件复杂时,峡谷区不宜大于 50 m,丘陵平原区不宜大于 100 m。

岩基坝(闸)址钻孔深度应考虑基岩风化、地下水位、坝基渗透条件、坝高等因素,可为 1~1.5 倍坝高。在可溶岩区,控制性钻孔应深至地下水位以下一定深度。有特殊要求的钻孔深度按实际情况确定。

土基坝(闸)址,每个不同工程地质特征的地貌单元一般有钻孔控制,深度为 1~1.5 倍坝高或闸底宽度。

(3)水文地质试验。设计蓄水位以下基岩钻孔应分段进行压水试验,并注意钻进过程中的水文地质情况。可溶岩区根据需要可进行连通试验。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)水层应进行抽水或注水试验。

河水及地下水应做水质分析,评价它们对混凝土的侵蚀性。

(4)岩土试验。岩石物理力学性质参数可采用工程地质类比法提供。对软质岩石和软弱结构面,必要时取样进行试验;土的物理力学性质参数可根据室内试验和原位测试结果提供。控制坝(闸)基稳定的主要土层,应取原状样进行物理力学试验,每种土层试验组数不少于 5 组,并尽可能布置原位测试。

3.1.4 厂房、溢洪道和其他地面建筑物区勘察

3.1.4.1 勘察内容与要求:

(1)调查各建筑物区的覆盖层和基岩性状及其风化情况、完整情况。在可溶岩区应注意土洞和喀斯特洞穴的分区情况。土基应注意特殊土层的分布特点及其物理力学性质。

(2)调查建筑物区附近边坡岩土体的稳定情况,地下水活动情况,注意渗流和泄洪消能冲刷对地基和边坡稳定的影响。

通过上述勘察,应对建筑物地基岩土의承载能力、地基的渗透性、边坡稳定性作出初步评价。

3.1.4.2 勘察方法:以地表调查、物探、槽坑探和土钻为主,必要时布置少量岩心钻探工作。

(1)工程地质测绘。可结合坝址区地质测绘进行,未包括在坝址区的建筑物可单独测绘,比例尺为 1:5000~1:2000。条件简单的建筑物可只进行剖面地质测绘或只在地质报告中加以评述。

(2)勘探。露头不良地区可沿剖面线布置坑、槽探。覆盖层较厚和地质条件复杂地基上的重要建筑物可布置物探、土钻或少量岩心钻孔,钻孔数量和深度视建筑物要求和地基情况确定。

(3)岩土试验。岩土的物理力学性质参数可采用工程地质类比法提供。特殊土层应采样进行物理力学试验或原位测试。

3.1.5 地下建筑物区勘察

3.1.5.1 勘察内容与要求:

(1)调查洞室布置地段的地层岩性,特别是有无软弱、易风化、可溶岩层和特殊土层的分布。

(2)调查洞室布置地段的岩层产状、地质构造和岩体完整情况,特别是主要断层裂隙的分布及其规模、产状、性质。

(3)调查进出口地段岩土的性质、风化、卸荷带深度和边坡稳定情况。

(4)调查可溶岩区洞穴分布情况,注意洞穴及洞穴堆积物对地下建筑物布置和施工的影响。

(5)了解洞室沿线岩体的含水特征、地下水位和地下水补排关系,特别是地层分界面、褶皱构造和断层带富水,可溶岩区暗河溶洞或漏斗洼地集水,洞室上溪流、库塘集水或其他地下水富水层(带、构造)的分布及其对洞室的影响。

(6)了解和分析洞室布置地段是否存在有害气体。

通过上述勘察,应对地下建筑物的位置选择提出地质建议,并对地下建筑物的进出口边坡稳定和洞室围岩质量、成洞条件、岩体富水特点及施工中可能遇到的不良地质问题作出初步评价

3.1.5.2 勘察方法:

(1)资料搜集。搜集利用已有的地形、区域地质和航卫片解译等资料,分析洞室沿线的地形地貌、地层岩性和地质构造特点,特别是线性构造、薄弱界面和富水带(层、构造、喀斯特洞穴)等和洞线的关系。

(2)工程地质测绘。在分析已有资料和沿线地质踏勘的基础上,进行全线剖面地质测绘。复杂的隧洞进出口段、过沟段和有特殊地质问题的地段,应进行平面地质测绘。深埋长隧洞应编制隧洞沿线综合地质图。比例尺为 1:5000~1:2000。

地下厂房区(包括调压井至尾水渠段)应进行平面及剖面地质测绘。比例尺为 1:5000~1:2000。

(3)勘探。沿地下建筑物中心线可布置勘探剖面。勘探可以槽坑探和物探为主。对地质条件复杂的隧洞进出口和地下厂房区,应布置平硐或钻孔,数量及深度视具体情况而定。

(4)岩土试验。岩土物理力学性质参数可采用工程地质类比法提供。

3.1.6 输排水线路及其地面建筑物勘察

3.1.6.1 勘察内容与要求:

(1)了解输排水线路沿线地形地貌特点和地基岩性,注意软土、湿陷性黄土、膨胀土、粉细砂、冻土等特殊土的分布、特性及冻融作用对渠线和建筑物的影响。

(2)调查地基岩土的渗透性,在可溶岩地区应注意线路和喀斯特洞穴、地下水的相互关系;在第四系地区应注意地下水渗流对线路边坡稳定的影响及因渠系渗漏造成的土壤盐渍化、沼泽化问题。

(3)调查傍山渠段、高陡边坡渠段和深挖方渠段的边坡形态、岩层产状,以及坍滑体、滑坡体、崩塌体、山麓堆积体、强风化岩体和泥石流分布情况。

(4)调查高架渡槽、倒虹吸管、高填方渠段、暗涵、分水闸、泄水闸、泵房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,注意过沟建筑物基础被水冲淘后的稳定问题和水流冲刷对泄水建筑物基础及边坡稳定的影响。

通过上述勘察,应对输排水线路地基的稳定性、渗透性、成渠条件,沿线路边坡的稳定性及主要建筑物的基本地质条件和主要工程地质问题作出初步评价,对线路进行初步的工程地质分段,并提出选线选址的地质建议。

3.1.6.2 勘察方法:以搜集利用已有地形地质资料为主,结合进行现场踏勘,重要线路段和主要建筑物区应布置地质测绘和勘探。

(1)资料搜集。应尽可能搜集已有 1:50000 和其他比例尺地形图、区域地质图、水文地质图、航卫片资料等进行室内综合分析解译,并综合已有资料编制工作区综合地质图。

(2)工程地质测绘和勘探。以沿线调查复核为主,地质条件复杂的线路和建筑物区,可进行剖面或平面(带状)地质测绘,平面测绘比例尺为 1:25000~1:10000,并可布置物探、槽坑探、土钻或岩心钻探,对特殊土宜进行室内试验分析。

3.2 中型工程初步设计勘察

3.2.1 中型工程初步设计勘察

该勘察是在可行性研究阶段选定的坝(闸)址和建筑物场地上进行的,目的是查明水库、坝址、输排水线路和其他建筑物区的工程地质条件,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,为建筑物设计提供地质资料。主要任务是:

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

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

(3)调查导流工程和其他重要施工附属建筑物场地的工程地质条件。

(4)进行天然建筑材料勘察。

3.2.2 水库区非喀斯特渗漏地段勘察

3.2.2.1 勘察内容与要求:

(1)查明渗漏地段的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、渗透稳定性及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。

通过上述勘察,应对渗漏层(带)的组成、性质、分布范围、水的入渗和排泄形式、可能渗漏量及渗漏危害作出评价,并就防渗处理的必要性及处理措施提出建议。

3.2.2.2 勘察方法:以地质测绘、物探、槽坑探、土钻等轻型勘探方法为主,地质条件复杂地段应进行岩心钻探和其他试验研究。

(1)水文地质测绘。一般地段可进行剖面地质测绘。剖面应根据渗漏层(带)类型和产状,垂直或平行可能渗漏方向布置,并注意不同地貌单元和水文地质条件的代表性。地形地质条件复杂地段应进行专门的平面和剖面水文地质测绘,比例尺为 1:10000~1:2000。测绘范围应包括渗漏层(带)的可能入渗、出逸区和进行渗漏论证计算必须的范围在内。

(2)勘探。垂直和平行可能渗漏方向应布置勘探剖面。剖面位置及数量视渗漏层(带)类型、产状、渗漏地段宽度并考虑不同地貌地质单元的代表性而定。

勘探剖面上应布置物探、槽坑探和土钻孔,地质条件复杂地段可布置岩心钻探,其数量和孔距视地质情况而定。孔深应到相对隔水层或当地河流枯水位以下 10~15 m。

(3)水文地质试验。在设计蓄水位以下的坑孔,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应尽量进行抽水试验。

3.2.3 水库区喀斯特渗漏地段勘察

3.2.3.1 勘察内容与要求:

(1)调查论证喀斯特洞穴及主要溶蚀带(层)的分布发育规律、充填程度、连通情况及其与河流的关系。

(2)调查论证地表水点和地表、地下水文网的空间分布及补给、径流、排泄关系,查明地下水位埋深及地下水分水岭的位置、高程。

(3)查明隔水层或相对隔水层的岩性组合、厚度、分布、延续性、隔水性及其封闭条件。

(4)在要利用天然铺盖防渗的地方,应调查地表天然覆盖类型、性质、分布范围、厚度变化、渗透性及渗透稳定性,了解水库天然淤积物的来源、成分、淤积速度等及铺盖下喀斯特洞穴的分布位置。

通过上述勘察,对渗漏地段的范围、河谷水动力类型、渗漏形式、主要渗漏通道位置、方向、渗漏严重程度及隔水层或相对隔水层隔水的可靠性作出评价,并对防渗处理措施提出建议。

3.2.3.2 勘察方法:以地质测绘、溶洞调查、物探、示踪试验等勘察方法为主,重要渗漏地段应进行水文地质钻探和其他专门性试验研究。

(1)水文地质测绘。一般渗漏地段水文地质测绘应结合水库地质测绘进行。重要渗漏地段必须进行专门的水文地质测绘,比例尺为 1:50000~1:5000。测绘范围应包括分水岭两侧可能渗漏通道(带、层)的进出口部位及和渗漏评价有关的地段。

(2)洞穴地质调查。对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组织探查,注意其发育分布规律、终端延向、水流活动情况和流向。有意义的洞穴和水点应测绘其位置、高程和延伸情况。

(3)物探。应尽量采用物探探查强喀斯特带或断层破碎带位置、产状、岩体含水特征和地下水位等。物探范围和剖面数量视研究地段重要性和喀斯特复杂程度而定。

(4)示踪试验。为查明主要喀斯特洞穴(或含水层、通道)间连通情况和地下水补给、径流、排泄条件,应进行示踪试验。试验观测时间应能满足绘制回收历时浓度曲线要求。

(5)钻探。重要渗漏地段应垂直和平行可能渗漏方向布设勘探剖面,勘探剖面上钻孔位置应考虑便于确定渗漏范围、渗漏量和研究防渗处理措施。主要水文地质勘探剖面上钻孔不得少于 3 个,其中一个钻孔宜尽可能位于地下分水岭最低处附近。在一般地区钻孔深度应到相对隔水层或强喀斯特发育下限或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,孔深根据需要确定。

分水岭区所有钻孔,在设计蓄水位以下应进行压水试验或注水试验。

(6)长期观测。钻孔孔口应装设保护装置,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。

以上观测至少应延续一个水文年或一个丰、枯水季节。在必须进行喀斯特水均衡评价的地区,应搜集利用附近气象台站资料或设站进行降雨量、蒸发量、径流量等观测。在溶原、喀斯特斜坡地区和有越流渗漏可能的水库区,应注意地表河段水文测验资料的搜集分析工作。

(7)岩、土和水化学分析。在喀斯特地下水流比较复杂地区或为研究喀斯特水形成的地球化学环境,对与主要喀斯特地表与地下水流系统有关的岩、土和地表、地下水点、大气降水可进行化学分析。试验项目可根据研究目的选定。

在钻孔中取水样时不同含水层应隔离取样。

(8)其他专门性试验研究。必要时,应进行有关专项试验研究,包括堵洞试验、水的氢氧同位素分析、洞隙充填物成分、颗粒级配和渗透试验分析、模拟试验等。

3.2.4 水库区不稳定边坡勘察

3.2.4.1 勘察内容与要求:水库区不稳定边坡勘察的对象,主要是近坝库岸边坡和重点后靠移民区边坡。勘察内容如下。

(1)岩质边坡或岩土混合边坡应查明地层、岩性、岩体结构特点、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)土质边坡应查明土体的性质、组成结构、风化剥落情况,特别是软弱土层的分布位置、产状及特性,库水位以下土体浸水软化崩解特性等。

(3)对已变形边坡,应查明边坡变形类型、性质、范围、主要控制性结构面产状及其力学特性,论

证蓄水后变形复活的可能性及其变形方式和规模。

(4)查明边坡地下水的赋存特点和水流活动情况。

(5)对土质库岸可能坍岸地段,应调查边坡地形地貌特征,各类土层的分布位置、高程和级配、物理力学性质,河岸水上水下天然稳定坡角及浪击带稳定坡角,搜集风向风速资料。

通过上述勘察,应对库岸边坡进行工程地质分类(见附录 A),并对其稳定性和可能变形破坏或坍岸的范围、规模、方式、速度,以及变形失稳后可能产生的影响作出评价和预测,提出防治措施的建议。

3.2.4.2 勘察方法:以地表调查、物探和槽坑探方法为主。近坝库岸不稳定边坡地段可布置探洞和钻孔。

(1)工程地质测绘。一般不稳定边坡地段地质测绘应根据可行性研究勘察阶段水库区地质图,进行补充复核工作。近坝库岸不稳定边坡地段应单独进行平面和剖面地质测绘。地质条件简单的地段,也可只进行剖面地质测绘。比例尺为 1:5000~1:2000。测绘范围应包括与边坡稳定性评价有关的地区在内。对可能坍岸区,应调查和统计各类土层的水上水下天然稳定坡角和浪击带稳定坡角。

(2)勘探。应平行和垂直边坡可能失稳方向布置勘探剖面。采用物探和槽坑探方法探测不稳定岩土体范围和主要界面位置。为查明控制性结构面性质和大的蠕动变形、滑动变形或其他变形边坡深部情况,可布置平硐和钻孔。其深度应深入到正常岩(土)体内。必要时可进行钻孔压(注)水试验。

(3)岩土试验。不稳定边坡岩土体主要结构面的物理力学性质参数,可采用工程地质类比法提供,必要时可进行室内或现场力学试验。

3.2.5 水库浸没区勘察

3.2.5.1 勘察内容与要求:

(1)了解浸没区地形地貌特征。

(2)调查浸没区土层成因、性质、组成、结构、厚度和下伏基岩或相对隔水层的埋深。

(3)调查主要透水层的渗透性,地下水位埋深及其变化规律,地下水的补给和排泄条件。

(4)调查表层土的毛细管水最大上升高度,土的含盐量,当地产生浸没的地下水临界深度。

通过上述勘察应对水库运行后浸没区的范围,以及引起盐渍化、沼泽化后对农作物、建筑物和交通线路等的危害程度作出分析预测和评价。

3.2.5.2 勘察方法:

(1)调查访问。调查丰水季节地表渍水及其消泄情况,水井水位动态变化和土壤盐渍化情况,浸没区重要建筑物分布和农耕层深度。

(2)水文地质测绘。以剖面地质测绘为主,剖面应垂直库岸布置,剖面长度应包括全部可能浸没影响范围,数量视地形地貌特点和剖面的代表性而定。剖面比例尺为 1:5000~1:2000。

(3)勘探。范围较大和重要的浸没地段应布置一定的勘探工作。勘探宜采取物探、坑探和土钻相结合的方法。剖面数量和勘探点密度根据地貌地质结构具体情况确定。在可能浸没区靠近水库设计蓄水位边线附近,应有土钻孔或探坑控制,深度应达最枯地下水位或相对隔水层,坑孔中应进行注(抽)水试验和地下水位观测。

(4)试验。一般土层的各项物理力学性质、水理性参数可采用工程地质类比法提供。重要浸没区土的渗透系数、毛细管水最大上升高度、土壤含盐量和地下水化学成分等应通过试验测定。

面积较大的重要浸没区应利用勘探剖面布设水文地质观测剖面,对剖面上坑孔等勘探点应在

蓄水前开始进行长期地下水位观测,观测期不少于一个丰枯水季节或一个水文年。

3.2.6 溶洼水库和溶洞水库勘察

3.2.6.1 勘察内容与要求:

(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、地下水流量变化特点、地下水补给特征。论证水库蓄水后和邻近沟谷、洼地及喀斯特泉的补排关系。

(3)调查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。

(4)在需要利用库盆覆盖层作天然铺盖防渗时,应调查覆盖层的类型、分层、性质、分布范围、厚度变化、渗透性及渗透稳定条件,并注意库区天然淤积物的来源和成分。

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

通过上述勘察,要求对水源的可靠性、库盆主要漏水通道的分布位置、性质、渗漏严重程度、库盆天然覆盖层的抗渗稳定性、可利用程度和水库淤积影响作出评价,并对堵体位置选择和防渗处理措施等提出建议。

3.2.6.2 勘察方法:一般溶洼和溶洞水库的勘察以调查访问、洞穴探查、地质测绘配合物探和槽坑探等方法为主。蓄能型溶洼或溶洞水库应进行水文地质勘探和其他必要的试验研究工作。

(1)调查访问。注意调查了解洼地、溶洞丰水季节渍水和消泄情况,喀斯特地表、地下水流的的变化、连通情况及其与降水的关系,被掩埋的地面塌坑、溶井和其他消泄水点情况等,并在测绘和勘探中予以核实。

(2)洞穴地质探查。对与渗漏有关的消水洞穴,以及拟建堵头的溶洞(穴)等应尽可能组织进行探查,测绘其位置、高度、形态和延伸情况,必要时可进行洞探追索开挖。

(3)水文地质工程地质测绘。溶洼水库平面地质测绘比例尺为 1:50000~1:10000。测绘范围应包括水库邻近的洼地、沟谷和主要喀斯特水点。可能产生向邻谷渗漏的水库,应将出逸地段包括在内。

溶洞水库平面地质测绘比例尺为 1:25000~1:5000。其溶洞部分测绘可采取平面和剖面结合的方法,反映出溶洞的空间形态、展布、规模、产状及其和地质构造关系等,洞外部分测绘应包括和渗漏有关的范围。

堵体部位测绘比例尺为 1:1000~1:500。

(4)物探。溶洼水库应尽可能利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。对库盆主要消水区和堵体部位应圈绘出基岩等高线图。物探剖面间距和点距一般不大于 30 m。

钻孔之间必要时进行无线电波透视或地震波穿透。

(5)水文地质钻探。沿堵体和主要防渗部位应布置勘探剖面。钻孔数量视实际需要而定。钻孔深度应按控制性钻孔和一般性钻孔分别确定。控制性钻孔应深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;一般性钻孔以揭露强喀斯特洞穴或主要渗漏通道(含水层)为准,或根据实际需要确定。

(6)水文地质试验。所有钻孔应进行连续分段压水或注水试验,并观测钻孔稳定水位。主要渗漏洞穴(含水层、带)应进行灌(压)水示踪试验。

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

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

3.2.7 一般岩基坝(闸)址区勘察

3.2.7.1 勘察内容与要求:

(1)查明河床及两岸覆盖层的地层岩性、分层厚度及分布情况。

(2)查明岩体的风化分带和卸荷带厚度及其性状。

(3)查明岩体的分层特性、完整程度及其物理力学性质。对刚性坝基,注意查明软弱岩层、软弱夹层,特别是缓倾角软弱层带、缓倾角节理裂隙及其他不利结构面的分布位置、性质、产状、宽度、延伸长度、充填物性状和组合关系等。

(4)查明断层破碎带、裂隙密集带的分布位置、性质、产状、宽度、充填物性状和透水性等,对柔性坝基,注意其对防渗体稳定的影响;对刚性坝基,注意其对坝基坝肩稳定的影响。

(5)查明岩体的透水性分带、相对隔水层的埋藏深度。

(6)查明边坡的稳定状况,注意拱坝坝肩的稳定性和泄流冲刷和开挖对坝基与边坡稳定的影响。

通过上述勘察,应对坝基岩体的承载能力、抗滑稳定条件、渗透性和变形稳定性等作出评价。为最终确定坝线、坝型、建基面高程、防渗帷幕线或心墙、斜墙趾板线位置和不良地质问题处理方案提出地质建议。

3.2.7.2 勘察方法:

(1)工程地质测绘。平面地质测绘比例尺为 1:2000~1:1000。测绘范围应包括枢纽所有建筑物和对建筑物有影响的地段。剖面地质测绘比例尺为 1:1000~1:500,剖面长度应包括绕坝渗漏范围。

(2)勘探。勘探剖面应根据具体地质情况、坝型和建筑物位置确定。对柔性坝,可沿大坝防渗线、斜墙趾板线或坝轴线布置;对刚性坝应沿坝轴线布置,辅助剖面根据建筑物的位置和需要而定。勘探工程一般应沿勘探剖面布置,除布设物探、槽坑探外,主勘探剖面线、河床及两岸应有钻孔控制,钻孔间距不超过 50 m,孔深应深入相对隔水层 5~10 m。当坝基相对隔水层埋藏较深时,孔深应不小于 1 倍坝高或闸底宽,两岸钻孔孔深应达河水位以下或枯季地下水位以下。辅助勘探剖面上的钻孔或专门地质问题钻孔的布置和孔深根据实际情况决定。

对刚性坝,除地质条件特别简单的坝址外,两岸坝肩宜有平硐控制,平硐深度以揭露岩体风化卸荷带厚度,查明软弱岩层、夹层、破碎带和其他不利结构面,便于进行岩体现场测试为准。当坝高大于 70 m 时,宜每隔 30~50 m 高差布置一层平硐,槽坑探、井探根据需要布置。

在主勘探剖面上的主要钻孔、平硐、竖井、槽坑中,宜进行地震、声波、钻孔电视摄影、综合测井等物探工作。

(3)试验。钻孔应分段作压水试验或抽水试验,钻进中遇到承压水时,应查明承压水顶底板位置,观测其水头和流量;对贯穿防渗体地基的断层破碎带或软弱层带,必要时进行管涌试验。

勘探期间应对河水和钻孔地下水位进行观测,并取代表性水样进行水质分析。

一般中、低坝坝基岩土物理力学性质参数可采用工程地质类比法提供;对高坝或地质条件复杂的坝,应对控制抗滑稳定的软弱岩层、夹层和其他软弱结构面进行室内抗剪试验,必要时进行现场抗剪试验。同一类型岩石的室内试验组数不少于 3 组,现场试验组数不少于两组。对拱坝拱座和支墩坝坝基岩体,应进行现场变形模量试验,试验数量视需要而定。

3.2.8 软弱岩基坝(闸)址区勘察

3.2.8.1 勘察内容与要求:除本规范 3.1.3 和 3.2.7 规定的勘察内容与要求外,尚应勘察以下内容。

(1)查明软弱岩层的物理力学性状及风化、泥化、软化、崩解、膨胀、抗冻、抗渗等特性,注意岩层

的成岩条件、相变特征和野外风化情况及风化规律。

(2)查明坝址下游抗力岩体的组成情况、完整性、风化程度和抗冲刷能力,论证其自身稳定性及对坝体稳定的影响。

(3)调查因软岩蠕变而引起的边坡失稳情况和岩体风化、卸荷规律。

通过上述勘察,应对坝基岩层的物理力学性质、风化、崩解、软化特征、坝基抗滑稳定条件、压缩变形特性、渗透性、边坡稳定性和下游抗冲刷能力等进行评价,预测工程运行后的变化趋势,提出地基保护和处理措施的建议。

3.2.8.2 勘察方法:除本规范 3.2.7 规定的方法外,对刚性坝,应将河床地质纵剖面作为主勘探剖面,其长度应包括下游抗力岩体和冲刷影响区在内。剖面上应有钻孔控制,孔深应能满足抗滑和抗冲稳定计算要求。

应进行软弱岩石的软化、冻融、崩解、膨胀等试验,必要时进行现场变形模量、抗剪试验和风化速度观测。

3.2.9 可溶岩基坝(闸)址区勘察

3.2.9.1 勘察内容与要求:除本规范 3.2.7 规定的勘察内容与要求外,尚应重点勘察以下内容。

(1)查明隔水层或相对隔水层的岩性组合特征、厚度、延伸分布、构造破坏情况及顶底板附近溶蚀情况。

(2)查明坝基主要喀斯特形态的类型、特征、分布位置、规模、产状、充填物性状、渗透性及其对坝基(肩)渗漏与稳定的影响。

(3)查明坝区喀斯特地下水的赋存特点和地下水凹槽分布范围、性质、水动态变化规律、补排特点。

通过上述勘察,应对坝区喀斯特发育特点,平面及垂向分布规律作出论证,进行坝基喀斯特化程度工程地质分区(带),对坝基(肩)稳定条件、坝基和绕坝渗漏的范围、性质,主要渗漏通道位置和渗漏严重程度作出评价,并对建基面高程选择和防渗处理措施等提出建议。

3.2.9.2 勘察方法:地质条件比较简单的坝址可以地质测绘和物探等轻型勘察手段为主,复杂的坝址宜采用多种手段进行综合勘察研究。

(1)水文地质工程地质测绘。比例尺为 1:2000~1:1000,测绘范围应包括枢纽及附近所有水工建筑物、两岸坝肩及绕坝喀斯特渗漏有关范围在内。

(2)勘探。主勘探剖面一般沿坝轴线或防渗线布置,上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应尽可能利用物探方法进行探查。主勘探剖面钻孔间距为 30~50 m。控制性钻孔孔深在岸坡部位至少应到河床底基岩面以下 10 m,河床部位钻孔应尽量深入到相对隔水层或当地强喀斯特发育带下限。

为查明喀斯特水流特点和溶蚀规律,揭露隐伏喀斯特洞穴,必要时对重要水点和洞隙可进行平硐追索开挖。

(3)水文地质试验。对主要含水层和洞隙渗漏带必要时可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。观测点包括钻孔、井和主要地表水点。

对坝基下洞隙内的充填物,必要时取样进行物理性质、渗透性和渗透稳定性试验。

为论证帷幕灌浆防渗的可行性和可靠性,必要时进行帷幕灌浆试验。

3.2.10 土基坝(闸)址区勘察

3.2.10.1 勘察内容与要求:

(1)查明河谷形态、阶地类型及结构、古河道、埋藏谷、古冲沟、古塘、深槽、滑坡体等的具体位置、范围、深度,在基岩浅埋区,应查明河床及两岸基岩埋藏和风化深度,基岩面起伏变化情况及防

渗线部位基岩的透水性。

(2)对坝基土层进行详细分层。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,并分层分段(区)提出物理力学性质参数。

(3)查明坝基透水层、相对隔水层的埋深、厚度、分布范围、地下水位及其变化规律,主要透水层(带)的渗透系数及允许渗透比降。调查坝前库区表层土层的性质、分布、厚度、颗粒组成、渗透性和渗透稳定性,研究其作为天然铺盖防渗的可能性。

通过上述勘察,对坝基土层的承载能力、压缩变形特性、抗剪特性、渗透性和渗透稳定性、边坡稳定性、地基振动液化特性、清基深度和坝(闸)下游抗冲条件等问题作出评价,并提出基坑排水、地基处理和渗流控制的建议。

3.2.10.2 勘察方法:

(1)工程地质测绘。平面地质测绘比例尺为 1:2000~1:1000,测绘范围应包括本枢纽及其附近所有水工建筑物、坝肩绕渗及坝(闸)下游冲刷淤积区范围在内;剖面测绘应结合防渗线或坝轴线和建筑物位置布设,比例尺为 1:1000~1:500。

(2)勘探。可沿建筑物轴线或防渗线布置主勘探剖面,必要时可布置辅助勘探剖面。所有勘探剖面上应尽量进行物探探查并应有坑孔控制。主勘探剖面上坑孔间距,丘陵峡谷区坝址不大于 100 m,平原区坝址不大于 200 m,闸址不大于 20 m。辅助勘探剖面上的坑孔应尽量布置在建筑物附近。

钻孔深度在基岩埋深小于坝高或闸底宽时,应钻至基岩面以下 5~10 m;当基岩埋深很大时,可结合坝基受力情况确定,一般为 1~1.5 倍坝高或闸底宽。

(3)试验:

物理力学试验:坝基主要土层应取样进行室内物理力学试验,每一土层取样组数不少于 5 组。地质条件简单、均一的坝(闸)基,可采用简易仪器测试或用工程地质类比法提供土层强度参数。

渗透试验:土层的渗透系数和允许渗透比降可由室内试验或用工程地质类比法提供;重要的透水层,应进行坑、孔抽水试验、注水试验,必要时进行管涌试验。

对地震基本烈度大于和等于 7 度的坝(闸)址区的可液化土层,除常规物理力学试验外,必要时进行振动液化试验和振动加密试验。

原位测试:地质条件复杂,特别是有软土、粉细砂等特殊土层分布或取样质量不能保证时,应进行触探、十字板剪切等原位测试。

3.2.11 厂房及其他地面建筑物区勘察

3.2.11.1 勘察内容与要求:

(1)查明地基岩土分层、厚度及其物理力学性质,特别是覆盖层厚度变化、基岩面起伏情况、软弱岩(夹)层、破碎带、喀斯特洞穴、土洞的分布状况和粉细砂层、软土层、膨胀土、湿陷性黄土等特殊土的分布、厚度、强度和变形特性。

(2)查明地基的水文地质条件和渗透特性,注意前池渗漏或压力管道沿线地表排水可能对地基和边坡稳定带来的不利影响。

(3)查明建筑物地段的边坡稳定状况,滑坡体、坍滑体等不稳定岩土体和溪流冲刷、泥石流对建筑物稳定的不利影响。

对有高边坡的厂房等建筑物区,应注意查明边坡岩土体的组成、性质、产状、构造和风化完整情况,各种软弱不利结构面的组合分布情况。

通过上述勘察,应对地基的承载能力、压缩变形特性、抗滑稳定条件、渗透和边坡的稳定性作出

评价,提出地基岩土物理力学性质参数及不良地质问题处理措施的建议。

3.2.11.2 勘察方法:

(1)工程地质测绘。它结合坝址区测绘进行,远离坝址区的建筑物可单独进行工程地质测绘。除平面地质测绘外,沿建筑物轴线应布设地质剖面。平面地质测绘比例尺为1:2000~1:1000;剖面地质测绘比例尺为1:1000~1:500。

(2)勘探。勘探工程应沿建筑物轴线布置,应尽可能采用槽、坑探、物探或土钻。建筑物的重要部位和高边坡区必要时可布置岩心钻探和平硐,深度视需要而定。

(3)试验。岩土物理力学性质参数,采用工程地质类比法提供,必要时可结合勘探坑、孔取原状土样进行试验,或进行原位测试。

3.2.12 溢洪道区勘察

3.2.12.1 勘察内容与要求:

(1)查明覆盖层、风化层厚度、基岩埋藏深度、地基岩土的强度和变形等工程地质特性。当溢洪道布置在土层上时,应查明软土、粉细砂层等不良地基土层的分层及其性状。

(2)查明边坡岩土体的性质、结构特征,特别是断层、破碎带、软弱夹层的分布位置、产状、厚度、延伸及空间组合情况,不稳定岩土体的性质、规模和分布情况,论证其对地基和边坡稳定性的影响。

(3)查明地基和边坡岩土体的透水性及地下水分布活动情况。

(4)了解溢洪道泄流冲刷段岩土体的强度和完整程度,研究分析其抗冲能力及水流冲刷对地基和边坡稳定性的影响。

通过上述勘察,应对溢洪道地基、边坡的稳定性和泄流冲刷段抗冲能力、渗透性进行评价,分段提供岩土的物理力学性质参数。

3.2.12.2 勘察方法:

(1)工程地质测绘。应尽量结合坝址区地质测绘进行,距坝址较远的溢洪道区可单独测绘,比例尺与坝址区相同。

(2)勘探。沿堰顶及溢洪道中心线布置勘探横剖面及纵剖面。勘探工程以槽坑探、物探和土钻等为主,必要时采用平硐和岩心钻探。

(3)试验。岩土物理力学性质参数和渗透系数,采用工程地质类比法提供。必要时进行室内试验。

3.2.13 地下建筑物区勘察

3.2.13.1 勘察内容与要求:

(1)查明洞室进出口地段的岩土性质、风化深度、完整程度。

(2)查明洞室地段岩性、产状及其分布情况,调查分析主要断裂、破碎带、软弱夹层和其他软弱结构面的延伸分布和相互组合关系。

对土层中的洞室,应查明土层分层特性,注意特殊土层的分布位置、厚度、产状、上下接触关系及地下水埋深和补给排泄情况。

(3)调查分析地下建筑物区的地下水类型、水位、富集条件和地表水的关系及连通条件;压力隧洞和地下厂房区外水压力情况和形成条件;在喀斯特地区应注意地表溶洞、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,预测开挖掘进时突水的可能性,提出处理建议。

(4)地下厂房、调压井和其他大跨度、高边墙地下建筑物及深埋隧洞,应查明洞顶、高边墙和洞室交叉段岩体稳定条件,分析产生岩爆的可能性。

通过上述勘察,应确定山岩有效厚度、地下水埋深和围岩物理力学性质参数,进行围岩工程地

质分类(见附录 B),评价进出口洞脸边坡和围岩的稳定性。并对施工过程中可能遇到的不良地质问题进行预测,提出防治处理的建议。

3.2.13.2 勘察方法:

(1)工程地质测绘。应在前阶段地质测绘基础上进行补充工作,地质情况复杂和重要的隧洞段、进出口段和地下厂房区,应进行平面地质测绘,比例尺为 1:2000~1:1000。测绘范围在洞室进出口应包括对洞脸边坡有影响的地段,地下厂房应包括邻近的调压井、闸门井、进出叉洞、尾水区及有关边坡影响区在内,其他部位可根据具体情况确定。

(2)勘探。宜采用物探和槽坑探,隧洞进出口、地下厂房、调压井、闸门井、洞室交叉部位应布置钻孔或平硐探。勘探剖面按纵横方向布置。钻孔数量视洞室大小和地质复杂情况决定。孔深应达洞室(井)底板以下 10~15 m。平硐应尽可能布置在洞室中心顶拱部位和洞室分叉部位。

(3)试验。围岩物理力学性质参数可采用工程地质类比法确定,必要时,进行现场简易测试,并取样进行室内物理力学试验。在洞室顶底板上下 5~15 m 范围内的孔段,以及闸门井、调压井部位孔段应作压水试验。对深埋大跨度洞室,必要时作地应力测试。

(4)对深埋隧洞、长隧洞,以及工作条件十分恶劣、难以进行勘探工程的地区,宜采用加深地表调查和资料综合分析的方法。利用航、卫摄影和遥感资料结合区域地质测绘成果进行解译,预测主要地质层位和界面、大断层破碎带、接触带、喀斯特地下暗河和地下水富集带等的分布。

3.2.14 输排水线路及其地面建筑物区勘察

3.2.14.1 勘察内容与要求:

(1)调查沿线的地层岩性分布情况和岩土体的透水性。查明强透水层、喀斯特化岩层、易风化崩解岩层、松散架空结构的冲、坡积和山麓堆积体、湿陷性黄土、膨胀土、粉细砂、软土、冻土等不良岩土层组成情况和分布范围。

(2)对傍山渠段、深挖方、高填方渠段,应调查地基和边坡的稳定条件,查明边坡不稳定岩土体的范围、规模,分析其对线路的影响及渠道渗漏和风砂沉积可能带来的问题;对丘陵平原区线路应查明特殊土的沉陷、膨胀、冻融变形、渗漏和渗透稳定及边坡稳定问题,分析渗漏对浸没、土壤盐渍化和环境地质条件变化的影响。

(3)查明各建筑物地基持力层的岩性组成、性质和分布情况,分析地基的强度、变形、渗透特征和边坡稳定条件。调查渡槽或倒虹吸等建筑物所在溪沟的冲刷深度,确定基础的安全埋深。

通过上述勘察,应进行线路土、石分段,分段评价线路的水文地质工程地质条件,提出岩土层的物理力学性质参数,对不良地质问题防治和地基处理提出建议。

3.2.14.2 勘察方法:线路勘察应以地表测绘调查为主,重要地段和建筑物区可进行槽坑探、物探和钻探。

(1)工程地质测绘。沿渠道线路进行剖面地质测绘,比例尺为 1:5000~1:2000,横剖面可视实际情况和设计需要布置。

规模较大、结构复杂的建筑物区和严重变形边坡段、喀斯特发育段、严重渗漏段、高陡傍山段等有特殊地质问题的地段,应进行平面带状工程地质测绘,比例尺为 1:2000~1:1000。

(2)勘探。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,应进行轻型勘探,必要时可采用钻探。

(3)试验。一般采用工程地质类比法提供岩土物理力学性质参数。对特殊土,可分段(区)分层取样进行室内物理力学性质试验。每种土层试验累计组数一般不少于 3 组。必要时进行原位测试。

3.3 小型工程设计勘察

3.3.1 小型工程设计勘察的任务

小型工程设计勘察是在规划阶段选定的坝(闸)址和建筑物场地进行。勘察的重点是水库、坝址、高水头输排水建筑物等。主要任务是:

(1)调查水库渗漏、库岸稳定、浸没等主要水文地质工程地质问题,对水库建库地质条件作出评价,并预测蓄水后的变化。

(2)查明坝址和其他建筑物区的工程地质条件,为选定坝线、坝型和其他建筑物位置,确定建基面高程和地基处理方案提供地质资料与建议。

(3)进行天然建筑材料勘察。

3.3.2 水库区勘察

3.3.2.1 勘察内容与要求:

(1)调查库区的地形地貌特征,注意有无低矮垭口及单薄分水岭地段,对渗漏的可能性和严重程度作出评价。

(2)查明库区的地层岩性及其透水性,注意贯通库外的古河道及第四系透水层、断层破碎带的产状和分布情况。对水库可溶岩区段应见 3.2.3 内容进行调查和论证,分析库区可能渗漏的性质、部位、范围和严重程度。

(3)调查库岸,特别是近坝库岸大坍滑体、大滑坡体等的分布范围和规模,并对其稳定性和影响作出评价。

(4)对丘陵平原区水库,应调查分析水库蓄水后可能发生的浸没、坍岸程度。

(5)调查固体径流来源区的情况。

(6)确定本区地震基本烈度。

通过上述勘察,应对水库的成库条件,蓄水后可能产生的工程地质水文地质问题作出评价,对影响成库的不良地质问题提出处理措施的建议。

3.3.2.2 勘察方法:

(1)资料搜集。搜集有关库坝区的区域地质资料、前人勘测资料,并进行分析整理。

地震基本烈度根据 1:4000000《中国地震烈度区划图 1990 年》确定。

(2)地质踏勘和工程地质测绘。地质条件简单的水库以地质踏勘和调查访问为主,通过踏勘编绘路线地质剖面图,必要时,可在局部地段进行工程地质测绘;地质条件复杂和比较重要的水库,应进行工程地质测绘,必要时进行勘探;复杂的喀斯特地区,为查明地下分水岭高程,渗漏通道连通情况等,可布置少量钻孔,进行示踪试验和长期观测。

3.3.3 岩基坝(闸)址区勘察

3.3.3.1 勘察内容与要求:

(1)查明覆盖层的地层岩性、分层厚度及分布情况、物理力学性质和渗透特性。

(2)查明基岩岩性特征及风化带、卸荷带,以及边坡变形岩体的分布深度。

(3)查明坝基(肩)的稳定条件。对重力坝和拱坝坝基(肩)应重点调查影响坝基(肩)稳定的软弱岩层、软弱夹层和其他破裂结构面的产状、厚度、性状、延伸分布及相互组合情况,查明是否有顺河断层,河床深槽及缓倾角断层分布。

(4)查明坝基及坝肩渗漏的水文地质和工程地质条件。

(5)在可溶岩地区,应参照本规范 3.2.9 的勘察内容与要求进行勘察。

通过上述勘察,应对坝(闸)址的可利用基岩埋藏深度、基岩强度、抗滑稳定条件、渗透性作出评价,并提出岩土物理力学性质参数和不良地质问题处理的建议。

3.3.3.2 勘察方法:露头良好、地质条件简单的坝址区可以地质测绘为主,辅以必要的槽坑探和物探。覆盖较厚、地质条件较复杂的坝址区应采用地质测绘、物探、槽坑探、土钻等方法,对拱坝和高重力坝应进行洞探和钻探。

(1)工程地质测绘。比例尺为 1:2000~1:1000,测绘范围应包括枢纽所有建筑物区及对建筑物有影响的地段,地质条件简单的坝址区,可进行代表性剖面地质测绘和调查访问。

(2)勘探。地质条件较复杂的坝址区,应沿坝轴线或防渗线布置勘探剖面。勘探点包括物探点、槽坑探、平硐和土钻孔等。勘探点间距、深度视地质条件和建筑物特点而定。但对拱坝、坝高大于 70 m 的重力坝和可溶岩区的坝,在河床及两岸应有钻孔或平硐控制,其数量、深度、要求,视坝高和地质情况确定,并参照本规范中型工程初步设计勘察有关规定执行。

(3)试验。岩石物理力学性质参数,可采用工程地质类比法提供。必要时取样进行室内试验。钻孔应进行分段压水试验。

3.3.4 土基坝(闸)址区勘察

3.3.4.1 勘察内容与要求:

(1)查明河谷地貌类型及阶地结构、古河道、古冲沟、坍滑体、滑坡体的分布情况及对地基稳定和渗漏可能产生的影响。

(2)查明坝基土层结构、性质、厚度、分布延伸情况及其工程地质特性,注意特殊土的分布及其对建筑物的影响。

(3)查明坝基土层的透水性、地下水位、隔水层或相对隔水层的埋藏深度。

通过上述勘察,应对坝(闸)基土层的承载能力、抗剪特性、渗透性和渗透稳定性、压缩变形特性等作出评价,并提出土层物理力学性质参数和地基处理的建议。

3.3.4.2 勘察方法:以地质测绘、槽坑探、物探、土钻和室内试验为主,必要时进行原位测试。

(1)工程地质测绘。比例尺为 1:10000~1:2000,测绘范围应包括枢纽及其附近所有水工建筑物区及坝肩渗透范围在内。

地形地质条件简单的坝(闸)址,可只进行剖面地质测绘,比例尺为 1:1000~1:500。

(2)勘探。勘探剖面应沿防渗线或建筑物轴线布设,尽可能以物探查明土层分布,以坑孔验证土层分层情况并取样,必要时可采用岩心钻探,坑、孔间距视地形地质条件决定,钻孔深度视地形地质条件并结合坝(闸)基受力情况确定,一般为 1 倍坝高或闸底宽。

(3)试验。坑探和土钻孔应分层取代表性土样进行室内物理力学试验,必要时进行原位测试及渗透试验,对影响坝(闸)基稳定的特殊土及可液化土层,应进行专项试验。

土的物理力学性质参数结合室内外测试成果,可用工程地质类比法提供。

3.3.5 其他建筑物区勘察

3.3.5.1 勘察内容与要求:

(1)调查隧洞沿线岩土的性质、风化程度、主要断层破碎带和软弱岩(土)带性状、地下水位及岩层的富水程度。可溶岩地区应注意调查各种喀斯特洞穴和暗河水系对隧洞的影响。通过勘察,应对隧洞成洞条件、进出口边坡稳定条件进行评价,提出围岩的工程地质分类和岩石物理力学性质参数。

(2)调查地表管道沿线的地形地貌特性、覆盖层分布和基岩风化情况,注意镇墩或排架地基岩土的性质、强度、变形特性、所在山体稳定条件和水流冲刷影响。通过勘察,对管道沿线的边坡稳定条件、地基的承载能力和抗滑稳定条件作出评价。

(3)调查渠道沿线的地形、岩土性质和边坡的稳定条件,强透水的岩土层、喀斯特化岩层,以及冻土等特殊土分布和渠线的关系,傍山和深挖方渠道边坡的稳定条件。通过勘察,应分析评价渠道的渗漏、渠基和边坡的稳定性,提出不良地质问题处理的建议。

(4)查明各地面建筑物区的岩土性质、强度和变形特征。在岩基上的建筑物应查明风化带的性质和喀斯特洞穴对地基稳定的影响;在土基上的建筑物,应查明各类土,尤其是特殊土层的分布及其特性。通过勘察,应提出地基的允许承载能力,对岩土变形、渗透稳定和边坡稳定条件作出评价。

3.3.5.2 勘察方法:

(1)隧洞线路勘察以地表调查为主,一般做剖面地质测绘,必要时在进出口部位作平面地质测绘,在地质条件较复杂的进出口部位,可布置物探、坑槽探或结合施工布置平洞探。

(2)地表管道线路和渠道沿线以地表调查为主,在镇墩或排架位置,必要时布置坑探或土钻。

(3)厂(站、泵)址可沿建筑物轴线进行剖面地质测绘,并进行地表地质调查,对于土基或重要建筑物位置,必要时布置物探、坑槽探或土钻等轻型勘探,并分层取样进行试验或进行土层的原位测试。

(4)岩土物理力学性质参数,可用工程地质类比法提供。

4 天然建筑材料勘察

4.1 一般规定

4.1.1 中小型水利水电工程天然建筑材料勘察工作应在规划和设计勘察阶段进行,按《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》(以下简称《建材规程》)执行。根据中小型工程的特点,本规范对《建材规程》中的某些技术要求,作一定补充和说明。

4.1.2 天然建筑材料勘察工作应按任务书要求进行。任务书中除明确设计阶段、设计意图、设计需要天然建筑材料种类、数量和质量外,应根据工程形式、规模、等级、特点、具体地质条件明确勘察精度和特殊要求。

4.1.3 中小型水利水电工程天然建筑材料勘察精度分为普查、初查和详查三级。中型工程一般在规划勘察阶段进行普查,可行性研究勘察阶段进行初查,初步设计勘察阶段进行详查。当决定坝型的关键是天然建筑材料时,应在可行性研究勘察阶段进行详查。小型工程一般在规划阶段进行普查,设计阶段进行初查或详查。

根据工程特点、设计要求、地质环境、材料类型和产地条件,对同一工程中不同类型的材料,或对同一类型材料的不同产地,可以采用不同的勘察精度;地质条件简单,有用层稳定且储量大的产地,按普查或初查精度控制;地质条件复杂,有用层变化大且储量小的产地,按初查或详查精度控制。对产地小的重要建筑材料,勘探网点布置可以超过详查精度。

4.2 勘察方法

4.2.1 天然建筑材料的勘察,应充分搜集利用已有的和建筑物区的地质资料,注意搜集曾调查或开采过的天然建筑材料产地的资料。勘察工作宜结合建筑物区的地质勘察工作进行,必要时,再适当扩大勘察范围。对曾开采使用过的天然建筑材料产地,如继续使用,可搜集产地的有关资料,经实地校核分析整理后,直接提供设计使用。应注意对施工开挖废弃料利用的研究。

4.2.2 天然建筑材料的勘察应依照由近到远,先测绘后勘探,综合利用各种勘探手段的原则。

4.2.3 产地的勘探、取样和试验要求,除《建材规程》中规定的内容外,根据中小型工程的特点,具体地质条件 and 设计要求作如下补充规定:

(1)石料。当所选定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所需岩石物理力学性质参数。当有用层岩石强度接近设计要求时,应按《建材规程》取样试验,据以准确确定料场不同部位岩石物理力学性质参数。经普查判断为构造简单、岩性单一、岩相稳定、裸露地表且风化轻微的产地,勘探网点布置可以简化。在强风化石料产地或被覆盖的强喀斯特发育区石料产地勘察时,应适当加密勘探网点布置。

(2)砂砾料。对分布面广,表面无甚覆盖,有用层厚且稳定的产地,经普查判断,储量远超过设计要求时,勘探网点布置可以简化,若质量亦符合要求且较为稳定,取样试验工作亦可适当减少,但每一料场取样不应少于3组。

(3)土料。当土料的需要用量不多,而料场储量甚为丰富,且经普查类比其质量符合要求时,勘探取样试验工作可适当减少。

(4)其他建筑材料。对砾质土料、基岩风化土石料,人工骨料,开挖废弃土石料等其他建筑材料的勘察,应按专门编制的任务书进行。

4.2.4 资料整理和报告编写。有关天然建筑材料的储量、质量、开采运输条件等问题,可在各勘察阶段工程地质勘察报告中论述,并附有关图件。只有当天然建筑材料条件复杂或天然建筑材料问题成为影响坝型选择的关键性问题时,才应编制专门天然建筑材料勘察报告,并附有关图件。报告编写提纲和成果整理要求按《建材规程》执行。

5 施工地质工作

5.1 任务

施工地质工作的主要任务是:

(1)搜集、分析、整理施工开挖所揭露的地质现象,校核、修正前阶段地质勘察成果和所提供的岩土物理力学性质参数,并对所揭露的不良地质问题及时提出处理措施建议,对可能出现的不良地质现象进行预测和预报。

(2)进行施工地质编录。

(3)提出地质监测工作的建议。

(4)参加与地质有关的工程验收。

(5)必要时进行专项补充地质勘察。

5.2 工作内容

5.2.1 搜集并详细记录施工开挖所揭露的各种地质现象和有关情况。

5.2.1.1 大坝、厂房等地面建筑物地基:

(1)地基土层的性状、分布、厚度、组成物质、结构特征,基岩面的倾斜起伏情况。

(2)地基岩性、产状、强度、风化卸荷情况、软弱夹层、断层破碎带和节理裂隙等主要结构面的位置、产状、延伸长度、宽度、充填情况、起伏度等,喀斯特洞隙的形状、大小、分布位置及充填物性状。

(3)基坑渗水情况,渗水点位置、渗水量。

(4)施工开挖方法,不良地质问题的加固处理情况,固结灌浆孔的布置、深度、灌浆压力,防渗处理方案等。

(5)建基面的起伏情况、岩面凿毛和清洗情况。

(6)岩土体变形监测资料和地下水观测资料。

5.2.1.2 地下洞室:

(1) 围岩性质、产状、强度、风化情况、断层破碎带和节理裂隙等主要结构面的产状、位置、延伸长度、充填物质、胶结情况及其组合情况, 喀斯特洞隙的形状、大小、分布位置。

(2) 洞室围岩的渗水、漏水、涌砂情况和位置。

(3) 施工开挖方法、爆破松动范围、超欠挖情况。

(4) 施工过程中产生塌方、掉块、冒顶的部位、时间、具体过程、塌方量、掉块或冒顶岩块的大小、支护加固的方法和效果。

(5) 岩爆的部位、特征和发生的时间。

(6) 围岩变形监测资料。

5.2.1.3 边坡:

(1) 边坡岩土体性质、组成物质、结构特征、产状、风化卸荷情况、软弱夹层、断层破碎带和节理裂隙等主要结构面的位置、产状、延伸长度、充填物质, 喀斯特洞隙的形状、大小和位置。

(2) 边坡开挖过程中的渗水情况、渗水量及其与降水的关系。

(3) 边坡开挖方法、爆破方式及对岩土体松动的影响, 施工过程中产生剥落、崩塌、坍滑的部位、方量、原因、加固处理方法及效果。

(4) 岩土体变形监测资料和地下水观测资料。

5.2.2 配合设计和施工单位, 参加地基、围岩及边坡等工程地质、水文地质问题处理措施的研究, 提出处理措施的地质依据和建议, 配合设计和施工单位, 对废弃料的利用进行研究。

5.2.3 根据施工开挖所揭露的地质情况, 应对下列主要问题进行检验、校核, 必要时应补充试验, 对勘察阶段所提地质结论和建议加以修正。

(1) 地基。承载强度、抗剪强度、建基面高程、开挖深度及不良地基开挖方式。

(2) 围岩。围岩工程地质分类、分段、围岩的物理力学性质参数。

(3) 边坡。临时及永久坡角、边坡形态。

5.2.4 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, 应进行预测和预报, 必要时提出施工监测的建议, 并为运行期长期观测设计提供地质依据。预测和预报的重点内容是:

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

(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事故部位。

(3) 根据边坡开挖后所揭露的岩(土)体性质和岩(土)体结构面状况, 当有不利结构面分布时, 预测边坡失稳的可能性及其边界条件, 提出施工期监测的建议。

5.2.5 参加工程地基、围岩及边坡的开挖处理验收工作, 并在验收文件上签署意见。

5.2.6 对在施工开挖中新揭露的重要地质问题, 进行补充勘察, 勘察内容按第 3 章设计阶段勘察中的有关内容执行。

5.3 工作方法

5.3.1 施工地质工作的主要方法是编录、素描或地质测绘、摄影、录像, 以及必要的补充勘察试验和室内分析研究等。其目的是尽可能详细记录施工所揭露的重要地质现象和不良地质问题的处理情况, 为工程的安全运行积累档案资料。

5.3.2 施工开挖中应连续进行施工地质编录。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、边坡开挖的重要决定, 特别要注意记录难

以用符号在图幅上表示的一切重要地质情况。对一般小型工程,当进行基坑地质素描有困难时,更应用文字详细记录开挖后的建基面和围岩情况。

施工期应编写施工地质日志。逐日记录与施工地质有关的主要事件。

5.3.3 开挖完成后应进行地质测绘和素描。基坑中应测绘地质素描图、纵横地质剖面图或展示图。比例尺:平面图为 1:500~1:100,剖面图为 1:500~1:50。地下洞室应测绘洞室或典型洞段展示图。地质条件简单的洞室可只进行剖面地质测绘,或代表性洞壁素描图。比例尺 1:200~1:50。

5.3.4 施工期间应进行现场简易测试。为论证岩土物理力学性质参数的正确性,可取样补充进行校核性试验。必要时,进行专门性试验。

重要的持力层和地质现象应注意选取标本妥为保存以备查考。

5.3.5 对断层破碎带、重要的软弱夹层、喀斯特洞穴,主要涌水、涌砂点及严重透水带,较大的不稳定岩土等不良地质现象及其开挖处理情况应拍摄照片,并加注文字说明、编录存档,有条件时也可进行录相存档。

5.3.6 应搜集与施工地质有关的资料,主要包括:地基、围岩、边坡处理的决定、通知和上级批文指示,地质与设计、施工单位有关地质技术问题的往来函件、联系单等。当决定利用施工废弃土石料时,应收集废弃料出料时间、数量、质量等有关资料。

5.3.7 对施工开挖或蓄水后可能产生变形的地基、围岩和边坡,应及时提出保护或进行监测的建议,研究分析监测成果,对易风化、崩解、冻胀的岩体,必要时进行风化速度和冻胀的补充试验观测。

在隧洞开挖中,对可能出现重大突水和碎屑流的洞段,应分析其地质环境条件,及时提出防范措施建议。

根据施工开挖情况,提出运行期长期地质监测项目、观测内容、布置方案、观测方法和观测技术要求的建议。

5.3.8 施工期间专项补充地质勘察的工作方法和工作量,应根据问题的性质和实际情况决定。应充分利用已有的勘探工程,并尽量和开挖处理相结合。

6 勘察成果

6.1 一般规定

6.1.1 勘察成果是水利水电工程规划、设计、施工和运行的地质依据,是工程的重要档案。中小型水利水电工程各阶段地质勘察工作结束后,必须将各项勘察资料及时整理,编制工程地质勘察报告。必要时,编制专题工程地质勘察报告。

6.1.2 工程地质勘察报告是各勘察阶段的最终成果,由正文、附图和附件三部分组成。

报告正文应系统全面论述本阶段的勘察工作,真实反映主要的地质情况,依据客观的地质现象和试验资料进行综合分析,针对建筑物的特点和需要进行工程地质评价。做到文字简练、条理清晰、论证有据、结论明确。

附图应按水利水电工程制图标准的规定编制,要求图面准确、清晰、实用,与报告内容相符。

附件是报告重要内容的补充说明文件和专题地质论证,测试报告等,其辑录要有重点,内容要准确、清楚。

6.1.3 施工地质工作结束后,应编制施工地质报告、附图及相应附件。

施工地质报告是施工期地质工作的最终成果,是工程运行的重要地质依据。报告应力求详尽阐述施工中所遇地质问题、处理情况和竣工结论意见。

6.1.4 工程地质勘察报告和施工地质报告及其附图、附件是工作正式成果,都必须按技术责任制规定,逐级审核和签名后才能提交使用,并应及时归档,妥为保存。

6.2 工程地质勘察报告

6.2.1 规划阶段工程地质勘察报告一般包括以下内容:

(1)绪言。包括规划河流(段)或地区自然地理概况,规划意图和方案,勘察研究过程、方法、内容和完成工作量。

(2)规划河流(段)或地区区域地质概况。包括地形地貌、地层岩性、地质构造、地震和水文地质情况等

(3)各规划梯级(方案)的工程地质条件及天然建筑材料。各梯级分别按水库区、坝址(段)区、引水线路区和其他重要建筑物区,依次叙述,最后应对各梯级的工程地质条件作出简要结论。

(4)结论及下步工作意见。对规划方案或近期开发工程选择提出地质评价建议,并对下阶段勘察工作提出意见。

6.2.2 可行性研究阶段工程地质勘察报告一般包括以下内容:

(1)绪言。包括工程概况和设计主要指标,勘察工作过程、方法、内容和完成主要工作量。

(2)区域地质概况和水库区工程地质条件。一般地质概况,包括地形地貌、地层岩性、地质构造、主要物理地质现象、基本水文地质条件等,在论述地质构造时应指出本区所属大地构造部位、断层活动性、地震活动性及地震基本烈度。评价水库区工程地质条件,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。分别论述各比较坝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、输排水线路、厂站址等分项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)天然建筑材料。

(5)结论和建议。

6.2.3 初步设计工程地质勘察报告一般包括以下内容:

(1)绪言。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问题和坝址选择结论,本阶段勘察工作概况、勘察过程、内容和完成工作量。

(2)水库区工程地质条件。说明水库区的地质概况和主要地质问题,如渗漏、浸没和库岸稳定等。对水库的工程地质条件作出评价。

(3)坝址工程地质条件。选定坝址的地质条件及各比较坝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、主要勘察结论及处理措施的具体建议。对坝线、坝型枢纽布置的建议等进行概括性的总结评价。

(4)其他建筑物的工程地质条件。按勘察内容与要求分建筑物依次进行论述。

(5)天然建筑材料。

(6)结论和建议。

6.2.4 小型工程设计阶段工程地质勘察报告内容见 6.2.3 的规定。

6.2.5 施工地质报告一般应包括以下内容:

(1)绪言。工程概况,工程区地质情况简介、设计阶段勘察的主要地质问题及结论,施工地质工作内容,组织实施过程、工作方法及分工主要负责人。

(2)各建筑物区地质情况。施工揭露的水文地质和工程地质现象和问题,与原勘察资料和结论的比较,有关岩土物理力学性质参数的最终采用情况。

(3)各建筑物的施工处理情况。施工开挖过程,不良地质问题的处理方法、过程和结果。

(4)监测和观测资料。施工期岩土体变形监测内容、方法、资料分析和地下水观测情况,对运行期监测和观测工作的建议。

(5)施工地质资料、成果目录。

(6)其他说明事项。

6.3 附图和附件

6.3.1 各勘察阶段工程地质勘察报告主要附图目录见附录 C。

6.3.2 如有下列内容材料,应列入工程地质勘察报告附件:

(1)关于地震基本烈度的鉴定或复核意见。

(2)水库和枢纽区主要工程地质问题的专题地质报告、测试报告、试验报告。

(3)上级及有关单位关于工程勘察的专门批复文件和审查会议纪要。

(4)库区重要矿产分布复核意见书(地矿部门提出)。

(5)其他有关材料。

6.4 原始资料

6.4.1 原始资料是勘察工作过程的实际记录,是后期勘察设计和施工运行期查证的重要档案,要求完整、清楚、准确、无遗漏。各阶段工程地质勘察和施工地质工作完成后,应组织专人将资料汇集、整编、装订,并进行必要的情况归纳和备忘注记。

6.4.2 下列资料应由当事人签署,与正式成果一起归档。

(1)各种野外勘察、试验、观测记录 and 手簿;

(2)钻孔、平硐、竖井、重要槽坑探、物探点、重要地质点坐标位置及野外记录、勘探剖面起止坐标测量成果;

(3)各种工作底图、实际材料图;

(4)经过整理、注记的重要地质照片、素描图;

(5)施工地质日志、备忘录、大事纪要和重要地质技术会议记录;

(6)重要地质问题的计算稿和电算程序;

(7)有关施工地质的上级批示、联系单和其他技术档案;

(8)重要影像资料;

(9)重要标本。

6.5 资料的交付

6.5.1 地质勘察资料,应由勘测设计单位归档保管;并按规定向上级及其他有关单位报送复制资料。

6.5.2 施工地质资料按以下规定处理:

(1)全部施工地质技术档案资料由负责施工地质工作的单位长期保管;

(2)应将施工地质报告及附图、专题报告及附图、施工期岩土体变形监测和地下水观测设计书及其成果的复制件、重要标本等,正式移交工程运行管理单位使用和保管;

(3)向承担前期勘测设计的单位报送全套施工地质报告及附图;

(4)按有关规定向上级及其他单位报送施工地质报告及附图;

(5)档案资料移交时,应办理正式交接手续,并向主管建设单位报告。

附录 A 中小型水利水电工程边坡工程地质分类

A1 边坡一般性分类

表 A1 边坡一般性分类表

分类依据	分类名称	分类特征说明
与工程关系	自然边坡 工程边坡	未经人工改造的边坡 经人工改造的边坡
岩性	岩质边坡 土质边坡 岩土混合边坡	由岩石组成的边坡 由土层组成的边坡 部分由岩石部分由土层组成的边坡
变形情况	未变形边坡 变形边坡	边坡岩(土)体未发生变形位移 边坡岩(土)体曾发生或正在发生变形位移
边坡坡度	缓坡 斜坡 陡坡 峻坡 悬崖 倒坡	边坡坡度小于 10° 边坡坡度 10°~30° 边坡坡度 30°~45° 边坡坡度 45°~65° 边坡坡度 65°~90° 边坡坡度大于 90°
工程边坡高度	超高边坡 高边坡 中边坡 低边坡	坡高大于 100 m 坡高 30~100 m 坡高 10~30 m 坡高小于 10 m

A2 岩质边坡分类

表 A2 岩质边坡分类(按岩体结构分类)

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
块状结构 岩质边坡	由块状岩浆岩或巨厚层沉积岩组成,无层状结构面,如花岗岩、巨厚层砾岩等,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	作为工程边坡,一般较稳定。应注意不利节理组合,分析局部坍塌的可能性,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作灌浆防渗处理; 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	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,岩层面被坡面切断	1. 岩层倾角大小; 2. 层面抗剪强度; 3. 节理裂隙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	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,岩层面未被坡面切断	1. 节理裂隙发育特征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

续表

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
层状反向结构岩质边坡	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,宜作工程边坡,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	由岩石走向与坡面走向呈一定夹角的层状岩石组成的边坡	节理裂隙的发育特征	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. 水的作用; 4. 振动	1. 崩塌; 2. 坍滑	易局部崩塌影响建筑物安全;透水;不利于坝肩稳定及承受荷载	1. 适当清除,合理选择稳定坡角; 2. 表面喷锚保护; 3. 排水

A3 土质边坡分类

表 A3 土质边坡分类表(按土壤性质分类)

边坡类型	主要特征	影响稳定的主要因素	主要变形破坏形式	与水利水电工程关系	处理原则与方法
粘性土边坡	以粘土颗粒为主,一般干时坚硬开裂遇水膨胀崩解,干湿效应明显。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(淮河下游)	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. 滑动: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的不利影响;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
砂性土边坡	以砂性土为主,结构较疏松,粘聚力低为其特点,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. 饱和含水的均质砂性土边坡,在振动力作用下,易产生液化滑坡; 2. 管涌、流土; 3. 坍塌; 4. 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,如唐山水库区滑坡。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. 滑坡:高或超高边坡可能出现高速滑坡	作为渠道边坡,因通水可能出现滑坡;作为库岸边坡因库水浸泡可能坍岸或滑动;黄土原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

续表

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
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. 坍滑、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
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
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. 坍滑	因施工切挖导致局部坍滑, 作为库岸边坡因水库蓄水可导致局部坍滑或上部坡体开裂, 库水骤降易引起滑坡	1. 合理选择稳定坡角; 2. 特别注意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. 土层局部坍滑; 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、暴雨后或振动时易产生沿基岩面滑动	1. 合理选择稳定坡角; 2. 特别注意边坡排水, 防止人为向坡体注水; 3. 加强坡面防渗; 4. 库岸重要地段蓄水期应进行监测

A4 变形边坡分类

表 A4 变形边坡分类表(按变形特征分类)

变形类型	边坡分类名称	示意剖面	主要特征	影响稳定的主要因素	与水利水电工程关系	处理原则与方 法
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. 支挡建筑如抗滑桩等
	黄土滑坡		垂直裂隙发育,易透水湿陷,在黄土原边或峡谷高陡边坡滑坡规模较大,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,常沿与基岩接触面滑动			
滑 动 变 形	均质软岩滑坡		指泥岩、软弱页岩、泥灰岩中的滑坡,滑体形态主要受岩石强度控制,滑面常呈弧形、切层,与软弱结构面不一定相吻合,特别是大型滑坡	1. 岩石强度; 2. 水的作用; 3. 边坡坡度和坡高	滑坡规模一般较大,条件恶化后可能复活,滑坡区不宜布置建筑物	1. 避开; 2. 清除或部分清除; 3. 排水
	顺层滑坡		一般沿岩层面产生的滑坡,滑体形态主要受岩层层面控制	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. 规模小时支挡或局部锚固;
	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	不宜作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,不宜作渠道边坡	1. 削坡清除; 2. 排水; 3. 规模小时支挡

续表

变形类型	边坡分类名称	示意图	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
蠕 动 变 形	岩	倾倒型蠕动变形边坡		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,边坡上部有时出现反坎	1. 开挖切脚; 2. 振动; 3. 充水并排水不畅	对抗渗不利,沉陷变形大,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
	质	松动型蠕动变形边坡		岩层层序扰动,岩体松动架空,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,不宜作大坝接头、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
	坡	扭曲型蠕动变形边坡		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	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,开挖坡角应适当; 2. 预留开挖保护层; 3. 局部锚固
蠕 动 变 形	岩质边坡	塑流型蠕动变形边坡		脆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
	土质边坡	土层蠕动变形边坡		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	岩质边坡	张裂变形边坡		岩体向坡外张裂,但未发生剪切位移或崩落滚动,有微量角变位,多发生于厚层或块状坚硬岩石中,特别当坡脚有软弱层(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,中止人为破坏; 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

续表

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
崩塌变形	崩塌变形边坡(岩、土)		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;堆积物不均匀沉陷变形	1. 清除危岩,保护建筑物; 2. 局部锚固、支挡; 3. 堆积物用作地基时需作特殊防渗加固处理
坍滑变形	坍滑变形边坡(岩、土)		属复合变形类型,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、蠕变松动等综合型变形边坡	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,易不均匀沉陷变形,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	剥落变形边坡(岩、土)		高寒地区粘土砂质粘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面疏松解体,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

A5 边坡工程地质分类表的应用

(1)边坡工程地质分类表采用分类办法概述水利水电工程常见的不同类型自然边坡的主要特征、影响稳定的主要因素、与水利水电工程的关系,以及处理此类边坡的一般原则和方法。

(2)根据野外自然边坡实际情况查对本表。

(3)如系未变形边坡,可查对岩质或土质边坡分类表(表 A2、表 A3);如系已变形边坡,可查对变形边坡分类表(表 A4)。

附录 B 中小型水利水电工程围岩工程地质分类

B1 围岩工程地质分类

表 B1—1 围岩工程地质分类表

岩质类型	岩体结构	围岩类别	主要工程地质特征
硬 质 岩	整体状结构	I	坚硬岩, 岩体强度高, 受地质构造影响轻微, 节理裂隙不发育。层状岩为巨厚层, 且层间结合牢固, 岩层新鲜, 无贯穿性结构面或夹泥面, 无不稳定组合, 变形特征接近均质弹性各向同性体。无地下水或地下水活动轻微, 洞线与主要结构面有较大夹角
		II	中硬岩, 岩体强度较高, 地下水活动轻微, 其他同上
	块状结构	I	坚硬岩, 岩体完整, 整体强度高, 呈块状或厚层状, 受地质构造影响轻微, 结构面新鲜或微风化, 相互咬合, 无不稳定组合, 接近各向同性体, 无地下水或地下水活动轻微, 洞线与主要结构面有较大夹角
		II	坚硬岩, 岩体较完整, 整体强度较高, 结构面粗糙, 组合基本稳定, 地下水活动轻微, 其他同上
		III	中硬岩, 呈微风化或弱风化, 有少量软弱面或夹泥和贯通张开裂隙, 层间结合差, 但其产状及组合关系不致使围岩失稳, 地下水活动中等, 对岩体有软化作用, 降低抗剪强度
硬 质 岩	层状结构	I	坚硬岩, 厚层状, 岩体完整, 整体强度高, 结构面新鲜, 相互嵌固, 无不利组合, 无地下水活动或地下水活动轻微, 洞线与主要结构面正交或斜交, 无软弱夹层
		II	坚硬岩, 中厚层状, 岩体较完整, 层间结合基本良好, 裂隙不发育, 结构面组合基本稳定, 微风化, 无软弱夹层, 地下水活动轻微, 洞线与主要结构面有大夹角
		III	中硬岩, 岩体完整性差, 裂隙较发育, 层间结合差, 有贯穿性层面或节理裂隙面, 局部存在结构面的不利组合, 地下水活动中等, 岩层倾角大于 30°, 洞线与层面走向有较大夹角
		IV	岩体富水, 地下水活动严重, 洞线与主要结构面走向近平行
	互层状结构	III	坚硬岩夹中硬岩或软质岩, 受地质构造影响严重, 岩体完整性差, 节理裂隙发育, 有夹泥面和层间错动面, 层间结合差, 结构面相互组合易构成不稳定块体, 地下水活动轻微, 洞线与主要结构面有较大夹角
		IV	岩体富水, 地下水活动严重, 洞线与主要结构走向近平行, 其他同上
	薄层状结构	III	坚硬岩, 薄层状, 岩性均一, 无软弱夹层, 受构造影响严重, 岩体完整性差, 节理裂隙发育, 无贯穿性结构面, 地下水活动轻微, 洞线与主要结构面有较大夹角, 岩层倾角较大
		IV	中硬岩, 薄层状, 有软弱夹层, 岩体破碎, 节理裂隙发育, 层间结合差, 贯穿性结构面随意性很大, 局部夹泥, 地下水活动中等
硬 质 岩	碎裂结构	III	坚硬岩, 整体强度低, 岩体完整性差, 受地质构造影响严重, 节理裂隙发育, 无规则, 但不夹泥, 咬合力较强, 地下水活动轻微
		IV	结构面多张开, 夹泥, 呈不规则碎裂块体以弱面接触, 咬合力很弱, 地下水活动中等
		V	地下水活动严重, 其他同上
	散体结构	V	岩质尚坚硬, 但地层受强烈构造破坏, 产状紊乱, 岩体破碎, 接近松散介质, 已风化, 整体强度低, 为不均一散体, 结构面很发育。张开、夹泥、无咬合力, 岩体富水, 地下水活动严重, 渗透压力较大

续表			
岩质类型	岩体结构	围岩类别	主要工程地质特征
软 质 岩	整体块状结构	Ⅲ	较软岩,岩性均一,巨厚层状,无软弱夹层,受地质构造影响轻微,岩体完整性好,节理裂隙不发育,闭合无充填,无控制性软弱结构面,无地下水或地下水活动轻微,洞线与岩层走向有较大夹角
		Ⅳ	较软岩或软岩,巨厚层状,岩体完整性好,节理裂隙不发育,沿节理裂隙充填岩屑或粘土。岩层产状平缓,地下水活动中等
	块状结构	Ⅳ	较软岩或软岩,岩体较完整,呈块状或厚层状,受地质构造影响,节理裂隙较发育,结构面微风化,起伏光滑,有少量贯穿性结构面,无地下水或地下水活动轻微,洞线与岩层走向有较大夹角
		Ⅴ	沿结构面充填大量泥质物,无咬合力,岩层产状平缓,地下水活动中等或严重,其他同上
	层状结构	Ⅳ	较软岩或软岩,中厚层状,受地质构造影响,节理裂隙较发育,层间错动常见,多为软弱面,与其他结构面组合,不利于围岩稳定。地下水活动轻微,洞线与岩层走向有较大夹角
		Ⅴ	软岩或薄层状较软岩,节理裂隙较发育,多张开有泥、有软弱夹层、地下水活动中等,降低结构面的抗剪强度,对岩体有软化作用,洞线与岩层走向夹角小
	碎裂结构	Ⅳ	较软岩,受地质构造影响,岩体破碎、节理裂隙很发育,无地下水活动
		Ⅴ	较软岩、软岩,受地质构造影响,岩体破碎,充填碎屑或泥,出现大量临空切割体,地下水活动中等或严重,加速岩体风化,对岩体有软化作用
	散体结构	Ⅴ	岩质软弱,受地质构造影响剧烈,岩体破碎松散,为不均一散体,风化严重,结构面无规则,地下水活动严重

表 B1—2 围岩稳定类别表

围岩类别	围岩稳定程度	毛洞围岩稳定能力和变形特征	与工程的关系
I	稳定	成形好,无坍塌掉块现象,可长期稳定,深埋或高地应力区,可能有岩爆	不支护,常可不衬砌,允许开挖较大的隧洞
Ⅱ	基本稳定	围岩整体能维持较长时间稳定,局部可能有掉块,平缓岩层顶板易局部坍塌	一般不支护,个别岩块锚固,考虑围岩松动压力,部分衬砌
Ⅲ	稳定性差	围岩稳定受软弱结构面组合控制,洞顶局部坍塌,毛洞短时间内可维持稳定,裂隙发育段自稳能力差。完整的较软岩石稳定性好,软岩具流变特征,可能产生塑性变形	一般需部分支护或喷锚加固,需考虑围岩松动压力并予衬砌,注意偏压
Ⅳ	不稳定	毛洞围岩自稳能力差,自稳时间很短,顶拱常有坍塌,边墙也有失稳现象,时间效应明显,可能产生较大规模变形破坏,软岩流变显著,可能产生塑性变形	开挖后需支护或及时喷锚加固,全部衬砌,考虑围岩松动压力,注意偏压,注意施工期安全
V	极不稳定	围岩不能自稳,边墙、顶拱极易坍塌变形,经常是边挖边塌,甚至出现冒顶或地表下陷,变形破坏严重	围岩成洞条件差,开挖后必须及时支护,全部加固衬砌,应采用妥善措施确保施工和运行期安全

表 B1—3 围岩主要物理力学参数表

围岩类别	密度 γ (t/m ³)	凝聚力 C (MPa)	内摩擦角 ϕ (°)	变形模量 E (10 ⁸ MPa)	泊松比 μ
I	2.7	>3.5	>45	>20	<0.17
Ⅱ	2.5~2.7	1.7~3.5	40~45	10~20	0.17~0.23
Ⅲ	2.3~2.5	0.4~1.7	35~40	5~10	0.23~0.29
Ⅳ	2.1~2.3	0.1~0.4	30~35	0.5~5	0.29~0.35
V	<2.1	<0.1	<30	<0.5	>0.35

表 B1—4 岩质类型分类表

岩 质 分 类	强 度 分 级	单轴饱和抗压强度 R_b (MPa)
硬 质 岩	坚 硬 岩	100~60
	中 硬 岩	60~30
软 质 岩	较 软 岩	30~15
	软 岩	15~5

表 B1—5 层状岩层单层厚度分级表

分 级	单 层 厚 度 (c m)	分 级	单 层 厚 度 (c m)
巨 厚 层	>200	厚 层	200~60
中 厚 层	60~20	薄 层	20~6
极 薄 层	<6		

表 B1—6 岩体完整程度分级表

岩体完整程度	完 整	较 完 整	完整性差	较 破 碎	破 碎
节理裂隙间距(m)	>1	1~0.30	0.30~0.10	0.10~0.05	<0.05
岩石质量指标 RQD (%)	>90	90~60	60~25	25~10	<10

表 B1—7 节理裂隙发育程度等级表

等 级	节 理 特 征
不发育	规则裂隙少于 2 组,延伸长度小于 3 m,多闭合,无充填
较发育	2~3 组规则裂隙,一般延伸长度小于 10 m,多闭合,无充填,或有少量方解石脉或岩屑充填
发 育	一般规则裂隙多于 3 组,延伸长短不均,多超过 10 m,多张开,夹泥
很发育	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

表 B1—8 地下洞室地下水活动程度分级表

级别名称	地 下 水 状 态
无	洞室位于地下水水位以上,施工时岩壁干燥或潮湿
轻 微	洞室临近地下水水位,或位于上层滞水带以下,施工时沿岩体结构面有渗水或滴水
中 等	洞室位于地下水水位以下,但水头不高,岩体透水性、富水性较差,施工时沿裂隙破碎结构面有大量滴水或线状流水
严 重	洞室位于地下水水位以下,水头较高,岩体透水性、富水性较好,施工时沿喀斯特裂隙管道、断层破碎带、向斜蓄水构造有股状水流或大量突水

B2 围岩工程地质分类表的应用

- (1)围岩的工程地质分类,系根据常见的围岩特征,分类概述其与工程的关系和建议的支护措施。
- (2)本分类以岩石强度和岩体结构为分类基础,结合岩体结构面产状、岩体完整性、地下水活动特点等进行分类。
- (3)使用时先根据表 B1—1 岩体和工程地质特征查对围岩分类类别,再根据表 B1—2 围岩稳定分类表查对其稳定性、与工程的关系及支护措施建议。
- (4)有关岩质类型、层状岩单层厚度、岩体完整程度、节理裂隙发育程度、地下水活动程度等的分级描述标准及各类围岩主要物理力学性质参数参考值见表 B1—3~表 B1—8。
- (5)本分类适用于中小型水利水电工程直径小于 5 m 的隧洞,但不适用于高地应力区、山体不稳定区、埋深小于 2 倍跨度的洞室和土质洞室。直径大于 5 m 的隧洞可根据实际情况参照执行。

附录 C 工程地质勘察报告主要附图目录

表 C1 工程地质勘察报告主要附图目录表

序号	图 名	中型工程				小型工程		
		规划	可行性研究	初步设计	施工地质	规划	设计	施工地质
1	河流(段)或地区区域地质图(附地层柱状图)	✓				+		
2	水库地质图	+	✓	✓			+	
3	水库专门性问题地质图(附地层柱状图)(地质剖面图)		+	+			+	
4	坝(闸)址及其他建筑物区工程地质图(附地层柱状图)	✓	✓	✓			+	
5	坝(闸)址基岩地质图或基岩等高线图		+	+	+		+	+
6	坝(闸)址专门性问题地质图(附剖面图、平切图)		+	+			+	
7	坝(闸)址和其他建筑物工程地质横剖面图	✓	✓	✓	+	+	✓	+
8	坝(闸)址和其他建筑物工程地质纵剖面图		✓	✓	+		✓	+
9	坝(闸)址(防渗线)渗透剖面图		+	✓			+	
10	各建筑物基坑地质图、剖面图、素描图、展示图				✓			✓
11	输排水线路地质纵横剖面图	+	✓	✓			+	
12	天然建筑材料产地分布图		✓	✓			+	
13	天然建筑材料各料场综合成果图(含平面、剖面、试验和储量计算成果等)		✓	✓			+	
14	钻孔柱状图	+	+	+			+	
15	平硐、竖井、槽坑展示图(素描图)物探成果图表	+	+	+			+	
16	岩、土、水试验成果汇总表(试验曲线图表)		+	✓	+		+	

注:“✓”表示必须提交的图件;“+”表示视具体需要提交的图件。

附录 D 本规范用词说明

D1 执行本规范条文时,要求严格程度的用词说明如下:

- (1)表示很严格,非这样做不可的用词:
- 正面词采用“必须”;
- 反面词采用“严禁”。
- (2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”；

反正词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择,在条件许可时,首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”、“一般”或“可”；

反面词采用“不宜”。

(4)表示除一般规定外,提醒应注意或应强调的内容时,在内容前加“特别是……”。

D2 条文中指明应按其他有关规程、规范的规定执行的写法为:“应按……执行”或“应符合……要求或规定”;非必须按照所指的规程、规范执行,但可将其内容作为参考的写法为“参照”。

附加说明

本规范主编单位、参编单位和主要起草人

主编单位:湖南省水利水电勘测设计院

参编单位:湖南省水利水电厅

山西省水利厅

山西省水利勘测设计院

浙江省水利水电勘测设计院

四川省水利水电勘测设计院

主要起草人名单:金德濂 王肖宜 王家骏 杨华荟 赵紫金 熊书成 卢洪德 崔起超
吕一天 诸 勛 陈家珍 冯锦华 颜聪伶 王耕夫