

前 言

根据住房城乡建设部《关于印发〈2012 年工程建设标准规范制订修订计划〉的通知》(建标〔2012〕5 号文)的要求,由水电水利规划设计总院会同有关勘察设计、研究和教学单位对《水力发电工程地质勘察规范》GB 50287—2006 进行修订而成。

本规范共 9 章和 19 个附录,主要技术内容包括:总则、术语和符号、基本规定、规划阶段工程地质勘察、预可行性研究阶段工程地质勘察、可行性研究阶段工程地质勘察、招标设计阶段工程地质勘察、施工详图设计阶段工程地质勘察、抽水蓄能电站工程地质勘察等。

本规范修订的主要技术内容:

1. 重新规定了地震安全性评价的要求。
2. 增加了水库影响区界定、边坡和泥石流勘察评价等有关内容。
3. 调整了各阶段水库移民工程勘察工作的内容和要求。
4. 增加了附录 E、附录 M,修改了其他部分附录的内容。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,水电水利规划设计总院负责具体内容的解释。请各单位在执行过程中,注意总结经验,积累资料,随时将有关意见反馈给水电水利规划设计总院(地址:北京市西城区六铺炕北小街 2 号,邮政编码:100120)以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国电力企业联合会

水电水利规划设计总院

参编单位:中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司
中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司
中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司
中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司
中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司
中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司
中国水利水电科学研究院
中国地震局地质研究所
河海大学
长江勘测规划设计研究有限责任公司
广东省水利电力规划勘测设计研究院

主要起草人:王惠明 彭土标 李文纲 袁建新 王文远
万宗礼 杨益才 单治钢 米应中 胡大可
廖明亮 杨玉生 王 昆 叶志平 徐锡伟
李树武 夏宏良 郭维祥 谢定松 周志芳
吴永锋 王汇明 邹文志 王志硕

主要审查人:杨 建 朱建业 许松林 汪 毅 郭义华
陈卫东 王自高 徐建强 石安池 刘 昌
肖万春 吴鹤鹤 戴其祥 王锦国 吴国荣
李长银 杜 刚

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(5)
4	规划阶段工程地质勘察	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	区域地质和地震	(8)
4.3	水库	(9)
4.4	坝址	(10)
4.5	长引水线路	(11)
4.6	勘察报告	(12)
5	预可行性研究阶段工程地质勘察	(13)
5.1	一般规定	(13)
5.2	区域构造稳定性	(13)
5.3	水库	(15)
5.4	坝址	(19)
5.5	引水线路	(22)
5.6	厂址	(24)
5.7	泄水建筑物	(26)
5.8	天然建筑材料	(27)
5.9	勘察报告	(27)
6	可行性研究阶段工程地质勘察	(29)
6.1	一般规定	(29)

6.2	水库	(30)
6.3	土石坝	(36)
6.4	混凝土重力坝	(38)
6.5	混凝土拱坝	(43)
6.6	隧洞	(45)
6.7	渠道	(46)
6.8	地下厂房系统	(47)
6.9	地面厂房系统	(50)
6.10	溢洪道	(51)
6.11	通航建筑物	(52)
6.12	主要临时和辅助建筑物	(53)
6.13	天然建筑材料	(54)
6.14	勘察报告	(55)
7	招标设计阶段工程地质勘察	(58)
7.1	一般规定	(58)
7.2	工程地质复核	(58)
7.3	专门性工程地质问题勘察	(59)
7.4	临时和辅助建筑物	(62)
7.5	天然建筑材料	(62)
7.6	勘察报告	(63)
8	施工详图设计阶段工程地质勘察	(64)
8.1	一般规定	(64)
8.2	专门性工程地质问题勘察	(64)
8.3	施工地质	(66)
9	抽水蓄能电站工程地质勘察	(68)
9.1	一般规定	(68)
9.2	选点规划阶段工程地质勘察	(68)
9.3	预可行性研究阶段工程地质勘察	(70)
9.4	可行性研究阶段工程地质勘察	(73)

9.5 招标设计阶段工程地质勘察	(77)
9.6 施工详图设计阶段工程地质勘察	(78)
附录 A 工程地质勘察报告附图、附件	(80)
附录 B 岩溶渗漏评价	(82)
附录 C 浸没评价	(85)
附录 D 岩土体物理力学性质参数取值	(88)
附录 E 移民集中安置点场地稳定性和适宜性分类	(97)
附录 F 岩体结构面分级	(101)
附录 G 岩体风化带划分	(102)
附录 H 岩体卸荷带划分	(105)
附录 J 边坡稳定分析	(106)
附录 K 环境水对混凝土腐蚀评价	(110)
附录 L 围岩工程地质分类	(113)
附录 M 泥石流分类	(120)
附录 N 岩土渗透性分级	(122)
附录 P 土的渗透变形判别	(123)
附录 Q 土的地震液化判别	(128)
附录 R 岩体结构分类	(132)
附录 S 坝基岩体工程地质分类	(133)
附录 T 岩体地应力和高地应力条件下岩体破坏类型 及判别	(136)
附录 U 外水压力折减系数经验取值	(141)
本规范用词说明	(142)
引用标准名录	(143)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirements	(5)
4	Engineering geological investigation in planning stage	(8)
4.1	General requirements	(8)
4.2	Regional geology and seismology	(8)
4.3	Reservoir	(9)
4.4	Dam site	(10)
4.5	Long water-diversion route	(11)
4.6	Investigation report	(12)
5	Engineering geological investigation in prefeasibility study stage	(13)
5.1	General requirements	(13)
5.2	Stability of regional structure	(13)
5.3	Reservoir	(15)
5.4	Dam site	(19)
5.5	Water-diversion route	(22)
5.6	Powerhouse site	(24)
5.7	Flood discharge structures	(26)
5.8	Natural construction materials	(27)
5.9	Investigation report	(27)

6	Engineering geological investigation in feasibility	
	study stage	(29)
6.1	General requirements	(29)
6.2	Reservoir	(30)
6.3	Earth-rock dam	(36)
6.4	Concrete gravity dam	(38)
6.5	Concrete arch dam	(43)
6.6	Tunnel	(45)
6.7	Canal	(46)
6.8	Underground powerhouse system	(47)
6.9	Surface powerhouse system	(50)
6.10	Spillway	(51)
6.11	Navigation structures	(52)
6.12	Main temporary and auxiliary structures	(53)
6.13	Natural construction materials	(54)
6.14	Investigation report	(55)
7	Engineering geological investigation in bidding	
	design stage	(58)
7.1	General requirements	(58)
7.2	Check of engineering geological conditions	(58)
7.3	Investigation for special engineering geological problems	(59)
7.4	Temporary and auxiliary structures	(62)
7.5	Natural construction materials	(62)
7.6	Investigation report	(63)
8	Engineering geological investigation in construction	
	detailed design stage	(64)
8.1	General requirements	(64)
8.2	Investigation for special engineering geological problems	(64)
8.3	Geological work	(66)

9	Engineering geological investigation for pumped-storage power stations	(68)
9.1	General requirements	(68)
9.2	Engineering geological investigation in site planning stage	(68)
9.3	Engineering geological investigation in prefeasibility study stage	(70)
9.4	Engineering geological investigation in feasibility study stage	(73)
9.5	Engineering geological investigation in bidding design stage	(77)
9.6	Engineering geological investigation in construction detailed design stage	(78)
Appendix A	Attached drawings and annexes to engineering geological investigation reports	(80)
Appendix B	Karst seepage assessment	(82)
Appendix C	Immersion evaluation	(85)
Appendix D	Determination of physical and mechanical property parameters of rocks and soils	(88)
Appendix E	Classification of site stability and site suitability in immigration centralized resettlement area	(97)
Appendix F	Grade of structural planes in rock mass	(101)
Appendix G	Classification of weathering of rock mass	(102)
Appendix H	Classification of relieving of rock mass	(105)
Appendix J	Slope stability analysis	(106)

Appendix K	Assessment of environmental water corrosion to concrete	(110)
Appendix L	Engineering geological classification of surrounding rocks	(113)
Appendix M	Classification of debris flow	(120)
Appendix N	Classification of permeability of rocks and soils	(122)
Appendix P	Discrimination of soil infiltrational deformation	(123)
Appendix Q	Discrimination of vibrated liquefaction of soil	(128)
Appendix R	Classification of rock mass structures	(132)
Appendix S	Engineering geological classification of dam foundation rock mass	(133)
Appendix T	Rock mass geostress and discrimination of failure type of rock mass under the condition of high geostress	(136)
Appendix U	Reduction factor of external water pressure	(141)
Explanation of wording in this code		(142)
List of quoted standards		(143)

1 总 则

1.0.1 为统一水力发电工程(以下简称水电工程)地质勘察,明确各设计阶段勘察工作的任务、内容和技术要求,保证勘察工作质量,编制本规范。

1.0.2 本规范适用于大型水电站和抽水蓄能电站工程的地质勘察工作。

1.0.3 水电工程地质勘察,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 工程地质测绘 engineering geological mapping

将测区实地调查收集的各项地质资料,经过分析整理后按一定比例绘制在地理基础底图或地形图上的工作。

2.1.2 勘探工程 exploration engineering

用以查明地下岩土体和地下水特征的探坑、竖井、钻孔、平洞等勘探工作的总称。

2.1.3 工程地质条件 engineering geological conditions

与工程有关的地形、地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、物理地质现象等地质情况的总称。

2.1.4 区域构造稳定 regional structure stability

建筑物所在地区一定范围、一定地质历史时期内,断层和地震的活动性。

2.1.5 水库诱发地震 reservoir-induced earthquake

在特殊的地质背景下,因水库蓄水引起水库及其附近地区内新出现的、与当地天然地震活动规律明显不同的地震活动。

2.1.6 高压压水试验 high pressure water test

测定岩体在高水头作用下的渗透特性、渗透稳定性及其结构面张开压力的现场压水试验。

2.1.7 岩石质量指标 rock quality designation(RQD)

用直径为 75mm 的金刚石钻头和双层岩芯管在岩石中钻进,连续取芯,回次钻进所取岩芯中,长度大于 10cm 的岩芯段长度之和与该回次进尺之比值,是表征岩体的节理、裂隙等发育程度的指标,以百分数表示。

2.1.8 结构面连通率 structural surface persistence ratio

岩体沿某一剪切方向发生剪切破坏所形成的破坏路径中结构面所占的比例。

2.1.9 透水率 permeable rate

钻孔压水试验测得的岩体渗透性指标。透水率的单位为吕荣(Lu)。

2.1.10 岩体工程地质分类 engineering geological classification of rock mass

按照岩体的结构特征和物理力学性质划分的岩体工程地质条件标准及类别。

2.1.11 软弱结构面 structural surface of weakness

力学强度明显低于围岩,一般充填有一定厚度软弱物质的结构面。

2.1.12 潜在不稳定体 latent unstable rock and soil

现状基本稳定,在今后一定时间内,受各种作用的影响,可能产生失稳现象的岩土体。

2.1.13 水库影响区 influence area of reservoirs

由水库蓄水引起的滑坡、塌岸、浸没、内涝、水库渗漏范围及其他受水库蓄水影响的区域。

2.2 符 号

α ——风化岩纵波速与新鲜岩纵波速之比;

f ——摩擦系数;

c ——凝聚力;

K ——渗透系数;

E_0 ——变形模量;

ρ_c ——土中黏粒含量;

e ——土的孔隙比;

J_{cr} ——临界水力比降;

$N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探锤击数或标准贯入锤击数；

W_L ——液限；

I_L ——液性指数；

R_b ——岩石饱和单轴抗压强度；

S ——围岩强度应力比；

σ_m ——围岩最大主应力；

K_v ——岩体完整性系数。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

3 基本规定

3.0.1 水电工程地质勘察应分为规划、预可行性研究、可行性研究、招标设计和施工详图设计五个阶段。各勘察阶段的工作,应目标明确、重点突出,并与相应设计阶段的工作深度相适应。

3.0.2 各阶段的工程地质勘察工作应根据勘察任务书或勘察合同的要求确定。勘察任务书或勘察合同应明确勘察阶段、工程特性指标、设计意图和勘察工作要求,并应附工程枢纽布置图。

3.0.3 勘察单位在开展野外工作之前,应收集和分析工程场区已有的地质资料,并进行现场踏勘,了解工程场区的自然条件和工作条件,根据任务书或合同要求,按本规范的基本要求编制工程地质勘察大纲。勘察工作过程中,宜根据具体情况的变化,适时对工程地质勘察大纲进行调整。

3.0.4 工程地质勘察大纲应包括下列内容:

- 1 勘察阶段和勘察目的、任务。
- 2 工程概况、工程场区地形地质情况和工作条件。
- 3 前阶段工程地质勘察的主要结论及审查主要意见。
- 4 勘察重点、技术路线和工作思路。
- 5 勘察内容、工作方法和技术要求。
- 6 计划工作量及进度。
- 7 提交成果内容及数量。
- 8 项目管理。
- 9 质量、环境、职业健康安全的管理措施。
- 10 勘探工作布置图。

3.0.5 水电工程建设前必须按国家基本建设程序开展地质勘察工作。地质勘察工作应按勘察程序进行,并保证勘察工作量和勘

察周期。

3.0.6 水电工程地质勘察应根据工程地质问题的性质、水工建筑物的类型和规模以及各阶段勘察任务的要求,布置地质勘察工作,综合运用各种勘探手段和方法。

3.0.7 应重视基础地质勘察资料的收集,各项资料应真实、准确、完整,并及时整理和分析。

3.0.8 各阶段工程地质勘察应先进行工程地质测绘,并根据勘察阶段、工程特点和工程区地质条件选定工程地质测绘比例尺。工程地质测绘内容和精度要求应符合现行行业标准《水电水利工程地质测绘规程》DL/T 5185 的规定。

3.0.9 应根据工程区的地形、岩土地球物理特性、探测目的等选择物探方法,并结合地质分析与其他勘探资料进行物探成果的解译。物探工作应符合现行行业标准《水电水利工程物探规程》DL/T 5010 的规定。

3.0.10 钻孔、坑探、平洞、竖井等勘探工程应综合利用。应根据地形地质条件、水工建筑物特点和勘察任务选择勘探工程。应做好勘探工程的方案设计或施工技术计划,采取措施,确保勘探工程的成果质量和施工安全。钻探和坑探的技术要求应符合现行行业标准《水电水利工程钻探规程》DL/T 5013 和《水电水利工程坑探规程》DL/T 5050 的规定。

3.0.11 岩土试验应采用室内试验和原位测试相结合的原则。土工试验应以室内试验为主、原位测试为辅;岩石试验应室内试验和原位测试并重。试验项目、数量和方法应结合地质条件、勘察阶段和工程特点确定。室内试验的试样和原位测试的试点应具有代表性。应做好试样和试点的地质描述。土工试验的技术要求应符合现行行业标准《水电水利工程土工试验规程》DL/T 5355 的规定,岩石试验的技术要求应符合国家现行标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 和《水电水利工程岩石试验规程》DL/T 5368 的规定。

3.0.12 应根据自然条件、工程特点、观测目的、勘察阶段等做好原位观测设计和实施,并及时整理和分析观测资料。

3.0.13 应紧密结合水工建筑物设计方案以及施工过程中揭露的地质情况,对各种勘察资料和工程地质问题进行综合分析。

3.0.14 工程地质勘察工作结束后,应编制工程地质勘察报告。工程地质勘察报告应由正文、附图、附件组成。正文应文字简练、结论有据,附图应清晰实用。

住房和城乡建设部信息中心
浏览专用

4 规划阶段工程地质勘察

4.1 一般规定

4.1.1 规划阶段工程地质勘察应了解和分析河流各梯级开发方案的工程地质条件,对近期开发工程的选择和控制性工程进行地质论证,并应提供工程地质资料。

4.1.2 规划阶段的勘察任务应包括下列内容:

- 1 了解规划河流或河段的区域地质和地震概况。
- 2 了解各梯级水库的地质条件和主要工程地质问题,分析成库条件。
- 3 了解各梯级坝址的工程地质条件和主要工程地质问题,分析建坝条件。
- 4 了解长引水线路及厂址的工程地质条件。
- 5 了解各梯级坝址附近的天然建筑材料的赋存情况。

注:长引水线路指长度大于 2km 的隧洞或渠道。

4.2 区域地质和地震

4.2.1 规划河流或河段的区域地质和地震勘察应包括下列内容:

- 1 区域的地形地貌形态、规划河流(河段)的河谷类型、阶地发育情况和分布范围。
- 2 区域内沉积岩、岩浆岩和变质岩的分布范围、形成时代和岩性、岩相特点,第四纪沉积物的成因类型和组成物质。
- 3 区域内的主要构造单元、褶皱和断裂的类型、产状、规模和构造活动史,历史地震情况和地震动参数等。
- 4 大型泥石流、滑坡、崩塌等的发育和分布情况。
- 5 主要含水层、隔水层、岩溶的分布情况等区域水文地质特征。

4.2.2 区域地质勘察工作应在收集和分析各类最新区域地质资料的基础上,编绘规划河流或河段的区域综合地质图。当河流或河段缺乏区域地质资料时,应进行卫星照片或航空照片解译和路线地质调查,编绘区域综合地质图。

4.2.3 应收集地震目录、地震区划资料、相关地区地震研究资料和邻近区工程地震安全性评价成果,编绘区域构造与地震震中分布图,按现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 确定各梯级地震动参数。

4.2.4 在区域地质、地震和重大物理地质现象勘察研究的基础上,应根据工程地质条件对规划河流或河段进行地段划分。工程场址宜选在建筑抗震有利地段或一般地段,避开不利地段和危险地段。

4.2.5 规划河流或河段的区域综合地质图的比例尺可选用 1:500000~1:100000,范围应满足规划方案的要求。

4.3 水 库

4.3.1 各梯级水库勘察应包括下列内容:

- 1 了解水库的地形地貌、地质和水文地质条件。
- 2 了解对水库有重大影响的滑坡、潜在不稳定岸坡、泥石流、可能发生的塌岸和浸没等的分布范围。
- 3 了解可溶岩地区的岩溶发育情况,含水层和隔水层的分布范围,邻谷及坝址下游支流(沟谷)的河水位,分水岭的地下水位,并对水库产生永久渗漏的可能性进行分析。

4.3.2 水库勘察可结合区域地质勘察工作进行。当水库可能存在影响梯级方案成立的渗漏、库岸稳定等工程地质问题时,应进行水库区工程地质测绘,并可根据需要布置勘探工作。

4.3.3 水库工程地质测绘比例尺可选用 1:100000~1:50000,可溶岩地区可选用 1:50000~1:25000。水库渗漏的工程地质测绘范围应扩大至分水岭及邻谷。

4.4 坝 址

4.4.1 各梯级坝址勘察应包括下列内容:

- 1 了解坝址的地形地貌特征。
- 2 了解坝址的地层岩性,基岩类型、软弱岩层的分布情况及第四纪沉积物的成因类型,两岸及河床覆盖层的厚度、层次和组成物质,特殊土的分布等。
- 3 了解坝址的地质构造类型、规模和性状,特别是区域性断层和第四纪断层。
- 4 了解坝址岩体的风化、卸荷、松动变形及滑坡、崩塌、冲沟泥石流等物理地质现象和岸坡稳定情况。
- 5 了解坝址的地震动参数和相应的地震基本烈度。
- 6 了解可溶岩地区的岩溶发育情况,透水层和隔水层的分布情况。
- 7 了解坝址岩土体的渗透性、地下水埋深及水化学特性等水文地质条件。
- 8 了解坝址附近天然建筑材料的种类及数量。

4.4.2 近期开发工程和控制性工程坝址勘察除应符合本规范第4.4.1条的要求外,尚应包括下列内容:

- 1 坝基中主要软弱夹层的层位、性状和分布情况。
- 2 坝基中主要断层特别是缓倾角断层的性状及其延伸情况。
- 3 坝基岩体的稳定条件。
- 4 建筑在第四纪沉积物上的坝(闸)的地基土层的层次、厚度、性状、渗透性及物理力学特性。

4.4.3 坝址的勘察方法应符合下列规定:

- 1 工程地质测绘比例尺可选用 1:10000~1:5000,测绘范围应包括比较坝址、绕坝渗漏的岸坡地段以及坝址附近低于水库水位的垭口、古河道等;当比较坝址相距大于 2km 时,可分别进行工程地质测绘。

2 物探应采用地面物探方法,横河物探剖面不应少于 3 条,近期开发工程和控制性工程坝址的物探剖面宜为 4 条~5 条。

3 坝址勘探布置应符合下列规定:

1)各梯级坝址不宜少于 1 条勘探剖面,勘探剖面线上宜布置 2 个~3 个钻孔,近期开发工程和控制性工程坝址勘探剖面线上不应少于 3 个钻孔,其中河床部位不应少于 1 个钻孔,两岸各不应少于 1 个钻孔或平洞。

2)河床钻孔深度宜为坝高的 50%~100%。在深厚覆盖层河床或地下水位低于河水位地段,钻孔深度可根据需要加深。

3)基岩钻孔应进行压水试验。

4 主要岩、土、地表水和地下水应进行鉴定性试验。近期开发工程和控制性工程可根据需要进行现场简易试验。

注:深厚覆盖层河床指覆盖层厚度大于 40m 的河床。

4.4.4 各梯级坝址应进行天然建筑材料普查。

4.5 长引水线路

4.5.1 长引水线路勘察应包括下列内容:

1 了解沿线地形地貌特征。

2 了解地层岩性,第四纪沉积物的分布和成因类型。

3 了解地质构造,特别是断层的规模和性状。

4 了解沟谷、浅埋段、进出口地段的覆盖层厚度,岩体的风化、卸荷特征和山坡的稳定状况。

5 了解沿线的水文地质条件,可溶岩区的岩溶发育特征。

6 了解厂址的工程地质条件。

4.5.2 长引水线路的勘察方法应符合下列规定:

1 应进行工程地质测绘,比例尺可选用 1:50000~1:10000,测绘范围应包括线路两侧各 1km 地带,可岩溶地区可适当加宽。

2 应根据地形和岩土物性条件,选用适宜的物探方法。

3 引水线路穿越沟谷或深厚覆盖层地段及厂址可布置勘探钻孔。

4.6 勘察报告

4.6.1 规划阶段工程地质勘察报告正文应包括概述、区域地质和地震、规划河流(河段)工程地质分段、各梯级方案的工程地质条件、结论等。

4.6.2 概述应包括规划方案、规划河流或河段的地理概况,以往地质研究程度和本阶段勘察完成的工作量。

4.6.3 区域地质概况应包括流域或河段的地形地貌、区域地质和区域水文地质条件,区域构造格架和地震活动性等。

4.6.4 规划河流(河段)分段应包括分段的依据、地段划分及对各地段第四纪断层活动性、历史地震情况、地形地貌、地层岩性、河谷地质结构及重大物理地质现象的论述。

4.6.5 各规划梯级方案的工程地质条件应按梯级次序分章编写,各章可分为水库、坝址,以及长引水线路及厂址等节编写,并应包括下列内容:

1 水库的工程地质条件应包括水库区地质条件的描述和有关渗漏、库岸稳定、浸没等问题的初步分析。

2 坝址的工程地质条件应包括场址区基本构造格架、地震动参数及相应地震基本烈度;坝址区地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象和水文地质条件,坝址工程地质条件的初步分析和天然建筑材料的概况。

3 长引水线路的工程地质条件应包括沿线地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象和水文地质条件,对引水线路和厂址等工程地质条件进行初步分析。

4.6.6 结论应包括对规划方案和近期开发工程选择以及控制性工程的地质分析论证意见和对预可行性研究阶段工程地质勘察工作的建议。

4.6.7 规划阶段工程地质勘察报告的附图、附件应符合本规范附录 A 的规定。

5 预可行性研究阶段工程地质勘察

5.1 一般规定

5.1.1 预可行性研究阶段工程地质勘察应在江河流域综合利用规划或河流(河段)水电规划确定的梯级基础上,初选代表性坝(闸)址,并应对代表性坝(闸)址和代表性枢纽布置方案进行工程地质初步评价,提供有关工程地质资料。

5.1.2 预可行性研究阶段的勘察任务应包括下列内容:

1 进行区域构造稳定性研究,并对工程场地构造稳定性和地震安全性做出评价。

2 初步查明水库区的主要工程地质条件,并对影响方案成立的主要工程地质问题做出初步评价。

3 初步查明坝(闸)址、引水线路、厂址和泄洪设施等建筑物场地的主要工程地质条件,并对影响方案成立的重大工程地质问题和代表性坝址枢纽布置方案的主要工程地质条件做出初步评价。

4 对代表性坝型所需主要天然建筑材料进行初查。

5 初步分析评价移民集中安置点场地的整体稳定性和工程建设适宜性。

5.2 区域构造稳定性

5.2.1 区域构造稳定性研究应包括下列内容:

1 区域构造背景研究。

2 断层活动性鉴定。

3 地震安全性评价。

5.2.2 区域构造背景研究应符合下列规定:

1 应收集研究坝址周围不小于 150km 范围内的地层岩性、表部和深部地质构造、区域性活动断裂、现代构造应力场、重磁异常等地球物理场、第四纪火山活动情况及地震活性等资料,进行Ⅱ级、Ⅲ级大地构造单元和地震区划分,并分析其稳定性。

2 应查明坝址近场区 25km 范围内的区域性断裂、断裂活动性。

3 临近区域性活动断裂时,应进行坝址及 5km 范围内的专门性构造地质测绘,鉴定对坝址有影响的活动断层。

4 应在区域构造背景研究和近场区构造调查的基础上,编制区域综合构造地质和震中分布图,编图范围至少应包括Ⅱ级、Ⅲ级大地构造单元及其邻近地区;区域性综合地质测绘编图比例尺宜选用 1:500000~1:100000,近场区地质测绘比例尺宜选用 1:250000~1:100000,专门性构造地质测绘比例尺宜选用 1:100000~1:25000。

5.2.3 断层活动性质鉴定内容应包括活动断层的识别,最新活动年龄,活动性质,全新世滑动速率、位移量和现今活动强度等的判定。具体技术要求宜按现行行业标准《活动断层探测》DB/T 15 的规定执行。

5.2.4 活动断层可根据下列标志直接判定:

- 1 错动晚更新世(Q_3)以来地层的断层。
- 2 断裂带中的构造岩或被错动的脉体,经绝对年龄测定,最后一次错动年代距今约 10 万年及小于 10 万年。
- 3 根据仪器观测,沿断裂带有大于 0.1mm/a 的位移。
- 4 沿断层有历史和现代强震震中分布,或有历史地震地表破裂,或有晚更新世以来确切的古地震遗迹,或有密集而频繁的近期微震活动。

5.2.5 具有下列(新活动)现象的断层,应结合其他相关资料,进行充分的论证,以确定该断层的活动性质:

- 1 经证实,与已知活动断层有构造联系的断层。

2 沿断层晚更新世以来同级阶地发生错位;在跨越断层处,水系、山脊有明显的同步转折现象,或断层两侧晚更新世以来的沉积物厚度有明显的差异。

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

4 沿断层有明显的重力失衡带分布。

5.2.6 活动断层的活动年龄应根据下列鉴定结果综合判定:

1 断层上覆的未被错动地层的年龄。

2 断层中最新构造岩或脉体的年龄。

3 被错动的最新地层或地貌单元的年龄。

5.2.7 活动断层的位移量应通过观测、地震断裂调查等综合评定。

5.2.8 工程场地应开展地震安全性评价工作,地震安全性评价成果应经国家或省级地震主管部门审批。

5.2.9 地震安全性评价应包括工程使用期限内,不同超越概率水平下,场址地震动参数及相应的地震基本烈度。

5.2.10 在构造稳定性方面,坝址的选择应符合下列规定:

1 坝址不宜选在震级为 7.0 级及以上的历史地震震中区或地震基本烈度为Ⅸ度及以上的强震区。

2 大坝等挡水建筑物不应建在已知的活动断层上。

5.3 水 库

5.3.1 水库勘察应包括下列内容:

1 初步查明水库区的水文地质条件,对可能的严重渗漏地段和渗漏类型进行初步评价。

2 初步查明库岸稳定条件,初步评价对工程的影响以及对重要城镇、居民区的可能影响。

3 初步查明可能产生严重浸没地段的地质及水文地质条件,

并进行初判。

4 初步预测水库诱发地震的潜在危险性。

5 初步查明移民集中安置点和专项复建工程场地的工程地质条件,初步评价场地的整体稳定性和工程建设适宜性。

5.3.2 水库渗漏勘察应包括下列内容:

1 初步查明可溶岩、大的断层破碎带、古河道、单薄分水岭等的分布和水文地质条件,初步分析产生水库永久渗漏的可能性。

2 可溶岩地区应初步查明岩溶的发育规律和分布特征,主要岩溶通道的延伸和连通情况,隔水层的分布、厚度变化、隔水性能和构造封闭条件,地下水分水岭位置,地下水位和地下水的补给、径流、排泄条件,岸边地下水低槽的分布和水位等。初步分析渗漏性质,初步评价其对建库的影响程度和处理的可能性。岩溶渗漏评价应符合本规范附录 B 的规定。

3 修建在悬河上的水库应重点调查水库的垂向和侧向渗漏情况。

5.3.3 库岸稳定勘察应包括下列内容:

1 初步查明水库区对工程建筑物、重要城镇和居民区环境有影响的滑坡、崩塌和其他潜在不稳定岸坡以及泥石流等的分布、范围和体积;初步评价其在水库蓄水前和蓄水后的稳定性及其危害程度。

2 覆盖层组成的库岸,应初步预测水库塌岸的范围。

5.3.4 对可能产生严重浸没地段的勘察应包括下列内容:

1 初步查明水库周边的地貌特征,潜水含水层的厚度,岩性岩相、分层和夹层,基岩或相对隔水层的埋藏条件,地下水位和地下水的补排条件。

2 初步查明含水层的颗粒组成、渗透性、给水度、饱和度、易溶盐含量、土的物理力学性质等。

3 初步查明主要农作物种类、根系层厚度、毛细管水上升带的高度,临界地下水位的实验和观测资料,地区土壤盐渍化和沼泽

化的历史及现状。

4 初步查明城镇和居民区建筑物的基础砌置深度等。

5 初步查明岩溶地区水库邻近的洼地的分布高程、地质构造、岩溶发育与连通情况、地表径流与地下水的补给、排泄条件、地下水与河水或库水的水力联系等。

6 初步判断并预测可能的浸没范围。浸没初判应符合本规范附录 C 的规定。

5.3.5 水库诱发地震潜在危险性预测宜符合下列要求：

1 水库诱发地震潜在危险性预测宜包括可能诱发地震的地段及可能发生诱发地震的类型、最大震级和烈度。

2 水库诱发地震的可能发震地段，可根据库区的地质环境、地应力状态、孕震构造、岩体的导水性、可溶岩分布及岩溶发育情况、发震机理等初步判定。

3 水库诱发地震的强度可根据发震断裂的长度、岩溶发育程度、已有震例的工程类比或区域地震活动水平进行初步估计。

5.3.6 水库移民集中安置点和专项复建工程勘察应包括下列内容：

1 调查规划场地的区域构造稳定性及场地的地形地貌、地层岩性、地质构造特征。

2 初步查明影响场地稳定性的活动性断裂的分布及滑坡、崩塌堆积体、泥石流等不良物理地质现象，初步评价场地的整体稳定性和工程建设适宜性。

3 专项复建工程的地质勘察应按工程类型和规模依据相关技术标准规定的内容进行。

5.3.7 水库的勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘的比例尺可选用 1:50000~1:10000，对可能威胁工程及重要城镇、居民区安全的滑坡体和潜在不稳定岸坡，应采用更大的比例尺。在进行工程地质测绘前，宜进行航空照片和卫星照片的解译。

2 工程地质测绘范围除包括整个库盆外,尚应包括下列地区:

1) 岩溶地区应包括可能存在渗漏通道的河间地块、邻谷和坝的下游地段;

2) 水库正常蓄水位以上可能浸没区所在阶地后缘或相邻地貌单元的前缘、两岸及坝址下游附近的塌滑体、泥石流沟和潜在不稳定岸坡分布地段。

3 应根据地形、地质条件,采用综合物探方法,探测库区滑坡体、松散堆积体、可能发生渗漏或浸没地段的地下水位、地下水流速与岩溶通道、隐伏大断层破碎带的埋藏和延伸情况等。

4 水库区的勘探布置应符合下列规定:

1) 渗漏地段水文地质勘探剖面应平行地下水流向或垂直渗漏地段布置。勘探剖面线上的钻孔,应进入可靠的相对隔水层或枯水期水位以下一定深度。

2) 浸没区水文地质勘探剖面应垂直库岸或平行地下水流向布置。勘探点宜采用钻孔或探坑,探坑宜挖到地下水位,钻孔宜进入相对隔水层。

3) 塌岸预测剖面应垂直库岸布置,靠近岸边的探坑、钻孔应进入水库死水位或相当于陡坡脚高程以下。

4) 塌滑体应按塌滑体的滑动方向布置纵横剖面。剖面线上的探坑、钻孔、竖井或平洞应进入下伏的稳定岩土体或沿已知的滑动面掘进。

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

6 可能发生渗漏或浸没的地段应利用已有钻孔和水井进行地下水位观测。重点地段宜埋设长期观测设施。地下水动态观测时间不应少于一个水文年。

7 近坝库区的不稳定岸坡宜设置简易的岩土体位移监测和

地下水观测设施。

8 移民集中安置点及专项复建工程的勘察应结合区域地质和水库区地质勘察工作进行,对各移民集中安置点开展地质调查,初步评价规划安置点场地的整体稳定性和工程建设适宜性。对县城、中心集镇宜加深勘察工作深度,布置勘探工作。场地整体稳定性和工程建设适宜性的初步评价应符合本规范附录 E 的规定。

5.4 坝 址

5.4.1 坝址勘察应包括下列内容:

1 初步查明河床和两岸第四纪沉积物的分布、厚度、层次结构、组成物质、成因类型等,湿陷性黄土、软土、膨胀土、分散性土、粉细砂和架空层等的分布和河床深槽、埋藏谷、古河道的分布。

2 初步查明基岩岩性、岩相特征,进行工程地质岩组划分。初步查明软岩、易溶岩、膨胀性岩层和软弱夹层等的分布和厚度,分析其对坝基或边坡岩体稳定的可能影响。

3 初步查明坝址区主要断层、挤压破碎带的产状、性质、规模、延伸情况、充填和胶结情况以及断层晚更新世以来的活动性,应特别注意对顺河断层和中、缓倾角断层的调查;进行节理裂隙统计和结构面分级;分析各类结构面及其组合对坝基、边坡岩体稳定和渗漏的影响。岩体结构面分级应符合本规范附录 F 的规定。

4 初步查明岩体的风化、卸荷深度和程度。岩体风化带、卸荷带的划分应分别符合本规范附录 G 和附录 H 的规定。

5 初步查明对代表性坝址选择和枢纽建筑物布置有影响的滑坡、倾倒体、松散堆积体、潜在不稳定岩体及卸荷岩体的分布,初步评价建筑物和周边自然边坡的稳定性。边坡稳定分析应符合本规范附录 J 的规定。

6 初步查明泥石流的规模、发生条件,初步分析其对工程的影响。

7 初步查明坝址区岩土渗透性、相对隔水层的埋深、厚度

和连续性,地下水位、补排关系等水文地质条件,地表水和地下水对混凝土的腐蚀性。环境水对混凝土腐蚀性的评价应符合本规范附录 K 的规定。

8 可溶岩区应初步查明岩溶的分布状况和发育规律,主要岩溶洞穴和岩溶通道的规模、分布、连通和充填情况,结合坝址区水文地质条件,分析可能发生渗漏的地段、渗漏类型及对工程的影响程度,并提出处理措施的有关建议。

9 进行岩土物理力学性质试验。岩土物理力学性质参数取值应符合本规范附录 D 的规定。

5.4.2 坝址的勘察方法应符合下列规定:

- 1 工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:2000。
- 2 工程地质测绘范围应包括下列地段:
 - 1)各比较坝址,包括主坝、副坝、溢洪道、厂房和导流工程等有关枢纽建筑布置地段;
 - 2)与阐明各比较坝址工程地质条件有关的地段和邻近区域,包括坝顶以上以及坝址上、下游危及工程安全运行的可能失稳自然岸坡;
 - 3)当比较坝址相距在 2km 以上时,可分别单独测绘成图。
- 3 物探布置应符合下列规定:
 - 1)物探方法应根据坝址区的地形、地质条件等确定;
 - 2)物探剖面线结合勘探剖面布置,并应充分利用钻孔进行综合测井;
 - 3)坝址两岸应利用平洞进行岩体弹性波波速测试。
- 4 坝址的勘探布置应符合下列规定:
 - 1)各比较坝址应有一条主要勘探剖面,坝高 70m 及以下的代表性坝址和工程地质条件复杂的比较坝址,宜在主要勘探剖面线上、下游增加辅助勘探剖面;
 - 2)主要勘探剖面线上的勘探点间距不应大于 100m,河床部位不应少于 2 个钻孔,两岸坝肩部位,在设计正常蓄水位

以上,也宜布置钻孔;

- 3)存在缓倾角软弱夹层的坝址,可布置竖井或大口径钻孔;
- 4)两岸坝肩部位应布置勘探平洞,当坝高在 70m 及以上时,可根据需要分高程增加勘探平洞;
- 5)当存在影响代表性坝址选择的顺河断层、软弱夹层、河床深槽和潜在不稳定岸坡等不良地质现象时,应布置钻孔或平洞;
- 6)可溶岩地区坝址两岸应根据需要布置水文地质专门性钻孔。

5 坝址的钻孔深度应符合下列要求:

- 1)河床钻孔深度:当坝高大于或等于 70m 时,钻孔进入基岩的深度为 50%~100%坝高,当坝高小于 70m 时,钻孔进入基岩的深度不应小于 1.0 倍坝高;
- 2)两岸岸坡上的钻孔宜达到河水位或地下水位高程以下,并应进入相对隔水层;
- 3)控制性钻孔或专门性钻孔的深度应按实际需要确定。

6 深厚覆盖层河流上的坝、闸址勘探应符合下列规定:

- 1)勘探剖面 and 勘探点应结合建筑物布置;
- 2)主要勘探剖面线上的钻孔间距宜控制在 50m~100m 之间;
- 3)河床钻孔的深度应符合表 5.4.2 的规定。当在此深度内遇有泥炭、软土、粉细砂及强透水层等不良土层时,钻孔应进入下伏的承载力较高的土层或相对隔水层;可溶岩地区可视具体情况适当加深。

表 5.4.2 深厚覆盖层河床钻孔进入基岩深度(m)

覆盖层厚度 h	孔 深	
	坝高 $H \geq 70$	坝高 $H < 70$
$h \geq 40$ 且 $h < H$	> 50	30~50
$h \geq 40$ 且 $h > H$	10~20	

7 水文地质测试应符合下列要求：

- 1) 基岩钻孔应进行压水试验, 并应收集钻进过程中的水文地质资料。
- 2) 第四系地层中的钻孔, 应在钻进过程中观测地下水位, 并应划分含水层和相对隔水层, 主要含水层宜布置抽水试验, 测定渗透系数。
- 3) 岩溶发育区应在钻进过程中观测地下水位, 并应划分含水层、相对隔水层和隔水层; 根据实际情况应进行连通试验。
- 4) 应取水样进行水质分析。

8 岩土试验应符合下列规定：

- 1) 每一主要岩土层的室内试验累计组数不应少于 6 组;
- 2) 土基勘探应根据土的类型进行标准贯入试验、动力触探、静力触探和十字板剪切试验等钻孔原位测试;
- 3) 控制混凝土坝坝基稳定和变形的岩土层可进行原位抗剪和变形试验。

9 勘察期间应进行地下水动态观测。对推荐的代表性坝址应进行地下水动态长期观测, 观测时间不应小于一个水文年。

10 影响代表性坝址选择的潜在不稳定岸坡宜进行岸坡位移监测。

5.5 引水线路

5.5.1 引水隧洞线路勘察应包括下列内容：

- 1 初步查明隧洞沿线的地形地貌、物理地质现象及其分布。
- 2 初步查明隧洞沿线地层岩性, 应重点调查松散、软弱、膨胀、可溶以及含放射性矿物与有害气体等岩层的分布。
- 3 初步查明隧洞沿线的褶皱、主要断层破碎带等各种类型结构面的产状、规模、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 初步查明主要含水层、汇水构造和地下水溢出点的位置和高程,补排条件以及与地表溪沟连通的断层破碎带、岩溶通道和采空区等的分布,对隧洞掘进时突然涌水的可能性及对围岩稳定和环境水文地质条件的可能影响做出初步评价。

5 初步查明隧洞进出口段、过沟段、傍山洞段和浅埋洞段、压力管道等的覆盖层厚度、基岩的风化深度和卸荷发育深度等,并对其所通过的山体及进出口边坡的稳定性做出初步评价。

6 了解隧洞区的地应力状况,初步分析其对隧洞围岩稳定、施工及运行的可能影响。

7 进行岩石物理力学性质试验,并进行隧洞工程地质分段和围岩初步分类。围岩工程地质初步分类应符合本规范附录 L 的规定。

5.5.2 渠道线路勘察应包括下列内容:

1 初步查明渠道沿线的地形地貌、岩溶塌陷区、滑坡、崩塌堆积、泥石流、古河道、移动沙丘、采空区等的分布。

2 初步查明渠道沿线的覆盖层厚度、地层岩性,应特别注意岩盐、石膏、岩溶化岩层、膨胀岩、泥炭、软土、粉细砂、分散性土、冻土层、湿陷性黄土等工程地质性质不良岩土层的分布。

3 初步查明地质构造、软弱夹层及主要结构面的分布组合情况。

4 初步查明傍山渠道沿线基岩风化情况、卸荷带深度。

5 初步查明渠道沿线的地下水位、水质、强透水层和隔水层分布,地表水和地下水的补排关系,土壤盐渍化和沼泽化的情况。

6 进行渠道工程地质初步分段,对可能发生的严重渗漏、浸没、黄土湿陷和边坡稳定性等工程地质问题做出初步评价。黄土湿陷性判别应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的规定。

5.5.3 引水线路的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:25000~1:10000。

2 引水线路的工程地质测绘范围应包括隧洞或渠道各比较线路及其两侧各 300m~1000m 地带。岩溶地区可根据实际情况增加测绘宽度。

3 可采用综合物探方法探测覆盖层厚度、地下水位、古河道、隐伏断层、岩溶洞穴等,并可利用钻孔和平洞进行综合测井、弹性波波速等岩体动力参数测试。

4 勘探布置应符合下列规定:

- 1) 隧洞沿线的勘探钻孔可布置在隧洞进出口、傍山和跨沟等地段;其他存在重大工程地质问题的地段可布置专门性勘探钻孔。
- 2) 渠道上的探坑、钻孔应结合沿线的地貌和工程地质分段布置,不同地段应有代表性勘探剖面,傍山渠道上探坑、钻孔的布置,可根据需要确定。
- 3) 引水线路沿线进水闸、调压井、闸门井等建筑物部位,宜布置勘探剖面 and 钻孔。
- 4) 隧洞钻孔深度宜进入洞底高程以下 10m~30m,但不应小于 1 倍洞径;渠道钻孔宜进入设计渠底高程以下 5m~10m,或到达地下水位以下,或进入下伏的相对隔水层。
- 5) 钻孔钻进过程中应收集水文地质资料,并应根据需要进行抽水试验、压水试验和地下水动态观测。
- 6) 隧洞进出口宜布置勘探平洞。

5 岩土物理力学性质试验应以室内试验和简易原位测试为主,第四纪土可进行标准贯入试验、动力触探、静力触探、十字板剪切试验等钻孔原位测试。

5.6 厂 址

5.6.1 地面厂房勘察应包括下列内容:

1 初步查明厂址区的地形地貌、岩体风化情况、卸荷深度以及滑坡、崩塌堆积体、蠕变体、泥石流、岩溶、采空区等的分布及稳

定或活动情况。

2 初步查明厂址区的地层岩性,软弱和易溶岩层、软土、粉细砂、湿陷性黄土、膨胀土和分散性土的分布与埋藏条件,并对岩石的物理力学性质和承载能力做出初步评价。

3 初步查明厂址区的断层、挤压破碎带、节理裂隙等的性质、产状、规模和展布情况,初步分析评价对厂址和边坡稳定的影响。

4 初步查明厂址区的水文地质条件,对水电站压力前池的渗漏和渗透稳定条件、基坑开挖中发生涌水、涌砂的可能性做出初步评价。

5 初步查明厂房区工程边坡及自然边坡工程地质条件,初步评价其稳定性。

5.6.2 地下厂房的勘察除应符合本规范第 5.5.1 条的规定外,尚应包括下列内容:

1 初步查明地下厂房和洞群布置地段的岩性组成和岩体结构,各类结构面的产状、规模、性状、挤压破碎情况、填充、延伸范围、空间展布以及相互切割组合情况,初步分析其对洞室围岩稳定性的影响。

2 了解地下厂房地段的地应力、地温、有害气体和放射性等情况,并初步分析其对洞室围岩稳定、施工及运行的可能影响。

5.6.3 厂址区的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:2000。

2 工程地质测绘范围应包括各比较方案的厂房、主变开关站(室)、尾水建筑物等地段以及与阐明各比较厂址工程地质条件有关的地段,包括厂房下游危及工程安全运行的可能失稳岸坡。

3 应采用综合物探方法探测覆盖层厚度、地下水位、古河道、隐伏断层、岩溶洞穴等,并应利用钻孔和平洞进行岩体弹性波波速等测试。

4 勘探布置应符合下列规定:

1)厂房区宜布置勘探剖面;

- 2) 地面厂房区的钻孔应深入建基面以下 20m~30m, 地下厂房区的钻孔宜进入设计洞底高程以下 10m~30m;
- 3) 钻孔在钻进过程中应收集水文地质资料, 并应进行抽水试验或压水试验及地下水动态观测;
- 4) 地下厂房区或地面厂房区后边坡应布置勘探平洞。

5 岩土物理力学性质试验应以室内试验和简易原位测试为主, 地下厂房可利用勘探平洞或钻孔进行岩体变形、岩体剪切、地应力、地温等原位测试; 第四纪土可进行标准贯入、动力触探、静力触探、十字板剪切试验等钻孔原位测试。

5.7 泄水建筑物

5.7.1 溢洪道勘察应包括下列内容:

1 初步查明溢洪道布置区的地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象和水文地质条件, 应重点调查覆盖层分布范围、厚度, 岩体风化、卸荷深度, 断层、挤压破碎带、软弱夹层、滑坡、崩塌堆积体等的分布及规模。

2 初步评价边坡稳定、泄洪闸地基抗滑和变形及渗透稳定条件, 下游消能区岩土体的抗冲条件以及冲刷坑岸坡和雾化区边坡的稳定条件。

5.7.2 泄洪隧洞勘察可按本规范第 5.5.1 条的规定执行, 并应初步分析泄洪隧洞出口冲刷雾化区岸坡的稳定条件。

5.7.3 泄水建筑物的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 1:5000~1:2000, 测绘范围应包括各比较方案的泄水建筑物布置地段及所毗邻地段, 当与坝相距较近时, 工程地质测绘应与坝址合并进行。

2 应针对泄洪闸等主要建筑物布置钻孔等勘探工作, 对溢洪道高边坡地段可布置平洞或钻孔; 钻孔深度宜进入设计建基面以下 20m~30m, 基岩钻孔应进行压水试验。

3 影响建筑物稳定的主要岩土层应分层取样, 进行岩土体物

理力学性质试验。

5.8 天然建筑材料

5.8.1 在对工程所需天然建筑材料进行普查的基础上,应对初选代表性坝型所需的主要料源以及对方案比选有重大影响的料源进行初查。

5.8.2 天然建筑材料的初查储量宜达到设计需要量的 2.5 倍~3.0 倍。

5.9 勘察报告

5.9.1 预可行性研究阶段工程地质勘察报告正文应包括:概述、区域地质及构造稳定性、水库区工程地质条件、枢纽工程区工程地质条件、天然建筑材料以及结论和建议。

5.9.2 概述应包括工程概况、勘察地区的自然地理条件,历次所进行的勘察工作情况和研究深度,本阶段进行的工作项目和完成工作量等。

5.9.3 区域地质及构造稳定性应包括区域地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象和水文地质条件等。可溶岩地区应说明区域岩溶发育情况以及岩溶区地下水的补排条件。在论述地质构造时,应说明区域性断裂、断层活动性和地震活动性。应对区域构造稳定性和地震安全性做出评价。

5.9.4 水库区工程地质条件应包括库区的地质概况,水库渗漏、浸没、库岸稳定及水库诱发地震等工程地质问题及初步评价,水库移民集中安置点场地稳定性和工程建设适宜性的初步评价意见及专项复建工程地质条件的初步评价意见。

5.9.5 枢纽工程区的工程地质条件,应根据工程不同开发方式的建筑物布置,分坝址、引水发电系统、泄水建筑物、临时性建筑物等节编写。各节应包括下列内容:

1 坝址工程地质条件应包括:坝段基本地质条件;对代表性

坝址的选择意见以及推荐代表性坝址的各主要建筑物的工程地质条件和主要工程地质问题的初步评价,对代表性坝型和枢纽布置方案的建议;提出建议的岩土物理力学性质参数。

2 引水发电系统的工程地质条件应包括:引水发电系统的基本地质条件,各比较线路和厂址的工程地质条件与代表性方案的选择,推荐代表性方案的工程地质条件和主要工程地质问题的初步评价。

3 泄水建筑物及其他建筑物的工程地质条件的内容,应根据建筑物的特点和地质条件确定。

5.9.6 天然建筑材料应包括勘察任务、各料场的位置、地形地质条件、勘探和取样、储量和质量及开采和运输条件等。

5.9.7 结论和建议应包括区域构造稳定性评价、水库主要工程地质问题初步评价、坝段及各比较坝址工程地质特点概述及初步评价、代表性坝址选择的工程地质意见、代表性坝址枢纽布置方案各主要建筑物的主要工程地质条件和工程地质问题的初步评价、主要天然建筑材料的储量和质量的初步评价以及对可行性研究阶段工程地质勘察的建议。

5.9.8 报告正文的内容,除应符合本规范第 5.9.1 条~第 5.9.7 条规定外,尚应符合现行行业标准《水电工程预可行性研究报告编制规程》DL/T 5206 的规定;报告的附图、附件应符合本规范附录 A 的规定。

6 可行性研究阶段工程地质勘察

6.1 一般规定

6.1.1 可行性研究阶段工程地质勘察应在预可行性研究阶段工作的基础上查明水库区、坝址区的工程地质条件,为选定坝址、坝型、坝线及枢纽布置提供地质依据,并对选定坝址各建筑物的工程地质条件、主要工程地质问题进行论证和评价,提供建筑物设计所需的工程地质资料。

6.1.2 可行性研究阶段的勘察任务应包括下列内容:

1 根据需要复核或补充区域构造稳定性及场地地震地质灾害评价。

2 查明水库区水文地质工程地质条件,分析与评价工程地质问题,预测水库蓄水后的变化。

3 查明影响坝址比选的主要工程地质问题,为选定坝址进行地质论证。

4 查明选定坝址建筑物区的工程地质条件并进行评价,为选定坝型和各建筑物的轴线及地基、边坡与洞室围岩处理方案设计提供地质资料和建议。

5 查明导流工程及缆机平台等主要临时和辅助建筑物和施工场地的工程地质条件。

6 进行天然建筑材料详查。

7 进行地下水动态观测和岩土体位移监测。

8 进行水库影响区的分析预测,界定水库影响区范围。

9 查明水库移民集中安置点和专项复建工程的地质条件,评价规划场地的稳定性和工程建设适宜性。

10 进行地质灾害调查和评价。

6.2 水 库

6.2.1 水库勘察应包括下列内容：

- 1 查明水库区的水文地质条件,对水库渗漏问题进行评价。
- 2 查明不稳定库岸和潜在不稳定库岸的工程地质条件并进行评价,界定影响区范围。
- 3 查明覆盖层库岸的工程地质条件,对其塌岸影响范围进行预测,并界定影响区范围。
- 4 查明可能浸没地段的水文地质工程地质条件,并进行复判,界定浸没影响区范围。
- 5 查明泥石流发育情况,分析泥石流对工程等的影响程度,提出防治措施建议。
- 6 分析水库诱发地震的可能性,预测诱发地震位置、最大震级及其对工程和库区环境的影响。
- 7 对水库移民集中安置点和专项复建工程进行地质勘察与评价。

6.2.2 可能渗漏地段的勘察应包括下列内容：

- 1 可溶岩区应查明下列内容：
 - 1) 相对隔水层的分布、厚度和延续性,地下水流动系统及泉域,地下水位及其动态,岩溶发育特征和岩溶渗漏的性质；
 - 2) 主要漏水地段或主要通道的位置、形态和规模,估算渗漏量,提出防渗处理范围和深度的建议。
- 2 非可溶岩区应查明可能发生渗漏地段的地质结构及水文地质条件,并应根据问题的性质进行相应的勘察工作。

6.2.3 可能渗漏地段的勘察方法应符合下列规定：

- 1 工程地质测绘比例尺可选用 1:10000~1:2000。
- 2 工程地质测绘范围应包括可能渗漏通道及其进出口地段和低邻谷,凡能追索的岩溶洞穴均应进行测绘。

3 宜采用综合物探方法探测岩溶的空间分布和强透水带的位置。

4 勘探剖面应根据水文地质结构和地下水分布情况,并结合可能的防渗处理方案布置。在多层含水层结构区,各可能渗漏岩组内不应少于2个钻孔。钻孔应深入隔水层、相对隔水层或枯水期水位以下一定深度;岩溶区钻孔深度应穿过岩溶强烈发育带,钻进过程中应观测地下水位。平洞主要用于查明地下水位以上的岩溶洞穴和通道。

5 应进行地下水动态观测,并初步形成长期观测网,各可能渗漏岩组内不应少于2个观测孔。观测基本内容除常规项目外,还应观测降雨前后的洞穴涌水和流量变化情况。

6 岩溶区应进行连通试验,查明岩溶洞穴间的连通情况和地下水的实际流速。需要了解大面积的连通情况时,可采用堵洞法测量其周围地下水位变化。

7 当研究岩溶水的年龄和来源时,宜进行地下水同位素分析,取水样时要求含水层隔离良好、取样可靠,并应复测。

8 在岩溶发育复杂地区,可对地下水的渗流场、水化学场、水温度场及水同位素场进行勘察研究。

6.2.4 不稳定岸坡和潜在不稳定岸坡的勘察应包括下列内容:

1 查明库区特别是近坝库区、城镇地段的滑坡、堆积体和潜在不稳定岸坡以及库区巨型滑坡等的分布范围、体积、地质结构、边界条件和地下水动态。

2 分析不稳定和潜在不稳定岸坡在天然状态下的稳定性,预测施工期和水库运行期不稳定和潜在不稳定岸坡失稳的可能性,并应对水工建筑物、城镇、居民点、耕园地、主要交通线路及专项设施等的可能影响做出评价,界定影响区的范围。

3 应预测蓄水后边坡稳定性的变化趋势。

4 提出防治措施和长期监测方案的建议。

6.2.5 不稳定和潜在不稳定岸坡的勘察方法应符合下列规定:

- 1 工程地质测绘比例尺可选用 $1:5000 \sim 1:1000$ 。
- 2 工程地质测绘范围应包括不稳定或潜在不稳定岸坡及其影响区。
- 3 应在前阶段勘探工作的基础上补充钻孔、平洞或竖井。
- 4 对水工建筑物、城镇、居民点、耕园地、主要交通线及专项设施等的安全有影响的不稳定或潜在不稳定岩土体的控制性结构面或滑坡滑带土应进行室内黏土矿物分析和物理力学性质试验,试验组数累计不应少于 6 组。应根据需要进行滑带土的现场抗剪试验、地质力学模型和涌浪试验等。
- 5 应根据需要,对不稳定和潜在不稳定岩土体逐步建立和完善变形监测网,监测网应由观测剖面线和观测点组成。钻孔倾斜计宜平行滑动方向布置,视准线宜垂直滑动方向布置。
- 6 应进行地下水动态观测,并应逐步建立和完善地下水动态观测网。

6.2.6 覆盖层塌岸区勘察应包括下列内容:

- 1 查明土的分层、级配和物理力学性质,确定岸坡的天然稳定坡角、浪击带稳定坡角和土的水下浅滩坡角。
- 2 预测不同库水位的塌岸影响程度,界定塌岸影响范围,并提出长期观测的建议。预测时应考虑水库的运行方式、风向和塌岸物质中粗颗粒的含量及其在坡脚再沉积的影响。预测计算中,各段的稳定坡角应根据试验成果,结合调查资料选用。

- 3 查明防护工程区的工程地质条件。

6.2.7 覆盖层塌岸区的勘察方法应符合下列规定:

- 1 工程地质测绘比例尺,城镇地区可选用 $1:2000 \sim 1:1000$,农村地区可选用 $1:10000 \sim 1:2000$ 。
- 2 工程地质测绘范围可根据需要确定。
- 3 勘探剖面线应实测,坑孔的布置原则和要求应符合本规范第 5.3.7 条第 4 款的规定,剖面线间距农村地区为 $500\text{m} \sim 5000\text{m}$,城镇地区为 $100\text{m} \sim 1000\text{m}$ 。

4 各土层应进行物理力学性质试验,其中颗粒分析、自然休止角和水上休止角试验组数累计不应少于 6 组。

6.2.8 浸没区勘察应包括下列内容:

1 查明土的层次、厚度、物理性质、渗透系数、地下水位及其动态,相对隔水层或基岩的埋深、土的毛细管水上升带高度、给水度、土壤含盐量、产生浸没的地下水临界深度,并根据水库运行水位和地下水位壅高预测浸没影响范围。

2 岩溶区应查明库周洼地、槽谷的分布、形态、充填土层的厚度、性状、下伏岩溶发育状况及与库水的连通情况、地表汇水与消水条件、地下水位及变幅等,预测、界定浸没或内涝的影响范围。

3 查明防护地段的水文地质工程地质条件,当防护区的地面高程低于水库蓄水位时,应对防护工程地基的渗漏、渗透稳定性和防护区内涝及浸没问题进行研究,提出处理措施建议。

6.2.9 浸没区的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺,城镇地区可选用 1:2000~1:1000,农村地区可选用 1:10000~1:2000。

2 工程地质测绘范围应包括可能浸没区所在阶地的后缘或可能内涝的影响范围。

3 勘探剖面线应实测,并应垂直库岸或平行地下水流向布置;农村地区剖面线间距为 500m~3000m,城镇地区为 100m~500m;剖面线上的钻孔深度应符合本规范第 5.3.7 条第 4 款的规定。预测浸没区所在的地貌单元不应少于 2 个控制钻孔,第一个控制孔应靠近水库设计正常蓄水位的边线布置;防护工程勘探剖面上的钻孔间距宜加密。

4 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。

5 水库蓄水后地下水壅高值可根据设计回水位采用地下水动力学方法计算。

6 应通过室内试验和野外试验测定土的渗透系数、饱和度、

毛细管水上升带高度、土壤含盐量和地下水化学成分等。每一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 6 组。

7 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 6 组。

8 浸没区可根据需要建立长期观测网。观测内容包括地下水位、水化学成分、土壤含盐量等。

6.2.10 泥石流勘察应包括下列内容:

1 收集当地水文、气象资料,包括年降雨量及其分配、暴雨时间和强度、一次最大降雨量等。

2 泥石流沟汇水面积,流域内岩性、构造、物理地质现象、新构造活动迹象与地震情况。

3 泥石流形成区、流通区、堆积区的范围、平剖面形态,沟坡的稳定性,形成泥石流的固体物质来源、物质组成、颗粒级配及其启动条件,调查不稳定及潜在不稳定物源量。

4 泥石流沟口堆积区堆积物的分布形态、堆积形式、厚度、分层结构、分选特征及颗粒级配等。

5 调查访问历史泥石流活动情况、类型、冲淤、危害性及防治情况。

6 宜提出泥石流重度、流速、流量、一次性堆积总量等特征指标,进行泥石流分类。泥石流的分类应符合本规范附录 M 的规定。

7 分析评价泥石流对水工建筑物及施工场地和营地、水库淤积、规划移民区的影响和危害程度,并提出综合治理措施的建议。

6.2.11 泥石流的勘察方法应符合下列规定:

1 用卫片、航片资料解译泥石流的分布和形成条件,资料解译草图应进行野外检验和核实。

2 在卫片、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。

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 3m~5m。

4 应取泥石流堆积物的代表性样品进行颗粒级配和泥石流流体物理力学性质试验。

6.2.12 水库诱发地震预测应包括下列内容:

1 当预可行性研究阶段勘察认为有可能发生水库诱发地震时,应分析库区的地震地质条件,包括深大断裂、活动断层和发震断层及历史地震的情况,库盆的岩性、岩体结构和水文地质结构,断层破碎带的导水性及其与库水的水力联系,岩体风化、卸荷及岩溶发育情况等。

2 宜预测发生水库诱发地震的类型、可能发震库段及其最大震级。

3 分析评价水库诱发地震对枢纽建筑物及库区环境的可能影响,提出进行水库诱发地震监测的建议。

6.2.13 水库诱发地震的预测方法应符合下列规定:

1 库区地震地质调查和区域构造稳定性研究,其方法应符合本规范第 5.2.1 条和第 5.2.2 条的规定。

2 当预测有水库诱发地震发生时,应进行水库诱发地震监测台网的总体方案设计。

6.2.14 水库移民集中安置点和专项复建工程勘察应包括下列内容:

1 查明场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件。

2 查明影响场地稳定的崩塌、滑坡、变形体、潜在不稳定岩土体、泥石流、岩溶塌陷等不良物理地质现象,评价场地的稳定性和工程建设适宜性。

3 初步查明规划场地建筑物布置地段地基各岩土层的物理力学性质,提出基础持力层的建议。

4 专项复建工程勘察内容尚应根据工程类型按相关行业的规定执行。

6.2.15 水库移民集中安置点的勘察方法应符合相关行业规范和现行行业标准《城乡规划工程地质勘察规范》CJJ 57 的有关规定。

6.2.16 专项复建工程的勘察方法,应根据工程类型按相关行业标准执行。

6.3 土 石 坝

6.3.1 土石坝坝址勘察应包括下列内容:

1 查明坝基基岩面起伏变化情况,重点查明河床深槽、古河道、埋藏谷的具体范围、深度及形态。

2 查明坝基河床及两岸覆盖层的厚度、层次,重点查明软土层、粉细砂、湿陷性黄土、架空层、矿洞、漂孤石层等的分布情况。

3 查明影响坝基、坝肩稳定的断层、破碎带、软弱岩体、石膏夹层、夹泥层的分布、规模、产状、性状和渗透变形特性。

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

5 查明地下水、地表水对混凝土的腐蚀性。

6 查明岸坡岩体风化带、卸荷带的分布、深度和工程边坡、自然边坡特别是面板坝趾板上游边坡的稳定条件,重点查明防渗体地基,包括心墙、斜墙、面板趾板及反滤层、垫层、过渡层地基和岸坡连接地段有无断层破碎带、软弱岩带、全强风化岩及其变形和渗透特性。

7 查明坝区岩溶发育规律,主要岩溶洞穴和通道的分布与规模,岩溶泉的位置和补给、径流、排泄特征,相对隔水层的埋藏条件,提出防渗处理建议。

8 提出坝基岩土体的渗透系数、允许渗透水力比降和承载力、变形模量、强度等各种物理力学性质参数,对地基的沉陷、湿陷、抗滑稳定、渗漏、渗透变形、液化、震陷等问题做出评价,并提出

坝基处理的建议。

6.3.2 岩土渗透性分级应符合本规范附录 N 的规定；土的渗透变形判别应符合本规范附录 P 的规定；土的地震液化判别应符合本规范附录 Q 的规定。

6.3.3 土石坝坝址的勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘应符合下列规定：

- 1) 测绘比例尺可选用 1:5000~1:1000。
- 2) 测绘范围应包括坝址水工建筑物场地和对工程有影响的地段。

2 物探应符合下列规定：

- 1) 可采用综合测井探测覆盖层层次，测定土层的密度。
- 2) 可采用单孔法、跨孔法测定岩土体弹性波纵波、横波波速，确定动弹性模量、动剪切模量等参数。
- 3) 其他应符合本规范第 5.4.2 条第 3 款的规定。

3 勘探应符合下列规定：

- 1) 勘探剖面应结合坝轴线、心墙、斜墙或趾板防渗线、排水减压井、消能建筑物等布置。
- 2) 勘探点间距宜采用 50m~100m。
- 3) 基岩地基钻孔深度宜为坝高的 $1/3 \sim 1/2$ ，防渗线上河床的控制性钻孔深度不应小于坝高，两岸钻孔应深入地下水位以下或相对隔水层。
- 4) 覆盖层地基钻孔深度，当下伏基岩埋深小于坝高时，钻孔深度宜进入基岩面以下 10m~20m，防渗线上钻孔深度可根据需要确定；当下伏基岩埋深大于坝高时，钻孔深度宜根据透水层与相对隔水层分布及下伏岩土层的力学强度等具体情况确定。
- 5) 专门性钻孔的孔距和孔深应根据具体需要确定。
- 6) 应布置平洞、钻孔或探槽，查明两岸岩体风化带、卸荷带，以及对坝肩岩体稳定和绕坝渗漏有影响的断层破碎带、

岩溶通道、废旧矿洞等。

4 岩土试验应符合下列规定：

- 1) 覆盖层每一主要土层的物理力学性质试验组数累计不应少于 11 组。土层抗剪强度宜采用三轴试验,土层宜连续取原状样,粗粒土应进行动力触探试验,细粒土应进行标准贯入或静力触探试验。
- 2) 根据需要进行可能液化土的室内三轴振动试验、现场渗透变形试验和载荷试验等专门性试验。
- 3) 岩石物理力学性质试验可按混凝土重力坝的要求适当简化。

5 水文地质试验应符合下列规定：

- 1) 根据覆盖层的成层特性和水文地质结构进行单孔或多孔抽水试验,坝基主要透水层的抽水试验不应少于 3 段(组)。
- 2) 强透水的大断层破碎带和岩溶发育地段应做专门的水文地质试验。
- 3) 防渗线上的基岩孔段应做压水试验,其他部位可根据需要确定。

6 不稳定或潜在不稳定岩土体位移监测和地下水动态观测的要求应符合本规范第 6.2.5 条第 5 款和第 6 款的规定。

6.4 混凝土重力坝

6.4.1 建在岩基上的混凝土重力坝坝址勘察应包括下列内容：

1 查明覆盖层的分布、厚度、层次及其组成物质,河床深槽的分布范围和深度。

2 查明地层岩性,查明易溶岩层、软弱岩层、软弱夹层、蚀变岩带等的分布、性状、延续性、物理力学参数以及与上、下岩层的接触情况。查明矿层采空区的分布、规模及充填情况等。

3 查明坝基、坝肩岩体的完整性,断层特别是顺河断层和缓

倾角断层的分布和特征,节理裂隙的产状、延伸长度、连通率及其组合关系;确定坝基、坝肩稳定分析的边界条件。

4 查明坝基、坝肩岩体风化带、卸荷带的厚度及其特征。

5 查明坝基、坝肩岩溶洞穴及通道的分布、规模、充填状况及连通性,岩溶泉的分布、流量及其补给、径流、排泄特征。

6 查明两岸岸坡及周边自然边坡的稳定条件。

7 查明坝址的水文地质条件,两岸地下水位埋深,岩体渗透特性,相对隔水层埋藏深度,提出防渗处理的建议。在水文地质条件复杂的地区,应分析建坝前后渗流场的变化,为防渗处理设计提供依据。

8 查明地表水和地下水对混凝土的腐蚀性。

9 查明泄流冲刷地段的工程地质条件,评价泄流冲刷及泄流雨雾对坝基及岸坡稳定的影响。

10 查明峡谷坝址的岩体地应力情况。

11 根据坝基岩层和构造情况,以及岩块间嵌合程度,进行坝基岩体结构分类。

12 在分析坝基岩石性质,地质构造,岩体结构,岩体地应力,风化、卸荷特征,岩体强度和变形性质等的基础上进行坝基岩体工程地质分类,提出各类岩体的物理力学性质参数建议值和大坝可利用建基岩体,并对坝基工程地质条件做出评价。

6.4.2 腐蚀性评价标准应符合本规范附录 K 的规定。岩体结构分类应符合本规范附录 R 的规定。坝基岩体工程地质分类应符合本规范附录 S 的规定,岩土体物理力学性质建议值应符合本规范附录 D 的规定。

6.4.3 在岩基上的混凝土重力坝坝址的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘应符合下列规定:

1)测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000;

2)测绘范围应包括坝址水工建筑物场地和对工程有影响的

地段；

- 3) 当岩性变化或存在软弱夹层时,应测绘详细的岩层柱状图。

2 物探应符合下列规定:

- 1) 宜采用综合测井和钻孔全景图像等方法调查对坝基(肩)岩体稳定有影响的结构面、软弱带、低波速松弛岩带等的产状、分布,含水层和渗漏带的位置等;
- 2) 可采用单孔法、跨孔法、跨洞法测定各类岩体弹性波纵波速度或横波速度,进行岩体动弹性模量或纵波波速的分区;
- 3) 岩溶区可采用孔间或洞间测试以及层析成像技术等调查岩溶洞穴的分布。

3 勘探应符合下列规定:

- 1) 勘探剖面应根据具体地形地质条件结合建筑物特点布置,选定的坝线应布置坝轴线勘探剖面和上下游辅助勘探剖面,剖面线的间距根据坝高和地质条件,可采用 50m~200m;溢流坝段、非溢流坝段、厂房坝段、通航坝段等均应有代表性勘探纵剖面。
- 2) 坝轴线勘探剖面线上的勘探点间距可采用 20m~50m,其他勘探剖面线上的勘探点间距可视具体需要确定。
- 3) 钻孔深度应进入拟定建基面高程以下 $1/3 \sim 1/2$ 坝高的深度,帷幕线上的钻孔深度可采用 1 倍坝高或进入相对隔水层不应小于 10m。
- 4) 专门性钻孔的孔距、孔深可根据具体需要确定。当需要查明河床坝基顺河断层、缓倾角软弱结构面时可布置倾斜钻孔。
- 5) 平洞、竖井、大口径钻孔和河底平洞应结合建筑物位置、两岸地形、地质条件和岩体现场测试工作的需要布置。高陡岸坡宜布置平洞;地形、地层平缓时宜布置竖井或大

口径钻孔;当存在影响坝基稳定的断层、破碎带和软弱夹层,用常规勘探手段难以查清时,可布置河底平洞。

6)当钻孔或平洞遇到溶洞或大量漏水时,应继续追索或采用其他手段查明。

4 岩土试验应符合下列规定:

1)主要岩石的室内物理力学性质试验组数累计不应少于 11 组;影响坝基变形的岩类,其现场变形试验不应少于 6 点;控制抗滑稳定的岩层或滑动面的现场抗剪断和抗剪试验组数不应少于 6 组。

2)根据需要进行岩体地应力测试和现场载荷等专门试验。

5 水文地质试验应符合下列规定:

1)坝基、坝肩及帷幕线上的基岩钻孔应进行压水试验,其他部位的钻孔可根据需要确定。坝高大于 200m 时,宜进行大于设计水头的高压压水试验及为查明岩体渗透性各向异性的专门试验,高压压水试验的最高压力不宜小于建筑物工作水头的 1.2 倍。

2)为查明岩溶区坝基集中渗漏带的渗流特征、实际流速和连通情况,可根据需要进行地下水连通等专门试验。

3)强透水的大断层破碎带应做专门的渗透及渗透变形试验。

4)在水文地质条件复杂的坝址区,宜进行渗流场数值模拟等专题研究。

5)应取样进行地下水和地表水水质分析。

6 地下水动态观测应符合下列规定:

1)观测内容宜包括水位、水温、水化学、流量或涌水量等;

2)观测时间应延续一个水文年以上,并逐步完善观测网。

7 不稳定或潜在不稳定岩土体位移监测的布置原则和要求应符合本规范第 6.2.5 条第 5 款的规定。

6.4.4 建在覆盖层上的混凝土重力坝(闸)址的勘察内容除应符

合本规范第 6.3.1 条规定外,还应查明下列内容:

1 查明坝(闸)基覆盖层分布、厚度、层次结构及其物质组成,查明膨胀土、黏性土、淤泥类土和粉细砂土等的埋深、厚度、分布和性状,研究其产生变形、不均匀沉陷、液化和坝基抗滑稳定的可能性。

2 查明覆盖层各层次的渗透特性、相对隔水层分布,评价其渗漏和渗透稳定性,为防渗处理提出建议。

3 查明河床两岸覆盖层的成因类型、层次结构、分布规律、渗透特性等,评价产生绕坝渗漏的可能性并提出处理措施建议。

4 查明下游消能防冲区的覆盖层分层、厚度变化及其性状,为消力池及防冲设计提供地质资料。

6.4.5 建在覆盖层上的混凝土坝(闸)址的勘察方法除应符合土石坝坝址的有关规定外,还应符合下列规定:

1 坝(闸)基的钻孔应结合闸墩和防渗、防冲建筑物布置,钻孔深度宜根据覆盖层厚度及建基面高程确定;当覆盖层厚度小于闸底宽时,钻孔深度应进入基岩 5m~10m;当覆盖层厚度大于闸底宽时,钻孔深度宜为闸底宽的 1 倍~2 倍,并应进入下伏承载力较高的土层或相对隔水层;控制性钻孔应进入基岩 10m~30m。

2 岩土试验和水文地质试验应符合下列规定:

1) 坝(闸)基持力层范围内每一土层均应取原状样,并进行室内物理力学性质试验,试验组数累计不应少于 11 组。

2) 细粒土及粉土、粉细砂层应结合钻探进行标准贯入或静力触探试验,粗粒土层应进行动力触探试验,软土层宜进行十字板抗剪试验。

3) 应根据需要进行现场载荷试验、旁压试验、现场抗剪试验、现场渗透与渗透变形试验,以及室内原状土的渗透与渗透变形试验、大三轴剪切试验和可能液化土的三轴振动试验等专门性试验。

4) 应根据覆盖层的成层特性和水文地质结构进行单孔或多

孔抽水试验,分层或综合抽水试验,钻孔振荡式渗透试验,坝基主要透水层的抽水试验不应少于3段(组)。

3 地下水动态观测和不稳定或潜在不稳定岩土体位移监测的要求应符合本规范第6.4.3条第6款和第6.2.5条第5款的规定。

6.5 混凝土拱坝

6.5.1 混凝土拱坝坝址的勘察内容除应符合本规范第6.4.1条规定外,还应包括下列内容:

1 查明河谷形态、宽高比、两岸地形完整程度。

2 查明拱肩受力岩体内垂直或近于垂直拱推力方向的断层、挤压破碎带、节理密集带、蚀变岩带、软弱岩带及岩溶溶洞等的分布和性状,评价坝基(肩)岩体的抗变形性能,提出河床可利用岩体的高程、两岸拱座嵌深及坝基处理建议。

3 查明两岸拱座及抗力岩体内的潜在底滑面、侧滑(裂)面及其连通率,特别是缓倾角结构面与中、陡倾角断层,长大裂隙,蚀变岩脉等软弱结构面组合滑移块体的分布和性状,评价坝肩岩体的抗滑稳定条件,提出坝肩处理建议。

4 查明两岸边坡包括坝顶以上一定范围自然边坡的地貌形态、地层岩性、地质构造、风化、卸荷、水文地质条件以及边坡的变形和破坏现象,并对其稳定性做出评价,提出工程边坡开挖坡形、坡比和加固措施的建议,同时对周边自然边坡提出防护或加固处理建议。

5 查明水垫塘及二道坝的工程地质条件,评价水垫塘及泄洪雨雾对坝基、两岸边坡及下游岸坡稳定性的影响,提出处理建议。

6 查明坝址区岩体地应力量级、方向和空间分布规律,评价高应力状态对岩体力学特性的影响。

6.5.2 混凝土拱坝坝址的勘察方法除应符合本规范第6.4.3条的规定外,还应符合下列规定:

1 工程地质测绘应符合下列规定：

- 1) 平面地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000, 高拱坝坝址可选用 1:500;
- 2) 对坝基(肩)岩体稳定有影响的特定软弱结构面, 特别是顺河断层、缓倾角断层及成组的节理裂隙等, 应详细调查测绘其分布的位置、规模、产状、性状和可能的组合形式及连通率。

2 勘探应符合下列规定：

- 1) 高拱坝两岸坝肩应采用以洞探为主、钻探为辅的方法, 坝肩每隔 30m~50m 高差应布置一层平洞。坝高 150m 以上的高拱坝坝址平洞深度不宜小于 200m。
- 2) 抗力体部位应布置专门勘探工程。

3 岩土试验应符合下列规定：

- 1) 坝基各类岩体及影响坝基(肩)变形的软弱结构面均应布置现场变形试验, 累计试验组数不应少于 6 组, 高拱坝主要持力岩类累计试验组数不应少于 11 组, 并应在试验点上采用风钻孔测定试点岩体的弹性波波速, 建立波速与变形模量的相关关系;
- 2) 现场抗剪断和抗剪试验累计试验组数不应少于 6 组, 高拱坝主要持力岩类和控制坝肩(基)岩体抗滑稳定结构面的累计试验组数不应少于 11 组;
- 3) 对影响坝肩变形和稳定的主要软弱岩体(带)宜进行流变试验;
- 4) 高拱坝坝址宜在不同高程、不同深度进行岩体地应力测试;
- 5) 根据需要, 配合设计开展高拱坝整体地质力学模型试验。

4 深切峡谷坝址宜开展两岸山坡的变形监测。两岸山坡变形监测和不稳定或潜在不稳定岩土体位移监测应符合本规范第 6.2.5 条第 5 款的规定。

6.6 隧 洞

6.6.1 隧洞勘察应包括下列内容：

- 1 查明隧洞沿线的地形地貌、物理地质现象。
- 2 查明隧洞沿线的地层岩性，重点查明松散、软弱、膨胀、易溶和岩溶化岩层的分布。还应探测岩层中有害气体和放射性物质赋存情况。
- 3 查明隧洞沿线岩层的产状、褶皱（褶曲）、主要断层破碎带的分布位置、产状、规模、性状及其组合关系。当洞线穿越活动断层时，应做专门研究。
- 4 查明隧洞沿线的地下水位（水压）、水温和水化学成分，特别要查明涌水量丰富的含水层、汇水构造、强透水带以及与地表溪沟连通的断层破碎带、节理密集带和岩溶通道，预测掘进时突水、突泥的可能性，估算最大涌水量和稳定涌水量。
- 5 可溶岩区应查明隧洞沿线岩溶发育规律，主要洞穴的发育高程、层位、规模、充填情况和富水性。
- 6 查明傍山浅埋洞段、过沟段上覆及傍山侧覆盖层和岩体的厚度，岩体风化、卸荷深度和岩体的完整性。
- 7 查明隧洞进出口边坡的稳定条件。
- 8 分析深埋隧洞的岩体地应力情况，预测岩爆及岩体在高应力条件下的发生破坏的可能性、强度和位置以及较软岩塑性变形的可能性，分析深埋隧洞地温情况，预测高地温出现的可能性；岩体地应力和岩爆及高地应力条件下岩体破坏的判别应符合本规范附录 T 的规定。

注：深埋隧洞指埋藏深度大于 300m 的地下洞室。

9 进行隧洞围岩工程地质分类，确定各类围岩的物理力学性质参数，提出围岩支护及排水等处理措施建议。围岩分类应符合本规范附录 L 的规定。

6.6.2 隧洞的勘察方法应符合下列规定：

- 1 工程地质测绘应符合下列规定：
 - 1)长引水线路区,工程地质测绘比例尺可选用 1:25000~1:5000;
 - 2)隧洞进出口、傍山浅埋段、过沟段等,当地质条件复杂时应进行专门性工程地质测绘,比例尺可选用 1:2000~1:1000;
 - 3)根据需要,局部地段可进行比例尺 1:500 的工程地质测绘。
- 2 物探应符合本规范第 5.5.3 条第 3 款的规定外,根据需要,还应符合下列规定：
 - 1)应利用孔、洞开展有害气体和放射性成分含量测试;
 - 2)应利用勘探孔、洞测试地温。
- 3 勘探应符合下列规定：
 - 1)隧洞进出口及各建筑物地段、长引水隧洞的过沟段以及其他有重大地质问题地段应布置勘探剖面;
 - 2)勘探剖面线上的钻孔深度及水文地质试验等应符合本规范第 5.5.3 条第 4 款的规定;
 - 3)隧洞进出口地段应布置平洞;
 - 4)深埋隧洞可根据具体条件布置钻孔和平洞。
- 4 岩石试验应以室内试验和简易现场测试为主,各类岩石室内物理力学性质试验累计不应少于 6 组;深埋隧洞应视需要进行岩体地应力测试。
- 5 隧洞沿线的钻孔应进行地下水动态观测,观测时间不得少于一个水文年。
- 6 对建筑物安全有影响的不稳定或潜在不稳定岩土体应布置位移监测,其要求应符合本规范第 6.2.5 条第 5 款的规定。

6.7 渠 道

6.7.1 渠道勘察应包括下列内容:

1 查明渠道沿线和建筑物场地的地层岩性、地质构造,基岩和覆盖层的分布,重点查明强透水、易崩解、易溶的岩土层、湿陷性黄土、膨胀土、软土、粉细砂和岩溶的分布及其对渗漏、渗透稳定和地震液化的影响。

2 傍山渠道沿线应查明冲洪积扇、滑坡、崩塌、变形体、泥石流、采空区和其他不稳定或潜在不稳定岸坡的类型、范围、规模和稳定条件。

3 查明渠道沿线岩土体的透水性、地下水埋深,对渠道的渗漏和渗透稳定做出评价。

4 查明高填方与半挖半填渠段地基和边坡岩土体的性质及其稳定条件。

5 应进行渠道工程地质分段,提出各分段岩土体的物理力学性质参数、工程边坡开挖坡比和支护措施及自然边坡的防护处理建议。

6.7.2 渠道的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可选用 $1:10000 \sim 1:1000$,渠道建筑物场地和填方渠段的工程地质测绘比例尺可选用 $1:2000 \sim 1:1000$ 。

2 沿渠道中心线及各工程地质分段均应布置代表性勘探剖面。

3 勘探剖面线上的坑、孔等的间距与深度可根据需要确定。

4 应进行岩土试验,影响渠道稳定的岩土层的试验组数累计不应少于 6 组。

6.8 地下厂房系统

6.8.1 地下厂房系统勘察应包括下列内容:

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

2 查明厂址区地层岩性,特别是松散、软弱、膨胀、易溶和岩

溶化岩层的分布。

3 探测岩层中有害气体和放射性物质的赋存情况,提出防范措施的建议。

4 查明厂址区岩层的产状,蚀变岩带、断层破碎带和节理密集带的位置、产状、规模、性状及其组合关系。

5 查明厂址区的水文地质条件,特别要查明涌水量大的含水层、强透水带以及与地表连通的断层破碎带、节理密集带和岩溶通道,预测掘进时发生突水、突泥的可能性,估算最大涌水量和稳定涌水量。

6 可溶岩地区应查明岩溶的发育规律,主要岩溶洞穴的发育位置、规模、充填情况和富水性。

7 查明厂址区岩体及结构面的物理力学性质。

8 调查勘探平洞中发生的围岩岩爆、劈裂和钻孔岩芯饼裂等现象,进行现场地应力测试,分析岩体地应力状态,研究地应力对围岩稳定的影响,预测发生岩爆的可能性和强度,提出处理措施建议。

9 根据厂址区的工程地质条件,提出地下厂房位置和轴线方向的建议。

10 进行围岩工程地质详细分类,提出各类围岩的物理力学参数建议值,评价围岩的整体稳定性,提出支护设计建议。

11 围岩分类应符合本规范附录 L 的规定。

12 大跨度地下洞室还应查明主要软弱结构面的分布和组合情况,并结合岩体地应力状态评价顶拱、边墙、端墙、岩锚梁和洞室交叉段围岩的局部稳定性,提出处理建议。

注:大跨度地下洞室指跨度大于 20m 的地下洞室。

13 查明调压井布置区的覆盖层分布,基岩岩性,地质构造,风化、卸荷深度以及不良物理地质现象,进行井壁及穹顶的围岩分类;当井口为开敞式布置时,还应查明井口以上边坡的地质条件,评价工程边坡和自然边坡的稳定性,提出处理措施建议。

14 查明压力管道及岔管布置区上覆岩体的厚度,风化、卸荷深度,岩体完整性和物理力学特性;高水头压力管道尚应调查上覆山体的稳定性、岩体结构特征、高压渗透特性和岩体地应力状态。

注:高水头压力管道指水头大于 100m 的地下压力管道。

15 查明气垫式调压室布置地段上覆岩体厚度、岩性、风化卸荷深度、构造发育情况、岩体完整性、围岩类别及物理力学特性、岩体地应力状态和高压渗透特性,评价山体抗抬稳定性、围岩抗劈裂稳定性、围岩抗渗稳定性及其闭气性。

16 提出外水压力建议值。当采用全水头经验折减法确定外水压力值时,折减系数的取值应符合本规范附录 U 的规定。

6.8.2 地下厂房系统的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘应符合下列规定:

- 1) 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000;
- 2) 根据地质条件与需要,局部地段比例尺可选用 1:5000。

2 物探应符合本规范第 5.6.3 条第 3 款的规定。

3 勘探应符合下列规定:

- 1) 各建筑物地段均应布置勘探剖面;
- 2) 根据地质复杂程度和地下厂房的规模在平洞内布置不同方向的钻孔,其中垂直向下的钻孔深度应进入设计洞底高程以下 10m~30m,但不应小于厂房跨度;
- 3) 大型地下洞室群宜在拟建洞室的纵横方向布置平洞。平洞深度宜穿过拟建洞室后 1 倍边墙高度的距离。平洞内可布置钻孔或竖井。高压管道及其岔管的勘探深度应以埋置最深、水头最大的岔管为控制;需要时,平洞应延伸到气垫式调压室可能布置的地段。

4 岩土试验应符合下列规定:

- 1) 各类岩土室内物理力学试验组数累计不应少于 6 组;
- 2) 大跨度深埋地下洞室、高压管道岔管段和气垫调压室应进行岩体现场变形试验、抗剪断及抗剪试验、岩体地应力

测试;结构面现场抗剪断及抗剪试验;当存在软岩时,宜进行流变试验。

5 水文地质试验应符合下列规定:

- 1) 基岩钻孔应进行压水试验;
- 2) 高压管道及气垫式调压室布置地段宜进行高压压水试验,试验压力不应小于内水水头或气垫压力的 1.2 倍;
- 3) 视需要可进行地下水连通试验、渗流场数值模拟。

6 地下厂址区钻孔应进行地下水动态观测,观测时间不得少于一个水文年。

7 可利用勘探平洞进行地下厂房围岩的位移监测。

6.9 地面厂房系统

6.9.1 地面厂房系统勘察应包括下列内容:

1 查明压力前池或调压井(塔)、压力明管、厂房、尾水渠和地面开关站布置地段的地质岩性,重点查明软弱夹层、石膏、粉细砂、架空层、膨胀土、红黏土、软土、冻土和湿陷性黄土等的分布和物理力学性质。

2 查明厂址区的地质构造和岩体结构,主要建筑物布置地段的断层破碎带和节理裂隙发育规律及其组合关系。

3 查明厂址区滑坡、崩塌堆积物、变形体、潜在不稳定体、泥石流等物理地质现象。

4 查明厂址区的水文地质条件和岩土体的透水性。

5 查明工程边坡、自然边坡特别是厂房后坡的坡体结构及其稳定条件。

6 评价建筑物地基和边坡的稳定性及压力前池的渗漏和渗透稳定性。

6.9.2 地面厂房系统的勘察方法应符合下列规定:

- 1 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000。
- 2 工程地质测绘范围应包括自压力前池或调压塔至尾水渠、

地面开关站等所有建筑物地段。

3 勘探剖面线应结合建筑物轴线布置,对地面厂房系统各建筑物安全有影响的边坡应布置勘探平洞。

4 当厂房、压力前池和压力明管镇墩及支墩地基为基岩时,钻孔深度宜进入建基面以下 10m~15m;当地基为覆盖层时,钻孔深度应根据持力层的情况确定。压力前池钻孔深度宜为 1 倍~2 倍水深,黄土地区宜为 2 倍~3 倍水深。

5 岩土物理力学性质试验应按地面厂房系统工程地质分段进行;主要岩土的室内物理力学性质试验组数累计不得少于 6 组;当主要持力层为覆盖层时,除采取原状样进行室内物理力学性质试验外,尚应进行现场标准贯入或动力触探测试,并可采用物探方法测定土体动力参数;根据需要进行现场载荷试验。

6 压力前池和厂房地段的钻孔应进行压水或抽水试验。

7 厂址区的钻孔应进行地下水动态观测,观测时间不应少于一个水文年。对厂房系统建筑物安全有影响的或不稳定或潜在不稳定岩土体应进行位移监测,其要求应符合本规范第 6.2.5 条第 5 款的规定。

6.10 溢洪道

6.10.1 溢洪道勘察应包括下列内容:

1 查明溢洪道布置地段的地层岩性、断层、节理密集带、主要软弱夹层的分布和岩体风化、卸荷深度。

2 查明岩土体的透水性和地下水位。

3 查明溢洪道两侧,特别是内侧边坡的坡体结构及其稳定条件。

4 查明引渠、泄洪闸、泄槽段、挑流鼻坎等建筑物地基岩体的结构、完整程度及稳定条件。

5 查明下游消能冲刷区和泄洪雨雾区边坡的岩体结构及稳定条件。

6 进行溢洪道区的工程地质分段,提出各类岩土体的物理力学性质参数,评价引渠、泄洪闸、泄槽、消能建筑物地基、沿线边坡和下游消能冲刷区及防淘墙的安全性,提出处理建议。

6.10.2 溢洪道的勘察方法应符合下列规定:

- 1 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000。
- 2 工程地质测绘范围应包括自引渠、泄洪闸至下游消能地段,以及论证下游冲刷区与雨雾区边坡稳定所涉及的地段。
- 3 勘探剖面线应结合引渠、泄洪闸、泄槽和消能建筑物等轴线布置纵剖面,不同工程地质分段应有代表性横剖面。高边坡、泄流冲刷区以及有复杂地质问题的地段,应布置勘探剖面。
- 4 溢洪道边坡勘察宜采取以平洞勘探为主、钻孔为辅的方法。
- 5 泄洪闸钻孔深度应符合本规范第 5.7.3 条第 2 款的规定,其他地段钻孔深度根据需要确定。
- 6 控制泄洪闸基、挑流鼻坎地基和边坡稳定的岩土体与软弱夹层的室内物理力学性质试验组数,累计不应少于 6 组。
- 7 泄洪闸基及两侧帷幕区的钻孔应进行压水或注水试验。
- 8 地下水动态观测应符合本规范第 6.4.3 条第 6 款的规定。
- 9 不稳定或潜在不稳定岩土体位移监测的要求应符合本规范第 6.2.5 条第 5 款的规定。

6.11 通航建筑物

6.11.1 通航建筑物的工程地质勘察应查明引航道、升船机、船闸上下闸首、闸室、上下游码头的地基、洞室和边坡的工程地质条件,查明断层、主要裂隙及其组合与地基、边坡和洞室的关系,提出岩土体的物理力学性质参数,评价地基、洞室和工程边坡及自然边坡的稳定性,提出处理措施建议。

6.11.2 通航建筑物的勘察方法应符合下列规定:

- 1 工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:1000。

2 工程地质测绘范围应包括通航建筑物及对工程有影响的地段。

3 可采用综合物探方法探测覆盖层的厚度、岩土体的弹性波波速、岩溶的分布与规模。

4 勘探剖面应结合建筑物布置,基岩地基钻孔深度应进入闸底板以下 10m~30m,覆盖层地基钻孔深度宜结合建筑物规模确定。

5 对通航建筑物安全有影响的边坡应布置勘探剖面,平洞、钻孔深度可根据需要确定。

6 岩土物理力学性质试验应根据建筑物或工程地质分段进行,主要岩土层室内物理力学性质试验组数累计不应少于 6 组。土层应进行标准贯入试验或动力触探试验,并根据需要进行其他现场测试。

7 建筑物基坑的钻孔应进行抽水试验或压水试验。

8 建筑物区钻孔应进行地下水动态观测,其要求应符合本规范第 6.4.3 条第 6 款的规定。

9 对通航建筑物安全有影响的不稳定或潜在不稳定岩土体应进行位移监测,其要求应符合本规范第 6.2.5 条第 5 款的规定。

6.12 主要临时和辅助建筑物

6.12.1 围堰的勘察内容和方法应符合下列规定:

1 土石围堰勘察内容和方法宜符合本规范第 6.3.1 条~第 6.3.3 条的规定,并适当简化。

2 混凝土围堰勘察内容和方法宜符合本规范第 6.4.1 条~第 6.4.5 条的规定,并适当简化。

6.12.2 导流明渠的勘察内容和方法除应符合本规范第 6.7.1 条和第 6.7.2 条的规定外,尚应符合下列规定:

1 应查明外导墙地基覆盖层结构、厚度及性状,基岩岩性,岩体完整性、风化、卸荷深度,断层破碎带和节理密集带的位置、产状、规模、性状及其组合关系。还应查明覆盖层的渗透性和岩基中

倾向基坑的中缓倾角结构面发育情况。应评价外导墙覆盖层地基的渗透稳定性和基岩地基的抗滑稳定性,提出处理建议。

2 应查明内侧边坡的坡体结构,评价沿线边坡的稳定性,提出处理建议。

3 应查明导流明渠出口边坡的抗冲刷稳定性。

6.12.3 导流隧洞的勘察内容和方法应符合本规范第 6.6.1 条和第 6.6.2 条的规定,并适当简化。

6.12.4 缆机平台的勘察内容和方法应符合下列规定:

1 应查明缆机平台地基及边坡的覆盖层厚度、岩性、岩体结构和完整性,结构面的产状、性状、规模及其组合关系,边坡物理地质现象,评价地基及边坡的稳定性,提出地基和边坡处理的建议。

2 缆机平台地基及边坡的勘探应结合坝址区坝顶以上边坡稳定性的勘察进行,视具体地形地质条件,布置钻孔和平洞。

6.12.5 渣场的勘察内容和方法应符合下列规定:

1 应初步查明堆渣场的地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象,特别要调查沟谷泥石流发育情况,分析其对堆渣场安全的影响,初步评价渣场场地稳定性,提出处理建议。

2 渣场的勘察应结合水库区、坝址及下游区的勘察进行。

6.12.6 营地的勘察内容和方法应符合下列规定:

1 应初步查明营地的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件等,特别要查明可能影响场地安全的不良物理地质现象,初步评价场地的稳定性和工程建设适宜性。

2 应初步查明拟建场地建筑物布置地段地基各岩土层的物理力学性质,提出基础持力层的建议。

3 营地的勘察方法可按现行行业标准《城乡规划工程地质勘察规范》CJJ 57 的有关规定执行。

6.13 天然建筑材料

6.13.1 天然建筑材料勘察应包括下列内容:

- 1 应在预可行性研究勘察基础上进行天然建筑材料详查。
- 2 需要时,应进行混凝土天然掺合料的详查。
- 3 对拟利用的开挖料储量、质量做出评价。
- 4 详查储量应达到设计需要量的 1.5 倍~2.0 倍。
- 5 查明料场开采边坡的稳定条件,评价开采边坡及自然边坡的稳定性,提出处理措施建议。
- 6 天然建筑材料的勘察应符合现行行业标准《水电水利工程天然建筑材料勘察规程》DL/T 5388 的要求。

6.14 勘察报告

6.14.1 可行性研究阶段工程地质勘察报告正文应包括:概述,区域地质与构造稳定性,水库工程地质条件,坝址比较与选择,选定坝址坝型、坝线、枢纽布置方案比较,各建筑物工程地质条件,天然建筑材料,结论和建议等。

6.14.2 概述应包括下列内容:

- 1 工程概况。
- 2 勘察过程简介。
- 3 预可行性研究阶段提出的主要工程地质问题和结论。
- 4 预可行性研究报告审查的主要意见。
- 5 本阶段工程地质勘察完成的主要工作项目和工作量,专题研究项目。

6.14.3 区域地质与构造稳定性应包括下列内容:

- 1 区域地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象、水文地质条件等概况。
- 2 区域新构造运动及地震活动性特征概况。
- 3 近场区和场址区地质构造及主要断层的活动性分析。
- 4 场地地震安全性评价。
- 5 场地地震地质灾害评价。
- 6 区域构造稳定性评价。

6.14.4 水库工程地质条件应包括下列内容：

- 1 水库区基本地质条件。
- 2 水库渗漏评价。
- 3 库岸稳定性评价与覆盖层塌岸预测。
- 4 水库浸没预测。
- 5 库区泥石流的影响评价。
- 6 水库可能诱发地震的类型、发生的库段及最大震级预测。
- 7 水库移民集中安置点及专项复建工程地质勘察的主要结论意见。

6.14.5 坝址比较与选择应包括下列内容：

- 1 各坝址工程地质条件，相应坝型与枢纽布置方案的工程地质评价。
- 2 各坝址工程地质条件比较和坝址选择的地质意见。

6.14.6 选定坝址各建筑物的工程地质条件应包括下列内容：

- 1 坝址的工程地质条件，坝基岩体工程地质分类及物理力学性质参数，坝型、坝轴线和枢纽布置方案选择的工程地质评价意见，坝址工程地质问题评价和处理建议。

2 隧洞基本地质条件，工程地质条件分段说明，围岩工程地质分类，进出口边坡和洞室围岩稳定性的工程地质评价及处理建议。

3 渠道基本地质条件，工程地质条件分段说明，地基和边坡稳定性以及渗漏的工程地质评价及处理建议。

4 厂址区基本地质条件，地基或围岩工程地质分类，厂址区各建筑物地基、边坡和围岩稳定性的工程地质评价及处理建议。

5 泄水建筑物、通航建筑物等的工程地质条件。各建筑物地基、边坡和围岩稳定性的工程地质评价及处理建议，泄流冲刷区及雨雾区的边坡稳定性的工程地质评价和处理措施建议。

6 枢纽建筑物区自然边坡的基本地质条件、边坡结构、变形破坏类型等的分析评价和处理措施建议。

7 主要临时和辅助建筑物的工程地质条件及评价。施工渣场和营地工程地质条件评价的主要结论意见。

6.14.7 天然建筑材料应包括各类材料的设计需用量,各料场地形地质条件、勘探和取样情况、储量和质量评价,开采和运输条件,料场开采边坡稳定性评价及处理建议等。

6.14.8 结论和建议应包括区域构造稳定性,水库地质,坝址、坝型、坝线比较,选定坝址枢纽布置各建筑物工程地质评价,各类天然建筑材料储量、质量评价,以及对招标设计阶段勘察工作的建议。

6.14.9 报告正文的内容,除应符合本规范第 6.14.1 条~第 6.14.8 条规定外,尚应符合现行行业标准《水电工程可行性研究报告编制规程》DL/T 5020 的规定;报告的附图、附件应符合本规范附录 A 的规定。

7 招标设计阶段工程地质勘察

7.1 一般规定

7.1.1 招标设计阶段工程地质勘察应在审查批准的可行性研究报告基础上进行。应复核可行性研究阶段的地质资料与结论,补充查明遗留的工程地质问题,为完善和优化设计以及编制招标设计文件提供地质资料。

7.1.2 招标设计阶段工程地质的勘察任务应包括下列内容:

- 1 复核可行性研究阶段的主要勘察成果。
- 2 补充查明可行性研究阶段遗留的工程地质问题。
- 3 论证可行性研究报告审批中提出的专门性工程地质问题。
- 4 提供与优化设计有关的工程地质资料。
- 5 复核或补充查明枢纽区临时和辅助建筑物的工程地质条件,做出评价。
- 6 复核或补充查明水库移民集中安置点与专项复建工程的工程地质条件。

7.2 工程地质复核

7.2.1 工程地质复核应包括下列主要工程地质勘察成果:

- 1 水库工程地质条件。
- 2 枢纽建筑物(主要包括挡水、泄水、输水、厂房、通航建筑物)工程地质条件。
- 3 主要临时和辅助建筑物工程地质条件。
- 4 天然建筑材料。

7.2.2 工程地质的复核方法应符合下列规定:

- 1 应分析研究可行性研究阶段工程地质勘察成果。

2 应对可行性研究阶段后的有关地震、岩土体位移、地下水动态等的观(监)测成果作进一步分析论证。

3 应根据具体情况补充工程地质测绘、勘探与试验工作。

7.3 专门性工程地质问题勘察

7.3.1 专门性工程地质问题勘察应包括下列内容:

- 1 可行性研究阶段遗留的工程地质问题。
- 2 可行性研究报告审批提出的专门性工程地质问题。
- 3 可行性研究阶段完成后新发现的重大工程地质问题。
- 4 优化、变更设计需进一步查明的工程地质问题。

7.3.2 当预测可能发生水库诱发地震时,其勘察应包括下列内容:

- 1 复核水库诱发地震库段位置和震级。
- 2 提出建立或完善地震监测台、网的建议。

7.3.3 对水库区存在的有关工程地质问题,应根据具体情况确定勘察内容,并应符合下列规定:

1 水库渗漏,应复核或补充查明渗漏范围、深度、形式与途径,提出优化处理的建议,完善水库渗漏观测的意见。

2 库岸稳定,应复核或补充查明岸坡失稳的边界条件以及潜在滑动面的物理力学参数、失稳机制、方式和规模。评价失稳的可能性及危害性,并提出优化处理措施,完善岩土体位移监测意见。

3 水库浸没、塌岸、泥石流,应复核或补充查明其发展趋势、范围、危害程度,并提出优化处理措施与完善地下水动态观测的意见。

7.3.4 水库移民集中安置点与专项重建工程勘察内容应符合下列规定:

1 应对水库移民集中安置点与专项重建工程的工程地质条件进行复核,并根据移民安置规划实施和设计变更情况,开展补充勘察工作。

2 复核或补充勘察工作的内容和方法应符合本规范第 6.2.14条和第 6.2.15 条的规定。

7.3.5 挡水建筑物存在的专门性工程地质问题,应根据具体情况确定勘察内容,并应符合下列规定:

1 坝基可利用岩土体,应复核岩土体的工程地质特性,并根据地基受力状态,提出优化可利用建基面和预留保护层厚度的意见,提出优化地基加固处理措施的建议。

2 坝基(肩)抗滑稳定,应复核或补充查明地质边界条件和滑移模式,岩土体和结构面抗剪(断)强度,评价抗滑稳定性。提出优化加固处理的建议,完善岩土体位移监测的意见。

3 坝基变形,应复核岩土体变形稳定条件、变形(压缩)模量和承载力参数,评价坝基岩土体的变形稳定性及砂层的地震液化特性。提出优化加固处理的建议和完善岩土体位移监测的意见。

4 坝基渗漏和渗透变形稳定,应复核或补充查明坝址区水文地质条件,主要是岩土体的渗透性、临界水力比降和允许水力比降。评价坝基(肩)产生渗漏的条件、渗漏途径、渗漏形式及渗漏量;评价坝基产生渗透变形的条件和渗透变形形式。提出优化防渗及排水措施的建议,完善地下水动态观测的意见。

5 边坡稳定,应复核或补充查明影响边坡稳定性的工程地质、水文地质条件,岩土体物理力学性质参数。评价可能失稳边坡的地质边界条件,失稳机制、方式、规模和危害性。提出边坡开挖坡形、坡比的意见和优化处理措施的建议,完善岩土体位移监测和地下水动态观测的意见。

7.3.6 泄水、输水、厂区、通航建筑物存在的专门性工程地质问题应根据具体情况确定其勘察内容,并应符合下列规定:

1 地基稳定,包括抗滑稳定、抗冲稳定、渗透稳定,应复核或补充查明地基工程地质与水文地质条件、岩土体物理力学参数、渗透性分级和岩土体工程地质分类、抗冲刷参数,评价地基的稳定

性。提出优化地基加固处理措施的建议并完善岩土体位移监测及地下水动态观测的意见。

2 围岩稳定,应复核或补充查明围岩的工程地质与水文地质条件,岩体地应力状况,围岩类别和岩体物理力学性质参数,评价围岩稳定性;预测产生岩爆、突水和围岩失稳的位置、规模;提出优化围岩加固处理措施的建议并完善围岩位移、外水压力监测的意见。

3 边坡稳定问题的复核应符合本规范第7.3.5条第5款的规定。

4 高压渗透稳定,应复核围岩在高压水头作用下的渗透特性,提出围岩的允许水力比降、劈裂压力、外水压力等;评价山体稳定性和提出优化高压管道衬砌形式和防渗、排水措施的建议。

5 基坑或洞室涌水,应复核场址水文地质条件,重点为富水层、含水构造、强透水带、与地表水体连通的断层破碎带、节理密集带和岩溶通道及采空区等,预测涌水类型、涌水量,提出处理措施的建议并完善地下水动态观测的意见。

7.3.7 应复核枢纽建筑物区自然边坡潜在失稳的类型、范围、规模、控制性结构面及力学参数、失稳模式、危害性等,并应在稳定性分析的基础上提出治理措施建议。

7.3.8 专门性工程地质问题勘察方法应符合下列规定:

1 勘察方法和勘察工作量应根据工程地质问题的复杂性、可行性研究阶段工程地质勘察工作的深度和条件等因素确定。

2 应分析和利用各种监测与观测资料。

3 当需要补充查明有关专门性问题工程地质条件时,应进行专门工程地质测绘,比例尺可选用1:1000~1:500,并应在原有勘察工作基础上补充布置勘探和试验工作。

4 设计优化勘察应结合工程具体部位,在原有勘察工作基础上适当加密勘探和增加试验工作。

7.3.9 专门性工程地质问题勘察应提交工程地质专题报告。

7.4 临时和辅助建筑物

7.4.1 应对枢纽区场地内规划的主要施工交通干道、桥梁、弃(堆)渣场、砂石料加工系统、混凝土拌和系统、供水工程、业主和承包商营地等临时和辅助建筑物的工程地质条件进行勘察,为场地选择、方案布置进行地质论证和提供设计所需的地质资料。

7.4.2 勘察内容应包括:初步查明规划场地的工程地质条件,对场地的稳定性、适宜性做出工程地质初步评价;提出地基承载力的建议值、边坡开挖坡形、坡比的初步意见,初步评价地基、围岩、边坡的稳定性,提出处理措施的建议与岩土体位移监测的意见。

7.4.3 勘察方法应符合下列规定:

1 临时和辅助建筑物场地勘察应全面收集、利用可行性研究阶段枢纽区的地质图件与勘探资料,并进行复查或补充勘察。

2 应根据具体工程情况开展工程地质测绘、勘探与试验工作。工程地质测绘比例尺可选用 1:2000~1:500。勘探与试验应结合设计方案布置。

7.4.4 临时和辅助建筑物工程地质勘察应提交本阶段专项工程地质勘察报告。

7.5 天然建筑材料

7.5.1 当遇下列情况之一时,应对天然建筑材料进行复查或补充勘察:

1 可行性研究报告审批要求补充论证。

2 料场条件发生较大变化需对详查级别的勘察成果进行复查。

3 设计方案改变,要求开辟新的料场时。

7.5.2 复查或补充勘察均应满足天然建筑材料勘察详查精度的要求,应针对料源遗留的具体问题开展勘探和试验。

7.5.3 应根据设计用料需求量,优选开采范围,分析开采过程中

有关边坡稳定性、地表径流、施工涌水等问题,提出处理措施建议。

7.5.4 补充勘察应提交天然建筑材料专题报告。

7.6 勘察报告

7.6.1 招标设计阶段工程地质勘察报告正文应包括:概述、水库工程地质、水工建筑物工程地质、临时建筑物、水库规划移民集中安置点与专项复建工程地质、天然建筑材料及结论,各章内容应符合现行行业标准《水电工程招标设计报告编制规程》DL/T 5212的有关规定。

7.6.2 报告附图、附件应符合本规范附录 A 的规定。

8 施工详图设计阶段工程地质勘察

8.1 一般规定

8.1.1 施工详图设计阶段工程地质勘察应在招标设计阶段工作基础上,检验、核定前期勘察的地质资料与结论,补充论证专门性工程地质问题,为施工详图设计提供工程地质资料。

8.1.2 施工详图设计阶段的勘察任务应包括下列内容:

- 1 对招标设计评审中要求补充论证的和枢纽建筑物施工期、水库蓄水过程中出现的专门性工程地质问题进行勘察。
- 2 进行施工地质工作,检验、核定前期勘察成果。
- 3 提出工程地质问题处理措施的建议。
- 4 分析施工期地质监测和检测资料,提出完善施工期和运行期工程地质监测和检测内容、布置方案和技术要求的建议。
- 5 为工程安全鉴定等提供地质资料。

8.2 专门性工程地质问题勘察

8.2.1 专门性工程地质问题勘察内容应根据工程的具体情况确定。

8.2.2 施工期和水库蓄水过程中库区发生下列情况,应进行专门性工程地质问题勘察:

1 当水库地震监测台、网监测的震情有明显变化时,应进行地震地质补充调查,鉴别地震类型,分析台网监测资料,研究发生的水库诱发地震的震中位置、震级和烈度,预测水库诱发地震的发展趋势。

2 当不稳定或潜在不稳定库岸边坡出现变形迹象,影响枢纽建筑物、水库运行、集中居民点生命财产和重要公用设施安全时,

应复核影响库岸边坡稳定的工程地质条件,评价失稳的可能性及其影响,提出工程治理与防护措施建议。

3 当库区局部库段出现渗漏时,应复核渗漏区的水文地质条件,评价渗漏对工程的影响,提出防渗处理建议。

4 当浸没和塌岸区位置、范围发生重大变化时,应复核浸没、塌岸影响区的水文地质结构和水文地质条件,确定浸没、塌岸区范围,提出防护工程措施建议。

8.2.3 水库移民安置实施过程中,发现移民安置点存在影响场地整体稳定性的不良地质问题时,应进行补充勘察,提出工程处理建议。

8.2.4 根据施工开挖揭露的地质情况和监测、检测资料,枢纽建筑物布置区发生下列情况时,应进行专门性工程地质问题勘察:

1 当危害工程安全的潜在不稳定天然边坡和工程边坡出现破坏变形迹象时,应复核影响天然边坡和工程边坡的工程地质条件、潜在滑动面的分布和物理力学性质参数、失稳的可能性及对工程的影响,提出工程处理措施建议。

2 当建筑物地基、抗力体或地下建筑物围岩发现新的工程地质问题,导致建筑物设计条件发生变化时,应复核其水文地质、工程地质条件,岩土体物理力学性质参数,评价其对工程的影响,提出工程处理建议。

8.2.5 可溶岩地区,当施工过程中发现有大的溶洞和岩溶管道系统,并可能危害工程边坡、建筑物地基和围岩稳定,以及出现渗漏问题时,应进行专门性岩溶水文地质、工程地质补充勘察,提出工程处理建议。

8.2.6 在采料过程中发现天然建筑材料产地的储量、质量等发生较大变化时,应根据具体情况补充专门性勘察。

8.2.7 专门性工程地质问题的勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可采用 1:1000~1:200。

2 应根据地质问题的复杂性、前期勘察工作深度和场地条件

等因素布置专门的勘探和试验。

3 应利用各种施工开挖工作面观察和收集地质资料,结合监测和检测资料,进行地质综合分析。

8.2.8 专门性工程地质问题勘察报告内容应根据实际存在的地质问题确定。报告正文可包括概述、地质概况、工程地质条件、分析与评价、工程处理建议和结论。报告附件应符合本规范附录 A 的规定。

8.3 施工地质

8.3.1 水库区施工地质工作应符合下列规定:

1 水库蓄水过程中,应定期进行地质巡视,收集、分析发生的地质现象,检验和修正前期地质勘察资料,对影响水库正常运行、居民生命财产安全,以及因蓄水诱发的不良环境地质问题,提出地质建议,根据需要进行专门性工程地质问题勘察;

2 应提出运行期水库区的地质观测项目及其技术要求的建议。

8.3.2 枢纽建筑物场地布置区施工地质工作应包括下列内容:

1 分析建筑物场地布置区在施工过程中揭露的地质现象,检验和修正前期勘察资料,进行专门性工程地质问题补充勘察。

2 编录和测绘建筑物地基、围岩、工程边坡的地质现象,分析与地质有关的工程监测和检测资料,预测、预报可能出现的地质问题;核实建筑物地基、围岩、工程边坡岩土体的工程地质条件和物理力学参数。

3 提出优化地基、围岩、工程边坡的设计和施工方案的地质建议,及时对工程地质问题进行分析,提出处理建议,参与优化设计和工程处理措施的研究。

4 参与有关的检测和专门性试验工作。

5 参与建筑物地基、围岩、工程边坡及其不良地质体开挖的评价验收。

6 提出完善建筑物地基、围岩、边坡在施工期和运行期的水文地质工程地质监测和检测项目及其技术要求的建议。

8.3.3 应复核开采料场的天然建筑材料储量、质量及其开挖边坡稳定性。

8.3.4 施工地质工作应随工程施工进度,全过程进行动态的地质分析,及时反馈经修正或核定的地质资料。施工地质方法应采用地质巡视、观察、素描、实测、摄影和录像等手段,编录和测绘枢纽建筑物布置区施工揭露的地质现象,以及水库蓄水过程中发生的地质现象。工程地质测绘比例尺宜选用 1:1000~1:200,素描编录比例尺宜选用 1:200~1:50。

8.3.5 施工地质工作期间,应建立“施工地质日志”,及时整编下列资料:

1 施工地质原始资料,包括施工编录资料,与监理、施工单位的来往文件等。

2 单项工程(标段)施工结束,应编写单项工程(标段)验收地质说明书。

3 工程度汛、截流、蓄水、机组启动验收以及施工期工程安全鉴定时,应提出相应的地质资料和意见。

4 施工地质结束后,应编写工程竣工地质报告。报告正文应包括概述,区域地质,水库工程地质条件评价,枢纽布置区基本地形地质条件,枢纽各建筑物场地施工开挖揭露的实际地质情况,地基、边坡、围岩的加固处理措施和工程地质条件评价,天然建筑材料评价意见,结论和建议。报告附图、附件应符合本规范附录 A 的规定。

8.3.6 施工地质工作结束,应将全部施工地质资料进行分类整理、归档。

9 抽水蓄能电站工程地质勘察

9.1 一般规定

9.1.1 抽水蓄能电站工程地质勘察工作应根据常规水电工程地质勘察基本规定和技术标准的要求,结合抽水蓄能电站建筑物对工程地质条件的特殊技术要求进行。

9.1.2 抽水蓄能电站应根据电力系统需要,确定普查范围,初选站址,选择若干站址开展选点规划勘察。选定站址的各阶段工程地质勘察工作与常规的水电工程相同,依序为预可行性研究阶段工程地质勘察、可行性研究阶段工程地质勘察、招标设计阶段工程地质勘察、施工详图设计阶段工程地质勘察。

9.2 选点规划阶段工程地质勘察

9.2.1 选点规划阶段工程地质勘察应对普查选择站址的区域地质,上水库、输水发电系统、下水库代表性方案及各主要建筑物场地进行工程地质论证,为比选站址、推荐近期开发工程提供地质依据。

9.2.2 选点规划阶段的勘察任务应包括下列内容:

- 1 了解站址的区域地质和地震活动概况。
- 2 了解站址上、下水库及各坝址的工程地质条件和主要工程地质问题,分析成库、建坝条件。
- 3 了解站址输水发电系统的工程地质条件和主要工程地质问题,分析成洞、建厂条件。
- 4 了解站址附近天然建筑材料的赋存情况。

9.2.3 区域构造稳定性的勘察内容与勘察方法应符合本规范第4.2节的规定。

9.2.4 上、下水库及其主、副坝坝址的勘察内容除应符合本规范第 4.3.1 条、第 4.4.1 条的规定外,还应包括下列内容:

1 了解可能导致水库渗漏的工程地质及水文地质条件,调查水库周边低矮垭口、单薄分水岭、低邻谷、贯穿库岸分水岭的断层破碎带、古河道、岩溶化岩层及泉、井的分布情况,分析水库渗漏的可能性。

2 了解库内外边坡的稳定情况,分析岸坡尤其是库水位变幅带边坡的稳定条件以及形成固体径流来源的可能性。

3 了解各坝址的地形地质条件、主要水文地质工程地质问题,分析建坝条件。

4 拟利用已建水库、挡水坝时,应收集了解其工程设计、施工和运行期的工程地质资料。

9.2.5 输水发电系统的勘察内容除应符合本规范第 4.5.1 条的规定外,尚应符合下列规定:

1 应了解地下洞室上覆岩体厚度和围岩稳定条件,分析输水发电系统沿线布置地下厂房洞室群以及调压井的地形地质条件。

2 应了解上、下水库进出水口和调压井的工程地质条件,分析对输水线路布置方案的影响。

9.2.6 应进行天然建筑材料普查,并分析利用库盆开挖料的可能。

9.2.7 上、下水库及坝址和输水发电系统的勘察方法除应符合本规范第 4.3.2 条、第 4.3.3 条、第 4.4.3 条、第 4.5.2 条的规定外,尚应符合下列规定:

1 应以工程地质测绘为主,并配合必要的物探和轻型勘探,工程地质测绘所用地形图比例尺不应小于 1:5000。

2 一般站址水库主坝、输水发电系统,应有一条代表性勘探剖面。对拟推荐的近期工程,主坝坝址区应布置钻孔,钻孔不宜少于 3 个,水库区可能渗漏地段宜布置钻孔。

9.2.8 工程地质勘察成果应编入选点规划报告的工程地质篇章。

9.3 预可行性研究阶段工程地质勘察

9.3.1 预可行性研究阶段的工程地质勘察应在选点规划推荐的近期工程站址上进行,对枢纽工程各组合方案开展工程地质勘察。初步查明站址代表性枢纽方案的上水库及坝、输水发电系统、下水库及坝等主要建筑物的工程地质条件,对影响方案成立的主要工程地质问题做出初步评价,提供相应的工程地质勘察资料。

9.3.2 预可行性研究阶段的勘察任务应包括下列内容:

1 进行区域构造稳定性研究,对工程场地的构造稳定性和地震安全性做出评价。

2 初步查明各比较方案上、下水库和坝址的工程地质条件及主要工程地质问题,并对各方案做出初步评价。

3 初步查明各比较方案输水发电系统主要建筑物工程地质条件和主要工程地质问题,并做出初步评价。

4 对主要天然建筑材料进行初查。

9.3.3 区域构造稳定性研究宜符合本规范第 5.2 节的要求。当上水库位于孤立的峰顶夷平面时,应研究地震的放大效应。

9.3.4 上、下水库及各坝址的勘察内容除应符合本规范第 5.3.1 条、第 5.4.1 条的规定外,尚应初步查明下列内容:

1 库周垭口、单薄分水岭、库周及库底可能渗漏地段的主要工程地质、水文地质条件。

2 库岸稳定条件,分析库水位频繁变动对库岸稳定的影响。

3 固体径流的来源及对工程的可能影响。

4 位于河谷斜坡地段坝址结构面的发育及其组合情况,特别是顺坡向结构面的发育特征,初步评价坝基斜坡的稳定条件。

5 当利用已建库、坝时,应详细了解工程设计、施工、运行中有关工程地质条件、问题和动态变化情况。

6 水库建设对环境地质的影响。

9.3.5 水库渗漏的勘察内容除应符合本规范第 5.3.2 条的规定

外,尚应初步查明下列内容:

1 可溶岩、强透水岩土层、断层破碎带、节理密集带、单薄分水岭、古河道、地形垭口的分布和水文地质特征。

2 库周特别是上水库地下水位及其动态、相对隔水层分布与埋藏特征。

3 可溶岩地区岩溶的发育与分布规律,水文地质结构、地下水补给、径流、排泄条件及与库外连通情况,评价对建库的影响程度。

9.3.6 库岸稳定的勘察内容除应符合本规范第 5.3.3 条的规定外,尚应初步查明下列内容:

1 库水位变动带范围内的边坡稳定条件。

2 库内工程边坡,包括库内扩库、利用库内开挖料筑坝等形成的边坡稳定条件。

3 库周特别是上水库外侧边坡稳定条件。

9.3.7 水库、坝址工程地质的勘察方法除应符合本规范第 5.3.7 条、第 5.4.2 条的要求外,尚应符合下列规定:

1 水库区工程地质测绘比例尺可采用 1:5000,岩溶地区或有通向库外的渗漏通道,测绘范围应扩大到可能渗出地段。

2 宜利用综合物探方法探测水库区可能发生渗漏地段的地下水位、隔水层埋深以及古河道、岩溶通道、隐伏大断层破碎带的埋藏与延伸情况,库盆内覆盖层的厚度等。

3 水库周边垭口、单薄分水岭及库底应布置钻探,对可能存在库水渗漏的地段,应布置水文地质勘探剖面,勘探剖面线上的钻孔不宜少于 3 个,孔深应进入相对隔水层以下 10m~15m。

4 利用钻孔、泉点、水井进行地下水长期观测,观测时间不应少于一个水文年。

5 对建于斜坡沟谷上的坝址应根据需要布置勘探平洞或竖井。

9.3.8 输水发电系统各方案主要建筑物的勘察内容除应符合本

规范第 5.5.1 条、第 5.6.1 条、第 5.6.2 条的规定外,尚应初步查明下列内容:

1 输水发电系统地下洞室沿线上覆及侧向岩体厚度,高压管道与厂房围岩类别,并了解初始地应力状态。

2 输水隧洞沿线山体的地下水位、岩体渗透特性等水文地质特征。

3 进出水口边坡稳定条件。

4 调压井部位的地形地质条件。

9.3.9 输水发电系统的勘察方法除应符合本规范第 5.5.3 条、第 5.6.3 条的要求外,尚应符合下列规定:

1 输水发电系统沿线工程地质测绘比例尺可采用 1:5000,进出水口地段工程地质测绘比例尺可采用 1:2000。

2 地下洞室沿线应利用综合物探方法或布置钻孔,初步查明隧洞沿线地下水分布和岩体渗透情况。

3 对枢纽工程代表性方案初拟的地下厂房与高压隧洞段应布置深孔钻探,孔深应深入隧洞或厂房底板以下 10m~30m,并可进行岩体地应力测试等。

4 进出水口可布置勘探钻孔或平洞。

9.3.10 利用已建水库或天然湖泊作为上、下水库时,勘察内容和方法应符合下列规定:

1 应收集已有的勘察、设计、运行、观测、试验、开发利用的有关资料。

2 应复核渗漏、浸没、岸坡稳定、水质等水文地质、工程地质条件。根据调查、核实情况,可补充工程地质勘察。

3 应核实挡水坝、溢洪道、围堤、水闸等主要建筑物地基有关工程地质参数与地基处理情况以及堤、坝体填筑材料,结构特征,初步评价堤坝改扩建工程对地基的适应性。

4 堤、坝及溢洪道工程改扩建,应进行专门的工程地质勘察。

5 利用天然湖泊作为上、下库时,应结合工程,根据湖泊天然

条件,开展工程地质勘察。

9.3.11 应进行天然建筑材料初查,并需考虑工程开挖渣料的利用,初步查明有用层储量、质量、开采及运输条件。

9.3.12 工程地质勘察报告的编写,应符合本规范第 5.9 节的要求,根据站址主要工程地质问题的具体情况,适当增减、调整,并应包括下列内容:

1 上、下水库的水文地质条件,初步评价库水渗漏的可能性,初估渗流量,提出防渗措施建议。

2 初步评价库岸边坡的稳定性,预测固体径流来源及其对工程的影响。

3 输水发电系统沿线地质构造,水文地质条件,地应力状态,地下洞室围岩类别与稳定性分析。

9.4 可行性研究阶段工程地质勘察

9.4.1 可行性研究阶段工程地质勘察应在预可行性研究阶段勘察的基础上进行。查明水库及建筑物区的工程地质条件,为选定坝址、坝型、坝线、输水线路和发电厂房位置及其轴线方向提供地质依据。论证水库防渗形式,评价厂房和输水系统洞室围岩稳定性。提供水库及各建筑物设计所需的工程地质资料。

9.4.2 可行性研究阶段的勘察任务应包括下列内容:

1 查明上、下水库和各坝址的工程地质、水文地质条件,评价水库和坝址的渗漏条件及库岸稳定性。

2 对设置拦沙坝的水库,应查明拦沙库、拦沙坝和泄洪洞或排沙洞的工程地质条件。

3 查明厂房系统的工程地质条件,评价各洞室围岩稳定性。应重视对高压岔管部位岩体工程地质条件的勘察。

4 查明输水系统的工程地质条件,评价隧洞围岩稳定性及压力隧洞在高压水渗透条件下的围岩稳定性。

5 进行天然建筑材料详查。

9.4.3 上、下水库及其各坝址的勘察内容应符合本规范第 6.2.1 条、第 6.3.1 条、第 6.4.1 条、第 6.5.1 条及第 9.3.4 条的规定。

9.4.4 水库渗漏勘察应包括下列内容：

- 1 查明库周岩体渗透特性和地下水埋深。
- 2 查明水库垂向和侧向渗漏条件，主要漏水地段或渗漏通道的位置和规模。进行库周水文地质分段，评价各段的渗漏条件，估算水库渗漏量。
- 3 可溶岩地区应查明岩溶的发育规律、水文地质结构、地下水补给、径流、排泄条件及库内外连通情况、相对隔水层的分布等。
- 4 根据水库的水文地质特征及其渗漏条件，提出库盆防渗形式的建议。

9.4.5 水库库岸稳定勘察应包括下列内容：

- 1 查明库岸边坡的水文地质、工程地质条件，影响边坡稳定的边界条件，重点查明水位变幅带的边坡稳定条件，评价边坡稳定性。
- 2 查明水库对岸坡软弱结构面和软弱岩体渗透稳定性的影响，并做出工程地质评价。
- 3 查明上水库库岸单薄分水岭外侧边坡的工程地质条件，并评价其稳定性。

9.4.6 对于面板防渗的水库，应查明库盆防渗面板地基的工程地质条件，评价地基的不均匀变形等工程地质问题。

9.4.7 固体径流勘察应符合本规范第 6.2.10 条和第 6.2.11 条的规定。

9.4.8 水库和坝址的勘察方法应符合下列规定：

- 1 水库区工程地质测绘比例尺可采用 1:5000~1:1000；坝址区工程地质测绘比例尺可采用 1:1000~1:500。
- 2 水库边坡、库底、单薄分水岭垭口、库岸风化带、卸荷带、断裂带、岩溶通道及强透水岩层等均应布置勘探工作，勘探点间距宜为 50m~100m。

3 水文地质钻孔宜布置于水库周边,地表分水岭垭口地段应布置钻孔,库盆开挖区和库底也应布置钻孔或平洞、坑槽、浅井和竖井等地质勘察工作,基岩钻孔应进行压水试验。

4 上水库库岸钻孔深度应达到库底高程以下 10m~30m,对于邻谷切割较深的地表分水岭钻孔,孔深应达到地下水位以下 20m~50m;对普遍覆盖的水库,宜重点进行物探、坑槽、浅井、竖井及钻孔等勘探。

5 坝轴线、趾板线等主要勘探线,应布置平洞和钻孔。钻孔深度应根据坝型、坝高来确定,并应符合本规范第 6.3.3 条、第 6.4.3 条、第 6.4.4 条的规定,且一般应达到弱风化带以下。防渗帷幕线钻孔深度应达到相对隔水层以下 10m~15m。

6 库坝区的地下水露头(井、泉)及勘探钻孔,应进行泉水流量和地下水位的长期观测,观测时间应不小于一个水文年。

9.4.9 拟利用已建水库或天然湖泊作为电站水库时,应查明与抽水蓄能电站设计相关的工程地质问题。对改、扩建工程还应进行专门的工程地质勘察。

9.4.10 厂房系统工程地质的勘察内容应符合本规范第 6.8.1 条、第 6.9.1 条的规定,勘察方法应符合下列规定:

1 工程地质测绘比例尺可采用 1:2000,洞口、高边坡等局部地段测绘比例尺可采用 1:500。

2 勘探应符合下列规定:

1) 地下厂房和压力管道岔管部位应布置勘探平洞和钻孔,主探洞宜沿输水隧洞轴线方向布置,平洞高程宜高于厂房洞室顶拱一定高度;

2) 宜沿厂房轴线方向开挖勘探支洞,支洞超过厂房端墙的长度不应小于 50m;

3) 应利用厂房探洞布置钻孔或竖井,钻孔深度应至设计洞室底板高程以下 10m~30m;

4) 对厂房等建筑物有重要影响的软弱岩层、蚀变岩带、断

层、节理密集带等,根据需要应进行专门的勘察。

3 应进行岩体的现场变形试验、抗剪试验、岩体地应力测试等,对地质条件复杂和工程规模大的洞室,可进行围岩收敛变形观测。

4 在平洞和钻孔内,宜至少采用两种方法进行岩体地应力测试,厂房部位宜采用应力解除法,高压隧洞和岔管部位宜采用水压致裂法和应力解除法;根据需要进行工程区地应力场的回归分析。

5 岔管部位应进行岩体高压压水试验。

6 应利用钻孔、勘探平洞和泉水等进行工程区地下水动态长期观测。

7 应进行放射性和有害气体的检测和预报。

8 对半地下式和地面厂房,应查明建筑物地基、井筒和边坡的工程地质条件以及水库渗漏对洞室及建筑物地基稳定的影响。

9.4.11 输水系统的勘察内容除应符合本规范第 6.6.1 条的规定外,还应包括下列内容:

1 查明输水系统进出水口的工程地质条件。选择适宜修建进出水口建筑物、具备成洞条件和边坡稳定的地段作为上、下水库的进出水口位置。

2 查明引水隧洞、尾水隧洞等的工程地质水文地质条件,特别应查明压力管道在高压水作用下围岩的渗透稳定性,并作出工程地质评价。

3 查明调压井、闸门井等重要建筑物的工程地质条件。

4 输水系统的勘察方法应符合下列规定:

1) 上、下水库进出水口工程地质测绘比例尺可采用 1:500,隧洞沿线工程地质测绘比例尺可采用 1:2000;

2) 上、下水库进出水口地段应布置钻孔和平洞,压力管道、闸门井、调压井等部位应布置钻孔或平洞;

3) 压力管道等部位可进行地应力测试和岩体高压压水试验;

4)应利用钻孔、泉水等进行地下水动态长期观测。

9.4.12 天然建筑材料勘察应符合本规范第 6.13.1 条的要求外,还应符合下列规定:

1 当拟利用工程开挖石料作为坝体填筑料时,应按石料场的勘察要求进行详查,并配合施工和设计进行挖填平衡的分析;库盆开挖石料场配合挖填平衡时的储量系数最小可取 1.2,但储量系数小于 1.5 时,应有备用料场。

2 应进行筑坝堆石料的物理力学性质试验,根据需要配合开展专题试验研究。

9.4.13 工程地质勘察报告正文应包括概述、区域地质背景与地震、工程区地质概况、上水库工程地质条件、发电厂房系统工程地质条件、输水系统工程地质条件、下水库工程地质条件、天然建筑材料、结论与建议。勘察报告的附图和附件宜结合抽水蓄能电站的特点,可按本规范附录 A 的规定进行编制。

9.5 招标设计阶段工程地质勘察

9.5.1 招标设计阶段工程地质勘察应在可行性研究选定方案的基础上进行,补充和完善可行性研究勘察成果,对前期勘察未涉及的建筑物进行地质勘察,为工程招标标书的编制提供地质资料。

9.5.2 招标设计阶段工程地质勘察任务应包括下列内容:

1 复核前期勘察的地质资料和结论。

2 对可行性研究阶段遗留的工程地质问题进行专门性工程地质问题勘察。

3 配合设计优化,进行补充工程地质勘察。

4 对场区公路、补水供水工程、渣场等前期勘察未涉及的场地进行工程地质勘察。

5 为工程区观测网、监测网和监测断面等的布置和实施提供地质资料和建议。

9.5.3 专门性工程地质问题勘察应在前期勘察成果的基础上,对

下列问题进行复核性勘察：

1 对于设置防渗面板的水库，应复核水库岸坡稳定性和防渗面板地基的不均匀变形问题。

2 对于采用垂直防渗帷幕的水库，应复核防渗帷幕的范围和深度。

3 对于不做防渗处理的水库，应复核水库的封闭条件。

4 对于地下厂房洞室群，应复核围岩分类、稳定性及物理力学参数，并对支护措施的适应性提出建议。

5 对于钢筋混凝土衬砌的高压管道及岔管，应复核围岩的变形特征和高压水作用下的渗透稳定性。

6 应复核选定料场或可利用开挖料的储量和质量。

7 应复核工程边坡的稳定性。

9.5.4 招标设计阶段工程地质勘察报告应符合本规范第 9.4.13 条的规定，并宜符合现行行业标准《水电工程招标设计报告编制规程》DL/T 5212 的要求。

9.6 施工详图设计阶段工程地质勘察

9.6.1 施工详图设计阶段工程地质勘察应在招标设计基础上进行，结合施工开挖，检验前期勘察的地质资料与结论，并根据需要补充专门性工程地质问题勘察，提供设计优化所需的工程地质资料。

9.6.2 施工详图设计阶段的勘察任务除应符合本规范第 8.1.2 条规定外，尚应包括下列内容：

1 根据施工开挖过程中揭露的地质情况复核水库渗漏条件，提出优化防渗处理措施的建议。

2 根据上、下水库库盆和坝基开挖揭露的地质情况，复核影响岸坡和坝基的软弱岩（夹）层和软弱结构面及其物理力学参数，复核边坡和地基稳定性，提出处理措施建议。

3 根据地下建筑物开挖的地质情况和监测资料，预测围岩稳

定性,提出优化支护措施的建议。

4 根据施工开挖揭露的地质情况,复核库盆开挖用于筑坝的石料的质量、储量,并根据需要详查备用料场。

9.6.3 勘察方法应通过对工程开挖面的地质调查、素描、摄影、录像等手段,编录所揭示的地质现象。应对出现的专门性工程地质问题进行补充勘察和工程地质评价,并提出专题工程地质勘察报告。

9.6.4 施工地质工作内容和工作方法宜符合本规范第 8.3 节的要求。施工地质结束,应及时编制竣工地质报告。

附录 A 工程地质勘察报告附图、附件

表 A 工程地质勘察报告附图、附件

序 号	附 件 名 称	规 划	预 可 行 性 研 究	可 行 性 研 究	招 标 设 计	施 工 详 图 设 计
1	区域综合地质图(附综合地层柱状图和典型地质剖面)	√	√	+	—	—
2	区域构造纲要及地震震中分布图	+	√	√	—	—
3	水库区综合地质图(附综合地层柱状图和典型地质剖面)	+	√	√	+	—
4	坝址及其他建筑物区工程地质图(附综合地层柱状图)	√	√	√	√	+
5	地貌及第四纪地质图	—	+	+	—	—
6	水文地质图	—	+	+	+	—
7	坝址基岩地质图(包括基岩面等高线)	—	—	+	+	+
8	专门性问题地质图	—	+	+	√	√
9	施工地质编录图	—	—	—	—	+
10	天然建筑材料产地分布图	√	√	√	+	+
11	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)	+	√	√	+	+
12	实际材料图	—	+	+	+	—

续表 A

序号	附件名称	规划	预可行性研究	可行性研究	招标设计	施工图设计
13	各比较坝址、引水线路或其他建筑物纵横剖面图	+	√	√	—	—
14	选定坝址、引水线路或其他建筑物地质纵横剖面图	—	√	√	√	+
15	坝基(防渗线)渗透剖面图	—	+	√	√	+
16	专门性问题地质剖面图或平切面图	—	+	+	√	√
17	钻孔柱状图	+	+	+	+	+
18	试槽、平洞、竖井展示图	+	+	+	+	+
19	岩矿鉴定报告	+	+	+	—	—
20	地震安全性评价报告	—	√	√	—	—
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:1 “√”表示应提交,“+”表示视需要而定,“—”表示不要求提交;

2 专门性工程地质问题研究报告是指各阶段为针对某一工程地质问题开展的专项地质勘察而编制的专题报告。

附录 B 岩溶渗漏评价

B.0.1 应在区域和工程地区岩溶调查和渗漏条件的宏观分析基础上,结合渗漏量估算对岩溶渗漏做出综合评价。

B.0.2 应根据地形地貌、地层岩性、地质构造、岩溶水与岩溶化程度对岩溶区水库渗漏逐次分析综合判定。

B.0.3 水库渗漏判别应符合下列规定:

1 地形地貌条件:非悬托河的邻谷河水位高于水库正常蓄水位者,不存在水库渗漏;低邻谷与河湾地段则可能出现渗漏。

2 地层岩性、地质构造条件:河间或河湾地块在水库正常蓄水位之下有连续、稳定可靠的隔水层或相对隔水层封闭阻隔,不存在水库渗漏;反之,因可溶岩直接沟通库内外,或构造切割使库内外可溶岩组成为有水力联系的统一岩溶含水系统时,则有可能出现渗漏。

3 岩溶水条件:河间或河湾地块为一个岩溶含水系统时,若河间地块两侧或河湾地块上、下游有稳定可靠的岩溶泉,则表明地块存在地下水分水岭。当地下水分水岭高于水库正常蓄水位时,则不存在渗漏。若地下水分水岭低于水库正常蓄水位,或是库内不出现岩溶泉,而受下游或远方排泄基准面控制,仅库外出现岩溶泉,则河谷水动力类型为河水补给地下水,将出现水库渗漏,且后者多为严重性的渗漏。

4 岩溶化程度条件:河间或河湾地块地下水分水岭虽低于水库正常蓄水位,甚至下游侧有地下水洼槽,若分水岭地带岩溶不发育,特别是无贯穿性的岩溶管道时也不会发生大量水库渗漏,其严重程度取决于地下水分水岭以上岩体的岩溶化程度。

B.0.4 坝基渗漏判别应符合下列规定:

1 地形地貌条件:峰林山原或丘峰平原浅切河谷上建坝,易发生绕坝渗漏,随蓄水位的抬升,渗漏范围迅速扩大,而坝基渗漏一般较浅;峰丛山地深切峡谷中建坝,一般绕坝渗漏范围较小,坝基渗漏较深;峰林山原向峰丛峡谷过渡的河段,特别是在河流裂点上、暗河或伏流段建坝,易出现复杂的岩溶渗漏。

2 地质构造条件:在有封闭良好的隔水层或相对隔水层的横向或斜向谷上建坝,若有渗漏,其范围受限制,有防渗依托;隔水层受断裂切割,或无隔水层以及可溶岩走向谷的坝址,易出现岩溶渗漏,其严重程度与河谷水动力条件和岩溶化程度有关。

3 岩溶水动力条件:坝基位于一个岩溶含水系统上,河谷两岸有稳定可靠的岩溶泉出露,为补给型水动力类型的河谷,在其上建坝,渗漏问题较小,范围和深度有限;两岸或一岸无稳定岩溶泉,并证实为排泄型或悬托型水动力条件类型的河谷,在其上建坝将出现渗漏,一般渗漏较严重且复杂。

4 岩溶化程度条件:坝基位于一个岩溶含水系统中,在河床或河岸有纵向岩溶管道发育,并有地下水洼槽者,将出现复杂的、严重的岩溶渗漏;坝基位于一个岩溶含水层中,库内某岸虽有纵向岩溶管道发育,但水库正常蓄水位以下范围内与河水无水力联系,其地下水洼槽不随库水位变化者,不一定出现渗漏。

B.0.5 岩溶渗漏量估算与评价应包括下列内容:

1 岩溶渗漏量估算:根据渗流介质的不同,可选择不同的经验公式进行渗漏量的估算。当为裂隙性介质时,可采用地下水动力学公式计算;当为管道性介质时,可采用水力学管道流公式计算;当两种介质均有时,应分别计算后再求和;也可采用类比法进行渗漏量的估算,但应注意其岩溶水文地质条件的相似性。

2 渗漏评价:应区分渗漏与工程部位的关系。对工程安全有影响的要进行渗控性质的处理;漏水量过大,影响水库发挥正常效益的要进行防漏性质的处理。其允许漏水量一般以河流多年平均流量的允许百分比作依据:多年调节水库,其允许百分比宜小于

5%；非多年调节水库，宜小于3%，或小于枯季平均流量的3%。

B.0.6 岩溶渗漏处理原则应符合下列规定：

1 防漏性质的处理，应区分不同情况分别对待。对影响工程效益和危害地质环境条件的严重渗漏带应先做处理后，再进行观测。若渗漏量在控制范围内，则可不处理；否则，应再实施第二期的防渗处理。

2 防渗性质的处理是为避免大坝坝基、坝肩、地下厂房等部位岩体产生岩溶冲蚀破坏和不允许的扬压力，或者是防潮湿需要。渗控工程除了防渗帷幕之外，常有排水工程。

3 防渗处理的线路、范围和深度选择应做技术经济比较。宜利用先导孔与其孔间透视或全数字孔壁成像技术找出防渗线上的岩溶洞穴。帷幕灌浆应先封堵溶洞，使管道介质变成裂隙性介质再灌浆，才能有效地形成帷幕。

附录 C 浸 没 评 价

C.0.1 浸没评价应依据当地浸没临界值与潜水回水位埋深之间的关系确定,当预测的潜水因水位埋深值小于浸没的临界地下水位埋深时,该地区即应判定为浸没区。

C.0.2 浸没的临界地下水位埋深,应根据地区具体水文地质条件、农业科研单位的田间实验观测资料和当地生产实践经验确定,也可按下式计算:

$$H_{cr} = H_k + \Delta H \quad (C.0.2)$$

式中: H_{cr} ——浸没的临界地下水位埋深(m);

H_k ——地下水位以上,土壤毛细管水上升带的高度(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,该值取决于建筑物荷载,基础形式和砌置深度。

C.0.3 土壤毛细管水上升带高度可根据农作物生长期的土壤适宜含水量和野外实测的地下水位以上土壤含水量,在盐碱化地区还要考虑土壤含盐量的情况随深度变化的曲线进行选取。城镇和居民区可通过对地下水位以上土的含水量变化曲线与水库蓄水前持力层的天然含水量的对比确定。

C.0.4 浸没评价宜分初判和复判两个阶段进行。浸没的初判应在调查水库区的地质与水文地质条件的基础上,排除不会发生浸没的地区,对可能浸没地区,可进行稳定态潜水回水预测计算,初步圈定浸没范围。经初判圈定的浸没地区应进行复判,并应对其危害做出评价。

C.0.5 初判时,根据下列标志之一可判定为不易浸没地区:

- 1 库岸或渠道由相对不透水岩土层组成,或调查地区与库水

间有相对不透水层阻隔；且该不透水层的顶部高程高于水库设计正常蓄水位。

2 调查地区与库岸间有经常性水流的溪沟，其水位等于或高于水库设计正常蓄水位。

C.0.6 初判时，根据下列标志之一，可判定为易浸没地区：

1 平原型水库的周边和坝下游，顺河坝或围堤的外侧，地面高程低于库水位地区。

2 盆地型水库边缘与山前洪积扇、洪积裙相连的地区。

3 潜水位埋藏较浅，地表水或潜水排泄不畅，补给量大于排出量的库岸地区，封闭或半封闭的洼地，或沼泽的边缘地区。

C.0.7 下列条件之一可作为次生盐渍化沼泽化的判别标志：

1 在气温较高地区，当潜水位被壅高至地表，排水条件又不畅时，可判为涝渍、湿地浸没区；对气温较低地区，可判为沼泽地浸没区。

2 在干旱、半干旱地区，当潜水位被壅高至土壤盐渍化临界深度时，可判为次生盐渍化浸没区。

C.0.8 初判阶段的潜水回水预测可用稳定态潜水回水计算方法，根据可能浸没区的地形、地貌、地质和水文地质条件，选定若干个垂直于水库库岸或垂直于渠道或平行地下水流向的计算剖面进行；在河湾地段地下水流向呈辐射状时，应考虑水流单宽流量变化所带来的影响。

C.0.9 浸没范围可在各剖面潜水稳定态回水计算的基础上，绘制水库蓄水后或渠道过水后可能浸没区潜水等水位线预测图或埋深分区预测图，结合实际调查确定的各类地区的地下水临界深度，初步圈出涝渍、次生盐渍化、沼泽化和城镇浸没区等的范围。

C.0.10 初判应只考虑设计正常蓄水位条件下的最终浸没范围。

C.0.11 浸没复判应包括内容：

1 核实和查明初判圈定的浸没地区的水文地质条件，获得比较详细的水文地质参数及潜水动态观测资料。

2 建立潜水渗流数学模型,进行非稳定态潜水回水预测计算,绘出设计正常蓄水位情况下库区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。

3 复判时,应复核水库设计正常蓄水位条件下的浸没范围,并应根据需要计算水库运行规划中的其他代表性运行水位下的浸没情况。

C.0.12 浸没预测计算时,水库上游地区库水位应采用库尾水位翘高值;壅水前的地下水位,应采用农作物生长期的多年平均水位。

附录 D 岩土体物理力学性质参数取值

D.0.1 岩石(体)物理力学性质参数取值原则与试验成果整理方法应符合下列要求:

1 岩石(体)物理力学性质参数取值应以试验成果为依据。试验成果的整理应按国家现行有关岩石试验规程进行。分析试验成果的代表性及可信程度,舍去不合理的离散值。按岩石(体)及结构面的层位、岩性、类别,对试验成果进行统计整理。整理方法一般采用算术平均法(平均值、小值平均值、大值平均值)。抗剪(断)强度试验成果的整理,还需研究试件的破坏机理,分析剪应力—位移曲线图,分别按峰值、比例极限值、屈服值、残余强度值、长期强度值,点绘在剪应力—正应力关系图上,确定各单组试验成果的 c 、 ϕ 值,采用算术平均法对同一类别的岩体试验成果进行整理;或将同一类别岩体试验的剪应力、正应力点绘在关系图上,采用最小二乘法(点群中心法)、优选斜率法进行整理。

2 岩石(体)物理力学性质参数取值宜分为三个步骤:首先,根据试验成果分析整理得到试验标准值;其次,根据水工建筑物地基或围岩的工程地质条件、试件的地质代表性、尺寸效应等,对标准值进行调整,提出地质建议值;最后,在地质建议值的基础上,结合建筑物工作条件及其他已建工程的经验确定设计采用值。

3 规划、预可行性研究阶段,或当岩体力学性质参数试验资料不足时,可根据表 D.0.1-1 和表 D.0.1-2 结合地质条件进行折减,选用地质建议值。

表 D.0.1-1 坝基岩体力学参数

岩体分类	I	II	III	IV	V
f'	$1.50 \geq f' > 1.30$	$1.30 \geq f' > 1.10$	$1.10 \geq f' > 0.90$	$0.90 \geq f' > 0.70$	$0.70 \geq f' > 0.40$
c' (MPa)	$1.50 \geq c' > 1.30$	$1.30 \geq c' > 1.10$	$1.10 \geq c' > 0.70$	$0.70 \geq c' > 0.30$	$0.30 \geq c' > 0.05$
f	$0.90 \geq f > 0.75$	$0.75 \geq f > 0.65$	$0.65 \geq f > 0.55$	$0.55 \geq f > 0.40$	$0.40 \geq f > 0.30$
c (MPa)	0	0	0	0	0
f'	$1.60 \geq f' > 1.40$	$1.40 \geq f' > 1.20$	$1.20 \geq f' > 0.80$	$0.80 \geq f' > 0.55$	$0.55 \geq f' > 0.40$
c' (MPa)	$2.50 \geq c' > 2.00$	$2.00 \geq c' > 1.50$	$1.50 \geq c' > 0.70$	$0.70 \geq c' > 0.30$	$0.30 \geq c' > 0.05$
f	$0.95 \geq f > 0.80$	$0.80 \geq f > 0.70$	$0.70 \geq f > 0.60$	$0.60 \geq f > 0.45$	$0.45 \geq f > 0.35$
c (MPa)	0	0	0	0	0
变形模量 E_0 (GPa)	> 20.0	$20.0 \geq E_0 > 10.0$	$10.0 \geq E_0 > 5.0$	$5.0 \geq E_0 > 2.0$	$2.0 \geq E_0 > 0.2$

注:1 表中岩体即坝基基岩。

2 f' 、 c' 为抗剪断强度、 f 、 c 为抗剪强度,均为饱和峰值强度。

3 表中参数限于硬质岩,软质岩应根据软化系数进行折减。

表 D.0.1-2 结构面、软弱层和断层的抗剪断和抗剪强度

类 型	抗剪断强度		抗 剪 强 度	
	f'	c' (MPa)	f	c (MPa)
胶结的结构面	0.80~0.60	0.250~0.100	0.80~0.60	0
无充填的结构面	0.70~0.45	0.150~0.050	0.70~0.45	0
岩块岩屑型	0.55~0.45	0.200~0.100	0.50~0.40	0
岩屑夹泥型	0.45~0.35	0.100~0.050	0.40~0.30	0
泥夹岩屑型	0.35~0.25	0.050~0.010	0.30~0.25	0
泥	0.25~0.18	0.010~0.002	0.25~0.15	0

注:1 表中胶结和无充填结构面参数限于硬质岩中的结构面,软质岩中的结构面应进行折减。

2 胶结或无充填的结构面抗剪断强度,应根据结构面的粗糙程度选取大值或小值。

3 表中参数为饱和状态。

D.0.2 岩石物理力学性质参数取值方法应符合下列要求:

1 对均质岩石的密度、单轴抗压强度、抗拉强度、点荷载强度、弹性模量、波速等物理力学性质参数,应采用试验成果的算术平均值作为标准值。

2 对非均质的各向异性的岩体,可划分成若干小的均质体或按不同岩性分别试验取值;对层状结构岩体,应按建筑物荷载方向与结构面的不同交角进行试验,以取得相应条件下岩石的单轴抗压强度、点荷载强度、弹性模量、泊松比、波速等试验值,并应采用算术平均值作为标准值。

D.0.3 岩体及结构面力学性质参数取值方法应符合下列要求:

1 岩体变形参数取值方法应符合下列规定:

1) 岩体变形模量或弹性模量应根据岩体实际承受工程作用力方向和大小进行现场试验,并以压力—变形曲线上建筑物预计最大荷载下相应的变形关系为依据,应按岩体类别、工程地质单元、区段或层位归类进行整理(应舍去

不合理的离散值),采用试验成果的算术平均值作为标准值,根据试件的地质代表性对标准值适当调整,提出地质建议值。

2)坝基岩体允许承载力,硬质岩宜根据岩石饱和单轴抗压强度,结合岩体结构、裂隙发育程度及岩体完整性,可按 $1/3\sim 1/10$ 折减后确定地质建议值;软质岩、破碎岩体宜采用现场载荷试验(取比例极限)确定,也可采用超重型动力触探试验或三轴压缩试验确定其允许承载力。当软质岩的天然饱和度接近 100% 时,其天然状态下的抗压强度可视为软岩的饱和单轴抗压强度。

2 岩体及结构面抗剪(断)强度参数取值方法应符合下列规定:

1)混凝土坝基础底面与基岩间的抗剪(断)强度取值方法应符合下列规定:

①抗剪断强度应取峰值强度,抗剪强度应取比例极限强度与残余强度二者的小值或取二次剪(摩擦试验)峰值强度。当采用各单组试验成果整理时,应取小值平均值作为标准值;当采用同一类别岩体试验成果整理时,应取优定斜率法的下限值作为标准值;

②应根据基础底面和基岩接触面剪切破坏性状、工程地质条件和岩体应力对标准值进行调整,提出地质建议值;

③对新鲜、坚硬的岩浆岩,在岩性、起伏差和试件尺寸相同的情况下,也可采用坝基混凝土强度等级的 $6.5\%\sim 7.0\%$ 估算凝聚力。

2)岩体抗剪(断)强度取值方法应符合下列规定:

①岩体抗剪断强度应取峰值强度;

②岩体抗剪强度,当试件呈脆性破坏时,应取比例极限强度与残余强度两者的小值或二次剪(摩擦试验)的峰值强度;当试件呈塑性破坏或弹塑性破坏时,应取屈服强

度或取二次剪峰值强度；

③试验成果整理方法及取值同混凝土坝基础底面与基岩间抗剪(断)强度取值方法；

④应根据裂隙充填情况、试验时剪切破坏性状、剪切变形量和岩体地应力等因素对标准值进行调整,提出地质建议值。

3) 刚性结构面抗剪(断)强度取值方法应符合下列规定：

①抗剪断强度应取峰值强度,抗剪强度应取残余强度或取二次剪(摩擦试验)峰值强度。当采用各单组试验成果整理时,应取小值平均值作为标准值;当采用同一类别结构面试验成果整理时,应取优定斜率法的下限值作为标准值；

②应根据结构面的粗糙度、起伏差、张开度、结构面壁强度等因素及剪切破坏性状对标准值进行调整,提出地质建议值。

4) 软弱结构面抗剪(断)强度取值方法应符合下列规定：

①软弱结构面应根据岩块岩屑型、岩屑夹泥型、泥夹岩屑型和泥型四类分别取值；

②抗剪断强度应取峰值强度,当试件黏粒含量大于30%或有泥化镜面或黏土矿物以蒙脱石为主时,抗剪断强度应取流变强度;抗剪强度应取屈服强度或残余强度。整理方法同刚性结构面；

③当软弱结构面有一定厚度时,应考虑厚度的影响。当厚度大于起伏差时,软弱结构面应采用软弱物质的抗剪(断)强度作为标准值;当厚度小于起伏差时,还应采用起伏差的最小爬坡角,提高软弱物质抗剪(断)强度试验值作为标准值；

④根据软弱结构面的类型和厚度的总体地质特征及剪切破坏性状进行调整,提出地质建议值。

D.0.4 土体物理力学性质参数取值原则与试验成果整理方法应符合下列要求：

1 土的物理力学性质参数取值应以室内试验成果为依据。当土体具有明显的各向异性或工程设计有特殊要求时,应以现场测试成果为依据。

2 收集土体试验样品的原始结构、天然含水率,以及试验时的加载方式和具体试验方法等控制试验质量的因素,分析成果的可信程度。

3 试验成果可按土体类别、工程地质单元、区段或层位分类,并舍去不合理的离散值,分别用算术平均法、最小二乘法(点群中心法)等进行整理。

4 试验成果经过统计整理后确定土体物理力学性质参数标准值。根据水工建筑物地基的工程地质条件,在试验标准值基础上提出土体物理力学性质参数地质建议值。根据水工建筑物荷载、分析计算工况等特点确定土体物理力学参数设计采用值。

5 规划、预可行性研究阶段,或当试验组数较少时,坝、闸基础底面与地基之间的摩擦系数可结合地质条件,根据表 D.0.4 选用地质建议值。

表 D.0.4 坝、闸基础底面与地基土之间摩擦系数值

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

D.0.5 土体物理力学性质参数取值方法应符合下列规定：

1 土体的物理水理性质参数应以试验的算术平均值作为标

准值,进而提出地质建议值。

2 土体的渗透性质参数取值方法应符合表 D. 0. 5-1 的规定。

表 D. 0. 5-1 土体的渗透性质参数取值方法

渗透性质参数	取值方法
渗透系数	1. 地基渗透系数可根据土体结构、渗流状态,采用室内试验或抽水试验的大值平均值作为标准值; 2. 用于水位降落和排水计算的渗透系数,当设计排水孔时,应采用试验的小值平均值作为标准值; 3. 用于供水工程计算的渗透系数,应采用抽水试验的平均值作为标准值
允许比降值	1. 允许比降值应以土的临界水力比降为基础,除以安全系数确定。安全系数的取值,一般情况下取 1.5~2.0,即流土型通常取 2.0,对特别重要的工程也可取 2.5;管涌型一般可取 1.5。临界比降值等于或小于 0.1 的土体,安全系数可取 1.0; 2. 允许比降值也可按现场及室内渗透变形试验过程中,细颗粒移动逸出时的前 1 级~2 级比降值选取其允许比降值,不再考虑安全系数; 3. 当渗流出口有反滤层保护时,应考虑反滤层的作用,这时土体的水力比降值应是反滤层的允许比降值

3 土体的承载及变形参数取值方法应符合表 D. 0. 5-2 的规定。

表 D. 0. 5-2 土体承载及变形参数取值方法

承载及变形参数	取值方法
承载力	1. 根据载荷试验成果之比例极限确定特征值; 2. 根据土工试验成果,以计算方法确定; 3. 根据钻孔动力触探、标准贯入试验、静力触探试验、旁压试验等测试成果确定,以试验成果的算术平均值作为标准值
压缩模量 E_s	从压缩试验的压力—变形曲线上,以建筑物最大荷载下相应的变形关系选取试验值或按压缩试验的压缩性能,根据其固结程度选定试验值;以试验成果值的算术平均值作为标准值;对于高压缩性软土,宜以试验的压缩模量的大值平均值作为标准值
变形模量 E_0	从有侧胀条件下土的应力—应变曲线上,以建筑物最大荷载下相应的变形关系表示。以试验成果值的算术平均值作为标准值

4 坝(闸)基土体抗剪参数取值方法应符合下列规定:

1) 混凝土坝、闸基础底面与地基土间的抗剪强度,对黏性土地基,内摩擦角标准值可采用室内饱和固结快剪试验内摩擦角值的 90%,凝聚力标准值可采用室内饱和固结快剪试验凝聚力值的 20%~30%;对砂性土地基,内摩擦角标准值可采用内摩擦角试验值的 85%~90%,不计凝聚力值。

2) 土的抗剪强度宜采用试验峰值的小值平均值作为标准值;当采用有效应力进行稳定分析时,对三轴压缩试验成果,采用试验的平均值作为标准值。

3) 当采用总应力进行稳定分析时的标准值,应符合以下规定:

①当地基为黏性土层且排水条件差时,宜采用饱和快剪强度或三轴压缩试验不固结不排水剪切强度,对软土可采用现场十字板剪切强度;

②当地基黏性土层薄而其上下土层透水性较好或采取了排水措施,宜采用饱和固结快剪强度或三轴压缩试验固结不排水剪切强度;

③当地基土层能自由排水,透水性能良好,不容易产生孔隙水压力,宜采用慢剪强度或三轴压缩试验固结排水剪切强度;

④当地基土采用拟静力法进行总应力动力分析时,宜采用振动三轴压缩试验测定的总应力强度。

4) 当采用有效应力进行稳定分析时的标准值,应符合以下规定:

①对于黏性土类地基,应测定或估算孔隙水压力,以取得有效应力强度;

②当需要进行有效应力动力分析时,地震有效应力强度可采用静力有效应力强度作为标准值;

- ③对于液化性砂土,应测定饱和砂土的地震附加孔隙水压力,并以专门试验的强度作为标准值。
- 5)对于无动力试验的黏性土和紧密砂砾等非液化土的强度,宜采用三轴压缩试验饱和固结不排水剪测定的总强度和有效应力强度中的最小值作为标准值。
- 6)具有超固结性、多裂隙性和胀缩性的膨胀土,承受荷载时呈渐进破坏,宜根据所含黏土矿物的性状、微裂隙的密度和建筑物地段在施工期、运行期的干湿效应等综合分析后选取标准值。具有流变特性的强、中等膨胀土,宜取流变强度值作为标准值;弱膨胀土、含钙铁结核的膨胀土或坚硬黏土,可以取峰值强度的小值平均值作为标准值。
- 7)软土宜采用流变强度值作为标准值。对高灵敏度软土,应采用专门试验的强度值作为标准值。

附录 E 移民集中安置点场地稳定性和适宜性分类

E.0.1 移民集中安置点场地稳定性分类应符合表 E.0.1 的规定。

表 E.0.1 水电工程移民安置点场地稳定性分类标准

场地稳定性类别	分级要素
稳定	1. 区域构造稳定性好； 2. 为建筑抗震有利地段； 3. 场地工程地质条件简单，场地及周边不存在影响场地安全的滑坡、崩塌及危岩、泥石流、水库浸没及塌岸、岩溶及土洞、采空区和地面沉降等不良地质作用
较稳定	1. 区域构造稳定性较好； 2. 为建筑抗震一般地段； 3. 场地工程地质条件较简单，场地及周边不存在或虽然存在影响场地安全，但易于整治的滑坡、崩塌及危岩、泥石流、水库浸没及塌岸、岩溶及土洞、采空区和地面沉降等不良地质作用
稳定性较差	1. 区域构造稳定性较差； 2. 为建筑抗震不利地段； 3. 场地工程地质条件较复杂，场地及周边存在影响场地安全，且较难整治的滑坡、崩塌及危岩、泥石流、水库浸没及塌岸、岩溶及土洞、采空区和地面沉降等不良地质作用
稳定性差	1. 区域构造稳定性差； 2. 为建筑抗震危险地段； 3. 场地工程地质条件复杂，场地及周边存在影响场地安全，且难于整治的滑坡、崩塌及危岩、泥石流、水库浸没及塌岸、岩溶及土洞、采空区和地面沉降等不良地质作用

注：1 每一级场地的稳定性类别，符合表中条件之一即可；

2 从稳定性差开始，向稳定性较差、较稳定、稳定推定，以最先满足的为准。

E.0.2 区域构造稳定性分级应符合表 E.0.2 的规定。

表 E.0.2 区域构造稳定性分级

参 量	稳定性好	稳定性较好	稳定性较差	稳定性差
地震峰值 加速度 $a(g)$	$a < 0.09$	$0.09 \leq a < 0.19$	$0.19 \leq a < 0.38$	$a \geq 0.38$
地震基本 烈度	$\leq \text{VI}$	VII	VIII	$\geq \text{IX}$
活断层	近场区 25km 无活断层	5km 内无活 断层	5km 内有长 度 $< 10\text{km}$ 的活 断层, 震级 < 5 级发震构造	5km 内有长度 大于 10km 的活 断层, 震级 ≥ 5 级的发震构造
地震与震 级 M	$M < 4\frac{3}{4}$ 级的 地震活动	有 $4\frac{3}{4} \leq M < 6$ 的地震活动	有 $6 \leq M < 6\frac{3}{4}$ 地震活动或 不多于一次 $M \geq 6\frac{3}{4}$ 地震活动	有多次 $M \geq 6\frac{3}{4}$ 强地震活动

E.0.3 移民集中安置点建筑抗震地段类别划分应符合表 E.0.3 的规定。

表 E.0.3 建筑抗震地段类别划分标准

地段类别	地形、地貌、地质
有利地段	地形开阔, 稳定基岩, 坚硬土, 平坦、密实、均匀的中硬土等
一般地段	不属于有利、不利和危险的地段
不利地段	条状突出的山嘴, 高耸孤立的山丘, 陡坡, 陡坎, 河岸和边坡的边缘, 软弱土, 液化土, 平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层(含古河道、疏松的断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷和半填半挖地基), 高含水量的可塑黄土, 地表存在裂缝等
危险地段	地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等及发震断裂带上可能发生地表错位的部位

E.0.4 移民集中安置点场地工程建设适宜性分类应符合表 E.0.4 的规定。

表 E.0.4 水电工程移民安置点场地工程建设适宜性分类标准

场地工程建设适宜性分类	工程地质与水文地质条件
适宜	1. 场地稳定,场地及其周围不存在危害场地、地基稳定的不良地质现象; 2. 地形开阔平坦,地面坡度$<10^{\circ}$,场地平整简单; 3. 地质构造简单,岩土性质均一,工程性质良好,基础处理简单; 4. 地下水对工程建设无明显不利影响,地表排水条件良好; 5. 工程建设不会引起次生地质灾害
较适宜	1. 场地较稳定,无危害场地稳定的较大规模不良地质现象,地质灾害治理简单; 2. 场地较完整,地形有起伏,地面坡度$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$,场地平整较简单,工程量较小; 3. 岩土种类较多、分布较不均匀,工程性质较差,基础处理工程量较小; 4. 地下水对工程建设影响小,地表排水条件较好; 5. 工程建设可能引起次生地质灾害,采取一般工程处理措施可以解决
适宜性差	1. 场地稳定性较差,场地及其周围存在危害场地、地基稳定的较大规模不良地质现象,地质灾害治理难度较大; 2. 地形起伏较大,地面坡度$15^{\circ}\sim 25^{\circ}$,场地平整较困难,需采取工程处理措施,场平工程量较大; 3. 岩土种类多、分布不均匀,工程性质差,基础处理工程量较大; 4. 地下水对工程建设影响较大,地表易形成内涝; 5. 工程建设可引起次生地质灾害,需采取较大规模工程防护措施

续表 E.0.4

场地工程 建设适宜性 分类	工程地质与水文地质条件
不适宜	1. 场地稳定性差,场地及其周围存在危害场地、地基稳定的大规模不良地质现象,地质灾害治理难度大; 2. 地形复杂,地面坡度$\geq 25^\circ$,场地平整很困难,需采取大规模工程处理措施,场平工程量大; 3. 岩土种类多、分布不均匀,工程性质差,基础处理工程量大; 4. 地表、地下水对工程建设影响严重; 5. 工程建设会引起严重的次生地质灾害,需采取大规模工程处理措施; 6. 场地内地下埋藏有待开采的矿产资源或采空区

注:1 表中未列的条件,可按其对场地工程建设的影响程度比照推定。

2 划分场地工程建设适宜性类别,符合表中条件之一即可。

3 从不适宜开始,向适宜性差、较适宜、适宜推定,以最先满足的为准。

附录 F 岩体结构面分级

F.0.1 岩体结构面分级宜符合表 F.0.1 的规定。

表 F.0.1 岩体结构面分级

级 别	规 模	
	破碎带宽度(m)	破碎带延伸长度(m)
I	>10.0	区域性断裂
II	$1.0 \sim 10.0$	>1000
III	$0.1 \sim 1.0$	$100 \sim 1000$
IV	<0.1	<100
V	节理裂隙	

附录 G 岩体风化带划分

G.0.1 岩体风化带的划分应符合表 G.0.1 的规定。

表 G.0.1 岩体风化带划分

风化带	主要地质特征	风化岩纵波速与新鲜岩纵波速之比 α
全风化	1. 全部变色,光泽消失; 2. 岩石的组织结构完全破坏,已崩解和分解成松散的土状或砂状,有很大的体积变化,但未移动,仍残留有原始结构痕迹; 3. 除石英颗粒外,其余矿物大部分风化蚀变为次生矿物; 4. 锤击有松软感,出现凹坑,矿物手可捏碎,用钎可以挖动	$\alpha < 0.4$
强风化	1. 大部分变色,只有局部岩块保持原有颜色; 2. 岩石的组织结构大部分已破坏,小部分岩石已分解或崩解成土,大部分岩石呈不连续的骨架或心石,风化裂隙发育,有时含大量次生夹泥; 3. 除石英外,长石、云母和铁镁矿物已风化蚀变; 4. 锤击哑声,岩石大部分变酥,易碎,用镐撬可以挖动,坚硬部分需爆破	$0.4 \leq \alpha < 0.6$
弱风化 (中等风化)	1. 岩石表面或裂隙面大部分变色,但断口仍保持新鲜岩石色泽; 2. 岩石原始组织结构清楚完整,但风化裂隙发育,裂隙壁风化剧烈; 3. 沿裂隙铁镁矿物氧化锈蚀,长石变得浑浊、模糊不清; 4. 锤击发音较清脆,开挖需用爆破	$0.6 \leq \alpha < 0.8$

续表 G.0.1

风化带	主要地质特征	风化岩纵波速与新鲜岩纵波速之比 α
微风化	1. 岩石表面或裂隙面有轻微褪色； 2. 岩石组织结构无变化，保持原始完整结构； 3. 大部分裂隙闭合或为钙质薄膜充填，仅沿大裂隙有风化蚀变现象，或有锈膜浸染； 4. 锤击发音清脆，开挖需用爆破	$0.8 \leq \alpha < 1.0$
新鲜	1. 保持新鲜色泽，仅大的裂隙面偶见褪色； 2. 裂隙面紧密，完整或焊接状充填，仅个别裂隙面有锈膜浸染或轻微蚀变； 3. 锤击发音清脆，开挖需用爆破	$\alpha = 1.0$

G.0.2 遇有下列情况之一时，岩体风化带的划分可适当调整（见表 G.0.2）：

1 当某一级风化岩体厚度很大需要进一步细分时，可再分出两个或三个次一级亚带，分别采用上、中、下带命名。

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

3 某些特定地区，岩体风化剖面呈非连续性过渡时，分级可缺少一级或二级。

表 G.0.2 碳酸盐岩溶蚀风化带划分

风 化 带	主要地质特征
强溶蚀风化带	1. 岩体全部或大部分呈黄褐色，沿断层、裂隙及层面等溶蚀强烈，溶隙、溶沟、溶槽、溶缝及风化裂隙发育，充填黏土、碎块石，溶蚀风化宽度多达数厘米至数十厘米不等； 2. 岩石断口色泽较新鲜，组织结构清楚、完整； 3. 岩体完整性较差至完整性差，岩体强度低

续表 G.0.2

风 化 带		主要地质特征
弱溶蚀 风化带 (中等溶蚀 风化带)	上亚带	1. 岩体少部分呈黄褐色,沿断层、裂隙及层面等溶蚀较强烈,以发育溶蚀裂隙或层间软弱夹层为主,充填夹泥现象普遍或胶结物蚀变明显,溶蚀风化宽度一般大于 1cm; 2. 岩石组织结构无变化,断口色泽新鲜,岩石表面或裂隙面溶蚀、风化蚀变或褪色明显; 3. 岩体完整性受结构面溶蚀风化明显,岩体强度明显降低
	下亚带	1. 岩体颜色基本新鲜,沿断层、裂隙及层面等溶蚀较强烈,溶蚀裂隙密度或层间夹层泥化程度呈减弱趋势,充填夹泥现象较普遍或胶结物蚀变较明显,溶蚀风化宽度一般大于 0.5cm; 2. 岩石组织结构清楚,岩石表面或裂隙面普遍有褪色; 3. 岩体完整性受结构面溶蚀风化明显,岩体强度有所降低
微溶蚀风化带		1. 岩体色泽新鲜,沿断层、长大裂隙、个别层面等溶蚀扩展或发育溶孔、晶洞等现象,充填和夹泥现象较少,溶蚀风化宽度一般小于 0.5cm; 2. 岩石组织结构清楚、无变化,岩石表面或裂隙面有轻微褪色; 3. 岩体完整性受溶蚀影响轻微,整体力学强度降低不明显,结构面或层面受溶蚀影响部位力学强度有所降低

G.0.3 碳酸盐岩溶蚀风化带划分应符合下列要求:

1 灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩等碳酸盐岩,其风化往往具溶蚀风化的特点,溶蚀风化带的划分应符合本规范表 G.0.2 的规定。

2 部分白云岩(因微裂隙极其发育)、灰岩(因特殊结构构造,如豆状、鲕状构造)有时具均匀风化特点,当其均匀明显时,其风化带宜按本规范表 G.0.1 划分。

3 灰岩与泥岩之间的过渡岩类,随泥质含量的增加,其风化形式逐渐由溶蚀风化向均匀风化过渡,当以溶蚀风化为主时,风化带划分宜按本规范表 G.0.2 进行,当以均匀风化为主,风化划分宜按本规范表 G.0.1 进行。

附录 H 岩体卸荷带划分

表 H 岩体卸荷带划分

卸荷带	主要地质特征
强卸荷	卸荷裂隙发育较密集,普遍张开,一般开度为几厘米至几十厘米,多充填次生泥及岩屑、岩块,有架空现象,部分可看到明显的松动或变位错落,卸荷裂隙多沿原有结构面张开,岩体多呈整体松弛
弱卸荷	卸荷裂隙发育较稀疏,开度一般为几毫米至几厘米,多有次生泥充填,卸荷裂隙分布不均匀,常呈间隔带状发育,卸荷裂隙多沿原有结构面张开,岩体部分松弛
深卸荷	深部裂缝松弛段与相对完整段相间出现,成带发育,开度几毫米至几十厘米不等,一般无充填,少数有锈染或夹泥,岩体弹性波纵波速变化较大

注:对于整体松弛卸荷作用不强烈时,可不分带。

附录 J 边坡稳定分析

J.0.1 边坡稳定分析应具备下列资料：

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

J.0.2 边坡变形破坏应根据表 J.0.2 进行分类。

表 J.0.2 边坡变形破坏分类

变形破坏类型		变形破坏特征
崩塌		边坡岩体坠落或滚动
滑动	平面型	边坡岩体沿某一结构面滑动
	折面型	边坡岩体沿两组及以上结构面组成的底滑面滑动
	弧面型	散体结构、碎裂结构的岩质边坡或土坡沿弧形滑动面滑动
	楔形体	结构面组合的楔形体,沿滑动面交线方向滑动

续表 J.0.2

变形破坏类型		变形破坏特征
蠕变	倾倒	反倾向或陡倾层状结构的边坡,岩层逐渐向外弯曲、倾倒
	溃屈	顺倾向层状结构的边坡,岩层倾角与坡角大致相似,边坡下部岩层逐渐向上鼓起,产生层面拉裂和脱开
	张裂	双层结构的边坡,下部软岩产生塑性变形或流动,使上部岩层发生扩展、移动张裂和下沉
流动		崩塌碎屑类堆积向坡脚流动,形成碎屑流

J.0.3 当边坡存在下列现象之一时,应进行稳定分析:

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

J.0.4 边坡稳定分析应符合下列要求:

- 1 对边坡岩体中实测结构面的产状、延伸长度,应进行结构面调查统计分析,确定结构面贯通情况或连通率;应用赤平投影方法,确定结构面组合交线产状。
- 2 应根据边坡工程地质条件,对边坡的变形破坏类型做出初步判断。

3 岩质边坡稳定分析可采用刚体极限平衡方法,根据滑动面或潜在滑动面的几何形状,选用合适的公式计算。同倾角多滑动面的岩质边坡宜采用模拟断裂结构面组合的平面斜分条块法和斜分块弧面滑动法,试算出临界滑动面和最小安全系数;均匀的土质边坡可采用滑弧条分法计算。根据工程实际需要可进行模型试验和原位监测资料的反分析,验证其稳定性。

4 应选择代表性的地质剖面进行计算,并应采用不同的计算公式进行校核,综合评定该边坡的稳定安全系数。当不同地质剖面用同一公式计算而得出不同的边坡稳定安全系数值时,宜取其最小值;当同一地质剖面采用不同公式(瑞典圆弧法除外)计算得出不同的边坡稳定安全系数值时,宜取其平均值。

5 计算中应考虑地下水压力对边坡稳定性的不利作用。分析水位骤降时的库岸稳定性应计入地下水渗透压力的影响。在地震基本烈度为Ⅶ度或Ⅶ度以上的地区,应计算地震作用力的影响。

6 稳定性验算的岩土力学性质参数地质建议值,应按照本规范附录D的规定选取,并应遵守下述原则:岩质边坡潜在的滑动面抗剪强度可取峰值强度;古滑坡或多次滑动的滑动面的抗剪强度可取残余强度,或取滑坡反算的抗剪强度。

J.0.5 建筑物周边自然边坡浅表层潜在不稳定体可按表J.0.5分类评价。

表 J.0.5 自然边坡浅表层潜在不稳定体分类评价

类型	地质特征	勘察方法	稳定性评价方法
危石	单个或数个分散分布的孤石、大块石	数码摄影、测量定位、实测体积等	定性分析判断

续表 J.0.5

类型	地质特征	勘察方法	稳定性评价方法
危岩体 (松动体)	1. 原岩强烈风化、卸荷、松动、掉块后形成的具有一定分布面积,厚度不大(小于25m),无统一底滑面控制的松动破碎岩体,坡体内裂隙发育,岩体完整差,存在崩塌的可能,常分布在陡峭、单薄山脊、山梁地段; 2. 底部与母岩连续,三面临空,后缘已拉裂的较大体积块体,并有不断扩展的可能,岩体相对较完整,多分布孤立陡峭的山脊	地质测绘、3D激光扫描、数码成像、洞探等	定性分析判断,计算分析
松散堆积体	以碎石土为主,夹杂块石、孤石类,多分布在坡脚、坡面缓坡、高位台地、沟槽谷底等部位。如常见的崩塌堆积体、滑坡堆积体、坡积体、沟内洪积体、泥石流堆积体、冰川碎屑流堆积体、冻融风化残积体等	地质测绘、3D激光扫描、钻探等	坡积体内按圆弧法计算,基岩与覆盖层界面按不平衡推力法计算
变形体	相对完整的原岩边坡,存在明显变形但未整体滑移破坏的岩质边坡,如蠕滑拉裂岩体、倾倒变形岩体、溃屈变形岩体等。 1. 有特定的结构面组合,厚度不大,底部有潜在滑移面,变形明显,岩体松动破碎; 2. 无特定的结构面组合,也未形成贯通性潜在滑移面,变形程度向深部逐渐减弱,浅表层松动破碎	地质测绘、3D激光扫描、钻探、洞探等	1. 用滑面强度参数进行刚体极限平衡法计算,对倾倒边坡宜增加数值分析方法计算; 2. 根据变形程度进行剖面分带,用变形岩体强度参数进行刚体极限平衡法计算

附录 K 环境水对混凝土腐蚀评价

K.0.1 环境水对混凝土的腐蚀程度分级,应符合表 K.0.1 的规定。

表 K.0.1 腐蚀程度分级

腐蚀程度	一年内腐蚀区混凝土的强度降低 $F(\%)$	腐蚀的表面特征
无腐蚀	0	—
弱腐蚀	$F < 5$	材料表面略有损坏
中等腐蚀	$5 \leq F < 20$	侧壁表面有明显隆起、剥落
强腐蚀	$F \geq 20$	材料有明显的破坏(严重裂开、掉小块)

K.0.2 判别环境水对混凝土的腐蚀性时,应搜集分析工程场地的气候条件,冰冻资料,海拔高程,岩土性质,环境水的补给、排泄、循环和滞留条件以及污染情况等资料。

K.0.3 环境水对混凝土腐蚀性的判别标准,应符合表 K.0.3 的规定。

表 K.0.3 环境水腐蚀判定标准

腐蚀性类型		腐蚀性特征判定依据	腐蚀程度	界限指标
分解类	溶出型	HCO_3^- 含量 (mmol/L)	无腐蚀	$\text{HCO}_3^- > 1.07$
			弱腐蚀	$1.07 \geq \text{HCO}_3^- > 0.70$
			中等腐蚀	$\text{HCO}_3^- \leq 0.70$
			强腐蚀	—

续表 K.0.3

腐蚀性类型		腐蚀性特征判定依据	腐蚀程度	界限指标	
分解类	一般酸性型	pH 值	无腐蚀	$\text{pH} > 6.5$	
			弱腐蚀	$6.0 < \text{pH} \leq 6.5$	
			中等腐蚀	$5.5 < \text{pH} \leq 6.0$	
			强腐蚀	$\text{pH} \leq 5.5$	
	碳酸型	侵蚀性 CO_2 含量 (mg/L)	无腐蚀	$\text{CO}_2 < 15$	
			弱腐蚀	$15 \leq \text{CO}_2 < 30$	
			中等腐蚀	$30 \leq \text{CO}_2 < 60$	
			强腐蚀	$\text{CO}_2 \geq 60$	
分解结晶复合类	硫酸镁型	Mg^{2+} 含量 (mg/L)	无腐蚀	$\text{Mg}^{2+} < 1000$	
			弱腐蚀	$1000 \leq \text{Mg}^{2+} < 1500$	
			中等腐蚀	$1500 \leq \text{Mg}^{2+} < 2000$	
			强腐蚀	$\text{Mg}^{2+} \geq 2000$	
结晶类	硫酸盐型	SO_4^{2-} 含量 (mg/L)		普通水泥	抗硫酸盐水泥
			无腐蚀	$\text{SO}_4^{2-} < 250$	$\text{SO}_4^{2-} < 3000$
			弱腐蚀	$250 \leq \text{SO}_4^{2-} < 400$	$3000 \leq \text{SO}_4^{2-} < 4000$
			中等腐蚀	$400 \leq \text{SO}_4^{2-} < 500$	$4000 \leq \text{SO}_4^{2-} < 5000$
			强腐蚀	$\text{SO}_4^{2-} \geq 500$	$\text{SO}_4^{2-} \geq 5000$

K.0.4 当采用本规范表 K.0.3 进行环境水对混凝土腐蚀性判别时,应符合下列要求:

1 所属场地应是不具有干湿交替或冻融交替作用的地区和具有干湿交替或冻融交替作用的半湿润、湿润地区。当所属场地为具有干湿交替或冻融交替作用的干旱、半干旱地区以及高程 3000m 以上的高寒地区应进行专门论证。

2 混凝土一侧承受静水压力,另一侧暴露于大气中,最大作用水头与混凝土壁厚之比大于 5。

3 混凝土建筑物所采用的混凝土抗渗标号不应小于 W_4 , 水灰比不应大于 0.6。

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

附录 L 围岩工程地质分类

L.0.1 围岩工程地质分类,可分为围岩初步分类和围岩详细分类。根据分类结果,评价围岩的稳定性,并可作为确定支护类型的基础。围岩分类应符合表 L.0.1 的规定。

表 L.0.1 围岩工程地质分类

围岩类别	围岩稳定性评价	支 护 类 型
I	1. 稳定; 2. 围岩可长期稳定,一般无不稳定块体	不支护或局部锚杆或喷薄层混凝土;
II	1. 基本稳定; 2. 围岩整体稳定,不会产生塑性变形,局部可能产生组合块体失稳	大跨度时,喷混凝土,系统锚杆加钢筋网
III	1. 局部稳定性差; 2. 围岩强度不足局部会产生塑性变形,不支护可能产生塌方或变形破坏。完整的较软岩,可能短时稳定	喷混凝土,系统锚杆加钢筋网。大跨度时,并加强柔性或刚性支护
IV	1. 不稳定; 2. 围岩自稳时间很短,规模较大的各种变形和破坏都可能发生	喷混凝土,系统锚杆加钢筋网,并加强柔性或刚性支护,或浇筑混凝土衬砌
V	1. 极不稳定; 2. 围岩不能自稳,变形破坏严重	

L.0.2 围岩初步分类主要依据岩质类型和岩体结构类型或岩体完整程度,适用于规划和预可行性研究阶段,并应符合表 L.0.2 的规定。

表 L.0.2 围岩初步分类

岩质 类型	岩体结构类型	岩体 完整程度	围岩初步分类	
			类别	说 明
硬 质 岩	整体状或巨厚层状结构	完整	I、II	坚硬岩定 I 类, 中硬岩定 II 类
	块状结构	较完整	II、III	坚硬岩定 II 类, 中硬岩定 III 类
	次块状结构		II、III	坚硬岩定 II 类, 中硬岩定 III 类
	厚层状或中厚层状结构		II、III	坚硬岩定 II 类, 中硬岩定 III 类
	互层状结构		III、IV	洞轴线与岩层走向夹角小于 30° 时, 定 IV 类
	薄层状结构	完整性差	IV、III	岩质均一, 无软弱夹层时, 可定 III 类
	镶嵌结构		III	—
	块裂结构		IV	—
	碎裂结构	较破碎	IV、V	有地下水时, 定 V 类
	碎块状或碎屑状结构	破碎	V	—
软 质 岩	整体状或巨厚层状结构	完整	III、IV	较软岩无地下水时定 III 类, 有地下水时定 IV 类; 软岩定 IV 类
	块状或次块状结构	较完整	IV、V	无地下水时定 IV 类; 有地下水时定 V 类
	厚层、中厚层或互层状结构		IV、V	无地下水时定 IV 类; 有地下水时定 V 类
	薄层状或块裂结构	完整性差	V、IV	较软岩无地下水时定 IV 类
	碎裂结构	较破碎	V、IV	较软岩无地下水时定 IV 类
	碎块状或碎屑状散体结构	破碎	V	—

L.0.3 岩质类型的确定,应符合表 L.0.3 的规定。

表 L.0.3 岩质类型划分

岩 质 类 型	硬质岩		软质岩	
	坚硬岩	中硬岩	较软岩	软岩
岩石饱和单轴抗压强度 R_b (MPa)	$R_b > 60$	$60 \geq R_b > 30$	$30 \geq R_b > 15$	$15 \geq R_b > 5$

L.0.4 岩体完整程度的划分,应符合表 L.0.4 的规定。

表 L.0.4 岩体完整程度划分

岩体完整程度	完整	较完整		完整性差		较破碎	破碎
结构面发育组数	1~2	1~2	2~3	2~3	2~3	>3	无序
结构面间距 (cm)	>100	100~50	50~30	30~10	<10	<10	—
结构面发育程度	不发育	轻度发育	中等发育	较发育	发育	很发育	—

注:结构面间距指主要结构面间距的平均值。

L.0.5 围岩详细分类应以控制围岩稳定的岩石强度、岩体完整程度、结构面状态、地下水和主要结构面产状五项因素之和的总评分为基本判据,围岩强度应力比为限定判据,主要用于可行性研究、招标和施工详图设计阶段,并应符合表 L.0.5 的规定。

表 L.0.5 地下洞室围岩详细分类

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

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

L. 0.6 围岩强度应力比 S 可根据式(L. 0.6)求得:

$$S = \frac{R_b K_v}{\sigma_m} \quad (\text{L. 0.6})$$

式中: R_b ——岩石饱和单轴抗压强度(MPa);

K_v ——岩体完整性系数,为岩体的纵波波速与相应岩石的纵波波速之比的平方;

σ_m ——围岩的最大主应力(MPa),当无实测资料时可以自重应力代替。

L. 0.7 地下洞室围岩详细分类中五项因素的评分应符合下列规定:

1 岩石强度的评分应符合表 L. 0.7-1 的规定。

表 L. 0.7-1 岩石强度评分

岩 质 类 型	硬 质 岩		软 质 岩	
	坚硬岩	中硬岩	较软岩	软岩
饱和单轴抗压强度 R_b (MPa)	$R_b > 60$	$60 \geq R_b > 30$	$30 \geq R_b > 15$	$15 \geq R_b > 5$
岩石强度评分 A	30~20	20~10	10~5	5~0

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

2 当岩体完整程度与结构面状态评分之和小于 5 时,岩石强度评分大于 20 的,按 20 评分。

2 岩体完整程度的评分应符合表 L. 0.7-2 的规定。

表 L. 0.7-2 岩体完整程度评分

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

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

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

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

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

3 结构面状态的评分应符合表 L. 0. 7-3 的规定。

表 L. 0. 7-3 结构面状态评分

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

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

2 当结构面张开度大于 10mm、无充填时,结构面状态的评分为零。

4 地下水状态的评分应符合表 L. 0. 7-4 的规定。

表 L. 0. 7-4 地下水状态评分

活动状态	干燥到 渗水、滴水	线状流水	涌水
水量 q (L/min · 10m 洞长) 或压力水头 H (m)	$q \leq 25$ 或 $H \leq 10$	$25 < q \leq 125$ 或 $10 < H \leq 100$	$q > 125$ 或 $H > 100$

续表 L. 0. 7-4

活动状态			干燥到 渗水、滴水	线状流水	涌水
基本 因素 评分 T'	$T' > 85$	地下水 评分 D	0	0~ -2	-2~-6
	$85 \geq T' > 65$		0~-2	-2~-6	-6~-10
	$65 \geq T' > 45$		-2~-6	-6~-10	-10~-14
	$45 \geq T' > 25$		-6~-10	-10~-14	-14~-18
	$T' \leq 25$		-10~-14	-14~-18	-18~-20

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

5 主要结构面产状的评分应符合表 L. 0. 7-5 的规定。

表 L. 0. 7-5 主要结构面产状评分

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

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

L. 0. 8 本围岩分类不适用于埋深小于 2 倍洞径或跨度的地下洞室和特殊土、岩溶洞穴发育地段的地下洞室。极高地应力区和极软岩($R_b \leq 5\text{MPa}$)中的围岩分类,可根据工程实际情况进行专门研究。

L.0.9 大跨度地下洞室围岩的分类除采用本分类外,尚应采用其他有关国家标准综合评定,还可采用国际通用的围岩分类(如 Q 系统分类)对比使用。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

附录 M 泥石流分类

M.0.1 泥石流按流体性质分类宜符合表 M.0.1 的规定。

表 M.0.1 泥石流按流体性质分类

流体性质	物质组成特征		密度 (t/m^3)	固体物 质含量 (%)	流动 状态	堆积特征	
	浆体	非浆体				沟内	沟口
黏性泥石流	由黏粒、粉粒组成的黏稠性泥浆,黏度值 $\geq 0.3\text{Pa}\cdot\text{s}$	由砂、砾(碎)、漂(块)、孤石等组成	1.6~2.3	40~80	呈似层状流,无垂直交换,浆体浓稠,浮托力大,流体直进性强,弯道爬高明显	多见泥石流残留物、泥痕等	无分选性,泥砾大小混杂堆积,或具反粒序堆积;剖面上可见不同期次泥石流的堆积间断面
稀性泥石流	由不含或少含黏性物质组成的混浊泥浆状水流,黏度值 $< 0.3\text{Pa}\cdot\text{s}$	主要由砂、砾(碎)、块石等组成	1.3~1.6	10~40	呈紊流,有垂直交换,冲、淤变化大	少见泥石流残留物、泥痕等	堆积物略具分选性,以粗粒物质为主

M.0.2 泥石流按其一次性暴发规模分类宜符合表 M.0.2 的规定。

表 M.0.2 泥石流规模分类

分类指标	特大型	大型	中型	小型
泥石流一次堆积总量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	≥ 100	10~100	1~10	< 1
泥石流洪峰流量(m^3/s)	≥ 200	100~200	50~100	< 50

注:泥石流一次堆积总量为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和泥石流洪峰流量为 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 时属于大型泥石流。

M.0.3 泥石流按其爆发频率,可分为高频率泥石流和中频率、低频率泥石流三类。泥石流按频率分类应符合表 M.0.3 的规定。

表 M.0.3 泥石流按频率分类

泥石流类型	高频泥石流	中频泥石流	低频泥石流
泥石流发生周期(年)	≤ 5	5~20	> 20
泥石流特征	1. 泥石流规模大小不一,沟床上涨明显,通常可见老泥石流堆积;形成区崩塌、滑坡发育,植被较差; 2. 泥石流冲淤频繁,向主河输送泥沙大,危险区内土地难以利用	1. 泥石流规模大小不一,沟床上涨较明显,通常可见老泥石流堆积;形成区崩塌、滑坡较发育; 2. 泥石流间歇性冲淤,危险区内土地利用率低,向主河输送较多泥沙	1. 泥石流规模较大,沟床冲刷强烈;老泥石流堆积扇发育较好,老台地保存较好,分布面积大,流域内滑坡不活跃,植被覆盖率高; 2. 现代泥石流活动洪痕不明显,而一旦暴发则来势猛,规模大,往往酿成巨大灾害,具有较大的潜在危险性

附录 N 岩土渗透性分级

表 N 岩土渗透性分级

渗透性等级	标 准		岩 体 特 征	土 类
	渗透系数 K (cm/s)	透水率 q (Lu)		
极微透水	$K < 10^{-6}$	$q < 0.1$	完整岩体, 含等价开度小于 0.025mm 裂隙的岩体	黏土
微透水	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$0.1 \leq q < 1$	含等价开度 0.025mm ~ 0.050mm 裂隙的岩体	黏土—粉土
弱透水	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$1 \leq q < 10$	含等价开度 0.05mm ~ 0.10mm 裂隙的岩体	粉土—细粒土质砂
中等透水	$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	$10 \leq q < 100$	含等价开度 0.1mm ~ 0.5mm 裂隙的岩体	砂—砂砾
强透水	$10^{-2} \leq K < 1$	$q \geq 100$	含等价开度 0.5mm ~ 2.5mm 裂隙的岩体	砂砾—砾石、卵石
极强透水	$K \geq 1$		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 P 土的渗透变形判别

P.0.1 土的渗透变形的判别应包括下列内容:

- 1 土的渗透变形类型的判别。
- 2 流土和管涌的临界水力比降的确定。
- 3 土的允许水力比降的确定。

P.0.2 土的渗透变形可分为以下四种类型:

- 1 流土。
- 2 管涌。
- 3 接触冲刷。
- 4 接触流失。

其中 1、2 类渗透变形主要出现在单一地基中,3、4 类主要出现在双层地基中。对黏性土而言,渗透变形主要为流土和接触流失。

P.0.3 无黏性土渗透变形形式的判别应符合下列要求:

- 1 不均匀系数小于或等于 5 的土,其渗透变形为流土。
- 2 对于不均匀系数大于 5 的土,可采用下列方法判别:
 - 1) 流土:

$$P_c \geq 35\% \quad (\text{P.0.3-1})$$

- 2) 过渡型取决于土的密度、粒径、形状:

$$25\% \leq P_c < 35\% \quad (\text{P.0.3-2})$$

- 3) 管涌:

$$P_c < 25\% \quad (\text{P.0.3-3})$$

式中: P_c ——土的细粒颗粒含量,以质量百分率计(%)。

- 4) 土的细粒含量可按下列方法确定:

①级配不连续的土,级配曲线中至少有一个以上的

粒径级的颗粒含量小于或等于 3% 的平缓段,粗细粒的区分粒径 d_f 以平缓段粒径级的最大和最小粒径的平均粒径区分,或以最小粒径为区分粒径,相应于此粒径的含量为细颗粒含量。对于天然无黏性土,不连续部分的平均粒径多为 2mm。

②级配连续的土,区分粗粒和细粒粒径的界限粒径 d_f 按下式计算:

$$d_f = \sqrt{d_{70} d_{10}} \quad (\text{P. 0. 3-4})$$

式中: d_f ——粗细粒的区分粒径(mm);

d_{70} ——小于该粒径的土的质量占土的总质量 70% 的颗粒粒径(mm);

d_{10} ——小于该粒径的土的质量占土的总质重 10% 的颗粒粒径(mm)。

5) 土的不均匀系数可采用下式计算:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (\text{P. 0. 3-5})$$

式中: C_u ——土的不均匀系数;

d_{60} ——小于该粒径的土的质量占土的总质量 60% 的土粒粒径(mm);

d_{10} ——小于该粒径的土的质量占土的总质重 10% 的土粒粒径(mm)。

3 接触冲刷宜采用下列方法判别:

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

$$\frac{D_{20}}{d_{20}} \leq 8 \quad (\text{P. 0. 3-6})$$

式中: D_{20} 、 d_{20} ——分别代表较粗和较细一层土的土粒粒径(mm),小于该粒径的质量占土的总质量的 20%。

4 接触流失宜采用下列方法判别:

对于渗流向上的情况,符合下列条件将不会发生接触流失:

1) 不均匀系数小于或等于 5 的土层:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \quad (\text{P. 0. 3-7})$$

式中: D_{15} ——较粗一层土的土粒粒径(mm), 小于该粒径的土的质量占土的总质量的 15%;

d_{85} ——较细一层土的土粒粒径(mm), 小于该粒径的土的质量占土的总质量的 85%。

2) 不均匀系数小于或等于 10 的土层:

$$\frac{D_{20}}{d_{70}} \leq 7 \quad (\text{P. 0. 3-8})$$

式中: D_{20} ——较粗一层土的土粒粒径(mm), 小于该粒径的土的质量占土的总质量的 20%;

d_{70} ——较细一层土的土粒粒径(mm), 小于该粒径的土的质量占土的总质量的 70%。

P. 0. 4 无黏性土流土与管涌的临界水力比降确定方法:

1 流土型宜采用下式计算:

$$J_{\text{cr}} = (G_s - 1)(1 - n) \quad (\text{P. 0. 4-1})$$

式中: J_{cr} ——土的临界水力比降;

G_s ——土粒密度与水的密度之比;

n ——土的孔隙率(以小数计)。

2 管涌型或过渡型宜采用下式计算:

$$J_{\text{cr}} = 2.2(G_s - 1)(1 - n)^2 \frac{d_5}{d_{20}} \quad (\text{P. 0. 4-2})$$

式中: d_5 、 d_{20} ——分别占土的总质量的 5% 和 20% 的土粒粒径(mm)。

3 管涌型也可采用下式计算:

$$J_{\text{cr}} = \frac{42d_3}{\sqrt{\frac{K}{n^3}}} \quad (\text{P. 0. 4-3})$$

式中: K ——土的渗透系数(cm/s);

d_3 ——占土的总质量 3% 的土粒粒径(mm)。

4 土的渗透系数应通过渗透试验测定。若无渗透系数试验资料,可根据下式计算近似值:

$$K = 2.34n^3 d_{20}^2 \quad (\text{P. 0. 4-4})$$

式中: K ——土的渗透系数(cm/s);

d_{20} ——占土的总质量 20% 的土粒粒径(mm)。

P. 0. 5 无黏性土的允许水力比降宜采用下列方法确定:

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

2 无试验资料时,可根据表 P. 0. 5 选用经验值。

表 P. 0. 5 无黏性土允许水力比降

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

注:本表不适用于渗流出口有反滤层情况。若有反滤层作保护,则可提高 2 倍~3 倍。

P. 0. 6 两层土之间的接触冲刷临界水力比降 $J_{k. H. g}$ 可按下式计算:

如果两层土都是非管涌型土,则

$$J_{k. H. g} = \left(5.0 + 16.5 \frac{d_{10}}{D_{20}} \right) \frac{d_{10}}{D_{20}} \quad (\text{P. 0. 6})$$

式中: d_{10} ——代表细层的粒径(mm),小于该粒径的土重占总土重的 10%;

D_{20} ——代表粗层的粒径(mm),小于该粒径的土重占总土重的 20%。

P. 0. 7 黏性土流土临界水力比降的确定可按下列公式计算:

$$J_{c, cr} = \frac{4c}{\gamma_w D_0} + 1.25(G_s - 1)(1 - n) \quad (\text{P. 0. 7-1})$$

$$c = 0.2W_L - 3.5 \quad (\text{P. 0. 7-2})$$

式中: c ——土的抗渗凝聚力(kPa);

γ_w ——水的容重(kN/m^3);

D_0 ——取 1.0m;

W_L ——土的液限含水量(%)。

附录 Q 土的地震液化判别

Q.0.1 饱和和无黏性土和少黏性土的地震液化破坏,应根据土层的天然结构、颗粒组成、松密程度、地震前和地震时的受力状态、边界条件和排水条件以及地震历时等因素,结合现场勘察和室内试验综合分析判定。

Q.0.2 土的地震液化判定工作可分为初判和复判两个阶段。初判应排除不会发生液化的土层。对初判可能发生液化的土层,应进行复判。

Q.0.3 土的地震液化初判应符合下列规定:

1 地层年代为第四纪晚更新世 Q_3 或以前时,设计地震烈度小于Ⅷ度时可判为不液化。

2 土的粒径大于 5mm 颗粒含量的质量百分率大于或等于 70%时,可判为不液化。

3 对粒径小于 5mm 颗粒含量质量百分率大于 30%的土,其中粒径小于 0.005mm 的颗粒含量质量百分率相应于地震动峰值加速度为 0.10g、0.15g、0.20g、0.30g 和 0.40g 分别不小于 16%、17%、18%、19%和 20%时,可判为不液化。

4 工程正常运行后,地下水位以上的非饱和土,可判为不液化。

5 当土层的剪切波速大于式 Q.0.3-1 计算的上限剪切波速时,可判为不液化。

$$V_{st} = 291 (K_H Z \gamma_d)^{1/2} \quad (\text{Q.0.3-1})$$

式中: V_{st} ——上限剪切波速度(m/s);

K_H ——地面水平地震动峰值加速度系数,为水平地震动峰值加速度与重力加速度 g 之比,地面水平地震动峰

值加速度可按现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 查取或采用场地地震危险性分析结果；

Z ——土层深度(m)；

γ_d ——深度折减系数。

6 深度折减系数可按下列公式计算：

$$Z=0\sim 10\text{m}, \gamma_d=1.0-0.01Z \quad (\text{Q.0.3-2})$$

$$Z=10\text{m}\sim 20\text{m}, \gamma_d=1.1-0.02Z \quad (\text{Q.0.3-3})$$

$$Z=20\text{m}\sim 30\text{m}, \gamma_d=0.9-0.01Z \quad (\text{Q.0.3-4})$$

Q.0.4 土的地震液化复判应符合下列规定：

1 标准贯入击数法。

1)符合下式条件的土应判为液化土：

$$N_{63.5} < N_{cr} \quad (\text{Q.0.4-1})$$

式中： $N_{63.5}$ ——标准贯入试验贯入点的标准贯入锤击数；

N_{cr} ——液化判别标准贯入锤击数临界值。

2)在地面以下 20m 深度范围内，液化判别标准贯入锤击数临界值 N_{cr} 按下式计算：

$$N_{cr} = N_0 [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{\frac{3\%}{\rho_c}} \quad (\text{Q.0.4-2})$$

式中： N_0 ——液化判别标准贯入锤击数基准值，在设计地震动加速度为 0.10g、0.15g、0.20g、0.30g、0.40g 时分别取 7、10、12、16、19；

d_s ——标准贯入试验贯入点深度(m)；

d_w ——地下水埋深(m)；

ρ_c ——土的黏粒含量百分率(%)，当小于 3 或为砂土时，应采用 3。

3)水电工程常需要预先对工程运行时的坝基(地基)进行液化判别，若工程正常运行时标准贯入试验贯入点深度和地下水位深度与进行标准贯入试验时的贯入点深度和地

下水位深度不同,则进行液化判别时需按公式(Q.0.4-3)对实测标准贯入击数 $N'_{63.5}$ 进行校正,并按校正后的标准贯入击数 $N_{63.5}$ 作为复判依据。

$$N_{63.5} = N'_{63.5} \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right)^{0.5} \quad (\text{Q.0.4-3})$$

式中: σ_v ——工程正常运行时标准贯入点有效上覆垂直应力(kPa);
 σ'_v ——进行标准贯入试验时标准贯入点有效上覆垂直应力(kPa)。

σ_v 及 σ'_v 取值均不应小于 35kPa,且不大于 300kPa。

4)式(Q.0.4-3)适用于标准贯入点在地面以下 20m 以内的深度。

5)当标准贯入点的深度在地面以下 5m 以内时,应采用 5m 计算 N_{cr} 。

6)测定土的黏粒含量时应采用六偏磷酸钠作为分散剂。

2 相对密度复判法。

当饱和和无黏性土,包括砂和粒径大于 2mm 的沙砾的相对密度不大于表 Q.0.4 中的液化临界相对密度时,可判为可能液化土。

表 Q.0.4 饱和和无黏性土的液化临界相对密度(%)

设计地震动峰值加速度	0.05g	0.10g	0.20g	0.40g
液化临界相对密度(D_r) _{cr}	65	70	75	85

3 相对含水量或液性指数复判法。

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

2)相对含水量应按下式计算:

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

式中: W_U ——相对含水率(%);

W_s ——少黏性土的饱和含水率(%);

W_L ——少黏性土的液限含水率(%)。

3)液性指数应按下式计算：

$$I_L = \frac{W_S - W_P}{W_L - W_P} \quad (Q.0.4-5)$$

式中： I_L ——液性指数；

W_P ——少黏性土的塑限含水量(%)。

附录 R 岩体结构分类

表 R 岩体结构类型

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

附录 S 坝基岩体工程地质分类

表 S 坝基岩体工程地质分类

岩体 基本 质量	A 坚硬岩($R_b > 60\text{MPa}$)		B 中硬岩($R_b = 60\text{MPa} \sim 30\text{MPa}$)		C 软质岩($R_b < 30\text{MPa}$)	
	岩体特征	岩体工程性质评价	岩体特征	岩体工程性质评价	岩体特征	岩体工程性质评价
I	I _A : 岩体呈整体状或块状、巨厚层状、厚层状结构, 结构面不发育一轻度发育, 延展性差, 多闭合, 各向同性力学特征	岩体完整, 强度高, 抗滑、抗变形性能强, 不需作专门性地基处理; 属优良高混凝土坝地基	—	—	—	—
II	II _A : 岩体呈块状或次块状、厚层结构, 结构面中等发育, 软弱结构面分布不多, 或不存在影响坝基或坝肩稳定的楔体或棱体	岩体较完整, 强度高, 软结构面不控制岩体稳定, 抗滑抗变形性能较高, 专门性地基处理工作量不大, 属良好高混凝土坝地基	II _B : 岩体结构特征同 I _A , 具各向同性力学特性	岩体完整, 强度较高, 抗滑、抗变形性能较强, 专门性地基处理工作量不大, 属良好高混凝土坝地基	—	—

续表 S

岩体 基本 质量	A 坚硬岩 ($R_b > 60\text{MPa}$)		B 中硬岩 ($R_b = 60\text{MPa} \sim 30\text{MPa}$)		C 软质岩 ($R_b < 30\text{MPa}$)	
	岩体特征	岩体工程性质评价	岩体特征	岩体工程性质评价	岩体特征	岩体工程性质评价
III	III _{1A} : 岩体呈次块状或中厚层状结构, 结构面中等发育, 岩体中分布有缓倾角或陡倾角(坝肩)的软弱结构面或存在影响坝基或坝肩稳定的楔体或截体	岩体较完整, 局部完整性差, 强度高, 抗滑、抗变形能力在一定程度上受结构面控制; 对影响岩体变形和稳定的结构面应作专门处理	III _{1B} : 岩体结构特征基本同 II _A	岩体较完整, 有一定强度, 抗滑、抗变形性能受结构面和岩石强度控制	III _{1C} : 岩石强度大于 15MPa, 岩体呈整体状或巨厚层状结构, 结构面不发育—中等发育, 岩体具各向同性力学特性	岩体完整, 抗滑、抗变形性能受岩石强度控制
	III _{2A} : 岩体呈互层状或镶嵌碎裂结构, 结构面发育, 但贯穿性结构面不多见, 结构面延展差, 多闭合, 岩块间嵌合力较好	岩体完整性差, 强度仍较高, 抗滑、抗变形性能受结构面和岩块间嵌合力以及结构面抗剪强度特性控制, 对结构面应做专门性处理	III _{2B} : 岩体呈次块或中厚层状结构, 结构面中等发育, 多闭合, 岩块间嵌合力较好, 贯穿性结构面不多见	岩体较完整, 局部完整性差, 抗滑、抗变形性能在一定程度上受结构面和岩石强度控制		

续表 S

岩体 基本 质量	A 坚硬岩 ($R_b > 60\text{MPa}$)		B 中硬岩 ($R_b = 60\text{MPa} \sim 30\text{MPa}$)		C 软质岩 ($R_b < 30\text{MPa}$)	
	岩体特征	岩体工程性质评价	岩体特征	岩体工程性质评价	岩体特征	岩体工程性质评价
IV	IV _{1A} : 岩体呈互层状或薄层状结构或块裂结构, 结构面较发育, 明显存在不利于坝基及坝肩稳定的软弱结构面、楔体或棱体	岩体完整性差, 抗滑、抗变形性能明显受结构面和岩块间嵌合能力控制。能否作为高混凝土坝地基, 视处理效果而定	IV _{1B} : 岩体呈互层状或薄层状, 存在不利于坝基(肩)稳定的软弱结构面、楔体或棱体	岩体完整性差, 抗滑、抗变形性能明显受结构面和岩块间嵌合能力控制。能否作为高混凝土坝地基, 视处理效果而定	IV _C : 岩石强度大于 15MPa, 结构面发育或岩石强度小于 15MPa 结构面中等发育	岩体较完整, 强度低, 抗滑、抗变形性能差, 不宜作为高混凝土坝地基; 当局部存在该类岩体, 需专门处理
	IV _{2A} : 岩体呈碎裂结构, 结构面很发育, 且多张开, 夹碎屑和泥, 岩块间嵌合力弱	岩体较破碎, 抗滑、抗变形性能差, 不宜作为高混凝土坝地基。当局部存在该类岩体, 需作专门性处理	IV _{2B} : 岩体呈薄层状或碎裂状, 结构面发育, 多张开, 岩块间嵌合力差	岩体较破碎, 抗滑、抗变形性能差, 不宜作为高混凝土坝地基。当局部存在该类岩体, 需作专门性处理		
V	V _A : 岩体呈散体状结构, 由岩块夹泥或泥包岩块组成, 具松散连续介质特征	岩体破碎, 不能作为高混凝土坝地基; 当坝基局部地段分布该类岩体, 需作专门性处理	V _B : 岩体呈散体状结构, 由岩块夹泥或泥包岩块组成, 具松散连续介质特征	岩体破碎, 不能作为高混凝土坝地基; 当坝基局部地段分布该类岩体, 需作专门性处理	V _C : 岩体呈散体状结构, 由岩块夹泥或泥包岩块组成, 具松散连续介质特征	岩体破碎, 不能作为高混凝土坝地基; 当坝基局部地段分布该类岩体, 需作专门性处理

注: 本分类适用于高度大于 70m 的混凝土坝。 R_b 为岩石饱和单轴抗压强度。

附录 T 岩体地应力和高地应力条件下 岩体破坏类型及判别

T.0.1 岩体地应力的确定应符合下列规定：

1 在无实测地应力成果时，根据地质勘察资料，利用理论计算和经验对初始地应力场做出评估：

- 1) 在构造应力等因素影响不显著的地区，一般情况下，初始应力的垂直向应力为自重应力 γ_H ，水平向应力不小于 $\gamma_H \times \mu / (1 - \mu)$ 。
- 2) 通过对区域历次构造形迹的调查和对近期构造运动的分析，确定初始地应力的最大主应力方向。

历次发生的地质构造运动，常影响并改变自重地应力场。一般情况下，垂直向主应力和最大水平向主应力可按表 T.0.1 取值。

表 T.0.1 受构造应力影响较大地区的主应力

主应力 \ 埋深	<1000m	$\geq 1000\text{m}$
垂直向主应力 σ_V	$(0.8 \sim 3)\gamma_H$	$(0.8 \sim 1.2)\gamma_H$
最大水平向主应力 σ_H	$(0.8 \sim 3)\sigma_V$	$(0.7 \sim 2)\sigma_V$

- 3) 最大水平向主应力 σ_H 埋深大于 1000m，随着深度增加，初始地应力场逐渐趋向于静水压力分布，埋深大于 1500m 以后，一般可按静水压力分布考虑。
- 4) 在峡谷地段，从谷坡至山体以内，可区分为地应力释放区、地应力集中区和原始地应力区。峡谷的影响范围，在水平方向一般为谷宽的 1 倍～3 倍。河谷快速下切的地

区,一般应力释放区的影响范围较小,反之,则应力释放区的影响范围变大;谷坡位置越高,地应力释放区的影响范围越大。对两岸山体,最大主应力方向一般平行于岸坡。在河谷谷底较深部位,最大主应力方向趋于水平且转向垂直于河谷。

- 5) 发生岩爆或岩芯饼化现象,应视为存在高地应力,此时,可根据岩体在开挖过程中出现的主要现象,按表 T.0.2 进行评价。

2 有实测地应力成果时,直接利用实测值。根据需要,通过回归分析确定初始地应力场。

T.0.2 岩体初始地应力的分级应符合表 T.0.2 的规定。

表 T.0.2 岩体初始地应力的分级

应力 分级	最大主应力量级 σ_m (MPa)	R_b/σ_m	主要现象
极高地 应力	$\sigma_m \geq 40$	< 2	硬质岩:开挖过程中时有岩爆发生,有岩块弹出,洞壁岩体发生剥离,新生裂缝多;基坑有剥离现象,成形性差;钻孔岩芯多有饼化现象 软质岩:钻孔岩芯有饼化现象,开挖过程中洞壁岩体有剥离,位移极为显著,甚至发生大位移,持续时间长,不易成洞;基坑岩体发生卸荷回弹,出现显著隆起或剥离,不易成形
高地 应力	$20 \leq \sigma_m < 40$	$2 \sim 4$	硬质岩:开挖过程中可能出现岩爆,洞壁岩体有剥离和掉块现象,新生裂缝较多;基坑时有剥离现象,成形性一般尚好;钻孔岩芯时有饼化现象 软质岩:钻孔岩芯有饼化现象,开挖过程中洞壁岩体位移显著,持续时间较长,成洞性差;基坑发生有隆起现象,成形性较差

续表 T.0.2

应力 分级	最大主应力量级 σ_m (MPa)	R_b/σ_m	主要现象
中等地 应力	$10 \leq \sigma_m < 20$	4~7	硬质岩:开挖过程洞壁岩体局部有剥离和掉块现象,成洞性尚好;基坑局部有剥离现象,成形性尚好 软质岩:开挖过程中洞壁岩体局部有位移,成洞性尚好;基坑局部有隆起现象,成形性一般尚好
低地 应力	$\sigma_m < 10$	>7	无上述应力变形破坏现象

注:表中 R_b 表示岩石饱和单轴抗压强度 (MPa), σ_m 表示最大主应力 (MPa)。

T.0.3 高地应力条件下岩体的变形破坏分类及判别应符合表 T.0.3 的规定。

表 T.0.3 高地应力条件下岩体的变形破坏分类及判别

岩体高地应力破坏类型			主要现象
类型	亚类		
岩爆	强度应力型岩爆		完整、坚硬、脆性的岩体内积蓄的应变能超过岩体承受能力以后发生的剧烈破坏,往往伴随声响和震动,剖面形态往往呈 V 字形
	构造型岩爆	构造尖端型岩爆	沿构造端部的应力集中区域受开挖扰动而产生的能量释放破坏形式,往往伴随声响和震动
		构造应变型岩爆	沿构造面积聚的能量突然释放所产生的围岩破坏,岩爆源位于构造面附近,往往伴随声响和震动,岩爆坑具有应变型岩爆的特点
		构造滑移型岩爆	构造面上的法向应力被解除,硬性起伏的构造面以滑动的形式释放能量,往往伴随声响和震动,破坏程度大

续表 T.0.3

岩体高地应力破坏类型		主要现象
类型	亚类	
松弛破坏	强度应力型 松弛破坏	洞室围岩产生不受结构面控制的开裂松弛变形、压裂、坍塌破坏。松弛破坏的程度、深度与洞室跨度、施工方法有关,洞室跨度越大,松弛深度越大。
	构造型 松弛破坏	洞室围岩沿结构面产生的松弛破坏,其松弛程度、深度受结构面控制。诱发构造型松弛破坏的构造往往规模不大,但结构面在卸荷条件下更容易形成较大的应力差,因此也具备更大的破坏力
塑性变形	强度—应力控制型	软质岩围岩整体性较好,洞壁围岩发生位移内鼓、塑性挤出、大变形;基坑有隆起或剥离现象。该类变形受岩石强度和应力大小控制
	混合型	软质岩围岩构造较发育,洞壁围岩发生剪切位移、挤出和溃屈破坏;基坑有隆起或剥离现象,不易成形。该类变形受岩石强度、应力大小和构造控制

T.0.4 岩爆的判别应符合下列规定:

1 岩爆烈度分级应符合表 T.0.4 的规定。

表 T.0.4 岩爆烈度分级

岩爆分级	主要现象	岩爆判别	
		临界埋深(m)	R_b/σ_m
轻微岩爆	围岩表层有爆裂脱落、剥离现象,内部有噼啪、撕裂声,人耳偶然可听到,无弹射现象;主要表现为洞顶的劈裂—松脱破坏和侧壁的劈裂—松胀、隆起等。岩爆零星间断发生,影响深度小于0.5m;对施工影响较小	$H \geq H_{cr}$	4~7

续表 T.0.4

岩爆分级	主要现象	岩爆判别	
		临界埋深(m)	R_b/σ_m
中等岩爆	围岩爆裂脱落、剥离现象较严重,有少量弹射,破坏范围明显。有似雷管爆破的清脆爆裂声,人耳常可听到围岩内的岩石的撕裂声;有一定持续时间,影响深度 0.5m~1.0m;对施工有一定影响	$H \geq H_{cr}$	2~4
强烈岩爆	围岩大片爆裂脱落,出现强烈弹射,发生岩块的抛射及岩粉喷射现象;有似爆破的爆裂声,声响强烈;持续时间长,并向围岩深度发展,破坏范围和块度大,影响深度 1m~3m;对施工影响大		1~2
极强岩爆	围岩大片严重爆裂,大块岩片出现剧烈弹射,震动强烈,有似炮弹、闷雷声,声响剧烈;迅速向围岩深部发展,破坏范围和块度大,影响深度大于 3m;严重影响工程施工		<1

注:表中 H 为地下洞室埋深(m)。

2 临界埋深可根据下式计算:

$$H_{cr} = 318R_b(1-\mu)/(3-4\mu)\gamma \quad (\text{T.0.4})$$

式中: H_{cr} ——临界埋深,即发生岩爆的最小埋深(m);

R_b ——岩石饱和单轴抗压强度(MPa);

μ ——岩石泊松比;

γ ——岩石重度(kN/m^3)。

3 表 T.0.4 的岩爆判别适用于完整一较完整的中硬、坚硬岩体且无地下水活动的地段。

附录 U 外水压力折减系数经验取值

表 U 外水压力折减系数经验取值

级别	地下水活动状态	地下水对围岩稳定的影响	折减系数
1	洞壁干燥或潮湿	无影响	0~0.20
2	沿结构面有渗水或滴水	软化结构面的充填物质,降低结构面的抗剪强度,软化软弱岩体	0.10~0.40
3	严重滴水,沿软弱结构面有大量滴水、线状流水或喷水	泥化软弱结构面的充填物质,降低其抗剪强度,对中硬岩体发生软化作用	0.25~0.60
4	严重滴水,沿软弱结构面有少量涌水	地下水冲刷结构面中的充填物质,加速岩体风化,对断层等软弱带软化泥化,并使其膨胀崩解及产生机械管涌。有渗透压力,能鼓开较薄的软弱层	0.40~0.80
5	严重股状流水,断层等软弱带有大量涌水	地下水冲刷带出结构面中的充填物质,分离岩体,有渗透压力,能鼓开一定厚度的断层等软弱带,并导致围岩塌方	0.65~1.00

注:1 外水压力折减系数的取值宜结合采用的排水措施按本表选用。

2 当岩溶暗河、洞穴与地表水连通良好时,折减系数取1。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

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:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《中国地震动参数区划图》GB 18306
《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025
《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
《水电水利工程物探规程》DL/T 5010
《水电水利工程钻探规程》DL/T 5013
《水电工程可行性研究报告编制规程》DL/T 5020
《水电水利工程坑探规程》DL/T 5050
《水电水利工程地质测绘规程》DL/T 5185
《水电工程预可行性研究报告编制规程》DL/T 5206
《水电工程招标设计报告编制规程》DL/T 5212
《水电水利工程土工试验规程》DL/T 5355
《水电水利工程岩石试验规程》DL/T 5368
《水电水利工程天然建筑材料勘察规程》DL/T 5388
《活动断层探测》DB/T 15
《城乡规划工程地质勘察规范》CJJ 57