UDC

中华人民共和国国家标准 GB

P

GB 50287-99

水利水电工程地质勘察规范

Code for water resources and hydropower engineering geological investigation

1999-03-04 发布　　1999-08-01 实施

国家质量技术监督局
中华人民共和国建设部　联合发布

中华人民共和国国家标准

水利水电工程地质勘察规范

Code for water resources and hydropower engineering geological investigation

GB 50287-99

主编部门：中华人民共和国水利部
原中华人民共和国电力工业部
批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：1999年8月1日

1999 北 京

关于发布国家标准
《水利水电工程地质勘察规范》的通知

建标［1999］69号

根据国家计委《1986年工程建设标准规范和概预算定额制订修订计划》（计综合［1986］250号文附件十七）的要求，由水利部、原电力工业部会同有关部门共同制订的《水利水电工程地质勘察规范》，经有关部门会审，批准为强制性国家标准，编号为GB 50287-99，自1999年8月1日起施行。

本规范由水利部、国家电力公司负责管理，水电水利规划设计总院负责解释，建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

一九九九年三月四日

前　言

本规范是根据国家计委计综合[1986]250号文的要求，由水利部、原电力工业部负责，具体由原电力工业部水电水利规划设计总院、水利部水利水电规划设计总院，会同水利部天津勘测设计研究院、地质矿产部地质环境管理司、中国科学院地质研究所、国家地震局地质研究所等勘察设计和科研单位共同编制而成。经建设部1999年3月4日以建标[1999]69号文批准，并会同国家质量技术监督局联合发布。

本规范编制过程中，编写组进行了广泛地调查研究，认真总结了我国水利水电工程地质勘察的实践经验，吸收了有关科研成果，同时参考了有关国际标准和国外先进经验，并广泛征求了全国有关单位的意见，最后由水利部、原电力工业部会同有关部门审定。

本规范在执行过程中如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料寄送水电水利规划设计总院（北京六铺炕，邮政编码100011），以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人：

主 编 单 位：原电力工业部水电水利规划设计总院
水利部水利水电规划设计总院

参 编 单 位：水利部天津勘测设计研究院
地质矿产部地质环境管理司
中国科学院地质研究所
国家地震局地质研究所
原电力工业部贵阳勘测设计研究院
原电力工业部华东勘测设计研究院
原电力工业部昆明勘测设计研究院

水利部东北勘测设计研究院
水利水电科学研究院

主要起草人：朱建业　邵维中　陈祖安　杨国维　张性一
戴广秀　李　坪　许　兵　曹而斌　汪闻韶
刘　杰　孔令誉　吴嘉兴　费　谨　陈　云
周参忻　周颖博　王行本　邹小安　武建中
任金卫

目　　次

1　总　　则 …… (1)
2　基本规定 …… (2)
3　规划阶段工程地质勘察 …… (4)
3.1　一般规定 …… (4)
3.2　区域地质和地震 …… (4)
3.3　水库 …… (5)
3.4　坝址 …… (5)
3.5　长引水线路 …… (7)
3.6　勘察报告 …… (7)
4　可行性研究阶段工程地质勘察 …… (9)
4.1　一般规定 …… (9)
4.2　区域构造稳定性 …… (9)
4.3　水库 …… (11)
4.4　坝址 …… (14)
4.5　引水线路和厂址 …… (18)
4.6　溢洪道 …… (21)
4.7　天然建筑材料 …… (21)
4.8　勘察报告 …… (21)
5　初步设计阶段工程地质勘察 …… (23)
5.1　一般规定 …… (23)
5.2　水库 …… (23)
5.3　坝址 …… (27)
5.4　地下洞室 …… (33)
5.5　渠道 …… (35)

5.6 地面电站和泵站厂址 …… (36)
5.7 溢洪道 …… (37)
5.8 通航建筑物 …… (38)
5.9 天然建筑材料 …… (39)
5.10 勘察报告 …… (39)
6 技施设计阶段工程地质勘察 …… (42)
6.1 一般规定 …… (42)
6.2 专门性工程地质问题勘察 …… (42)
6.3 施工地质 …… (44)
附录A 工程地质勘察报告附件 …… (45)
附录B 喀斯特渗漏评价 …… (47)
附录C 浸没评价 …… (49)
附录D 岩土物理力学性质参数取值 …… (52)
附录E 岩体风化带划分 …… (58)
附录F 边坡稳定分析 …… (60)
附录G 环境水对混凝土腐蚀评价 …… (63)
附录H 黄土湿陷性判别 …… (65)
附录J 岩土渗透性分级 …… (66)
附录K 岩体结构分类 …… (67)
附录L 坝基岩体工程地质分类 …… (68)
附录M 土的渗透变形判别 …… (70)
附录N 土的液化判别 …… (74)
附录P 围岩工程地质分类 …… (78)
本规范用词说明 …… (82)

1 总　　则

1.0.1　为了统一水利水电工程地质勘察，明确勘察工作深度，保证勘察工作质量，制定本规范。

1.0.2　本规范适用于大型水利水电工程地质勘察工作。

1.0.3　水利水电工程地质勘察，除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 基本规定

2.0.1 水利水电工程地质勘察应分为规划、可行性研究、初步设计和技施设计四个勘察阶段。各勘察阶段工作应与相应阶段设计工作深度相适应。

2.0.2 各阶段工程地质勘察的任务应依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设计阶段、设计意图、工程技术指标和勘察要求，并应附有工程布置示意图。

2.0.3 勘察单位在开展野外工作之前，应收集和分析工程地区已有的地质资料，进行野外踏勘，了解场地的自然条件和工作条件，结合设计方案，按本规范的基本要求编制工程地质勘察大纲。

勘察大纲在执行过程中可以根据地质情况变化适当调整。

2.0.4 工程地质勘察大纲应包括下列内容：

1 勘察目的、工程概况和勘察阶段；

2 勘察地区的地形地质概况及工作条件；

3 勘察工作的内容、方法和计划工作量；

4 计划进度及完成日期；

5 提交资料的种类和数量；

6 经费预算及其他；

7 勘察工程布置示意图。

2.0.5 各阶段工程地质勘察应先进行工程地质测绘，并应符合下列要求：

1 工程地质测绘的比例尺应根据勘察阶段、工程特点和场地地质条件选定。

2 各种比例尺的工程地质测绘都应有露头观察点或勘探点。

3 工程地质测绘中可利用人造卫星、航测和陆摄像片等遥感资料进行地质解译。解译成果应进行野外检验和核定。

2.0.6 在场地地形和岩土物性条件适宜情况下，应采用物探技术，选择合适的物探方法。

2.0.7 坑、孔、洞、井等勘探工程应综合利用。各类钻孔在施工前应进行钻孔结构和施工程序的专门设计，并应按设计施工。

2.0.8 岩土试验应采用室内试验和原位测试相结合的方法进行。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。各种试验的项目、数量和方法应结合勘察阶段和工程特点进行选择。各种试样和原位测试点应具有地质代表性。

2.0.9 勘察工作中的各项原始资料应真实、准确、完整，并应及时整理和综合分析。勘察工作结束时，应编制和提交工程地质勘察报告。

3 规划阶段工程地质勘察

3.1 一般规定

3.1.1 规划阶段工程地质勘察应对河流开发方案和水利水电近期开发工程选择进行地质论证，并应提供工程地质资料。

3.1.2 规划阶段勘察应包括下列内容：

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，分析建库的可能性；

3 了解各梯级坝址的工程地质条件，分析建坝的可能性；

4 了解长引水线路的工程地质条件；

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。

3.2 区域地质和地震

3.2.1 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 区域内侵入岩、喷出岩、变质岩和沉积岩的分布范围、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。

2 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烈度等。

3 区域的地形地貌形态、阶地发育情况和分布范围。

4 大型泥石流、滑坡、喀斯特（岩溶）、移动沙丘及冻土等分布情况。

5 主要含水层和隔水层的分布情况，潜水的埋深，泉水的出露高程、类型及流量等。

3.2.2 区域地质和地震勘察工作应在搜集和分析已有的各类

最新区域地质志和区域地质图的基础上，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性资料时，应进行卫片或航片解译和路线地质调查，编绘区域综合地质图。

3.2.3 规划河流或河段的区域综合地质图的比例尺可选用1∶500 000～1∶100 000，区域综合地质图的范围应满足规划方案的需要。

3.3 水　　库

3.3.1 各梯级水库勘察应包括下列内容：

1 了解水库的地质和水文地质条件。

2 了解可能威胁水库成立的滑坡、潜在不稳定岸坡、泥石流、坍岸和浸没等的分布范围。

3 了解可溶岩地区的喀斯特发育情况，含水层和隔水层的分布范围，河谷和分水岭的地下水位，并对水库产生渗漏的可能性进行分析。

4 了解重要矿产和名胜古迹的分布情况。

3.3.2 水库勘察可结合区域地质研究工作进行。当水库可能存在渗漏、坍岸、浸没等工程地质问题时，应进行水库区工程地质测绘，并可根据需要布置勘探工程。

3.3.3 水库工程地质测绘比例尺可选用1∶100 000～1∶50 000，可溶岩地区1∶50 000～1∶25 000，水库渗漏的工程地质测绘范围应扩大至分水岭及邻谷。

3.4 坝　　址

3.4.1 各梯级坝址勘察应包括下列内容：

1 了解坝址的地貌特征；

2 了解坝址第四纪沉积的成因类型，两岸及河床覆盖层的厚度、层次和组成物质，特殊土的分布及土的渗透性；

3 了解坝址的地层岩性，基岩的类型及软弱岩层的分布规

律，岩体风化卸荷深度和岩体的渗透性；

4 了解坝址的地质构造、大断层、缓倾角断层和第四纪断层的发育情况；

5 了解坝址的物理地质现象和岸坡稳定情况；

6 了解坝址的地震基本烈度；

7 了解可溶岩地区的喀斯特洞穴发育情况，透水层及隔水层的分布情况；

8 了解地下水埋深及水力特性；

9 了解坝址附近天然建筑材料的种类及数量。

3.4.2 近期开发工程坝址勘察除应符合 3.4.1 条要求外，尚应包括下列内容：

1 坝基中主要软弱夹层的层位、天然性状和分布情况；

2 坝基中主要断层、缓倾角断层和断层破碎带的性状及其延伸情况；

3 坝肩岩体的稳定情况；

4 建筑在第四纪沉积物上的坝闸应了解坝基土层的层次、厚度、级配、性状、渗透性、地下水状态。

3.4.3 坝址勘察方法应符合下列规定：

1 坝址工程地质测绘比例尺，峡谷区可选用 1∶10 000～1∶5 000；丘陵平原区可选用 1∶25 000～1∶10 000。

测绘范围应包括比较坝址、绕坝渗漏的岸坡地段，以及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 坝址物探应采用地面物探方法。横河物探剖面线不应少于 3 条。近期开发工程的坝址物探剖面线可增加 1～2 条。

3 坝址勘探布置应符合下列规定：

1）各梯级坝址勘探剖面线上可布置 1～3 个钻孔，近期开发工程坝址勘探剖面线上可布置 3～5 个钻孔，其中河床部位宜为 1～3 个钻孔，两岸各不应少于 1 个钻孔或平洞。

2）河床钻孔深度应为坝高的1倍。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 坝区主要岩、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。

3.4.4 各梯级坝址应进行天然建筑材料普查。

3.5 长引水线路

3.5.1 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，第四纪沉积物的成因类型和分布情况；

3 了解地质构造，断层的规模和特征；

4 了解沟谷、浅埋洞、进出口地段的覆盖层厚度，岩体的风化卸荷情况和山坡的稳定情况；

5 了解沿线的水文地质条件，可溶岩区的喀斯特发育情况；

6 了解线路上建筑物的工程地质条件。

3.5.2 长引水线路的勘察方法应符合下列规定：

1 长引水线路勘察应采用工程地质测绘，比例尺可选用1∶50 000～1∶10 000，测绘范围应包括线路两侧各1km地带。

2 根据地形和岩性条件的适宜性，选用各种物探方法。

3 引水线路穿越河流、沟谷或深厚覆盖层地段可布置勘探钻孔。

3.6 勘察报告

3.6.1 规划阶段工程地质勘察报告正文应包括绪言、区域地质概况、各梯级方案的工程地质条件、结论和附件等。

3.6.2 绪言应包括规划方案、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。

3.6.3 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等。

3.6.4 各规划梯级方案的工程地质条件应按梯级序次编写，各章可按建筑物布置分为水库、坝址，以及长引水线路等节编写，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、坍岸、浸没等问题的初步分析。

2 坝址的工程地质条件应包括地形地貌、地层岩性、地质构造、地震基本烈度、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、地震、物理地质现象和水文地质条件，引水建筑物及其进出口、交叉建筑物和厂址工程地质条件的初步分析。

3.6.5 结论应包括对规划方案和近期开发工程选择的地质意见和对可行性研究阶段工程地质勘察工作的建议。

3.6.6 规划阶段工程地质勘察报告的附件应符合附录 A 的规定。

4　可行性研究阶段工程地质勘察

4.1　一 般 规 定

4.1.1　可行性研究阶段工程地质勘察应在河流或河段规划选定方案的基础上选择坝址，并应对选定坝址、基本坝型、枢纽布置和引水线路方案进行地质论证，提供工程地质资料。

4.1.2　可行性研究阶段勘察应包括下列内容：

1　进行区域构造稳定性研究,并对工程场地的构造稳定性和地震危险性作出评价。

2　调查水库区的主要工程地质问题，并作出初步评价。

3　调查坝址、引水线路、厂址和溢洪道等建筑物场地的工程地质条件，并对有关的主要工程地质问题作出初步评价。

4　进行天然建筑材料初查。

4.2　区域构造稳定性

4.2.1　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　活断层判定；

3　地震危险性分析；

4　水库诱发地震的潜在危险性预测。

注：活断层指晚更新世以来有过活动，今后还可能活动的断层。

4.2.2　区域构造背景研究应符合下列要求：

1　搜集分析坝址周围 300km 范围内的地层岩性、表层和深部构造、区域性活断层、现代构造应力场、重磁异常及地震活动性等资料，进行Ⅱ、Ⅲ级大地构造单元和地震区划分，并分析其稳定性。

2 调查坝址周围 20～40km 范围内的区域性断裂及其活动性。

3 进行坝址周围 8km 范围内的坝区专门性构造地质测绘，判定对坝址有影响的活断层。

构造地质测绘比例尺宜选用 1∶100 000～1∶25 000。

4.2.3 活断层的判定内容应包括活断层的识别、活动年龄和最大位移量等的判定。

4.2.4 活断层可根据下列标志直接判定：

1 错断晚更新世以来地层的断层。

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 10～15 万 a。

3 根据仪器观测，沿断层有大于 0.1mm/a 位移。

4 沿断层有历史和现代中、强震震中分布，或有晚更新世以来的古地震遗迹，或有密集而频繁的近期微震活动。

5 在地质构造上，证实与已知活断层有共生或同生关系的断层。

4.2.5 具有下列标志之一的断层，可能为活断层，应结合其它有关资料，综合分析判定：

1 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。

2 沿断层有断层陡坎，断层三角面平直新鲜，山前经常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、冷泉和承压泉等。

3 沿断层有明显的重力失衡带分布。

4 沿断层有水化学异常带或同位素异常带分布。

4.2.6 活断层的活动年龄应根据下列鉴定结果综合判定：

1 活断层上覆的未被错动地层的年龄；

2 断层中最新构造岩的年龄；

3 被错动的最新地层和地貌单元的年龄。

4.2.7 活断层的最大位移量应通过观测、地震断裂调查和模拟试验等资料综合判定。

4.2.8 工程场地地震基本烈度和地震危险性分析应根据工程的重要性和地区的地震地质条件，按下列规定进行：

1 坝高大于200m或库容大于$10\times10^9m^3$的大(1)型工程或地震基本烈度为七度及以上地区的坝高大于150m的大（1）型工程，应进行专门的地震危险性分析。

2 其它大型工程可按现行《中国地震区划图》确定地震基本烈度。对地震基本烈度为七度及以上地区的坝高为100～150m的工程，当历史地震资料较少时，应进行地震基本烈度复核。

3 地震危险性分析应包括工程使用期限内，不同超越概率水平下，坝、库区可能遭受的地震烈度；坝址基岩地震峰值水平加速度及反应谱等地震动参数；以及合成基岩地震动时程。

4.2.9 水库诱发地震潜在危险性预测应符合下列要求：

1 水库诱发地震潜在危险性预测应包括可能诱发地震的地段及各地段可能发生的最大震级和烈度。

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、孕震断裂、附近岩体的导水性和发震机理判定。

3 水库诱发地震的强度可根据发震断裂的长度、已有震例的类比或参照区域地震活动水平进行估计。

4.2.10 在构造稳定性方面，坝址选择宜遵守下列准则：

1 坝址不宜选在震级为6.5级及以上的震中区或地震基本烈度为九度以上的强震区。

2 大坝等主体工程不宜建在已知的活断层及与之有构造活动联系的分支断层上。

4.3 水　　库

4.3.1 水库工程地质勘察应包括下列内容：

1　调查水库区的水文地质条件，可能的渗漏地段，估算可能的渗漏量；

2　调查库岸稳定条件，预测水库坍岸情况；

3　预测水库浸没范围；

4　调查影响水库建设的其它环境地质问题。

4.3.2　水库渗漏勘察应包括下列内容：

1　调查可溶岩、强透水岩土层、大断层破碎带、古河道以及单薄分水岭等的分布和水文地质条件，并对渗漏量作出估计。

2　可溶岩地区应调查喀斯特的发育和分布规律，主要喀斯特通道的延伸和连通情况，隔水层和非喀斯特化岩层的分布、厚度变化、隔水性能和构造封闭条件，地下水分水岭位置，水文地质结构、地下水位和补排条件，岸边地下水排水凹槽的分布和水位等。估算水库渗漏量，初步评价其对建库的影响程度和处理的可能性。喀斯特渗漏评价应符合附录 B 的规定。

3　修建在干河谷或悬河上的水库、抽水蓄能电站和引水工程泵站的上库，应重点调查水库的垂向和侧向渗漏情况。

4　利用喀斯特泉的水利水电工程应调查泉域面积和流量变化情况。

4.3.3　库岸稳定勘察应包括下列内容：

1　调查水库区对工程建筑物、城镇和居民区环境有影响的滑坡、崩塌和其它潜在不稳定岸坡以及泥石流等的分布、大致范围和体积，初步评价水库蓄水前和蓄水后的稳定性及其危害程度。

2　抽水蓄能电站的上、下库，应调查库水位频繁变动对岸坡稳定的影响。

3　第四纪沉积物组成的库岸，应预测水库坍岸带的范围。

4.3.4　浸没勘察应包括下列内容：

1　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，地下水位以及地下水的补排条件。

2 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参数。

3 主要农作物种类、根须层厚度、有关地下水位以上毛管水上升带的高度、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 城镇和居民区建筑物的基础砌置深度、设计荷载等。

5 喀斯特区水库邻近的洼地的分布、高程、地质构造、喀斯特发育与连通情况、地表径流与地下水的排泄条件、地下水位与河水或库水的水力联系等。

6 预测可能的浸没范围。浸没评价应符合附录 C 的规定。

4.3.5 影响水库建设的其它环境地质问题调查应包括下列内容：

1 库区的矿产、名胜古迹以及温泉、矿泉等的分布；

2 库区泥炭、移动沙丘等的分布情况。

4.3.6 水库工程地质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∶50 000～1∶10 000，对可能威胁工程安全的滑坡和潜在不稳定岸坡，可采用更大的比例尺。

2 工程地质测绘范围除应包括整个库盆外，并应包括下列地区：

1) 喀斯特区应包括可能存在渗漏通道的河间地块、邻谷和坝下游地段；

2) 盆地或平原型水库应测到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；

3) 峡谷型水库应测到两岸坡顶，并包括两岸及坝址上、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 物探应根据地形、地质条件，采用综合物探方法，探测库区滑坡体，可能发生渗漏或浸没地区的地下水位、地下水流速与流向、隔水层的埋深、古河道和喀斯特通道以及隐伏的大断层破碎带的埋藏和延伸情况等。

4 水库区勘探剖面线和勘探点的布置应符合下列规定：

1)渗漏地段水文地质勘探剖面线应平行地下水流向或垂直渗漏带布置。勘探剖面线上的钻孔，应进入可靠的相对隔水层或可溶岩层中的非喀斯特化岩层。

2)浸没区水文地质勘探剖面线应垂直库岸或平行地下水流向布置。勘探点宜采用钻孔或试坑，试坑应挖到地下水位，钻孔应进入相对隔水层。

3) 坍岸预测剖面线应垂直库岸布置，靠近岸边的坑、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线。剖面线上的勘探坑、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装置，进行地下水动态观测，观测时间不应少于一个水文年。

7 近坝库区的不稳定岸坡应布置简易的岩土体位移和地下水动态观测。

4.4 坝　　址

4.4.1 坝址勘察应包括下列内容：

1 调查河床和两岸第四纪沉积物的厚度、成因类型、组成物质及其分层和分布，湿陷性黄土、软土、膨胀土、分散性土、粉细沙和架空层等的分布，基岩面的埋深、河床深槽、埋藏谷和古河道的分布。

平原区河流应调查牛轭湖、决口口门、沙丘等的分布和埋藏情况；当基岩埋深较浅时，应调查基岩面的倾斜和起伏情况。

2 调查基岩的岩性岩相特征，进行详细分层，初步查明软岩、易溶岩、膨胀性岩层和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 调查坝址区内主要断层、破碎带、顺河断层和缓倾角断层的性质、产状、规模、延伸情况、充填和胶结情况以及晚更新世以来的活动性，进行节理裂隙统计，分析各类结构面的组合对坝基、边坡岩体稳定和渗漏的影响。

4 调查岩体的风化深度和程度，以及不同风化带岩石的强度。岩体风化带的划分应符合附录E的规定。

5 调查对坝址选择和枢纽建筑物布置有影响的滑坡、倾倒体和潜在不稳定岩体以及卸荷岩体的分布，初步评价其稳定性。边坡稳定分析应符合附录F的规定。

6 调查泥石流的发生区、通过区和堆积区的范围、方量、发生条件及其对工程的影响。

7 调查坝址区的水文地质条件、岩土的渗透性、相对隔水层的埋深、厚度和连续性，地下水位、补排条件、河水和地下水的腐蚀性。环境水对混凝土腐蚀的评价应符合附录G的规定。

8 可溶岩区应初步查明喀斯特的分布情况和发育规律，主要溶洞和喀斯特通道的规模、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、渗漏量和处理方案。

9 进行岩土物理力学性质试验，初步选定各项岩土物理力学性质参数。岩土物理力学性质参数取值应符合附录D的规定。

4.4.2 坝址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∶10 000～1∶2 000。

2 工程地质测绘范围应包括下列地段：

1）各比较坝址，包括导流工程和副坝、溢洪道等有关枢纽建筑布置地段；

2）邻近及与阐明各比较坝址地质条件有关的地段，包括坝下游危及工程安全运行的可能失稳岸坡；

3）当比较坝址相距在 2km 及以上时，可分别单独测绘成图。

3 物探应符合下列规定：

1）物探方法应根据坝址区的地形、地质条件等确定；

2）物探剖面线应结合勘探剖面线布置，并应充分利用勘探钻孔进行综合测井；

3）坝址两岸应利用勘探平洞进行岩体弹性波波速和动弹性模量测试。

4 峡谷河流坝址的勘探布置应符合下列规定：

1）各比较坝址应有一条勘探剖面线，坝高 70m 及以上的主要坝址，应在主要勘探剖面线上、下游增加辅助剖面线；

2）主要勘探剖面线上勘探点的间距不应大于 100m，其中河床部分不应少于 2 个钻孔，两岸坝肩部位，在设计正常蓄水位以上，也应布置钻孔；

3）存在软弱夹层的坝址，应布置竖井或大口径钻孔；

4）两岸坝肩部位应分高程布置勘探平洞，当坝高在 70m 及以上时，可根据需要增加勘探平洞；

5）当存在影响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。

5 峡谷河流坝址的钻孔深度应符合下列规定：

1）峡谷区河床钻孔的深度应符合表 4.4.2 的规定：

表 **4.4.2** 峡谷区坝址河床钻孔深度（**m**）

覆盖层厚度（m）	钻孔深度	
	坝高 $H \geqslant 70$m	坝高 $H < 70$m
<40	$H/2 \sim 1H$	$1H$
$\geqslant 40$，并$<H$	>50	30～50
$\geqslant 40$，并$>H$	10～20	

注：表列钻孔深要求自基岩面算起。可溶岩区孔深可根据具体情况加深。

2）两岸岸坡上的钻孔应达到河水位高程以下，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 平原区或深厚覆盖层河流上的坝、闸址的勘探，应符合下列规定：

1）勘探剖面线和勘探点应结合建筑物和坝、闸址的地貌与地质单元，布置成网格状。

2）主要勘探剖面线上的钻孔间距，宜控制在 50～100m 之间。

3）勘探钻孔进入建基面以下的深度，不应小于坝高或闸底板宽度的 1.5 倍，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，钻孔应进入下卧的承载力较高的土层或相对隔水层。

4）当基岩埋深小于坝高或闸底板宽度的 1.5 倍时，钻孔进入基岩的深度不宜小于 5～10m。

7 水文地质测试应符合下列规定：

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）第四纪地层中的钻孔，应在钻进过程中观测地下水位，并应划分含水层和隔水层，主要含水层应布置抽水试验，测定渗透系数；

3）喀斯特发育区应进行连通试验；

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 5 组；

2）土基勘探应根据土的类型进行标准贯入试验、静力触探和十字板剪切试验等钻孔原位测试；

3)控制混凝土坝基稳定和变形的岩土层可进行原位变形和剪切试验。

9 勘察期间应进行地下水动态观测。

10　影响坝址选择的潜在不稳定岸坡应进行岸坡位移监测。

4.5　引水线路和厂址

4.5.1　引水隧洞线路勘察应包括下列内容：

1　调查隧洞沿线的地形地貌和物理地质现象及其分布。

2　调查工程区出露的地层和岩性，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工程地质性质不良岩层的分布。

3　调查工程区的褶皱、主要断层破碎带和各种类型的结构面的产状、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　调查主要的含水层、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、喀斯特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作出初步评价。

5　调查隧洞进出口段、过沟段、傍山洞段和浅埋洞段等的覆盖层厚度、基岩的风化深度和卸荷裂隙深度等。并对隧洞所通过的山体及进出口边坡的稳定条件作出初步评价。

6　进行岩石物理力学性质试验，并进行隧洞工程地质分段或岩体质量分级。

4.5.2　渠道线路勘察应包括下列内容：

1　调查渠道沿线的地形地貌、喀斯特塌陷区、滑坡、泥石流、古河道、移动沙丘、冻土层以及采空区等的分布。

2　调查沿线的地层岩性、岩盐、石膏、喀斯特化岩层、膨胀岩、泥炭、软土、粉细砂、分散性土以及湿陷性黄土等工程地质性质不良岩土层的分布。

3　调查傍山渠道沿线覆盖层厚度、基岩风化情况、卸荷带深度、地质构造、主要结构面的组合情况。

4　调查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条件，以及土壤盐渍化和沼泽化的情况。

5 进行渠道工程地质分段，对可能发生的严重渗漏、浸没、黄土湿陷和边坡失稳等工程地质问题作出初步评价。黄土湿陷性判别应符合附录 H 的规定。

4.5.3 地面式厂房和渠道建筑物场地勘察应包括下列内容：

1 调查场地的地形地貌、岩体风化带、卸荷裂隙带、倾倒体、滑坡、崩塌堆积体、喀斯特以及采空区等的分布及其稳定性。

2 调查场地的地层岩性，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，并对岩土的物理力学性质和承载能力作出初步评价。

3 调查场地的地质构造，断层、破碎带、节理裂隙等的性质、产状、规模和展布情况，各结构面的组合关系及其对厂址和边坡稳定的影响。

4 调查场地的水文地质条件，对水电站压力前池和泵站的上、下池的渗漏和渗透稳定条件以及基坑开挖中发生涌水、涌砂的可能性作出初步评价。

4.5.4 地下厂房勘察应符合本规范第 4.5.1 条的规定，并应包括下列内容：

1 调查地下厂房和洞群布置地段的岩性组成和岩体结构、各结构面的产状、规模、挤压破碎、风化、填充、延伸范围、空间展布以及相互切割组合情况，分析其对顶拱、边墙、洞群间壁岩体、交岔段、进出口以及高压管道上覆岩体等稳定的影响；

2 了解地下厂房地段的岩体应力、地温、有害气体和放射性矿物等的情况。

4.5.5 引水线路和厂址勘察方法应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺：隧洞和渠道线路可选用 1∶25 000～1∶5 000；建筑物场地可选用 1∶5 000～1∶1 000。

2 引水线路区的地质测绘范围应包括隧洞或渠道各比较线及其两侧各 300～1 000m 地带。

建筑物区应包括该建筑物的各比较方案及其配套建筑物布置地段。

3 勘察中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、喀斯特洞穴等，并应利用钻孔和平洞进行综合测井、波速和动弹性模量等岩体动力参数测试。

4 勘探应符合下列规定：

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；其它存在重大地质问题的地段可布置专门性勘探钻孔。

2) 平原渠道上勘探坑、孔应结合沿线的地貌和工程地质分段布置，每一工程地质分段均应有代表性勘探剖面线，傍山渠道上勘探坑、孔的布置，可根据需要确定。

3) 引水线路沿线进水闸、交叉建筑物、泵站以及水电站的调压井、高压管道和厂房等场地，应布置勘探剖面线和钻孔。

4) 地下洞室钻孔深度宜进入设计洞底高程以下 10～30m，但不应小于洞径；渠道钻孔宜进入设计渠底高程以下 5～10m，或到地下水位以下，或进入下卧的相对隔水层。

建筑物场地钻孔深度应进入设计建基面高程以下 20～30m。

5) 钻孔在钻进过程中应收集水文地质资料；隧洞和建筑物场地上的钻孔应根据需要进行抽水、压水试验和地下水动态观测。

6) 隧洞进出口、压力管道和地下厂房区可布置勘探平洞。

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静弹性模量、岩体应力和地温等原位测试；第四纪细粒土上的建筑物场地应进行标准贯入试验、静力触探、十字板剪切试验等钻孔原位测试。

4.6 溢 洪 道

4.6.1 溢洪道勘察应包括下列内容：

1 调查溢洪道区的地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象和水文地质条件等基本情况，以及覆盖层、风化层、断层、破碎带，软弱夹层、塌滑体和泥石流等的分布；

2 调查边坡岩体稳定、泄洪闸地基抗滑和渗透稳定条件，下游消能段岩体的抗冲条件以及冲刷坑岸坡的稳定条件。

4.6.2 溢洪道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∶5 000～1∶2 000。

2 勘探剖面线应沿设计溢洪道中心线及汇洪闸和消能设施等主要建筑物布置，钻孔深度宜进入设计建基面高程以下20～30m，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，进行岩土物理力学性质试验。

4.7 天然建筑材料

4.7.1 对工程所需的土料、砂砾石料和石料料场应进行初查。当需要采用人工骨料时，应对料源进行初查。

4.7.2 各类天然建筑材料的初查储量不宜小于设计需要量的3倍。

4.8 勘 察 报 告

4.8.1 可行性研究阶段工程地质勘察报告正文应包括：绪言、区域地质概况、水库区工程地质条件、建筑物区工程地质条件、天然建筑材料以及结论和建议等。

4.8.2 绪言应包括工程概况，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。

4.8.3 区域地质概况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。在论述地质构造时，应说明区域性大断裂、活断层情况和地震活动性，并对区域构造稳定性和地震危险性作出评价。可溶岩区应说明区域喀斯特发育情况以及喀斯特区地下水的补排条件等。

4.8.4 水库区工程地质条件应包括库区的地质概况、水文地质条件、水库渗漏、浸没、库岸稳定等工程地质问题及初步评价，以及发生水库诱发地震的可能性等。

4.8.5 建筑物区的工程地质条件，应根据工程的开发方式和建筑物布置，分坝址、引水线路和溢洪道等节编写。各节应包括下列内容：

1 坝址工程地质条件应包括：坝址地质概况；各比较坝址的工程地质条件；对坝址选择的意见以及推荐坝址的工程地质条件和主要工程地质问题，对有关坝型和枢纽布置方案的意见，并提出建议的岩土物理力学性质参数。

2 引水线路的工程地质条件应包括：引水线路的地质概况，各比较线路和厂址的工程地质条件与方案选择，推荐线路的工程地质分段说明等。

3 溢洪道及其它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。

4.8.6 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，开采和运输条件等。

4.8.7 结论和建议应包括基本地质特点，各建筑物的主要工程地质问题和评价，以及初步设计阶段勘察需要查明和研究的问题及建议。

4.8.8 勘察报告的附件应符合本规范附录 A 的规定。

5 初步设计阶段工程地质勘察

5.1 一般规定

5.1.1 初步设计阶段工程地质勘察应在可行性研究阶段选定的坝址和建筑物场地上进行，查明水库及建筑物区的工程地质条件，进行选定坝型、枢纽布置的地质论证和提供建筑物设计所需的工程地质资料。

5.1.2 初步设计阶段勘察应包括下列内容：

1 查明水库区水文地质工程地质条件，分析工程地质问题，预测蓄水后的变化；

2 查明建筑物地区的工程地质条件并进行评价，为选定各建筑物的轴线及地基处理方案提供地质资料和建议；

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

4 进行天然建筑材料详查；

5 进行地下水动态观测和岩土体位移监测。

5.2 水 库

5.2.1 严重渗漏地段勘察应包括下列内容：

1 可溶岩区应查明下列内容：

1）地下水位及其动态、相对隔水层的分布、厚度和延续性、喀斯特渗漏的性质；

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严重渗漏的地段，并应根据问题的性质进行相应的勘察工作。

5.2.2 严重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∶10 000～1∶2 000。

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，凡能追索的喀斯特洞穴均应进行测绘。

3 宜采用地面物探、测井、无线电波透视和地震波穿透等方法综合探测喀斯特的空间分布和强透水带的位置。

4 勘探剖面线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两个钻孔。钻孔应进入隔水层、相对隔水层或枯水期地下水位以下一定深度；喀斯特区钻孔深度应穿过喀斯特强烈发育带。平洞主要用于查明地下水位以上的喀斯特洞穴和通道。

5 应进行地下水动态观测，并基本形成长期观测网，各可能渗漏岩组内不应少于两个观测孔。观测内容除常规项目外，还应观测降雨时的洞穴涌水和流量变化情况。

6 喀斯特区应进行连通试验，查明喀斯特洞穴间的连通情况，示踪剂可采用萤光素、石松孢子、同位素、食盐等。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 当研究喀斯特水的年龄和来源时，宜进行地下水氚含量分析，取水样时要求含水层隔离良好，取样可靠，并应复测。

5.2.3 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。

2 根据水库运用水位预测浸没区的范围。

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透稳定性进行研究，提出处理措施的建议。

5.2.4 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∶2 000～

1∶1 000，农业地区可选用 1∶10 000～1∶5 000。

2 工程地质测绘范围应包括可能浸没区所在阶地的后缘。

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。剖面线间距农业地区为 1 000～3 000m，城镇地区为 200～500m。剖面线上钻孔深度应符合本规范第 4.3.6 条第 4 款的规定。预测浸没区所在的地貌单元不应少于两个控制钻孔，第一个控制孔应靠近水库设计正常蓄水位的边线布置。

4 勘探剖面线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正常蓄水位采用地下水动力学方法计算；库尾地段应加水位翘高值。

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 5 组。

7 防护工程地段应进行土的物理力学性质和水文地质试验，主要土层的试验组数累计不应少于 5 组。

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

5.2.5 坍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，确定岸坡的自然稳定坡角、浪击带稳定坡角和土的水下浅滩坡角。

2 预测不同库水位的坍岸范围，并提出长期观测的建议。预测中应考虑水库的运用方式、风向和坍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 调查邻近地区已建水库库岸和相似地质条件的河湖岸的自然稳定坡角和浪击带稳定坡角。

4 查明防护工程区的工程地质条件。

5.2.6 坍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∶2 000～1∶1 000，农业地区可选用1∶10 000～1∶5 000。

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4.3.6条第4款的规定，剖面线间距农业地区为1 000～5 000m，城镇地区为200～1 000m。

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

5.2.7 不稳定岸坡勘察应包括下列内容：

1 查明库区，特别是抽水蓄能电站的库区、近坝库区、城镇地段和规划移民区的大坍滑体和潜在不稳定岸坡的分布范围、体积、地质结构、边界条件和地下水动态。

2 预测施工期和水库运行期不稳定岸坡失稳的可能性，并应对水工建筑物、城镇、居民点及主要交通线路的可能影响作出评价

3 提出防治措施的建议和长期监测方案。

4 高陡峡谷岸坡应调查岩体应力情况和卸荷岩体的分布。

5 收集当地水文气象资料。

5.2.8 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∶5 000～1∶1 000。

2 工程地质测绘范围应包括不稳定岸坡及其有关地段。

3 在前阶段勘探工作的基础上补充钻孔、平洞或竖井，查明近坝库岸或城镇附近的坍滑体或不稳定岸坡的边界条件。

4 对水工建筑物、城镇、居民点及主要交通线路的安全有影响的不稳定岩体的滑带土应进行室内物理力学性质试验，试验组数累计不应少于5组。根据需要可进行原位抗剪试验、岩体应力测试、地质力学模型试验、涌浪模型试验和滑带土的粘土矿物分析。

5 根据需要，对不稳定岩土体可逐步建立和完善监测网，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，并应建立和完善地下水动态观测网。

5.2.9 水库诱发地震预测宜包括下列内容：

1 当可行性研究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、活断层和发震断层的情况，库盘的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等。

2 预测发生水库诱发地震的类型、潜在震源区及其震级上限。

5.2.10 水库诱发地震预测方法应符合下列规定：

1 进行区域构造稳定性研究和地震地质调查，其方法应符合本规范第 4.2.9 条的规定。

2 当预测发生水库诱发地震时，应设临时台站或台网监测地震活动。临时台站或台网宜在水库蓄水前 1～2a 开始观测，并宜延续到水库达到设计正常蓄水位后 2～3a。

5.3 坝　　址

5.3.1 混凝土坝坝址勘察应包括下列内容：

1 查明坝址建筑物场地覆盖层的分布、厚度、层次及其组成物质，河床深槽的具体范围和深度。

2 查明坝基、坝肩岩体的层次，查明易溶岩层、软弱岩层、软弱夹层和蚀变带等的分布、性状、延续性、起伏差、充填物、物理力学性质参数以及与上下岩层的接触情况。

3 查明对建筑物稳定有影响的断层、破碎带、断层交汇带和裂隙密集带的具体位置、规模和性状，特别是顺河断层和缓倾角断层的分布和特征。

4 查明岩体风化带和卸荷带在各部位的厚度及其特征。

5 查明坝基、坝肩岩体的完整性、结构面的产状、延伸长度

及其组合关系，确定坝基、坝肩稳定分析的边界条件。

6 查明岸坡和开挖边坡的稳定条件。

7 查明坝址的水文地质条件，主要喀斯特洞穴的分布和规模，相对隔水层埋藏深度，地表水和地下水对混凝土的腐蚀性，坝基、坝肩岩体渗透性的各向异性，以及岩体渗透性的分级，提出防渗处理的建议。岩土渗透性分级应符合附录J的规定。

8 查明泄流冲刷地段工程地质条件，评价泄流冲刷及泄流水雾对坝基及岸坡稳定的影响。

9 调查峡谷坝址的岩体应力情况，根据需要测试岩体应力。

10 根据坝基岩层和构造情况，进行坝基岩体结构分类，岩体结构分类应符合附录K的规定。

11 在分析坝基地质构造、岩体结构、岩体应力、风化特征、岩体强度和变形性质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，并对坝基工程地质条件作出评价。坝基岩体工程地质分类应符合附录L的规定。

12 根据需要进行施工和生活用水水源勘察。

5.3.2 混凝土坝坝址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∶2 000～1∶1 000，高拱坝坝址可选用1∶500。

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）宜采用综合测井和井下电视等方法调查结构面、软弱带的产状、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纵波或横波波速，进行岩体动弹性模量或纵波波速的分区。

3）喀斯特区可采用孔间或洞间测试以及层析成像技术调查喀斯特洞穴的分布。

3 勘探应符合下列规定：

1）勘探剖面线应根据具体地质情况结合建筑物特点布置。选定的坝线应布置坝轴线勘探剖面线和上、下游辅助勘探剖面线，剖面线间距根据坝高和地质条件，可采用 50～200m。溢流坝段、非溢流坝段、厂房坝段等应有代表性勘探纵剖面线。

2）坝轴线勘探剖面线上的勘探点间距可采用 20～50m，其它勘探剖面线上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 1/3～1/2 坝高的深度，帷幕线上钻孔深度可采用坝高或进入相对隔水层不应少于 10m。

4）第四纪地层上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 5～10m；当覆盖层厚度大于闸底宽度时，钻孔深度宜为闸底宽度的 1～2 倍，并应进入下伏承载力较高的土层或相对隔水层。

5）专门性钻孔的孔距、孔深可根据具体需要确定。

6）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、地质条件和岩体原位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、破碎带和软弱夹层时可布置河底平洞。

7）拱坝坝肩每隔 30～50m 高程应布置平洞。

8）抗力体部位应布置专门勘探工程查明中、缓倾角软弱结构面。

9）当钻孔或平洞遇到溶洞或大量漏水时，应继续追索或采

用其它手段查明情况。

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10组；影响坝基变形的岩类原位变形模量试验不应少于4点；控制坝基抗滑稳定的岩层或滑动面的原位抗剪和抗剪断试验组数不应少于4组。

2）第四纪地层上的坝闸基持力层范围内的每一土层均应取原状样，并进行室内物理力学性质试验，土层主要指标的试验组数累计不得少于11组。

3）土层和粉细砂层应结合钻探进行标准贯入试验，软粘土应进行十字板剪切试验。

4）根据需要可进行地质力学模型试验，岩体应力测试，载荷试验，混凝土拖板试验，可能液化土的三轴振动试验和管涌土的渗透变形试验等专门性试验。

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，其它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渗透性各向异性的定向渗透试验。

2）覆盖层应进行抽水试验，根据含水层的复杂程度可选用单孔或多孔，分层或综合抽水试验。

3）喀斯特区应进行连通试验和抽水试验。

6 地下水动态观测应符合下列规定：

1）观测内容应包括水位、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，并完善观测网。

7 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5.2.8条的第5款的规定。

5.3.3 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、河床深槽、古河道、埋藏谷

的具体范围、深度以及深槽或埋藏谷侧壁的坡度。

2 查明坝基河床及两岸基岩与覆盖层的层次、厚度和分布，重点查明软土层、粉细砂、湿陷性黄土、架空层、漂孤石以及基岩中的石膏夹层等工程地质性质不良土层的情况。

3 查明影响坝基、坝肩稳定的断层、破碎带的分布、规模、产状、性状、渗透性和渗透变形条件。

4 查明坝基的水文地质结构，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，岩土渗透性和地下水、地表水对混凝土的腐蚀性，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。

5 查明岸坡的风化带、卸荷带的分布、深度及稳定条件，重点查明坝体、面板堆石坝趾板、防渗体与地基和岸坡连接地段有无断层破碎带及其变形特性和允许渗透水力比降。

6 查明坝区喀斯特发育规律，主要喀斯特通道的分布与规模，相对隔水层的埋藏条件，提出建议的防渗处理范围。

7 提出坝基岩土体的渗透系数、允许渗透水力比降和各项物理力学性质参数，对地基的沉陷、湿陷、抗滑稳定、渗透变形、液化等问题作出评价，并提出坝基处理的建议。根据需要可进行原位载荷试验、可能液化土的三轴振动试验等专门性工作；土的渗透变形判别应符合附录 M 的规定；土的液化判别应符合附录 N 的规定。

5.3.4 土石坝坝址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∶5 000～1∶1 000；

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）可采用综合测井查明覆盖层层次，测定土层的密度；

2）可采用跨孔法测定横波波速，确定动剪切模量等参数；

3）其它应符合本规范第 4.4.2 条第 3 款的规定。

3 勘探应符合下列规定：

1）勘探剖面线应结合坝轴线、防渗线、排水减压井、消能建筑、面板堆石坝趾板等布置。

2）勘探点间距宜采用 50～100m。

3）基岩地基钻孔深度宜为坝高的 1/3～1/2，防渗线上的钻孔深度不应小于坝高。

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 10～20m，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和相对隔水层的具体情况确定。

5）专门性钻孔的孔距和钻孔深度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渗有影响的断层破碎带、喀斯特通道等。

4 岩土试验应符合下列规定：

1）第四纪地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。土层坑剪强度宜采用三轴试验，土层应连续取原状样和进行标准贯入试验。粉细砂应进行标准贯入试验。

2）根据需要进行室内三轴振动试验和原位渗透变形试验。

3）基岩地基岩石物理力学性质试验可按本规范第 5.3.2 条第 4 款的要求简化。

5 水文地质试验应符合下列规定：

1）根据第四纪地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 次。

2）强透水的大断层破碎带应作专门的水文地质试验。

3）防渗线上的基岩孔段应作压水试验，其它部位的钻孔可根据需要确定。

6 地下水动态观测和不稳定岩土体位移监测的要求应符合本规范第 5.3.2 条第 6 款和第 7 款的规定。

5.3.5 围堰工程地质勘察的内容和方法应符合本规范第 5.3.1～5.3.4 条的规定。

5.4 地 下 洞 室

5.4.1 地下洞室勘察应包括下列内容：

1 查明引水隧洞沿线和地下洞室的地形地貌条件和物理地质现象，过沟地段、傍山浅埋段和进出口边坡的稳定条件。

2 查明洞室地段的岩性，重点查明松散、软弱、膨胀、易溶和喀斯特化岩层的分布。在某些地区应调查岩层中有害气体或放射性元素的赋存情况。

3 查明岩层的产状，主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、产状、规模、性状及其组合关系。

4 查明洞室地段的地下水位、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、节理裂隙密集带和喀斯特通道，预测掘进时突然涌水的可能性，估算最大涌水量。

5 可溶岩区应查明洞室地段喀斯特的发育规律，主要洞穴的发育层位、规模、充填情况和富水性。

6 进行围岩工程地质分类，分类应符合附录 P 的规定。

7 确定各类岩体的物理力学性质参数，评价洞室围岩和进出口边坡的稳定性，提出处理建议。

8 大跨度地下洞室尚应查明主要软弱结构面的分布和组合情况，并结合岩体应力评价洞顶、边墙和洞室交叉段岩体的稳定性，提出处理建议。

9 查明压力管道地段上覆岩体厚度和岩体应力状态；高水头压力管道地段尚应调查上覆山体的稳定性，岩体的地质结构特征和高压渗透特性。

10 查明深埋洞室岩体应力情况。

11 调查深埋洞室的地温情况。

注：1 大跨度地下洞室指跨度大于 20m 的地下洞室；

2 高水头压力管道指水头大于 300m 的地下压力管道；

3 深埋洞室指埋藏深度大于 300m 的地下洞室。

5.4.2 地下洞室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）补充校核可行性研究阶段选定洞线地段的工程地质图。

2）地下式电站厂址以及隧洞进出口、傍山浅埋段、过沟段等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∶2 000～1∶1 000。

3)根据地质条件与需要，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 4.5.5 条第 3 款的规定。

3 勘探应符合下列规定：

1）进出口及各建筑物地段应布置勘探剖面线。

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 4.5.5 条第 4 款的规定。

3）隧洞进出口与地下厂房区应布置平洞与相应的横向支洞。

4）深埋洞室应布置勘探工程，根据具体条件可选用钻孔、平洞或水平钻孔等。

4 岩土试验应符合下列规定：

1）各类岩土室内物理力学性质试验组数累计不应少于 5 组。

2）大跨度深埋地下洞室应进行岩体变形模量、弹性抗力系数、抗剪断试验、岩体应力测试、地温测试和洞室围岩收敛观测。

5 高水头压力管道地段宜进行高压压水试验。

6 隧洞沿线和地下厂房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。

7 对建筑物安全有影响的不稳定岩土体应布置位移监测，其要求应符合本规范第 5.2.8 条第 5 款的规定。

5.5 渠　　道

5.5.1 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质和水文地质条件，基岩和第四纪地层的分布，重点查明强透水、易崩解、易溶的岩土层、湿陷性黄土、膨胀土和喀斯特的分布及其对渗漏和稳定的影响。

2 傍山渠道沿线应查明冲洪积扇、滑坡、泥石流、采空区和其它不稳定岸坡的类型、范围、规模和稳定条件。

3 平原丘陵区渠道应查明粉细砂、软土、砂丘和承压含水层的分布，地下水位及埋深，并应对渠道的渗漏、浸没、湿陷和液化等作出预测。

4 高填方与半挖半填渠段和泵站、渡槽、涵闸、倒虹吸等建筑物地段应查明地基和边坡岩土的性质及其稳定条件。

5 应进行渠道工程地质分段，提出各分段岩土的物理力学性质参数和工程地质条件评价。

5.5.2 渠道勘察方法应符合下列规定：

1 傍山渠道勘察应符合下列规定：

1）工程地质测绘比例尺可选用 1∶10 000～1∶1 000。

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线。

3）勘探坑、孔的间距与深度可根据需要确定。

4）存在工程地质问题的地段应进行岩土试验，影响稳定的岩土层的试验组数累计不应少于 5 组。

2 平原、丘陵区渠道勘察应符合下列规定：

1）补充校核可行性研究阶段选定渠线的工程地质图。

2) 每一工程地质分段应有代表性勘探剖面线，当地层有变化时应增加勘探剖面线。

3) 钻孔布置应符合本规范第 4.5.5 条第 4 款的规定。

4) 每一工程地质分段内的主要土层的物理力学性质试验组数累计不应少于 5 组。浸没区土的试验内容和要求应符合本规范第 4.3.4 条第 2、3 款与第 4.3.6 条第 5 款的规定；可能液化土应做标准贯入试验。

5) 可能存在渗漏问题的地段应进行野外渗透试验。

3 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∶2 000～1∶1 000，并应布置轴线勘探剖面线及横剖面线。

5.6 地面电站和泵站厂址

5.6.1 引水式地面电站和泵站厂址勘察应包括下列内容：

1 查明压力前池或调压搭、压力管道或明管、厂房和尾水渠布置地段的地层岩性，重点查明软弱夹层、石膏、粉细砂、膨胀土、软土、冻土和湿陷性黄土等的分布范围、性状和物理力学性质。

2 查明厂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 查明厂区滑坡、潜在不稳定岩体以及泥石流等物理地质现象。

4 查明厂区的水文地质条件和岩土体的透水性。

5 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变形条件。

5.6.2 引水式地面电站和泵站厂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∶2 000～1∶1 000。

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等所有建筑物地段。

3 勘探剖面线应结合建筑物轴线布置，包括压力前池、压力管道、厂房至尾水渠的纵剖面线及不同建筑物地段的横剖面线，对

厂区、泵站等建筑物安全有影响的边坡应布置勘探剖面线。

4 厂房、调压井和压力管道地段，当地基为基岩时，钻孔深度宜进入建基面以下 10～15m，当地基为第四纪地层时，钻孔深度应根据持力层情况确定。压力前池钻孔深度宜为 1～2 倍水深，黄土地区宜为 2～3 倍水深。

5 岩土物理力学性质试验应按厂区工程地质分段进行。主要岩土的室内物理力学性质试验组数累计不得少于 5 组，当主要持力层为第四纪地层时，应进行原位测试，并可采用物探测定岩土体的动力参数。

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。厂区附近稳定性可疑的边坡应进行位移监测。

5.7 溢 洪 道

5.7.1 溢洪道勘察应包括下列内容：

1 查明溢洪道布置地段的基岩与覆盖层的层次、厚度和岩性，断层、裂隙密集带、主要软弱夹层的分布和岩体的风化带。

2 查明岩土体的透水性和地下水位。

3 查明下游消能段、泄洪雾雨区及冲刷坑边坡的岩体结构及稳定条件。

4 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，评价泄洪闸基和沿线边坡的稳定条件。

5.7.2 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∶2 000～1∶1 000。

2 工程地质测绘范围应包括自引渠、泄洪闸至下游消能段，以及为论证边坡稳定所需的地段。溢洪道距坝很近时，应与坝址工程地质测绘范围连接。

3 勘探剖面线应在溢洪道工程地质分段的基础上结合引渠、泄洪闸、泄槽和消能建筑物等的轴线及有复杂地质问题的地段布

置。泄洪闸钻孔深度应符合本规范第 4.6.2 条第 2 款的规定，其它地段钻孔深度根据需要确定。

4 控制泄洪闸基和边坡稳定的岩土和软弱夹层的室内物理力学性质试验组数累计不应少于 5 组。

5 泄洪闸基及两侧帷幕区的钻孔应进行压水或注水试验。

6 地下水动态观测和不稳定岩土体位移监测的要求应符合本规范第 5.3.2 条第 6 款和第 5.2.8 条第 5 款的规定。

5.8 通航建筑物

5.8.1 通航建筑物的工程地质勘察应查明引航道、升船机、船闸闸首、闸室、上下游码头的地基和边坡的工程地质条件，调查断层、主要裂隙及其组合与边坡的关系，提出岩土体的物理力学性质参数，评价地基和开挖边坡的稳定性。

5.8.2 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∶2 000～1∶1 000。

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 可采用综合测井、井下电视、孔间穿透等方法进行覆盖层的分层和调查喀斯特的分布与规模，测定土层的密度和岩土体的纵波波速；根据需要，可采用跨孔法测定横波波速，确定动剪切模量。

4 勘探剖面线应结合建筑物布置，基岩地基钻孔深度应进入闸底板以下或弱风化岩顶面以下 5～10m，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线，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 5 组。土层应进行连续取样或标准贯入试验，并根据需要进行原位测试。

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;建筑物区附近稳定性可疑的边坡应进行位移监测。其要求应符合本规范第 5.3.2 条第 6 款和 5.2.8 条第 5 款的规定。

5.9 天然建筑材料

5.9.1 天然建筑材料勘察应包括下列内容:

1 应进行天然建筑材料详查,当需要时,应进行混凝土天然掺合料的调查。

2 缺乏天然骨料时,应进行人工骨料料源详查。

3 根据需要,配合施工组织设计对拟利用的石碴料质量作出评价。

4 详查储量不得少于设计需要量的 2 倍。

5.10 勘 察 报 告

5.10.1 初步设计阶段工程地质勘察报告正文应包括绪言、区域地质概况、水库区工程地质条件、建筑物工程地质条件、天然建筑材料及结论和建议等。

5.10.2 绪言应包括下列内容:

1 工程位置、工程主要指标、主要建筑物的布置方案;

2 可行性研究阶段工程地质勘察提出的主要问题和结论;

3 本阶段工程地质勘察工作概况,完成的工作项目和工作量。

5.10.3 区域地质概况应包括下列内容:

1 区域地层岩性、地质构造、地貌和物理地质现象、水文地质及地震地质等概况;

2 可溶岩区应重点说明喀斯特发育规律及喀斯特地下水的补排条件;

3 有关区域构造稳定性的主要结论和地震基本烈度。

5.10.4 水库工程地质条件应包括下列内容：

1 水库地质条件。

2 水库渗漏的性质、途径和范围，计算参数的确定，计算公式的选用，计算成果及其分析和说明，处理方案的建议，结论。

3 水库浸没区地质条件，地下水壅高计算参数和公式的选定，计算成果的分析说明，浸没标准的确定，根据水库运用水位预测的浸没范围，浸没区的分类、可能的发展情况和防护措施的建议。

4 库岸稳定性分段，不同设计水位时的不稳定岩土体的位置、高程、方量、主要地质条件、计算参数选择、计算成果和观测资料等，以及失稳影响和防治措施的建议。

5 评价水库诱发地震的条件，潜在震源区的确定及其震级上限的预测。

5.10.5 各建筑物的工程地质条件应包括下列内容：

1 坝、闸址工程地质条件应包括：地质概况，与选定坝型、坝轴线、枢纽布置方案有关的工程地质条件，坝基岩体工程地质分类，工程地质问题及评价和有关工程地质问题处理的建议。

2 引水隧洞工程地质条件应包括：工程地质条件分段及说明，围岩工程地质分类和工程地质问题评价及处理建议。

3 渠道工程地质条件应包括：工程地质条件分段及说明，渠道建筑物的工程地质条件和工程地质问题评价及处理建议。

4 厂址工程地质条件应包括：厂区工程地质条件，调压井或调压塔或压力前池、地下压力管道或明管、地面厂房或地下厂房、尾水渠或尾水洞的工程地质条件。

主要工程地质问题评价及处理建议。

5 溢洪道、通航建筑物和导流工程等的工程地质条件及工程地质问题评价等。

5.10.6 天然建筑材料应包括各类材料的实际需要量，并按不同材料、不同料场分述产地地形地质条件、勘探和取样情况、储量和

质量评定，开采和运输条件等。

5.10.7 结论和建议应包括建筑物区的基本地质特点、各建筑物主要工程地质问题及评价，以及对技施设计阶段勘察工作的建议。

5.10.8 报告附件应符合附录 A 的规定。

6 技施设计阶段工程地质勘察

6.1 一般规定

6.1.1 技施设计阶段工程地质勘察应在初步设计阶段选定的水库及枢纽建筑物场地上，检验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，并提供优化设计所需的工程地质资料。

6.1.2 技施设计阶段勘察应包括下列内容：

1 进行初步设计审批中要求补充论证的和施工中出现的专门性工程地质问题勘察；

2 提出对不良工程地质问题处理措施的建议；

3 进行施工地质工作；

4 提出施工期和运行期工程地质监测内容、布置方案和技术要求的建议；分析施工期工程地质监测资料。

6.2 专门性工程地质问题勘察

6.2.1 专门性工程地质问题及其勘察内容应根据工程的具体情况确定。

6.2.2 当预测可能发生水库诱发地震时，专门性勘察应包括下列内容：

1 完善初步设计阶段所布置的地震监测台网，并分析监测资料；

2 复核水库诱发地震震中位置和震级上限。

6.2.3 当存在危害工程安全的不稳定岸坡和边坡时，专门性勘察应包括下列内容：

1 复核影响岸坡或边坡稳定的工程地质条件和失稳的边界条件以及潜在滑动面的物理力学性质参数；

2 完善位移监测网，并分析监测资料；

3 复核失稳的可能性及其对工程的影响；

4 对可能失稳的岸坡或边坡，应对其施工方案和防护措施提出建议。

6.2.4 根据施工开挖揭露的地质情况，应及时修正坝基岩体风化带、卸荷带深度、坝基岩体工程地质分类，坝基河床覆盖层的层次和基岩面起伏情况，应核定坝基岩土体物理力学性质参数，完善地下水动态观测网，并应配合设计进行下列专门性勘察：

1 当局部坝段、坝块存在地基岩土体变形、抗滑稳定或渗透变形等问题时，应核定变形、抗滑稳定或渗透变形的边界条件及其破坏类型。

2 应核定可利用基岩面的深度和需要预留保护层的厚度。

3 当存在渗漏问题时，应核定坝基和渗漏地段防渗处理范围。

4 当坝基存在不良工程地质问题时，应核定其处理方案。

6.2.5 根据地下建筑物或导洞开挖所揭露的地质情况，应及时修正围岩工程地质分类。根据施工单位进行超前勘探的地质资料以及监测成果，应预测围岩稳定条件和涌水、涌砂情况，提出围岩支护措施的建议。

6.2.6 应根据具体情况，复查天然建筑材料的储量、质量及开采条件。当设计和施工部门提出利用碴料时，应配合有关部门进行碴料质量的检验。

6.2.7 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地质问题的复杂性、初步设计阶段查明深度和场地条件等因素确定。

2 应利用各种施工开挖工作面观察和搜集地质情况。

3 当施工中出现新的地质问题，需要查明其详细情况时，应进行工程地质测绘，比例尺可选用1∶1 000～1∶200，并应布置专门的勘探和试验。

6.2.8 专门性工程地质问题勘察报告应根据工程实际存在的问题确定。报告正文可包括绪言、地质概况、工程地质条件和结论。报告附件应符合附录A的规定。

6.3 施工地质

6.3.1 施工地质应包括下列内容：

1 搜集建筑物场地在施工过程中揭露的地质现象，检验前期的勘察资料；

2 编录和测绘建筑物基坑、地下建筑物围岩的地质现象；

3 进行地质观测和预报可能出现的地质问题；

4 进行地基加固和不良工程地质问题处理措施的研究；

5 进行与地质有关的工程验收。

6.3.2 施工地质方法应采用观察、素描、实测、摄影、录像等手段编录和测绘施工揭露的地质现象，并应进行岩土体波速、点荷载强度、回弹值等测试和监测工作。对影响变形和抗滑稳定的软弱岩层、破碎带及软弱结构面应进行复核性岩土物理力学性质试验。

6.3.3 施工地质结束，应及时编写竣工地质报告。报告正文应包括工程的主要工程地质条件、前期勘察的工程地质结论，各建筑场地施工开挖后的实际地质情况、地基和围岩加固处理措施等。报告附件应符合附录A的规定。

附录 A　工程地质勘察报告附件

A. 0. 1　各勘察阶段工程地质勘察报告的附件应符合表 A 的规定。

表 A　工程地质勘察报告附件

序号	附　件　名　称	规划	可行性研究	初步设计	技施设计
1	区域综合地质图（附综合地层柱状图和典型地质剖面）	√	—	—	—
2	区域构造纲要图（附地震烈度区划）	√	√	+	−
3	水库区综合地质图（附综合地层柱状图和典型地质剖面）	+	√	√	—
4	坝址及其它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	−	+	√	+
13	各比较坝址、引水线路或其它建筑物场地工程地质剖面图	√	√	−	−
14	选定坝址、引水线路或其它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	−	+	+	√

续表 A

序号	附 件 名 称	规划	可行性研究	初步设计	技施设计
17	钻孔柱状图	+	+	+	+
18	试槽、平洞、竖井展示图	+	+	+	+
19	岩、土、水试验成果汇总表	−	√	√	√
20	地下水动态、岩土体变形和水库诱发地震等监测成果汇总表	−	+	+	+
21	岩矿鉴定报告	+	+	+	−
22	地震危险性分析报告	−	+	+	−
23	物探报告	+	√	√	+
24	岩土试验报告	−	√	√	+
25	水质分析报告	+	+	+	+
26	专门性工程地质问题研究报告	−	+	+	+

注：1“√”表示应提交的附图附件；

2“+”表示视需要而定的附图附件。

附录 B　喀斯特渗漏评价

B. 0. 1　喀斯特渗漏，应从区域和工程地区喀斯特调查和渗漏条件的宏观分析入手，结合渗漏量估算作出综合评价。

B. 0. 2　喀斯特区水库渗漏，应根据喀斯特发育规律和空间分布、邻谷的位置和下切深度、河间地块岩层的透水性、喀斯特化程度、喀斯特水的补、排、迳流条件、动态变化和地下水分水岭的高程等，喀斯特水文地质条件以及非喀斯特化岩层的封闭条件和隔水性能等综合判定。

B. 0. 3　当水库区存在下列情况之一时，该水库可判为存在向邻谷或下游渗漏问题：

1　库水位高于邻谷河水位，河间地块无地下水分水岭，又无隔水层，或隔水层已被断层裂隙破坏不起隔水作用。

2　库水位高于邻谷河水位，河间地块虽有喀斯特地下水分水岭存在，但低于库水位，且设计正常蓄水位以下喀斯特发育，有通向库外的喀斯特通道。

3　水库蓄水前即有明显的漏失现象，河流上下游的流量出现反常现象，河水补给地下水，两岸或一岸有地下水凹槽，存在贯通上下游的纵向喀斯特通道。

B. 0. 4　有下面情况之一的喀斯特区坝址，可判为存在较严重的坝基或绕坝渗漏问题：

1　坝肩喀斯特发育，没有封闭条件良好的隔水层。

2　河水补给地下水，河床或两岸存在纵向地下径流或有纵向地下水凹槽。

3　坝区顺河向的断层、裂隙带、层面裂隙或埋藏古河道发育，并有与之相应的喀斯特系统。

B. 0. 5 喀斯特渗漏量应采用地下水动力学方法和水量均衡法进行计算，并应相互验证。

B. 0. 6 防渗处理的范围和深度应在保证水工建筑物安全的前提下，通过技术经济比较，按照下列原则确定：

1 保护坝基、坝肩附近的溶洞、裂隙中充填物在大坝运行期不发生冲刷，也不允许增大扬压力；

2 利用隔水层或相对隔水层；

3 通过渗流计算和电模拟试验。

附录C　浸 没 评 价

C.0.1　浸没评价应依据当地浸没监界值与潜水回水位埋深之间的关系确定，当预测的潜水回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。也可按下式计算求得：

$$H_{cr}=H_k+\triangle H \qquad (C.0.2)$$

式中　H_{cr}——浸没的临界地下水位埋深（m）；

H_k——地下水位以上，土壤毛管水上升带的高度（m）；

$\triangle H$——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，基础型式和砌置深度。

C.0.3　土壤毛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曲线选取。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的计算剖面进行。

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 浸没复判应符合下列要求：

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外，并应根据需要计算水库运用规划中的其它代表性运用水位下的浸没情况。

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　岩土物理力学性质参数取值

D.0.1　岩土物理力学性质参数取值应符合下列要求：

1　收集工程所在地区岩土体的成因类型、结构构造、物质组成、结构面分布规律、地应力状态和水文地质条件等地质资料，掌握岩土体的均质和非均质特性。

2　了解枢纽布置方案、工程建筑类型、持力方向、荷载大小，以及对地基、工程边坡和地下工程围岩的技术要求等设计意图。

3　搜集岩土试验样品的原始结构、天然含水量和应力状态，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。

4　试验成果可按岩土体质量类别、工程地质单元、区段或层位，分别用算术平均法、最小二乘法、图解法、数值统计法或优定斜率法进行整理，并舍去不合理的离散值。

5　应采用以整理后的试验值作为标准值，再根据水工建筑物地基或围岩的工程地质条件进行调整，提出地质建议值。当采用结构可靠度分项系数及极限状态设计方法时，岩土性能的标准值宜根据岩土试件性能的概率分布的某一分位值确定。

注：标准值是试验值经过统计修正或考虑保证率、强度破坏准则等经验修正后确定。强度破坏是指试件的破坏型式属脆性破坏、弹塑性破坏或塑性破坏，根据抗剪试验时的剪切位移曲线判定。

D.0.2　土的物理力学性质参数取值应符合下列规定：

1　土的物理力学性质参数应以试验室成果为依据。当土体具有明显的各向异性或工程设计有特殊要求时，应以原位测试成果为依据。

2　土的物理性质参数应以试验的算术平均值作为标准值，也

可采用概率分布的 0.5 分位值做标准值；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；用于水位降落和排水计算的渗透系数，应采用试验的小值平均作为标准值；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。

3 土的压缩模量可从压力—变形曲线上，以建筑物最大荷载下相应的变形关系选取；或按压缩试验的压缩性能，根据其固结程度选定标准值。土的压缩模量、泊松比也可采用概率分布的 0.5 分位值作为标准值。对于高压缩性软土，宜以试验的压缩量的大值平均值作为标准值。

4 地基土的允许承载力，可根据标准贯入击数或原位测试的临界荷载选定标准值。

5 混凝土坝、闸基础底面与地基土间的抗剪强度应符合下列规定：

1) 对粘性土地基，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)规划与可行性研究阶段的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.0.2 选用摩擦系数地质建议值。

表 **D.0.2** 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		$0.55 \geqslant f > 0.50$
砂		$0.50 \geqslant f > 0.40$
粉 土		$0.40 \geqslant f > 0.25$
粘土	坚 硬	$0.45 \geqslant f > 0.35$
	中等坚硬	$0.35 \geqslant f > 0.25$
	软 弱	$0.25 \geqslant f > 0.20$

6 土的抗剪强度宜采用试验峰值的小值平均值作为标准值；也可采用概率分布的 0.1 分位值作为标准值；当采用有效应力进行稳定分析时，对三轴压缩试验成果，宜采用试验的平均值作为标准值。

7 当采用总应力进行稳定分析时的标准值，应符合下列规定：

1）当地基为粘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强度；对软土可采用原位十字板剪切强度。

2）当地基粘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强度。

4）当地基土采用总应力动力分析时，宜采用总应力强度，采用动三轴压缩试验测定的动强度。

8 当采用有效应力进行稳定分析时，对于粘性土类地基，应测定或估算孔隙水压力，以取得有效应力强度。

9 当需要进行有效应力动力分析时，应测定饱和砂土的地震附加孔隙水压力，地震有效应力强度，可采用静力有效应力强度作为标准值。对于液化性砂土，应以专门试验的强度作为标准值。

10 对于无动力试验的粘性土和紧密砂砾等非液化性土的强度，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。

11 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，宜根据所含粘土矿物的性状、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，宜取流变强度作为标准值；弱膨胀土、含钙铁结核的膨胀土或坚硬粘土，可以峰值强度的小值平均值作为标准值。

12 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。

D.0.3 岩体的物理力学性质参数取值应符合下列规定：

1 对均质岩体的密度、单轴抗压强度、点荷载强度、波速等物理力学性质参数，可采用测试成果的算术平均值或统计的最佳值，或采用概率分布的 0.2 分位值作为标准值。

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，以取得相应条件下的单轴抗压强度、点荷载强度、弹性波速度等试验值，并应采用算术平均值或统计最佳值或采用概率分布的 0.2 分位值作为标准值。

3 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原位试验，并应采用压力—变形曲线上建筑物最大荷载下相应的变形关系选取标准值；弹性模量、泊松比也可采用概率分布的 0.5 分位值作为标准值。各试验的标准值应结合实测的动、静弹性模量相关关系、岩体结构、岩体应力进行调整，提出地质建议值。

4 坝基岩体承载力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，做相应折减后确定地质建议值。对软岩可通过三轴压缩试验确定其容许承载力。

5 混凝土坝基础底面与基岩间的抗剪断强度或抗剪强度取值应符合下列规定：

1）当试件呈脆性破坏时，坝基抗剪断强度取值：拱坝应采用峰值强度的平均值作为标准值；重力坝应采用概率分布的 0.2 分值作为标准值或采用峰值强度的小值平均值作为标准值，或采用优定斜率法的下限作为标准值。抗剪强度应采用比例极限强度作为标准值。

2）标准值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标号的6.5%～7%估算凝聚力。

4）规划、可行性研究阶段当坝基岩体力学参数试验资料不足时，可根据表D.0.3结合地质条件进行折减，选用地质建议值。

表D.0.3　坝基岩体力学参数

岩体分类	混凝土与岩体		岩　　体		变形模量
	f'	C'（MPa）	f'	C'（MPa）	E_0（GPa）
Ⅰ	$1.50 \geqslant f' > 1.30$	$1.50 \geqslant C' > 1.30$	$1.60 \geqslant f' > 1.40$	$2.50 \geqslant C' > 2.00$	>20.0
Ⅱ	$1.30 \geqslant f' > 1.10$	$1.30 \geqslant C' > 1.10$	$1.40 \geqslant f' > 1.20$	$2.00 \geqslant C' > 1.50$	$20.0 \geqslant E_0 > 10.0$
Ⅲ	$1.10 \geqslant f' > 0.90$	$1.10 \geqslant C' > 0.70$	$1.20 \geqslant f' > 0.80$	$1.50 \geqslant C' > 0.70$	$10.0 \geqslant E_0 > 5.0$
Ⅳ	$0.90 \geqslant f' > 0.70$	$0.70 \geqslant C' > 0.30$	$0.80 \geqslant f' > 0.55$	$0.70 \geqslant C' > 0.30$	$5.0 \geqslant E_0 > 2.0$
Ⅴ	$0.70 \geqslant f' > 0.40$	$0.30 \geqslant C' > 0.05$	$0.55 \geqslant f' > 0.40$	$0.30 \geqslant C' > 0.05$	$2.0 \geqslant E_0 > 0.2$

注：1 表中岩体即坝基基岩；

2 f'、C' 为抗剪断强度；

3 表中参数限于硬质岩，软质岩应根据软化系数进行折减。

6　岩体抗剪断强度或抗剪强度取值应符合下列规定：

1）当具有整体块状结构、层次结构的硬质岩体试件呈脆性破坏时，坝基抗剪强度取值：拱坝应采用峰值强度的平均值作为标准值；重力坝采用概率分布的0.2分位值作为标准值，或采用峰值强度的小值平均值作为标准值，或采用优定斜率法的下限值作为标准值；抗剪强度应采用比例极限强度作为标准值。

2）当具有无充填、闭合的镶嵌碎裂结构、碎裂结构及隐微裂隙发育的岩体，试件呈塑性破坏或弹塑性破坏，应采用屈服强度作为标准值。

3）标准值应根据裂隙充填情况、试验时剪切变形量和岩体应力等因素进行调整，提出地质建议值。

D.0.4　结构面的抗剪断强度取值应符合下列规定：

1　当结构面试件的凸起部分被啃断或胶结充填物被剪断时，

应采用峰值强度的小值平均值作为标准值。

2 当结构面试件呈摩擦破坏时，应采用比例极限强度作为标准值。

3 标准值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进行调整，提出地质建议值。

D. 0. 5 软弱层、断层的抗剪断强度取值应符合下列规定：

1 软弱层、断层应根据岩块岩屑型、岩屑夹泥型、泥夹岩屑型和泥型四类分别取值。

2 当试件呈塑性破坏时，应采用屈服强度或流变强度作为标准值。

3 当试件粘粒含量大于30%或有泥化镜面或粘土矿物以蒙脱石为主时，应采用流变强度作为标准值。

4 当软弱层和断层有一定厚度时，应考虑充填度的影响。当厚度大于起伏差时，软弱层和断层应采用充填物的抗剪强度作为标准值；当厚度小于起伏差时，还应采用起伏差的最小爬坡角，提高充填物抗剪强度试验值作为标准值。

5 根据软弱层、断层的类型和厚度的总体地质特征进行调整，提出地质建议值。

6 规划、可行性研究阶段，当结构面、软弱层、断层的抗剪断强度试验资料不足时，可结合地质条件根据表D. 0. 5进行折减选用地质建议值。

表 **D. 0. 5** 结构面、软弱层和断层的抗剪断强度

类　　型	f'	C' (MPa)
胶结的结构面	0. 80～0. 60	0. 250～0. 100
无充填的结构面	0. 70～0. 45	0. 150～0. 050
岩块岩屑型	0. 55～0. 45	0. 250～0. 100
岩屑夹泥型	0. 45～0. 35	0. 100～0. 050
泥夹岩屑型	0. 35～0. 25	0. 050～0. 020
泥	0. 25～0. 18	0. 005～0. 002

注：1 表中参数限于硬质岩中胶结或无充填的结构面；

2 软质岩中的结构面应进行折减；

3 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。

附录E　岩体风化带划分

E.0.1　岩体风化带的划分应符合表E的规定。

表E　岩体风化带

风化带	主要地质特征	风化岩纵波速与新鲜岩纵波速之比
全风化	·全部变色，光泽消失 ·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 ·除石英颗粒外，其余矿物大部分风化蚀变为次生矿物 ·锤击有松软感，出现凹坑，矿物手可捏碎，用锹可以挖动	＜0.4
强风化	·大部分变色，只有局部岩块保持原有颜色 ·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 ·除石英外，长石、云母和铁镁矿物已风化蚀变 ·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	0.4～0.6
中等风化 （弱风化）	·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 ·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 ·沿裂隙铁镁矿物氧化锈蚀，长石变得浑浊、模糊不清 ·锤击哑声，开挖需用爆破	＞0.6～0.8

续表 E

风化带	主 要 地 质 特 征	风化岩纵波速与新鲜岩纵波速之比
微风化	·岩石表面或裂隙面有轻微褪色 ·岩石组织结构无变化，保持原始完整结构 ·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 ·锤击发音清脆，开挖需用爆破	＞0.8～1.0
新　鲜	·保持新鲜色泽，仅大的裂隙面偶见褪色 ·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 ·锤击发音清脆，开挖需用爆破	＞1.0

E.0.2　使用表 E 时，遇有下列情况之一时，岩体风化带的划分可适当调整；

1　当某一级风化岩体厚度很大需要进一步细分时，可再分出二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。

附录F　边坡稳定分析

F.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。

F.0.2　边坡变形破坏应根据表F进行分类。

表F　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
	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
	楔型体	结构面组合的楔型体，沿滑动面交线方向滑动

续表 F

变形破坏类型		变 形 破 坏 特 征
蠕变	倾倒	反倾向层状结构的边坡，表部岩层逐渐向外弯曲、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
	侧向张裂	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

F. 0. 3 当边坡存在下列现象之一时，应进行稳定分析：

1 坡脚被水淹没或被开挖的新老滑坡或崩塌体；

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 其它稳定性可疑的边坡。

F. 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，应进行结构面网络模拟，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 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。在地震基本烈度为七度或七度以上的地区，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，应符合附录D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。

附录 G　环境水对混凝土腐蚀评价

G. 0. 1　环境水对混凝土的腐蚀程度分级，应符合表 G. 0. 1 的规定。

表 **G. 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	$5\leqslant F<20$	侧壁表面有明显隆起、剥落
强腐蚀	$F\geqslant 20$	材料有明显的破坏（严重裂开、掉小块）

G. 0. 2　判别环境水对混凝土的腐蚀性时，应搜集流域地区或工程建筑物场地的气候条件、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。

G. 0. 3　环境水对混凝土腐蚀性的判别标准，应符合表 G. 0. 3 的规定。

表 **G. 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 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$HCO_3^->1.07$ $1.07\geqslant HCO_3^->0.70$ $HCO_3^-\leqslant 0.70$ —
	一般酸性型	pH 值	无腐蚀 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$pH>6.5$ $6.5\geqslant pH>6.0$ $6.0\geqslant pH>5.5$ $pH\leqslant 5.5$
	碳酸型	侵蚀性 CO_2 含量（mg/L）	无腐蚀 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$CO_2<15$ $15\leqslant CO_2<30$ $30\leqslant CO_2<60$ $CO_2\geqslant 60$

续表 G. 0. 3

腐蚀性类型		腐蚀性特征判定依据	腐蚀程度	界限指标	
分解结晶复合类	硫酸镁型	Mg^{2+}含量（mg/L）	无腐蚀 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	$Mg^{2+}<1\ 000$ $1\ 000\leqslant Mg^{2+}<1\ 500$ $1\ 500\leqslant Mg^{2+}<2\ 000$ $2\ 000\leqslant Mg^{2+}<3\ 000$	
结晶类	硫酸盐型	SO_4^{2-} 含量（mg/L）	无腐蚀 弱腐蚀 中等腐蚀 强腐蚀	普通水泥 $SO_4^{2-}<250$ $250\leqslant SO_4^{2-}<400$ $400\leqslant SO_4^{2-}<500$ $500\leqslant SO_4^{2-}<1\ 000$	抗硫酸盐水泥 $SO_4^{2-}<3\ 000$ $3\ 000\leqslant SO_4^{2-}<4\ 000$ $4\ 000\leqslant SO_4^{2-}<5\ 000$ $5\ 000\leqslant SO_4^{2-}<10\ 000$

G. 0. 4 当采用表 G. 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 3 000m 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 S_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 H　黄土湿陷性判别

H.0.1　黄土湿陷性的判别分初判和复判两阶段进行。

H.0.2　黄土湿陷性初判可采用下列标准：

1　早更新世 Q_1 黄土应判为无湿陷性；中更新世 Q_2 黄土宜判为无湿陷性；无大孔隙、致密坚硬、呈块状结构、浅棕红色的黄土，宜判为无湿陷性。

2　在完整的黄土地层剖面中，自地表向下依次第一层黄土，宜判为中等湿陷性；第二层黄土宜判为轻微湿陷性；第三层及以下各层黄土可判为无湿陷性。自地表向下第一层、第二层所夹的古土壤层宜判为轻微湿陷性，其余层次黄土所夹的古土壤层宜判为无湿陷性。

3　凡潜水位以下的饱和黄土，宜判为无湿陷性。黄土的天然含水量超过塑性界限含水量时，宜判为轻微湿陷性或无湿陷性黄土。

4　较新的风积黄土和坡积黄土宜判为中等或严重湿陷性，且湿陷量很大。年代较新的冲积黄土，且下伏有厚层砂卵石层的冲积黄土宜判为严重湿陷性。

H.0.1　黄土湿陷性复判，应包括黄土的湿陷性质，建筑物场地的湿陷类型、黄土地基的湿陷量和湿陷等级等的判别。判别方法应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GBJ 25 的有关规定。

附录J　岩土渗透性分级

J.0.1　岩土渗透性分级应符合表J的规定。

表J　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	$K<10^{-6}$	$q<0.1$	完整岩石，含等价开度<0.025mm裂隙的岩体	粘土
微透水	$10^{-6}\leqslant K<10^{-5}$	$0.1\leqslant q<1$	含等价开度0.025～0.05mm裂隙的岩体	粘土－粉土
弱透水	$10^{-5}\leqslant K<10^{-4}$	$1\leqslant q<10$	含等价开度0.05～0.01mm裂隙的岩体	粉土－细粒土质砂
中等透水	$10^{-4}\leqslant K<10^{-2}$	$10\leqslant q<100$	含等价开度0.01～0.5mm裂隙的岩体	砂一砂砾
强透水	$10^{-2}\leqslant K<10^{0}$	$q\geqslant 100$	含等价开度0.5～2.5mm裂隙的岩体	砂砾－砾石、卵石
极强透水	$K\geqslant 10^{0}$		含连通孔洞或等价开度>2.5mm裂隙的岩体	粒径均匀的巨砾

注：Lu——吕荣单位，是1MPa压力下，每米试段的平均压入流量，以L/min计。

附录 K　岩体结构分类

K.0.1　岩体结构分类应符合表 K 的规定。

表 K　岩体结构分类

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 100～50cm
	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 50～30cm
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 100～50cm
	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 50～30cm
	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 30～10cm
	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
碎裂结构	镶嵌碎裂结构	岩体完整性差，岩块镶嵌紧密，结构面较发育到很发育，间距一般 30～10cm
	碎裂结构	岩体较破碎，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
	碎屑状结构	岩体破碎，岩屑或泥质物夹岩块

附录 L　坝基岩体工程地质分类

L.0.1　坝基岩体工程地质分类应符合表 L 的规定。

表 L 坝基岩体工程地质分类

类别	A 坚硬岩（R_b>60MPa）		B 中硬岩（R_b=60～30MPa）		C 软硬岩
	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
Ⅰ	$A_Ⅰ$：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，具各向同性力学特征	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	$A_Ⅱ$：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，软弱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	$B_Ⅱ$：岩体结构特征同 $A_Ⅰ$，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	
Ⅲ	$A_{Ⅲ1}$：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棱体	岩体较完整，局部完整性差，强度较高，抗滑、抗变形性能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	$B_{Ⅲ1}$：岩体结构特征基本同 $A_Ⅱ$	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	$C_Ⅱ$：岩石强度大于15MPa，岩体呈整体状或巨厚层状结构，结构面不发育一中等发育，岩体具各向同性力学特性
	$A_{Ⅲ2}$：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能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	$B_{Ⅲ2}$：岩体呈次块或中厚层次结构，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	
Ⅳ	$A_{Ⅳ1}$：岩体呈互层状或薄层状结构，结构面较发育一发育，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	$B_{Ⅳ1}$：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	同 $A_{Ⅳ1}$	$C_Ⅳ$：岩石强度大于15MPa，结构面发育或岩体强度小于15MPa结构面中等发育
	$A_{Ⅳ2}$：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，不宜作高混凝土坝地基。当局部存在该类岩体，需作专门性处理。	$B_{Ⅳ2}$：岩体呈薄层状或碎裂状，结构面发育一很发育，多张开，岩块间嵌合力差	同 $A_{Ⅳ2}$	
Ⅴ	$A_Ⅴ$：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	同 $A_Ⅴ$	同 $A_Ⅴ$	同 $A_Ⅴ$

注：本分类适用于高度大于 70m 的混凝土坝。

R_b 为饱和单轴抗压强度。

附录M　土的渗透变形判别

M.0.1　土的渗透变形的判别应包括下列内容：

1　土的渗透变型类型的判别；

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。

M.0.2　土的渗透变形应分别采用下列方法判别：

1　流土和管涌应根据土的细粒含量，采用下列方法判别：

1）流土：

$$P_c \geqslant \frac{1}{4\ (1-n)} \times 100 \qquad \text{(M.0.2-1)}$$

2）管涌：

$$P_c < \frac{1}{4\ (1-n)} \times 100 \qquad \text{(M.0.2-2)}$$

式中　P_c——土的细粒颗粒含量，以质量百分率计（%）；

n——土的孔隙率（%）。

3）土的细粒含量可按下列方法确定：

不连续级配的土，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粒含量。

连续级配的土，区分粗粒和细粒粒径的界限粒径d_f按下式计算：

$$d_f = \sqrt{d_{70} d_{10}} \qquad \text{(M.0.2-3)}$$

式中　d_f——粗细粒的区分粒径（mm）；

d_{70}——小于该粒径的含量占总土重70%的颗粒粒径(mm)；

d_{10}——小于该粒径的含量占总土重10%的颗粒粒径(mm)。

2 对于不均匀系数大于5的不连续级配土可采用下列方法判别：

1）流土：

$$P_c \geqslant 35\% \qquad \text{(M.0.2-4)}$$

2）过渡型取决于土的密度、粒级、形状：

$$25\% \leqslant P_c < 35\% \qquad \text{(M.0.2-5)}$$

3）管涌：

$$P_c < 25\% \qquad \text{(M.0.2-6)}$$

4）土的不均匀系数可采用下式计算：

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \times 100 \qquad \text{(M.0.2-7)}$$

式中 C_u——土的不均匀系数；

d_{60}——占总土重60%的颗粒粒径（mm）；

d_{10}——占总土重10%的颗粒粒径（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等于或小于10，且符合下式规定的条件时，不会发生接触冲刷。

$$\frac{D_{10}}{d_{10}} \leqslant 10 \qquad \text{(M.0.2-8)}$$

式中 D_{10}，d_{10}——分别代表较粗和较细一层土的颗粒粒径(mm)，小于该粒径的土重占总土重的10%。

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）不均匀系数等于或小于5的土层：

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leqslant 5 \qquad \text{(M.0.2-9)}$$

式中 D_{15}——较粗一层土的颗粒粒径（mm），小于该粒径的土重占总土重的15%；

d_{85}——较细一层土的颗粒粒径（mm），小于该粒径的土重占总土重的85%。

2）不均匀系数等于或小于10的土层：

$$\frac{D_{20}}{d_{70}} \leqslant 7 \qquad \text{(M.0.2-10)}$$

式中 D_{20}——较粗一层土的颗粒粒径（mm），小于该粒径的土重占总土重的20%；

d_{70}——较细一层土的颗粒粒径（mm），小于该粒径的土重占总土重的70%。

M.0.3 流土与管涌的临界水力比降宜采用下列方法确定：

1 流土型宜采用下式计算：

$$J_{cr} = (G_s - 1)(1 - n) \qquad \text{(M.0.3-1)}$$

式中 J_{cr}——土的临界水力比降；

G_s——土的颗粒密度与水的密度之比；

n——土的孔隙率（%）。

2 管涌型或过渡型宜采用下式计算：

$$J_{cr} = 2.2(G_s - 1)(1 - n)^2 \frac{d_5}{d_{20}} \qquad \text{(M.0.3-2)}$$

式中 d_5、d_{20}——分别占总土重的5%和20%的土粒粒径（mm）。

3 管涌型也可采用下式计算：

$$J_{cr} = \frac{42d_3}{\sqrt{\frac{k}{n^3}}} \qquad \text{(M.0.3-3)}$$

式中 k——土的渗透系数（cm/s）；

d_3——占总土重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：

$$k=6.3C_u^{-3/8}d_{20}^2 \qquad (M.0.3\text{-}4)$$

式中 d_{20}——占总土重20%的土粒粒径（mm）。

M.0.4 无粘性土的允许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M选用经验值。

表M 无粘性土允许水力比降

允许水力比降	渗透变形型式					
	流土型			过渡型	管涌型	
	$C_u\leqslant 3$	$3<C_u\leqslant 5$	$C_u\geqslant 5$		级配连续	级配不连续
$J_{允许}$	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。

附录N　土的液化判别

N.0.1　地震时饱和无粘性土和少粘性土的液化破坏，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。

N.0.2　土的液化判定工作可分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。

N.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，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；粒径大于5mm颗粒含量的质量百分率小于70%时，若无其它整体判别方法时，可按粒径小于5mm的这部分判定其液化性能。

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ρ_c含量质量百分率相应于地震设防烈度七度、八度和九度分别不小于16%、18%和20%时，可判为不液化。

4　工程正常运用后，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公式(N.0.3-1)计算的上限剪切波速时，可判为不液化。

$$V_{st}=219\sqrt{K_H Z r_d} \qquad (N.0.3\text{-}1)$$

式中　V_{st}——上限剪切波速度（m/s）；

K_H——地面最大水平地震加速度系数；

Z——土层深度（m）；

r_d——深度折减系数。

6 地面最大水平地震加速度系数可按地震设防烈度七度、八度和九度，分别采用 0.1、0.2 和 0.4。

7 深度折减系数可按下列公式计算：

$$Z=0\sim10\text{m}，r_d=1.0-0.01Z \qquad (N.0.3\text{-}2)$$

$$Z=10\sim20\text{m}，r_d=1.1-0.02Z \qquad (N.0.3\text{-}3)$$

$$Z=20\sim30\text{m}，r_d=0.9-0.01Z \qquad (N.0.3\text{-}4)$$

N.0.4 土的地震液化复判应符合下列规定：

1 标准贯入锤击数法。

1）符合下式要求的土应判为液化土：

$$N_{63.5}<N_{cr} \qquad (N.0.4\text{-}1)$$

式中 $N_{63.5}$——工程运用时，标准贯入点在当时地面以下 d_s（m）深度处的标准贯入锤击数；

N_{cr}——液化判别标准贯入锤击数临界值。

2）当标准贯入试验贯入点深度和地下水位在试验地面以下的深度，不同于工程正常运用时，实测标准贯入锤击数应按下式进行校正，并应以校正后的标准贯入锤击数 $N_{63.5}$ 作为复判依据。

$$N_{63.5}=N'_{63.5}\left(\frac{d_s+0.9d_w+0.7}{d'_s+0.9d'_w+0.7}\right) \qquad (N.0.4\text{-}2)$$

式中 $N'_{63.5}$——实测标准贯入锤击数；

d_s——工程正常运用时，标准贯入点在当时地面以下的深度（m）；

d_w——工程正常运用时，地下水位在当时地面以下的深度（m），当地面淹没于水面以下时，d_w 取 0；

d'_s——标准贯入试验时，标准贯入点在当时地面以下的深度（m）；

d'_w——标准贯入试验时，地下水位在当时地面以下的深度（m）；若当时地面淹没于水面以下时，d'_w 取0。

校正后标准贯入锤击数和实测标准贯入锤击数均不进行钻杆长度校正。

3）液化判别标准贯入锤击数临界值应根据下式计算：

$$N_{cr}=N_0\ [0.9+0.1\ (d_s-d_w)]\ \sqrt{\frac{3\%}{\rho_c}} \quad (\text{N}.0.4\text{-}3)$$

式中 ρ_c——土的粘粒颗粒含量质量百分率（%），当 $\rho_c<3\%$，ρ_c 取 3%；

N_0——液化判别标准贯入锤击数基准值。

4）液化判别标准贯入锤击数基准值 N_0，按表 N.0.4-1 取值。

表 **N.0.4-1** 液化判别标准贯入锤击数基准值

地震设防烈度	七度	八度	九度
近 震	6	10	16
远 震	8	12	—

注：当 $d_s=3\text{m}$，$d_w=2\text{m}$，$\rho_c\leqslant 3\%$时的标准贯入锤击数称为液化标准贯入锤击数基准值。

5）公式（N.0.4-3）只适用于标准贯入点在地面以下 15m 以内的深度，大于 15m 的深度内有饱和砂或饱和少粘性土，需要进行液化判别时，可采用其它方法判定。

6）当标准贯入点在地面以下 5m 以内的深度时，应采用 5m 计算。

7）当建筑物所在地区的地震设防烈度比相应的震中烈度小 2 度或 2 度以上时定为远震，否则为近震。

8）测定土的粘粒含量时应采用六偏磷酸钠做分散剂。

2 相对密度复判法。当饱和无粘性土（包括砂和粒径大于 2mm 的砂砾）的相对密度不大于表 N.0.4-2 中的液化临界相对

密度时，可判为可能液化土。

表 N.0.4-2　饱和无粘性土的液化临界相对密度

地震设防烈度	六度	七度	八度	九度
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）当饱和少粘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：

$$W_u=\frac{W_s}{W_L} \qquad (N.0.4\text{-}4)$$

式中　W_u——相对含水量（%）；

W_s——少粘性土的饱和含水量（%）；

W_L——少粘性土的液限含水量（%）。

3）液性指数应按下式计算：

$$I_L=\frac{W_s-W_p}{W_L-W_p} \qquad (N.0.4\text{-}5)$$

式中　I_L——液性指数；

W_p——少粘性土的塑限含水量（%）。

附录P　围岩工程地质分类

P.0.1　围岩工程地质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，并应符合表P.0.1的规定。

表P.0.1　围岩工程地质分类

围岩类别	围岩稳定性	围岩总评分 T	围岩强度应力比 S	支护类型
Ⅰ	稳定。围岩可长期稳定，一般无不稳定块体	$T>85$	>4	不支护或局部锚杆或喷薄层混凝土。大跨度时，喷混凝土、系统锚杆加钢筋网
Ⅱ	基本稳定。围岩整体稳定，不会产生塑性变形，局部可能产生掉块	$85\geqslant T>65$	>4	
Ⅲ	局部稳定性差。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，可能暂时稳定	$65\geqslant T>45$	>2	喷混凝土、系统锚杆加钢筋网。跨度为20～25m时，并浇筑混凝土衬砌
Ⅳ	不稳定。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	$45\geqslant T>25$	>2	喷混凝土、系统锚杆加钢筋网，并浇筑混凝土衬砌
Ⅴ	极不稳定。围岩不能自稳，变形破坏严重	$T\leqslant 25$		

注：Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ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。

P.0.2　围岩强度应力比 S 可根据下式求得：

$$S=\frac{R_b \cdot K_v}{\sigma_m} \qquad (P.0.2)$$

式中 R_b——岩石饱和单轴抗压强度（MPa）；

K_v——岩体完整性系数；

σ_m——围岩的最大主应力（MPa）。

P.0.3 围岩工程地质分类中五项因素的评分应符合下列标准：

1 岩石强度的评分应符合表 P.0.3-1 的规定。

表 P.0.3-1 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)	$R_b>60$	$60\geqslant R_b>30$	$30\geqslant R_b>15$	$15\geqslant R_b>5$
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 P.0.3-2 规定。

表 P.0.3-2 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		$K_v>0.75$	$0.75\geqslant K_v>0.55$	$0.55\geqslant K_v>0.35$	$0.35\geqslant K_v>0.15$	$K_v\leqslant 0.15$
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 60MPa$\geqslant R_b>$30MPa，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 30MPa$\geqslant R_b>$15MPa，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 15MPa$\geqslant R_b>$5MPa，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\leqslant$5MPa，属特软岩，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 P.0.3-3 的规定。

表 P.0.3-3　结构面状态评分

结构面状态	张开度 W（mm）	闭合 $W<0.5$		微　张 $0.5\leqslant W<5.0$									张开 $W\geqslant 5.0$	
	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，软岩加 2 分；结构面延伸长度大于 10m 时，硬质岩、较软岩减 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 P.0.3-4 的规定。

表 P.0.3-4　地下水评分

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）			$q\leqslant 25$ 或 $H\leqslant 10$	$25<q\leqslant 125$ 或 $10<H\leqslant 100$	$q>125$ 或 $H>100$
基本因素评分 T′	$\geqslant T'>85$	地下水评分 D	0	0～−2	−2～−6
	$85\geqslant T'>65$		0～−2	−2～−6	−6～−10
	$65\geqslant T'>45$		−2～−6	−6～−10	−10～−14
	$45\geqslant T'>25$		−6～−10	−10～−14	−14～−18
	$T'\leqslant 25$		−10～−14	−14～−18	−18～−20

注：基本因素评分 T' 系前述岩石强度评分 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 P. 0. 3-5 规定。

表 P. 0. 3-5 主要结构面产状评分

结构面走向与洞轴线夹角		90°～60°				<60°～30°				<30°			
结构面倾角		>70°	70°～45°	<45°～20°	<20°	>70°	70°～45°	<45°～20°	<20°	>70°	70°～45°	<45°～20°	<20°
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。

P. 0. 4 本围岩工程地质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、喀斯特洞穴发育地段的地下洞室。

P. 0. 5 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。对国际合作的工程还可采用国际通用的围岩分类对比使用。

本规范用词说明

1　表示很严格，非这样做不可的用词
　　正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
2　表示严格，在正常情况均应这样做的用词
　　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用词
　　正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
　　表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。