

中华人民共和国水利行业标准

SL 373—2007

水利水电工程水文地质勘察规范

**Specification for hydrogeological exploration of
water resources and hydropower engineering**

2007-05-11 发布

2007-08-11 实施



中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告

2007 年第 4 号

中华人民共和国水利部批准以下 5 项标准为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水利水电工程水文地质勘察规范	SL 373—2007		2007.05.11	2007.08.11
2	预冷混凝土片冰库	SL 374—2007		2007.05.11	2007.08.11
3	缆索起重机技术条件	SL 375—2007		2007.05.11	2007.08.11
4	水利信息化常用术语	SL/Z 376—2007		2007.05.11	2007.08.11
5	水工挡土墙设计规范	SL 379—2007		2007.05.11	2007.08.11

二〇〇七年五月十一日

前 言

根据水利部水利规划设计管理局“关于下达 2001 年度水利水电勘测设计技术标准制度、修订项目计划及主编单位的通知”(水总局科〔2001〕1 号)按照《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002)的要求,编写本标准。

本标准共 13 章 183 条和 11 个附录,主要技术内容有:

- 水利水电工程水文地质勘察的基本原则和规定;
- 水利水电工程水文地质勘察工作的勘察目的与任务;
- 水利水电工程水文地质勘察工作的勘察内容;
- 水利水电工程水文地质勘察工作的勘察方法;
- 水文地质勘察资料的整理内容及要求。

本标准批准部门:中华人民共和国水利部

本标准主持机构:水利部水利水电规划设计总局

本标准解释单位:水利部水利水电规划设计总局

本标准主编单位:黄河勘测规划设计有限公司

本标准参编单位:中水北方勘测设计研究有限责任公司

贵州省水利厅

贵州省水利水电勘测设计研究院

吉林省水利水电勘测设计研究院

新疆维吾尔自治区水利水电勘测设计研究院

本标准出版、发行单位:中国水利水电出版社

本标准主要起草人:高广礼 李清波 路新景 任增平

董存波 刘丰收 陈丁发 吴伟功

赵振海 汪海涛 赵爱平 潘伯敏

庄信荣 李金都 戴其祥 万 力

孙文怀 苏万益 王建平 王瑞库

本标准审查会议技术负责人:司富安

本标准体例格式审查人:窦以松

目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	4
4	区域水文地质勘察	6
4.1	目的与任务	6
4.2	勘察内容	6
4.3	勘察方法	6
5	水库区的水文地质勘察	7
5.1	目的与任务	7
5.2	勘察内容	7
5.3	勘察方法	8
5.4	水文地质问题评价	10
6	坝（闸）址区水文地质勘察	12
6.1	目的与任务	12
6.2	勘察内容	12
6.3	勘察方法	13
6.4	主要水文地质问题评价	15
7	地下洞室水文地质勘察	17
7.1	目的与任务	17
7.2	勘察内容	17
7.3	勘察方法	17
7.4	主要水文地质问题评价	19
8	渠道水文地质勘察	23
8.1	目的与任务	23

8.2	勘察内容	23
8.3	勘察方法	23
8.4	主要水文地质问题评价	24
9	灌区水文地质勘察	26
9.1	目的与任务	26
9.2	勘察内容	26
9.3	勘察方法	26
9.4	地下水资源评价	30
9.5	土壤盐渍化评价	31
10	堤防水文地质勘察	33
10.1	目的与任务	33
10.2	勘察内容	33
10.3	勘察方法	33
10.4	水文地质问题评价	34
11	边坡水文地质勘察	35
11.1	目的与任务	35
11.2	勘察内容	35
11.3	勘察方法	35
12	岩溶区水文地质勘察	37
12.1	目的与任务	37
12.2	勘察内容	37
12.3	勘察方法	38
12.4	岩溶区水库渗漏问题评价	39
13	水文地质勘察资料整理	41
13.1	目的与任务	41
13.2	水文地质图件	41
13.3	水质分析资料	43
13.4	水文地质勘察报告	44
附录 A	水利水电工程各勘察阶段水文地质测绘比例尺	50
附录 B	水文地质勘察中物探方法的应用	52

附录 C	水库渗漏量计算、地下水壅水计算常用公式	56
附录 D	水文地质分析中渗透系数取值原则	62
附录 E	岩土体渗透结构类型划分	64
附录 F	钻孔高压压水试验	66
附录 G	岩体定向压水试验	72
附录 H	地下洞室涌水量估算（大井法）井半径计算 公式	76
附录 I	渠道的渗漏计算可采用的方法	78
附录 J	岩溶水文地质常用分类	83
附录 K	岩溶水示踪试验与应用	89
标准用词说明		92
条文说明		93

1 总 则

1.0.1 为规范水利水电工程水文地质勘察工作，明确工作深度、内容、方法与技术要求，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于大型水利水电工程的水文地质勘察工作，中、小型水利水电工程可参照执行。

1.0.3 本标准的引用标准主要有如下：

《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)

《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005)

《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)

《地下水质量标准》(GB/T 14848—93)

《供水水文地质勘察规范》(GB 50027—2001)

《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287—99)

《渠道防渗工程技术规范》(SL 18—2004)

《水利水电工程钻孔压水试验规程》(SL 31—2003)

《堤防工程地质勘察规程》(SL 188—2005)

《水利水电工程地质观测规程》(SL 245—1999)

《水工隧洞设计规范》(SL 279—2002)

《水利水电工程钻探规程》(SL 291—2003)

《水利水电工程地质测绘规程》(SL 299—2004)

《水利水电工程施工地质勘察规程》(SL 313—2004)

《水利水电工程地质钻孔抽水试验规程》(SL 320—2005)

《水利水电工程物探规程》(SL 326—2005)

1.0.4 水利水电工程水文地质勘察除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 水文地质勘察 hydrogeological investigation

为查明一个地区的水文地质条件而进行的野外和室内水文地质工作，主要包括水文地质测绘、勘探、物探、试验、观测等。

2.1.2 水文地质条件 hydrogeological condition

表征地下水形成、分布、运动以及水质、水量等特征的地质环境。

2.1.3 水文地质试验 hydrogeological test

为评价水文地质条件和取得水文地质参数而进行的各种测试和试验工作。

2.1.4 地下水均衡 groundwater balance

一定区域、一定时段内地下水输入水量、输出水量与蓄水变量之间的数量平衡关系。

2.1.5 给水度 specific yield

饱和岩土在重力作用下能自由排出的水体积与岩土总体积之比。

2.1.6 毛管水 capillary water

在潜水面以上由毛细力维持的水。

2.1.7 渗透结构 seepage structure

透（含）水层（体）和相对隔水层（体）的空间分布及组合规律。

2.1.8 涌水与突泥 water and mud bursting

工程施工中，在一定水压力作用下，沿透水岩体（带）以及无（少）泥沙充填的洞穴，突然发生大量出水的现象称为涌水；在一定水压力作用下，沿松散（软）岩带或充填性溶洞，突然大量涌出水、泥、沙等混杂物的现象称为突泥。

2.1.9 最大涌水量 maximum water yield

隧洞或其他工程某段在含水体中掘进时的峰值涌水量。

2.1.10 正常涌水量 normal water yield

隧洞或其他工程涌水达到基本稳定时的涌水量。

2.1.11 比较蚀度 specific corrodibility

试样溶蚀量和标准溶蚀量之比。

2.1.12 综合水文地质图 synthetic hydrogeological map

根据水文地质勘察资料编制的能够综合反映工作区水文地质条件的图件。

2.2 符 号

K ——渗透系数

μ ——给水度

Q ——涌水量

P_{wi} ——动水压力

γ_w ——水的重度

P_w ——静水压力

I_0 ——起始水力坡度

3 基本规定

3.0.1 水文地质勘察一般情况下应与工程地质勘察合并进行，在灌区、可能发生严重渗漏和大面积浸没的地区、水文地质条件复杂地区应进行专门性的水文地质勘察。当施工过程中发现实际水文地质条件与预计情况相比较明显变化并可能引起相应工程设计方案重大调整或工程运行期间出现严重水文地质问题时，也可根据需要，进行专门性水文地质勘察；专门性水文地质勘察工作的勘察阶段，应与 GB 50287 的规定一致。

3.0.2 符合下列条件之一可确定为水文地质条件复杂地区：

- 1 岩溶发育地区。
- 2 含水层属多层结构，分布不稳定，地下水补给、径流、排泄条件及边界条件复杂。
- 3 地下水位存在明显异常，或分布有可能对工程造成较大不利影响的承压含水层。
- 4 地质构造复杂，岩体透水性强。
- 5 有较高承压水头的承压含水层分布。

3.0.3 专门性水文地质勘察应编制水文地质勘察大纲，水文地质勘察大纲宜包括下列内容：

- 1 编制依据。
- 2 工程概况、勘察阶段、勘察目的与任务。
- 3 勘察地区的地形地貌及水文地质概况、研究程度及可能存在的主要问题。
- 4 勘察工作的内容、研究方法、技术要求和计划工作量。
- 5 勘察工作进度安排、完成时间及质量保障措施。
- 6 提交资料的种类、名称和数量。
- 7 经费预算及其他。
- 8 勘察工作布置示意图。

勘察大纲在执行过程中，可根据水文地质情况变化进行必要的调整。

3.0.4 水文地质勘察工作应遵循下列基本程序：

1 搜集分析工程区已有资料。

2 进行现场水文地质工作，包括水文地质测绘、物探、钻探、试验，水文地质巡视、观测、分析预报等。

3 资料整理与技术成果编制。

3.0.5 对进行专门性水文地质勘察工作的地区应单独进行水文地质测绘，并应符合下列要求：

1 水文地质测绘的比例尺及范围应根据勘察阶段、工程特点和场地水文地质条件的复杂程度而定。

2 水文地质测绘中可利用卫星、航测和陆摄等遥感遥测资料。

3.0.6 水文地质物探应充分考虑被探测对象的物性特征，采用有效方法进行综合探测。关键点位及典型地段的探测成果应经钻探或其他手段验证。

3.0.7 水文地质钻探应进行钻孔结构和施工工艺的专门设计。在钻探过程中应进行水文地质简易观测，并应符合 SL 245—1999 有关规定。

3.0.8 水文地质试验应以原位测试为主，室内试验为辅。试验的位置、数量和方法应结合勘察阶段和工程特点确定。

3.0.9 勘察期间应随着勘察阶段的深入逐步建立地下水动态长期观测网系统。

3.0.10 勘察工作中的各项原始资料应及时整理，保证其真实、准确、完整，经检查认定无误后方可利用。勘察工作结束后，应编制和提交水文地质勘察专题报告或工程地质勘察报告中的水文地质部分。

4 区域水文地质勘察

4.1 目的与任务

4.1.1 了解区域水文地质条件，分析可能存在的水文地质问题，为工程建设提供区域水文地质资料。

4.1.2 分析拟建工程修建后区域水文地质条件改变可能引起的环境地质和灾害地质等问题，并做出评价。

4.2 勘察内容

4.2.1 区域地形地貌、地层岩性、地质构造、水文气象、植被分布等及其与水文地质条件的关系。

4.2.2 区域水文地质特征，地下水的赋存条件与分布规律，地下水的水质、水量及其补给条件与运动规律。必要时进行水文地质分区。

4.2.3 含（透）水层和隔水层的埋藏与分布特征。

4.3 勘察方法

4.3.1 搜集和分析研究区域自然地理、地质和水文地质资料，包括水利、地质、交通、农业、城建等有关部门的勘探成果及水井资料。

4.3.2 在水文地质研究程度较高、现有资料较多的地区，可以编图工作为主，必要时进行踏勘验证。

4.3.3 在基本水文地质资料缺乏的地区应进行区域水文地质线路调查，重点地段可采用简易勘探手段验证；也可利用卫片、航片等遥感资料进行水文地质解译，必要时进行现场验证。

4.3.4 编制区域水文地质调查成果。

5 水库区的水文地质勘察

5.1 目的与任务

- 5.1.1 查明水库区水文地质条件，为工程设计提供依据。
- 5.1.2 分析评价水库渗漏、浸没等有关的水文地质问题。

5.2 勘察内容

- 5.2.1 水库渗漏、浸没勘察应包括下列基本内容：

- 1 地形地貌条件，重点是单薄地形分水岭、河间地块、古河道等以及临近库岸的农（林）作物区、建筑物区。
- 2 地层岩性特征，隔水层、透（含）水层的空间分布及渗透性。
- 3 地质构造发育特征、渗透性及其与库水的关系。
- 4 地下水的类型及其补给、径流、排泄条件，地下水位及其动态变化，地下分水岭位置及高程。

- 5.2.2 水库渗漏勘察尚应包括下列内容：

- 1 可能产生严重渗漏地段的位置及其渗漏条件。
- 2 水库渗漏量的估算，水库渗漏问题的评价。

- 5.2.3 水库浸没勘察尚应包括下列内容：

- 1 土的毛管水最大上升高度、给水度、渗透系数，产生浸没的地下水临界深度和植物根系深度，对黄土类土还应注意研究其湿陷性。
- 2 对城镇居民区和大型建筑物应了解其基础砌置深度及地下水壅高对地基土承载力的影响，预测由于浸没引起该地段房屋等建筑物的影响及环境地质变化情况。
- 3 水库蓄水后库尾淤高情况及引起的水文地质条件改变情况。
- 4 对水库蓄水后引起的地下水位壅高值进行分析计算，对

水库周边可能发生的浸没地段、范围及类型进行预测和评价。

5.3 勘察方法

5.3.1 水库渗漏、浸没勘察方法应包括水文地质测绘、物探勘探、试验、地下水动态长期观测等。

5.3.2 水文地质测绘应符合下列规定：

1 水文地质测绘比例尺的选择应符合附录 A 的规定。

2 水文地质测绘的范围应包括库区可能渗漏、浸没的地段，范围的确定可根据实际需要遵循如下原则：

- 1) 盆地和平原型水库一般测至盆地边缘坡麓，或正常蓄水位以上第一个阶地的后缘；
- 2) 山区峡谷水库应测至库区周围地形分水岭；
- 3) 对存在向邻谷及下游河道渗漏的地段，应包括邻谷和下游有关的河段；
- 4) 应特别注意与库水联系密切的单薄分水岭、邻近洼地、宽大构造破碎带及古河道等的调查。

5.3.3 水文地质物探应符合下列规定：

1 可根据库区地形、地质条件，采用综合物探方法对可能发生渗漏或浸没地区的地下水位、地下水流速与流向、隔水层埋深、古河道及隐伏大断裂的埋藏和延伸情况等进行探测；

2 物探方法选择应符合附录 B 的规定。

5.3.4 水文地质勘探应符合下列规定：

1 水文地质勘探方法可采用钻探、坑、槽、井探等探测技术。勘探方法要与勘察区地形地质条件相适应，以查明地下水类型、地下水位、水文地质单元的边界条件和参数为原则。

2 勘探线的布置应垂直于地下分水岭或平行于地下水流向，勘探剖面应实测，勘探点布置应同时考虑地下水动态观测的成网需求。

3 渗漏地段勘探剖面的间距宜为 2~5km，水文地质条件

复杂地段为 0.2~1km。每条勘探剖面应布置不少于 3 个坑孔，钻孔深度宜应钻至可靠的相对隔水层或地下水枯水位或当地最低侵蚀基准面以下不少于 5m。

4 浸没地段勘探剖面间距农田地区宜为 500~2000m，城镇地区宜为 200~500m。剖面上坑孔间距宜为 300~500m，岩相变化大，地下水坡降陡时，孔距可为 50~200m。试坑应挖到地下水位，钻孔深度应进入相对隔水层。浸没区所在的地貌单元不应少于 2 个控制钻孔，第一个控制孔应布置在靠近正常蓄水位的边线附近。

5.3.5 水文地质试验应符合下列规定：

1 水库渗漏：

- 1) 应根据水库的水文地质条件选择不同的水文地质试验方法，测定岩土体渗透参数；
- 2) 基岩地区钻孔在正常蓄水位以下应全部进行压水试验，覆盖层地区可采用抽水或注水试验，主要水文地质岩组的试验组数不应少于 5 组。

2 水库浸没：

- 1) 室内试验应测定土的天然密度、颗粒组成、含水率、饱和度、比重、液限、塑限、孔隙度、渗透系数、毛管水上升高度、土壤含盐量、水化学成分等；根据需要可测定给水度、黄土湿陷性系数等，浸没区各主要土层的试验组数不应少于 5 组；
- 2) 渗透系数应采用抽、注水试验求得；毛管水上升高度和黏性土的起始水力坡度宜通过现场测试取得。

5.3.6 地下水动态长期观测应符合下列规定：

1 在典型的渗漏、浸没地段应布设观测网。观测内容应包括：地下水位、水质、水温、流量、土壤含盐量等，同时应注意收集水文、气象资料。

2 观测孔的布置应考虑地下水坡降、地形特点、岩相变化等。最远的观测孔应达到可能渗漏、浸没地段边缘；观测孔的深

度应在年最低地下水位以下 3~5m。

- 3 多层含水层应分层观测。
- 4 观测工作还应符合 SL 245—1999 的有关规定。

5.4 水文地质问题评价

5.4.1 水库渗漏问题评价应符合下列规定：

1 符合下列条件之一，可判定为不会发生水库邻谷渗漏问题：

- 1) 非悬托式河流的邻谷河水位高于水库正常蓄水位；
- 2) 水库周边有连续、稳定、可靠的相对隔水层分布，构造封闭条件良好，且分布高程高于水库正常蓄水位；
- 3) 水库与邻谷之间存在地下水分水岭且高于水库正常蓄水位；或地下水分水岭虽低于正常蓄水位，但河间分水岭宽厚，经估算水库壅水后的地下水分水岭高于水库正常蓄水位。

2 符合下列条件之一，可判定为存在水库渗漏问题：

- 1) 河水补给地下水，河流上下游流量出现反常情况，有明显的河水漏失现象；
- 2) 水库正常蓄水位高于邻谷河水位，河间地块无地下水分水岭或地下水分水岭低于正常蓄水位，且正常蓄水位以下有通向库外的中等以上透水层。

3 水库渗漏量估算可采用解析法和数值模拟法：

- 1) 解析法估算公式可在附录 C 中选择；
- 2) 数值模拟法使用的计算程序应是经鉴定的。

4 问题的评价：

- 1) 应根据水文地质勘察资料作出水库是否存在渗漏的定性评价结论；
- 2) 应根据库区渗漏量估算结果，作出库区渗漏严重程度的定量评价结论，当渗漏量小于河流多年平均流量的 3% 时为轻微渗漏，渗漏量在 3%~10% 时为中等渗

漏，渗漏量大于 10% 时为严重渗漏。

5.4.2 水库浸没问题评价应符合下列规定：

1 符合下列条件之一，可判定为易浸没地区：

- 1) 平原型水库的坝下游、顺河坝或围堤的外（背水）侧，特别是地面高程低于河床的库岸地段；
- 2) 山区水库宽谷地带库水位附近的松散堆积层，且有建筑物和农作物的分布区域；
- 3) 地下水位埋藏较浅，地表水或地下水排泄不畅，封闭、半封闭洼地或沼泽的边缘地带。

2 地下水壅水计算应符合下列要求：

- 1) 地下水壅水计算可采用解析法和数值模拟法。浸没区地层上部为透水性微弱的黏性土层，下部为透水性良好的砂砾石层时，宜采用结合水动力学原理进行计算；
- 2) 计算参数选取：

——含水层厚度大，相对隔水层埋藏很深时，可按地下水壅高值的影响程度取有效厚度；

——壅水前的天然地下水位宜取枯水期或平水期水位作为原始水位；

——最终浸没范围预测时，地下水稳定壅水计算的起始水位应取正常蓄水位。水库库尾地区还必须考虑水位超高值；

——渗透系数的选取应符合附录 D 的规定；

——数值模拟法所需的有关参数应根据试验和地下水动态观测成果综合选取。

- 3) 各种水文地质边界条件下解析法壅水计算公式可在附录 C 中选择。

3 水库浸没问题评价应符合 GB 50287—99 的有关规定。

6 坝（闸）址区水文地质勘察

6.1 目的与任务

6.1.1 查明坝（闸）址区水文地质条件，划分坝（闸）址区岩土体渗透结构类型，进行岩土体渗透性分区。

6.1.2 分析评价坝（闸）址区可能存在的坝基及绕坝渗漏、渗透变形、坝基基坑涌水等主要水文地质问题，为水工建筑物和防渗、排水工程设计提供有关水文地质资料及建议。

6.2 勘察内容

6.2.1 各透（含）水层和相对隔水层的岩性、厚度、渗透性及其空间分布规律，古河道的分布规律及其渗透性。

6.2.2 褶皱、断层、软弱夹层、裂隙和岩体风化卸荷带的分布规律及其渗透性，尤其是集中渗漏带的分布特征及其与地表水的连通条件。

6.2.3 地下水补给、径流、排泄关系，各含水层地下水位及其动态变化规律，地表水和地下水的水力联系。

6.2.4 地表水和地下水的化学特性，环境水对混凝土的腐蚀性评价。环境水对混凝土腐蚀的评价应符合 GB 50287—99 的有关规定。

6.2.5 水文地质边界条件，岩土体渗透结构类型，岩土体渗透性分区；重大工程坝基、坝肩岩体的各向异性渗透特征及其在高水头下的渗透性。坝（闸）址区岩土体渗透结构类型的划分应符合附录 E 的有关规定。岩土体渗透性分级应符合 GB 50287—99 的有关规定。

6.2.6 对坝基及绕坝渗漏、渗透变形、坝基基坑涌水等水文地质问题进行分析评价，提出相应的工程处理建议。

6.2.7 进行坝（闸）址区水文地质观测、施工期水文地质巡视

及分析预报，提出对有关问题的处理建议。

6.3 勘察方法

6.3.1 水文地质测绘应与坝（闸）址区工程地质测绘结合进行。测绘比例尺应符合附录 A 的规定。测绘范围可与坝（闸）址区工程地质测绘一致。专门性水文地质测绘可根据水文地质条件的复杂程度及具体需要采用较大比例尺，测绘范围可适当扩大。

6.3.2 水文地质物探应根据坝（闸）址区水文地质条件和探测的目的选择合适的方法进行，并符合附录 B 的规定。物探剖面线应结合勘探剖面线布置，并充分利用勘探孔开展工作。

6.3.3 水文地质钻探应符合下列规定：

1 水文地质钻探应结合坝（闸）址区工程地质钻探进行。专门性水文地质钻探应在充分收集分析坝（闸）址区前期勘察成果的基础上进行，勘探剖面线应根据坝（闸）址区具体水文地质条件并结合渗控工程设计方案布置；专门性勘探钻孔的数量、间距及深度可根据具体需要确定。

2 钻探过程中应注意观测和记录冲洗液消耗量、含水层初见及稳定水位、承压含水层自流钻孔涌水量及稳定水位、水温等内容和钻进中出现的掉钻、孔壁坍塌、缩径、涌砂等现象。

6.3.4 水文地质试验应符合下列规定：

1 对坝基第四纪覆盖层中的主要含水层宜进行抽水试验，各主要含水层的抽水试验不应少于 3 组，其中对水文地质条件复杂的工程区各主要含水层宜布置至少 1 组多孔抽水试验。抽水试验应符合 SL 320—2005 的规定。当含水层透水性较小不适于进行抽水试验时，亦可进行钻孔注水试验。

2 坝基、坝肩及防渗帷幕线上的基岩钻孔应进行压水试验或注水试验，其他部位的钻孔可根据需要确定，钻孔压水试验应符合 SL 31—2003 的规定。

3 坝高大于 200m 时，宜进行高压压水试验。高压压水试验应符合附录 F 的规定。

4 当需要评价岩体各向异性渗透性时,宜进行定向压水试验。试验方法可按照附录 G 执行。

5 对强透水的大断层破碎带、裂隙密集带等集中渗漏带应视具体情况进行抽水试验或压水、注水试验。必要时亦可进行连通试验。

6.3.5 水文地质观测与巡视应符合下列规定:

1 勘察期间应利用已有钻孔、水井完善观测网并进行地下水动态观测。观测内容可根据需要选择水位、水温、水化学、流量或涌水量等,观测时间应延续一个水文年以上。

2 施工期间宜进行必要的水文地质观测,并提出施工期及运行期地下水动态观测的具体建议。施工期水文地质观测内容应包括:

- 1) 开挖过程中的地下水出渗情况;
 - 2) 坝(闸)基坑涌水量、排水量;
 - 3) 施工期及水库蓄水初期坝基、坝肩地下水位变化情况;
 - 4) 水库蓄水初期排水孔涌水量、涌水压力,集中渗漏段涌水量,总涌水量,水温、水质等。
- 3 对多层含水层宜进行分层水文地质观测。
- 4 水文地质巡视应在施工期进行,并侧重于以下内容:
- 1) 地下水出露位置、高程、出露形式、涌水量、压力水头、水温、颜色、气味、携出物、溶蚀和沉淀情况以及施工期河水位、地下水位、基坑水位等。对岩质地基,尚应特别注意地下水沿断层、节理和软弱夹层的活动情况;对土质地基,尚应特别注意管涌、流土等渗透变形情况;
 - 2) 防渗、排水工程施工过程中出现的防渗墙钻孔塌孔、漏浆,帷幕灌浆孔涌水、大量漏浆、串浆,排水孔大量涌水、涌砂等异常现象;
 - 3) 水库蓄水初期出现的防渗墙、防渗帷幕、排水幕上下游水位异常变化或渗漏量异常增大现象,集中渗漏段、

渗漏点的分布特征，排水孔涌水过程中出现的异常现象。

6.3.6 水文地质分析预报与建议应符合下列规定：

1 对施工期间可能出现的以下情况应提出预报，并提出相应的处理建议：

- 1) 基坑可能出现大量涌水或管涌、流土现象；
- 2) 排水孔可能发生异常涌水；
- 3) 出现影响防渗、排水工程施工的新的不利地质因素。

2 地质预报与建议应以书面形式及时向有关部门提出，必要时可先作口头预报。书面材料应统一格式、系统编号。

6.4 主要水文地质问题评价

6.4.1 坝基及绕坝渗漏问题评价应符合以下规定：

1 应根据地形地貌条件、库水与河谷两岸地下水的补排关系、坝基与坝肩岩土层渗透性及其分布组合特征、地质构造发育及分布特征等，对坝基及绕坝渗漏问题进行综合判定。

2 符合下列情况之一的坝（闸）址区，可判为存在较严重的坝基或绕坝渗漏问题：

- 1) 坝基或坝肩分布有强透水岩土层，且透水层未被相对隔水层阻隔；
- 2) 坝基或坝肩分布有沟通上下游的断层破碎带、裂隙密集带、层间剪切破碎带、风化卸荷带、古河道等集中渗漏通道；
- 3) 坝肩山体单薄，无地下水分水岭或地下水分水岭低于水库正常蓄水位，且无封闭条件良好的相对隔水层存在。

3 坝基及绕坝渗漏量的估算应符合以下原则：

- 1) 应在分析坝基及坝肩水文地质条件的基础上，正确判定渗漏型式，划分岩土体渗透结构类型，确定各水文地质分区、分段渗透参数及计算边界条件；

- 2) 渗透系数的确定应符合附录 D 的规定；
- 3) 坝基及绕坝渗漏量的估算可视具体条件采用地下水动力学法或数值模拟法进行。

6.4.2 坝基基坑涌水问题评价应符合以下规定：

1 坝基基坑涌水问题评价应在综合分析基坑水文地质条件及其补给条件的基础上进行，主要包括：

- 1) 各含水层及相对隔水层性质、厚度、分布特征，地下水位及其动态变化，含水层渗透性及其补给条件等；
- 2) 基坑规模、位置、底部高程、设计水位降深、挡水建筑物抗渗特点、拟采用的防渗措施等；
- 3) 基坑上下游水位及其动态变化。

2 坝基基坑涌水量估算可视具体条件采用地下水动力学法或数值模型法进行。含水层渗透系数的确定应符合附录 D 的规定。

6.4.3 坝基土渗透变形问题评价应符合以下规定：

1 坝基土渗透变形问题评价应在查明坝基透（含）水层和相对隔水层的岩性、颗粒组成、厚度变化和空间分布，断层、破碎带的分布、规模、产状、性状及岩土渗透性等情况的基础上进行。

2 坝基土的渗透变形判别应符合 GB 50287—99 的有关规定。

7 地下洞室水文地质勘察

7.1 目的与任务

7.1.1 查明地下洞室区的水文地质条件，为工程设计和施工提供水文地质资料及处理建议。

7.1.2 预测地下洞室区可能的涌水量、外水压力分布、突水突泥等问题，分析评价工程活动对当地水文地质环境的影响。

7.2 勘察内容

7.2.1 地层岩性，岩层产状，地质构造，主要断层、破碎带、裂隙密集带的空间分布、规模、性状、组合关系及其与地表溪沟的连通情况。

7.2.2 岩（土）层透水性，含水层、汇水构造、强透水带的分布、埋藏条件及其富水性。

7.2.3 洞室地段岩溶发育规律，主要洞穴的发育层位、规模、连通与充填情况、富水性。

7.2.4 地下水位、水温、水压，地下水动态变化特征，地下水补给、径流和排泄条件，地下水与地表水的水力联系。

7.2.5 地下水的化学特性及其对混凝土的腐蚀性。环境水对混凝土腐蚀的评价应符合 GB 50287—99 的有关规定。

7.2.6 预测涌水和突泥的可能性及对围岩稳定和环境水文地质条件可能的影响，估算最大涌水量。

7.2.7 预测可能的的外水压力。

7.2.8 进行地下洞室区水文地质观测施工期水文地质巡视及分析预报，提出对有关问题的处理建议。

7.3 勘察方法

7.3.1 测绘范围宜包括拟建洞线两侧各 300～1000m 宽度，对

于深埋长隧洞应根据需要适当扩大。测绘比例尺应符合附录 A 的规定。

7.3.2 水文地质物探方法选择应符合附录 B 的规定。

7.3.3 水文地质勘探应符合下列规定：

1 地下洞室水文地质勘探应结合工程区的工程地质勘察进行，专门性水文地质勘探剖面及勘探点的间距宜根据具体需要确定。

2 钻孔的深度宜进入拟定洞室底板高程以下 10~30m。

7.3.4 水文地质试验应符合下列规定：

1 对洞室穿越的松散层中的各主要含水层应进行抽水试验，试验组数不应少于 3 组。

2 基岩钻孔在地下水位以下孔段宜进行压水试验或注水试验。

3 当隧洞内水压力超过 300m 水头时，应进行高压压水试验，试验组数不宜少于 3 组。

4 当需要评价岩体各向异性渗透性时，宜进行定向压水试验，试验方法可按照附录 G 执行。

7.3.5 水文地质观测与巡视应符合下列规定：

1 地下水动态观测应利用井、泉及已有的钻孔、洞室等进行，观测内容包括水位、水温、水质、流量等，观测时间宜延续一个水文年以上。

2 施工期水文地质观测内容应包括：

1) 开挖过程中的地下水出渗情况；

2) 洞室的排水量；

3) 施工期洞室周围的地下水位变化情况。

3 水文地质巡视应侧重于以下内容：

1) 洞室内地下水的出渗位置、高程、涌水量、水头、水温、颜色、气味、携出物、溶蚀和沉淀情况以及附近地表水体水位、原观测孔中的地下水位变化等，对岩体中的隧洞，应注意地下水沿断层、节理、软弱夹层、

岩溶通道的活动情况，对松散层中的隧洞，应注意管涌、流土等渗透变形情况；

- 2) 施工过程中防渗、排水工程出现的钻孔塌孔、漏浆、串浆、涌水等异常现象。

7.3.6 施工期水文地质分析预报应符合下列规定：

- 1 对施工期间出现的以下情况应提出地质预报与建议：

- 1) 地下洞室可能出现突泥现象；
- 2) 地下洞室可能发生大量涌水或异常涌水；
- 3) 出现了新的不利水文地质因素。

- 2 地质预报与建议应以书面形式及时向有关部门提出，必要时可先作口头预报。

7.4 主要水文地质问题评价

7.4.1 地下洞室涌水问题评价应符合下列规定：

- 1 符合下列情况之一时，可判定为存在地下洞室涌水问题：

- 1) 地下洞室穿越富水层或其他汇水构造；
- 2) 地下洞室穿越富水的断层带、节理密集带或其他构造的破碎带；
- 3) 地下洞室穿越充水岩溶洞穴、地下暗河等岩溶通道。

- 2 地下洞室的涌水量可根据具体情况选用下列方法计算，并宜采用不同计算方法进行相互验证：

- 1) 对于开挖工程集中的地下洞室系统，如地下厂房等，可采用大井法进行计算，大井的井半径可按照附录 H 确定；
- 2) 当地下洞室系统含水层各个方向上的透水性或补给条件差别很大时，宜将工程周围分成若干扇形地段，然后根据辐射流公式，分段计算出洞室的涌水量。潜水计算公式见式 (7.4.1-1)；承压水计算公式见式 (7.4.1-2)：

$$Q = \frac{K(b_1 - b_2)}{\ln b_1 - \ln b_2} \times \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} \quad (7.4.1-1)$$

$$Q = \frac{KM(b_1 - b_2)(H_1 - H_2)}{(\ln b_1 - \ln b_2)L} \quad (7.4.1-2)$$

式中 Q ——地下洞室区流向地下洞室的水量 (m^3/d);

M ——扇形区段内承压水含水层的平均厚度 (m);

K ——扇形区段内含水层的平均渗透系数 (m/d);

h_1 、 H_1 、 b_1 ——上游计算断面潜水层厚度、承压水位和计算断面宽度 (m);

h_2 、 H_2 、 b_2 ——下游计算断面潜水层厚度、承压水位和计算断面宽度 (m);

L ——上、下游断面之间的平均距离 (m)。

3) 当隧洞通过潜水含水水体时, 可用古德曼公式 [式 (7.4.1-3)]、佐藤邦明非稳定流公式 [式 (7.4.1-4)] 预测隧洞最大涌水量:

$$Q_0 = L \frac{2\pi KH}{\ln \frac{4H}{d}} \quad (7.4.1-3)$$

式中 Q_0 ——隧洞通过含水体时地段的最大涌水量 (m^3/d);

K ——含水体渗透系数 (m/d);

H ——静止水位至洞身横断面等价圆中心的距离 (m);

d ——洞身横断面等价圆直径 (m);

L ——隧洞通过含水体的长度 (m)。

$$q_0 = \frac{2\pi m K h_2}{\ln \left[\tan \frac{\pi(2h_2 - r_0)}{4h_c} \cot \frac{\pi r_0}{4h_c} \right]} \quad (7.4.1-4)$$

式中 q_0 ——隧洞通过含水体地段的单位长度最大涌水量 [$\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$];

m ——换算系数, 一般取 0.86;

K ——含水体渗透系数 (m/s);

h_2 ——静止水位至洞身横断面等价圆中心的距离 (m);

r_0 ——洞身横断面等价圆直径 (m);

h_c ——含水体厚度 (m)。

4) 当新建隧洞附近有水文地质条件相近的已有隧洞时, 可采用水文地质比拟法预测隧洞涌水量;

5) 当隧洞穿过一个或多个地表水流域时, 可采用地下径流模数法 [式 (7.4.1-5)、式 (7.4.1-6)] 预测隧洞正常涌水量:

$$Q_s = MA \quad (7.4.1-5)$$

$$M = Q'/F \quad (7.4.1-6)$$

式中 Q_s ——隧道通过含水体地段的正常涌水量 (m^3/d);

M ——地下径流模数 [$\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$];

Q' ——地下水补给的河流的流量或下降泉流量 (m^3/d), 采用枯水期流量计算;

F ——与 Q' 的地表水或下降泉流量相当的地表流域面积 (km^2);

A ——隧道通过含水体地段的集水面积 (km^2)。

6) 当地下洞室水文地质条件复杂、边界条件比较明确时, 可采用数值模拟法计算地下洞室涌水量。

7.4.2 地下洞室外水压力问题评价宜符合下列规定:

1 当地下洞室位于地下水位以下, 并且隧洞本身为不透水隧洞或隧洞的透水量小于补给水量时, 可以判定为存在外水压力问题。

2 地下洞室的外水压力的估算应综合考虑地下水的静力学特性和动力学特性, 当动力学特性不易确定时, 可按 SL 279—2002 的规定进行评价。

7.4.3 地下洞室突泥问题评价宜符合下列规定:

1 符合下列情况之一时，判定为可能存在突泥问题：

- 1)** 地下洞室位于松散含水层中；
- 2)** 地下洞室穿越饱水断层破碎带或其他构造破碎带地段；
- 3)** 地下洞室穿越充填型岩溶洞穴、地下暗河等地段。

2 突泥量的大小可在综合考虑松散饱水体性质、规模、地下水活动特征等影响因素的基础上进行定性判定。

8 渠道水文地质勘察

8.1 目的与任务

8.1.1 查明渠道沿线的水文地质条件。

8.1.2 分析和评价渠道渗漏、浸没等水文地质问题，提出预防及处理建议。

8.2 勘察内容

8.2.1 渠道沿线地形、地貌，地层岩性，岩土体的渗透性，可溶岩地区喀斯特赋水特征。

8.2.2 傍山渠道沿线岩土体、构造赋水特征及对边坡稳定的不利影响。

8.2.3 渠道沿线地下水类型、地下水位及其动态变化、地下水与地表水水力联系，环境水对混凝土腐蚀性。

8.2.4 对渠道渗漏、渗漏引起的浸没及盐渍化、渠道开挖涌水等问题进行分析评价。预测渠道运行期间两侧水文地质条件的变化及其对工程和环境的影响。

8.3 勘察方法

8.3.1 渠道水文地质测绘应符合下列规定：

1 水文地质测绘的范围以渠道为中心线向两侧延展，测绘范围包括渠道两侧宽度各 200~1500m；对可能渗漏、浸没的地段，可适当扩大测绘范围。

2 水文地质测绘比例尺应符合附录 A 的规定。

8.3.2 水文地质物探方法选择应符合附录 B 的规定。

8.3.3 水文地质勘探应符合下列规定：

1 应结合工程地质勘察在可能出现渗漏、浸没、涌水的渠道段布置纵横勘探剖面，且靠近渠道边缘应有钻孔控制。

2 钻孔深度应达到渠底以下 5~10m 或地下水位以下 5~10m, 控制性钻孔深度宜达到相对隔水层。

3 钻探中应观测初见水位和静止水位。

8.3.4 水文地质试验应符合下列规定:

1 渠道水文地质试验宜采用现场试验与室内试验相结合的方式。

2 室内试验内容应主要包括岩土渗透系数、饱和度、土的毛管水上升高度、土壤含盐量和水化学成分等。主要岩土层试验组数累计应不少于 5 组。

3 对与渠道相关的主要含水层宜进行抽水试验。对位于地下水水位以上的透水层或透水性较小的含水层, 亦可视具体情况进行钻孔注水试验或渗水试验。

8.3.5 必要时可布置地下水长期观测工作。

8.4 主要水文地质问题评价

8.4.1 渠道渗漏问题评价应符合下列规定:

1 符合下列情况之一, 可判定为渠道不存在渗漏问题:

- 1) 渠基为相对不透水岩土层;
- 2) 渠道周围地下水位高于渠道设计水位。

2 同时符合下列情况时, 可判定渠道存在渗漏问题:

- 1) 渠基为透水层;
- 2) 渠道设计水位高于地下水位。

3 渠道渗漏量计算可采用类比法和计算法, 计算方法选择应符合附录 I 的规定。

8.4.2 渠道浸没问题评价应符合下列规定:

- 1 渠道两侧地下水壅水计算可参照 5.4.2 条执行。
- 2 浸没评价应符合 GB 50287—99 的有关规定。

8.4.3 渠道开挖涌水问题评价应符合下列规定:

1 渠道开挖涌水问题评价应在综合分析渠道水文地质条件及其地下水补给条件的基础上进行, 主要包括:

1) 各含水层性质、厚度、分布特征，地下水位及其动态变化，含水层渗透性及其补给条件等；

2) 渠道规模、渠底板高程、渠道开挖方式等。

2 渠道开挖涌水量估算可视具体条件采用地下水动力学法或数值模型法进行。含水层渗透系数的确定应符合附录 D 的规定。

9 灌区水文地质勘察

9.1 目的与任务

- 9.1.1** 查明灌区水文地质条件。
- 9.1.2** 对灌区地下水资源进行计算与评价。
- 9.1.3** 查明灌区土壤盐渍化、沼泽化现状，分析由于农业开发对地下水环境所产生的影响，提出防治土壤盐渍化、次生沼泽化的建议。

9.2 勘察内容

- 9.2.1** 水文、气象、农田水利及水资源利用状况。
- 9.2.2** 区域水文地质条件及地下水资源量。
- 9.2.3** 灌区地形、地貌、地层岩性、地质构造和水文地质条件。
- 9.2.4** 主要含水层补给量、储存量和可开采量。
- 9.2.5** 根据灌区的发展与规划情况，分析预测潜水位变化趋势。
- 9.2.6** 土壤盐渍化的类型、程度及其分布特征。
- 9.2.7** 地下水与土壤的水盐动态平衡。
- 9.2.8** 分析确定土壤盐渍化的潜水临界深度和地下排水模数。
- 9.2.9** 提出地下水开发方式，以及防治土壤盐渍化、次生沼泽化等土壤改良措施的建议。

9.3 勘察方法

- 9.3.1** 灌区水文地质勘察应在水文地质条件复杂程度分类的基础上进行。
- 9.3.2** 灌区水文地质条件复杂程度可划分以下三类：
 - 1** 简单，地下水含水层（组）层次少，分布稳定，地下水补给、径流、排泄条件简单，含水层条件清楚，潜水埋藏较深，水化学类型单一，水质较好，土壤无盐渍化。

2 中等,地下水含水层(组)层次较少,分布较稳定,地下水补给、径流、排泄条件较简单,含水层边界条件较清楚,潜水埋藏较浅,水化学类型较复杂,部分地区有土壤盐渍化现象。

3 复杂,含水层属多层结构,分布不稳定,地下水补给、径流、排泄条件与边界条件复杂,潜水埋藏浅,水化学类型复杂,土壤盐渍化现象普遍。

9.3.3 收集灌区水文、气象、水文地质、水利工程现状、土地开发利用现状及水资源开发利用现状资料。

9.3.4 水文地质测绘范围应根据灌区面积和所处水文地质单元确定,测绘比例尺按附录 A 执行,水文地质测绘可与水文地质遥感解译结合进行,主要包括下列内容:

1 地貌的形态、成因类型和新构造运动特征;

2 地层的成因类型、产状、厚度及分布范围,不同地层的透水性、富水性及其变化规律。

3 地质构造类型、规模、等级和不同构造部位的富水性。

4 区内地表水水体的特征,天然排泄与蓄水条件,地表水与地下水的补排关系。

5 水井的类型、结构、水量、水位、水质、开采量及其动态变化。

6 泉水的水质、水量、出露条件、成因类型、补给来源和动态变化。

7 盐渍土的类型、程度、成因发展过程与分布规律,及其与自然和人为因素的关系。

8 包气带地层的水理性质、渗透性、毛管水上升高度、给水度、土壤盐渍化的潜水临界深度。

9 了解地下水水化学成分的变化规律,了解地下水污染的来源和危害程度,划分地下水的水化学类型。

9.3.5 水文地质物探方法的选择应根据水文地质条件、探测目的、物性特征等因素按附录 B 的规定执行。物探工作点线应沿地质、水文地质条件变化最大的方向布置,并宜与水文地质勘探

线一致。对于复杂问题和重点水文地质勘察地段，宜采用综合物探方法。

9.3.6 水文地质勘探方法应符合下列规定：

1 每个地貌单元应有坑、孔控制，勘探点、线、网相结合，并结合地下水和土壤水盐动态均衡长期观测需要。

2 地下水资源勘察的钻孔以深孔为主，其布置宜在水文地质测绘和物探工作的基础上进行，孔深应能够确定主要含水层的埋深、厚度，并考虑深层承压水的越流补给条件；土壤改良勘察以浅孔为主，孔深应达到潜水位以下 5~10m。

9.3.7 水文地质试验应符合下列规定：

1 抽水试验，包括民井简易抽水试验和勘探孔抽水试验。民井简易抽水试验以稳定流抽水试验为主；勘探孔抽水试验以带观测孔的抽水试验为主；必要时，还可进行干扰抽水试验或开采性抽水试验。抽水试验方法按 SL 320—2005 执行。

2 试坑注水试验应在不同地貌与水文地质单元中，选择代表性岩性地段或综合岩性段进行，测定包气带地层在天然状态下的垂直渗透系数，注水试验注水稳定后，应延续 2~4h 方可结束试验。

3 渠道渗水试验应符合 SL 18—2004 有关规定。

4 对地表水和地下水进行水质简分析和专项分析，试验应符合 GB/T 14848—93、GB 5084—2005、GB 3838—2002、和 GB 5749—2006 的有关规定。

5 土样试验包括颗分、密度、天然含水量、毛管水上升高度试验、土壤简分析和易溶盐含量试验。土壤易溶盐含量试验应垂直分层取样，取样深度宜分别为：0~0.3m、0.3~0.5m、0.5~1.0m、1.0~1.5m、1.5~2.0m、2.0m 至地下水位。

6 根据需要还可进行咸水利用改造试验、盐渍化土壤改良试验等专门性试验。

9.3.8 对地下水和土壤的水盐动态进行观测，动态观测应符合下列规定：

1 观测点应包括勘探坑、孔、井、泉等地下水露头 and 地表水体。

2 观测线应结合潜水面的形态和主要水文地质问题布置，应与地下水流向一致。

3 观测网应在观测点、线的基础上，根据地形、地貌、水文地质条件和土壤盐渍化特征，结合灌区现状和发展规划。

4 地下水和土壤水盐动态观测项目应包括水位、水温、水量、水化学成分、土壤含盐量，并应符合 SL 245—1999 规程的有关规定。

5 观测频次可为 2~3 次/月，观测时间不宜少于一个水文年。

9.3.9 灌区水文地质勘察工作量宜符合表 9.3.9 规定。地下水资源勘察中坑探、土样试验可适当减少，土壤改良勘察中抽水试验数量可适当减少。

表 9.3.9 灌区水文地质勘察工作量表

比例尺	复杂程度	水文地质点(个)	坑探(个)	钻孔(个)	水质分析(件)	土样(组)	抽水试验(组)	动态观测(点)
1/10 万	简单	10~20	5~10	4~8	3~8	10~15	2~4	1~2
	中等	20~25	10~15	8~10	10~15	15~20	4~6	2~4
	复杂	25~35	15~20	10~12	20~30	20~30	6~8	3~6
1/5 万	简单	25~35	15~20	10~12	8~15	20~30	6~8	3~6
	中等	35~50	20~25	12~15	18~30	30~45	8~15	5~8
	复杂	50~80	25~30	15~20	40~80	40~60	15~20	8~12
1/2.5 万	简单	80~100	30~40	15~20	25~40	40~60	20~30	8~12
	中等	100~150	40~55	20~30	50~90	60~100	30~40	12~20
	复杂	150~200	55~70	30~40	120~160	80~120	40~60	20~30
1/1 万	简单	200~250	70~80	40~50	60~80	80~120	40~60	20~30
	中等	250~300	100~120	50~60	130~180	120~200	60~80	30~45
	复杂	300~400	120~150	60~80	240~320	200~260	80~120	45~60

注：表中为每 100km² 灌区水文地质勘察工作量。

9.4 地下水资源评价

9.4.1 地下水资源评价所需水文地质参数包括含水层渗透系数、释水系数或给水度、渠系利用系数、河流渗漏系数、大气降水入渗系数、潜水蒸发系数、田间灌溉入渗系数等，水文地质参数的确定应符合下列规定：

1 在规划阶段，含水层水文地质参数可由单孔抽水试验计算确定，其他水文地质参数可采用现场试验、室内试验和经验数据相结合的方法分析确定。

2 在可研—初设阶段，主要的水文地质参数应以现场试验为主确定。对于用多种方法实测或反求的水文地质参数，应通过综合分析加以确定，含水层水文地质参数应由多孔或干扰抽水试验结果计算确定。

3 数值法计算应根据现场试验结合地下水动态观测或大型开采性试验综合确定水文地质参数。

9.4.2 地下水资源计算与评价应符合下列规定：

1 地下水资源的计算应建立在一个较完整的水文地质单元或独立的地下水补给—排泄系统的基础上。应以多年均衡的观点，计算评价地下水资源。

2 在规划阶段，地下水补给量计算应以水均衡法和水文法为主，在可研或初设阶段，宜用数值法进行对比。对于承压水，应用水动力法计算。

3 地下水储存量的计算，应包括主要含水层的容积储存量、弹性储存量和储存量的可调节量。

4 计算地下水可开采量，在规划阶段可采用平均布井法和开采系数法相结合；在可研或初设阶段，应用水均衡法、开采试验法计算；必要时，可采用数值法并预测不同开采方案的动水位。

5 应对地下水资源计算结果的可靠性进行评价。评价内容包括，参数选取的合理性、水均衡计算补给量与排泄量之差和储存量的误差分析、数值法水位拟合误差分析、可开采量的保证

程度。

9.4.3 水质评价应符合下列规定：

1 地下水环境质量应采用综合评判法，并符合 GB/T 14848—93 的有关规定。

2 灌溉用水水质评价应符合 GB 5084—2005 的有关规定。

3 生活用水水质评价应符合 GB 5749—2006 的有关规定。

4 在地下水受到污染的地区，应在查明污染现状的基础上，重点对污染源及有害成分进行分析评价，并提出防治水质恶化和改善水质的建议。

9.5 土壤盐渍化评价

9.5.1 土壤盐渍化评价应符合 GB 50287—99 的有关规定。

9.5.2 盐渍化类型划分应符合以下规定：

1 根据土壤阴离子毫克当量比值划分土壤盐渍化类型，划分按表 9.5.2-1 执行。

表 9.5.2-1 土壤盐渍化类型划分表

类 型		阴离子比例关系
苏打盐渍化土壤	苏打盐渍化土壤	$(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) : (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) = 1 \sim 4$
	纯苏打盐渍化土壤	$(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) : (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) > 4$
	氯化物苏打盐渍化土壤	苏打 $> \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$
	硫酸盐苏打盐渍化土壤	苏打 $> \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$
硫酸盐盐渍化土壤	硫酸盐盐渍化土壤	$(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) : (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) = 0.5 \sim 1$
	纯硫酸盐盐渍化土壤	$\text{SO}_4^{2-} : \text{Cl}^- > 5$
	氯化物硫酸盐盐渍化土壤	$\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} = 1 \sim 5$
	苏打硫酸盐盐渍化土壤	$\text{SO}_4^{2-} > \text{苏打} > \text{Cl}^-$
氯化物盐渍化土壤	氯化物盐渍化土壤	$(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) : (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) < 0.5$
	纯氯化物盐渍化土壤	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > 4$
	硫酸盐氯化物盐渍化土壤	$\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} = 1 \sim 4$
	苏打氯化物盐渍化土壤	$\text{Cl}^- > \text{苏打} > \text{SO}_4^{2-}$
注：按 0~50cm 土层化学分析各阴离子数量加权平均计算。		

2 根据土壤含盐量进行土壤盐渍化程度分级, 分级按表 9.5.2-2 执行。

表 9.5.2-2 土壤盐渍化程度分级 单位: %

成 分	非盐渍化	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化	盐土
苏打 ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$)	<0.1	0.1~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	>0.7
氯化物 Cl^-	<0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~1.0	>1.0
硫酸盐 SO_4^{2-}	<0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	0.7~1.2	>1.2
一般作物 生长情况	生长良好、 不受影响	稍受抑制、减 产 10%~20%	中等抑制、减 产 20%~50%	严重抑制、减 产 50%~80%	死亡 无收
注: 按 0~0.50m 土层化学分析含盐量计算确定。					

3 干旱荒漠地区耐盐性较强作物生长区土壤盐渍化程度分级可按表 9.5.2-3 执行。

表 9.5.2-3 干旱荒漠地区耐盐性较强作物土壤盐渍化程度分级

单位: %

成 分	非盐渍化	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化	盐土
苏打 ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$)	<0.35	0.35~0.5	0.5~0.6	0.6~0.85	>0.85
氯化物 Cl^-	<0.7	0.7~0.9	0.9~1.3	1.3~1.6	>1.6
硫酸盐 SO_4^{2-}	<0.8	0.8~1.00	1.0~1.5	1.5~2.0	>2
耐盐性较强 作物生长情况	生长良好、 不受影响	稍受抑制、减 产 10%~20%	中等抑制、减 产 20%~50%	严重抑制、减 产 50%~80%	死亡 无收
注: 按 0~0.30m 土层化学分析含盐量计算确定。					

10 堤防水文地质勘察

10.1 目的与任务

10.1.1 查明工程场区的水文地质条件，为堤防工程设计提供水文地质资料。

10.1.2 对可能产生的水文地质问题做出评价，提出预防及处理的地质建议。

10.2 勘察内容

10.2.1 堤基地质结构，地层岩性，岩土体透水性，基岩区断层破碎带、裂隙密集带的发育特征，堤基相对隔水层和透水层的埋深、厚度、特性及其与地表水的水力联系。

10.2.2 堤线附近埋藏的古河道、古冲沟、渊、潭、塘等的分布与性状特征，堤基土洞、岩溶洞穴的分布、规模及充填情况，分析其对堤基渗漏、稳定的影响。

10.2.3 已建堤防自建成以来所产生的渗漏、渗透稳定等情况。

10.2.4 地下水补给、径流、排泄条件，各含水层地下水位及其动态变化规律，井、泉分布及水位、流量变化规律，地下水、地表水化学特性及其对混凝土的腐蚀性。

10.2.5 对堤基渗漏、渗透稳定等问题进行分析评价，提出工程处理建议。对采用垂直防渗的堤段应预测其对环境水文地质条件的影响。

10.3 勘察方法

10.3.1 水文地质测绘应符合下列规定：

1 水文地质测绘的比例尺应符合附录 A 的有关规定。

2 水文地质测绘范围应以能满足水文地质评价为原则，一般情况下以堤内 500~1000m、堤外 500m 为宜。对水文地质条

件复杂且可能影响水文地质评价的地段以及控导、护岸等距堤防一定距离的工程地段，应适当扩大测绘范围。

10.3.2 水文地质物探应根据工程区水文地质条件和探测的目的选择合适的方法进行，并应符合附录 B 的规定。

10.3.3 水文地质勘探应符合下列规定：

1 水文地质勘探应结合堤防区工程地质勘探进行，每一水文地质单元均应有勘探剖面控制。

2 水文地质勘探方法应与测试内容、试验项目相适应。

3 所有勘探点均应量测初见水位、终孔稳定水位。必要时，进行分层止水后的稳定水位观测。

10.3.4 水文地质试验应符合下列规定：

1 应根据具体的水文地质条件确定采用室内试验及抽水试验、注水试验、压水试验等适宜的原位试验方法。

2 主要透水层室内渗透性试验组数不宜少于 6 组，原位试验组数不宜少于 3 组。

10.3.5 必要时可提出建立地下水长期观测系统的建议。

10.4 水文地质问题评价

10.4.1 堤基土渗透变形问题评价应符合下列规定：

1 堤基土渗透变形问题评价应包括以下内容：

1) 堤基土渗透变形类型；

2) 提出渗透变形允许水力比降。

2 堤基土的渗透变形判别方法应符合 GB 50287—99 的有关规定。

10.4.2 堤基渗漏问题评价应符合下列规定：

1 应在分析堤基水文地质条件的基础上，正确判定渗漏型式、层位、范围，合理确定计算边界条件。

2 渗透系数的确定应符合附录 D 的规定。

3 堤基渗漏量的估算可视具体条件采用地下水动力学法或数值模拟法进行。

11 边坡水文地质勘察

11.1 目的与任务

11.1.1 查明边坡地段的水文地质条件。

11.1.2 研究分析地下水对边坡稳定性的影响，为工程边坡设计处理提供水文地质资料。

11.2 勘察内容

11.2.1 各透（含）水层、相对隔水层的岩性、厚度、渗透性及空间分布特征。

11.2.2 地下水补给、径流和排泄条件，各含水层地下水位及其动态变化规律，地表水与地下水的水力联系。

11.2.3 地下水出露情况，主要包括：泉井类型、出露高程、涌水量及其动态变化，勘探洞及天然洞穴内地下水的出渗情况、变化规律及其与周边地质环境的关系。

11.2.4 分析评价地表水（包括库水）和地下水活动可能产生的冲刷、溶解、软化、潜蚀、静水压力和动水压力的变化等对边坡稳定性的影响。

11.2.5 分析评价降水入渗、泄水雨雾对边坡稳定性的影响。

11.3 勘察方法

11.3.1 水文地质测绘的比例尺和范围应与工程地质测绘相同。

11.3.2 水文地质物探应根据工程区水文地质条件和探测的目的选择合适的方法进行，并应符合附录 B 的规定。

11.3.3 水文地质勘探应符合下列规定：

1 各勘探剖面及勘探点的布设应与工程地质勘察结合，必要时可适当加密。

2 勘探点深度应满足水文地质测试、试验和监测的要求。

11.3.4 水文地质试验应符合下列要求：

1 应视边坡具体情况采用现场压水试验或注水试验测定边坡岩土体的渗透性。试验组数可根据需要确定。

2 必要时可对边坡工程场区地下水、地表水进行水化学分析。

11.3.5 水文地质观测应符合以下规定：

1 观测点、线的布置应根据研究区地形、地貌、不同水文地质单元、岩土性状及边坡工程要求确定。观测线宜平行或垂直地下水流向布置；当有地表水体时，观测线宜垂直地表水体的岸边布置。

2 观测点应选择变形体范围内的钻孔、试坑、平洞、竖井、水沟、泉等，观测点的间距应视地下水的梯度、地形坡度、地下水位变化及到地表水体的距离等确定，但不宜超过 400m。

3 观测内容包括地下水（井、泉）水位、流速、流向、流量和水温；对黏性土宜观测孔隙水压力的变化，观测应符合 SL 245—1999 要求。

4 当存在多层地下水时，应分层观测。

12 岩溶区水文地质勘察

12.1 目的与任务

12.1.1 查明水库及建筑物区的岩溶水文地质条件。

12.1.2 对工程场地存在的岩溶水文地质问题进行分析评价，为工程设计和施工提供处理建议。

12.2 勘察内容

12.2.1 岩溶地貌发育特征及与邻近河流之间的关系，可能出现渗漏的低邻谷高程、距离，河弯捷径长度，本河流裂点及下游排泄基准面高程、距离等。

12.2.2 新构造运动特点及其对岩溶发育的控制作用。褶皱、断裂性质及空间展布情况。

12.2.3 岩溶特征、规模、分布、发育规律，岩溶洞穴类型、规模、充填物及其空间分布规律，延伸性及贯通性，岩溶发育随深度的变化情况等。对岩溶化岩组进行分类，岩溶化岩组分类应符合附录 J 表 J.0.1 的规定。

12.2.4 相对隔水层的岩性组合特征、厚度、延伸分布及其封闭条件；可溶岩沟通库内、外或坝址上、下游，组成统一的岩溶含水系统情况。

12.2.5 岩溶含（透）水层的类型及其富水性、透水性。岩溶含水层类型划分应符合附录 J 表 J.0.2 的规定。

12.2.6 岩溶水补给源、补给方式和渗流条件、形式。

12.2.7 岩溶水流动系统的边界和水文地质结构特征、水动力特征。河谷岩溶水动力条件基本类型应按附录 J 中表 J.0.3 确定。

12.2.8 地下水水位、流量、水质的动态变化规律，地下水分水岭位置、高程。地下水动态类型宜按附录 J 表 J.0.4 确定。

12.2.9 对岩溶渗漏及建筑物区渗透变形问题进行评价，提出防

渗处理建议。

12.3 勘察方法

12.3.1 水文地质测绘应符合下列规定：

1 测绘范围应包括水库、建筑物区可能出现的与岩溶水文地质问题有关的地区。测绘比例尺应符合附录 A 的规定。

2 岩溶层组类型的划分应有实测岩性剖面，其比例尺应大于测绘比例尺的 5~10 倍。对重要岩性应有 5 组以上的磨片鉴定及矿化分析。

3 典型岩溶洞穴调查应在航（卫）片解译及水文网法、注地分析法判断等工作的基础上进行，调查内容应包括洞穴高程、方向、几何形态，洞穴内微地貌及沉积物等。

4 分析地下暗河、溶洞、落水洞、竖井等与剥夷面、阶地面对应关系。

12.3.2 水文地质物探应符合下列规定：

1 应采用综合物探的方法，物探方法的选择应符合附录 B 的规定。

2 探测内容应包括地下水位，岩溶通道及隔水层埋深等。

12.3.3 水文地质勘探应符合下列规定：

1 钻孔布置应兼顾观测网与数值模拟的需要，相对隔水层被断层切割或相变为可溶岩的地段、强岩溶渗漏带应布置控制性钻孔。

2 河间地块、河弯地带等可疑渗漏带应布置勘探剖面，钻孔间距可为 50~200m。

3 当无相对隔水层时，孔深应进入弱岩溶化岩体不小于 10m。

4 对岩溶洞穴可采用平硐开挖追索。

12.3.4 水文地质试验应符合下列规定：

1 钻孔进入正常蓄水位以下的岩体均应进行压（注）水试验，地下水位以下代表性地段宜进行抽水试验。

2 坝址两岸及河床均应至少有一个钻孔,随钻进按孔深每20~30m测一次稳定的内、外管水位与相应时段河水位,并分层取水样3组以上进行水质分析,终孔一段时间后宜观测钻孔中地下水位并绘制曲线。

3 钻孔钻进中遇承压水时应测定承压水头,当承压水头高出孔口时应进行涌水试验,并测量水温,取水样作水质分析。

4 分水岭或岸坡钻孔遇重要洞穴时和有水注入的落水洞均应进行示踪试验;试验时应测定投放点与接收点的地下水位;示踪试验应符合附录K要求。

5 有条件的地方,宜进行堵洞抬水试验,并布置相应观测网。

6 对坝基中岩溶洞穴充填物应取样进行物理性试验、渗透变形试验,必要时进行破坏性压水试验,绘制 $P-Q$ 曲线。

12.3.5 岩溶区地下水动态观测网、点布设及观测工作应按SL245—1999的有关规定执行。

12.4 岩溶区水库渗漏问题评价

12.4.1 应根据地形地貌、地层结构、地质构造、岩溶发育程度及其空间分布规律、河谷岩溶水动力条件、地下水位等对岩溶区水库渗漏问题进行综合判定。

12.4.2 岩溶渗漏基本类型划分应符合附录J表J.0.5的规定。

12.4.3 岩溶区水库渗漏问题、坝基和绕坝渗漏问题的判别应符合GB50287—99的有关规定。

12.4.4 岩溶渗漏量估算可视具体情况采用工程类比法、地下水动力学法、水力学法、水量均衡法、数值法进行,并应符合以下规定:

1 当判定为溶隙型渗漏类型,可采用地下水动力学方法进行计算。

2 当查明存在贯通的岩溶管道或地下暗河且已知其控制断面尺寸时,可采用水力学中的管道流公式进行计算。

3 当查明溶隙性渗漏与管道型渗漏并存时，宜分别进行渗漏量计算，并判定各自所占比例。

12.4.5 当岩溶渗漏可能对水库正常运用或工程安全造成不利影响时，应根据防渗处理的目的提出相应的处理建议。

13 水文地质勘察资料整理

13.1 目的与任务

13.1.1 对各类水文地质资料进行系统整理和综合分析，编制并提供与其工作深度相适应的水文地质勘察成果。

13.1.2 水文地质勘察成果一般可作为工程地质勘察报告的一部分（篇、章、节）提供。也可根据需要单独编写专门性水文地质问题勘察报告。

13.2 水文地质图件

13.2.1 水文地质勘察成果中主要附图宜按表 13.2.1 选择。

表 13.2.1 水文地质勘察成果附图表

序号	图件名称	设计阶段			
		规划	可行性研究	初步设计	技施设计
1	综合水文地质图		+	+	
2	专门性水文地质图			+	+
3	坝（闸）基渗透剖面图		+	√	
4	典型地段（或专门性问题） 水文地质剖面图		+	+	+
5	渗透性分区图		+	+	+
6	灌区地下水开采分区图	+	√	√	
7	灌区土壤盐渍化程度分布图	+	√	√	

注：√—应提交的附件；+—视需要而定的附件。

13.2.2 综合水文地质图应包括下列主要内容：

1 地层岩组界线、产状要素、褶皱轴和主要断层及破碎带展布情况等。

2 勘探钻孔、井、泉等的位置、高程、类型、水位和涌水

量等。

3 地下水类型，地下水位分布及流向，隔水及透（含）水层组的岩性及分布。

4 地表水系和与地下水有关的沼泽、洼地、古河道、埋藏谷、冲洪积扇等的分布。

5 河流或溪沟的漏水地段、盲谷的消水点和出水点。

6 地下水的矿化度与化学类型。

7 渗漏或可能渗透变形地段的分布，渗漏方向。

8 水文地质分区及渗透性（富水性）分区。

9 工程设计方案的轴线或轮廓线、防渗帷幕线、地质剖面线等。

10 岩溶地区综合水文地质图尚应侧重反映下列内容：

1) 与岩溶发育有关的地形地貌要素，主要包括河谷裂点、阶地、古河道、地形分水岭、沟谷洼地、落水洞、天然竖井、漏斗等；

2) 强岩溶化岩层或相对隔水层分布；

3) 溶洞与暗河的进出口高程、规模、延伸方向、充填与联通情况；

4) 地下水等水位线、流速和流向，地下水分水岭的高程及其与地表水的补排关系；

5) 岩溶渗漏程度分区（段）。

13.2.3 渗透剖面图应包括下列内容：

1 岩性、构造、风化带界线。

2 各勘探点和观测点在剖面上的位置，并应在钻孔两旁标明渗透指标（吕荣值或渗透系数）和岩芯获得率。

3 潜水的水位、承压含水层的顶底板及其稳定水位、河水位和设计正常高水位等，各种实测水位均应注明观测日期。

4 透水层和相对隔水层的埋藏深度与分布范围。

5 岩土渗透性分级界线，渗透性分级应符合 GB 50287—99 的有关规定。

6 渗漏及渗透变形分析、计算的有关说明。

7 建筑物轮廓线、建基面高程线。

8 对具有特殊地质意义的软弱夹层、断层破碎带、泥质及可溶盐类填充的节理密集带、可能产生渗透变形的地段等，在图上应用特种符号或扩大比例尺标出。

9 当岩层的透水性比较均一时，可采用类比法，利用一些已知的试验成果，推测试验尚不能满足精度要求的个别地区的渗透性。实测与推测的资料应严格地加以区分标明在图上，不应相互混淆。

10 当水文地质条件简单时，渗透剖面图可与工程地质剖面图合并。

13.2.4 水文地质剖面图的编制应符合下列要求：

1 水文地质剖面图的布置宜垂直岩层走向或构造线方向，切过含水层最多的地段，或平行于地下水流向布置，应尽量利用已有的勘探点和地下水露头。

2 水文地质剖面图应参照工程地质剖面图的一般内容进行编制。同时还应根据研究的不同对象和目的，有选择的表示出需要的水文地质要素（含水层水位、渗透系数、富水性、矿化度等），并结合平面图标明水文地质分区的界线。

13.3 水质分析资料

13.3.1 水质分析资料整理应包括下列主要内容：

1 按不同水文地质单元和不同类型含水层进行分组汇总。对分析中确认的不合理值应予以舍弃，舍弃时应说明其原因。

2 按离子含量及其主次关系和矿化度进行水化学分类。

3 根据水的不同用途对水质进行评价。

13.3.2 水质评价指标取值应符合下列规定：

1 当某一含水层的水化学成份比较稳定时，评价可采用各水点离子的平均值进行。

2 当含水层地下水的水化学类型变化大时，则应对不同季

节,不同地段的水质进行全面的分析,不宜简单的用平均值法计算。

13.4 水文地质勘察报告

13.4.1 作为工程地质勘察报告组成部分的水文地质勘察报告正文,应包括工程(建筑物)区水文地质条件、主要水文地质问题评价、结论与建议等:

1 库区部分应包括下列内容:

- 1) 库区水文地质条件应包括水库周边地形地貌特征,透(含)水层和相对隔水层的空间分布及渗透性,地质构造发育特征、渗透性及其与库水的关系,地下水类型及其补给、径流、排泄条件,地下水位及其动态变化,地下分水岭位置及高程,浸没地段土壤盐渍化、沼泽化的历史及现状等。岩溶区尚应包括岩溶分布情况和发育规律,主要溶洞和喀斯特通道的规模、分布、连通及充填情况等。
- 2) 水库渗漏问题评价应包括渗漏的性质、途径、范围,计算参数的确定,计算方法及计算公式的选择,渗漏量计算结果及其分析说明,渗漏对水库蓄水运用及周边环境地质条件的影响,防渗处理建议等。
- 3) 水库浸没问题评价应包括地下水壅高计算方法的选择,计算参数的确定,计算结果及其分析和说明,浸没标准的确定,浸没范围及其发展趋势的预测,浸没对周边环境地质条件的影响,防护处理建议等。
- 4) 结论与建议应包括库区的基本水文地质特征、存在的主要水文地质问题及其评价意见,下一步工作建议等。

2 坝(闸)址区部分应包括下列内容:

- 1) 坝(闸)址区水文地质条件应包括坝(闸)址区透(含)水层和相对隔水层的岩性、空间分布及其渗透性,集中渗漏带的发育特征、渗透性及其与地表水的

连通条件，地下水补给、径流、排泄关系，各含水层地下水位及其动态变化规律，地表水和地下水的化学特性及其对混凝土的腐蚀性，岩土体渗透结构类型划分及渗透性分区，水文地质边界条件等。岩溶地段尚应包括岩溶分布情况和发育规律，主要溶洞和喀斯特通道的规模、分布、连通及充填情况等。

- 2) 坝基及绕坝渗漏问题评价应包括渗漏的性质、途径、范围，计算方法及计算公式的选择，计算参数及边界条件的确定，渗漏量计算结果及其分析说明，渗漏对水库蓄水、工程运行安全及周边环境地质条件的影响，防渗、排水措施建议等。
 - 3) 坝基基坑涌水问题评价应包括计算方法或计算公式的选择，计算参数及边界条件的确定，涌水量估算结果及其分析说明，涌水对建筑物安全及周边环境地质条件的影响，防渗、排水措施建议等。
 - 4) 坝基土渗透变形问题评价应包括土的渗透变形类型判别，流土和管涌临界水力比降的确定，土的允许水力比降的确定，渗透变形对建筑物运行安全的影响，工程处理建议等。
 - 5) 结论与建议应包括坝（闸）址区的基本水文地质特征、存在的主要水文地质问题及其评价意见，下一步工作建议等。
- 3 地下洞室区部分应包括下列内容：
- 1) 地下洞室区水文地质条件应包括洞室地段地层岩性，地质构造，主要断层、破碎带、裂隙密集带的分布、规模、性状、组合关系，岩（土）层透水性，含水层、汇水构造、强透水带的分布及其富水性，地下水位、水温、水压及其动态变化特征，地下水补给、径流、排泄条件，地下水与地表水的水力联系，地下水的化学特性及其对混凝土的腐蚀性等。可溶岩地段尚应包

括岩溶发育规律，主要溶洞和喀斯特通道的发育层位、规模、连通及充填情况、富水性等。

- 2) 地下洞室区涌水问题评价应包括涌水性质、途径、范围，涌水量计算方法及计算公式的选择，计算参数的确定，涌水量计算结果及其分析说明，涌水对地下洞室安全及周边环境地质条件的影响，防渗、排水措施建议等。
 - 3) 地下洞室外水压力问题评价应包括计算方法及计算公式的选择，计算参数的确定，计算结果及其分析说明，外水压力对地下洞室的影响，工程处理建议等。
 - 4) 地下洞室突泥问题评价应包括突泥的性质、突泥量估算、突泥对地下洞室的影响，工程处理建议等。
 - 5) 结论及建议应包括地下洞室区的基本水文地质特征，存在的主要水文地质问题及其评价意见，下一步工作建议等。
- 4 渠道部分应包括下列内容：
- 1) 渠道水文地质条件应包括渠道沿线地形地貌、地层岩性、岩土体渗透性、地下水类型、地下水位及其动态变化、地下水与地表水水力联系、地下水和地表水化学成分及其对混凝土腐蚀性等。
 - 2) 渠道渗漏问题评价应包括渗漏性质、范围，渗漏量计算方法及计算公式的选择，计算参数的确定，渗漏计算结果及其分析说明，渗漏对渠道输水及周边环境地质条件的影响，防渗处理建议等。
 - 3) 渠道浸没问题评价应包括渠道两侧地下水壅高计算方法的选择，计算参数的确定，计算结果及其分析和说明，浸没标准的确定，浸没范围及其发展趋势的预测，浸没及次生盐渍化、沼泽化对渠道周边环境地质条件的影响，防护处理建议等。
 - 4) 渠道开挖涌水问题评价应包括涌水范围、计算方法或

计算公式的选择，计算参数及边界条件的确定，涌水量估算结果及其分析说明，涌水对渠道开挖施工及渠坡稳定性的影响，降、排水措施建议等。

- 5) 结论及建议应包括渠道沿线基本水文地质特征，存在的主要水文地质问题及其评价意见，下一步工作建议等。

5 堤防部分应包括下列内容：

- 1) 堤防区水文地质条件应包括堤基岩土体透水性，堤基相对隔水层和透水层的分布特征及其与地表水的水力联系，基岩区构造破碎带发育特征，古河道、古冲沟、渊、潭、塘等的埋藏情况与性状特征，堤基土洞、岩溶洞穴的分布、规模及充填情况，已建堤防自建成以来所产生的渗漏、渗透稳定等情况，地下水补给、径流、排泄条件，各含水层地下水位及其动态变化规律，地下水、地表水化学特性及其对混凝土的腐蚀性等。
- 2) 堤基土渗透变形问题评价应包括土的渗透变形类型判别，流土和管涌临界水力比降的确定，土的允许水力比降的确定，渗透变形对堤基的影响，工程处理建议等。
- 3) 堤基渗漏问题评价应包括渗漏的性质、途径、范围，计算方法及计算公式的选择，计算参数及边界条件的确定，渗漏量计算结果及其分析说明，渗漏对周边环境地质条件的影响，防渗处理建议等。
- 4) 结论及建议应包括堤防沿线基本水文地质特征、存在的主要水文地质问题及其评价意见、下一步工作建议等。

6 边坡部分应包括下列内容：

- 1) 论述边坡水文地质条件，主要包括透水层、隔水层分布情况，地下水补给、径流和排泄条件，地下水位及其动态变化规律，地表水与地下水的水力联系，地下

水出露情况等。

- 2) 分析和评价水文地质条件的改变对边坡稳定可能造成的影响。

13.4.2 灌区水文地质勘察报告一般情况下宜单独编写。报告正文应包括绪言、自然地理条件及水资源开发利用现状、灌区地质概况、水文地质条件、地下水资源计算与评价、地下水开发利用条件与建议、土壤盐渍化评价、地下水与土壤水盐动态分析、土壤盐渍化、次生沼泽化的防止与改良措施、结论与建议等。

1 绪言应包括目的与任务，灌区水文地质研究程度，本次勘察依据，工作概况及完成工作量。

2 自然地理条件及水资源开发利用现状应包括灌区地理位置，水文与气象，河流水系，社会经济概况，水利设施及水资源和土地资源开发利用现状等。

3 地质概况应包括灌区地形地貌、地层岩性、地质构造等。

4 水文地质条件应包括地下水的赋存与分布规律，地下水补给、径流、排泄条件，地下水类型和含水岩组富水性，地下水水化学特征，地下水动态变化规律等。

5 地下水资源计算与评价应包括参数来源与选取，地下水资源计算分区与评价方法，水均衡分析，地下水数值法计算，地下水资源量和可开采量评价，地下水开采方案分析，水质评价。

6 地下水开发利用条件与建议应包括地下水开采分区，地下水开发利用建议，地下水开发利用保护建议等。

7 土壤盐渍化评价应包括土壤基本类型与分布特征，土壤盐渍化程度评价，土壤盐渍化的形成条件，自然和人为因素对土壤盐渍化的影响等。

8 地下水与土壤水盐动态分析应包括潜水的动态特征和平衡计算，地下水和土壤盐分的动态特征与盐分的平衡计算，分析土壤盐分组成和含盐量的关系以及土壤盐分的形成与变化规律等。

9 土壤盐渍化、次生沼泽化的防止与改良措施应包括土壤

改良水文地质条件分析和分区，土壤改良的措施及建议等。

10 结论与建议应包括灌区基本水文地质特征，存在的主要水文地质问题及其评价意见，下一步工作建议等。

13.4.3 专门性水文地质问题勘察报告正文应包括绪言、工程（建筑物）区地质概况、水文地质条件、专门性水文地质问题及评价、结论与建议等。各部分具体内容应根据工程实际存在的问题确定。

13.4.4 水文地质勘察报告中的主要附件应符合表 13.4.4 的要求。

表 13.4.4 水文地质勘察报告附件表

图 件 名 称	设 计 阶 段			
	规划	可行性研究	初步设计	技施设计
水文地质试验成果汇总表		√	√	√
地下水动态监测成果汇总表		+	+	+
水质分析成果汇总表		+	√	
水文地质物探成果报告	+	√	√	√
水质分析报告	+	+	+	+
注：√ 一应提交的附件；+ 一视需要而定的附件。				

附录 A 水利水电工程各勘察阶段水文地质测绘比例尺

表 A 水利水电工程各勘察阶段水文地质测绘比例尺

测绘地区		勘察阶段			
		规划	可行性研究	初步设计	技术设计
建筑物区	水库区	1:100000~1:50000 可溶岩地区 1:50000~1:25000	1:50000~1:10000	严重渗漏段 1:10000~1:2000 淹没区:城镇 1:2000~1:1000 农业区 1:10000~1:5000	—
	峡谷区	1:10000~1:5000	坝址区 1:10000~1:2000 厂址 1:5000~1:1000 溢洪道 1:5000~1:2000	混凝土重力坝 1:2000~1:1000 高拱坝 1:500 土石坝 1:5000~1:1000 地下洞室 1:2000~1:1000 溢洪道 1:2000~1:1000 地面厂址 1:2000~1:1000	1:1000~ 1:200 (专门性测绘)
	丘陵、平原区	1:25000~1:10000			

表 A (续)

测绘地区		勘察阶段			
		规划	可行性研究	初步设计	技术设计
引水线路区	引水线路区	长引水线路 1 : 50000 ~ 1 : 10000 跨流域引水线路 1 : 100000 ~ 1 : 50000	渠道、隧洞 1 : 25000 ~ 1 : 5000 建筑物场地 1 : 5000 ~ 1 : 1000	引水线路、隧洞 1 : 10000 ~ 1 : 1000 渠道建筑物场地和填方段 1 : 2000 ~ 1 : 1000	—
	渠道、灌区	渠道 : 1 : 100000 ~ 1 : 10000 灌区 1 : 200000 ~ 1 : 50000	渠道 1 : 25000 ~ 1 : 5000 灌区 : 1 : 100000 ~ 1 : 25000	渠道 1 : 10000 ~ 1 : 1000 灌区 1 : 50000 ~ 1 : 10000 (条件复杂时) 1 : 10000 ~ 1 : 5000	
堤防工程	堤防、堤岸	1 : 50000 ~ 1 : 25000	1 : 25000 ~ 1 : 10000	1 : 10000 ~ 1 : 2000	—
	涵闸 大中型		1 : 2000 ~ 1 : 1000	1 : 1000 ~ 1 : 500	

注：可溶岩地区与非可溶岩地区要求不同测绘比例尺时在表中单独列出。

附录 B 水文地质勘察中物探方法的应用

B.0.1 根据水文地质勘察工作中需要探测的不同问题，可按表 B.0.1 选择适宜的物探方法。

表 B.0.1 在水文地质勘察中应用物探方法探测项目一览表

应 用 方 法	覆盖层 厚度	断层 破碎带	岩溶	寻找 地下水	含水层	地层 密度	地层 孔隙度	地下水 流速 流向	渗透率	渗漏 地段
电 法 勘 探	电测探法	○	△	○	○		△			
	电剖面法	△	○	△						△
	自然电场法		△					△		○
	充电法							○		
	激发极化法		△	○	○					△
	可控源音频、大地 电磁测深法	○	○	△	△					△
	瞬变电磁法	○	○	△	△					△

表 B. 0. 1 (续)

应 用 方 法		覆盖层 厚度	断层 破碎带	岩溶	寻找 地下水	含水层	地层 密度	地层 孔隙度	地下水 流速 流向	渗透率	渗漏 地段
地震 勘探	浅层折射法	○	○		△	△					
	浅层反射法	○	○		△	△					
	瑞雷波法	○		△							
放射性勘探			△				△				
钻孔 测井	电测井		△		○	○		△	△	○	○
	声波测井		△					○			
	放射性测井	△					○	○			
	电磁波测井		△	○							
	钻孔电视		○								
同位素示踪法				△	△	○			○	△	○
注：○—主要方法；△—配合方法。											

B. 0. 2 根据水文地质勘察工作中不同的探测内容和物性特征，可按表 B. 0. 2 选择物探方法。

表 B.0.2 根据不同探测内容和物性特征采用的物探方法一览表

序号	任务要求与探测内容	应用条件、物性特点	采用方法与探测技术
I	第四系地层中划分含水层和隔水层，测定其埋深和厚度。基岩裂隙水调查并测定地下水位	含水层的地质—物性特点可分两类。一是第四系地层中的含水层，主要是孔隙率大、透水性强的沙卵（砾）石层、砂层，它们与透水性弱的黏性土层相比，一般具有电阻率高、电学活动性强的特点。二是基岩中有裂隙密集带、岩溶发育带、断层破碎带等含水层（带）与其围岩相比，通常具有电阻率低，电学活动性强，弹性波速度低的特点	探测方法主要有电法勘探（包括高密度电法），地震勘探。通常以点距较大的电测深进行全面探测，以点距较小的地震剖面和高密度电法作重点配合（当含水层与上覆层具有明显的波阻抗差别时，可采用浅层反射波法） 对于第四系地层松散层中或基岩裂隙中是否赋存有地下水，主要应用激发极化法探测，因为激发极化法的激电参数激发比（I_t）极化率（μ_s）衰减度（D_s）与富集的地下水有着密切关系 当 $I_t = 0.3\% \sim 3\%$，$\mu_s = 1\% \sim 5\%$，$D_s = 30\% \sim 50\%$ 时，可视为含水岩（土）体
II	岩溶洞穴间分布位置	岩溶洞穴与围岩之间，一般存在明显的电阻率、波速、波阻抗、密度、磁化率等物性差异，可应用相应的物探方法，进行综合物探探测	在被覆盖的岩溶地区，当地形平缓、基岩埋藏较浅时，可应用地面物探方法探测表层岩溶溶蚀带，采用方法：电测深、电剖面和高密度电法可控源音频大地电磁测深法、瞬变电磁法、甚低频法；地震法（浅层折射波法和浅层反射波法）及地质雷达法等综合物探方法

表 B. 0. 2 (续)

序号	任务要求与探测内容	应用条件、物性特点	采用方法与探测技术
II	岩溶洞穴间分布位置	岩溶洞穴与围岩之间, 一般存在明显的电阻率、波速、波阻抗、密度、磁化率等物性差异, 可应用相应的物探方法, 进行综合物探探测	探测岩溶洞穴是充水还是填充疏松沉积物时, 可采用激发极化法与其他物探方法相互配合, 当 $I_p > 30\%$, $D_p > 80\%$, $\mu_a > 5\%$ 时, 一般为沉积物反映, 低于上述数值时, 往往是充水的反映 探测孔间或洞间岩溶洞穴, 应用孔间的透视法进行, 孔间或洞间的距离应小于 80m, 对于电磁波、声波、地震波等透视法均可采用交会法或层析成像法 (由计算机进行数据处理)
III	查明渗漏带、含水层位置及层间补给关系	含水层的地质—物性特点可分两类。 一是第四系地层中的含水层, 主要是孔隙率大、透水性强的砂卵 (砾) 石层、砂层, 它们与透水性弱的黏性土层相比, 一般具有电阻率高、电化学活动性强的特点。二是基岩中有裂隙带、岩溶发育带、断层破碎带等含水层 (带) 与其围岩相比, 通常具有电阻率低, 电化学活动性强, 弹性波速度低的特点	地面进行自然电位测量, 等自然电位平面图上的负异常多为渗漏带的反应 当钻孔穿过了具有不同水压力的几个含水层时, 可利用井中流量计或扩散法测定含水层之间的补给关系
IV	主要测定水文地质参数和地下水运动情况	应用条件: 电测井只能在无套管有井液的孔段进行; 声速测井只能在无套管的孔段进行; 放射性测井无论钻孔有无套管及井液均可进行; 钻孔电视只能在无套管的干孔和清水钻孔中进行; 井中流体测量只适用于无套管 (可以有滤管) 的钻孔	测定水文地质参数的物探方法有: 充电法、自然电场、井液电阻率测井, 同位素示踪法和同位素流速仪法 在钻孔或水井内, 采用充电法进行地下水流向、流速的测定 采用自然电场法, 可在测区内地形比较平缓的地方布置若干测点, 以测点为中心作自然电场的环形观测, 即测量不同方位的过滤电场, 可测定地下水流向 在钻孔或水井内, 可用同位素流速仪测定流速。有多个钻孔时可用同位素示踪法测定流向、流速

附录 C 水库渗漏量计算、地下水壅水计算常用公式

C.0.1 水库渗漏量计算（解析法）常用公式，应符合表 C.0.1 规定。

表 C.0.1 水库渗漏量计算解析法常用公式

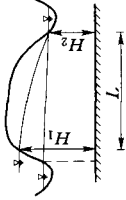
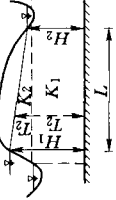
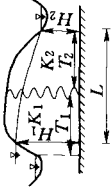
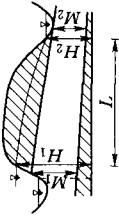
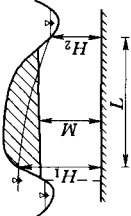
水文地质特征	示意图	计算公式
均质岩 (土) 体		$q = K \frac{H_1 - H_2}{L} \frac{H_1 + H_2}{2}$ 式中 q——分水岭单宽剖面的渗漏量 [$\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$]; K——岩(土)体的渗透系数 (m/d); H_1——水库水位 (m); H_2——邻谷水位 (m); L——平均渗径 (m)
潜水含水层 双层结构 非均质岩 (土) 体		$q = K_p \frac{H_1 - H_2}{L} (T_1 + T_2)$ $K_p = \frac{K_1 T_1 + K_2 T_2}{T_1 + T_2}$ $T_2 = \frac{H_1 - T_1}{2} + \frac{H_2 - T_1}{2}$ 式中 K_p——等效渗透系数 (m/d); T_1——下层透水层厚度 (m); T_2——上层透水层过水部分平均厚度 (m)

表 C.0.1 (续)

水文地质特征	示意图	计算公式
潜水含水层 透水性在水平方向上急剧变化的非均质岩(土)体		$q = \frac{H_1^2 - H_2^2}{2 \left(\frac{T_1}{K_1} + \frac{T_2}{K_2} \right)}$ $K_v = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{\sum_{i=1}^n \frac{T_i}{K_i}}$
承压含水层 承压水流		$q = K \frac{M_1 + M_2}{2} \frac{H_1 - H_2}{L}$ 式中 M_1——水库岸边(入渗点)含水层厚度(m); M_2——邻谷岸边(排泄点)含水层厚度(m); q——单宽渗流量($\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$)
承压—无压流		$q = K \frac{M(2H_1 + M) - H_2^2}{2L}$ 式中 M——含水层平均厚度(m)

C.0.2 地下水壅水计算(解析法)常用公式,宜符合表 C.0.2 规定。

表 C.0.2 地下水壅水计算 (解析法) 常用公式

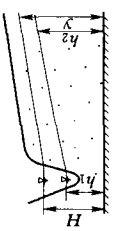
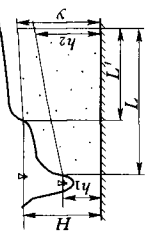
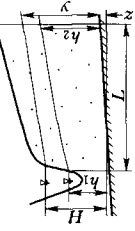
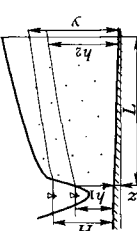
水文地质特征	示意图	公 式
隔水层底板水平, 陡直河岸		$y = \sqrt{h_2^2 - h_1^2} + \frac{H^2}{2}$ 式中 y——地下水雍高后计算断面处的含水层厚度; h_1——水库蓄水前河流岸边线处的含水层厚度; h_2——水库蓄水前计算断面处的含水层厚度; H——隔水底板至水库正常蓄水位之差
隔水层底板水平, 平缓开阔河谷		$y = \sqrt{\frac{L'}{L}(h_2^2 - h_1^2)} + \frac{H^2}{2}$ 式中 L——河流岸边线至计算断面处的距离; L'——平缓开阔地带后缘至计算断面处的距离
无 入 均 质 岩 层		正坡: $y = \sqrt{\frac{z^2}{4} + H^2 + h_2^2 - h_1^2} + z(h_2 + h_1 - H) - \frac{z}{2}$
		反坡: $y = \sqrt{\frac{z^2}{4} + H^2 + h_2^2 - h_1^2} - z(h_2 + h_1 - H) + \frac{z}{2}$ 式中 z——隔水底板在河流岸边线处与在计算断面处之高差

表 C.0.2 (续)

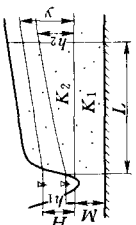
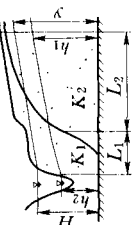
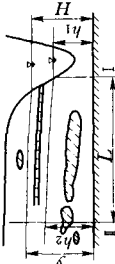
水文地质特征	示意图	公式
双层结构 水平岩层		$2K_1M(h_2 - h_1) + K_2(h_2^2 - h_1^2) = 2K_1M(y - H) + K_2(y^2 - H^2)$ 式中 K_1、K_2——不同岩层的渗透系数 (m/d); M——下部含水层厚度 (m)
无渗 入时 非均 质岩 层		$y = \sqrt{h_2^2 - h_1^2 + H^2}$ 在水平方向急剧变化的岩层中潜水的壅水值与岩层的渗透系数无关
构造复杂的非均 质岩层		$(K_1h_1 + K_2h_2)(h_2 - h_1) = (K'_1H + K'_2y)(y - H)$ 式中 K_1、K_2——壅水前 I 断面和 II 断面的平均渗透系数; K'_1、K'_2——壅水后 I 断面和 II 断面的平均渗透系数

表 C. 0. 2 (续)

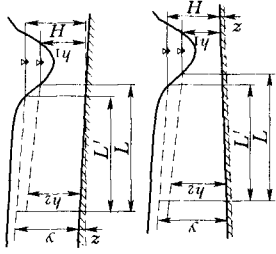
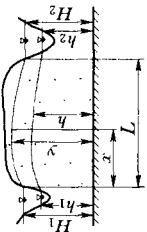
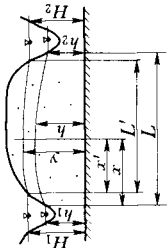
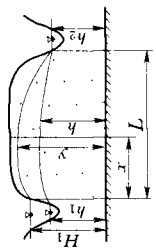
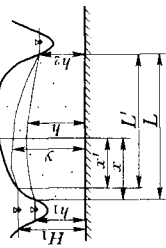
水文地质特征	示意图	公式
无渗入时 非均质岩层 非均质岩层隔 水底板倾斜		正坡: $y = \sqrt{\left(\frac{2H-z}{2}\right)^2 + \frac{K}{K'}L'I(h_1+h_2)} - \frac{z}{2}$ 反坡: $y = \sqrt{\left(\frac{2H-z}{2}\right)^2 + \frac{K}{K'}L'I(h_1+h_2)} + \frac{z}{2}$ 式中 I——回水前上下断面间的潜流坡度。 断面间的平均渗透系数 K (壅水前) 或 K' (壅水后) 按下式确定: $K(K') = [K'_1h'_1 + K'_2h'_2 + \dots + K'_nh'_n] + (K''_1h''_1 + K''_2h''_2 + \dots + K''_nh''_n) / [(h'_1 + h'_2 + \dots + h'_n) + (h''_1 + h''_2 + \dots + h''_n)]$ 式中 $K'_1, K'_2, \dots, K'_n$——开始断面处地下水位以下厚度 $h'_1, h'_2, \dots, h'_n$ 的渗透系数; $K''_1, K''_2, \dots, K''_n$——计算断面处地下水位以下厚度 $h''_1, h''_2, \dots, h''_n$ 的渗透系数
有渗入时 河间地块 两河壅水 陡直河岸		$y = \sqrt{h^2 + (H_1^2 - h_1^2) \frac{L-x}{L}} - \frac{x}{L} \frac{H_2^2 - h_2^2}{L}$

表 C.0.2 (续)

水文地质特征	示意图	公式
两河壅水 平缓河岸		$y = \sqrt{H_1^2 - x' \left[\frac{H_1^2 - H_2^2}{L'} - \frac{L' - x'}{L - x} \left(h^2 - h_1^2 + \frac{h_1^2 - h_2^2}{L} \right) \right]}$
一河壅水—河水 不升高，陡直河岸		$y = \sqrt{h^2 + (H_1^2 - h_1^2) \frac{L - x}{L}}$
一河壅水—河水 不升高，平缓河岸		$y = \sqrt{H_1^2 - x' \left[\frac{H_1^2 - h_2^2}{L'} - \frac{L' - x'}{L - x} \left(h^2 - h_1^2 + \frac{h_1^2 - h_2^2}{L} \right) \right]}$

有渗
入时
河间
地块

附录 D 水文地质分析中渗透系数取值原则

D.0.1 对渗透系数的取值应综合分析岩（土）体的成因类型、结构构造、物质组成、空间分布和渗透方向性等地质资料，根据岩（土）体渗透系数的勘察目的和用途进行。

D.0.2 室内试验结果和现场试验结果差异较大，渗透系数取值宜以现场试验成果值为主；同时具有现场抽水和注水或压水试验成果，应以现场抽水试验成果值为主。

D.0.3 根据压水试验成果计算岩体各试段的渗透系数时，应符合 SL 31—2003 的有关规定。

D.0.4 用于水位降落、排水计算和边坡稳定性验算的渗透系数，应采用试验的小值平均值；用于浸没区预测的渗透系数，应采用试验的平均值；用于水库（渠道）渗漏量、地下洞室涌水量及基坑涌水量计算的渗透系数，应采用试验的大值平均值；用于供水工程计算的渗透系数，应采用抽水试验的平均值。

D.0.5 对于各向异性的岩（土）体，渗透系数的取值宜考虑水利水电工程施工时和运行后岩（土）体中地下水的渗流方向。

D.0.6 当渗透系数资料不足时，可结合地层岩性、密实度、颗粒分析等地质背景资料和试验资料参考表 D.0.6 选用土体的渗透系数地质建议值。

表 D.0.6 土体的渗透系数值

土 体 名 称	渗 透 系 数 K	
	m/d	cm/s
淤泥		$10^{-7} \sim 10^{-6}$
淤泥质土		$10^{-6} \sim 10^{-5}$
黏土	<0.001	$<10^{-6}$
粉质黏土	$0.001 \sim 0.01$	$10^{-6} \sim 10^{-5}$

表 D.0.6 (续)

土 体 名 称	渗 透 系 数 K	
	m/d	cm/s
粉质壤土	0.005~0.05	$6 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-5}$
壤土	0.05~0.1	$6 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4}$
粉土	0.01	1×10^{-5}
砂壤土	0.1~0.5	$1 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$
新黄土(泥质)	0.001~0.01	$10^{-6} \sim 10^{-5}$
黄土	0.25~0.5	$3 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$
老黄土(砂质)	0.1~1.0	$10^{-4} \sim 10^{-3}$
粉砂	0.5~1.0	$6 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$
细砂	1.0~5.0	$1 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-3}$
中砂	5.0~20.0	$6 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-2}$
均质中砂	35~50	$4 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$
粗砂	20~50	$2 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$
均质粗砂	60~75	$7 \times 10^{-2} \sim 8 \times 10^{-2}$
砂砾	50~150	$6 \times 10^{-2} \sim 1.6 \times 10^{-1}$
圆砾	75~200	$8 \times 10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$
卵石	100~500	$1 \times 10^{-1} \sim 6 \times 10^{-1}$
无充填物卵石	500~1000	$6 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^0$
粒径均匀的巨砾	≥ 1000	$\geq 10^0$

附录 E 岩土体渗透结构类型划分

E.0.1 岩土体渗透结构类型划分应在查明透（含）水层（体）和相对隔水层（体）的空间分布及组合规律的基础上进行。

E.0.2 岩土体渗透结构类型划分应符合表 E.0.2 的规定。

表 E.0.2 岩土体渗透结构类型划分表

岩土类别	渗透结构类型	主要表现形式	地下水渗透特征
土体	单层渗透结构	成分单一的河床覆盖层	透水性一般较强，具均质各向同性渗透特征。覆盖层粒度较粗时常可引起严重渗漏
	双层渗透结构	上、下两层土粒度差别较大的河床覆盖层	上、下层土渗透性差异明显。地层结构的稳定程度对渗漏条件影响很大
	多层渗透结构	粗粒土、细粒土互层的河床覆盖层	各透水层颗粒组成往往不均一，渗透性差异明显。漂卵石层常构成集中渗漏通道
岩体	散体状渗透结构	岩体全强风化带	透水性相对较强。一般具均质各向同性渗透特征
	层状渗透结构	透水层与相对隔水层互层的缓倾岩层； 平缓的多层结构的喷出岩； 平缓断层破碎岩	地下水主要赋存、运移于各透水层中，其补、径、排严格受相对隔水层控制，常具多层水位。宏观上看，顺层方向渗透性远大于垂层方向渗透性，具有明显的各向异性渗透特征
	带状渗透结构	断层破碎带； 裂隙密集带； 岩脉裂隙带； 透水层与隔水层互层的陡倾岩层； 强卸荷带	多与层状、网络状等渗透结构相通，构成地下水集中渗漏通道，亦可构成不同透水层地下水间的水力联系通道。宏观上看，顺带方向渗透性明显大于垂带方向渗透性

表 E.0.2 (续)

岩土类别	渗透结构类型	主要表现形式	地下水渗透特征
岩体	网络状渗透结构	弱风化—新鲜块状岩体 岩性单一、裂隙较发育的沉积岩	地下水运动主要受裂隙网络发育特征及其渗透性控制，具明显的非均质各向异性渗透特征。渗透性一般较差
	管道状渗透结构	溶蚀孔洞（管道）发育的灰岩	地下水主要沿岩溶管道流动并以泉的方式排泄。分布不均一，动态变化大。常构成集中渗漏通道

附录 F 钻孔高压压水试验

F.0.1 钻孔高压压水试验主要用于研究与评价坝基岩体及隧洞围岩在高水头压力条件下的渗透性和渗透稳定性。为坝基防渗处理、隧洞衬砌和隧洞围岩灌浆参考压力值提供基本设计依据。

F.0.2 在坝前水头大于 200m 以上的坝基或内水压力大于 300m 水头的压力隧洞（管道）地段，包括抽水蓄能电站的下平段及岔管等部位，宜进行岩体高压压水试验。

F.0.3 钻孔高压压水试验分为单孔高压压水试验和带观测孔的高压压水试验两类，可根据有关工程的实际情况选用。压水试验的钻孔孔位及高程应根据洞探、钻探和常规压水试验等资料，并结合承受高压的工程部位布置。对于深埋洞室应充分利用勘测探洞，可在探洞内布置钻孔进行试验。

F.0.4 试验方法与试段长度应符合下列规定：

1 钻孔高压压水试验可在钻探及常规压水试验结束后，在孔内用双栓塞分段自上而下或自下而上进行试验。

2 应按工程利用部位和岩层的不同特性划分试验段，试段应具有代表性，试段的长度宜为 5m，亦可根据需要调整。对于地质构造条件特殊的孔段或透水性相差较大的孔段，应视具体情况确定试段的位置和长度。同一试段不应跨越透水性相差悬殊的两种岩层。

F.0.5 压力阶段与压力值应符合下列规定：

1 压水试验一般可按 4 级压力、7 个阶段进行，即 $P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 (=P_3) - P_6 (=P_2) - P_7 (=P_1)$ ， $P_1 < P_2 < P_3 < P_4$ ，必要时可根据实际情况确定压力级数和循环阶段。压力应由小到大逐级增加，达到最大压力后再由大到小逐级减小到起始压力。

2 应根据岩层的坚硬完整程度和工程实际的水头压力，综

合研究确定试验的起始压力、最大压力和压力级数。最大压力宜大于工程实际最高水头压力值，此外尚应结合最小地应力的量值予以选定，压力应足够高，以便使岩体中的裂隙张开或发生水力劈裂从而求出临界压力值。

3 试段上部岩体应保证有足够的厚度，以防止试验时岩体产生抬动、破坏。

4 试段压力是指作用于试段内的实际平均压力。

- 1) 当用安设在与试段连通的测压管上的压力表测压时，试段压力可按公式 (F.0.5-1) 计算：

$$P = P_p + P_z \quad (\text{F.0.5-1})$$

式中 P ——试段压力 (MPa)；

P_p ——压力表指示压力 (MPa)；

P_z ——压力表中心至压力计算零线的水柱压力 (MPa)。

- 2) 当用安设在进水管上的压力表测压时，试段压力按公式 (F.0.5-2) 计算：

$$P = P_p + P_z - P_s \quad (\text{F.0.5-2})$$

式中 P_s ——管路压力损失 (MPa)；

其余符号与式 (F.0.5-1) 相同。

- 3) 压力计算零线的确定应符合下列规定：

——当地下水位在试段以下时，压力计算零线为通过试段中点的水平线；

——当地下水位在试段以内时，压力计算零线为通过地下水位以上试段中点的水平线；

——当地下水位在试段以上时，压力计算零线为地下水位线。

- 4) 管路压力损失 P_s 的确定方法可参照 SL 31—2003 的相关规定执行。

F.0.6 加压过程可分为三种方式：

- 1 快速法，即压力分级施加，每级压力维持稳定约

为 5min。

2 中速法, 除最高压力级中有几个循环的持续时间可适当加长外, 其余可按 0.5h 控制。

3 慢速法, 最高压力应维持稳定 24h, 其余各级压力可按 2~6h 控制。

F.0.7 试验钻孔应符合以下要求:

1 高压压水试验钻孔的孔径宜采用 75mm、91mm、110mm 三种类型, 不宜大于 130mm。

2 试验钻孔宜采用金刚石或合金清水钻进, 严禁使用泥浆钻进。

F.0.8 试验设备应符合下列要求:

1 试段隔离应采用可膨胀的橡胶封隔器作栓塞。现场试验宜采用水压式双栓塞止水技术, 每只栓塞的封隔长度不宜小于 1m, 设计承压压力不宜小于 30MPa, 两栓塞之间用花管连接见图 F.0.8。

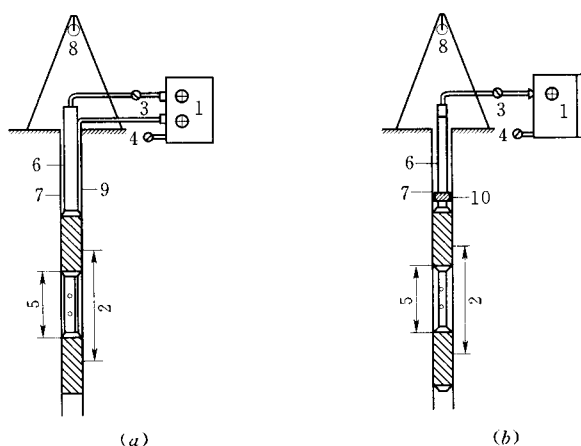


图 F.0.8 高压压水试验测试系统及设备

(a) 双回路; (b) 单回路

1—高压泵; 2—栓塞; 3—流量计; 4—压力表; 5—压水段; 6—钻杆;

7—钻孔; 8—井架; 9—高压胶管; 10—高压转换阀

2 栓塞加压膨胀可视具体情况分别选用双管路或单管路加压系统。双管路加压栓塞的注水加压与试验段的注水加压各自为一套独立的加压管路，互不干扰，它是由一根高压胶管连接地面水泵和孔内的 2 个栓塞，由地面水泵施压使栓塞膨胀止水，另一管路是通过钻杆向压水试段注水加压。单管路加压栓塞的注水加压与试验段的注水加压合为一套系统，只是在上栓塞的顶部加装一转换控制器，用于栓塞和压水试段两种状态下的相互转换，使之分别控制栓塞和压水试段的注水加压。

3 供水设备应采用高压水泵，高压水泵的工作压力应不小于 10.0MPa，单台泵流量宜不小于 50L/min。

4 量测设备：

- 1) 压力量测设备可采用压力表或压力传感器，压力表应具有抗震性且反映灵敏，卸压后指针应回零。压力表的工作压力应限定在极限压力值的 $1/3 \sim 3/4$ 范围内；
- 2) 流量计应能在高压下正常工作，可任意调节流量，流量量测范围不宜小于 100L/min，并应能测定正向和反向流量。宜采用智能高压涡轮流量计，数字显示压水过程中的累计流量和瞬时流量；
- 3) 水位计应灵敏可靠，不受孔壁附着水或孔内滴水的影响。水位计的导线应经常检测，并据此修正水位测量成果；
- 4) 试验用的仪表应专门保管并定期进行校检。

F.0.9 现场试验应符合下列程序：

- 1 根据工程需要，由地质技术人员确定试段位置。
- 2 测量终孔水位，作为计算水柱压力的基本数据。
- 3 将在地面调试好的井下设备，通过钻杆放置到预测段。
- 4 连接地面测试系统及高压泵。
- 5 试段隔离，启动高压水泵将水由地面通过钻杆和转换开关（单管路）或高压胶管（双管路）压入两个可同时膨胀的栓塞，并增压使栓塞充分膨胀隔离试段。

6 接通试段通道,再次起动高压水泵,从地面将水压入试段,进行压力与流量观测。

7 一个试段测试结束后,关闭压水通道,同时接通栓塞通道,卸掉栓塞内施加的高压使之收缩,并移到下一试段进行试验。

F.0.10 压力和流量观测应符合下列要求:

1 试段压力达到预定值并保持稳定后方可进行流量观测。

2 采用快速试验法时,试验中压力和流量的观测方法和稳定标准可按 SL 31—2003 有关规定执行。

3 采用中速和慢速试验,要求压力和流量稳定的持续时间较长,观测时间间隔可视实际情况适当加长,当流量无持续增大趋势,可按 5 次流量读数的相对差不大于 10% 时视为稳定。

4 在降压阶段,如出现水由岩体向孔内回流的现象,应记录回流情况,待回流停止,流量达到稳定标准后方可结束本阶段试验。

5 在试验过程中,宜对附近可能受影响的井、硐、孔、泉等进行水位和流量观测。

F.0.11 试验资料整理应符合下列要求:

1 试验资料整理包括校核原始记录,绘制压力 (P) 与流量 (Q) 关系曲线,确定 $P-Q$ 曲线类型和计算试段透水量等步骤。曲线图上各点应标明序号,并依次用直线相连,升压阶段用实线,降压阶段用虚线。

2 对于中、慢速的高压压水试验应绘制流量 (Q) 与时间 (T) 关系曲线。

3 根据升压阶段 $P-Q$ 曲线的形状及降压阶段 $P-Q$ 曲线与升压阶段 $P-Q$ 曲线之间的关系,确定试段的 $P-Q$ 曲线类型及其渗流特性。 $P-Q$ 曲线的类型及曲线特点,可参照 SL 31—2003 的有关规定予以判别。

4 试段透水量采用最大压力阶段的压力值和流量值按式

(F.0.11) 计算:

$$q = \frac{Q}{L} \quad (\text{F.0.11-1})$$

式中 q ——试段的透水量 $[\text{L}/(\text{min} \cdot \text{m})]$;

L ——试段长度 (m);

Q ——最大压力阶段的实测流量 (L/min)。

5 通过分析 $P-Q$ 关系曲线, 可确定岩体在高压水作用下的渗透特性:

- 1) 测定较完整岩体在高压水作用下岩体渗透临界压力 (劈裂压力);
- 2) 裂隙岩体在高压水作用下岩体中裂隙扩张的临界压力。

附录 G 岩体定向压水试验

G.0.1 岩体定向压水试验是一种在钻孔内进行的原位渗透试验。其主要任务是测定岩体定向透水性，为评价岩体的渗透特性及设计防渗排水工程提供基本资料。

G.0.2 岩体定向压水试验可分为常规定向压水试验和三段定向压水试验两种类型。当需要一般性了解岩体的定向透水性时，宜采用常规定向压水试验；当需要确定岩体的各向异性渗透参数时，宜采用三段定向压水试验。

G.0.3 进行常规定向压水试验时，钻孔方向可视需要确定。试验应符合 SL 31—2003 的有关规定。

G.0.4 三段定向压水试验宜符合下列规定：

1 试验场地选择：

- 1) 三段定向压水试验适宜于在不多于三组裂隙的岩体中进行。试验区范围内的岩性应尽可能均一；
- 2) 三段定向压水试验要求在同一地区沿不同方向布置钻孔，通常适宜于在平硐中进行。

2 试验钻孔：

- 1) 对于每一组裂隙，需要布置一组钻孔，包括一个压水主孔和至少一个观测孔，见图 G.0.4-1；
- 2) 主压水孔深度宜为 20~30m；
- 3) 观测孔以揭露试验的裂隙组为目的，与主压水段的距离不宜大

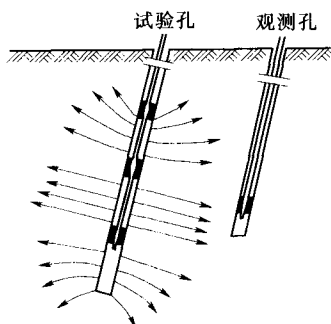


图 G.0.4-1 三段压水试验
布置示意图

于 2.5m;

4) 钻孔孔径宜为 91~130mm;

5) 钻孔宜采用金刚石或合金钻头清水钻进。

3 钻孔方向确定:

1) 根据裂隙测量结果, 分别计算出两裂隙组的交线方向;

2) 岩体中存在两组裂隙情况下需布置两组钻孔, 钻孔方向应分别平行于一组裂隙, 同时与要试验的裂隙组呈最大交角方向;

3) 岩体中存在三组裂隙情况下需布置三组钻孔, 钻孔方向应分别平行于两裂隙组的交线。

4 压力阶段与压力值:

1) 压力阶段、压力值确定应符合 SL 31—2003 的有关规定;

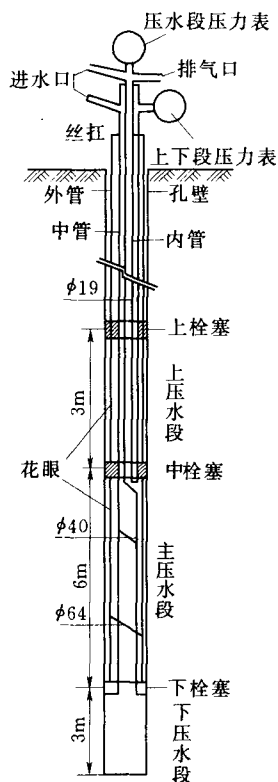
2) 压水试验器管路压力损失应根据实测资料确定。

5 试验设备:

1) 压水试验器由内管、中管、外管三套管子组成, 其结构原理见图 G.0.4-2。通过套在中管上的 3 组栓塞, 将压水孔分为上压水段、主压水段和下压水段, 其中主压水段长度宜为 5m, 上、下压水段长度宜为 3~5m;

2) 水位观测器由内、外两套管子组成, 并有上、下两组栓塞, 其中上栓塞位于孔口附近, 下栓塞位于观测段上端见图 G.0.4-3;

3) 压水试验器栓塞宜采用水压



式或气压式；

- 4) 供水设备及量测设备应符合 SL 31—2003 的有关规定。

6 现场试验可参照 SL 31—2003 的有关规定进行，并应符合以下要求：

- 1) 试验时应使主压水段与上、下压水段的水头压力保持一致；
- 2) 试验时应同时观测主压水段与上、下压水段的压力、流量以及观测孔压力。

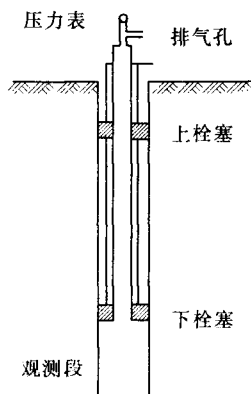


图 G.0.4-3 水位观测器

7 资料整理

- 1) 试验资料整理包括校核原始记录，绘制 $P-Q$ 曲线，确定 $P-Q$ 曲线类型、计算试段透水率和裂隙渗透性等步骤；
- 2) 绘制 $P-Q$ 曲线时，应采用统一比例尺。曲线图上应标明序号，并依次用直线相连，升压阶段用实线，降压用虚线；
- 3) 主压水段透水率采用最大压力阶段（第三阶段）的压力值 (P_3) 和流量值 (Q_3)，按公式 (G.0.4-1) 计算：

$$q = \frac{Q_3}{l} \times \frac{1}{P_3} \quad (\text{G.0.4-1})$$

式中 q ——试段的透水率 (Lu)；

l ——试段长度 (m)；

Q_3 ——第三阶段的计算流量 (L/min)；

P_3 ——第三阶段的试段压力 (MPa)。

- 4) 在 $P-Q$ 曲线为层流的前提下，选择两个阶段主压水段的流量和水头，以及观测孔的相应水头，可用公式 (G.0.4-2) 计算裂隙组的渗透系数：

$$K = \frac{1}{2\pi l} \ln\left(\frac{r}{r_0}\right) \frac{Q' - Q''}{h'_0 - h''_0 + h'' - h'} \quad (\text{G. 0. 4 - 2})$$

式中 K ——裂隙组渗透系数 (m/d);

r_0 ——压水孔半径 (m);

r ——观测孔与压水孔在裂隙面上的距离 (m);

Q', Q'' ——两上不同阶段主压水段的流量 (L/min);

h'_0, h''_0 ——两个不同阶段主压水段的水头 (m);

h', h'' ——两个不同阶段观测孔的水头 (m)。

5) 对三组裂隙用同样的方法进行试验, 分别求出每组裂隙的渗透系数 $K_i (i=1, 2, 3)$, 则岩体总渗透张量可按公式 (G. 0. 4 - 3) 计算:

$$\bar{K} = \sum_{i=1}^3 K_i (E - n_i n_i) \quad (\text{G. 0. 4 - 3})$$

式中 E ——单位张量;

n_i ——裂隙组单位法矢量;

K_i ——裂隙组渗透系数 (m/d)。

附录 H 地下洞室涌水量估算 (大井法)

井半径计算公式

H. 0.1 大井半径可用公式 (H. 0.1) 计算:

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 0.565 \sqrt{F} \quad (\text{H. 0.1})$$

式中 r_0 ——大井半径 (m);

F ——工程基坑的面积 (m^2)。

H. 0.2 当地下洞室呈矩形时, 可用公式 (H. 0.2) 计算:

$$r_0 = \eta \frac{L+B}{4} \quad (\text{H. 0.2})$$

式中 L 、 B ——地下工程所占区域的长和宽 (m);

η ——与 B/L 有关的系数, 参见表 H. 0.2。

表 H. 0.2 η 系数表

B/L	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
η	1.00	1.12	1.16	1.18	1.18	1.18

H. 0.3 当地下洞室呈窄长形时, 即 $B/L \approx 0$, 可用式 (H. 0.3) 计算:

$$r_0 = 0.25L \quad (\text{H. 0.3})$$

式中符号含义同公式 (H. 0.2)

H. 0.4 当地下洞室呈椭圆形时, 可用式 (H. 0.4) 计算

$$r_0 = 0.5(a+b) \quad (\text{H. 0.4})$$

式中 a ——椭圆形的长半轴长度 (m);

b ——椭圆形的短半轴长度 (m)。

H. 0.5 当地下洞室长宽之比大于 2~3 时, 可用式 (H. 0.5) 计算:

$$r_0 = P/2\pi \quad (\text{H. 0. 5})$$

式中 P ——工程区域的周长 (m)。

H. 0. 6 求出大井的等效引用半径后，只需将 r_0 代入相应的集水工程公式即可。

附录 I 渠道的渗漏计算可采用的方法

I. 0.1 均质地层厚度大而没有潜水时，渠道稳定渗漏量按公式 (I. 0.1) 计算：

$$q = K(B + C_1 H_0) \quad (\text{I. 0.1})$$

式中 q ——渠道单位长度渗流量 (m^3/d)；

K ——地层渗透系数 (m/d)；

B ——梯形断面渠道水面宽度 (m)；

H_0 ——渠道内的水深 (m)；

C_1 ——系数 (按图 I. 0.1 根据 B/H_0 值和边坡 m 求得)。

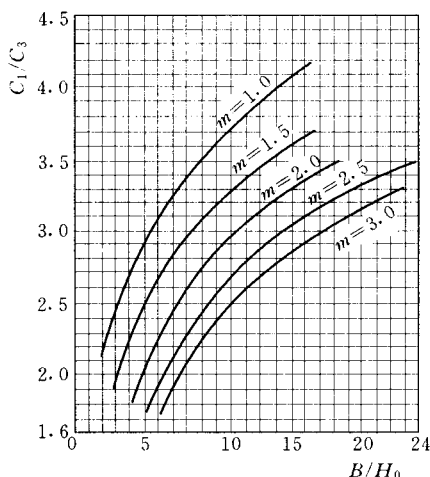


图 I. 0.1 C_1/C_3 与 B/H_0 关系曲线图

I. 0.2 渠道下深处埋藏有透水性的地层，且地下水位于此层中 (见图 I. 0.2 - 1)，未造成壅水，渠道渗漏量可用公式 (I. 0.2) 计算：

$$q = K(B + C_2 H_0) \quad (\text{I.0-2})$$

式中 C_2 ——系数 (按图 I.0.2-2 根据 H/H_0 求得);

H_0 ——渠底至透水性好的地层厚度 (m);

其他符号意义、单位见 I.0.1。

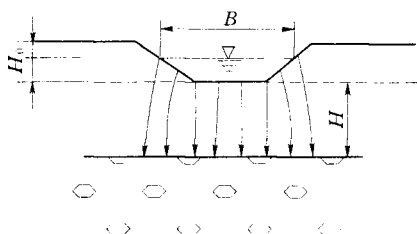


图 I.0.2-1 地下水埋深较大的渠道渗漏示意图

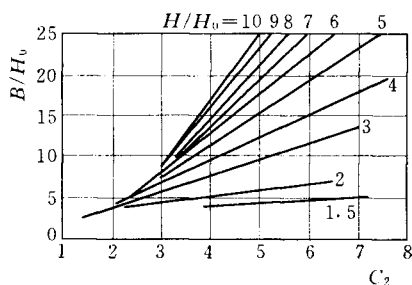


图 I.0.2-2 C_2 与 B/H_0 关系曲线图

I.0.3 当渠道下深埋藏有透水性好的地层, 且地下水位埋深较浅 (图 I.0.3), 则渗漏量可按公式 (I.0.3-1) 计算:

$$q = K(\phi/\phi')T \quad (\text{I.0.3-1})$$

$$B + C_3 H_0 = (\phi/\phi')T - 1.466h \log \lambda' \quad (\text{I.0.3-2})$$

式中 q ——渠道单位长度渗漏量 (m^3/d);

K ——渠道地层的渗透系数 (m/d);

- T ——渠道地层厚度 (m);
- ϕ 、 ϕ' ——第一类椭圆积分, 比值 ϕ/ϕ' 可由公式 (I.0.3-2) 确定;
- C_3 ——系数 (查图 I.0.1);
- λ' ——椭圆积分的补模数 ($\lambda' = \sqrt{1-\lambda^2}$), 与比值 ϕ/ϕ' 的关系见表 I.0.3;
- h ——渠道地层中含水层厚度 (m)。

当应用式 (I.0.3-1)、式 (I.0.3-2) 求渗漏量时, 要用试算法, 先由已知条件算出 $B + C_3 H_0$, 然后由式 (I.0.3-2) 连同表 I.0.3, 用逐次近似法确定 ϕ/ϕ' [第一次近似时, 可将式 (I.0.3-2) 右边第二项忽略不计], 最后由式 (I.0.3-1) 求出 q 。

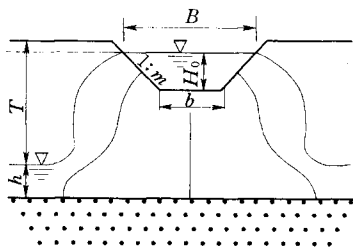


图 I.0.3 地下水埋深不大的
渠道渗漏示意图

I.0.4 考斯加可夫公式计算法。当渠道长度不大时, 每公里渠道渗漏损失水量可用公式 (I.0.4) 近似估计。

$$S = \frac{A/Q_{\text{净}}^{1-m}}{100} [\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km})] \quad (\text{I.0.4})$$

或用每公里渠道损失率计算: $\sigma = \frac{A}{Q_{\text{净}}^m}$

式中 S ——每公里渠道渗漏损失水量 [$\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km})$];

l ——渠道长度 (km);

A 、 m ——系数和指数, 应根据相似地区实测资料选用, 无实测资料时, A 、 m 值可近似地采用表 I.0.4 数值;

$Q_{\text{净}}$ ——渠道净流量 (m^3/s)。

I.0.5 吉尔什坎公式计算法。每公里渠道渗漏损失水量可用公式 (I.0.5) 计算。

表 I.0.3 第一类全椭圆积分数值

λ^2	ϕ	ϕ'	$\frac{\phi}{\phi'}$	$\frac{\phi'}{\phi}$	λ'^2	λ^2	ϕ	ϕ'	$\frac{\phi}{\phi'}$	$\frac{\phi'}{\phi}$	λ'^2
0.000	1.571	∞	0.000	∞	1.000	0.21	1.665	2.235	0.745	1.34	0.79
0.001	1.571	4.841	0.325	3.08	0.999	0.22	1.670	2.214	0.754	1.33	0.78
0.002	1.572	4.495	0.349	2.86	0.998	0.23	1.675	2.194	0.763	1.31	0.77
0.003	1.572	4.293	0.366	2.73	0.997	0.24	1.680	2.175	0.773	1.29	0.76
0.004	1.572	4.150	0.379	2.64	0.996	0.25	1.686	2.167	0.782	1.28	0.75
0.005	1.573	4.039	0.389	2.57	0.995	0.26	1.691	2.139	0.791	1.26	0.74
0.006	1.573	3.949	0.398	2.51	0.994	0.27	1.697	2.122	0.800	1.25	0.73
0.007	1.574	3.872	0.406	2.46	0.993	0.28	1.702	2.106	0.808	1.24	0.72
0.008	1.574	3.806	0.413	2.42	0.992	0.29	1.708	2.090	0.817	1.22	0.71
0.009	1.574	3.748	0.420	2.38	0.991	0.30	1.714	2.075	0.826	1.21	0.70
0.01	1.575	3.696	0.426	2.35	0.99	0.31	1.720	2.061	0.834	1.20	0.69
0.02	1.579	3.354	0.471	2.12	0.98	0.32	1.726	2.047	0.843	1.19	0.68
0.03	1.583	3.156	0.502	1.99	0.97	0.33	1.732	2.033	0.852	1.17	0.67
0.04	1.587	3.016	0.526	1.90	0.96	0.34	1.738	2.020	0.860	1.16	0.66
0.05	1.591	2.908	0.547	1.83	0.95	0.35	1.744	2.008	0.869	1.15	0.65
0.06	1.595	2.821	0.565	1.77	0.94	0.36	1.751	1.995	0.877	1.14	0.64
0.07	1.599	2.747	0.582	1.72	0.93	0.37	1.757	1.983	0.886	1.13	0.63
0.08	1.604	2.684	0.598	1.67	0.92	0.38	1.764	1.972	0.895	1.12	0.62
0.09	1.608	2.628	0.612	1.63	0.91	0.39	1.771	1.931	0.903	1.11	0.61
0.10	1.612	2.578	0.625	1.60	0.90	0.40	1.778	1.950	0.911	1.10	0.60
0.11	1.617	2.533	0.638	1.57	0.89	0.41	1.785	1.939	0.920	1.09	0.59
0.12	1.621	2.493	0.650	1.54	0.88	0.42	1.792	1.929	0.929	1.08	0.58
0.13	1.626	2.455	0.662	1.51	0.87	0.43	1.799	1.918	0.938	1.07	0.57
0.14	1.631	2.421	0.674	1.48	0.86	0.44	1.806	1.909	0.946	1.06	0.56
0.15	1.635	2.389	0.684	1.46	0.85	0.45	1.814	1.899	0.955	1.05	0.55
0.16	1.640	2.359	0.695	1.44	0.84	0.46	1.822	1.890	0.964	1.04	0.54
0.17	1.645	2.331	0.706	1.42	0.83	0.47	1.829	1.880	0.973	1.03	0.53
0.18	1.650	2.305	0.716	1.40	0.82	0.48	1.837	1.871	0.982	1.02	0.52
0.19	1.655	2.281	0.726	1.38	0.81	0.49	1.846	1.863	0.991	1.01	0.51
0.20	1.660	2.257	0.735	1.36	0.80	0.50	1.854	1.854	1.000	1.00	0.50
λ'^2	ϕ'	ϕ	$\frac{\phi'}{\phi}$	$\frac{\phi}{\phi'}$	λ^2	λ'^2	ϕ'	ϕ	$\frac{\phi'}{\phi}$	$\frac{\phi}{\phi'}$	λ^2

表 1.0.4 A、m 值

土 壤 类 别	A	m
重黏土及黏土	0.70	0.30
重黏壤土	1.30	0.35
中黏壤土	1.90	0.40
轻黏壤土	2.65	0.45
砂壤土及轻砂壤土	3.40	0.50

$$S = 0.063K \sqrt{Q_{\text{净}}} [m^3 / (s \cdot km)] \quad (1.0.5)$$

每公里渠道输水损失率计算：

$$\sigma = \frac{6.3K}{Q_{\text{净}}}$$

式中 S——每公里渠道渗漏损失水量 $[m^3 / (s \cdot km)]$ ；

K——地层渗透系数 (m/d)；

$Q_{\text{净}}$ ——灌溉渠道净流量 (m^3/s)。

1.0.6 美国垦务局公式计算法见公式 (1.0.6)。

$$S = 0.012C' \sqrt{\frac{Q}{V}} [m^3 / (s \cdot km)] \quad (1.0.6)$$

式中 S——每公里渠道渗漏损失量 $[m^3 / (s \cdot km)]$ ；

C' ——根据土壤类型而定的参数，见表 H.0.6 所列；

Q——渠道设计流量 (m^3/s)；

V——渠道水流速 (m/s)。

表 1.0.6 C' 值

土 壤 类 别	C' 值
具有砾石胶结层和不透水层的砂壤土	0.34
黏土及亚黏土	0.41
砂 壤 土	0.66
火山灰土	0.68
含有砂子的火山灰土	0.98
砂土、火山灰土	1.20
含有岩石的砂土	1.68
砂质及砾质土	2.20

附录 J 岩溶水文地质常用分类

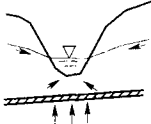
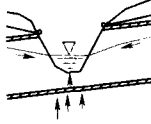
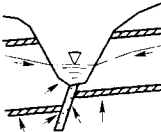
J. 0. 1 岩溶化岩组分类应符合表 J. 0. 1 的规定。

表 J. 0. 1 岩溶化岩组分类表

碳酸盐岩层组 类型	CaO/ MgO	比溶 蚀度	岩 溶 发 育 强 度	岩溶化 岩组 类型	富水 性
连续型石灰 岩类型	≥ 10	> 1	地表、地下岩溶很发育；岩溶地貌形态典型，个体岩溶形态发育，正负地形高差大，岩溶洼地密度常大于 15 个/ km^2 ，地下岩溶常见规模较大的岩溶管道，地下河系	强岩溶 化岩组	强
连续型白云 岩类型、夹层 型云灰岩类型、 次纯石灰岩 类型	$1 \sim 10$	< 1	地表岩溶较发育，岩溶地貌形态典型，正负地形高差小，负地形多为不平坦谷地及叠状浅洼地，发育密度 $5 \sim 15$ 个/ km^2 ，地下发育有规模较小的溶洞，岩溶管道及地下河	中等岩溶 化岩组	中等
互层型不纯 碳酸盐岩类型、 夹层型不纯碳 酸盐岩类型	—	—	地表岩溶形态由溶蚀型向侵蚀型过渡，有小规模溶洞、落水洞，个体发育形态密度小于或等于 5 个/ km^2 ，地下局部有岩溶管道发育	弱岩溶 化岩组	弱
注：变质碳酸盐类地区可参照上表进行相应分类。					

J. 0. 2 岩溶含水层类型划分应符合表 J. 0. 2 的规定。

表 J.0.2 岩溶含水层类型表

类 型	图 式	基 本 特 征
均一含水层		1. 岩溶一般较强烈、深度大、易发育深岩溶； 2. 饱水带多形成统一含水层，并可能有岩溶管道
双层含水层		1. 上部岩溶发育较强，隔水层以下岩溶受到限制； 2. 形成双层含水层，下部可能形成承压水
多层含水层		1. 受多层隔水层限制，深部岩溶明显减弱； 2. 可形成多层岩溶含水层，有承压水或半承压水
混合含水层		1. 常沿断层带附近发育深岩溶； 2. 各岩溶含水层之间、地下水的联系较复杂

J.0.3 河谷岩溶水动力条件基本类型确定应符合表 J.0.3 的规定。

表 J.0.3 河谷岩溶水动力条件基本类型表

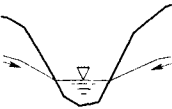
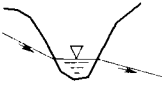
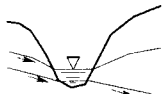
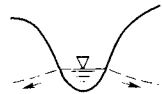
岩溶水动力类型	水动力条件示意图	水动力特征	形成条件	实例
补给型		两岸地下水补给河水	1. 河谷是当地的或区域的最低排水基准面； 2. 河谷的岩溶层不延伸到邻谷； 3. 两岸有地下水分水岭	乌江渡、天生桥、猫跳河大部河段，隔河岩等

表 J.0.3 (续)

岩溶水动力类型	水动力条件示意图	水动力特征	形成条件	实例
补排型		河流的一侧地下水补给河水, 另一侧河水补给地下, 向下游或邻谷排泄	一侧有地下水分水岭; 另一侧有岩溶层延伸到低邻谷, 且无地下水分水岭	黄河万家寨河段, 贵州红岩电站库首、云南绿水河、齐齐哈尔河、以礼河披戛河段
补排交替型		洪水期, 地下水补给河水; 枯水期, 河水从一侧或两侧补给地下水, 向外排泄	1. 两岸和河床基岩岩溶发育, 且有较近期发育的岩溶管道通往比本河段更低的排水基准面; 2. 本河段地下水位变动幅度大, 洪水期为补给型河谷, 枯水期为排泄型河谷	篆长河高桥河段、南斯拉夫特列比什尼察河中下游河段
排泄型		河水从两岸向外排泄, 补给地下水	1. 两侧有低邻谷, 并有岩溶层延伸分布, 且无地下水分水岭; 2. 两岸有强岩溶带或岩溶管道顺河通向下游, 地下水位低于河水位	怒江明子山水库、窄巷口电站水库
悬托型		河床处, 地下水位埋在河床以下深处; 地下水与河水完全脱离分开, 两者无直接水力联系	1. 河床基岩岩溶发育, 透水性强; 2. 岩溶地下水的排水基准面低; 3. 河床表层透水性弱, 多见于高原河谷	水槽子水库、罗平湾子水库。漆水河羊毛湾河段、石川河桃曲坡河段、泾河东庄河段

J.0.4 岩溶地下水动态类型划分宜符合表 J.0.4 的规定。

表 J.0.4 岩溶地下水动态类型表

类 型		地下水动态特征	岩溶发育特征
水文型		观测点（钻孔、溶洞、天窗、竖井等）地下水位动态变化统计特征值、历时曲线与河水水位变化动态过程密切相关而与大气降水过程曲线相关关系较差	一般反映岩溶发育并与河水水位沟通，多见于岸坡地带；但当存在河间地块或河湾地段时，有可能存在排泄型或局部排泄型河谷地下水动力条件。应根据观测网点的最低水位作进一步分析判断
气象型	对称状尖峰型	观测点岩溶地下水动态历时曲线对应于降雨历时曲线呈一系列近于对称状尖峰型	一般反映枯水季地下水位以上岩溶岩组中岩溶管道发育、岩溶发育
	尖峰状退水段折线型	观测点岩溶地下水动态历时曲线对应于降雨历时曲线是一系列不对称尖峰状，但每个峰形的退水段均存在一个变缓的折线段	一般反映折线拐点以上岩溶管道发育，拐点以下变缓段或岩溶发育较弱或管道被充填，具体应结合钻孔记录，压水试验资料，洞穴调查资料分析确定
	峰簇状台面型	观测点岩溶地下水动态历时曲线对应降雨历时曲线呈由若干小峰起伏状组成的台面型	一般反映岩溶发育弱，多为溶隙型
	迟缓型	观测点地下水历时曲线对降雨反映比较迟缓，滞后时间多大于 10d，呈缓波状起伏	一般反映岩溶发育较弱

J.0.5 岩溶渗漏基本类型宜符合表 J.0.5 规定。

表 J.0.5 岩溶渗漏基本类型

分类原则	类 型	岩溶渗漏特征 (条件)	备 注
岩溶渗漏部位	I		
	邻谷渗漏型	水库向一岸或两岸比正常蓄水位低的邻谷。包括向本河谷下游支流渗漏	渗漏距离一般较远, 渗漏量的大小决定于有无管道贯通
	库首渗漏型	库水通过库首河弯地块, 或与下游支流构成的地块向本河谷下游渗漏	
	库底渗漏型	在排泄型与悬托型河谷中, 库水通过库底向两岸或一岸的远方区域地下水排泄基准面的渗漏	多为垂直渗漏, 渗漏量较大
	坝址渗漏型	沿坝基及两岸产生的坝基及绕坝渗漏	渗漏范围一般在坝前 1~2km 内
渗漏范围	II		
	地下水位以上渗漏型	地下水位线以上的岩溶层渗漏取决于该范围内岩溶岩组的透水性	地下水位以下则岩溶不发育。该类型主要是与地质历史时期水文地质条件所控制的岩溶化程度有关
	地下水位以下渗漏型	该类型的渗漏条件比较复杂	综合性勘察方法和手段查找岩溶渗漏通道
渗漏介质	III		
	管道型渗漏	岩溶管道的尺寸大于 20cm, 连通性甚好, 地下水流态为紊流	渗漏量大, 管道呈线状分布。小型管道 20~100cm; 中型管道 100~500cm; 大型管道大于 500cm
	脉管型渗漏	由溶隙进一步溶蚀扩大而成, 其宽度一般 5~20cm, 平面连续性较好, 地下水流态以紊流为主	渗漏量小, 顺缝隙渗漏为主

表 J.0.5 (续)

分类原则	类 型		岩溶渗漏特征 (条件)	备 注
渗漏介质	Ⅲ	溶隙型 渗漏	由构造裂隙经溶蚀后形成, 宽度一般小于 5cm, 平面延续性较好, 地下水主要作渗流运动	渗漏量弱, 以裂隙渗漏为主
		复合型 渗漏	上述三种形式的两种或三种复合型	渗漏量大, 管道呈网状分布, 水力联系密切
渗漏影响	Ⅳ	影响水库效益渗漏	渗漏量大	
		影响建筑物安全渗漏	渗漏量大或小	

附录 K 岩溶水示踪试验与应用

K.0.1 示踪试验的投放点（包括投剂点与闸、放水试验的起点）与监测点应符合下列要求：

1 在岩溶水文地质勘察的基础上进行，示踪源点应选择暗河入口、天窗、消水点、水库漏水点、试坑、钻孔等需要查明岩溶水去向的地点。

2 监测点选择的范围应大于岩溶水文地质测绘的范围，一切可能连通的岩溶水露头均应进行观测。

K.0.2 岩溶水流场示踪试验应符合下列要求：

1 示踪材料应满足安全无毒、易降解、对环境质量及景观影响小、影响时间短。

2 示踪试验的方法，宜根据岩溶水流场条件 and 生产需要按表 K.0.2 进行选择。

表 K.0.2 常用示踪试验方法简表

试验方法		示踪材料	工作内容	流场条件	试验成果	备注
水位传递法			1. 在地下水入水口截水、放水； 2. 观测监测点水位与流量的变化情况	管道流脉管流	连通情况及流场特征	源点水量充足时可用
指示剂法	浮标法	谷壳、锯屑等漂浮材料	1. 投放漂浮材料； 2. 在监测点进行目测	水流畅通的管道流	连通情况	管道流中存在调压暗池时，不宜用

表 K.0.2 (续)

试验方法		示踪材料	工作内容	流场条件	试验成果	备注
指示剂法	混漂法	石松孢子、食用酵母	1. 投放示踪材料; 2. 在监测点设置捕获工具或人工取样; 3. 显微镜检测捕获物质	管道流脉管流	岩溶水的连通情况	投剂点水体很大时, 宜用此法
	染色法	荧光素食用色素等	1. 完全溶解并投放示踪剂; 2. 抽测或全过程取样监测; 3. 采用目测法、比色法或精密仪器法检测示踪剂	管道流脉管流裂隙隙流	1. 连通情况; 2. 管流场的类型、结构; 3. 管流场中的各种参数; 4. 发现分散流场中耦合的管道流; 5. 分散流场的有效岩溶率及渗透系数	1 为简易示踪试验成果; 1~3 为常规示踪试验成果; 1、4、5 为专门示踪试验成果
	离子法	钼酸铵食盐等	1. 完全溶解并投放示踪剂; 2. 抽测或全过程取样监测; 3. 采用滴定法或精密仪器法检测示踪剂			
	放射法	(H^3)、(I^{131})、(Br^{82}) 等	1. 采用专用设备投放示踪剂; 2. 采用专门仪器在监测点检测示踪剂			
气体传递法		各种无毒害烟气	1. 放烟或烟幕弹; 2. 人工或自然送风驱逐烟气; 3. 在监测点目测烟气	无水岩溶管道及大裂隙	连通情况	用于较短无水通道的连通

3 示踪剂应完全溶解后瞬时投放; 简易示踪试验也宜瞬时投放或基本瞬时投放。

4 常监测点的取样频率应以不错过示踪剂浓度变化的拐点、峰值点、低谷点为准则。

K.0.3 染料、离子类示踪剂投放量，宜按表 K.0.3 确定。

表 K.0.3 示踪剂投放量低限计算表

类型	计算公式	符号意义	说明
简易示踪试验	$M=0.0864\lambda QC_D(1+0.2l)$	M ——投剂量 (kg); λ ——系数，一般取 2~4; Q ——地下水流量或估计流量 (m^3); C_D ——仪器的最低检测浓度; 目测时，为最低可见浓度 (mg/L); l ——投剂点到监测点间距离 (m)	当采用抗吸附性能优良的示踪剂时， λ 值可减半
常规专门示踪试验	$M=0.0864QC_D(1+0.2l)$		

K.0.4 利用示踪试验进行流场参数计算包括绘制示踪剂浓度的历时曲线（简称示踪曲线，下同）及各种参数计算。流场参数计算的内容与方法，宜按表 K.0.4 确定。

表 K.0.4 用示踪试验方法计算流场参数公式一览表

参数名称	计算公式	单位符号	适用条件说明	符号意义
示踪剂回收率	$P = \frac{QA}{M \times 10^6} \times 100\%$ $A = \int_0^\infty [C(t) - C_0] dt$	%	常规和专门示踪试验	P ——示踪剂回收率(%); A ——示踪曲线与背景值线围成的面积 [$(mg/L) \cdot s$]; M ——投放的示踪剂质量 (kg); $C(t)$ ——监测点 t 时刻的示踪剂浓度 (mg/L); C_0 ——示踪剂在流场中的背景浓度值 (mg/L); l ——投剂点至监测点间的距离 (cm); $\bar{t}$ ——从投剂到浓度峰值出现所经过的时间 (s); I ——地下水的平均水力坡度; d ——投放示踪剂钻孔的直径 (cm)
实际流速	$U = l/\bar{t}$	cm/s	岩溶水管流场与分散流场; 也适用于其他介质中的地下水示踪试验	
比流速	$U_i = l/(\bar{t}I)$	cm/s		
流量	$Q = M/A$	L/s		
管道容积	$V = Q\bar{t}/1000$	m^3	充水岩溶水管流场	
渗透速度	$v = n_e \times U$	cm/s	岩溶水分散流场; 也适用于其他介质中的地下水示踪试验	
渗透系数	$K = v/I$	cm/s		

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	