

T/GEDA

团 标 准

T/GEDA XXX—2023

广西壮族自治区建设工程水文地质 勘察规程

Technical code for Hydrogeological Investigation of Construction Projects in
Guangxi Zhuang Autonomous regions

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

发 布

目 次

前 言	IV
1 总则	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	4
5 水文地质勘察等级	4
5.1 水文地质勘察等级划分	4
5.2 一般水文地质勘察	5
5.3 专项水文地质勘察	6
6 区域气候及水文地质调查技术要求	7
6.1 区域气候	7
6.2 水文地质测绘一般规定、内容和要求	7
6.3 水文地质遥感解译	10
7 水文地质钻探技术要求	11
7.1 一般规定	11
7.2 水文地质钻孔类型与结构	11
7.3 水文地质钻孔设计	11
7.4 水文地质钻孔施工	11
7.5 抽水孔成井工艺	12
7.6 止水和封闭	13
7.7 洗井	13
8 水文地质物探技术要求	14
8.1 一般规定	14
8.2 物探方法选择	14
8.3 物探工作布置	15
8.4 物探成果资料	15
9 地下水同位素探测技术要求	16
9.1 一般规定	16
9.2 同位素方法选择	16
9.3 同位素采样点布设与测试	17
9.4 同位素探测成果资料	18
10 水文地质试验技术要求	18
10.1 一般规定	18
10.2 抽水试验	19
10.3 压水试验	20
10.4 注水试验	21
10.5 渗水试验	22

10.6 连通试验	22
10.7 水质分析试验	23
10.8 化学分析规定	24
10.9 水样的测试项目及方法	25
11 水文地质监测	25
11.1 一般规定	25
11.2 监测点的布设	25
11.3 监测方法	26
11.4 监测项目及要求	26
11.5 资料整理	27
12 水文地质参数确定	28
12.1 一般规定	28
12.2 渗透系数	28
12.3 抽水试验影响半径	29
13 水文地质勘察成果内容	29
13.1 一般规定	29
13.2 一般水文地质勘察评价的主要内容	29
13.3 专项水文地质勘察评价的主要内容	30
13.4 建设工程水文地质勘察报告编制	30
附录 A (资料性) 水文地质调查点系列表	32
附录 B (规范性) 地面物探方法的选择	35
附录 C (规范性) 水文测井方法的选择	38
附录 D (资料性) 水文地质钻孔施工设计	39
附录 E (规范性) 抽水试验记录要求	41
附录 F (规范性) 压水试验记录要求	43
附录 G (规范性) 注水试验记录要求	44
附录 H (规范性) 渗水试验记录要求	46
附录 I (资料性) 连通试验常用方法	48
附录 J (规范性) 连通试验记录要求	49
附录 K (规范性) 水样测试项目及方法	50
附录 L (规范性) 地下水位监测记录要求	58
附录 M (规范性) 泉流量监测记录要求	59
附录 N (规范性) 地下水水温监测要求	60
附录 O (规范性) 水文地质参数计算方法	61
附录 P (资料性) 函数 $e^xK_0(x)$ 数值查询表	68
附录 Q (资料性) 函数 $G(\lambda)$ 数值查询表	70
附录 R (资料性) 函数 $G(\lambda, r\omega/B)$ 数值查询表	71

附录 S	(规范性) 钻孔注水试验形状系数 A 的取值规定	72
附录 T	(资料性) 含水层富水性分级	73
附录 U	(规范性) 隧道涌水量计算	74
附录 V	(规范性) 常用图例	76

前　　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

为适应国际技术法规与技术标准通行规则，自2016年以来，住房与城乡建设部陆续印发《深化工程建设标准化工作改革的意见》等文件，提出了政府制定强制性标准、社会团体制定自愿采用性标准的长远目标。基于国家对于团体标准制定的精神要求，制定本规程。

根据广西勘察设计协会《关于<广西壮族自治区建设工程水文地质勘察规程><挤土式螺旋灌注桩技术规程><长螺旋钻孔高压旋喷扩底桩技术规程>团体标准立项的通知》（桂设协[2022] 69号）文件要求，编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国家标准，并在广泛充分征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容包括：总则、基本规定、水文地质勘察等级划分、区域气候及水文地质调查技术要求、水文地质钻探技术要求、水文地质物探技术要求、地下水同位素探测技术要求、水文地质试验技术要求、水文地质监测、水文地质参数确定、水文地质勘察成果。

本规程未涉及专利。本规程由广西勘察设计协会归口管理，由广西华蓝岩土工程有限公司负责具体技术内容解释。本规程执行过程中如有意见或建议，请寄送至广西华蓝岩土工程有限公司（地址：广西南宁市良庆区平乐大道15号五象绿地中心2号楼22层，邮编530200，以便修订时参考）。

本文件由广西勘察设计协会归口。

本文件起草单位：广西华蓝岩土工程有限公司、桂林理工大学、广西地矿建设工程有限公司、中化（广西）地质勘查有限公司、柳州市勘察测绘研究院有限公司、贺州市勘察测绘研究院有限公司、广西基础勘察工程有限公司、广西金斧勘察检测有限公司、广西岭南岩土工程有限公司、广西建业勘察设计有限公司、桂林市勘察设计研究院有限公司、核工业柳州工程勘察院、广西天力建设工程有限公司、广西大汉岩土工程有限公司。

本文件主要起草人：卢玉南、陆韦春、阳成、彭三曦、单慧媚、黄俊澎、蒋受义、丁红萍、贲吕周、陈盛金、黄汉林、徐振斯、周运福、欧阳仁奕、庞彬、何坤、邓君君、钟未礼、刘林、苏燕奕、莫孙庆、唐小娟、陈凌、冯家金、朱海强、陈明、孙翊强、梁飘、杨用君、杨存、黄剑军、石科、苏弦、颜学贤、黄建成、张永闯、蒋仕荣。

广西壮族自治区建设工程水文地质 勘察规程

1 总则

- 1.1 为规范广西壮族自治区建设工程水文地质勘察工作，确保工程勘察质量、保障工程安全、保护建设工程环境，特制定本规程。
- 1.2 本规程适用的范围为广西区内房屋建筑与市政工程基础设施建设工程的水文地质勘察。
- 1.3 建设工程水文地质勘察，应充分收集、分析、利用已有资料和总结建设经验，针对工程特点、各阶段的任务要求和水文地质条件，科学制订勘察方案，精心组织实施，运用综合勘探、分析方法，提供资料完整、评价正确、建议合理的水文地质勘察报告。
- 1.4 建设工程水文地质勘察力求推广应用成熟的经验，积极采用新技术、新工艺、新方法、新材料，以不断提高水文地质勘察工作的质量、效率和水平。
- 1.5 广西壮族自治区建设工程水文地质勘察除应符合本规程外，尚应符合国家和地方现行的相关标准、法律和法规的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50021	岩土工程勘察规范
GB 50027	供水水文地质勘察规范
GB/T50123	土工试验方法标准
GB50487	水利水电工程地质勘察规范
CECS 241:2008	工程建设水文地质勘察标准
DB45/T 983	工程物探规范
DBJ/T45-006-2018	广西壮族自治区岩土工程勘察规范
SL373-2007	水利水电工程水文地质勘察规范
NB/T 35052-2015	水电工程地质勘察水质分析规程
JGJ 111	建筑与市政工程地下水控制技术规范
CJJ16	城市供水水文地质勘察规范
CECS 34	供水水文地质勘察遥感技术规程
DZ/T -0148	水文水井地质钻探规程
TB10049	铁路工程水文地质勘察规范

3 术语和定义

下列术语和符号适用于本规程。

3.1 水文地质勘察 hydrogeological investigation

为查明工程建设项目水文地质条件，采用水文地质调查、勘探、现场水文地质试验等多种勘察手段和方法进行的工作。

3.2 水文地质条件 hydrogeological condition

指有关地下水形成、分布和变化规律等条件的总称。包括地下水的补给、埋藏、径流、排泄、水质和水量等。

3.3

水文地质测绘 hydrogeological mapping

对地面地质、地貌、地下水露头及与地下水有关的各种地质现象所进行的实地调查、观测和填图工作。

3.4

孔隙水 pore water

储存和运动于松散地层孔隙中的地下水。

3.5

裂隙水 crevice water

储存和运动于岩体裂隙中的地下水。

3.6

岩溶水 cavern water

储存和运动于可溶性岩层的溶蚀裂隙和溶洞中的地下水。

3.7

水文地质勘探孔 hydrogeological exploration borehole

为查明水文地质条件，按水文地质钻探要求施工的钻孔。

3.8

抽水孔 pumping well

水文地质勘探中用作抽水试验的钻孔。

3.9

完整孔 completely penetrating well

进水部分揭穿整个含水层的钻孔。

3.10

非完整孔 partially penetrating well

进水部分仅揭穿部分含水层的钻孔。

3.11

水文地质物探 hydrogeophysical prospecting

借助于地球物理探测方法，通过测量、分析其物理场的分布、变化规律来进行水文地质调查的一种勘探手段。

3.12

同位素示踪法 isotopic tracer method

利用放射性核素作为示踪剂对研究对象进行标记的微量分析方法。

3.13

同位素示踪测井 radioactive tracer logging

利用人工放射性同位素¹³¹I、⁸²Br 等标记天然流场或人工流场中钻孔内的地下水流动，采用示踪或稀释原理测定含水层某些水文地质参数的方法。

3.14

水文地质试验 hydrogeological test

为评价水文地质条件和取得含水层参数而进行的各种测量和试验工作。

3.15

水文地质参数 hydrogeological parameters

表征地层水文地质特征的定量指标，包括渗透系数、导水系数、释水系数、给水度、影响半径、越流参数等。

3.16

水文地质单元 hydrogeological unit

具有统一边界的补给、径流、排泄条件的地下水系统。

3.17

单孔抽水试验 single well pumping test

只在一个抽水孔中进行的不带或带观测孔的抽水试验。

3.18

群孔抽水试验 pumping test of well group

两个或两个以上的抽水孔同时抽水，各孔的水位和水量有明显相互影响的抽水试验。

3.19

稳定流抽水试验 steady flow pumping test

在抽水过程中，流量和水位同时相对稳定，并有一定延续时间的试验。

3.20

非稳定流抽水试验 unsteady flow pumping test

在抽水钻孔中仅保持抽水量稳定，或保持水位稳定，观测含水层中地下水位和抽水量变化的抽水试验。

3.21

给水度 specific yield

饱和岩石在重力等作用下释出水的体积和岩石的体积之比。

3.22

释水系数 storage coefficient

水头下降（上升）一个单位时，从底面积为一个单位高度等于含水层厚度的柱体中所释放（储存）的水量。

3.23

突水 water burst

地下工程在施工过程中，地下水突然大量涌出的现象。

3.24

最大涌水量 maximum water yield

隧洞或其它工程某段在含水体中掘进时的峰值涌水量。

3.25

计算参数：

A——钻孔注水试验形状系数；

B——越流参数；

 H_0 ——注水试验的初始水头值； H_1, H_2 ——在试验时间 t_1, t_2 时的试验水头； H_p ——毛细压力； H_t ——注水时间为t时的水头值；

I——测试孔附近的地下水水力坡度；

K——试验岩土层的渗透系数；

Lu——吕荣值；

 $m_r - s_r - Igt$ 关系曲线上拐点处的斜率。

M——地下径流模数；

 N_0 ——同位素初始浓度($t=0$ 时)计数率； N_b ——放射性本底计数率； N_t ——t时刻同位素浓度计数率；

n——枯水季节时间段；

 Q' ——泉水年平均流量与河流枯水期流量之和； Q_R ——一次降水过程的总流量减去降水前稳定的泉流量或多年平均泉流量；

Q——试验(渗入、压入、注入)流量；

Q——隧道正常涌水量；

 R_d ——某年或多年平均河川径流量； T_o ——注水试验的特征时间；

t_1, t_2 ——注水试验某一时刻的试验时间；
 t ——同位素浓度从 N_0 变化到 N 所需的观测时间；
 V_r ——测点的地下水渗透速度；
 X_a ——某月的降水量；
 X_y ——某年或多年平均大气降水量；
 x ——一次降水过程中的降水量或与泉水流量系列相同的多年平均降水量；
 a ——流场畸变校正系数；
 δ_d ——地下水（泉水）的 δ^{180} （或 δD ）值；
 δ_p ——取样点附近大气降水的 δ^{180} （或 δD ）值；
 μ ——含水体给水度（基岩裂隙率）。

3.26

几何参数：

F ——汇水区面积；
 H ——抽水试验前潜水含水层厚度；
 h ——潜水含水层在抽水试验前和抽水试验时的厚度的平均值；
 h' ——水位恢复时的潜水含水层厚度；
 L ——过滤器长度；
 l ——试验结束时水的渗入深度；
 r_θ ——探头半径；
 r_s ——过滤器半径；
 r ——测试孔滤水管内半径；
 R ——影响半径；
 s_s' ——水位恢复时的剩余下降值；
 s_s ——水位降深；
 Z ——试坑（内环）中水厚度。

4 基本规定

- 4.1 建设工程水文地质勘察应查明建设工程场地的水文地质条件，为各阶段工程设计提供水文地质资料。
- 4.2 建设工程水文地质勘察应在搜集已有工程地质和水文地质资料的基础上，采用调查与测绘、钻探、物探、测试、试验、动态观测等多种手段相结合的综合勘察方法。
- 4.3 水文地质勘察成果应包括水量评价、水质评价、地下水对工程建设影响评价和工程建设对环境水文地质条件影响评价、抗浮水位以及相关防治措施建议等内容。
- 4.4 水文地质勘察等级为甲级或有特殊要求的项目应进行专项水文地质勘察；水文地质勘察等级为乙级、丙级的为一般水文地质勘察，可与岩土工程详细勘察合并进行。
- 4.5 当建设工程施工过程中，水文地质条件明显变化并引起相应工程设计方案重大调整，或者工程运行期间可能出现严重水文地质问题时，应进行专项水文地质勘察。

5 水文地质勘察等级

5.1 水文地质勘察等级划分

水文地质勘察等级划分为甲、乙、丙三级，依次由甲级向丙级推定，有任一条件类型首先满足某较高等级时，即为该等级，具体见表1。

表1 水文地质勘察等级划分表

甲级	乙级	丙级
<p>1、国家重点项目、国外投资或中外合资项目的水源勘察和评价。</p> <p>2、大、中城市规划和大型企业选址的供水水源可行性研究及水资源评价。</p> <p>3、供水量 $10000\text{m}^3/\text{d}$ 及以上的水源工程勘察和评价。</p> <p>4、水文地质条件复杂的水资源勘察和评价。</p> <p>5、干旱地区、贫水地区、未开发地区水资源评价。</p> <p>6、设计规模为大型的建设项目水文地质勘察。</p> <p>7、按照《建筑与市政工程地下水技术控制规范》JGJ 111 复杂程度为复杂的降水工程或同等复杂的隔水工程。</p>	<p>1、小城市规划和中、小型企业选址的供水水源可行性研究及水资源评价。</p> <p>2、供水量 $2000\text{m}^3/\text{d} \sim 10000\text{m}^3/\text{d}$ 的水源勘察及评价。</p> <p>3、水文地质条件中等复杂的水资源勘察和评价。</p> <p>4、设计规模为中型的建设项目水文地质勘察。</p> <p>5、按照《建筑与市政工程地下水技术控制规范》JGJ 111 复杂程度为中等及以下的降水工程或同等复杂的隔水工程。</p>	<p>1、水文地质条件简单，供水量 $2000\text{m}^3/\text{d}$ 及以下的水源勘察和评价。</p> <p>2、设计规模为小型的建设项目的水文地质勘察。</p>

5.2 一般水文地质勘察

5.2.1 一般水文地质勘察应结合工程性质、目的及要求，收集及掌握以下水文地质特征：

- a) 区域性气候资料，如年降水量及其季节性变化和多年变化、蒸发量及其变化、丰水期、枯水期等；
- b) 工程场地所处的水文地质单位，地下水补、径、排条件、类型及赋存状态；
- c) 工程场地的主要含（隔）水层及其渗透性和分布特征；
- d) 可能影响工程场地的地表水体水文地质特征，江、河、湖常年水位，最低侵蚀基准面等，以及与地下水的水力联系；
- e) 勘察时的地下水水位、丰（枯）水期水位及变化特征、水位突变及其主要影响因素；
- f) 地下水的水质、腐蚀性、污染情况及可能的污染途径及污染源。

5.2.2 根据建设工程地下水的类型，孔隙水、裂隙水或岩溶水还应达到以下要求：

- a) 松散岩类孔隙水应查明各岩土层的颗粒组成、富水性，可通过室内试验获取颗粒组成；可通过抽水试验、水均衡计算等手段获取富水性；
- b) 碎屑岩类裂隙水应调查裂隙性质、空间分布特征、连通性、承压性及富水带，可通过岩芯调查统计、分析及抽水试验等手段获取；
- c) 溶隙、溶洞及地下河岩溶水应调查岩溶发育特征、岩溶水与岩性、构造、岩溶发育的关系及其不均匀性，结合地面调查、钻探及抽（压）水试验等综合分析获得。

5.2.3 一般水文地质勘察范围通常指跟建设工程有水力联系的范围及建设施工可能影响的范围，包括基坑排（降）水的影响范围。

5.2.4 一般水文地质勘察应包括下列主要内容：

- a) 搜集、整理及分析建设工程所在水文地质单位已有的水文地质资料，通过水文地质测绘与调查，辅以相应的水文地质钻探、水文地质试验及测试工作获取相应的水文地质参数；必要时，增加物探工作、连通试验及同位素示踪技术等手段；
- b) 水文地质钻探应着重观测地下水位及漏水量的变化，特别是初见水位、涌（漏）水的深度或溶洞埋深及高度等，并进行常规水位观测及水文地质编录；
- c) 采集具有代表性的地下水水样进行水质分析，分析其化学特性及腐蚀性，一般不少于每层水2个水样；在条件允许情况下，采集地表水水样进行分析，并简述其跟地下水的联系情况及特征；
- d) 通过资料分析、现场试验或室内试验，确定主要含（隔）水层的水文地质参数；
- e) 评价地下水对工程建设、地质环境等的影响，以及变化趋势，并提出相应的防治措施建议。

5.2.5 水文地质钻孔布置应充分利用已有钻探孔，根据建设工程特点及水文地质条件布置，优化“一孔多用”方案。

5.2.6 水文地质钻孔深度应深入或穿过主要含水层（组）、含水构造带的岩层；当场地存在对工程有较大影响的地下水时，主要含水层宜布置不少于2个水文地质勘探孔进行抽水试验和参数计算。

5.3 专项水文地质勘察

5.3.1 专项水文地质勘察除应符合5.2节的相关规定外，尚应包括下列工作内容：

- a) 编制专项水文地质勘察工作纲要，勘察工作纲要应包括：工程概况、勘察目的、勘察手段、工作布置、水文地质试验方法、质量保证措施、职业健康安全保证措施、环境保护措施等内容；
- b) 查明可能影响建设场地的断层或断裂破碎带的性质、地层岩性、岩层走向、长度、断距、厚度、含水性与导水性等特征及其水文地质意义；必要时，布置水文地质钻探孔获取更精确水文地质信息；
- c) 查明主要含（隔）水层的埋藏条件，富水性、地下水类型、流向、地下水位及幅度，当场地有多层影响工程建设的含水层时，应分层量测各含水层水位，并查明其相互的补排关系；
- d) 查明岩溶区的主要溶洞、暗河、溶穴、溶隙的发育层位、规模、形态、埋藏深度、连通性与充填情况、富水性，覆盖层厚度及性质，垂直渗流带、水平径流带、深部缓流带的分布位置及其特征，地下水分水岭位置、高程、岩溶类型与地下水分布的关系等，归纳岩溶发育规律；
- e) 查明可能对拟建工程有影响的大泉、泉群等重要水点的走向、埋藏深度、规模、水位、水深、流速、流量等补径排条件，评价其对拟建工程的影响；
- f) 查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响；必要时，通过设置观测孔或孔隙水压力计等手段，查明压力水头随深度的变化特征；
- g) 应进行专项水文地质相关试验工作，测定岩土层的渗透系数、富水性、导水性及连通性等水文地质参数；
- h) 预测地下硐室区可能的涌水量、突水突泥来源、对围岩稳定性及建设工程的影响，提出防治措施，并应同时分析和评价工程建设对水文地质环境的影响；
- i) 搜集场地近3~5年地下水位、历史最高水位、地下水变化幅度、地表水的历史水位等资料，对缺乏常年地下水位监测资料的地区，当水文地质条件对工程有重大影响时，应设置长期观测孔，对重要岩层的地下水进行长期观测。

5.3.2 专项水文地质勘察的范围和工作量，应根据工程特点、场地水文地质条件和已有工作的深度综合考虑确定；勘察范围应包括影响工程的水文地质单元、地下水流动系统或工程建设降、排水疏干的影响范围。

5.3.3 根据不同的水文地质条件，勘探点、线间距宜为50m~500m不等，勘探线应按顺地下水流向和垂直地下水流向分别布置，水文地质条件复杂区可取小值；在工程与地下水相互影响程度大的地段，可适当加密；复杂水文地质条件的建设工程场地，各主要含水层宜布置不少于3个水文地质试验孔，进行抽（压）水试验及参数计算，并采集水样进行水质分析。

5.3.4 主要水文地质钻孔深度除应穿越与工程建设紧密相关的含水层（组）、含水构造带和含水岩层层位，并进入下部隔水层不小于10m；对于岩溶地区勘探孔深度还应进入土层以下基岩不小于10m，其间揭露溶洞时，应进入溶洞底板以下不小于10m。

5.3.5 勘探点应紧密结合场地水文地质重要位置布置，重点应包括：

- a) 断层破碎带或导水带；
- b) 岩溶负地形区；
- c) 物探资料反映出可能存在隐伏岩溶区或地下水富集区；
- d) 对建设工程可能有影响的相对富水地段；
- e) 当附近有影响工程的地表水体时，宜在场地与地表水体之间布置一定数量的勘探孔或观测孔，了解地下水与地表水之间的水力联系，水位变幅；必要时，通过连通试验、示踪试验等手段，评价其相互关系。

5.3.6 在可溶岩地区及地下水富集区应开展专项水文地质物探工作，物探工作除应符合8.3节的相关规定外，还应满足下列要求：

- a) 采用的物探方法应满足拟建地下工程的深度要求；

- b) 地面物探工作重点布置在可溶岩分布的槽谷和低洼地带，查明岩溶管道和富水区段的空间分布情况；
- c) 地面物探剖面尽量与勘探剖面重合，便于两种勘探手段的相互验证；
- d) 水文物探测井的孔数一般不少于2个。

5.3.7 专项水文地质勘察应进行水文地质试验，试验应符合下列规定：

- a) 对工程建设可能涉及到的每个含（隔）水层均应有相应的试验工作，包含现场原位试验或室内试验，以获取独立的水文地质参数；
- b) 在地下水位以下的孔段，优先考虑抽水试验，其次选择压水试验或注水试验；
- c) 对松散层中的各主要含水层宜采用带观测孔的抽水试验，以准确测定含水层的各种参数，且一般不少于3组，观测孔宜平行或垂直地下水水流方向布置；
- d) 对地下工程或深基坑涉及的各主要含水层，应分层进行抽水试验，每层含水层的试验组数应不少于3组；
- e) 钻探过程中如遇承压水，应测定承压水头，当承压水头高出孔口时应进行涌水试验，测量水温，采集水样作水质分析，并提出防治水建议及方案；
- f) 钻孔如遇有流动地下水的重要洞穴或有水注入的落水洞时，均应进行示踪试验并同时测定投放点与接收点的地下水位；
- g) 当进行超高层建筑或地下空间工程等重要建设工程时，应根据需要布置定向压水试验或高压压水试验等现场试验。

5.3.8 勘探钻孔可能加剧含水层破坏或对拟建工程有不良影响时，除监测孔（观测孔）或有其他特殊要求需保留的钻孔外，应及时采取灌浆、止水等封堵措施，对钻孔进行全孔封闭。

6 区域气候及水文地质调查技术要求

6.1 区域气候

区域气候主要描述研究区内的气候状况和特征。

6.1.1 广西气候主要有以下特征：

- a) 分桂北、桂中、桂南三个气候区，近50~60年来的气温呈上升趋势，大部地区高温日数增多，低温日数减少；
- b) 平均降水的变化趋势不显著，雨日减少，极端强降水频率和降雨强度增大，尤其是桂北和桂西南地区；
- c) 从北到南的年均温依次升高，极端高温和极端最低温度方面，各个气候区均有所不同。

6.1.2 区域气候应描述以下内容：

- a) 区域气候类型，多年平均气温，最高气温、最低气温，历年极端最高温，平均极端最高气温，历年极端最低气温，平均极端最低气温；
- b) 年平均日照时数，相对湿度，其中湿度最大、最小月份及月平均数，年平均数，区内风向受季节变化特征等；
- c) 区域降雨量、降雨天数、丰水期及枯水期，及其在区域上的变化趋势。

6.2 水文地质测绘一般规定、内容和要求

6.2.1 一般规定

6.2.1.1 水文地质测绘工作应在大于或等于测绘比例尺的区域地质图、区域水文地质图等资料基础上进行。专项水文地质勘察的水文地质测绘应单独进行；一般水文地质勘察的水文地质测绘工作宜与工程地质测绘一并进行。

6.2.1.2 专项水文地质勘察水文地质测绘范围应根据工程特点和水文地质条件决定，宜涵盖与工程有关的一个或多个完整的水文地质单元，宜查明地下水的补、径、排、水质及水量等参数。

6.2.1.3 水文地质测绘比例尺应根据水文地质勘察等级、工程建设要求等条件确定，宜按1:2000~1:10000比例尺选取；一般水文地质勘察时，可与工程地质测绘同精度进行。

6.2.1.4 水文地质测绘观测路线宜按下列原则布置：

- a) 沿垂直岩层（或岩浆岩体）、构造线走向；

- b) 沿地貌变化显著方向;
- c) 沿河谷、沟谷和地下水露头多的地带;
- d) 沿含水层(带)走向;
- e) 沿岩溶发育带走向;
- f) 沿软弱带走向。

6.2.1.5 水文地质测绘的观测点，宜布置在下列位置：

- a) 地层界线、断层线、褶皱轴线、岩浆岩与围岩接触带、标志层、典型露头和岩性、岩相变化带、含隔水层分界线等;
- b) 地貌分界线和自然地质现象发育处;
- c) 井、泉、钻孔、矿井、地表塌陷、岩溶水点(如暗河出入口、落水洞)和地表水体等。

6.2.1.6 水文地质测绘的观测点密度和路线长度按表2确定。

表2 水文地质测绘观测点数和观测路线长度表

测绘比例尺	地质观测点数 (个/km ²)		水文地质 观测点数 (个/km ²)	观测路线 长度 (km/km ²)
	松散层地 区	基岩地区		
1:25 000	0.60~1.80	1.50~3.00	1.00~2.50	2.50~4.00
1:10 000	1.80~3.60	3.00~8.00	2.50~7.50	4.00~6.00
1:5000~1:2000	3.60~7.20	6.00~16.00	5.00~15.00	6.00~12.00

注：1. 同时进行地质和水文地质测绘时，表中地质观测点数应乘以2.5；符合性水文地质测绘时，观测点数为规定数的40%~50%；
2. 水文地质条件简单时采用小值，复杂时采用大值，条件中等时采用中间值。

6.2.1.7 水文地质测绘定点，宜根据精度需要，采用半仪器法或仪器法定点。

6.2.1.8 进行水文地质测绘时，水文地质测绘工作可结合遥感技术、航空摄影等方法，减少野外工作量，提高工作效率。

6.2.2 水文地质测绘内容和要求

6.2.2.1 地下水水文地质信息调查宜包括下列内容：

- a) 气温、降水量、蒸发量及其季节性变化和多年变化；
- b) 工程建设场地及邻近河流、湖泊的有关水文资料；
- c) 地下水的类型和赋存状态；
- d) 地下水的补给、径流、排泄条件，地表水与地下水的补排关系；
- e) 地下水位及其季节变化和多年变化；
- f) 地下水的水质及其受污染状况；
- g) 地下水与区域地质、地质构造、地貌的相关关系；
- h) 人类工程活动引起的采空区、洞穴等。

6.2.2.2 地貌调查宜包括下列内容：

- a) 地貌的形态、成因类型及各地貌单元间的界线和相互关系；
- b) 地形、地貌与含水层的分布及地下水的埋藏、补给、径流、排泄关系；
- c) 新构造运动的特征、强度及其对地貌和区域水文地质条件的影响。

6.2.2.3 地层调查宜包括下列内容：

- a) 岩层的成因类型、时代、层序、接触关系、产状、厚度及分布范围；
- b) 不同岩层的透水性、富水性及其变化规律。

6.2.2.4 地质构造调查宜包括下列内容：

- a) 褶皱的类型，轴的位置、长度及延伸和倾伏方向；两翼及核部地层的产状、裂隙发育特征及富水地段的位置；

- b) 断层的位置、类型、规模、产状、断距、力学性质和活动性；断层上、下盘的节理发育程度；断层带充填物的性质和胶结情况；断层带的导水性、含水性和富水地段的位置；
- c) 不同岩层层位和构造部位中节理的力学性质、发育特征、充填情况、延伸和交接关系及其富水性；
- d) 测区所属的地质构造类型、规模、等级和测区所在的构造部位及其富水性。

6.2.2.5 泉的调查宜包括下列内容：

- a) 泉的出露条件、成因类型和补给来源；
- b) 泉的流量、水质、水温、气体成分和沉淀物；
- c) 泉的动态变化、利用情况。

6.2.2.6 水井调查宜包括下列内容：

- a) 井的类型、深度、井壁结构、井周地层剖面、出水量、水位、水质及其动态变化；
- b) 地下水的开采方式、开采量、用途和开采后出现的问题；
- c) 选择有代表性的水井进行简易抽水试验。

6.2.2.7 地表水调查宜包括下列内容：

- a) 地表水的流量、水位、水质、水温、含砂量及动态变化；地表水（包括农田灌溉和污水排放等）与地下水（包括暗河和泉）的补排关系；
- b) 利用现状及其作为人工补给地下水的可能性；
- c) 河床、湖底、水库底岩性和淤塞情况，以及岸边的稳定性。

6.2.2.8 山间河谷及冲洪积地区的调查，宜包括下列内容：

- a) 古河道的变迁、古河床的分布和多种成因沉积物的叠置情况及其特点；
- b) 阶地的形态、分布范围、地质结构、成因和叠置关系。

6.2.2.9 冲洪积扇地区的调查宜包括下列内容：

- a) 冲洪扇的边界、规模和分布，扇轴的位置和走向，沿扇轴方向的岩性变化规律；
- b) 地下水溢出带的位置和水文地质特征。

6.2.2.10 沿海区域的调查，宜包括下列内容：

- a) 海水的入侵范围、咸水（包括现代海水和古代残留海水）与淡水的分界面及其变化规律；
- b) 淡水层（透镜体）的分布范围、厚度和水位，及其动态变化；
- c) 咸水区中淡水泉的成因、补给来源、出露条件、水质和水量；
- d) 潮汐对地下水动态的影响。

6.2.2.11 可溶岩地区除满足以上要求外，还应重点调查下列内容：

- a) 微地貌（岩溶漏斗、竖井和洼地等）和岩溶泉与地下水分布的关系；
- b) 构造、岩性、地下水径流和地表水文网等因素与岩溶发育的关系；
- c) 暗河的位置、规模、水位和流量，及其补给条件和开发条件；
- d) 大型洞穴的形状、规模和充填物。

6.2.2.12 碎屑岩地区的调查，宜包括下列内容：

- a) 岩层的互层情况，风化裂隙、构造裂隙的发育程度和深度，及其与地下水赋存的关系；
- b) 可溶盐的分布和溶蚀程度，咸水与淡水的分界面。

6.2.2.13 岩浆岩和变质岩地区的调查，宜包括下列内容：

- a) 风化壳的发育特征、分布规律和含水性；
- b) 岩体、岩脉的岩性、产状、规模、穿插特征，及其与围岩接触带的破碎程度和含水性；
- c) 玄武岩的柱状节理和孔洞的发育特征及其富水性。

6.2.2.14 取样要求应包括下列内容：

- a) 所取水样应有代表性；
- b) 水质分析内容应满足工程建设腐蚀性评价需要；
- c) 当工程建设有特殊要求时，应按相关规定采取水样；
- d) 应防止水样在采取、运送、保存过程中，受人为污染或变质；
- e) 从取样到化验的限制时间应根据试验项目按试验要求执行。

6.2.2.15 泉水流量测量方法宜根据流量大小采用堰测法、容积法、排水法、浮标法或流速仪法。

6.2.2.16 水文地质测绘中泉点、水井、地表水等项目的调查表宜按附录 A 水文地质调查点系列表填写。

6.2.3 水文地质测绘工作程序：包括前期准备、野外调查、资料整理和阶段性工作总结等。

6.2.3.1 准备工作：

- a) 收集资料、现场踏勘，熟悉工作区自然地理、地貌、地质及水文地质概况，并在工作区或邻近地区选择露头良好、地层出露完整、构造简单、地貌单元完整的地段，实测地质地貌剖面，掌握已建立的地层层序、时代；
- b) 针对工作区水文地质条件、研究程度及存在问题并结合遥感初步解译成果，规划测绘路线；
- c) 编制人员组织、物资设备准备和水文地质测绘技术工作细则。

6.2.3.2 野外调查：

- a) 对天然露头和人工露头进行观察、走访和研究，采集样品。在覆盖区，适宣布置探井、探槽、洛阳铲孔等轻型山地工程或地面物探工作；
- b) 在野外调查期间，及时完成路线之间、填图之间各类界限的接图工作。

6.2.3.3 资料整理和阶段性工作：

- a) 外业工作期间应对野外获取的野外记录与手图、摄影、摄像资料、采取的岩土水样或标本及时进行整理；
- b) 每阶段野外工作结束后编写阶段性工作总结、野外调查工作全面结束后编写水文地质测绘工作总结。

6.3 水文地质遥感解译

6.3.1 水文地质遥感影像解译工作应结合多种地质手段，查明地下水（地表水）的形成、分布、富集规律和补给、径流及排泄条件，确定水资源的分布状况，主要包含下列内容：

- a) 室内判释：室内判释结束后应提出遥感水文地质初判成果图；
- b) 野外工作：经野外检验和补充修正的影像判释成果应编出遥感水文地质判释图；
- c) 资料整理与成图：全部工作完成后应编出遥感水文地质图。

6.3.2 遥感影像资料的选用，宜符合下列要求：

- a) 遥感图像的比例尺与水文地质填图的比例尺
- b) 一致或接近，宜为1:50000~1:10000；
- c) 遥感数据时相选择宜配置丰水期和枯水期两个时相的图像。

6.3.3 遥感解译的内容，宜符合下列要求：

- a) 应分重点地区和非重点地区进行，区域上的解译，一般以比例尺1:500 000或1:250 000的航天航空遥感图像上进行；初步解译，一般在比例尺1:50 000或1:25 000的航天航空遥感图像上进行；详细解译，一般在1:10000的航空遥感图像上进行；
- b) 应从地质研究程度高、地质资料丰富的地区开始，从区域性宏观解译逐渐向局部性微观问题研究过渡，从直观地质信息提取逐渐向复杂因素组成的地质体的信息提取过渡，从定性地质信息提取向定量地质信息提取过渡，逐步提高地质认识。

6.3.4 在初步解译的基础上，应编制地质、地貌、水系及水文地质初步解译草图和解译标志表，为野外踏勘提供必要的水文地质依据，并布置适当的踏勘工作量。

6.3.5 遥感影像填图的野外工作，宜包括下列内容：

- a) 观察影像特征的各项要素，特别是与水文地质现象有关的各项要素，如：地表水体、地下水溢出带、泉点、冲洪积扇的分布与叠置关系、古河道带以及土壤湿度等；
- b) 在地质点和水文地质点野外描述中，应注明该点所在像片编号和增加描述与影像特征有关的内容。典型的解译标志和重要的地质界线，应有野外素描图或实地拍摄的照片；
- c) 水文地质观测路线的布置，应充分考虑遥感图像的初步解译成果，观测点、观测路线要尽量布置在露头好，遥感图像所反映地质现象的关键部位；地质观测路线的密度应根据地质、水文地质条件复杂程度和像片解译程度综合确定。

6.3.6 遥感影像填图的野外工作量，每平方公里的观测点数和路线长度，宜符合下列规定：

- d) 地质观测点数宜为水文地质测绘地质观测点数的30%~50%；
- e) 水文地质观测点数宜为水文地质测绘水文地质观测点数的70%~100%；
- f) 观测路线长度宜为水文地质测绘观测路线长度的40%~60%。

6.3.7 遥感解译的外业工作，宜包含：

- a) 把地面水文地质观测和像片解译紧密结合起来,以提高观测质量和影像的分辨能力。要仔细观察影像特征的各项要素,特别要注意与水文地质现象有关的各项要素,如:地表水体、地下水溢出带、泉点、冲洪积扇的分布与叠置关系、古河道带以及土壤湿度等;
- b) 在地质点和水文地质点野外描述中,要注明该点所在像片编号和增加描述与影像特征有关的内容;典型的解译标志和重要的地质界线,要有野外素描图或实地拍摄的照片;
- c) 观测点、观测路线要尽量布置在露头好,遥感图像所反映地质现象的关键部位;地质观测路线的密度要根据地质、水文地质条件复杂程度和像片解译程度而定。

6.3.8 遥感资料提交时,应提供以下的资料:

- a) 有关遥感图像;
- b) 有关遥感图像处理、解译和实况调查的原始资料;
- c) 典型遥感影像解译记录卡;
- d) 遥感解译的各种图件及报告。

7 水文地质钻探技术要求

7.1 一般规定

7.1.1 水文地质钻探工作应遵循水文地质测绘、物探、钻探的工作程序。施工顺序上应遵循由疏而密的原则,施工中发现重大问题时要及时变更或调整设计。

7.1.2 每个钻孔必须目的明确,宜一孔多用,主要含水层埋藏较浅、第四系厚度较小的山前冲洪积区域、浅层淡水透镜体等地段可与工程地质钻孔结合,节约勘探成本。

7.1.3 水文地质钻探记录应在钻探过程中逐回次记录,记录应真实准确。

7.2 水文地质钻孔类型与结构

7.2.1 水文地质钻孔类型可分为试验孔和观测孔。

7.2.2 水文地质钻孔的孔身结构包括孔径(开孔直径及终孔直径)、孔深及井管直径及其连接方式。孔身结构应根据钻孔类型、水文地质条件、终孔直径及深度、钻进工艺方法、水文试验方法、水文测井及钻探设备等因素综合确定。

7.2.3 较稳定的第四纪松散地层或基岩为主的水文地质钻孔或观测孔,宜采用一径成孔的结构形式,在松散、破碎、严重漏失等复杂地层宜选择合适的护壁方式钻进,争取少下或不下套管,以简化钻孔结构。

7.2.4 对具有两个以上主要含水层的水文地质钻孔宜采用多次变径成孔(井)的结构形式;在第四系地层中应采用下井管、过滤管并填砾或不填砾的成井工艺;基岩除破碎带、强风化带需下管外,一般为裸孔。

7.3 水文地质钻孔设计

7.3.1 水文地质钻孔设计,应根据水文地质钻探的目的,综合考虑工程的水文地质、工程地质条件以及设备和场地情况进行编制,并附典型钻孔结构设计图。

7.3.2 水文地质钻孔设计宜符合附录D的要求,一般宜包括下列内容:

- a) 项目名称、项目位置及交通条件、地形地貌、地质条件、钻孔编号、钻孔目的、孔身结构、钻具选择和钻机及配套设备的选型;
- b) 预估地层性质、深度和厚度、水文地质试验与观测要求、冲洗介质;
- c) 理想钻孔结构及柱状图;
- d) 钻探技术要求、施工进度计划。

7.4 水文地质钻孔施工

7.4.1 水文地质钻探工作应根据勘探技术要求、地层类别、场地及环境条件,选择合适的钻机和钻具。

7.4.2 水文地质钻探应采用取芯钻进,进行水文地质编录。

7.4.3 施工前应根据水文地质钻探施工设计要求,由地质、物探、钻探技术人员到现场确定孔位,施工现场应保证“三通一平”(水通、电通、路通,场地平整),并确保施工安全。

- 7.4.4 钻探开孔应采用短钻具和轻压慢转的方法钻进，开孔钻进必须加强孔口护壁和防倾斜措施，防止孔口坍塌和确保钻孔垂直度，应采用水平尺测量钻孔垂直度。
- 7.4.5 可根据岩石的物理力学性质、可钻性、孔径、深度和施工条件，选择适宜的钻进方法。
- 7.4.6 可根据钻进方法、岩土类别、可钻性等选择合适的钻压、转速和泵量。
- 7.4.7 钻孔施工宜采用清水钻进，当地层破碎不能用清水钻进时，应在主要含水层或试验段（观测段）用清水钻进。若必须采用泥浆护壁钻进时，应采取低固相泥浆，并有效地洗井，保证钻进过程中能分层量测地下水位和分层测定水文地质参数。
- 7.4.8 钻孔揭露多个含水层时，应测定分层稳定水位；分层抽水试验和分层测水位的钻孔，必须严格止水，并检查止水效果，不合格时应重新进行。
- 7.4.9 钻孔岩芯采取率：较完整岩石宜大于90%，破碎带宜大于70%，黏土宜大于80%，砂和砂砾层宜大于60%。
- 7.4.10 在钻探过程中应对钻进难易程度、进尺速度、钻进参数变化、水位、水温、冲洗液消耗量、漏水位置、孔壁坍塌、岩层变层深度、溶洞的起止深度、掉钻、缩径等情况及异常现象进行观测和详细记录。
- 7.4.11 为获取岩土体水文地质参数，应采取岩、土样品及水样进行室内试验，在有需要时，增加试验获取沉积年代及成分。
- 7.4.12 水文地质钻探孔在成孔过程中应检查成孔质量，通过验收后方可终孔。
- 7.4.13 钻探结束时，除留作长期观测的钻孔外，应进行封孔；封孔方法应根据含水层的水头、水质及水文地质条件确定。

7.5 抽水孔成井工艺

- 7.5.1 抽水孔成井管柱应由井壁管、过滤管和沉淀管等三部分组成。
- 7.5.2 井壁管内径应满足抽水设备的安装和正常抽水要求，若采用深井泵和潜水电泵抽水时，安装泵管的井管内径应大于泵管外径约50mm。
- 7.5.3 过滤管安装长度，一般与含水层厚度大体一致。当含水层厚度超过30m时，可选用20m~30m的过滤管安装在主要含水层处；若含水层透水性很差时，可适当加长。
- 7.5.4 沉淀管应与相连的过滤管同径，安装长度一般为4.0m~6.0m，底部应封闭，顶部在0.5m范围内宜加工成过滤管结构，顶端内壁处宜加工成阻流座的内台阶，能使冲孔阻流塞坐落在此台阶上。
- 7.5.5 抽水孔过滤器骨架管的内径，在松散层中宜大于200mm；在基岩中宜大于100mm。抽水试验观测孔过滤器骨架管的外径不宜小于75mm。
- 7.5.6 抽水孔过滤器骨架管孔隙率宜大于15%。
- 7.5.7 非填砾过滤器的包网网眼、缠丝缝隙宜根据过滤器的类型和含水层不均匀系数选择合适的尺寸。
- 7.5.8 填料过滤器的滤料规格和缠丝间隙宜按含水土层类型、岩层性质综合考虑确定。
- 7.5.9 井管接头处应保证不渗漏，且接管不应错动，轴心线保持一致。
- 7.5.10 下管柱前，应将冲孔钻杆下放到孔底，用大泵量冲孔排碴，待孔内岩碴排净后，将孔内冲洗液密度降低到1.10~1.15g/cm³。
- 7.5.11 下管柱前，对井管逐根进行检查；管柱宜装设扶正器，确保管柱处在井孔中心位置。
- 7.5.12 下管作业应统一指挥，互相配合，操作要稳要准，井管下放速度不宜太快，中途遇阻时不准猛墩硬提，可适当地上下提动和缓慢地转动井管，仍下不去时，应将井管提出，扫除孔内障碍后再下。
- 7.5.13 下管期间宜保持孔内液面与孔口持平，若有下降应及时补充。
- 7.5.14 井管下完后，应用升降机将管柱吊直，并在孔口将其扶正、固定。
- 7.5.15 应根据下管深度、井管重量、设备能力以及井管强度和连接方式等条件选择适当的下管方法。
- 7.5.16 砾料应选择质地坚硬、密度大、浑圆度好的石英砾为宜，易溶于盐酸和含铁、锰的砾石以及片状或多棱角碎石，不宜用作砾料。
- 7.5.17 砾料的砾径应根据含水层颗粒筛分数据、粒料不均匀系数确定。
- 7.5.18 填砾的厚度应根据含水层厚度、含水层颗粒大小及钻孔类型等确定。
- 7.5.19 认真检查砾料的质量和规格，不符合要求的砾料不准填入孔内，含泥土杂质较多的砾料，要用冲洗干净后才准使用。
- 7.5.20 填砾应从孔口井管周围均匀填入，不得只从单一的方位填入。含泥土杂质较多的砾料，应用水

冲洗干净后再填入。

7.5.21 砂料填至预定位置后，在进行止水或管外封闭前，应再次测定填砂面位置，若有下沉，应补填至预定位置。

7.6 止水和封闭

7.6.1 当需查明各含水层（带）的水位、水质、水温、富水性及透水性等水文地质参数时，应做好分层（带）止水后，进行水文地质试验。

7.6.2 止水材料应具备隔水性好、无毒、无溴、不污染水质等条件，止水材料可分为永久性止水材料（如黏土、水泥）和临时性止水材料（如海带、黄豆、橡胶等）两种。

7.6.3 水文地质抽水试验孔和观测孔，应对非试验含水层（组）进行临时性止水。

7.6.4 止水部位应选择在良好隔水层处，隔水层厚度不应小于5m~10m，并应根据岩芯和电测井资料，准确掌握隔水层的位置、厚度，有条件时宜测定止水部位的孔径。

7.6.5 止水部位以上的井管，不得有渗漏，否则在止水位置以上孔段，应全部采用黏土或水泥浆围填、封闭。

7.6.6 永久性止水应采用优质黏土球或水泥浆进行管外封闭止水。若采用分段隔离止水时，在各分隔段部位的止水物厚度应不小于8m；若采用封闭含水层止水时，止水物应超过被封闭的含水层顶、底板各5m。

7.6.7 采用黏土球止水时，黏土球应从孔口井管周围均匀缓慢地投入孔内，不应从单一的方位投入，并每投1m~2m应测探一次。其止水厚度要求：在永久性止水时应不少于10m，在临时性止水时应不小于5m。

7.6.8 采用支撑式、提拉式或胶囊式充气、充水止水器止水时，使用前应对其密封和止水性能进行检验，确认其性能可靠后入孔使用。

7.6.9 下止水器前，应先进行探孔，确认无障碍时才可下入，中途遇阻时，不得强行下入，应提出止水器，排除孔内障碍后再下。

7.6.10 填砾孔在非含水层和不要求填砾的孔段，应采用稍大规格的砾石或亚黏土围填封固。

7.6.11 高承压水井，应在高压含水层上部不透水层处的井管外壁上焊圆形托盘，并在托盘上绑扎棕头2~3道，然后在上面投入黏土球或灌入水泥浆，进行永久性封闭，封闭厚度一般不小于10m。

7.6.12 进行水文地质试验前，应对止水和封闭的效果进行检验，可采用水位压差法、泵压法检验或食盐扩散法检验。

7.7 洗井

7.7.1 应根据含水层类型确定洗井方法，在同一钻孔中，宜采用多种方法联合洗井，方法可参考表3。

表3 洗井方法选择

含水层类型	洗井方法
第四纪含水层	a.焦磷酸钠(或其他磷酸盐)洗井 b.活塞洗井(或液态二氧化碳洗井) c.空压机洗井、排渣
基岩下管含水层	a.活塞洗井 b.液态二氧化碳洗井 c.空压机震荡，大降深连续抽水洗井、排渣
碳酸盐基岩含水层	a.盐酸洗井 b.液态二氧化碳压酸洗井 c.空压机洗井、排渣
基岩裸井含水层	a.爆破扩裂洗井 b.液态二氧化碳洗井 c.空压机震荡，大降深连续抽水洗井、排渣

7.7.2 洗井应从上开始，逐渐加深，各洗井工艺可参考《水文水井地质钻探规程》DZ/T 0148。

7.7.3 洗井结束后，如不能及时进行抽水试验，应将井口封好并做好警示标志。

8 水文地质物探技术要求

8.1 一般规定

8.1.1 采用水文地质物探（简称物探）方法，应根据场地的水文地质条件，被探测物体的物理特征和不同的工作内容等因素确定，宜采用多种物探方法进行综合探测。

8.1.2 采用物探方法时，被探测体应具备下列基本条件：

- a) 与相邻介质对同一物性参数有明显的差异；
- b) 体积相对于其埋藏深度具有一定的规模；
- c) 所引起的物探异常值，应有足够的显示；
- d) 有利于物探测线（测点）布置和资料解释。

8.1.3 采用物探方法，可探测下列内容：

- a) 覆盖层的厚度、隐伏的古河床和掩埋的冲洪积扇的位置；
- b) 断层、裂隙带、岩脉等的产状和位置，含水层的宽度和厚度，以及水文地质剖面；
- c) 地下水的水位、流向和渗透速度；
- d) 地下水的可溶性固体物和咸水、淡水的分布范围；
- e) 暗河的位置和隐伏岩溶的分布。

8.1.4 物探工作的布置、参数的确定、检查点的数量和重复测量的误差，应符合国家现行有关标准的规定。

8.1.5 物探异常解释应符合以下规定：

- a) 解释工作应在掌握测区各项物性参数和地质资料的基础上，按照从已知到未知，先易后难，点面结合，反复认识的原则进行；
- b) 解释结论应符合各测点的解释与测区总的概念统一，定量解释与定性解释统一，物性解释与客观规律统一的要求；
- c) 因地形及其他干扰因素影响，不能达到勘探目的时，应做出无法解释的结论；
- d) 解释工作必须与地质工作相结合，解释成果应使用地质语言来表达。

8.1.6 由于物探方法本身的非唯一性，宜选择两种或两种以上的物探方法进行综合探测；实际工作中，可视追踪物探异常的需要，增加（或调整）物探方法或工作量。

8.2 物探方法选择

8.2.1 物探方法的选择，应根据被探测地质体与围岩的物性差异、工程所在地的水文地质条件和勘察目的，结合物探方法本身的特点，合理选择。一般可分为地面物探和水文测井。

8.2.2 地面物探方法的选择应具备下列基本条件：

- a) 具有足够的勘探深度；
- b) 具备展开野外工作的地形条件；
- c) 可清晰地探测勘察目标与围岩的异常；
- d) 具有足够的勘探精度。

8.2.3 地面物探方法主要有直流电法、电磁法、弹性波法、层析成像法、放射性法等，可参考以下情况进行选择：

- a) 解决浅部水文地质问题，可采用电阻率剖面法、电测深法、高密度电阻率法、地震反射波法、瑞雷面波法、地震频率谐振法、激发极化法、自然电位法、充电法、瞬变电磁法、核磁共振法、弹性波法、地质雷达法、 α 卡法等，需要详细了解孔间水文地质问题，可选择层析成像法；
- b) 解决中深部水文地质问题，可采用音频大地电磁法、电磁测深法、 α 卡法等；
- c) 各种技术方法可以解决的问题、应用条件和主要技术要求可参考附录B地面物探方法的选择。

8.2.4 水文测井中使用的主要方法有电测井、放射性测井、孔内地层成像、声波测井、井温测井、孔径、孔斜测井等，可参考以下情况进行选择：

- a) 了解钻孔技术参数时，可选用孔径、孔斜测井；
- b) 划分含水层的位置、厚度和划分破碎带的厚度，可选用电测井（地层视电阻率、自然电位测井及井液电阻率测井等）；

- c) 测定钻孔中不同岩层的弹性波速度, 判定岩体的完整性, 可选用声波测井;
- d) 确定孔内地下水的温度变化情况, 可选用井温测井;
- e) 需要直观了解钻孔内地层完整性, 确定裂隙、破碎带、出水点的发育深度、特征、状况, 并协助划分地层, 判断岩性和确定孔内事故时, 可选用孔内地层成像;
- f) 各种技术方法可以解决的问题、应用条件和主要技术可参考附录 C 水文测井方法的选择。

8.3 物探工作布置

8.3.1 地面物探工作布置应针对需要解决的地质、水文地质问题, 考虑物探方法固有的特点以及探测目标体的规模与埋深等因素, 结合测区地形、地物条件, 因地制宜, 合理布置物探测线。

8.3.2 地面物探工作布置应符合下列规定:

- a) 应重点布置在地面调查难以判断而又亟待解决问题的地段、钻探实验地段或钻探工作困难地段;
- b) 物探测线方向宜垂直地层、构造或主要探测地质体的走向, 并宜布置在地形起伏较小的地段; 或垂直水文地质条件变化大的方向; 地形起伏较大时, 宜沿等高线布置; 线状地质体勘探时, 可平行或垂直于地质体布置纵测线或横测线;
- c) 物探测线宜与地质勘探线一致, 并应尽量避开地形或其他干扰的影响;
- d) 测网和工作比例尺的选择应能反映探测的目标体, 并可在平面图上清楚地标识出其位置和形态;
- e) 物探测线和测点的间距视勘察详细程度、勘探对象规模和满足地质体追踪的需要确定, 原则上可按先粗后细, 局部加密原则布置, 发现异常应加密探测点。物探测线间距宜取 10m~30m, 测点间距视物探工作方法宜符合表 4 的规定。

表 4 常用物探方法测点间距

物探方法	测点间距(推荐值)(m)	物探方法	测点间距(推荐值)(m)	物探方法	测点间距(推荐值)(m)
高密度电法	2~10 (5)	自然电位法	2~5 (5)	电磁波层析成像	0.5~2.0 (1.0)
电剖面法	2~10 (5)	电磁测探法	10~40 (25)	地震波层析成像	0.5~2.0 (1.0)
电测探法	5~20 (10)	瞬变电磁法	5~20 (10)	电阻率层析成像	1~5 (2)
地震频率谐振法	2~10 (5)	地震反射波法	2~10 (5)	瑞雷波法	2~10 (5)
激发极化法	5~20 (10)	音频电场法	1~5 (2)	氡气法(α 卡法)	2~5 (5)
充电法	5~20 (10)	电磁感应法	1~5 (2)	核磁共振法	5~20 (10)

注: 本表测点间距应视勘察的具体要求进行选择。如探测覆盖层的厚度、基岩面起伏形态等, 可取上表之大值; 当需要详细探测隐伏岩溶、断裂、软弱夹层等, 测点间距宜取上表之小值。

8.3.3 水文测井工作布置应符合下列规定:

- a) 水文物探测井的孔数一般不少于水文地质钻孔的 1/2 且不宜少于 3 个;
- b) 水文测井一般在裸孔中进行;
- c) 应采用多种测井方法进行对比或补充;
- d) 电测井、声波测井, 钻孔内应无金属导管、有井液; 孔内地层成像测井宜安排在其他测井之前进行, 测试前应对孔内进行清水冲洗; 孔径测量应在电缆提升时测试; 井温、井液电阻率测井应在井液稳定后进行。

8.4 物探成果资料

8.4.1 物探资料的解释与推断过程中, 应充分利用物探工作范围内的水文地质资料, 反复论证各种物探异常现象, 特别是应用综合物探成果资料, 应通过综合分析, 充分考虑水文地质情况和物探探测结果的内在联系与可能存在的干扰因素。

8.4.2 野外作业中工作参数的选择、检查点的数量、观测精度、测地工作, 仪器的定期检查, 操作和记录, 应符合有关物探规范要求。

8.4.3 物探成果图件应包括成果剖面图及平面图, 图件可以是曲线图、等值线图或图像, 物探成果图

与成果解释图宜绘制在一张图上，上部绘制物探成果图，下部绘制成果解释图，图件比例尺宜与水文地质勘察成果的比例尺一致。

8.4.4 物探成果报告宜包括以下内容：

- a) 工作期间，主要仪器设备、工作量完成情况，以往进行过的地质勘测工作（尤其是与本次物探任务有关的勘测工作），以及在本次工作中与其他勘测方法的配合等；
- b) 地形、地质简况及地球物理特征，简述与物探工作有关的地形、地貌和地质情况，物探地质条件（有利条件和不利因素）和物性特征；
- c) 叙述外业生产工作布置，工作方法及依据，仪器性能及仪器因素选择；
- d) 简述采用的解释方式及选用参数的依据，叙述成果分析及其地质解释；
- e) 阐明任务解决的程度，提出物探成果的地质结论；叙述检查观测质量、成果解释精度，通过与已有钻孔及其他勘测资料对比分析、钻孔验证情况，对本次物探成果作出评价；
- f) 提出本次物探工作存在的问题，以及需要补充和需要开展的其他物探工作和验证工作的建议；
- g) 成果报告附图、附表，包括物探工作布置图、物探成果平面图、物探成果剖面图、物探成果表等。

9 地下水同位素探测技术要求

9.1 一般规定

9.1.1 同位素水文地质工作应在已有资料综合分析和水文地质测绘的基础上，根据水文地质条件和需要解决的问题，部署取样点，选择适宜的同位素方法。同位素方法一般包括环境同位素法和人工同位素法。

9.1.2 在建设工程水文地质勘察中，可采用同位素探测技术解决下列水文地质问题：

- a) 地下水的起源与形成，包括补给来源、补给高程及突水点混合水比例等；
- b) 测定水文地质参数，包括流速及方向、水温、渗透系数及裂隙率等和地下水污染示踪剂；
- c) 测定地下水年龄估算，分析地下水与地表水相互转化关系。

9.1.3 水文地质勘探应充分利用放射性同位素示踪剂不受温度、水文地质条件的影响，示踪的过程中不改变地下水的物理特性，示踪过程中放射性同位素受周围环境的影响小，具有灵敏度高、测量准确、节省人力等优点。

9.1.4 根据水文地质条件、问题、调查精度、研究程度及所选同位素方法，布置采样点，同时需考虑时空变化。采样点应覆盖整个地下水系统，并具代表性。

9.1.5 在重要工程或地下水条件复杂，并有特殊要求的场地，采用D、T、 $\delta^{18}\text{O}$ 等环境同位素方法研究地下水的特征。

9.2 同位素方法选择

9.2.1 同位素方法的选择应坚持以环境同位素为主、人工同位素作为补充的基本原则。

9.2.2 在环境同位素的选择中，宜以氢氧稳定同位素为主，放射性氚同位素为辅，条件允许时也可利用碳硫同位素。

9.2.3 同位素探测技术可以确定地下水补给区的海拔高度。

- a) 地下水补给源的高程对确定补给源有重要的参考价值，通过确定含水层补给区大气降水的同位素高程，可根据地貌特征圈定补给区域；
- b) 地下水补给区同位素入渗高度模型，可按下式计算：

$$H = \frac{\delta_G - \delta_P}{K} + h \quad (9-1)$$

式中：H — 地下水补给高程，m；

δ_G — 取样点地下水的 $\delta^{18}\text{O}$ （或 δD ）值；

δ_P — 取样点附近大气降水的 $\delta^{18}\text{O}$ （或 δD ）值；

K — 大气降水 $\delta^{18}\text{O}$ （或 δD ）值的高度梯度（ $\delta/100\text{m}$ ）；

h — 取样点高程，m。

9.2.4 同位素探测技术可以计算地下水的年龄或涌水量。

- a) 当建设工程通过潜水含水体，且查明给水度或裂隙率时，可采用同位素氚法预测过水断面的正常涌水量，可按下式计算：

$$Q = \frac{LA\mu}{365t} \quad (9-2)$$

$$t = 40.727 \lg \frac{N_0}{N_t} \quad \dots \dots \dots \quad (9-3)$$

式中: Q —隧道或基坑正常涌水量, m^3 ;

L—两样品间距离, m;

A—地下水的过水面积, m^2 :

μ —含水体给水度(基岩裂隙率);

$t - N_0$ 与 N_i 两样品间的时间差，即地下水年龄， a ：

N_0 —同位素初始浓度($t=0$ 时)计数率:

N_t —t时刻同位素浓度计数率。

- b) 通过式(9-2)及式(9-3), 可以计算地下水的年龄和地下水的实际运动速度。

9.2.5 同位素探测技术可以测定地下水的流向、流速。

- a) 同位素示踪剂在被测含水层段，随井水运动到裂隙（孔隙）中，同位素浓度分布逐渐呈不均匀性，地下水水流方向的浓度最高，补给方向的浓度最低，从而可知单孔水平流向，以此了解地下水的运动状态；

b) 单孔同位素稀释法表示，投到井中水体的放射性示踪剂浓度随地下水渗流稀释而降低，其浓度与地下水的稀释速率及渗透流速具有密切相关。因此，地下水渗透流速，可按下式计算：

$$V_f = \frac{\pi r_1}{2at} \ln \frac{N_0}{N_t} \quad \dots \dots \dots \quad (9-4)$$

式中: V_f —地下水渗透速度, m/d;

r_1 — 过滤管的内半径, mm;

a 一流场畸变校正系数;

t —同位素浓度从 N_0 变化到 N 所需的观测时间;

N_0 —同位素初始浓度 (t=0时) 计数率;

N_t —t时刻同位素浓度计数率。

该校正系数 a , 可通过调查得到的有关信息, 用下式求得:

$$\alpha = 8 * \left[\left| 1 + \frac{k_3}{k_2} \right| \left| 1 + \left| \frac{r_1}{r_2} \right|^2 + \frac{k_2}{k_1} \left| 1 - \left| \frac{r_1}{r_2} \right|^2 \right| \right] + \left| 1 - \frac{k_3}{k_2} \right| \left| \left| \frac{r_1}{r_3} \right|^2 + \left| \frac{r_2}{r_3} \right|^2 + \frac{k_2}{k_1} \left| \left| \frac{r_1}{r_3} \right|^2 - \left| \frac{r_2}{r_3} \right|^2 \right| \right| \right]^{-1} \dots \quad (9-5)$$

式中: r_1 、 r_2 、 r_3 和 k_1 、 k_2 、 k_3 分别为滤水管的内半径、外半径、井半径和滤水管、填料、含水层的渗透系数。

9.2.6 计算地下水在含水层中的滞留时间或测定地下水年龄时，宜采用放射性同位素方法。测定年龄较新的地下水，宜采用半衰期较短的同位素，如⁸⁵Kr、³H；测定年龄较老的地下水，宜采用半衰期较长的同位素，如³⁹Ar、¹⁴C、³⁶Cl等。

9.3 同位素采样点布设与测试

9.3.1 地下水同位素采样点布设应符合下列原则：

- a) 根据水文地质条件和需要解决的问题，在综合已有水文地质资料基础上，布设取样点，并选用相应同位素探测方法；
 - b) 根据区域水文地质特征，应以剖面控制为主，并选择地质背景不同的区域性控制点作为分析问题背景值；控制剖面宜沿地下水流向布置，在同一点不同深度及同一点不同时间布置采样点，并结合地下水的动态变化布置；在条件复杂区及水文地质边界附近宜多投入工作量；
 - c) 取样点的密度，应考虑区域同位素地球化学条件，以及研究问题的尺度、程度和阶段，且应结合同位素分析方法及同位素分布统计规律等条件。在大、中比例尺的工作，应优先考虑定深取样；
 - d) 采样点呈现状（剖面线）布置，应平行于地下水流向或垂直于地表水体走向布置；
 - e) 样点的布置应注重系统性，包括不同水样的样品的对应，不同同位素的匹配，同位素与水化学以及与现场易变物理化学指标测定平行进行。

9.3.2 地下水同位素采样应符合下列要求：

- a) 野外采集的环境同位素水样应采用正确的方法，避免样品被污染（如取水设备污染、大气污染、客水污染、不干净容器污染或同位素分馏），以保证样品的代表性；
- b) 野外记录本记录数据要完整，还可通过采样前尽可能全的填写采样单作为补充或准备；
- c) 野外采样时，应利用 GPS 系统，地形图或航片等手段，确定取样点的地理坐标及高程；
- d) 采样容器宜选用小口玻璃瓶，对 8H 和 18O 样也可选用高密度聚乙烯瓶；取样瓶的塑料瓶塞或橡胶塞要有油封，新样瓶必须通过注水和称量的方法进行数月时间的水量损失测试；
- e) 水样的采集、运输、保存过程中使用适当的水样瓶（桶）；水样瓶和它的封口必须选用适当的材料并设计成能阻止水分蒸发和扩散的样式，以避免蒸发和扩散损失；
- f) 降雨和降雪的取样方法应遵照科学的取样程序来进行，例如，取样时间间隔可能按天、周、月来进行；在所有情况下，都要记录下降水量以便计算同位素成份的加权平均值；
- g) 地表水样的采集，采集湖水时，应在近水面位置和深部同时采取；河、溪水水样应在河流中间或者其流动部分中采取；在河流交汇处取样时，应在其交汇处的下游的完全混合河段采取；
- h) 包气带水样采集，土壤样品不能用取样盒和岩心管来保持和运输，必须用高密度的塑料瓶（袋）密封以避免蒸发；土壤中的水分可通过真空蒸馏、微蒸馏（仅适用于氢）、沸腾蒸馏、压榨法和离心法采集，也可以利用测渗计和土壤取水器采样；
- i) 地下水样采集，应尽可能地描述钻孔水文地质条件，充分利用地球物理、地球化学研究成果及钻井记录资料来确定含水层的主要补给特征；天然泉由于常年流动，是理想的采样点；抽水井和生产井因常年流动，比较容易采集，而不常抽水的井（孔），应先进行抽水洗井（孔），抽出的水量最少超过井筒水体积的两倍，或者抽出的地下水的 Eh 值、溶解氧及 pH 值等达到稳定状态后取样；同时，应确定进水带，尽可能排除其他层水的混入；
- j) 完成采样后，应及时记录采样点位置、水源类型、地下水位埋深、采样深度（地下水或地表水的水下深度）、井（泉）的地层结构以及水温、pH 值、Eh 值、电导率、碱度、溶解氧及现场化学特征等，水样瓶可贴上防水标签，并填写项目代码、样品编号、取样日期、取样人、样品类型和分析项目等；
- k) 重要样品应取双样（或取备份样）。

9.4 同位素探测成果资料

9.4.1 同位素探测资料分析整理过程中，应结合场地地质、水文地质条件，反复论证异常数据，充分考虑影响因素，与钻探、物探结果相互印证，进行综合分析与判断。

9.4.2 同位素探测成果的编制应符合下列规定：

- a) 同位素探测成果资料应包括报告、图件和附件（原始测试报告），资料内容应简明扼要，突出重点，论证充分，结论明确，附图附件齐全，多采用插图、插表说明；
- b) 同位素探测成果报告主要内容应包括，工程概况、地形与地质概况、水文地质条件、工作方法与技术、测试成果汇总表、资料解释与成果分析、结论与评价、问题与建议等；
- c) 同位素探测成果的图件应包括，同位素采样点分布图、地下水位等值线图、同位素野外记录图（表）、同位素相关关系图、含水系统同位素等值线平面图及根据需要所编制的图件等。

10 水文地质试验技术要求

10.1 一般规定

10.1.1 建设工程的水文地质试验工作，凡能在现场测定的项目，应在现场测定。室内检测应取典型样品进行室内理化性质检测，检测项目应根据保守性原则。

10.1.2 建设工程的水文地质试验工作，岩土层的渗透性、含水层状态、裂隙的贯通性等水位地质参数，可通过现场水文地质试验，包括钻孔抽水、压水、注水、试坑渗水、连通试验等方式获取。

10.1.3 对于多层含水层应能独立给出每层的参数。多层地下水应采取分层独立试验；试验前，应对每层的止水效果进行检查。

10.1.4 一般水文地质勘察的水文地质试验可结合建设工程勘察工作进行，采用地下水位量测、简易抽（提）水试验、单孔抽水试验等来测定含水层的水文地质参数。

10.1.5 专项水文地质勘察在水文地质试验前，宜针对项目场地的水文地质条件、评价所需参数及精度

要求、勘探工作的实施条件等，进行针对性的水文地质试验设计。

10.2 抽水试验

10.2.1 抽水试验包括稳定流抽水试验和非稳定流抽水试验。工程建设场地，应以单孔抽水试验为主。单孔抽水试验宜采用稳定流抽水试验方法，也可根据实际情况采用非稳定流抽水试验方法；带观测孔的抽水试验宜采用非稳定流抽水试验方法。

10.2.2 稳定流抽水试验应进行1个~3个落程抽水，之后进行水位恢复试验，主要用于计算含水层的渗透系数(K)；非稳定流抽水试验，时间短，获取的参数多，包括：含水层的导水系数(T)、压力传导系数(a)、渗透系数(K)及给水度(u)或释水系数(S)。

10.2.3 抽水试验孔一般宜采用完整井型；在抽水试验前采取水样；在抽水试验过程中，可结合其他试验方法，如同位素测试（稀释法或示踪法）来测点地下水的流向、流速及渗透系数等。

10.2.4 在单层厚度大于10m的多层含水层场地，当出现含水层类型不同、水质差异较大或水文地质参数差异较大时，应进行分层抽水试验。

10.2.5 在水文地质条件特别复杂的场地或工程建设设计有特定要求时，宜设计群孔抽水试验；群孔抽水试验的观测孔布置应能够控制整个流场，在边界和非均质含水层的各个地段亦应布置观测孔。

10.2.6 抽水试验前，宜进行试抽，确定最大出水量和水位下降值，合理分配各次水位下降值或确定非稳定流抽水试验的恒定出水量。若发现问题，应暂停抽水，分析原因，及时处理，在排除故障后再进行抽水试验。

10.2.7 抽水试验时，应防止抽出的水在抽水影响范围内回渗到含水层中；在同一试验中，应采用同一方法和工具观测水位；抽水孔的水位测量应读数到cm级，观测孔的水位测量应读数到mm级。

10.2.8 当采用堰箱或孔板流量计测量出水量时，水位测量应读数到mm；采用容积法时，量桶充满水所需的时间不宜少于15s，读数应到0.1s；采用水表时，应用秒表测定流出10m³水所需的时间，并应精确到0.1s。

10.2.9 稳定流抽水试验还应符合下列要求：

- a) 抽水试验包括稳定流抽水试验和非稳定流抽水试验，抽水试验前应对抽水孔及观测孔进行静止水位观测；
- b) 抽水试验时，水位下降段次宜为3次，其余2次下降值宜分别为最大下降值的1/3和2/3；相邻两次水位下降值之差不宜小于1m；各次下降的水泵吸水管口的安装深度应相同；
- c) 抽水试验水位下降顺序，在粗颗粒含水层和岩溶地区从大到小进行；在细颗粒松散层中从小到大进行；
- d) 在单位涌水量小于0.01L/s·m或最大水位降深小于1m等情况下，可进行简易抽水试验，降深可简化为1~2次；
- e) 抽水试验时，动水位和出水量观测的时间，宜在抽水开始后的第5min、10min、15min、20min、25min、30min各测一次，以后每隔30min或60min测一次；水温、气温观测的时间，宜每隔2h~6h同步测量一次；
- f) 抽水试验的稳定标准应符合以下要求：①在抽水稳定延续时间内，抽水孔出水量和动水位与时间关系曲线只在一定的范围内波动，且没有持续上升或下降的趋势；②当有观测孔时，应以最远观测孔的动水位判定；③水位波动范围的误差一般不能超过平均降深值的1%，涌水量波动值不能超过平均流量的3%；
- g) 抽水孔最大降深对潜水含水层不宜超过含水层厚度的1/2，承压水含水层抽水动水位不宜低于含水层顶板；
- h) 抽水试验的稳定延续时间可根据试验目的和水文地质条件适当调整，并宜符合下列要求：①卵石、圆砾和粗砂含水层为8h；②中砂、细砂和粉砂含水层为16h；③岩体含水层（带）为24h；
- i) 抽水试验进行过程中，应进行下列工作：①绘制抽水孔、观测孔的Q-lgt和s（或 Δh^2 ）-lgt关系曲线，判定确实达到稳定标准后，方可转入另一次水位下降的抽水试验；②抽水孔、观测孔的Q-s关系曲线，当曲线呈直线、抛物线（含指数、对数曲线）时，可结束抽水试验，并观测恢复水位；当出现折线或曲线向Q轴翘起时，应分析原因，采取措施；当确属异常时，应补做抽水试验。

10.2.10 水量恒定非稳定流抽水试验应符合下列要求:

- a) 抽水试验前应对抽水孔及观测孔进行静止水位观测;
- b) 钻孔内出水量应保持常量, 其变化幅度不大于 3%;
- c) 试验延续时间应根据降深与时间($S-1gt$)关系曲线确定, 并应符合下列要求: ①当 $S-1gt$ 关系曲线呈直线状, 其水平投影在 $1gt$ 轴上的数值不少于两个对数周期; ②当 $S-1gt$ 关系曲线有拐点时, 则宜延续至拐点后出现水平线的最初时刻;
- d) 抽水孔与观测孔必须同步观测; 动水位和出水量观测的时间, 宜在抽水开始后第 1min、2min、3min、4min、6min、8min、10min、15min、20min、25min、30min、40min、50min、60min、80min、100min、120min 各观测一次, 以后可每隔 30min 观测一次;
- e) 抽水试验结束后, 应观测恢复水位。

10.2.11 水位恒定的非稳定流抽水试验应符合下列要求:

- a) 抽水试验前应对抽水孔及观测孔进行静止水位观测;
- b) 试验中应控制抽水孔的动水位, 使其保持稳定;
- c) 及时绘制($Q-1gt$)关系曲线, 试验延续时间要求可参照水量恒定时的 $S-1gt$ 曲线标准;
- d) 抽水孔与观测孔必须同步观测; 动水位和出水量观测的时间, 宜在抽水开始后第 1min、2min、3min、4min、6min、8min、10min、15min、20min、25min、30min、40min、50min、60min、80min、100min、120min 各观测一次, 以后可每隔 30min 观测一次;
- e) 抽水试验结束后, 应观测恢复水位。

10.2.12 试验现场记录应符合下列要求:

- a) 抽水孔和观测孔的基本技术资料及安装情况记录宜符合附录 E 中表 E.1 的要求;
- b) 试验过程中的出水量和水位观测记录宜符合附录 E 中表 E.2 和表 E.3 的要求; 对稳定流抽水试验, 应及时绘制 $S-t$ 、 $Q-t$ 和 $Q-S$ 或 $Q-\Delta h^2$ 关系曲线; 对非稳定流抽水试验, 主要应绘制 $S-1gt$ 或 $1gS-1gt$ 关系曲线; 若为多孔抽水, 还应绘制, $S-1gr$ 、 $S-1gt/r^2$ 关系曲线。

10.3 压水试验

10.3.1 压水试验应根据工程要求, 结合工程地质测绘和钻探资料, 确定试验孔位, 按岩层的渗透特性划分试验段, 按需要确定试验的起始压力、最大压力和压力级数, 及时绘制压力与压入水量的关系曲线, 计算试段的透水率, 确定 P-Q 曲线的类型。

10.3.2 试验工作应主要包括试验准备、钻孔冲洗、试段隔离、水位观测、试验性压水、压力和流量观测。

10.3.3 压水试验钻孔应采用清水钻进。压水试验前应洗孔, 并应达到钻孔底部无沉淀岩粉; 止水栓塞与孔壁应有良好的适应性、可靠性。栓塞入孔前应加压检查, 合格后可投入使用; 压水试验用水应清洁。供水水泵应出水均匀, 压力应稳定。试验所用压力表、流量计应进行校验。

10.3.4 钻孔压水试验宜随钻孔的加深自上而下地用单栓塞分段隔离进行。岩石完整、孔壁稳定的孔段或有必要单独进行试验的孔段也可采用双栓塞分段进行。

10.3.5 试段长度宜为 5m, 同一试段不宜跨越透水性相差悬殊的不同岩层。含断层破碎带、裂隙密集带、岩溶洞穴等的孔段应根据具体情况确定试段长度, 相邻试段应互相衔接, 可少量重叠但不能漏段, 残留岩芯可计入试段长度之内。

10.3.6 压水试验应按三级压力五个阶段进行, 三级压力宜分别为 0.3MPa、0.6MPa、1.0MPa。当试段埋深较浅时或建设工程可能遭受的水压力值较小时, 可适当降低试段压力; 当试段埋深较大或建设工程可能遭受的水压力值较大(超过 300m 水头)时, 宜进行高压压水试验, 采用四级压力七个阶段的中慢速试验, 最大压力值宜为设计水头值的 1.2 倍, 压力差可选用 0.5MPa~1MPa。单孔试验段数不宜少于 3 段。当试验段漏水量过大(超过 100L/min), 而无法达到预定压力值时, 可按实际能达到的最大压力值进行试验。

10.3.7 压水试验钻孔的孔径宜为 75mm~110mm, 压水试验钻孔宜采用金刚石或合金钻进, 不应使用泥浆等护壁材料钻进。在碳酸盐类地层钻进时应选用合适的冲洗液, 试验钻孔的套管脚必须止水。在同一地点布置两个以上钻孔孔距 10m 以内时, 应先完成拟做压水试验的钻孔。

10.3.8 下栓塞前应首先观测 1 次孔内水位, 试段隔离后, 再观测工作管内水位。工作管内水位观测应每隔 5min 进行 1 次, 当水位下降速度连续 2 次均小于 5cm, 观测工作即可结束, 用最后的观测结果确

定压力计算零线。在工作管内水位观测过程中,如发现承压水时应观测承压水位;当承压水位高出管口时,应进行压力和涌水量观测。

10.3.9 正式试验前应进行止水效果检查,送水加压后,止水位置以上工作管外水位应保持稳定。

10.3.10 流量观测前应调整调节阀使试段压力达到预定值并保持稳定。流量观测工作应每隔1min~2min进行1次,当流量无持续增大趋势,且5次流量读数中最大值与最小值之差小于最终值的10%,或最大值与最小值之差小于1L/min时,本阶段试验即可结束。取最终值作为计算值。

10.3.11 在同一工程中,压水试验段长度与试验的总压力值宜一致;将试验压力调整到下阶段的压力值后,应重新进行流量观测。在降压阶段,如出现水由岩体向孔内回流现象应记录回流情况,待回流停止,流量达到前述标准后,方可结束本阶段试验。

10.3.12 在试验过程中应对附近受影响的露头、井、硐、孔、泉等地下水的水位、流量、颜色进行观测。

10.3.13 试验现场录应符合下列要求:

- 压水试验设备安装及检查记录宜符合附录F的要求;
- 试验过程中的压水量和压力观测记录宜符合附录F的要求,并应绘制P-Q曲线。

10.4 注水试验

10.4.1 注水试验一般采用钻孔法,包括钻孔定水头注水试验和钻孔降水头注水试验。钻孔定水头注水试验可适用于渗透性比较大的粉土、砂土和砂卵砾石层或不能进行压水试验的风化破碎岩体、断层破碎带等透水性较强的岩体;钻孔降水头注水试验可适用于地下水位以下粉土、黏性土层或渗透系数较小的岩层。

10.4.2 注水试验稳定延续时间应为2h~8h,细颗粒地层稳定延续时间应取大值。

10.4.3 钻孔定水头注水试验应符合下列要求:

- 注水试验钻孔试段不应使用泥浆钻进,孔底沉淀物厚度应小于10cm;
- 试验段安装完成后,应连续向试验段内注入清水,工作管内水位应符合下列规定:①当试验段位于地下水位以下时,工作管内水位应高于地下水位1m以上;亦可至工作管孔口;②当试验段位于地下水位以上时,工作管内水位应高于试验段顶部;
- 试段止水可采用栓塞或套管脚黏土等止水方法,应保证止水可靠。对孔壁稳定性差的试段宜采用花管护壁,同一试段不宜跨越透水性相差悬殊的两种岩土层。对于均一岩土层试段长度不宜大于5m;
- 注水至试验水头后,应随时调整流量以保持水头稳定,水位变幅不应超过±2cm;
- 当试验段漏水量大于供水能力时,应更换为供水能力更大的水泵或降低注水水头,使注水试验正常进行;当采取更换水泵或降低注水水头措施后,漏水量仍大于供水能力时,应记录最大注入流量,然后结束试验;
- 流量观测和记录应符合下列规定:①测试开始时,宜在注水开始后的第1min、2min、3min、4min、5min、10min、15min、20min、25min、45min、65min、90min、115min、140min、165min各观测一次,以后可视情况每隔30min观测一次,直至结束;②连续两次注入流量之差不大于最后一次注入流量的10%,且无持续增减趋势时,应结束试验,取最后一次注入流量作为计算值;
- 注水试验结束时应立即观测水位下降,时间间隔和注水观测相同,直至下降到静止水位;注水试验记录要求宜符合附录G中表G.1的要求,并绘制Q-t曲线。

10.4.4 钻孔降水头注水试验应符合下列要求:

- 钻孔降水头注水试验对造孔、地下水位观测和试段止水的要求应符合8.4.2条的规定;
- 试段止水后应向套管内注入清水使管中水位高出地下水位一定高度或至套管顶部作为初始水头值,停止供水后开始记录管内水位随时间变化的情况,记录格式宜符合附录G中表G.2的要求;
- 管内水位观测应符合下列规定:①开始间隔时间为1min,连续观测5次,然后间隔为10min,观测3次,后期观测间隔时间应根据水位下降速度确定,可按30min间隔进行;②应在现场采用半对数坐标纸绘制水头比与时间 [$\ln(H_t/H_0 - t)$] 关系曲线。如不呈线性关系,说明试验

有误，应重新进行注水并进行观测；③当试验水头下降到初始试验水头的 0.3 倍或连续观测点达到 10 个以上时即可结束试验。

10.4.5 简易注水试验应符合下列要求：

- a) 简易注水试验应采用随钻自上而下方式进行；
- b) 应根据钻孔揭示情况，确定试验段位置；应将套管打入试验段顶部，达到护壁及止水目的，同时将套管作为注水试验的工作管；
- c) 简易注水试验可不洗孔，试验用水应采用清水。注水管应连接供水设备和测试设备，注水管出水口应放在试验段中部。应详细记录安装设备的规格、长度和安装深度，并绘制安装结构图；
- d) 在注水试验前，应观测试验段内地下水位，水位观测间隔为 5min；当连续 2 次观测数据变幅小于 10cm 时，可结束水位量测工作，用最后一次观测值作为地下水位计算值。

10.5 渗水试验

10.5.1 渗水试验一般采用试坑渗水试验，是野外测定包气带松散层和岩层渗透系数的简易方法，包括试坑法、单环法和双环法。

10.5.2 渗水试验点布置前应充分了解试验点的地层、岩性和地貌类型等条件；渗水试验点应选在包气带岩性较为均一的地段。

10.5.3 渗水试验方法的选择应根据试验目的和精度要求等因素来确定。当试验层为黏性土时应采用双环法；当试验层为砂性土时，可根据对试验结果精度要求的不同而选择适宜的方法。当试验目的只是为了初步了解含水层的透水性时，宜选择试坑法或单环法；当试验需要获得精确的垂直渗透系数时，应选用双环法。

10.5.4 试验过程中，注水量的观测宜在注水开始后 3min、5min、10min、15min、30min 各测一次，以后每隔 30min 观测一次，直到流量稳定 2h 以上。

10.5.5 试坑法应符合下列要求：

- a) 在表层干土中挖一个一定深度(30cm~50cm)的方形或圆形试坑，坑底应离潜水面 3m~5m，坑底铺 2cm~3cm 厚的反滤粗砂；
- b) 注水时应使试坑中的水位始终高出坑底约 10cm，同时记录注入的水量及时间，水位波动幅度不超过 0.5cm，此时可近似认为渗透系数 K 等于渗透速度 V；
- c) 为了便于观测坑内水位，在坑底要设置一个标尺；
- d) 这个方法适用于测定毛细压力影响不大的砂类土。如果用在粘性土中，所测定的渗透系数偏高。

10.5.6 单环法应符合下列要求：

- a) 在挖好的试坑底嵌入一高为 20cm、直径为 35.75cm 的铁环，环外采用粘性土填实，环内底铺设约 2cm 厚，5mm~10mm 直径的砾石滤水层，再向环内注水；
- b) 试验时，用马利奥特瓶控制环内水柱保持在 10cm 高度上，波动不超过 0.5cm；
- c) 试验一直进行到渗入水量 Q 固定不变时为止；也可通过系统地记录一定时间段（例如每 30min）内的渗水量，求得各个时间段内的平均渗透速度，绘制历时曲线，曲线趋于水平段的值作为渗透系数 K 值。

10.5.7 双环法应符合下列要求：

- a) 在挖好的试坑底嵌入两个高度 20cm 的铁环，外环直径 0.5m，内环直径 0.25m，内外环圆心重合。在外环外采用粘性土填实，在内环及内外环之间坑底铺设约 2cm 厚，5mm~10mm 直径的砾石滤水层；
- b) 试验时用马利奥特瓶控制外环和内环内的水柱都保持在同一高度上（例如 10cm），波动幅度不超过 0.5cm；注水稳定时间宜为 4h~6h；
- c) 根据内环所取得的资料计算岩土层的渗透系数，参见附录 0.1.12。

10.5.8 需要获取入渗深度时，可采用向下开挖观测或在试坑内钻孔按间隔 20cm 取土样测试含水量变化进行确定。

10.5.9 渗水试验现场记录宜符合附录 H 中表 H.1、H.2 和 H.3 的要求。

10.6 连通试验

10.6.1 连通试验实际上是一种示踪试验，它是在上游某个地下水点（水井、岩溶坚井、落水洞、地下暗河表流段、坑道等）投入某种指示剂，在下游地下水点（除前述各类水点外，尚包括泉水、岩溶暗河出口等），监测示踪剂是否出现，以及出现的时间和浓度，从而确定其连通情况。

10.6.2 连通试验应符合下列要求：

- 试验场地的选择应在综合地质和水文地质测绘的基础上进行；
- 试验目的明确，针对性强，选择有效的试验方法；
- 试验方法要经济合理，尽量就地取材。

10.6.3 连通试验可用于测试岩溶地下水的下列内容：

- 补给范围、补给速度、补给量与相邻地下水系的关系；
- 径流特征，地下水流向、流速、流量；
- 与地表水的转化、补给等关系；
- 配合抽水试验等确定水文地质参数；
- 为工程目的，查明渗漏途径、渗漏量及洞穴规模、延伸方向。

10.6.4 试验采用的指示剂必须为无毒害、无污染、易分解的物质。

10.6.5 连通试验应根据试验的目的和具有的条件，选择合适的方法。根据连通试验的传导介质不同可分为水位传递法，指示剂法，气体传递法。连通试验方法要点应符合附录J的规定。

10.6.6 连通试验记录应准确记录试验点和观测点的位置坐标、高程数据，试验开始时间和观测到的初始时间，峰值时间、消退时间等。对采用指示剂法时，可采用定量回收试验，需同时观测地下水的流量等指标，以便计算回收率。

10.6.7 定量回收试验需要及时绘制指示剂的接收浓度历时曲线。多点回收的，需分析各点的浓度变化比例，记录格式宜符合附录K的要求。

10.7 水质分析试验

10.7.1 工程建设场地范围内水的化学成分可能对周围岩土造成侵蚀性破坏，应进行水质分析，以判断地下水对建筑材料的腐蚀性。

10.7.2 工程建设场地范围内，应进行水体的水质分析以判断是否存在对地下水和地表水的污染源及可能的污染。

10.7.3 一般的工程建设场地，水质简分析的主要检测项目应包括：pH值、总碱度、游离CO₂、侵蚀CO₂、主要阴离子含量(OH⁻、CO₃²⁻、HCO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻)的含量、主要阳离子(Ca²⁺、K⁺、Na⁺、Mg²⁺)的含量及矿化度。工程建设范围内包含地方病分布区、癌症高发区、地下水污染区或矿区，应增加采集专项成分分析水样。

10.7.4 地面水采样断面的布设应符合下列要求：

- 河流采样断面应布设在工程所在河段水体流动、水源汇集、易于采样的部位；
- 湖、库采样断面应布设在进、出水域及中心部位。湖、库较大时，应根据需要，按水流方向再增设几个采样断面。

10.7.5 地面水采样垂线的布设应符合下列要求：

- 河流宽度小于50m、水流混合较好时，布设1条采样垂线，采样垂线可布设在河流中心或流速较快、易于采样的部位；
- 河流宽度为50m~100m时，根据水的混合程度，可布设1条~2条采样垂线；
- 河流宽度大于100m时，根据水的混合程度，可布设2条~3条采样垂线。

10.7.6 地面水采样，垂线上的采样点数应根据水深及水的混合均匀程度布设，具体要求应符合表5的规定。

表5 不同水深采样要求

水深(m)	采样点数	采样要求
<5	1	距水面0.3m~0.5m处，当水深小于1m，在1/2水深处；
5~10	2	距水面0.3m~0.5m处，河底以上0.5m处；
>10	2~3	距水面0.3m~0.5m处，河底以上0.5m处，在1/2水深处；根据水的混合均匀程度布设。

10.7.7 清洁的地表水或轻度污染的河、湖、库水可进行1个~2个水文年度的采样分析。一个水文年度中，按月或季采样，并在丰、枯水期及冰封期增加1次~2次采样。难以进行年度采样分析的，应有丰、枯、平水期代表性样品。

10.7.8 地下水的采集应符合下列要求：

- a) 采样点的布设应根据工程要求及有关地质、水文资料、地区特点，如地下水的开采、排灌、纳污等情况，经综合研究后确定；采样点的布设方案，应征求取、送样单位和试验单位的意见；
- b) 泉、井中水样的采集应在经常涌流的泉或经常开采的井中采集；在采样同时，应测流量或估测涌水量、测水位；
- c) 钻孔中水样的采集应采用泵或提桶将孔内积水排出，抽汲水量不得少于井内水体积的2倍，待水位恢复、水变清后采集；采集水样宜使用抽吸泵。当无抽吸设备时，可在不同深度的含水层中用深水采样器采集；
- d) 在平洞或竖井中采集水样，当水流量较大时，可直接用聚乙烯桶玻璃瓶在出水口处，接水采集；当流量较小而水流分散时，可用干净的聚乙烯膜使水流汇集，并交替数次后采集。不应采用挖坑积水或直接采集地面流水的方法采集水样。

10.7.9 受污染水的采样应符合下列要求：

- a) 应首先查明污染质的来源、种类、污水排放位置和排放特点，包括排放规律、排放量及污染质浓度等；
- b) 在污染源污水放口的下游没有水流汇合的地方，应设立采样控制断面；在污染源的上游水质比较稳定的地段，应设立背景断面或对照断面。采样断面应设在便于采样的地方；设有水文测站的河流，采样断面可与水文测量断面相一致。设有环境监测网点的河流或水域，可利用已有的监测资料；
- c) 根据污染源污水排放特点，设定采样频率，应每隔10d~15d在规定时间内采集一次瞬时水样。若水质较稳定，可适当延长采样的间隔时间。采样周期可定为一个季度或一年。

10.7.10 专门分析水样的采集，应符合下列要求：

- a) 测定侵蚀性二氧化碳的水样，可用拟取的水将容积为250mL~300mL容器清洗三次，投入2g~3g碳酸钙粉，用水样冲洗瓶口并装至近满，留出20mL~30mL空间，以便震荡；
- b) 密封好容器口，摇动1min~2min，带回室内测定。

10.7.11 水样容器应符合下列要求：

- a) 应根据待测水样的特性选择合适的容器；
- b) 容器的材质应化学稳定性强，且不应与水样中组分发生反应，容器壁不应吸收或吸附待测水样组分；
- c) 水样容器的大小、形状和质量应适宜能密封、搬运，容易打开及易清洗；
- d) 水样容器在使用前必须清洗干净，初次使用时，应先用热肥皂水或洗涤剂刷洗干净，再用稀盐酸(1+10)或稀硝酸(1+10)浸泡10h~20h，最后用水冲洗干净。

10.7.12 采样器应符合下列要求：

- a) 采样前应根据具体情况选择适宜的采样器；
- b) 特殊采样器的清洗方法应按仪器说明书的要求进行。

10.7.13 采样记录和水样标签应符合下列要求：

- a) 采样时应及时做好现场记录，并收集采集期的水文测量资料。现场记录内容应包括：采样点编号、采样地点、采样深度、水位、水源类别（海、河、湖、库、冲沟、泉井、钻孔水等）、采样点周围环境（工厂、矿区、码头、农田及各类排污、纳污设施等）；
- b) 水样标签应随水样同时运送，为防止标签丢失，宜将标签装入小型塑料袋中，捆绑或贴于瓶身部位。

10.7.14 水样采取后，宜尽快运送至实验室。清洁水放置时间不宜超过72h，稍污染的水不宜超过48h，受污染的水不宜超过12h。

10.8 化学分析规定

10.8.1 配制试剂或稀释水样等所用的纯水，应符合现行国家标准《分析实验室用水规格和试验方法》

GB 6682 中所规定的三级水质量要求；用于配制标准溶液及微量组分测定时所用的纯水，应符合现行国家标准《分析实验室用水规格和试验方法》GB 6682 中所规定的二级水质量要求。

10.8.2 化学成分测定时所使用的玻璃器皿应符合下列要求：

- a) 容量瓶、滴定管、移液管等标准玻璃量器应定期进行校准；
- b) 玻璃器皿应经充分洗涤后方可使用，洗涤方法是先经自来水冲洗，再用洗涤剂刷洗，用自来水冲洗干净，再用蒸馏水冲洗器皿内壁 3 次；洗净后的器皿内壁应均匀地被水湿润；新购置的玻璃或塑料容器，用热洗涤剂刷洗干净后，再用稀盐酸或稀硝酸浸泡数小时；容量瓶、滴定管、移液管应用重铬酸钾硫酸洗液浸洗。

10.8.3 化学分析废液、废料回收和处理应符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《危险化学品安全管理条例》的相关规定。

10.9 水样的测试项目及方法

水样的参数测定主要包括：pH值、总矿化度、游离CO₂、侵蚀CO₂、主要阴离子含量(OH⁻、CO₃²⁻、HCO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺、SO₄²⁻) 的含量、主要阳离子(Ca²⁺、K⁺、Na⁺、Mg²⁺) 的含量。测定方法具体见附录K。

11 水文地质监测

11.1 一般规定

11.1.1 建设工程水文地质监测应综合考虑气象水文、建设场地的工程地质和水文地质条件、周边环境条件、施工方案等因素，制定合理的监测方案，精心组织和实施监测。

11.1.2 水文地质监测实施前应编制监测方案，应包括工程概况、监测依据、监控目的、监测项目、监测项目控制值、监测方法及精度要求、监测点的布置、监测周期、工序管理和记录制度以及信息反馈系统等。并应经建设、设计、监理等单位认可后实施。

11.1.3 水文地质监测频率应根据施工进程确定，一般不少于一周一次。当监测数据达到报警值时，应加密观测次数，及时分析原因、评价及信息反馈，并采取有效可行的预防措施。

11.1.4 水文地质监测不应影响监测对象的结构安全，不得妨碍其正常使用。当建设工程设计或施工有重大变更时，应及时调整监测方案。

11.1.5 水文地质监测内容应达到评价和考虑勘测点的地下水对岩土体和建筑物施工的影响，预测工程可能造成的岩土工程建设危险，及时提出预防和解决措施。必要时，调整监测方案，做到动态管理、信息化监测。

11.1.6 水文地质监测人员应掌握有关测具的使用、保护和检测技能。测具应准确、耐用，并定期检定，不合格者，应及时校正或更换。同时应建立随监测、随记载、随整理、随分析的工作制度，各项原始监测数据均应经过记载、校核、复核三道工序。

11.1.7 地下水和地表水动态监测的项目应包括水位、水量、水质、水温、流向、流速等。

11.1.8 地下水动态变化可能引起地表沉降时，应布置与地下水动态监测同步的地表沉降监测，其监测工作应符合相关规范规定。

11.1.9 各类项目的监测宜同步进行，以便进行监测成果的对比分析。

11.1.10 为了准确掌握监测场地的气象资料，可在监测场地或附近平坦、开阔处设置气象观测站(点)，观测降雨量、蒸发量、气温、湿度等数据。

11.2 监测点的布设

11.2.1 水文地质监测点的布设应遵循点、线、面结合，浅、中、深结合，地下水、地表水兼顾的原则，地下水动态监测网的布置应能控制建设场地的地下水动态变化规律。

11.2.2 水文地质监测点的布设应根据不同的情况，考虑含水层富水性强弱，承压水或潜水，水质类型，所处的部位等，以查明各含水层(组)间的水力联系。

11.2.3 水文地质监测点的布设尽量选用符合条件的已有井、孔，做到一点多用；同时应地下、地上(泉点、地表沉降观测点、地表水观测点等)相结合，互相验证。

11.2.4 当建设施工过程，地下水对环境影响较大时，应在相邻建(构)筑物、重要的地下管线或管线密集处布置水位监测点。当影响范围内存在需要进行保护的建筑物、地下管线和道路时，应在临近基坑

方向的一侧布置地下水位监测点。

11.2.5 当建设施工过程采用降水方法进行地下水控制，地下水位监测点的布置应满足下列要求：

- a) 水位监测点宜布置在监测范围中央和周边拐角处，监测点数量视具体情况确定，且每个含水层不宜少于 3 点；
- b) 水位监测点应位于最低设计水位之下。对于需要降低承压水水头的工程，水位监测点深度应根据设计需要确定；
- c) 基坑外地下水位监测点应沿基坑周边、被保护对象周边或在两者之间布置，监测点间距宜为 20m~50m，且不宜少于 3 点；
- d) 抽排地下水的水量变化可能对工程建设、周边环境、地下水资源等造成较大影响时，应进行抽排水量监测。

11.2.6 当建设施工过程采用帷幕隔水方式进行地下水控制，地下水位监测点应布置在截水帷幕外侧 2m 范围内，截水帷幕外侧的观测孔间距宜为 20m~30m，且不宜少于 3 点。

11.2.7 当建设施工过程的抽排水导致地面沉降，应同时布置地面沉降监测点，布置应符合下列要求：

- a) 地面沉降监测点应埋设至原状土，标头应低于地面 20cm，应采用套管和井盖保护；
- b) 地面沉降监测应根据地下水控制影响范围布设监测剖面，剖面间距宜为 50m~100m；
- c) 剖面线上的地面沉降监测点宜从沉降中心向外布设，点间距宜由密至疏布设；
- d) 当需要评价各土层的沉降变化情况时，宜在地面沉降影响范围内进行土体分层沉降监测。

11.3 监测方法

11.3.1 现场监测必须做到准时监测，用硬铅笔记载。监测数据准确，记载的字体工整、清晰，严禁涂抹或擦拭。同时，应将本次监测的数值与前次监测的数值进行对照，若发现异常，应分析原因；必要时，检查测具和进行复测，并在备注栏内做出说明和及时向监测管理人员报告。

11.3.2 强透水层中的地下水水位宜采用敞口式地下水位观测孔进行监测；弱透水层中的地下水宜采用孔隙水压力计进行监测。

11.3.3 水位观测可采用测绳、电测水位仪、自动水位计或地下水多参数自动检测仪等水位监测工具。

11.3.4 当水位稳定后可每天对地下水位监测点观测 1 次，如出现水位波动较大时，应加密监测。

11.3.5 抽排地下水的水量监测可采用流量表或带三角堰、梯形堰和矩形堰的堰箱进行监测。

11.3.6 监测方法可分为人工、自动和调查三种方式。

11.3.7 人工监测应符合下列要求：

- a) 及时监测，信息准确，当出现错误需修改时，应以画杠表示，不得涂抹、擦拭；
- b) 原始记录资料不得毁坏和丢失，应按要求及时整理归档。

11.3.8 自动监测应符合下列要求：

- a) 定时进行监测点运行状态的监控，对于出现故障的监测点，应及时进行维护；
- b) 对监测的原始信息数据进行存储和备份，编制系统运行日志，对出现的问题及处理结果进行记录。

11.4 监测项目及要求

11.4.1 水位监测及要求应符合下列规定：

- a) 应以“m”为单位，精确到小数点第二位，单次监测允许误差为±2cm；
- b) 人工监测地下水位时，每次观测应测量井口固定点至地下水水面距离 2 次，间隔时间不少于 1min；当两次测量数值之差超过 2cm 时，应重新进行测量，取两次数据平均值作为监测值；
- c) 人工监测每次测量结果应当场核查，发现异常应及时补测，保证监测资料真实、准确、完整、可靠；
- d) 出现干井、地下水出露等非正常情况影响地下水位观测时，应在观测记录表备注栏注明；
- e) 监测水位时，应记录当天的天气情况，遇有水位变化异常的观测孔，应加密监测，分析原因；
- f) 监测原始记录宜符合附录 M 的要求；
- g) 自动监测仪器应每年校测一次，采用人工监测和自动监测比测的方式进行。当校测的误差大于±1cm 时，应及时查明原因，必要时，应更换；
- h) 当需要进行地下水动态监测时，应根据工程需要确定观测频率和延续时间。

11.4.2 水量监测及要求应符合下列规定:

- a) 应与水位监测同时进行, 监测精度要求为地表水 $0.05\text{m}^3/\text{s}$, 地下水 $0.10\text{L}/\text{s}$;
- b) 包括井流量、孔流量、泉流量监测;
- c) 人工监测可采用水表法、水泵出水量统计法、堰槽法;
- d) 水量监测过程中应及时绘制地下水水位降深曲线、抽水量曲线, 分析地下水位变化与抽取水量的关系;
- e) 泉流量监测可采用堰槽法、流速仪法;
- f) 泉流量监测记录宜符合附录 N 的要求;
- g) 水表、堰槽、流速流量计、电表等测具应及时进行测定, 应每年检定一次。

11.4.3 水温监测及要求应符合下列规定:

- a) 工具的最小分度值不应小于 0.2°C , 允许误差为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$;
- b) 选择控制性监测点进行水温监测, 并应同时监测气温与地下水水位;
- c) 如在地热异常区, 水温监测宜采用自动监测方式, 加密监测频率;
- d) 水温监测应放置在水面以下 1.0m 处, 或放置于泉水、正在开采的生产井出水水流中心处, 静置 5min 后读数;
- e) 每一次水温观测应测量两次, 两次测量结果之差不应大于 0.4°C , 否则应重新测量, 将两次测量数值的算术平均值作为本次观测的水温值。
- f) 人工监测水温记录宜符合附录 N 的要求;
- g) 重点水温基本监测点, 每月宜监测三天, 每天监测四次。当积累三年以上监测资料, 已掌握其动态规律时, 可减少为每月监测一天, 每天监测两次。
- h) 水温测具应及时检定, 应每年检定一次, 检定测具的允许误差绝对值不得超过 0.1°C 。

11.4.4 水质监测及要求应符合下列规定:

- a) 采样应符合《水质采样技术指导》GB 12998 和《水质采样样品的保存和管理技术规定》GB 12999 的相关规定;
- b) 一般建设场地的地下水水质监测项目, 应根据场地主要水质问题确定;
- c) 水质监测点应沿不同深度多级布置, 应重点考虑易污染的浅层地下水和供水水源地保护区;
- d) 在监测井内采集水样前, 应测量地下水位, 然后必须排水, 排水量不得少于井内水体积的 3 倍。采取水样深度应超过地下水位以下 0.5m ;
- e) 采样前, 应用水样刷洗水样容器瓶三次;
- f) 在人工钻孔、坑、井等中采集地下水水样时, 应抽水后采集水样, 避免外来水对地下水水质的影响;
- g) 泉水不宜作为地下水位的监测点, 可作为地下水水质监测点;
- h) 监测频次应根据监测目的、项目和环境等综合确定, 同一个二级类型区的各水质监测点的采取水样时间间隔不宜超过 5d , 对于污染场地应适当增加监测频率。

11.4.5 地下水流向的动态变化监测, 一般采用多孔(点)监测水位变化, 通过作图法确定, 也可采用物探法测定。

11.4.6 地下水流速动态监测可采用化学法、比色法等指示剂法测试, 通过投放、采样等观测时间、距离确定; 孔内的实际流速可采用钻孔流速仪测量。

11.4.7 监测区存在地表水体且与地下水有联系时, 应与地下水统一进行监测, 其监测项目、频次、周期等宜与地下水监测一致。

11.5 资料整理

11.5.1 每次监测后应及时对原始资料进行复核、审核并签署, 标注时间, 发现异常应及时核验, 并在备注栏进行说明。

11.5.2 每个项目应与记录表同步编制监测项目与时间的关系曲线图。

11.5.3 监测成果报告内容应真实、完整, 重点应突出, 结构应清晰, 文理应通顺, 结论应明确。报告书内容应包括下列内容:

- a) 工程概况, 应包括项目来源、监测目的和要求, 测区地理位置及周边环境, 项目完成的起止时间等;

- b) 任务依据;
- c) 执行标准、规范;
- d) 监测目的、内容、工作量、方法、精度、监测点布置、监测工具、设备及校验、标定情况等;
- e) 监测工作及质量评述;
- f) 监测成果分析、评价;
- g) 存在问题及建议。

11.5.4 水文地质监测报告宜包括下列图表:

- a) 监测点(网)平面布置图;
- b) 监测项目与时间关系曲线图;
- c) 其他图件;
- d) 各监测项目记录表。

12 水文地质参数确定

12.1 一般规定

12.1.1 水文地质参数原则上应通过现场试验获取,当场地水文地质条件比较简单,且工程建设对地下水环境影响小时,可取经验值。

12.1.2 水文地质参数的计算,必须在分析建设工程场区环境条件和试验方法的基础上,合理的选用公式。

12.1.3 水文地质参数应在综合对比分析水文地质测绘、试验、同位素、动态监测成果资料的基础上确定。

12.2 渗透系数

12.2.1 单孔稳定流抽水试验,有抽水孔的水位下降资料时,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.1选用。

12.2.2 稳定流抽水试验,有观测孔的水位下降资料,若观测孔中的值s在关系曲线上能连成直线,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.2选用。

12.2.3 本章所列潜水孔的参数计算公式,观测孔抽水试验资料,应限制在抽水孔水位下降漏斗曲面水力坡度小于0.25的范围内。

12.2.4 单孔定流量非稳定流抽水试验,在没有越流补给的条件下,有抽水孔水位下降资料,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.3选用Q。

12.2.5 单孔定流量非稳定流完整井抽水试验,在有越流补给(不考虑弱透水层弹性释水)的条件下,渗透系数计算方法可按标准附录0.1.4选用。

12.2.6 单孔定降深非稳定流抽水试验,在没有越流补给的条件下,有抽水孔流量资料,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.5选用。

12.2.7 单孔定降深非稳定流抽水试验,在有越流补给的条件下,有抽水孔流量资料,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.6选用。

12.2.8 稳定流抽水试验或定流量非稳定流抽水试验,有水位恢复阶段的观测资料,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.7选用。

12.2.9 有群孔抽水试验的观测资料,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.8选用。

12.2.10 同位素示踪测井资料计算渗透系数,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.9选用。

12.2.11 压水试验资料计算渗透系数,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.10选用。

12.2.12 注水试验资料计算渗透系数,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.11选用。

12.2.13 渗水试验资料计算渗透系数,渗透系数计算方法可按本标准附录0.1.12选用。

12.2.14 当水文地质条件简单,缺少试验资料时,主要含水层(体)的渗透系数可根据不同岩土层孔隙、裂隙、岩溶发育情况,广西地区岩土层的渗透系数可参考表6经验值近似确定。

表 6 渗透系数经验值

岩性	渗透系数 K (m/d)	岩性	渗透系数 K (m/d)
黏土	9.00×10^{-4} ~ 50.00×10^{-3}	卵石	50.00~200.00
粉质黏土	8.00×10^{-3} ~ 50.00×10^{-2}	块石	30.00~150.00
粉土质砂	0.08~0.50	砂岩	0.08~1.20
粉砂	0.50~1.00	泥岩	$1.00 \sim 2.00 \times 10^{-3}$
细砂	1.00~6.00	碳酸盐岩	0.05~5.00
中砂	5.00~10.00	高度岩溶化碳酸盐岩	5.00~50.00
粗砂	10.00~20.00	岩浆岩	3.00×10^{-4} ~ 5.00×10^{-1}
砾砂	10.00~50.00	变质岩	3.00×10^{-3} ~1.00

注：1. 一般粘土渗透系数取较小值，含裂隙粘土渗透系数取较大值；
 2. 砂土类颗粒处低界限时渗透系数取较小值，处高界限时渗透系数取较大值；
 3. 砾砂、卵石、块石密实时渗透系数取较小值，松散时渗透系数取较大值；
 4. 砂岩、泥岩裂隙不发育时渗透系数取较小值，裂隙较发育时渗透系数取较大值；
 5. 碳酸盐岩岩溶不发育时渗透系数取较小值，岩溶形态以溶孔、溶隙为主时渗透系数取中间值，岩溶形态以小型溶洞为主时渗透系数取较大值；
 6. 岩浆岩节理、裂隙较发育时渗透系数取较大值，节理、裂隙不发育时渗透系数取较小值；
 7. 变质岩劈理、裂隙较发育时渗透系数取较大值，劈理、裂隙不发育时渗透系数取较小值。

12.3 抽水试验影响半径

- 12.3.1 稳定流抽水试验有观测孔水位下降资料时计算影响半径可按本标准附录 0.4.1 选用。
 12.3.2 缺少观测孔的水位下降资料时，可采用抽水孔的水位下降资料计算影响半径值，也可选用其它经验公式或有关资料计算。

13 水文地质勘察成果内容

13.1 一般规定

13.1.1 水文地质勘察工作开始前，应明确勘察任务和要求，搜集分析现有资料，进行现场踏勘，应编写勘察纲要。

13.1.2 水文地质勘察范围应根据场地范围并结合工程影响范围综合确定。

13.1.3 水文地质勘察结束后，对于专项水文地质勘察，应编写专项水文地质勘察报告；对于一般工程的水文地质勘察，可包含在岩土工程详细勘察报告的水文地质部分中。

13.1.4 在岩溶、土洞、塌陷、滑坡、地面沉降等不良地质作用和地质灾害发育地区，应根据工程需要和具体地质情况，查明地下水对其的影响。

13.2 一般水文地质勘察评价的主要内容

13.2.1 应查明勘察场地内地表水体的分布情况和地下水出露情况，分析地下水埋藏条件、地下水类型、水位及其变化幅度、赋存状态、补给、径流、排泄条件及其与相邻地表水体的水力联系。

13.2.2 应评价水文地质条件对拟建工程在建设、使用期间的影响类型及作用机制，并提出防治措施，具体要求如下：

- a) 对地下水位以下的工程结构，应评价地下水对混凝土、混凝土结构中的钢筋的腐蚀性，有特殊要求时应评价地下水对金属材料的腐蚀性；
- b) 当有抗浮需要时，应进行抗浮评价，提供抗浮设计水位，并提出抗浮措施建议；

- c) 当需要进行地下水控制时,应提供相关水文地质参数,提出控制措施建议,并分析评价地下水控制措施的可行性及其对工程建设的稳定和邻近工程的影响。

13.3 专项水文地质勘察评价的主要内容

13.3.1 应阐述勘察场地水文地质单元、含水岩组及富水性的划分成果,并说明划分依据,建立合理的水文地质模型。含水层富水性分级应符合附录U的要求。

13.3.2 根据水文地质试验成果,结合水文地质调查(收集)资料和钻探、物探成果,按水文地质单元和含水岩组提出水文地质参数建议值。

13.3.3 应评价水文地质条件对拟建工程在建设、使用期间的影响类型及作用机制,并提出防治措施,具体要求如下:

- 对软质岩石、强风化岩石、残积土、填土、膨胀岩土,应评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解、湿陷、胀缩等有害作用;
- 对封闭或半封闭的地下空间(包括隧道、地下室、埋地管线等),应按不利原则提供地下水压力计算所需的地下水水位;对黏性土和节理不发育~较破碎的岩石,可对地下水压力作适当折减,并提出相应的折减系数;
- 对于道路工程,应分析地下水壅升情况,评价其对路基的影响,提出工程措施建议;
- 应分析和评价地下水对地下工程的围岩稳定性、施工掘进和支护工程的影响,为围岩等级的综合确定提供水文地质依据。

13.3.4 应分析和预测拟建工程可能导致的场地水文地质条件变化趋势及其可能产生的不良影响,并提出防治措施,具体要求如下:

- 当拟建工程对地下水径流途径有阻塞作用时,应评价其影响,并提出防治措施建议;
- 对于拟进行场地整平的拟建工程,应分析、预测地下水水位的变化趋势及其不利影响,并提出预防或减轻影响的措施建议;
- 在地下水位下开挖基坑或地下工程时,应根据岩土的渗透性、地下水补给条件,分析评价降水或隔水措施的可行性及其对基坑稳定和邻近工程的影响;
- 当采用降低地下水位的方法进行施工时,应分析地下水位下降、地下水位回升对周边环境的影响和危害,并提出防治措施建议;
- 岩溶地区应分析评价基坑开挖或地下工程时的突水突泥灾害,地下水位下降引起岩溶塌陷的范围及危害。

13.3.5 对于地下工程、基坑工程等建设项目,应进行涌水量估算,预测施工中突水的可能性、突水模式及对施工和运营的危害,分析地下水漏失可能带来的地表水体漏失、生产与生活水源枯竭、岩溶塌陷等次生灾害,提出防治措施建议。

13.3.6 隧道涌水量应按附录U采用多种方法综合对比计算,当水文地质条件复杂时,宜与数值计算法相结合。

13.4 建设工程水文地质勘察报告编制

13.4.1 水文地质勘察报告应根据任务要求,对场地水文地质条件及其可能的改变进行分析评价,并阐述地下水与工程的相互作用。

13.4.2 一般水文地质勘察成果应在工程地质勘察报告中做专章论述。专项水文地质勘察成果应包括文字、图表两部分,文字部分包括正文和附件。

13.4.3 报告正文宜包括但不限于下列内容:

- 任务来源、勘察等级、勘察目的和任务、前人水文地质勘察工作程度、依据的主要技术标准(标准、法规、技术要求等)、勘察范围、勘察方法、完成工作量、地下水开发利用的现状、本次水文地质勘察工作质量评述;
- 区域气象和水文、地形和地貌、区域地层岩性、区域地质构造及地震、区域水文地质条件等自然地理及地质概况以及大气降水的入渗、排泄及废水排放条件;
- 拟建场地水文地质单元划分,及含水岩组的空间分布及其富水性;地下水的补给、径流、排泄条件及其动态变化规律分析;
- 地球物理勘探资料分析与利用;

- e) 水文地质测试成果资料整理分析和水文地质参数选定；
- f) 水文地质条件概化与水文地质模型、数学模型的建立；
- g) 水文地质条件与不良地质作用的关系；
- h) 场地水文地质条件对拟建工程的影响类型及作用机制；
- i) 拟建工程对场地水文地质条件的改变及其影响的程度和范围，包括水文地质条件改变后，可能产生的次生灾害分析及预测；
- j) 基于现状场地水文地质条件对拟建工程场地建设适宜性作出结论；
- k) 对拟建工程减轻或避免水文地质问题、场地水文地质环境保护与恢复提出防治措施建议；
- l) 对施工阶段、运营阶段的水文地质监测工作的合理化建议。

13.4.4 主要图表宜包含但不限于下列内容，其中常用图例宜符合附录V的规定如下：

- a) 拟建工程平面布置图及水文地质勘探点平面布置图；
- b) 区域水文地质图；
- c) 水文地质剖面图；
- d) 拟建场地水文地质单元分区图；
- e) 水文地质测试综合成果图；
- f) 勘探孔柱状图；
- g) 水质分析成果表；
- h) 水文地质测试成果表；
- i) 水文地质参数建议值一览表。

13.4.5 主要附件宜包含但不限于下列内容：

- a) 地球物理勘探报告；
- b) 同位素探测报告；
- c) 室内试验（检测）报告；
- d) 地表水体、地下水露头调查表。

附录 A
(资料性)
水文地质调查点系列表
表 A.1 泉点调查表

项目名称:		记录人:		审核人:		
统一编号		野外编 号		底图 比例尺		底图 图名
位置			坐标	X:	Y:	Z:
地质时代及岩性描述:						
构造描述(褶皱、裂隙名称、性质、规模、力学分析、所处部位及裂隙发育状况)						
地形、地貌特征:						
泉的类型		流量	升/秒	测流方法		
泉水动态:				平、剖面示意图		
利用情况:						
物理 性 质	水温		气温			
	颜色		嗅味			
	口味		透明度			
水样种类及编号						
照片:				其他:		
照片编号:						
拍照内容说明:						

表 A.2 水井调查表

调查点 统一编号			野外编号		
经度	° ' "	纬度	° ' "	高程(m)	
地理位置			图幅名称		
井口高程 (m)		井口直径 (m)		井底直径 (m)	
水位埋深(m)		井的类型		井深(m)	
井壁结构		井淘洗 情况		开采方式	
含水层特征	取水层位			地下水 类型	
	含水层岩性 特征				
取样情况				开采量	m ³ /h
水体特征	气温(℃)				味
	pH				嗅
	色				透明度
井与地表水距离(m)			取水设备及型号		
是否做过抽水试验	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	成井时间		
周围可能污染源	类型	<input type="checkbox"/> 污水坑 <input type="checkbox"/> 厕所 <input type="checkbox"/> 排污河渠 <input type="checkbox"/> 垃圾场		主要 用途	<input type="checkbox"/> 生活用水 <input type="checkbox"/> 农牧业用水
	距井(m)				<input type="checkbox"/> 工业用水 <input type="checkbox"/> 其他
地质、地貌、含水层、剖面图 (1 : 500~1000)			调查点平面位置示意图 (1 : 500~1000)		
调查单位			调查时间		
调查人		记录人		审核人	

表 A.3 地表水调查表

统一编号					野外编号			底图 比例尺			底图 图名			
位 置	位置							气温			水温			
	坐标							河流名 称						
调查期河面宽 米						水深 米		PH 值测定						
流 量 测 定	时间 (t)						距离 (S) 时 分 时 分	流速 (V s/t) 米	断面 积 (F) 米	流量 (Q) 米	平均流量 米	物理 性 质	颜色	
	开始		结束		间隔								口味	
	时	分	时	分		气味								
														透明度
访 问	开始涨水时间						开始退水时间				地下水类型			
	洪峰到达时间						最枯水位时间							
	洪水期河面宽			米			枯水期河面宽	米						
	洪水期水面标高			米			枯水期水面标 高	米						
	洪水期水深度			米			枯水期河水深	米						
平面图										距离上源长度				
										距离河口长度				
										河口主要补给源				
										沿河有无泉水出露				
										河谷形态				
										河底岩性				
剖面图										备注				
										水样编号				
										照片编号				

记录人: 审核人: 年 月 日 天气:

附录 B
(规范性)
地面物探方法的选择

表 B 地面物探方法选择一览表

调查方法		解决问题	应用条件与主要技术要求
直流电法	自然电位法	探测隐伏断层、破碎带位置；探测地下水的流向；探测隐伏洞穴的位置。	适合地下水位较浅地方工作；尽量远离电力线、变压器以及较强游散电流干扰；测量电极应采用不极化电极；采用电位测量方式时，无穷远极至测线中心的距离应大于测线长度的 2 倍以上。
	充电法	探测隐伏断层、破碎带位置；探测地下水的流速、流向、位置；追踪地下洞穴的探、分布。	无穷远极到测区中心的距离应不小于探测目标体埋深的 10 倍；固定 N 极应布设在自然电场相对稳定的地段。
	电阻率剖面法	探测隐伏断层、破碎带、洞穴、隐伏古河道等的平面位置、走向；测定基岩面及含水层（组）特征。	要求地形起伏小；供电电极距 AB 至少应为勘查对象埋深的 4 倍；测量电极距 MN 应不大于勘查对象的顶部埋深，且不得超过 AB/3；“无穷远”电极一般应垂直测线方向布设，要求它与最近测线的距离为 AO 的 5~10 倍。
	电阻率测探法	测定覆盖层厚度、基岩面形态，探测隐伏洞穴、断层、古河道等的位置、埋深。	地形无剧烈变化；电性变化大且地层倾角较陡地区不宜；最小供电电极距应能保证电测深曲线有明显的前支渐近线（某些特殊目的不受限）；最大供电电极距应以能获得完整的电测深曲线，满足解释推断的需要为原则。
	激发极化法	探测隐伏断层、破碎带、洞穴等位置，地层含水特征。	适合岩性变化较小地工作；测量电极应使用不极化电极，供电电极距 AB 至少应为勘查对象埋深的 3 倍，测导线与供电导线应保持 1m 以上距离。
	高密度电阻率法	具有电阻率剖面法和电阻率测深法的探测能力。	测线方向地形无剧烈变化；探测目标体横向至少要有 2 根~3 根电极通过，排列长度由装置所能解释的长度确定。

调查方法		解决问题	应用条件与主要技术要求
电磁法	音频电磁法	具有电阻率剖面法的探测能力。通过选择不同的工作频率可具有一定的深度探测能力。	受地形、场地限制小；天然场变影响较大时不宜工作。测线长度大于或者等于3倍的探测深度为宜。
	电磁感应法	探测隐伏断层，破碎带、洞穴等的位置、延伸、大致埋深及充填性质。	强游散电流干扰区不宜工作。
	甚低频电磁法	对隐伏断层，破碎带、洞穴等的平面位置、延伸有一定的探测能力。	有效勘探深度较小，一般数十米；受电力传输线干扰易形成假异常。
	大地电磁测深法	探测覆盖层厚度、基岩面形态；判定断层、破碎带、岩溶发育管道等的位置、大致埋深；判定地下水位与岩体破碎与充水情况。	适于中深层、有一定规模和走向的地质体探测，电网密集、游散电流干扰地区不宜工作。磁棒须放置水平，远离电场干扰，干扰较大时应增加叠加次数，A、B极点位的地理位置要尽可能满足远区观测的条件，AB场源要尽可能平行于测线方向布设，方位误差要求小于3°。
	瞬变电磁法	同大地电磁测深法的探测能力。	适于中浅层地质体探测。不适于电网密集、游散电流干扰大的地区以及测线方向不便布置发射线圈的地区。
	探地雷达	探测基岩面形态、断层、破碎带、洞穴等位置、产状。	受地形、场地限制较大；勘探深度受表层介质含水性影响大，一般探测深度5m~15m。必须根据探测任务要求和目标体埋深选择合理的天线频率；应避开低阻屏蔽层影响。
弹性波法	地震	探测第四系地层厚度，确定基岩面形态；探测隐伏断层的位置、产状；探测隐伏地下洞穴、古河道的位置、形态。	采集数据时要求附近人工噪音小，初至波须清晰，应根据不同探测深度选择能量适中的震源，对资料采集、处理的软件和人员的解释能力要求较高。

调查方法		解决问题	应用条件与主要技术要求
层析成像法	电阻率层析成像	探明隐伏断层、破碎带的位置、产状；探明隐伏洞穴的位置、空间形态、充填性质。	充水（液）孔、孔内无套管；井-井探测有效距离小于120m；井间距离与孔深比要求小于1。
	电磁波层析成像	同电阻率层析成像的探测能力。	探测精度一般大于电阻率层析成像。要求孔内无金属套管；井-井探测有效距离一般在60m以内；井间距离与孔深比一般要求小于1。发射与接收管的角度不能大于45°，外界电磁波噪声干扰小。
	地震层析成像	同电阻率层析成像的探测能力	探测精度一般大于电阻率层析成像。井-井探测有效距离120m；井间距离与孔深比要求小于1。
	声波层析成像	同电阻率层析成像的探测能力。	探测精度较高。井-井探测有效距离受震源能量和接收换能器频率控制，一般井-井跨距10m~50m。井间距离与孔深比一般要求小于1。
其它方法	氧气法（ α 卡法）	探测隐伏断层的平面位置，可协助定性探测地下水。	受地形、场地、环境的限制小；测点尽可能避开近期的人工扰动地段。
	核磁共振法	直接找水方法；可提供含水层深度、厚度和单位体积含水量，以及各含水层的平均孔隙度。	受地形、场地的限制小，但在电磁噪声干扰强的区段不能开展工作；不能探测埋深大于150m的地下水。

附录 C
(规范性)
水文测井方法的选择

表 C 水文测井方法选择一览表

测井方法	解决问题	应用条件与主要技术要求
电测井(地层视电阻率及自然电位测井、井液电阻率测井)	测定地层和地下水的电性参数；划分含水层的位置、厚度；划分破碎带岩层的厚度等。	为金属导管、有井液；井液电阻率测井宜在电缆下放时测试。
放射性测井	测定粘孔中岩层的放射性活度，推测地层密度或泥质含量，协助划分地层厚度，判断岩性。	无论有无导管及井液均可测试。
孔内地层成像	了解粘孔内地层完整性，确定裂隙、破碎带、出水点等的发育深度、特征、状况，协助划分地层厚度，判断岩性。	干孔或清水孔，孔内大套管（有导管时仅可观察导管完好性情况）；宜在电缆下放时测试。
声波测井	测定粘孔中不同岩层的弹性波速度，判定岩体的完整性。	无金属导管、有井液；测试探管应居中。
井温测井	确定孔内地下水的温度变化情况。	应在地下水水位测定后进行；测量前不要抗动井液；宜在电缆下放时测试。
孔径、孔斜测井	量测孔径、孔斜等钻孔技术参数。	孔径测量应在井场校验仪器并应在电缆提升时测试；孔斜测量前须挂零。

附录 D
(资料性)
水文地质钻孔施工设计

项目名称:

设计单位:

施工单位:

施工机组		施工 目的	查明地层岩性、厚度、含水层的层位及富水性、潜水和承压水的埋藏深度和层位、水质，采集岩土样和水样，取得水文地质参数。									
钻孔编号		钻孔位 置	设计 孔深 (m)	200	设计孔 径	上部 650	设计 井径 (mm)	上部 325	钻机类型	S-600	动力配置	柴油发电机组

地质设计及要求	
地下水类型及试验段	第四系承压水，地下水埋深 15m；试验段为 30m~80m 和 120m~180m 处。
地质要求	全孔取芯，岩芯采取率大于 70%。终孔后根据采取的岩芯和物探测井曲线综合判别地层岩性和含水层位置。
钻孔结构	孔深 200m，二径到底，开孔直径φ650mm，终孔直径φ450mm，变径深度为 100m。滤水管为包网缠丝滤水管，0m~100m 段滤水管直径φ325mm，100m~200m 段滤水管直径为 φ219mm，变径处要求止水。连接方法采用焊接。钻进时进行孔深校正和孔斜度测定。
简易水文地质观测及水土样采取	钻进过程中观测孔内水位的变化，记录钻孔涌水的位置，记录冲洗液明显漏失的位置，记录钻进过程中出现的异常位置。采取的岩芯要按顺序摆放整齐并放置标签，采集的水土样品要标注采样深度、采样时间、采样人等。终孔后每一种岩性采集 1 组颗粒分析样，抽水试验结束前取全微量、同位素水样各 1 组。
成井工艺	上部 0m~100m 段下入 φ325mmx6mm 的螺旋钢管，下部 100m~200m 段下入 φ219mmx6mm 的螺旋钢管，根据采取岩芯和测井曲线综合对比分析确定滤水管的下管位置。滤水管为包网缠丝滤水管，0m~100m 段为 φ325mmx6mm，100m~200m 段为 φ219mmx6mm，上下两段长度各为 60m，孔隙率 ≥25%，沉淀管采用 φ219mmx6mm 的螺旋钢管，长度 5m，填入直径 1mm~3mm 混合水洗砾料，静水填砾。管外止水采用优质粘土球止水，管内采用橡胶止水。止水深度根据采取岩芯和测井曲线综合对比分析确定。洗井采用提筒、活塞、水泵联合洗井。
抽水试验	做两个试段，每个试段做 3 个落程的分层稳定流抽水试验。抽水试验先抽大降深，后抽小降深，最小落程的降深不小于 1.0m，相邻落程的抽水稳定延续时间为 16h，水位观测时间按稳定流观测。采用 diver 水位、水温自动记录仪观测水位和水温。
其它地质要求	其它按《供水管井技术规范》GB 50296 要求执行。
钻探设计及施工方法	
<p>1、钻孔结构：采用二径到底，开孔口径 650mm，终孔口径 450mm，变径深度为 100m，孔深 200m。</p> <p>2、钻机安装要平稳，天车、滑车、井口中心三点一线。</p> <p>3、先用小口径岩心管加装肋骨焊钢丝钻头的方法钻进，后用牙轮钻头二次扩孔成井，钻铤孔底加压防斜，孔深误差 ≤2%，终孔孔斜每 100m 小于 1.5°。</p> <p>4、优质泥浆钻进，粘度 18s~22s，密度 1.05 g/cm³~1.10 g/cm³。</p> <p>5、测井采用视电阻率、电位梯度、自然电位和井斜测井法。</p> <p>6、下管前要透孔、换浆。</p> <p>7、上部 0m~100m 段的井壁管、滤水管采用 φ325mmx6mm 的螺旋钢管；下部 100m~200m 段的井壁管、滤水管采用 φ219mmx6mm 的螺旋钢管，滤水管为包网缠丝滤水管。</p> <p>8、下管采用提吊法，连接采用焊接，焊接操作人员必须持证上岗，使用合格的焊接材料；井管要焊接垂直、牢固，并加装扶正器。</p> <p>9、下管后填入直径 1mm~3mm 的混合水洗砾料（由中级以上职称的地质工程师现场指导），静水填砾，边填边测，确保砾料密实到位。</p> <p>10、管外采用优质粘土球止水，管内采用橡胶止水。</p> <p>11、洗井采用提筒、活塞、水泵联合洗井。每半个小时观测一次出水量，连续二至三次出水量无明显变化时，洗井结束。</p> <p>12、进行二个试段、每个试段 3 个落程的分层稳定流抽水试验，每个落程稳定延续时间为 16h，含沙量小于 1/20000。</p> <p>13、抽水试验结束前，采集全微量、同位素水样各一组。</p> <p>14、过程控制：钻探过程中的每一个中间环节都必须由钻机地质技术员现场检查确认后签字放行。</p> <p>15、检查验收：由技术负责依据设计进行最终检查验收。</p> <p>16、其它按地质要求及《供水管井技术规范》GB 50296 要求执行。</p> <p>17、注意安全，严防三大事故发生。</p> <p>18、注意环境保护，不要乱排、乱放。</p> <p>注：水文地质钻探取芯、水井施工填砾、螺旋管焊接以及吊装均为特殊过程，需要严格把关，其人员配置按照供水管井施工相关要求执行。</p>	

地质设计： 钻探设计： 制表人： 审核人： 年 月 日

附录 E
(规范性)
抽水试验记录要求

表 E. 1 钻孔抽水试验基本数据记录表

工程名称:

试验日期: 年 月 日

孔号		试段编号		出水试段	
孔号		试段编号		出水试段	
粘孔坐标 X		钻孔坐标 Y		孔口标高(m)	
孔径(mm)		抽水设备型号		泵安装情况	
测压管安装		抽水后孔深(m)		抽水前孔深(m)	
距补给边界距离		距隔水边界距离		流量计	
水位计		水温计		样品采集时间	
记录人:				审核人	

表 E. 2 抽水孔记录表

工程名称:

孔号:

试段编号:

时间	水位		水量		备注
	动水位 (m)	降深 (m)	堰水位或水表读数 (cm/m³)	出水量 (m³/s)	

记录人:

审核人:

表 E.3 观测孔记录表

工程名称:

记录人:

审核人

观测孔号: 钻孔坐标x:

钻孔坐标y:

孔口高程:

对应的抽水孔编号:

时间	水位		时间	水位		备注
	动水位 (m)	降深 (m)		动水位 (m)	降深 (m)	

附录 F
(规范性)
压水试验记录要求

表 F 钻孔压水试验记录表

工程名称:

试验日期:

记录人:

审核人:

钻孔压水试验设备安装记录									
孔号		试段编号		止水深度(m)					
试段底深度(m)		试段孔径(mm)		压力表高度(m)					
孔口标高(m)		钻孔坐标 x		钻孔坐标 y					
送水管长度(m)		道水管直径(mm)		送水管接头数					
流量计		压力计		水位计					
钻孔压水试验止水效果检查									
时间	工作管外水位(m)	工作管内水位(m)	压力(MPa)	流量(L/s)	止水效果				
钻孔压水试验记录									
压力段次	时间	持续时间(min)	压力表读数(MPa)	流量(L/s)	压力段次	时间	持续时间(min)	压力表读数	流量(L/s)

附录 G
(规范性)
注水试验记录要求

表 G.1 钻孔常水头注水实验记录表

工程名称:

试验日期:

记录人:

审核人:

试验点编号				钻孔坐标 x		钻孔坐标 y	
孔口标高 (m)				地下水位 (m)		试验深度 (m)	
试验段落孔直径 (mm)				试验段长度 (m)		初始试验水头 H_0 (cm)	
序号	试验 时间	间隔时间 (min)	试验水位深度 (m)	本间隔时间的 总注入量	单位注入量 (L/min)	备注	

表 G.2 钻孔降水头注水试验记录表

工程名称:

试验日期:

记录人:

审核人:

附录 H
(规范性)
渗水试验记录要求

表 H. 1 试坑渗水试验记录表

工程名称:		试验日期:	记录人:	审核人:
试验点编号		试验位置坐标 x	试验位置坐标 y	
试验点地面标高 (m)		试验深度 (m)	试坑尺寸	
渗透面积 (cm ²)		水头高度 (cm)	试验土层岩性	
序号	试验时间	间隔时间	流量计读数 (L)	本间隔时间的总注入量(L)

表 H. 2 试坑单环渗水试验记录表

工程名称:		试验日期:	记录人:	审核人:
试验点编号		试验位置坐标 x	试验位置坐标 y	
试验点地面标高 (m)		试验深度 (m)	渗透面积 (cm ²)	
水头高度 (cm)		试验土层岩性		
序号	试验时间	间隔时间	流量计读数 (L)	本间隔时间的总注入量(L)

表 H.3 试坑双环渗水试验记录表

工程名称:

试验日期:

记录人:

审核人:

试验点编号			试验位置坐标 x		试验位置坐标 y	
试验点地面标高 (m)			试验深度 (m)		内环直径 (mm)	
外环直径 (mm)			水头高度 (cm)		试验土层岩性	
序号	试验时间	间隔时间	内环流量计读数 (L)	本间隔时间的总注入量 (L)	单位流量 (L/min)	备注

附录 I
(资料性)
连通试验常用方法

表 I 连通试验常用方法一览表

工程名称:

试验日期:

记录人:

审核人:

实验方法分类		目的	试验工作要点
水位传递法	闸水试验	了解地下水系的连通情况及流域特征; 实测地下水流向、流速;查明地下水与地表水的转化补排关系	利用天然通道或钻孔, 进行闸水、放水、堵水或抽水、注水, 观测上下游水位、水量、水色之变化、以判断其连通情况。
	泄水试验		
	堵水试验		
	抽水试验		
指示剂法	浮标法	了解地下水系的连通情况及流域特征; 实测地下水流向、流速;查明地下水与地表水的精化补排关系	根据地下水的流速、流态、流途长短的不同, 分别在上游投放谷糠、稻草、锯木屑、废机油、示踪剂等, 观测其连通情况。需要定量评价时, 试验时应测定投放点与接收点的地下水位及流量。
	比色法		
	化学剂示踪法		
	电学性质法		
	放射性同位素示踪法		
气体传递法	烟熏火烟幕弹法	了解与地下水有密切联系的地下水位以上的溶洞的连通情况	在与地下水有联系的无水溶洞或裂隙内放烟, 用人工鼓风或自然通风, 使烟扩散, 了解落洞的连贯情况, 判断地下水系的连通情况。

附录 J
(规范性)

工程名称:

试验日期:

记录人：

审核人:

附录 K
(规范性)
水样测试项目及方法

K.1 pH值测定(玻璃电极法)

K.1.1 试验步骤: 电极清洗好后用欲测水样冲洗数次, 将电极浸入盛水样的小杯中, 调节温度补偿旋钮使之与水温相符, 按下测量开关, 读取水样pH值, 将水样轻轻摇动30s~60s, 稳定后再读一次pH值, 记录稳定后读数, 精确到0.1。

K.1.2 为减少空气和水样中二氧化碳的渗入或挥发, 在测水样之前不宜提前打开水样瓶; 玻璃电极使用寿命宜为1年左右, 使用期间应经常用标准缓冲溶液校准。

K.2 溶解性总固体(总矿化度)的测定(重量法)

K.2.1 仪器设备: 蒸发皿, 烘箱, 水浴锅, 干燥器, 分析天平(感量0.1mg)。

K.2.2 试验步骤: 吸取适量清澈水样, 于已洗净烘干后恒重的蒸发皿中, 在水浴锅上蒸干, 将蒸发皿放入烘箱内, 于105℃干燥2h, 然后取出放入干燥器内冷却至室温, 称量。重复干燥、冷却、称量, 直至恒重。

K.2.3 分析结果, 应按下式计算:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \times 10^{-6} \quad \dots \dots \dots \quad (K.1)$$

式中: ρ ——水样中溶解性总固体的质量浓度(mg/L);

m_2 ——溶解性总固体+蒸发皿的质量(g);

m_1 ——空蒸发皿的质量(g);

V——取水样的体积(mL)。

注: 含有悬浮物的水样可用中速定量滤纸过滤; 水中如含有大量硫酸钙、镁盐类物质, 蒸干后形成含有结晶水的化合物($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 在105℃时难以去除结晶水, 必须在180℃下进行干燥, 此时空蒸发皿也应在相同温度下烘干恒重, 测定结果应注明180℃烘干残渣。

K.3 游离二氧化碳的测定

K.3.1 仪器设备: 碱式滴定管。

K.3.2 本方法所用试剂应符合下列规定:

- a) 1%酚酞指示剂: 称取1g酚酞, 溶于60mL无水乙醇中, 用蒸馏水稀释至100mL;
- b) 500g/L酒石酸钾钠溶液: 称取50g酒石酸钾钠溶于水中, 加入4滴酚酞指示剂, 用0.1mol/L盐酸溶液滴定至红色刚好消失, 稀释至100mL;
- c) 0.03mol/L氢氧化钠标准溶液:
 - 1) 配制: 称取1.2g分析纯氢氧化钠, 置250mL烧杯溶于新煮沸冷却的蒸馏水中, 移至1000mL容量瓶, 定容1000mL。
 - 2) 标定: 称取已在105℃~110℃烘2h的邻苯二甲酸氢钾(分析纯)0.1g(准至0.1mg), 置于100mL烧杯中, 加入50mL新煮沸冷却的蒸馏水, 再加入3滴酚酞指示剂, 立即用氢氧化钠标准溶液滴定至淡红色不褪色为终点。该标定应作平行试验三份, 同时作空白试验, 差值不得超过0.05mL, 取其平均值。浓度应按下式计算:

$$c(\text{NaOH}) = \frac{m}{(V - V_0) \times 204.2} \times 1000 \quad \dots \dots \dots \quad (K.2)$$

式中: $c(\text{NaOH})$ ——氢氧化钠标准溶液的浓度(mol/L);

m ——邻苯二甲酸氢钾的质量(g);

V ——氢氧化钠标准溶液的滴定量 (mL)；
 V_0 ——空白试验消耗氢氧化钠标准溶液的体积 (mL)；
204.2——邻苯二甲酸氢钾的摩尔质量 (g/mol)；
盐酸标准溶液浓度为 0.03mol/L。

K.3.3 试验步骤:

- 用虹吸管吸取水样 50mL 注入 100mL 烧杯中，加入 3 滴酚酞指示剂，若显红色，则说明水样不含二氧化碳；若不显红色，立即用氢氧化钠标准溶液滴定至淡红色，在 30s 内不褪色为终点，记录所耗体积。
- 若在滴定中发现水样混浊，应另取水样加入 1mL 酒石酸钾钠溶液以消除干扰，重新滴定。水样中游离二氧化碳的质量浓度应按下式计算：

$$\rho(\text{游CO}_2) = \frac{C(\text{NaOH}) \times V_1 \times 44.0}{V} \times 1000 \quad (\text{K. 3})$$

式中：
 $\rho(\text{游CO}_2)$ ——水样中游离二氧化碳的质量浓度 (mg/L)；
 $C(\text{NaOH})$ ——氢氧化钠标准溶液的浓度 (mol/L)；
 V_1 ——滴定水样消耗氢氧化钠标准溶液的体积 (mL)；
 V ——所取水样的体积 (mL)；
44.0——二氧化碳的摩尔质量 (g/mol)。

注：两次平行误差绝对差值不得超过算术平均值的 10%。

K.4 侵蚀性二氧化碳的测定

K.4.1 仪器设备：250mL 烧杯，25mL 酸式滴定管，1000mL 容量瓶。

K.4.2 本方法所用试剂应符合下列规定：

- 碳酸钙粉末；
- 0.1% 甲基橙指示剂：称取 0.1g 甲基橙溶于 100mL 蒸馏水中；
- 0.025mol/L 碳酸钠基准溶液 $c(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ ：称取在 180℃ 烘干至恒重的基准碳酸钠 1.325g 溶于水，移入 500mL 容量瓶中，用水稀释至标线。
- 0.03mol/L 盐酸标准溶液：
 - 配制：用 5mL 量筒或带刻度的吸管移取 2.6 mL 分析纯浓 HCl 于 1000mL 容量瓶中，定容至 1000mL；
 - 标定：吸取 20.00mL 碳酸钠基准溶液置于 250mL 的烧杯内，加水至约 100mL，加 2 滴甲基橙指示剂，用配制好的 HCl 标准溶液滴定至橙红色为止，记录所耗盐酸标准溶液体积；该标定应作平行试验三份，同时作空白试验，差值不得超过 0.05mL，取其平均值。盐酸标准溶液浓度应按下式计算：

$$c(\text{HCl}) = \frac{c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V_1 \times 2}{V_2} \quad (\text{K. 4})$$

式中：
 $c(\text{HCl})$ ——盐酸标准溶液的浓度 (mol/L)；
 $c(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ ——碳酸钠基准溶液的浓度 (mol/L)；
 V_1 ——吸取碳酸钠基准溶液的体积 (mL)；
 V_2 ——滴定消耗盐酸标准溶液体积 (mL)。

K.4.3 试验步骤：

- 水样应按本规程第 1.2.7 第 1 条的规定采样后带回室内，放置 2d，每天震荡摇动数次，3d 后可用于测定；或置于电动振荡器上震荡 30min 静置后用于测定。
- 3d 后吸取 100mL 加有碳酸钙粉末水样上部清液注入 250mL 烧杯中，加入 2 滴甲基橙指示剂，用盐酸标准溶液滴定至橙红色为终点，记录所耗盐酸标准溶液体积 V_1 。
- 另取 100mL 未加碳酸钙粉的水样注入 250mL 烧杯中，加入 2 滴甲基橙指示剂，用盐酸标准溶液滴定至橙红色为终点，记录所耗盐酸标准溶液体积 V_2 。

K.4.4 水中侵蚀性二氧化碳的含量按下式计算：

$$\rho(\text{侵}CO_2) = \frac{c(HCl) \times (V_1 - V_2) \times 22.0}{V} \times 1000 \quad (\text{K.5})$$

式中： $\rho(\text{侵}CO_2)$ ——水样中侵蚀性二氧化碳的质量浓度 (mg/L)；

$c(HCl)$ ——盐酸标准溶液的浓度 (mol/L)；

V_1 ——滴定加钙粉的水样消耗盐酸标准溶液体积 (mL)；

V_2 ——滴定未加钙粉的水样消耗盐酸标准溶液体积 (mL)；

V ——所取水样体积 (mL)；

22.0 ——二氧化碳 ($\frac{1}{2}CO_2$) 的摩尔质量 (g/mol)。

注：1. 水样pH值大于8.3或呈现酚酞碱度时，表示无侵蚀性二氧化碳，则无需做此项测定；
2. 滴定时所取水样混有碳酸钙粉末时，应将水样过滤后再进行测定。

K.5 总碱度、重碳酸盐、碳酸盐、氢氧化物的测定

K.5.1 仪器设备：250mL烧杯，25mL酸式滴定管，100mL容量瓶。

K.5.2 本方法所用试剂应符合下列规定：

——1%酚酞指示剂；

——0.1%甲基橙指示剂；

——0.025mol/L 碳酸钠基准溶液；

——0.03mol/L 盐酸标准溶液。

K.5.3 试验步骤：

- 取100mL水样，注入250mL烧杯中，加入3滴酚酞，若不显红色，则 CO_3^{2-} 、 OH^- 为零，若显红色，用0.03mol/L盐酸标准溶液滴定至淡红色消失，记录所消耗盐酸标准溶液滴定体积 V_1 ；
- 在上述试样中加入2滴甲基橙指示剂，用0.03mol/L盐酸标准溶液滴定至橙色为止，记录所消耗盐酸标准溶液滴定体积 V_2 。

K.5.4 水样中总碱度、重碳酸盐、碳酸盐、及 CO_3^{2-} 、 OH^- 、 HCO_3^- 的含量应按下列公式计算：

- 当 $V_1 > V_2$ 时，有 CO_3^{2-} 和 OH^- ，

$$c(HCO_3^-) = 0 \quad (\text{K.6})$$

$$\rho(OH^-) = \frac{c(HCl) \times (V_1 - V_2) \times 17.01}{V} \times 1000 \quad (\text{K.7})$$

$$\rho(CO_3^{2-}) = \frac{c(HCl) \times 2V_2 \times 30.01}{V} \times 1000 \quad (\text{K.8})$$

$$\rho(CaCO_3) = \frac{c(HCl) \times 2V_2 \times 50.04}{V} \times 1000 \quad (\text{K.9})$$

- 当 $V_1 = V_2$ 时，只有 CO_3^{2-}

$$c(OH^-) = 0, c(HCO_3^-) = 0$$

$$\rho(CO_3^{2-}) = \frac{c(HCl) \times 2V_1 \times 30.01}{V} \times 1000 \quad (\text{K.10})$$

$$\rho_1(CaCO_3) = \frac{c(HCl) \times 2V_1 \times 50.04}{V} \times 1000 \quad (\text{K.11})$$

- 当 $V_1 < V_2$ 时，有 CO_3^{2-} 和 HCO_3^-

$$c(OH^-) = 0 \quad (\text{K.12})$$

$$\begin{aligned}
 \rho(CO_3^{2-}) &= \frac{c(HCl) \times 2V_1 \times 30.01}{V} \times 1000 \\
 \rho(HCO_3^-) &= \frac{c(HCl) \times (V_2 - V_1) \times 61.02}{V} \times 1000 \\
 \rho_1(CaCO_3) &= \frac{c(HCl) \times 2V_1 \times 50.04}{V} \times 1000 \\
 \rho_2(CaCO_3) &= \frac{c(HCl) \times (V_2 - V_1) \times 50.04}{V} \times 1000
 \end{aligned} \quad (K. 13)$$

d) 当 $V_1 = 0$ 时，只有 HCO_3^-

$$\begin{aligned}
 c(OH^-) &= 0, \quad c(CO_3^{2-}) = 0 \\
 \rho(HCO_3^-) &= \frac{c(HCl) \times V_2 \times 61.01}{V} \times 1000 \\
 \rho_2(CaCO_3) &= \frac{c(HCl) \times V_2 \times 50.04}{V} \times 1000
 \end{aligned} \quad (K. 14)$$

e) 当 $V_2 = 0$ 时，只有 OH^-

$$\begin{aligned}
 c(HCO_3^-) &= 0, \quad c(CO_3^{2-}) = 0 \\
 \rho(OH^-) &= \frac{c(HCl) \times V_1 \times 17.01}{V} \times 1000
 \end{aligned} \quad (K. 15)$$

总碱度

$$\rho(CaCO_3) = \frac{c(HCl) \times (V_1 + V_2) \times 50.04}{V} \times 1000 \quad (K. 16)$$

以上各式中： $\rho(CaCO_3)$ ——水样的总碱度 (mg/L)；

$\rho_1(CaCO_3)$ ——水样的碳酸盐碱度 (mg/L)；

$\rho_2(CaCO_3)$ ——水样的重碳酸盐碱度 (mg/L)；

$\rho(HCO_3^-)$ ——水样中重碳酸根的质量浓度 (mg/L)；

$\rho(CO_3^{2-})$ ——水样中碳酸根的质量浓度 (mg/L)；

$\rho(OH^-)$ ——水样中氢氧根的质量浓度 (mg/L)；

$c(HCO_3^-)$ ——水样中重碳酸盐浓度 (mmol/L)；

$c(OH^-)$ ——水样中氢氧化物浓度 (mmol/L)；

$c(CO_3^{2-})$ ——水样中碳酸盐浓度 (mmol/L)；

$c(HCl)$ ——盐酸标准溶液浓度 (mol/L)；

V_1 ——以酚酞作指示剂滴定水样消耗盐酸标准溶液的体积 (mL)；

V_2 ——以甲基橙作指示剂滴定水样消耗盐酸标准溶液的体积 (mL)；

V ——所取水样体积 (mL)；

50.04——($\frac{1}{2}CaCO_3$) 碳酸钙的摩尔质量 (g/mol)；

61.01——(HCO_3^-) 重碳酸根的摩尔质量 (g/mol)；

30.01——($\frac{1}{2}CO_3^{2-}$) 碳酸根的摩尔质量 (g/mol)；

17.01——(OH^-) 氢氧根的摩尔质量 (g/mol)。

K. 6 硬度测定

K. 6.1 仪器设备：100mL烧杯，25mL酸式滴定管，50mL容量瓶，移液管

K. 6.2 本方法所用试剂应符合下列规定：

a) 铬黑T指示剂 (5g/L)：称取0.5g铬黑T，溶于100mL三乙醇胺中；

- b) 盐酸羟胺溶液 (10g/L) : 称取 1.0g 盐酸羟胺, 溶于水中, 并稀释至 100mL;
- c) 硫化钠溶液 (50g/L) : 称取 5.0g 硫化钠, 溶于水中, 稀释至 100mL;
- d) 氧化钾溶液 (100g/L) : 称取 10.0g 氧化钾, 溶于水中, 并稀释至 100mL;
- e) 氨缓冲溶液 (pH=10) 称取 67.5g 氯化铵 (NH_4Cl) 溶于 200mL 蒸馏水中, 加入 570mL 浓氨水, 用水稀释至 1000mL。
- f) EDTA 标准溶液 (0.005 mol/L) :
 - 1) 配制: 称取乙二胺四乙酸二钠 1.86g 溶于蒸馏水中, 移入 1000mL 容量瓶, 定容至 1000mL;
 - 2) 碳酸钙标定法: 称取 0.5004g 预先在 110°C 烘干 2h 的碳酸钙基准试剂, 置于 250mL 三角瓶中, 加入少量水润湿, 瓶口加一小漏斗, 逐滴加入 15~20mL (1+1) 盐酸至碳酸钙溶解完全, 加入约 100mL 水, 加热煮沸 1~2min, 冷却至室温后移至 500mL 容量瓶, 稀释至标线。此溶液浓度为 0.01 mol/L;
 - 3) 吸取 5mL 碳酸钙标准溶液于 100mL 烧杯中, 加入 50mL 水, 加入一小片刚果红试纸, 滴加氨水 (1+1) 至试纸刚变红色, 加入 5mL 缓冲溶液和少许铬黑 T 指示剂。在不断振荡下用 EDTA 标准溶液滴定至亮蓝色不退色为终点, 记录所耗体积, 同时做空白试验; 平行三份, 空白两份, 差值不得超过 0.05mL, 取其平均值。EDTA 标准溶液应按下式计算:

$$c(\text{EDTA}) = \frac{c(\text{CaCO}_3) \times V_1}{V_2 - V_0} \quad (\text{K. 17})$$

式中: $c(\text{EDTA})$ —EDTA 标准溶液的浓度(mol/L);

$c(\text{CaCO}_3)$ —碳酸钙标准溶液浓度(mol/L);

V_1 —吸取碳酸钙标准溶液体积(mL);

V_2 —滴定所消耗 EDTA 溶液的体积(mL);

V_0 —空白试验消耗 EDTA 溶液体积 (mL)。

K. 6.3 试验步骤: 吸取 100mL 水样, 注入烧杯, 加入 5mL 缓冲溶液和少量铬黑 T 指示剂, 摆匀, (如发现溶液颜色迅速变灰色, 应立即加入几滴盐酸羟胺溶液, 使溶液恢复酒红色) 立即用 EDTA 标准溶液滴定至溶液从紫红色变为亮蓝色为终点, 记录用量, 同时做空白试验。按下式计算总硬度:

$$\rho(\text{CaCO}_3) = \frac{c(\text{EDTA}) \times (V_1 - V_0) \times 100.09}{V} \times 1000$$

$\rho(\text{CaCO}_3)$ —水的总硬度 (以 CaCO_3 计) (mg/L) ;
 $c(\text{EDTA})$ —EDTA 标准溶液的浓度 (mol/L) ;
 V_1 —滴定中消耗 EDTA 标准溶液的体积 (mL) ;
 V_0 —空白消耗 EDTA 标准溶液的体积 (mL) ;
 V —所取水样的体积 (mL) ;
 100.09—碳酸钙的摩尔质量(g/mol) 。 (K. 18)

K. 7 钙离子测定 (EDTA 法)

K. 7.1 仪器设备: 100mL 烧杯, 25mL 酸式滴定管, 50mL 容量瓶, 移液管。

K. 7.2 本方法所用试剂应符合下列规定:

- a) 刚果红试纸;
- b) 盐酸溶液 (1+1) ;
- c) 2mol/L 氢氧化钠溶液: 称取 20g 氢氧化钠溶于水中, 并稀释至 250mL;
- d) 0.01mol/L EDTA 标准溶液;
- e) 钙指示剂: 称取 0.1g 钙指示剂, 加入 20g 预先烘焙 (105°C~110°C 烘 2h) 的氯化钠于研钵上研磨成细末, 存于避光的瓶中。

K. 7.3 试验步骤:

- a) 吸取 50mL 水样, 注入烧杯, 放入一小块刚果红试纸, 加入盐酸溶液酸化, 直至试纸变成蓝紫色;

- b) 将溶液煮沸 2min~3min, 冷却后, 加入 2mL 氢氧化钠溶液, 摆匀。在加入 2mg~4mg 钙指示剂, 即刻用 EDTA 标准溶液滴定至红色变为亮蓝色为终点, 记录用量 (溶液保留以测定镁离子), 同时应做空白试验。

K. 7.4 钙离子含量按下式计算:

$$\rho(Ca^{2+}) = \frac{c(EDTA) \times V_1 - V_2 \times 40.08}{V} \times 1000 \quad (K. 19)$$

式中: $\rho(Ca^{2+})$ ——水样中钙的质量浓度 (mg/L);
 $c(EDTA)$ ——EDTA标准溶液的浓度 (mol/L);
 V_1 ——滴定中所消耗EDTA标准溶液体积 (mL);
 V_2 ——空白所消耗EDTA标准溶液体积 (mL);
 V ——水样体积 (mL);
40.08 ——(Ca^{2+}) 钙离子的摩尔质量 (g/mol)。

K. 8 镁离子测定

K. 8.1 仪器设备: 100mL烧杯, 25mL酸式滴定管, 50mL容量瓶, 移液管。

K. 8.2 本方法所用试剂应符合下列规定:

- a) 氨缓冲溶液 (pH=10) 称取 67.5g 氯化铵 (NH_4Cl) 溶于 200mL 蒸馏水中, 加入 570mL 浓氨水, 用水稀释至 1000mL;
b) 酸性铬蓝 K-萘酚绿 B 指示剂: 称取 0.3g 酸性铬蓝 K 与 0.75g 萘酚绿 B 混合后和 50g 已与 110°C 的硝酸钾研细混匀, 置于棕色瓶中, 于干燥其内存放;
c) 盐酸溶液 (1+1)。

K. 8.3 试验步骤: 在滴定钙后的溶液, 加入盐酸溶液 (1+1) 使溶液酸化至刚果红试纸变为蓝色, 加入 5mL 氨缓冲溶液, 用 EDTA 标准溶液滴定至溶液由酒红色变为亮蓝色为终点, 记录用量。

K. 8.4 镁离子含量按下式计算:

$$\rho(Mg^{2+}) = \frac{c(EDTA) \times V_1 \times 24.305}{V} \times 1000$$

$\rho(Mg^{2+})$ ——水中镁离子的质量浓度 (mg/L);
 $c(EDTA)$ ——EDTA标准溶液的浓度 (mol/L);
 V_1 ——滴定水样消耗EDTA标准溶液的体积 (mL);
 V ——所取水样体积 (mL);
24.305 ——(Mg^{2+}) 镁离子的摩尔质量 (g/mol)。 (K. 20)

K. 8.5 用总硬度和钙离子的测定值计算镁离子含量, 应按下式计算:

$$\rho(Mg^{2+}) = \left(\frac{\rho(CaCO_3)}{100.09} - \frac{\rho(Ca^{2+})}{40.08} \right) \times 24.305$$

$\rho(Mg^{2+})$ ——镁离子的质量浓度 (mg/L);
 $\rho(CaCO_3)$ ——水的总硬度 (以 $CaCO_3$ 计) (mg/L);
 $\rho(Ca^{2+})$ ——钙离子的质量浓度 (mg/L);
100.09 ——碳酸钙的摩尔质量 (g/mol);
40.08 ——钙离子的摩尔质量 (g/mol);
24.305 ——镁离子的摩尔质量 (g/mol)。 (K. 21)

K. 9 硫酸根离子测定 (硫酸钡重量法)

K. 9.1 仪器设备: 250mL烧杯, 100mL容量瓶, 漏斗, 烘箱 (带恒温控制器), 电炉, 定量滤纸, 干燥器。

K. 9.2 本方法所用试剂应符合下列规定:

- a) 盐酸 (1+1);
b) 10%氯化钡溶液: 称取 10g 分析纯氯化钡 ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$) 溶于蒸馏水中并稀释至 100mL;
c) 0.1%甲基橙指示剂。

K. 9.3 试验步骤:

- 取澄清水样 100mL, 注入烧杯中, 加入 2 滴~3 滴甲基橙指示剂, 再加入盐酸 (1+1) 使试液呈橙黄色后, 加热煮沸, 在不断搅拌下滴加 10% 氯化钡溶液 8mL~15mL, 直到不再出现沉淀, 再过量加 2mL, 继续煮沸, 静置陈化一昼夜, 或在 80℃~90℃ 水浴锅内保持 2h;
- 用慢速定量滤纸过滤溶液, 并将滤纸及烧杯冲洗干净, 直至滤液中无氯离子, 并使用硝酸银溶液检验;
- 晾干后把滤纸放入已恒重的 10mL 坩埚内烘干, 仔细灰化滤纸后移入高温电炉, 在 800℃ 灼烧 40min 左右, 至坩埚内物质变白, 稍冷后取出, 放入干燥器内冷却至室温称量。

K. 9.4 水样中硫酸根浓度应按下式计算:

$$\rho(SO_4^{2-}) = \frac{(m_1 - m_2) \times 0.4116}{V} \times 1000 \quad (K. 22)$$

式中: $\rho(SO_4^{2-})$ ——水样中硫酸根的质量浓度 (mg/L);

m_1 ——灼烧至恒重的沉淀与坩埚的质量 (mg);

m_2 ——灼烧至恒重的坩埚的质量 (mg);

V ——试样体积 (mL);

0.4116 ——换算系数, 硫酸根离子的摩尔质量与硫酸钡的摩尔质量的比值。

K. 10 氯离子测定 (硝酸银滴定法)

该方法适用于清洁的地表水和地下水, 它适宜测定氯离子质量浓度为 10mg/L~500mg/L 的水样, 高于此范围要经稀释。

K. 10.1 仪器设备: 100mL 烧杯、10mL 棕色酸式滴定管、50mL 容量瓶。

K. 10.2 本方法所用试剂应符合下列规定:

- 5% 铬酸钾指示剂: 称取铬酸钾 5g 溶于少量水中, 加饱和的硝酸银溶液至有红色沉淀为止, 静置 24h 后过滤, 稀释至 100mL;
- 0.03mol/L 氢氧化钠标准溶液。
- 0.05 mol/L 氯化钠标准溶液: 称取基准物氯化钠 (NaCl) 置于坩埚中, 放入 140℃ 干燥箱烘 3h, 称 2.9221g 溶于水中, 定容至 1000mL;
- 0.03mol/L 硝酸银标准溶液:
 - 配制: 称取 5.1g 经 105℃ 烘 2h 的分析纯硝酸银溶于蒸馏水中, 移入 1000mL 棕色容量瓶, 定容至 1000mL;
 - 标定: 吸取 25.00mL 氯化钠标准溶液于 100mL 烧杯中, 加入 25mL 水, 再加入 1mL 铬酸钾指示剂, 用硝酸银标准溶液滴定至溶液由黄色突变为砖红色沉淀为终点, 记录滴定所耗体积; 平行三份, 空白两份, 差值不得超过 0.05mL, 取其平均值。硝酸银标准溶液浓度按下式计算:

$$c(AgNO_3) = \frac{c(NaCl) \times V_2}{V_1 - V_0} \quad (K. 23)$$

$c(AgNO_3)$ ——硝酸银标准溶液的浓度 (mol/L);
 $c(NaCl)$ ——氯化钠溶液的浓度 (mol/L);
 V_0 ——空白试验消耗硝酸银标准溶液的体积 (mL);
 V_1 ——滴定氯化钠溶液消耗硝酸银标准溶液的体积 (mL);
 V_2 ——吸取氯化钠溶液的体积 (mL).

K. 10.3 试验步骤:

- 用 50mL 容量瓶取水样 50mL, 注入 100mL 烧杯中, 加入 1mL 5% 铬酸钾指示剂, 用硝酸银标准溶液滴定至溶液中生成砖红色铬酸银沉淀不褪为终点, 记录所耗体积, 另取 50mL 水同时做空白试验;
- 水样 pH 值范围为 6.5~10.5, 若碱性太强用稀硝酸中和, 酸性太强可用碳酸氢钠或氢氧化钠中和, 调节 pH 值至 7.0 左右。

水样中氯化物含量按下式计算:

$$\rho(Cl) = \frac{c(AgNO_3) \times (V_1 - V_0) \times 35.45}{V} \times 1000$$

$\rho(Cl)$ ——水样中氯离子的质量浓度 (mg/L)；
 $c(AgNO_3)$ ——硝酸银标准溶液的浓度 (mol/L)；
 V ——所取水样的体积 (mL)；
 V_1 ——滴定水样消耗硝酸银标准溶液的体积 (mL)；
 V_0 ——空白试验消耗硝酸银标准溶液的体积 (mL)。
 35.45——(Cl⁻)氯离子的摩尔质量 (g/mol)。 (K. 24)

K. 11 铵离子的测定 (纳氏试剂分光光度法)

K. 11.1 仪器设备：分光光度计，100mL具塞比色管。

K. 11.2 本方法所用试剂应符合下列规定：

- 纳氏试剂 (二氯化汞-碘化钾-氢氧化钾溶液)；
- 称取 75g (KOH) 氢氧化钾溶于 150mL 蒸馏水中；
- 称取 25g (KI) 碘化钾溶于 50mL 蒸馏水中，在搅拌下将 12.5g (HgCl₂) 二氯化汞分多次加入碘化钾溶液中，直至生成的红色沉淀不溶解为止；
- 将冷却氢氧化钾溶液缓慢地加入到上述二氯化汞与碘化钾的混合溶液中，并稀释至 500mL 后将溶液静置 24h，倾出上层清液，贮于聚乙烯瓶内，密塞避光保存，可稳定一个月；
- 称取 50g 酒石酸钾钠 (50%) 溶于 100mL 蒸馏水中，加热煮沸，以驱除氨，充分冷却后稀释至 100mL；
- 称取 1.4850g 已在 105℃ 烘 2h 的高纯氯化铵 (1.00mg/mL) 溶于水，移入 500mL 容量瓶中定容。
- 吸取 10.00mL 的 1.00mg/mL 的 NH₄⁺标准溶液 (10μg/mL) 于 1000mL 容量瓶中，稀释至刻度。临用前配制。

K. 11.3 试验步骤

- a) 用比色管取水样 50mL；
- b) 用吸管分别吸取 0、1、2、3mL 的铵标准溶液 (10μg/mL) 于比色管中，定容至 50mL；
- c) 依次往比色管中加入 1mL 50% 酒石酸钾钠溶液，摇匀，再用吸管分别加入 1.5mL 纳氏试剂，摇匀，放置 15 分钟后比色。在 410nm 波长处或蓝色滤色片，用光程长 10mm 的比色皿测定吸光度；铵离子含量低于 50μg 时，可用 20mm 或 30mm 比色皿。由校准曲线查得铵离子含量；
- d) 校准曲线：吸取铵标准溶液 (10μg/mL) 0、0.30、0.50、1.00、3.00、5.00、7.00、10.00mL 分别置于比色管中，加无氨水稀释至 50mL，并按第 3 项进行操作，以吸光度为纵坐标，以单位为 μg 的铵离子含量为横坐标绘制校准曲线。校准曲线的制作应于水样操作在同条件下进行。试剂加入量、放置时间等都应一致。
- e) 铵离子含量按下式计算：

$$\rho(NH_4^+) = \frac{m}{V}$$

$\rho(NH_4^+)$ ——水样中铵离子的质量浓度 (mg/L)；
 m ——从校准曲线上查得的铵离子量 (μg)；
 V ——所取水样的体积 (mL)。 (K. 25)

附录 L (规范性)

表 L 地下水位监测记录表

工程名称:

记录人:

审核人：

日期:

注：1. 检测数字中，“+”代表水位上升，“-”代表水位下降；
2. 检测工况：对检测工程施工情况进行描述。

附录 M
(规范性)
泉流量监测记录要求

表 M 泉流量监测（堰槽法或流速仪法）记录表

工程名称:

记录人:

日期:

审核人:

日期:

监测站	名称	位置	乡(镇)村				堰槽类型及其尺寸、角度说明						
	类别		地理坐标	东经									
	编号			北纬			流速仪类型及型号						
监测日期		堰槽法				流速仪法				备注			
年	月	累计泄流时间(小时)	泄流水深(cm)		流量换算结果(L/s)	泉流量(m³)	累计泄流时间(小时)	过水断面面积(m²)	流速(m/s)		泉流量(m³)		
		第一次读数	第二次读数	平均值					第一次读数	第二次读数	平均值		
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
	8												
	9												
	...												
	12												

附录 N (规范性) 地下水水温监测要求

表 N 地下水水温监测记录表

工程名称:

记录人:

日期：

审核人：

日期：

附录 0
(规范性)
水文地质参数计算方法

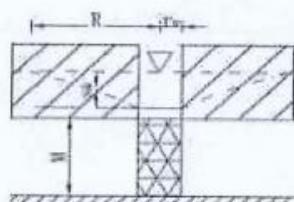
0.1 渗透系数

0.1.1 单孔稳定流抽水试验，有抽水孔的水位下降资料，可采用下列公式：

当 $Q-s$ (或 Δh^2) 关系曲线呈直线时：

a) 承压水完整孔

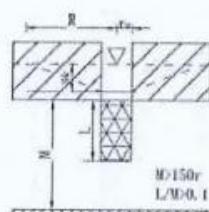
$$K = \frac{Q}{2\pi s_{\omega} M} \ln \frac{R}{\gamma_{\omega}} \dots \dots \dots \quad (0.1)$$



b) 承压水完整孔

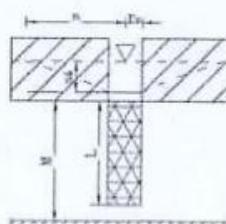
当 $M > 150\gamma_{\omega}$; $L/M > 0.1$ 时：

$$K = \frac{Q}{2\pi s_{\omega} M} \left(\ln \frac{R}{\gamma_{\omega}} + \frac{M-L}{L} \ln \frac{1.12M}{\pi\gamma_{\omega}} \right) \dots \dots \dots \quad (0.2)$$



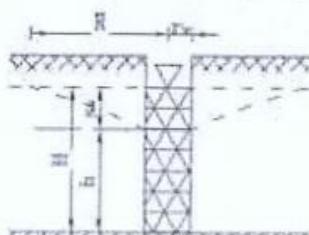
当过滤器位于含水层的顶部或底部时：

$$K = \frac{Q}{2\pi s_{\omega} M} \left[\ln \frac{R}{\gamma_{\omega}} + \frac{M-L}{L} \ln \left(1 + 0.2 \frac{M}{\gamma_{\omega}} \right) \right] \dots \dots \dots \quad (0.3)$$



c) 潜水完整孔

$$lK = \frac{Q}{\pi(H^2 - h^2)} n \frac{R}{\gamma_{\omega}} \dots \dots \dots \quad (0.4)$$



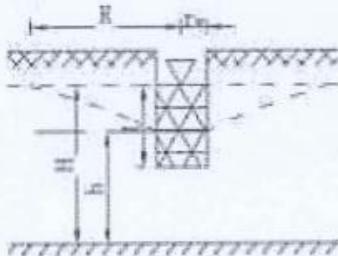
d) 潜水完整孔

当 $h > 150\gamma_w$; $L/h > 0.1$ 时:

$$K = \frac{Q}{\pi(H^2-h^2)} \left(\ln \frac{R}{\gamma_w} + \frac{h-L}{L} \ln \frac{1.12h}{\pi\gamma_w} \right) \quad (0.5)$$

当过滤器位于含水层的顶部或底部时:

$$K = \frac{Q}{\pi(H^2-h^2)} \left[\ln \frac{R}{\gamma_w} + \frac{h-L}{L} \ln \left(1 + 0.2 \frac{h}{\gamma_w} \right) \right] \quad (0.6)$$



式中: K—渗透系数, m/d;

Q—出水量, m³/d;

s_w —水位降深, m;

M—承压水含水层厚度, m;

R—影响半径, m;

γ_w —过滤器半径, m;

L—过滤器长度, m;

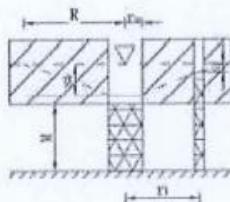
H—抽水试验前潜水含水层厚度, m;

h—潜水含水层在抽水试验时的厚度, m 或潜水含水层在抽水试验前和抽水试验时的厚度的平均值, m。

0.1.2 稳定流抽水试验, 有观测孔的水位下降资料, 若观测孔中的值 s 在 $s \sim 1/gt$ 关系曲线上能连成直线, 可采用下列公式:

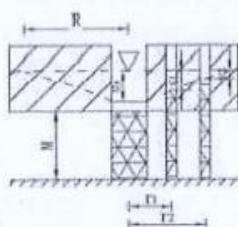
a) 承压水完整孔有一个观察孔时:

$$K = \frac{Q}{2\pi M(s_w-s_1)} \ln \frac{r_1}{\gamma_w} \quad (0.7)$$



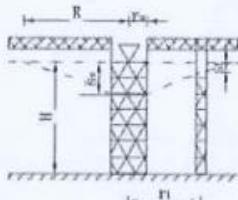
b) 承压水完整孔有两个观测孔时:

$$K = \frac{Q}{2\pi M(s_1-s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (0.8)$$



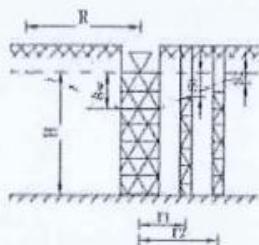
c) 潜水完整孔有一个观察孔时：

$$K = \frac{Q}{\pi(s_{\omega} - s_1)(2H - s_{\omega} - s_1)} \ln \frac{r_1}{r_{\omega}} \quad (0.9)$$



d) 潜水完整孔有两个观测孔时：

$$K = \frac{Q}{\pi(s_1 - s_2)(2H - s_1 - s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (0.10)$$



式中： s_1 、 s_2 —在 s - lgr 关系曲线上任意两点的纵坐标值，m；

s_{ω} 、 r_{ω} —抽水孔水位降深、抽水孔过滤器半径，m；

r_1 、 r_2 —在 s - lgr 关系曲线上纵坐标为 s_1 、 s_2 的两观测孔至抽水孔的距离，m。

0.1.3 单孔定流量非稳定流抽水试验，在没有越流补给的条件下，有抽水孔水位下降资料，可采用下列公式：

a) 承压水完整孔（非完整孔）：

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi H[i]} \quad (0.11)$$

式中：[i]—水位降深 s 与抽水时间 t 关系曲线 s_{ω} - lgt 得出的斜率。

b) 潜水完整孔（非完整孔）：

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi H[i]} \quad (0.12)$$

式中：[i]—修正降深值 $s_{\omega c}$ ($s_{\omega c} - s_{\omega} - \frac{s_{\omega}^2}{2H}$) 与抽水时间 t 关系曲线 $s_{\omega c}$ - lgt 得出的斜率， $s_{\omega c}$ 为抽水期间孔内降深值。

0.1.4 单孔定流量非稳定流完整井抽水试验，在有越流补给（不考虑弱透水层弹性释水）的条件下，计算渗透系数时，可采用下列公式（拐点法）：

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi M m_i e^{\frac{r}{B}}} \quad (0.13)$$

式中： γ —观测孔至抽水孔的距离，m；

B —越流参数（可查 $e^{r/B} K_0(\frac{r}{B})$ 函数表试算求得，其数值应符合附录P的要求）；

m_i — s_{ω} - lgt 关系曲线上拐点处的斜率。

0.1.5 单孔定降深非稳定流抽水试验，在没有越流补给的条件下，有抽水孔流量资料，可采用下列公式：

$$K = \frac{Q}{2\pi M s_{\omega} G(\lambda)} \quad (0.14)$$

式中： $G(\lambda)$ —一定降深井函数，其数值应符合附录Q的要求。

注：单孔定降深非稳定流抽水试验，在没有越流补给的条件下求渗透系数，先用附录N所列的数值在双对数坐标纸上绘出 $G(\lambda) \sim \lambda$ 理论曲线，然后再在另一张与其模数相同的透明双对数坐标纸上绘制实测资料的流量历时曲线。用流量历时曲线与理论曲线进行配线，读出匹配点的坐标： $G(\lambda)$ 、 λ 、 Q 代入公式计算。

0.1.6 单孔定降深非稳定流抽水试验，在有越流补给的条件下，有抽水孔流量资料，可采用下列公式：

$$K = \frac{Q}{2\pi M s_{\omega} G(\lambda, \frac{r_{\omega}}{B})} \quad (0.1)$$

式中： $G(\lambda, \frac{r_{\omega}}{B})$ —其数值应符合附录R的要求。

0.1.7 稳定流抽水试验或定流量非稳定流抽水试验，有水位恢复阶段的观测资料，可采用下列公式：

0.1.7.1 抽水试验停抽前水位降深稳定，停泵水位恢复阶段的短期数据（停泵后数分钟至1~2h）计算完整孔（非完整孔）的渗透系数，可采用下列公式：

a) 承压水孔

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi H[i]} \quad (0.2)$$

式中：[i]—恢复水位的剩余降深 s_{ω}' 与停抽时间t关系曲线 $s_{\omega}' - \lg t$ 得出的斜率。

b) 潜水孔

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi H[i]} \quad (0.3)$$

式中：[i]—恢复水位的剩余降深 $s_{\omega c}'$ （ $s_{\omega c}' - s_{\omega}' - \frac{s_{\omega}^2}{2H}$ ）与停抽时间t关系曲线 $s_{\omega c}' - \lg t$ 得出的斜率， s_{ω}' 为水位恢复期间剩余降深值。

0.1.7.2 可采用本标准公式（0.4）计算，式中 m_i 值应采用恢复水位的 $s_{\omega}' - \lg(1 + \frac{t_k}{t_r})$ 曲线上拐点的斜率。

式中： t_k —抽水开始到停止的时间，min

t_r —抽水停止后算起的恢复时间，min

0.1.7.3 若抽水试验停抽前水位降深未稳定，仍呈直线下降时，可采用下列公式计算渗透系数：

a) 承压水完整孔

$$K = \frac{Q}{2\pi M s_{\omega}} \ln \left(1 + \frac{t_k}{t_r} \right) \quad (0.18)$$

b) 潜水完整孔

$$K = \frac{Q}{2\pi(H^2 - h^2)} \ln \left(1 + \frac{t_k}{t_r} \right) \quad (0.5)$$

式中： s_{ω}' —水位恢复时的剩余下降值，m；

h —水位恢复时的潜水含水层厚度，m。

注：1. 当利用观察孔资料时，应符合（或）小于0.01的要求；

2. 如恢复水位曲线直线段的延长线不通过原点时，应分析其原理，必要时，应进行修正。

0.1.8 有群孔抽水试验的观测资料，可采用图解法计算渗透系数：

a) 承压水孔

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi M[i]} \quad (0.6)$$

式中：[i]—单位降深 $\frac{s}{\sum_{i=1}^t Q_i}$ 与 $\frac{r^2}{t}$ 关系曲线 $\frac{s}{\sum_{i=1}^t Q_i} - \lg \frac{r^2}{t}$ 得出的斜率；

r^2 —观测孔至各抽水孔的位置 r_i 的平均值的平方， m^2 。

b) 潜水孔

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi H[i]} \quad (0.7)$$

式中：[i]—单位修正降深 $\frac{s_{\omega c}}{\sum_{i=1}^t Q_i} (s_{\omega c} - s_{\omega} - \frac{s_{\omega}^2}{2H})$ 与 $\frac{r^2}{t}$ 关系曲线 $\frac{s_{\omega c}}{\sum_{i=1}^t Q_i} - \lg \frac{r^2}{t}$ 得出的斜率；

r^2 —观测孔至各抽水孔的距离 r 的平均值的平方， m^2 。

0.1.9 同位素示踪测井资料计算渗透系数，可采用下列公式：

$$K = \frac{V_f}{I} \quad \dots \dots \dots \quad (0.8)$$

$$V_f = \frac{\pi(r^2 - r_0^2)}{2\alpha r t} \ln \frac{N_0 - N_b}{N_t - N_b} \quad \dots \dots \dots \quad (0.9)$$

式中: V_f —测点的渗透速度, m/d ;

I —测试孔附近的地下水水力坡度;

r —测试孔滤水管内半径, m ;

r_0 —探头半径, m ;

α —流场畸变校正系数;

t —示踪剂浓度从 N_0 变化到 N_t 所需要的时间, d ;

N_0 —同位素在孔中的初始计数率;

N_t —同位素 t 时的计数率;

N_b —放射性本底计数率。

0.1.10 压水试验资料计算渗透系数, 可采用下列公式:

- a) 当透水性较小 ($q < 10 \text{Lu}$)、P-Q 曲线为直线型 (层流) 时, 可按下式计算岩体渗透系数:

$$K = \frac{Q}{2\pi H l} \ln \frac{l}{r_0} \quad \dots \dots \dots \quad (0.10)$$

式中: Q —压入流量, m^3/d ;

H —试验水头, m ;

l —试段长度, m ;

r_0 —钻孔半径, m ;

Lu —透水率的单位是吕荣, 是在 1Mpa 压力时每米试段的压入水流量, L/m 。

- b) 当透水性较小, P-Q 曲线为凸向 Q 轴 (紊流) 时, 可用第一阶段的压力 P_1 (换算成水头值, 以 m 计) 和流量 Q_1 代入式 (0.11) 近似地计算渗透系数。

0.1.11 注水试验资料计算渗透系数, 可采用下列公式:

- a) 钻孔常水头注水试验

$$K = \frac{Q}{AH'} \quad \dots \dots \dots \quad (0.25)$$

式中: K —试验岩土层的渗透系数, cm/s ;

Q —注入水量, cm^3/s ;

H' —试验水头, cm , 为试验水位与地下水位之差;

A —形状系数, cm , 由钻孔和水流边界条件确定, 其取值应符合附录S的要求。

- b) 钻孔降水头注水试验

$$K = \frac{\pi r^2 \ln \frac{H_1}{H_2}}{A(t_2 - t_1)} \quad \dots \dots \dots \quad (0.26)$$

式中: t_1 、 t_2 —注水试验某一时刻的试验时间, s ;

H_1 、 H_2 —在试验时间: t_1 、 t_2 时的试验水头, cm ;

r —套管内半径, cm 。

根据 $(\ln H_t/H_0) - t$ 关系曲线求得的注水试验特征时间计算渗透系数时, 可采用下列公式:

$$K = \frac{\pi r^2}{AT_0} \quad \dots \dots \dots \quad (0.27)$$

式中: T_0 —注水试验的特征时间(s), 根据 $(\ln H_t/H_0) - t$ 关系曲线, 取 $H_t/H_0 = 0.37$ 或是 $\ln H_t/H_0 = 1$ 时对应的时间作为 T_0 值;

H_t —注水时间为 t 时的水头值, cm ;

H_0 —注水试验的初始水头值, cm 。

0.1.12 渗水试验资料计算渗透系数, 可采用下列公式:

- a) 试坑法

当坑内水柱高度不大(等于 10cm) 时, 可以认为水头梯度 $I \approx 1$, 垂直渗透系数可采用下列公式:

$$K \approx V \quad \dots \dots \dots \quad (0.28)$$

式中: $V = Q/F$, cm/s;

Q —渗入地下的水量, cm^3/s ;

F —坑底面积, cm^2 。

b) 单环法

当持续加水, 使渗入地下的水量 Q 恒定不变时, 垂直渗透系数可采用下列公式:

$$K = V = \frac{Q}{F} \quad (0.29)$$

c) 双环法

当渗水试验进行到渗入水量趋于稳定时, 可按下式计算渗透系数:

$$K = \frac{Ql}{F(H_p + Z + l)} \quad (0.30)$$

式中: Z —试坑(内环)中水厚度, cm;

H_p —毛细压力(一般等于岩石毛细上升高度一般), cm;

l —试验结束时水的渗入深度(挖开测定)。

0.2 降雨入渗系数

0.2.1 测定建设工程场区的降雨入渗系数可采用下列方法:

a) 基流分割法

$$\alpha = \frac{R_\alpha}{FX_y} \quad (0.31)$$

b) 枯季流量法

$$\alpha = \frac{Q}{FX_m n} \quad (0.32)$$

c) 泉水流量法

$$\alpha = \frac{Q_{\text{泉}}}{Fx} \quad (0.33)$$

式中: R_α —某年或多年平均河川径流量, m^3 ;

X_y —某年或多年平均大气降水量, m;

F —汇水区面积, m^2 ;

Q —枯水季节河川径流量, m^3/d ;

n —枯水季节时间段, 月;

X_m —某月的降水量, m;

$Q_{\text{泉}}$ —一次降水过程的总流量减去降水前稳定的泉流量或多年平均泉流量, m^3/d ;

X —一次降水过程中的降水量或与泉水流量系列相同。

0.3 地下径流模数

0.3.1 岩溶地区地下暗河与泉水年平均流量之和可作为该地区地下水系统的天然补给量, 地下径流模数计算可采用下列公式:

$$M = \frac{Q}{F} \quad (0.34)$$

0.3.2 碎屑岩地区裂隙泉年平均流量与河流枯水期流量之和可作为该地区地下水系统的天然补给量, 地下径流模数计算可采用下列公式:

$$M = \frac{Q'}{F} \quad (0.35)$$

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

Q' —地下暗河与泉水年平均流量之和, m^3/d ;

Q' —泉水年平均流量与河流枯水期流量之和, m^3/d ;

F—相应于 $Q(Q')$ 的流域面积, km^2 。

- 注: 1. 公式0.35中地下暗河与泉水年平均流量之和宜采用多年的平均值;
2. 公式0.36中泉水年平均流量与河流枯水期流量之和宜采用多年的平均值。

0.4 抽水试验影响半径

0.4.1 稳定流抽水试验有观测孔水位下降资料时计算影响半径可采用下列公式:

- a) 承压水完整孔

$$\lg R = \frac{s_1 \lg r_2 - s_2 \lg r_1}{s_1 - s_2} \dots \quad (0.36)$$

- b) 潜水完整孔

$$\lg R = \frac{\Delta h_1^2 \lg r_2 - \Delta h_2^2 \lg r_1}{\Delta h_1^2 - \Delta h_2^2} \dots \quad (0.37)$$

式中: Δh_1^2 、 Δh_2^2 —在 $\Delta h^2-\lg r$ 关系曲线的直线段上任意两点的纵坐标值, m^2 。

0.4.2 缺少观测孔的水位下降资料时, 可采用抽水孔的水位下降资料计算影响半径值, 也可选用其它经验公式或有关资料计算。

- a) 承压水完整孔

$$\lg R = \frac{2.73 K M s_w}{Q} + \lg r_w \dots \quad (0.38)$$

- b) 潜水完整孔

$$\lg R = \frac{1.366 K (2H - s_w) s_w}{Q} + \lg r_w \dots \quad (0.39)$$

附录 P
(资料性)
函数 $e^x K_0(x)$ 数值查询表

表 P 函数 $e^x K_0(x)$ 数值查询表

x	0.01	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.017	0.018	0.019	0.02
$e^x K_0(x)$	4.7687	4.6771	4.5938	4.5173	4.4467	4.3812	4.3200	4.2627	4.2088	4.1580	4.1098
x	0.021	0.022	0.023	0.024	0.025	0.026	0.027	0.028	0.029	0.03	0.031
$e^x K_0(x)$	4.0642	4.0207	3.9793	3.9398	3.9019	3.8656	3.8307	3.7972	3.7650	3.7339	3.7039
x	0.032	0.033	0.034	0.035	0.036	0.037	0.038	0.039	0.04	0.041	0.042
$e^x K_0(x)$	3.6749	3.6468	3.6196	3.5933	3.5678	3.5430	3.5189	3.4955	3.4727	3.4505	3.4289
x	0.043	0.044	0.045	0.046	0.047	0.048	0.049	0.05	0.051	0.052	0.053
$e^x K_0(x)$	3.4075	3.3874	3.3673	3.3478	3.3287	3.3100	3.2918	2.2739	3.2564	3.2393	3.2226
x	0.054	0.055	0.056	0.057	0.058	0.059	0.06	0.061	0.062	0.063	0.064
$e^x K_0(x)$	3.2062	3.1901	3.1744	3.1589	3.1437	3.1288	3.1142	3.0999	3.0858	3.0719	3.0584
x	0.065	0.066	0.067	0.068	0.069	0.07	0.071	0.072	0.073	0.074	0.075
$e^x K_0(x)$	3.0450	3.0319	3.0189	3.0062	2.9937	2.6814	2.9693	2.9513	2.9455	2.9340	2.9226
x	0.076	0.077	0.078	0.079	0.08	0.081	0.082	0.083	0.084	0.085	0.086
$e^x K_0(x)$	2.9113	2.9002	2.8894	2.8786	2.8680	2.8575	2.8472	2.8370	2.8270	2.8171	2.8073
x	0.087	0.088	0.089	0.09	0.091	0.092	0.093	0.094	0.095	0.096	0.097
$e^x K_0(x)$	2.7976	2.7881	2.7787	2.7694	2.7602	2.7512	2.7421	2.7333	2.7246	2.7159	2.7074
x	0.098	0.099	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18
$e^x K_0(x)$	2.6989	2.6906	2.6823	2.6046	2.5345	2.4707	2.4123	2.3585	2.3088	2.2625	2.2193
x	0.19	0.2	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29
$e^x K_0(x)$	2.2178	2.1408	2.1049	2.071	2.0389	2.0084	1.9793	1.9517	1.9253	1.9000	1.8758
x	0.3	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.4
$e^x K_0(x)$	1.8526	1.8304	1.8098	1.7833	1.7685	1.7493	1.7308	1.7129	1.6956	1.6789	1.6627
x	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.5	0.51
$e^x K_0(x)$	1.6470	1.6317	1.6169	1.6025	1.5886	1.575	1.5617	1.5489	1.5363	1.5241	1.5122
x	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.6	0.61	0.62
$e^x K_0(x)$	1.5006	1.4892	1.4781	1.4673	1.4567	1.4464	1.4363	1.4264	1.4167	1.4073	1.3980
x	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.7	0.71	0.72	0.73
$e^x K_0(x)$	1.3889	1.38	1.3713	1.3627	1.3543	1.3461	1.338	1.3301	1.3223	1.3147	1.3072
x	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.8	0.81	0.82	0.83	0.84
$e^x K_0(x)$	1.2998	1.2926	1.2855	1.2785	1.2716	1.2649	1.2582	1.2517	1.2524	1.2389	1.2326
x	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95
$e^x K_0(x)$	1.2265	1.2205	1.2145	1.2086	1.2029	1.1972	1.1916	1.1850	1.1806	1.1752	1.1677
x	0.96	0.97	0.98	0.99	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
$e^x K_0(x)$	1.1647	1.1595	1.1544	1.1494	1.1445	1.0983	1.0575	1.0210	0.9881	0.9582	0.9309
x	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
$e^x K_0(x)$	0.9059	0.8828	0.8614	0.8416	0.8230	0.8057	0.7894	0.7740	0.7596	0.7455	0.7329
x	2.8	2.9	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8
$e^x K_0(x)$	0.7206	0.7089	0.6978	0.6871	0.6770	0.6673	0.6580	0.6490	0.6405	0.6322	0.6243
x	3.9	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9

$e^x K_0(x)$	0.6166	0.6093	0.6022	0.5953	0.5887	0.5823	0.5761	0.5701	0.5643	0.5586	0.5531
x	5										
$e^x K_0(x)$	0.5478										

附录 Q
(资料性)
函数 $G(\lambda)$ 数值查询表

表 Q 函数 $G(\lambda)$ 数值查询表

λ	$N \times 10^{-4}$	$N \times 10^{-3}$	$N \times 10^{-2}$	$N \times 10^{-1}$	$N \times 10^0$	$N \times 10^1$	$N \times 10^2$	$N \times 10^3$	$N \times 10^4$	$N \times 10^5$	$N \times 10^6$	$N \times 10^7$	$N \times 10^8$	$N \times 10^9$	$N \times 10^{10}$	$N \times 10^{11}$
1	56.9	18.34	6.13	2.249	0.985	0.534	0.346	0.251	0.1964	0.1608	0.1360	0.1177	0.1073	0.0927	0.0838	0.0764
2	40.4	13.11	4.47	1.716	0.803	0.461	0.311	0.232	0.1841	0.1524	0.1299	0.1131	0.1002	0.0899	0.0814	0.0744
3	33.1	10.79	3.74	1.477	0.719	0.427	0.294	0.222	0.1777	0.1479	0.1266	0.1106	0.0982	0.0883	0.0801	0.0733
4	28.7	9.41	3.30	1.333	0.667	0.405	0.283	0.215	0.1733	0.1449	0.1244	0.1089	0.0968	0.0872	0.0792	0.0762
5	25.7	8.47	3.00	1.234	0.630	0.389	0.274	0.210	0.1701	0.1426	0.1227	0.1076	0.0958	0.0864	0.0785	0.0720
6	23.5	7.77	2.78	1.160	0.602	0.377	0.268	0.206	0.1675	0.1408	0.1213	0.1066	0.0950	0.0857	0.0779	0.0716
7	21.8	7.23	2.60	1.103	0.580	0.367	0.263	0.203	0.1654	0.1393	0.1202	0.1057	0.0943	0.0851	0.0774	0.0712
8	20.4	6.79	2.46	1.057	0.562	0.339	0.258	0.200	0.1636	0.1380	0.1192	0.1049	0.0937	0.0846	0.0770	0.0709
9	19.3	6.43	2.35	1.018	0.547	0.352	0.254	0.198	0.1621	0.1369	0.1184	0.1043	0.0932	0.0842	0.0767	0.0706
10	18.3	6.13	2.25	0.985	0.534	0.346	0.251	0.196	0.1608	0.1360	0.1177	0.1073	0.0927	0.0838	0.0764	0.0704

附录 R

(资料性)

函数 $G(\lambda, r\omega/B)$ 数值查询表表 R 函数 $G(\lambda, r\omega/B)$ 数值查询表

$\lambda \backslash r\omega/B$	0	1×10^{-5}	2×10^{-5}	4×10^{-5}	6×10^{-5}	8×10^{-5}	1×10^{-4}	2×10^{-4}	4×10^{-4}	6×10^{-4}	8×10^{-4}	1×10^{-3}	2×10^{-3}	4×10^{-3}	6×10^{-3}	8×10^{-3}	1×10^{-2}
1×10^2	0.346																0.346
5×10^2	0.274											0.274	0.274	0.275	0.275	0.276	
1×10^3	0.251											0.251	0.252	0.252	0.254	0.255	
5×10^3	0.210											0.210	0.212	0.215	0.218	0.222	
1×10^4	0.196											0.196	0.197	0.200	0.204	0.209	0.216
5×10^4	0.170											0.170	0.173	0.181	0.192		
1×10^5	0.161											0.161	0.162	0.162	0.167	0.178	
5×10^5	0.143											0.143	0.143	0.144	0.145	0.148	0.161
1×10^6	0.136											0.136	0.137	0.138	0.139	0.141	0.159
5×10^6	0.123											0.123	0.124	0.128	0.133		
1×10^7	0.118											0.118	0.120	0.127			
5×10^7	0.108																
1×10^8	0.104		0.104	0.104	0.105	0.106											
5×10^8	0.0958	0.0958	0.0966	0.0989													
1×10^9	0.0927	0.0930	0.0943	0.0980													
5×10^9	0.0864	0.0880	0.0916														
1×10^{10}	0.0838	0.0867	0.0914														
5×10^{10}	0.0785																
10×10^{11}	0.0764	0.0860	0.0914	0.0976	0.102	0.105	0.107	0.116	0.126	0.133	0.138	0.142	0.1158	0.177	0.191	0.202	0.212

附录 S
(规范性)
钻孔注水试验形状系数 A 的取值规定

表 S 钻孔注水试验形状系数 A 取值表

试验条件	简图	形状系数	备注
试段位于地下水位以下, 钻孔套管下至孔底, 孔底进水		A = 5, 5r	
试段位于地下水位以下, 结孔套管下至孔底, 孔底进水, 试段土层顶板为不透水层		A = 4r	
试段位于地下水位以下, 孔内不下套管或部分下套管, 试验段裸露或下花管, 孔壁和孔底进水		$A = \frac{2\pi l}{ln^{\frac{ml}{r}}}$	
试段位于地下水位以下, 孔内不下套管或部分下套管, 试验段裸露或下花管, 孔壁和孔底进水, 试段土层顶板为不透水层。		$A = \frac{2\pi l}{ln^{\frac{2ml}{r}}}$	$\frac{1}{r} > 8, m \sqrt{\frac{k_h}{k_v}}$ 。式中 k_h 、 k_v 分别为试验土层的水平、垂直渗透系数。无资料时, m 值可根据土层情况估计。

附录 T
(资料性)
含水层富水性分级

T.1 含水层的富水性应按钻孔单位涌水量(q)，划分为以下4级：

- a) 弱富水性： $q \leq 0.1L/(s \cdot m)$ ；
- b) 中等富水性： $0.1L/(s \cdot m) < q \leq 1.0L/(s \cdot m)$ ；
- c) 强富水性： $1.0L/(s \cdot m) < q \leq 5.0L/(s \cdot m)$ ；
- d) 极强富水性： $q > 5.0L/(s \cdot m)$ 。

T.2 评价含水层的富水性时，钻孔单位涌水量应以口径91mm，抽水水位降深10m为准。若口径、降深与上述不符时，应当进行换算后再比较富水性。换算时，先根据抽水时涌水量Q和降深S的数据，用最小二乘法或图解法确定Q-f(S)曲线，根据Q-S曲线确定降深10m时抽水孔的涌水量，再用如下公式计算孔径为91mm时的涌水量，最后除以10m便是单位涌水量。

$$Q_{91} = Q_{\text{孔}} \left(\frac{\lg R_{\text{孔}} - \lg r_{\text{孔}}}{\lg R_{91} - \lg r_{91}} \right) \quad (\text{T.1})$$

式中： Q_{91} 、 R_{91} 、 r_{91} —孔径为91mm的钻孔的涌水量，影响半径和钻孔半径；

$Q_{\text{孔}}$ 、 $R_{\text{孔}}$ 、 $r_{\text{孔}}$ —孔径为r的钻孔的涌水量、影响半径和钻孔半径。

附录 U
(规范性)
隧道涌水量计算

U.1 简易水均衡法

U.1.1 当越岭隧道通过一个或多个地表水流域时, 预测隧道正常涌水量可采用下列方法:

a) 地下径流深度法

$$Q_s = 2.74h \cdot A \quad (U.1)$$

$$h = W - H - E - SS \quad (U.2)$$

$$A = L \cdot B \quad (U.3)$$

式中: Q_s —隧道通过含水体地段的正常涌水量, m^3/d ;

2.74—换算系数;

h—年地下径流深度, mm ;A—隧道通过含水体地段的集水面积, km^2 ;W—年降水量, mm ;H—年地表径流深度, mm ;E—某流域年蒸发蒸散量, mm ;SS—年地表滞水深度, mm ;L—隧道通过含水体地段的长度, km ;B—隧道涌水地段L长度内对两侧的影响宽度, km 。

b) 地下径流模数法

$$Q = M \cdot A \quad (U.4)$$

$$M = Q'/F \quad (U.5)$$

式中: 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 。

U.1.2 当隧道通过潜水含水体且埋藏深度较浅时, 可采用降水入渗法预测隧道正常涌水量:

$$Q_s = 2.74\alpha \cdot W \cdot A \quad (U.6)$$

式中: α —降水入渗系数。

U.2 地下水动力学

当隧道通过潜水含水体时, 可用下列公式预测隧道最大涌水量:

a) 古德曼经验式

$$Q_0 = L \cdot \frac{2\pi \cdot K \cdot H}{\ln \frac{4H}{d}} \quad (U.7)$$

式中: Q_0 —隧道通过含水体地段的最大涌水量, 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—隧道通过含水体的长度, m 。

b) 佐藤邦明非稳定流式

$$q_0 = \frac{2\pi \cdot m \cdot K \cdot h_2 q}{\ln [\tan \frac{\pi(2h_2 - r_0)}{4h_c} \cot \frac{\pi \cdot r_0}{4h_c}]} \quad (U.8)$$

式中: q_0 —隧道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/d ;

h₂—静止水位至洞身横断面等价圆中心的距离, m;
 r₀—洞身横断面等价圆半径, m;
 h_c—含水体厚度, m。

U. 2.1 当隧道通过潜水含水体时, 可采用下列公式预测隧道正常涌水量:

a) 裴布依理论式

$$Q_s = L \cdot K \frac{H^2 - h^2}{R_y - r} \quad (\text{U. 9})$$

式中: Q_s—隧道正常涌水量, m³/d;

K—含水体的渗透系数, m/d;

H—洞底以上潜水含水体厚度, m;

h—洞内排水沟假设水深(一般考虑水跃值), m;

R_y—隧道涌水地段的引用补给半径, m,

L—隧道通过含水体的长度, m。

b) 佐藤邦明经验公式

$$q_s = q_0 - 0.584 \varepsilon \cdot K \cdot r_0 \quad (\text{U. 10})$$

式中: q_s—隧道单位长度正常涌水量; m³/(s·m);

ε—试验系数, 一般取12.8;

r₀—洞身横断面等价圆半径, m。

附录 V
(规范性)
常用图例

V.1 平面图例

表 V.1 控制性水点(泉)图例

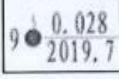
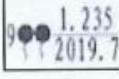
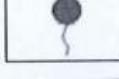
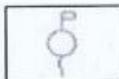
	下降泉编号 <small>流量(升/秒)</small> 调查日期
	上升泉编号 <small>流量(升/秒)</small> 调查日期
	泉群编号 <small>流量(升/秒)</small> 调查日期
	季节泉
	悬挂泉
	水下泉
	地下水动态长期观察泉

表 V. 2 控制性水点（井、坑）图例

26■ 2.1(2) 3	民井 编号 流量(升/秒)降深(米) 水位深度(米)
	干井
	人工补给渗坑
	渗水试坑
	水井抽水试验
	地下水动态长期观察井

表 V. 3 水文地质钻孔图例

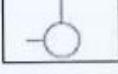
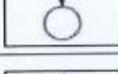
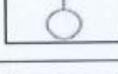
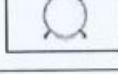
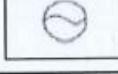
	左侧为钻孔编号、右侧流量（降深）
	抽、提水试验钻孔
	单孔抽水试验
	多孔抽水试验
	钻孔注水试验
	压水实验钻孔
	长期观测孔
	取水样钻孔
	波速测试钻孔

表 V. 4 温泉、热井、其他图例

	温水孔
	温泉编号 微量元素含量 流量(升/秒) 温度℃
	热泉编号 微量元素含量 流量(升/秒) 温度℃
	隧道温泉
	煤洞温泉
	地下水流向
	采矿平硐及隧道

表 V. 5 岩溶水文地质图例

	溶洞
	伏流
	暗河
	漏斗
	落水洞
	溶蚀洼地
	岩溶盆地
	岩溶湖
	连道实验
	地面塌陷

V.2 剖面图图例

表 V.6 水文地质勘察剖面图图例

图例	说明	备注
	钻孔(数字由上至下依次为钻孔编号、孔口高程、分层深度,钻孔深度)	
	地下水位及高程(米)	
	地下水流向	
	逆断层	
	正断层	
	相对隔水层(极微透水)	适用于岩体, q (透水率) <0.1
	微透水层	适用于岩体, $0.1 \leq q$ (透水率) <1
	弱透水层	适用于岩体, $1 \leq q$ (透水率) <10
	中等透水层	适用于岩体, $10 \leq q$ (透水率) <100
	强透水层(极强透水层)	适用于岩体, $100 \leq q$ (透水率)
	隔水层(极微透水)	适用于土体, $K < 10^6$ (cm/s)
	微透水层	适用于土体, 10^6 (cm/s) $\leq K < 10^5$ (cm/s)
	弱透水层	适用于土体, 10^5 (cm/s) $\leq K < 10^4$ (cm/s)
	中等透水层	适用于土体, 10^4 (cm/s) $\leq K < 10^2$ (cm/s)

	强透水层	适用于土体, 10^2 (cm/s) $\leq K < 1 \text{ (cm/s)}$
	极强透水层	适用于土体 1 (cm/s) $\leq K$
	富水性极弱的地层	岩土体的富水性
	富水性弱的地层	
	富水性中等的地区	
	富水性强的地区	
	富水性极强的地区	岩土体含水类型
	孔隙性含水层	
	裂隙性含水层	
	孔隙-裂隙含水层	
	岩溶含水层	相对隔水层或不透水层
	相对隔水层或不透水层	

