重庆市工程建设标准

建设工程水文地质勘察标准

Standard for hydrogeological investigation of construction projects

DBJ50/T-327-2019

主编单位：重　庆　市　勘　测　院
批准部门：重庆市住房和城乡建设委员会
施行日期：2019　年　9　月　1　日

2019　重　庆

前　言

根据重庆市住房和城乡建设委员会《关于下达2015年度重庆市工程建设标准制订项目计划的通知》(渝建[2015]325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，制定本标准。

本标准的主要技术内容包括：1、总则；2、术语和符号；3、基本规定；4、水文地质测绘；5、水文地质物探；6、水文地质钻探；7、地下水同位素探测；8、水文地质试验；9、地下水和地表水动态监测；10、水文地质参数；11、建设工程水文地质评价；12、水文地质勘察成果。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理，重庆市勘测院负责具体技术内容的解释。在本标准执行过程中，请各单位注意收集资料，总结经验，并将有关意见和建议反馈给重庆市勘测院(地址：重庆市两江新区大竹林青竹东路6号，邮编401121，电话：023-67959045，传真：023-67959048，网址：www.cqkcy.com)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人、审查专家

主 编 单 位：重庆市勘测院

参 编 单 位：重庆南江地质工程勘察设计院
重庆川东南地质工程勘察设计院
成都理工大学
重庆市二零八勘察设计院
重庆市都安工程勘察技术咨询有限公司
中铁二院重庆勘察设计研究院有限责任公司
四川省地质工程勘察院
重庆市勘察设计有限公司

主要起草人：陈翰新　冯永能　何　平　范泽英　许　模
林义华　张贵铜　罗向奎　李长雄　尧红庆
杜逢彬　李洪波　黄永泽　李文生　周成涛
郭　微　董永龙　侯大伟　康小兵　邹喜国
江景雄　周庆人　黄　勋　陈小平　何忠良
刘　洋　朱海明　潘方贵　刘廷建　陈益杰

审 查 专 家：钱志雄　张学富　罗济章　曾云松　陈建光
魏　锋　杨　越

目　次

1　总则 …… 1
2　术语和符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 4
3　基本规定 …… 7
3.1　一般规定 …… 7
3.2　水文地质勘察类型划分 …… 7
3.3　一般水文地质勘察 …… 9
3.4　专项水文地质勘察 …… 11
4　水文地质测绘 …… 14
4.1　一般规定 …… 14
4.2　水文地质测绘内容和要求 …… 15
4.3　水文地质遥感解译 …… 18
5　水文地质物探 …… 20
5.1　一般规定 …… 20
5.2　物探方法选择 …… 21
5.3　物探工作布置 …… 22
5.4　水文地质物探成果资料 …… 24
6　水文地质钻探 …… 26
6.1　一般规定 …… 26
6.2　水文地质钻孔类型与结构 …… 26
6.3　水文地质钻孔设计 …… 27
6.4　水文地质钻孔施工 …… 27
6.5　抽水孔成井工艺 …… 28
6.6　止水和封闭 …… 30

6.7 洗井 …… 31
7 地下水同位素探测 …… 33
7.1 一般规定 …… 33
7.2 同位素方法选择 …… 33
7.3 同位素采样点布设与测试 …… 35
7.4 同位素探测成果资料 …… 36
8 水文地质试验 …… 38
8.1 一般规定 …… 38
8.2 抽水试验 …… 38
8.3 压水试验 …… 40
8.4 注水试验 …… 42
8.5 渗水试验 …… 43
8.6 连通试验 …… 45
9 地下水和地表水动态监测 …… 46
9.1 一般规定 …… 46
9.2 监测点的布设 …… 47
9.3 监测方法 …… 47
9.4 监测项目及要求 …… 48
9.5 成果资料 …… 50
10 水文地质参数 …… 51
10.1 一般规定 …… 51
10.2 渗透系数 …… 51
10.3 降雨入渗系数 …… 53
10.4 地下径流模数 …… 54
10.5 抽水试验影响半径 …… 55
11 建设工程水文地质评价 …… 56
12 水文地质勘察成果 …… 58
附录 A 水文地质调查点系列表 …… 60
附录 B 地面物探方法的选择 …… 63

附录C　水文测井方法的选择 …… 67
附录D　水文地质钻孔施工设计 …… 68
附录E　抽水试验记录要求 …… 71
附录F　压水试验记录要求 …… 73
附录G　注水试验记录要求 …… 74
附录H　渗水试验记录要求 …… 75
附录J　连通试验常用方法 …… 77
附录K　连通试验记录要求 …… 78
附录L　地下水位监测记录要求 …… 79
附录M　泉流量监测记录要求 …… 80
附录N　地下水水温监测要求 …… 81
附录P　水文地质参数计算方法 …… 82
附录Q　函数 $e^{x}K_{0}(x)$ 数值查询表 …… 94
附录R　函数 $G(\lambda)$ 数值查询表 …… 97
附录S　函数 $G(\lambda, r_{w}/B)$ 数值查询表 …… 98
附录T　钻孔注水试验形状系数A的取值规定 …… 100
附录U　含水层富水性分级 …… 101
附录V　隧道涌水量计算 …… 102
附录W　常用图例 …… 105
本标准用词说明 …… 111
引用标准名录 …… 112
条文说明 …… 113

Contents

1 General Provisions ····· 1
2 Terms and Symbols ····· 2
2.1 Terms ····· 2
2.2 Symbols ····· 4
3 Basic Requirements ····· 7
3.1 GeneralRequirement ····· 7
3.2 Classification of Hydrogeological Investigation ····· 7
3.3 General Hydrogeological Investigation ····· 9
3.4 Special Hydrogeological Investigation ····· 11
4 Hydrogeological Survey ····· 14
4.1 General Requirement ····· 14
4.2 Content and Requirementof Hydrogeological Survey ····· 15
4.3 Hydrogeological RS Interpretation ····· 18
5 Hydrogeological Prospecting ····· 20
5.1 General Requirement ····· 20
5.2 Selection of Hydrogeological Prospecting Method ····· 21
5.3 Hydrogeological Prospecting Arrangement ····· 22
5.4 Results Data of Hydrogeological Prospecting ····· 24
6 Hydrogeological Misering ····· 26
6.1 General Requirement ····· 26
6.2 Type and Structure of Hydrogeological Borehole ··· 26
6.3 Design of Hydrogeological Borehole ····· 27
6.4 Constructionof Hydrogeological Borehole ····· 27

6.5 Completion Technology of Pumping Borehole ····· 28
6.6 Stillwater and sealing of Borehole ····· 30
6.7 Well Flushing ····· 31
7 Isotope Detection of Groundwater ····· 33
7.1 General Requirement ····· 33
7.2 Selection of Isotope Detection Method ····· 33
7.3 Layout and Test of Isotope Sampling Site ····· 35
7.4 Results Data ofIsotope Detection ····· 36
8 Hydrogeological Test ····· 38
8.1 General Requirement ····· 38
8.2 Pumping Test ····· 38
8.3 Water-pressure Test ····· 40
8.4 Water Injection Test ····· 42
8.5 Infiltration Test ····· 43
8.6 Interconnection Test ····· 45
9 Dynamic Monitoring of underground and surface water ····· 46
9.1 General Requirement ····· 46
9.2 Layout of MonitoringSite ····· 47
9.3 Monitoring Method ····· 47
9.4 Content and Requirement ofMonitoring ····· 48
9.5 Organization of Data ····· 50
10 Hydrogeological Parameters ····· 51
10.1 General Requirement ····· 51
10.2 Permeability Coefficient ····· 51
10.3 Rainfall Infiltration Coefficient ····· 53
10.4 Underground Runoff Modulus ····· 54
10.5 Influence Radius of Pumping Test ····· 55
11 Hydrogeological Assessment in Construction Projects

…… 56
12 Results of Hydrogeological Investigation …… 58
Appendix A Tables of Hydrogeological Investigation Points …… 60
Appendix B Selection of Surface Prospecting Method …… 63
Appendix C Selection of Well Logging Method …… 67
Appendix D Construction Design of Hydrogeological Borehole …… 68
Appendix E Requirements of Pumping Test Record …… 71
Appendix F Requirements of Water—pressure Test Record …… 73
Appendix G Requirements of Water Injection Test Record …… 74
Appendix H Requirements of Infiltration Test Record …… 75
Appendix J Interconnection Test Method …… 77
Appendix K Requirements of Interconnection Test Record …… 78
Appendix L Requirements of Underground Water Level Monitoring Record …… 79
Appendix M Requirements of Spring Discharge Monitoring Record …… 80
Appendix N Requirements of Underground Temperature Monitoring Record …… 81
Appendix P Calculating Method of Hydrogeological Parameters …… 82
Appendix Q Value Table of Function "$e^{x}K_0(x)$" …… 94
Appendix R Value Table of Function "$G(\lambda)$" …… 97
Appendix S Value Table of Function "$G(\lambda, r_w/B)$" …… 98
Appendix T Value Table of Shape Coefficient of Water Injec-

tion Test ····· 100
Appendix U Water Content Classification of the Aquiclude ····· 101
Appendix V Calculation of the Water Gushing Yield for Tunnel ····· 102
Appendix W Common Graphic Symbols ····· 105
Explanation of Wording in This Code ····· 111
Reference List ····· 112

1 总 则

1.0.1 为规范重庆市建设工程水文地质勘察工作，保护水资源环境，保证水文地质勘察深度和质量，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用范围为重庆市内新建和改(扩)建的建设工程水文地质勘察。

1.0.3 建设工程水文地质勘察，应收集、分析、利用已有资料和建设经验，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，运用综合勘探手段和分析方法，提供内容完整、评价准确的水文地质勘察报告。

1.0.4 建设工程水文地质勘察在推广应用成熟经验的基础上，应积极采用新技术、新工艺、新方法、新材料。

1.0.5 重庆市建设工程水文地质勘察除应符合本标准外，尚应符合国家和地方现行的相关规范、法律和法规的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 建设工程水文地质勘察 hydrogeological investigation

为查明建设工程所处区域的水文地质条件进行的野外和室内水文地质工作，包括水文地质测绘、勘探、试验、地下水动态监测等工作。根据建设工程重要性和水文地质环境复杂程度的差异可分为一般水文地质勘察和专项水文地质勘察。

2.1.2 水文地质条件 hydrogeological condition

地下水埋藏、分布、补给、径流和排泄条件以及水质、水量和地下水形成的地质条件。

2.1.3 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。

2.1.4 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。

2.1.5 抽水孔 pumping well

水文地质勘探中用作抽水试验的钻孔。

2.1.6 完整孔(井) completely penetrating well

进水部分揭穿整个含水层的钻孔。

2.1.7 非完整孔(井) partially penetrating well

进水部分仅揭穿部分含水层的钻孔。

2.1.8 钻孔结构 borehole structure

构成钻孔柱状剖面技术要素的总称，包括孔身结构、实管、过滤管、滤料及止水的位置等。

2.1.9 过滤器 screen assembly

位于抽水孔的试验含水层部位，起滤水、挡砂及护壁作用的装置。

2.1.10 过滤器骨架管孔隙率 percentage of open area of screen

骨架管的滤水孔眼的总面积与滤水管的表面积之比。

2.1.11 水文地质物探 hydrogeophysical prospecting

采用地球物理探测方法，通过测量、分析其物理场的分布、变化规律来进行水文地质勘察的一种勘探手段。

2.1.12 同位素示踪法 isotopic tracer method

利用放射性同位素作为示踪剂对研究对象进行标记的微量分析方法。

2.1.13 同位素示踪测井 radioactive tracer logging

利用人工放射性同位素标记天然流场或人工流场中钻孔内的地下水流，测定含水层水文地质参数的方法。

2.1.14 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。

2.1.15 水文地质参数 hydrogeological parameters

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

2.1.16 水文地质单元 hydrogeological unit

具有统一边界和统一的补给、径流、排泄条件的地下水分布区域。

2.1.17 单孔抽水试验 single well pumping test

只在一个抽水孔中进行的抽水试验。

2.1.18 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。

2.1.19 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。

2.1.20 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。

2.1.21 给水度 specific yield

饱和岩石在重力等作用下释出的水的体积和岩石的体积之比。

2.1.22 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。

2.1.23 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。

2.1.24 突泥 mud burst

在地下施工过程中，充填于洞穴、构造破碎带中的粘性土、碎石和水，在地下水头作用下，突然大量涌出的现象。

2.1.25 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。

2.1.26 观测孔 observation well

用作抽水试验或地下水动态观测的钻孔。

2.2 符号

2.2.1 计算参数：

A 钻孔注水试验形状系数；

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，通过压水试验得到的岩体透水率 q 的单位，1Lu＝1L/m·min；

m_i　s_w-lgt 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；

$Q_{泉}$　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；

Q　试验(渗入、压入、注入)流量；

R_d　某年或多年平均河川径流量；

T_0　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_f　测点的地下水渗透速度；

X_m　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；

α　流场畸变校正系数；

δ_G　地下水(泉水)的 $\delta^{18}O$(或 δD)值；

δ_p　取样点附近大气降水的 $\delta^{18}O$(或 δD)值；

μ　含水体给水度(基岩裂隙率)。

2.2.2　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_0　探头半径；

r_w　过滤器半径；

r　测试孔滤水管内半径；

R　影响半径；

s_w'　水位恢复时的剩余下降值；

s_w　水位降深；

Z　试坑(内环)中水厚度；

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 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。

3.1.2 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、物探、钻探、测试、试验、动态观测、监测等多种手段相结合的综合勘察方法。

3.1.3 水文地质勘察成果应包括拟建工程场地水文地质条件和特征，水文地质参数，工程建设对环境水文地质条件影响评价以及相关防治措施建议等内容。

3.1.4 当建设工程为地下工程或有深基坑并在地下水位以下时，水文地质勘察报告还应给出相应的水头压力或抗浮水位。

3.1.5 水文地质勘察类型可分为一般水文地质勘察和专项水文地质勘察。

3.2 水文地质勘察类型划分

3.2.1 水文地质勘察类型划分应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 水文地质勘察类型划分

工程建设与地下水环境相互影响程度	水文地质条件复杂程度		
	复杂	中等	简单
大	专项	专项	一般
中等	专项	一般	一般
小	一般	一般	一般

注“一般”系指一般水文地质勘察；“专项”系指专项水文地质勘察。

3.2.2 工程建设与地下水环境相互影响程度应符合表3.2.2的规定。

表3.2.2 工程建设与地下水环境相互影响程度

大	中等	小
①穿越有可溶岩地层分布区的越岭隧道工程； ②在可溶岩分布区，穿越重要湿地、总体积 1×10^5 m³ 以上或总面积 1×10^5 m² 以上地表水体、集中式饮用水水源地(包括已建成的在用、备用、应急水源地、在建和规划水源地)保护区及其以外的补给径流区的地下工程； ③穿越地下水环境相关的其它保护区(如热水、矿泉水、温泉等特殊地下水资源保护区)及其以外的补给径流区的地下工程； ④临近重要湿地、河流、湖泊和集中式饮用水水源地保护区及其以外补给径流区的大型深基坑工程； ⑤水文地质条件对地基评价、基础抗浮和工程降水有重大影响的重要工程。	①穿越非可溶岩地层区的越岭隧道工程； ②在非可溶岩分布区，穿越重要湿地、总体积 1×10^5 m³ 以上或总面积 1×10^5 m² 以上地表水体、集中式饮用水水源地(包括已建成的在用、备用、应急水源地、在建和规划水源地)保护区及其以外的补给径流区的地下工程； ③临近重要湿地、河流、湖泊和集中式饮用水水源地保护区及其以外补给径流区的中型深基坑工程； ④水文地质条件对地基评价、基础抗浮和工程降水有一定影响的重要工程。	除影响程度大和影响程度中等以外的其它工程。

3.2.3 建设工程场地水文地质条件复杂程度应符合表3.2.3的规定。

表3.2.3 水文地质条件复杂程度划分表

类型	复杂程度	水文地质特征
孔隙水	复杂	埋藏较深的多层含水层，岩性和厚度变化较大；含水层不稳定，其规模、补给和边界难以判定，水质复杂，或咸水、淡水相间，施工后易与咸水层发生水力联系
	中等	双层或多层含水层，岩性、厚度不很稳定，地下水形成条件较复杂，补给和边界条件不易查清，水质比较复杂

续表 3.2.3

类型	复杂程度	水文地质特征
孔隙水	简单	浅埋的单、双层含水层，厚度比较稳定，补给、径流、排泄条件清楚，水质较好
裂隙水	复杂	地质构造复杂，岩相变化极大，地貌形态多且难鉴别，含水层分布极不均匀，一般为构造裂隙水或断裂带脉状水
	中等	岩相岩性不稳定，地貌形态多样，地质构造、补给条件及水质比较复杂，一般为深埋的断续分布的多层层间承压水或断裂带脉状水
	简单	岩层水平或倾角很缓，岩性稳定均一，含水层比较稳定，补给、径流、排泄条件及水质较好，一般多为层间水（潜水或承压水）或强烈风化带潜水
岩溶水	复杂	地质构造复杂，补给、径流、排泄条件及边界难以判定，岩溶发育
	中等	地质构造较复杂，补给、径流、排泄条件及边界较复杂，岩溶较发育
	简单	地质构造简单，补给、径流、排泄条件简单，岩溶不发育

注：水文地质条件复杂程度应由复杂向简单推定，有任一地下水类型首先满足某较高等级时，水文地质条件复杂程度即为该等级。

3.2.4 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，以及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。

3.3 一般水文地质勘察

3.3.1 一般水文地质勘察应根据工程要求，掌握下列水文地质条件：

1 区域性气候资料，如年降水量、蒸发量及其变化和对地下水位的影响；

2 地下水的类型和赋存状态；

3 主要含水层的分布规律及其渗透特性；

4 可能影响工程场地水文地质条件的地表水资料，如江、

河、湖特征水位，以及相关水库水位调度方案；

5 地下水的补、径、排特征，地表水与地下水的水力联系及其对地下水位的影响；

6 勘察时的地下水位、水位变化趋势和主要影响因素；

7 地下水和地表水的水质、腐蚀性及其污染源情况。

3.3.2 不同类型的地下水勘察除应符合3.3.1条要求外，尚应符合下列要求：

1 松散岩类孔隙水应查明各岩土层的颗粒组成、富水性；

2 碎屑岩类裂隙水应调查裂隙性质、空间分布特征、连通性等，层状或脉状地下水的发育分布规律及其承压性质，确定富水带；

3 可溶岩类溶隙、溶洞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。

3.3.3 一般水文地质勘察范围，应包括对工程建设有影响的地下水主要分布区域或施工降、排水疏干的影响范围。

3.3.4 一般水文地质勘察应包括下列主要内容：

1 搜集分析建设工程区已有水文地质资料，划分水文地质单元，开展水文地质测绘与调查，必要时辅以相应的水文地质物探、钻探、水文地质试验、测试工作；

2 勘探孔钻进过程中应观测地下水位及水量的变化，详细记录涌水、漏水的深度、水头高度，量测稳定水位前，应抽干勘探孔中的钻探循环水；

3 采集地表水、地下水水样进行水质分析，查明地下水的化学特性及其对建筑材料的腐蚀性；

4 确定水文地质参数；

5 评价地下水对工程建设及地质环境的影响，并提出相应的防治措施建议。

3.3.5 勘探点应根据建设工程特点和水文地质条件布置，充分利用工程地质勘探孔。当场地存在对工程有影响的地下水时，主

要含水层宜布置不少于1个地下水勘探孔进行抽水试验和参数计算，并采集水样进行水质分析。

3.3.6 水文地质钻孔深度应达到与工程建设紧密相关的含水层（组）、含水构造带的岩层层位。

3.4 专项水文地质勘察

3.4.1 专项水文地质勘察除应符合3.3节的相关规定外，尚应包括下列工作内容：

1 编制专项水文地质勘察工作纲要；

2 查明断层破碎带的性质、地层岩性、走向、长度、断距、破碎带厚度、含水性与导水性等特征以及水文地质意义；

3 查明含水层和隔水层的埋藏条件，地下水类型、流向、水位及其变化幅度，当场地有多层对工程有影响的地下水时，应分层量测地下水位或承压水头，并查明相互之间的补排关系；

4 查明岩溶发育规律，主要洞穴的发育层位、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，岩溶类型与地下水分布的关系，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、高程等；

5 查明可能对拟建工程有影响的暗河走向、埋藏深度、规模、水位、水深、流速等；

6 查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响；必要时应设置观测孔，或在不同深度处埋设孔隙水压力计，量测压力水头随深度的变化特征；

7 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、涌水量等水文地质参数；

8 预测地下洞室区可能的涌水量、地下水压力分布、突水突泥、对围岩稳定性影响，以及对建设工程的影响等问题，并应同时分析评价工程建设对水文地质环境的影响；

9 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，对有关层位的地下水进行长期观测。

3.4.2 专项水文地质勘察的范围和工作量，应根据工程特点、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。

3.4.3 根据不同的水文地质条件，勘探点、线间距宜为 50～500m 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。主要含水层的水文地质单元宜布置不少于 3 个水文地质试验孔。一个工程场地每一含水层宜布置不少于 1 个地下水勘探孔进行抽水试验和参数计算，并采集水样进行水质分析。

3.4.4 水文地质钻孔深度除应达到与工程建设紧密相关的含水层(组)、含水构造带和岩层层位外，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。

3.4.5 勘探点应紧密结合与场地地下水有关的地形地质条件布置，重点应布置在下列部位：

1 断层破碎带；

2 岩溶负地形区；

3 可溶岩覆盖层厚度较大地段；

4 物探资料反映出可能存在隐伏岩溶区或地下水富集区；

5 对建设工程可能有影响的相对富水地段；

6 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。

3.4.6 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 5.3 节的相关规定外，还应满足下列

要求：

1　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；

2　采用的物探方法应满足拟建地下工程的深度要求；

3　在条件允许的情况下，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；

4　水文物探测井的孔数不少于水文地质钻孔的1/2。

3.4.7　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：

1　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获取独立的水文地质参数；

2　在地下水位以下的孔段，应进行抽水试验，当地下水位埋深较大、抽水困难时，可选择压水试验或注水试验；

3　对松散层中的各主要含水层宜采用带观测孔的抽水试验准确测定含水层的各种参数，每一主要含水层试验组数不应少于3组，观测孔宜平行或垂直地下水流向布置；

4　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，每层含水层试验组数不应少于3组；

5　当需要评价岩体各向异性渗透性时，宜进行定向压水试验；

6　当隧洞内水压力超过300m水头时，宜进行高压压水试验，单孔试验段数不宜少于3段；

7　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，采集水样作水质分析；

8　钻孔遇有流动地下水的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。

3.4.8　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，除监测孔外应及时采取灌浆、止水等封堵措施，对钻孔进行全孔封闭。

4 水文地质测绘

4.1 一般规定

4.1.1 水文地质测绘工作应在搜集研究区域地质、区域水文地质资料基础上进行，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宜与工程地质测绘一并进行。

4.1.2 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。一般水文地质勘察水文地质测绘范围应以地下水相互影响范围为界。

4.1.3 水文地质测绘比例尺应根据工程建设与地下水环境相互影响程度、水文地质条件复杂程度等条件确定，宜按1∶2 000～1∶10 000比例尺选取。线状工程宜采用1∶10 000～1∶50 000，点状工程宜选择1∶2 000～1∶10 000。一般水文地质勘察时，可与工程地质测绘同精度进行。

4.1.4 水文地质测绘观测路线宜按下列原则布置：

1 沿垂直岩层、构造线走向；

2 沿地貌变化显著方向；

3 沿河谷、沟谷和地下水露头多的地带；

4 沿含水层(带)走向。

4.1.5 水文地质测绘的观测点，宜布置在下列位置：

1 地层界线、断层线、褶皱轴线、标志层、典型露头和岩性、岩相变化带、含隔水层分界线等；

2 地貌分界线和自然地质现象发育处；

3 井、泉、钻孔、矿井、地表坍陷、岩溶水点(如暗河出入口、

落水洞、地下湖）和地表水体等。

4.1.6 水文地质测绘观测点密度和路线长度可按表 4.1.6 确定。

表 4.1.6 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∶50 000	0.30～0.60	0.75～2.00	0.20～0.60	1.00～2.00
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∶2 000-1∶5 000	3.60～7.20	6.00～16.00	5.00～15.00	6.00～12.00

4.1.7 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。

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

4.2 水文地质测绘内容和要求

4.2.1 水文地质测绘时应搜集下列资料：

1 气温、降水量、蒸发量及其季节性变化和多年变化；

2 工程建设场地及邻近河流、湖泊的有关水文资料；

3 地下水的类型和赋存状态；

4 地下水的补给、径流、排泄条件，地表水与地下水的补排关系；

5 地下水位及其季节变化和多年变化；

6 地下水的水质及其受污染状况；

7 地下水与区域地质、地质构造、地貌；

8 人类工程活动引起的采空区、洞穴等。

4.2.2 地貌调查宜包括下列内容：

1　地貌的形态、成因类型及各地貌单元间的界线和相互关系；

2　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。

4.2.3　地层调查宜包括下列内容：

1　地层的成因类型、时代、层序、接触关系、厚度及分布范围；

2　不同地层的透水性、富水性及其变化规律。

4.2.4　地质构造调查宜包括下列内容：

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

2　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；

3　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；

4　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。

4.2.5　泉的调查宜包括下列内容：

1　泉的出露条件、成因类型和补给来源；

2　泉的流量、水质、水温、气体成分和沉淀物；

3　泉的动态变化、利用情况。

4.2.6　水井调查宜包括下列内容：

1　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；

2　地下水的开采方式、开采量、用途和开采后出现的问题；

3　选择有代表性的水井进行简易抽水试验。

4.2.7　地表水调查宜包括下列内容：

1　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；

2 利用现状及其作为人工补给地下水的可能性；

3 河床、湖底、水库底岩性和淤塞情况，以及岸边的稳定性。

4.2.8 山间河谷及冲洪积平原地区的调查，宜包括下列内容：

1 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；

2 阶地的形态、分布范围、地质结构、成因和叠置关系。

4.2.9 冲洪积扇地区的调查宜包括下列内容：

1 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；

2 地下水溢出带的位置和水文地质特征。

4.2.10 可溶岩地区除满足以上要求外，还应重点调查下列内容。

1 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；

2 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；

3 暗河（地下湖）的位置、规模、水位和流量，及其补给条件和开发条件；

4 大型洞穴的形状、规模和充填物。

4.2.11 取样要求应包括下列内容：

1 所取水样应有代表性；

2 水质分析内容应满足工程建设腐蚀性评价需要；

3 当工程建设有特殊要求时，应按相关规定采取水样；

4 应防止水样在采取、运送、保存过程中，受人为污染或变质；

5 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。

4.2.12 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、浮标法及流速仪法。

4.2.13 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。

4.3 水文地质遥感解译

4.3.1 水文地质遥感影像解译工作应包含下列内容：

1 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；

2 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；

3 资料整理与成图：全部工作完成后应编出遥感水文地质图。

4.3.2 遥感影像资料的选用，宜符合下列要求：

1 遥感图像的比例尺与填图的比例尺接近，宜为1∶50 000～1∶10 000；

2 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。

4.3.3 遥感解译的内容，宜符合下列要求：

1 遥感解译内容应分重点地区和非重点地区进行。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∶10 000的航空遥感图像上进行；

2 遥感解译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。

4.3.4 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。

4.3.5 遥感影像填图的野外工作，宜包括下列内容：

1 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；

2 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；

3 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。

4.3.6 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：

1 地质观测点数宜为水文地质测绘地质观测点数的30%～50%；

2 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%；

3 观测路线长度宜为水文地质测绘观测路线长度的40%～60%。

4.3.7 遥感资料提交时，应提供以下的资料：

1 有关遥感图像；

2 有关遥感图像处理、解译和实况调查的原始资料；

3 典型遥感影像解译记录卡；

4 遥感解译的各种图件及报告。

5 水文地质物探

5.1 一般规定

5.1.1 水文地质物探可分为地面物探和水文测井。

5.1.2 针对地下水埋深和流向、隐伏地质体(古河床、冲洪积扇、岩溶、断裂、软弱夹层等)的形态和规模、覆盖层的厚度以及基岩面起伏形态等水文地质问题,通常可采用地面物探方法。

5.1.3 地面物探应具备以下地球物理与场地条件:

1 被探测对象与围岩之间有较明显的物性差异;

2 被探测对象的体积相对于其埋藏深度具有一定的规模;

3 被探测对象所引起的物探异常值,应有足够的显示;

4 有利于物探测线(测点)布置和资料解释相适应的的工作场地。

5.1.4 地面物探应符合以下规定:

1 地面物探应在水文地质调绘的基础上,于钻探工作开始之前展开,探测深度应大于钻探控制深度,以指导勘探钻孔的合理布置;

2 地面物探应以物性差异为基础,以物探方法试验为前提,针对勘察任务,结合实际地形条件,因地制宜,选择合理、有效的物探方法;

3 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;实际工作过程中,可视追踪物探异常的需要,增加(或调整)物探方法或工作量;

4 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;

5　地面物探的成果资料应结合工程场地的地质、水文条件和钻探验证等资料，充分考虑地质情况和探测结果的内在联系与可能存在的干扰因素，进行综合解释，并对水文地质条件做出评价。

5.1.5　利用水文地质钻孔协助地层划分、判定含水层之间的补给关系、确定地下水涌出点位置以及含水层层位与厚度、判别断裂（或裂隙）的位置和厚度、估算地下水流速与涌水量等水文地质参数、量测孔径与孔斜以及观察套管或孔内地层影像时，通常应展开水文测井工作。

5.1.6　物探异常解释应符合以下规定：

1　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；

2　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；

3　由于地形及其他干扰因素影响，而不能达到勘探目的时，应做出无法解释的结论；

4　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。

5.2　物探方法选择

5.2.1　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。

5.2.2　地面物探方法的选择应具备下列基本条件：

1　具有足够的勘探深度；

2　具备展开野外工作的地形条件；

3　可清晰地探测勘察目标与围岩的异常；

4　具有足够的勘探精度。

5.2.3 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，可根据工作区具体水文地质条件及要解决的主要水文地质问题进行选择。

1 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、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；

2 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；

3 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。

5.2.4 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，应根据工作区具体水文地质条件及要解决的主要问题进行选择。

1 了解钻孔技术参数时，可选用孔径、孔斜测井；

2 划分含水层的位置、厚度；划分破碎带的厚度，可选用电测井（地层视电视率、自然电位测井及井液电阻率测井等）；

3 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；

4 确定孔内地下水的温度变化情况，可选用井温测井；

5 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。

6 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。

5.3 物探工作布置

5.3.1 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。

5.3.2 地面物探工作布置应符合下列规定：

1 地面物探工作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；

2 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；地形起伏较大时，宜沿等高线布置；线状地质体勘探时，可平行或垂直地质体布置纵测线或横测线；

3 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；

4 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；

5 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 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 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）	电磁测深法	10～40（25）	地震波层析成像	0.5～2.0（1.0）
电测深法	5～20（10）	瞬变电磁法	5～20（10）	电阻率层析成像	1～5（2）
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）

续表 5.3.2

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）
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。

5.3.3 水文测井工作布置应符合下列规定：

1 水文测井的孔数不少于水文地质钻孔的 1/2；

2 水文测井一般在裸孔中进行；

3 应采用多种测井方法进行对比或补充；

4 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。

5.4 水文地质物探成果资料

5.4.1 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。

5.4.2 地面物探工作成果的编制应符合下列规定：

1 物探成果资料应包括物探平面图、物探解释图、平、纵断面成果图及数据表、观测质量检查数据、评定表；

2 物探成果报告主要内容应包括工程概况与工作任务、地形与地质简况、地球物理特征、物探方法的选择与技术措施、资料解释与成果分析、结论与评价、问题与建议；

3　物探成果图件应包括成果剖面图或平面图，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。

5.4.3　水文测井工作成果的编制应符合下列规定：

1　测井曲线应清晰，深度记号标注齐全；

2　应根据各种测井曲线的分层特征，对不同参数曲线进行对比分析，结合地质、钻探等资料，按物性和地质名称分层，确定地层或地质体的深度和厚度；

3　地质条件相近的地区，解释原则应统一；

4　水文测井曲线的深度比例尺宜与钻孔柱状图的比例尺一致，同一测区宜采用同一深度比例尺。对同一钻孔进行的电测井、放射性测井、钻孔电视、声波测井、井温测井、孔径、孔斜测井等方法，其测井曲线均应绘制在一张综合测井解释图上，对各种测井的解释成果均应以文字形式反映到综合测井解释图上。

6 水文地质钻探

6.1 一般规定

6.1.1 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。

6.1.2 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。

6.2 水文地质钻孔类型与结构

6.2.1 水文地质钻孔类型可分为试验孔和观测孔。

6.2.2 水文地质钻孔的孔身结构包括孔径、孔段和孔深。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、物探测井及钻探设备等因素综合确定。

6.2.3 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。

6.2.4 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。

6.3 水文地质钻孔设计

6.3.1 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。

6.3.2 水文地质钻孔设计宜符合附录D的要求，一般应包括下列内容：

1 项目名称、项目位置及交通条件、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；

2 预估地层性质、深度和厚度；

3 理想钻孔结构及柱状图；

4 钻探技术要求。

6.4 水文地质钻孔施工

6.4.1 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。

6.4.2 水文地质钻探宜采用取芯钻进。

6.4.3 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、电、路通，场地平整），并确保施工安全。

6.4.4 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。

6.4.5 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。

6.4.6 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。

6.4.7 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。

6.4.8 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。

6.4.9 钻孔岩芯采取率：较完整岩石宜大于80%，破碎带宜大于60%，黏土宜大于70%，砂和砂砾层宜大于50%。当采用水文物探测井和井下电视配合，能正确划分含（隔）水层位置和厚度时，可适当减少取芯。

6.4.10 在钻探过程中应对钻进难易程度、进尺速度、操作手感、钻进参数变化、水位、水温、冲洗液消耗量、漏水位置、自流水的水头和自流量、孔壁坍塌、涌砂和气体逸出的情况、岩层变层深度、含水构造和溶洞的起止深度、垮孔、卡钻、掉钻、缩径、回淤等异常现象进行观测和记录。

6.4.11 为了鉴别地层或获取岩土体水文地质参数，可在钻孔中采取岩、土样品进行试验，采取水样进行水质分析。

6.4.12 水文地质钻探孔在成孔过程中应检查成孔质量，钻探结束时应验收终孔质量。

6.4.13 钻探结束时，应对所揭露的地层进行准确分层，除留作长期观测外，应根据含水层的水头、水质情况分别进行回填或隔离封孔；封孔方法宜结合水文地质条件确定。

6.5 抽水孔成井工艺

6.5.1 抽水孔成井管柱由井壁管、过滤管和沉淀管等三部分组成。观测孔在保证孔壁不垮塌且与抽水试验孔水力联系不受影响的情况下，可适当简化。

6.5.2 井壁管应根据地层、钻孔类型、孔深、孔径、设备能力、水质等选用适当的类型。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，安装水泵段井管内径，宜选用抽水设备标定的最小井管内径值。

6.5.3 抽水孔过滤器应根据含水层类型选择合适的类型。抽水试验的观测孔，宜采用包网过滤器。

6.5.4 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。

6.5.5 抽水孔过滤器宜根据含水层厚度选择合适的长度。

6.5.6 抽水孔过滤器骨架管孔隙率宜大于 15%。

6.5.7 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。

6.5.8 填料过滤器的滤料规格和缠丝间隙宜按含水土层类型确定。

6.5.9 抽水孔过滤器的下端应设置沉淀管，与相连的过滤管同径，安装长度一般为 4～6m，底部封闭。

6.5.10 井管采用丝扣或电焊连接或使用其他方法连接时，应保证接头处不渗漏。井管连接成管柱后，轴心线应一致。

6.5.11 管柱应装设扶正器，确保管柱处在井孔中心位置。

6.5.12 下管前应对冲孔、排渣、换浆与探(通)孔情况进行检查。

6.5.13 下管前应校正孔深，并对井管逐根进行检查。

6.5.14 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强提，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。

6.5.15 下管期间应保持孔内液面与孔口持平，若有下降应及时补充。

6.5.16 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。

6.5.17 下管后填砾前的冲孔排渣换浆，应采用管底外返水冲洗的方法进行，冲孔钻杆下端应带阻流塞，并使其坐落在沉淀管内的阻流座上，使冲孔液在过滤管以下流出管外冲洗钻孔，将孔内泥浆粘度降至18s内，密度调至低于1.1g/cm³。

6.5.18 应根据下管深度、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。

6.5.19 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。

6.5.20 砾料的砾径应根据含水层颗粒筛分数据确定。

6.5.21 填砾的厚度应根据含水层颗粒大小和钻孔类型确定，填砾的高度宜根据含水层厚度确定。

6.5.22 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。

6.5.23 填砾中要定时探测孔内填砾面位置，若发现堵塞时，应采取措施消除后再填。

6.5.24 砾料填至预定位置后，在进行止水或管外封闭前，应再次测定填砾面位置，若有下沉，应补填至预定位置。

6.5.25 填砾时，应根据钻进方法确定孔内冲洗液的用量。

6.6 止水和封闭

6.6.1 当需查明各含水层(带)的水位、水质、水温、透水性和分层进行水文地质试验时，应做好止水工作，并检查止水效果。

6.6.2 止水材料必须具备隔水性好、无毒、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、橡胶、遇水膨胀橡胶等)两种。

6.6.3 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。

6.6.4 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，有条件时测定止水部位的孔径。

6.6.5 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。

6.6.6 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不得小于5m，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。

6.6.7 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：在永久性止水时不得少于10m，在临时性止水时不得小于5m。

6.6.8 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。

6.6.9 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。

6.6.10 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。

6.6.11 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，封闭厚度不小于10m。

6.6.12 进行水文地质试验前，应对止水和封闭的效果进行检验。

6.7 洗井

6.7.1 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。

6.7.2 洗井应从上开始，逐渐加深。

6.7.3 洗井结束后，如不能及时进行抽水试验，应将井口封好。

7 地下水同位素探测

7.1 一般规定

7.1.1 与建设工程有关的水文地质条件探测可采用同位素方法，同位素方法一般包括环境同位素法和人工同位素法。

7.1.2 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：

1 地下水的形成、演化规律；

2 地下水的补给、径流、排泄条件；

3 大气降水、地表水、地下水的转化关系。

7.1.3 在特长大隧道及重点工程勘察中，宜采用 D、T、^{18}O 等环境同位素方法研究地下水的特征。

7.1.4 在需要标记天然流场或人工流场中钻孔内的地下水流时，可利用人工放射性同位素^{131}I、^{82}Br 等，采用示踪或稀释原理，测定含水层渗透系数、地下水流向等参数。

7.2 同位素方法选择

7.2.1 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。

7.2.2 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。

7.2.3 当地下水由降水补给时，可采用氢氧同位素技术划定含水层补给带或补给高度，可按下式计算：

$$H - \frac{\delta_G - \delta p}{K} + h \tag{7.2.3}$$

式中：H　降雨入渗高度，m；

δ_G　地下水（泉水）的 $\delta^{18}O$（或 δD）值；

δ_p　取样点附近大气降水的 $\delta^{18}O$（或 δD）值；

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

h　取样点（井、泉）高度，m。

7.2.4　当勘察区通过潜水含水体，且需查明给水度或裂隙率时，可采用同位素氚法预测隧道正常涌水量，可按下式计算：

$$Q = \frac{L \cdot A \cdot \mu}{365t} \tag{7.2.4-1}$$

$$t = 40.727 \lg \frac{N_0}{N_t} \tag{7.2.4-2}$$

式中：Q　隧道正常涌水量，m^3；

L　两样品间距离，m；

A　隧道通过含水体地段的集水面积，m^2；

μ　含水体给水度（基岩裂隙率）；

t　N_0 与 N_t 两样品间的时间差；

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。

7.2.5　在松散介质含水层中，可用放射性同位素稀释法或示踪法，测定地下水的流向、流速，了解地下水的运动状态。

7.2.6　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，可按下式计算：

$$V_f = \frac{\pi r_1}{2\alpha t} \ln \frac{N_0}{N_t} \tag{7.2.6}$$

式中：V_f　地下水渗透速度，m/d；

r_1　过滤管的内半径，m；

α　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。

7.2.7 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^{85}Kr、^{3}H；测定年龄较老的地下水，宜采用半衰期较长的同位素，如^{39}Ar、^{14}C、^{36}Cl等。

7.3 同位素采样点布设与测试

7.3.1 地下水同位素采样点布设应符合下列原则：

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布设取样点，并选用相应同位素探测方法；

2 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。控制剖面应沿地下水流向布置，垂向上不同含水层均应有样品分布。在条件复杂区、水文地质边界附近宜多投入工作量；

3 应布设相关的大气降水和地表水取样点。

7.3.2 地下水同位素采样应符合下列要求：

1 野外采集的水的环境同位素样品应采用正确的方法，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；

2 采样容器宜选用小口玻璃瓶，对^{2}H和^{18}O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；

3 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；

4 降水(雨和雪)样采集：用雨量计按周或月采集水样时，应在采样瓶中加入少许矿物油(油膜厚度最少2mm)，使油浮在降水样的上部以防止水样蒸发。采集雪样时，应把密封的雪样放在环境温度下让雪样自然融化，然后装瓶。同时，应记录降水量，以便

计算同位素成份的加权平均值；

5 地表水样的采集：湖水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，应在其完全混合后的河段采取；

6 包气带水样采集：土壤中的水分可通过真空抽吸、微蒸馏（仅适用于氢）、沸腾蒸馏、压榨法和离心法等方法采取；

7 地下水样采集：在不常抽水的井（孔）中，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 PH 值等达到稳定状态方可取样。应注意抽水形成降落漏斗时会接受其它水源（如傍河水井）的补给，从而污染水样；

8 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。

7.4 同位素探测成果资料

7.4.1 同位素探测资料分析整理过程中，应结合勘察区地质、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。

7.4.2 同位素探测成果的编制应符合下列规定：

1 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）；

2 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；

3 同位素探测成果图件应包括工作布置图、成果图等，图件

可以是曲线图、等值线图或图像，图件比例尺宜与水文地质勘察成果的比例尺一致。工作布置图应包含同位素采样点位置图；成果图应包括同位素相关关系图、含水系统同位素等值线平面图等。

8 水文地质试验

8.1 一般规定

8.1.1 水文地质试验的目的是采用钻孔抽水、压水、注水、试坑渗水、连通试验等现场测试工作来了解岩土层的渗透性、含水层状态、裂隙的贯通性，获取岩土层水文地质参数。

8.1.2 建设工程的水文地质试验工作，应根据建设场地所处的水文地质条件，选用合适的试验方法来获取相关水文地质参数，对于多层含水层应能独立给出每层的参数。

8.1.3 对多层地下水采取分层独立试验的，应对每层的止水效果进行检查。

8.1.4 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。

8.1.5 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。

8.2 抽水试验

8.2.1 抽水试验包括稳定流抽水试验和非稳定流抽水试验。非稳定流抽水试验包括保持水量恒定而调节水位随时间变化的试验和保持水位恒定而调节水量随时间变化的试验。抽水试验孔应布置在能反映场地水文地质特征的部位，钻孔孔深应达到工程设计的建基面高程以下，抽水孔孔径应能满足抽水设备的安装，并大于抽水设备外径 1～2 倍，不宜小于 110mm。

8.2.2 稳定流抽水试验应符合下列要求：

1 抽水试验前应对抽水孔及观测孔进行静止水位观测，试验过程中保持降深和出水量稳定，停抽后需观测恢复水位；

2 一般情况下宜进行3次降深试验。简易抽水试验可简化为1～2次。当出现下列情况时，可只作一次降深：

1）单位涌水量小于0.01L/s·m；

2）钻孔涌水量大，水位降深小于1m。

3 单孔抽水最小降深不宜小于0.5m；多孔抽水的抽水孔最小降深，应以最远或次远观测孔的降深不小于0.1m或任一相邻观测孔的降深差值不小于0.2m为准；

4 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。若工程设计所需地下水降深大于上述标准时，应分别独立研究。

8.2.3 水量恒定非稳定流抽水试验应符合下列要求：

1 试验中应控制抽水孔出水量，使之保持常量。

2 试验延续时间应根据降深与时间($S-\lg t$)关系曲线确定，并应符合下列要求：

1）当$S-\lg t$关系曲线呈直线状，其水平投影在$\lg t$轴上的数值不少于两个对数周期；

2）当$S-\lg t$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。

3 抽水孔与观测孔必须同步观测；

4 抽水试验结束后，应观测恢复水位。

8.2.4 水位恒定的非稳定流抽水试验应符合下列要求：

1 试验中应控制抽水孔的动水位，使其保持稳定；

2 及时绘制($Q-\lg t$)关系曲线，试验延续时间要求可参照水量恒定时的$S-\lg t$曲线标准；

3 抽水试验结束后，应观测恢复水位。

8.2.5 试验现场记录应符合下列要求：

1 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；

2 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$Q-\triangle h^2$关系曲线；对非稳定流抽水试验，主要应绘制$S-\lg t$或$\lg S-\lg t$关系曲线，若为多孔抽水，还应绘制，$S-\lg r$、$S-\lg t/r^2$关系曲线。

8.3 压水试验

8.3.1 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。

8.3.2 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。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。

8.3.3 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。

8.3.4 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。

8.3.5 压水试验钻孔的孔径宜为 75mm～150mm，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。

8.3.6 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。

8.3.7 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。

8.3.8 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 1～2min 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。将试段压力调整到新的预定值重复上述试验过程直到完成该试段的试验。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。

8.3.9 在试验过程中应对附近受影响的露头、井、硐、孔、泉等进行观测。

8.3.10 试验现场记录应符合下列要求：

1 压水试验设备安装及检查记录宜符合附录 F 的要求；

2 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。

8.4 注水试验

8.4.1 注水试验一般可采用钻孔法，包括钻孔常水头注水试验和钻孔降水头注水试验。钻孔常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。

8.4.2 钻孔常水头注水试验应符合下列要求：

1 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；

2 在进行注水试验前应进行地下水位观测，水位观测间隔为当连续 2 次观测数据变幅小于 10cm 时水位观测即可结束，用最后一次观测值作为地下水位计算值；

3 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；

4 试段隔离后应向套管内注入清水使套管中水位高出地下水位一定高度或至孔口并保持固定不变，用流量计或量桶量测注入流量，注水试验应进行 3 次水位升高，水位间隔可按 2m，不宜小于 1m；

5 量测应符合下列规定：

1）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）当连续 2 次量测的注入流量之差小于最后一次注入流量的 10％时试验即可结束，取最后一次注入流量作

为计算值；

3）当试段漏水量大于供水能力时应记录最大供水量；

4）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；

5）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。

8.4.3 钻孔降水头注水试验应符合下列要求：

1 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；

2 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；

3 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。当水头比与时间关系不呈直线时应进行检查并重新试验；

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。

8.5 渗水试验

8.5.1 渗水试验包括试坑法、单环法和双环法，适用于地下水位以上的粉土层和粘性土层。

8.5.2 试坑法应符合下列要求：

1 向挖好的试坑内注水前，在坑底铺设约2cm厚5mm～

10mm 直径的砾石滤水层；

2 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；

3 注水稳定时间宜为 4h～6h。

8.5.3 单环法应符合下列要求：

1 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；

2 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；

3 试验一直进行到渗入水量 Q 固定不变时为止。还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。

8.5.4 双环法应符合下列要求：

1 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 5～10mm 直径的砾石滤水层；

2 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；

3 根据内环所取得的资料计算岩土层的渗透系数参见附录 P.0.12。

8.5.5 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。

8.5.6 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。

8.6 连通试验

8.6.1 连通试验可用于测试岩溶地下水的下列内容：

1 补给范围、补给速度、补给量与相邻地下水系的关系；

2 径流特征，地下水流向、流速、流量；

3 与地表水的转化、补给等关系；

4 配合抽水试验等确定水文地质参数；

5 为工程目的查明渗漏途径、渗漏量及洞穴规模、延伸方向。

8.6.2 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。

8.6.3 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。

8.6.4 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。

9 地下水和地表水动态监测

9.1 一般规定

9.1.1 开展工作前应获取监测任务书，了解监测内容及目的，搜集工程地质、水文地质、气象、水文等资料。

9.1.2 地下水和地表水动态监测应编制监测计划书。

9.1.3 监测计划书应包括监测依据、工程概况、气象水文、工程地质水文地质条件、监测目的、监测内容、监测方法、监测工具(设备)及精度要求、监测点(网)布置、监测频次、监测周期、监测预警、提交成果等内容。

9.1.4 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。

9.1.5 应根据监测目的，及时分析、处理监测数据，必要时调整监测方案，做到动态管理、信息化监测。

9.1.6 采用的监测方法、监测设备应与监测目的、场地工程地质水文地质条件、环境条件相适应。

9.1.7 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。

9.1.8 应根据监测项目、监测目的、监测方法、工程地质水文地质条件、气象、环境条件及对环境的影响程度等合理确定监测频次，一般不少于一周一次，在气象、环境变化及监测数据明显变化时宜加密监测频次。

9.1.9 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。

9.1.10 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。

9.2 监测点的布设

9.2.1 当场地地形地貌、工程地质、水文地质条件较复杂时,应结合监测项目和目的进行监测分区,不同区域确定不同的监测点布设原则。

9.2.2 监测网布设应符合下列要求:

1 平面上点、线、面结合,垂向上层次分明,分层观测,并尽量做到一点多用;

2 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;

3 尽量选用符合条件的已有井、孔;

4 应避免在同一地点重复布设目的相同的监测点。

9.3 监测方法

9.3.1 监测方法可分为人工、自动和调查三种方式。

9.3.2 人工监测应符合下列要求:

1 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、擦式;

2 原始记录资料不得毁坏和丢失,应按要求及时整理归档。

9.3.3 自动监测应符合下列要求:

1 定时进行监测点运行状态的监控,对于出现故障的监测点及时进行维护;

2 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。

9.3.4 调查应符合下列要求:

1　调查可采用访问和巡查的方式进行；

2　应做好调查记录，标注调查位置；

3　地表水（河流、水库、堰塘等）调查的主要内容为洪水位、枯水位、流量（容量）、水质、水温、渗漏等；

4　地下水露头点调查的主要内容为类型、成因、地层剖面、补给条件、水量、水温、水质、沉淀物等，以及其动态变化情况。

9.3.5　每一次监测结果应与前一次进行对照，发现异常应分析原因，并对监测工具、设备进行检查，同时进行复测，在备注栏内做出说明。

9.3.6　监测设备应准确、耐用，对其应定期进行检查校正。精度不符合标准的，应及时更换。

9.4　监测项目及要求

9.4.1　水位监测及要求应符合下列规定：

1　水位监测应以“m”为单位，监测精度为厘米，单次监测允许误差为±2cm；

2　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；

3　人工监测每次测量结果应当场核查，发现异常应及时补测；

4　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；

5　监测原始记录宜符合附录L的要求；

6　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。

9.4.2　水量监测及要求应符合下列规定：

1 水量监测精度要求：地表水 0.05m^3/s，地下水 0.1L/s；

2 水量监测包括井流量、孔流量、泉流量监测；

3 人工监测可采用水表法、水泵出水量统计法、堰槽法；

4 泉流量监测可采用堰槽法、流速仪法；

5 泉流量监测记录宜符合附录 M 的要求。

9.4.3 水温监测及要求应符合下列规定：

1 监测水温的工具，最小分度值不应小于 0.1℃，允许误差的绝对值不得超过 0.1℃；

2 地热异常区水温监测宜采用自动监测方式；

3 人工监测水温应符合下列规定：

1）水温测具应放置在水面以下 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；

2）每一次水温观测应测量两次，两次测量结果之差不应大于 0.5℃，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。

4 人工监测水温记录宜符合附录 N 的要求；

5 水温测具应每年检定一次，检定测具的允许误差绝对值不得超过 0.1℃。

9.4.4 水质监测及要求应符合下列规定：

1 采样应符合《水质采样技术指导》GB12998 和《水质采样样品的保存和管理技术规定》GB12999 的相关规定；

2 从停止取水超过 3 个月的井、孔等静止地下水水中采集水样时，采样前应进行抽水，抽水量应不小于井、孔等内储水量的 3 倍；

3 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；

4 监测频次应根据监测目的、项目和环境等综合确定。

9.4.5 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。

9.4.6 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。

9.4.7 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。

9.5 成果资料

9.5.1 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。

9.5.2 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。

9.5.3 编制监测报告宜包括下列内容：

1 任务依据；

2 工程概况；

3 执行标准、规范；

4 监测目的、内容、方法、精度、监测点布置、监测工具、设备及校验、标定情况等；

5 监测工作及质量评述；

6 监测成果分析、评价；

7 存在问题及建议。

9.5.4 水文地质监测报告宜包括下列图表：

1 监测点(网)平面布置图；

2 监测项目与时间关系曲线图；

3 其他图件；

4 各监测项目记录表。

10 水文地质参数

10.1 一般规定

10.1.1 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。

10.1.2 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。

10.1.3 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。

10.2 渗透系数

10.2.1 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 P.0.1 选用。

10.2.2 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 $s\sim lgr$ 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 P.0.2 选用。

10.2.3 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。

10.2.4 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 P.0.3 选用。

10.2.5 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本

标准附录 P.0.4 选用。

10.2.6 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 P.0.5 选用。

10.2.7 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 P.0.6 选用。

10.2.8 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 P.0.7 选用。

10.2.9 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 P.0.8 选用。

10.2.10 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 P.0.9 选用。

10.2.11 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 P.0.10 选用。

10.2.12 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 P.0.11 选用。

10.2.13 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 P.0.12 选用。

10.2.14 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，参考表 10.2.14 经验值近似确定。

表 10.2.14 渗透系数经验值

岩性	渗透系数 K/(m·d⁻¹)	岩性	渗透系数 K/(m·d⁻¹)
黏土	0.09×10^{-2}～0.05	卵石	50.00～200.00
粉质黏土	0.08×10^{-1}～0.05	块石	30.00～150.00
粉土质砂	0.08～0.50	砂岩	0.08～1.20

续表 10.2.14

岩性	渗透系数 K/(m·d⁻¹)	岩性	渗透系数 K/(m·d⁻¹)
粉砂	0.50～1.00	泥岩	$0.01\sim0.02\times10^{-1}$
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	$0.03\times10^{-4}\sim0.50$
砾砂	10.00～50.00	变质岩	$0.03\times10^{-4}\sim1.04$

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。

10.3 降雨入渗系数

10.3.1 本标准针对重庆多山区地形的特点，测定建设工程场区的降雨入渗系数可按本标准附录 P.1.1 选用。

10.3.2 实际工作中，除可采用上述推荐公式外，也可采用经验类比法或其它合理公式求取降雨入渗系数。

10.3.3 当水文地质条件简单，缺少试验资料时，不同区域不同岩性降雨入渗系数可根据地层渗透性、地形汇水条件参考表 10.3.3 经验值近似确定。

表 10.3.3　降雨入渗系数经验值

岩类		地域		
		渝西	渝东北	渝东南
碳酸盐岩	汇流区	0.50～0.70	0.50～0.80	0.50～0.80
	非汇流区	0.30～0.40	0.36～0.47	0.30～0.60
碳酸盐岩夹碎屑岩		0.10～0.20	0.15～0.30	0.25～0.30
碎屑岩夹碳酸盐岩		0.05～0.20	0.05～0.25	0.05～0.20
碎屑岩		0.04～0.06	0.10～0.15	0.10～0.150
泥页岩		0.05×10^{-1}～0.08×10^{-1}	0.05×10^{-1}～0.10	0.05×10^{-1}～0.02

注：1　渝东渝西的界定以雷口坡组/巴东组、飞仙关组/大冶组相变带为界；

2　碳酸盐岩中，厚层石灰岩取较大值，泥质、白云质灰岩取较小值；

3　碎屑岩夹碳酸盐岩岩类，视夹碳酸盐岩的多少取值，夹碳酸盐岩多取较大值，反之取较小值；

4　碎屑岩类须家河组砂岩取较大值，其它砂岩取较小值；

5　泥页岩类以含钙质砂质成份多少判定，钙质砂质泥页岩取较大值，单纯泥质岩取较小值，粉砂质泥岩界于两者之间；

6　变质岩、岩浆岩的取值可参考碎屑岩的经验值进行选取。

10.4　地下径流模数

10.4.1　岩溶地区地下径流模数计算可按本标准附录 P.2.1 选用。

10.4.2　碎屑岩地区地下径流模数计算可按本标准附录 P.2.2 选用。

10.4.3　水文地质条件简单，缺少试验资料时，各主要地层的地下径流模数可根据地层渗透性、地下水动态变化参考表 10.4.3 经验值近似确定。

表 10.4.3　地下径流模数经验值

地层		地下径流模数 M/(L/s·km²)
震旦系(Z)		0.80～2.50
寒武系、奥陶系(∈、O)	碳酸盐岩(岩溶强烈发育)	5.00～22.00
	碳酸盐岩(岩溶中等发育)	2.04～7.08
	碳酸盐岩(岩溶不发育)	0.08～4.99
志留系(S)		0.01～0.20
二叠系下统(P_1)		0.48～5.78
二叠系上统(P_2)		2.14～27.40
飞仙关组(T_1f)	碳酸盐岩	5.30～26.30
	非碳酸盐岩	0.10～2.00
嘉陵江组＋雷口坡组(T_1j+T_2l)	槽丘为主地段	13.00～15.00
	槽洼为主地段	3.00～4.00
	组合分布地段	8.00～10.00
须家河组(T_3xj)		2.20～4.43
自流井组($J_{1\ 2}z$)		0.20
下沙溪庙组(J_2xs)		0.04
上沙溪庙组(J_2s)		0.20
遂宁组(J_2sn)		0.10
蓬莱镇组(J_3p)		0.10

10.5　抽水试验影响半径

10.5.1　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 P.3.1 选用。

10.5.2　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。

11 建设工程水文地质评价

11.0.1 应说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。

11.0.2 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。

11.0.3 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。

11.0.4 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。

1 对地下水位以下的工程结构，应评价地下水对混凝土、金属材料的腐蚀性；

2 当建(构)筑物基础位于含水层中或下卧地层中存在承压水时，应预测地下水对基础的影响并提出相应的工程措施建议，并对抗浮设计水位取值提出建议；

3 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；

4 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；对粘性土和节理不发育～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。

5 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。

6 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。

11.0.5 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。

1 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；

2 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；

3 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；

4 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；

5 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；

11.0.6 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。

11.0.7 隧道涌水量应按附录 V 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。

12 水文地质勘察成果

12.0.1 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。

12.0.2 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。

12.0.3 报告正文宜包括下列内容：

1 工程概况、勘察目的和任务、勘察范围、勘察方法介绍、完成工作量、以往水文地质工作的程度及地下水开发利用的现状；

2 气象和水文、地形和地貌、地层和地质构造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；

3 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；

4 地球物理勘探资料分析与利用；

5 水文地质测试成果资料整理分析和水文地质参数选定；

6 水文地质条件概化与水文地质模型、数学模型的建立；

7 水文地质条件与不良地质作用的关系；

8 场地水文地质条件对拟建工程的影响类型及作用机制；

9 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、预测；

10 基于场地水文地质条件对拟建工程场地建设适宜性作出结论；

11 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建议；

12 对施工阶段、运营阶段的水文地质监测工作的合理化

建议。

12.0.4 主要图表宜包含下列内容，其中常用图例宜符合附录 W 的规定：

1 拟建工程平面布置图及水文地质勘探点平面布置图；

2 水文地质总平面图及其剖面图；

3 水文地质单元分区图；

4 水文地质测试成果图；

5 勘探孔柱状图；

6 水质分析成果表；

7 水文地质测试成果汇总统计表；

8 水文地质参数建议值一览表。

12.0.5 主要附件宜包含下列内容：

1 地球物理勘探报告；

2 同位素探测报告；

3 室内试验（检测）报告；

4 地表水体、地下水露头调查表。

附录 A　水文地质调查点系列表

表 A.1　泉点调查表

项目名称：

<table>
<tr><td>统一编号</td><td></td><td>野外编号</td><td></td><td>底图比例尺</td><td></td><td>底图图名</td><td></td></tr>
<tr><td>位置</td><td colspan="3"></td><td>坐标</td><td colspan="3">X：　　Y：　　Z：</td></tr>
<tr><td colspan="8">地质时代及岩性描述：</td></tr>
<tr><td colspan="8">构造描述(褶曲、裂隙名称、性质、规模、力学分析、所处部位及裂隙发育状况)</td></tr>
<tr><td colspan="8">地形、地貌特征：</td></tr>
<tr><td>泉的类型</td><td></td><td>流量</td><td colspan="2">升/秒</td><td>测流方法</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">泉水动态：</td><td colspan="4" rowspan="5">平、剖面示意图</td></tr>
<tr><td colspan="4">利用情况：</td></tr>
<tr><td rowspan="3">物理性质</td><td>水温</td><td></td><td>气温</td><td></td></tr>
<tr><td>颜色</td><td></td><td>嗅味</td><td></td></tr>
<tr><td>口味</td><td></td><td>透明度</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">水样种类及编号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">照片：</td><td colspan="3" rowspan="3">其他：</td></tr>
<tr><td colspan="5">照片编号：</td></tr>
<tr><td colspan="5">拍照内容说明：</td></tr>
</table>

记录：　　复核：　　年　月　日　　天气：

表 A.2　水井调查表

<table>
<tr><td colspan="2">调查点统一编号</td><td></td><td colspan="2">野外编号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>经度</td><td colspan="2">°　′　″</td><td>纬度</td><td colspan="2">°　′　″</td><td>高程(m)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">地理位置</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">图幅名称</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">井口高程(m)</td><td></td><td>井口直径(m)</td><td></td><td>井底直径(m)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">水位埋深(m)</td><td></td><td>井的类型</td><td></td><td>井深(m)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">井壁结构</td><td></td><td>井淘洗情况</td><td></td><td>开采方式</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">含水层特征</td><td>取水层位</td><td colspan="2"></td><td>地下水类型</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>含水层岩性特征</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="2">取样情况</td><td colspan="4"></td><td>开采量</td><td>m³/h</td></tr>
<tr><td rowspan="3">水体特征</td><td>水温(℃)</td><td></td><td>气温(℃)</td><td colspan="2"></td><td>味</td><td></td></tr>
<tr><td>pH</td><td colspan="4"></td><td>嗅</td><td></td></tr>
<tr><td>色</td><td colspan="4"></td><td>透明度</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">井与地表水距离(m)</td><td colspan="3"></td><td>取水设备及型号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">是否做过抽水试验</td><td colspan="3">□是　□否</td><td>成井时间</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">周围可能污染源</td><td>类型</td><td colspan="3">□污水坑　□厕所
□排污河渠　□垃圾场</td><td rowspan="2">主要用途</td><td colspan="2" rowspan="2">□生活用水□农牧业用水
□工业用水□其他</td></tr>
<tr><td>距井(m)</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">地质、地貌、含水层、剖面图(1：500～1000)</td><td colspan="5">调查点平面位置示意图(1：500～1000)</td></tr>
<tr><td colspan="2">调查单位</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">调查时间</td><td></td></tr>
<tr><td>调查人</td><td></td><td>记录人</td><td colspan="2"></td><td>审核人</td><td></td></tr>
</table>

表 A.3　地表水调查表

项目名称：

<table>
<tr><td colspan="2">统一编号</td><td></td><td>野外编号</td><td></td><td>底图比例尺</td><td></td><td>底图图名</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">位置</td><td>位置</td><td colspan="3"></td><td>气温</td><td></td><td>水温</td><td></td></tr>
<tr><td>坐标</td><td colspan="3"></td><td>河流名称</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3">调查期河面宽　　米</td><td colspan="2">水深　　米</td><td colspan="2">PH 值测定</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">流量测定</td><td colspan="3">时间（t）</td><td rowspan="2">距离（S）</td><td rowspan="2">流速（v　s/t）</td><td rowspan="2">断面积（F）</td><td rowspan="2">流量（Q）</td><td rowspan="2">平均流量</td><td rowspan="4">物理性质</td><td>颜色</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">开始</td><td colspan="2">结束</td><td>间隔</td><td>口味</td><td></td></tr>
<tr><td>时</td><td>分</td><td>时</td><td>分</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>气味</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>透明度</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">访问</td><td colspan="2">开始涨水时间</td><td></td><td colspan="2">开始退水时间</td><td colspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2">地下水类型</td></tr>
<tr><td colspan="2">洪峰到达时间</td><td></td><td colspan="2">最枯水位时间</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">洪水期河面宽度</td><td>米</td><td colspan="2">枯水期河面宽</td><td colspan="2">米</td><td colspan="2" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">洪水期水面标高</td><td>米</td><td colspan="2">枯水期水面标高</td><td colspan="2">米</td></tr>
<tr><td colspan="2">洪水期水深度</td><td>米</td><td colspan="2">枯水期河水深</td><td colspan="2">米</td></tr>
<tr><td colspan="5" rowspan="6">平面图</td><td colspan="2">距离上源长度</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">距离河口长度</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">河口主要补给源</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">沿河有无泉水出露</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">河谷形态</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">河底岩性</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5" rowspan="3">剖面图</td><td colspan="4" rowspan="2">备　注</td></tr>
<tr><td colspan="2">水样编号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">照片编号</td><td></td></tr>
</table>

记录人：　　复核：　　年　月　日　　天气：

附录 B　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；追踪地下洞穴的延深、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。
	电阻率测深法	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。

续表 B

调查方法		解决问题	应用条件与主要技术要求
直流电法	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，测量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；探测目标体横向上至少要有 2～3 根电极通过，排列长度由装置所能解释的长度确定。
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°。

续表 B

调查方法		解决问题	应用条件与主要技术要求
电磁法	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5～15m。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。
	瑞雷波法	测定覆盖层厚度，确定基岩面形态；探测隐伏地下洞穴的位置、形态。	勘探深度较小，一般探测深度10～30m。
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；井间距离与孔深比一般要求小于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-井探测有效距离小于120m；井间距离与孔深比一般要求小于1。

续表 B

调查方法		解决问题	应用条件与主要技术要求
层析成像法	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 10～50m。井间距离与孔深比一般要求小于 1。
其它方法	氡气法（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　水文测井方法的选择

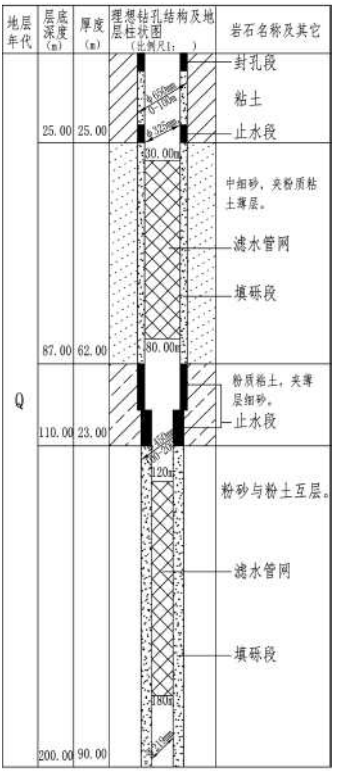
表C　水文测井方法选择一览表

测井方法	解决问题	应用条件与主要技术要求
电测井(地层视电视率及自然电位测井、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。	无金属导管、有井液;井液电阻率测井宜在电缆下放时测试。
放射性测井	测定钻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	了解钻孔内地层完整性,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,孔内无套管(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	测定钻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。	应在地下水水位稳定后进行;测量前不要扰动井液;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　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 下部 450	设计井径（mm）	上部 325 下部 219	钻机类型	S-600	动力配置	柴油发电机组



续表

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 30-80m 和 120-180m 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，0-100m 段滤水管直径为 ϕ325mm，100-200m 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 0-100m 段下入 ϕ325mm×6mm 的螺旋钢管，下部 100-200m 段下入 ϕ219mm×6mm 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，0-100m 段为 ϕ325mm×6mm，100-200m 段为 ϕ219mm×6mm，上下两段长度各为 60m，孔隙率≥25%，沉淀管采用 ϕ219mm×6mm 的螺旋钢管，长度 5m，填入直径 1-3mm 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 16 小时，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》GB50296 要求执行。

续表

钻探设计及施工方法
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。 2、钻机安装要平稳，天车、滑车、井口中心三点一线。 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 度。 4、优质泥浆钻进，粘度 18-22 秒，密度 1.05-1.10g/cm²。 5、测井采用视电阻率、电位梯度、自然电位和井斜测井法。 6、下管前要透孔、换浆。 7、上部 0-100m 段的井壁管、滤水管采用 φ325mm×6mm 的螺旋钢管；下部 100-200m 段的井壁管、滤水管采用 φ219mm×6mm 的螺旋钢管，滤水管为包网缠丝滤水管。 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。 9、下管后填入直径 1-3mm 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。 10、管外采用优质粘土球止水，管内采用橡胶止水。 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。 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 16 小时，含沙量小于 1/2 万。 13、抽水试验结束前，采集全微量、同位素水样各一组。 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。 15、检查验收：由技术负责依据设计进行最终检查验收。 16、其它按地质要求及《供水管井技术规范》GB50296 要求执行。 17、注意安全，严防三大事故发生。 18、注意环境保护，不要乱排、乱放。 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。

地质设计：　　钻探设计：　　审核：　　审定：　　年　月　日

附录 E　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：

孔号		试段编号		出水试段	
孔号		试段编号		出水试段	
钻孔坐标 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：　　校核：

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/m^3)	出水量 (m^3/s)	

记录：　　校核：

表 E.3　观测孔记录表

工程名称：

观测孔孔号：　　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）	

记录：　　校核：

附录 F　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：

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)		送水管直径(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(MPa)	流量(L/s)

记录：　　校核：

附录 G　注水试验记录要求

表 G.1　钻孔常水头注水试验记录表

工程名称：　　试验日期：

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)	
试验段钻孔直径(mm)		试验段长度(m)			

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(L)	单位注入量(L/min)	备注

记录：　　校核：

表 G.2　钻孔降水头注水试验记录表

工程名称：　　试验日期：

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)	
试验段钻孔直径(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)	管内水位距孔口距离(cm)	试验水头 H(cm)	水头比(H/H_0)	备注

记录：　　校核：

附录 H　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：

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)		单位流量(L/min)	备注

记录：　　校核：

表 H.2　试坑单环渗水试验记录表

工程名称：　　试验日期：

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)		单位流量(L/min)	备注

记录：　　校核：

表 H.3　试坑双环渗水试验记录表

工程名称：　　试验日期：

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

记录：　　校核：

附录J　连通试验常用方法

表J　连通试验常用方法一览表

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转化补排关系	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联通情况	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，了解溶洞的连贯情况，判断地下水系的连通情况。

附录 K　连通试验记录要求

表 K　连通试验记录表

工程名称：　　试验日期：

试验投人点编号		试验投人点坐标 x		试验投人点坐标 y		
试验投人点地面标高(m)		接收设备名称		指示剂名称		
投人时间		投人量				
接收点编号	接收点坐标	接收时间	间隔时间	指示剂浓度读数或样品编号	接收点地下水流量	备注

记录：　　校核：

附录L　地下水位监测记录要求

表L　地下水位监测记录表

工程名称：

监测点编号		位置		地面高程（m）		井口固定点高程（m）		井深（m）	
监测点名称									
监测日期	井口固定点至地下水面距离（m）				地下埋深（m）	地下水水位（m）	备注		
	日	一次读数	二次读数	平均值					

记录：　　年　月　日　　复核：　　年　月　日

说明：1、监测数字中，“+”代表水位上升，“-”代表水位下降；

2、监测工况：对监测工程施工情况进行描述。

附录 M　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：

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)	泉流置(m^3)	累计泄流时间(小时)	过水断面面积(m^2)	流速(m/s)			泉流量(m^3)	
			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													

记录：　　年　月　日　　复核：　　年　月　日

附录 N　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：

监测点	名称		位置	乡(镇)村		高程(m)	固定点	
	类别			地理坐标	东经		地面	
	编号				北纬	井深(m)		

监测日期				地下水水温(℃)			气温	地下水埋深(m)	备注
年	月	日	时	第一次读数	第二次读数	平均值			

记录：　　年　月　日　　复核：　　年　月　日

附录 P　水文地质参数计算方法

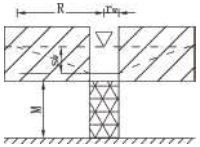
Ⅰ　渗透系数

P.0.1　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△h^2）关系曲线呈直线时：

1　承压水完整孔

$$K=\frac{Q}{2\pi s_w M}\ln\frac{R}{r_w}$$

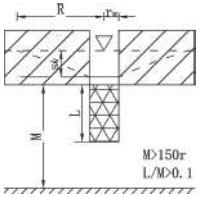


（P.0.1-1）

2　承压水完整孔

当 $M>150r_w$；L/M>0.1 时：

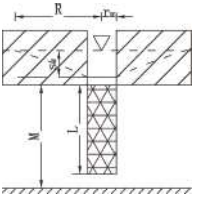
$$K=\frac{Q}{2\pi s_w M}\left(\ln\frac{R}{r_w}+\frac{M-L}{L}\ln\frac{1.12M}{\pi r_w}\right)$$



（P.0.1-2）

当过滤器位于含水层的顶部或底部时：

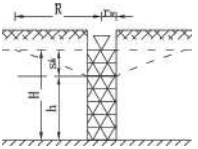
$$K=\frac{Q}{2\pi s_w M}\left[\ln\frac{R}{r_w}+\frac{M-L}{L}\ln\left(1+0.2\frac{M}{r_w}\right)\right]$$



(P.0.1-3)

3 潜水完整孔

$$K-\frac{Q}{\pi(H^2-h^2)}\ln\frac{R}{r_w}$$



(P.0.1-4)

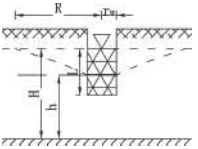
4 潜水完整孔

当 $h>150r_w$，$L/h>0.1$ 时：

$$K-\frac{Q}{\pi(H^2-h^2)}\left(\ln\frac{R}{r_w}+\frac{h-L}{L}\ln\frac{1.12h}{\pi r_w}\right) \qquad \text{(P.0.1-5)}$$

当过滤器位于含水层的顶部或底部时：

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



(P.0.1-6)

式中：K 渗透系数，m/d；

Q 出水量，m^3/d；

s_w 水位降深，m；

M 承压水含水层厚度，m；

R 影响半径，m；

r_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；

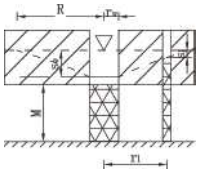
h　潜水含水层在抽水试验时的厚度，m；

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，m。

P. 0. 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 $s\sim lgr$ 关系曲线上能连成直线，可采用下列公式：

1　承压水完整孔有一个观测孔时：

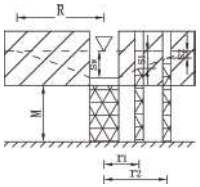
$$K=\frac{Q}{2\pi M(s_w-s_1)}\ln\frac{r_1}{r_w}$$



(P. 0. 2-1)

2　承压水完整孔有两个观测孔时：

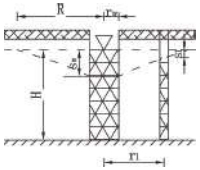
$$K=\frac{Q}{2\pi M(s_1-s_2)}\ln\frac{r_2}{r_1}$$



(P. 0. 2-2)

3　潜水完整孔有一个观测孔时：

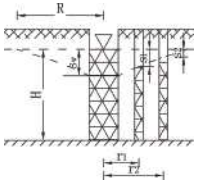
$$K=\frac{Q}{\pi(s_w-s_1)(2H-s_w-s_1)}\ln\frac{r_1}{r_w}$$



(P. 0. 2-3)

4　潜水完整孔有两个观测孔时：

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



（P.0.2-4）

式中：s_1、s_2　在 s-lgr 关系曲线的直线段上任意两点的纵坐标值，m；

s_w、r_w　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。

P.0.3　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：

1　承压水完整孔（非完整孔）：

$$K=\frac{2.3Q}{4\pi M[i]}\qquad(P.0.3\text{-}1)$$

式中：$[i]$　水位降深 s 与抽水时间 t 关系曲线 s_w-lgt 得出的斜率。

2　潜水完整孔（非完整孔）：

$$K=\frac{2.3Q}{4\pi H[i]}\qquad(P.0.3\text{-}2)$$

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

P.0.4　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）：

$$K=\frac{2.3Q}{4\pi Mm_e e^{\frac{r}{B}}}\qquad(P.0.4)$$

式中：r　观测孔至抽水孔的距离，m；

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

m_i　s_w-lgt 关系曲线上拐点处的斜率。

P.0.5　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：

$$K=\frac{Q}{2\pi Ms_wG(\lambda)} \qquad (P.0.5)$$

式中：$G(\lambda)$　定降深井函数，其数值应符合附录 R 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。

P.0.6　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：

$$K=\frac{Q}{2\pi Ms_wG\left(\lambda,\frac{r_w}{B}\right)} \qquad (P.0.6)$$

式中：$G\left(\lambda,\frac{r_w}{B}\right)$　其数值应符合附录 S 的要求。

P.0.7　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：

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 1～2 小时）计算完整孔（非完整孔）的渗透系数，可采用下列公式：

1）　承压水孔

$$K=\frac{2.3Q}{4\pi M[i]} \qquad (P.0.7\text{-}1)$$

式中：$[i]$　恢复水位的剩余降深 s_w' 与停抽时间 t 关系曲线 s_w'

$-lgt$ 得出的斜率。

2）潜水孔

$$K=\frac{2.3Q}{4\pi H[i]} \qquad \text{(P.0.7-2)}$$

式中：$[i]$　恢复水位的修正剩余降深 $s_w'(s_w'-s_w'-\frac{s_w'^2}{2H})$ 与停抽时间 t 关系曲线 $s_w'-lgt$ 得出的斜率，s_w' 为水位恢复期间剩余降深值。

2　可采用本标准公式(P.0.4)计算，式中 m_i 值应采用恢复水位的 $s_w'-\lg(1+\frac{t_K}{t_T})$ 曲线上拐点的斜率。

式中：t_K　抽水开始到停止的时间，min；

t_T　抽水停止后算起的恢复时间，min。

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：

1）承压水完整孔

$$K=\frac{Q}{4\pi Ms_w'}\ln(1+\frac{t_K}{t_T}) \qquad \text{(P.0.7-3)}$$

2）潜水完整孔

$$K=\frac{Q}{2\pi(H^2-h^2)}\ln(1+\frac{t_K}{t_T}) \qquad \text{(P.0.7-4)}$$

式中：s_w'　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　当利用观测孔资料时，应符合 $\frac{r^2S}{4KMt_K}$（或 $\frac{r^2\mu}{4Kht_K}$）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。

P.0.8　有群孔抽水试验的观测资料，可采用图解法计算渗透系数：

1　承压水孔

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi M[i]} \qquad \text{(P.0.8-1)}$$

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

r^2　观测孔至各抽水孔的距离 r_i 的平均值的平方，m^2。

2　潜水孔

$$K = \frac{2.3Q}{4\pi H[i]} \qquad \text{(P.0.8-2)}$$

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

r^2　观测孔至各抽水孔的距离 r_i 的平均值的平方，m^2。

P.0.9　同位素示踪测井资料计算渗透系数，可采用下列公式：

$$K = \frac{V_f}{I} \qquad \text{(P.0.9-1)}$$

$$V_f = \frac{\pi(r^2 - r_0^2)}{2art} \ln\frac{N_0 - N_b}{N_t - N_b} \qquad \text{(P.0.9-2)}$$

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；

a　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。

P.0.10　压水试验资料计算渗透系数，可采用下列公式：

1　当透水性较小（$q<10Lu$）、$P-Q$ 曲线为直线型（层流）时，

可按下式计算岩体渗透系数：

$$K=\frac{Q}{2\pi Hl}\ln\frac{l}{r_0} \qquad (P.0.10)$$

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　透水率的单位为吕荣，是在 1MPa 压力时每米试段的压入水流量，L/m。

2　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（P.0.10）近似地计算渗透系数。

P.0.11　注水试验资料计算渗透系数，可采用下列公式：

1　钻孔常水头注水试验

$$K=\frac{Q}{AH'} \qquad (P.0.11\text{-}1)$$

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 T 的要求。

2　钻孔降水头注水试验

1）

$$K=\frac{\pi r^2 \ln\frac{H_1}{H_2}}{A(t_2-t_1)} \qquad (P.0.11\text{-}2)$$

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。

2） 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：

$$K=\frac{r^2}{AT_0} \qquad \text{(P.0.11-3)}$$

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 $\ln H_0/H_t$—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。

P.0.12 渗水试验资料计算渗透系数，可采用下列公式：

1 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≈1，垂直渗透系数可采用下列公式：

$$K\approx V \qquad \text{(P.0.12-1)}$$

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。

2 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：

$$K=V=\frac{Q}{F} \qquad \text{(P.0.12-2)}$$

3 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：

$$K=\frac{Ql}{F(H_P+Z+l)} \qquad \text{(P.0.12-3)}$$

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)。

II 降雨入渗系数

P.1.1 测定建设工程场区的降雨入渗系数可采用下列方法：

1 基流分割法

$$\alpha = \frac{R_d}{FX_y} \tag{P.1.1-1}$$

2 枯季流量法

$$\alpha = \frac{Q}{FX_m n} \tag{P.1.1-2}$$

3 泉水流量法

$$\alpha = \frac{Q_{泉}}{Fx} \tag{P.1.1-3}$$

式中：R_d 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；

$Q_{泉}$ 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的多年平均降水量，m。

III 地下径流模数

P.2.1 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：

$$M = \frac{Q}{F} \tag{P.2.1}$$

P. 2. 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：

$$M = \frac{Q'}{F} \qquad \text{(P. 2. 2)}$$

式中：M 地下径流模数，$m^3/(d \cdot km^2)$；

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 P. 2. 1 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 P. 2. 2 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。

Ⅳ 抽水试验影响半径

P. 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采用下列公式：

1 承压水完整孔

$$\lg R = \frac{s_1 \lg r_2 - s_2 \lg r_1}{s_1 - s_2} \qquad \text{(P. 3. 1-1)}$$

2 潜水完整孔

$$\lg R = \frac{\triangle h_1^2 \lg r_2 - \triangle h_2^2 \lg r_1}{\triangle h_1^2 - \triangle h_2^2} \qquad \text{(P. 3. 1-2)}$$

式中：$\triangle h_1^2$、$\triangle h_2^2$ 在 $\triangle h^2 - \lg r$ 关系曲线的直线段上任意两点的纵坐标值，m^2。

P. 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。

1 承压水完整孔

$$\lg R - \frac{2.73KMs_w}{Q} + \lg r_w \qquad \text{(P.3.2-1)}$$

2 潜水完整孔

$$\lg R - \frac{1.366K(2H - s_w)s_w}{Q} + lgr_w \qquad \text{(P.3.2-2)}$$

附录 Q　函数 $e^{x}K_{0}(x)$ 数值查询表

表 Q　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

续表 Q

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	2.0710	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
$e^x K_0(x)$	0.6470	0.6317	0.6169	1.6025	1.5886	1.5750	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	1.3800	1.3713	1.3627	1.3543	1.3461	1.3380	1.3301	1.3223	1.3147	1.3072

续表 Q

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	1.2972	1.1916	1.1860	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 R　函数 $G(\lambda)$ 数值查询表

表 R　函数 $G(\lambda)$ 数值查询表

N \ λ	$N\times10^{-4}$	$N\times10^{-3}$	$N\times10^{-2}$	$N\times10^{-1}$	$N\times10^{-0}$	$N\times10^{1}$	$N\times10^{2}$	$N\times10^{3}$	$N\times10^{4}$	$N\times10^{5}$	$N\times10^{6}$	$N\times10^{7}$	$N\times10^{8}$	$N\times10^{9}$	$N\times10^{10}$	$N\times10^{11}$
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	0.0726
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	0.359	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 S　函数 $G(\lambda, r_w/B)$ 数值查询表

表 S　函数 $G(\lambda, r_w/B)$ 数值查询表

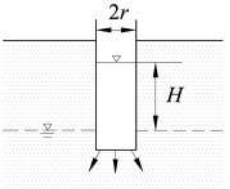
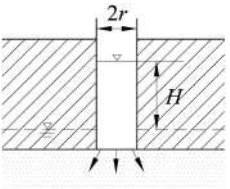
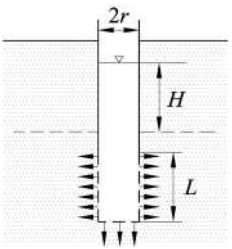
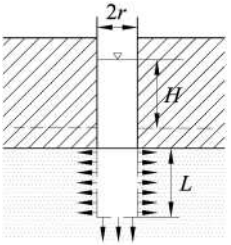
λ \ r_w/B	0	1×10^{-5}	2×10^{-5}	4×10^{-5}	6×10^{-5}	8×10^{-5}	1×10^{-4}	2×10^{-4}	4×10^{-4}	6×10^{-4}	8×10^{-4}	1×10^{-3}	2×10^{-3}	4×10^{-3}	6×10^{-3}	8×10^{-3}	1×10^{-2}
1×10^{2}	0.346	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.346
5×10^{2}	0.274	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.274	0.274	0.275	0.275	0.276
1×10^{3}	0.251	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	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	0.162	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	0.144	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	–	–	–	–	–	–	–	–

续表 S

r_w/B / λ	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}
5×10^{7}	0.108	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1×10^{8}	0.104	–	0.1040	0.1040	0.105	0.106	0.108	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
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^{10}	0.0764	0.0860	0.0914	0.0976	0.102	0.105	0.107	0.116	0.126	0.133	0.138	0.142	0.158	0.177	0.191	0.202	0.212

附录 T　钻孔注水试验形状系数 A 的取值规定

表 T　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，钻孔套管下至孔底，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		$A=\frac{2\pi l}{\ln\frac{ml}{r}}$	$\frac{1}{r}>8,m=\sqrt{\frac{k_h}{k_v}}$。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
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		$A=\frac{2\pi l}{\ln\frac{2ml}{r}}$	

附录 U　含水层富水性分级

U.0.1　含水层的富水性应按钻孔单位涌水量(q)，划分为以下4级：

1　弱富水性：$q \leqslant 0.1$ L/(s·m)

2　中等富水性：0.1 L/(s·m)$< q \leqslant$ 1.0 L/(s·m)

3　强富水性：1.0 L/(s·m)$< q \leqslant$ 5.0 L/(s·m)

4　极强富水性：$q >$ 5.0 L/(s·m)

U.0.2　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。

$$Q_{91} = Q_{孔}\left(\frac{\lg R_{孔} - \lg r_{孔}}{\lg R_{91} - \lg r_{91}}\right) \qquad (U.0.2)$$

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

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

附录 V　隧道涌水量计算

V.1　简易水均衡法

V.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：

1　地下径流深度法

$$Q_s = 2.74h \cdot A \qquad (V.1.1\text{-}1)$$

$$h = W - H - E - SS \qquad (V.1.1\text{-}2)$$

$$A = L \cdot B \qquad (V.1.1\text{-}3)$$

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。

2　地下径流模数法

$$Q = M \cdot A \qquad (V.1.1\text{-}4)$$

$$M = Q'/F \qquad (V.1.1\text{-}5)$$

式中：M　地下径流模数，$m^3/(d) \cdot km^2$；

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；

V.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：

$$Q_s = 2.74\alpha \cdot W \cdot A \qquad (V.1.2)$$

式中：α 降水入渗系数。

V.2 地下水动力学法

V.2.1 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：

1 古德曼经验式

$$Q_0 = L \cdot \frac{2\pi \cdot K \cdot H}{ln\frac{4H}{d}} \qquad (V.2.1\text{-}1)$$

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。

2 佐藤邦明非稳定流式

$$q_0 = \frac{2\pi \cdot m \cdot K \cdot h_2 q}{ln\left[\tan\frac{\pi(2h_2 - r_0)}{4h_c}\cot\frac{\pi \cdot r_0}{4h_c}\right]} \qquad (V.2.1\text{-}2)$$

式中：q_0 隧道通过含水体地段的单位长度最大涌水量，$m^3/(s \cdot m)$；

m 换算系数，一般取 0.86；

K 含水体渗透系数，m/d；

h_2 静止水位至洞身横断面等价圆中心的距离，m；

r_0 洞身横断面等价圆半径，m；

h_c 含水体厚度，m。

V.2.2 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：

1 裘布依理论式

$$Q_s = L \cdot K \frac{H^2 - h^2}{R_y - r} \qquad (V.2.2\text{-}1)$$

式中：Q_S　隧道正常涌水量，m^3/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。

2　佐藤邦明经验公式

$$q_s = q_0 - 0.584\varepsilon \cdot K \cdot r_0 \qquad (V.2.2\text{-}2)$$

式中：q_s　隧道单位长度正常涌水量，$m^3/(s \cdot m)$；

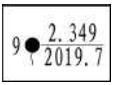
ε　试验系数，一般取 12.8；

r_0　洞身横断面等价圆半径，m。

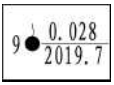
附录 W　常用图例

W.1　平面图图例

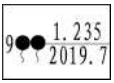
W.1.1　控制性水点(泉)图例



下降泉　编号 流量(升/秒) / 调查日期



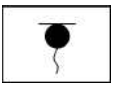
上升泉　编号 流量(升/秒) / 调查日期



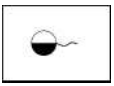
泉群　编号 流量(升/秒) / 调查日期



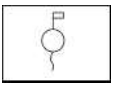
季节泉



悬挂泉

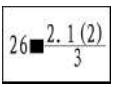


水下泉

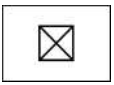


地下水动态长期观测泉

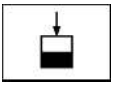
W.1.2　控制性水点(井、坑)图例



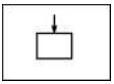
民井　编号 流量(升/秒)降深(米) / 水位深度(米)



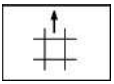
干井



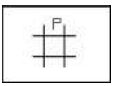
人工补给渗坑



渗水试坑

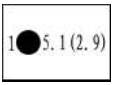


水井抽水试验

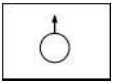


地下水动态长期观测井

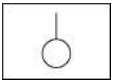
W.1.3 水文地质钻孔图例



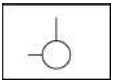
左侧为钻孔编号、右侧流量(降深)



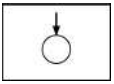
抽、提水试验钻孔



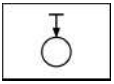
单孔抽水试验



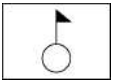
多孔抽水试验



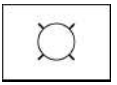
钻孔注水试验



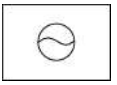
压水实验钻孔



长期观测孔



取水样钻孔

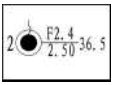


波速测试钻孔

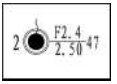
W.1.4 温泉、热井、其他图例



温水孔



温泉　编号$\frac{\text{微量元素含量}}{\text{流量(升/秒)}}$温度℃



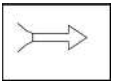
热泉　编号$\frac{\text{微量元素含量}}{\text{流量(升/秒)}}$温度℃



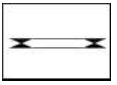
隧道温泉



煤洞温泉



地下水流向

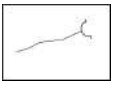


采矿平硐及隧道

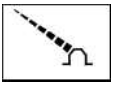
W.1.5 岩溶水文地质图例



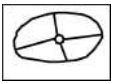
溶洞



伏流



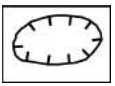
暗河



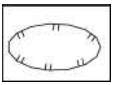
漏斗



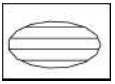
落水洞



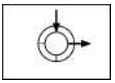
溶蚀洼地



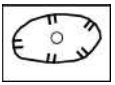
岩溶盆地



岩溶湖



连道实验

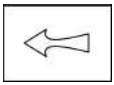
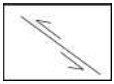
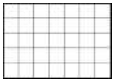
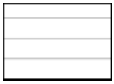


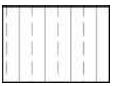
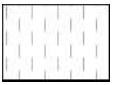
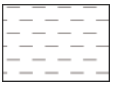
地面塌陷

W.2 剖面图图例

表 W.2 水文地质勘察剖面图图例

图例	说明	备注
SK1 266.75 86.46 147.42	钻孔(数字由下至下依次为钻孔编号、孔口高程、分层深度、钻孔深度)	
15.8(251.48)	地下水位及高程(米)	

图例	说明	备注
	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≤q(透水率)<1
	弱透水层	适用于岩体,1≤q(透水率)<10
	中等透水层	适用于岩体,10≤q(透水率)<100
	强透水层(极强透水层)	适用于岩体,100≤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)≤K<10^{-5}(cm/s)
	弱透水层	适用于土体,10^{-5}(cm/s)≤K<10^{-4}(cm/s)
	中等透水层	适用于土体,10^{-4}(cm/s)≤K<10^{-2}(cm/s)

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

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

1 《供水水文地质勘察规范》GB 50027
2 《岩土工程勘察规范》GB 50021
3 《水质采样技术指导》GB 12998
4 《水质采样样品的保存和管理技术规定》GB 12999
5 《铁路工程水文地质勘察规范》TB 10049
6 《城市供水水文地质勘察规范》CJJ 16
7 《城市地下水动态观测规程》CJJT 76
8 《市政工程勘察规范》CJJ 56
9 《供水水文地质勘察遥感技术规程》CECS 34
10 《水文地质工程地质物探规程》DLJ 206
11 《工程地质勘察规范》DBJ 50/T043
12 《市政工程地质勘察规范》DBJ 50174

重庆市工程建设标准

建设工程水文地质勘察标准

DBJ50/T-327-2019

条文说明

2019 重 庆

目　次

1　总则 …… 117
3　基本规定 …… 119
3.1　一般规定 …… 119
3.2　水文地质勘察类型划分 …… 119
3.3　一般水文地质勘察 …… 120
3.4　专项水文地质勘察 …… 120
4　水文地质测绘 …… 121
4.1　一般规定 …… 121
4.2　水文地质测绘内容和要求 …… 122
4.3　水文地质遥感解译 …… 122
5　水文地质物探 …… 124
5.1　一般规定 …… 124
5.2　物探方法选择 …… 125
5.3　物探工作布置 …… 127
5.4　水文地质物探成果资料 …… 129
6　水文地质钻探 …… 130
6.1　一般规定 …… 130
6.2　水文地质钻孔类型与结构 …… 130
6.4　水文地质钻孔施工 …… 131
6.5　抽水孔成井工艺 …… 131
6.6　止水和封闭 …… 135
6.7　洗井 …… 136
7　地下水同位素探测 …… 138
7.1　一般规定 …… 138
7.2　同位素方法选择 …… 138

7.3 同位素采样点布设与测试 …… 144
7.4 同位素探测成果资料 …… 146
8 水文地质试验 …… 147
8.1 一般规定 …… 147
8.2 抽水试验 …… 148
8.3 压水试验 …… 149
8.4 注水试验 …… 151
8.5 渗水试验 …… 151
8.6 连通试验 …… 152
9 地下水和地表水动态监测 …… 154
9.2 监测点的布设 …… 154
9.4 监测项目及要求 …… 154
10 水文地质参数 …… 155
10.2 渗透系数 …… 155
10.5 抽水试验影响半径 …… 155
11 建设工程水文地质评价 …… 157

1 总 则

1.0.1 重庆是一个典型的丘陵山区城市，地质环境条件比较复杂，工程建设中涉及的水文地质和环境工程问题较突出且具多样性，在我市从事建设工程勘察和设计的单位众多，经过多年的工程建设实践，积累了较为丰富的建设工程经验。为促进我市建设工程勘察行业发展，规范建设工程水文地质勘察的行为和标准，提高建设工程水文地质勘察的技术水平，以适应我市城市建设的需要，在建设工程勘察过程中，贯彻执行国家和我市的相关技术标准，力求做到技术先进、经济安全、确保质量，保护环境，特制订本标准。本标准适用于重庆市建设工程项目的专项水文地质勘察工作，专项水文地质勘察宜在建设工程项目可研或初勘阶段进行，不需要进行专项水文地质勘察的建设工程水文地质工作，可参考重庆市地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T043。建设工程是指市政工程、建筑工程、城市轨道交通工程、地下建构筑工程等（不包含铁路、高铁、水力水电、交通公路等工程）。

1.0.3 建设工程水文地质勘察具有很强的针对性，查明建设工程场地水文地质条件与特征，确定水文地质参数，进行水文地质环境影响预测评价，是建设工程水文地质勘察工作的核心。除了应正确反映建设工程场地水文地质条件外，还应结合工程设计和施工条件，进行环境影响的技术分析和预测评价，提出解决建设工程水文地质问题的措施和建议，并服务于建设工程的全过程，为建设工程合理利用和保护水文地质环境，提供客观的勘察和设计依据。因此，建设工程水文地质勘察工作必须在了解拟建工程概况、充分明确设计意图、收集利用场地及周边前期的水文地质勘察成果、工程建设经验的基础上进行。工作中应按照由浅入深、先定性后定量、不断深化的辩证唯物主义认识观点，用恰当的

手段、合理的工作量来查明建设工程场地的水文地质条件和环境，有针对性地、客观地、正确地评价建设工程的水文地质条件，提出切实可行的工程方案建议和水文地质环境影响预测评价。

1.0.4 为适应我国高新技术的发展，积极提倡将成熟的新技术、新手段和新发明应用于水文地质勘察中，有利于我市建设工程水文地质勘察工作的质量、效率和水平的不断提高。

1.0.5 鉴于规范的分工和限制，本标准不可能将建设工程水文地质勘察所有的技术问题都包括进来，勘察人员在进行建设工程水文地质勘察工作时，还需遵守重庆地方、行业和国家现行规范和技术标准的规定。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 水文地质勘察工作的勘察阶段，应与工程地质勘察规范的规定一致，但专项水文地质勘察工作原则上应达到详细勘察要求。

3.1.2 由于场地地下水往往是动态变化的，要掌握场地的水文地质条件，必须对场地所处水文地质单元地下水的补、径、排特征进行详细地调查了解，在勘察期间仅靠勘探掌握水文地质特征有一定的难度，因此，必须重视资料搜集、调查测绘、试验测试、动态观测等综合手段的采用。对于可研或选址、选线阶段的水文地质勘察还应着重搜集航空、航天遥感方面的相关资料。

3.2 水文地质勘察类型划分

3.2.2 本条的“工程建设”系指建设工程的施工过程和建设工程建成后的运营维护全过程；“地下水环境”系指地下水体和地下水体变化可能危及的地表水体以及可能诱发的次生地质灾害体。

3.2.3 由于各行业水文地质条件复杂程度的划分标准不统一，为了方便工程勘察人员使用，本标准参照《铁路工程水文地质勘察规范》TB10049 的划分标准并稍作修改，将其作为本标准水文地质条件复杂程度的划分标准。

3.2.4 本条系指建设工程施工阶段，当出现特殊情况时也需要进行专项水文地质勘察。由于地下水的动态变化、复杂性及不均一性，施工中因水文地质条件掌握不清而出现安全问题的情况时有发生，因此，应重视施工阶段的地下水勘察工作。

3.3 一般水文地质勘察

3.3.4 本条规定了一般水文地质勘察工作的工作内容和基本要求。随着城市建设的高速发展，地下水对基础工程和环境的影响问题日渐突出。大量工程经验表明，地下水作用对工程建设的安全与造价产生极大影响。因此，工程勘察中要求查明与工程有关的水文地质条件，评价对工程的作用和影响，预测可能产生的岩土工程危害，为设计和施工提供必要的水文地质资料。

3.3.5 本条规定了水文地质勘探和试验孔布置的最低要求。实际工作中，水文地质勘探孔应根据工程特点及影响工程的水文地质条件复杂程度来布置，水文地质勘探孔与工程地质勘探孔可以共用，以查明水文地质条件、满足地下水评价要求为原则。

3.4 专项水文地质勘察

3.4.1 本条规定了专项水文地质勘察的工作内容。专项水文地质勘察应着重查明地下水的类型、与工程有关的含水层的分布、承压水水头、地层渗透性以及地下水与地表水的水力联系，尤其是地下水与江、河、湖水体的水力联系。由于地下水的赋存状态是随时间变化的，一般情况下勘察时间紧，只能了解勘察当时的状况，有时甚至没有足够时间进行水文地质现场试验，因此，除要求加强对长期动态规律的搜集资料和分析工作外，提出了设置长期观测孔的要求。

3.4.3 专项水文地质勘察工作原则上应达到详细勘察要求，如专项水文地质勘察是针对选址阶段或可研阶段，工作量可适当减少。

3.4.7 本条强调专项水文地质勘察必须要作相应的水文地质试验工作，同时指出水文地质试验应根据不同水文地质条件和工程目的，针对性选择不同的水文地质试验方法。

4 水文地质测绘

4.1 一般规定

4.1.1 水文地质工作涉及区域上的地质、水文地质情况，需要搜集大量的区域水文、区域地质资料。对工程与地下水环境影响程度大、水文地质条件复杂的专项水文地质勘察，区域地质亦不能完全满足工程需要，故需加大水文地质测绘，应单独进行水文地质测绘工作。而一般水文地质勘察，往往水文地质条件简单，水文地质单元清楚，与工程地质测绘同时测绘也能解决水文地质问题。

4.1.2 为了查明工程区的水文地质条件，往往需要查清地下水的补给、径流、排泄条件，而工程建设用地范围内的测绘又往往解决不了这一问题，因此，勘察范围扩大至与项目相关的一个或多个完整的水文地质单元是必要的。

4.1.3 水文地质测绘的比例尺，标志着水文地质工作的精度，随着工作的深入，工作区由大到小，工作由浅入深，精度也越来越高。对建设工程所在地，当需要查明区域上的水文地质条件时，宜采用小比例尺，重庆地区目前1∶200 000区域水文地质已全覆盖，而线状工程如隧道、公路多涉及区域水文地质，一般穿越的含水层多，水文地质条件相对较复杂，覆盖面积广，故要求线状水文地质测绘比例尺按1∶10 000～1∶50 000。对点状工程，如一般建筑物，涵盖的范围小，往往不涉及区域上的水文地质，以局部的水文地质影响为主，建议采用1∶2 000～1∶10 000；一般水文地质勘察，水文地质条件简单，采用与工程地质测绘同样精度的比例尺，亦可查明水文地质条件。测绘所用各比例尺解决的主要问题是一致的，如：地区的地层、地貌及水文地质条件的变化，以及

规律性和其互相间的因果关系，对小比例尺水文地质测绘工作重点对影响工程的各完整的水文地质单元的补径排条件及边界条件进行测绘。大比例尺涉及的水文地质单元少，重点对工程影响范围内的水文地质边界条件进行调查。

4.1.6 4.1.5～4.1.7条：水文地质观测点有的可以与工程地质观测点合用，因此观测点宜一点多用。关于每平方公里的观测点数和路线长度，应根据工程建设规模、水文地质条件复杂程度、重点研究问题和已有资料情况确定，各类工程差异很大，难用具体数字要求，原则上应与测绘比例尺相协调。

4.1.7 观测点位置的测定：1.对大比例尺主要采用仪器法，采用精密仪器：经纬仪，GPS，水准仪进行测绘；2.对中小比例尺可采用半仪器法，最简单的仪器如罗盘、气压计测量方位和高程，用计步仪和测绳量取距离。

4.2 水文地质测绘内容和要求

4.2.11 4.2.1～4.2.11条：本条规定了水文地质测绘的主要内容和要求，执行时，可根据测区的地质、水文地质条件及勘察阶段、勘察任务的要求有所侧重。水文地质测绘要重点调查研究与水文地质及水文地质环境有关的地貌、地质现象。如河谷、冲沟、阶地、岩溶及山前冲、洪积扇等地貌的调查；砂、砂砾石层等松散堆积层及碎屑岩、碳酸盐岩和风化岩可能含水地层和含水岩石调查；破碎带、裂隙密集带等具有储水空间的地质构造的调查，以及水质对工程建设的影响。

4.3 水文地质遥感解译

4.3.1 室内判译阶段主要是遥感图像资料搜集、像片质量评价和编录、设备仪器准备、制作航片镶嵌图、进行水文地质初步解译

及编写踏勘计划等，进行初步解译工作建立解译标志。野外工作阶段，进行野外水文地质调查，该阶段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。特别是影像特征的各项要素与水文地质现象有关的各项要素结合进行调查。资料整理与成图阶段：解译标志经过实地勘查修改验证后就可确定下来，然后是利用基础影像图，辅以其它水文地质资料进行全面的综合分析研究。

4.3.2 遥感影像资料可选用航空摄影像片和卫星摄影像片及热红外图像。遥感数据，以近期的为好，大比例尺效果较小比例尺好，但费用较高。根据实践经验，比例尺在 1:50 000～1:10 000 之间的一般可以满足要求。

4.3.7 4.3.3～4.3.7 条：遥感影像填图野外检验是遥感影像填图工作不可缺少的一部分，尤其是在遥感影像上难以获取的资料，如岩层和构造的产状以及钻孔、井、泉的所属含水层类型、水位、水量和水质等，有些资料在室内很难得出正确的解译成果，因此，必须到野外实地补充取得。遥感解译点数量应同野外遥感影像填图数量相适应。

5 水文地质物探

5.1 一般规定

5.1.1 地面物探与水文测井均属于地球物理勘探方法，均具有一定的推测因素，都是间接的勘探方法。之所以区别开来，是由于地面物探是一种在地表实施的勘探手段，而水文测井是一种在井下进行的测试方法。

5.1.2 地面物探业务广泛，涉及工程建设以及资源勘查中所有的勘探问题，地下水埋深问题包括地热资源勘查、地下水研究以及环境监测等，隐伏地质体的探勘包括铁路、公路、隧道、桥梁等工程项目。值得提出的是，从物探成果所得的物性界面，与地质界面一般具有对应关系，但地质界面不一定都具有明显的物性差异。

5.1.3 介质在不同物理场源的不同响应称之为物性差异，水文地质物探对象在勘测深度内与周边介质有明显的物性差异是有效开展水文地质物探的前提条件。另外，不同物探方法或同一物探方法探测深度不一致时，物探测线、测点的布置对探测场地的要求也不同。

5.1.4 原则上地面物探应于钻探工作开始之前展开，以指导勘探钻孔的合理布置。但条件允许的情况下，应布置验证钻孔对物探信息进行验证，确保物探工作的有效性。水文地质物探在解决水文地质问题时，有成功的经验，也有不理想的实例。地球物理勘探成果判断时应考虑多解性，甄别有用信息与干扰信号。必须指出的是，采用多种物探方法进行探测时，应考虑被探测体本身具备的各种可被利用的物理属性和其他条件，这是应用物探方法获得成功的基本条件，切忌盲目使用。

5.1.5 水文测井已被广泛应用并取得成功，为提高钻探取样的精度，做到一孔多用，在勘探孔中配合进行物探水文测井工作是十分有必要的。譬如采用视电阻率、自然电位、人工放射性同位素等方法综合测井，可为确定含水层深度、厚度和结构提供依据；在抽水试验过程中进行流量测井，抽水后进行扩散法测井，均可提高含水层渗透性和涌水量确定的精度。

5.1.6 物探是根据所获得的物性参数对各类地质体和目的层做出合理的解释推断，要求异常体必须有物性差异并且能被仪器记录和识别。而据物性求解场源是反演问题，一般是多解的。这要求物探必须选择适合的方法且尽可能采用多种方法，以相互对比、去伪存真。物探是为地质服务的，最终成果应转化为地质语言。因此，开展方法试验，从已知到未知、多次解释是物性解释与客观规律统一的保证。

5.2 物探方法选择

5.2.2 5.2.1～5.2.2条：不同场源的物性差异所传递的信息各有特点，因而各种地面物探方法也各有优缺点。例如：地震波对地层分层效果较好，但对流体识别相对较弱，而电磁法对低阻体敏感，分层效果却相对较弱。针对不同的勘察任务和探测目标的物性特征，采用适合、有效的物探方法，可以达到事半功倍的效果。

5.2.3 地面物探方法在水文地质勘察中已被广泛应用，从经验上看，某些物探方法在解决某些特定问题上取得了较好的效果。因此附录B列出了各物探方法所能解决的地质问题，该条依据各种方法的物理特性、装置特点、探测任务要求，规定了各方法适用的条件。使用中应注意各方法所具有的物理前题条件，并应了解探测目的体的物性条件与该方法的物理前题和数学模型的相近性。而考虑到各种物探方法的适用条件的不一致以及工区环境

的复杂性，在此只能针对探测目标的共性作出一般规定，具体情况应具体考虑。

由于近些年单一的物探方法已经无法满足生产需求，水文地质勘察也需要一套合理的、有普遍性的综合物探方法组合的选择参考。下面根据近些年的实践经验，归纳总结了常用综合物探方法选择参考表1，仅作参考。综合物探方法的组合，应从粗到细、从快速普查到细查，以达到突出物探高效经济的特点。

表1　常用综合物探方法的选择

常用综合物探方法组合	可解决的水文地质问题
激发极化法＋高密度/核磁共振/充电法＋电测井＋孔内地层成像	浅、中部地下水勘查
AMT/CSAMT＋电测井＋井温测井＋孔径、孔斜测井	深部地热资源勘查
高密度/孔间层析成像/瞬变电磁/地质雷达＋孔内地层成像/声波测井	岩溶/破碎带/软弱层勘查
高密度＋面波/充电法/地质雷达	滑坡等地质病害勘查
高密度＋面波/弹性波	第四纪覆盖层分层

5.2.4　本条规定了水文地质勘察中常用测井方法。电测井是利用地层、目的体之间的电性差异，电化学的渗透过滤和扩散吸附特性进行地质单元划分的，各种电测井因观测装置不同各有特长。放射性测井是利用岩层放射性的强度不同进行地质单元划分的。由于射线的穿透能力很强，可以穿过金属套管，井液与套管对其不起屏蔽作用。声波测井是利用地层的声速、声幅不同进行波速测试和地质单元划分。井液作为耦合剂，在探头和井壁岩体间起传递声波的作用，若没有井液，声波测井将无法进行，当钻孔中有金属套管时，会产生高速屏蔽效应而失去探测能力。

值得一提的是，孔内地层成像与其他水文测井方法不同，它以一种直观的光学成像的方式探测钻孔内地层信息，使孔内信息更直观可靠。综合测井由于多参数的相互验证和补充，增加了信

息可靠性，在勘探孔中配合进行综合测井工作是十分有必要的。

5.3 物探工作布置

5.3.2 在确定了物探方法之后需要布置物探测线，测线或者测网布置的科学与否同样决定着物探方法的有效性。布置测线前应收集地质资料，同样的测探目标，不同的物探方法，可能具有不同的测线或测网；同样的物探方法，不同的探测精度，测线或测网也不同。测线可根据地质情况的复杂程度、基岩埋深、构造破碎带的宽窄等布置成网格状、环状或十字形，同时也应该遵从由“粗到细”的普查到详查的原则。规范仅列出常用的物探方法测点间距表，为了进一步说明，表 2～6 详细列出了不同勘测精度的电、磁、重、放射性勘探测网密度参考值。

表 2 电剖面法测网密度参考值

工作方法	初勘(普查)		详勘(详查)	
	测线数	测点数/测线	测线数	测点数/测线
对称四极剖面法	1～2	3～5	3～5	5～6
联合、偶极剖面法	1～2	6～10	3～5	10～16
中间梯度法	1～2	3～5	4	5～10

表 3 电测深法测网密度参考表

比例尺	测线间距(m)	沿测线的点距(m)	测点数(点/km^2)
1∶50 000	500～2000	500～1000	1/2～4
1∶25 000	250～1000	250～500	2～6
1∶10 000	100～400	100～200	12.5～100
1∶5 000	50～200	50～200	50～400
1∶2 000	20～80	20～40	300～2500

表 4　充电法测网密度参考表

比例尺	线距(m)	点距(m)
1∶5 000	50	10～20
1∶2 000	20	5～10
1∶1 000	10	2.5～5

表 5　自然电场法测网密度参考表

比例尺	线距(m)	点距(m)
1∶25 000	250	50
1∶10 000	100	20
1∶2 000	20	10

表 6　放射性勘探测网密度参考表

类别	比例尺	线距(m)	点距(m)
踏勘	1∶100 000	1000	100～200
	1∶5 000	500	50～100
初勘	1∶25 000	250	25～50
	1∶1 000	100	10～20
详勘	1∶5 000	50	5～10
	1∶2 000	20	2～5
	1∶1 000	10	1～2

5.3.3　5.3.3 条规定宜在裸井进行测量，是因为部分测井会受到井套管的影响或屏蔽，比如声波测井。规定宜在提升电缆时正式测量是因为下放电缆时由于井液的浮力和井壁的摩擦阻碍，井下电缆不能保证拉直，这会造成测井曲线深度误差甚至出现错误。工作中，为了节省时间，通常在下放电缆时进行测试，以了解横向比例的选择是否适当，并可对提升时测井正式记录进行异常幅度的检验。但在进行温度和井液电阻率测井时，由于电缆下放会扰

动井液，如果等提升电缆时再作正式记录，会使异常幅度变小，界面不清楚，甚至发现不了异常。因此，对这两种方法应在没有扰动的情况下，即下放电缆时进行正式测井，此时应避免井下探头受阻而造成测井资料的错误。

5.4 水文地质物探成果资料

5.4.1 水文地质物探成果报告是物探工程中的最终成果。是解决水文地质、工程地质问题的依据。报告要求实事求是、内容全面、重点突出、立论有据、逻辑严谨、文字简炼、附图附表资料齐全。一个物探工程用多种物探方法进行工作时，所得资料必须进行综合研究，编写一个物探报告。

6 水文地质钻探

6.1 一般规定

6.1.2 钻探记录应逐回次记录，不得合并记录或追忆，记录的内容应真实准确和全面。

6.2 水文地质钻孔类型与结构

6.2.1 试验孔是指用于获取地质、水文地质信息，开展水文地质试验的钻孔，其应满足岩芯采取率、校正孔深、测孔斜、简易水文地质观测、原始编录、封孔等六项钻探工作指标，并作电测井校对，采取水、土(岩)样，进行单孔及分层抽水试验，了解地下水的水位、水量、水质、水温等。观测孔是指用于获取地下水动态变化信息，开展水文地质观测的钻孔，有抽水试验观测孔和长期观测孔(简称长观孔)两种，应满足水文地质孔的基本要求。

6.2.2 钻孔的孔径包括开孔直径、孔身各段直径和终孔直径；钻孔的直径应满足地层岩性鉴别、取样、水文地质试验的技术要求；抽水试验孔的直径应根据含水层的富水性、可能的出水量大小、抽水试验技术要求、选用过滤器的类型及外径、填砾厚度和提水设备的要求确定，一般抽水试验孔试验段钻孔直径不宜小于150mm。观测孔观测段孔径应满足水位观测的要求。根据水文地质钻孔的类型及井管与过滤管的规格、填砾厚度等确定终孔直径；根据终孔直径、试验段钻孔直径和水文地质条件自下而上逐级确定孔身其它各段的直径。钻孔深度宜钻穿或钻达对工程建设有意义的含水层(组)或含水构造带。钻孔(井)结构是构成钻孔柱状剖面技术要素的总称，包括井壁管、过滤管、沉淀管、滤料

及止水的位置等。

6.2.3 一径成孔的结构形式，即除孔口管外，一径到底，一道管柱的钻孔。有下井管、过滤管并填砾或不填砾及没有井管、过滤管的基岩裸孔等几种。凡下井管、过滤管并填砾孔之孔径一般应比管子直径大150mm～200mm。

6.2.4 具有两个或两个以上变径孔段的钻孔，即多次变径。通常是上部为第四纪松散层、下部为基岩或具有两个以上主要含水层的水文地质钻孔；只在第四纪地层中下井管、过滤管并填砾或不填砾；基岩除破碎带、强烈风化带或岩溶地层需下管外，一般为裸孔。

6.4 水文地质钻孔施工

6.4.2 为了鉴别地层和进行水文地质测试，水文地质钻探宜采用取芯钻进方法。

6.4.5 重庆地区一般采用普通硬质合金钻进、针状硬质合金钻进、金刚石复合片钻进、金刚石钻进等方法。

6.4.12 水文地质钻探孔的成孔质量应符合下列要求：

1 孔身各段直径达到设计要求；

2 孔身每100m深度内其孔斜度不大于1.5°，且钻孔的孔斜应满足选用抽水设备和水位观测仪器的工艺要求；

3 孔深误差不大于2‰；

4 洗孔结束前的出水含砂量不大于1/20000。

6.5 抽水孔成井工艺

6.5.2 井壁管类型的选择可参考表7确定：

表 7　井壁管类型选择

井管类型	井管特性	适用条件	
		孔深	水质
铸铁井管	抗压、抗侧压强度较高，耐冲击、抗拉强度较低，有一定防腐蚀性能	浅孔、中深孔	适于一般水质的水井中使用
钢质井管	抗拉、抗压、抗侧压抗弯强度高，有一定的抗腐蚀性能，成本较高	中深孔、深孔	
玻璃钢井管	耐腐蚀性能良好，质量轻，有较高的强度，但成本较高	中深孔、深孔	适于一般水质的水井中和腐蚀性较大的水井中
聚氯乙烯井管	耐腐蚀性能良好，质量轻，价格低，强度较低	浅孔、中深孔	
水泥井管	价格低，强度较低		

6.5.3　常用抽水孔过滤器的类型见表 8。

表 8　抽水孔过滤器的类型选择

含水层	抽水孔过滤器类型
具有裂隙、溶洞（其中有大量充填物）的基岩	骨架过滤器、缠丝过滤器或填砾过滤器
卵（碎）石、圆（角）砾	缠丝过滤器或填砾过滤器
粗砂、中砂	缠丝过滤器或填砾过滤器
细砂、粉砂	填砾过滤器或包网过滤器

注：基岩含水层，当裂隙、溶洞（其中很少充填物）稳定时，可不设置过滤器。

6.5.5　抽水孔过滤器的长度宜符合下列规定：

1　含水层厚度小于 30m 时，可与含水层厚度一致；

2　含水层厚度大于 30m 时，可采用 20m～30m；当含水层的渗透性差时，其长度可适当增加；

3　抽水试验观测孔过滤器的长度可采用 2m～3m。

6.5.7　非填砾过滤器的包网网眼、缠丝缝隙尺寸，宜符合表 9 的规定。

表 9　非填砾过滤器进水缝隙尺寸

过滤器类型	网眼、缝隙尺寸(mm)	
	含水层不均匀系数 η1≤2	含水层不均匀系数 η1>2
缠丝过滤器	(1.25～1.5)d50	(1.5～2.0)d50
包网过滤器	(1.5～2.0)d50	(2.0～2.5)d50

注：1　细砂取较小值，粗砂取较大值；

2　d50 为含水层筛分颗粒组成中过筛质量累计为 50%时的最大颗粒直径。

6.5.8　填料过滤器的滤料规格和缠丝间隙可按下列规定确定：

1　当砂土类含水层的 η1＜10 时，填砾过滤器的滤料规格宜采用下式计算：

$$D_{50}-(6\sim8)d_{50} \tag{1}$$

2　当碎石土类含水层的 d20＜2mm 时，填砾过滤器的滤料规格宜采用下式计算：

$$D_{50}-(6\sim8)d_{20} \tag{2}$$

3　当碎石土类含水层的 d20≥2mm 时，应充填粒径 10mm～20mm 的滤料。

4　填砾过滤器滤料的 η2 值应≤2。

6.5.9　顶部在 0.5m 范围内一般可加工成过滤管结构，顶端内壁处加工成阻流座的内台阶，使冲孔阻流塞坐落在此台阶上。若阻流座在底部时，沉淀管上部则不必加工成过滤管结构。

6.5.11　扶正器的位置和数量，应根据地层岩性、成井深度和井的垂直状况等因素决定。一般每 50m 设置一组为宜。

6.5.12　下管前的冲孔、排渣、换浆与探(通)孔要求应符合下列规定：

1　应将冲孔钻杆下放到孔底，用大泵量冲孔排碴；待孔内岩碴排除后，将孔内冲洗液的粘度降低至 20s 内，密度小于 1.15g/cm³；

2　若含水层护壁泥皮过厚时，可先用环状钢丝刷在含水层孔壁处上下提拉破坏孔壁泥皮，再按上述要求进行冲孔、排渣、换浆；

3　冲孔、排渣、换浆结束后，在下管前应进行探(通)孔，所用

探(通)孔器直径比孔径小30mm～50mm，长度为3m～5m。经探孔确认钻孔圆直、畅通无阻后，才可下管。

6.5.13 下管前应确定下管深度、过滤管长度和安装位置，按下管先后次序将井管逐根丈量、排列、编号、试扣，确保下管深度和过滤管安装位置准确无误。下管前检查井管质量，对不符合质量要求者不得下入孔内，过滤管的缠绕丝有错动者应进行修理使符合要求。

6.5.18 常用的下管方法如表10。

表10 下管方法选择

下管方法	适用条件	
	井管连接方式	井管总重量
悬吊下管法	丝扣或焊接	小于下管设备的安全负荷和小于井管的抗拉强度时采用
浮力下管法		大于下管设备的安全负荷或大于井管的抗拉强度时采用
兜底下管法	非丝扣或焊接	小于下管设备的安全负荷和井管的抗压强度及大于井管的抗拉强度时采用
二次或多次下管法	非丝扣或焊接或丝扣连接	采用浮力塞后，有效重量大于下管设备的安全负荷或大于井管抗拉强度时

6.5.20 砾料的砾径见表11。

表11 填砾的砾径选择

含水层类型	砂土类含水层	碎石土类含水层	
	$\eta_1<10$	$d_{20}<2mm$	$d_{20}\geqslant 2mm$
砾径(D)的尺寸	D_{50} (6～8)d_{50}mm	D_{50} (6～8)d_{20}mm	D 10～20mm
砾料的η_2要求	$\eta_2\leqslant 2$		

注：1 表中η_1为含水层的不均匀系数，η_2为砾料的不均匀系数，即：η_1 d_{60}/d_{10}，η_2 D_{60}/D_{10}；

2 d_{10}，d_{50}，d_{60}和D_{10}，D_{50}，D_{60}分别为含水层试样和砾料试样，各在筛分中能通过筛眼的颗粒，其累计重量占筛样全重分别为10%，20%，50%，60%时的筛眼直径。

6.5.21 填砾的厚度应根据含水层颗粒大小和钻孔类型确定，宜符合表12的规定。

表12 填砾厚度要求

含水层类型	粗砂、砾石含水层		中、细、粉砂含水层	
钻孔类型	水文地质孔(井)	供水孔(井)	水文地质孔(井)	供水孔(井)
填砾厚度(mm)	50～75	75～100	75～100	100～150

填砾的高度不宜小于含水层厚度的120%～130%，若隔水层较薄且距含水层较近时，可填至隔水层顶板处。

6.5.25 采用开泵正循环冲洗填砾法填砾时，应始终保持冲洗，不准停泵。采用无泵填砾法填砾时，孔内液体应始终保持从管口溢出，若溢流中断，应采取措施，使管口恢复溢流后再填。采用空压机反循环冲洗填砾法填砾时，孔口应与水源连通，始终保持冲洗液循环，不得间断。此法仅适用于孔壁稳定的钻孔。

6.6 止水和封闭

6.6.2 常用止水材料有永久性止水材料和临时性止水材料。

1 永久性止水材料

(1)黏土：应制成黏土球，球径20mm～40mm，用前制好凉干，达到表面稍干，内部湿润柔软为宜。

(2)水泥：一般选用R32.5号以上普通硅酸盐水泥或硫铝酸盐地勘水泥。

2 临时性止水材料

(1)海带：用前浸湿凉干，编成辫带状缠绕在止水管上，下入钻孔变径处止水(也可在海带上部辅以黏土球止水)。止水时，海带止水物在孔内被压缩后的有效高度不得小于0.3m～0.5m。

(2)橡胶：用前制成胶球、胶圈、胶囊等装在各种止水器具上，配合充水、充气或重力压缩，使橡胶止水物径向膨胀止水。

(3)遇水膨胀橡胶：有条带型和圆筒形两种。采用遇水膨胀橡胶止水带止水时，在需要止水的位置井管上设置遇水膨胀橡胶限胀圈，在两个限胀圈之间捆扎遇水膨胀橡胶止水带。每一止水位置的止水带设置数量不宜少于2道，膨胀橡胶止水带的层数不宜少于2层。使用遇水膨胀橡胶帕克止水时，也要在止水帕克两端安装限胀圈。安装时首先把遇水膨胀橡胶帕克套在事先加工好的短管上，两端装上限胀圈和接箍，而后和井管一同下入孔内。

6.6.12 水位压差法检验：测定止水后井管内外的水位，应采用注水或抽水的方法造成井管内、外的水位差，并使其差值达到10m或抽水试验时的最大降深值时，稳定半小时，若水位波动幅度不超过0.1m者，则止水有效。

泵压法检验：应将止水管口密封，用水泵往管内送水，使水泵压力达到止水段在试验期内可能受到的最大压力值时，稳定半小时，若耗水量不超过1.5L者，则止水有效。

食盐扩散法检验：应先测定井水的电阻率，再用浓度为5%的食盐溶液倒入止水管与钻孔之间的环状间隙内，2h后测定止水管内液体的电阻率，若与未倒入食盐溶液前测得的井水电阻率基本相同时，则止水有效。

6.7 洗井

6.7.1 洗井方法选择可参照表13选用。

表13 洗井方法选择

含水层类型	洗井方法
第四系含水层	(1)焦磷酸钠(或其他磷酸盐)洗井 (2)活塞洗井(或液态二氧化碳洗井) (3)空压机洗井、排渣

续表 13

含水层类型	洗井方法
基岩下管含水层	(1)活塞洗井 (2)液态二氧化碳洗井 (3)空压机震荡,大降深连续抽水洗井、排渣
碳酸盐基岩含水层	(1)盐酸洗井 (2)液态二氧化碳盐酸联合洗井 (3)空压机洗井、排渣
基岩裸井含水层	(1)液态二氧化碳洗井 (2)空压机震荡,大降深连续抽水洗井、排渣

7 地下水同位素探测

7.1 一般规定

7.1.1 地下水在地质演化过程中，除了形成其一般的物理、化学踪迹外，还形成了大量微观的同位素踪迹，这些微观踪迹记录着地下水的起源及其演化的历史过程。

7.2 同位素方法选择

7.2.1 环境同位素也称天然同位素，是存在于自然环境中的同位素，主要是天然形成的，但也有一部分来源于核试验产生的人工放射性同位素（如氚）。不包括作为示踪剂的人工投放的放射性同位素。环境同位素方法不受任何限制，可用于各种水文地质工作，在解决区域性水文地质问题方面具有更大的优越性。

人工同位素是通过人工方法（如核爆炸、核反应堆和粒子加速器等）制造出来的同位素。人工同位素方法是向地下水中投放人工放射性同位素，通过人工示踪试验来获取水文地质信息。该方法能够根据研究对象有针对性地开展工作，成本较低，并可在较短时间内取得满意的结果。但使用放射性同位素受环境法规的限制，不能随意使用，仅限于在一定时间和小范围内应用。

7.2.2 氢氧同位素本身就是水分子的组成，是理想示踪剂，应用最为广泛也最为重要。

7.2.3 利用氢氧同位素确定含水层补给带或补给高度方法，由于水在蒸发和凝结过程中的同位素分馏，使大气降水的氢氧同位素组成出现了线性相关的变化。这一规律最早是由 Craig(1961) 在研究北美大陆大气降水时发现的，并把这一规律用数学式表示

为：$\delta D-8\delta^{18}O+10$。根据降水方程，在 $\delta D-\delta^{18}O$ 平面图（图 1）中用来表示降水的 δD 和 $\delta^{18}O$ 关系变化的直线，称之为降水线。

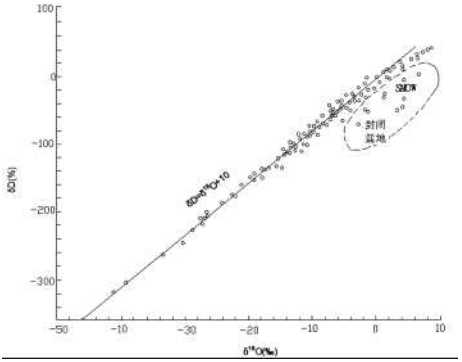


图 1　$\delta D-\delta^{18}O$ 平面图

为了进行氢氧同位素研究，宜准确掌握工作区的大气降水的同位素组成，并应建立有关于其季节变化与空间分布特征的资料，还应确定工作区的“地区降水线”方程。对于地表水和地下水也应具有一定的同位素组成的动态观测资料。

水文地质研究中，若已经确定地下水是由大气降水补给的，就应进一步确定补给带（区）的位置和范围。从而可以估算地下水的储量和圈定卫生防护范围。

大气降水的氢氧同位素组成具有高程效应，据此可以确定含水层补给区及补给高程：

$$H-\frac{\delta_G-\delta p}{K}+h \qquad (3)$$

式中　H　降雨入渗高度，m；

δ_G　地下水（泉水）的 $\delta^{18}O$（或 δD）值；

δ_p　取样点附近大气降水的 $\delta^{18}O$（或 δD）值；

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

h　取样点（井、泉）高度，m。

使用这种方法要求精确的获得“同位素高度梯度”参数。同

位素高度梯度参数获取方法有两种：一是对研究区降雨同位素资料进行计算，当降雨样不易取得时，可选取具有明确补给来源的泉水样代替，取该泉补给区的高程进行梯度计算；二是选用经验值。

7.2.6 同位素单孔稀释示踪法测定地下水的流向、流速和渗透系数。首先根据含水层埋深确定井孔结构，正确下置过滤器位置，选取实测段。然后用投缘器将^{131}I投入测试段，进行适当搅拌，对待测水柱均匀标定。接着换用测试探头定时对被标记段水柱的放射性浓度进行测量。根据浓度稀释的速率，确定观测的时间间隔，一般每隔10～30min观测一次。如遇到稀释速率较快或很慢，可适当缩短或延长观测时间。每个测段不少于3个测点，每个测点的观测次数不少于5次，以便在半对数坐标记录纸上确定稀释浓度随时间的线性变化关系，决定测试工作的结束时间。用对方向敏感的探测器测定滤水管内壁四周水柱示踪剂的分布，即可确定地下水的流向以及流速。

同位素单孔稀释法测定地下水流速，是对井孔滤水管中的地下水用少量示踪剂^{131}I标记，标记后的水柱示踪剂浓度不断被通过滤水管的含水层渗透水流稀释而降低，其稀释的速率与地下水渗透速度有关。

$$V_f = \frac{\pi r_1}{2\alpha t} \ln \frac{N_0}{N_t} \tag{4}$$

式中：V_f　地下水渗透速度，m/d；

r_1　过滤管的内半径，m；

α　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。

通过测定不同时刻t的计数率N，将观测数据绘在t～lnN坐标系中，利用最小二乘法作直线，确定直线的斜率，即可计算出渗透速度V_f。以上计算和作图均借助于计算机来完成。如能在渗

透流速测试时，同时测得试验孔处的水力坡度，就可根据达西定律 $K_f - V_f / I$ 进一步求取含水层的渗透系数。

渗流系数可按下式计算：

$$K - \frac{V_t}{I} \tag{5}$$

$$V - \frac{\pi(r^2 - r_0^2)}{2art} ln \frac{N_0 - N_b}{N_t - N_b} \tag{6}$$

式中：V_t　测点的渗透速度，m/d；

I　测试孔附近的水力坡度，m；

r　测试孔滤水管半径；

r_0　探头半径；

t　同位素浓度从 N_0 变化到 N_t 所需的观测时间；

N_b　放射性本底计数率；

N_t　t 时刻同位素浓度计数率。

同位素流速仪测定流速要求：对井孔滤水管中的地下水用 ^{131}I 标记，将测量断面选在河床较规则，且河流的上、下游具有数倍河宽的直流部位，一般测点数取 15 个以上，根据河宽和水流具体情况可适当增减。一般水深超过 1m 的河流测定流速时采用两点法，即在水深 20%和 80%处测定流速，然后求两点流速的算术平均值作为该断面的平均流速。当水深小于 1m 的河流时，则测量离水面 60%深度处的流速值作为该断面的平均流速。

7.2.7　地下水年龄可以用来判断地下水的补给、径流、排泄条件，揭示地下水的形成、演化规律，为勘察区水文地质问题研究提供基础。

随着地下水测年工作的进展，人们开始把地下水按年龄大小分成年轻水和古地下水两大类。结合不同的水文地质条件，考虑实际情况，选择合适的测年方法。主要测年方法包括：具有较长半衰期的同位素 ^{36}Cl、^{81}Kr、^{14}C 等用来测定古地下水年龄，较短半衰期的同位素 ^{3}H、^{85}Kr 等用来测定年龄较新的地下水（表 14）。

表 14　同位素测年方法的年龄分类

分组	方法	半衰期	最佳测年时段
现代水组(<100a)	^{222}Rn	3.9d	1－20d
	^{85}Kr	10.76a	<50a
	^{3}H	12.43a	<60a
过渡组(100－1000a)	^{39}Ar	269a	100－1000a
古水组(>1000a)	^{14}C	5730a	1－40ka
	^{81}Kr	210ka	20－1000ka
	^{36}Cl	301ka	60－2000ka

常用的同位素测年方法如下：

1　采用^{3}H判断地下水年龄

同位素氚(^{3}H)是最常用放射性同位素。放射性同位素氚在天然水中以氚水(HTO)组分形式存在。它同其它同位素原子(和分子)一起参与自然界中的水循环，因此现代循环水都受到了氚的标记。氚是研究地下水现代渗入起源的一种最理想的示踪原子。氚的半衰期为 12.43a，可以被利用来研究水圈各个环节中水的运移时间特性，如可利用^{3}H确定地下水是否得到新近补给，定性判断如下：

<1TU：老水(1953 年之前补给)

1～3TU：老水有新水(0～10 年)混入

3～10TU：新水(0～10 年内补给)

10～20TU：仍残留一些核爆试验的^{3}H

>20TU：以 20 世纪 60 年代补给为主

以上是对 2010 年左右的实测地下水氚数据的定性年龄判断。全球核爆炸使大气氚浓度于 1963 年升到峰顶，在此后的时间里核爆氚被海洋吸收和自身衰减，大气氚目前已接近核爆前的天然水平，但该方法至 2025 年前还是有效的。

通过大气降水氚的浓度，通过水文地质模型的分析，代入相

应的数学模型，如活塞流模型、指数模型等，就可求出地下水平均滞留时间，判断地下水年龄。

2　采用$^{3}H/^{3}He$研究水的形成时间

$^{3}H-^{3}He$测年法是利用母体^{3}H衰变成子体^{3}He这一对核素的衰减和累积原理实现的，它能够很好地取代氚法测年。

取样采用氦渗漏系数较低的钠质玻璃设计的采样管。所有采样器腔体体积都在100mL左右。两端用密封性能可靠的活塞与其连接。出口管内径大于3，外径与分析仪器之分离系统进样口连接的尺寸相匹配。取样前对每个采样器进行抽真空，检验其是否漏气，活塞加真空硅脂密封。采样器具有良好的密封性是测试结果准确可靠的保证。

计算公式：$^{3}Htr-^{4}HeotRott-(^{4}Hetot-^{4}Heaur)Ratm\quad(1-a)-^{4}He\ rarRrad$

注：$^{3}Hetr$为氖成因的^{3}He

$^{4}Hetot$为水样中实测^{4}He含量

Rott为水样中实测$^{3}He/^{4}He$比值

$^{4}Herad$为放射成因的^{4}He；

3　采用^{14}C估测地下水的大概年龄

碳十四是碳的一种具放射性的同位素，^{14}C是透过宇宙射线撞击空气中的氮十四原子所产生，其半衰期约为5730年，衰变方式为β衰变，碳14原子转变为氮原子。由于其半衰期达5730年，且碳是有机物的元素之一，我们可以根据死亡生物体的体内残余碳14成份来推断它的存在年龄。生物在生存的时候，由于需要呼吸，其体内的碳14含量大致不变，生物死去后会停止呼吸，此时体内的碳14开始减少。由于碳元素在自然界的各个同位素的比例一直都很稳定，人们可透过倾测一件古物的碳14含量，来估计它的大概年龄。

操作时每个水样所取的数量视含碳量多少而定，含碳量高者所需水样数量少，含碳量低者所需水样数量则多。一般情况下水

样需取 30－300L，甚至可达 $6m^3$。所取水样应尽可能排除掉来自空气中的 CO_2。应当在取样点进行常规化学分析，测定 pH 值及温度。

测定样品 ^{14}C 年龄的方法为液体闪烁计数法。

注：液体闪烁计数—种通过液体闪烁探测器测定放射性活度的方法。把放射性溶液直接均匀混合于闪烁液中，辐射粒子直接和闪烁液作用，也是—种四二计数法。

7.3 同位素采样点布设与测试

7.3.1 同位素样品野外采集要点。

1 地下水 ^{18}O 和 ^{2}H 样品的采集

(1)样品数量：100mL，最少 10mL。

(2)保存：密封以防止蒸发。

(3)方法：用水样彻底冲洗样瓶，完全注满并盖严。

2 地下水氚(^{3}H)样品的采集

(1)样品数量：500mL。

(2)保存：密封以防止蒸发。

(3)方法：用样品彻底冲洗样瓶，完全注满并盖严。尽量不与空气接触，禁止采用空气压缩机抽水。

3 地下水 ^{14}C 样品的采集

(1)水样数量

国际原子能机构(IAEA)实验室需要 2.5g 碳，做水的环境 ^{14}C 分析。碳年龄鉴定所需水样体积取决于水中碳酸盐和重碳酸盐的浓度。2.5g 碳所需要的最少水样数量(V)依照下式计算：

$$V(L) = 12.5 \cdot 1000/(HCO_3 + CO_3)(mg/L) \qquad (7)$$

(2)试剂

1) 试剂硫酸亚铁($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)5g。

2) 不含碳酸盐的 NaOH 溶液：把 650g NaOH 溶解在

800mL 除去 CO_2 的去离子水中，封闭保存二至三周，使溶液中不溶解的 Na_2CO_3 沉淀出来，把上部较清溶液轻轻倒出保存备用，避免空气中 CO_2 溶入。

3）试剂 $SrCl_2$（或 $BaCl_2$）溶液：将 170g $SrCl_2$ 或 200g $BaCl_2$ 溶解在 800mL 水样中。

4）聚丙烯酰胺溶液（速沉剂）：将 5g 的聚丙烯酰胺溶于 1000mL 煮沸的蒸馏水中。

(3)方法

野外采集^{14}C样宜采用沉淀法：

1）用 1 个 60L 的圆锥形沉淀箱，在沉淀箱底部拧紧一个 1L 的聚乙烯广口瓶作为接收瓶。把水样注入干净的沉淀箱。

2）水样预处理(在沉淀箱中进行)：

a. 加入 5g 硫酸亚铁($FeSO_4 \cdot 7H2O$)，使其溶解均匀。如果水中含有溶解 H_2S(凭嗅味)，不要加 $FeSO_4$，否则生成 FeS 沉淀，影响水样预处理。

b. 加入 50mL NaOH 溶液，充分搅动，测定溶液的 PH 值，使 pH>12。

c. 把 770 mL $SrCl_2$（或 $BaCl_2$）溶液（预留 30mL 供检查用）加入沉淀箱中，盖严容器并搅动 5 分钟，使形成大量沉淀物。

d. 加入 40mL 聚丙烯酰胺溶液，盖严容器，每半小时慢慢搅动一分钟，共搅动 3 次。

e. 在沉淀箱的顶部加入 30 mL $SrCl_2$（或 $BaCl_2$）溶液，检查是否完全沉淀，如果出现暗色物质则表明未完全沉淀，需加入更多的 $SrCl_2$ 溶液，同时需加入 NaOH 溶液并搅动，确保完全沉淀。

3)采样：将沉淀箱中沉淀物全部装入接收瓶中盖紧然后贴上标签。标签应标明日期、样品编号、井号，取样位置及其它附加信息。

(4)为了合理计算水的年龄，应现场测定 pH 值和游离 CO_2。

4 有硫化物时水的硫酸盐样品的采集

(1)仪器设备

用于从低浓度水中沉淀出硫酸盐的容器；干净的 20mL 瓶子；氯化钡(试剂 $BaCl_2 \cdot 2H_2O$)；稀盐酸及 PH 试纸；过滤系统(0.45μ)；用于碱度及硫酸盐测定的野外工具箱；醋酸镉(CdAc)或醋酸锌(ZnAc)以沉淀硫化物。

(2)方法

1) 在 2L 瓶子中加入 1～2g 的 CdAc 或 ZnAc。

2) 用管子从瓶的底部加水以避免与空气接触。

3) 随着 CdAc 的溶解，亮黄色 CdS 的形成表明了痕量硫化物的存在。注意：醋酸镉是有毒的，必须小心使用，特别是处理其废弃物时更应注意。醋酸锌是一种环境上更安全的化学物质，但它形成的是不甚明显的白色沉淀物。让沉淀物继续沉淀，然后轻轻倒出或过滤。在小瓶中以浆液的形式将其保存。

4) 把滤出液的 PH 值降至 3 以下，加入 $BaCl_2$ 反应形成沉淀，将沉淀物装入取样瓶，贴上样品标签。

7.4 同位素探测成果资料

7.4.1 地下水同位素探测成果报告是同位素探测的最终成果。是解决水文地质、工程地质问题的依据。报告要求实事求是、内容全面、重点突出、立论有据、逻辑严谨、文字简炼、附图附表资料齐全。

8 水文地质试验

8.1 一般规定

8.1.2 水文地质试验方法有多种，应根据地层透水性能、水位埋深、含隔水层相互关系、施工条件和工程的重要性以及对参数的要求选用。

表 15 水文地质参数测试方法

参数	测试方法
水位	钻孔、探井或测压管观测
渗透系数、导水系数	抽水试验、渗水试验、注水试验、室内渗透试验、压水试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测、室内试验
越流系数、越流因素	多孔抽水试验(稳定流或非稳定流)
单位吸水率	注水试验、压水试验
毛细水上升高度	试坑观测、室内试验
透水率	压水试验
地下水流向、流速	连通示踪试验、抽水试验
弥散系数	连通示踪试验

8.1.3 根据《岩土工程勘察规范》GB50021 的 7.2.2 条，对水位量测应保证将被测含水层与其它含水层隔开，因此，若无其它方法保证独立参数获取而采用分层止水措施时，应对止水效果进行检查，保证每层的水文地质参数为独立参数。

8.1.4 对水文地质条件简单的场地，可结合岩土工程勘察工作过程中所做的一般性水文地质试验工作来获取粗略估算或大致测定水文地质参数。

8.1.5 考虑到专项水文地质勘察，往往面对的都是水文地质条件较复杂的情况，因此，在勘察进行前有针对性地进行试验方案设计，充分分析已掌握的基本地质条件，明确试验工作的目的、任务，才能更好和更合理地布置勘探手段、试验方法，并安排好试验过程控制、配套的相应工作和检验标准，对可能遇到的问题提出应对措施，预先安排好替代手段，是专项试验工作能否取得成功的有力保障。

8.2 抽水试验

8.2.1 由于含隔水层的空间分布具有不均一性，钻孔位置的选择合理与否，可能决定水文地质试验的成败。钻孔位置应布置在能尽量多地揭露各含水层或能充分反映地下水径流特征的部位。钻孔结构和孔径需合理，是为了避免出现不能安装设备或安装设备后，因过水断面不足而引起雍水或堵水等不良影响，造成试验数据不准确。

8.2.4 8.2.2～8.2.4条，是抽水试验的基本要求和做法。

对降次的要求，主要是考虑后期资料整理，判断含水层性质、剔除干扰等的需要。

对最大降深的要求，主要是考虑到应保证各次降深保持基本的地下水流态，具有可比性，获得基本状态下的参数。但对部分项目，可能会存在工程影响深度范围的评价需求。因此，对其可按降深到工程设计建基面以下的实际需要进行试验，并做出可能的预估评价。

对非稳定流抽水试验、由于考虑到人为控制流量或水位恒定的难易程度，一般情况下推荐采用流量恒定的方式，采用控制抽水设备定流量出水的有效方式。

水位量测应采用同一方法和仪器，读数对抽水孔准确到厘米，对观测孔精确到毫米。涌水量观测应与水位观测同步进行，

当采用堰箱或孔板计量时，读数精确到毫米。对水位可采用预埋在水下的自动化水位计等设备连续观测，或可采用在测管内按要求的间隔时间观测水位。

试验时，出水量和动水位的观测时间，宜在抽水开始后的第1min、2min、3min、4min、6min、8min、10min、15min、20min、25min、30min、40min、50min、60min、80min、100min、120min各观测一次，以后每隔30min观测一次，直至稳定。也可采用水位、流量联动的自动记录仪进行连续观测。试验结束后的恢复水位观测时间间隔可与抽水试验时一致。

抽水试验前的静止水位、抽水试验后的恢复水位均应观测稳定，其稳定标准：连续2小时内变幅不大于2cm，且无上升下降趋势。

在抽水延续时间内，动水位稳定标准：1）采用地面离心泵和潜水电泵抽水时，抽水孔的水位波动值不应大于3cm，观测孔的水位波动值不应大于1cm；2）采用空压机抽水时，抽水孔的水位波动值不应大于10cm，观测孔的水位波动值不应大于1cm。出水量稳定标准：1）实测出水量最大值与最小值之差小于平均出水量的5%；2）出水量无持续增大或变小的趋势。

8.2.5 主要是考虑到资料整理和试验成果分析的标准化，对其作出的统一要求。

8.3 压水试验

8.3.1 对分段压水试验，止水位置的选择较为重要，因此，应根据已有资料综合分析，提前规划，控制好试段止水位置的钻探参数，保证能有效止水，且试段长度内地层的性质基本一致。对试验压力分段的确定，一般可大致按最大压力进行平均分段。

8.3.2 一般说来，顺向逐级压水便于操作，止水简单，往往采用单栓塞即可有效止水。保证同一试段岩性基本一致，是基于目前

压水试验资料整理是获取试段内的平均值来代表该段的值，因此，本条是为使数据能更准确地反映各岩性层的实际而做出的规定。

8.3.3 主要是考虑连续获得渗透剖面，但实际上可能出现部分段落不易止水的情况，可适当调整止水位置而改变试段长度。残留岩心占据的孔段、实际上在压水时，其段落已可形成有效的渗水断面，所以应当计入试段长度内。

8.3.4 多压力阶段的目的，是为了反映岩体在流量和压力改变状态下可能表现出的不同特征，并进行研究、获取岩体在各种状态下的性质。对埋深太大的工程，采用高压压水试验，能较好的了解工程建筑的围岩在高水压下的实际工作状态。

8.3.5 钻孔孔径的要求，主要是基于现有压水设备的考虑，孔径应与设备匹配，孔壁应保持圆滑。钻进护壁材料对岩石透水性的影响很大，因此，有条件的应尽量采用裸孔，确需支护的，套管等应采用透水花管。当影响范围内距离太近有钻孔时，压水试验可能出现从旁边钻孔透水而无法获取准确的资料，因此，一般按10m内有完整岩体考虑。

8.3.6 计算时的压力零线的确定、对实际孔段的压力参数确定可能产生较大的影响，因此，应观测到稳定的地下水位，确定试段的真实含水情况。

8.3.7 止水的目的是为了将送入孔内的水均通过试段渗透，才能获得准确的参数，止水不好，则所计取的水量将出现明显偏差，试验可能失败或参数误差很大。

8.3.8 正常情况下的观测标准比较容易完成，但有时会出现压力不变而流量增大的情况时，需要排除设备、止水等异常情况，然后延长试验时间，直到满足稳定要求为止。对回流情况，主要是前期压力岩体的水在降压时产生的弹性释放，可能延续较长时间，因此，下一个压力阶段应在新的压力平衡后开始。

8.3.9 强调对周边情况的观测，主要是考虑资料整理等过程中

便于分析是否真实反映试验层位的情况，若附近有渗漏，则数据代表性需要单独评价。

8.3.10 主要是考虑到资料整理和试验成果分析的标准化，对其做出的统一要求。

8.4 注水试验

8.4.1 注水试验的方法可分为常水头和降水头试验，本条规定是考虑到试验的难易程度及试验时间的长度情况，做出的原则性选择方式。常水头注水，需要连续补充水量保持水位不变，对渗透性较大的地层比较好操作。而降水头试验只需一次性注水、连续观测，因此，对渗透缓慢的地层便于观察。

8.4.2 对钻进工艺的要求，是为了保证地层不被其它因素干扰，试验能获得正确的数据。对水位的观测精度要求，是为了获得较为圆滑的曲线，同时又能对各拐点有较好的控制。时间间隔的选取要求，既能保证获得较多的数据，又能保证人工观测的可操作性及有合适的工作量。若采用自动水位计等手段，可按较小的均匀间隔进行数据获取。对漏失量太大的地段，首先应增大供水设备的能力，当漏水量超过 100L/min 时，才可直接按最大漏失量处理。

8.4.3 由于水位下降与时间的关系，往往呈现的是半对数线性关系，因此，及时绘制相关曲线，可以发现异常，查找原因，及时采取补救措施。

8.5 渗水试验

8.5.1 本条对渗水试验的适用条件作出了说明。一般情况下，试坑法精度最低，适用于不考虑侧向渗透影响的情况，单环法精度有所提高，但仍不能完全排除侧向渗透影响，双环法精度最高，

可排除侧向渗透的影响。但随着精度的提高，试验时间也可能相应延长。试验者应根据对数据精度的要求和工期等综合考虑，选择合适的试验方法。

8.5.4 注水前在试坑底部铺设砾石层的目的是防止注水时水流对坑底的冲刷。

8.5.5 对入渗影响深度的判定，是对包气带水评价的重要指标，因此，采用定量测试含水量变化能较好地绘制入渗剖面。

8.5.6 本条是考虑资料整理和数据记录的规范性而作出的规定。

8.6 连通试验

8.6.2 连通试验的方法很多，不同方法所能了解的地下水和地下岩溶管道的发育特征的详细程度是有较大差别的。

水位传递法，主要可应用在天然通道连通性较好，其间有地下水流动，可通过在其上游适当位置采用不同的办法来验证是否具有连通关系。如在上游闸断地下水一段时间，观察下游洞穴是否断流，或先提高上游地下水位，瞬时放水，观察下游的来水情况等，通过上下游的水位趋势变化一致性来了解连通情况。

指示剂法，也是用在有地下水渗流或沿管道流动的情况下，通过在上游适当位置投放指示剂，在下游可能连通的部位布置观测点人工观察，按一定间隔取样试验，或设置在线实时检测装置，根据接收到的试剂浓度变化来了解连通情况，同时还可推测之间是否存在分支系统等，根据时间长度估算大致的水力坡度指标。目前由于各种稳定的指示剂相继发现，且在线检测设备的精度不断提高，已经可以对地下水的连通情况进行定量和半定量分析评价，值得大力推广。

气体传递法，则主要是探查洞穴系统的地下水位以上的连通情况，通过在洞穴的一段燃放烟雾等，在附近观察是否有其它出

口冒烟，从而判断是否存在无充填的连通空间。

8.6.3 由于连通试验的目的主要是判断是否连通、或者连通的状态等，因此，对各试验点的记录应根据目的不同，记录的基本量有所差别，可能有的试验只需要在下游记录是否观察到相关现象即可，但有的项目需要详细记录时间、峰值、消退等内容，便于准确的评价延时关系，如为工程提供预测使用等。现有的在线检测设备，能及时的分析浓度变化，结合对地下水流量的观测，就能够直接获取试剂的回收率，可判断地下水系统的独立系统、越流现象、分支系统等。

8.6.4 本条是为资料整理的规范化需要而设置，鼓励对连通试验进行定量分析。

9 地下水和地表水动态监测

9.2 监测点的布设

9.2.1 监测目的不同其监测点布置是有区别的，水位监测时测线应垂直地下建设工程轴线或基坑边坡线（或沿地下水的流向布置），测线间距宜不大于500m，且应满足每一水文地质单元至少有一条测线，在地下水降落漏斗范围内，孔内水位监测点间距不大于影响半径的1/3，以保证地下水降落范围至少有三个点，能作出地下水下降落漏斗曲线，地下水降落漏斗范围以外也应布置一定的监测点。

水质监测点的布设，应考虑污染源的分布和污染物在地下水中的扩散形式，采取点面结合的方法，监测污染物质及其运移规律。监测点的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。监测点应沿不同深度多级布置。

地表重要水体、建（构）筑物、井（泉）点均应布置监测点。

地下洞室工程的洞口和洞壁出水点应设置监测点。

9.4 监测项目及要求

9.4.1 可溶岩区地下水位随季节影响波动较大，宜采用自动监测方法。

9.4.5 地下水流向监测的物探法为充电法，即在孔内充电一极，在孔的周围一极测试。

10 水文地质参数

10.2 渗透系数

10.2.1 在第四系松散层中采用单孔稳定流抽水试验，有抽水孔水位下降资料，可采用下列经验公式计算渗透系数：

1 潜水完整孔

$$K = \frac{1.3q}{H} \tag{8}$$

2 承压水完整孔

$$K = \frac{1.3q}{M} \tag{9}$$

3 单位出水量 q

$$s = aq + bq^2 \tag{10}$$

式中：q —— 当水位下降值 s=1m 时的出水量，$m^3/(d \cdot m)$。

公式(8)～公式(10)是根据《铁路工程水文地质勘查规范》TB10049 编制的。

10.2.7 单孔定降深非稳定流抽水试验，在有越流补给的条件下求渗透系数过程与没有越流补给的条件下求渗透系数原理相同。

10.5 抽水试验影响半径

10.5.2 对于承压水完整孔或非完整孔，还可采用如下经验公式：

$$R = \sqrt[3]{\frac{10KMt}{S}} \tag{11}$$

$$R = 10 s_w \sqrt{K} \tag{12}$$

公式(12)适用于计算承压水抽水初期的 R 值。

对于承压水完整孔或非完整孔，还可采用如下经验公式：

$$R = 74\sqrt{\frac{6HKt}{\mu}} \tag{13}$$

$$R = 2s_w\sqrt{HK} \tag{14}$$

式中：t　由开始抽水至稳定下降漏斗形成的时间，h。

公式(14)适用于计算松散含水层井群或基坑矿山巷道抽水初期的 R 值。

11 建设工程水文地质评价

11.0.7 隧道涌水量计算应根据实际情况选择计算方法，综合对比取值。