

# 供水水文地质手册

第二册

水文地质计算

地质出版社

# 供水水文地质手册

第二册

## 水文地质计算

《供水水文地质手册》编写组

· 限国内发行 ·

地质出版社

# 供水水文地质手册

第二册

## 水文地质计算

《供水水文地质手册》编写组

(限国内发行)

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1977年8月北京第一版·1977年8月北京第一次印刷

印数1—10,700册·定价4.70元

统一书号：15038·新157

(另有图一袋)

## 内 容 提 要

《供水水文地质手册》是机械工业勘测单位，结合我国供水水文地质勘测工作的特点，根据历年积累的资料和技术经验编写而成。

全书共分三册：第一册为《常用数据资料》、第二册为《水文地质计算》、第三册为《地下水资源评价》。

第二册汇集了勘测工作中进行水文地质计算经常使用的公式、方法原理、应用条件和部分实例。包括水文地质参数的确定、地下水取水、河流取水、水质、有限单元分析及其在地下水渗流中的应用等有关内容。

本手册可作为供水水文地质勘测人员的工具书，也可供基建单位、厂矿企业有关人员和大专院校有关专业师生参考。

### 本手册编写单位

- 第一机械工业部勘测公司；
- 第二机械工业部第四设计研究院勘察大队；
- 第二机械工业部地质四队；
- 第三机械工业部勘测公司；
- 第四机械工业部勘测公司；
- 第五机械工业部勘测公司；
- 第六机械工业部第九设计院勘测大队；
- 第七机械工业部第七设计院勘测队。

# 前 言

我国的供水水文地质勘测事业，在毛主席革命路线指引下，取得了迅速的发展。通过历年大量的工程实践，积累了丰富的经验和资料。为了交流经验，便利生产实践，我们根据机械工业供水水文地质勘测的特点，在总结经验的基础上，收集了国内外有关资料和数据，编写了这套《供水水文地质手册》。

在编写本手册时，我们力求多编入非稳定流计算部分，对于理论概念及方法原理也作了扼要介绍，以利于野外查考。并对国内外的一些先进经验及理论资料也作了收集编录。

编写这套手册时，曾得到全国供水水文地质勘察规范编制组、华北综合勘察院、武汉地质学院、南京大学、北京市地质地形勘测处、河北省地质局水文四大队、中国科学技术情报研究所、北京市水文一大队等有关单位的帮助及提供资料、修改审阅，仅在此致谢。

由于水平所限，时间匆促，其中定有不少缺点和错误，希望同志们批评指正，以便再版时订正。

《供水水文地质手册》编写组

# 毛主席语录

独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国。

人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

通过实践而发现真理，又通过实践而证实真理和发展真理。

## 基本符号

- $A$  大口井截面积；直线截距；过滤器圆孔孔隙率
- $B$  直线斜率；含水层宽度；越流参数；河宽
- $C$  渗渠宽度之半；大口井井底至含水层顶板高度；流量系数；过滤器顶部至含水层顶板距离
- $C_D$  离势系数（变差系数）
- $C_S$  偏差系数（偏态系数）
- Const 常数
- $D$  大口井外径；过滤器直径；平均差
- $E$  补给系数
- $E_h$  侧向补给系数
- $E_v$  垂向补给系数
- $E_{r,xy}$  复相关机误
- $F$  流域面积（或水库水面面积）
- $H$  虹吸管淹没于动水位以下的深度；潜水含水层厚度（或承压含水层水头高度）
- $H_1$  渗渠底至静水位的距离
- $I$  地下水水力坡度
- $I_c$  临界水力坡度
- $I_0$  零阶一类修正贝塞尔函数
- $J$  水面坡度
- $J_0$  零阶一类贝塞尔函数
- $K$  渗透系数；越补含水层渗透系数
- $K_0$  零阶二类修正贝塞尔函数
- $K'$ 、 $K''$  弱透水层渗透系数
- $\frac{K'}{m'}$ 、 $\frac{K''}{m''}$  越流系数
- $L$  含水层长度；渗渠长度
- $M$  承压含水层厚度；越补含水层厚度；径流模数
- $N$  降深次数；观测数据系列的组数；总频数
- $P$  过滤器有效孔隙率；滤料孔隙率

- $P(\%)$  频率
- $Q$  单井(钻孔)出水量; 河流流量; 大口井出水量; 大口井井壁进水量; 辐射井总出水量; 渗渠出水量; 虹吸管设计流量; 地下水径流量
- $Q_{\text{总}}$  干扰井群总出水量
- $Q_{\text{max}}$  单井(钻孔)最大出水量
- $R$  影响半径; 引用影响半径
- $S$  含水层任一点(观测孔)水位降深; 栏栅栅条间隙宽度
- $S_c$  抽水井临界水位下降
- $S_t$  降深-时间曲线上拐点处的水位降深
- $S_{\text{max}}$  单井(钻孔)最大水位降深
- $S_r$  剩余恢复降深
- $S_w$  抽水井内水位降深
- $\Delta S$  无效降深
- $T$  导水系数; 渗渠底至基岩距离; 重现期
- $V$  地下水渗透速度; 体积; 井壁进水孔和井底允许进水流速; 水库库容
- $W$  真空泵抽气量; 含水层体积; 径流总量(多年平均来水量)
- $W(u)$  井函数
- $X$  过滤器管壁摩阻引起的水位差
- $Y_0$  零阶二类贝塞尔函数
- $Z$  座标
- $Z_0$  含水层顶板(或河床底)至辐射管距离
- $a$  导压系数; 正三角形边长
- $b$  单井(钻孔)至水体(或隔水边界)距离; 加坡系数
- $d$  钻孔直径; 过滤器内径; 渗渠直径
- $d_m$  颗粒直径
- $\exp(x) = e^x$
- $\text{erf}(x)$  误差(机率)函数
- $\text{erfc}(x)$  补余误差函数
- $f$  井管或过滤器摩阻系数



$f\left(\frac{l}{M}\right)$  伽偶函数

- $g$  重力加速度
- $h$  潜水含水层自底板算起的水柱高度；承压含水层自顶板算起的水头高度
- $h_0$  渗渠内水深；含水层底部至孔内动水位的距离
- $i$  地下水稳定指数；水力坡度
- $k$  渗透系数
- $l$  过滤器长度；钻孔或大口井至水边线距离；辐射管长度
- $l_0$  过滤器有效长度
- $m$  流态指数；大口井井底至含水层底板高度；地下水径流模数
- $m'$ 、 $m''$  弱透水层厚度
- $m_s$  拐点斜率
- $n$  辐射管根数；含水层孔隙率
- $q$  单位出水量；单根辐射管出水量；底栏栅单位长度取水量
- $r$  抽水井至任意一点（观测孔）距离
- $r_0$  圆形井群组半径
- $r_w$  抽水井（主孔）半径
- $r_{xy}$ 、 $r_{yz}$ 、 $r_{xz}$   $x$  与  $y$ ， $y$  与  $z$ ， $z$  与  $x$  的相关系数
- $r_{\frac{z}{xy}}$  复相关系数
- $s$  承压含水层（越补含水层）储水系数
- $s'$  弱透水层储水系数
- $t$  时间；栅条宽度
- $t_A$  稳定点时间
- $t'$  水位削减值
- $t_s$  拐点时间
- $u$  井函数自变量；大口井外围进水流速
- $v$  流速；地下水渗透速度
- $x$  降雨量；两组系列观测数据；座标

- $y$  径流深; 两组系列观测数据; 座标
- $z$  座标
- $\alpha$  降雨渗入系数; 辐射井干扰系数; 出水量减少系数; 径流系数; 坡度
- $\beta$  试算法 $\beta = f(\alpha)$  曲线的纵座标值
- $\beta_w$  水的弹性系数
- $\beta_s$  含水层中固体颗粒的弹性系数
- $\gamma$  水的粘滞系数; 滤料的比重
- $\zeta$  单位流量下降值; 分层取水鉴别式系数
- $\eta$  出水量扩大系数; 包网孔隙率
- $\theta$  角度
- $\mu$  含水层的给水度; 栏栅孔口流量系数
- $\mu^*$  弹性给水度
- $\xi$  河床淤塞系数; 不完整井阻力系数
- $\rho$  过滤器骨架孔隙率; 底栏栅孔隙系数
- $\sigma$  均方差
- $\Sigma$  总和
- $\tau$  时间
- $\varphi$ (或 $\Phi$ ) 势函数; 角度; 大口井井壁进水孔的倾斜角; 辐射管互阻系数

# 目 录

## 基本符号

### 第一章 水文地质参数的确定

#### 第一节 稳定流抽水确定渗透系数 $K$ 值的计算公式

一、裘布依公式的基本假定	1
二、裘布依假定与实践的关系	2
(一) 含水层的井壁边界条件	2
1. 井壁及其周围含水层中产生三维流	2
2. 井周产生紊流	2
3. 潜水中裘布依假定的失效	2
4. 井的非完整性	2
(二) 含水层的“影响半径”	2
(三) 顶、底板的隔水性	3
(四) 天然水力坡度	3
三、渗透系数的计算公式	4
(一) 承压含水层完整井	5
(二) 承压含水层非完整井(井壁进水)	10
(三) 承压含水层非完整井(井壁及井底进水)	15
(四) 潜水—承压水完整井及非完整井	16
(五) 潜水完整井	17
(六) 潜水非完整井(非淹没过滤器井壁进水)	20
(七) 潜水非完整井(淹没过滤器井壁进水)	25
(八) 潜水非完整井(井壁、井底进水)	31
(九) 非均质含水层完整井	33
(十) 根据水位恢复速度计算渗透系数	36

(十一) 匀坡与加坡理论计算公式·····	38
(十二) $K_0$ - $h_0$ 法确定渗透系数·····	52
(十三) 利用 $Q-S_w$ (或 $h_w^2$ ) 及 $S$ (或 $h^2$ )— $\lg r$ 关系曲线计算渗透系数·····	57
(十四) 渗透系数经验值·····	61
第二节 非稳定流抽水试验确定水文地质参数	
一、非稳定流理论概述·····	61
(一) 钻孔非稳定流计算公式 (泰斯公式) 的 建立·····	62
1. 承压含水层的弹性水量·····	62
2. 非稳定流微分方程式·····	63
(二) 非稳定流抽水试验水文地质参数的概念·····	71
1. 弹性储水系数 $s$ 值·····	71
2. 导水系数 $T$ 值·····	72
3. 导压系数 $a$ 值·····	72
(三) 关于泰斯公式的评价·····	72
二、承压完整井非稳定流抽水确定水文地质参数方法·····	74
(一) 试算法·····	74
1. 方法原理·····	74
2. 实例·····	76
(二) 降深—时间 ( $S$ — $\lg t$ ) 量板法·····	83
1. 方法原理·····	83
2. 实例·····	85
(三) 降深—距离 ( $S$ — $\lg r^2$ ) 量板法·····	87
1. 方法原理·····	87
2. 实例·····	88
(四) 直线解析法·····	90
1. 方法原理·····	90
2. 实例·····	91
3. 直线方程中斜率和截距的确定·····	94

(五) 水位恢复法	95
1. 两点法	96
2. 选择法	98
3. 直线斜率法	98
(六) 直线斜率法	103
1. 方法原理	103
2. 实例	105
三、非完整井非稳定流抽水确定水文地质参数	107
(一) 承压水斜率解析法	107
(二) 潜水斜率解析法	109
(三) 承压水量板法	110
四、潜水完整井非稳定流抽水确定水文地质参数	114
(一) 直线解析法	114
1. 方法原理	114
2. 实例	115
(二) 降深—时间 ( $S-t$ ) 量板法	117
1. 方法原理	117
2. 解释步骤	119
(三) 水位恢复法	120
1. 两点法	120
2. 选择法	121
第三节 越补含水层中水文地质参数计算方法	
一、理论简介	122
(一) 越补含水层的水文地质条件	122
(二) 越补含水层有关参数及公式推导	122
1. 越流参数	122
2. 越补含水层公式推导的假定条件	123
3. 越流公式	123
二、计算公式	130
三、方法原理	136

(一) 双对数量板法之一.....	136
(二) 半对数拐点法.....	137
1. 半对数拐点法的计算步骤.....	138
2. 拐点的确定及验证.....	140
(三) 双对数量板法之二 (解法一) .....	142
(四) 双对数量板法之二 (解法二) .....	143
(五) 双对数量板法之三.....	143
(六) 双对数量板法之四.....	144
(七) 直线解析法.....	145
(八) 水位恢复法.....	146
四、实例.....	147
(一) 双对数量板法之一.....	147
(二) 半对数拐点法.....	150
(三) 双对数量板法之二 (解法一) .....	153
(四) 双对数量板法之四.....	155
第四节 具有水平和垂直补给条件下水文地质参数的测定	
一、理论简介.....	157
(一) 具有水平补给 (当无垂直补给时) 条件下抽水试验公式的建立.....	157
1. 理论公式推导的假设条件.....	157
2. 承压水完整井的微分方程及其解 .....	157
3. 潜水完整井的微分方程及其解 .....	158
(二) 具有水平 (天然流量) 及垂直 (越流) 补给条件下抽水试验公式的建立.....	159
1. 理论公式推导的假设条件.....	159
2. 承压含水层完整井的微分方程及解的结果.....	159
二、计算公式.....	163
(一) 渗透系数 $K$ 值计算公式表.....	163
(二) 导压系数 $a$ 值计算表.....	166
(三) 补给系数 $E$ 值计算表.....	167

三、实例	168
(一) 水文地质条件	168
(二) 抽水试验资料	169
(三) 渗透系数 $K$ 值计算实例	172
1. 用公式 (1-4-16) 计算	172
2. 用公式 (1-4-17) 计算	173
3. 用公式 (1-4-18) 计算	174
4. 用公式 (1-4-21) 计算	175
5. 用公式 (1-4-22) 计算	175
6. 关于渗透系数 $K$ 值的计算精度	177
(四) 导压系数 $a$ 值计算实例	177
1. 用公式 (1-4-23) 计算	177
2. 用公式 (1-4-24) 计算	177
3. 用公式 (1-4-25) 计算	178
(五) 补给系数 $E$ 值计算实例	179
1. 用公式 (1-4-26) 计算	179
2. 用公式 (1-4-27) 计算	179
3. 用公式 (1-4-28) 计算	180
第五节 边界附近水文地质参数的计算	
一、理论简介	182
(一) 势及势函数	182
1. 平面势	182
2. 承压井计算	183
3. 潜水井计算	183
4. $\phi$ 与 $r$ 的关系曲线	184
(二) 势叠加	186
(三) 映射 (反射) 法	189
(四) 边界附近不完整井出水量计算	193
(五) 边界附近井的不稳定流计算	196
1. 承压井计算	197

2. 潜水井计算 .....	197
3. 承压—潜水井计算 .....	198
二、计算公式 .....	200
(一) 边界附近管井稳定流计算公式 .....	200
(二) 边界附近管井非稳定流计算公式 .....	217
三、实例应用 .....	253
(一) 用稳定流理论公式计算渗透系数 $K$ 值 .....	253
1. 完整井 .....	253
2. 非完整井 .....	256
(二) 用非稳定流理论公式计算渗透系数 $K$ 值 .....	259
1. 含水层一侧为不透水边界 .....	259
2. 井一侧为供水边界 .....	260
3. 井位于二垂直隔水边界之间 .....	261
4. 井两侧为互相平行的隔水和供水边界 .....	263
第六节 影响半径 (引用补给半径) 计算	
一、影响半径计算公式 .....	265
(一) 承压含水层影响半径计算公式 .....	266
(二) 潜水层影响半径计算公式 .....	267
(三) 经验公式 .....	268
(四) 根据单位出水量确定影响半径 $R$ 经验值 .....	271
(五) 根据单位水位下降确定影响半径 $R$ 经验值 .....	271
(六) 根据颗粒直径确定影响半径 $R$ 经验值 .....	272
二、关于影响半径的讨论 .....	272
(一) 影响半径的含义 .....	272
(二) 影响半径与补给能力的关系 .....	273
(三) 影响半径的测定 .....	276
第七节 若干有关参数的确定	
一、水力坡度 $i$ 值的确定 .....	278
(一) 实测法 .....	278
(二) 计算法 .....	278



1. 用渗透系数 $K$ 值确定临界水力坡度	278
2. 用影响半径 $R$ 值确定水力坡度 $i$	279
二、给水度 $\mu$ 值的确定	280
(一) 实验室法	280
(二) 非稳定流抽水试验法	281
(三) 水位观测资料计算法	282
(四) 给水度 $\mu$ 的经验值	283
三、渗入系数 $\alpha$ 值的确定	283
(一) 计算法	283
(二) 直线斜率法	284
(三) 渗入系数 $\alpha$ 的经验值	287
四、地下水径流模数 $m$ 的确定	287
(一) 地下水径流模数公式	287
(二) 含水层地下水径流模数公式	287

## 第二章 地下水取水

### 第一节 地下水水源地开采述评

### 第二节 地下水取水构筑物的适用范围

### 第三节 管井及其出水量计算

一、适用条件	291
二、稳定流抽水管井出水量计算	291
(一) 无界及半无界含水层单井出水量计算公式	292
1. 常用理论公式及其适用条件	293
2. 紊流及混合流完整井出水量计算公式及其 适用条件	321
3. 经验公式	328
(二) 干扰井群出水量计算公式	332
1. 无界含水层	332
2. 半无界含水层	368
三、非稳定流抽水管井出水量计算	394