

水文地质工程地质

SHUIWENDIZHI GONGCHENG DIZHI

国家地质总局水文地质工程地质研究所

限国内发行



地 质 出 版 社

水文地质工程地质

第六辑

原地质部地质研究所水文地质工程地质研究所编

国家地质总局水文地质工程地质研究所主编

地质出版社

水文地质工程地质

第六辑

国家地质总局水文地质工程地质研究所主编

(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

1978年10月北京第一版·1978年10月北京第一次印刷

印数1—9,520册·定价0.60元

统一书号: 15038·新320

目 录

映象法在抽水井邻近承压含水层某些简单边界时的应用

.....江苏省新沂县自来水公司 关继奎 (1)

试用非稳定流计算方法确定一铁矿区灰岩含水层的水文地质参数

.....福建省地质九队 邓厚基 (11)

消除井损计算渗透系数的方法

.....山西省地质局第一水文地质队 钱学溥 (20)

湖南几个裸露岩溶矿区水文地质特征及矿坑涌水量的评价

.....湖南省冶金工业局地质勘探公司 左平怡 (25)

琼山县羊山地区东部玄武岩地貌及其水文地质特征

.....广东省地质局海南地质队 杨基广 (41)

对琵琶河地区不同力学性质断裂带富水性的初步认识

.....吉林省地质局第二水文地质大队 杜汉学 (50)

对广州某地区地面裂缝形成的几点认识

.....广州加乐煤田地质勘探公司 陈德义 苏明 (59)

电测井在划分第四系含水层咸淡水界面和定量解释地下水矿化度

方面的应用陕西省地质局第一水文地质队 (65)

问题 讨论

对“试论地方病病因与防治研究的水文地质科学途径”一文的商榷

.....长春地质学院地方病科研组 林年丰 (72)

评佩图什科夫和普洛特尼柯夫的“单位静储量法”

——兼谈地下水资源评价中的若干问题——

.....武汉地质学院水文地质教研室 陈崇希 (82)

关于水跃值问题的探讨广东省地质局海南地质队 李 福 (87)

无越流抽水井供给半径及其有关问题

.....山西省地质局第二水文地质队 邓惠森 (95)

映象法在抽水井邻近承压含水层 某些简单边界时的应用

江苏省新沂县自来水公司 关继奎

泰斯公式所描绘的是完整井孔在无限大承压含水层中工作时的地下水流系统。然而自然界的含水层都是有限的，所以严格说来，泰斯公式只能近似地描绘完整井孔在较大承压含水层中的较短工作时间内的地下水流系统。对于那些工作井邻近承压含水层边界时的地下水流系统，映象法就显得很重要，因为映象法能有效地描绘工作井邻近含水层的某些简单边界时的地下水流系统。

根据映象法原理，当工作井邻近含水层某些简单的直线或折线边界时的地下水流系统，可用以含水层边界为对称轴的互相呈相应的对称的工作井与理想井的井群，在无限大含水层中工作时的理想地下水流系统来模拟。这样一个工作井与理想井的井群，称为理想井模式。其中，理想井个数有限的，称为有限理想井模式；理想井个数无限的，称为无限理想井模式。在已知理想井模式的情况下，总能设法求解（或近似求解）含水层参数。

一、有限理想井模式

（一）概述

设工作抽水井（或简称抽水井）所邻近的承压含水层边界的折角为 φ ，理想井模式中的理想井个数（整数）为 $(n-1)$ ，则 $n = \frac{2\pi}{\varphi}$ 。当 $\varphi > 0$ 时， $n < \infty$ ，所以与其对应的为有限理想井模式。其中， n 为奇数者，只限于双侧不透水边界且工作抽水井位于含水层边界折角的角分线上时适用； $n=1$ ，即理想井个数为零，只限于工作抽水井在无限大含水层中工作时适用。此外，凡包括补给边界者，其理想注水井个数等于 $\frac{n}{2}$ ，即其个数与抽水井（包括工作抽水井及理想抽水井）个数相等，所以 n 为偶数。

倘若规定，工作抽水井编号为 0^* ，理想井编号分别为 1^* 、 2^* 、 $\dots\dots(n-1)^*$ ，且若为双侧不透水边界或双侧补给边界时，理想井编号按顺时针方向排列；若为单侧补给边界（即一侧是不透水边界一侧是补给边界），当补给边界位于工作抽水井左侧时，理想井编号按顺时针方向排列，当补给边界位于工作抽水井右侧时（如图1），理想井编号按逆时针方向排列，那么， 1^* 至 $(n-1)^*$ 理想井的流量符号，可按下列规则确定，

双侧不透水边界，理想井流量符号均为正；

双侧补给边界, 理想井流量符号分别为负、正、负、正、……;

单侧补给边界, 理想井流量符号分别为负、负、正、正、负、负、正、正、……。

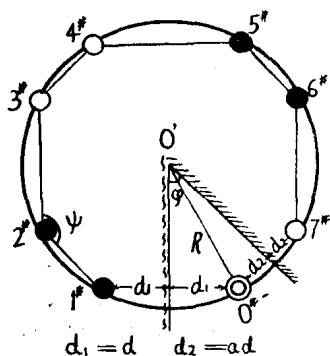


图 1

用平面几何定理可证, 理想井模式中的所有井, 均在以含水层边界顶点 (o') 为圆心, 以 o' 至工作抽水井轴的距离 ($o'o^*$) 为半径的圆周上 (如图 1)。这个圆称为理想井圆。连接相邻各井, 则构成理想井圆的内角相等的内接 n 边形。该内接 n 边形的内角

$$\phi = \pi - \varphi = \frac{(n-2)\pi}{n}$$

设 $d = \frac{D}{2}$ 为工作抽水井至其左侧含水层边界的距离, ad 为工作抽水井至其右侧含水层边界的距离, 则理想井圆的半径

$$R = o'o^* = \frac{\sqrt{1 + a^2 - 2a\cos\phi}}{\sin\phi} \cdot d$$

若理想井编号是按顺时针方向排列的, 则各相邻井之间的距离

$$0^* - 1^* = D$$

$$1^* - 2^* = aD$$

$$2^* - 3^* = D$$

$$\dots\dots\dots$$

$$(n-2)^* - (n-1)^* = D$$

$$(n-1)^* - 0^* = aD$$

(二) 抽水井邻近不透水边界时含水层参数的确定方法

如图 2、3、4、5 所示, 工作抽水井邻近承压含水层存在唯一直线不透水边界, 或双侧不透水边界 ($n=2, 3, 4, 5, \dots$) 时, 由于理想井模式中的所有井均为抽水井, 当抽水时间足够大以后, 观测井内 (或工作抽水井外壁上) 水位降深会与抽水时间的对数成直线关系, 所以, 可采用半对数曲线法求解含水层参数。此时,

$$K = \frac{0.183Q}{M\phi} \cdot n$$

$$\lg z = \frac{L}{\phi} + \frac{2}{n} \lg \Pi r, -0.352$$

式中

K ——含水层渗透系数;

x ——含水层导压系数;

M ——含水层厚度;

Q ——工作抽水井的恒定流量;

ϕ —— $s_x = f(\lg t)$ 曲线直线部分的斜率; s_x 为观测井内水位降深;

L —— $s_x = f(\lg t)$ 曲线直线部分的截距;

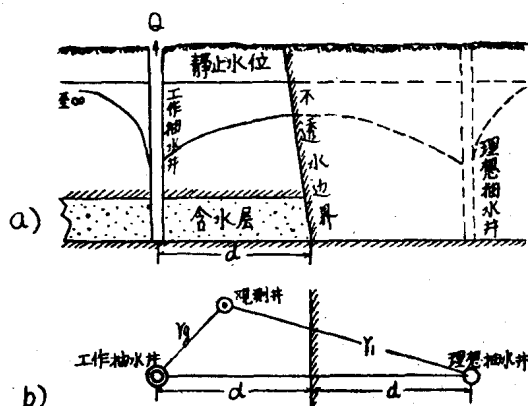


图 2

t ——抽水时间;

Πr_i ——观测井至理想井模式中所有抽水井的距离之积。

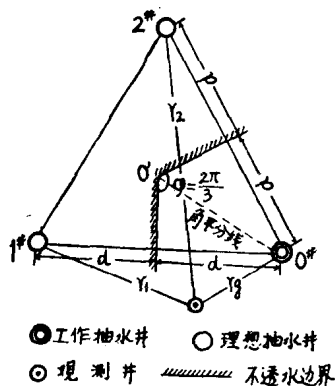


图 3

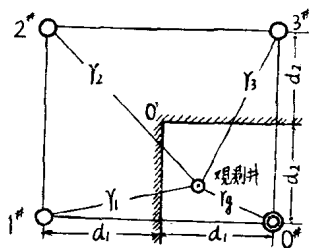


图 4

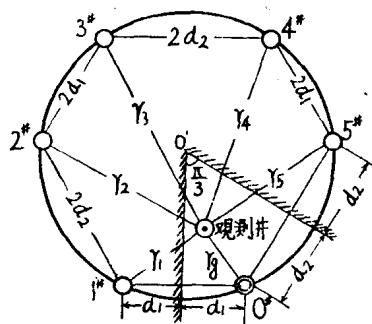


图 5

二、关于理想补给距离的概念

当工作抽水井邻近承压含水层不同类型的补给边界时, 观测井内水位降深的一般表达式可以写成,

$$s_g = \frac{Q}{4\pi MK} \left[2 \ln \frac{\Pi \tilde{r}_i}{\Pi r_i} + \frac{1}{4\pi t} (\Sigma \tilde{r}_i^2 - \Sigma r_i^2) - \frac{1}{2 \times 2!} \left(\frac{1}{4\pi t} \right)^2 (\Sigma \tilde{r}_i^4 - \Sigma r_i^4) + \dots \right]$$

当抽水时间足够大以后, 地下水的流动将呈现相对稳定状态, 这时上式则可写成,

$$s_g = \frac{Q}{2\pi MK} \ln \frac{\Pi \tilde{r}_i}{\Pi r_i}$$

上两式中

$\Pi \tilde{r}_i$ ——观测井至理想井模式中所有理想注水井的距离之积;

Πr_i ——观测井至理想井模式中所有抽水井 (包括工作抽水井, 下同) 的距离之积;

$\Sigma \tilde{r}_i^2$ 、 $\Sigma \tilde{r}_i^4$ 、……——观测井至理想井模式中所有抽水井距离的平方和、四次方和、

……;

Σr_i^2 、 Σr_i^4 、……——观测井至理想井模式中所有理想注水井距离的平方和、四次方和、……。

由此看来, 当向工作抽水井流动的地下水的运动处于相对稳定状态时, 观测井内水位降深基本上不再受抽水时间的影响, 而是变为与工作抽水井及观测井的具体位置, 即二者至补给边界的距离有关的常数。故引进观测井的理想补给距离

$$R_g = r_g \cdot \frac{\Pi \tilde{r}_i}{\Pi r_i}$$

这时相对稳定状态的观测井内水位降深为

$$s_g = \frac{Q}{2\pi MK} \ln \frac{R_g}{r_g}$$

当以工作抽水井本身作观测井时，则有工作抽水井（轴）的理想补给距离

$$R_d = r_d \cdot \frac{\Pi r_i}{\Pi r_i}$$

这样，相对稳定状态时工作抽水井外壁水位降深为

$$s_d = \frac{Q}{2\pi MK} \ln \frac{R_d}{r_d}$$

式中

r_d ——工作抽水井的半径；

Πr_i ——工作抽水井轴至理想井模式中所有理想注水井的距离之积；

Πr_i ——工作抽水井轴至理想井模式中所有抽水井的距离（包括 r_d ）之积。

可以看出，承压含水层任意一点的理想补给距离，等于该点至工作抽水井轴的距离乘以该点至理想井模式中所有理想注水井的距离之积，除以该点至理想井模式中所有抽水井的距离之积。

根据以上的分析，可知理想补给距离具有以下性质：

1. 理想补给距离是一个只能在理论上进行计算而无法实际测量的引用的理想参数。
2. 理想补给距离是对工作井所在承压含水层的某一点而言的。而某一点的理想补给距离，只与其所在承压含水层边界的性质、几何形状、工作井所在位置及该点的位置有关，与其他因素无关。
3. 除工作井位于圆形补给边界中心时，在距工作井轴等距离点上的理想补给距离相等外，承压含水层各不同位置点的理想补给距离，在数值上均不相等，且各点的理想补给距离均大于该点至最近补给边界距离的有限倍。因此，当补给边界距工作井及该点的距离为有限时，则该点的理想补给距离也为有限。
4. 无限大承压含水层或无补给边界的承压含水层，其补给边界可理解为距工作井无限远，所以其含水层任意点的理想补给距离为无限大，即实际上不存在理想补给距离。

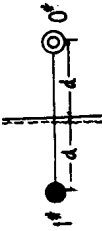
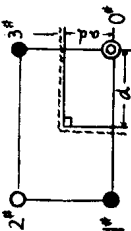
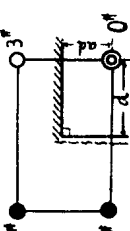
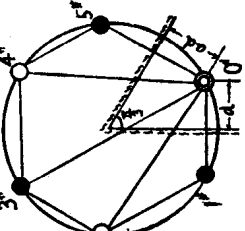
因为下面主要讨论工作抽水井（轴）的理想补给距离—— R_d ，所以把工作抽水井（轴）的理想补给距离简称为理想补给距离，而如果提到其他点的理想补给距离时，则仍需冠以其点的位置。

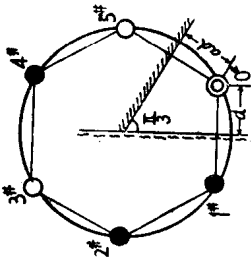
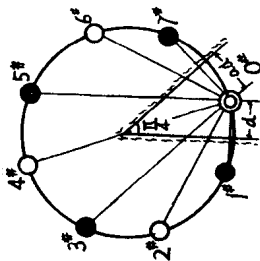
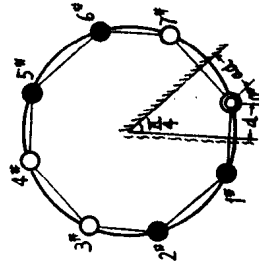
在已知理想补给距离（ R_d ）的情况下，当向工作抽水井流动的地下水的运动状态处于相对稳定时，可用下式求解含水层渗透系数：

$$k = \frac{0.366Q}{Ms_d} \lg \frac{R_d}{r_d}$$

下面把工作抽水井邻近承压含水层符合有限理想井模式的补给边界时的理想补给距离（ R_d ）列于表1中。

表 1

编 号	含水层边界及理想井模式	理想补给距离 (R_0)	当 $a=1$ 时的 理想补给距离 (R_{01})	备 注
1		$R_0 = 2d$		
2		$R_0 = \frac{2ad}{\sqrt{1+a^2}}$	$R_{01} = \sqrt{2} d$	当 $a \rightarrow \infty$ 时, 同邻近唯一直线补给边界
3		$R_0 = \frac{2\sqrt{1+a^2}d}{a}$	$R_{01} = 2\sqrt{2} d$	同 上
4		$R_0 = \frac{2a(1+a)d}{1+a^2+a}$	$R_{01} = \frac{4}{3} d$	$0^* - 1^* = 2d$ $0^* - 2^* = \sqrt{1+a^2+a} \cdot 2d$ $0^* - 3^* = (1+a) 2d$ $0^* - 4^* = \sqrt{1+a^2+a} \cdot 2d$ $0^* - 5^* = 2ad$

编号	含水层边界及理想井模式	理想补给距离 (R_0)	当 $a=1$ 时的理想补给距离 (R_{01})	备注
5		$R_0 = \frac{2(1+a^2+a)d}{a(1+a)}$	$R_{01} = 3d$	
6		$R_0 = \frac{2a(1+\sqrt{2}a)(a+\sqrt{2}d)}{(1+a^2+\sqrt{2}a)\sqrt{(a+\sqrt{2}d)^2+a^2}}$	$R_{01} = \frac{2(1+\sqrt{2})^2d}{(2+\sqrt{2})\sqrt{4+2\sqrt{2}}} \approx 1.31d$	$0^*-1^* = 2d$ $0^*-2^* = \sqrt{1+a^2+\sqrt{2}a} \cdot 2d$ $0^*-3^* = (a+\sqrt{2})2d$ $0^*-4^* = \sqrt{(a+\sqrt{2})^2+a^2} \cdot 2d$ $0^*-5^* = (1+\sqrt{2}a)2d$ $0^*-6^* = \sqrt{1+a^2+\sqrt{2}a} \cdot 2d$ $0^*-7^* = 2ad$
7		$R_0 = \frac{2(1+a^2+\sqrt{2}a)(1+\sqrt{2}a)d}{a(a+\sqrt{2})\sqrt{(a+\sqrt{2})^2+a^2}}$	$R_{01} = \sqrt{4+2\sqrt{2}}d \approx 2.61d$	

三、无限理想井模式

两条长度为无限大且互相平行的直线边界及两条平行直线的一端被与其垂直的直线封闭的边界，可简称为矩形半封闭边界；两条平行直线的两端被与其垂直的直线封闭的边界，则可称为矩形全封闭边界。如果用G代表不透水边界，B代表补给边界，O代表无限远边界（无边界），并规定一律把右侧边界代号置于前，其后按下、左、上顺序排列，那么“G. O. B. O”将表示右侧为不透水的，左侧为补给的两条长度为无限大且互相平行的直线所构成的矩形半封闭边界，而“G. B. B. G”则表示右、下、左、上四面分别为不透水、补给、补给、不透水的矩形全封闭边界，等等。

当工作抽水井位于承压含水层的矩形半封闭边界或矩形全封闭边界内时，其地下水系统可用相应的无限理想井模式模拟。当矩形半封闭及矩形全封闭边界包括补给边界时，根据映象法原理，其理想井模式中理想注水井个数与抽水井（包括工作抽水井与理想抽水井）个数相同，因此理想井模式中井的总数应为偶数。因为理想注水井个数与抽水井个数相同，所以工作抽水井外壁及含水层任意点的水位降深与抽水时间的对数无关，而只与抽水时间的倒数成级数关系。因此当抽水时间足够大以后，距工作抽水井轴一定距离范围内地下水的流动，会呈现相对稳定状态。在相对稳定状态时，只要已知理想补给距离，便可求解含水层渗透系数。

与有限理想井模式一样，在无限理想井模式中，理想补给距离（ R_s ）也是一个只与含水层边界的性质、几何形状及其距工作抽水井的距离有关的常数。它等于工作抽水井管的外半径乘以工作抽水井轴至理想井模式中所有理想注水井的距离之积，除以工作抽水井轴至理想井模式中所有抽水井距离（包括 r_s ）之积。工作抽水井位于包括补给边界的矩形半封闭及矩形全封闭边界内时的理想补给距离，列于表2中。

这些公式，这里不准备一一进行推导，仅以抽水井位于承压含水层G、B、G、O边界内时的情形为例，说明公式的推导过程及其应用。

1. 理想补给距离的确定

如图6a所示，工作抽水井至其左、右、下边界的距离分别为 d 、 a_1d 、 a_2d ，且 $d = \frac{D}{2}$ ，此时地下水系统可用图6b表示的无限理想井模式模拟。引入理想补给距离系数

$$C_r = \frac{r_s}{D} \cdot \frac{\prod r_i}{\prod r_i} = \frac{R_s}{D}$$

$$C_r = \frac{a_2 \sqrt{[a_2^2 + a_1^2][a_2^2 + (a_1 + 1)^2][a_2^2 + (2a_1 + 1)^2][a_2^2 + (2a_1 + 2)^2] \cdots}}{a_1 \cdot (a_1 + 1) \cdot (2a_1 + 1) \cdot (2a_1 + 2) \cdots} \cdot \frac{\sqrt{[a_2^2 + 1^2][a_2^2 + (a_1 + 1)^2][a_2^2 + (a_1 + 2)^2][a_2^2 + (2a_1 + 2)^2] \cdots}}{1 \cdot (a_1 + 1) \cdot (a_1 + 2) \cdot (2a_1 + 2) \cdots}$$

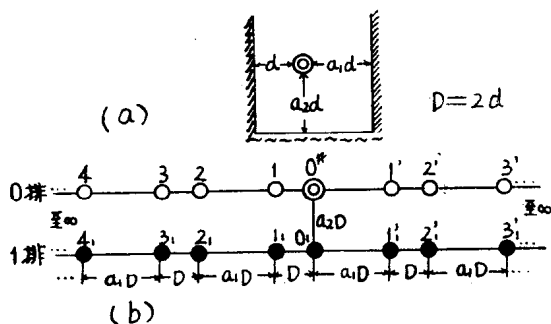
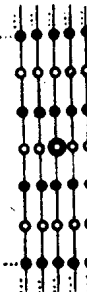
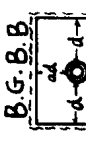
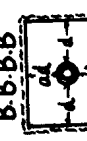


图 6

表 2

编号	含水层边界 代号及图象	理想井模式	理想补给距离 (R_0)	当 $a_2 = a_1 = a = 1$ 时的 理想补给距离 (R_{01})	备 注
8	B.O.B.O. 		$R_0 = 2d \cdot \frac{a+1}{\pi} \sin \frac{\pi}{a+1}$	$R_{01} = \frac{4d}{\pi} = 1.27d$	1) $D = 2d$ 2) $A_1(a_1, a_2) =$ $\prod \left\{ 1 + \frac{a_2^2}{[(i-1)a_1 + i]^2} \right\}^{\frac{1}{2}}$ $\cdot \left\{ 1 + \frac{a_2^2}{[(i+1)a_1 + i]^2} \right\}^{\frac{1}{2}}$ ($i = 1, 3, 5 \dots$) 3) $A_2(a_1, a_2) =$ $\prod \left\{ 1 + \frac{a_2^2}{[ia_1 + (i-1)]^2} \right\}^{\frac{1}{2}}$ $\cdot \left\{ 1 + \frac{a_2^2}{[ia_1 + (i+1)]^2} \right\}^{\frac{1}{2}}$ ($i = 1, 3, 5 \dots$)
9	G.O.B.O. 		$R_0 = 2d \cdot \frac{2(a+1)}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{2(a+1)}$	$R_{01} = \frac{8d}{\pi} = 2.55d$	
10	G.B.G.O. 		$R_0 = 2d \cdot \frac{a_1+1}{\pi} \sinh \frac{a_2\pi}{a_1+1} \cdot A_1(a_1, a_2) A_2(a_1, a_2)$	$R_{01} = \frac{2d}{\pi} \sinh \pi = 7.34d$	
11	G.G.B.O. 		$R_0 = 2d \cdot \frac{2(a_1+1)}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{a_2\pi}{2(a_1+1)} \cdot \operatorname{tg}^2 \left[\frac{\pi}{2(a_1+1)} \right] \cdot \frac{A_1(a_1, a_2)}{A_2(a_1, a_2)}$	$R_{01} = \frac{8d}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{4} = 3.90d$	
12	G.B.B.O. 		$R_0 = 2d \cdot \frac{2(a_1+1)}{\pi} \operatorname{tg} \frac{a_2\pi}{2(a_1+1)} \cdot \frac{A_2(a_1, a_2)}{A_1(a_1, a_2)}$	$R_{01} = \frac{8d}{\pi} \operatorname{tg} \frac{\pi}{4} = 1.66d$	
13	B.G.B.O. 		$R_0 = 2d \cdot \frac{a_1+1}{\pi} \cdot \frac{\sin^2 \left(\frac{\pi}{a_1+1} \right)}{\sinh \frac{a_2\pi}{a_1+1}} \cdot A_1(a_1, a_2) A_2(a_1, a_2)$	$R_{01} = \frac{4d}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{2} = 1.39d$	

续表

编号	含水层边界 代号及图象	理想井模式	理想补给距离 (R_0)	当 $a_2 = a_1 = a = 1$ 时的 理想补给距离 (R_{01})	备注
14	B.B.B.O 		$R_0 = 2d \cdot \frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{A_1(a_1, a_2)} \cdot \frac{\sinh \frac{a_2 \pi}{a_1 + 1}}{A_2(a_1, a_2)}$	$R_{01} = \frac{4d}{\pi} \operatorname{tgh} \frac{\pi}{2} = 1.18d$	
15	G.G.B.G 		$R_0 = 2d \cdot \frac{4}{\pi} \prod_{k=1}^{\infty} \operatorname{ctgh}^2 \left(\frac{a\pi}{4} k \right)$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)	$R_{01} \approx 7.37d$	1) 排距为 aD , 排中井距为 D (下同); 2) 当 $a \geq 4$ 时, 近似 G.O.B.O 边界
16	B.G.B.G 		$R_0 = 2d \cdot \frac{2}{\pi} \prod_{k=1}^{\infty} \operatorname{ctgh}^2 \left(\frac{a\pi}{2} k \right)$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)	$R_{01} \approx 1.53d$	当 $a \geq 2$ 时, 近似 B.O.B.O 边界
17	G.B.B.G 		$R_0 = 2d \cdot \frac{4}{\pi} \prod_{k=1}^{\infty} \left[\operatorname{ctgh} \left(\frac{a\pi}{2} k \right) \right]^{2(-1)^k}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)	$R_{01} \approx 2.14d$	当 $a \geq 2$ 时, 近似 G.O.B.O 边界
18	B.G.B.B 		$R_0 = 2d \cdot \frac{2}{\pi} \prod_{k=1}^{\infty} \left[\operatorname{ctgh} (a\pi k) \right]^{2(-1)^k}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)	$R_{01} \approx 1.27d$	当 $a \geq 1$ 时, 近似 B.O.B.O 边界
19	B.B.B.B 		$R_0 = 2d \cdot \frac{2}{\pi} \prod_{k=1}^{\infty} \left[\operatorname{ctgh} \left(\frac{a\pi}{2} k \right) \right]^{2(-1)^k}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)	$R_{01} \approx 1.07d$	当 $a \geq 2$ 时, 近似 B.O.B.O 边界

$$= \frac{a_1+1}{\pi} \sinh\left(\frac{a_2\pi}{a_1+1}\right) \cdot \left\{ \left[1 + \frac{a_2^2}{(2a_1+1)^2}\right] \left[1 + \frac{a_2^2}{(2a_1+3)^2}\right] \dots \right. \\ \left. \cdot \left[1 + \frac{a_2^2}{a_1^2}\right] \left[1 + \frac{a_2^2}{(a_1+2)^2}\right] \left[1 + \frac{a_2^2}{(3a_1+2)^2}\right] \dots \right\}^{\frac{1}{2}}$$

设无穷积

$$A_1(a_1, a_2) = \sqrt{\left[1 + \frac{a_2^2}{(2a_1+1)^2}\right] \left[1 + \frac{a_2^2}{(2a_1+3)^2}\right] \left[1 + \frac{a_2^2}{(4a_1+3)^2}\right] \dots}$$

或缩写成

$$A_1(a_1, a_2) = \prod_{i=1}^{\infty} \left\{ 1 + \frac{a_2^2}{[(i-1)a_1+i]^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \left\{ 1 + \frac{a_2^2}{[(i+1)a_1+i]^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (i=1, 3, 5, \dots)$$

及

$$A_2(a_1, a_2) = \sqrt{\left[1 + \frac{a_2^2}{a_1^2}\right] \left[1 + \frac{a_2^2}{(a_1+2)^2}\right] \left[1 + \frac{a_2^2}{(3a_1+2)^2}\right] \left[1 + \frac{a_2^2}{(3a_1+4)^2}\right] \dots}$$

或

$$A_2(a_1, a_2) = \prod_{i=1}^{\infty} \left\{ 1 + \frac{a_2^2}{[ia_1+(i-1)]^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \left\{ 1 + \frac{a_2^2}{[ia_1+(i+1)]^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (i=1, 3, 5, \dots)$$

这样理想补给距离系数

$$C_r = \frac{a_1+1}{\pi} \cdot \sinh\left(\frac{a_2\pi}{a_1+1}\right) \cdot A_1(a_1, a_2) A_2(a_1, a_2)$$

当 $a_1=1$ 时,

$$A_1(1, a_2) A_2(1, a_2) = \cosh \frac{a_2\pi}{2}$$

所以

$$C_r = \frac{2}{\pi} \sinh \frac{a_2\pi}{2} \cosh \frac{a_2\pi}{2} = \frac{1}{\pi} \sinh a_2\pi$$

当 $a_2=a_1=1$ 时,

$$C_r = \frac{1}{\pi} \sinh \pi$$

因为

$$R_s = C_r \cdot D$$

所以 $R_s = D \cdot \frac{a_1+1}{\pi} \cdot \sinh\left(\frac{a_2\pi}{a_1+1}\right) \cdot A_1(a_1, a_2) A_2(a_1, a_2)$

2. 计算抽水井外壁水位降深和确定渗透系数

当向工作抽水井流动的地下水的运动处于相对稳定状态时, 工作抽水井外壁水位降深可按式计算

$$s_s = \frac{Q}{2\pi M k} \ln \left[\frac{D}{r_s} \cdot \frac{a_1+1}{\pi} \cdot \sinh\left(\frac{a_2\pi}{a_1+1}\right) A_1(a_1, a_2) A_2(a_1, a_2) \right]$$

含水层渗透系数可按式计算

$$k = \frac{0.366Q}{Ms_s} \cdot \lg \left[\frac{D}{r_s} \cdot \frac{a_1+1}{\pi} \cdot \sinh\left(\frac{a_2\pi}{a_1+1}\right) \cdot A_1(a_1, a_2) A_2(a_1, a_2) \right]$$

试用非稳定流计算方法确定一铁矿区 灰岩含水层的水文地质参数

福建省地质九队 邓厚基

含水层的水文地质参数是计算矿井涌水量的重要数据。近年来,国内已逐步采用非稳定流抽水试验,以确定水文地质参数。大量实践工作证明,它是一种多快好省的方法,是有很大的发展前途的。

有一铁矿区,矿层直接顶板为二叠系栖霞灰岩,岩溶发育,富水性强,为矿区的主要含水层。以往布置钻孔对灰岩含水层进行稳定流抽水试验,而灰岩地下水呈非稳定流运动。限于抽水设备,水位降低小,降落漏斗扩展不大,涌水量及水位较容易稳定(单位涌水量最大达33.69升/秒·米),边界条件也未能充分暴露,结果误把灰岩地下水在狭长含水层中的非稳定流运动,当成在无限延伸含水层中的稳定流运动。因此,采用稳定流公式确定的渗透系数 K 所计算的矿井涌水量显著偏大,影响了矿山勘探和建设。

为查明矿区水文地质条件及灰岩含水层的富水性,并确定灰岩含水层水文地质参数,原福建省地质一队在該矿区中矿段做了大量工作,布置了水2、水3孔作长期非稳定流抽水试验,其中水2孔作旱、雨季二次长期非稳定流抽水试验,并在主孔不同方向设置较多的观测孔。水2孔每日以6307米³的定流量抽水,延续83.85日,每日平均以0.22米速度下降,各观测孔水位每日平均下降速度从0.13—0.25米,地下水运动状态符合非稳定流理论。因此,采用非稳定流计算方法确定灰岩含水层的水文地质参数是适宜的。目前,福建省地质八队正在该矿区西矿段进行勘探,中矿段水2孔旱季抽水试验,水位降落漏斗扩展到西矿段F₁断层附近钻孔,说明中、西矿段灰岩含水层水力联系密切,有统一的地下水位。为了进一步在我省开展非稳定流方法抽水,多快好省进行水文地质工作,根据我省水文地质工程地质情报网的安排,笔者对该铁矿区中矿段水2孔非稳定流抽水试验资料作了初步整理,试用非稳定流方法确定灰岩含水层水文地质参数,初步预计了相当第一开采水平大井(以水2孔为大井圆心,以290米大井为半径)涌水量。利用水2孔雨季抽水试验及泉水、降雨等观测资料,计算了降雨渗入系数,并初步论证了距矿区北西四公里之猗獭泉不是矿区的排泄点。由于水平所限,不当之处,希予指正。

本文原始资料及图1、图2由煤田121地质队(原福建省地质一团)提供,图件由黄曦春,王素珍同志清绘,在此表示感谢。

一、水文地质条件简介

矿区位于一山字型构造东翼,区内构造以断裂为主,主要受纬向构造与新华夏系构造控制。矿区四面环山,地势东高西低,最高处在东部天山凹,标高+1065米,最低处在西

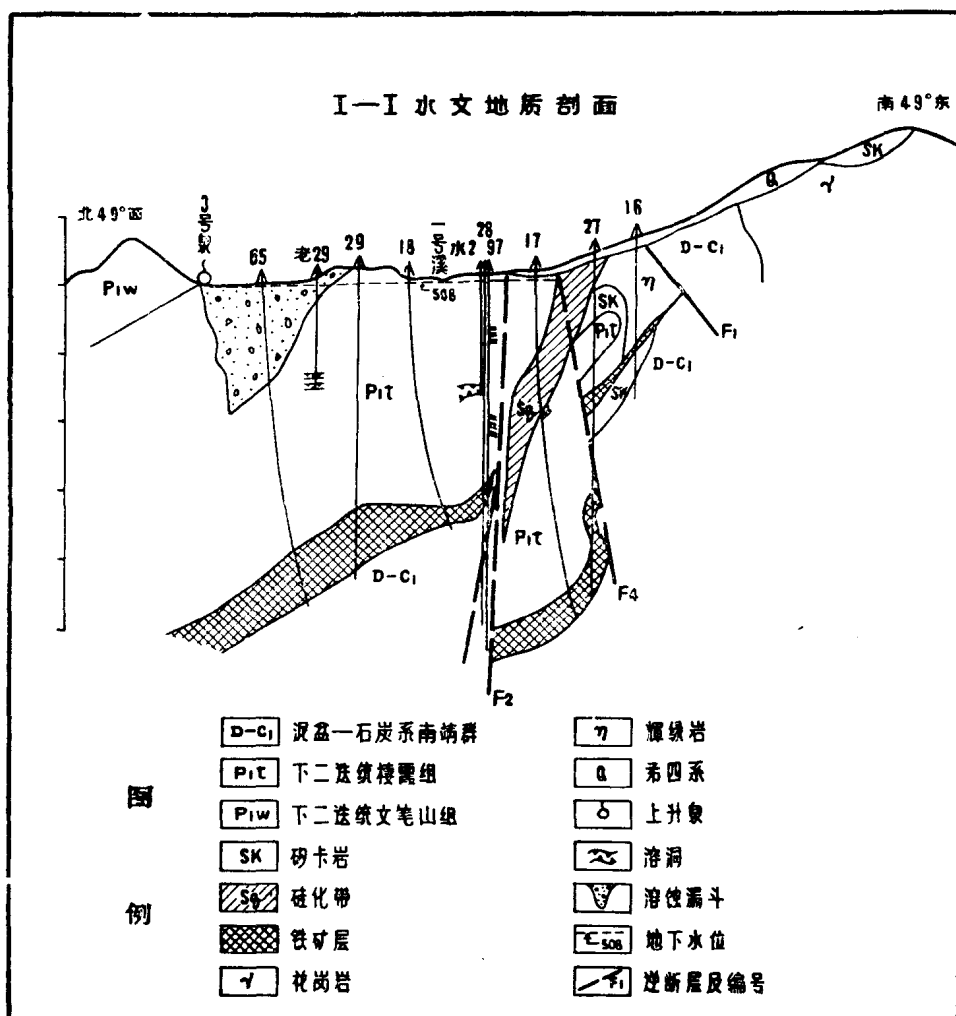


图 2

南边缘溪马河，标高+420米，为矿区最低侵蚀基准面。受水面积3.9平方公里。

矿区内无较大的河流，只有三条小溪，其中一号溪的流量较大，流量从7.05—855升/秒，二、三号溪的流量较小。矿区西南边缘的溪马河，流量从1.070—5.850米³/秒，洪峰最大流量150米³/秒。

本区属亚热带海洋性气候，年平均降雨量1600—2000毫米，降雨多集中在4—6月份，日最大降水量达127毫米。

矿区为一向北西倾伏的单斜构造（见图1，图2），地层倾角20°—45°，分布有高角度北东向F₁、F₂、F₃、F₄压性断裂，破碎带不大，导水性较弱，但断层上盘岩溶发育。北西向张性断裂，F₇、F₁₀、F₁₁为低角度断裂带，切割压性断裂，导水性较强，致使矿区水文地质条件复杂化。区内出露地层有泥盆-石炭系南靖群（D-C₁）石英砂岩、砾岩，厚千余米。二叠系栖霞灰岩（Pit）平均厚270米。二叠系文笔山组（Piw）砂页岩，厚约