

测算潜水含水层渗透参数的“割离井法”

李 佩 成

(西北农学院水利系)

提 要

一九七七年,作者提出把计算井群的“割离井法”〔1〕〔2〕〔3〕用于测算潜水含水层的渗透参数〔7〕。三年后的今天,通过实践,作了补充予以正式发表。

全文共分六节。‘一’是引言;在‘二’中简要的介绍了“割离井法”的主要公式和图表;在‘三’中介绍了应用割离井公式求解参数的具体步骤,并在‘四’中举算例作了说明。‘五’是根据实际工作得来的初步体会写出的‘关于“割离井法”抽水试验的特殊要求及其实现’;在‘六’中简述了该方法的理论基础。

有关的辅助计算用表附在本文的最后。

一、引 言

测算水文地质参数,也就是本文所说的测算含水层渗透参数理论方法的研究,乃是国家重点科研项目中《大面积地下水资源评价与评价理论方法研究》的攻关内容之一。因为在评价地下水资源、设计井群、规划人工补给系统、开展动态预报时,如果上述参数是不可靠的,则无论人们采用何种先进的计算机器,把精度要求到小数点以后十位百位,也难免舍本求末,徒劳无益。甚至在不知不觉中造成错误。

正因为如此,在水文地质勘测中为了追求较为可靠的参数,室内室外化费大量人力、物力、财力,占用不少可贵的时间。许多工作人员不避风雨,不论寒暑,日夜看守,精心观测,理应善有善报,获得良好的结果。但却往往事与愿违,取得的大量资料一经公式计算,常如碧玉坠碎,令人可惜,套用不同之公式便得不同之结果,相差数倍数十倍,何者为准,真伪难分。近年来,在抽水试验和资料整理中,国内外又都开始应用非稳定渗流理论,当然是个发展。但是,具体到所用计算方法,例如泰斯方法〔4〕〔5〕〔6〕或者来源于泰斯方法的其它非稳定计算方法,也都存在一些问题,将其使用于潜水含水层时,更显得削足适履,令人担心!

基于上述心情,1977年作者提出了测算潜水含水层渗透参数的“割离井法”(7)。此后的三年多来,在各方面的鼓励 and 帮助下,又作了一些工作,特别是进行了专门的验证性的野外试验,结果是令人鼓舞的,情况表明,她也许是一种比较简单准确,经济有效的方法。

但是，在科学领域中，一种学说，一种见解，是真是伪需经实践的反复检验，即是基本正确的东西，也还要不断完善，更何况示人之坯朴，差错难免，作者敬希同行同志试用修正、批评指导。

二、关于「割离井法」及其计算公式图表的简介

关于割离井及割离井法的完整概念，作者已在文献〔1〕〔2〕〔3〕中叙述过了，参看（图1）。概括地说，所谓割离井，就是一个在不透水的外园边界中工作的井，这个不透水边界的作用以数学符号表示，即为

当 $r = R_0$ 时

$$\left. \frac{\partial H}{\partial r} \right|_{r=R_0} = 0;$$

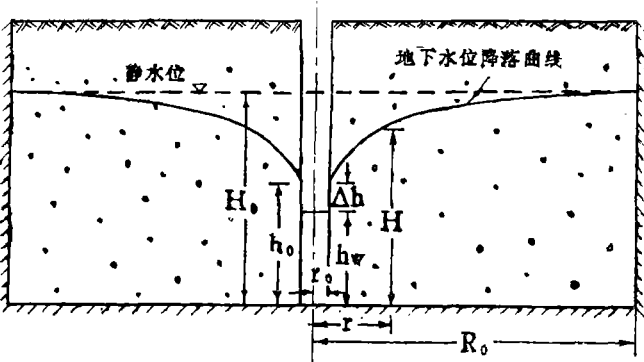


图1 割离井工作示意图

- H_0 —一起始水位；
- H —抽水 t 时距井 r 处之水位；
- Δh —水跃值；
- h_0 —抽水时井内水位；
- $h_0 = h_1 + \Delta h$ —进井水位值；
- r_0 —井筒的半径；
- R_0 —周界半径（取水半径）。

所谓割离井法，即是作者提出的通过解剖计算一眼分割出来的单井而进行井群计算的方法。在本文中也可以理解为计算（图1）所示的单井的方法。这个割离井的计算公式是根据非稳定渗流理论推导的，计有：

1. 计算水位变化的公式：

$$H = h_0 + \left\{ -\pi S_0 \sum_{n=1}^4 D_n h_n e^{-\lambda_n^2 \beta t} \right\} \tag{1}$$

式中 $D_n = \frac{J_0(\lambda_n x_0) J_1(\lambda_n)}{J_0^2(\lambda_n x_0) - J_1^2(\lambda_n)} \tag{2}$

$$h_n = h(\lambda_n x) = J_0(\lambda_n x) y_1(\lambda_n) - J_1(\lambda_n) y_0(\lambda_n x) \tag{3}$$

J_0, J_1 ——第一类零阶和一阶贝森函数;

y_0, y_1 ——第二类零阶和一阶贝森函数;

λ_n ——贝森方程的特征值, 可由方程式

$$J_0(r_n r_0) y_1(\lambda_n R_0) - y_0(\lambda_n r_0) J_1(\lambda_n R_0) = 0 \quad (4)$$

求出。 λ 的角注‘n’表示在级数中所取‘ λ ’值的项数, 在我们的公式中取其四项, 亦即 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$, 就足够精确了。

$$\text{若令 } \frac{r_0}{R_0} = x_0,$$

则 (4) 式可变为

$$J_0(\lambda_n x_0) y_1(\lambda_n) - y_0(\lambda_n x_0) J_1(\lambda_n) = 0 \quad (5)$$

在 (1) 式中

e ——自然对数之底, 其值为 2.71828……;

t ——抽水延续的时间; 可用昼夜或日计

$$\beta = a / R_0^2 \quad (6)$$

$$a = \frac{Khp}{\mu} \quad (7)$$

‘a’一般被称为水位传导系数, 它的因次是 L^2/T , 单位可用 $\text{米}^2/\text{日}$, 因为 $\beta = a/R_0^2$, 所以 β 的因次为 $\frac{L^2}{T} / L^2 = T^{-1}$, 作者建议将 β 称作渗流扩展系数, 单位可用 $1/\text{日}$ 。

K ——渗透系数, 米/日;

μ ——给水度;

h_p ——平均水深, 也就是浸润线以下的含水层的平均厚度, 以米计;

其余符号如 (图 1) 所示。

2. 计算出水量的公式

$$Q = 4\pi Kh_0 S_0 \sum_{n=1}^4 B_n e^{-\lambda_n^2 \beta t} \quad (8)$$

$$\text{式中 } B_n = \frac{J_1^2(\lambda_n)}{J_0^2(\lambda_n x_0) - J_1^2(\lambda_n)} \quad (9)$$

$S_0 = H_0 - h_0$ ——抽水井的水位降, 以米计, 其余符号同前。

3. 计算图表

为了便于利用公式 (1), (8) 进行实际的演算, 作者绘制了辅助计算的图表:

① 水位系数表: 应用此表可根据不同的 X_0 值查出 λ_n 值和 D_n 值; 可根据不同的 X_0 值和 $X = \frac{r}{R_0}$ 值查取相应的 $D_n h_n$ 值; 该表见附 (表 1)。

② 流量系数表: 用此表可根据不同的 X_0 值查取对应的 λ_n 值和 B_n 值, 见附 (表 2)。

为了查取表中未列出的中间数值, 又编绘了:

- ① $X_0 \sim X \sim D_n h_n$ 关系曲线;
- ② $X_0 \sim B_n$ 关系曲线;
- ③ $X_0 \sim \lambda_n$ 关系曲线。

关于这些曲线, 图表及其编制过程可见文献〔1〕〔2〕〔3〕中的介绍, 此处不复赘述。

三、应用“割离井”公式求解参数的具体步骤

在‘二’中介绍了割离井公式(1)和(8), 即

$$H = h_0 + \left\{ -\pi S_0 \sum_{n=1}^4 D_n h_n e^{-\lambda_n^2 \beta t} \right\} \quad (1)$$

$$Q = 4\pi k h_0 S_0 \sum_{n=1}^4 B_n e^{-\lambda_n^2 \beta t} \quad (8)$$

为了求解参数, 可将(8)式改写为

$$K = \frac{Q}{4\pi h_0 S_0 \sum_{n=1}^4 B_n e^{-\lambda_n^2 \beta t}} \quad (10)$$

(1)式和(10)式即为求解参数的联立方程式。

通过非稳定抽水试验, 可以测得在某个 t 时刻井的取水半径 R_0 值*, 相应的井出水量 Q 值, 井水位 h_n 、降深 S_0 以及距抽水井 r 处的水位 H 值。有了这些数值, 便可代入(1)、(10)中解出 β 、 k , 进而推算出 a 和 μ , 其具体步骤如下:

1. 根据已知的 $X_0 = \frac{r_0}{R_0}$, $X = \frac{r}{R_0}$ 值, 应用有关图表查出相应的 λ_n , $D_n h_n$ 值。当然 $D_n h_n$ 也可不用图表而直接利用公式(2)、(3)计算。
2. 将已知的 h_0 , S_0 , $D_n h_n$, λ_n 以及时间 t 值代入(1)式;
3. 解出该式中仅存的末知数 β 值。为此, 可应用试算法, 亦即设取若干个不同的 β 值, 求得对应的 H 值, 然后作出“ $\beta \sim H$ 关系曲线”, 再由实测的 H 值查出相应的 β 值;
4. 应用 $B_n \sim X_0$ 关系表或曲线, 查取对应于已知 X_0 值的 B_n 值;
5. 将已知的 Q 、 h_0 、 S_0 、 B_n 、 λ_n 以及由(1)式求出的 β 值代入(10)中, 从而求出尚存的唯一末知数——渗透系数 K 值;

* 关于此处所用的“取水半径”的概念, 以及为什么可把这个取水半径视为实际的某个隔水边界的半径, 可参见〔8〕。

$$6. \text{ 由于 } \beta = \frac{Khp}{\mu} / R_0^2 = \frac{a}{R_0^2}$$

$$\text{所以 } a = \beta R_0^2 \quad (11)$$

因而，在将 R_0 和 β 值代入 (11) 之后，便可求出传导系数 a 值；

$$7. \text{ 由于 } a = \frac{Khp}{\mu} \quad (12)$$

$$\text{所以, } \mu = \frac{Khp}{a} = \frac{Khp}{\beta R_0^2} \quad (13)$$

故将已知的 K 、 hp 、 a 值或 β 、 R_0 值代入 (13) 式中便可求出给水度 μ 值。

完成这些步骤之后则所有的渗透系数 a ， K ， μ ， β 都被求出来了。

四、算例

有一潜水含水层，其厚度 $H_0 = 20$ 米，试验井穿透含水层到达不透水底板。井径 2 米，亦即 $r_0 = 1$ 米；在该井上进行定落程的抽水试验，并将水位降 S_0 固定为 6 米，从而 $h_0 = H_0 - S_0 = 14$ 米。

在抽水进行到 $t = 2$ 昼夜时，观测到水位变动刚刚波及到距主井 200 米的观测孔中，而在距主井 10 米——亦即 $r = 10$ 米的观测孔内此刻水位下降 2.815 米，或即 $H = 20 - 2.815 = 17.185$ 米，这时井的出水量 $Q = 631.235$ 米³/日。

根据上述抽水试验所获资料计算渗透参数如下：

已知资料计有：

$$t = 2 \text{ 日,}$$

$$H_0 = 20 \text{ 米,}$$

$$S_0 = 6 \text{ 米,}$$

$$h_0 = 14 \text{ 米,}$$

$$r = 10 \text{ 米,}$$

$$H = 17.185 \text{ 米,}$$

$$Q = 631.235 \text{ 米}^3/\text{日}$$

并将 $t = 2$ 日时候的水位广展远度 200 米定为取水半径或即“准隔水边界”的半径，即

$$R_0 = 200 \text{ 米}$$

应用这些资料根据公式 (1)、(8) 计算，

先求出

$$X = \frac{r}{R_0} = \frac{10}{200} = 0.05$$

$$X_0 = \frac{r_0}{R_0} = \frac{1}{200} = 0.005$$

据此，由附表1查出相应于 $X_0 = 0.005$ ， $X = 0.05$ 的 λ_n 、 $D_n h_n$ 及 B_n 值列入表1中

表1

λ_1	0.667	$D_1 h_1$	-0.1557	B_1	0.1104
λ_2	4.214	$D_2 h_2$	-0.0309	B_2	0.0210
λ_3	7.446	$D_3 h_3$	-0.0220	B_3	0.0150
λ_4	10.664	$D_4 h_4$	-0.0181	B_4	0.0134

将已知诸值代入公式(1)，即

$$H = h_0 + \left\{ -\pi S_0 \sum_{n=1}^4 D_n h_n e^{-\lambda_n^2 \beta t} \right\}$$

再设取若干 β 值，用试算法求出相应于实测 H 的 β 值，进而依据该 β 值算出所求参数。具体进行如下：

(1) 设 $\beta_1 = 0.00425$ ，则

$$\begin{aligned} H &= 14 + \left\{ -18.8496 \left[\frac{-0.1557}{e^{0.889778 \times 0.00425}} + \frac{-0.0309}{e^{35.5156 \times 0.00425}} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{-0.0220}{e^{110.88583 \times 0.0425}} + \frac{-0.0181}{e^{227.2712 \times 0.00425}} \right] \right\} = \\ &= 14 + \left\{ -18.8496 \left[\frac{-0.1557}{1.004} + \frac{-0.0309}{1.163} + \frac{-0.0220}{1.6025} + \frac{-0.0181}{2.627} \right] \right\} = 17.832 \text{米} \end{aligned}$$

即 $H = 17.832 \text{米} > 17.185 \text{米}$ 实测值。

② 再设一个比较大的 β 值，令 $\beta = 0.0425$ ，则

$$\begin{aligned} H &= 14 + \left\{ -18.8496 \left[\frac{-0.1557}{e^{0.0378}} + \frac{-0.0309}{e^{1.5094}} + \frac{-0.0220}{e^{4.7126}} + \frac{-0.0181}{e^{9.659}} \right] \right\} = \\ &= 14 + \left\{ -18.8496 \left[\frac{-0.1557}{1.039} + \frac{-0.0309}{4.524} + \frac{-0.0220}{51600} + \text{略} \right] \right\} = 16.953 \text{米}, \end{aligned}$$

即 $H = 16.953 \text{米} < 17.185 \text{米}$ 实测值。

看来，差值又从相反的方向增大，故知实际的 β 值应在0.00425到0.0425之间。

③ 设令 $\beta = 0.007$ ，则

$$H = 14 + \left\{ -18.8496 \left(\frac{-0.1557}{e^{0.889778 \times 0.007}} + \frac{-0.0309}{e^{35.5156 \times 0.007}} + \frac{-0.0220}{e^{110.88583 \times 0.007}} + \frac{-0.0181}{e^{227.2712 \times 0.007}} \right) \right\} = 14 \left\{ -18.8496 \left(-0.192686 \right) \right\} \text{ 即}$$

$H = 17.632 > 17.185$ 米之实测值。

④ 设令 $\beta = 0.01$ 则

$$H = 14 + \left\{ -18.8496 \left(\frac{-0.1557}{e^{0.008898}} + \frac{-0.0309}{e^{0.356156}} + \frac{-0.0220}{e^{1.108858}} + \frac{0.0181}{e^{2.272712}} \right) \right\}$$

$= 17.489$ 米,

$H = 17.489$ 米 > 17.185 米之实测值, 但已相当接近。

⑤ 再设 $\beta = 0.02$, 则得

$H = 17.213 > 17.185$ 米之实测值, 已经十分接近。

至此, 我们已经得到了大于和小于实测水位‘17.185米’之一系列H值, 据此可以作出 $\beta \sim H$ 关系曲线如(图2)所示。

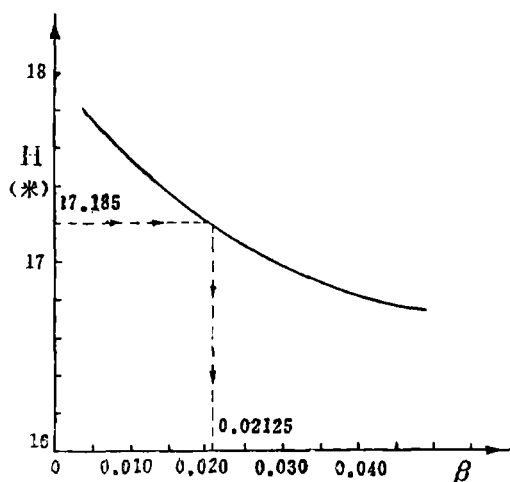


图2 $\beta \sim H$ 关系曲线

在该图上, 当 $H = 17.185$ 米时, 沿着箭头所指示的方向反查出对应之 β 值为

$$\beta = 0.02125$$

在求出 β 之后, 按照‘三’中所介绍的步骤再用公式(10)即

$$K = \frac{Q}{4\pi h_0 S_0 \sum_{n=1}^4 B_n e^{-\lambda_n^2 \beta t}} \quad (10)$$

将已知值

$$t = 2 \text{ 日}$$

$$h_0 = 14 \text{ 米}$$

$$S = 6 \text{ 米}$$

$$Q = 631.235 \text{ 米}^3/\text{日}$$

$$\beta = 0.02125 \text{ } ^1/\text{日}$$

以及表(1)中所列之相应的 λ_n , B_n 值代进(10)式中, 则可求出 K 值, 亦即

$$K = \frac{Q}{4\pi h_0 S_0 \sum_{n=1}^{\infty} B_n e^{-\lambda_n^2 \beta t}} = \frac{631.235}{4 \times 3.1416 \times 14 \times 6 (0.1205)} \text{ 即}$$

得

$$K = 5 \text{ 米/日}$$

$$\text{因 } \beta = \frac{K h p}{\mu} / R_0^2 = \frac{a}{R_0^2} \text{ 故}$$

$$a = B R_0^2 = 0.02125 \times 200^2 = 850 \text{ 米}^2/\text{日}$$

又因

$$a = \frac{K h p}{\mu}, \text{ 故}$$

$$\mu = \frac{K h p}{a} = \frac{5 \times 17}{850} = \frac{85}{850} = 0.1$$

至此, 则全部的渗透参数都被求出来了, 即

$$\begin{cases} K = 5 \text{ 米/日;} \\ \mu = 0.1 \\ a = 850 \text{ 米}^2/\text{日} = 8.5 \times 10^2 \text{ 米}^2/\text{日}; \\ \beta = 0.02125 = 2.125 \times 10^{-2} \text{ } ^1/\text{日}。 \end{cases}$$

从算例可以看出, 藉助辅助图表用该方法整理资料, 进行计算并无艰深困难的数学问题, 只要注意技巧, 按部就班的进行, 计算过程也不复杂。如有包含‘e’键’的电子计算器相助, 则尤感轻松愉快, 一组资料不消几个小时便可算出。即使在 X 和 X_0 值不能从表中直接查取的情况下, 为了避免查图或求插值所造成的误差, 而需直接用公式计算 D_n 、 h_n 、 B_n 时, 也并不十分繁杂!

五、割离井抽水试验的特殊要求

1. 割离井抽水试验的特殊要求

从理论及初步的实践发觉, 该方法对于抽水试验除一般要求外, 还有某些稍为特殊的要求, 也就是说具有自己的某些特点。

① 最主要的特点是抽水试验为定水位的，即抽水降深 S_0 保持不变，而出水量却是变动的；

② 抽水试验一定要有观测孔，而且最少要两个，为了测得较大的降深从而提高计算 H 的精度，用于观测水位 H 的观测孔应距主井较近，例如 50 米以内；而另一个观测取水半径 R_0 的观测孔应当较远一些，以保证在水位降波及 R_0 之前，能够在水位观测孔中观测到明显的水位下降值。

但该孔也不要太远，以便排除可能实际存在的某种边界的干扰，同时避免抽水时间过长而使非稳定抽水试验的价值降低。为此，应使 R_0 明显的小于一般所说的影径半径的经验数值；

③ 由于在该法的计算中，水位 H 值、波及时间 t 值，以及井的半径 r_0 值均处于十分敏感的地位，因此，要求对它们的观测尽量精确。

2. 关于保证实现割离井抽水试验的要求和建议

割离井抽水试验的实现，其中许多工作与一般抽水试验相同，例如均需选择试验场地、开展水文地质调查，进行地面测量、对主井和观测井所处地层进行描绘、测记井孔深度、测记静水位值，确定地下水流向、水位坡降或描绘等水位线图，对此不复赘述。

现从割离井抽水试验的特点出发，补充如下建议：

① 进行割离井抽水试验，一定要保证水位降 S_0 值是固定的，这一保证可以通过调节闸门控制井的出水量来实现，具体的办法是这样的：

在水泵的出水管上加一调节闸门，在井内始终放一电测水位计的测绳，并将测绳的测头（要求测头较重）置于设计的控制水位（该水位值要求抽水后短期即能到达），接通线路，使电测水位计处于工作状态。开泵抽水，当指针回零时即表明水位已低于设计水位，便应关小闸门使水位回升。

如果指针偏离零后稳定在极值不动，则表明测头已被埋入水中，水位太高又需开启闸门使出水量增加；若指针在偏零而显示到达水面的位置迅速颤动，则表明水位稳定在要求的位置上。

工作期间应分配专门人员进行此项工作，随时察看电表，随时调节闸门，以使水位稳定。

由于此项工作比较紧张，可由两人轮换进行。

水量的观测可通过量水堰按设计的时段进行。

② 关于观测孔的布设应严格按上述五—1—②中的要求进行。

由于在计算中使用的水位值只是水位降波及到 R_0 时的 H 值，以及相应的 时间 t 值，因此，从理论上讲，在时间 $t_0 > t$ 时，对 H 值可以不作观测，但是，为了取得一些参考数据，并使观测人员专心致志密切注意水位变化，以便在需要时及时准确的测出

* 我们把为了使用割离井计算公式计算参数而进行的抽水试验，定名为“割离井法抽水试验”并简称“割离井抽水试验”。

水位观测孔中的水位降值从而计算 H ，建议从抽水开始，便能按一定时间对所有观测孔进行观测；

③ 为便于准确的追踪水位变化扩展前沿，有条件时可以在主井与边界井即 R_0 观测孔之间，再增加一眼辅助观测孔，该孔的距离应靠近 R_0 观测孔，以便当此孔发现水位波及时立即监督 R_0 观测孔的水位变化，判断到达时间；

该辅助孔，当然也可以看作另一眼边界 R_0 观测孔用于计算，以便起核对作用；

④ 对于包括主井在内的所有井孔的观测，均应认真进行，为了避免各次提放测绳掌握不一可能带来误差，应在主井和各主要观测孔中均下固定测绳，也就是均用专一的电测水位计，且将其测绳下于井中，以便随时施测；

⑤ 边界孔主要用来观测水位降波及的时间，关键在于及时察觉水位的些微变动，因而一定要固定测绳，并使水位计的指针灵敏的显示出测头刚刚接触水面，保证当水位略有下降时指针便立刻回零，或者向回零方向明显偏动；

为了避免因热胀冷缩对测绳长度的影响，建议将测绳提前下入井中，并在抽水试验期间不再提出；

为了避免某些偶然因素或判断差错可能带来的影响，要求在报记波及到达时间之后，继续观测，并记录水位下降值，直到可以肯定前述判断无误为止；

⑥ 鉴于在割离井计算公式中用到的抽水井半径 r_0 值，系指井孔的实际半径而非滤水管的内径（其实，其它公式本来亦是如此），因此， r_0 值应量至井壁管外，并适当估计填砾的厚度；

⑦ 公式中的 $h_0 + S_0 = H_0$ ，不包括水跃值，因此，为了提高计算精度，排除水跃值的影响，不要直接把在抽水井中测得的水位降值当作 S_0 使用。为此

(a) 当求参数的精度要求很高时，应在抽水井的井壁管外安装观测管，直接观测 S_0 值，也可在十分靠近抽水井的地方凿打观测孔直接观测 S_0 值，但在此种情况下，公式中的井半径 r_0 值，应是该孔距抽水井井心的距离；

(b) 如果精度要求不十分高，且当水位降深 S_0 与含水层厚度相较不大时（例如小于 $1/4$ ），也可不设排除水跃的观测孔，而用经验公式计算出水跃值 Δh ，从而算出实际的 S_0 ，

即是 $S_0 = S_w - \Delta h$

此处 S_w ——抽水井内的水位降值。

从而 $h_0 = H_0 - S_0 = H_0 - S_w + \Delta h$

在这种情况下，如果含水层透水性较好，也可直接把抽水井中观测的 S_w 值当作 S_0 使用；

⑧ 全部试验工作必需由一人统一严格指挥，并在抽水试验前对全体人员 进行 训练。

关于使用割离井法抽水试验的实例可参见文献〔8〕。

六、关于方法的理论依据

1. 测算渗透参数的割离井法的数学依据，已在文献〔1〕〔2〕〔3〕中论证过了，认为是比较可靠的；

3. 本方法如果用来处理实际存在的具有圆形隔水边界的含水层渗透参数，它的物理理论依据无疑也是充分的，对此，也可从文献〔1〕〔2〕〔3〕中的有关论述得到证明；

3. 当实际上并不存在上述那种隔水边界，或者因为含水层广大，故在较短时间内水位变化难于波及边界时，人为的划定“准隔水边界”，按割离井法的要求进行抽水试验，测算渗透参数是否合理？这种处理边界的办法是否具有较为可靠的物理理论依据？对此，作者在《含水层的‘滞流作用’与边界条件的处理》〔7〕一文中作了论述认为是可行的。也就是说，测算渗透参数的割离井法的物理理论依据是潜水含水层的“滞流原理”。

4. 综上所述，测算渗透参数的割离井法，具备明确的理论基础和有效的实用价值。

参 考 文 献

- 〔1〕 李佩成 《地下水研究报告》（渗流计算部分），西北农学院 1974 年。（油印本）
- 〔2〕 李佩成 关于井群规划中渗流计算方法的探讨《陕西水利科技》，1975 年第一期，陕西省水利科学研究所编辑出版。
- 〔3〕 李佩成 关于井群规划中渗流计算方法的探讨《水文地质技术方法》，1975 年第一辑，河北省地质局水文地质四大队主编，地质出版社出版。
- 〔4〕 《地下水利用》西北农学院，华北水电学院 编 水利出版社 1981 年
- 〔5〕 J.N.鲁沁主编，《农田排水》 叶和才、罗焕炎等合译，中国工业出版社，1965 年。
- 〔6〕 C.v.泰斯 利用地下水贮水量的井其流量和抽水时间与水压面降的关系，译载于《地下水非稳定流理论的发展和应用》，张宏仁等编译，地质出版社，1975 年。
- 〔7〕 李佩成 含水层的〔滞流作用〕与边界条件的处理，地下水研究报告第三辑（渗流理论部分），西北农学院，1977 年。
- 〔8〕 李佩成 测算潜水含水层渗透参数的“割离井法”及其应用实例，西北农学院 1980 年 10 月（油印本）。

附表 1 水位系数 Dnhn 表

X_0	λ_n	$X \backslash D_n$		0.05	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0
0.01	$\lambda_1 = 0.717$	$D_1 = +0.3786$	$D_1 h_1$	-0.1221	-0.1860	-0.2414	-0.2939	-0.3273	-0.3361
	$\lambda_2 = 4.290$	$D_2 = -0.1735$	$D_2 h_2$	-0.0298	-0.0418	-0.0492	-0.0370	+0.0049	+0.0258
	$\lambda_3 = 7.550$	$D_3 = +0.1510$	$D_3 h_3$	-0.0222	-0.0298	-0.0278	+0.0019	+0.0106	-0.0127
	$\lambda_4 = 10.770$	$D_4 = -0.1391$	$D_4 h_4$	-0.0187	-0.0233	-0.0137	+0.0126	-0.0097	+0.0082
0.005	0.667	+0.3500	-0.0437	-0.1557	-0.2035	-0.2523	-0.2976	-0.3266	-0.3340
	4.214	-0.1465	-0.0096	-0.0309	-0.0392	-0.0435	-0.0312	+0.0047	+0.0221
	7.446	+0.1235	-0.0070	-0.0220	-0.0264	-0.0228	+0.0026	-0.0085	-0.0105
	10.664	-0.1165	-0.0051	-0.0181	-0.0204	-0.0107	+0.0108	-0.0083	+0.0070
0.002	0.606	+0.3157	-0.0910	-0.1845	-0.2245	-0.2644	-0.3018	-0.3255	-0.3317
	4.146	-0.1216	-0.0152	-0.0300	-0.0355	-0.0375	-0.0258	+0.0044	+0.0187
	7.364	+0.1010	-0.0105	-0.0204	-0.0228	-0.0185	+0.0028	+0.0068	-0.0087
	10.560	-0.0932	-0.0083	-0.0163	-0.0168	-0.0079	+0.0088	-0.0067	+0.0056
0.001	0.569	+0.2957	-0.1175	-0.2010	-0.2362	-0.2711	-0.3012	-0.3249	-0.3303
	4.111	-0.1084	-0.0170	-0.0287	-0.0329	-0.0340	-0.0229	+0.0041	+0.0168
	7.320	+0.0889	-0.0115	-0.0190	-0.0206	-0.0162	+0.0028	+0.0060	-0.0077
	10.499	-0.0790	-0.0091	-0.0147	-0.0145	-0.0063	+0.0075	-0.0057	+0.0048
0.0003	0.516	+0.2660	-0.1336	-0.2216	-0.2508	-0.2796	-0.3067	-0.3237	-0.3282
	4.057	-0.0882	-0.0181	-0.0258	-0.0285	-0.0284	-0.0185	+0.0037	+0.0138
	7.257	+0.0710	-0.0117	-0.0164	-0.0171	-0.0128	+0.0026	+0.0047	-0.0062
	10.435	-0.0643	-0.0091	-0.0126	-0.0120	-0.0048	+0.0062	-0.0047	+0.0039
0.0001	0.485	+0.2498	-0.1721	-0.2326	-0.2585	-0.2840	-0.3080	-0.3232	-0.3271
	4.030	-0.0779	-0.0179	-0.0239	-0.0258	-0.0254	-0.0163	+0.0033	+0.0123
	7.230	+0.0632	-0.0114	-0.0151	-0.0154	-0.0114	+0.0024	+0.0038	-0.0056
	10.400	-0.0557	-0.0088	-0.0113	-0.0104	-0.0040	+0.0054	-0.0041	+0.0034

附表2 流量系数表

X_0	λ_0	B_0	X_0	λ_0	B_0
0.2	1.42	0.4489	0.002	0.606	0.0913
	5.68	0.2755		4.15	0.0146
	9.69	0.2653		7.36	0.0101
	13.70	0.3240		10.56	0.0086
0.1	1.10	0.2871	0.001	0.569	0.0806
	4.97	0.1351		4.11	0.0116
	8.50	0.1222		7.32	0.0078
	12.10	0.1172		10.50	0.0063
0.01	0.717	0.1273	0.0001	0.486	0.0587
	4.29	0.0293		4.03	0.0063
	7.55	0.0223		7.23	0.0040
	10.77	0.0191		10.40	0.0031
0.005	0.667	0.1104	0.00001	0.431	0.0474
	4.21	0.0210		3.99	0.0039
	7.45	0.0150		7.18	0.0024
	10.66	0.0134		10.34	0.0017

On the "Screen of Well Method" for Measuring and Calculating the Percolating Parameters in the Laten Aquifers

Li Peichen

Abstract

In 1977, the author put forward the "screen of well method"(1) (2) (3) for calculating the wellmass used to measure and calculate the percolating parameters in the laten aquifers(7). Today after three years, the author has made some additions to the new method through practice and got this paper published.

This paper is divided into 6 sections. Section I is an introduction. The major formulas and charts of the screen of well method are briefly dealt with in Section II. Section III introduces the concrete procedures for calculating the parameters by use of the formulas of the screen of well method, with some calculating examples explained in section IV. Section V deals with the special requirements and realization of pumping test by the screen of well method written based on the practical experience from actual work, and Section VI. briefs on the theoritical base of the new method.

Some aiding tables and charts for calculations are appended to this paper.