

# Excel 在稳定流抽水试验中的应用

张 林

(安徽省煤田地质局第三勘探队, 安徽 宿州 234000)

摘要: 应用 Excel 强大的计算功能, 编辑抽水试验计算公式, 解决了传统计算方法效率低、易出错和专业计算机软件价格昂贵的问题, 为水文地质工作者提供了一个很好的参考范本。

关键词: Excel; 抽水试验; 单元格; 抽水孔

中图分类号: TP391; P641.47 文献标识码: A 文章编号: 1006-0995(2010)01-0104-04

水文地质试验中有大量的数据统计、分析和计算, 是一项复杂繁琐的工作, 尤其是抽水试验成果的计算, 公式多而复杂。传统的计算方法效率低, 易出错, 而专业水文地质计算软件价格昂贵。最常用的电子表格软件 Excel 就能很好的解决问题。Excel 所提供的三维电子表格称为工作簿, 由一些工作表组成, 是运算和存储数据的文件。Excel 工作表是用来存储和处理数据的最主要的文档, 每一页由 256 列和 65 536 行组成, 行和列相交形成的单元格是存储数据的基本单位。每个单元格的名称取决于相应列与行, 称为单元格引用。应用 Excel 计算功能, 编辑稳定流抽水试验计算公式, 可为水文地质工作者提供一个参考范本。

## 1 抽水试验的类型

抽水试验是水文地质试验中最常见、最常用的一种, 用来确定水文地质参数是其工作的主要内容, 它能取得的参数多, 效果好且接近实际。

### 1.1 稳定流和非稳定流抽水试验

地下水流向抽水井的非稳定流是绝对的, 稳定流是相对的。稳定流抽水应较早, 它要求流量和水位相对稳定, 这具有一定的局限性。非稳定流抽水要求流量好或水位中有一个保持常量, 测定另一随时间变化的数据, 它比较符合实际。

### 1.2 根据抽水孔与观测孔的组合分

单孔抽水: 仅在一个抽水孔中进行。

多孔抽水: 是在抽水孔(主孔)周围配置一定数量的观测孔, 以便在抽水孔抽水时, 从观测孔中可观测到降落漏斗的形态和扩展情况。

群孔(干扰孔)抽水: 由二个以上抽水孔和配置一定数量的观测孔组成。

## 2 抽水试验计算公式

1. 吉哈尔特公式:  $R = 10S\sqrt{K}$

2. 完整承压抽水井稳定流裘布衣公式(变形):  $K = \frac{Q(\lg R - \lg r)}{2.73MS}$

3. 完整承压抽水井稳定流影响半径公式(二个观测孔):  $\lg R = \frac{S_1 \lg r_2 - S_2 \lg r_1}{S_1 - S_2}$

4. 完整承压抽水井稳定流裘布衣公式(变形)(二个观测孔):  $K = \frac{Q(\lg R - \lg r)}{2.73MS}$

5. 库萨金公式:  $R = 2S\sqrt{Kh}$

6. 完整潜水抽水井稳定流裘布衣公式(变形):  $K = \frac{Q(\lg R - \lg r)}{1.366(2h - S)S}$

收稿日期: 2009-06-02

作者简介: 张林(1976—), 男, 安徽人, 工程师, 主要从事里外地质工程施工及资料整理

7.完整潜水抽水井稳定流影响半径公式（二个观测孔）：
$$\lg R = \frac{S_1(2h_0 - S_1)\lg r_2 - S_2(2h_0 - S_2)\lg r_1}{(S_1 - S_2)(2h_0 - S_1 - S_2)}$$

8.完整潜水抽水井稳定流裘布衣公式（变形）（二个观测孔）：
$$K = \frac{Q(\lg R - \lg r)}{1.366(2h - S)S}$$

各公式中参数：R—影响半径(m)；S—水位降深(m)；K—渗透系数(m/d)；Q—涌水量(m<sup>3</sup>/h)；r—井半径(m)；S<sub>1</sub>—观 1 孔降深(m)；S<sub>2</sub>—观 2 孔降深(m)；h<sub>0</sub>—潜水含水层厚(m)；r<sub>1</sub>—观 1 孔至井中距离(m)；r<sub>2</sub>—观 2 孔至井中距离(m)。

3 利用 Excel 计算抽水试验参数

3.1 完整承压抽水井稳定流抽水试验计算

某煤矿井筒检查孔施工了主、副检孔(以下简称 1、2 号孔)，其中 1 号孔基岩混合含水层抽水时同时在 2 号孔进行了观测。下面以 1 号孔抽水为例，阐述利用 Excel 计算抽水试验参数，野外抽水时采集的数据见采集数据表 1。

| 采集数据表 1 |       |       |                       |            |
|---------|-------|-------|-----------------------|------------|
| 孔号      | M (m) | S (m) | Q (m <sup>3</sup> /d) | 备注         |
| 1       | 85.67 | 22.39 | 1 378.60              | 抽水孔井半径     |
|         |       | 18.06 | 1 144.11              | 0.084m     |
|         |       | 8.51  | 737.08                |            |
| 2       |       | 8.13  |                       | 观测孔，孔径同    |
|         |       | 4.87  |                       | 1 号孔，距 1 号 |
|         |       | 2.15  |                       | 孔 122.39m  |

3.1.1 单孔抽水

1) 参数及公式选择

首先确定 1 号孔野外采集的参数：降深 S，含水层厚度 M，井半径 r，涌水量 Q。

选用公式 1、2 计算影响半径 R 和渗透系数 K。

2) 抽水试验计算

a.常量的输入：第一步在 A1 中输入“完整承压抽水井稳定流抽水试验计算（单孔）”，在 A2、B2、B3、C3、D3 分别输入相应的表头内容。第二步在 A4、A5、A6、A7、A8 各个单元格中分别输入“假设渗透系数 K(m/d)”、“水位降深 S(m)”、“含水层厚度 M(m)”、“井半径 r(m)”、“每日流量 Q(m<sup>3</sup>/d)”等作为栏址名称。第三步在 B5~D8 中分别输入上述所确定的参数。

|    | A                         | B       | C       | D       |
|----|---------------------------|---------|---------|---------|
| 1  | 完整承压抽水井稳定流抽水试验计算（单孔）      |         |         |         |
| 2  | 参 数                       | 降 深     |         |         |
| 3  |                           | 第一次     | 第二次     | 第三次     |
| 4  | 假设渗透系数K (m/d)             | 0.89558 | 0.89621 | 1.1224  |
| 5  | 水位降深S (m)                 | 22.39   | 18.06   | 8.51    |
| 6  | 含水层厚度M (m)                | 85.67   | 85.67   | 85.67   |
| 7  | 井半径r (m)                  | 0.084   | 0.084   | 0.084   |
| 8  | 每日流量Q (m <sup>3</sup> /d) | 1378.60 | 1144.11 | 737.08  |
| 9  | 影响半径R (m)                 | 211.89  | 170.97  | 90.16   |
| 10 | 渗透系数K (m/d)               | 0.89558 | 0.89621 | 1.12238 |
| 11 |                           |         |         |         |

图 1 完整承压抽水井稳定流抽水试验计算（单孔）

b.公式的编辑。选择 B9 单元格使之成为活动单元格，键入公式“=10\*B5\*SQRT(B4)”，按回车（Enter）键确认。

选择 B10 单元格使之成为活动单元格，键入公式“B8\*LOG10(B9/B7)/(2.73\*B6\*B5)”，按回车键确认。拖动复制出 C9、C10、D9、D10 单元格的公式。

c.在 B4、C4、D4 单元格中分别输入一个假定的 K 值，反复循环输入，直至分别与 B10、C10、D10 单元格中的数值相等，即可得出渗透系数 K 值。

各步操作过程计算结果参见图 1。

3.1.2 多孔抽水

本次多孔抽水是指 1 号孔本身作为观测孔 1，2 号孔作为观测孔 2。

1) 参数及公式选择：首先确定 1 号孔野外采集的参数：降深 S，含水层厚度 M，井半径 r（即观 1 号孔至井中心距离 r<sub>1</sub>），涌水量 Q；然后确定观测孔 2 的降深，观 2 孔至井中心距离 r<sub>2</sub>。

选用公式 3、4 计算影响半径 R 和渗透系数 K。

2) 抽水试验计算

a.常量的输入：输入表头和上述确定参数。参见 3.1.1 中抽水试验计算。

b.公式的编辑：选择 B12 单元格使之成为活动单元格，键入公式“=(B5\*LOG10(B10)-B6\*LOG10(B9))/(B5-B6)”，按回车（Enter）键确认。

选择 B13 单元格使之成为活动单元格, 键入公式 “=B11\*(B12-LOG10(B8))/(2.73\*B7\*B4)”, 按回车键确认。

拖动复制出 C12、C13、D12、D13 单元格的公式, 即可得出相应三次降深的渗透系数 K 值。各步操作过程及计算结果参见图 2。

### 3.2 完整潜水抽水井稳定流抽水试验计算

某基坑开挖施工了 1 号、2 号两口降水井, 均为完整潜水井, 其中 1 号稳定流抽水时同时在 2 号进行观测。以 1 号井抽水为例, 阐述利用 Excel 计算抽水试验参数, 野外抽水时采集的数据见采集数据表 2。

#### 3.2.1 单孔抽水

##### 1) 参数及公式选择

首先确定 1 号孔野外采集的参数: 水位降深 S, 含水层厚度  $h_0$  ( $h_0$  同  $h$ ), 井半径  $r$ , 每日流量  $Q$ 。选用公式 5、6 计算影响半径  $R$  和渗透系数  $K$ 。

##### 2) 抽水试验计算

a. 常量的输入: 输入表头和上述确定参数, 参见 3.1.1 中抽水试验计算。

b. 公式的编辑: 选择 B9 单元格使之成为活动单元格, 键入公式 “=2\*B5\*SQRT(B4\*B6)”, 按回车 (Enter) 键确认。选择 B10 单元格使之成为活动单元格, 键入公式 “=B8\*LOG10(B9/B7)/(1.366\*(2\*B6-B5)\*B5)”, 按回车键确认。拖动复制出 C9、C10、D9、D10 单元格的公式。

c. 在 B4、C4、D4 单元格中分别输入一个假定的 K 值, 反复循环输入直至分别与 B10、C10、D10 单元格中的数值相等, 即可得出渗透系数 K 值。

各步操作过程及计算结果参见图 3。

#### 3.2.2 多孔抽水

本次多孔抽水是指 1 号孔本身作为观测孔 1, 2 号孔作为观测孔 2。

##### 1) 参数及公式选择

首先确定 1 号孔野外采集的参数: 降深 S, 含水层厚度  $h_0$  ( $h_0$  同  $h$ ), 井半径  $r$  (即观 1 号孔至井中心距离  $r_1$ ), 每日流量  $Q$ ; 然后确定观测孔 2 的降深, 观 2 孔至井中心距离  $r_2$ 。

选用公式 7、8 计算影响半径  $R$  和渗透系数  $K$ 。

##### 2) 抽水试验计算

a. 常量的输入: 输入表头和上述确定参数, 参见 3.1.1 中抽水试验计算。

b. 公式的编辑: 选择 B12 单元格使之成为活动单元格, 键入公式

“=(B5\*(2\*B7-B5)\*LOG10(B10)-B6\*(2\*B7-B6)\*LOG10(B9))/(B5-B6)/(2\*B7-B5-B6)”, 按回车 (Enter) 键确认。

选择 B13 单元格使之成为活动单元格, 键入公式 “=B11\*(B12-LOG10(B8))/(2.73\*B7\*B4)”, 按回车键确认。拖动复制出 C12、C13、D12、D13 单元格的公式。

|    | A                           | B       | C       | D       |
|----|-----------------------------|---------|---------|---------|
| 1  | 完整承压抽水井稳定流抽水试验计算(二个观测孔)     |         |         |         |
| 2  | 参 数                         | 降 深     |         |         |
| 3  |                             | 第一次     | 第二次     | 第三次     |
| 4  | 水位降深S(m)                    | 22.39   | 18.06   | 8.51    |
| 5  | 观1孔降深S <sub>1</sub> (m)     | 22.39   | 18.06   | 8.51    |
| 6  | 观2孔降深S <sub>2</sub> (m)     | 8.13    | 6.8     | 2.15    |
| 7  | 含水层厚度M(m)                   | 85.67   | 85.67   | 85.67   |
| 8  | 井半径r(m)                     | 0.084   | 0.084   | 0.084   |
| 9  | 观1孔至井中心距离r <sub>1</sub> (m) | 0.084   | 0.084   | 0.084   |
| 10 | 观2孔至井中心距离r <sub>2</sub> (m) | 122.39  | 122.39  | 122.39  |
| 11 | 每日流量Q(m <sup>3</sup> /d)    | 1378.60 | 1144.11 | 737.08  |
| 12 | 影响半径对数lgR                   | 3.89    | 4.00    | 3.16    |
| 13 | 渗透系数K(m/d)                  | 1.30765 | 1.37436 | 1.56758 |
| 14 |                             |         |         |         |

图 2 完整承压抽水井稳定流抽水试验计算  
(二个观测孔)

采集数据表 2

| 孔号 | h0(m) | S(m) | Q(m3/d)  | 备注                        |
|----|-------|------|----------|---------------------------|
| 1  | 20    | 8.5  | 730.00   | 抽水井, 井半径 0.084m           |
|    |       | 18   | 1 140.00 |                           |
|    |       | 22   | 1 200.00 |                           |
| 2  |       | 3    |          | 观测井, 井径同 1 号井, 距 1 号井 95m |
|    |       | 9    |          |                           |
|    |       | 14   |          |                           |

|    | A                        | B       | C       | D       |
|----|--------------------------|---------|---------|---------|
| 1  | 完整潜水抽水井稳定流抽水试验计算(单孔)     |         |         |         |
| 2  | 参 数                      | 降 深     |         |         |
| 3  |                          | 第一次     | 第二次     | 第三次     |
| 4  | 假设渗透系数K(m/d)             | 6.72746 | 7.86143 | 8.50651 |
| 5  | 水位降深S(m)                 | 8.5     | 18      | 22      |
| 6  | 含水层厚度h <sub>0</sub> (m)  | 20      | 20      | 20      |
| 7  | 井半径r(m)                  | 0.084   | 0.084   | 0.084   |
| 8  | 每日流量Q(m <sup>3</sup> /d) | 730.00  | 1140.00 | 1200.00 |
| 9  | 影响半径R(m)                 | 197.19  | 451.41  | 573.91  |
| 10 | 渗透系数K(m/d)               | 6.72746 | 7.86143 | 8.50651 |

图 3 完整潜水抽水井稳定流抽水试验计算(单孔)

|    | A                           | B       | C       | D       |
|----|-----------------------------|---------|---------|---------|
| 1  | 完整承压抽水井稳定流抽水试验计算(二个观测孔)     |         |         |         |
| 2  | 参 数                         | 降 深     |         |         |
| 3  |                             | 第一次     | 第二次     | 第三次     |
| 4  | 水位降深S(m)                    | 22.39   | 18.06   | 8.51    |
| 5  | 观1孔降深S <sub>1</sub> (m)     | 22.39   | 18.06   | 8.51    |
| 6  | 观2孔降深S <sub>2</sub> (m)     | 8.13    | 6.8     | 2.15    |
| 7  | 含水层厚度M(m)                   | 85.67   | 85.67   | 85.67   |
| 8  | 井半径r(m)                     | 0.084   | 0.084   | 0.084   |
| 9  | 观1孔至井中心距离r <sub>1</sub> (m) | 0.084   | 0.084   | 0.084   |
| 10 | 观2孔至井中心距离r <sub>2</sub> (m) | 122.39  | 122.39  | 122.39  |
| 11 | 每日流量Q(m <sup>3</sup> /d)    | 1378.60 | 1144.11 | 737.08  |
| 12 | 影响半径对数lgR                   | 3.89    | 4.00    | 3.16    |
| 13 | 渗透系数K(m/d)                  | 1.30765 | 1.37436 | 1.56758 |
| 14 |                             |         |         |         |

图 4 完整潜水抽水井稳定流抽水试验计算  
(二个观测孔)

即可得出相应三次降深的渗透系数  $K$  值。

各步操作过程及计算结果参见图 4。

#### 4 结束语

传统的计算方法计算稳定流单孔抽水试验参数，首先要假设一个渗透系数或影响半径，然后带入公式，经 5~8 次反复循环计算才能得出含水层的渗透系数，是一个复杂繁琐的过程，且易出错。而一旦建立一个 Excel 计算模板。只要 5~8 次输入假设渗透系数的值就可得出所求渗透系数的值，快速、准确，省去了反复计算的烦恼。带有观测孔的稳定流多孔抽水试验参数计算公式更为复杂，但只要把野外采集的抽水试验参数输入表格，即可得出渗透系数的数值。

#### 参考文献：

- [1] 本书编委会. 实例版 Excel 2003 公式、函数与图表应用[M]. 北京：电子工业出版社，2006 年
- [2] 许后华，吴金勇，宋 青，等. 微机使用短平快[M]. 南京：河海大学出版社，1998 年
- [3] 薛禹群，朱学愚. 地下水动力学[M]. 北京：地质出版社，1979 年
- [4] 杨成田. 专门水文地质学[M]. 北京：地质出版社，1981 年
- [5] 柴登榜. 矿井地质工作者手册[M]. 北京：煤炭工业出版社，1981 年

## The Application of Excel to Steady Pumping Test

ZHANG Lin

(Exploration Team No.3, Anhui Bureau of Coal Geology, Suzhou, Anhui 234000)

**Abstract:** Function-powerful excell is used for compiling calculating formula for pumping-out test which surmounts inefficient of traditional calculating method and expensive cost of software, providing an outstanding example for hydrogeologists.

**Key words:** excel; pumping-out test; cell; abstraction well