

# 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

104

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。

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。

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。

	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)

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<sub>0</sub> (h<sub>0</sub> 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<sub>0</sub> (h<sub>0</sub> 同 h)，井半径 r (即观 1 号孔至井中心距离 r<sub>1</sub>)，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<sub>2</sub>。

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	h <sub>0</sub> (m)	S(m)	Q(m <sup>3</sup> /d)	备注
1	20	8.5	730.00	抽水井，井半径 0.084m
		18	1140.00	
		22	1200.00	
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