平煤七矿庚组煤开采涌水量预测

王焕忠[1] ,邓寅生[2] ,曲鹏举[2]

(1. 平顶山煤业集团 梨园矿 ,河南 平顶山 467091; 2. 河南理工大学 ,河南 焦作 454000)

摘　要:以平顶山煤业集团七矿的矿井涌水量长期观测资料为基础 ,采用趋势分析和 $Q—S$ 曲线相关分析结合的方法建立了矿井涌水量预测模型 ,预测效果较好 ,对矿井防水、治水和安全生产具有指导意义。

关键词:岩溶水;预测模型;水位;趋势分析;矿井涌水量

中图分类号:TD742$^+$.1　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1008 - 4495(2006)05 - 0031 - 03

矿井涌水一直是威胁煤矿安全生产的一个非常棘手的问题。近年来煤矿突水事故频频发生 ,为了减少矿井突水事故 ,许多科研工作者对矿井涌水量进行准确预测投入了大量精力 ,提出了许多有建设意义的预测模型与方法 ,对保障煤矿安全生产具有重要意义。笔者采用误差相对较小的趋势分析和 $Q—S$ 曲线相关分析结合的方法 ,对平顶山煤业集团七矿的矿井涌水量进行了预测 ,对该矿区矿井治水方案的制定具有实际参考价值。

1　矿区概况

平煤集团七矿于 1959 年 8 月投产 ,矿井设计生产能力为生产原煤 90 万 t ,经扩建以后 1987 年矿井生产能力为 120 万 t。该煤田的庚组煤位于石炭系太原组地层中 ,含煤 7～10 层 ,其中庚$_{20}$为可开采煤层 ,厚 0～4.55 m ,平均厚度为 1.55 m;庚$_{21}$为局部可开采煤层 ,可开采范围内煤层厚度 0.8～1.10 m[1]。

1.1　水文地质概况

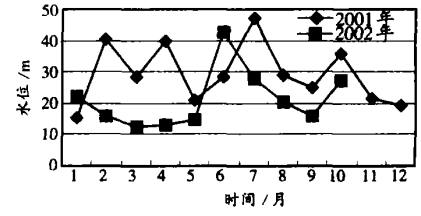
七矿矿井水文地质条件较复杂 ,矿井涌水量大 ,补给充沛 ,季节动态变化明显。开采庚组煤时 ,将受到矿井涌水的严重影响与制约。

开采庚组煤的直接充水含水层为 L_6 ,L_7 灰岩岩溶水。L_6 灰岩是庚煤层的直接顶板 ,厚度不稳定 ,一般厚从 0.4～0.5 m 变化到 3～6 m ,岩溶不发育。L_7 灰岩是庚$_{21}$煤层的底板 ,平均厚 10～15 m。其间接充水含水层为中、上寒武系含水层 ,其中主要含水层段为寒武系中统上部张夏鲕状灰岩 ,厚 56～124 m。

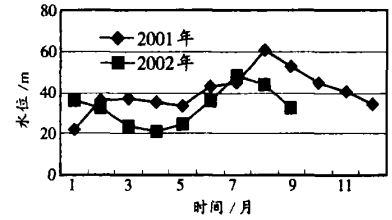
井田内几个主要来水方向为:东翼从 36 - 24 孔至 3 号井为明显的岩溶裂隙通道 ,呈管流特征 ,为己$_3$采区矿井水的主要补给方向。西翼比较明显的补给方向 ,一是从 38 - 18 孔附近至三岔口接受乌江河、北干渠的地表河流补给(通过 N_3 系灰岩) ,向西北经 39′- 40 孔至 2 号井为一主要来水方向;二是从 42 - 26 孔附近接受乌江河补给(从物测资料分析 ,补给段应在 42 勘探线和 41 勘探线之间 ,宽约 200 m) 向东北经由 41 - 16 孔一带 ,直至庚$_{20}$石门出水点。

1.2　水文动态资料

东西翼 2001—2002 年涌水量、水位变化折线图见图 1、图 2。



(a) 西翼水位动态



(b) 东翼水位动态

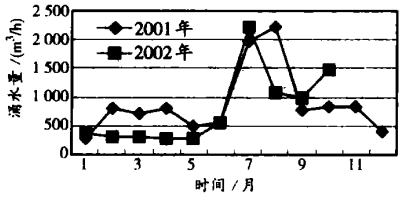
图 1　2001—2002 年水位变化折线图

收稿日期:2006 - 01 - 04;2006 - 04 - 03 修回

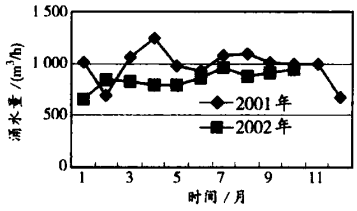
基金项目:河南省平顶山煤业集团重大攻关项目“基于 GIS 与模型化理论的矿井治水技术”

作者简介:王焕忠(1965—) ,男 ,中国矿业大学(北京) 在读硕士研究生 ,副矿长 ,主要从事矿井技术工作。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



(a) 西翼涌水量动态



(b) 东翼涌水量动态

图 2　2001 —2002 年涌水量变化折线图

由以上水位、涌水量变化不难看出该矿矿井涌水量比较大,两翼水位季节动态变化比较明显,东翼水位普遍高于西翼。在平水期与旱季矿井涌水量以东翼涌水为主,在洪水、灌溉和雨季,矿井涌水量以西翼涌水为主。

2　涌水量预测

2.1　模型选择

根据平煤集团七星公司以往的水文勘探资料,实际开采庚组煤以后,除 6～10 月受降水的影响可以不计外,2002 年 1～5 月矿井涌水量约比 2000 年同期大 300 m^3/h,全矿井总涌水量有所增大,总体变化不大。应用近期实测的 L_7 灰岩含水层水位与矿井涌水量预测开发庚组煤是最合理的。

本井田属于大气降水和地表水动态补给,南部补给区在灰岩露头区岩溶裂隙带,除河流干涸情况以外,应视为定水头补给边界;北部断层的透水性差,可视为隔水边界。但由于缺少地面水体流量、水质和大气降水资料,河流、大气漏失量无法确定,使得水均衡法无法在该矿井涌水量预测中使用。经过多种方法的试算和比较,采用误差相对较小的趋势分析和 Q —S 曲线相关分析结合的方法来计算矿井涌水量,力求使所求得的理论涌水量最接近实际涌水量。

2.2　Q —S 曲线法

Q —S 曲线法又称为涌水量曲线方程法。它是用 Q —S 曲线来表示抽水井的流量 Q 与水位降深 S 之间的关系[2]。采用 Q —S 曲线法进行矿井涌水量计算时,主要有以下 3 步:

1) Q —S 曲线法的类型可归纳为 5 种,即直线型、抛物线型、幂函数曲线型、对数曲线型及不正确线型。其方程分别为 $Q = qS$,$S = aQ + bQ^2$,$Q = a^b\sqrt{S}$,$Q = a + b\lg S$。

2) 根据抽水试验资料,通常判别涌水量方程类型的方法有 3 种,即伸直法、差分法和曲度法。伸直法是将曲线方程用直线关系式表示,并以直线关系式中两个相对应的函数建立坐标系,看其是否为直线关系,据此判定方程的类型。差分法比伸直法准确,即使误差很小也能显示出来。根据差分原理,凡属直线方程,一阶差分均相等,即为常数。因此,直线化后的各种曲线方程的一阶差分也应相等。这样就可利用差分原理,对各种曲线进行判别计算。

3) 水量方程参数 a,b 的确定可以采用图解法、均衡误差法和最小二乘法。这里仅介绍精度较高、最常用的最小二乘法[3]。各方程如下:

直线方程:$$q = \frac{\Sigma QS}{\Sigma S^2}$$

幂函数方程:$$a = \frac{\Sigma S_0 - b\Sigma Q}{N}$$

$$b = \frac{N\Sigma S_0 - \Sigma S_0 \Sigma Q}{N\Sigma Q^2 - (\Sigma Q)^2}$$

幂函数方程:$$a = \frac{\Sigma \lg Q - \frac{1}{b}\Sigma \lg S}{N}$$

$$b = \frac{N\Sigma (\lg S_0)^2 - (\Sigma \lg S)^2}{N\Sigma (\lg Q \lg S) - \Sigma \lg Q \Sigma \lg S}$$

对数曲线方程:$$a = \frac{\Sigma \lg Q - b\Sigma \lg S}{N}$$

$$b = \frac{N\Sigma (Q\lg S_0) - \Sigma Q \Sigma \lg S}{N\Sigma (\lg S)^2 - (\Sigma \lg S)^2}$$

2.3　预测

对该矿东翼 36 - 20,35 - 26 长期观测孔与西翼 39′- 40,41 - 16 长期观测孔的历年水位与矿井涌水量动态资料进行了详细分析,发现矿井涌水量 Q 与水位标高 H 之间并不是直线关系,对各孔数据分别做指数型、对数型、双曲线型、直线型趋势线[4]。经比较发现,Q —H 关系曲线比较接近对数关系($Q' = a + b\lg H$) 或幂曲线($Q = AH^B$),对两式做变换为 $\lg Q = a + b\lg H$,令 $S = \lg H$,$Q' = \lg Q$。则有下式:$Q' = a + bS$,再用上面提到的最小二乘法可以求 a,b 的值。

2.4　最小涌水量预算

分别根据东翼、西翼水位动态长期观测孔在最旱季水位和对应的最旱季矿井涌水量对庚组煤开发后的最旱季矿井最小涌水量进行预测。

根据西翼动态观测孔的旱季水位,由原始资料可算得预算相关参数,结果见表 1。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　最小涌水量预算相关参数

项目	Q_i'	S_i	m^2	n^2	$m \cdot n$
1	2.095 43	0.574 03	0.762 27	0.403 32	0.554 47
2	2.730 41	0.576 34	0.056 69	0.400 39	0.150 66
3	2.838 51	0.979 01	0.016 90	0.052 92	0.029 91
4	3.060 57	1.185 54	0.008 48	0.000 56	- 0.002 17
5	3.052 31	1.273 61	0.007 02	0.004 17	0.005 41
6	3.117 60	1.319 73	0.022 23	0.012 24	0.016 49
7	3.216 90	1.622 21	0.061 70	0.170 65	0.102 61
8	3.271 14	1.681 75	0.095 25	0.178 63	0.130 44
9	3.827 75	1.718 58	0.129 05	0.260 58	0.183 88
总计	26.716 6	10.881 06	1.159 59	1.483 45	1.171 20
平均	2.966 51	1.209 11			

设　$m = (Q_i' - \overline{Q}')$, $n = (S_i - \overline{S})$

于是, $\sigma_{Q'} = 1.070\ 84$, $\sigma_S = 1.217\ 97$, $r = 0.892\ 98$, $\alpha = 0.01$

则 $b = 0.785\ 11$, $a = 2.019\ 23$

所以, $\lg Q = 2.019\ 23 + 0.785\ 11 \lg S$,

$$Q = 104.526\ 5 H^{0.785\ 11}$$

于是, $\delta_{\lg Q} = 0.546\ 25$, $\delta_Q = 3.519\ 8$

- 30 m 水平, 全矿井旱季最小涌水量 Q = 2 451.48 m^3/h。

- 160 m 水平, 全矿井旱季最小涌水量 Q = 2 800.19 m^3/h。

同理也可以根据东翼的长期动态观测孔预计出全矿井旱季的最小涌水量。

2.5　最大涌水量预算

分别根据东翼、西翼水位动态长期观测孔在丰水季水位和对应的丰水季矿井涌水量对庚组煤开发后的丰水期矿井最大涌水量进行预测。

根据西翼动态观测孔的丰水期水位, 由原始资料可算得预算相关参数, 结果见表 2。

表 2　最大涌水量预算相关参数

项目	Q_i'	S_i	m^2	n^2	$m \cdot n$
1	2.513 22	0.369 21	- 0.559 02	- 0.561 58	0.313 93
2	2.741 15	0.632 46	- 0.331 09	- 0.298 33	0.098 77
3	2.848 19	0.748 19	- 0.224 05	- 0.182 60	0.040 91
4	3.158 96	0.689 31	0.086 72	- 0.241 48	0.020 94
5	3.224 01	0.724 27	0.151 77	- 0.206 52	0.031 33

续表 2

项目	Q_i'	S_i	m^2	n^2	$m \cdot n$
6	3.160 77	1.014 94	0.088 53	0.084 15	0.007 40
7	3.214 58	1.213 50	0.142 34	0.282 71	0.040 24
8	3.358 86	1.495 54	0.286 62	0.564 75	0.161 87
9	3.430 42	1.489 68	0.358 18	0.558 89	0.200 18
总计	26.716 60	8.377 09	0.000 00	- 0.000 01	0.811 03
平均	3.072 24	0.930 97			

于是, $\sigma_{Q'} = 0.861\ 05$, $\sigma_S = 1.211\ 8$, $r = 0.856\ 03$, $\alpha = 0.01$

则 $b = 0.657\ 42$, $a = 2.460\ 32$

所以, $\lg Q = 2.460\ 32 + 0.657\ 42 \lg S$,

$$Q = 288.617\ 5 H^{0.654\ 72}$$

于是, $\delta_{\lg Q} = 0.504\ 69$, $\delta_Q = 3.196\ 65$

- 30 m 水平, 全矿井丰水期最大涌水量 Q = 4 606.44 m^3/h。

- 160 m 水平, 全矿井丰水期最大涌水量 Q = 5 913.36 m^3/h。

3　结论

影响七矿矿井充水的因素主要是大气降水和地表水通过第三系泥灰岩和寒武系顶部石灰岩中的裂、溶隙补给。在全面开发庚组煤时, 正常涌水量预计为 2 500 ～ 3 000 m^3/h, 最大涌水量预计为 5 500 m^3/h。采用趋势分析和 Q—S 曲线相关分析结合的方法比较适合该矿区涌水量预测, 效果基本令人满意。

参考文献:

[1] 赵全福. 煤矿安全手册矿井防治水分册[M]. 北京:煤炭工业出版社, 1992

[2] 陈兆炎. 煤田水文地质学[M]. 北京:煤炭工业出版社, 1992

[3] 高延法. 底板突水规律与突水优势面[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 1999

[4] 张盒才. 岩体渗流与煤层底板突水[M] . 北京:地质出版社, 1997

(责任编辑:李　琴)

(上接第 30 页)

1) 专门设计了机构独特的采测一体化装置, 使采样和粉尘浓度测量在一个装置内进行, 避免了因取出滤膜过程中, 粉尘脱落而造成的测量误差, 并获得了国家专利。

2) 采样流量控制采用先进的 PWM 电机调节技术, 使采样流量稳定在 15 L/min, 解决了采样时随着粉尘增加导致的阻力增大而产生的流量下降的问题。

3) 设计了独特的采样保护技术。当粉尘增多到一定的程度, 阻力增大, 用 PWM 调节无法保证采样流量达到规定值时, 仪器能自动停止采样, 并自动记录下采样时间, 以此时间值计算粉尘浓度。此外, 该技术还可保护因意外产生堵转等情况, 防止电机被烧坏。

(责任编辑:李　琴)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net