

# 矿井单位涌水量比拟法在矿井涌水量预测中的应用

刘大野,陈立云,徐 会

(内蒙古自治区煤田地质局 104 勘探队,内蒙古 赤峰 024005)

**摘 要:**通过对风水沟煤矿矿井历年疏干排水资料的统计分析以及特征的研究,结合矿井水文地质条件,建立了不同开采水平、开拓面积的矿井单位涌水量比拟法计算公式,并对矿井的一、二采区的涌水量进行了分析预测。结果表明,矿井单位涌水量比拟法计算公式预测的 2007、2008 和 2009 年涌水量与实际疏干排水量之间的误差分别为 6.5%、8.7%和 7.9%,预测精度较高,值得借鉴推广。

**关键词:**水文地质条件;涌水量预测;比拟法;风水沟煤矿

中图分类号:TD742+.1;P641.4

文献标识码:A

## Application of Mine Specific Capacity Analogue Method in Mine Water Inflow Prediction

Liu Daye, Chen Liyun and Xu Hui

(No.104 Exploration Team, Inner Mongolia Bureau of Coal Geological Exploration, Ulanhad, Inner Mongolia, 024005)

**Abstract:** Through statistical analysis and characteristic study of dewatering data over the years in the Fengshuigou coalmine, combined with mine hydrogeological condition, have established mine specific capacity analogue method formulae for different gallery levels and development areas. On these grounds, have carried out analytical mine inflow prediction for Nos.1 and 2 winning districts of the coalmine. The results demonstrated that, predicted mine inflow of 2007, 2008 and 2009 through the mine specific capacity analogue method compared with actual drainage discharge capacity, the errors are 6.5%, 8.7% and 7.9% respectively, thus the prediction accuracy is rather high, and worthwhile reference and popularization.

**Keywords:** hydrogeological condition; inflow prediction; analogue method; Fengshuigou coalmine

## 0 概况

平庄煤业(集团)有限责任公司风水沟煤矿 1979 年 1 月开工建设,1985 年 11 月 30 日移交生产。原设计二个采区、三个开采水平,设计生产能力 90 万 t/a。1998 年开始施工二水平开拓工程,2004 年已全部进入二水平回采,2005 年开始实施技术改造,改扩建后的设计生产能力为 210 万 t/a。

为满足矿井改扩建延深后开采设计对疏干排水量的需求,亟需掌握矿井延深至最低开采水平时的涌水量。本文即根据对矿井历年疏干排水资料的统计分析,结合矿井水文地质条件,建立起矿井单位涌水量比拟法计算公式,嗣后再利用此公式对矿井最低( $\pm 0$ m)开采水平时的涌水量进行分析预测,取得了较为满意的结果。

## 1 矿井生产现状

根据勘查报告,矿井地层自下而上依次为白垩

系下统杏园组、元宝山组;白垩系上统孙家湾组;新近系上新统和第四系更新统。其中元宝山组地层厚度 440m 左右,分上、下两段,下段厚度约 350m,含 2、3、4、5、6、7、8 七个煤组 18 层煤;上段厚度约 90m,含薄煤层。

矿区地层呈以倾没背斜为主体的背斜构造,轴向 N30°E。矿井内落差>20m 的正断层 22 条,伴生小断层较发育。

该矿现有二个生产采区,目前已全部进入二水平回采,其中一采区生产标高为+207m,设计生产能力 165 万 t/a;二采区生产标高为+225m,设计生产能力为 45 万 t/a。

矿井采煤方法为走向(倾斜)长壁后退式采煤法,全部垮落法管理顶板,综合机械化回采工艺。

矿井排水系统采用分区、分段、分水平的(集)水仓式布置方式。

## 2 矿井水文地质条件

### 2.1 含(透)水层

据勘查报告和矿井生产资料,矿井含、透水层从上到下依次为。

作者简介:刘大野(1960—)男,高级工程师,长期从事煤田水文地质与工程地质工作。

收稿日期:2010-04-01

责任编辑:樊小舟

### 2.1.1 第四系松散层潜水含水层

含水层岩性由亚砂土、砂质粘土组成,含钙质结核,具垂直节理、透水性强。由于本矿井地势较高,只有在第四系松散层底部的低洼处才含有上层滞水,分布范围也极其有限。

### 2.1.2 新近系玄武岩孔洞、裂隙透水层

主要分布一采区及二采区东部,覆盖于基岩之上,边缘部分断续出露于地表,孔洞、裂隙发育,其底界面赋存标高大致在+550m水平以上。据区内7544号孔抽水试验资料显示,其孔内无水,为透水不含水层。

### 2.1.3 白垩系上统孙家湾砾岩含水层

该含水层不整合于煤系地层之上,为矿井间接充水含水层,含水层岩性为灰、紫红色砾岩、灰色砂岩及黄绿、紫红色薄层泥岩,泥砂质胶结,分选、磨圆度较差。据区内7546号孔抽水试验资料显示,单位涌水量为 $0.00189\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ ,为弱含水层。

### 2.1.4 白垩系下统煤系孔隙、裂隙含水层

该含水层为矿井直接充水含水层,含水层岩性以中、粗砂岩为主,局部夹少量细砂岩、砂砾岩薄层。含水层(段)厚度分布不等,从上到下相对变薄,且与分布范围不等的泥岩、砂质泥岩相间赋存。据区内7614号孔抽水试验资料,单位涌水量为 $0.0306\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ ,亦为弱含水层。

## 2.2 断裂构造的富水性

井巷开采所揭露的多条落差较大的断层显示,断层充填物中绝大部分为泥岩、砂质泥岩等柔塑性成分,导水性能差。据井下 $F_1$ 、 $F_{38}$ 、 $F_{40}$ 、 $F_{56}$ 等断层实见,只有在断层两盘砂岩含水层直接接触时才有滴水、淋水现象,因此该矿断层的导水及富水性均差。

## 2.3 隔水层

矿区新近系玄武岩底部和煤系地层含水层(段)间发育有厚度较稳定的泥岩、砂质泥岩层,它隔断了上部松散层与煤系地层之间的水力联系,为良好的隔水层。

位于矿井西南部3km处的英金河谷之冲、洪积边缘底部普遍发育有稳定厚度30m左右的紫红色粘土层,隔水性能良好。多年来的矿井生产和井下疏干排水观测资料证实,英金河水从未随矿井开采深度和开拓面积的增加而越流补给过矿井水,因此英金河水与矿井水之间无水力联系。

## 2.4 水文地质特征

矿井投产20余年的生产实践及井下水文地质试验资料均显示出矿井直接充水水源—煤系地层砂岩含水层(段)富水性弱,矿井的疏干排水量主要来源于

储存量的减少。矿井间接充水水源为大气降水和老塘积水,大气降水沿地表塌陷渗入坑内,老塘积水矿在邻近煤层开采时沿裂隙渗入井下,水量有限。

据《风水沟煤矿建井地质报告》,如果井巷揭露面积不变,每个出水点的涌水量都是初期最大,随着时间的延长而渐小,最后达到基本疏干。因此,矿井涌水量的多少主要取决于井巷开拓面积的大小、含水层富水性的强弱程度以及涌水时间的长短。

又据《风水沟煤矿+200m水平以上生产地质报告》,浅部煤系地层岩性颗粒较粗,与上覆新近系连通较好,水力联系较为密切,富水性相对较强;向深部地层则岩性颗粒变细,胶结程度渐好,水力联系渐差,富水性变弱。因此,矿井涌水量的大小随着开采水平的降低而减少。

综上所述,本矿井的主要充水水源是煤系砂岩含水层中的孔隙、裂隙水,其次是沿裂隙渗入的大气降水和老塘积水。

## 3 矿井涌水量分析

据1998—2006年矿井疏干排水观测资料(表1)分析显示,本矿井涌水量之大小与井巷开拓面积、开采水平间呈明显的非线性变化规律,具体特征如下。

### 3.1 涌水量与开采面积的关系

尽管多年来的井下采煤引发地表塌陷、采空区面积增大,改变了地表径流条件,使大气降水渗入坑内,并顺裂隙渗入煤系地层中。但一采区6个水文观测孔、二采区5个水文观测孔的地下水观测结果表明,煤层之间的隔水层均起到了良好的隔水作用。据《风水沟煤矿+200m水平以上生产地质报告》,在开采与小煤矿相邻煤层时,小煤矿采空区的老塘积水将沿井下预先施工的泄水钻孔或泄水巷道排泄(沿裂隙渗入井下很少),其矿井的疏干排水量不随井下正常开拓面积的增加而变化。

当井巷开拓、煤层回采时揭露了顶板砂岩含水层,则砂岩水将通过顶板向下以滴水、淋水等方式进行排泄,并随着井巷开拓面积的增加。观测数据表明,矿井涌水量的增加与开采面积间呈非线性关系(表2)。

### 3.2 涌水量与水位降深的关系

统计分析矿井涌水量观测资料(表2),一采区1998年水位降深至183m时的涌水量为 $56.4\text{m}^3/\text{h}$ ,到2006年水位降深至313m时涌水量则为 $70.5\text{m}^3/\text{h}$ ,其水量仅增加了 $14.1\text{m}^3/\text{h}$ ;二采区从1998年水位降深至250m到2006年水位降深至295m时涌水量也仅增加了 $2.8\text{m}^3/\text{h}$ 。统计数据表明,矿井涌水量的

表 1 风水沟煤矿 1997–2006 年矿井疏干排水量统计表

Table 1 Statistics of drainage discharge capacity during 1997 to 2006 period in Fengshuigou coalmine

时间	一采区					二采区					矿井				
	正常涌水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	最大涌水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	采区涌水量 /万 m <sup>3</sup>	采区排水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	采区排水总量 /万 m <sup>3</sup>	正常涌水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	最大涌水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	采区涌水量 /万 m <sup>3</sup>	采区排水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	采区排水总量 /万 m <sup>3</sup>	正常涌水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	最大涌水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	采区涌水量 /万 m <sup>3</sup>	采区排水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	采区排水总量 /万 m <sup>3</sup>
1997	62.6	72.7	54.8	49.1	103.9	30.6	41.2	26.8	18.7	45.5	93.2	113.9	81.6	67.8	149.4
1998	56.4	71.7	49.4	55.4	104.8	53.8	58.9	47.1	34.9	82.0	110.2	130.6	96.5	90.3	186.8
1999	62.6	76.5	54.8	74.9	129.7	53.4	59.4	46.8	28.9	75.7	116.0	135.9	101.6	103.8	205.4
2000	60.6	76.8	53.1	55.6	108.7	43.3	48.2	37.9	9.4	47.3	103.9	125.0	91.0	65.0	156.0
2001	64.3	75.6	56.3	54.6	110.9	61.8	63.4	54.1	0.0	54.1	126.1	139.0	110.5	54.6	165.0
2002	69.2	78.7	60.6	60.6	121.2	52.9	58.4	46.3	0.0	46.3	122.1	137.1	107.0	60.6	167.5
2003	73.9	83.4	64.7	82.7	147.4	49.3	56.3	43.2	0.0	43.2	123.2	139.7	108.0	82.7	190.6
2004	72.4	82.7	63.4	0.0	63.4	58.4	53.4	51.2	0.0	51.2	130.8	136.1	114.6	0.0	114.6
2005	71.3	81.2	62.5	0.0	62.5	57.6	52.8	50.5	0.0	50.5	128.9	134.0	112.9	0.0	113.0
2006	70.5	80.8	61.8	0.0	62.8	56.6	50.4	49.6	0.0	49.6	127.1	131.2	111.3	0.0	112.4

表 2 矿井单位涌水量预测基础表

Table 2 Foundation of mine specific capacity prediction

时间	一采区						二采区					
	正常涌水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	logQ	开采面积/m <sup>2</sup>	logF	水位降深/m	logS	正常涌水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	logQ	开采面积/m <sup>2</sup>	logF	水位降深/m	logS
1998	56.4	1.751	1644371	6.216	183	2.262	53.8	1.731	766405	5.884	250	2.398
1999	62.6	1.797	2079696	6.318	183	2.262	53.4	1.728	786527	5.896	250	2.398
2000	60.6	1.782	2177709	6.338	183	2.262	43.3	1.636	793256	5.899	250	2.398
小计		Σ5.330		Σ18.872		Σ6.786		Σ5.095		Σ17.679		Σ7.194
2001	64.3	1.808	2818383	6.45	245	2.389	61.8	1.791	933254	5.970	275	2.439
2002	69.2	1.840	2831392	6.452	245	2.389	52.9	1.723	963829	5.987	275	2.439
2003	73.9	1.869	2897343	6.462	245	2.389	49.3	1.693	926546	5.997	275	2.439
小计		Σ5.517		Σ19.364		Σ7.167		Σ5.207		Σ17.951		Σ7.317
2004	72.4	1.859	2997666	6.473	313	2.496	58.4	1.766	1016248	6.007	295	2.470
2005	71.3	1.853	3837072	6.584	313	2.496	57.6	1.761	1025652	6.011	295	2.470
2006	70.5	1.848	3935501	6.595	313	2.496	56.6	1.753	1318256	6.120	295	2.470
小计		Σ5.560		Σ19.652		Σ7.488		Σ5.280		Σ18.138		Σ7.410

增加与水位降深间亦呈非线性关系(表 2)。

4 矿井涌水量预测

前述已知,本矿井水文地质条件简单(Ⅰ类一型),不同开采深度的水文地质条件亦基本相同,采煤方法又均为综放。因此,矿井涌水量预测满足应用比拟法的三个基本条件。

多年的矿井疏干排水观测资料后显示,矿井涌水量与开采面积、水位降深间呈非线性关系。利用不同生产水平的开括面积、水位降深值和相应的疏干排水量统计结果,计算出矿井单位涌水量比拟式。然后再采用此比拟式预测出不同开括面积、开采水平的涌水量大小,具体计算公式如下:

$$Q=Q_0\times\sqrt[m]{\frac{F}{F_0}}\times\sqrt[n]{\frac{S}{S_0}}, \quad (1)$$

式中:Q——新水平预计涌水量,m<sup>3</sup>/h;

F——新水平设计开括面积,m<sup>2</sup>;  
S——新水平水位降深,m;  
Q<sub>0</sub>——生产水平实际涌水量,m<sup>3</sup>/h;  
F<sub>0</sub>——生产水平实际开括面积,m<sup>2</sup>;  
S<sub>0</sub>——生产水平实际水位降深,m;  
m、n——地下水流态系数。

将(1)式两边取对数得:

$$\log Q-\log Q_0=1/m(\log F-\log F_0)+1/n(\log S-\log S_0) \quad (2)$$

4.1 一采区

1998–2006 年三个生产水平中不同开括面积、开采深度、疏干排水量的统计分析后(表 2),分组计算如下。

1998—2000 年:

$$\Sigma \log Q=5.330; \Sigma \log F=18.872; \Sigma \log S=6.786。$$

2001—2003 年:

$$\Sigma \log Q=5.517; \Sigma \log F=19.364; \Sigma \log S=7.167。$$

2004—2006年:

$$\sum \log Q = 5.560; \sum \log F = 19.652; \sum \log S = 7.488。$$

将分组数据分别代入(2)式得联立方程组

$$5.517 - 5.330 = 1/m (19.364 - 18.872) + 1/n (7.167 - 6.786), \quad (3)$$

$$5.560 - 5.330 = 1/m (19.652 - 18.872) + 1/n (7.488 - 6.786), \quad (4)$$

解方程组(3),(4)得: $m=1.110, n=1.485。$

故得涌水量比拟式为:

$$Q = Q_0 \times \sqrt[1.110]{\frac{F}{F_0}} \times \sqrt[1.485]{\frac{S}{S_0}}。 \quad (5)$$

一采区现为二水平生产,其中开括面积 $F_0=3935501\text{m}^2$ ,水位降深 $S_0=313\text{m}$ ,正常涌水量 $Q_{0\text{正常}}=71.4\text{m}^3/\text{h}$ (2004—2006年平均涌水量),最大涌水量 $Q_{0\text{最大}}=83.4\text{m}^3/\text{h}$ (2003年最大涌水量)。

当一采区延深至最低( $\pm 0$ )开采水平后的开括面积为 $F=6264701\text{m}^2$ ,水位降深 $S=520\text{m}$ 时,其正常涌水量和最大涌水量分别为:

$$Q_{\text{正常}}=77.45\text{m}^3/\text{h}; \quad Q_{\text{最大}}=90.49\text{m}^3/\text{h}。$$

#### 4.2 二采区

同理,利用表2统计分析结果,解方程组得 $m=1.620, n=-2.200$ ,则二采区涌水量比拟式为:

$$Q = Q_0 \times \sqrt[1.620]{\frac{F}{F_0}} \times \sqrt[-2.200]{\frac{S}{S_0}}。$$

二采区现为二水平生产,其中开括面积 $F_0=1318256\text{m}^2$ ,水位降深 $S_0=295\text{m}$ ,正常涌水量 $Q_{0\text{正常}}=57.5\text{m}^3/\text{h}$ (2004—2006年平均涌水量),最大涌水量 $Q_{0\text{最大}}=63.4\text{m}^3/\text{h}$ (2001年最大涌水量)。

当二采区延深至最低( $\pm 0\text{m}$ )开采水平后的开括面积为 $F=2319282\text{m}^2$ ,水位降深 $S=520\text{m}$ 时,其正常涌水量和最大涌水量分别为:

$$Q_{\text{正常}}=62.96\text{m}^3/\text{h}; \quad Q_{\text{最大}}=69.42\text{m}^3/\text{h}。$$

综合前述计算成果,本矿井(一采区、二采区)延深至最低( $\pm 0$ )开采水平后的总涌水量(正常涌水量、最大涌水量)分别为:

$$Q_{\text{正常}}=140.41\text{m}^3/\text{h}; \quad Q_{\text{最大}}=159.91\text{m}^3/\text{h}。$$

### 5 预测成果分析

实际观测资料证实,矿井涌水量的大小与开括面积、开采水平间呈非线性关系。矿井涌水量预测结果也显示,当矿井延深至最低开采水平时,尽管水位

降深较大,开拓面积亦增加较多,但矿井涌水量“增加”有限。这与矿井深部岩石较浅部岩石颗粒较细、胶结程度较好、富水性相对减弱、涌水量相对减小的趋势相吻合。

2007、2008、2009年矿井实际疏干排水量证实,采用此计算式预测的矿井涌水量与实际疏干排水量之间的误差分别为6.5%、8.7%和7.9%,依据《地下水资源分类分级标准》划分,其预测的精度达到“A”级标准。

### 6 结语

上述矿井涌水量的分析预测结果表明,在充分掌握矿井水文地质条件和疏干排水特征的基础上,利用矿井历年疏干排水资料,在水文地质条件简单(或中等)的矿井中采用矿井单位涌水量比拟法预测不同开括面积、开采水平时的涌水量可靠程度较高,能为工程设计提供依据和指导,对类似条件下的矿井开采也具有借鉴和指导意义。

#### 参考文献:

- [1] 邵军战,周士荣.罗园井田水文地质特征及矿井涌水量预测[J].中国煤炭地质,2008,20(5):32-36.
- [2] 刘大野.平庄煤业(集团)有限责任公司风水沟煤矿矿井涌水量核实及预测分析报告[R].内蒙古赤峰:内蒙古自治区煤田地质局104勘探队,2007.
- [3] 华解明.“大井法”预测矿井涌水量问题探讨[J].中国煤炭地质,2009,21(6):45-47.
- [4] 于连喜,周南,等.元宝山煤田小风水沟精查勘探地质报告[R].内蒙古赤峰:辽宁省煤田地质勘探公司104队,1979.
- [5] 史维淇,等.风水沟煤矿建井地质报告[R].内蒙古赤峰:平庄矿务局建井工程处,1985.
- [6] 宋荣普,等.风水沟煤矿+200m水平以上生产地质报告[R].内蒙古赤峰:平庄矿务局风水沟煤矿,1996.
- [7] 肖石,等.风水沟煤矿资源储量复核报告[R].内蒙古赤峰:平庄煤业(集团)有限责任公司风水沟煤矿,2004.
- [8] 杨成田,等.专门水文地质学[M].北京:地质出版社,1981.
- [9] 国家技术监督局.GB15218-94 地下水资源分类分级标准[S].北京:中国标准出版社,1994.
- [10] 刘庆献,杨予生,王贵和.梁北二井水文地质特征及充水因素探讨[J].中国煤炭地质,2009,21(7).
- [11] 李军.贵州糯东井田水文地质条件分析[J].中国煤炭地质,2008,20(04).
- [12] 陈照雄.华蓥山煤田龙门峡井田开采水文地质条件分析[J].中国煤炭地质,2009,21(Z2).