

# 比拟法在凤凰山铁矿床矿坑涌水量预测中的应用

刘建茂

**提 要** 本文据比拟法,在凤凰山与西石门两矿床的水文地质条件基本相似的前提下,确定了影响矿坑涌水量的主要因素,并利用回归方法找出了它们之间的函数关系,建立了比拟公式,预测了凤凰山矿床±0米水平矿坑涌水量。

**关键词** 比拟法 矿床水文地质条件 矿坑涌水量

凤凰山铁矿位于河北省沙河市綦村乡西毛村,是“八五”期间设计基建矿山;西石门铁矿是位于凤凰山铁矿西南16公里的生产矿山;二者同处于邯邢铁矿田内。本文据比拟法,利用西石门矿床水文地质资料来预测凤凰山矿床±0米水平矿坑涌水量。

比拟法是利用与设计矿山有相似水文地质条件的生产矿山的水文地质资料,以相关要素建立比拟公式来预测设计矿山矿坑涌水量的。该法简便,如有较完整的观测资料,能确定影响涌水量的主要因素,并找出它们之间的函数关系,可获得良好的效果。

## 1 矿区地质概述

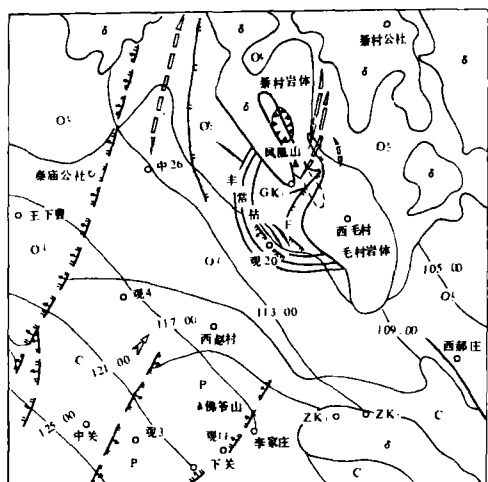
本区大地构造位于太行山隆起带与华北沉降带的交接部位。矿区出露地层主要为奥陶系中统上马家沟组灰岩。矿区地层走向呈一弧形,向东南方向突出,其构造形式以褶皱为主,矿区内无大的断裂带通过。侵入岩为燕山期产物——綦村岩体,其岩性主要为闪长岩。

## 2 凤凰山矿床与西石门矿床水文地质的相似性

两矿床均为矽卡岩型铁矿,同位于邢台百泉岩溶水系统中,具同样的区域水文地质条件。下面就两矿床水文地质条件相似性阐述如下(图1、图2)。

### 2.1 矿床充水含水层

两矿主要充水含水层为奥陶系中统上马家沟组灰岩含水层(下称奥灰含水层),该含水层

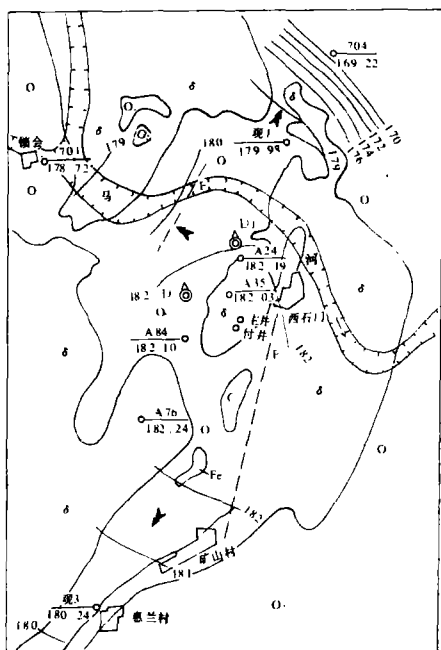


图例 1. 降落漏斗边界 2. 地层界线及代号 3. 矿体分布界线 4. 钻孔及编号 5. 断层 6. 褶皱 7. 采坑 8. 等水位线

图例说明: 1. 降落漏斗边界 2. 地层界线及代号 3. 矿体分布界线 4. 钻孔及编号 5. 断层 6. 褶皱 7. 采坑 8. 等水位线

图1 凤凰山矿区水文地质条件概化图

Fig. 1 Sketch of hydrogeology in Fenghuangshan Iron Mine



图例 1. 地质界线 2. 断层线 3. 抽水孔 4. 等水位线 5. 地下水流向 6. 观测孔

图例说明: 1. 地质界线 2. 断层线 3. 抽水孔 4. 等水位线 5. 地下水流向 6. 观测孔  
孔号 (71.5.30)  
水位标高

图2 西石门矿区水文地质条件概化图

Fig. 2 Sketch of hydrogeology in Xishimen Iron Mine

空间分布形态为廊道式;岩溶发育及透水性均具垂向上强下弱,平面内强边弱的基本特征;面积由浅部向深部呈逐渐减小的趋势。水力性质为潜水—承压混合水,区内具统一地下水位。

## 2.2 矿床边界条件

天然条件下,两矿为半封闭水文地质子系统,即矿床周边为闪长岩(或断层)隔水;矿床中奥灰含水层通过断面狭窄,透水性很弱的岩溶发育带(俗称“口子”)与区域地下水有微弱的水力联系。在疏干条件下,矿床内奥灰含水层通过“口子”加强了与区域地下水的水力联系。

## 2.3 奥灰含水层的补给源

天然条件下,两矿均以就地大气降水补给为主,区域侧向补给为辅。疏干条件下,变为区域侧向补给为主,大气降水就地补给为辅。

## 2.4 矿床充水因素

两矿床均为顶板奥灰含水层和接触带充水,底板闪长岩隔水。

综上所述,凤凰山与西石门两矿床的充水含水层的性质、边界条件、含水层的补给来源、矿床充水因素等四大要素基本相似,所以在预测矿坑涌水量时,可采用比拟法。

### 3 比拟法计算

#### 3.1 比拟公式的建立

利用西石门矿床两次抽水试验及两次井下大型放水试验资料,建立西石门矿坑涌水量与该矿抽(放)水时降落漏斗范围内的奥灰含水层的分布面积、水位降深及疏干时间三个因素的相关回归方程,据图3、图4、图5确定四元复相关回归方程为幂指数形式:

$$Q_0 = ah_0^{b_1} S_0^{b_2} T_0^{b_3} \quad (1)$$

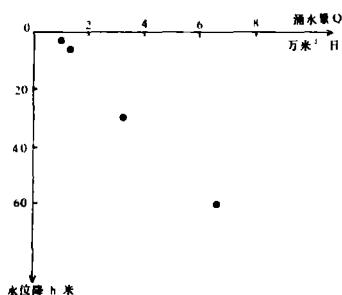


图3 Q-h 散点分布趋势图

Fig. 3 Q-h scattered point plot

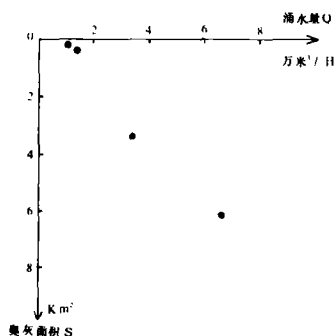


图4 Q-S 散点分布趋势图

Fig. 4 Q-S scattered point plot

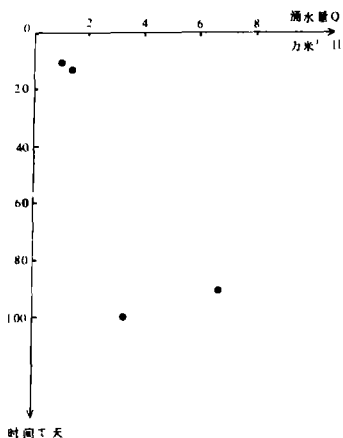


图5 Q-T 散点分布趋势图

Fig. 5 Q-T scattered point plot

据最小二乘法原理,利用表1中的参数,求出的回归系数为: $a=0.424$ 、 $b_1=0.169$ 、 $b_2=1.162$ 、 $b_3=-0.019$ ,把诸系数代入方程(1)得回归方程:

$$Q_0 = 0.424h_0^{0.169} S_0^{1.162} T_0^{-0.019} \quad (2)$$

从表1知,用方程(2)反算,计算值与实测值的相对误差均小于6%,符合技术要求。则回归方程(2)适用于西石门矿床。

在方程(2)的基础上建立的比拟公式为:

$$Q = Q_0 \left(\frac{h}{h_0}\right)^{0.169} \left(\frac{S}{S_0}\right)^{1.162} \left(\frac{T}{T_0}\right)^{-0.019} \quad (3)$$

用1990年4月凤凰山矿床抽水试验三个降程的参数(表2),对方程(3)中的指数进行修正后得:

$$Q = Q_0 \left(\frac{h}{h_0}\right)^{0.475} \left(\frac{S}{S_0}\right)^{1.350} \left(\frac{T}{T_0}\right)^{-0.390} \quad (4)$$

式中  $Q$ 、 $Q_0$ —矿坑涌水量,立方米/日

$h$ 、 $h_0$ —矿床奥灰含水层水位降,米

$S, S_0$ —降落漏斗范围内的奥灰含水层的分布面积,平方公里

$T, T_0$ —疏干时间, 天

表1 西石门矿床涌水量回归方程参数计算表

Table. 1 Calculation of parameters for the upwelling yield equation of Xishimen Iron Mine

| 计算顺序<br>抽水时间 | 水量(万方/日)<br>$Q_1$ | $\lg Q_1$ | $\lg Q_1 - \lg \bar{Q}$ | $(\lg Q_1 - \lg \bar{Q})^2$ | 水位降(m)<br>$h_1$ | $\lg h_1$ |
|--------------|-------------------|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------|
| 1967         | 1.36              | 0.134     | -0.238                  | 0.057                       | 4.62            | 0.665     |
| 1970         | 1.02              | 0.009     | -0.363                  | 0.132                       | 1.98            | 0.297     |
| 1978         | 6.70              | 0.826     | 0.454                   | 0.206                       | 60              | 1.778     |
| 1980         | 3.30              | 0.519     | 0.147                   | 0.022                       | 29              | 1.462     |
| 总和           |                   | 1.488     | 0                       | 0.417                       |                 | 4.202     |
| 平均           |                   | 0.372     |                         |                             |                 | 1.051     |

| 计算顺序<br>抽水时间 | $\lg T_1 - \lg \bar{T}$ | $(\lg T_1 - \lg \bar{T})^2$ | $(\lg Q_1 - \lg \bar{Q})$<br>$(\lg h_1 - \lg \bar{h})$ | $(\lg Q_1 - \lg \bar{Q})^2$<br>$(\lg S_1 - \lg \bar{s})$ | $(\lg Q_1 - \lg \bar{Q})$<br>$(\lg T_1 - \lg \bar{T})$ | $(\lg h_1 - \lg \bar{h})$<br>$(\lg s_1 - \lg \bar{s})$ |
|--------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1967         | -0.498                  | 0.210                       | 0.092                                                  | 0.036                                                    | 0.109                                                  | 0.059                                                  |
| 1970         | -0.499                  | 0.249                       | 0.274                                                  | 0.078                                                    | 0.181                                                  | 0.162                                                  |
| 1978         | 0.455                   | 0.207                       | 0.330                                                  | 0.132                                                    | 0.207                                                  | 0.212                                                  |
| 1980         | 0.501                   | 0.251                       | 0.060                                                  | 0.011                                                    | 0.074                                                  | 0.030                                                  |
| 总和           | 0.001                   | 0.917                       | 0.756                                                  | 0.257                                                    | 0.571                                                  | 0.463                                                  |

续上表

| $\lg h_i - \overline{\lg h}$                                     | $(\lg h_i - \overline{\lg h})^2$                                 | $\frac{\text{奥灰面积}(\text{km}^2)}{S_i}$ | $\lg S_i$  | $(\lg s_i - \overline{\lg s})$ | $(\lg s_i - \overline{\lg s})^2$ | $\frac{\text{抽(放)水天数}}{T_2}$ | $\lg T_2$ |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------|
| -0.386                                                           | 0.149                                                            | 2.20*                                  | 0.342      | -0.152                         | 0.023                            | 11                           | 1.082     |
| -0.754                                                           | 0.569                                                            | 1.90*                                  | 0.279      | -0.215                         | 0.046                            | 10                           | 1         |
| 0.727                                                            | 0.529                                                            | 6.10                                   | 0.785      | 0.291                          | 0.085                            | 90                           | 1.954     |
| 0.411                                                            | 0.169                                                            | 3.70                                   | 0.568      | 0.074                          | 0.005                            | 100                          | 2         |
| -0.002                                                           | 1.416                                                            |                                        | 1.974      | -0.002                         | 0.159                            |                              | 5.995     |
|                                                                  |                                                                  |                                        | 0.494      |                                |                                  |                              | 1.449     |
| $(\lg h_i - \overline{\lg h})$<br>$(\lg T_i - \overline{\lg T})$ | $(\lg s_i - \overline{\lg s})$<br>$(\lg T_i - \overline{\lg T})$ | 相关系数                                   | 水 量<br>计算值 | 水量实测值                          | 误差                               | 相对误差                         |           |
| 0.177                                                            | 0.070                                                            | $\gamma_{oh} = 0.984$                  | 1.30       | 1.36                           | 0.03                             | 0.04                         |           |
| 0.376                                                            | 0.107                                                            | $\gamma_{or} = 1$                      | 0.96       | 1.02                           | 0.06                             | 0.06                         |           |
| 0.331                                                            | 0.132                                                            | $\gamma_{or} = 0.924$                  | 6.30       | 6.70                           | 0.40                             | 0.06                         |           |
| 0.206                                                            | 0.037                                                            | 复相关系数                                  | 3.10       | 3.30                           | 0.20                             | 0.06                         |           |
| 1.090                                                            | 0.346                                                            | $R = 0.722$                            |            |                                |                                  |                              |           |

相关方程  $Q = 0.424h^{0.168}S^{1.162}T^{-0.019}$

3.2 比拟计算

3.2.1 水位降

据凤凰山矿床奥灰含水层水位多年长观资料确定,在未来疏干至0米水平时,枯水年枯水期、常水年丰水期、丰水年丰水期水位降分别为93米、112米、130米。

3.2.2 奥灰含水层分布面积

凤凰山矿床唯一进水口—西南口观20孔一带为弱透水带。在未来疏干至0米水平时,可视为观20孔的水位在枯水年枯水期下降值为0,常水年丰水期在观20孔外150米处下降值为0,丰水年丰水期在观20孔外200米处下降值为0,则三时期降落漏斗范围内的奥灰含水层的分布面积分别为:1.00平方公里、1.26平方公里、1.48平方公里(图1)。

3.2.3 疏干时间

假定枯水年枯水期、常水年丰水期疏干时间均为60天,丰水年丰水期疏干时间为90天。

3.2.4 计算

1990年4月凤凰山矿床抽水试验参数为: $Q_0=0.28$ 万立方米/日、水位降 $h_0=14.4$ 米、降落漏斗范围内的奥灰含水层面积为 $S_0=0.34$ 平方公里、疏干时间 $T_0=6$ 天。把抽水所得参数及(1)~(3)式中的数据列于表3,把表3中的数据分别代入比拟公式(4)中得:枯水年枯水期、常水年丰水期、丰水年丰水期凤凰山矿床±0米水平的矿坑涌水量分别为,1.18万立方米/日、1.77万立方米/日、2.01万立方米/日(表3)。

4 结果验证

- a. 回归方程(2)中涌水量与影响因素之间的关系是密切的。且对西石门几次抽(放)水试验进行反算,其相对误差均小于6%(表1)。则回归方程(2)是可靠的。
  - b. 比拟公式(4)是经过凤凰山抽水试验参数修正过的,故认为该比拟公式适用于凤凰山矿床。
  - c. 所取的凤凰山矿床的奥灰含水层水位降、奥灰含水层的面积、疏干时间均合理。
  - d. 数值法与比拟法所得该矿坑涌水量非常接近,最大差值为0.04万立方米/日(表4)。
- 总之,用比拟法所测的凤凰山矿床矿坑涌水量是可靠的。

表2 指数修正数据表  
Table 2 Index revision

| 参 数 \ 项 目 |            | 抽水量 Q<br>万 m³/d | 水位降 h<br>m | 奥灰面积 S <sub>0</sub><br>km² | 抽水时间 T <sub>0</sub><br>d |
|-----------|------------|-----------------|------------|----------------------------|--------------------------|
| 地 点       | 第一降程       | 0.15            | 3.3        | 0.26                       | 2                        |
|           | 第二降程       | 0.24            | 9.5        | 0.3                        | 3.5                      |
|           | 第三降程       | 0.28            | 14.4       | 0.34                       | 6                        |
|           | 西石门1980年放水 | 3.3             | 29         | 3.7                        | 100                      |

表3 矿坑涌水量预测成果表

Tabel 3 Results of upwelling prediction

| 时 间    | 参 数 | 项 目 | 预测涌水量 Q<br>万 m <sup>3</sup> /d | 预测参数       |                         |             | 抽水参数                                      |                         |                                        |                          |
|--------|-----|-----|--------------------------------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|--------------------------|
|        |     |     |                                | 水位降 h<br>m | 奥灰面积<br>km <sup>2</sup> | 疏干时间 T<br>d | 抽水量 Q <sub>0</sub><br>万 m <sup>3</sup> /d | 水位降 h <sub>0</sub><br>m | 奥灰面积 S <sub>0</sub><br>km <sup>2</sup> | 抽水时间 T <sub>0</sub><br>d |
| 枯水年枯水期 |     |     | 1.18                           | 93         | 1.00                    | 50          | 0.28                                      | 14.4                    | 0.34                                   | 6                        |
| 常水年丰水期 |     |     | 1.77                           | 112        | 1.26                    | 60          |                                           |                         |                                        |                          |
| 丰水年丰水期 |     |     | 2.01                           | 130        | 1.48                    | 90          |                                           |                         |                                        |                          |

表4 数值法与比拟法预测成果对比表

Tabel 4 Comparison of the results between numerical method and analogue prediction

| 单 位<br>万 米 <sup>3</sup> / 日 | 时 期    |        |        |
|-----------------------------|--------|--------|--------|
|                             | 枯水年枯水期 | 常水年丰水期 | 丰水年丰水期 |
| 比 拟 法                       | 1.18   | 1.77   | 2.01   |
| 数 值 法                       | 1.19   | 1.81   | 2.03   |
| 差 值                         | 0.01   | 0.04   | 0.02   |

5 结论

a. 凤凰山与西石门两矿床的水文地质条件基本相似,即两矿床的充水含水层的性质、边界条件、含水层的补给来源、矿床充水因素等四方面均相似。

b. 确定了影响涌水量的主要因素,即降落漏斗范围内的奥灰含水层分布面积、水位降深及疏干时间,并利用回归方法找出了它们之间的函数关系(方程(2)),建立了比拟公式(公式(4))。

c. 利用公式(4)及1990年4月凤凰山矿床抽水试验资料,预测了凤凰山矿床±0米水平矿坑涌水量:枯水年枯水期1.18万米<sup>3</sup>/日、常水年丰水期1.77万米<sup>3</sup>/日、丰水年丰水期2.01万米<sup>3</sup>/日。

d. 通过结果验证知所预测的矿坑涌水量是可靠的,说明比拟法在该矿的应用是成功的。这充分体现了比拟法成熟、实用、简捷、经济等优点,显示了该法广泛的应用价值。

本文在编写过程中,曾得到陈天生、孙维明等全室同志的帮助、指导,在此一并致致谢。

## 参考文献

- 1 房佩贤等,专门水文地质学,地质出版社,1987,98~106,230~235
- 2 杜开荣等,从放水试验剖析西石门矿山的水文地质特征,水文地质工程地质,(3)1984
- 3 林木金等,西石门铁矿水文地质勘探体会.水文地质工程地质,(3)1981

## APPLICATION OF ANALOGUE METHOD TO THE PREDICTION OF UPWELLING YIELD IN FENGHUANGSHAN IRON MINE

*Liu Junmao*

### Abstract

This paper presents the influential factors of upwelling yield in Fenghuangshan Iron Mine determined by analogue method. The prerequisite is the similarity in hydrogeological conditions of Fenghuangshan and Xishimen Iron Mines. Function relation of them is established by regression. Upwelling yield of Fenghuangshan Iron Mine is calculated from the equation;

$$Q = Q_0 \left( \frac{h}{h_0} \right)^{0.169} \left( \frac{S}{S_0} \right)^{1.162} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{-0.019}$$

$Q, Q_0$  = upwelling yield/day ( $\text{m}^3/\text{day}$ )

$h, h_0$  = drawdown of water table in Ordovician limestone (m)

$S, S_0$  = area of aquifer in the funnel depression ( $\text{km}^2$ )

$T, T_0$  = duration of draining