

鹤壁一矿-50水平 下夹煤试采突水可能性预测

煤炭科学研究院西安分院鹤壁课题组

在充分研究分析鹤壁一矿-50m水平下夹煤试采区水文地质条件的基础上，通过二项检验、 χ^2 检验和 Mann—Whitney检验，从鹤壁、安阳、峰峰等矿区的大量突水资料中筛选出突水部位、开采方法、有无构造、距构造距离、断层落差、构造复杂程度和突水系数等7个因素，建立矿坑突水预测模型，预测试采区突水可能性。经过多年试采验证，效果良好。

1 试采区水文地质概况

鹤壁矿区位于河南北部，西依太行山。一矿位于矿区中部，属许家沟泉域。井田南部以F₁断层与二矿相隔，北部以F₁₊₅断层与四矿相邻。井田北翼为一被断层切割的单斜构造，属曹家倾伏背斜的一翼。井田南部为不对称的被F₁₋₁和SF₃断层切割的向斜褶曲，轴向NE，倾向SE，岩层平缓，倾角8°～10°。试采区即位于此不对称向斜褶曲内。试采区内已探明落差2m的断层2条，其余断层落差<2m。

与下夹煤试采关系最为密切的含(隔)

而“最佳”开采方案则是满足流场控制、不扩大污染条件下的开采方案。显然，增加供水点的出水量，必然导致含水层内部的水位降加大，这无疑增加了控制污染范围的难度。因此，该供水量结果是解决上述矛盾的最佳值。

d. 从各阶段末的流场来看，随着抽水时间增加，环绕污染区的降落漏斗逐步形成。

水层有：

1.1 太原群二层石灰岩含水层

它是下夹上煤(六煤)的直接顶板，厚7~11m。分布稳定，岩溶比较发育，-50m水平石门疏干水量28.0~350m³/h。据放水资料，钻孔单位涌水量5.88~7.39m³/h·m，导水系数T=5.19~9.46m²/h，贮水系数S=1.42×10⁻⁵~2.16×10⁻⁶。水质为HCO₃⁻-SO₄²⁻-Ca型，当得到奥陶纪石灰岩(下称奥灰)水补给后，SO₄²⁻含量减少。水中含微量元素Mn²⁺，说明地下水交替弱，循环条件差。-50m水平以上已处于被疏干状态。

1.2 本溪组隔水层

它是下夹下煤的底板，平均厚36.8m。由铝质泥岩、砂质泥岩、砂岩和薄层石灰岩组成，以泥岩类为主。具有削减奥灰含水层水头压力、防护奥灰水突入矿井的功能。砂岩和薄层石灰岩弱含水，水位标高+67~+105m，钻孔涌水量可达5.4~21.6m³/h。水质为富含亚铁的SO₄-Ga型水，表明地下水循环条件差，处于强还原环境中。

第二阶段漏斗初具规模，到了第三阶段污染区已位于漏斗中心。如果矿区排放的生活污水达到排放标准，亦即含水层不再受到新的污染，那么，在此条件下含水层会很快得以改善，排污井即可做为供水井使用。因此，建议在排污井抽水过程中对其水质随时监测。

在上机计算过程中，得到了方向清、龙玲两位同志的热情帮助，再此致谢。

1.3 中奥陶世石灰岩强含水层

它是矿区最重要、对安全生产威胁最大的含水层，厚390~420m。与下夹下煤间被本溪组隔水层相隔。岩性以泥晶灰岩、云斑灰岩、角砾状灰岩，白云质灰岩为主。垂向上，可划分为富水性差异极为明显的7个段($O_2^{1\sim 7}$)，其中， O_2^5 和 O_2^7 为强含水段。在平面上，由于受后期构造的影响，不同时期补给区与排泄区之间水力梯度的变化以及后期充填作用的影响等，使其各向异性特征明显，其最大渗透系数方向平行岩层走向和断层走向。据放水试验资料，单孔放水量为 $38\sim 185 \text{ m}^3/\text{h}$ ， $T = 40\sim 3600 \text{ m}^2/\text{d}$ ， $S = 2.6 \times 10^{-4} \sim 7.62 \times 10^{-4}$ 。试采区附近，奥灰含水层水位标高+132~+134m。

2 ~50m水平试采突水可能性预测

-50m水平下夹煤试采突水可能性预测分为两种模型：一种是为试采区布设决策提供依据的模糊聚类分析模型，第二种为试采区内重点地段预测突水可能性的概率统计模型。前一种模型已在《煤田地质与勘探》1988年第1期中介绍，在此省略，本文仅叙述第二种模型。

2.1 突水因素筛选

矿井能否发生突水是相互独立的两种状态，二项分布函数则是专门用于描述只有两种互不相容事件的物理模型，因此，可以应用二项检验从鹤壁、安阳、峰峰等矿区的突水事件中筛选出影响矿坑突水的诸重要因素。由于参与筛选的样本数是大子样，于是可用 χ^2 检验与二项检验进行验证。

2.1.1 二项检验

众所周知，二项分布是一种离散型的概率分布，其概率分布函数为

$$P(k, n, p) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k} \quad (k=1, 2, \dots, n)$$

假设子样中大于、等于或小于特征值的

权重当作总体权重的估计量，把子样估计量的差归咎于“偶然”所致而不是由于突水与否所致，即二值之状态与该因素无关。

由 $SE = \frac{P \cdot (1-p)}{n}$ 给出抽样分布的标准差，计算大于、等于或小于某特征的权重差。计算成对样本估计值间差的抽样分布。根据 $SE_{\text{差}} = \sqrt{(S \cdot E_1)^2 + (S \cdot E_2)^2}$ 得出标准差的正态分布。

把样本估计值间的实际差表示为Z值(即把实际差除以差的抽样分布的标准差)。这样，原假设发生的概率可由Z表查得。在这个基础上即能作出保留原假设或是选择备择假设的决策。

2.1.2 χ^2 检验

设 ξ_1, ξ_2, \dots 是一组相互独立、数学期望为 α ，均方差为 σ^2 的随机变量，定义 χ^2 为：

$$\chi^2 = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\xi_i - \alpha)^2$$

$$\text{如果取标准化随机变量 } X_i^2 = \frac{\xi_i - \alpha}{\sigma}$$

$$\text{则有 } \chi^2 = \sum_{i=1}^n X_i^2$$

这样，就可以有 χ^2 概率分布密度函数

$$P(x) = \frac{1}{2^{\frac{n}{2}} \Gamma(\frac{n}{2})} x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} \quad (x \geq 0)$$

或

$$P(x) = 0 \quad (x < 0)$$

对于 $x = 1, 2, \dots, n$ 和置信度 α ， χ^2 的计算值是以上两式在 $(0, x)$ 区间的积分。

当 $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$ 时，则接受 H_0 ，反之，否定 H_0 。

2.1.3 Mann-Whitney 检验

对于成组的两类子样共有 n 个变值，将这 n 个变值按递增大小定其秩次。当两子样无显著差异，则对应于第一类样本的秩次和与对应于第二类样本的秩次和应该大体一样。

如果一类子样的秩次和比另一类子样的秩次和小得多，则计算随机秩次和小于或等于该秩次和的概率值。如果此概率值小于一定置信度 α 值下的概率值 $P\alpha$ ，则否定原假设接受备择假设。反之，接受原假设。

通过二项检验以及 χ^2 检验和Mann-Whitney检验，当置信度 $\alpha=0.05$ 时，筛选出与矿坑突水有密切关系的7个因素，它们是：突水部位、采煤方法、有无构造、距构造距离、断层落差、构造复杂程度和 α' 系数（ $\alpha'=p/m$ ， p —煤层底板隔水层承受的奥灰含水层的水头压力， M —隔水层厚度）。

2.2 突水可能性预测的基本原理

就突水与否而言，试采区可以分为突水的（以 Y_1 表示）和不突水的（以 Y_2 表示）两种状态。影响矿坑突水的因素 A_i （ $i=1, 2, \dots, n$ ），其状态概率是 $P(A_i)$ 。现在研究当 A_i 出现的情况下， Y 出现哪一种状态的可能性大？这就需要比较条件概率 $P(Y_1/A_i)$ ， $P(Y_2/A_i)$ 。这种条件概率是在 A_i 出现后的概率，叫做后验概率，与其相对应的 Y_1 、 Y_2 的状态概率称为先验概率。

因素 A_i 出现而且矿坑状态 Y_1 也出现的概率为：

$$P(A_i Y_1) = P(Y_1) P(A_i/Y_1)$$

因素 A_i 出现而且矿坑状态 Y_2 也出现的概率为：

$$P(A_i Y_2) = P(Y_2) P(A_i/Y_2)$$

影响因素 A_i 的出现必对应矿坑状态 Y_1 或 Y_2 中的一种出现，而 Y_1 和 Y_2 是两种互不相容的状态。因素 A_i 的概率是两种互不相容事件之和的概率，即

$$\begin{aligned} P(A_i) &= P(AY_1) + P(AY_2) \\ &= P(Y_1)/P(A/Y_1) \\ &\quad + P(Y_2)/P(A/Y_2) \end{aligned}$$

上式说明矿坑突水因素 A_i 只与互不相容状态 Y_1 、 Y_2 中的任一种同时发生。已知

矿坑状态 Y_j （ $j=1$ 或 2 ）的概率 $P(Y_j)$ 及在 y_i 已发生的条件下因素 A_i 的概率 $P(A/y_i)$ ，则因素 A_i 的状态概率

$$P(A_i) = \sum_{j=1}^2 P(Y_j) P(A/Y_j)$$

而

$$\begin{aligned} P(Y_1/A_i) &= \frac{P(A_i Y_1)}{P(A_i)} \\ &= \frac{P(Y_1) P(A_i/Y_1)}{P(A_i)} \end{aligned}$$

将前式代入上式得

$$\begin{aligned} P(Y_1/A_i) &= \frac{P(A_i Y_1)}{P(A_i)} \\ &= \frac{P(Y_1) P(A_i/Y_1)}{\sum_{j=1}^2 P(Y_j) P(A/Y_j)} \end{aligned}$$

使其一般化得

$$P(Y_i/A_i) = \frac{K}{B}$$

$$\text{式中: } K = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 P(A_i/Y_j)$$

$$B = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 P(Y_j) P(A_i/Y_j)$$

预测时，在影响因素 A_i 出现的条件下，若 $P(Y_1/A_i) > P(Y_2/A_i)$ ，则作出矿

表 1 试采区突水预测模型表

因 素	状 态	条 件 概 率	
		突水条件概率	不突水条件概率
突水部位	巷 道 工 作 面	0.678 0.322	0.368 0.632
开 采 方 法	炮 采 机 采	0.881 0.119	0.702 0.298
有 无 构 造	有 构 造 无 构 造	0.915 0.085	0.614 0.386
距 构 造 距 离	< 10m > 10m	0.800 0.200	0.167 0.833
断 层 落 差	> 2 m < 2 m	0.660 0.340	0.220 0.780
构 造 复 杂 程 度	复 杂 简 单	0.260 0.740	0.030 0.970
$\frac{p}{M}$ 系 数	> 0.5 < 0.5	0.847 0.153	0.123 0.877

表2-1 工作面突水预测模型表

因 素	状 态	突水条件概率	不突水条件概率
有无构造	有构造	1.00	0.74
	无构造	0.00	0.26
距断层距离	< 10m	0.89	0.07
	> 10m	0.11	0.93
断层落差	< 2 m	0.53	0.79
	> 2 m	0.47	0.21
构造复杂程度	复 杂	0.31	0.07
	简 单	0.69	0.93
$\frac{p}{M}$ 系数	< 0.46	0.11	0.74
	> 0.46	0.89	0.26

表2-2 巷道突水预测模型表

因 素	状 态	突水条件概率	不突水条件概率
有无构造	有构造	0.88	0.35
	无构造	0.12	0.65
距断层距离	< 10m	0.77	0.57
	> 10m	0.23	0.43
断层落差	< 2 m	0.15	0.57
	> 2 m	0.85	0.43
构造复杂程度	复 杂	0.23	0.00
	简 单	0.77	1.00
$\frac{p}{M}$ 系数	< 0.55	0.10	0.90
	> 0.55	0.90	0.10

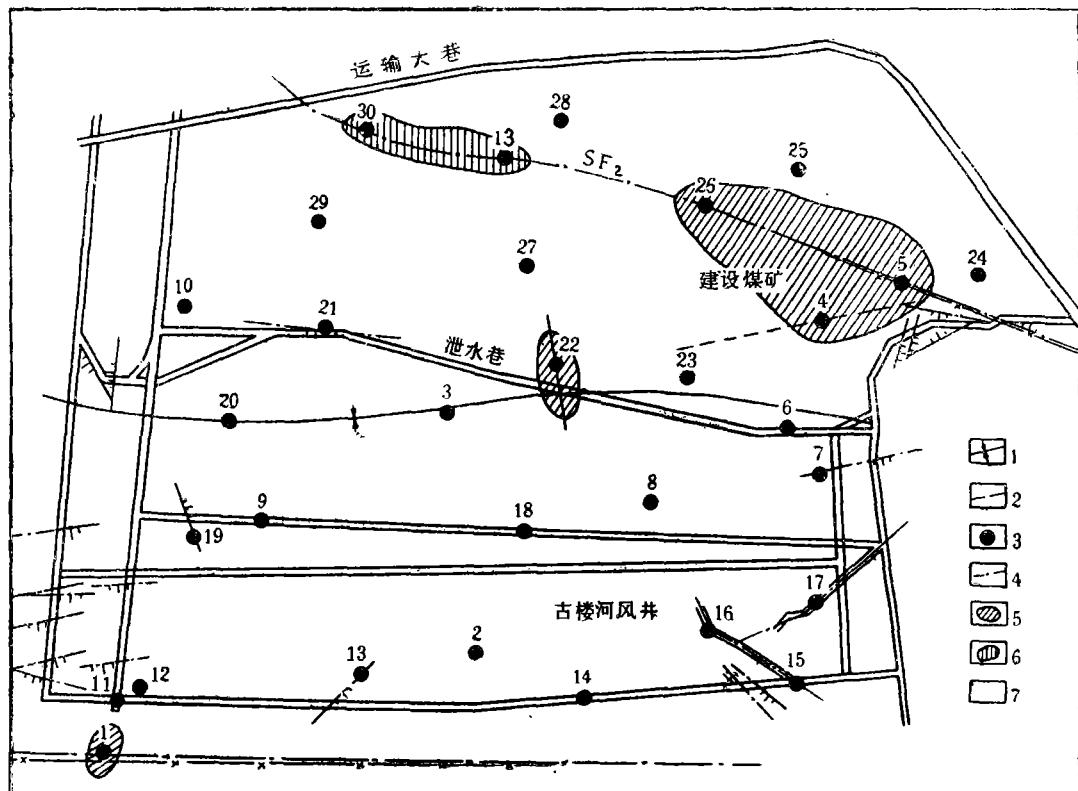


图1 鹤壁矿务局一矿-50m水平下夹下煤试采区突水预测图

1—向斜轴，2—断层，3—预测点，4—推 测断层，5—可能突水区，6—条件不详区，7—安全区

坑将发生突水的判断。反则反之。

建立突水预测模型时，根据突水与否把矿坑存在状态分为两类；突水(B_1)不突水(B_2)。

与矿坑状态相类似，把筛选出的因素也分为两种状态(参见表1、2)。

矿坑突水的先验概率 $P(B_1) = 0.51$ ，
 $P(B_2) = 0.49$ 。

由上述各项资料可以编制列联表建立试采区突水可能性预测模型(表1)。

同理，又分别建立工作面和巷道预测模型，如表2-1，表2-2。

2.3 预测结果

-50m下夹煤试采区共设置29个预测点，以控制面的预测。预测结果如图1，根据突水可能性大小分为三种类型区：

- a. 突水可能性较小的安全试采区；
- b. 突水可能性较大的非安全试采区；
- c. 尚需进一步查清水文地质条件的待判区。

3 尾语

“六五”期间，煤炭科学研究院西安分院鹤壁课题组与鹤壁矿务局合作，完成了

“鹤壁一矿-50m水平下夹煤试采水文地质条件与岩溶水害防治”子项目的研究。在此期间，进行了-50m水平试采水文地质条件探查，奥灰水和L₁石灰岩水的放水试验，突水可能性预测和疏干水量计算等项研究，为-50m水平下夹煤安全试采提供可靠依据。从1985年7月该试采区投入试采以来已采出受水威胁煤量44万吨。目前，试采仍在进行，延长了该矿井服务年限，经济效益显著。

本文节录了该研究报告的部分内容，由项远法、王延福整理。

(上接70页)

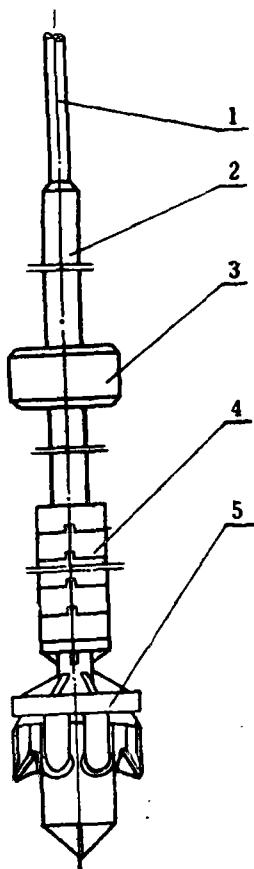


图2 钻具组合示意图

1—钻杆；2—加重钻铤；3—扶正器；4—加重块；5—钻头

5 存在的问题及注意事项

组合牙轮钻头工作时，轮掌的背锥与裙

表2 不同孔径时的钻进参数

孔号	钻头直径 (mm)	钻压 (9.8kNf)	转速 (r/min)	泵量 (L/min)
排水1号	216	0.5~1	60	200~300
	560	1~1.5	60	300
	830	1~1.5	60	300~500
排水2号	311	0.6~1.2	60	300
	650	1.5~2	60	300~500

部受井壁和松散卵石的摩擦，钻头磨损后易使轴承外露，以致影响钻头使用寿命。为此，对个别磨损严重的牙轮，可及时采用碎合金补焊。为了提高钻头使用寿命，还应注意下列事项：

- a. 小心搬运、装卸钻头，避免碰撞、损伤牙轮。
- b. 新钻头开始钻进时，钻压要低，只有在正常钻进后，方能加大到正常数值。
- c. 机场除应配备大泵量泥浆泵外，还应设置除砂装置。
- d. 经常检查牙轮磨损情况。

用组合牙轮钻头钻进卵石层，仅仅是开始，对钻头的制造与使用尚无系统的认识，有许多问题还得在今后的实践中进一步试验和研究。