

# 密闭空间内对采空区积水疏放的应用与研究

曹丽晓 (山西汾西矿业集团公司双柳煤矿, 山西 柳林 033300)

**摘要:** 为精准对煤矿井下密闭空间积水进行预测, 并为后续疏排水方案制定提供参考, 以双柳煤矿 23 (4) 09 材巷疏排水为工程背景, 针对传统的积水量计算结果偏差较大、指导性补强问题, 提出采用定积分方法对密闭空间积水进行估算, 并具体给出估算方法。结果表明, 定积分方法得到的密闭空间积水估算结果与实际疏排水量接近, 可在一定程度上指导矿井后续密闭区疏排水工作的开展。

**关键词:** 采空区积水; 密闭空间; 定积分法; 积水量估算; 疏排水

煤矿井下长时间密闭的空间往往会有积水, 当密闭空间再次打开时为了确保生产需要, 需要对积水进行疏排。积水疏排时, 应首先确定采空区内积水量。常规性的测定采空区积水流量往往采用水表读数法、流速仪法、水泵功率法、容积法等方法, 而以上方法往往因孔内小煤块儿卡死流量表 (水表读数法)、出水口面积计算不准确 (流速仪法)、生产工业用水与钻孔放水量混淆 (水泵功率法)、水流速度快人为卡表不准确 (容积法) 等问题造成测定的放水量与实际存在一定偏差。如何寻找一种更有效的计算方法来准确预计放水量矿井生产时面临的现实问题。为此, 文中以双柳煤矿 23 (4) 09 材巷密闭内采空区疏排为工程背景, 根据放水量曲线变化预计水量排空时间, 从而掌握积水量和放水时间的关系, 精准的预测出了密闭空间内积水量, 为后续针对性疏排水工作开展提供了一定的指导作用。

## 1 工程概况

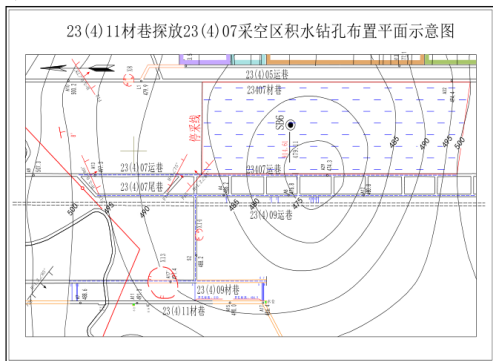


图 1 23 (4) 09 材巷位置示意图

随着双柳煤矿上组煤的不断开采, 资源量不断萎缩, 现阶段二采区工作面仅剩 23 (4) 09 工作面未形成系统, 严重影响二采区工作面采掘接续。为此, 施工 23 (4) 09 工作面巷道迫在眉睫。而 23 (4) 09 材巷密闭时间较长, 且运巷闭墙外侧有水流出, 说明该区域巷道长时间受邻近采空区积水影响已充满巷道, 为使 23 (4) 09 材巷开闭后处于全风压状态, 消除该区域的水害威胁, 急需对该区域积水进行有效疏放。具体 23 (4) 09 材巷位置见图 1 所示。为此, 文中针对原有的积水量估算公式比较单一, 未考虑补给量且与实际存在误差问题, 提出通过对放水数据加权平均后为积水量估算寻找一个比较可靠的经验值, 以期能更好的指导疏排水工作开展。

## 2 23 (4) 09 材巷密闭空间积水估算及疏排水成果分析

### 2.1 积水量估算

为不影响 23 (4) 09 材巷、运巷正常掘进, 本次在 23 (4) 11 材巷 650m 处东侧帮先施工 1 个钻孔, 待钻孔施工完毕后进行水压测定, 通过水压确定积水标高后再圈定积水范围, 从而计算该区域积水量, 根据积水量在巷道低洼处布置钻孔进行疏放。巷道积水量按下式进行估算:

$$Q = \frac{KMF}{\cos \alpha} = \frac{0.3 \times 3 \times 89161}{\cos 5.5^\circ} \approx 80616 \text{ m}^3$$

式中:

Q—巷道积水量,  $\text{m}^3$ ;

K—充水系数, 巷道内取 0.3 (根据其他矿井的经验值);

M—巷道煤层平均厚度, 取 3m;

F—巷道积水区的水平投影面积, 取  $89161 \text{ m}^2$ ;

$\alpha$ —煤层倾角, 取  $5.5^\circ$ 。

经以上计算, 预计采空积水约  $80616 \text{ m}^3$ 。

### 2.2 疏排水成果分析

从 2019 年 8 月施工放水孔开始放水至 2020 年 9 月累计疏放水量约  $10 \text{ 万 m}^3$ 。通过近一年多的放水掌握了该区域采空区积水放水规律, 具体如下:

①根据水泵功率法统计该区域累计放水约  $12 \text{ 万 m}^3$  (开泵天数 (420d)  $\times$  开泵时间 (4.8h/d)  $\times$  泵额定流量  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ), 根据水表读数法和容积法统计该区域累计放水约  $8 \text{ 万 m}^3$ , 两种方法加权平均后该区域总放水量  $10 \text{ 万 m}^3$ ;

②23 (4) 09 运巷和 23 (4) 09 施工巷贯通后, 受大气压力影响, 23 (4) 11 材巷疏放水钻孔在一个月内有短暂升高现象。

采用传统的计算公式计算得出 23 (4) 11 材巷疏排水量在约  $80616 \text{ m}^3$ , 采用水泵功率法以及水表读数法、容积法统计加权平均后该区域总放水量  $10 \text{ 万 m}^3$ , 两个结果间存在有较大的偏差。

## 3 定积分方法预测密闭空间积水

### 3.1 钻孔涌水量分析

通过分析对该区域的放水资料, 发现本次放水曲线

基本上是一个抛物线组成的,即水量从开始疏放一直降到最低,因此需要求出在这一变化段的疏放水量,具体钻孔涌水量动态曲线见图2。

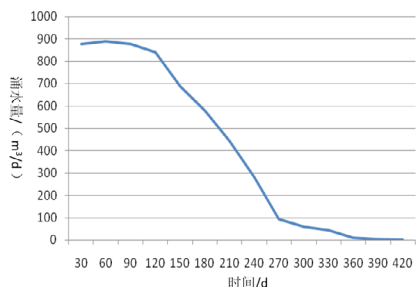


图2 钻孔涌水量动态曲线

### 3.2 定积分方法预测积水量

定积分的几何意义就是求函数  $f(x)$  在区间  $[a, b]$  中曲线下包围的面积。即  $y=0, x=a, x=b, y=f(x)$  所围成图形的面积。

根据定积分含义可知,要想求出放水期间疏放水量多少,则需求出抛物线与  $X$  轴所围成的面积,具体见图3所示。为了简化计算过程,将抛物线转化成了标准抛物线方程,  $-30、390$  代表放水开始和结束时间总共 420 天,  $888$  代表放水前后单位时间内每天最高涌水量。

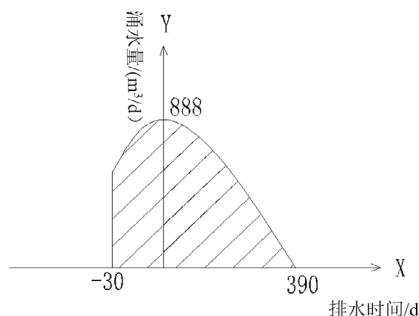


图3 定积分示意图

步骤一:

根据抛物线的二点式:

$f(x)=a(X-h)^2+k$  求出抛物线的解析式  $f(x)=-0.0138X^2+37*24$

步骤二:

将  $f(x)=-0.0138X^2+37*24$  带入定积分公式  $\int_a^b f(x) dx$  得:

$$\int_{-30}^{390} (-0.0138X^2 + 37*24) dx = (-\frac{1}{3} * 0.0138 * X^3 + 37*24 * X) \Big|_{-30}^{390} = 99968.4m^3$$

所以该区域疏放总水量  $99968.4m^3$ 。

### 3.3 测定充水系数

根据定积分方法计算的该区域总放水量  $99968.4m^3$ , 与水泵功率法和容积法统计数值加权平均后总放水量  $10$  万  $m^3$  相近, 因此可作为反算充水系数的重要依据, 具体如下:

$$Q = \frac{KMF}{\cos \alpha} = \frac{K \times 3 \times 89161}{\cos 5.5^\circ} \approx 99968.4m^3$$

经计算该区域巷道充水系数  $K \approx 0.37$ , 可作为采空区积水充水系数计算的的经验值。

### 3.4 效益分析

①先在积水区施工一个放水孔, 通过测定水位标高

后估算出积水面积, 从而根据积水量计算公式计算出该区域的积水量, 利用该方法避免了盲目施工钻孔, 提高了放水质量;

②利用定积分方法反推放水时间和放水量的关系, 能有针对性的进行放水, 对放水工作有着很高的指导意义;

③重新核定了双柳矿采空区积水的充水系数  $K \approx 0.37$ , 可作为双柳煤其余采空区积水充水系数计算的的经验值;

④ 23 (4) 09 运巷和 23 (4) 09 施工巷贯通后局部采空区联通, 受大气压力影响, 23 (4) 11 材巷的疏放水钻孔在一个月内有短暂升高现象。

综上所述, 以上方法不仅节约了放水成本, 而且提高了采空区积水的预测水平, 因此其社会、经济效益非常高。

## 4 总结

① 23 (4) 09 材巷密闭空间积水采用传统的水泵功率法以及水表读数法、容积法等方式计算出来的积水量存在有较大的偏差, 从而在一定程度上影响矿井后续密闭空间积水疏排工作;

②提出采用定积分方法预测积水量, 具体为: 先在积水区施工一个放水孔, 通过测定水位标高后估算出积水面积, 从而根据积水量计算公式计算出该区域的积水量; 总结分析该区域放水成果资料, 利用定积分方法反推放水时间和放水量的关系, 对放水工作可以提前预判; 重新核定了双柳煤采空区积水的充水系数  $K \approx 0.37$ , 可作为我矿其余采空区积水充水系数计算的的经验值;

③文中所提密闭空间积水预测方法可较为准确的预测密闭空间积水量, 从而便于后续提前规划放水方案, 使放水方案更加合理、有针对性, 为煤矿防治水工作提供了技术支撑, 提高煤矿防治水工作技术水平。因此, 其应用前景十分广阔, 该研究技术方法及成果可推广到本矿井或其他同类矿井。

### 参考文献:

- [1] 郭星星, 孟晓峰. 定向钻探技术疏放上覆煤层采空区积水技术研究 [J]. 山西煤炭, 2020, 40(01): 73-76.
- [2] 刘忠杰. 上覆采空区积水影响分析及探放水技术 [J]. 山东煤炭科技, 2020(01): 142-144+150.
- [3] 段李宏, 张成行. 泄水巷集中疏放老空水技术研究 [J]. 能源与环保, 2019, 41(04): 20-23+28.
- [4] 赵宗剑. 上覆近距煤层采空区积水分期疏放方案 [J]. 煤炭与化工, 2018, 41(08): 59-62.
- [5] 王兆欣. 鑫隆煤矿首采区采空区积水防治方案研究 [J]. 煤炭与化工, 2017, 40(04): 135-137.
- [6] 冯之前, 唐振伟. 复杂水文地质条件老空水探放实践 [J]. 中州煤炭, 2014(05): 69-71.

### 作者简介:

曹丽晓 (1987-), 男, 山西长子县人, 2015 年 1 月毕业于太原理工大学, 采矿工程专业, 本科, 现为工程师。