

定南燕潭萤石矿矿坑涌水量预测及水患评价

刘伦华¹ 曾婉婧² 张晟¹

1 江西应用技术职业学院 2 宁都县自然资源局

DOI:10.12238/gmsm.v7i7.1894

[摘要] 赣南的萤石矿资源十分丰富,且以断裂成矿为主,呈脉状分布延伸,矿床开采中水文地质条件变化大,矿坑涌水量不稳定。本文以定南县燕潭萤石矿为例,采用数理统计法、比拟法、集水廊道法进行矿坑涌水量预测,并分析研究水患风险,为矿山开采提供地质依据。

[关键词] 集水廊道法; 比拟法; 矿坑涌水量预测; 水患评价

中图分类号: P536 文献标识码: A

Prediction of water inflow and evaluation of water hazards in Yantan fluorite mine in Dingnan County

Lunhua Liu¹ Wanjing Zeng² Sheng Zhang¹

1 Jiangxi College of Applied Technology 2 Ningdu County Bureau of Natural Resources

[Abstract] The fluorite resources in southern Jiangxi are very abundant, mainly formed by faults and extending in a vein like distribution. The hydrogeological conditions vary greatly during mining, and the water inflow in the mines is unstable. This article takes the Yantan Fluorite Mine in Dingnan County as an example, and uses mathematical statistics, analogy, and water collection corridor methods to predict the water inflow of the mine pit, analyze and study the risk of water disasters, and provide geological basis for mining.

[Key words] Water collection corridor method; Comparative method; Prediction of mine water inflow; Flood assessment

引言

在经济快速发展背景下,萤石矿资源的战略价值与开采安全开采显得尤为重要,而涌水量预测及防治成为关键。赣南是重要的萤石成矿区,萤石矿床受断裂构造控制^[1]。萤石矿在开采过程中可能存在地下水突然大量涌入矿井或工作面的情况,因此需要采用合适的方法评价水患潜在风险,制定相应防治措施。

1 矿区自然地理与地质概况

燕潭萤石矿位于定南县城西南约18km处,矿区地处南岭山地东延九连山脉中段,近分水岭部位,区域属九连山-三百山变质岩花岗岩火山岩低山丘陵亚区,地貌总体以低山丘陵为主,地势北高南低,最高点海拔高程805.7m,最低点海拔高程325m,地形较陡,相对高差480m,植被茂密,人口稀疏。

区内属亚热带湿润季风气候区,气候温和、湿润,多年(1959-2017年)平均年降水量1593毫米。年降水量的最大值2135.6毫米,最小值911.3毫米。全年降水量的分布具有明显的季节性特征。4月至6月为降水的高峰期,占全年总降水量的44.5%。10月至次年1月降水量最少,属于枯水期。

矿区出露地层仅有第四系,主要沿沟谷洼地分布,岩性为亚粘土、亚砂土、少量砂砾等,厚度为0-6.5m。矿区岩浆岩广泛分

布,主要出露晚侏罗世燕山期第二期第四次侵入花岗岩、早白垩世流纹斑岩。其中,晚侏罗世花岗岩主要分布在矿区的南东部,约占矿区面积的19.40%,为中粒黑云母花岗岩^[2];早白垩世流纹斑岩主要分布在矿区的北西部,约占矿区面积的68.68%。矿区内断裂构造发育,以NE向大断裂为主,剖面上见有次级NW、NNW、NNE、SN向的断裂构造,这些断裂构造往往成群成组产出。

矿区主要有松散岩类孔隙水、基岩裂隙水、断裂脉状水。矿区松散岩类孔隙水分布第四系残坡积层为主、局部分布少量第四系冲积层、第四系坡积层,含水层厚度1~6m,大多季节性含水,水位埋深一般0.5~5m。泉流量0.017~0.057L/s,松散岩类孔隙水富水性贫乏。基岩裂隙水以风化带裂隙水为主。花岗岩、流纹斑岩风化带,是主要含水层,分布广泛,是未来矿坑充水的主要物质来源。含水层厚度通常介于4.50~45.24米之间。泉流量0.021L/s~0.32L/s。风化带裂隙水透水性弱-中等,富水性贫乏-中等。断裂脉状水主要分布在F1断裂带,钻孔揭露断裂带脉状裂隙含水层厚度约10.0~40.0m,平均厚度约25.0m。单位涌水量0.059~0.214L/s,随时间逐渐减小,推测该层富水性弱-中等,且局部承压,富水性贫乏-中等。

松散岩类孔隙水以降雨补给为主,侧向补给弱,地下水水位

季节变化大,多以散流和泉排泄于溪流中。基岩裂隙水以降雨补给为主,总体径流方向为由西向东、由北向南,通过泉、蒸发等形式排泄。断裂脉状水可接受风化带的基岩裂隙水、大气降雨的补给,沟谷地带可接受地表水补给,沿断裂带径流,通过泉、蒸发等形式排泄。

2 矿山矿体及开采

矿山共圈出两条萤石矿体,即V1、V2矿体。其中,V1矿体:为区内主要矿体,赋存于F1断裂带中,埋深48~404m。矿体总体走向北东,倾向南东,倾角较陡,一般为56~75°,呈单脉产出,产状较稳定。控制延长600m,垂直延伸80~355m。矿体真厚度最大9.62m,最小0.72m,平均3.48m,属厚度较稳定型,主要分布于+328~-19m标高之间。V2矿体:为区内次矿体,位于V1矿体上盘,与V1矿体平行展布相距4~10m,矿体赋存于F1断裂带中,埋深191~251m。矿体总体走向北东,倾向南东,倾角较陡,一般为62~71°,呈单脉产出,产状较稳定。控制延长200m,垂直延深56~158m。矿体真厚度最大2.95m,最小1.56m,平均2.08m,属厚度较稳定型。

3 矿床充水条件分析

矿山尚未开采,不存在老窿积水,因此可能的充水水源主要为大气降水、地下水和地表水。矿山开采以后,大气降水可通过采空塌陷进入矿坑,成为矿坑充水水源,一般情况下塌陷坑规模较小,这部分水量有限,因此大气降水很难成为主要充水水源。

矿体赋存在F1断裂带中,该断裂带内分布有断裂脉状水,在矿山开采中可直接进入矿坑。其次,风化裂隙水遍布整个矿区,可通过补给断裂脉状水的方式进入矿坑。因此地下水是矿坑充水的主要水源之一。

矿体南东侧分布有两条小溪,矿山开采产生采空区后,一旦顶板失稳产生采空塌陷或采空区顶板裂隙带与小溪地表水沟通后,地表水可能成为矿坑充水水源。

矿区矿体总体走向北东,倾向南东,倾角较陡,一般为56~75°,属于急倾斜矿体,矿体真厚度平均3.48m,矿体主要分布于+328~-19m标高之间,视为矿体水平高度为357m。采用急倾斜矿层冒落带、导水裂隙带高度计算公式(表1):

表1 急倾斜煤层冒落带、导水裂隙带高度计算公式

覆岩性质	冒落带高度 H_m/m	导水裂隙带高度 H_i/m
坚硬	$H_m = (0.4 \sim 0.5)H_i$	$H_i = \frac{100M/h}{4.1h + 133} \pm 8.4$
中硬、软弱	$H_m = (0.4 \sim 0.5)H_i$	$H_i = \frac{100M/h}{7.5h + 293} \pm 7.3$

式中 H_m 为冒落带高度(m); H_i 为导水裂隙带高度(m); M 为矿层厚度(m); h 为工作面小阶段垂高(m)。200m中段的上覆岩层为半坚硬工程地质岩组,覆岩性质为中硬,引用上述公式计算得 $H_i=49.12m$, $H_m=24.56m$ 。地表小溪沟床最低标高325m,可知+200m中段开采时,采空区顶板裂隙带与地表水沟通的可能性小,因此地表水成为矿坑充水水源的可能性小。

矿区内断裂构造发育,萤石矿即产于断裂构造带中。采空区产生后,断裂脉状水可直接进入矿坑;基岩裂隙水可汇入裂带内间接进入矿坑,成为矿坑充水水源。

4 矿坑涌水量预测

4.1 数理统计法

根据钻孔抽水试验资料:地下水水位埋深39.54m,降深 $S_1=7.23m$,涌水量 $Q_1=14.91m^3/d$; 降深 $S_2=13.03m$,涌水量 $Q_2=21.86m^3/d$; 降深 $S_3=18.67m$,涌水量 $Q_3=23.46m^3/d$; 可得Q-S关系曲线图(图1):

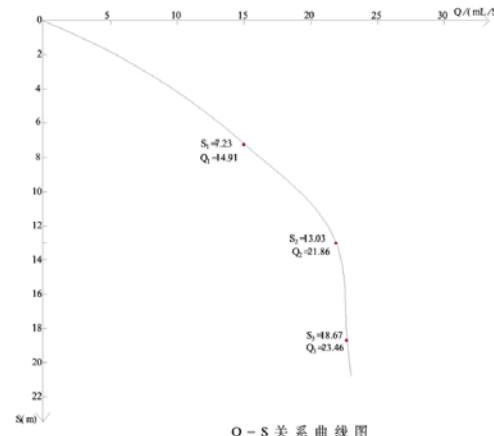


图1 钻孔抽水试验Q-S关系曲线图

用曲度法计算曲度n值,鉴别其曲线类型,其形式如下:

$$n = \frac{\lg S_2 - \lg S_1}{\lg Q_2 - \lg Q_1}$$

其中, Q 为预测标高坑道涌水量 (m^3/d); S 为预测开拓标高水位降深 (m)。经计算, $n=2.09$, 判断该曲线类型为对数曲线型:

$$Q = a + b \lg S$$

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

$$a = \frac{\sum Q - b \sum \lg S}{N}$$

其中, Q 为预测标高坑道涌水量 (m^3/d); S 为预测开拓标高水位降深 (m)。代入参数计算得 $a=3.05$, $b=21.38$, 从而确定计算模型 $Q=3.05+21.38 \lg S$ 。根据以上公式分别代入+200m中段矿坑水位降深124.35m、水位降深220.50m,计算得到+200m中段矿坑正常涌水量预测值为 $14.23m^3/d$,最大矿坑涌水量为 $41.73m^3/d$ 。

4.2 比拟法

比拟法^[3]采计算公式为 $k_p = \frac{Q_0}{P_0}$, 其中 $Q = k_p P$ 。式中: k_p 为富水系数, m^3/t ; Q_0 为定时期内矿井排水量, m^3/a ; P_0 为同期采矿量, t/a ; P 为同时期新矿井设计开采量, t/a 。

依据相邻萤石矿开采量 $30000t/a$,正常涌水量 $170.34m^3/d$,最大涌水量能达到 $254.15m^3/d$ 。由燕潭矿区拟开采量为 $60000t/a$ 。代入相关数据计算可知,正常涌水量预测值为 $340.68m^3/d$,最大矿坑涌水量为 $508.30m^3/d$ 。

4.3 集水廊道法

矿山开采方式为地下开采,采用浅孔留矿嗣后充填法开采及分段空场嗣后充填采矿法。矿体总体走向北东,倾向南东,倾角较陡,一般为56°~75°,矿体真厚度平均3.48m。当采空带形成,周边矿体围岩裂隙含水层以直接进水的方式对矿坑充水。

根据矿区水文地质条件概化,建立起矿坑排水模型,将矿井整个井巷系统看成集水廊道,廊道底部视作一个不透水层,廊道形成后,两侧的地下水向廊道汇集,并不断的汲取地下水,水位不断下降并形成对称的浸润曲线,然后根据地下水动力学原理来近似计算坑道涌水量。

根据矿体形态、矿床开采方式采用集水廊道法计算矿坑涌水量,其方程式如下:

$$Q = LK \frac{(2H - S)S}{R}$$

式中Q为预测标高坑道涌水量(m³/d);K为渗透系数(m/d),钻孔抽水试验获得;S为预测开拓标高水位降深(m);H为含水层厚度(m);L为巷道水平长度(m)。

估算基础数据渗透系数以抽水试验数据为依据;坑道井巷长度(P)直接由MAPGIS软件从图中读取;矿区主要分布的是侵入岩系,岩组的有关地质参数用平均值;平均静止水位标高324.35m,水位降深124.35m,最高水位采用终孔静水位中的最大值422.50m,水位降深220.50m。经计算获得的R值及有关参数见下表2。

表2 R值及有关参数计算表

预测中段(m)	S最大值(m)	S正常值(m)	L(m)	K(m/d)
200	220.5	124.35	403	0.03

根据以上公式计算得到+200m中段矿坑正常涌水量预测值为389.48m³/d,最大矿坑涌水量为521.32m³/d。

4.4 计算结果对比

上述三种方法计算的矿坑涌水量详见表3。

表3 计算结果汇总

计算方法	数理统计法	比拟法	集水廊道法
正常涌水量(m ³ /d)	14.23	340.68	389.48
最大涌水量(m ³ /d)	41.73	508.3	521.32

由表3可知,数理统计法与集水廊道法涌水量相差将近28倍,且数理统计法只取一组数据作为计算数值,计算结果不具有效性,集水廊道法将矿井整个井巷系统看成集水廊道,廊道底部视作一个不透水层,根据地下水动力学原理来近似计算坑道涌水量,数据较为可靠。富水系数法计算简单明了,但采用类似矿床数据取值加以计算,准确性较差。

综上分析,使用集水廊道法计算出的结果比较全面准确,即矿坑正常涌水量预测值389.48m³/d,最大矿坑涌水量521.32m³/d。

5 水患评价及防治对策

通过上述分析计算可知,矿坑充水水源主要是地下水,在+200m开采时,矿坑正常涌水量和最大涌水量均较小,采用水泵抽排矿坑涌水是可以全部排出矿坑的,发生矿井突水的可能性小。

但是,在今后的矿山开采中,如果在+200m以上设置开采中段,一旦采空区顶板塌落或顶板破坏造成裂隙带与地表水体沟通,则可能造成大量地表水进入矿坑,使矿坑涌水量剧增,这种情况下是有可能诱发矿井突水的,因此须做好+200m以上开采中段的地下水水患论证工作。

6 结语

未来矿山开采过程中,可能局部遇通过构造破碎带或裂隙发育带连通沟谷产生洪水期季节性少量突水,坑道排水量增加,部分地段地表水干涸等水文地质问题。其中,留设防隔水岩柱防止地表水或地下水溃入工作面是一个有效的方法,可提高阻水能力,防止水突入矿井。矿区未投入生产、无井巷,矿坑涌水量预测采用的是集水廊道法基于现状的预测,预测值偏小,建议矿山投产后加强对水文地质研究工作,充分收集井巷排水数据为深部矿坑涌水量预测提供依据。

参考文献

[1]徐有华.赣南萤石矿成矿地质条件及成矿预测研究[D].中国地质大学(北京),2008.

[2]李身想,欧阳东波.江西省定南县某矿区工程地质条件评价[J].世界有色金属,2019,(23):182+184.

[3]刘琼.比拟法和解析法在矿坑涌水量预测中的应用[J].中国资源综合利用,2023,41(05):45~47.

作者简介:

刘伦华(1966--),男,汉族,江西南康人,副教授、高级工程师,从事水文与工程地质、地质工程、地下水科学等专业的教学与生产实践工作。