

基岩山区矿坑涌水量预测中“富水系数法”可行性讨论

陈艺迪¹, 陈萍²

(1. 贵州省地矿局 111 地质大队, 贵州 贵阳 550081; 2. 贵州省地质环境监测院, 贵州 贵阳 550081)

[摘要]一些矿产资源勘探和核实报告常常采用所谓“富水系数法”来估算未来矿山开采的矿井涌水量,但该方法是否合理,一直是业内争议的问题。文章以有多年开采历史的煤矿山开采资料为基础,通过对矿井涌水量与煤炭开采量、开采面积、开采深度等的统计分析,探讨了矿井涌水量与上述因素之间的相关关系。研究表明,随着矿山开采的延续,矿井涌水量与煤炭资源的开采量之间并不呈简单的“线性关系”,从而得出采用所谓“富水系数法”来估算基岩山区矿山未来开采的矿井涌水量是不合理的结论。

[关键词]基岩山区;涌水量预测;富水系数法;讨论

[中图分类号]P641.2;P641.4⁺1 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2021)03-315-05

1 引言

所谓“富水系数”,一般定义为开采单位体量矿石的矿井涌水量(m^3/t),用已开采矿井累积涌水量与同期矿石累积开采量之比来表征,所以又称“吨矿涌水量”。一些生产报告常根据矿山前期开采资料计算的“吨矿涌水量”乘以矿山矿产资源可采储量来预测估算未来矿井涌水量,除此外,还出现了采用矿山的单位开采面积、矿坑疏干排水单位降深、狭长坑道的单位长度等为单位的“富水系数”计算公式,甚至近年的行业标准《矿坑涌水量预测计算规程》也将该方法列入矿井涌水量预测计算方法之一。

满足该预测估算方法的立地条件必须是矿区内“富水系数”或称“吨矿涌水量”为一“常数”,亦即矿井涌水量与矿产资源的开采量之间呈“线性正相关”,但是,基岩山区矿床水文地质条件是复杂的,充水层的含水性和透水性在三度空间上也是非均质的,难以满足该立地条件,采用“富水系数”估算矿井涌水量是否可行?业内人士持有不

同的观点。本文以开采历史悠久的盘县某大型煤矿为研究对象,在对矿区开采相关资料的收集、现场调研的基础上,通过对矿井涌水量与煤炭开采量、开采深度、开采面积的统计分析,揭示了矿井涌水量与上述因素之间的相关关系。研究表明,在基岩山区采用“富水系数法”预测计算矿井涌水量是不合理、不可行的。研究成果对矿区水文地质勘探、矿井排水设计和生产都有重要的指导意义。

2 研究区基本概况

研究区位于贵州省盘州市南西 12 千米的火铺镇。在地质构造上位于盘关向斜南部扬起端西翼(图 1),呈单斜构造,断裂构造较发育。出露地层从老至新依次为泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系及第四系,含煤地层为二叠系乐平统龙潭组,厚 221~468 m,含可采煤层十余层。上覆厚 395 m 的三叠系下统飞仙关组、下伏厚度大于 400 m 的峨眉山玄武岩,含煤层及顶、底板岩层所含地下水类型均为基岩裂隙水。可采煤层均埋藏于当地侵

[收稿日期]2021-01-26 [修回日期]2021-06-10

[作者简介]陈艺迪(1993—),男,遵义市人,水文地质工程地质助理工程师,从事水文地质、工程地质工作。

[通讯作者]陈萍(1966—),女,重庆市人,水文地质工程地质研究员,主要从事水文地质工作。

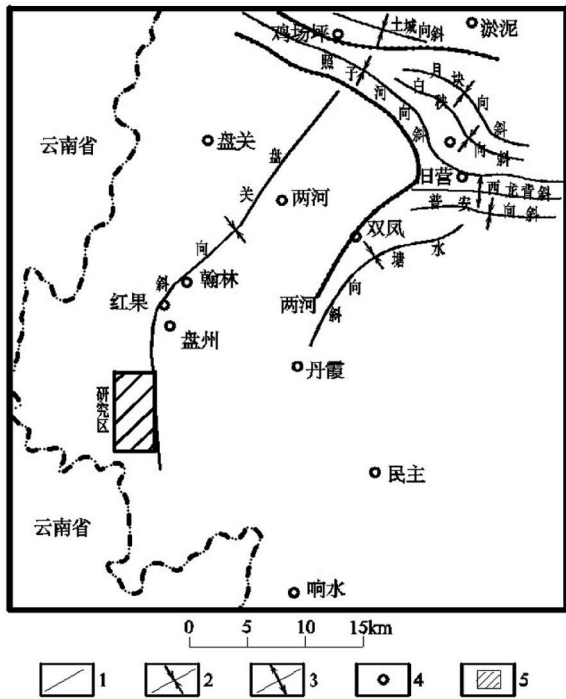


图1 研究区位置及区域地质构造图

Fig. 1 Location of the study area and regional geological structure

1—断层;2—向斜;3—背斜;4—地名;5—研究区

蚀基准面以下,地形不利于自然排水。矿床水文地质勘探类型为以顶、底板直接进水、水文地质条件中等的裂隙充水矿床。

矿山从七十年代建矿开发,为一具有悠久开采历史、年开采规模达到120万吨的国营大型矿山。据统计,矿山投产以来,煤炭资源的开采量已经超过亿吨,地下形成了数平方千米的采空区,矿山开采的动态资料丰富、齐全,在贵州省内开采矿山中具有良好的代表性。

3 研究方法 及 数据采集

3.1 研究方法

研究工作以所选择矿山为研究对象、矿山勘探及多年实际的开采及排水资料为基础,以矿床水文地质学、系统理论学、统计学等为指导,对矿山实际的煤炭开采及矿井排水资料开展综合研究。通过对矿山同期矿井排水量和煤炭资源开采量的统计,分析矿井涌水量与矿产资源开采量之间的相关特征以及采用“富水系数法”(或“吨煤涌水量”法)预测估算矿井涌水量存在的问题;通过对矿井涌水量与采空区面积、矿井排水疏干降

深关系的分析,揭示采用“富水系数法”预测计算矿井涌水量不合理的原因,并提出对采用“比拟法”预测估算矿井涌水量应注意的问题。

3.2 数据采集

研究矿山为一国营大型矿山,矿山开采过程中生产管理规范,有关生产记录较齐全、资料的可信度较高。研究工作收集了矿山1978—2007年共30年不同年份的大气降水量、采空区面积、开采疏干降深、矿井排水量序列资料,以及各年度煤炭开采量和累积开采量资料,其中1978—1991年的资料最为齐全,以此作为研究工作的依据。

4 数据统计与分析

4.1 数据的统计

火铺矿1978—1991年矿井涌水相关资料见表1。

4.2 分析与结果

4.2.1 煤炭开采量与矿井涌水量关系分析

4.2.1.1 “吨煤涌水量”与煤炭开采量关系

以1978年为起始年份,分别统计从起始年至不同年份煤炭累积开采总量(T_i)和矿井排水总量(Q_i),并采用采用式(1)计算出不同年份的所谓“吨煤涌水量(W_i)”:

$$W_i = \sum_{i=1}^n Q_i / \sum_{i=1}^n T_i \tag{1}$$

将截至不同年份的“累积煤炭开采量(T_i)”与同期“吨煤涌水量(W_i)”在平面直角坐标系中绘成散点图(图2),图中看出,二者之间并不呈“线性相关”,并反映出随着煤炭“累积开采量”的加大,“吨煤涌水增量”呈现逐渐减小的趋势

以研究矿山1978—1991年“吨煤涌水量”与煤炭“累积开采量”序列资料为依据,对该矿山“吨煤涌水量”与煤炭“累积开采量”之间进行相关分析。分析结果,二者之间呈良好的“非线性”对数相关。

$$N = 14 \quad R = R = 0.9207$$

$$W = -0.5016 + 1.19631 gT \tag{2}$$

4.2.1.2 “吨煤涌水增量”与“累计开采量”的关系

为进一步揭示矿井涌水量与煤炭开采量之

间的关系,以年为单位,根据相邻年份矿井“吨煤涌水量”数据,计算逐年份“吨煤涌水增量(ΔW_i)”,并将“吨煤涌水增量(ΔW_i)”与同期

“累积煤炭开采量(T_i)”做成相关曲线图(图3)。结果反映出,随着矿山煤炭资源累计开采量的增大而减小。

表1 火铺矿历年矿井涌水量与相关因素统计表

Table 1 Water discharge in recent years and relative factor statistics of Huopu mine

年份	累计采空区面积(m^2)	开采深度(m)	涌水量($10^4 m^3$)		吨煤涌水量(m^3/t)	煤炭开采量(万吨)	
			年量	累积量		年量	累积量
1978	600192	114	147.95	147.95	2.03	72.8	72.8
1979	696072	122	182.19	330.14	2.04	89.3	162.1
1980	821197	132	209.84	539.98	2.13	92.0	254.1
1981	1001293	139	251.60	791.58	2.35	82.6	336.7
1982	1110922	145	281.31	1 072.89	2.50	92.4	429.1
1983	1195780	152	303.94	1 376.83	2.63	94.2	523.3
1984	1260618	157	252.38	1 629.21	2.70	80.8	604.1
1985	1397844	163	316.82	1 946.03	2.81	88.3	692.4
1986	1531383	168	445.44	2 391.47	3.08	83.3	775.7
1987	1643534	168	298.31	2 689.78	3.09	94.1	869.8
1988	1699411	170	313.07	3 002.85	3.15	83.0	952.8
1989	1798792	170	361.38	3 319.23	3.24	70.6	1 023.4
1990	1963217	174	425.19	3 744.42	3.31	95.0	1 118.4
1991	2065778	177	480.89	4 225.31	3.44	111.5	1 229.9

资料来源:《贵州省盘江矿区煤炭资源总体地质报告》,贵州煤矿地质工程咨询与地质环境监测中心,2020年8月。

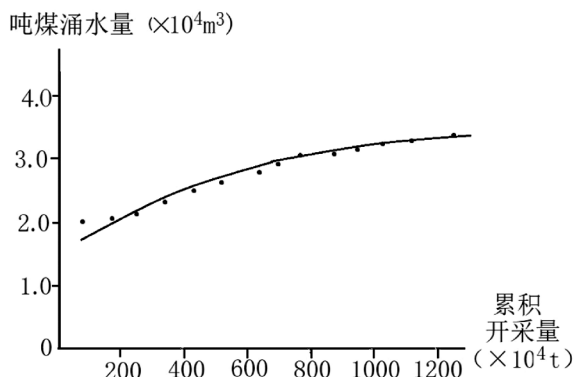


图2 “吨煤涌水量”与“累计开采量”关系曲线图

Fig. 2 Relation curve of ton coal water discharge and cumulated output

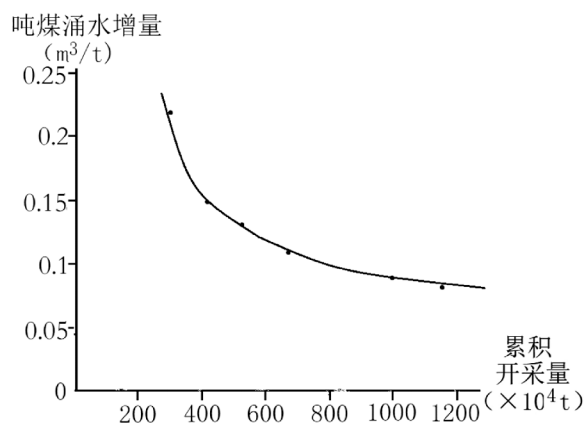


图3 吨煤涌水量增量与累计开采量关系曲线图

Fig. 3 Relation curve of ton coal water discharge increment and cumulated output

4.2.2 矿井涌水量主要控制因素分析

矿井涌水量除了受矿山所处矿床水文地质类型和水文地质条件有关外,还与矿山的开采规模和开采空间形态有关。将不同年份矿井的“累积涌水量(W_i)”与同期“累积采空区面积”、“累积涌水量(F_i)”与同期“排水疏干降深(W_i)”分别绘成散点图曲线(图4、图5),图中反映如下特征:一是随着矿山“累计采空区面积”和“开采排水疏干降深”的增大,矿井“涌水量”均随之增大,但均呈

“非线性正相关”;二是随着矿山开采延续、开采规模的扩大,矿井涌水量与开采面积关系曲线逐渐趋于平缓,而矿井涌水量与开采降深(S)曲线仍持续呈明显的上升。其特征揭示:对于一个矿床水文地质条件确定的矿山,未来矿山开采涌水量大小主要受控于矿山的开采面积和开采深度(排水疏干降深),并且矿山开采的深度(S)对矿井涌水量的影响远大于开采面积(F_i)。

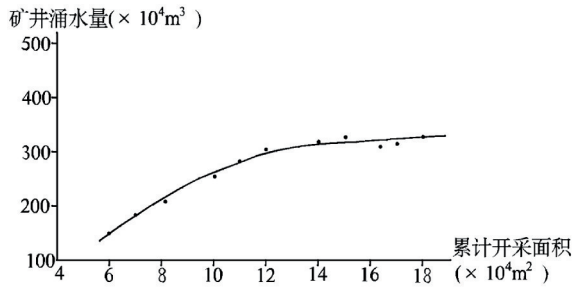


图4 矿井涌水量与累计开采面积关系曲线图

Fig. 4 Relation curve of mine water discharge and cumulated mining area

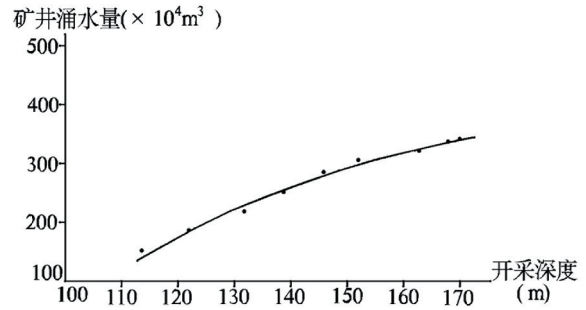


图5 矿井涌水量与开采深度关系曲线图

Fig. 5 Relation curve of mine water discharge and mining depth

5 讨论与结论

5.1 讨论

(1) 满足所谓“富水系数”为“常量”的前提条件必须是矿床充水层的含水性及透水性均质,但是,受矿床水文地质条件的影响,基岩山区矿床充水层的含水性及透水性在三度空间上都是非均质的,特别是在垂向上随着开采深度增加,岩层的含水性及透水性呈减弱趋势,难以满足矿床充水层的含水性及透水性均质的条件。

(2) 按照渗流理论,汇入采空区的流量与过水断面面积和水力坡度成正比,而矿山开采地下水向采空区的运动中,控制矿井进水断面和水力坡度的因素就是矿井的开采面积和开采深度,其中,开采深度对矿井涌水量的影响大于开采面积。

(3) 生产实践表明,即使矿床水文地质条件相同的同一基岩山区矿山,矿井涌水量和矿石开采量之间都不可能呈“线性相关”关系,即所谓“富水系数”或称“吨矿涌水量”并不是一个确定的“常数”。尽管矿井涌水量随着矿山开采量的加大而增大,但涌水量增加量随之减小,矿石开采量与矿井涌水量之间呈“非线性正相关”。

(4) 鉴于上述理论与实践,在生产实践中,应充分利用矿山前期生产资料,确立矿石开采量与矿井排水量的相关关系,建立“吨矿涌水量”与“矿石累积开采量”相关方程,然后结合未来的开采储量,合理确定计算参数。

5.2 结论

通过研究得出如下主要结论:

(1) 采用所谓“富水系数”法预测估算矿井涌水量是不合理、不可行的。

(2) 即使在的水文地质条件相同的同一矿山,由于基岩矿山矿井涌水量是矿井开采面积、含水层疏干水位降深的函数,因此,简单采用所谓“面积比拟法”、“降深比拟法”、“狭长坑道的单位长度比拟法”等单因子比拟法来预测矿井涌水量也不合理的。在利用实际开采资料采用比拟法预测矿山矿井涌水量时,必须同时考虑开采面积(F)、含水层疏干水位降深(S)两个因素。

[参考文献]

陈韶知,刘树才,等. 2009. 矿井涌水量的预测方法的发展. 工程地球物理学报[J]. 06.

崔杰. 2009. 矿井涌水量计算方法评述. 水利采煤与管道运输[J]. 04.

杜毓超,韩行瑞. 2009. 基于 AHP 的岩溶隧道涌水专家评判系统及其应用[J]. 中国岩溶, 3.

杜敏铭,邓英尔,许模. 2009. 矿井涌水量预测方法综述[J]. 地质学报, 29(1): 70-73.

贵州煤矿地质工程咨询与地质环境监测中心. 贵州省盘江矿区煤炭资源总体地质报告[R]. 2020, 08.

高仲斌,华志钧. 1992. 渭北煤田奥陶系碳酸盐岩岩溶发育及岩溶水赋存规律[J]. 陕西煤炭技术, (2), 21-24.

郭娣,许模. 2009. 西南地区紧密背斜岩溶地下水赋存与运移特征[J]. 地质学报, 29(1): 66-69.

华解明. 2009. “大井法”预测矿井涌水量问题探讨[J]. 中国煤炭地质, 6.

韩行瑞,徐健,白山云,等. 隧道岩溶涌水预报与处治[M]. 桂林, 广西师范大学出版社.

连会清,夏向学,斌慧,尹尚先. 2009. 矿井涌水量预测方法及实用性评价[J]. 华东科技学院学报, 2: 22-27.

李才华,滕伟福,等. 2009. 某矿井水文地质特征分析及涌水量预测[J]. 安全与环境工程, 06.

孙福勋,张元杰,丁涛. 2016. 解析法和比拟法在矿井涌水量分析和预测中的应用[J]. 科技创新与应用, (8): 34-35.

- 王明章. 2011. 裘布依地下水井流计算公式有关问题讨论[J]. 贵州地质, 2.
- 王明章, 2011. 裘布依地下水井流计算公式有关问题讨论[J]. 贵州地质, 2.
- 殷允彬. 2012. 金达煤矿矿井涌水量数值模拟研究[J]. 山东科技大学. 研究生硕士学位论文, 1.
- 管雅玲, 吴慧琦. 2011. 用水文地质比拟法预测矿井涌水量[J]. 华北国土资源, (1): 52-54.
- 中化矿山地质局贵州地质勘查院. 2014. 贵州省开阳县金中镇平安磷矿二矿(扩界)资源储量核实及勘探报告[R]. 11.

Feasibility Discussion of Enriched Water Coefficient Method in Mine Water Discharge Estimation of Bedrock Mountain Area

CHEN Yi-di¹, CHEN Ping²

(1. 111 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550081, Guizhou, China; 2. Guizhou Geological Environment Monitoring Institute, Guiyang 550000, Guizhou, China)

[**Abstract**] In some mineral resource exploration and verification report, the so called ‘Enriched Water Coefficient Method’ was used to estimate the mine water discharge in the futural mining, but the reasonability remain controversial in this industry. In this paper, based on the mining data of years’ coal mine, by statistic and analysis the mine water discharge, coal yield, mining area and mining depth, the correlation between mine water discharge and above factors is discussed. The studying result shows with the persistent mining, the relation of mine water discharge and coal yield is not simple ‘positive linear relation’, so we can know it’s unreasonable to estimate the mine water discharge by ‘Enriched Water Coefficient Method’ in the futural mining.

[**Key Words**] Bedrock mountain area; Water discharge estimation; Enriched water coefficient method; Discussion

(上接第 262 页)

The Characteristics of the Trace Fossils and Its Geological Significance of the Upper Linghao Formation in Naye of Wangmo, Guizhou Province

XIANG Kun-peng, CHEN Ming-hua, DENG Xiao-jie, LONG Jian-xi, SHI Zhen-hua, RAN Wei-yu

(Guizhou Geological Survey, Guiyang 550081, Guizhou, China)

[**Abstract**] Abundant trace fossils existed in the upper part of the Middle-Late Permian Linghao formation in Naye of Wangmo, Guizhou province, and *Chondrites*, *Planolites*, *Keckia* and *Helminthopsis* are mainly identified. In the lower part of the trace fossil-bearing strata of Linghao Formation, *Chondrites* were the dominant fossil species with high abundance, and the upper part was gradually replaced by *Planolites* and *Helminthopsis*, forming a fossil assemblage dominated by foraging tracks as a whole. According to the rock association, sedimentary structure and the distribution characteristics of the trace fossils, combined with regional geological data, this study proposed that the Naye region was a relatively closed reductive environment in shallow sea during the Middle-Late Permian, and the distribution of trace fossil was closely related to the rise and fall of sea level, which was the product of the deposition of the high water level system. The vertical variation of fossil assemblage indicated that the upward water became shallow as a whole. This study provides a basis for further understanding of the Middle-Late Permian sedimentary-tectonic evolution in the southern Guizhou.

[**Key Words**] Trace fossil; Sedimentary structure; Sedimentary environment; Linghao formation; Naye region