

齐庆杰,夏世羽. 基于分源预测法的瓦斯涌出量预测共享平台的构建[J]. 矿业安全与环保, 2018, 45(2): 59-64.
文章编号: 1008-4495(2018)02-0059-06

基于分源预测法的瓦斯涌出量预测共享平台的构建

齐庆杰^a, 夏世羽^b

(辽宁工程技术大学 a. 安全科学与工程学院; b. 矿业学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 为了能方便快捷、实时准确地对矿井瓦斯涌出量进行预测, 以分源预测法为基础, 利用数据库技术将瓦斯涌出量预测所涉及的数据划分为瓦斯基础参数实体、瓦斯源实体、瓦斯涌出量实体, 将测点信息、影响瓦斯涌出量的工艺参数、瓦斯涌出量等分别抽象为实体的属性, 并利用 MySQL Workbench 数据库建模工具构建瓦斯涌出量预测相关实体的 EER(强化的实体关系)图; 以采区为矿井瓦斯涌出量预测算法的基本单元, 将矿井瓦斯涌出量预测算法过程划分为采区、回采工作面、掘进工作面、邻近层等 4 个循环体, 将每一个瓦斯源瓦斯涌出量预测设计为函数, 从而构建基于 B/S(浏览器/服务器)模式的预测准确和易于扩展的瓦斯涌出量预测共享平台。

关键词: 瓦斯涌出量; 分源预测法; 瓦斯基础参数实体; 瓦斯源实体关系; 瓦斯源函数; B/S 模式
中图分类号: TD712 **文献标志码:** A

Construction of Sharing Platform for the Gas Emission Rate Prediction Based on Source Prediction

QI Qingjie^a, XIA Shiyu^b

(a. College of Safety Science and Engineering; b. College of Mining Engineering,
Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: In order to make the prediction of gas emission in real time and quickly, by using database and based on source prediction method, the data involved in the prediction of gas emission was divided into entity of gas fundamental parameters, entity of gas source and entity of gas emission, the station information, technical parameters influencing gas emission, and gas emission was abstracted as its entity property respectively. The EER (enhanced entity-relationship) diagram of the related entity in prediction of gas emission was built by the database modeling tool of MySQL Workbench. District was set as the basic element for the algorithm of gas emission prediction and the algorithm was divided into four main loops: mining area, working face, tunneling face and adjacent layers. The prediction of every gas source was designed in the form of function. An accurate and expandable sharing platform was constructed based on B/S (browser/sever) model for the prediction of gas emission.

Keywords: gas emission rate; source prediction method; entity of gas fundamental parameters; entity relationship of gas source; function of gas source; B/S model

瓦斯涌出量是煤矿矿井和采区通风设计、瓦斯抽放及瓦斯管理的依据, 其预测方法主要有分源预测法和矿山统计法^[1]。近年来发展了基于灰色模型和机器学习的瓦斯涌出量预测方法^[2-4], 但这些算法还有不足的地方: 算法依赖于样本数据、影响因素

选择任意且数量少、预测范围有限(一般为采煤工作面), 而且矿山统计法由于使用条件严格导致其应用范围受限。

分源预测法以每个瓦斯源的瓦斯涌出规律为计算基础^[5-6], 能对新矿井、水平、采区、工作面等不同条件和环境下的瓦斯涌出量进行预测。该方法被广泛应用并形成了大量提高其预测准确性和适应性的改进措施^[7-9]。但分源预测法涉及各种瓦斯基础参数和瓦斯源工艺参数, 在手工计算过程中容易出错。特别是在多邻近层、多工作面且参数变化等复杂条件下^[10], 很难根据生产条件变化实时进行预测。而

收稿日期: 2017-05-10; 2017-07-20 修订

基金项目: 辽宁省重点实验室项目(14-1176)

作者简介: 齐庆杰(1964—), 男, 辽宁朝阳人, 博士, 教授, 主要从事矿山安全方面的研究工作。E-mail: qi_qingjie@163.com。

利用共享平台的方式可对分源预测法所需数据实时更新同时反馈预测结果。

1 共享平台架构

共享平台采用 B/S 架构模式^[11-12],如图 1 所示。在浏览器端用户以浏览器表单的形式提交数据,在服务器端 Web 服务器对浏览器请求响应,通过代码解释器对数据进行检查过滤,数据库服务器将采集的数据存储于数据库对应表格中,通过相关 SQL(结构化查询语言)操作执行瓦斯涌出量预测算法。监测数据也可通过服务器端自动采集到数据库中。

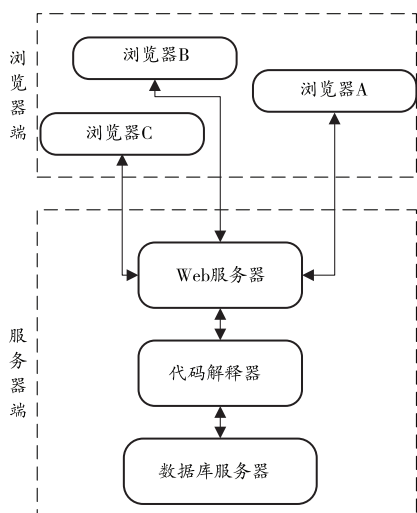


图 1 瓦斯涌出量预测共享平台 B/S 模式

2 瓦斯涌出量预测数据库构建

2.1 关系模型的分析

瓦斯涌出量预测涉及大量煤层瓦斯基础参数,瓦斯基础参数测定指标有 12 种^[13-15],每一个瓦斯基础参数测定内容包括测定地点、坐标、时间、原始数据等信息。将每一种瓦斯基础参数看作是一个实体,构建 12 个瓦斯基础参数实体及其属性,其中煤层瓦斯含量实体及其属性如表 1 所示。

表 1 瓦斯涌出量预测相关实体及属性

实体类别	属 性
煤层瓦斯含量	样品编号,矿井编号,煤层编号,取样点名称,取样点埋深,取样点坐标(x,y,z),原煤瓦斯含量,残存瓦斯含量,测试时间
矿井	矿井编号,已采采空区瓦斯涌出系数,矿井瓦斯涌出不均衡系数,更新时间
采区	采区编号,矿井编号,采区属性,采空区瓦斯涌出系数,采区瓦斯涌出不均衡系数,更新时间

表 1(续)

实体类别	属 性
回采工作面	工作面编号,煤层编号,采区编号,矿井编号,采煤方法,顶板控制方法,回采顺序,上部相邻工作面是否已采,采出率,回采工作面煤层高度,工作面长度,采高,巷道宽度,采面巷道预排瓦斯影响系数,巷道预排瓦斯带宽度,分层开采数目,分层瓦斯涌出系数,日产量,回采工作面瓦斯涌出不均衡系数,更新时间
邻近层	邻近层编号,被影响的工作面编号,矿井编号,邻近层厚度,是否位于垮落带内,与工作面垂直距离,释放卸压瓦斯的岩层破坏范围,更新时间
掘进工作面	掘进工作面编号,煤层编号,采区编号,矿井编号,巷道宽度、长度、高度,断面积,掘进速度,煤壁瓦斯涌出强度,掘进工作面煤层高度,掘进工作面日产量,掘进工作面瓦斯涌出不均衡系数,更新时间
采区瓦斯涌出量预测值	预测时间,采区编号,矿井编号,相对瓦斯涌出量,绝对瓦斯涌出量,瓦斯等级

每一个瓦斯源的瓦斯涌出量计算由决定其瓦斯涌出规律的相关工艺参数构成,如回采工作面的影响因素为采矿方法、顶板控制方法、采出率等。将每一个瓦斯源看作是一个实体,将影响该瓦斯源涌出规律的工艺参数看作是实体的属性,构建由矿井、采区、回采工作面、邻近层、掘进工作面等 5 个基于地点信息的瓦斯源实体及其属性,如表 1 所示。

瓦斯涌出量可分为预测结果和实测结果,两者获得结果的时间不一致,因此将每一个瓦斯源的瓦斯涌出量分为预测值实体和实测值实体,共有 10 个瓦斯涌出量实体,将瓦斯源、时间等信息作为其属性,其中采区瓦斯涌出量预测值实体及其属性如表 1 所示。

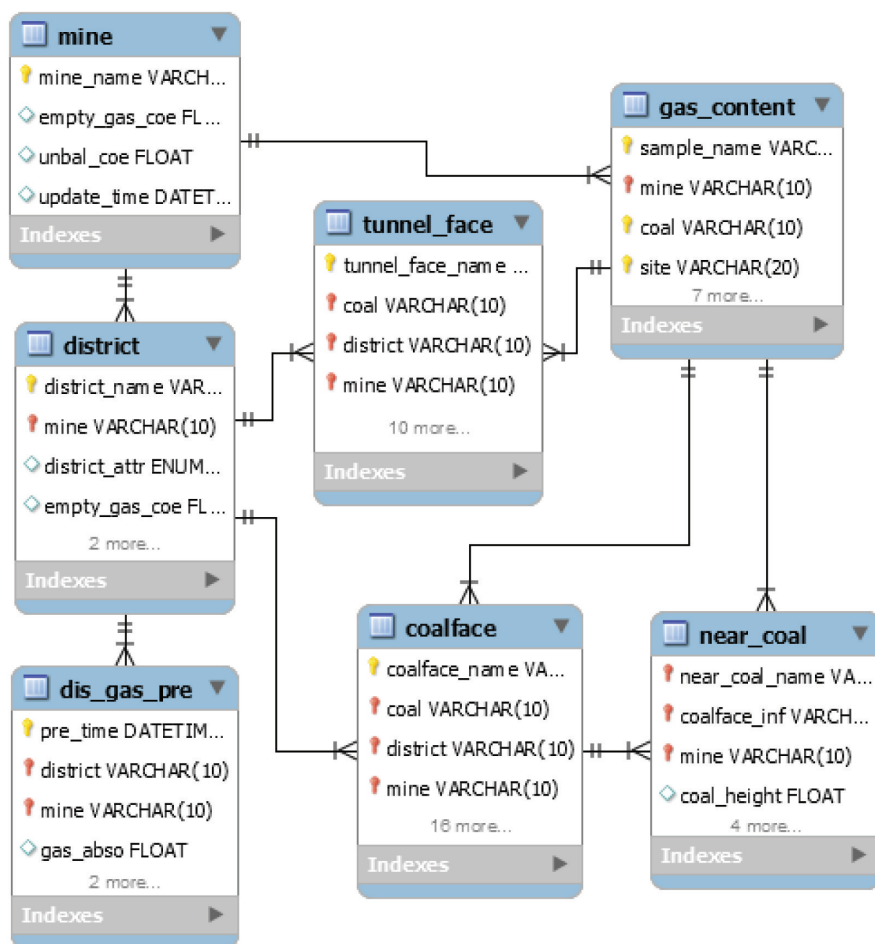
2.2 瓦斯涌出量 EER 图形的建模

瓦斯基础参数、瓦斯源和瓦斯涌出量等实体之间的关系:矿井包括瓦斯源实体,瓦斯源实体具有瓦斯基础参数实体和瓦斯涌出量实体。通过 MySQL Workbench 数据库建模工具构建瓦斯涌出量相关实体及其属性的关系模型 EER(强化的实体关系)图,如图 2 所示。属性的数据类型由其在瓦斯涌出量预测计算过程中的作用决定,如矿井编号、采区编号数据为字符串型,回采工作面采高、残存瓦斯含量数据为浮点型。

实体之间的完整性约束和索引设置:

1)对于矿井实体,将矿井编号属性设置为主键作为矿井实体完整性的约束;采空区瓦斯涌出系数和矿井瓦斯涌出不均衡系数是计算矿井瓦斯涌出量的重要参数,将其设置为非空约束并设置为索引。

2)对于煤层瓦斯含量实体,将样品编号、煤层编号、矿井编号和取样点名称设置为主键,将矿井编号设置为矿井实体中矿井编号的外键,将原煤瓦斯含



mine—矿井;gas_content—煤层瓦斯含量;district—采区;coalface—回采工作面;near_coal—邻近层;tunnel_face—掘进工作面;
dis_gas_pre—采区瓦斯涌出量预测值。

图2 瓦斯涌出量预测相关实体 EER 图

量和残存瓦斯含量属性设置为非空约束和索引,其他瓦斯基础参数设置方法与此类似。

3)对于采区实体,将采区编号和矿井编号设置为主键约束;并将矿井编号设置为联系矿井实体中矿井编号的外键,作为参照完整性约束;除更新时间外其他属性均设置为非空约束和索引,其他瓦斯源设置方法与此类似。

4)对于采区瓦斯涌出量预测值实体,将采区编号、矿井编号设置为主键并设置为采区实体中采区编号和矿井编号的外键;将绝对瓦斯涌出量预测值、相对瓦斯涌出量预测值、瓦斯等级和预测时间设置为非空约束和索引,其他瓦斯源瓦斯涌出量预测值和实测值设置方法与此类似。

3 分源预测算法的实现

采区是具有独立生产系统的开采块段^[16],分源预测法通过求各个采区瓦斯涌出量来计算矿井瓦斯涌出量,将采区作为分源预测算法的基本单元。矿

井由多个采区组成,采区由多个回采工作面和掘进工作面组成,回采工作面由开采层和多个邻近层组成,将矿井瓦斯涌出量预测设计为4个循环计算体组成:采区循环体B、回采工作面循环体D、掘进工作面循环体E和邻近层循环体F,其算法总流程图如图3所示,其中大写字母表示同一层次中多个瓦斯源的集合,小写字母表示其中某一个瓦斯源。

每个瓦斯源计算时由其上一级瓦斯源确定其范围,将每个瓦斯源瓦斯涌出量设计为一个函数体,将上一级瓦斯源参数作为函数传入,经该瓦斯源瓦斯涌出量计算完成后把值返回给上一级瓦斯源。瓦斯源函数的主要算法为:首先根据传入的上一级瓦斯源编号进行数据库SQL查询,将结果存储于多维数组中;遍历该数组,提取每一条本级瓦斯源记录;计算出组成该瓦斯源计算式的每一个影响因素变量,按照分源法公式对变量进行计算得到瓦斯涌出量,最后累计得到该数组瓦斯涌出量预测值,其中邻近层瓦斯涌出量预测函数如图4所示。

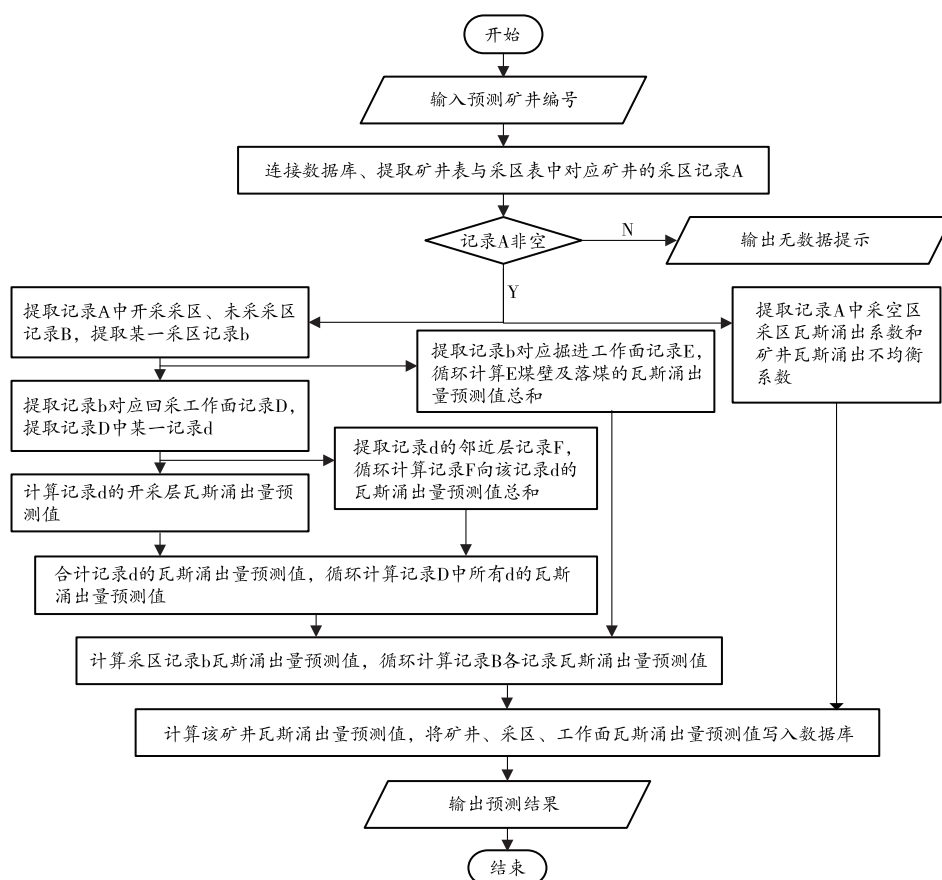


图3 瓦斯涌出量预测算法总流程图

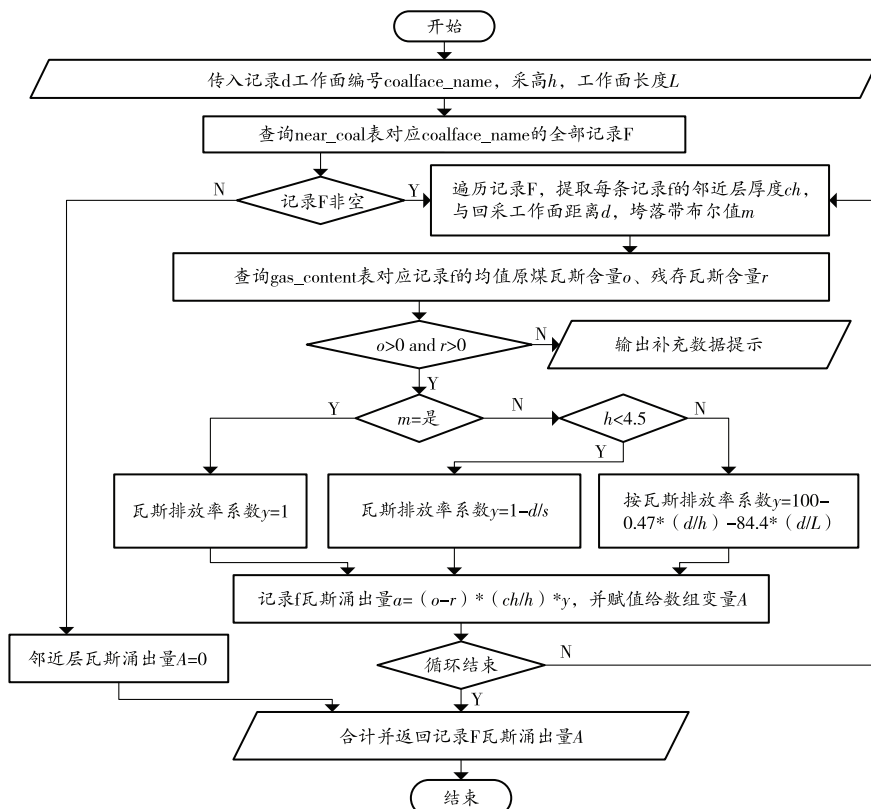


图4 邻近层瓦斯涌出量预测函数

4 共享平台应用与扩展

4.1 共享平台的应用

肖家洼煤矿+500 m水平区域含4层煤:4煤、6煤、8煤和13煤^[10]。将其采区和工作面编号为:

4煤层回采工作面为甲采区,回采工作面编号为甲-1,掘进工作面编号为甲-1-1;其他采区、工作面编号与此类似。将该区域的瓦斯基础参数和瓦斯源参数按照设计的数据库表格格式进行提取,其中邻近层数据如表2所示。

表2 邻近层数据

邻近层编号	影响的工作面编号	矿井编号	邻近层厚度/m	是否位于垮落带	与工作面垂直距离/m	释放卸压瓦斯的沿层破坏范围/m
6煤	甲-1	肖家洼煤矿	0.85	否	15	48
8煤	甲-1	肖家洼煤矿	2.18	否	38	48
4煤	乙-1	肖家洼煤矿	1.21	否	15	48
8煤	乙-1	肖家洼煤矿	2.18	否	23	48
4煤	丙-1	肖家洼煤矿	1.21	否	38	48
6煤	丙-1	肖家洼煤矿	0.85	否	23	48
4煤	丙-2	肖家洼煤矿	1.21	否	38	48
6煤	丙-2	肖家洼煤矿	0.85	否	23	48

将提取的数据导入数据库后该煤矿瓦斯涌出量预测结果见表3(待定表示该区域瓦斯涌出量较低,但是否为高瓦斯区由瓦斯/二氧化碳喷出判定)。回采工作面瓦斯涌出量与原文献预测结果一致,其他瓦

斯源瓦斯涌出量预测结果均准确。原文献在预测过程中掘进工作面的煤壁瓦斯涌出强度和矿井生产能力计算错误,同时每个工作面、采区、矿井没有考虑瓦斯涌出不均衡系数,导致预测结果偏离实测结果。

表3 瓦斯涌出量预测结果

地点	编号	相对瓦斯涌出量/($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	绝对瓦斯涌出量/($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	瓦斯等级
矿井	肖家洼煤矿	1.731	39.420	低瓦斯矿井
采区	甲	1.580	4.986	待定
采区	乙	3.399	8.581	待定
采区	丙	1.791	9.045	待定
采区	丁	0.851	10.238	待定
回采工作面	甲-1	1.128	3.560	待定
回采工作面	乙-1	2.306	5.823	高瓦斯工作面
回采工作面	丙-1	1.293	3.265	待定
回采工作面	丙-2	1.293	3.265	待定
回采工作面	丁-1	0.525	6.315	高瓦斯工作面
掘进工作面	甲-1-1		0.594	待定
掘进工作面	乙-1-1		1.328	待定
掘进工作面	丙-1-1		0.504	待定
掘进工作面	丙-2-1		0.504	待定
掘进工作面	丁-1-1		2.217	待定

4.2 共享平台的扩展

当前的分源法仅将瓦斯涌出源笼统地划分为开采层、邻近层、掘进工作面和采空区。吴世跃等^[17]经过长期研究、实测和计算机模拟指出,回采工作面瓦斯涌出量预测方式可增加通风影响系数,并应该根据煤层基础参数变化进行分期瓦斯涌出量预测,而不是现行规范中的采前一次预测。马建宏等^[18]将回采工作面开采层瓦斯源进一步细化为采落煤、放落煤、工作面煤壁和采空区遗煤,并验证了该计算方法的准确性。

把瓦斯源实体进行细分,将影响瓦斯源预测的诸多因素抽象为属性,并设计瓦斯源实体之间的关系模型;对细分后的瓦斯源依据其涌出规律计算式设计相应的算法和函数,可实现瓦斯涌出量预测共享平台的扩展。

5 结论

1)将基于分源法的矿井瓦斯涌出量预测中涉及的数据抽象为数据库存储的实体—属性关系模型,并构建 EER 图,使瓦斯涌出量预测的基础数据结构完整、数据库设计合理;将采区设计为分源预测算法的基本单元,将每一个瓦斯源瓦斯涌出量预测计算封装为函数,从而构建预测准确、易于扩展和改进的瓦斯涌出量预测共享平台。

2)基于 B/S 模式的共享平台,矿井、工作面、采区负责人可根据生产条件变化实时在线输入和更新所负责区域的瓦斯基础参数和瓦斯源参数,使预测结果更加准确可靠,实时查看瓦斯涌出量预测结果,有利于瓦斯防治工作的科学开展。

3)随着监测系统、监测点的增加,分源预测法的完善,将煤层基础参数实体及瓦斯涌出源实体相关数据自动采集到数据库中,为后期的 KDD(数据库知识发现)提供基础,为瓦斯涌出规律、煤与瓦斯突出识别作参考。

参考文献:

- [1] 矿井瓦斯涌出量预测方法:AQ 1018—2006[S].
[2] 冯亮,张立强.灰色理论预测煤层瓦斯涌出量的研究与

应用[J].煤炭与化工,2016(1):44-47.

- [3] 程加堂,艾莉,熊燕.基于 IQPSO-BP 算法的煤矿瓦斯涌出量预测[J].矿业安全与环保,2016,43(4):38-41.
[4] 任志玲,林东,夏博文,等.基于 GASA-SVR 的矿井瓦斯涌出量预测研究[J].传感技术学报,2017,30(2):247-252.
[5] 张慧杰,张浪,刘永茜,等.基于渗流力学的掘进工作面瓦斯涌出量预测[J].煤炭科学技术,2015,43(8):82-86.
[6] 崔鸿伟.长壁采煤工作面瓦斯涌出量影响因素实测研究[J].煤炭科学技术,2011,39(11):70-72.
[7] 李俊梅.分源法预测忻州神达栖凤煤业瓦斯涌出量[J].能源与节能,2015(10):41-42.
[8] 王孔善.关于分源预测法预测矿井瓦斯涌出量准确性和适用性的探讨[J].煤矿安全,2011,42(11):93-95.
[9] 何清.工作面瓦斯涌出量预测研究现状及发展趋势[J].矿业安全与环保,2016,43(4):98-101.
[10] 葛震.肖家洼煤矿深部地区瓦斯涌出量分源预测[J].内蒙古煤炭经济,2015(11):161-164.
[11] 孙莉,李树刚,陶莹,等.基于 B/S 模式的质量信息管理系统设计与实现[J].上海交通大学学报,2010(S1):175-177.
[12] 虞昌彬,胡乔,任福,等.利用 B/S 架构的 POI 信息组织方法及可视化策略研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2012,37(2):233-236.
[13] 胡斌,刘海忠,张景钢,等.贺西矿高瓦斯综采工作面瓦斯参数测定[J].华北科技学院学报,2011,8(1):1-4.
[14] 刘来军.深部复杂构造区域煤层瓦斯基础参数测试研究[J].煤矿现代化,2013(2):68-69.
[15] 张子敏.瓦斯地质学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2009.
[16] 杜计平,孟宪锐.采矿学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2009.
[17] 吴世跃,张菊亮,韩婷婷,等.关于《矿井瓦斯涌出量预测方法》行业标准修订建议[J].中国煤炭,2012(9):117-120.
[18] 马建宏,陈懿博,庞泽明.综放工作面瓦斯涌出量预测方法及工程实践[J].中国安全生产科学技术,2014,10(10):143-147.

(责任编辑:逢锦伦)