

# 矿井通风在线监测及动态分析 预警系统在打通一矿的应用

康雪<sup>1,2</sup>, 韩文骥<sup>1,2</sup>, 梁军<sup>1,2</sup>, 姚亚虎<sup>1,2</sup>

(1. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400037; 2. 贵州安和矿业科技工程股份有限公司, 贵州 贵阳 550023)

**摘要:**针对目前煤矿通风系统监测手段相对落后的情况,开发了“矿井通风在线监测及分析预警系统”,并在打通一矿进行现场应用。通过采集相关传感器数据,结合通风网络拓扑结构图,实现全矿井通风网络的实时解算与监控,对井下发生的通风异常状况进行及时、准确报警;针对仿真中发现的W和W2风机风量分配不合理的问题,提出了通风系统优化方案并在现场进行实施,取得良好效果。

**关键词:**矿井通风;拓扑结构;动态;网络解算;仿真;预警系统

中图分类号:TD72

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2015)06-0052-06

## Application of Mine Ventilation Online Monitoring and Dynamic Analysis Pre-warning System in Datong Mine

Kang Xue<sup>1,2</sup>, Han Wenji<sup>1,2</sup>, Liang Jun<sup>1,2</sup>, Yao Yahu<sup>1,2</sup>

(1. China Coal Technology Engineering Group Chongqing Research Institute, Chongqing 400037, China;

2. Guizhou Anhe Mining Technology Engineering Co. Ltd, Guiyang, Guizhou 550023, China)

**Abstract:** In view of the backwardness of monitoring methods in mine ventilation system, the “online monitoring and dynamic analysis pre-warning system of mine ventilation” was developed and tested in Datong coal mine. By collecting the sensor data, and combining with the topology structure of ventilation network, the real-time calculating and monitoring of the whole mine ventilation network and the timely precise warning of the abnormal ventilation in the mine were achieved. To solve the unreasonable air distribution of W and W2 fans in simulation, specific ventilation system optimization schemes were proposed and implemented on the scene, and good effects were achieved.

**Key words:** mine ventilation; topology structure; dynamic; network solution; simulation; pre-warning system

矿井通风系统是煤矿生产的重要组成部分,其稳定性与合理性直接关系到井下工人的生命安全及煤矿企业的经济效益。目前,我国矿井通风系统监测工作量大、效率低、时效性差,不能实时监测矿井通风网络的可靠性,也达不到及时发现并消除煤矿重大安全生产隐患、避免煤矿重大事故的目的<sup>[1-3]</sup>。

目前,能够实现通风网络解算的软件比较多,国外代表性的有波兰科学院 Dziurenski 和他的研究小组推出的 WENTGRAF 系统和日本井上雅弘博士编制的“风丸”通风网络解算软件<sup>[3]</sup>。国内对网络解算和通风系统监测也进行了广泛研究,如:辽宁工程技术大学刘剑等<sup>[4]</sup>开发的矿井通风仿真系统(mine ventilation

收稿日期:2015-05-12

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAK04B01);中国煤炭科工集团有限公司科技创新基金项目(2013ZD002);天地科技重大技术创新项目(zdjs-2015cqmk-3);中煤科工集团重庆研究院有限公司自立重点项目(2015ZDXM13)

作者简介:康雪(1987—),男,河北衡水人,工程师,主要从事矿井通风、瓦斯治理等方面的研究。

E-mail:344741768@qq.com

simulation system, MVSS), 中国矿业大学孔令标等<sup>[5]</sup>根据 GIS 数据解析通风网络拓扑关系构建的通风网络解算系统, 太原理工大学李超等<sup>[6]</sup>建立的三维可视化矿井通风系统, 北京金码公司开发的 Ventsim 三维通风仿真系统<sup>[7]</sup>, 中国矿业大学周平等<sup>[8]</sup>开发的 MVMS 矿井通风管理系统。山东科技大学周刚等<sup>[9]</sup>对通风系统危险源的辨识与评价进行了研究。上述研究大多只侧重于静态通风网络解算、角连分支判别或通风系统管理等功能模块, 不能对全矿井通风网络进行实时监控和评价。

基于上述背景, 中煤科工集团重庆研究院有限公司研发了“矿井通风在线监测及分析预警系统”, 该系统通过采集井下监测数据, 对整个通风网络进行实时解算, 利用动态解算结果, 结合相关的预警规则, 实现对巷道和工作面通风状况的监测, 现以松藻煤电有限公司打通一矿的应用情况来说明该系统的功用<sup>[10]</sup>。

## 1 通风在线监控系统概况

### 1.1 系统总体构架

系统基于成熟的 C/S 网络计算模式设计, 在服务器端以 SQL Server 大型数据库作为网络数据源, 对整个系统则采用 Microsoft Visual C#. Net 应用工具完成开发。

为满足系统对图形及数据综合处理的要求, 采用 Component Object Model 技术实现对象化设计和开发, 利用 Map Objects 的相关控件完成 GIS 部分的图形编辑功能, 从而保证系统的高效率和稳定性。系统结构如图 1 所示。

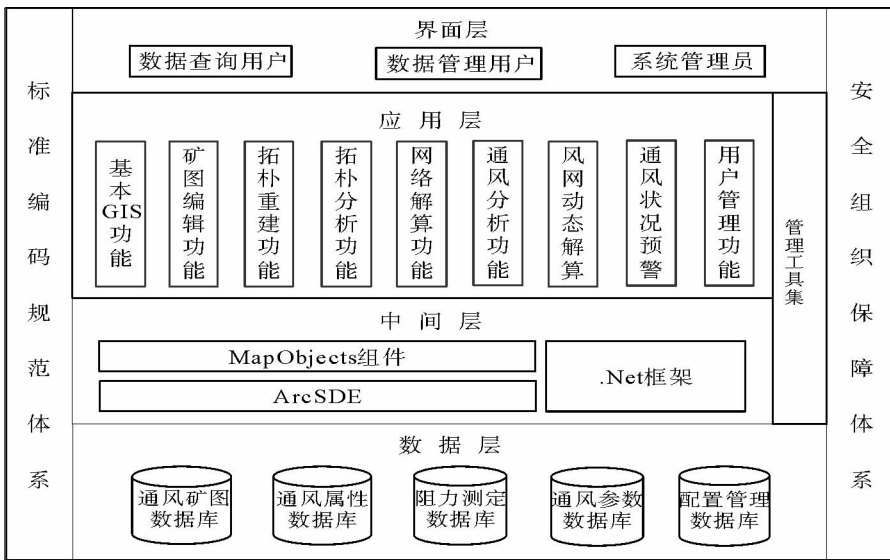


图 1 系统结构

Fig. 1 Architecture of the system

### 1.2 通风网络解算

通风网络解算是通风在线监测技术的核心部分, 解算结果的准确性直接影响其应用效果。为实现通风网络解算, 必须建立通风系统的拓扑结构, 以往是在通风网络图基础上构建, 而网络图的绘制费时费力, 为解决这一弊端, 该系统以通风系统图为基础图绘制拓扑图, 绘制过程中建立了如实反映井下通风系统的完整拓扑结构, 同时对每条巷道和节点进行编号<sup>[11-12]</sup>。

### 1.3 通风安全监测预警

#### 1) 巷道风流状态预警

通过在关键巷道内布置风速传感器, 结合通风网络解算模块, 对全矿井通风网络进行实时解算, 从而达到监测各分支风量、风速是否满足生产要求的目, 当风量不足或风速超限等状况发生时, 系统会及时发布



断面,对工作面的风流产生了阻挡,从而造成了 W2707 回风巷内风速传感器读数的波动情况。

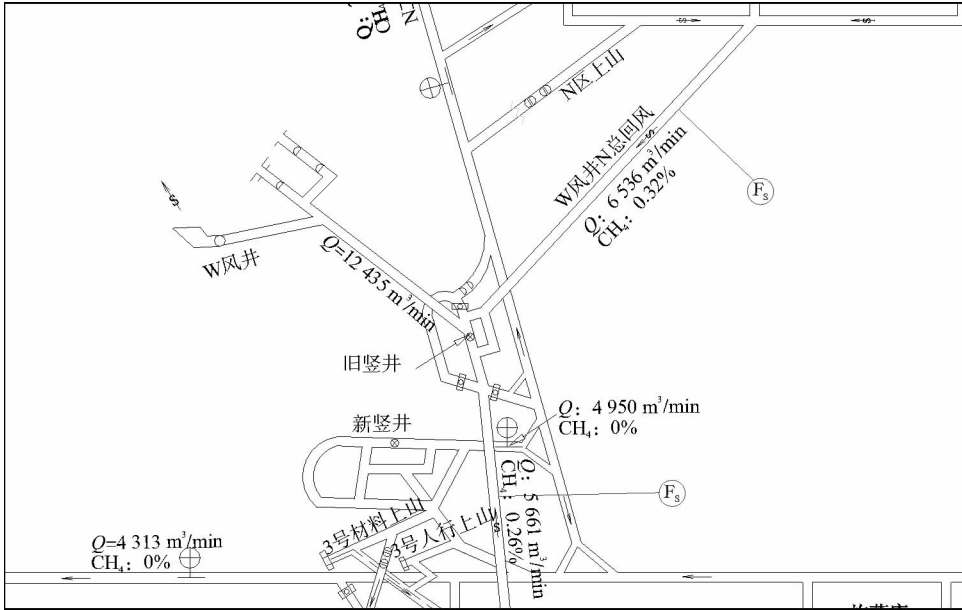


图 3 W 风井回风巷传感器监测示意图

Fig. 3 Lane sensor placement in the return airway of W wind well

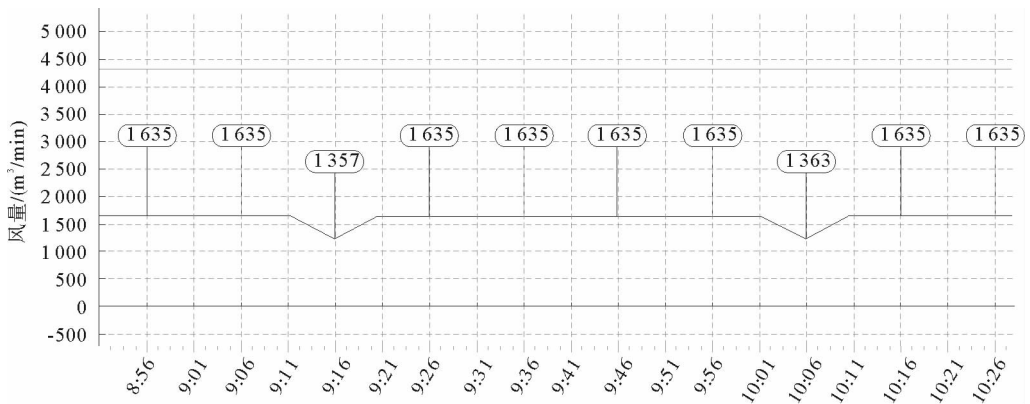


图 4 W2707 工作面解算风量监控波动曲线

Fig. 4 Volatility curve of calculated air volume in W2707 working face

图 5 曲线反映的是西区石门解算风量的波动情况,在 5 月 21 日 15 时之前,系统监测到该巷道解算风量一直位于  $1\ 910\ \text{m}^3/\text{min}$  处波动,而在 5 月 21 日 15 时 30 分突然增加至  $3\ 921\ \text{m}^3/\text{min}$ ,超出报警上限 ( $3\ 500\ \text{m}^3/\text{min}$ ),系统进行了及时报警,经考证是由于井下通风系统调整,人为增大了该巷道的风量,通风网络实时监测系统及时、准确地捕捉到了该异常状况。

### 3 通风系统优化应用效果

#### 3.1 打通一矿通风现状

打通一矿目前共两台风机:W 风机排风量为  $12\ 767\ \text{m}^3/\text{min}$ ,W 2 风机排风量为  $13\ 293\ \text{m}^3/\text{min}$ 。由于 W2 风机范围内的生产作业过于集中,而 W 风机范围内目前只有 W2707 工作面和有 13 个掘进工作面,相对于 W2 风机而言,W 风机风量裕量较多,未得到充分利用,两风机风量分配不合理。因此,需要通过优化通风系统实现对 W 风机、W2 风机通风范围的重新分配,在通风系统优化过程中运用该监测系统进行了仿真,为井下调风、通风系统调整提供了参考。

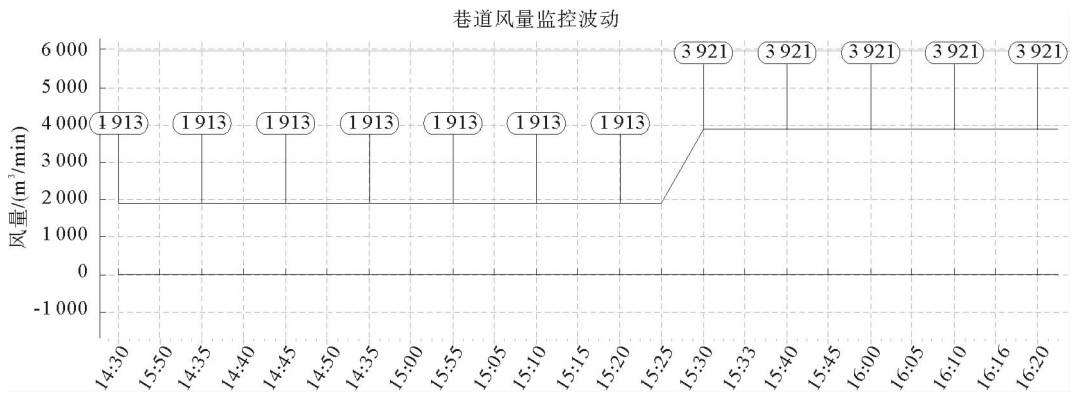


图 5 西区主石门解算风量监控波动曲线

Fig. 5 Volatility curve of calculated air volume in west cross-roadway

### 3.2 打通一矿通风系统优化方案

为解决 W、W2 风机风量分配不合理的问题,按采掘工作面的部署情况,通过在三号材料上山安装一对风门,增加 W 区 290 总回风巷调节风窗风阻,拆除总回风巷与联络斜坡之间以及 W 区总回风斜巷内的风窗,将 W 区茅口总进风巷变为回风巷,将 W 区 W1 号瓦斯巷以北的回风通过 W 区茅口总回风巷调整到 W 风机系统中,同时将 W1 号回风斜坡的回风通过 W 区茅口总回风巷调整到 W 风机系统中(包括 W2709 运输巷、W2709 运输巷下、W2709S 专用瓦斯抽采巷、W2707 工作面、W2805 工作面相关巷道安全配风),但是如将 W 区 W1 号瓦斯巷以北的原 W2 风机的风量全部调到 W 风机,会导致 W 风机的能力不能满足需求,所以在系统优化时将 W290 总回风巷控风墙的风窗大小进行调整,使其通过 1 900 m<sup>3</sup>/min 的风量进入 W2 风机,从 W290 辅助总回风巷调整 500 m<sup>3</sup>/min 进入 W2 风机,优化后 W 区茅口总回风巷的进风将会自然分配到其他用风地点。

### 3.3 通风系统优化效果检验

在进行系统改造施工前,首先通过网络解算软件进行了仿真模拟,验证了方案的可行性,施工完成后,将井下实测巷道属性数据(阻力、断面积、周长等)录入软件再次进行模拟,将模拟结果与井下实测风量数据进行对比,结果如表 1 所示。

表 1 系统调整前后主要巷道风量对比表

Tab.1 Contrast of air volume in the main roadway before and after the adjustment

地点	调整前风量/(m <sup>3</sup> /min)	调整后风量/(m <sup>3</sup> /min)	模拟风量/(m <sup>3</sup> /min)	相对误差(绝对值)/%
新竖井车场	3 375	4 950	4 741	4
主斜井	1 181	1 361	1 405	3
副斜井	3 370	2 862	2 778	3
排矸进风石门	4 811	4 571	4 627	1
排矸皮带巷	2 506	2 203	2 282	4
西区主石门	3 216	4 313	4 530	5
N 一石门	2 329	2 245	2 151	4
N 二石门	2 755	3 135	3 342	7
W2802 工作面	791	980	957	2
W2704 工作面运输巷	1 477	1 628	1 636	0
W 风井总回风石门	4 174	5 661	5 910	4
W 风井 N 总回风	8 299	6 536	6 794	4
W 二风井总回风	12 951	13 647	12 957	5

经过对比验证,系统优化后各主要巷道的模拟风量与实测风量非常接近,相对误差控制在10%以内,且多数巷道的误差低于5%。

## 4 结论

通过矿井通风在线监控及分析预警系统的应用,对打通一矿的通风安全管理工作起到了积极作用,主要体现在以下几个方面:

1)系统实现了矿井风流自行分配模拟,可对矿井通风系统优化、通风设施布置等进行提前数值模拟,大大节省工作量,既为矿方提供了科学的量化决策支撑,又对矿方采取超前防范措施起到了指导作用。

2)通过采集井下风速、风流压力传感器的实时数据,结合打通一矿矿井通风网络拓扑结构图,实现了全矿井通风网络根据井下实时数据进行动态网络解算。

3)通过设定相关巷道通风参数预警机制,实现巷道、采掘工作面通风安全状况预警,当发生异常状况时,能进行及时、准确报警。

## 参考文献:

- [1]杨守国,李向东,梁军.基于 ArcGIS 的矿井通风网络仿真软件开发[J].矿业安全与环保,2012,39(S):80-82.  
Yang Shouguo, Li Xiangdong, Liang Jun. Simulation software development of mine ventilation network based on ArcGIS[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2009, 36(S):44-46.
- [2]杨守国.矿井通风在线监测及动态分析预警[J].煤矿安全,2011,42(8):29-32.  
Yang Shouguo. Online monitoring and dynamic analysis pre-warning of mine ventilation[J]. Safety in Coal Mines, 2011, 42(8):29-32.
- [3]井上雅弘.节点法解算通风网络的实用化[J].煤矿安全,1988(9):50-56.
- [4]刘剑,贾进章,郑丹.流体网络理论[M].北京:煤炭工业出版社,2002:138-149.
- [5]孔令标,侯运炳.基于 Arc/Info 的矿井风网解算方法研究[J].矿冶工程,2003,23(3):15-17.  
Kong Lingbiao, Hou Yunbing. Research on methods of mine ventilation network solution based on Arc/Info[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2003, 23(3):15-17.
- [6]李超,陈俊杰,高云峰.矿井通风系统三维建模及仿真系统总体设计[J].山西煤炭,2006,26(3):4-6.  
Li Chao, Chen Junjie, Gao Yunfeng. The frame design of three-dimensional modeling and simulating for coal mine ventilation system[J]. Shanxi Coal, 2006, 26(3):4-6.
- [7]刘玉玲,周和平,苏哲.基于 Ventsim 的乌兰煤矿通风系统优化设计[J].矿业安全与环保,2014,41(5):69-75.  
Liu Yuling, Zhou Heping, Su Zhe. Optimization design of ventilation system of Wulan coal mine based on Ventsim[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2014, 41(5):69-75.
- [8]周平,王德明,周福宝.矿井通风管理系统的可视化设计与应用[J].煤矿安全,2003,34(5):18-20.  
Zhou Ping, Wang Deming, Zhou Fubao. Visualization design of mine ventilation management system and application[J]. Safety in Coal Mines, 2003, 34(5):18-20.
- [9]周刚,程卫民,田传强,等.矿井通风系统危险源辨识、评价与控制[J].山东科技大学学报:自然科学版,2014,33(6):51-57.  
Zhou Gang, Cheng Weimin, Tian Chuanqiang, et al. Hazard identification, evaluation and control of mine ventilation system [J]. Journal of Shandong University of Science and Technology: Natural Science, 2014, 33(6):51-57.
- [10]廖礼.渝阳煤矿矿井通风在线监控系统的应用[J].矿业安全与环保,2012,39(S):80-82.  
Liao Li. Application of mine ventilation online monitoring system in Yuyang coal mine[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2012, 39(S):80-82.
- [11]贾廷贵,王树刚,曲国娜,等.风路敏感特性对通风系统风流稳定性的影响[J].采矿与安全工程学报,2012,29(1):140-143.  
Jia Tinggui, Wang Shugang, Qu Guona, et al. Research on the influence of airway sensitivity on the airflow stability of mine ventilation system[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2012, 29(1):140-143.
- [12]司俊鸿.矿井通风系统风流参数动态监测及风量调节优化[D].徐州:中国矿业大学,2012:32-43.