

# 芝兰冲煤矿通风系统优化仿真研究

李玉<sup>1</sup>, 赵伏军<sup>1,2\*</sup>, 彭云<sup>3</sup>, 张柏<sup>1</sup>, 张孟举<sup>1</sup>, 樊勇<sup>1</sup>

(1. 湖南科技大学 资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201;

2. 湖南科技大学 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201;

3. 化工部长沙设计研究院, 湖南 长沙 410116)

**摘要:**为了解决芝兰冲煤矿通风困难、通风阻力分配不合理以及风机效率低等问题,基于通风实测参数,对芝兰冲煤矿通风现状提出了3个改造方案,选用 Ventsim 软件创建了芝兰冲煤矿三维通风仿真系统.通过仿真模拟和分析,确定了最佳改造方案,并成功应用于煤矿通风系统改造,取得了提高矿井通风系统稳定性和风机运行效率等效果.研究表明,通风系统仿真模拟真实可靠,对煤矿日常通风管理以及通风系统的改造具有一定的指导意义.

**关键词:**通风仿真;网络解算;模拟精度;系统优化

中图分类号:TD724 文献标志码:A 文章编号:1672-9102(2016)04-0028-04

## On ventilation system optimization simulation in Zhilanchong Coal Mine

LI Yu<sup>1</sup>, ZHAO Fujun<sup>1,2</sup>, PENG Yun<sup>3</sup>, ZHANG Bai<sup>1</sup>, ZHANG Mengju<sup>1</sup>, FAN Yong<sup>1</sup>

(1. School of Resource, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. Hunan Provincial Key Laboratory of Safe Mining Techniques of Coal Mines, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

3. Changsha Design and Research Institute of the Ministry of Chemical Industry, Changsha 410116, China)

**Abstract:** In order to solve the difficulties of ventilation, unreasonable distribution of ventilation resistance and low efficiency of fan in Zhilanchong Coal Mine, this paper proposes three optimization programs to the current situation of the coal mine's ventilation based on ventilation parameters measured results. Three-dimensional ventilation simulation system of Zhilanchong Coal Mine is built by Ventsim software. Through simulation and analysis, the plan has been determined and ventilation system of Zhilanchong Coal Mine has been successfully optimized. The stability of ventilation system and the efficiency of fan running are improved. Results show that ventilation system simulation is authentic. It is of guiding significance for the coal mine ventilation management and the transformation of ventilation system.

**Key words:** ventilation simulation; network solution; simulation accuracy; system optimization

矿井通风系统是煤矿生产系统中的重要组成环节,通风系统能否稳定运行对煤矿安全生产、井下工人工作环境、防灾抗灾能力以及经济效益起着至关重要的作用<sup>[1]</sup>.矿井通风系统是随时间和空间不断变化的复杂系统,随着煤炭开采的深度延伸,井下通风也会愈困难,人工管理耗时费力.因此,为了保障矿井通风系统的稳定性,提高通风系统的管理水平,需借助先进的计算机技术,来实现通风网络的快速调节、通风系统的可视化以及动态模拟<sup>[2,3]</sup>.目前,随着电子信息技术的高速发展,运用各种通风系统仿真软件来应用于矿井通风系统取得了许多成果<sup>[4-12]</sup>.谭星宇等<sup>[13]</sup>利用 Ventsim 系统确定了巷道最佳优化断面,确保了井巷安全可靠;张瑞新等<sup>[14]</sup>利用虚拟现实技术(Virtual Reality,简称VR)实现了对采矿作业的动态风险评价和实时监控.为科学、准确、高效地解决井下通风困难,提升矿井通风系统信息化水平,实现矿井通风网络解

收稿日期:2016-06-28

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51474103);湖南省自然科学基金资助项目(2015JJ2070)

\*通信作者, E-mail: zfjxxn@263.net

算、风量调节的可视化和自动化已成为矿井通风一个重要研究课题<sup>[15]</sup>.本文将选用 Ventsim 仿真软件来对芝兰冲煤矿通风系统进行仿真模拟及其优化研究.

## 1 通风概况

芝兰冲煤矿采用两翼对角抽出式的通风方式,主、副井进风,东、西风井回风.东风井安装 BD II -6-NO14 型对旋式轴流风机两台,电机功率均为  $2 \times 45$  kW,转速为 980 r/min.西风井安装 FBCDZ-NO19 型对旋式轴流风机 2 台,电机功率均为  $2 \times 132$  kW,转速为 980 r/min.矿井现有总进风量为  $38.62$  m<sup>3</sup>/s,主井进风  $26.17$  m<sup>3</sup>/s,副井进风  $12.45$  m<sup>3</sup>/s;矿井现有总回风量为  $40.65$  m<sup>3</sup>/s,东风井回风  $28.03$  m<sup>3</sup>/s,西风井回风  $12.62$  m<sup>3</sup>/s;矿井外部漏风为  $1.93$  m<sup>3</sup>/s,漏风率为 4.21%;东风井通风总阻力为 1 656.6 Pa,西风井通风总阻力为 1 840.8 Pa.

现有通风系统存在主要问题如下:

1) 东、西两风井通风难易程度均为困难.东风井通风总阻力为 1 656.6 Pa,等积孔  $0.8$  m<sup>2</sup>;西风井通风总阻力为 1 840.8 Pa,等积孔  $0.75$  m<sup>2</sup>.

2) 结合矿井目前风机运行工况,东风井风机电机输入功率已超出了电机的额定功率,已超负荷运行,西风井风机目前运行效率很低.

3) 东、西两风井的回风段通风阻力所占比例较大.东风井+50 m 总回风巷巷道有效通风断面小,百米阻力超过 200 Pa;西风井+60~+20 m 段和-300~-60 m 段,-85 m 回风巷和 4105 回风上山,巷道变形严重,这四段巷道占西风井整个通风系统阻力的 76%.

## 2 优化方案

矿井通风系统降阻优化是对原有通风系统深入调研的基础上,对影响矿井通风系统稳定性的各种因素进行的定量与定性相结合的综合分析,根据实际情况提出多种可行方案,再对各种方案进行技术和安全、经济、效益等多种指标进行综合筛选,并最终确定最佳改造方案进行系统优化.结合矿井通风系统测定结果和矿井实际情况,提出了 3 种优化方案.

方案一:东风井改作进风井,西风井负担全矿通风.根据矿井生产实际情况,东风井漏风较大,东风井通风机无能力承担全矿井通风,西风井通风机能力较大,且西风井无法作为进风井使用,可将东风井改作进风井,则矿井有 3 条进风井,减少了进风段风量集中,降低了进风段通风阻力,而且缩减一个风井相应减轻了通风管理工作.此时,西风井通风机开 2 级,通过刷大西风井局部地段、-115 m 回风上山局部巷道断面,保证通风阻力控制在合理规定范围内,即可满足矿井需风要求.

方案二:调整系统结构,使用系统角联分支.两翼对角式通风系统中,系统总风量分配到 2 个风井,减少了回风段风量集中,有利于降低回风段阻力.芝兰冲煤矿目前通风系统为两翼对角式,西风井底至-115 m 回风上山之间的-85 m 回风大巷为东、西两通风井之间的一条角联分支.研究表明,构建角联分支能够很好地降低矿井通风总阻力<sup>[3]</sup>.可知若启封东、西两通风井之间的角联分支-85 m 回风大巷,将能在一定程度上降低通风阻力.

方案三:保持现有通风结构,刷大阻力较大区段巷道面积.根据东风井风量足够,通风机工作在高效区;西风井风量较小,阻力较高,且工作在风机性能曲线合理范围之外,可知降阻的重点在西风井通风系统.西风井回风段巷道阻力占西风井通风总阻力的 81.2%,可知西风井降阻的重点应放在回风段,根据实测结果西风井回风段中西风井+60~+20 m,-30~-60 m 间、4105 回风上山、4105 回风上山至西风井井底间-85 m 回风大巷这 4 段巷道破坏严重、有效断面面积很小、井下运料和人员通行困难,这 4 段的阻力占西风井通风总阻力的 66.6%,占西风井回风段总阻力的 82.1%,因此通过刷大断面、减低这 3 段的阻力既可有效降低西风井通风阻力.

## 3 矿井通风系统仿真模拟

### 3.1 创建仿真模拟系统

利用 AutoCAD 软件将芝兰冲煤矿通风系统图描绘成单线图,另存为 DXF 格式文件,然后运用 Ventsim 三维仿真软件将 DXF 格式文件生成仿真系统图.根据芝兰冲煤矿提供的基本数据,将相关数据导入生成

的仿真系统中,导入的仿真数据主要包括:(1)巷道断面的形状、面积、周长、摩擦阻力系数等;(2)巷道的名称、标高等;(3)通风构筑物如风窗、挡风墙以及风门等;(4)通风机特性曲线。

### 3.2 模拟精度验证

为了满足井下各需风地点的风量要求,则需要进行通风网络调节.而一般风量分配采用的原则是由里向外进行风量分配<sup>[16]</sup>.而对各点的风量调节方法主要运用增阻调节和节点压能调节.通过启用西风井底至-115 m回风上山之间的-85 m回风大巷(角联分支),刷大北风井+30~+50 m,-40~-60 m间断面,并将4105轨道上山用作回风巷,运用 Ventsim 软件来进行风流动态模拟和通风网络解算,完成对芝兰冲煤矿通风网络按需调节,使得仿真模拟的风量和阻力与实际情况基本吻合,调节完成后的芝兰冲煤矿三维通风动态仿真系统如图 1 所示.风机特性曲线如图 2 和图 3 所示。

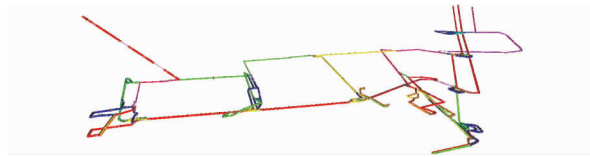


图 1 芝兰冲煤矿通风系统三维动态仿真模拟

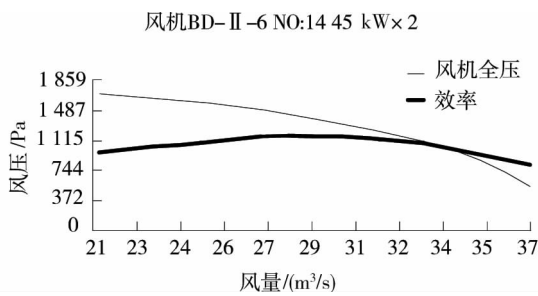


图 2 东风井通风机性能曲线

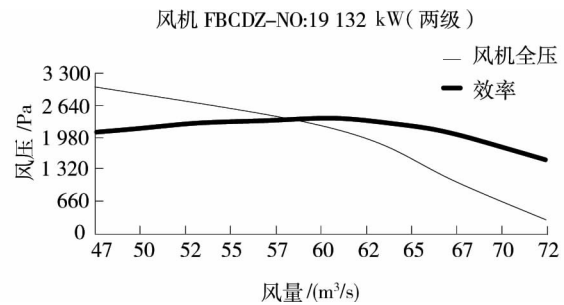


图 3 西风井通风机性能曲线

通过芝兰冲煤矿通风测定结果和仿真模拟的解算结果的对比,分析通风系统仿真模型的可靠性,其结果如表 1 所示。

表 1 主要通风参数模拟结果与实测结果的对比

风井	模拟风量 /(m <sup>3</sup> /s)	实测风量 /(m <sup>3</sup> /s)	风量相对 误差/%	模拟阻 力/Pa	实测阻 力/Pa	阻力相对 误差/%
东风井	26.9	28.03	4.01	1 567.0	1 530	2.42
西风井	12.9	12.68	1.74	1 675.8	1 720	2.57

由表 1 可知,矿井主要通风参数相对误差均小于 5%,表明通风系统三维仿真模型真实可靠,可以用来对芝兰冲煤矿的通风系统进行优化方案模拟分析。

### 3.3 优化方案分析

运用 Ventsim 软件建立的三维通风仿真模拟系统对 3 个技术改造方案进行仿真模拟,通过进行技术经济比较,来确定最优实施方案,结果如表 2 所示。

表 2 通风系统优化模拟结果对比

比较内容	风量/(m <sup>3</sup> /s)	风机功率/kW		风压/Pa		风机效率/%		吨煤通风 成本/元
		东风井	西风井	东风井	西风井	东风井	西风井	
现状指标	36.6	95.4	96.9	1 656.6	1 840.8	44.7	27.6	26.3
方案一	49.4	-	212.2	-	2 868.6	-	72.4	25.4
方案二	51.1	64.6	103.7	1 670.0	1 532.4	56.0	47.7	21.0
方案三	42.5	65.0	96.9	1 577.6	1 605.4	53.2	31.2	22.1

根据表 2 模拟结果对比,方案一只用西风井来担负全矿通风,通风阻力较大,需要修复的巷道较多,风机功率最大;方案三为常规刷大面积降阻,巷道修复工程量较大,花费的成本最大,西风井风机效率很低;

方案二巷道修复量最小,且启封角联分支,联系了2个风井,随着生产布局的改变,两风井的风量会随着改变,目前东、西风井通风机均配备变频器,芝兰冲煤矿根据生产需风量调整变频器频率、调节通风机风量,保证井下按需供风,东风井风机功率从95.4 kW降到了64.6 kW,使东风井风机没有处于超负荷工作状态,西风井风机效率从27.6%提升到47.7%,很好地改善了西风井风机运行效率低的问题,降低风机的通风功耗、减少通风成本。因此,经综合考虑将方案二选为最优方案,来对芝兰冲煤矿通风系统进行优化。

### 3.4 方案实施效果

根据 Ventsim 软件建立的三维通风仿真模拟系统确定的最佳改造方案,对芝兰冲煤矿通风系统进行优化。矿井通风系统改造1年后,对芝兰冲煤矿通风系统进行一次全面的技术参数测定,经过数据分析和统计,芝兰冲煤矿总进风量为 $51.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,相对于改造前风量增加了33.35%,东、西风井风机效率分别提高到55.6%和47.3%,东、西风井风机均正常运行,东、西风井等积孔分别为2.15,1.96  $\text{m}^2$ 。因此,矿井通风系统优化效果很好,能够很好满足矿井通风要求。

## 4 结论

1) Ventsim 软件构建的三维通风仿真模拟系统,模拟解算的结果与实测结果基本吻合,相对误差小于5%,说明此模型真实可靠,使得煤矿通风系统优化结果更具有可靠性和真实性。

2) 运用 Ventsim 系统对改造方案进行仿真模拟与分析,能够确定最佳改造方案,方案实施后取得了很好的效果。

### 参考文献:

- [1] 刘音.北宿煤矿通风环境系统优化改造[J].煤矿安全,2013,44(11):179-182.
- [2] 郭年琴,胡明振.矿井通风网络三维仿真模型[J].矿冶,2009,18(3):79-83.
- [3] 彭云.矿井通风系统降阻优化研究[D].湘潭:湖南科技大学,2013.
- [4] 黄显华,张浪,李伟,等.基于 VentAnaly 的通风网络优化调节[J].煤矿安全,2013,44(11):187-190.
- [5] 李博,马云东,崔铁军.矿井通风仿真及其改扩建通风方案研究[J].大连交通大学学报,2015,36(4):69-73.
- [6] 李宗翔,王雅迪,李林.上行风流火灾 3D 矿井通风系统灾变过程仿真[J].煤炭学报,2015,40(1):115-121.
- [7] 李孜军,陈艳丽.基于 Ventsim 的矿井通风风阻参数优化[J].金属矿山,2014,43(3):136-140.
- [8] 张敬宗,高文龙.基于三维 GIS 的矿井通风信息系统[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2012,31(5):634-637.
- [9] 彭家兰,王海宁,彭斌,等.矿井通风三维仿真系统及其应用研究[J].中国安全生产科学技术,2014,10(1):124-129.
- [10] 李翠平,曹志国,钟媛.矿井火灾的场量模型构建及其可视化仿真[J].煤炭学报,2015,40(4):902-908.
- [11] 王海宁,彭斌,彭家兰.基于三维仿真的矿井通风系统及其优化研究[J].中国安全科学学报,2013,23(9):123-128.
- [12] 李宗翔,李林,于景晓,等.采煤工作面双向突源灾变通风系统仿真研究[J].自然灾害学报,2013,22(6):185-190.
- [13] 谭星宇,谢贤平,唐绍辉,等.基于 Ventsim 系统的通风井巷断面优化研究[J].安全与环境学报,2015,15(6):78-81.
- [14] 张瑞新,任廷祥,Schofield D, et al.虚拟现实技术在矿山安全工程中的研究进展[J].煤炭学报,1999,24(1):70-73.
- [15] 谢贤平,韩孟徽.矿井通风系统信息化和智能化研究[J].云南冶金,2012,41(5):1-2.
- [16] 李舒伶,白勇奇.矿井通风网络计算方法及应用[J].辽宁工程技术大学学报,2003,3(3):22-25.