杨村煤矿通风系统优化改造研究

**周琛，卢平，苗彪彪，李镇韬**

（安徽建筑大学 土木工程学院，安徽 合肥 230601）

摘要：为解决杨村煤矿通风系统出现的北翼采区需风量将大幅增加以及通风阻力大等问题，进行了通风阻力现场测定，找出部分巷道断面小导致通风阻力大以及风机老化等核心问题，并提出四种优化改造方案，利用通风网络结算软件MVENT对四种优化改造方案进行模拟仿真分析比较，得出方案4(扩修-273轨道运输大巷、一采轨道、皮带上山，增加一、三采并联回风巷道并且北翼采区风量向南翼分流，风量为1000m3/min)为最优方案，完全满足安全要求。

关键词：通风系统；网络解算；改造优化

中图分类号：TD724 文献标识码：B

**Study on Optimization of Reformation of Ventilation System in Yangcun Mine**

**Zhou Chen,Lu Ping,Miao Biaobiao,Li Zhentao**

(College of Civil Engineering, Anhui Jianzhu University , Anhui Hefei, 230601,China)

**Abstract:** In order to solve the problems of large increase of air demand and ventilation resistance in the north wing of the ventilation system in Yangcun mine, the field measurement of ventilation resistance was carried out to find out the core problems such as small cross-section of some roadways, large resistance and aging of fans, and four optimization schemes were put forward. The simulation of four optimization schemes was carried out by using the ventilation network settlement software MVENT Through analysis and comparison, it is concluded that scheme 4 (expansion and repair of -273 rail transit main roadway, first mining track, belt climbing, increase of first and third mining parallel return air roadway and air flow of North Wing mining area to south wing, air flow of 1000m3 / min) is the optimal scheme, which fully meets the safety requirements.

**Key words:** ventilation system; network solution; transformation optimization

0 引言

2018年全国共开采原煤35.46亿吨，不仅在全球各国中排名第一，而且产量接近全球煤炭总产量的一半。煤炭资源是我国经济发展的基础，因此做好矿井的安全工作是必不可少的[1-2]。 矿井通风系统作为矿山生产的八大系统之一，扮演着服务于生产的重要角色，但同时又对生产起到制约的作用，它对井下作业环境质量、生产安全有序的进行、井下小气候的调节、提高企业的经济效益有举足轻重的影响[3]。

矿井通风系统是由矿井通风网络、主通风机等若干子系统及其单元组成的大型复杂关联系统[4]，对于年产量超过百万吨的大型矿井通风系统优化，具有通风巷道复杂，影响因素多，计算量大的特点，所以仅仅是靠人工来分析是难以得到满足生产要求的最佳优化结果的。早在上世纪六十年代国外就开发出通风网络解算应用程序，利用计算机来解决矿井通风网络问题。经过陆续发展，开发出通风系统的网络解算应用软件，其中代表性的有Mintech、Datamine[5-7]。我国矿井通风网络解算研究起步较晚，是从上世纪八十年代开始的，中国矿业大学和辽宁工程技术大学等科研院校，在矿井通风系统网络模拟和计算机联合应用理研究等方面进行了有益探索，也开发了相应的软件如通风专家3.0版和Windows MVENT2.0等[8-10]。 矿井通风网络模拟作为分析矿井通风系统的有力工具，得到了很好发展，使矿井通风技术得到新的发展。

本文以山东杨村煤矿为例，进行通风现状调查，测定矿井通风阻力，绘制矿井通风基础网络图，对矿井通风现状进行网络模拟解算，找出矿井通风出现的主要问题，提出优化改造方案。

1 矿井概况

杨村煤矿位于济宁市高新区，井田平面为不规则的多边形，南北走向长约9km，中偏北部最宽处约5.4km，南部呈倒三角形，面积27.451km2。1989年开始投产，设计生产能力60万t/a，1995年经山东省批准从兴隆庄矿划给杨村煤矿部分3煤以后，经过实施矿井生产技术改造工程，2006年核定生产能力为115万t/a，2018年矿井核定通风能力为142万t/a，2017年实际生产原煤113.06万t。矿井通风方式为两翼对角式，副井、主井进风（主井向井下供给少量风），南、北风井回风。2019年3月，矿井总进风量7798m3/min，总回风量7896m3/min，其中北风井回风量3476m3/min，负压为1530Pa，南风井回风量4420 m3/min，南风井排风量4530m3/min，负压为1410Pa。

2 矿井通风阻力调查与分析

## 2.1通风阻力测定

按照矿井通风阻力测定的要求，结合矿井巷道布置的具体条件和通风系统调整优化的需要，对杨村煤矿北翼通风系统的通风阻力进行了测定[11]。原始数据及测算结果如图2-1。

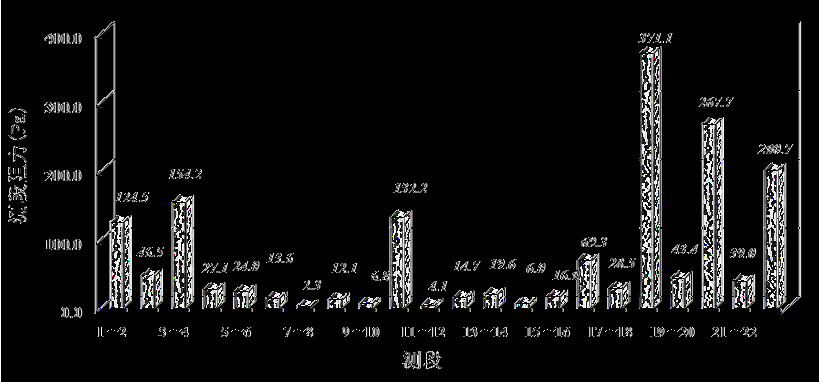


图1 杨村煤矿北翼通风系统各测段通风阻力分布图

杨村煤矿北翼通风系统存在的主要问题如下：1) 矿井南、北两翼公共进风段——-273轨道运输大巷南部副井南绕道至东大巷段：长度约380m，通风断面小，约10m2，过风量大，5314m3/min，风速高达8.86m/s，风速超限，通风阻力高达154.2Pa，后期随着北翼采区风量的增加，此段过风量进一步增加，成为进风“卡脖子”地段；2) 一采区总回风巷——一采回风上山与一采运输上山：两条巷道底鼓、片帮、冒落等严重，导致局部地段有效通风断面仅3~4m2，长度约1200m，通风量达3015 m3/min，通风阻力高达371.1Pa；3) -190总回风巷：长度约850m，通风断面约10.7m2，风量3021m3/min，通风阻力高达267.7Pa，导致回风段总阻力占总阻力的63.8%。

## 2.2主要通风井性能

矿井通风方式为两翼对角式，副井、主井进风，南、北风井回风。北风井地面通风机房安装两台1986年12生产的G4-73-11№22D型离心式通风机，一供一备；均配备1989年9月生产的JS138-10型电机，风机额定功率180kW，转速580r/min。

C:\Users\me\Desktop\小论文\Graph1.tif

图2杨村煤矿北风井G4-73-11№22D风机实际特性曲线

山东鼎安检测技术有限公司于2018年9月15日对该矿北风井主通风机系统进行了安全性能检测。从图2-2中可以看出，北风井G4-73-11№22D型离心式通风机目前的运行工况点位于通风机特性曲线右下侧、单调下降的线段上，主通风机风量3476m3/min，负压为1530Pa，通风机系统运转平稳，处于安全合理的运行状态。G4-73-11№22D型离心式通风机最大风量为4383m3/min，供风能力小，虽然目前通风机风量基本满足安全需求，但后期进一步提高供风量的能力有限。

## 2.3通风网络解算数学模型

通风网络数学模型本质为大型非线性方程组，满足风量基本分配规律：

|  |  |
| --- | --- |
| 风量平衡定律： |  |
| 能量平衡定律： |  |
| 阻力定律： |  |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： | 网络的基本关联矩阵；网络的基本回路矩阵； |
|  | 分支风压向量矩阵的转置矩阵，， |
|  | 分支i的通风阻力; 分支i的位能差; 分支i的风机风压; |
|  | 分支风阻；分支风量 |

对于一个网络（分支n，节点m），其独立回路数：。

式的独立方程正好也是N个，但是非线性的，可进行数值方法求解，得N个余树技的分支风量，继而可得到网络其它分支风量。

3 改造方案及分析

## 3.1 矿井主要进回风巷道通风能力分析

表1 矿井主要进回风巷道通风能力

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 巷道名称 | 类 型 | 断面(m2) | 最高允许风速(m/s) | 最大风量(m3/min) |
| 副 井 | 升降人员等的井筒 | 28.27 | 8 | 13570 |
| -273轨道运输大巷 | 主要进风巷 | 10.4 | 8 | 4992 |
| 东大巷 | 主要进风巷 | 11.4 | 8 | 5472 |
| 南三煤轨道上山 | 采区进风巷 | 8.4 | 6 | 3024 |
| 北大巷 | 主要进风巷 | 10.4 | 8 | 4992 |
| 三煤北上山 | 采区进风巷 | 8.4 | 6 | 3024 |
| 323轨道顺槽 | 采煤工作面 | 13.6 | 4 | 3264 |
| 三煤运输集中巷 | 采区回风巷 | 13.3 | 6 | 4788 |
| 北总回风巷 | 采区回风巷 | 10.4 | 6 | 3744 |
| 东总回风巷 | 主要回风巷 | 12.4 | 8 | 5952 |
| 一采区轨道上山 | 主要回风巷 | 6.4 | 8 | 3072 |
| 一采区皮带上山 | 主要回风巷 | 6.4 | 8 | 3072 |
| -190总回风巷 | 主要回风巷 | 11.4 | 8 | 5472 |
| 北风井 | 无提升设备的风井 | 15.9 | 15 | 14310 |

表1列出了杨村煤矿主要进回风巷道的通风能力。在进风系统方面，存在的问题是：1) -273轨道运输大巷：为南翼、东翼采区公共进风巷道，断面小，仅10.4m2，最大过风量约5000 m3/min，其中南部副井南绕道至东大巷口段目前风速为6.2m/s，矿井后期随着东翼16、17煤的开拓，用风量将大幅增加，此段风速将超限，通风阻力大，成为通风卡脖子地段。2) 东大巷：为东翼3煤采区与后期东翼16、17煤采区主要进风巷道，最大过风量为5472 m3/min，根据《兖州煤业股份有限公司杨村煤矿3煤浅部采区方案设计说明书》中3煤接续安排，3煤生产后期全部集中于东翼，风量达4000 m3/min，加上东翼16、17煤采区用风，此段巷道风量将超限。3) 南三煤轨道上山：东翼3煤采区主要进风巷道，最大过风量约3000 m3/min，3煤总需风量达4000 m3/min，当此巷道成为其唯一进风巷道时，风速超限。

在回风系统方面，问题存在于总回风巷道：1) 一采区轨道上山与一采区皮带上山：并联总回巷道，平均断面仅6.4 m2，单条巷道最大过风量约3000 m3/min，累计6000 m3/min，目前两条巷道底鼓变形严重，局部地点有效通风断面仅3~4m2，风速超限，属于通风卡脖子地段，考虑到后期北风井负担的风量约7400 m3/min，需采取增加巷道断面或增加并联巷道的降阻措施。2) -190总回风巷：连接北风井的总回巷道，最大过风量约5400 m3/min，为了缓解后期总风量7400m3/min的通风阻力，需同时使用北风井南、北两条巷道来分风。

因此，杨村煤矿主要进回风巷道均存在一定的问题，北翼总回风巷道的问题尤为突出。

## 3.2 矿井通风系统改造效果预测

基于矿井通风现状调查结果，结合矿井安全生产实际，提出如下的四种井下降阻措施，见表2：

表2 矿井通风系统改造方案

|  |  |
| --- | --- |
| 名 称 | 内 容 |
| 方案1 | 扩修-273轨道运输大巷 |
| 方案2 | 在方案1的基础上，扩修一采轨道、皮带上山，增加一、三采并联回风巷道 |
| 方案3 | 在方案2的基础上，北翼采区风量向南翼分流，风量为500m3/min |
| 方案4 | 在方案2的基础上，北翼采区风量向南翼分流，风量为1000m3/min |

经过矿井通风网络计算，结果表明：1) 仅扩修-273轨道运输大巷(方案1)，能解决此段巷道风速超限问题，降低此段巷道通风阻力，但对全矿井通风系统影响较小，矿井通风总阻力由3631.2Pa降至3473.6Pa，根据《煤矿井工开采通风技术条件》规定矿井[通风](http://www.mkaq.org/ytsf/)系统风量在5000-10000 m3/min时，系统的[通风](http://www.mkaq.org/ytsf/)阻力应小于2500Pa[12] ，故此方案不满足要求；2) 在此基础上，扩修一采轨道、皮带上山并增加一、三采并联回风巷道，即改善回风系统(方案2)，此方案可大幅降低总回风巷道通风阻力，矿井通风总阻力由3473.6Pa降至2717.2Pa，仍不满足安全要求；3) 进一步采取井下降阻措施，即调整通风设施将北翼采区风量向南翼分流，控制分流风量为500m3/min，方案3显示矿井通风总阻力降至2509.9Pa，基本满足安全要求；4) 进一步控制北翼采区风量向南翼分流风量为1000m3/min，方案4显示矿井通风总阻力降至2439.8Pa，完全满足安全要求。

表3 改进后主要进回风巷道通风阻力

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 巷道名称 | 方案1 | 方案2 | 方案3 | 方案4 |
| 东总回风巷 | 607.4Pa | 510.2Pa | 427Pa | 365.9Pa |
| 一采轨道上山 | 178.5Pa | 157.3Pa | 137.5Pa | 122.6Pa |
| -190总回风巷南 | 912.2Pa | 274.1Pa | 239.6Pa | 213.7Pa |
| 北风井 | 586.4Pa | 586.4Pa | 515.8Pa | 462.5Pa |

因此，为满足安全要求，需要同时实施扩修-273轨道运输大巷，扩修一采轨道、皮带上山并增加一、三采并联回风巷道，北翼采区向南翼分流(分流风量>1000 m3/min)等综合井下降阻措施。

4 结论

1、通过对通风路线系统阻力分布分析，公共回风段通风阻力偏大通风功耗多浪费在进回风段，用风段实际利用的很少。

2、通过实施扩修-273轨道运输大巷，扩修一采轨道、皮带上山并增加三采轨道、皮带上山并联回风巷道，北翼采区向南翼分流(分流风量≥1000 m3/min)等综合井下降阻措施，矿井通风总阻力降至2439.8Pa，完全满足《煤矿井工开采通风技术条件》安全要求。

参考文献

[1] 国家统计局. 2018年全国原煤产量[EB/OL]. (2019-01-21)[2019-12-01].

http://www.chinamining.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=6&id=28000.

[2] 边姬. 2016年重特大事故回顾[J].劳动保护,2017(2):38-40.

[3] 周志杨.大型复杂改扩建矿井通风系统优化研究[D].赣州:江西理工大学,2016.

[4] 吴兵,卢本陶,水林娜.由通风网络结构数据自动生成通风网络图研究[J].中国安全生产科学技术,2005,1(6):25-28.

[5] 赵丹.基于网络分析的矿井通风系统故障源诊断技术研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2011.

[6] Hu Y N,Koroleva O I,Krstić M. Nonlinear control of mine ventilation networks[J]. Systems & Control Letters, 2003,49(4):239-254.

[7] B. P. Kazakov,A. V. Shalimov,A. S. Kiryakov. Energy-saving mine ventilation[J]. Journal of Mining Science, 2013,49(3).

[8] 林增勇.矿井通风可视化系统研究与应用[D].武汉:中国地质大学,2008.

[9] 谢宁芳. 通风专家3.0版主要功能及在矿山中的应用[J]. 矿业快报,2001,17(13):33-37.

[10] 王从陆.非灾变时期金属矿复杂矿井通风系统稳定性及数值模拟研究[D].长沙:中南大学,2007.

[11] 国家安全生产监督管理总局,国家煤矿安全监察局.煤矿安全规程[M].北京:煤炭工业出版社,2009.

[12] 杨彪. 王村煤矿五采区通风系统优化设计研究[J]. 陕西煤炭,2014,33(3):133-134.