

王晁煤矿通风系统阻力测定及优化方案

王文才¹, 王俊峰¹, 刘靖元², 王瑞智¹

(1. 内蒙古科技大学 矿业工程学院, 内蒙古 包头 014010; 2. 王晁煤矿有限责任公司, 山东 滕州 277500)

摘要: 针对王晁煤矿的通风系统现状, 采用基点气压计法对选定的测定路线进行了矿井通风阻力测定, 并计算了矿井总风阻、自然风压、等积孔和矿井外部漏风率, 判断了该煤矿通风的难易程度和矿井通风系统的漏风管理状况, 对该煤矿目前的通风系统在进风段、用风段和回风段的通风阻力分布情况及其原因进行了分析, 并据此提出了以降低矿井通风阻力为目标的近期和远期矿井通风优化方案。目前, 该矿已对-400 m 集中回风巷进行了整修, 在矿井风量不变的情况下, 矿井通风阻力减小了约 260 Pa。

关键词: 通风系统; 通风阻力; 基点气压计法; 阻力测定; 通风阻力分布; 优化方案

中图分类号: TD72 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2012)02-0063-04

Resistance Measurement and Optimized Plan of Ventilation System in Wangchao Mine

WANG Wen-cai¹, WANG Jun-feng¹, LIU Jing-yuan², WANG Rui-zhi¹

(1. School of Mining Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China;

2. Wangchao Mine Company Ltd., Tengzhou 277500, China)

Abstract: According to the present status of the mine ventilation system in Wangchao Mine, the base point gas pressure measuring method was applied to the mine ventilation resistance measurement on the selected measured route and to calculate the mine total ventilation resistance, natural ventilation pressure, equivalence borehole and mine outer air leakage rate. The mine ventilation difficulty degree and the air leakage management status of the mine ventilation system were judged. The ventilation resistance distribution conditions of the air income section, the ventilation section and the air retuned section of the present mine ventilation system and the cause were analyzed. Based on the circumstances, taking the reduction of the mine ventilation resistance as the near target and the future mine ventilation optimized plan was provided. At present, the -400 m centralized air returning roadway was repaired. Based on the mine ventilation quantity unchanged, the mine ventilation resistance was reduced by over 260 Pa.

Key words: ventilation system; ventilation resistance; base point gas pressure measuring method; resistance measurement; ventilation resistance distribution; optimized plan

矿井通风阻力测定是煤矿通风技术工作的重要内容之一, 它对矿井的安全生产与经济效益有重要影响^[1-2]。通过测定矿井通风阻力, ①可了解矿井通风系统的通风阻力大小和阻力分布情况, 为进一步改善矿井的通风状况、降低通风阻力提供依据; ②提供井巷通风时实际的摩擦阻力系数和风阻值, 为矿井的通风设计、通风系统优化改造、风压调

节、矿井火灾治理等提供可靠的基础资料^[2-3]。矿井通风阻力测定的方法主要有压差计法、基点气压计法和气压计双测点法, 实际测定中通常以后 2 种方法为主^[4-5]。王晁煤矿始建于 1987 年 7 月, 改扩建后生产能力 60 万 t/a, 矿井属于低瓦斯矿井。采用中央并列抽出式通风系统, 副井进风, 主井回风。通风机房安装 2 台型号为 BDK54-8-N23 对

收稿日期: 2011-11-05; 责任编辑: 王晓珍

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51064018, 50844035); 内蒙古自治区高等学校科学研究资助项目(NJ10093); 内蒙古自然科学基金资助项目(2009MS0709)

作者简介: 王文才(1963—), 男, 内蒙古伊金霍洛旗人, 教授, 博士。Tel: 0472-5954307, E-mail: wencai8888@yahoo.com.cn

网络出版时间: 2012-02-15 11:28; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120215.1128.018.html>

引用格式: 王文才, 王俊峰, 刘靖元, 等. 王晁煤矿通风系统阻力测定及优化方案 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(2): 63-66.

旋轴流式通风机，1台工作，1台备用。通风机配备的电动机功率185 kW，转速为740 r/min时通风机风量3 780~7 800 m³/min。目前，矿井共有2个生产水平（-315 m和-400 m水平）和3个生产采区（即101、201和203采区），布置了3个采煤工作面和8个掘进工作面，全部采用分区通风。

1 矿井通风阻力测定及重要参数计算

从进风井开始，选择一条进风井至出风井的通

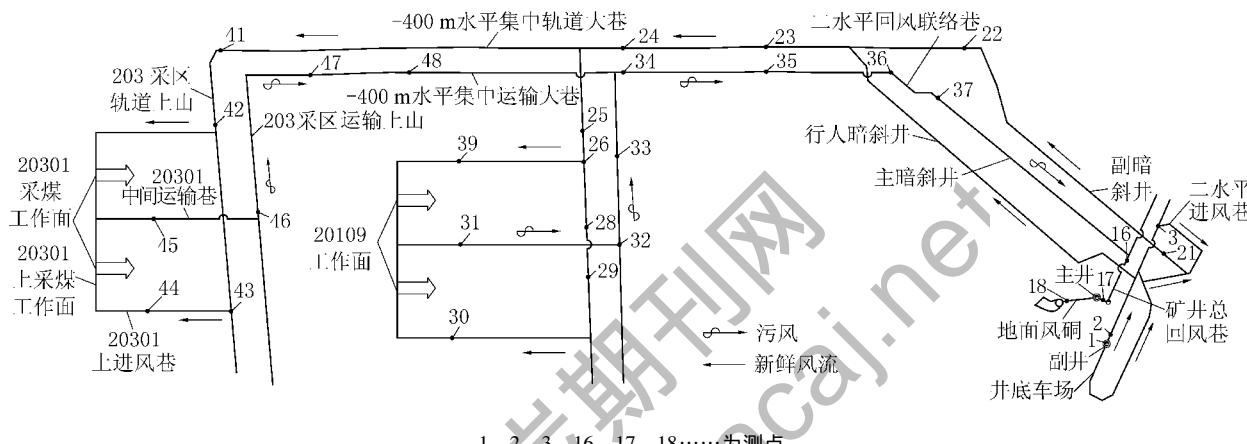


图1 矿井通风系统（二水平）及其通风阻力测定路线上各测点布置

本次测定采用精密气压计逐点测定法。用风扇式干、湿球温度计测量各测点空气的干球温度和湿球温度，用精密气压计测量各测点空气的绝对静压，根据干、湿球温度查表得出空气相对湿度及饱和水蒸气分压力，据此计算出空气密度。用皮尺测量出各测点巷道的基本参数，然后计算出巷道的净断面积及周长。用风表测定风速，再根据风速和巷道净断面积计算巷道风量。

1) 巷道阻力、风阻和摩擦阻力系数。

$$H_{i,i+1} = (P_i - P_{i+1}) - (P_{0,i} - P_{0,i+1}) + (\rho_i v_i^2 / 2 - \rho_{i+1} v_{i+1}^2 / 2) + g(\rho_i + \rho_{i+1})(Z_i - Z_{i+1}) / 2 \quad (1)$$

$$R_{i,i+1} = H_{i,i+1} / Q_{i,i+1}^2 \quad (2)$$

$$\alpha_{i,i+1} = H_{i,i+1} S_{i,i+1}^3 / (L_{i,i+1} U_{i,i+1} Q_{i,i+1}^2) \quad (3)$$

式中： $H_{i,i+1}$ 为巷道中第*i*至*i+1*断面的通风阻力，Pa； P_i 、 P_{i+1} 为巷道中第*i*和*i+1*断面的绝对静压，Pa； $P_{0,i}$ 、 $P_{0,i+1}$ 为对应于测 P_i 、 P_{i+1} 时刻的基点绝对静压，Pa； ρ_i 、 ρ_{i+1} 为巷道中第*i*和*i+1*断面的空气密度，kg/m³； v_i 、 v_{i+1} 为巷道中第*i*和*i+1*断面的风流平均速度，m/s； Z_i 、 Z_{i+1} 为巷道中第*i*和*i+1*断面中心点的绝对标高，m； $R_{i,i+1}$ 为巷道中第*i*至*i+1*断面的风阻，N·s²/

风线路作为通风阻力测定路线，矿井通风总阻力 H 就是该测定路线上进风井口至风机吸风口处各段巷道的通风阻力之和^[6-7]。如图1所示，选择的测定路线为：副井→井底车场→二水平进风巷→副暗斜井→-400 m水平集中轨道大巷→203采区轨道上山→20301上进风巷→20301上采煤工作面→20301中间运输巷→203采区运输上山→-400 m水平集中运输大巷→二水平回风联络巷→主暗斜井→矿井总回风巷→主井→地面风硐。

m^3/s ； $Q_{i,i+1}$ 为巷道中第*i*至*i+1*断面的风量， m^3/s ； $\alpha_{i,i+1}$ 为巷道中第*i*至*i+1*断面的摩擦阻力系数， $N \cdot s^2/m^4$ ； $U_{i,i+1}$ 巷道中第*i*至*i+1*断面的平均周长，m； $L_{i,i+1}$ 为巷道中第*i*至*i+1*断面的距离，m； g 为重力加速度， m/s^2 ； $S_{i,i+1}$ 巷道中第*i*至*i+1*断面的平均断面积， m^2 。

2) 矿井通风总阻力 $H = \sum_{i=1}^n H_{i,i+1}$ 。根据表1的矿井通风阻力测定数据，按式(1)求得 $H = 2 435$ Pa。

3) 矿井自然风压的计算。矿井自然风压 H_z 是测定路线上进风侧全部测点与回风侧全部测点的位压之差，据此求得 $H_z = 72$ Pa。

4) 矿井总风阻与矿井等积孔。矿井总风阻 $R = H/Q^2 = 0.475 N \cdot s^2/m^8$ ；矿井等积孔 $A = 1.19QH^{-0.5} = 1.73 m^2$ ； Q 为总风量，取 $71.6 m^3/s$ ，可见矿井通风难易程度为中等。

5) 矿井外部漏风率。井下总回风量 $Q_{16,17} = 68.4 m^3/s$ ，与之对应的空气密度 $\rho_x = 1.211 kg/m^3$ ；测得矿井总排风量 $Q_p = 78.5 m^3/s$ ，与之对应的空气密度 $\rho_s = 1.133 kg/m^3$ 。则矿井外部漏风

$$\text{率}^{[8-9]} \eta = (\rho_s Q_p - \rho_x Q_{16,47}) / (\rho_s Q_p) \times 100\% = 6.87\% < 15\% \text{, 符合要求。}$$

表1 矿井通风系统阻力测定及有关参数计算结果

端头 点号	$L_{i,i+1}$ / m	$S_{i,i+1}$ / m^2	$U_{i,i+1}$ / m	v_i / ($m \cdot s^{-1}$)	$Q_{i,i+1}$ / ($m^3 \cdot s^{-1}$)	$H_{i,i+1}$ / Pa	$R_{i,i+1}$ / ($10^{-2} N \cdot s^2 \cdot m^{-8}$)	$\alpha_{i,i+1}$ / ($10^{-2} N \cdot s^2 \cdot m^{-4}$)
1-2	356	19.6	15.7	3.58	70.2	118.5	2.41	3.24
2-3	144	16.7	15.7	2.35	39.2	10.9	0.71	1.46
3-21	175	11.6	13.1	2.10	24.4	8.4	1.42	0.97
21-22	391	11.2	12.9	2.93	32.8	34.1	3.17	0.88
22-23	138	10.6	12.5	2.94	31.2	10.3	1.06	0.73
23-24	366	10.3	12.3	4.37	45.0	56.1	2.77	0.67
24-41	1 504	9.9	12.1	1.83	18.1	38.2	11.65	0.62
41-42	92	8.8	11.4	1.92	16.9	4.2	1.48	0.96
42-43	225	8.6	11.3	1.37	11.8	8.4	6.03	1.31*
43-44	346	6.2	10.4	0.63	3.9	6.8	44.81	2.97
44-45	200	4.9	9.2	0.80	3.9	14.1	91.73	5.10*
45-46	322	5.6	9.8	1.57	8.8	36.9	47.67	2.65
46-47	267	7.8	10.7	2.19	17.1	32.4	11.12	1.61*
47-48	961	7.5	10.5	2.41	18.1	124.2	38.02	1.59
48-34	475	6.4	10.5	2.94	18.8	295.9	83.58	4.39
34-35	212	6.8	10.8	6.47	44.0	541.4	27.97	3.84
35-36	195	5.6	9.1	7.97	44.6	303.8	15.25	1.51
36-37	66	9.0	11.5	4.95	44.6	60.5	3.05	2.93
37-16	318	9.5	11.9	5.83	55.4	210.2	6.85	1.34*
16-17	73	10.4	12.4	6.58	68.4	105.0	2.24	2.43*
17-18	376	15.9	14.1	4.5	71.6	414.3	8.09	6.14

注: 若巷道通风中出现局部阻力, 局部阻力均视为摩擦阻力的 15%^[7], 巷段通风阻力除以 1.15 近似是该巷段的摩擦阻力, 并据此计算摩擦阻力系数, 见表 1 中带* 的数据。

6) 误差检验。矿井通风阻力测定时, 矿井通风机房水柱计读数 $h_w = 2620$ Pa, 动压 $h_d = 221.5$ Pa, 则理论上计算的矿井通风阻力 $H_L = h_w - h_d + H_z = 2470.5$ Pa。绝对误差 $\Delta h = |H - H_L| = 35.5$ Pa, 相对误差 $\delta = \Delta h / H_L = 1.4\% < 5\%$ 。可见, 误差符合要求。

2 测定结果分析

1) 进风段通风阻力。测点 1—2—3—21—22—23—24 区段属于进风段, 进风段通风阻力相对较小(表 2), 再加上采用副暗斜井与行人暗斜井并联进风, 通风系统的可靠性和抗灾能力较强^[8]。

2) 用风段通风阻力。测点 24—41—42—43—44—45—46—47—48—34 区段属于用风段。用风段通风阻力虽然占矿井总阻力的比例不高, 但其部分巷道阻力相对偏高, 如 -400 m 水平集中运输大

巷回风段(测点 48—34 段), 仅 475 m 长的通风线路的通风阻力就达 295.2 Pa, 占用风段通风总阻力的 52.6%, 同时该段摩擦阻力系数和风阻值也相对较高。其主要原因是受采动影响, -400 m 水平集中运输大巷两帮突出、底板底鼓, 导致有效通风断面较小及巷道面积大小不均; 在回风段末端, 还有一部输送带机头, 使有效通风断面更小。

表2 矿井通风阻力分布

区段	端头测点编号	总长度/m	通风阻力实测值/Pa	占总阻力比例/%
进风段	1—24	1 570	239	9.9
用风段	24—34	4 392	561	23.0
回风段	34—18	1 240	1 635	67.1

3) 回风段通风阻力。测点 34—35—36—37—37—16—17—18 区段属于回风段, 回风段为矿井通风的高阻力区。①回风巷 34—35 段仅长 212 m, 通

风阻力达 541.41 Pa，巷道风阻和摩擦阻力系数都较大。其主要原因是：巷道断面较小且大小不均；部分巷道采用架棚支护，其摩擦阻力系数较大；风量较大。②35—36 段长 195 m，通风阻力为 303.8 Pa，与 34—35 段相比摩擦阻力系数明显小很多，但其摩擦阻力还是较大，主要原因是此段巷道围岩为泥岩，经过多次整修，巷道断面大小不一且其断面积不够大，部分巷道底板存在底鼓现象导致通风断面进一步减小。③36—37 段巷道断面较大且相对平整，但由于存在风路的转弯和巷道断面的变化导致通风阻力较大。④16—17 段通风阻力大，主要是由于巷道初期设计断面较小，施工水平差使巷道成形不好、断面不规则，再加上一个输送带机头，又使巷道有效通风断面进一步减小；巷道处于矿井生产运输的咽喉，维护不方便，导致巷道严重失修，增大了巷道通风的摩擦阻力和局部阻力。

3 通风系统优化

1) 回风巷道进行整修并适当扩巷。巷道 34—35、36—37、16—17 区段和主井井筒的摩擦阻力系数都很大。考虑到实际生产，集中运输大巷和主井是矿井运输的关键，正常情况下不易进行整修，即使停产整修，也需考虑整修时间尽可能短。根据等效工作量估计整修后产生的效果大小程度，建议首先考虑整修 34—35 巷段，其次 35—36、48—34 巷段，再之 16—17 和 36—37 巷段。整修措施是：适当扩大巷道断面，尽量选用断面周界^[10]较小的井巷，尽量采用砌混凝土支护，尽可能使巷道平整光滑，尽量避免巷道断面突然变大或变小，彻底清理回风巷的杂物。

2) 提前开掘第三水平部分准备巷道以便与 -400 m 集中运输大巷并联回风。将主暗斜井继续延伸到第三水平，然后开掘部分准备巷道与 -400 m 集中胶带运输大巷进行并联回风（第三水平位于第二水平下约 50 m 处，主采 16 层煤）。提前开掘第三水平准备巷道，有利于提高巷道服务年限，而且在第二水平向第三水平过渡时仍可利用二水平的准备巷道进行回风或运输。此外，开掘并联巷道时，对正常生产不会造成影响。

3) 建边界井，改变矿井的通风系统。根据矿井的实际情况，从长远角度考虑建边界井更有利于矿井通风系统的大幅度改善。理由如下：①201 和

203 采区均有较长的服务年限；②矿井开采方式为前进式开采，风流路线越来越长，通风阻力将会更大，通风负压急剧增加，造成后期通风困难；③巷道多布置在泥岩中，回风巷风流湿度大，泥岩吸水导致巷道泥岩强度下降，同时受采动影响巷道断面明显缩小；采用被动的架棚支护，导致巷道风阻大、通风阻力大、整修难度大和维护费用高。

4) 减少井下的需风量和漏风量。尽量使用机械化采煤和机械化掘进，少用炮采、炮掘，在提高工作效率的前提下尽量缩减井下采掘工作面的数量和工作人员数量；按照《煤矿安全规程》定期测风、检查通风设施（风门、密闭）的漏风情况等。

4 结语

通过对王晁煤矿矿井通风阻力、风阻和摩擦阻力系数的测定和分析，得出了矿井当前通风的难易程度为中等，提出了对回风巷道进行整修并适当扩巷、提前开掘第三水平部分准备巷道以便与集中运输大巷并联回风以及建边界井的矿井通风优化方案。当前，该煤矿已对回风段部分巷道进行了小工程量整修，通风阻力已经下降约 260 Pa。

参考文献：

- [1] 陶铁军，吕淑然，刘璐. 寿王坟铜矿通风阻力测定与安全性分析 [J]. 中国安全生产科学技术，2009，5 (4): 125—129.
- [2] 黄俊升，李宗远，韩永强. 矿井通风阻力测定数据的综合分析 [J]. 中州煤炭，2010 (12): 82—84.
- [3] 夏永中，孟凡新，陈建华. 大平煤矿通风阻力测定数据的综合分析 [J]. 中州煤炭，2009 (5): 97—99.
- [4] 杨应迪，张国枢，秦汝祥. 矿井通风阻力测定数据处理基础理论研究及其软件开发 [J]. 煤矿安全，2007，38 (10): 4—7.
- [5] 鲜林，高朋杰. 矿井通风阻力测定结果分析与对策措施 [J]. 中国安全生产科学技术，2010，6 (1): 100—103.
- [6] 吴超. 矿井通风与空气调节 [M]. 长沙：中南大学出版社，2008: 223—227.
- [7] 胡汉华. 矿井通风系统设计 [M]. 北京：化学工业出版社，2010: 42—43.
- [8] 曾繁平. 矿井外部漏风率测试 [J]. 煤矿现代化，2005 (5): 48.
- [9] 倪文耀. 抽出式通风矿井外部漏风率的正确测算法 [J]. 中国安全科学学报，2004，14 (4): 90—92.
- [10] 周福宝，王德明，陈开岩. 矿井通风与空气调节 [M]. 徐州：中国矿业大学出版社，2009: 52—55.