

八一煤矿通风系统优化改造

唐辉雄¹, 赵伏军^{1,2}, 张柏¹, 陈珂¹

(1. 湖南科技大学 能源与安全工程学院, 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)

摘要: 针对八一煤矿转入深部开采存在的通风阻力大, 供风量不足和采掘工作面温度高等问题, 开展了矿井通风技术测定. 结果表明矿井实际供风量为 $62 \text{ m}^3/\text{s}$, 低于需风量 $100 \text{ m}^3/\text{s}$, 供风严重不足, 且通风总阻力为 $2\,712 \text{ Pa}$ 已接近矿井通风阻力上限. 通风系统中进风段、用风段和回风段阻力比例为 $2:1:11.8$, 阻力分布不合理. 根据矿井通风容易和困难时期的生产部署和配风情况, 提出 2 方面的技术措施: 一方面通过启用并联风巷、降低矿井漏风率和扩刷巷道断面等措施对矿井通风系统进行优化改造, 降低矿井风阻; 另一方面更换现有风机, 提升通风动力. 通过对通风系统优化改造, 降低矿井风阻后, 运用计算机对各时期进行解算分析, 最终确定矿井主要通风机的型号.

关键词: 通风系统; 技术测定; 矿井风阻; 主要通风机

中图分类号: TD724

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2014)02-0019-05

Study on optimization of ventilation system of Bayi Coal Mine

TANG Huixiong¹, ZHAO Fujun^{1,2}, ZHANG Bai¹, CHENG Ke¹

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

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

Abstract: Aiming at the big ventilation resistance that exists in the Bayi Coal Mine in the process of deep mining, insufficient amount of wind supply and high tunneling face temperature, this paper conducts the determination of mine ventilation technology. Results show that the mine actual quantity is $62 \text{ m}^3/\text{s}$, lower than the cost of $100 \text{ m}^3/\text{s}$, for a serious shortage of the wind. In addition, the total ventilation resistance is $2\,712 \text{ Pa}$, which is close to mine ventilation resistance limit. In ventilation system into the wind, and with the wind and return air resistance ratio at $2:1:11.8$, the resistance distribution is not reasonable. According to the production deployment and the air distribution situation during the easy and the difficult period of the mine ventilation, this paper puts forward the technical measures in two aspects. On the one hand, it optimizes the mine ventilation system by enabling parallel airway, reducing air leakage rate of mine and expanding brush roadway section, etc., so as to reduce the mine wind resistance; on the other hand, it replaces the existing fan and improves the ventilation. After optimizing the ventilation system, and reducing the mine wind resistance, it uses the computer to calculate and analyze the different periods of the main mine ventilator models, which are finally determined.

Key words: ventilation system; technical measurement; mine ventilation resistance; main ventilator

湖南华润煤业八一煤矿位于三都矿区南部, 矿
井主要开采二煤层和四煤层, 煤层倾角 $12^\circ \sim 25^\circ$.

煤层厚度在 $0.2 \sim 2.0 \text{ m}$, 赋存较稳定. 矿井属低瓦
斯矿井. 矿井开拓方式为反向穿层斜井多二水平开

拓,井口标高为+150 m,井筒落底标高为-200 m,采用暗斜井延深至二水平,即-450 m水平.矿井通风系统采用中央边界式,副井为主要进风井,和平村风井为总回风井.风井地面标高为+200 m,主扇安装两台BD-II-6-NO18型防爆对旋轴流式通风机,风机叶片安装角度为0°,其中一台运转,一台备用.配备电机的额定功率为132 kW×2,电机额定转速990 r/min,电机额定电压380 V(△连接).

1 矿井通风系统现状

八一煤矿现有通风系统主要存在3个方面问题:一是通风阻力大.八一煤矿转入深部开采以后,矿压大,井下巷道变形严重.采掘工作面转到24采区以后,通风线路总长达8 000 m,通风路线长,且巷道断面小,通风阻力大;二是矿井总进风量不足.目前矿井实际供风量为62 m³/s,实际需风量约为100 m³/s,采一队2446回采工作面、采三队2424工作面风量实测分别为5.3 m³/s和5.2 m³/s,没有达到生产所需风量的要求.该矿在2个工作面下顺槽均使用了30 kW和11 kW的局部风机送风,但2个工作面的风量仍不能满足生产需求.必须对矿井现有通风系统进行优化改造,增大井下供风;三是采掘工作面温度高.现行《煤矿安全规程》规定生产矿井采掘工作面空气温度不得超过26℃,而八一煤矿-450 m水平以下采掘工作面温度达到28.0~31.6℃,已超出《煤矿安全规程》规定,必须采取降温措施.目前治理井下热害突出问题常见的方法主要是加大井下供风量和安装制冷设备.参考邻近矿山治理热害问题的经验,增加矿井的总进风量来解决深部采掘工作面温度偏高的问题是切实可行的.因此,进行矿井通风系统优化改造,提升矿井通风系统供风能力,已成为矿井安全生产亟待解决的问题.

2 矿井通风系统技术测定与计算

为确定矿井通风系统优化改造的最优方案,对八一煤矿进行矿井通风技术测定,掌握当前矿井通风阻力分布状况及通风网络各分支巷道的风阻参数,尤其是进风井筒、大巷、回风井筒等长期使用的井巷,区段巷道和采区上、下山等有代表性巷道的风阻参数及摩擦阻力系数^[1].

2.1 测定方法及仪器

本次阻力测定采用基点气压计法,使用两台同型号的CZC5矿井通风多参数测定器测量,其一台在基点测量大气压力,另一台沿测点逐点测量测点的绝压.基点气压用于校正地面大气压力变化对测点压力的影响^[2].进行阻力测定时风机房风机正常运转,井下正常作业.使用到的仪器仪表主要包括CZC5矿井通风多参数测量器2台,高、中、低风速表及风表校正曲线3台,空压盒和干、湿球温度计各2台,激光测距仪1台.

2.2 测定路线及测点布置

测定路线布置原则是沿矿井通风系统中通风线路长,并含进、回风巷和主要大巷的主干线路进行布置^[3].测点布置原则是在风流汇合前后、巷道支护形式和断面发生变化处进行布置.但对巷道内风量无明显变化、且长度短的巷道段,由于对通风阻力测定影响不明显,可以对其进行必要的合并,减少测点数量^[4,5].此外,还要考虑风门、矿车和积水等的影响.测试得到主干路线上巷道的通风阻力,能反映出矿井通风系统阻力分布情况.通过降低该通风线路上的通风阻力,可以达到降低整个矿井通风阻力的效果^[6].

综合考虑以上因素并结合矿井实际情况,选定测定路线为:副井→-200 m大巷→暗主井→-450 m大巷→24采区轨道下山→2424机巷→2424工作面→2424风巷→24回风皮带道→-430 m皮带道→-410 m皮带道→-360 m总回风巷→21溜煤上山→21回风联络巷→11轨道上山→风井→地面.

沿程布置32个测点,具体位置见图1.

2.3 测定参数及计算

2.3.1 空气密度计算

$$\rho = 0.003\ 484 \frac{P}{t + 273.15} \left(1 - \frac{0.378\varphi P_s}{P} \right). \quad (1)$$

式中, ρ :空气密度,kg/m³; t :干球温度,℃; P :大气压力,Pa; φ :相对湿度; P_s :温度为 t 时的饱和水蒸的分压,Pa.

2.3.2 井巷参数

用激光测距仪测量出各测点的巷道参数,然后计算出巷道的净断面及周长.

$$U = C\sqrt{S}. \quad (2)$$

式中, C :断面形状系数,梯形 $C = 4.16$;半圆拱 $C = 3.90$;三心拱 $C = 3.85$.

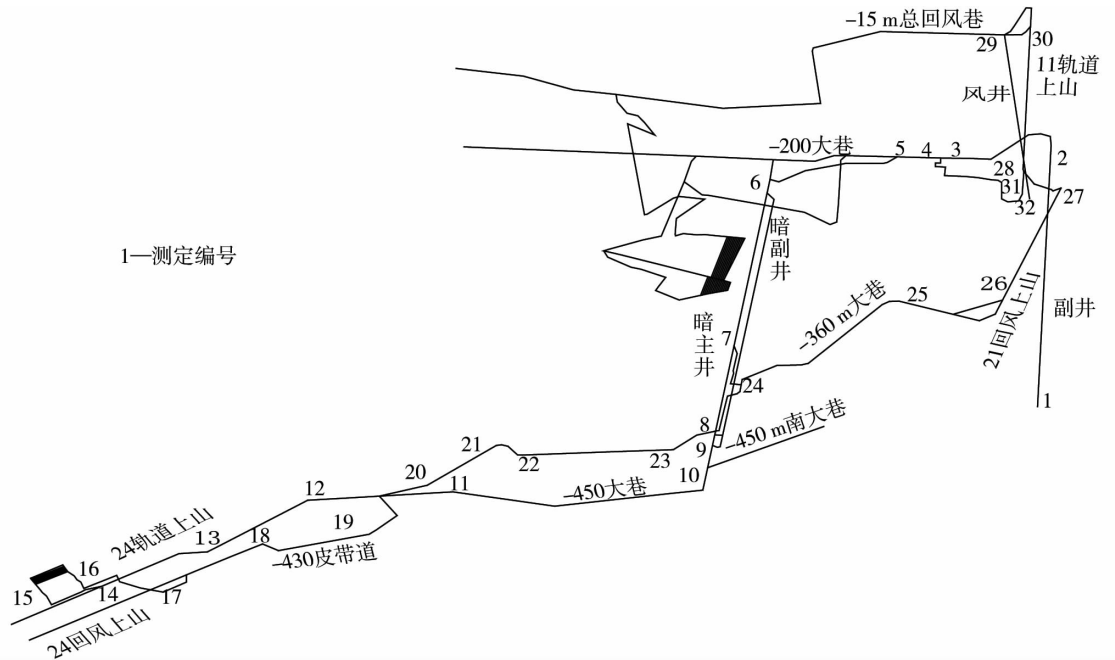


图1 测点布置示意图

2.3.3 测点风速、风量

测点的风速按预定线路对各测点用风表测定,计算出平均风速、风量.

$$Q = V(S - 0.4). \tag{3}$$

式中, Q : 风量, m^3/s ; V : 平均风速, m/s ; S : 测风速处巷道断面面积, m^2 .

2.3.4 自然风压计算

根据测定空气密度和井深计算矿井自然风压,用下式计算矿井自然风压.

$$h_N = gZ(\rho_{进} - \rho_{回}). \tag{4}$$

2.3.5 分段阻力计算

$$h_{阻} = (P_i - P_j) - (P_{0i} - P_{0j}) + (\rho_i \frac{v_i^2}{2} - \rho_j \frac{v_j^2}{2}) + \frac{\rho_i + \rho_j}{2}(Z_i - Z_j)g. \tag{5}$$

式中, $h_{阻}$: 分段阻力, Pa ; P_i, P_j : 分段巷道起点和末点绝对静压, Pa ; P_{0i}, P_{0j} : 分段巷道起点和末点基点绝对静压, Pa ; ρ_i, ρ_j : 分段巷道起点和末点的空气密度, kg/m^3 ; v_i, v_j : 分段巷道起点和末点的风流流速, m/s ; Z_i, Z_j : 分段巷道起点和末点的绝对标高, m .

2.3.6 井巷风阻

根据各测段井巷参数、风量及阻力,按照相应的公式计算出井巷风阻 R , 百米风阻 R_{100} 和摩擦阻力系数 α 等.

2.3.7 矿井通风系统总阻力

矿井通风系统总阻力为进风井口至风机进风

口处的各段巷道的通风阻力之和,计算公式:

$$H_{阻测} = \sum_{i=1}^n h_{i,i+1}. \tag{6}$$

式中, $H_{阻测}$: 矿井通风系统总阻力, Pa ; n : 进风井口到风机吸风口处测段数; i : 测点编号.

3 矿井通风系统技术测定结果分析

3.1 高阻力巷道

经过上述的计算,得到测段巷道阻力、摩擦风阻和摩擦阻力系数等基本参数.对计算结果进行分析,发现部分巷道阻力很大,具体情况见表1.从表1中可以看出,风井阻力最大,阻力为 $507.7 Pa$,占总阻力的 22.8% .这些巷道的阻力之和占总阻力的 71.23% .实测中,发现造成这些巷道阻力大的主要原因是巷道断面面积小,变形严重,且巷道多处存在断面突变局部阻力大.

表1 高阻力巷道分布情况

巷道名称	阻力/ Pa	占总阻力的百分比/ $\%$
-360 m 总回风巷	389.2	14.35
21 溜煤上山	416.5	15.36
11 轨道上山巷	507.7	18.72
风井	618.8	22.80
总计	1 932.2	71.23

3.2 通风阻力分布情况

矿井通风系统中风路可分为进风段、用风段和回风段.根据矿井通风参数实测计算结果,得到所

测线路的进风段通风阻力为 361.6 Pa, 占总阻力的 13.3%; 用风段阻力为 183.6 Pa, 占总阻力的 6.8%; 回风段阻力为 2 166.9 Pa, 占总阻力的 79.9%。矿井进风段、用风段和回风段阻力分配比例为 2:1:11.8, 而一般矿井的进风段、用风段和回风段阻力分配比例约为 3:3:4。结果表明: 所测通风路线上回风段阻力所占比例很大, 且阻力分配不合理。八一煤矿所测通风路线上阻力分布情况如图 2 所示。

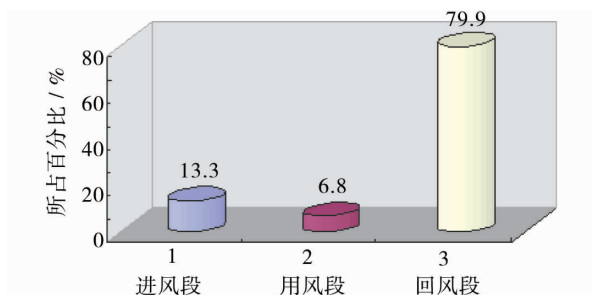


图2 矿井阻力分布图

3.3 通风阻力坡度图

根据测定路线上各测段阻力, 绘制通风阻力坡度图(如图3所示)。由图可知通风阻力测定线路总长 7 889 m, 通风系统总阻力 2 712 Pa。通风阻力坡度在回风段变化大, 其余巷道变化比较均匀, 呈线性增长。由此表明矿井通风线路长, 通风阻力大, 通风阻力已接近矿井通风阻力上限。

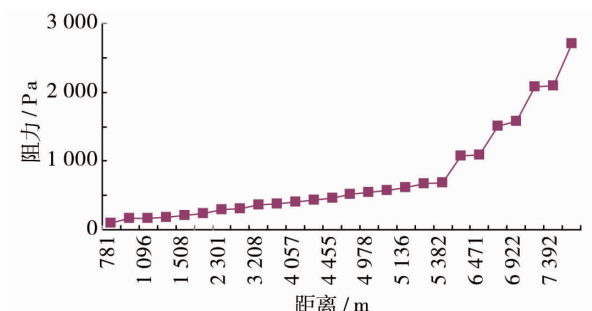


图3 通风阻力坡度图

3.4 矿井有效风量

矿井有效风量以有效风量率为衡量指标, 指井下所有独立回风的用风点以及其他巷道实际得到的风量之和与主要通风机的风量百分比^[1]。根据现场实测结果, 矿井总进风量 58.72 m³/s, 矿井总回风量 62.32 m³/s, 矿井有效风量 50.65 m³/s, 外部漏风率 5.79%, 有效风量率 86.1%。表明矿井存在较大的漏风。实测中, 发现 -15 m 总回风巷与邻矿小煤窑

相通(由于历史原因现两井无矿井隔离煤柱), 应尽快进行封堵处理, 以减少矿井外部漏风, 提高矿井有效风量。

4 矿井通风系统优化改造措施

4.1 通风系统优化与降阻

矿井通风系统技术测定结果表明, 矿井通风系统总阻力 2 712 Pa 已接近小矿井通风阻力上限, 若只更换矿井现有通风机, 不能解决井下风量不足的问题, 必须对矿井通风系统进行优化改造。

1) 实测中发现井下有一定量的漏风, -15 m 总回风巷漏风较大, 建议及时采取措施进行封堵处理, 减少漏风, 提高矿井有效风量率。

2) 及时清除巷道杂物、堆积物、积水, 保证巷道有效的通风断面。

3) 井下配风时, 应考虑进风早分配, 回风晚汇合的原则, 尽可能采取并联进回风。根据矿井实际情况, 建议采用放水巷与 -200 m 水平大巷并联进风, 暗主井与暗副井并联进风, 21 轨道上山与 21 溜煤上山并联回风, 降低通风阻力。

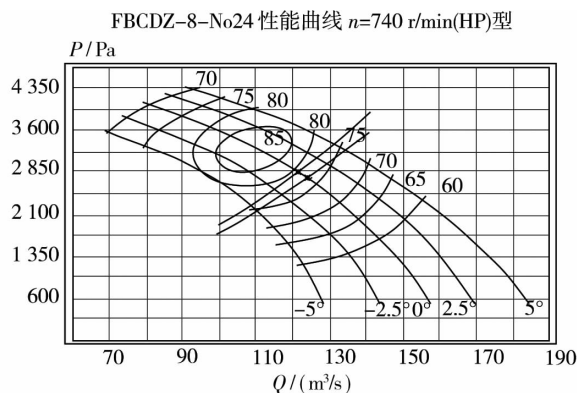
在采取以上优化措施以后, 矿井通风系统阻力有所下降, 但矿井供风仍达不到生产需求风量 112 m³/s。根据矿井通风容易和困难时期的生产部署和配风情况, 必须对超速巷道及高阻力巷道进行断面扩刷与断面清理工作, 具体改造情况如表 2。

4.2 更换矿井主要通风设备

根据矿井生产部署和扩刷巷道工程成本, 采用上述降阻措施后, 矿井总阻力降至 2 450 Pa, 矿井等积孔 2.69 m², 通风难易程度为容易, 改造后的通风系统满足矿井安全生产需求。但八一煤矿现有通风设备难以满足要求, 必须进行更换。通过计算得到矿井通风容易时期通风机的 Q_f, H_{sdmin} 和矿井通风困难时期通风机的 Q_f, H_{sdmax} , 并对应到通风机特性曲线上, 初选满足矿井通风要求的通风机为 FBCDZ-8-No24。然后根据通风机的工作风阻确定通风机的实际工况点, 即在通风机特性曲线图中作通风机工作风阻曲线, 与风压曲线的交点 $M'_{容易}$ 、 $M'_{困难}$ 2 点, 即为实际工况点^[7,8](如图 4), 最终确定矿井主要通风型号为 FBCDZ-8-No24。并选定 2 台 280 kW (6 kV) 的电动机, 型号为 YBF450M2-8。

表2 井巷改造情况表

序号	地点	改造前断面/m ²	改造前风速/(m/s)	改造后断面/m ²	改造前风速/(m/s)	井巷长度/m	备注
1	-200 m 大巷	12.27	9.13	14.60	7.67	180	锚喷支护
2	-200 m 大巷	9.43	11.88	14.60	7.67	100	锚喷支护
3	-200 m 大巷	7.71	14.53	14.60	7.67	150	锚喷支护
4	-450 m 下车场	7.80	8.97	12.28	5.70	480	锚喷支护
5	24 轨道下山	7.34	4.77	11.00	3.18	330	U 型钢支护
6	上 22 溜煤上山	7.80	4.74	8.00	4.63	180	U 型钢支护
7	-360 m 回风巷	6.54	11.62	12.80	5.94	290	锚喷支护
8	-360 m 回风巷	6.88	11.05	12.80	5.94	380	锚喷支护
9	-360 m 回风巷	11.01	6.90	12.80	5.94	260	锚喷支护
10	21 溜煤上山	7.18	5.29	12.80	2.97	180	U 型钢支护
11	21 溜煤上山	6.94	5.48	12.80	2.97	160	U 型钢支护
12	21 回联络巷	5.3	14.34	12.80	5.94	70	U 型钢支护
13	11 轨道上山	6.33	12.01	12.80	5.94	390	锚喷支护
14	11 轨道上山平台	7.97	9.54	12.80	5.94	40	锚喷支护
15	风井	5.48	20.44	12.28	9.12	60	锚喷支护
16	风井	7.45	15.03	12.28	9.12	360	锚喷支护
17	合计					3 610	



综上所述,矿井通风系统改造完成后,矿井需更换现有通风设施,通过选型设计确定将原有风机更换为 FBCDZ-8-No24 (HP 型) 风机,电动机更换为 YBF450M2-8 型电机。风机的效率为 78%, 风机供风能力尚有富余,可调性强。

5 结论

1) 实测矿井进风段、用风段和回风段阻力分配比例为 2:1:11.8, 回风段阻力占矿井通风总阻力的比例 79.9%, 矿井通风系统阻力分布不合理。矿井通风系统总阻力为 2 712 Pa, 已接近矿井通风阻力上限, 若只更换矿井现有通风机, 不能解决进行井下风量不足的问题, 必须对矿井通风系统进行改造。

2) 八一煤矿通风系统已进入高阻力矿井之列且风机已满负荷运行, 必须同时采取两方面的措施方能达到增风效果: 一方面对矿井通风系统进行优化改造, 降低矿井风阻; 另一方面更换能力更大的风机。

参考文献:

- [1] 淮南煤炭学院通风安全教研室. 矿井通风技术测定及其应用[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1980.
- [2] 张国枢. 通风安全学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2007.
- [3] 程根银, 朱锴, 石建军, 等. 晋晋山煤矿通风系统阻力测定与分析[J]. 中国安全科学学报, 2009, 2(19): 101-105.
- [4] 黄寿元, 赵伏军, 李艳波, 等. 周源山煤矿通风阻力测定与分析[J]. 矿业工程研究, 2009, 24(4): 34-38.
- [5] 温贺兴, 杜福荣. 霍洛湾矿通风阻力测定与降阻实践[J]. 矿业工程研究, 2013, 28(4): 38-39.
- [6] 张学博, 高贯金, 郭飞鹏. 平煤一矿通风系统优化改造方案[J]. 西安科技大学学报, 2011, 31(6): 741-743.
- [7] 李向东. 龙滩煤矿通风系统改造优化方案的研究[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(12): 66-68.
- [8] 张攀, 张青宣, 尹士献, 等. 千秋煤矿主要通风机选型研究[J]. 矿山机械, 2011, 34(8): 33-35.
- [9] 陈光柱. 煤矿主通风机选型系统的设计[J]. 工矿自动化, 2002(4): 24-28.
- [10] 蔡立勇, 尹智雄. 贵州腾龙煤矿通风系统调查及通风能力核定[J]. 矿业工程研究, 2013, 28(4): 31-37.
- [11] 马骊, 王鹏军, 李晋生. 浅析矿井通风系统的优化[J]. 中国安全生产科学技术, 2009, 5(4): 187-190.
- [12] 邱家川. 车集煤矿通风系统优化改造研究[C]//第三届全国煤矿机械安全装备技术发展高层论坛暨新产品技术交流会论文集. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2012.