

文章编号:1671-251X(2021)09-0025-08

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2021010081

矿井分区域通风系统优化设计

刘昆轮¹, 韩耀中², 秦存利³, 王刚⁴



扫码移动阅读

- (1. 神华新疆能源有限责任公司 生产技术部, 新疆 乌鲁木齐 830000;
2. 山东新巨龙能源有限责任公司, 山东 菏泽 274918;
3. 山东科技大学 安全与环境工程学院, 山东 青岛 266590;
4. 山东科技大学 矿山灾害预防控制-省部共建国家重点实验室培育基地, 山东 青岛 266590)

摘要:现有通风系统优化设计大多是针对普通矿井通风系统,很少有针对分区矿井通风系统的优化设计。针对该问题,为实现井下风网的均衡通风,以新疆乌鲁木齐乌东煤矿为研究对象,利用通风阻力测定及通风网络解算方法对其分区通风系统稳定性进行分析研究,结果表明:① 乌东煤矿在南北分区主要通风机对拉及自然风压变化作用下, +400 m 水平轨道大巷风量极不稳定,经常出现少风甚至风流反向的情况。② 主要通风机效率低,南区为 42%,北区为 38%,工况点对应的矿井通风阻力值低于高效区阻力值。③ 乌东煤矿秋冬两季自然风压变化较大,北区自然风压最大波动大约为 65 Pa,影响北区主要通风机的稳定运行。针对乌东煤矿分区通风系统存在的问题提出了优化设计方案:在北区各生产水平施工调节风墙、风门等通风设施,增大北区通风阻力,并根据矿区实际情况提高南区配风量,适当提高矿井负压,在 +400 m 水平轨道大巷中增加风量调节设施,加强该巷道的风量监测,避免风量超限。优化方案实施后,北区负压有所提高,利于对抗自然风压的变化,北区各水平增阻调节后,矿井阻力分布相对合理、风流相对稳定,提高了矿井通风系统的安全稳定性,主要通风机效率也有了明显提升;+400 m 水平轨道大巷在南北压差的作用下风流方向能够保持稳定,没有再出现少风、风流反向的问题,风量的稳定性也大大增加,其他主要用风地点的风量、压力未出现异常,主要通风机运行的平稳性提高了,证明了优化方案的有效性。

关键词:矿井通风;分区通风系统;分区角联;自然风压;风量调节;通风阻力;通风网络解算
中图分类号:TD72 文献标志码:A

Optimization design of mine regional ventilation system

LIU Kunlun¹, HAN Yaozhong², QIN Cunli³, WANG Gang⁴

- (1. Production Technology Department, Shenhua Xinjiang Energy Co., Ltd., Urumqi 830000, China;
2. Shandong New Julong Energy Co., Ltd., Heze 274918, China; 3. School of Safety and Environmental Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China;
4. State Key Laboratory Breeding Base for Mine Disaster Prevention and Control, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: Most of the existing ventilation system optimization designs focus on general mine ventilation systems, and there are few optimization designs for regional mine ventilation systems. In order to solve this problem and achieve balanced ventilation of the underground air network, taking the Wudong Coal Mine in Urumqi, Xinjiang as the research object, the stability of the regional ventilation system is analyzed and studied by using ventilation resistance measurement and ventilation network calculation method. The

收稿日期:2021-01-28;修回日期:2021-08-25;责任编辑:张强。
基金项目:2018 年新疆维吾尔自治区引进高层次人才天池百人计划(新人社函[2019]39 号)。
作者简介:刘昆轮(1981—),男,江苏徐州人,工程师,现主要从事矿井“一通三防”技术管理工作,E-mail:241042371@qq.com。通信作者:韩耀中(1994—),男,山东新泰人,助理工程师,主要从事矿井通风与安全方面的研究工作,E-mail:sdkdhyz@163.com。
引用格式:刘昆轮,韩耀中,秦存利,等. 矿井分区域通风系统优化设计[J]. 工矿自动化,2021,47(9):25-31.
LIU Kunlun, HAN Yaozhong, QIN Cunli, et al. Optimization design of mine regional ventilation system[J]. Industry and Mine Automation, 2021, 47(9): 25-31.

results are showed as follows. ① In Wudong Coal Mine, under the effect of the main ventilator pulling and natural wind pressure variation in the north and south regions, the air volume of +400 m horizontal track roadway is extremely unstable, and there is often less wind or even reverse wind flow. ② The efficiency of the main ventilator is low, the efficiency is 42% in the south region and 38% in the north region. The mine ventilation resistance value corresponding to the working condition point is lower than the resistance value in the high efficiency region. ③ The natural wind pressure of Wudong Coal Mine varies greatly in autumn and winter. The maximum fluctuation of natural wind pressure in the north region is about 65 Pa, which affects the stable operation of the main ventilator in the north region. The optimization design is proposed for the problems of the regional ventilation system of Wudong Coal Mine. It is proposed to construct ventilation facilities such as air walls and dampers at each production level in the north region, increase the ventilation resistance in the north region, and increase the air distribution volume in the south region according to the actual situation of the mine. Moreover, it is suggested to increase the negative pressure of the mine, add air volume adjustment facilities in the +400 m horizontal track main roadway, and strengthen the air volume monitoring of the roadway to avoid excessive air volume. After the implementation of the optimization scheme, the negative pressure in the north region is increased, which is beneficial to resist changes in natural wind pressure. After the resistance increase and adjustment at various levels in the north region, the mine resistance distribution is relatively reasonable and the air flow is relatively stable, which improves the safety and stability of the mine ventilation system. The efficiency of the main ventilator has also been significantly improved. The wind flow direction of the +400 m horizontal track roadway can be kept stable under the effect of the north-south pressure difference, and there is no more problems of less wind or reverse wind flow. The stability of the air volume has also been greatly increased. The air volume and pressure of other main wind locations are not abnormal. The operation stability of the main ventilator is improved, which proves the effectiveness of the optimization scheme.

Key words: mine ventilation; regional ventilation system; regional diagonal connection; natural wind pressure; air volume adjustment; ventilation resistance; ventilation network calculation

0 引言

煤炭在我国能源结构中具有不可替代的作用^[1]。我国绝大多数的煤矿为井工煤矿,矿井通风系统是井工矿井最重要的系统之一,它的良好运行决定着井下人员的安全及其他生产系统的正常运转^[2]。长期以来,由于深部开拓、矿井接续延伸、产能提升改扩建、井巷及通风构筑物老化等原因,国内的矿井通风系统出现了主要用风地点风流稳定性低、风量不足等问题,甚至一些煤矿因此发生了矿井自然发火、瓦斯爆炸事故,严重威胁了矿井的安全生产^[3]。因此,针对矿井通风系统目前存在的问题,开展通风系统优化调整理论与技术的研究,对于提高矿井通风系统的稳定性与可靠性,保障井下人员安全及矿井安全高效生产具有重要意义。

刘兴旭^[4]针对大屯煤电集团孔庄煤矿矿井通风系统东风井 I6 和 III5 采区回风段存在风量集中、阻力大的问题,利用阻力测定和通风网络解算方法掌握了通风系统现状及必要的技术参数,对孔庄煤矿

东风井通风系统及 IV1 采区和 IV3 采区的通风系统进行了优化,降低了南风井和东风井的主要通风机相互干扰的程度,保障了各用风地点风量充足与风流稳定。李文龙^[5]对河北唐山开滦林西煤矿进行现场数据测定,利用矿井通风系统优化理论和矿井通风管理信息系统构建林西煤矿通风仿真系统,对通风系统进行仿真分析,提出了清理冒高巷道、断面优化、降低总回风量、更换通风机等措施,解决了林西煤矿矿井负压大、有效通风率低的问题,保障了矿井通风系统的稳定性。孟祥浩^[6]针对山西潞安矿业(集团)有限责任公司王庄煤矿矿井通风动力与通风系统匹配性差、风流稳定性差的问题,提出了通风动力与通风阻力匹配度概念,对各回风井最大阻力路线的各段阻力和各个回风立井的主要通风机性能等进行了对比分析,得出了王庄煤矿通风系统各回风井通风阻力与通风动力匹配度。结合王庄煤矿目前的实际运行状况和生产衔接计划,给出了提高通风动力与阻力匹配度的优化改造方案,利用通风管理信息系统对方案实施后的矿井通风情况进行模拟仿

真,提出了修复 52 专用回风巷,关闭 740 运输巷的技术措施,保障了矿井井下风流的稳定性,提高了矿井通风动力与通风系统的匹配度。李伟等^[7]针对山西忻州保德煤矿矿井通风系统存在回风段阻力高、通风系统不稳定等问题,对其进行了通风阻力测定,分析了矿井通风阻力分布以及通风系统现状,提出了清理巷道堆积物、加强风门堵漏,对井巷局部地点的断面、形状、拐弯曲度、边壁的粗糙程度进行优化等建议,解决了保德煤矿通风系统不稳定等问题,保障了矿井的安全高效生产。曹怀轩^[8]针对山东济宁东滩煤矿部分巷道段阻力较高、回风段阻力所占比重偏高、供风路线过长等问题,采用 Ventsim 三维通风仿真系统软件建立了通风系统三维仿真模型,通过仿真模拟了东滩煤矿通风系统现状,提出了针对该煤矿实际情况的优化方案,保障了矿井通风系统的稳定性。高磊^[9]针对铁法煤业集团大兴矿南北两翼分区域运输大巷风流不稳定问题展开了研究,通过建立全矿井巷道系统 3D 单线网域的数字模型,运用仿真软件 TF1M3D 对大兴矿通风系统进行仿真分析,根据矿井工作面主要通风路线上的巷道阻力分布,分析了阻力升高区产生的原因,给出了可行的降阻途径和措施,解决了运输大巷风流稳定性差的问题。以上文献对通风系统存在用风地点风流稳定性差、风量不足、风阻大、有效通风率低等问题的矿井进行了优化调整设计,但大多数通风系统优化设计是针对普通矿井通风系统的,很少有针对分区矿井通风系统的优化设计。而分区通风具有风流互不联通、风路短、阻力小、漏风少、经济合理的特点^[10-14],矿井设计为分区通风成为一种趋势。为此,本文以新疆乌鲁木齐乌东煤矿为研究对象,利用通风阻力测定及通风网络解算的方法对其分区通风系统稳定性进行分析研究,针对系统存在的问题提出了优化设计方案,为类似分区域矿井通风系统优化提供借鉴。

1 矿井概况

乌东煤矿井田内煤层分布于八道湾向斜南北两翼,其中南区位于八道湾向斜南翼,主采 B₁₋₂、B₃₋₆ 煤层,B₁₋₂ 煤层平均厚度为 37.45 m,B₃₋₆ 煤层平均厚度为 48.87 m,煤层平均倾角为 87°,属近直立煤层;北区位于八道湾向斜北翼,主采 43 号煤层(即 B₃₋₆ 煤层,下同)、45 号煤层(即 B₁₋₂ 煤层,下同),43 号煤层平均厚度为 23.39 m,45 号煤层平均厚度为 27.14 m,煤层平均倾角为 45°,属急倾斜煤层。南北区矿井瓦斯绝对涌出量为 26.01 m³/min,瓦斯相对涌出量为 6.68 m³/t,CO₂ 绝对涌出量为

37.64 m³/min,CO₂ 相对涌出量为 9.66 m³/t,采煤工作面最大绝对瓦斯涌出量为 5.65 m³/min,煤巷掘进工作面最大绝对瓦斯涌出量为 3.34 m³/min,矿井瓦斯等级为高瓦斯矿井。矿井水文地质类型为复杂型,正常涌水量为 286 m³/h,最大涌水量为 357 m³/h。矿井煤层自燃倾向性鉴定结果为Ⅱ类自燃煤层。

乌东煤矿矿井通风方式为分区抽出式。矿井分为南北二区,北区由主斜井、副斜井进风,回风立井回风;南区由副立井、副斜井进风,回风立井回风。南区风井总回风量为 6 960 m³/min、负压为 650 Pa,北区风井总回风量为 7 200 m³/min、负压为 560 Pa。南北二区在+400 m 水平通过+400 m 水平轨道大巷与+400 m 胶带大巷连接形成角联风网。目前矿井生产活动集中在南区的+450 m、+425 m 工作面,北区没有生产活动,北区+575 m 为备用工作面。

2 矿井通风系统阻力测定分析

2.1 通风阻力测定

2019 年 10 月采用精密气压计逐点测定法对乌东煤矿通风阻力进行了测定^[15-17]。根据矿井通风阻力测定的原则和要求,结合该矿井实际情况,在北区和南区通风系统各选择了 1 条风流路线长、风量大,且能反映通风系统特征的路线作为主测路线。测点要求布置在风流稳定、巷道规整的地点,测点前后支护完好、无杂物堆积,且尽可能在标高控制点附近^[18],测点布置如图 1 所示。2 条主测路线如下:

主测路线 1(北区+500 m 水平东翼 43 号、45 号煤层通风系统):副斜井口→副斜井内+500 m 水平车场前→+500 m 水平出车侧→+500 m 水平东翼 45 号煤层北巷→+500 m 水平东翼 45 号煤层南巷→2 226 m 通风措施巷→+500 m 水平东翼 43 号煤层南巷→+500~+575 m 回风上山→+585 m 水平总回风→北区回风立井风硐主要通风机前。

主测路线 2(南区+425 m 水平工作面通风系统):新副井井口→新副井井底→+400 m 水平轨道大巷→+400~+425 m 轨道上山→+425 m 水平 B6 巷→+425 m 水平 B3 巷→南区回风立井风硐主要通风机前。

2.2 测定结果分析

(1) 通风阻力分布情况。将通风系统的风路分为进风段、用风段和回风段进行对比分析。2 条主测路线的通风阻力分布情况见表 1。从表 1 可看出,与一般矿井进风段、用风段、回风段 3:3:4 的比

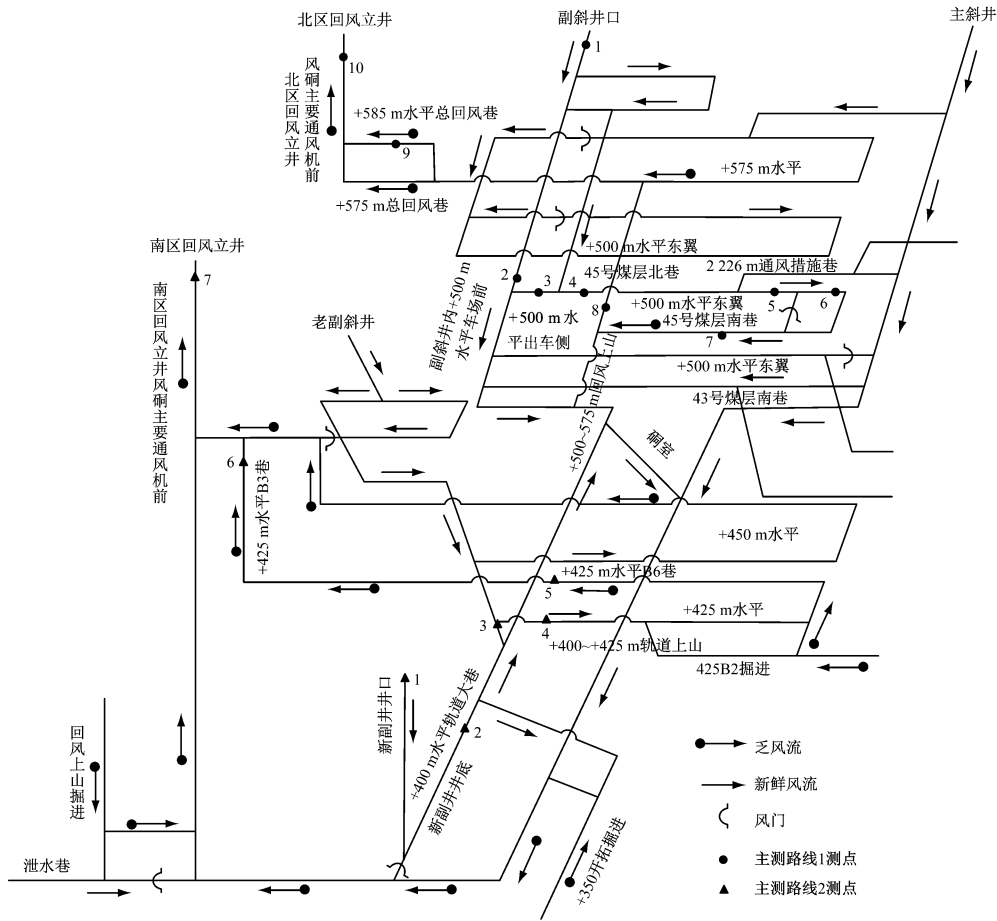


图 1 矿井通风阻力测点布置

Fig. 1 Layout of mine ventilation resistance measurement points

例相比,2 条测量路线回风段的阻力占比高于这一数值,主要原因是主测路线 1 回风路线过长,占总线路的 54.6%,主测路线 2 回风段通风断面积小,仅为 11 m²。

表 1 矿井通风系统阻力分布

Table 1 Resistance distribution of ventilation system

路线	区段	测点区间	长度/m	总长度 占比/%	通风 阻力/Pa	总阻力 占比/%
主测 路线 1	进风段	1—4	805	13.4	121.55	19.6
	用风段	4—7	1 915	32.0	148.13	23.9
	回风段	7—10	3 266	54.6	350.57	56.5
	合 计	—	5 986	100	620.25	100
主测 路线 2	进风段	1—3	534	8.4	84.63	13.5
	用风段	3—5	5 144	81.0	76.47	12.2
	回风段	5—7	676	10.6	467.75	74.4
	合 计	—	6 354	100	628.85	100

(2) 通风阻力坡度及百米风阻分布。乌东煤矿 2 条主测路线通风阻力坡度及百米风阻分布分别如图 2 和图 3 所示。从图 2 可看出,主测路线 1 的 2 226 m 通风措施巷至 +500~+575 m 回风上山(测点 6—测点 8)阻力坡度上升较为均匀,通风阻力

由 320 Pa 上升至 390 Pa,+585 m 水平总回风至北区回风立井风硐主要通风机前(测点 8—测点 10)阻力上升较快,通风阻力由 390 Pa 上升至 620.25 Pa,主要原因是风流路线逐渐延长,有效通风断面减小,风流密度增加,巷道粗糙度增加,摩擦阻力系数增大。2 226 m 通风措施巷(测点 6)处局部风阻最大。从图 3 可看出,主测路线 2 中的 +425 m 水平 B3 巷至南区立风井风硐主要通风机前(测点 6—测点 7)通风阻力坡度变化较大,通风阻力由 192 Pa 上升至 620 Pa,为局部高阻力段,局部阻力达 428 Pa,其余巷道阻力坡度比较均匀。

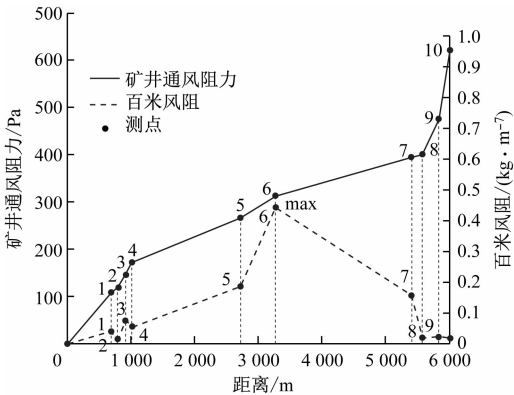


图 2 主测路线 1 阻力坡度

Fig. 2 Slope of resistance of main measurement route 1

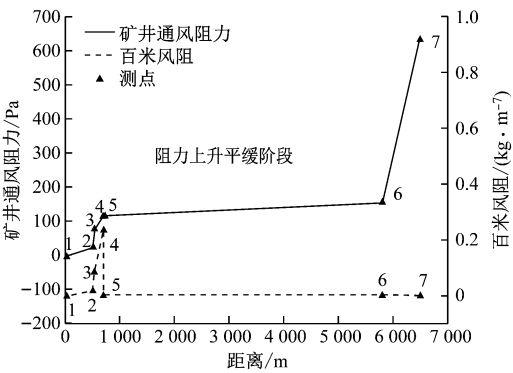


图3 主测路线2阻力坡度

Fig. 3 Slope of resistance of main measurement route 2

(3) 矿井等积孔。由2条主测路线计算出的北区、南区及全矿井的等积孔见表2。从表2可看出,矿井等积孔较大,总风阻较小,矿井通风难易程度为容易。

表2 矿井通风总风阻及等积孔

Table 2 Total ventilation resistance and equal volume holes in mine ventilation

地点	总风阻/(N·s ² ·m ⁻⁸)	等积孔/m ²
北区回风立井	0.043	5.74
南区立风井	0.045	5.61
全矿井	0.011	11.35

通过对测定结果的阻力分布、阻力坡度、百米风阻分布及矿井等积孔的计算分析可以发现:乌东煤矿通风系统南北2个分区的配风量较大、总阻力比较小,井下风网的阻力分布不合理,回风段阻力值过高,南区占比为74.4%,北区占比为56.5%。但是2个分区的负压值比较接近,加上矿井自然风压的作用,2个分区之间的稳定性与平衡性较差。

2.3 通风系统网络解算

由于乌东煤矿的通风网络比较复杂,所以,在解算前先对乌东煤矿通风系统进行了适当简化,合并并删除了小角联、联络巷、车场等分支,绘制通风网络图及各风路节点。依据巷道各分支节点编制通风网络解算原始数据表,将原始数据表导入通风网络解算模拟软件进行拟合,将主要巷道的风量、阻力、风阻等数据调整至收敛,从而得到了矿井通风系统所有的阻力特性技术参数。

2.4 矿井通风系统现状分析

将阻力测定测得的通风技术参数(摩擦阻力系数、风量、断面积)等输入通风网络解算模拟软件,微调摩擦阻力系数,对风网进行自动迭代计算,直至风量与矿上实际风量基本一致,从而输出风量、阻力、风速、通风机工况点等解算结果。结合阻力测定结

果以及通风网络解算结果对乌东煤矿通风系统进行分析,得出以下结论:

- (1) 矿井采用分区式通风方式,2个分区的负压值比较接近,在南北分区主要通风机对拉及自然风压变化作用下,+400 m水平轨道大巷风量极不稳定,经常出现少风甚至风流反向的情况,对矿井安全生产不利。
- (2) 矿井主要通风机效率低,南区为42%、北区为38%,工况点对应的矿井通风阻力值低于高效区阻力值。
- (3) 乌东煤矿秋冬两季自然风压变化较大,北区自然风压最大波动大约在65 Pa,北区秋季一天中自然风压变化值为26.84 Pa,冬季一天中自然风压变化值为46.43 Pa,影响北区主要通风机的稳定运行,严重时出现喘振现象。

3 通风系统优化方案的设计与分析

3.1 通风系统优化方案设计

通过前文分析可以发现,造成乌东煤矿通风系统部分用风地点风量不稳定的根本原因是分区通风使得大角联分支失稳,自然风压对矿井北区主要通风机影响严重,导致北区主要通风机运行不平稳,严重偏离高效区,主要通风机效率大大降低。因此,结合乌东煤矿的实际情况,同时考虑到北区+575 m备用工作面一旦启封生产后配风量、通风阻力都会有所增大,矿井北区通风阻力、主要通风机运行的效率和平稳性,以及角联分支+400 m水平轨道大巷少风、风流反向的问题,对通风系统进行优化的思路如下:① 将分区回风改为单翼集中回风,设计的依据是乌东煤矿井下巷道及风井井筒的断面比较大,风速不会超限,大角联分支的通风动力由两端对拉变为单一方向,稳定性增加。矿井总阻力有一定程度的增大,主要通风机效率能够大大提升,并且自然风压变化对系统的影响也会减弱。② 考虑自然风压对主要通风机的影响,对矿井北区采取增阻调节,改变矿井通风阻力特性曲线及主要通风机工况点,以提高主要通风机运转效率。同时使2个分区之间形成压差,这样就能确保大角联分支风流方向固定以及风量相对稳定。

综合以上分析提出了以下3个可行的方案:

方案I:施工一条贯通北区+400~425 m回风上山底部与南区立风井井底的回风大巷(断面16 m²,全长大约1 250 m),封闭北区回风立井,全

矿井由南区立风井回风。

方案 II:在方案 I 的基础上,控制南区副立井、南区副斜井进风量,使南区用风主要由北区进风井自+400 m 水平轨道大巷进入。

方案 III:在北区各生产水平施工调节风墙、风门等通风设施,增大北区通风阻力并根据情况提高南区配风量,适当提高矿井负压,在+400 m 水平轨道大巷中增加风量调节设施,加强该巷道的风量监测,避免风量超限。

表 3 通风系统优化方案网络解算结果

Table 3 Network calculation results of ventilation system optimization schemes

方案	矿井总阻力/Pa	矿井总风量/ (m ³ ·min ⁻¹)	主要通风机 效率/%	掘进 工程量/m	施工单价/ (元·m ⁻¹)	施工概 算/万元
未优化前	560(北区)、650(南区)	14 160	38(北区)、42(南区)	—	—	—
方案 I	750	12 600	44(北区)、49(南区)	1 250	7 200	900
方案 II	1 180	12 600	72(北区)、63(南区)	1 250	7 200	900
方案 III	820(北区)、650(南区)	6 960(北区)、7 920(南区)	76(北区)、79(南区)	0	0	0

根据网络解算的结果可知,方案 I 通过贯通北区+400~425 m 回风上山底部与南区立风井井底的回风大巷,封闭北区回风立井,可有效解决+400 m 水平轨道大巷风流不稳定的问题,主要通风机效率有少许提升(北区提升 6%,南区提升 7%),但方案实施后,矿井的总负压偏低,为 750 Pa,矿井应对自然风压变化的能力不足。方案 II 相比方案 I,矿井总负压足够应对自然风压的变化,进一步提高了矿井通风系统的安全稳定性,主要通风机的效率也大大提高(北区提升 34%,南区提升 21%)。方案 III 依然采取分区通风方式,便于 2 个分区局部用风地点的临时调节。北区负压增加了 260 Pa,有利于应对自然风压的变化,主要通风机的效率也有了明显提升。+400 m 水平轨道大巷在南北压差的作用下风流方向能够保持稳定,风量的稳定性也大大增加。

方案 I 可以在一定程度上解决矿井角联风网的问题,但是总负压依然偏低,不利于系统应对自然风压的影响,并且需要施工 1 条 1 250 m 的岩巷。方案 II 也可以在一定程度上解决矿井角联风网的问题,矿井总负压大大提高,有利于系统应对自然风压的影响,但北区总回风的风速超限,需要扩刷两巷道断面,并且需要施工 1 条 1 250 m 的岩巷。方案 III 彻底解决了矿井角联风网的问题,矿井总负压也比较大,能够帮助应对自然风压的影响,北区各水平增阻调节后,矿井阻力分布相对合理、风流相对稳定。从经济性、可行性等因素综合考虑,选定方案 III 作为乌东煤矿通风系统优化设计方案。

3.2 通风系统优化方案网络解算分析

为了预测优化方案的效果,依据矿井通风系统现状分析中得到的井下风网阻力特性技术参数,并在原有风网解算基础上建立优化调整的分支,采用已有相似巷道的参数对新建分支进行赋值,对各优化方案进行网络解算。并且根据井田的岩层特性,对方案中需要掘进施工的巷道费用进行了计算,换算出了每米的施工单价。通风系统优化方案网络解算结果见表 3。

3.3 通风系统进一步优化建议

综合考虑矿井开拓布置、工程造价、现有通风设施等因素,建议近期在北区各生产水平进行增阻调节,使北区负压达到 820 Pa 左右,以应对自然风压变化的影响,同时在南北区负压差的作用下,构建风量调节设施,确保+400 m 水平轨道大巷风量的稳定性。远期可根据实际情况考虑施工贯通北区+400~425 m 回风上山底部与南区立风井井底的回风大巷,封闭北区回风立井,全矿井由南区立风井回风。

4 结论

(1) 利用通风阻力测定及通风网络解算的方法对乌东煤矿分区通风系统稳定性进行分析研究,分析得出了如下结论:乌东煤矿矿井通风系统南北 2 个分区的配风量较大、总阻力比较小,井下风网的阻力分布不合理,回风段阻力值过高,但是 2 个分区的负压值比较接近,加上矿井自然风压的作用,2 个分区之间的稳定性与平衡性较差。在南北分区主要通风机对拉及自然风压变化作用下,+400 m 水平轨道大巷风量极不稳定,会出现少风甚至风流反向的情况,矿井主要通风机效率低,南区为 42%、北区为 38%,工况点对应的通风阻力值低于高效区阻力值。

(2) 针对乌东煤矿分区通风系统存在的问题,提出了通风系统优化方案:在北区各生产水平施工调节风墙、风门等通风设施,增大北区通风阻力,并根据矿井实际情况提高南区配风量,适当提高矿井

负压,在+400 m 水平轨道大巷中增加风量调节设施,加强该巷道的风量监测,避免风量超限。

(3) 在通风系统优化改造后,北区负压有所提高,利于应对自然风压的变化,提高了矿井通风系统的安全稳定性,主要通风机效率也有了明显提升。+400 m 水平轨道大巷在南北压差的作用下风流方向能够保持稳定,没有再出现少风、风流反向的问题,风量的稳定性也大大增加,主要通风机运行的平稳性也提高了,证明了优化方案的有效性。

参考文献(References):

- [1] 张庆华,姚亚虎,赵吉玉. 我国矿井通风技术现状及智能化发展展望[J]. 煤炭科学技术,2020,48(2): 97-103.
ZHANG Qinghua, YAO Yahu, ZHAO Jiyu. Status of mine ventilation technology in China and prospects for intelligent development [J]. Coal Science and Technology, 2020,48(2):97-103.
- [2] 朱华新,魏连江,张飞,等. 矿井通风可视化仿真系统的改进研究[J]. 采矿与安全工程学报,2009,26(3): 327-331.
ZHU Huaxin, WEI Lianjiang, ZHANG Fei, et al. Improvement of the visual simulation of mine ventilation system [J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2009,26(3):327-331.
- [3] 高东旭. 基于仿真技术的矿井通风安全管理信息系统[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2008.
GAO Dongxu. Mine ventilation safety management information system based on simulation technology [D]. Fuxin: Liaoning Technical University, 2008.
- [4] 刘兴旭. 深水平多风井矿井通风系统优化研究[D]. 青岛:山东科技大学,2018.
LIU Xingxu. Optimization research for ventilation system of coal mine with deep level and multi air-shaft[D]. Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2018.
- [5] 李文龙. 林西煤矿通风系统优化改造研究[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2018.
LI Wenlong. Study on optimization and reformation of ventilation system in Linxi Mine [D]. Fuxin: Liaoning Technical University, 2018.
- [6] 孟祥浩. 王庄煤矿基于通风动力与阻力匹配度通风系统优化改造[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2019.
MENG Xianghao. Optimization and reform of ventilation system based on ventilation power and resistance matching in Wangzhuang Coal Mine[D]. Fuxin: Liaoning Technical University, 2019.
- [7] 李伟,杨胜强,程涛,等. 保德煤矿通风阻力测定及结果分析[J]. 煤炭科学技术,2011,39(8):54-56.
LI Wei, YANG Shengqiang, CHENG Tao, et al. Ventilation resistance measurement of Baode Mine and results analysis[J]. Coal Science and Technology, 2011,39(8):54-56.
- [8] 曹怀轩. 基于 Ventsim 的复杂通风系统优化及监测预警研究[D]. 青岛:山东科技大学,2020.
CAO Huaixuan. Research on optimization and monitoring early warning of complex ventilation system based on Ventsim [D]. Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2020.
- [9] 高磊. 大兴矿两翼分区域通风运输大巷风流稳定性研究[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2016.
GAO Lei. Research on airflow stability of haulage roadway based on two wings partitioned ventilation in Daxing Mine [D]. Fuxin: Liaoning Technical University, 2016.
- [10] 谈国文. 复杂矿井通风网络可视化动态解算及预警技术[J]. 工矿自动化,2020,46(2):6-11.
TAN Guowen. Visualized dynamic solution and early warning technology for ventilation network of complex mine [J]. Industry and Mine Automation, 2020,46(2):6-11.
- [11] 高亚超. 矿井多级机站通风网络解算技术研究[D]. 西安:西安科技大学,2020.
GAO Yachao. Research technology of ventilation network solution for mine multi-stage engine station [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2020.
- [12] 宋泽阳,李学创,齐文宇,等. 矿井通风系统稳定性定量判定方法研究[J]. 中国安全科学学报,2011,21(9):119-124.
SONG Zeyang, LI Xuechuang, QI Wenyu, et al. An approach for quantificational determination of mine ventilation stability [J]. China Safety Science Journal, 2011,21(9):119-124.
- [13] 范加锋,富向,高永强,等. 付家焉煤矿矿井通风系统优化实践[J]. 煤矿安全,2016,47(9):151-154.
FAN Jiafeng, FU Xiang, GAO Yongqiang, et al. Optimization practice of mine ventilation system in Fujiayan Coal Mine [J]. Safety in Coal Mines, 2016, 47(9):151-154.
- [14] 牛福龙. 衰老矿井通风系统模拟优化研究[J]. 煤矿安全,2018,49(6):175-178.
NIU Fulong. Study on simulation and optimization of ventilation system in aging mine [J]. Safety in Coal Mines, 2018,49(6):175-178.
- [15] HAN Yaozhong, CHENG Weimin, LIU Hao, et al.

- Treatment methods for natural wind pressure in mines with zonal ventilation system with diagonal branches—a case study of Wudong Coal Mine[J]. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 2019,31(4):1-13.
- [16] CHEN Shangsuo, CHENG Weiwu, LI Mingchu. Analysis of ventilation system optimization based on the Taguchi method[J]. *Modern Physics Letters B*, 2019,33(4):14-15.
- [17] BASCOMPTA M, SANMIQUEL L, ZHANG H. Airflow stability and diagonal mine ventilation system optimization: a case study[J]. *Journal of Mining Science*,2018,54(5):37-44.
- [18] 韩耀中. 分区域低负压矿井自然风压对通风系统的影响及其控制技术研究[D]. 青岛: 山东科技大学,2020.
- HAN Yaozhong. Research on influence of natural wind pressure on ventilation system and control technology in low negative pressure mine by region [D]. Qingdao:Shandong University of Science and Technology, 2020.