

区域可控循环通风对矿井通风系统影响分析

谭亚军 (西山煤电集团有限责任公司东曲矿, 山西 太原 030053)

摘要: 区域可控循环通风适用于长距离的机械化采掘工作面, 可有效调节工作面的循环风量, 降低瓦斯、粉尘浓度。东曲矿作为高瓦斯矿井, 为解决 18311 回采工作面局部通风阻力大、通风效果差等问题, 设计了区域可控循环通风系统, 将生产区域部分回风返回到该区域的进风风流中, 同时对该区域空气的量和质量进行监控, 保证矿井通风系统的安全稳定运行。

关键词: 可控循环通风系统; 循环风量; 粉尘浓度; 优化改造

0 引言

矿井通风系统是煤矿安全生产的重要组成部分, 通风系统的安全可靠运行、功能是否正常发挥, 直接影响矿井的安全生产秩序。矿井通风系统主要是将井下综采工作面有毒有害气体排至地面, 并为井下各工作地点提供足够的新鲜空气, 创造良好的作业环境, 因此提高通风效率一直是矿井的重要工作。

为此诸多学者开展相关研究白元付, 王安群^[1]针对高瓦斯矿井局部通风系统通风阻力大、通风效果差等问题, 结合矿井实际采取区域可控循环通风技术, 提高通风效率降低矿井瓦斯浓度。东曲矿针对原有的矿井通风系统通风效果差、通风阻力大等问题, 以 18311 综采工作面为研究背景, 基于可控循环通风具有风量调节、温度调节和节能的功效, 设计并提出了可控循环通风系统优化改造方案, 以实现通风风量的控制, 提高通风效率, 减少了通风能耗, 为矿井地质条件相类似的通风系统优化改造提供参考。

1 矿井概况

东曲矿位于山西古交市东南, 矿井设计生产能力 400 万 t/a, 井田面积为 57.9 km² 煤与瓦斯突出矿井, 现主要开采山西组 2[#]、4[#] 煤和太原组 8[#]、9[#] 煤, 均为突出煤层, 煤种有焦煤、瘦煤和贫煤, 矿井绝对瓦斯涌出量 133.40 m³/min, 相对瓦斯涌出量 18.19 m³/t。18311 工作面现阶段准备安装回采, 预计煤层绝对瓦斯涌出量 4.5 m³/min, 局部通风效果差, 影响矿井的安全回采。

2 可控循环通风原理

矿井巷道在掘进初期, 通风功能主要依赖于通风机, 在通风机动力的作用下, 源源不断的为工作面提供新鲜风流。当前, 矿井通风方式主要有: 压入式、抽出式和混合式三种。

不同通风方式下风筒的射程有差异, 一般而言, 压入式通风机风筒的射程大于抽出式通风方式下风筒的射程, 假定巷道断面积为 s , 则压入式通风的射程一般为 $4.5\sqrt{s}$, 抽出式通风的射程为 $1.5\sqrt{s}$ 。混合式通风则是配合运用抽出式抽风机和压入式通风机, 通风效果良好, 被众多矿井应用。如果在通风过程中风流两次经过工作

面, 称为区域循环风流^[2]。

区域可控制循环通风依据新鲜风流是否进入工作面, 分为开路循环通风、闭路循环通风。如果经过除尘器等作用后的风流再次通过风机达到作业点, 称为闭路循环通风, 当工作面瓦斯以及有毒有害气体涌出量较大时, 应该尽量避免闭路循环通风, 以免造成安全事故。开路循环通风是指在通风过程中不断增加新鲜空气, 新鲜空气和工作面气体混合, 如此循环往复, 有效控制了工作面有毒有害气体的浓度, 达到安全生产的目的。实践证明, 开路式循环通风下, 工作面有害气体的浓度不会一直减少, 而是随着通风次数的增加趋于稳定值, 因此, 随着循环通风次数的增加, 巷道内气体的浓度、风流速度以及温度都会趋于稳定值。开路循环通风又称为可控循环通风, 这种通风方式在矿井火灾时期有极大限制, 会加剧煤与瓦斯自燃, 甚至影响机械设备的使用; 当矿井处于正常通风时, 可控循环通风能减少工作面瓦斯的聚集, 及时降低粉尘的浓度, 改善巷道温度, 且该通风方式下降了设备的损耗量, 同时减小了巷道的配风量^[3]。

为验证区域可控循环通风在能耗以及污染气体处理上的优点, 为了得到循环通风在能耗以及污染气体处理上的优点, 通过理论对其进行计算。定义新鲜风量为 Q_l , 循环风量为 Q_r , 总风量为 Q , 循环通风的循环率:

$$F = \frac{Q_r}{Q}$$

风量间存在以下关系式:

$$Q = Q_l + Q_r \quad (1)$$

$$Q_r = \frac{F}{1-F} Q_l \quad (2)$$

$$Q = \frac{1}{1-F} Q_l \quad (3)$$

定义循环通风风路总风阻为 R_0 ; 循环风路风阻为 R_i ; 用风风路风阻为 R , 则局部工作风压:

$$h_f = \frac{(R + F^2 R_i)}{(1-F)^2} Q_l^2 \quad (4)$$

因为循环通风的循环风量 Q_r 必须大于 0, 所以局部

工作风压 $h_f > RQ_i^2$ 。

主要通风机的风压:

$$h_F = [R_0 - \frac{FR_r}{(1-F)^2}] Q_i^2 \quad (5)$$

矿井压入式通风方式下, 矿井主要通风机的风压:

$$h'_F = \frac{R_0+R}{(1-F)^2} Q_i^2 \quad (6)$$

不同通风方式下, 主要通风机的风压差为:

$$h_F - h'_F = \frac{F(F-2)R_0 - F^2R_r - R}{(1-F)^2} Q_i^2 \quad (7)$$

因为 F 的取值介于 0-1 之间, 所以得到公式 (7) 中的风压差值小于零, 可见, 采用循环通风方式下设备风压低, 能耗低。

对于污染物的浓度, 主要讨论瓦斯浓度的变化, 定义工作面瓦斯强度为 C , 新鲜风流的瓦斯浓度为 V_{mol} , 压入式通风下, 瓦斯浓度可用 $(Q_i V_{mol} + C) / Q_i$ 表示。

在循环通风下, 瓦斯浓度值并非一成不变, 第一次循环通风下, 瓦斯浓度值可用以下公式表示:

$$V_{mol} = \left[\frac{Q_i V_{mol} + C}{Q_i} Q_r + Q_i V_{mol} + C \right] / Q \quad (8)$$

N 次循环通风后, 瓦斯浓度值用公式 (9) 表示:

$$V_{mol} = \frac{Q_i V_{mol} + C}{Q_i} F^n + \frac{1-F^{n+1}}{1-F} \frac{Q_i V_{mol} + C}{Q} \quad (9)$$

循环率 F 的取值范围为 0-1 之间, 比较压入式通风和循环通风下作业点附近瓦斯浓度值, 可得循环通风后瓦斯浓度值较低, 因此循环通风方法在污染气体处理, 具有显著的节能减排效果^[4]。

3 优化改造分析

东曲矿 18311 工作面现阶段准备安装回采, 预计煤层绝对瓦斯涌出量 $4.5 \text{ m}^3/\text{min}$, 矿井通风采用抽出式通风方法, 矿井的总风量为 $150 \text{ m}^3/\text{s}$, 每个工作点的风量为 $8 \text{ m}^3/\text{s}$, 采用这种通风方式通风机的能耗大, 通风效果差, 为此, 采用循环通风方式对原有通风系统进行优化改造。将掘进工作面通风方式改为循环通风, 在巷道内布置一个通风机, 完成通风系统的改进, 同时在巷道内安装瓦斯监测仪以及自动报警装置, 采用 PLC 控制器实现通风机风量的自动调节与控制^[5]。

矿井区域循环通风优化改造流程, 是在巷道内增加一个通风机, 用于调节风机的压力, 减少巷道内总通风量, 同时减少压入式通风机的风量, 使得抽出式通风机的压力大于压入式通风机的压力, 然后合理调节两个通风机的风量比, 保证风筒重叠距离大于 10 m , 且需确保抽出式风筒与作业点之间的距离小于设备的有效通风范围, 此外, 为了减少风筒叠加段内气体聚集, 需保证通风的风速大于 0.25 m/s 。对改进后的巷道内粉尘浓度、工作面绝对湿度以及工作面温度等参数进行计算, 得到

表 1 所示的结果。

表 1 循环通风工作面粉尘分布结果

巷道名称	通风风量 / (m^3/s)	通风循环率	除尘效率	旧风粉尘浓度 (mg/m^3)	新风粉尘浓度 (mg/m^3)	改造前粉尘浓度 (mg/m^3)	改造前风量 (m^3/s)	粉尘浓度增加量 (mg/m^3)
8#	6.25	0.33	0.97	1005	5	452.21	7.6	-72.31
	6.00	0.35	0.97	1001	5	462.54	8.1	-56.38

从表 1 中可以看出, 采用循环通风后, 作业点的粉尘量呈现负增长的趋势, 具有良好的除尘效果; 对温度检测: 工作面的风量 $9.42 \text{ m}^3/\text{s}$, 通风循环率 0.33, 原工作面温度 19.85°C , 优化后工作面温度 20.0°C , 温度增加了 0.15°C , 分析可知掘进工作面的温度呈现增长, 但是增量都保持在合理的范围内, 不影响安全生产。

对改造后通风不同时期的风机运行参数进行分析比较, 改造前通风风量 $156.2 \text{ m}^3/\text{s}$, 负压值 2541.1 Pa , 风机轴功率 465.3 kW , 电机功率 612.4 kW ; 改造后通风风量 $143.2 \text{ m}^3/\text{s}$, 负压值 2145.2 Pa , 风机轴功率 375.6 kW , 电机功率 501.4 kW 。经优化改造后矿井的通风风量和通风负压值在一定程度上有所降低, 但是实际运行工况效率未改变, 风机轴的运行功率和电机功率都明显降低, 减少了设备的损耗, 从经济效益角度分析, 改造后的区域可控循环通风体现出显著效果。

4 结论

东曲矿针对 18311 回采工作面通风效果差现状, 影响安全生产的现状, 基于区域可控循环通风原理, 对原通风系统进行优化改造, 经改造后的循环通风系统有效降低了掘进工作面有毒有害气体和粉尘浓度, 且减少了通风机的电能损耗, 具有显著的经济效益, 同时, 有效保证矿井的安全生产。

参考文献:

- [1] 白元付, 王安群, 杨中星. 矿井可控循环通风技术在王家寨矿的研究利用 [J]. 山东煤炭科技, 2005, 01(1): 60-60.
- [2] 余跃进, 马逸吟. 国外掘进巷道控制循环通风技术的研究与应用 [J]. 矿业安全与环保, 1990(02): 59-66.
- [3] 葛程, 吴永波. 矿井通风系统优化设计方法的实际应用分析 [J]. 科技与企业, 2014, 000(005): 157-157.
- [4] 卡里, F, 吴勇华. 矿井可控循环通风系统瓦斯浓度的瞬变 [J]. 陕西煤炭技术, 1994(3): 43-52.
- [5] 白元付, 王安群, 杨中星. 矿井可控循环通风技术在王家寨矿的研究利用 [J]. 山东煤炭科技, 2005, 01(1): 60-60.