

东曲矿综掘工作面可控循环通风技术数值模拟研究

Numerical simulation of

controlled circulation ventilation technology in fully mechanized mining face of Dongqu mine

单晓树 (西山煤电集团有限责任公司东曲矿, 山西 太原 030053)

Shan Xiao shu (Dongqu mine of Xishan Coal Power Group Co.,Ltd, Shanxi Province 030053)

摘要: 为了提高综掘工作面通风除尘效果,以东曲矿 28802 综掘工作面为工程背景,采用 Fluent 数值模拟软件进行模拟与现场实测相结合的方法,对可控循环通风效果进行分析,研究发现区域可控循环通风解决矿井通风困难,达到节能减排的效果,在 28802 综掘工作面的现场试验中,工作面粉尘含量减小 65%~85%,最大处减少 95%,除尘效果显著。

关键词: 综掘工作面;可控循环通风;Fluent 数值模拟;粉尘浓度

Abstract: in order to improve the ventilation and dust removal effect of fully mechanized mining face, taking the 28802 fully mechanized mining face of Dongqu mine as the engineering background, fluent numerical simulation software was used to simulate and field measurement was used to analyze the effect of controlled circulation ventilation. It was found that the regional controlled circulation ventilation solved the difficulty of mine ventilation and achieved the effect of energy saving and emission reduction, In the field test of 28802 fully mechanized working face, the dust content of working face is reduced by 65% ~ 85%, and the maximum part is reduced by 95%.

Key words: fully mechanized working face; Controlled circulation ventilation; Fluent numerical simulation; dust concentration

煤炭作为我国最主要的能源,在我国能源生产和消耗中均占 75% 左右。高强度的开采使地表浅埋煤层资源枯竭,开采逐步向埋藏较深开采难度较大的深部煤层推进。随着煤矿采掘生产技术的不断进步,掘进机械化程度日益提高,矿井综采掘进工作面作业环境的瓦斯、粉尘污染日趋严重,严重影响矿工的身体健康。传统的通风除尘设备效果有限,自上世纪六十年代末,英国科学家研究的区域可控循环通风技术(简称 CAR),取得良好的通风除尘、除瓦斯效果。区域可控循环通风就是有计划地在进风回风流之间增设辅助通风机,籍助于辅助通风机产生的能量,使部分回风流再次返回到该区域的进风风流中再循环。循环通风具有调节风量、瓦斯、粉尘的作用,达到节能减排的目标。本文以东曲矿 28802 综掘工作面为研究背景,采用 Fluent 数值模拟软件对掘进工作面循环通风进行研究,为高瓦斯矿井通风系统优化改造提供参考。

1 矿井概况

东曲矿位于太原西山煤田北部,井田面积为 57.9km²,矿井设计生产能力 400 万 t/a,现在主要开采山西组 2[#]、4[#] 煤和太原组 8[#]、9[#] 煤,28802 综采工作面位于 +973

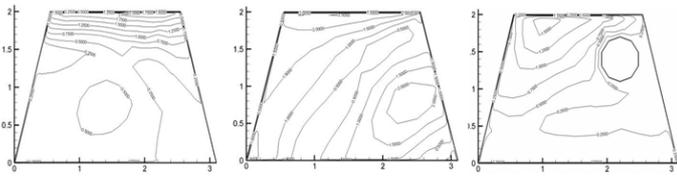
水平三采区 8[#] 煤层为Ⅲ类不易自燃煤层,具有爆炸性,爆炸指数为 17.57%。28802 综采工作面准备安装回采,预计煤层绝对瓦斯涌出量 4.5m³/min。采用“U”型通风系统,轨道顺槽进风,皮带顺槽回风。

2 数值模拟研究

28802 综掘工作面采用综采放顶煤采煤工艺。东曲矿为煤与瓦斯突出矿井,采用原有的压入式通风方式,通风风量不足,不能有效排除瓦斯、粉尘。为此,本文基于可控循环式通风原理,对原由通风系统进行优化改造,并采用 Fluent 数值模拟软件对循环通风的效果进行检验。

28802 综掘工作面采用区域可控循环通风方式时,由于工作面的瓦斯、粉尘分布规律和常规通风模式下的分布规律不同,需要进行深入研究。本文采用 Fluent 数值模拟时,应用 FLUENT 前处理软件 GAMBIT 来构建几何模型、网格划分、技术参数设置等步骤。在进行建模时首先分别建立循环通风巷道模型和常规压入式通风系统,为了计算的方便,只建立作业点 50m 的掘进巷道。建立完数值模型后对其进行网格划分,考虑到模拟计算的精确度,采用 iinterval Size 网格划分方式,划分完成

后常规通风方式下网格总计有 53244 个节点及 48166 个单元, 循环通风系统方式下网格总计有 155280 个节点及 149005 个单元。在进行模拟时, 将流体分为干空气、瓦斯的湿空气及水蒸气, 施加自重及压力, 根据东曲矿 28802 综掘工作面原有的试验数据将掘进工作面的瓦斯含量设定为 0.06–0.08%, 在常规压入式通风方式下设定进风量为 $85.6\text{m}^3/\text{min}$, 风筒的直径设定为 600mm, 进风风速为 5.2m/s, 工作面的相对湿度为 76.5%, 瓦斯密度为 $0.67\text{kg}/\text{m}^3$, 瓦斯的质量流量为 $5.6 \times 10^{-6}\text{kg}/\text{s}$ 。不同距离作业点 XZ 平面风速分布云图如图 1 所示。



a 距离作业点 1.5m b 距离作业点 5m c 距离作业点 20m
图 1 不同距离作业点 XZ 平面风速分布云图

有图 1 可知, 压入式通风的压入筒射流在沿工作面方向上不断发生扩展, 扩展直至到达巷道的底板位置, 然后形成沿巷道底板方向对工作面的冲刷, 当风流到达工作面时, 此时的冲刷风流出现自下向上的运动, 当风流流过工作面巷道顶板时, 此时的风流出现回流, 沿着 -Y 的方向流动, 到达巷道风流入口位置。同时在压风筒射流的扩展方向上共出现两次较为明显的风流旋涡现象, 分别出现在射流扩展段和冲刷工作面的反击流位置。从距离作业工作面 1.5m 剖面示意图可以看出, 风速最大值出现在巷道顶板位置, 而在巷道的底板位置相对的风速较低, 更便于瓦斯的排放。

循环通风方式下设定进风量为 $68.5\text{m}^3/\text{min}$, 风筒的直径设定为 600mm, 进风风速为 3.9m/s, 工作面的相对湿度为 85%, 抽风筒的入口及出口均设定为内部面。模拟研究发现, 在距离作业点 0.5m 的位置时, 此时的顶板出现风速的最大值, 而在巷道的底板位置出现风速的最小值, 对于瓦斯排除较为有利, 当距离作业点的距离增大至 8m 时, 此时在巷道顶板附近位置仍出现风速的最大值, 在巷道的底板及附近壁面风速值较小, 形成两个风速最小点, 出现风流旋涡。在距离作业点 40m 时此时由于风筒的重叠使得风速在顶板位置出现最大值, 风速在巷道的中心线位置出现最小值, 这主要是由于巷道中紊流的作用, 当距离巷道入口 25m 时, 此时在抽风筒位置出现风速的最大值, 并由中心向四周逐步递减。

3 循环通风模式下瓦斯、粉尘分布

3.1 瓦斯浓度监测分析

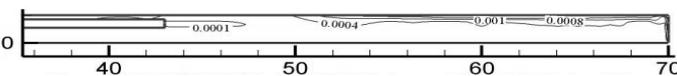


图 2 压风筒轴线近工作面端所在 YZ 平面瓦斯分布云图
对 28802 综掘工作面可循环通风的瓦斯分布情况进行一定的分析, 对抽风筒轴线所在平面的瓦斯分布云图进行分析, 瓦斯分布图如图 2 所示。

从图中可以看出, 在巷道的顶板和工作面出现瓦斯聚集, 在工作面的顶角位置瓦斯浓度最大, 在压风筒的出口和工作面的夹角位置的瓦斯变化梯度最大, 这主要是由于在射流的出口位置流速最大, 而在巷道顶板与工作面位置风流较小, 使得瓦斯不容易被带出, 造成顶板与工作面瓦斯聚集。较传统压入式通风方式, 循环式通风可有效调节配风量, 还可降低工作面的瓦斯聚集。

3.2 粉尘浓度监测分析

对粉尘的分布规律进行研究, 首先设定粉尘的体积分数为 10–12%, 选定离散模型对粉尘分布进行一定的研究, 设定掘进工作面的煤尘密度为 $1435\text{kg}/\text{m}^3$, 粉尘的产生速率为 $40\text{mg}/\text{s}$, 粉尘的平均浓度为 $25.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。假设本文的粉尘均为颗粒球体, 颗粒间的密度不发生变化, 无压缩等物理现象出现, 模拟结果图如图 3 所示。

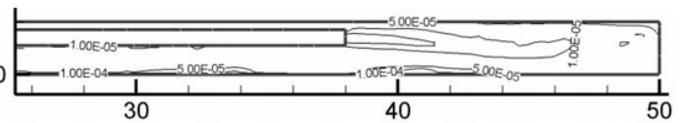


图 3 压风筒轴线近工作面端所在 YZ 平面粉尘分布云图

从图 3 可以看出, 在压风筒的射流方向上, 工作面夹角及巷道顶底板位置出现的粉尘浓度最大, 而在巷道的中线位置粉尘相对较少, 同时工作面分布的粉尘较少, 射流对工作面的瓦斯冲洗效果较好。工作面细颗粒粉尘沿着巷道入口排除, 而工作面的粗颗粒粉尘沿着地板向着抽风筒口聚集。可以看出, 部分颗粒粉尘随着循环风及旋涡的作用下再次回到工作面造成工作面二次污染, 但除尘器可以将大部分的粉尘进行吸收, 因此粉尘的控制也完全否和要求。

4 结论

通过对掘进工作面可控循环通风技术的理论分析, 结合东曲矿 28802 工作面现场试验数据, 对综掘工作面可控循环通风技术经过理论分析、数值模拟试验和应用分析结论如下:

- ①如果局部风机的风压大于分配风压, 那么巷道内就可以形成循环风; 循环率和用风风路风阻是风机风压的主要影响因素; 循环通风通过降低主要通风机风压来降低矿井通风系统能耗; 掘进工作面有害物质浓度与利用循环风无关;
- ②风流场结构较常规通风更加紊乱; 在可控循环通风条件下, 掘进工作面顶板附近的瓦斯可以得到更有效地稀释;
- ③可控循环通风技术在综掘工作面的应用是可行的, 经济效果显著, 可大大节约运营成本, 降低生产成本。

参考文献:

- [1] 杨绪祥, 张成良. 可控循环通风技术在高瓦斯煤矿中的应用 [J]. 煤矿安全, 2010(08):36-39.
- [2] 丁厚成, 杨帆, 张义坤. 综掘工作面粉尘运移规律及控制技术 [J]. 安全与环境工程, 2015, 22(004):82-87.
- [3] 马胜利, 张恒, 晋继伟, 等. 综掘工作面通风除尘效果的数值模拟研究 [J]. 煤炭技术, 2018, 037(010):164-166.