

回采工作面内风筒均匀供冷原理及工艺

褚召祥

(瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室,重庆400037;中国煤炭科工集团重庆研究院,重庆400037)

摘要:为了防止采取降温措施后回采工作面内产生上下冷热分布不均问题(进出风口温差过大),提出回采工作面内风筒均匀供冷方式,即在工作面进风巷道内安设风机和降温系统末端散冷设备(空冷器或蒸发器),其后接一定长度的风筒,风筒上根据工作面长度等距开设出风口,在工作面内利用风筒及所开设的出风口均匀输送冷风.以此为基础,阐述了风筒均匀供冷基本原理和形式,并以某工作面为例对具体操作工艺进行了分析.可以缓解采取降温措施后工作面冷热分布不均的问题,又能够尽最大程度的不影响工作面正常生产,比较符合现场工程实际.

关键词:煤矿;降温;风筒;均匀送风;采煤工作面

中图分类号:TD727

文献标志码:A

文章编号:1672-9102(2015)03-0066-05

Research on duct uniform air supply theory and technology in working face

CHU Zhaoxiang

(National Key Laboratory of Gas Disaster Detecting, Preventing and Emergency Controlling, Chongqing 400037, China;
Chongqing Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group, CORP, Chongqing 400037, China)

Abstract: In order to prevent the cold capacity maldistribution phenomenon (or excessive temperature difference between intake and return air) in coal mining face, the method of duct uniform air supply at the coal face is proposed in this paper. This method needs to install the fan and air cooler at intake air way. Following the air cooler is a certain length of duct with equidistant ventilation holes on it. All of these help to ensure the same quantity air that can be delivered to the face. Based on this method, the basic principle and the layout of uniform air supply have been conducted. At last, the concrete operation technology is analyzed under a certain coal face condition. This method can not only relieve the maldistribution of heat and after being cooled, but also hardly affect the regular production to the greatest extent, easily complying with the engineering practice.

Key words: coal mine; cooling; air duct; uniform air supply; coal working face

目前,高温热害矿井回采工作面的降温模式主要是在进风顺槽内安设空冷器或蒸发器(矿井降温系统的末端散冷设备),部分(混风降温)或全部(全风降温)冷却工作面的进风流^[1].工作面进风流冷却方式又分为集中冷却和分段冷却.集中冷却即在工作面进风顺槽中安设空冷器集中冷却工作面进风流.分段冷却即将进风顺槽巷道分为2个或2个以上的区段,分别安设空冷器形成“接力”冷却进风风流^[2-4].由于考虑到对回采工作面的生产影响,对于回采工作面降温模式的大部分研究基本上都局限于工作面的进风顺槽巷道内,并非针对于回采工作面内的工人工作区域.比如,文献[5]确定了高温矿井采煤工作面进风巷空冷器的有效位置,文献[6]研究了回采工作面进风巷多台空冷器与风筒的不同组合方式的降温效果,仅文献[7]以回采工作面为正面研究对象,对工作面均匀供冷送风器的布置进行了分析研究.但是文献

收稿日期:2015-02-02

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAK04B02);中煤科工集团创新基金重点资助项目(2011ZD001)

通信作者:褚召祥(1987-),男,山东郓城人,硕士,助理研究员,研究方向:矿井降温. E-mail:chulongxiang@163.com

[7]中回采工作面降温采用的是压缩空气,有关研究已表明压缩空气降温在经济性上不适合采掘工作面大范围区域使用,仅适用于井下局部微气候的控制^[8,9].最重要的是当深部围岩温度较高时,仅靠在进风顺槽巷道冷却风流是不行的.因为即使工作面进口处的风流温度降低的很低,但在工作面出口处的风流温度仍然会超过规定的要求.这样会导致工作面进风口和出风口风流温度差值太大,从劳动卫生和保障工作人员的健康来看,这也是不可行的^[10].为了解决这一问题,笔者提出了除在进风顺槽巷道内冷却工作面进风流外,还可以在工作面进风顺槽巷道内安设风机和空冷器,其后接一定长度的风筒,在工作面内利用风筒均匀输送冷风的思路.一方面既可以缓解采取降温措施后工作面冷热分布不均的问题,又能够尽最大程度的不影响工作面正常生产,符合现场工程实际.

1 风筒均匀供冷原理及形式

1.1 风筒均匀供冷基本原理

风筒均匀供冷,在本论文中是指均匀的输送冷风,即供冷风量相同.在回采工作面采用风筒输送矿井降温系统末端设备(空冷器或蒸发器)处理后的冷风流,同时根据巷道或者工作面的长度在风筒侧壁上等距开设多个出风孔,沿工作面倾斜方向均匀流出相同的冷风量,近似认为工作面均匀供冷(量).

煤矿井下掘进工作面大部分采用压入式局部通风系统,在回采工作面考虑循环风的影响,一般不采用风筒送风,而是采用全负压通风.矿井高温热害严重时,就需要在回采工作面进风巷道内采取一定的安全措施,采用风筒供风.当采用风筒供风时,内部流动的空气静压垂直作用于风筒壁.此时,由于风机的作用,孔口内外存在一定的静压差,如果在风筒侧壁开孔,风流就会从孔口流出.风筒内外的静压差转化为动压使风流具有动能,因而产生的风流流速为

$$v_j = \sqrt{\frac{2P_j}{\rho}}, \text{m/s}; \quad (1)$$

风筒内的风流本身存在的动能形成的流速为

$$v_d = \sqrt{\frac{2P_d}{\rho}}, \text{m/s}. \quad (2)$$

式中, P_j :风筒内外空气的静压差,Pa; P_d :风筒内空气的动压,Pa; ρ :空气密度, kg/m^3 .

因此,风流从孔口流出时,由于受到原有风筒内风流动压与风筒内外静压差的同时影响,它的实际流速和出流方向不仅取决于风筒内外静压差产生的流速和方向,还受管内动压产生的流速和方向的影响,如图1所示.在风筒内风流原有流速的影响下.在孔口处的风流出流方向肯定要发生一定的偏斜,实际流速为合成速度,可用式(3)~式(5)计算.

孔口出流方向与风筒轴线间的夹角 α (图1)为

$$\tan\alpha = \frac{v_j}{v_d} = \sqrt{\frac{P_j}{P_d}}; \quad (3)$$

孔口处的实际流速为

$$v = \frac{v_j}{\sin\alpha}; \quad (4)$$

孔口处流出的风量:

$$L_0 = \mu f v. \quad (5)$$

式中, μ :孔口的流量系数; f :孔口在风流垂直方向上的投影面积, m^2 , $f = f_0 \sin\alpha = f_0 \frac{v_j}{v}$; f_0 :孔口面积, m^2 .

所以式(5)可以改写为

$$L_0 = \mu f v = \mu (f_0 \sin\alpha) v = \mu (f_0 \frac{v_j}{v}) v = \mu f_0 v_j = \mu f_0 \sqrt{\frac{2P_j}{\rho}}, \text{m}^3/\text{s}. \quad (6)$$

从式(6)可以看出,风筒侧孔的送风量与各孔的流量系数 μ 、侧孔面积 f_0 和风筒侧孔处内外静压差 P_j 有关.流量系数 μ 与孔口形状、出流角 α 以及孔口流出风量与孔口前风量之比($L_0/L = \bar{L}$)有关.在 $\alpha \geq 60^\circ$ 、 $\bar{L} = 0.1 \sim 0.5$ 时,孔口的流量系数 μ 可以认为是常数 $0.6^{[11]}$.

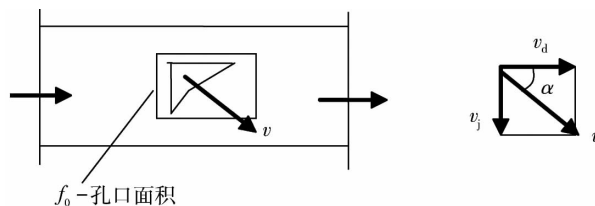


图1 风筒侧孔处风流方向

1.2 风筒均匀供冷形式选择与分析

在地面工业通风领域,均匀送风形式有多种.参考其常见形式确定目前常见的煤矿井下风筒均匀送风形式如下:

- 1) 改变送风孔口的面积,风筒的断面积不变;
- 2) 改变风筒的断面积,但送风孔口的面积不变;
- 3) 送风孔口的面积和风筒的断面积均变化.

根据煤矿井下通风设备常用参数,井下的风筒直径一般不发生变化,大多为600,800,1 000 mm 3种规格.再结合井下实际条件和制作工艺水平的限制,优先选取第一种送风形式.

在地面工业通风领域,改变孔口面积、风道断面不变的均匀送风设计理论已经十分成熟,主要根据送风具体参数确定各送风口面积^[11].

2 回采工作面风筒均匀供冷施工工艺

回采工作面内采用定点等距风筒均匀送风,将沿程阻力系数视为常数(实际情况下风流在风筒内流动时沿程阻力系数随着风流速度的变化而发生变化),即认为风筒内风流的流出仅仅是由于风筒内外的静压差形成.参考我国目前常用的壁式采煤方法,假设采用定点等距风筒均匀送风的回采工作面沿倾斜方向上长度为200 m,在工作面内设定5个出风口,即在风筒上开设5个定点等距出风口,200 m长度的风筒上大约每隔5节风筒(单节风筒长10 m)开设一个出风口,风筒的末端封闭,各相邻出风口之间的距离为50 m,但各出风口面积不同,以保证均匀送风.在回采工作面进风巷道内安装局部通风机,通过矿井降温系统末端散冷设备(空冷器或蒸发器)冷却风流,降温后的风流再通过风筒输送.局部通风机提供的风量控制在 $500 \text{ m}^3/\text{min}$ 左右,约占回采工作面总配风量的 $1/3$,每个出风口的出风量在 $100 \text{ m}^3/\text{min}$ 左右.为了进行具体的设计计算,就需要对风筒的沿程阻力情况进行测定,采用皮托管在风机正常运行时测定一定距离拟开出风口处风筒内外的静压差、动压,进而计算确定各出风口截面积,并且在实际中不断修正,尽量保证均匀送风(在本领域对管道、风筒的均匀送风设计,包括孔口面积、断面长度等已经十分成熟,其相关设计原理、计算过程与实例可以参考多种公开资料,在此不再赘述).

图2为200 m倾斜长度回采工作面内5点均匀送风时工作面风筒布置的最终状态示意图.要想始终保持这一状态,沿工作面的推进方向,工作面不断回采就会同时要求工作面内的风筒在横向长度方向上不断调整,同步移动.此时最直接的问题就是如何根据每班割煤尺寸,回采进度不断调整进风巷道内的风机和矿井降温系统末端散冷设备(空冷器或蒸发器)的位置.此时较好的方式是进风巷道内的风机和矿井降温系统末端散冷设备(空冷器或蒸发器)安装在轨道上,能够随工作面的移动而移动.但是,此时存在的最大问题就是需要矿井降温系统时时变动(比如制冷机组、冷冻水管路等),尤其是对于集中式冷水降温系统或者制冰矿井降温系统,那将是非常麻烦的,严重影响工作面的正常回采,现场条件下难以解决.针对这种情况,可以采用以下工艺:

- 1) 在工作面进风巷道内安装局部通风机,其后安装矿井降温系统末端散冷设备(空冷器或蒸发器),距离回采工作面进风口600 m,其后接600 m(或者稍长)长度的风筒,在风筒的后200 m长度范围内等距

开设5个均匀送风的出风口,间距50m,,末端封闭,初始状态1如图3所示.

2)随着工作面的不断推进,风筒可以通过人工在割煤时、检修班向工作面后半部逐步推移,不断推移至最终状态2,如图4所示,在工作面进风巷道内安装的局部通风机和降温系统末端散冷设备(空冷器或蒸发器)则不需要变动.

3)在终状态2时,为保证工作面继续回采,必须改变工作面内风筒均匀供冷布置状态,优先选择返回至1状态.此时可在检修班期间,将进风巷道内靠近局部通风机的风筒撤去200m(20节),即风筒总体长度由600m变为400m,将风筒整体前移200m,恢复至1状态.此时进风巷道内局部通风机和降温系统末端散冷设备(空冷器或蒸发器)距工作面入风口的距离减少了,变为400m.如此,状态1至状态2之间的循环回复1~2次后,才需要将进风巷道内局部通风机和降温系统末端散冷设备(空冷器或蒸发器)的安设位置进行变更.

回采工作面风筒均匀供冷施工工艺流程如图5所示.

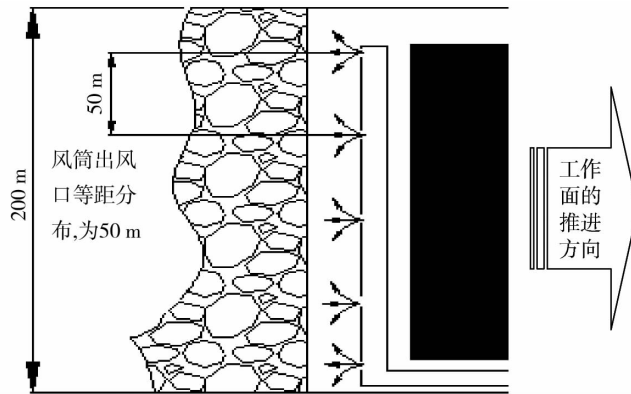


图2 回采工作面定点等距风筒均匀送风

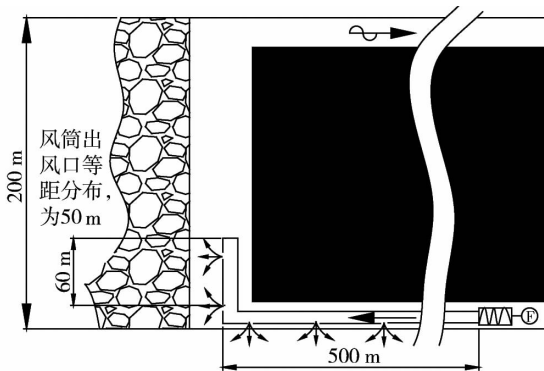


图3 均匀送风初状态

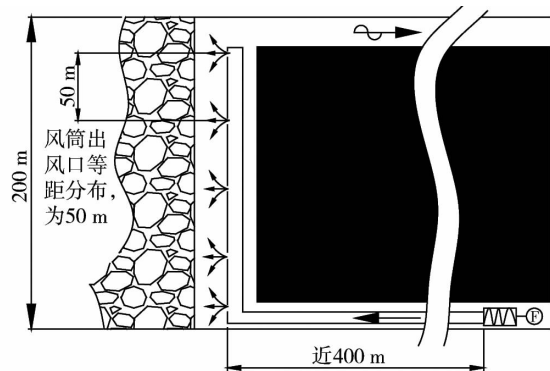


图4 均匀送风终状态

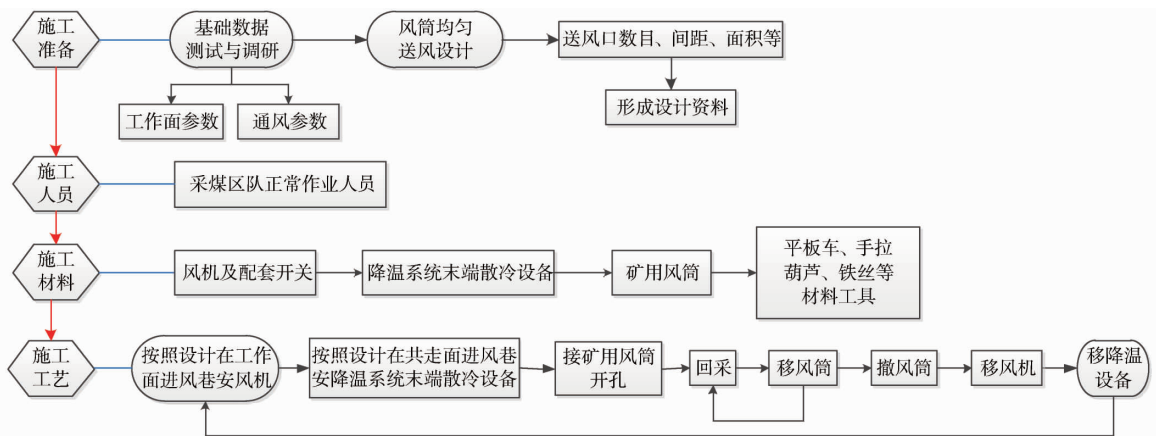


图5 回采工作面风筒均匀供冷工艺流程

回采工作面内风筒均匀供冷采用上述工艺,既减少了工作面进风巷道内降温系统搬家次数,又达到了工作面均匀输送冷风的目的.在我国华东地区(山东、河南和两淮)仅夏季较热月份开启降温系统的高温矿井尤为可用.夏季较热月份3~4个月根据工作面推进速度每月约200 m,共推进约600~800 m.这样回采工作面年度降温计划安排从安装时就考虑这一因素,则工作面降温系统在夏季最多搬家一次,有时甚至是一步到位,不需要变更,比较符合现场工程实际.

3 结论

1)煤矿井下高温回采工作面除在进风顺槽巷道内冷却工作面进风流外,还可以在工作面进风顺槽巷道内安设风机和降温系统末端散冷设备(空冷器或蒸发器),在工作面内利用风筒及所开设的出风口均匀输送冷风.

2)回采工作面内风筒均匀供冷的风量与出风口的流量系数、面积以及孔口的内外静压差有关,均成正比关系,井下现场应用时应结合矿井日常通风测定工作不断修正,尽量保证均匀供风.

3)回采工作面内风筒均匀供冷,应结合回采工序,通过改变工作面内风筒均匀供冷布置的3种状态,保证人、材、机以及环境(管理)的有序结合,实现夏季高温季节减少工作面进风巷道内降温系统的搬家次数,达到工作面均匀输送冷风的目的.

参考文献:

- [1] 何满潮. 深井高温工作面冷风降温系统及方法:中国,200810057086.6[P]. 2008-07-16.
- [2] 苗德俊. 高温矿井热安全指标及采煤工作面需风量与冷量的优化研究[D]. 青岛:山东科技大学,2008:99-107.
- [3] 杨德源,杨天鸿. 矿井热环境及其控制[M]. 北京:煤炭工业出版社,2009:259-260.
- [4] 王伟,杨德源. 回采工作面热环境分析与风流冷却方式选择[J]. 煤炭科学技术,2011,39(6):42-45.
- [5] 苗德俊,程卫民,隋秀华. 高温矿井采煤工作面进风巷空冷器有效位置的确定[J]. 中国矿业,2010,19(3):110-112.
- [6] 褚召祥,辛嵩,王保齐. 回采工作面空冷器组合降温方式试验研究[J]. 煤炭科学技术,2010,38(11):81-84.
- [7] 陈平. 均匀供冷采煤工作面送风器的布置[J]. 矿业安全与环保,2004,31(4):7-9.
- [8] 赵国彦,古德生,李夕兵,等. 压缩空气对井下热环境的降温效果研究[J]. 安全与环境学报,2001,1(6):22-25.
- [9] 段在鹏,谢贤平,毛艳丽. 压缩空气在风量较大巷道的降温效果分析[J]. 矿冶,2011,20(2):36-39.
- [10] 吴亚非. 关于高温矿井回采工作面降温设计温度的讨论[J]. 煤炭工程,2009(9):22-24.
- [11] 孙一坚,陈在康,谭天佑,等. 工业通风[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1994:159-164.