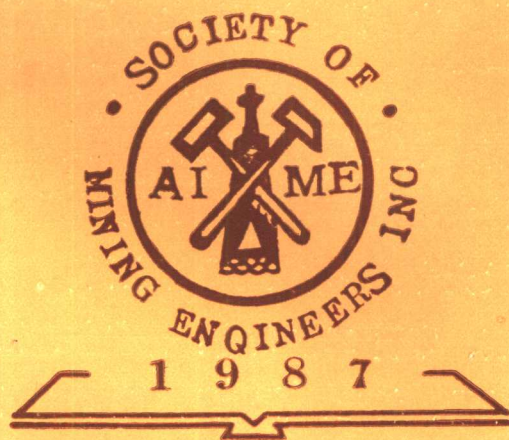


美国第三届矿山通风学术会议 译文选集



《锡矿小科技》编辑部

1988·6·湖南

133
12

编辑：《锡矿山科技》编辑部

出版：锡矿山矿务局

发行：锡矿山矿务局技术咨询服务部

印刷：新化县印刷厂

地址：湖南省冷水江市

编 者 的 话

1987年10月,美国采矿工程师学会组织召开了第三届矿山通风学术会议,来自10多个国家的150多位专家、学者就矿山通风防尘问题进行了广泛的学术交流和研讨。我局高级工程师陈秉勤同志参加了这次会议。

会议出版了论文集,共收录了87篇学术论文。这些论文内容广泛、丰富,有较高的学术水平;反映了当前国外矿山通风防尘科学技术的发展动向,很有参考价值。

为了及时地将这次会议的主要论文介绍给我国广大读者,锡矿山矿务局《锡矿山科技》编辑部,特请陈秉勤同志精心挑选了有代表性论文22篇,组织有关专业科技人员进行了翻译,汇集出版《美国第三届矿山通风学术论文选集》一书。供从事矿山通风防尘的科研、设计、生产人员以及大专院校有关专业师生阅读。

参加本书译稿、审校工作的有:陈化韩、阳昌明、陈壁芳、吴鹏、刘国藻、陈秉勤、杨光、张晓岚、周建庭、陈立明、陈远梁、陈浩、宋如泽等同志,囿于水平,加之时间仓促,书中欠妥和错误之处在所难免,望广大读者批评指正。

本书在排印出版过程中,得到新化印刷厂的大力支持和协助,谨致谢意。

《锡矿山科技》编辑部

1988年7月

目 录

美国第三届矿山通风学术会议论文综述.....	陈秉勤 (1)
可控风流再循环: 解决目前通风问题及将来通风系统规划问题	
(英) I. Longson, I. S. Lowndes and T. M. Jones.....	(7)
不列颠煤矿公司威尔莫兹 (Wearmouth) 煤矿空气的有控再循环	
(英) R. Robinson T. Harrison.....	(13)
Ruttan 矿井有控再循环研究	
(加拿大) A. E. Hall J. P. Saindon	
L. D. Nel S. G. Hardcastle	(19)
再循环的谎言	
(美) J. V. L. Oa mpbell.....	(26)
矿山环境监测系统及传感器性能评价	
(加拿大) M. K. Gangal E. D. Dainty.....	(30)
矿井气流特征与矿井监测的特殊考虑	
(美) Jeffery L. Kohler.....	(38)
锡矿山通风系统的自动控制.....	陈秉勤 (43)
NODE—BASED 网路分析法及其在矿井通风中的应用	
(美) W. S. Gregory B. D. Nichois R. Idzorek.....	(47)
矿山竖井风流阻力	
(美) M. J. Mcpherson.....	(51)
风巷阻力的选择与应用	
(美) W. E. Brace T. H. Koenning.....	(58)
地下矿山辅扇安装位置的确定	
(美) X. Wu and E. Topuz.....	(62)
解决地下矿山中主扇、辅扇最优配合问题的一种计算方法	
(美) F. Calizaya M. J. Mcpherson P. Mousset—Jones.....	(65)
用多种示踪气体综合分析矿井通风问题	
(加拿大) D. T. Kennedy A. W. Stokes W. a. Klinowski.....	(74)
采用大型柴油设备工作面通风效率的模拟和测定	
(美) E. D. Thimons C. E. Brechtel.....	(80)

灌溉法细菌堆浸铀矿采场矿石时, 静置期排气量排气成分及空气分布情况的评价	
(加拿大) S.G.Hardecastle A.Sheikh.....	(86)
累积粉尘吸入量——矽肺病致病的实用标准值	
(印度) G.B.Misra.....	(92)
尘源分布分析用于粉尘和柴油机废气中气溶胶浓度的测定	
(美) B.K.Cantrell.....	(96)
利用计算机化的粉尘测量系统评价鉴定矿井粉尘浓度	
(南非) J.W.Oberholker.....	(103)
南非金矿回采面热量的减少与预测	
(南非) P.Bottomley等.....	(108)
法国深部开采矿山地下热流量的评价	
(法) G.C.Choros等.....	(114)
British煤矿的降温计划	
(澳) J.M.Anderson.....	(121)
矿井热预测的概率法	
(澳) A.D.S.Gillies.....	(126)

美国第三届矿山通风学术会议

论文综述

陈 秉 勤

1987年10月12日至15日,美国采矿工程师学会在美国宾夕法尼亚大学组织召开了美国第三届通风学术会议。出席会议的有美、中、英、法、加、意、日、澳、印度、南非等十几个国家的151名专家学者,会上共交流了87篇学术论文,内容包括:空气再循环、矿井热参数的研究、矿井降温与空调、通风的监测与控制、煤矿通风、柴油设备的通风、铀矿通风、工作面通风、矿井瓦斯、矿井火灾、通风的模拟与分析、风道阻力、通风机、粉尘性质、粉尘控制及其他课题。这些论文涉及面比较广泛,有较高的学术水平,反映了当前国外矿山通风防尘科学的发展动向,内容新颖,很值得我们借鉴。现就共同关心的几个方面,综述如下:

可控空气再循环

随着矿井开采深度的增加,工作面风量不足,气温高等问题越来越严重。在寒冷地区,由于矿井风量的增加,空气预热的能源消耗随之增大,引起通风成本的急剧上升。英国许多煤矿,通风距离已超过10公里,据1984年统计,全英国煤矿总的动力费是182.5兆英镑,其中35%是直接用在通风动力成本上;在南非进行深部开采时,气温高达50℃以上,单靠制冷将会使整个通风成本增高;加拿大地表气温低,入风要预热,如果回风的热能不能重新利用,其成本将为正常通风的四倍多。

鉴于上述问题,很多研究者对空气再循环的问题开展了研究,这方面的研究近几年来日益广泛和深入,已取得了较多的实践经验。

所谓空气再循环就是使回风风流的一部分重新送到进风风流中使用。但是要使再循环能真正有效地保证井下安全舒适的作业环境,必须解决风流的控制问题,而首先要解决的是传感器的问题。这些传感器必须能连续监测主要污染物,当污染物超标时能自动报警并且触发自动控制装置截断再循环,这就是可控空气再循环系统的基本内容。

英国Nottingham大学采矿工程系从1979年开始,对再循环路线的特性及线路设计的优化问题,以及再循环中的瞬变现象及监控技术的应用问题进行了研究。再循环线路特性的研究,包括再循环风机的位置和压力,再循环区外轴扇的压力,再循环区内外漏风分支的影响以及再循环回路的大小等。线路上这些参数的选择都直接关系到再循环的效果和通风成本。再循环中瞬变现象的研究,是针对沼气的突然喷出以及再循环风机或轴扇的起停引起风流压力重新分布而使采区中沼浓度发生的瞬间变化进行研究。此外,燃烧产物的出现也会引起污染物浓度发生瞬变。他们提出了一种数学模型能够描述再循环线路中沼气的产生及以后的混合与传送过程。由

这一数学模型得出的一组方程可由一个名叫METNET的计算机程序求解。

可控空气再循环之所以能在实践中得到广泛应用,首先是由于比较完善的再循环理论的提出,其次是由于监测和数据传送技术的发展,否则再循环系统的运用是不可能的。

下面扼要介绍两个矿山应用可控再循环的实例。

英国不列颠煤矿公司Wearmouth煤矿是在海下进行开采的,日产煤6000吨,有两个生产中段,分别安装670千瓦和750千瓦的增压扇风机进行通风,目前采场离竖井已达11公里,有可能发展到20公里。为了满足增加产量的需要和补偿额外的漏风,用电量将增加到现在的16倍。为此考虑了两种方案:一是在海中开凿竖井,二是采用有控空气再循环。而后者较安全,成本也低,且有成功的技术可以利用。采用再循环可使采区风量增加到100立方米/秒,而在保证同样瓦斯含量的情况下,外排风量仍保持70立方米/秒,即再循环系数为30%,从而大大降低了通风动力。

与Wearmouth煤矿不同的是,加拿大Rutten矿井建立空气再循环系统是为了另一种目的,该矿位于冬季气温为 -30°C 到 -40°C 的地区,矿井进风量需要加热,1立方米/秒风量的加热费用超过2.000美元/年。因此考虑在冬季将矿井排出的废风循环引入进风道以降低空气加热费用。研究的结果推荐了两种节能系统,一种是控制10%固定风量的全矿井再循环系统,该风量是从研究过程中出现的最坏情况确定的,爆破期间将再循环系统关闭。另一种是寻求最佳可变风量的全矿井再循环系统,要求进行自动监测,希望根据监测结果可以循环平均约25%的排风量,并在周末和非工作时间减少新风进风量。

当发现火灾或其它意外事故时停止再循环。后者的节能潜力比前者要大得多。在设计时还应注意,由于从工作面到地表的排风系统中污染物浓度有大幅度下降的倾向,因此再循环的连接点应越接近地表越好。此外, NO_2 的特性大大不同于其他污染物,故不能用单一的污染物指标来确定其他污染物的浓度,也就是说应当对各种主要污染物全部进行监测。

自动监测与控制

通风的自动监测与控制已不是一个单方面的研究课题,因为在通风的许多领域中都包含有自动监测与控制问题。目前的研究已经不局限于研究传感元件和信息传递方法而是进一步深化了。例如研究如何根据气流的特性来正确地整理和分析数据;如何对矿井通风进行优化控制;以及研究通风控制的理论问题等。

美国宾夕法尼亚大学的J.L.Kohler对以下两个问题进行了研究:一是在不同地点以及同一地点在不同风量下的等速线分布,二是在风道横截面上不同位置的紊流强度和气流的频率特性,这对于采用旋涡散发原理的风速传感器来说具有非常重要的意义。

在通风自动控制的理论研究中,日本的Y.Tominaga等提出了模糊理论的应用问题。他们认为,矿井通风的控制指令常常是以语言的形式给出的,因此应用模糊理论导出了一系列语言控制准则,可以通过风量检测元件、计算机以及由可控硅控制的风机来进行风量的优化控制。

我国在锡矿山矿务局进行的通风自动化试验中,通过建立的优化模型对多台主扇联合通风的系统进行微机控制取得了明显的效果。这一控制系统的构思比较新颖,具有实际意义。

由加拿大Conspec公司生产的

Senturion—200 微机实时数据检测系统能用于矿井环境的自动监测。该系统能从遥测装置中接收信号并转换成数据送给计算机, 计算机对于这些数据进行分析处理后输出结果。这一系统已经安装在加拿大安大略省的Downsview矿。

美国依利诺斯州Freeman United煤矿公司所属东方4号井也安装了一套名为Mundix的监测系统。这个系统由一台中央计算机和9个遥测站以及许多位于遥测点的传感器组成, 主要用于火灾和CO监测。计算机每秒钟对整个系统扫描一次, 对监测点发生的各种变化采用报警、打印或屏幕显示的方式来处理。每隔一分钟将经过处理的数据储存在计算机的硬盘上。

通风网路分析

通常, 通风网路分析是采用对网孔逐次进行风量修正达到压差平衡的方法。美国新墨西哥州Los Alamos国家实验室的W.S.Gregory等提出了一种应用矩阵算法求解结点压头方程的方法, 称为Node—Based网路分析法, 这种方法建立在结点上(而不是分支上)逐次进行数值修正的算法, 它具有超出传统网路分析法的显著优点, 能对稳态或非稳态流求解。对于可压缩和不可压缩流体都能进行处理。不仅是风量, 风压, 甚至气流的温度、密度和介质浓度都能计算出来。

当温度和密度的变化可以忽视时(空气的体积流量Q保持不变), 该算法采用数学方法进行处理; 当温度和密度的变化必须加以考虑时, 该算法借助于附加动量和能量方程来获得解决。例如当井下某处进行爆破时, 利用这一算法可以模拟出与爆破点相邻各接点的压力以及相邻各分支中的风量风向随时间变化的情况。

由于这一算法比较复杂, 需要解大量

的结点方程, 依靠手算几乎难以完成, 故已开发出一系列关于该算法的计算机程序。

矿井通风阻力的研究

矿井通风阻力的研究是一项传统课题, 但至今仍有许多问题没有解决。美国加利福尼亚大学M.J.Mcpherson教授对竖井的通风阻力进行了详尽的研究。

竖井是矿井通风的主要井巷, 它的通风阻力占整个矿井沿途很大比例, 因此如何准确地进行计算是很重要的。但是, 竖井的风流特性又与其他井下巷道不同, 这不仅是由于井巷的风流速度大, 而且由于竖井中的缶道、缶梁、缆绳、管子和运输工具的形状大小以及运输工具的相对速度所产生的空气动力效应, 因此准确地计算竖井风阻是比较困难的。

研究者认为, 竖井风阻由四个不同方面的风阻组合而成, 它们是: 井壁、竖井装配、运输工具、竖井底站和装卸点。

井壁的风阻 T_w 与井壁粗糙度有关; 竖井装配风阻 T_a 包括纵向装配和横向装配, 纵向装配如缆绳、导轨、管子等, 它们对风阻的影响较小, 甚至有助于减少涡流, 但横向装配—横梁将使竖井风阻显著增加; 竖井中贯笼或箕斗等运输工具产生风阻 T_c 的主要因素是运输工具占据竖井断面的百分比以及运输工具平面上的面积和形状及其垂直高度; 竖井底站和装卸点的风阻 T_{sn} 则是由入口和出口处的冲击损失产生的。以上各部分风阻都可以计算出来。尽管竖井风阻各分量之间相互存在一些干扰, 仍可以采取各分量迭加起来计算竖井的总风阻 T_{tot} 。

$$T_{tot} = T_w + T_a + T_c + T_{sn} \quad m^{-4}$$

以上计算的是理论风阻, 对应摩擦压降P和风量Q, 在任何重率 ρ 的条件下,

均可直接应用公式:

$$P = T_p Q^3$$

而通常风阻R为:

$$R = \rho T \quad N s^2 / m^8$$

风机联合运转的优化

多台风机在一个系统中串联或并联运行的情况在国外日益增多。以辅扇(或称助推风机或增压风机)的应用而言,过去在煤矿是不被推荐的,而现在,在英国、南非、西德以及其他许多国家都开始了广泛的应用,认为能提供良好的风量分配并能降低矿井通风总费用,预计今后在地下矿山的应用还将大大地发展。

在有主扇运转的系统中,如何合理进行设计,使主辅扇之间保持最佳的配合,以使动力消耗到最低限度是一个热门课题。但具体做法有两种,一是确定辅扇的最佳安装位置,一是假定风机位置不变,选择各台风机最佳的压力分配。

在确定辅扇的最佳位置时,需应用下列技术手段,如线性规划、Critical—Path Crashing、CPM/Cutset联合作业、Out—Of—Kilter 算法以及模拟技术等。

在风机位置已经确定的情况下求各台风机压力的最佳分配在美国加利福尼亚大学和内华达州大学所进行的研究是以一种通风系统模拟装置VNETPC和一组风机压力和调节器风阻之间相关性的线性方程组为基础的。利用这种算法对于具有n台风机的通风系统可以通过n+1次模拟试验求得风机的最优配合。

对于多台主扇在一个系统中并联运行的优化问题,在我国锡矿山矿务局所进行的通风自动化试验中是按照如下的数学模型控制的。

$$\sum Q_j = Q$$

$$H_1 = H_2 = \dots = H_j$$

即在j台并联主扇风量之和满足矿井总需风量Q的前提下使各台主扇的风压相等。每台主扇的风量、风压由专门的传感器自动检出并输入计算机,每台主扇都配有调速装置可改变主扇的工况,计算机根据风量风压的检测结果按上述模型自动控制主扇的调速装置,使之按最佳条件运行,保证总功率最小。

利用示踪气体进行通风模拟分析

近年来,利用示踪气体来模拟和分析矿井通风系统,测定气流分配和确定通风参数,已经越来越受到欢迎,它能用于弄清那些依靠常规仪表所无法充分描述的矿井通风气流。其中六氟化硫(SF_6)气体作为矿井通风的示踪物已经得到普及,被公认为示踪气体研究领域的标准物。由于 SF_6 的浓度即使低至百万兆(一万亿)分之一也能由一个带有电子捕获器的气体色谱仪测量出来,因此只要把很小体积的这种气体掺入到很大的通风风流中就可进行分析,是研究通风系统的最理想的示踪物。

SF_6 除了检测极限很低外,它还有很多适合作示踪气体的优点,这就是:无毒、无味、无色、化学性能和热性能稳定,并且在环境中不会自然产生。

加拿大CaPe Breton煤矿研究实验室(CBCRL)使用 SF_6 已经四年,并且开发出了多种形式的释放和收集系统。最近,他们又考虑采用多种示踪气体同时使用的价值和可能性,而氟利昂是最有可能入选的一组气体。经过CBCRL的反复筛选,只有氟利昂-12和氟利昂-13B₁的检测灵敏度较高,故选择这两种气体与 SF_6 一起使用。

D.J.Kennedy等利用以上三种示踪

气体进行了工作面漏风的研究, 分别在位于离工作面两端大约10米处以及工作面中间同时释放这三种气体, 根据各示踪气体的释放量和在气流中检测出的浓度, 可以很容易地按下式算出风量:

$$Q = \frac{V}{C} \times 1000 \text{ m}^3/\text{S}$$

式中Q—指示风量 m^3/S

V—示踪气体的体积流量 CC/S

C—样品中的示踪气体浓度PPb

根据在不同地点检测出的各示踪气体浓度, 可以找出不同部位的漏风量和漏风分布。

加拿大在研究灌溉法细菌堆浸铀矿采场矿石的通风问题时, 也采用了SF₆示踪气体来测试空气输送系统。得出采场风量、示踪气体平均停滞时间、全部排尽时间、供气系统流量以及风量分配等。取得的资料用计算机将理论上的预计和实验结果进行比较。

利用示踪气体来进行通风研究的另一个例子是用SF₆来测定柴油设备排出污染物的含量和测定不同局部通风系统的通风效率。试验是在美国科罗拉多州的Exxon Colony 矿的独头工作面上进行的, 这一试验通过示踪气体模拟了工作面气流、温度、有毒气体在空间的分布和随时间的变化情况, 以及根据示踪气体浓度的变化, 比较了两种不同通风系统的效率。

粉 尘 研 究

近三十年来, 对能吸入肺部的粉尘量与矽(生)肺病发病程度之间的相关性做了深入的探讨。1979年约翰内斯堡国际学术讨论会认识到吸入粉尘累计量是评价矽肺病发病程度的实用标准。1986年, 印度工学院采矿工程系主任G.B. Misra 教授在Mufulira 铜矿进行了研究, 建立了累积

粉尘吸入量与矽肺病各发病期之间的强相关关系, 累积粉尘吸入量与发病分期呈线性关系, 0—I期的最低粉尘吸入量是 $275 \text{ mg} \cdot \text{月}/\text{m}^3$, 折算 SiO_2 , 是 $55 \text{ mg} \cdot \text{月}/\text{m}^3$, 把累积时间除累积吸入量得出其容许粉尘浓度为 $1.1 \text{ mg}/\text{m}^3$, 换算成 SiO_2 为 $0.25 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。当工作面粉尘达到 $2.25 \text{ mg}/\text{m}^3$, 作业时间在120个月以下据观察尚未发现矽肺病。之后G.B. Misra又在Hutti 金矿有限公司的印第安金矿进行研究, 其结果相似, 最低粉尘吸入量换算 SiO_2 为 $35 \text{ mg} \cdot \text{月}/\text{m}^3$, 容许粉尘浓度换算 SiO_2 为 $0.117 \text{ mg}/\text{m}^3$, 它与1981年Scottish煤矿的研究结果 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{月}/\text{m}^3$ 极为相近, 也接近1984年ACGIH所建议的不患矽肺病的作业场所的二氧化硅浓度 $0.1 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

近年来, 为了对粉尘进行更深入和更细致的研究, 传统的粉尘采样方法已经不适应了, 因为在井下任何地方进行粉尘浓度测定, 都只能在一个非常短的时间内保持稳定状态, 想要准确地反映一个区域的产尘原因和造成的影响, 利用传统的采样方法是不可能的。因此许多连续记录粉尘瞬时浓度的采样器应运而生, 粉尘测量系统也有了很大的发展。

南非矿山研究院煤矿实验室研究了一种Tyndallometer 粉尘测量系统。该系统由一台轻便的粉尘测量设备和一台计算机组成, 运用散射光原理确定粉尘浓度, 这一设备对6微米左右的粉尘反应比较灵敏, 而这种大小的颗粒正好是井下工人能吸进体内的。从井下获得的粉尘浓度读数返回到实验室, 利用一个特有的接头将其传入计算机内, 通过某种程序将粉尘读数储存在磁盘上, 使用者可以随时对其进行分析。该系统的固态存储器可储存大约1000个读数, 每个读数的时间周期为2

—32秒。

这种仪器非常轻便，每次实验中一个人可以同时操纵六台仪器，因而一些高级研究人员可以从繁琐的原始资料收集解脱出来而用更多的时间花在对实验结果的分析研究上。

矿井降温与热预测

随着开采深度的增加，矿井热环境的困难程度越来越大。现行的方法是安装大型冷冻装置，但由于冷冻费用的逐年增高，就有必要去探讨其他类型的经济的降温方法。

南非矿山研究所对回采工作的热负荷进行了测定，认为最主要的热源是围岩，所有其他类型的热源可以忽略不计，并提出了工作面的两种热流模型——一维模型和二维模型，它们对工作面的热流预测都给出了准确的结果。两种模型的区别在于采矿工序的模拟和与周围介质的热传导过程。其中二维模型用途更广，可用于研究各种不同采矿工序的效果并可对工作面热流的机理作较深入的了解。

南非矿山研究所还研究了充填的降温效果。在通常情况下，由采空区生成的热量为回采工作面热负荷的40%到50%，这部分用充填办法几乎可以全部消除。此外，改变回采工艺设计，例如尽量减少工作面长度，提高生产率，提高工作面推进的速度，集中回采等也都是降低热流的有效措施。

澳大利亚的J. M. Anderson对British煤矿的降温问题进行了研究，根据测量，进入通风风流的热源包括：由进风道产生的134千瓦热量，其中34%是水蒸发的潜热；由工作面（包括采空区漏风）产生的830千瓦热量，其中潜热介于50%至80%之间；由回风道中冷却水管道系统和输送矿物所产生的热量，其变化在115千瓦至-150千瓦之间。改善气候条件的对策包括通风、制冷、减少热源的输入等，而工作面应用冷却法的最有效的方法是将提供的冷却水直接用于喷雾除尘和冷却机器。

法国CERCHAR公司和巴黎矿业学院提出了计算不同条件下热流量的一系列数学模型并研制了一套计算机程序。他们在研究地下热流量时使用了与通风网络类似的热流量网络系统，分支是按照从网络空气中取得热量和水分以及进行热交换的物理位置划分的，称为“框”。建立网络结构后，即从入口至出口进行热流量网络运算。

为了保证深矿井良好的工作环境，要求对通风热负荷进行准确预测。澳大利亚A. D. S. Gillies提出的矿井热预测的概率法，利用流行的几种矿井热负荷预测模型，并根据Monte Carlo模拟技术，籍助给出一个统计学置信度允许值范围而不是一个点值来表达，即允许任何热负荷的估算用一个具有最大最小期望值的范围来表示，提高了热负荷估算值的可信程度。

可控风流再循环：解决目前通风问题 及将来通风系统规划问题

(英) I·Longson, I·S·Lowndes and T·M·Jones

简 介

本文略述了可控区域再循环理论的发展，述说了这一对通风系统实际应用产生重大作用的技术不断完善和提高的过程，更透彻地阐述了可控区域再循环的应用。

一、绪 论

采矿通风系统设计的主要目的是为井下作业人员提供一个安全舒适的工作环境，随着采矿工作面的日益广泛，单靠机械动力设备来满足井下作业环境安全舒适的需要已愈加困难，而且成本也越来越高。

在英国的许多煤矿，通风风量传送的距离比较长，在有些地方甚至超过10公里，导致作业面风量供应不充足，风速达不到理想的程度，1984年，英国煤矿总的动力费用是182.5M英镑，其中35%是直接用在通风动力成本上。

在南非，许多进行深部开采的矿山受到大量环境问题的影响，当井下气温高达50°C以上时，气候条件已成为影响矿山深部开采的最主要的环境问题，要降低井下气温，改善环境条件，如采用制冷设备将会使整个通风成本增高。

在加拿大，由于地表气温很低，许多矿山，进入井下的风流必须进行预热，假

如从回风井口出来的热风能量不能重新获得，那么这些矿山通风成本将是正常通风成本的四倍多。

为了既安全，又经济地解决这些不同的环境问题，目前英国、南非、加拿大等国家正在对这一问题进行研究、探讨。初步研究表明，利用可控区域再循环能有效地解决以上问题，针对每一种环境问题研究出的再循环系统虽然它们的组成和几何形状不同，但它们最基本的原理是一样的。必须指出的是，可控区域再循环要想辅助动力设备，保证井下一个安全舒适的作业环境，首先应该进行传感器的研制，这一传感器必须能连续监测主要污染物，并且当污染物浓度超过规定值时报警，这一报警信号提供给某一激发物，使该激发物受到激发，促使再循环通过自动或人工控制装置进行关闭。

可控区域再循环在新老矿山的通风设计方面作为一种主要的或一般性的技术将可能得到广泛的应用。

二、再循环线路特性及最优选择

在获得关于再循环线路总的特性曲线及最优分布之前,我们必须知道在采矿通风网络中再循环的引入而产生的影响和效果,为了充分地了解再循环的这些作用和效果,让我们来研究如图(1)的通风网络。假定所有的工作面在同一水平,并距地表800M,整个系统由一台位于上风口一侧的主扇和位于主干线进风巷道的辅扇供风,由安装在两作业面外的横巷中的再循环风机维持再循环进行,两工作面距地表入口10公里,工作面与地表之间的主干线上有许多横巷,每一间隔是一个调节区间。

为了对每一次实验的结果进行比较,必须首先固定再循环区域内的一些条件。

再循环区域的阻力和通过两工作面的总的风流保持不变,因此对于所有的试验,再循环区域内的总的通风动力消耗不变。

对于一些直接影响到再循环对整个通风系统产生的效果的参数我们必须进行研究加以最优确定,这些参数包括:

- a、再循环风机的位置。
- b、再循环风机的压力。
- c、再循环区域外面的辅扇压力。
- d、再循环区域内外漏风分支的影响。
- e、再循环回路的大小。

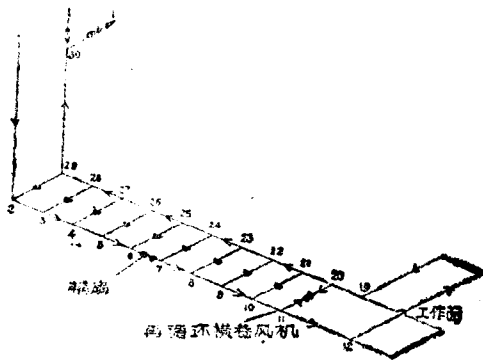


图 1

A、再循环风机位置:

再循环风机有三种可能的安设位置:

(1)安设在主干线的入口。(2)安设在主干线的回风口。(3)安设在再循环横巷。安设在主干线上的同一台风机,尽管位置不同,但产生的风流是相同,不过整个区域压力分布是不同,对于给作业面提供相同的风流的再循环系统,安设在主干线或横巷上的再循环风机的工作压力是相等的,但风机传送的风量是不相同的,在主干线上的风机传送整个区域的风量,而横巷上的风机传送的风量仅仅是再循环风量,即整个区域分风量的一部分。因此由横巷风机提供的通风功率是主干线风机的F倍,F是再循环风机的比值,在研究再循环区域热量输入问题时,它是一个重要参数,对于通风工程师来说再循环风机位置选择是唯一的,对于这一风机位置选择还需考虑另外一些因素,如生产和运输等。

B、再循环区域外面的辅助风机压力

目前,对于那些风速达不到理想的程度的作业区,可控区域再循环的应用正在研究,在英国煤矿,地下辅助风机已被使用,以便给主扇风机一个辅助的作用,随着采矿的广泛和发展,必须对不同位置的再循环风机和辅助风机的配合产生的影响进行研究和探讨。

使用采矿通风系统模型,对不同位置的辅助风机和再循环风机进行一系列的试验,对于每一种情况,在保证相同风流进入再循环区域的前提下,再循环外的辅助风机的效率都进行了计算,通过计算得出一个给定的再循环比值,辅助风机最优位置从通风动力总成本来看应直接安设在循环区域外面,紧靠再循环区,并且当再循环比值增加时,由于需要的新鲜风量减少,则整个动力成本将降低,这些现象可以根据再循环外面的漏风调节得到解

释,事实上,它和一般通风系统情况是一样的。

C、漏风分支的影响

当辅助风机向再循环区域方向移动时,在辅助风机和循环区域之间的漏风量将会减少,在保证进入循环区风量不变的情况下,辅扇提供的风量可以减少,同时由于区间和辅扇之间距离减少使沿程摩擦阻力减少,从而相应地减少了辅扇的工作压力。由于以上两种因素的结果使得当辅助风机向内移动时,辅扇及整个通风动力成本将降低,结果如图(2)所示。

再循环区域外的漏风分支存在是造成风机主干线安设和横巷安设的再循环系统对辅助风机作业成本产生影响不同的原因,如整个通风系统网络没有漏风分支,那么对于帮助再循环系统的辅助风机的作业成本无论再循环风机是主干线安设还是横巷安设都是相等的。

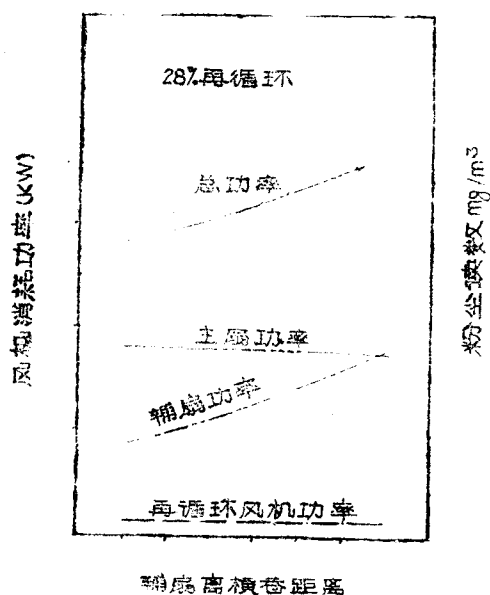


图2

由于再循环区域存在漏风,使一部分风流由漏风分支进入回风巷,导致经过工作面的风量的减少,为满足工作面风量的

需要,当确定总的新鲜风流及再循环风量时必须考虑漏风,再循环内的漏风可能导致区域回风流中污染物浓度分布复杂化,从而影响风机位置选择。

D、再循环区域大小

不同规模的再循环系统所起的作用和效果是不相同的最小规格的再循环是由一台较小的风机维持的单区域再循环,这一单区域再循环的最主要的缺点是工作状态不稳定,变化比较大,另一种再循环系统叫多区域或整个采矿区可控再循环系统,这个大的再循环除需要一台大功率的再循环风机外,还需一台安设在主干线上能向里外移动的大功率辅助风机,作为上面概述的这一种系统的设计类似于一般通风系统的设计方法。

不同效果的采矿再循环的研究已被进行,它的研究结果证实了以上所述说的事实。

运用多区域再循环系统,一个重要的优点是该系统有一个缓冲的作用,当作业面和回风流中一个异常的污染物浓度出现时,这一缓冲效应,就会起到有效的作用,消除这一异常现象出现而产生的危害,下面这一节将介绍和可控区域再循环有联系的风流及污染物浓度瞬变现象的模拟和研究的过程。模拟和研究的初步结论是由描述多区域再循环有联系的瞬变现象的数学模型得出的。

三、瞬变现象的研究

如果当一个瞬变现象出现时能采取一个正确的补救措施消除这种现象出现时造成的危害,必须清楚地了解确定发生瞬变现象的时间和波及的范围。

瞬变现象出现往往是由一个再循环内的某些情况的突然改变所引起的,这方面的情况包括:

- a、从工作面岩层中沼气的突然喷出。
- b、再循环风机的起动和停止。
- c、再循环外的辅扇停止和起动。

这后面两种情况是通过引起回风巷道中风流压力的重新分布，从而引起贮存在采区的沼气浓度的瞬间变化。

同时再循环中燃烧产物的出现也会引起污染物浓度瞬间变化，因此在实际过程中，，为了保证生产安全及进行合理的可控装置设计对上述几个方面进行模拟试验，确定瞬变现象所造成的影响是非常重要的。

最近，在一篇文章中提出了这样一种数学模型，这一数学模型能描述单工作面再循环线路中沼气的产生及以后的混合和与传送过程，由这一数学模型得出的一组方程在一个被叫做METNET 计算机程序内用数字进行求解，这一过程运用了一个区域函数如分段函数对一个瞬变现象出现时再循环线路的特性曲线进行确定。我们进行模拟试验所研究的对象是一个单工作区域的再循环系统，该系统由一台位于工作面以外横巷上的再循环风机维持，有一台辅扇帮助主扇在横巷外进行工作。为了进行对比，我们分别对由于沼气从岩层中突然喷出产生的瞬变沼气浓度情况和由于再循环风机起动所引起的沼气瞬变浓度情况进行数学模拟试验，得出了如图（3）所示的由于沼气从岩装中突然喷出引起的瞬变现象的特性曲线及如图（4）所示，由于风机的起动，所引起的瞬变现象的特性曲线。

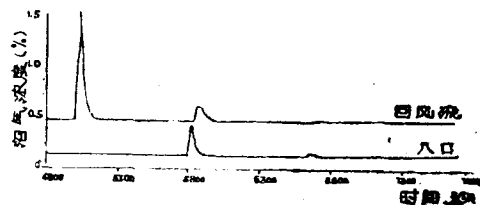


图 3

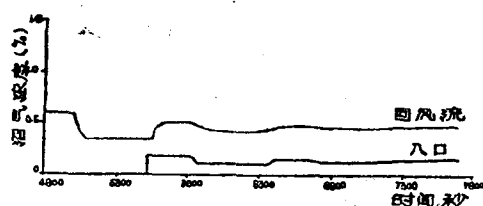


图 4

通过这些及许多其他的单工作面再循环模拟系统试验得到以下一般性结论：

1、对于再循环系统风机安设在主干线再循环进风口压风或回风口抽风及安设在横巷的再循环系统，当再循环风机开停时就能在工作面进风口和入风口产生一个不同的瞬变沼气浓度，这是由于通过采区风流不同的压力分布所造成的。

2、任何一个再循环区域产生的瞬变现象将沿着线路进行传播，直到新的稳定状态的出现。

3、对于给定循环线路的循环周期依赖于通过的风量及巷道断面的大小。

4、沼气浓度瞬变是由于再循环风流的变化及新鲜风流变化所引起的。

5、在工作面入口沼气浓度的瞬变值和再循环的比值F及提供的新鲜风流量成正比。

以上得出的结论是通过对实验室循环线路进行一系列试验而进行定性的确定。

很显然，为了了解和确定这种异常现象的出现，采取有效的自动或人工控制措施，以便保证系统安全性不会在这种情况下出现时产生恶化，必须采取广泛的综合监测手段。

当再循环风机停止工作时，横巷风门必须自动关闭，使再循环风流迅速中止，限制新鲜风流从再循环横巷漏风，当循环外的辅助风机停止工作时，中止再循环风机工作，关闭横巷是比较好，这样能防止

不需要的再循环风量增加及提供的新鲜风流的减少,使得进风道、回风道不会产生较高的污染物。

当再循环风机正在工作时,对于一个不正常情况的出现能采取有效的措施,必须进行全面的监测与控制,对于监测和控制系统的的设计还必须考虑其他一些因素,包括再循环线路尺寸,几何形状,综合考虑这些因素,可以确定突然增大瞬间污染物浓度到达横巷的时间,以便采取措施,防止高浓度污染物通过再循环风机位置进入入风口,造成新鲜风流的污染。

监测和控制系统在可控再循环区域中两个方面的使用说明由Burton和Robinson提出。

到目前为止,研究工作还是集中在对单个区域再循环系统进行模拟,可是我们观察到的再循环系统经常是按多区域进行设计的,为了对多区域再循环系统的瞬变现象进行研究,单区域再循环数学模型必须进行改进,将其变为双区域再循环数学模型。由该数学模型得出的方程能记录在叫做METNETZ的FORTRANTT 计算机程序进行求解。

四、在通风设计中再循环的最优使用

可控区域再循环之所以能在实践中得到广泛使用,首先是由比较完善的再循环理论的提出,其次是由于监测和数据传送技术的发展,不然再循环系统的运用是不可能的。

在采矿通风设计过程中,可控区域再循环作为一种主要的或次要的技术,必须对它将来的使用提出一个规划,当实际经验丰富时再循环对于一个较老的或区域较大的矿山可能做为采矿研究的一个完整的部分进行研究,而不是加以限制。

将可控区域再循环运用于今后世界采矿生产上是一个非常重要的问题,当矿山浅部矿床开采完后,将进行深部矿床的开采,为了保证深部矿床开采时采矿成本不至于升高,必须加大生产能力,这一目的可以利用最先进的采矿技术,采用机械化开采实现,但由于这一高强度的生产作业,将导致井下污染物浓度增高,给整个通风系统带来很重的负担,沼气的排除总的来讲还是采用一般的靠增加风量的办法,而作为区域广、范围大的矿山,单靠风量的增加是有限的。除尘的办法仍然采用抑制技术和过滤的办法,深部开采井下气温较高。因此,必须采取一些措施,减少风流自动压缩所造成的影响,以便形成大的风流,使大量冷空气进入作业面,同时还需发挥水雾箱的作用。

在矿山深部开采进行高强度作业的情况下,将迫切需要一种广泛、可靠的环境监测系统,以便使井下环境条件始终保持在安全范围之内,保证采矿作业的安全,全面监测方法的广泛应用将推动自动环境控制系统的发展,这一系统对于异常现象出现时能敏感地进行控制和管理,使整个区域保持稳定状态。

因此,将出现一个新的问题,即如何充分发挥环境监测系统的作用,使通风空气得到充分使用。我们可以通过优化可控区域再循环来解决这一问题。

可是,值得注意的是,并不是所有的环境问题都能使用再循环加以解决,因此我们必须合理地选取再循环使用的地点、位置,是否再循环的使用能改善该处的环境问题。例如对于易发生自燃或沼气浓度过高或不稳定的区域,再循环不宜于使用。

很显然,对于可控区域再循环的应用

进行最优选取,能获得可靠的经济效益。

A、整个井下通风成本降低。

B、更有效地利用通风气体进行污染物的清理和稀释。

C、更有效地利用制冷设备,实现井下空气制冷。

D、在矿山井下空气温度较低,实行机械化作业的区域,能有效地改善气候条件。

E、能有效地收回安设环境监测系统的投资费用。

F、在一个通风网络的有限区域内,较高风流速度能加以控制。

G、能更加迅速地在一个拥有易燃污染物的区域内形成一个安全、可靠、舒适的工作环境。

五、结 论

本文论述了自1979年已在Notting

ham大学进行的关于可控区域再循环,在稳定状态及瞬变现象的控制方面的应用的研究情况,通过探讨,我们获得了一种有利于进行稳定状态和瞬变现象研究的计算机程序。

随着对现有的井下作业区再循环系统的监测试验不断进行,对该系统掌握的情况越来越多,了解得越来越深刻,因而这样一个系统的实用性也正在日渐增大。

在遍及世界的许多矿山中,在炎热开采比较困难及由于生产强度大而导致的污染物浓度增高的区域,需要采取一定的措施,保证作业环境的安全,舒适的需要,在一定的地方可以通过再循环的应用,其中包括粉尘过滤及空气调节来解决这一通风问题。如果我们要进行安全通风系统设计,对于该系统中每一装置都必须进行综合的研究。

(陈 浩译 陈秉勤校)

(上接113页)

些,其可用于研究各种不同的采矿工序和冷却措施。

文中讨论了充填采空区而得到的降温效益。一般而言,由采空区生成的热量为回采工作面热负荷的40%到50%,这部分几乎用充填方法可以全部消除。由于充填工作本身所引起的附加热负荷几乎可以忽

略不计。作为全矿范围而言,在某一特定的条件下,可以发现用完全充填的方法可以将热负荷减少30%左右。

回采工作集中的效果是很显著的,热流的减少对于典型的回采工作面是可以定量估算的。

(阳昌明 译)

(上接124页)

善气候条件,但不能单独达到目的。

在长壁式区段应用冷却法最有效的方法是提供的冷水直接地用于区段的水雾除尘,保证足够流量的冷水用于工作面机器

的冷却用水,以防止马达冷却水的温度在大气的湿球温度之下。经过回水管道直接从区段中排放,经过螺旋管或直接在工作面进行热交换可以增加冷却量。

(陈远梁译)