

kuangjing tongfengji ji tongfeng anquan xinjishu

矿井通风机及 通风安全技术

主编 王德明

中国矿业大学出版社

kuangjing tongfengji ji tongfeng anquan xinjishu

中国煤炭工业劳动保护科学技术学会
矿井通风专业委员会第十一届学术会议论文集

矿井通风机及通风安全技术

主 编 王德明

副主编 左树勋 陈开岩 陈重新

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风机及通风安全新技术(矿井通风专业委员会第十一届学术会议论文集)/王德明主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2002.10

ISBN 7 - 81070 - 576 - 8

I. 矿... II. 王... III. 矿山通风—学术会议—文集 IV. TD72-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 072443 号

书 名 矿井通风机及通风安全新技术(矿井通风专业委员会第十一届学术会议论文集)

主 编 王德明

责任编辑 马跃龙

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 中国矿业大学印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 **印张** 16.25 **字数** 404 千字

版次印次 2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

印 数 1~700 册

定 价 40.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

加强学术交流,推广先进科技成果, 发挥专委会的桥梁与纽带作用,促进通风安全科技进步 (代序)

王德明 左树勋
矿井通风专业委员会

矿井通风专业委员会(以下简称通风专委会)是在中国煤炭工业劳动保护科学技术学会领导下的全国范围的学术性群众团体,拥有全国的矿井通风安全界较多的知名人士、专家和业务骨干,是联系煤炭系统矿井通风安全工作者的桥梁和纽带。近年来,通风专委会在上级学会的领导下,结合专委会工作的特点,广泛开展了学术交流活动,积极推广先进的科技成果,吸引了全国高等院校、科研院所和现场的矿山通风安全工作者积极参加专委会工作,提高了通风专委会的影响力,较好地发挥了专委会的桥梁与纽带作用,为促进煤矿通风安全科技进步做出了应有的贡献。

一、矿井通风专业委员会基本情况

矿井通风安全工作的主要内容简称为“一通三防”。“一通”是“三防”的基础。通风是保障矿井安全生产的命脉,也是防灾减灾的重要手段。由于矿井通风在矿业安全中的基础地位,因此矿井通风专业委员会是在中国煤炭工业劳动保护科学技术学会下属的18个专业委员会中拥有会员最多的专委会之一,开展学术活动也最为活跃。迄今,通风专委会已走过了17年的历程。到目前为止矿井通风专业委员会已发展委员二百多名,覆盖全国23个省、市、自治区。在通风专委会202名委员的组成中,部委、省厅管理人员14人,局矿通风安全管理及技术人员151人,高等院校28人,研究院所9人。

通风专委会挂靠在中国矿业大学。中国矿业大学是一所以矿业类为主、学科门类齐全的综合性的全国重点大学,拥有17个博士点和48个硕士点,是国家“211工程”重点建设学校,其安全技术及工程学科是国内第一家获得安全技术及工程博士及硕士授予权的学科,现为国家级重点学科和国家长江学者奖励计划特聘教授设岗学科,下属的矿业安全工程中心实验室为国家煤炭工业部级重点实验室。中国矿业大学强大的学科优势为做好通风专委会工作,提高专委会的学术水平和影响力奠定了重要的基础。专委会的工作也得到了学校及有关部门领导的强有力的支持。

二、矿井通风专业委员会近年工作简况

为了适应市场经济和煤炭工业改革的形势,进一步发挥好专委会的作用,通风专委会制

定的工作总体思路是:充分发挥专委会全国性的学术组织优势,以学术交流活动为纽带,调动全国矿井通风安全工作者的智慧、才干和积极性,促进交流,互通信息,大力推广国内外的先进科技成果,不断提高矿井通风工作的科技含量和管理水平,为煤炭工业实现持续、稳定、健康发展做出积极贡献。

1 组织搞好通风安全的科研工作

为了提高矿井的通风安全技术管理水平和矿井灾变时期的救灾决策能力,组织进行了矿井通风技术管理软件、矿井辅助救灾决策专家系统和矿井灾变时期风流远程控制硬件系统的研制工作,并将这些成果应用于平煤集团一矿、枣庄柴里煤矿、大屯姚桥煤矿、兖州南屯煤矿、潞安五阳煤矿等。为了促进矿井通风科学化、规范化、标准化管理工作的开展,组织开展了煤矿通风系统安全可靠性的研究工作,开发研制了《矿井通风系统安全性评价软件》,并在河南重点煤矿得到了应用。

开展了高产高效工作面风量计算方法的研究。兖矿集团和山东科技大学、平顶山煤业集团、大屯煤电公司等单位对综放工作面配风量作了较详细的调研,较全面地阐述了工作面风量与气温、瓦斯、粉尘和自然发火等因素的影响,初步提出了适用于低瓦斯矿井的高产高效工作面风量计算方法。

开展了矿井通风网络风流稳定性的研究。辽宁工程技术大学等单位对矿井通风网络角联分支自动识别技术进行了研究,开发了相应的计算机软件,实现了对复杂风网角联分支的计算机自动识别,为矿井通风稳定性研究奠定了基础。

另外,专委会还与晋城、邢台、徐州、皖北、枣庄、神华等矿业集团合作,开展了矿井主要通风机性能测定和通风系统改造、通风能力核定方法等研究工作。这些科研工作,为提高矿井通风系统防灾减灾的能力,提高通风管理水平起到了积极的作用。

2 积极组织开展学术交流活动

1998年3月在云南昆明召开了以“矿井通风系统与防灾减灾”为主题的通风专委会第八届学术年会。参会代表结合各单位实际,从具体工作入手,解剖典型事故案例,探讨矿井通风系统与防灾减灾的关系,对矿井通风专业委员会制定的“矿井通风系统管理技术规范”和“矿井通风系统可靠性评价指标体系及标准”两个草案进行了讨论,初步总结出对矿井安全生产有指导意义的评判矿井通风安全可靠性的技术指标和标准,对推动我国矿井通风安全技术管理水平的提高有重要意义。在本次会议上,参会委员提交会议论文29篇。专委会将第八届通风学术交流会的论文进行了认真的编辑与整理,将其中的优秀论文在《煤矿安全》期刊上正式发表。

1999年10月,通风专业委员会第四届全体会议暨第九届学术交流会在中国矿业大学召开。出席会议的正式代表76人,提交会议论文39篇。在会议上,有关专家教授、现场科技人员交流介绍了通风现代化技术管理及救灾决策控制系统研制工作所取得的最新研究成果、高产高效工作面的风量计算方法、用导入法抽取上邻近层瓦斯、煤炭自燃基础理论与防治的实用技术、安全科学与现代突出预测技术、综放面沿空顺槽自然火灾预防及防治新技术、矿井通风系统安全性、矿井主要通风机在线监测系统新理论与技术,这些论文都以其实用性、新颖性引起代表们的关注和兴趣。

2001年8月,通风专委会在成都召开了第十次学术交流会,参加会议代表116人,提交会议论文89篇,有俞启香教授的“高产高效矿井通风及实例”,谭允祯教授的“综采放顶煤工

作面采空区自燃区的划分”,王德明教授的“矿井火灾中的火区阻力及节流作用”,徐精彩教授的“应用胶体灭火技术治理煤层自燃火灾”,刘剑教授的“通风网络简化数学模型及其应用研究”,林柏泉教授的“瓦斯爆炸过程中火焰传播规律及其计算机数值模拟”等,此外会议还安排了代表不同研究方向的25篇重点论文在大会上进行了交流。每次学术会议的学术气氛都非常浓厚,专家教授精彩的专题研究报告和广大通风安全科技工作者的最新研究成果引起了与会代表的强烈兴趣,每位代表的发言都做了精心准备,都用计算机投影展示自己的论文,具有信息量大、实效性高等特点,与会代表感到收获很大。

3 组织高水平的专题讲座

为提高学术水平,专委会对学术会议都请国内通风安全界的知名专家学者作专题学术报告。在1999年10月中国矿业大学召开的第九届学术会议上,精心组织了3个特邀报告。一是由中国矿业大学周世宁院士关于“创造思维在矿井通风安全科研工作中的应用与实践”的报告。二是由抚顺煤科分院教授级高工姚义所作的“煤矿安全规程通风部分修改报告”。三是由中国矿业大学博士生导师俞启香教授作关于“煤矿安全规程瓦斯部分修改报告”。在2001年8月下旬在成都举行的第十届通风学术会议上,又邀请了周世宁院士、俞启香教授等撰写了高水平的论文并作专题学术报告。参加会议的代表普遍反映:大会安排的学术报告很精彩,内容丰富,既开阔了学术视野,又对指导本职工作很有帮助。

4 组织出版高水平的论文集

近年来通风专委会组织召开的第九届、第十届、第十一届学术大会,专委会都组织出版了论文集。第九届学术会议论文集由中国矿业大学出版社出版,论文集的题目为“矿井通风理论与技术”,收入论文39篇,计30余万字,在2001年出版的“中国煤炭劳保学会矿井通风专业委员会第十届年会论文集”,收录87篇论文,计60余万字。第十一届学术会议论文集也由中国矿业大学出版社出版,收入论文55篇,计40余万字。

专委会对提交的论文稿件按高质量科技论文的要求,认真组织审稿、严格录用。高质量的学术论文集为高质量的学术会议奠定了成功的基础。提交的大会论文反映了委员单位近年来的最新研究成果,基本反映了我国当今矿井通风安全技术的现状,对推动我国矿井通风安全科技进步和加强学术交流起到了良好的作用。

5 积极开展国际学术交流活动

为了使专委会的工作与国际接轨,在获知2001年6月国际第七届矿山通风学术大会在波兰召开后,专委会决定派代表参加该次会议,以了解和掌握世界通风学术界的最新进展和动向。主任会员王德明教授向大会提交了两篇学术论文,并作为惟一的一位中国代表出席了本次会议。这次会议的组织者是国际矿山通风委员会,这是世界上最有权威的矿井通风安全组织之一,于1975年在美国建立。国际矿山通风学术大会每四年举办一次,代表国际上通风学术界的最高水平。本届通风大会提出的通风工作的宗旨是“健康、安全、效率”。本届大会共录用139篇学术论文,来自30多个国家的200多名代表出席了本届会议。会议还组织了题为“21世纪的矿山通风”(Mine Ventilation in the 21 Century)的学术论坛。讨论会上,不少学者指出,在21世纪,矿山通风领域将广泛采用高新技术,如通风安全技术装备的现代化,深部开采的安全、健康保障系统,虚拟现实在救灾决策与培训中的应用,信息科学在通风管理与决策中的应用等。并呼吁加强国际间通风专家的合作,针对矿山安全中的一些重大难题,协同攻关,使矿山通风在“健康、安全和效率”的宗旨下取得更大进步。通过与国际同行的

学术交流,开阔了视野,为专委会今后开展学术交流活动汲取了有益的经验。

三、推广先进科技成果,加强学术交流,推动科技进步

为了介绍近年来矿井通风领域的最新技术成果,特别是新型高效节能矿用通风机装备、通风系统安全评价及优化新技术、通风安全技术管理新软件等,通风专委会决定于2002年10月下旬在湖南湘潭召开矿井通风专业委员会第十一届全国通风学术年会。本次会议的主题为“矿井通风系统和主要通风机的安全经济运行”。会议的承办单位为湘潭平安电气集团有限公司。会议将邀请专家作专题报告,深入开展学术交流,并编辑出版《第十一届全国矿井通风与安全会议论文集》。本次会议涉及的主要内容包括:

- 新型通风机设计、制造与选型
- 通风机高效节能及在线监控与故障诊断
- 通风系统安全评价与优化改造
- 通风安全技术管理
- 高产高效矿井通风设计
- “一通三防”关键技术

近年来因煤矿经济形势有所好转,国家加大了对煤矿技改的投入,国有重点煤矿现有生产矿井的主要通风机改造及新建的接替矿井选购新风机都进入了一个高潮。如何选购适合自己矿井条件的风机,也是广大委员单位和风机用户共同的愿望。本次会议以通风系统及通风机高效经济运行为主题,广泛介绍交流矿井通风装备的最新技术及产品,现场使用单位的经验与体会,这将为广大通风机用户合理选择合适的通风机具有帮助作用,此外,也为与会者提供一个直接与厂家交流的机会,共同为促进矿井通风装备的生产更能满足现场的需求,更加安全、高效及经济的运行做出贡献。

本次通风专委会学术会议及论文集得到了湘潭平安电器集团有限公司的赞助。我们真诚感谢湘潭平安电器集团有限公司对通风专委会工作的大力支持,并祝愿湘潭平安电器集团有限公司在走企业集团化、科技产业化、品质国际化、管理现代化的道路上取得丰硕的成果。

四、结束语

几年来,通风专业委员会取得的每一点成绩是国家安全生产监督管理局(国家煤矿安全监察局)及中国煤炭工业劳动保护科学技术学会亲切关怀和正确领导的结果,是专业委员会各位委员积极关心和努力参与的结果。我们将在上级学会的领导下,保持和发扬本专委会的优势和特点的同时,努力克服工作中存在的不足,按照江泽民总书记“三个代表”的要求,发挥好专委会的桥梁与纽带作用,继续为推进我国煤矿的通风安全科技进步做出更大的贡献。

目 录

加强学术交流,推广先进科技成果,发挥专委会的桥梁与纽带作用,促进通风安全科技进步
(代序)..... 王德明 左树勋(1)

通风机及其改造

我国煤矿主要通风机的性能分析及评价..... 左树勋 王德明等(1)
我国煤矿用局部通风机的现状与发展..... 巨广刚(4)
弯掠组合正交型轴流压气机、通风机的优化设计方法..... 苏莫明 贺秋冬(10)
矿井通风机的现状及发展趋势 傅培舫(16)
BDK 系列通风机在神东矿区的应用 尤文顺 孙小平(19)
弯掠组合正交隔爆对旋轴流式主通风机及其推广应用前景 陈重新 贺秋冬等(24)
矿井主通风机故障诊断系统的研制 陈重新 钟立群(28)
矿井主通风机在线监测系统的设计与应用 钟立群(32)
矿用通风机的技术改造与效果检验 张福旺 王书庆(37)
智能自冷式变频调速装置的研究 胡传亭 禹申友等(41)
G4-73 型通风机应用性能缺陷与改造实践..... 吴吉南 王国华(47)
矿用 BD 系列双级对旋轴流式主通风机性能测试与经济运行 鲍 杰 吕福华等(53)
杨村煤矿南风井主要通风机变频调速系统改造 王保齐 王洪权等(58)
东庞矿降低主要通风机能耗的几点做法 单占会 岳惠铭(61)

通风理论与技术

通风网络简化与具有层次性的平衡图绘制方法研究 刘 剑 贾进章等(66)
综放工作面流场的分析 谭允祯 刘振翼(71)
自然风压的测算 刘承恩(76)
通风网络含有单向回路时的通路算法 郑 丹 贾进章等(83)
矿井风量调节的可视化编程技术及方法 周 平 王德明等(88)
综放面呼吸性粉尘纵向紊流弥散模型及算法 陈开岩 祁和刚(92)
长距离局部通风在煤矿的应用 吴联文(97)
高效集约化生产对矿井通风系统的影响..... 王彦凯 郑丙建(101)
自然风压对矿井深部下山开拓通风的影响及处理对策..... 华德宏(104)
多风井多风机分区并联通风技术..... 陈启文 侯国忠(108)
水采工作面内“分区”通风的研究与应用..... 黄艳华(111)

通风系统优化及评价

模糊优选分析法及其在矿井通风系统方案优化评判中的应用.....	李正军	周福宝等(115)
通风系统可靠性、稳定性和风路灵敏性数学模型研究	贾进章	郑 丹等(122)
改扩建矿井通风系统优化改造及其效果分析.....	马福长	徐爱建等(127)
田陈煤矿通风系统的测试与分析.....	魏尊义	张金海等(130)
老矿井通风系统安全性和经济性研究与优化改造.....	冯宝库	王开德(135)
苏邦一号井与东斜井煤矿联合通风系统改造方案设计优化实践.....	范子杨	(142)
优化通风系统 减少资金投入.....	李效军	(146)
徐庄煤矿通风系统改造与体会.....	郑旺来	刘绍雄(149)
半罗山煤矿通风系统技术改造.....	王志强	(153)
常村煤矿通风系统优化改造.....	王悦恒	赵云锋等(156)

煤矿火灾防治

井巷网络火灾下行风流主干巷道风流逆转规律.....	周福宝	王德明(159)
煤炭自燃过程中氩气与标志气体的关系研究.....	赵耀江	郭勇义(166)
神东公司旺格维利采煤法煤层自然发火分析及其防治措施.....	陆 伟	尤文顺等(171)
煤炭自燃倾向性评价指标——交叉点温度法.....	梁晓瑜	李增华等(176)
MEA 系列防灭火剂在补连塔煤矿的应用及改进研究	欧阳辉	陈 舸等(181)
易燃厚煤层综放开采采空区自然发火原因分析及对策.....	吕子清	(186)
煤炭自然发火综合防治技术的成功实践.....	徐爱建	马同福等(189)
东庞矿 9103 工作面 CO 观测分析及治理	巩文保	张 斌(194)
一起采空区自然发火的综合灭火分析与反思.....	周宜贵	(197)
煤层自然发火期的计算方法研究.....	何启林	(202)

瓦斯防治及其他

电磁辐射法非接触预测煤与瓦斯突出.....	王恩元	何学秋等(206)
杨庄煤矿三水平瓦斯赋存与涌出规律研究.....	杨昌能	代建四等(213)
新型封孔技术在煤层瓦斯压力测定中的应用.....	王保中	李焕祥等(219)
厚煤层小阶段水力采煤瓦斯治理.....	赵 新	王凤良等(223)
煤矿安全监控系统中的传输故障及预防措施.....	孙文革	杨昌能(228)
重点工作面的瓦斯变化及管理手段.....	陈启文	侯国忠(231)
高产高效水采面瓦斯涌出的规律及防治.....	祝 琳	(236)
煤矿安全生产监控系统在采煤工作面瓦斯管理中的应用.....	袁泽民	张世宏(241)
深水平水采区热害原因分析及防治.....	常胜秋	(245)
严重突出危险区域煤巷掘进防突技术措施探讨.....	胡春云	(249)

我国煤矿主要通风机的性能分析及评价

左树勋 王德明 严俭祝

(中国矿业大学能源科学与工程学院)

摘 要 在近年来对我国数十个矿井的主要通风机调研及性能测定的基础上,根据测定结果及指标分析对几大系列的通风机作出评价,并对一些需进行通风能力改造的矿井提出建设性的意见。文中所示结果可供现场在新风机选型和对现有风机进行改造时参考。

关键词 矿井主要通风机,性能特性,并联运行

目前我国煤矿使用的主要通风机种类繁多,性能参差不齐。出于多种原因,20 世纪 60 年代生产的 70B₂ 系列风机还在一些煤矿使用,给矿井安全生产及经济效益带来不利影响。近两年随着煤矿经济形势的好转以及国家对煤矿安全技改资金投入的增大,不少矿务局(矿业集团)开始新建接替矿井以及对现有生产矿井主要通风机进行改造,使得风机需求量进入了一个高峰期,面对目前系列、品种众多的通风机市场以及生产厂家的宣传攻势,大多风机用户似有无所适从的感觉,如何从技术、经济角度选购适合自己矿井条件的风机是广大风机用户的共同期盼。

矿井通风系统由主要通风机及其附属装置、通风网络、风流监测与控制设施所组成。在评价矿井通风系统的安全可靠性时,主要通风机的性能及其性能测定误差都占有较大的权重。特别是对风机性能测定误差的控制,由于受测试技术手段和现场风机安装及测试条件等的限制,目前还很难达到较为理想的程度,尤其是对风机风量的测定。所以,如果仅根据对某几台某型号风机的测定结果而对该型号的风机加以定论,难免有以偏概全之嫌,所以对现场使用中的通风机性能测定结果只能作为评价该类风机的参考。本文根据几年来我们对数十个矿井的主要通风机测定,并结合调研和有关课题研究结果之经验,对目前我国煤矿的几种主要系列通风机的性能特点及适用条件作一个分析评价,同时,也对有些矿井在风机能力不足时的改造提供一些建议,供现场在选购风机以及对现有风机进行改造时的参考。目前我国煤矿在役的主要通风机,以下几个系列的使用量占有 90% 以上。

1 2K 系列风机

2K 系列风机按轮毂比不同分为 2K56、2K58 和 2K60 等几个系列,主要由沈阳鼓风机厂和沈阳风机厂生产。叶轮直径从 1.2 m~3.6 m,可满足不同大小井型的需要。该系列风机均为双级叶轮,机翼型扭曲叶片,叶片角度可在较大范围内进行有级(2K58)或无级(2K56、2K60)调节,且均可直接反转反风。这是我国煤矿用量较大的一类风机。可以满足多数矿井

对风机低压力、大风量的需要,刹车、测温、测振基座等附属装置也较为齐全。现场实测表明其静压效率可达75%以上,但气动噪声较大。该系列风机除适用于新建和改扩建矿井外,由于其外形与我国较早使用的70B₂和2By型轴流风机相近,所以更适用于对这类风机的改造,可较大幅度的节约改造费用,缩短改造时间。

2 BD(K)系列风机

该系列风机近年来发展快速,生产厂家也较多,主要有湘潭平安、燕京、运城、淄博、南阳等厂家。该系列风机采用双级双电机驱动结构,两机叶轮相对并反向旋转,其结构相当于两台同型号轴流风机对接在一起串联工作,因此被广泛称之为对旋风机。由于这种结构可省去中间及后置固定导叶,且涡流损失较小,具有传动损耗小、压力高、高效范围较宽、效率也较高的特点。厂家提供的风机最大静压效率可达86%,现场实测其装置静压效率可达77%。该系列风机除了可在较大范围内调整叶片角度外,还可对前后级安装角度进行适当组合,并可单级运行,因此可调整范围更宽。但实测结果表明,单级运行时风机效率太低,仅有50%左右,不宜长期使用。此外,由于该系列风机结构的整体性和密闭性均较好,且可以实现反转反风,使用该系列风机可以不建风机房,不用反风道,具有基建工期短、节省基建费用等优越性,适合于要求尽快投产的新建矿井。

3 GAF 系列风机的性能特点及适用条件

GAF 系列风机是在引进国外技术的基础上,结合国内的实际情况加以改型改造的轴流式风机。具有风量风压调节范围宽、静压效率高、叶片角度调节自动化程度高等优点,尤其是采用液压调节和涡轮蜗杆同步调节装置调整叶片的风机,改变叶片运行角度非常容易,特别适用于需要经常改变运行工况的矿井使用。此外,GAF 系列风机的叶轮直径、轮毂比分档较多,再加上叶片数和转速等的变化,可形成上千种基本型号,上万种标准产品,为用户根据技术参数和使用要求进行量体裁衣式的选型提供了方便。由于叶片角度调整方便,这类风机可通过改变风叶角度实现风机反风,既不需要反风道,也不需要风机反转控制装置,且反风量也满足规程要求。但这类风机与同等能力的其他系列风机相比,初期投资较大。

4 G4-73、4-72 系列离心式风机的性能特点及适用条件

我国矿井使用的离心式风机主要就是这两个系列,由上海和沈阳两个鼓风机厂生产。G4-73 系列离心式风机最初是为锅炉通风(引风)设计的,后来被引用到矿井通风中并拥有一定的市场占有率。该系列风机的特点是特性曲线较平缓、无驼峰、运行噪声较小、效率高。启动时关闭调节门(也叫前导器),具有启动功率较小,启动容易的特点。运行时调节门可在0°~70°范围内调节,用以改变运行工况,还可通过配置不同转速的电机来改变其运行工况,适应性较好。4-72 系列风机的特性曲线平缓,运行噪声小,效率高,适用于通风阻力不是太大的中小型矿井。我国地方煤矿的矿井中使用该系列风机较多,由于机型小,配置电机的容量也小,可配用380V或660V电压的电机,特别适用于无高压(6000V)供电的矿井使用。

5 关于风机能力的改造问题

一些矿井由于产量逐年增长,而矿井通风能力虽经过挖潜改造,能力有所提高,但仍不能满足生产需要,造成采掘工作面供风不足,气候条件恶化,已严重制约矿井的安全生产和产量的进一步提高。为解决这一问题,目前多数矿井采用更换大风机或另建新风井等改造方案,以彻底解决矿井通风能力问题。这种改造方案对于储量丰富、经济实力较强的矿井是可行的。但新建风井工程量大,周期长,从方案设计到投入运行至少需时两年以上,难以解决眼前的通风困难,需提前规划。而同时更换风机,多数矿井换下的小风机往往弃之不用,经济上造成一定的浪费。根据一些矿井的经验,对于处于生产后期的老矿,还有一种方案可以考虑,就是在保留原有两台风机不变的同时,另开一条分风硐新安装一台能力较大的风机。原先的两台小风机均作为备用风机(单独或并联使用)。很显然,单独使用原先的小风机作为备用,其通风能力是无法满足生产需要的,除非时间很短,但这又失去了作为备用风机应有的功能——互为备用。所以,这个方案应该考虑采用两台风机的并联工作方式。风机并联工作分为对角并联和集中并联两种。常见的两翼对角式通风系统,其风机也是工作在并联方式,称为对角并联;而这里的并联方式,是在同一风井口的两台风机的并联工作,称为集中并联。我国《煤矿安全规程》对主要通风机的并联工作,既没有提倡,也未加限制,可行与否,应完全视实际情况而定。

两台风机并联工作,应该满足以下几个基本条件:(1) 风机型号尽可能相同,如果不相同,应能通过调整转速、叶片安装角和前导器等使其风量风压曲线尽量相近;(2) 矿井风阻尽量小些,以保证合成后的风量风压曲线与矿井风阻曲线有惟一交点,才能保证风机稳定工作;(3) 最好是离心式风机,工作更稳定并可减少对电网的冲击。如满足这几个条件,则在技术上就是可行的。为什么强调最好是离心风机? 主要涉及两个方面问题,一是离心式风机的风量风压曲线无驼峰,合成后的曲线比有驼峰的要简单,较容易保证工作稳定;二是从风机启动的角度考虑,由于并联工作的风机在启动时须先后启动,并且要等到先启动的一台运转平稳后再启动另一台。而后启动的一台如果是轴流风机,则会有如下问题:即如将风道(风门)闭死时,会因启动功率太大而造成启动困难并对电网造成冲击;而如果不闭死风道(风门),当第一台启动后,第二台风机则要反转(未刹车状态),不仅使风流短路,且同样难以启动,并会产生强烈的机械冲击。

两台风机并联工作时,只要风量能满足要求,应尽量将前导器角度调大,随着前导器角度的增大(全闭方向),并联后的风机工作状况将愈趋稳定。如单从风量考虑,并联工作以后,总风量满足要求应该是没有问题的,但如果矿井风阻不变,随着风量增大,阻力将以平方关系上升。而矿井阻力的上升,无疑将给矿井防火、防瓦斯、风量调节等环节带来一系列困难,也是有关安全法规所不允许的。因此,在改造风机的同时也应设法将矿井风阻降下来,如局部阻力的处理、总回中杂物、浮尘的清理等。

而对于并联工作的经济合理性问题,由于这种方案并非最佳方案,并联工作后可能导致效率降低,电耗增加,但一般相对于更换更大的风机而使用时间又有限以及要考虑时效性等情况下,经济上应该说也是合理的。

我国煤矿用局部通风机的现状与发展

巨广刚

(国家煤矿防尘通风安全产品质量监督检验中心)

摘 要 介绍了煤矿用通风机发展历史、种类、技术水平、质量现状和存在的问题,分析了影响煤矿用局部通风机技术性能和质量的主要因素,预测了局部通风机的的发展趋势。

关键词 煤矿,局部通风机,质量

1 前 言

煤矿用局部通风机是煤矿井下通风不可缺少的安全设备,使用量大、面广,它为采、掘工作面提供新鲜风流,供井下作业人员呼吸,将有毒有害气体和粉尘向外排出,以保障作业员工人身安全,改善作业场所环境条件。其质量、安全可靠性及技术性能,均会对煤矿安全生产和经济效益产生很大影响。一旦出现故障,轻者造成停产,重者会发生安全事故,造成人员伤亡和财产损失。

原煤炭部、原能源部、国家经济贸易委员会、国家煤矿安全监察局及国家煤炭工业局都明文规定:煤矿用局部通风机产品实行煤矿安全标志管理制度,生产厂家必须在取得安全标志证书后,才能从事该产品的生产、销售,并依法使用安全标志。煤矿企业严禁采购和使用无安全标志的产品。凡因使用无安全标志产品而造成重大事故的,要依法追究有关责任者的责任等。

因此,有必要介绍和分析我国煤矿用局部通风机的现状及技术水平,以期对提高煤矿用局部通风机产品质量和技术水平有所帮助,更好地为煤矿安全生产服务。

2 国、内外发展历史概述

英国、日本、俄罗斯、美国、乌克兰、德国和南非等国家的煤矿用局部通风机技术水平较为先进。日本是世界上研制和生产对旋风机最早的国家之一,日本三井三池制作所 1965 年开始生产对旋式风机,1971 年开始研制无声对旋式风机,轴流式风机降噪方面领先于国内其他厂家。进入 20 世纪 80 年代,基于改善作业环境,着手无声对旋式风机的改型更新工作,并取得了一定效果。他们生产的对旋式风机共有 9 种型号,叶轮直径为 400~1250 mm,噪声 77~91 dB(A),电机功率 $2 \times 5.5 \sim 2 \times 110$ kW。德国 Korfman 公司生产 AL、ESN、ES、ES-T 系列轴流式通风机,GAL 和 dGAL 系列对旋式高压轴流通风机、DV 系列压风驱动的轴流式通风机。特点是:对旋式局部通风机的特性曲线较陡,压力较高,易满足掘进定量送风要

求;采用转速 1500 r/min 和 3000 r/min 两速电机,在掘进巷道的初期可调节风量;风机带有二通或三通输出接管,一台风机可向两个或三个工作面同时供风。

据不完全统计,国内煤矿井下使用的局部通风机约有 30 万台。当初以引进前苏联的 YBT、JBT 系列局部通风机为主,新型矿用局部通风机的开发和研制一直进展比较缓慢。进入 20 世纪 80 年代之后,我国大专院校和科研院所先后开发、研制了各类局部通风机,如单级和双级机翼型局部通风机、单级子午加速式局部通风机、单级扭曲斜流式局部通风机以及双级对旋式局部通风机等一批产品。其风量、风压和效率等均比 YBT、JBT 风机有所提高。特别是进入 20 世纪 90 年代中、后期,对旋式局部通风机得到了迅猛的发展和推广,技术水平得到了长足的提高。

3 产品种类和质量状况

目前,我国煤矿用局部通风机生产企业约 55 家,分布在北京、重庆、天津、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙、山东、山西、河南、江苏、安徽、浙江、湖南、江西、四川、贵州、陕西、新疆等 19 个省、市、自治区。按企业类型可分为:专业风机厂、防爆电机厂、煤矿机械厂或修配厂、校办工厂等;按企业性质分为:国有、集体及股份制企业。生产各种不同规格型号的煤矿用局部通风机,技术力量、设备条件、管理水平、执行标准状况和经营思想各不相同,产品质量、技术性能差异较大。有的企业放松了产品质量管理,淡化了质量意识,不重视技术投入,产品质量、性能指标、技术水平等还不容乐观,仍需进一步提高。

煤矿用局部通风机,大致可分为 JBT、YBT 系列单级轴流式、斜流式和对旋式三种。

(1) JBT、YBT 系列单级轴流式局部通风机。其配套的电动机功率有 2.2(2.0)kW、4.0 kW、5.5 kW、7.5 kW、11 kW、14(15)kW、28(30)kW、37 kW、45 kW 等规格。它是我国五、六十年代引进的前苏联产品,特点是:结构紧凑,体积小,搬运方便,耐用、价格低廉。但噪声大,全压效率低,风量、风压偏低。因其在我国使用年代较长,目前仍有一部分市场和用户。另外,部分煤矿用户购买力低下,为降低成本,以价廉作为选购的首要条件。其最高全压效率约 60%~70%左右,噪声 103~111 dB(A),有的甚至高达 127 dB(A)。风机效率低,造成了能源的严重浪费。而且噪声主要集中在中、高频范围,刺耳的尖叫声,严重影响了工人的正常作业和身心健康。另外,掩盖了一定距离内行车声、机械运转声和信号电铃声,极易引起伤亡事故,对安全生产不利。多年来,生产该产品的大部分企业,因技术力量薄弱,基本未对产品进行必要的技术改进,产品技术性能已相当落后,难以达到 MT222—1996《煤矿用局部通风机》对效率和噪声的要求。

近两年,个别企业与高校或科研院所合作,对 YBT 产品进行技术改进,在小型号上,如改善 2.2 kW、5.5 kW 和 11 kW 风机叶片形状和加装消声器,取得了较好的效果。

(2) 斜流式(也称混流式)局部通风机是 20 世纪 90 年代出现和发展起来的新型风机,兼有离心风机的高压力系数、工作范围广和轴流风机的大流量系数、效率较高的特点,具有空气轴向流动、高效运行区域宽、噪声小等优点。

它多采用扭曲板型曲面,在满足设计条件下,叶顶到叶根的压力相等,避免了涡流。叶片属于不可展的扭曲板型曲面,曲面形状直接影响风机特性和功能。但风压偏低,性能曲线缓,适应性较差。尽管理论全压很高,在井下用起来却感觉到风压不高,在效率指标上形同虚设。

因生产工艺、技术还不成熟,目前国内生产企业约4家,规格型号和使用量较少,未形成批量和系列化。

(3) 对旋式局部通风机。对旋式局部通风机是20世纪80年代末、90年代初研制并迅速发展、推广的一种局部通风机。机号有:№4.0、№5.0、№5.6、№6.0、№6.3、№6.7、№7.0、№7.1、№7.5、№7.6、№8.0、№10.0等。装机功率有:1.1 kW×2、2.2 kW×2、5.5 kW×2、7.5 kW×2、11 kW×2、15 kW×2、18.5 kW×2、22 kW×2、26 kW×2、30 kW×2、37 kW×2、45 kW×2、55 kW×2、75 kW×2等。叶型有:等厚板式扭曲、机翼型扭曲、弯掠组合正交型等型式。工作方式有:压入式、抽出式和压抽式等。叶片材料有:钢叶片、铝合金铸造叶片和塑料叶片。

对旋式局部通风机设计新颖、结构合理、风压高、效率高、噪声低、风机性能曲线运行范围大、反风性能好、送风距离长、在小流量区域运行稳定。它可根据掘进工作面不同通风要求,选用单级单车和双级对旋运行,节能显著,使用方便。

对旋式局部通风机的第一、二级叶轮直接安装在两台电动机的轴承上,两个叶轮旋转方向相反。气流进入第一级风叶轮获得能量后,再经第二级风叶轮加速将其排出。这种风机一般由能力相同的隔爆电动机驱动,两个风叶轮采用不同的叶片数,通常第一级风叶轮的叶片扭曲角的安装角均大于第二级风叶轮的叶片扭曲角的安装角。

无静叶损失,第二级叶片兼备普通轴流式风机中静叶功能,在获得整圆周方向速度分量的同时,增加气流的能量,从而达到普通轴流式通风机达不到的高效率、高风压。测试证明:其效率比前置静叶型两级普通轴流式通风机高约8%~10%,比后置静叶型高约4%~5%;具备良好的逆风性能,逆向风量可达60%~70%。而普通轴流式通风机仅为30%~40%。

为避免对旋式局部通风机前、后级动叶气流脉动的相互叠加,要求旋转进程中,前后级每次只能有一对叶片能够重合,因此,前、后级叶片数目应互为质数。叶片数目及两级叶片差值都影响对旋风机两级叶轮的协调和匹配,对风机全压效率和噪声都有重要影响。一般选择叶片数差值需大些,使风量能顺利通过第二级风叶轮。其叶片或多或少均不利,最佳叶片数应满足公式(1):

$$0.67 < b/t < 2 \quad (1)$$

式中 b ——叶片弦长,m;

t ——栅距,m。

另外,对旋式轴流通风机合理的轴向和径向间隙是确保两级最佳协调工作的几何条件。轴向间隙大小必须保证最小的潜流二次损失,并达到最低噪声水平。一般轴向间隙应满足公式(2),径向间隙满足公式(3)。轴向间隙过短,未形成稳定的均匀流动,不利用下一级绕流。反之,距离过大,虽缓和了前后叶片的相互干扰,但流动损失增加,并使轴向尺寸无谓伸长。叶片径向间隙较小,可抑制气流在压力面和吸力面之间产生的压差流动以及间隙回流对主气流的扰动,从而改善气流的流动状况,降低噪声。在加工和组装时,应保证叶片间隙在圆周上的均匀性,否则会使噪声增加。

$$\delta_x = 0.5b \text{ 或 } (0.22 \sim 0.28)d \quad (2)$$

$$\delta_y = (0.005 \sim 0.01)L \quad (3)$$

式中 δ_x ——轴向间隙,m;

δ_y ——径向间隙,m;

b ——一级叶片弦长, m;

d ——风叶轮叶尖直径, m;

L ——叶片高度, m。

在设计时,应注意对旋式局部通风机一、二级叶轮的负载分配。若第一级叶轮负载小于第二级,势必需要增大叶片升力系数或迎角,极易引起气流分离甚至失速,出现气流脉动和叶片振动现象,而且脉动气流对第二级的影响远大于第一级,一旦第一级叶轮失速,第二级叶片就会剧烈的振动甚至断裂。若第一级叶轮负载大于第二级,负载相同的情况下,第二级电动机功率消耗增大为 1.1 倍左右。实践中,对旋式通风机经常出现第二级电动机烧毁现象,其根源在于工作条件恶劣以及功率消耗较大。

目前,对旋式局部通风机均采用了外包复式消声器结构。它将多个单孔并联在一起形成多孔穿板吸声结构,再在隔音层中充填高吸声系数的材料,有效地降低了噪声。试验证明:噪声频率越高,吸声系数越高,在 125 Hz~500 Hz 时,吸声系数只有 0.3~0.5 左右,在 1000 Hz 以上吸声系数可达到 0.8 以上,4000 Hz 时可达 0.95。改变穿孔率可改变共振频率,可根据轴流式风机产生的噪声频率选用合适的穿孔率。

轴流风机气动和几何设计常规理论,动、静叶片的弯、掠量不作为设计参数,而在叶片成型时,仅考虑叶片的强度条件,沿基元叶栅重心积叠,无法通过改变叶片力的大小和方向来控制叶道内气流的速度分布,也就无法有效控制流道内气流分离、涡流强度、二次流强度等与流动损失相关的次流流动。

近年来,国内部分高校和科研院所对矿用通风机技术进行了深入的研究,在通风机设计和提高产品性能方面取得了较大的进展,如西北工业大学将航空动力理论,应用于通风机气动性能设计上,形成了弯掠组合正交三维扭曲型叶片。该设计是基于集中参数最优控制理论,分布参数最优控制理论,全三维湍流流场正、反问题数值模拟等理论,以流动损失和气动噪声最小为目标,通过叶片弯、掠量等多参数控制,利用计算机进行综合气动、结构优化设计的方法。其技术关键是以最合理的叶片前后弯掠,左右弯掠的组合布置,来控制 and 保证风机气流流动方向与风机轴向截面垂直。该设计能有效地改善气流的流动状态,控制大尺寸旋涡发展,消除气流分离,控制转子和静子间以及级间气流速度分布,从而达到提高流动效率,减小气动噪声和气流流动损失的目的。用该技术生产的对旋局部通风机跟同等装机容量的风机相比,全压效率明显提高,噪声大幅下降。

4 监督抽查及反映出的问题

国家质量技术监督局分别于 1992 年第 3 季度、1996 年第 1 季度、1997 年第 3 季度和 2000 年第 1 季度组织国家煤矿防尘通风安全产品质量监督检验中心对全国范围内的煤矿用局部通风机进行了监督抽查。抽样合格率为:77.8%、59.1%、72.7%和 75.0%。

从国家抽查和目前掌握的信息来看,煤矿用局部通风机主要存在的问题有:

(1) JBT、YBT 型煤矿用局部通风机噪声高、效率低等缺陷较为突出。部分大、中、小型煤矿仍然大量使用,造成了能源的严重浪费,并对矿工的身心健康有一定的影响,必须进行更新换代。

(2) 对旋式局部通风机电动机超功率问题不容忽视。对旋局部通风机因电动机(主要是

二级电动机)超功率而烧毁事故屡见不鲜,极易造成井下局部瓦斯积聚或粉尘浓度超标,留下安全隐患。

(3) 有的企业不重视试验和检验工作,无法掌握产品实际技术性能技术。导致产品性能与说明书或铭牌标识相差太大,如某企业的产品全压偏差竟达 $+189.0\% \sim -23.3\%$,令用户难以正确选型。

(4) 部分企业为了同别的企业竞争市场,宣传产品时,脱离实际地吹嘘产品性能参数,今后应严令禁止。

(5) 有的企业认为通风机生产、加工简单,设备简陋,且不重视技术投入。如缺乏叶轮动平衡机或对叶轮平衡不重视,仅对风机作了叶轮静平衡,导致叶轮平衡品质差,噪声和振动增大。生产出符合标准要求的通风机产品,除装备一定的生产设备和技术能力外,还须建立一套与企业特点相适应的行之有效的质量保证体系,有效地控制和提高产品质量。

(6) 有的企业对 MT222-1996 和 MT755-1997 等标准理解不够,无法将标准贯彻到设计、生产及质量控制等环节中去,产品质量、技术性能难以保证。

5 发展趋势

(1) 煤矿用局部通风机安全性是保证煤矿井下正常生产的必要条件。要充分重视产品防爆性能检验和图纸审查工作,抽出式局部通风机叶轮和保护圈材料须按 GB/T13813-2001《煤矿用金属材料摩擦火花安全性试验方法和判定规则》标准进行摩擦火花安全性检验,非金属材料零部件须按 MT113-1995《煤矿井下用聚合物制品阻燃抗静电性通用试验方法和判定规则》标准进行阻燃和抗静电试验,检验合格后方可下井使用。

(2) YBT、JBT 型风机生产企业应下大力量进行技术改造,全面提高产品技术性能,以达到 MT 222-1996《煤矿用局部通风机》标准中效率和噪声要求。

(3) 因对旋式局部通风机在井下长期使用,不允许停机。因此应进一步研究新技术、新材料和新工艺在连续施工条件下实现对旋式局部通风机消声器的清洗和更换,确保对旋式局部通风机的实际使用效果。

(4) 对旋式局部通风机重量大,搬动不方便。因此在保证产品安全和技术性能的前提下,设计时尽量减小叶轮直径和长度,以减轻风机重量。

(5) 建议在对旋式局部通风机设计时,应充分考虑电动机超功率和散热问题;生产加工中,提高加工精度和叶片焊接准确度,以免发生电动机烧毁停机现象,给煤矿井下造成危害。

(6) 建议今后对煤矿用局部通风机技术性能状况和煤矿用户要求等进行调研,对煤矿用局部通风机统一设计、统一参数。生产企业应进一步完善生产设备、加工工艺,提高加工水平,并以参数列表和绘制性能曲线的方式将产品性能提供给煤矿用户。

(7) GB3836.1-2000《爆炸性气体环境用电气设备 第1部分:通用要求》和 GB3836.2-2000《爆炸性气体环境用电气设备 第2部分:隔爆型“d”》中对井下轻合金材料的使用作了更为严格的规定。铝合金材料冲击或摩擦产生的火花,最易引燃瓦斯气体,发生爆炸事故,国外已禁止采掘工作面的设备使用轻合金材料。因此建议选择安全可靠的材料和新的叶型来取代铸造铝合金叶轮。

(8) 建议根据除尘器工作阻力和特点,专门设计与除尘器配套用通风机,有效地解决通