

《中国学术期刊综合评价数据库》收录期刊
《中国核心期刊（遴选）数据库》收录期刊
《中文科技期刊数据库》全文收录

ISSN 1674-8492
CN64-1066/TK



神華科技

SHEN HUA SCIENCE AND TECHNOLOGY

神華科技

神華集團有限責任公司 · 中國神華能源股份有限公司 主管

2010.6 第8卷



编辑出版：《神华科技》编辑部
联系电话：0951-6971623 6971106
电子邮箱：shenhuakeji@163.com
广告经营许可证：6400004000103

地址：宁夏银川市北京中路168号神华宁煤集团5号楼
邮编：750011 传真：0951-6971626
国际刊号：ISSN 1674-8492
国内刊号：CN64-1066/TK



Shenhuagroup

神華集團有限責任公司 · 中國神華能源股份有限公司 / 主管

2010. **6** 第8卷

www.shenhuagroup.com.cn

《神华科技》编辑委员会

主任：张喜武

副主任：张玉卓 凌文 彭苏萍 曹湘洪

蒋洪德 王梦恕

委员：张喜武 张玉卓 凌文 彭苏萍

曹湘洪 蒋洪德 王梦恕 韩建国

王晓林 李东 孙文健 郝贵

薛继连 王品刚 杨景才 王金力

华泽桥 黄清 张克慧 顾大钊

孟坚 崔洪明 孙继平 缪协兴

朱德仁 王立杰 刘振宇 史士东

包信合 卢春喜 付忠广 许世森

贾元平 许继刚 钱立新 屈晓辉

吴澎

怎样写好技术论文

1 技术论文的结构

技术论文作为专门论述技术性的文章，其结构是有规范要求的。其结构和组成顺序是：

（1）文章的标题：即所写文章的名称。

（2）作者署名：是指文章的撰写人名称及单位、职务（职称）。

（3）内容摘要：可简写“摘要”是指用简明的语言概括论文中要论述的主要内容。

（4）关键词：是指在论文中涉及最主要的专业名词，一般不要太多，有3~8个名词即可。

（5）正文：是指所写的论文的全部。为了使文章层次分明，正文的结构也有一定的规范。具体要求是：

①前言，在前言里主要讲明提出论述的主要内容及来龙去脉。有时也可不用写前言。②层次标题，一般按严格的逻辑顺序来确定层次标题的内容，并用阿拉伯数字标明顺序。③结束语，是指全文最后部分。概括地讲明，你所讲的问题达到什么样的效果及还有什么不足。

2 几点具体要求

明了论文结构后，对其各个组成部分都有一定的要求，满足这些要求后才会使你的论文层次清楚，给人以清晰明了的印象。

2.1标题的写作

前面讲了文章标题的含义，它是一篇论文的缩影和代表，是整篇论文的提示。作者在确定论文标题时，必须用心斟酌，如果暂时确定不了的可先写论文然后根据论文的内容确定标题。总的要求是论文题目要准确、简洁、鲜明，既能概括全篇内容又能够引人注目，起到画龙点睛的作用。

（1）准确：论文标题应准确无误地表达论文的中心内容。恰如其分地表达出论文研究的范围达到的深度，避免使用笼统的、泛指性很强的词语、华而不实的词藻和不恰当的用语。特别注意避免文不对题。如“快速排除有线电视网的故障保证网络优质传输”，但在文章里只是讲了几种常见故障及排除的方法。这样标题中“快速”、“优质”就显得华而不实了，应该改为“有线电视网几种常见故障的排除方法”。

（2）简洁：为了使读者便于记忆和引用，论文题目应简洁精练、高度概括，一般不超过20个字。如果简短标题难于显示论文内容或进一步明确标题的含义则可用副标题加以补充。如“神东有线电视台混合型前端测试与调整方法”这个题目显得有点罗嗦，不如改为“混合型前端的调测”再加一副标题——“神东有线电视台前端的调整方法”。

（3）鲜明：一个好的标题不仅应通俗明了，能恰如其分地反映论文的主旨，而且要突出理论研究的创新点，少用不常见的符号和专业术语妨碍读者的理解。

2.2层次标题的格式及要求

在一篇论文中除应有文章的总标题外，还有其他标题，这些标题统称为层次标题。所谓层次标题是在一篇文章中每一章、每一节根据阐述的内容都应冠以标题；它是对每章、每节阐述内容的概括，起到使整篇文章内容层次分明，突出中心的作用。

根据有关规定，层次标题按先后出现的次序统一用阿拉伯数字编写序号。根据论述的内容需要，还可把每章每节进一步用层次标题标明每一段的标题，我们暂称之为“子标题”。“子标题”也应用阿拉伯数字标明先后顺序。但应在其前面冠以所在层次标题的序号并用隔点隔开，用此标明是该章或该节的子标题。

层次标题和“子标题”同文章标题一样应准确、简洁、鲜明地概括全章或全节及小段的内容，而且还有三项要求：①同一级的子标题反应同一层次的内容。②同一级标题应尽量讲究排比。即结构相比、意义相关、语气一致。③不同层次的标题有上、下关系者，在内容上应相互联系，排列顺序应符合正常人思维逻辑。



SHEN HUA SCIENCE AND
TECHNOLOGY

2010 年第 6 期

第 8 卷(总第 38 期)双月刊

国内外公开发刊

总 编:杨景才

副 总 编:顾大钊 孟 坚

主 编:李全生 俞太银

执行副主编:杨惠民

编辑部主任:刘云仿

编辑部副主任:杨 静

责 任 编 辑:马小军

编辑出版:《神华科技》编辑部

地 址:宁夏银川市北京中路 168 号
神华宁煤集团 5 号楼

邮 编:750011

联系电话:0951—6971623 6971106

传 真:0951—6971626

电子邮箱:shenhuakeji@163.com

印 刷:宁夏精捷彩色印务有限公司

广告经营许可证:6400004000103

出版日期:2010 年 12 月 26 日

刊 号:ISSN 1674-8492
CN64-1066/TK

目 次

管 理

- 科技创新促进露天煤矿可持续发展浅析 秦益泽 甄 选(3)
神宁公司实施 ERP 系统后对内部审计工作的探索与思考 王青云(8)
浅谈客户是民爆企业的生存之本 路胜利(10)
浅谈施工企业建设工程施工承包合同管理 姜远声(13)

煤 炭

- 大柳塔煤矿掘进单进水平应用技术研究 李浩荡(16)
胶体材料在汝箕沟煤田火灾灭火中的应用 牛进忠(19)
煤田火灾监测技术的研究现状与发展趋势
..... 王 猛 王伟峰 金永飞 杨晓敏(22)
榆家梁煤矿综采工作面“Y”型通风方式应用 张海峰 叶庆树(26)
深井工程降水原理与实践 许月霞 海 玮(29)
煤矿安全监控系统的主要干扰源与抗干扰措施 韩建平(32)
浅谈煤的视密度数据在资源量估算中的使用 郑国敏 官学贵(35)
清水营煤矿软岩巷道支护实践 秦 磊 王国亮(38)

电 力

- 屏区结渣防治措施的探讨 王品刚 赵 毅 许定峰(41)
呼伦贝尔电厂制粉系统选型探讨 廖海燕 温长宏 段 伟(46)
浅析陈家港电厂 2×660MW 超超临界发电机组锅炉辅机选型
..... 贾 义 张 伟 王建彦(50)
远红外测温技术在变电站中的应用 张金龙 唐培新(54)
浅谈 SDH 网络设备维护与故障分析 桂 伟(57)

煤制油与煤化工

- 气流床煤气化冷模实验研究进展 单贤根 索 娅 任相坤 步学朋(61)
旋转回归试验设计概况 朱伟平(66)
甲醇发展现状及工业应用 裴艳红 王 婷(71)
SAPO-34 分子筛催化剂的保护方法研究
..... 邢爱华 薛云鹏 朱伟平 岳 国(74)
焦炭塔整体热处理的质量控制 王志敏(78)

运 输

- 轮径差对机车车轮偏磨的影响 谢彦飞 丁军君(81)
基于激光扫描的无人堆料控制系统 董传博 李靖宇 李长安(85)
K_{18DF} 型煤炭漏斗车底开门减速箱及风动卸车装置改造
..... 张树国 苏子江(88)

节能减排

- 宁海百万机组调试中的节能环保与技术创新 刘期飞(91)
变压器的节能分析与在石炭井矿区的应用 刘 媛(94)

科技动态

- 神东煤炭集团 10 项科技创新项目顺利通过验收 (15)
“国家能源煤炭清洁转换利用技术研发(实验)中心”获国家批准 (18)

CONTENTS

Adminstration

- A Brief Analysis of the Sustainable Development of Surface Mine under the Impetus of Science & Technology and Creations
QING Yize ZHEN Xuan(3)
- The Exploration and Thinking of the Implement of ERP System on the Internal Audit Work of Shenning Company WANG Qingyun(8)
- A Brief Discussing of the Essence of Living of Civil Explosive Enterprise – Clients LU Shengli(10)
- A Brief Discussion on the Contract Management of the Engineering Construction of Construction Enterprise JIAN Yuansheng(13)

Coal

- The Technology Research on the Enforcement of Driving and Single Driving Level of Daliuta Mine LI Haodang(16)
- The Application of Gel Material in the Extinguishment of Fire in the Coal Field of Ruqigou Niu Jinzhong(19)
- Research and Development of the Monitoring Technology of Coalfield Fire
WANG Meng WANG Weifeng JIN Yongfei YANG Xiaomin(22)
- “Y” ventilation Applications of Yu Jialiang Coal Mine Comprehensive Mechanized Mining Face ZHANG Haifeng YE Qingshu(26)
- Theory and Practice of Deep Well Dewatering XU Yuexia HAI Wei(29)
- Main Interference Source and Anti-interference in Coal Mine Safety Monitoring System HAN Jianping(32)
- A Brief Analysis on the Application of the Coal Visual Density Data on the Estimation of Resources Amount
ZHEN Guomin GUAN Xuegui(35)
- The Supporting Practices of Soft Rock Drift of Qingshuiying Mine QIN Lei WANG Guoliang(38)

Power

- The Discussion on the Measures of the Prevention of Slagging on the Surface Area WANG Pingang ZHAO Yi XU Dingfeng(41)
- The Research and Study on the Model Selection of Powder-manufacturing of Hulunbeier Power Plant
LIAO Haiyan WEN Changhong DUAN Wei(46)
- A Brief of the Selection Model of Boiler Auxiliary Equipment of Super Ultra-supercritical Power Unit of 2 X 60MW
of Chenjiagang Power Plant JIA Yi ZHANG Wei WANG Jianyan(50)
- The Application of Far Infrared Temperature Measuring Technique in Substation ZHANG Jinlong TANG Peixin(54)
- A Brief Study on SDH Internet Application Maintenance and Failure Analysis GUI Wei(57)

Coal oil and Coal Chemical Industry

- The Research Progress of Cold Form Experiment of Entrained-bed Gasification Technology
SHAN Xiangen SUO Ya REN Xiangkun BU Xuepeng(61)
- General Situation of the Rotational Regression Design ZHU Weiping(66)
- The Development Statistic Quo and Industry Application of Methanol PEI Yanhong WANG Ting(71)
- The Protection for SAPO-34 Molecular Sieve Catalyst XING Aihua XUE Yunpeng ZHU Weiping YUE Guo(74)
- The Quality Control of the Integer Heat Treatment of Coke Tower WANG Zhimin(78)

Transportation

- Effect of Wheel Radius Difference on Partial Wear of Locomotive XIE Yanfei DING Junjun(81)
- The Controlling System of People-free Composted Materials Based on Laser Scanning DONG Chuanbo LI Jingyu LI Changan(85)
- The K_{18DF} Coal Hopper Car Underneath the Door the Decelerator and Pneumatic Unloading Plant Modification
ZHANG Shuguo SU Zijiang(88)

Engery-saving

- The Energy-Saving Environmental Protection and Technology Innovation of the Commissioning in Ninghai Million Units LIU Qifei(91)
- The Energy Saving Analysis and Application of Transformer in Shitanjing Mine LIU Yuan(94)

Technology dynamics

- 10 Items of Scientific and Technological Innovations of Shendong Coal Group have Successfully Passed the Examination (15)
- The Technology Research (Experiment) Center of Coal Cleansing, Conversion and Application of the Nation is
Approved by the Nation. (18)

科技创新促进露天煤矿可持续发展浅析

秦益泽¹ 甄选²

(1.神华准格尔能源有限责任公司科技信息处,内蒙古 呼和浩特,010300; 2.中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院,北京,100083)

摘要: 针对目前我国露天煤炭资源开发现状,分析了影响露天矿科技创新的环境因素和建设中的问题,基于国家和区域政府的体制政策,介绍了露天煤矿实施科技创新战略的指导思想和现阶段主要工作,并就露天煤矿的地质、资源条件和企业性质,指出了露天煤矿实施科技创新战略过程中的重点工作。

关键词: 露天煤矿 科技创新 重要性 现状

中图分类号: TD804

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-003-05

煤炭是我国的主要能源,煤炭工业是关系能源安全和国民经济命脉的重要基础产业。新时期煤炭工业在保障国民经济和社会发展需要的同时,必须转变经济增长方式,加快结构调整,走资源利用率高、安全有保障、经济效益好、环境污染少的可持续发展道路。露天煤矿由于有安全性较高、资源回收率高、投产快、产量大等优点,其发展前景相当可观,2007年我国煤炭产量25.23亿t,露天矿产量1.70亿t^[1],占总产量的6.74%;2008年我国煤炭产量27.16亿t,露天矿产量2.10亿t^[1],占总产量的7.73%;2009年我国煤炭产量29.60亿t,露天矿产量2.70亿t^[1],占总产量的9.12%;近三年来露天煤炭开采量在全国煤炭开采总量中的比重呈迅速增长的态势,预计在未来5~6年内露天煤矿产量可能达到4亿t以上。科技创新对露天煤矿的贡献越来越大,所以露天煤矿的科技创新水平已成为影响我国煤炭工业发展的一个重要因素。

1 露天煤矿科技创新的重要性

当前,随着新经济时代的到来和经济全球化步伐的加快,煤炭企业之间的竞争已不仅仅是原来资源、规模、资金和产品的竞争,更重要的是煤炭企业之间科技实力和人才的对比及较量。在新形势下,科技兴煤战略已经成为煤炭企业的稳定之本、发展之基、制胜之道、财富之源^[2],具体表现在以下几方面:

一是露天煤矿企业实现可持续发展的需要。露天煤矿的产量大,开采强度高,投资巨大,但是矿权有限,超强度的开采在为煤炭企业带来高产高收益

的同时,也加速了企业的衰老速度。为此,煤炭企业以科技为先导、以煤炭为基础,实施多元化的发展战略,发展循环经济延伸产业链,是减少资源限制影响的有效途径。只有通过科技创新,才能使煤炭企业获得不断发展的不竭动力,促进企业和谐可持续发展^[3]。

二是效益的需求。露天煤矿的投资都很高,设备较多,设备效率的提高会在很大程度上降低成本,增加经济效益。通过不断创新,引进新技术,综合考虑人员素质、资源赋存、设计参数等多方面因素,不断创新,实现露天煤矿生产的安全高效是可行的。神华准格尔能源有限责任公司“十一五”期间在科技创新方面累计投资约3.5亿元,每年的科技投入约占公司销售收入的0.2%~0.4%;参与科技项目研发和科技创新活动的专家、学者、各类管理人员及专业技术人员达上千人次,科技创新工作产生的经济效益是投入的20倍左右。

三是生态环境保护与重建的需求。露天开采过程中,将覆盖于煤层上的岩土全部剥离,形成大型的人工挖损地貌和堆垫地貌,从而使矿区原有土地及生态系统被彻底破坏,造成了人为的水土流失。特别是在北方干旱、半干旱地区,生态环境脆弱,如何在开采煤炭资源的同时保护生态环境,恢复与重建矿区生态是企业义不容辞的社会责任。因此,露天开采扰动环境下的土地生态系统演变机理及其综合治理原理与技术的研究也就成为露天采矿业的重大科技创新需求。

四是增强煤炭企业核心竞争力的需要。拥有核心竞争力是企业生存与发展、参与竞争和获取竞争

优势的必备前提。一般露天矿煤种较井工开采差,发热量相对较低,市场价格相对较低,市场竞争力弱,所以露天煤矿必须大力创新,引进新技术,降低成本,保持企业的市场占有率。

2 我国露天煤矿科技创新现状

2.1 创新的环境分析

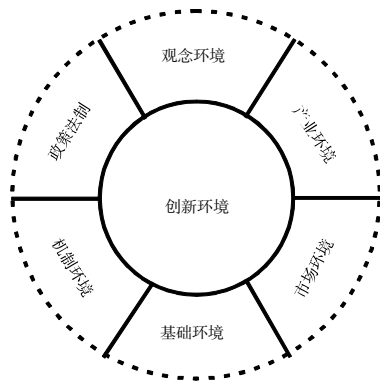


图 1 创新环境因素

科技创新的环境因素如图 1 所示。我国露天煤矿近几年发展较快,各大露天煤矿都在实施科技创新战略。但是现在大部分生产员工由于文化水平和习惯性思维的影响使他们对于科技创新持被动甚至消极态度,而且员工即使有较好的经验,由于文化水平所限不能把经验上升为技术和科学,所以创新观念的推广和宣传有一定的困难。

近几年,我国和地方政府鼓励科技创新的政策法制和机制建设比较完善,知识产权保护、国家对建设节约型和环境友好型企业的大力支持等都为露天煤矿实施创新战略提供了切实保障。但是,目前我国大部分露天矿所处区域的经济水平相对较低,基础建设、信息化建设还处于起步或刚起步阶段,各种专项的人才、科研机构还没建立起来。同时,我国能源消费结构和数量都对煤炭的生产和创新提出新的要求,而且现在各大露天煤矿周围城市的工业化程度还不高,这些都需要露天煤矿不断创新,以带动相关产业和相关地区的高速发展。

整体来看,目前我国露天煤矿的创新环境较好,创新潜力大,但是环境处在动态的复杂变化过程中,优势和劣势也会相互转化。所以露天煤矿要瞄准国家的整体创新政策和环境,灵活变化,积极推动创新水平上新的台阶。

2.2 我国露天煤矿发展中遇到的问题

2.2.1 矿山生态环境保护与资源综合利用问题

(1)目前我国适合露天开采的煤田勘探还不足,露天煤矿的开发评价体系不健全,规划不长远,造成煤田开发顺序、开采境界、开采工艺、开采规模、开采参数的选择没有一个系统完善的指标体系,不利于露天煤矿的初期规划。比如准格尔露天矿区的开发就不合理,如果先开发哈尔乌素,可能会比先开发黑岱沟效果好很多^[4]。所以国家应在发展露天采煤方面给予更多的政策支持和偏向性的引导,加大科技创新的投入,以带动整个煤炭产业的快速发展。

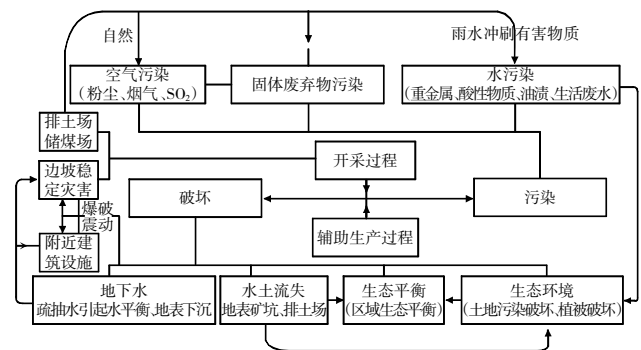


图 2 露天开采引起的环境问题关系图

(2)露天煤矿开采对自然环境破坏是比较严重的,图 2 为露天开采引起的问题关系图。这些问题形成一个复杂的网络,他们之间可以相互转化和衍变,所以必须采取切实有效的措施,综合预防和治理。

(3)我国能源工业的技术和管理水平都比较低,能源平均利用率低,能耗较高,产品单位能耗和耗能设备的能效与先进国家差距很大^[5]。露天开采过程中石油用量很大,据统计资料显示,黑岱沟露天煤矿 2009 年 1 至 9 月份耗油费达 22855.6 万元,我国石油产量有限,对外依赖性大,能源效率的提高对保障我国能源安全具有重要意义。

发展循环经济,延伸煤炭产业链,增加产品附加值,构建绿色煤炭工业实现资源的综合开发利用,是实践可持续发展的必然要求,是煤炭企业义不容辞的责任。它作为我国缓解能源紧张、减轻环境污染的有效途径,已经上升为国家经济发展中的一项政策,为煤炭行业的健康发展指明了方向。

神华的煤、电、路、化、港模式,潞安的煤—焦—化、煤—电—化、煤—油—化模式,以及同煤集团塔山工业园的建设都是循环经济的有效探索和实践。

图 3 为一种适合露天煤矿发展循环经济的模式。

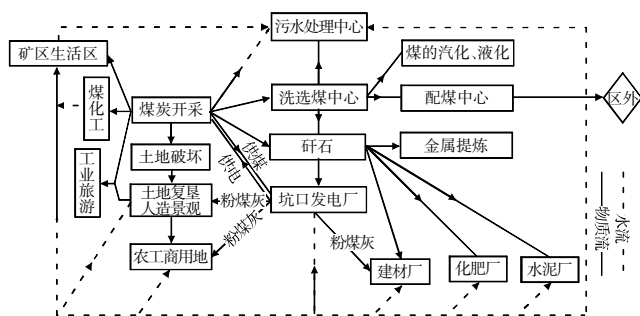


图 3 露天煤矿循环经济发展模式

2.2.2 生产效率与效益问题

露天煤矿初期投资一般都比井工矿高很多,其中是设备投资约占 50%以上,而且露天煤矿设备较大,结构复杂、能耗高,设备投资占开采成本比例较高。据统计资料显示,黑岱沟露天煤矿拉斗铲折旧费占开采成本的 1/5~1/2。随着半连续工艺在我国的推广应用,伊敏河露天煤矿已于 2007 年引进了自移式破碎机,胜利东二号、白音华二号已准备引进自移式破碎机。国外自移式破碎机移设时间为 4d,伊敏河露天煤矿移设时间最短为 6d。所以设备效率的高低成为影响企业效益的主要问题。表 1 为国内外露天煤矿工效,从表 1^[9]中可知,相对国外露天煤矿来说我国的矿山开采效率还很低,而且黑岱沟和安家岭露天煤矿的上部部分岩土是外包剥离,考虑这方面的因素效率还会降低不少。但是通过不断科技创新,可以提高的幅度还很大。例如伊敏河露天煤矿通过不断引进新技术、加大科研和创新投入,全员效率从 2007 年的 64.14 提高到 2009 年的 84.04,增速达 10t/工·a。

同时,随着我国部分露天矿开采深度的不断增加、开采条件复杂化和边坡安全的影响,使我国煤矿开采成本升高。近几年国际油价的不断上涨,我国现在比较普遍使用的单斗卡车工艺运输费用占成本的

比例逐年增高,成为影响成本的重要因素,而胶带运输对开采深度增加的敏感度远低于卡车运输,因此,在适合条件的矿山应考虑推广半连续和连续工艺。目前,伊敏河露天煤矿已引入自移式破碎机半连续工艺,取得较好的效果。但是,我国半连续工艺技术还不成熟,效率不高,未来还需要一段时间的探索和提高。

2.2.3 矿山自动化、信息化、数字化的实施难题

我国露天煤矿信息化建设还处在起步或即将起步阶段。近几年,各大露天煤矿都加大了信息化建设的力度,但是还存在较大的问题。一是煤矿企业的领导者和基层人员对信息化的观念和意识直接影响煤矿信息化的实施;另一方面煤矿缺乏相应的人才,特别是复合型的信息化人才;同时由于煤矿信息化投入不足和投入结构不合理,煤矿的管理体制和管理水平落后,组织结构不合理,煤矿信息化缺乏合理的规划,而且煤矿信息化研究开发能力不足,致使煤矿信息化技术水平不高。

2.2.4 科技创新人才和资源缺乏

(1)人才培养和培训。目前,我国露天采煤方向高等教育力量薄弱,研究生教育力量的薄弱尤为突出,而国家对露天采矿方向的投入少和煤炭有关政策的偏向性,严重影响露天采矿的科研和创新。做露天矿设计的只有中煤西安设计院、沈阳设计院、内蒙设计院、新疆煤矿设计院和大地工程开发有限公司,而目前我国在建和生产露天矿已达 35 座以上,露天采矿方向人员将会大幅增长,而专业人才培养速度与需求相差甚远。同时,我国煤矿人员整体培训力度低,培养方法也相对落后,对人才的重视程度也不高,一系列因素导致我国露天采煤界人才缺乏。

(2)设备生产和科研。目前,中国露天采矿的大型设备大部分是来自外国的公司。国外公司设备和配件昂贵,配件多而复杂,维修费高。而我国目前能生产的卡车、电铲容量与外国相差很大,轮斗铲、拉

表 1 国内外露天煤矿工效

煤矿	Antelope Rochelle	Black water	black thunder	Hambach (2008 年)	黑岱沟	哈尔乌素	安家岭	伊敏河	胜利一号
公司	Peabody	BMA	Arch	RWE	神华	神华	中煤	华能	神华
国家	USA	Australian	USA	Germany	china	china	china	china	china
年产量(t)	97.5	14	81.2	44	25.49	15.52	17.63	14.2	10
员工人数	1130	400	1088	603	1094	875	791	708	671
工效(t/工)	261	96.4	226	201	158	53.74	67.5	84.04	78.91

斗铲、自移式破碎机等设备的生产在国内还是空白,专门研究露天采煤设备的科研力量和人员很少,与露天煤矿的长远发展极不协调。

3 科技创新战略实施的基本思路

露天煤矿生产是一个复杂的系统,一般来说由管理创新系统、生产过程创新系统和基础条件创新系统构成。这些系统涵盖了露天矿生产、维修、调度、经营、管理、评估预测等的各个方面。

我国露天矿实施科技创新战略应以国家能源、煤炭的政策为导向,结合当地的经济 development 情况、区域文化特点、区域社会结构、基础环境建设和企业自身特点等制定^[6]。图4为我国露天煤矿实施科技创新战略的可行性思路。

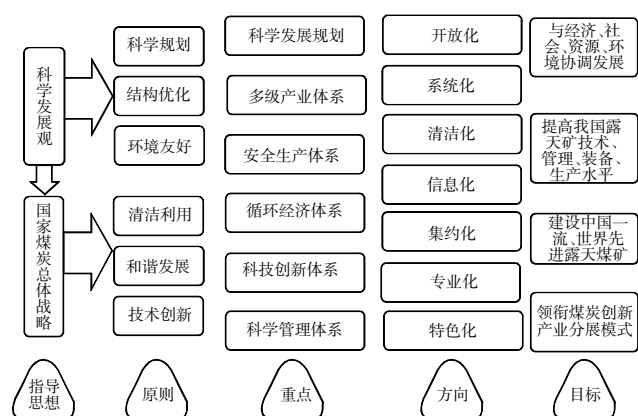


图4 我国露天煤矿科技创新思路

4 我国露天煤矿实施科技战略的重点工作

科技创新战略的实施是一项综合的工作,主要包括基础建设、创新平台、人才培养、组织机构、自主科研与合作等多个方面。

4.1 基础环境建设

对于基础工作建设,首先,露天煤矿要加强科技创新文化的宣传,制定相应的创新等级和奖励制度,让员工看到创新带来的效益与利益,以激励员工,逐渐形成员工创新意识和作风。同时,管理人员的创新观念要不断发展,积极了解行业的问题和方向、政策导向等。其次,要加强软硬件设备的更新和发展,为创新者提供必要的实验设备条件及财务上的支持。再次,要在信息化方面做文章,应实现资源与开采环境的数字可视化、技术装备智能化与生产过程控制

自动化、管理与决策科学化、信息传输网络化与资源高度共享化等方面,为科技创新提供高效科学的数据支持和辅助决策系统。

4.2 创新平台

首先,要完善制度建设。一是创新的动力机制;二是运行机制,包括露天煤矿不同发展阶段的制度建设,运行程序等的制定和完善;三是发展机制,包括人力资源、设备、资金的吸取和储备等。其次,要建立专项研究机构、实验室等。设立不同级别和层级的科研基金,如设立重大基础项目基金、高新技术基金、专利基金、设备研制基金等,并设立专门的管理机构保证各项制度与政策的正常推进和实施。再次,要不断建立与各个露天煤矿、相关研究机构、院校的合作关系,实现知识、人才、技术等实时交流和更新。

4.3 科技人才队伍的建设

首先,要大量引进高技术人才,从高校、科研院所和其他露天矿引进人才,给予一定的经济和心理激励。其次,要从自己的煤矿选拔有潜力的人员,给予一定条件,激发其创造能力和热情。露天煤矿还可以设立自己的培训学校,为企业输入人才。同时可以为其他露天煤矿及相关单位提供员工和技术服务,提高露天煤矿的影响力和抵抗人才流失风险的能力。

4.4 完善组织机构

组织机构的完善是科技创新实施水平高低的保证。露天煤矿应针对影响本矿安全和效益的关键问题设立专门的科研—管理—顾问机构,加强企业技术中心建设,夯实自主创新基础,坚持以提高利用社会科技资源和增强自主创新能力为目标,围绕露天采矿,建立“决策层、管理层、研发层”层次清晰、职责明确的技术体系。并聘请露天生产各个专业的权威专家、研究人员和经验丰富的生产人员作为动态顾问团成员,付以一定的服务经费,帮助解决生产过程中的问题。同时,要制定适应的制度对科技创新的实施和保障做监督和指导,协调露天煤矿内部部门和财务及技术设备管理等相关企业科研单位建立合作关系,并引进相关技术设备以及经验等。

4.5 自主科研和合作研发并举

煤矿作为企业单位,主业为煤炭开采,工程技术人员的精力主要集中在生产一线,但是他们的专长在于从现场实践中总结归纳符合生产实际的技术经验和规律。企业应该给予员工一定的自由度

和资助,依据企业的特点和人才模式及生产中遇到的问题做一些偏向性的研究和自主研发。

至于影响煤矿的其他关键性的技术,如企业信息化建设、设备大型化国产化、维修技术、环境保护等的研究都需要长时间的努力。煤矿要针对不同阶段遇到的问题,找准定位,充分发挥企业的特点和长处,与科研单位和行业内其他生产企业合作研究,以期解决实际生产问题。

4.6 重视知识产权战略

随着知识经济和经济全球化深入发展,知识产权日益成为国家发展的战略性资源和国际竞争力的核心要素,成为建设创新型国家的重要支撑和掌握发展主动权的关键。企业作为社会经济活动的主要参与者,必须更加重视知识产权,更加重视鼓励创新,大力提升知识产权创造、运用、保护和管理能力。随着企业科技创新活动的不断深入和扩展,必须对科技创新成果积极加以保护,充分利用知识产权制度维护企业竞争优势。

5 结语

我国露天煤矿近几年发展迅速,露天煤矿产量占我国煤炭总产量的比例逐年升高,但是在效率、土地复垦和环境治理、节能减排、信息化等方面与国外露天煤矿差距还很大。而且我国露天矿所处区域的

限制性因素、国家的重视度不够使其发展受到一定程度的阻碍。所以露天煤矿必须大力实施科技创新战略,不断加大科技创新投入,培养高素质人才,实现企业的可持续发展。

参考文献

- [1] 2010年7月31日至8月3日煤炭学会第6届露天开采专委会2次工作会议.
- [2] 王文海.我国煤炭工业循环经济发展的模式研究—以中煤集团平朔公司为例[D].浙江大学,2009.
- [3] 周娜.晋煤集团发展战略研究[D].对外经济贸易大学,2007.
- [4] 于汝绶,张瑞新,王宝庭,刘光.露天采矿优化理论与实践[M].煤炭工业出版社.2004,3~11.
- [5] RWE Rheinbraun AG Hambach Mine[EB/OL]. <http://www.rwe.com>, 2003; Annual report 2009 [EB/OL]. <http://www.bhpbilliton.com/bb/home.jsp>, 2009; Annual report 2009 [EB/OL]. <http://www.peabodyenergy.com/>, 2009; Annual report 2009 of aechcoal [EB/OL]. <http://www.archcoal.com/2009>.
- [6] 王发民,张庆平,高军.煤炭资源型企业循环经济模式的基点.宁夏煤炭资源的可持续发展[J].宁夏大学学报(自然科学版),2007,28(1):89~93.

作者简介: 秦益泽(1984-),助理工程师,2005年毕业于辽宁工程技术大学电气自动化专业,现在神华准格尔能源有限责任公司从事科技创新管理工作,主要研究方向为现代露天煤矿协调开采技术、准格尔矿区煤矿伴生资源的开发和利用、企业知识产权战略等。

A Brief Analysis of the Sustainable Development of Surface Mine under the Impetus of Science & Technology and Creations

QIN Yize¹ ZHEN Xuan²

(1. Science & Technology Department of Science & Technology Information Office of Zhungeer Energy Co., Ltd of

Shenhua Industry Group, Inner Mongolian, Huhehaote, 010300; 2. Energy & Security College of

University of Mineralsof China (Beijing), Beijing, 100083)

Abstract: According to the development situation of coal resource, the environment factors that have influence to science and technology innovation and construction problems was analyzed, base on the policy and system of state and regional government, the guiding ideology and primary work needed to be done now was introduced when the open pit coal mine implementing the technical innovation strategy, Finally, based on the geological resources situation and enterprise nature, the key works .that the coal mine should do were pointed when in the course of implementing the technology innovation strategy.

Keywords: Surface Mine; Science and technology innovation; Importance; Status

(收稿日期:2010-11-09

责任编辑:杨 静)

神宁公司实施 ERP 系统后对内部审计工作的探索与思考

王青云

(神华宁夏煤业集团有限责任公司审计部,宁夏 银川,750011)

摘要: ERP(企业资源规划)系统实施将改变或重新整合神宁公司的生产、基建和经营管理业务流程,内部审计环境亦随之发生变化。传统的内审线索可能会部分或完全消失,这就对内部审计工作提出新的挑战;内部审计流程和方法、内审内容与内审重点也要相应调整或做重要调整;对内审人员的审计技术和综合素质也提出新的要求。要求内审人员既懂 ERP 系统知识、又懂内审业务,能在 ERP 环境下独立开展内审业务。内部审计方法和技术亦需要发生“深刻变革”,以创新的思维进行探索和思考,以实现内部审计工作在 ERP 环境中的发展目标。

关键词: ERP 系统 内部审计 探索与思考

中图分类号: F270

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-008-03

神宁公司 ERP 系统的实施,必将促进内部审计业务发生“深刻变革”,而这种变革不仅是技术上的,它还将迫使内部审计人员重新审视传统内部审计向现代内部审计的跨越式发展,促使内审工作利用“深刻变革”之机加快创新步伐。通过创新而得到更快的发展,以实现内部审计工作在 ERP 环境中经济安全的发展目标。

1 ERP 系统的实施对内部审计的影响

ERP 系统实施将改变神宁公司的经营管理业务流程,也就是实现业务流程的重新整合。业务流程的变化对内部控制的影响最大,同时也对内部各项管理,尤其是财务、会计的监控提出了新的要求,因而也必然带来内部审计工作的变化。实施 ERP 系统对神宁公司内部内审工作的影响主要体现在以下几个方面。

1.1 ERP 系统的实施使神宁公司内部审计环境发生了变化

传统内审线索消失。在传统的手工环境中,是通过不同岗位之间的分工协作,将日常经营活动中产生的财务资料进行加工处理形成内部和外部需要的各种会计信息,如凭证、账簿以及报表等。这些内审线索主要以纸质的方式存在,内审人员可利用这些书面材料从原始凭证查起,通过对报表之间、报表与账簿之间会计数据的勾稽关系审查凭证账簿所反映的经济内容的合法性与业务处理的正确性。而实施 ERP 系统后,这些传统的内审线索可能会部分或完全消失。

1.2 ERP 系统的实施使内审内容与内审重点发生了变化

在手工会计的组织方式下,会计部门按经济业务的性质分为不同的职能中心或不同的工作岗位,构成一个内部牵制网,一旦出现问题,可通过检查不同的责任者追究责任,这种职能的分割与人员的分工便形成了行之有效的手工会计的内部组织控制。而在 ERP 系统中,由于会计事项由计算机按程序自动进行处理,记帐、算帐、报帐全部由计算机自动完成,主要过程不需人工干预,发生在原有手工会计系统中的计算或过账错误的机会相应减少了。但如果 ERP 系统的应用程序出错或出现其他问题,则计算机只会按给定的程序以同样错误的方式处理有关的会计事项,错误的结果将十分严重。因此,在 ERP 环境下,内审内容更加广泛。因此,实施 ERP 后,内部审计重点应当转移到风险管理领域。

1.3 对内审人员的素质提出了更高的要求

(1)内审观念的转变。观念问题也就是认识问题,如果不转变内审观念,将内审仅仅局限为差错纠弊,势必将内审仅仅理解为“查账”层面上。只有全面树立系统基础内审或风险基础内审的观念,才能理解信息系统内审的重要意义。内审中发现的很多错弊,都是由于管理上出了漏洞,也就是系统出了问题。一个管理完善的、控制良好的系统,应该能够防止、发现或纠正自身存在的问题。内审的任务就是帮助和促进被内审单位建立、健全这种机制,而不是代替被审单位去履行他们的“管理责任”或“会计责任”。

(2)实施ERP系统后,庞大的信息实现了高度集成与共享,加之ERP系统环境比传统会计系统更为复杂,内审对象也更广泛,内部审计只依靠原有的知识和技能无法胜任对ERP系统环境的内审工作。因此,内审人员不仅仅需要在业务方面有很强的能力、过硬的业务素质,还应能理清ERP各个子系统数据的来龙去脉,掌握ERP系统的使用平台和网络环境,熟悉数据库技术、实物操作,才能很好地理解神宁公司的经营管理活动与系统的各项功能设置,才能全面地把握内审的总体情况并对内部控制进行有效的评价。

2 ERP系统的实施对内部审计提出新的挑战

(1)在对ERP的实施和应用了解不深,过分相信ERP系统作用,认为实施了ERP系统,内部控制、经营风险会大大的减少,甚至认为可以通过ERP系统来解决一切,却忘记了系统也是由人来操作的这一关键问题。因此,内审人员首先必须清醒地意识到ERP环境下集团公司的风险所在以及内部审计的重要性。

(2)内部审计工作还未真正实施ERP系统,对ERP系统环境下的内审工作还相当陌生。为此,必须迅速改变传统的内审方法和内审思路,拓宽和延伸内审的广度和深度,加强对内部控制的管理,努力夯实内审的业务基础工作,为ERP环境下的内控管理创造良好的条件。

(3)切实搞好ERP环境下的内部内审工作,必须提高内审人员的整体素质,建立一支既懂ERP系统知识、又懂内审业务,能在ERP环境下独立开展内审业务的高素质的内审人员。由此,一方面要配备一定数量的熟悉ERP系统的工作人员,并对这些人员进行内部内审业务的培训;另一方面要加大对内审人员ERP系统知识和计算机知识的培训力度。

(4)在ERP环境下,由于数据信息量巨大且又实时共享,系统运行复杂而又速度惊人,要收集和掌握及时、准确的内审证据,运用科学的内审方法,单靠原来的手工方式已经不可能了,必须通过计算机的辅助才能实现,要通过实施ERP内审模块来最大限度地发挥内审的服务、监督和评价作用。

3 ERP系统环境下内部内审的主要方法

ERP系统环境下内部审计的具体方法很多,包含因素分析法、比较分析法、趋势分析法、定性定量分析法等,以下几种富有特色的内审方法亦应用到

我们的日常内部审计活动中。

3.1 流程追溯法

ERP系统一般都具有流程追溯功能—SAP系统。即任何信息都可以通过流程追溯功能,逆向追溯到信息源头,正向追溯到最终结果。内审时,可以充分利用该功能,通过正向或逆向的追溯方式,提高对风险的识别和评价能力;还可根据追溯结果判断内审事项的发展方向,明确相关内审事项,评价风险应对措施适应性与有效性,并提出进一步改进的意见。

3.2 循环测试法

任何业务的开展都有其相应的内、外部条件和特点,因而在ERP系统中的运行可能会产生不同的结果。另一方面,某一具体业务在单项功能中的运行结果,与在系统集成功能下运行的结果比较,可能会有不同的结论。在内审过程中,我们会经常采用测试的方法来得出内审结论。为了保证内审结论的准确、全面,不能简单地以单项功能运行的结论和某一次结果或特例得出内审结论,而应借鉴ERP系统实施的方法,分别进行多轮单元测试和集成测试。

3.3 实时内审法

ERP系统内的信息是实时共享的,原始数据只需一次输入,各模块便可根据需要实时调用,直至编制出最终报表。因此,内审人员可以根据需要实时收集自己感兴趣的资料,并通过系统将这些资料实现共享,从而进行实时内审,以弥补事后内审线索不充分的缺陷,为事前内审、事中内审创造了条件。

3.4 系统辅助法

ERP系统应用后,神宁公司生产经营信息高速集成,为全面推行计算机系统辅助内审提供了可能。内审人员借助于内审软件ERP系统中的内审模块,通过输入必要的条件进行样本抽取,对异常项目进行调查测试,可以确定内审重点,并在一定范围和内容内进行逐笔内审。同时,由于计算机快速、准确、信息量大的特点,使得内审范围和内容更加广泛、全面,内审证据更加充分、可靠,从而可以提高内审工作质量,减少内审风险。

3.5 专家会诊分析法

ERP系统是一个技术和管理含量很高的管理信息系统。内审人员由于专业以及时间和精力等原因的局限,不可能对ERP系统的所有管理问题和技术问题都很熟悉。因此,在内审过程 (下转第31页)

浅谈客户是民爆企业的生存之本

路胜利

(宁夏夏天长民爆器材有限责任公司,宁夏 石嘴山,753200)

摘要: 客户是企业生存和发展的生命线,企业只有把客户作为企业的运作核心才能在中立于不败之地。企业应通过树立客户观念,并将其贯彻在生产、经营、销售、服务等企业的各方面。

关键词: 客户观念 客户成本 企业利润 售后服务

中图分类号: F27

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-010-03

在现代的经营理论中如何吸引客户、留住客户,并可以有效地发展新客户才是企业是否可持续发展的关键,客户已成为了企业的生存之本。

1 客户是企业生存之本的硬道理

近代管理大师杜拉克、汉迪、柯林斯、德鲁克等认为,利润只是手段和结果,不是目的。其中德鲁克对企业的独特见解是,要想知道什么是一个企业,必须从理解企业的目的开始,企业的目的必须存在于企业本身之外,事实上,企业的目的必须存在于社会之中,因为企业是社会的一部分。企业的目的只有一个适当的定义:创造客户。是客户决定了企业是什么。因为只有客户,通过其对商品或服务的购买,才使经济资源转化为财富,物品转化为商品,因此想生产什么并非十分重要,客户想买什么,他们的认知价值是什么,那才是决定性的。他们决定着企业是什么、企业生产什么和企业是否会兴旺。

(1)虽然企业是企业建立者为了谋取利益而建立的,但自它成立之日就以其独立的身份成为社会的一份子。对于社会,企业存在的目的是向社会提供社会所需的各项物资,也就是向社会中所有对这一企业所生产产品有所需求的企业及个人提供产品或服务。生产社会不需要的产品的企业是无法生存的,任何企业都要根据其客户的需要来决定生产。因此,满足客户需要,将客户视为企业之根本是企业的社会属性决定的。

(2)在当今,我国市场经济开放程度越来越高,市场竞争越来越大。市场中的大部分产业都已是完全的买方市场。在这种市场条件下,“客户为企业之本”的观念已不单纯的是一种企业的社会责任,而已经成为其一种重要的生存之道。拥有客户是企业获

得利润的基础,拥有多少潜在客户决定了企业的发展潜力,因此在买方拥有绝对主动权的当今市场,如何获得客户,在激烈的市场竞争中分得一杯羹是企业生存与发展的关键。

(3)企业生存和发展之本就是创造市场,建立市场,保持市场竞争力,尤其在市场已进入营销时代的今天。在推销时代,企业的销售重点是如何获得客户,而在当今的营销时代,重点是如何留住客户,如何在客户及潜在客户中树立企业形象,并力求使保持用户给企业带来的价值高于获得用户的费用,即企业的销售观念已从生产导向转变为需求管理导向,客户已变成企业从生产到销售每一环节的核心目标。

2 客户是企业生存之本的源泉

(1)客户是企业的利润之源。产品生产是企业最根本的任务,而客户观念在企业中最根本的体现也在企业所生产的产品,产品作为客户的目标担负着完成其使用价值和企业获得利润的双重作用。所以,企业只有根据客户需求生产出高使用价值的产品,才能获得相应的高回报。企业获得的客户和留住的客户越多,占有的市场份额也就越大,从而获得的利润也就越多。企业要长期生存,就必须把客户需要作为企业发展的根本立足点,并在高效的企业团队共同努力下,通过对顺应市场、满足客户需求、产品的开发和生产及企业品牌的树立奠定长期发展的基石,才能让产品在市场上获得客户,并使企业可以对市场的变化进行快速反应。所以“客户是企业生存之本”观念对于企业的发展有着非常重要的意义。

(2)获得客户的成本保持客户的价值。要获得一个客户是存在一定成本,这一成本主要包括:①奖励

费用。即对获得这一客户做出贡献的营销人员及经销商的奖励。例如一家机械公司对销售能力强的销售员或经销商给予的奖励。②访问费用。是企业为推销产品与客户接触时产生的费用。如企业领导或销售人员对客户进行访问产生的包括工资、差旅费及一些必要的相关费用。③必要的产品广告费用。包括为宣传产品而进行广告宣传的费用,为向客户详细展示产品而产生的费用等。④对中间商支付的费用。指为扩大销售,获得更多客户,企业对中间商采购产品折价、让价所减少的利润。⑤为提高资产回收率,通过各种形式和方法为回收资产而支付的费用。

(3)客户是企业技术进步的倡导者。随着科学技术的日新月异,客户对产品的性能不断提出新的要求。同时,客户对产品的满意程度也越来越引起企业的重视。客户对企业的产品在使用过程中发现的问题反馈到企业,企业对产品和生产工艺加以改进、革新、提高,促使企业更好地为用户提供技术服务及更优质的产品。而如果企业没有抓住客户需求这一发展重点,那么那些最快做出市场反应的企业就会占得先机,为客户提供使其满意的产品和服务。而其它企业的市场竞争力就会被削弱,失去市场份额。所以,用户的需求就是企业的行动指南。

(4)在产品研制和生产过程中应进行详细的市场调研,与现有客户进行深入交流,了解市场动态和客户对产品的预期需求,从而使产品在诞生之日就把握住市场脉搏,为日后的销售打下基础。

(5)在遵循市场需求的同时,企业还应根据市场调查资料对所生产产品的未来发展做出预期。第一,因为产品从开发到生产存在时滞,所以现在符合市场的产品在被生产出来后可能就过时了。第二,当一种产品在市场有了明显需求时应已到了产品生命周期的发展期和成熟期阶段,其发展潜力已被众多企业消耗了,所以此时在进入市场所能获得的利润已经很少。第三,如果企业只是遵循现有市场需要生产的产品,那么永远都是被动发展,所以企业应根据市场的发展生产出超前于现有市场的产品,从而引导市场,获得发展主动权。

3 客户是企业生存之本的根本目的

对于创造客户,只要企业不掌握它,就会失去它。在变化万端的市场经济中,求得生存的唯一之路,就是创造和留住顾客。企业可以拿出世界上最好

的产品和服务,但是如果无人问津,那企业肯定要失败。企业的成功出发点和落脚点都在于企业为客户服务的方式,即不但满足客户的需要,而且向他们提供超值的服务。如果经营策略、制度和服务水平的焦点不能凝聚于客户的需要和期望上,企业就将无法存活。

对于企业,服务比看得见的产品更重要。产品对于企业可以被分为4个层次:①基本产品,是以销售为目的,满足客户需要而生产的产品。它包括为满足客户需要所提供的效用和利益、质量和可靠性、品牌和信誉等。它是企业产品构成的最基本要素。②附加产品。用户对产品的需求不只是基本产品,围绕基本产品,客户还需要与一系列与之配套的产品与服务,如送货服务,技术支持和配件更换等客户应获得的配套服务和产品获取。③预期产品,企业提供的超过用户需要和期待的产品利益。如产品升级服务;对提出需要试用期和更换产品等要求的客户提供相应的服务;提供特殊要求的产品等都属于预期产品。④潜力产品,是企业通过对客户群的了解而对现有产品进行改进,从而使现有产品的销售潜力得到挖掘,客户对产品满意度得到提高。这种改进后的产品就是潜力产品,是产品不断发展的成果。

产品的这4个层次可以概括为有形产品和无形产品两个方面。有形产品是基本产品,表现为质量和可靠性;附加产品,预期产品和潜力产品是无形产品,表现为客户对服务质量和产品满意度的关注。美国营销学家维特说过,“竞争的关键,不在于企业能生产什么产品,而在于产品能提供多少附加价值。”由此可见,基本产品在产品销售中只是基础。真正使企业产品得到提升的是包括附加产品、预期产品和潜力产品在内的基本产品的配套产品。所以企业要想在同行业竞争中脱颖而出就必须根据客户需要,提供符合需求的配套服务产品。

4 民爆市场的特殊要求收窄了市场需求范围

民爆物品的危险属性,构成了民爆市场特有的经营持续秩序。民爆条例规定了7种行政许可,对从事民爆物品生产、销售、运输、使用的单位和个人需核发六类不同的许可证。也就是说,民爆物品只能在持有许可证的单位和个人手里流转,否则,就有违法之虞。在这样规定下,于是就有了特殊的规定:民爆物品只能销售给持有购买许可证的用户,换言之,只

有具备了使用资质的用户才可以涉爆。用户的使用资质是由公安机关许可并管控的,为保障社会公共安全,使用资质有其特有的内在要求,是不能随意降低的。换一个角度理解,民爆市场的需求量就是有无数张公安机关出具的许可证集合而成的。与其它产品相比,民爆物品的使用范围相对狭窄。在民爆市场面前,无论是生产企业还是销售企业,都无法主动去开发用户,在现阶段,民爆企业能主动做的工作就是为用户做好服务。因此,民爆企业单方面想把市场做大难度很大,这就是民爆行业与其他行业不同特点也是民爆市场特有的内涵。在目前经济形势下,笔者认为民爆企业面对波动市场应在以几个方面下力:

(1)树立“以客户为中心”的经营理念。在体制、机制、产品服务的创新上下功夫,在不竞争因素上作文章,打好基础,练好内功。在市场上,用户信得过,有良好形象。建立一支过硬的服务队伍,在产品的推广、产品的配送、产品使用的技术服务等方面做到依法、安全、及时、准确。

(2)延伸产业链走一体化经营的路子。《爆破作业分级管理办法》中蕴含着商机。必然会提高爆破作业资质的条件和要求,那么当下,民爆企业就应该利用自己优势,尽早进入爆破作业领域,为民爆用户提供专业爆破服务,去分食这块多年来视而不见的“蛋糕”是可以预见的,随着《爆破作业分级管理办法》的实行,民爆市场格局将会缓慢地发生变化,民爆企业要适应这种变化,就应该有高级别的爆破作业资质,提高自身的服务能力,从卖产品向提供服务转型。

(3)民爆生产企业必须认识到研发设计的战略价值,重视并加强新产品的研究开发,才能从“制造”

走向“创造”。发展顿感炸药,发展高安全、高精度雷管系列产品,发展现场混装炸药,逐步实现人机隔离、远程监控、自动控制生产。企业通过技术进步,即可以提高本质安全度,又可以提高产品的附加值。随着形势的发展,生产企业的竞争力将越来越多地依赖于设计策划、技术研发等生产性服务业的支撑,附加值有限的单纯生产制造将逐步失去竞争力。在民爆市场需求不能无限增长的情况下,企业必须从低技术含量向高技术含量升级,产品必须从低效益向高附加值升级,产业链必须向两极延伸。产业内的并购整合,可以让民爆资产变得有效,客户相对稳定。

5 结束语

如果把企业比喻为一个人的话,那么客户就是企业的灵魂,企业所做的所有事情都是由客户决定的。客户的想法就是企业的方向。因此,企业应把客户观念贯彻到企业的方方面面,改变以前的产品观念的思维模式,真正建立起以客户观念为核心的适应企业特色、时代特点和市场需求的的企业体制,使企业在激烈的市场竞争中立于不败之地。

参考文献

- [1] 秦政奇.把脉民爆经济的未来[N].中国爆破器材行业工作简报, 2010-3.
- [2] 民用爆炸物品安全管理条例[S].中国市场出版社,2006-6.
- [3] 彭星闻.市场营销学[M].中国财政经济出版社,1999-11.

作者简介:路胜利(1962-),经济师,现任神华宁夏煤业集团宁夏天长民爆器材有限责任公司总经理。

A Brief Discussing of the Essence of Living of Civil Explosive Enterprise – Clients

LU Shengli

(Tianchang Civil Explosive Co., Ltd of Ningxia, Ningxia, Shizuishan, 753200)

Abstract: Clients are the lifeline of the existence and development of enterprise. The enterprise shall remain unconquerable position only if by taking the clients as the core of the enterprise operations. The enterprise should establish the client concept and implement the concept into various aspects such as production, business operations, marketing and services.

Key Words: Client concept; Client costs; Enterprise profit; After-sales service

(收稿日期:2010-11-9

责任编辑:杨 静)

浅谈施工企业建设工程施工承包合同管理

姜远声

(神华宁夏煤业集团灵州建井工程公司,宁夏 灵武,751409)

摘 要: 建设工程施工承包合同管理是施工企业项目管理的重要组成部分,是施工企业安排施工、进行索赔、控制工程成本和进行竣工结算的主要依据。文章对如何加强合同签订前管理和合同履行过程中的管理,进行了分析论证,在具体的施工合同管理实践中,具有一定的参考价值。

关键词: 施工企业 工程承包合同 管理

中图分类号: TU723.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-013-03

建设工程施工承包合同是发包人和承包人为完成商定的建设工程项目的施工任务明确相互间权利义务关系的协议。建设工程施工承包合同管理包括对合同进行筹划的过程、合同的签订、履行、变更和解除等过程的控制和管理,是施工企业安排施工、进行索赔、控制工程成本和进行竣工结算的主要依据,是规范业主和施工企业的一把“双刃剑”,一旦出现一方违约,另一方就要为此付出相应的代价。因此,施工企业只有抓住合同管理这个核心,才可能统筹调控整个建筑工程项目的运行状态,实现预期目标。

1 加强合同签订前管理,牢牢把好合同洽谈关

首先,要积极争取合同的起草权。在经过严格的招标、投标程序,招标人在明确中标人并发出中标通知书后,双方即可就建设工程施工合同的具体内容和有关条款展开谈判,即进入了合同的谈判与签约程序,为了在合同谈判中争取主动,充分实现企业利益,因此要争取合同的起草工作。在合同起草时,合同文本应根据工程的具体行业和工程项目的具体情况选用由国家颁发的通用性合同文本,结合工程实际对合同双方的权利和义务、工程施工的进度控制、质量控制、费用控制、施工合同的监督和管理、工程施工的信息管理、组织协调、安全管理等内容逐一确定,力求做到合同内容完整、准确,并尽可能的详细,做到条款不漏项,文字表达严谨,避免对合同条款产生异议和误解,造成合同双方的责任划分不清,进而导致合同难以履行或者引发争议。特别是要认真研究招标文件、投标答疑等,根据各工程的特点,充分了解工程的详细内容和范围,进行各项详细调查研究,复核工程量、选择施工方案,将科学、合理的合同

条款纳入其中,在遵守国家法律法规的前提下落实有利条款,规避不利条款,为下一步的合同谈判取得主动权。

其次,要认真策划合同谈判工作。谈判阶段是个很重要的阶段,由于建筑市场“僧多粥少”,施工企业处于被动和弱势的现状目前还难以改变,业主往往利用自己的强势地位,在合同谈判时提出一些不合理、不公平的条款。因此,在合同谈判前要有明晰的思路,做好充分的准备:一是要有一个优秀的合同洽谈团队,明确各自职责,确定主谈人和副谈人。主谈人对项目的具体情况要了解得很详细,有扎实的专业知识,能够举一反三、融会贯通,成员之间要相互配合,以确保整个谈判工作在受控下进行。二是要明确洽谈的主要内容,以及要达到的目标。合同商谈的内容涉及工程内容和范围的确认,技术要求、技术规范 and 施工技术方案,合同的价格及价格调整条款,合同款的支付方式,工期和维修期,质量验收与竣工结算等诸多内容。要做到以法律为准绳,以事实为依据,明确哪些条款可以让步,哪些条款不可以让步,做到有的放矢。三是谈判过程中应该相互尊重,掌握谈判技巧,赢得对方信任。同时要进退有度、分寸自如,既不能轻易让步,也不能丢了合同,最重要的一点就是以实现企业利益最大化为目标进行洽谈,最终以签订施工合同为目的。案例:神宁集团灵州建井工程公司施工灵新矿六采区回风下山、运输下山技术改造工程(+1096车场以下),合同约定预算执行2007基价、辅助费三期等。但是该矿建工程实质为恢复启用已报废的三采区(+1096车场以上)辅助系统向六采区延深的井筒工程,业主以辅助系统配置到位将该工程实质为辅助费二期定为三期,从而导致

+1096 车场以上庞大的生产辅助系统费用不足,施工经营亏损。施工方针对辅助费定性不准确与业主多次论证,最终明确六采区回风下山、运输下山工程为辅助费三期,但 +1096 车场以上费用按二期计付,双方签订了补充协议,从而确保工程顺利进行。

2 加强合同实施管理,重点做好六项工作

(1)做好合同分析工作。建设工程施工承包合同签订后,企业的合同管理部门或项目中的合同管理人员要从合同执行的角度去分析、补充和解释合同的具体内容和要求,将合同目标和合同规定落实到合同实施的具体问题和具体时间上,用以指导具体工作,使合同能符合日常工程管理的需要,使工程能按合同要求实施,为合同执行和控制确定依据。在进行合同分析时,主要从合同的法律基础、承包人的主要责任、发包人的主要责任、合同价格、施工工期、违约责任、验收、移交和保修、索赔程序和争议的解决等方面进行分析,进而达到以下 3 个目的:①分析合同中的漏洞,解释有争议的内容;②分析合同中还存在哪些风险,制定风险对策;③合同任务的分解、落实,确保按合同工期、质量要求完成施工工程。

(2)做好合同交底工作。在传统的施工项目管理系统中,各施工企业十分重视图纸的交底工作,却不重视合同分析和合同交底工作,导致各个项目组 and 各个工程小组对项目的合同体系、合同基本内容不甚了解,影响合同的履行。因此,合同签订后,要在合同分析的基础上,进行合同交底。即由合同管理部门组织召开合同交底会,把签订合同的人员和与执行合同有关的人员召集起来,向各层次的管理者作“合同交底”,合同管理人员在对合同的主要内容进行分析、解释和说明的基础上,组织学习合同条文和合同总体分析结果,使大家熟悉合同中的主要内容、规定、管理程序,了解合同双方的合同责任和工作范围,合同行为的法律后果。通过介绍合同主要条款的来龙去脉,着重讲解合同中哪些条款对我们有利,哪些条款对我们不利,以达到规避风险或化不利为有利的目的。在交底会中,还要让执行合同的有关人员提出不理解或不清楚的问题,由企业的合同管理部门或项目中的合同管理人员作介绍和讲解,最终形成共识。同时,合同交底时还必须要有记录,让参加会议的人员签字,并形成会议纪要。

(3)做好合同实施的控制工作。施工企业做完“合

同交底”工作后,合同中的各项任务的执行要落实到具体的项目经理部或具体的项目参与人员身上,施工企业作为履行合同义务的主体,必须对合同执行者的履行情况进行跟踪、监督和控制,确保合同义务的完全履行。在工程实施的管理过程中要做好施工合同跟踪、合同实施的偏差分析、合同实施偏差处理、工程变更管理等工作。

(4)做好签证索赔的管理工作。工程索赔是施工企业维护自身权益的一种途径,以确保在对方不履行、未能正确履行合同或由于其它非自身因素而受到经济损失得以补偿。在工程合同的履行过程中,必须时刻关注情势变更导致的费用增加,注意对照合同和施工图了解施工实际情况,对因非己方责任导致的施工方案更改、施工工艺不同、施工环境变化、设计变更、工程量增加等情况造成的施工成本增加,工期延误进行索赔,此时最重要的工作就是及时做好施工现场记录和工程签证工作,为起草索赔文件收集各种合同文件、往来函件、通知、各种会议纪要等各项索赔证据,真实的、充足的、有利的索赔证据是索赔成功的关键因素。同时,施工企业应在法定的期限或合同约定的期限内进入索赔程序,提交索赔文件,以确保损失的工期或费用得以补偿。因此,工程索赔资料的管理必须要到位,做到真实准确,经得起推敲,做到全面系统,能使人通过查阅这些资料了解整个工程索赔事项过程的来龙去脉,实现索赔目的。案例:神宁集团灵州建井工程公司施工梅花井煤矿 114202 长达 4465m 的胶带输送机巷工程期间,因该矿 112201 综采工作面安装导致停产达 46 天,由此造成施工方经济损失 70 余万元。施工方按照合同约定“因业主方因素导致停工 24h 以上视为影响并补偿”,并依据施工日志经业主确认后补偿 31.26 万元,有效减少了经济损失。同时,对长距离井巷施工工程超出《煤炭建设井巷工程辅助费综合定额》(2007 基价)部分依据施工实际配置合理增调,双方已达成共识。

(5)做好工程结算收款工作。工程结算是项目最重要的环节,施工企业应高度重视,公司领导应亲自挂帅负责与业主高层对接、洽谈,及时要求业主召开结算会,明确结算原则,协调项目结算工作。项目部要成立以项目经理为首的结算小组,明确结算确保目标和力争目标,结算目标按专业分解,明确各专业结算责任人,对结算人员和有关管理、技术人员共同努力争取到的“结算效益”要拿出一部分单列出来,

作为绩效考核的依据,进行奖惩激励,促进结算工作水平和工作效率的提升。现在拖欠工程款问题十分严重,如神宁集团灵州建井工程公司 2008 年以来累计已欠收工程款项在 2300 万元(主要因素是成巷工程的进度结算在 85%以内及竣工决算留存 5%的质量保修金),相当程度上影响着企业的健康发展。因此,清欠收款是施工企业一项十分重要的长期工作。作为施工企业要抓好清欠责任制的落实,把项目经理作为清欠第一责任人,并采取商务的、行政的、法律的各种手段催收工程款。同时也要发扬迎难而上,锲而不舍的精神。只有结算工作做好了,钱收回来了,做到了“颗粒”归仓,才能实现项目的良性运营。

(6)做好合同履行过程中的风险防范。在项目实施过程中要注意做好与各利益相关方的往来公函、会议纪要、开竣工报告、变更及其他结算资料的签发与保存,保证相关资料的完整、严谨、有效。同时,为了确保所有可能作为索赔证据资料的证明力和有效性,所有这些资料的份数在形成时候至少要两份,以

确保其中 1 份原件归施工单位持有和保存,为必要时启动诉讼程序收集好相关证据,避免企业的利益遭受损失。

施工企业的合同管理工作是一项内容繁杂的系统工程,只有做大量扎扎实实的工作,把合同的分析、交底、实施、索赔、结算和风险防范真正落实在行动上,抓住合同管理实施控制的关键环节,才能达到预期效果。

参考文献

- [1] 建设工程项目管理[J]. 全国一级建造师执业资格考试用书(第二版).
- [2] 杨铭欣. 企业合同风险如何管控[J]. 施工企业管理, 2009 年 9 期.
- [3] 雷升祥. 合同法律风险面面观[J]. 施工企业管理, 2009 年 10 期.

作者简介:姜远声(1975-), 经济师, 2009 年毕业于宁夏大学会计专业, 现在神华宁夏煤业集团灵州建井工程公司从事人力资源管理工作。

A Brief Discussion on the Contract Management of the Engineering Construction of Construction Enterprise

JIANG Yuansheng

(Well Engineering Company of Ningxia Coal Company of Shenhua Industry Group, Ningxia, Lingwu, 751409)

Abstract: The management of contract management of engineering construction is one of the most important parts of project management of construction enterprises and it is one of the main standards to construction arrangement, to claim for compensation, to engineer cost control and to settlement of completed projects. The article presented an analysis on how to tighten up the management of contract before signing and in implementation that performed as a reference for specific and practical contract management.

Key Words: Construction Enterprise, Construction Contract, Management

(收稿日期:2010-11-20

责任编辑:杨 静)

科技动态

神东煤炭集团 10 项科技创新项目顺利通过验收

本刊讯 近期,神华集团公司组织来自煤炭科研、高校的专家对神东煤炭集团完成的《后退式旺采工作面采空区顶板大面积垮落控制技术研究》、《万利矿区矿井回采工作面矿压规律研究》、《唐公沟煤矿房柱式采空区下机械化开采技术研究》等 10 项科研项目进行了验收。专家组分别听取了项目完成单位汇报、质疑、答辩,经讨论,认为项目完成了技术合同和计划任务书规定的研究内容,实现了项目预期目标和主要技术指标,提供的数据和资料完整,对煤矿安全生产工作具有指导意义,一致同意通过验收。

(神华科技发展部供稿)

大柳塔煤矿掘进单进水平应用技术研究

李浩荡

(神华集团有限责任公司煤炭生产部, 北京, 100011)

摘要: 神东煤炭集团大柳塔煤矿近几年由于采掘不平衡, 所导致的接续紧张问题, 制约了高产高效矿井的持续发展。通过分析影响掘进的各种因素, 研究优化采掘工艺、支护方式、配套设备、劳动组织、科学管理等环节, 提高连续采煤机在煤巷掘进中的单进水平, 解决制约高产高效生产模式的瓶颈问题。

关键词: 掘进 单进 快速 神东

中图分类号: TD26

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-016-03

大柳塔煤矿是神华神东煤炭集团所属的一座年产 2000 万 t 的现代化高产高效特大型矿井, 位于陕西省神木县的北部。连续采煤机及后配套掘进在大柳塔煤矿应用 15a 有余, 已经形成了一套成熟的施工工艺和方法, 曾用连续采煤机月掘进 3070m, 创造了世界记录。但是由于近几年支护方式的更改、掘进循环进度的减小、安全质量标准化要求的动态达标、地质条件逐渐复杂, 矿井产能全部释放, 国家新规程对采区采掘面的重新规定, 导致掘进单进水平急剧下降, 出现采掘不平衡, 生产接续紧张的局面。在不增加掘进队伍的前提下, 提高掘进工作面的单进水平成为保证大柳塔煤矿高产高效可持续发展的关键。

1 掘进现状

1.1 基本情况

大柳塔煤矿地质条件相对简单、煤层稳定, 倾角平缓, 埋藏较浅, 煤系地层含水微弱, 瓦斯含量低, 目前主要开采 2² 煤层。但是随着近几年扩能增产, 大柳塔煤矿已经进入 2² 煤层末采阶段, 地质条件相对复杂。

大柳塔煤矿目前开采煤层厚度大多在 3 ~ 5.5m, 掘进的巷道断面在 17 ~ 22m² 之间, 采用双巷或三巷布置, 每 50m 开一个联络巷, 两行间的煤柱为 15 ~ 20m 之间。使用的掘进、支护设备主要为连采机、锚杆机。在现条件下, 大柳塔煤矿 5 个连采掘进工作面的月掘进进尺平均 1350m。

1.2 存在的主要问题

大柳塔煤矿近几年急速扩能增产, 通过增加综采工作面和提高综采面的推进速度逐年提高产量, 导致

矿井接续紧张。煤层和地质条件逐渐复杂、掘进设备逐年老化、支护强度增大、循环进度缩小等因素, 掘进单进水平不断降低。加上今年新安规第四十八条规定“一个采区内同一煤层的一翼最多只能布置 2 个掘进工作面”的限制, 不少矿井采掘不平衡的局面越来越突出, 严重制约高产高效矿井的持续发展。

2 制约掘进的因素分析

(1) 地质因素: 煤层赋存条件相对简单, 但是随着快速的开采, 逐步进入首采煤层的残采阶段, 地质构造增多, 煤层变薄, 部分地段出现复合型顶板和薄基岩顶板。

(2) 巷道因素: 因为设备增大, 导致巷道断面不断变大。进入煤层赋存复杂区域, 工作面推进长度变短, 掘进巷道减少, 搬家倒面的次数增多, 大柳塔煤矿连采队近几年的搬家倒面次数成倍增长。

(3) 掘进工艺: 循环进度缩小, 增加倒机次数, 缩短生产时间, 降低掘进速度。

(4) 支护因素: 顶板条件变差, 支护强度增大, 不能发挥四臂锚杆机的特性, 每循环延长支护时间, 减少生产时间。

(5) 设备因素: 设备逐年老化, 大修质量下滑, 设备故障增多, 影响生产频繁。半煤岩巷掘进, 不能发挥连续采煤机的快速掘进特点, 且对设备损伤较大。

(6) 动态达标: 生产过程中要求安全、质量、文明生产、操作等在生产过程中就要达标, 势必影响掘进速度和支护速度, 制约快速掘进。

(7) 非生产因素: 工序安排不平衡, 检修时间较长, 调机不合理, 准备不充分。

3 提高单进水平的途径

3.1 巷道的合理布置

巷道布置的方式及特点直接关系到连续采煤机灵活、快速掘进的特点的发挥,结合现在神东矿区各矿的特点,尽量减少生产辅助工作量,减少掘进的出煤量,巷道的布置和断面的选择遵循几个原则能够达到更优。

巷道长度设计兼顾考虑通风、供电、避灾等因素后,能够布置 3000 ~ 5000m 较为合理,各大系统能够均衡发挥产能,减少频繁搬家倒面次数,每减少一次搬家(回撤和安装)可增加生产时间 5 ~ 7d。

尽量采用双巷布置,两巷间煤柱留设 10 ~ 15m,联巷之间的煤柱留设在 50 ~ 70m。

3.2 掘进工艺的优化

正常情况下连采机掘进的空顶距为 11m,加之工作面顶板弧形,1m 无法支护,每循环进度实际为 10m,这样在设备不影响的情况下每小班平均掘进 2.5 个循环,即 25m。通过对顶板长期实践,发现如果顶板无构造裂隙,在留顶煤的情况下可将循环进度放大到 15m,每班掘进 2 个循环,即 30m,且能够留出时间处理质量、文明生产等存在的问题,实现安全、质量动态达标。

3.3 支护方式的优化

顶板正常且留顶煤 300mm 以上,2005 年以前大柳塔煤矿顺槽巷道支护采用单一的锚杆支护,且支护每排 4 根;2005 年开始支护强度增大,采用锚网支护方式,且每排支护 6 根,严重制约四臂锚杆机的使用效率,每支护一排的时间相当于支护两排。因此,对支护方式和设备进行改造优化,使用四臂锚杆机时进行二次支护,先根据锚杆机的特性,每排支护四根锚杆,再利用每班锚杆机使用的空余时间或因设备故障、预防性检修等其它非生产时间二次补齐每排锚杆为 6 根;对锚杆机进行改造,增加挂网液压辅助装置,提高铺网速度。开发运用性能完善、设备可靠的六臂锚杆机,提高支护速度,提高单进水平。

3.4 设备的科学配套

采掘设备及辅助设施的选择对提高单进水平意义重大。目前的掘进设备配套存在设备不能完全充分利用的情况,经过实践证明科学的掘进设备配套可以节能提效。

(1)通常情况下,两条煤巷掘进,采用 15 型连续采煤机及间断运输设备梭车,配用一台四臂锚杆机

较为合理;三条煤巷掘进采用 15 型连续采煤机及间断运输设备运煤车,配用两台四臂锚杆机支护的配套较优。对于大断面巷道(超过 20m²)采用 27 型连续采煤机及后配套设备较优。

(2)生产辅助设备如局部通风设备设施,采用 2 × 30kW 对旋轴流局部通风机配备 ϕ 1000mm 柔性胶质风筒,通过合理减阻、减漏、科学管理方案实现 3000m 超长距离供风,解决了频繁倒移风机停产的问题,每减少刀风机次数 1 次,可增加生产时间 12h。

(3)单靠连采机自身的除尘系统,无法对掘进过程中的煤尘全面的降尘和捕捉,给连采机安装负压诱导除尘装置,增大水压,增强煤机内外喷雾的雾化效果,能够起到很好的降尘作用,提高煤机司机的可见度,保证掘进速度和质量。

3.5 科学管理

(1)劳动组织采用“四四八八”作业制。将原来的两班生产一班检修改为两班半生产,半班检修(除去预防性检修、延伸皮带之外)。平均每月延皮带 11 次,预防性检修 1 次 8h,其它工作占用检修班生产时间 10h,每月能够挤出生产时间 58h。

(2)保证设备的大修质量。对设备大修的质量进行动态监督,加大自营维修力度,减少外委修理,减少设备项修次数,对于报废设备及是淘汰处理,保证大修设备的可靠运行,提高设备入井后的开机率。

(3)采用设备检修的信息化和精细化管理,提高设备检修质量。大柳塔煤矿利用 EAM 系统和设备点检对设备进行超前判断和规范检修,再利用新开发综合管理系统固化标准作业流程,实现对现场检修作业的有效管理,把煤矿日常复杂、繁琐的检修工作任务系统化、标准化、流程化,实现了员工“上标准岗,干标准活”,保证设备日常检修维护的到位,提高设备的开机率。

(4)科学管理,充分利用检修、故障等非生产时间为生产做好充分的准备。将支护材料、掘进拖曳电缆、水管准备到位,激光安好校正,更换铲车电瓶,掉机,支护和补强支护等。

(5)建立连采掘进工作面搬家倒面专业化队伍。搬家倒面成为现阶段影响掘进速度的一个重要原因,成立专业化搬家队伍能够提高搬家效率,缩短搬家时间。专业化队伍还能够提前准备安装新工作面,能够实现搬家不停产,延长生产时间。

(6)提高员工的综合素质。员工素质的高低,直

接影响设备的操作技能、检修质量、处理故障速度等。只有切实加强员工培训,增强工人业务知识,提高工人操作技能,才能保证施工质量减少无效巷道,才能在生产实际当中发挥个人的聪明才智,想方设法提高生产效率,提高单进水平。

(7)制定可行的激励机制。提高每米掘进进尺单价;将生产任务落实班组,制定奖励机制;检修班设备包机人进行考核,记录各设备的故障频率和影响时间,进行考核奖罚;管理人员与跟班、带班的掘进的安全、质量、任务挂钩,同奖同罚。通过考核激发每一位员工的积极性,挖掘每一个环节的潜力,提高单进水平。

4 结论

通过优化工艺、合理配套设备、科学管理,采取上述研究后的技术措施后,大柳塔煤矿连采五队和连采二队最高月掘进 1930m 和 1860m,平均五个连

采队月掘进达到 1595m,大大提高了单进水平。

针对神华神东煤炭集团高产高效的矿井生产模式,必须有快速高效的掘进模式为前提。在现阶段的政策要求下,提高单进水平是解决接续紧张根本,能够弥补高产高效矿井持续发展的短板问题。

参考文献

- [1] 吕世明,王君嵬.加强掘进管理提高单进水平[J].煤炭技术,2010(9).
- [2] 李浩荡,张庆华.掘进工作面大断面超长距离通风技术研究[J].矿山安全与环保,2010(6).
- [3] 李浩荡.连续采煤机掘进配套间断运输设备的分析和选择[J].神东科技,2009(3).

作者简介:李浩荡(1981-),硕士,采矿工程专业,工程师,现在神华集团有限责任公司煤炭生产部工作,从事煤炭生产技术管理。曾在《煤炭科学技术》、《煤矿开采》、《矿山安全与环保》、《采矿技术》等杂志发表学术论文 7 篇。

The Technology Research on the Enforcement of Driving and Single Driving Level of Daliuta Mine

LI Haodang

(Coal Production Department of Shenhua Group Co., Ltd, Beijing, 100011)

Abstract: The article is focused on the problems such as the uneven exploration of Daliuta Mine of Shendong Coal Group that leads to the tense of connection and re-connection that restraint the sustained development of coal mine of high-production and high effectiveness. Through the analysis of various factors that affect driving, the research on the optimization of driving technology, supporting method, corollary equipment, labor organization, science management and other factors can improve the single driving level the continuous coal winning machine and solve the bottleneck problem such as the restriction of high production and high effectiveness production model.

Key Words: Driving; Single driving; Swiftly; Shendong

(收稿日期:2010-11-22 责任编辑:杨 静)

科技动态

“国家能源煤炭清洁转换利用技术研发(实验)中心”获国家批准

本刊讯 国家能源局近期批准设立“国家能源煤炭清洁转换利用技术研发(实验)中心”等 22 个国家能源研发(实验)中心。“国家能源煤炭清洁转换利用技术研发(实验)中心”由神华集团牵头,联合浙江大学共同建设。研发(实验)中心将整合优势资源,组建国际一流的能源与环境科技创新技术平台;围绕国家能源需求和战略目标,进行煤炭清洁转换利用核心技术攻关、关键工艺试验研究、重大装备样机及其关键部件的研制与检测试验;提供煤炭清洁转化重大工程技术、标准的评价与咨询服务;对引进技术消化、吸收、再创新并开展国际交流合作;成为国家能源科学技术领域的重要研究基地、技术应用与辐射基地、凝聚和培养顶尖创新人才基地,引领新型煤制油化工产业可持续发展。

国家能源煤炭清洁转换利用技术研发(实验)中心的建立对神华集团走在能源科技的前沿、保持在煤炭清洁转化领域技术的领先地位有重要的意义。

(神华科技发展部供稿)

胶体材料在汝箕沟煤田火灾灭火中的应用

牛进忠

(神华宁夏煤业集团宁夏保能煤田灭火工程有限公司,宁夏 银川,750011)

摘 要: 根据神宁集团汝箕沟煤田火灾的地质特点,通过胶体作为一种灭火新方法在汝箕沟煤田火灾中的应用,详细介绍了汝箕沟煤田上一火区胶体灭火施工 3 个阶段、胶体灭火技术、注胶工艺、注胶用量、注胶钻孔施工,这种方法与以前灭火方法的对比及效果推广等。

关键词: 胶体 煤田火灾 灭火应用

中图分类号:TD75*3

文献标识码:A

文章编号:1674-8492(2010)06-019-04

煤田火灾不但吞噬着我国宝贵的煤炭资源,对煤矿安全生产及环境也造成重大影响,因此近年来煤田火灾受到了国内外高度重视,煤田火灾灭火新方法、新材料研究也层出不穷。宁夏煤田火灾经过这十几年不懈努力扑灭,火区范围已大幅度缩小。特别 2007 年 9 月国家立项的 12 个重点火区顺利通过国家验收,标志着宁夏煤田灭火工程取得了阶段性重大胜利。通过这些年实践在灭火方法及新材料应用上取得一些成绩。

汝箕沟火区除采用地表黄土覆盖、打钻灌浆和剥离挖出火源这三种方法进行灭火,还在上一火区与西安科技大学合作试验了注氮、注胶体等灭火新工艺都取得好的效果,特别在火区隔离方面效果显著。

1 胶体灭火技术

煤层胶体防火技术就是将少量化工原料利用设备与泥浆混合,并将混合溶液压入煤层发火部位,原料在火区发生化学反应,形成凝胶或冻胶体,固定在煤岩层裂隙中。由于胶体能固定在煤岩层中的特定部位,具有吸热、降温、堵塞漏风和阻化等性能,所以胶体进入后使火熄灭。胶体灭火技术具有灭火效率高,灭火不易复燃等特点,是一种良好的新型防灭火技术。几种灭火方法性能对比如表 1。

2 胶体灭火具体阶段

2.1 前期降温注水阶段

为防止火区火势向上燃烧至山顶,在火区上部修筑注水平台,利用静压向岩体裂隙注水,从而达到降低岩体温度。控制火势向上蔓延的目的。

表 1 几种灭火方法对比表

项目	砂土覆盖	挖除火源点	注胶灭火
原理	隔绝氧气	挖除火源点	隔绝氧气,降低温度、提加强散热
适应范围	地表较平坦,有丰富砂土资源	煤埋藏浅,火面积小,无瓦斯,煤温不高	能够灭各种火灾
灭火难度及可能问题	对地表运输条件差,地形复杂难以进行。大面积火区降温慢,干旱区黄土易裂	火区面积大,温度高,埋藏深时,难度大。大面积火难以彻底,清除火源,有复燃可能	灭火难度取决于注胶钻孔的施工难度
材料用量	须用大量黄土	须用大型挖掘和装载机械	少量成胶原料、较多水和黄土,总用量不大

2.2 局部剥挖阶段

由于火区西头火点距上一采区付井(风井)较近,为防止火势向井筒发展,必须在火区底部采取剥挖火源,使火区与井筒彻底隔离,达到控制火势的目的。

2.3 注胶隔氧灭火阶段

经过前二个阶段灭火实施,火势基本得到控制,但煤岩体温度仍然很高,如不彻底隔绝堵塞供氧通道,随着煤岩体内热量的不断聚集,火区仍有可能死灰复燃,为此,进行注胶隔氧灭火;前二个阶段现已在实施之中,本次主要进行注灌胶体灭火。它能够遏制火区火头,施工技术难度小,材料用量也较少,在隔离火源和土截火头方面效果很好,最终使火点达到熄灭标准。

3 胶体灭火技术简介

用于煤层灭火的胶体材料多种样,通常有二氧化硅凝胶、粉煤灰胶体、胶体泥浆和复合胶体等。纯凝胶、粉煤灰胶体和胶体泥浆都是无机胶体。无机胶体具有耐高温性能好,但是其添加材料用大成本较高,

此外材料中固体量少,不宜用于扑灭火大面积露头火灾。复合胶体是由有机-无机复合添加材料和水作用形成的冻胶体物质,能够滞留在煤体裂隙中。复合胶体内相对滑移的阻力来自分子间的物理交联,当外力较大时,一些物理交联点断开,但新的物理交联很快形成,胶体不会被破坏。

如果向一定浓度的泥浆中(固体物质量百分比达 50%)加入少量复合胶体添加剂(添加量占总质量的 0.02%),由于添加剂的架桥作用,使泥浆失去流动性,形成一种新的复合胶体。这种复合胶体不但有耐高温、吸热降温、具有充填堵漏作用和阻化效果好等特点,而且由于材料中含有大量固体物质,高温失水后,残余物仍有良好的充填堵漏效果。这种复合胶体材料灭火主要有以下几个优点:

(1)成胶前的材料和水一样有良好的渗透性,能渗透到煤岩层中的各种裂隙中,因而推动流动性后堵漏效果好,能有效隔绝煤氧接触。

(2)成胶过程的化学反应是吸热反应,胶体中水分蒸发也可吸收大量热。胶体充填煤岩层裂隙后,不但降低了岩体温度,还使岩体导热性提高,因而有助于热传导降低煤温。

(3)形成胶体的促凝剂、基料、骨料本身都是阻化剂,成胶后的产物也是阻化剂。

(4)胶体在 1000℃ 的高温下不会迅速汽化,能消除灭火过程中水煤汽爆炸事故。完全失水后残留的固体残渣仍然充填着煤体空隙,增加漏风阻力,降低煤体氧化放热性。

(5)这种复合胶体中含有大量固体物质,长时间在高温下脱水后仍能滞留在煤岩层中起到堵漏风作用。因而灌注复合胶体能够有效控制火的蔓延。

近年来,胶体灭火技术在煤矿内因火灾中得到广泛应用,取得了良好的效果。尤其是复合胶体灭火,材料成本很低,通常形成复合胶体。添加材料成本仅为 10~15 元。因此,胶体防灭火技术适合用于露头火灾。

4 注胶材料用量

根据煤自燃的要素及影响因素、各灭火技术的特点,结合汝箕沟煤矿上一火区特征,认为复合胶体灭火技术最适宜该炎区灭火。胶体中的主要成分为水,它具有良好的吸热降温性。由于胶体能够在高温区附近失去流动性,因此注入的所有胶体均摊能发挥其吸热降温性。胶体能充填在煤岩层缝隙中,还堵

塞了空气向下渗漏,起到窒息火源的作用。此外,胶体充填了煤岩体间的裂隙后,煤岩体的导热性提高了,促使煤体很快冷却。由于发火面积很大,通过注胶的方法来使煤体供氧的裂隙,隔绝火源向西蔓延的通道为目的。故注胶量和注胶钻孔的设计主要根据岩层空隙率确定。

通过向煤层顶部岩体中注胶的方法,主要作用是充填岩体产生的裂隙,堵塞漏风以阻止煤氧接触,同时使煤、岩体温度下降,降低煤的氧化活性,最终达到灭火的目的。

5 注胶工艺

结合火区实际情况和胶体灭火技术在煤矿防火中的经验,要处理如此大的火区采用单台复合胶体压注设备会因为灭火时间很长,导致火源发展而难以彻底灭火。因此,应根据火区情况改进工艺。

实际注胶工艺可按实际流程进行,用 2~5mm 钢板加工一泥浆池,泥浆池近似呈长方体,其底部泥浆出口处略低,以利于泥浆下游。泥浆池约为 3m,宽约为 2m,高约为 1m。在距离泥浆出口端 0.7~1m 处焊一隔渣板,隔渣板为用钢条加固的筛网,该筛网网孔为 3mm,与水平夹角为 60° 左右,可拆卸和更换。配套泥浆泵量为 20~50 m³,泵出品压力大于 1MPa,泵能够通过 3mm 以下的颗粒物。复合胶体压注机至泥浆管路之间的管路为直径 50mm 的高压胶管或铁管,该段管路长据实际情况长约为 20~40m,泥浆池至注胶口间的管路为直径 65mm 左右的铁管,根据注胶池和注胶口间距离,该段管路长为 100m 左右。

将黄土(或煤灰)加入泥浆池远离出胶口一端,同时高压水喷向加入的黄土(或煤灰),同时人工搅拌水和黄土(或煤灰),使之混合成一定浓度的泥浆,由泥浆泵交泥浆输送到注胶口附近。向复合胶体添加剂箱中加入一定量的添加剂,并向其进水管接通泥浆水,则复合胶体压注设备配成一定浓度的复合胶体溶液,该溶液在注胶口附近与泥浆混合,被压入注胶钻孔,并在煤层及其上部注胶。

由于胶体能够滞留在煤层中起到降低煤温、堵塞漏风阻化的作用,因此,采用向煤层中注凝胶的方法可以使向煤层漏风降低,最终使火熄灭。由于两层煤均有火存在,煤层间距达 40m 左右,因此采用自底部施工水平钻孔注胶灭二 1 煤层火区,采用自平台顶部施工垂直钻孔注胶灭顶部煤层火区。具体步骤

为行自底部打钻注胶(着重充填老空区周围)。同时从顶部沿施工垂直钻孔注胶灭火,累计胶量为 1000 m³。其中二 1 煤层水平钻孔累计注胶 6000,二 2 煤层垂直钻孔注胶 4000 m³。

6 注胶钻孔施工

根据实际情况注胶孔可分为水平钻孔、垂直钻孔。

6.1 水平钻孔

从煤层顶板上部 2m 左右,垂直陡峭岩壁施工水平注胶钻孔。钻孔密度为 30m 左右,即要求钻孔穿过高温煤层的上部。由于钻孔距离煤层近,钻孔间距为 2~4m,与煤层顶板平行。

6.2 垂直钻孔

注胶钻孔自发火煤层顶部平台向下垂施工。根

据胶体扩散半径设计注胶钻孔间距为 3~4m,一般钻孔位置在煤层底板附近,钻孔平均浓度为 15m。

完成注胶工程后,煤层及其顶板岩层中裂隙已被胶体堵塞,对煤层露头处继续用温黄土覆盖、压实,覆盖高度应以高出煤层顶板 3~5m 以上。

7 监测效果

注胶工程结束后经过对温度、气体、进行监测,从监测数据可以看出胶体侵入区火区后的温度从以前的 200℃以上降低到 30℃,O₂、CO 浓度也趋于下降,都达到熄灭标准,经过 3 年监测各项指标都趋于稳定。有效地阻止了西火头,控制了火区,防止了火区蔓延,保护了资源和环境、保证了煤矿安全生产。这也说明这种灭火工艺和材料值得推广和应用(如图 1、表 2)。

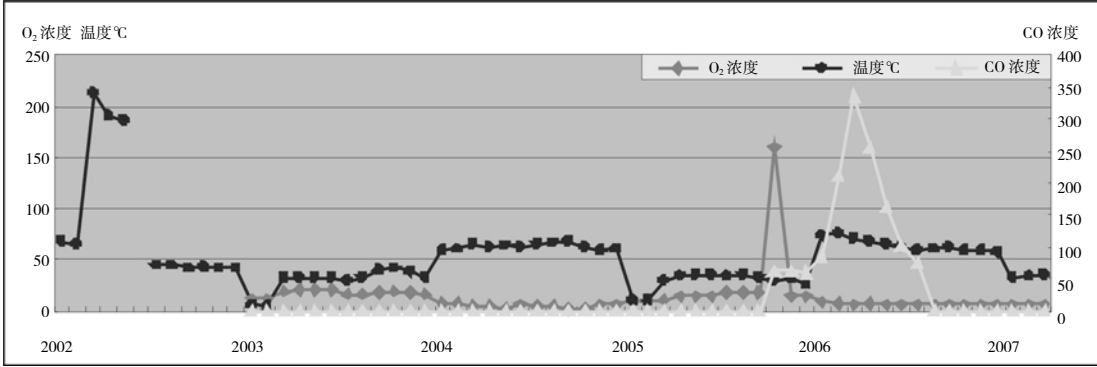


图 1 汝箕沟煤田上一火区典型观测孔监测曲线-2# 观测孔

表 2 汝箕沟煤田上一火区典型孔监测数据表

	2004											
温度/℃	60	61	65	62	64	63	66	67	68	63	60	61
O ₂ 浓度	7.8	8.02	4.69	4.12	2.51	6.26	4.53	4.56	2.06	2.38	5.45	5.36
CO 浓度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2005											
温度/℃	11	10	30	34	36	35	34	35	33	30	31	26
O ₂ 浓度	9.78	9.71	9.92	14.4	14.4	14.1	17.8	17.9	18.3	15.9	15.2	15.27
CO 浓度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	62	59
	2006											
温度/℃	75	76	72	68	65	63	60	61	62	59	60	58
O ₂ 浓度	8.24	7.16	6.1	7.1	6.59	6.46	6.13	5.96	6.21	5.75	5.88	5.94
CO 浓度	86	212	335	255	163	102	73	0	0	0	0	0

参考文献

[1] 邓军,徐精彩,文虎.汝箕沟 2-2 煤层露头自然特性研究[N].湘潭矿业学院学报,1999,(1):11-16.
[2] 舒新前.煤自然的热分析研究[J].中国煤田地质,1994,25(2) 250-29.
[3] 徐精彩,张辛亥,文虎.煤层自然胶体防火理论与技术[M].北京:煤炭工业出版社,2003.

[4] 田涛.矿坑煤层自然机理及防治措施研究[N].辽宁工程技术大学学报(增刊),2003,22:119-121.

作者简介:牛进忠(1963-),采煤工程师,现任神华宁煤集团公司安监局副局长兼宁夏保能煤田灭火工程有限公司经理。

(下转第 25 页)

煤田火灾监测技术的研究现状与发展趋势

王 猛^{1,2} 王伟峰¹ 金永飞¹ 杨晓敏¹

(1.西安科技大学能源学院,陕西 西安,710054;2.神华宁夏煤业集团有限责任公司信息技术中心,宁夏 银川,750011)

摘 要: 煤田火灾监测是对煤层自燃火灾参数指标进行超前判识及预警的根本技术手段。基于国内煤田火灾较严重的现状,本文以煤田火灾监测技术的研究现状与发展趋势为主题,介绍了国内外煤田火灾监测技术的研究现状和研究成果,分析了其中存在的问题,指出了煤田火灾监测预警技术今后的研究方向,并重点阐述了无线传感器网络技术和远程监控技术在国内外研究现状和发展趋势。

关键字: 煤田火灾 监测技术 研究现状 发展趋势

中图分类号: TD75+2.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-022-04

1 概述

煤田火灾分布很广,遍布南北半球,不仅中国有,而且在印度、美国、俄罗斯、澳大利亚、印度尼西亚、中亚等国家和地区都普遍存在。中国由于特殊的地理位置和气候条件,成为世界上煤田自燃灾害最为严重的国家。据统计,在我国北方煤田自燃火区共有56处,主要分布在西北7个省、自治区,火区燃烧面积累计达720km²,累计烧毁量在42亿t以上,目前仍以每年3000多万t燃烧速度发展^[1]。煤田火灾不仅仅是损失了数亿吨的煤炭,而且由此引发的地质环境、生态环境、大气环境等问题,对我国今后经济的可持续发展将带来无法估量的危害。煤田火灾监测是评估火区灾害、分析火灾发展变化趋势、考察灭火效果的依据,一直是煤田火灾研究的重点方向之一,近年来,随着无线通信技术的迅速发展,无线传感器网络技术和远程监控技术在现场工业应用中的日趋成熟,使得研究的深度和广度也逐渐增加,研究内容涉及的领域也日趋扩大,取得的研究成果为结合两种技术在煤田火灾监控系统中的应用提供了技术支持和基础。

2 煤田火灾监测技术在国内外研究现状与发展趋势

2.1 国内外研究现状

近年来,国内外煤田火灾监测技术主要有气体探测法、测氦法、测温法、磁探测法、电阻率探测法、地质雷达探测法、遥感法、计算机数值模拟法、无线电波法等^[4-5]。

气体探测法受煤层埋深、自燃火区上覆岩层性质、地表大气流动的影响,只能作为探测火源的辅助手段;测氦气法探测温度一般需超过200℃,且用氦气量值也无法判断自燃的燃烧程度及其温度;测温法由于是点接触,预测预报范围小,安装、维护工作量大,特别是探头、引线极易破坏,在实际应用中受到技术和经济的限制,不宜大面积探火采用;红外探测法受煤的导热系数较小的影响,不适合探测煤层内的温度;地质雷达探测法目前仍处于实验和研究阶段;遥感法探测的深度和范围受地表热辐射背景、上覆岩层岩性、构造的影响较大;计算机数值模拟与实际存在一定的差异,在现场应用中存在许多待解决的问题;无线电波法,用于煤炭自燃隐患或自然发火火源位置探测精度高,成本低,工作量小,维护简单,但在技术方面仍有待于进一步研究,伴随着无线传感器网络技术和远程监控技术的飞速发展和在工业现场的成功应用,为无线电波法在煤田火灾远程监测系统中的应用提供了条件和技术支持,也减少了研发在人力和资金方面的投入。

2.2 煤田火灾监测技术的发展趋势

在判断煤田火灾的燃烧程度和范围时,温度是最直接、最准确的指标,受外部因素影响小,只要确定某处煤层的温度场及其分布,就能分析给定煤层的自燃程度和范围。温度测定法既可以用于煤层自燃预报,也可用于火源探测。

由于煤田发火区域有隐蔽性、着火点分散、被测点多、距离远等特点,使得对煤田火灾的预防、监控和治理非常困难。无线自组网技术、移动通信技术、互联网技术与温度传感器相结合的监测方法,是近

几年来一个新的发展趋势,改变了传统温度传感器系统的拓扑结构,适应更多温度测量的应用场合。随着技术的逐步发展,无线通信技术的优势逐渐显现出来,它可以在现场灵活应用,零安装铺设费用,以及更高的安全性和可靠性。因此,温度传感器无线传输和远程传输相结合必将成为首选的方案。随着工业环境中对温度的要求越来越高,传统的温度监控系统的弊端越来越明显,已经不能适应人们生产生活的需要。为满足社会的需求,设计出无线温度测量与远程控制系统已经成为很迫切的问题之一^[6]。

3 无线传感器网络在国内外研究现状与发展趋势

3.1 国内外研究现状

无线传感器网络的研究起始于20世纪90年代末期,对无线传感器网络最早的讨论见于1998年的一些论文中^[7]。目前美国已经设立了专项基金对无线传感器网络的研究进行资助,美国的许多大学都有针对无线传感器网络的研究小组。无线传感器网络是由美国高级国防研究中心用于军事目的提出并实施的,被认为是21世纪最重要的十大新技术之一。近年来无线通信、集成电路、传感器等技术的飞速发展,使得低成本、低功耗的微型无线传感器的大规模应用成为可能,由于无线传感器网络巨大的科学意义和应用价值,它已经引起了世界发达国家的学术界、军事部门和工农业界的极大关注。

无线传感器网络最初来源于美国先进国防研究项目局(DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency)的一个研究项目^[8-9],最初由于当时各种条件的限制,无线传感器网络的应用仅局限于军方的一些项目中,难以得到推广和发展,直到这几年这方面的研究工作才在各大大学及研究所蓬勃开展起来。加州理工大学的教授对无线传感器网络在2003年提出了宣言性的论断,麻省理工学院和赖斯大学等研究团队通过实验床对其中涉及到的数据融合技术、节点集群功能分层的有效性和传感器功能造成的网络协议的特殊性进行了研究。但是,目前大部分研究还处于起步阶段,少数投入实用的商业产品距离实际需求还相差甚远,为了加快其实用化进程,国外建设了很多演示系统,相关的理论研究成果也很多。其中比较重要的研究计划有:PicoRadio, WINS, Smart Dust, CAMPS, SCADDS等。

我国在无线传感器网络方面的研究相对较少,但近年来,国内一些高等院校和研究机构也开始展

开了无线传感器网络的理论和应用的研究工作,中科院上海微系统与信息技术研究所已经通过系统集成的方式完成了一部分终端节点和基站的研发;中科院电子技术研究所和沈阳自动化所也分别从传感器技术和控制技术两方面入手,专注于传感或控制执行部分;浙江大学现代控制工程研究所成立了“无线传感器网络控制实验室”,联合相关单位专门从事面向传感器网络的分布式自治系统关键技术及协调控制理论方面的研究;山东省科学院也认识到了无线传感器网络的前景,于2004年10月正式启动了关于无线传感器网络节点操作系统的研究;另外,中科院软件所、国防科技大学、清华大学、中国科学技术大学、哈尔滨工业大学、北京邮电大学、山东大学、东南大学等单位在无线传感器网络方面也都有一定的研究。整体而言,从研究的深度和投入的力量来说,国内水平相对落后于国外,从问题的点上研究较多,缺少对整个系统的创新性研究,拥有的自主知识产权较少,这和我无线传感器网络飞速发展的市场需求不相称的。

无线传感器网络在理论上已经成熟,世界两大无线芯片生产商TI公司和Freescall公司相继推出符合国际标准的各个频段的无线收发器芯片,但它只是一个硬件平台。目前国内外在无线传感器方面有一些标准和知识产权,如国际性的标准化组织也为无线自组网温度传感器制定了可行的标准,如IEEE标准化协会制定了IEEE802.15.4标准,但无线自组网温度监测领域无相关技术标准和专利授权。

3.2 无线传感器网络的发展趋势

现有煤田火灾监测技术,不能实现连续在线监测煤层温度变化趋势及自燃煤层异常区域的温度场,将温度传感器与无线传输模块相结合,对易自燃煤层温度场进行实时在线监测,是目前国内外复杂介质内温度监测技术的发展趋势。无线传感器网络协议开放的标准为不同厂家、不同功能的监控模块实现互连与互操作提供了可能,最大限度地保护了矿业企业的信息化投资。而动态组网和网格型拓扑结构使得煤矿监测节点可以实现自动断网重连。由于网格型网络的路由存在相互冗余,使得当默认路由因故障断开时,下位监测节点可以通过备选路由与上位系统实现信息的交换,解决了通信干线故障级联的问题。双工通信使传感器信息采集与网点设备控制成为可能,使煤矿安全监控系统实现同步的监

测与控制。

笔者提出了煤田火灾无线自组温度远程监控系统,可以完成对煤田火灾高发区域的监测,对高温异常区域进行定位并提供安全告警信息。该监测系统可将采集到的信息通过无线传感器网络传递到网关,网关通过移动通信网络无缝接入监控中心服务器,同时可以转发监控中心下达的安全信令,从而构建起煤田火灾的远程监测网络。

4 远程监控系统在国内外研究现状与发展趋势

4.1 国内外研究现状

传统远程监控系统的实现方式主要有:铺设光纤或电缆,采用数传电台,租用运营商专用线路等。前一种方式是有线的,受布线的局限较大,增加或减少一个被监控对象都不太容易。而后两种方式需要自己建设或租用运营商专线,维护和建设费用比较高。传统监控手段的监控者和被监控对象都是固定的,无论任何一端都无法随意移动;传统监控手段针对偏僻、偏远地域监控不能很容易的实现。因此,传统的远程监控方式无法满足人们日益发展的要求。

远程监控是国内外研究的前沿课题,近年来国内外都展开了积极的研究。1997年1月,首届基于Internet的远程监控诊断工作会议由斯坦福大学和麻省理工学院联合主办,参会的有30个公司和研究机构的50多位代表。会议主要讨论了有关远程监控系统的开放式体系、诊断信息规程、传输协议和对用户的合法限制等,并对未来技术的发展作了展望。由斯坦福大学和麻省理工学院合作开发的基于Internet的下一代远程监控诊断示范系统也得到了制造业、计算机业和仪器仪表业的Sun、HP、Intel、Ford等12家大公司的热情支持和全力配合。之后,由这些公司共同推出了一个实验性的系统Testbed。Testbed用嵌入式Web组网、用实时JAVA和Bayesian Net初步形成在Internet范围内的信息监控和诊断推理。许多国际组织,如MIMOSA(Machine Information Management Open System Alliance)、SMFPT(Society for Machinery Failure Prevention Technology)、COMADEM(Condition Monition an Engineering Management)等,也纷纷通过网络进行设备监控与故障诊断咨询及技术推广工作,并制定了一些信息交换格式和标准。许多大公司也在他们的产品中加入了Internet的功能,如Bentley公司的计算机在线设备运行监测系统Data Manager

2000可以通过网络动态数据交换(Net DDE)的方式向远程终端发送设备运行状态信息;著名的National Instruments公司也在它的产品Lab Windows/CVI以及Lab VIEW中加入了网络通讯处理模块,因而可以通过WWW、FTP、E-mail等方式在网络范围内进行监控数据的远程传送。

内对于远程监控技术也开展了积极的研究。目前,西安交通大学、华中科技大学、哈尔滨工业大学等高校已取得了较为先进的研究成果。如西安交通大学研制的大型旋转机械计算机状态监测系统及故障诊断系统RMMD、华中科技大学开发的汽轮机工况监测和诊断系统KBGMD、哈尔滨工业大学的微计算机化机组状态监视与故障诊断专家系统MMDES、北京移动与北京夜景照明管理部门建立的基于GPRS的夜景照明管理系统LMAS等。

4.2 远程监控系统的发展趋势

目前远程监控技术的主流是通过某一特定的通信网络来应用于Internet,在TCP/IP和WWW规范的支持下,合理组织软件结构,使工作人员通过访问网络服务器来迅速获取自己权限下的所有信息并及时做出响应。将来嵌入式系统的发展会越来越迅速,越来越成熟,这项新技术迟早必将用于远程监控系统上,是监控系统未来发展方向之一^[10]。嵌入式远程监控系统可以使信息实现本地化处理,改善服务器性能,可以使每个设备都具备上网与服务功能,即每个设备都可以独立进行服务,从而大大提高监控的质量和范围。将GPRS无线通信技术应用于远程监控系统的数据传输是当前比较热门的研究课题,采用GPRS-Internet通信网络,使远程监控系统的监控空间延伸到了公用通信网络和Internet网络,在保证系统实时性、可靠性的同时降低了系统的开发成本以及运营费用。基于GPRS的远程监控系统目前还处于研究阶段,但该系统的方案是无线远程监控领域的研究热点,随着我国移动通信技术的迅猛发展和技术的不断成熟,基于GPRS的远程监控系统必将在国民经济的各个领域得到广泛应用。

5 总结

综上所述,通过概述国内外近年来有关煤田火灾监测技术的主要研究成果,采用无线传感器网络技术和远程监控技术的煤田火灾无线自组网钻孔温度远程监控系统则能提供现场的实时监测和预

警,利用无线传感器网络技术和远程监控技术的优势,实现温度信息短距离采集与数据的远程传输相结合,改变了传统无线传感器网络需要依托有线公共网络进行数据传输的限制,符合远程监控系统的设计理念,大大节省了系统的成本,而且兼容性和扩展性好,可作为未来煤田火灾监测的研究发展方向之一。

参考文献

- [1] 毛占利.高瓦斯煤层自燃火灾防治技术研究[D].西安:西安科技大学,2006.
- [2] 邓军,徐精彩,阮国强,王秀林.国内外煤炭自然发火预测预报技术综述[J].西安矿业学院学报,1999,19(4):293~297.
- [3] 张孟建、孙志辉.一种基于 Web 技术的机械设备远程监控系统[J].微计算信息,2004,20(12).
- [4] Jeff Reywheal. Designing A Wireless Network. McCullough.2002: 120~130.
- [5] C. E. Nishimura and D. M. Conlon. IUSS dual use: Monitoring whales and earthquakes using SOSUS. Mar.Technol.Soc.J, 1994, 27 (pp): 13~21.
- [6] Nagpal R., Shrobe H., and Bachrach, J.Organizing a global coordinate system from local information on an ad hoc sensor network. In Information Processing in Sensor Networks: Second International Workshop, IPSN 2003 (Palo Alto, April 2003), no. 2634 in Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, pp. 333~348.
- [7] 朱文凯,陶波,何岭松.基于 Internet 的嵌入式 e- 维护装置[J].测控技术,2002,21(6):17~21.

作者简介:王猛(1972-),工程师,2000年毕业于西安邮电学院计算机通信专业,现任神华宁夏煤业集团信息技术中心主任助理。

Research and Development of the Monitoring Technology of Coalfield Fire

WANG Meng^{1,2} WANG Weifeng¹ JIN Yongfei¹ YANG Xiaomin¹

(1. School of Energy and Resource Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Information Technology Center Shenhua Ningxia industry group co., Ltd, Yinchuan 750011, Ningxia, China)

Abstract: The coalfield fire monitoring for the fire parameters of coal spontaneous combustion ahead identification and early-warning is the fundamental technical means. Based on the more serious situation of home coal spontaneous combustion, this article taked the research and development of the monitoring technology of coalfield fire as the theme, introduced the home and abroad research and research achievements of the monitoring technology of coalfield fire, analyzed the existed problems, pointed out the studied development trends of fire monitoring and early-warning technology of the coalfield fire monitoring in the future, and focused on the home and abroad research and development of the wireless sensor networks technology and remote monitoring technology.

Key words: Mine fire; Inspection technology; Research situation; Development trend

(收稿日期:2010-11-25 责任编辑:杨 静)

(上接第 21 页)

The Application of Gel Material in the Extinguishment of Fire in the Coal Field of Ruqigou

NIU Jinzhong

(Fire-extinguishment Engineering Co., Ltd of Baoneng Mine, Ningxia, Shenhua Ningmei Industry Group, Ningxia, Yinchuan, 750011)

Abstract: In accordance with the characters of the fire in the coal field of Ruqigou, gel material is used as a new material to quench the fire in Ruqigou Coal Field. This article specifically introduced the three steps of the gel extinguishment of fire in Ruqigou Coal Field. It also brief introduced the technical of gel extinguishment, gel-injection technique, gel-injection amount, drilled technology of injected gel and the comparison between the new method above mentioned and previous fire extinguishment technique with respects of the effectiveness and extension of popularity.

Key Words: Gel Material; Coal field fire; Application for fire extinguishment

(收稿日期:2010-11-28 责任编辑:杨 静)

榆家梁煤矿综采工作面“Y”型通风方式应用

张海峰 叶庆树

(神华神东煤炭集团榆家梁煤矿,陕西 榆林,719000)

摘要: 神东煤炭集团下属矿井的综采工作面通风方式大多是“U”型通风,随着煤炭开采量的不断增加,上隅角氧气浓度偏低和一氧化碳浓度偏高变得越来越突出,成为影响综采工作面安全生产的一个重要因素,是否要改变通风方式显得尤为重要。

关键词: 综采工作面 通风方式 上隅角

中图分类号: TD724

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-026-03

1 引言

通常每个矿井都有几个采区同时生产,每个采区内都有采煤工作面、备用工作面、掘进工作面和硐室等,而采煤工作面又是矿井生产系统的核心部分,所以做好采煤工作面的通风是保证矿井安全生产的基础。神华神东煤炭集团是神华集团的核心煤炭生产企业,其下属矿井多数综采工作面采用“U”型通风。随着矿井的不断开采,部分采面出现了上隅角氧气浓度偏低和一氧化碳浓度偏高的问题。

2 概述

神华神东煤炭集团榆家梁煤矿地处陕西省神木县店塔镇,煤层埋藏浅,瓦斯含量低,处于N2带。矿井通风系统采用抽出式通风,通风方法为机械式通风,通风方式为中央并列式通风,综采工作面通风方式普遍是“U”型通风。综采面上隅角氧气浓度偏低和一氧化碳浓度偏高的主要原因是因为采空区漏风,风流经过采空区氧化带,将一氧化碳带出,并将采空区内的氮气带出,虽然采空区回填的工作没有间断过,但是效果不是很明显。经过在上隅角挂挡风帘,安设抽排风机,风量调节等方法以后,还是没有得到较好的效果。

3 通风方式

3.1 “U”型通风

“U”型通风方式指采煤工作面有两条巷道,一条为进风巷,另一条为回风巷,上行通风时,其下顺槽为进风巷,上顺槽为回风巷,下行通风时,则相反。图1为后退式“U”型通风方式的布置,此种通风方式对了解煤层赋存情况,掌握瓦斯、火的发展规律较为有利。由于巷道均

维护在煤体中,因而巷道的漏风率较小。但也存在以下缺点:

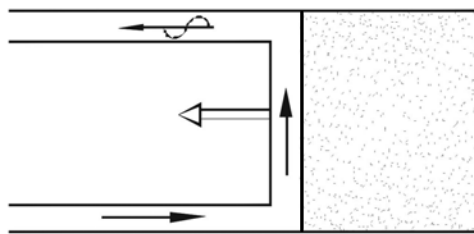
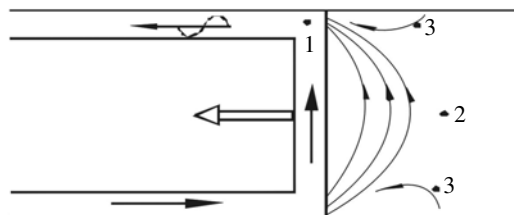


图1 后退式“U”型通风

(1)煤炭自燃危险较大。当漏风源的位置位于采场上部边界时,且开采标高距地表近,当采用抽出式通风的矿井,采空区通过地表漏风,均属采空区的漏风源,容易引起采空区的自然发火。

(2)在这种通风方式下,进入工作面的风流分为两部分,一部分沿工作面流动;另一部分进入采空区,在采空区内部沿一定的流线的方向流动,在工作面的后半部分,进入采空区的风流逐渐返回工作面。若工作面后方与邻近煤层采空区或同一煤层采空区的巷道相通,即采空区有漏风通道,则此风流会汇入工作面漏入采空区的风流中而流向工作面。其采空区流线分布如图2所示。



1. 上隅角 2. 采空区 3. 采空区其它漏风

图2 “U”型通风采空区流线分布

可见,进入采空区的风流通过在采空区内的气流交换过程,逐渐返回工作面,最后汇集于采煤工作面上隅角,所以,工作面上隅角为采空区瓦斯流入工作面的汇合处。

经过长期现场观察,根据分析得知,采面隅角靠近煤壁和采空区侧,风流速度很低,局部处于涡流状态,这种涡流使采空区涌出的瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)难以进入到主风流中,从而使高浓度瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)在隅角附近循环运动而聚集在涡流区中,形成了隅角的瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)超限。若工作面隅角出现滞后回柱,除隅角存在的涡流区外,在靠近切顶排处会出现微风区,采空区漏出的瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)在此处积聚,更容易形成隅角的瓦斯超限(氧气浓度偏低、甲烷、一氧化碳浓度偏高)。

3.2 “Y”型通风

“Y”型通风技术是指两进一回的通风方式。在回采工作面采用上下巷进风,其中一条作为主要进风巷,进风量满足工作面需风量,另一条作为辅助进风巷,按巷道最低风速进行配风。其优点为:

(1)由于采空区的瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等),通过巷旁支护流入回风巷,则较好的解决了采煤工作面上隅角瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)超限之患。

(2)由于工作面上、下端均处于进风流中,改善了作业环境。

由于存在以上优点,故多适用于瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)涌出量特大的煤层开采。

当采煤工作面产量大和瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)涌出量大时,采用这种方式可以稀释回风流中的瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)。对于综采工作面,上下平巷均进新鲜风流,不仅有利于上下平巷中的机电设备,而且可防止工作面上隅角积聚瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)及保证足够的风量。这种方式也要求配有沿空留巷。

开采薄煤层群时,首次采动的煤层,其工作面瓦斯主要是来自采空区一侧。采用“U”型通风方式不仅很难消除上隅角瓦斯(甲烷、氮气、一氧化碳等)超限,甚至因风量增加造成工作面风速偏高,恶化生产环境。如果采用“Y”型通风方式则效果较好,如图3所示。

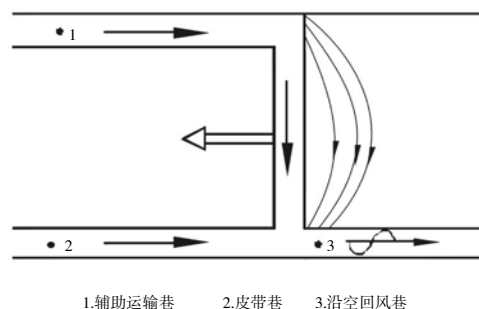


图3 “Y”型通风

从工作面风流系统图中可以看出,在工作面范围内,沿空回风巷的末端是风压最低点,从辅助运输巷1流入的新鲜空气,一部分沿工作面流动,稀释来自工作面落煤和煤壁涌出的甲烷;另一部分则流入采空区,与采空区甲烷混合后从沿空回风巷呈连续漏风状流出。由于皮带巷2也是工作面的进风巷,其风量大小可根据皮带巷和沿空回风巷的实际需要进行调节,保证皮带巷和沿空回风巷的瓦斯浓度符合《煤矿安全规程》的要求。

4 榆家梁煤矿“Y”型通风的应用

榆家梁煤矿综采工作面的通风方式通常采用的是“U”型通风,近期52104综采工作面上隅角的氧气浓度偏低达到16.8%,一氧化碳浓度偏高达到40ppm,与《煤矿安全规程》中氧气浓度不能低于18%,一氧化碳浓度不能超过24ppm完全不相符。在多种方法试行后,均未取得显著成效的情况下,最终将“U”型通风改变成“Y”型通风。如图4和5所示。

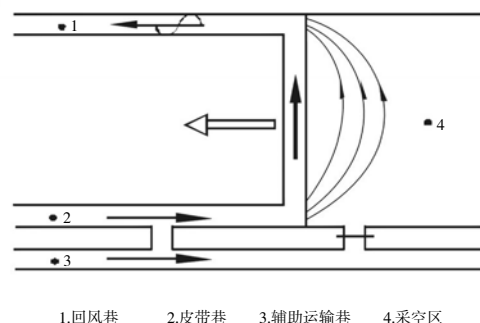


图4 52104“U”型通风

图4中新鲜风流一部分流经辅助运输巷3供巷道用风,另一部分流经皮带巷2到52104综采工作面然后回到回风巷再到总回大巷。

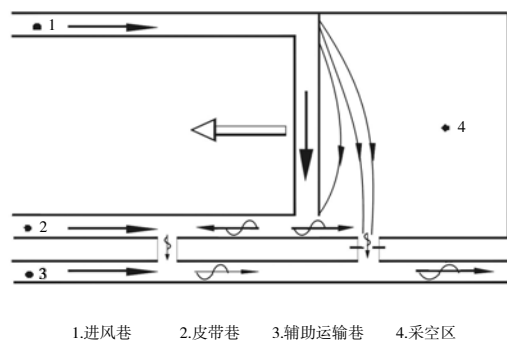


图 5 52104“Y”型通风

52104 工作面的皮带巷 2 和辅助运输巷 3 之间的煤柱宽为 10~15m,联络巷宽为 5m。在工作面后部第一个联巷处设调节风窗,工作面推进超过下一个联巷(距联巷口 10m)后,再在工作面后部联巷处开设置新的调节风窗,并将旧调节风窗封闭。

从图 5 中可知,第一路新鲜风流从进风巷 1 流经 52104 工作面,一小部分从工作面后部尾留调节风窗流出,来稀释上隅角有害气体浓度,确保其浓度降低到规定值,另一部分从工作面前一条联巷流出,形成工作面的主要回风;第二路新鲜风流从皮带巷 2 流入,用来稀释皮带巷的粉尘浓度和降低皮带巷的机电设备温度,之后与工作面的主要回风流汇合,从工作面前一条联巷流出;第三路新鲜风流直接从辅助运输巷 3 流入,供巷道用风。

为了防止采空区内有煤炭燃烧隐患,规定综采工作面严格控制留底煤,加之 52104 综采工作面推进速度较快,日推进达 13m,采空区氧化带迅速被抛到窒息带,降低了煤炭自燃的危险性。

改变后的“Y”型通风系统与原来的“U”型通风系

统相比,安全技术指标得到明显改善,各项对比指标的具体数据详见表 1。

表 1 “U”型通风与“Y”型通风比较

指标	U 型	Y 型
工作面长度 /m	360	360
煤层厚度 /m	4.2	4.2
工作面风量 / $\text{m}^3\cdot\text{min}^{-1}$	1800	1500
工作面风速 / $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	2.5	2.1
工作面温度 / $^{\circ}\text{C}$	16.5	17.5
上隅角氧气浓度 /%	16.8	20.8
上隅角一氧化碳浓度 /ppm	40	2
工作面新鲜风流条数 / 条	2	3

5 结语

煤矿“一通三防”管理一直以来都是煤矿企业管理所面对的难点和重点之一。加强“一通三防”管理力度,对出现的“一通三防”难题,采用多种手段,以现代安全技术为基础,以全体员工尽职尽责和无条件执行《煤矿安全规程》为保证,在设备运行检修,生产工艺流程等所有生产业务流程活动中,进一步完善煤矿企业“一通三防”工作机制,建立起良好高效的通风系统,确保煤矿企业优质、高效、低耗、安全生产。

参考文献

- [1] 王德明.矿井通风与安全[M].中国矿业大学出版社,2007.
- [2] 崔海威.长壁采煤法采煤工作面通风方式的确定[J]. 2009.

作者简介:张海峰(1982-),毕业于西安科技大学,硕士研究生,现供职于榆家梁煤矿,主要从事矿井通风工作。

“Y”ventilation Applications of Yu Jialiang Coal Mine Comprehensive Mechanized Mining Face

ZHANG Haifeng YE Qingshu

(Yu Jialiang coalmine of Shenhua Shendong Yulin Shaanxi 719000, China)

Abstract: Most ventilation ways of comprehensive mechanized mining faces in the subordinate coal mines of Shenhua Shendong Coal Group are “U” ventilation. the coal mining quantity increase unceasingly, the security problem in the upper corner about lower oxygen concentration and higher carbon monoxide concentration is changing more and more prominently, it becomes a major factor affecting safe production of comprehensive mechanized mining face, whether to change the ventilation way is particularly important.

Key words: Comprehensive mechanized mining face; Ventilation way; The upper corner

(收稿日期:2010-11-22

责任编辑:刘云仿)

深井工程降水原理与实践

许月霞 海 玮

(宁夏回族自治区煤田地质局,宁夏 银川,750001)

摘 要: 深井工程降水是利用非稳定流及群孔干扰原理,通过强抽强排,使深井所在的含水层中的地下水出现一个局部的负压区域,从而使降水孔所圈定的小范围内的水位在一定时间内降低,最终达到控制地下水,保证深井地下工程正常进行的目的。通过近年来在宁东各煤矿工程降水实践中降水时间、所需泵量等问题的推算过程中的应用,取得一定效果。

关键字: 承压水深井工程降水 降水时间 泵量 所需降深 影响半径

中图分类号: TD74

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-029-03

1 深井降水原理的提出

地下工程在施工过程中及使用期间有时会因地下水的影响而无法正常运转,此时就必须进行地下水控制,控制的措施之一就是进行工程降水。

浅井工程降水施工较为简单且较好控制,目前应用较广。深井工程降水一直以来由于施工难度大、影响因素繁多且不好控制,所以工程应用实例较少。2004年至今宁夏回族自治区煤田地质局在宁东煤田多个煤矿的立井井筒掘进过程中创造性的采用了工程降水方法,取得一定的效果。

结合宁夏回族自治区煤田地质局在宁东各煤矿工程降水过程中的实践,提出深井降水原理。

深井工程降水包括承压水深井工程降水及潜水深井工程降水两种情况,由于潜水含水层中井点降水原理相对较成熟,且有较多潜水深井工程降水实例可以借鉴。所以在此重点讨论承压水含水层(深井)降水工程原理。

2 工程降水原理

工程降水的原理是非稳定流理论及干扰井群理论。通过强抽强排,使地下水位出现一个局部的负压区域(形成一个影响半径所圈定的小范围的降落漏斗)从而使地下工程周围的地下水位急剧降低,最终达到控制地下水保证深井地下工程正常进行的目的。

3 承压水深井工程降水原理

承压水深井工程降水是通过强抽强排,使深井所在的承压水含水层中的地下水出现一个局部的负

压区域(由于地层一般较为复杂,一般不能形成规则的降落漏斗),从而使降水孔所圈定的小范围内的水位在一定时间内降低,再运用各种手段保持这种负压状态的持续,最终达到控制地下水保证深井地下工程正常进行的目的。

根据非稳定流理论及干扰井群理论分析。保证足够的泵量,使所需的降深位置出现在一定的地下水位降落速度(如小于1.00m/d)以前,后期的抽水是为了保持地下水位在所需降深处附近延续。可以将这个过程概化成以下物理模型。

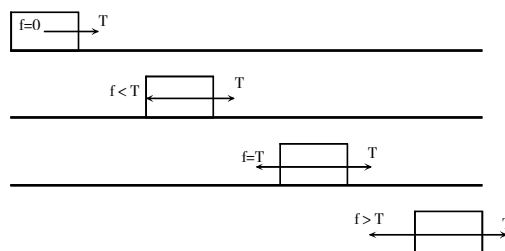


图1 深井工程降水概化物理模型图

水位下降在t时刻的速度v可采用公式(1)进行推算。

$$v = \frac{\partial s}{\partial t} = \frac{Q}{4\pi T} \frac{1}{t} e^{-\frac{r^2 u}{4Tt}} \quad (1)$$

对速度求导数,可以得到地下水位下降的加速度a(2)。

$$a = \frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = \frac{Q}{4\pi T} \frac{1}{t^2} e^{-\frac{r^2 u}{4Tt}} \left(\frac{r^2 u^*}{4Tt} - 1 \right) \quad (2)$$

也就是说以一定的泵量进行抽水,抽水初期水位是加速下降的,t_i(拐点出现的时刻)时刻地下水位下降速度达到最大,之后地下水位下降速度加速减

小最终水位下降速度趋于 0, 即当 t 趋于无穷时水位最终趋于稳定。

根据非稳定流理论, “大井” 地下水位降至所需水位埋深时的时间 t 可以采用(3)进行推算:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2.25Tt}{r^2 \mu^*} \quad (3)$$

工程降水过程中, 一般情况下是利用群孔干扰原理, 在地下工程周围布置多个抽水孔, 地下工程内或其附近的地下水位降深的计算方法如下。

假设在无限含水层中任意布置几口抽水井。当井群抽水持续时间较长时, 同样会形成一个相对稳定的区域降落漏斗。在此漏斗范围内, 第 j 口井单独抽水对任一点 i 产生的降深为:

$$s_{ij} = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{R_j}{r_{ij}} \quad (4)$$

而几口井抽水对 i 点产生的总降深, 按叠加原理有:

$$s_i = \sum_{j=1}^n s_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{R_j}{r_{ij}} \quad (5)$$

式中: R_j 和 Q_j 分别为第 j 口井的影响半径和流量; r_{ij} 为第 j 口井至第 i 点的距离。

4 工程概况

宁东煤田位于宁夏回族自治区中东部地区, 行政区划隶属灵武市马家滩镇管辖。属半沙漠低丘陵地形, 地势上西北高, 东南低。地表为沙丘掩盖, 多系风成新月形和垄状流动沙丘。各矿区范围内无常年地表径流、湖泊等地表水体。

据宁东煤田各煤矿井筒检查孔地质报告, 掘进过程中所揭露地层自下而上有侏罗系中统延安组(J_{2y})、侏罗系中统直罗组(J_{2z})、古近系(E)、第四系(Q)。矿区范围内构造线总体走向为 NNW 向, 断裂、褶曲构造较发育, 其走向与地层走向基本一致。

宁东煤田各煤矿井筒设计井深多在 600m 左右, 井筒掘进至二煤老顶侏罗系中统直罗组砂岩裂隙孔隙含水层(组), 由于水量过大注浆效果不明显, 故试验性的采用井外降水的方法协助井筒掘进至二煤以上即地下水位埋深降至 400m 以下。

5 工程降水计算

本次计算是工程降水在宁东一煤矿的应用实践, 设计在回风立井井筒周围分内外两圈分别布置 8 口井, 孔径 $\phi=450\text{mm}$, 孔深 420m。为进一步确定降

水工程的可行性, 避免经济浪费。本次降水工程内圈 4 口井施工结束后进行了抽水试验工作。

通过设计的两次孔组抽水试验及一次群孔干扰抽水试验, 利用 Theis 配线法及水位恢复法计算得到: 导水系数 $T=13.096 \sim 16.15\text{m}^2/\text{d}$, $\bar{T}=14.45\text{m}^2/\text{d}$; 弹性释水系数 $\mu^*=0.000336 \sim 0.000756$, $\bar{\mu}^*=0.000514$ 。

各井影响半径的计算采用有修正系数的承压水影响半径的经验式(6)计算, 结果如表 1。

$$R = \alpha 10s \sqrt{K} \quad (6)$$

式中: α 为修正系数, 本次工程降水中利用抽水试验数据, 与实际观测数据进行对比分析, 最终确定修正系数 α 取 0.267。

表 1 各抽水井影响半径

钻孔编号	hj01	hj02	hj03	hj04
影响半径	250.36	258.68	249.94	185.79

采用修正系数法(即上述的通过实际观测数据与公式计算结果对比后, 得到一个修正系数 α , 最终得到影响半径的修正公式), 推算得到其他各孔的影响半径如表 2。

表 2 推算的其他各孔影响半径

钻孔编号	hj05	hj06	hj07	hj08
影响半径	250.36	258.68	250.36	250.36

同理, 得到“大井”的影响半径 $R=257.14\text{m}$, 采用“大井法”计算得到“大井” $Q=375.82\text{m}^3/\text{h}$, 为安全起见对涌水量乘上一个安全系数 1.1, 得到 $Q=413.402\text{m}^3/\text{h}$ 。

利用(4)、(5)计算得到当 hj01、hj02、hj04 三口井分别以 $55\text{m}^3/\text{h}$ 、 $48\text{m}^3/\text{h}$ 、 $40\text{m}^3/\text{h}$ 抽水, 位于中心的回风立井水位下降 97.62m, 位于 hj01、hj02 之间的 hj03 号井水位下降 87.05m, 实际回风立井水位下降 91.63m, hj03 井水位下降 96.18m。可见计算值与实际降深相差不大, 并且计算值较实际值偏小, 因此可以用作工程降水时的水位预测。

在本次工程降水过程中, 采用上述方法当分别以 6 口井、7 口井、8 口井进行抽水, 并根据实际情况合理分配抽水量, 得到回风立井地下水位分别降低分别为 263.30m、275.80m、288.09m。综合考虑 8 口井时基本能够达到所需的水位埋深(283.2m)。

降水时间的确定采用式(3)进行推算得到“大井”水位降深 283.2m 时所需的时间为 0.88 ~ 8.66d,

为安全起见工程降水时间确定为 15d。

6 结论

通过本次在宁东煤田一煤矿工程降水过程中的两次孔组抽水试验,得到相关的水文地质参数,运用上述方法在宁东煤田多煤矿进行了 3 口井群孔干扰抽水情况下的降深及降水时间的预测,与干扰抽水试验的实际情况相差不大,说明深井工程降水理论在实际生产中较为实用。当然,深井工程降水理论是在含水层均质各向同性,边界无限延伸的假设条件

下提出的,实际应用过程中应结合实际水文地质条件进行适当的变换。

参考文献

- [1] 薛禹群.地下水动力学[M].北京:地质出版社,2005.
- [2] 河北省地质局水文地质四大队.水文地质手册[S].北京:地质出版社,1978.
- [3] 宁东煤田各煤矿降水工程抽水试验报告[R].2009,05.

作者简介:许月霞(1965-),1998年7月毕业于西安矿业学院,现任宁夏回族自治区煤田地质局市场开发处副处长。

Theory and Practice of Deep Well Dewatering

XU Yuexia HAI Wei

(Bureau of Geology of Coal Field of Ningxia Hui Autonomours Resion, Ningxia, Yinchuan, 750004)

Abstract: The precipitation in deep engineering is the use of non-steady flow and the base hole jamming by strong pumping intensity discharge, so deep aquifer where the groundwater occurs in a local area of negative pressure, so that the delineation of precipitation of small holes within the lower the water level in a certain period of time, and ultimately to control the groundwater deep underground to ensure the normal purposes. In recent years, all through the mine dewatering Ningdong precipitation time in practice, the required pump capacity and other issues during the application of the projection, and achieved certain results.

Keywords: Confined water deep well dewatering; Precipitation time; The pump output; The required drawdown; Radius of influence

(收稿日期:2010-11-17 责任编辑:杨 静)

(上接第9页)

中,必须充分征求 ERP 实施和运行维护专家的意见,采用专家分析法来帮助我们得出正确的内审结论。

参考文献

- [1] 王光远,等.内部审计思想[M].中国时代经济出版社出版.
- [2] 中国内部审计协会编辑.中国内部审计规范[M].中国时代经济出版社.

版社.

- [3] 管理控制和信息技术、内部审计技术[M].中国财政经济出版社.
- [4] 中国管理信息化[J].2007(8),2010(12).

作者简介:王青云(1963-),高级经济师,现任神华宁夏煤业集团公司审计部审计督察处主管。

The Exploration and Thinking of the Implement of ERP System on the Internal Audit Work of Shenning Company

WANG Qingyun

(Audit Department of Shenning Group Co., Ltd, Ningxia, Yinchuan, 750011)

Abstract: The implement of ERP (Enterprise Resources Planning) system shall change or rearrange the production, capital construction and business management procession, thus the internal audit environment vary with the variation. The internal audit shall face new challenges when the traditional internal audit line partly or entirely vanishes. Therefore, the internal audit process, methods, content and key points shall be correspondently adjusted or dramatically changed. So the audit skill and comprehensive quality of the internal auditors are put forward the new requests such as ERP system knowledge, internal audit business and audit independently under the ERP environment. In addition, the internal audit method and technology are bound to come in reform which means explore and think with creative thinking rule to achieve the development goal under the internal audit work in the ERP environment.

Key Words: ERP System; Internal Audit; Exploration & Thinking

(收稿日期:2010-11-11 责任编辑:杨 静)

煤矿安全监控系统的主要干扰源与抗干扰措施

韩建平

(神华乌海能源公司黄白茨煤矿矿业公司,内蒙古 乌海,016040)

摘要: 通过对干扰和抗干扰的全面分析,阐明了煤矿安全监控系统存在的各种干扰源及其危害,提供了通过合理设计,在使用过程中有效排除干扰影响的理论依据和具体解决方法。

关键词: 安全监控系统 传感器 脉冲 干扰

中图分类号: TD76

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-032-04

1 引言

煤矿安全监控系统是综合运用现代化的电子信息及传感技术来保障矿井安全生产的有效工具,是目前煤炭行业指导矿井安全生产、全面监测矿井环境参数并能及时控制矿井机电设备断电的最佳系统,是煤矿安全生产的重要保障。而由于煤矿井下的特殊环境,安全监控系统时常受到各种干扰因素的影响,从而造成系统不能有效监测和报警、断电,因此系统的抗干扰能力起着关键性作用。大量实践证明,抗干扰性能是各种电子测量装置的一个很重要的问题,尤其是矿井安全监控系统的广泛应用和迅速发展,有效地排除和抑制各种干扰,已成为必需探讨和解决的迫切问题。因此,抗干扰技术在安全监控系统的设计、制造、安装和日常维护中都必需给予足够的重视。虽然矿井安全监控系统在硬件设计时已做了抗干扰的多项设计,但可以通过合理的抗干扰设计进行安装、使用和维护,确保系统稳定运行。

2 抗干扰的需求概述

2.1 干扰的概念

干扰是指在某些电子信号的原因下,对电路造成的一些不良反应,在矿井安全监控系统的数字信号传输过程中,表现为正常的脉冲信号混着的小的尖峰脉冲,这种尖峰脉冲是不期望的,其脉冲电压大到使数字电路的逻辑受到影响而发生混乱,认为电路受到干扰。一般来说干扰很难消除,但可以通过降低干扰的强度或提高电路的抗干扰度。

2.2 干扰的分类

信号不同的系统对于干扰的分类有不同的角度,在此从以下几个方面对干扰进行分类。

2.2.1 差模干扰

差模干扰是指干扰信号侵入在往返2条信号传输线上,而且是对称、一致的。差模干扰来源一般是周围较强的交变磁场,影响而产生交流电动势形成干扰。消除差模干扰的主要方法是在电路中增加一个偏置电阻,并采用双绞线。

2.2.2 共模干扰

共模干扰是指干扰信号在2条线上各流过一部分,以地线为公共回路,信号电流只在往返2个线路中流过。共模干扰的来源一般是设备对地漏电、地电位差、线路本身具有对地干扰等。共模干扰属不对称干扰。消除共模干扰的主要方法是信号线采用屏蔽并接地和布线时远离高压动力电缆等。

2.2.3 长时干扰

长时干扰是指长期存在的干扰,此类干扰的特点是干扰电压长期存在且变化不大,用检测仪表很容易测出,如电源线或邻近动力线的电磁干扰都是连续的交流50Hz工频干扰。

2.2.4 瞬时干扰

意外瞬时干扰主要在电气设备操作时发生,如合闸或分闸等,有时也在伴随雷电发生或无线电设备工作瞬间产生。

2.3 常见干扰现象

在矿井安全监控系统应用中,常会遇到以下几种主要干扰现象。

(1)发送指令时,会执行非正常断电或误报警。

(2)井下数据正常而地面监测值显示误报警,执行误断电。

(3)传感器工作时,其输出值与实际参数所对应的信号值不吻合,且误差值是随机的、无规律的。

(4)当被测参数稳定的情况下,传感器输出的数

值与被测参数所对应的信号数值的差值为一稳定或呈周期性变化的值。

(5)监控分站死机、不能正常巡检、交直流供电状态误转换、无法驱动远程断电器执行断电。

3 矿井安全监控系统的主要干扰源及影响

3.1 电磁感应干扰

当两个电路之间有互感存在时,一个电路中电流的变化就会通过磁场耦合到另一个电路,这一现象称为电磁感应。例如大型动力设备的启动、操作停止的电磁波干扰和变压器及线圈的漏磁、通电平行导线等。

因为煤矿大功率和特大功率电气设备在使用过程中的无规律启停,煤矿井下供电系统电压波动也较大,矿井安全监控系统的电源已做了宽电压范围设计,而流经供电线路的电磁场却难以控制。我们知道,电流流过导体,导体周围会形成磁场;交变电流通过导体,导体周围会形成交变的电磁场,称为电磁波。电磁波频率较低时容易被地表吸收,但电磁波带来的干扰信号却不易被吸收,会直接作用于监控信号。

另外,随着采掘机械化的普及和采煤机组设备的更新,井下1140V的高压电缆会直接进入采煤工作面移动变压器,井下线缆长距离平行吊挂的结果是使线路间的感应电压比正常通信电压高出几倍甚至几十倍,经检测与高压电缆平行近距离吊挂的信号电缆线产生干扰电压对地最高达到43V,电磁感应会直接作用于各级信号传输介质,影响本质安全型电气设备的输入输出接口电路,严重影响了安全系统的稳定性,甚至还有可能造成其它不可估量的事故和损失,成为矿井安全监控系统的一个主要干扰源。

3.2 频率干扰与信号失真

与一般无线电电磁干扰一样,变频器产生的高次谐波通过传导、电磁辐射和感应耦合三种方式对电源及邻近用电设备产生谐波污染。传导是指高次谐波按着各自的阻抗分流到电源系统和并联的负载,对并联的电气设备产生干扰,感应耦合是指在传导的过程中,与变频器输出线平行敷设的导线又会产生电磁耦合形成感应干扰,电磁辐射是指变频器输出端的高次谐波还会产生辐射作用,对邻近的矿井安全监控系统设备产生干扰。

3.3 漏电流干扰

由于矿井安全监控系统长期工作在潮湿、煤尘

大、有 H_2S 等有腐蚀性气体的的环境中,接线盒或传感器电子线路内部的元件支架、接线柱、印刷电路板、电容内部介质或外壳等绝缘不良,特别是传感器的应用环境湿度较大,绝缘体的绝缘电阻下降,导致漏电流增加就会引起干扰。传感器是一种将被测物理量转换为电信号输出的装置,由敏感元件、转换电路、测量电路、辅助电源组成、在把非电量转换成电量的过程中,测量电路本身就相当于一个放大器,在实际检测时,漏电流会直接影响检测精度,尤其当漏电流流入测量电路的输入级时,其影响就特别严重。

3.4 其它干扰

现场安全生产监控系统除了易受到以上干扰外,由于系统工作环境差,还容易受到其它干扰,信号传输通道是控制系统或驱动器接收反馈信号和发出控制信号的途径。因为脉冲波在传输线上会出现延时、畸变、衰减与通道干扰,所以在传输过程中,长线的干扰主要因素之一,常见的主要表现在供电距离长,线路分布电阻抗增加,所传输信号由规则的矩形波变为非正规波形。从黄白茨矿业公司示波器检测后发现,最常见的是波形下降沿失真,造成显示值出错,如图1所示。而经放大后如图2所示,可以看出,其下降沿的失真部分实际并不平缓,因此会被识别为多个脉冲串,严重影响计数结果,造成冒大数等现象。另外,接线盒中的缆线接头因接触不良而导致的输出信号断续或切割频率信号也会干扰正常数据的传输。

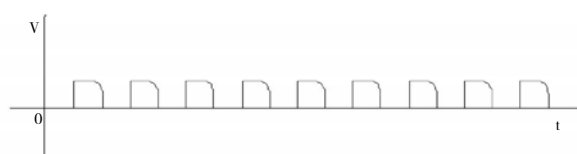


图1 下降沿失真的脉冲波形

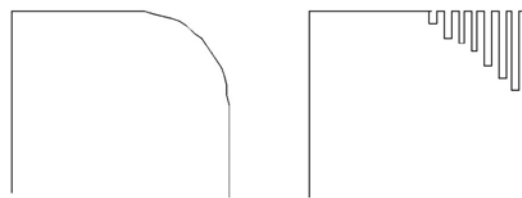


图2 放大后的可以看出实际相当于多个小脉冲

4 矿井安全监控系统的抗干扰设计

根据我国2006年出台的《AQ6201-2006 煤矿

安全监控系统通用技术要求》对煤矿安全监控系统的各项技术性能做了严格要求,在抗干扰性能部分指出,系统及设备应能通过 GB/T 17626.2-1998 规定的一定等级的静电放电、射频电磁场辐射、快速瞬变电脉冲群、浪涌(冲击)抗扰度试验,其电气性能符合各自企业产品标准的规定。《通用技术》要求实施以来,在杜绝虚假数据,误报警、冒大数、解决系统快响应速度和数据可靠性的矛盾的过程中,大部分系统及设备的抗干扰性能得到了大幅度提升,但仍难以达到标准的相关要求。2006 年 12 月 26 日,国家煤矿安全局政策法规司下达文件,停止了新标准中电磁兼容测试的要求,同时在《关于〈煤矿安全监控系统通用技术要求〉执行过程中有关问题的复函》中指出:鉴于目前安全监控系统的现状,暂不执行标准中有关抗干扰性能的有关条款,待条件成熟后再执行,根据不同厂家不同设备的抗干扰性能均有差别,在使用中按照抗干扰的设计理念进行安装和使用成了有效保障系统可靠运行的方式。

4.1 合理选型,确保系统稳定

《AQ6201-2006 煤矿安全监控系统通用技术要求》发布以来,抗干扰性能检测暂不执行,而快速断电性能要求并没有取消,这样就出现了有相关厂家为了实现 2s 快速断电,把传感器数据采集方法改成了脉宽计时方式。为了实现 AQ6201 新标准“快速断电”的要求,有厂家改用脉宽计数法,只捕捉传感器输出信号的一个脉宽可能造成严重后果。

为避免相关问题的出现,部分监控系统分站采用了双 CPU 设计,部分厂家及传感器已采用了数字式串行码传输方式,在实际使用中,可以有效避免因频率传输导致的各种不稳定因素,因此,在安全监控系统的选型过程中,要特别注意其抗干扰能力,合理选型成为安全监控系统稳定运行的首要保障。

4.2 标准施工,有效使用屏蔽电缆,降低干扰影响

严格按照标准施工,按规范使用屏蔽线缆,是消除线路间干扰的有效手段。

《煤矿安全规程》规定,井筒和巷道内的通信和信号电缆应与电力电缆分挂在井巷的两侧,如果受条件所限,在井筒内,应敷设在距电力电缆 0.3m 以外的地方;在巷道内,应敷设在电力电缆上方 0.1m 以上的地方。高、低压电力电缆敷设在巷道同一侧时,高、低压电缆之间的距离应大于 0.1m。高压电缆之间、低

压电缆之间的距离不得小于 50mm。严格按照相关规定吊挂缆线或增大平行吊挂的缆线间距离是降低干扰的有效手段。经测试,信号电缆与动力电缆保持在 150 mm 以上,其受干扰情况会明显减小。

信号屏蔽电缆的合理运用可以有效消除线路间干扰,通过主传输电缆更换为屏蔽电缆的改造,可以有效防止长距离信号传输过程中的干扰,另外,在使用变频调速设备的巷道中和电磁干扰严重的巷道中有效使用屏蔽电缆,也能取得良好效果,但要保证屏蔽层的有效联接和接地。

4.3 合理设置分站位置,避免远距离供电,确保供电电压和信号强度

对于长距离供电,随着供电能力的逐渐减弱,线缆间分布电容和分布电感的增加,会直接影响到信号的传输,根据《AQ6201-2006 煤矿安全监控系统通用技术要求》,传感器及执行器至分站之间的传输距离应不小于 2km;分站至传输接口、分站至分站之间最大传输距离不小于 10km,在煤矿井下安全监控系统中,传感器到分站间距离通常超过采煤工作面顺槽或掘进巷道的长度,因此接近或超过 2 km 这一规定值。而分站与分站间或分站与接口间距离接近或超过 10km 的确很少。同时,根据目前国内安全监控系统使用的 FSK(移频键控)模式的主信号传输模式特点,多数厂家的安全监控系统技术参数中分站间或分站到传输接口间距离都不小于 20km,因此在系统安装设计时,减小传感器到分站间距离,增大分站与分站间距离可以对抗干扰有效。同时,严格按照要求保障系统设备的供电电压,使用标准截面积的缆线,可以保障信号的准确传输。

4.4 加强维护,及时检修和校正可以有效保障设备正常工作

对于井下的恶劣环境,为避免线路、设备、元器件、电路板因受潮、淋水、煤尘堆积、腐蚀性气体侵害等原因引起的漏电流干扰,最直接有效的办法就是加强维修和维护,定期对接线盒、传感器、分站等进行检修、清洗和烘干,这些措施对监控系统的稳定运行起到了重要保障。

5 结束语

综上所述,矿井安全监控系统及传感器在现场运行所受到的干扰多种多样,具体情况具体分析,对

(下转第 37 页)

浅谈煤的视密度数据在资源量估算中的使用

郑国敏 官学贵

(宁夏回族自治区煤田地质局,宁夏 银川,750004)

摘要: 煤的视密度是煤炭资源储量估算的一个重要参数,在煤炭资源勘查中如何合理应用煤的视密度值,对资源量估算具有重要作用。本文通过分析近几年煤炭资源勘查中对煤层视密度的测试和报告评审中提出的有关问题,分析了影响视密度值的因素,提出在灰分较高或煤层灰分变化较大时,应在测试视密度时同时测试灰分和水分,在资源储量估算中不能直接对所测视密度值进行算术平均,而是应该通过计算或作图法求得煤层平均灰分下的视密度。

关键词: 煤的视密度 数据使用 资源量估算

中图分类号: P208

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-035-03

1 前言

经济的快速发展对煤炭的需求不断增加,带来了煤田地质勘查新的高潮和煤炭开发热,同时国家为了促使煤炭生产企业节约资源,提高资源的综合利用率,更好地将资源优势转化为经济优势,从2004年开始每年都有省份提高煤炭资源税适用税额标准,多数省份在2.5~3元/t,2007年2月将全国的焦煤的资源税适用税额标准确定为8元/t,2009年3月1日起,新疆煤炭(不含焦煤)资源税适用税额从0.3~0.5元/t提高到3元/t。矿业权的有偿转让价款也多是按资源量进行计算,这对煤炭资源/储量的准确度提出了新的要求,而煤炭资源储量估算的一个重要参数是视密度,因此如何合理应用煤的视密度值,对资源量估算具有重要作用。

2 煤的密度分类及影响因素

煤的密度一般分为真密度、视密度、堆密度、纯煤真密度。煤的真密度又称比重,视密度又称煤的容重或体重,煤的视密度是计算煤层储量的重要指标。据有关资料^[1]纯煤的真密度:褐煤的一般为1.26~1.46,烟煤为1.3~1.4,无烟煤变化范围较大,可由1.4~1.9。纯煤真密度是指去除矿物质和水分后煤中有机质的真密度。常用纯煤真密度来区分煤的煤化程度。

煤岩组成、煤化程度、煤中矿物质的成分和含量是影响密度的主要因素。在矿物质含量相同的情况下,煤的比重随煤化程度的加深而增大;同一变质程

度的煤,不同煤岩组分的密度也不同,惰质组密度最大,镜质组较小,壳质组的最小;煤中矿物质的密度一般比煤中有机质的密度大得多,如黄铁矿密度为5.0,石英为2.65,粘土密度为2.4~2.6等,因此煤的密度是随煤中矿物质含量增高而增高,尤其是硫铁矿含量越高的煤,其密度也越高。

在密度测试中,所测出的密度值一般为所采样品的密度,即特定的灰分、水分及煤岩组分下的密度,基本上不是纯煤的密度值,纯煤的取得是在所采煤样中挑选不含夹石的块煤,进行密度测试,纯煤样灰分小于10%。不能用纯煤的视密度值来进行资源量估算,因它不能代表煤层的煤质特征,应采用煤层平均灰分下的视密度值来进行资源量估算。

煤的真密度和视密度测试方法原理是一样的,但对测试样品的粒度和重量要求不一样,真密度样品为小于0.2mm的分析煤样2g,视密度样品为13~10mm的分析煤样20~30g,必须要有1kg的块煤才能保证能制出20~30g的分析样品,由于煤的硬度小易碎,在制样时灰分较高的碳质泥岩、暗煤容易保留下来,而较脆的亮煤可能会碎裂到10mm以下,不能参与视密度的测试,这样会导致视密度值偏高,因此必须在测视密度的同时,测试该样品的灰分和水分,便于了解换算,以正确的应用所测值。而真密度测试样品的粒度小,代表性好,所需样品数量少,视密度需要的样品有一定粒度且数量较大,在勘探时有时难以满足要求(多数是煤数量够,但粒度不够),因此可通过测试真密度来计算视密度。经过测试对比,与实测符合较好。

3 视密度值在资源量估算中的应用

近几年,大规模的在宁东煤田进行煤炭资源勘查,宁东煤田主要有侏罗纪延安组的不粘煤和石炭二叠纪山西太原组的气煤、肥煤、焦煤。不粘煤的一个共性是惰质组含量高,在有机质中多大于 50%,煤岩组分多为微镜惰煤 I,灰分一般为低灰,因此影响视密度的主要因素是煤的显微组分,本区不粘煤的视密度值详见下表。石炭二叠系的煤因其灰分或硫分较高,密度值均较纯煤密度值大。

在煤田地质勘查时,资源量估算中视密度参数一般是采用某一层煤的算术平均值,《煤、泥炭地质勘查规范》DZ/T0215-2002 中视密度采样分析数量为煤样的 10%,当煤层灰分含量较大或灰分变化较大时,视密度分析样的灰分与该层煤的平均灰分可能不一致,而灰分含量是影响视密度主要因素,如果不考虑两者之间的关系,直接采用视密度算术平均值计算的资源量肯定会与实际值有较大出入。因此,应根据不同采样点不同灰分含量测得的视密度值,通过计算法或作图求出煤层平均灰分下的视密度。

表 1 宁东煤田主要井田煤层平均视密度一览表

煤类	井田	平均容重 最大-最小	平均灰分% 最大-最小	备注
不粘煤	清水营井田	1.39~1.46	11.11~19.61	1992 年 11 月鸳鸯湖详查地质报告
	梅花井井田	1.34~1.44	8.06~15.48	
	积家井南勘查区	1.32~1.37	6.08~13.25	2008 年 7 月积家井矿区南部详查设计
	积家井西勘查区	1.34~1.42	8.13~14.35	2007 年 8 月积家井矿区西部详查设计
	红石湾井田	1.35~1.52	17.09~31.51	1977 年 9 月任家庄、红石湾井田精查地质报告
气、1/3 焦煤	任家庄井田	1.39~1.56	15.41~25.36	
	马莲台井田	1.41~1.49	15.83~29.88	1980 年 9 月马莲台井田精查勘探资料
	丁家梁井田	1.4~1.54	20.01~27.27	1978 年 12 月丁家梁普查地质报告
	红一井田	1.40~1.48	20.88~29.60	2009 年红一井田勘探报告

计算法:按经验公式容重灰及公式 $ARD=ARD_0+0.007(Ad-Ad_0)$ 求出煤层平均灰分下的视密度即采用视密度。式中:ARD 为采用视密度,ARD₀ 为实测密度,Ad₀ 为容重灰。将各点实测容重值换算成采用视

密度,用各煤层各点采用视密度(剔除可疑值)的算术平均值作为各煤层的视密度。

经过计算与实际测试对比,灰分大于平均灰分的视密度值,计算值大于平均灰分点下的实测值,如下表。煤层平均灰分 27.97%,灰分为 27.06%的煤样视密度为 1.47,换算到平均灰分 27.97%的视密度为 1.48。灰分 32.25%的煤样视密度为 1.56,换算为平均灰分的视密度为 1.53。

表 2 煤层视密度与平均灰分视密度表

化验编号	视密度		煤层灰分	煤层灰分的视密度	平均值
	灰分值	视密度			
09 煤芯 1634	22.54	1.43	27.97	1.47	1.50
08 煤芯 4662	26.52	1.48		1.49	
08 煤芯 5164	15.91	1.38		1.46	
09 煤芯 81	32.25	1.56		1.53	
09 煤芯 83	35.80	1.58		1.52	
09 煤芯 94	33.67	1.55		1.51	
09 煤芯 1329	27.06	1.47		1.48	
08 煤芯 3550	25.39	1.44		1.46	
08 煤芯 3551	34.58	1.60		1.55	
08 煤芯 4653	29.63	1.51		1.50	

作图法:以测试的视密度和对应的灰分分别作纵轴和横轴,通过多个对应点,得到一个带状的容重-灰分曲线图,然后根据煤层的平均灰分从曲线图 1 中查出其对应的容重范围然后取平均值得到该煤层的容重值。

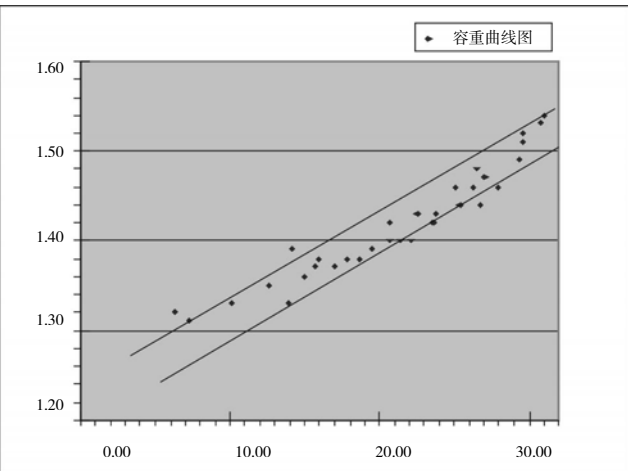


图 1 煤层的平均灰分曲线图

4 结论

在低灰时,变质程度及煤岩组分是影响煤的密度的主要因素,当灰分较高时,灰分含量就成为影响煤的密度的最主要因素,因此在测试煤的密度时,必须同时测试煤的灰分、水分,通过计算求得煤层平均灰分下的视密度,这样才能获得较为准确的资源储量。

参考文献

- [1] 杨金和,陈文敏,段云龙.煤炭化验手册[S].煤炭工业出版社,2004.
- [2] 袁三畏.煤质勘探与资料汇编方法[J].1984.

作者简介:郑国敏(1964-),女,1991年在西安矿业学院读研究生并取得硕士学位,从事煤田地质勘查工作,现为宁夏煤炭质量检测中心主任。

A Brief Analysis on the Application of the Coal Visual Density Data on the Estimation of Resources Amount

ZHEN Guomin GUAN Xuegui

(Bureau of Geology of Coal Field of Ningxia Hui Autonomours Resion, Ningxia, Yinchuan, 750004)

Abstract: The visual density of coal is one of the most important parameter for the estimation of coal resources amount. How to appropriate use the visual density value in the exploration of coal resources plays a significant role in the estimation of resources amount. The article rises up the questions concerned about the examination and report appraisals generated from the coal exploration and visual density of coal layer and analyzed the factors that influenced by the visual density value. The article further put forward the idea that when the ash content is higher or the ash content changes higher in the coal layer, ash content, as well as moisture content, should be tested at the same time with that of visual density value. In the estimation of source amount, the calculation of average value should not be applied directly for the visual density value tested, however, the visual density value of the average ash content of the coal layer should be figured out through calculations or chart-drawing.

Key Words: Visual density of coal, application of statistic, estimation of resources amount

(收稿日期:2010-11-18 责任编辑:杨 静)

(上接第34页)

不同的干扰采取不同的措施是抗干扰的原则。针对不同的运行场合,系统可做相应的抗干扰设计,以有效地抗干扰、提高系统可靠性,为矿井安全生产发挥应有职能。

参考文献

- [1] 王幸之,王雷.单片机应用系统抗干扰设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2000.

- [2] 姚富强.通信抗干扰工程与实践[M].北京:电子工业出版社,2008.
- [3] 诸邦田.电子线路抗干扰技术手册[S].北京:北京科学技术出版社,1988.

作者简介:韩建平(1979-),助理工程师,1998年毕业于陕西能源学院,现任乌海能源公司黄白茨煤矿调度监控中心主任。

Main Interference Source and Anti-interference in Coal Mine Safety Monitoring System

HAN Jianping

(China Shenhua Wuhai Energy Company HuangBaici Coal Mine, Wuhai, Inner Mongolia, 016040, China)

Abstract: Through the interference and anti-interference comprehensive analysis, Illuminates the coal mine safety monitoring system various existing interference source and its harm, Provided through the reasonable design, in use process effectively eliminate the effects of interference theoretical basis and specific methods to solve them.

Key words: Safety monitoring system; Transducer; Pulse; Interference

(收稿日期:2010-11-10 责任编辑:刘云仿)

清水营煤矿软岩巷道支护实践

秦磊 王国亮

(神华宁夏煤业集团有限责任公司安全监察局,宁夏 银川,751401)

摘要: 介绍神宁集团清水营煤矿根据具体围岩条件,进行软岩支护的实践经验,同时对这种支护在实际应用中影响支护效果的因素进行了分析,并提出了合理对策,对类似条件下软岩巷道支护设计具有参考价值。

关键词: 软岩巷道 锚喷支护 影响因素 二次支护 井下应用

中图分类号: TD353

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-038-03

1 软岩支护概述

近几年来,随着矿井的逐步投入生产,神宁集团清水营煤矿在开拓、准备巷道中全面推广锚、网、喷支护,取得了较好的支护效果。随着矿井开采深度的增加,地压越来越大,软岩巷道的支护问题也愈加突出。在锚、网、喷支护的巷道中出现开裂、变形现象,造成巷道失修率高,锚、网、喷支护遇到了新的挑战。经过几年的摸索,改为在锚、网、喷一次支护的同时,辅以 29#U 型钢支架、锚索、锚注支护等二次支护以增加支护强度,并通过不断的优化支护设计、施工工艺的改进完善。实践证明,这种支护形式有效地解决了矿井软岩支护难题,取得了很好的经济效益。

根据矿区钻孔揭露情况,清水营煤矿含煤地层为侏罗系中统延安组,岩性由灰、灰白色长石石英砂岩,深灰色、灰黑色粉砂岩,泥岩、煤和少量含铝质泥岩组成。主要可采煤层顶板均为易冒落、不稳定至中等冒落、中等稳定岩层,底板为不稳定岩层。如副斜井由六煤至五煤露头对应地面位置开口,由四上至三煤间进入煤系地层,穿过三煤后进入二煤底板。所处层位为四上至二煤之间的砂岩层(岩层综合柱状见图 1)。该层位由灰、灰白、深灰色不同粒级的砂岩组成,为二煤至八煤间砂岩含水层(IV)。三煤顶板岩石虽孔隙率不大,但吸水率较高,软化系数低。岩石强度低,不坚固,为易冒落的一类无周期来压顶板。三煤底板细砂岩允许单向抗压强度 $RP_{0.375}$ MPa,属较软弱类底板;粉砂岩允许单向抗压强度 $RP_{2.72}$ MPa,属软弱类底板。

名称	柱状图	层厚(m)
煤		5.66
粉砂岩		1.08
中粒砂岩		1.86
粉砂岩		2.08
中粒砂岩		2.17
泥岩		0.94
煤		0.17
粉砂岩		1.26
细粒砂岩		1.55
煤		1.80
粉砂岩		3.08
泥岩		1.86
细粒砂岩		2.42
中粒砂岩		6.54
粗粒砂岩		13.08
粉砂岩		2.12
粗粒砂岩		4.23
炭质泥岩		0.13
煤		0.87
粉砂岩		4.64
粗粒砂岩		4.33
细粒砂岩		2.04
煤		1.43
粉砂岩		0.55

图 1 副斜井所穿过岩层综合柱状图

2 影响支护质量的因素及对策

2.1 巷道成形

由于巷道掘出后围岩应力要重新调整以达到新的平衡,应力就要从巷道的围岩释放出来。软岩巷道更为明显,巷道表面基本达到了酥松的程度。有的甚至局部失稳冒落,致使巷壁坑坑洼洼极不平整,对挂网、安装托板和喷射混凝土都很不利,极大地影响了巷道的支护强度。因此,软岩巷道在掘进时断面要比设计断面适当小些,采用洋镐或风镐人工清除已酥松开裂的表面岩层,使巷道达到设计断面。既可保证巷道成形,提高围岩稳定性,又可节约混凝土材料,具有较高的经济价值。

2.2 锚杆参数及支护强度

锚杆是锚、网、喷支护的核心部分,其通过与喷层的连接把阻止围岩破坏的力传递到稳定岩层中,有效地控制塑性区、破碎区的发展和围岩的变形,增强围岩的稳定性。

软岩巷道岩石之间胶接很弱,受力后局部易破碎。不少巷道的破坏就起因于个别锚杆托板受力破坏后,其周边的岩石变形破碎,风化潮解加快,岩石的强度被进一步削弱,最终导致锚网支护失效。这与实际应用中巷道支护参数设计“千篇一律”不无关系。巷道因其服务年限、承压性质、规格形状,周围环境的不同,所需要的支护强度也不同。因此在工程施工过程中,合理确定锚杆支护参数就显得尤为重要。

锚杆间岩石是锚、网、喷支护破坏的起始点。从维护锚杆间松动岩块稳定性的角度出发,小的锚杆间排距较为有利。如果锚杆间排距较大,锚杆间的岩块就不容易维护,在大的变形压力作用下,容易鼓出、破坏、掉落;锚杆间排距如果过小,锚杆间的松动岩块虽然好维护了,打眼安装锚杆的工作量却增大了许多。因此,软岩巷道支护锚杆的间排距一般不小于0.6m,又不大于0.8m。随着巷道宽度、高度的增加和巷道埋深的增加,支护强度也要相应加大。在支护设计上锚杆杆径就需要粗一些,杆长也要长一些。另外,巷道的不同部位受力大小不同,支护设计也要区别对待。

软岩巷道对托盘的要求同样比较高,现场调查发现,当围岩变形压力比较大时,铸铁托盘会开裂,从而导致支护失效。所以,软岩巷道托盘、螺母及锚杆螺纹段的匹配性能尤为重要,应给与足够重视。

2.3 金属网的铺设质量

金属网做为锚、网、喷支护的重要组成部分,其主要作用是维护锚杆间比较破碎的岩石,防止岩块的掉落;提高锚杆支护的整体效果,抵抗锚杆间破碎岩块的碎胀压力,提高对围岩的支撑能力;在喷射混凝土内可提高混凝土的柔性,防止喷射混凝土开裂掉块。在一般软岩巷道中,可采用 $\phi 6.5\text{mm}$ 圆钢焊接而成的钢筋网。施工过程中,网片与网片之间搭接100~150mm,并用托盘压实压牢。

实践证明,金属网真正由于巷道变形被拉断的很少,大部分是由于联网不合格致使金属网从连接处拉断。所以必须重视现场施工过程中的质量管理,保证联网质量。

2.4 喷射混凝土质量及工艺

采用锚、网、喷支护软岩巷道,混凝土喷层的主

要作用是防止围岩风化、潮解和维护锚杆间岩块的稳定性。

按照软岩巷道喷层施工工艺,巷道开挖后首先要先喷射一层30~40mm厚的混凝土及时封闭围岩,同时作为锚杆安装施工的临时支护,当围岩的自稳状况较好时,这最初的喷层可以不要。锚杆安装完成后,再喷射一层40~60mm厚的混凝土将锚杆、钢筋网覆盖,至此,初次支护全部完成。待围岩变形稳定后,将开裂脱皮的浆层撬掉,喷射30~40mm厚的混凝土,最终成巷。软岩巷道喷层的厚度是按照工艺和封闭围岩的要求确定的,总的喷层厚度通常为100~140mm,分2~3次完成。

因混凝土喷层影响支护质量的因素主要有水泥质量、配比、喷射工艺等。工艺方面表现为初喷不及时、喷层过厚、喷层与围岩固结不好或复喷时机选择不合理等。

软岩之所以软,除了自身强度低之外,主要是围岩暴露后风化吸湿潮解所致。故软岩巷道喷射混凝土的主要目的在于及时封闭围岩,使之与空气隔绝,保持围岩固有的强度的同时起到加固围岩的作用。在此基础上,安设锚杆才能保证支护强度,而靠喷体自身所起的支撑作用是次要的。所以说喷射混凝土的效果不取决于喷层厚度,而取决于喷得是否及时和均匀。最理想的初锚喷时机是在人工刷顶刷帮后,初喷30~40mm后再挂网打设锚杆。

从软岩巷道的矿压观测结果看,其变形过程可以分为3个阶层;即渐变—速变—缓变。软岩巷道在进入渐变期后,由于周围的扰动,空气中湿度的增加,往往会再次发生速变。复喷应躲过速变期,这样既可弥补围岩速变时使初喷层产生裂隙,又可使复喷层与初喷层及围岩形成一体。复喷厚度一般为40~60mm,喷厚设计不宜过厚。喷厚均匀对巷道支护质量至关重要,喷体的破坏过程往往是凸包处的喷体先开裂,而后影响周围,逐步扩大。

此外,在软岩巷道进入稳定期后,通常根据巷道围岩变形破坏情况采取局部加强支护的措施。清水营煤矿加强支护的措施主要有架设29#U型钢支架,打设锚索、采用注浆锚杆、高强锚杆等,在不同的巷道采取针对性的措施才能取得较好的效果。

3 软岩巷道二次支护技术及应用

3.1 二次支护形式及应用

软岩巷道具有巷道应力高、围岩强度低并具有膨

胀性、流变性等特点。根据软岩巷道的特性,巷道支护一般需分次进行。在巷道开挖,围岩暴露后,立即进行一次支护,及时封闭围岩,使围岩尽可能减少其强度损失,防止有害的松散状态发生。以后再根据情况,适时地进行二次支护。实践证明,因地制宜地设计锚、网、喷支护参数,并采取以锚、网、喷支护为一次支护及以其它支护方式为二次支护的支护方式,能取得理想的支护效果。常用的支护方式有锚、网、喷支护配合锚索加固、29#U型钢支架、锚注支护等。

近年来,清水营煤矿在软岩大巷尤其是维修巷道中采取锚注支护二次加固的方法控制围岩变形,取得了良好的支护效果。

1#回风斜井沿二煤底板掘进,地质构造复杂,裂隙发育,整体强度低。围岩为泥岩、砂质泥岩。尤其是+1065m水平以下巷道变形严重,维修时一次支护采用锚、喷、网支护,待巷道变形较稳定后复喷并进行二次支护。二次支护采用29#U型钢支架配合注浆锚杆、高强锚杆对围岩进行注浆加固。由此对岩体实施“外锚内注”加固处理,取得了较好的支护效果。

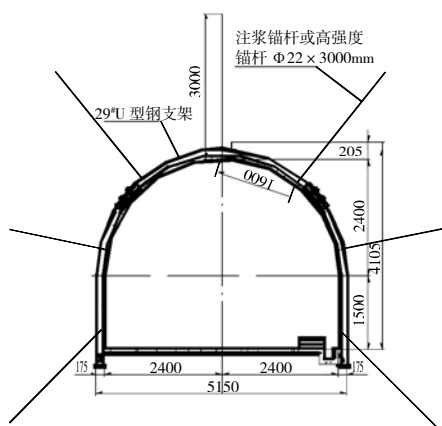


图 2 1#回风斜井维修支护断面图

在巷道掘进及支护工作中进行了矿压观测,以便据次确定二次支护时机、设计锚注支护参数及分析支护效果。

3.2 二次支护合理时间

在软岩巷道中,一般认为软岩蠕变时间长,应根据实际进行二次支护。二次支护时机由围岩变形观测确定,通常在掘进巷道引起的围岩变形基本稳定时进行。由于地质条件的变化,在实际施工及使用、维护过程中,应针对不同条件下的巷道围岩采取不同的支护方式,通过观测实行二次支护,并在设计巷道断面时预留足够的变形量。实践证明,巷道使用过程中,一般发生喷层开裂应及时喷射混凝土并补打锚杆。巷道承受动压影响应提前加固,动压过后针对变形情况重新采用合理的支护方式以满足使用要求。

4 结论

在软岩巷道中要随地质条件的变化及时改进支护方式、优化支护参数,采取正确的施工工艺并加强现场监管,重视矿压观测工作。实践证明,以锚、网、喷为主的联合支护体系对软岩巷道的维护具有较好的适应性,在软岩巷道采用锚、网、喷支护是可行的,具有较高的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 薛顺勋,等.软岩巷道支护技术指南[M].北京:煤炭工业出版社,2002.
- [2] 何满潮.软岩巷道工程概论[M].徐州:中国矿业大学出版社,1993.

作者简介:秦磊(1977-),助理工程师,1997年毕业于宁夏煤炭工业学校采矿工程专业,现在神华宁夏煤业集团安全监察局驻清水营煤矿任工程师。

The Supporting Practices of Soft Rock Drift of Qingshuiying Mine

QIN Lei WANG Guoliang

(The Security Inspection Bureau of Coaling Group Co.,Ltd of Ningxia, Shenhua Industry Group, Ningxia, Yinchuan, 751401)

Abstract: The article introduces the specific wall-rock conditions of Qingshuiying Mine, and the practical experience of the soft-rock supporting. Simultaneously, the article analyzes the factors of the supporting effects of the supporting in the actual application. In addition, the article presents the reasonable strategy that has the reference value to the designing of the supporting in soft-rock drift of the similar conditions.

Key Words: Soft-rock drift; Influence factors; Second-time supporting; Under-well Application

(收稿日期:2010-10-11)

责任编辑:刘云仿)

屏区结渣防治措施的探讨

王品刚¹ 赵毅² 许定峰³

(1.神华集团有限责任公司,北京,100011;2.西安热工研究院有限公司,陕西 西安,710032;

3.中国神华能源股份有限公司国华电力分公司,北京,100025)

摘要: 通过对燃用神华煤锅炉的结渣情况调研和现场试验,根据神华煤的燃烧特性,主要从锅炉设计方面提出了神华煤锅炉屏区结渣防治的有效措施,为燃烧神华煤机组缓解锅炉结渣和积灰提供了参考意见。

关键词: 神华煤 屏区结渣 结渣防治 吹灰器

中图分类号: TK227.3

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-041-05

1 前言

神华煤低硫、低磷、高热值的品质,将为我国电力产业清洁生产和节能减排提供重要保障。而要达到上述目标,就必须要求神华煤安全、高效、洁净燃烧。上个世纪,低灰熔点煤结渣一直是困扰我国电力安全生产的一个主要隐患,并出现了一系列涉及人身安全的结渣事故。本世纪初,神华煤进入大规模开采应用阶段,由于其灰熔点更低($ST = 1180^{\circ}C$),加之对燃烧特性不甚了解,燃用神华煤的各种安全问题相继出现:2001年,北仑电厂二期600MW锅炉、常熟300MW直流炉(现已改造)燃用神华煤时均出现了较为严重的结渣问题。2002年,国华盘山电厂出现因尾部受热面塌灰而引起锅炉灭火事故。神华煤沾污、结渣给电站锅炉安全、经济运行带来了严重影响。

通过电厂调研以及现场试验结果,得出部分煤粉在炉内停留时间较短、颗粒温度较高、且主汽温偏低、燃烧器上仰运行是屏区结渣主要的灰渣来源。屏区结渣、受热面灰污严重是燃用神华煤常出现的问题。长伸缩式吹灰器布置不足使前述问题加剧,吴泾二厂、珠海电厂锅炉吹灰器数量较石洞口二厂及沙角C厂锅炉少,该问题较严重。受热面上结渣会使其导热能力降低,炉内吸热量减少,炉内火焰中心向上推移,炉膛出口烟温相应升高、排烟热损失增大,影响锅炉运行经济性。再热器大幅度投减温水降低了机组的效率,影响机组的经济性。

电站锅炉炉内结渣过程是一个复杂的物理化学过程,也是一个炉内含灰气流的流动和传热传质过程。总体说来,影响燃煤锅炉结渣的因素主要有燃煤

煤质、锅炉炉膛设计特征参数、锅炉设备特点、运行方式等多方面的影响。锅炉发生结渣多是上述因素复合作用的结果,而以燃煤煤质影响最大,锅炉特性参数次之,然后是运行参数;运行负荷及运行调整方面的原因不可忽视。本文主要从煤质特性和锅炉设计方面讨论神华煤屏区的防渣措施。

2 炉内结渣影响因素概述

2.1 煤质对炉内结渣的影响

神华煤在国内外动力用煤中有其代表性又有特殊性。首先,神华煤是高热值、低灰熔点(ST 在 $1180^{\circ}C$ 左右)烟煤,在行业内研究应用较少。其次,神华煤属高钙、高铁型煤灰。美国和德国将煤灰一般划分为烟煤型灰($Fe_2O_3 > CaO + MgO$)和褐煤型灰($Fe_2O_3 < CaO + MgO$),以此计算神华煤应为褐煤型灰,但神华煤同时还兼有高热量的烟煤特征和灰中铁含量高($Fe_2O_3 > 8\%$)的特征,与国内外烟煤比较具有其特殊性,因此结渣机理也不尽相同。

2.2 锅炉炉膛结构参数对炉内结渣的影响

燃料及空气发生连续燃烧反应直至燃尽的有限空间密闭、而只有燃料及空气入口、烟气出口及排渣口与外界相通。现代电站锅炉炉膛形状多呈高大的立方体,由蒸发受热面管子(部分可能是过热器或再热器管子)组成的气密性炉壁构成。燃料燃烧反应生成的炽热火焰和燃烧产物向炉壁及布置在炉内的管屏受热面传递热量,使炉膛出口烟温降到设计规定的温度。炉膛应有足够的空间以满足燃烧与传热的需要,同时还应具有合理的形状以适应燃烧器和受热面的布置。炉膛和燃烧器的设计须与燃料的燃烧

特性及灰渣特性相匹配,特别要防止炉内产生结渣。对炉内结渣影响的主要炉膛特征参数包括:

炉膛容积热负荷 q_v ——衡量煤粉在炉内停留时间的尺度,也代表了整个炉膛燃烧和放热的强度;

炉膛断面热负荷 q_F ——反映了烟气流速,表征炉膛截面燃烧强度;

燃烧器区域壁面热负荷 q_B ——反映了燃烧器区域水冷壁吸热强度及火焰温度水平;

上排燃烧器中心线至屏式过热器下边缘高度 h_1 ——表示煤粉在炉膛内燃尽的路程;

燃尽区容积热负荷 q_m ——它基本反映了最上层喷口喷出的煤粉在炉内的最短可能停留时间。

在一般条件下,要留意 q_v 的选值不宜过高或过低;过高会影响燃尽,导致炉膛出口烟温过高以致受热面局部结渣,而过低则会使蒸发与过热受热面分配失衡,危及锅炉运行性能。

q_m 的物理意义是对于严重结渣性煤或燃尽有一定问题的煤种, q_v 、 q_F 、 q_B 和 q_m 都宜选其相应的较小值,而 h_1 则宜选其较大值。对于着火性差而低结渣性煤, q_F 宜取较大值。 q_m 愈小,停留时间愈长,该层煤粉射流的燃尽愈可得到保证,将有利于降低屏区入口局部烟温,避免沾污结渣倾向。

3 降低神华煤屏区结渣的措施

3.1 适当延长煤粉在炉内停留时间

台山电厂 #2 炉(600MW)在加设吹灰器后的运行情况表明,即使在炉膛、分隔屏较为清洁的状态下,炉渣中也存在一定量的熔融硬渣,其来源尚不清楚,但神华煤结渣性能可见一斑。

对神华煤这样结渣严重的煤种,保证形成合理炉膛燃烧温度分布形状是十分重要的。300~600MW 的运行实绩表明,强化燃烧势必引起炉膛结渣,而控制燃烧则形成分隔屏的结渣问题。显然目前尚未得到一个合理的炉膛与燃烧器配置。

CFD 模型计算出基本工况的炉膛沿高度方向的温度分布已经说明,由于火焰不能再整体下移,即使燃烧器下倾其屏底也局部处于烟气高温区。因此,提高燃烧器至屏下部分容积是必要的。

计算煤粉在炉内的最短视在停留时间(以上一次风中心至屏下缘这一段容积中的停留时间计),按下式计算:

$$\tau = L / W_y \quad (1)$$

L ——上一次风中心至屏下缘的距离, m

W_y ——烟气在炉内的平均上升速度, m/s

$$W_y = 0.3712 B_j \cdot V_y (273 + \theta_p) / a b / P_d \quad (2)$$

B_j ——计算燃料量, kg/s

V_y ——烟气体积, m^3/kg (标态)

a, b ——炉膛断面的长和宽, m

P_d ——当地大气压, kPa

θ_p ——炉膛平均温度, $^{\circ}C$

$$\theta_p = (\theta_1 \cdot \theta_2)^{0.5} \quad (3)$$

$$\theta_1 = 0.925 (\theta_a \cdot \theta'')^{0.5} \quad (4)$$

$$\theta_2 = 1144 + 249 \ln(0.86 q_{FZ}) \quad (5)$$

$$q_{FZ} = Q_{net, av} \cdot B_j / [2a \cdot b \cdot n_f \cdot c(a+b)]^{0.5} / 1000 \quad (6)$$

q_{FZ} ——炉膛折算热负荷, MW/m^2 ;

n_f ——一次风层数, 层;

c ——一次风喷嘴之间的平均间距, m;

θ_a ——理论燃烧温度, $^{\circ}C$;

θ'' ——炉膛出口温度, $^{\circ}C$;

θ_2 ——用来描述燃烧器区域的火焰平均温度, $^{\circ}C$ 。

采用上述公式计算台山、定洲和珠海、沙角 C、石洞口二厂锅炉的 τ 值,结果见表 1。

表 1 各电厂锅炉煤粉停留时间计算结果

电厂	视在停留时间 τ (s)
珠海	1.91
沙角 C	1.63
石洞口二厂	1.92
台山、定洲一期	1.93
台山 #3 炉	1.99

可见,台山、定洲一期锅炉煤粉停留时间与珠海、石洞口二厂相近,高于沙角 C 厂锅炉。而实际燃用神华煤的业绩表明,石洞口二厂、沙角 C 厂锅炉均会在炉膛及屏区出现较严重结渣。珠海电厂结渣相对较轻,但锅炉设备及运行有如下特点:煤粉较细($R_{90} < 8\%$)、炉膛断面尺寸较大,断面热负荷为 $4.28 MW/m^2$ 、采用大量的 OFA 分级送风、侧二次风面积较大。2003 年珠海电厂曾连续 7d 高负荷(700MW)燃用神华煤,出现过分隔屏结渣问题,一般认为当时炉膛出口空气系数较低($\alpha \approx 1$)是主要原因。

总的来看,燃用神华煤适当提高煤粉停留时间是必要的。当然停留时间并非唯一决定神华煤结渣的因素,但神华煤更为严重的结渣性对停留时间有更高要求是必然的。

3.2 降低屏底烟温

神华煤灰熔融特征温度相差极小 (DT:1180℃、ST:1190℃、FT:1200℃),具有典型的短渣特性。其渣型对温度极为敏感。因此,控制燃烧温度对预防神华煤结渣十分重要。

在 DL/T831-2002《大容量煤粉燃烧锅炉炉膛选型导则》中第 9 节 炉膛选型设计的其它共性条款中对防止屏区结渣主要作出如下规定:在 BMCR 工况炉膛出口烟窗的设计计算烟温 θ''_F 取决于煤灰变形温度,即 $\theta''_F \leq (DT-100)^\circ\text{C}$;但若煤灰软化温度与变形温度之 $(ST-DT) \leq 50^\circ\text{C}$,则应取 $\theta''_F \leq (ST-150)^\circ\text{C}$ 。

600MW 四角燃烧 II 型炉属美国 CE 公司技术流派,在锅炉设计上主要特点是将过热器分隔屏及后屏置于上炉膛高温区域,以增强辐射换热,屏下烟气温度远高于易结渣煤灰软化及熔融温度。台山及定洲电厂 #1、#2 炉 BMCR 工况屏下烟温设计值为 1374℃,E-CR 工况为 1395℃。因此烧神华煤屏区结渣是不可避免的。降低屏底烟温即下炉膛出口烟温,是防止屏底结渣最为直接和有效的方法。其烟温并非一定要低于灰熔融温度,因为灰粒在甩向分隔屏的过程中,将被受热面冷却。表 2 列出了 300~600MW 机组下炉膛出口(屏底)烟温与实际燃煤灰熔点情况。

表 2(a) 低灰熔点煤炉膛参数与屏结渣情况

电厂	靖远	台州	大坝	元宝山	珠江
容量 MW	300	330	300	600	300
燃烧方式	四角	前后墙	前后墙	四角	四角
上燃烧器至屏底距离 h_1 m	17.02	15.05	17.18	24.25	18.29
炉膛容积热负荷 q_V kW/m ³	89.82	111.3	116.8	62.1	109.6
炉膛断面热负荷 q_F MW/m ²	3.98	4.75	4.83	3.90	4.70
燃烧器区域热负荷 q_B MW/ m ²	1.33	1.13	1.53	1.15	1.61
下炉膛出口烟温 θ'' °C	1343	1373	1387	1340	1325
实际灰软化温度 DT °C	1170	1250	1180 1270	1080	1100
实际灰变形温度 ST °C	1200	1300	1200 1290	1150	1180
实际灰熔融温度 FT °C	1220	1380	1210 1360	1260	1230
屏区结渣情况	轻微	轻微	严重 轻微	轻微	较重
$\theta'' - FT$	123	-7	177 27	80	95

表 2(b) 低灰熔点煤炉膛参数与屏结渣情况

电厂	台山一期	台山二期	北仑 #1		秦皇岛	平圩
容量 MW	600	600	600		300	600
燃烧方式	四角	四角	四角		四角	四角
上燃烧器至屏底距离 h_1 m	20.13	20.13	16.765		19.386	20.12
炉膛容积热负荷 q_V kW/m ³	87.63	84.85	101.4		111	96.6
炉膛断面热负荷 q_F MW/m ²	4.68	4.55	4.88		4.76	5.1
燃烧器区域热负荷 q_B MW/m ²	1.725	1.71	1.95		1.56	1.95
下炉膛出口烟温 θ'' °C	1377	1372	1315		1329	1348
实际灰软化温度 DT °C	1180	1180	1100	1190	1420	>1500
实际灰变形温度 ST °C	1200	1200	1140	1280	1460	
实际灰熔融温度 FT °C	1220	1220	1240	1370	1480	
屏区结渣情况	严重	较重	一般	轻微	轻微	轻微
$\theta'' - FT$	157	152	75	-55	-151	-152
煤粉视在停留时间 τ s	1.93	1.99	1.76	1.76	1.99	1.89

表 2(c) 低灰熔点煤炉膛参数与屏结渣情况

电厂	双辽	铁岭	国华太仓
容量 MW	300	300	600
燃烧方式	四角	四角	四角
上燃烧器至屏底距离 h_1 m	21.434	18.29	20.932
炉膛容积热负荷 q_V kW/m ³	84.9	111.3	88.09
炉膛断面热负荷 q_F MW/m ²	4.096	4.71	4.536
燃烧器区域热负荷 q_B MW/m ²	1.31	1.66	1.66
下炉膛出口烟温 θ'' °C	1285	1328	1360
实际灰软化温度 DT °C	1200	1250	1290
实际灰变形温度 ST °C	1370	1341	1330
实际灰熔融温度 FT °C	1420	1410	1360
屏区结渣情况	轻微	轻微	一般
$\theta'' - FT$	-135	-82	100
煤粉视在停留时间 τ s	2.65	1.87	2.041

台山、定洲电厂下炉膛出口烟温高于实际灰熔融温度(FT)150℃以上,结合大坝电厂情况可以看出其差值偏高。如果采用较大的炉膛断面(靖远、元宝山),可降低煤灰颗粒的运动能量,其差值可适当提高。对粘附性较强的神华煤,如采用较低热负荷的同

时,下炉膛出口烟温与 FT 的差值小于 100℃左右,或煤粉在炉内的视在停留时间大于 2.1s(见图 1),其屏底结渣将大为缓解。以神华煤灰熔点 FT 在 1180℃~1250℃、平均 1220℃计,下炉膛出口烟温推荐控制在 1320℃以下。

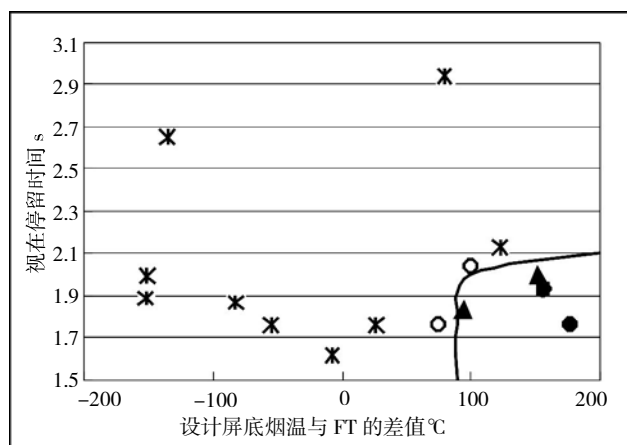


图 1 实际锅炉屏区结渣与屏底烟温等的关系
(*—轻微;○—一般;▲—较重;●——严重)

3.3 吹灰器的配置

对神华煤锅炉,应重视水冷壁吹灰器的选用及布置,燃烧器及其上下高温区宜根据墙式吹灰器的有效吹灰半径密排布置。冷灰斗上拐角处及折焰角部位易黏附焦渣,可视条件安装长伸缩式旋转吹灰器,上炉膛屏式受热面亦应有吹灰装置。炉膛吹灰器布置根据神华煤锅炉情况推荐如下:

表 3 不同燃烧方式炉膛吹灰器的配置

设计煤质	神华煤		
机组额定电功率	300MW	600MW	1000MW
吹灰器	炉膛吹灰器支数		
四角切圆燃烧方式	≥88	88~100	110~120
墙式燃烧方式	≥60	≥80	≥100

分隔屏吹灰器对国内四角燃烧大型锅炉尤为重要,该锅炉采用美国 CE 公司引进技术,过热器的主要特点之一为屏式过热器布置于上炉膛,而分隔屏排数少,每屏面积大,便于接受炉内辐射热量。按 CE 公司设计,分隔屏区不装吹灰器,但屏下烟气温度高,设计值一般为 1320℃~1380℃,对严重结渣性能煤——神华煤,屏上挂渣在所难免。对该炉型 600MW 亚临界机组分隔屏的吸热量约为过热器全部吸热量

的 27%。而由台山及定洲锅炉在未装吹灰器时测试结果可知,分隔屏实际吸热量仅为设计值的 60%,表明其积灰结渣严重。屏区装设吹灰器,及时清除屏下部挂渣是锅炉主要防渣措施,已在台山电厂 #1、#2 炉成功应用。

屏区吹灰器的加装位置是影响其效果和安全性的主要因素。

一种方式是在屏区两侧墙加装长伸缩吹灰器:台山电厂 #1、#2 炉每台炉在屏区加装了 8 支长伸缩式吹灰器,系装在两侧墙,分隔屏与后屏间 4 支,前后两分隔屏间 4 支。对 #1、#2 炉,分隔屏与后屏炉膛深度方向管间距为 663mm,净空为 607.5mm,前部与后部分隔屏炉膛深度方向管间距为 941mm,净空为 884mm,对于从两侧装行程约为 9.6m 的长伸缩式吹灰器,分隔屏与后屏的间距显得小了一些,但实际证明可以安全运行。

由两侧墙装设的分隔屏吹灰器蒸汽利用率较低,主要因为管排在炉膛宽度方向间距大,为 3048mm,每支吹灰器在推进行程中仅 3 次吹扫到屏面,大部分蒸汽被浪费掉,而且屏面宽度为 3953mm,吹灰器有效吹扫半径约为 2.5m,则前部分隔屏靠炉前部分的吹扫效果较差。但总的说来,该处吹灰器还是可以起到分隔屏清灰的作用。

台山电厂 #3、#4 炉分隔屏增加了管圈,使前后两分隔屏的宽度增加为 4260mm,但炉膛深度增加 0.508m,前后两分隔屏的管间距由 #1、#2 炉的 941mm 减少为 673mm,后部分隔屏与后屏的管间距仍为 663mm,与 #1、#2 炉相比较,分隔屏与后屏间距不变,前后分隔屏间距 673mm 较分隔屏与后屏间距 663mm 尚多 10mm,而且前后分隔屏间的设于两侧墙的吹灰器能够吹到第三排屏即可,行程不必为 9.6m,大约为 8.3m 即可。由于行程缩短,吹灰器端部摆动会减小,600mm 净空仍然可行。

另一种方式是在前墙加装长伸缩吹灰器:台山电厂 #3、#4 炉将前分隔屏吹灰器装在前墙,共 5 支,标高为 57.4m,仍保留了后分隔屏与后屏间的 4 支吹灰器。实际安装过程中,前墙中间一支吹灰器与主蒸汽管道相碰而被取消,实际装设了 4 支。为避开汽水管道,该 4 支吹灰器未能布置在两屏中间,而且吹灰行程不足。铭牌所示行程为 5.18m 及 6.7m,实际只能吹扫到前分隔屏。该 4 支吹灰器从右至左的编号为 #61~#64,表 4 中示出了各吹灰器的行

程及与相邻分隔屏的距离,表中分隔屏编号系从右向左排列。

表 4 #61 ~ #64 吹灰器位置及行程

吹灰器编号	#61	#62	#63	#64
相邻分隔屏编号	1&2	2&3	4&5	5&6
铭牌行程, m	5.18	6.7	5.18	6.7
与右邻分隔屏距离, mm	794	1429	1619	794
与左邻分隔屏距离, mm	2254	1619	1429	2254

台山电厂 #3、#4 炉投运后,长吹灰器高负荷时每天投运 3 次。由前墙标高 57.4m 的观察孔看到, #61 ~ #64 吹灰器吹灰时,前分隔屏摆动甚大,摆幅约为 1m。吹灰器头部由两个相对的吹灰孔,孔径为 30mm,射流方向与吹灰器行程方向垂直,则吹灰器每转一周,分隔屏摆动两次,每两次间隔约为 1s,在吹灰器一进一出的 4min 内,分隔屏摆动约 200 余次。分隔屏从顶棚管到下缘高度 18m,则在穿过顶棚管处摆动角度约为 3.2° , 尽管角度不大,但长期使用会造成根部金属疲劳或者与顶棚摩擦而损伤。

台山电厂曾组织各有关单位调整吹灰蒸汽压力,从 1.24MPa 调整为 0.8MPa,摆动幅度有所减小,但仍在 0.5m 以上。考虑到吹灰器冷却要有足够的蒸汽量,没有进一步下调进口蒸汽压力。并已改为与 #1、#2 炉相同的吹灰器布置方式。

总的说来,采用蒸汽垂直屏面的吹灰方式,对高度较大的分隔屏,摆动问题不易解决,还应采用

蒸汽与屏面平行的传统吹灰方式。所以,除在台山、定洲电厂锅炉完善时增设了分隔屏吹灰器,同时锅炉厂家在 600MW 锅炉设计中,在前、后分隔屏间隙的下部装设左、右各一支长伸缩吹灰器。后来在黄骅电厂 600MW 超临界锅炉的设计中,在分隔屏区增设了 10 支吹灰器,其位置除与台山电厂 #1、#2 炉相近外,还在前分隔屏下部装设了左、右各一支。

由前述可见,对神华煤,四角燃烧大型锅炉采用分隔屏吹灰器是一项正在逐步完善的技术。

4 结论

(1)在锅炉燃烧方式与燃烧系统、炉膛尺寸与热负荷参数确定之后,能够控制结渣的主要手段为吹灰器布置与运行。一般要在炉膛、屏式过热器和水平烟道、尾部低过或低再、省煤器和空气预热器区域,布置足够数量的吹灰器,锅炉设计时,对不能预测结渣程度的区域,应预留吹灰器孔。

(2)增大炉膛容积和截面积,容积热负荷及壁面热负荷采用较低的数值,这是对具有严重结渣倾向煤种最直接的防渣措施。保证屏底烟温在 1320°C 以下能起到作用,降低炉膛热负荷参数是必须的条件。另外,适当降低燃烧器区燃烧强度,对协调燃烧器、屏区结渣也有较大作用。

作者简介:王品刚(1961-),高级工程师,现任中国神华能源股份有限公司副总裁,主要从事技术管理工作。

The Discussion on the Measures of the Prevention of Slagging on the Surface Area

WANG Pingang¹ ZHAO Yi² XU Dingfeng³

(1. Shenhua Group Co., Ltd, Beijing, 100011; 2. Thermal Research Institute Co., Ltd of Xi'an, Shannxi, Xi'an, 710032;

3. Guohua Power Branch of Shenhua Energy Co., Ltd of China, Beijing, 100025)

Abstract: Through the slagging situation investigation, research and on-site experiment of combustion Shenhua boiler, the article put forward the effective measures on the prevention of the slagging on surface area of Shenhua boiler from the boiler designing perspective and also generated the suggestions on the ease of Slagging and ash fouling of the combustion Shenhua coal unit.

Key Words: Shenhua Coal; Slagging in the Covered Area; Slagging Prevention; Ash Blower

(收稿日期:2010-11-16 责任编辑:刘云仿)

呼伦贝尔电厂制粉系统选型探讨

廖海燕¹ 温长宏² 段伟²

(1.神华国华(北京)电力研究院有限公司,北京,100069;2.神华国华呼伦贝尔发电有限责任公司,内蒙古 呼伦贝尔,021025)

摘要: 呼伦贝尔电厂是神华国华电力公司第一个燃用褐煤发电的项目,制粉系统的确定和磨煤机的合理选型是电厂成功运行的关键因素之一。本文对宝日希勒褐煤的特性进行了分析,并提供了目前国内燃用褐煤电厂的制粉系统运行情况调研报告,在满足相关规程规范的条件下,对磨煤机的选型进行了分析和计算,选出了适合呼伦贝尔电厂的磨煤机型号。

关键词: 褐煤 运行调研 制粉系统确定 磨煤机选型

中图分类号: TM62

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-046-05

1 引言

神华国华呼伦贝尔能源项目位于内蒙古呼伦贝尔市海拉尔区的北部,宝日希勒矿区的南缘,一期建设2×600MW超临界空冷燃煤机组,两台机组已于2010年11月20日和12月1日投产发电。本工程燃用神华宝日希勒露天煤矿的褐煤,国华电力公司以往的电厂设计用煤均为烟煤,为了保证呼伦贝尔电厂燃用褐煤的制粉系统和磨煤机选型的合理性,笔者开展了大量的调研、论证工作,最后确定了褐煤采用中速磨直吹式制粉系统的方案。

2 呼伦贝尔电厂煤源和煤质

宝日希勒露天煤矿的褐煤为老年褐煤,具有水分较高,灰分、硫分相对较低的特点,低位发热量在13000~15900kJ/kg。根据宝日希勒煤矿提供的2004年至2007年各年煤质平均统计数据,露天矿煤质的全水分呈逐渐降低的趋势,发热量和灰分相对较为稳定。西安热工院对宝日希勒褐煤采样分析,并进行相关试验后与制粉系统选型相关的结论有:试验煤为高水分、高挥发分的褐煤,极易着火和燃尽,煤可磨性中等、磨损轻微,灰磨损性低,但是有较严重的结渣倾向;推荐采用风扇磨直吹式热风干燥制粉系统,也可以考虑采用中速磨直吹式制粉系统;该煤种具有较高的燃烧稳定性,锅炉采用40%以上的一次风率可以保证燃烧效果。

本次样品与历年数据相比,全水分适中、灰分偏低。通过对采样结果和今后煤质变化趋势的分析,最终确定的煤质资料主要数据如下:

表1 呼伦贝尔电厂煤质特性数据

项 目	符号	单位	设计煤	校核煤
全水分	M_t	%	33.4	36.00
空气干燥基水分	M_{ad}	%	13.04	13.04
收到基灰分	A_{ar}	%	8.66	10.24
干燥无灰基挥发分	V_{daf}	%	44.65	44.65
收到基低位发热量	$Q_{net,ar}$	MJ/kg	15.15	13.93
哈氏可磨指数	HGI	/	67	65
冲刷磨损指数	Ke		0.89	0.89

3 国内燃用褐煤机组的调研

为了充分了解国内燃用褐煤电厂的运行情况,笔者对蒙东的伊敏、上都和通辽电厂进行了调研,3个电厂的煤质及制粉系统特性数据见表2。

3.1 伊敏电厂

华能伊敏电厂的燃煤为当地的褐煤,调研时有4台机组运行。伊敏电厂实际的入炉煤质与设计煤质比较接近,偏差不大。

伊敏电厂一期工程(2×500MW)为T型炉配风扇磨煤机的制粉系统,采用中温炉烟+冷炉烟+热风三介质干燥,磨煤机入口的干燥剂温度约700℃,电厂一期锅炉及制粉系统现运行情况良好,炉内有专设的中温炉烟通道,使至磨煤机的炉烟管道布置短捷,节省投资;一期风扇磨为俄罗斯进口产品,投产初期检修周期3000h,经生产改进后检修周期可达5000h。

伊敏电厂二期工程,安装两台600MW亚临界燃煤凝汽式发电机组,三大主机均由哈电集团提供,锅炉采用亚临界参数、控制循环Π型汽包炉,切圆燃

表 2 伊敏、上都和通辽电厂煤质及制粉系统特性数据

项 目	单位	伊敏电 厂二期	上都电厂		通辽电厂	
			设计 情况	运行 情况	设计 情况	运行 情况
全水分 M_t	%	39.5	29.5	39	30.89	32.37
空气干燥 基水分 M_{ad}	%	11.1	14.71	11.21	13 ± 2	17.42
收到基灰 分 A_{ar}	%	12.09	13.43	11.93	14.38	19.79
收到基低 位发热量 $Q_{net,ar}$	MJ/kg	11.786	14.72	11.974	13.106	12.21
制粉系统 型式	/	风扇磨 直吹式	中速磨直吹式		中速磨直吹式	
磨煤机 型号	/	MB3600	HP1103		MPS225-HP-II	
磨煤机配 置 / 运行 数量	台	8/6	8/7		7/6	
磨煤机最 大出力	t/h	86	83		91.7	
BMCr 工 况下计算 出力	t/h	81.5	55.243		74.06	
BMCr 工 况下干燥 剂初温	℃	841	289	350 ~ 390	349	
磨煤机出 口温度	℃	150	63	55 ~ 60	65	
煤粉细度 R_{90}	%	45	35		35	

烧方式。制粉系统采用风扇磨煤机直吹式制粉系统，选用高温炉烟和热风二介质干燥系统，风扇磨煤机为沈阳重型机械厂与俄罗斯合作设计制造。

伊敏二期 5 台磨煤机运行机组负荷可至 500MW，锅炉低负荷燃烧不稳定，低负荷只能至 360MW ~ 370MW；二期两介质干燥的风扇磨系统磨机出口风温控制比较困难，在高负荷运行时可基本维持磨出口温度，降负荷或煤粉水分较低时磨机出口超温，且易发生内爆。据电厂人员介绍，二期设计时在制粉系统热平衡计算上有争议，最终采用了磨煤机厂建议的磨煤机入口温度 > 800℃，实际运行估计该温度选择偏高。

3.2 上都电厂

上都电厂实际的人炉煤质与设计煤质偏差较大，实际煤种相对设计煤种平均全水分增加较多，低

位发热量大幅度减小 19%。

内蒙古上都发电有限责任公司一、二期工程共 4 台 600MW 汽轮发电机组，锅炉由哈锅根据引进的美国 ABB-CE 公司技术设计制造，为亚临界压力，控制循环汽包炉。空预器为两级，第一级为回转式，第二级为管式，管式空预器设计出口热一次风温达 430℃。锅炉设计燃料为锡林浩特胜利煤田一号露天矿褐煤，制粉系统采用中速磨煤机直吹式制粉系统，热风干燥，磨煤机由上海重型机器厂有限公司提供。

上都电厂实际运行煤质发热量低、水分大、灰分大，给电厂运行带来如下问题：

(1)煤种水分大，全水分基本在 38%以上，制粉系统的干燥出力不足，磨煤机入口风温为 350℃ ~ 390℃，磨煤机出口温度只能维持在 55℃ ~ 60℃，已接近或低于设计煤种干燥剂的露点温度 56.9℃，给制粉及燃烧都带来隐患。

(2)采用的两级串联空预器在 BMCr 工况下出口一次风温也只能达到 375℃ ~ 395℃左右。为提高磨煤机出口温度，常将一次风率提高至 45% ~ 51%，一次风母管风压提高至 12kPa，造成管式空预器变形，一次风道变形撕裂，一次风机超电流。

(3)因煤种发热量的降低，煤耗常到 410 ~ 420t/h (设计 388.6 t/h)机组才可带满负荷，造成磨煤机磨损严重，磨损件使用寿命缩短。磨煤机设计磨辊寿命为 8000h，实际电厂在磨煤机运行 3000h 就需要进行研磨部件的磨损检查和维护。

(4)燃用该煤种，烟气中水蒸汽含量大，负荷 300MW ~ 450MW 排烟温度 120℃ ~ 130℃，低于烟气露点(130℃)，空预器冷端腐蚀、堵灰，有一次造成两台机组因空预器受热面积灰严重同时停运。

上述问题直接影响到机组的带负荷能力，机组经常的运行负荷范围在 450MW ~ 500MW 之间，电厂也曾用过与设计煤质相近的发热量较高的燃煤入炉燃烧，机组可带满负荷。据电厂人员介绍，当燃煤发热量在 13690 kJ/kg 以上，原煤全水分在 40%以下时，机组就能带满负荷，但磨煤机进口的热风温度必须达到 380℃以上方能保证磨煤机的干燥出力。

3.3 通辽电厂

通辽电厂燃用的是霍林河煤矿的褐煤，机组实际燃用煤质的全水分稍高，但外在水分比设计煤质小；灰分偏高，因而发热量低于设计煤质，耗煤量增加，但总的对磨煤机的干燥出力要求较设计煤质相

差不多。

通辽电厂三期工程,安装一台 600MW 亚临界燃煤凝汽式发电机组,三大主机均由哈电集团提供,制粉系统采用中速磨煤机直吹式制粉系统,热风干燥,磨煤机由长春发电设备有限责任公司提供。

从现场调研的情况来看,磨煤机的通风量可以保证,磨煤机出力能达到设计值,但因为锅炉空气预热器出口的一次风温无法达到设计值(设计 BMCR 工况一次热风温度为 402℃,实际运行仅有 360℃~370℃),因而在 35%的设计一次风率下磨煤机的干燥出力显得不足,只能靠加大一次风量来满足要求,这样造成送粉管道流速偏高,长期在此工况下运行,磨煤机和送粉管道的磨损会比较严重,机组检修周期将缩短,对电厂运行不利。此外,低负荷运行时因系统风温较低,磨煤机干燥出力差,调控不当,会引发堵磨、振动等问题。

4 呼伦贝尔电厂制粉系统确定及磨煤机的选型

4.1 制粉系统的确定

制粉系统的确定和磨煤机的选型,是根据煤的特性、磨煤机的特性并结合锅炉的结构统一考虑,以保证机组的安全经济运行。褐煤制粉系统的选择,关键取决于干燥出力,在满足干燥出力要求的前提下,宜优先选择中速磨煤机、热风干燥系统;干燥出力不能满足要求时,则须采用风扇磨煤机配炉烟干燥系统。西安热工院对呼伦贝尔电厂煤质的化验报告中推荐了两种制粉系统:风扇磨和中速磨直吹式制粉系统。

4.1.1 风扇磨煤机直吹式制粉系统

风扇磨煤机源于西德,上世纪 70 年代引入我国,主要用于褐煤电站制粉系统。

根据 92 版《电站磨煤机及制粉系统选型导则》,当褐煤全水分 $M_t > 30\%$ 时,就要求选择热烟-热风二介质干燥系统,或冷烟-热烟-热风三介质干燥系统,两种系统通常都配风扇磨煤机,因而我国早期的褐煤电站锅炉基本都采用风扇磨煤机直吹式制粉系统,如富拉尔基发电厂、阳宗海电厂、元宝山电厂 #2 炉等。

俄罗斯生产的 MB 型风扇磨煤机在伊敏电厂一期成功应用,检修周期可达 5000h,因此,沈阳重型机器厂在 2004 年底引进了俄罗斯塞兹兰重型机器公司的 MB3600/1000/490 型风扇磨煤机,现已应用于华能伊敏电厂二期,目前华能 9 台电厂也采用了该型

号的磨煤机。但伊敏二期因设计上对该型磨煤机性能计算未完全消化,又采用了两介质的干燥系统,运行存在低负荷温度控制较难的问题。

4.1.2 中速磨煤机直吹式制粉系统

随着 MPS-HP-II 型中速磨煤机的问世及我国对中速磨煤机应用水平的提高,中速磨煤机对原煤水分的适应范围变宽,特别是上都电厂的运行经验告诉我们,只要空气预热器出口的一次风温满足干燥要求,即使在原煤水分达 39%的情况下,机组仍能够运行,但煤质发热量低于 13690 kJ/kg 时,带负荷能力较差。基于此,在 2003 版《电站磨煤机及制粉系统选型导则》中对褐煤采用中速磨煤机的原煤水分的要求进行了修改,指出当煤的表面水分 $< 19\%$,干燥剂温度在 380℃以下,采用热风进行干燥,干燥出力计算满足要求时,可以采用中速磨煤机。

呼伦贝尔电厂的褐煤为老年褐煤,设计原煤水分 33.4%,发热量 15150 kJ/kg,与上都电厂用煤相比,水分比上都电厂低,发热量比上都电厂高,设计取用 17%的煤粉水分,则需干燥掉的外水设计煤质为 16.4%,校核煤质为 19%,满足新版规程要求。

近几年来,国内外大容量锅炉机组的制粉系统采用中速磨直吹式系统的比例增大,国内已有上都、通辽等电厂的成功运行经验,技术成熟。针对本工程煤质,两种磨型均能适应,相比之下,中速磨具有投资低、系统简单、启动迅速、运行经济、布置灵活、检修维护工作量小的特点。呼伦贝尔电厂最终选定了中速磨直吹式制粉系统。

4.2 磨煤机的选型

目前国内生产大型中速磨煤机的制造厂主要有:上海重型机器厂有限公司(简称上重)、北方重工集团有限公司、沈重电站设备分公司(简称沈重)、北京电力设备总厂(简称北电)、长春发电设备总厂(简称长重)。上重主要生产 HP 型碗式磨煤机,沈重和北电主要生产 MPS 型轮式磨煤机,长重主要生产 MPS-HP-II 型中速磨煤机。

对于磨制褐煤的中速磨煤机的选型,按照 2003 版《电站磨煤机及制粉系统选型导则》6.2.2.11 条:“在磨制高水分烟煤($V_{ad} \geq 20\%$)以及褐煤时,磨煤机的出力计算不能采用烟煤的出力计算曲线。此时的磨煤机的出力应根据热平衡的计算结果来决定。”

呼伦贝尔电厂磨煤机的选型要求是:每台机组配 7 台磨煤机,对设计煤种 6 运 1 备(耗煤量 365t/h),

6 台磨的总出力应不小于锅炉在 B-MCR 工况下燃煤量的 110%;校核煤种 7 台运行(耗煤量 399.7t/h),要求磨煤机出口煤粉细度 $R_{90}=35\%$,出口温度 65°C ,出口煤粉水分 17%。按此条件,投标时各磨煤机厂的选型结果及特性数据如下(对设计煤质):

表 3 呼伦贝尔电厂磨煤机选型对比表

项 目	单 位	上重	沈重	长重	北电
磨煤机型号		HP1163	MPS275	MPS212HP-II	ZGM123G
磨煤机基点出力	t/h	99.6	95.8	90.16	80.2
磨煤机计算出力	t/h			60.8	
最大干燥出力	t/h	72	71.25	74.1	66.4
磨煤机出力裕度		1.18	1.17	1.215	1.09
最大干燥出力 下的一次风率	%	38.8	38.4	40.3	/
最大干燥出力 下磨入口温度	$^{\circ}\text{C}$			380	
BMCR 磨煤机 入口干燥介质 温度	$^{\circ}\text{C}$	357	349	354	/
保证出力工况 下磨煤机单位 电耗	kW h/t	10.3	8.3	6.82	/
电机功率	kW	750	1000	560	/

如上表所示,通过热平衡计算得到的磨煤机干燥出力除北电选择的磨煤机不满足规程要求的 1.1 倍储备系数外,其余磨煤机型号均能满足。但沈重生产的中速磨煤机没有磨制褐煤的经验,且老型的 MPS 磨煤机存在加载力较小,碾磨效率低,煤粉在磨内循环倍率高,停留时间长,煤粉被过度干燥的问题。本次选型厂家虽采用了提高转速和加大碾磨压力的措施,但该措施未经过实际运行验证,处理不妥当可能存在磨机振动,无法安全运行的后果,在本工程上选用还不够成熟。

上重最早推荐选择 HP1103 型磨煤机,该型号在上都已有褐煤运行业绩,但因上都燃用煤质与设计煤质相差太大,磨煤机长期过负荷运行,带来磨损和检修周期短的问题,因而选型不希望在小磨型上提高风量来满足干燥出力要求,后经重新选型的 HP1163 型磨煤机可满足本工程干燥出力要求,从上都的实际运行经验来看该磨也不存在过度干燥问题,在本工程上选用风险较小。

长重的 MPS 212HP-II 磨采用德国 BABCOCK 最新技术第三代产品,该系列产品吸取了其它中速

磨的优点,在此技术上采用了先进的液压变加载/反作用力控制系统,提高了磨煤机的运行出力,降低了磨煤机的运行电耗。使磨煤机的结构更合理,性能更优越,控制更有效。其性能由德国 BABCOCK 公司保证。该新型磨煤机磨盘转速提高了 20%,碾磨压力增大,循环倍率减小,使磨煤机的碾磨效率提高,解决了老型 MPS 磨煤机的深度干燥问题,可维持磨煤机出口的煤粉水分在 15%~20%,在燃用褐煤上具有一定的优势。长重采用霍林河的褐煤在日本 BHK 公司的新型 MPS61HP-II 型磨上进行了试磨,在入磨原煤水分为 33.7%的情况下,一次风入口风温 302°C ,出口风温 60°C ,煤粉水分为 18.6%,磨机运行平稳。

根据目前国内中速磨煤机磨制褐煤的实际情况,呼伦贝尔电厂最终选定了长春发电设备总厂生产的 MPS 212HP-II 型磨煤机。

5 结语

对燃用褐煤电厂制粉系统和磨煤机的选择,必须深入研究煤质特性及可能的煤质变化情况,同时也应掌握同类型煤质在已运行电厂中的实际磨制运行情况,方能总结经验教训,在新建工程中起到借鉴作用。

对于磨煤机型式和出力的选择,中速磨煤机磨制褐煤最好能以试磨确定磨煤机的选型和出力,但在目前试磨条件不成熟的条件下,用热平衡计算确定磨煤机干燥出力的方法也是可以采用的,这样可以避免根据烟煤的选型方式以碾磨出力来选择磨煤机的型号,从而造成实际运行磨煤机干燥出力不足的后果。

以上是呼伦贝尔电厂制粉系统和磨煤机选型中的一些启示,供大家参考。从电厂的投运情况看,磨煤机干燥出力完全满足锅炉运行要求。

参考文献

[1] 内蒙古国华呼伦贝尔能源项目.锅炉炉型及制粉系统论证专题报告[R].西北电力设计院,2007 年 9 月.
[2] 国华宝日希勒发电公司.600MW 褐煤机组燃煤特性评价及锅炉设备选型试验研究[R].西安热工研究院有限公司,2007 年 7 月.
[3] 国华呼伦贝尔能源项目.中速磨煤机技术评标报告[R].2008 年 1 月.

作者简介:廖海燕(1971-),1994 年 7 月毕业于南京东南大学,现任职于神华国华(北京)电力研究院技术研究中心,国华公司锅炉专家,从事基建技术管理工作。

浅析陈家港电厂 $2 \times 660\text{MW}$ 超超临界发电机组锅炉辅机选型

贾义 张伟 王建彦

(江苏国华陈家港发电有限公司,江苏 盐城,224631)

摘要: 超超临界机组锅炉主要辅机(磨煤机、三大风机)选型情况以及不同型号进行分析比较。确定超超临界机组主要辅机(包括磨煤机、三大风机)选型,确保投运后锅炉辅机安全经济稳定运行。

关键词: 锅炉 主要辅机 选型

中图分类号: TK229.2

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-050-04

1 前言

超超临界火电机组由于蒸汽初参数的提高,一些辅机的参数与常规超临界和亚临界机组相比有所提高,这就对超超辅机提出更高的要求,锅炉辅机故障直接威胁机组的安全稳定运行。火电机组的辅机种类繁多,针对超超临界锅炉主要的辅机因机组参数和容量增加而与国内常规的 300MW 、 600MW 机组所配置的辅机(磨煤机、三大风机)有一定差别作为研究对象,对锅炉辅机选型进行分析。

2 大容量机组主要辅机型式

2.1 磨煤机主要型式及主要技术特点

目前,世界上用于大型燃煤电站绝大部分均采用中速磨煤机,中速磨煤机大致可分为三类:HP(RP磨的替代产品)型碗式中速磨、MPS型辊式中速磨和MBF型辊式中速磨。

(1)HP型碗式中速磨煤机是ABB-CE公司于80年代中期开发出来的产品,是RP型中速磨的取代产品。上海重型机器厂继1981年从ABB-CE公司引进RP系列中速磨技术后,又于1989年从ABB-CE公司引进HP系列中速磨技术,并已有了许多HP型磨煤机的业绩,在制造方面已积累了比较丰富的经验。该装置结构简单,维护方便,可靠性高。且有设动态分离器安装在磨的顶部,电机驱动叶轮旋转,电机采用变频控制,转速与煤量呈函数关系,可有效控制煤粉细度和均匀度。

(2)MPS型辊式中速磨煤机最早是由德国DBW公司于50年代研制开发的。沈阳重型机器厂于1985年从德国DBW公司引进MPS系列190、225、255三种磨煤机的制造技术,目前由其制造的MPS型磨煤

机已在国内多个电厂应用。沈重已制造了国内最大的中速磨MPS450(磨石灰石),同时也制造了70多台MPS265、MPS315、MPS360、MPS375中速磨(大多用于水泥厂),故设计制造MPS280中速磨煤机技术上是可靠的。另外,北京电力设备总厂也于1985年从德国DBW公司引进MPS225型制造技术和MPS磨系列化设计核心技术,并通过开发形成了自己的产品ZGM系列磨煤机,且在国内电厂也得到应用。主要优点具有对物料适应范围宽,研磨物料效率高,耐磨材料的寿命长,负荷响应特性快的优点。同时,由于磨辊在运行中可以摆动,具有对物料中小铁块自排能力强的优点。

(3)MBF型辊式中速磨煤机是由美国FOSTER-WHEELER公司于1975年开发出来的产品。MBF磨煤机基本保留了MPS磨煤机的优点:磨辊直径较大,磨辊研磨寿命较长。目前国内尚无制造厂家生产此型式的磨煤机。鉴于本工程拟采用国产化设备的实际情况,在此不赘述。

2.2 风机的主要选型及技术特点

超(超)机组配套的大型风机一般有一次风机、送风机和引风机三种,一般均采用轴流式风机。目前世界上的轴流风机可分为动叶可调式轴流风机和静叶可调式轴流风机。这两种风机在大型电站上得到广泛的应用。

(1)动叶可调轴流式风机一般包括:进口消音器、进口膨胀节、进口风箱、机壳、转子、扩压器、联轴器及其保护罩、调节装置及执行机构、液压及润滑供油装置和测量仪表。电动机通过中间轴传动风机主轴。

转子由叶轮、轴承箱、中间轴、液压调节装置等组成。轴承箱为整体结构,整体轴承箱及其固定方

式,保证了轴承箱的刚性,安装及其牢固。轴承箱采用滚动轴承,一端为圆柱滚子轴承,另一端为圆柱滚子轴承和向心推力轴承。轴承采用油池和强制循环润滑和冷却。

叶轮轮壳采用低碳合金钢(后盘及承载环为锻件)通过多次焊接后成型,强度刚度相当高。

叶柄置于轮壳内部,通过径向止推轴承安装在轮毂支撑环上,叶片离心力通过叶柄,最终由2~3个叶柄轴承和锻件支撑环承受。叶柄采用锻件,叶柄轴承采用2~3个滚动轴承,转动灵活,寿命长。

叶片为机翼形扭曲叶片,由高强度铸铝合金采用真空差压铸造制成,无杂质,密度高,叶片整体晶相结构紧密接合,过渡平滑,结构强度高。

(2)静叶可调轴流风机是一种子午加速风机,它由进气室、前导叶、集流器、叶轮、后导叶和扩压器组成。工质进入静调风机进气室,经过前导叶的导向,在集流器中收敛加速,再通过叶轮的做功产生静压能和动压能;后导叶又将工质的螺旋运动转化为轴向运动而进入扩压器,并在扩压器内将工质的大部分动能转化成静压能,从而完成风机的工作过程。

静调风机风量调节是由前导叶完成的。前导叶为机翼型,能在 $-75^{\circ} \sim +30^{\circ}$ 范围内实现无级风量调节,因而其调节范围宽,调节效率高。

在相同的风机选型条件下,静调轴流风机可获得比离心风机和动调轴流风机低一档的转速,理论与实验均表明风机叶轮的耐磨寿命与风机转子速度的平方成反比,因此,在相同出力的条件下,转速较低的风机具有更好的耐磨性。因此静调风机一般用于引风机。

静调风机耐磨寿命的提高主要采用两个手段,其一是应用空动理论优化设计叶轮流道,使含尘烟气避免冲刷叶片根部而均匀流过叶片尖部和后导叶;另一个提高耐磨寿命的方法是在叶轮叶片和后导叶上再喷熔镍基碳化钨耐磨材料,硬度为HRC55~60因而又大幅度提高了其耐磨性。

3 大容量机组锅炉主要辅机选型分析

3.1 国内磨煤机技术的现状分析

国内大型电站磨煤机主要是采用HP型中速磨和MPS型中速磨两种类型。这两种类型磨煤机的研煤机理大致相同,即主要靠磨辊和磨碗衬板之间的

挤压来破碎原煤。但HP型磨与MPS型磨相比有如下优势:

(1)HP型磨的磨辊为滚锥型,结构体积小,耐磨材料体积也小,磨辊使用寿命较短。而MPS磨的磨辊为滚轮型,磨辊直径大,结构体积大,耐磨材料体积也大,磨辊可以翻辊使用,寿命较长。

(2)HP型磨煤机结构相对简单,机器的体积较小,机体振动较大,本体的阻力小,石子煤排量较小。MPS型磨煤机结构相对复杂,机器的体积较大,机体振动较小,本体阻力大,石子煤排量较大。

(3)HP型磨煤机采用外置式弹簧加载装置,结构简单,维修方便,成本低。MPS型磨煤机采用液压蓄能器变加载技术。

(4)HP型磨煤机磨辊可翻出检修,使磨辊更换可以直接在机器上进行,减少停机时间。MPS型磨煤机磨辊也可吊出检修,但检修时间相对长一些。

(5)HP型磨煤机可采用动态分离器安装在磨的顶部,与传统的静态分离器相比,磨制出力和煤粉细度可以在线控制,提高燃烧效率。

磨煤机主要根据煤种进行选型,在确定采用中速磨时,经上述综合分析对比,HP型中速磨煤机优于MPS型中速磨煤机。HP型中速磨煤机无液压加载系统,故障率明显减少;减速机、磨本体体积小,结构简单,大大降低了投资成本,并节约了将来机组运行维护费用;磨辊可翻出检修,使磨辊更换可以直接在设备上进行,大大节约维修时间;磨出口加装动态分离器,煤粉细度可在线控制,可提高燃烧效率。大容量超超临界机组参数高,自动化程度高,机组效率高,这就更需要更加稳定可靠的磨煤机与此相匹配。HP型带动态分离器的中速磨煤机运行台数较多,优点比较显著;但MPS磨煤机技术也在不断的更新。合理选择还需根据煤种和其它条件综合分析进行选择。

3.2 电站锅炉风机运行经济性现状分析

锅炉风机主要指送风机、引风机、一次风机。我国电站锅炉风机运行经济性现状:近年来,我国电站风机运行的经济性有较大提高。这主要是由于动叶调节和静叶调节轴流式风机在我国大量投运,轴流风机在我国大容量机组中的使用率已远远超过了离心式风机;电厂对风机运行经济性的日益重视,加大了对低效运行风机的改造力度,采用液力耦合器和变频调节的风机日益增多。但由于选型

设计的差异,制造质量和运行维护水平高低的差别,我国各电厂风机耗电率的差别还较大。一般送、一次风机均采用动叶可调轴流式风机、引风机采用静叶可调轴流风机的电厂,其三大类风机的年均总耗电率(占电厂发电量的百分数)可以达到1.5%以内,最好的可达1.0%。配备离心式风机的大型电厂,其三大类风机的年均总耗电率一般在2.0%以上,最好的也接近2.0%。而高的竟达到2.5%以上。与国外先进水平相比,还有差距,总的运行经济性还有待进一步提高。

通过上述分析,电站锅炉风机选型主要从安全性和经济性考虑,尤其对于大容量锅炉对应的风机,参数和技术性能要求都比较高,因此,与此匹配的风机的选型的非常重要。根据目前超临界以上机组选型经验,锅炉风机主要选择轴流风机,送风机、一次风机选择动叶可调的轴流风机,引风机可结合煤种的灰分含量确定,动叶可调风机效率优于静叶可调轴流风机,但叶片磨损措施不易控制,更换叶片或维修成本比较高,因此选择静叶可调轴流风机相对较多。因此,大容量及超(超)临界机组与此匹配的风机建议一次风机、送风机采用动叶可调轴流风机,引风机采用静叶可调的轴流风机比较合理。确定风机的型式后关键选择风机的参数。首先,确定有风机所在系统的阻力特性,并考虑发电机组在各种负荷工况下可能的异常工况下运行时该系统的流量和阻力。其次,要了解机组的负荷特性(即负荷率)来最终确定风机的参数。

4 江苏国华陈家港电厂辅机选型

江苏国华陈家港电厂在建两台2×660MW超超临界机组,采用设计煤种为神华石圪台煤,校核煤种为神华乌兰木伦煤,采用煤种见下表。

煤种分析表

	名称及符号	单位	设计煤种	校核煤种
工业分析	收到基水分 M_{ar}	%	19.00	16.50
	收到基灰分 A_{ar}	%	8.12	7.41
	收到基挥发分 V_{ar}	%	26.59	25.70
	干燥无灰基挥发分 V_{daf}	%	35.27	36.50
	固定碳 F_{car}	%	46.29	50.39
	收到基低位发热量 $Q_{net,ar}$	kJ/kg	21890	22609
		kcal/kg	5228	5400
	哈氏可磨系数 HGI		61	55

响应节能减排的号召,针对上述对辅机选型的分析比较,江苏国华陈家港电厂选型如下:

(1)磨煤机选型:磨煤机采用上海重型机械厂生产的HP型碗式中速磨煤机加动态分离器,型号为:HP1003/Dyn,每台锅炉配6台磨煤机,5台磨运行,1台磨备用,5台磨的总出力(磨损中后期出力)大于锅炉TMCR工况燃煤量的110%,每台磨在后期运行保证出力64.9 t/h;单位功耗(保证出力下):9.74 kWh/t;磨煤机出力具有较大的调节范围,能适应机组调峰运行的要求,且在额定出力范围内,煤粉细度可作线性调节。

(2)风机选型:一次风机采用上海鼓风机厂生产,型号:PAF19-13.3-2 动叶可调轴流风机,风量(TB点工况,38℃时):112.2m³/s;全压升(TB点工况,38℃时):14672Pa;风机全压升效率(THA工况时):88.02%;风机电耗(THA工况时):966kW;一次风机风量:35%风量余量+10℃温度余量;风压:30%风压余量;规定这样大的风量和压头裕量是考虑了一次风系统的漏风率(煤种的变化),这样设计工况的效率点接近椭圆高效区下方,而TB工况效率点接近椭圆高效区上方,如果风机在低负荷工况运行,风机的效率点就会超出高效区。

送风机采用成都电力机械厂生产,型号GU15238-01 动叶可调轴流风机,风量(TB点工况,38℃时):236.99m³/s;267.8kg/s 全压升(TB点工况,38℃时):3995Pa;风机全压升效率:86.0%。风机电耗:751kW;风机全压升效率(THA工况时):86.4% 风机电耗(THA工况时):651kW;送风机风量:5%风量余量+10℃温度余量;风压:10%风压余量,由于“火规”(DL 5000-2000)中规定的送风机风量和压头裕量选择为下限,以高于下限5%~10%选取,因而风机的设计工况点和TB工况点参数相差不会太大,这样即可保证两工况风机的效率点均在高效区,又可使风机在低工况运行时效率点也在高效区范围内。

引风机采用成都电力机械厂生产,型号YA16648-2F 静叶可调轴流风机,风量(TB点工况,135/142℃时):458.2/481.0m³/s;全压升(TB点工况,135/142℃时):风机全压升效率(THA工况时):85.6/86.1%,风机电耗(THA工况时):2101+电动机及附件损耗/2201+电动机及附件损耗 Kw;引风机风量:10%风量余量+10℃温度余量;风压:20%风压余量。

锅炉在BMCR工况运行的概率较小,而机组在

低负荷工况的运行时间相对很长,如果按照“火规”选择锅炉辅机,往往会造成锅炉辅机长期在低负荷(相对于设计参数)运行,引起锅炉辅机效率低,浪费大量的电能,增加了运行成本。

港电与华东设计院充分沟通和论证,锅炉辅机选型合理匹配,并取用TMCR(汽轮机最大连续出力)工况作为辅机选择设计参数点,提高锅炉辅机的效率,大大降低电能的消耗。

5 结论

随着电力市场竞争越来越激烈,节能减排是每个发电企业具有竞争实力最有效的手段。目前,大容量火电机组逐渐增多,但辅机设计选型是摆在

我们面前值得思考的问题。通过对港电锅炉辅机选型,本文提出锅炉辅机选型的参考性意见,大容量锅炉辅机选型,主要结合煤种和其它条件综合考虑,选用合理工况作为辅机选型的参数点,既能确保锅炉辅机的安全稳定运行,又能提高锅炉辅机效率、降低电耗。

参考文献

- [1] 田建业.最新锅炉辅机设计、制造、安装、性能检测及通用标准实务全书[M].中国机械工业出版社,2005.

作者简介:贾义(1966-),内蒙古工业大学毕业、现在江苏国华陈家港发电有限公司工程部工作。

A Brief of the Selection Model of Boiler Auxiliary Equipment of Super Ultra-supercritical Power Unit of 2 X 60MW of Chenjiagang Power Plant

JIA Yi, ZHANG Wei, WANG Jianyan

(Chenjiagang Power Co., Ltd of Jiangsuguohua, Jiangsu, Yancheng, 224631)

Abstract: The article presents the model selection of the main boiler auxiliary equipment (coal pulverizer, three main fans) of super ultra-supercritical, analysis and compared different models to ensure safe and economic operations of the boiler auxiliary after commissioning.

Key Words: Boiler; Main Boiler Auxiliary Equipment; Model Selection

(收稿日期:2010-11-17 责任编辑:刘云仿)

(上接第49页)

The Research and Study on the Model Selection of Powder-manufacturing of Hulunbeier Power Plant

LIAO Haiyan¹ WEN Changhong² DUAN Wei²

(1. Power Research Institute Co., Ltd of Shenhua Group, Beijing, Beijing, 100069;

2. Guohua Hulunbeier Power Co., Ltd. Of Shenhua Industry Group, Inner Mongolia, Hulunbeier, 021025)

Abstract: Hulunbeier Power Plant is one of the first programs of Shenhua Group Power Company to apply combustion brown coal to generate power. The key factors of the successful operation of Hulunbeier Power Plant are attributed to the certainty of the powder-manufacturing system and the rational model selection of the 1 coal pulverizer. The article analyzed the characters of Baorixi brown coal and provided the research report on the powder-manufacturing operational situation of the current Chinese power plants where brown coal is used as the combustion. Based on the satisfaction of relevant regulations and conditions, the article analyzed and calculated the model selection of the coal pulverizer and finally selected the model that best fits Hulunbeier Power Plant.

Key Words: Brown Coal; Operations Research; Certainty of Powder-manufacturing system; Selections of Coal Pulverizer

(收稿日期:2010-11-19 责任编辑:刘云仿)

远红外测温技术在变电站中的应用

张金龙 唐培新

(神华宁夏煤业集团银北矿区水电分公司,宁夏 大武口,753000)

摘要: 在电力系统中,由于电气设备发热缺陷而引发的设备事故频繁发生,对电网造成很大的危害,从而影响电网的稳定运行。应用红外测温诊断技术可以及时发现电力设备热缺陷,特别是内部缺陷使设备故障得到及时消除,避免电力系统事故发生。文章概述了电气设备红外监测技术的基本原理、技术特点、分析判断方法和注意事项。

关键字: 电气设备 红外测温技术 测温 热缺陷

中图分类号: TM930

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-054-04

1 概述

远红外测温技术是一种快速、容易并且十分有效的确定电气设备故障的方法。是我国近几年从欧美国家引进的新型非接触测试技术,电力行业已普遍采用。远红外测温技术在发电厂和变电站主要是用在测量电气设备温度,即测量电气设备通入电流而发热和过载情况、隔离开关与断路器断口和金属连接部分的故障过热以及电缆头过热故障等方面。因此,近年来发展了电力设备状态红外监测技术及红外热成像仪,用以随时监视大多数电力设备的运行状况,对保障电力设备乃至电网的安全运行起到了积极作用。

2 远红外测温技术的基本原理和特点

2.1 基本原理

物理学研究表明,世间万物都会发射人眼看不见的红外辐射能量,而且,物体的温度越高,发射的红外辐射能量越强。带电设备的红外诊断技术就是这样一门新兴的学科。它是利用带电设备的致热效应,通过接收物体辐射出的红外线能量而指示被测物表面温度的一种技术。此技术是利用温度高于绝对零度(-273°C)的任何物体都会因自身的分子运动而辐射出不同波长的红外线原理。电气设备的温度都高于绝对零度,都是红外辐射源,温度高的部件辐射较强,温度低的部件辐射较弱,远红外测温仪就是把被测物体辐射出的红外线,通过镜头接收,并转换成相应的电信号,经过专门信号处理系统放大后转成视频,在屏幕上显示出与物体表面热分布相应的

热像图,这就是电力设备故障红外诊断的基本原理。运用这一方法,便能实现对目标进行远距离热状态图像成像和测温并进行分析判断。

2.2 技术特点

与传统测温仪相比,远红外测温具有以下的技术特点。

(1)不接触、不停运、不取样、不解体。由于电力设备的红外诊断是在设备运行状态下,通过监测设备故障引起的异常红外辐射和异常温度场来实现。它可以做到不停电,不改变系统运行状态。从而可以监测到设备在运行状态下的真实状态信息,并可保障操作安全。

(2)采用被动式检测,简单方便。由于红外监测探测设备相关部位自身发射的红外辐射能量,不需要辅助信号源和各类检测装置,就可以及时发现运行中设备的异常征兆,避免发生事故。因此,诊断手段单一,操作方便。

(3)可实现大面积快速扫描成像,状态显示快捷、灵敏、形象、直观,检测效率高,劳动强度低。

(4)易于进行计算机分析,促进向智能化发展。红外成像诊断仪器配备计算机图像分析系统和各种功能处理软件,不仅可以对监测到的设备运行状态进行分析处理,并可根据对设备红外图像有关参数进行计算和分析处理,迅速给出设备故障属性、故障部位及严重程度。而且,可以把历次设备图像数据资料储存起来,建立设备运行状态档案数据库,供运行人员随时调用。

(5)既可定性反映设备的故障存在与否,又能定量地反映故障严重程度。可以适当延长设备试周期,

逐步达到代替预试,减少停电,减少误操作等不安全因素。节省大量人力、物力和时间。

(6)对老旧或存在隐患的设备,可以随时跟踪监视其运行状况,最大限度地利用其剩余寿命。有利于实现电力设备的状态管理和向状态检修体制的过渡,可以对管辖的所有设备运行状态实施温度管理,并根据每台设备的状态演变情况进行有目的维修,而且,通过红外诊断可以评价设备维修质量。

(7)红外诊断使用面广,效益、投资比高。在当前电力预防性试验使用的测试方法中,每一种方法都不可能适用于所有电气设备各种故障的检测。但是,红外诊断技术能够适用于发电厂和变电站、输电、配电等所有高压电气设备中各种故障的检测。

3 红外测温技术的判断方法

3.1 表面温度判断法

根据被测设备的各检查点表面温度值,对照 DL/T664-1999《带电设备红外诊断技术应用导则》的有关规定,凡温度(或温升)超过标准者,可根据设备材质特点、设备温度超标程度、设备负荷率大小、设备重要性及设备承受机械应力的大小来确定设备缺陷的性质,对变压器等主设备在环境参照体和正常相的选择上更要注意。

3.2 相对温差判断法

为了提高判断的正确性,对电流致热型设备,若发现设备的导流部分热态异常,应进行准确测温,按公式 $[(T_1 - T_2) \div (T_1 - T_0)] \times 100\%$ 算出相对温差值,电流致热型设备的相对温差判据规定判断设备缺陷的性质,判据为 DL/T664-1999《带电设备红外诊断技术应用导则》表 1; T_1 为发热点的温度; T_2 为正常相的温度; T_0 为环境参照体的温度。

表 1 电流致热型设备的相对温差判据

设备类型	相对温差值%		
	一般缺陷	重大缺陷	紧急缺陷
SF ₆ 断路器	≥20	≥80	≥95
真空断路器	≥20	≥80	≥95
充油套管	≥20	≥80	≥95
高压开关柜	≥35	≥80	≥95
隔离开关	≥35	≥80	≥95
其它导流设备	≥35	≥80	≥95

3.3 同类比较法

(1)在同一电气回路中,当三相电流对称(或两相)和设备相同时,比较三相(或两相)电流致热型设备对应部门的温升值,可判断设备是否正常。若三相设备同时出现异常,可与同回路的同类设备比较。当三相负荷电流不对称时,应考虑负荷电流的影响。

(2)对于型号相同的电压致热型设备,可根据其对应点温升值的差异来判断设备是否正常。电压致热型设备的缺陷宜用允许温升或同类允许温差的判断依据确定。一般情况下,当同类温度超过允许温升值的 30%时应定为重大缺陷。当三相电压不对称时应考虑工作电压的影响。

3.4 热谱图分析法

根据同类设备在正常状态和异常状态下的热谱图的差异来判断设备是否正常。

3.5 档案分析法

分析同一设备在不同时期的检测数据(如温升、相对温差和热谱图),找出设备参数的变化趋势和变化速率,以判断设备是否正常。

4 测温中的注意事项

在现场实际测温时为了保证设备温度测试的准确性,应注意以下事项:①正确选择被测物体的发射率。②针对不同的检测对象选择不同的环境温度参照物。③作同类比较时,要注意保持仪器与各对应点的距离一致,方位一致。④应从不同方位进行检测,求出最热点的温度值。⑤记录异常发热设备的实际负荷电流和发热相别、正常相别及环境温度参照物的温度值。

5 电气设备热缺陷

运用远红外技术可以对电气设备和线路的热缺陷进行检测,如变压器、套管、断路器、隔离开关、互感器、电力电容器、避雷器、电力电缆、母线、导线、组合电器、绝缘子串、低压电器、设备二次配线端子箱及照明配电盘等设备的电流、电压致热现象,这对于及时发现、处理、预防重大事故的发生可以起到非常关键而有效的作用。所谓电气设备热缺陷,通常是指通过一定手段检测得到,由于其内在或外在原因所造成的发热现象。

(1)电气设备发热源。电气设备在工作的时候,由于电流、电压的作用,将产生电阻损耗发热、介质

损耗发热、铁损致热等 3 种热故障。

(2)根据热缺陷所产生的原因不同,我们通常归纳为外部故障和内部故障。①外部故障:是长期暴露在空气中的部件,由于温度湿度的影响,或表面结垢而引起的接触不良,或由于外力作用所引起的部件损伤,因而使得的导电截面积减少而产生的发热。如接头连接不良,螺栓,垫圈未压紧;长期运行腐蚀氧化,大气中的活性气体、灰尘引起的腐蚀;元器件材质不良,加工安装工艺不好造成导体损伤;机械振动等各种原因所造成的导体实际截面降低;负荷电流不稳或超标等。②内部故障:是由于电器内部本身故障,如内部连接部件接触不良导致的电阻过大,绝缘材料老化、开裂、脱落;内部元件受潮,元气件损耗增大;冷却介质管路阻塞等等。根据各种电气设备的内部结构和运行状态,依据传热学理论,分析金属导电回路、绝缘油和气体等引起的传导、对流,从电气设备外部显现的温度分布热像图,可以判断出各种内部故障。

6 远红外测温技术在变电站的实际应用

6.1 前期供电设备运行状况

2003 年随着矿区供电负荷的不断增加,神宁银北矿区水电分公司一区变电站供电装机总容量 $2 \times 8000 \text{ kVA}$, 变压器并列运行, 供电方式为 35kV 架空双回路电源, 一热备、一运行, 担负着惠农矿区的生产、生活用电。在以前的维护当中, 用试温贴片等方法对导电部分进行温升监控。由于受高电压特殊的保护安全距离要求的限制 ($10 \text{ kV}, >0.35 \text{ m}; 35 \text{ kV}, >0.75 \text{ m}$), 一方面在实际操作中会对人身安全造成威胁, 另外用试温贴片操作极不方便。在长时间内均未保证对供电系统各设备的温升进行有效监测, 由于监测技术相对滞后, 发生了多起因温升超过规定范围而引起的电气事故。例如, 2003 年 6 月一区变至一矿 I 路 619 线路在一区变馈出电缆铜线鼻子与架空导线铜铝过度设备线夹连接处松动引起 A 相过热未及时发现, 后导致一矿 I 路 619 线路 A 相电缆铜线鼻子及铜铝过度设备线夹烧毁, 造成一矿停电 3min。

上述事故均因导电部分接触不良引起发热严重造成, 如果在巡视中能有效监测电气设备运行温升, 将会避免这些严重事故的发生。

6.2 利用红外线测温技术后供电运行状况

为保证矿区供电的安全性, 提高设备巡视检查

质量, 神宁银北矿区水电分公司一区变自 2004 年将 DT-8839 红外测温仪应用到供电温度检测中, 经多次试验对比, 测温效果及其操作使用既安全, 又方便、准确, 能及时对供电系统设备温升监测控制。应用红外线测温技术至今, 测温仪帮助我们在供电维护中时时准确监视设备温升状态, 让我们做到了预知处理问题, 避免了多起严重事故的发生, 杜绝了由供电故障造成的停电现象。例如, 2004 年 11 月一区变 35kV 电源进线 柳矿线 314 线路, 由于变电运行工使用红外测温仪进行常规的设备巡视检查, 及时发现一区变 35kV 电源进线 柳矿线 314 线路进线穿墙套管连接处 C 相过热, 避免了一起重大停电事故。当时, 变电运行工测柳矿线 314 线路进线 A、B、C 三相温度时, 温度分别为 14°C 、 16°C 、 19°C (室外温度 -11°C) 认为偏差不大, 偏差可能跟三相电流不平衡及测量位置有关就没有向公司调度室汇报。两小时后, 再次对柳矿线 314 线路进线 A、B、C 三相测温时发现 A、B 两相温度分别为 15°C 、 16°C , 而 C 相温度达到 76°C , 这是典型的因接触不良发生的过热现象。变电运行人员一面立即回报公司调度室、一面同地调联系要求将柳矿线 314 线路倒置河矿线 320 线路运行。如果没使用红外测温仪, 发现不及时必将发生严重事故。

7 结论

红外诊断技术可以提高设备巡视质量, 也可以在设备运行中发现隐患, 同时也是开展设备状态检修行之有效的方法, 不仅可以减少劳动强度, 提高缺陷诊断率, 而且可以随时随地诊断设备运行情况, 保证设备安全运行。在现场实际运行中, 运用此项技术能及时发现和处理设备隐患, 提高电力设备运行可靠性。

参考文献

- [1] 中华人民共和国电力行业标准 DL/T664-1999. 带电设备红外诊断技术应用导则[S]. 中国电力出版社, 1999-10-01.
- [2] 陈衡. 红外热成像技术在电力设备故障诊断中的应用[J]. 华北光电技术研究所, 1994-06-25.
- [3] 陈衡, 等. 电力设备故障红外诊断 [M]. 中国电力出版社, 1999-01-01.

作者简介: 张金龙 (1962-), 机电工程师, 2006 年 1 月毕业于哈尔滨工程大学, 电气工程与自动化专业, 现任神华宁夏煤业集团银北矿区水电分公司经理。

(下转第 80 页)

浅谈 SDH 网络设备维护与故障分析

桂 伟

(神华宁煤集团公司信息技术中心,宁夏 银川,750011)

摘 要: SDH 传输网络是一个复杂的网络系统,维护人员必须在实践中不断积累经验,提高网络故障的处理能力。本文系统介绍了 SDH 光同步数字传输设备的维护和一般故障处理方法,并以两个典型案例归纳总结对故障的判断、定位及处理方法。

关键词: SDH 数字传输 设备维护

中图分类号:TP393.07

文献标识码:B

文章编号:1674-8492(2010)06-057-04

1 前言

SDH 光同步数字传输设备是构成综合业务数字网(ISDN),特别是宽带综合业务数字网(B-ISDN)的重要组成部分。因其具有规范的接口,灵活的复用方式,自动化程度很高的后台维护,而普遍应用于高速、大容量的光纤通信系统中。信息技术中心大武口站的 SDH 传输网,目前正担负着传送有线电视、通讯业务及其它增值业务的重任。而设备的维护是保证各个网络安全运行的关键。

2 SDH 设备的维护

SDH 设备的维护可以分为例行维护和故障处理两部分。例行维护主要是保证设备的安全运行环境,由于比较容易理解和掌握,在此不再赘述。重点就故障处理谈一些维护方法。

SDH 设备的维护可以分为两类:在网管中心使用网管计算机的网络维护和传输机房内的设备维护(网元维护)。

2.1 网络维护

网络维护人员,可以通过网管计算机查询设备的详细数据,在设备出现故障时,能有大量的告警、性能数据供其分析、定位。因此能定位到较细、较精确的故障点,能判断和处理常见的设备故障,对下属站具有一定的技术支援能力。

2.2 网元维护

网元维护人员因没有网管可供使用,只能通过设备、单板告警灯的闪烁情况分析定位故障。

鉴于这两种维护分析、处理故障的侧重点不同,因此下面对故障分析和定位的内容,从相应两个方

面进行讲述。

2.3 网络维护人员的故障分析方法

用网管计算机对设备进行监控,可以看到很多细节性的信息,包括告警和性能,并能对全网络有一个整体的观察。这对于告警分析、定位是极有利的。但又面临告警、性能信息太多,无从着手分析的局面。对于这一点还要遵循前面讲过的分析原则:先观察分析高速部分(线路单元),再分析低速部分(支路单元);先分析高级别告警,再分析低级别告警。因为设备出现故障时往往会出现大量的告警、性能事件,但只有其中几个告警是基本告警,与故障息息相关,可通过这些基本告警直接定位出故障点。还有一些告警是由这些基本告警衍生出来的,不能通过它们定位出故障点。如:某站接收端出现了 MS-RDI(远端信号劣化指示)告警,不能说明本站接收出现故障,相反是对端站接收出现了 MS-AIS(复用段告警指示信号)告警,而向本站传送的对告信息。

2.4 网元维护人员的故障分析方法

网元维护人员故障分析的基础是设备告警指示灯反馈上来的告警信息,由于设备和单板反馈上来的信息较少,分析、定位告警的难度相对来说较大,因此要牢记各告警灯闪烁所代表的含义,在日常维护中要时刻关注告警灯的闪烁情况。

首先从整体上观察设备是否有高级别(危急和主要)告警,这一步可观察机柜顶的告警指示灯。不过注意,只通过机柜顶的告警指示灯,可能会漏过设备的次要告警(次要告警机柜项指示灯不亮),而次要告警往往预示着本端设备的故障隐患,或对端设备存在的故障,这时还需要通过观察各单板告警灯的闪烁情况,以分析、定位故障点。

在设备出现故障时,往往是设备的很多单板都是红灯闪烁,这时为避免混乱,分析的原则是:先分析线路板,再分析支路板;先分析告警级别高的单板,再分析告警级别低的单板。

以上两种故障分析方法,都要求维护者对 SDH 原理和硬件系统熟悉,对告警信号流程较熟悉,从而知道各种告警的互相产生、依存关系。只有这样才能由众多的告警信号中找出哪些是基本告警信号即高级别告警信号,哪些是由此衍生出来的告警信号即低级别告警信号。

3 常用的故障处理方法及典型案例演示

通过单板告警指示灯的状态或从网管计算机上观察到的告警信息,再结合告警信号流程图,就可大致定位出故障点。这时就可采用具体的方法来精确定位和排除故障。常用的故障处理方法有以下几种:

(1)自环。对 SDH 传输设备而言,维护设备最常用的一个手段就是自环。设备的自环有多种。设备外自环即检查对站端及光纤链路是否有故障;设备内自环即检查设备内部是否有故障。

设备内自环又可分为:线路板自环;支路板自环;外围设备自环,分别检查各自的单元是否有故障。通过设备各种不同的自环,就可层层分离出故障点来,从而排除故障。不过自环时须注意:不要使接收过载,有时须用衰减器。

(2)替换法。“替换法”也是一种常用的 SDH 设备故障处理方法。“替换法”就是使用一个工作正常的物件替换一个怀疑工作不正常的物件,从而达到定位故障、排除故障的目的。这里的物件,可以是一段线缆、一个设备、一块单板、一块模块或一个芯片。

“替换法”适用于排除传输外部设备的问题,如光纤、中继电缆、交换机、供电设备等,或故障定位到单站后,用于排除单站内单板或模块的问题。如:怀疑某块光板有故障,可将设备上工作正常的同类型光板对调,如东、西向光板对调,检查是否故障转移。替换单板时须注意:要有防静电措施,不要带电拔、插。

(3)仪表测试法。“仪表测试法”指采用各种仪表(如误码仪、万用表、光功率计、OTDR 等)检查传输故障。如:用误码仪测试业务通断、误码;用万用表测试供电电压,检查电压过高或过低的问题;用 OTDR(光时域反射仪)测试、定位光纤故障点。“仪表测试法”分析定位故障准确,说明力较强但需要仪表。

(4)下面通过二个典型案例,进一步说明如何通过常见故障排查方法来精确定位和排除故障

案例一:如图 1 所示,4 个 155/622H 设备组成二纤单向通道保护环。

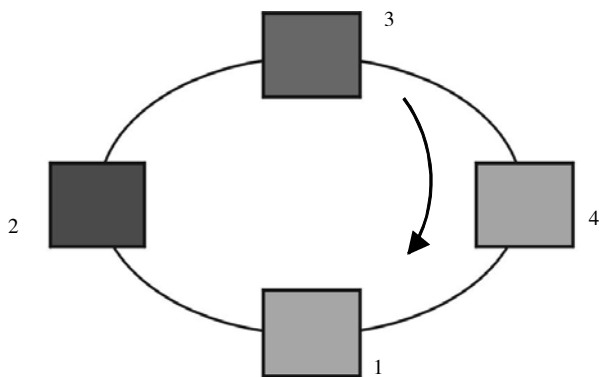


图 1 4 个 155/622H 设备组成二纤单向通道保护环

开局时遗留下了 4 站共线业务 2M 支路端口上一直产生 TU-AISB 告警,共线业务不属于二纤单向保护环的业务,正常时不应出现告警,且对端站 1 站业务无告警,业务正常。后通过网管查询两站单板配置中的 2M 支路板通道保护项,发现该 2M 通道均设为保护,正常时应设为不保护,通过网管操作,将其改为不保护时,正常业务中断。通过认真分析,判定为 2 站 2M 支路板共线业务 2M 端口有问题,更换后业务正常且告警消失。

如图 2 所示,系统是由 SBS 155/622H 设备组成的二纤单向通道保护环,共线业务流向为 1→2→3→4→5。

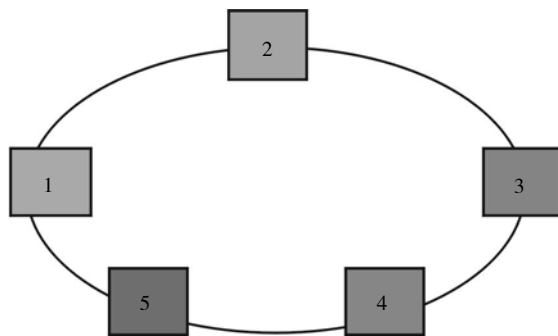


图 2 SBS 155/622H 设备组成的二纤单向通道保护环

故障现象:现在 3→5 站间新增 4 号站,利用网管配置全部业务后,经检查核实发现 4 号站的共线业务不通,而其他业务(包括该站自动电话业务、通过该站的业务)均工作正常。

故障分析及排除:①通过传输网管检查该站业务配置正确。②更换该站的共线业务 2M 支路端口,故障现象依旧。③经反复检查发现该站 OI2D 光板的 1 口、2 口所接线路光纤方向相反所致,即原 1 口应接上行线路光纤,而实际接下行线路光纤,原 2 口应接下行线路光纤,而实际接上行线路光纤,但在逻辑系统定义中仍依照正常配置,即该站逻辑系统定义为:SYS1 OI2D-1 西向线路、SYS1 OI2D-2 东向线路。后将该站逻辑系统定义为:SYS1 OI2D-1 东向线路、SYS1 OI2D-2 西向线路后共线业务恢复正常使用,其它业务也均正常使用。

案例二:该系统由 4 个 optix2500+ 网元组成一个无保护链网, #1 站为中心站设有网管终端,组网如图 4 所示。

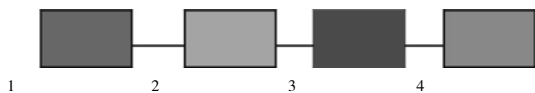


图 4 4 个 optix2500+ 网元组成一个无保护链网

故障现象: #1 站到 #4 站的业务出现异常,现象为业务时通时断,交换机中继板无告警,但信令链路无法建立。检查告警和性能发现, #4 站的光板上报 RSBBE、MSBBE、HPBBE、LPBBE 误码,同时 #1 站上报 MSFEBBE、HPFEBBE 和 LPFEBBE 等性能事件; #2 站、#3 站与 #1 站的业务正常。

故障分析及排除:

对于同时出现 B1、B2、B3、V5 误码,很可能是线路光缆问题,且高阶误码引起了低阶误码,则先处理高阶误码:①将 #3 站东向光板作内环回,则 #1 站性能事件均消失,基本排除 #1、#2 和 #3 站除东向光板外的所有单板的故障。②将 #4 站的光板作外环回, #1 站仍有远端背景误码块,因此怀疑是 #3 站东向光板发或 #4 站西向光板收故障或收光功率不正常。③携带相同型号的备板赶往 #4 站,首先测试收光功率,发现光功率为 -33dBm ,对于长距光板已经超过灵敏度,属于临界状态。在维护人员的配合下调换光纤后收光功率为 -18dBm ,业务恢复正常。④通过此次处理得出结论:在进行误码分析的时候,要遵循“先线路后支路,先高阶后低阶”的故障定位原则。

对于线路上的 B1 误码,常见的原因是:①光功率过低,在灵敏度附近;光功率过高,在过载点附近;光功率正常,色散过大。②单板的故障。③光纤的问题,包括:光缆、尾纤;光纤头不清洁或连接器不正

确。④时钟同步性能不好等。⑤机房条件,包括:温度、电源稳定性、接地情况等。

可见,光功率是个重要的因素,所以对出现误码的光路需要了解这几点:光板类型(长短距、过载点、灵敏度)、发光功率、收光功率、光纤衰减值、光缆距离。

4 通过实践,总结出一些处理故障的方法

(1)准备好必备的工具:SDH 测试仪或 PDH 测试仪、光功率计、2M 自环线,尾纤,备板备件,酒精和棉球。

(2)发生故障后,首先应使用网管查看告警指示,特别要查看危急告警,分清哪个站、哪个单板有告警指示,查询、打印详细告警和性能报表,进行故障定位。同时准备必要的测试仪表和工具,以备网管无法定位时,可以使用仪表或其他手段定位故障。应详细记录故障前后设备运行情况和操作处理过程。

(3)在定位到一个或几个故障站后,应通知故障站点的维护人员到场,在现场检查声光告警和单板告警指示灯的闪烁频率等。现场应详细记录故障前后设备运行情况和操作处理过程。

(4)以下因素,一般要到现场进行判断:①设备掉电后,两侧站点的对应光板红灯三闪,并且在网管中会看到两侧站点光板有 R-LOS, R-LOF 危机告警。②光路断开后,断纤接收侧站光板有 R-LOS, R-LOF 危急告警,光板红灯三闪。接收光功率为 -30dB 以下。③电缆不通或接触不良,一般可在对应的板子上看到 T-ALOS 告警。④交换机故障,可通过自环交换机中继接口来判断,或使用 2M 环回的测试方法来判断。⑤人为因素事故,一般是由于调整光纤、调整中继电缆、插拔板或网管中增删业务时的失误造成的。一旦造成事故,应迅速恢复系统原状。此外,要特别注意环网中光纤的连接顺序。光纤一定不能接反,要特别注意在调整光纤和调整电缆之前,一定要做标记,防止接错。如果是外部因素造成的故障,应采取相应措施尽快恢复通讯:如起用发电机、修复光缆,电缆接头,检查交换机等。

(5)基本的故障定位方法。

使用网管故障定位:①检查系统中的危机告警。
a.光板上有 R-LOS, R-LOF 告警,一般是光板收不到光,问题原因可能是光缆断线或对端站发光功率太低;
b.光板上有 MS-RDI 告警,一般是对端站接收有问题,问题可能是光缆断或本站发光功率太低;
c.支

路板上有 T-ALOS 告警,一般是中继电缆断或接头接触不好应检查中继电缆;d. 网管中有性能数据超限:如误码,指针调整,应注意时钟同步,机房温度是否过高。②逐段自环的测试方法。③板件互换的方法。④重新下发系统原配置。如果系统配置更改后,业务异常,可重新下发一次系统原配置数据,恢复系统原状,再查找原因,如果系统掉电后又来电,造成单板不开工,可重新下发配置。⑤更改业务配置。如果某个站的部分 2M 业务不通,且此站支路板有未用通道,可将这几个业务改配到支路板上原来未用的支路通道上。

(6)故障定位的顺序。①根据故障影响的业务范围:整个网络的所有业务,某个站点的所有业务,某个站点的某个方向的业务,某个站的个别业务等,确定可能存在故障的一个或几个站点。②结合单板指示灯和网管中的告警信息,判断问题的可能类型,如数据配置问题,线路板问题,交叉板问题,支路板问题,时钟问题。根据初步判断的问题类型采取相应措施。③如果不能判断具体的故障原因,则一般按照如下顺序进行故障详细定位:检查系统光路,检查单站的交叉和支路单元,检查系统时钟。

5 性能维护方面

对误码性能数据进行自动采集和分析,可根据维护需要,对不同速率信号进行自动测试,包括:①通道性能测试。②设备时钟监测:检查 SDH 设备时钟定时同步方式及运行模式是否正确,是否发生了主备用同步定时源倒换。③激光器性能监视:网管能自动对激光器运行情况监视,可发现收光功率值、激光器发射失效、激光器性能劣化、激光器温度过高等。④性能参数阈值设置等。

6 网管操作应注意事项

(1)网管操作人员必需经过适当培训,并有一定专业英语知识。

(2)系统正式启用时,做好设备参数备份,以后每月做一次系统的在线数据备份。

(3)网管采用 PC 终端,要专机专用、专盘专用,不容许在网管计算机上做与网管无关的工作,禁止无关软件进入系统。

(4)网管各级口令由专人负责。

(5)严格按操作规程进行操作,正确使用网管设施,保证网线不被中断,DCC 通道设置正确。

(6)控制板里数据开关位置一定要设置正确,特别是在换盘时尤其要注意,一旦开关位置设置不当,则一通数据将被清除。

(7)设备风扇必需打开。每周擦洗一次风扇防尘网,如果发现设备表面温度过高,应检查风扇防尘网是否堵塞。

参考文献

- [1] 向阳.SDH 网络管理系统维护基础 [M]. 西安电子科技大学出版社,2009.
- [2] 詹晓涛.SDH 网络的现状与发展[J].今日科技,2001.
- [3] 周晓民,王永平,靳秀峰.SDH 光传输系统[M].深圳:华为编辑出版中心,2002.
- [4] 任琪.浅论接入网中 SDH 的应用[J].山东通信技术,2001.
- [5] 韦乐平,李英源.SDH 及其新应用——电信新技术实用丛书[M].北京:人民邮电出版社,2001.

作者简介:桂伟(1982-),助理工程师,2003 年 7 月毕业于西安武警工程学院,现为神华宁夏煤业集团信息技术中心技术科主管技术员。

A Brief Study on SDH Internet Application Maintenance and Failure Analysis

GUI Wei

(Center of Information & Technology of Ningmei Group of Shenhua Industry Group, Ningxia, Yinchuan, 75001)

Abstract: As long as SDH transmission network is a complicated internet system, the maintain personnel should continuously accumulate experience in practices to improve the processing ability. The article introduced the commonly troubleshooting and maintenance of Optical Synchronous Digital Transmission Network SDH based on the summarizing, judgment, orientation and processing method of two typical cases.

Key Words: SDH; Data transmission; Application maintenance

(收稿日期:2010-10-25

责任编辑:刘云仿)

气流床煤气化冷模实验研究进展

单贤根¹ 索 娅¹ 任相坤² 步学朋²

(1. 中国神华煤制油化工有限公司上海研究院, 上海, 201108; 2. 中国神华煤制油化工有限公司北京研究院, 北京, 100011)

摘 要: 冷模实验是研究气流床喷嘴和气化炉结构最直接、有效的手段之一。通过冷模实验的研究, 可以为喷嘴、气化炉的结构设计、优化以及放大提供理论基础。本文在总结前人冷模实验, 包括单喷嘴雾化、分散特性研究, 多喷嘴对撞特性研究以及气化炉内流场、浓度及停留时间分布研究的基础上, 提出以后气流床气化冷模实验的潜在研究内容和方向。

关键词: 气化 气化炉 喷嘴 冷模实验 测量

中图分类号: TK229.2

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-061-05

煤气化技术是实现煤清洁利用最有效的途径之一。以煤气化为基础的能源化工系统已成为世界范围内高效、清洁、经济地利用煤炭资源的热点技术。同传统的直接燃烧相比, 煤气化提高了煤的利用率, 降低了污染物的排放。其中气流床气化因为碳转化率高、冷(热)煤气效率高、液态排渣、处理能力大、压力高等优点, 被越来越广泛的应用于煤制合成气、煤制氢、IGCC 等技术中。气流床气化技术按照进料方式的不同可以分为水煤浆和干煤粉气化技术; 按照进料喷嘴的多少分为单喷嘴和多喷嘴气化技术; 按照喷嘴进料位置分为上部、顶部进料和下部进料方式。

冷模实验技术可以在冷态条件下近似的模拟气化炉内部流场、浓度场、停留时间分布以及喷嘴的雾化、弥散等特性, 得到与实际工况操作条件下相近似的流体力学信息。且投资较小, 操作容易实现。因此在喷嘴以及气化炉的开发过程中发挥着重要的作用。本文根据相关文献综述分析了喷嘴、气化炉冷模实验的研究内容和实验方法。

1 喷嘴冷模实验研究

1.1 单喷嘴冷模实验研究

对水煤浆单喷嘴来说, 衡量其效果最重要的指标就是喷嘴雾化特性。因为水煤浆和气化剂喷出喷嘴后, 首先发生雾化, 雾化的颗粒越细小, 其比表面积越大, 越有利于提高燃烧和气化时热质交换速率, 从而加快燃烧或气化过程。同时还可增进燃烧和气化过程的稳定性。实际过程中, 气流式喷嘴雾化产生的液滴大小不可能十分均匀, 为此, 一般采用 Sauter 平

均直径(SMD)来表征液滴的大小, 它是表征喷嘴雾化性能的一个重要指标。对于干煤粉喷嘴外来说, 就是保证喷嘴出口干煤粉分散的均匀性, 即干煤粉弥散效果越好, 煤粉气化效果越好。因此通过对喷嘴结构、物料特性以及操作条件等因素的考察, 可以获得优化后的喷嘴出口分散效果, 从而极大地提高喷嘴的燃烧气化性能。目前对单喷嘴的测量手段包括: 快速摄像仪(FIT)、颗粒动态分析仪(PDPA)、衍射式激光测粒仪(DPS)等。

同轴双通道气流式喷嘴是一种结构最简单的气流式雾化喷嘴, 众多的研究者对它进行了实验研究和理论分析^[1-13]。研究表明, 雾化平均直径主要与雾化液体和气体的物性、速度、液气质量比以及液体射流直径等喷嘴结构尺寸相关。Varga^[1]等以水和空气为实验介质, 采用 FIT 和 PDPA, Villiermaux^[2]等采用 FIT, 分别研究了低粘度液体射流在高速气流作用下的雾化过程, 并基于雾化初始阶段的 Kelvin-Helmholtz 不稳定性 and 后期的 Reyleigh-Taylor 不稳定性分析的结果, 认为在喷嘴出口近场处, 湍流雾化占主导地位, 且 SMD 平均直径达到最小, 同时沿喷嘴轴线到某点后, 液滴合并的影响超过了湍流雾化。

国内的研究者对同轴双通道气流式喷嘴的雾化分散性能也进行了一系列的研究。李伟锋等^[3]采用 DPS 研究了较大气液比下的液体射流直径对不同尺寸的双通道气流式喷嘴雾化性能的影响。实验采用水-空气系统为研究对象。结果表明: 液气质量比在一定范围内时, 液体射流直径对雾滴直径有显著影响。在液气质量比一定的条件下, 随液体射流直径的增加, 雾滴直径呈先减小后增大的变化趋势。秦军等

^[4] 研究了不同环境压力下双通道气流式喷嘴 SMD 平均粒径的分布。结果表明当气液质量比不变时, SMD 平均粒径与环境压力的 $n(0.3 \sim 0.9)$ 次幂成正比, 并且 n 随气液质量比的增大而增大; 当环境压力不变时, SMD 平均粒径随着气液质量比的增大而减小。刘海峰^[5]在气流式雾化过程的有限随机分裂模型基础上, 结合液滴分裂时间和液滴运动规律, 分析了大液气质量流量比同轴双通道气流式喷嘴的雾化过程, 得到了 SMD 平均直径和喷嘴结构、操作条件之间关系的一般表达式, 可以用来预测大液气质量流量比条件下同轴双通道气流式喷嘴的雾化性能。

液体射流的破裂是雾化的一个重要组成部分。为深入理解该破裂过程, 曹显奎等^[6]采用数码照相技术对液体射流进入静止空气以及存在同向气流作用下的破裂进行了实验观察, 引入未扰动长度作为液体射流在同向气流作用下的一个特征尺度, 并给出了破裂长度、未扰动长度的关联式, 详细地对液体射流在同向气流作用下的破裂进行了模式划分。

除同轴双通道喷嘴外, 相关研究者还对其他喷嘴结构进行了研究。于海龙等^[7]采用 DPS 测量了多级内混撞击式水煤浆气化喷嘴在不同的喷嘴结构下的颗粒分布的 SMD 平均直径, 实验介质为建筑胶水和空气。结果表明喷嘴各部件结构尺寸均存在最佳值, 此时 SMD 平均直径最小, 雾化颗粒分布最均匀且效果最好; 同时可以通过雾化头的开孔方向来控制雾化角的大小, 而喷嘴各部件结构尺寸对雾化角的影响较小。王少云等^[8]研究了三通道气流式喷嘴的雾化性能。结果表明当气量在一、三通道间的分配不变时, 滴径随总气体流量 V_G 的约 1.13 次方单调减小, 随液体流量 V_L 的约 0.38 次方单调增加, 随操作负荷的约 0.75 次方减小, 随液体粘度 μ 的约 0.088 次方单调增大。当气体总量、液体流量不变时, 滴径随一、三通道气量比的增加, 呈现先增后减的非单调变化趋势。原鲲等^[9]研究了一种多级气动喷嘴对水煤浆燃料的喷雾特性的影响, 结果表明水煤浆表观粘度越大, 雾化效果较差; 保持气浆比不变, 增大水煤浆压力或采用两级气流进行雾化, 可以提高雾化效果; 同时如果喷嘴出口存在周向气流, 可以使液滴分布更加均匀。

1.2 多喷嘴冷模实验研究

撞击流是一种较为新颖的技术方法, 最早由 Elperin 提出, 其基本思想是两股或多股均相或非均

相流体相向运动撞击, 产生一个高速流区。目前, 这一理论已成功运用至水煤浆和干粉气流床气化研究工作中。20 世纪 60 年代以来, 国内外众多学者^[10-26]相继系统地研究了小喷嘴间距、大喷嘴间距、对称及非对称等不同形式的撞击流。研究方法包括烟线法、热线风速仪(CTA)、激光多普勒测速仪(LDA)、激光诱导荧光技术(PLIF)、高速摄像仪(FIT)、激光动态粒子分析仪(PDPA)、粒子图像成像仪(PIV)等。

在撞击流中, 一个很重要的现象是撞击不稳定性。Denshchikov 等^[10]在两股水射流形成的撞击流中, 发现撞击面发生自持振荡。李伟峰等^[11]通过烟线法和 CTA 对两喷嘴撞击流流场进行了实验研究, 考察了不同喷嘴间距、不同气速比下撞击面的稳定性和撞击面驻点的偏移规律。结果发现, 当 $2D \leq L \leq 4D$ (L 为喷嘴间距, D 为喷嘴直径) 时, 若两喷嘴气速相等, 撞击面不稳定, 在轴线上发生振荡; 当两喷嘴气速有小的差异时, 撞击面驻点将发生大幅度的偏移, 此时流场变得相对比较稳定; 当 $2D \leq L \leq 8D$ 时, 撞击面驻点位置对气速比变化很敏感。孙志刚等^[12]采用 FIT 研究了颗粒在撞击流中的运动, 考察喷嘴出口气速、颗粒大小、颗粒出口速度以及喷嘴间距对颗粒运动行为的影响。结果表明, 一部分固体颗粒会穿透撞击区直接飞出流场, 大部分颗粒发生一次振荡行为, 然后沿折射气流飞出流场, 而只有少部分颗粒会发生两次振荡; 颗粒渗透距离随颗粒出口速度、颗粒 Stokes 数以及喷嘴距离增大而增大; 颗粒在旋转产生的玛格努斯力是重力的几十倍。

将撞击流方法用于燃烧、气化等高温反应过程时, 为防止流体撞击后形成的径向速度较大的高温气体对反应器壁的烧蚀, 一般均采用较大的喷嘴间距, 此时流体撞击前已处于射流充分发展区。刘海峰等^[13]采用 PDPA 研究了大喷嘴间距两喷嘴、四喷嘴同轴对置撞击流的径向速度和最大径向速度位置。结果表明, 大喷嘴间距两流股或四流股撞击时径向速度正比于喷嘴初始射流速度和喷嘴直径。同时还与喷嘴间距和径向位置有关; 最大径向速度对应的位置与喷嘴间距有关, 与喷嘴直径无关。在实验条件下, 大喷嘴间距四流股撞击时最大径向速度约为两流股撞击时的 2.4 倍; 且当 r 较大时, 前者径向速度衰减较前者明显减慢。

撞击流研究中的另一个重要的现象是撞击面的偏移。Kostiuk 等^[14]运用 LDA 研究两喷嘴对置湍流撞

击流时发现,在间距为 $2D$ 时,两喷嘴很小的流量差异可以导致撞击面偏移中心平面达 $0.15D$ 。Lindstedt 等^[15]采用 PIV 在研究两喷嘴对置湍流撞击流的速度应力特征时也发现了撞击面和轴线的几何中心不重合。Ogawa 等^[16]研究了湍流对置撞击流中湍流强度对撞击面的影响,发现撞击面不稳定且其驻点位置不能由出口动量比唯一决定,还发现当两个喷嘴流量相差不大时,可以观察到两个撞击点。许建良等^[17]研究了两股单相不对称撞击流的流场结构,包括速度、湍流强度及其相对湍流强度分布,分析了流速、流速比、喷嘴直径和喷嘴间距对轴线上撞击面驻点偏移量的影响,揭示了不对称撞击流的流场规律。李伟峰等^[18]对小喷嘴间距撞击流流场进行了实验研究,考察不同喷嘴间距、不同流速比下驻点的偏移规律以及喷嘴出口速度分布对流场和撞击面驻点偏移的影响。结果表明,在 $L < 2D$ 时,喷嘴出口速度剖面出现中间低、边缘高的“双峰”形状; $L = 2D$ 时,“双峰”形状逐渐消失;同时随着喷嘴间距的增大或者流速比的减小,撞击面驻点的偏移量增加;同时该偏移量还受喷嘴出口的速度分布的影响,即相同流速比下,喷嘴出口为“礼帽”分布时驻点的偏移量比出口为均匀分布时大。

撞击流偏移的另一个研究方向是两个或多个不同尺寸喷嘴的撞击情况。Wang^[19]研究了小喷嘴间距下两个宽度之比分别 $2:1$ 和 $3:1$ 的层流平面喷嘴的撞击流的混合,发现当两平面喷嘴宽度之比增加时,撞击流混合指数有所降低。孙志刚等^[20]对大喷嘴间距下两不对称喷嘴形成的对置撞击流的轴线速度分布和驻点偏移规律进行了实验研究。结果表明,两股射流在发生碰撞前,已经进入了充分发展区,当两喷嘴出口动量相等时,驻点位于两个喷嘴轴线中心;同时轴线上撞击流驻点受两喷嘴动量比的控制。

2 气化炉冷模实验研究

气化炉内部的流场、浓度及停留时间分布等影响着气化炉内部温度、转化率以及设备磨损等,对气化炉的操作至关重要。气化炉的冷模实验,就是对已知结构的气化炉内流场、浓度以及停留时间的测量及分析,来优化气化炉结构,提高碳转化率和设备使用寿命,并为开发新型气化炉提供设计依据。

2.1 流场分布的研究

到目前为止,对气流床内气固两相系统的速度

测量已经进行了较多的研究,发展形成了不同的测量技术。如三孔探针、光纤探针、LDA、PDPA^[21-25]等。

于遵宏等^[21]采用 LDA 测量了德士古气化炉内的流场分布。考察了不同筒体直径、高度、下锥角、渣口直径、中心管道射流速度对气化炉内流场的影响,以及射流速度轴向衰减、射流轴向增长、回流量、射流速度径向分布等规律。结果表明气化炉内流体速度分布极不均匀,中心速度最大,而炉膛内存在回流,回流量为进料量的 3.5 倍左右。龚欣等^[22]在不同的气化炉尺寸及出口端结构下,用 LDA 测定 7 种不同射流流量时的轴向速度分布,并计算了回流量、涡眼位置以及回流区的起止轴向位置,得到了筒体长度、直径、出口结构以及射流量对速度分布和回流量的影响结果。结果表明仅改变筒体长度,对速度分布和回流量影响不大,而仅改变出口通道面积,最大轴向速度略有降低。叶雯等^[23]比较了不同的内、环射流速度比值,不同的炉体几何结构对气化炉中流场的影响,揭示了气化炉中流体流动规律。研究认为内、环射流流速比对炉内流场影响显著,比值较大时返混严重,而炉体直径增加,回流区缩短,最大回流量减小,这为设计和改造气化炉提供了基础。

于海龙等^[24]采用三孔探针考察了 4 种不同炉侧喷嘴入口角以及不同气化炉炉侧喷嘴入口位置对炉内流场影响规律。结果表明,炉侧喷嘴入射角以及炉侧喷嘴距气化炉顶部位置俱存在最佳值,此时气化炉内的流场分布最合理,最有利于燃烧和气化反应的进行。

张建胜等^[25]采用 PDPA 对分级气化炉内的流场进行了速度测量,分析了二次气流对气化炉内三维速度分布的影响。实验结果表明,在合理的二次喷嘴位置和气流条件下,二次气流的加入增强了气化炉内的混和,对于气化反应的进行是有利的,同时可以避免二次气流对喷嘴附近的回流产生较大干扰,影响喷嘴气流的着火燃烧。

2.2 浓度分布的研究

对气固两相流中颗粒浓度的测量目前主要集中于循环流化床中,包括 γ 射线衰减技术、红外光纤探针技术、电容探针法、诊镜技术、工业 CT 和超声波技术及取样法^[26-27]。对气流床内浓度分布的研究主要集中在气相系统,通常采用取样法进行研究。

王辅臣等^[28]采用 H_2 作为示踪介质,测定了气化炉内的冷态浓度分布。示踪介质浓度用取样探针在

炉内不同的轴向和径向位置取样,气样借助色谱泵进入改装的气相色谱仪,由快速记录仪绘出浓度分布曲线。作者考察了喷嘴环隙和中心射流动量比对宏观混合过程的影响;给出了径向浓度分布、最大浓度和混合分数的轴向衰减以及浓度沿轴向的变化规律。同时作者^[29]通过置于双通道喷嘴中心通道的旋流器产生旋流,考察了旋流数对宏观混合过程的影响。结果表明,气化炉内浓度分布极不均匀,轴向和径向梯度显著;环隙和中心射流动量比及旋流数增加,混合分数、无因次最大浓度和中心混合分数沿轴向衰减加快,混合过程显著改善。

2.3 留时间分布的研究

目前对气固两相流停留时间的研究主要集中在循环流化床和固定床。测量方法有化学示踪法、放射物质示踪法、颗粒提取法、荧光法和着色示踪法^[34]等。对气流床内停留时间分布研究主要集中在气相系统,对颗粒停留时间分布的研究较少。

于遵宏和王辅臣等^[30-31]以 H_2 为示踪剂,采用色谱仪测量了不同嘴旋流结构、不同气化炉结构及不同操作条件下气体停留时间分布,研究表明,当环隙射流速度一定,增加中心射流速度,平均停留时间前流出气化炉的物料增加;而当中心射流速度一定,增加环隙与中心射流动量比时,平均停留时间前流出气化炉的物料减少。同时作者得到了停留时间分布密度函数的显式数学表达式。

纪利俊等^[32]以水为介质,KCl 饱和溶液为示踪剂,采用电导率仪测量溶液中电导率的变化以测得液体停留时间分布,研究了两喷嘴及四喷嘴撞击流反应器的停留时间分布。结果表明:流量相同时,增加对置喷嘴数量可明显改善反应器内混合效果。胡立舜等^[33]采用了同样的方法,考察了气化炉内液体停留时间分布情况。作者将射流携带床内液体流动结构分为中心区和壁面区进行研究。结果表明,增加液体流量、气体流量和气体动量使平均停留时间变短。

许建良等^[34]测量了单喷嘴和多喷嘴气化炉内固体颗粒停留时间分布情况。实验采用 KCl 溶液浸泡后的玻璃微珠,在气化炉出口有一股连续流动的去离子水用于溶解黏附在示踪剂颗粒表面的氯化钾粉末。通过采用电导率仪连续测量溶解在去离子水中的氯化钾离子浓度来测量气化炉内的颗粒停留时间分布曲线。结果表明,颗粒在多喷嘴气化炉内的停留时间分布要比 Texaco 气化炉更为合理;随气速的增

大,两种气流床气化炉内的颗粒停留时间和方差都增大,而颗粒最短停留时间减小;而随颗粒粒径的增大,两种气流床气化炉内的颗粒停留时间、方差、最短停留时间都减小。

3 结语

(1)目前气流床煤气化冷模实验测量设备主要包括接触式探针测量技术,如三(五)孔探针、CTA、以及改装的气相色谱仪、电导率仪;非接触式测量技术如 DPS、FIT、LDA、PIV、PDPA 等。对比这两类研究方法,探针法由于不能完全实现“等动力”取样,探针结构会影响待测流场结构,而且受本身设备尺寸的限制,因此其应用范围受到一定的限制。而光学法等非接触式测量技术由于其本身不会干涉待测流场结构,操作简单,且相对探针测量来说,光学测量获得的信息更加丰富且取样周期短,因此应用越来越广。

(2)目前对气流床煤气化研究主要集中在对单喷嘴性能、多喷嘴撞击效果以及气化炉内流体动力学特性的研究,且主要针对的是水煤浆气化技术,而对干燥粉气化技术的研究较少。因此在今后的研究中,需要充分借鉴固定床、循环流化床研究中的成功经验,深入对气流床气化技术中的气-固及气-液-固多相流系统的研究,包括单喷嘴的颗粒弥散、多喷嘴的颗粒撞击、固体颗粒在气化炉内流动特性等研究。

(3)目前对气流床冷模实验中气相、液相测量方法和手段相对丰富,但对颗粒相浓度、停留时间分布的测量手段较为单一。在今后的研究中,可以尝试将目前在多相流中测量领域(如循环流化床技术)中成功运用的技术,如用于浓度测量的 γ 射线衰减技术以及用于停留时间分布测量的放射物质示踪法、荧光法和着色示踪法等用于气流床气化炉的冷模实验研究中。

参考文献

- [1] Varga C M, Lasheras J C, Hopfinger E J. Initial breakup of a small diameter liquid jet by a high speed gas stream [J]. The Journal of Fluid Mechanics, 2003, 497(12): 405-434.
- [2] Villermaux E, Marmottant P, Duplat J. Ligament-mediated spray formation [J]. Physics Review Letters, 2004, 92(7): 1-4.
- [3] 李伟锋, 刘海峰, 曹显奎, 等. 液体射流直径对大液气质量比双通道气流式喷嘴雾化性能的影响[J]. 华东理工大学学报(自然科学版), 2006, 32(5): 572-575.

- [4] 秦军,陈谋志,李伟锋,等. 双通道气流式喷嘴加压雾化的实验研究[J]. 燃烧科学与技术,2005,11(4):384-387.
- [5] 刘海峰,李伟锋,陈谋志,等. 大液气质量流量比双通道气流式喷嘴雾化滴径[J]. 化工学报,2005,56(8):1462-1465.
- [6] 曹显奎,许建良,李伟锋,等. 同轴双通道气流式雾化喷嘴初次雾化过程. 化工学报,2006,57(11):2592-2596.
- [7] 于海龙,刘建忠,范晓伟,等. 喷嘴结构对水煤浆喷嘴雾化性能影响的试验研究[J]. 中国电机工程学报,2006,26(14):81-85.
- [8] 王少云,杨永结,李伟锋,等. 三通空气气流式喷嘴的雾化性能[J]. 华东理工大学学报,2003,29(6):595-598.
- [9] 原鲲,陈丽芳,吴承康. 水煤浆多级喷嘴的雾化和流动特性[J]. 燃烧科学与技术,2003,9(1):77-80.
- [10] Denshchikov V A, Kondrat'ev V N, Romashov A N. Interaction between two opposed jets [J]. Fluid Dynamics, 1978, 6: 924-926.
- [11] 李伟锋,孙志刚,刘海峰,等. 两喷嘴对置撞击流驻点偏移规律[J]. 化工学报,2008,59(1):46-52.
- [12] 孙志刚,李伟锋,刘海峰,等. 同轴对称撞击流中的颗粒运动行为[J]. 化学反应工程与工艺,2009,25(2):97-103.
- [13] 刘海峰,刘辉,龚欣,等. 大喷嘴间距对置撞击流径向速度分布[J]. 华东理工大学学报,2000,26(2):168-171.
- [14] Kostiuk L W, Bray K N C, Cheng R K. Experimental study of pre-mixed turbulent combustion in opposed streams (I): Non-reacting flow field [J]. Combustion and Flame, 1993, 92: 377-395.
- [15] Lindstedt R P, Luff D S, Whitelaw J H. Velocity and strain rate characteristics of opposed isothermal flows [J]. Flow, Turbulence and Combustion, 2005, 74: 169-194.
- [16] Ogawa N, Maki H. Studies on opposed turbulent jets (influences of a body on the axis of opposed turbulent jets) [J]. Bulletin of JSME, 1986, 29: 2872-2877.
- [17] 许建良,李伟锋,曹显奎,等. 不对称撞击流的实验研究与数值模拟[J]. 化工学报,2006,57(2):288-291.
- [18] 李伟锋,孙志刚,刘海峰,等. 小间距两喷嘴对置撞击流流场的数值模拟与实验研究[J]. 化工学报,2007,58(6):2591-2596.
- [19] Wang S J, Devahastin S, Mujumdar A S. A numerical investigation of some approaches to improve mixing in laminar confined impinging streams [J]. Applied Thermal Engineering, 2005, 25 (23): 253-269.
- [20] 刘海峰,李伟锋,陈谋志,等. 大液气质量流量比双通道气流式喷嘴雾化滴径[J]. 化工学报,2005,56(8):1462-1465.
- [21] 于遵宏,付淑方,于建国,等. 德士古气化炉气化过程剖析-II. 冷态速度分布测试[J]. 大氮肥,1994,(1):46-49.
- [22] 龚欣,于建国,肖克俭,等. 德士古气化炉冷态流场测试[J]. 华东化工学院学报,1993,19(2):128-133.
- [23] 叶雯,沈剑平,顾慧芳,等. 气化炉中冷态流场的 LDA 测量和研究[J]. 化学反应工程与工艺,1994,10(3):247-253.
- [24] 于海龙,董向元,刘建忠,等. 喷嘴入口位置对气化炉流场影响的实验研究[J]. 煤炭转化,2009,32(1):28-33.
- [25] 张建胜,吴玉新,刘青,等. 二次气流对分级气化炉内三维速度分布的影响[J]. 燃烧科学与技术,2007,13(2):131-135.
- [26] 谭宏涛,董干国,魏耀东,等. γ 射线衰减技术在提升管内颗粒浓度测量上的应用. 过程工程学报,2007,7(5):895-899.
- [27] 赵香龙,姚强,等. 基于电容探针稠相气固流动系统内颗粒浓度的测量[J]. 过程工程学报,2004,4:573-577.
- [28] 王辅臣,于广锁,龚欣,等. 射流携带床气化炉内宏观混合过程研究-I. 冷态浓度分布[J]. 化工学报,1997,48(2):193-199.
- [29] 王辅臣,刘海峰,龚欣,等. 旋流对射流携带床气化炉内宏观混合过程的影响-I. 冷态浓度分布[J]. 华东理工大学学报,2000,26(4):376-380.
- [30] 于遵宏,付淑方,于建国,等. 德士古气化炉气化过程剖析-III. 停留时间分布测试. 大氮肥,1994,(2):115-118.
- [31] 王辅臣,于广锁,龚欣,等. 射流携带床气化炉内宏观混合过程研究-II. 停留时间分布[J]. 化工学报,1997,48(2):200-207.
- [32] 纪利俊,刘海峰,王辅臣,等. 撞击流反应器停留时间分布[J]. 华东理工大学学报(自然科学版),2006,32(1):24-27.
- [33] 胡立舜,王兴军,于广锁,等. 射流携带床反应器液体停留时间分布及模拟[J]. 燃料化学学报,2007,35(4):482-486.
- [34] 许建良,代正华,李巧红,等. 气流床气化炉内颗粒停留时间分布. 化工学报,2008,59(1):53-57.

作者简介:单贤根(1982-),2007年毕业于中国科学工程研究所化学工程专业,现任职于中国神华煤制油化工有限公司上海研究院。

The Research Progress of Cold Form Experiment of Entrained-bed Gasification Technology

SHAN Xiangen¹ SUO Ya¹ REN Xiangkun² BU Xuepeng²

(1. China Shenhua Coal to Liquid and Chemical Shanghai Research Institute, Shanghai 201108; 2. China Shenhua Coal to Liquid and Chemical Beijing Research Institute, Beijing 100011, China)

Abstract: Cold form experiment is one of the most effective way to study the structure of the coal burner and gasifier. The results from the cold form experiment can be used in the design, optimization and scale-up of coal burner and gasifier. In this paper, based on the summarization of former cold form experiments, including atomization and disperse of the burner, the impinge characteristic of multiple coal burner and the flow field, concentration and resistance time distribution inside the gasifier, the potential research field and method was proposed.

Keywords: Gasification; Gasifier; Burner; Cold form experiment; Measure

(收稿日期:2010-11-05 责任编辑:刘云仿)

旋转回归试验设计概况

朱伟平

(中国神华煤制油化工有限公司北京研究院,北京,100011)

摘要: 从旋转回归方法同正交回归方法、均匀设计区别、旋转回归试验设计和旋转回归方法应用等三个方面综述了旋转回归试验设计概况,并针对如何更好应用旋转回归设计提出了一些建议。

关键词: 旋转回归方法 正交回归方法 均匀设计

中图分类号: O21

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-066-05

1 前言

在生产和科研开发过程中,经常会遇到一些既相互联系又相互制约的变量。为了便于深入了解事物的本质,往往需要定量地把这些变量之间的相互关系用数学式表达出来。回归分析就是通过试验结果来寻求变量统计关系的一种数学方法,是处理实际问题的一种有力工具。50年代以来,人们把回归分析与试验设计结合在一起,产生了“回归设计”。回归设计是综合回归分析与试验设计而发展建立起来的试验优化领域的一个新分支,也是数理统计学科的一个新发展。回归设计把科学试验方案的设计、试验结果的统计检验、试验结果的预测和最优工艺条件的选择等作为一个整体加以考虑。这样不仅能使研发过程中试验次数大大减少,数据处理计算简单和规格化,而且还能通过较少量的试验获取足够可靠的信息,从定量关系上帮助人们去探讨反应过程的理论。在各种不同的“设计最优”标准下有不同的回归设计,如正交回归设计^[1]、旋转回归设计^[2]、混料设计^[3]、均匀设计^[4-7]等等,各种方法都具有一定的适用性。相比之下,旋转回归设计是较好的一种,由于所得回归方程的精度高,颇受试验者欢迎。

2 旋转回归设计与正交回归设计、均匀设计的区别

正交试验设计是一种常用的安排和分析多因子试验的数学方法。正交试验设计具有正交性、均衡分散和整齐可比的特点,通过对正交试验设计试验结果(数据)的分析,能够确定以下内容:①对指标影响显著的因子和对指标无关紧要的因子;②对指标最为有利的水平搭配;③在最优水平组合下指标大致

的变化范围;④明确进一步试验的方向。正交试验法具有试验次数少、试验点代表性好的特点,既能用直观分析法又能用方差分析法对结果进行分析。但是,正交试验法只能定性地分析相关变量之间的关系,要建立变量相互之间的定量关系,就要应用回归分析法。回归分析法是研究相关关系的一种有力数学工具,它是建立在对客观事物进行大量试验和观察的基础上,用来寻找隐藏在那些看似不确定的现象中的统计规律性的一种数理统计方法。回归试验设计法是一种处理配方变量因子与因子之间关系的数学方法,通过性能响应方程式(回归方程式)建立起自变量和因变量之间的联系。一般地,评价一个回归方程的“精度”,可以用预测值的方差来衡量。

正交回归设计的优点是试验次数较少、计算简单方便和消除了回归系数间的相关性,其缺点在于回归预测值的方差依赖于试验点在试验区域中的位置。因为按回归方程求得的预测值不仅与预测点有关,而且与回归系数的方差和协方差都有关,从而与各试验点在试验区域内的位置有关。回归预测值的方差体现了回归方程的精度。回归方程精度对试验点位置的依赖,使得试验者不能根据回归预测值直接寻求最优区域,因为预测值的误差随试验点在试验区域中的取法而有所不同。所求最优区域在一种试验点取法下是有意义的,可能在另一种试验点的取法下已无一定精度保证。正交试验设计因试验次数至少是试验水平数的平方,比较适合水平数不高的实验安排。

由于正交实验设计的实验次数随着水平数呈二次指数增加,在实验费用昂贵或者为破坏性实验时,人们希望尽量减少实验次数。20世纪70年代末,我国数学家方开泰利用数论方法发明了均匀实验设计

法,较好地解决了这一问题。均匀设计在形式上与正交设计相似,但从理论上则是创造出了一种新的适用于多因素、多水平试验的设计方法。正交设计为了实现“整齐可比”性,对所考察的多因素中的任意两因素而言,必须是全面试验,即每个因素的各水平必须有重复,于是试验点在其试验范围内,并不能做到充分地“均匀分散”;同时为了达到“整齐可比”性,试验点矩须比较多。在均匀设计中,首先舍弃“整齐可比”性,让试验点在其试验范围内充分地“均匀分散”,这样每个试验点就可以有更好的代表性。试验点的数目也可以大幅度地减少。这种单纯从“均匀分散”性出发的试验设计称为均匀设计。由于没有考虑“整齐可比”性和试验点少,可能使试验结果的分析误差大、不稳定。

所谓旋转回归设计是指,为了作回归分析所选取的试验点,能使回归预测的方差在以试验中心为原点、半径为 p 的球面上相等的设计。由于正交回归设计二次回归的预测值 Y 的方差强烈地依赖于试验点在因子空间中的位置,而且由于误差的干扰,试验者不能根据预测值直接寻找最优区域。如果能使二次设计具有旋转性,即使与试验中心点距离相等的点上,预测值的方差相等,那将有助于克服上述缺点,而旋转回归设计方法就是能够克服上述缺点,因而在实验中越来越受到人们的欢迎。

表1为3种试验方法比较。从表1可以发现,3种方法各有优缺点,均匀设计所需试验数量少,但其不具有正交性,同时忽略了个参数之间的交互作用,进而导致回归方程分析误差相对较大。回归方程精度最高的是旋转回归设计方法,但其试验数量相对较多。通过对比3种方法,在掌握3种方法基础上,根据实际情况合理决定试验设计方法。

表1 3种试验方法比较

	优点	缺点
正交回归设计	试验次数少、计算简便,消除了回归系数之间的相关性	回归预测值的方差强烈的依赖于试验点在试验区域中的位置
旋转回归设计	各个点的预测值的方差都相等	试验点比正交试验要多
均匀设计	试验数量大大减少	不具有正交性,各参数间可能会有交互作用,由于试验点偏少,会导致分析误差大,不稳定

3 旋转回归设计试验

采用旋转回归设计进行试验时,往往需要做许多试验,整个试验周期较长,这样,由于环境条件的变化、设备状况的变化以及试验人员操作方法的差异等因素,有可能增加试验误差。通常把由于时间延续而产生的对试验结果的影响称为时间漂移。因而在试验过程中要充分考虑到时间漂移的影响,设计带有时间漂移旋转试验表。

3.1 旋转计划的安排

假设在某个问题中有 P 个因子 $Z_1, Z_2, \dots, Z_P$, 其中第 j 个因子的上下限分别为 Z_{1j}, Z_{2j} ($j=1, 2, \dots, P$), 首先计算零水平和变化区间, $Z_{0j} = (Z_{1j} + Z_{2j})/2$, $\Delta_j = (Z_{2j} - Z_{0j})/\gamma$, 其中 γ 可以根据旋转设计确定, 然后编制因子水平的编码表, 如表2所示。

表2 因子水平编码表

X_{aj}	因子			
	Z_1	Z_2	$\dots$	Z_P
$+\gamma$	Z_{21}	Z_{22}	$\dots$	Z_P
$+1$	$Z_{01} + \Delta_1$	$Z_{02} + \Delta_2$	$\dots$	$Z_{0P} + \Delta_P$
0	Z_{01}	Z_{02}	$\dots$	Z_{0P}
-1	$Z_{01} - \Delta_1$	$Z_{02} - \Delta_2$	$\dots$	$Z_{0P} - \Delta_P$
$-\gamma$	Z_{11}	Z_{12}	$\dots$	Z_{1P}

3.2 试验

根据试验计划进行 $N = m_c + 2p + m_0$ 次试验, 其中 m_c 是 $2P$ 型全因子试验或部分实施法的试验次数, m_0 是中心点的试验次数(为了获得方差估计, 一般都在中心点安排 n 次重复试验), 试验结果为 y_0 。

3.3 回归系数的计算

$$b_0 = K \sum y_a + E \sum (\sum X_{aj}^2 y_a) \text{ 其中 } j = 1, \dots, a \quad (1)$$

$$b_j = e^{-1} \sum X_{aj} y_a \quad (2)$$

系数计算公式:

$$b_{ij} = m_c^{-1} \sum X_{ai} X_{aj} y_a \quad (3)$$

$$b_{ij} = (F - G) \sum_a X_{aj}^2 y_a + G \sum_{j=1}^p \sum_a X_{aj}^2 y_a + E \sum_a y_a \quad (4)$$

$$b = \sum_{w=1}^t m_w b_{0w} / N \quad (5)$$

其中的 K, E, F, G 为常数, e 的取值为: $e = m_c + 2\gamma^2$ 。

3.4 回归方程的显著性检验

设 $y_1, y_2, \dots, y_j$, 是旋转回归设计的 N 个试验结果, 那么它的总的偏差平方和为:

总偏差平方和($S_{\text{总}}$)= 剩余平方和($S_{\text{剩}}$) + 回归平方和($S_{\text{回}}$);

剩余平方和($S_{\text{剩}}$)= 误差平方和($S_{\text{误}}$) + 失拟平方和($S_{\text{失}}$) + 区组间差别的平方和($S_{\text{区}}$);

其中 $f_{\text{总}}$ 表示总自由度, $f_{\text{剩}}$ 表示剩余自由度, $f_{\text{失}}$ 表示失拟自由度, $f_{\text{误}}$ 表示误差自由度, $f_{\text{区}}$ 表示区组自由度, $f_{\text{回}}$ 表示回归自由度。这里 $f_{\text{总}} = N - 1$, $f_{\text{剩}} = N - C_{P+2}^2$, $f_{\text{误}} = m_0 - 1$, $f_{\text{回}} = C_{P+2}^2 - 1$, $f_{\text{失}} = N - C_{P+2}^2 - m_0 - 1$, 其中 N 表示 N 个试验结果, P 表示二次旋转设计参数, C_{P+2}^2 表示 P 元 2 次回归中共有 C_{P+2}^2 项。 $f_{\text{区}} = t - 1$, 其中 t 表示考虑时间漂移有 t 个状态, 即全部 N 个试验分为 t 个区组。

而统计量 $F = (S_{\text{区}}/f_{\text{区}})/(S_{\text{误}}/f_{\text{误}}) \sim F(f_{\text{区}}, f_{\text{误}})$, 如果 $F \leq F_0(f_{\text{区}}, f_{\text{误}})$, 表明检验结果不显著, 时间漂移较小, 则将时间漂移归入试验误差项; 反之, 则时间漂移较大, 需要补充区组部分的回归系数。

在时间漂移影响不显著的情况下, $S_{\text{失}} = S_{\text{剩}} - S_{\text{误}}$, $f_{\text{失}} = f_{\text{剩}} - f_{\text{误}}$, 则统计量 $F_1 = (S_{\text{失}}/f_{\text{失}})/(S_{\text{误}}/f_{\text{误}}) \sim F_1(f_{\text{失}}, f_{\text{误}})$ 。

在时间漂移影响显著的情况下, $S_{\text{剩}} = S_{\text{误}} + S'_{\text{失}} + S_{\text{区}}$, $F'_1 = (S'_{\text{失}}/f'_{\text{失}})/(S_{\text{误}}/f_{\text{误}}) \sim F_1(f'_{\text{失}}, f_{\text{误}})$, 对于给定的显著性水平 α , $F_1 \leq F_\alpha(f_{\text{失}}, f_{\text{误}})$ 或 $F'_1 \leq F_\alpha(f'_{\text{失}}, f_{\text{误}})$, 则检验 F_1 不显著, 则表明失拟平方和基本上是由试验误差等偶然因素所引起的, 可进一步用统计量 F_2 对二次回归方程进行检验。统计量 $F_2 = (S_{\text{回}}/f_{\text{回}})/(S_{\text{误}}/f_{\text{误}}) > F_2(f_{\text{回}}, f_{\text{误}})$, 检验方程是否显著。如果 F_2 显著, 则表明方程与实际情况符合良好。

3.5 回归系数的显著性检验

回归方程中每个变量的作用可以用 T 统计量检验来评价, 当 T 检验不显著时, 则表明该回归系数不显著, 则可忽略该项对预测值的影响, 而省略该项, 将其归入总的误差中。

$$D_{(b_0)} = k\sigma^2, t_0 = |b_0| \div (KS_{\text{误}}/f_{\text{误}})^{1/2} \quad (6)$$

$$D_{(b_j)} = e^{-1}\sigma^2, t_j = |b_j| \div (e^{-1}S_{\text{误}}/f_{\text{误}})^{1/2} \quad (7)$$

$$D_{(b_{ij})} = m_c^{-1}\sigma^2, t_{ij} = |b_{ij}| \div (m_c^{-1}S_{\text{误}}/f_{\text{误}})^{1/2} \quad (8)$$

$$D_{(b_{ij})} = F\sigma^2, t_{ij} = |b_{ij}| \div (FS_{\text{误}}/f_{\text{误}})^{1/2} \quad (9)$$

4 旋转回归设计在试验中应用

旋转回归设计作为一种试验方法由于其所得回归方程的精度高的特性而广泛地应用于工农业生产

和科研开发中。

4.1 在材料开发中应用

朱伟平等^[8-14]采用旋转回归设计, 对影响 ABS/ 硅油混合体系及其制品性能的各种因素进行了比较深入的研究, 并比较其力学性能^[12]、摩擦性能^[13]、润滑性能、燃烧性能^[14]和耐热性能, 发现在体系中加入硅油确实使体系在摩擦性、润滑性、耐燃性和力学性能上有较大幅度的提高, 对最后确定制作轿车门立柱、门内基板等内饰件 ABS/ 硅油混合体系的配方提供了有益的参考。

赖逸云等^[15-16]运用二次通用旋转回归设计的方法, 建立了共混合金组成与缺口冲击强度之间相互关联的数学模型, 研究了共混体系缺口冲击强度的影响因素及其交互作用。结果表明, 对共混体系缺口冲击强度影响较大的为体系中 PC 的含量。

傅峰等^[17]以回归的旋转设计为数学模型, 研究了竹帘胶合板的 MOR 和 MOE 分析了影响因素。结果表明二次正交旋转组合设计选用正确, 竹帘胶合板的纵向和横向的 MOR 和 MOE, 都达到了日本结构胶合板的标准。

4.2 在农业中应用

蔡兴旺^[18]采用多因素旋转回归设计的方法进行农机优化设计和调整研究, 并以 S195 柴油机为例, 介绍了五因素二次正交旋转回归试验在农机优化调整中的具体应用, 建立了该柴油机的功率、油耗随供油提前角、气门间隙、最高空转转速、喷油开启压力和气缸压缩压力而变化的数学模型, 指出了内燃机调整应根据使用后技术状态变化情况而进行。

艾复清等^[19]运用二因素五水平回归正交旋转组合设计的试验方法, 进行氮肥与密度对油菜产量构成因素影响的研究。研究表明, 在试验范围内, 施氮量和密度对油菜单株有效角果数均有显著的影响, 但密度的变化对单株有效角果数的影响大于氮肥施用量对单株有效角果数的影响。当密度为 93.72 ~ 105 千株 /hm², 氮肥施用量为 225 ~ 227.02kg/hm² 时, 油菜的单株有效角果数可望达到最高; 氮肥和密度对于油菜每角粒数和千粒重的影响不显著。

童成立等^[20]采用正交旋转回归设计试验, 研究农作物优化栽培措施、农作物高产优化栽培模型和农作物技术方案优化决策分析等, 确定农作物产量最佳经济效益时影响因子值时范围, 同时应用 SAS 软件建立一个配套试验结果分析应用模型。

李华等^[21]于1997年至1998年期间在北京农学院农学试验站进行的多因素二次通用旋转回归设计小麦栽培结果表明:试验因素对小麦产量的效应顺序为:氮肥>播期>磷肥>密度>追氮次数。其中氮肥、磷肥、追氮次数效应方向为正,播期、密度效应方向为负,各因素的二次回归系数均显著,氮肥×播期、氮肥×磷肥互作均在不同程度显著。

4.3 在生物化学方面应用

王强等^[22]在首先进行单因素试验确定了酵母 β -葡聚糖发酵培养基中各单因素的最适添加量的基础上,以二次正交旋转组合法设计培养基成分的优化组合试验。经二次多项式逐步回归分析,确定了最佳培养基含量(g/100ml):葡萄糖3.27、蛋白胨1.89、酵母膏1.57和甘油1.04,此时,酵母 β -葡聚糖的最高产量可以达到108.18mg/100ml。

张玉香等^[23]利用旋转回归设计研究氮源对L-苏氨酸产量的影响并拟合出回归方程,探索L-苏氨酸发酵的最佳氮源及其用量。经回归分析表明,培养基中硫酸铵、酵母粉的含量及其配比对L-苏氨酸产量有显著影响,通过岭脊分析寻优得出:硫酸铵最佳浓度为17.66g/L,酵母粉最佳浓度为2.51g/L。在此优化条件用10L自动发酵罐补料分批发酵38h,L-苏氨酸产量可达119.7g/L,糖酸转化率为47.9%。

余丽丽等^[24]为了优化乳化固化法合成明胶球的工艺,采用二次正交旋转组合设计分析了pH值、交联剂质量分数及W/O体积比对于明胶微球品质(溶胀度、平均粒径)的影响,并建立了相应的预测模型。方差分析的结果表明:pH值、交联剂质量分数及W/O体积比对溶胀度和平均粒径两项指标均有显著影响。经过优化后的工艺参数为:pH=4.5,交联剂质量分数为0.7,W/O体积比为3。对应的微球溶胀度及平均粒径的预测值分别为:380.35%和16.61 μm 。试验证明:应用二次正交旋转组合设计所得到的微球合成工艺参数是可行的。

4.4 在其他领域应用

旋转回归方法除了在上述领域应用外,还在机械、催化材料、果蔬等领域得到应用。宋立勋等^[25]以水热法制备纳米 Fe_3O_4 为例,用二次正交旋转回归设计法获得试验方案的指标值,并建立多元回归方程和二次规划数学模型,求解这一数学模型。实验证明,此方法工作量较小,优化数学模型的求解方法成熟,为确定制备纳米材料最佳运行工艺参数提供了一种

新的有效途径。

何仁等^[26]分析了车用电涡流缓速器性能特性与结构参数的关系,建立了电涡流缓速器制动力矩随铁心直径、转子盘中心和磁极中心的距离、转子盘的厚度、气隙和转子盘材料变化的数学模型。并以某型号电涡流缓速器为例,应用五因素二次正交旋转回归设计,分析研究电涡流缓速器结构参数对制动力矩的影响程度,依次为转子盘的材料、转子盘厚度、气隙、铁心的直径、盘的中心到磁极中心的距离。

吴波等^[27]根据用二次旋转回归设计方法建立的合金剂与硬度、磨损体积之间的回归方程,利用遗传算法对其进行了最优解寻优,并对寻优结果作了分析比较。GA优化得到了合金剂最佳配比,且相同约束条件下,其优化结果优于混合罚函数法。

王俊等^[28]以切片苹果为物料进行不同剂量辐照后热风干燥特性和以辐照剂量、风温及切片厚度比等因子对总降水率、维生素VC、干制品外观质量和复水比等指标进行二次正交旋转回归的优化干燥工艺研究。结果表明,就干制品外观质量而言,以辐照剂量取中、热风温度取中和切片厚度取薄为佳;对总降水率而言,辐照剂量取大、热风温度取高、切片厚度薄时其值取大;对干制品Vc含量,辐照剂量取中、热风温度取低、切片厚度以厚时为佳;对干制品复水比,辐照剂量取高、热风温度取中、切片厚度薄时为佳。

5 建议

通常实验设计方法很多,其中比较常用的是正交回归设计方法,它具有试验次数比较少、计算方便、消除了回归系数间的相关性等优点。但其也存在一些缺点,如二次回归的预测值Y的方差强烈地依赖于试验点在因子空间中的位置,而且由于误差的干扰,试验者不能根据预测值直接寻找最优区域。旋转回归设计方法则克服了正交回归设计方法的缺点,因而在实验中越来越受到人们的关注和欢迎。但旋转回归方法较正交回归方法还存在需要试验较多的缺点,还存有适用性等问题,同时还存在一些问题有待解决。为此,针对旋转回归设计应用提出如下建议:

(1)旋转回归试验设计法是一种处理变量因子与因子之间相互关系的数学方法,通过性能响应方程

式(回归方程式)建立起自变量和因变量之间的联系。旋转回归试验设计法是一种定量研究方法,要求试验过程中样品物性不能发生突变。

(2)采用旋转回归设计进行试验时,往往需要做许多试验,整个试验周期较长,这样,由于环境条件的变化、设备状况的变化以及试验人员操作方法的差异等因素,有可能增加试验误差。通常把由于时间延续而产生的对试验结果的影响称为时间飘移。因而试验过程中要充分考虑到时间飘移的影响。

(3)根据实际情况合理确定试验因子,查询或设计合理的旋转回归试验,合理确定自变量范围、中心点及因变量,一般需在中心点安排多次重复试验。

(4)必须同时进行回归方程性检验和回归系数的显著性检验。

参考文献

- [1] 方开泰,马长兴,李久坤.正交因子设计的最新发展和应用—回归分析在正交设计的应用[J].数理统计与管理,1999,18(2):44-49.
- [2] 茆诗松,丁元等.回归分析及其试验设计[M].上海,华东师范大学出版社,1981.
- [3] 张金廷.混料均匀设计[J].应用概率统计,1993,9,168-175.
- [4] 方开泰.均匀设计与均匀设计表[M].北京,科学出版社,1994.
- [5] 方开泰.均匀设计——数论方法在试验设计中的应用[J].概率统计通讯,1978,1:56-97.
- [6] 方开泰,均匀设计[J].应用数学学报,1980,3:363-372.
- [7] 方开泰.实用回归分析[M].北京:科学出版社,1988.
- [8] 朱伟平.ABS/硅油混合物熔体流动性研究[J].有机硅材料及应用,1998,12(6):1-4.
- [9] 朱伟平.硅油用量对ABS/硅油混的性能的影响[J].工程塑料应用,1999,27(6):8-11.
- [10] 朱伟平.硅油改性ABS的研究[J].胶体与聚合物,1999,17(3):7-11.
- [11] 朱伟平,卢喜玲.旋转回归设计方法在硅油改性ABS中的应用[J].弹性体,2000,10(2):26-30.
- [12] 朱伟平.ABS/硅油混合物力学性能的研究[J].有机硅材料及应用,1999,2:8-11.
- [13] 朱伟平.ABS/硅油混合物摩擦性能研究[J].塑料科技,1998,127(5):24-27.
- [14] 朱伟平.ABS/硅油共混物的耐燃性[J].化工新型材料,1999,27(1):33-35.
- [15] 司丽,赖逸云.PC/ABS共混体系缺口冲击强度影响因素的研究[J].塑料科技,2004,163(5):9-11.
- [16] 司丽,赖逸云.PC/ABS共混改性的研究[J].工程塑料应用,2003,31(11):8-10.
- [17] 傅峰,华毓冲.以旋转设计研究竹帘胶合板的静曲强度(MOR)和弹性模量(MOE)[J].建筑人造板,1994,3:8-14.
- [18] 蔡兴旺.旋转回归设计在农机试验中的应用[J].农业工程学报,1998,14(2):54-58.
- [19] 艾复清,李改珍.密度和施氮量对油菜产量构成因素影响的旋转回归分析[J].中国农学通报,2005,21(3):123-126.
- [20] 童成立,贺喜全,盛良学.农业试验中正交旋转回归设计分析模型[J].计算机与农业,2000,10:16-20.
- [21] 白宝良,赵波,李华,等.北京郊区小麦精播五因素旋转回归试验[J].北京农业科学,1999,17(4):1-4.
- [22] 刘晓永,王强,刘红芝,等.基于二次正交旋转回归试验的酵母 β -葡聚糖发酵培养基优化[J].酿酒科技,2007,54(4):32-36.
- [23] 冯志彬,程显好,张玉香,等.正交旋转组合优化L-苏氨酸发酵的氮源[J].中国酿造,2009,209(8):137-139.
- [24] 余丽丽,李仲谨,朱雷等.二次正交旋转组合设计优化明胶微球的合成工艺[J].化工科技,2008,16(1):1-4.
- [25] 宋立勋,雷天民,袁梦雪,等.一种确定水热法制备纳米 Fe_3O_4 最佳工艺参数的新方法[J].西安工程科技学院学报,2006,20(4):512-514.
- [26] 何仁,衣丰艳,刘成晔,等.车用缓速器结构参数对制动力矩的影响分析[J].农业机械学报,2005,36(9):21-24.
- [27] 吴波,张汉谦,杜永贵,等.堆焊焊条药皮合金剂的组分优化[J].太原理工大学学报,2004,35(3):365-367.
- [28] 王俊,巢炎,傅俊杰,等.辐照苹果热风干燥工艺的实验研究[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2001,27(5):579-582.

作者简介:朱伟平(1967-),高级工程师,理学博士,现任中国神华煤制油化工有限公司北京研究院间接液化和合成研究所副所长,甲醇制烯烃催化剂研制项目负责人,主要从事高分子、碳纤维及分子筛催化剂研究,曾获吉林省科技进步三等奖1项,发表论文70余篇,其中多篇论文获奖。

General Situation of the Rotational Regression Design

ZHU Weiping

(Research Institute of China Shenhua Coal to Liquid and Chemical Co., Beijing 100011, China)

Abstract: This paper reviewed the general situation of the rotational regression design in difference among rotational regression design, orthogonal regression design and uniform design, rotational regression experimentation design and application of rotational regression design. Some advices are suggested for application of the rotational regression design.

Keywords: Rotational regression design; Orthogonal regression design; Uniform design.

(收稿日期:2010-11-14

责任编辑:马小军)

甲醇发展现状及工业应用

裴艳红¹ 王婷²

(1.神华宁夏煤业集团煤炭化学工业分公司质检计量中心,宁夏 银川,751400;2.银川科技职业学院,宁夏 银川,750105)

摘要: 通过对甲醇发展现状和趋势以及工业应用情况的介绍,从甲醇工业发展的下游产品以及积极开发甲醇能源新技术等方面进行了详细的阐述。

关键词: 甲醇 工业应用 发展

中图分类号: O21

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-071-03

1 前言

甲醇是一种基础化工原料,在化工、医药、轻纺等领域有着广泛的用途。甲醇可以用来直接合成含氧化工产品,主要用于制造甲醛、甲胺、二甲醚等一系列有机化工产品,而且还可以加入汽油掺烧或代替汽油作为动力燃料以及用来合成甲醇蛋白。我国近年来甲醇发展迅速,陆续建成了一些大型生产装置,生产技术明显提高,但与国外相比差距仍然较大。当今世界石油资源日益减少,而甲醇生产成本降低,用甲醇作为新的石化原料已经成为一种趋势。尽管目前全球甲醇生产能力相对过剩,并且不排除由于某种原因而引起甲醇市场的波动,但是对于有着丰富的煤、石油、天然气资源的西部地区,除了研究开发新技术降低成本,还要不断开拓甲醇应用领域,大力生产和发展甲醇下游产品,从而促进整个甲醇工业的发展。

2 甲醇工业发展现状与趋势

近10年来,甲醇生产发展很快,技术不断提高,生产规模逐年扩大,生产工艺逐步成熟,各项技术指标不断完善,特别是近年来甲醇汽、柴油的开发和应用,使其作为代用燃料,从技术性、经济性上都具有了很强的竞争力。2005年至2010年世界甲醇需求量的年均增长速度为2.46%,直到2010年,世界甲醇需求量达到了4020万t,预计2010年至2015年的年均增长速度为4.63%,2015年将达到5040万t。甲醇制烯烃(MTO/MTP)和二甲醚(DME)将是未来驱动甲醇市场需求增长的主要动力,而我国将是甲醇需求的重点地区。至今,世界甲醇生产能力达到6400万t/a,预计2015年将达到7200万t/a,供应能

力大于市场需求,竞争将会加剧,一些不具竞争力的小装置或原料价格较高地区的甲醇装置将可能被淘汰。根据未来甲醇装置建设趋势,世界甲醇的生产中心正在向南美、沙特、伊朗和我国转移,同时这些国家和地区甲醇产品的目标市场主要是针对亚太地区 and 我国。

3 甲醇的工业应用

甲醇的工业应用广泛,结合市场需求,发展国内市场紧缺,特别是可以替代石油化工产品的甲醇下游产品,是未来大规模发展甲醇生产、提高市场竞争能力的重要方向。

3.1 二甲醚

二甲醚是甲醇最重要的工业应用产品之一,作为一种新兴的基本化工原料,由于其良好的易压缩、冷凝、汽化特性,使得二甲醚在制药、燃料、农药等化学工业中有许多独特的用途。如高纯度的二甲醚可代替氟里昂用作气溶胶喷射剂和致冷剂,减少对大气环境的污染和臭氧层的破坏。由于其良好的水溶性、油性,使得其应用范围大大优于丙烷、丁烷等石油化学品。代替甲醇用作甲醛生产的新原料,可以明显降低甲醛生产成本,在大型甲醛装置中更显示出其优越性。作为民用燃料气,其储运、燃烧安全性,预混气热值和理论燃烧温度等性能指标均优于石油液化气,可作为城市管道煤气的调峰气、液化气掺混气。它也是柴油发动机的理想燃料,与甲醇燃料汽车相比,不存在汽车冷启动问题。它还是未来制取低碳烯烃的主要原料之一。

3.2 甲醛

甲醛是最重要的基本有机化工原料之一。它最大的用途是生产酚醛树脂、黏合剂及其它有机化学

品。近年来,随着我国经济建设的迅速发展,甲醛产量每年以 4.5% 的速度增长, 年需原料甲醇 100 万 t 以上。为满足化工市场的需求, 应大力开发以甲醇为原料的生产甲醛的新工艺, 以满足优质工程塑料(酚醛树脂)和乌洛托品等合成的需要。

3.3 甲胺

甲胺是一种重要的脂肪胺, 以液氨和甲醇为原料, 在催化条件下, 通过加压精馏分离不同结构的系列产品(一甲胺、二甲胺、三甲胺), 是基本的有机化工原料之一, 目前全世界年生产能力为 112 万 t, 国内年生产能力为 25 万 t, 全球年消费量为 165 万 t, 年消费递增率为 12%。随着我国 DMF 的迅速发展, 也带动了甲胺特别是二甲胺需求量的不断增加。一甲胺、二甲胺和三甲胺等都是化学工业、农药、医药及涂料的中间体, 有相当大的市场前景。

3.4 甲基叔丁基醚

甲基叔丁基醚(MTBE)是甲醇下游产品中增长最快的一个品种, 它是一种重要的高辛烷值汽油添加剂, 曾被誉为第三代石油化学品。尽管最近一项研究表明, MTBE 极易对土壤、地下水造成污染, 且能致癌, 但在第四代石油化学品未出现之前, 它还是较为理想的汽油添加剂。随着我国政府对环境保护的日益重视和汽油无铅化的呼声不断高涨, 为 MTBE 提供了广泛的市场。据有关专家预测, 今后几年我国对 MTBE 的需求将会有更大的增长, 生产 MTBE 所需甲醇将达到 25 万 t/a 左右。

3.5 碳酸二甲酯

以甲醇气相氧化羰基化法合成的碳酸二甲酯(DMC), 是近年来受到国内外广泛关注的环保型绿色产品。随着全球环境保护及安全生产要求的日趋严格, 硫酸二甲酯、光气、氯甲酸甲酯、氯甲烷等化学品将在世界范围内被淘汰, DMC 化学结构中含有甲基、羧基和甲氧羰基, 在化学合成反应中可以起到上述化学品的功能, 仅代替上述产品的市场份额就相当可观, 而且 DMC 通过了非毒性化学品的注册登记, 为其在医药、光电子材料及其它应用领域打开了通道, 其应用前景十分广阔。

3.6 甲酸甲酯

甲酸甲酯(MF)被誉为万能的中间体, 由它衍生出的化学品达几十种。它是当前 C1 化学发展的热点, 目前国内外广泛采用的大规模生产方法是甲醇羰基化法和甲醇脱氢法。甲醇羰基化法制甲酸甲酯

成本仅为传统酯化法的 1/3。甲酸甲酯可用于生产甲酸、甲酰胺和其他精细化工产品, 还可直接用作杀虫剂、杀菌剂、熏蒸剂、烟草处理剂和汽油添加剂, 它的需求量将以每年 10% 的速度递增。随着环保要求的不断提高, 由甲醇、CO₂ 和 H₂ 合成工艺甲酸甲酯越来越受到关注。

3.7 乙二醇

我国乙二醇的消费构成中 95% 用于生产聚酯, 约 5% 用于生产防冻剂等方面。近年来由于聚酯工业需求强劲, 国内市场对乙二醇需求保持快速增长势头。据统计, 1995 年, 我国乙二醇表现消费量为 65.7 万 t, 而 2004 年高达 431.4 万 t, 已超过美国成为世界第一大乙二醇消费国。2010 年, 我国聚酯产量 1900 万 t, 需乙二醇 646 万 t, 加上防冻液等 5% 的需求, 国内乙二醇总需求量约 677 万 t。可以说, 乙二醇是近两年来市场表现最活跃的石化中间原料之一。未来几年, 我国乙二醇市场将成为国外产品竞争的大舞台。

4 甲醇未来的工业应用方向

4.1 发展甲醇-柴油混合燃料

全球越来越关注汽车尾气所带来的污染问题, 特别是柴油车排出的细粉尘形成的烟雾。要生产新的发动机或改进柴油质量满足新的汽车尾气排放标准是不容易的, 使用甲醇-柴油混合燃料技术就可降低汽车尾气排放烟尘的 50%。在澳大利亚和瑞典完成的现场测试有足够的证据表明, 不需要对现有发动机作技术改造就可采用这一技术。

4.2 发展甲醇-汽油燃料

以甲醇的分子量而言, 一半是氧, 另一半是碳和氢, 因此甲醇的燃烧热仅是汽油的一半。但是其热效率不一样, 每升甲醇能行使的里程不是汽油的一半, 而是 80% 左右。甲醇在较高温度下能热裂解为氢和一氧化碳, 而氢和一氧化碳两者的燃烧热总和比甲醇高 20%, 通过适当的发动机设计和改进, 可有效应用于汽车工业。

4.3 开发基于甲醇的燃料电池

随着清洁空气和环境保护的呼声越来越高, 各国开始禁用含铅汽油, 减少汽车尾气污染。甲醇分子有 1 个碳原子和 4 个氢原子, 是极好的氢载体, 其负载的氢原子可以提供燃料电池需要的能量, 因此提出了以甲醇为基础的电动汽车技术。以甲醇为原料的燃料电池有直接燃料电池和间接燃料电池, 目前

世界各大汽车公司都在进行这方面的研究。相对于传统的汽柴油燃料,甲醇对水的污染更小,毒性低,不会引发癌症,使用安全性更高。

4.4 甲醇生长促进剂

实践表明,用甲醇生长促进剂喷施在不同的农作物上,可以大量增产。另外喷施甲醇生长促进剂后,农作物还会保持枝叶鲜嫩、茁壮茂盛,即使是在炎热的夏季也不会枯萎,可大量减少灌溉用水,有利于干旱地区农作物的生长。近几年来,甲醇生长促进剂的肥效作用已经引起国内外专家的高度重视。甲醇的这一用途,可以大大缓解我国肥料的供求矛盾。

4.5 甲醇蛋白

甲醇蛋白是十分重要且极具市场潜力和发展前景的产品。以甲醇为原料经微生物发酵生产的甲醇蛋白被称为第二代单细胞蛋白,与天然蛋白相比,营养价值高,它的粗蛋白含量比鱼粉和大豆高得多,而且含有丰富的氨基酸以及丰富的矿物质和维生素,可以代替鱼粉、大豆、骨粉、肉类和脱脂奶粉。据中国农科院饲料研究所的有关专家分析,2010年至2020年,我国蛋白质饲料需求量分别为0.6亿t和0.72亿t,而资源供给量仅为0.22亿t和0.24亿t,供需缺口分别为0.38亿t和0.48亿t。解决好我国蛋白质原料饲料的这一巨大缺口,是摆在我国饲料企业面前的巨大商机。

5 结束语

宁夏回族自治区丰富的煤炭资源为甲醇的工业发展提供了良好的条件。因此,我们除了调整甲醇的生产结构和规模,还需努力发展甲醇的工业应用,实现资源优势向产品优势的转化,以促进甲醇工业的迅速发展和地区经济的腾飞。目前我国甲醇工业投资十分迅猛,因此,建立大型甲醇生产装置,降低生产成本,大力开发甲醇下游产品,使之向多元化、系列化、精细化方向发展,参与国际竞争是十分必要的。醇醚燃料适合我国发展需求,综合成本较低,已具有一定的生产和使用经验,加快推广使用醇醚燃料前景广阔,同时还可带动能源、化工和汽车等相关产业发展。

参考文献

- [1] 马兵.我国甲醇工业的现状与未来[J],现代化工 2000,20(7).
- [2] 高恒.甲醇及二甲醚的生产现状和发展前景[J],化学工业与工程技术 2005(4):47-49.
- [3] 樊春燕等.甲醇工业发展的方向及应用[J],甘肃科技 2008(11):53-55.
- [4] 房鼎业.甲醇生产技术与发展[M],华东化工学院出版社,2005.

作者简介:裴艳红(1981-),助理工程师,2005年毕业于宁夏大学化工学院,现任职于神华宁夏煤业集团煤炭化学工业分公司质检计量中心。

The Development Statistic Quo and Industry Application of Methanol

PEI Yanhong¹ WANG Ting²

(1. Coal Quality Testing Center of Coal Chemical Industry Branch of Coal Industry of Shenhua Industry Group of Ningxia, Ningxia, Yinchuan, 751400; 2. Vocational Technology College of Yinchuan, Ningxia, Yinchuan, 750105)

Abstract: Through the development statistic quo and trend of methanol as well as the introduction of industry application, the article specifically introduced the downstream products of methanol industry development and of the active exploration of the new technology of methanol energy.

Key Words: Methanol, Industry application, Development

(收稿日期:2010-11-15 责任编辑:马小军)

SAPO-34 分子筛催化剂的保护方法研究

邢爱华 薛云鹏 朱伟平 岳国

(中国神华煤制油化工有限公司北京研究院,北京,100011)

摘要: SAPO-34 分子筛焙烧活化后对低于水临界温度的环境十分敏感。在空气中暴露一定时间后结晶度很快降低,分子筛催化活性降低。保留分子筛孔道内的模板剂、用含碳材料或非水条件下用气体、液体覆盖在催化剂活性位、高分子固体包覆在催化剂外表面、 NH_3 、醛类或水蒸气环境下保持分子筛催化活性,是保护 SAPO-34 分子筛和成型催化剂活性的有效方法。

关键词: SAPO-34 分子筛 成型催化剂 活性 保护 含碳材料 覆盖

中图分类号: TQ 426.94

文献标识码: A

文章编号: 1674-8492(2010)06-074-04

1 前言

工业生产中催化剂从生产、储存、运输到使用通常需要经过一个相对长的时间段(12h 到好几个月,甚至长达一年),分子筛和成型催化剂在储存、运输过程中发生不可逆转的催化活性降低的现象,给工业生产-使用链带来了难题。在催化剂开发过程中,研究如何防止催化剂活性损失十分必要。

以 SAPO-34 分子筛为活性组分的 MTO 催化剂的生产-使用链,包括原材料购买;SAPO-34 分子筛水热晶化;分子筛洗涤、过滤、干燥、焙烧;将一定配比的分子筛、粘结剂和载体喷雾成型;成型催化剂焙烧活化;储存、装载、运输、卸载;催化剂在反应器中的装填及在流化床反应-再生系统中催化 MTO 反应。小规模研究、生产时催化剂活性控制很容易,实验室和小型中试装置很少关注储存、运输等环节对催化活性的影响。工业生产中,大量分子筛和催化剂根据生产需要处于不同的生产环节以及严酷的工业条件下,催化剂性能的下降将导致产品数量和质量下降。催化剂开发过程中需高度重视保护催化剂活性,本文介绍了保护 SAPO-34 分子筛及其为活性组分的成型催化剂催化活性的方法,以期为 MTO 催化剂工业生产提供借鉴。

2 保护 SAPO-34 分子筛和 MTO 成型催化剂活性的方法

Briend 等^[1]研究表明,去除模板剂后的 SAPO-34 分子筛对湿气尤其敏感,室温下 SAPO-34 分子筛吸附的水导致 Si-OH-Al 键断裂、结晶度下降,钝化了

分子筛的催化活性,吸附水 1~2d 后的 SAPO-34 经干燥脱水后,结晶度的降低、硅原子所处环境和孔道结构的改变可以逆转。Exxon 公司^[2]研究表明,SAPO-34 分子筛活化后在露天环境下暴露仅几个小时催化活性就开始降低,且这种活性的降低经过一定时间后是不可逆转的。合成分子筛所用模板剂种类、脱除模板剂后的分子筛与水接触时间长短对其活性损失程度、活性能否可逆性恢复影响较大。以吗啉为模板剂合成的分子筛活化后水化作用两年,不能恢复其结晶度和孔道结构;以四乙基氢氧化胺为模板剂合成的分子筛较稳定,活化后水化作用两年保持了 80% 的结晶度和 70% 的孔道结构,这主要是由于不同模板剂合成 SAPO-34 分子筛中 Si-OH-Al 的数量和分布不同所致。

Paulitz 等^[3]借助 XRD, NMR, IR 和 N_2 吸附分析证明, AlPO_4 (AlPO_4 -17) 和 SAPO (SAPO-5, SAPO-17, SAPO-44) 分子筛在 50~200℃ 温度范围内受到水进攻时骨架结构会产生一定的破坏。

减少催化剂活性位与水接触,有利于防止催化剂活性损失。保留分子筛孔道内的模板剂、用含碳材料或非水条件下用气体、液体覆盖在催化剂活性位、 NH_3 和醛类物质保护及水蒸气条件下保持分子筛催化活性是保护 SAPO-34 分子筛和成型催化剂活性的有效方法。

2.1 不焙烧模板剂

Exxon 公司^[4]的专利提供一种保持 SAPO-34 分子筛催化活性的方法。通过在催化剂活性位覆盖保护层,防止催化活性损失。分子筛活性部位的保护层可以是模板剂, SAPO-34 分子筛中模板剂填

充在晶体的笼中或孔道内会保护那些位于分子筛多孔结构内的催化剂活性部位免受水气攻击,避免失活。

2.2 含碳材料保护

采用含碳物质屏蔽 SAPO-34 分子筛孔道,可以保护催化剂活性部位,防止催化剂由于吸附水而失活。含碳物料既可处于微晶孔道结构里面,也可以沉积、掩蔽微孔的入口。使含碳物质置于晶体微孔结构里面的方法是部分燃烧模板剂以便含碳化合物残留在分子筛里面。掩蔽在微孔入口的方法是把含碳物质直接涂布到分子筛的外面,以堵塞微孔的孔口。

脱除模板剂的方式对分子筛或以分子筛为活性组分的成型催化剂寿命有影响,适当去除模板剂可使孔结构内酸催化剂部位的损失最小。Exxon 化学专利公司^[5]通过在贫氧环境中保持或保护酸催化剂活性中心数量的条件下(500℃~750℃)加热所述分子筛,使加热后的分子筛在 3630~3580 cm⁻¹(Bronsted 酸 OH 基团对应的红外光谱区)范围内的总峰面积占 4000~3400 cm⁻¹(Bronsted 酸和非 Bronsted OH 基团对应的红外光谱区)之间总峰面积的至少 10%,可有效保持或改善 SAPO-34 分子筛催化活性,如图 1 所示。

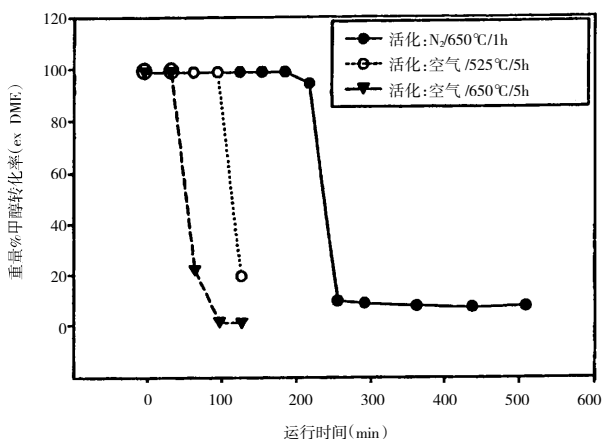


图 1 贫氧条件下脱除分子筛中的模板剂对催化剂寿命的改善

由于缺氧,在贫氧环境中的模板剂几乎不燃烧,而是通过裂解离开微孔,贫氧环境中的热处理结束后部分模板剂仍留在微孔。采用含碳物料用作保护层时,催化剂使用前只要将其在含氧气氛中焙烧

(500℃~750℃)一定时间脱除剩下的含碳物料后可直接用于催化反应中。

2.3 气体保护

2.3.1 惰性气体保护

Exxon 公司^[6]研究了 SAPO-34 分子筛吸附的水量与气体中水蒸汽分压、温度和吸附时间的关系,如图 2 所示。将 40 mg 分子筛放入微量天平(热重分析)的样品池中,650℃下空气气氛中焙烧 4 h 后,用干燥的惰性气体吹扫(150 ml/min)冷却到吸附温度(180℃~184℃),热重分析仪内的气体压力为 119.7 Psia。分子筛重量稳定后,将汽化后的水与惰性气体混合进入反应体系中,混合气体总流量维持在 150 ml/min 不变,水蒸汽分压为 $P=(\text{水蒸汽流量}/150) \times 119.7 \text{ Psia}$ 。图 2 表明,随着水蒸汽分压的提高,SAPO-34 分子筛吸附的水量增大。当停止向体系中通入水蒸汽、只通入流速为 150ml/min 干燥的惰性气体后,催化剂吸附的大部分水被脱除,但在 184℃下干燥气体吹扫催化剂床层 100 min 后仍有 1.6 wt% 的水分残留在催化剂中。在第二阶段干燥实验中,催化剂样品在干燥气体吹扫下被加热到 284℃,并保持 120min。由于不同程度浮力作用的存在,无法准确比较 182℃和 284℃下催化剂重量。为了完成水脱附实验,将系统温度降回到 182℃,结果表明,经 284℃处理一定时间后,分子筛中吸附的水量全部被移除。

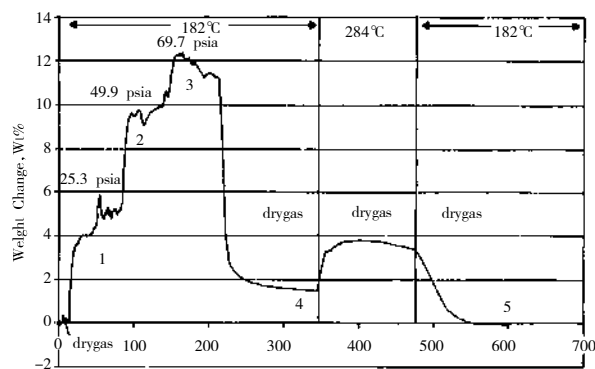


图 2 分子筛重量随气体中水蒸汽分压、处理温度和吸附时间的变化

根据上述研究结果,Exxon 公司采取将活化后的 SAPO-34 分子筛或 MTO 成型催化剂保存在充满非水气体的容器中,以避免催化活性的损失。非水气体保护环境是一种在标准状态下为气体且不与分子筛

发生明显反应的物质,如 N_2 、He、烟道气、CO、 CO_2 、 H_2 、Ar、 O_2 、轻质烷烃(C_{1-4} 烷烃,尤其是甲烷和乙烷)、环烷烃和它们的混合物,其相对含水量控制在不高于 0.001^[6]。气体保护层可保持在任何压力下,如真空或高于标准压力下,即使气体在高于标准压力的压力下液化也可以,只要仍保持在非水环境中。催化剂使用前,使屏蔽系统与大气相通,即可将保护层气体置换掉。

2.3.2 NH_3 保护

Mees 等^[2]基于 NH_3 与分子筛酸性位点的可逆反应,以可逆的方式将 H-SAPO-34 转化位 NH_4^+ -SAPO-34。 NH_4^+ -SAPO-34 能够耐受长时间的苛刻蒸汽加工,不会损失结构完整性和酸性。

埃克森美孚化学专利公司^[7]提出了用化学吸附 NH_3 处理焙烧活化后的金属铝磷酸盐分子筛和含有该分子筛的催化剂,从而在储存和处理过程中稳定催化剂性能。 NH_3 以可逆的方式与金属铝磷酸盐分子筛内的 Bronsted 酸性位反应,化学吸附了 NH_3 的分子筛和成型催化剂在储存和处理过程中可免受湿气攻击,提高了稳定性,即使长期接触环境大气或蒸汽后仍保持大部分初始活性。

NH_3 与分子筛优选的吸附温度为 $100^\circ C \sim 250^\circ C$ 。在超过 $100^\circ C$ 的温度下,基本上是 Bronsted 酸性位与氨化学吸附;在低于 $100^\circ C$ 的温度下,Bronsted 酸 OH 基团和非 Bronsted 酸 OH 基团都可与氨化学吸附。完成化学吸附的时间取决于分子筛中酸性位数量的多少。典型地,当 NH_3 与脱气处理的分子筛在 $100^\circ C$ 下进行化学吸附时 30 min 可以达到吸附饱和。

在甲醇至烯烃生产过程中,如遇紧急停车、计划停产或维修,通常需将用过的催化剂从反应器中卸到催化剂加料罐中,催化剂存在由于老化效应而失去部分活性的风险。此外,在开车和停车过程中,反应器中含有大量高温水蒸汽,对含金属铝磷酸盐分子筛的催化剂特别有害。用 NH_3 处理用过的催化剂,可以保护其免受水蒸汽的攻击,当氨化学吸附的催化剂再引入到装置中时,氨被解吸。优选氨解吸温度超过 $600^\circ C$,可以使用马弗炉中解吸,也可在催化剂成型时,在喷雾干燥条件下解吸。

2.3.3 醛类保护

含少量水(0.1wt%~2 wt%)的气相或液醛类化合物有利于保护活化后的 SAPO-34 分子筛或含该分子筛的成型催化剂^[8]。采用含有 1~5 个碳原子的醛类

作为保护剂,优选醛类分子的动力学直径小于 SAPO-34 分子筛孔道直径,最优选为乙醛。在 $0 \sim 30^\circ C$ 下采用液体浸渍或气体悬浮处理 SAPO-34 分子筛和含该分子筛的成型催化剂至少 24 h,分子筛中 95% 的孔体积被醛类充满。由于醛类分子在分子筛多孔骨架内通过聚合、环化,形成了苯基化合物,可作为烃类的共催化剂,因此,不必脱除保护剂,可直接用于甲醇转化反应中。使用醛预处理的催化剂一个重要优点是可提高乙烯和丙烯选择性。

2.4 无水液体

无水液体保护是将分子筛保存在标准状态下为液体的环境中,其不与分子筛发生明显的反应。该液体选自烷烃、环烷烃、 C_{6-30} 芳烃类化合物、醇类,特别是 C_4^+ 支链醇。催化剂使用前,采用过滤或离心分离的方法即可以将液体保护层除掉。无水液体保护环境可在 SAPO-34 分子筛和成型催化剂存储、运输和装载时使用,无水液体中的水分含量控制在 $50 \sim 200$ ppm^[6]。

2.5 固体保护层

采用聚合物或蜡状物将热的分子筛或成型催化剂外表面封上,防止水汽进入可有效保护催化剂活性部位。例如,将加热或刚焙烧完的分子筛或催化剂放入固体聚乙烯中,聚乙烯融化,均匀包裹在分子筛和成型催化剂的外表面;也可采用将非常细的聚合物颗粒喷涂到刚刚从焙烧炉出口卸下来的催化剂颗粒表面,从而在催化剂表面形成一薄层聚合物保护膜。

2.6 在水蒸气条件下保持分子筛催化活性

活化分子筛在低于水临界温度时对水的损害高度敏感。水的临界温度为 $374^\circ C$,在该温度以上,无论压力如何,气体不能再液化。将分子筛与含水蒸汽的气体在高于水临界温度下接触,可有效防止活化 SAPO-34 分子筛损失催化活性。为防止金属铝磷酸盐分子筛,尤其是 SAPO 分子筛由于与含水的气体接触而损失催化活性,Exxon Mobil 公司^[9]发明了分子筛被钝化之前,使活化分子筛在有效保持 90% 催化活性的温度和水蒸汽分压下与含水蒸汽的气体接触一定时间,有利于保持分子筛催化剂的活性。该方法既适用于分子筛,也适用于成型催化剂。当活化分子筛在低于水的临界温度,如大约 $180^\circ C \sim 260^\circ C$ 的温度下与含有水蒸汽的气体环境接触或保持在具有水的环境中时,通过控制接触气体或环境的水分压(气

体相对水压在 0.0001 ~ 0.1),使处于该环境的活化分子筛具有不高于 0.5wt% ~ 1.25wt%(以活化分子筛的干重为基准计)的水含量,可以有效抑制催化剂的钝化失活。该专利提出了催化剂活性指数(CAI:水蒸汽处理后催化剂的催化活性与最高催化活性的比值)与含水气体接触时间、水分压及接触温度之间的关系。温度越高、相对水分压越低,催化剂失活速率越慢。当气体中水蒸汽的相对分压较高时,可通过缩短接触时间或提高接触温度抑制催化剂失活。

3 结论

甲醇制烯烃技术的核心是分子筛催化剂的开发,催化剂是掌握和开发甲醇制烯烃成套技术的关键,催化剂的性质和性能将主要决定着甲醇制烯烃技术的发展方向。MTO 催化剂研究重点主要集中在分子筛的合成、成型催化剂的制备研究。对催化剂存储、运输过程中催化剂活性保护研究较少。

催化剂生产-使用链的任何一个环节的环境和条件都会对催化剂性能产生影响,催化剂活性的保护研究十分必要。为防止分子筛和成型催化剂在制备、运输、存储和使用过程中水或湿气进入或保留在分子筛孔道内,引起催化活性损失,Exxon 公司专利公开了一系列保护 SAPO-34 分子筛及含有该分子筛的成型催化剂活性的方法,如保留分子筛孔道内的模板剂、用含碳材料或非水条件下用气体、液体或固体覆盖在催化剂活性位、 NH_3 和醛类保护以及在水蒸

气条件下保持分子筛催化活性,从而为 MTO 催化剂生产、存储、运输、开停车催化剂处理提供了宝贵的参考依据。

参考文献

- [1] M Briend, R Vomscheid, M J Peltre, P P Man, D Barthomeuf. Influence of the Choice of the Template on the Short- and Long-Term Stability of SAPO-34 Zeolite[P]. J.Phys.Chem. 1995, 99:8270-8276.
- [2] Mees. Improvement of the hydrothermal stability of SAPO-34. Chem. Commun, 2003, (1):44-45
- [3] B. Parltz, U. Lohse, E. Schreier. Hydrolysis of P-O-Al bonds in AlPO_4 and SAPO molecular sieves [P]. Microporous Materials, 1994 (2): 223-228.
- [4] 埃克森化学专利公司. 硅铝磷酸盐分子筛催化活性的保护[P]. CN 1493403A, 2004, 5, 5.
- [5] 埃克森化学专利公司. 保持 SAPO 分子筛中的酸催化剂部位[P]. CN 1171678C, 2004, 10, 20.
- [6] Exxon Mobil Chemical Patents. Method of protecting SAPO Molecular sieve from loss of catalytic activity[P]. US 6897179B2, 2005, 5, 24.
- [7] 埃克森化学专利公司. 酸催化剂的稳定方法 [P]. CN 1617841A, 2005, 5, 18.
- [8] Exxon Mobil Chemical Company. Protecting catalytic sites of activated porous molecular sieves[P]. US 20060224032 A1.
- [9] 埃克森化学专利公司. 在水蒸汽条件下保持分子筛催化活性[P]. CN 1826178A, 2006, 8, 30.

作者简介:邢爱华(1970-),女,博士,高级工程师。主要从事催化剂和反应开发、分离过程模拟、生物质资源生态高值化利用等领域研究,现供职于中国神华煤制油化工有限公司北京研究院。

The Protection for SAPO-34 Molecular Sieve Catalyst

XING Aihua XUE Yunpeng ZHU Weiping YUE Guo

(China Shenhua Coal to Liquid and Chemical Beijing Research Institute, Beijing 100011, China)

Abstract: The activated SAPO-34 molecular sieve after calcination is highly sensitive to water below the critical temperature. The crystallinity and the catalytic activity of SAPO-34 molecular sieve decreased quickly while its exposure to water. The reservation of template, the coverage of active sites with carbonaceous materials, gas and liquid under non-water condition, polymer solid coating on the external surface, NH_3 aldehyde or steam protection of SAPO-34 are effective methods for keeping the activity for SAPO-34 molecular sieve catalyst and forming catalyst.

Key words: SAPO-34 molecular sieve; Forming catalyst; Activity; Protection; Carbonaceous material; Coverage

(收稿日期:2010-11-13 责任编辑:马小军)

焦炭塔整体热处理的质量控制

王志敏

(神华宁煤集团煤炭化学工业分公司, 灵武 750411)

摘要: 介绍焦炭塔热处理的目的、方法及热处理过程中存在的难点问题及防范措施等。

关键词: 焦炭塔 燃油热处理 工艺 电加热

中图分类号: TQ524

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-078-03

240 × 10⁴t/a 延迟焦化装置焦炭塔(位号 1204-C-101A/B/C/D)共 4 台,单台焦炭塔设备重量 301373kg,主要材质为 14Cr1MoR,设备规格为 φ9800mm × 37007mm,壁厚由 30mm 过渡到 46mm,以该设备为例,针对其材质和结构特点以及对 Cr-Mo 钢设备的制造经验,分析讨论焦炭塔热处理的质量控制。

1 热处理的目的

(1) 通过热处理消除壳体组装和焊接时产生的残余应力,减缓介质对母材和焊缝的应力腐蚀。

(2) 改善焊缝接头、热影响区的金相组织和性能,达到降低硬度、提高塑形和韧性的目的。

(3) 进一步释放焊缝中的有害气体,防止焊缝氢脆以及裂纹的产生。

(4) 焦炭塔的工作特点是承受忽高忽低的温度和载荷的周期变化,极易造成塔体的变形,通过热处理能够稳定焦炭塔的几何尺寸,提高设备的使用寿命。

2 热处理方法

2.1 整体热处理方法

焦炭塔总重量 301373kg,如采用电加热法将需要高达 4000kVA 以上用电量,施工现场根本无法满足,因此只能采用耗电量低的内燃法;焦炭塔筒体上没有任何开孔,只有在上封头顶部以及下锥体底部有两个法兰口,无法采用火焰柔和的燃气法分层供热,只能采用具有刚性火焰的燃油法由底部进行供热。通过研究讨论,确定焦炭塔整体热处理施工方法采用“内燃法”,使用一台燃油燃烧器自锥体底部向上进行整体热处理施工。

以焦炭塔内部为炉膛,采用 -10# 轻柴油(随气温选用轻柴油的标号)为燃料,焦炭塔外部用保温材料进行绝热保温,通过鼓风机送风和喷嘴将燃料油喷

入并雾化,由电子点火器点燃,随着燃油不断燃烧产生的高温气体在塔体内壁对流传导和火焰热辐射作用,使塔体升温到热处理所需的温度,在塔体的出焦口设置燃烧器过渡法兰接口,将燃烧器和过渡法兰接口相连,燃烧器将产生高速油气流,高速风机提供助燃的空气,有电子点火装置引燃油气流注入塔体内腔,经充分燃烧产生灼热高速旋转的热气流,在塔体内经过对流传导,达到塔体均匀加热的目的,从而确保加热工艺的可靠;同时采用履带式电加热器,电脑温控仪通过调节自动控制电加热器的输出功率,对裙座焊缝进行和塔体相同的热处理工艺,还可使裙座和塔体同步膨胀、同步收缩,从而防止裙座焊缝受弯曲力和剪切力而可能导致的开裂,以保证热处理施工的安全进行。

2.2 热处理现场工艺系统

此次热处理施工由燃油、供油、温度测量和型态测量系统组成。

3 焦炭塔热处理的技术难点

(1) 焦炭塔的高度与直径比过大,热处理工艺不容易实现。焦炭塔塔高 37007mm,直径为 φ9800mm,高度与直径比为 3.8:1,燃烧点在最底部,热处理时塔体上下温差不容易控制,如果导流设计不合理,可能会导致塔内温差过大,无法满足设备的热处理工艺要求,在恒温阶段无法满足较小的温差要求(见图 1)。



图 1 焦炭塔设备现场

(2)焦炭塔母材材质为 14Cr1MoR, 钢材 14Cr1MoR 是一种新材料, 可焊性较差, 易产生再热裂纹, 且没有热处理经验可以借鉴, 此钢种的再热裂纹敏感温度区间为 $500^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$, 在此区间, 如升降温速度过低, 将会导致再热裂纹的产生, 因此对热处理工艺中降温 and 升温工艺的制定显得尤为重要。

(3)特殊的大角焊缝。焦炭塔与锥体连接的裙座翻边采用 R23 技术轧制而成, 其焊缝宽度大、厚度厚, 俗称“大角焊缝”。大角焊缝由于壁厚过厚, 依靠内部柴油燃烧释放的热量很难达到要求的热处理温度, 其热处理工艺很难与焦炭塔塔体温度同步, 从而影响热处理质量。

(4)易变形的焦炭塔下锥体法兰口。焦炭塔下锥体下段是在制造厂家进行热处理后加工而成, 其双曲面仍存在较大应力。下锥体下段法兰处隔热措施控制的好坏非常重要, 如在焦炭塔热处理过程中受热过高, 将导致应力二次释放, 从而引起法兰口水平度或椭圆度变形。如果法兰口一旦变形, 就意味着与法兰相连的自动顶盖机无法密封严密, 导致物料泄漏, 引发火灾等安全事故, 将严重影响设备整体制造质量。

4 质量目标和防范措施

4.1 质量目标

按照设备制造的要求, 为确保焦炭塔整体热处理施工完成后满足设计要求, 必须满足热处理工艺要求恒温温差 $\leq 28^{\circ}\text{C}$, 锥口下段法兰口变形量 $\leq 1\text{mm}$; 焦炭塔整体热处理后无再生热裂纹。

4.2 防范措施

(1)设计合理的导流装置。在焦炭塔内部设置两层导流装置, 底部导流装置对纵向向上火焰流进行导流, 以促进热气对焦炭塔筒体底部特别是大角焊缝及厚壁筒体的供热; 上部对纵向向上导流装置上的热气流进行导流, 有效促进热气流沿塔壁流动, 从而达到促进塔内部温度均匀的目的(见图 2)。

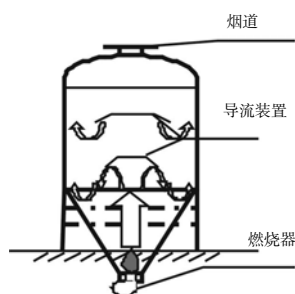


图2 倒流装置示意图

(2)在大角焊缝外侧采用履带式电加热器, 对裙座 14Cr1MoR 焊缝实施和塔体相同的热处理工艺, 还可使裙座和塔体同步膨胀、同步收缩, 从而防止裙座 14Cr1MoR 焊缝受弯曲力和剪切力而可能导致的开裂, 以保证热处理施工的安全进行(见图 3)。



图3 电加热处理现场

(3)对焦炭塔的下锥口段进行有效隔热。自下锥的法兰口起, 设置隔热导流筒, 导流筒的设置能够有效减少燃烧火焰对锥口底部的供热。焦炭塔整体热处理前, 在下锥口双曲面处设置测温点以监测温度; 热处理过程中由专人使用表面测温仪对下锥口的温度进行监测。另外, 在热处理前, 对各法兰口的水平度及椭圆度进行了测量, 以便与热处理后的法兰口水平度及椭圆度测量值进行有效比对(见图 4)。

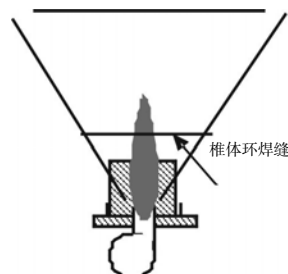


图4 导流筒示意图

(4)设计合理的热处理工艺。针对焦炭塔材质 14Cr1MoR 易产生再热裂纹这一特点, 经查阅相关资料, 并向专家请教, 最终制定了以快速通过热敏区为原则的热敏区升降温工艺如下:

升温至 $500^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 热敏区时, 升温速度 $\geq 60^{\circ}\text{C/h}$; 降温至 $500^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 热敏区时, 降温速度 $\geq 30^{\circ}\text{C/h}$ 。针对焦炭塔保温好、降温速度慢的特点, 降温时, 在热敏区范围内, 适当向塔内送风以提高降温速度。

5 效果检查

5.1 热处理工艺参数检查

4 台焦炭塔整体热处理工艺参数见下表, 焦炭塔整

体热处理工艺均满足要求,恒温温差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$,实现了设定的“恒温温差 $\leq 28^{\circ}\text{C}$ ”质量目标,见表 1。此外,焦炭塔整体热处理后,对所有焊缝硬度联合检测,所有焊缝硬度均小于 225HB;产品试板的各项力学性能参数也均满足要求,证明焦炭塔整体热处理质量优良。

表 1 热处理工艺参数表

焦炭塔位号	热处理参数	起始温度 ($^{\circ}\text{C}$)	升温速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$)	恒温温度 ($^{\circ}\text{C}$)	恒温温差 ($^{\circ}\text{C}$)	恒温时间 (min)	冷却速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$)
/	要求	350	≤ 108	676 ~ 704	28	180	≤ 141
1204-C-101A	实际	350	55 ~ 67	685 ~ 702	17	180	31 ~ 42
1204-C-101B	实际	350	57 ~ 69	686 ~ 703	17	180	33 ~ 43
1204-C-101C	实际	350	56 ~ 68	685 ~ 703	18	180	32 ~ 44
1204-C-101D	实际	350	54 ~ 70	684 ~ 704	20	180	35 ~ 46

5.2 下锥法兰口变形量检查

焦炭塔热处理结束后,对下锥一法兰口水平度和椭圆度进行测量,经测量,4 台焦炭塔法兰口的水平度和椭圆度与热处理前数据相对比,变形量为 0,证明法兰口在焦炭塔整体热处理过程中未发生任何变形,达到了“下锥一法兰口变形量 $\leq 1\text{mm}$ ”的目标值。

5.3 再热裂纹检查

焦炭塔整体热处理结束后,进行了再热裂纹检

查,未发现任何裂纹,达到了“焦炭塔整体热处理后无再热裂纹”的设定目标。

6 结论

采用内燃法加热加热辅助法对焦炭塔热成型的主体材料整体热处理后,对其产品焊接试板进行机械性能和化学成分分析试验,试验结果完全满足设计要求。该热处理的成功应用,对今后石油化工和煤化工行业的储罐式压力容器的现场热处理打下良好的基础,对现代化工业生产中保证工程施工质量,降低各类消耗、提高经济效益具有积极的作用。

参考文献

- [1] 固定式压力容器安全技术监察规程[S]. 国家质量监督检验检疫总局,2009.
- [2] GB150 钢制压力容器[S]. 国家技术监督局,1998.
- [3] JB/T4709 钢制压力容器焊接规程[S]. 国家机械工业局,2000.
- [4] SH3254-1999 石油化工钢制塔、容器现场组焊工艺标准[S]. 中国标准出版社,2004.
- [5] 马永杰.热处理工艺方法 600 种[S]. 化学工业出版社,2008.

作者简介:王志敏(1968-),机械工程师,毕业于西安矿业学院机械工程系,现任神华宁煤集团煤炭化学工业分公司安装检修公司副经理。

The Quality Control of the Integer Heat Treatment of Coke Tower

WANG Zhimin

(Coal Chemical Industry Branch of Ningmei Group of Shenhua Industry Group, Lingwu, 750411)

Abstract: The article introduces the purpose, methods of coke tower heat treatment and difficulties and preventions during the heat treatment procession.

Key Words: Coke Tower; Fuel heat treatment; Technique; Electric heating

(收稿日期:2010-11-20)

责任编辑:杨 静)

(上接第 56 页)

The Application of Far Infrared Temperature Measuring Technique in Substation

ZHANG Jinlong TANG Peixin

(Water & Power Branch of Yinbei Mining Area of Cooling Group of Ningxia, Shenhua Industry Group, Ningxia, Dawukou, 753000)

Abstract: In power system, due to the heating defects of electrical installations, accidents frequently happened to cause great loses to electronic network therefore leaving a bad impact on the stable operations of the electronic network. The application of the far infrared temperature measuring technique shall discover the thermal defects, especially the inner defects of the electronic installations, eliminate problems and avoid power system accidents. The article had a general view on the basic principle, technique character, analysis & judgment methods and points of attentions of the electronic far infrared temperature measuring technique

Key Words: Electrical installations; Far infrared temperature measuring technique; Measures temperatures; Thermal defects

(收稿日期:2010-11-12)

责任编辑:刘云仿)

轮径差对机车车轮偏磨的影响

谢彦飞¹ 丁军君²

(1.神华神朔铁路分公司机务段,陕西 神木,719316;2.西南交通大学机车车辆工程系,四川 成都,610031)

摘 要: 对运行在神朔线上的SS_{4B}和SS₄改电力机车进行现场检修过程中发现机车轮对经常会出现偏磨严重现象,初步分析同一轮对左右轮的轮径差是造成其偏磨严重的重要原因。对具有轮径差的轮对进行平衡位置分析,并以SS₄型机车为例,利用SIMPACK软件建立机车系统动力学模型,计算轮径差对轮对横移量、冲角、蠕滑率和蠕滑力的影响,最后分析同一轴左、右轮的磨耗功率。计算结果表明:当同一轴的车轮具有轮径差时,车轴会产生横移量和冲角以达到受力平衡,轮径差越大,横移量和冲角越大;轮径差是车轮出现偏磨的重要原因,轮径差越大,左、右轮的磨耗功率相差越大,即偏磨越严重。

关键词: 轮径差 车轮偏磨 机车系统动力学 磨耗功率
中图分类号: U26 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8492(2010)06-081-04

神华集团神朔铁路是中国西煤东运的重要通道,担负着集团公司每年近2亿t煤炭的外运任务,责任十分重大。在现有机车数量不增加的情况下,要确保运输任务的完成,机车的运用可靠性就显得格外重要。

神朔铁路分公司机务段在现场检修过程中常发现部分车轮存在严重的偏磨现象,具体表现为一侧车轮轮缘磨耗严重,而另一侧车轮轮缘磨耗轻微或无磨耗,如图1所示。



图1 磨耗后机车车轮型面

表1为2010年8月至9月间统计的在神朔线上运行的几台机车车轮直径和轮缘厚度数据。可见:在机车运行过程中,同一轮对左右车轮的直径差值最大达到6.6mm,同一轮对左右车轮轮缘厚度差值最大达到6.9mm,表明车轮出现了严重的偏磨。车轮的偏磨不仅给机车的安全运行带来隐患,也直接影响到机车运用效率,许多机车轮对不得不提前进行镟修,降低了轮对的使用寿命。

表1 机车车轮直径和轮缘厚度实测数据

机车号及轴位	车轮直径/mm		轮缘厚度/mm		机车号及轴位	车轮直径/mm		轮缘厚度/mm	
	左轮	右轮	左轮	右轮		左轮	右轮	左轮	右轮
15 [#] B2	1213.4	1217.2	29.8	32.9	16 [#] B1	1226.6	1227.0	28.5	30.1
16 [#] A4	1226.8	1226.6	31.7	29.2	125 [#] B2	1253.0	1248.2	32.4	29.6
200 [#] B1	1247.2	1247.6	31.3	32.6	659 [#] A3	1250.0	1248.0	32.8	29.3
659 [#] A4	1249.4	1246.0	32.0	28.2	1102 [#] B3	1218.4	1213.0	32.5	26.4
1102 [#] B4	1216.2	1209.6	32.8	25.9	1101 [#] B3	1218.2	1216.6	31	29.9

机车通过较小半径的曲线时,同一轮对外侧车轮的磨耗较内侧车轮严重,但是机车在现场运用过程中同一轮对上的车轮处于曲线上内外侧的机会是近乎相等的,因此曲线是造成轮缘磨耗的重要原因,但不是单侧车轮严重偏磨的主要原因。由于轮对制造和检修过程中存在误差,同一轮对左右车轮的半径不完全相同,初步认为轮径差是造成机车车轮偏磨的主要原因之一。以下将分析轮径差对车轮磨耗行为的影响。

1 轮径差对轮对平衡位置的影响

由于同一轮对存在轮径差,因此在蠕滑力和轮对重力作用下,轮对必然偏离原来的位置以达到新的平衡位置。当轮对具有初始轮径差时,轮对处于不平衡位置。当轮对达到一个新的平衡位置时,必须在

该位置满足以下受力平衡方程:

$$F_{sx} + F_{cx} + F_{lx} = 0 \quad (1)$$

$$F_{sy} + F_{cy} + F_g + F_{ly} = 0 \quad (2)$$

$$M_{sx} + M_{sy} + M_{cx} + M_{cy} + M_g + M_l = 0 \quad (3)$$

式中: F_{sx}, F_{sy} 为一系纵向和横向悬挂力; F_{cx}, F_{cy} 为轮对纵向和横向蠕滑力; F_g 为重力复原力; M_{sx}, M_{sy} 为一系悬挂力形成的轮对摇头偏转力矩; M_{cx}, M_{cy} 为轮对蠕滑力形成的轮对摇头偏转力矩; M_g 为重力角刚度产生的复原力矩; F_{lx}, F_{ly} 为惯性力在 x, y 方向的分量; M_l 为惯性力矩。

以 JM3 型车轮踏面和 60kg/m 级钢轨型面为例分析轮径差对轮对平衡位置的影响。通过轮对受力分析表明: 轮对具有轮径差时, 从初始的平衡位置到达新的平衡位置后会产生一个轮对横移量 y 和冲角 w , 以达到轮对受力平衡, 如图 2 所示。不同轮径差下轮对横移量和冲角如图 3 和图 4 所示。结果表明: 轮对处于新的平衡位置时的横移量和冲角均随轮径差的增大而增大, 轮径差为 0.4mm 时, 轮对处于平衡位置时的横移量为 0.61mm, 冲角为 7×10^{-6} rad; 轮径差为 2.4mm 时, 轮对横移量为 3.39mm, 冲角为 59×10^{-6} rad。

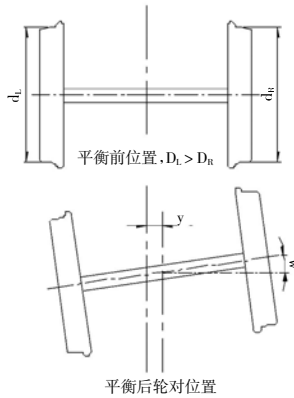


图 2 轮对平衡后的位置

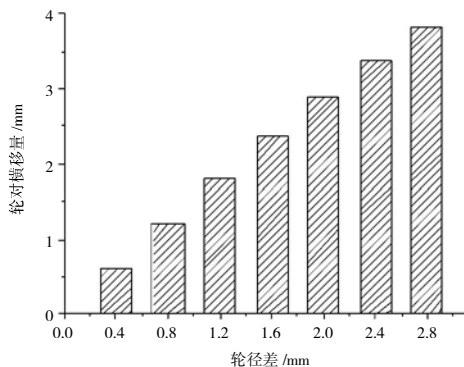


图 3 平衡后轮对横移量与轮径差的关系

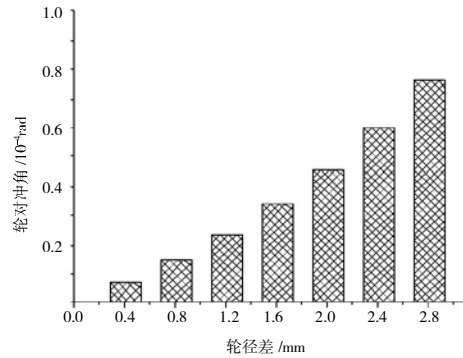


图 4 平衡后轮对冲角与轮径差的关系

2 轮径差对机车动力学性能的影响

轮径差使轮对的平衡位置发生改变, 必然会影响机车运行时的动力学行为, 其中包括轮对横移量、轮对冲角、轮轨蠕滑率和蠕滑力。以 SS₄ 改型机车为例, 在多刚体动力学软件 SIMPACK 中建立机车系统动力学模型分析轮径差对机车动力学行为的影响, 如图 5 所示。在对机车进行动力学计算时, 不考虑机车与车辆间的相互影响, 将单节机车作为研究对象, 在建立动力学模型时假设车体、构架、轮对均为刚体, 车体和转向架结构对称, 忽略钢轨的弹性变形。为确保计算的精度, 考虑了包括轮轨接触几何关系、蠕滑特性以及悬挂特性等非线性因素。采用 JM3 型踏面和 60kg/m 钢轨相匹配, 同时采用最常用的 Kalker 简化非线性滚动接触理论求解蠕滑率和蠕滑力, 可以在计算速度和精度方面得到较好的统一。

机车系统动力学方程可以用以下矩阵形式表示:

$$[M] \begin{Bmatrix} \ddot{x} \end{Bmatrix} + G(x, \dot{x}) = 0 \quad (4)$$

式中: $[M]$ 为质量矩阵; $G(x, \dot{x})$ 为非线性悬挂力; $\begin{Bmatrix} \ddot{x} \end{Bmatrix}$ 为状态向量。

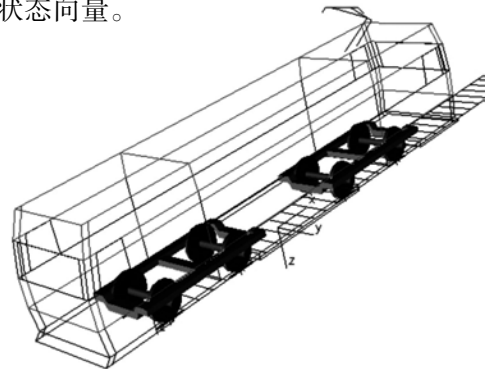


图 5 机车系统动力学模型

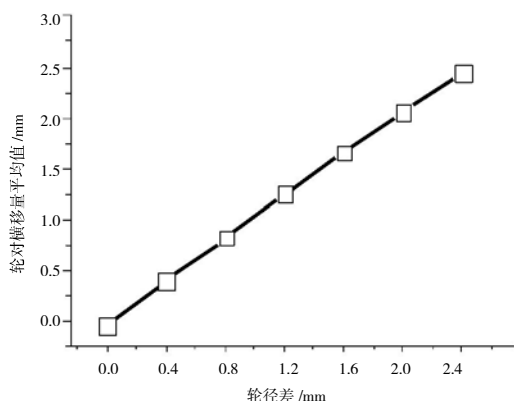


图6 轮径差对轮对横移量平均值的影响

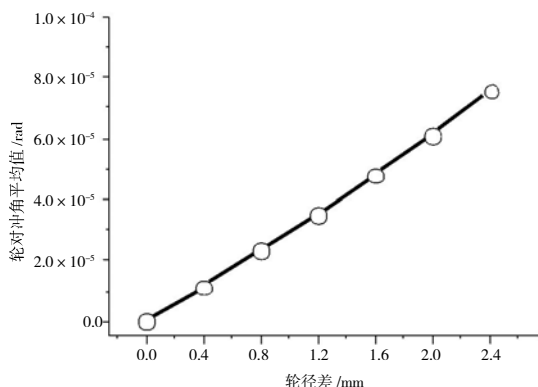


图7 轮径差对轮对冲角平均值的影响

轮径差对轮对横移量和冲角平均值的影响如图6和图7所示,可见:轮对横移量和冲角的平均值均随着轮径差的增大而增大;轮径差为0mm时轮对横移量和冲角的平均值分别为-0.046mm和 2.058×10^{-7} rad,轮径差为2mm时轮对横移量和冲角的平均值分别为2.057mm和 6.089×10^{-5} rad。

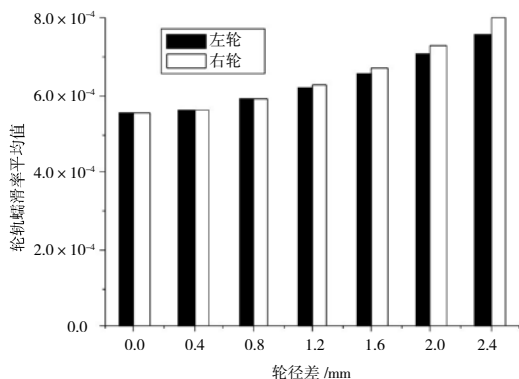


图8 轮径差对轮轨蠕滑率平均值的影响

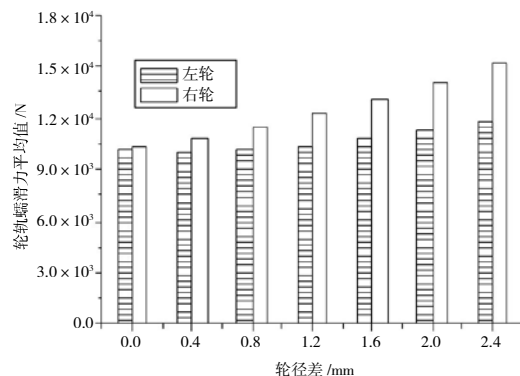


图9 轮径差对轮轨蠕滑力平均值的影响

国外研究结果表明:轮轨之间的蠕滑作用是引起轮轨磨耗的主要原因,蠕滑作用的两个重要参数是蠕滑率和蠕滑力,蠕滑率的定义为^[2]:

$$\begin{aligned} \gamma_x &= \frac{\text{车轮的实际前进速度} - \text{纯滚动时的前进速度}}{\text{由车轮纯滚动产生的前进速度}} \\ \gamma_y &= \frac{\text{车轮的实际横向速度} - \text{纯滚动时的横向速度}}{\text{由车轮纯滚动产生的前进速度}} \end{aligned} \quad (5)$$

式中: γ_x 为纵向蠕滑率; γ_y 为横向蠕滑率。

蠕滑力是由相互接触的车轮和钢轨在其接触斑内的应变不同产生的,包括纵向蠕滑力和横向蠕滑力。

轮径差对轮轨蠕滑率和蠕滑力平均值的影响如图8和图9所示,可见:同一车轴上左、右轮的轮轨蠕滑率均随着轮径差的增大而增大,右侧车轮的轮轨蠕滑力随轮径差的增大而明显增大,而左侧车轮的蠕滑力变化不大;左、右轮上的蠕滑率和蠕滑力差值随着轮径差的增大而增大,轮径差为0mm时,左、右轮上的蠕滑率平均值分别为 5.518×10^{-4} 和 5.515×10^{-4} ,相差0.05%,左、右轮上的蠕滑力平均值分别为 1.01×10^4 N和 1.03×10^4 N,相差1.98%,轮径差为2mm时左右轮上的蠕滑率平均值分别为 7.05×10^{-4} 和 7.28×10^{-4} ,相差32.6%,左、右轮上的蠕滑力平均值分别为 1.125×10^4 N和 1.412×10^4 N,相差25.5%。

3 轮径差对车轮磨耗的影响

同一车轴上左、右车轮的磨耗功率随轮径差大小的变化如图10所示。结果表明:随着轮径差的增大,左侧车轮和右侧车轮的磨耗功率明显增大;轮径差越大,左、右轮的磨耗功率差值越大,半径差为0mm时,左轮磨耗功率为153.3 Nm/s,右轮磨耗功率

为 154.6 Nm/s, 相差 0.85%, 半径差为 2 mm 时, 左、右轮的磨耗功率分别为 210.4 和 236.8 Nm/s, 相差 12.5%, 因此轮径差将会导致车轮出现偏磨现象。轮对初始轮径差与机车车轮偏磨的关系如图 11 所示, 可见: 轮径差会导致车轮产生偏磨, 而车轮的偏磨会使轮径差不断增大, 最终使车轮的偏磨行为更加严重, 因此对车轮刚开始运用时的轮径差应该进行严格控制。

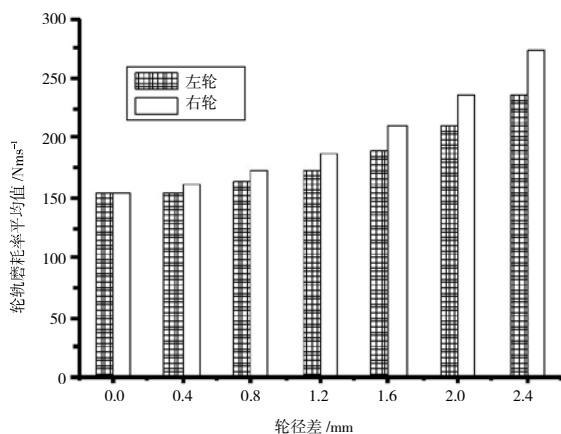


图 10 轮径差对左右车轮磨耗功率的影响

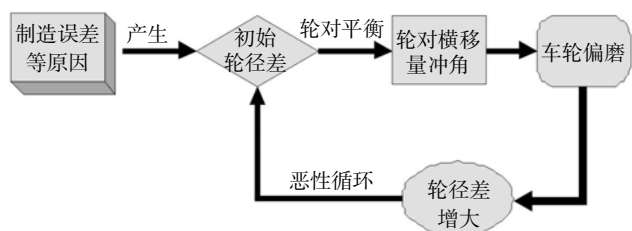


图 11 轮径差与车轮偏磨的逻辑关系

4 结论

通过以上分析, 可得到以下结论:

(1) 有轮径差的轮对到达新的平衡位置后会产生一个轮对横移量和冲角, 且随着轮径差的增大而增大。

(2) 利用机车系统动力学模型分析轮径差对机车动力学行为的影响, 结果表明轮对横移量、冲角、轮轨蠕滑率和蠕滑力均随着轮径差的增大而增大。

(3) 同一车轴上左、右车轮的磨耗功率差值随轮径差增大而增大, 从而导致车轮出现严重的偏磨, 因此为了避免轮对出现严重的偏磨行为, 应当严格控制新造或者镟修后轮对的轮径差值, 同时对运用中的车轮加强监测, 及时发现轮径差值过大的轮对。

参考文献

- [1] 严隽耄, 傅茂海. 车辆工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.
- [2] 王福天. 车辆系统动力学[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1994.
- [3] 严隽耄, 翟婉明, 陈清, 傅茂海. 重载列车系统动力学[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003.
- [4] 张洪. 准高速客车转向架轮缘磨耗原因及改进措施[J]. 铁道车辆, 2000, 38(5): 8-11.
- [5] 贺兵一. 东风₄型机车轮径差与轮缘偏磨关系分析及解决偏磨方法[J]. 内燃机车, 1994, (6): 38-39.
- [6] 王志平. SS₇型电力机车轮缘偏磨问题的探讨[J]. 机车电传动, 2005(2): 70-72.

作者简介: 谢彦飞(1984-), 2008年毕业于西南交通大学, 现任职于神华集团神朔铁路分公司机务段。

Effect of Wheel Radius Difference on Partial Wear of Locomotive

XIE Yanfei¹ DING Junjun²

(1. Locomotive Depot, Shenshuo Branch Company of China Shenhua, Shenmu719316, Shanxi, China; 2. Department of Railway Vehicle Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu610031, Sichuan, China)

Abstract: Serious wheel partial wear were found in SS4B and SS4G electrical locomotive, which running on the Shenshuo railway, the initial conclusion is that the radius difference between left and right wheel made partial wear happened. The equilibrium position of wheelset which had radius difference was analyzed, and the SS4G electrical locomotive system dynamic model was built in SIMPACK MBS software and the effect of wheel radius difference on the lateral displacement, attack angle, creepage and creep force of wheelset were calculated, at last the wear powers of left and right wheel of the same wheelset were analyzed. The results indicate that when there was radius difference between left and right wheel, wheelset will have an initial lateral displacement and attack angle in order to make the force keep equilibrium, and with the increasing of wheel radius difference, the lateral displacement and attack angle become more larger; wheel radius difference is one of the most important factors which make wheel partial wear happen, and with the increasing of wheel radius difference, more larger, wear power difference between left and right wheel occurs, which would make the serious partial wear happen.

Keywords: Wheel radius difference; Wheel partial wear; Locomotive system dynamics; Wear power

(收稿日期: 2010-11-8)

责任编辑: 马小军)

基于激光扫描的无人堆料控制系统

董传博 李靖宇 李长安

(神华黄骅港务有限责任公司,河北 沧州, 061113)

摘要: 针对目前国内煤炭港口的堆料机操作一般都是采用人工操作的方式来实现,本文设计了一种基于激光扫描控制的方法来对堆料机进行操作,作业过程中可以实现无人职守。这种方法通过在黄骅港的成功运用,证明可以大大提高人机功效,节省操作人员。

关键词: 激光扫描 plc opc

中图分类号: U653.928.*5

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-085-03

1 项目实施的原因、必要性

国内包括黄骅港在内的煤炭码头的堆料机操作一般都是采用人工操作的方式来实现的,无法实行自动作业的原因主要是煤堆的轮廓识别和料位高度检测很难解决。堆料机具体工作流程如下:

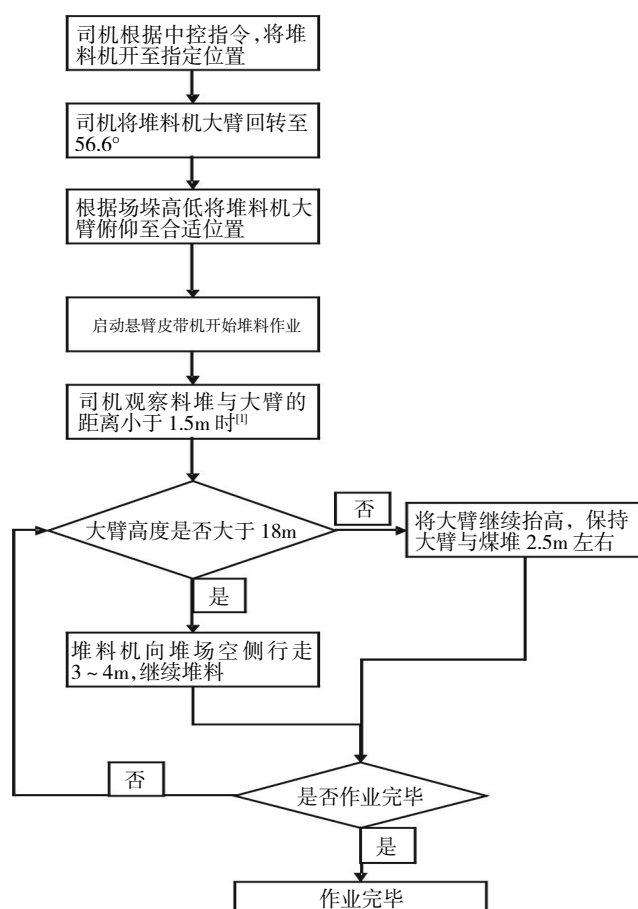


图1 堆料机手动操作框图

在上述的作业过程中,从开始作业到作业完毕,全部是通过堆料机司机在中控人员和翻车机人员的指令调度下手动完成的。虽然上述过程中的大部分动作都可以通过 plc 控制实现自动化,但其中^[1](观察料堆与大臂间的距离)却很难实现自动化,这项步骤对堆料机司机有很大的依赖性,也是造成煤炭港口的堆料作业一直为人工手动操作的最大原因。为了解决这个问题,目前各大港口曾经采用的检测技术有:悬挂式倾斜开关检测、超声波检测、红外线检测、单点式激光测距开关检测、微波雷达检测等,这些技术手段都存在很多缺点从而无法与 plc 配合实现真正意义上的无人堆料控制。

神华黄骅港务公司共有堆料机6台,正常的操作需要32名堆料机司机,工作环境恶劣,人工成本和管理成本较高,每年的人工及各种管理成本约为 $10 \times 32 = 320$ 万元。为达到减员增效,实现科技创新,我们在对各种检测技术比较的基础上,设计了一套基于激光扫描的无人堆料控制系统,具体介绍如下。

2 具体设计、实施方案

2.1 检测技术及产品选型

目前国内各大港口采用了多种检测技术,综合分析比较各种检测技术手段如下表。

下表的各种技术手段只能实现单点的距离测量;对煤堆的波峰没有判断能力,随大臂的升降需要实时调节检测位置;遇到取料后的残垛几乎没有检测能力;对料流没有识别能力,容易造成误信号;与 plc 无法实现双向通讯,无法实现对 plc 的精确控制。为解决这个难题,我们设计了一套激光扫描控制系

技术名称	技术特点	成本	检测效率
悬挂式倾斜开关	无法实现实时检测,为简单开关量输出,在大风时容易出现误信号	至少需要安装 6 个,共计造价约 2 万元	低下
超声波检测	对传输介质有较高的要求,遇到大风及雨雾天气极易造成信号丢失	至少需要安装 2 个,共计造价约 5 万元	低下
红外线检测	对日光的干扰无法避免,白天几乎无法正常工作	至少需要安装 2 个,共计造价约 5 万元	低下
单点式激光测距开关	对大块煤及潮湿煤折射率低于 5%,造成测距过短,并且遇到镜面反射时丢失信号	至少需要安装 2 个,共计造价约 5 万元	低下
微波雷达检测	内部计算电路延时过长,造成检测的实时性不高,对煤堆检测区域的外形要求较高,对斜坡或者起伏较大的煤型误差较大。另外对煤堆的波峰没有判断能力,随大臂的升降需要实时调节检测位置,对料流没有识别能力,容易造成误信号	至少需要安装 2 个,共计造价约 5 万元	低下

统,描述如下。

2.2 系统的组成

本系统由激光扫描仪、数据采集计算机、料堆检测控制软件、opc 服务器、工业 plc 组成。首先激光扫描仪对煤堆进行 270° 无死区扫描,第二步由料堆检测控制软件通过计算机的以太网接口与扫描仪进行通讯采集数据,第三步由料堆检测控制对扫描的数据进行解码、滤波、丢失补偿、空间坐标建模、画图等一系列处理,第四步由料堆检测控制软件通与 rsview opc 服务器通讯实现数据交换,第五步由 rsview opc 服务器通过计算机的 DH+ 网络接口与 plc 进行数据交换实现对堆料机进行俯仰、行走的控制,最终可以实现无人干预的全自动堆料作业。系统结构图如下。

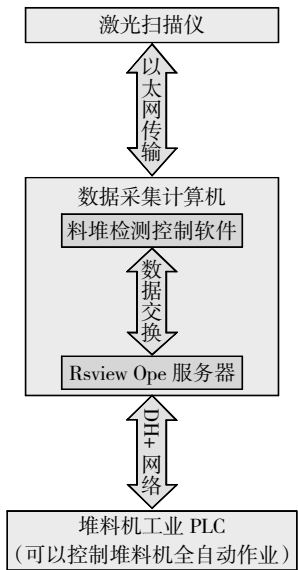


图 2 激光扫描系统原理图

2.3 硬件的安装

2.3.1 激光扫描仪安装

激光扫描仪的安装位置非常重要,必须可以保证堆料机大臂在任何俯仰角度都可以扫描到煤堆的波峰,从而可以检测大臂与煤堆之间的实时距离,精确的控制堆料作业。根据现场的工况分析,将扫描仪在堆料机大臂抛料滚筒的前上方安装,并且扫描方向垂直于抛料滚筒的轴线的位置,这样可以在堆料机作业时扫描悬臂皮带抛出的煤流和煤堆的波峰位置。安装示意图如下:

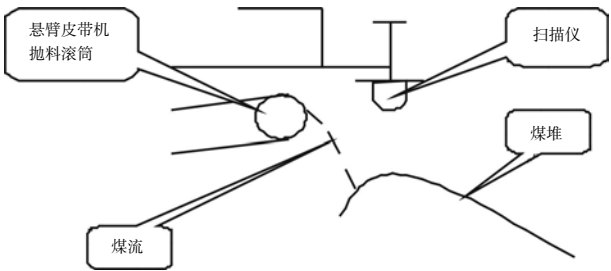


图 3 激光扫描仪安装图

2.3.2 数据采集计算机安装

由于现场工况比较恶劣,存在煤尘、震动等不利因素,所以需要配置专门的工业计算机,要求抗震、防尘、散热良好。具体安装位置可以放在司机室。

2.4 软件的设计

2.4.1 后台编程单元

2.4.1.1 扫描数据采集模块

将激光扫描仪的数据实时的读取。采用 winsock 技术进行 TCP/IP 编程,采用多线程技术可以实现后台运行。

2.4.1.2 plc 数据读取、发送模块

将堆料机的行走位置、回转角度、俯仰角度、溜筒高度、悬皮状态等数据进行实时读取。将煤堆的波峰数据、堆料机行走指令、堆料机抬臂指令发送给 plc 并进行控制。采用 OPC 规范的 C++ 定制接口编程实现对 plc 数据的读取,采用多线程技术可以实现后台运行。

2.4.1.3 扫描数据处理模块

将激光扫描仪的数据进行解码,提取空间坐标数据;将煤堆周围空间内的雪花、雨雾、煤尘干扰去除;将少量丢失的扫描数据进行补齐;将扫描数据转换为空间坐标。自动识别皮带机抛出的煤流;自动识

别煤堆波峰。此模块采用了中值滤波算法、极坐标转换算法、空间坐标二次求导等算法实现,采用多线程技术可以实现后天运行。

2.4.2 前台编程界面

2.4.2.1 画图模块

(1)功能:将实时扫描的煤堆二维曲线输出到计算机屏幕上。

(2)实现:采用 mfc 画图函数编程,画出坐标与曲线。

2.4.2.2 数据显示模块

(1)功能:将堆料机的数据和波峰的数据输出到计算机屏幕上。

(2)实现:采用 mfc 控件编程。

3 结论

激光扫描软件的效果图如下:

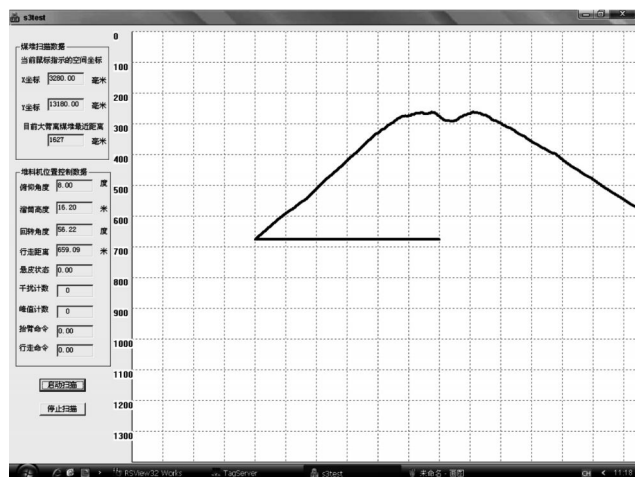


图 4 激光扫描控制软件

通过上述的硬件安装和软件编程,完全解决了其它检测手段的弊端,具体优点如下:

(1)对传输介质没有特别要求,可以忽略大风、大雾及常见雨雪天气的影响。

(2)对光照度没有要求,可实现白天和夜晚作业。

(3)可实现对料堆的 270° 二维扫描,无死区。

(4)实时性非常高,可以实时反映料堆情况。

(5)可识别料堆的波峰波谷,判断料堆的最高点。

(6)安装数量可以只需一个。

(7)可识别堆料过程中的料流,从而去除料流的干扰。

(8)对因环境因数丢失的个别点的坐标可以实现平滑过渡。

(9)对大暴雨造成的个别点的误信号可以实现中值滤波去除。

(10)可以根据料堆的情况实时控制 plc 进行堆料动作从而实现无人堆料。

通过在黄骅港一期堆料机的成功应用,证明该系统运行稳定可靠、检测精确灵敏、控制鲁棒性较高,可真正实现无人职守的堆料控制。

参考文献

- [1] H.M.Deitel, P.J.Detel. C++ 编程金典 [M].北京:清华大学出版社, 2002.
- [2] Karl Heinz Walter and Steffen Ballmann. Unmanned operation of conveying equipment in the fortuna stockpile [J]. Surface Mining 55 (2003).No.4/2003.

作者简介:董传博(1973-),工程师,1997年毕业于河北工业大学,工学硕士,现任神华黄骅港务有限责任公司卸车一部经理。

The Controlling System of People-free Composted Materials Based on Laser Scanning

DONG Chuanbo LI Jingyu LI Changan

(Huanghua Harbor Service Co., Ltd of Shenhua Industry Group, Hebei, Cangzhou, 061113)

Abstract: Stacker operations of Domestic coal port are generally achieved by way of manual operation, the paper design of a control method based on laser scanning to operate on the stacker, operating unattended process can be achieved by Huanghua stacker in the success of the use of machine that can greatly improve the efficiency, saving the operator. In this paper, the control system design and implementation of a detailed description.

Keywords: Laser scanning; Plc; Opc

(收稿日期:2010-11-14

责任编辑:马小军)

K_{18DF}型煤炭漏斗车底开门减速箱及风动卸车装置改造

张树国 苏子江

(神华准格尔能源有限公司大准铁路公司,内蒙古 准格尔旗,010300)

摘要: 对神华准格尔能源有限责任公司 50 辆自备 K_{18DF} 型煤炭漏斗车的现状进行综述,并介绍了底开门减速箱故障频发、风动卸车装置作用不良的原因,有针对性地提出了对该车辆进行改造的方法。

关键词: K_{18DF} 漏斗车 减速箱 改造

中图分类号: U272

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-088-03

1 概况

1994 年神华准格尔能源有限责任公司(以下简称公司)购置 K_{18DF} 型煤炭漏斗车 50 辆,主要用于公司发电厂电煤运输。截至 2009 年底已连续运行 15 年,由于使用时间较长,加之该型车在设计制造等方面存在缺陷,目前这 50 辆车因减速箱破损、离合器损坏、地板腐烂等问题故障率极高,严重影响行车安全。同时该型车辆的减速箱等配件已停产,给车辆的定期检修工作也造成很大困难。由于减速箱、离合器等底开门系统故障而发生的车辆临修,2007 年占该型车临修的 62.5%;2008 年占该型车临修的 62.5%;2009 年占该型车临修的 70%。2009 年,公司车辆段对这 50 辆 K_{18DF} 型车辆做段修时发现,有 21 辆车(占该型车总数的 42%)的减速箱底座腐蚀严重;另外还发现减速箱手轮转动轴轴承盖损坏特别厉害,已严重影响减速箱性能的正常发挥,直接威胁行车安全。常见故障见图 1、图 2。



图 1 手轮转动轴轴承盖螺栓损坏

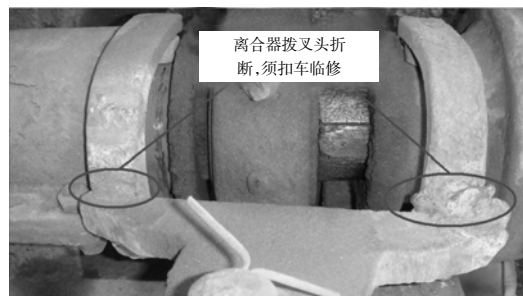


图 2 离合器拨叉头折断焊修

2 存在的主要问题

(1)公司在装车站均未开展车辆站修业务,对检车员发现减速箱及离合器故障的车辆无法在列车队内修理,只能进行甩(扣)车处理、回送车辆段做临修。这样不仅影响车站运输组织,如占用车站调车时间、耽误车辆周转等,还占用了车辆段修车库段修车台位,不仅降低台位有效利用率,还使正常修车计划不能按时完成。

(2)目前该型减速箱已停产,且车辆段库存配件已消耗殆尽,从长远考虑将不利于对 K_{18DF} 型车辆的维修保养。

(3)风动卸车系统采用双风管供风方式,增加了列检作业难度;卸车用五通塞门故障频发且无专用检修设备,多次因为管路漏风造成车辆运行过程中底开门自动开放的现象发生,影响正常运输安全。

(4)车辆端部布置的风动管路系统繁杂,且风管与地板距离很近,使堆积在车辆端部平台上的煤渣不便于清理,加之装车站喷洒的防冻液及雨、雪滴落在平台上,提升了煤渣的含水量,从而加速了地板的腐蚀。由于地板剩余厚度超过规定限度(甚至出现地板腐烂),已严重影响卸车人员的人生安全。

为了便于做好 K_{18DF} 型车辆的维修保养,确保行车安全,因此车辆段对公司自备 50 辆 K_{18DF} 型煤炭漏斗车的底开门减速箱及风动卸车装置进行改造,在拆除风动卸车装置的同时,将原减速箱更换为二级减速箱(公司管内 K_{18DA} 型车辆即装用该型减速箱),以从根本上解决 K_{18DF} 型车辆临修故障频发、影响运输组织的问题。图 3 为 K_{18DF} 型车辆底开门减速箱及风动卸车装置。



图 3 K_{18DF} 型车辆底开门减速箱及风动卸车装置

3 改造方案

3.1 更换底开门减速箱

内蒙古国华准格尔发电厂自备 59 辆 K_{18DA} 型煤炭漏斗车自 2001 年投运以来,一直由公司车辆段负责车辆的定期检修(段修、辅修)、临修及通过修。从近十年来对该型车辆的检修情况看,K_{18DA} 型车辆装用的二级减速箱使用性能相当稳定,很少发生故障,且在定检时的维修工作量也很小。

3.1.1 结构比较

K_{18DF} 型煤炭漏斗车的底开门减速箱为一级蜗轮蜗杆减速箱,传动比小,关闭底门时蜗轮蜗杆受力较大,因而对蜗轮蜗杆的磨损特别严重,同时也增大了开门所需的力偶距(即,开门费力)。K_{18DF} 型车辆的离合器由相互关联的两段组成,与减速箱联轴节的通断由离合器拨叉来控制,不仅结构复杂、维护难度大,而且性能不稳定,在开、关门时离合器与减速箱联轴节的啮合刚度较小,极易造成离合器、减速箱联轴节末端磨损、裂损,久而久之,将会影响离合器与减速箱联轴节的有效啮合量,从而导致不能开(关)门。图 4 为 K_{18DF} 型车辆用减速箱。

K_{18DA} 型煤炭漏斗车的底开门减速箱由蜗轮蜗杆(其传动比为 34)和一级减速齿轮副(其传动比为 2)集成为一个密闭的二级减速箱,传动比大,关闭底门



图 4 K_{18DF} 型车辆用减速箱

异常轻便灵活(手动关门力矩不大于 $45\text{N}\cdot\text{m}$)。K_{18DA} 型车辆没有离合器,上部传动轴末端与减速箱联轴节直接相连,二者处于“相对常啮合”状态(见图 5),利用齿间“空行程”来调节上部传动轴末端与减速箱联轴节的啮合方位,从而实现控制开(关)门。由于上部传动轴与减速箱联轴节处于相对刚性的环境,既增加了上部传动轴与减速箱联轴节的啮合刚度,又有效地减少了啮合部位的磨损,不仅结构简单、便于维护,而且性能稳定,使用可靠。图 5 为 K_{18DA} 型车辆用减速箱。



图 5 K_{18DA} 型车辆用减速箱

3.1.2 安装方式比较

K_{18DF} 型煤炭漏斗车的减速箱体积较大,为了确保上部传动轴与减速箱输出轴的同轴度,不得不将减速箱箱体下部坐入车辆端部地板以下(坐入量约为 $60\sim 100\text{mm}$),然后在地板上部采用角钢及螺栓将箱体与地板固定。由于箱体底部未能与地板直接固定,因而箱体与地板的定位刚度偏小,在使用过程中极易引起箱体晃动,进而使减速箱发生故障。图 6 为 K_{18DF} 型车辆用减速箱安装图。

K_{18DA} 型煤炭漏斗车的减速箱由于采用两级传动,因而减速箱体积相对较小,故而能将箱体底座与地板直接固定,既可保证上部传动轴与减速箱输出轴的同轴度,又增大了箱体与地板的定位刚度。

图 6 K_{18DF} 型车辆用减速箱安装图

因而在使用过程中箱体晃动的现象得到了遏制, 有效地降低了减速箱发生故障的机率, 极大地提高了减速箱使用的可靠性。图 7 为 K_{18DA} 型车辆用减速箱安装图。

图 7 K_{18DA} 型车辆用减速箱安装图

3.2 拆除风动卸车装置

由于风动卸车装置不能满足生产现场的实际工作需要, 无法发挥其应有的作用, 且此装置复杂的管路直接影响车辆端部地板的清理, 加快了地板的腐蚀速度, 故需对其进行拆除。

3.3 补强地板

K_{18DF} 型煤炭漏斗车车端地板为 6mm 防滑钢板, 通过金属测厚仪对车端地板进行测量, 对地板厚度不足 3mm 处进行截换。

3.4 加装底门开闭机构防误转动装置

K_{18DF} 型煤炭漏斗车底开门机构为二级闭锁设计,

理论上车门在无主动外力作用下不会发生开启的现象, 但大准铁路管内 K 型车还是出现过多次车门自动开启的情况, 经过反复论证, 车门开启的原因是多方面的, 有车辆自身的原因, 也有人为操作不当的原因, 无法通过简单的方法来杜绝此类现象的发生。

经过调查, 太原机车车辆厂研制出了 K 型车底门开闭机构防误转动装置, 经过反复试验论证后, 证明此装置可以直接用于 K_{18DF} 型煤炭漏斗车, 这样就可以完全避免车辆在运行途中出现车门开放而引起运输事故。图 8 为改造后的 K_{18DF} 型车辆现车图。

图 8 改造后的 K_{18DF} 型车辆现车图

4 结束语

K_{18DF} 型煤炭漏斗车改造后, 底开门系统的技术状态得到了极大改善。目前, 改造后的 K_{18DF} 型煤炭漏斗车没有出现底开门机构的临修故障, 运用状态良好。

公司 K_{18DF} 型煤炭漏斗车为抚矿厂 1994 年生产的车辆, 属于特定时期的产品, 很多部位与标准图纸都有差距, 甚至可以说每辆车都有不同的地方。这样的车辆已很难满足大负荷运量的要求, 只有适当对车辆进行改造才能更好地发挥它的剩余价值, 服务于运输生产。

作者简介: 张树国 (1970-), 高级工程师, 1992 年毕业于沈阳建筑工程学院, 现任神华准能大准铁路公司车辆段副段长 (兼总工程师)。

The K_{18DF} Coal Hopper Car Underneath the Door the Decelerator and Pneumatic Unloading Plant Modification

ZHANG Shuguo SU Zijiang

(Zhungeer Energy Co., Ltd of Shenhua Dazhun Railway Company, Inner Mongolia Zhungeer, 010300)

Abstract: Supplies for oneself the K_{18DF} coal hopper car's present situation to Zhungeer Energy Co., Ltd of Shenhua 50 coal hopper cars owned, and introduced the underneath the door the decelerator breakdown frequency to send, compressed-air driven unloads a vehicle the installment function bad reason, proposed target-oriented makes the transformation to this vehicles the method.

Key words: K_{18DF} hopper car; Decelerator; Transformation

(收稿日期: 2010-11-19)

责任编辑: 马小军)

宁海百万机组调试中的节能环保与技术创新

刘期飞

(浙江神华国华浙能发电有限公司,浙江 宁波,315612)

摘要: 从国内塔式炉首次采用等离子点火到低温 EDTA 化学清洗,再到大流量氧化皮冲洗技术等,本文结合宁海电厂二期工程百万机组调试实际,具体介绍了宁电二期工程百万超超临界机组在调试过程中的节能、环保与技术创新。本文通过实践证明了其可行性与安全性,还分析了宁电二期百万机组工程在调试过程中取得的社会、经济效益,因而对国内同类型机组的调试创新具有参考和借鉴意义。

关键词: 等离子点火 化学清洗 调试水泵 氧化皮

中图分类号: TM31

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-091-03

1 概述

当今,节能减排与技术创新已经成为国内各发电厂为之努力的方向。宁电二期工程建设两台 1000MW 超超临界汽轮发电机组,自立项以来,以打造机组寿命周期内综合效益最大化为目标,从机组调试开始,就加强机组节能、环保与创新工作的研究,并且成效显著。

宁海电厂二期工程建设两台 1000 MW 超超临界汽轮发电机组,锅炉为上海锅炉厂有限公司引进 Alstom Power Boiler GmbH 技术生产的超超临界变压运行直流塔式锅炉,锅炉型号:SG3091/27.56-M531。汽轮机组为上海汽轮机有限公司和德国 SIEMENS 公司联合设计制造的超超临界、一次中间再热、单轴、四缸四排汽、双背压、八级回热抽汽、反动凝汽式汽轮机。汽轮机型号:N1000-26.25/600/600(TC4F)。

2 宁海电厂调试过程中的节能措施

调试期现场情况复杂,节能工作往往难于开展。宁电二期工程事先理清思路,大力倡导节能减排,从调试做起。通过节油、节电等,积极实践各项节能措施,此举降低了基建投资,同时对机组以后的优化运行也具有指导作用。

2.1 百万机组塔式锅炉首次采用等离子点火

调试的要求越高,调试期内的燃料和电力等资源的消耗和排放量越大,对于两台百万级机组的项目,仅不产生电力的调试用燃料费的开支就要逾亿。以外高桥二期为例,在整个调试期内燃用的轻柴油量

就达 21000t,按目前的油价,其总值高达 1.4 亿^[1]。

为了有效降低燃料费用,宁海电厂首次在百万机组塔式锅炉采用等离子点火技术,此举大幅度降低了锅炉磨煤机点火能量对油枪的要求,取正常的锅炉首台磨煤机点火能量计算,采用等离子点火技术,本层三支及三支以上油枪即可满足点火能量要求。同时,等离子点火具有较好的低负荷稳燃作用,机组启动过程中,油枪可以提早退出,机组停运或者低负荷过程中,可以先采用等离子代替油枪稳燃。事实证明,绝大多数情况下,都可以满足稳定燃烧的要求。据初步估计,宁海电厂在百万机组塔式炉采用等离子点火,可以节约燃油用量 60%以上。

2.2 采用临时海水调试泵替代循环水泵供闭式冷却水

一般来说,闭式水换热器在调试过程中除了吹管及整套启动外,其海水冷却水需要量是很低的。按照宁海电厂二期工程原设计,就整个调试过程全过程需要启动循环水泵供应闭式水冷却水。

但单台循泵功率 5800kW,同时还需要将整个海水循环水系统投入,而且循环水泵的频繁起、停对设备相当不利。因此,宁海电厂在技术对比和技术分析的基础上,在调试阶段增加一台 132kW 的海水调试水泵。在 #5、#6 机整个调试过程中,除吹管及整套启动外,其余时间皆可启动循环水泵,只需要单台调试水泵即可以满足两台机组的所有其它调试过程。据估算,按每台机组调试时间 1000h 计,两台机组就可节电逾 1000 万 kWh。

2.3 优化调试流程,降低厂用电耗

宁电二期工程在调试过程中,集思广益,尽量保

证调试的节能与优化。在单体试转以及系统试投运阶段,保证调试质量的基础上,拒绝设备的随意起停。在设备单体试转过程中,尽量将如风机油站、磨煤机油站等一些小的设备同时试转或者配合大设备一起试转,这样避免了因某个风机油泵试转而把整个闭式水系统、凝补水系统转起来的情况,减少了不必要的损耗。在机组整套启动过程中,合理地将机侧和锅炉侧的工作分布在整个启动流程当中,将原本串联的工作改为并联运行,将一些检查性的工作提前,在保证机组启动操作的连贯性的同时,大幅度地降低了机组启动时间,从而大幅度降低调试过程中不必要的电耗。

同时,从冲管到带旁路清洗,以及每一次机组的整组启动,50%热负荷以下的时间都占到很大的比例,其中冲管的热负荷基本在 48% 以下。在此过程中,除有试验需要外,送、引风机尽可采用单侧运行,循环水泵单台运行,这也有利于减少厂用电的消耗。

3 宁海电厂调试过程中的环保措施

宁海电厂二期工程作为华东地区重要的环保电厂项目,从调试过程开始,就非常重视对周围环境的影响,积极采取了各项环保措施,有效的降低了环境的污染。

3.1 电除尘器的投入

一般来说,在机组启动阶段,基于不充分燃烧下的油烟粘性强,为防止其对电除尘极板的污染,纯燃油及煤油混烧阶段不允许投电除尘,从而增加了这一阶段的污染物排放。为了降低该阶段的油烟对电除尘极板的污染,采取对电场提前预热、连续振打等措施后,实现了在机组调试启动过程中投粉即投电除尘,减少对大气环境污染的目标。

3.2 脱硫脱硝同步调试、同步投运

宁海电厂二期工程同步建设有脱硫脱硝装备。脱硝装置采用选择性催化还原法(SCR),在 BMCR 工况下,考虑全负荷脱硝。脱硫装置采用先进成熟的石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺,脱硫效率不小于 95%。脱硫装置能够在锅炉最低稳燃负荷 30%~100%BMCR 负荷范围内的任意负荷点、烟气污染物浓度为最小值和最大值之间任何点运行。

从机组调试开始,宁电二期工程就将脱硫脱硝同步参与调试运行,机组整套启动,脱硫脱硝即同步参与机组投运,此举极大地降低了机组调试过程的 SO_2 和 NO_x 排放量。根据宁电二期工程烟气测量数据

显示: SO_2 排放 $34\text{mg}/\text{Nm}^3$, 烟尘排放 $13.9\text{g}/\text{Nm}^3$, NO_x 排放 $91\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。事实证明:脱硫、脱硝环保指标先进,达到国际同类型百万机组环保先进水平。

3.3 海水二次循环降低热污染

为避免温排水对周边海域的影响,宁电斥资 2.2 亿元建设了两个高 177.2m、淋水面积 13000m^2 的亚洲第一高海水冷却塔。其在全国首创的“海水二次循环”杜绝了温排水问题,避免了对近海水域的热污染。此前的国内海滨电厂均采用海洋取水使用后将热水直接排回海洋的直流供水方式,大量的“温排水效应”造成了近海严重的热污染,使鱼类等多种海洋生物的生存环境受到严重破坏。宁电二期工程大型海水冷却塔二次循环冷却技术,成功实现了“温排水”的“零排放”。

4 宁海电厂调试过程中的技术创新

相对于国内传统的化学清洗工艺,宁电二期工程提出并且采用了低温 EDTA 化学清洗工艺,取得了良好的效果。并且在参考借鉴国内同类型电厂的氧化皮防治情况的基础上,采用了大旁路大流量冲洗氧化皮(SPE)技术,事实证明,效果明显。

4.1 采用低温 EDTA 化学清洗工艺

由于传统 EDTA 清洗温度较高,需要在 $130^\circ\text{C} \sim 140^\circ\text{C}$ 下进行清洗,实际运用中存在许多难题,如腐蚀速率较高、加热困难、燃料成本高、清洗费用高及燃油加热导致分解等。目前,对于腐蚀速率高的问题采取专门的缓蚀剂能有所缓解,但是目前国内所用 EDTA 化学清洗缓蚀剂的缓蚀率仍然比较低,清洗液总铁含量较高时,金属腐蚀率会经常超标。要达到 EDTA 清洗工艺要求的温度,只通过蒸汽加热很难满足要求,通常需要点火加热才能满足需要。因此 EDTA 清洗时常用的升温方式是点火加热为主、蒸汽加热为辅。

国内的华能玉环电厂及国电北仑电厂均采用的是 EDTA 点火清洗的工艺,维持较高的清洗温度。宁电公司根据宁海电厂二期工程百万机组塔式炉的特点,在保证清洗质量和不增加清洗废液处理设施的前提下,提出 EDTA 低温清洗新工艺。清洗温度控制在 $80^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$,无需要点火条件,仅需临炉提供的辅气加热即可。利用一期过来的辅助蒸汽将 #2 高加、#5 低加临时加热投入,循环加热至温度 $90^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$,这样可以保证进入锅炉和高、低加系统酸液温度控制在 $80^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$ 。

采用低温 EDTA 化学清洗工艺,不需要启动送、

引风机等大型电气设备和油枪点火,节约了燃油、厂用电等消耗。同时化学酸洗的酸液和保护液全部由厂家进行回收处理,不增加电厂的处理难题和环境污染。并且,低温 EDTA 清洗可以不受风烟、燃油等相关系统条件的限制,可以大大缩短调试工期。低温 EDTA 清洗温度在饱和压力之下,系统可以不升压,可以降低防酸液泄漏等措施难度,增强了化学清洗过程中的安全性。

4.2 带旁路大流量冲洗氧化皮技术

通过近几年相关机组的运行情况和研究表明,超/超超临界机组氧化皮(SPE)的产生不可避免,如何防止氧化皮脱落造成锅炉受热面爆管和汽轮机叶片的损坏是氧化皮防治的两个重要工作。在机组整套启动以前,通过化学酸洗和锅炉吹管等技术可以有效清除很多的杂物和氧化物,但是清理不全面。

一般而言,化学清洗不包括主、再热蒸汽等管道,范围有限。对该部分的人工清理清除作用效果一般。就目前国内所采用的吹管技术而言,受冲管工艺和临时的管道材料所限,冲管时的主、再热汽温比额定运行温度低 $100^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$,而采用的压力更是远低于额定压力,以致系统内热加工所产生的氧化物难以被充分剥离并冲洗干净。

根据国内相关电厂经验,SPE 问题主要发生在机组启动初期。因此,宁海电厂在机组启动阶段采用大流量蒸汽对氧化皮进行冲洗,冲洗过程中,高、低压旁路全开,逐步提高主、再热参数尽量接近额定值,稳定冲洗一段时间后再降参数对机组冲转并网。根据实际情况表明,冲洗效果良好,宁海电厂 #5、#6 机组每次停机都从凝汽器内清理出 25kg 左右的氧化皮。同时,有利于硅等杂质的析出,汽水品质的快速提升。

4.3 给水泵自动并泵技术

给水控制一直是汽轮机控制的重点问题,而给

水泵手动并泵很容易出现给水流量波动,造成不必要的风险。宁海电厂二期在百万机组的给水调试过程当中,采用自动并泵程序。

在投入并泵子环前,单台给水泵运行,给水控制投入自动,备用给水泵转速控制投入遥控。一般来说,备用泵与运行泵出口母管压力相差 5MPa 左右就可以投入并泵子环。并泵子环投入后,备用泵自动以 100rm/min 的升速率提升转速,提高泵的出口压力。当泵的出口压力与母管压力之差少于 2MPa 时,联锁打开备用泵的出口门。为防止给水流量压力大幅度波动,升速率降为 50rm/min。当备用泵、运行泵的出口压力接近平衡,低于 0.1MPa 时,解除并泵子环,并将备用泵投入给水自动。

该自动并泵充分借鉴了以往的运行经验,采用了“拟人化控制”的设计思路,实现了百万机组给水的全过程自动控制,极大地降低了可能造成的给水流量、压力波动,提高了机组运行的可靠性。

5 结束语

宁海电厂二期工程在两台百万机组调试过程中,在节能、环保与技术创新方面做了许多积极有效的工作,取得了良好的经济效益和社会效益,同时对机组的安全运行具有积极意义。在当今百万机组成为国内的一种发展趋势的情况下,宁电二期工程的调试经验可作为今后国内同类型机组调试工作的参考和借鉴。

参考文献

- [1] 冯伟忠. 外高桥三期 1000MW 超超临界机组调试过程中节能减排与技术创新[J]. 华东电力, 2008, (6).

作者简介: 刘期飞(1982-), 助理工程师, 现就职于浙江神华国华浙能发电有限公司, 从事发电厂生产运行工作。

The Energy-saving Environmental Protection and Technology Innovation of the Commissioning in Ninghai Million Units

LIU Qifei

(Zhejiang Shenhua Guohua Zheneng Power Co.LTD, Ningbo, Zhejiang, 315612, China)

Abstract: From the first domestic million tower-furnace plasma ignition to cryogenic EDTA cleaning, and large flow oxide skin flush technology, etc. Based on the power plant million units' debugging actual situation, Introduced the energy-saving, environmental protection and technology innovation of Ning Power Phase II project million ultra-supercritical units in the commissioning process. Through the practice proves its feasibility and safety, and also analyzed the generator of social and economic benefits in commissioning process. Thus it has reference and significance for the same type of domestic unit commissioning innovation.

Key Words: Plasma ignition; Chemical cleaning; Debug pump; SPE

(收稿日期: 2010-11-21

责任编辑: 马小军)

变压器的节能分析与在石炭井矿区的应用

刘 媛

(神华宁夏煤业集团公司石炭井焦煤公司,宁夏 大武口,753300)

摘 要: 在供用电系统,大力推广使用节能变压器,不仅节约电能,还可在变压器的使用寿命上得到提高。本文结合变压器在供用电系统的使用,着重分析了变压器的技术革新与节能的计算方式以及节能的良好效果。

关键词: 供用电系统 变压器节能

中图分类号: TM31

文献标识码: B

文章编号: 1674-8492(2010)06-094-03

电力系统要把电能从发电站送到用户,至少要经过4~5级变压器方可输送电能到低压用电设备(380V/220V)。虽然变压器本身效率很高,但因其数量多、容量大,总损耗仍很大。据估计,我国变压器的总损耗占系统总发电量的10%左右,如损耗每降低1%,每年可节约上百亿度电,因此降低变压器损耗是势在必行的节能措施。

1 变压器损耗计算公式

$$(1) \text{有功损耗: } \Delta P = P_0 + K_T \beta^2 P_K \quad (1)$$

$$(2) \text{无功损耗: } \Delta Q = Q_0 + K_T \beta^2 Q_K \quad (2)$$

$$(3) \text{综合功率损耗: } \Delta P_Z = \Delta P + K_Q \Delta Q \quad (3)$$

$$Q_0 \approx I_0 \% S_N, Q_K \approx U_K \% S_N$$

式中: Q_0 ——空载无功损耗(kvar)

P_0 ——空载损耗(kW)

P_K ——额定负载损耗(kW)

S_N ——变压器额定容量(kVA)

$I_0 \%$ ——变压器空载电流百分比。

$U_K \%$ ——短路电压百分比

β ——平均负载系数

K_T ——负载波动损耗系数

Q_K ——额定负载漏磁功率(kvar)

K_Q ——无功经济当量(kW/kvar)

上式计算时各参数的选择条件:

(1)取 $K_T = 1.05$;

(2)对城市电网和工业企业电网的6kV~10kV降压变压器取系统最小负荷时,其无功当量 $K_Q = 0.1 \text{ kW/kvar}$;

(3)变压器平均负载系数,对于照明变压器可取 $\beta = 20\%$;对于工业企业,实行三班制,可取 $\beta = 75\%$;

(4)变压器运行小时数 $T = 8760 \text{ h}$,最大负载损耗

小时数: $t = 5500 \text{ h}$;

(5)变压器空载损耗 P_0 、额定负载损耗 P_K 、 $I_0 \%$ 、 $U_K \%$,见产品资料所示。

2 变压器损耗的特征

P_0 ——空载损耗,主要是铁损,包括磁滞损耗和涡流损耗;

磁滞损耗与频率成正比;与最大磁通密度的磁滞系数的次方成正比。

涡流损耗与频率、最大磁通密度、矽钢片的厚度三者的积成正比

P_C ——负载损耗,主要是负载电流通过绕组时在电阻上的损耗,一般称铜损。其大小随负载电流而变化,与负载电流的平方成正比(并用标准线圈温度换算值来表示)。

负载损耗还受变压器温度的影响,同时负载电流引起的漏磁通会在绕组内产生涡流损耗,并在绕组外的金属部分产生杂散损耗。

$$\text{变压器的全损耗 } \Delta P = P_0 + P_C$$

$$\text{变压器的损耗比 } = P_C / P_0$$

变压器的效率 $= P_Z / (P_Z + \Delta P)$,以百分比表示;其中 P_Z 为变压器二次侧输出功率。

3 变压器节能技术

3.1 铁芯损耗的控制

变压器损耗中的空载损耗,即铁损,主要发生在变压器铁芯叠片内,主要是因交变的磁力线通过铁芯产生磁滞及涡流而带来的损耗。

最早用于变压器铁芯的材料是易于磁化和退磁的软熟铁,为了克服磁回路中由周期性磁化所产生的

磁阻损失和铁芯由于受交变磁通切割而产生的涡流,变压器铁芯是由铁线束制成,而不是由整块铁构成。

经研究发现,在铁中加入少量的硅或铝可大大降低磁路损耗,增大导磁率,且使电阻率增大,涡流损耗降低。经多次改进,用 0.35mm 厚的硅钢片来代替铁线制作变压器铁芯。

近年来世界各国都在积极研究生产节能材料,变压器的铁芯材料已发展到现在最新的节能材料——非晶态磁性材料如 2605S₂,非晶合金铁芯变压器便应运而生。使用 2605S₂ 制作的变压器,其铁损仅为硅钢变压器的 1/5,铁损大幅度降低。

3.2 变压器系列的节能效果

上述非晶合金铁芯变压器,具有低噪音、低损耗等特点,其空载损耗仅为常规产品的 1/5,且全密封免维护,运行费用极低。我国 S₇ 系列变压器是 1980 年后推出的变压器,其效率较 SJ、SJL、SL、SL₁ 系列的变压器高,其负载损耗也较高。80 年代中期又设计生产出 S₉ 系列变压器,其价格较 S₇ 系列平均高出 20%,空载损耗较 S₇ 系列平均降低 8%,负载损耗平均降低 24%,并且国家已明令在 1998 年底前淘汰 S₇、SL₇ 系列,推广应用 S₉ 系列。

S₁₁ 是目前推广应用的低损耗变压器。S₁₁ 型变压器卷铁心改变了传统的叠片式铁心结构。硅钢片连续卷制,铁心无接缝,大大减少了磁阻,空载电流减少了 60%~80%,提高了功率因数,降低了电网线损,改善了电网的供电品质。连续卷绕充分利用了硅钢片的取向性,空载损耗降低 20%~35%。运行时的噪音水平降低到 30~45dB,保护了环境。

非晶合金铁心的 S₁₁ 系列配电变压器系列的空载损耗较 S₉ 系列降低 75% 左右,但其价格仅比 S₉ 系列平均高出 30%,其负载损耗与 S₉ 系列变压器相等。

3.3 选择与负载曲线相匹配的变压器

3.3.1 按变压器效率最高时的负荷率 β_M 来选择容量

计算负荷确定后,配电变压器的总装机容量为:

$$S = P_{js} / \beta_b \times \cos \phi \quad (1)$$

式中 P_{js} ——有功计算负荷 kW;

$\cos \phi$ ——补偿后的平均功率因数,不小于 0.9;

β_b ——变压器的负荷率。

因此,变压器容量的最终确定就在于选定变压器的负荷率 β_b 。我们知道,当变压器的负荷率为:

$$\beta_b = \beta_m = (1/R)^{1/2} \text{ 时效率最高。} \quad (2)$$

$R = P_{KH} / P_0$ (即变压器损耗比)

式中 P_0 ——变压器的空载损耗;

P_{KH} ——变压器的额定负载损耗,或称铜损、短路损耗。

以国产 SJL 型电力变压器为例,其最佳负荷率计算如下:

表 国产 SJL 型电力变压器最佳负荷率 β_m

容量(kVA)	500	630	800	1000	1250	1600
空载损耗(W)	1850	2100	2400	2800	3350	3950
负载损耗(W)	4850	5650	7500	9200	11000	13300
损耗比 R	2.62	2.69	3.13	3.20	3.28	3.37
最佳负荷率 $\beta_m\%$	61.8	61.0	56.6	55.2	55.2	54.5

由表可见,如果以 β_m 来计算变压器容量,必将造成容量过大,使用户初期投资大量增加。其原因 P_{js} 是 30 分钟平均最大负荷 P_{30} 的统计值,例如矿井用电大部分实际负荷均小于计算负荷 P_{js} ,如果按 β_m 计算变压器容量则不可能使变压器运行在最高效率 β_m 上,这样不仅不能节约电能且运行在低 β 值上,则消耗更多的电能,因此按变压器的最佳负荷率 β_m 来计算变压器的容量是不合理的。

3.3.2 按变压器的年有功电能损耗率最小时的节能负荷率 β_j 计算容量

由于实际负荷总在变化,无法精确计算出变压器的电能损耗。然而对于某类电力用户,它的最大负荷利用小时数、最大负荷损耗小时数可依据同类用户统计数据来近似计算。

变压器的年有功电能损耗可按下式估算

$$\Delta W_b = P_0 T_b + P_{KH} (S_{js} / S_e)^2 \tau = P_0 T_b + P_{KH} \beta^2 \tau \quad (3)$$

式中 β ——计算负荷率,等于变压器的计算视在容量 S_{js} 与额定容量 S_e 之比

T_b ——变压器年投运时间

τ ——年最大负荷损耗时间,可由年最大负荷利用小时数 T_m 查 $T_m - \tau$ 关系曲线。用户电力负荷消耗的年有功能为:

$$W = \beta S_e b \cos \phi T_m \quad (4)$$

则变压器的年有功电能消耗率为:

$$\Delta W\% = \Delta W_b / W = (P_0 T_b + P_{KH} \beta^2 \tau) / \beta S_e b \cos \phi T_m \quad (5)$$

令 $d\Delta W\% / d\beta = 0$

求出变压器年有功电能损耗率最小时的节能负荷率 β_j ;

$$\beta_j = (P_0 T_b / P_{KH} \tau)^{1/2} = (T_b / \tau)^{1/2} \times \beta_M \quad (6)$$

即配电变压器按照节能负荷率 β_j 计算容量时,其年有功电能损耗率最小。

由式(6)可见,变压器的节能负荷率与年最大负荷

损耗时间有关, τ 越低 β_j 越高。然而由于 T_m 值及 T_m 值所对应的 τ 值, 对于高层民用建筑还没有这方面的统计资料, 可参考工业企业的类似资料。 T_b 按 7500h, 而根据高层民用建筑的不同功能, τ 值在 2300 ~ 4500 范围内选取, 因此 $\beta_j = (1.3 \sim 1.8) \beta_M$ 。从表(1)干式变压器的最佳负荷率 β_M 值, 可求出节能负荷率 β_j 。

3.3.3 按变压器的经济负荷率计算容量

按年有功电能损耗率最小时的节能负荷率 β_j 计算变压器的容量有利于节省初投资。然而相当于二班制运行特点的高层建筑中的配电变压器, 按 β_j 计算出的容量还是偏大, 必将增加用户的一次性投资。如何能做到既能节省一次性投资, 又能使电能损耗小, 或者说能否做到初投资省和电耗小这对矛盾在变压器运行在负荷率的某一区域内获得相对统一, 下面我们对变压器的年有功电能损耗率公式作进一步的分析。

对同一变压器, 在某一负荷率 β 运行情况下的年有功电能损耗率如式(5), 而在节能负荷率下的年有功电能损耗率为:

$$\Delta W_j \% = (P_0 T_b + P_{Kj} \beta_j^2 \tau) / \beta_j S_{bc} \cos \phi T_m \quad (7)$$

用(5)式的两边除以(7)式的两边, 并用(6)式代入, 整理后得:

$$\Delta W \% / \Delta W_j \% = 1/2(\beta/\beta_j + \beta_j/\beta) \quad (8)$$

上式为变压器运行在某一负荷率 β 时的年有功电能损耗率相对于运行在节能负荷率 β_j 时的年有功电能损耗率随相对节能负荷率变化的函数关系。

该式中当 $\beta = \beta_j$ 时, $\Delta W \% / \Delta W_j \% = 1$, 当 $\beta > \beta_j$ 或 $\beta < \beta_j$ 时, $\Delta W \% / \Delta W_j \%$ 均大于 1。当 β/β_j 从 1.0 增加到 1.3, 增加 30% 时, $\Delta W \% / \Delta W_j \%$ 从 1.0 增加到 1.035, 只增加了 3.5%; 当 β/β_j 从 2.0 增加到 2.3, 增加 15% 时, $\Delta W \% / \Delta W_j \%$ 从 1.25 增加到 1.37, 增加了 9.6%。可见在 β/β_j 的低值区, $\Delta W \% / \Delta W_j \%$ 的增加值相对于 β/β_j 的增加值是非常微小的, 且增加的速率也是很小的。也就是说, 在该区域中, 我们用微小的年电能

损耗率增加值来换取变压器容量的减小, 使得一次性投资的明显降低。因此, 我们选择相对节能负荷率 β/β_j 在 1 ~ 1.3 范围内, 即经济负荷率为:

$$\beta_{jj} = (1 \sim 1.3) \beta_j \quad (9)$$

在石炭井焦煤公司地面洗选系统技术改造工程配电部分中, 按经济负荷率 β_{jj} 选择了主变压器, 其情况如下:

(1) 用电设备台数及容量

安装设备台数 161 台; 工作设备台数 102 台; 安装设备容量 2240.53kW; 工作设备容量 1854.13kW。

(2) 负荷计算及变压器选择

根据负荷计算, 按经济负荷率 β_{jj} 主厂房变配电室选择 2 台 S11-Mb-1250/6/0.4kV 变压器, 负责全系统 380/220V 用电设备供配电, 变压器负荷率(一台工作, 一台备用)为 79%。全系统计算负荷(折算至高压侧, 补偿后):

有功功率: 1152.44kW;

无功功率: 433.31kvar;

视在功率: 1231.21kVA;

自然功率因数: 0.73;

补偿容量: -660kvar;

补偿后功率因数: 0.95;

全年电耗: 4.62×10^6 kWh;

吨煤电耗: 3.08kWh/t。

若按节能负荷率 β_j 应选择 2 台 S11-Mb-1600/6/0.4kV 变压器。我们按经济负荷率 β_{jj} 选出的变压器容量, 要比按节能负荷率 β_j 选出的变压器容量降低一级, 由此而节约的初投资远大于配电变压器的年有功电能损耗费用, 做到了经济性与节能性这对矛盾的相对统一, 显然这是一种既科学又经济合理的方法。

作者简介: 刘媛(1972-), 助理工程师, 1995 年 7 月毕业于徐州煤炭工业学校机电专业, 现在神华宁夏煤业集团石炭井焦煤公司工作。

The Energy Saving Analysis and Application of Transformer in Shitanjing Mine

LIU Yuan

(Shitanjing Coal Company of Ningmei Group of Shenhua Industry Group, Ningxia, Dawukou, 753300)

Abstract: The promoting of energy-saving transformer in power supplying system shall not only saving energy, but also extend the service life of transformer. Combined with the application of transformers in electric supplying system, the article specifically analyzed the skill development, energy-saving calculation and energy-saving effects of transformers.

Key Words: Power supplying system; Energy-saving transformer

(收稿日期: 2010-10-18

责任编辑: 马小军)