

ISSN 1672-3880
CN64-1066/TK



神華科技

SHEN HUA SCIENCE AND TECHNOLOGY



神华科技

神华集团有限责任公司·中国神华能源股份有限公司 主管

2009.6 第7卷



编辑出版:《神华科技》编辑部
联系电话:0951-5039782
电子邮箱:shenhuakeji@163.com
广告经营许可证:6400004000103

地址:宁夏银川市北京东路立诚巷10号
邮编:750001 传真:0951-5039781
国际刊号:ISSN 1672-3880
国内刊号:CN64-1066/TK



Shenhua group

神华集团有限责任公司·中国神华能源股份有限公司 / 主管

2009. **6** 第7卷

www.shenhua.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 杨景才
 郝 贵 王金力 薛继连 华泽桥
 王品刚 黄 清 张克慧 许百川
 顾大钊 崔洪明 王立杰 史士东
 付忠广 包信合 卢春喜 许世森
 许继刚 孙继平 刘振宇 朱德仁
 吴 澎 屈晓辉 贾元平 钱立新
 缪协兴

征 稿 启 事

《神华科技》是由神华集团有限责任公司、中国神华能源股份有限公司主管，面向国内、外公开发行的科技期刊，国际标准刊号 ISSN1672-3880，国内统一刊号 CN64-1052/TD，标准大 16 开规格，96 页，彩色封面印刷。

办刊的宗旨和目的：以科学发展观为指导，科技强企，人才优先，致力于全面提升神华科技创新水平，促进科技成果快速转化，进一步解放和发展神华的生产力；荟萃精华，凝聚智慧，为科技人才搭建展示才华的平台和事业成长的阶梯，营造良好的自主创新氛围；突出自主，博采广集，加大矿、电、路、港、油、化各主业领域关键技术科研攻关，加强知识产权保护，始终关注行业动态，引领行业发展，推动行业技术进步、产业结构升级和创新型国家建设。

办刊的方向和理念：立足神华，放眼全球，面向未来，走向世界；突出“权威性、前瞻性、学术性、专业性、实用性”。

办刊的标准和要求：坚持高起点、高质量、高品味、有特色、出精品。通过大胆探索，不断创新，把《神华科技》办成全国一流的科技期刊。

刊登的主要内容：在煤炭产业、电力产业、运输产业（包括铁路、港口）、煤制油与煤化工产业具有较高学术水平的最新研究成果、先进适用的技术应用成果及经验介绍、节能减排、信息化建设、企业经营管理等方面新技术及经验等。

欢迎广大科技、管理工作者及现场技术人员踊跃投稿。稿件格式要求详见《神华科技》2009 年第 1 期《投稿须知》。稿件一经采用，将支付作者不低于国内一般正式期刊的稿酬。采用的稿件将收取不高于国内一般正式期刊的版面费。

投稿邮箱：shenhuakeji@shenhuachina.com(来稿请注明投稿《神华科技》)。

地 址：北京东城区安德路 16 号洲际大厦 1108 房间，神华集团有限责任公司(中国神华能源股份有限公司)科技发展部。

邮 编：100011

联系电话：010-58132379

传 真：010-58133105

《神华科技》编辑部



SHEN HUA SCIENCE AND
TECHNOLOGY

2009年第6期

第7卷(总第32期) 双月刊

国内外公开发行

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: 张学文

编辑部副主任: 杨 静 蔡丽芳

责任编辑: 马小军 王艾丽

编辑出版: 《神华科技》编辑部

地 址: 宁夏银川市北京东路

立诚巷10号

邮 编: 750001

联系电话: 0951—5039782

传 真: 0951—5039781

电子邮箱: shenhuakeji@163.com

设计制作: 华夏能源报社银川彩印公司

广告经营许可证: 6400004000103

出版日期: 2009年12月25日

ISSN 1672-3880

刊 号: CN64-1066/TK

目 次

煤 炭

- 神华煤自燃特性与防治的实验室研究 谷红伟(3)
- 注浆堵水工艺在石槽村煤矿主、风井施工中的探索与应用
..... 孟 超 王 虎(6)
- 超前钻孔卸压爆破技术释放巷道围岩应力试验研究
..... 王立峰 雍学毅 陈铁军 康卫国(10)
- CST在带式输送机上的实用及分析 张永强(13)
- 高瓦斯厚煤层二分层综采工作面外围火区下安全开采的对策 ... 田文华(18)
- 西门子SIBAS 32自动控制系统在495HD型电铲上的应用研究
..... 张华明(22)
- 企业流动资金紧张的内部原因及其对策 张冰华(26)
- 锚杆(索)支护技术在三软煤层掘进中的应用 杨会宁 王建杰(30)
- 关于煤炭井巷工程造价控制过程中的几点意见 余晓梅(33)

电 力

- 论发电企业技术监督体系中各主体的地位和责任 赵 军(35)
- 水冷壁裂纹泄漏原因分析及处理 马永仁 李振忠(39)
- 火电厂脱硫石膏及其综合利用 王小飞 刘 伦 马鹏军 阮艳军(42)
- 局域网安全技术发电企业中的应用 张喜荣(46)
- 电厂DCS系统接地可靠性的探讨 冀树春(51)
- 超临界600MW机组主机轴系振动研究
..... 李国功 程辉科 王中权 王福玉(55)

煤制油与煤化工

- 加氢精制催化剂用于煤直接液化油品加氢稳定的研究
..... 吴秀章 朱豫飞 石玉林 舒歌平(59)
- 煤与石油重油共处理协同效应的初步分析 ... 李 丽 李克健 吴秀章(64)
- 煤直接液化残渣改性沥青的研究 朱伟平(68)
- 反应器内增刚聚丙烯的研究进展 玉兰君(72)

运 输

- 装船机滚筒轴承温度无线检测系统 范家庆 陈光平 饶海亮(75)
- 万吨重载列车对轨道动态影响及轨道管理措施分析 毕正玉(80)
- 神木北站站改后能力分析及解决方案研究 张季双 王志忠(86)
- 取料机中心布缆方式优化技术方案研究 王 军 范家庆 陈光平(89)

科技动态

- 2009年度《神华科技》总目录 (92)
- 科技部党组书记李学勇考察神东矿区 (9)
- 中美清洁能源合作签字仪式在人民大会堂举行 (50)
- 神华集团获2009年煤炭行业表彰大会多项大奖 (54)
- 神华集团入选产学研合作创新示范基地并获产学研合作创新奖 (63)
- 神华乌海能源公司四个神华科技创新项目通过验收 (67)

CONTENTS

Coal

Experimental Research of Self-igniting and Prevention of Shenhua Coal	Gu Hongwei(3)
Exploration and Application of Slip Casting and Water Plugging Technology for Construction of Main Shaft and Ventilating Shaft of Shicaocun Mine	Men Chao Wang Hu(6)
Testing Research of Laneway Wall Rock Stress Released by Advanced Bore Decompression Explosion Technique	Wang Lifeng(10)
Application and Analysis of CST on Belt-type Conveyor	Zhang Yongqiang(13)
Countermeasures for Safe Mining on Periphery Fire Zone of Second Layer Fully Mechanized Working Interface of Gas Intense Thick Coal Seam	Tian Wenhua(18)
Application Analysis of SIBAS 32 Automation Control System in 495HD Electric Shovel	Zhang Huaming(22)
Internal Reasons and Measures of Operating Funds Shortage of Enterprises	Zhang Binghua(26)
Applications of Rockbolt Supporting Technology in Three-soft Coal Seam Excavation	Yang Huining Wang Jianjie(30)
Opinions on Coal Sinking and Driving Engineering Cost Control	She Xiaomei(33)

Electric Power

Functions and Responsibilities of Each Principal Part of Technical Supervision System of Power Generation Companies	Zhao Jun(35)
Analysis and Treatment of Water-cooling Wall Flaw Leakage	Ma Yongren Li Zhenzhong(39)
Desulfurizing Gypsum and Comprehensive Application in Thermal Power Plant	Wang Xiaofei Liu Lun Ma Pengjun(42)
Safety Technique Application of Local Area Network in Power Plants	Zhang Xirong (50)
Study on Earthing reliability of DCS System for Power plant	Ji ShuCHun(51)
Main Engine Vibration Research of Supercritical 600MW Unit	Li Guogong Chen Huike Wang Zhongquan(55)

Coal Oil and Coal Chemical Industry

Hydrotreatment of Direct Coal Liquefaction Products on a Hydrofining Catalyst	Wu Xiuzhang Zhu Yufei Shi Yulin(59)
Synergistic Effects and Preliminary Application of the Coal/Oil Coprocessing	Li Li Kejian Li Wu Xiuzhang(64)
Study on Direct Coal Liquefaction Residue as Asphalt	Zhu Weiping(68)
Research Progress of Rigid-adding Polypropylene in Reactor	Wang Lanjun(72)

Transportation

Wireless Detecting System of Roller Bearing Temperature of Shipment Machine	Fan Jiaqing Chen Guangping Rao Hailiang(75)
Analysis on the Dynamic Effect of 10,000t Heavy Haul Train on Track and Track Management Measures	Bi Zhengyu(80)
Capability Analysis of Shenmu North Station after Reconstruction and Settlement Scheme Study	Zhang Jishuang Wang Zhizhong(86)
Research of Optimized Wiring Technological Scheme on Center of Material Taking Machine	Wang Jun Fan Jiaqing Chen Guangping(89)

Technology Dynamics

The total contents of Shenhua Science & Technology in 2009	(92)
The secretary, Party Leadership Group of the Science and Technology Department Li Xueyong inspects the Shendu Mine	(9)
China-America signing ceremony of clean energy cooperation is held in the Great Hall of the People	(50)
Shenhua Group Company won several awards in 2009 coal industrial commendation conference	(54)
Shenhua Group Company, selected as a Model Base of Producing, Studying and Research Cooperation, receives Innovation Award for Producing, Studying and Research Cooperation	(63)
Four scientific and technological innovation projects of Wuhai Energy Company of Shenhua Group pass examination	(67)

神华煤自燃特性与防治的实验室研究

谷红伟

(中国神华能源股份有限公司煤炭销售中心, 北京, 100011)

摘要: 神华煤属 I 类易自燃煤, 采用自制的煤体自热升温实验系统进行神华煤自然特性研究。研究表明末煤层厚度 20cm 时就可以起到降低煤体内氧气浓度的作用, 厚度越厚影响越强, 但厚度超过 35cm 以后该作用递增减弱, 所以可以在煤堆表面铺设 50cm 厚的末煤(<3mm)来预防煤堆自燃。末煤铺设位置在煤堆的中下部表面。

关键词: 神华煤 自燃特性 防治

中图分类号: TD75+2.2

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0003-03

煤炭自燃是威胁煤矿和煤运安全的重大灾害之一。神华煤由于挥发份较高、化学反应活性好、着火点低, 煤岩组分中丝炭含量高, 煤的吸氧量为 0.8~0.9ml/g, 属 I 类易自燃煤, 因此该种煤在堆存和运输过程中极易自燃, 严重影响煤炭的生产、运输和销售^[1]。因此, 研究煤堆的自燃机理、自燃特性、发火规律及防治方法, 对防治神华煤的自燃具有一定的理论指导意义和紧迫的实际意义。

1 试验系统

一般情况下, 煤堆内部更深的区域因为没有充足的氧, 不能发生氧化放热而始终保持较低的温度, 形成所谓的窒息区; 表面煤体因为与外界环境接触而不能形成蓄热环境, 因此煤堆表面温度也很低^[2]; 而在煤堆表面下 2~4m 处是煤堆自燃的高温区, 于是, 煤堆发生自燃时, 其内部可以分为 3 个区域: 低温窒息区、高温氧化区、低温冷却区。可以取煤堆中的一段煤柱为研究对象, 建立煤体自热升温实验系统, 通过模拟煤堆自燃时的通风和环境温度等条件, 研究煤堆自燃时的传热、传质规律, 并运用实验系统对煤体的导热系数和放热强度进行实验测定。

基于以上想法, 建立了煤体自热升温实验系统。该实验系统模拟了松散堆积煤体中的一段煤柱。一方面, 可以在煤柱中轴处插入热探针, 运用热线法测量煤体导热系数等基础参数, 为煤堆自燃过程数值模拟做准备; 另一方面, 可以在煤柱中部位置放置一个加热盘模拟煤堆高温区, 以研究煤堆出现高温区时其内部的传热、传质过程。

图 1 为该试验系统简图。该系统包括以下几个部分: 柱状实验装置(简称测试煤柱)、温度检测采集系统、气体检测采集系统及气流控制系统。

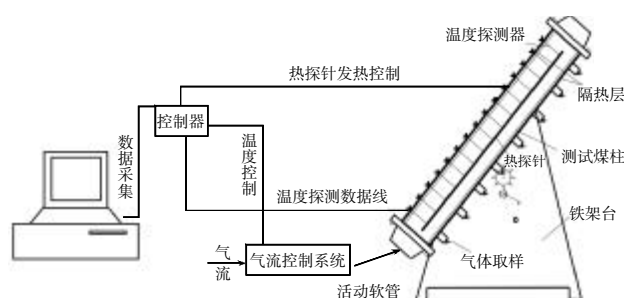


图 1 煤自燃测试试验系统图

测试煤柱是一个内径为 250mm、高为 2m 的直筒钢管(图 2)。煤柱中轴部放置一个加热盘。圆柱直筒的壁厚为 10mm, 并在圆筒内壁上铺贴 15mm 厚的隔热材料, 以减小煤柱内部的传热过程受外界环境影响。煤柱纵向方向上分别均匀布置温度测点(19 个)和气体浓度采集测点(9 个)。煤柱底盖上设置两个进气口, 可通过气体控制器控制进入煤柱的气体流量。实验煤柱放置在预制的一个铁架台上(如图 3), 煤柱中部两侧焊有两个转轴, 将转轴与减速器(转速比: 1:30)相连, 通过旋转手柄可任意

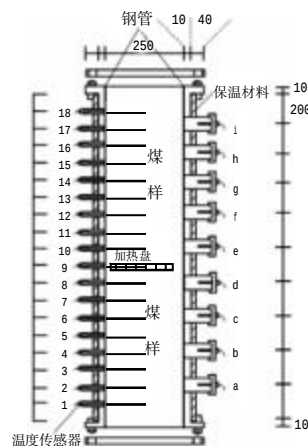


图 2 测试煤柱结构图

调节煤柱的倾斜角度,以模拟煤柱不同的倾斜角度。

温度采集系统包括:感温探头、温度变送器、计算机三部分。气流控制系统由气体钢瓶、减压阀、稳压阀、稳流阀和气体流量计等组成。气样检测系统为鲁南化工仪器厂生产的 SP-50N1 型气相色谱仪,用于检测煤柱中气体中的氧气和二氧化碳等气体的成分。

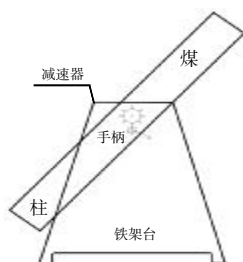


图 3 测试煤柱与铁架台图

2 神华煤样自燃特性实验

采用上述实验装置对神华具有代表性的上湾煤的竖直放置和水平放置进行了自燃特性实验,研究神华煤在竖直方向与水平方向的升温氧化情况。

2.1 试验条件

竖直放置:底部覆盖 20cm 神华末煤时,加热盘在 9# 点,其余加热盘在 8# 上方 1cm 左右。<3mm 的末煤覆盖厚度分别为 20cm、35cm 和 50cm。

水平放置:底部覆盖 20cm 神华末煤时,加热盘在 9# 点,其余加热盘在 8# 上方 1cm 左右。<3mm 的末煤覆盖厚度分别为 20cm、35cm 和 50cm。

2.2 竖直放置

上湾煤样竖直放置时氧气浓度变化如图 4 所

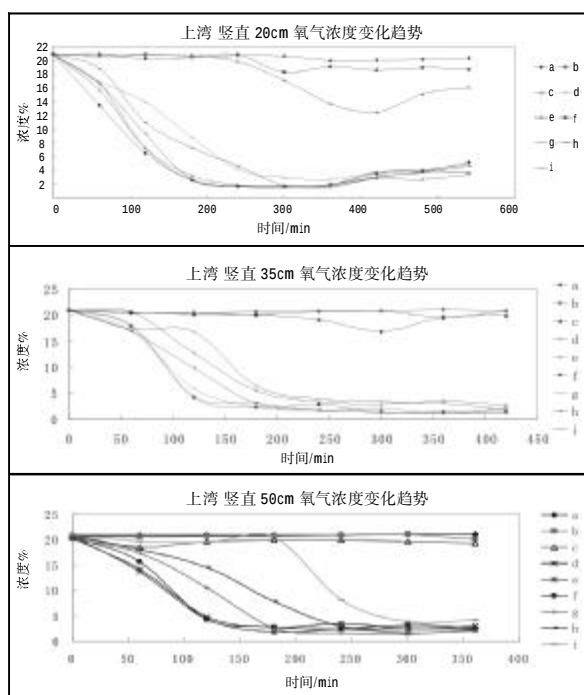


图 4 上湾煤样竖直放置氧气浓度变化曲线

示,a、b、c 点氧浓度基本不发生变化,即在细煤中和细煤附近氧浓度基本没有变化,其余各点氧浓度在 100~200min 内降到最低,在 5% 以下。

上湾煤样在竖直方向的温度变化如图 5 所示,20cm 时,8# 温升最快,至 240℃,靠近加热盘上方的点在 200min 内升到 50℃左右,煤柱两端温度基本没有变化。35cm 时,加热盘上方 9# 温升最快,到 270℃,靠近加热盘上方的点在 200min 内升到 50℃左右,煤柱两端温度基本没有变化。50cm 时,加热盘上方 9# 温升最快,到 140℃,靠近加热盘附近的点在 200min 后逐渐升到 50℃左右,煤柱两端温度基本没有变化。

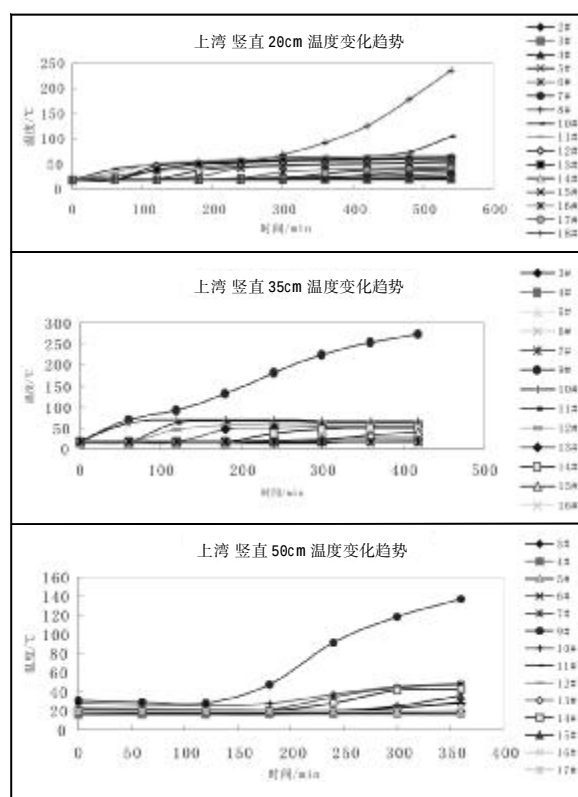


图 5 上湾煤样竖直放置温度变化曲线

2.3 水平放置

上湾煤样水平放置时氧气浓度变化如图 6 所示。可以看出 i 点氧浓度基本不发生变化。h 点和 a 点稍微下降,到 12% 左右。其余各点氧浓度在 100~200min 内降到最低,在 5% 以下。在 50cm 时,b 点和 g 点降到 15% 左右。

上湾煤样水平放置的温度变化趋势如图 7 所示。可以看出 20cm 时,8# 温升最快,到 120℃,加热盘附近的点在 100~250min 内升到 50℃左右,其余基本没有变化。35cm 时,加热盘上方 9# 温升最快,到

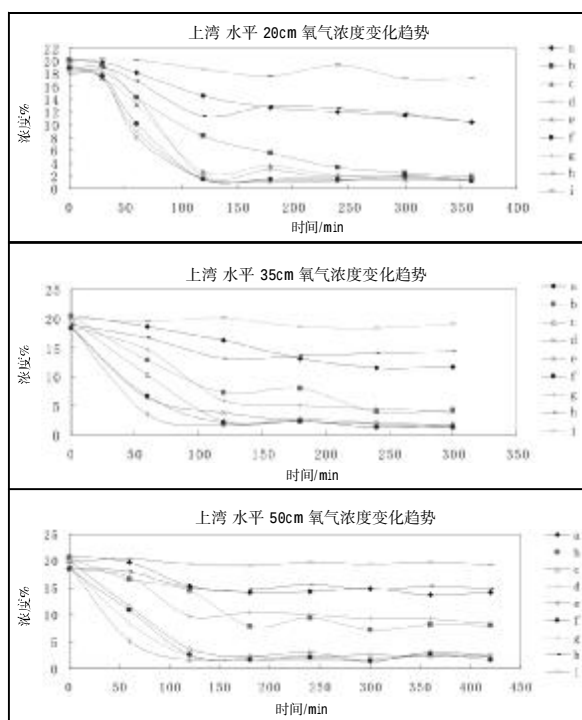


图 6 上湾煤样水平放置氧气浓度变化曲线

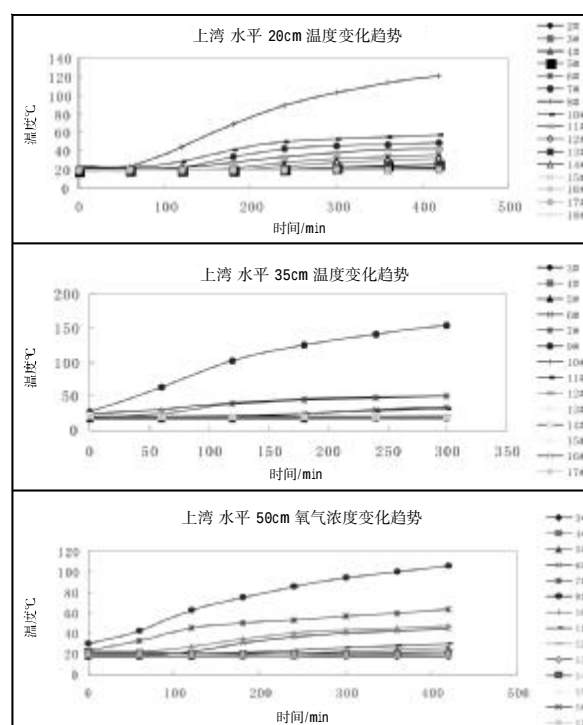


图 7 上湾煤样水平放置温度变化曲线

150℃,在 100min 左右时,7# 和 10# 升到 50℃,6# 和 12# 升到 32℃,其余基本没有变化。50cm 时,加热盘上方 9# 升温最快,至 105℃。在 150min 左右时,6#、7# 和 10# 升到 50℃左右,煤柱两端温度变化不大。

3 结论

(1)当煤柱竖直放置,底部堆积 20cm、35cm、50cm 厚的末煤(粒径<3mm)时,煤柱的温度和氧气浓度分布也存在明显差异,细煤层越厚煤柱内氧气浓度下降越快,这说明煤柱底端铺设细煤,可显著抑制煤柱内气体的热对流,减少外部空气进入煤体,起到抑制煤炭自燃作用。

(2)当煤柱水平放置,一端覆盖 20cm、35cm、50cm 厚的末煤(粒径<3mm)时,煤柱的温度和氧气浓度分

布存在明显差异,细煤层越厚煤柱内氧气浓度下降越快,这说明煤柱一端铺设细煤,可显著影响外界的空气向煤体内的扩散,从而抑制煤炭自燃。

(3)实验结果表明,末煤层厚度 20cm 时就可以起到降低煤体内氧气浓度的作用,厚度越厚影响越强,但厚度超过 35cm 以后该作用的递增减弱,所以可以在煤堆表面铺设 50cm 厚的末煤(<3mm)来预防煤堆自燃。末煤铺设位置在煤堆的中下部表面。

参考文献

- [1] 韩建国,等.神华煤炭[M].北京:中国标准出版社,2004,1.
- [2] 徐精彩.煤自燃危险区域判定理论[M].北京:煤炭工业出版社,2001.

作者简介:谷红伟(1974-),工程师,现在中国神华能源股份有限公司煤炭销售中心从事科研管理工作。

Experimental Research of Self-igniting and Prevention of Shenhua Coal

Gu Hongwei

(Coal Sales Center of Shenhua Energy Co., Ltd., China. Beijing, 100011, China)

Abstract: Shenhua coal belongs to category I self-igniting coal. A natural characteristic research is held in self-warming experimental system with coal body. It shows that once the thickness of powder coal is more than 20cm, the oxygen density could be lowered in coal body. The thicker, the lower. But if the thickness is more than 35cm, it works weaker. Therefore, a 50cm-thick powder coal (<3mm) covered on coal piles could prevent self-igniting effectively. The powder coal shall be spreaded on the surface from the medium down.

Key words: Shenhua coal; Self-igniting; Prevention and control

(收稿日期:2009-11-19 责任编辑:杨静)

注浆堵水工艺在石槽村煤矿主、风井施工中的探索与应用

孟超 王虎

(神华宁夏煤业集团公司麦垛山煤矿筹建处, 宁夏 银川, 750400)

摘 要: 针对石槽村煤矿地质构造复杂、井筒施工均要穿过 6 个强含水层且预计第五含水层最大涌水量达到 243 m³/h 的特殊情况, 探索与应用合理的注浆工艺、注浆材料、设备及施工组织, 有效地达到了堵水施工的目的。

关键词: 井筒施工 注浆工艺 探索与应用

中图分类号: TD265.4

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0006-04

注浆堵水是注浆技术的一个分支, 是煤矿防治水的有效方法之一。注浆堵水是以注浆泵为动力源, 利用泵的压力把配置好的、具有充塞胶结性能的浆液, 通过注浆孔注入含水岩层中, 浆液以充填或渗透等形式驱走岩石裂隙或孔隙中的水, 达到封堵裂隙、隔绝水源, 从而起到永久堵水的作用, 使井巷施工减小水患威胁与影响, 达到快速掘进的目的。注浆堵水具有操作工艺简单、能形成永久帷幕、改善作业环境等诸多优点。

石槽村煤矿主、风井施工过程中共穿过直罗组 6 个主含水层, 含水层以中粗砂岩为主, 含水层裂隙发育, 易导水。井筒揭露后含水层水沿裂隙涌入井筒中, 初期有明显压力, 涌水量较大, 最大达到 243m³/h, 以后随着时间推移涌水量有所变化, 总体呈减小趋势, 但变化量不大(主、风井预计涌水点及涌水量统计表如表 1 所示)。井筒施工过程中含水层、隔水层交替出现, 对井筒施工影响较大, 含水层中掘进速度明显变慢, 机械出渣被迫停止改为人工出渣, 接力排水系统相对复杂, 水淹迎头影响正常生

产的事故频繁出现。针对这种情况, 经过反复论证, 采取工作面预注浆和壁后注浆相结合的方法, 顺利通过了 6 个含水层。

1 注浆方案选择

井筒预注浆分为地面预注浆和工作面预注浆两种, 采用何种注浆方案要根据水文地质、工程地质、所采用的设备能力和经济技术合理性等因素决定。因石槽村煤矿主、风井均为斜井穿层巷道, 所要穿过的含水层较多, 且距地表较深, 选择工作面预注浆较为合理。

工作面预注浆有两种方案, 即浅孔工作面预注浆方案和中深孔工作面预注浆方案。浅孔工作面预注浆采用手持钻机打眼, 每次注浆段长为 6m; 中深孔工作面预注浆即是中深孔钻机打眼, 每次注浆段长为 25~30m。浅孔工作面预注浆优点是: 工作灵活, 堵水效果好。缺点是: 注浆与掘进工作交替频繁, 掘进与注浆相互影响, 施工组织相对复杂。中深孔工作面预注浆优点是: 注浆与掘进工作交替少, 利于掘进施工。缺点是: 堵水效果不如浅孔好。根据石槽村主、风井含水层的实际情况, 从掘进施工组织及注浆角度考虑, 采用中深孔工作面预注浆和浅孔预注浆相结合的注浆堵水方案。

1.1 注浆方式及段长选择

注浆方式是指注浆的顺序, 根据石槽村主、风井揭露含水层的情况选择分段前进式。注浆分段长度主要考虑含水层的具体长度, 结合施工的具体情况, 特别是打眼时对钻孔偏斜的要求, 将注浆分段长度确定为 25~30m。这样, 既可以保证孔斜不超出设计

表 1 主、风井巷道预计涌水点及涌水量统计表(注浆前)

含水层 编号	主井涌 水点(井 口向下)	含水层 长度 (m)	涌水量 (m ³ /h)	风井水 点(井口 向下)	含水层 长度 (m)	涌水量 (m ³ /h)	备注
I	425m	23	40	384m	19	30	
II	475m	15	30	432m	13	27	
III	545m	36	35	495m	32	35	
IV	613m	32	50	582m	18	25	
V	717m	81	243	645m	120	167	
VI	876m	80	185	768m	35	69	
合计		267	583		237	353	

要求,又可以保证钻孔的施工速度,符合现场实际。

1.2 注浆孔数及其布置方式

注浆孔数与含水层裂隙发育程度、浆液有效扩散半径及巷道断面大小等因素有关。

注浆孔数通常用下列公式确定:

$$N=\pi(D+2A)/L$$

式中: N —注浆孔个数,个;

D —井筒掘井直径, m;

A —注浆孔到井筒掘凿边界的距离,一般取 0.5~1.5m;

L —注浆孔间距,一般取 3~5m。

注浆参数根据理论计算得出,为了加强注浆效果,还要依据现场实际加以校正,要从施工效率和可操作性两个方面考虑,要保证钻孔参数符合实际、经济上节省、便于施工。为此,采取了短孔眼孔间距布置适当加密,长孔以理论计算值为准的方式。

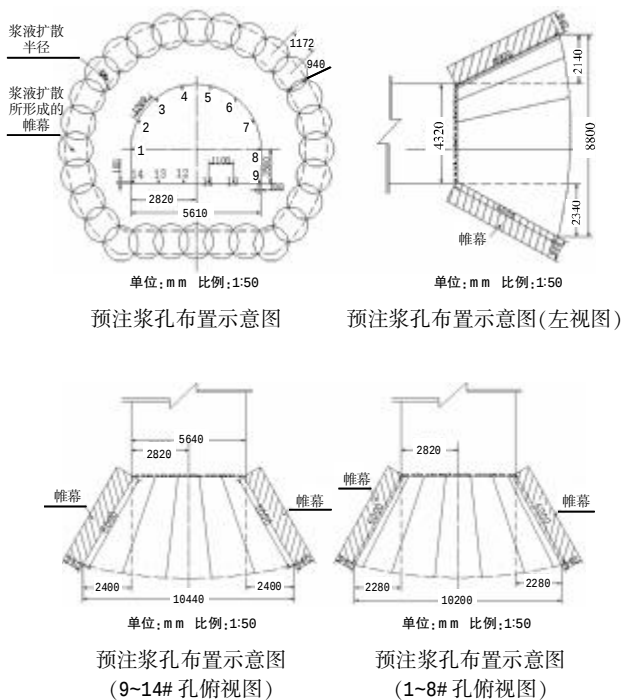


图1 预注浆孔布置示意图(浅孔)

1.3 注浆孔长度计算

注浆孔长度按下列公式计算:

$$l=h/\cos\alpha\times\cos\beta$$

式中: l ——注浆孔在空间的实长, m;

h ——注浆段长度, m;

α ——注浆孔在底面投影与中线的夹角,度;

β ——注浆孔与其底面投影的夹角,度。

2 注浆工艺

2.1 注浆设备

(1)注浆泵:选用 2TGZ-60/210 型双液调速高压注浆泵,额定排量 52L/min,最大压力 21MPa 电机功率 15kW。

(2)搅拌器:选用 JB-500L 型搅拌器,容积 500L,电机功率 2.2kW。

(3)混合器:选用人字型三通混合器

目前很多厂家生产的注浆泵采用罐型混合器,混合器直接安装在注浆泵出口,混合器上无泄压装置,建议改为人字型三通混合器。混合器使用时安装在距孔口管 2m 处,混合器上要安装卸压装置。

2.2 注浆孔钻进

(1)钻机选型:钻机选矿用探水钻,型号为 TXU-75A,功率 5.5kW,最大钻进深度为 75m。

(2)注浆孔直径:注浆孔开孔直径为 110mm,安设外径为 108mm 的孔口管,注浆孔直径为 91mm。

(3)钻进方法:钻进过程中,为防止孔斜,可采取以下措施:钻机安装稳固以减少震动。钻进时,孔位与钻机立轴中心线成一直线,钻机本身要求正直。在硬岩层中钻进,要防止给压过大而造成钻杆弯曲。孔浅压力不够时要稍稍给压,钻进一段距离后略微减压。钻眼结束后,作为一种补救措施,用钻孔测斜仪进行校正,使设计人员准确掌握钻孔偏斜误差,指导操作人员加强纠偏,以提高钻进质量,保证注浆孔按设计钻进,保证注浆质量。

(4)钻孔冲洗:注浆孔钻至设计深度后,为将残留于孔底和粘滞于孔壁的岩粉排出孔外,对钻孔进行冲洗。冲洗步骤可分为:冲孔→抽水洗孔→压水洗孔几步进行。

长孔注浆时,由于钻眼时用清水钻进,且钻孔全部为俯角孔,岩粉容易沉淀。存在洗孔时岩粉不易排出,岩粉容易堵塞裂隙,影响注浆效果,有时出现注不进去的现象。解决方法有两种:一种是钻进过程中用泥浆钻进,通过反水将岩粉带出来。第二种是注浆时先注一部分水玻璃进行洗孔,清洗裂隙中的岩粉,打通裂隙通道,然后注浓度较小的单液水泥浆,使裂隙通道始终保持通畅。增加注入量,待注浆结束后用双液浆封孔。

3 注浆材料

注浆材料是注浆堵水工程中的一个重要组成部分,它关系到注浆工艺、工期、成本及注浆效果。因此,注浆材料是直接影响注浆经济指标的重要因素。

石槽村主、风井注浆过程中,选择了三种材料分别作了现场试验。一是水玻璃-乙二醇类。此类浆液用工业醋酸作为速凝剂,乙二醇化学稳定性差,双液浆液凝结时间较快,抗压强度较低,且乙二醇价格较贵。二是用北京瑞琪米诺桦华公司的合成注浆材料。此类浆液属化学浆液,主要是凝胶时间太快,可注性差,浆液注入量小,价格昂贵。三是水泥-水玻璃类。水泥-水玻璃浆液具有凝结时间快、结石率高、可注性好,材料来源丰富、价格低廉等诸多优点。

通过综合比较,结合本矿区的注浆经验,选用水泥-水玻璃浆液。水泥-水玻璃浆液是将水泥、水玻璃分别配置成两种浆液,按一定比例,用一台双液泵同时注入,达到堵水的目的。

3.1 水玻璃模数

选水玻璃模数 $m=2.4\sim 3.2$, $35\sim 45\text{Be}'$ 。

3.2 水泥

选用 425# 普通硅酸盐水泥。

3.3 凝胶时间

指水泥浆液与水玻璃相混合时起,到不能流动为止的时间,浆液凝胶时间可以在几秒到几十分钟内调节,影响凝胶时间的因素主要有以下几个方面。

(1)水泥浆液浓度(水灰比)的影响:在其它条件相同的时,水泥浆液越浓(水灰比越小),凝胶时间越快(见图 2)。

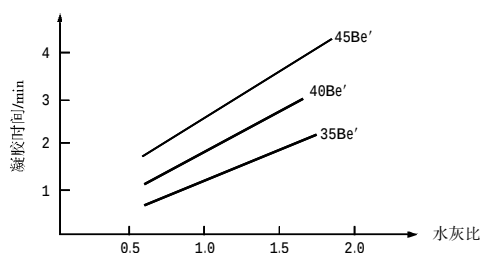


图 2 水泥浆与凝胶时间关系

(2)水玻璃浓度的影响:在其它条件相同的时,水玻璃浓度在 $30\sim 50\text{Be}'$ 范围内,浓度越高,凝胶时间越长。反之,浓度越低,凝胶时间越短(见图 3)。

(3)水泥浆与水玻璃体积比(C:S):当水泥浆、水玻璃浓度和温度一定时,水泥浆与水玻璃的体积比在 $1:0.3\sim 1:1$ 范围内随着水玻璃用量减少,凝胶时间缩短(见图 4)。

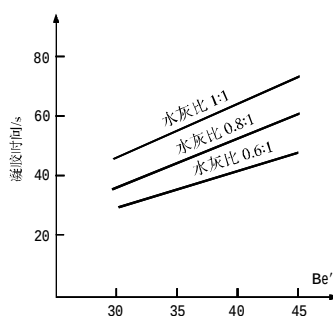


图 3 水玻璃浓度凝胶时间影响

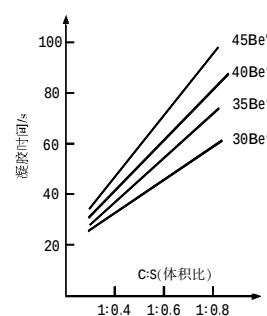


图 4 C:S 体积比对凝胶时间的影响

3.4 注浆过程中浆液参数的调节

(1)水灰比调节:一般来讲,注浆刚开始时,水灰比要调大。即浆液浓度要低,使含水岩层裂隙中注入足够的水泥浆液,并使注浆通道保持通畅,能够充分充填裂隙并尽可能向外扩散,防止水泥沉降析水堵塞注浆通道。待注浆量充足,泵压升高时,调高水泥浆浓度,加快浆液凝结速度,增强封堵效果。

(2)水玻璃浓度调节:注浆初期,为了增加注入量,应将水玻璃浓度调高,以减慢凝结速度。待泵压升高注浆即将结束时,降低水玻璃浓度,做到快速封孔。

(3)C:S 调节:水泥浆与水玻璃的体积比在 $1:0.3\sim 1:1$ 范围内随着水玻璃用量减少,凝胶时间缩短。因此,在注浆过程中,可以通过改变 C:S 来控制凝胶时间,一般采用 C:S 为 $1:0.8\sim 1:0.6$,从而降低浆液成本,提高结石强度。

注浆过程中的水灰比和 C:S 比要根据现场注入量、岩层可注性两个因素随时调节,这就要求现场操作人员具有较高的素质,这一点非常重要。加之岩石的吸水性较强,对浆液的浓度要求较高,要随时调节其浓度,提高注入量,提高注浆效果。

4 注浆结束标准

(1)实际浆液注入量大于或接近设计计算的注入量。

(2)注浆压力呈规律性增加,并达到注浆设计终压。

(3)达到设计终压时最小吸浆量为 $60\sim 120\text{L/min}$ 。

(4)维持注浆终压和最小吸浆量时间为 $10\sim 15\text{min}$ 。

5 注浆效果检查与评价

截至到 2008 年 4 月 22 日,主斜井掘进 980m,最高月进尺 78m;斜风井掘进 803m,最高月进尺

表 2 石槽村煤矿主斜井、斜风井巷道涌水点及涌水量统计表(注浆后)

含水层 编号	主井涌 水点(井 口向下)	含水层 长度 m	涌水量 (m ³ /h)	风井涌 水点(井 口向下)	含水层 长度 m	涌水量 (m ³ /h)
I	425m	23	10	384m	19	8
II	475m	15	25	432m	13	5
III	545m	36	20	495m	32	15
IV	613m	32	30	582m	18	20
V	717m	81	20	654m	120	40
VI	876m	80	10	768m	35	6
合计		267	115		237	94
目前的 施工长度	980m			803m		

95m,完全通过了 6 个强含水层。注浆通过 6 个含水层后,主井实际涌水量为 115m³/h,比预计涌水量减少了 468m³/h。风井实际涌水量为 94m³/h,比预计涌水量减少了 259m³/h,达到了安全顺利施工的目的。

6 结论

通过注浆堵水工艺在石槽村煤矿主、风井施工

期间的探索与应用,由此得出结论:注浆堵水是将各种堵水材料制成的浆液压入岩层预定地点,如突水点、含水岩层储水空洞等。并使浆液扩散、凝固和硬化,从而起到堵塞空隙、隔绝水源,增大岩层整体强度和隔水性能的目的。注浆堵水技术无论是在堵水材料、注浆设备的研制方面,还是在堵水注浆理论研究方面都取得了长足进展。新型注浆堵水材料、注浆设备的研制成功,提高了注浆堵水效率和效果,从而为矿井注浆堵水提供了可靠的技术手段和理论指导。

参考文献

- [1] 崔云龙.简明建井工程手册[M].北京:煤炭工业出版社,2003.
- [2] 张荣立,何国伟,李铎.采矿工程设计手册[M].北京:煤炭工业出版社,2003.

作者简介:孟 超 (1971-),高级工程师,1995 年 7 月毕业于中国矿业大学采矿系,2003 年获西北大学管理学硕士学位,曾任神华宁夏煤业集团石槽村煤矿筹建处副处长,现任神华宁夏煤业集团麦垛山煤矿筹建处处长。

Exploration and Application of Slip Casting and Water Plugging Technology for Construction of Main Shaft and Ventilating Shaft of Shicaocun Mine

Men Chao Wang Hu

(Maiduoshan Mine Preparation & Construction Department of Shenhua Ningxia Coal Group. Yinchuan, Ningxia, 750400, China)

Abstract: The geological structure in Shicaocun Mine is complicated. There are totally 6 strong aquifers to go through during construction of the rock-shaft. Furthermore, it is expected the maximum water surge volume could be up to 243 m³/h in the 5th aquifer. Proper technology, materials, equipments and construction process of slip casting are described in this article to aim at water plugging.

Key words: Rockshaft construction; Slip casting technology; Exploration and application

(收稿日期: 2009-11-06 责任编辑: 杨 静)

科技动态

科技部党组书记李学勇考察神东矿区

本刊讯 近期,应神华邀请科技部党组书记、副部长李学勇考察了神东矿区。李学勇书记一行深入到上湾煤矿 300 米长工作面,并应用 6.3 米世界上最高采高、完全国产化液压支架的重型综采工作面考察,还参观了上湾煤矿中央控制室、大柳塔环线装车站、神东设备维修中心。李书记对神华发挥技术和装备使用龙头企业的市场牵引作用组建“煤炭开发利用技术创新战略联盟”,并以此为平台加大产学研合作的力度和广度,攻克和解决了以煤机装备本土化为代表的一大批关键技术给与了高度评价,并指出产业技术创新战略联盟是我国产学研结合实践和探索中产生的一种新型的技术创新组织形态,要以市场为中心进行产学研的紧密合作和产业衔接提高行业核心竞争力、辐射服务全行业,通过产学研结合来有效整合技术创新资源、构建产业技术创新链来提升国家自主创新新能力。

(神华科技发展部供稿)

超前钻孔卸压爆破技术释放巷道围岩应力试验研究

王立峰 雍学毅 陈铁军 康卫国

(神华宁夏煤业集团灵州建井工程有限公司, 宁夏 银川, 751000)

摘要: 阐述巷道超前卸压爆破技术现状, 分析了神宁集团枣泉煤矿 11201 工作面回风巷出现构造应力的影响因素, 提出了采用超前卸压爆破技术在掘进前释放围岩应力的方法和措施, 通过对其进行总结分析, 从而为其他类似巷道的围岩应力释放积累宝贵的经验。

关键词: 超前卸压爆破 围岩应力 高产高效 实验研究

中图分类号: TD235.4

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0010-03

枣泉煤矿是神华宁煤集团宁东矿区的新建特大型现代化矿井, 其中东井(一期工程 5Mt/a)已经投产, 西井(二期工程 5Mt/a)于 2007 年 10 月开工建设, 2008 年 10 月 15 日开始进入首采大采高 11201 工作面的准备。该工作面沿碎石井背斜轴部附近布置, 其回风巷与背斜轴部的间距 30~50m, 由于靠近背斜轴部, 构造应力明显增大, 巷道开挖过程中伴随着强烈的应力释放现象, 随着掘进机掘进顶帮发出刺耳的“煤炮声”随即顶板冒落, 冒落高度达到 0.8~2m 不等, 巷道支护困难。同时巷道片帮严重, 尤其是上帮片帮最大达到 1m 左右(见图 1), 支护完成后经常有锚索、锚杆断裂现象, 同时下沉明显。



图 1 11201 风巷 1300m 处支护破坏情况

2009 年 4 月 23 日夜班在距迎头 10m 的后巷, 4 根锚索因围岩应力释放突然发生破断, 托盘掉落。尽管采用了超高强(Q500)锚杆(索)树脂药卷锚固+W 高强钢带+钢筋网综合支护方式, 仍无法保证正常施工, 局部地段仍需架棚加强支护。后经北京院深管窥视结果表明围岩在受到构造应力牵引后, 深部已经发生破碎, 整体性极差。锚杆支护很难对其进行有效支护。经多方论证于 2009 年 5 月采用了超前卸压爆

破技术释放巷道围岩应力, 在取得良好效果后, 同时也在 11201 运输巷和辅助运输巷进行了推广应用, 取得了良好的效果, 实现了巷道安全、快速、高效施工的目的。现通过对其进行总结分析, 从而为其他类似巷道的围岩应力释放积累宝贵的经验。

1 爆破卸压技术

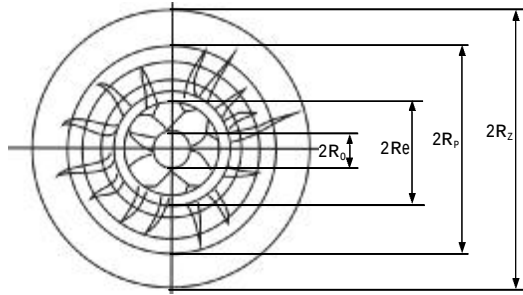
1.1 爆破卸压技术简介

爆破卸压是用爆破方法减缓应力集中程度的一种有效技术途径。爆破卸压能破坏围岩深部煤(岩)的结构(但不落煤), 使它不能积聚弹性能或达不到威胁安全的程度。这样在工作面前方形成一条卸压保护带, 隔绝了工作空间处于煤层深处的高应力区。

爆破卸压属于内部爆破, 主要物理作用是使煤层产生大量裂隙。试验表明, 爆破使炮孔周围形成破碎区和裂隙区, 破碎区远小于裂隙区。径向裂隙穿过切向裂隙, 说明径向裂隙扩展在前, 切向裂隙形成在后。炸药爆炸后, 冲击波首先使煤体破裂。继之爆破产生气体进一步使煤体破裂, 在气体压力作用下, 煤体沿径向移动, 形成切向拉应力, 产生径向拉破裂。随着裂隙的扩展, 气体通过裂隙扩散到煤体中, 与煤体产生热交换。同时, 气体的体积增大, 而温度和压力下降。当裂隙前端的应力强度因子小于断裂韧性时, 裂隙停止扩展。当压力小于临界值时, 因原先受压贮存于煤体中的弹性能释放, 使煤体向炮孔中心移动, 在煤体中产生径向拉伸作用, 导致切向破裂。但径向裂隙的扩展远大于切向裂隙, 造成煤层性质变化的主要因素是径向裂隙。

爆破卸压在煤体中产生大量裂隙, 使煤体的力

学性质发生变化,弹性模量减小,强度降低,弹性能减少,破坏“煤炮声”发生的强度条件和能量条件(如图 2)。

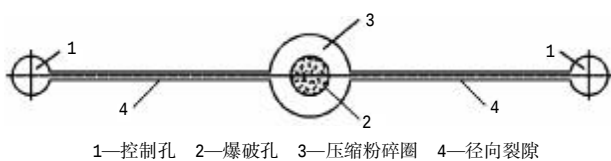


R_0 —钻孔半径; R_e —压碎区半径; R_p —裂隙圈半径; R_z —震动圈半径

图 2 超前卸压爆破围岩破碎区域

1.2 钻孔卸压爆破机理分析

当炸药在特定钻孔内爆破时,产生高压冲击波和爆生气体,致使炮孔周围岩石过度粉碎,扩大炮孔形成空腔,即产生压缩粉碎圈。之后,冲击波以应力波的形式向四周放射传播。当传播至控制孔时,就产生应力波的完全反射,导致在爆破孔与控制孔连心线方向产生集中拉应力,从而在连心线方向开裂。然后,高压爆生气体以静态压应力场作用于裂缝表面,使得连心线方向上又形成静态压应力集中,致使开裂缝能够继续扩展,最终在连心线方向形成贯通裂缝。因此,超前卸压爆破的结果是在爆破孔周围产生一柱状的压缩粉碎圈,以及贯通爆破孔与控制孔的爆破裂缝面(如图 3)。



1—控制孔 2—爆破孔 3—压缩粉碎圈 4—径向裂隙

图 3 深孔控制爆破卸压示意

1.3 钻孔参数的确定

钻孔的布置应遵循以下原则:①有利于形变碎圈带和松动圈带;②尽可能使爆破影响范围大;③在保证卸压效果下,尽可能减少孔数,缩小孔径、增大一次爆破长度。

1.4 装药与封孔工艺

超前卸压爆破由于爆破孔都比较长,为了安全起爆,其装药结构要与普通浅孔爆破不同,采用 PVC 套管辅助装药,孔内双炮头,孔深根据实际情况一般 5~15m,每个炮头安装 1 个雷管。使用黏土封堵剩余

炮孔,正向起爆结构,如图 4 所示。

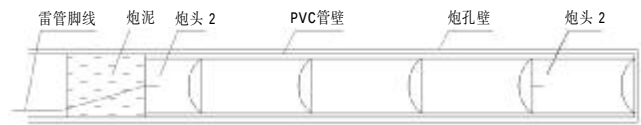


图 4 装药结构

2 释放 11201 回风巷围岩应力方案及效果

2.1 工程概况

11201 工作面设计走向长度 2930m,沿碎石井背斜轴部附近布置,其回风巷与背斜轴部的间距 30~50m,巷道埋深 150m。巷道沿 2# 煤层底板布置,煤层顶板以 2.5m 左右的炭质泥岩和 1.2m 左右的细砂岩交错构成,其上为 7m 的粗砂岩。巷道断面矩形,巷道掘进宽 4800mm,掘进高 3850mm。

2.2 巷道支护方式及参数

支护形式为锚、网、钢带、锚索联合支护。

(1)锚杆:顶锚杆采用 $\phi 22 \times 2400$ mm 的左旋无纵肋螺纹钢锚杆,矩形布置,锚杆间、排距为 1000×1000 mm,托盘采用拱型高强度托盘,规格为 $150 \times 150 \times 10$ mm。

帮部锚杆采用 $\phi 20 \times 2000$ mm 的左旋无纵肋螺纹钢锚杆,锚杆间、排距 1000×1000 mm;护板规格采用 W 型钢护板,厚度 5mm,宽度 280mm,长度 450mm。预紧力 $400N \cdot m$ 以上。

(2)金属网:巷道铺设菱形金属网,材料为 12# 铁丝。顶网规格 5000×1100 mm;帮网规格 3700×1100 mm,网孔 50×50 mm。

(3)钢带:采用 W 型钢带作为顶托梁,宽 280mm,厚 3mm,长度 4500mm。

(4)锚索选用 $\phi 17.8 \text{mm} \times 7300$ mm 钢绞线,锚索间排距 2000 mm;锚索托板采用 $300 \times 300 \times 16$ mm 拱形高强度托板,预紧力不得小于 $180kN$ 。

2.3 超前钻孔卸压爆破实施情况

综掘机截割前,采用钻孔超前卸压爆破方式释放巷道围岩应力。

(1)在工作面迎头正中布置 4 个炮眼,正三角布置,眼距 1.0m,其中 1 个空眼在正三角中心布置,炮眼直径 $\phi 43$ mm,炮眼深度 8.0m,采用乳化炸药,装药量 $3.0\text{Kg}/\text{眼}$,双雷管正向装药结构,串联。(如图 5)。

(2)超前卸压爆破段长 8m,随后进行综掘机截割支护,段长 5m,依此类推,循环进行。

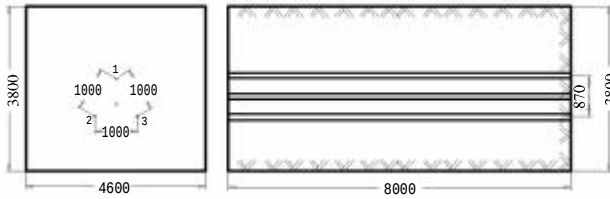


图 5 卸压爆破炮眼布置图

2.4 钻孔超前卸压爆破效果分析

(1) 在 11201 回风巷 1520m 处, 开始采用钻孔超前卸压爆破技术进行围岩应力的预释放。爆破后, 掌子面因为爆破震动, 出现煤体松动和轻微的片帮。迎头前方煤体内后生裂隙裂缝扩展, 沿炮孔周围形成比较明显的破碎区、裂隙裂缝区。掘进截割和支护过程中, 迎头附近“煤炮声”发生的频率明显减少, 但后巷 30~60m 成巷段仍不时发生“煤炮声”, 正好验证了钻孔超前卸压爆破提前释放了大量的围岩内部的应力能。

(2) 钻孔超前卸压爆破后, 顶板管理的难度大大减小, 支护质量易于保证, 顶板下沉量、两帮相对移近量、顶板深部与浅部离层量明显减小, 基本上没有采取架棚加强支护, 降低了支护成本(见图 6、表 1)。

(3) 钻孔超前卸压爆破后, 施工速度明显加快, 缓解了采掘接续压力(见表 2)。

3 结语

(1) 在受构造应力牵引作用的回采巷道中掘进, 采用钻孔超前卸压爆破技术提前释放围岩应力, 改善了前方煤体的卸压程度和透气性, 降低了发生片帮或冒顶的动力即地应力, 减少了“煤炮”产生的施加于锚杆(索)支护系统上的瞬时动载荷, 保证了支护系统的有效性。

(2) 钻孔超前卸压爆破技术的应用, 提高了支护质量, 施工速度加快, 有利于顶板管理工作的开展,



图 6 采用卸压爆破后巷道支护情况

表 1 巷道围岩变形量统计表

	爆破前			爆破后			降低率(%)
	平均			平均			
顶板下沉量 (mm)	346	470	408	220	105	162	194.9
两帮相对移近量 (mm)	379	460	419	178	135	190.1	97
顶板深部离层量 (mm)	170	110	140	140	45	156	44.3

表 2 月进度统计表

	爆破前			爆破后				
	4月	5月	平均	6月	7月	8月	9月	平均
月进度(m)	30.6	61.2	45.9	237	248.4	411	430	331.6

有利于安全高效矿井的建设。

参考文献

- [1] 张宏升, 胡湘宏. 工程爆破技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2006.
- [2] 吕渊, 张登龙. 含瓦斯煤巷掘进超深孔松动卸压爆破技术[J]. 矿山压力与顶板管理, 2002(3).
- [3] 吕渊, 徐颖. 深井软岩大巷深孔爆破卸压机理及工程应用[J]. 煤矿爆破, 2005(4).
- [4] 枣泉煤矿 11201 工作面回风巷锚杆支护初始设计[J]. 天地科技股份有限公司开采设计事业部, 2009(4).

作者简介: 王立峰 (1966-), 在读博士, 1990 年毕业于西安矿业学院, 长期从事软岩巷道支护技术研究, 现任神宁集团灵州建井工程有限公司经理。

Testing Research of Laneway Wall Rock Stress Released by Advanced Bore Decompression Explosion Technique

Wang Lifeng Yong Xueyi Chen Tiejun Kang Weiguo

(Lingzhou Mine Construction Engineering Co., Ltd. of Shenhua Ningxia Coal Group. Yinchuan, Ningxia, 751000, China)

Abstracts: This article sets forth the present situation of advanced bore decompression explosion technology, analyses the affecting factors of structure stress occurred in ventilation roadway on No. 11201 working surface of Zaoquan Mine of Shenhua Group. Measures are put forward to release wall rock stress before digging via application of advanced decompression explosion technology. Such experiences can be used to release stress in similar situations. Key words: Advanced bore decompression explosion; Wall rock stress; Efficient production; Experimental research

(收稿日期: 2009-12-01 责任编辑: 杨静)

CST在带式输送机上的实用及分析

张永强

(宁夏宁鲁煤电有限责任公司, 宁夏 银川, 751410)

摘要: 根据矿山运输使用的胶带输送机, 结合相关专业知识和经验, 介绍了 CST (Controlled Start Transmissions) 可控启动传输设备, 该设备具有可控启动、软联结、过载、自诊断、胶带打滑监控等控制和保护功能, 以胶带速度和电机功率为控制参数, 以各台 CST 的离合器压力为被控参数, 在保证胶带实际运行速度跟踪理想设定速度曲线的前提下, 保证各电机的输出功率尽可能平衡。说明 CST 在带式输送机上的使用, 能提高带式输送机的安全系数, 增加使用寿命, 提高生产效率、减少现场操作人员、提高安全性的目的。

关键词: CST 原理 传动 运行效果

中图分类号: TD528+.1

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0013-05

带式输送机是矿山、交通运输等部门广泛使用的运输设备, 输送带是标准的弹性体设备, 其负载是典型的恒转矩负载。该类设备要求有较小的启动和停车加速度, 正常运行时要求有较均衡的张力和稳定的传动力矩。同时还需要对胶带的跑偏、断带、纵撕、烟雾、打滑、堆料、事故急停、温度等参数进行监控和保护; 对多条输送机连续输送的系统, 还要对各条输送机的起停顺序进行闭锁控制, 以防止堆料; 对多电机驱动的输送机, 还需控制各电机的起停次序, 以防止对电网的冲击及共振。带式输送机的张力在不同的运行阶段其控制值也不相同。同时, 在输送带运行的过程中, 许多保护功能要控制电源开关的动作, 并根据电机功率来判断和控制各传动设备的输出功率, 以保证各设备出力均衡, 确保整个输送机良性运行。

目前带式输送机的传动设备广泛采用 CST (Controlled Start Transmissions) 可控启动传输设备, 该设备具有软启动、软联结、过载、自诊断、皮带打滑监控等控制和保护功能, 是带式输送机的心脏。带式输送机的驱动装置一般由电动机、传动装置、联轴器及逆止器或制动器组成。

由于带式输送机的负载是典型的恒转矩负载, 而且带式输送机往往不可避免地要带负荷启动和制动。电动机的启动特性与负载的启动要求不相适应在带式输送机上比较突出。一方面为了保证必要的起动力矩, 电动机启动电流要比额定运行电流大 6~

7 倍, 要保证电动机不因电流的冲击而过早损坏, 电网不因大电流冲击使电网电压过分降低, 这就要求电动机的启动过程要尽量快, 即提高转子的加速度。另一方面, 输送带是一种粘弹性体, 大型带式输送机在启动的不稳定阶段, 驱动装置施加到输送带上的牵引力及惯性力将以一定的波速在带内传播、叠加、反射, 加上其他因素的影响, 在输送带内引起复杂的应力变化, 若其瞬时峰值应力超过允许值, 将会严重损伤输送带, 这就要求有尽量小的启动加速度以降低启动时的冲击。现代带式输送机的启动加速度要求控制在 $0.1 \sim 0.3 \text{ m/s}^2$ 之间。例如运行速度为 3.15 m/s 的带式输送机, 其启动时间将长达 $10 \sim 30 \text{ s}$, 而电动机启动时间过长将会因过热缩短其寿命。为了有效解决带式输送机与电机启动间的特性矛盾, 可采用的调速驱动的方式, 降低主电机的启动负荷, 延长皮带的启停时间。目前通常采用的主要有:

变频调速: 改变电机励磁频率进行调速, 启动全程自控, 效率高, 调速范围广。但在低频启动时会降低电机输入电压, 导致电机输出转矩降低, 不适应大型带式输送机低速大转矩的启动要求。

液力耦合器: 可改善启动性能, 降低电机与负载启动的冲击。但是液力耦合器传递的扭矩与其转速的平方成正比, 低速时传递的扭矩小, 在低速阶段不能提供稳定平滑的加速度, 传动特性是非线性的, 控制特性不准确, 效率低, 稳定运行时需要滑差。

CST 可控驱动系统: 专用于重载带式输送机的

驱动系统,集减速、离合、调速、电控、冷却、运行监视、自诊断于一体的液体粘性调速器与行星传动相结合的传动装置。具有软起动、软停车、过载保护,解决多点驱动的功率平衡、降低电机容量、延长使用寿命、效率高、节能等特点,全部采用 PLC 系统控制,适用于大型带式输送机。控制系统开放,易于实现数据共享和网络化,便于整体矿山自动化系统的集成。

1 CST 原理

可控起动传输(CST)是用于大惯性负载平滑起动的多级减速齿轮传动,其主要结构包括减速齿轮箱、冷却系统、润滑系统、液压系统和基于可编程控制器(PLC)的控制装置。图 1 描述了 CST 系统的主要结构和工作原理。

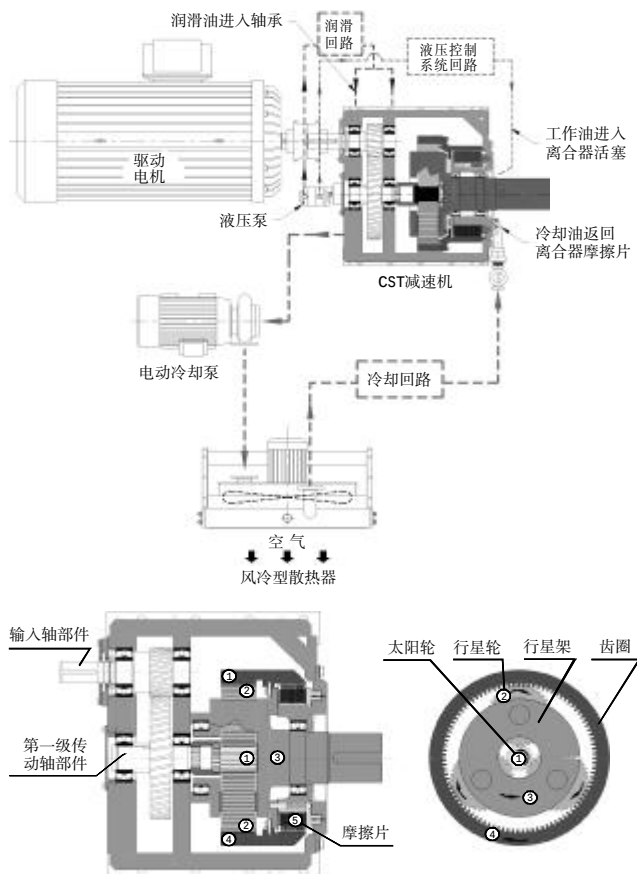


图 1 CST 系统的主要结构和工作原理

CST 减速齿轮箱由三部分组成:输入轴齿轮组,输出轴行星齿轮组和离合器部分。输入轴的斜齿轮将电机的旋转运动传递到太阳轮上,并通过太阳行星轮之间的啮合将运动传递到与行星轮一体的输出轴上,驱动输出轴运动。图中放大部分详细说明了机

械式离合器的工作原理。旋转板(动摩擦片)在外圈方向上通过键槽固定在齿圈/制动盘上,并随齿圈/制动盘同步旋转。静止板(静摩擦片)在内圈方向通过键槽固定在输出轴体上。内外两层摩擦片交叉布置,相互隔离。调整环形活塞上的液压,可控制摩擦片之间的压力,并导致摩擦片之间的间隙产生变化。环形活塞上未施加控制压力时,齿圈/制动盘处于自由运动状态,CST 不传递运动。实际应用中,在带式输送机起动初期输出轴由于负载力矩作用而处于静止状态。当逐渐增大外部液压控制作用时,环形活塞将逐渐压紧离合器。由于摩擦作用齿圈/制动盘旋转速度将减慢,根据作用与反作用原理,与输出轴固定的摩擦片将受到反向作用力。当施加的控制压力能提供足够的起动力矩时,皮带机就起动了。调节活塞上的液压压力,可精确控制输入轴电机传送到 CST 输出轴的力矩。齿圈与输出轴的速度呈线性反比例关系,当齿圈静止时,输出轴将达到满速运行。

冷却系统用于带走由于动摩擦片和静摩擦片相对运动所带来的损耗热量。冷却系统可以采用油/空气或油/水热交换器方式,通过相等容量冷却泵的运行,促使冷却油在 CST 油箱、热交换器和离合器之间循环流动以保证 CST 的安全运行。

CST 主要是为在起动过程加速阶段降低张力作用对皮带机带来不利影响,通过控制起动上升曲线,可减小胶带机空载或满载起动时带来的瞬时尖峰张力,从而得到一个满意的动态结果。在一些超长的带式输送机应用中,通过在上升曲线中增加一段缓冲特性来提升起动性能。缓冲特性确保胶带机在起动初始阶段逐渐的张紧,胶带机各部分单元在正常加速之前处于低速低起动力矩的运行状态,这降低了胶带机的应力作用。

2 动力学问题 — 动态分析

胶带本身是一弹性体,特别是带负载时有极大的惯性。起动时加速度越大,停车时减速度越大,胶带中储存的能量越大,释放这些能量会对输送机部件带来极大的应力。特别是当发生谐波共振时,会带来严重后果。

(1)起动加速度过大将带来如下问题:

增加了胶带强度;增加了电机功率;增大了结构件的载荷。CST 的理想启动曲线可避免这些问题(见图 2)。

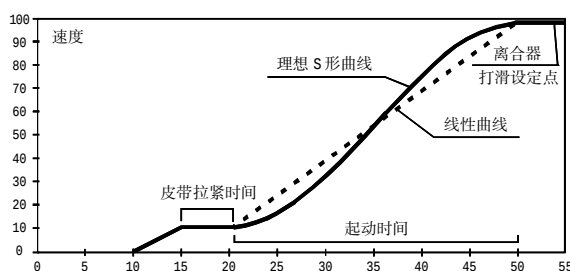


图 2 CST 在带式输送机使用中的理想起动曲线

(2) 紧急停车以及系统突然断电时张力波振荡对输送机系统的破坏：

在系统未断电时，CST 控制器可有效控制停车时间，避免停车过快，避免大事故发生。

3 CST 控制算法和实际运行情况

控制算法主要是：以胶带速度和电机功率为控制参数，以各 CST 的离合器压力为被控参数，在保证胶带实际运行速度跟踪理想给定速度曲线的前提下，保证各电机的输出功率尽可能平衡。其中速度控制采用串级调节，功率平衡控制采用 PID 调节。

CST 的起动曲线即速度控制采用 PID 串级控制，即内环为压力 PID 控制器，外环为速度 PID 控制器。其中，内环的给定值为外环 PID 输出值，反馈信号为主驱的压力，输出控制为主驱 CST 的比例阀开度。外环的给定值为 S 形曲线的实时计算值，反馈为主控速度信号，输出控制为内环 PID 的给定。功率平衡控制采用 PID 控制方式。一个驱动点上可以有多台 CST 构成，其中可任选一台且只能选一台 CST 作为主驱，其他 CST 均为从驱，主驱用以控制速度，从驱用于给主驱助力。因此要求在工作过程中，从驱 PID 控制器的给定为主驱的实时功率信号，其反馈信号为自身主电机的实时功率信号，输出控制为自身 CST 的比例阀开度。

PID 控制计算公式为：

$$u(t) = K_p [e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}]$$

其中：K_p 为比例(P)，T_i 为积分(I)，T_d 为微分(D)

在 CST 的控制程序中，主要有三种 PID 控制回路：速度反馈 PID、压力反馈 PID 以及功率反馈 PID，在某些多点驱动的系统里还要加入张力反馈 PID 回路。各 PID 相互作用，保证了 CST 的精确控制。

3.1 速度 PID 串级控制器

CST 的起动曲线即速度控制采用 PID 串级控

制，即内环为压力 PID 控制器，外环为速度 PID 控制器。其中，内环的给定值为外环 PID 输出值，反馈信号为主驱的压力，输出控制为主驱 CST 的比例阀开度。外环的给定值为 S 形曲线的实时计算值，反馈为主控速度信号，输出控制为内环 PID 的给定。速度 PID 控制器的逻辑框图如图 3：

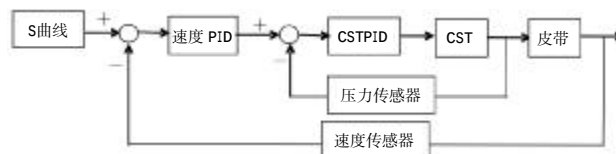


图 3 速度 PID 控制器的逻辑框图

根据国内外专家多年的研究成果和实际运行经验可知，当胶带机起动的速度 v 和加速度 a_A, a_B 制动加速度满足下述条件时，皮带的弹性形变最小，且达到满速时或完全停车时，皮带储能也最小。

$$v(t) = 16383 \times (1 - \cos(\frac{x \times \pi}{100})) / 2 \quad (\text{m/s}) \quad (1)$$

$$a = \frac{16383 \times \pi}{200} \sin(\frac{x \times \pi}{100}) \quad (2)$$

$$x = 0 : 0.2 : 100$$

其速度 PID 给定曲线和加速度曲线如图 4 所示。

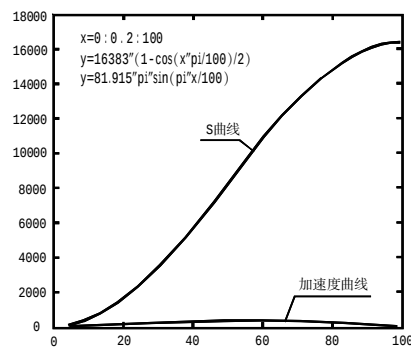


图 4 带式输送机理想速度及加速度曲线

3.2 功率 PID 控制器

功率平衡控制采用 PID 控制方式。一个驱动点上可以有多台 CST 构成，其中可任选一台且只能选一台 CST 作为主驱，其他 CST 均为从驱，主驱用以控制速度，从驱用于给主驱助力。因此要求在工作过程中，从驱 PID 控制器的给定为主驱的实时功率信号，其反馈信号为自身主电机的实时功率信号，输出控制为自身 CST 的比例阀开度。功率 PID 控制器的逻辑框见图 5。

3.3 运行操作与控制过程



图 5 功率 PID 控制器的逻辑框图

多数超长带式输送机采用了多级驱动系统方式,要求驱动装置之间的负载平衡分配以减小胶带机各个部分的负载和应力影响。对于那些多于一台 CST 驱动装置的皮带机系统中,控制系统必须保证电机负载平衡分配。通过在多级驱动系统中配置主驱和从驱的方式可实现负载的平衡分配。嵌套的 PID 控制,以下为一典型的 4×CST 驱动控制的例子,通过对此系统的分析可理解 CST 的控制方式。主驱和从驱的配置取决于齿轮减速比和滚筒的直径大小。为

了达到良好的负载平衡控制特性,推荐使用从驱滚筒直径比主驱大任何情况下,从驱将跟随主驱自动调整状态,在不同的负荷下均能保持一致的输出功率。在典型的 4×CST 驱动控制中,处于尾部的操作员在确认胶带机安全自锁状态后向 CST 控制箱发出胶带机运行信号。

4 CST 的应用

CST 在带式输送机中的应用基本上分为两种驱动方式,即:单点头部驱动和多点驱动。

4.1 单点头部驱动

传统带式输送机驱动一般为头部驱动,CST 在神华宁煤集团灵武矿区单点头部驱动应用实例见表 1。

表 1 CST 在神华宁煤集团灵武矿区单点头部驱动应用实例

序号	皮带名称	长度	CST配置	电机功率	小时运量	使用时间
1	灵新煤矿主斜井皮带	1086m	2×1120KV	2×630kW	900T	1996年10月
2	灵新煤矿 1050 大巷皮带	1987m	2×630KS	2×630kW	900T	1997年11月
3	磁窑堡二矿主斜井皮带	1628m	2×1120KV	2×630kW	1500T	2003年11月
4	羊场湾地面 101 皮带	2825m	2×420K	2×630kW	1000T	2004年05月
5	羊场湾主运输皮带	1683m	3×1950K	2×1600kW	3300T	2005年06月
6	羊场湾落煤塔驱动	260m	2×420K	2×315kW	3300T	2005年06月
7	羊场湾井下顺槽皮带		3×420KRS	3×400kW	3000T	2006年01月
8	枣泉煤矿	1205m	3×1950K	3×1600kW	2500T	2006年10月
9	任家庄煤矿	1645m	4×750K	4×630kW	900T	2008年04月

4.2 长距离胶带机多点驱动

众所周知,多点驱动可以减小皮带应力(见图 6~8)各种驱动方式下皮带应力的变化。

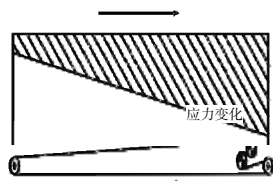


图 6 传统胶带机—单点头部驱动

5 CST 与变频器的比较

变频器用在提升机、风机和泵等负载的力矩和转速需要迅速变化时,是一种成熟的、节能的产品和最佳的选择。但是用在负载为恒速的带式输送机时,不是最佳的选择。

变频调速是很好的产品,但是,在随输送机负载而随时可调速的智能输送机是不存在的。因

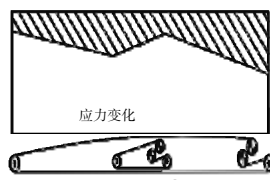


图 7 多点驱动—线性助推

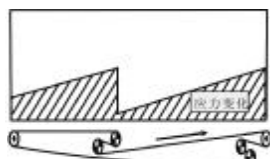
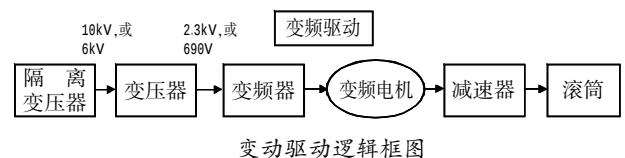


图 8 多点驱动—转载助推

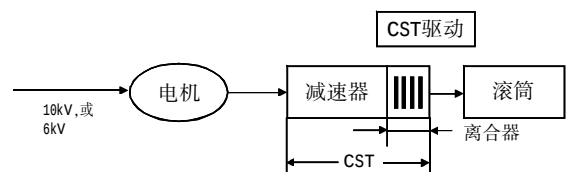
为带速变化速度要大大低于负载变化速度(以保证输送带的安全系数):下面就几种放面进行比较,说明 CST 在带式输送机上使用是最佳的选择。

5.1 效率比较

由图 9 和表 2 看出,变频器还变频电机在恒速中是一种低效率的产品,其效率比 CST 低 13.7%,只有在负载变速时,才可能节能。



变频驱动逻辑框图



CST驱动逻辑框图

图 9

表 2 变频驱动与 CST 驱动比较

效率	变压器	变频器	变频电机	电机	减速器	离合器	总效率
变频驱动	0.98	0.95	0.85	/	0.98	/	0.775
CST驱动	/	/	/	0.95	0.98	0.98	0.912

5.2 应用比较

变频器是用于变速的,但带式输送机要求的运行速度为衡速,随机(智能)改变带速是不可能的,因为带速变化不能赶上煤量的变化。

在恒速控制中,变频器和变频电机是一种低效率的产品,其效率比 CST 低 12% 左右。

带式输送机,特别是长距离、大运量的带式输送机最重要的是要求是可控制启动和停车

对于相对长时间的运量减小,可以停开部分 CST。

6 效果与效益

神华宁煤集团灵新煤矿 1996 年 10 月、1997 年 11 月分别在主斜井输送机和 1050 大巷输送机安装了 2×1120KV 和 2×630KS CST,安装使用到现在,已经 10 年,且灵新煤矿设计年产 240 万 t;2004 年生产原煤为 320 万 t,2005 年生产原煤 358 万 t,2006 年 330 万 t/a;应用户要求,目前 2×1120K 主电机的过载值调整到 1.2 倍以上。

2008 年 4 月任家庄煤矿安装投用的 4×750K CST,矿设计能力为 240 万 t/a,计划任务为 240 万 t/a。2008 年当年实际生产 145 万 t/a,2009 年预计生产

272 万 t/a,主运输系统的输送机 4×750K CST 从投入运行至今。

可以看出,在超负荷生产时,大型带式输送机选用 CST 可控启动传输很有优越性。

7 结束语

CST 对于重型及中型胶带运输机,不但可以解决潜在的动力学问题,而且可以降低胶带规格、点击功率和结构费用可补偿在驱动装置上的费用增加,从而确保整机的初期投资基本持平。

参考文献

- [1] 可控启动传输(CST)原理、结构和应用研究[J].罗克韦尔自动化,2005(11).
- [2] 陈艳.带式输送机启动过程的优化设计[J].2004.
- [3] 邓永胜.线摩擦多驱动带式输送机的设计计算方法[J].2004.
- [4] 邓晓红.大功率带式输送机软启动时间对动载荷的影响[J].2004.
- [5] 胡成平,王世平.调速液力耦合器在长距离带式输送机中的使用分析[J].2004.
- [6] 赵玉文,李云海.带式输送机的现状与发展趋势[J].2004.
- [7] 周立彬,陈焕国.带式输送机中拉紧装置的动态分析[J].2003.
- [8] 蒋志武.带式输送机软启动装置的选型比较[J].2004.
- [9] 付峻青,王聪,吉莉萍.带式输送机驱动系统的分析与探讨[J].2004.
- [10] 王光炳.调速型液力耦合器的特性及匹配[J].2004.
- [11] 陈珏,戴建立.长距离带式输送机动态分析的发展现状[J].2004.

作者简介:张永强(1968—),工程师,现任宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿矿长。

Application and Analysis of CST on Belt-type Conveyor

Zhang Yongqiang

(Ningxia Ninglu Coal-power Limited Liability Company Yinchuan, Ningxia, 751410, China)

Abstract: CST(Controlled Start Transmissions) Controllable Conveying Equipment is introduced on the basis of Belt-type Conveyor used in mine. CST has the functions of controllable start-up, soft coupling, overload, self-diagnosis, belt skid monitoring and protection. Taking belt speed and motor power as control parameters, and the pressures of clutches of each CST as controlled parameters, with the priority of belt running speed traces planned speed, balance of output power of all motors shall be guaranteed. It shows the use of CST on belt-type conveyor could increase the safety factor, life and productivity, as well as safety with less operators needed.

Key words: CST principle; Transmission; Operation effects

(收稿日期:2009-12-01 责任编辑:杨静)

高瓦斯厚煤层二分层综采工作面 外围火区下安全开采的对策

田文华

(神华宁夏煤业集团公司白芨沟煤矿, 宁夏 石嘴山, 753000)

摘 要: 神华宁夏煤业集团白芨沟煤矿为高瓦斯矿井, 瓦斯治理始终是矿井灾害防治的重点, 但在 2521⁻¹ 工作面开采中, 外围火区的存在及威胁已经有所显现, 且随着开采深度的增加, 外围火区对工作面开采的威胁却越来越大。目前, 对于即将接续开采的 2521⁻² 综采工作面, 必须提前采取措施, 做好通风、瓦斯、高温火源的综合防治, 确保矿井“一通三防”安全。

关键词: 高瓦斯 综采面 火区下 安全开采

中图分类号: TD823.82

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0018-04

白芨沟煤矿主采煤层为二煤, 煤层厚度 3.75~32.48m, 平均 15.4m, 矿井绝对瓦斯涌出量 111.17m³/min, 相对涌出量 34.32m³/t, 煤层发火等级为三级, 属不易自燃煤层, 煤尘爆炸指数 8.73%~9.86%, 无爆炸性, 瓦斯等级鉴定为高瓦斯矿井。2008 年底完成了矿井安全系统改造, 核定生产能力 160 万 t/a。目前布置有 2521⁻¹ 和 4521⁻⁶ 两个综采工作面, 其中, 4521⁻⁶ 综采工作面计划于 2009 年 12 月采完, 之后对南二、南四采区进行整体封闭, 矿井最终优化为一个独立采区, 集中开采 2521 条带和 2621 条带。正在开采的 2521 条带分 5 个分层开采, 现开采 2521⁻¹ 工作面, 计划 2010 年 3 月接续 2521⁻² 工作面, 并最终形成一井一面的生产格局。

高瓦斯是白芨沟煤矿二煤赋存的特点之一, 直接威胁着矿井安全生产。2007 年以来, 采取了立体综合抽放措施, 加大 2521 和 2621 条带瓦斯抽采力度, 并取得了较好的成效。尤其在 2521⁻¹ 工作面瓦斯治理中, 通过 1640 集中运输巷, 向煤层中部施工了长距离大直径定向钻孔(澳钻)和穿层钻孔, 对整个煤层瓦斯进行抽放。在地面施工抽放钻孔, 抽放采空区及实体煤瓦斯, 并通过地面钻孔进行灌浆。期间, 还在 2521⁻¹ 工作面运输顺槽、中间巷、措施巷施工了顺层钻孔抽放瓦斯, 同时边采边掘高抽巷抽放采空区瓦斯。2009 年 2 月下旬, 进一步采取封堵上隅角并利用抽排风机引放上隅角瓦斯等措施, 至此, 消除了工作面上隅角瓦斯超限。

1 2521⁻² 综采工作面开采不安全因素分析

从白芨沟煤矿以往开采情况看, 瓦斯治理始终是安全生产重中之重的工作, 但外围火区的存在及漏风裂隙的发展、扩大给 2521 条带安全开采增添了新的难度与风险。总体看, 随着工作面开采深度的增加, 瓦斯涌出量逐步减小, 外围火区的威胁却越来越大。

1.1 地表火区威胁

南四渣台高温火区位于 2521⁻¹ 工作面切眼和 2621 条带地表附近, 圈定高温火渣异常区面积约为 70000m², 最高温度达 230℃。南一露头火区主要在 2521⁻¹ 工作面运输顺槽以上地表, 局部温度在 200℃以上。

2521⁻¹ 工作面开采中, 尤其以工作面南侧 700m 范围, 瓦斯涌出量大、地面火渣堆积严重, 期间, 存在工作面及底板瓦斯超限现象, 采空区瓦斯浓度基本处于 20%~25%、O₂ 浓度 15%~18%。2009 年元月 5 日以来, 地面、井下瓦斯泵站以及部分瓦斯抽放钻孔检测出 CO, 最大 50PPm。经测定分析, CO 气体主要来源于地表火区。鉴于矿井地表为岩石山地地形, 2521⁻¹ 工作面开采中就已经出现了地表裂隙(最宽 300mm、最长 100m), 随着开采深度的增加, 贯穿地表的裂隙将会增大, 并与井下采空区贯通, 将会造成工作面漏风量加大, 运输机巷进风量不足, 工作面通风困难。也存在火区范围扩大、有害气体大量涌入

2521⁻² 工作面,造成 CO 浓度严重超限的可能。一旦高温火源与瓦斯相遇,有可能通过裂隙导入采空区,引燃采空区内的瓦斯和遗留残煤,给工作面安全生产带来严重威胁。

1.2 相邻采空区火区威胁

2003 年 10 月 24 日,2421⁻¹ 综放工作面发生瓦斯爆炸,引起采空区大面积着火,采区被迫封闭,后经启封采完工作面剩余煤量,但火区至今没有注销,火灾隐患依然存在。

2009 年 3 月下旬,在清理 2521⁻¹ 回风一川巷道中,发现斜巷上部顶板冒落严重,出水温度达 26℃,瞬间出现 CO,随后封闭了原回风一川,重新开口施工了 2521⁻² 回风一川,但随着 2521⁻² 工作面的采动影响,与火区关联的巷道、煤柱会压裂变形形成漏风通道,将给工作面安全生产带来直接威胁。

鉴于 2521 条带复杂的开采条件,以及 2521⁻² 工作面开采可能出现的通风、瓦斯、防火等问题,为了确保 2521⁻² 工作面开采安全,必须提前考虑并采取

切实有效的措施积极防治,做到未雨绸缪,超前防范,这也是实现白茆沟煤矿 2010 年一井一面、稳产达产,以及“一通三防”安全的重要保证。

2 2521⁻² 综采工作面安全开采思路

2521⁻² 综采工作面开采,必须从通风安全整体工作出发,以通风管理为基础,以瓦斯治理为核心,以控制缩小外围高温火源为保证,统筹兼顾、合理调控,做到通风、瓦斯、高温火源的综合防治。

2.1 加大瓦斯抽采力度,消除工作面瓦斯超限

(1) 充分发挥澳钻抽放功效,尽量降低煤层瓦斯含量。澳钻抽放一直占全矿井瓦斯抽放量的 75% 左右,其抽放浓度、流量一直较为稳定。2521⁻² 工作面采过后,受采动影响,澳钻抽放基本失去效用。在此之前,要进一步提高澳钻的抽放负压及强度,增加澳钻的瓦斯抽放量。目前,中央泵站只有一台抽放泵运行,可以考虑两台抽放泵同时运行,或连接地面其他泵站加大抽放力度。

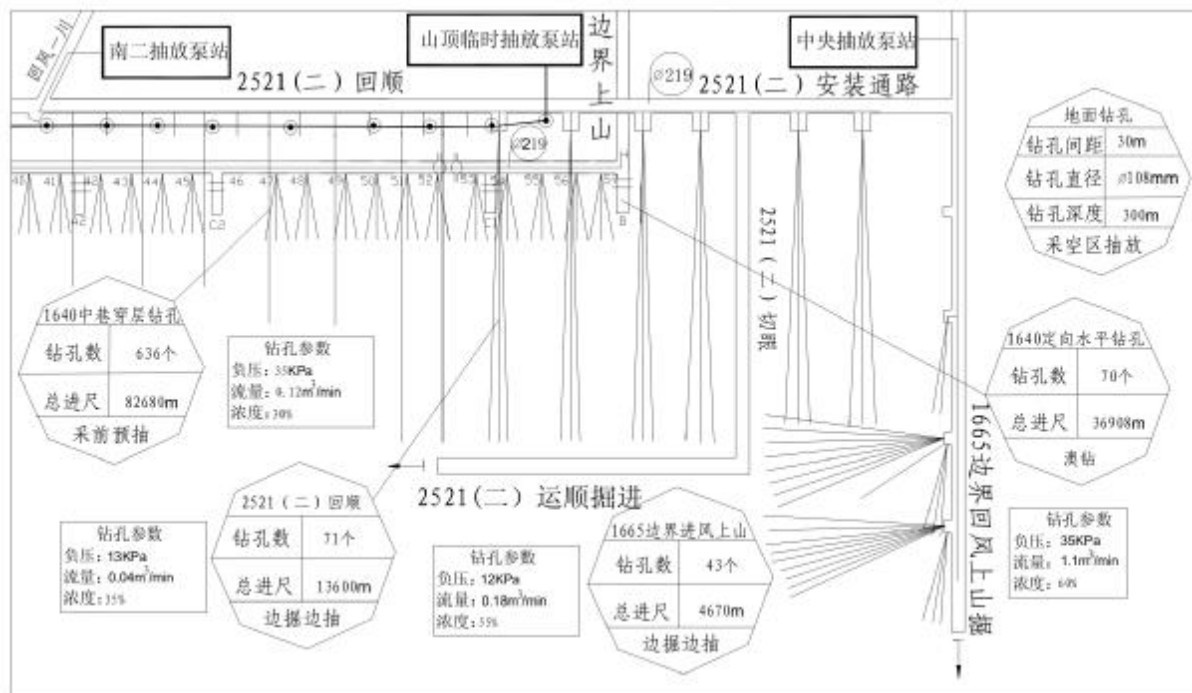


图 1 神华宁煤集团白茆沟矿瓦斯抽放系统示意图

(2) 严格掘进工作面瓦斯抽采“三同时”(同时设计、同时施工、同时抽放)。在 2521⁻² 工作面回风顺槽掘进中,使用 6000S 钻机,边掘进边施工长距离大直径($\phi 133\text{mm}$)顺层抽放钻孔,并连接抽放系统,加大钻孔瓦斯抽放负压(10kpa 以上)和强度,做到早抽

多抽本煤层瓦斯,最大限度的减少 2521⁻² 工作面开采中的瓦斯涌出量。

(3) 做好揭露澳钻的抽放与封堵,防止 2621 条带煤层瓦斯大量涌入 2521⁻² 工作面及采空区。对于 2521⁻² 工作面运输顺槽掘进中揭露的澳钻,要采取

措施封堵上帮(2521 条带侧)钻孔,连管抽放下帮(2621 条带侧)钻孔,避免掘进及回采中大量瓦斯涌向工作面。当 2521⁻² 工作面将要采过揭露的澳钻时,要停止下帮钻孔抽放,及时对钻孔进行封堵,切断揭露的澳钻与工作面采空区的瓦斯释放通道,从而减少采空区瓦斯积存量,降低风流中的瓦斯浓度。

(4)2521⁻² 工作面开采期间,要兼顾防火安全的需要,既要加大本煤层顺层钻孔的瓦斯抽放强度,还要合理控制采空区瓦斯抽放负压,把与采空区连接的地面钻孔、穿层钻孔(包括澳钻)、尾巷抽放负压控制在合理的范围内,避免高压负抽放造成地表高温火渣范围扩大,工作面 CO 浓度超限,威胁井下安全生产。

(5) 对于 2521⁻² 工作面上隅角存在的瓦斯超限情况,通过施工隔离墙封堵上隅角,并在采空区埋设

瓦斯抽放管($\phi 500\text{mm}$),或利用抽排风机抽放等措施,消除上隅角瓦斯超限。

2.2 加大外围火区治理,控制并减小高温火源的威胁

(1)重点做好地表渣台高温火区的治理,尽量做到能灭则灭。地面渣台火区范围大、堆积厚,火渣清除工程量大、困难多,但就 2521⁻² 工作面开采来说,目前,已确定实施了传统的灌水覆土治理地面火渣的方法。即平整地面渣台,浇灌黄泥稀浆,同时,每间隔 15m,挖 1.2m 宽、1.5m 深的沟槽,撒阻化剂、铺黄土,并灌水处理。之后在渣台表面覆盖黄土(500mm)碾压密实。本项措施具有地面火渣治理和地表裂隙漏风封堵的双重作用,但随着下分层工作面的开采,地表裂隙会反复出现,因此,这项工作要始终进行,并定期进行效果评价及措施调整。

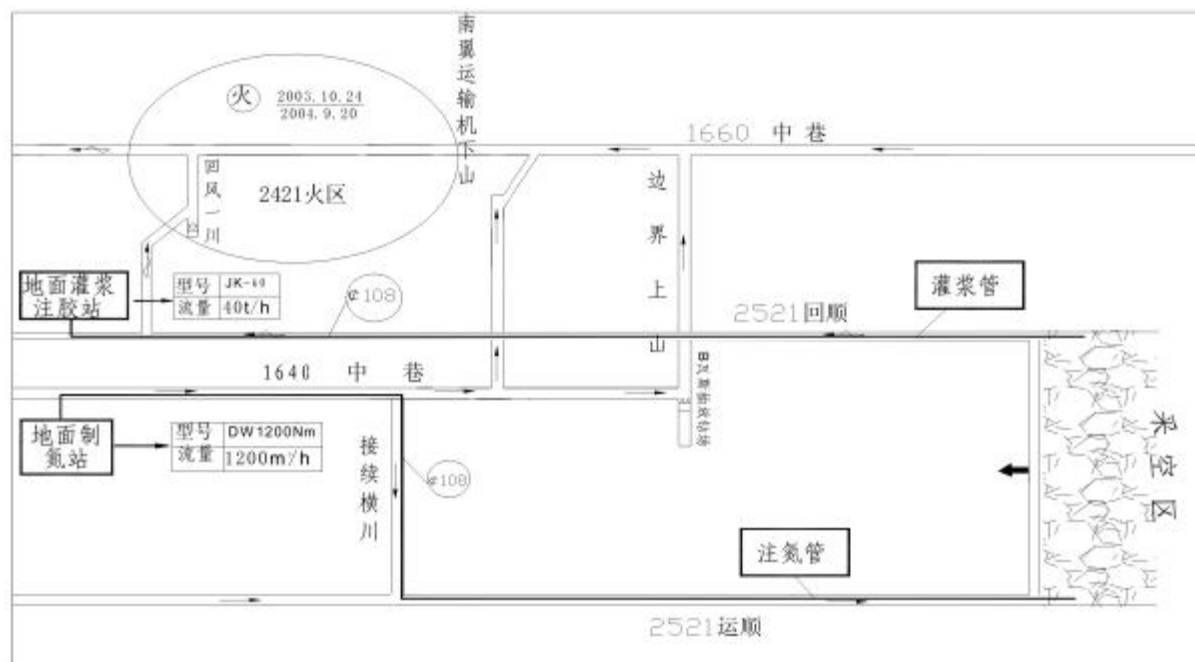


图 2 神华宁煤集团白茆沟矿防灭火系统示意图

(2)继续做好 2421 采空区火区灌浆、注氮灭火工作,严格灌浆量、水土比的检查考核,保证灌浆质量,尽可能消除火区。同时,要做好火区气体的采样分析,定期对火区状况及威胁程度进行分析判定。一旦出现煤柱裂隙漏风等情况,要对关联漏风巷道采取挂网、架棚、喷浆等措施进行防火堵漏处理,消除 2421 采空区火区威胁。

(3)对采空区实施连续注氮(或三相泡沫),进一步惰化采空区,控制并降低采空区漏风及氧气含量(尽可能降到 12%以下)。工作面初采初放期间,就从

运输机巷向采空区埋管注氮,也可考虑利用地面钻孔或弃用的井下抽放钻孔向采空区注氮。其中,埋管注氮方式为交替埋管连续注氮,管径 $\phi 76\text{mm}$,埋管间隔 50m,注氮范围 30~80m,具体参数根据采空区观测情况调整确定。

2.3 加大采空区漏风控制,消除瓦斯与外围火源的联系通道

控制并消除地表导通裂隙及风机两巷漏风,防止工作面通风困难,是实现 2521⁻² 工作面通风、瓦斯、防火安全的关键。

(1) 必须坚持持续有效的地面火渣治理和地表裂隙的检查充填工作。同时,还要经常进行工作面漏风方向、漏风风量和漏风风压的测定,依此调整确定工作面风量、风压。对于风机两巷的漏风,要采取巷道顶板喷浆堵漏等措施,避免加设辅扇通风,保证通风系统合理、稳定、可靠。工作面风量配备原则以风流中瓦斯不超限、上隅角形成弱负压为准,从而进一步抑制并降低工作面瓦斯、CO 涌出量。

(2) 加大采空区及“三线”的灌浆力度。继续利用地面钻孔进行黄泥灌浆,能灌则灌,提高采空区岩石胶结程度及再生顶板的形成。同时,2521⁻² 工作面开采期间,通过向采空区埋管灌浆,进一步提高灌浆质量。埋管灌浆方式与采空区埋管注氮方式一样,埋管深度以工作面不跑浆为准。

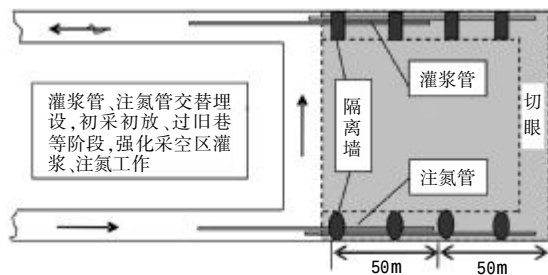


图 3 采区埋管灌浆方式

(3) 2521⁻² 工作面开采中,每间隔一定距离,分别在上、下隅角施工隔离墙,进一步封堵采空区漏风。隔离墙间距以尽量减少漏风为准,通过现场观测确定,也可按一个周期来压施工一组隔离墙,隔离墙的设置可采用注复合胶体、瑞米材料、玛丽散等。

2.4 强化气体监测分析预报,为综合防治措施有效实施提供支持

(1) 依据规程规定,通过人工检测、安全监控系

统(包括瓦斯抽放参数监控系统)、束管监测系统设置测点,做好预测预报工作。并根据现场情况,在回风一川附近相关联的巷道内打钻埋设束管监测探头(包括测温探头),定期人工采样色谱分析,重点对 2421 采空区火区进行有效监控。

(2) 通过采空区束管埋管监测与抽放钻孔(穿层钻孔、澳钻、抽放泵站)定期取样分析相结合的方式,做好整个采空区全组份气体的检测分析。其中,束管埋管方式为交替埋管,每间隔 50m 一个测点,利用 $\phi 76\text{mm}$ 护套管做保护,始终保持采空区至少有三个测点,实施采空区 150m 范围的气体监测预报,具体参数根据现场需要调整确定。

(3) 依据工作面、采空区气体监测情况,及时做好分析预报工作。同时,每月至少进行一次通风、瓦斯及防火专项措施的执行及效果分析评价工作,及时发现问题,调整对策,保证“一通三防”管理到位、措施执行到位。

3 结束语

2521⁻² 综采工作面开采,必须提前编制专项安全技术措施及应急预案,并严格执行,保证通风、瓦斯及高温火源的有效管控。另外,随着工作面开采深度的增加,外围高温火源对工作面安全开采的威胁也将加大。因此,还要提前对 2521⁻³ 工作面安全开采进行超前分析、超前预判、超前防范,实现 2521 条带开采中,通风、瓦斯、高温火源的综合防治,确保“一通三防”安全工作持续稳定发展。

作者简介:田文华(1968-),高级工程师,1990年毕业于西安矿业学院采矿系通风与安全专业,现任神华宁夏煤业集团公司驻白芨沟煤矿安监处处长。

Countermeasures for Safe Mining on Periphery Fire Zone of Second Layer Fully Mechanized Working Interface of Gas Intense Thick Coal Seam

Tian Wenhua

(Baijigou Mine of Shenhua Ningxia Coal Group Company, Shizuishan, Ningxia, 753000, China)

Abstracts: Baijigou Mine of Shenhua Coal Group is a gas intense one. Prevention of gas caused disaster is always high on the agenda. However, during excavation of 2521-1 working interface, the threat of periphery fire zone has shown a sign, and it seems to get worse with the increase of depth. At the present time, precautions shall be taken in advance for the coming 2521-2 fully mechanized working interface. Gas and high temperature combustion source must be prevented while ventilation ensured.

Key words: Gas intense; Fully mechanized interface; Under fire zone; Safe excavation

(收稿日期: 2009-11-05 责任编辑: 马小军)

西门子 SIBAS 32 自动控制系统在 495HD 型电铲上的应用研究

张华明

(神华北电胜利能源有限公司, 内蒙古, 锡林浩特, 026015)

摘要: 介绍了比塞洛斯国际公司 495HD 型 IGBT 交流驱动电铲的自动控制系统——西门子 SIBAS 32 的组成、特点, 以及对于 SIBAS 32 系统的维护要求; 同时探讨 SIBAS 32 系统在比塞洛斯国际公司 495HD 型电铲维护中的应用。

关键词: SIBAS 32 交流驱动 自动控制系统

中图分类号: TD823.82

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0022-04

2007年底, 神华北电胜利能源有限公司胜利露天煤矿从美国比塞洛斯国际公司引进了 495HD 型 IGBT 交流驱动电铲。该电铲整机工作重量为 1114t, 斗容 49m³, 作业台阶高度为 16m, 年生产能力为 1284 万 m³, 配套 220t 级电动轮自卸卡车用于剥离土方。

495HD 电铲电气控制核心配置为西门子的 SIBAS 32 微处理器系统。SIBAS 32 微处理器最初是德国西门子公司专为铁路机车控制而研制的, 它的全称为: Siemens Bahn Automation System with 32 bit microprocessor(西门子 32 位微处理器铁路自动控制系统), 是西门子对 SIBAS16 进行的拓展及升级, 主要是针对驱动装置控制这一主要功能的发展远景来考虑的。SIBAS 32 系统的最大优点是适用于对各种车辆的控制, 不论是对相控整流机车、斩波机车, 还是交流驱动电铲的控制, 都可以在其硬件结构基本不变的情况下, 通过简单地改换相应的控制程序从而实现了对机车以及电铲的控制。下面就 SIBAS 32 系统在 495HD 型电铲上的应用情况进行相关的介绍和分析。

1 SIBAS 32 系统的特点

SIBAS 32 系统是一种高功能通用计算机系统, 由于该系统重复精度高, 无漂移和老化问题, 可靠性高, 能综合检测和诊断故障, 因此, 它很快大量地取代了传统的继电器逻辑控制技术。德国西门子公司采用该系统作为控制 IGBT 交流驱动电铲的核心配置, 非常有效地提高了该类型电铲的各项性能。以下介绍了西门子 SIBAS 32 系统的各项特点:

(1) SIBAS 控制系统通过标准和专用外围组件, 可与西门子 PLC 各个站点以及维修站电脑等任意

设备相连形成了电铲控制及诊断系统 (如图 1 所示)。能够完成电铲所有的控制和监控任务。SIBAS 32 系统可根据司机室主令控制器(速度)信号和推压、回转、提升、行走等各个动作回路的状态以及响应信号进行相应地处理, 对各接触器、继电器、电磁阀、发光二极管或数码管、斩波器等发出信号进行控制, 提高了主令控制器的动态响应速度。

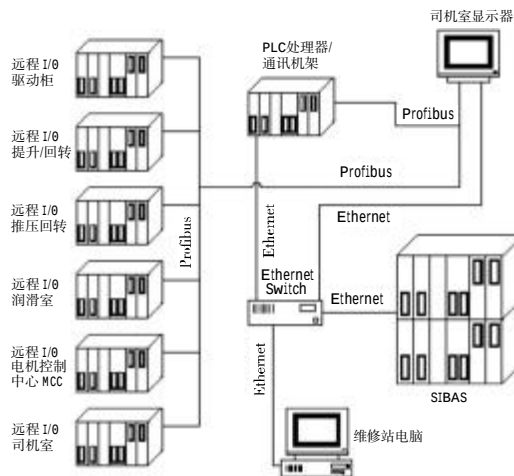


图 1 电铲控制及诊断系统

(2) SIBAS 32 内部各功能卡采用现场可编程整列(FPGA)芯片, 它作为专用集成电路 (ASIC) 领域中的一种半定制电路出现的, 既解决了定制电路的不足, 又克服了原有可编程器件门电路数有限的缺点, 提高了整个系统的集成度和可考性。

(3) SIBAS 32 系统, 采用 SIBAS G 设计语言, 进行逻辑设计与处理。SIBAS-G 软件则是 SIBAS 32 系统内部的逻辑控制原理的软件仿真工作平台, 该设计系统支持由输入、编译一直到自动编制文件的整

个过程, 从而得到一个具有统一设计入口和标准的普遍适用系统。因此, 设计新型控制系统无需更改大量的硬件设备, 仅需修改部分软件控制逻辑即可达到设计目的。

(4) 系统外围配置了诊断计算机(维修站)及配合的图形和文字的故障诊断帮助。维修站通过图形、示意图和文字说明为设备故障提供了快速诊断的人机界面(维修站人机界面如图 2 所示)。维修站计算机中包含监控和故障诊断功能, 具有一个高清晰的彩色显示屏, 而且其内部操作系统采用 Windows XP 系统, 可显示电铲系统状态, 故障历史记录, 维护起来更方便。

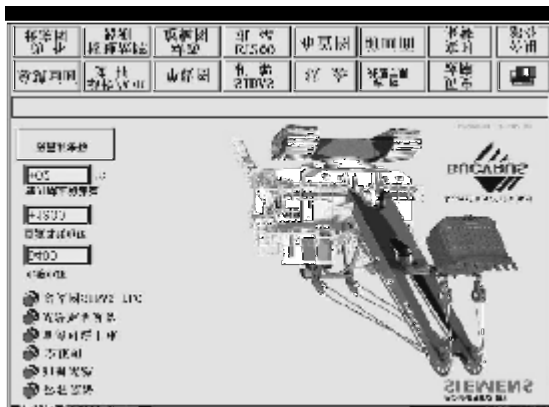


图 2 维修站人机界面

鉴于 SIBAS 32 的这些特点, 显而易见, SIBAS 32 系统使得 495HD 电铲的控制系统更加可靠、高效。

2 SIBAS 32 系统的组成及其主要控制回路

SIBAS 由中央处理器、信号处理器、输入/输出卡、逆变器监测卡、电压/频率输入卡、模拟输入/输出卡、二进制输入卡、二进制输出卡、PT100 输入卡、脉冲输出放大器、输出测量放大器和电源模块组成。其各个功能卡之间通讯的基本原理如图 1 所示。通过数据母线(DB)和地址总线(AB)连接到中央处理器。

2.1 IGBT 触发信号产生回路

如图 2 所示, 来自主令控制器的信号经过转换后被送到 SIBAS 信号处理器中, 信号处理器(SIP)把触发信号经过输入输出卡 L059 发送到逆变器监测卡(UWS)中, 如果逆变器监测卡没有检测到过流、欠压等故障发生, 逆变器监测卡把触发命令发送到脉冲输出放大器中, 脉冲输出放大器输出 40mA 的门信号到 IGBT 模块门单元, 门单元发出真正的触发信

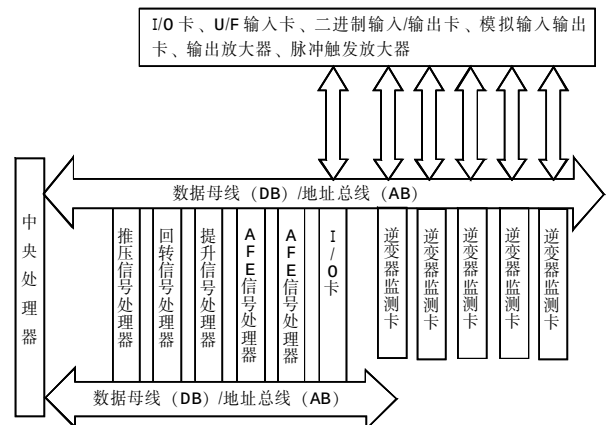


图 3 SIBAS 内部数据通讯基本原理

号把 IGBT 触发, 而 24V 门电路电源模块 (G03) 为 IGBT 门单元提供触发电源。

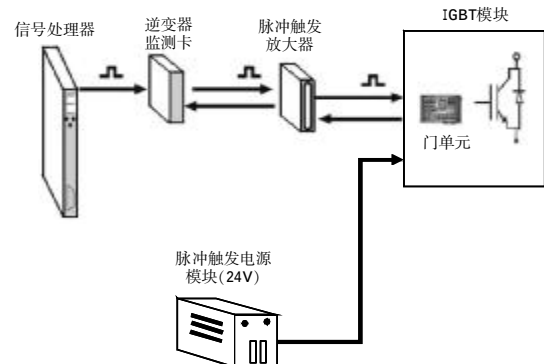


图 4 IGBT 触发信号产生回路

2.2 电流反馈回路

如图 3 所示, IGBT 输出的电流是由通过电流互感器进行监控。来自互感器的电流信号被送到 SIBAS 电压/频率输入卡中, 然后被其中的精密电阻器转化为电压信号(2500A 等于 10V), 再由该卡片中的运算放大器进行信号的转换。同时, 信号又被送到逆变器信号处理器中进行调节, 并经过输出测量放大器到达测试点, 由此测试点可以测出各个动作的电流波形图。

2.3 速度反馈回路

电动机转速计的內部是光脉冲编码器, 其功能是可以发出一个脉冲频率, 即与电动机的速度成比例。其编码器圆盘被固定到转速计的旋转部分。该圆盘在一道光源和一个四象限的光线接收器之间通过, 产生 4 个脉冲波道, 完全以 90 度电角度分隔。这些脉冲通常归类为 0、90、180 和 270-度波道, SIBAS 可以使用任意 2 个波道, 电动机每旋转一圈转速计

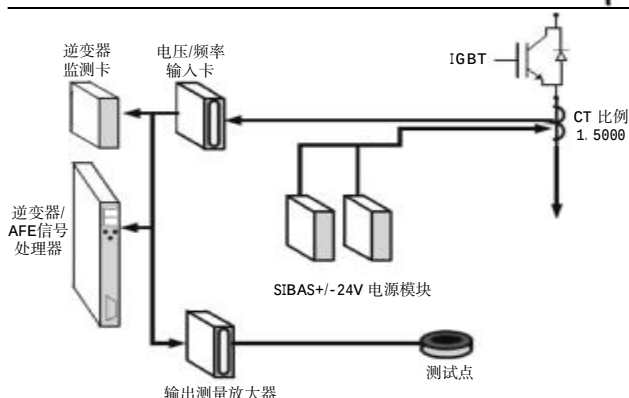


图 5 电流反馈回路

就可以发出 720 个方波脉冲。所以,能够测出电动机旋转的方向以及速度。产生的方波脉冲信号被模拟输入/输出卡经过转换后,被送到信号处理器中读出各电动机的速度值。

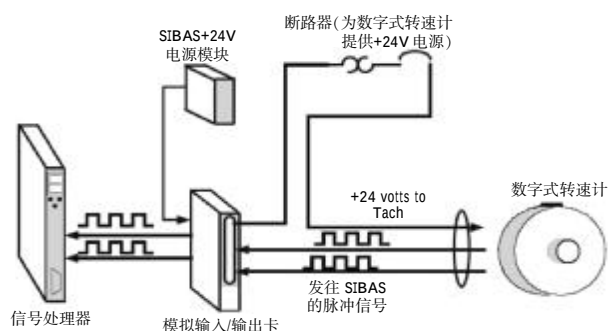


图 6 电动机的速度反馈回路

3 SIBAS 32 系统的维护

为了保证 SIBAS 32 系统的正常运行,在维护中对这些电子元件操作,必须遵守以下措施:

- (1)只有当电子元件断电不工作时才可以举行拔插。
- (2)操作人员必须在操作之前放掉身上的静电。
- (3)元件不可以接触高度绝缘的材料,比如:塑料片、桌面、人造纤维的表面。
- (4)元件必须放在导电的工作台上。
- (5)电烙铁的尖端在对元件进行焊接时必须接地。
- (6)元件只在导电的包装材料中储藏和运输,如包装不导电,在包装前必须先用导电的材料将元件包裹。

4 SIBAS 32 系统在电铲故障诊断过程中的应用

SIBAS 32 系统实现了对 495HD 电铲的各动作调节和逻辑控制功能,并且对在运行中所出现的故

障,还可以在较短时间内通过人机界面显示故障并进行相关保护。在电铲故障诊断过程中,通过 SIBAS MONITOR 软件分析导致电铲出现故障的软硬件,提高检修效率和故障判断的准确度;并可通过 MONITOR 软件进行相关信号的检测,实时查找故障的发生位置及发生原因,准确无误地判断电铲发生故障的部件。下面就发生在北电胜利露天矿 495HD 电铲的故障为例进行说明。

4.1 故障现象

2009 年 5 月 13 日凌晨 2 时 46 分,495HD 电铲在运转过程中突然停机,无法再次启动。查看维修站计算机所报故障如下。

表 1 495HD 维修站计算机显示故障记录表

日期	时间	故障代码	故障描述
2009-5-13	03:26:00	ANF1329	HOIST OR CROWD LIMIT OUT OF RANGE
2009-5-13	03:07:06	CDA1135	BRAKE FAULT (SEE MAINT STATION)
2009-5-13	02:56:59	CDA1135	BRAKE FAULT (SEE MAINT STATION)
2009-5-13	02:56:56	CDA1135	BRAKE FAULT (SEE MAINT STATION)
2009-5-13	02:56:42	CDA1135	BRAKE FAULT (SEE MAINT STATION)
2009-5-13	02:52:43	ANF1416	HOIST BRAKE RELEASE FAULT
2009-5-13	02:52:42	CDA1135	BRAKE FAULT (SEE MAINT STATION)
2009-5-13	02:52:16	ANF1416	HOIST BRAKE RELEASE FAULT
2009-5-13	02:52:15	CDA1135	BRAKE FAULT (SEE MAINT STATION)
2009-5-13	02:51:55	ANF1416	HOIST BRAKE RELEASE FAULT
2009-5-13	02:51:54	CDA1135	BRAKE FAULT (SEE MAINT STATION)
2009-5-13	02:46:12	CDA1135	BRAKE FAULT (SEE MAINT STATION)
2009-5-13	02:46:01	CDA1130	DRIVE SYSTEM FAULT(SEE MAINT STATION)

4.2 故障原因分析

通过查看维修站计算机所报故障列表,在 2 时 46 分最先发生的故障代码为 CDA130 DRIVE SYSTEM FAULT 即驱动系统故障。经分析导致此次故障原因有以下几点。

- (1)直流母线预充电开关跳闸,系统无法完成预充电导致真空接触器无法吸合;
- (2)给真空接触器控制线圈供电的中间继电器 K013 没有闭合,导致真空接触器无法吸合;
- (3)SIBAS 系统有故障或者 IGBT 触发回路有发生故障导致系统无法启动。

4.3 故障查找过程

(1)打开驱动系统柜检查直流母线预充电开关,并没有发现其跳闸。

(2)再次启动电铲测量中间继电器 K013 输出电

压为 120ACV,证明中间继电器 K013 已经吸合。

(3)打开驱动系统 SIBAS 柜门发现 SIBAS 输入输出卡 L059 数据指示灯不亮。可以把故障锁定为 SIBAS 系统有故障或者 IGBT 触发回路又发生故障。



图 8 SIBAS 输入输出卡 L059

(4) 利用 SIBAS MONITOR 软件的故障诊断功能检查 SIBAS 内部历史故障及其统计记录如下所示,其中 DC 为故障代码,ANZ 为发生次数,※表示此故障仍然存在,通过对照故障手册分析仍然存在的故障代码,发现所有故障都来自于提升、推压、回转的逆变器触发故障。说明故障起因应该为 IGBT 触发回路公共部分的,即电源模块 G03 无法提供 24VIGBT 触发电源所致。

(5)测量 IGBT 触发电源模块 G03(如下图所示)

表 2 SIBAS MONITOR 所检测到的故障记录统计

STatistics	
Diagnostic memory statistics:	
DC: 109	ANZ: 2 PWRS: TOTAL CURRENT NOT EQUAL 0
DC: 110	ANZ: 1 PWRS: U/F - TRANSFORMER DEFECT
DC: 387	ANZ:13 UWSA1: CHOPPER TRIGGERED FROM FPGA
DC: 527	ANZ: 2 HL: CHOPPER ERROR
DC: 17 *	ANZ: 1 SYS: TOTAL BLOCK
DC: 367 *	ANZ: 1 UWSA1: CHECKBACK CHPHIS_UL FAULTY
DC: 366 *	ANZ: 1 UWSA1: CHECKBACK CHPSWG_UL FAULTY
DC: 402 *	ANZ: 1 UWSA2: CHECKBACK CHPSWG_UR FAULTY
DC: 436 *	ANZ: 1 UWSA3: CHECKBACK CHPCRD_UL FAULTY
DC: 470 *	ANZ: 1 UWSA4: CHECKBACK CHPCRD_UR FAULTY

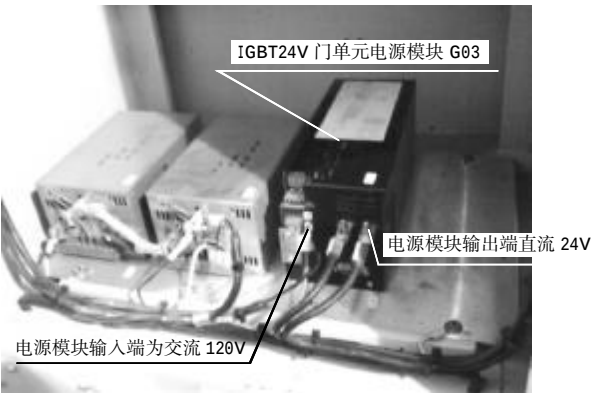


图 9 IGBT 触发电源模块 G03

输出端电压为零(该电压正常情况下应该为 24DCV,而输入端的电压为 120ACV),说明 IGBT 触发电源模块 G03 已经损坏。更换电源模块 G03,在 SIBAS MONITOR 软件历史记录中刷新后没有发现新的故障记录,重新启动电铲后,电铲运行正常。此次故障处理完毕。

5 结论

随着我国在交流传动控制技术方面的发展。交流驱动电铲在我国露天煤矿将会普遍运用,现场运用单位要不断地通过深入研究 SIBAS 32 微机控制系统及其相关分析软件的应用,并不断地提高电铲维护人员对于上述技术的应用技能,将不仅有助于提高交流驱动电铲在我国露天煤矿的利用率、降低生产成本,而且也有助于国内制造商逐步实现对此项技术的国产化。

参考文献

[1] 张晋.西门子 SIBAS 32 自动控制系统在 HXD1 型电力机车上的应用[J].电气技术,2009(2).

[2] 黄济荣.电力牵引交流传动与控制[J].北京:机械工业出版社,1998.9.

作者简介:张华明(1980-),助理工程师,2005年毕业于内蒙古农业大学,现为神华北电胜利能源有限公司露天矿检修中心电铲维修电工,主要从事电铲电气维修工作。

Application Analysis of SIBAS 32 Automation Control System in 495HD Electric Shovel

Zhang Huaming

(Shenhua Beidian Shengli Energy Co.,Ltd.,Xilinhaote,Inner Monglia,026015, China)

Abstract: This artical introduces the features, composition and the maintenance measures of the simens automation control system SIBAS 32 in the 495HD shovel. Furthermore,the article also researches the application of the SIBAS 32 system in the BUCYRUS 495HD shovel.

Key words: SIBAS 32; AC Traction; SIBAS G; Automation control system

(收稿日期: 2009-11-12 责任编辑: 蔡丽芳)

企业流动资金紧张的内部原因及其对策

张冰华

(神华宁夏煤业集团清水营煤矿, 宁夏 银川, 740004)

摘要: 造成企业资金紧张的原因很多,既有内部原因,又有外部原因。本文着重从内部成因分析企业资金紧张的原因并探索相应的对策。针对企业流动资金紧张的内部成因,主要是加强资金内部控制;注重资金需求事前预测,加强事中监督检查,做好资金应用的事后信息反馈,这些是促进资金有效使用的重要途径。

关键词: 流动资金 紧张 原因 对策

中图分类号: F406

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0026-04

资金是企业进行生产经营活动的必要条件,是企业的生命线,所有的经营活动都离不开资金,但是许多企业却出现资金短缺、紧张,特别是流动资金紧张的局面。造成企业流动资金紧张的原因很多,既有内部原因,又有外部原因。其外部原因突出地表现为基建规模膨胀,消费基金膨胀,产业结构不合理,使企业流动资金增长相对缓慢,加上国家的一些政策,贷款不利,监督不到位致使企业外部资金来源不畅,流动资金供应不足。所以不但要改善内部的生产环境,也要改善外部影响因素,但最主要的是企业必须立足于自身,挖掘内部潜力,深入分析造成企业资金紧张的内因,并采取有效对策,加强对企业资金的有效控制,加快资金周转速度,缩短资金周转时间,以促进资金充分合理使用。

造成企业资金紧张的因素很多,既有内部因素,又有外部因素。本文着重从企业内部因素分析资金紧张的原因并探索相应的对策。

1 企业流动资金紧张的内部成因

影响企业流动资金状况的内部因素很多,但就目前状况而言,导致企业资金紧张的内部原因主要可概括为以下几方面:

1.1 企业效益差,自补资金不足

一个企业资金运作的好坏,直接影响着企业生产经营的正常开展,影响企业最佳效益的实现。反过来企业生产经营的好坏,经济效益的好坏,又直接影响着企业的资金状况。企业经济效益差,亏损增加,导致企业自我积累难以实现,自补资金严重不足,这

是造成企业资金紧张的重要原因之一。

1.2 销售不畅,产品积压,资金使用效益差

我国许多企业多年来仍习惯于计划体制下的管理模式,对日益多样化的市场缺乏足够的应对措施,生产经营决策缺乏科学性,忽视产品质量,加之生产中消耗过多,致使成本不断上升,价格难以下调,从而导致销售不畅、生产的产品大量积压,造成资金的严重沉淀。2008年是近些年来经济发展最困难的一年,工业品库存激增。7月份以来,我国工业产成品库存量持续攀升,全国20个行业中,9个行业产成品库存指数高于50%,有部分行业高达60%以上。由于产品积压,库存增多,致使资金周转缓慢,使用效率差,从而加剧了资金的紧张局面。资金紧张又是造成三角债的重要原因,而三角债的不断恶化又进一步加剧了资金的紧张。

1.3 货款回收力度不够,造成资金链中断

第一,好多企业资金短缺的直接原因就是货款回收力度不大,总认为只要货销出去就是给企业创造了效益;总认为只要盈利企业就有效益,大大忽视了资金的回笼,这就是为什么有些企业报表上,账面上有利润,实际上却连职工的工资都发不出的原因之一。第二,销售人员素质不高,责任心不强,对账不及时,造成呆账,坏账;第三,三角账,每次顶账,抹账,总是以对方的要求为主,比如价值20万元的货物,通过抹账变成了30万元,40万元,无形中虚增了资产而流失了资金;第四,一些人员为了完成货款回收任务,顶回一些质次价低的货物,甚至是不能用的货物,又重新生成了本单位的积压品,这样不但资

金紧张,而且还使企业投入了大量的人力、物力、财力来管理这些闲置的、不能用的货物,大大增加了企业的负担;第四,货款回收过程中监督不到位,不能及时让专职人员去对方单位对账,这样就导致了销售人员截留货款,不能及时将货款交回单位,甚至中饱私囊的可能。

1.4 管理薄弱,造成资金使用效益差

导致目前企业资金紧张还有一个很重要的原因,即企业的内部管理差,资金管理松弛,造成生产经营中资金的大量损失、浪费和无效使用。有些企业在使用资金上,没有做到事前计划,事中控制,事后检查。几年前,我国在引进国外先进机器的同时不进行调查研究,结果花大价钱进来的都是国外早已淘汰的产品,致使生产消耗过高,生产出来的产品没有竞争力不说,还使大量的机器设备很快就闲置,造成资金的过度浪费;还有许多企业由于领导的观念陈旧,执行力不够,在资金的筹集和使用上缺乏科学的预测、决策及统筹安排的魄力,并且不进行认真细致的调查,不清楚生产经营中到底需要多少资金,现有资金应该投向哪里?如何去投?效益如何?全然不知道。许多环节仅凭经验、凭感觉来进行管理和决策,致使许多资金使用中大量出现高投入、低产出、投资分散、规模效益差等现象,造成资金的无效使用和大量浪费。加上企业又缺乏有效的协调机制,致使各环节各自为政,相互衔接不到位。这种资金使用中的低质量和管理上的松弛,又进一步加剧了资金的紧张状况。

1.5 投资资金紧张进一步转化为流动资金紧张

现在,许多企业在安排投资项目时,不管这些项目能不能产生效益,只要听说有人能大量投资,也不管投资的可信度有多高,一听说有大项目,就一路绿灯,全力扶持。就象金鹰国际,不但使当地民众的血汗钱受损,也造成了银行资金的大量流失;还有的随意挤占流动资金,特别是在新会计制度实施以后,企业在资金的使用上有了更多的自主权,企业可以用其他资金来弥补投资资金的不足。同时,一些企业内部投资资金的缺口以拖欠的形式转化成流动资金紧张,由此而产生的债务链又使流动资金紧张进一步加剧。虽然报表,账面上反映的资产上千、上万个亿,但都是由于投资不利而造成投资品的积压,应收账款的堆积,呆账、坏账的处理,细细分析却没有多少可动用的流动资金,这就是由于投资资金紧张转化

为流动资金紧张,从而进一步延缓了资金的周转速度,加剧了资金紧张,限制了企业的发展。

1.6 内部监督不严,内部控制制度不健全,缺乏资金控制制度

由于缺乏对资金循环过程的控制,导致资金比例失调,或储备资金过多,或半成品、成品过多,或产品不适销对路,或超过市场需求量;也不能及时根据资金控制过程中反馈的市场产品供求、价格、质量及售后服务等信息去及时更新产品,进行相应价格调整,去加大市场营销力度,改进产品质量,提高售后服务水平;不注意防范资金被人为侵吞、流失。总之,不能及时传递资金控制过程中反馈的信息,易生产和流通脱节,措施滞后,造成了流动资金的严重浪费和流失。

当然,造成企业资金紧张的内部原因还有很多,除上述几方面原因外,诸如企业管理人员素质低,管理意识差,缺乏资金成本、资金结构及财务分析等因素,也在某种程度上直接影响着资金管理状况。针对我国企业资金现状,我们应注重从企业内部控制着眼,建立健全资金内部控制制度,以促进资金尽快走向良性循环的轨道。

2 加强资金内部控制制度的对策研究

资金控制是企业内部控制制度的重要组成部分,通过资金有效的、科学控制,可确保资金正常周转和合理使用,避免或减少损失浪费。因而加强资金的内部控制,已势在必行。而要建立、健全行之有效的资金控制制度,必须既要注重对资金进行事前的规划、预测控制,资金使用的事中监督检查控制,还要进行事后的信息反馈控制。

2.1 注重资金需求预测,进行科学的事前控制

企业应在一个会计期初,对下一年度的资金使用情况进行认真仔细的测算。根据投资计划,本年度的经费使用情况,以及下一年度市场供求情况等对资金进行合理的调度,做到少花钱,多办事,办实事,办好事,让有限的资金用在刀刃上。

因为充足的资金来源,是保证生产经营活动正常开展的前提。所以对筹资环节的控制是资金控制的基础。企业必须注重资金的事前规划,科学预测资金需求量,在此基础上,才能据此确定合理的筹资数额。企业应综合考察各种筹资方式和筹资渠道,比较其资金成本和财务风险,实现最优的筹资组合,同时

要考虑现有资金量,使现有资金量及新筹资金与资金需求量相平衡。

资金需求量的预测方法很多,如定性预测法、趋势预测法、销售百分比法、资金习性法以及预计资产负债表法等。短期资金需求量的预测,一般通过销售百分比法来进行,即根据资金各项目与销售收入总额间的依存关系,按计划期销售额的增长情况来预测需追加的资金量。首先,预测人员就资产负债表的资产类项目以及权益类项目进行分析,确立随销售收入增加而增加的项目,并在此基础上确定由于销售增加所需增加的资金量;其次,要将计划期内提取的折旧和留存收益作为内部资金来源剔除;最后,加上计划期其他零星的资金需要,便形成计划期需追加的资金数量。

企业在对资金需求量进行科学预测的基础上,结合企业资金现状和筹资方式,来合理地筹集生产经营所需资金。

2.2 加强事中监督检查,提高资金使用效率

资金在运行过程中,为了不使雷声大,雨点小,各部门应该相互配合,及时传递信息,做好监督工作,让资金发挥作用,用好资金,用活资金。

资金事中控制包括的内容很多,针对我国企业流动资金现状,目前应着重注意以下几点:

(1)优化流动资金内部结构,促进资金的有效使用。企业流动资金包括货币资金、储备资金、生产资金、成品资金以及结算资金等多种资金形态。企业应根据自身所拥有的资金数量,结合企业生产经营的现状,充分考虑市场的变化,运用现代管理技术,预测企业的销售状况,“以销定产”来合理地安排生产,并组织采购,确定各种资金形态的合理比例和最优结构,并据此来安排资金。企业管理部门应对资金的实际使用进行定期的监督和检查,看其资金的实际使用情况与供、产、销计划是否相符,与最优资金结构是否相符。将货币资金、储备资金、生产资金、成品资金、结算资金等始终保持较好的比例和结构,以减少资金在各环节的浪费,加速资金的周转,促进资金的有效使用。

(2)制定科学的使用政策,加速资金周转。如前所述,目前我国企业一方面面临着资金的紧缺,另一方面又面对的是大量的债权,即无法收回的应收帐款,企业除应加强清理现有债权、债务外,还必须要建立、健全科学的信用政策,以便更好地控制应收帐款。

健全的信用政策包括信用标准、信用条件和收帐政策三部分。信用标准的确定是信用政策的基础,企业必须根据自己产品所拥有的市场情况,以及自身产品质量、品种、规格及价格等方面的竞争能力,确定合理的信用标准。在此基础上,还必须制定包括规定的折扣期限,信用期限和现金折扣等内容的信用条件,当然,必须既要考虑促销、增加销售,又要考虑可能增加的应收帐款机会成本、坏帐成本和现金折扣成本等。同时,在权衡增加收帐费用和减少应收账款和坏账损失之间得失的基础上,还要制定科学的收账政策,以尽可能减少应收账款投资、减少坏账损失,加速资金周转。神华宁夏煤业集团羊场湾煤矿在资金的回笼上就制定了一系列的制度、办法和严格的贷款回收措施,对销售人员的业绩进行及时的奖罚兑现,大大地提高了资金的回收率,使清水营煤矿的资金回收率达到了 100%。

(3)加强资金使用管理,减少资金浪费。企业流动资金的实物形态是多样化的。流动资金每次循环都要经过采购、生产和销售过程,并表现为货币资金、存货和应收账款等具体形态。企业对各种形态的资金占用均要严格管理。对采购、生产、销售等环节均要建立相应制度严格控制。企业要针对自己的实际情况,制定先进合理的消耗定额,并定期对成本差异进行分析,以发现问题并及时纠正,严格控制开支范围,杜绝一切不合理开支,减少浪费,降低消耗,促进资金合理有效地使用。同时要加强对存货进行管理。存货日常控制的方法很多,有分级归口控制、经济批量控制、ABC 控制等,企业应根据自己的实际情况和管理水平,选择恰当的控制方法,对存货的购入、验收以及发出等均进行严格把关,不断调节购进,生产及销售,以保证存货的合理储备。减少存货在出售和耗用中的浪费,加强存货的流动性,尽可能降低存货成本,缩短存货周转期,减少资金的占压,以加速资金周转,相应提高资金的利用效果。同样,羊场湾煤矿在资金的管理和使用上充分做到了这一点,让少量的资金发挥出了最大的效益。

(4)建立内部银行管理办法,促进资金的合理使用。资金管理已成为企业财务管理的重要组成部分。目前许多企业重视资金筹集和资金分配的管理,而忽视资金运用的管理,企业应加强对资金各使用环节的管理,对各职能部门进行明确的职责分工,在企业内部划分责任中心,树立资金有偿使用的观念。如

神华宁煤集团,将银行结算机制引入企业内部,建立内部银行,月末核定各内部单位下月的资金定额,反馈本月的资金使用情况,集团内部银行根据各单位的实际情况积极组织存款,发放贷款,制定合理的内部转让价格,进行内部结算。这样既满足了内部筹建单位资金不足的问题,又解决内部生产单位资金闲置的问题。近几年神华宁煤集团投资大,资金使用量大,但是本集团在资金的调度上运用自如,资金链流畅有序。就是加强了内部单位自身资金使用的管理,让管理出效益,用活了资金寓资金管理控制使用过程中。但是,企业管理部门要定期对资金使用和管理情况进行考核,并与职工的利益挂钩,使每个内部单位、职能部门和每个职工都树立资金管理意识,确立资金成本观念,并调动其进行资金管理的积极性,加强资金使用的管理,以保证资金的有效合理使用。

2.3 注重信息反馈,加强资金事后控制

对资金的管理要进行事后的信息反馈。在一个会计期末或一项经济活动之后,各职能部门要将本部门在该会计期末或该项经济活动之后的资金、变动状况的信息及时地反馈到决策部门,看资金的筹集与资金需求量是否一致,资金结构、比例与企业管理部门的规划是否相符,产品的赊销是否严格遵守信用政策,存货的控制与企业管理部门的要求是否一致,人、财、物的使用是否符合计划或预算,产品的

生产是否据销售预测来合理安排等。这样一方面保证了资金管理目标的适当性和科学性,另一方面又可据资金管理部门所反馈的实际信息,随时采取调整措施,以保证资金管理更为科学,更为合理,更为有效。同时,要据各部门的资金管理状况来评定其工作业绩,并与其利益挂钩,真正做到资金管理的责、权、利相结合,从而调动资金管理部门和职工的积极性,以便更好地进行资金管理。

加强对资金的事前、事中和事后控制,是促进资金有效使用的重要途径。此外,还要加强企业管理人员和内部职工素质的提高,促使其尽快转变观念,树立现代的资金管理意识,掌握现代管理知识和技能,积极参与资金管理,时时分析资金结构,调整资金,使有限的资金合理运用,以深化企业资金管理,加速资金周转,提高资金利用率,从根本上缓解企业资金紧张的矛盾。

参考文献

- [1] 全国会计专业技术资格考试领导小组办公室编.财务管理学[M].北京:中国财政经济出版社,2001(10).
- [2] 《内部会计控制制度》课题组编著.内部会计控制制度讲解[M].北京:北京科学技术出版社,2005(5).
- [3] 2008年第四季度经济预测[J].北京:中国行业研究网,2008(11).

作者简介:张冰华(1972-),女,会计师,就职于神华宁夏煤业集团清水营煤矿企化科任副科长。

Internal Reasons and Measures of Operating Funds Shortage of Enterprises

Zhang Binghua

(Qingshuiying Mine of Shenhua Ningxia Coal Group, Yinchuan, Ningxia, 740004, China)

Abstract: causes the business capital tense reason to be many, both has the internal reason, and has the external reason. This article emphatically and explores the corresponding countermeasure from the internal origin analysis business capital tight reason.

In view of the enterprise floating capital tense internal origin, is mainly strengthens the fund internal control: Paid great attention the call for fund to forecast in anticipation that strengthened in the matter the control inspection, completed the application of fund afterward information feedback, these promote the fund effective use important way.

Key word: Floating capital; Anxious; Reason; Countermeasure

(收稿日期: 2009-11-25 责任编辑: 马小军)

锚杆(索)支护技术在三软煤层掘进中的应用

杨会宁 王建杰

(神华宁夏煤业集团公司乌兰煤矿,宁夏 石嘴山, 753000)

摘要: 为有效控制巷道变形,保证围岩的稳定性,乌兰矿在三软煤层掘进工作面推广锚杆(索)支护技术获得成功。该技术的推广能有效控制巷道的强烈变形,显著降低巷道维修成本,同时可减轻工人劳动强度,改善作业环境。

关键词: 三软煤层 锚杆(索) 支护技术 应用

中图分类号: TD353+.6

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0030-03

1 锚杆(索)支护技术在乌兰煤矿的应用及存在的问题

2006年乌兰煤矿与西安科技大学合作,在回采巷道进行锚杆(索)支护技术试验,在52下49机巷工作面取得了较好的效果。至2008年底,乌兰煤矿2下、7#、8#煤层巷道已全部实现锚杆(索)支护,在锚杆(索)支护设计、施工工艺等方面积累了一定的经验。2009年初,随着乌兰煤矿首个解放层5757工作面的回采结束,被解放的3#煤层5347工作面开始掘进准备。该工作面为三软煤层,且煤层较厚,施工过程中沿底板掘进,属大断面留顶煤掘进,这对锚杆(索)支护技术提出了更高、更苛刻的要求。

2 5347工作面支护方案

2.1 概况

5347工作面位于乌兰井田南翼采区12勘探线至13勘探线之间,地表为低矮丘陵地形,地面无建筑物,工作面距地表最小垂深为169.96m,最大垂深为252m。5347工作面风、机巷及切眼均沿3#煤底板施工,工作面走向长度为660m,倾斜长度为152m。

5347工作面所采煤层为乌兰井田3#煤层,煤层厚为4.55~18.6m,平均煤厚为8.4m。其中,纯煤厚为7.48m,夹矸(一般有5~6层)累厚为0.92m,煤层结构复杂,煤层倾角平均为19°。根据乌兰矿一水平三阶段开采情况分析,5347工作面煤质较软,底分层厚2.5m左右,系构造软分层,易碎、易片帮漏顶,煤层普氏系数0.8~1.2。乌兰煤矿3#煤层掘进曾采用工字钢棚进行支护,支护成本高,工人劳动强度大,严

重影响单进速度。且随着开采深度的增加,矿压显现越来越强烈,该支护形式已无法满足支护要求。

2.2 锚杆支护作用机理分析

按现有锚杆支理论,锚杆支护作用主要有悬吊理论、组合梁理论、加固拱理论。根据5347工作面的实际情况,提出了锚杆支护的扩容—稳定理论:当锚杆不能伸入稳定岩层时,其作用主要是在破坏区内形成次生承载层,以阻止上部已破坏岩层的进一步扩容和离层。同时使围岩深部的应力分布趋于均匀和内移,维护锚杆间较破碎的岩石,防止岩块掉落,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,提升对围岩的支护作用。

锚索把下部不稳定岩层悬吊于上部稳定岩层。同时,由于锚索可施加较大的预紧力,可挤紧岩层中的层理、节理、裂隙等不连续面,增加不连续面间的摩擦力,从而提高围岩的整体强度。

2.3 巷道支护参数的选择

2.3.1 巷道断面设计

根据煤层、运输设备等情况总体考虑,将巷道断面选择为半圆拱;

(1)巷道高度:巷道高度以满足运输、通风及行人的需要,取2800mm。

(2)巷道宽度:巷道宽度以满足运输、行人要求并考虑适当的变形,取4000mm。

2.3.2 确定围岩松动圈范围

煤层的基本力学参数:煤层普氏系数 $f=0.8\sim 1.2$;煤层容重 $\gamma=15\text{kN/m}^3$;抗压: $\sigma_1=10.1\text{MPa}$;抗拉: $\sigma_2=0.7\text{MPa}$;内摩擦角: $\phi=30^\circ$;粘聚力: $C=2.65\text{MPa}$ 。采用弹塑性理论和煤层实测来确定围岩

松动圈范围。

(1) 根据弹塑性力学计算, 煤巷内部最大塑性圈半径为:

巷道宽 $B=4.0\text{m}$, 半跨长 $a=2.0\text{m}$, 高 $h=2.8\text{m}$,

等效圆半径 $r_0=\sqrt{a^2+\left(\frac{h}{2}\right)^2}=2.441\text{m}$;

(2) 该巷道没有进行地应力测试工作, 无法给出地应力大小和方向的具体值, 估计巷道垂直应力和水平应力比较接近(注: 初步设计过程均按垂直应力和水平应力等值计算)。岩体的垂直应力 σ_z 为

$$\sigma_z=\gamma HK_1=32.5(\text{MPa})$$

式中: γ 为岩体容重, 取 25kN/m^3 ; H 为上覆岩体厚度, 取 260m ; K_1 为安全系数取 5。

不支护时煤巷内部最大非弹性区半径为:

$$\begin{aligned} R_0 &= r_0 \left[\frac{(P+C\text{ctg}\phi)(1-\sin\phi)}{C\text{ctg}\phi} \right]^{\frac{1-\sin\phi}{2\sin\phi}} \\ &= 2.441 \times \left[\frac{(32.5+2.65 \times \text{ctg}30^\circ)(1-\sin30^\circ)}{2.65 \times \text{ctg}30^\circ} \right]^{\frac{1-\sin30^\circ}{2\sin30^\circ}} \\ &= 4.90\text{m} \end{aligned}$$

式中: r_0 为巷道的等效半径(非圆形巷道取其外接圆半径)取 2.441m ;

P 为作用于模型上的应力, 取 32.5MPa ;

C 为煤层粘结力(顶板), 取 2.65MPa ;

ϕ 为内摩擦角, 取 30° ;

巷道顶部松动圈范围为: $R_1=R_0-h/2=3.50\text{m}$

巷道帮部松动圈范围为: $R_2=R_0-B/2=2.90\text{m}$ 。

(3) 依据理论计算及实测 5347 工作面围岩松动圈范围, 本巷道松动圈范围, 顶部取 3.5m , 帮部取 2.9m 。

2.3.3 加锚索减跨、深层锚固

根据以上计算, 锚杆长度应大于 3.5m 。由于受巷道高度限制, 施工所使用的锚杆长度不能超过巷道高 2.8m , 该长度锚杆无法满足 5347 切眼的支护要求。因此利用锚索的悬吊作用减跨, 减少巷道的顶板变形, 进行深层锚固。

锚索支护参数选择:

$$\begin{aligned} R &= r \sqrt{\frac{K_1 \gamma H}{\gamma H \sin\phi + C \cos\phi}} \\ &= 2.441 \times \sqrt{\frac{32.5}{25 \times 260 \times \sin60^\circ + 2.65 \cos60^\circ}} \\ &= 5.59\text{m} \end{aligned}$$

(1) 减跨后顶板冒落拱:

$R_m=K_2 \times 1.9 \times 1.09=3.1\text{m}$ (K_2 —考虑单体支护的不连续性, 减跨效果为非理想状况, 等效圆半径增加 1.5 倍)

$$b = \frac{1}{1.2 \times 2} \left[3.1 + 1.3 + 2.7 \text{ctg} \left(45 + \frac{62^\circ}{2} \right) \right] = 1.86\text{m}$$

(2) 按悬吊理论计算减跨后顶板松动高度:

$$b = \frac{10(1.3+1.0) \cos 23^\circ}{0.48 \times 31.35} = 1.40\text{m}$$

b 取最大值 1.86m 。

所需锚杆长度: $L=b+L_1+L_2=1.86+0.4+0.2=2.46\text{m}$

其中, L_1 为有效锚固长度, L_2 为外露长度。

2.3.4 锚杆支护方案选择

根据以上计算, 由于 3# 煤层松软破碎, 本设计采用理论计算和工程类比相结合, 采用锚杆、锚网索联合支护形式。

2.4 支护参数计算

(1) 锚杆长度: 根据以上计算, 锚杆长度选 $L=2.5\text{m}$, 符合要求。

(2) 锚杆设计锚固力: 64KN 。

(3) 锚杆直径:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi\sigma}} = \sqrt{\frac{4 \times 64 \times 10^3}{3.14 \times 370 \times 10^6}} = 14.8\text{mm}$$

选锚杆直径为 20mm 。

锚杆螺纹剪应力计算:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{F}{\pi d \times 2 \times 13 \times 10^{-3}} \\ &= \frac{64 \times 10^3}{3.14 \times 20 \times 10^{-3} \times 2 \times 13 \times 10^{-3}} = 39.2\text{MPa} < 100\text{MPa} \end{aligned}$$

锚杆直径满足要求, 材料选左旋螺纹钢。

(4) 锚杆间排距选择:

$$S = \sqrt{\frac{F}{b\gamma K_3}} = \sqrt{\frac{64}{2.27 \times 14.5 \times 3}} = 0.81\text{m}$$

(K_3 为安全系数, 取 3)

取锚杆排距为 0.8m , 间距为 0.8m , 符合要求。

(5) 每根锚杆载荷:

$$T = 0.8 \times 0.8 \times 14.5 \times 2.26 = 20.97\text{kN}$$

$$F/T = 64/20.97 = 3.05 > 3, \text{安全可靠。}$$

(6) 锚索参数选择:

锚索长度选择: $L=8.4-2.8+0.5+0.25=6.4\text{m}$

根据煤层柱状锚索可锚入 3# 煤层顶板砂岩中, 锚索长度以锚入 3# 煤层顶板砂岩不小于 500mm 为基准。

锚索布置: 根据顶板弯矩图, 锚索为深度锚固, 以

起补强作用为主,锚索每排布置 2 根,间距为 1.0m。

(7) 帮锚杆

两帮各布置 2 根树脂玻璃纤维锚杆,锚杆长度为 2200mm,间距为 800mm,排距 800mm。

锚杆布置(见图 1),锚杆采用双螺母或加厚螺母紧固,螺母力矩为 80KN,锚杆带木托板、金属网。

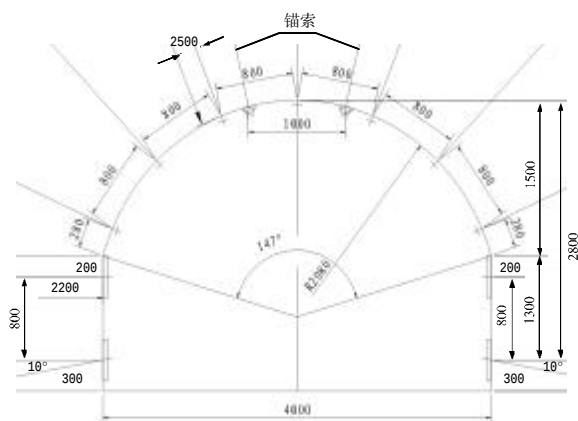


图 1 支护断面图

3 支护监测

3.1 顶板离层监测

采用三点式顶板离层位移计进行顶板离层监测。每 30m 布置一个测点,测点布置在巷中。深基点深度为 6.4m,浅基点深度为 2.5m,

3.2 表面收敛量监测

每 20m 布置一个测点,对巷道断面进行定期测量,绘制图表进行比对。当顶板收敛量达到 200mm、

锚杆末端位移量达到 150mm 时,分析原因,并修正支护参数,采取加强支护措施。

3.3 锚杆受力状态监测

每 20m 布置一组锚杆测力计,每组 3 个。测力计装有特制铁托盘。

4 支护效果检验

通过近半年的监测,巷道围岩变形基本稳定。与原来工字钢棚支护相比,变形减少近 40%,不但提高了巷道稳定性,而且单进水平大大提高。日单进水平平均为原工字钢棚支护的 3 倍,经济效益十分显著。该支护方法在乌兰煤矿推广以来,已支护长度 590m,巷道平均位移量 80mm,最大位移量 180mm,顶板深部离层 50mm,浅部离层 80mm。实践证明,在该支护形式下,巷道成形良好,非常适用于三软煤层。锚杆(索)支护属主动支护,与现有的棚式支架等被动支护相比,锚杆(索)支护不仅可有效控制巷道的强烈变形,保证其安全性。而且可显著降低巷道维修成本,减轻工人劳动强度,改善作业环境,具有巨大的经济效益、社会效益和非常广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 康红普,王金华.煤巷锚杆支柱理论与成套技术[J].煤炭工业出版社,2007(2):2-7.
- [2] 顾文卿.煤矿矿井支护新技术与支护设计计算及支护产品选型、设计、维护实用手册[J].中国煤炭工业出版社,2007(2):623.706.

作者简介:杨会宁(1969-),助理工程师,现任神华宁夏煤业集团乌兰煤矿掘进副总工程师,主管矿井掘进施工、技术管理工作。

Applications of Rockbolt Supporting Technology in Three-soft Coal Seam Excavation

Yang Huining Wang Jianjie

(Wulan Mine of Shenhua Ningxia Coal Group, Shizuishan, Ningxia 753000, China)

Abstract: Rockbolt supporting technology in three-soft coal seam excavation working interface was used successfully in Wulan Mine to prevent deformation of laneway, ensure stability of wall rock. The widely usage of the technology could control severe deformation of laneway effectively, lower maintain cost of the laneway significantly, meanwhile, ease the labor intensity and improve working conditions.

Key words: Three-soft coal seam; Rockbolt; Supporting technology; Application

(收稿日期:2009-11-19 责任编辑:杨静)

关于煤炭井巷工程造价控制过程中的几点意见

余晓梅

(神华宁夏煤业集团能源工程公司, 宁夏 银川, 750004)

摘 要: 工程造价是一门边缘学科, 文章介绍了井巷工程造价在定额计价方面、清单计价方面、凿井措施工程费和机构迁移费等方面的应用。

关键词: 工程造价 定额计价 清单计价

中图分类号: TD26

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)06-0033-02

工程造价专业是一门边缘学科, 它涉及施工技术、施工工艺、施工管理、设备器材、会计核算、经济、法律等专业知识。因此, 搞好工程造价工作, 首先要要求造价人员必须学习和掌握工程造价专业技能和与之相关的专业知识, 不断提高工程造价人员的业务水平和处理问题的能力。

几年来, 通过从事煤炭井巷工程造价的管理工作, 总结了一点经验, 下面就谈谈自己的认识:

1 定额计价

(1) 随着施工工艺的不断改变和更新, 造价人员要不断熟悉和掌握新设备和新工艺, 准确计算工程量、合理套用定额子目。如采用大型综合机械化掘进施工、锚索制作与安装、新型砼添加剂、化学注浆等施工方法。如果造价人员没有相应的专业知识, 工程量计算和套用定额就无从谈起。

(2) 套用定额要合理、准确、切合实际。在当前的建筑市场条件下, 定额编制的基础条件与建设工程施工都有着较大的变化, 所以套用定额要灵活掌握。如: ①三条井筒在一个工业广场, 分别由三家施工单位施工, 套用定额时要考虑按单井筒系数调整辅助费, 但二、三期工程就不能采用此系数, 不能生搬硬套。②二期工程利用一期凿井设备施工, 要考虑人工降效和辅助费用的变化。③井下安装皮带期间, 施工单位提出应补偿影响矿井正常施工发生的停工费用, 预算中不应扣除甲方提升矸石 39% 定额提升费用, 另增加停工补偿费等此类问题, 造价人员要综合考虑, 不能片面理解问题, 在工艺上有疑问时要多思考、多交流, 经常向专家及定额站请教咨询, 寻求解决问题的途径。

(3) 工程技术要与经济相结合。在工程实施过程中, 经常会发生工程变更、工程签证。要做到工程技术与经济相统一。工程技术人员必须把工程变更、隐蔽工程等签证清楚, 签证的工程量要与实际发生的费用相吻合。如: 一个矿井工程的停工补偿费, 签证停工天数为 120 天, 经预算部门按照签证资料和造价相关规定审查后补偿费用为 90 万元, 但现场签证人员认为影响工程进度误工补偿费只有 8 万元, 可见, 现场资料签证与经济结合的重要性。如果现场技术人员在签证过程中, 对定额和相关的造价管理规定不清楚, 应虚心向造价人员学习请教, 做到技术资料和经济资料相结合, 合理地确定工程价款, 为投资控制打下良好基础。

(4) 造价人员要合理地确定造价, 应注意以下几点工作: ①对一些特殊问题一定要注意合同约定。如: 注浆合同中没有签订注浆工作结束后矿井迎头涌水量达到的效果, 以至 1800 多万元的立井注浆费用发生后, 还要发生工作面注浆费用。施工单位还提出由于工作面迎头涌水量增大, 发生调增直接工程费。②资料签证的合理性: 在工程施工前应具备三通一平, 但由于特殊原因, 水源暂时未接通, 井筒施工时要拉水, 但因建设单位基础工作做得不扎实、资料签证不及时、水源接通后没有详细记录, 致使整条井筒(1092m)施工全过程拉水, 发生费用 83.54 万元(50 元/m³), 造成极大的投资浪费。介于此类问题, 造价人员要认真核实、严格把关, 确保投资控制的有效性。

2 工程量清单计价方式计价

如何准确计算井巷工程辅助费是工程量清单计

价不可忽视的问题。为了适应工程量清单计价,2007年新颁布的井巷工程辅助费综合定额给出人工费、材料费、机械费的形式。但是,井巷工程与地面建筑安装工程不同,它不仅包括工程直接消耗费用、措施项目费用等,还包括井巷工程辅助费。井巷工程辅助费是以矿井井巷工程量、井巷工程工期、独立承揽井巷工程施工的施工单位为主体进行分摊性的费用,它具有费用的分摊性、施工的连续性和受地质条件变化影响的复杂性。

(1)费用的分摊性是与矿井井巷工程量、井巷工程工期、承揽井巷工程施工的施工单位分不开。如一个矿井的井巷工程由两个以上的施工单位同时施工,辅助费分摊的比例就存在问题,辅助费按定额计价或清单计价就存在不准确性。因此,应充分考虑多单位分割工程施工的特点,把握好辅助费分摊的比例,做到合理计价。

(2)施工的连续性指井巷工程一旦开工,组成它的单位工程、分部分项工程的施工是连续的、不可中断的,主要表现在辅助系统,特别是通风、排水、供电系统必须是连续运转的,但由于井下涌水量变化、瓦斯涌出或突出、停水停电造成停工,而为施工服务的辅助系统要正常运转,发生的费用采用清单计价方式难以解决,应当据实采用定额计价方法解决。

(3)因地质条件变化复杂,井巷工程施工受地压、地温、岩性、瓦斯、涌水等地质条件影响,其支护形式、施工方法、施工进度、工程维修和返修均受到相应的影响,由此发生的窝工费、辅助费、施工机械闲置费等都很难用工程量清单计价方式来解决。如三期巷道一般来说都是沿煤层走向开凿,巷道随煤层变化需要变化,反复变坡、转弯等,为其服务的排水、

提升、运输等系统也随之变化,采用清单计价很难完整地确定造价,应当据实采用定额计价方法解决。

3 凿井措施工程费和机构迁移费用

凿井措施工程费是井巷工程专有的费用项目。它包括施工设备运输费、临时土建工程、临时安装工程。凿井措施工程费实质上属于措施性项目,与建筑安装工程通用的措施项目区别很大,除设备运输外,临时土建工程、临时安装工程虽然具有临时性,但其施工方法、实用性要求和安全性要求几乎与永久性建筑相同。凿井措施工程费中的设备运输费与工程规模、设备需用量和运输距离有关。在井巷工程招投标时,业主无法确定施工设备的投入量和运输距离,各投标单位的技术装备、设备选型、运输距离是不相同的,应根据企业的设备特点、性能等因素合理报价,公平竞争。若按井巷工程消耗量定额计价远远高于市场价,清单计价更无法计算。在招投标过程中,合理的处理方法是:凿井措施工程费和机构迁移费按市场价单独报出,并列入总报价。若不计入投标总报价,投标单位可以通过降低工程造价的手段低价中标,高报凿井措施费和机构迁移费来补偿,最终再通过变更的方式调整工程造价,使建设单位受损失。

总之,无论是采用工程量清单计价方式还是定额计价方式确定工程造价,都应结合井巷工程的特点,充分考虑各种影响因素,使工程造价确定公平合理。

作者简介: 余晓梅 (1971-),女,1993年毕业于徐州煤炭建筑工程学校,经济师,注册工程造价师,现在神华宁煤集团能源工程造价咨询管理中心工作。

Opinions on Coal Sinking and Driving Engineering Cost Control

She Xiaomei

(Shenhua Ningxia Coal Group Limited Liability Company Yinchuan, Ningxia, 750004, China)

Abstract: Engineering cost evaluation is an interdisciplinary subject. This article makes a brief introduction of the applications of sinking and driving engineering in quota price, list price, excavation project costs and transferring costs.

Key words: Engineering cost; Quota price; List price

(收稿日期: 2009-08-05 责任编辑: 蔡丽芳)

论发电企业技术监督体系中各主体的地位和责任

赵 军^{1,2}

(1.大连海事大学,辽宁 大连, 116026; 2.神华国华(北京)电力研究院有限公司,北京, 100069)

摘 要:发电企业作为电力改革的新生事物,给原有的电力监督体系带来了新问题,在电力行业主体发生变化的背景下,如何继续开展技术监督工作,保障经济运行安全、协调运转,必须明确技术监督体系中各方的职责,先明确技术监督各主体的地位。本文就这一问题阐述了自身的观点,并提出了技术监督工作的开展思路。

关键词:发电企业 技术监督 主体 客体 监督体系

中图分类号:TM6

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)06-0035-04

电力安全生产影响各行各业和社会稳定。电力工业是国民经济的基础产业,是具有社会公用事业性质的行业。它为各行各业和人民的日常生活提供电力,如果供电中断,特别是电网事故造成大面积停电,将使各行各业的生产停顿或瘫痪,有的还会产生一系列次生事故,带来一系列次生灾害。给社会带来混乱,甚至造成灾难,造成极坏的政治影响。因此,电力安全生产关系到国家人民生命财产安全,关系到人民群众的切身利益,关系到国民经济健康发展,关系到人心和社会的稳定。

电力安全生产影响电力企业本身。安全是电力生产的基础,如果一个电厂经常发生事故,就不可能做到满发稳发和文明生产;如果系统经常发生事故,系统中的发电厂不能正常运行,使电力生产处于混乱状态,因此电力企业本身需要安全生产。没有安全生产,就没有效益。电力企业的生存与发展,必然要求有好的经济效益。如果电力企业的安全生产做不好,必然减少发供电并增加各种费用的支出,其结果是成本上升,效益下降。因此,搞好安全生产是提高经济效益的基础。

电力生产的劳动环境要求安全生产。电力生产的劳动环境有几个明显的特点:①电气设备多;②高温高压设备多,如火电厂的锅炉、汽轮机、压力容器和热力管道等;③易燃、易爆和有毒物品多,如燃煤、燃油、强酸、强碱、制氢气及制氧气系统、氢冷设备等;④高速旋转机械多,如发电机、风机、电动机等;⑤特种作业多,如带电作业、高空作业、起重及焊接作业等。这些特点表明,电力生产的劳动条件和环境

相当复杂,本身潜伏着诸多不安全因素,潜在的危险性大,这些都构成了对职工人身安全的威胁。因此,电力生产环境要求生产活动对象对生产过程要遵守行业、部门、集团企业、公司本身制定的作业和运行规程。

国务院颁布的第432号《电力监管条例》明确指出电力监管的任务是维护电力市场秩序,依法保护电力投资者、经营者、使用者的合法权益和社会公共利益,保障电力系统安全稳定运行,促进电力事业健康发展。

标准^[1]规定电力主管部门及行业协会主要监督内容。监督电力企业和主要电力用户在电力的发、输、配和用电的各个环节中的电力安全、节能降耗及环境保护方面的工作,电力技术监督工作贯穿电力生产的全过程。

标准^[2]明确规定电力各监督体系要实施电能质量、绝缘、电测、继电保护及安全自动装置、发电机励磁系统、节能、环保、金属、化学、热工、汽(水)轮机、水工等技术监督,对电力设备或系统的健康水平及与安全、质量、经济运行有关的重要参数、性能、指标进行监测、调整及评价。

由此可见电力监督是必须的、强制的、必要的,它代表了政府、行业、企业本身三方的利益。明确电力技术监督中各主体的地位和责任是保障电力生产安全运行的基本要素。

1 技术监督工作中各方主体及其责任

主体指具有社会本质的、从事着实践活动和认

识活动的人,但不是抽象的纯粹的生物学上的人,而是处在一定社会条件下的具有社会性的、现实的人,管理学把从事同一活动目标的人称为组织。客体是主体的实践活动和认识活动所指向的对象,即进入主体的实践和认识范围的对象。作为现实的认识客体,它只是整个客观世界的一部分,只有进入主体实践和认识的范围内,与主体发生联系的客观实在,才是客体。

对发电企业而言,电力全过程技术监督主要包括基本建设期和生产运营期。这两个过程中涉及的主体有各网局、省(自治区、直辖市)电网授权的质量监督中心站、具有国家建设部认可资质的监理单位、国家质量监督检验检疫总局认可资质的监造单位、受各网局、省(自治区、直辖市)电网授权的电力技术研究中心、发电企业上级管理部门、发电企业自身以及基建和生产期各供货商、参建单位、检修公司等。电力全过程技术监督的客体是电力基本建设、生产过程中的各种活动,包括过程、结果以及保证为完成这些过程所制定的相关体系、制度。文献^[2]也佐证了这一点。特定于电力全过程技术监督,主要是指:设计、制造、安装、调试、验收、生产、维护、检修、改造等一系列活动,以及它们的管理体系、制度。

在基建期间,依照《电力监管条例》和电建[1995]36号《电力建设工程质量监督规定》各网局、省(自治区、直辖市)电网授权的质量监督中心站,对电力建设项目的各建设单位和参建单位进行监督,依据电力基本建设期各项规定、规范、导则、标准对基建“三控”指标进行审查,代表其政府部门行使工程质量监督权。但不代替各建设、监理、设计、施工和调试机构的质量管理职能。未经电力建设质量监督中心站和质量检测机构监督、检测的火电、送变电工程,不得并入电网,不能申报电力部优质工程和优质施工项目。

在基建期间,由建设单位招标聘请的监理单位,依据《建筑法》以及建设部有关监理规定和电监会的法规和条例,对建设单位负责、严格执行国家法律法规;对参建单位的建设体系、行为、结果进行“三控”监管。由建设单位招标聘请的监造单位依据《标准化法》、《产品质量法》以及产品监督各项法规条例,对电力工业设备及应用到发电企业中的各类产品进行监造。

在基建期间,建设单位参与监理单位的工作,积

极配合监理单位的监管工作,为监理单位提供各种便利,与监理单位一起收集、制定、填写各种资料和报表,接受质量监督中心站的检查,接受投资方或者上级主管部门对本单位的监督检查。严格把关各项指标的落实和数据的真实性,为后期生产打好基础。

在生产期,各网局、省(自治区、直辖市)电网和各省(自治区、直辖市)经济委员会授权的电力技术研究中心(简称电科院);对发电生产企业在生产过程中的生产运行、设备维护、设备检修、技术改造进行监督;对发电企业的监督管理体系、监督管理制度进行监督;对涉及发电企业的各项标准检定、量值传递进行强制性监督管控。

在生产期,电力企业的上级主管单位以及委托或指定的上级职能管理部门,对发电企业的技术监督体系、制度进行监督;对生产过程中的生产运行、设备维护、设备检修、技术改造结果,依据国家、行业、电网的法规条例、标准进行抽检或全检;对电力发展过程中的新技术、新工艺制定集团标准和规章制度,并监督发电企业执行。

在生产期,电力企业自身的监督体系依照国家、行业、电网、上级职能部门制定的标准法规,对本企业生产部门在生产过程中的生产运行、设备维护、设备检修、技术改造进行监督,完成对监督数据收集和保存、监督体系维护,向本企业最高管理者的定期汇报。而企业监督体系作为整个监督网络中的最直接的监督主体对象和被监督对象,要向上级主管单位、电网委托监督单位甚至当地工业生产安全监督委员会负责,接受多方监督监管、呈送各类报表、接受其检查。

各供货商、参建单位、检修公司等在各个时期内从事电力建设、检修、改造等,必须接受发电企业指定的电力监督监管单位的监督,其数据、报表的收集处理也由相应的电力监督监管单位完成。这些单位必须诚实、积极配合电力监督监管单位的监督行为。

2 技术监督工作中发电企业与各监督主体之间的关系

既然是监督,就必然有监督者和被监督者。单对发电行业而言,从整个监督网络看,只有发电企业、各供货商、参建单位、检修公司等是被监督对象,其它质量监督中心站、监理单位、监造单位、电科院都是监督者。当然有些主体在不同时期的地位是变化

的,有时候也是被监督对象。

在电力改革厂网未分开之前,电网、发电等企业资产都是国家的,所以电力监督职能单位既要对电网安全负责也要对发电设备安全负责。电力监督单位对国家负责,是行使政府职能。厂网分开后,发电资产有了不同的所有者,与电网资产形成多个利益体,因此势必形成多个监督者,其利益不同、但对象相同,目的大部分相同,执行的标准不完全相同。

发电企业在基本建设期与质量监督中心站的关系。发电企业与质量监督中心站在项目建设期间形成监督与被监督关系,质量监督中心站依据原电力部、国家电网公司等各时期颁布的各项法规和制度标准,检查项目建设中和完工后的各项指标是否满足规定,是否符合入网安全。发电企业在这期间属于监督对象,要积极配合各参建单位向质量监督中心站提供真实、完整的资料数据,接受指正意见,督促参建单位整改,以早日通过验收。

发电企业在基本建设期与监理单位和监造单位的关系。在基本建设期,为了保证项目的“质量、工期、投资”均完成既定目标,建设单位通过招标选定监理单位和监造单位。因此在建设期的监理单位和监造单位的工作内容类似生产期生产单位的监督体系,只是比建设单位更加专业化。这一时期,建设单位要紧紧依靠监理单位,完成各项指标,同时发挥主人翁的作用,对各项数据保证其真实性,对各项实验要保证不漏项。

发电企业与电科院的关系。这一关系是最复杂的。在基建期,通常各属地电科院往往是项目的参建单位,要接受项目基建期监督体系的监督,属于被监督对象。而转入生产期后,电科院又属于双重身份,一方面受省(市)经济委员会和电网双重委托,对发电企业在生产过程中的生产运行、设备维护、设备检修、技术改造进行监督;对发电企业的监督管理体系、监督管理制度进行监督;对涉及发电企业的各项标准检定、量值传递进行强制性监督管控。另一方面,承接发电企业在生产过程中出现的事故分析、技术改造、各级检修技术服务,从中获取利润,这一过程中电科院的工作又属于被监督对象。

发电企业与上级监督单位的关系。上级部门是发电企业的管理者,也是发电企业的利益既得方。因此这类监督必然是从自身利益出发,保机组安全、稳定多发。因此会出台各种规章制度,而这种制度中必

然夹杂了集团企业自身的要求,但这些制度的制定仍然要遵守国家和行业的规程和标准,以保证发电企业在执行标准的过程保持唯一性,从而保障电网的安全和电网中同类机组运行的统一性。但是任何标准都不是一成不变的。发电技术在发展,标准也在不断升级变化,对于时代发展中出现的新技术、新工艺,也需要去制定标准统一规范,而新规范必然要有一个最先制定的单位和先行试行的区域和时段,才能升格为行业的、甚至国家的标准。在这个新标准或新规范推行过程中,就会出现企业监督标准或规范与现行行业标准不同的状况,但企业规范与行业规范不冲突,是对行业规范的拓展延伸。从这点论述上看,在对发电企业执行监督的过程中,发电企业的上级单位与电科院、质量监督中心站的工作性质相同,地位是平等的,所要求呈送的报表也是基本一致的。

发电企业与企业内部监督体系的关系。发电企业内部的监督体系是整个监督体系的最基层单元,它直接面对被监督对象,对企业的最高管理者负责。因此发电企业内部的监督体系必须独立成体系,与生产、检修、技术改造等部门分离,在企业内部形成生产、经营、监督的分离管理。发电企业内部的监督体系也是发电企业对外呈送报表的数据收集者和整理者。整个体系是电力设备安全运行的保护者,但这个体系也要接受监督,这是与其他级别的监督管理体系的不同之处。

3 企业在技术监督工作中的任务和责任

发电集团公司技术监督职能管控部门,对下属各发电企业的基建、生产活动进行标准制定、过程和结果监督、定期检查。该部门与各网局、省(自治区、直辖市)电网授权的质量监督中心站、受各网局、省(自治区、直辖市)电网授权的电力技术研究中心在监督地位上是平等的,所做工作与电科院互有侧重,集团公司技术监督职能管控部门主要对发电公司的监督体系和制度进行管控,而电科院主要对发电公司的生产运营过程进行管控。

集团公司技术监督职能管控部门在制定集团公司的各项监督标准的同时,要遵守原电力部或国家电网颁布的一系列标准。同时结合本企业特点和新技术、新工艺特点,拓展标准,但需明确标准的唯一性和与行业标准的统一性。

依据集团公司技术监督工作制度,该部门在日

常的监督工作中应定期接受报表,并对其做分析报告;定期检查各发电公司的监督体系和监督制度;定期全检监督项目执行情况、抽检监督项目执行过程,抽检呈送数据的真实性。

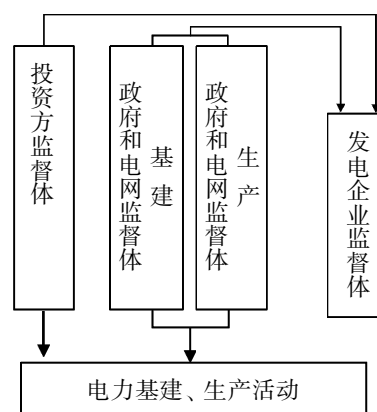
由于电科院在生产期又是监督者又是服务者,利益关联很重,给技术监督带来很大的障碍,这一旧体制下的弊端必须消除。因此电科院作为服务者参与电厂的检修、技术改造等工作时,应由集团公司技术监督职能管控部门或者第三方来检查验收各电科院技术服务的成果。但在各监督主体发挥作用的时期应尽量依靠其他主体完成对过程的管控。只当在电科院这样双重身份的监督者发生地位转变时,才替代其行使管控职能。

4 技术监督工作的管控体系

根据电安生 1996 版《电力工业技术监督工作规定》和标准[1]中对发电企业监督主体的责任规定,以及电建[1995]36 号《电力建设工程质量监督规定》的责任划分,基本建设期各网局、省(自治区、直辖市)电网授权的质量监督中心站就是电网授权的监督主体,在电力体制改革后,发电资产从电网分离出去,发电企业受国资委直接管理,为了保证监督工作的权责体系正常运转,国家经济贸易委员会颁发了国经贸电力[1999]1027 号《关于委托国家电力公司承担电力建设工程质量监督工作的复函》文件,委托国家电力公司承担电力建设工程质量监督工作。因此基建期的质量监督中心站具有政府和行业双重授权的监督职能,而在生产期,1996 版《电力工业技术监督工作规定》和标准[1]明确规定各网局、省(自治区、直辖市)电网授权的电力试验研究院(所)履行电力生产的监督职能,厂网分离后,各省的经贸委又对各省电力试验研究院(所)进行了授权,因此在代表政府和电网权益方面,基建期是质量监督中心站、生产期是电科院。但是,厂网分离后所产生的新的权益主体的利益缺乏保障,而发电集团设立的技术监督职能部门承担了发电集团的这一监督职责。同时加强监督体系中发电企业基层的监督体系,也保障了投资方的利益。

从上述关系中可看出,发电集团技术监督职能部门的监督地位与质量监督中心站、电力试验研究院(所)地位相等,所代表的利益集团不同。但针对的监督客体相同、目标相同、依据的标准相同、采取的

监督手段相同,建立了质量、标准、计量三位一体的技术监督体系。质量监督中心站、电力试验研究院(所)是不同时期的两个政府和电网授权的监督主体。发电集团各发电企业的监督体系是监督网络中最基本的监督主体,这个主体有着区别于上述其它主体的特殊性,它在履行监督工作的同时接受监督。



技术监督工作的管控体系图

发电公司的监督体系是整个监督网络中的重点,它所完成的监督工作量是最多的,其它各监督主体对其有监督、指导的责任和义务。发电公司的监督体系是发电公司的重要组成部分,它与发电公司的经营、生产构成了发电公司的三大活动体系,且这三体系相互独立,共同对经营者负责,也即对总经理负责。因此,发电公司的技术监督岗位不能由生产服务人员兼任,必须保证其独立性,从而保证监督工作的公正性和监督数据的真实性。

各省(市)电力试验研究院(所)在基建期间大部分是基建活动中的服务商性质,它不是电网授权的监督主体,它的活动也要受质检中心站的监督。而在生产期其工作性质更复杂,大部分时间充当监督者,在检修、技术改造、科研等活动中,又成为监督的对象。而这时的监督者只能是发电厂的监督体,像这种又当运动员又当裁判员的状况是旧体制遗留下来的弊端,必须改革。为了保证监督工作的公正,目前通常采用监督和服务聘请两家电科院来完成。在发电集团公司形成有技术监督职能部门后,这一职能也可以由发电集团技术监督职能部门来承担。

5 结束语

总之在整个监督活动中,首先要保证技术监督的独立性、公正性,其次要保证技术(下转第 88 页)

水冷壁裂纹泄漏原因分析及处理

马永仁 李振忠

(神华国华国际电力股份有限公司北京热电分公司, 北京, 100025)

摘要: 四管爆漏是电厂锅炉常见的故障, 本文通过对水冷壁爆破进行深入的裂纹、金属专业和化学专业分析, 总结了爆破的技术原因, 提出了技术和管理上的控制措施。

关键词: 水冷壁 泄漏 预防

中图分类号: TM621.2

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0039-03

神华国华北京热电分公司现有设备为两台德国 ABB 公司制造的 200MW 双抽凝汽式汽轮发电机组, 配备 4 台哈尔滨锅炉厂制造的 410t/h 燃煤锅炉。于 1999 年 10 月至 12 月相继投产。近几年公司为了降低锅炉排放中的氮氧化物浓度, 锅炉进行了燃烧器改造, SNCR 等多项改造项目, 本文对 #1 炉水冷壁裂纹缺陷, 依据各项金属试验和化学试验结果, 综合分析了裂纹产生的主要原因。

1 水冷壁缺陷情况

2008 年 2 月机组运行中, 发现 #1 炉前墙水冷壁管从 B 侧数第 10 根(标高 28m 下向)泄漏, #1 炉为 HG-410/9.8-YM15 型锅炉, 模式水冷壁, 规格为: $\Phi 60 \times 5$, 材质为: 20G。宏观发现水冷壁炉内侧存在一条纵向泄漏裂纹, 而且裂纹附近出现表面龟裂通过打磨去除。爆口上方的母材未见缺陷, 爆口下方约 2~4m 范围内发现多条横向裂纹。金属专业对水冷壁管泄漏进行了力学和金相分析, 化学专业对泄漏的水冷壁管进行了结垢分析和垢量的测定, 排除了水冷壁管道的大面积失效的可能性, 找出了水冷壁裂纹泄漏的真正原因。

2 水冷壁裂纹分析

2.1 泄漏管段宏观检查分析:

(1) 水冷壁向火侧泄漏点裂纹为上下纵向其长度为 32mm。纵向裂纹向下 20mm $\times$ 70mm 母材表面范围内有网状龟裂, 通过表面打磨后探伤已消除。裂纹向下与裂纹在一条直线上的母材在 125mm 范围内进行测厚, 数据为从 3.2~3.8mm(见图 1)。

(2) 通过对更换下缺陷管取样进行检查测量分

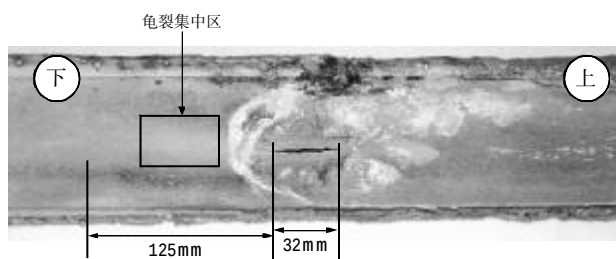


图 1 水冷壁纵向裂纹

析, 发现向火面减薄壁厚为 4mm。

水平外径 90°测量分别是: 60.4mm、63mm 已椭圆及胀粗变形(见图 2)。

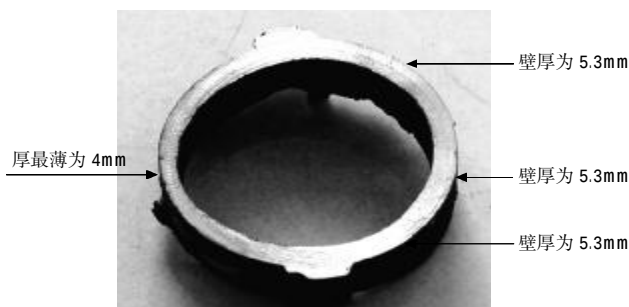


图 2 水冷壁剖面分析

(3) 对割管爆口内壁进行宏观检查, 裂口处宏观照片, 图 3: 可观察到结垢现象。宏观照片图 4 距纵向泄漏裂纹 200mm 处: 可观察到横向裂纹。



图 3 水冷壁内壁结构



图 4 水冷壁内壁裂纹

(4)爆口下方约 2~4m 范围内发现 19 处横向裂纹, 其中 3 处已裂透、16 处未透, 未透深度为 3~4mm, 19 处横向裂纹长度为 2~10mm 不等。通过打磨去除裂纹, 裂纹清除后进行补焊(见图 5)。

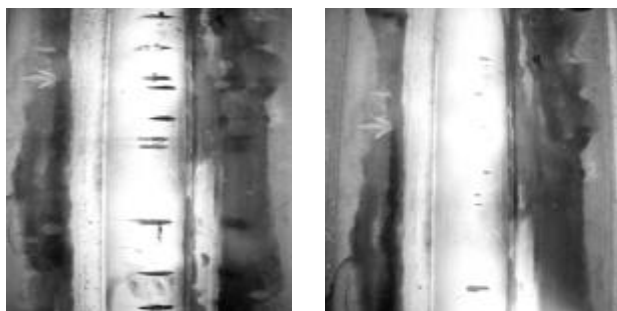


图 5 水冷壁外壁多处横向裂纹

2.2 裂纹泄漏管力学分析(如表 1)

表 1 裂纹泄漏管力学分析

序号	上屈服强度 R_{eH} (MPa)	下屈服强度 R_{eL} (MPa)	抗拉强度 R_m (MPa)	断后伸长率 A (%)	备注
标准值要求	/	≥245	410~550	≥24	/
1	/	285	455	32	向火
2	无明显屈服		445	30	
3	无明显屈服		470	33	背火
4	无明显屈服		465	31	

力学性能分析结论: 割样管段检验结果符合标准要求合格。

2.3 裂纹泄漏管金相分析

裂纹泄漏管裂口尖端及靠近裂纹尖端处金相组织分析结果及图(见图 6~9)。

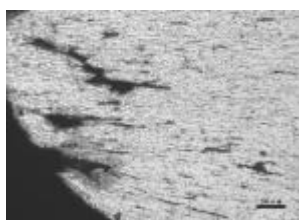


图 6 铁素体 + 碳化物 (球化 4.5 级)



图 7 靠近裂口处管段金相组织分析, 铁素体 + 碳化物 (球化 4.5 级)

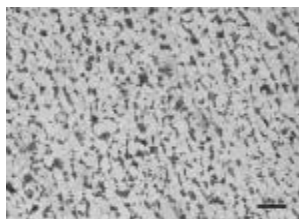


图 8 靠近裂口处管段金相组织分析为铁素体 + 珠光 (球化 2 级)

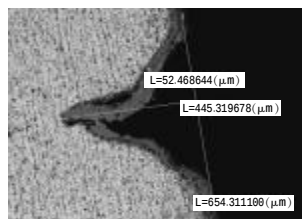


图 9 距裂口 150~200mm 处纵截面上金相组织分析为铁素体 + 珠光体 (球化 2 级)

2.4 样本化学分析

(1)本次水冷壁向火侧垢量($564.24\text{g}/\text{m}^2$)明显大于 2006 年 5 月的水冷壁向火侧最大垢量($258.31\text{g}/\text{m}^2$), 而背火侧垢量($137.71\text{g}/\text{m}^2$)与 2006 年 5 月水冷壁背火侧垢量(均值: $159.30\text{g}/\text{m}^2$)相比没有较大变化;

(2)本次漏管的向火侧垢量与背火侧垢量相差悬殊($564.24\text{g}/\text{m}^2 - 137.71\text{g}/\text{m}^2 = 426.53\text{g}/\text{m}^2$), 而历年相差不大(2006 年甲侧相差 $85.97\text{g}/\text{m}^2$ 、乙侧相差 $61.98\text{g}/\text{m}^2$ 、前墙相差 $55.63\text{g}/\text{m}^2$)。

(3)曾有几处历年在水冷壁角落边缘位置割取的管样结垢量特点均是背火侧比向火侧高, 而本次正好现象相反。

2.5 金相、化学分析结果

2.5.1 金属分析结果

(1)金属力学和金相分析结果认定: 割样管裂纹产生是由于管内壁较明显结垢, 造成管内壁腐蚀、减薄、应力集中导致出现裂纹泄漏。

(2)通过以上分析排除材质问题造成的泄漏。

(3)通过分析发现存在短期过热的现象。

2.5.2 化学分析结果

垢量增加导致泄漏管在一段时日内, 水冷壁质量流速降低造成水循环不畅, 正常运行情况下每根管的流量约为 $12\text{t}/\text{h}$ (#1 炉按扩容后的最大负荷 $450\text{t}/\text{h}$ 和循环倍率按 14 计算), 而若管路堵塞流量减小, 则少量的水在水冷壁的向火侧迅速蒸发浓缩结垢沉积, 垢量沉积加快; 而水垢又可导致金属发生沉积物下腐蚀, 在锅炉运行中, 锅炉水从水垢的孔隙中渗入垢层, 并很快被蒸干, 从而使锅炉水在垢层下高度浓缩, 达到很高的浓度, 如 NaOH 可达到 5% 以上(来源一是启炉时直接加入的 NaOH , 二是平时加入磷酸三钠后产生的游离 NaOH), 对锅炉金属产生严重腐蚀, 这种结垢与腐蚀又是相互促进的。

由于水垢的导热性差, 金属表面的热量不能很快地传递, 因而使金属管壁的温度大大提高, 而垢下腐蚀又会引起金属减薄, 强度显著降低, 造成了结垢部位因管壁短期过热、腐蚀减薄而产生蠕变、鼓包、破裂、爆管。

3 故障处理

(1)本次锅炉临停对水冷壁裂纹泄漏点, 更换 600mm 管段。对其它裂纹彻底清除补焊处理。为了保

证机组运行,废除前墙第 10 根水冷壁管,将上下联箱接管座加堵,保留旧管。

(2)利用机组计划检修于 2008 年 4 月对该水冷壁管进行更换,更换中对该根水冷壁管下联箱上的弯管进行割管检查,结果发现弯管内存在大量的黑色粉状沉积物,通过化学分析为 Fe_3O_4 。进一步证明前墙第 10 根水冷壁管水循环不畅,管内有大量的结垢现象。为了机组安全运行,通过射线探伤技术对该管两侧弯管的检查,未发现弯管内存在粉状沉积物。

4 预防措施

4.1 加强检修管理,提高质量意识

设备的检修必须抓好全过程的管理和金属监督工作,建立完整的质量管理体系,规范锅炉重大技改项目的验收、检修维护工艺、焊接工艺、运行调试和操作 3 个环节的工作。各级管理人员严格把好检修过程质量验收关,落实技术管理责任制,做到项目有计划,验收有标准。同时对修后设备的经济指标进行对比分析,对设备运行状况及设备存在的隐患进行总结经验和吸取教训。

4.2 按照有关部颁标准,严格执行标准化管理

锅炉在大小修时,认真执行电力行业规程规定、厂颁检规和运行规定,杜绝检修工艺和质量标准在执行过程中的随意性和盲目性,做好锅炉检修中隐蔽工程的监督,保证修后的设备具有安全性、可靠性和良好的经济性。

4.3 加强技术监督的具体措施

(1)对有资质证明书的材料也不可随意使用。每批材料入厂必须由供应部门严格履行质量验收制度,合金管要逐根光谱检验,宏观进行表面检查,并做出明显色环标记,防止不合格的管材和备件用于锅炉现场,埋下隐患,影响修后锅炉质量和长周期安全运行。

(2)利用周期检修期间,对相关的水冷壁下联箱上的弯管,进行射线检验管内是否有结垢现象,同时还要取样进行化学垢样分析,达到对设备状况的正确评估。

(3)加强化学水质的监督,控制蒸气品质。稳定运行防止超温现象的发生,以确保机组的健康运行。

(4)在大小修中,对检修焊口 100% 检验合格,焊工严格执行焊接工艺评定规程,并建立了焊接工艺卡、高压焊工质量跟踪登录簿,每年组织进行一次焊口评优奖励和通报警示考核。对特殊合金材质焊接工艺要进行焊接工艺质量的全面评定。

4.4 加强锅炉“四管”重点部位的检查

加强对锅炉“四管”泄漏的统计分析和总结工作,制定技术资料管理制度及实施细则,进一步掌握各台锅炉“四管”的运行规律和结构特点,做好超前监督和预防工作,做到有计划、有步骤、有目的地进行检修维护和改造。

5 结论

通过对水冷壁管泄漏原因分析,要重点抓好金属监督工作,普及全员监督的意识。可以看出,每一次的泄漏均有原因,专业管理只要是在哪个环节出现问题,都可能造成非停。从这个教训中反应出管理方面要提高,检修及工程改造中管孔的封堵这个环节要严格验收,工程过程验收是保证检修质量的重要环节,规范外包工程管理,从生产管理、专业技术及制度执行等方面,尤其是运营电厂,在技术改造中的问题,不亚于基建施工期的问题,将管理文件落实到位,可以最大限度地控制锅炉因检修质量和过程管理失控而造成的承压部件爆漏,使锅炉长周期安全经济运行。

作者简介: 马永仁 (1957-), 大学学历, 助理工程师, 神华国华国际电力股份有限公司北京热电分公司、设备部、金属监督室主管。

Analysis and Treatment of Water-cooling Wall Flaw Leakage

Ma Yongren Li Zhenzhong

(Beijing Thermoelectricity Branch of Shenhua Guohua International Power Incorporated Company, Beijing, 100025, China)

Abstracts: Detailed professional analysis is made on flaw, metal and chemistry of water cooling wall burst, reasons are summarized and control methods both on technology and management are put forward to tackle failures such as four tubes burst, which is a normal trouble in power plant boilers.

Key words: Water cooling wall; Leakage; Precaution

(收稿日期: 2009-11-19 责任编辑: 王艾丽)

火电厂脱硫石膏及其综合利用

王小飞 刘 伦 马鹏军 阮艳军 刘军海

(陕西理工学院化学与环境科学学院, 陕西 汉中, 723001)

摘 要:介绍了我国火电厂烟气脱硫技术的发展现状和火电厂脱硫石膏的性能与应用情况, 综述了脱硫石膏综合利用的研究进展, 展望了今后脱硫石膏的发展方向。

关键词:火电厂 脱硫石膏 综合利用 展望

中图分类号: TM621

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)06-0042-04

中国是一个以煤炭为主要能源的发展中国家, 为了控制 SO_2 造成的大气污染, 近几年来相关部门对烟气脱硫工作越来越重视。石灰石-石膏湿法脱硫工艺是目前发电厂应用最广泛的烟气脱硫技术, 脱硫效率达到 90% 以上^[1]。该法脱硫的副产品是二水石膏。根据国家环保总局的数据, 2005 年全国火电厂 SO_2 排放总量达到 1600 万 t, “十一五”期间新增 SO_2 排放量 560 万 t^[2]。国家要求在“十一五”期末全国火电厂 SO_2 排放总量控制在 1000 万 t 以下, 但若以全国 70% 的火电厂采用湿法石灰石-石膏脱硫技术计算, 预计到 2010 年末, 全国每年产生的脱硫石膏将达 5000 万 t 以上^[3], 因此副产品脱硫石膏的数量十分巨大。

我国禁止脱硫石膏向江湖、河海排放。采用堆存的方式处理脱硫石膏, 占用土地、影响环境、占用资金、浪费资源, 影响电厂的经济和环境效应。因此, 研究脱硫石膏的性能和综合利用技术, 结合我国具体国情, 研究开发出市场竞争力强的脱硫石膏综合利用产品, 解决脱硫石膏的最终处置问题, 有着极为重要的社会效益和环境效益, 且对可持续发展、有限的天然石膏资源的保护和有效利用也有着极为重要的意义。

1 我国火电厂烟气脱硫技术发展现状

我国的烟气脱硫技术最先用于 50 年代的硫酸和有色冶金工业, 燃煤电厂的烟气脱硫始于 70 年代初。然而, 早期的烟气脱硫技术, 不论是湿法, 还是干法脱硫技术工艺, 由于受到当时技术发展条件上的限制, 整个脱硫系统建设投资和运行成本相对较高, 而且脱硫效率低、系统复杂、运行可靠性能差, 使得

该技术在电力市场上的应用受到了一定的限制。经过了 30 多年的发展, 到 20 世纪 90 年代, 烟气脱硫技术有了长足的进展, 特别是湿法烟气脱硫以其工艺的成熟性、运行的高可靠性, 以及高的脱硫技术性能等特点, 在世界电力市场上得到了广泛的应用。

烟气脱硫技术 (FGD), 按工艺特点可分为湿法、半干法和干法三大类^[4]。以湿法烟气脱硫为代表的工艺有: 石灰石-石膏法、双碱法、氨吸收法、海水法等。其特点是: 技术工艺成熟、脱硫效率高 (90% 以上), 且脱硫副产品大都可回收利用, 但其投资和运行费用较高。半干法脱硫工艺为代表的有: 旋转喷雾干燥法 (SDA)、炉内喷钙尾部增湿活化 (LIFAC) 等。干法脱硫工艺为代表的有: 荷电干式喷射脱硫法 (CDSI)、等离子体法 (电子束辐射/脉冲电晕) 等。目前, 在众多的烟气脱硫方法中, 湿式石灰石-石膏法是应用最多、技术最为成熟的一种工艺^[5]。

石灰石-石膏法脱硫技术是利用石灰石 (CaCO_3) 浆液作为吸收剂, 吸收并除去烟气中的二氧化硫 (SO_2), 生成副产品石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。整个工艺过程为, 锅炉排出的烟气经过除尘-引风机-脱硫增压风机加压-换热器- SO_2 吸收塔, 烟气逆流而上与吸收塔上部喷淋下来的石灰石浆液进行充分的气液接触并反应, 生成亚硫酸钙 (CaSO_3) 溶液, 流入吸收塔的氧化槽中, 向氧化槽鼓入空气, 使 CaSO_3 强制氧化生成石膏, 然后对湿石膏做脱水处理后生成固态石膏。洗涤净化后的烟气从吸收塔顶部通过除雾器除去雾滴而引出到热交换器并升温至约 85 °C 后经烟道、烟囱排入大气^[6]。

从我国烟气脱硫技术的发展趋势来看, 我国的烟气脱硫工艺将仍以石灰石-石膏法为主。2005 年

国家环保总局颁布了 HJ/T179-2005《火电厂烟气脱硫技术规范石灰石-石膏法》行业标准^[7],为石灰石-石膏法在火电厂烟气脱硫中的应用提供了技术保障。

2 脱硫石膏基本性能

脱硫石膏的主要成分和天然石膏一样,都是二水硫酸钙晶体($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。与天然石膏的物理、化学性能具有相同的规律,但作为一种烟气脱硫副产物,其性质由烟气脱硫工艺决定,使它具有再生石膏的某些特点,与天然石膏有一定差异^[8]。这些差异主要表现在外观性能、颗粒特性、化学成分、安全性能等方面。

2.1 外观性能

脱硫石膏含有 15%~25%附着水^[9],一般呈潮湿、松散的细小颗粒。正常的脱硫石膏的外观颜色近乎白色,随杂质质量变化呈黄白色或灰褐色。由于其含水率高、粘性强,与天然石膏相比,在装载、提升、输送过程易粘附在各种设备上,造成积料堵塞,影响生产正常进行。因此,在脱硫石膏的应用中,如利用适用于天然石膏的设备,必须进行一定的技术改进。

例如,陕西声威建材集团有限公司^[9]就脱硫石膏输送过程中粘附在设备上,使上料系统无法正常连续运转的问题,对设备进行了改造。采取将脱硫石膏从磨头加人的方法,效果很理想。上料和料仓很少发生堵料,而且脱硫石膏带有一定量的水分,其直接入磨后还可以降低磨内温度。

2.2 颗粒特征

由表 1 可以看出,脱硫石膏颗粒直径主要集中在 30~50mm,比天然石膏稍细。脱硫石膏与天然石膏的晶型有明显的不同。天然石膏细粒较多,粗细颗粒差别明显,晶型呈板状,晶体粗大,不规则;脱硫石膏颗粒比较均齐,晶体成短柱状,长径比较小,外观规整^[10]。脱硫石膏的这种颗粒特征,有利于在实际应用中更好地发挥其性能效应。

表 1 脱硫石膏与天然石膏的颗粒组成比较^[11]

粒径(mm)	>90	70~90	45~70	32~45	24~32	16~24	12~16	<12
天然石膏(%)	1.55	6.11	15.05	36.21	18.17	6.47	9.69	21.80
脱硫石膏(%)	0.05	0.10	13.41	39.07	22.03	10.48	3.69	10.02

2.3 化学成分

脱硫石膏在主要成分上与天然石膏相同,均为

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。由表 2 可以看出,从化学组成来看,脱硫石膏的纯度高于天然石膏, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 含量达到 90%以上^[12]。但脱硫石膏的杂质组成较为复杂,这与其产生的工艺条件有很大关系。如其可溶性盐和氯离子含量高于天然石膏,是导致其脱硫建筑石膏制品出现泛霜,粘结力下降等性能问题的主要原因之一。因此,用脱硫石膏生产建材制品时,应对脱硫石膏进行净化处理。

表 2 脱硫石膏与天然石膏的主要组成成分对比^[13]

名称	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	CaSO_3	MgO	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
脱硫石膏(%)	85~90	1.20	5~8	0.86	10~15	1.20	2.80	0.60
天然石膏(%)	70~74	0.50	2~4	3.80	3~4	3.49	1.04	0.30

2.4 安全性能

为保证脱硫石膏制品作为建筑材料和装饰材料使用的安全性,李立^[14]等,对脱硫石膏进行了放射性检验。结果表明,脱硫石膏中的放射性元素含量符合 GB6566-2001《建筑材料放射性核素限量》标准的要求,不会对环境造成放射性污染,用脱硫石膏可安全生产各种建筑制品。

王英,段鹏选,张晔^[15]分析研究了典型烟气脱硫石膏样品的纯度、颗粒特性、化学成分性质、杂质和有害物质特性等性能。研究结果表明,脱硫石膏虽然在主要成分上与天然石膏相同,但在诸多性能方面有着明显的不同。应用脱硫石膏代替天然石膏生产建材产品时,应该高度重视这些不同,并采取相应的技术措施。

综上所述,从脱硫石膏与天然石膏基本性能的比较来看,虽然脱硫石膏的主要化学成分与天然石膏相同,但生成工艺决定了其独特的性能特点。在对脱硫石膏进行资源化利用时,要针对脱硫石膏的性能采取相应的技术措施,如果照搬天然石膏的生产工艺流程,一方面必然会造成工艺的显著变化,影响正常生产;另一方面会严重影响产品质量变化,带来严重的技术质量问题。

3 脱硫石膏综合利用的研究进展

目前,脱硫石膏综合利用的途径主要有水泥缓凝剂、粉刷石膏、石膏砌块,用做肥料改良土壤、用于路基回填等。

3.1 水泥缓凝剂

施惠生,刘红岩^[16]通过研究烟气脱硫石膏在矿

渣水泥中的处置利用方式,确定其在水泥生产中的应用的可行性。结果表明,一定条件下进行热处理后的脱硫石膏掺入矿渣水泥后,在一定程度上可改善水泥的物理性能,提高水泥的强度,并可有效调节水泥的凝结时间。

哈尔滨水泥有限公司^[17]进行了用热电厂脱硫石膏全部或部分代替天然石膏生产水泥的生产实验并获成功应用。实验和应用结果表明,用脱硫石膏全部或部分替代天然石膏生产普通硅酸盐水泥和复合水泥是完全可行的,且经济、社会效益显著。

水泥生产是利用脱硫石膏的良好途径,因此水泥企业不仅是烟气脱硫石膏的消纳者,而且可以成为烟气脱硫石膏的大用户^[18]。

3.2 粉刷石膏

在脱硫建筑石膏的基础上,进一步开发粉体石膏建材。粉体石膏建材是以石膏作为主要胶凝材料的墙体抹灰材料,国内称粉刷石膏。因石膏有很好的和易性、可塑性,施工方便,周期短。对平滑的混凝土剪力墙不需人工凿毛即可直接抹灰,混凝土空心小砌块、加气混凝土砌块、GRC 条板等不需涂建筑胶水或界面剂,可直接抹灰,而且与基底粘结牢固,不会起壳并具有光滑细腻的特征,解决了新型墙体材料抹灰通病。

3.3 石膏砌块

石膏砌块是以建筑脱硫石膏为主要原料生产的轻质墙体,也可加入粉煤灰、矿渣等工业废渣。外加剂改性,浇注成型,经烘房烘干或自然干燥制成。石膏砌块具有自重轻、外形整齐、表面光滑、体积稳定、防火、保温、隔热、隔声等性能。用于非承重内隔墙,具有调节室内空气湿度等功能。石膏砌块可取代混凝土空心砌块以及加气混凝土砌块。同时可开发石膏空心条板代替 GRC 大板。墙体材料量大面广,有可能成为脱硫石膏废渣综合利用的主要出路。

3.4 在农业上的应用

脱硫石膏在理论上可以作为土壤改良剂,改良酸性、碱性土壤。在这方面国外研究较多,国内近年来也有不少的研究,但大多数都还处于实验室研究阶段,田间的规模应用还比较少。虽然脱硫石膏在农业上的应用前景是广阔的,但是现阶段还主要集中在建材行业^[9]。

3.5 用作路基回填材料

大规模公路建设对路基回填材料量的需求很

大,充分利用脱硫石膏作为建筑道路的回填材料。既可为城市筑路提供材料来源,又可解决脱硫石膏的利用问题。

在脱硫石膏的各种利用途径中,用于水泥行业和生产石膏砌块是最主要的利用方式,因此水泥企业和石膏砌块生产厂应建设在离电厂不远的地方,以便于利用脱硫石膏。政府应按循环经济理念鼓励脱硫石膏综合利用项目的实施,并给予大力扶持。通过政策优惠如免税等吸引资金开发脱硫石膏综合利用的新技术,结合地域特点、企业实际、资源现状、应用前景等,积极、稳妥地处理脱硫副产物石膏,让大量的脱硫石膏尽早地变废为宝。

4 石膏新技术应用的展望

脱硫石膏的应用领域非常广泛,不能局限于石膏板、石膏砌块、建筑石膏粉等普通建筑材料,应深度开发利用,向高附加值产品转移。研究者们也在不断研究脱硫石膏新技术的应用。

周娜等^[19]采用正交试验方法研究了氢氧化钠、石灰、硫酸钠对脱硫石膏/粉煤灰复合胶结材强度的影响,得到了脱硫石膏/粉煤灰复合胶结材的最佳配比。研究了脱硫石膏/粉煤灰复合胶结材的耐水性能,结果表明胶结材有较好的耐水性,是脱硫石膏有效利用的新途径。

刘丽丽等^[20]采用常压盐溶液法从烟气脱硫石膏中制备具有理想形态的高强 α -半水石膏,并借助扫描电镜、DTA 等测试手段分析硫酸浓度对 α -半水石膏结晶形态转化的影响。研究表明:在温度、盐溶液种类、浓度、PH 值、结晶习性改良剂和稳定剂的种类及掺量不变的前提下,硫酸浓度为 15% 时可加快 α -半水石膏的生成且晶体形态为致密短柱状。

石膏晶须分为无水硫酸钙晶须,半水硫酸钙晶须和二水硫酸钙晶须 3 种。石膏晶须是一种分散良好、结构均匀、尺寸稳定的纤维状物质,集无机填料与增强纤维二者优势于一身,体现出优良的综合性能。利用脱硫石膏研制开发石膏晶须,生产成本较低,前景广阔。青岛科技大学化工学院陈学玺等,山东科技大学化学与环境工程学院王力等,东北大学袁致涛等,华东理工大学化学系李向清等,结合实验探讨了石膏晶须生成的机理,从中发现了制备石膏晶须的一些规律^[21]。

能源节约和资源综合利用是我国经济和社会发

展的一项长远战略方针,是实现经济可持续发展的重要保证。实施可持续发展战略必须要求节约资源、保护环境,正确处理好经济发展与资源、环境的关系。解决资源问题必须首先要大力节约资源、优化利用资源、提高资源的利用价值和利用率。利用适宜的配套技术及设备,以不同企业产生的大量的工业副产石膏,生产各种市场需要的、容量大小不等的各类石膏产制品。这样既解决了大量工业副产石膏的堆放占用土地、污染环境的问题,又支持了相关工业的可持续发展,具有良好的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 张晓君.石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺分析[J].科技资讯,2008,(30):132.
- [2] 林闽城,杨立隆.石膏砌块-脱硫石膏综合利用的新方向[J].中国人口资源与环境,2008,18:797-799.
- [3] 宋庆芳,白金贵.火电厂脱硫石膏资源化利用途径[J].山西能源与节能,2008,(04):24-29.
- [4] 石文凤,刘连利,刘伟.烟气脱硫剂的研究现状与进展[J].渤海大学学报(自然科学版),2007,28(04):316-319.
- [5] 杨巧云.火电厂脱硫技术综述[J].环境保护科学,2008,34(03):8-11.
- [6] 张魏魏.石灰石-石膏湿法烟气脱硫技术[J].环境科技,2008,21(S2):90-92.
- [7] 王肇嘉,段鹏选,张晔.烟气脱硫石膏资源化利用技术发展综述[A].2008 第三届中国国际建筑干混砂浆生产应用技术研讨会论文集[C],2008.
- [8] 赵珊珊,李蜀庆.重庆燃煤电厂烟气脱硫石膏综合利用前景分析[J].环境保护与循环经济,2008,(10):21-23, 40.
- [9] 张国锋.在生产中正确使用脱硫石膏[J].中国水泥,2009,(02):72.
- [10] 秦莉莉,孙立艳.脱硫石膏的组成及应用[J].资源节约与环保,2007, 23 (03):38-40.
- [11] 尹连庆,等.脱硫石膏品质影响因素及其资源化利用[J].电力环境保护,2008,24(01):28-30.
- [12] 尹维新,洪彩霞.烟气脱硫石膏的基本性能分析及应用发展[J].应用技术,2006,(11):64-66.
- [13] 王亮,刘应宗.天津市烟气脱硫石膏综合利用的管理研究[J].内蒙古农业大学学报,2006,27(02):147-149.
- [14] 李立,等.烟气脱硫石膏综合利用可靠性研究[J].能源研究与信息,2007,23(04):205-209.
- [15] 王英,段鹏选,张晔.烟气脱硫石膏的基本性能研究[J].中国水泥,2009,(01):60-63.
- [16] 施惠生,刘红岩.脱硫石膏在矿渣水泥中的资源化利用[J].同济大学学报(自然科学版),2008,36,(1):66-70.
- [17] 陈勇.脱硫石膏代替天然石膏作缓凝剂的生产实践[J].水泥工程,2008,(02):29-31.
- [18] 郁伟华.烟气脱硫石膏在水泥生产中的应用[J].上海建材,2008,(6):8-9.
- [19] 周娜,柏玉婷,李国忠.脱硫石膏/粉煤灰复合胶结材性能研究[J].非金属矿,2008,31(02):49-50.
- [20] 刘丽丽,赵君科.硫酸浓度对烟气脱硫石膏制备 α - 半水石膏的影响[J].内蒙古石油化工,2009,(07):97-99.
- [21] 孙令文,赵建华.电厂烟气脱硫副产物石膏的循环利用[J].电力环境保护, 2008, 24(4): 29-31

作者简介: 王小飞 (1986-), 在读本科生, 陕西理工学院化学与环境科学学院工程与工艺专业。

Desulfurizing Gypsum and Comprehensive Application in Thermal Power Plant

Wang Xiaofei Liu Lun Ma Pengjun Ruan Yanjun Liu Junhai

(Chemical and Environmental Science College of Shaanxi Science and Technology University. Hanzhong, Shaanxi, 723001, China)

Abstract: The development status of power plant flue gas desulfurization technology was introduced. The properties and application were introduced also. The research progress of flue gas desulphurization gypsum comprehensive utilization was reviewed. And the main development direction of flue gas desulphurization gypsum was prospected also.

Key words: Coal-Fire power station; Flue gas desulphurization gypsum; Comprehensive Utilization; Prospect

(收稿日期: 2009-12-02 责任编辑: 王艾丽)

局域网安全技术 in 发电企业中的应用

张喜荣

(中电国华神木发电有限公司, 陕西 神木, 719316)

摘要: 信息安全形势的不断变化,企业网络架构以及业务系统的不断发展,中电国华神木发电有限公司也暴露出一些紧迫的安全问题。针对本公司信息系统当前存在的安全问题和面临的风险,通过局域网的安全技术对本公司局域网系统进行了安全防护实施,从而进一步提高公司的信息安全保障水平。

关键词: 安全技术 局域网 威胁 应用

中图分类号: TN915.08

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0046-05

1 概述

随着企业业务的快速发展和信息化建设的逐步深入,中电国华神木发电有限公司已经建立了涵盖 MIS、办公、生产等多种应用的信息系统平台。企业的业务活动对信息系统的依赖性越来越大,信息与信息系统的基础性、全局性和安全性的要求日益增强,信息安全工作已经成为本公司信息系统建设的一项重要内容。

为了保障信息系统安全、有效地为企业业务目标服务。公司在进行信息化建设的过程中,根据公司的实际情况,进行了初步的信息安全建设。如部署了一些安全产品(如防火墙)、颁布了一些管理规章制度等,并取得了一定的成效,初步实现了安全隔离访问控制以及数据保护等基本的安全功能。

但是随着信息安全形势的不断变化,企业网络架构以及业务系统的不断发展,公司也面临一些新的紧迫的安全问题:互联网出口边界没有针对入侵攻击、蠕虫病毒及后门程序等进行实时防护,内网员工 BT 下载、P2P 应用占用了大量的出口带宽,影响了正常的业务应用,而且内网员工通过 P2P 及 IM 应用,可能造成内部系统敏感数据外泄以及版权问题;内网的服务器群可能存在内部及外部的入侵攻击风险,没有相应安全事件审计追查的技术保障措施,不能快速定位攻击源以便及时响应;此外,互联网出口部署的防火墙产品性能和功能满足不了现阶段的安全应用要求。

因此,根据本公司信息系统当前存在的安全问

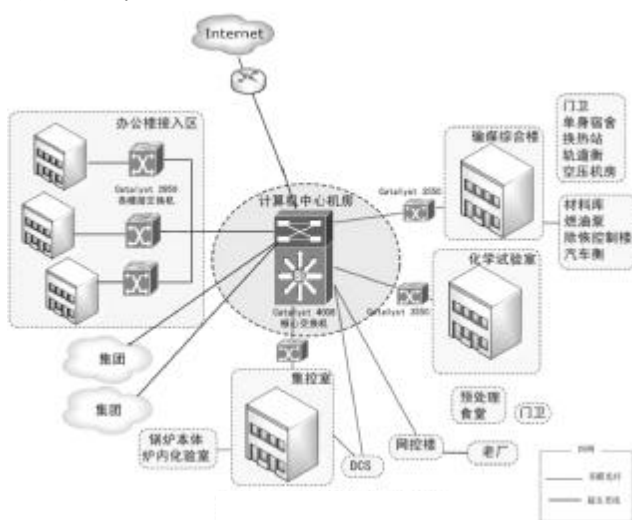
题和面临的风险,提出建立基本的入侵检测及防护保障技术体系。入侵检测及防护保障技术体系的有效实施,可以检测是否有高风险事件的发生,阻止或减小高风险事件发生可能性,最小化或转移高风险事件造成的影响,以此来进一步提高国华神木电厂的信息安全保障水平。

2 局域网安全需求分析

对于企业用户来讲,如果说几年前拥有一个或几个安全产品就已经满足的话,那么近年来这种状况已经有了显著的变化。在今天,如果企业网管还仅仅只关注“三防”——防病毒、防火墙、防黑客,那企业的网络已经相当危险了。是不是装上 UTM、防垃圾邮件系统、反流氓软件、内容过滤系统等一切和安全相关的产品,就安全了呢?回答是否定的。因为安全并不是“1+1=2”那样简单的算式。企业 IT 基础构架日益庞大、客户服务需求不断地升级、法规遵循不断地苛刻等,都对 IT 基础架构的简化提出持续要求;PC 的维护、服务器的增加、身份管理、软件更新等,要求企业 IT 不断降低管理成本与复杂性。在企业内部,每出现一个新技术、产品,都必定会有相应的安全体制相对应。

安全与管理是分不开的,“如果没有一个很好的管理,会有很多的安全产品匹配,这个管理也会不安全”。例如,身份认证是管理问题,还是安全问题?其实两个都是,如果让不合法的人进入企业网络,是安全问题。同时身份认证又是管理问题,因为身份认证包括权限等。

目前中电国华神木发电有限公司系统网络总体结构如下:



国华神木电厂信息系统网络示意图

2.1 威胁分析

2.1.1 来自广域网的威胁

本公司的广域网是通过核心交换机访问互联网,而网络安全是一种对抗型技术,每天会有新的攻击手段出现,也会出现新的防御手段,国华神木电厂的网络边界会面临严峻的网络安全威胁。

2.1.2 网络系统与主机系统威胁

本公司网络中现有多个办公区域及服务器、交换机等关键主机、网络设备,其上运行着各类不同的操作系统和应用程序,每种操作系统或多或少的存在着不同风险级别的漏洞。随着网络改造和建设工作的深入,会逐步引进更多的设备,会有更新版本的操作系统得到应用。虽然可以利用安装系统补丁预防部分系统漏洞,但是由于缺乏统一的风险评估系统和工具实施集中的评估管理,各类补救措施和程序提供的及时性、准确性和有效性难以保证,无法做到对风险的预测和控制。黑客很有可能利用这些漏洞进入核心业务系统,窃取密码,篡改数据库,窃取重要业务信息,进行非授权的各类恶意违法操作。

2.1.3 来自内部网的威胁

根据权威机构的统计,70%的攻击来自网络内部。内部网络安全主要包括内部网络不同网段、不同应用系统内部和之间的安全,生产业务主机的安全,重要应用系统服务器的安全等。来自系统内部的攻击对系统破坏处于主要位置,因为内部人员对信息的位置、重要性和访问控制策略等情况比较了解,攻

击更容易,对网络造成的损失也是巨大的。

2.1.4 来自病毒蠕虫的威胁

随着网络的发展,病毒蠕虫的扩散能力和危害程度越来越大。病毒蠕虫的泛滥可能造成整个网络的瘫痪或者重要数据的丢失,防病毒是必须要考虑的安全问题。

2.2 安全管理框架分析

由于安全的威胁日益严重,公司根据安全状况制定安全管理框架,具体安全管理框架的内容包括:

2.2.1 安全策略

包括企业安全白皮书、安全相关的各种规章制度、安全相关的流程(如事故紧急相应流程)、各种设备采购安全标准。

公司应从安全组织、策略、资产分类、物理环境安全、通信和操作安全、访问控制、业务连续性管理等各个方面制定公司的信息安全策略、标准和管理制度及规定。主要包括:管理制度、标准、应用流程、运维中使用的表格等方面。

公司应制定各种设备采购安全标准,通过制定的设备采购安全标准可以适应公司的整体网络安全机制和应用,避免设备应用和设备管理之间的矛盾。

2.2.2 安全组织

安全组织应该分成 3 个层次,必须有企业决策人参与的安全领导小组,专门的安全部门和安全人员,培养安全专家,企业内部所有 IT 系统使用和维护人员纳入专业的安全论坛。

一个完整的网络安全保障体系应该是人、管理和安全技术实施的结合,三者缺一不可。管理是根本,技术是前提和手段,人则是信息安全中最积极的因素。在采用网络安全技术的同时,应该发挥网络系统中最积极的因素——“人”的作用。通过网络安全组织管理制度和机制,规范“人”在技术实施和安全操作中的职责,发挥“人”在网络安全实现中的能动性。

(1)信息安全领导小组:建立有企业决策人参与的安全工作小组,明确各岗位职责。对于网络安全方面的重大问题作出决策,并支持和推动网络安全工作在整个范围内的实施。

(2)局域网安全管理体系:负责系统的安全管理、协调和技术指导,安全策略的开发制定、推广协调和指导,监控网络设备并对各种安全事件进行响应,进行安全培训、协调和实施,对安全绩效考核标准进行安全审计管理、工作监督和指导。

(3)安全顾问组织:聘请安全专家作为技术支持资源和管理咨询

2.2.3 安全培训体系:建立外部和内部的培训机制

安全防护系统能否成功和高效的运转,与操作人员的操作水平及对系统的认识有密切的关联。作为安全防护系统的重要组成部分,培训起着很关键的作用。

内部培训机制的主体是局域网内部用户,内部培训是局域网安全的必要前提。要确保信息网络安全,必须注重把每个环节落实到每个层次上,而进行这种具体操作的人正是网络安全中最薄弱的环节,且这个环节的加固又是见效最快的。所以必须对操作人员加强管理,并注意管理方式和实现方法。加强工作人员的安全培训,增强内部人员的安全防范意识,提高内部管理人员整体素质。对局域网内部人员,从下面几方面进行培训:

(1)加强安全意识培训,让每个工作人员明白数据信息安全的重要性,理解保证数据信息安全是所有计算机使用者共同的责任。

(2)加强安全知识培训,使每个计算机使用者掌握一定的安全知识,至少能够掌握如何备份本地的数据,保证本地数据信息的安全可靠。

(3)加强网络知识培训,通过培训掌握一定的网络知识,能够掌握 IP 地址的配置、系统更新、安装补丁、数据的共享等网络基本知识,树立良好的计算机使用习惯。

外部培训的主体是公司网络管理人员,外部培训是局域网安全的保障。建立外部培训机制才能使网络管理员不断提高专业水平,掌握最新网络动态和网络技术,然后制定科学有效的安全技术和手段应用到局域网。

2.2.4 企业 IT 资产管理:对企业的信息资产和安全需求有明确的了解和定义

信息网络安全,作为一个整体全面的课题,涉及从物理安全到 IT 系统安全、到人员安全的全面内容,必须进行专门的研究并给出相应的对策。如果没有安全的策略,任何安全设备采购、安全制度的制定、安全系统的设置都失去了指导的依据,在企业内部如何实施安全的问题上产生一定的混乱,如果没有自上而下的安全管理委员会、专门的安全部门和全体的信息使用者组成完整的安全组织,对安全系统地很好利用,从每一处堵住漏洞,彻底贯彻实施制

定的安全规定,都是不可能很好地实现。

3 中电国华神木发电有限公司信息安全技术体系

安全技术体系的核心是构建一个主动防御、深层防御、立体防御的安全技术保障平台。通过综合采用世界领先的技术和产品,加强对风险的控制和管理,将保护对象分成网络基础设施、网络边界、终端计算环境、以及支撑性基础设施等多个防御领域,在这些领域上综合实现预警、保护、检测、响应、恢复等多个安全环节,从而为用户提供全方位、多层次的防护。即使在攻击者成功地破坏了某个保护机制的情况下,其它保护机制依然能够提供附加的保护,达到进不来、看不懂、拿不走、打不垮的效果。

以“深度防御”和“综合防范”为指导,以“信息安全风险分析”为手段,以“信息安全管理”为重点,依靠人员、技术、管理等方面提供安全保障能力,将网络划分成网络边界、网络基础设施、终端计算环境、以及支持性基础设施建设等多个防御领域,保护信息及信息系统,满足其保密性、完整性、可用性、可认证性、不可否认性等安全需求。

包括防火墙(LinkTrust Firewall)、入侵检测(Intrusion Detection System)、入侵保护系统 IPS(Intrusion Prevention System)、用户访问准入控制系统、防病毒系统、终端漏洞扫描修补系统、电力专用安全隔离系统等等,来构筑一个主动的、深层的信息安全保障体系,从容应对来自网络外部和内部的、已知的和未知的安全风险,保护信息资产的安全,以及企业业务的正常运营。

3.1 防火墙(LinkTrust Firewall)

NetScreen-204 可配备 4 个或 8 个自适应 10/100 Base-T 以太网端口,从而使其能够提供线速防火墙功能(375 Mbps)。即便是 3DES 和 AES 加密等计算最密集的应用,也能在这些产品上以 175 Mbps 以上的速率运行。除了物理接口密度外,NetScreen-200 系列还可提供虚拟化功能选项,集成的深层检测防火墙可以逐策略提供应用层攻击防护,以保护互联网协议安全,在每个接口上提供防火墙攻击防护,保护内外部网络的安全,包括 VLAN 支持、额外的定制安全区及虚拟路由器等。

3.2 入侵检测(Intrusion Detection System)

入侵检测系统(Intrusion Detection System)是对

防火墙有益的补充,IDS 基于高性能硬件处理平台,为用户提供全面、深入的黑客入侵行为检测。入侵检测系统被认为是防火墙之后的第二道安全闸门,对网络进行检测,提供对内部攻击、外部攻击和误操作的实时监控,提供动态保护大大提高了网络的安全性。

入侵检测系统主要有以下特点:

事前警告:入侵检测系统能够在入侵攻击对网络系统造成危害前,及时检测到入侵攻击的发生,并进行报警。

事中防御:入侵攻击发生时,入侵检测系统可以通过与防火墙联动、TCP Killer 等方式进行报警及动态防御。

事后取证:被入侵攻击后,入侵检测系统可以提供详细的攻击信息,便于取证分析。

综上所述,防火墙提供静态防御,而入侵检测系统提供动态防御,因此防火墙和入侵检测系统的结合,能够给网络带来全面的防御。对防火墙和入侵检测系统的关系有一个经典的比喻:防火墙相当于门卫,对于所有进出大门的人员进行检查,入侵检测系统相当于闭路监控系统,监控关键位置如财务、库房等地安全状况,仅有门卫是无法发现内部人员的非法行为,而闭路监控系统可以实时监控,发现异常情况及时报警,两者配合使用才能保证安全。

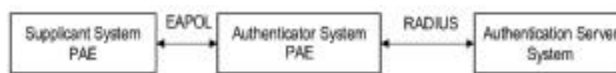
3.3 入侵保护系统 IPS(Intrusion Prevention System)

作为新一代安全防护产品应运而生。IPS 基于高性能硬件处理平台,为客户提供从网络层、到应用层,直至内容层的深度安全防御,入侵防御系统作为一种在线部署的产品,提供主动的、实时的防护,其设计目标旨在准确监测网络异常流量,自动对各类攻击性的流量,尤其是应用层的威胁进行实时阻断,而不是简单地在监测到恶意流量的同时或之后才发出告警。IPS 是通过直接串联到网络链路中而实现这一功能的,即 IPS 接收到外部数据流量时,如果检测到攻击企图,就会自动地将攻击包丢掉或采取措施将攻击源阻断,而不把攻击流量放进内部网络。

3.4 用户访问准入控制系统

访问控制的主要任务是保证网络资源和应用系统不被非法使用和访问,身份认证是对网络中的主体和客体的身份进行验证的过程,接入局域网的任何个人和计算机都要经过账户和设备接入的许可,如果没有授权的设备名称和用户帐号是无法访问公司的局域网,用户访问准入控制系统通过 IEEE

802.1x 认证系统来实现,802.1x 的工作机制如下:



IEEE 802.1x 认证系统利用 EAP (Extensible Authentication Protocol,可扩展认证协议)协议,在客户端和认证服务器之间交换认证信息。

在客户端 PAE 与设备端 PAE 之间,EAP 协议报文使用 EAPOL 封装格式,直接承载于 LAN 环境中。在设备端 PAE 与 RADIUS 服务器之间,EAP 协议报文可以使用 EAPOR(EAP over RADIUS)封装格式,承载于 RADIUS 协议中;也可以由设备端 PAE 进行终结,而在设备端 PAE 与 RADIUS 服务器之间传送 PAP 协议报文或 CHAP 协议报文。

当用户通过认证后,认证服务器会把用户的相关信息传递给设备端,设备端 PAE 根据 RADIUS 服务器的指示(Accept 或 Reject)决定受控端口的授权/非授权状态。

3.5 防病毒系统(Symantec Endpoint Protection)

Symantec Endpoint Protection 提供防病毒和防间谍软件防护、主动型威胁防护以及网络威胁防护,并通过企业内部防病毒服务器实时对病毒库进行更新。

3.6 终端漏洞扫描修补系统

通过微软的 Windows Server Update Services 系统对局域网内的终端进行漏洞扫描和漏洞修补,扫描信息全面,能对扫描对象的安全脆弱性进行全面检查,发现网络和主机系统的安全漏洞,有效地遏制了由于终端漏洞导致的不安全因素。

3.7 电力专用安全隔离系统 (MIS 网络与 DCS 网络安全应用)

公司通过电力系统专用网络隔离装置实现了 MIS 网络与 DCS 网络有效安全的隔离,采集 DCS 数据通过单向数据传输方式,通过电力专用安全隔离装置隔离了 MIS 系统和 SIS 系统,杜绝了 SIS 系统由于 MIS 系统的不安全因素带来的发电机组的安全隐患。电力专用安全隔离装置采用物理隔离技术,隔断了 TCP 联接,即把内外 2 个应用网管之间的 TCP 联接分解成内外 2 个应用网关分别到隔离装置内外 2 个网卡的 2 个 TCP 虚拟联接。实现了电力控制系统与调度生产系统之间非网络方式的正向数据交换,限制了外部对系统资源的非授权访问,也可

限制内部对外部的非授权访问,为生产 DCS 系统提供了坚实的安全屏障。

电力系统专用网络隔离装置工作在完全单向模式。采用 TCP 或 UDP 协议,内网为客户端,外网为服务器,由内到外的完全单向模式,UDP 协议外网不能返回任何数据。由内到外的单向数据模式,TCP 协议外网可以返回小于 4 字节的应用层应答数据,普通的 C/S 及 B/S 模式程序无法穿越该装置,必须按照隔离装置编程规定修改程序,才能进行数据通信。

4 总结

新的安全形势下需要新的思维和新的解决方案。安全是一个整体的、动态的过程,需要全面深入的考虑。通过以上的整体解决方案实施应用,使得国华神木电厂从互联网边界的入侵防护、内部网络的安全检测、加强互联网边界访问控制、用户准入控制系统等技术手段,初步建立基本的入侵检测及防护

保障技术体系,来全面有效地保障公司信息系统的稳定连续性运维,有效地控制并大大降低了安全风险,同时也转移或规避了潜在的网络安全风险,从而将很大程度地提高公司网络信息系统的服务质量,以及公司其他业务相关部门对信息中心运维工作的认可度和满意度,使得公司获得较高的 IT 投资回报价值。

网络安全建设有多种防御手段,但安全防御要考虑多种因素,如信息资产的重要程度、资金的投入、信息化建设的长远考虑等因素。因此安全产品的部署往往不能一步到位,以后可根据信息化发展状况,逐步增加主动扫描、风险评估、安全集中管理等技术。

作者简介:张喜荣(1972-),工程师,计算机科学与技术专业本科,从事企业信息系统管理,现任职于中电国华神木发电有限公司。

Safety Technique Application of Local Area Network in Power Plants

Zhang Xirong

(Zhongdian Guohua Shenmu Power Generation Co., Ltd. Shenmu, Shaanxi, 719316, China)

Abstracts: As the changing and development of information safety, network organization and business system, there is a sign of urgent safe problems in Guohua Shenmu Power Plant. Local area network is adopted to strengthen and improve the safety of information network in the power plant.

Key words: Safety technology; Local area network; Threatening; Application

(收稿日期:2009-10-29 责任编辑:王艾丽)

科技动态

中美清洁能源合作签字仪式在人民大会堂举行

本刊讯 11月17日下午,中美清洁能源合作签字仪式在人民大会堂举行。国务院副总理李克强,外交部副部长何亚非、国家发改委副主任张晓强、商务部副部长马秀红和美国能源部部长朱棣文、商务部部长骆家辉等中美政府官员出席签字仪式,共同见证了中美政府和企业间8个合作协议及谅解备忘录的签字活动。神华集团董事长张喜武、总经理张玉卓出席了签字仪式。神华集团副总经理王晓林与美国GE公司电力和水资源公司全球气化总经理艾特威尔代表各自公司签署了《神华—GE关于设立气化技术合资公司的谅解备忘录》。中美清洁能源合作签字仪式,是奥巴马总统访华期间的重要日程之一,对加强两国在清洁能源方面的合作,促进清洁能源的发展,具有积极的推动作用。

(神华科技发展部供稿)

电厂 DCS 系统接地可靠性的探讨

冀树春

(神华神东电力公司神华亿利能源有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯, 014300)

摘 要: DCS 系统的可靠接地是保证电厂 DCS 安全、稳定运行的首要条件。根据对几个电厂 DCS 系统接地安装、调试和运行维护等的现场经验, 对 DCS 系统的接地进行探讨和简要总结, 以供参考。

关键词: 接地 接地分析 接地方法

中图分类号: TM621

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)06-0051-04

随着电力工业的迅速发展和热工自动化水平的提高, 分散控制系统(DCS)已在国内各电厂中得到广泛应用。而 DCS 系统合理、可靠的接地非常重要。为了保证 DCS 系统的监控精度和安全、稳定运行, 必须对 DCS 系统接地方式、接地要求、信号屏蔽、接地极选择等方面, 进行认真设计和统筹考虑。

1 DCS 系统接地的重要意义

所谓接地就是将电路、单元与充作信号公共参考点的一等位点或等位面实现低阻抗连接。接地系统能否符合规程要求, 主要指标是接地电阻大小, DCS 系统接地电阻要求小于 4Ω 。

DCS 系统接地, 一是为了保证当进入 DCS 系统的信号、供电电源或 DCS 系统设备本身出现问题时, 有效的接地系统能承受过载电流并可以迅速将过载电流导入大地。二是接地系统能够为 DCS 提供屏蔽层, 消除电子噪声干扰, 并为整个控制系统提供公共信号参考点(即参考零电位)。当接地系统发生问题时(接地电阻过大, 多点接地, 接地线断线或接地线与高电压、大电流设备相接触等), 会造成设备损坏, 甚至人身伤害。据了解, 有些电厂 DCS 系统经常“死机”(或不明原因的“死机”)和监控信号波动, 大多是因为接地系统不良或存在问题所引起的。因此, 完善、可靠、正确的接地, 是 DCS 系统能够安全、可靠、稳定运行的关键。

2 DCS 系统接地分类

为了正确接地, 必须正确处理各种不同信号的接地。在 DCS 系统中, 大致可分为以下几种地线:

(1) 数字地: 这种地也叫逻辑地, 是各种开关量

(数字量)信号的零电位。

(2) 模拟地: 这种地是各种模拟量信号的零电位。

(3) 系统地: 系统地主要是保证基准电压。

(4) 信号地: 这种地通常为传感器的地。

(5) 交流地: 交流供电电源的地线, 这种地线通常是产生噪声的地。

(6) 直流地: 直流供电电源的地。

(7) 屏蔽地: (也叫机壳地)为防止静电感应和磁场感应而设。

3 DCS 系统接地原则

DCS 单独设置接地网时, 专用接地网周围不允许有大型电力设备的接地极; DCS 不设置专用接地网而利用全厂公用接地网时, DCS 的接地极(体)也应远离大型电力设备的接地极(体)。

根据接地性质、系统差异和接地线处理等情况, 接地有下面几种原则。

3.1 一点接地和多点接地

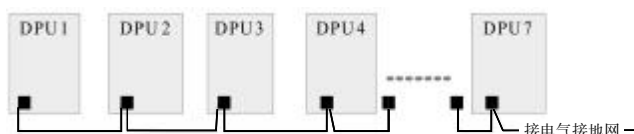
一般低频电路应一点接地, 高频电路应就近多点接地。继电保护和自动装置采用两点接地。在低频电路中, 布线和元件间的电感不是大问题, 而接地形成的环路的干扰影响很大。因此常以一点作为接地点。但一点接地不适用于高频, 地线上具有电感而增加了地线阻抗; 同时各地线之间又产生电感耦合。一般来说, 频率在 1MHz 以下可用一点接地, 高于 10MHz 时, 采用多点接地, 在 $1\text{M}\sim 10\text{MHz}$ 之间可用一点接地, 也可采取多点接地; 通常 DCS 系统采用一点接地。这就证明部分人员的认识误区: DCS 接地与继电保护接地规则矛盾, 即 DCS 要求一点接地, 但继电保护要求在现场两点接地, 当电气量进入

DCS 时, 两种规定冲突的错误说法。

3.2 交流地与信号地不能共用

由于在一段电源地线的两点间会有数毫伏、甚至几伏电压, 对低电平信号电路来说, 这是一个非常严重的干扰, 必须加以隔截和防止, 以免保护误动, 引起机组跳闸。

有一电厂 1# 机组 DCS 系统 DPU4 机柜接地线松动, 造成锅炉 MFT 动作。因为 DPU4 机柜接地线松动, 现场的交流干扰信号, 将由于接地线的松动而不能消除, 直接叠加在 DPU4 机柜 DI 输入端子上。正常情况下, 当输入端子的电压为 12V 时, DI 输入为 0; 当输入端子的电压低于 7.2V 时, DI 输入即为 1。由此可见, 当机柜受到交流干扰而又不能消除时, 机柜所有输入信号端子电压将随交流信号的变化升高或降低, 所以 DPU4 机柜的 DI 输入有可能同时变为“0”或“1”。而 DPU1、DPU2、DPU3 机柜的接地是通过机柜 DPU4 机柜的接地接到 DCS 系统接地的汇流铜牌后接入电气接地网, 如下图示。



所以, 由于 DPU4 机柜接地线松动, 造成 DPU1/DPU2/DPU3 机柜接地网脱离。这样, 当机柜受到交流干扰, 又不能及时消除, 致使控制器的锅炉风机停运状态置“1”, 引起锅炉 MFU 动作。

某电厂 3# 机组炉侧再热器温度经常比机侧主汽温度高 10℃~15℃, 通过校验热电偶没有问题, 检查补偿导线未接地、回路正常, DCS 系统卡件通道用标准信号源测试无异常, 每次解开线测热电偶输出毫伏值后, 再接好线就显示正常, 而把线槽盖等恢复后或隔一段时间显示又发生异常。通过进一步检查, 发现热电偶的屏蔽层与机柜控制器电源线的一根芯短路, 正好这根备用芯在与机柜相邻的电源柜侧接地了。把此根线浮空后, 温度显示正常。

所以, 在 DCS 系统的主机与控制站相连时, 当发生低电平信号干扰时, 应先检查控制系统的信号公共端与主机的电源地的电位差。

3.3 浮地与接地的比较

全机浮空即系统各个部分与大地浮置起来, 这种方法简单, 但整个系统与大地绝缘电阻不能小

于 50MΩ。这种方法具有一定的抗干扰能力, 但一旦绝缘下降就会带来干扰。

还有一种方法, 就是将机壳接地, 其他部分浮空。这种方法抗干扰能力强, 安全可靠, 但实现起来比较复杂。通常现场显示仪表采用机壳接地, 如振动表、转速表、分析仪表等; DCS 系统以接大地为好。

3.4 模拟地

模拟地的接法十分重要。为了提高抗干扰能力, 对于模拟信号可采用屏蔽浮地技术。可是, 一般模拟量模件的公共端即直流 24V 的负端接至逻辑地汇流排上, 逻辑地汇流排接至屏蔽地, 再接入总接地汇流排。

某电厂 2# 机组零转速和轴承振动经常波动。经检查发现, 安装单位习惯性地把零转速和轴承振动屏蔽线接到 TSI 机柜的接地螺栓后接地。解决方法是将 TSI 系统的零转速和轴承振动屏蔽线在接地端子排出来汇集后, 接 TSI 系统卡件的机箱接地罗拴上, 信号波动消除。

3.5 屏蔽地

在 DCS 系统中为了减少信号中电容耦合噪音, 准确检测和控制, 对信号采用屏蔽措施是十分必要的。根据屏蔽目的不同, 屏蔽地的接法也不一样。根据有关技术规定要求, DCS 系统信号电缆的屏蔽层不得浮空, 必须接地。电场屏蔽解决分布电容问题, 一般接大地。电磁场屏蔽主要避免雷达、电台, 这种调频电磁场辐射干扰, 利用低阻金属材料高导流而制成, 可接大地。磁气屏蔽防止磁铁、电机、变压器、线圈等磁感应、磁耦合其屏蔽方法是用高导磁材料使磁路闭合, 一般接大地为好。

当信号电路是一点接地时, 低频电缆的屏蔽层也应一点接地。因为如果电缆的屏蔽层接地点有一个以上时, 将产生噪声电流, 形成噪声干扰源。当一个电路有一个不接地的信号源与系统的放大器相连时, 输入地屏蔽应接至放大器的公共端; 相反, 当接地的信号源与系统中不接地的放大器相连时, 输入线的屏蔽层也应接到信号源的公共端。

3.6 系统地

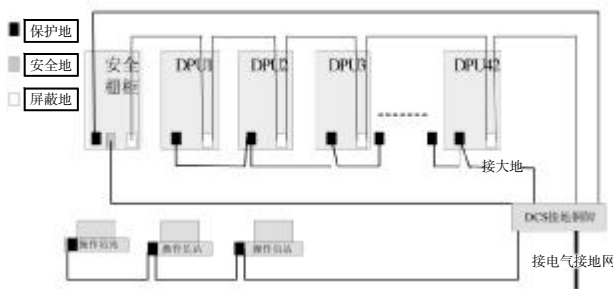
保护地和屏蔽地经汇流排共同接至系统地上, 再系统地接地铜排接到大地上。

4 DCS 系统接地方法

DCS 系统接地主要有 2 种方法, 一种是保护地,

另一种是工作地(逻辑地、屏蔽地等)。

4.1 集中布置的 DCS 设备接地方法(见图)



4.2 分散布置的 DCS 设备接地方法

分散布置的 DCS 系统,其设备之间的连接一般是网络(通讯)线,例如:现场控制站分散到现场,而操作员站位于不同的控制室,分散直径在 500m 的范围内,各站点间使用多模光纤或 5 类双绞线或 DP 屏蔽双绞线等连接。

(1)使用光纤连接的站点:各站点内的接地方法同集中布置的 DCS 设备。

(2)使用 5 类双绞线或 DP 屏蔽双绞线连接的站点:

A. 控制室的各类地线先连接到公共连接板,公共连接板通过接地总干线与公共接地极相连。从公共接地极看过去,整个接地网络是一个星型结构。

B. 使用 5 类双绞线或 DP 屏蔽双绞线两头通过网络浪涌保护设备(信号避雷器,通流量不小于 5kA)与 DCS 的 SWITCH、HUB、REPEAT 或其他网络设备相连。两边的站点有各自的公共接地极,二者不必有金属连接,各站点的接地方法同集中布置的 DCS 设备。5 类双绞线或 DP 屏蔽双绞线必须穿镀锌钢管或金属桥架敷设,钢管或桥架必须可靠接地。当雷击,或者电气事故造成两边地电位差过大时,信号避雷器可以保护两边的设备。

4.3 计算机监控系统或 DCS 控制系统信号电缆的金属屏蔽层接地方法

DCS 系统信号电缆的选择与敷设,应严格按照有关规定执行。屏蔽电缆的屏蔽层应按要求进行接地。为了提高 DCS 系统的抗干扰能力,DCS 系统开关量输入/输出信号,选用阻燃型对绞铜网屏蔽计算机电缆还是比较恰当的。

一般计算机监控系统或 DCS 控制系统的模拟信号回路控制电缆屏蔽层,不得构成两点或多点接地,宜用集中式一点接地。当电磁感应的干扰较大,

宜采用两点接地;静电感应的干扰较大,可用一点接地。具体接地方式应符合下列规定:

(1)当信号源浮空时,屏蔽层应在 DCS 机柜侧接地。

(2)当信号源接地时,屏蔽层应在信号源侧接地。

(3)当放大器浮空时,屏蔽层的一端与屏蔽罩相连,另一端宜接共模地(即当信号源接地时,接信号地。当信号源浮空时,接现场地)。

(4)当屏蔽电缆途经接线盒分断或合并时,应在接线盒内将其两端电缆的屏蔽层连接。

(5)双重屏蔽或复合式总屏蔽,宜对内、外屏蔽分用一点,两点接地。

5 在接地系统中,常见问题和注意事项

5.1 常见问题

- (1)连接头未压焊或焊接不牢造成虚焊。
- (2)螺栓连接点因震动而引起松动。
- (3)连接点因腐蚀引起接触不良。
- (4)接地极电阻增大,接地极同电网断开。
- (5)地线布线不合理。

5.2 注意事项

由于不同型式的 DCS 系统对接地要求不尽不同,所以测试内容和方法也有差异,具体测试方法和内容应按 DCS 系统制造商或相应的有关规定进行。但对 DCS 系统接地检查,一般应从以下方面进行:

(1)DCS 系统机柜外壳是否与建筑物钢筋直接相连,机柜外壳、电源地、屏蔽地和逻辑地应分别接到机柜各地线上,并将各机柜相应地线连接后,再用 2 根铜芯电缆引至接地极(体)。

(2)地线与地极连接点应采用焊接方式,焊接点无断裂、虚焊、腐蚀;机柜间地线可采用螺栓固定方式,要求垫片和螺栓紧固,无锈蚀。

(3)DCS 系统的主机与控制站相连时,控制系统的信号公共端与主机的电源地的电位差是否符合要求。I/O 柜的电源地与 UPS 的电源地必须接至同一个地,保证等电位。

(4)接地地极无松动,接地电阻应符合要求。

(5)从机柜的汇流铜排到电气的整个接地系统接地电阻应符合接地电阻要求。

(6)输入、输出信号屏蔽线应符合单端接地要求。

参考资料

- [1] SH/T 3081-2003, 石油化工仪表接地设计规范[S].
- [2] DL 578-2008, 水电厂计算机监控系统基本技术条件[S].
- [3] DL/T 5182-2004, 火力发电厂热工自动化就地设备安装、管路及电缆设计技术规定[S].
- [4] NDGL91-1989, 火力发电厂电子计算机监视系统设计技术规定(试行)[S].
- [5] 火电厂电子计算机监视系统在线验收暂行规定(试行). 能源基工[1992]90 号[S].
- [6] DL/T 5190.5-2004, 电力建设施工及验收技术规范(第 5 部分-热工仪表及控制装置)[S].
- [7] DL/T659-2006, 火力发电厂分散控制系统验收测试规程[S].

作者简介：冀树春（1975-），工程师，现任职于神华神东电力公司神华亿利能源有限责任公司电厂设备技术部热工高级主管。

Study on Earthing Reliability of DCS System for Power Plant

Ji Shuchun

(Shenhua Yili Energy Company, Shenhua Group, 014300, China)

Abstract: The reliable earthing of DCS system is the chief condition for guarantee the DCS safe and steady running. Base on the locale experience of installing, debugging, and maintenance of DCS earthing system for several power plants, discuss and brief summarizer the earthing method of DCS system.

Key words: Earthing; Earthing Analysis; Earthing Method

(收稿日期：2009-11-24 责任编辑：王艾丽)

科技动态

神华集团获 2009 年煤炭行业表彰大会多项大奖

华建敏出席煤炭行业表彰大会 张喜武参加会议并为先进颁奖

本刊讯 11 月 22 日下午，中国煤炭工业协会在北京人民大会堂隆重举行 2009 年煤炭行业表彰大会。全国人大常委会副委员长华建敏，国家安全生产监督管理总局副局长杨元元、国家煤矿安监局副局长彭建勋等中央部委、煤炭工业协会领导出席会议，神华集团党组书记、董事长张喜武以煤炭工业协会副会长的身份出席会议，并为部分获奖单位及个人颁奖。

神华集团完成的《煤矿安全生产风险预控体系及控制技术》获中国煤炭工业协会科学技术奖一等奖；神华陕西集华柴家沟矿业公司入选 2008 年度煤炭工业双十佳煤矿；包头矿业公司阿刀亥矿矿长杨永清、神宁集团灵新矿矿长王文俭入选 2008 年度双十佳矿长；神东煤炭集团大柳塔矿矿长杨鹏、补连塔矿矿长张有河，神宁集团汝箕沟矿原矿长胥克俊被评为 2008 年度煤炭工业优秀矿长；乌海能源公司棋盘井洗煤厂入选 2008 年度煤炭工业十佳选煤厂；神宁集团太西洗煤厂厂长叶庆春、神东煤炭集团洗选加工中心保德选煤厂厂长王永清入选 2008 年度煤炭工业十佳选煤厂厂长；神宝公司荣获煤炭行业 AAA 级信用企业称号。此外，神华集团下属各企业及员工还获得了 2008 年度煤炭工业节能减排先进企业、先进单位及先进个人称号等多项荣誉。

(神华科技发展部供稿)

超临界 600MW 机组主机轴系振动研究

李国功 程辉科 王中权 王福玉

(神华国华太仓发电有限公司, 江苏 太仓, 215433)

摘 要: 国华太电 2×600MW 机组是国内引进技术生产的首批超临界 600MW 机组, 8# 机组于 2005 年 11 月 8 日, 7# 机组于 2006 年 1 月 20 日分别通过 168h 试运后投入商业运行。2 台机组都发生了各别轴瓦处轴振偏大的问题。虽然不影响机组安全稳定运行, 但由于振动偏大造成机组抵御风险的能力大大降低。可能由于机组运行参数的变化导致振动突升超过跳闸值造成机组非停, 因此研究超临界 600MW 机组轴系振动问题, 对于保证机组安全稳定运行有重大意义。

关键词: 超临界 600MW 机组 轴系 振动 研究

中图分类号: TM61

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)06-0055-04

主机为上海汽轮机厂配套供货的 N600-24.2/566/566 型凝汽式汽轮机, 采用一次中间再热, 单轴、三缸四排汽。机组轴系是由高中压转子、低压转子 I、低压转子 II、发电机转子组成, 整个转子轴系支承在 9 个轴承上。其中: 汽轮机部分转子均为双支点结构, 而发电机转子和励磁机转子则组成为三支点结构。高压通流部分由 1 级单列调节级(冲动式)和 11 级压力级(反动式)所组成。中压通流部分全部采用反动式压力级, 共为 8 级。I、II 低压缸采用双流反动式压力级, 共 2×7 级。本汽轮机属于反动式汽轮机, 故各级之轴向推力较大。为了减小轴向推力, 除了在通流部分设计中采用反向流动及双流布置之外, 还在转子结构上采用了平衡活塞及汽封, 从而大大减小了轴向推力, 而剩余的轴向推力则由推力轴承来承担。整个轴系由 9 个径向轴承支承, 各个轴承全采用可倾瓦轴承。各转子临界转速的设计值及实测值见表 1:

表 1 转速的设计值及实测值

	高中压转子	低压转子 1	低压转子 2	发电机转子	励磁机转子
一阶临界转速(计算值)	1460/1550	1450/1530	1450/1540	763/840	/
一阶临界转速(实测值)	1520	1430	1380	850	/
二阶临界转速(计算值)		/		2100/2180	/
二阶临界转速(实测值)				2090	/

机组配备了在线振动监测装置为本特利公司的 3500 系统, 另外配置了在线监测分析系统 sys-1。

汽轮发电机组轴系支承简图见图 1, 轴系中心图纸设计值见表 2。

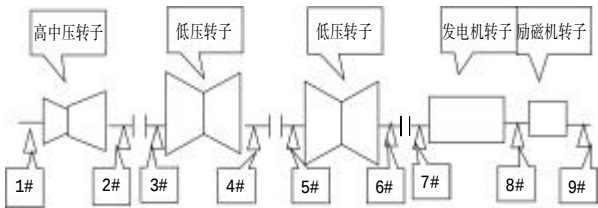


图 1 轴系支承简图

表 2 轴系中心图纸设计值

项 目	圆周值(单位:mm)		张口(单位:mm)	
中-低对轮	左右≤0.02	低压 I 转子高 0.345±0.02	左右张口 ≤0.02	下张口 0.237±0.02
低-低对轮	左右≤0.02	低压 II 转子高 0.431±0.02	左右张口 ≤0.02	下张口 0.251±0.02
低-发对轮	左右≤0.02	发电机转子低 0.066±0.02	左右张口 ≤0.02	下张口 0.14±0.02
励-发对轮	左右≤0.02	上下≤0.02	左右张口 ≤0.02	下张口 0.10~0.125

1 振动的危害

(1) 直接或间接造成设备事故。过大的振动常常是造成机械和结构恶性破坏和失效的直接原因。

(2) 动静部分产生碰磨。现代汽轮发电机组为了提高效率, 动静部分间歇都设计得较小, 当转子振动(动挠度)大时, 将引起动静部分碰磨, 一旦处理不当或不及时, 将造成大轴永久弯曲的严重后果和巨大的经济损失。

(3) 加速一些部件的磨损和产生偏磨。过大的振

动会加速滚动轴承、滑动轴承、传动齿轮等的磨损,而这些部件的磨损又会引起振动增大,形成恶性循环。

(4)造成动静部件的疲劳损坏。振动会造成一些传动部件和轴承、轴承座、连接螺栓等部件承受交变应力,振动越大应力也越大,从而造成这些部件的疲劳损坏。

(5)造成一些紧固件的断裂和松脱。

(6)降低了机组的经济性。

2 振动状况分析

2 台机组移交生产后振动情况如表 3、表 4 所示:

表 3 7 号机组各个轴瓦振动情况 单位: μm

负荷 MW	1X/1Y	2X/2Y	3X/3Y	4X/4Y	5X/5Y	6X/6Y	7X/7Y	8X/8Y	9X/9Y
600	68/57	47/34	101/110	31/40	63.6/101	82/79	79/62	49/62	96/117

表 4 8 号机组各个轴瓦振动情况 单位: μm

负荷 MW	1X/1Y	2X/2Y	3X/3Y	4X/4Y	5X/5Y	6X/6Y	7X/7Y	8X/8Y	9X/9Y
600	40/26.5	24/32	41/42	49/61	116/134	70/108	67/67	64/48	110/120

2.1 测量方面的问题

轴振是通过涡流探头测量轴径和探头之间相对距离的变化来反映的,它包含了原始偏摆值和转子的动态挠曲。而真正需要的是转子的动态挠曲。因此真实的轴振应是测量的轴振扣除原始偏摆,如果原始偏摆值较大,则测量的轴振就不能真实反映转子动态挠曲的大小。原始偏摆的大小和转子的原始晃度、轴径不圆度、转子轴径周向的电磁特性等有关。目前 8# 机组 3 瓦处轴振测量处原始晃度大,原因为基建过程中轴颈振动测量部位被钢丝绳拉毛出现沟槽,造成显示的轴振不能反映真实的轴振大小。其表现特点为:

(1)低转速时轴振动数值就偏大,一般超过 $50\mu\text{m}$,甚至超过 $80\mu\text{m}$,从波特图上看通频量随着转速变化很小,甚至不变化。

(2)对于测量处轴径有毛刺或沟槽的,从波形图上可以明显看出突变的脉冲成分。有的机组在低负荷时轴振较大(较小),但到一定负荷后轴振随负荷逐步减小(增大),通过观察振动波形,可以看到突变的脉冲成分在减小(增大),这是由于轴径上的毛刺或沟槽在远离(趋近)测量探头的缘故

(3)对于测量处轴径原始晃度(弯曲度)偏大的,从波特图上可以看出基频量(未扣除原始基频值)随

着转速变化很小,甚至不变化。如果扣除原始基频值,其真实轴振较小。

(4)为除此影响,制造厂在制造加工时,应保证转子轴径材质、金属组织均匀一致,轴径不圆度应达到要求。在运输及安装时应做好防护措施,防止轴径被钢丝绳等拉毛。

2.2 机组振动的主要问题

2.2.1 9 瓦轴振偏大

公司 2 台机组投产时机都有 9 瓦轴振大,其振动成份主要是工频量。其主要问题是:①励磁机不平衡相应大。运行一定时间后,由于晃度及不平衡的轻微变化引起 9 瓦振动较大变化。②发电机励磁机靠背轮紧力不足或不均匀。③9 瓦顶隙偏大。

预控措施:

(1)检查发电机转子、集电环转子联轴器法兰端面应光洁、平整无毛刺。测量联轴器法兰端面的瓢偏应不大于 0.013mm ,不合格时应进行处理。检查、测量联轴器法兰止口外圆(或内圆)的径向晃度应不大于 0.02mm ,两转子联轴器为止口应配合紧密,径向间隙不得超过 0.05mm 。对联轴器法兰外圆径向跳动的高点应记录其数值和方位,作为复查依据。联轴器法兰轴向保证止口耦合时止口内留有间隙。凸止口的倒角及凹止口的圆角不可相碰,以防止止口配合失效。

(2)轴瓦钨金表面无夹渣、气孔、凹坑、裂纹等缺陷,承力面部位不得有脱胎现象。瓦座与瓦套必须接触紧密,球面与球面座的结合面必须光滑,其接触面在每 cm^2 上接触点的面积应占整个球面的 75%,并均匀分布。轴承水平结合面应接触良好,用 0.03mm 塞尺检查应塞不进。

(3)轴承座与底架的接触面应光洁无毛刺,并接触严密,每平方厘米有接触点的面积应占全面积的 75%以上,并应均匀分布。用 0.05mm 塞尺检查接触面四周,应不能塞入。轴承座,除装设钢质调整垫片外,还应有绝缘垫板,绝缘垫板应使用整张的,并保持厚度均匀,厚度一般为单层 8mm 。转子中心两端相对于底架的平行度,其误差应小于 0.075mm 。同时,在轴上装置百分表座,将表杆压到轴承座励端的挡油盖装配面上以检查转子对轴承座的垂直度。垂直度误差应小于 0.13mm 。

(4)使用百分表或测量块规进行联轴器找中心,用直接加、减轴承座底架下的垫片和左、右移动轴承座底架的方法调整 9 瓦,使联轴器间的张口至规定

值。建议取上限值(0.125mm),且保证联轴器法兰圆心不同心度应不大于 0.05mm(表记读数,最大减最小)。

(5)晃度的测量及联轴器螺栓的紧固时应严格按照制造厂标准进行,对于超差值可适当增加联轴器螺栓的旋紧力矩值进行调整,根据幌动情况,以不同的力矩分别紧固螺栓,其幌度应不超过制造厂规定值。螺栓紧固时,应逐步增大力矩(要求最小力矩值大于 1660N·m,最大力矩值不大于 1930N·m)。不可采用松减力矩的方法来借正幌度。

(6)9 瓦间隙的调整。由于 9 瓦结构上瓦由 2 块瓦构成,瓦间隙测量、调整易出现偏差。在测量可倾瓦轴瓦间隙可采取压熔丝法,须注意瓦块与轴的平行度及接触情况。应已 2 次铅丝的相近值为依据,并以最小的数值为最终的间隙值(0.20~0.25mm)。

2.2.2 低压缸碰磨及低压缸轴瓦振动

(1)机组在调试及大修后启动时出现低压转子碰磨。轴瓦轴振及瓦振较大幅度的波动和爬升,有时振动持续爬升,爬升速率越来越快。其振动特点为:①振动主要为工频成份;②振动波动,有时持续爬升;③瓦振爬升速率比轴振大;④有时瓦振在较短时间内爬升超过 100 μ m;⑤在振动爬升到一定程度后,瓦振甚至大于轴振。

(2)部分机组低压缸轴瓦轴振和瓦振偏大,有的瓦振和轴振相当甚至大于轴振。

(3)#3、#4、#5 和 #6 轴承座坐落在低压缸的排汽缸上,为悬臂梁式支承结构,这种结构造成轴承座支撑系统动刚度较差,从而对转子上的扰动力有较大的放大作用。从振动波特图上特别是瓦振波特图上可以看出低压缸轴承座在 3000r/min 附近振动有峰值点,有的甚至有 2 个峰值点,相位也变化较大,表明在 3000r/min 附近存在共振区(低压缸缸体共振点),因此转子不平衡振动响应灵敏度高,抗干扰能力差。

(4)由于轴承支撑系统的刚度较低,且在 3000r/min 附近存在共振区,机组的运行状态,如轴封温度、蒸气压力、真空、机组膨胀等因素就极易引起转子相对静止部件位置发生变化造成动静碰磨,导致振动增大。

(5)对于低压缸碰磨,可以通过控制振动数值及增长速率,通过碰磨使间隙偏小的部分摩大。在振动增大到一定数值后,通过改变运行参数,大部分机组碰磨现象可以消失;在参数恢复后,碰磨现象又会发生,然后再对运行参数进行调整。通过如此调整,一

般 6、7 个回合就可以将间隙摩大,碰磨现象消除。但对于汽缸由于滑销系统问题或地基下沉等引起汽缸持续跑偏、动静间隙一直缓慢变化的机组,其碰磨现象可能很长时间无法消除。

(6)对于低压缸轴瓦轴振瓦振偏大的机组,通过精细动平衡,都可以将振动降到优良值。

(7)低压缸部分存在问题是:①低压缸轴承座刚度差。②低压缸轴承座(低压缸缸体)在 3000r/min 附近存在共振点,对不平衡响应灵敏度高,因此对低压转子动平衡精度要求高。

2.2.3 高中压转子振动

(1)超临界汽轮机由于主蒸气参数的增加引起主蒸气密度的显著提高,高压转子因蒸气力的作用易发生气流激振。

(2)对气流激振的机理、考虑气流激振力的轴系稳定性计算、气流激振的消除与预防措施等目前仍是一个热门的研究课题。目前一般认为气流激振力主要来自 3 个方面:①叶顶间隙激振力。汽轮机转子偏心造成圆周方向叶顶间隙分布不均匀,由于叶顶间隙不均匀,不同间隙处的泄漏量不同,同一级中各叶片上的圆周切向力不同,叶片上的周向力除合成一个扭矩外,还合成一个垂直于转子偏移方向的(作用于转子轴心)横向力。这一横向力随转子偏心距的增加而增大,形成转子的一个自激激振力,蒸气激振力的大小取决于转子的偏心距和蒸气密度。②汽封蒸气激振力。由于转子动态偏心,高压转子的轴封和隔板汽封内蒸气压力周向分布不均匀,产生与转子偏心方向垂直的合力,趋向于使高压转子产生涡动。③不对称的蒸气力和力矩。对于喷嘴调节的汽轮机,调节级进气的非对称性引起不对称的蒸气力作用在转子上,在某个工况下其合力可能是一个向上抬起转子的力,从而使轴承比压减小,导致轴系稳定性降低。

(3)汽缸跑偏,转子径向位移等引起蒸气在转子上力矩径向分布不平衡,也有可能引起涡动。

(4)当叶顶间隙激振力、汽封激振力和转子不对称的蒸气力垂直于高压转子偏心方向的切向分量之和超过轴承油膜阻尼力时,气流激振就会被激发出来。

(5)气流激振易发生在汽轮机的大功率区及叶轮直径较小和短叶片的转子上,即发生在汽轮机高压转子上。气流激振属于自激振动,无法用动平衡的方法来消除。

(6) 汽轮机生产厂家在设计上对气流激振问题给与高度重视, #1、#2 瓦都采用了抗失稳性能高的可倾瓦轴承, 在轴系稳定性计算中都考虑了气流激振力的影响, 提高了轴系稳定性裕度, 在工作转速下的最小对数衰减率都大于 0.15, 轴系失稳转速都在 3800r/min 以上。但从目前已投运机组看, 都仍然存在一定的问题。上海汽轮机厂提供的顺序阀开启顺序是先同时开启上部 2 个高调门 3, 4-1-2, 然后依次开启下部 2 个高调门。机组出现了 #1、#2 瓦瓦温偏高的现象, 最高温度超过 100℃, 但 #1、#2 瓦振动稳定。制造厂提供的轴承温度限值为不超过 90℃, 但在 105℃ 以下可以长期运行。由于温度超过 100℃, 对轴瓦的安全存在担忧, 改为先同时开启下部 2 个高调门 1, 2-3-4, 然后依次开启上部 2 个高调门。但如此改动后, #1、#2 瓦轴振在 300MW 以上负荷出现振动增大、跳跃式波动。当下部 2 个高调门全开, 上部高调门未开时, 振动最大, 波动也最大。对应于此负荷, 再加负荷或减负荷, 振动都会下降, 波动范围变小。如果切回单阀运行, 振动恢复原来值。在振动波动时, 从频谱上明显发现一个 19~22Hz 的低频连续谱带, 通过数据分析为高压部分发生汽流涡动。对于对角高调门先同时开启, 然后再依次开启另一个对角高调门的阀序, 因为制造厂不同意如此开启, 因此未进行如此调整试验。

2.2.4 运行参数变化对振动的影响

综合 2 台机振动变化曲线及机组实际运行情况, 随机组负荷变化, 其各瓦处振动幅值变化范围最大也不过 2dmm。根据此种情况, 加强了对相应运行参数的监视和调整, 如润滑油压、润滑油温、密封油温、轴封温度、真空、发电机无功等参数调整。正常运行时, 这些参数均处于规定范围内, 而且非常稳定, 但通过改变这些参数的变化, 对于机组振动的改善并未产生明显影响。

2.2.5 主机振动保护设置优化

主机振动保护逻辑原始设计为: 任一轴承(#1~#9 轴承) X、Y 方向相对振动达到跳机值(254μm)延时 3s 跳机。这种保护设置容易发生误动的情况。根据国华公司文件《汽轮发电机组监测仪表维修管理规定》的相关精神对主机振动保护逻辑作了相应修改, 修改为: 主机任一轴承(#1~#9 轴承) X、Y 方向相对振动达到跳机值(254μm、3s 延时)且本轴承另一方向相对振动达到报警值(125μm、3s 延时)跳机或相临轴承任意两相对振动同时达到跳闸值(254μm、3s 延时)发跳机指令。

3 结论

2 台机组经过大修后, 机组能够投入顺序阀运行状态, 机组的振动水平得到明显改善, 各瓦处轴承振动均在合格范围内。具体振动数据如表 5、表 6 所示:

表 5 7 号机组各个轴瓦振动情况 单位: μm

负荷 MW	1X/1Y	2X/2Y	3X/3Y	4X/4Y	5X/5Y	6X/6Y	7X/7Y	8X/8Y	9X/9Y
修前 600	68/57	47/34	101/110	31/40	63.6/101	82/79	79/62	49/62	96/117
修后 600	74/79	34/23	105/98	30/27	62/92	74/79	74/57	33/42	70/77

表 6 8 号机组各个轴瓦振动情况 单位: μm

负荷 MW	1X/1Y	2X/2Y	3X/3Y	4X/4Y	5X/5Y	6X/6Y	7X/7Y	8X/8Y	9X/9Y
修前 600	40/26.5	24/32	41/42	49/61	116/134	70/108	67/67	64/48	110/120
修后 600	41/31	24/23	25/42	74/95	49/40	27/44	78/77	75/57	85/66

通过大修后一段时间的观察, 机组运行情况良好, 能够满足各种工况运行要求, 整个轴系振动的研究工作取得了预期的效果。

作者简介: 李国功 (1976-), 工程师, 国华太仓发电有限公司生产技术部汽机专业技术主管, 从事大型火力发电机组安装、调试、生产工作。

Main Engine Vibration Research of Supercritical 600 M W Unit

Li Guogong Chen Huike Wang Zhongquan Wang Fuyu

(Shenhua Guohua Taicang Power Generation Co., Ltd. Taicang, Jiangsu 215433, China)

Abstracts: Guohua Taidian 2*600MW unit is the first supercritical 600MW unit produced in China with imported technology. No. 8 and No. 7 units were put into commercial purpose after 168 trial hours in Nov. 8, 2005 and Jan. 20, 2006 respectively. A common problem occurs in the two units. That is, the bearing vibration on a few bushings is more than expected. The situation lowers the operation safety of the units. So it is important to study the bearing system vibration of 600MW.

Key words: Supercritical; 600MW unit; Bearing System; Vibration; Research

(收稿日期: 2009-05-19 责任编辑: 王艾丽)

加氢精制催化剂用于煤直接液化油品加氢稳定的研究

吴秀章 朱豫飞 石玉林 舒歌平

(中国神华煤制油化工有限公司, 北京, 100011)

摘要: 为了验证专利商 Axens 公司推荐的加氢精制催化剂 A 能否满足神华煤直接液化示范工程的操作要求,在小型加氢精制装置上进行了加工煤液化油品的研究,在中型加氢稳定装置上进行了利用蒽油和洗油混合原料制备煤直接液化单元首次开车所需开工溶剂和加工煤液化油品的研究。试验结果表明,A 催化剂具有良好的初活性、低温活性、及适当的脱芳碳活性,加氢精制催化剂的性能,能够满足利用蒽油和洗油制备煤直接液化单元开工用溶剂和加工煤液化油品,为煤液化生产循环供氢溶剂油的要求。

关键词: 加氢精制 催化剂 煤 直接液化 油品 加氢

中图分类号:TQ529.1

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)06-0059-05

1 煤炭直接液化和液化油品加氢稳定概述

神华煤直接液化就是使用液化单元产生、经过加氢稳定后的活性供氢溶剂和干燥细煤粉制备成一定浓度的煤浆,煤浆经进料泵加压后,与氢气混合通过加热炉预热后,在催化剂的作用下在液化反应器中发生加氢裂化、热裂化的过程。神华煤直接液化工艺由煤浆制备、煤液化反应和分馏三部分组成。直接液化油品加氢稳定单元的主要作用是对煤直接液化单元产的油品进行加氢精制处理。煤炭直接液化单元和液化油品加氢稳定单元的流程图如图 1 所示。

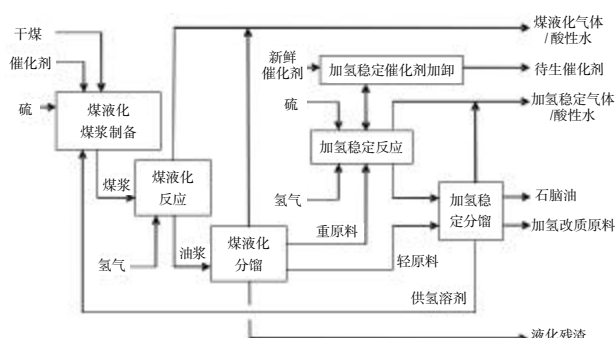


图 1 煤炭直接液化和液化油品加氢稳定流程图

神华煤直接液化示范工程煤液化单元采用了神华集团自主开发的工艺技术,液化油品加氢稳定单元采用了 Axens 公司的 H-Oil_{bc} 工艺技术(原 T-STAR),Axens 公司推荐使用加氢精制催化剂 A。

加氢稳定单元的主要作用:一是将经过加氢稳

定处理后的重质馏分油循环回煤炭直接液化单元作为循环供氢溶剂;二是对液化油品进行初步加工、为加氢改质单元提供原料;三是在煤液化单元开车前为其制备好数量足够、性能合格的开车溶剂。对液化油品进行的加氢稳定是相对缓和的加氢,目标是使循环溶剂的芳碳率(fa)降低 0.07~0.10。

由于加氢精制催化剂 A 为石油馏分油加氢脱硫的催化剂,没有加工煤直接液化油品的经验,为了确保该催化剂 A 能够在神华煤直接液化示范装置上正常使用,在神华煤直接液化示范工程开车之前,在小型加氢精制装置和中型加氢精制装置上使用加氢精制催化剂 A 加工直接液化油品和制备直接液化起始溶剂进行了试验研究。

2 直接液化油品小型加氢试验

2.1 试验原料油性质

小型加氢试验用的煤炭直接液化油取自神华集团位于上海的 6t/d 工艺开发装置(PDU),混合原料及不同馏分油的性质如表 1 所示。表 1 数据表明,煤炭直接液化油品的比重大,从元素分析看硫含量低、氮含量要、而且含有 1.16%(质量分数)的氧。

2.2 小型试验装置

小型试验在法国里昂的 IFP 实验室完成。试验采用了单反应器小型加氢精制装置,反应器内径 19mm、反应器体积 100cc,反应器操作采用上流模式。本次试验装填了 30cc 的加氢精制催化剂 A^[1]。

表 1 小试原料的主要性质

项目	单位	混合原料	馏分 ^a		
			PI-200℃	200℃~350℃	350℃ ⁺
收率	wt%	100	13.0	65.5	21.4
密度 15℃	g/cm ³	0.9375	0.8224	0.9330	1.0434
折光率		1.5227	1.4455	1.5129	1.5855
动力粘度 20℃	cSt			8.04	31.12
				4.42	9.33
元素分析：C	wt%	87.56	84.21	87.55	88.66
	H wt%	10.93	12.60	11.40	8.80
	S wt ppm	215.0	404.4	72.0	228.0
	N wt ppm	3300.0	1730.0	2400.0	6148.0
	O wt%	1.16	2.98	0.80	1.90
	IP	30	-42	194	332
馏程：	10%	206	69	240	356
	30%	254	129	261	374
	50%	286	181	284	391
	70%	323	201	305	411
	90%	386	216	335	449
	EP	489	235	361	563
芳碳率 fa		0.300	0.177	0.253	0.539
溴价	gBr/100g		23.70	8.20	24.70
C ₇ 不溶物	wt%				4.90

a—实沸点蒸馏

2.3 小型试验主要结果与讨论

小型试验期间的主要操作条件、总的脱硫率、脱氮率、脱芳碳率以及 350℃馏分的脱硫率、脱氮率、脱芳碳率如表 2 所示。表 2 数据表明：在其它条件不变的情况下，随着加氢反应温度的提高，脱硫率和脱氮率提高，但脱芳碳率变化不大。

表 2 小型试验装置加工煤液化油的实验结果

项 目	单 位	试验 1	试验 2	试验 4
主要试验条件：				
压力	bars	130	130	130
H ₂ 分压	bars	~115	~115	~115
温度	℃	360	375	385
LHSV	h ⁻¹	1.50	1.50	1.50
H ₂ /油比	vol/vol	300	300	300
总脱硫率 HDS	%	95.3	97.4	99.1
总脱氮率 HDN	%	87.3	91.7	93.0
总脱芳碳率 HDCA	%	30.3	26.3	27.3
350℃馏分脱硫率	%	92.1	93.0	96.5
350℃馏分脱氮率	%	77.2	83.7	85.0
350℃馏分脱芳碳率	%	27.8	31.5	28.6

根据实沸点分析数据和氢含量分析数据计算出的物料平衡和不同馏分的产率见表 3。表 3 数据表明：产物分布和 350℃⁺转化率比较一致，而且操作条件变化基本没有影响。

表 3 基于 ASTM D2982 和氢含量分析计算的产率

项目	单位	原料	试验 1	试验 2	试验 4
产物：					
H ₂ S	wt%进料		0.02	0.02	0.02
NH ₃	wt%进料		0.35	0.37	0.37
PI-200	wt%进料	13.04	9.64	9.48	8.54
200~350	wt%进料	65.51	72.11	72.59	72.81
350 ⁺	wt%进料	21.44	18.79	18.42	19.11
H ₂ 耗	wt%进料		0.91	0.88	0.85
350 ⁺ 转化率 ^b	wt%进料		12.35	14.09	10.88
	vol%进料		7.9	9.8	6.5

$$b-350^+ \text{ 转化率} = (\text{原料中 } 350^+ \text{ 馏分} - \text{产物中 } 350^+ \text{ 馏分}) / \text{原料中 } 350^+ \text{ 馏分}$$

小型试验加氢稳定原料和产物的芳碳率如表 4 所示。表 4 数据表明：煤直接液化油品经过加氢稳定处理后，总的芳碳脱除率在 26%~30%之间；构成煤液化循环溶剂的 200℃~350℃和 350℃⁺馏分的芳碳率分别下降了 0.067 和 0.17 左右。

表 4 不同馏分的 C¹³ NMR 芳碳率

项目	单位	原料	试验 1	试验 2	试验 4
芳碳率：					
全部液体	%	30.0	20.9	22.1	21.8
PI-200 馏分	%	17.7	16.9	15.7	14.8
200~350 馏分	%	25.3	18.7	19.2	18.6
350 ⁺ 馏分	%	53.9	38.9	36.9	38.5
芳碳脱除率：					
全部液体	%		30.3	26.3	27.3
PI-200 馏分	%		4.5	11.3	16.4
200~350 馏分	%		26.1	24.1	26.5
350 ⁺ 馏分	%		27.8	31.5	28.6

3 制备煤炭直接液化起始溶剂的中试试验

煤炭直接液化示范装置首次开车约需要其日处理干煤量 5 倍的起始溶剂。由于没有质量合适的现成溶剂，一般是选择煤炭焦化产的脱晶蒽油和洗油的混合物或石油系混合重芳烃经过多次加氢精制，使其密度、粘度、供氢性能等满足煤浆制备和煤液化反应的需求，神华煤炭直接液化小试装置和 PDU 装置的运转结果证明了上述溶剂的可行性^[2]。

2007 年在煤液化油加氢稳定中试装置上，对加氢精制催化剂 A 加工煤炭直接液化的起始溶剂进行了考察试验。

3.1 试验原料

本次考察试验采用的原始原料为来自上海华谊集团焦化厂的 50% 的脱晶蒽油和 50% 洗油的混合物,其性质如表 5 所示。

表 5 50%脱晶蒽油和 50%洗油混合物的性质

密度(20℃) kg/m ³	1075
折光率 $n_{D,20}$	1.6318
元素分析 wt%	
C	90.45
H	6.40
S	0.32
N	1.32
馏程 ℃	
初馏点	125.2
10%馏出温度	247.1
30%馏出温度	254.8
50%馏出温度	265.1
70%馏出温度	285.1
90%馏出温度	378.0

3.3 催化剂

试验用的加氢精制催化剂 A 由 Axens 公司生产,催化剂理化性质如表 6 所示,本次试验的催化剂装填量为 0.32m³。

表 6 加氢精制催化剂 A 性质

形状	三叶草、挤条
直径 mm	1.2
Mo wt%	11.33
Ni wt%	2.28
比表面 m ² /g	205
孔容 cm ³ /g	0.44
堆密度 kg/l	0.81
压碎强度 daN/mm	2

3.2 中型试验装置

神华 PDU 装置液化油品加氢稳定装置的处理能力为 478kg/h, 包括 2 个固定床反应器, 反应器内径 320mm, 2 个反应器催化剂装填量范围为 0.29~0.44m³。

3.3 操作条件

对起始溶剂所进行的 3 遍加氢稳定的主要操作条件如表 7 所示, 表 7 数据表明在对起始溶剂进行第一次加氢精制时, 第一反应器入口温度仅为 265℃、催化剂床层的总温升就达到了 110℃, 说明加氢精制催化剂 A 具有良好的低温活性。

3.4 起始溶剂的加氢稳定结果

起始溶剂油的密度大、H/C 比很低, 需要经过多次加氢才能逐渐提高 H/C 原子比, 降低生成油的密度, 每次经过加氢稳定处理后的生成油的性质如表 8 所示。

表 7 加氢稳定中试装置主要操作条件

HTS358 催化剂	第一遍	第二遍	第三遍
反应器入口氢分压 MPa		13.4	
第一反应器入口温度 ℃	265	293	304
催化剂床层平均温度 ℃	306	315	328
催化剂床层总温升 ℃	110	77	84
体积空速 h ⁻¹	1.84	1.82	2.00
氢油比 v/v	900	860	860

表 8 通过加氢稳定后的溶剂油性质

	原料油	第一遍加氢 稳定生成油	第二遍加氢 稳定生成油	第三遍加氢 稳定生成油
密度(20℃) kg/m ³	1075	1045	1026	1007
元素分析 wt%				
C	90.45	90.43	90.28	90.30
H	6.40	7.38	7.96	8.01
S	0.32	0.17	0.11	0.07
N	1.32	1.09	1.06	0.80
芳碳率 %	86	78	71	65
H/C 原子比	0.849	0.979	1.058	1.064

上述数据表明, 采用加氢精制催化剂 A 对 50% 脱晶蒽油和 50% 洗油的起始原料进行了 3 遍加氢稳定处理后, 其密度由 1075kg/m³ 下降到 1007kg/m³、降低幅度为 6.33%。氢含量从 6.40wt% 提高到 8.01wt%、提高幅度为 25.2%。脱硫率和脱氮率分别为 78% 和 39%, 芳碳率从 86% 降低到了 65%、降低幅度为 24.4%。经过煤浆配置试验, 经 3 遍加氢稳定后的生成油的性质能够满足煤炭直接液化单元开车的需要。

4 直接液化油的中试加氢试验

4.1 试验原料、催化剂和试验装置

在加工完煤炭直接液化单元的起始溶剂后, PDU 煤液化单元装置随即投煤开车, 加氢稳定装置随之就开始加工煤液化单元生产的煤液化油品, 试验装置和加氢稳定单元的催化剂与上述制备起始溶剂时相同。

4.2 加氢稳定中试装置的操作条件

加氢稳定中试装置加工煤液化油期间的主要操作条件如表 9 所示。

4.3 试验结果与讨论

试验期间加氢稳定中试装置原料油、生成油和循环供氢溶剂油的部分性质的变化范围如图 2 至图 5 所示, 注意煤直接液化单元从 2008 年 1 月 4 日开始进行生产波动模拟试验, 从即日起煤液化油的性

表 9 加氢稳定中试装置加工煤液化油的工艺条件

		操作范围	操作平均值
反应压力	MPa	13.0~13.8	13.5
空速	LHSV	1.23~1.51	1.38
氢油比	v/v	1000~2080	1350
一反入口温度	℃	297~324	314
床层总温升	℃	54~109	82
床层平均温度	℃	322~363	351

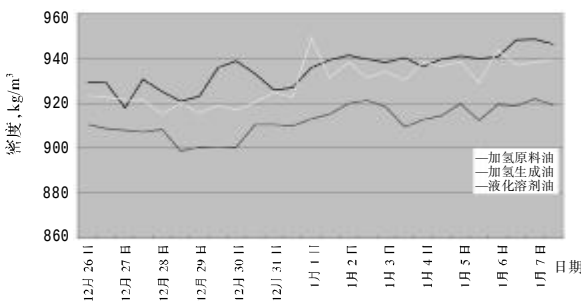


图 2 试验期间原料油、生成油和循环供氢溶剂的密度

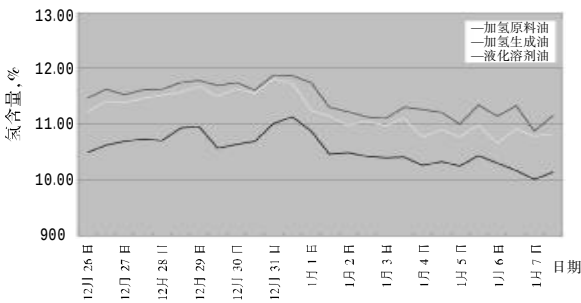


图 3 试验期间原料油、生成油和循环供氢溶剂的氢含量

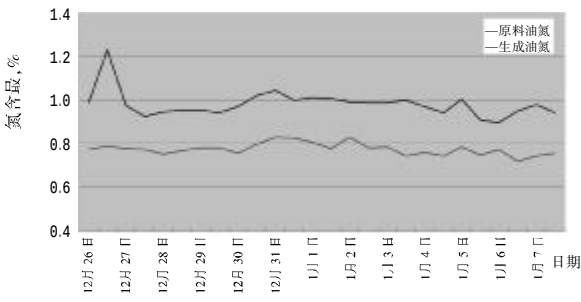


图 4 试验期间原料油、生成油的氮含量

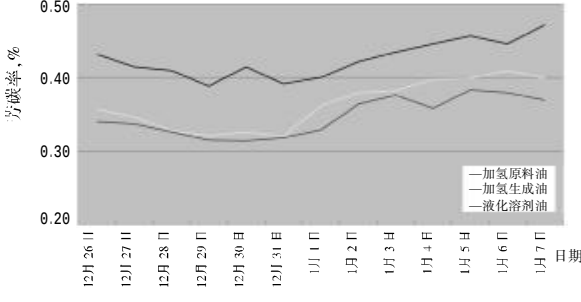


图 5 试验期间原料油、生成油和循环供氢溶剂的芳碳率

质波动较大。

由图 2 数据看出,原料油经过加氢稳定处理后,生成油的密度小于原料油且密度差比较稳定,平均为 23.2 kg/m^3 。同时也可以看出,加氢稳定单元为煤液化单元提供的溶剂油的密度变化范围为 $920\sim 940 \text{ kg/m}^3$,平均值为 929 kg/m^3 。

氢含量的变化反映了加氢稳定的反应深度,图 3 数据表明,原料油经过加氢稳定后,平均氢含量由 $10.55\text{wt}\%$ 提高到 $11.44\text{wt}\%$ 。

脱氮率是衡量催化剂脱氮活性的指标,图 4 给出了加氢稳定原料油、生成油中的氮含量。从所列数据可以看出二者有非常好的对应关系,在设定的工艺条件下,加氢精制催化剂 A 对液化生成油的脱氮率较低,平均脱氮率为 21% 。该试验结果与制备煤液化起始溶剂时的结果类似,但明显低于小型试验时的脱氮率。

图 5 给出了加氢稳定单元运转期间原料油、生成油和溶剂油的芳碳率数据。图中数据表明,在设定的工艺条件下,加氢稳定生成油的芳碳率在 $0.3\sim 0.4$ 之间,与原料油相比,生成油的芳碳率平均降低幅度为 0.08 ;加氢稳定单元为液化单元提供的供氢循环溶剂油的芳碳率大约在 $0.33\sim 0.41$ 之间,达到了煤直接液化工艺对溶剂油的要求,说明采用加氢精制催化剂 A 可以加工出供氢性能良好的溶剂油。

为了研究加氢稳定前后油品芳碳率和密度的变化关系,本试验跟踪检测了加氢精制催化剂 A 在加工起始溶剂油、煤直接液化生成油过程中原料油和生成油的芳碳率和密度,得到了 62 组不同加氢深度的样品以及它们的芳碳率与密度对应关系数据,二者的对应关系如图 6 所示。

从图 6 数据看出,不论是起始溶剂油还是煤液化生成油,它们经加氢精制催化剂 A 加工后,其芳碳

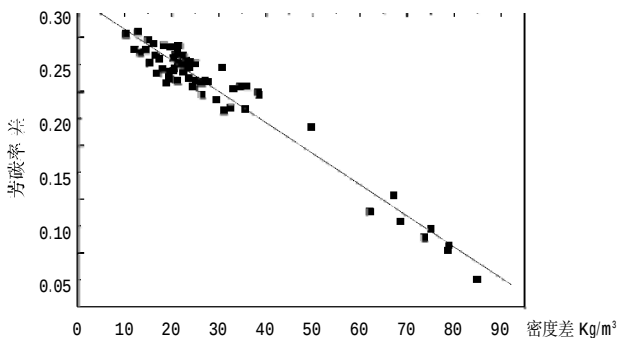


图 6 加氢前后油品芳碳率与密度的变化关系

率的减小量与密度的减小量之间存在着很好的线性关系,并用线性拟合法得出如下方程(图 6 中红线):

芳碳率的减小量 $=0.0134+0.00289\times$ 密度差

式中:密度差的单位是 kg/m^3 ,芳碳率的减小量是小于 1 的正数。

5 结论

采用加氢精制催化剂 A,通过在小型加氢试验装置加工煤液化油、在中型加氢试验装置上进行制备煤液化起始溶剂和加工煤液化油的试验研究,可以得到如下结论:

(1)小型加氢精制试验研究表明,煤直接液化油品经过加氢稳定处理后,总的芳碳脱除率在 26%~30%之间;构成煤液化循环供氢溶剂的 200℃~350℃和 350℃馏分的芳碳率分别下降了 0.067 和 0.17 左右,符合神华煤直接液化工艺对循环供氢溶剂的要求;

(2)使用加氢精制催化剂 A,在正常加工煤液化油的操作条件下,对 50%蒽油和 50%洗油的混合油进行加工,连续加工 3 遍后可以得到密度和供氢性能良好的起始溶剂油,说明加氢精制催化剂 A 能够满足煤

液化示范工程首次开工制备开工溶剂油的需要。

(3)加氢精制催化剂 A 具有良好的初活性和低温活性,在加工 50%蒽油和 50%洗油的混合油时,在大约 240℃的温度下就开始发生反应,当反应器入口温度升到 265℃时,催化剂床层总温升达到 110℃。

(4)用加氢精制催化剂 A 加工煤直接液化油时,在 13.5MPa 反应压力、 1.4h^{-1} 空速条件下,可以生产出供氢性能良好的循环供氢溶剂。

(5)用加氢精制催化剂 A 在中试试验装置上加工起始溶剂和煤直接液化油时,加氢前后油品芳碳率变化量与密度变化量的关系为:

芳碳率的减小量 $=0.0134+0.00289\times$ 密度差

参考文献

- [1] Alain Quignard, Hugues Dulot, Hydrotreatment of direct coal liquefaction products, 煤炭直接液化技术国际研讨会(论文合订本)[C]. 2008 年 6 月 26-27 日,北京,15-31.
- [2] 吴秀章,舒歌平.煤炭直接液化起始溶剂油的选择[J].石油炼制与化工,2007,38(8):19-22.

作者简介:吴秀章(1966-),教授级高级工程师,神华集团有限责任公司副总工程师、中国神华煤制油化工有限公司副董事长、中国神华煤制油化工有限公司北京研究院院长。

Hydrotreatment of Direct Coal Liquefaction Products With a Hydrofining Catalyst

Wu Xiuzhang Zhu Yufei Shi Yulin Shu Geping

(China Shenhua Coal to Liquid and Chemical Company, Limited. Beijing 100011, China)

Abstract: In order to test whether the hydrofining catalyst A, recommended by patent holder Axens company, can meet the need of Shenhua direct coal liquefaction demonstration plant, the hydrotreatment of the liquefied products was studied in a pilot-scale hydrotreatment unit. The hydrotreatment of anthracene oil and wash oil mixture and that of liquefied products were also studied using process development unit (PDU). The mixture of anthracene oil and wash oil after hydrotreatment was served as the starting solvent for the direct coal liquefaction process. The results showed that the catalyst A had good initial activity, low temperature activity, and proper activity of aromatic carbon removal. The catalyst A could meet the requirement of hydrotreatment of anthracene oil and wash oil mixture for starting solvent and of liquefied products, and could produce cycle solvent for direct coal liquefaction process.

Keywords: Hydrofining; Catalyst; Coal; Direct coal liquefaction; Liquefied product; Hydrotreatment

(收稿日期:2009-11-20 责任编辑:杨静)

科技动态

神华集团入选产学研合作创新示范基地并获产学研合作创新奖

本刊讯 第三届中国产学研合作高峰论坛暨 2009 中国产学研合作促进会年会,公布了第二批中国产学研合作创新示范基地试点单位和首届中国产学研合作创新奖,神华集团均榜上有名。

(神华科技发展部供稿)

煤与石油重油共处理协同效应的初步分析

李 丽 李克健 吴秀章

(中国神华煤制油化工有限公司北京研究院, 北京, 100011)

摘 要: 煤与石油重油共处理可同时对煤和重油进行加氢处理,并能提高煤的转化率和液化油的收率。本文分析了煤液化过程中溶剂的有效组分。多环芳烃含量较高的二次加工重油可作为部分煤液化溶剂,而芳香度较低的直馏重油不宜作为煤液化溶剂使用。在煤油共处理过程中,煤和重油之间呈现出促进重油改质和煤液化的协同效应。煤与重油之间的相互作用效果与重油的组成和性质相关,本文还探讨了改善煤与重油共处理效果的措施。

关键词: 共处理 煤 油 溶剂 液化

中图分类号: TQ529.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)06-0064-04

煤与石油重油共处理结合了煤直接液化和重油加氢转化的特点,是指用石油重油与煤均匀混合后进行加氢反应,生产馏分油或洁净燃料油的工艺技术。煤与石油重油共处理可以充分利用反应器的有效容积,提高生产装置的处理能力以及该工艺过程的生产效率。另外,催化裂化油浆、裂解焦油、热裂化渣油等二次加工重油由于含有大量的芳香环状化合物,用传统的石油加工工艺难以继续深加工而通常作为燃料油等低价值产品出售。因此,这类重油与煤共处理是非常有意义的。

煤油共处理过程中,煤与重油并不完全各自独立反应,而是有较强的交互作用。重油既是反应物,进行加氢裂化反应,同时又可作为煤液化的溶剂,影响着煤的转化过程。煤油共处理是煤在重油溶剂环境中,于高温高压下在薄弱的交联键处(如醚键、亚甲基键等)断裂形成大小不等的自由基碎片,在供氢溶剂和氢的氛围中接受氢或煤分子内氢重排转移,进行一系列平行顺序的氢解和裂解与自稳定化反应,生成分子量较低的产物。

1 煤液化溶剂的有效组分

煤直接液化首先需要将煤研磨成细粉与溶剂制成煤浆,在高温高压和催化剂的作用下直接加氢,将煤转化为液体产品。在此过程中,配煤浆所用的溶剂具有举足轻重的作用。现有的煤直接液化工艺,例如 Exxon 供氢溶剂工艺、NEDOL 工艺、中国神华集团的直接液化工艺等所用溶剂均采用加氢处理后的供氢

溶剂。溶剂除了用作溶解和传热介质外,更重要的是提供和传递氢,使煤大分子裂解生成的自由基通过结合活性氢而稳定下来。

舒歌平等^[1]报道四氢萘、二氢萘、二氢菲、二氢蒽、四氢蒽等分子中有芳环和环烷环,具有良好的供氢能力;萘分子中只有芳环,其供氢性很差;十氢萘分子的十个碳原子已全部氢化,分子中只有环烷环,也没有供氢性。Wang 等^[2]考察了环烯化合物(1,2,3,4-环烯四氢萘、六氢蒽)、氢化芳烃(四氢萘、二氢蒽)以及环烷烃(过氢茈)的供氢性能,发现供氢性由大到小的次序为:环烯化合物>氢化芳烃>环烷烃。氢化芳烃中环多的氢化芳烃比环少的氢化芳烃的供氢能力强,Kuhlmann 等^[3]发现二氢茈、六氢茈和二氢菲的供氢能力较好,八氢菲和四氢茈的供氢能力中等,而四氢萘的供氢能力相对较差。

尽管蒽、菲、茈等多环芳烃的供氢性很差,但它们具有较好的氢传递性能。多环芳烃在煤液化过程中可以结合两分子的氢而形成高活性的新供氢体^[4]。茈是一种有效的氢传递溶剂^[5],能夺取氢分子或四氢萘中的氢而成为高活性的供氢体二氢茈,进而能够将溶剂或氢分子中的氢原子传递到缺氢的煤裂解自由基碎片上。Grin 等^[6]考察了添加多环芳烃溶剂对褐煤和烟煤液化的影响,发现溶剂中加入多环芳烃后可显著提高煤的转化率,多环芳烃的效果由大到小依次为:茈>蒽/二氢蒽>菲>四氢萘。Marco 等^[7]研究表明,三环芳烃溶剂比二环芳烃溶剂更易接受和重新分配活性氢,更有利于提高煤液化转化率。

不同溶剂组合时可能有协同作用。Derbyshire 等^[9]的研究表明二元供氢体和氢传递体溶剂混合物(如四氢萘-茈)在煤液化过程中表现出协同作用。在 30wt% 四氢萘与 70wt% 茈组成的混合溶剂中, 烟煤在 427℃ 时的转化率比其在纯四氢萘和茈溶剂中的高, 主要原因是茈有很强的穿梭氢的能力, 形成高活性的供氢体氢化茈。Derbyshire 等^[9]发现在煤液化循环重溶剂中加入多环芳烃、低沸点的供氢体等对煤液化有正的协同作用。当溶剂中供氢体的浓度有限时, 氢传递体能与供氢体产生协同效应, 进而成为一种高效的煤液化溶剂。

总之, 部分氢化的多环芳烃供氢能力强于环数较少的部分氢化芳烃; 多环芳烃以及杂环芳烃有良好的氢传递作用。良好的供氢体与适合的氢传递体之间可以协同作用, 组成一种高效的煤液化溶剂。

2 煤与重油共处理的协同效应

从上面的分析可知, 多环芳烃尤其是部分氢化多环芳烃是煤液化溶剂中良好的供氢组分。催化裂化油浆、裂解焦油、热裂化渣油等二次加工重油是石油馏分经过相应加工副产的高沸点组分, 含有较多的芳香环状结构化合物。例如催化裂化油浆中的芳烃含量很高^[10], 而且是一些带短侧链的多环芳烃。催化裂化回炼油芳烃抽提装置生产的重芳烃的主要组分为三环、四环的稠环芳烃, 其总芳烃质量分数高达 86%^[11]。这些含有多环芳烃的二次加工重油可以用作煤液化溶剂。

我国减压渣油的四组分组成中^[12], 芳香分含量一般在 30% 左右, 饱和分含量差别比较大, 胶质含量大多在 40%~50%。商思玉^[13]将胜利减压渣油分离得到了饱和分、芳香分和胶质, 并分别用其作溶剂与神府煤共处理, 在反应温度 460℃、初始冷氢压 7.0 MPa 和反应时间为 6 min 的条件下, 芳香分、饱和分和胶质作溶剂时煤的转化率分别为 57%、32% 和 26%。减压渣油的芳香分用作煤液化溶剂时, 其性能优于饱和分和胶质。我国大多数减压渣油中芳香分的含量较低, 因此减压渣油直接用作煤液化溶剂时需谨慎。

在煤油共处理过程中, 煤液化产生的多孔残煤能吸附重油中的重金属以及裂解过程中产生的焦炭, 从而提高了重油中金属的脱除率, 减少重金属和焦炭在催化剂上的吸附, 进而延缓了催化剂的失活。

同时, 重油中所含的 Ni、V 等金属元素对煤液化具有催化作用。另外, 在共处理过程中, 煤与重油并不是各自独立反应, 它们之间呈现出一种促进重油改质和煤液化的协同作用。正是由于这种协同效应, 煤油共处理比煤或重油单独加工, 轻质油品收率显著提高, 且氢耗降低。

张德祥等^[14]发现大庆重油和煤混合加氢共处理后, 其轻质馏分收率增加, 初馏点降低, 且处理后重油中 Fe、Cu、S 等含量均有不同程度的降低, 其中铁和 As 的脱除效果显著, 铁的脱除率高达 96%, As 的脱除率高达 90% 以上。

减压渣油虽然不是煤液化的良好溶剂, 但在煤油共处理过程仍然有一定的相互作用。阎瑞萍等^[15-17]研究了大庆减压渣油与兖州煤共处理的性能, 发现共处理过程中渣油主要影响煤液化的供氢过程, 若芳香度较低的石蜡基渣油不发生裂解, 则不可能促进煤的转化, 并且发现共处理过程中的相互作用随反应条件而变化, 在较低温度(375~425℃)下, 大庆减压渣油对兖州煤的转化有抑制作用。随着反应温度的升高和渣油含量的增加, 这种抑制作用逐渐减弱。450℃、渣油含量为 66.6% 时, 煤与渣油的转化互相促进, 在转化率上表现为正协同效应。高温时渣油本身的裂解程度加强, 裂解产生的小分子自由基可与煤热解的自由基碰撞而发生终止反应, 或与活性氢发生终止反应而生成低分子液化产物。石蜡基的石家庄减压渣油与兖州煤共处理也得到了类似的结论^[18, 19]。商思玉等^[20]在考察神府煤与胜利减压渣油共处理时也认为, 460℃ 时渣油自身裂解产生的自由基可与煤产生的自由基结合, 且渣油裂解产物使煤的相容性和供氢性能变好, 共处理对煤转化有促进作用, 温度过高或过低都对煤的转化有一定的抑制作用。

催化裂化油浆中的芳烃含量很高, 能够较好地溶解煤及其裂解的自由基, 也具有传递活性氢的作用。闫瑞萍等^[10]对此进行了研究, 发现由于催化裂化油浆与煤转化有显著的协同促进作用。当油浆加入量在 33.3%~66.6% 时, 油浆对煤转化表现出较大的协同促进作用。当油浆加入量为 66.6% 时, 油浆对煤转化的协同促进作用最大, 此时, 轻质产物的收率比煤和油浆单独处理时的收率高 1 倍。吴秀章等^[11, 21]也认为催化裂化油浆芳烃抽提装置生产的芳烃萃取油含有大量的多环芳烃, 经过催化加氢后, 其结构组成

与煤液化循环油的组成相近。

3 改善煤与重油共处理效果的措施

煤与重油之间的相互作用效果与重油的组成和性质相关,重油含有适量的具有良好供氢和传递氢性能的芳香类物质,在煤油共处理过程中促进煤液化的效果更为显著。二次加工重油含有大量的多环芳烃,从结构上来说符合相似相溶原理。同时,多环芳烃具有较好的氢传递性能,但是其供氢性很差;大多数直馏重油含有较多的长链烷烃或环烷烃,其组成结构与煤的组成结构差别较大,从结构上不符合相似相溶原理,同时供氢性和氢传递性能都很差。所以,许多研究者在煤油共处理时提出了不同的对策。

3.1 重油预加氢提高氢化芳烃的含量,在共处理中提高煤的转化率

重油通过预加氢处理,使稠环芳烃中的部分芳环加氢饱和,提高了氢化芳烃的含量,这对煤油共处理是有利的。

Inukai 等^[22]研究表明,伊利诺依 6 号煤与加氢处理后的常压渣油共处理时的转化率比其与未经加氢处理的常压渣油共处理时的转化率高;400℃时,伊利诺依 6 号煤与加氢处理后的常压渣油共处理达到了煤与煤液化循环油共处理的效果,产生了协同效应。Curtis 等^[23]研究也发现,同 Maya 渣油与伊利诺依 6 号煤共处理的结果相比,425℃时加氢处理的 Maya 渣油与煤共处理时,煤的转化率提高 16%左右。

Hajdu 等^[24]研究表明,Citgo 减压渣油在缓和条件下进行加氢处理,处理后的减压渣油与伊利诺依 6 号煤共处理,煤的转化率提高约 30%。然而,Citgo 减压渣油加氢裂化得到的低硫低金属含量的裂化油作为煤油共处理溶剂时的性能较差,煤的转化率接近煤与未处理的减压渣油共处理时煤的转化率。

在重油预加氢处理过程中,需要控制加氢的深度,尽可能提高处理后重油中氢化芳烃的含量。当重油经过适当的加氢处理后,在煤油共处理过程中,煤的转化率会有较大幅度的提高。

3.2 添加其它供氢和传递氢性能好的溶剂,加强煤与油的相互作用

商思玉等^[20]首先将胜利减压渣油与蒽按不同比例混合,然后将该混合溶剂与神府煤共处理,发现渣油与蒽 1:1 混合时的溶剂最好,9min 时煤的转化率可达 55%,此时渣油或蒽单独作溶剂时煤的转化率

分别为 42%和 39%。

Curtis 等^[23]研究发现在渣油中加入四氢萘、四氢喹啉及二氢菲等供氢溶剂,可提高共处理时煤的转化率。在氮气气氛下,在渣油中加入 0.15%的四氢喹啉时,煤的转化率仅 23%,而加入 1.5%的四氢喹啉时,煤的转化率增大到 89%。

3.3 渣油与煤液化循环油混合作溶剂

煤油共处理过程中加入煤液化生产的循环油能改善共处理效果。张传江等^[25]考察了新疆黑山煤与塔河渣油共处理的性能,发现当渣油在混合溶剂中占 20%时,煤的转化率为 91.8%,液化油的收率为 67.0%,此结果比单独用加氢循环油作溶剂时煤的转化率高 1.5%,液化油的收率高 11%。

4 结束语

(1)煤与石油重油的共处理可以同时促进煤和重油的加氢和提质,利用转化过程中的协同效应提高煤的转化率和液化油的收率。

(2)共处理过程中,煤与石油重油之间的相互作用效果与重油的组成和性质密切相关,重油含有适量的具有良好供氢和传递氢性能的芳香类物质,在煤油共处理过程中促进煤液化的效果更为显著。如果石油重油含有较多的氢化芳烃,则可直接用来与煤共处理;如果石油重油含有较多的多环芳烃,则首先需要对重油进行适当的预加氢以提高氢化芳烃的含量,然后与煤进行共处理;如果石油重油的芳香度较低,饱和烃含量较多,则需要向重油中加入多环芳烃或氢化芳烃含量高的溶剂,然后与煤进行共处理。

参考文献

- [1] 舒歌平,史士东,李克建.煤炭液化技术[J].北京:煤炭工业出版社,2003.
- [2] Wang S.L., Curtis C.W. An investigation of hydrogen transfer in coprocessing using model donors and reduced resids[J]. Energy & Fuels, 1994; 8 (2): 446-454.
- [3] Kuhlmann E.J., Jung D.Y., Gupta R.P., et al. Coal liquefaction using a hydrogenated creosote oil solvent[J]. H-atom transfer from hydrogen donor components in the solvent Fuel, 1985; 64 (11): 1552-1557.
- [4] Kwon K.C. Comparison of anthracene and phenanthrene in coal liquefaction[J]. Fuel, 1985; 64 (6): 747-753.
- [5] Tomic J., Schobert H.H. Coal Conversion with Selected Model Compounds under Noncatalytic, Low Solvent:Coal Ratio Conditions. Energy & Fuels, 1996; 10 (3): 709-717.
- [6] Grint A., Jackson W.R., Larkins F.P., et al. Effect of aromatic solvents in coal liquefaction residence-time studies[J]. Fuel, 1994; 73 (3): 381-386.
- [7] Marco I.d., Caballero B., Chomón M.J., et al. Influence of the type

- of solvent on coal liquefaction with different catalysts Fuel Processing Technology[J]. 1993; 36 (1-3): 169-176.
- [8] Derbyshire F.J., Varghese P., Whitehurst D.D. Synergistic effects between light and heavy solvent components during coal liquefaction[J]. Fuel, 1982; 61 (9): 859-864.
- [9] Derbyshire F.J., Odoerfer G.A., Varghese P. et al. Coal dissolution in high boiling process solvents[J]. Fuel, 1982; 61 (10): 899-905.
- [10] 闫瑞萍, 朱继升, 杨建丽, 等. 催化裂化油浆与兖州煤共处理的研究 I. 反应条件对煤转化及产物分布的影响[J]. 石油学报(石油加工), 2001; 17 (4): 1-7.
- [11] 吴秀章, 舒歌平. 煤炭直接液化起始溶剂油的研究[J]. 石油炼制与化工, 2007; 38 (8): 19-22.
- [12] 林世雄. 石油炼制工程[M]. 第三版. 北京: 石油工业出版社. 2000: 55-61.
- [13] 商思玉. 胜利减压渣油与神府煤共处理供氢性能研究[D]. 太原理工大学, 2004; 硕士学位论文.
- [14] 张德祥, 高晋生. 石油重油和煤混合加氢对重油性质的影响[J]. 石油化工, 1996; 25 (7): 16-20.
- [15] 闫瑞萍, 杨建丽, 李允梅, 等. 兖州煤与大庆减压渣油共处理的研究[J]. 煤炭转化, 2000; 23 (1): 61-66.
- [16] 闫瑞萍, 朱继升, 杨建丽, 等. 兖州煤与大庆减压渣油在共处理过程中的相互作用 II. 甲苯可溶重质产物族组成和分子量的变化规律[J]. 燃料化学学报, 2000; 28 (6): 533-536.
- [17] 闫瑞萍, 朱继升, 杨建丽, 等. 兖州煤与大庆减压渣油在共处理过程中的相互作用 I. 共处理对转化率及产物分布的影响[J]. 燃料化学学报, 2000; 28 (6): 527-532.
- [18] 闫瑞萍, 朱继升, 王志杰, 等. 兖州煤与石家庄减压渣油共处理的研究 I——共处理对煤液化转化率及产物分布的影响[J]. 煤炭学报, 2000; 25 (6): 655-659.
- [19] 闫瑞萍, 朱继升, 王志杰, 等. 兖州煤与石家庄减压渣油共处理的研究 II——甲苯可溶重质产物组成性质的变化规律[J]. 煤炭学报, 2001; 26 (1): 91-95.
- [20] 商思玉, 凌开成, 王建平, 等. 神府煤与胜利减压渣油共处理反应特性的研究[J]. 燃料化学学报, 2005; 33 (1): 47-52.
- [21] 赵鹏, 舒歌平, 李克健, 等. 催化裂化芳烃萃取油用作煤液化起始溶剂[J]. 石油学报(石油加工), 2008; 24 (4): 456-459.
- [22] Inukai Y. Hydroliquefaction of Illinois No. 6 coal with petroleum atmospheric residue using oil-soluble molybdenum catalyst[J]. Fuel Processing Technology, 1995; 43 (2): 157-167.
- [23] Curtis C.W., Tsai K.-J., Guin J.A. Effects of solvent composition on coprocessing coal with petroleum residue Fuel Processing Technology[J]. 1987; 16 (1): 71-87.
- [24] Hajdu P.E., Tierney J.W., Wender I. Effect of Catalytic Hydropretreatment of Petroleum Vacuum Resid on Coprocessing with Coal[J]. Energy & Fuels, 1996; 10 (2): 493-503.
- [25] 张传江, 赵鹏, 李克健. 新疆黑山烟煤与塔河石油渣油共处理的研究[J]. 煤炭学报, 2007; 32 (2): 202-205.

作者简介: 李 丽 (1977-), 女, 工程师, 主要从事煤直接液化技术开发。

Synergistic Effects and Preliminary Application of the Coal/oil Coprocessing

Li Li, Kejian Li, and Xiuzhang Wu

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

Abstract: The coprocessing of coal and petroleum heavy oil can convert coal into liquids and simultaneously upgrade petroleum heavy oil, as well as improve the conversion of coal and the yield of liquid products. The efficient components of the solvent for the direct coal liquefaction are analyzed. The secondary operation heavy oils with high content of multi-ring aromatics can use as part of solvents for direct coal liquefaction. However, the straight-run heavy oils with low aromaticity are not suitable for using as solvents of direct coal liquefaction. During the coal/oil coprocessing, there is a synergistic effect between coal and oil in promoting both heavy oil upgrading and coal liquefaction. The interaction effects between coal and oil correlate with the components and properties of heavy oil. And the measures of improving synergistic effects between coal and oil are analyzed.

Keywords: Coprocessing; Coal; Oil; Solvent; Liquefaction

(收稿日期: 2009-11-21 责任编辑: 蔡丽芳)

科技动态

神华乌海能源公司四个神华科技创新项目通过验收

本刊讯 2009年10月30日至31日, 由乌海能源公司实施“采区阶段窄煤柱巷道布置技术的研究”、“薄煤层综合机械化采煤技术研究”、“乌达矿区矿井水防治技术研究”和“公乌素地区16#煤层综采放顶煤技术研究”四个神华科技创新项目通过了神华集团公司的验收。

(神华科技发展部供稿)

煤直接液化残渣改性沥青的研究

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: 采用煤直接液化残渣作为沥青改性剂, 研究了煤直接液化残渣添加量、配混工艺及配混温度对改性沥青性能的影响。通过与天然沥青 TLA 改性沥青性能对比发现, 当两者改性沥青性能相近时, 煤直接液化残渣的用量明显低于 TLA, 这显现出煤直接液化残渣改性沥青的经济性。

关键词: 煤直接液化残渣 改性沥青 TLA

中图分类号: TQ529.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)06-0068-04

现代公路路面采用沥青作为结合料, 增强了矿料间的粘结力, 提高了混合料的强度和稳定性, 使路面的使用质量和耐久性得到了提高。但是随着高等级公路流量加大, 渠化交通明显, 车速高, 轴承日益重型化, 以及我国独特的季风性气候引起的温度剧变, 对沥青的性能要求越来越高, 如在高温下具有足够的强度和热稳定性, 在低温下有足够的弹性和塑性。但是由于我国的沥青含蜡量高、温度敏感性大、粘结力差、延伸度低、热稳定性和低温抗裂性差, 所以沥青混合料的应力松弛性能差, 不能抵抗温度变化而产生的裂缝现象^[1]。因此, 提高沥青性能显得格外重要, 使用改性剂成为改善沥青质量的重要方法^[2-5]。所谓改性沥青是指通过在沥青中掺加聚合物改性剂(橡胶、树脂、热塑性弹性体、磨细的废橡胶粉等)和非聚合物改性剂(填料、天然沥青、纤维、抗剥离剂、抗老化剂和氧化剂等)而制备的沥青。聚合物改性沥青的缺点是温度稳定性差、混融难、易离析、施工工艺复杂、施工设备投资大等。采用天然沥青改性沥青有许多优点, 由于本身是沥青, 其物理和化学特性与常规沥青完全一致, 二者可以有较好的混融性, 且混合后的沥青在使用性能方面得到了改善, 如改善沥青及混合料的温度敏感性, 增加抗疲劳开裂强度和减少龟裂, 增强降噪性能、增强耐久性、延长使用寿命、减薄沥青厚度、增强防水性能、提高抗水损害能力、抵抗油料及化学品的侵蚀、增强在恶劣环境和繁重交通条件下的正常使用能力、对基质沥青有广泛的适应性, 不仅可与各种其他各种改性剂、外掺剂混合使用, 还可与聚合物改性剂同时使用, 对任何硬度及粘度的

基质沥青改性应付自如, 只要调节不同掺加比例就可达到改性目的。目前, 广泛使用的天然沥青改性剂为 Trinidad 湖沥青(TLA)^[6], 美国 and 英国等国将 TLA 改性沥青用于质量要求较高的路面。我国近年来在某些高等级路段开始使用 TLA 改性沥青, 如北京二环路、首都机场、国道北京八达岭段、江阴长江大桥、成渝高速公路、天津津蓟高速、广东省东莞开阳高速等。但由于 TLA 仅产于特立尼达和多巴哥, 售价较高, 使用范围受到限制。因此, 寻找 TLA 沥青的替代物作为沥青改性剂具有现实的经济学意义。

煤直接液化技术是通过高温、高压和加氢, 在催化剂作用下将固体煤直接转化成清洁的便于运输和可以使用的液体燃料(汽油、柴油、航空煤油等)或化工原料的一种先进的洁净煤技术。在煤炭直接液化工艺中, 除了得到所需要的汽油、柴油等液体产品外, 还产生了占原料煤总量 20%~30% 的主要副产物——液化残渣。液化残渣在组成上和某些物性方面与天然沥青(TLA)有相似之处, 如果可以替代 TLA, 一方面可以在提高道路沥青性能的同时, 降低改性沥青的价格, 推动我国沥青产业的发展; 另一方面通过利用液化残渣改性沥青, 对保护环境、合理利用有限资源、提升残渣利用价值都会产生积极的意义。

1 实验部分

1.1 实验原料

基质沥青: 90# 重交沥青, 工业品, 泰州化工厂。Trinidad 湖沥青(TLA), 工业品, 特立尼达和多巴哥。

液化残渣(CLR), 试验品, 中国神华煤制油化工有限公司上海研究院煤直接液化中试装置。

表 1 基质沥青物性

性质	技术要求	泰州 90# 重交沥青
软化点(℃)	≥42	45.8
针入度 25℃, 100g, 5S(0.1mm)	80~100	90
延度, 15℃, cm	≥100	>100
闪点 (℃)	≥245	≥245
溶解度(%)	≥99.5	≥99.5
薄膜烘箱 TFOT (163±1℃, 5h)		
软化点(℃)		47
针入度 25℃, 100g, 5S(0.1mm)		77.2
残留针入度比, 25℃(%)	≥54	85.8
质量损失(%)	±0.8	0.1

1.2 实验用主要设备及测试仪器

1.2.1 实验用主要设备

表 2 试验用主要设备

设备名称	型号	技术要求	生产厂家
高剪切分散乳化机	FM300	300~11000rpm	上海达平仪器有限公司
超级循环恒温油浴	HH-QS	室温~300℃	江苏金坛市亿通电子有限公司

1.2.2 实验用主要测试仪器

表 3 分析测试仪器

设备名称	型号	技术要求	生产厂家
沥青延度试验器	SYD-4508D	测量范围: 2m, 控温范围: 室温~50℃可调	上海昌吉地质仪器有限公司
针入度试验器	SYD-2801D	标准针和连杆重量: 50g±0.05g, 砝码重量: 50g±0.05g	上海昌吉地质仪器有限公司
全自动沥青软化点试验器	SYD2806E	测温范围 5~90℃	上海华岩仪器有限公司
烘箱	DL-101-2S	温控范围: 室温~300℃	天津市中环实验电炉有限公司

1.3 改性沥青的制备

煤液化残渣改性沥青是将基质沥青与煤液化残渣按一定比例、一定的添加方式, 采用加热剪切混合。TLA 改性沥青是将加热熔融的基质沥青与 TLA 以质量比 80:20 采用加热剪切混合。

1.4 性能测试

沥青与改性沥青的相关指标测试采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTJ052-2000 中规定的方法。软化点、针入度、延度、溶解度、闪点以及薄膜烘箱试验分别采用国家标准 GB/T4507、GB/T4509、GB/T4508、GB/T11148、GB/T267 和 GB/T5304。

改性沥青的测试指标采用国家针对 TLA 改性

沥青质量技术要求, 如表 4 所示。

表 4 特立尼达湖沥青改性沥青质量技术要求

指标	单位	针入度等级				试验方法
		TMA-30	TMA-50	TMA-70	TMA-90	
针入度 25℃, 100g, 5s	0.1mm	20~40	40~60	60~80	80~100	T 0604
粘度 135℃, 不大于	Pa·s	4.0	3.8	2.7	2.1	T 0625 T 0619
闪点, 不小于	℃		240			T 0611
溶解度(三氯乙烯)	%		77~90			T 0607
灰分	%		7.5~19.5			T 0614
TFOT 后残留物针入度比 25℃, 不小于	%	58	55	52	47	T 0610 T 0604

(注: TFOT 是指薄膜烘箱老化试验, 163℃, 5h)

2 结果与讨论

2.1 配混工艺对改性沥青性能的影响

为了品评配混工艺对所制备的改性沥青性能的影响, 采用适量的基质沥青和液化残渣, 分别采用如图 1 所示的配混工艺制备了三组改性沥青, 通过研究不同工艺所制备的改性沥青性能——软化点、针入度、延度的变化来确定适宜的配混工艺。不同配混工艺制备的改性沥青性能如表 5 所示。

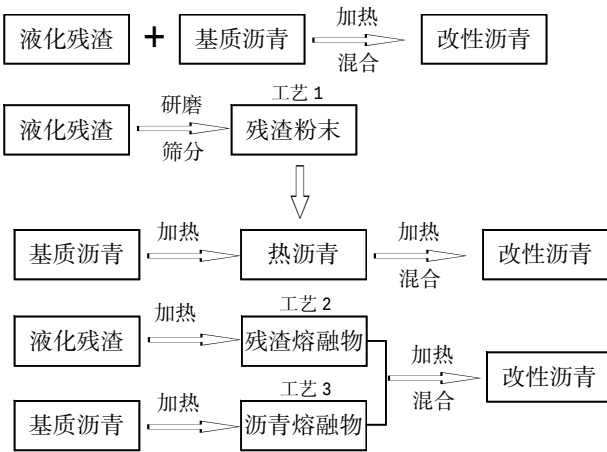


图 1 改性沥青制备工艺

表 5 不同配混工艺制备的改性沥青性能

性能 \ 工艺	针入度 25℃ (0.1mm)	针入度比 (%)	软化点 (℃)	延度 25℃ (cm)
工艺 1	老化前	65.8	46.5	48.8
	老化后	30.6		58.6
工艺 2	老化前	60.3	55.7	48.4
	老化后	33.6		54.8
工艺 3	老化前	63.3	96	48.7
	老化后	60.8		48.4

(注: 老化前和老化后性能是指薄膜烘箱老化试验前后性能)

延度是表示沥青在一定温度条件下拉伸至断裂前的变形能力,延度越大,沥青的延展性就越好。软化点是指在一定负荷下,使沥青软化所需要的温度。因此,软化点反映的是沥青的高温稳定性,软化点越高,沥青的高温稳定性就越好。针入度比则反映了沥青对温度的敏感程度和抗老化性能,针入度比越大,沥青对温度敏感性越差,抗老化能力越好。通常这些参数综合一起可以用来评价沥青性能的优劣。

从表 5 中样品老化前后针入度、针入度比、软化点和延度大小可以发现,采用工艺 1 制备的改性沥青性能最差,工艺 2 次之,工艺 3 制备的改性沥青性能最优。工艺 3 与工艺 1 和工艺 2 的本质区别在于工艺 3 采用的是两种熔融物料(熔融的液化残渣和基质沥青)的液相与液相混合(液相-液相混合),而工艺 2 则采用的是一种熔融物料(熔融的基质沥青)和固态物料(液化残渣)的液相与固相混合(液相-固相混合);工艺 1 采用的是两种固态物料(基质沥青和液化残渣)的固相与固相混合(固相-固相混合)。通常当两种或几种常温为固态的物料,在分散混合时同属熔融液态的物料混合分散效果要优于一种为熔融液态而另一种仍为固态的液相-固相混合。这是因为在将液化残渣(固态)分散到液态的基质沥青(熔融液态)时,一方面需要能量使液化残渣由固态转化为熔融液态,另一方面也需要能量将转化为熔融液态的残渣分散到液态的基质沥青中;由于液化残渣在分散到熔融基质沥青的同时,热熔的残渣之间会发生聚集而使之分散效果差,这一点可以通过改性沥青的薄膜烘箱老化(TFOT)后残留针入度比体现。因此,采用工艺 3 制备的改性沥青性能最优。而采用工艺 1 制备改性沥青,由于基质沥青与液化残渣软化点差别较大,两者室温下都为块状,在加热过程中首先基质沥青软化并最终成为熔融物、成为液相,而块状的液化残渣在搅拌作用下缓慢熔化并分散在基质沥青中,由于是类似“固液混合”,又由于块状的液化残渣在加热过程中易产生受热不均,从而不能很好地分散在基质沥青中,混合效果较差,因而显现出较差的性能。另外,由于液化残渣是一种混合物,工艺 2 采用研磨筛分的方法必定会造成残渣组成发生变化、残渣的利用率下降,而残渣组成的变化会对改性后的沥青物性稳定性产生影响。

因此,通过对不同工艺制备的改性沥青性能对比,选择工艺 3 来制备改性沥青。

2.2 配比组成对改性沥青性能的影响

在采用液化残渣制备改性沥青过程中,液化残渣含量的多少无疑会对最终改性沥青性能产生很大的影响。因此,我们在液化残渣用量在 0~15% 范围内,研究液化残渣用量对改性沥青性能的影响。图 2、图 3 分别为液化残渣用量对改性沥青针入度和软化点影响曲线。从图 2 和图 3 可以看出,随着体系中液化残渣含量的增加,改性沥青的针入度逐渐减小而软化点逐渐增大,这是因为液化残渣无论是硬度还是软化点都是高于基质沥青的,液化残渣掺混入基质沥青中必然会改变沥青的针入度和软化点。

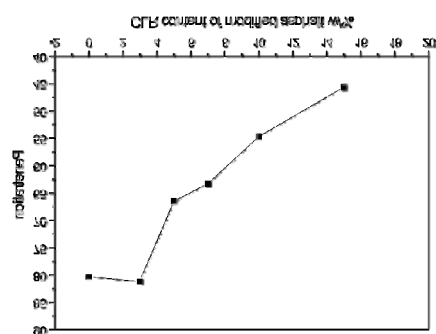


图 2 液化残渣含量对改性沥青针入度影响

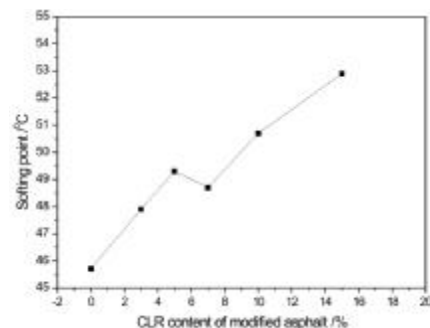


图 3 液化残渣含量对改性沥青软化点影响

表 6 为体系中液化残渣含量对改性沥青性能影响。从表 6 可以发现,当体系中液化残渣含量为 5%、7% 时,可以达到国家要求的 TMA-50 产品指标,当液化残渣含量为 10% 时,可以达到国家要求 TMA-70 产品指标,TFOT 后残留针入度比以液化残渣含量为 7% 最佳。

2.3 混合温度对改性沥青性能的影响

在确定配混工艺和改性沥青中液化残渣含量后,采用配混工艺 3、液化残渣含量 7% 时,研究混合温度对改性沥青性能的影响,如表 7 所示。

由于液化残渣的软化点较高,约 150℃ 左右,为使液化残渣更好地与基质沥青混合,混合温度必须

表 6 液化残渣含量对改性沥青性能影响

特性	单位	TMA-50	TMA-70	残渣含量(%)					
				0	3	5	7	10	15
针入度, 25℃, 100g, 5S	dmm	40-60	60-80	80.3	81.2	66.5	63.3	54.7	45.6
粘度, 135℃	Pa.s	≤3.8	≤2.7	2.1	2.3	2.35	2.65	3.4	4.1
闪点	℃	≥240		>240	>240	>240	>240	>240	>240
溶解度(三氯乙烯)	%	77-90		88	86.2	84.5	83.2	81.4	80.2
灰分	%	7.5-19.5		0.62	1.13	3.31	1.82	7.3	1.18
TFOT后残留针入度比, 25℃	%	≥55	≥52	96.1	80.3	85.4	96	91.4	87.3

高于液化残渣的软化点, 但混合温度过高会使基质沥青降解, 破坏沥青的性能。因此, 本研究选用混合温度在 180℃~220℃范围。表 7 混合温度对改性沥青性能的影响。从表 7 可以发现, 混合温度对改性沥青的性能有一定的影响, 综合改性沥青的老化前后的针入度、软化点、延度的变化以及老化前后针入度比大小, 确定混合温度为 200℃。

表 7 混合温度对改性沥青性能的影响

加热温度(℃)	针入度 25℃ (0.1mm)	针入度比 (%)	软化点 (℃)	延度 25℃ (cm)	
180	老化前	62	76.1	50	195
	老化后	47.5		52	152.3
200	老化前	63.3	96	48.7	200
	老化后	60.8		48.4	153.6
220	老化前	68.8	85.4	49	200
	老化后	50.2		2.1	172.7

2.4 液化残渣改性沥青性能与 TLA 改性沥青性能对比

表 8 列出了煤液化残渣和 TLA 的一些物性, 从表 8 可以看出, 液化残渣和 TLA 有些物性相近, 而有些性质则有较大的差别, 如液化残渣的密度相对较小, 但其软化点却较高, 这样便使为获得相同针入度等级指标的改性沥青, 液化残渣的添加量要少于 TLA 的添加量。表 9 为液化残渣和 TLA 制备改性沥青时两者的添加量和所制备的改性沥青性能。从表 9 中可以发现, 作为沥青改性剂的液化残渣加入量少于 TLA 时, 所得的改性沥青的各种性能与 TLA 改性沥青相近。这样, 与对 TLA 改性沥青对比的优势在于在改性效果与 TLA 相当时, 用量却比后者少, TLA 售价 6000-8000 元/吨、残渣大约 200-400 元/吨, 明显可以降低改性沥青成本。

3 结论

(1) 配混工艺的差异对所制备的改性沥青性能

表 8 煤液化残渣和 TLA 的物性

性能	CLR	TLA
密度(g/cm ³)	1.48	1.10
水分 Mad(wt%)	0.00	0.10
灰分 Aad(wt%)	14.91	42.29
挥发分 Vad(wt%)	40.05	41.06
软化点 (℃)	150.6	98.7
己烷不溶物(wt%)	73.1	69.46
甲苯不溶物(wt%)	42.65	47.75
灰(wt%)	14.54	40.39

表 9 TLA 和液化残渣改性沥青性能

种类及用量	针入度 25℃ (0.1mm)	针入度比 (%)	软化点 (℃)	延度 25℃ (cm)	
TLA(20%)	老化前	62	72.6	50	200
	老化后	45		55.8	169.1
残渣(7%)	老化前	63.3	96	48.7	200
	老化后	60.8		48.4	153.6

有很大的影响, 通过对不同工艺制备的改性沥青性能对比, 选择工艺 3 来制备改性沥青。

(2) 在液化残渣用量在 0~15% 范围内, 研究液化残渣对改性沥青性能的影响发现, 当体系中液化残渣含量为 5%、7% 时, 可以达到国家要求的 TMA-50 产品指标, 当液化残渣含量为 10% 时, 可以达到国家要求 TMA-70 产品指标, 且 TFOT 后残留针入度比以液化残渣含量为 7% 最佳。

(3) 混合温度对改性沥青的性能有一定的影响, 综合改性沥青的老化前后的针入度、软化点、延度的变化以及老化前后针入度比大小, 确定混合温度为 200℃。

(4) 作为沥青改性剂的液化残渣加入量少于 TLA 时, 所得的改性沥青的各种性能指标仍能满足要求, 可以明显降低改性沥青成本。

(下转第 85 页)

反应器内增刚聚丙烯的研究进展

王兰君

(宁夏工业设计院有限责任公司, 宁夏 银川, 750001)

摘 要: 综述了高刚性聚丙烯的性能和制备方法, 通过反应器内和反应器外增刚两种方法对聚丙烯性能影响对比显现出反应器内增刚的优势, 即反应器内增刚可以增加聚丙烯刚性的同时不损坏或较小程度上损坏聚丙烯其它性能。从聚合工艺、催化剂体系选择、催化剂改性(催化剂预聚改性成核法和聚合改性)和反应器内添加成核剂等方面介绍了反应器内高刚性聚丙烯最新研究进展。

关键词: 聚丙烯 聚丙烯增刚 反应器内增刚

中图分类号: TQ529

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)06-0072-03

在不降低聚丙烯制品性能的前提下, 使聚丙烯制品薄壁化、轻质化, 进一步降低聚丙烯制品成本, 是聚丙烯高性能化的发展方向之一。随着聚丙烯刚性和韧性总体性能的提高, 聚丙烯将逐渐取代一些通用工程塑料甚至高级工程塑料如 PS、ABS 等。一般来讲, 对于均聚聚丙烯性能的提高, 主要是先开发出具有高刚性的聚丙烯均聚物产品, 然后在高刚性均聚物的基础上, 通过共聚或与橡胶共混等方法, 再提高聚丙烯的抗冲击性能, 从而使其总体性能得到提高。因此, 提高聚丙烯的刚性是开发高性能聚丙烯产品的关键之一。本文综述了高刚性聚丙烯的性能及主要制备方法, 从聚合工艺、催化剂体系选择、催化剂改性和反应器内添加成核剂等方面介绍了反应器内高刚性聚丙烯最新研究进展及其发展前景。

1 高刚性聚丙烯的性能

高刚性聚丙烯是指弯曲模量(刚性指标)在 1.7GPa 以上的聚丙烯。通常该树脂具有高强度、高模量、高表面硬度及良好的抗刮痕性和抗蠕变性、高耐热变形性、耐化学腐蚀性、熔体流动性好、成型周期短等特点。

一般认为, 聚合物的刚性与其结晶度有关, 而结晶度又取决于等规度。因此, 高刚性聚丙烯又称为高结晶聚丙烯或者高等规聚丙烯。普通均聚聚丙烯的结晶度一般低于 60%, 弯曲模量在 1.4~1.6GPa 之间。高刚性聚丙烯的结晶度一般在 70%以上(理想值为 76%), 等规度大于 96%(日本规定高刚性聚丙烯

的等规度为 99%), 相对分子质量分布指数(M_w/M_n) 在 8~11 之间。高刚性聚丙烯经升温淋洗分级分析表明, 高等规度级分(高温级分)的含量高, 且高等规度级分的链段越长, 对提高聚丙烯的刚性越有利。

从聚合物凝聚态角度看, 影响聚丙烯刚性的直接因素是结晶度和球晶尺寸。聚合物的等规度、相对分子质量及其分布等是通过影响聚合物的结晶度和球晶尺寸, 而影响到聚合物的刚性。聚丙烯弯曲模量与其结晶度呈对数线性关系, 与聚丙烯的等规度呈一次线性关系。增加聚丙烯的相对分子质量对结晶速率不利, 但对其刚性影响较小。若能提高树脂中大分子部分的结晶度, 聚丙烯的刚性则有显著的提高。聚丙烯的弯曲模量随相对分子质量分布的变宽而增大, 当相对分子质量分布加宽到 10 以上时, 其弯曲模量可达到 2.0GPa 以上。加宽相对分子质量分布除能提高聚丙烯的刚性外, 还能提高聚丙烯的熔体强度(改善加工性能), 还可使聚丙烯晶粒细化(改善树脂的韧性和光学性能)。宽相对分子质量分布产品的一个典型代表是双峰聚丙烯^[1]。

2 高刚性聚丙烯的制备方法

通常增加聚丙烯刚性的方法主要是反应器外增刚和反应器内增刚两种。

2.1 反应器外增刚

反应器外增刚是指通过共混的方式, 对聚丙烯添加添加剂、成核剂或增刚剂来提高聚丙烯的刚性。聚丙烯增刚所使用的添加剂主要有碳酸钙、滑石粉、

云母、纳米粒子、玻璃纤维、碳纤维等。在聚丙烯树脂中添加添加剂虽能提高聚丙烯的弯曲模量和热变形温度,但同时也降低了聚丙烯的抗冲击强度、透明性、成型加工性和表面光泽度等性能,因而限制了其实际应用。因此,对于反应器外增刚逐渐转化为在聚丙烯树脂中添加成核剂。用于提高聚丙烯刚性的成核剂种类很多。目前,广泛使用的是芳基磷酸酯盐类,如日本旭电化开发的 **NA11** 成核剂、美国 **Milliken** 公司开发出的 **HPN-68** 成核剂等。增刚剂主要是氢化石油树脂,加入聚丙烯进行改性时,随增刚剂添加量的增加,聚丙烯的刚性增强,通常当增刚剂的添加量(质量分数)为 30% 时,聚丙烯的刚性达到最大值。

2.2 反应器内增刚

反应器内增刚是指通过改进聚合工艺、选用适合的催化剂体系、对催化剂进行改性、向反应器内添加成核剂,或上述几种方法相结合,制备高刚性聚丙烯。反应器内增刚聚丙烯具有原材料损耗低、能耗低、成本低、产品质量均匀等特点。因此,反应器内增刚聚丙烯具有很好的发展前景。

2.2.1 选用适合制备高刚性聚丙烯的催化体系

制备高刚性聚丙烯一般需选用高活性、高立构选择性、能有效控制聚丙烯的相对分子质量及其分布的催化剂。据报道,**Basell** 公司以新一代的琥珀酸酯做内给电子体的催化剂,能在保持聚丙烯原有抗冲击强度的情况下,较大幅度提高聚丙烯的弯曲模量;而在保持一定弯曲模量的情况下,可较大幅度提高聚丙烯的抗冲击性能;而两者同时改进时,聚丙烯的刚性和抗冲击性可同时提高 20%~30%。催化剂配合适当的外给电子体,是提高聚合物等规度的一个非常有效的方法。余世金等考察了 3 种外给电子体(二苯基二甲氧基硅烷(**DDS**)、环己基甲基二甲氧基硅烷(**CMMS**)和二环戊基二甲氧基硅烷(**DCPMS**))与 **CS** 型催化剂配合对所合成的聚丙烯结晶度的影响。实验结果表明,**DCPMS** 对聚丙烯的等规度、熔融焓的影响明显优于 **CMMS** 和 **DDS**,且聚丙烯的熔点也呈上升趋势。余世金等认为,由于 **DCPMS** 本身体积的大小和给电子的能力与活性中心配位络合较适宜。因此,**DCPMS** 的推电子效应较大,从而导致了 **Ti** 原子上电子云密度增大,最终导致催化剂的活性和聚丙烯的等规度、结晶度都有所提高。

2.2.2 对催化剂进行改性

将催化剂进行预先改性处理,然后再进行聚合,同样可以得到高刚性聚丙烯。采用催化剂改性的方法一般有两种,即:

(1) 催化剂预聚改性成核法:将成核剂与催化剂复合于一体,在聚合中原位成核。文献报道,在催化剂制备过程中加入一定量的成核剂(聚烯烃树脂、惰性载体、非均相催化剂固体粉末),将成核剂与催化剂复合,用于淤浆聚合,所得聚丙烯的结晶度均大于 70%,弯曲模量 2~2.3GPa,热变形温度 130℃~145℃,屈服拉伸强度 44~50MPa。

(2) 聚合改性:一般用带特殊侧基的 α -烯烃进行预聚,在催化剂表面生成能起晶核作用的高熔点聚合物,改进聚丙烯的结晶行为,从而提高聚丙烯的刚性。用带特殊侧基的 α -烯烃单体预聚,还可改善催化剂的结构形态,防止催化剂在聚合中破碎,导致聚丙烯细粉含量增加。这两种方法相比,催化剂预聚改性成核法更为有效,因为高分子成核剂与聚丙烯更易相容。若预聚得到的高熔点聚合物与聚丙烯具有相同或相近的结晶结构,它们还可进一步提高成核效果,进而提高聚丙烯的力学性能和光学性能。目前,研究涉及的这类烯烃包括:乙烯基环戊烷、乙烯基环己烷等。

Borealis Technology 公司用 **VCH** 预聚改性 **Ziegler-Natta** 催化剂,在聚合温度 55℃、压力 0.05MPa、 N_2 气氛下,将一定量的 **VCH** 在高黏度油脂介质中聚合,直至残余单体的质量分数小于 0.2%,然后将得到的改性催化剂用于丙烯聚合。改性催化剂具有很高的活性(60kg/g·h),聚丙烯的弯曲模量达到 2GPa,结晶温度高于 127℃,二甲苯可溶物的质量分数可降至 1.1%。

2.2.3 反应器内添加成核剂

为得到高刚性聚丙烯,也可采用向聚合反应器中添加成核剂的方法。反应器内成核能有效降低能耗,更能发挥成核剂的成核效果,产品的刚性和韧性都较反应器外成核高。目前,反应器内成核所选用的成核剂主要是磷酸酯盐类成核剂和纳米碳酸钙,其中磷酸酯盐类成核剂反应器内成核效果十分显著。有的成核剂对催化剂聚合活性的影响较大,但相关的报道较少。文献报道,将磷酸酯盐 **NA** 类成核剂、烷基铝及外给电子体搅拌混和后一起从助剂加料器中加入反应釜,在提高聚合物刚性、结晶度、结

晶温度的同时,提高聚合物的抗冲击强度可达到 76J/m。张广平等对分别用反应器内、反应器外成核方法制得的聚丙烯结晶行为进行了考察,比较了成核方式对聚丙烯力学性能的影响。研究表明,反应器内成核与反应器外成核的热力学参数(结晶温度、结晶热和熔融温度等)相差不大,但由于成核剂在树脂中的分散性得到大幅度提高,反应器内成核聚丙烯的异相晶核数目及活性点比反应器外成核聚丙烯的多。因此,半结晶时间比后者缩短 30%~60%,反应器内成核聚丙烯的弯曲模量为 2.08GPa,热变形温度为 137℃。将反应器内成核与多阶段聚合技术结合,制备反应器内成核双峰聚丙烯,其弯曲模量为 2.30GPa,热变形温度为 128℃。

3 结语

高刚性聚丙烯作为聚丙烯高性能化和工程化过程中的首要产品,一方面应用于通用树脂领域,可使制品薄壁化,有效降低产品的生产成本;另一方面用于一些要求高强度、高模量、高耐热性的领域,可替代昂贵的工程塑料。由于反应器内增刚聚丙烯产品具有组成均一、性能优异、节约能耗、降低成本、易于回收等优点,因此是高刚性聚丙烯的未来发展趋势。

参考文献

- [1] 赵敏,高俊刚,邓奎林,等.改性聚丙烯新材料[M].北京:化学工业出版社,2002.1-50.
- [2] 洪定一.聚丙烯—原理、工艺与技术[M].北京:中国石化出版社,2002.500.
- [3] 穆亚君,柴焕敏.增刚剂在聚丙烯中的应用研究[J].塑料科技,2005,166(2):11-14.
- [4] 朱维平,张广平,俞建勇,等.高相对分子量聚丙烯的成核行为[J].中国塑料,2003,17(4):24-26.
- [5] 张广平,朱维平.聚丙烯的高性能化研究[J].塑料工业[J].2004,32(8):17-19.
- [6] 雷华,徐涛,于杰.分子量及其分布对聚丙烯材料结晶形态的影响[J].高分子材料科学与工程,2004,20(5):166-168.
- [7] 王兴仁,李栋,杨爱武,等.宽相对分子量分布聚丙烯技术进展[J].现代塑料加工应用,2005,(17):47-50.
- [8] 周澜.高结晶度聚丙烯发展简况[J].石化技术,1994.
- [9] 牛继舜.国外高结晶度聚丙烯研究进展[J].化工新材料,1998,26(2):31-32.
- [10] 崔小明.聚丙烯改性技术及新产品开发[J].宁波化工,2005.
- [11] 徐兆瑜.聚丙烯生产和工艺技术最新进展[J].塑料,2004,32(8):8-11.
- [12] 崔小明.国外聚丙烯生产工艺及催化剂技术进展[J].中国石油和化工,2005,(1):37-41.
- [13] 余世金,许招会,王生生等.外给电子体 CMMS、DCPMS 制备高结晶度聚丙烯的研究[J].应用化工,2004,33(4):37-38.
- [14] 中国石油化工总公司.用于制备高结晶聚丙烯的催化体系及其制法.
- [15] 王克智.新型功能塑料助剂[M].北京:化学工业出版社,2003,55-85.
- [16] 扬子石油化工股份有限公司.反应器内制备高结晶聚丙烯的方法[J].
- [17] 张广平,俞建勇,朱维平.聚丙烯反应器内反应器外成核评价[J].合成树脂与塑料,2004,46-50.
- [18] 马沛岚,苑会林,李军.聚丙烯.纳米碳酸钙原位聚合复合材料非等温结晶动力学研究[J].塑料,2003,32(6):1-5.
- [19] 张广平,朱维平,李发学,等.纳米碳酸钙改性聚丙烯共聚物的非等温结晶动力学[J].高分子材料科学与工程,2004,20(1):157-160.

作者简介:王兰君(1981-),女,化工工艺助理工程师,2004年毕业于北京化工大学高分子材料与工程专业,现在宁夏工业设计院有限责任公司从事化工设计工作。

Research Progress of Rigid-adding Polypropylene in Reactor

Wang Lanjun

(Ningxia Industrial Design Institute Limited Liability Company Yinchuan, Ningxia 750001, China)

Abstract: The article makes a general review of performance and preparation measures of high rigid polypropylene. More advantages could be seen to increase rigid of polypropylene inside the reactor than outside. It increases the rigid of polypropylene inside the reactor but shows no or less destruction to its performance. The article also introduces latest research progresses of high rigid polypropylene inside the reactor in polymerizing technology, selection of catalyst, modification of catalyst (pre-polymerizing core formation and polymerizing of catalyst modification), and adding core formation agent in the reactor.

Key words: Polypropylene; Increases rigid of polypropylene; Increases rigid inside reactor

(收稿日期:2009-11-28 责任编辑:蔡丽芳)

装船机滚筒轴承温度无线检测系统

范家庆 陈光平 饶海亮

(神华天津煤炭码头有限公司, 天津 塘沽区, 300452)

摘 要: 本系统通过数字温度传感器连接基于 Zigbee 技术的无线网络,检测装船机滚筒轴承温度,所有数据通过 GPRS 网络发送至控制中心,控制中心实时存储温度信息并显示在计算机工作站及平板电脑等显示器上,同时,能及时将可能故障信息通过短信发送给值班人员,提前判断设备故障。

关键词: ZIGBEE MASH 网 GPRS 网络 无线数据传输 数字温度探头 短信报警

中图分类号: U653.928⁺¹

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)06-0075-05

随着港口生产的不断发展,对装卸设备的依赖程度越来越高,装船机是一种港口非常常用的大型机械,是用于大宗散货装船作业连续式机械,其中滚筒轴承是最容易出现故障的设备之一。传统方法就是依靠检修人员精心的维护以及现场工作经验、观察发现。精心的维护可以很好的提高机械产品的使用寿命,但是却不能避免故障的发生;现场观察及时发现港口设备中也是不现实的,工作人员不可能每个滚筒轴承轮流不停的去观察,很多故障也不是能够简单观察出来的。另外这些设备运行时粉尘多、噪音大,严重影响工作人员的身心健康。所有滚筒轴承故障的前兆一般就是传动轴的轴温的升高,通过对温度的监控可有效的预知故障的出现。如果不进行实时在线监测,容易产生故障,造成生产中断,影响生产,即使由于轴温过高,不得不进行检修,也只能根据经验,由于没有准确、详细的运行数据,很难分析事故的产生原因;因此,目前大多采取定期检修的方式,来对传送系统进行维护和保养。

本系统采用当前最先进的低功耗 ZigBee 无线传输技术,无需任何连线,从组网技术角度来看,由于被测点多达 200 点,可以形成自由拓扑结构,利于安装和维护,另外被测点全部采用本安级的电池供电方式,设备采用全密闭结构,系统一旦完成调试,投入运行,无需维护。结合 Zigbee 和 GPRS 的无线测温系统对装船机滚筒温度的在线监测可降低事故率、减少故障处理时间、减少现场操作人员、提高生产效率、增进经济效益。而且避免了现场铺设电缆,方便安全,施工维护工作量小,成本低,可靠性高。

1 系统原理

本系统提出的无线传感器网络是基于 Zigbee 并采用 GPRS 进行数据通信传感器网络,它是由大量的无线传感器节点、汇节点和 GPRS 数据传输模块组成的分布式系统。基于簇(Cluster)的分层结构具有天然的分布式处理能力,簇头就是分布式处理中心即本文无线传感器网络的一个汇节点,每个簇成员(传感器节点)都把数据传给簇头,数据融合后直接传给 GPRS 数据传输。中央控制中心通过 GPRS 网络与多个汇节点连接,汇节点和传感器节点之间通过 Zigbee 技术实现无线的信息交换,带有射频收发器的无线传感器节点负责对数据的感知和处理并传送给汇节点;控制中心通过 GPRS 网络获取采集到的相关信息,实现对现场的有效控制和管理。

GPRS 网络是覆盖范围广,性能较为完善的无线网络,GPRS 通信网本身具有较强的数据纠错能力,数据传输率较高可达 128kbit/s 能够保证数据传输的可靠性和实时性。用 Zigbee 技术组成的无线传感器网络结构简单、体积小、成本低;采用 GPRS 网络进行数据传输的模块体积小、功耗低,适合作为无线传感器网络的数据节点,Zigbee 技术、GPRS 网络数据传输与传感器技术相结合组成新兴的无线传感器网络。本系统集先进、成熟的计算机技术、通信技术、数据采集技术及传感器技术于一体,通过高精度的数据采集器,稳定可靠的工业级数传终端,强大易用的无线通信服务软件,来架构整个应用系统。

对于一个完整的传感器节点,需要具有小尺寸、低功耗、适应性强的特点,Zigbee 设备为低功耗设

备,其发射输出 0dbm~3.6dbm,通信距离为 30~70m,经过 PA 放大,通信距离可达到 1000m 左右,具有能量检测和链路质量指示,根据这些检测结果,设备可自动调整设备的发射功率,在保证通信链路质量的条件下,最小地消耗设备能量。本系统提出的无线传感器网络其节点在睡眠状态时,功耗电流约为 30uA。在传感器网络数据通信时,Zigbee 建立一次连接的时间约为 0.4s,这样短的连接时间可以大大减少传感器节点上报给汇节点数据碰撞的概率。在网络安全方面,无线传感器网络在 Zigbee 技术上,采用了密钥长度为 128 位的加密算法,对所传输的数据信息进行加密处理。

分布在传感器网络中的汇节点主要用于接收传感器节点的数据上报,并将其进行融合处理,传给 GPRS 网络后传递给中央信息控制中心。Zigbee 汇节点在此传感器网络中充当的是传感器节点和 GPRS 网络之间的网关。

2 系统设计

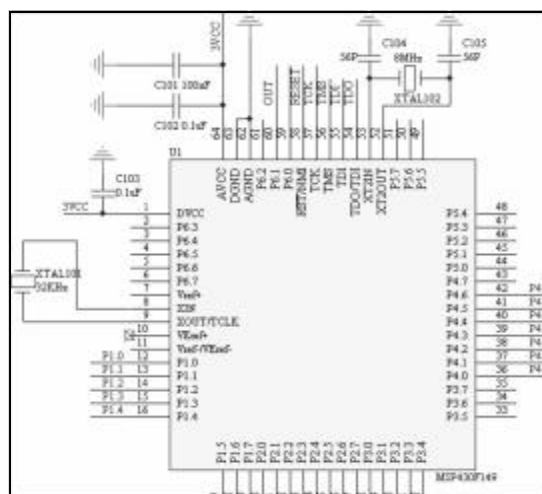
ZigBee 节点的主要功能是采集装船机滚筒轴承温度数据,并将数据发送给各个 ZigBee 节点组的基站。ZigBee 节点主要由传感器模块、MSP430F149 模块、CC2420 收发模块、存储模块和电源管理模块五部分组成,包括电源模块指示灯/开关、传感器模块接口、RS232 串口、天线接口等。

ZigBee 节点的传感器模块负责监测区域内信息的采集和数据转换,本设计中传感器模块采用湿度传感器;MSP430F149 模块负责控制整个节点的处理操作、路由协议、同步定位、功耗管理、任务管理等,MSP430F149 处理器自身具有 A/D 功能,从传感器得到的模拟信号可以直接送到 MSP430F149 进行模数转换,且功耗低;CC2420 收发模块负责与其他节点进行无线通信,交换控制消息和收发采集数据,提供 SPI 接口与 MSP430F149 通信,而 MSP430F149 则连接键盘、显示等人机交互界面、传感器、控制器等;存储模块负责存储采集到的数据;电源管理模块提供能量,选通所用到的传感器,由两节 1.5V 碱性电池组成。

2.1 MSP430F149 模块

MSP430F149 模块(如图 1 所示),即 MCU 模块,采用 TI 公司的 MSP430F149。TI 公司的 MSP430 系列单片机是一种超低功耗的混合信号控制器,能

够在低电压下以超低功耗状态工作;其控制器具有强大的处理能力和丰富的片内外设;带 FLASH 存储器的单片机还可以方便高效地进行在线仿真和编程。MSP430F149 是 MSP430X1XX 系列中功能最强的单片机,而且 MSP430F149 的运行环境温度范围为 -40℃~+85℃,可以适应各种恶劣的环境。



也不能把 TX RAM 和 RX RAM 作为内存访问,只能以 FIFOS 的方式访问,而对寄存器的操作则可通过 SPI 接口以从属方式使用。

CC2420 内置一个低中频接收器,负责处理天线接收到的 RF 信号,经低噪声放大器(LNA)放大,并通过 I/Q 正交平衡电路降频转换为 2 MHz 的中频信号。该信号再经滤波、放大、A/D 转换、自动增益控制、信道过滤、解扩频、符号相关和字节同步等恢复出正确的数据。当发送数据时,应先把要发送的数据放入容量为 128 字节的发送缓冲区。报头和起始帧由硬件自动生成。CC2420 免执照频段:工作频带范围为 2.400~2.483 5GHz;数据传输速率低:2M/s 直接扩频序列基带调制解调和 250 Kbits 的有效数据速率;低电流消耗和高接收灵敏度:接收 19.7 mA,发射 17.4 mA,接收灵敏度为一 94 dBm;高可靠性:采用了 CSMA/CA 技术避免发送数据的竞争和冲突,MAC 层采用完全确认的数据传输模式,每个发送的数据包都必须等待接收方的确认信息;安全性高:基于 CRC(循环冗余校验)的数据包完整性检查功能,支持鉴权和认证,采用高级加密标准(AES2128)的对称密码,保证数据安全传输;小尺寸封装:OLP—48 封装,7 mm×7 mm;接口配置简单:与微处理器的接口配置简易(4 总线 SPI 接口)。

它的外围电路如图 2 所示,包括晶振时钟电路、射频输入/输出匹配电路和微控制器接口电路三个部分。芯片本振信号既可由外部有源晶体提供,也可由内部电路提供。由内部电路提供时需外加晶体振荡器和两个负载电容,电容的大小取决于晶体的频率及输入容抗等参数。射频输入/输出匹配电路主要用来匹配芯片的输入输出阻抗,使其输入输出阻抗

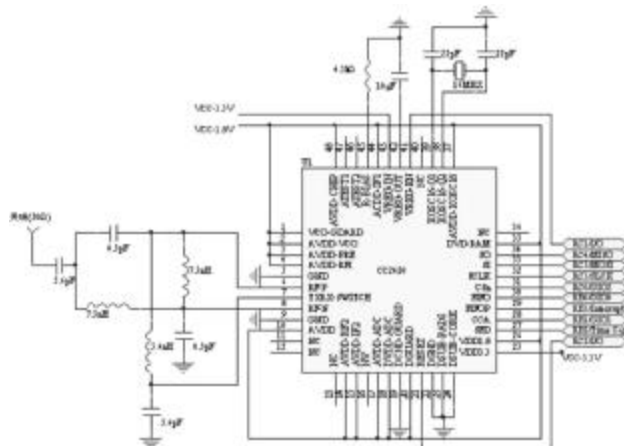


图 2 CC2420 收发模块的外围电路图

为 50Ω,同时为芯片内部的 PA 及 LAN 提供直流偏置。

ZigBee 基站节点(如图 3 所示)主要由 ARM 模块、存储模块(NAND Flash,64MB-1GB 可选)、CC2420 收发模块、传感器模块和电源管理模块组成。ARM 模块采用 ST 公司生产的 STR710FZ2T6 微处理器,STR710FZ2T6 是基于 ARM7 指令集的 ARM 处理器,片内有 256KB 的 Flash 和 64KB 的 SRAM,而且该处理器集成了许多外设接口,包括 USB2.0 接口和以太网接口。

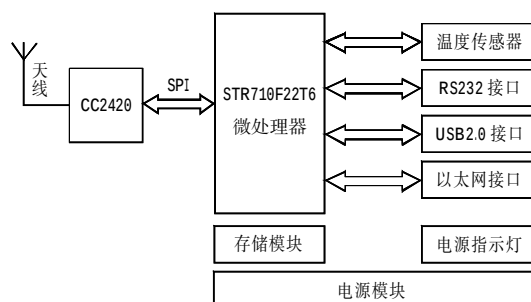


图 3 ZigBee 基站节点框图

报警温度设定部分,控制温度的设定直接通过按键(如图 4 所示)来进行设定,由于本系统所用按键较少且 MSP430F149 单片机 I/O 端口较多,故直接采用独立式按键设计,其原理图如下,按键可以实现 5℃~125℃间温度的任意一度的设定。

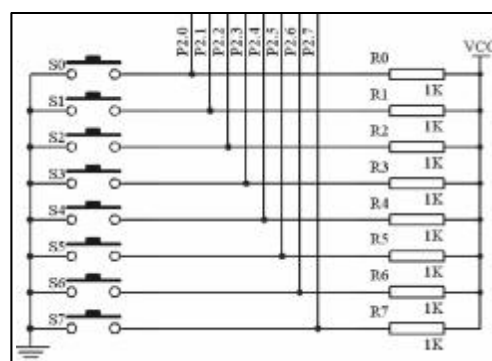


图 4 独立式按键

本系统控制器采用字符汉字液晶显示器 12232 作为温度的显示部分(如图 5 所示),该液晶显示轴承实测温度和报警控制温度。

当人为从键盘输入一个要求报警温度后,单片机通过控制算法,来控制相应的芯片工作,当采集到的轴承温度刚好达到人为设定报警温度时,蜂鸣器就开始发出提示声音,相应的 LED 灯也点亮,向外

界给出温度已经达到所设定的温度，并且已经稳定这个信息。

系统是由多个自给供电的 ZigBee 节点组成的,每个 ZigBee 节点都可以进行周围温度数据的采集、简单计算以及与其他节点及外界进行通信,从而使得众多的传感器可以通过协同工作进行高质量的数据传输,组成一个容错性较好的采集系统。系统主要包括 ZigBee 节点和 ZigBee 基站节点。其中 ZigBee 基站节点主要用于组合从各个传感器节点得到的数据以及负责与外界的通信,该节点基于嵌入式系统。系统采用部分网状(Partial Mesh)拓扑结构,其主要好处是每个节点的范围都成倍地扩大了,没有最大通信距离的限制,因为它所有的节点都被用作中继器或路由器。比如:1 号节点可通过以下路径传送信号到 ZigBee 基站节点:1-2-ZigBee 基站节点,另一替代路径为:1-3-5-ZigBee 基站节点,也还有其它几种冗余的路径(如图 6 所示)。

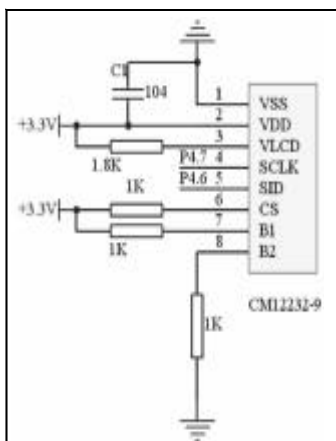


图 5 温度显示部分电路

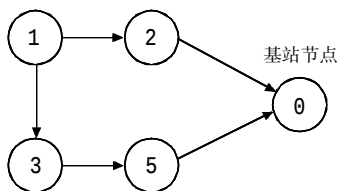


图 6 节点传输示意图

GPRS 无线远距离传输模块提供单独的 RS232 配置/本地调试串口及标准 RS232/485 数据接口, 与用户设备即插即用, 硬件设计符合电工电子产品低温 GB/T2423.1、高温 GB/T2423.2 的要求, 适于在气候条件恶劣的地区及户外使用。基于 ARM 平台、16M 字节大容量内存, 进口工业级 Siemens MC39i GPRS 无线模块。嵌入式 Linux 系统, 内置 Telnet 服务器。配合 APN 卡, 可以远离现场进行大量远程调试, 甚至远程看到串口收发的每个字节的数据。

Zigbee 无线网络系统通过 RS232 串口电缆将数据传送至 GPRS 无线远距离发送模块, 将数据存储至带有专线 IP 的服务器上, 所有局域网内的用户可通过局域网绿色软件(免安装)浏览、查询现场数据。互联网上用户获得授权的帐户和密码后, 可通过 IE

的形式进行数据浏览。整个系统结构如图 7 所示:

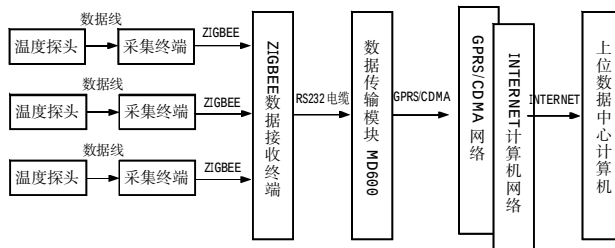


图 7 无线测温系统结构框图

4 数据监控系统

作为一个完整的无线应用解决方案，除了需要稳定可靠的无线通信设备支持之外，还需要一套完善健壮的无线通信软件系统。

数据中心软件 **mServer** 具有良好的人机界面,操作简单,使用方便。**mServer** 集成了强大的通信功能,**mServer** 可提供与 **TCP Server/Client** 之间的数据转发功能。**mServer** 可以直接与作为 **TCP Server** 的用户程序进行连接,也可以接受作为 **TCP Client** 的用户程序的连接。某些情况下,用户程序可能无法更改,用户又需要对通信系统进行扩充,或是希望将通信系统从有线改造为无线,**mServer** 的此功能为这种情况提供了较好的解决方案。**mServer** 可提供基于 **SOCKET UDP/TCP** 的数据接口,该接口简洁、功能强大。不用编写任何网络通信接口程序,即能实现诸如串口到串口的无线应用。

上位机软件采用的是 Code Gear Delphi 编制软件主体,以 SQL Server2000 为数据库所开发的 C/S 系统。针对港口测温的实际使用情况,上位机软件具有以下特点:

- (1)根据操作人员不同,设定不同的使用权限,各司其职;
- (2)随意设定各种运行、生产工艺参数;
- (3)实时监视各子系统设备的运行参数及状态,同时将数据贮存在硬盘上,将必要的数据上传至服务器;
- (4)实时监控各子系统温度传感器的当前状态及参数;
- (5)可根据生产要求,设置温度报警上限和超高温限,当超过预设定的参数时,系统自动报警,并将数据进行存储;
- (6)实时查询、打印任意时间段历史数据报表以

及历史曲线(如图 8 所示);

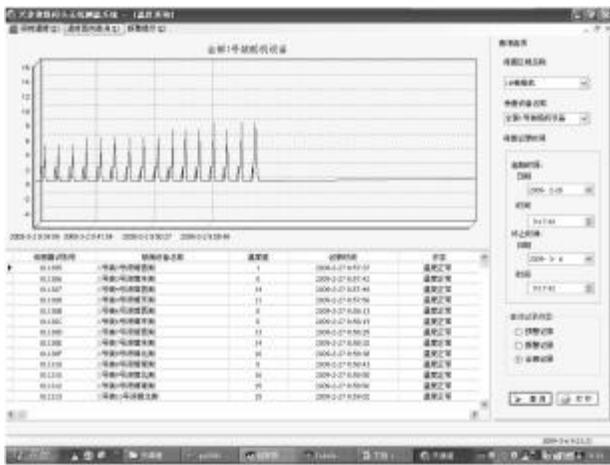


图 8 温度曲线查询

(7)局域网中每台电脑,可随时查看设备当前的运行状态,并可查询相关历史记录。

其中报警系统是该系统的一个很大的亮点,该软件系统具有三级报警提示功能,一级是现场监控室内的报警提示音,提示司机室内相关人员注意设备的温度变化,第二级是上位机弹出窗口报警,对中控室值班员进行提醒,同时中控室音箱会发出警报音,第三级是短信报警,及时将报警信息通过手机短信发送给操作部的班长。

客户端网络软件是数据库检索和网络共享的应用软件。该软件系统实现了在线数据查询、数据整理、数据打印、报警记录查询、历史数据查询等功能。该软件安装在服务器端,用户无需安装任何客户端软件,即可通过局域网或 Inter 网在 IE 浏览器中查询当前设备运行状态及历史数据(如图 9 所示)。所有设备维护人员可在各自岗位方便的浏览系统画面。



图 9 WEB 浏览界面

5 结束语

2008 年 6 月,公司在操作二部 1 号装船机上安装了无线测温系统,经过一年的运行,检测数据准确及时,替代了以前对轴承温度日常巡检的工作,减少了工作人员的工作量,增加了系统的安全性和稳定性。在一年的使用中我们也发现该系统在报警方面存在设计缺陷,由于报警是通过监控中心的画面进行显示,当监控中心无值班员时就无法会错失报警信息,延误故障处理时间。所以今年在 3、4 号装船机安装该系统时,我们采用了三级报警,有效的避免了错失报警信息的问题,经过一个月的运行,整个系统实用、稳定、先进,达到了预期的目的。

作者简介: 范家庆 (1981-),助理工程师,毕业于天津理工大学,现任神华天津煤码头有限责任公司设备物资部设备主管。

Wireless Detecting System of Roller Bearing Temperature of Shipment Machine

Fan Jiaqing Chen Guangping Rao Hailiang

(Shenhua Tianjin Coal Dock Co., Ltd, Tangguqu, Tianjin 300452, China)

Abstract: The system tests the temperature of roller bearing of shipment machine by connecting wireless network based on Zigbee Technology through digital temperature sensor. All data are sent to control center via GPRS and stored at real time. The stored date also display on computer station and individual computer. Meanwhile, possible failure information is sent to operator on duty through message, so potential malfunction could be found at early time.

Key words: ZIGBEE, MASH network; GPRS network; Wireless data transmission; Digital temperature detector; Message alarming

(收稿日期: 2009-11-16 责任编辑: 马小军)

万吨重载列车对轨道动态影响及轨道管理措施分析

毕正玉

(朔黄铁路发展有限公司原平分公司, 山西 原平, 034100)

摘要: 重载铁路开行万吨列车可以有效提高运输能力,但也增加了对轨道的动态破坏作用。文章分析了万吨重载列车和正常编组列车对轨道的动态影响。测试数据表明,万吨列车对轨道的横向动力参数较正常编组列车有一定程度的增加,在上行重车线尤为明显,轮轨横向力增大了 10.7%~38.5%,轮对横向力增大了 1.4%~25.0%,钢轨横向位移增大了 13.5%~37.8%,脱轨系数对车轮损伤较为敏感。在此基础上,从加强轨道结构、加强轨道检测和监测、改进养护维修方法和加强科研攻关等方面,提出了保证万吨列车安全运行的轨道管理措施。

关键词: 重载铁路 万吨列车 轨道动态影响 轨道管理

中图分类号:U213.2⁺²

文献标识码:B

文章编号:1672-3880(2009)06-0080-05

朔黄铁路作为我国西煤东运的第二条主要重载干线,目前上行重车牵引质量为 5544t。上行轨道结构为 75kg/m,U75V 钢轨、Ⅱ型钢筋混凝土轨枕,1840 根/km、Ⅱ型弹条扣件、Ⅱ级碎石道床;下行轻车方向的轨道结构为 60kg/m U71Mn 钢轨、Ⅱ型钢筋混凝土轨枕,1840 根/km、Ⅰ型弹条扣件、Ⅱ级碎石道床。为了满足日益增加的能源需求,更加高效地完成煤炭输送任务,朔黄铁路正计划开行万吨级列车。

国外万吨重载列车运行经验证明,万吨列车作用于轨道的动力参数比正常编组列车有大幅度增加,对轨道的破坏效应更加显著。增加了轨道的养护维修工作量^{[1][2]}。为了考察万吨列车对轨道结构的动态影响程度,对万吨列车通过上、下行时的轨道动力参数进行了现场测试,并与正常编组的列车引起的轨道动力参数进行对比。本文分析了万吨重载列车和正常编组列车对轨道的动态影响,并在此基础上,提出了保证万吨列车安全运行的轨道加强措施。

1 测试地点概况

测试地点选择在一处“S”形反向曲线上,从而考察万吨列车对圆曲线、缓和曲线和夹直线轨道结构的影响。

该地段前后曲线半径分别为 800m 和 500m,超高分别为 55mm 和 90mm,夹直线长度仅 43.81m,坡度为 10.8‰。上行测试列车为 SS₄ 机车 1 台+54 辆

C70A 型车辆+SS₄ 机车 1 台+54 辆 C70A 型车辆+救援工具车 1 辆+客车 1 辆+内燃机车 1 台。下行万吨列车编组顺序与上行相反,只去掉了 1 台内燃机车。万吨列车通过测点的瞬时平均速度分别为上行 54.5km/h,下行 67.0km/h。

测试断面选在圆曲线、缓和曲线和夹直线上,分别测试万吨列车和正常编组列车通过测试断面时,引起的轮轨垂直力、轮轨横向力、钢轨横向位移,并计算对应的脱轨系数、轮对横向力和轨距动态扩大量。此外,还测量了万吨列车通过前后的静态轨距、水平变化情况。

由于测试断面布置在圆曲线、缓和曲线和夹直线上,两股轨道的位置及列车运行方向如下图 1。

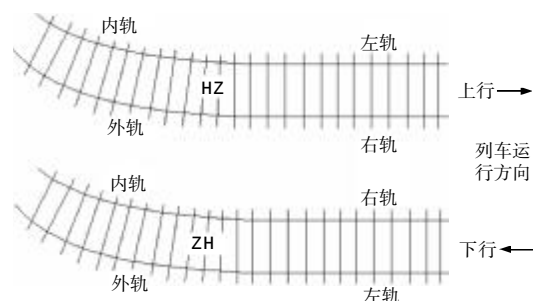


图 1 两股轨道位置的定义

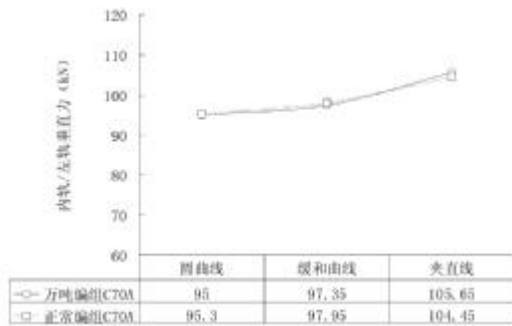
2 测试结果及分析

万吨列车的编组中,与车辆的数量相比,机车数

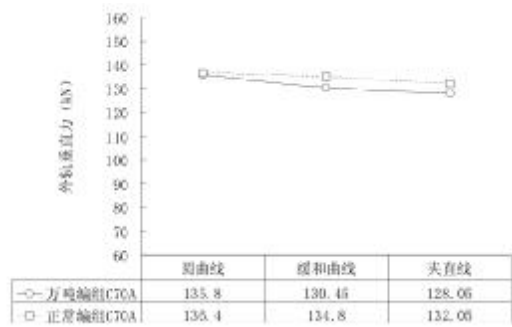
量较少,车辆对轨道的作用占较大的比重^[3],因此,在下面的分析中,以车辆比较分析为主。

2.1 轮轨垂直力平均值

经过统计计算,得到万吨编组的 C70A 列车和正常编组的 C70A 列车通过各个测点引起的内、外轨垂直力平均值,上行轮轨垂直力如下图 2 所示。



(a) 内轨/左轨垂直力平均值比较



(b) 外轨/右轨垂直力平均值比较

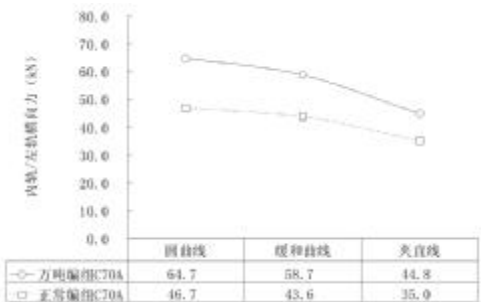
图 2 万吨列车与正常编组列车的轮轨垂直力平均值比较

可以看出,在各个测点,万吨列车的轮轨垂直力平均值基本与正常编组的 C70A 车辆的轮轨垂直力平均值接近。而且,万吨列车引起的内轨/左轨垂直力小于外轨/右轨垂直力。随着上行列车从圆曲线进入夹直线,万吨列车引起的内轨垂直力逐渐增大,外轨垂直力逐渐降低,即由曲线上外轮过载状态逐渐恢复到两轮垂直力基本接近的状态,运行状态良好。空载的万吨列车在下行运行,引起的轮轨垂直力与上述情况类似。曲线上外轮过载状态说明万吨列车的运行速度下,该曲线超高为欠超高。这样内轨受的作用力较外轨小,内轮向后滑动的可能性较大,轮对靠内轮滑动产生转向的可能性较大,减低了外轮轮缘贴靠外轨侧面来转向的可能性,这对减缓曲线外股钢轨侧面磨耗、内股钢轨顶面压溃和疲劳裂纹比较有利^[5]。

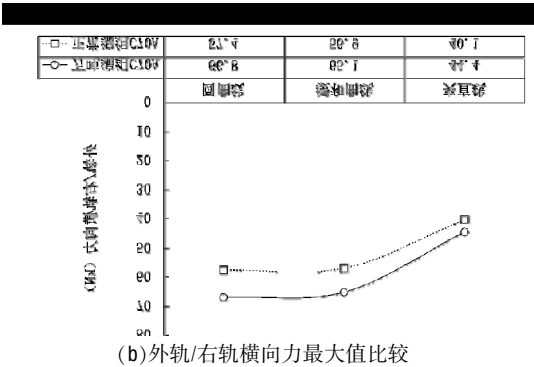
2.2 列车运行的安全性指标

2.2.1 轮轨横向力和轮对横向力

万吨编组的 C70A 列车和正常编组的 C70A 列车通过上行各个测点引起的内、外轨横向力最大值和向内、向外的轮对横向力最大值,如下图 3、图 4 所示。

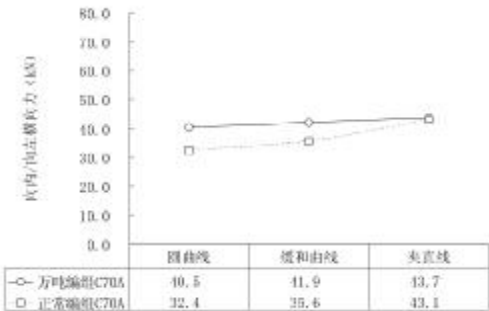


(a) 内轨/左轨横向力最大值比较

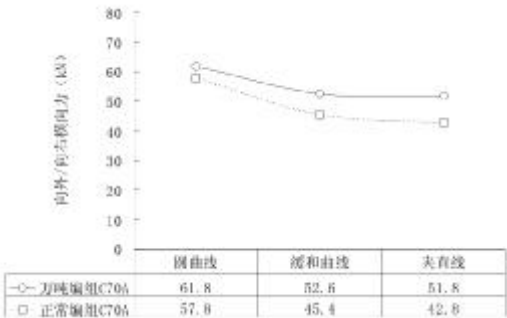


(b) 外轨/右轨横向力最大值比较

图 3 万吨列车与正常编组列车的轮轨横向力最大值比较



(a) 向内/向左横向力最大值比较



(b) 向外/向右横向力最大值比较

图 4 万吨列车与正常编组列车的轮对横向力最大值比较

从图上可以看出,在各个测点,万吨列车引起的轮轨横向水平力和轮对横向力均比正常编组列车引起的横向力大,前者超过后者的幅度如表 1 所示。内轨横向力较正常编组列车增大了 28.0%~38.5%,外轨横向力较正常编组列车增大了 10.7%~16.4%,且内轨横向力增加幅度较大。轮对横向力也较正常编组列车的增大了 1.4%~25.0%。同样,向内的轮对横向力增加幅度较大。此外,万吨列车在上行线路引起

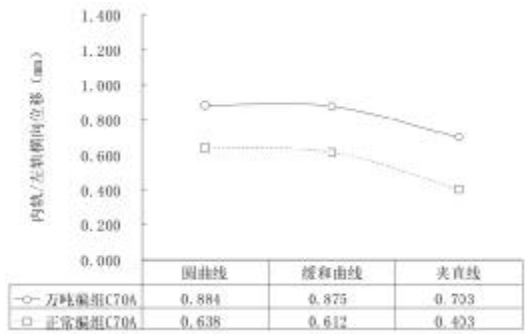
的外轨/右轨横向力比内轨/左轨横向力略大,向外的轮对横向力比向内的轮对横向力略大。可见,万吨列车对两股钢轨和轨道的横向作用更加剧烈,对钢轨、扣件、道床等的破坏作用更加明显,将会严重影响轨道横向稳定性和轨道部件的寿命。这可能与大编组运行方式、一趟次列车对轨道结构的作用时间较长有关。空载的万吨列车在下行运行,引起的横向力也较正常编组列车增大了 10.0%~17.7%。

表 1 万吨列车的轨道动力参数比正常编组 C70A 列车动力参数的最大增大幅度

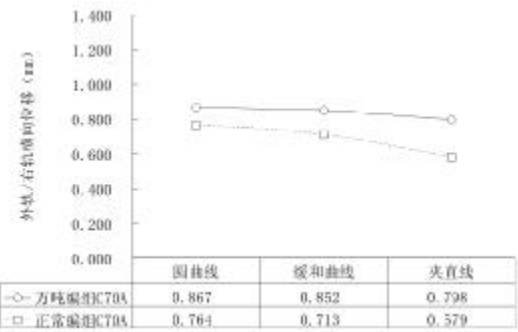
行别	线型	轮轨横向力		轮对横向力		钢轨横向位移		轨距扩大量 扩大
		内轨/左轨	外轨/右轨	向内/向左	向外/向右	内轨/左轨	外轨/右轨	
上行	圆曲线	38.5%	16.4%	25.0%	7.0%	32.3%	13.5%	39.7%
	缓和曲线	34.6%	14.4%	17.7%	15.8%	35.9%	19.5%	47.9%
	夹直线	28.0%	10.7%	1.4%	9.0%	29.5%	37.8%	57.6%
行别	线型	内轨/右轨	外轨/左轨	向内/向右	向外/向左	内轨/右轨	外轨/左轨	扩大
下行	圆曲线	17.7%	14.0%	15.0%	16.0%	19.7%	17.0%	17.3%
	缓和曲线	12.5%	11.5%	8.0%	14.7%	16.3%	12.4%	12.1%
	夹直线	10.0%	10.6%	7.5%	14.5%	15.6%	19.0%	10.6%

2.2.2 钢轨横向位移和轨距扩大量

万吨编组的 C70A 列车和正常编组的 C70A 列车通过上行各个测点引起的钢轨横向位移最大值和轨距扩大量最大值,如下图 5、图 6 所示。



(a) 内轨/左轨横向位移最大值比较



(b) 外轨/右轨横向位移最大值比较

图 5 万吨列车与正常编组列车的钢轨横向位移最大值比较

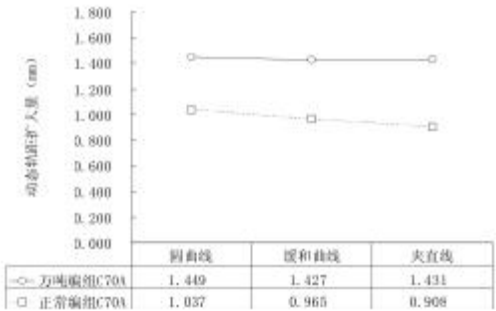


图 6 万吨列车与正常编组列车的轨距扩大量比较

万吨列车在各个测点引起的钢轨横向位移和轨距扩大量都较正常编组列车的大,这与万吨列车引起较大的轮轨横向力是一致的。其增大幅度如表 1 所示,内轨横向位移较正常编组列车内轨横向位移增大了 29.5%~35.9%;外轨横向位移较正常编组列车增大了 13.5%~37.8%。轨距动态扩大量较正常编组列车的增大了 39.7%~57.6%。这样,钢轨倾翻的可能性就进一步增大,影响了列车运行安全性。空载的万吨列车在下行运行,引起的横向位移也较正常编组列车增大了 12.4%~19.7%,动态轨距扩大量较正常编组列车的增大了 10.6%~17.3%。

从表 1 可以看出,上行重车方向,万吨列车对内轨/左轨引起的轮轨横向力增加较大,特别是圆曲线地段,轮轨横向力增加近 40%,轮对横向力增加约

25%;造成的曲线钢轨横向位移也增加了约 30%以上,钢轨受向外的横向作用力更大。因此要重视对圆曲线特别是曲线内轨、扣件、道床宽度和边坡等的检查和养护;上行重车方向,万吨列车从曲线进入夹直线,造成夹直线地段轨距明显扩大,扩大超过 50%以上,因此要注意夹直线地段钢轨轨头形状和扣件的检查和养护。

此外,对万吨列车通过前后轨道静态轨距、水平进行了测量。数据表明:轨距、水平基本保持前后一致,变化不明显,说明万吨列车对轨道几何形位静态影响不明显,对轨道几何形位的动态影响较明显。

2.2.3 脱轨系数

从轮轨横向力和垂直力数据计算得到,万吨列车的脱轨系数处于允许范围内,但较正常编组的列车引起的脱轨系数大。虽然轮轨垂直力变化不明显,由于轮轨横向力的增加,导致脱轨系数有在允许范围内有明显提高。特别是下行空车运行时,虽然横向力较上行重车小,但是产生的轮轨垂直力也较小。因此万吨列车在下行的脱轨系数处于允许范围内的较大水平。某一趟万吨列车通过测点引起的脱轨系数见图 7。

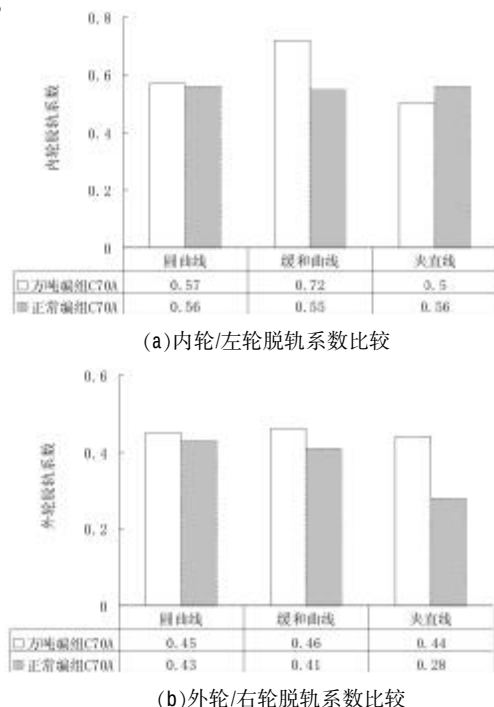


图 7 万吨列车与正常编组列车的脱轨系数比较

在本趟万吨列车计算得到的脱轨系数中,缓和曲线内轮脱轨系数达到 0.72,经数据核对,该数值仅出现在列车第 38 节车辆第 3 个车轴的内轮上,此轮

引起的轮轨横向力也是全列轮轨横向力中的最大值。且该节车的其他车轮引起脱轨系数也比其他车辆大,分别为 0.57/第 1 轴内轮、0.55/第 2 轴内轮、0.72/第 3 轴内轮、0.69/第 4 轴内轮,该节车其他车轮在缓和曲线引起的脱轨系数都较小。经事后调查,该节车的第 3 车轴左轮(对应内轨)存在伤损。可见,当万吨列车车轮维护不好、存在伤损时,将产生较大的横向力和脱轨系数,对万吨列车的运行安全产生不利影响。

综上所述,万吨列车对轨道的动态影响较大,在曲线上、下行引起的轮轨横向力、轮对横向力、钢轨横向位移和轨道弹性挤开均较正常编组列车有一定程度的增加,且内股钢轨各项参数的增加幅度较外股钢轨的大。轮轨垂直力虽然增加不明显,但对轨道的作用次数有大幅度增加。这样钢轨和轨道的横向稳定性均受到影响,对轨道部件的寿命也有较大破坏,必须采取有效的措施来提高轨道的承载能力和稳定能力。

3 万吨列车作用下的轨道管理措施

提高万吨列车运行条件下轨道的承载能力和稳定能力,应该从提高轨道管理的角度入手,采用重型轨道并按高标准进行养护,包括加强轨道结构、加强轨道检测和监测、改进养护维修方法以及加强科研攻关。

首先,万吨列车试验运行状态较好,各项轨道动力参数基本稳定。但是测试发现轮轨横向力、钢轨横向位移特别是曲线内轨的轮轨横向力、轮对横向力和钢轨横向位移增幅较大、夹直线钢轨轨距动态扩大较大、脱轨系数对车轮伤损较为敏感。因此,必须提高原有的轨道结构及部件标准以满足轨道承受荷载和抗破坏的能力。

(1)上行重车方向原有Ⅱ型钢筋混凝土轨枕逐步更换为Ⅲ型钢筋混凝土轨枕,采用性能良好的弹性扣件,以及与轨道刚度合理匹配的高弹性轨下垫板,道砟厚度保持在 300~400mm 之间。并有足够肩宽的道床,从而提高线路强度和横向稳定性,并保持合理的轨道弹性。

(2)下行轻车方向应对轨道的横向稳定性进行加强,除采用弹性扣件、高弹性垫板、保持足够厚度和肩宽的道床外,还应全面调查轨枕质量,更换破损轨枕,保证轨枕的强度。

(3)加强线路的重点地段,如桥梁、隧道和涵洞等结构物的横向抗失稳能力,保证足够的强度。长大下坡道地段提高轨枕数量,增加轨道纵向阻力,采用高标准道岔以增加道岔的横向抗失稳能力。

(4)在曲线半径小于 800m 的线路区段,适当增加轨距拉杆、安装地锚限位装置,以保证曲线线型。

(5)在轨道结构得到加强的同时,还应该提高对线路和轨道部件的检测和监测。

①加大小型探伤仪对钢轨的探伤力度,缩短探伤周期。对正线钢轨至少每个月进行 2~3 次钢轨探伤检查,掌控钢轨质量,并在适当时候添设大型探伤设备,以提高探伤精度和质量;

②对未上道的新钢轨进行超声波检测,保证钢轨的良好初始状态;

③对线路钢轨焊接接头,特别是现场焊接接头进行重点探伤和检测,保证接头的良好平顺状态,对曲线焊接接头可增加鼓包夹板以增加其强度;

④加强对扣件、轨下垫板、轨枕、道床的检测,及时发现扣件松动、垫板老化和失效、轨枕破损、空吊板、道床翻浆冒泥和板结等病害。特别是加强对圆曲线内、外轨及扣件、垫板和道床参数、两曲线间夹直线的钢轨和扣件的监测和养护;

⑤加强对桥梁、道岔、长大坡道、夹直线等重点地段结构物的检测和跟踪观测,确保其状态稳定;

⑥对轨道部件和轨道结构物的检测要有清晰记录。并形成长期的数据积累,保证检测的连贯性,为养护决策提供数据依据;

⑦车辆部门加强车辆车轮的探伤和修复,尽量减少车轮伤损。

(6)为适应万吨列车的运行,轨道养护维修作业方面也要进行相应改进,提高线路养护维修效率和质量。

①推行天窗时间进行“集中修”,提高线路维修的机械化水平;

②加强道床的清筛补砟,对所有进行扰动道床的作业,都采取振捣夯拍砟肩和道床边坡。保持道床有效宽度、厚度和边坡,提高道床横向阻力,从而保持道床的良好状态;

③加强轨面养护和修理力度,采取焊补、打磨等方法,减少钢轨掉块,缓解接头部位和焊缝部位的轮轨接触面的不平顺,保证钢轨轨面的良好外形。缓冲区接头安装减振鱼尾板,从而缓解线路整体强度的

恶化速度;

④加强焊接人员培训,提高焊接技术水平,降低钢轨伤损隐患,切实从源头减少断轨的发生;

⑤落实养护维修责任制。加强全员养护维修意识,量化养护维修标准,制定考核内容,建立检查记录。对重点地段、重点部位落实包保制度,加强监护。

此外,有效地实现万吨列车运行条件下轨道的养护维修,确保万吨列车运行安全和轨道状态稳定,就必须从轮轨相互作用的原理出发,了解轮轨动力作用的影响,这就必须加强对轨道结构和养护维修方面的研究。如:

a. 对钢轨材质、钢轨可焊性和钢轨轨头表面养护维修及手段方面的研究;

b. 对轨道质量和轨道部件匹配的研究,包括钢轨、扣件、垫板、轨枕、道床和路基系统的配合,路基、桥梁、隧道等的刚度匹配等。从而减轻万吨列车的动力作用,延缓轨道变形的积累;

c. 对轮轨关系及轮轨外形合理匹配的研究,确定最佳的轮轨接触关系。既延长了钢轨表面疲劳裂纹和磨耗伤损的发生时间,又能改善车辆的曲线通过能力,有效控制轮轨横向力对轨道的作用;

d. 对万吨列车动载作用到钢轨、扣件、轨枕和道床系统上的量化研究;

e. 对轨道检测、维修数据记录、统计的信息管理系统的研究,提高从轨道检测维修历史数据中总结规律的能力。

4 结论

通过万吨列车现场测试,掌握了万吨列车对轨道动态的影响程度。万吨列车对轨道的横向动力参数较正常编组列车有一定程度的增加,垂直动力参数由于车轮数量的增加也对轨道有大幅度的增加。这种对轨道的动态影响在上行重车线尤为明显,加速破坏了钢轨和轨道的横向稳定性,降低了轨道部件的寿命。

针对万吨列车对轨道横向稳定性的动态影响,从加强轨道结构、加强轨道检测和监测以及改进养护维修方法等方面提出了轨道管理措施。万吨列车的开行,对重载铁路是飞跃更是考验。只有从研究车辆-轨道动态作用的基础上,掌握车辆-轨道动态影响因素,才能更好地提高万吨列车运行条件下的轨道养护维修作业效率,实现重载列车的安全运营。

参考文献

- [1] 穆藩蒲. 试论重载铁路的线路技术[J]. 铁道标准设计, 1994(3): 9-11, 30.
- [2] Edward R Hamberger. North American Traffic Boom Spurs Rail R&D[J]. International Railway Journal, 2006.6: 29-31.
- [3] 蔡英, 黄时寿. 重载铁路的线路动力学测试及分析[J]. 西南交通大学学报, 1993(3): 92-98.
- [4] Makoto ISHIDA, Mitsunobu TAKIKAWA, Fusayoshi AOKI, Yasutomu SONE. Influence of Gauge Face Worn Profile and Lubrication on Vehicle/Track Interaction[J]. QR of RTRI, Vol.43 (3), 2002.9: 137-142.
- [5] 练松良, 孙琦, 王午生. 铁路曲线钢轨磨耗及其减缓措施[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001.

作者简介: 毕正玉 (1964-), 工程师, 现任朔黄铁路原平分公司副总工程师。

Analysis on the Dynamic Effect of 10,000t Heavy Haul Train on Track and Track Management Measures

Bi Zhengyu

(Shuohuang Railway Development Ltd. Co., Yuanping Branch Co., Yuanping, Shanxi, China, 034100, China)

Abstract: 10,000t train running on heavy haul railway can improve transportation capability but also can increase the damage to the track and its components. In this paper, the track dynamic effect by 10,000t train and normal formation train was analyzed. Test data indicate that the track transverse dynamic parameters by 10,000t train are larger than that of normal formation train especially in up direction on which loaded wagon are running. Among these, wheel/rail lateral force is increased by 10.7%~38.5%. Wheelset lateral force is increased by 1.4%~25.0%. Rail lateral displacement is increased by 13.5%~37.8%. And derailment coefficient is sensitive to the wheel defects. Then, track management measures were presented from the aspect of reinforcing track structure, improving track inspection and supervision, ameliorating maintenance methods and strengthening scientific research, in order to ensure the safety operation of 10,000t train.

Key words: Heavy haul railway; 10000t Train; Track Dynamic Effect; Track Management

(收稿日期: 2009-11-19 责任编辑: 杨静)

(上接第 71 页)

参考文献

- [1] 凌逸群. 中国道路沥青市场现状及发展[J]. 石油沥青, 2004, 18(1), 1-5.
- [2] 郑剑锋, 方精思. 改性沥青研究[J]. 公路与汽运, 2006, 1, 87-89.
- [3] 赵立民, 沈本贤, 刘馥英. 沥青改性研究(1)[J]. 石油炼制, 1989, 6, 60-63.
- [4] 刘然. 常用道路改性沥青的性能研究[J]. 山西建筑, 2006, 32(18), 162-164.
- [5] 曹祖光, 蔡明, 严军, 曹亚东. SBS 改性沥青储存稳定性影响因素的研究[J]. 中国市政工程, 2006, 4, 89-91.
- [6] 段文清. TLA 改性沥青配合比设计及路用研究[J]. 湘潭师范学院学报(自然科学版), 2006, 28(2), 105-108.

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 67 篇, 其中多篇论文获奖。

Study on Direct Coal Liquefaction Residue as Asphalt

Zhu Weiping

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

Abstract: In this paper, direct coal liquefaction residue was used as high grade paving asphalt modifier. The factors which affected the properties of the modified asphalt were studied in detail. The results showed that the preparation method, the residue addition amount and preparation temperature had great effect on the properties of the modified asphalt. By comparing with TLA modified asphalt, it was found that the residue addition amount was lower than TLA when the properties of the residue modified asphalt was close to the properties of TLA modified asphalt. It reveals the residue modified asphalt is economical.

Keywords: Direct coal liquefaction residue; Modified asphalt; TLA

(收稿日期: 2009-12-05 责任编辑: 蔡丽芳)

神木北站站改后能力分析及解决方案

张季双 王志忠

(中国神华能源股份有限公司神朔铁路分公司, 陕西 神木, 719316)

摘要: 由于神木北站是神朔线扩能站改整体工程的一部分,所以在神木北站站改结束而其它相应的扩能工程尚未完成时,受站场布局等因素的影响,在不改变行车组织方式的情况下,车站能力将受到一定的制约。本文客观的分析了神木北站站改后影响车站能力的主要因素,并有针对性的提出了相应的解决方案。

关键词: 神木北站 能力 分析 方案

中图分类号: TD75+2.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)06-0086-03

1 神木北站基本情况

神木北站是神朔铁路最大编组站,中心里程为神朔线 K34+006M,车站技术等级为二等站。主要办理列车编组、解体、技术检查、定检车辆扣修、机车换挂及各段管线车辆的取送等作业。车站咽喉能力 83 对,中转列车停留时间 1.8min。为不断适应神朔线远期两亿 t 运输生产任务的需要,由铁道部第三勘察设计院设计,对神木北站进行扩能站场改造。

2 神木北站扩能站改工程完成后能力的变化

神木北站扩能站改工程完成后,由于站场布局等因素的改变会带来车站能力的变化。

2.1 车站能力提高的因素

2.1.1 到发线能力的变化

站改后神木北站的到发线,虽然按编号排序仍然是 19 股道,但 1~11 道线路有效长均由既有的 1050m 延长至 1800m 以上,特别是 1、2、3、4、5、8、9、10 道,八股到发线均增加了中部腰岔,每股道既可以满足万吨列车组合、停留,又可以作为单独的两股到发线接发两列 5000t 的列车使用,也就是说,如果 1、2、3、4、5、8、9、10 道办理 500t 小列,可一分为二作为 16 股到发线使用。这样加上两股无腰岔的万吨线及 9 股 5000t 线,神木北站用于接发列车是线路共计增加至 27 股。

因此,在其他因素不变的情况下,到发线通过能力可增加为: $(27-19) \div 19 \times 100\% \approx 42\%$ 。

2.1.2 正线通过能力的变化

既有站场布局,由于正线不贯通,通过列车侧向通过进路道岔限速 45km/h,造成列车占用进路时间延长,制约了通过能力。

按照 2009 年列车运行图要求,神木北站日图定通过列车计 20 对。站改后正线拉通办理通过列车对咽喉的影响较站改前减少时间为:

南咽喉: $(13-5) \times 20 = 160(\text{min})$

北咽喉: $(9-3) \times 20 = 120(\text{min})$

2.2 影响车站能力的因素

2.2.1 到发线延长对车站能力的影响

站改完成后,1~11 道向上行方向延长平均延长 498m,增加了发车时列车出清接车线的走行距离和机车转线、甩挂车、车辆段取送等调车作业的走行距离,即增加了咽喉占用时间。

(1)调车作业占用咽喉时间对比(见表 1):

表 1 调车作业占用咽喉时间对比

项目	南咽喉				北咽喉			
	机车转线		取送站修	甩挂作业	取送段修	机车入库	机车出库	甩挂作业
	SS3 DF4	SS4B SS4 改						
站改前	6min	无影响	无影响	11min	14min	3min	无影响	13min
站改后	8min	影响 8-27 道 上行发车	影响 8-27 道 上行发车	13min	16min	5min	无影响	15min

(2)接发列车占用咽喉时间对比(见表 2):

表 2 接发列车占用咽喉时间对比

项目	南咽喉		北咽喉	
	接车	发车	接车	发车
站改前	13min	10min	9min	9min
站改后	13min	11min	9min	10min

(3)通过列车占用咽喉时间对比(见表 3):

表 3 通过列车占用咽喉时间对比表

项目	南咽喉	北咽喉
站改前	13min	9min
站改后	5min	3min

(4)车站占用咽喉有关作业量统计(见表 4):

表 4 车站占用咽喉有关作业量统计

项目	接发列车	车辆段取送	甩挂作业南	甩挂作业北	机车转线(南小)	机车入库(北大)
作业量	84对	2次	5批	4批	84次	84次

(5)到发线占用时间表(见表 5):

表 5 到发线占用时间表

作业项目	日均占用次数	总占用时间	平均每次占用时间
下行货物列车	84次	8232min	98min

(6)咽喉能力计算:

站改后车站作业对咽喉的影响较站改前增加时间:

南咽喉: $84+(2+5+84)\times 2=266(\text{min})$

北咽喉: $84+(4+84)\times 2=260(\text{min})$

2.2.2 站场布局对车站能力的影响

站改完成后,受站场布局限制,为减少列车进路相互交叉干扰,下行列车原则上应在 1~6 道办理。下行 1~6 道中,1 道为小运转机车走行线,6 道为下行正线,只有 4 股到发线办理列车到发、技检等作业,不能满足需要。

4 股道技检能力为: $1440\div 90\times 4=64(\text{列})$

不能满足需要。

2.2.3 下行列车接车延续进路对车站作业的影响

站改完成后,由于下行进站信号机外制动距离内为超过 6‰的下坡道,所以接入下行列车时,接车进路需向牵 3 线或下行正线延续。这样就会造成下行接车进路与下行发车进路、下行列车本务机车出入库调车进路的相互交叉,限制了下行咽喉能力。

2.2.4 上行方向进路重叠

站改完成后,由于拆除了上行方向机待线,这样上行本务机车出库由机走线转线挂头、站修所取送车辆、上行方向甩挂等调车作业进路相互交叉重叠,影响较大。

3 解决方案

(1)通过调整列车到达停车位置解决到发线延长对车站能力的影响。

为压缩列车由开放出站信号至整列出站占用到发线和咽喉时间,接入 5000t 小列时,可考虑使列车停于出站信号机前适当位置,以减少列车出站走行时间,提高咽喉及到发线能力。

(2)增加列车技检点,缓解车站下行列车技检压力
通过在神木北以北主要装车站增加技检作业,可大大缓解车站列车技检压力。神木北站封锁站改施工期间,在乌兰木伦、大柳塔、朱盖塔等站增加列车技检的作业调整方案,仍值得借鉴。

(3)调整下行列车接车线,减少下行列车接车延续进路与北咽喉作业的相互影响。

为便于列车技检,开行万吨列车前,下行列车在 G2 办理接发,可通过以下方法减少下行列车接车延续进路与北咽喉作业的相互影响:

① 北咽喉(延续进路)未占用时,以牵 4 线或正线为延续进路,直接接入 G2;

② 北咽喉(延续进路)因发车或调车作业占用时,接车以 G2 为延续进路暂接入 G1,再以调车方式(开放进路信号机调车信号)使列车运行至出站信号机前适当位置停车(以列检接车人员指定位置为准);

③ 北咽喉(延续进路)因发车或调车作业占用时,接车以 G2 为延续进路暂接入 G1,如在列车到达 G1 未停车北咽喉(延续进路)作业完毕腾空,车站值班员应立即补开进路信号机,使列车在 G2 适当位置停车;

(4)充分利用调车短进路,实现南咽喉调车与上行发车同时作业。

上行列车本务机车转线应利用牵 1 线进行,利用牵 1 线调车作业时,为减少调车作业对上行发车的影响,可按以下方法办理:

① 11~19 道间机车转线时,以 D43 信号机为阻拦,机车凭开放的 D49 信号机转入线路。11~19 间道机车转线时,8~10 道上行列车可同时发车;

② 调车场调车作业牵出时,车站值班员应准确掌握牵引调车车辆数、调车折返道岔至 D43 信号机间距离,如该区段长度满足调车作业需要,可按本条①办理。

4 结束语

神木北站站改是神朔线扩能整体工程的一部分,在朱盖塔等其它车站站改未完成前,单从神木北站能力考虑,在不改变既有行车组织方式的情况下,车站能力会受到一定的限制。为了减少神木北站站改后对运输的影响,应及时调整行车组织方案,充分

发挥神木北站的通过能力,最大限度的保证神木北以北的运输能力,确保年度运输任务的圆满完成。

作者简介: 张季双 (1966-),毕业于西南交通大学铁道运输专业,原神朔铁路分公司车务段总工程师,现任神朔铁路分公司车务段段长,撰写的学术论文多次在省、部级刊物发表。

Capability Analysis of Shenmu North Station after Reconstruction and Settlement Scheme Study

Zhang Jishuang Wang Zhizhong

(Shenshuo Branch Company of Shenhua Energy Co., Ltd., Shenmu Shaanxi, 719316, China)

Abstract: Shenmu North Station is part of entire Shenshuo railway expanding and reconstruction project. Its transportation capability will definitely be limited before completion of other parts. This article describes main factors that affect transportation capability of Shenmu North Station and suggests relevant solutions.

Key words: Shenmu North Station; Capability; Analysis; Proposal

(收稿日期: 2009-11-20 责任编辑: 马小军)

(上接第 38 页)

监督的全面性、严肃性,在具体的监督活动中,要保证高效优质的监督质量,不断更新、保证最新的监督依据和标准,确保量值传递的受控性和试验方法的标准化。这样才能适应不断变革的电力行业体制。

在目前的电力生产与监督活动中,由于电力改革形成的多种利益主体,缺乏行业内有力的统一协调,希望本文对帮助各方主体统一认识有所借鉴。

参考文献

- [1] DL/T1051-2007《电力技术监督导则》[S]. 北京:国家发展和改革委员会,2007.
- [2] 张勤等. 浅谈电力设备的全过程技术监督管理[J]. 华北电力技术, 1998,(10).

作者简介: 赵 军 (1968-),教授级高级工程师,1991年毕业于太原理工大学,现在神华国华电力研究院标准管理部工作。

Functions and Responsibilities of Each Principal Part of Technical Supervision System of Power Generation Companies

Zhao Jun

(1.Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116026; 2.Shenhua Guohua (Beijing) Power Institute Co., Ltd. Beijing, 100069, China)

Abstract: As a newly built unit, power generation companies bring problems to original power supervision system that never met before. With the principal part is changing, to ensure efficient technology supervision, safe and harmonious economy running, the responsibilities of each part in supervision system have to be identified. This article explained the author's opinion on the topic and suggests methods to technical supervision.

Key words: Technical supervision; Principal part; Passive part; Supervision system

(收稿日期: 2009-11-19 责任编辑: 杨 静)

取料机中心布缆方式优化技术方案研究

王 军 范家庆 陈光平

(神华天津煤炭码头有限公司, 天津 塘沽区, 300452)

摘 要: 本方案针对原有取料机布缆设计出现电缆因过度挤压磨损问题, 研究通过取料机机侧增加 I/O 分站、供电柜、变频柜来减少通过中心电缆拖链的数量, 并达到原取料机各项性能规定, 同时提高取料机运行的稳定性, 减少故障率和停机时间, 从而减少维修和备件成本。

关键词: 电缆拖链 I/O 站 供电柜 变频柜 拖链立柱

中图分类号: U653.922

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)06-0089-03

公司一期工程总承包方为中国华电工程(集团)有限公司, 工程设计年通过能力 3500 万 t 煤炭, 新建 15 万 t 级泊位 1 个、7 万 t 级泊位 2 个, 新建堆场 42.3 万 m³, 新建配套的装卸机械、供电、控制、除尘、洒水、消防等设备和相关的土建工程。6 台取料机位于神华煤炭码头堆场内。

在本工程中, 取料机机上的电缆在通过机械旋转关节时, 采用的转接装置为电缆拖链形式。在原设计的电缆拖链系统中, 拖链层数多、电缆数量大, 另外在安装过程中, 每层拖链槽架内布设的电缆过多过挤, 造成在取料机回转时, 拖链产生变形, 电缆与拖链侧边立柱及电缆之间经常出现挤压现象, 严重时甚至出现电缆断裂的情况, 使取料机系统不能正常作业。2007 年 10 月, 公司 R1-1 取料机出现由于电缆故障停机, 时间长达一周, 对公司的生产运营工作产生了重大影响, 造成此次故障停机的主要原因是由于中心电缆拖链立柱断裂, 磨损电缆造成电缆损伤, 导致高压跳闸。取料机回转机构内电缆磨损及托盘结构如下图 1 所示。



图 1 托盘结构及电缆磨损情况

针对上述发生的故障, 该公司对国内港口采用的各类取料机系统进行调查: 其中采用中心溜筒式布缆方式或通过悬挂电缆布线方式及中心电缆拖链

方式的取料机, 都不同程度的出现电缆挤压、磨损或电缆过多不易检修等现象, 使取料机系统运行一直存在不安全因素, 严重影响了港口作业生产的正常持续的进行, 此问题成为港口生产中的一大瓶颈。尤其该公司为新建港口, 设备要求的自动化水平高, 控制要求也随之提高, 相应电缆数量也较同型设备多, 因此故障率就会更大。取料机因此而产生的运行非正常与生产运量增加之间的矛盾也就逾显突出。为满足公司不断增长的生产任务需求, 减少电缆数量, 优化电缆布线方式, 降低由于电缆磨损造成的故障率, 进行取料机布缆方式优化研究势在必行。

1 技术思路与研究内容

(1) 采用分布式 I/O, 通过工业现场总线, 以不牺牲现有实时系统确定性进行远程扩展, 减少取料机走行部位以及相关受控设备的控制电缆。并提出以下现场情况及技术思路。

该公司取料机控制系统核心设备为 AB 公司的 LOGIX 5000 系列 PLC, CPU 为 1756-L61 的 LOGIX 5561, 并通过 ControlNet 网建立的工业现场总线, 与司机室触摸屏 PanelView Plus 1250、电量监测单元 PM3000 M4 等设备进行通讯。ControlNet 控制网具有时间的高确定性, 当应用于对时间有苛刻要求的应用场合的信息传输时, 网络的拓扑结构可采用总线型。

通过专用同轴电缆将系统 PLC 与新增的分布式 I/O 进行链接, 即可通过 ControlNet 网络, PLC 系统采集所有的现场 I/O 信号, 完成系统的逻辑控制。PLC 与新增的分布式 I/O 系统如下图 2 所示。

通过新增分布式 I/O, 可将行走驱动电机和风

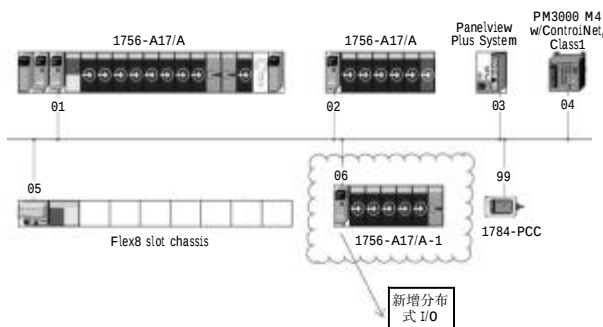


图 2 PLC 与新增的分布式 I/O 系统示意图

机、制动器、夹轨器以及相关限位信号控制电缆直接接入模块,减少通过中心拖链电缆数量。

(2)现有系统的供电电缆主要分为两类:普通设备 220V 交流供电电缆和行走变频供电电缆。

增设下部电气室,通过容量、负荷计算,由原电气室配电柜敷设一根相应规格的电缆向下部输送 380V 交流电,经过配电柜以及柜中断路器、接触器合理分配至夹轨器、控制和动力电缆卷筒、行走电机制动器和风机以及相关保护装置。可减少通过中心拖链的电缆。另可由原电气室变频柜敷设两组共 8 根变频电缆,接入下部电气室变频柜,再通过电机启动器分别接至 24 个行走电机,合计减少 16 根通过中心拖链的变频电缆。新增电气室变频柜示意如下图 3。

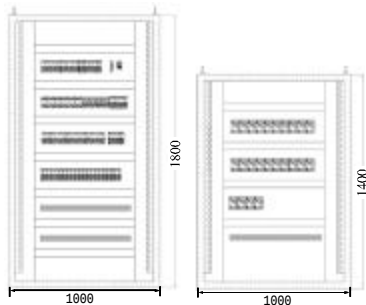


图 3 新增电气室变频柜示意图

(3)对中心拖链进行改造,通过对立柱材质以及连接方式的改善,减少对电缆的磨损。提出以下技术思路和研究要求。

原电缆拖链的电缆布线通道为封闭式槽架,如需要对电缆进行更换时,只能将相关电缆从头到尾完全抽取更换,非常不便于维护。根据斗轮机电缆托架的工作方式看,电缆托架是随着斗轮机的回转而同步回转运行,由于属于弧线运动,且受到电缆及托架的自身重力影响,电缆托架的上下连接锁片运动不完全同步,造成受力不均匀,使电缆托架根部出现水平力。

对竖杆焊接与螺栓连接进行了强度核算,结果如表 1 所示。从上表可以看出,焊接节点的截面抗剪面积是螺栓连接节点的 14 倍,焊接节点的抗弯惯性

表 1 竖杆焊接与螺栓连接的节点强度计算表

	截面抗剪面积 cm^2	抗弯惯性距 cm^3
焊接节点	7.2	8.64
螺栓连接节点	0.5	0.08

距是螺栓连接节点的 108 倍。焊接为刚性连接,与竖杆主体等强度,而螺栓连接则与竖杆主体力学特性相去甚远,节点设计不合理。

如果重新设计电缆拖链的边侧立柱,将其变为可单侧打开式。这样,只需打开相关的挡门,从旁边即可方便更换电缆,减少日常维护工作的劳动量。托架立柱布置如下图 4 所示。

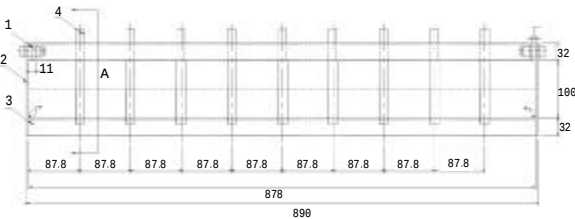


图 4 托架立柱布置示意图

由于中心拖链承受较大的电缆重量,连接方式的改变可能会导致受力强度的变化,为保证设备的正常使用,应进行中心拖链焊接节点、螺栓连接节点的设计合理性分析并进行合理的连接方式设计。进行电缆托架随斗轮机的回转而发生的运行及受力状态分析,并进行合理设计。另外,拖链的立柱原材质是正四棱柱型铸铁,若立柱采用不锈钢材质,可将电缆在弯曲过程中的磨损降低到最小程度。

(4)采用适用于连接移动电器的 CEF R/DA(SA) (乙丙绝缘氯丁护套船用电力软电缆),以适应拖链往复运动工况。

2 技术要求与性能指标

(1)通过增设 PLC 分布式 I/O 和下部电气室等方式改变原有电缆拖链形式的布缆方式。通过拖链的电缆数目由目前的 210 根减少至 60 根左右。

(2)增设 PLC 系统的技术性能要求和系统实现功能得到明显改进。

① 通过细致的设计,使改造方案中的控制设备、计算机设备及其它附属控制设备的规格品种相容,技术参数匹配,增强系统的可靠性。

② 在设计和选择控制系统电气设备时,充分考虑其安全性、可靠性、经济性和先进性以及安装、使用和维护的方便。

③ 要求采用的产品具有足够的先进性。产品不仅要满足本规格书中所阐明的要求,还充分考虑由于技术发展的原因而使产品的更新,卖方所提供的产品是目前先进的,并经过实际检验的产品。

④ 设备满足和符合沿海港口环境要求和使用条件。所有机侧控制箱,现场检测装置及其它户外装置均按多尘和盐雾腐蚀的场所选用。防尘、防盐雾并适用于各种气候条件。防护等级为 IP65 标准要求。

⑤ 各 PLC、计算机及网络系统具有故障诊断功能。

⑥ 供方提供的设计方案中控制系统内 PLC 型号应与需原控制系统相配套,I/O 模块留有所需 I/O 数量 20% 的余量,并与控制器之间采用光电隔离。

⑦ 所有控制电缆均采用铜芯电缆,电缆敷设已考虑控制电缆的抗干扰。

⑧ 使用的标准和规范。所有的电气控制设备、部件和材料的设计、制造,遵循的标准:IEC——国际电工委员会标准;GB——中华人民共和国国家标准。如果用国外的有关标准,则不应低于上述标准。

(3) 增设电气室设备列表、技术性能要求及实现功能。

① 供电系统的能力需满足供方所提供技术方案中所有用电设备、预留电量及备用电量的要求。并且供方所选系统及设备能保证供电的可靠性。

② 系统的设计和电气设备的选型技术先进、运行安全可靠、经济合理、电能损耗低,且便于维修。

③ 供电线路所采用电缆及电线均为铜芯。

④ 使用的标准和规范。所有选用的电气设备、电缆、元器件和材料的设计、制造、检查、试验、验收,遵守的标准:IEC——国际电工技术委员会标准;GB——中华人民共和国国家标准。

⑤ 考虑到本工程的电气设备工作环境存在着盐雾、潮湿等较严重的污秽条件,对于额定工作电压为 0.4kV 的电气设备其绝缘耐压水平应有所提高。

⑥ 电压偏移、电压损失、电压波动允许值:

a. 电压偏移允许值(以额定电压的百分数表示):

电动机:±5%。照明灯:在一般工作场所为±5%。在视觉要求较高的室内场所为+5%~-2.5%。其它用电设备:±5%。

b. 电压损失允许值:改造后的电气线路除满足上述电压偏移值外,还要满足要求:从取料机电气室低压母线到改造后各低压用电设备(电动机、维修电源箱等)端的线路电压损失,在正常情况下和额定负荷时,不超过用电设备额定电压的 5%。

c. 电压波动允许值:电动机在全压启动时,其端子电压不低于额定电压的 90%。

(4) 改变中心拖链构造,使之结构和材料合理,运转灵活,不损坏电缆。

对设计方案的结构强度进行校核。按照不利工况考虑,水平力以电缆托架及电缆自重的 10% 考虑,将产生 45kg 水平力,则两种连接节点的强度计算为:

$$\text{焊接节点: } \sigma = \frac{F \times L}{W} = \frac{45 \times 9.8 \times 890}{8.64 \times 10^3} = 48 \text{ MPa}$$

$$\text{螺栓连接节点: } \sigma = \frac{F \times L}{W} = \frac{45 \times 9.8 \times 890}{0.08 \times 10^3} = 4906 \text{ MPa}$$

由此可以判断,即使不减少电缆数量,新的连接方式也满足设备正常运转的要求。

3 结束语

按照这一技术方案已经进行 3 台设备的改造。优化改造后的取料机系统不低于原有系统的取料能力,能够保证取料机正常回转作业且达到最大工作效率,且未出现电缆磨损、拖链运转吃力现场。设备满足生产任务对取料机的正常运行的要求,延长了电缆寿命,节省了维修成本。

作者简介:王军(1978-),工程师,毕业于北京大学,现任神华天津煤码头有限责任公司设备物资部经理。

Research of Optimized Wiring Technological Scheme on Center of Material Taking Machine

Wang Jun Fan Jiaqing Chen Guangping

(Shenhua Tianjin Coal Dock Co., Ltd. Tanggu District, Tianjin 300452, China)

Abstract: The scheme aims at abrasion due to over extrusion of cables in original material taking machine, suggests more I/O branch stations, power supply cabinets and frequency conversion cabinets add to the side of material taking machine to reduce towlines, maintain specified characteristics of original material taking machine and improve its stability, thus failure rate and stop time decreased, cost of repair and spare components lowered.

Key words: Cable towline; I/O station; Power supply cabinet; Frequency conversion cabinet; Towline upright

(收稿日期: 2009-12-01 责任编辑: 马小军)

2009年度《神华科技》总目录

◆ 管理论坛

1. 重大技术装备本土化研制模式的探索与实践 顾大钊 (2009.1)
2. 中国神华以风险管理为导向的内部控制体系 李国忠 (2009.1)
3. 神华基于资源整合的技术创新模式研究 凌文 (2009.2)
4. 神华集团节能减排的特点及应把握的原则 顾大钊 (2009.2)
5. 煤矿监控关键科学技术问题 孙继平 (2009.3)
6. 从神华煤质看煤低温催化气化的战略选择 陈鹏 (2009.3)

◆ 煤炭

1. 神东矿区高产高效矿井建设技术 翟桂武 (2009.1)
2. 黑岱沟露天矿西排土场增高边坡稳定性分析 郭昭华 (2009.1)
3. 高瓦斯矿井特大型火区抑爆技术研究及应用 章永久 王德明 (2009.1)
4. 胜利露天煤矿边坡滑坡治理方法研究 王启瑞 (2009.1)
5. 神东矿区 1.5~2.0m 煤层自动化开采技术方案研究 杨景才 王继生 李全生 (2009.2)
6. 褐煤提质技术现状及我国褐煤提质技术发展趋势初探 邵俊杰 (2009.2)
7. 露天采矿机在胜利一号露天矿的应用研究 王启瑞 (2009.2)
8. 复杂地质条件下急斜特厚煤层巷道松动圈监测分析 张子飞 柴鑫 (2009.2)
9. 大型综采设备绿色维修的实践 王铁军 罗宇 (2009.2)
10. 神东矿区 1.5~2.0m 煤层自动化开采关键技术研究与实践 杨景才 王继生 李全生 (2009.3)
11. 急斜煤层高阶阶段综放开采扰动区内“固-液-气”耦合效应研究与应用 王宁波 漆涛 蒋东辉等 (2009.3)
12. 加大综采工作面几何参数对大采高支护设备发展新要求初探 赵宏珠 戴秋梁 (2009.3)
13. 破碎围岩环境下基于声发射的大采高工作面矿压显现研究 胥海东 范公勤 王金平 (2009.3)
14. 清水营煤矿大倾角煤层首采工作面开采工艺研究 张建华 (2009.3)
15. 神华高产高效矿井防灭火关键技术研究及应用 尤文顺 (2009.4)
16. 煤矿投资建设项目后评价机制的研究与实践 万学锋 (2009.4)
17. 综采支架工作阻力确定方法综述 郝宪杰 许家林 (2009.4)
18. 高精度遥感在地下煤火探测中的应用研究 相亚玲 管海晏 (2009.4)
19. 神东矿区大采高综采工作面过空巷期间的岩层控制研究 周海丰 (2009.4)
20. 不稳定围岩条件下大断面硐室掘进和支护的技术探讨 郭永红 吴福贵 宋连喜 (2009.4)
21. 保德煤矿采空区瓦斯抽放试验研究 贺安民 周成军 (2009.4)
22. 神经网络法分析煤层瓦斯含量的影响因素 常全林 (2009.4)

23. 加快构建基本建设本质安全管理体系全面提升建设工程安全保障能力 赵 林 (2009.4)
24. 浅谈建筑工程项目的材料管理 李自宁 (2009.4)
25. 清水营煤矿 600m 疏降水法凿井技术研究 张建华 蔡晓芒 张世库 (2009.4)
26. 煤矿机电设备系统性维修方式分析 陈 玉 (2009.4)
27. 395B 电铲斗杆断裂分析及修复工艺 董 新 (2009.4)
28. 倾斜煤层千万吨矿井建设关键技术探讨 王金平 侯树宏 (2009.5)
29. 乌达煤田 18# 火区综合探测研究 周正武 马建伟 孔 冰等 (2009.5)
30. 浅析煤矿综采工作面强制放顶时应注意的几个问题 王金国 (2009.5)
31. 综采工作面边扩帮边安装法在清水营煤矿的应用 张忠凝 马兴华 (2009.5)
32. 黑岱沟露天煤矿综合开采工艺合理性探讨 刘万荣 宋富国 (2009.5)
33. 千米定向大直径长距离钻孔的实践与应用 周廷扬 马自明 (2009.5)
34. 高位抽放巷瓦斯抽放技术在乌兰矿的应用 刘明星 (2009.5)
35. 浅谈人工挖孔桩施工技术的应用 李自宁 (2009.5)
36. 半煤岩巷道破坏形式与锚杆支护参数研究 肖向宏 徐峰山 (2009.5)
37. 神华煤自燃特性与防治的实验室研究 谷红伟 (2009.6)
38. 注浆堵水工艺在石槽村煤矿主、风井施工中的探索与应用 孟 超 王 虎 (2009.6)
39. 超前钻孔卸压爆破技术释放巷道围岩应力试验研究 王立峰 (2009.6)
40. CST 在带式输送机上的实用及分析 张永强 (2009.6)
41. 高瓦斯厚煤层二分层综采工作面外围火区下安全开采的对策 田文华 (2009.6)
42. 西门子 SIBAS 32 自动控制系统在 495HD 型电铲上的应用分析 张华明 (2009.6)
43. 企业流动资金紧张的内部原因及其对策 张冰华 (2009.6)
44. 锚杆(索)支护技术在三软煤层掘进中的应用杨会宁 王建杰 (2009.6)
45. 关于煤炭井巷工程造价控制过程中的几点意见 余晓梅 (2009.6)

◆ 电 力

1. 神华煤安全洁净高效燃用技术研究及应用 王品刚 顾大钊 宋畅 谢建文 (2009.1)
2. 低温多效海水淡化与水电联产技术的应用探索 陈寅彪 张建丽 (2009.1)
3. 600MW 超临界锅炉炉内分级送风比例对高温受热面热偏差影响的研究 谢建文 黄启龙 杨红权 范卫东 (2009.1)
4. 烟气脱硫工程吸收塔结构强度有限元分析 田君丽 霍红瑶 (2009.1)
5. 特大型风力发电机组技术现状与发展趋势 施跃文 高 辉 陈 钟 (2009.2)
6. 国产 600MW 机组循环效率试验及性能优化分析 杜劲松 李 强 包劲松 (2009.2)
7. 国华盘电俄制 500MW 超临界锅炉低 NO_x 燃烧调整 刘应文 高武军 (2009.2)
8. 超超临界机组凝结水泵变频调节方案经济性分析 刘颖华 石 英 (2009.2)
9. 600MW 超临界机组锅炉高温受热面氧化皮集中剥落原因分析及防治措施 杨红权 (2009.3)
10. 国华台电主变直流偏磁分析与治理 李占元 赵 伟 丁 键等 (2009.3)

11. 凝结水泵变频设置方案研究 王朝辉 (2009.3)
12. 煤制油油灰渣在 CFB 锅炉燃烧试验研究 刘福荣 李东鹏 高洪培 (2009.3)
13. S209FA 燃气-蒸汽联合循环“二拖一”机组的并汽和解炉 陈元锁 王建伟 (2009.3)
14. 600MW 机组再热器排空管座开裂原因分析与治理 赵慧传 梁 军 高 鹏 (2009.4)
15. 600MW 发电机出口 PT 故障技术分析及解决方案 肖华宾 (2009.4)
16. 交流润滑油泵振动超标原因分析及处理 邱建新 (2009.4)
17. 排烟冷却塔筒壁预留烟道孔洞技术在三河电厂的应用 孟庆高 (2009.4)
18. 300MW 发电机组的焊接质量问题及对基建金属监督工作的几点建议 朱志华 (2009.4)
19. 国华台电 500kV 主变高压套管爆炸分析 彭 桥 (2009.4)
20. 宁海电厂百万机组塔式炉化学清洗的创新 胡迪远 刘期飞 (2009.4)
21. 我国风力发电度电成本的分析与预测研究 解建宁 高 辉 韩仁德 (2009.5)
22. 宁海电厂二期 1000MW 机组锅炉低负荷燃烧特性 朱 峰 (2009.5)
23. 密孔板冷渣器在 DG480T/hCFB 锅炉上的运行分析 侯万林 (2009.5)
24. 300MW 汽轮机通流部分改造分析 段永成 (2009.5)
25. 超(超)临界机组金属材料应用技术探讨 梁 军 (2009.5)
26. SSR-DS 装置抑制次同步谐振与 TSR 保护配合的数模仿真试验研究
杨文超 尤建生 李 鹏等 (2009.5)
27. 水冷壁裂纹泄漏原因分析及处理 马永仁 李振忠 (2009.6)
28. 火电厂脱硫石膏及其综合利用 王小飞 刘 伦 马鹏军 阮艳军 (2009.6)
29. 局域网安全技术发电企业中的应用 张喜荣 (2009.6)
30. 电厂 DCS 系统接地可靠性的探讨 冀树春 (2009.6)
31. 超临界 600MW 机组主机轴系振动研究 李国功 程辉科 王中权 王福玉 (2009.6)
32. 论发电企业技术监督体系中各主体的地位和责任 赵 军 (2009.6)

◆ 运 输

1. 朔黄重载铁路建设与运营技术 李晓建 尹成斐 唐永康 (2009.1)
2. 黄骅港外航道整治工程及航道骤淤防治技术 曾 宜 (2009.1)
3. 神朔铁路 SS4B 机车无线重联系统技术研究薛继连 胡继代 南 杰 郭尽朝 荣 林 王飞宽 (2009.1)
4. 大秦铁路重载运输发展对朔黄铁路的启示 李晓建 (2009.2)
5. 神华集团铁路运输信息化建设研究 李 巍 杨 锐 (2009.2)
6. 朔黄铁路运输综合(仿真)培训系统的研究与探讨 陈海滨 张智善 王建华 (2009.2)
7. 神华天津煤炭码头二期工程封闭筒仓成套技术方案研究 马 兰 (2009.3)
8. 框架单元板式无碴轨道结构静力研究 曹 利 (2009.3)
9. 多用途翻车机系统研究董传博 李靖宇 李长安 (2009.3)
10. 重载铁路涵洞加固工程实例 何宝华 (2009.4)

11. 浅谈大准铁路科技发展之路 赵英光 呼 泉 (2009.4)
12. 运用 TQM 管理方法控制沥青混凝土面层的施工质量 黄金彪 (2009.4)
13. 神朔铁路后张梁封端混凝土渗漏治理 卢 军 张 青 黄 鹏 (2009.4)
14. 包神电气化铁路牵引供电接触网智能动态检测系统应用研究 安 鹏 (2009.5)
15. 万吨级重载列车制动性能静置试验分析 王飞宽 (2009.5)
16. 装船机滚筒轴承温度无线检测系统 范家庆 陈光平 饶海亮 (2009.6)
17. 万吨重载列车对轨道动态影响及轨道管理措施分析 毕正玉 (2009.6)
18. 神木北站站改后能力分析及解决方案研究 张季双 王志忠 (2009.6)
19. 取料机中心布缆方式优化技术方案研究 王 军 范家庆 陈光平 (2009.6)

◆ 煤制油与煤化工

1. 煤炭直接液化油品加氢稳定和加氢改质的试验研究 吴秀章 石玉林 马 辉 (2009.1)
2. 神华煤直接液化工艺开发历程及其意义 舒歌平 (2009.1)
3. 浆液外循环过滤分离费托合成浆态床反应器研究开发 石玉林 门卓武 卜亿峰 (2009.1)
4. EMC 模式及其在节能减排事业中的推广应用 张永桂 (2009.1)
5. 神东煤炭分公司节能减排技术研究与应用 赵永峰 (2009.1)
6. 煤化工过程中的 CO₂ 排放及 CCS 技术的研究现状分析 任相坤 崔永君 步学朋 张翠清 (2009.2)
7. 煤直接液化反应动力学模型研究 郭 治 王 勇 艾 军 (2009.2)
8. 沉淀铁基催化剂助剂对费托反应性能影响的研究 吕毅军 石玉林 宁文生 吕德义 (2009.2)
9. 煤直接液化催化剂专利信息分析 张晓煜 袁 明 (2009.3)
10. 甲醇制烯烃研究进展 朱伟平 薛云鹏 李 艺等 (2009.3)
11. 新型工业煤粉锅炉关键技术及节能效果分析 仝胜录 王晓雷 霍卫东 (2009.3)
12. 低温甲醇洗技术在神华煤制氢装置中的应用 常彬杰 (2009.3)
13. 煤制油产业环境影响分析 雷少成 张继明 (2009.3)
14. 我国煤基甲醇产业的技术进展及发展前景分析 张明辉 夏俊兵 (2009.4)
15. 煤炭气化技术对煤质的选择及适应性分析 步学朋 任相坤 崔永君 (2009.5)
16. 从神宁集团煤基烯烃项目采购实例谈煤化工项目物资采购管理 姚 洁 (2009.5)
17. 提高十六烷值技术在煤直接液化油加氢改质装置的首次工业应用 郭贵贵 陈茂山 苟荣恒 (2009.5)
18. 煤基费托合成催化剂活性组分的选择 门卓武 林 泉 吕毅军 (2009.5)
19. 加氢精制催化剂用于煤直接液化油品加氢稳定的研究 吴秀章 朱豫飞 石玉林 舒歌平 (2009.6)
20. 煤与石油重油共处理协同效应的初步分析 李 丽 李克健 吴秀章 (2009.6)
21. 煤直接液化残渣改性沥青的研究 朱伟平 (2009.6)
22. 反应器内增刚聚丙烯的研究进展 王兰君 (2009.6)

◆ 节能减排

1. 600MW 火电机组湿法烟气脱硫系统 GGH 堵灰治理 刘 毅 张 千 (2009.2)
2. 神朔铁路污水的资源化利用技术研究 郝小平 郭尽朝 彭 友 李红利 (2009.2)
3. 英国节能减排政策及其启示 刘宇光 (2009.3)
4. 链条锅炉控制系统的开发及节能效果分析 麻 林 (2009.3)
5. 包神铁路公司节能减排思路和模式的探索与实践 李 巍 (2009.4)
6. 变频调速控制系统在布尔台矿井主通风机的应用 牛云鹏 (2009.4)
7. 我国生态补偿机制有关问题的研究及思考 毛亚林 (2009.5)
8. 变频调速技术在带式输送机中的节能应用研究 韩 力 (2009.5)

◆ 科技动态

- 神华集团筹建北京低碳能源研究所 (2009.1)
- 神华煤制油百万吨级示范工程试车成功 (2009.1)
- “一种煤炭直接液化的方法”专利简介 (2009.1)
- 神华集团 2008 年专利技术介绍 (2009.1)
- 神华集团 2008 年取得的科技成果 (2009.1)
- 神华集团牵头组建“煤炭开发利用技术创新战略联盟” (2009.1)
- 神华集团与上海市开展战略合作 (2009.1)
- 神华集团与中国航天科技集团开展战略合作 (2009.1)
- 神华推广应用“加长工作面高强度开采技术”效益显著 (2009.2)
- 神东煤炭分公司推广应用“6.3 米超大采高液压支架”成绩斐然 (2009.2)
- 《煤矿安全生产风险预控体系及控制技术》项目通过中国煤炭工业协会组织的专家鉴定 (2009.2)
- 中国煤炭学会与神华集团联合组织召开中厚较薄煤层综合自动化工作面开采技术高层研讨会 (2009.3)
- 《煤矿安全生产风险预控体系及控制技术》项目通过中国煤炭工业协会北京组织的专家鉴定 (2009.3)
- 神东合理煤柱宽度优化与支护技术经济效益显著 (2009.3)
- 保德神东发电公司 2# 机组风机节能改造(EMC)项目通过验收 (2009.4)
- 未来科技城暨北京低碳清洁能源研究所奠基典礼在北京隆重举行 (2009.4)
- 中国神华煤制油化工公司两项课题列入国家 863 计划 (2009.5)
- 神华集团科技发展部组织召开科研项目论证会 (2009.5)
- 2009 年度《神华科技》总目录 (2009.6)
- 科技部党组书记李学勇考察神东矿区 (2009.6)
- 中美清洁能源合作签字仪式举行 (2009.6)
- 神华集团获 2009 年煤炭行业表彰大会多项大奖 (2009.6)
- 神华集团入选产学研合作创新示范基地并获产学研合作创新奖 (2009.6)
- 神华乌海能源公司四个神华科技创新项目通过验收 (2009.6)