

ISSN 1672-3880
CN64-1052/TD



神華科技

SHEN HUA SCIENCE AND TECHNOLOGY



神華科技

神華集團有限責任公司·中國神華能源股份有限公司 主管

2009.5 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：CN64-1052/TD



Shenhuagroup

神華集團有限責任公司·中國神華能源股份有限公司 / 主管

2009. **5** 第7卷

www.shenhuagroup.com.cn

《神华科技》编辑委员会

主任：张喜武

副主任：张玉卓 凌文 彭苏萍 曹湘洪
蒋洪德 王梦恕

委员：张喜武 张玉卓 凌文 彭苏萍
曹湘洪 蒋洪德 王梦恕 韩建国
王晓林 李东 孙文健 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

神华科技

SHEN HUA SCIENCE AND
TECHNOLOGY

2009 年第 5 期

第 7 卷(总第 31 期) 双月刊

国内外公开发行

总 编: 杨景才
副 总 编: 顾大钊 许百川
主 编: 李全生 俞太银
执行副主编: 杨惠民
编辑部主任: 张学文
责任编辑: 杨 静 杨志平
贺焯真 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 10 月 25 日

刊 号: $\frac{\text{ISSN } 1672-3880}{\text{CN64-1052/TD}}$

目 次

煤 炭

- 倾斜煤层千万吨矿井建设关键技术探讨 王金平 侯树宏(3)
乌达煤田 18# 火区综合探测研究 周正武 马建伟 孔冰等(8)
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(14)
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(18)
黑岱沟露天煤矿综合开采工艺合理性探讨 刘万荣 宋富国(22)
千米定向大直径长距离钻孔的实践与应用 周廷扬 马自明(25)
高位抽放巷瓦斯抽放技术在乌兰矿的应用 刘明星(28)
浅谈人工挖孔桩施工技术的应用 李自宁(32)
半煤岩巷道破坏形式与锚杆支护参数研究 肖向宏 徐峰山(35)

电 力

- 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(39)
宁海电厂二期 1000MW 机组锅炉低负荷燃烧特性 朱 峰(43)
密孔板冷渣器在 DG480T/hCFB 锅炉上的运行分析 侯万林(47)
300MW 汽轮机通流部分改造分析 段永成(50)
超(超)临界机组金属材料应用技术探讨 梁 军(53)
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(57)

运 输

- 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(63)
万吨级重载列车制动性能静置试验分析 王飞宽(68)

煤制油与煤化工

- 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(73)
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(78)
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(82)
煤基费托合成催化剂活性组分的选择 门卓武 林 泉 吕毅军(85)

节能减排

- 我国生态补偿机制有关问题的研究及思考 毛亚林(88)
变频调速技术在带式输送机中的节能应用研究 韩 力(94)

科技动态

- 中国神华煤制油化工公司两项课题列入国家 863 计划 (56)
神华集团科技发展部组织召开科研项目论证会 (93)

CONTENTS

Coal

- The discussion on the key technology of the construction of ten-million-ton mine of the tilting coal seam
Wang Jinping Hou Shuhong(3)
- Study on integrated detecting on the 18th coal fire zone of Wuda Coalfield
Zhou Zhengwu Ma Jianwei Kong Bing Zhang Guorong Long Xuesong (8)
- Brief analysis of the issues needing to be paid attention when forced caving of full-mechanized mining face of coal mine
Wang Jinguo(14)
- The application study of the methods of broadening and installing of fully-mechanized mining face
Zhang Zhongning Ma Xinhua(18)
- The discussion on the rationality of the technique of fully mining of Heidaigou opencast coal mine
Liu Wanrong Song Fuguo(22)
- The practice and application of kilometer-orientated large diameter and long-distance drilling
Zhou Tingyang Ma Ziming(25)
- The application of gas drainage technology in high Level drainage roadway in the Wulan Mine
Liu Mingxing(28)
- A brief talk of the application of manual hole digging pile construction technology
Li Zining(32)
- The study on the failure form of soft rock roadway and bolt support parameter
Xiao Xianghong Xu Fengshan(35)

Electric Power

- The analysis and forecast study on the cost per kilowatt hour of the electricity generated by WTGS of the windmill
in our country
Xie Jianning Gao Hui Han Rende(39)
- The Characteristics of Combustion in the Boiler of a Ningdian 1000MW Unit Phase II
Zhu Feng(43)
- The analysis of the running of cooling equipment porous plate in the boiler of DG480T/h CFB
Hou Wanlin(47)
- Retrofit about Flow Path of 300MW Unit
Duan Yongcheng(50)
- Study of the application technology of the metal materials of ultra supercritical unit
Liang Jun(53)
- The research on the SSR-DS and the digital-to-analog emulation coordinating with TSR protection
Yang Wenchao You Jiansheng Song Chang Zhuo Hua Zhang Yanliang Gu Qiang Lin Jingtao (57)

Transportation

- The application study of smart dynamic inspection system of electric railway traction power supply contact net
of Baoshen railway
An Peng(63)
- The analysis of the standing experiment of brake performance of ten thousand ton heavy-duty train
Wang Feikuan(68)

Coal Oil and Coal Chemical Industry

- The analysis of coal gasification technology on the selection and analysis of coal quality
Bu Xuepeng Ren Xiangkun Cui Yongjun(73)
- Discussion on the material procurement management of coal chemical industry project from the example of
the procurement of coal-base alkene project of Shenhua Ningxia Coal Group
Yao Jie(78)
- Improve the first industrial applications of the cetane number technology in the hydro-upgrading device of direct
coal liquefaction effluent
Guo Guigui Chen Maoshan Gou Rongheng(82)
- The selection of the cobalt catalysts for Fischer-Tropsch synthesis
Men Zhuowu Lin Quan Lu Yijun(85)

Energy-saving and Emission Reduction

- Study and thought on the related issues of our ecological compensation
Mao Yalin(88)
- The application and study of the energy-saving of the technology of frequency conversion-based speed regulation in
the belt conveyor
Han Li(94)

Technology Dynamics

- Two issues of Shenhua Coal-oil Chemical Company of China have been listed into the national 863 plan
(56)
- The Science and Technology Development Department of the group organizes and holds the discussion of the
scientific research project
(93)

求。在原设计的基础上,羊场湾煤矿提出单翼开采的新思路,在+1058m水平以下,沿2#煤等高线布置三条北翼大巷,沿东翼井田边界附近布置3条下山(辅运下山、运输下山、回风下山),使工作面长度增加至3300~3800m。生产系统改造后,工作面供电、运输系统集中、工作面搬家次数减少了一半、通风系统相对简单,为倾斜煤层千万吨矿井建设奠定了基础。工作面单翼布置如图2所示。

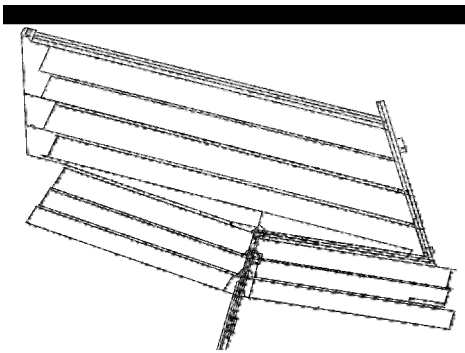


图2 工作面布置由两翼变为单翼布置图

1.2 提高单产水平,实现大采高开采工艺

传统的特厚煤层井工开采工艺为分层开采和综放开采,由于分层开采巷道万吨掘进率高,工作面形成人工假顶的时间长,同时下分层开采时顶板的控制相当困难,回采过程中架前漏顶、采空区积水等不安全因素多,制约了安全高效矿井建设与发展;综放开采由于煤炭回收率低,推进速度慢,采空区留有大量遗煤,易发生煤层自燃发火,对安全高效矿井建设有一定的影响。为了提高矿井回采率,亟需改革开采工艺方法及技术,寻求适合该煤层条件的一次采全高开采技术。目前大采高一次采全厚井工开采在5.0m以下煤层中应用较多,但6.0m及以上一次全厚开采在国内外应用较少。羊场湾煤矿建成大采高工作面之前,国内已建成的6.0m以上的大采高综采工作面只有晋城寺河煤矿和神东矿区上湾煤矿,采高均为6.0m,但是,寺河煤矿和上湾煤矿煤层倾角一般5°左右,属于近水平煤层,赋存稳定、地质与地应力条件简单,不存在支架倾倒下滑、片帮漏顶、采煤机失稳、刮板输送机下滑以及防灭火等技术难题。

羊场湾煤矿大采高工作面赋存条件是目前国内外大采高开采领域最复杂的,煤层倾角15°~20°,走向起伏8°~12°,节理裂隙发育,地应力复杂,片帮漏顶严重,煤层易自燃。支架倾倒、刮板机上窜下滑、在

这样条件下,实现6.2m大采高安全高产高效开采是世界性难题。2006年神华集团和科研院所开展了联合攻关研究,成功地在羊场湾煤矿110206工作面进行了6.2m大采高开采技术研究,并获得成功。该工作面煤层厚度6.30m(不包括底部0.5m的夹矸,煤层结构详见综合柱状图),采高达到了6.20m,最高日进度15.57m,最高日产3.7万t,月产突破86万t。具备了单面1000万t的年生产能力。工作面综合回收率达到了93.5%,与综放开采相比提高了13.5%(综放工作面综合回收率在80%左右),提高了资源回收率,为企业创造了经济效益。羊场湾煤矿大采高工作面装备见表1。

表1 110206大采高工作面装备

序号	名称	型号	数量
1	采煤机	7LS7	1
2	刮板输送机	AFC 3×855	1
3	转载机	AFC 525	1
4	破碎机	38mm Mid-band china	1
5	基本支架	ZY10000/28/62D	185
6	过渡支架	ZYG10000/26/55D	6
7	端头支架	ZYT10000/26/55D	7
8	带式输送机	DSJ1400/5×630	1
9	乳化液泵	S375	4
10	喷雾泵	S300	3

1.3 快速掘进技术

1.3.1 岩巷快速掘进技术

倾斜煤层条件下,胶轮车斜井只能穿层布置,胶轮斜井设计坡度5.5°,无法实现沿煤层掘进。针对22.5m²的大断面岩巷掘进,施工队采取多台风钻平行打眼、深孔爆破、装载机装渣、胶轮车运渣掘进工艺,平均月进度达到了200m,最高月进度最高达到了260m,为矿井快速建设提供了保证。大断面巷道采用锚网喷支护技术,掘支平行作业。工序的优化,降低了循环作业时间,有效提高了掘进进度。地坪施工由混凝土泵直接将混凝土由地面输入井下,极大地提高了施工进度,为快速成巷提供了保证。

1.3.2 煤巷快速掘进技术

大功率、高可靠性、高自动化程度采煤装备的使用,使工作面单产不断提高、推进度不断加快。走向距离长、年生产能力在几百万吨的工作面不断出现,国内已出现了千万吨综采工作面。工作面推进速度的不断加快,造成矿井采掘关系失衡、接续紧张的现

状更加突出。如何提高现有煤巷掘进速度、协调采掘矛盾对建设安全高效矿井具有重要的现实意义,也是煤矿生产者长期以来追求的目标。

羊场湾煤矿审时度势,先后引进连采机掘进作业线、掘锚机作业线探索煤巷快速掘进工艺,同时在施工工艺、掘进机组引进上狠下功夫。综掘作业线一度创造出单进水平 918m 的好成绩。引进的 ABM-20 掘锚机组,初步实现了掘锚一体化,在大断面煤巷施工中单进水平最高达到了 700m,保证了工作面正常接续。通常情况下,掘锚机组作业线和综掘机作业线每循环作业进度为 0.9m,在顶板条件允许的情况下合理加大循环进度,由 0.9m 增加为 1.8m,在有限作业时间内增加循环进度,有效提高掘进速度。

1.4 大断面巷道支护技术

大型装备的应用,对巷道断面要求高。工作面切眼、巷道交岔点、十字相交点相继成为支护的薄弱环节。针对大断面巷道支护难题,羊场湾煤矿不断改进支护技术,目前“锚—梁—网—桁架”联合支护技术在实践中应用成熟。以 120202 切眼支护方式为例(图 3),巷道毛高 4.3m,巷道宽 10.6m,巷道断面巷帮

部采用 $\phi 18 \times 1800 \text{mm}$ 的圆钢锚杆支护,每根锚杆使用 $\phi 23 \times 350 \text{mm}$ 的树脂药卷 2 节;顶部使用 $\phi 20 \times 2500 \text{mm}$ 的螺纹钢树脂锚杆支护,每根锚杆使用 4 节 $\phi 23 \times 350 \text{mm}$ 的树脂药卷。锚索使用规格 $\phi 17.8 \times 8300 \text{mm}$ 的钢绞线锚索,锚索锚深 8000mm,中开切眼采用三排、四排方式布置,锚索间排距为 $2000 \times 2000 \text{mm}$ 。三排布置时,每根锚索使用 400mm 长的 14# 槽钢托板;四排布置时,每两根锚索使用一根 2400mm 长的锚索托梁(14# 槽钢)支护。每根锚索使用 $\phi 23 \times 700 \text{mm}$ 的树脂药卷 6 节。巷道顶部使用 $\phi 18 \text{mm}$ 钢筋制成的钢带加强支护。“锚—梁—网—桁架”支护技术的成功应用,解决了以往大断面巷道顶、底板变形量大、维护困难的难题,大幅度降低巷道维护费用,保证了本质安全型矿井建设。

2 矿井运输及供电技术

2.1 矿井无轨胶轮化技术

无轨辅助运输系统因其运速快、能力大、效率高、成本低、灵活性强、可实现不转载运输等特点在安全高效矿井得到了广泛应用。尽管无轨辅助运输

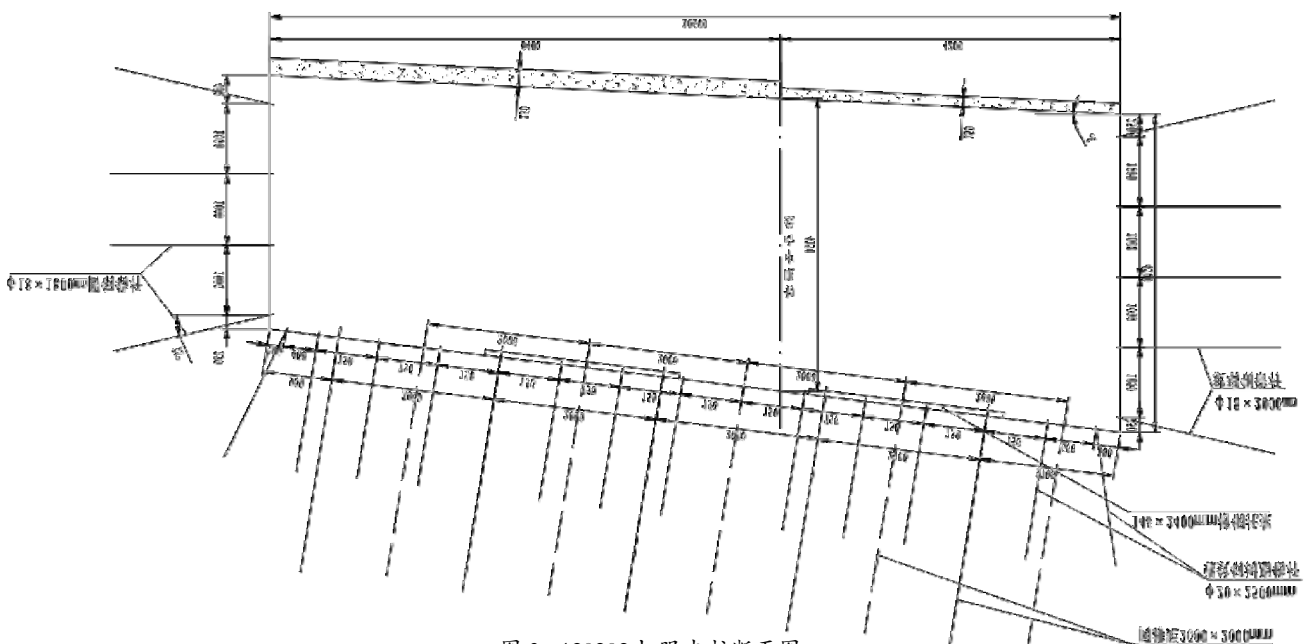


图3 120202切眼支护断面图

系统有如此多的优点,但它有严格的适用条件。决定能否使用无轨辅助运输系统的最关键因素是井筒或巷道的坡度,国内诸多矿井特别是神东矿区、济宁矿区使用无轨辅助运输系统的经验和实践表明,从可

靠性和经济的角度考虑,使用无轨辅助运输系统的矿井其井筒或巷道坡度一般应小于 6° ,最好在 5° 以下。羊场湾煤矿 +1058m 水平以上主要可采煤层倾角为 $15^\circ \sim 20^\circ$,根据技术改造方案,矿井辅助运输采用

无轨胶轮车运输,2#副斜井为缓坡斜井,三段折返,坡度 5.5°,间隔 200m 设错车硐室一处。通过+1058m 水平辅助运输石门与 12 采区南、北翼辅助运输巷、12 采区边界辅助运输巷连结,南、北两翼及边界辅助运输巷分别沿煤层等高线和向斜轴布置,坡度较平缓,能够发挥无轨胶轮车运输的优势。12 采区工作面走向基本沿煤层走向布置,顺槽长度 3300~3800m,顺槽走向坡度 1°~8°,局部达 12°左右,可满足胶轮车运输性能的正常发挥,可满足从地面到井下各工作面的运输,使井下各工作面所需材料及矸石运输、人员运送由无轨胶轮车不经换装直接完成运输任务,简化现有有轨辅助运输系统。如图 4 所示。

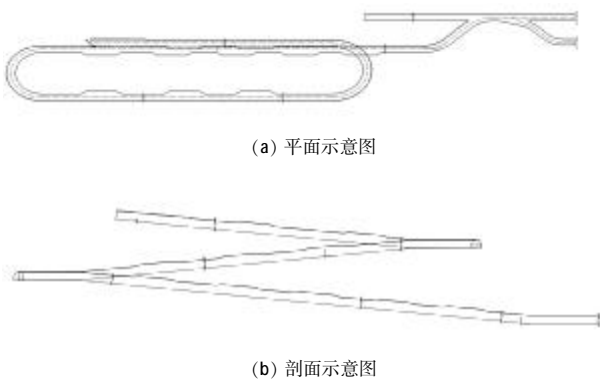


图 4 胶轮车斜井布置示意图

胶轮车斜井的建成,为工作面快速安装、回撤奠定了坚实的基础,极大的节约了设备、材料的运输时间,为矿井正常生产赢得了宝贵的时间。

2.2 大功率胶带输送机应用及控制

传统的斜井采用箕斗提升,提升速度慢,无法实现连续提升,在各主要水平设计集中煤仓,以解决不能连续提升的难题。随着千万吨矿井的建设,箕斗提升已不能满足矿井提升需要。羊场湾煤矿开拓创新,在倾斜煤层率先实现了主运输系统胶带化,打破传统思维。井下原煤通过 12 采区边界胶带输送机、12 采区北翼胶带输送机进+1058m 水平煤仓,经给煤机由主斜井胶带输送机提升至地面,完成全矿井的提煤任务。

主运输系统主要包括主斜井胶带输送机(1691m)、12 采区北翼胶带输送机(1790m)和 12 采区边界胶带输送机(1710m)。3 条胶带输送机均选用阻燃钢丝绳芯胶带,胶带安全系数 7.3~8.4,设计运输能力为 3300t/h,胶带输送机带宽为 1600mm,带速为 4.5m/s。根据巷道倾角不同选用头部双滚筒驱动

布置形式和头部三滚筒驱动布置形式。胶带输送机选用 CST 可控起动传输系统,配套冷却系统。胶带输送机配套 DSN200,逆止力矩 200000N.m 型逆止器两台,张紧方式为液压自动张紧。

2.3 长距离供电解决方式

单翼开采后,原井下+1058m 中央变电所约为 6~8km,加上地面变电所通过主斜井向井下中央变电所的线路长度为 2.4km,井下工作面 10kV 电源电缆的供电半径约为 10km 左右,经计算负荷矩及电压损失均较大,无法满足供电要求。因而在地面建一座 35/10kV 箱式变电站,以 10kV 电缆通过钻孔电缆井向井下新设的 12 采区+900m 变电所供电,再由该变电所以 10kV 电缆向 2 个综采工作面及 2 个掘进工作面的移动变电站供电,以 10kV 电缆向 12 采区边界胶带输送机、顺槽胶带机供配电。原矿井的入井电缆及井下+1058m 中央变电所仍然保留,该变电所以 10kV 电源向+1058m 水泵房、12 采区北翼胶带输送机供配电。

3 易自燃煤层综合防灭火技术

2#煤层属 I 级易自燃发火煤层,自燃发火期 1~3 个月,最短发火期为 23d。从工作面推进度和煤层自燃发火期看,工作面在回采中煤层有自燃发火倾向。

根据 2#煤层煤样的自燃发火实验研究结果表明,2#煤层在常温下就有 CO 出现,并随煤温的升高,氧化速度加快,自燃倾向性加剧。

3.1 源头防灭火治理

通过与科研院所合作,开展研究,从源头上进行防治,即提前进行防灭火措施实施,超前预防。同时,配备监测监控装备及预警系统,实现三级联网和自动监测,如图 5 所示,为工作面 and 采空区自燃发火防

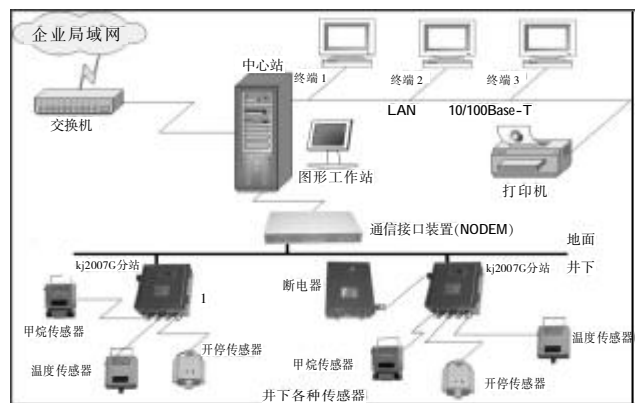


图 5 监测监控装备系统

控提供保障。矿井配备了 KSS2000 型束管监测系统,在大采高工作面回风顺槽中敷设七路束管,其中采空区 3 路,工作面每隔 50m 安设一个束管探头、工作面中部、上隅角、回风流各一路。根据各项指标分析表明:当煤样温度升高到 80℃ 以上时,产生 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_2H_4 和 C_2H_2 气体,且 C_2H_6/C_3H_8 (链烷比)、 C_2H_4/C_2H_2 (烯炔炔) 随温度进一步升高而增大。因此,大采高工作面以 CO 浓度、链烷与烯炔炔作为早期预测预报的主要指标,判断煤炭自燃发火状况。

煤样实验结果表明,CO 浓度在 50ppm 以下波动时,煤体温度在 25℃ 以下,煤体处于低温氧化阶段;CO 浓度在 50~100ppm 以下波动,煤体温度在 20℃~30℃ 以下,煤体处于缓慢氧化阶段;CO 浓度达到 100ppm 以上,煤体处于氧化加速阶段,CO 浓度升高速度明显加快。因此,在下隅角、工作面、支架间、回风流以 CO 等观测点为主要指标,分为 4 个级别进行自燃发火预测预报。当束管监测和人工采样分析发现有 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_2H_4 和 C_2H_2 其中任何一种气体时,表明煤炭已经处于加剧氧化,立即采取加大注氮和注胶的措施。

3.2 易燃煤层大采高开采防灭火控制技术

由于工作面长度加大,采高加大,科学、合理地优化确定通风系统是实现大采高工作面安全开采的前提条件之一。同时,从工作面防灭火的角度出发,合理控制工作面风量可减少采空区漏风和由于煤炭氧化而产生的热量,降低工作面及采空区内的温度,从而减缓煤炭氧化的速度。因此,工作面的风量不宜过大,也不能太小,要合理地选择设计风量。风量的控制以工作面温度、风速作为主要指标进行风量计算,确定的原则是工作面的温度不超过 27℃ 为宜,工作面的风速以不小于 1.2m/s 为宜。开采期间,主要采取监测、注氮、灌浆等多元防灭火措施,杜绝了自燃发火。

4 现代化矿井监测监控技术

矿井装备了安全生产监测系统、工业电视监视系统、火灾预报束管监测系统、自动化调度系统等计算机管理信息系统。

矿井安全生产监测系统使用的是 KJ31N 型矿井安全生产监测系统,系统由地面中心站、传输通讯设备、区域控制器、传感器、监控设备及软件组成。系统采用总线式结构,它综合了工业总线传输、集成

元件技术、传感元件和软件等功能。监测中心站设在调度监控室内,系统主要监测地面及井下重要地点氧气、一氧化碳、瓦斯等气体状况。

工业电视监控系统使用 KJ32 型矿用光纤工业电视系统及大屏幕投影系统。共有 24 台摄像机,井下有 16 台低照度本安黑白固定摄像机,地面有 8 台摄像机,集控室设置 24 台 25" 彩色工业监视器及大屏幕投影墙,对重要部位监控。矿井火灾预报系统设置一套 SC-2003 型矿井火灾预报束管监测系统,该系统在地面设有束管监测室和真空泵房。监测室内布置有矿井自动气相色谱仪、工控机、控制柜、色谱用空气发生器、高纯氢气发生器。系统抽气束管 9 芯下井,工作面顺槽内布置 4 芯和单芯束管,井下束管测点分固定、移动和临时观测点,实现对井下工作面、采空区等发火点的预测预报。

自动化调度系统采用 PHS 矿用无线通信设备,该系统由中心控制器、基站控制器、基站、PHS 终端、网管及移动定位跟踪服务器及移动跟踪定位终端等单元组成。系统覆盖煤矿地面生产区域、办公区域及井下主要生产场所。

5 结语

现代化矿井建设,是一个复杂的系统工程,是不同领域科学技术发展的结果。先进的设计理念为矿井实现安全高效奠定了扎实的基础;现代化装备的应用和机械化程度的提高,极大的提高了单产单进水平;安全监测系统的投入和使用为火灾防治提供了早期预报;通风防灭火技术的发展,为易燃煤层的开采提供了技术保障。因此,千万吨安全高效矿井的建设要走生产集约化、装备重型化、调度信息化、管理科学化之路。

参考文献

- [1] 神华宁夏煤业集团有限责任公司羊场湾煤矿安全系统改造初步设计[R].宁夏煤矿设计院,2006.9.
- [2] 大倾角复杂特厚易燃煤层 6.2m 大采高开采集成技术研究[R].神华宁夏煤业集团有限责任公司、西安科技大学,2008.12.

作者简介:王金平(1969-),矿建工程师,长期从事煤矿生产技术管理工作,现为神华宁夏煤业集团公司羊场湾煤矿总工程师。

(下转第 38 页)

乌达煤田 18# 火区综合探测研究

周正武 马建伟 孔冰 张国荣 冷学松

(神华北京遥感勘查有限责任公司,北京,10085)

摘要: 乌达煤田 18# 火区是一个典型的煤层自燃区。本文试图通过采用遥感技术、同位素测氮法、地质雷达探测法、地表裂隙勘查法、地表浅层测温法、剥挖断面勘查测温法等综合监测方法,有效探测来自煤自燃过程中产生的热、温场,确定燃烧产生的高温区,判别出燃烧中心的相对分布位置和煤火燃烧扩散趋势,为指导矿区进行灭火工作提供了很好的指导。

关键词: 乌达煤田 火区 综合监测 燃烧中心 煤火扩散

中图分类号:TD75+2.1

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)05-0008-06

乌达 18# 火区,煤层具有较强的自燃倾向性,发火原因主要是大矿采空区起火、小煤窑起火和煤层露头起火。火区在经受地面剥挖后,原火区地面出露范围及面积缩小,但地下煤火燃烧中心范围增大,火点分布范围扩大,原来点状分布的高温异常区几乎连成片,现火区范围内的 4# 煤层全部处于燃烧状态。

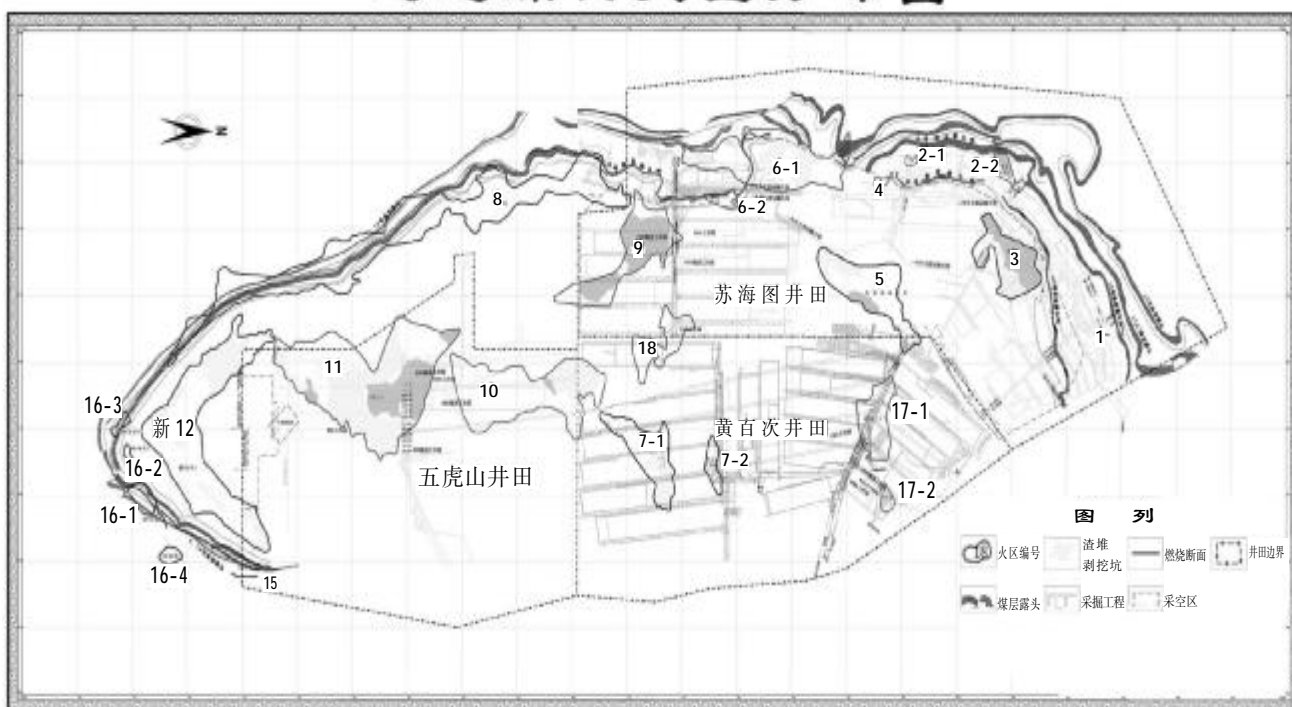
2007年至 2009 年,神华以彻底熄灭乌达煤田北部 18# 火区试验区(图 1)煤火为目标,由神华北京遥感勘查有限责任公司负责,全面展开了乌达煤田

18# 火区地下煤火综合探测研究,系统总结出的一套适用于煤田火区勘查、监测的新技术、新方法体系,综合效果明显。

乌达煤田 18# 火区位于乌达煤田中部,苏海图井田和黄白茨井田南端交界处,东侧与 7# 火区相望,南边与 10# 火区相邻,西南是 9# 火区。

18# 火区是通过 2005 年 11 月乌达煤田航空热红外影像图中发现的,火区面积 161,092m²,18# 火区在热影像中呈现出高温异常信息,经野外验证

乌达煤田火区分布图



之后按照乌达火区排序定名为 18# 火区。该火区为 4# 煤层燃烧, 4# 煤层为缓倾斜煤层, 煤火最大燃烧深度为 8~12m; 其次为 7# 煤层燃烧, 缓倾斜煤层, 煤火最大燃烧深度为 57m。

2007 年中旬, 18# 火区被确定为神华的煤火项目试验区。2007 年火区勘查时, 18# 火区南侧因剥挖使原火区边界发生了较大改变, 火区西南边界出现一面积约 30,000~40,000m² 凹部位于 18# 火区中间。火区地表裂隙较 2005 年增多, 煤火燃烧程度较过去猛烈, 剥挖揭露出来的 4# 煤层燃烧情况清晰可见。实地观察 18# 火区燃烧特征与过去变化不大, 但 18# 火区具有形成历史短、燃烧强度大、地下煤火蔓延速度快的特点, 火区总体向东、东南方向扩展。2007 年 18# 火区勘查总面积 174,748m²。

1 探测方法及效果分述

1.1 应用航空遥感影像分析乌达 18# 煤田火区特征

从图 2 航空遥感影像分析, 乌达 18# 煤田火区中心地带分布在 3 个大的剥挖渣堆之间, 影像上地表渣堆分布区呈现斑驳状影纹, 正地形, 类似南方岩溶地貌; 中心地带还分布有 3 个大的剥挖坑, 坑内较平整, 色调呈暗色至灰白色, 负地形; 火区主体部分位于影像中间区域浅灰白色区, 区域地表较平整, 岩石裂隙发育, 主要为近东西向和南北向裂隙, 几乎呈正交组合, 18# 煤田火区北部火区的西南缘和东南缘分布集中, 南部火区的西段和东段各有一个集中区。

1.2 用同位素测氦法探测高温区, 获得煤火燃烧中心相对位置

同位素测氦法的原理是: 煤层燃烧, 会使沉积岩中惰性气体氦气不断析出, 燃烧强度增加, 使岩石孔隙水、近地表饱气带水温度升高, 产生高温水蒸汽, 其压力增加, 使氦气的运移速度增加, 氦气析出系数增加, 导致火区上方形成氦气浓度相对高值区。因此, 通过地表测量氦气衰变后产生 α 粒子的多少、氦气的运移数量和速度的增加, 能够间接地反映出深部火区的位置及燃烧强度, 由此可以揭示火区燃烧中心的相对位置。

根据实际测量数据, 利用专用软件对野外采集的数据进行处理, 获得各测线的测氦等值线图, 通过对氦值的分析, 可以判断地下煤火燃烧中心的相对位置, 为多种数据对比分析提供了一定的依据。

在 18# 火区, 经测量、反演与实地验证, 确定测

氦值大于 30N/3min 的区域为地下煤火异常区, 高于 50N/3min 直接圈定为地下煤火燃烧较强烈的地区。从 2008 年 10 月测氦等值线图(图 2)分析, 18# 火区

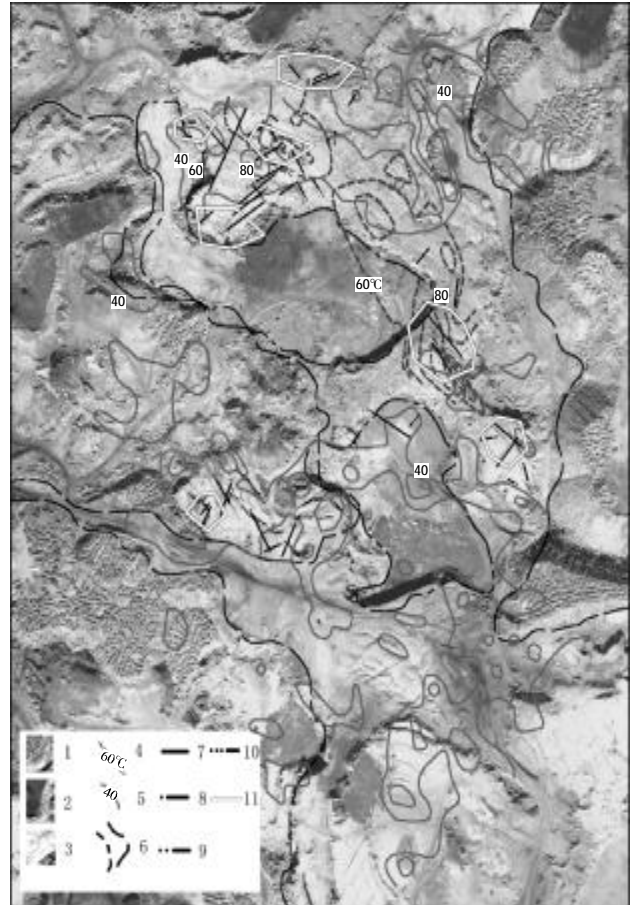


图 2 2008 年 10 月乌达 18# 煤田火区综合探测图

1、2、堆渣; 3、地表裂隙; 4、地表浅成测温曲线; 5、测氦曲线; 6、剥挖坑(左)、剥挖渣堆区(右); 7、8、9、10 代表裂隙及其测温温度: 7、裂隙温度 > 60°C; 8、裂隙温度 25°C < 温度 ≤ 30°C; 9、裂隙温度 45°C < 温度 ≤ 60°C; 10、裂隙温度 30°C < 温度 ≤ 45°C; 11、采空区

范围内, 北部火区的北西部约有 8 个氦值高值异常区氦值大于 60N/3min, 北东向带分布; 南部火区约有 6 个氦值高值异常区氦值大于 60N/3min, 东西向带分布。

1.3 地质雷达探测乌达火区地下煤火助燃通道

地质雷达对于地下岩石的回波反射具有很高的水平和垂直分辨率。采取地质雷达探测技术开展地下空洞异常探测, 可以进一步出废弃巷道、采空区以及塌陷区分布位置。我们首次将这种方法应用于乌达煤田 18# 火区地下废弃巷道、采空区以及塌陷区勘查。

由于不规范的开采,遗留了大量的废弃巷道、井下遗留煤柱与大量遗煤,为 18# 火区地下煤火蔓延提供了有利条件;废弃巷道、地面塌陷、岩石裂隙之间的相互贯通为 18# 火区煤火燃烧提供了最基本的空气循环条件,这些地带往往成为火源区,也是煤自

燃最直接的助燃通道。

2008年 5 月采用地质雷达探测技术,初步在该区探测到地下近 300m 深处的燃烧裂隙带 14 条(图 3),右图裂隙,对应左图地质雷达探测剖面上的黑框区域。这些裂隙岩石裂隙,一部分是沉积岩成岩过程产

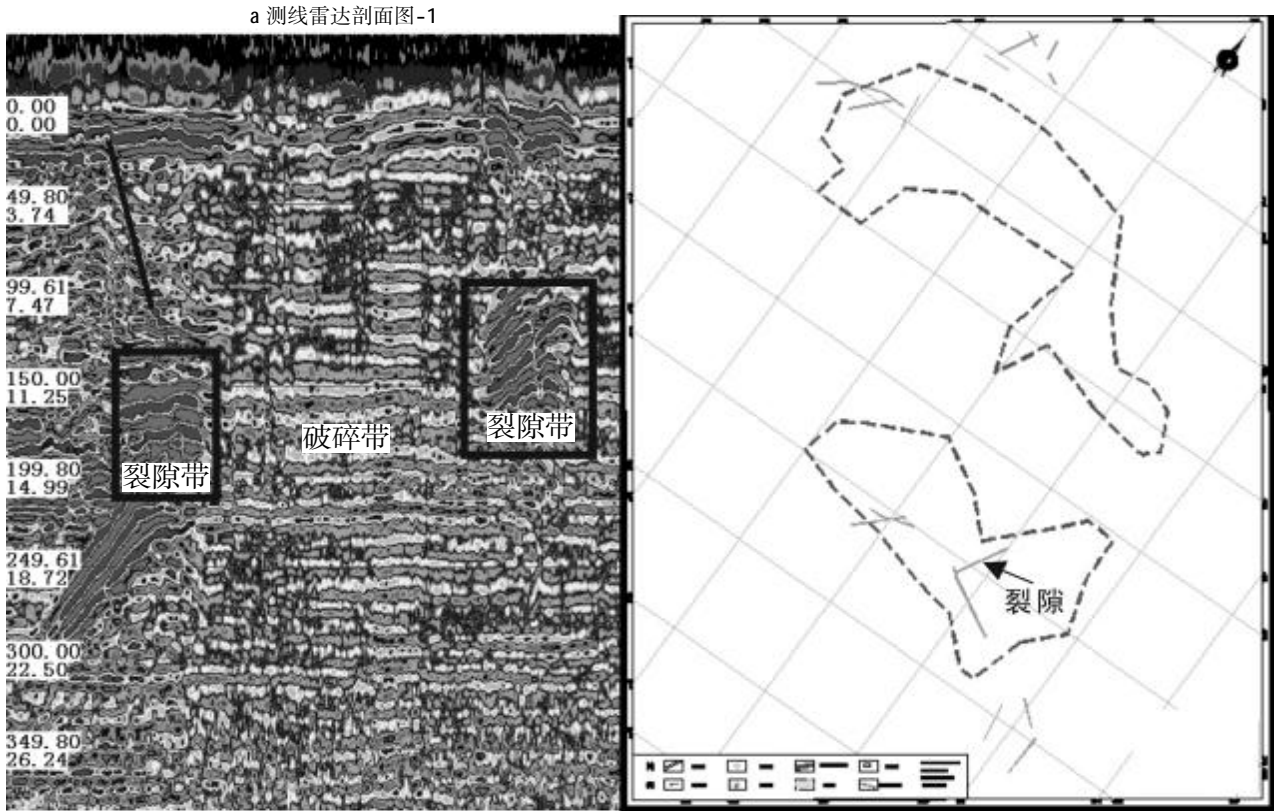


图 3 应用地质雷达探测助燃通道示意图

生,一部分是区域构造引起的次生裂隙,一部分是煤层自燃引起岩石崩裂产生的,一部分是由于地下煤层采空诱发的裂隙),其中 18# 火区北部火区的北西部约有 7 条,南部火区中部及东部共有 7 条,主要是煤层自燃引起岩石崩裂和地下煤层采空诱发的裂隙,验证探测效果明显。

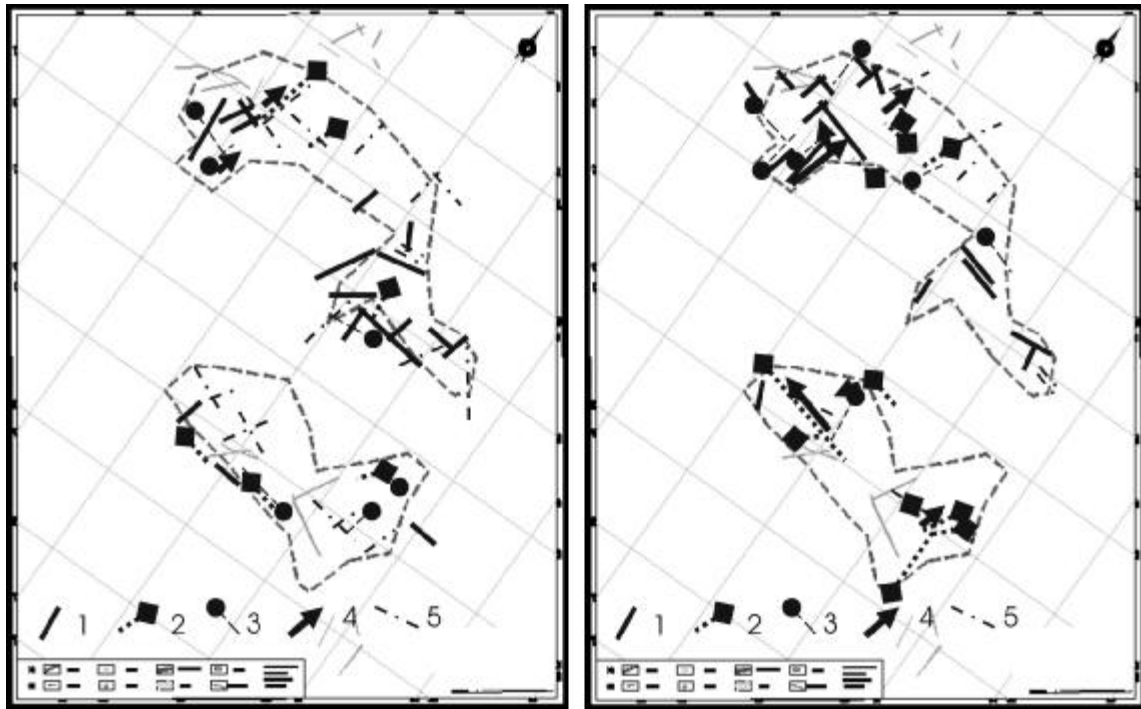
1.4 用地表裂隙测温推断煤火燃烧中心

18# 火区内分布的诸多裂隙,早期多是由于过去采煤引起地面塌陷,继而形成一系列地表裂隙,当煤火燃烧蔓延时,这些裂隙由于下部赋存残煤,如果被邻近地下煤火引燃,这些裂隙很快发展成了煤火燃烧裂隙。这些裂隙下面残煤被煤火串通后逐步发展高温裂隙而形成新火区中心的重要原因。燃烧裂隙是指因地下煤火燃烧而在地表形成的串状燃烧中心,有热流和煤烟喷出的岩石裂隙。由多个燃

烧裂隙构成,呈不连续燃烧,是 18# 火区的地表燃烧基本特征。

通过对地表裂隙勘查数据的研究,熟悉地表煤火燃烧信息,并通过结合其他资料开展对 18# 火区的煤火研究,最大程度地为探寻地下煤火燃烧中心提供支持。通过对 18# 火区地表塌陷裂隙的勘查,是研究火区地下燃烧中心的重要手段之一。

在 2008 年 3 月共勘查了 112 条裂隙,其中有温度大于 45℃高温裂隙 50 条(图 4)。在 2008 年 10 月勘查了 187 条裂隙,其中高达 167 条是高温裂隙。从 3 月份测温情况看,18# 火区南部火区低温裂隙是主要的,北部火区北侧边缘低温裂隙也分布广,但到 10 月份,18# 火区低温裂隙已经基本消失,温度都升至 45℃-60℃,部分超过 60℃,而且裂隙数量和分布范围都在扩大。由此可见火区内煤火发展十分迅猛,



左图:2008年3月地表裂隙测温结果

右图:2008年10月地表裂隙测温结果

1、裂隙温度>60℃; 2、裂隙 45℃<温度≤60℃; 3、裂隙 30℃<温度≤45℃; 4、裂隙 25℃<温度≤30℃; 5、裂隙温度<25℃

图 4 地表裂隙测温结果对比图

大部分裂隙已经开始不断升温, 煤火出现快速蔓延的趋势。

1.5 剥挖断面勘查获取燃烧高温断面

剥挖断面是指因剥挖工程的进行而在岩石的纵向上产生的切面, 切面近垂直于地表或与地表的交角较大。在剥挖断面能够很直观地看到煤层顶板。在剥挖断面上可以系统测量断面上的温度场分布, 从而为确定地下煤火燃烧中心奠定基础。剥挖断面勘查, 也是研究火区地下燃烧中心的重要手段之一。

2008年10月经过实地勘查发现在中部和中北部以及火区的最南部, 有3个比较大的剥挖坑: 其中北部剥挖坑的东半部剥挖断面是高温断面(图5上均为粗实线部分, 温度70℃-231℃, 细实线部分为低温断面); 中部的剥挖坑是18#火区的较大的剥挖坑, 正因为这个剥挖坑使18#火区分成了南北两部分, 在此剥挖坑的北半部出现高温断面, 温度86℃-112℃; 火区最南部的剥挖最小, 但也是高温断面占比例最大的一个, 在此剥挖坑东侧出现高温断面, 温度94℃-140℃。

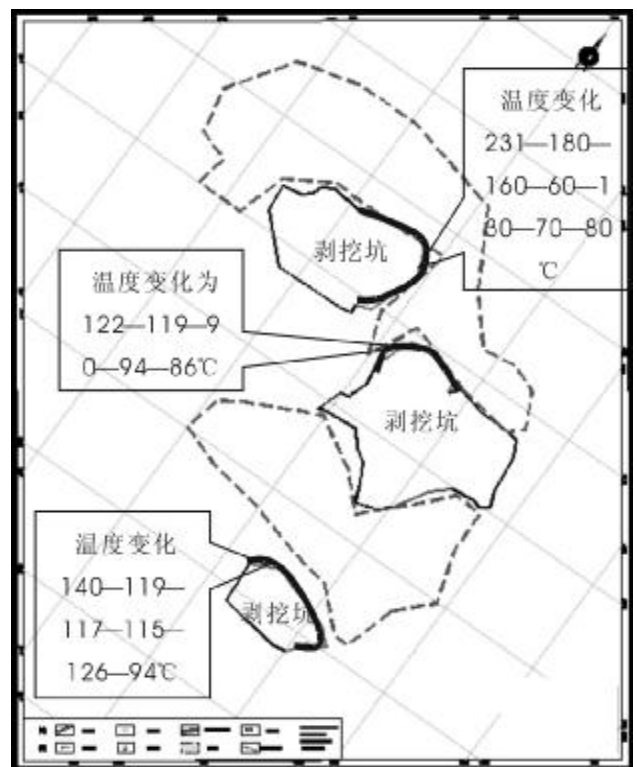


图 5 剥挖断面勘查高温异常分布图

1.6 用地表浅层测温推断局部热源的位置和规模

地下煤层在燃烧产生的热量沿岩石裂缝、裂隙扩散,释放出大量的热量,促使周围岩石温度升高。由于热量的扩散主要以岩石传导为主,因此离火源较近的岩石温度高,距离火源远的岩石温度低,形成围绕火源的热异常体,或经过岩层热传导作用在地表形成热异常区。

地表浅层温度信息间接反映了地下较深处的热状况。当浅层地表处存在局部热源时,浅层地温场出现异常,根据其特征可以推断局部热源的位置和规模,用以勘探地下煤火的范围燃烧程度。

2008 年 10 月在北部火区 382140~383500, 4377300~4377450 范围内,布设了 34 个地表浅层测温点。利用地表浅层测温数据,圈出等温线图(图 2),发现该区因煤自燃产生的高温区主要分布在火区东段和西段,温度在 40℃至 100℃以上,与裂隙测温和高温断面测温相符,西段与测氮结果相符。

2 探测成果综合分析

通过采用遥感技术、同位素测氮法、地质雷达探测法、地表裂隙勘查法、地表浅层测温法、剥挖断面勘查测温法等综合监测方法的使用,可以进行综合分析 18# 火区的基本特征(图 2)。

2.1 乌达 18# 煤田火区高温区特征

综合各种探测结果,从图 2 可以看出火区高温区,具有如下特征:

(1) 氮值测量为高值异常区:氮值大于 60N/3min 居多,北部火区氮值高值异常区北东向带分布;南部火区氮值高值异常区,东西向带分布。

(2) 裂隙发育,高温区主要分布在几乎呈正交组合的近东西向和南北向裂隙集中地段,这些裂隙大多发育在采空区上方,18# 煤田火区北部火区的西南缘和东南缘分布集中,南部火区的西段和东段各有一个集中区均为高温地段。南部火区部分低温裂隙继而发展成高温裂隙,高温裂隙大多与大矿采空区起火,引起燃烧范围扩展,燃烧强度增大、深部热源热流上传有直接关系。

(3) 地表浅层测温高值区与氮值测量高值异常区、高温裂隙发育区相对应,成正相关关系,与高温区也成正相关关系。

(4) 剥挖渣堆区和剥挖坑部位浅部高温区不明显,未剥挖区高温区分布集中。这与剥挖浅部部分火

源、填埋部分燃烧裂隙等有直接关系。

2.2 乌达 18# 煤田火区燃烧中心和煤火蔓延趋势特征

综合以上探测结果,初步获得了 18# 火区燃烧中心相对位置和煤火蔓延趋势:

(1) 18# 火区的燃烧中心有 7 处,其中北部火区有 2 处大的燃烧中心(图 6 黑色线条圈闭区显示),2

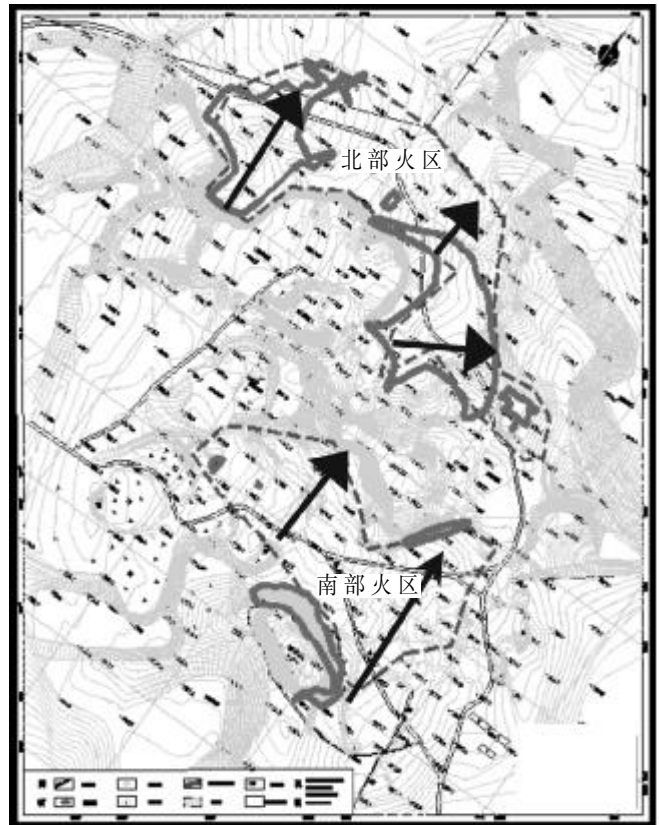


图 6 18# 火区燃烧中心分布与蔓延趋势图

处较小的燃烧中心;南部火区有 2 处中等的燃烧中心,1 处较小的燃烧中心。

(2) 火区燃烧中心深度 3~40m(距地表),主要在集中地表以下 15~25m 之间(图 7);火区燃烧中心面积总计 2.06 万 m²。

18# 火区在经历长时间的剥挖后,不仅火区范围发生了改变,煤火燃烧强度、燃烧深度也发生了巨大变化。2009 年 5 月在 18# 火区北部钻探成果显示,钻到 18# 火区位于 22m 处的 4# 煤层底板时,证实了 4# 煤层以上已处于高温破碎状态,钻到 67m 处的 7# 煤层底板时,证实 6#、7# 煤层也发现高温异常,形成上下层煤火相互贯通的事实。这一切说明了

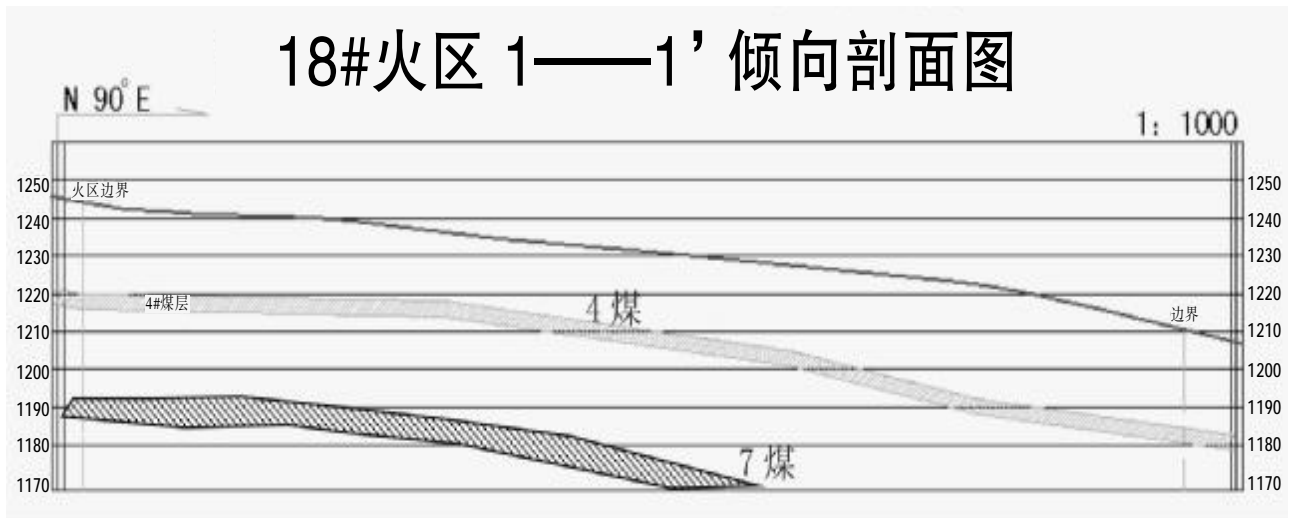


图 7 18# 火区燃烧煤层剖面示意图

剥挖造成了乌达浅部岩层的强烈破坏, 给地下煤火燃烧提供了更好的通风供养环境。

(3) 北半部火区北西部煤火沿煤层露头有沿煤层倾向向北蔓延趋势(图 6 箭头显示); 火区北东部煤火有沿煤层倾向向北部和东部发展趋势; 南部火区煤火有沿煤层倾向向北部扩展趋势; 火区边界整体向北、向东扩展(图 8); 蔓延速度在每月 3~5m 之间。

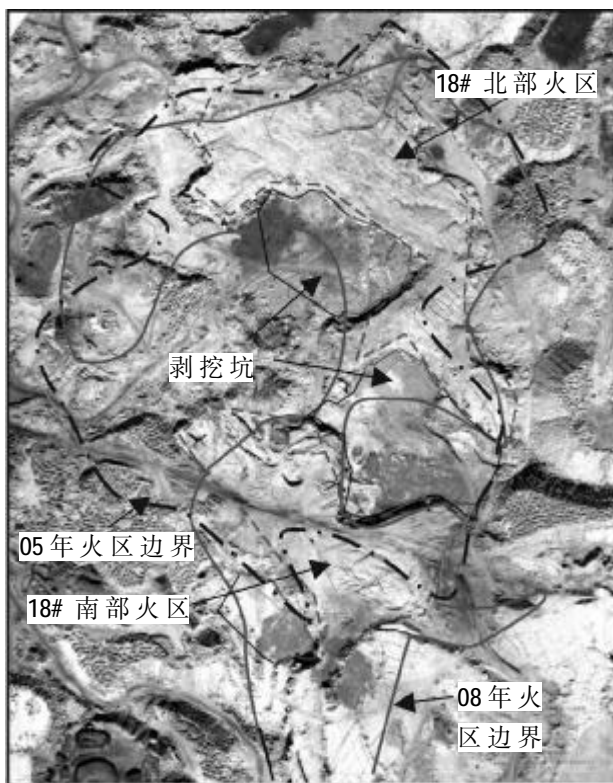


图 8 18# 火区遥感影像及边界变化示意图

3 结论

(1) 在煤田火区探测中, 综合应用同位素测氩、地表浅层测温、剥挖断面勘查测温, 可以有效探测来自煤自燃过程中产生的热、温场, 确定燃烧产生的高温区, 推断燃烧中心的相对位置和煤火燃烧扩散趋势; 采用遥感技术、地质雷达探测和地表裂隙勘查, 可以探测燃烧裂隙的发展趋势和裂隙热、温场的变化趋势, 进一步推断煤火的蔓延趋势, 为指导矿区进行灭火工作提供有效的指导。

(2) 乌达煤田 18# 火区有 7 处燃烧中心; 火区燃烧中心深度 3~40m(距地表), 主要在集中地表以下 15~25m 之间; 火区煤火沿煤层露头有沿煤层倾向向北和向东蔓延趋势, 蔓延速度在每月 3~5m 之间。

参考文献

- [1] Prakash,A.Data fusion for investigating land subsidence and coal fire haaards in a coal mining area[J].International Journal of Remote Sensing.2001,(V22).
- [2] 曹代勇,樊新杰,时孝磊,吴查查,魏迎春.乌达煤田煤层自燃内因分析与自燃类型划分[J].煤炭学报,2005年03期.
- [3] 雷学武,万余庆,李宝春.乌达矿区煤层自燃现状及成因初析[J].中国煤田地质,1999年04期.
- [4] 张建民,王梅,管海晏,李光亮,李雪山.超大规模煤田地下煤火遥感三维探测与预警关键技术对策研究[G].全国国土资源与环境遥感技术应用交流会论文集,2004.

(下转第 17 页)

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

(神东煤炭集团生产技术部,陕西 神木,719315)

摘要: 神东煤炭集团自1999年在大柳塔矿20605综采面运用深孔预裂爆破技术以来,在初次来压前切断顶板、减小来压步距、减小对采场支架和人员安全的威胁等方面做了大量工作,并对施工工艺进行了不断优化,得了良好的效果,但诸如确定炮眼装药系数、炮眼深度、封泥长度,装药过程中如何保护导爆索和雷管等问题仍然值得不断的研究和总结。

关键词: 综采工作面 深孔 强制放顶

中图分类号:TD823.4+9

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)05-0014-04

1 引言

我国煤层赋存条件复杂,属于坚硬顶板的煤层约占1/3左右,且分布在50%以上的矿区,随着综合机械化采煤技术的发展,有38%的综采工作面属于来压强烈的坚硬顶板。因此,研究和掌握综采工作面初次来压前顶板深孔强放技术,具有重要的推广价值和现实意义。

所谓深孔,通常是指孔径在75mm以上,钻孔深度超过5m的钻孔。

所谓强制放顶,就是用爆破的方式人为地将顶板切断,使顶板冒落一定厚度形成矸石垫层。切断顶板可以控制顶板冒落面积,减弱顶板冒落时产生的冲击波,形成矸石垫层则可以缓和顶板冒落时形成的冲击波及暴风。为了形成垫层,放顶的高度可按需要形成垫层的厚度进行计算。强制放顶法包括采后爆破和采前爆破两类,采后爆破是在工作面后方采空区向顶板打眼装药,用爆破的方法强迫顶板冒落;采前预爆破是在工作面前方顶板打眼装药,用爆破的方法预先松动顶板,当工作面采过后顶板可自行冒落的方法。

放顶基本原则。以破坏顶板的完整性为前提,根据直接顶、老顶的厚度及岩性特点设计放顶方案。在工作面切眼施工钻孔,采用深孔预裂爆破技术,对初次来压期间的顶板实施有效控制,尽可能使冒落的矸石充满或基本充满采空区,对上覆岩层起支撑或垫层作用,达到使其随采随落的目的。同时破坏顶板的完整性,使上覆岩层较易垮落,从而减弱了顶板垮

落的冲击强度,大大减少老塘有害气体积存空间,从而降低因顶板垮落而造成瓦斯的瞬间涌出及顶板大面积垮落而形成冲击压力的可能性。

2 神东矿区地质概况

神东矿区煤层顶底板岩性多为细砂岩、粉砂岩、砂质泥岩,少量有泥岩及中粗粒砂岩,地质构造简单,岩层裂隙不发育,矿区内绝大多数岩石抗压强度在自然状态下为400~800kg/cm²,饱和状态下为100~450kg/cm²,属于半坚硬岩石类型。

根据岩石物理力学性质、地层裂隙发育状况及地下水条件来评价,煤层直接顶稳固性大多属于二类一型——中等冒落顶板,而在某些泥岩发育地区及埋藏浅受地表水及风化作用影响大的地段,岩石强度降低,裂隙也发育,则会有一类——易冒落顶板。煤层老顶一般为Ⅱ级(来压明显),在直接顶厚度较小的区域及老顶触煤区为Ⅲ级(来压强烈)。

矿区煤层底板多为砂质泥岩或粉砂岩,属Ⅳ类(中等坚硬)底板,少数地段为泥岩,遇水有泥化现象。总体上矿区煤层底板较为稳定,不存在底鼓现象。神东矿区煤层顶底板状况见表1。

表1 神东矿区煤层顶底板状况表

	顶、底板	岩石名称及其特征	厚度
煤层顶底板情况	老顶	粉、细、中粒砂岩	5.23-22.35
	直接顶	粉、细、粗粒砂岩,部分地段为泥岩及砂质泥岩	0-12.4
	伪顶	泥岩、碳质泥岩	0-0.1
		煤层	
	直接底	以砂质泥岩为主,部分地段为泥岩	0-2.9
	老底	粉砂岩	6-15.35

3 强放工艺设计

根据浅埋深、薄基岩顶板的初次来压时的冒落规律，在顶板初次冒落前上覆基岩的关键层必须形成三铰拱结构，如采取深孔预裂爆破措施对三铰拱的后部岩块与稳定岩层铰接处进行预裂破坏，就可以取得减少初次来压步距的效果，从而降低初次来压时支架所承受的动载。神东矿区多年来在综采工作面顶板初次来压前实施强制放顶的实践过程中对施工工艺进行了不断优化，取得了较好的效果。

3.1 在地面预先将炸药和导爆索装入便于井下使用的 PVC 管内

(1) 装药场地必须选择在远离人员、电气、潮湿及建(构)筑物等安全地点，场地应清理平整，并配备足够的消防器材。

(2) 由专人负责对装药地点 30m 范围内进行警戒，警戒边界设置明显标志，无关人员严禁靠近装药地点。

(3) 装药人员严禁穿化纤衣服、严禁携带烟草及点火物品。

(4) 装药期间，装药人员要对炸药、导爆索轻拿轻放，严禁碰撞炸药及导爆索，炸药和导爆索要分开放置。

(5) 装好的炸药要做好长度标记，并摆顺放在地面平整的地方，不得有扭曲现象。

(6) 剩余的炸药和导爆索要清点好数目，及时交回炸药库。

3.2 爆破参数选择

炮眼垂深的确定，按经验公式计算，爆破的有效放顶深度至少为：

$$h = \frac{2M}{3k_p - 2}$$

式中：M—采高，m；

K_p —为岩石破碎后的体积膨胀系数。

$$\text{则：} h = \frac{2 \times 4}{3 \times 1.6 - 2} = 2.9\text{m}$$

(1) 炮眼长度 $l_1 \sim l_3 = 8 \sim 32\text{m}$ ，垂深 $h_1 \sim h_3 = 4 \sim 16\text{m}$ ，倾角 $\alpha = 30^\circ \sim 33^\circ$ ，孔径 $\phi = 90\text{mm}$ ，孔间距 $l_0 = 10\text{m}$ ，炮眼中心线到切眼中心线距离 $a = 1 \sim 1.6\text{m}$ ，炮眼布置平、剖面示意图如图 1。

(2) 炸药采用煤矿许用炸药(如煤矿许用水胶炸药或煤矿许用乳化炸药等)，雷管采用煤矿许用毫

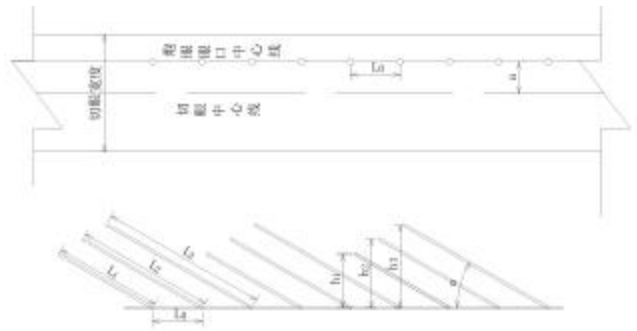


图 1 炮眼布置平、剖面示意图

秒延期电雷管，联接方式为串并联，装药系数为 0.65~0.85，手工填封泥长度不小于 1.2m，雷管外封泥长度不小于 1m，封泥要捣实，同时注意做好保护雷管的措施。

(3) 炮眼采用连续偶合方式装药，并采用双雷管、双导爆索引爆。每一根导爆索用一发雷管起爆，两发雷管采用并联方式连接，用胶带纸将雷管和导爆索绑扎牢固，注意雷管的聚能穴应朝向导爆索的传爆方向。放炮母线采用 2.5mm² 的专用电缆，必须保证绝缘良好，并且悬空吊挂。放炮母线不得与其他电缆悬挂在一起。装药结构示意图如图 2、导爆索与

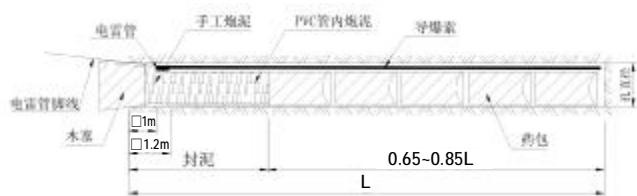


图 2 装药结构示意图

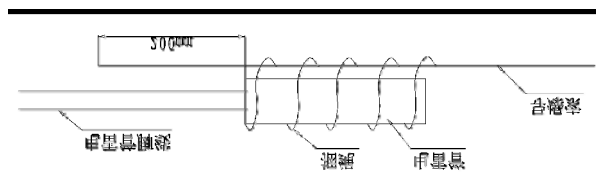


图 3 导爆索与电雷管连接示意图

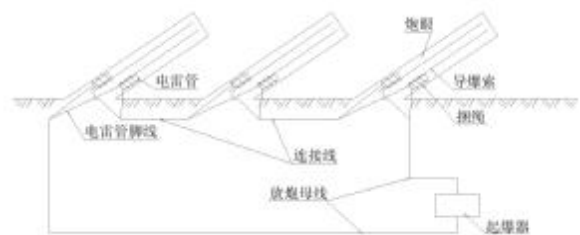


图 4 电雷管连接示意图(并串联)

电雷管连接示意图见图 3、电雷管连接示意图(并串联)见图 4。

(4) 装药方法采用内径 $\phi 75\text{mm}$ PVC 管作为炸药的载体,将药包和导爆索填入 PVC 管中,PVC 管间用管箍连接,装药密度符合要求。

(5) 工作面设备安装完毕,推进 3~4m 后进行装药,装药前必须检查装药地点的顶板、煤帮情况,发现隐患必须及时处理。

(6) 装药前必须清净炮眼,装药时用 $\phi 70 \times 2500\text{mm}$ 的木制炮棍将装有药卷、炮泥和导爆索的 PVC 管装入炮孔内,施工中要认真保护好导爆索和药包,严禁冲击或挤压,药包要推至眼底,装紧、装实。

(7) 放炮采用一次联线,同时起爆,分段爆破,最后一段的延期时间不得超过 130ms。

(8) 放炮前,工作面、回风流及爆破可能受影响区域的所有人员必须撤离至距放炮地点 500m 以外的进风流中。

4 强制放顶现场操作中的几点体会

(1) 炮眼必须经过二次刷孔,确保成型圆滑、平直,确保顺利装药。

(2) 装炮泥过程中要注意保护好雷管和导爆索,确保在孔壁的上侧,减少摩擦损伤。

(3) 在装手工炮泥前,必须用木楔将 PVC 管在孔内卡住,以免药筒滑落伤人。

(4) 将雷管放在炮眼内强放效果要比放在炮眼外好,而且更安全。在试验中,雷管放在炮眼内的顶板冒落率达到 77.78%,雷管放在炮眼外的顶板冒落率只有 56.52%。

(5) 放炮作业过程中,要严格执行“一炮三检”和“三人连锁放炮”制度。

(6) 合理安排装药、警戒、连线和爆破等各工序,尽量缩短强制放顶整个过程的时间,一般在 2.5~4h 内完成。

(7) 合理确定放炮距离和调整工作面风量,确保人员安全。

(8) 提前做好各项安全保证措施,确保强放过程安全顺利进行。

(9) 雷管脚线长,外皮薄,强度小,容易破损,当两根雷管的四根脚线恰好有短路时,虽然整个线路导通,但个别雷管未引爆相应炮眼内的炸药,导致强放效果不好。所以,在连线前,必须确保每根雷管的

脚线都相互分开,并对破皮点进行保护。

5 应引起注意的几个问题

(1) 在填炮泥过程中,导爆索和雷管位于孔壁和 PVC 管之间,由于摩擦可能导致其损伤造成瞎炮。

(2) 地面装药,可能导致导爆索在搬运过程中受损,造成爆破工作不能顺利进行。

(3) 炮眼内导爆索很难保证被拉直,如出现打结或打圈时,可能导致导爆索拒爆现象发生。

(4) 装药所用的 PVC 管与孔壁摩擦系数小,与孔壁之间空隙大,影响爆破效果;强度小,易折断,导致炮眼不能按设计要求填入足够量的炸药。

(5) 炮孔中有 4m 以上的炮泥装在 PVC 管中,其封孔作用不大。

(6) 大量炸药一次起爆导致工作面及回风流中 CO 浓度达到 1000~1500ppm,污染井下空气,同时可能导致围岩松动破坏。

(7) 爆破后,瞎炮无法处理。

(8) 对炮眼的位置、间距、深度、角度、装药量等参数设计不够准确,可能导致放顶效果差。

(9) 《煤矿安全规程》中没有针对煤矿井下综采工作面初次来压前顶板深孔爆破的相关规定:

① 装药系数、封泥长度。

② 炮眼内导爆索与炸药接触方式。

③ 炸药以何种方式填入炮孔。

④ 准备、装药、放炮等过程中的安全技术措施等。

6 结束语

强制放顶是一种简便易行,适用范围大,易于推广的坚硬顶板处理方法,而且对某些稳定的直接顶初次放顶也很适用,是煤矿多年来运用较成功有效的方法。神东煤炭集团多年来在综采工作面顶板初次来压前进行顶板预裂爆破技术方面,不断总结经验,在实践中取得了良好的效果,并形成了强制放顶的成套技术,为安全实施井下综采工作面深孔预裂爆破工作提供了可借鉴的经验,对不断完善爆破施工安全技术措施提供了科学依据。

参考文献

- [1] 钱鸣高,刘昕成.矿山压力及其控制[M].北京:煤炭工业出版社,1991.
- [2] 毕华照,宋振骥,等.煤矿顶板事故的防治[M].北京:煤炭工业出版社,1991.

- [3] 靳钟铭,徐林生.煤矿坚硬顶板控制[M].北京:煤炭工业出版社, 1994.
- [4] 李文渊.工程爆破常用数据手册[M].北京:人民交通出版社, 2002.
- [5] 李虎民,傅鉴源.深孔预裂爆破技术在综采顶板管理中的应用[J].煤炭科学技术,2003,第 31 卷第 7 期.

作者简介:王金国(1973-),1999 年 7 月毕业于黑龙江矿业学院采矿工程专业,工程师,注册安全工程师。

Brief analysis of the issues needing to be paid attention when forced caving of full-mechanized mining face of coal mine

Wang Jinguo

(The production technology department of Shendong Coal Mining Group, Shaanxi Shenmu, 719315, China)

Abstract: Since applying the deep-hole and pre-shear blasting technology at 20605 fully mechanized face of Daliuta mine in 1999, Shendong Coal Mining Group cuts the roof for the first weighting, reduces the weighting intervals and does plenty of job for reducing the threat on the stope support and the security of personnel and optimizes the construction techniques continuously and obtains good effect. But how to confirm the filling coefficient of blast hole, blast hole depth, lute length and how to protect the detonating cord and blasting cap during the process of filling are worth studying and summarizing continuously.

Key words: Full-mechanized mining face; Deep hole; Forced caving

(收稿日期: 2009-09-20 责任编辑: 杨 静)

(上接第 13 页)

- [5] 谭海樵,王作棠,季景贤.面向地下煤火热场模型的遥感技术体系初探[J].国土资源遥感,2002 年 03 期.
- [6] 余明高,贾海林,潘荣锬.乌达矿区煤自燃预测标志气体研究[J].河南理工大学学报(自然科学版),2005 年 02 期.

作者简介:周正武(1967-),高级工程师,神华北京遥感勘查有限责任公司总工程师,毕业于北京大学,国家“863”计划专家、中国中小企业协会项目评审与咨询专家、原有色金属工业总公司“百名跨世纪人才工程”人才,长期从事金属矿、煤炭资源地质与勘探、矿山地质环境调查、遥感技术与地理信息系统技术研究应用工作。

Study on integrated detecting on the 18th coal fire zone of Wuda Coalfield

Zhou Zhengwu Ma Jianwei Kong Bing Zhang Guorong Long Xuesong

(ShenHua(BeiJing)Remote Sensing & Geo-Engineering Company LTD.Beijing 100085,China)

Abstract: The 18th Coal Fire Zone of Wuda Coalfield Fire Area is a typical Zone of spontaneous combustion of coal.This paper attempts to get, based on integrated detecting methods, such as remote sensing technology, radon(Rn) isotopic detecting, geo-radar detecting, surface cracks exploration, shallow surface temperature, stripping cross-section survey dug temperature, etc. effective detection of spontaneous combustion of coal from the thermal process, temperature field, Determine the high temperature combustion zone & the relative distribution of burn center location and the spread of the trend of burning coals.It provides a good guide to mines to put out the fire.

Key word: Wuda Coalfield Fire Area; Coal Fire Zone; Integrated Detecting Methods; Burning Center; the Spread of the Trend of Coal Fire

(收稿日期: 2009-09-20 责任编辑: 杨 静)

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

(神华宁夏煤业集团公司清水营煤矿,宁夏 银川,750004)

摘要: 针对“三软煤层”、煤层顶板含水层、顶板压力大、底板岩石遇水膨胀等复杂的地质条件,为实现综采工作面切眼施工及安装速度最大化及有效对顶板进行支护,提出了综采工作面采用“边扩帮边安装”的施工技术方案,并进行了应用研究,以提高在复杂地质条件下综采工作面的安装速度及有效对顶板进行支护。

关键词: 边扩帮边安装 综采工作面

中图分类号:TD262.4

文献标识码:B

文章编号:1672-3880(2009)05-0018-04

1 引言

针对于神华宁煤集团清水营煤矿地质条件,二煤层顶底板松软、层理发育,尤其煤层底板属泥质粉砂岩,遇水极易膨胀,顶板直接顶为泥质粗砂岩,导水性好,含有大量水份,属含水层。为了保证清水营煤矿 110203 综采工作面切眼的快速安全施工、安装及顶板的有效控制,本文论述了采用“边扩切眼边安装”的方法能及时有效的对顶板进行支护,并且在此种复杂的地质条件下相比能够快速完成综采工作面安装。

2 工程施工方案

2.1 110203 综采工作面切眼导硐施工方案

(1) 将 110203 综采工作面切眼导硐靠老塘侧施工完毕,切眼导硐施工设计为矩形断面,宽度 3.5m、高度 3.3m,在导硐施工过程中,必须保证底板预留 500mm 厚底煤(巷道不破煤层底板,确保巷道干燥),导硐顶板铺钢筋网,采用 $\phi 20 \times 2500$ mm 螺纹钢锚杆配合 W 型钢带进行支护,锚杆排间距控制在 750×750 mm;帮部老塘侧挂钢筋网,采用 $\phi 20 \times 2500$ mm 螺纹钢锚杆以 1000×1000 mm 排间距进行支护,扩帮侧挂钢筋网采用 2.1m 竹锚杆以 1000×1000 mm 排间距进行支护。在导硐掘进的同时,除锚网支护外,采用单体液压支柱配合 II 型钢梁的“一梁二柱”以 1000mm 的棚距加强支护(见图 1)。

(2) 施工 110203 综采工作面切眼上口主、副绞车硐室及支架旋转半径范围内的扩帮、挑顶。

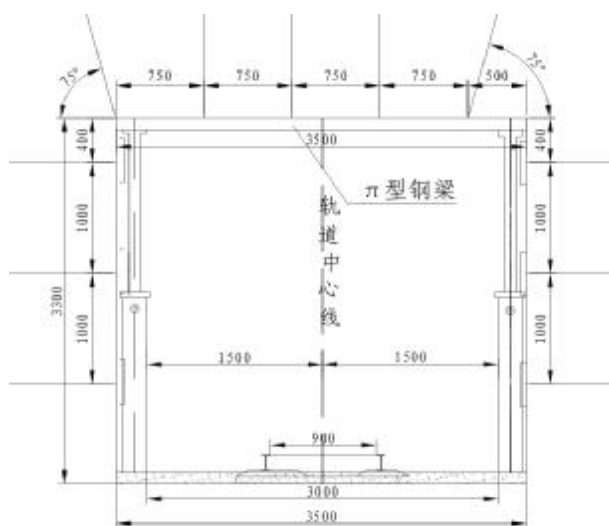


图 1 110203 综采工作面切眼导硐断面支护图

(3) 铺设 110203 综采工作面上口转盘道及导硐内轨道,同时安装切眼上口主、副绞车。

(4) 当主、副绞车安装完毕后,采用主、副绞车经切眼导硐下放,在切眼下口安装转载机及破碎机就位并试运转正常。

(5) 110203 综采工作面切眼导硐下口由下而上扩帮 10m,在扩帮的同时,跟随扩帮在煤帮侧铺设一台 40T 型刮板输送机出碴,机巷通过破碎机及转载机运至综采大皮带。

2.2 110203 综采工作面“边扩帮边安装”施工方案

(1) 当 40T 型刮板输送机安装就位后,边扩帮边下放支架进行安装,扩帮迎头距安装好的支架距

离控制在 10m。“边扩帮边安装”采用三八作业制,即两个班扩帮,一个班进行安装。

(2) 扩帮后的支护设计,切眼宽度 7500mm,高度 3300mm,扩帮后顶板采用锚网支护,顶部挂钢筋网,锚杆采用 $\phi 20 \times 2500$ mm 螺纹钢锚杆配合 W 型钢带进行支护,锚杆排间距控制在 750×750mm;扩帮后煤帮侧采用 2.1m 竹锚杆以 1000×1000mm 排间距进行支护(见图 2、图 3)。

2.3 110203 综采工作面支架安装施工方案

(1) 正向安装法:即液压支架头向下、尾向上进行安装。该安装方法由于切眼导硐紧靠老塘侧,导硐中心线与切眼中心线平距达 2.5m,因而增加了支架调向行走曲线半径,在支架调向时有倒架的危险,但此种安装的方法应用最为广泛(见图 4)。

(2) 反向安装法:即液压支架头向上、尾向下进行安装。该安装方法是将支架通过卸车斜台卸车后

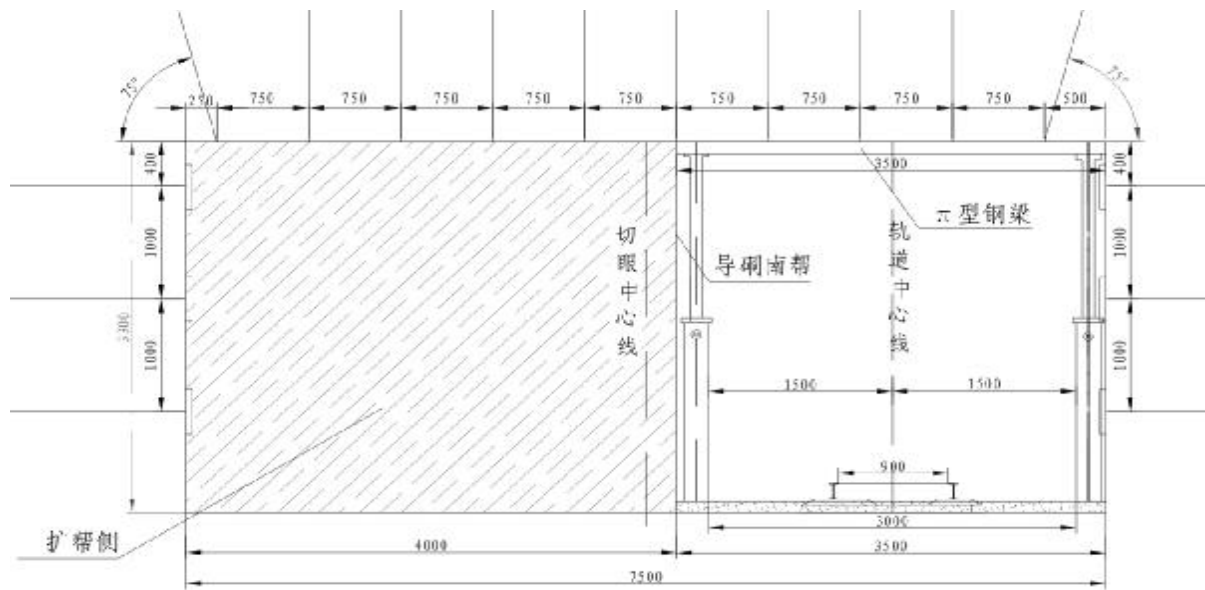


图 2 110203 综采工作面切眼正常段断面支护图

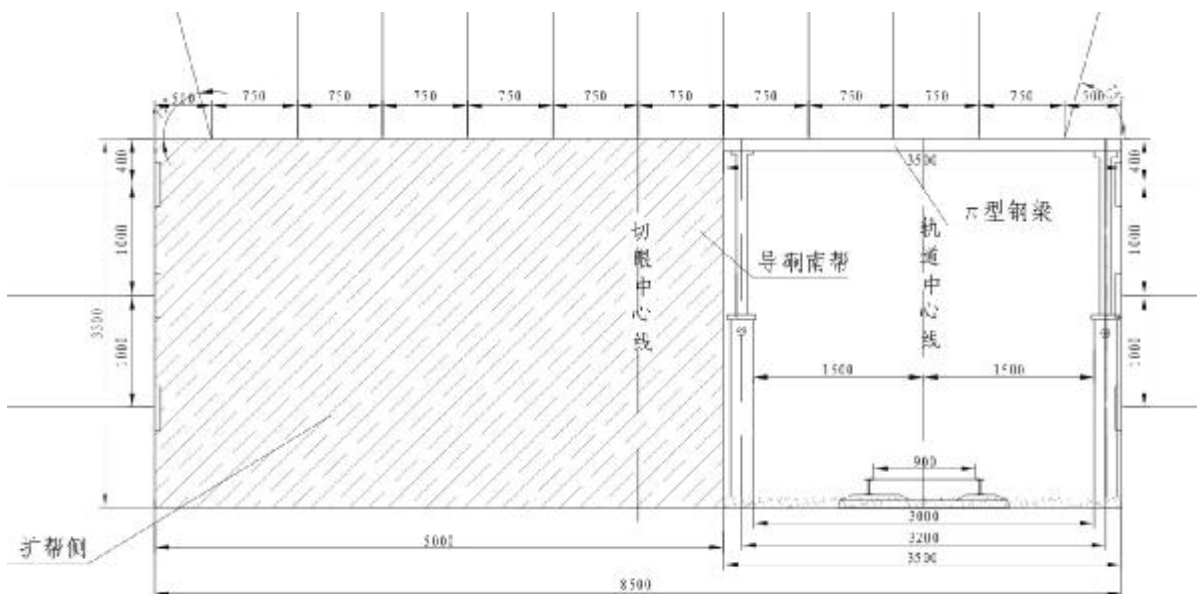


图 3 110203 综采工作面切眼机窝段断面支护图

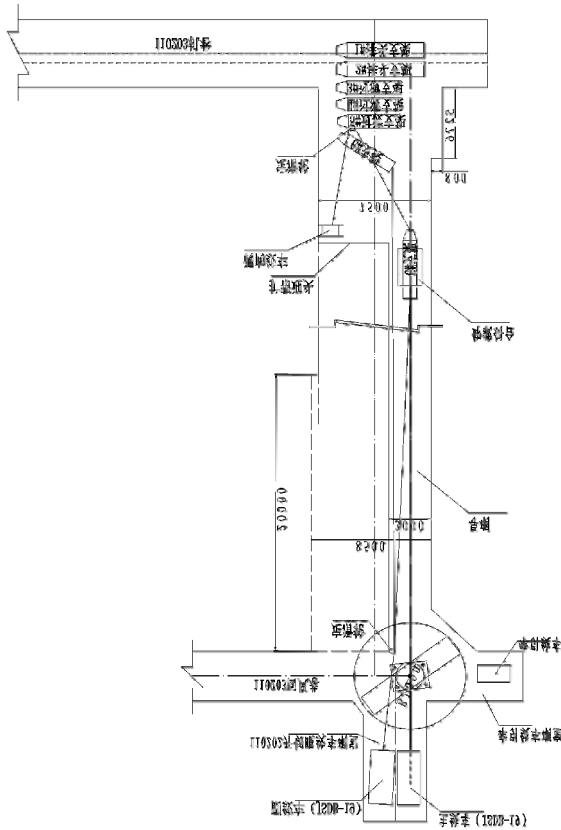


图 4 110203 综采工作液压支架调向安装图 (方案一)

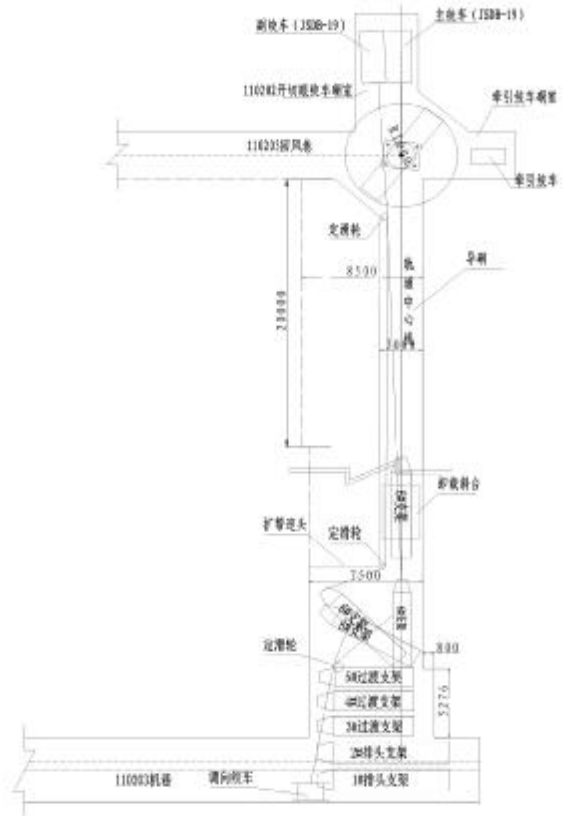


图 5 110203 综采工作液压支架调向安装图 (方案二)

将下放的支架尾部靠于已安装好的支架尾部，利用切眼下口安装后的调向绞车通过已安装好的支架底座上的导向轮拉动下放的支架底座，下放的支架前梁有副绞牵引保证支架平衡，调向绞车拉动支架进行调向，当支架调向大于 45°夹角时，利用单体支柱将支架向老塘侧顶回（此时调向的支架与安装好的支架尾部成线接触，从而减小了摩擦力），这样一台支架安装完毕。此种安装法降低了倒架的危险，缩短了扩帮迎头至安装好的支架间的距离；但是增加了支架与支架间的摩擦力（见图 5）。

3 工程施工劳动组织

3.1 劳动组织

采用“三八”作业制，即两班扩帮，一班安装。

3.2 作业进度

两班进行扩帮，每班扩帮 1.6m（针对于复杂的地质条件，每班完成扩帮量按 1.6m 计算），共计 3.2m；一班安装 2 台支架（采用大采高液压支架，宽度按 1.6m 计算，在两班扩帮的同时，将 2 台支架自地面前下放运至切眼上口位置）。即每天完成 3.2m 的

扩帮、2 台支架的安装。

3.3 完成 110203 综采工作面扩帮、安装共用时计算

110203 综采工作面长度 220m，共安装支架 138 架，按照劳动组织每天完成扩帮 3.2m、安装支架 2 台计算，共用时 69d。

4 工程施工进度对比

4.1 110203 综采工作切眼扩帮、安装正常施工用时计算

(1) 110203 综采工作面扩帮用时计算：

$$N_{扩帮} = L \div (n \times 3) = 220 \div (1.6 \times 3) = 46d$$

式中：N_{扩帮}—110203 综采工作面扩帮用时；

L—110203 综采工作面长度；

n—每班扩帮进度（针对复杂的地质条件，每班扩帮进度按 1.6m 计算）；

3—每天工作 3 个班次。

(2) 110203 综采工作面液压支架安装用时计算：

$$N_{安装} = G \div (g \times 3) = 138 \div (1 \times 3) = 46d$$

式中：N_{安装}—110203 综采工作面安装用时；

G—110203 综采工作面安装液压支架总台数;
g—每班安装液压支架台数,按 1 台计算(针对复杂的地质条件,每班按 1 台计算,包括自地面下放到工作面安装);
3—每天工作 3 个班次。

(3) 110203 综采工作面扩帮、安装总用时计算:

$$N=N_{\text{扩帮}}+N_{\text{安装}}=46+46=92\text{d}$$

4.2 110203 综采工作面采用“边扩帮边安装”施工用时计算

(1) 110203 综采工作面扩帮用时计算:

$$N_{\text{扩帮}}=L\div(n\times 2)=220\div(1.6\times 2)=68.75\text{d}$$

式中: $N_{\text{扩帮}}$ —110203 综采工作面扩帮用时;

L—110203 综采工作面长度;
n—每班扩帮进度,按 1.6m 计算;
2—每天扩帮工作 2 个班次。

(2) 110203 综采工作面液压支架安装用时计算:

$$N_{\text{安装}}=G\div(g\times 1)=138\div(2\times 1)=69\text{d}$$

式中: $N_{\text{安装}}$ —110203 综采工作面安装用时;

G—110203 综采工作面安装液压支架总台数;
g—每班安装液压支架台数,按 2 台计算(在两班扩帮的同时,将两台支架自地面下放运至切眼上口位置);

1—每天安装工作一个班次。

(3) 110203 综采工作面扩帮、安装总用时计算:

由于 110203 综采工作面扩帮、安装工作在每一天当中为平行作业,因此取用时最长的时间,即用时 69d。

4.3 110203 综采工作面扩帮、安装施工进度对比

相比之下,正常施工方法大于“边扩帮边安装”的施工方法,即 92d 大于 69d;相比较可得出,采用“边扩帮边安装”的施工方法,完成 110203 综采工作面的扩帮、支架安装可提前工期 23d。

5 工程施工经济对比

5.1 110203 综采工作面扩帮正常施工方法消耗单位支柱及 II 型钢总量计算

$$G_{\text{单体}}=L\div 1\times 3\times 2=220\div 1\times 3\times 2=1320\text{根}$$

$$G_{\text{II 型钢}}=L\div 1\times 3=220\div 1\times 3=660\text{根}$$

式中: $G_{\text{单体}}$ —单体液压支柱消耗总量;

$G_{\text{II 型钢}}$ —II 型钢消耗总量;
L—110203 综采工作面切眼长度;
1—“一梁二柱”排间距,为 1m;

3—每排由 3 组“一梁二柱”抬棚联锁;

2—每架抬棚采用 2 根单体液压支柱。

5.2 110203 综采工作面采用“边扩帮边安装”的施工方法消耗单体支柱及 II 型钢总量计算

$$G_{\text{单体}}=L\div 12=220\div 1\times 2=440\text{根}$$

$$G_{\text{II 型钢}}=L\div 1=220\div 1=220\text{根}$$

式中: $G_{\text{单体}}$ —单体液压支柱消耗总量;

$G_{\text{II 型钢}}$ —II 型钢消耗总量;

L—110203 综采工作面切眼长度;

1—“一梁二柱”排间距,为 1m;

2—每架抬棚采用 2 根单体液压支柱。

5.3 经济对比

经对比,采用“边扩帮边安装”的施工方法,可节省单体液压支柱 880 根、II 型钢 440 根;每根 3.5m 单体液压支柱按 1000 元计算,一根 3.5m II 型钢按 300 元计算,共计节省 101.2 万元。

5.4 优缺点分析

5.4.1 优点

(1) 对于煤层顶底板软、工作面顶板压力大,当切眼宽度增大时,能有及时有效的对顶板时行支护。

(2) 常规性的切眼施工及安装,顶板下沉、底板鼓起等原因,导致切眼高度不够重新进行起底,并且打木垛加强支护,而“边扩帮边安装”的方法不存在此问题。

(3) 大量的减少了单体支柱及 II 型钢梁的使用,这样给材料上是一笔可观的节约,再者,减少切眼大量使用单体支柱及 II 型钢梁,大大提高了安全系数,减轻了施工劳动强度。

(4) 有效的利用了切眼施工及安装平行作业,有效的进行组织能提高切眼及安装施工速度。

(5) 能够及时将风、机两巷的综掘皮带及综掘机撤出,上地面进行检修,以便为下一综掘工作提前作准备,不至于将设备(综掘机)长期置于井下、潮湿水淋而降低了设备的使用寿命。

5.4.2 缺点

(1) 切眼扩帮时,由于爆破地点距支架距离很近,降低了安全系数,同时需要对支架及其它设备加强保护。

(2) 在切眼工作面的岗位及工作人员比较杂乱,既有扩帮的人员,又有安装的人员,应加强现场的劳动组织管理及安全管理。(下转第 72 页)

黑岱沟露天煤矿综合开采工艺合理性探讨

刘万荣¹ 王平亮² 宋富国²

(1. 神华准能公司炸药厂,内蒙 准格尔,010300;2. 神华准能公司黑岱沟露天矿,内蒙 准格尔,010300)

摘要: 露天采矿是复杂的工艺系统,它具有多因素和非确定性的特点,本文分析了我国最大露天煤矿神华准格尔能源有限责任公司黑岱沟露天矿采矿工艺的优化选择和所用开采工艺的对比分析,提出了露天煤矿开采综合工艺的合理性概述。

关键词: 露天煤矿 综合开采工艺 合理性 大型化

中图分类号:TD824

文献标识码:B

文章编号:1672-3880(2009)05-0022-03

据统计,世界各类矿物总产量中,有约80%采用露天开采。各国都采取不同的露天开采方式,努力扩大矿区规模。随着矿山开采的大型化趋势,矿区开采范围不断扩大,开采深度日益增加,开采境界内矿岩赋存条件复杂多变。传统的单一开采工艺方式往往不能与之相适应,使开采效率降低,开采成本提高,多种开采工艺综合应用已经成为大型露天开采的一种发展模式。下面以神华准格尔能源有限责任公司(以下简称神华准能公司)黑岱沟露天煤矿为例,简述露天煤矿综合开采工艺的合理性。

1 简述

黑岱沟露天煤矿隶属神华准能公司,是国家“八五”计划期间重点项目准格尔项目一期工程三大主体工程之一,是我国自行设计、自行施工的特大型露天煤矿。设计年生产能力1200万t。煤矿从1999年正式投产,2003年全面达产。在此基础上,露天煤矿又进行了扩能改造,设计生产能力2000万t/a。2005年原煤产量达到2001.2万t,成为名副其实的中国第一大露天煤矿。2008年黑岱沟露天煤矿原煤产量达2284万t。

2 开采工艺的选择

露天煤矿的生产过程基本是一样的,而不同矿山具体条件下,所用的机械设备类型和开采工艺是不同的。目前黑岱沟露天煤矿开采工艺具体应用如下:

(1) 轮斗系统连续开采工艺。黑岱沟露天煤矿上部黄土覆盖层厚,平均厚40m,采用轮斗挖掘机—胶带输送机—排土机连续工艺。使用德国克虏伯公

司生产的SchRs710/1×15轮斗系统2套。黑岱沟露天煤矿地处鄂尔多斯高原,是我国水土流失较严重的地区之一,这里原有地表沟壑纵横、土壤干松,气候干燥,常年降雨量少,非常适合于轮斗系统连续作业。该系统可以利用冬季土层冻结后进行大修整修设备,而在大多数作业期间可以提前完成土方剥离任务,确保上层覆土的清除,给剥采设备提供足够的采挖量。

(2) 单斗挖掘机—自卸卡车间断工艺及煤层开采半连续工艺。黄土与岩石结合层中部岩石(平均厚19m)采用穿孔爆破松动单斗挖掘机采挖—卡车运输的间断工艺。

下部煤层(平均厚28.8m)煤炭采运量相对土岩量要小,采用较小型单斗挖掘机——自卸卡车间断开采运送到坑边半移动破碎站经胶带输送机输送至选煤厂,属于半连续工艺。前期投入国产WK-10B电铲和湘潭产SF3102型108T自卸卡车,主要用于比例较小的原煤采装运输环节。

采用比塞洛斯国际公司生产的395B电铲(斗容32m³);395A电铲(斗容46m³);2800XP(斗容25m³)电铲进行上部岩石采挖。岩石运输工作设备采用小松德莱赛公司生产的630E型154t自卸卡车和小松美洲公司生产的730E型180t自卸卡车;主要用于岩石剥离物的输运。

(3) 拉斗铲倒堆工艺。黑岱沟露天煤矿岩石覆盖层较厚,下部岩石平均厚45m。剥离岩石对开采进度至关重要,且采掘层为水平和近水平中厚岩层,非常适合于拉斗铲倒堆工艺。黑岱沟露天矿不断扩大采矿规模,提高采剥效率,2007年投资7.7亿元引

进斗容 90m³、悬臂 100m 的拉斗铲,可实现日倒堆排弃量 6 万 m³,满足整体剥离推进进度。倒堆式开采工艺在黑岱沟矿的应用,体现出了高效稳定的优势,实现了土岩剥离作业过程中,土岩的采挖、移运、排卸 3 个生产过程,由一台设备来完成,将剥离物由采掘台阶铲挖后直接倒至采空区或排入内部排土场。

3 综合开采工艺合理性分析

露天煤矿采矿实际生产能力的高低,除了受剥离采装运输生产设备等诸多影响外,还与工艺、环境的综合选择利用有很大关系。黑岱沟露天煤矿根据实际开采情况如开采厚度、地质条件、物料性质、内外排土场容量及运距等的不同,充分利用不同开采工艺的优点,采用综合开采工艺,并在多年来实践摸索中总结出了合理的开采工艺设计方法。

3.1 轮斗系统连续开采工艺分析。

相对而言卡车运输运距远,成本高,单斗卡车剥离成本为 7.8 元/m³,而用轮斗系统剥离的成本为 6.8 元/m³。对于不需要爆破松动处理的黄土覆盖层,斗轮机可以直接采挖剥离,采用紧凑型轮斗挖掘机采掘,胶带输送机输送,排土机排卸,每小时排弃黄土 3100t,每年可以按时完成黄土剥离任务。实践表明轮斗连续工艺适合于黑岱沟露天煤矿上部土层开采。而用单斗铲—卡车工艺较难满足拉斗铲倒堆的推进进度,可见连续工艺系统和设备是大型采矿工艺的发展方向。综合分析轮斗系统具有以下优点:

- (1) 单设备投入少、主机体积小、生产效率高。
- (2) 易于实现自动化控制,生产过程连续。
- (3) 每 m³ 挖掘物料的单位能耗小。

(4) 不消耗柴油,节能环保。由于矿岩性质等因素制约,黄土层与岩石接合处复杂条件处还需要其他工艺配合完成。

3.2 单斗挖掘机——自卸卡车间断工艺及半连续工艺分析。

间断开采工艺的机动性和灵活性强,可实现对中部各硬度特性矿岩(本矿煤岩和覆存条件硬度 f=1~8 的)剥离,其优点体现在:

(1) 基本不受岩性影响,适宜黑岱沟中硬岩石的地质条件。

(2) 爬坡能力强,一般可达 8%~10%,适宜本矿煤岩倾角沿走向变化较大及沟谷纵横的准格尔地形条件。

(3) 该工艺对气候、岩石性质等环境影响因素适应性强。尤其对黄土和岩石结合部位的复杂地质条件下,使用单斗铲—卡车工艺更为合理。

下部煤层采剥现场距离坑口选煤厂较近,非常适合采用单斗—卡车—(地面半固定破碎站)带式输送机半连续开采工艺。在实际使用过程中发现,半连续开采工艺既扩大了连续开采工艺的适应范围,又保持了连续工艺的高效性,其优点表现在:

(1) 坑内卡车运输,使采煤工艺具有很强的适应性。

(2) 半固定破碎站设在地面,可实现破碎站和带式输送机有较长的相对固定时间,生产管理简单,设备可靠性较高,从而保证整个采煤工艺系统有较高可靠性。

通过在黑岱沟矿应用,与选煤厂洗选能力衔接,由于选煤厂储煤仓有效体积和装车间断性的局限,用较小型卡车运送至破碎站,由破碎站连续加工设备输送到选煤厂,以减少选煤厂仓储压力,实现工艺合理配套。

3.3 拉斗铲倒堆工艺分析。

目前露天开采工艺中,条件允许的情况下,拉斗铲倒堆工艺是技术成熟、设备可靠、经济性最好的开采工艺之一。

结合黑岱沟煤岩特点,煤层顶板以上 45m 左右的岩石采用拉斗铲倒堆开采工艺。其岩性属中等硬度,虽然覆盖层较厚,结合抛掷爆破工艺,用拉斗铲倒堆工艺开采煤层顶板以上岩层是可行的,也是比较经济的,尤其适用于黑岱沟近水平埋藏的矿床(煤岩倾角一般<50)。通过黑岱沟露天煤矿抛掷爆破结合拉斗铲倒堆工艺两年实践生产,体现出该工艺如下优点:

(1) 有效抛掷率高,达到 30%以上,爆堆沉降率达到 30%~35%、经济效益可观。通过 2007 年和 2008 年抛掷量与单斗卡车工艺相比,单位成本平均降低达 8 元/m³。

黑岱沟露天矿抛掷爆破与单斗卡车剥离成本比较

年度	有效抛掷量 (万m ³)	抛掷爆破成本 (元/m ³)	单斗卡车剥离成本 (元/m ³)	成本节约 (万元)
2007	347.3	3.6	9.6	2073.8
2008	754.8	3.3	13.6	7729.8
合 计				9803.6

(2) 预裂爆破可以阻隔抛掷爆破区部分爆轰波、降低振动强度、减少后冲和侧冲,使台阶坡面整齐稳定,解决安全生产问题。

(3) 具有生产能力大、成本低、环节少、便于集中管理、对剥离物岩性适应性强等优点,同时拉斗铲采用电力驱动,可以节约燃油,保护环境。

拉斗铲倒堆工艺结合高台阶抛掷爆破工艺,科学合理、安全高效。同时也是为了保证剥离进度,与上层表土剥离效率较高的轮斗连续工艺相配套,充分体现其优越性。

4 结论

露天开采的趋势是发展综合化的开采工艺较为合理。随着工业发展对能源需求量进一步加大,在露天开采工艺方面,如果条件允许的情况下,优先考虑横向倒堆工艺和轮斗连续工艺,发展综合工艺。因为综合开采工艺可以充分发挥各种工艺的优越性,根据不同矿山条件,选用多种开采方式扬长避短,产生最优经济效益。如黑岱沟露天煤矿采用单斗一卡车和拉斗铲倒堆综合开采工艺。通过实践证明这种工艺方式经济效果好,劳动生产率高。东德资料证明,轮斗连续工艺排土桥的运输成本为铁道运输的 1/3,劳动生产率比铁道运输高 3.8 倍。根据美国资料显示,当露天煤矿坑长度为 3km 时,利用拉斗铲横向倒堆的费用(折旧费加生产费用)为汽车运输的

37%,是胶带运输的 65%,是排土桥的 85%。在前苏联,拉斗铲倒堆的基建投资是铁道运输的 53%。

在主要设备发展方面,随着露天开采规模的增大,设备规模必须大型化,只有这样,才能适应大型作业平台采剥任务的完成,进一步扩大产能和产业规模化。由此,黑岱沟露天煤矿今后的发展方向应该是:

(1) 开采规模大型化。主要发展能力为2000-3000万 t 级别特大型露天矿山。

(2) 开采工艺连续化。对于黄土可以采用轮斗系统连续挖掘工艺,对于岩石较硬的矿山采用移动式 and 半固定式破碎机连续作业。

(3) 工艺设备大型化。今后主要发展挖掘机斗容在 50~70m³,载重在 236~326t 的卡车和带宽 2~3m 的输送机。

(4) 采用计算机设计管理的应用。采用计算机工程计算、模拟爆破、工艺设计等先进开采配套技术,建设智能矿山。

参考文献

[1] 张幼蒂.矿业发展新域探索—张幼蒂论文选集[M].中国矿业大学出版社,2003.9.
[2] 徐永圻.《煤矿开采学》[M].中国矿业大学出版社,1999.8.

作者简介:刘万荣(1970-),经济师,工程师,现任神华准能公司炸药厂生产技术部经理。

The discussion on the rationality of the technique of fully mining of Heidaigou opencast coal mine

Liu Wanrong Song Fuguo

(1 Explosive Factory of Shenhua Zhunneng Corporation ,Inner Mongolia ,Zhungeer ,010300,China

2. Heidaigou opencast coal mine of Shenhua Zhunneng Corporation ,Inner Mongolia ,Zhungeer ,010300, China)

Abstract: Opencast mining is complicated technique system which has many factors and features of nondeterminancy. This text analyzes the optimal choice of the mining technique of Heidaigou opencast coal mine of the largest opencast coal mine Shenhua Group Zhungeer Energy Co.,Ltd and contrast of the used mining technique and puts forward the summarization of the rationality of comprehensive technique of extraction of opencast coal mine.

Key words: Opencast coal mine;Comprehensive mining technology;Rationalization

(收稿日期: 2009-09-20 责任编辑: 杨 静)

千米定向大直径长距离钻孔的实践与应用

周廷扬 马自明

(神华宁夏煤业集团公司汝箕沟煤矿, 宁夏 平罗, 753404)

摘要: 结合汝箕沟煤矿 32212 和 32213 区域澳大利亚千米定向钻孔施工技术, 对比分析千米定向钻孔与常规钻孔的抽采差异, 总结分析了长距离、大直径钻孔抽采的优势, 以及施工技术特点, 对研究高瓦斯矿井抽采理论和指导生产实践具有重要的理论和实践意义。

关键词: 长距离钻孔 抽采 实践应用

中图分类号: TD712+.621

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)05-0025-03

1 矿井概况

汝箕沟煤矿位于贺兰山北段腹地汝箕沟煤田, 煤层年代为下侏罗统延安组, 煤种为优质无烟煤。矿井采用斜井石门上下山联合开拓, 通风方式为分区对角抽出式, 采用走向长壁倾斜分层全部垮落综采采煤法, 设计生产能力 120 万 t/a, 通过技术改造, 矿井已形成“一井一面、一主一备、年产 130 万 t”生产格局, 目前矿井开拓开采系统正在向下山采区延伸。

矿井瓦斯抽放采用“穿层钻孔抽放、顺层钻孔抽放、邻近层抽放、采空区抽放、巷道抽放”的常规综合抽放方法, 共有两套瓦斯抽放系统, 其中: 2 台 2BEF-50 抽放泵并联运行, 专门用于采空区和巷道抽放; 3 台 2BEC67-1BG3 瓦斯抽放泵用于钻孔瓦斯抽, 抽放负压 36Kpa 左右, 井下抽放主管均为 Φ630mm 和 Φ450mm 抽放管, 抽放支管均为 Φ219mm 抽放管。

矿井主采煤层二₂¹层煤平均厚度 13.03m, 为稳定的巨厚煤层, 结构较复杂, 含夹矸两层, 倾角 3°~15°、平均 9°, 局部有骤增现象。二₂¹煤直接顶厚度 4.41 m, 灰黑色砂质泥岩—细砂岩, 层理发育, 以砂质泥岩为主; 伪顶厚度 0.35 m, 黑色鳞片状泥岩—炭泥岩, 破碎, 较软, 易冒落; 老顶厚度 12 m, 灰白色中砂岩—粗砂岩, 含石英英颗粒, 致密坚硬; 直接底厚度 3.05 m, 灰黑色砂质泥岩, 局部相变为细砂岩; 老底厚度 2.10 m, 灰白色粉砂岩—中砂岩, 含石英英颗粒, 致密坚硬。顶板岩性如图 1 的 119 钻孔所示。

序号	图例	岩石名称	深度	厚度	累厚	岩性特征
21		细砂岩	202.1	0.83	60.44	
20		粗砂岩	217.35	15.25	59.61	以石英为主, 含黑色矿物和煤屑
19		细砾岩	219.04	1.69	44.36	含大量细砾石, 石英为主含细砂岩
18		中砂岩	220.64	1.6	42.67	石英为主偶见细砾石和炭屑
17		粗砂岩	222.22	1.58	41.07	石英为主偶局部仿砾石
16		砂岩	225.17	2.95	39.49	淡灰色石英为主
15		细砂岩	227.3	2.13	36.54	深灰色含云母片局部为泥岩与细粉砂岩互层
14		粉砂岩	228.92	1.62	34.41	黑灰色泥质为主
13		细砂岩	230.77	1.85	32.79	黑灰色夹浅灰色细沙条带
12		粗砂岩	234.97	4.2	30.94	灰白色含星云母片暗色矿物层理面
11		粉砂岩	235.89	0.92	26.74	黑灰色含微量云母片
10		细砂岩	239.14	3.25	25.82	浅灰色含云母片泥质胶结
9		粗砂岩	256.02	16.88	22.57	顶中部夹约 1m 中砂岩粗砂岩灰白色含星云母片及色矿物煤屑
8		砾岩	256.8	0.78	5.69	灰白色含大量石英砾石
7		粉砂岩	257.17	0.37	4.91	黑灰色含星云母片
6		煤	257.5	0.33	4.54	
5		泥岩	258.45	0.95	4.21	灰黑色富含炭质
4		煤	258.71	0.26	3.26	
3		炭泥岩	260.27	1.56	3	灰黑—黑灰色夹 0.15m 细砂岩
2		煤	260.54	0.28	1.44	
1		泥岩	261.71	1.16	1.16	黑色块状
		二 ₂ ¹ 煤	270.22	8.51		以亮煤为主

图 1 二煤及顶板特征

2 施工区域情况

中央下山采区第一个区段是矿井技改投产的首采区段，也是 32₂11 区段的接续区段。该区段北靠 32₂11₍₃₎综采工作面，西、南部紧邻未采区域，东临 F₁₆ 断层；开采部署 32₂12 与 32₂13 分层综采工作面。32₂12 采面走向长 475m，倾斜宽 250m，所采煤层二₂煤层厚度平均 10.06m，分 3 个分层金属网假顶综采开采，采面总可采储量 158 万 t，第一分层可采储量 52 万 t。32₂13 采面走向长 825m，倾斜宽 250m，所采煤层二₂煤层厚度平均 10.06m，分 3 个分层金属网假顶综采开采，采面总可采储量 264 万 t，第一分层可采储量 90 万 t。上区段 32₂11 采面开采结束后接续技改投产面 32₂12₍₁₎综采面，与 32₂13 采面形成东西翼对拉工作面。目前，32₂12₍₁₎综采面风、机两巷正在施工，32₂13₍₁₎综采面风、机两巷还没有施工，采掘接续十分紧张。32₂12 与 32₂13 条带布置 4 个钻场采用 SDR21—VLD—1000 澳大利亚千米定向钻机，进行长距离定向钻孔施工。

3 瓦斯情况

汝箕沟井田是一个向斜构造，瓦斯赋存变化规律为西部大于东部、深部大于浅部，向斜轴部与 F₁₆ 断层附件瓦斯异常。二₂¹煤层瓦斯含量为 13.23m³/t，瓦斯含量与覆盖深度的线性关系为深度每下降 100m，瓦斯含量增加 6m³/t，向斜轴部相对瓦斯涌出量大于 20m³/t。根据抚顺煤科院测定煤层瓦斯参数，汝箕沟煤矿介于可以抽采与较难抽采之间。矿井总瓦斯储量为 12.95 亿 m³，可抽采瓦斯储量为 7.12 亿 m³。2009 年瓦斯绝对涌出量 148.72m³/min，相对涌出量 57.38m³/t，瓦斯等级鉴定结果为煤与瓦斯突出矿井。随着开拓、开采水平的延伸，瓦斯涌出量越来越大，瓦斯治理难度也越来越困难。

32₂12 与 32₂13 接续区段煤层瓦斯含量 16.23m³/t，所采的二₂层煤具有突出危险性，上部二₁煤采空区存在隐蔽火区的威胁。32₂12₍₁₎综采面机巷掘进期间，澳钻施工区域瓦斯涌出量明显减少，而澳钻抽放区域外侧盲区瓦斯涌出量大、制约正常掘进生产（见表 1）。

4 澳大利亚千米定向长距离钻孔施工技术

4.1 澳钻施工的必要性及可行性

32₂12、32₂13 接续区段所采煤层没有进行预抽，

表 1 32₂12、32₂13 区段煤炭储量、瓦斯储量

采面名称	煤层	地质储量 (万 t)	平均瓦斯含量 (m ³ /t)	瓦斯储量 (万 m ³)	应抽瓦斯量 (万 m ³)
32 ₂ 12	二 ₂ ¹	158	16.23	2564	1538
32 ₂ 13	二 ₂ ¹	264	16.23	4285	2571
合计		442		6849	4109

瓦斯突出危险性严重。矿井采掘接续紧张，巷道没有提前准备，若采用常规手段，使用国产钻机施工抽采钻孔需进尺 71280m，需抽瓦斯量 4109 万 m³，工程量大；预抽期短，抽放率、剩余吨煤瓦斯量均无法达到《抽采规程》要求。而该区段煤层赋存状况、煤层瓦斯含量参数、地质构造等适合中长距离定向钻进，有利于解决抽放时间不足的问题，有利于解决抽放率低的问题。

4.2 澳钻施工的技术方案

32₂12、32₂13 接续区段澳大利亚千米定向钻孔施工，共布置 4 个钻场(A、B、C、D)，分别向 32₂12、32₂13 条带沿走向钻进。钻孔平均间距 25m，采用 Φ96mm 钻头，进入煤层后沿距二₂¹煤顶板 5m 的位置水平钻进，根据需要适时探顶、探底。

4.3 澳钻施工的具体情况

32₂12 区域布置并施工了一个钻场(C 钻场)，该钻场于 2008 年 9 月完工，共施工千米定向钻孔 30 个（主孔 7 个，分支孔 23 个），施工钻孔进尺 10577m，吨煤钻孔量达 0.0066m³/t。32₂13 区域布置并施工了 3 个钻场(A、B、D 钻场)，B、A、D 钻场分别于 2008 年 11 月、2009 年 3 月、5 月完工，共施工千米定向钻孔 17 个（主孔 13 个，分支孔 4 个），施工钻孔进尺 14681m，吨煤钻孔量达 0.006m³/t，具体钻场钻孔布置及施工情况见表 2、图 2。

表 2 澳大利亚千米定向钻孔施工进尺情况

钻场名称	孔数(个)	主孔(个)	分支孔(个)	钻孔进尺(m)
C 钻场	30	7	23	10577
B 钻场	8	6	2	7281
A 钻场	5	5	0	4856
D 钻场	4	2	2	2544
合计	47	20	27	25258

4.4 澳钻钻孔的瓦斯抽采情况

澳钻钻孔在施工期间，边施工边连抽，钻孔施工

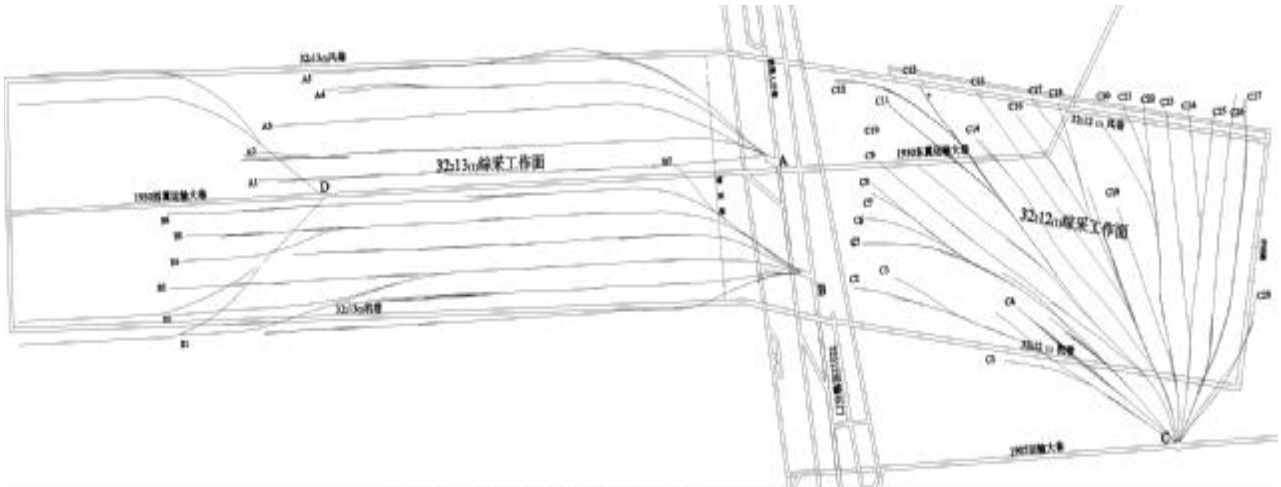


图 2 澳钻千米定向钻孔施工平面图

结束全部开抽, 钻孔抽采浓度 38%以上, 抽采负压 38Kpa, 钻孔抽采参数见上表。截止目前, 32₂12 区域共抽出瓦斯纯量 356 万 m³, 32₂13 区域共抽出瓦斯纯量 192.54 万 m³, 具体抽采情况见表 3。

表 3 澳大利亚千米定向钻孔施工抽采量情况

钻场名称	抽放负压 (KPa)	抽放浓度	单孔混合量 (m ³ /min)	单孔纯量 (m ³ /min)	截至目前抽采总量(万 m ³)
C钻场	38	40	2.8	1.48	356
B钻场	38	38%	1.325	0.795	148.62
A钻场	38	57%	1.278	0.768	43.92
D钻场	38	56	1.342	0.773	0
合计					548.54

0.8%以下, 掘进进尺只能达到 4m/d, 严重影响着掘进进度。而当巷道掘进到 260m 之后进入澳钻抽采区域, 回风流瓦斯浓度明显下降, 降低配风量后, 放炮时只需 5min 瓦斯就可降到 0.8%以下, 掘进进尺可达 6.0m/d, 进度明显加快(见表 4)。

表 4 32₂12₍₁₎ 综采面机巷掘进期间瓦斯变化情况

区域名称	掘进距离(m)	风量(m ³ /min)	瓦斯浓度(%)	瓦斯涌出量(m ³ /min)
盲区	200	244	0.14	0.034
	250	424	0.5	2.12
	400	770(两台局扇)	0.56	4.31
	450	877(两台局扇)	0.6	5.26
澳钻区	490	360	0.24	0.86

5 32₂12 区域澳钻千米定向长距离钻孔与常规钻孔抽采对比情况

32₂12 区域因煤层地质条件变化, 在靠近 32₂12₍₁₎ 机巷位置附近, 澳钻千米定向钻孔只能施工至距切眼 250m, 剩余 260m 范围内不属于澳钻钻孔覆盖区。由于没有经过澳钻千米定向钻孔预抽, 在 32₂12₍₁₎ 机巷掘进期间, 为了降低风流中的瓦斯浓度, 曾采用增加配风量和常规钻孔抽放等多种措施, 工作面配风量从 244m³/min 增加到 877m³/min。同时, 在机巷每 12m 施工 5 个工作面扇形钻孔, 机巷上帮每隔 36m、下帮每隔 40m 各施工 3 个超前钻孔, 钻孔边施工边连抽, 抽采量达到 0.03m³/min。由于抽放时间短, 瓦斯难以全部抽出。因而, 掘进放炮后, 瓦斯居高不下, 一直超限, 必须等 30min 以上才能将瓦斯降到

6 结论

(1) 国产常规钻机施工钻孔的长度一般为 120m, 而澳钻施工的钻孔深度可以达到 1000m, 是国产常规钻机的 8 倍以上。由于澳钻可以施工长距离钻孔, 能够实现在工作面风、机两巷没有施工前通过附近的巷道向工作面施工抽采钻孔, 从而增加了钻孔预抽期, 提高了工作面抽采率。也为将后工作面风、机两巷掘进瓦斯涌出量的降低打下基础。

(2) 澳钻千米定向钻机具有钻孔定向功能, 可以实现钻孔按照设计轨迹钻进, 从而保证钻孔的穿煤长度, 提高抽采量。尤其对于厚煤层分层开采, 可以保证钻孔位于煤层中间, 实现一分层开采而钻孔不被揭露, 增加钻孔预抽期, 增加抽采量。(下转第 34 页)

高位抽放巷瓦斯抽放技术在乌兰矿的应用

刘明星

(神华宁夏煤业集团公司乌兰矿,宁夏 石嘴山,750300)

摘要: 针对乌兰矿 5341 综放工作面采空区瓦斯涌出量大的特点,在合理论述高位巷道布置位置参数的基础上,确定了高位抽放巷封闭抽放的瓦斯治理方案,并结合瓦斯抽放管理和其它辅助措施,最终有效地降低了该工作面的瓦斯浓度,为类似工作面的瓦斯治理提供了宝贵的经验。

关键词: 高位抽放巷 综放工作面 瓦斯治理

中图分类号:TD75+2.2

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)05-0028-04

1 前言

高位抽放巷就是在采煤工作面煤层顶板上方内错于回风巷施工一条高位瓦斯巷,当工作面采过后,通过高位瓦斯抽放巷抽放采空区和邻近层煤层涌出的瓦斯。该方法适用于工作面、邻近层瓦斯涌出量较大,采空区瓦斯含量较高,回风流瓦斯浓度无法降低的开采情况。而乌兰矿 5341 综放工作面上覆 2# 煤为突出煤层,距 3# 煤间距约 22m。由于 2# 煤层煤质差,煤层赋存条件等原因报损不开采,致使该工作面在推进过程中瓦斯涌出量大增,经统计,2# 煤层及围岩的瓦斯涌出量约占此工作面总涌出量的 60%左右。在此情况下乌兰矿在合理确定高位巷道布置位置的前提下,在 5341 综放工作面采用了高抽巷瓦斯抽放技术,有效地解决了该工作面瓦斯涌出量大的问题。

2 瓦斯抽放区概况

5341综放工作面所采煤层为乌兰井田 3# 煤层,该工作面走向长 478.5m,斜长 162.2m,煤层倾角 21°~24°,此工作面内煤层全层厚一般为 6.5~14.2m,平均煤厚为 10.35m,其中纯煤厚为 8.6m。根据一水平实际揭露及二水平打钻资料分析,3# 煤层在北翼 1280 二石门附近分叉出 2_下 # 煤层,煤层全层厚一般为 3.5~7.5m,平均煤厚为 4.5m,由南向北与 3# 煤层的间距逐渐增大,其岩性为细砂岩。5341 工作面区域内 3# 煤层与 2_下 # 煤层间距为 4.5~17.5m,平均 11.5m。5341 综放工作面采用“一进两回”的通风方式,即一条进风巷,一条回风巷,一条高位抽放巷道(布置在 2_下 # 煤层,与 3# 煤层层间距平均 11.5m 左

右)。工作面绝对瓦斯涌出量为 20~40m³/min,平均在 30m³/min 左右。风机两巷沿煤层底板布置,高抽巷内错布置与风巷相距 20m 左右。5341 综放工作面通风系统示意图如图 1 所示。

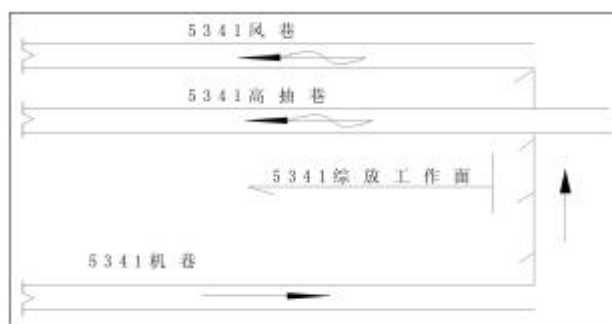


图 1 5341 综放工作面通风系统示意图

3 高位瓦斯抽放巷方案的确定

高抽巷能否起到较好的抽放效果,关键是抽放巷道一定要处于采空区裂隙带内,此处为瓦斯富集区,瓦斯抽放效果较理想。

3.1 布置高抽巷的必要性和目的

在已经回采完的 5342 综放工作面的瓦斯治理中,主要采取了在顶板巷施工高位抽放钻孔和顶板巷封闭抽放的试验,取得了较好的效果。但存在以下问题:

(1)经常要停止工作面作业倒替高位抽放钻场和移设密闭,而且顶板巷直头还需要用局扇供风,管理难度较大。

(2)由于顶板巷布置在 3# 煤层里,一旦煤层变薄顶板巷的通透性就会提高,导致顶板巷抽放浓度

降低,使抽放量下降,造成工作面瓦斯超限。因此,需要布置一条既能替代顶板巷的高位钻孔,又能解决顶板巷抽放浓度低的抽放巷道就显得非常的必要和迫切。

将高位巷布置在顶板破坏裂隙带内,当顶板垮落后,邻近层及围岩内的瓦斯平衡受到破坏,由邻近层及围岩解吸的瓦斯沿裂隙向采空区流动。高抽巷的目的正是通过抽采空区顶板裂隙及冒落区内积存的高浓度瓦斯,切断邻近层的瓦斯涌向工作面的通道,从而减少采空区瓦斯向工作面涌出,控制上隅角瓦斯积聚。

3.2 高位抽放巷位置的确定

回采工作面采空区上方的变形通常分为冒落带、裂隙带和弯曲下沉带 3 个区域。根据高位瓦斯抽放巷道的要求,巷道必须位于预抽煤层工作面的跨落带内,根据经验抽放半径以风巷为圆心,不得大于 30m,且处于顶板上跨落角之内,才能解决该工作面的瓦斯抽放问题。

3# 煤层跨落带高度按公式计算为:

$$H = \frac{hm}{(K-1) \times \cos\alpha} = \frac{8.5}{(1.3-1.0)\cos 23^\circ} = 30.8\text{m}$$

式中: hm—煤层采高,取煤层厚度的 80%为 8.5m;

K—岩石硬度系数,取 1.3;

α —煤层倾角,取 23°;

5341 工作面区域内 3# 煤层与 2_下# 煤层的间距最大处为 17.5m,2_下# 煤层厚度为 3.5m,3# 煤层厚度为 5.6m,3# 煤层底板到 2_下# 煤层顶板距离为 26.6m,小于 30.8m 的跨落带高度。

3# 煤层顶板上跨落角,根据以往经验和解放层开采设计取 54°,则要使巷道位于跨落角之内,与风巷的平距就不得小于:

$$26.6 \div \cos(90^\circ - 23^\circ - 54^\circ) \times \cos 54^\circ = 16\text{m}.$$

如 5341 风巷与高抽巷的平距为 20m,则两巷道的落差为 17.5m,经计算 $20 \div \arctan(17.5 \div 20) = 22.8\text{m}$,得两巷道间的法线距离为 22.8m,位于 30m 抽放半径与跨落带、顶板跨上落角以内。因此,确定在 2_下# 煤层试验高位瓦斯抽放巷,高位抽放巷设计与 5341 风巷的平距确定为 20m。

3.3 高位巷抽放技术的实施

在 2_下# 煤层中沿煤层顶板施工一条巷道,巷道中线平行于 5341 风巷,平距为 20m,内错布置,全长为 495 m,然后对巷道进行封闭抽放。其技术实施的

5341 综放回采工作面及其高抽巷布置的平面图及剖面图如图 2 和图 3。

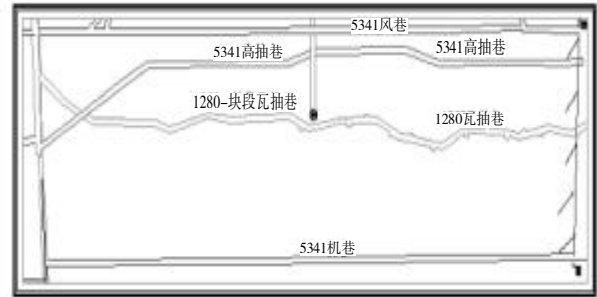


图 2 5341 综放回采工作面及其高抽巷布置的平面图

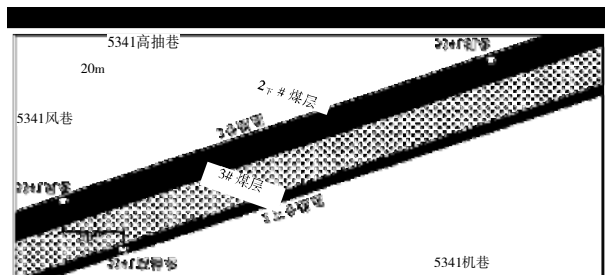
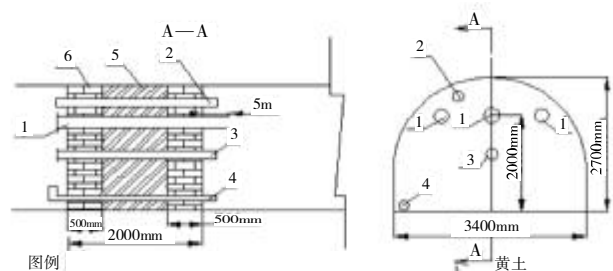


图 3 5341 综放回采工作面及其高抽巷布置的剖面图

4 高抽巷封闭抽放

在高抽巷开口处顶板较好的地点打永久闭一道,闭面及周边喷浆,在闭的中上部设置 3 趟 $\Phi 450\text{mm}$ 管,管伸入闭内 5m,闭外管上设置 $\Phi 10\text{mm}$ 取气支管,长度为 0.2m,在闭的中上部还设置 $\Phi 50\text{mm}$ 观察取气管一个。在北翼 1350 集中巷的新鲜风流中设置四台抽气量为 $85\text{m}^3/\text{min}$ 移动式瓦斯抽放泵与两趟 $\Phi 450\text{mm}$ 树脂管联结,抽放高抽巷内瓦斯,排放口接到北一八层边界回风上山下口往上 30m 处。另一趟 $\Phi 450\text{mm}$ 树脂管与地面抽气量 $317\text{m}^3/\text{min}$ 的固定抽放泵站联结抽放高抽巷的瓦斯。其高抽巷封闭抽放管路铺设示意剖面图如图 4 所



- 1、瓦斯抽放管路($\Phi 450\text{mm}$)
- 2、束管孔(管径 3 寸钢管)
- 3、观测孔($\Phi 89\text{mm}$ 钢管)
- 4、返水孔($\Phi 108\text{mm}$ 钢管)
- 5、填充材料:黄土
- 6、料石墙体

图 4 5341 高抽巷封闭抽放管路铺设示意剖面图

示。在高抽巷内铺设 5 趟束管,每隔 100m 埋设束管采样探头一个,以便随时分析高位巷内各个地段的气体成分。

在实际抽放中根据工作面的瓦斯涌出量,适时调节瓦斯抽放量。经过摸索,只要高抽巷的抽放混流量能达到 $230\text{m}^3/\text{min}$ 左右,抽放标况纯量能达到 $20\text{m}^3/\text{min}$ 以上,就能确保综放工作面上隅角的瓦斯不大于 0.5%。

5 瓦斯抽放的管理

为了确保瓦斯抽放系统的正常运行,特制定了相关的瓦斯抽放管理措施。

5.1 一般管理

(1) 瓦斯抽放队必须严格执行《瓦斯抽放泵操作规程》、《瓦斯抽放泵停运联系制度》、《瓦斯抽放泵司机岗位责任制》等规章制度。

(2) 瓦斯抽放泵应每天 24h 连续运转,确需因检修、停电等原因停泵时,必须提前写出联系单,经通风队、通风科等单位审批后,方可停泵;停泵前必须汇报通风科、矿调度室,通知通风队,经同意后方可停泵。

(3) 瓦斯泵司机必须经培训,考试合格持证上岗,按《操作规程》操作瓦斯泵严格执行岗位责任制度,按规定测定抽放管内瓦斯浓度、一氧化碳和温度变化情况,并做好记录发现问题及时汇报处理。

(4) 瓦斯泵供水必须可靠,断水保护灵敏可靠,严禁无水启动瓦斯泵,瓦斯泵司机经常观察瓦斯泵供水情况,调整瓦斯泵供水阀门,使供水量达到要求,保证气、水能够分离。

(5) 在瓦斯泵进气侧安设控制阀门,并设有观测负压和测定瓦斯浓度的观测孔并安装流量计。正压侧设观测孔,观测正压,瓦斯浓度。必须安设循环管及阀门,以便调整抽放负压与正压。

(6) 井下瓦斯泵安设位置必须在通风良好新鲜风流中,瓦斯自动监测探头灵敏,准确。当瓦斯泵附近 20m 巷道风流中瓦斯浓度达到 0.5% 时,严禁开动瓦斯泵运转,只有在瓦斯浓度降到 0.5% 以下时,方可开动瓦斯泵运转。

(7) 司机每班必须擦拭一次设备,保证设备干净,并按规定给转动部分注油。

(8) 瓦斯泵设专线供电,机电科每 3 天必须组织有关单位对瓦斯泵和供电等进行一次专项检查,

发现问题及时安排处理。

5.2 管路检查

5.2.1 对管路积水的检查

管路检查工每天检查一次管路积水,发现积水、漏气及时处理。

5.2.2 管路状态的检查

要详细检查管路有无破损或影响行人等现象,发现问题应及时进行处理。

5.2.3 管路附属装置的检查

检查人员对管路上的放水器、阀门等设施都要进行全面检查,发现问题及时处理。

5.3 瓦斯监测探头的设置及规定

瓦斯泵抽放管路排出口 30m 处的风流混合处设置瓦斯监测探头,传感器至少每 3d 调校一次,确保监测数据准确、灵敏、可靠,瓦斯监测探头的报警浓度为 $\geq 1.0\% \text{CH}_4$,断电浓度为 $\geq 1.0\% \text{CH}_4$,复电浓度为 $< 1.0\% \text{CH}_4$,断电范围为:瓦斯抽放泵电源;瓦斯抽放泵站处设置瓦斯监测探头,探头的报警浓度为 $0.5\% \text{CH}_4$,断电浓度为 $\geq 0.5\% \text{CH}_4$,复电浓度 $< 0.5\% \text{CH}_4$,断电范围为瓦斯抽放泵电源。

瓦斯抽放泵排出口风流混合处、瓦斯抽放泵站处设置瓦斯检查牌板,瓦斯检查员每班检查不少于 3 次。

6 其它辅助措施

(1) 通风科每天指派专人抽取高位巷、采空区、上隅角、70# 支架后部埋设的束管内气样到地面化验,化验的主要气体成份为 CO 、 CH_4 、 C_2H_4 、 O_2 ,掌握采空区浮煤的氧化状况,并通过 O_2 含量的大小判断采空区注氮气惰化的效果。

(2) 综放工作面瓦检员在上隅角、工作面、回风巷、高抽巷、高抽巷抽放管路内等地点检查 CH_4 、 CO 等气体含量,并且用红外线测温仪检测支架上部浮煤温度和放煤温度,每班不少于 3 次,特殊情况下随时进行检查。给及时采取防火措施提供依据。

(3) 通风队在综放工作面每回采 50m 向采空区、上隅角、70# 支架后部埋设一趟束管,利用束管监测系统对综放采空区的气体成份每班至少分析 1 次,每天必须出具分析化验报告报矿长、总工程师审阅。

(4) 在高抽巷内铺设 5 趟束管,每 100m 设置一个采样器。在 5341 综放工作面上口 10m,5341 风巷

距回风口 10~15m 处,5341 上隅角、5341 工作面 70# 架分别安设一个束管采样器,以及时分析、掌握采空区内的气体变化情况。每天必须出具分析化验报告报矿长、总工程师审阅。

(5) 在 5341 综放风巷距工作面 10m 处及回风口 10~15m 处及上隅角分别安设一台温度传感器,一氧化碳传感器。其温度传感器报警点为 $\geq 26^{\circ}\text{C}$,一氧化碳传感器报警点为 $\geq 0.0024\%$ 。

7 技术实施效果及其应用效益

高抽巷封闭抽放浓度为 10.3%~15.2%,其瓦斯抽放量为 20.8~24.5 m^3/min ,本煤层预抽瓦斯量为 0.27 m^3/min ;工作面风排瓦斯量仅为 1.14 m^3/min 左右。工作面瓦斯涌出量为 22.2~25.64 m^3/min ,工作面瓦斯抽放率高达 $24.54 \div 25.64 = 95.71\%$ 。由于高抽巷封闭抽放瓦斯效果显著,工作面瓦斯浓度稳定在 0.3%左右,回风瓦斯浓度稳定在 0.35%左右,瓦斯一直比较平稳,没有出现瓦斯超限现象。在回采过程中工作面一直没有发现 CO,采空区也没有出现火灾险情。

高抽巷在 5341 综放工作面的应用,减少了瓦抽管路的投入,避免了分段封闭、钻场搬家、调整系统等烦琐工作,管理难度大大减小,有利于安全生产。

采用巷道直接封闭抽放,不会造成以往顶板巷抽放钻场搬家时瓦斯抽放不连续,而致使综放工作面上隅角瓦斯超限。

8 结论及建议

实践证明高位巷道抽放采空区瓦斯是解决本煤层开采来自于本煤层和邻近层瓦斯的有效措施。该技术在乌兰矿 5341 综放工作面的应用成功地解决了该工作面瓦斯治理的难题,其实践也证明了高位抽放巷的设计是合理的。这种方法工艺简单,技术经济合理,对其他类似工作面有推广应用价值。

目前的跨落角按 54° 计算,只是根据以往经验和解放层开采设计进行取值,在今后的工程应用实践中还需要验证 3# 煤层的顶板上跨落角。而 3# 煤层与 2_下 # 煤层间距,由南向北逐渐增大,岩性为较为坚硬的细砂岩,因此跨落带高度需要根据实际论证。并且在今后的工作中需要对采空区上方的“三带”进行系统的研究,为高抽巷布置的位置提供更科学的依据。

作者简介:刘明星(1968—),毕业于原西安矿业学院采矿系通风与安全专业,一直从事煤与瓦斯突出矿井“一通三防”工作,现任神华宁夏煤业集团公司乌兰矿通风副总。

The application of gas drainage technology in high Level drainage roadway in the Wulan Mine

Liu Mingxing

(Wulan Mine of Shenhua Ningxia Coal Group, Shizuishan Ningxia, 750300, China)

Abstract: The context confirms the closed pumped gas treatment scheme in the high level drainage roadway on the basis of discoursing reasonably the parameter of high level roadway arrangement position aiming at the characteristics of gas emission in goaf of robbing working surface in 5341Wulan mine which lowers the gas strength of this working face effectively finally by combining gas drainage management and other auxiliary measures and provides the valuable experience for the similar working face.

Key words: High-located drainage roadway; Fully mechanized caving face; Gas treatment

(收稿日期: 2009-08-06 责任编辑: 杨 静)

浅谈人工挖孔桩施工技术的应用

李自宁

(神宁集团能源工程公司宁夏煤炭基本建设公司,宁夏 石嘴山,753000)

摘要: 综合内蒙古伊东集团纳林沟煤炭有限责任公司孙家壕煤矿改扩建工程缓煤仓建设项目桩基采用人工挖孔灌注的施工过程,分析施工的可行性及存在问题的解决方法,提出了桩基推广采用人工挖孔灌注施工的经济性和优越性。

关键词: 人工挖孔桩 施工 推广

中图分类号: TU753.3

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)05-0032-03

1 前言

人工挖孔桩具有机具设备简单,施工操作方便,占用场地小,无泥浆排出,对周围环境及建筑物影响小,施工质量可靠,施工速度快,缩短工期,降低造价等优点,因此,近几年得到广泛运用,特别是在扩大头的桩基施工中,人工挖孔灌注桩施工更具有优越性,可以弥补机械施工的一些不足。本文就内蒙古伊东集团纳林沟煤炭有限责任公司孙家壕煤矿改扩建工程缓煤仓建设项目谈谈人工挖孔桩桩基的施工。

2 工程概况

该缓冲仓工程为内径 22.0m 钢筋混凝土圆筒仓结构,仓顶标高 44.400m,建筑物总高 47.1m。基础采用 56 根钢筋混凝土人工挖孔灌注桩,桩与桩之间在地面高程以承台梁结构相连。挖孔桩为端头扩大头的灯泡型,其主要设计参数为:桩长 15.0m,上部长 0.9m,内径 1.2m(不含砼护壁厚 0.05~0.1m),下部长 14.1m,扩大头直径为 2.4m。桩内设主筋为 15 ϕ 25 的钢筋笼,桩上部设 11.0m \times 11.0m \times 3.141 \times 0.9m(高)承台,砼等级为 C25。该工程于 2008 年 8 月开始施工,当月完成。

3 施工准备工作

(1) 在正式施工前,要准备的工程资料主要包括建筑物场地的工程和必要的地下水位资料;桩基施工图纸会审纪要;建筑场地地下管线(管道)资料;主要施工机械及其配套设备的技术性能资料;桩基的施工组织设计或施工方案以及桩基钢筋砼所用建

材水泥、砂石、钢筋等的质检报告等。经审核合格,具备开工条件时允许开工。

(2) 施工前工程技术人员首先按施工组织设计方案,制定详实的质量管理措施,在施工平面图上应标明桩位、编号、施工顺序、水电路和临时设施位置;制定施工工序检查程序;制定不良天气(雨季)施工的技术措施。

(3) 人工挖孔桩施工中安全措施非常重要,项目经理必须高度重视,且应做到以下保障措施:孔内设应急爬梯供人员上下井;施工人员进入孔内必须戴安全帽;使用吊笼、电动葫芦等应有安全可靠的自动卡紧保险装置,开挖深度超过 10m 应配有通风设备;挖出的土石方应及时运离孔口,不得堆放在孔口四周 1m 范围内,机动车辆的通行不得对井壁造成安全影响;要注意安全用电,井下照明应采用 12V 以下安全灯。

4 施工过程

(1) 开始挖孔前,技术人员首先要求施工队平整好场地,清除地表松软土层和一切杂物,布置好控制网,根据施工组织设计方案的要求复合所有的桩基位置,采用十字交叉法订立每一孔桩的位置,并要求施工人员在桩位外设置定位龙门桩。

(2) 根据设计桩径及护壁厚度在地面上放出开挖线,然后向下挖深 1m,浇筑砼井圈第一节护壁。井圈应高出地面 20cm,且应加厚 10cm。而后将桩位纵横中心线测放到井圈上,并测出孔口控制高程,以利于下部掘进的高程控制,且要求第一井圈的中心线与设计轴线的偏差不得大于 2cm,井圈高出地面还

有利于防止地表水在施工过程中进入井内。

(3) 浇筑钢筋砼并圈应保护护壁的配筋和砼浇筑强度。上下节护壁的搭接长度不得小于 5cm, 每节护壁在当日施工完毕后宜养护 24h 后拆除。

(4) 进行第二节井孔土方开挖时, 技术人员要求操作工人先从井口用垂球吊线找出井孔中心点, 并在井底部打一短木桩, 将桩中心投影到木桩顶上, 以此为依据进行第二节护壁的土方开挖。在开挖过程中安全管理人员督促施工人员始终密切注意地质状况的变化, 确保安全生产。

(5) 重复上述过程即可完成人工挖土护壁的工作, 直至桩底设计高程。在施工过程中, 质检人员以每一节护壁为验收单元, 合格后方可进行下节的开挖施工, 挖至设计标高时, 孔底不应有积水, 终孔后应清理好护壁上和孔底的渣物, 验收合格后才允许操作人员进行下步砼的浇筑。

(6) 该工程人工挖孔桩的特殊之处还在于它下部扩大头的施工, 其上部施工同其他挖孔桩一样, 但其下部开挖时项目管理人员始终督促和提醒施工人员注意开挖的进度和施工安全。因为该桩下部扩大头部分高 1.6m, 扩大头直径为 2.4m, 孔壁成倒坡, 且没有砼护壁。扩大头完成后, 清渣、验收和浇筑砼等工作要求工序紧凑, 减少土层坍塌的机率。在此施工过程中安全管理人员始终巡视开挖土层的地质状况, 并要求操作者备有人员应急的爬梯, 遇见异常情况及时处理, 确保施工安全。由于本工程前期地质勘探准确, 设计开挖扩大断面合理, 没有出现土方坍塌事件。

(7) 砼的浇筑: 砼的浇筑应在成孔后及时施工。有关钢筋笼的加工、制作和安装, 以及砼的浇筑、桩头处理, 等同于其它常规灌注桩的施工。只是在砼浇筑时为防止砼离析要求施工时使用串通, 从桩的一侧下料, 人工摊铺并振捣; 在有地下水时可用导管进行水下砼浇筑。

(8) 成桩质量检验在整个项目施工过程中我们做到每根成桩具有钢筋加工检验记录, 砼拌合物质量记录, 砼试块资料及桩身完整性检测资料。因为本工程的桩基安全等级为二级, 按设计要求对每根桩做小应变检测试验。通过对有关试验资料的分析, 证明该工程挖孔桩施工质量是合格的。

5 人工挖孔桩施工过程中易出现的问题分析

(1) 地下水问题。地下水对人工挖孔桩的施工

影响最大, 当地下水位不大时可进行单桩桩内抽水; 当地下水位较大时可采用多桩同时抽水法来降低地下水; 如果桩设计深度不很深时可考虑在场地四周设置井点排水。

(2) 流沙层问题。人工挖孔桩在开挖时, 如果遇到细砂、粉砂层地质时, 再加上地下水的作用, 极易形成流砂, 严重时发生井漏, 造成质量和安全事故。因此要采取有效可靠的措施。在流砂情况较轻时, 可缩短挖孔层深, 正常的 1m 左右一段改为 0.3~0.5m, 并随挖随检随护壁; 在流砂情况较严重时, 常用钢护筒的方法, 钢护筒同钢模板相似, 以孔外径为直径, 可分为 4~6 段圆弧来施工。

(3) 淤泥质土层问题。在遇到淤泥质等软弱土层时, 一般可用木板模板支档, 同时缩短开挖深度, 并及时验收浇筑砼护壁。

6 结语

总之, 经过多次桩基的施工总结出: 人工挖孔灌注桩施工时, 一旦遇到不利的地质条件, 除制定单桩的施工措施外, 还应该合理安排人工挖孔桩的施工顺序, 对减少施工难度起到重要作用, 在审定制定的施工方案时要依据实际情况综合分析, 统筹安排, 在可能的情况下, 建议采用先施工较浅的桩, 后施工深一些的桩, 先施工外围的桩, 后施工中部的桩的施工方案。

通过桩基工程的施工, 人工挖孔桩的优点是显而易见的。人工挖孔桩不仅在良好的地质条件可以广泛应用, 而且随着施工技术的改进, 在有地下水、流砂层和淤泥质土质中也得到了发展和应用。客观地说, 人工挖孔桩在良好地质条件的地基中运用时更能发挥其优越性。当扩大头人工挖孔桩在不良地基中运用时, 其扩大头部分极易坍塌造成质量和安全事故, 应该慎用。因此建议设计院在做桩基设计时, 一定要重视地质勘探资料, 在地质状况不良的情况下, 宜采用其他桩基型式进行设计施工, 确保建筑物的安全性和投资项目的经济性与合理性。

作者简介: 李自宁 (1971-), 助理工程师, 1993 年毕业于秦皇岛煤炭工业管理学校, 2007 年毕业于宁夏工业职业学院工业与民用建筑专业, 曾担任神华宁夏煤业集团建设工程公司二公司副经理, 现任神宁集团能源工程公司宁夏煤炭基本建设公司党政办公室主任。

A brief talk of the application of manual hole digging pile construction technology

Li Zining

(Shenhua Ningxia Coal Group ,Energy Engineering Company ,Ningxia Coal Capital Construction Company, Shizuishan Ningxia, 753000, China)

Abstract: Analyze the feasibility of construction and solution for the existing problems and put forward the economical efficiency and superiorities of adopting the manual hole digging pour construction in the development of foundation pile by combining the reconstruction and extension of the construction project of buffer bunker of Sunjiahao mine of Yidong Coal Group CO. LTD of Inner Mongolia Na Lin Gou Coal Co. ,Ltd

Key words: Manual hole digging pile;Construction ;Popularization

(收稿日期: 2009-08-20 责任编辑: 杨 静)

(上接第 27 页)

(3) 从以上抽采情况看,澳钻钻孔单孔抽采纯
量高达 0.7m³/min 以上,是常规钻孔 0.03m³/min 的
23倍以上。

(4) 常规钻孔施工穿层钻孔时,钻孔见煤长度
短,抽采量低,不利于提高抽采率;施工顺层钻孔时,
钻孔开口位于巷道松动圈内,钻孔封孔的严密性差,
不利于提高抽采负压。而澳钻钻孔可在岩石中开口,

沿煤层钻进,实现了高负压深孔抽放,达到了强化抽
采的目的。

作者简介:周廷扬(1967-),大学学历,工程师,江苏徐州
人,毕业于中国矿业大学,现任神华宁煤集团汝箕沟煤矿总工程师,
曾发表论文数篇。

The practice and application of kilometer-orientated large diameter and long-distance drilling

Zhou Tingyang Ma Ziming

(Rujigou Mine of Shenhua Ningxia Coal Industry Group Co.,Ltd , Pingluo Ningxia, 753404, China)

Abstract: Compare and analyze the difference of pumping of 1000M-orientated drilling and normal drilling by combining Rujigou mine 32212 and 32213 Australian 1000M-orientated drilling construction technology and summarize and analyze the advantages of long-distance and large diameter drilling pumping and the characteristics of construction technology which have the important theory and the meaning of practice in studying theory of pumping for high-gas coalmines and guiding the production practice.

Key words: Long-distance drilling;Pumping;Practice application

(收稿日期: 2009-09-06 责任编辑: 杨 静)

半煤岩巷道破坏形式与锚杆支护参数研究

肖向宏 徐峰山

(神华宁夏煤业集团石沟驿煤业公司,宁夏 灵武,751407)

摘要: 为解决石沟驿煤业公司软岩半煤岩巷严重失修状况,以巷道变形监测、矿压监测和在役锚杆力监测为手段,分析巷道变形原因,确定合理支护参数。通过实践,证明了该锚网索联合支护效果较好,满足安全生产需要。

关键词: 软岩 半煤岩巷 支护技术

中图分类号: TD353+.6

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)05-0035-04

1 工程概况

石沟驿井田为宽缓的向斜构造,井田含煤地层为侏罗系中、下统延安组。矿井主采6煤,煤层平均厚度2.20m。煤层直接顶为泥岩,平均厚度1.55m,向上为细粒、中粒砂岩,平均厚度3.66m,属中等稳定顶板;直接底为泥岩,平均厚度0.75m,向下以粉砂岩为主,平均厚度4.41m,属中等稳定底板。

2 巷道原支护形式

S136综采工作面为石沟驿技改井首采工作面,运输巷断面 12.6 m^2 ,回风巷断面 8.96 m^2 。巷道支护形式为锚网支护,顶部为 $\phi 18\text{ mm}$ 、长度2000mm的金属锚杆,两帮为长度1800mm的竹锚杆。锚杆间排距为 $800\text{ mm}\times 1000\text{ mm}$ 。巷道断面形状为矩形。见图1-1所示。

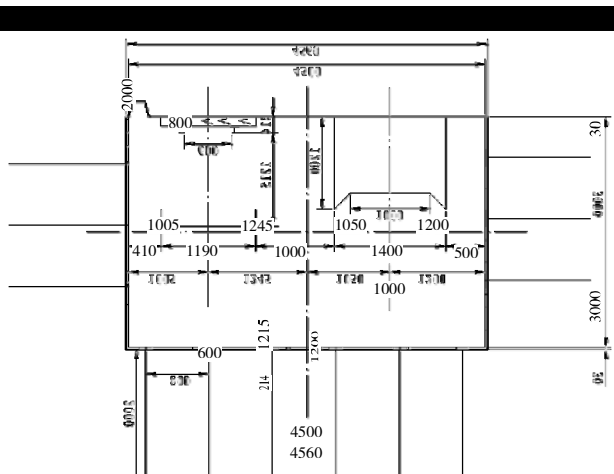


图 1-1 运输巷断面支护形式示意图

3 巷道出现的问题

巷道施工3个月后,出现顶板脱层、下沉,两帮收缩,部分段发生底鼓等现象。巷道维修耗费大量的人力、物力、财力,安全也得不到保障,影响了矿井的正常生产。图2-1、图2-2为S136运输巷、回风巷巷道破坏情况实拍图。



图 2-1 S136 巷道片帮现象

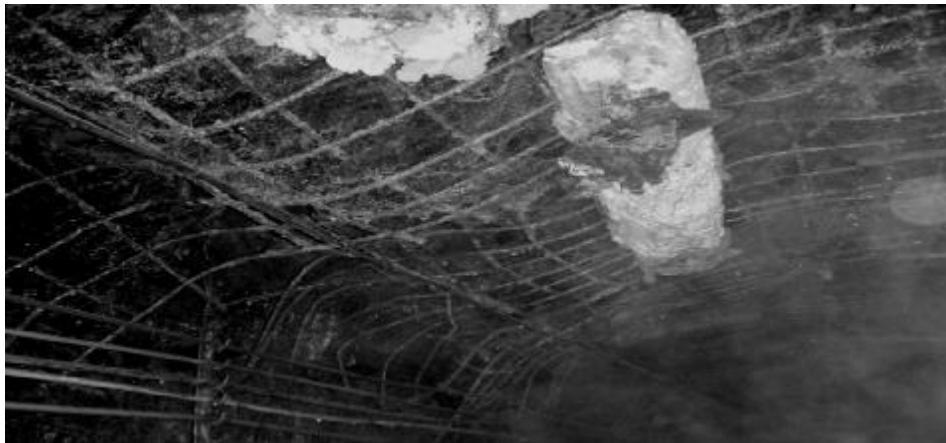


图 2-2 S136 巷道顶板脱层下沉现象

4 巷道变形原因分析

通过对巷道的形变量和锚杆受力情况进行现场监测,分析巷道的变形原因。现场监测包括巷道变形监测、矿压监测和在役锚杆轴力监测三个方面。

4.1 巷道围岩变形监测

4.1.1 巷道围岩变形监测布置

布置两个测站,分别布置在距回采工作面 100m 处和 500m 处,其中距回采工作面 100m 处测站为补充测站。为了避免监测时由于监测点的破坏或者由于读数引起的误差,每个测站设置 3 个监测断面,采用十字布桩法布置测站,监测断面的布置方式如图 3-1 所示。

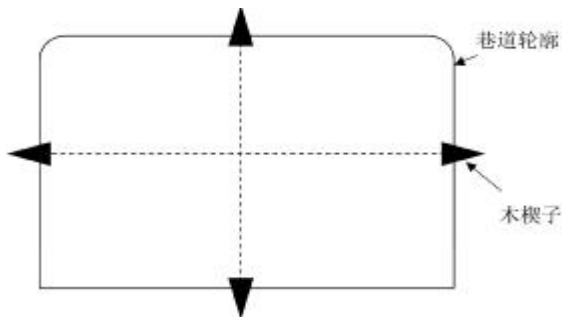


图 3-1 十字布桩法平面示意图

S136 测站的观测频率为在距离工作面 50m 外每周 2~3 次,距工作面 50m 范围内每天观测 1~2 次。

4.1.2 巷道围岩变形监测结果分析

对监测数据进行整理,得出巷道围岩变形量实测表。

表 1 S136 上下顺槽巷道围岩变形量实测表

巷道	位置	最大绝对位移量(mm)	最大相对位移量(mm)
回风巷	上帮	565	835
	下帮	270	
	顶板	440	550
运输巷	底板	150	570
	上帮	350	
	下帮	220	530
	顶板	320	
	底板	210	

4.2 围岩压力监测

4.2.1 围岩压力监测布置

巷道煤体压力观测采用 KSE-II-I 型钻孔应力计,测站布置于 S136 工作面前方 100m,在运输巷和回风巷分别布置测站,每个测站由 5 个监测点组成,各个测点间隔 5m,测点在煤层内的深度按照距工作面距离由近至远分别为 3m、5m、7m。(见图 3-2)。

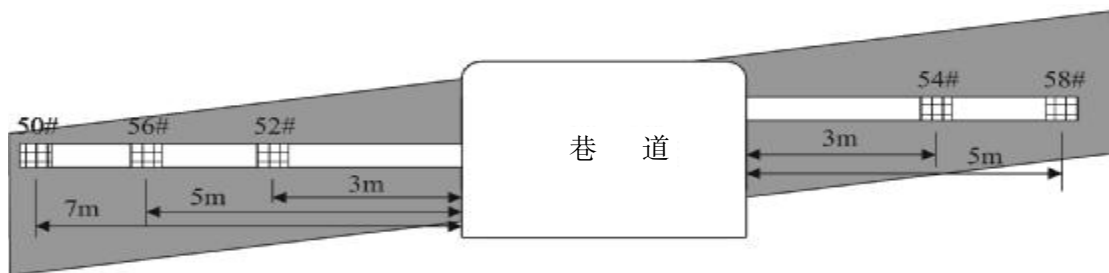


图 3-2 矿压监测布置平面图

压力监测的重点监测区段在工作面前方 50m 区间,当工作面距测站大于 50m 时,2~3d 观测一次;当工作面距测站小于 50m 时,每天观测 1~2 次。

4.2.2 巷道围岩应力监测结果分析

总体来看,工作面采动引起的巷道周边煤体内的应力的变化范围普遍在 3~5MPa 之间。位于回风巷下帮深 1.5m 处的 50# 钻孔的应力变化较大,达到 9MPa 左右。

4.3 锚杆在役锚固力监测

4.3.1 锚杆在役锚固力监测布置

两巷各安装 9 台锚杆测力计。每个监测断面顶板,两帮各安装 1 台锚杆测力计。自安装之日起,1~7d 每天记录 1 次;8~16d 每周记录两次;17d 以后每周记录一次。

4.3.2 锚杆在役锚固力监测结果分析

在观测的一个月左右时间内,运输巷和回风巷锚杆轴力始终处于缓慢上升状态,运输巷锚杆受力大于回风巷,且两帮锚杆力明显大于顶板锚杆力。在 35d 观测期内,运输巷下帮锚杆受力达到 3T,回归得出锚杆受力 T 与时间 d 服从幂指数函数关系:

$$T = 0.7671d^{0.3609} \quad (t) \quad (R^2 = 0.98)$$

式中:d 是时间,以天为单位。按照上式,可对锚杆受力做出预测。例如,3 个月后,运输巷锚杆受力是 3.9t;半年后,锚杆受力 5t,一年后将达到 6.5t。

4.4 巷道破坏形式及原因分析

综合上述监测结果,总结出 S136 工作面上下顺槽巷道破坏的整体特征,如图 3-3 和图 3-4 所示:

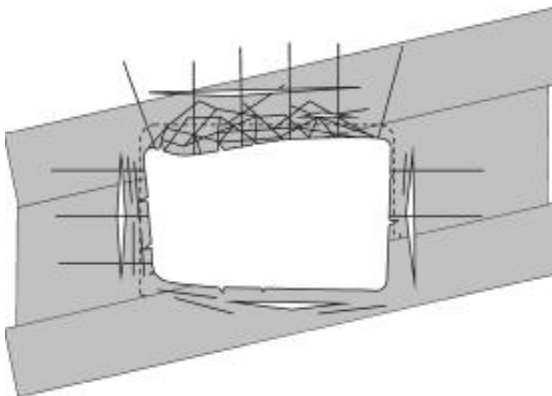


图 3-3 运输巷破坏特征素描图

(1) 运输巷道主要为顶板离层挠曲破坏与切割裂隙贯通式破坏,两帮破坏类型主要为劈裂式片帮破坏。

(2) 回风巷主要为顶板裂隙贯通式破坏,两帮

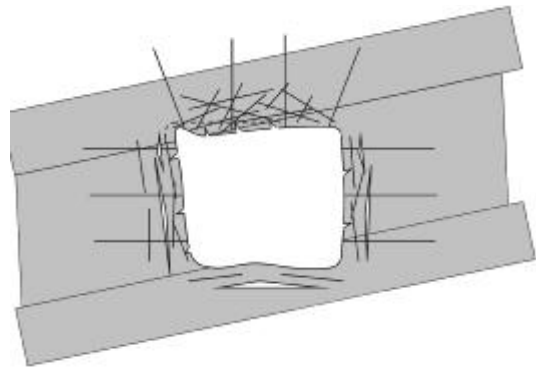


图 3-4 回风巷破坏特征素描图

主要破坏类型为劈裂式片帮破坏。局部地区出现横向鼓出破坏。

5 锚网索联合支护参数设计

综上所述,对石沟驿煤业公司软岩半煤岩巷巷道支护设计结果如下,见图 4-1 所示:

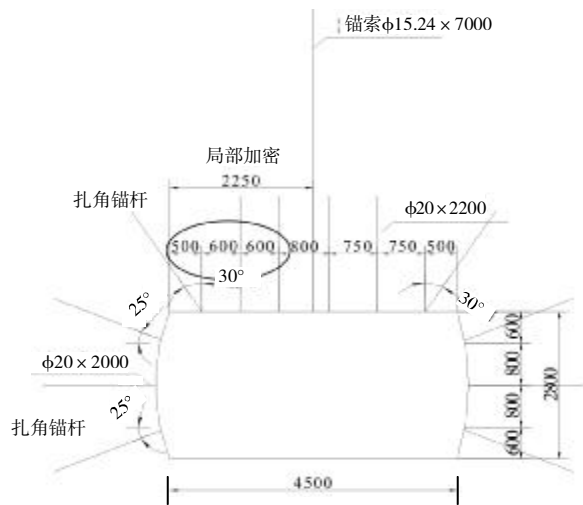


图 4-1 巷道支护示意图

5.1 顶板支护形式及参数

顶板支护采用 φ20mm×2200mm 左旋螺纹钢锚杆,顶锚杆间排距 800mm×900mm,每根锚杆锚固长度不小于 1.5m,锚固力大于 100KN,预紧力扭矩不小于 250N.m,M 型钢带宽 220mm,厚 4.75mm,单排锚索,锚索直径 15.24mm,锚索挂设 11 号矿用工字钢锚索梁,锚索间距为 6000mm,全断面金属网。

5.2 两帮支护形式及参数

帮部采用 φ20mm×2000mm 的玻璃钢锚杆,间排距 800mm×900mm,锚固力大于 100KN,预紧力扭矩不小于 250N.m。

另外,预紧力是锚杆支护中的关键因素,只有高预紧力的锚杆支护才能达到主动支护的效果,才能发挥锚杆支护的作用。一方面,使用力矩扳手保证锚杆预紧力不小于设计值;另一方面,通过托板、金属网、钢带等构件实现锚杆预紧力的扩散,扩大预紧力的作用范围,提高锚固体的整体刚度,保持顶板完整性。

监测工作对锚网支护技术十分重要,锚网支护工作的成败在很大程度上决定于测试工作,加强监测工作就使得锚杆支护这种具有隐蔽性的工作变得“看得见摸得着”,即通过现场监测,及时获取巷道的变形、锚杆锚固力等方面的信息,对巷道关键部位和局部有失稳危险的地段进行及时补强加固,同时也作为一种支护效果的评价准则。

6 结论

该支护技术通过现场试验与推广,使石沟驿煤

业公司巷道维护状况明显改善,避免了二次支护多次修巷的弊端,为矿井高产高效安全生产提供了重要保证。此支护方式已推广应用到石沟驿煤业公司所有巷道中,均取得良好效果,取得了明显的经济与安全效益。

参考文献

- [1] 何满潮,孙小明.中国煤矿软岩巷道工程支护设计与施工指南[M].科学出版社,2004.4.
- [2] 唐华贵.锚、网、喷+锚索联合支护在集中煤巷中的应用[J].煤矿支护,2007(1) 41-44.
- [3] 刘泉林,等.锚杆支护机理分析及其设计方法的适用性[J].矿业工程,2006(12) 34-40.
- [4] 康红普,王金华,等.煤巷锚杆支护理论与成套技术[M].煤炭工业出版社,2007.

作者简介:肖向宏(1971-),采煤工程师。1991年北京煤炭工业学校采煤专业毕业,现任神华宁煤集团石沟驿煤业公司掘进副总工程师。一直从事采掘生产技术管理工作。

The study on the failure form of soft rock roadway and bolt support parameter

Xiao Xianghong Xu Fengshan

(Shenhua Ningxia Coal Industry Group, Shigouyi Coal Co.,Ltd, Lingwu, Ningxia, 751407, China)

Abstract: In order to solve the situation of serious disrepair of the soft rock and half coal and rock roadway of Shi Gou Yi Coal Co.,Ltd, analyze the causes of distortion of roadway by taking the monitoring of the deformation of the roadway, the monitoring of mine pressure and anchor rod force as the means and confirm the reasonable support parameter. It is proved through practice that the effect of the combined support of bolt, mesh and anchor is good which can meet the needs of the safety in production.

Key words: Soft rock; Half coal and rock roadway; Supporting technique

(收稿日期: 2009-09-26 责任编辑: 杨志平)

.....
(上接第 7 页)

The discussion on the key technology of the construction of ten-million-ton mine of the tilting coal seam

Wang Jinping Hou Shuhong

(Shenhua Ningxia Coal Industry Group Co.,Ltd, Yinchuan, Ningxia, 751410, China)

Abstract: Under the tilting coal seam, the scale of the construction of mine is influenced by existing condition of coal seam. It has certain technical difficult problems in opening deployment, mining equipment, lifting modes etc. The establishment often ten-million-ton mine of Yang Changwan coal mine makes a new breakthrough in the construction of mine of tilting coal seam. This text analyzes the construction of Yang Changwan coal mine ten-million-ton mine of under the tilting coal seam condition and summarizes the mine opening deployment, mode of transportation, Fire Prevention and Control Technique, digitized mine briefly and provides certain technical support for the breakthrough of the scale of the building of mine under the similar condition.

Key words: Tilting coal seam; Ten-million-ton; Mining technology

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 杨静)

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

(神华国华能源投资有限公司,北京,100007)

摘要: 在国外相关研究成果基础上,提出了风力发电度电成本的定义。结合我国风力发电项目开发的实际情况,分析、预测了 2015 年和 2020 年我国风力发电度电成本的发展趋势。从成本变化曲线分析,我国风电度电成本呈明显下降趋势,2015 年风电将具备同火力发电上网竞争的實力。

关键字: 风力发电 度电成本 定义 预测

中图分类号:F406.72

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)05-0039-04

1 引言

以风力发电为主的新能源是补充常规能源供给不足、保证能源持续安全供应的根本出路,是从根本上减少环境污染、应对气候变化、改善生态环境的战略举措。为此,许多国家将开发利用新能源作为能源战略的重要组成部分,提出了明确的新能源发展目标。从去年全球金融危机爆发以来,我国政府推行积极的财政政策和适度宽松的货币政策,扩大基础设施投入规模,进行重点产业振兴,新能源再次成为扶持的重点。国家即将出台的《新兴能源产业发展规划》,将风力发电作为未来重点发展的新能源产业之一,2020 年风力发电总装机容量由原来规划的 3000 万 kW 调高至 1 亿 kW 以上。

据世界风能理事会统计,2008 年全球新增风电装机容量 2706 万 kW,累计装机容量突破 1.2 亿 kW,年均增长近 30%。其中,我国 2008 年新增装机容量达到 630 万 kW,累计装机容量高达 1217 万 kW,位居全球第四位,连续 3 年每年增长率 100%以上。毫无疑问,风力发电已成为最具规模、最具开发潜力的新兴能源之一。

随着风电市场的迅猛发展,技术不断进步,风电成本显著下降。2000 至 2004 年短短 5 年间,风电成本下降了约 20%。近年来,国内外许多学者、研究机构结合风电市场发展形势,针对风电成本进行了多项研究,取得了一些成果,对风电项目投资决策具有一定的参考价值。根据 Riso (丹麦国家研究试验机构,2003)对丹麦境内风电机组所进行的评估,1981~1995

年间风电成本由 15.8 欧分/kWh 下降至 5.7 欧分/kWh,成本下降了 2/3;2002 年丹麦风电成本为 4.04 欧分/kWh,预计 2010 年下降至 3 欧分/kWh、2020 年 2.34 欧分/kWh。根据欧洲风能协会(2008)^[1]对丹麦沿海陆地风电场的分析,随着技术进步、风力发电机组单机容量的增大以及成本规模效应,风力发电成本从 20 世纪 80 年代 9.2 欧分/kWh (单机容量 95kW 风机),下降至 2006 年 5.3 欧分/kWh (单机容量 2000kW 风机),成本下降约 40%;按 2006 年价格水平以及 2007~2015 年内每 3 年实现装机容量翻番的假设,预计 2015 年风力发电成本将降至 4.3~5.0 欧分/kWh。国内学者郑照宁、刘德顺等(2004)^[2]利用 GM(1,1)模型和学习曲线模型研究我国风电投资变化的趋势,比较了在资金有约束和无约束情景下风电投资成本的变化,指出风电进入商业化发展阶段时风电机组价格约占单位 kW 投资成本的 50%左右。张正敏、谢宏文和王白羽等(2001)^[3]重点分析了风电电价的构成和影响因素。

目前,国内很少有学者就我国风电发展的实际情况对风力发电成本的影响进行系统性分析和研究,也没有对风力发电度电成本给出统一的定义。本文将在借鉴国外风电发电成本研究成果的基础上,结合我国风电项目投资开发实践,对风力发电成本进行定义,并在 2009 年价格水平下对 2015 和 2020 年的风力发电成本进行预测。

2 风力发电度电成本的概念界定

风力发电成本主要包括风电项目投资成本、运

行维护成本和财务费用。众所周知,投资成本是由风电项目开发和建设期间的资本投入所形成的成本,主要包括:设备购置费用、建筑工程费用、安装工程费用、前期开发与土地征用等费用以及项目建设期利息,项目运营寿命期内以固定资产折旧来体现^[4]。运行维护成本是在项目运营寿命期内为保证风机、电气等设备正常运行所发生的维护成本,主要包括:检修费用、备品备件购置费、保险费以及管理费用;财务费用是由项目建设期间发生的长期贷款以及项目运营寿命期内发生的流动资金贷款所形成的利息成本,主要包括长期贷款利息和短期贷款利息。

投资成本、运行维护成本和财务费用是在项目建设、运营等不同阶段发生的成本。投资成本同项目的装机容量大小密切相关,运行维护成本同风机设备性能密切相关,财务费用同贷款偿还期限以及利率高低密切相关。从财务会计的角度,以上 3 项成本共同构成了风电项目发电财务成本,且在一定程度上相互独立。但是,它们不仅不能反映项目单位产出(发电量)发生的成本,而且均没有反映项目所投入的资本金的成本,即机会成本。因此,本文在此提出一个综合性的成本来反映风力发电成本,即风力发电度电成本。风力发电度电成本是指风电项目单位上网电量所发生的成本,不仅由折旧(固定资产投资所形成)、运行维护成本和财务费用以及税金等会计成本所决定,而且还受项目所占用的资本金的机会成本大小所影响。资本金的机会成本以资本金内部收益率(折现率)高低来体现。以我国某个北方风电项目为例,风力发电度电成本的构成因素如下:

3 欧洲风力发电度电成本现状

欧洲风能协会 2009 年 3 月发布了一份分析报

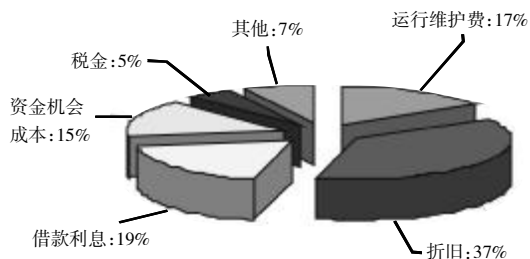


图 1 度电成本构成图

告《风能经济性》(The Economics of Wind Energy),该报告对欧洲风力发电项目的开发、建设和运营进行了全面分析^[4]。

3.1 欧洲风力发电度电成本影响因素

《风能经济性》报告指出,影响风电项目度电成本的关键因素有:①项目投资,主要用于风电设备购置;②风机安装成本;③资本金成本,即折现率高低;④运行维护成本;⑤风机使用寿命;⑥项目发电量、风资源状况以及电量损失;⑦项目前期开发与规划成本。我国风力发电项目度电成本,同样也受这些关键因素影响。但是,与我国风电项目相比,欧洲项目的前期开发与规划成本明显偏高,尤其在某个区域开发的第 1 个风电项目,需要详细地开展项目环境影响评价,可能耗时长达数年甚至 10 年才能完成所需的评估和论证,导致前期开发成本占到项目总投资的 5%~10%。

3.2 欧洲风力发电度电成本现状分析

影响风力发电度电成本诸多因素中,风电机组的发电量是最重要的影响因素;而风电机组的发电量又由风电场所地的风资源状况决定。要进行风力发电度电成本分析,须对包括风资源状况在内的一系列影响因素进行适当的假设。《风能经济性》报告在分析风力发电度电成本时,主要采用如下假设条件:①风机单机容量为 1.5~2MW;②项目平均投资成本为 1225 欧元/kW;③项目寿命期内年平均运行维护成本为 1.45 欧分/kWh;④项目寿命期 20 年;⑤年折现率 5%~10%,年平均折现率为 7.5%。按此假设条件,形成各种风资源状况下的度电成本曲线图,如图 2 所示。

从图 2 可以看出,在低风速区域欧洲陆上风电项目度电成本为 7~10 欧分/kWh,在高速沿海区

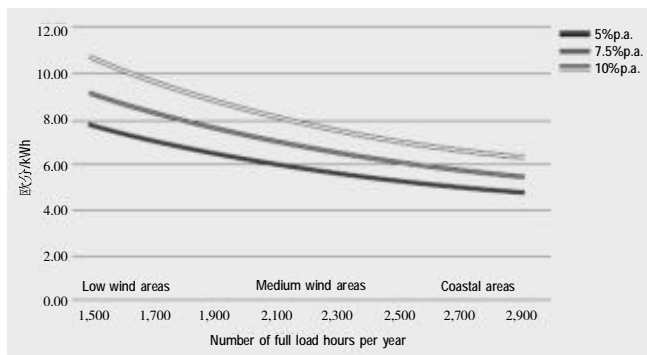


图 2 欧洲风电项目各种风资源状况下的度电成本曲线

域度电成本为 5~6.5 欧分/kWh, 平均风力发电度电成本为 7 欧分/kWh 左右。

4 我国风力发电度电成本现状分析及其未来预测

从全球新能源产业发展趋势来看, 风电已成为可再生能源中最具规模、最具开发潜力的新兴能源之一, 风电电价呈下降趋势^[9], 在我国也同样如此。十多年前建成的浙江省鹤顶山和括苍山风电场的上网电价高达 1.20 元/kWh, 今年 8 月 1 日国家发改委发改价格〔2009〕1906 号文明确了 I~IV 资源区域标杆上网电价分别为 0.51 元/kWh、0.54 元/kWh、0.58 元/kWh、0.61 元/kWh。与以前上网电价相比, 目前上网电价总体呈下降趋势, 主要由于技术进步使各项成本不断降低。

4.1 我国风力发电度电成本现状

由于我国风电产业发展时间较短等实际情况, 风力发电度电成本除受本文 2.1 节所述因素影响外, 还需考虑以下不确定性因素的影响: ①国产风机可利用率。据国内主要风电开发企业分析, 目前国产风机存在较高的故障率, 性能也与国外风机有较大差距, 这直接影响到风电设备的发电能力。例如, 在某一风电场, 如果折算到相同的叶轮扫风面积, 国产风机的年发电量较同类机型的国外品牌风机低 10% 以上。②项目实际允许上网电量。由于我国绝大部分风能资源丰富地区分布在地理位置比较偏远、电网接入条件欠发达的地方, 远离用电负荷中心, 电力系统调峰和调频能力不足, 很难保证风力发电电量全额上网, 电网限制风电场上网电量的情况短期内无法解决。③我国国产化政策有利地推动了国产风电设备的技术进步。随着国内外风机厂家增加, 竞争越来越激烈; 同时, 国内风机厂家不断消化、吸收国外风机技术, 打破国外厂家关键技术的垄断, 不断改进国产风机设备性能, 设备可利用率将不断提高, 设备价格不断下降。④备品备件国产化进程。随着国内风电设备产业链中各厂家不断消化、吸收国外先进技术, 打破国外技术壁垒, 实现关键备品备件国产化, 其价格将明显下降, 风电场维护成本也将呈现下降趋势。

4.2 我国未来风力发电度电成本预测

4.2.1 假设条件

结合我国风电产业发展现状, 为科学合理地对

析、预测国内风电项目成本, 本文采用如下假设条件, 见表 1。

表 1 评价参数描述表

序号	内容	单位	参数描述	备注
1	陆上风电场规模	MW	100	
2	风电机组单机容量	kW	1500	
3	等效满负荷发电小时数	h	1700、1900、2100、2300、2500	按照 5 种风资源状况分别分析
4	单位千瓦投资	元/kW	8000、9000、10000	按照 3 种投资状况分别分析
5	年折现率	%	8	主要用于衡量项目自有资金占用的机会成本
6	运行维护成本	分/kWh	第一年~第二年 4 分/kWh, 第三年~第十年 8 分/kWh, 第十一年~第二十年 10 分/kWh。随着风电设备备品备件的国产化, 年维护成本平均降低 1%, 截至 2015 年建设项目, 运营期经营成本降低 7% 并维持不变。	一般地, 风电项目投产运行后, 前两年风机由厂家保修, 年维护成本很低, 随着风机运行时间推移, 年维护成本逐年增加。
7	发电量	kWh	随着国产风电设备技术不断进步, 发电性能不断提高, 故障处理能力不断增强, 2015 年发电量提高 10%; 2020 年发电量再提高 5%。	
8	投资成本	万元	随着国产风电设备技术不断进步, 设备成本不断降低, 2015 年投资成本降低 7%; 2020 年投资成本再降低 5%。	

4.2.2 我国 2009~2020 年风力发电度电成本预测

根据上述假设条件, 按照项目国民经济评价方法建立风力发电度电成本预测模型^[6], 计算得出 2009、2015 和 2020 三个年度新建项目在上述对应的 15 种状况 (5 种风资源状况与 3 种投资状况) 下的度电成本, 并对每一年的 15 种度电成本数据进行加权平均, 得出该年度的度电成本, 并依据这 3 年度电成本数据, 用内插法估计计算出其它年度的度电成本; 然后, 将每一年度电成本用平滑的曲线相连, 得出 2009~2020 年间风力发电度电成本预测曲线^{[7][8]}, 如图 3 所示。

从图 3 可以看出, 2009 年新建陆上风电项目的度电成本为 0.524 元/kWh, 2015 年为 0.44~0.45 元/kWh, 2020 年为 0.41~0.42 元/kWh, 度电成本呈明显下降趋势。目前, 上海市和浙江省等经济发达地区省

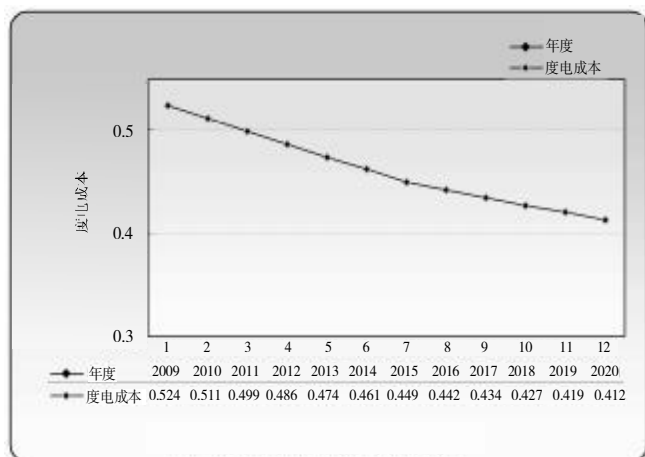


图 3 2009-2020 年我国风力发电度电成本预测

级电网统一调度范围内,新投产、安装脱硫设备的燃煤机组(含热电联产机组)的上网电价分别为 0.4019 元/kWh 和 0.4060 元/kWh。随着全球能源消耗逐步增加,化石能源供不应求的形势更加严峻,未来五年内火力发电成本必将延续近年来上涨的趋势,可以看出,从发电成本角度,2015 年风电将具备同火力发电上网竞争的实力。

5 结论

风力发电度电成本是反映风力发电成本的综合性指标,不仅由折旧(固定资产投资所形成)、运行维护成本和财务费用以及税金等会计成本所决定,还

受项目所占用资本金的机会成本大小所影响。根据我国风力发电项目开发的实际情况,分析、预测了 2015 和 2020 年风力发电度电成本,2015 年新建陆上风电项目的度电成本在 0.44~0.45 元/kWh,2020 年度电成本在 0.41~0.42 元/kWh,度电成本呈明显下降趋势。从发电成本角度,2015 年风电将具备同火力发电上网竞争的实力。

参考文献

- [1] The European Wind Energy Association.The Economics of Wind Energy [R].2009,3:28-69.
- [2] 郑照宁,刘德顺.中国风电投资成本变化预测[J].中国电力,2004,7:77-80.
- [3] 张正敏,谢宏文,王白羽等.风电电价分析与政策建议[J].中国电力,2001,9:61-66.
- [4] 孙涛,赵海翔,申洪等.全国风电场建设投资构成与分析[J].中国电力,2003,4:64-67.
- [5] 张阿玲,梁优彩,张希良等.研究中国能源发展和能源安全战略选择[R].清华大学 3E 研究院,2003.
- [6] 郑照宁,刘德顺.基于遗传算法的改进的 GM(1,1)模型 IGM(1,1)直接建模[J].系统工程理论与实践,2003,23(5):99-102.
- [7] K Ibenhoh.Explaining learning curves for wind power[J].Energy Policy,2002,30:1181-1189.
- [8] A McDonald,L Schrattenholzer.Learning rate for energy technologies[J].EnergyPolicy.2001,29:255-261.

作者简介:解建宁(1957-),男,硕士,高级经济师,现任神华集团总经理助理、国华能源投资有限公司董事长。

The analysis and forecast study on the cost per kilowatt hour of the electricity generated by WTGS of the windmill in our country

Xie Jianing Gao Hui Han Rende

(Shenhua Guohua Energy Investment Co.,Ltd. Beijing,100007,China)

Abstract: On the basis of the relevant research results in foreign countries, it is put forward the definition of the windmill generation cost per kilowatt hour. It is to analyze and forecast the developmental trends of the cost of windmill generation from 2015 to 2020 in our country by combining the actual situation of developing windmill generation. Being analyzed from the cost change curve, the cost of our wind power a kilowatt hour is decreasing obviously. The wind power will possess the power to compete with thermoelectricity power generation.

Key words: Wind power generation; 1kilowatt hour cost; Definition; Forecast

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 贺焯真)

宁海电厂二期 1000MW 机组锅炉低负荷燃烧特性

朱峰

(神华浙江国华浙能发电有限公司,浙江 宁波,315612)

摘要: 介绍了宁海电厂二期 1000MW 机组锅炉的燃烧器结构,针对一起整套启动过程中的燃烧异常情况,分析了给水温度和煤质等对燃烧稳定性的影响。在第二次启动中,通过投运 2 号高加以提高给水温度,使燃烧的稳定性得以提高。

关键词: 1000MW 锅炉 燃烧 稳定性

中图分类号:TM621.2

文献标识码:B

文章编号:1672-3880(2009)05-0043-07

1 简介

宁海电厂百万机组锅炉采用上海锅炉有限公司引进 Alstom-Power 公司 Boiler GmbH 的技术生产,型号为 SG3091/27.56-M54X,型式为超超临界参数变压运行螺旋管圈直流炉、一次再热、单炉膛单切圆燃烧、平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构塔式布置。锅炉最低直流负荷为 30%BM-CR,本体系统配 30%BMCR 容量的启动循环泵。锅炉不投油最低稳燃负荷为 30%BMCR。

锅炉铭牌参数(B-MCR)为:

过热蒸汽:最大连续蒸发量:3091t/h

出口蒸汽压力:27.56MPa(a)

出口蒸汽温度:605℃

再热蒸汽:蒸汽流量:2580.9t/h

进/出口蒸汽压力:6.16/5.96MPa(a)

进/出口蒸汽温度:374/603℃

给水温度:299℃

2 燃烧器介绍

该系统采用 6 台中速磨煤机,5 台磨煤机可以将锅炉负荷带到 BMCR,每台磨煤机对应提供 2 层燃烧器所需的煤粉。磨煤机出口的 4 根煤粉管道在燃烧器前通过一个 1 分 2 的分配器,分成 8 根煤粉管道,进入 4 个角燃烧器的 2 层煤粉喷嘴中。

煤粉燃烧器采用典型的 LNTFS-III 燃烧器布置,一共设有 12 层煤粉喷嘴,在煤粉喷嘴四周布置有燃料风(周界风)。燃烧器风箱分成独立的 4 组,下面 3 组风箱各有 4 层煤粉喷嘴,最上面 1 组风箱为

SOFA 风箱。每组燃烧器层高度为 6450mm(未包括 CCOFA),在主燃烧器风箱顶部设置有一层紧凑燃尽风(CCOFA),中心线距离上排一次风为 1244mm,燃烧器顶部 CCOFA 与 SOFA 中心线之间间距 8386mm。

每组燃烧器对应 2 台磨煤机,在每相邻 2 层煤粉喷嘴之间布置有 1 层燃油辅助风喷嘴。每相邻 2 层煤

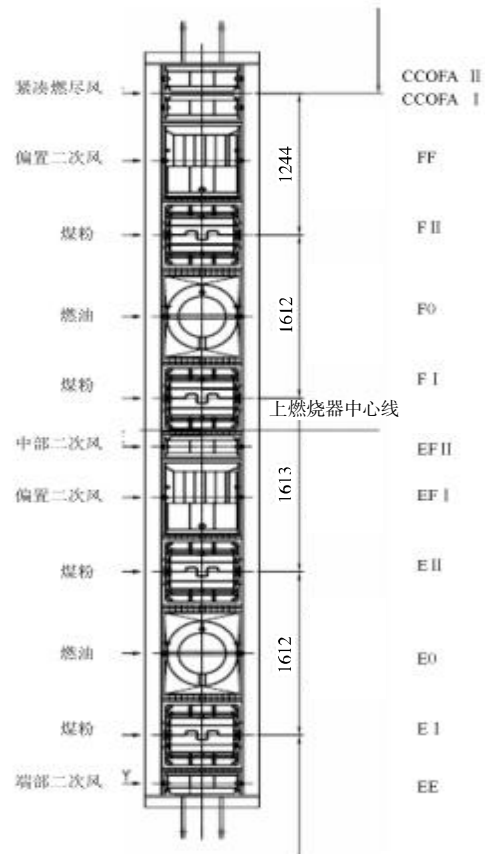


图 1.1 燃烧器组结构图

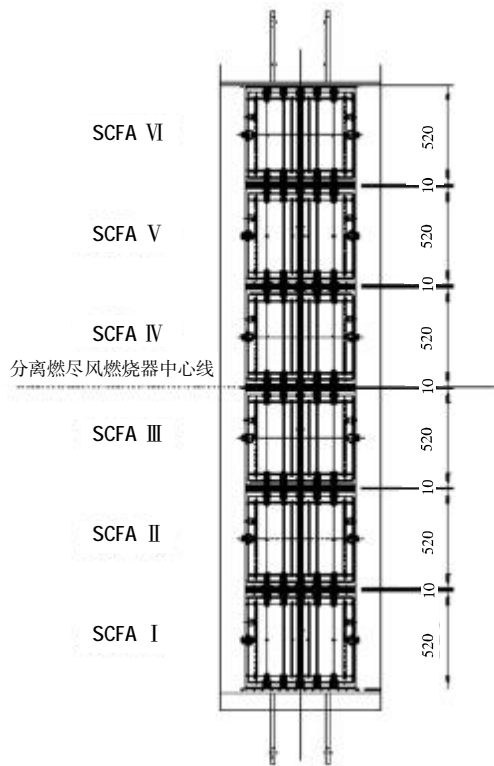


图 1.2 分离燃尽风 (SOFA) 结构图

粉喷嘴的上方布置了 1 个组合喷嘴,其中预置水平偏角的辅助风喷嘴(CFS)和直吹风喷嘴各占约 50%出口流通面积。具体结构如图 1.1:燃烧器结构图。

燃料隔舱的数量和间距是由两个参数所决定的:允许的燃烧器输入热功率和燃烧器区域壁面热负荷(BBHRR)。阿尔斯通能源公司依靠这两个参数来保证水冷壁不会出现过热和无法控制的水冷壁结渣的情况发生。这两个参数是根据全世界几百台亚临界和超临界切圆燃烧煤粉炉的运行经验所得出的。

在设计煤种的 BMCR 工况下,每个煤粉燃烧器的热负荷是 60MW。根据设计规范来计算燃烧器壁面热负荷为 1.95MW/m²,而设计取用的数值为 1.072 MW/m²,远远低于要求的最大值 1.7~1.9 MW/m²。

主风箱共设有 6 层暖炉轻油枪和高能点火枪,共 24 套,布置在相邻 2 层煤粉喷嘴之间的 1 只直吹风喷嘴内。暖炉轻油枪采用机械雾化方式。24 支油枪按照按带 30%BMCR 锅炉负荷设计,每支油枪的容量为 2750kg/h。

3 整套启动时燃烧情况异常分析

2009 年 4 月 2 日,煤量保持 160t/h,5A/B/C 磨

宁海电厂二期 1000MW 机组锅炉燃烧室及燃烧设备参数表

燃烧室及燃烧设备		
炉膛型式	螺旋管圈+垂直管圈	
炉膛尺寸(宽,深,高)算至炉膛出口	mm	23160×23160×77510
炉膛容积	m ³	36373
炉膛总受热面积(含 SH1 屏+Sh3 高过)	m ²	14690
炉膛辐射受热面积	m ²	14690
炉膛容积热负荷(BMCR)*	kW/ m ³	65.93
炉膛截面热负荷(BMCR)*	MW/ m ²	4.471
炉膛有效投影辐射受热面(EPRS)热负荷(BMCR)*	kW/ m ²	163.24
燃烧器区壁面热负荷(BMCR)*	MW/ m ²	1.072
炉膛出口温度(BMCR)	℃	995
炉膛设计压力	Pa	±5980
短时不变形承载压力	Pa	±9980
燃烧器型式	低 NO _x 切向燃烧系统(LNTFS)摆动燃烧器	
燃烧器出口直径	mm	375×574
燃烧器数量(每排只数×层数)	4 ×12	
燃烧器组高度	mm	23458
最上排燃烧器中心到 SH1 屏下端的距离	m	26.63
最下排燃烧器中心到灰斗上沿的距离	m	5.233
上下一次风风口距离	m	21.137
相邻层燃烧器间距	m	1.612
点火及低负荷用的油枪型式	机械雾化	
油枪配备数量	个	24
单个油枪耗油量	kg/h	2750

煤量 60/50/50t/h, 锅炉压力 8.9MPa, 总风量 55%, 约 1800t/h。

20:49 减少 5A 给煤机煤量, 此时 5B/C 给煤机各 50t/h 煤量, 燃烧正常。

21:10 5A 给煤量至 25t/h, 关 5A 给煤机入口闸板门, 远方无法关闭, 至就地关闭。

21:18:02 5A 给煤机走空后停止给煤机运行, 全开冷风调节门, 全关热风调节门, 进行大风量吹扫。此时一次风母管压力几乎无变化。

21:18:40 5A 磨煤机到空载电流, 此时炉膛负压大幅波动。

21:19:56 炉膛负压低至-1969Pa, 两台磨煤机火检不好, 由全火焰丧失触发 MFT。

MFT 后检查炉侧连锁动作正常, 炉膛负压又恢复稳定。(最大波动幅度-2180~+632Pa)

分析上述过程, 在停运 5A 给煤机时引发全火焰丧失 MFT, 大致有以下几种因素:

3.1 燃烧器布置对燃烧的影响

本锅炉采用燃烧器组的燃烧组织方式,A、B 磨为一组,C、D 磨为一组,B、C 磨燃烧器中心线之间的距离 5.03m(B 磨上层燃烧器和 C 磨下层燃烧器中心线之间的距离为 3.43m),这个距离比传统燃烧器的距离偏大(如玉环 A、B 燃烧器中心线之间距离为 3.06m,上燃烧器的下喷嘴与下燃烧器的上喷嘴距离为 2.43m)。这导致 B、C 磨相互之间的燃烧支持不够,两台磨的点火能量全靠其自身提供,在 B 磨发生火检不佳情况时,C 磨火检也发生恶化。同时 A 磨的大风量吹扫也使燃烧器喷口的温度降低,影响了 B 磨的着火情况。

3.2 给水温度对燃烧的影响

当时工况时的部分参数

时间	总煤量 (t/h)	省煤器 入口水 温(°C)	A侧一次 风温(°C)	B侧一次 风温(°C)	A侧二次 风温(°C)	总风量 (t/h)
14:20	160	158	188	202	198	1769
15:55	160	65.3	179	193	190	1786
19:00	160	62.8	162	175	172	1831
20:48	160	53.8	161	173	171	1839

从上表可以看出,由于炉水泵回收水量的减少,对省煤器入口水温的影响很大,下降了 100°C 左右。由于水温的下降,水冷壁也趋于冷态,吸收了大量的辐射热,使烟气温度下降,进而影响热一次风温和二次风温,使其下降约 30°C 左右。这也是最终燃烧不稳定的一个重要因素。

3.3 煤质对燃烧的影响

由于本厂二期的圆形煤场还未建好,启动所需的煤露天堆放在煤场内,连续阴雨天气使煤质偏湿,全水达到 22%,也是燃烧不稳定的另一个重要因素。

3.4 总风量对燃烧的影响

仍由上表可以看出,总风量一直相对偏大,再加上由于风温的下降,总风量进行修正,增加了 50t/h,与当时煤量不匹配,同时我厂锅炉的容积也比其他厂大一些,使炉膛热负荷下降,煤粉受热不够,燃烧不佳。

3.5 等离子方式对燃烧的影响

此前由于 5B 磨煤机入口风压仅为 5.9KPa,低于 6.2KPa 的低报警值,稍微增加了些 5B 磨风量至

140t/h,但风速仍小于 26m/s 的规定值。等离子方式下,对应 50t/h 的煤量,此风量偏大一点,导致 5B 磨火检不佳。

另外,本锅炉燃烧器喷嘴设计时带有波纹状钝体,设置钝体的目的是在紧接于喷嘴出口之后的煤粉气流中形成一个回旋区。钝体后的气流,因钝体曲线上的负压建立起一个卷吸前端已着火气流的回流区,随后才是通常自由射流中的过渡区和充分发展区。气流外缘对烟气的卷吸和回流区对前端着火区域气体的卷吸,促进煤粉气流的稳定。而由于等离子安装的改造,将 B 层燃烧器改成了圆形,并取消了波纹状钝体,在冷炉的情况下,可以尽量少卷吸入冷烟气,保证燃烧的稳定。但当等离子装置未投用,煤粉气流仅靠卷吸炉内烟气实现点燃和稳定燃烧时,烟气卷吸量的减少对煤粉火焰的稳定性则起到消极作用。

3.6 引风机调节品质对燃烧的影响

因引风机为静叶调节,所以动作较慢。在本次过程中,停运 5A 给煤机后,负压至 -400Pa,引风机才开始参与调节,相对缓慢。此后负压一直在 -300~-450Pa 间波动,而引风机静叶未发关小指令。这是因为引风机静叶调节需要一定的微积分时间,当不出现大幅波动的时候,引风机的静叶调节会比较缓慢,这是兼顾异常情况下调节品质的要求,应不存在问题。

4 相应对策

针对给水温度较低的现象,在以后的整套启动时,采取了投入冷再供 2 号高加加热的方式,使给水温度在除氧器加热的基础上有 100°C 的温升,达到 150°C 左右,初步满足了冷态启动的要求。但也要把握好加热的温升率,如果点火初期就投入 2 号高加,由于给水主要是启动循环泵所带回的饱和水,汽泵出口水量较小,会使省煤器出口水温接近于饱和温度,引起省煤器出口发生沸腾,造成省煤器出口给水流量大幅波动。因此在锅炉点火初期,不宜投入 2 号高加。

随着锅炉蒸发量增加,汽泵上水量增加,受到辅汽流量的影响,除氧器温度下降,省煤器出口温度下降,当省煤器出口温度和饱和温度相差 50°C 时,可以考虑暖投 2 号高加(一般情况下是启动第二台磨煤机之前)。2 号高加投入后,要控制省煤器出口温度低于饱和温度 30°C-40°C 以 (下转第 49 页)

密孔板冷渣器在 DG480T/hCFB 锅炉上的运行分析

侯万林

(神华准能矸石发电公司发电运行部,内蒙古 呼和浩特,010300)

摘要: 对 DG-480/13.73- II 11 超高压参数循环流化床锅炉改造后的密孔板冷渣器的工作原理,运行中存在的问题,正常运行中的注意事项及保证安全运行的经验进行了总结。

关键词: CFB 锅炉 密孔板冷渣器 运行调整

中图分类号:TM621.2

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)05-0046-04

1 引言

循环流化床锅炉(CFB锅炉)从80年代发展至今,由于其燃料适用性广的特点,其冷渣器能否正常运行已成为流化床锅炉正常运行和大型化发展的关键。它不仅影响锅炉的出力,而且严重威胁到锅炉的启停。本文以神华准能矸石发电公司 DG-480/13.73- II 11 超高压参数循环流化床锅炉为例,介绍密孔板冷渣器的结构特点及运行调整和常出现的故障提出解决方法和建议。

2 设备概况

DG-480/13.73- II 11 超高压参数循环流化床锅炉主要由一个膜式水冷壁炉膛,2台汽冷式旋风分离器和1个由汽冷包墙包覆的尾部竖井3部分组成。

炉膛两侧分别设置2台多仓式风水联合冷却流化床冷渣器(后改为密孔板冷渣器)。渣从位于水冷壁侧墙的排渣口排出,炉膛排渣口仅略高于床面。在每个进渣管上均布置有风管,通过风管的定向布置来保证渣从炉膛至冷渣器顺利输送。冷渣器冷却和流化用风由单独的流化风机供给,与高温渣进行热交换后的出风作为2次风从侧墙引入炉内;其冷却水系统为单元制闭回路系统,冷却水为除盐水,系统中设有两台闭式循环水泵,2台水-水热交换器,1台闭式循环水箱,水-水热交换器的2次冷却水为循环水,夏季为补充水。

锅炉燃用煤质见表1:

在一段时间的运行后,原有风水联合冷渣器(如图1)出力小、排细灰能力差与燃用煤种不相适应表

表1 锅炉燃用煤质表

名称	符号	单位	煤种
收到基碳	Car	%	37.62
收到基氢	Har	%	2.30
收到基氧	Oar	%	11.56
收到基硫	Star	%	0.23
收到基氮	Nar	%	0.61
收到基灰分	Aar	%	39.64
全水分	Mt	%	8.04
收到基挥发分	Var	%	43.60
收到基低位发热量	Qnet.ar	KJ/Kg	13390
灰渣比		%	60/40

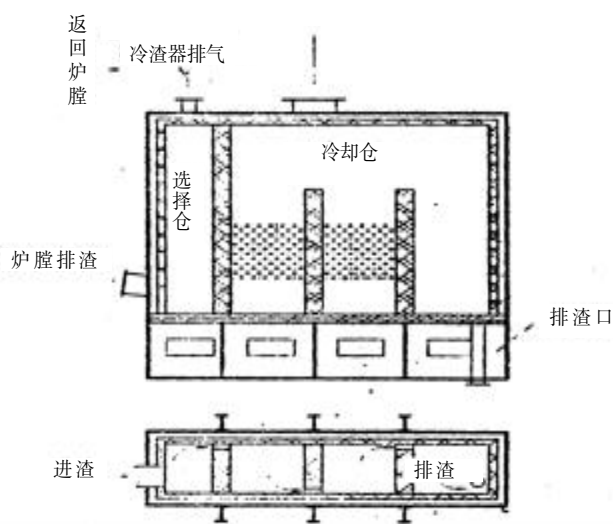


图1

现突出,严重影响锅炉的安全运行。经过多方调研,在原有风水联合冷渣器的基础上将原有布风板改为改为密孔板,去掉原有水冷管束。改为纯风冷密孔板

冷渣器。(如图 2)。

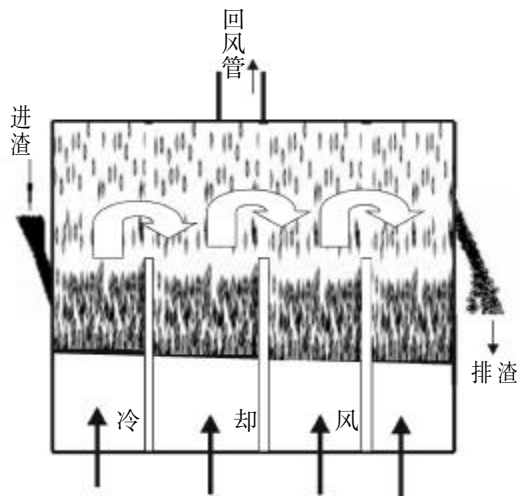


图 2

3 影响密孔板冷渣器正常运行的因素

3.1 燃煤煤质及粒度

燃煤品质对密孔板冷渣器稳定运行的影响尤为突出。在燃用接近设计煤种和燃煤粒度的煤时,密孔板冷渣器工作正常,基本不发生堵塞现象,运行床压稳定。但当灰分或燃煤粒度变大,燃煤中石块、杂质较多时,粒径较大的石块进入密孔板冷渣器不能形成良好的流态化流动,发生堆积堵塞,造成排渣不畅;同时,煤质次时,使燃煤量加大,导致排渣量增加,密孔板冷渣器超负载运行,使得密孔板冷渣器内的各室床温升高,为了降低密孔板冷渣器床温需增加冷渣器流化风,这样大量的细灰从回风管返回炉膛,这时虽然进渣增大了,但出渣却减少了。极易形成恶性循环,导致密孔板冷渣器温度失控、床面结焦危及锅炉稳定运行。

3.2 炉膛床料厚度(料层压力)

运行中床料的高低,不仅影响锅炉燃烧效率,密孔板冷渣器频繁发生进渣失控自流、结焦现象,排出的底渣可燃物含量高。分析认为,当床料过高时,料层阻力加大,受风机出力的制约,床料难以达到较好的流化状态,造成排渣困难。且因为流化风量不足,燃烧不充分,排渣可燃物含量升高,在密孔板冷渣器内 2 次燃烧结焦;另外,床料过高时,与密孔板冷渣器第 1 室压差加大,引起排渣失控形成自流,大量热渣快速进入密孔板冷渣器,导致密孔板冷渣

器堵塞结焦。通过运行调整,将床层压力降至 4.5~5.5kPa 后,流化风量增大,进渣失控自流、结焦现象明显减少。

3.3 炉内浇筑料及密孔板冷渣器内浇筑料

在 CFB 锅炉内,水冷壁、屏式过热器、旋风分离器、回料器、密孔板冷渣器内等处,设计布置了大量耐磨浇筑料,以防止循环物料的冲刷磨损。因此,耐磨料质量及施工工艺质量的好坏,不仅影响机组正常运行,而且对密孔板冷渣器正常运行影响更为突出。

由于浇筑料质量或施工工艺质量不良,造成浇筑料局部磨损脱落,即使是未能直接影响机组运行,但当脱落的浇筑料块较大或数量较多时,由于其重量大,流动性差,将会造成进渣管或密孔板冷渣器堵塞,排渣不畅,间接影响机组正常运行。因此,应高度重视耐磨料的质量及施工工艺质量要求。

3.4 炉膛排渣风的调节性能

炉膛向密孔板冷渣器的进渣是通过输渣管上的进渣风(此风由 J 阀风机提供)来控制的,在输渣管通畅且炉膛床压一定的情况下,进渣风风压的大小决定进渣量的大小,进渣风门的调控性能,直接影响到对进渣量的控制。当进渣风门不严密或调节失控时,易造成进渣失控超温结焦。但实际运行中进渣风压受多种因素的影响情况较为复杂,需要根据实际情况进行综合判断。

4 密孔板冷渣器的运行

4.1 密孔板冷渣器工作原理

密孔板冷渣器就是 1 个小型流化床换热器,炉膛的高温渣由炉膛布风板经排渣管进入密孔板冷渣器,冷却介质(空气或低温烟气)从密孔板冷渣器的风室通过布风板送入,流化介质由下而上穿过布风板流化高温炉渣,炉渣在依次流过第一室、第二室、第三室、第四室的同时,被流化介质冷却,冷却后的低温渣排入除渣系统,被加热的流化介质携带少量细颗粒由回风管送回炉膛。

4.2 密孔板冷渣器的投入

密孔板冷渣器投入时必须遵循先开风,后进渣。先冷却,再排渣。多观察。投入时先将流化风门开到 40% 以上再逐步开大进渣风,密切注意各室温度变化,待各室温度趋于稳定且密孔板冷渣器各部温度不超温时,启动旋转排渣阀排渣。根据进渣管、回风管、

各室温度判断此台密孔板冷渣器运行趋于稳定后,再重复上述步骤,开始投入下一台密孔板冷渣器。

4.3 密孔板冷渣器的调整

根据进渣量及时调整流化风门开度确保密孔板冷渣器各部温度不超过 600℃。建议开度范围第一室 60~95%、第二、三室 40~85%、第四室 50~90%。需大量排量时及时调整各室风门开度和冷渣风机入口挡板开度以满足冷却风量、风压的要求。锅炉床压偏高时两侧床压波动大,一次风量变化时,及时观察密孔板冷渣器的温度变化,掌握各部温度变化趋势,及时调整进渣风和流化风控制各部温度在 600℃以下。4 台密孔板冷渣器运行时靠后墙的冷渣出力应大于靠前墙的 2 台密孔板冷渣器。2 台密孔板冷渣器运行时优先投入后墙 2 台密孔板冷渣器,尽量减少排渣含碳量。司炉就经常掌握煤质、入炉煤粒度分析情况注意煤量变化。煤量增大煤质变次,床压升高应预见性的加大冷渣器的排渣量。当密孔板冷渣器风室风压大于正常运行 1.5kPa 且密孔板冷渣器温度难以控制时,应从排大渣管排出大渣。运行密孔板冷渣器的排大渣应少量多次的进行直到密孔板冷渣排出细渣为止或解列运行密孔板冷渣器排大渣完备后重新投入。

4.4 密孔板冷渣器常出现的故障及处理方法

4.4.1 密孔板冷渣器内部堵塞

当某个仓室堵塞时,该仓室的床压会不正常的上升。当发现密孔板冷渣器已经堵塞时,就立即停止向密孔板冷渣器内进渣,开大密孔板冷渣器底部的流化风进行冷却和疏通,直至流化恢复正常,必要时及时通过放大渣管放大渣。

4.4.2 密孔板进渣口堵塞

进渣管堵塞引起密孔板冷渣器不进渣,此时将密孔板冷渣器内的渣全部排出,查找原因处理。如果是炉膛出渣口处堵塞,利用压缩空气向炉膛内反吹。反复多次的进行或将回风管隔绝门也关闭,提高流化风压,全开流化风门配全反吹风疏通。如进渣管下部堵塞,可将进渣风改为压缩空气进行疏通。疏通时压缩空气要反复多次的开启,流化风门应关小。防止冷渣器内部压力高渣不好进入。处理正常后恢复原

状,投入冷渣器运行。

4.4.3 密孔板密孔板冷渣器床温突升

密孔板冷渣器床温突升主要是进渣失控、渣内可燃物多流化风量不足引起。当发生进渣失控,密孔板冷渣器内床温突升,有自燃现象时。关闭进渣手动阀、电动阀,停止进渣。开大流化风门,必要时开大冷渣风机入口挡板,使热渣充分流化,等床温开始回落后再开事故放渣门,排掉密孔板冷渣器内的渣后,重新投入密孔板冷渣器运行。

4.4.4 密孔板冷渣器内部结焦

密孔板冷渣器的结焦主要是,进渣失控、流化不良、浇注料脱落、密孔板冷渣器内发生二次燃烧等原因造成。煤质变次,燃煤粒度变化较大时,除定期排除密孔板冷渣器内大渣外还应增加排大渣次数。一旦发现有关有结焦现象时,立即停止进渣,加大流化风量。同时开大冷渣风机入口挡板,打开排大渣管放渣门放渣。经处理无效时,关密孔板冷渣器回风管隔绝门,解列密孔板冷渣器,关流化风门,联系检修打开人孔门人工清焦。

4.4.5 停运后有自流现象

部分密孔板冷渣器在停运后,曾发生过进渣管渣料自流。进渣管渣料自流多发生在密孔板冷渣器停运时,此时进渣管内的渣料还未充分冷却,流动性还比较好,当炉内流化状态波动较大或者主床床压较高时容易发生自流。针对这种情况,我们要加强对密孔板冷渣器的监视,在密孔板冷渣器刚停运时继续保持其流化风量。待第一室床温降低到较低水平时再关小流化风,第一室流化风避免关的太小,以避免发生自流。

5 结束语

每种冷渣器都有它的优点和缺点,如何运行合理的调整冷渣器,是锅炉稳定运行的关键。如果冷渣器不能正常排渣,锅炉只有降负荷运行或停炉,对大型 CFB 锅炉来说,实现排渣的可控性是实现床压可控的前提,只有实现了排渣的可控运行,才能使 CFB 锅炉的床压得到可靠控制,才能实现长期稳定运行。但是密孔板冷渣器在运行时出现了不少的问题,易结焦,排渣温度高影响输渣系统的使用寿命,排渣阀磨损严重易泄漏,受煤的粒度影响大等等一系列的问题。如何解决这些难题,还需要在设计和运行方面

做进一步的研究和改进。

参考文献

- [1] 刘海军. 神华准格尔能源有限责任公司矸石发电公司锅炉运行规程[R]. 神华准格尔能源有限责任公司矸石发电公司, 2004(02).
 [2] 吕俊复, 岳光溪, 张建胜, 杨海瑞. 循环流化床锅炉运行与检修[M]. 中国水利水电出版社, 2005(09).

- [3] 刘德昌, 陈汉平, 张世红, 赫俏. 循环流化床锅炉运行及事故处理[M]. 中国电力出版社, 2006(04).

作者简介: 侯万林 (1979-), 助理工程师。从事循环流化床锅炉的运行工作。

The analysis of the running of cooling equipment porous plate in the boiler of DG480T/h CFB

Hou Wanlin

(Generation Operation Department of Shenhua Zhunneng Ganguo Power Plant, Hohhot Inner Mongolia, 010300, China)

Abstract: After the super-pressure circulating fluidized bed boiler of DG-480/13.73-II 11 having been improved, the working principle in the running of the cooling equipment porous plate, the existing problems, the matters needing attention and the experience of ensuring the operation security during the normal operation have been summarized.

Key words: CFB boiler; Porous plate cooling equipment; Operation regulation

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 贺焯真)

(上接第 45 页)

上, 注意冷再压力的变化和给水流量变化对高加运行的影响, 注意机组启动和停运高加投撤一样, 防止省煤器沸腾。

在本机组以后的启动过程中, 由于采取了上述措施, 低负荷工况时的燃烧稳定性得到提高, 到

目前为止未再次发生此类事件, 为机组的顺利调试提供了保障。

作者简介: 朱峰 (1977-), 男, 工程师, 1999年毕业于浙江大学, 现任宁海电厂 B 厂发电部机组长。

The Characteristics of Combustion in the Boiler of a Ningdian 1000MW Unit Phase II

Zhu Feng

(Shenhua Guohua Zheneng Power Co., Ltd, Ningbo Zhejiang, 315612, China)

Abstract: In this paper, the author introduces the burner structure in the boiler of a Ningdian 1000MW unit, Phase II. With regard to some abnormal situations in a complete set of start-up process, the paper presents the analysis of the feed water temperature and coal quality impacts on combustion stability. By using No.2 high-pressure heater to increase the feed water temperature, the combustion stability can be improved.

Key word: 1000MW; Boiler; Combustion; Stability

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 贺焯真)

300MW汽轮机通流部分改造分析

段永成

(国华太仓发电有限公司,江苏 太仓,215433)

摘要: 国产引进型 300MW 机组普遍存在高压缸效率低,轴封漏汽量大,影响机组运行的经济性。本文介绍了 300MW 机组通流部分采用布莱登汽封和蜂窝汽封相结合的改造方式,并对改造前后的性能数据比较,得出了合理使用新型汽封模式,有利于改善和提高机组性能的结论。

关键词: 汽轮机 效率 通流 改造

中图分类号: TM611.24

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)05-0050-03

1 引言

国华太仓发电有限公司 #3 汽轮机为上海汽轮机厂生产的国产引进型 300MW 汽轮机组,机组型号为 C300-16.67/0.981/538/538,高中压通流部分通用 H156 机型,低压通流部分通用 K156 机型,产品编号: A155 型,于 2004 年 5 月投产发电。由于该类型机组标准配置为传统的迷宫式汽封,普遍存在高

压缸排汽高,轴封漏汽量大,夹层汽流影响汽缸上下温度,高压缸效率低等问题。为提高机组运行的安全性和经济性,公司在 #3 机大修期间对汽轮机通流部分进行优化改造。

2 改造前通流间隙数据分析

高压轴向通流:(汽流方向以动叶为参考)注:

级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
进汽侧叶顶	标准	标准	标准	标准	标准	-0.08	标准	标准	标准	标准	标准
进汽侧叶根	-0.29	-0.34	-0.27	-0.13	-0.33	-0.73	-0.44	-0.29	标准	标准	标准
出汽侧叶顶	标准	标准	标准	标准	标准	+0.13		标准	标准	标准	标准
出汽侧叶根	+0.05	+0.18	+0.11	+0.16	+0.39	+0.19		+0.14	+0.20	+0.39	

中压轴向通流:

级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
动叶进汽侧叶顶	标准	标准	标准	标准	标准	标准	标准	标准	标准
动叶进汽侧叶根	-0.29	-0.63	-0.52	-0.27	-0.17	-0.52	-0.29	-0.49	-0.05
动叶出汽侧叶顶	标准	标准	标准	标准		标准	标准	标准	标准
动叶出汽侧叶根	+0.69	标准	+0.20	标准		标准	标准	标准	

“+”为超标准上限,“-”为超标准下限

高压径向通流间隙:围带汽封间隙和隔板汽封间隙均在 0.75mm 偏上。

低压轴向通流在 $K_{引出值}=564.53\text{mm}$; 低压 K 值左侧 25.72mm,右侧 25.72mm 下测量:

调节阀端:第 1 级进汽侧动叶叶根处间隙偏小约 0.66~1.08mm;第 2 级进汽侧动叶叶根间隙偏小约 0.53~0.67mm;其余各级间隙均在标准范围内。

电机端:电机端进汽侧动叶叶根处间隙偏小值

如下表所示:

级数	1	2	3	4	5	6
左	0.11	0.46	0.72	0.63	0.53	0.68
右	0.16	0.43	0.69	0.85	0.64	0.42

其余各级间隙均在标准范围内。

3 通流改造情况分析

经过反复论证,本着安全和最大经济性考虑,最

终确定改造方案:高中压缸部分 10 环汽封采用布莱登汽封技术进行改造,其中高压进汽平衡环汽封 5 环;高压排汽平衡环汽封 3 环;中压进汽平衡环汽封 2 环。更换高压缸 1~11 级隔板阻汽片(共 3×11 道)。更换调节级阻汽片(4 道)。

中、低压缸部分 29 环汽封采用蜂窝汽封技术进行改造,其中中压 2 至 9 级隔板汽封 8 环;中压 1 至 9 级叶顶汽封 9 环;高中压缸轴端汽封电端、调端内侧汽封各 2 环,共 4 环;低压缸轴端汽封电端、调端各 4 环共 8 环(其中从内侧数,每端的第 2、第 3 环更换为触及式蜂窝汽封);5、高压缸内外缸夹层下缸部分在挡汽环处加装阻汽片。其余活动汽封按要求进行调整。

改造后主要间隙调整为平衡环汽封工作间隙 0.35±0.05mm;调节级阻汽片径向间隙 1.2±0.05mm;高压缸 1~11 级隔板阻汽片径向间隙 0.6±0.05mm;高、中压轴端汽封 0.45mm~0.50mm;中压 8 级隔板汽封 0.55mm~0.60mm;中压 9 级叶顶部围带汽封 0.65mm~0.70mm,低压端汽封为 0.35±0.05mm;高压缸静叶持环下半挡汽环加装镶嵌一道阻汽片,阻汽片与外缸间隙 2±0.5mm。

机组热耗及缸效计算方法为:

以主蒸汽流量为基准,通过流量平衡,推算出主给水流量。然后通过整个高加回热系统的流量平衡和能量平衡计算得出各级抽汽流量、再热蒸汽流量,最终得出机组的试验热耗。同时按照 ASME 算法求出汽轮机高、中(低)压缸效率。计算公式如下:

热耗:

$$HR = \frac{(D_m - D_{shs})(h_m - h_{fw}) + D_{shs}(h_m - h_{shs}) + (D_r - D_{rfs})(h_{hr} - h_{cr}) + D_{rfs}(h_{hr} - h_{rfs})}{N_{el}}$$

式中: D_m —主蒸汽流量;

D_r —再热蒸汽流量(t/h);

D_{fw} —给水流量(t/h);

D_{cr} —冷再热蒸汽流量(t/h);

D_{shs} —过热器减温水流量(t/h);

D_{rfs} —再热器减温水流量(t/h);

h_m —主蒸汽焓(kj/kg);

h_{hr} —热再热蒸汽焓(kj/kg);

h_{cr} —冷再热蒸汽焓(kj/kg);

h_{fw} —给水焓(kj/kg);

h_{shs} —过热器减温水焓(kj/kg);

h_{rfs} —再热器减温水焓(kj/kg);

N_{el} —发电机功率(MW)。

高、中压缸内效率:

$$\eta = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{1s}}$$

h_1, h_2, h_{1s} 分别代表:进口焓、出口焓、等熵焓

为准确鉴定改造效果,公司在改造前后都请电力科学研究院进行了性能测试:

参数名称	单位	额定工况试验值	设计值
高压缸效率计算			
主蒸汽压力	MPa	16.7679	16.6700
主蒸汽温度	℃	536.3246	538.0000
主蒸汽比容	m ³ /kg	0.0197	0.0199
主蒸汽焓	kJ/kg	3391.4528	3397.2573
主蒸汽焓	kJ/(kg·K)	6.4056	6.4152
高排压力	MPa	3.8477	3.6547
高排温度	℃	330.1601	323.0000
高排比容	m ³ /kg	0.0663	0.0690
高排焓	kJ/kg	3048.4643	3035.1883
高排焓	kJ/(kg·K)	6.5275	6.5271
高压缸效率(包括门损)	%	82.6846	84.7181
中压缸效率计算			
再热蒸汽压力	MPa	3.4906	3.2890
再热蒸汽温度	℃	538.1415	538.0000
再热蒸汽焓	kJ/kg	3536.6620	3538.3384
再热蒸汽焓	kJ/(kg·K)	7.2678	7.2967
中排压力	MPa	0.9279	0.9010
中排温度	℃	346.1035	348.9000
中排比容	m ³ /kg	0.3027	0.3135
中排焓	kJ/kg	3151.7066	3158.1329
中排焓	kJ/(kg·K)	7.3261	7.3498
中压缸效率(包括门损)	%	91.5449	92.1082

改造前热耗、缸效及调节级效率(在额定工况下)其中高压缸通流效率(包括门损)较设计值偏低约 2%(绝对值),中压缸效率较设计值偏低约 0.5%(绝对值)。

汽封改造后机组首次整体启动时,在 3000 转定速后由于 5 瓦振动大打闸停机。第二次启动 3000 转定速成功。从安全性能方面来看,启动过程中高中、压缸轴端,小机轴端汽封均有碰磨。5 瓦振动较大;布莱登汽封在非额定工况下,由于汽封块未完全合拢,汽封间隙大,比传统汽封的安全性高;低压缸轴端汽封为触及式汽封,其材质较软,即便摩擦仍然能保证不损伤转子,其安全性能也大大提高。

4 改造后热耗及缸效

修正后热耗率为 8123.0897 kJ/(kW·h),较大修前分别下降 132.7901 kJ/(kW·h)。额定工况高压缸

效率(包括门损)较大修前相当,但供热工况高压缸效率为 83.5806%,较大修前高 0.896%,中压缸效率较大修前提高约 0.355%(绝对值)。改造后高、中压缸之间轴封漏气量大幅度下降,漏汽率由大修前 7.7335%下降到 4.319%。

项 目	单 位	修前额定工况	修后额定工况	修后供热工况
主蒸汽压力	MPa	16.7679	16.6323	16.6020
主蒸汽温度	℃	536.3246	541.2512	539.8423
高压缸排汽压力	MPa	3.8477	3.729873683	3.7327
高压缸排汽温度	℃	330.1601	332.5962054	330.2490
再热蒸汽压力	MPa	3.4906	3.3827	3.3762
再热蒸汽温度	℃	538.1415	541.5523	537.9355
中压缸排汽压力	MPa	0.9279	0.895715489	0.8936
中压缸排汽温度	℃	346.1035	348.3750428	345.6824
高压缸内效率	%	82.6846	82.6934	83.5806
中压缸内效率	%	91.5449	91.8996	91.7391

高、中压缸效率列表如下:

高中压缸之间轴封漏汽量(HP-IP 轴封漏汽量)测定试验采用分别降低主蒸汽、再热蒸汽温度的方

主汽压力	MPa	16.7	16.3851	16.5087
主汽温度	℃	538	540.9206	508.5151
高排压力	MPa	3.57	3.7613	3.7866
高排温度	℃	317.6	333.5522	307.4491
中压缸进汽压力	MPa	3.21	3.4042	3.4178
中压缸进汽温度	℃	538	510.3931	527.8003
中压缸排汽压力	MPa	0.79	0.9045	0.9100
中压缸排汽温度	℃	335.0861584	325.2651	337.8460
低压缸排汽压力	kPa	4.9	12.9554	13.0100
HP-IP 漏汽率	/	0.014	0	0
调节级压力	MPa	12.0513	11.663266	11.61705997
调节级温度	℃	493.8701	492.4685	460.2395

计 算 结 果

漏汽率	%	4.3190	4.3190
实际中压缸效率	%	89.5272	89.5271

中压缸效率与漏汽率曲线

假设漏汽率	%	1	1
对应中压缸效率	%	90.3713	91.0933
假设漏汽率	%	2	2
对应中压缸效率	%	90.1117	90.6124
假设漏汽率	%	4.5	4.5
对应中压缸效率	%	89.4826	89.4441
假设漏汽率	%	8	8
对应中压缸效率	%	88.6466	87.8855

热再热蒸汽流量	kg/h	789780.5214	762870.532
漏汽率	%	7.335	4.139
HP-IP 漏汽量	kg/h	57930.4012	31575.2113
大修后漏汽下降	kg/h	26355.1899	

法进行,以确定高、中压合缸处的轴封漏汽量。其主要数据及计算结果见下表。

5 改造的经验与结论

4.1 改造前要做好充分准备,尤其是一些关键部位的尺寸,必须和制造厂的图纸进行核对;改造中要协调好改造单位与检修单位的工作安排,明确划分责任;在主机盖缸前对改造部分的汽封间隙都认真进行三级验收,以确保改造的进度和质量。

4.2 由于没有假轴,使洼窝中心偏差大,高压缸的下垂变形量无法测量,造成在汽封、阻汽片径向间隙的调整过程中调整量较大、调整次数较多。

4.3 为保证安全性,而且本公司是首次进行汽封改造,蜂窝汽封大部分间隙按技术协议规定的上限进行调整。

4.4 本台机高压持环叶顶汽封间隙超标情况十分严重,但改造方案过程中对其考虑不足,没有进行处理,对机组的经济性影响较大。5、布莱登汽封在全国多家电厂改造获得成功,最小间隙已做到 0.25mm。所以本次改造布莱登汽封间隙调整过分保守。

结论:根据修前、修后试验来看,汽封改造确实是在提高机组的经济性方面取得了较好的效果。

参考文献

- [1] 戴喜庆.汽轮机汽封技术的应用[J].《仪器仪表用户》:2007.02.
- [2] 谷毅,王爽心,刘如九,王绍民.火电厂单元机组经济指标在线监测及能耗分析系统[J].《北方交通大学学报》:2004.04.

作者简介:段永成(1968年-),毕业于东北电力学院热动专业,现任国华太仓发电有限公司生产技术部主管。

Retrofit about Flow Path of 300MW Unit

Duan Yongcheng

(Shenhua Guohua Taicang Power Plant, Taicang, Jiangsu, 215433, China)

Abstract: Low efficiency of HP casing and big leakage steam of shaft gland exist in domestic steam turbine .so, it influence unit operation economy.This paper introduces the combinations of Brandon steam gland and Honeycomb gland retrofit about flow path ,futhermore ,compares the performance data before and after reformation. It concludes that using new-style gland rationally can improve the unit efficiency.

Key words: Steam turbine; Efficiency; Flow path; Retrofit

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 贺焯真)

超(超)临界机组金属材料应用技术探讨

梁军

(神华国华(北京)电力研究院,北京 丰台,100069)

摘要: 随着我国大批超(超)临界(USC)机组投产运行,金属技术监督今后一个时期的工作来看,应落实到重点关注和研究金属材料在(USC)机组运行工况下的各种性能变化规律及焊接修复工艺研究。一些发电公司已专门设立科研项目,跟踪研究(USC)高温高压管道新材料的持久、蠕变强度变化,研究新型材料的焊接修复及薄弱部位重点监督管理办法,跟踪监督材料高温腐蚀情况和高温蒸汽侧材料氧化情况。

关键词: 超超临界 金属监督 金属材料 焊接

中图分类号: TM621.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)05-0053-04

1 前言

初步估计我国目前在建和规划建设的超超临界(USC)机组有近160多台,其中有近60多台机组将在2010年前后投产,其单机容量大部分为600MW和1000MW两个级别。蒸汽参数主要为:汽机主汽入口设计压力25~26.5MPa,主蒸汽/再热蒸汽出口温度为605/600℃。这些机组从2008年起陆续投入运行。为了确保未来USC机组的安全运行,我们应尽早对USC的关键技术——新型耐热钢(T92/P92、T122/P122、Super304H和HR3C)在运行过程中的变化规律及损伤后的修复技术开展研究。

根据我国经济目前的稳定快速的发展情况,对电能的需求仍在不断增加,(虽在全球金融危机的情况下)预计到2020年全国装机容量仍将达到10亿kW左右,其中火电装机容量仍将占70%以上。发展超超临界机组将是我国火力发电提高效率、节约能源、改善环境、降低发电成本的必然趋势。而USC发展的关键技术是锅炉蒸汽压力及温度参数提高后所需采用的新型耐热钢的制造、安装过程中的焊接及热处理工艺研究,运行后材料的组织性能变化规律和金属部件损坏后的修复技术研究。这些都将是从事金属材料、焊接工艺、技术监督工作者今后需要特别关注的。特别是金属技术监督的工作重点,随着机组压力、温度的变化及材料的更新,有许多以往典型的损坏和失效都发生了质的变化,而这些问题

在国际上目前还没有进行深入的机理研究分析,这就需要重新开始认识和了解、研究、分析、掌握新材料在新的运行环境下的变化,及如何去检修维护,如何检查、处理缺陷,如何制定焊接修复工艺,如何分析判断缺陷的危害程度。这都是摆在我们面前的新课题。也是今后金属技术监督工作的重中之重。为此必须首先了解新材料的各种性能和使用情况。

2 新型耐热钢的应用概况

首先要了解新型耐热钢在世界各国(USC)机组中的应用情况。及新型耐热钢在我国USC机组中的应用概况:

(1) 新型耐热钢在日本USC机组中的应用概况;日本USC机组主蒸汽管道材料主要选用日本住友生产的P122钢管。

(2) 新型耐热钢在欧洲USC机组中的应用情况,欧洲USC机组主蒸汽管道材料选用瓦卢瑞克·曼内斯曼钢管厂生产的P92钢管,我国USC机组主蒸汽管道材料选用美国威曼高登锻造公司生产的P92钢管。

(3) 目前我国正在建造的600MW和1000MW级超超临界(压力 $P=25\sim 26.5\text{MPa}$,温度 $t=600/600^\circ\text{C}$)机组台数占到了世界的70%,根据有关资料介绍,拟采用的新型耐热钢方案有多种。我国USC机组参数,在压力上高于日本,在温度上高于欧洲同类机组。在主蒸汽管道选材方面,目前世界上并无一台相同的

机型可供借鉴。目前我国 USC 机组主蒸汽管道材料采用的主要有瓦卢瑞克·曼内斯曼钢管厂生产的 P92 钢管和美国威曼高登锻造公司生产的 P92 钢管。过热器高温段材料主要选用日本住友生产的 Super304H 和 HR3C 钢管。对于这些新型钢材,我们仍然缺乏足够的认识,因此我国 USC 机组运行后,必须加强金属材料的技术监督和分析研究。

3 对于制造质量监督检验需注意的问题

(1) 对于上述材料制做的集箱及管道检验出的一些表面裂纹性质缺陷。在检验过程中普遍发现 P91、P92、等材质的集箱及管道表面许多表面细小裂纹。依据裂纹性质判断,这些裂纹都是属于表面应力引起的,大部分是在配管制造过程中,焊后不及时消应力处理造成的。

(2) 对于其他材质大厚度集箱及管道的检验则发现表面裂纹性质缺陷,在打磨消除后,经过一段时间,又重新出现的问题。所发现的反复出现裂纹其性质判定与处理方法是紧密相关。

(3) 针对目前特殊情况下的制造厂工艺不严、监造单位是否能严格把关,裂纹处理方法,打磨后的复检方式是否正确等问题,都有待我们不断的摸索和探讨。

(4) 对于国内执行 ASME 规范标准的误解;目前国内一些制造企业,在工期紧张的特殊环境下执行 ASME 规范存在片面理解,宽松工艺现象。对于其环境和其它配套措施、要求不严格执行情况。在条件和各种环境要求达不到或不执行的情况下,出现了一些质量问题,从而达不到标准要求。另外对于制造厂标准应高于 ASME 规范和国标。

(5) 对于制造厂处理缺陷的是否彻底干净、是否埋藏隐患是涉及今后重要设备安全的关键。如何跟踪处理过程、监督处理结果也是需要认真对待的问题。

(6) P91、P92 材料焊接出现的一些微细裂纹,依据现有标准出现的未超标缺陷,是否适应 P91、P92 等新型耐热钢材料的判定标准。P91、P92 类材料对各类缺陷性质的敏感程度目前尚不清。这些都影响到我们技术监督的判定标准。

(7) 新型耐热钢材料的异种钢管接头焊接,是否破坏了原有的母材组织状态,接头性能如何等问题。解决不了接头性能,保证不了接头性能,则新型

耐热钢管材的良好性能也是不能得到充分发挥。对于最大限度内的利用新材料的使用性能也就打了折扣。对于上述问题是我们目前焊接尚未解决的,也是亟待解决的问题。

4 金属材料技术监督和分析研究

自 1996 年以来,P92 钢制的结构已开始试验性地用于一些电站项目中,但迄今还未在电站建设项目中大规模采用(我国目前应是使用较多的国家),其主要原因在于材料及焊接专家们还需要谨慎的实践来建立对这种材料的充分信心。需要认识在电站实际服役条件下,经过长期高温高压运行后,钢材显微组织变化的规律以及认识由此带来的各种因素的影响(包括检验、焊接修复、加工等)及对蠕变断裂强度和塑性韧性的影响。

(1) 对按照原 ASME 规范提供的数据设计的 1000MW USC 机组 P92 钢主蒸汽管道问题的研究。主蒸汽管道设计时,首先要考虑钢材的高温蠕变断裂强度,其必须要满足由于管道热膨胀而引起的热应力的要求,一般认为适合于作高温管道的钢材,在其工作温度下的 10⁵h 的蠕变断裂强度应达到 90~100MPa,为了满足机组启停工况条件的需要,同时要求管道钢材的热膨胀系数比较小,且导热系数比较大,从而能降低管道内的热应力水平。由于 P92 钢在 2004 年当时的试验还未达到 10⁵h,ASME 规范中所用的数据是新日铁根据短时间蠕变断裂数据外推出来的,其值为 132 /10⁵,600℃ $\sigma = \text{MPa}$ 。根据其蠕变断裂强度可计算出 P92 钢 600℃运行时的许用应力为 88MPa,进而可计算出 1000MW USC 机组 P92 钢主蒸汽管道壁厚。然而欧洲对日本的外推法有疑问,(到 2008 年底欧洲试验已达到 10⁵h)欧洲蠕变委员会(ECCC)2005 年推算结果 P92 钢在 600℃、10⁵h 的蠕变断裂强度仅为 113MPa,据此推出 P92 钢的许用应力,在 600℃时为 75.3MPa,610℃时为 66.6MPa。按此许用应力计算出的 1000MW USC 机组 P92 钢主蒸汽管道壁厚显然比按原 ASME 规范提供的数据设计的壁厚要大。因此,对按照原 ASME 规范提供的数据设计的 P92 钢壁厚较薄的主蒸汽管道在运行中的各种技术参数要加强监督分析和深入研究。

(2) 经过长期高温高压运行后,钢材显微组织及性能变化规律的研究。①目前我国 USC 机组主蒸汽管道、集箱的选材为 P92 和 P122 钢这两种钢在高

温高压运行后其显微组织结构变化主要为位错密度的降低和固溶 W 析出形成 Laves 相等,前者降低高温强度,而 Laves 相不但降低高温强度,而且还显著降低冲击韧性。P122 钢因含有 0.30%~1.70%的 Cu 会促使 Laves 相析出和长大,在长期运行中稳定性最差。两种钢的长期运行后的性能变化还需持续不断的试验分析。②目前我国 USC 机组锅炉高温过热器选材为 Super304H、HR3C。Super304H 是在传统的 18-8 奥氏体不锈钢 (TP304H) 中加 3%Cu 和 0.5% Nb。获得了较高的持久强度,650℃许用应力值比 TP304H 还高出 40%以上。运行 2.5 年后,组织和性能稳定,是 USC 机组中受热面高温段的首选材料。HR3C 属于 25Cr-20Ni 钢,添加 Nb 形成析出强化,获得极高的持久强度。虽然 650℃的许用应力值略 Super304H,但由于 Cr 含量高,其耐烟气高温腐蚀和耐汽侧氧化的性能极佳。所以优先选用 HR3C 做过热器和再热器的高温部件。根据目前的研究,这两种钢在一定的温度范围内时效,其韧性都有降低的现象,而在长期运行后,其组织性能的变化规律仍需进一步研究。

5 钢材的抗高温腐蚀和抗高温蒸汽氧化性能的研究

(1) T92/P92、T122/P122 钢抗高温腐蚀和抗高温蒸汽氧化性能的研究一般来说,高温材料依靠一种或多种合金成分的选择性氧化来形成保护性氧化皮,这就必须满足两个条件:一是基体中的选择性氧化元素必须有足够高的浓度;二是这些元素必须有足够高的扩散速率,以保证它们能对正在生长的氧化皮下的基体进行补充,从而保证长期的保护功能。铬是提高抗氧化性的重要元素,T122/P122 钢管因其高的铬含量,它的抗烟气腐蚀和抗蒸汽氧化性均比 T92/P92 钢好。在超超临界机组中,由于蒸汽温度高,蒸汽侧氧化和氧化层的剥落问题,比亚临界机组更为严重,国外超超临界机组中有因为严重的蒸汽氧化问题被迫降参数运行的情况,此问题应在运行中给予充分关注。

(2) Super304H、HR3C 钢抗高温腐蚀和抗高温蒸汽氧化性能的研究。由于 Super304H 是细晶钢,其抗高温腐蚀和抗高温蒸汽氧化性能均应高于 TP304H 和 TP321H 钢。尽管 HR3C 钢不是细晶钢,

但 HR3C 钢的含 Cr 量已提高到 25%,所以 HRC 钢的抗高温腐蚀性能和抗高温蒸汽氧化的性能均高于 Super304H 钢。这些都是长期运行中需要研究的重要问题。

6 异种钢焊接接头早期失效机理研究

以往的研究及运行经验表明,在奥氏体不锈钢与铁素体钢的异种钢接头中会出现早期失效问题。一般认为,失效是由蠕变损伤引起,它与接头中两种蠕变强度不同材料在其界面上形成的特殊冶金学和力学条件有关。目前我国 USC 锅炉选用的奥氏体不锈钢主要为 Super304H 和 HR3C,这两种钢都具有很高的蠕变断裂强度,它们与铁素体钢的焊接接头在运行中的蠕变失效机理研究,应及早引起足够的重视。

7 研究新材料老化规律,确保机组安全运行

目前在已运行的亚临界机组中,寿命评估技术得到了深入的研究和广泛的应用,为机组的状态检修提供了有力的数据。而在 USC 机组中采用的新型耐热钢,尽管其性能有了明显的提高,但同时也在更高的温度和压力下运行,对其在运行中老化规律方面仍缺乏充分的认识,因此必须自机组投运起就对材料的老化机理进行深入研究,逐步掌握材料的老化规律确保 USC 机组的安全稳定运行。

8 新型耐热钢部件损伤后的焊接修复技术的研究

目前我国建造的超超临界机组中,首次采用的新型耐热钢有 T92/P92、T122/P122、Super304H 和 HR3C 四种。T92/P92 和 T122/P122 为新型铁素体耐热钢,其焊接性问题有:焊缝韧性低、冷裂纹倾向、IV 型裂纹及焊缝的失效倾向。Super304H 和 HR3C 为新型奥氏体耐热钢,其焊接性问题有:焊接高温裂纹(结晶裂纹、高温液化裂纹和高温脆化裂纹)、焊接接头腐蚀和焊缝金属失效脆化倾向。采用上述新型耐热钢制造的 USC 锅炉部件,经长期高温高压运行发生损伤后,由于焊接修复环境比安装、制造差,损伤部位应力状态复杂,材料要经受多次热循环,材料组织变化复杂,要进行焊接修复会比制造和安装过程中困难的多。因此要尽早开展 USC 锅炉新型耐热钢部件的焊接修复研究工作。

9 结束语

USC 锅炉采用的新型耐热钢是 USC 机组安全运行的关键技术,为此业主、设计、制造、安装、科研和运营建设单位应通力合作,进一步加强金属材料技术监督工作,尽早对 USC 机组安全运行的关键技术开展全过程系统的研究工作,确保 USC 机组安全、可靠和经济运行。

参考文献

[1] 杨富,等.新型耐热钢焊接[M].中国电力出版社,2006.7.
 [2] SUMITOMO BOILER TUBES & PIPE,SUMITOMO Metallnd.,Ltd 2004.8.
 [3] 高强度铁素体钢管[S].NF616(ASME P92),新日本制铁株式会社,2004.11.
 [4] 电力工业 P92 钢焊接材料工艺技术指南[S].英国曼彻斯特焊接

材料公司,2004.10.
 [5] 国内外超超临界机组材料及焊接研究资料汇编[D].西安热工研究院,2004.10.
 [6] 火电机组建设质量控制技术论坛论文集[C].中国电机工程学会火力发电委员会,2008.7.
 [7] 朱全利.超超临界机组锅炉设备及系统[M].化学工业出版社,2008.03.
 [8] 火力发电厂金属材料手册[S].中国电力出版社,2001.4.
 [9] 焊接材料手册[S].机械工业出版社,2006.1.
 [10] 章应霖,等. P91 钢焊接接头性能及存在问题的讨论[J].水利电力机械 Vol.23No.1Feb.2001;22-28.

作者简介:梁军(1961-),山东威海人,1982年8月毕业于太原理工大学焊接专业,高级工程师、国家技术监督局高级检验师,国际焊接工程师,全国锅炉压力容器标准化技术委员会在役承压设备分委员会委员、电站金属材料标准化委员会委员、电站焊接标准化委员会委员 现就职于神华国华电力研究院热机部。

Study of the application technology of the metal materials of ultra supercritical unit

Liang jun

(Shenhua Guohua (Beijing) Electricity Institute Co.,Ltd, Fengtai Beijing, 100069, China)

Abstract: With the putting into production and running of plenty of ultra supercritical(USC)units, the job of the metal technical supervision in the future will be in focusing on and study on various performance variation of the metal materials under the running of USC and repair welding technology. Some power generation plants have set up the professional science research project to study the lasting and the change of the creep strength of the new materials of high-temperature and high-pressure pipeline, welding repair of new-typed material and focus on supervision management on the weak part and supervise the situation of hot corrosion of material and the situation of oxidization of the material under the high-temperature steam.

Key Words: Ultra Supercritical; Metal Supervision; Metal Materials; Welding; Coal Conversion to Oil

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 贺焯真)

科技动态

中国神华煤制油化工公司两项课题列入国家 863 计划

本刊讯 近日,国家科技部下达文件,批准中国神华煤制油化工公司“煤液化残渣沥青类物质的萃取和利用技术开发”和“模块化褐煤提质制取高效气化原料新工艺及关键设备研究”二项课题列入 2009 年国家高技术研究发展计划(863 计划),并分别资助 344 万元、378 万元专项经费。

“煤液化残渣沥青类物质的萃取和利用技术开发”课题的任务是:建立一种煤炭直接液化残渣的萃取、固液分离、溶剂回收和沥青类物质加氢处理的工艺技术,增加液化油收率,为该工艺达到中试或工业

示范积累技术基础。同时探索煤液化残渣沥青类物质制备炭素材料的新工艺,提高煤炭直接液化工艺的经济效益。

“模块化褐煤提质制取高效气化原料新工艺及关键设备研究”课题的目标是:开发出拥有自主知识产权、适应性广的模块化褐煤提质制取优质气化原料新工艺关键技术和装备,建设中试装置,进行关键技术验证及关键装备性能考察,形成褐煤热解成套技术工艺包,为最终形成褐煤提质-气化-间接液化(合成)有机耦合提供关键技术支持。(神华集团科技发展部供稿)

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^{1,4}、尤建生¹、李鹏¹、宋畅²、卓华²、张艳亮³、顾强³、林惊涛³、肖湘宁⁴

(1、神华国华(北京)电力研究院有限公司,北京,100069;2、神华北京国华电力有限责任公司,北京,100025

3、神华陕西国华锦界能源有限责任公司,陕西 榆林,719319; 4、华北电力大学(北京),北京,102206)

摘要: 为抑制次同步谐振(SSR)采取 SSR-DS(利用发电机转速偏差控制 TCR 触发角度,从而改变系统阻尼)装置抑制+TSR(机组轴系扭振继电器)保护的双重措施,以防止在 SSR-DS 调节过程中发生 TSR 装置由于定值不合理而跳机,因此需要两者之间能够有一定的配合关系。为使该抑制、保护系统能够正确地投入运行并合理地发挥作用,有必要对两者的协调配合进行分析和研究。通过在 RTDS 系统建立模型,并连接两者的物理装置,对两者的动作行为及相互配合关系进行仿真试验验证,为现场投运提供依据。

关键词: SSR-DS TSR 次同步谐振 仿真试验

中图分类号: TM621.6

文献标识码: A

文章编号: 1672-3880(2009)05-0057-06

由于输电线路采用串联补偿电容器,造成了电力系统参数特性变化,在一定的串补度下,会造成电气系统谐振频率与发电机组轴系固有频率对工频互补,即两者之和为 50Hz,则在发电机组轴系会产生次同步谐振(SSR),发生机组轴系扭振,损伤发电机轴系设备。国外在 20 世纪 70 年代曾发生过这样的事事故案例。近几年,随着串补交流输电技术的应用,次同步谐振问题也成为国内各发电公司和电网部门研究的课题。国内某发电公司也发生了发电机轴系损伤的事件。对于抑制次同步谐振的方法,国内外也尝试过很多方法,效果均不理想。目前国内有专家提出采取 SSR-DS 抑制次同步谐振,同时采用 TSR 作为保护措施,当次同步谐振不可控制时跳开发电机组。由于 SSR-DS 为抑制 SSR 问题的措施,而 TSR 为当发生 SSR 问题时为保护机组轴系安全而设置的跳机措施,两者之间存在时序配合的策略问题,因此,需要对两者的动作关系进行研究和试验验证。

1 抑制次同步谐振的 SSR-DS 装置介绍

大型汽轮发电机组的轴系扭振是大电网大机组中存在的一个必须解决的问题,交流串补输电技术造成的次同步谐振问题通常包括感应发电机效应、

扭矩相互作用、暂态扭矩放大等三个方面的问题,应针对不同的问题分别进行研究分析,并采取不同的抑制措施。对于锦能公司,经研究分析后得到比较严重的问题是扭矩相互作用问题,因此决定采取利用 SSR-DS(动态抑制器)抑制 SSR 问题+TSR(扭振保护)保护共同来解决次同步谐振对发电机轴系的危害问题。图 1 给出了 SSR-DS 工作原理示意图。

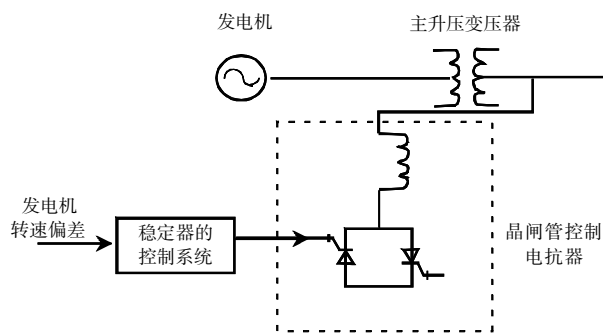


图 1 SSR-DS 工作原理示意图

总体控制策略是:选取含有原动机扭振模式分量的测量量(发电机转速信号)作为控制器的输入信号,据此控制晶闸管的触发角,改变 TCR 支路的电流大小,进而微调发电机的输出功率,产生抑制 SSR

的阻尼转矩,实现抑制 SSR 的目的。

以转速偏差信号作为控制器的输入信号时,需将 TCR 中的无功电流调制成与发电机转子速度偏差反相即错相 180°。这样,当转速增加时,TCR 中的感性电流减小,即 TCR 吸收的无功功率减小,则发电机机端电压上升,发电机送出的电磁功率增加,对恒定的机械输入,电磁功率的增加将导致转子动能的减小,从而最终导致转子速度的降低。反之,转速

减小时 TCR 感性电流增加,机端电压降低,发电机送出的电磁功率减小,从而使发电机转子加速。而正常运行时,TCR 以某一个固定导通角稳定运行,相当于一稳定且连续的无功负荷。因 TCR 的控制速度快,故可达到抑制次同步谐振的目的。

2 仿真平台的建立

2.1 系统接线及 SSR-DS 接入示意图

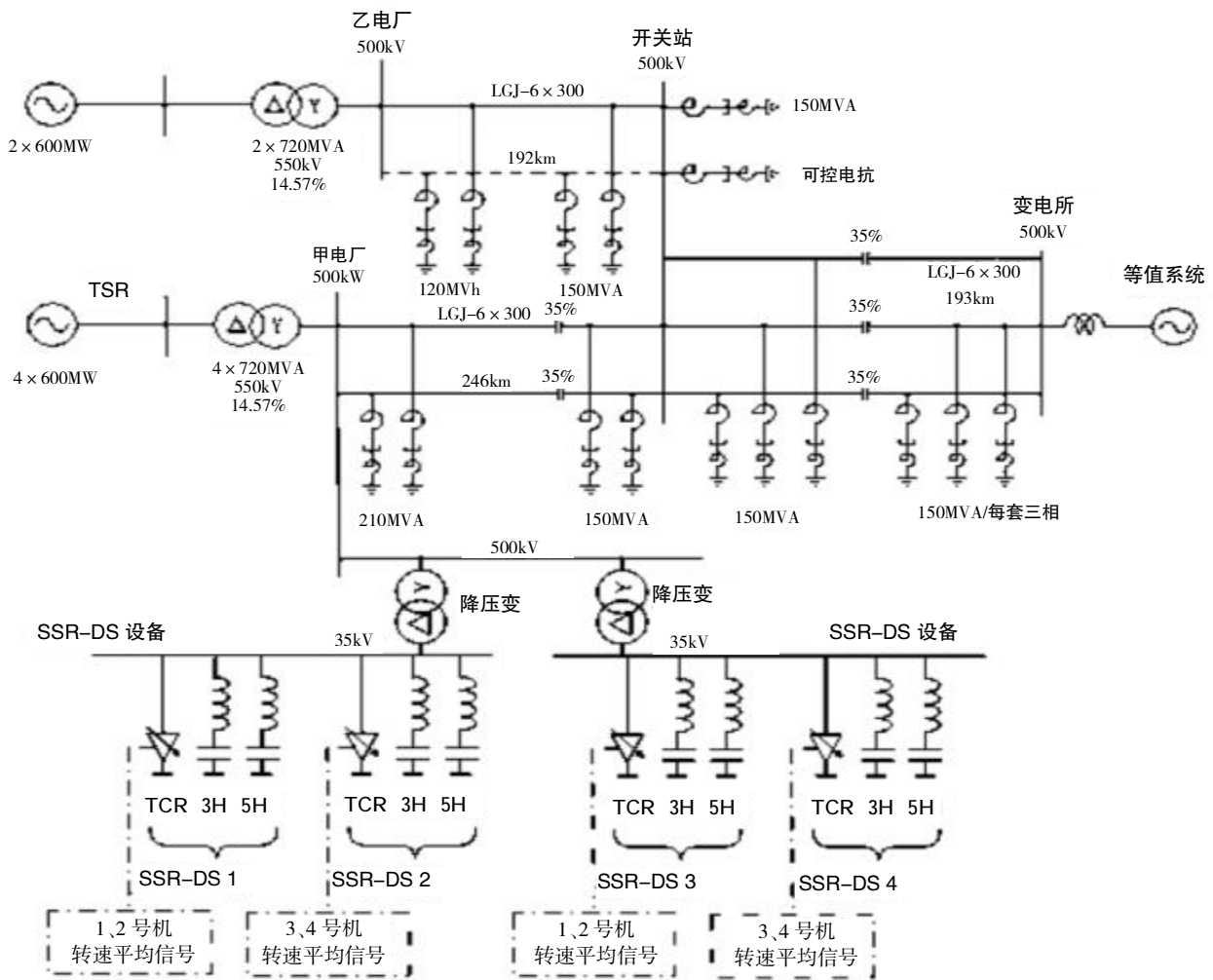


图 2 系统接线示意图

图 2 给出了所研究系统的接线图,图中显示了四套 SSR-DS 装置,每台发电机组设置了 2 套 TSR 保护装置,定值相同。仿真试验时将一台 SSR-DS 装置,一台 TSR 保护装置接入 RTDS 仿真系统。

2.2 仿真模型建立

仿真试验采用 RTDS 系统与物理控制器装置混合进行。具体包括:在 RTDS 上搭建锦界和府谷电厂发电机、励磁系统模型及电厂外送系统简化模型;其

中,SSR-DS 控制器和 TSR 保护装置采用实际物理装置,其余与 SSR-DS 配套的 TCR(晶闸管控制电抗器)、H3(三次谐波滤波器)、H5(五次谐波滤波器)等元件由 RTDS 系统数字模拟,SSR-DS 控制器的触发脉冲信号由 RTDS 系统模拟发出。

在 RTDS 仿真系统中,汽轮机发电机升压变压器一体的模型采用 IEEE 推荐模型,锦界发电机 4 台发电机模型,包括调速器、励磁、汽轮机多质量块模

型等。锦-忻线和忻-石线采用分布参数 Bergon, 电厂机组励磁方式是机端自并励静态励磁系统, 励磁调节器采用 ABB 公司的 Unitroll-5000 型微机励磁调节器, 采用 IEEE 励磁控制器模型。府谷电厂所在电力系统中值模型采用相同的等值方法获得, 从而得到锦界电厂区域与串补线路模型实时仿真建模。

3 仿真试验工况选择

仿真试验主要内容是验证两套设备在次同步谐振时的逻辑配合与联动方案的可行性, 分析 SSR-DS 与 TSR 联动数模混合仿真试验的结果, 以对现场试验方案提供依据。

试验中所选的工况分别以发生次同步振荡最严重、SSR-DS 抑制时间最长, 次同步振荡最轻、SSR-DS 抑制时间最短和中等程度的次同步振荡为依据 (锦界电厂两台发电机满载、忻石线路靠近忻州侧的 25% 处发生三相接地故障时所引发的次同步振荡最严重; 锦界电厂四台发电机满载、忻石线路靠近忻州侧的 25% 处发生单相接地故障时所引发的次同步振荡最轻), 通过在仿真平台的人为操作触发线路接地故障来引发次同步振荡。

试验时 TSR 保护装置的主要定值如表 1。

表 1 TSR 保护装置的主要定值

定值名称	含义	取值
模态门槛定值	SSR各模态信号启动门槛值, 越限报警值	0.1
模态发散疲劳跳闸定值	发散跳闸门槛值	0.2%
疲劳跳闸定值	疲劳跳闸门槛值	1.0%

4 仿真试验研究

(试验时共选取 3 种运行方式)

4.1 运行方式一

锦界电厂 4 台发电机满载, 府谷电厂 2 台发电机满载。

扰动方式:

(1) 忻石线路 25% 处发生三相接地——投 SSR-DS, TSR 运行状况、不投 SSR-DS, TSR 运行状况。

(2) 忻石线路 25% 处发生单相接地——投 SSR-DS, TSR 运行状况、不投 SSR-DS, TSR 运行状况。

4.2 运行方式二

锦界电厂 2 台发电机满载, 府谷电厂 2 台发电机满载。

扰动方式:

(1) 忻石线路 25% 处发生三相接地——投 SSR-DS, TSR 运行状况、不投 SSR-DS, TSR 运行状况。

(2) 忻石线路 25% 处发生单相接地——投 SSR-DS, TSR 运行状况、不投 SSR-DS, TSR 运行状况。

4.3 运行方式三

锦界电厂 4 台发电机以 420MW 运行, 府谷电厂 2 台发电机满载。

扰动方式:

(1) 忻石线路 25% 处发生三相接地——投 SSR-DS, TSR 运行状况、不投 SSR-DS, TSR 运行状况。

(2) 忻石线路 25% 处发生单相接地——投 SSR-DS, TSR 运行状况、不投 SSR-DS, TSR 运行状况。

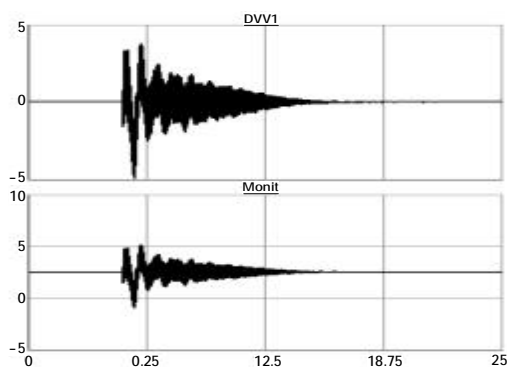
(3) 忻石线路 50% 处发生单相接地——投 SSR-DS, TSR 运行状况、不投 SSR-DS, TSR 运行状况。

(4) 忻石线路 70% 处发生单相接地——投 SSR-DS, TSR 运行状况、不投 SSR-DS, TSR 运行状况。

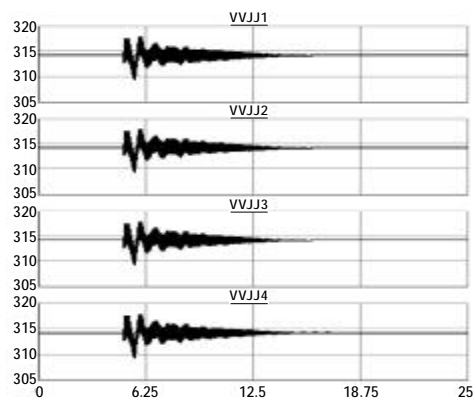
5 试验结果

以最严重 SSR 问题的运行方式一为例, 给出仿真试验结果。

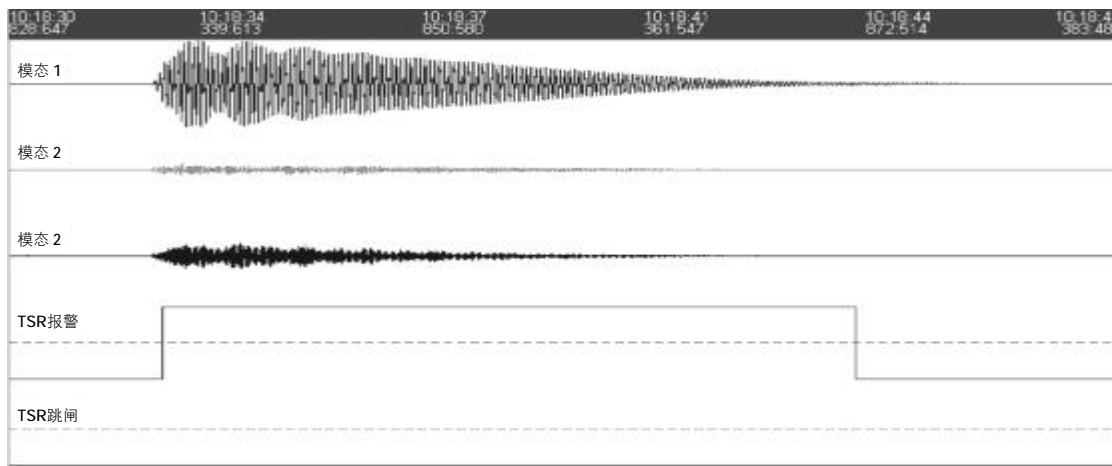
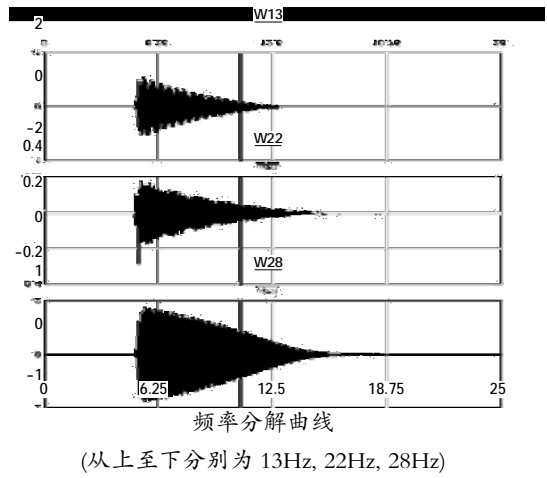
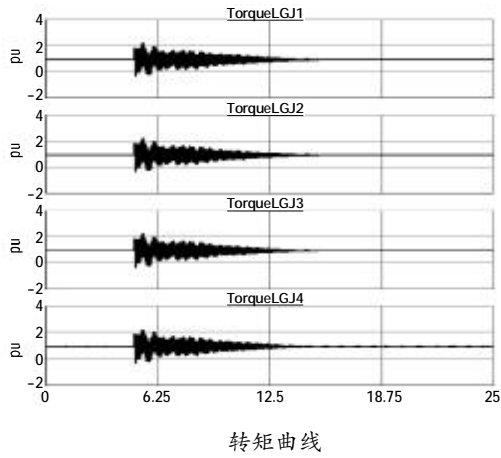
5.1 运行方式一 (忻石线路 25% 处发生三相接地, SSR-DS 与 TSR 均投入运行)。



转速差曲线

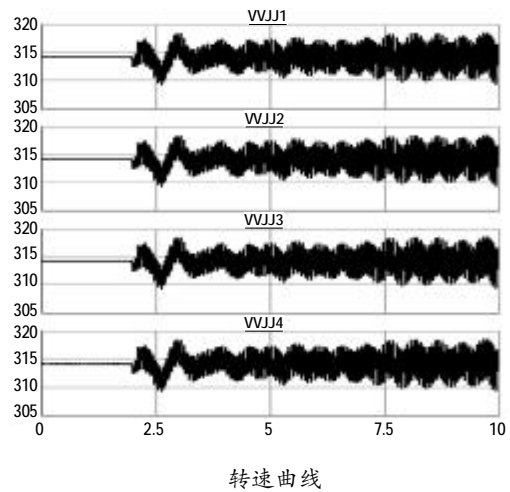
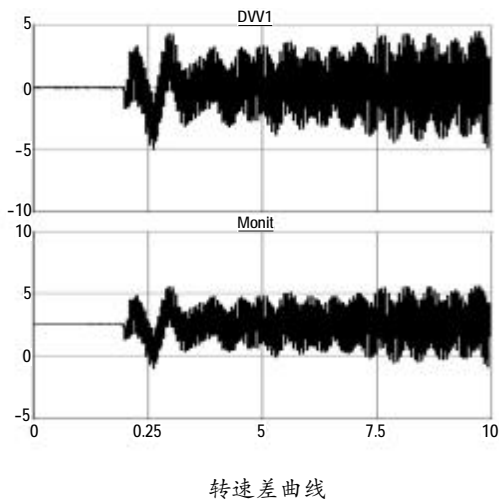


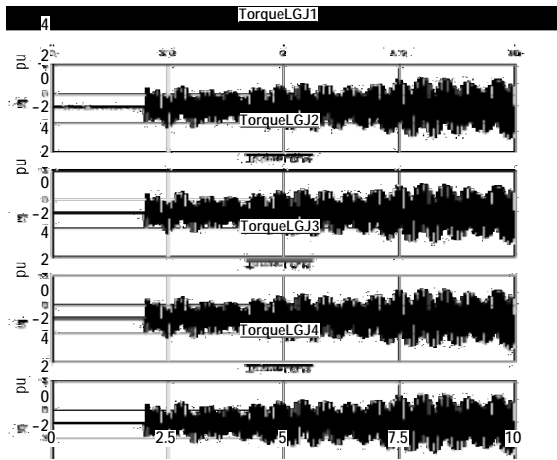
转速曲线



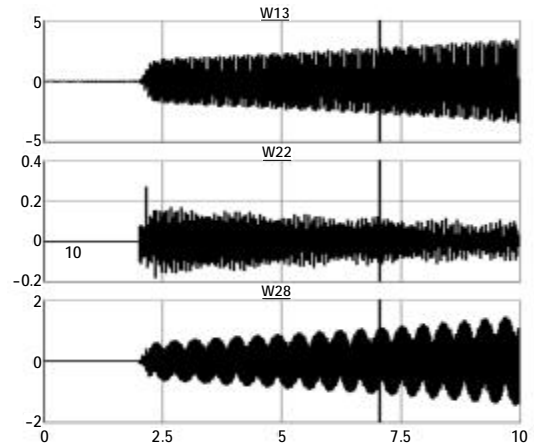
试验结果：
故障时，TSR 保护装置瞬时启动报警，报警时长

10.997 秒。TSR 启动报警后未发出跳闸信号。
5.2 运行方式一（忻石线路 25%处发生三相接地，



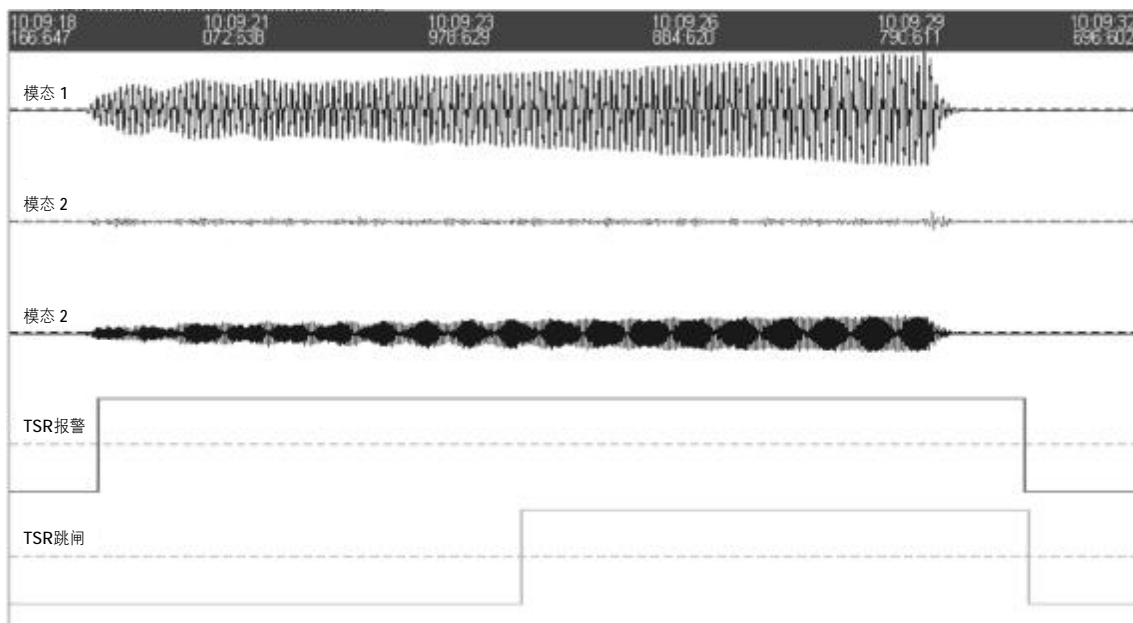


转矩曲线



频率分解曲线

(从上至下分别为 13Hz, 22Hz, 28Hz)



三模态曲线与保护动作情况

SSR-DS 不投入运行)

试验结果:

故障时, TSR 装置瞬时启动报警, 在启动报警后 5.453 秒跳闸。

5.3 其他试验方式下的结果

运行方式二	忻石线路 25%处发生三相接地	忻石线路 25%处发生单相接地
投 SSR-DS	报警时长 25.546 秒, 不跳闸	报警时长 3.298 秒, 不跳闸
不投 SSR-DS	启动报警后 6.05 秒跳闸	启动报警后 29.001 秒跳闸

运行方式三	忻石线路 25%处发生三相接地	忻石线路 25%处发生单相接地	忻石线路 50%处发生单相接地	忻石线路 70%处发生单相接地
投 SSR-DS	报警时长 13.747 秒, 不跳闸	报警时长 2.148 秒, 不跳闸	报警时长 1.498 秒, 不跳闸	报警时长 2.748 秒, 不跳闸
不投 SSR-DS	启动报警后 6.355 秒跳闸	启动报警后 24.403 秒跳闸	启动报警后 33.452 秒跳闸	启动报警后 22.404 秒跳闸

5.4 对试验结果的分析

从试验结果中看到, 在 3 种运行方式下, 若投入 SSR-DS, 则三相短路故障时 SSR 保持时间最长, 在

13~26s 内,以方式二下持续 25.546s 为最长,但 TSR 保护不跳闸,若 SSR-DS 不投,在 TSR 保护启动后 5~6s 跳闸。而 SSR-DS 投入时,在单相故障时 SSR 保持时间较短,2~3s 报警消除;SSR-DS 不投时,报警时间在 22~30s 内。

从试验结果看,虽然不同运行方式下不同扰动,激发出的 SSR 程度不同,但 SSR-DS 与 TSR 动作逻辑关系正确。

6 结语

本文利用 RTDS 以及 SSR-DS 装置和 TSR 保护装置,建立了抑制交流输电线路投入串补后的闭环数模仿真系统,在此基础上,对锦能公司输电系统的次同步谐振问题进行了严重运行方式方式下的仿真试验研究。从 RTDS 仿真试验结果来看,可得到如下结论:

(1)SSR-DS 投入运行后对 SSR 有明显的抑制作用,TSR 保护能够正确动作;

(2)仿真试验表明,TSR 保护定值整定较合理,使 SSR-DS 装置与 TSR 保护配合关系正确。

参考文献

- [1] 程时杰,曹一家,江全元. 电力系统次同步振荡的理论与方法[M]. 科学出版社,2009.1.
- [2] 《电力系统串联补偿》翻译组.电力系统串联补偿[M].中国电力出版社,2008.4.
- [3] 倪以信,陈受孙,张宝霖.动态电力系统的理论和分析[R].清华大学出版社,2002 年 5 月第 1 版.
- [4] 锦界电厂 SSR-DS 与 TSR 联动数模混合仿真实验分析报告[R].华北电力大学教育部重点实验室交直流混合系统实时数字仿真实验室.2008 年 9 月.
- [5] 杨煜,陈陈,伊敏——大庆 500kV 输电系统次同步谐振分析—兼论发电机轴系共振频率《电网技术》[R].2000 年 5 月 第 24 卷第 5 期 10-12.
- [6] 邱家俊.电机的机电耦联与磁固耦合非线性振动研究[J].中国电机工程学报 2002 年 5 月 第 22 卷第 5 期 109-115.
- [7] 杨志安,李文兰,邱家俊.发电机组轴系电磁激发横扭耦合振动[J].天津大学学报 2008 年 5 月第 41 卷第 5 期 583-588.
- [8] 陈陈,杨煜.几种次同步振荡分析方法和工具的阐述[R].电网技术,1998 年 8 月 第 22 卷 第 8 期 10-13.

作者简介:杨文超(1965-),高级工程师,1988 年 8 月毕业于天津大学,工学士,现任神华国华(北京)电力研究院有限公司技术研究中心电控技术部高级主任工程师,主要从事电力系统保护及控制技术研究和管理工作,全国电网运行与控制标准化技术委员会委员,华北电力大学在读硕士。

The research on the SSR-DS and the digital-to-analog emulation coordinating with TSR protection

Yang Wenchao You Jiansheng, Li Peng, Songchang, Zhuohua, Zhang Yanliang, Lin Jingtao, Xiao Xiangning

(1, Shenhua Guohua (Beijing) Electricity Institute Co., Ltd, Beijing 100069; 2, Shenghua Beijing Guohua Electric Power, Beijing 100025;

3, Shenhua Shaanxi Guohua Jinjie Energy Co., Ltd, Yulin Shaanxi 719319; 4, North China Electric Power University (Beijing), Beijing 102206)

Abstract: The sss-ds (control deviation of rotor speed for pluse TCR, to change the the damping) and TSR (torsion relay) are both used for protect generator shaft to avoid damaged by subsynchronous resonance. To prevent shut down in adjust of SSR-DS by illogical settings of TSR, matching relation must be needed. To play a properly effects when the devices put into operation, the analyzing and research on relation of them be necessary. By set up their model in RTDS, connect with their actual device, verified the matching relation and operating action in simulation test system, provided a base on for practical operation.

Key Words: SSR-DS; TSR; Subsynchronous resonance (SSR); Simulation Test

(收稿日期: 2009-07-05 责任编辑: 贺焯真)

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

(神华包神铁路有限责任公司,内蒙古 鄂尔多斯市,017000)

摘要: 随着神华电气化铁路事业的飞速发展,使得不断开发、应用先进的智能动态接触网检测技术以实现铁路运行质量的评判研究受到越来越多的重视。本文作者在研究国内外现有接触网检测方法的基础上,提出了利用由二维激光雷达获得接触网几何参数,通过仅在受电弓滑板支架安装质量和体积都很小的加速度传感器,配合在车顶低压端安装的风向风速传感器,获得接触网动态参数的检测系统。

关键词: 铁路运营 接触网 几何参数 动态参数 激光雷达 传感器

中图分类号:U226.8

文献标识码:B

文章编号:1672-3880(2009)05-0063-05

1 引言

近年来,随着客运专线与城际高速铁路的大量建成与投入运营,我国铁路网络日趋完善,运输效能显著提升,城市轨道交通及大铁路对高速接触网参数(接触网参数分几何参数与动力学参数两类。几何参数主要有:接触线高度、拉出值、支柱位置等;动力学参数主要有:离线状态、悬挂硬点、接触压力等。)动态特性的要求日益提高。由于高速动态检测所获得的参数与中低速有较大差别,前者更能反映列车

高速运行的实际、也更具参考价值。因此,在神华电气化铁路事业的不断发展中,不断开发先进的动态接触网检测系统是十分必要的。

2 系统硬件结构及检测原理

2.1 激光雷达检测原理

本系统所选激光雷达型号为:Sick LMS200/LMS400,激光雷达 LMS 200 / LMS 400 实物、原理与测量范围如图 1 所示:

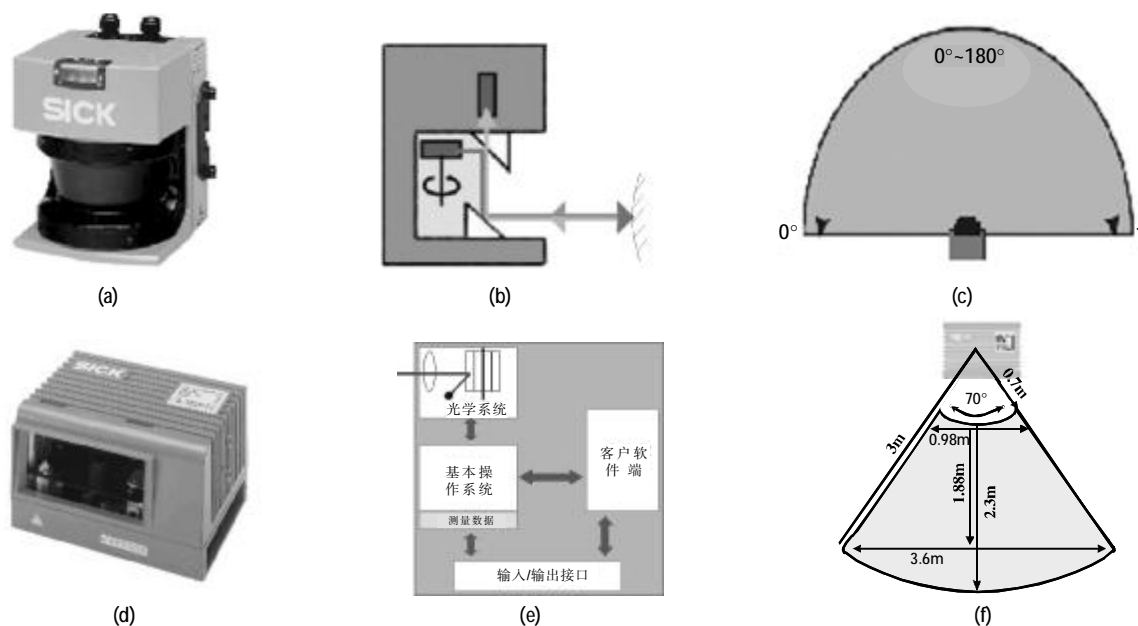


图 1 激光雷达 LMS 200 / LMS 400 实物、原理与测量范围图

(1)LMS200：激光雷达 LMS 2xx 系列是基于光束飞行时间原理测距的,如图 1 所示,即通过计算在系统测量范围内从激光器发射至接收到遇障碍物折返的脉冲所用的时间,得出障碍物与 LMS 之间的距离。通过雷达装置内的旋转镜面,在 LMS 单元垂直于纸面的正前方,形成一个二维径向测量区域。

(2)LMS400：激光雷达 LMS 400 与 LMS200 类似,无需任何反射器或位置标签。如图 1 所示,其测量原理是根据连续收发光束传播的时差及波长所产生的相移将相差转化为频率,再依靠雷达自带系统基于频率算出物体到测量原点的距离,就可灵活方便地对二维形状进行大范围的非接触、主动测量了。

2.2 加速度传感器检测原理

本系统选用的加速度传感器为 Model 141 线性加速度计,其实物图如图 2 所示:



图 2 Model 141 加速度计

当感受到加速度(静态~3000Hz)时,它输出与之成比例的瞬间的高输出直流信号。用于振动、冲击、碰撞测量,范围:±2g~±600g,具有外部标定电阻。Model 141 加速度计将 Setra 极坚固的电容式敏感元件和微型电子线路完美地结合起来,使它具有无与伦比的过载能力。采用空气阻尼不仅使其具有更好的动态响应,而且其随温度的变化仅为最佳液体阻尼的十分之一。Model 141 与传统的应变式加速度计信号相兼容,使用标定电阻可以获得任意点至满量程的标定信号。Model 141 的不锈钢壳体具有一个平面基座,因而对安装应力极不敏感。横向加速度影响很低是 Model 141 的另外一个特点,外部易更换的电缆接头简化了安装与维修。

2.3 风向风速传感器

本系统选用 JZZ1-EL8-1 螺旋桨式联合风向风速传感器(型号为:M223297),其实物图如图 3 所示:

风速测量是利用一个低惯性的三叶螺旋桨作为感应元件,桨叶随风旋转并带动风速码盘进行光电扫描输出相应的电脉冲信号。风向由竖直安装在机身的尾翼测定测量,风作用于尾翼,使机身旋转并带



图 3 风向风速传感器

动风向码盘旋转,此码盘按 8 位格雷码进行光电扫描输出脉冲信号。本仪器的输入、输出端均采用瞬变抑制二极管进行过载保护,外部零件选用耐腐蚀材料制造并有喷漆层保护,密封采用迷宫结构和 O 形环,保护仪器内部的敏感元件不受恶劣环境的影响。

2.4 系统硬件结构

(1)本系统接触网几何参数检测部分的硬件设备包括如下几部分:激光雷达扫描装置、嵌入式处理机(PC/104)及其外围卡(PCM5111)、工业 PC 及其兼容采集卡(PCL818L)、连接器件与线缆等。系统接触网几何参数检测部分硬件的连接方案如图 4 所示,信号采集单元为激光雷达 LMS200 或 LMS400,中间信号预处理单元采用嵌入式电脑 PC104,信号处理、显示终端采用工控机 IPC。

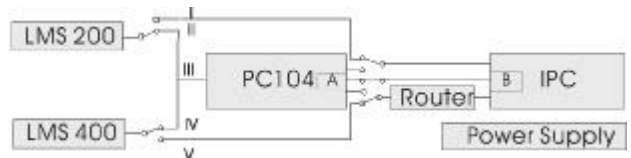


图 4 系统接触网几何参数检测部分硬件连接图

连接方式有 5 种,分别为:

模式 1:LMS200-串口-IPC。

模式 2:LMS200-串口-PC104-串口-IPC。

模式 3:LMS200-串口-PC104-并口-IPC。

模式 4:LMS400-以太网口-PC104-以太网口-IPC。

模式 5:LMS400-以太网口-IPC。

其中,模式 1 与模式 5 未经预处理单元,适用于并行任务不是特别繁重的本系统独立工作的情况。而模式 2、3、4,则适用于其与母系统连用时并行任务较繁重的情况。

(2)本系统接触网动态参数检测部分硬件设备包括:加速度传感器、风向和风速传感器、iCAN-4055

功能模块及 iCAN-4017 功能模块、EPCM-2940 数据采集工控主板、工控机、CAN-bus、连接器件与线缆等。系统接触网动态参数检测部分硬件结构如图 5 所示：

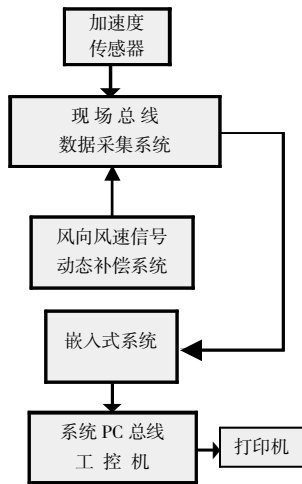


图 5 接触网动态参数检测系统结构框图

3 系统工作流程

(1)接触网几何参数检测部分工作流程如图 6 所示。具体内容包括系统各模块的初始化、数据采集、数据缓存、数据传输与处理、输出波形及保存数据。最终实现对接触网几何参数的动态检测。

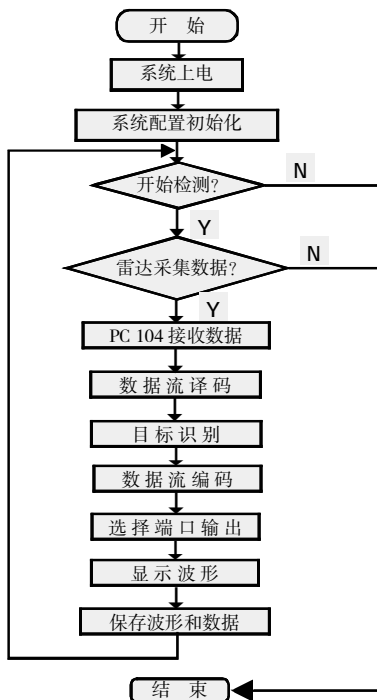


图 6 几何参数检测部分系统工作流程图

(2) 接触网动态参数检测部分工作流程图如图 7 所示：

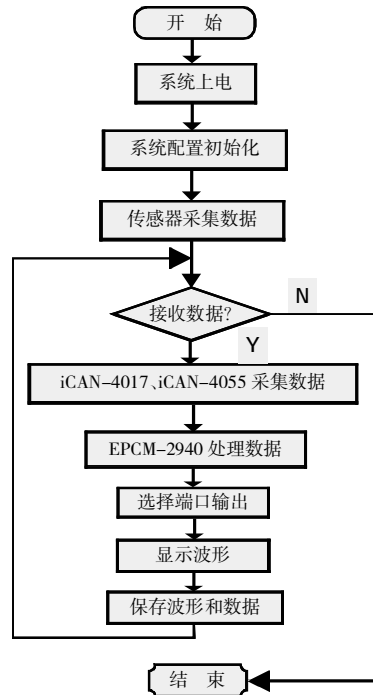


图 7 动态参数检测部分系统工作流程图

4 检测结果

(1)系统接触网参数检测报表如图 8 所示：

站名	A	B	C	D	E	F	G	H
1 上行 供电段	年	月	日					
2 站区名称	支柱号	拉出值(m)	硬点(g)	最高导高	最大压力	最小压力	速度(K	
3 石圪台站	62	260	3	6476	93	56		
4 石圪台站	58	340	3	6479	85	60		
5 石圪台站	56	260	20	6483	97	57		
6 石圪台站	54	300	14	6481	90	64		
7 石圪台站	52	280	16	6467	89	63		
8 石圪台站	50	280	13	6462	90	57		
9 石圪台站	48	140	12	6441	88	61		
10 石圪台站	46	300	10	6441	95	63		
11 石圪台站	44	380	8	6444	86	65		
12 石圪台站	42	380	10	6472	93	68		
13 石圪台站	40	360	8	6455	94	63		
14 石圪台站	38	360	10	6420	88	62		

图 8 接触网参数检测报表

(2)系统实测拉出值、导高波形曲线如图 9 所示：

(3)系统实测压力、硬点、离线、加速度波形如图

10 所示：

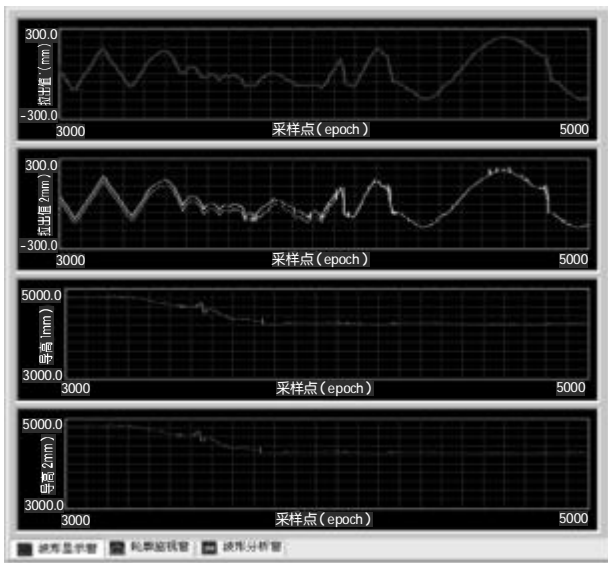


图 9 系统实测拉出值、导高波形图

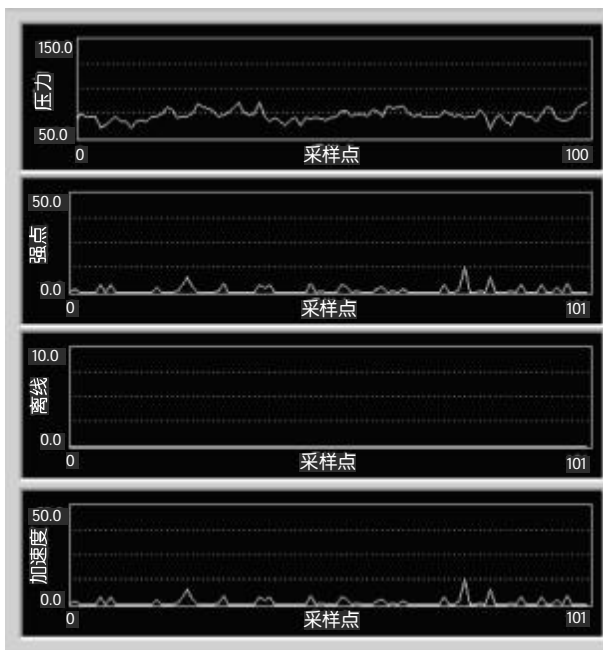


图 10 系统实测压力、硬点、离线、加速度波形图

5 实际应用

神华包神铁路自 2007 年 7 月接触网开通运行 154 条公里,日常维修使用 JW-4 型接触网检修作业车载 JWC-5 型接触网动态检测设备。每周 2-3 次的接触网垂直天窗检修作业,以车载接触网动态检测设备测量结果作为主要依据(每季度用车载检测受电弓带电测量的拉出值、导高、硬点、坡度等数据),人工静态测量为辅。天窗检修以 25km/h 的速度对整个检修区段进行修前和修后 2 次的测试比较(拉出

值检测误差为±20mm),2 次测量的数据作为分析维修质量的资料,取得了良好的效果,同使用人工操作接触网激光测量仪逐点测量相比,提高了效率、减少作业人员劳动强度。



图 11 接触网检修作业车车载接触网智能动态检测系统车内主机

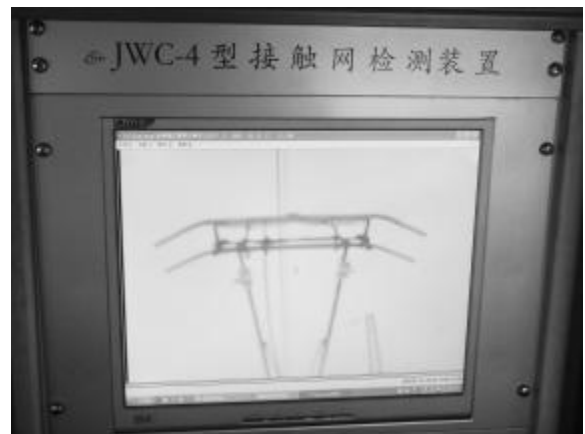


图 12 通过高清摄像头在主机上显示的弓网实时图像

6 人工检测和车载检测的比较

(1)人工检测:采用大量的人力通过激光测量仪器或测杆对接触网进行测量接触网静态几何参数,且人工仅能测量接触网定位点处参数,一般只是测量接触网的导高和拉出值。

(2)车载检测:接触网检测系统装置安装于接触网作业车上,采用接触式检测方式。能快速检测接触

网线的拉出值、导线高度、平行线间距、垂直线间距、跨距高差、导线坡度、定位管坡度、线岔非工作支超高等几何参数和弓网冲击、弓网接触压力、网压、离线、速度、里程等动力学参数。(具体检测参数根据用户需求而定)。

(3)两者对比:车载检测的优越性在于:①车载检测采用接触式检测方式,能同时测试几何参数和动力学参数,而各种非接触式检测方式,仅能测试几何参数;系统采用非取流受电弓,电磁干扰小,设备可靠性高;系统采用光纤传输数据,设备稳定性好。②检测车运行过程中,车载检测通过车顶升起的检测受电弓,模拟实际弓网动态关系,并快速检测各个动态数据。而人工仅能测量接触网静态几何参数,无法检测动态几何参数和弓网动力学参数。③车载检测能连续检测接触网参数,表现弓网接触运行的传输波过程。而人工仅能测量接触网定位点处的导高和拉出值,参考价值有限。④检测系统主机部分体积小、重量轻、使用方便,能检测带电或不带电接触网状态,节约天窗时间,适合在一般轨道车配置。⑤车载检测系统通过软件修正计算模型中的归算质量、阻尼系数等弓网振动参数,使检测受电弓逼近机车实际运行受电弓,减少系统测量误差。⑥车载检测系统配置的专用软件,将检测的接触网参数按线路、站区和杆号的顺序存储在计算机硬盘中,并进行数据分析和质量评定,得到多种数据报表和曲线。便于用户能及时、准确的对接触网进行综合评定以及指导维护。⑦车载检测系统的动力学参数专家评判软件,沿用欧洲标准(EN50367:2000)(如下仅以弓网接触压

力示意),由此可以用轨道车低速状态下的测试参数推断高速接触网的运行工况。目前欧洲各国广泛采用该方法验收接触网工程施工和接触网状态维修。

7 结论

本文将激光雷达技术应用于接触网几何参数的非接触式检测中,突破了传统检测方式的束缚,拓宽了系统的应用环境,实现了接触网几何参数的动态检测。本系统结构简单、实时性好、检测精度高,测得的参数能真实反映接触网的性能,从而良好地指导铁路运营部门对接触网进行维护,并能更好地为电气化铁路的发展服务。

参考文献

- [1] 于万聚. 高速电气化铁路接触网[M]. 成都:西南交通大学出版社,2003.
- [2] 陈唐龙. 接触网检测若干技术问题[M]. 西南交通大学博士学位论文,2006.
- [3] 戴永江. 激光雷达原理[M].北京:国防工业出版社,2002.
- [4] 廖明生,林晖. 雷达干涉测量:原理与信号处理基础[M].北京:测绘出版社,2003.
- [5] 楼宇希. 雷达精度分析[M].北京:国防工业出版社,1979.
- [6] Nugent F.. The design, construction and operation of the overhead fixed equipment for the Queensland Railways main line electrification project. Main Line Railway Electrification, 1989., International Conference on 25-28 Set 1989:109-113.

作者简介:安鹏(1971-),硕士学位,工程师,现任职于神华包神铁路有限责任公司电务段党总支书记兼副段长。

The application study of smart dynamic inspection system of electric railway traction power supply contact net of Baoshen railway

An Peng

(Shenhua Baoshen Railway Co. Ordos, Inner Mongolia, 017000, China)

Abstract: With the rapid development of shenhua's railway undertakings, it gets more and more attention to adopt more advanced dynamic OCS detection technology used for researching and evaluating the running quality of railway consequently. The author presents that using 2-dimensional laser radar to gain geometric parameters of OCS, and presents a novel dynamic parameter's detection scheme which can gain dynamic parameters more accurately though installing accelerometer which is small and light on the bracket of pantograph slide board and coordinating with the wind direction and wind speed sensor which is installed at low-voltage terminal on the locomotive roof based on studying various OCS inspection approaches domestic and overseas.

Keywords: Railway Manage; Overhead Contact System; Geometric Parameters; Dynamic Parameters; Laser Radar; Sensor

(收稿日期:2009-09-25 责任编辑:王艾丽)

万吨级重载列车制动性能静置试验分析

王飞宽

(中国神华神朔铁路分公司机务段,陕西 神木,719316)

摘要: 概述了神朔铁路万吨级机车改造及重载列车试验情况。针对不同编组方式的万吨级重载列车,对列车的制动性能静置试验数据作了较为详细的对比分析说明,为万吨级重载列车开行提供技术保证。

关键词: 万吨级 重载列车 制动性能 “2+2”模式 “2+0”模式

中图分类号:U292.92+1

文献标识码:B

文章编号:1672-3880(2009)05-0068-05

0 引言

长期以来,铁路在我国交通运输中一直起主导作用,承担着全国近70%的货运量和近60%的客运量。但随着国民经济的飞速发展,运能与运量矛盾十分突出,干线运输能力严重不足,必须提高铁路货物运输能力,以满足国民经济发展需求。大力开展重载运输,已经成为当今国际铁路货运技术的发展重要方向,也是我国加速提高铁路运输能力的一个重要途径。神朔铁路作为我国煤炭运输重要铁路专线之一,承担支持国民经济发展对能源需求的重任,远期的年运输设计能力要达到2亿多t,开行万吨级重载列车势在必行。

众所周知,列车编组加长,牵引总重增加,将对列车制动系统带来一系列的问题。例如,操纵迟钝困难、制动距离延长、列车纵向冲动增大以及列车耗风量增加后的充气问题等,为确保神朔铁路安全开行重载列车,神华集团公司组织了万吨级重载列车改造,并于2008年5月对改造后的万吨级重载列车通讯、牵引、制动等进行了全面的试验验证,本文结合机车改造情况,根据此次列车制动性能静置试验测试数据,分单元列车和分布式两种编组方式对列车进行制动性能的检测、分析。

1 机车改造及试运行考核

2007年10月,神朔铁路公司对段属127#、128#、129#、130#四台SS4B型电力机车进行改造。改造内容主要有:加装800M+400K天线作为无线信息传输通道;加装同步控制装置作为多台机车之间

控制指令一致的保证;改造DK-1型制动机为具备微机模拟控制与网络通讯功能的DK-1改型制动机来满足制动性能的同步控制要求。

2007年12月至2008年4月底,神朔铁路公司对改造后的4台机车采用2台SS4B+66辆C64+2台SS4B的编组方式进行了试运行考核试验。近半年的运行考核试验情况证明同步控制装置运行可靠、DK-1改型制动机运行可靠、在神朔线的线路情况下800M+400K无线通讯传输可靠,运行考核试验也为神朔铁路开行万吨级重载列车技术研究提供了宝贵的运用经验,为后期的正式试验奠定了良好的技术基础。

2 万吨级重载列车制动性能静置试验及分析

2008年5月5日至5月7日,为给万吨级重载列车在神华铁路开行提供试验依据,确保万吨级重载列车运行安全,神朔公司组织在燕家塔车站进行了万吨级重载列车制动性能静置试验。重点测试在列车常用制动及缓解、紧急制动及缓解、循环制动等工况下,主控机车中继阀排风时间、尾部车辆列车管稳压时间、尾部车辆列车管的充风时间及紧急制动尾部车辆排风时间等。

2.1 试验列车编组模式

万吨级重载列车试验编组模式有“2+0”模式和“2+2”模式2种,本次试验分别对2种编组模式进行,并对试验数据进行对比分析。

2.1.1 “2+0”编组模式

“2+0”模式由2台SS4B+108辆C70(见图1)组成,其中SS4B0127机车为主控机车,SS4B0128机车

为重联补机机车。“2+0”模式下全列车制动命令由主控机车发出,其余机车不参与列车制动控制。

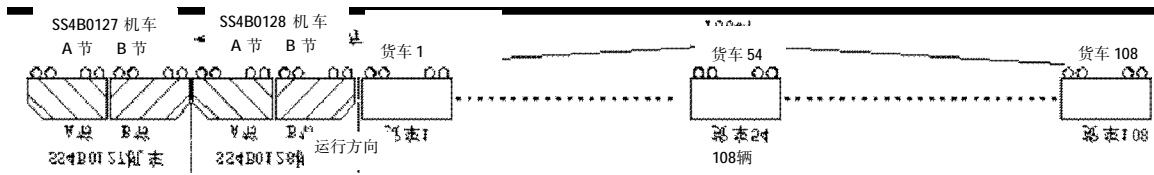


图 1 “2+0”模式列车编组示意图

2.1.2 “2+2”编组模式

“2+2”模式由 2 台 SS4B+54 辆 C70+2 台 SS4B+54 辆 C70 (见图 2), 其中 SS4B0127 机车为主控机车,SS4B0129 机车为从控机车,SS4B0128、SS4B0130

机车为重联补机机车。“2+2”模式下列车制动命令由主控机车发出,通过无线网络传输至从控机车,主控、从控机车均同步执行列车制动命令,控制列车制动作用。

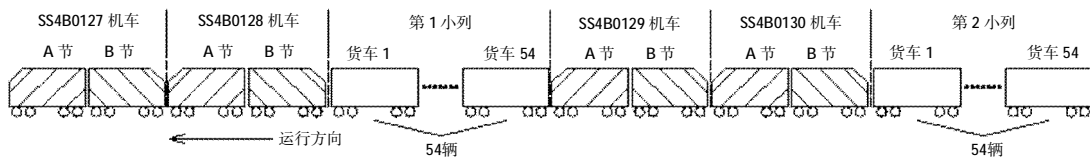


图 2 “2+2”模式列车编组示意图

2.2 常用制动主控机车中继阀排风试验数据及分析

操纵主控机车大闸使列车管达到定压,然后操纵主控机车大闸手柄至制动位减压 50kPa,将大闸手柄移至中立位。确定尾部制动系统排风稳定后,大闸手柄移至运转位进行缓解,待列车管达到定压并稳定后,再次试验,每种列车编组方式各试验 3 次,试验数据取平均值。照此,分别施行减压 70kPa、100kPa、120kPa、170kPa 的制动和缓解,分别记录“2+0”、“2+2”2 种编组方式下主控机车中继阀排风时间并做对比分析(见表 1 及图 3)。

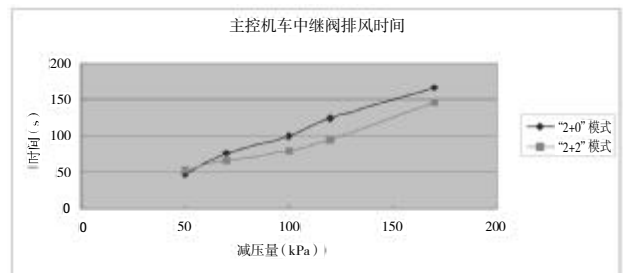


图 3 常用制动机主控机车中继阀排风时间对比图

表 1 常用制动机主控机车中继阀排风时间表

主控机车中继阀排风时间		
减压量 (kPa)	“2+0”模式 (s)	“2+2”模式 (s)
50	47	53
70	76	65
100	99	79
120	124	95
170	166	146

从主控机车中继阀排风分析表及排风时间对比图可以看出,列车管在制动工况减压时主控机车减压时,从整体来看“2+2”模式比“2+0”模式列车管压力稳定所用的时间少。初制动时 2 种模式所用的时间基本一样,随着减压量的增大,“2+2”模式比“2+0”模式所用的时间越来越少,两者相差最大是当列车

管减压 120kPa 时,“2+2”模式比“2+0”模式时间少 29s。数据表明,整列车在常用制动工况,同样列车管减压量情况下“2+2”模式比“2+0”模式列车制动同步性要好,列车管排风时间数据“2+2”模式明显优于“2+0”模式,因此制动机无论是用来调速还是用来停车,“2+2”模式比“2+0”模式更优越。

2.3 常用制动列车尾部车辆列车管减压至压力稳定时间

操纵主控机车大闸使列车管达到定压,然后操纵主控机车大闸手柄至制动位减压 50kPa,将大闸手柄移至中立位。确定尾部制动系统排风稳定后,大闸手柄移至运转位进行缓解,待列车管达到定压并稳定后,再次试验,每种列车编组方式各试验 3 次,试验数据取平均值。照此,分别施行减压 70kPa、100kPa、120kPa、170kPa 的制动和缓解,分别记录

“2+0”、“2+2”两种编组方式下列车尾部车辆列车管减压至稳定的时间并做对比分析(见表 2 及图 4)。

表 2 常用制动机列车尾部列车管减压至压力稳定时间表

尾部列车管减压至压力稳定时间		
减压量(kPa)	“2+0”模式(s)	“2+2”模式(s)
50	157	61
70	127	63
100	147	73
120	154	80
170	218	91

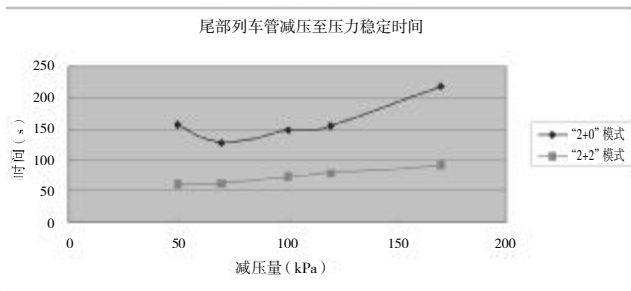


图 4 常用制动机列车尾部列车管减压至压力稳定时间对比图

从列车尾部列车管减压至压力稳定时间对比图可以看出,从整体上对“2+2”模式与“2+0”模式进行分析,“2+2”模式列车尾部列车管减压至稳定的时间要比“2+0”模式小。最大差值出现在列车管初加压的时候,初制动时“2+2”模式所用时间只有“2+0”模式所用时间的 38.9%,节约了 61.1%的时间。列车管加压 170kPa 时,节省的时间最大,节约了 127s,“2+2”模式所用时间只有“2+0”模式所用时间的 41.7%,节约了 59.3%的时间。列车常用制动性能,“2+2”模式比“2+0”模式更优越,更安全。

2.4 常用减压后缓解工况尾部列车管充气时间

操纵主控机车大闸使列车管达到定压,然后操纵主控机车大闸手柄至制动位减压 50kPa,将大闸手柄移至中立位。确定尾部制动系统排风稳定后,大闸手柄移至运转位进行缓解,待列车管达到定压并稳定后,再次试验,每种列车编组方式各试验 3 次,试验数据取平均值。照此,分别施行减压 70kPa、100kPa、120kPa、170kPa 的制动和缓解,分别记录“2+0”、“2+2”2 种编组方式下列车尾部车辆列车管分别充气至 580kPa 及 600kPa 稳定的时间并做对比分析(分别见表 3、表 4 及图 5、图 6)。

根据以上测试数据图表,从整体上对“2+2”模式与“2+0”模式进行分析,“2+2”模式列车尾部列车管

表 3 常用减压后缓解工况尾部列车管充气至 580kPa 时间表

尾部列车管充气至 580kPa 时间		
减压量(kPa)	“2+0”模式(s)	“2+2”模式(s)
50	89	26
70	161	62
100	228	82
120	291	100
170	383	149

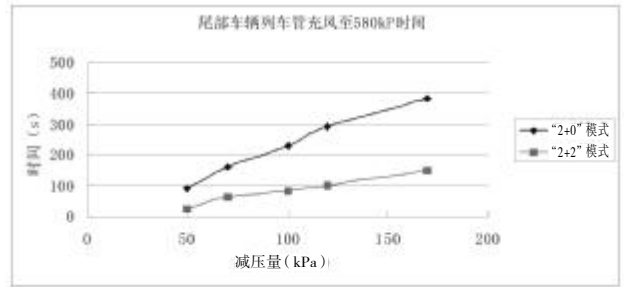


图 5 常用减压后缓解工况尾部列车管充气至 580kPa 时间对比图

表 4 常用减压后缓解工况尾部列车管充气至 600kPa 时间表

尾部列车管充气至 600kPa 稳定时间		
减压量(kPa)	“2+0”模式(s)	“2+2”模式(s)
50	226	84
70	319	125
100	396	157
120	433	187
170	558	217

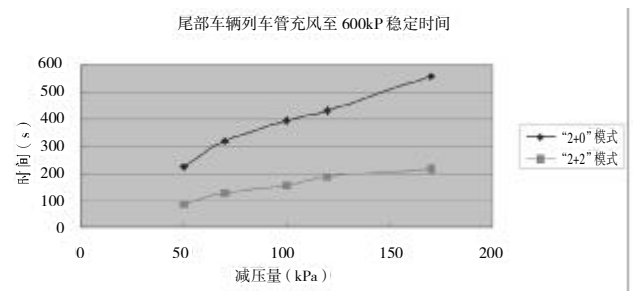


图 6 常用减压后缓解工况尾部列车管充气至 600kPa 时间对比图

充气至 580kPa 的时间要比“2+0”模式小。最大差值出现在列车管初加压后充气至 580kPa 的时间,“2+2”模式所用时间只有“2+0”模式所用时间的 29.2%,节约了 70.8%的时间。列车管减压 170kPa 时,节省的时间最大,节约了 234s,“2+2”模式所用时间只有“2+0”模式所用时间的 38.9%,节约了 61.1%的时间。“2+2”模式列车尾部列车管充气至 600kPa 的时间要比“2+0”模式小。最大差值出现在列车管初加压后充气至 600kPa 的时间,“2+2”模式所用时间只有“2+0”模式所用时间的 37.2%,节约了 62.8%的时间。列车

管加压 170kPa 时,节省的时间最大,节约了 341s,“2+2”模式所用时间只有“2+0”模式所用时间的 38.9%,节约了 61.1%的时间。

因此从制动后列车充风角度可以看出,“2+2”模式列车充风性能明显优于“2+0”模式,列车充风性能的优势使得“2+2”模式列车循环制动性能更加优越,同样工况下可以提高列车运行限速,更好的保障重载列车运行安全。

2.5 紧急制动主控机车及尾部车辆列车管排风时间

操纵主控机车大闸使列车管达到定压,然后操纵大闸手柄至紧急位实施列车紧急制动,分别记录主控机车及尾部车辆列车管压力降至 0 的时间(分别见表 5、图 7)。

表 5 紧急制动主控机车及尾部车辆列车管排风时间表

	“2+0”模式(s)	“2+2”模式(s)
主控机车列车管排至 0 时间	3.54	1.98
尾部车辆列车管压力为 0 时间	7.27	4.34

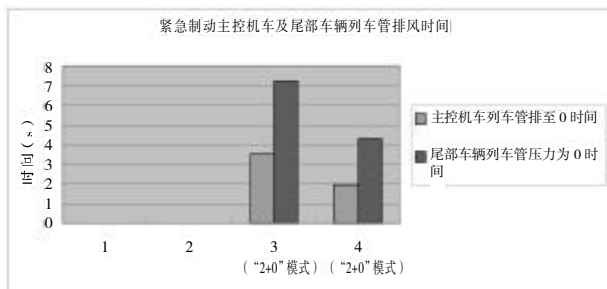


图 7 紧急制动主控机车及尾部车辆列车管排风时间对比图

从整体上对“2+2”模式与“2+0”模式进行分析,“2+2”模式列车紧急制动时主控机车列车管排至 0 时间以及尾部车辆列车管压力为 0 时间,要比“2+0”模式小。主控机车列车管排至 0 时,“2+2”模式比“2+0”模式少用了 1.56s,节约了 44.1%的时间。尾部车辆列车管压力为 0 时间,“2+2”模式比“2+0”模式节约了 2.936s,节约了 40.3%的时间。因此“2+2”模式在列车紧急制动时比“2+0”模式制动距离更短,紧急制动同步性更好,列车纵向冲动更小,列车行车更安全。

2.6 紧急制动后缓解工况列车尾部充风时间

紧急制动后操纵主控机车大闸至运转位,对全列车进行充风缓解,分别记录“2+0”、“2+2”2 种编组方式下,列车尾部车辆列车管分别充风至 580kPa 及 600kPa 稳定的时间并做对比分析(分别见表 6、图 8)。

表 6 紧急制动后缓解工况列车尾部充风时间表

	“2+0”模式(s)	“2+2”模式(s)
尾部车辆充风至 580kPa 时间	558	235
尾部车辆充风至 600kPa 稳定时间	720	307

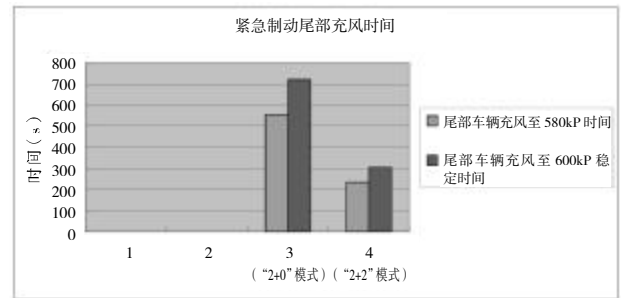


图 8 紧急制动后缓解工况列车尾部充风时间对比图

从整体上对“2+2”模式与“2+0”模式进行分析,“2+2”模式列车紧急制动时尾部车辆充风至 580kPa 时间以及尾部车辆充风至 600kPa 稳定时间要比“2+0”模式小。尾部车辆充风至 580kPa 时间“2+2”模式比“2+0”模式节约了 323s,节约了 57.9%的时间。尾部车辆充风至 600kPa 稳定时间,“2+2”模式比“2+0”模式节约了 4136s,节约了 57.4%的时间。

3 结束语

万吨级重载列车静置试验数据分析表明,无论是常用制动、缓解还是紧急制动、缓解,从列车管的充风、缓解及列车制动的同步性看,“2+2”模式均优于“2+0”模式。采用无线重联同步控制,可以缩短列车制动、缓解时间,减少长大列车制动缓解纵向冲动。结合神朔铁路实际情况,若开行万吨级列车,应采用“2+2”列车编组模式。当然,制动机无线重联控制技术是一项国际先进技术,还需要更深入的研究万吨级列车运行各项技术,进行更深入、更充分的试验验证分析,以保证重载列车的顺利开行。

参考文献

- [1] 株洲电力机车有限公司技术中心检测试验站.神华神朔、朔黄铁路万吨列车牵引试验报告[R].2008.09.
- [2] 刘豫湘,陆绪华,潘传熙.DK-1 型电空制动机与电力机车空气管路系统[M].北京:中国铁道出版社,2005.

作者简介:王飞宽(1979-),毕业于西南交通大学本科,工程师,现任职于神朔铁路分公司机务段总工程师。

The analysis of the standing experiment of brake performance of ten thousand ton heavy-duty train

Wang Feikuan

(Locomotive Division of China Shenhua Shenshuo Railway Company, Shenmu Shaanxi, 719316, China)

Abstract: Introduce the improvement of thousand ton train of Shen-Su railway experiment situation of heavy-duty train. Compare and explain the more detailed standing experiment data of brake performance and provide the technical assurance for the operation of ten thousand ton heavy-duty train.

Key words: Ten thousand ton; Heavy-duty; Brake performance; "2+2" mode; "2+0" mode; Decompress; Air recharging; Time Energy-saving

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 贺焯真)

(上接第 21 页)

6 结论

针对于清水营煤矿复杂的地质条件, 综采工作面切眼采用“边扩帮边安装”的方法可提高施工速度, 能够及时有效的对顶板进行控制, 并且可节省大量的单体支柱及 II 型钢的投入、降低了坑木消耗, 经

过方案研究, 在复杂地质条件下有一定的使用价值。

作者简介: 张忠凝(1984-), 大专学历, 2005年毕业于宁夏煤炭工业学校采矿工程专业, 2007年毕业于西安科技大学机电一体化专业, 现任神华宁煤集团清水营煤矿综掘三队技术副队长。

The application study of the methods of broadening and installing of fully-mechanized mining face

Zhang Zhongning Ma Xinhua

(Qing Shui Ying Mine of Shenhua Ningxia Coal Group, Yinchuan Ningxia, 750004, China)

Abstract: Aiming at the complicated geographical condition such as Three Soft Rock Layers, coal seam roof water-bearing stratum, baseboard rock will expand when meeting water, in order to realize the cut construction of full-mechanized mining face, the maximization of the installation speed and supporting on the roof effectively, this text puts forward the adoption of construction technical plan of broadening and installing for the full-mechanized mining face and studies the application to raise the installation speed of the full-mechanized mining face under the complicated geographical situation and supports the roof effectively.

Key words: Broadening and installing; Full-mechanized mining face

(收稿日期: 2009-09-18 责任编辑: 杨 静)

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

(中国神华煤制油化工有限公司,北京,100011)

摘要: 本文简要介绍了移动床、流化床、气流床气化技术、地下气化的现状,重点针对各种典型煤气化技术的特点,结合已使用煤种的煤质情况及使用不同煤质出现的一些问题,分析了不同气化技术对煤质的要求,包括对入炉煤的粒度、灰分、水分、反应性、热稳定性、落下强度、黏结性、可磨性、灰熔融性温度、灰渣黏度及成浆性等的要求。

关键词: 煤炭气化 煤质 气化技术 适应性分析

中图分类号:TQ546

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)05-0073-05

煤炭气化技术是煤炭清洁低碳转化的龙头和关键技术,煤气化制合成气系统的投资往往占煤制油化工的一半以上,因此煤炭气化技术的选择及稳定、可靠、高效、经济运行对煤制油化工项目的成功至关重要。气化技术在国外的发展历史已有200多年,先后研究开发了100多种煤气化炉型,其中十余种达到了工业化程度。我国煤炭气化技术发展起步相对较晚,最早于20世纪30至40年代在大连、南京用UGI炉生产合成氨。20世纪50、60年代,由于石油和天然气工业的发展,曾使煤气化技术的发展一度停滞。第一次石油危机后,发达国家纷纷把发展煤气化技术作为替代能源重新提到议事日程,加快了煤气化新工艺研发的步伐。近二十年来,为了提高电厂热效率,减少环境污染,国外对煤气化联合循环IGCC发电技术作了大量工作,也促进了气流床气化等现代煤气化技术的发展。对于新型气化炉或气化方法的研究是在1978年以后,国内外先后开展了移动床加压碎煤气化、水煤浆加压气化、干粉进料加压气化、灰团聚流化床气化等研究和开发^[1-3]。

单纯从技术角度出发,煤炭气化对煤的质量要求是很宽松的,不同煤阶、不同粒度级、不同含硫量的煤都能用于气化。然而,不同气化工艺技术各有特点,其对煤质的要求也是不同的,没有一种可气化所有煤种的“万能炉”。煤化工项目气化技术的选择首先要考虑原料煤的特性,同时要考虑煤气的用途和规模、气化技术的成熟度及可靠性、粗煤气构成、经济性等。

1 我国煤炭资源的特点

煤炭是我国的主要能源,2007年我国煤炭的基础储量为3261.26亿t,占化石能源资源基础储量的

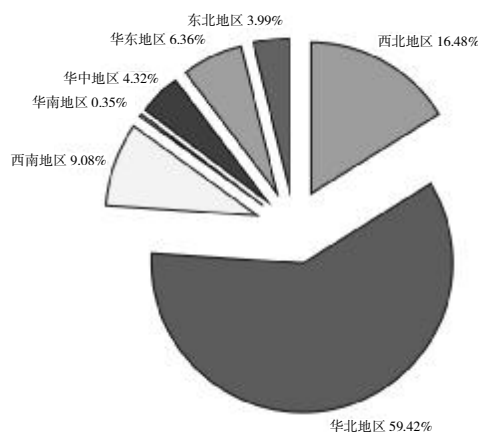


图1 2007年我国煤炭基础储量和分布

表1 我国2004~2006年部分煤种产量情况(万t)

煤种	2004	2005	2006
无烟煤	46382	48697	44203
贫煤	9679	10932	13472
贫瘦煤	5825	6205	6636
瘦煤	6402	6057	6717
1/3焦煤	14015	14743	14601
气肥煤	8789	9678	11936
气煤	23116	21086	22037
1/2中黏煤	94	345	359
弱黏煤	9005	10522	10128
不黏煤	9918	13884	15646
长焰煤	19933	22564	24470
褐煤	7972	9765	10511

资料来源:能源数据2009

96.55%。2008 年我国煤炭产量 27.9 亿 t,煤炭在能源消费总量中占 68.7%。我国煤炭资源按地区分布极不平衡,图 1 为 2007 年我国煤炭基础储量和分布情况,表 1 为 2004~2006 年我国不同煤种产量大致情况。

可见,我国不同地区间煤炭资源分布相差很大,随着新疆、内蒙古等地煤炭工业和煤化工工业的发展,西北地区所产煤炭量将持续增加,尤其是新疆其储量潜力巨大。

从煤种用途看,我国变质程度中等及偏上的烟煤主要用于炼焦工业,而其它煤种有一半以上用于火电,或其它工业炉做燃料。用于气化的煤种主要包括反应活性好的褐煤、次烟煤、贫(瘦)煤及无烟煤。目前我国无烟煤主要用于中小型化肥厂,贫煤、褐煤用于鲁奇气化,次烟煤用于移动床、流化床和气流床气化,东北地区和云南的褐煤用于移动床和流化床气化,正准备用于干煤粉气流床气化。从目前发展趋势看,大型煤化工项目主要在西部地区,煤气化使用的次烟煤和褐煤总体资源量充足。

2 移动床气化技术对煤质的要求

移动床(也称作固定床)气化技术包括常压和加压气化,均以块煤(焦)为原料,一般要求煤的反应性好,热稳定性高,强黏结性煤一般不适于此类炉型。一般采用 6~13mm、13~25mm、25~50mm 或 50~100mm 的粒级煤,其粒级范围依所用煤中和气化技术不同而异。煤在炉内的停留时间为 1~10h 不等,热利用率、碳效率和气化效率都较高;但相对而言单炉产气能力低,且气化烟煤时,煤气产物中夹带有较多的焦油、酚水等物质,煤气处理工艺复杂,运行成本高。

2.1 常压移动床气化

常压移动床气化技术是我国最成熟和使用台数最多的气化技术,包括发生炉和水煤气炉两种类型,总数量近 1 万台左右,但目前国家政策限制一段炉发展。

一段发生炉主要有 W-G、3M 等型号,生产的煤气热值低,一般用作工业燃料气。两段发生炉因增加了干馏段,其热值可达 1400kcal/Nm³ 左右,是目前最重要发展的炉型,煤气用于陶瓷、冶金、机械等行业。一段发生炉烟煤标准为 GB/T 9143—2001,一般要求灰软化温度 ST 高于 1250℃;热稳定性高好,最好大于 80%;落下强度大于 60%;对黏结性有限制,不能太

强;当然,对灰分含量、硫含量和热值也有要求。煤气热值与挥发分有关,一般挥发分含量高,则热值高。

一段水煤气炉(UGI 型)主要用于中小型化肥厂,以无烟煤(或焦炭)为原料,对原料煤的要求可参考国家标准 GB/T 7561—1998。主要对软化温度 ST、热稳定性、落下强度等要求,越高越有利。两段水煤气炉以老年褐煤、次烟煤和贫(瘦)煤为原料,其对煤质的要求见国标 GB/T 17610—1998。除了要求软化温度 ST、热稳定性、抗碎强度高外,煤的黏结性不能太强。两段炉水煤气热值较高,在我国一些地方用作城市煤气。

2.2 加压移动床气化

2.2.1 Lurgi 加压移动床气化

Lurgi(鲁奇)加压气化是目前世界上应用最多的加压气化方法,有近 150 台在运行,近百台在建设。操作压力 2.0~4.0MPa,产品煤气含有约 8%~12%的甲烷和不饱和烃,适宜作城市煤气或多联产。Lurgi 加压气化对煤质的要求包括^[1-5]:

入炉煤的水分过高时,会促使褐煤块碎裂、造成氧耗显著增加、增加净化系统的负荷、增加污水处理的投资和操作费用、给原料预处理造成困难等。根据德国的经验,当原料煤水分高于 20%时,每增加 1%的水分,氧耗将增加 1.5%。当原料煤水分由 20%上升到 30%时,气化炉的生产能力下降 10%左右。故通常要求入炉褐煤水分含量控制在 20%以内,越低越好。

煤中灰分含量过高,将导致消耗增加,气化强度低,煤气产率降低,灰渣含碳量增加,煤气热值降低。因此,尽管含 30%左右灰分的煤也能顺利气化,但一般控制入炉煤的灰分含量小于 20%时较为经济。煤的粒度一般为:褐煤 6~40mm、烟煤 5~25mm、焦炭和无烟煤 5~20mm,同时,要求原料颗粒组成均匀,最大粒径与最小粒径比为 5~8。为降低因煤气夹带细粒导致的碳损失,入炉煤最小粒径宜在 6mm 以上,小于 2mm 的粉煤量控制在 1.5%以内,小于 6mm 的细粒煤量控制在 5%以内。

鲁奇加压气化炉能气化坍塌膨胀序数(CSN)7 以下的强黏结性煤。但是,与褐煤相比,消耗指标增加 10%~15%,气化炉能力降低 15%~20%,气化效率下降 5%左右。因此,从经济性角度出发,气化煤的黏结性还是以不黏或弱黏为好。

鲁奇气化为固态排渣,通常要求软化温度 ST>

1200℃,最好高于 1400℃。ST 低,则操作时为控制炉温,只能采用高氧比,如氧比在 7 左右,导致增加蒸汽消耗及废水处理量。另外结渣性强的煤操作温度不宜过高。

对鲁奇气化而言,煤的反应活性、热稳定性和落下强度越高越好。

图 2 为不同煤种加压气化时对煤气主要成分的影响。

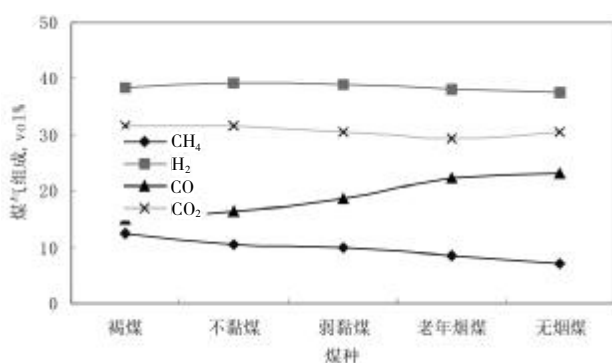


图 2 不同煤种加压气化对煤气组成的影响

可见,随着原料煤变质程度提高,H₂和 CO₂含量略有下降;CH₄含量与煤中挥发分有关,随着变质程度提高而下降;CO含量随着变质程度提高而上升。

2.2.2 加压移动床液态排渣气化(BGL)

BGL 气化炉是第二代移动床煤气化技术,由英国煤气公司 BGC 与 Lurgi 公司合作开发,操作压力 2.5~7.0MPa,气化温度在 1400~1600℃,取消了转动炉篦,灰渣以液态形式排出。由于高温操作,蒸汽分解率超过 90%,蒸汽消耗量大大减少,仅为鲁奇炉的 15%~20%。BGL 气化强度比 Lurgi 炉提高 2.5~3 倍,粗煤气中 CO₂ 含量由 30%降至 3%~5%,煤气热值约提高 1/4。

BGL 气化炉入炉煤的粒度范围为 6~50mm (块煤或型煤,<6mm 的不超过 5%),也可通过喷嘴喷入水煤浆或焦油参加气化。由于温度高,可以气化反应性差、黏结性高的煤,特别适合于气化高挥发分低活性的次烟煤;也可以使用粉煤含量达 40%的煤。对含水高、热稳定性差的褐煤可通过预干燥成型方式,既降低入炉煤水分含量,又提高了其热强度。因是液态排渣,一般控制 FT 低于 1450℃,灰熔点高的煤可通过加入助熔剂后气化。当煤中难熔灰含量超过 15%,特别是又含有较高水分的煤是不适合熔渣气化的,一般要求水分和灰分均小于 20%。

3 流化床气化对煤质的要求

工业化的常压流化床气化炉包括 Winkler、恩德炉、盖伊阿帕、CFB、U-gas 和 ICC 灰熔聚气化等技术。加压流化床气化包括 HTW、U-gas、KRW、ICC 和 BRICC 等炉型。

流化床气化炉操作温度相对较低,一般为 850~1100℃,反应性好的褐煤及低阶烟煤(次烟煤)更为合适。从资料看,Winkler 炉使用褐煤至中等黏结性煤,恩德炉以褐煤、长焰煤等为原料;HTW 使用过木材、泥煤、褐煤和次烟煤做原料;U-gas、KRW 使用过褐煤、次烟煤和烟煤为气化原料;CFB 气化炉使用过褐煤、木材、垃圾等。而 ICC 和 BRICC 除了褐煤、次烟煤,也试验过瘦煤、无烟煤和焦炭等,但变质程度高的煤气化强度要低一些^[4-6]。

正常运行时,流态化床层中绝大部分是灰分,因此该气化方法对原料煤的灰分含量不敏感,能气化含灰 30%~50%的高灰煤,当然实际运行时还要考虑经济性,目前国内大都使用灰分为 25%以下的煤。

为确保加料顺利,一般要求入炉煤水分在 5%~10%,含水高的煤需要预先干燥。

流化床是干法排灰,要求 ST 最好高于 1250℃,如 ST 高则可以控制较高的操作温度,有利于提高碳转化率和气化效率。

由于流化床煤气化相对气速高,煤气带出物较多,小于 1mm 的煤粉几乎都逸出炉外,所以有的气化炉如 U-gas 要求限制小于 100 目的细煤量,至于上限也要求不一,从 6~10mm 均有。

常压流化床气化对煤的黏结性有限制,一般黏结煤太强需要预先破黏。而加压流化床气化可使用强黏结性的煤为原料,如坩埚膨胀序数达 8 的煤。但应注意加煤过程受热有可能出现的结焦问题。

4 气流床气化

气流床气化分为水煤浆进料和干煤粉进料两种方式,与移动床和流化床气化技术相比,其对应的气化炉结构和对煤质的要求也有所差别。

4.1 水煤浆进料气流床气化对煤质要求

水煤浆进料气化是最成熟的气流床气化技术,典型的有美国 GE(原 Texaco)气化技术、E-gas 气化技术、我国的对置多喷嘴气化技术、多元料浆气化技术和非熔渣熔渣气化技术等。目前有 50 台左右在运

行,气化生产的煤气主要用于生产合成氨、甲醇、醋酸/醋酐、氢气^[5,7,8]。

对水煤浆气化技术,原料适应性较广,除褐煤、泥煤及热值低于 22940kJ/kg 的煤不太适用外,其它包括黏结性煤、石油焦、液化残渣等均可作为水煤浆气化原料,也在中试装置试验成功。目前我国工业化水煤浆气化炉使用的主要煤种为中低变质程度烟煤,如华亭煤、义马煤、神府及东胜煤、宁东煤、鹤岗煤等,也有的使用老年褐煤、石油焦等。实际上,水煤浆气化技术对煤的一些指标仍有要求。

水煤浆进料气化炉内衬耐火砖材料,为减少高温和熔渣对耐火砖的破坏,延长耐火砖使用寿命,气化炉内最高操作温度受到限制;而该炉型属于液态排渣,要求煤的灰流动温度低于 1350℃,一般则控制低于 1300℃。为确保顺利排渣,对操作温度时的灰渣黏度有要求,一般认为最佳黏度应为 15~40Pa·s。

尽管也使用过含灰 20%~25%的煤做气化原料,但如煤中的灰分过高,会增加氧耗,降低碳转化率和气化效率。另外,排渣负荷也相应增加,操作难度加大。因此,目前的经验是要求灰分含量最好不超过 13%。

为减少氧耗,要求水煤浆浓度大于 60%,因此一般控制煤的内在水分小于 8%;为输送顺利,控制煤浆黏度为 1Pa·s 左右。

为减少制粉功耗,要求煤的哈氏可磨性指数在 50~60 以上。

另外,煤中的氯、氟、汞、砷等的含量不宜过高。

4.2 干煤粉进料气流床气化对煤质要求

干粉进料气化因采用水冷壁结构,气化操作温度高于水煤浆气化,所以对煤的适应范围也好于水煤浆气化,原则上可以气化所有煤种,但实际使用时还要考虑运行的可靠性和经济性等因素。典型的干粉进料气流床气化技术包括 K-T 炉、Shell 炉、Prenflo 炉、GSP 炉、HT-L 炉等。

目前,国外的工业化炉主要以褐煤、次烟煤为原料,如 Shell 使用多种混煤、Prenflo 使用烟煤和石油焦混合物、GSP 使用过褐煤和多种生物质及垃圾等。表 2 为荷兰 Demkolec 的 IGCC 电厂 Shell 气化炉及原 SCGP-1 装置使用的煤质情况^[9]。

可见,在试验装置使用了灰分更宽的煤种,而 2000t/d 商业化装置则使用含灰量 16.8%以下的煤。而 Prenflo、GSP 气化技术也是类似,即商业化装置使

表 2 SCGP-1 和 Demkolec IGCC 电厂所用煤质关键组成范围

项 目	SCGP-1	Demkolec	
水分(ar),%	4.5-30.7	6.2-18.3*	9.1-12.6**
灰分(mf),%	5.7-35.0	9.1-16.8	9.7-12.7
O(mf),%	5.3-16.3	3.8-12.4	6.0-9.8
S(mf),%	0.3-5.2	0.3-0.9	0.4-0.9
Cl(mf),%	0.01-0.4	0.01-0.1	0.01-0.04
Na ₂ O,%灰	0.1-3.1	0.1-1.4	0.1-1.4
K ₂ O,%灰	0.1-3.3	0.3-2.3	0.3-1.8
CaO,%灰	1.2-23.7	0.7-7.9	1.4-7.5
Fe ₂ O ₃ ,%灰	5.9-27.8	3.0-16.7	5.9-16.7
SiO ₂ ,%灰	20.9-58.9	47.9-67.7	47.3-67.7
Al ₂ O ₃ ,%灰	9.5-32.6	17.2-32.1	21.1-30.0
热值,MJ/kg	22.8-33.1 HHV(mf)	22.2-26.8 LHV(ar)	24.9-26.5 LHV(ar)

*不同煤种之间,**同一煤种

用煤质比中试试验装置苛刻。

在我国,由于受煤炭资源、煤炭成本及运输途径等的限制,许多企业只能利用就近煤炭做气化原料,表 3 为我国部分干粉进料气化技术的用户及所用煤种情况。

表 3 我国部分干粉进料气化用户设计或使用煤种^[1,2]

业 主	煤 种	FT/℃
应城双环	河南新密	1410
中石化/壳牌	湖南煤炭坝煤/神华煤等	1390<1250
柳 化	广西红茂煤	1290
中石化安庆	皖 北 煤	1600
中石化枝江	潞 安	1500
云天化	云南褐煤	1440
云 沾 化	云南曲靖煤	1440
永城煤电	河南永城无烟煤	1440
中原大化	河南新密/鹤壁	1450
开祥化工	河南义马长焰煤	1420
大唐国际	内蒙胜利褐煤	1287
大连大化	沈阳西马矿	1420
神宁公司	宁东混煤	
绿色煤电	神 华 煤	<1300
濮阳龙宇	鹤 壁 煤	

*本表参考了网上资料

从表 3 可以看出,我国干煤粉气流床气化使用的煤种从低煤阶的褐煤到高煤阶的无烟煤均有;从流动温度 FT 值看,大多高于 1400℃或更高,一般需要加助熔剂。而受煤源供应的影响,煤中的灰分含量也普遍偏高,一般大于 20%,有的厂家甚至使用 35%左右的煤为气化原料。显然,灰分高和灰熔点高是影响气化炉无法长周期稳定运行的主要因素之一,也会导致经济性差。另外煤种的不稳也是重要影响因素,如国内有的厂家已使用了 20 余种煤,甚至 1~5d

就换一种煤,这显然也不利于长周期稳定操作。在荷兰 Demkolec IGCC 电厂,尽管也使用多种煤,如有时 6 周左右换煤种,但一般是提前通过理论计算获得最佳操作控制参数,更换煤时先使用手动调节运行,以优化运行参数;另外如表 2 所示其煤质如灰分和 FT 温度受到限制。

中国近几年的运行实践表明,干粉进料气流床气化对煤种适应性要好于水煤浆进料法,为保证顺利运行,一般对入炉煤要求:

全水含量褐煤 5%~8%,其它煤<2%,在确保输送过程顺畅的前提下,可适当放宽。

灰分含量一般控制在 20%以下,最好在 15%以下;如灰分过低,则需要飞灰循环。

灰熔融性温度 FT 一般要求低于 1400℃,过高需要加助熔剂;而且操作温度时的最佳黏度应为 15~40Pa·s。

另外,为减少能耗,要求煤的哈氏可磨性指数在 50~60 以上;而对入炉煤粒度一般>90μm 和<5μm 的均控制在 10%以下。

5 地下气化对煤质要求

地下气化技术上世纪 40 年代在前苏联得到应用,分无井式和有井式两种。对无井式地下气化而言,由于开始气流通道细小,煤炭地下气化最适宜的是褐煤、长焰煤、贫煤和无烟煤等无黏结性的煤层;不太适合气煤、气肥煤、肥煤、焦肥煤、焦煤、瘦煤层。因为后面的煤在地下气化过程中会膨胀结焦,可能导致气流通道不畅,鼓风阻力增加;即使这些焦块在气化后期也会燃烧或气化,但此时也将破坏地下气化的最佳状态。

但从我国目前进行的有井式(或有井式和无井式相结合)地下气化试验结果看,由于事先在煤层中建立了大通道,这样,黏结性煤在气化过程中的黏结膨胀行为对通道的堵塞效果不明显,迄今已成功气化了长焰煤、气煤、气肥煤、瘦煤、贫煤和无烟煤等许多煤种。不过,从理论上分析和实际运行效果看,黏结性煤对气化反应速度、煤气质量以及气化的经济指标等还是会带来不利影响。

显然,煤质如热值高、反应性好、透气性好等有利于地下气化。另外,煤层中水含量不宜过高,否则将影响地下气化运行,严重时将导致气化炉熄灭。

6 结语

不同气化技术对煤质的要求是不同的,一般煤制油煤化工项目要根据原料煤的性质选定合适的气化技术,并且尽量使用煤质较好的煤(而不是首选劣质煤)。考虑到我国煤源的分布情况以及供应现状,首先应尽量选定单一、稳定的煤源;其次可考虑配煤,及将当地便宜的高灰、高灰熔点煤与其它适宜煤种混合,达到降低灰分含量和流动温度 FT 的目的。

针对我国一些较特殊煤种如褐煤和高灰、高灰熔点煤,褐煤反应性高,目前除了水煤浆气化外其它气化技术均可使用,但对移动床气化需要提高褐煤的热稳定性,可考虑采用热压成型的方法,既降低了水分,也提高了煤强度和热稳定性。对高灰流动温度煤,用于气流床气化时刻考虑添加石灰石等降低灰熔点,但如原煤灰分过高就不合适。高灰煤尽量用于移动床和流化床气化,但也不宜太高,否则不经济。另外,对高灰熔点煤可采用气流床干法排灰方式气化,或部分气化(分级气化)方式。

从国外气化技术使用情况及发展趋势看,气化技术用于处理生物质和垃圾也是一个发展方向,如 BGL、CFB、GSP、Shell 等均处理过煤与生物质、垃圾混合物等。因此,将来不排除一些气化装置专门用于处理生物质或垃圾,这样不仅可得到煤气,而且可以减排二氧化碳。

参考文献

- [1] 陈家仁 主编. 煤炭气化理论及实践[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2008.
- [2] 徐振刚,步学朋 主编. 煤炭气化知识手册[M]. 北京:化学工业出版社, 2008.
- [3] 许世森,张东亮,任永强 编著. 大规模煤气化技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2008.
- [4] 步学朋,徐振刚,戴绪国,等. 煤加压气化技术的研究开发[J]. 煤化工, 2004, 32(2): 44-48.
- [5] 步学朋,忻仕河,王鹏,等. 煤炭气化发展及应用中的热点问题探讨[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(2): 37-41.
- [6] 房倚天,王洋,马小云,等. 灰熔聚气化技术大规模合成气和氨 2002 中国国际煤化工及煤转化高新技术研讨会论文集[J]. 煤化工, 2002 增刊, 30: 21-25.
- [7] 王辅臣,于广锁,龚欣,等. 大型煤气化技术的研究与发展[J]. 化工进展. 2009, 28(2): 173-180.
- [8] 潘强. 宁东煤化工基地化工合成用煤气化工艺的选择[J]. 西北煤炭, 2007, 5(2): 43-45.
- [9] J E G Ploeg, 壳牌煤气化工艺(SCGP)装置操作,壳牌煤气化工艺技术研讨会[R]. 北京, 1998, 3. (下转第 81 页)

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

(神华国际贸易有限责任公司,北京,100011)

摘要: 煤化工项目是典型的资金和技术密集型项目,物资采购管理作为项目管理的重要组成部分,贯穿于项目建设的始终,对项目的成败发挥关键作用。本文结合宁夏宁东能源化工基地的重点项目——神宁集团煤基烯烃项目采购实际,重点阐述了煤化工项目物资采购模式、供应商的选择和管理,业主自采的组织与实施,以及降低采购成本的措施。

关键词: 煤化工项目 物资采购模式 供应商的选择和管理 降低采购成本

中图分类号:F253.2

文献标识码:C

文章编号:1672-3880(2009)05-0078-04

1 前言

煤化工项目是典型的资金和技术密集型项目,物资采购管理作为项目管理的重要组成部分,贯穿于项目建设的始终。神华宁煤集团煤基烯烃项目是宁东能源化工基地煤化工基地规划建设的重点项目,材料和设备类别品种多、技术要求高、涉及面广、采购量大,采购管理稍有失误,不但会影响工程的质量、进度和成本,甚至会影响项目的成功投产试车。因此,加强采购管理,保证材料设备供应质量,对确保烯烃项目顺利建设、成功投产意义重大。

2 烯烃项目的建设特点

2.1 投资规模大

烯烃项目位于宁夏宁东煤化工基地A区,占地面积1.92km²。项目概算总投资约169亿元。主要是以煤炭为原料,最终生产出聚丙烯52万t/a,年产中间产品甲醇167万t,副产汽油18.48万t、液态燃料4.12万t、硫磺1.38万t。

2.2 推进速度快

该项目于2004年完成预可研报告,2005年10月通过核准,2005年底开工建设。计划2009年底除气化装置外全厂机械竣工,2010年4月装置投产试车,7月生产合格聚丙烯产品,10月投入商业化试运营。

2.3 工艺技术先进

该项目的煤气化技术、低温甲醇洗工艺、甲醇合成工艺、MTP工艺和聚丙烯工艺均采用当前世界上最先进的技术,其中煤气化装置、空分装置、MTP装置为目前国际上同类项目中最先进、最大的装置。

2.4 物资采购量大且采购工作复杂

该项目材料、设备采购费用约占概算投资的57%。既有国内采购,又有国外采购。既有专用设备,又有常规化工材料、设备。既有长周期设备,又有大宗材料。

3 烯烃项目物资采购模式

烯烃项目是宁东煤化工基地在建的投资规模最大的煤化工项目,是神华集团十大重点建设工程之一。项目管理引进了具有百年工程建设管理经验的英国阿美科(AMEC)公司,与业主和项目总体设计院共同组建了IPMT项目管理团队,负责项目的全过程建设管理。IPMT团队中专门设置了采购组,制定采购策略、采购计划,具体负责项目的采购管理。烯烃项目物资、设备采购主要采用以下模式:

3.1 EPC(设计、采购、施工)总承包模式

这种模式就是所谓的“交钥匙”模式。由EPC总承包商对设计、采购、施工全面负责。物资采购方面,由业主向总承包商提供合格供应商短名单,由总承包商在短名单中选择供货商。如:该项目动力站单元,由华北电力设计院EPC总承包。

3.2 EP(设计加采购)总承包模式

物资采购方面,由业主向总承包商提供合格供应商短名单,由总承包商在短名单中选择供货商。如:该项目空分、PP、脱盐水、循环水、酸碱站等单元。

3.3 EP 开口模式

即对设计进行总承包,采购环节由业主和设计总承包的单位组成联合采购组,实施物资设备采购。如:该项目 MTP、四合一、气化等单元。

3.4 E+P+C 模式

采购为业主自采。如:该项目长周期和专用设备,气化备煤单元、全厂地下管网及其他附属工程。

4 合格供应商短名单的选择和确定

供应商的选择是煤化工项目物资采购管理中的一个重要组成部分,项目采购时应该本着“公平竞争”的原则,给所有符合条件的厂商提供均等的机会,体现市场经济运行的规则,控制采购成本,提高采购质量。

神宁烯烃项目在供货商选择中,根据中石油化工项目、中石化化工项目、神华集团煤制油项目以及与神宁集团物资公司正在合作的供货商名单,形成烯烃项目供货商长名单,结合烯烃项目特点,依据规定程序,通过向供货商发出调查问卷、组织评审、实地考察相结合的方式,供货商的实力及履约能力、资金和信誉度、产品质量可靠性、在化工行业(特别是同类项目)的业绩、售后服务等进行评价,筛选出适合本项目的合格供应商短名单,以达到规避风险、质优、价优、保障供应的目的。

5 供应商的管理

神宁集团烯烃项目对合格供应商短名单实行动态管理。建立了供货商评价机制,重点对合同的履行情况、产品质量、技术服务等进行把关。对于评选出的星级供货商,在后续招标中给予相应加分优惠。对于合同履行情况不好、技术服务不到位、产品存在严重问题的供货商,在及时清退产品的同时,终止合同,清出合格供应商短名单。结合烯烃项目对供应商的管理实际,笔者认为,物资采购后期的管理工作,除落实供应商的售后服务,同时还要把对供应商的管理纳入项目采购管理的一个部分。通过对供应商的管理,一方面可以通过长期的合作来获得可靠的

货源供应和质量保证,另一方面又可在时间长短和购买批量上获得采购价格的优势。

5.1 与供应商建立战略合作伙伴关系

对于业主来说,一旦确定了可以长期合作的供应商,应该与供应商之间建立直接的战略伙伴关系。双方本着“利益共享、风险共担”的原则,建立一种双赢的合作关系,使采购方在长期的合作中获得货源上的保证和成本上的优势,也使供应商拥有长期稳定的大客户。这种战略伙伴关系的确立,能给业主带来有效的成本控制利益。

5.2 对供应商的行为实施绩效管理

在与供应商的合作过程中应该对供应商的行为进行绩效管理,以评价供应商在合作过程中供货行为的优劣。例如:烯烃项目建立的供货商评价体系,设定绩效指标,进行量化考核,严格评级和奖惩,并将结果作为衡量与供应商后续合作的依据。这样有利于促使供应商持续改善供货行为,保证优质优价及时地供货。

6 业主自采的组织与实施

6.1 国际采购

神宁集团烯烃项目国际采购金额约占采购总量的 30%~40%,主要是长周期设备、专用设备。在实施过程中,委托具有相应资质的神华国际贸易公司统一进行国际招标采购,确保了国际采购工作的顺利实施。

6.2 国内采购

主要采取公开招标方式进行采购。委托具备相应资质的招标代理机构进行代理。在合格供应商范围内进行公开招标。招投标工作领导小组从招标方案的制定、投标单位的资质审查、开标评标、定标等各重点环节严格把关。业主纪检监察部门全过程参与监督。公开招标方式可以利用供应商之间的竞争来压低物资价格,帮助业主以最低价格取得符合要求的物资设备,有利于控制采购成本。

项目大宗物资,如钢筋、钢材、水泥、木材、油料等的采购,对工程进度和工程成本影响很大,必须考虑供应份额的分担问题,避免单一货源,寻求多家供应,一般来说,某一种大宗设备材料的采购,选择供应商的数量以不超过 2~3 家为宜,来规避采购风

险。这种做法对于业主来说,寻求多家供应,保证了所选供应商承担的供应份额充足,减少了项目资源供应的风险,有利于对供应商进行压价,提高了采购成本控制的效果。

7 降低采购成本的措施

7.1 编制采购预算

预算不仅仅是计划活动的一个方面,它还具备一种控制机能。编制采购预算的目的,就是要在采购行为之前对采购成本进行估计和预测,对整个项目资金进行理性规划。采购预算不但能够对采购资金进行合理的配置,还能对采购实施过程中的资金使用进行随时的检测与控制,确保其在合理的范围内浮动。有了采购预算的约束,能提高项目资金的使用效率,优化采购管理中资源调配,从而达到控制采购成本的目的。

7.2 有效规避采购环境的影响

煤化工项目一般工期较长,物资采购的外部环境对采购策略的制定、采购计划的实施会产生重要的影响。外部环境包括国内和国际环境,在全球化的大趋势下,国际采购环境的变化,例如,钢材、有色金属、水泥、油料等价格的波动,对国内原材料的价格将产生影响;国内外部环境的影响包括市场季节性的变化、国家宏观经济政策的变化、国家财政金融政策的调整、市场利率及汇率的波动、金融危机的存在等各种因素。因此,物资采购策略和采购计划制定,必须充分考虑国内外采购环境对采购的影响,在准确评价和预测的基础上,制定有效措施加以规避。

7.3 建立灵敏的市场信息反应机制

业主如果缺乏对采购市场相关信息的及时了解和掌握,会造成采购工作的延误,采购预算的超支,失去成本控制的优势。因此,必须建立灵敏的市场信息反应机制,及时准确掌握市场动态和变化趋势,把握主动权。这种机制包括:建立重要供应商信息数据库、同类物资的价格目录数据库、供应商考核记录数据库等,并定期研究分析市场情况。通过建立完善市场信息反应机制,为制定采购策略、采购计划,选择采购方式、采购时间,提供可靠的依据。

7.4 根据施工需求进行采购备料

煤化工项目物资采购必须满足施工进度计划对物资的需求,并且要有一定裕度的备料,以保障工程的顺利实施。同时,根据现场施工情况科学地筹划采购库存,做到既不能影响工程施工,又要考虑采购成本,防止设备物资压库造成项目资金积压。除此之外,还应根据项目资金情况预测市场价格的变化备料,以降低采购成本。例如,钢筋、钢材等大宗材料采购,对工程造价影响较大,这就有必要根据市场价格浮动的趋势和工程施工计划,同时还要考虑周转资金的有效利用和利率等情况,选择合适的进货时间和批量,以避免受外部环境的影响,材料价格背离正常水平,造成采购成本的增加。

7.5 强化全流程控制,有效控制总成本

在煤化工项目采购中,要树立采购全流程成本控制理念,把总成本的有效降低作为衡量成本控制效果的主要标准,而不是单一的针对采购物资设备或服务的价格。获得了低价的采购物品固然是成本的降低,但获得优质的服务、及时快速的供货、可靠的货源保证等也无疑是获得了成本上的利益。如果单独降低某项成本而不顾及其它方面的反应,这种成本降低是不会体现在项目采购管理的利润之中的。因此,在实施采购过程中,不能只看到最直接的成本降低,还应该从项目采购的全过程来衡量成本上的收效,从项目采购的全过程来探求降低总成本的有效措施。只有这样,才能在采购过程中发掘无处不在的降低成本的机会。

8 结束语

由于材料、设备投资在煤化工项目造价中所占的比重很大,供应商的选择和供应商的管理是搞好采购工作的重要环节,在努力提高采购管理水平的时候,要高度重视降低成本问题,树立采购全过程的成本控制理念,有效降低采购成本,进而有效降低项目投资,提高投资效益。

作者简介:姚洁(1981-),研究生,毕业于英国埃塞克斯大学。现在神华国际贸易有限责任公司从事宁煤煤化工项目国际进口代理工作。

Discussion on the material procurement management of coal chemical industry project from the example of the procurement of coal-base alkene project of Shenhua Ningxia Coal Group

Yao Jie

(Shenhua International Business Co., Ltd, Beijing, 100011, China)

Abstract: Coal chemical industry is the typical fund-intensive and technology-intensive project. As the important part of the project management, the material procurement management in the project construction plays the key role in the success and failure of the project. This text focuses on elaborating the material procurement mode of coal chemical industry project, the selection and management of supplier, the organization and implementation of the owner self-procurement and the measures of lowering the procurement cost by combining the key project of Ningxia Ningdong Energy and Chemistry Industry Base, the procurement reality of coal-base alkene project of Shenhua Ningxia Coal Group.

Key words: Coal chemical industry; The procurement mode of material; The selection and management of supplier; The lowering of procurement cost

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 杨志平)

(上接第 77 页)

[10] 陈家仁. 各种加压气化气流床煤气化工艺的发展现状及存在问题的解决途径探讨. 2006 中国煤炭加工与综合利用技术、市场、产业化信息交流会暨发展战略研讨会[R]. 湖北宜昌, 2006, 86-93.

作者简介: 步学朋 (1964 -), 博士, 研究员, 从事煤气化技术开发、工程研究 20 余年, 中国神华煤制油化工有限公司北京研究院气化所所长。

The analysis of coal gasification technology on the selection and analysis of coal quality

Bu Xueming Ren Xiangkun Cui Yongjun

(China Shenhua Coal-Oil Chemical Industry Corporation Limited, Beijing, 100011, China)

Abstract: This text briefly introduces the gasification technology of moving bed, fluidized bed and the current status of underground coal gasification and analyzes the requirements of different gasification technologies on coal quality including the requirements on granularity, ash content, moisture content, reactivity, stability, drop strength, cohesiveness, grindability, fusion temperature of coal ash, viscosity of clinker and slurrability of the coal put into furnace.

Key words: Coal gasification; Coal quality; Gasification technology; The analysis of adaptability

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 杨志平)

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

(神华鄂尔多斯煤制油分公司,内蒙古 鄂尔多斯,017209)

摘要:神华鄂尔多斯煤制油分公司煤液化先期工程 1.0 Mt/a 煤直接液化油加氢改质装置,在首次工业应用中采用了中国石化石油化工科学研究院开发的煤直接液化油加氢改质技术(RCHU)及配套的 RGC-1/RNC-2/RCC-1 催化剂组合,该技术通过对煤直接液化轻馏分油进行加氢改质,以达到改善产品品质、提高产品柴油十六烷值的目的。本文对煤直接液化油加氢改质装置首次工业应用开工过程中的催化剂装填、干燥、预硫化、钝化、投料试车进行了分析,介绍了该催化剂在煤直接液化加氢改质工艺的应用过程。实践证明该催化剂对十六烷值的提高比较明显,达到了预期目标。

关键词:煤直接液化油 催化剂 加氢改质 十六烷值

中图分类号: TQ529.1

文献标识码: B

文章编号: 1672-3880(2009)05-0082-03

1 前言

神华煤直接液化装置是世界首套百万 t 级煤直接液化装置,主要包括煤直接液化单元、加氢稳定单元及加氢改质单元。在煤直接液化单元中,原料煤炭制作成煤粉,与具有较好供氢性能的溶剂配制成油煤浆,油煤浆再经原料泵加压、加热后进入反应器进行液化反应。加氢稳定单元的主要目的包括两方面:一是为煤直接液化单元提供合格的供氢溶剂;二是对液化油馏分进行加氢稳定处理,提高氧化安定性,为加氢改质单元提供性质稳定的原料^[1]。加氢改质单元在首次工业应用中采用了中国石化石油化工科学研究院(简称石科院)开发的煤直接液化油加氢改质(RCHU)技术及配套的 RGC-1/RNC-2/RCC-1 催化剂组合。该技术通过对煤直接液化轻馏分油进行加氢改质,达到改善产品品质、提高柴油产品十六烷值的目的^[2],生产合格的柴油与石脑油产品。

神华鄂尔多斯煤制油公司加氢改质装置于 2008 年 7 月 6 日氮气全压气密合格后,7 月 16 日开始先后进行了催化剂装填、氮气干燥、氢气气密、分馏油运等一系列开工准备,于 2008 年 8 月 15 日 9:00 开始催化剂预硫化,至 8 月 17 日 18:00 硫化结束,整个预硫化过程历时 57 小时。催化剂预硫化结束后,进行了催化剂的初活钝化工作。2008 年 12 月 30 日

神华鄂尔多斯煤制油分公司投煤试车打通全厂流程,加氢改质装置进行催化剂补硫升温、钝化、切换煤液化油,开始试运行。

2 催化剂装填与氮气干燥

本装置所采用的 RGC-1 保护剂、RNC-2 精制催化剂和 RCC-1 改质催化剂均由石科院研制、中国石化催化剂长岭分公司生产,所有催化剂的主要理化性质指标见表 1。

表 1 RGC-1、RNC-2 及 RCC-1 催化剂的物化性质

项 目	RGC-1	RNC-2	RCC-1
化学组成(w), %			
NiO	≤1.0	≤2.6	≤2.6
MoO ₃	≤5.5	≤2.3	
WO ₃		≤25.0	≤26.0
形 状	三叶草	蝶形	蝶形
比表面积/m ² ·g ⁻¹	≤180	≤140	≤200
孔体积/mL·g ⁻¹	≤0.62	≤0.24	≤0.25
压碎强度/N·mm ⁻¹	≤12	≤18	≤18
装填堆密度/kg·m ⁻³	550-600	930-980	750-800

煤直接液化油加氢改质装置的反应系统设置两台反应器,分别为 R-101 加氢精制反应器和 R-102 加氢改质反应器,其中 R-101 设三个床层,R-102 设两个床层。催化剂装填方案是:R-101 反应器一床层

上部装填 RGC-1 保护剂,一床层下部及二、三床层装填 RNC-2 加氢精制催化剂;R-102 反应器一床层装填 RCC-1 加氢改质催化剂,二床层装填 RCC-1 加氢改质催化剂及少部分 RNC-2 后精制催化剂。

催化剂装填完毕后,在 250℃氮气环境下对催化剂进行了干燥,直到高分彻底脱不出水。

3 催化剂预硫化与初活钝化

本装置预硫化过程中是将 CS₂ 注到加热炉入口,随循环氢经加热炉预热后进入反应器催化剂床层,开始发生催化剂预硫化反应。预硫化工艺条件为:高分压力 9.0MPa,一反床层入口温度 136℃,硫化剂为 CS₂,按照石科院提供的升温曲线进行升温(见图 1)。随着反应系统升温、硫化反应加剧,循环

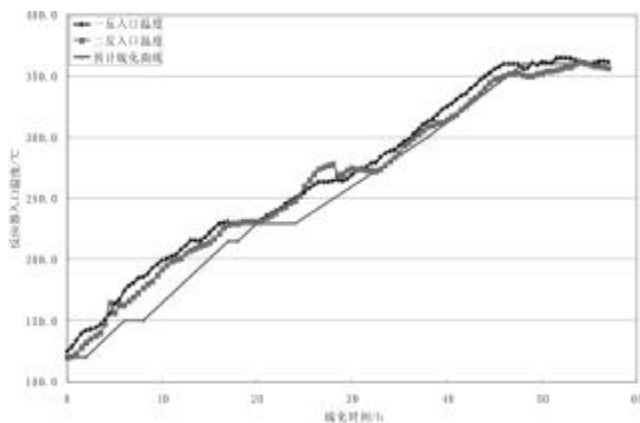


图 1 催化剂硫化升温曲线

氢纯度逐渐下降,为了保证较好硫化效果,需要维持循环氢纯度在 80%以上,必须在硫化中期安排适时排放废氢、补充新氢,以保证反应系统循环氢纯度。最终催化剂床层 360℃恒温 8 小时结束,循环氢中 H₂S 浓度达到 10000ppm 以上,而且高分水位 2h 没有上涨,认为催化剂预硫化结束,反应器开始降温,催化剂预硫化结束。

催化剂的理论硫量、实际上硫量、理论生成水量与实际生成水量的计算结果^[3]见表 2。

由上表可见,催化剂理论上硫量为 19269kg,实际上硫量 19001kg,催化剂上硫率为 98.6%,上硫率较高,而且催化剂实际生成水量比理论生成水量高,说明催化剂预硫化效果较好。另外,360℃恒温结束前两小时,高分液位没有上涨,且停注硫后 H₂S 浓度未下降也可以判断出本次催化剂预硫化是完全的,达到了预期的目的。

表 2 催化剂理论上硫量与生成水量比较

催化剂	RGC-1	RNC-2	RNC-2	RCC-1	合计
规格	φ6	φ1.6	φ3.6	φ1.6	
理论上硫率/%	3.127	9.367	9.705	8.804	
理论上硫量/kg	124	13,021	1,019	5,105	19,269
C ₂ S 理论消耗量/kg	147	15,463	1,210	6,062	22,882
实际上硫量/kg					19,001
理论生成水率/%	2.639	7.904	8.188	7.428	
理论生成水量/kg	105	10,987	860	4,307	16,258
实际生成水量/kg					25,400

催化剂硫化结束后,反应器入口温度降至 150℃,反应系统进低氮油进行注液氨初活钝化,钝化过程约 24 小时,钝化过程中严格按照升温曲线进行缓慢升温,床层温度平稳。

4 投料试车

2008 年 12 月 31 日 13:50,加氢改质装置精制反应器入口温度升到 310℃,反应器入口压力 12.1MPa,反应分馏系统大循环,反应器入口进料量 90t/h,开始逐渐切换来自 T-STAR 装置来的煤液化轻馏分油。原料及产品典型性质见表 3。表 3 中精制柴油添加 500ppm 左右的十六烷值改进剂后十六烷值达到 43.7。

表 3 原料油及各产品典型性质

样品名称	新鲜原料	精制柴油	石脑油
20℃密度/(g/cm ³)	0.9369	0.8595	0.7481
馏程 ASTM D-86/℃			
初馏点	172	164	75
10%	211	192	93
30%	230	205	98
50%	242	215	105
70%	265	233	118
90%	299	267	135
FBP	342	317	164
S 含量/(mg/kg)	42.7	未检出	2.4
N 含量/(mg/kg)	671	未检出	<0.5
十六烷值	22.2	38.5	-
闭口闪点,℃	56	60	-
凝点,℃	-48	<-46	-
芳烃潜含量,%	-	-	67.3

5 问题与讨论

5.1 原料性质

由于设计原料为加氢稳定装置的侧一侧二线及部分侧三线的混合料,并且为口对口热进料,而且加

氢稳定装置受煤液化装置的影响很大,所以原料性质和流量很难稳定。加氢改质单元新鲜原料流量波动及性质频繁变化给反应系统的稳定操作带来困难,导致反应器床层温度波动较大,而且造成产品性质不稳定。另外,由于受加氢稳定装置的加氢深度不够,及煤液化操作的影响造成加氢改质原料馏程偏轻,密度较大,对加氢改质产品质量造成了不良影响。通过增加从罐区冷进料加热措施,可以实现新鲜进料的流量稳定,并同时保证进料温度,但要想实现原料性质的稳定,就必需实现煤液化装置与加氢稳定装置的同时稳定运转。

5.2 反应进料泵出口压力高

由于煤液化油具有芳烃含量高、密度大的特点,造成高压反应进料泵出口压力达到 19.0MPa,远超出设计值 15.3MPa。不仅浪费大量电能,而且对装置的安全运行构成威胁。为此,权衡考虑各工况下的原料密度,对反应进料多级泵核算后进行取消一级叶轮的改造以解决目前存在的问题。

5.3 汽轮机蒸汽耗量高

在投料试车过程时,循环氢流量、系统压降、循环氢纯度,以及汽轮机转速在还没有达到设计值时,汽轮机入口流量最高达到 36t/h(设计流量为 28t/h),汽轮机入口压力与温度严重偏低,压力最低时 2.9MPa,温度最低 280℃,远低于设计压力 3.5MPa、设计温度 420℃。除管网压力比设计偏低外,一个主要的原因是汽轮机与管网距离较远而入口管线太细造成管线压力与温度损失。随着开工试车过程中用汽量的增大压降继续增加,温度也随之降低,压降增大与温度降低又本身造成汽轮机转速一定下用汽量的增加,从而形成恶性循环。所以对汽轮机入口扩径必然能消除这种

恶性循环,并且节约蒸汽,保证装置满负荷运转。

6 结论

神华煤直接液化加氢改质装置成功进行了催化剂装填、干燥、硫化、钝化与投料试车。

在煤液化油投料试车中,RNC-2/RCC-1 组合催化剂在首次工业应用过程中表现出了良好的芳烃饱和与脱氮活性及开环裂化性能^[4],产出十六烷值较高的合格柴油和芳烃前含量大于 65%的高芳潜低硫低氮低金属优质重整原料,产品质量达到预期目标。但由于原料馏程偏轻,对柴油十六烷值造成较大影响。当航煤组成掺入柴油后,十六烷值大约在 38 左右,但少量加入某种十六烷值添加剂后,可以满足轻柴油国家标准^[5]与神华集团煤直接液化轻柴油标准^[6]。

参考文献

- [1] 吴秀章,石玉林,马辉. 煤炭直接液化油品加氢稳定和加氢改质的试验研究[J].石油炼制,2009,40(5):1-5.
- [2] 愈文豹,韩景臻,何明,等.催化裂化柴油中压加氢改质(MHUG)的工业应用[J].石油炼制与化工,1996,27(6):27-30.
- [3] 神华煤直接液化 6t/d 中试装置 2008 年上海 PDU 加氢改质中试装置试验运作总结报告[R].
- [4] 张毓莹,胡志海,辛靖,等.MHUG 技术生产欧 V 排放标准柴油的研究[J].石油炼制与化工,2009,40(6):1-6.
- [5] 国家质量技术监督局发布[S].中华人民共和国国家标准:GB252-2000 轻柴油.2000.
- [6] 神华集团公司发布[S].神华集团公司企业标准:Q/DQ SHM003-2008 煤直接液化轻柴油.2008.

作者简介:郭贵贵(1979-),工程师。神华鄂尔多斯煤制油分公司质量技术部主管,主要从事煤制油技术与质量管理工作。

Improve the first industrial applications of the cetane number technology in the hydro-upgrading device of direct coal liquefaction effluent

Guo Guigui Chen Maoshan Gou Rongheng

(Shenhua Ordos Co.,Ltd ,Ordos Inner Mongolia,017209,China)

Abstract: The advanced project of coal liquification of Shenhua Erdos DCL Co Branch 1.0 Mt/a hydro-upgrading device of direct coal liquefaction effluent adopts the hydro-upgrading technology of direct coal liquefaction effluent (RCHU)and supporting RGC-1/RNC-2/RCC-1combined catalysts developed by Research Institute of Petroleum Processing in the first industrial application. this technology hydro-upgrading of the light distillation of direct coal liquefaction to reach the goal of improving the product quality and cetanenumber of diesel fuel. This context analyzes the loading of catalysts, dry, presulfurization, passivation, commissioning test run during the first use hydro-upgrading device of direct coal liquefaction effluent in the industry and introduces the application process of catalyst in the hydro-upgrading technology of direct coal liquefaction effluent. The practice has proved that the effect of the catalyst on the improvement of cetanenumber is very obvious. The estimated goal is reached.

Key words: Direct coal liquefaction oil; Hydro-upgrading; Cetane number; Industry application

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 杨志平)

煤基费托合成催化剂活性组分的选择

门卓武 林泉 吕毅军

(中国神华煤制油化工有限公司北京研究院,北京,100011)

摘要: 对具有费托合成活性的金属元素进行了介绍和分析,并对具有工业应用价值的铁系催化剂和钴系催化剂从催化剂性能特点、所适用的原料气组成、抗毒性能等方面进行了深入比较。认为在现阶段,铁系催化剂更适用于以煤制合成气为气头的间接液化过程,而钴系催化则是低温费托合成技术的发展方向。

关键词: 煤间接液化 费托合成 铁系催化剂 钴系催化剂

中图分类号:TQ529.2

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)05-0085-03

1 前言

费托合成是指将合成气在催化剂作用下转化为液态烃的方法,是GTL(gas to liquids)和CTL(coal to liquids)的核心技术,其中GTL是指以天然气制合成气为气头的费托合成技术,CTL是指以煤制合成气为气头的费托合成技术。

自上个世纪90年代以来,随着各国环境保护意识的增强,应用于GTL费托合成技术得到了迅速的发展,很多大的石油公司都开展了GTL费托合成催化剂及工艺技术的开发工作,比较有代表性的有Shell、ExxonMobil、BP、Conoc-Phillips、Sytroleum等。而应用于CTL费托合成技术则主要在南非和中国这两个富煤贫油的国家得到发展,其中南非早在1951年即成立SASOL公司,建立了SASOL-I、II、III厂。目前,SASOL依靠CTL技术每年生产油品460万t,化学品308万t^[1]。中国建立了3个16~18万t/a的费托合成装置,其中两个已成功开车。

费托合成只有在合适的催化剂作用下才能实现,费托工业合成催化剂有铁系和钴系两大类^[2]。从工业应用的结果看,应用于CTL的费托合成技术均采用铁系(Fe)催化剂,如SASOL的CTL均采用铁系催化剂,应用于GTL的费托合成技术均采用钴系(Co)催化剂,如Shell的中间馏分油GTL技术。但是,对于费托合成过程催化剂选择的争议一直没有停息过,如Sytroleum和SASOL认为其开发的采用钴系催化剂费托合成技术也适用于CTL技术。

本文旨在通过对铁系催化剂和钴系催化剂的技

术应用现状进行比较,为煤基费托合成技术催化剂的选择提供参考。

2 费托合成催化剂活性组分

对费托合成的长期试验和理论研究发现:镍、钨、钴和铁的费托合成反应活性较高,在反应条件下这些元素以金属态、氧化态或碳化物的形态存在,加快了费托合成反应的速度,可以作为费托合成催化剂的活性金属^[1]。

A.镍系催化剂。在实际操作条件下,镍催化剂产生太多的甲烷,同时自身易于生成挥发性的羰基镍而从反应器中流失,难以实现工业应用。

B.钨系催化剂。钨是已知的最活泼的费托合成催化剂,但它高昂的价格和有限的贮量阻碍了其工业应用,一般是以助剂形式添加到铁和钴催化剂中。

C.钴系催化剂。钴的价格较贵,一般负载于TiO₂、SiO₂或Al₂O₃等载体上以提高其分散度、降低钴的用量。钴在费托合成反应中的活性相是金属钴,常利用少量的贵金属Pt、Ru及Re作为助剂来改善性能。由于费托合成反应生成的水不影响钴的催化活性,具有良好的费托活性;反应产物以直链烷烃为主。但在高温下,它的甲烷选择性明显升高,只能工作于低温条件下。钴催化剂对硫等催化剂毒物极为敏感,限制了它在煤基费托合成中的应用,目前多用于以天然气制取合成气的费托合成技术。但拥有采用Co催化剂费托合成技术的公司,如Shell、PetroSA和Sytroleum声称其技术可用于煤间接液化,但无工业应用的业绩。在Sasol公司成功地实现了世界上第一套

采用 Co 催化剂和浆态床反应器费托合成装置的工业应用后,神华宁煤煤间接液化项目选用了 Co 催化剂费托合成技术。

D.铁系催化剂。无论从催化剂对反应条件和合成气成份的适应性、还是反应产物选择性的控制上来说,铁催化剂是一种能够满足不同要求的催化剂。通过调整铁催化剂中的助剂成份或反应温度,它可以高选择性地合成轻质烯烃、汽油馏份、重质烃和含氧有机物等。较多的研究支持 FeCX 是费托合成反应的活性相,然而它易于被反应副产物水氧化或因积碳而失活。由于铁是水煤气变换反应的催化剂,以铁为催化剂的费托合成反应会副产 CO₂。以开发煤间接液化技术为主的公司,如 Sasol 和 Rentech 均开发了以铁为催化剂的费托合成技术。

综上所述,铁和钴系催化剂是实现了工业应用的费托合成催化剂,也是目前人们研究的热点,但是铁系还是钴系催化剂适合于煤间接液化,是目前争论焦点。

3 铁系和钴系催化剂的比较

两种典型催化剂体系的区别主要是其催化剂本身特性的不同,而直接观测到的是其在费托合成过程中的应用特点和性能差异。为了便于比较铁系催化剂和钴系催化剂,将两种催化剂的性能列于表 1。

表 1 铁与钴催化剂性能比较

	铁 催 化 剂	钴 催 化 剂
要求原料气 H ₂ /CO	1.7	2.15
产 物	含氧化合物、石脑油、柴油、蜡、H ₂ O 和 CO ₂	石脑油、柴油、蜡、H ₂ O、少量的含氧化合物和 CO ₂
产物分布	低碳烯烃含量高	蜡含量高
催化剂活性	中等	高
催化剂的选择性	低	高
链增长几率	低	高
抗毒物性能	高	低
寿 命	短	长
容许原料气硫含量	100ppb	4ppb
成 本	低	高

由表 1 明显可以看出,就催化剂的活性和选择性而言,钴催化剂比铁催化剂好;若以柴油为主要产品,由于铁催化剂链增长几率相对钴催化剂的低,产物柴油以上馏分的含量相对低,导致整个 CTL 工艺柴油收率低而石脑油和 LPG 的收率高,以生产柴油为目标,钴催化剂最为合适;铁催化剂副产大量的 CO₂,无形中增加了尾气循环系统的投资和操作费

用,可见 Co 催化剂是生产柴油为目标的低温费托合成催化剂发展方向。

但为什么现有的 CTL 工艺费托合成单元采用铁催化剂? 主要与催化剂所适用的合成气 H₂/CO 比、催化剂的抗中毒失活性能和合成气的净化技术有关。

3.1 合成气 H₂/CO 比差异

一般而言,铁基催化剂因其具有显著的水煤气变化活性(WGS)而被认为适用于较宽范围 H₂/CO 比的费托反应合成气,钴基催化剂则相对可以简单地采用 H₂/CO 比在 2 附近的合成气。图 1 给出了不同原料来源合成气的 H₂/CO 比及催化剂适应范围。

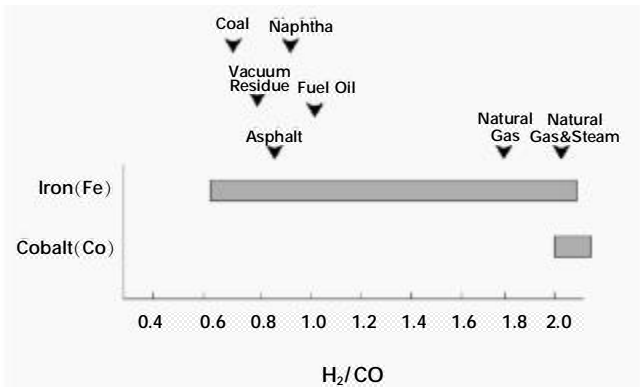


图 1 不同原料来源合成气的 H₂/CO 比及催化剂适应范围^[9]

从图中可以看出,铁基催化剂的 H₂/CO 比适用范围较广。表 2 给出几家使用铁催化剂费托合成所需 H₂/CO 的实际操作值比较。

表 2 几家公司的铁基费托合成技术原料气 H₂/CO 比实际值

	SASOL LTFT	SASOL HTFT	Rentech
原料气 H ₂ /CO 比	1.8	1.05H ₂ /(2CO+3CO ₂)	1.0

对钴基催化剂,有研究结果表明:合成气 H₂/CO 比对钴基催化剂的影响也很显著,反应随着氢碳比增加而失活显著^[4]。最佳 H₂/CO 比需要略高于 2 并含少量的甲烷和 CO₂,这样可获得总碳利用率最高,同时具有高的单程转化率和良好的产物选择性^[9]。由此可见,对 CTL 来说,由于煤制合成气中碳比氢多,采用铁基催化剂可具有较宽的弹性操作范围。

3.2 催化剂的抗中毒失活性能差异

合成气中的硫化物、氯化物、氮化物等杂质会使铁或钴催化剂中毒失活,其中硫化物是最主要的毒物。

M.E. Dry 在文献^[6]中指出,SASOL 用于固定床反

反应器的铁基催化剂对 S 含量的要求是小于 0.2ppm, 如换作浆态床或流化床反应器, 由于不存在催化剂保护床层的条件, 合成气硫含量应有更低限制。其它报道费托合成催化剂对氯化物含量要求低于 10ppb^[7], 对 NH₃ 含量要求低于 10ppm^[8], 对 NO_x 含量要求低于 0.2ppm^[9], 对 HCN 含量要求低于 10ppb^[9]。

而钴催化剂对毒物的敏感度又比铁催化剂高得多^[9], 如 Co 基催化剂对合成气中 S 含量的要求在 4ppb 以下。Syntroleum 公司研究了气体中杂质对钴基催化剂活性的影响, 他们选择了杂质指标为 0、某一基准杂质指标、10 倍于基准杂质指标和 100 倍于基准杂质指标的气体进行试验, 结果见图 2。从图中可见, 毒物含量的增加导致催化剂活性的下降非常显著。

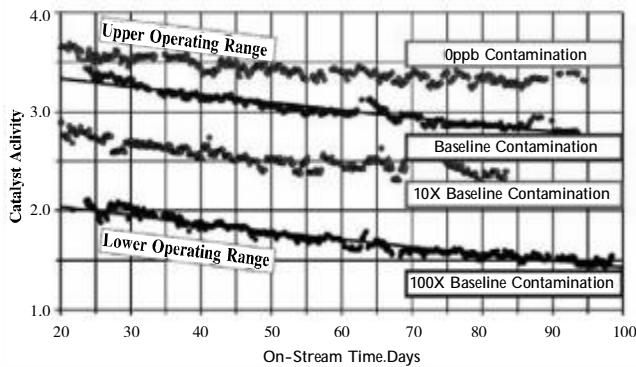


图 2 原料气杂质含量对钴基催化剂活性的影响

3.3 对合成气净化要求的差异

表 3 给出了煤、天然气以及它们制取的合成气含催化剂毒物的情况。

表 3 天然气和煤制合成气比较

原 料	天 然 气	煤
毒 物	S、Hg	S、Hg、As 等
脱除大部分硫的物质	天然气	合成气
合成气中需脱除的物质	S、COS、HCN	S、COS、HCN、Me(CO) _n 等

由表 3 可见, 由于天然气和煤的性质不同, 其杂质组成和所需的净化技术路线也不相同。对天然气来说, 在制合成气前就可将天然气中所含的大部分硫脱除, 在制合成气后通过精制可将其硫等杂质的含量降到 Co 催化剂的要求值(4ppb); 而由于煤为固态, 必须在煤制合成气后, 进行合成气脱硫和其它杂质的工序。目前采用的低温甲醇洗工艺可以将合成气的硫含量控制在 0.1ppm 以下, 即只能满足 Fe

催化剂的要求, 无法达到 Co 催化剂所需的 ppb 量级, 如要在工业运转的条件下达到 Co 催化剂的要求, 需增加庞大的合成气净化系统, 从而增加投资成本。此外, 由于铁催化剂成本低廉, 即使因装置波动出现催化剂中毒等现象, 造成的损失也不会很大。

4 结 论

在目前的条件下, 发展煤间接液化产业时, 费托合成技术采用铁系催化剂在技术和经济上均有利, 另外要看到钴催化剂是低温费托合成技术的发展方向, 在发展采用钴催化剂的费托合成技术的同时, 也要开展煤制合成气深度净化和钴催化剂抗硫机理的研究工作。

参 考 文 献

- [1] 舒歌平, 史士东, 李克健. 煤炭液化技术[M]. 煤炭工业出版社, 北京, 2003.
- [2] 高晋生, 张德祥. 煤液化技术[M]. 化学工业出版社, 北京, 2005.
- [3] G. P. van der Laan, Kinetics, Selectivity and Scale Up of the Fischer-Tropsch Synthesis, *Catalysis Reviews*, 1999, 41, 3 & 4.
- [4] M. Bremaud, P. Fongarland, J. Anfray, S. Jallais, D. Schweich and A.Y. Khodakov, Influence of syngas composition on the transient behavior of a Fischer-Tropsch continuous slurry reactor, *Catalysis Today*, 2005, 106, 137-142.
- [5] L. Basini, Issues in H₂ and synthesis gas technologies for refinery, GTL and small and distributed industrial needs, *Catalysis Today*, 2005, 106, 34.
- [6] M.E. Dry, The Fischer-Tropsch Synthesis, In *Catalysis Science and Technology*, J. R. Anderson, M. Boudart (Eds.), Springer-Verlag: New York, 1981.
- [7] H. Boerrigter, H. den Uil, H.P. Calis, Green Diesel from Biomass via Fischer-Tropsch Synthesis: New Insights in Gas Cleaning and Process Design, Paper presented a Pyrolysis and Gasification of Biomass and waste, Expert Meeting, 30 September, 2002, Strasbourg, FR.
- [8] B.S. Turk, T. Merkel, A. Lopez-Ortiz, R.P. Gupta, J.W. Portzer, G. Kishnam, B.D. Freeman, G.K. Fleming, Novel Technologies for Gaseous Contaminants Control, Final Rept for DOE Contract No. DE-AC26-99FT40675, September 2001.
- [9] B. Jager, Developments in Fischer-Tropsch technology, *Stud Surf Sci Catal*, 1998, 119, 25-34.

作者简介: 门卓武(1968-), 博士, 高级工程师, 主要研究方向是煤炭转化和煤化工。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所长。

(下转第 93 页)

我国生态补偿机制有关问题的研究及思考

毛亚林

(神华集团有限责任公司科技发展部,北京,100011)

摘要: 生态补偿机制是以保护生态环境、促进人与自然和谐为目的,调整生态环境保护和建设相关各方之间利益关系的环境经济政策。本文在综合分析生态补偿机制的来源、在我国实施的战略意义、国内外的具体实践和存在问题基础上,进一步提出了在我国建立和完善生态补偿机制的相关建议,推动我国生态文明型国家建设。

关键词: 生态补偿 生态文明 可持续发展 生态税 低碳经济

中图分类号:X171.4

文献标识码:A

文章编号:1672-3880(2009)05-0088-06

1 问题的提出

人类社会从原始文明向农业文明和工业文明不断演进,带来了社会、经济、文化和物质生活的极大满足与提高,但对地球能源和资源过度占用与缺乏保护已经严重威胁和摧毁着我们赖以生存和发展的生态环境支持系统。目前世界上已有1/3耕地表土流失,世界森林自出现农业以来消失了50%,50%的牧场因过度放牧向荒漠化演化。整个20世纪,人类消耗了石油1420亿t、煤2650亿t、铁380亿t、铝7.6亿t、铜4.8亿t。全球石油剩余可采量仅为1400多亿t,静态保障年限仅40年,天然气剩余可采储量150万亿m³,静态保障年限仅为60年。地球大气中CO₂浓度已从工业革命前的280ppm上升到了目前的379ppm;全球平均气温在近百年内升高0.74℃。全球变暖严重威胁地球自然生态系统和人类生存环境。

我国在能源、资源、环境方面面临了更大的挑战。改革开放以来,我国经济快速增长,综合国力显著增强。至2008年,GDP总量已达到30万亿元,居世界第三位,在世界总量中所占的比例已经超过6%。但能源消费总量达到28.5亿t标准煤,约占全球一次能源消费总量的17.7%。各种统计数据显示,我国单位产值能耗高出世界平均水平2.4倍,是德国的4.97倍、日本的4.43倍、美国的2.1倍、印度的1.65倍。而在环境方面则付出了更大的代价,我国每

年因环境污染造成的损失约占国民生产总值的10%左右。全国70%的江河水系受到污染,40%丧失了使用功能,七大水系的409个水质监测断面中,劣五类水质断面比例占20.8%。1/3的国土被酸雨覆盖,2/3的草原沙化,100%的土壤板结。世界上污染最严重的20个城市我国占了16个,全国668座城市的2/3被垃圾包围。2006年,荷兰环境评估机构(NEAA)发布报告,我国CO₂排放总量达62亿t,首次成为全球CO₂排放总量最大的国家。应该说,中国在应对全球气候变化、肩负温室气体减排责任的压力将越来越大,处理不好将极大压缩自身的发展空间,丧失发展机遇。

这些问题需要全人类共同努力积极应对。上世纪50年代以来,一些国家和地区积极尝试采用了经济手段调整经济社会发展与生态环境保护之间的关系。1992年联合国《里约环境与发展宣言》及《二十一世纪议程》中明确提出了:在环境政策制定上,价格、市场和政府财政及经济政策应发挥补充性作用;环境费用应该体现在生产者和消费者的决策上;价格应反映出资源的稀缺性和全部价值,并有助于防止环境恶化。联合国千年生态系统评估(MA)的研究使人们更为深入认识到生态环境的价值,并成为反映生态系统市场价值、建立生态补偿机制的重要基础。由此,生态环境补偿问题被更多国家认识并付诸实践。

2 在我国加快建立和完善生态补偿机制的战略意义

2.1 生态补偿机制是实现生态文明、追求人与自然和谐发展的具体体现

自古以来中华民族就有勤俭节约的优良传统和“天人合一”最朴素的人与自然和谐相处的思想理念。步入新时期,我国进行了改革开放的伟大实践,实现了国富民强和民族复兴,但面临着能源、资源、环境的新问题和新挑战,因此在经济发展、人民富裕基础上进一步实现生态文明、追求人与自然的和谐发展是下个阶段最迫切的目标。建立生态补偿机制就是要把生态环境建设和保护提升到国家管理层面,规范每一个社会个体、团体共同遵守生态保护准则、分享生态保护权益、维护生态环境保护。

2.2 生态补偿机制是我国实现可持续发展道路的战略选择

中国的国情决定了中国无法复制西方资本主义发达国家通过二百年资源掠夺、污染转嫁等手段实现的经济发展与生态保护的发展模式,只能通过科学发展、技术进步,实现和平崛起。但由于我国长期存在着资源无限、环境无价、产品高价的扭曲价格体系,造成了对能源、资源的粗放式开采、消费获得超额利润,但生态环境资源却得不到应有补偿。建立生态补偿机制,有助于利用经济激励和社会宏观管理手段,促使生态环境资源的开发利用过程与商品再生产过程相结合,达到在整体上对生态破坏、环境污染及生态环境恢复进行系统管理的目标;还有助于从源头上促进经济社会发展同生态环境保护相协调,为社会经济可持续发展提供制度保障。

2.3 生态补偿机制是推动区域协调发展、解决区域发展水平不平衡的重要保证

推动中国经济全面、均衡、协调发展,缩小地区、尤其是东西部地区的差距是当务之急。西部是中国最重要的能源、资源调出区,是自然矿产、森林资源的富集区,是中国大江大河的源头,更是生态敏感区。西部地区作为保障东部地区可持续发展的发动机和生态屏障,目前社会经济发展水平与人民物质文化生活水平与东部地区还有很大差距。但从全局来看,江河源区和能源资源调出区其发展目标应当以生态环境保护建设为重点,以追求生态效益为中心,兼顾经济效益和社会效益,实现三大效益的统

一。国家则应当建立生态利益的补偿机制和制度,制定相应法律法规与政策,把能源资源调入地区与江河中下游水资源受益区的部分利益,以及这些区域每年因环境恶化造成巨大经济损失的一部分,预先转移支付到西部上游地区的生态环境保护建设事业中,形成多元化的生态投资体系,推动西、中、东部地区的协调发展、协同进化和整体可持续发展。

3 生态补偿机制的国内外实践及存在的问题

3.1 国外生态补偿的研究与实践

国际上生态补偿主要有4种类型:①直接公共补偿,由政府直接向提供生态服务的所有者进行补偿。例如:美国政府对生态环境的建设和保护很重视,大部分资金投入由政府承担。上世纪80年代实施了荒漠化防治计划的“保护性储备计划”。美国还采用了水土保持补偿机制,由流域下游水土保持受益区的政府和居民向上游地区作出环境贡献的居民作出货币补偿。20世纪后期,美国水土保持从传统水土保持技术设计理念逐步发展到以保证区域总体生态质量为指导的新阶段。德国采用“横向转移”的生态补偿机制,由富裕地区直接向贫困地区转移支付。横向转移支付的基金由两种资金组成:增值税由州分享部分的1/4;财政较富裕州按照统一标准计算结果拨给穷州的补助金。②限额交易计划,由政府或管理机构为生态系统退化或一定范围内允许的破坏量设定一个界限,处于这些规定管理下的机构或个人可以采用直接遵守规定履行义务或通过资助其他相关者进行保护活动补偿生态系统损失造成的影响,即“信用额度”的交易。例如:欧洲排放交易计划(EU-ETS)与京都清洁发展机制是目前2个最大的碳限额交易计划。③私人直接补偿,就是购买者出于慈善、风险管理或准备参加市场的目的,在没有任何管理动机情况下进行的生态系统服务交易。④生态产品认证计划,通过计划,消费者可以通过选择为经独立第三方根据标准认证的生态友好型产品提供补偿。

还有很多国家,利用税收杠杆达到保护生态环境的目标。荷兰是这方面代表,荷兰政府为保护环境设计的税种包括:燃料税、噪音税、垃圾税、水污染税、土壤保护税、地下水税、汽车特别税、石油产品税和对损害臭氧层的化学品征收的消费税等等。此外,瑞典、挪威、法国、意大利等国采取收取碳氢燃料等一系列“产品税收”的措施。

总之,国外的生态补偿机制充分利用了市场机制和多渠道的融资体系,初步建立了生态补偿的政策和制度框架,有许多经验可资借鉴。

3.2 我国生态补偿的研究和实践

我国关于生态补偿的研究和实践开始于上世纪 90 年代初期。2005 年 12 月颁布的《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》、2006 年颁布的《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》等纲领性文件都明确提出,要尽快建立生态补偿机制。2007 年国家环保总局颁布了《关于开展生态补偿试点工作的指导意见》(以下简称《指导意见》)。

我国目前在生态补偿工作,主要集中在以下几个方面:

(1) 森林与自然保护区的生态补偿。1998 年修订的《森林法》中明确提出“国家设立森林生态效益补偿基金。”2004 年正式建立了中央森林生态效益补偿基金,并出台了相应的管理办法。同时,国家还推动在天然林保护、退耕还林还草、水土流失治理、荒漠化防治、退牧还草、“三江源”生态保护等六大生态工程方面进行生态系统退化的补偿工作,投入资金数千亿元。

(2) 流域的生态补偿。主要表现为城市饮用水源地保护和行政辖区内中小流域上下游之间的生态补偿问题,如北京市与河北省境内水源地之间的水资源保护协作,河北省在子牙河水系主要河流实行跨市断面水质考核、扣缴生态补偿金政策的实施等。有的地方也探索了一些基于市场机制的生态补偿手段,如浙江省东阳市和义乌市成功开展了水权交易,义乌市用 2 亿元水利建设资金购买了东阳市横锦水库 5000 万 m³ 优质水资源使用权,使义乌市解决了水供应瓶颈问题,也为东阳市节水和合理配置资源带来了经济回报。

(3) 矿产资源开发的生态补偿。1984 年,我国开始对矿产资源开发征收矿产资源税,对原油、天然气、煤炭等先行开征资源税,对金属矿产品和其他非金属矿产品暂缓征收,当时是以实际销售收入为计税依据,按照矿山企业的利润率实行超率累进征收。1994 年资源税开始实行从量定额征收的办法,征收范围扩大到所有矿种的所有矿山,不管企业是否赢利普遍征收。1997 年实施的《矿产资源法实施细则》对矿山开发中的水土保持、土地复垦和环境保护做

出了具体规定,提出了矿山开发中的押金制度。

3.3 我国生态补偿方面存在的问题

尽管我国在生态补偿方面进行了很多探索,但仍然存在不少问题,主要是:

(1) 我国还没有形成对生态补偿机制统一认识的大环境。在有关法律、法规中,对生态补偿仅有原则性的要求,没有建立起生态补偿的范畴和统一框架,尤其是缺乏立法方面的制度支持。尤其在对各利益相关者的权利、义务、责任方面缺乏明确的界定,对生态补偿内容、方式、标准和实施措施缺乏具体的规定。

(2) 我国目前的生态补偿机制缺乏协调体制,不足以解决跨区、跨界的生态补偿和生态保护问题。生态补偿机制作为一种新型生态环境管理制度,对一个地区、一个国家甚至跨国界的横向、纵向管理和协调水平要求很高,而我国还没有建立起横向的生态环境管理体制,主要是缺少跨省市的协调体制,无法解决跨区、跨界的生态补偿问题,尤其是难以解决跨界流域的污染难题。

(3) 生态补偿制度不完善,补偿额普遍不足。《指导意见》指出,我国贯彻“谁开发、谁保护,谁破坏、谁恢复,谁受益、谁补偿,谁污染、谁付费”的生态补偿基本原则。目前,主要是对生态保护作出贡献者和对减少生态破坏者进行补偿,而对在生态破坏中的受损者和丧失发展机会者进行的补偿普遍不足。

(4) 生态补偿方式和资金来源单一。从国际上看,生态补偿方式及资金来源渠道多样,包括生态补偿税费、生态补偿保证金、财政补贴制度、优惠信贷、市场交易体系和国内外基金等。而国内目前生态补偿方式仍以财政补偿为主,而且主要是纵向转移支付为主,造成不受益者付费和受益者支付不足。另一方面,尽管部分地区试点了水权交易、排污权交易等市场补偿机制,但仍缺乏相应的交易制度、规范支撑。

4 我国建立和完善生态补偿机制的相关建议

4.1 加快生态补偿相关立法

应将生态补偿的范围、对象、方式、标准等以法律形式确定下来,建立权威、高效、规范的管理制度,促使生态补偿工作走上科学化、规范化、法制化的轨道。具体可采取:①以《指导性意见》为基础,加快修订与生态补偿相关的《环境保护法》、《森林法》、《土地管理法》、《水法》、《水土保持法》、《矿产资源法》等

法律法规,增加生态补偿的内容和条例。②通过有关的生态环境和资源法规的支撑,出台《生态补偿条例》。③应该对生态补偿机制进行完整、系统的框架和制度设计,出台《生态补偿法》。

4.2 建立生态税收体系

生态税收作为一种财政和金融政策工具,具有资金配置和行为激励的基本功能,是生态补偿资金筹集、运行方式的一种重要经济手段。应在新一轮税制改革中,充分将生态税收理念贯穿其中,将节约使用环境资源与生态环境保护统一协调起来,在完善现有税制基础上调整开征新税种,形成以资源税和环境税为主体,其它税种相配合的生态税收体系。

(1) 调整、完善资源税。确立资源税普遍征收为主的征收机制,弱化其原有调节级差收益功能,建立一般性质的资源税,逐步向所有自然资源开采单位和个人普遍征税,最终实现通过征税调节自然资源供给和需求的目标。同时扩大征收范围,将资源税征收对象扩大到所有矿产和非矿产资源,逐步将水资源、森林资源、草场资源、土地、海洋、动物等资源纳入征收范围;进一步调整税率,对石油、天然气、煤炭、铁矿石等不可再生的能源资源矿产实行定额税率与比例税率相结合的复合计税方法。

(2) 实行费改税,开征系列环境税。对现行排污收费制度进行税收化改革,提升立法层次,开征专门的环境保护税种。例如,可选取目前仍以罚款和收费为控制目标的工业污水、SO₂、工业固体废弃物、城市垃圾等为课税对象,待条件成熟后逐步扩大征税范围。同时,征税范围要合理、征税税率要准确。

(3) 建立生态税收体系应注意几点问题。建立生态税收体系的目的是要改变我国目前的税收结构,提高生态税在税收总量中的比重,起到生态补偿的配置和调整作用,要坚持在不削减现有税收规模的基础上进行,但也不能把生态税收作为增加财政收入的手段。建立生态税收体系后,社会总的税负不应该增加,这就要求在开征相应生态税种时,要取消、合并某些收费进行费改税,还要降低其它税率或给予税收优惠,例如:对企业进行脱硫、脱硝、脱碳、消烟、除尘和污水改造等方面进行设备投入给予增值税减免;对企业和个人为保护环境、治理污染而调整产品结构、改革工艺、应用新技术、改进生产设备发生的投资给予所得税抵免等。

4.3 建立生态补偿协调、管理体制

我国目前缺乏生态补偿的横向协调机制,应着力加大这方面的工作力度。①应加强部门内部和行政地域内的生态补偿协调工作,整合有关生态补偿的内容,相关的主管部门或者行政地域内,都应设置相对应的生态补偿问题协调、管理部门和管理岗位。②针对重大生态环境问题,则应授权或成立横向管理和协调机构负责生态补偿的相关工作,如应授权各大流域水利委员会对全流域的生态补偿问题履行协调、管理职能。③对于跨部门、跨区域、跨边界的生态补偿工作,应从更高一级部门给予协调,如成立国家生态补偿领导小组等负责全面协调、管理生态补偿工作。

4.4 几个重点领域生态补偿问题

(1) 流域的生态补偿问题。水资源是生命线。目前,黄河流域水量不足、长江水环境处于“亚健康”状态、几大流域均存在着严重污染的问题,这些都严重制约和影响了地区、国家社会经济的稳定和可持续发展。建立流域生态补偿机制就在于理顺流域上下游间的生态关系和利益关系,加快上游地区经济社会发展并有效保护流域上游的生态环境,从而促进全流域的社会经济可持续发展。可在各地区开展的小流域生态补偿试点基础上,对跨区域、跨边界主要流域进行全流域生态补偿工作。其关键在于明确各利益相关者和各责任主体的关系,主要是明确利用流域水资源受益的群体,一切生产、生活过程中向外界排放污染物影响流域水环境的群体,以及保障该流域水资源可持续利用的生态保护和执行群体这“三个群体”之间的关系。充分动用税收、财政转移支付、使用权交易、生态环保合作项目、污染收费等综合手段实现全流域的生态补偿机制,也可以建立全流域生态补偿基金,由相应流域水利委员会进行协调、管理,重点加大对上游水源地、流域水资源涵养区、生态功能区、自然保护区的保护性投入,以及生态环境治理、移民安置和限制产业发展的机会损失补偿等投入。

(2) 矿产资源的生态补偿。矿产资源的开发和生态保护的总体思路是立足我国的实际,明确矿区生态环境恢复治理的主体、责任和界限,划分为老账(历史已造成的破坏或废弃矿山生态环境破坏)和新账(新造成的破坏)2种情况区别对待。对废弃矿区

和老矿区造成的生态环境污染要通过建立废弃矿山生态恢复治理基金的办法,由中央、地方共同采用财政拨款等方式进行治理;新矿区造成的破坏由相应企业负担 100% 的治理责任。而在目前矿山开发中对于土地、农房、水源等各类资源进行征用的时候,可试点采用由以上资源所有权主体、使用权主体以资源价值入股方式代替一次性补贴来共同参与矿山的开发、建设和经营,以此来保障生态环境利益相关者的共同权益,也促使他们为生态环境的保护和可持续发展共同努力。

4.5 充分重视低碳经济与生态补偿之间的关系

低碳经济是人类社会继两次工业革命、信息革命、生物技术革命之后,第五次改变世界经济的革命浪潮,是人类社会为了应对气候变化、寻求可持续发展的必然选择。目前,全球已有 140 多个国家和地区签署了《京都议定书》,世界上主要的经济体国家(美国尚未签署《京都议定书》)已经携起手来,共同关注和解决温室效应。欧美发达国家大力推进以高能效、低排放为核心的“低碳革命”,着力发展“低碳技术”,并对产业、能源、技术、贸易等政策进行重大调整,以抢占先机和产业制高点。英国提出到 2050 年建成“低碳经济社会”;日本作为推动“低碳经济”的急先锋,投入巨资致力于发展“低碳技术”;美国新总统奥巴马提出美国 2020 年和 2050 年的碳排放水平要分别比 2005 年的水平降低 14% 和 83%。

作为以生态补偿机制为主要载体的碳排放权交易体系的建立和推行,以及低碳经济模式的构建、低碳技术的应用、低碳社会的到来将使全球政治、经济、文化发展形势发生重大转变,进而影响人类生产和生活方式。作为正在崛起的发展中大国,为了赢得更加主动、宽松的国际政治、经济、技术发展环境;为了抓住机遇、趁势而上提升国家核心竞争力,缩短与世界发达国家在经济和技术领域的差距,中国必须参与“低碳经济”这一全球行动。

(1) 必须全面评估我国目前 CO₂ 排放水平及对生态环境的影响程度。目前我国还缺乏对 CO₂ 排放源、排放强度、排放影响的监控、评价体系。应逐步将碳排放指标纳入各级环境监测、统计部门的指标体系,也要逐步建立碳生产、转化、消费、排放的过程管控、监测体系。

(2) 积极推进低碳技术的研发,倡导低碳经济

模式。我国要逐步优化能源消费结构,降低煤炭在一次能源中的消费比例,降低能源消费的碳排放水平,还要加快对核能、氢能、可再生能源与生物质能等清洁能源的开发和利用。另一方面,要积极研究并应用碳减排技术、CO₂ 捕获及封存技术等等,使用低碳能源、生产低碳产品、鼓励低碳消费、倡导低碳经济模式。

(3) 适时建立国内碳排放交易机制。尽管《京都议定书》确立了发达国家和发展中国家在气候变化领域“共同而有区别的责任”的原则,我国目前也成为清洁发展机制(CDM)的巨大受益国之一。但作为全球第一大 CO₂ 排放国,我国将面临前所未有的碳减排国际政治和经济压力,近期,美国众议院通过了碳排放限额与贸易法案,未来将对包括我国在内的广大发展中国家产品征收“碳关税”,这将严重削弱我国制造业出口竞争力,遏制我国的崛起。一方面我国要加快政治、经济和文化的外交应对;一方面积极研究实施建立国内碳排放的交易机制,引导我国低碳经济模式的形成。

参考文献:

- [1] 国家环保总局.关于开展生态补偿试点工作的指导意见[Z].国家环保总局文件,环发[2007]130号,2007.
- [2] BP公司.BP世界能源统计 2009[M].<http://www.bp.com/statisticalreview>, 2009.
- [3] 李文华,井村秀文,等.生态补偿机制课题组报告[R].中国环境与发展国际合作委员会,2006.
- [4] 秦艳红,康慕宜.国内外生态补偿现状及其完善措施[J].自然资源学报,2007(4):557-567.
- [5] 叶汝求,邓引引,谢又予,徐嵩龄.关于建立生态补偿机制的建议[EB/OL].<http://www.counsellor.gov.cn/counsellor/csdt/csdyj/关于建立生态补偿机制的建议.htm>.
- [6] 王礼全.如何建立和完善生态补偿机制[N].中国经济时报,2005-12-26.
- [7] 彭波.牙河生态补偿碧水重现[N].人民日报,2009-06-04.
- [8] 郑忠成,毛湘宏.开创水权制度改革先河——浙江义乌市出资 2 亿元购得东阳市 5000 万方水权[N].光明日报,2001-03-13.
- [9] 廖志刚,任中平.论生态补偿与西部可持续发展[J].内蒙古农业大学学报(社会科学版),2006,(2):13-15.
- [10] 王金霞.生态补偿财税政策探析[J].税务与经济,2009,(2):92-96.

作者简介:毛亚林(1979-),硕士,工程师,2005年毕业于武汉大学控制理论与控制工程专业,现任神华集团有限责任公司科技发展部科研规划主管,主要从事科技规划、产学研合作和节能减排等方面的管理工作。

Study and thought on the related issues of our ecological compensation

Mao Yalin

(Science and Technology Development, Shenhua Coal Group Corporation Limited, Beijing, 100011, China)

Abstract: Protecting the ecological environment and promoting the harmony of human being and nature as the goal, ecological compensation mechanism is the environmental economic policy of adjusting the ecological environmental protection and establishing the interests among the related parties. Based on analyzing the sources of ecological compensation mechanism comprehensively, on the issues of the strategic meaning of implementing in our country, domestic and overseas actual practice and existing problems, this text further puts forward the related proposals of establishing and perfecting ecological compensation mechanism in our country to promote the construction of our ecological civilized country.

Key words: Ecological compensation; Ecological civilization; Sustainable development; Ecological tax; Low coal economy

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 杨志平)

(上接第 87 页)

The selection of the cobalt catalysts for Fischer-Tropsch synthesis

Men Zhuowu Lin Quan Lu Yijun

(China Shenhua Coal-Oil Chemical Industry Corporation Limited, Beijing Institute, Beijing, 100011, China)

Abstract: Metal elements which have Fischer-Tropsch synthesis activity were introduced in this paper. Then the differences between two commercial catalysts—Fe-based catalyst and Co-based catalyst were discussed in aspects of catalysis character, syngas composition and impurities tolerance etc. It was shown that at present Fe-based catalyst was more suitable for coal-to-liquids process as well as using Co-based catalyst was the development direction for low temperature Fischer-Tropsch synthesis technology.

Key words: Coal to liquids; Fischer-Tropsch Synthesis; Fe-based catalyst; Co-based catalyst

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 杨志平)

科技动态

神华集团科技发展部组织召开科研项目论证会

本刊讯 8月12日,中国神华能源股份有限公司科技发展部在北京组织召开“WiMAX技术在铁路移动通信中的应用研究”“神朔铁路行车关键设备监控技术研究”科研项目论证会。

朔黄铁路发展公司提出开展“WiMAX技术在铁路移动通信中的应用研究”,基于WiMAX无线通信技术,构建适合于神华铁路运行的WiMAX-R铁路无线通信网络,主要实现无线视频监控、无线列车调度电话、无线数据通道系统等功能。

神朔铁路分公司提出开展“神朔铁路行车关键设备安全监控技术研究”,运用先进的信息技术,建立统一的、开放的、可扩展的行车安全综合监控平台,构筑起集监测、管理和决策分析为一体的行车安全综合监测系统,并与调度指挥、维修保养、抢险救

援等不断融合,逐步构成完整的行车安全保障体系,建立车站监测、列车监测、轨旁监测、供电监测、水电监测、综合视频监控6个监测子系统,确保神朔铁路分公司运输安全,有效提升运输生产能力。

专家组对两个项目的技术路线、主要研究内容、研究方法、进度安排、功能优劣、成果应用前景等方面,特别是通信制式问题进行了深入论证,认为这两个项目符合神华铁路发展及安全生产的需要,选题正确,需求分析合理,采用的技术构架先进,项目研究对于神华铁路开行万吨列车同步控制、视频监控、综合运输信息系统、提高神华铁路安全生产管理水平等方面具有重要意义,建议立项,开展深入研究。

(神华集团科技发展部供稿)

变频调速技术在带式输送机中的节能应用研究

韩力

(神华北电胜利能源有限公司,内蒙古 锡林浩特,026015)

摘要: 通过电机的变频调速,使带式输送转速随物料多少进行变速运输,降低了胶带机使用成本,使带式输送机在节能方面得到了改进。

关键字: 带式输送机 PLC 变频调速 变频调速系统

中图分类号:TD528+.1

文献标识码:B

文章编号:1672-3880(2009)05-0094-03

1 引言

神华北电胜利能源有限公司地面生产系统由沈阳煤矿设计院设计,总长 3.6km,于 2006 年 11 月正式投入生产使用。它是使用 1989 年我国发布的带式输送机技术标准 GB 10595-89 设计而成的。我国最早推广应用的带式输送机标准是由化工部运输设计技术中心制定的标准,于 1982 年形成系列产品。该系列^[1]产品的皮带输送机在我国应用极广。但 20 年过去了,带式输送机结构、传动方式墨守常规的沿用至今,处于技术落后。就公司带式输送机而言,在目前实际使用过程中存以下 7 方面的不足,具体如下:

(1)采用直接启动、停止控制系统,适应性差(不能实现软启动,软制动);

(2)功率大,存在大马拉小车的现象,空载时也常在运转,能耗大;

(3)无论运送物料多少,输送机都在恒速转动,不能随物料多少进行变速运输,能耗大;

(4)胶带机保护装置少,胶带纵向撕裂解决方案不理想;

(5)不能在大坡度下运输;

(6)在寒冷地区露天作业的胶带机,物料在胶带上粘附严重,清扫器清扫效果不理想;

(7)运输物料洒落,对环境造成很大污染,且浪费大。

针对上述的问题,许多专家开始对皮带输送机进行改进研究。本文则对变频调速技术在带式输送机应用中节能方面进行了研究。

2 目前带式输送机的结构和特点

目前带式输送机的驱动装置由电机、联轴器、制

动器、耦合器、减速机、滚筒组合而成(见图 1)。其结构复杂,布置宽度尺寸大,需要保养维修部位多,不能软启动、软制动、能耗高等。采用变频技术不仅缩小了驱动装置的布置空间,而且可以实现软启动。在带式输送机中装入皮带秤动态称重反馈控制,还可以实现带式输送机随物料多少进行的变速运输,重载加速、轻载减速、空载时停机。这样不仅提高了运输效率而且还节省了宝贵的电能资源,且使带式输送机横向尺寸大大减小,结构紧凑、轻巧,方便与现场设备配置,适用于机头位置狭小的场合,因而不需要许多齿轮降速,也节省了许多成本。

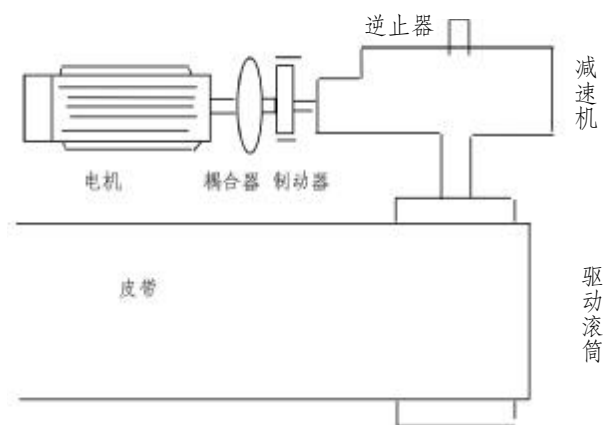


图 1 传统带式输送机布置图

3 设计改进内容

首先,把成型的 PLC 控制技术用到改进带式输送机的设计中。

PLC(programmable logic controller),即可编程逻

辑控制器。现代的可编程控制器以微处理器为基础^[2], 高度集成工业控制技术相结合的产品。

PLC自问世以来, 经过 20 多年的发展, 已经成为最受欢迎的工业控制类产品。它之所以快速发展, 除了工业自动化的客观需求外, 还有许多独特的优点, 较好地解决了工作控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题^[3]。PLC 控制一般具有可靠性高、易操作性、灵活性强、抗干扰能力强等特点, 平均故障时间为几十万 h。

在试验中为实现皮带运输机的变速控制, 皮带机的控制部分采用 PLC 控制的变频调速系统, 功率部分采用变频器调速, 现场反馈部分是在皮带输送机中装入皮带秤动态称重系统。通过 PLC 主机、皮带秤称重系统、变频器之间的通讯, 由 PLC 控制可实现根据皮带载荷大小调整皮带的运行速度, 以达到节能的目的。

因为公司的驱动电机为 6kV 高压电机, 所以在

本试验中采用输入电压 6kV, 输入频率 50Hz; 输出电压 6kV, 输出频率 0~50Hz, 输出功率 450kW, 输出电流 90A 的变频器。系统将变频器、皮带秤动态料流检测并入其中, 并进行输入、输出节点的分配, 建立了各类模块。主要完成给料机(破碎站给料)、皮带运输机的联动控制, PLC 根据负荷对皮带运输机的速度进行调节控制。皮带秤安装在破碎站出料口, 皮带秤将检测到的料流数据传递到 PLC 控制柜, PLC 根据料流检测结果并和数据库中的数据进行对比分析后输出到变频器, 控制信号经执行器伺服放大器放大后, 转换为 (4~20)mA 的调节信号直接送至变频器, 进行电机转速调节。从而实现随物料多少皮带的速度也随着变化, 当物料空载持续一段时间后可实现自动停车。皮带机的启动控制(包括自动和手动控制)要根据出料状况和皮带机停车前运行状态进行控制(见图 2)。

该系统控制器部分主要是由上位机的调度监控

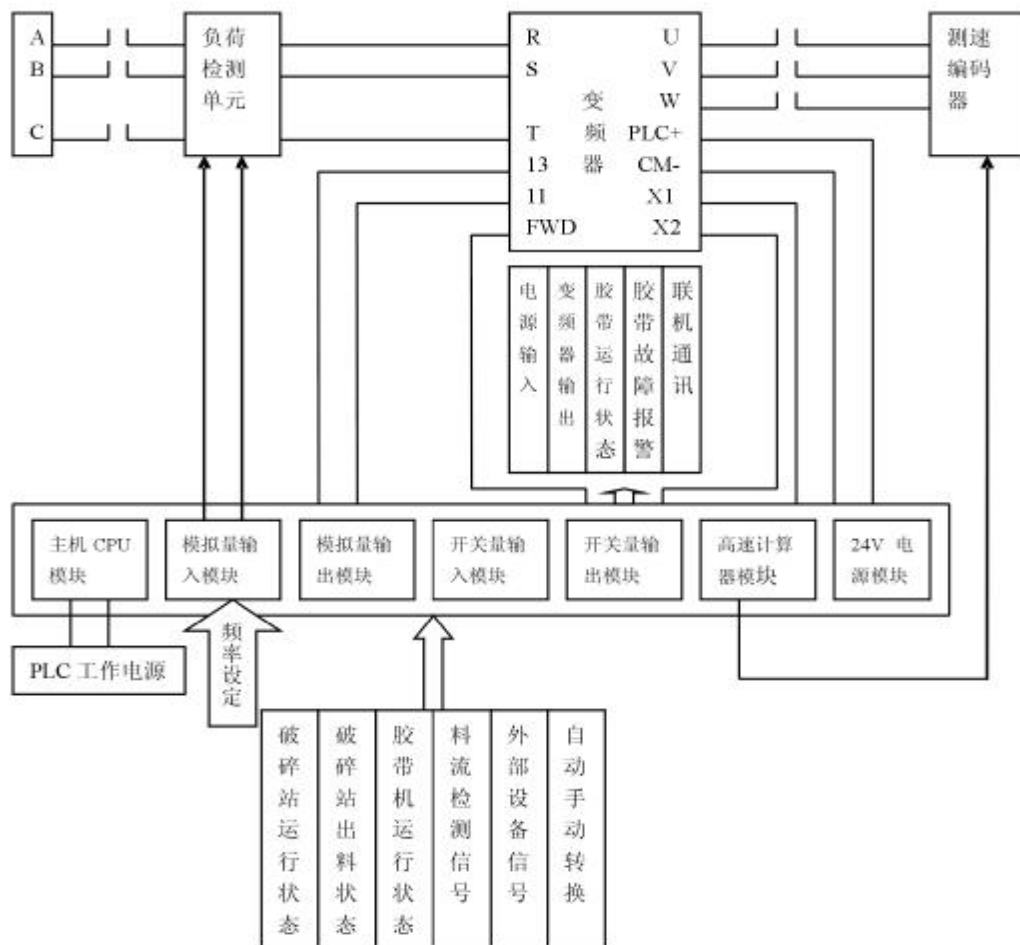


图 2 控制系统硬件原理图

部分、下位机 PLC 控制部分组成。下位机在线实时记录、监控,并显示数据;PLC 向上位机传递设备实时状态,接受并执行上位机的实时控制命令。可通过控制继电器、接触器等设备实现对现场设备控制。皮带机驱动往往是多台电机同时进行驱动,从节能的效果来看,对皮带运输机电机的变频来说,产生的节能效果并非仅仅是一台电动机的节能效果,而是并行工作的多台电动机系统^[4]的节能效果。如果 2 台电机并联运行,一台运行输出扭力不足,2 台运行时则需要进行扭力分配调节。

以公司带宽 1.6m,带速 4m/s,运输长度 3.6km 的胶带机为例:

皮带转速	物料流量	耗电量
4m/s	3000-3500t/h	1.2kWh/t
3.5m/s	2000-3000t/h	0.8kWh/t
3m/s	1000-2000t/h	0.6kWh/t
2.5m	1000t/h以下	0.55kWh/t

变频驱动在节能、节省成本方面有以下几方面的优点:

(1) 网侧功率因数提高。原电机直接由工频驱动时,满载时功率因数为 0.85 左右,实际运行功率因数远低于 0.8。采用变频调速系统后,电源侧的功率因数可提高到 0.9 以上,无需无功补偿装置就能大大地减少无功功率,满足电网要求,可进一步节约上游设备的运行费用。

(2) 设备运行与维护费用下降。采用变频调节后,由于通过调节电机转速实现节能,在负荷率较低时,电机转速也降低,主设备及相应辅助设备如轴承等磨损较前减轻,维护周期可加长,设备运行寿命延长,减少了机械磨损,维护工作量降低,检修费用下降。

(3) 电机使用寿命延长。用变频调速装置后,可

对电机实现软启动,启动时电流不超过电机额定电流的 1.2 倍,对电网无任何冲击,电机使用寿命延长。在整个运行范围内,电机可保证运行平稳,损耗减小,温升正常。

(4) 更完善地保护了电机。与原来旧系统相比较,变频器具有过流、短路、过压、欠压、缺相、过热等多项保护功能,更完善地保护了电机。

(5) 适应电网电压波动能力强。电压工作范围宽,电网电压在 -15%~+10%之间波动时,系统可正常运行。

目前实践证明将变频调速器用在带式输送机上,节能效果显著。

4 结束语

在带式输送机配套设备及自动化控制中采用变频器控制^[5],在实际生产中已有了大规模的应用。通过带式输送机 PLC 软件设计和控制程序设计,从而实现了变频启动和调速控制,有着广泛的应用和市场前景。

参考文献

- [1] 白文科.我国输送带行业技术现状及展望[J]辽宁化工,2004(3): 173-176.
- [2] 慕希林,曲非非.PLC 的发展[J]微计算机信息,2002(9):1-2
- [3] 高恒超,夏炎.波状档边带式输送机发展简介[J].起重运输机械,1998(6):3-6.
- [4] 宋伟刚,王丹,陈霖.波状档边带式输送机发展[J].煤矿机械,2004(2):1-4.
- [5] 杨书卿.输送带工业产品的现状及发展[J]河北化工,1999(1): 39-41.

作者简介:韩力(1982-),助理工程师,2006年毕业于内蒙古大学,现在神华北电胜利能源有限公司运销公司从事安全管理工作。

The application and study of the energy-saving of the technology of frequency conversion-based speed regulation in the belt conveyor

Han Li

(Shenhua North Power Shengli Energy Co.,Ltd,Xilinhot Inner Mongolia,026015,China)

Abstract: Through the frequency conversion-based speed of the electric motor and according to the quantity of material, to change belt rotating transportation speed, the cost of belt conveyor lowers and improves the belt conveyor in the energy conservation.

Key words: Belt conveyor; PLC; Frequency conversion-based speed; Frequency conversion-based speed system

(收稿日期: 2009-09-25 责任编辑: 贺焯真)