

碳化硅陶瓷在锅炉旋流燃烧器上的应用分析

李志刚, 王磊

(朝阳燕山湖发电有限公司, 辽宁 朝阳 122004)

摘要:大型电站锅炉燃烧器在使用过程中大都存在磨损的问题。燃烧器磨损引起锅炉配风变化, 导致燃烧调整困难, 造成一次风率升高, 使烟气 NO_x 浓度增加。通过分析燃烧器磨损的成因, 对比氧化铝陶瓷和碳化硅陶瓷在燃烧器上的使用情况, 发现采用碳化硅陶瓷作为防磨材料可解决耐磨衬脱落、燃烧器磨损的问题。

关键词:电站; 锅炉; 燃烧器; 磨损; 碳化硅陶瓷; 旋流燃烧器

中图分类号:TK 223.23 **文献标志码:**B **文章编号:**1674 - 1951(2017)04 - 0032 - 02

0 引言

大型电站锅炉煤粉燃烧器^[1]长期运行, 煤粉流通部位不可避免地会发生磨损。通常的解决办法是在燃烧器接触煤粉的部位镶嵌耐磨材料。传统的耐磨材料为氧化铝陶瓷, 而近年来碳化硅陶瓷以其良好的性能, 在电力工程中得到了越来越广泛的应用, 可以替代氧化铝陶瓷作为燃烧器的防磨材料。

1 氧化铝陶瓷在锅炉旋流燃烧器上的应用

1.1 氧化铝耐磨陶瓷使用情况

某发电公司 $2 \times 600 \text{ MW}$ 机组锅炉^[2]采用前后墙对冲燃烧方式, 前墙布置 4 层旋流煤粉燃烧器, 后墙 3 层, 每层 5 台, 共计 35 台燃烧器。燃烧器一次风管及入口弯头内壁、中心风管外壁均采用氧化铝陶瓷作为耐磨材料。

在机组正式投运 1 年后, 对 2 台锅炉燃烧器进行检查, 发现燃烧器普遍存在氧化铝陶瓷片碎裂、脱落的问题, 靠近喷口的部位几乎全部脱落。导致燃烧器中心风管及一次风管磨损, 中心风管的损坏尤为严重, 前部稳燃齿及加强管大部分脱落, 管壁磨损, 如图 1、图 2 所示。

1.2 氧化铝陶瓷及燃烧器损坏的原因

燃烧器中心风管及一次风管氧化铝陶瓷碎裂、脱落均发生在距喷口 1 m 左右的区域内, 分析其原因主要有 2 点: 一是, 因氧化铝陶瓷热振稳定性差, 靠近喷口区域的氧化铝陶瓷受高温火焰辐射以及燃烧器投停、机组启停的影响, 温度波动频繁, 温差变化大, 导致氧化铝陶瓷炸裂脱落; 二是, 燃烧器用氧



图 1 中心风管损坏情况



图 2 一次风管损坏情况

化铝陶瓷片结构设计不合理, 采用自拱陶瓷, 粘贴加部分点焊的方式固定在燃烧器上, 黏结剂受到高温辐射失效, 其中一片陶瓷脱落就会导致与其互相拱压的未点焊的陶瓷片随之脱落。

氧化铝陶瓷脱落后, 导致中心风管和一次风管表面不平整, 产生涡流磨损, 其磨损速度远大于正常磨损, 最终造成中心风管和一次风管在较短时间严重损坏。

1.3 燃烧器损坏产生的不良影响

燃烧器中心风管和一次风管损坏, 破坏了原燃

烧器中心风、一次风和二次风的配比,造成燃烧效率下降、喷口区域局部结焦,为了延缓燃烧器损坏的速度,运行中被迫增大备用层燃烧器的中心风和二次风量加强喷口的冷却,导致了烟气中 NO_x 含量的增加。

2 碳化硅陶瓷^[3]在锅炉旋流燃烧器上的应用

2.1 碳化硅陶瓷

碳化硅陶瓷^[4-5]与氧化铝陶瓷相比有以下优点:(1)耐高温,热振稳定性好(1100℃水冷大于25次制品不开裂),耐磨、抗氧化、耐腐蚀,而氧化铝陶瓷热振稳定性差,极易在热应力下碎裂;(2)碳化硅陶瓷可整体烧结成管节,衬套在中心风管上,安装牢固,不会脱落,而氧化铝陶瓷只能做成片状,采用点焊加粘贴的方式固定,容易脱落。

2.2 整体烧结碳化硅陶瓷管/钢复合结构在锅炉旋流燃烧器上的应用

针对燃烧器损坏的问题,2013年10月,在#2机组B修期间对锅炉A、D层燃烧器进行了尝试性的改造:将中心风管全部更换,新中心风管外表面套装碳化硅陶瓷管。

#2机组锅炉燃烧器改造后,至2014年3月机组C修,运行时间约4个月。检查发现,A、D层燃烧器新更换的中心风管最靠近喷口部位的一节碳化硅防磨层不同程度的存在贯穿性裂纹,如图3所示。



图3 碳化硅陶瓷管裂纹

在加工制造中心风管时,碳化硅陶瓷管整体套在金属芯管上,与金属芯管间预留的膨胀间隙过小,锅炉运行时,金属芯管的热膨胀量大于碳化硅陶瓷管预留的膨胀间隙,从而将碳化硅陶瓷管胀裂。

2.3 燕尾镶嵌碳化硅陶瓷弧形衬板/钢复合结构在锅炉旋流燃烧器上的应用

为解决燃烧器中心风管前部碳化硅陶瓷管开裂的问题,再次对中心风管碳化硅陶瓷的安装形式进行优化改进。靠近喷口的碳化硅管改为分体燕尾镶嵌碳化硅陶瓷弧形板,碳化硅陶瓷弧形板内弧预制燕尾槽,装配时在中心风管金属芯管外表面上焊接

燕尾型楔铁(燕尾压条),首先把燕尾型楔铁(燕尾压条)定位并焊接在中心风金属芯管上,涂抹有机胶,把燕尾镶嵌碳化硅陶瓷弧形板镶嵌于燕尾型楔铁(燕尾压条)上。碳化硅陶瓷弧形衬板采用机械固定形式与金属件复合在一起,运行中碳化硅陶瓷弧形板在圆周上为分体结构,可随中心风芯管一起膨胀,解决了整体碳化硅陶瓷管胀裂的问题。碳化硅陶瓷弧形板之间错口互压,错口互压的设计能避免煤粉沿着缝隙对陶瓷及金属工件的磨损。燕尾镶嵌碳化硅陶瓷弧形衬板/钢复合结构,在碳化硅陶瓷弧形板和中心风芯管间涂抹填充有机胶,以保证常温时的装配尺寸,当有机胶泥在高温下使用时会氧化挥发,使碳化硅陶瓷弧形衬板与中心风芯管间保留一定的膨胀间隙。设计过程中,用有限元软件模拟锅炉内温度场变化对工件不同材料胀缩的影响,使结构设计更加趋于合理、安全。燕尾压条、燕尾镶嵌碳化硅陶瓷弧形衬板如图4所示。

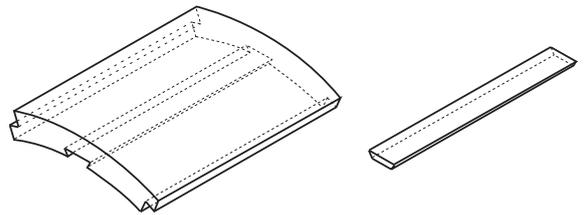


图4 燕尾压条及碳化硅陶瓷弧形衬板

2014年6月,对#1锅炉燃烧器的中心风管进行了优化改造。2016年6月检查发现,新的燃烧器中心风管整体情况较好,已使用2年时间的碳化硅陶瓷表面仅稍显粗糙,磨损最严重的部位不超过0.5mm,展现出了碳化硅陶瓷良好的耐磨性能。靠近喷口部位的中心风管耐磨碳化硅陶瓷弧形板全部完好,没有发现碳化硅陶瓷开裂及脱落的现象。

3 结论

碳化硅陶瓷与氧化铝陶瓷相比存在诸多优点,建议锅炉燃烧器的防磨材料优先选择碳化硅陶瓷。燕尾镶嵌碳化硅陶瓷弧形衬板/钢复合结构设计合理,性能安全、可靠,在锅炉旋流燃烧器上使用,可极大地延长设备使用寿命,保证生产设备安全、可靠,社会效益、经济效益显著,可以推广使用。

参考文献:

- [1]李芳芹.旋流式燃烧器对冲布置的锅炉炉内 NO_x 生成机理及控制的研究[D].上海:同济大学,2004.
- [2]冯俊凯,沈幼庭.锅炉原理及计算[M].2版.北京:科学出版社,1992.
- [3]吴人法.复合材料[M].天津:天津大(下转第35页)

套底板模块(BLP50)构成。MLP50 是可编程的逻辑保护模块,可以将设备的联锁控制和保护逻辑,通过图形组态软件编辑逻辑状态,然后下装到 MLP50 模块上执行,并直接完成 I/O 的处理。

ETS 改造后,信号采集处理过程如图 2 所示,MLP50 模块接收转速探头发来的模拟量信号,同时接收跳机保护发来的开关量信号,结合上层控制器的指令或状态信号,在模块上综合判断,进行逻辑处理后,输出开关量信号,启动功率继电器,从而驱动现场电磁阀动作。

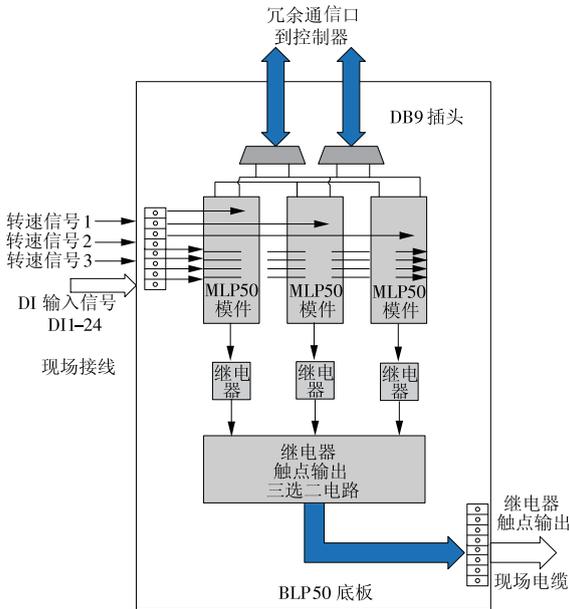


图2 ETS信号流程

1个TMR组件可以接受3个转速信号、42个开关量输入,并且可提供6路紧急跳闸输出(包括4个常开跳闸输出和2个常闭跳闸输出)。转速通道可切换为测试模式,用于自检。在测试模式下,转速输入将被切断,内部产生1个转速脉冲仿真信号,用于转速通道试验及自检功能。DI通道每隔100s做1次故障监测,当检测到故障时,输入故障模式保护将启动,卡件及DCS画面都会发出报警。每个MLP50模块的逻辑保护流程相互独立,其中任何1块故障都不会影响另外2个模块工作。

4 改造效果

同原 ETS 相比,新系统具有以下特点。

(上接第33页)学出版社,2000。

[4]陈正钧,杜玲仪.耐蚀非金属材料及应用[M].北京:化学工业出版社,1985。

[5]张光磊,邢鹏飞,高辉,等.脆性陶瓷材料的增韧方法及其应用现状[J].材料开发与应用,2008,23(2):77-82。

(本文责编:白银雷)

(1)新系统结构简单,设备冗余度高,可靠性强,降低了检修和维护工作的难度,提高了整个系统的可靠性^[2]。

(2)新系统操作简单,画面丰富,运行、检修人员可以方便地对整个 ETS 进行直观的状态监视分析,对系统状态和众多过程量设置声光报警^[3]。

(3)新系统与 DCS 之间为网关连接,ETS 中的数据可通过网络广播到整个 DCS,既实现了网络层与 DCS 控制系统一体化需求,又保证了 ETS 的独立性^[4]。

(4)新系统对控制逻辑的优化、修改工作集中在工作站,提高了控制逻辑的可视化及可读性,检修工作量减少的同时,大大降低了工作的难度。

5 结束语

漯河电厂 2 个机组 ETS 改造完成后,实现了 ETS 与 DCS 的无缝融合,功能更加强大,可靠性大幅度提升。自系统投入运行至今,ETS 没有出现任何故障及不安全情况,极大地提高了漯河电厂的工作效率和质量。

参考文献:

[1]刘景仁.浅谈 ETS 即汽轮机危急跳闸系统[J].中国科技博览,2010(17):35-35。

[2]庄续奎.广州珠江电厂 3 号机组 ETS 系统的 DCS 一体化改造[J].热力发电,2003,32(10):70-72。

[3]朱苏南. Tricon 系统在镇江电厂 600 MW 超临界机组 DCS 中的应用[C]//中国电力企业联合会.全国发电厂 dcs 与 sis 技术研讨会暨热工自动化专业会议论文集,2006。

[4]胡阳军,谭杰.DCS 一体化控制在大型火电厂的应用[J].自动化博览,2011(10):104-107。

(本文责编:刘炳锋)

作者简介:

王浩(1987—),男,河北保定人,助理工程师,从事热电厂热控技术管理方面的工作(E-mail:408247806@qq.com)。

吴昊(1987—),男,吉林四平人,助理工程师,从事热电厂热控维护管理方面的工作(E-mail:85004461@qq.com)。

作者简介:

李志刚(1980—),男,辽宁喀左人,工程师,从事火电厂锅炉设备安装、检修、改造等方面的工作(E-mail:zglee1980@126.com)。

王磊(1980—),男,辽宁喀左人,工程师,从事火电厂锅炉安全管理方面的工作(E-mail:shitou666666@163.com)。