

锅炉全炉膛火焰数字图象处理与监测系统开发与研究

(东南大学动力系) 邹煜 吕震中 王式民

[摘要] 针对现有 FSSS 主要以开关量逻辑判别为主,不能在我国火力发电厂锅炉安全保护系统中达到设计目标的问题,提出了将模拟量引入 FSSS 的方案。并在此基础上开发了能以模拟量方式描述炉内火焰燃料状况的基于数字图象处理的新一代火焰检测系统。本文对系统方案设计、系统构成和系统工业试验进行了详尽的分析。

关键词 炉膛保护 火焰检测 图象处理 数字处理 压缩中图分类号 TP751.1 TK223.21

1 引言

电站锅炉燃烧管理是整个电站安全、经济运行的关键所在。目前我国电力工业水平同发达国家相比还有很大差距,其中很重要的一个方面就是我国的锅炉燃烧管理水平比较落后。我国大部分机组是燃煤的,并且煤质差,煤种和煤的特性经常变动,参数整定困难,另外设备质量也存在不少问题。尽管近年从国外成套引进了不少国际上最先进的燃烧管理系统,但由于上述原因这些系统在运行中大都达不到原有的设计目标。因此针对我国的具体问题,有必要将模拟量信息引入 FSSS 系统,作为原有开关量逻辑判别的有益补充,以提高 FSSS 系统工作的可靠性和有效性。由于火焰检测是 FSSS 系统的核心器件应首当其冲受到重视,因此我们考虑开发以模拟量方式描述炉内燃烧工况的新一代火检系统。

本世纪 80 年代,随着计算机软硬件技术的迅速发展,特别是近年来在多媒体技术日益推广应用的背景下,图象处理技术开始用于锅炉炉膛火焰处理这一领域。但它们多着眼于燃烧产物的估计、燃烧效率的计算、燃烧状况的分析和炉内温度场的确定,很少涉及炉膛安全保护这一课题。与此相反,我们考虑将计算机数字图象处理系统与炉膛安全保护相结合,利用数字图象处理技术设计基于火焰图象的火

检系统

2 系统总体方案设计

2.1 关于全炉膛与单火枪火检的考虑

火检按监测对象不同通常有全炉膛与单火枪火检之分。对 200 MW 以下的机组一般只需检测全炉膛火焰。300 MW 及以上机组因单只燃烧器容量很大,不仅需要检测全炉膛火焰而且还要检测单只燃烧器火焰。

利用计算机系统对单燃烧器的数字图象处理在实现上有一定的困难:①单计算机系统难于胜任多燃烧器火焰图象的实时数字处理,必须借助计算机网络。不仅系统结构复杂而且在技术上也有一定的难度;②由多只燃烧器火焰检测结果得出炉内整体燃烧工况的评价需要一种切实可行的方案。尽管国内已经开始尝试在这一领域使用专家系统,但真正形成工程化产品还有一段很长的路要走。鉴于上面的原因我们确定系统首先从全炉膛起步。

2.2 关于火焰特征参数的考虑

火焰图象提供了大量的关于炉内运行工况的原始信息。利用计算机进行数字处理可以方便地提取火焰平均灰度、最高灰度、燃烧中心和燃烧区域面积等参数,从而能对炉内燃烧的整体水平、火焰中心位置和火焰充满程度等进行描述。更为重要的是,借助普郎克福射定律可以从火焰数字图象中重建二维、三维温度场,为定量的分析炉内燃烧工况提供坚实的基础。

国外已将图象处理技术用于炉内温度场的计算和燃烧过程中 NO_x 、 CO_x 含量的确定,以满足日益严格的环境要求。国内由于火焰图象处理技术才起步

收稿日期 1997-04-29 收修改稿 1998-04-16

本文联系人 邹煜 男 1974年生 博士研究生 210096 南京东南大学动力工程系

©1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

不久,理论和实际应用均处在探索阶段;并且燃烧操作仍然是困扰运行人员的主要问题。因此第一阶段我们先处理火焰平均灰度、最高灰度这两个与燃烧调整和安全保护密切相关的参数。

通过定性分析,我们发现灰度值与机组负荷间存在确定的对应关系。因为机组负荷实际由炉内燃烧强度决定,所以由灰度参数可直接得出对全炉膛燃烧状况的整体评价,并以此为基础进行燃烧操作指导:当灰度参数处于较高水平时则说明炉内燃烧良好;而当灰度参数处于较低水平或灰度参数急剧大幅度下降时,炉内燃烧恶化,可以发出预警信号提醒运行人员采取措施稳燃;进一步,当该灰度参数低于一预定值时,可以判断炉内熄火,直接往 FSSS 发送灭火证实信号。

3 系统构成

整套系统由光学子系统、CCD 摄像机、图象采集卡、软件系统和辅助子系统几部分组成。

3.1 光学子系统及 CCD 摄像机

整个系统的工作以炉膛火焰图象的获取为基础,该任务是由光学子系统和 CCD 摄像机共同来完成的。光学子系统实质为一内窥式光学潜望镜,其核心部件为石英玻璃透镜光学传像装置。它利用小孔成像的原理获取火焰图象并经棱镜转向直接投射在 CCD 摄像机靶面上。

为克服外窥光学系统安装于炉外,通过炉膛观察孔观察,其视场角大小受到观察孔尺寸及观察孔与光学系统距离的限制只能获取狭小范围内的信息的局限,光学系统定位于炉内,以全方位获取炉内火焰信息。

3.2 图象采集卡

由摄像机出来的是全电视模拟图象信号,显然不能直接送入计算机内进行处理,图象采集卡在其中起到了类似于桥梁的沟通作用,在计算机硬件迅速发展的今天,市场上有众多的视频卡、图象卡可供选购。因它们主要面对的是多媒体领域,虽然功能强大、支撑软件丰富,但都缺乏对二次开发的低层支持。针对火焰图象处理的应用场合,我们自行开发应用单通道黑白图象采集卡为本系统的模数转换器件。

3.3 软件系统

系统软件除完成火焰图象特征参数的提取外,还完成一些实用功能,其中包括黑白图象的伪彩色显示、图象数据的压缩及解压缩回放、图象通信、事故追忆等。伪彩色显示部分通过对 VGA 卡颜色寄存器的操作,实现了黑白图象的伪彩色显示;图象压缩、解压缩以 JPEG 国际标准为基础,在 486/66 计算机上速率达 幅/秒,压缩比为 8:1;图象通信则在 RS-232 串行口上实现了系统与 DAS(数据采集系统)的双向通信,在实现上针对 RS-232 传输速度较低的问题提出了具体的改进方案,在保证通信可靠性的基础上使其传输速度提高了 5 倍,达 1.152 Mb/s;事故追忆部分则利用 1 M 外高地址线性内存空间能保存事故前 12 幅左右图象,为分析事故原因提供了直接依据。另外软件还实现了诸多参数曲线打印、伪彩色配色等辅助功能,它们使系统进一步实用。

3.4 辅助系统

由于光学系统位于炉内,为保证其在高温且有大量污染物的恶劣环境下长期可靠运行,必须处理好系统的冷却和清洁、吹扫。

3.4.1 冷却系统

光学系统的冷却采用内外套管直接风冷方式,冷却风为热工控制用气,由风管进入内外夹套直接冷却管内的光学器件。

CCD 摄像机采用气体涡流制冷管冷却。气体涡流管致冷是利用 Rangle-Hilsch 效应达到降温致冷的一种冷却方式,它具有无制冷工质、无运动部件、无需直流电源、不需要换热器、体积小等优点。从 CCD 的冷却要求和现场条件来看,气体涡流管致冷是最理想的冷却方式。冷却系统的工作以气源不间断为前提,以防止系统在断气条件下被烧坏。

3.4.2 吹扫系统

冷却风经物镜前端的外管出口吹入炉膛,同时吹扫保护玻璃以保持其清洁。另外,吹扫风经吹扫风管引导在物镜下方形成一层气幕从而有效地防止了烟尘撞击物镜或粘于物镜上,保证了光学系统成像的质量。为保证系统的长期可靠运行,清洁、吹扫风压力要求大于 0.3 MPa,鉴于现场的实现情况,使用热工控制用气,并经油水分离过渡脱油脱水。

4 系统工业试验

为检验图象采集卡及锅炉炉膛火焰数字图象处理与监测软件各模块的功能,并试验它们在现场的使用效果,我们在新海电厂、戚墅堰电厂、谏壁电厂的大力支持的帮助下,先后进行了四次现场试验。这里以戚墅堰电厂的试验进行介绍,在此次试验期间该厂# 1 炉于 1996 年 9 月 25 日按计划正常停炉,并于 10 月 2 日启动。本次试验同时包括这两个过程

4. 1 光学系统安装位置

光学系统定位于 11 号炉甲侧 28 米标高处,位于顶层燃烧器上 3 米左右,安装处原为一吹灰器孔

4. 2 升炉和停炉数据曲线

我们根据升炉和停炉过程的火焰图象灰度值得到了图 1 和图 2 两条曲线,它们反映的均是炉内亮度随时间的变化关系,其中数据为两分钟一点

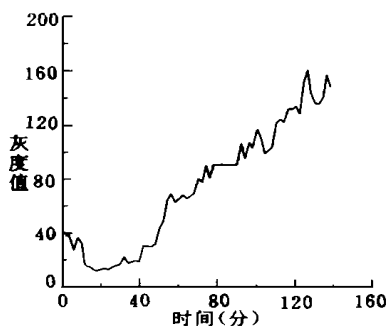


图 1 升炉灰度曲线

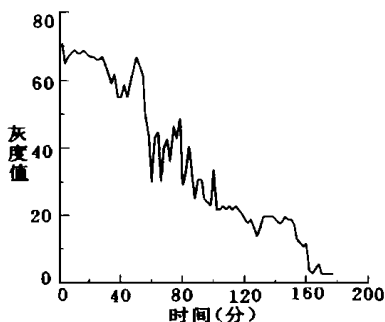


图 2 停炉灰度曲线

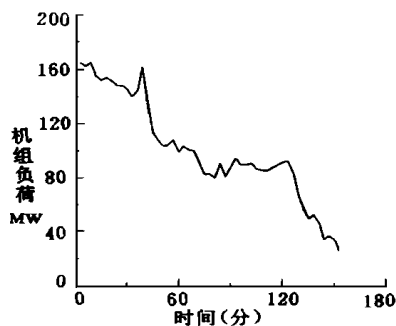


图 3 停炉负荷曲线

4. 3 停炉负荷曲线

图 3 中我们给出了停炉时的机组负荷曲线,对比与之相对应的灰度曲线可以看出灰度曲线较好地跟踪了负荷变化,两条曲线整体趋势完全一致。这证明了全炉膛火焰检测思路的正确性,火焰灰度变化能较好地反应机组负荷的变化。尽管因炉内灰度惯性相对负荷惯性要小一些,波动相对要大一些,但在实际应用中只要设定正确的判定条件,系统定能准确地确定炉内熄火的发生。

4. 4 油枪点火时的典型图象

图 4 中给出了用油枪点火时的典型图象,因为光学系统安装有偏差,图象略有偏斜,所以我们只给出了四只油枪中的两只。图 4 是只有小油枪时的情形,图 5 中则是大、小油枪同时投入的图象

5 结论

(1) 内窥式

石英玻璃移像式直接耦合摄像系统及冷却、吹扫系统具有特色,已满足全炉膛火焰检测在高温条件下长期、可靠工作的要求。

(2) 系统采

用自行开发的伪彩色图象采集卡,并开发了相应的应用软件系统,用于全炉膛火焰图象监视,用计算机可对燃烧特征参数进行实时



图 5 大、小油枪点火时的典型图象

数字处理,并存储相应曲线,可对燃烧火焰图象进行长达数十分钟的压缩存储并在需要时回放处理,压缩比可达 8:1;

(3) 系统以火焰图象灰度为特征参数,由于该参数与机组负荷有较大的对应关系,在长期试验整定得出可靠的限值后定能参与 FSSS 保护,提高 FSSS 进行炉膛安全保护的可靠性和有效性

(4) 能在燃烧工况恶化或全炉膛灭火时进行报警,并以每秒 3~5 幅的速度自动对事故或故障前后几分钟的图象进行压缩存储,并可回放处理。这为分析事故、指导操作提供了直接的依据

参考文献

- 1 张嘉澍. 火焰监视技术的进展. 东北电力技术, 1987 副刊, 第 2 期
- 2 A combustion diagnosis method for pulverized coal boilers using flame-image recognition technology, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. EC- 1 No. 2, Jun. 1986

面向对象的燃气轮机仿真建模 = **Target-oriented Gas Turbine Simulation and Model Establishment** [刊, 中] / Xie Zhiwu, Chen Delai, Weng Shilie (Shanghai Jiaotong University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1998, 13(4). - 243~ 246

To give full play to the pivotal role of simulation technology in the whole-life cycle of a gas turbine, it is essential to employ a target-oriented method in the course of turbine simulation and model establishment. Following a review and summing-up of the experiences and lessons in the process mode and process mode modularized gas turbine simulation practice, this paper expounds the necessity of using the target-oriented method in this area and comments on the recent progress in the study of target-oriented gas turbine model establishment with three promising development tendencies being pinpointed. Key words: gas turbine, simulation, model establishment, target-oriented method

燃用褐煤气化燃料的燃气轮机电站 = (Vresova Czech Republic) = **Brown Coal Gasified Fuel-fired Gas Turbine Power Station (Vresova Czech Republic)** [刊, 中] / M. Moliere, P. Carros, E. Deramond (European Gas Turbines S A, GEC Alsthom) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1998, 13(4). - 247~ 253

A comprehensive description is given of the present condition of two model 9E gas turbines installed in an existing brown coal gasification plant in Vresova of Czech Republic with emphasis on such aspects as optimized utilization of energy sources, fuel adaptability, environmental protection and favorable social impact, etc. Key words: integrated coal gas-based combined cycle, gas turbine, combined cycle, gasification of coal

燃煤气的闭式 STIG 循环的热力学分析 = **Thermodynamic Analysis of Coal Gas-fired Closed STIG Cycle** [刊, 中] / Chen Anbin, Wang Yongqing, Shang Demin, Yan Jialu (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1998, 13(4). - 254~ 256, 266

With coal gasification technology being used for a closed cycle steam injected gas turbine a thermodynamic analysis is performed of a coal gasification product-fired closed STIG cycle, which is compared with a coal gas-fired open STIG cycle. In addition, analyzed are also water recovery influencing factors. Key words: coal gasification, water recovery, STIG cycle

注蒸汽燃气轮机最佳注汽量的研究 = **A Study of Optimum Steam Injection Rate for a Steam Injected Gas Turbine** [刊, 中] / Hu Zongjun, Wu Minglan (Shanghai Jiaotong University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1998, 13(4). - 257~ 260

First, a thermodynamic analysis from the viewpoint of components heat balance is conducted of a steam injected gas turbine (STIG) with a corresponding thermodynamic process calculation model being set up. Within a wide range of pressure ratio $\pi = 8 \sim 48$ and turbine inlet temperature $TIT = 900 \sim 1300^\circ\text{C}$ a performance simulation has been carried out for the STIG. An in-depth and comprehensive study is conducted of the correlation of an optimum steam injection rate and gas turbine performance. Key words: gas turbine, steam injection, optimum steam injection rate, STIG technology

锅炉全炉膛火焰数字图象处理与监测系统开发与研究 = **Development and Study of a Boiler Furnace Flame Digital Image Processing and Monitoring System** [刊, 中] / Zou Yu, Lu Zhenzhong, Wang Shimin (South-eastern University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1998, 13(4). - 261~ 263

In view of the inability to attain a design target in home-made thermal power plant boiler safety protection system with the current furnace safety safeguard system (FSSS) mainly based on the logic discrimination of contact signal magnitudes the authors have come up with a scheme featuring the introduction of an analog quantity into the FSSS. On this basis developed is a new generation of flame detection system based on digital image processing, which is capable of describing furnace flame combustion situation through an analog quantity mode. A detailed analysis has been given of the system scheme design, system configuration and industrial testing. Key words: boiler, furnace, protection, flame detection, image processing, digital treatment, compression