锅炉检验中热成像测量技术的应用实践探究

谢盼
（上海市青浦区特种设备监督检验所　上海　201700）

摘要：锅炉是工业运行中的重要动力设备，在实际应用中，锅炉能够在高温环境下自主转换和加工化石燃料。目前，如何提高能源利用率成为相关人员需要思考和解决的问题。文章以保障锅炉的稳定运行为研究切入点，提出热成像测量技术的应用主张，就热成像测量技术在锅炉检验中的具体应用问题进行探究。

关键词：锅炉检验；热成像测量技术；应用

1　锅炉运行检验的意义分析

锅炉是工业领域常见的一种压力承载设备，水、热量是锅炉承压的重要介质形式，火焰、电加热是锅炉的主要加热形式。在锅炉运行期间可以通过一定的加热处理技术来将其内部所存储的化学燃料通过化学形式转变为热能，而后予以释放。在这期间，还可以借助较高温度的液态水、水蒸气将锅炉的热能进一步传递。

在现代工业的生产加工中，锅炉设备得到了广泛的应用，但是在具体实施操作的时候，受工作环境复杂、锅炉遭受压力大、运行温度不理想等因素的干扰，锅炉在实际运行中很容易出现安全隐患。为了能够保证锅炉的安全运行，需要相关人员采取科学的方法来实施锅炉运行检测，旨在能够通过必要的锅炉运行检测来为锅炉的稳定运行提供重要支持，保证锅炉使用者的人身安全。

2　热成像测量技术的原理和特点

2.1　热成像原理

从锅炉运行发展实际情况来看，受高温高压因素的影响，锅炉系统很容易出现系统故障，具体表现在锅炉的燃烧和换热直接关系到锅炉的受损情况。因此，在使用锅炉的时候，为了能够减少锅炉的受损情况，需要相关人员根据锅炉的实际运行情况来调节其系统性能。

结合相关实践证明，热成像测量仪技术会将测量获得的数据信息直接通过专业化的软件来转变为一个新的图像，这个图像会为相关人员的工作提供重要参考，由此为工作人员的工作提供重要的支持。

热成像的基本原理是指在物体发射出来的能量会和其产生温度的 4 次方形成一种正比的关系。假设确定了物体的固有发射率，在热成像测量设备的支持下会探测出物体的辐射能量，在了解物体辐射的能量之后可以通过后续的计算来获得物体表面的温度。通过使用热成像测量技术不仅能够实现温度的实时测量，而且还能够更为精准地完成在线测量，通过一系列的测量提高设备检测的实时性、安全性和可靠性。

红外热成像传感器是红外热成像技术实施应用的关键部件，其工作波长范围在 0.8 ～ 2.0 μm 之间，十分适合用来测量 1000 ～ 1600℃的高温对象，且在具体测量分析的时候能够抵抗较强的磁场，稳定性良好。在具体测量分析中，图像监视器被用来实时性地显示锅炉内部的温度分布变化，即能够精准地呈现出图像上最高温度、最低温度、平均温度。在此期间，为了能够弥补因为远距离传输对图像信号衰减变化的干扰，整个系统户设置图像信号放大器，配合使用计算机系统来处理整个系统的温度图像数据，控制系统运作。图像处理在这个阶段所展现出来的功能是图像数据的处理分析，根据系统运行需要来选择适合的热图像信号源，实现对图像信息的精准处理。

2.2　热成像的特点

热成像测量技术具有非接触测量、不容易受电磁干扰、响应速度较快的特点。另外，在实际操作中，热成像测量仪的测量范围十分广泛，测量灵敏度和精准度比较高，将其应用到锅炉检验工作中能够在第一时间找到锅炉故障路段，之后利用计算机以及关联的专业软件将测试结果通过视频或者图像的形式呈现在工作人员的面前。应用先进的软件和技术形式会将最新测量的图像和之前所获得图像进行综合对比。经过对比发现变化明显的部位之后，及时采取措施对其进行检修。在热成像测量检验操作的时候，为了能够弥补远距离传输可能导师的图像信号的衰减问题，相关人员可以在红外测温系统中引入图像信号放大器，在这个图像信号放大器的作用下来提升信号远距离传输的精准度。同时，在红外测温系统运行中，还需要相关人员按照锅炉温度检测的实际要求来将测试仪器的探测装置放置在锅炉的各个炉膛位置上，实现装置内部零部件和锅炉零部件的精准对接。在监督控制之后操作人员还需要

48-71 机械工业应用 22年2月中 第5期.indd 51　2022/5/30 21:10:20

在第一时间将系统测试数据信息予以反馈和报警处理，将模拟信号转变为数字图像信号，应用计算机来对图像展开实时滤波、温度计算分析，计算分析之后将信息显示在监视器上，输出最高温度、最低温度和平均温度。通过实际的温度测量结果和设定好的温度来及时给出温度异常状态下的报警信号。

3 锅炉检验的主要内容分析

3.1 外部检验

锅炉运行过程中常见的检验内容包括：(1) 入孔、手孔、检查孔是否出现漏气和漏水的问题；(2) 汽、水阀门以及管道的通行情况，锅炉辅助设备的运行情况。锅炉墙体外部、钢架以及炉膛内部的燃烧情况；(3) 锅炉的安全附件是否准备齐全、锅炉运行的灵敏性是否存在问题；(4) 相关人员是否严格按照规范的标准检验锅炉的操作流程，是否按照交接班的要求来执行锅炉的检验；(5) 和锅炉运行相关水处理设备的运行情况。

3.2 内外检验

锅炉运行期间的内外检验主要是指定期的锅炉停炉检验。为了能够保障这项工作实施的精准性，需要在锅炉停止运行之后再进行停炉检验。从实际操作上来看，锅炉停炉的内外检验包含以下几个方面的内容：(1) 对锅炉过往运行缺陷部位的检验；(2) 锅炉受压器件表面、外面，特别是开孔、焊接缝隙、扳边位置上裂纹、裂口、腐蚀的检验；(3) 锅炉管道壁是否出现磨损和腐蚀的检验；(4) 锅炉拉撑以及关联元件是否出现裂纹、腐蚀、断裂问题的检验；(5) 锅炉膨胀口是否严密、锅炉端膨胀位置是否出现裂纹问题的检验；(6) 锅炉砖衬接触部位是否出现腐蚀现象的检验。

3.3 水压检验

水压检验是对锅炉运行期间压密性、受压零部件强度的检验。当前，国家对锅炉水压检验工作的开展出台了相应的检测标准。在具体执行检测操作的时候，要重点对锅炉的使用环境、锅炉质量合格率、锅炉检测阶段的压力数值进行综合评估。一般情况下，锅炉水压的检测周期是每 6 年一次，在这期间如果锅炉检验不到位，则需要对其每 3 年检测一次，通过必要的检测来保证锅炉的质量和安全。

4 锅炉检验中热成像测量技术的应用现状

结合电厂的运行特点，锅炉炉膛出口区域范围内常用的测温方式是烟温探针。在烟温探针的作用下可以实现对锅炉点火状态下的烟气温度数值进行动态化监测分析，由此能够更好地预防锅炉加热器超温现象的发生。但是随着运行经验的不断积累，工作人员发现常规意义上烟温探针在温度检测工作中会出现结构性缺乏的问题，也就是说在高温度环境干扰下，烟温探针很容易变形，而受烟温探针变形的影响，相关的行走机构将无法执行动作，最终会使得烟温探针的应用流于形式，出口温度的监测质量无法得到保障。

在对锅炉运行规律积极总结和深入分析后发现，在不同温度环境下，锅炉炉膛所呈现出的燃烧状态是不同的。在这个阶段，和锅炉直接接触的炉膛以及热电偶装置很难在高温、粉尘环境下完成工作，在这个期间更是无法对锅炉出口烟气温度进行有效地监督控制，最终会出现锅炉管壁超温、水冷壁磨损、炉膛出口位置结焦等安全事故。

文章所研究的红外线温度计利用一种新型温度计来对锅炉的温度实施动态化监督控制，并在非接触模式下对锅炉的运作实施全方位温度测量。在实施具体的测量操作的时候，红外线温度仪不会和粉尘以及高温介质出现接触，测量温度计的本身结构简单，在具体实施操作的时候节省了传统推进装置的使用，会有效提升温度检测的有效性。

锅炉烟气温度环境检测中所使用的红外线温度计最早出现在 20 世纪 90 年代，后来伴随温度计技术的深入发展，其被人们应用在电厂、热电厂等领域，提升了各个领域数据信息测量的精准性。

5 热成像测温系统结构的具体设计

5.1 硬件设计

热成像测温系统的硬件结构能够对锅炉运行现场所设定的每个测温路径实施精准地测量，并在测量之后完成数据信息的收集整理。热成像测温系统的构成模块包含同轴电缆、PC 主机、显示器、数据采集装置、红外测温装置。

从锅炉实际运行环境来看，锅炉炉膛出口位置上容易出现比较多的粉尘，且这些温度会随着锅炉温度的提升而不断蔓延和扩散。为了能够防范外界环境变化对传感器镜头以及红外测温的干扰，需要在木模块中额外增加设置冷却、吹灰装置，通过以上装置的设定来实现对红外传感器的冷却吹扫处理，最终有效提升现场测量的精准度。在整个系统运作的时候，气源压力会按照 0.3 ～ 0.7MPa 的基本标准进行设定，空气压缩机在经过空气过滤器处理之后，冷却之后的空气源会被输送到冷却装置中。为了能够提升测试的精准性，在具体实施操作的时候还需要相关人员做好多条测温路径的扫描和检测，根据检测结果额外设定步进电机、连杆装置、钢支座、轴承扫描装置，在这些装置的密切配合下来为红外测温装置的多路径扫描提供足够的支持。

5.2 软件设计

热成像测温系统结构软件的主要功能表现在：依托 LabVIEW 技术和 Matlab 技术来完成混合变成操作，最

48-71 机械工业应用 22年2月中 第5期.indd 52 2022/5/30 21:10:20

终完成对数据的精准计算、全面分析、合理控制。为了能够达到以上控制目标，热成像测温系统结构所涉及的操作模块包含参数设置模块、数据采集模块、控制面板模块、温度显示模块，与之相关的热成像测温系统结构图如图所示。

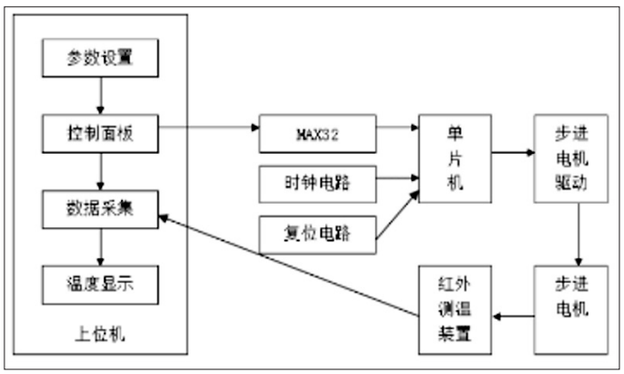

图　热成像测温系统软件结构图

6　锅炉检验中热成像测量技术的应用方向

6.1　热成像测量技术在锅炉本体以及管道温度检测中的应用

锅炉炉墙较高的情况不利于锅炉设备内部热量的发散，在热量发散不及时的情况下会因为锅炉内部受热不均匀而出现锅炉内部零部件受损的问题，最终会影响锅炉的使用效率，严重的情况下还会诱发锅炉运行安全事故，降低锅炉使用的安全系数。而将热成像测量技术应用到锅炉检验中能帮助工作人员在较短的时间内了解较广范围内的锅炉部件的温度分布情况，之后这些信息通过成像仪显示，此时所显示的信息包含锅炉能够承受的最高温度、最低温度、超高面积等，在掌握这些信息之后，锅炉检验人员和锅炉使用单位及时把握锅炉墙的保温情况，确保锅炉设备的安全使用，减少漏检现象的出现。

多数的锅炉设备会被放置在室内，受室内环境限制和各个生产环节限制的影响，这个期间，蒸汽以及热水管道需要被安排在更高的位置上或者室外区域，由此会加大整个锅炉运行检测的难度，也会影响锅炉检测的精准性。在锅炉长时间使用之后，锅炉管道外部的保温层很容易出现破损，在此期间，受管道阀门密封不严实的影响也会使得大量的能源流失，最终导致资源浪费。在锅炉管道内部物质和周围环境存在差异的时候，借助热成像测量技术能够更为全面地了解锅炉内部的泄漏程度。一般情况下，锅炉管道的内部都会具备一定的保温功能，在锅炉体内壁防火层、管道外壁隔热层出现剥落情况的时候就会对锅炉的绝热效果产生一定的影响，在这个期间会使得大量的热量外漏，最终不仅会加大锅炉的运行成本，而且还会降低能源的使用率，也十分不利于锅炉的安全运行。在热成像测量技术的支持下能够在远红外成像技术的支持下来快速定位发生泄漏的阀门所在的区域，并及时更换锅炉，全面提升锅炉的检测水平，节省因为盲目检测所带来的成本浪费。

6.2　热成像测量技术在控制柜安全状况检验中的应用

锅炉控制柜中的电气元件如果使用时间比较长，设备的零部件就会出现损坏，这些出现损坏的设备在没有及时得到检验和整修的情况下仍然使用，就会诱发严重的锅炉运行安全故障，具体体现在部件、连接点的异常发热。这个时期，通过使用热成像测量技术能够及时发现这类故障，比如设备零部件的接触不良、螺栓和垫圈没有压紧、螺栓和垫圈因为压实过紧所诱发的截面积和发热问题。在设备运行的过程中一旦出现了腐蚀氧化的问题，就会加大设备的电阻数值，在设备运行的时候会使其因为负荷电流不稳定、超标、三相不平衡而出现中间相发热。

7　结语

综上所述，热成像测量技术在锅炉检验工作中具有十分重要的作用和意义。从实际操作上来看，虽然热成像测量技术能够在无接触的情况下直接检验锅炉设备运行中可能出现的一系列故障，并且可以检验锅炉本体、锅炉管道温度变化以及锅炉安全柜的运行情况。将热成像检测技术应用到锅炉检验工作中能够有效提升锅炉故障的检测率，在出现锅炉运行故障的时候帮助维修人员尽快找到故障点源头，及时采取对应的解决措施，减少不必要事故的发生，提高锅炉运行检验成效，为锅炉的安全、稳定运行提供重要的支持。

参考文献：

[1] 吴忠强，张玉路．无损检测技术在锅炉压力容器检验中的应用分析 [J]. 技术与市场，2021,28(05):132-133.
[2] 汤巍，曹峰．锅炉检验过程常见缺陷及处理对策分析 [J]. 装备维修技术，2019(03):119
[3] 罗立霄．浅谈红外热成像设备在工业锅炉定量检测中的应用 [J]. 中国设备工程，2019(14):89-90.
[4] 李鹏泽，王森．锅炉压力容器检验中无损检验技术应用分析 [J]. 节能，2019,38(06):149-150.
[5] 刘红征．锅炉节能检测中红外热成像技术的应用研究 [J]. 中国设备工程，2019(11):124-125.
[6] 姜冶．锅炉检验常用检验技术的若干研究论述 [J]. 化工管理，2019(11):123.
[7] 惠志全，罗健刚，杨俊强．红外热成像技术在特种承压设备检验中的应用 [J]. 中国特种设备安全，2017,33(12):40-42.

48-71 机械工业应用 22年2月中 第5期.indd 53　2022/5/30 21:10:21