



中华人民共和国国家标准

GB/T 28706—2012

无损检测 机械及电气设备红外热成像 检测方法

Non-destructive testing—Test method for mechanical and electrical equipment
with infrared thermography

2012-09-03 发布

2013-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准参考 ASTM E1934-99a(2005)《电气和机械设备红外热成像检测方法》(英文版)。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本标准起草单位:中国特种设备检测研究院、中国科学院金属研究所、上海泰司检测科技有限公司、天津石化装备研究院、华中科技大学、河北大学、河北省锅炉压力容器监督检验院、上海材料研究所。

本标准主要起草人:沈功田、黄毅、李涛、武新军、姚泽华、俞跃、吴彦、叶超、耿会坡、孙全胜、吴占稳、景为科、闫河、高广兴、吴志明、金宇飞。

无损检测 机械及电气设备红外热成像 检测方法

1 范围

本标准规定了运行过程中的机械设备和电气设备表面温度分布的红外热成像检测方法,其目的在于发现被检机械设备或电气设备的温度异常。

本标准未建立评价判据,具体的判据由检测方和用户双方协商确定。

本标准没有完全给出进行检测时的安全要求,使用本标准的各方有义务在检测前建立适当的安全和健康准则。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证(ISO 9712:2005, IDT)

GB/T 12604.9 无损检测 术语 红外检测

GB/T 19870 工业检测型红外热像仪

3 术语和定义

GB/T 12604.9 界定的术语和定义适用于本文件。

4 方法概要

4.1 检测原理

红外热成像检测方法的基本原理见图1。高于绝对零度的物体都会产生热辐射,其辐射强度与物体材料种类、形貌、温度等特征有关。红外热成像检测就是利用物体的辐射特性来测量物体表面的温度场。其基本方法是通过测量物体热量的传递,如机械部件中的润滑不充分、电气设备中的接触不良等都引起物体温度异常变化;采用红外探测器测量出其变化,并通过图像处理技术将其转换为可见光的图像,在显示器上以灰度或伪彩色的形式显示物体各点的温度及温度差;通过对该图像的分析处理,获取被测物体的状态信息。

与可见光的成像不同,红外热成像是利用目标与周围环境之间由于温度与发射率的差异所产生的热对比度不同,而把红外辐射能量密度分布图显示出来,成为“热图像”,从而把人们的视觉范围从可见光扩展到红外波段。

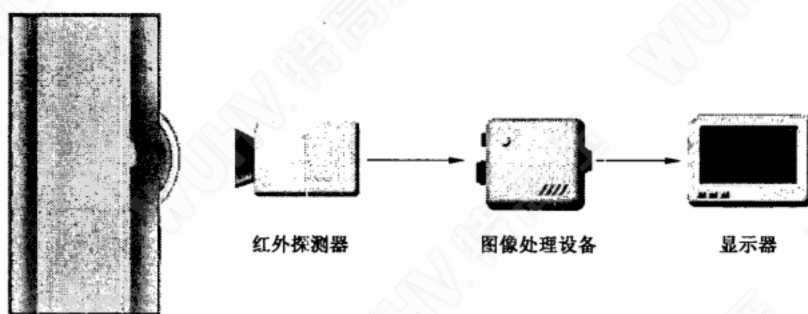


图 1 红外热成像检测原理图

4.2 机械设备温度异常产生原因

对于运转的机械设备,温度异常升高通常是由润滑不充分造成的摩擦增加、未对中、部件磨损、载荷异常等原因引起;温度异常降低通常是由零部件失效引起。对于静止的机械设备,如保温系统,其温度异常通常是由保温材料缺少、老化和安装不当等原因造成。

4.3 电气设备温度异常产生原因

在电气设备中,温度异常升高通常是由连接松弛或老化造成的电阻增大、短路、过载、载荷不平衡或元件安装不当等原因引起;温度异常降低通常是由组件失效造成。

5 安全警示

本章没有列出进行检测时所有的安全要求,使用本标准的用户应在检测前建立安全准则。

检测过程中的安全要求至少如下:

- a) 检测人员应遵守被检测设备现场的安全要求,根据检测地点的要求穿戴防护工作服和佩戴有关防护设备;
- b) 如有要求,使用的电子仪器应具有防爆功能;
- c) 在线检测时,应注意被检测设备的温度状态,以免烫伤或冻伤;应避免安全阀过早或突然开启引起的危险后果,尤其是被检测设备内储存有毒或易燃、易爆等危害性介质时;
- d) 除非具有持证电工、专业工程师或其他同等资格,红外检测人员不应执行通常由这些专业人员完成的任务,不应移动或替换外盖,不应打开或关上装有机械或电气设备的机柜,不应测量设备的电气负荷,不应触碰任何设备,并应与之保持安全距离。

6 人员要求

按本标准实施检测的人员,应按 GB/T 9445 或合同各方同意的体系进行资格鉴定与认证,并由雇主或其代理对其进行职位专业培训和操作授权。

7 检测工艺规程

7.1 通用检测工艺规程

从事红外热成像检测的单位应按本标准的要求制定通用检测工艺规程,其内容至少应包括如

下要素：

- a) 适用范围；
- b) 执行标准、法规；
- c) 检测人员资格；
- d) 检测仪器设备：如红外热成像镜头、主机、检测数据采集和分析软件等；
- e) 被检设备的信息：如几何形状与尺寸、材质、设计与运行参数；
- f) 被检设备表面状态；
- g) 检测时机；
- h) 红外发射率测量；
- i) 检测过程和数据分析解释；
- j) 检测结果的评定；
- k) 检测记录、报告和资料存档；
- l) 编制、审核和批准人员；
- m) 编制日期。

7.2 检测作业指导书或工艺卡

应按 9.1.3 执行。

8 检测设备

8.1 红外热像仪

应能满足 GB/T 19870 的要求，且与被检设备的温度范围相匹配。

8.2 数字温度计

应至少配备一支接触式数字温度计用于测量被检设备的表面温度，该温度计应至少每年进行一次校准。

8.3 反光镜

应至少配备一个反光镜，用于检测红外摄影仪不能直接观察的设备部位。

8.4 检测设备的维护和校准

应制定书面规程，对红外热像仪进行周期性维护和检查，以保证仪器功能。

在现场进行检测时，如怀疑设备的检测结果，应对设备进行功能检查和调整，并对每次维护检查的结果进行记录。

9 检测

9.1 检验前的准备

9.1.1 资料审查

资料审查应包括下列内容：

- a) 被检设备制造文件资料：产品合格证、质量证明文件、竣工图等，充分了解被检设备的结构、运动和工作模式等；

- b) 被检设备运行记录资料:开停车情况、运行参数、工作介质、载荷变化情况以及运行中出现的异常情况;
- c) 检验资料:历次检验与检测报告;
- d) 其他资料:修理和改造的文件资料等。

9.1.2 现场勘察

应对被检设备现场进行勘察,找出所有可能影响检测的因素,如设备表面状态、外保温层情况、周围存在的热辐射源等。在检测时应设法尽可能避免这些因素的干扰。

9.1.3 作业指导书或工艺卡编制

对于每个检测工程或每套被检设备,根据使用的仪器和现场实际情况,按照通用检测工艺规程编制红外热成像检测作业指导书或工艺卡,确定检测的部位和表面条件,同时对被检设备进行测绘,对检测部位进行编号,画出被检设备结构示意图。

9.1.4 被检设备准备

进行检测之前应对设备做如下准备工作:

- a) 获得对被检测设备管理人员的许可;
- b) 应在检测开始前打开或(和)移开相关的机柜和端盖,可直接观察到被检设备。

9.2 检测表面条件要求

被检构件表面颜色应接近均匀,无大面积疏松的锈蚀层,否则应进行表面处理。

9.3 热像仪红外发射率的设置

采用数字式温度计直接测量被检设备一个部位的温度,然后调整红外热像仪的红外发射率参数,直到热像仪的温度显示与数字式温度计的测量数值相同,将此值作为红外热像仪的发射率参数值。

9.4 检测实施

9.4.1 被检设备的加载

应确保被检设备有适当的负荷,必要时增加满足要求的负荷,对被检设备进行持续加载保证产生稳定的红外热像图。

9.4.2 检测环境

检测应在环境条件许可时进行,如存在影响检测结果的因素应设法排除后进行检测。

9.4.3 检测

在被检设备达到预定载荷稳定运行的条件下,进行红外热成像检测。首先设定实测的红外发射率,然后对被检设备进行扫查检测,发现可能存在的温度异常部位;一旦发现温度异常部位,应记录红外热像图,同时,在被检设备上对温度异常部位作出标识,并拍下被检设备部位的可见光照片。

9.5 检测记录

检测记录的主要内容至少应包括第 11 章列出的内容,检测记录和红外热成像检测数据应按合同约定保存。

9.6 设备复原

在红外检测人员完成检测和记录后,应立即关闭被打开的机柜和端盖。

9.7 影响检测结果的因素

9.7.1 发射率的影响

当被检测物体表面热发射率较低(<0.5)时应特别注意。在此情形下可能很难发现温度异常。同时,这样的表面反射的红外线可能也会被误读。红外检测人员应注意到这些潜在的误差并采取合适的方法使之最小化(如移动热像仪的位置,回避红外反射较强的角度)。

9.7.2 周围环境因素

9.7.2.1 日照、灯光、热辐射源等。

9.7.2.2 风、表面和环境湿度等。

10 结果解释和评价

10.1 红外检测既可仅提供被检设备检测时的温度场分布,而不测量或不提供温度数据。也可在提供被检设备检测时温度场分布的同时,提供温度测量数据。

10.2 温度异常部位的判据需要检测单位根据长期的红外检测经验和数据来确定,也可由被检设备设计或使用单位提供。

10.3 如果检测发现温度异常部位,应在检测结果中注明。

10.4 对于温度异常原因的判断、设备完整性评价和整改措施的建议不在本标准规定的检测范畴内,需要其他知识和技能作为支撑。

10.5 红外检测并不能保证机械或电气设备正常运转,需要配合其他合适的检验和维修措施确保其运行可靠。

10.6 最终用户应依据红外检测提供的数据来决定是否采取进一步的措施。

10.7 当最终用户要求时,红外检测人员应在修理后重新检测每一处异常,以确定潜在缺陷已被修复、工作温度正常。

11 检测报告

11.1 检测报告至少应包含以下信息:

- a) 被检设备使用单位名称、地址及联系方式;
- b) 被检设备规格、几何尺寸、工作环境及使用年限;
- c) 被检设备材料及表面状态;
- d) 执行标准和(或)参考标准;
- e) 检测仪器名称、型号、编号、测温范围、工作波段等;
- f) 检测软件名称、检测设置文件名称及数据文件名称;
- g) 被检测设备清单,并对未检设备予以说明。同时,标识出表面发射率低的设备;
- h) 检测与审核人员资格、签字及日期;
- i) 检测和出具报告的日期。

11.2 当仅提供红外成像检测温度分布时,应对发现的每一处温度异常部位提供以下信息:

- a) 具体位置；
- b) 其他描述,如设备铭牌数据、相位或线路编号、额定电压、额定电流或(和)转速等；
- c) 检测时的环境温度,必要时应记录风速、风向以及天气状况；
- d) 发现温度异常的时间；
- e) 打印的红外热像图和对应的可见光照片；
- f) 红外热像仪镜头的视场(FOV)和放大倍数,以及其他任何可能影响检测数据精度、可靠性、可重复性的热像仪参数的设置；
- g) 引起红外衰减因素的记录,如窗户、滤镜、大气和外部光学系统等；
- h) 必要时,在被检设备用户有关专业人员的协助下,依据生产工艺和可能影响安全使用的情况,对发现温度异常部位设备的维修先后次序进行等级评定；
- i) 任何其他可能影响检测结果或能够对温度异常进行解释的信息或特殊条件。

11.3 当同时提供温度分布和温度测量值时,应对发现的每一处温度异常部位进一步提供以下信息:

- a) 检测时热像仪到温度异常部位的距离；
 - b) 对于电气设备,应记录其最大额定载荷和检测时的实测载荷,并计算载荷比,载荷比($\%$)=(实测载荷/额定载荷) $\times 100$ ；
 - c) 反射温度、发射率和透射率(用于计算异常部位的温度)；
 - d) 温度异常部位的温度(发射率较低表面的实际温度可能需要对测量值进行修正)；
 - e) 必要时,还应给出温度异常部位与具有相似载荷、环境温度或同等运行条件下同类设备的温度差；
 - f) 必要时,还应给出实际测量得到的温度与参考标准(包括标准热源)之间的比较结果。
-