

基于热红外传感器的工业 CT 探伤系统改造

田雨阔, 陈宇凌, 张玉冬, 邹祺, 熊发浩

(浙江省特种设备科学研究院, 浙江省杭州市 310009)

摘要: 在对固定式工业 CT 系统进行探伤操作前, 为保证操作过程人员的安全, 操作者会借助视频监控系统来观察探伤室中是否有人存在, 然而由于操作人员的疏忽或探伤室中人员处于监控死角时, 易造成人员辐射事故。为防止此类事故发生, 本文采用无线热红外人体传感器对探伤室中人员进行自动监测报警, 并将监测信号与射线源启动形成联锁控制, 有效避免了由于误操作导致的人员辐射事故发生。

关键词: 工业 CT 系统; 安全系统; 热红外传感器; 设备改造

中图分类号: TG115.28

文献标识码:

Transformation of industrial CT flaw detection system based on thermal infrared sensor

Tian Yukuo, Chen Yuling, Zhang Yudong, Zou Qi, Xiong Fahao

(Zhejiang Academy of Special Equipment Science, Hangzhou City, Zhejiang Province 310009)

Abstract: In the fixed industrial CT system for flaw detection operation, in order to ensure the safety of the operating process, the operator will use the video monitoring system to observe the presence of personnel in the flaw detection room, however, due to the negligence of the operator or the personnel in the flaw detection room is in the monitoring of the dead zone, easy to cause personnel radiation accidents. In order to prevent such accidents, this paper adopts the wireless thermal infrared human body sensor to automatically monitor and alarm the personnel in the flaw detection room, and the monitoring signal is interlocked with the ray source start-up, which effectively avoids the occurrence of radiation accidents due to misuse of personnel.

Keywords: Industrial CT systems, safety systems, thermal infrared sensors, equipment transformation

1 引言

工业 CT（Computed Tomography）系统是一种能在非接触、不破坏条件下对物体内部结构信息进行高精度三维可视化成像的设备，是最佳无损检测手段之一。其主要用途有材料缺陷检测、目标尺寸测量及结构分析等^[1-3]，目前被广泛应用于航空航天^[4]、石油天然气^[5]、汽车制造^[6]、国防军工^[7]、电力^[8]及电子产业^[9]等领域。由于该系统采用放射线对目标进行检测，因此保证其安全运行至关重要。

通常工业 CT 系统除了包括射线源、扫描与控制系统、探测器与数据采集系统、计算机系统外还包括辅助系统，而辅助系统即是保证工业 CT 系统安全操作及稳定运行的关键。辅助系统主要包括探伤室、警示灯以及视频监视系统等。在对 CT 系统操作时，探伤室门与 CT 系统的联锁控制可保证探伤室门在开启状态下无法启动射线源，此外，操作者在进行射线辐射操作前需通过现场的监视系统判断探伤室内是否有人存在，这些都是避免对现场人员造成辐射伤害的有效手段。然而，由于操作者对操作流程不熟悉或受外部因素的干扰，易造成操作者未按操作流程操作，导致探伤室内人员未被及时发现进而造成人员辐射事故。因此，本文基于无线热红外人体传感器对固定式工业 CT 系统进行改造，通过热红外传感器对探伤室内人员的自动监测来辅助操作者对探伤室中的人员进行判断，从而达到避免由于误操作造成的人员辐射事故。

2 改造方案

传统工业 CT 系统的操作流程如图 1 所示。其中操作流程中的步骤 2 与步骤 5 都是依赖操作者通过视频监控系统来判断探伤室内是否有人存在。

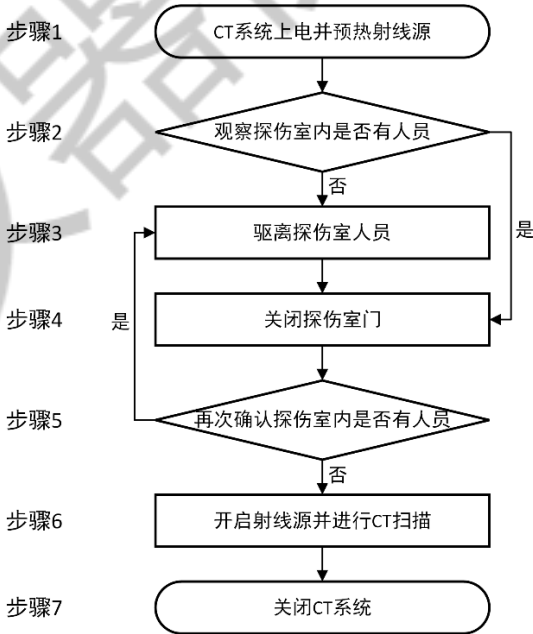


图 1 传统工业 CT 系统的操作流程

由上述分析可知，操作流程的安全、有效执行一方面取决于操作者对操作流程的熟悉程度，另一方面取决于操作者的工作状态。因此，为了避免由于操作者自身原因导致的安全操作问题，提出了基于热红外人体传感器的工业 CT 系统改造方案，通过热红外传感器对探伤室内的人员进行自动监测。改造的具体方如下：

(1)采用无线热红外人体传感器对探伤室内进行全覆盖的布置，安装方式采用壁挂与吸顶两种方式，以消除检测盲区；布置过程中避开设备的发热部位，避免了误判。热红外传感器具有灵敏度高、检测范围广、成本低的优点；采用带有无线通信装置的热红外人体传感器可避免探伤室内繁冗的布线，其实物图如图 2 所示，传感器主要参数见表 1。



图 2 无线热红外传感器实物图

表 1 热红外传感器主要参数

探测距离	探测角度	工作温度	抗 RF 干扰	传感器	环境湿度
/m	/°	/℃	/MHz		
9	110	-10~50	10~1000	二元热释红 外传感器	95RH

(2)在探伤室内安装无线接收器，与无线热红外人体传感器通信。由于探伤房四周墙体中含有较厚的铅板，无线信号无法穿过墙体被外部接收，因此无线接收器置于探伤室内，并通过网线与 CT 系统的外部控制计算机进行通信。

(3)CT 系统的外部控制计算机对接收到的热红外传感器人员状态信号与探伤室门的开关状态信号进行综合评判，最终与射线源的启动形成联锁控制，避免由于人员误操作而启动射线源。

3 改造效果

设备改造后 CT 系统的操作流程如图 2 所示，相较于图 1，操作流程中由操作者主观判断的步骤由 2 个减少为 1 个，这一定程度的减小了操作者的劳动强度；此外，通过热红外人体传感器的监测结果为操作者提供辅助判断，从而避免了由于操作者误操作造成的人员辐射事故的发生，提高了设备操作的可靠性。

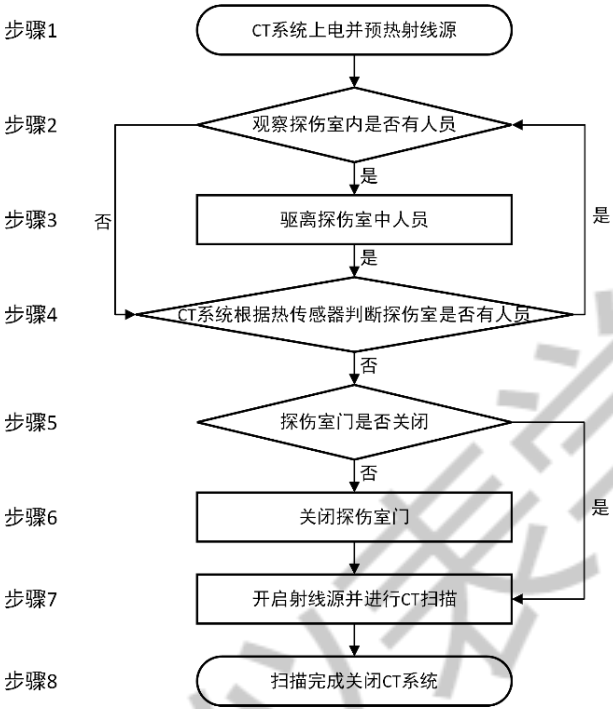


图 3 改造后工业 CT 系统的操作流程

4 结论

通过在探伤室中添加热红外人体传感器对工业 CT 系统改造，其性能在原有的基础上有如下改进：

- (1)简化了由操作者主观判断的环节，降低了操作者的劳动强度。
- (2)通过热红外传感器自动辅助监测，提高了设备的可靠性，避免了由于操作者的误操作造成人员辐射事故。
- (3)一定程度提高了 CT 系统的自动化程度，增加了设备的附加值。

参考文献：

[1]Jiang H. Defect features recognition in 3D Industrial CT Images[J]. Informatica, 2018, 42(3): 477-482.

[2]Bartscher M, Hilpert U, Goebels J, et al. Enhancement and Proof of Accuracy of Indu

ustrial Computed Tomography (CT) Measurements[J]. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 2007, 56(1): 495-498.

[3]张振, 许有昌, 耿永健, 等. 工业CT在多层封闭腔体结构件多余物检测中的应用[C]. 2018 远东无损检测新技术论坛. 2018.

[4]李新越, 杨龙, 孙春贵, 等. 基于微焦点工业CT的高压涡轮叶片缺陷检测技术[J]. 铸造, 2023, 72(07): 904-908.

[5]王寿超. 聚乙烯燃气管道焊接缺陷检测方法试验研究[J]. 煤气与热力, 2017, 37(12): 30-33.

[6]周倩, 张纪立, 王俊有, 等. 基于MAGMASoft的铝合金变速箱壳体压铸工艺优化[J]. 机械设计与制造, 2023(10): 201-204+209.

[7]薛震, 刘亮. 一种改进 CT 检测技术在弹箭检测中的应用[J]. 弹箭与制导学报, 2008, 28(1): 311-312, 316.

[8]章学兵, 骆国防. 基于工业 CT 的 GIS 绝缘拉杆缺陷检测方法[J]. 无损检测, 2022, 44(02): 17-21.

[9]裴玉东. 印刷电路板CT图像的要素自动检测技术研究[D]. 郑州, 解放军信息工程大学, 1-20.