

工业 CT 在引信部件探伤中的设计及应用

张道建, 邵立康

(陆军军官学院, 合肥 230031)

摘要: 讨论了工业 CT 技术的主要特点及其在引信无损检测中的必要性, 介绍了自行研制的某型无损检测仪的总体设计方案, 给出了部分引信实验成像结果。实验证明该装置具有小型化和使用轻便的特点, 为部队在野外条件下进行引信安全检测提供了灵活、简捷、可靠的技术手段。

关键词: 引信安全性; 无损检测; 图像处理

中图分类号: TJ 430

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2012)01-0019-03

测已成为弹药质量保证体系中十分重要的环节。

1 ICT 技术原理及特点

ICT(industrial computed topography)是工业计算机层析照相或工业计算机断层扫描的简称,其原理可以概括为:当 X 射线穿过物质并与物质相互作用后,其强度将因受到射线路径上物质的吸收或散射而衰减,由于物质的衰减系数与物质的密度直接相关,所以衰减系数的二维分布可体现为密度的二维分布;用专门的探测器把衰减后的信息采集下来,经过一定数据处理和重建,就能够得到展现其结构关系和物质组成的二维灰度图像。ICT 的特点是在无损的情况下,能清晰、准确、直观地展示被测物的内部结构、材质组成和缺陷情况。该技术已经逐步应用于导弹、火箭发动机、军工品、计算机芯片、精密机械零件、陶瓷及复合材料等的安全检测中。

2 引信缺陷检测的必要性

在军工领域,引信作为一种重要的工业产品,是弹药的起始功能元件,具有保险、解除保险、感觉目标、起爆(或点燃)四大功能,是武器弹药的心脏。引信品种繁多,结构特殊,是一次性做功装置,各种缺陷(包括夹杂、气孔、疏松等)和密度分布不均匀性都不同程度地影响着弹药部件的使用性能(如爆炸性能、安全性能、力学性能、贮存性能等),因此对产品质量的要求非常高,必须具有高可靠性,即达到 100% 的合格率,否则可能造成重大事故,给国家和军队带来巨大的经济损失和恶劣的政治影响。由于引信为一次性使用元件,对其进行检测时,不能对其破坏、拆卸,只能采用抽样检查的方式,其可靠度是以大量的抽样试验后计算出来的,但如果实际使用的弹药与抽样的弹药有一点点小的差别和错误,就足以使计算出来的可靠度价值降低。用射线进行无损检测,可以节约大量的试验产品,也能够对实际应用到弹药上的引信的内部结构和装药情况有清楚的认识,及时发现一般手段难以发现的问题,保证其使用性能。因此,射线无损检

3 便携式 X 射线检测系统设计方案

3.1 便携式无损检测系统总体要求

1) 通用性强,功能较全。部队现使用的各类通用弹药引信大约 100 多种,各类引信的尺寸、结构、主要部件及安全性关键部件的材料都不相同,这些引信期望都能由一套系统进行检测,这就要求系统必须采用电压电流范围大的 X 射线源和多自由度的控制方式。

2) 成像清晰,评估可靠。工业 CT 设备最终把被测工件的断层以图像形式在计算机上显示出来。一台工业 CT 设备的性能是通过重建图像的质量来评价的,因此获得高质量的图像是整个检测系统设计的核心,这就要求断层图像要有较高的空间分辨率和密度分辨率。

3) 小型轻便,易于操作,便于部队使用和管理。该检测系统要满足部队在野外条件下进行检测,必须结构紧凑,小型轻便,便于运输和管理,并且要求检测软件界面友好、操作简捷,对检测人员的专业性要求不高。

4) 射线安全防护可靠。射线防护必须满足 GB4792-84“放射卫生防护标准”对公众个人规定的年剂量当量限值,因此,系统应采用半自动化工作方式,除了放置被检测品外,其他工作采用遥控操作方式。同时,在设计中还要考虑特殊引信(如压电引信、近炸引信等)的电磁辐射、静电防护等。

3.2 系统总体方案

3.2.1 系统硬件模块及其流程

依据上述要求,系统硬件总体布局及检测流程见图 1。

射线源用以产生扫描检测用的射线束,是直接影响检测效率的主要因素之一。基于该系统是一个轻便式的检测装置,要满足弹药引信检测的最大穿透厚度达到 25~27 mm 钢的要求,因此经大量调研论证,选择美国 Spellman 公司的 XRBI60 PN480 X 型射线机,其 X 射线管电压为 80~160 KVp,设备简便、可靠、

收稿日期:2011-12-02

作者简介:张道建(1983—),男,硕士研究生,主要从事计算机图形学及 CAD 技术研究;

邵立康(1952—),男,教授,硕士生导师,主要从事图形理论及计算机模拟、图形处理及 CAD 技术研究。

稳定,安全性好,能够满足野外使用的要求。

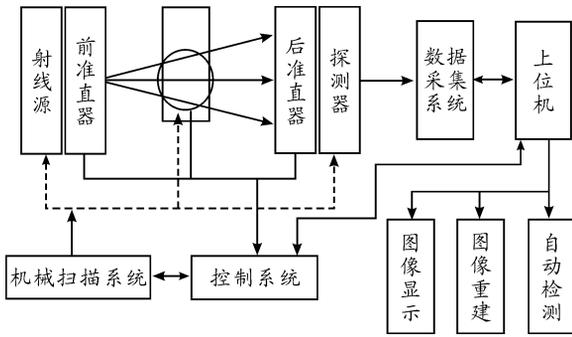


图1 引信自动检测系统的硬件布局及检测流程

准直器将射线源发出的 X 射线处理成所需形状的射线束,减少散射,并用于限制进入探测器射线束的截面尺寸。前准直器将射线限制成具有一定厚度的扇形射线束,后准直器将扇形射线束离散化为线状束,以利于探测器的接收,同时屏蔽掉散射射线,减少散射射线对探测器的影响,有利于降低噪声,提高信噪比和成像质量。

X 射线探测器是数字化 X 射线成像系统中最重要的硬件组成部分。X 射线在穿过物体后,探测器将包含物体结构信息的 X 射线信息转化成数字矩阵,并传输入到计算机。本系统根据一般检测部件的尺寸、大小以及检测要求的空间分辨率、速度、像数大小等参数,选用了美国的 LINX1401 型 1.6 mm 焦点伪双能线阵数字成像式探测器。

3.1.2 系统软件设计

软件系统是以扇束 CT 扫描基本原理及图像重建算法、串口通信和图像处理为基础,针对弹药引信的自动检测而设计的。该系统采用面向对象的程序设计技术,分为控制软件和图像软件两大部分,其功能在 Windows 环境下实现,采用 Microsoft Visual Studio6.0 中的 VisualC ++ 6.0 进行编程,运用多线程技术,将不同的任务分配给不同的线程来完成。系统中控制软件主要负责数据采集和扫描机械系统的控制,以及 X 射线机、探测器数据采集卡、控制单片机与主机之间的通信。图像软件主要对采集到的投影数据进行预处理,然后重建生成图像数据,之后经图像增强等处理,在显示屏上显示,并给出检测结果。图 2 为引信自动检测系统的软件系统组成模块,图 3 为系统软件操作界面。

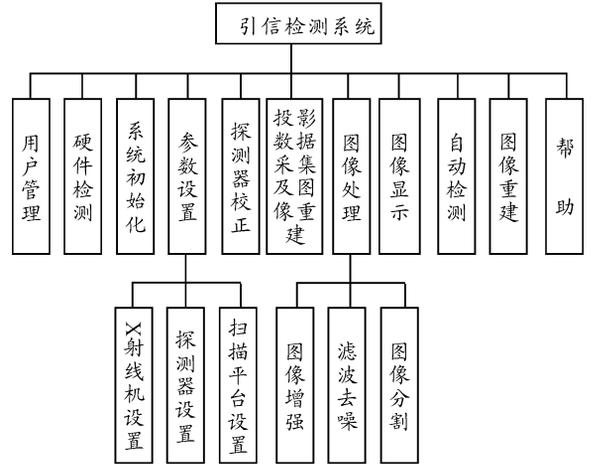


图2 引信自动检测系统的软件系统组成模块



图3 弹药引信检测系统界面

3.1.3 系统工作流程

该系统的基本工作流程:开机打开各子系统电源,系统初始化、自检并反馈结果;放上引信,并在软件中选择该引信类型,软件会自动读取数据库中该引信参数,并发送到各子系统进行相应参数的设置;扫描引信,射线经前准直器成扇束照射到引信后,再经后准直器被探测器接收,数据采集系统则将扫描数据实时传输到计算机,利用图像重建和自动检测算法,在显示器上显示扫描图像,并给出自动检测结果。各个模块之间的关系以及整个系统的流程如图 4 所示。

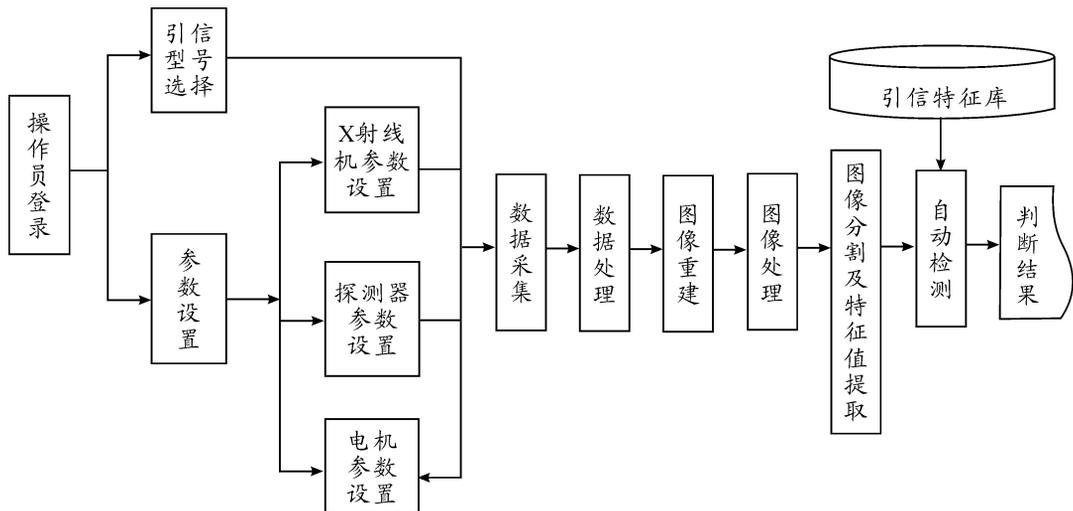


图4 无损检测系统工作流程

4 系统检测结果

对该检测系统的各种性能进行了测试,结果表明系统各项性能均满足要求。限于论文篇幅,只给出了 2 种引信的重建效果,如图 5、6 所示。

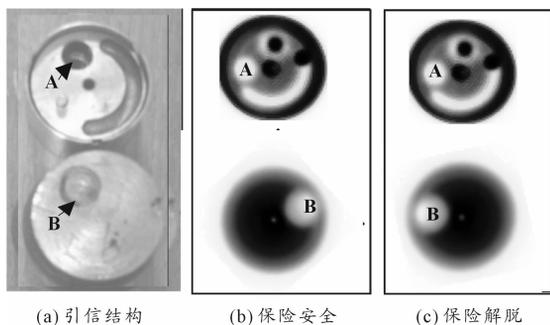


图 5 榴-5 引信结构及不同状态下的重建图

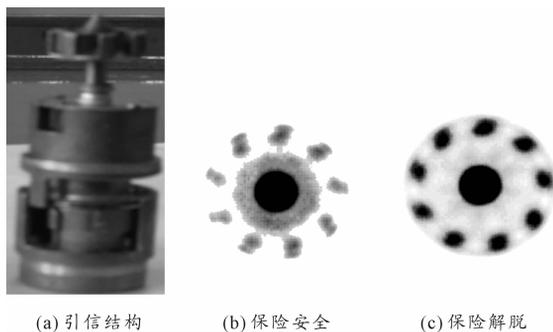


图 6 DRP11 型机械触发引信扫描结构及不同状态下的重建图

从图 5、6 中可以看出,引信安全性关键部件的图像非常清晰。判定引信保险解除与否就是看相邻 2 个断面的圆形凹槽是否处于同一位置上(如图 5(a)所示)。正常状态下扫描图像如图 5(b)所示,2 个截面上的圆形凹槽处于相对的位置上。如果 2 个凹槽对齐(如图 5(c)所示),则说明引信保险解除,将不能继续使用。系统将采集到的图像与数据库中标准安全状态下的引信特征值相对比,根据对比结果,自动判读并给出检测结果。如果给出无法判读的信息,则会提示用户进行人工判读,消除因系

统误差造成的误判。近期该系统已在多家单位试用,实际应用效果较好,为部队弹药安全检测提供了一种新的手段。

5 结束语

根据部队弹药引信机动化保障的需要,该系统创造性地进行了系统设计,不仅能对引信进行精确和快速的检测,而且实现了装置的轻便化,成像清晰度高,安全可靠,为野部队弹药野战条件下机动化保障提供了灵活、简捷、可靠的技术手段,具有一定的经济和军事价值。

随着计算机图像处理技术和图像三维重建理论不断发展与完善,基于三维工业 CT 图像的缺陷检测已成为可能。通过图像的三维重建技术实现连续断层工业 CT 图像的三维可视化是近年来国内工业 CT 领域内的一个重要研究方向。如何实现机动化条件下引信结构的三维重建,从而提供更加全面和精确的分析结果还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 郑世才. 射线检测[M]. 北京:机械工业出版社,2004:77-79.
- [2] 强佩喜. 工业 X 射线 CT 在火工品检测中应用[J]. 火工品,2000(3):48-52.
- [3] 崔平,齐杏林. 引信安全性 X 射线数字成像测控管理系统设计[J]. 科学技术与工程,2008,17(8):4987-4989.
- [4] 齐杏林,高敏. 机动式引信安全性 X 射线检测系统研究[J]. 探测与控制学报,2002,24(4):10-13.
- [5] 袁红波. 弹药缺陷检测技术研究与应用[D]. 合肥:炮兵学院,2007.
- [6] 邵思杰,曹勇,王磊. 无损检测技术在弹药质量检测中的应用[J]. 火力与指挥控制,2006,31(s):39-41.
- [7] 张洪伟,潘保青. 基于 ICT 技术的弹药无损检测设备[J]. 飞行器测控学报,2006,25(1):76-79.
- [8] 廖斌,肖山竹. 引信 X 射线实时成像自动诊断系统设计[J]. 电光与控制,2006,13(4):61-63.

(责任编辑 刘 舫)