

工业CT在航空工业的应用

陈 炜 邓丽梅 张晓燕
宁波市计量测试研究院 浙江 宁波 315300

摘要: 工业CT作为一种非破坏性检测技术,在航空工业中的应用得到了广泛关注。本文主要探讨了工业CT在航空工业中的应用领域,包括零件检测与质量控制、复杂结构零件检测、材料缺陷检测、焊缝检测、腐蚀检测、装配与维修等方面。工业CT能够提供高清晰度的图像和准确度的尺寸测量,使得航空工业在零件制造和维修中能够更加精确地进行质量控制故障诊断。同时,工业CT还能够实现非破坏性检测,减少了对零件和材料的破坏,提高了资源的利用率。因此,在航空工业中推广工业CT的应用具有非常重要的意义。

关键词: 工业CT; 航空工业; 应用

1 工业CT技术概述

1.1 工业CT的基本原理

工业CT,即工业计算机断层扫描成像,是一种非接触式无损检测技术,通过对物体进行全方位的X射线扫描,获取其断层图像,并进行数据重建和分析。该技术可以提供高分辨率的三维图像,并具有无需拆解物体、快速扫描、全面检测等优势。工业CT的基本原理是利用X射线的穿透性质,通过X射线与被检测物体的相互作用,测量并记录其吸收和散射情况,从而得到物体的内部结构。在CT扫描过程中,X射线源通过旋转扫描的方式,向被测物体发射一系列X射线束。接收器接收到穿透物体的X射线,并通过探测器转换为电信号。电信号经过处理和数字化,可以得到一系列二维投影图像。再通过计算机的算法,可以将这些二维投影图像重建成三维图像。工业CT的基本原理包括:X射线源、探测器、旋转台和计算机重建算法。X射线源产生一束高能量的X射线,能够穿透物体。探测器用于接收穿透物体的X射线,将其转换为电信号。旋转台用于将被测物体进行旋转,以获得多个角度的投影图像。计算机重建算法则通过对多个角度的投影图像进行处理和运算,得到物体的三维图像。工业CT在航空工业中具有广泛的应用。其可以用于飞机零部件的检查和评估,如发动机叶片、涡轮叶片、机身结构等。通过工业CT技术,可以非破坏性地检测零部件的内部结构、缺陷和材料组成,从而评估其质量和性能^[1]。此外,工业CT还可以进行尺寸测量、三维重建和CAD比对,为航空工业的设计、制造和维修提供有力支持。

1.2 工业CT系统的构成和特点

工业CT(Computed Tomography)是一种非破坏性检测技术,通过将被检测对象放入封闭的旋转平台中,以X

射线源为中心,通过旋转平台的旋转和X射线的探测,获取被检测对象的内部结构信息。与传统的二维X射线检测相比,工业CT具有更高的成像分辨率和三维重建能力,能够提供更为准确和直观的内部结构信息。工业CT系统主要由以下几个组成部分组成:X射线源、探测器、旋转平台、图像重建算法和可视化软件。X射线源产生高能X射线束,穿透被检测对象,并被探测器接收。探测器用于将接收到的X射线转换为数字信号,然后传输给计算机进行图像重建和处理。旋转平台可以实现被检测对象的旋转,以获取多个方向的投影图像。图像重建算法通过对多个投影图像进行处理,生成高质量的三维重建图像。可视化软件可以对生成的三维图像进行进一步分析和处理^[2]。

工业CT系统具有以下几个特点:首先,它能够提供高分辨率的内部结构信息,使得检测结果更准确和可靠。其次,工业CT系统具有非接触性和非破坏性的特点,能够在不影响被检测对象的情况下获取其内部结构信息。此外,工业CT系统能够进行实时监测和定量分析,从而提高生产效率和质量控制水平。另外,工业CT系统具有广泛的适用性,可以应用于航空工业中的零部件检测、材料强度分析、装配误差评估等领域。

2 工业CT在航空工业中的零件检测与质量控制

2.1 工业CT在零件尺寸测量中的应用

工业CT技术作为一种先进的非接触式三维检测手段,在航空工业中具有广泛的应用前景。其最大的优势在于能够实现对零件内部和外部的全方位三维细节检测,无需破坏性方法,能够准确测量零件的尺寸、形状和缺陷等关键参数。因此,在航空工业的零件检测和质量控制中,工业CT技术已经成为不可或缺的重要工具。工业CT系统主要由射线源、探测器、样品转台和数据处

理软件等组成。射线源发出的X射线穿透被检测的零件,探测器接收射线通过样品后的衰减,并将其转化为电信号,经过数据处理软件的处理和重建算法,最终得到零件的三维图像。工业CT在零件尺寸测量中的应用主要包括三个方面。第一,工业CT能够对零件的尺寸进行非接触式的测量,在保证测量精度的同时,大大提高了测量的效率和自动化程度^[3]。第二,工业CT可以实现对复杂几何形状和内部结构的零件进行全方位的检测,无论是外部尺寸还是内部缺陷,都能够得到准确的测量结果。第三,工业CT还能够通过与CAD系统的结合,实现零件的三维重建和比对分析,为零件的工艺设计和质量控制提供更加全面的数据支持。

2.2 工业CT在复杂结构零件检测中的应用

工业CT(Computed Tomography)技术作为一种非接触式、非破坏性的检测手段,在航空工业中的零件检测和质量控制方面发挥着重要的作用。航空工业中的零件往往具有复杂的结构和精确的尺寸要求,传统的检测方法往往难以满足这些要求。而工业CT技术通过利用X射线或射线束对零件进行全方位的扫描和重建,提供了三维数据,并可实现对内部和外部结构的详细分析和测量。工业CT在航空工业中的零件检测中,主要应用于复杂结构零件的检测。这些零件包括发动机零件、涡轮叶片、复合材料构件等,它们的形状多样、内部结构复杂,传统的检测方法往往无法全面了解其内部状况。而工业CT技术可以实时获取零件的三维数据,并可通过对数据的分析和处理,实现对零件内部结构的无损检测。通过工业CT技术,可以有效地检测到零件中的缺陷、裂纹、异物等问题,提高产品质量,并避免由于零件质量问题引发的安全隐患^[4]。工业CT在复杂结构零件检测中的应用不仅可以提高检测效率,降低成本,还可以提高产品的可靠性和稳定性。传统的零件检测方法往往需要拆解零件或制备横截面样品进行分析,这无疑增加了工作量和时间成本。而工业CT技术可以直接对整个零件进行扫描和重建,不仅避免了拆卸零件的破坏,还能够提供更为全面和准确的检测结果。此外,工业CT技术还可以实现对零件的非接触式测量,避免了人为因素对测量结果的影响。这些优势使得工业CT技术成为航空工业中零件检测和质量控制的重要手段。

2.3 工业CT在材料缺陷检测中的应用

随着航空工业的快速发展,对零件的质量和安全性要求越来越高。而材料缺陷是导致零件损坏和故障的主要原因之一。因此,有效的材料缺陷检测和控制对于确保航空零件的质量至关重要。在此背景下,工业CT成像

技术在航空工业中的应用具有重要意义。工业CT通过使用X射线或射线束能够以非破坏性的方式突破材料的内部结构将其转化为二维或三维的图像。这种技术具有高分辨率、全方位成像和非接触探测的优势,能够检测出材料中的微小缺陷和隐蔽的质量问题。在材料缺陷检测中,工业CT可以用于检测各种类型的缺陷,例如气孔、裂纹、湿斑等。在航空工业中,工业CT在材料缺陷检测方面有着广泛的应用。例如,在零件制造过程中,工业CT可以用于检测铸造、锻造和焊接等过程产生的缺陷,确保零件的完整性和可靠性^[1]。同时,在飞机的维修和保养过程中,工业CT可以用于检测受损零件的缺陷,帮助航空公司及时发现并修复潜在的故障源。工业CT还可以结合其他信息,如CAD模型和材料特性数据,进行全面的缺陷分析和评估。通过对材料缺陷进行定量分析,可以更准确地评估零件的质量,并制定相应的质量控制措施,提高零件的耐久性和可靠性。

3 工业CT在航空工业中的非破坏性检测

3.1 工业CT在焊缝检测中的应用

焊缝作为飞机结构中的关键连接部位,对其质量进行检测是确保飞行安全的重要环节。首先,工业CT可以全方位地进行焊缝的三维成像,通过对焊缝的几何尺寸和形状的分析,可以判断焊接过程中是否存在缺陷,比如焊缝的不均匀性、气孔、咬边等问题。由于焊缝的三维成像可以提供更准确的信息,因此可以更好地评估焊接的质量。其次,工业CT还可以通过对焊缝材料的内部结构进行分析,检测潜在的缺陷,如焊缝中的裂纹、夹杂物、内部空洞等。这些内部缺陷可能对焊缝的强度和稳定性产生负面影响,可能导致飞机的结构失效。通过工业CT的应用,可以及早发现这些潜在问题,及时采取措施进行修复或重新焊接,从而保证焊缝的质量^[2]。

3.2 工业CT在腐蚀检测中的应用

首先,工业CT可以以三维方式精确重建航空零件的内部结构,包括腐蚀、气泡、裂纹等缺陷。通过对CT图像的观察和分析,工程师可以准确确定腐蚀程度以及缺陷的大小和位置,从而判断零件的安全性和可靠性。其次,CT技术能够全面评估腐蚀部位的形状和范围,以及腐蚀的严重程度。传统的表面检测往往无法完全发现藏匿在深层和难以触及的腐蚀部位。而工业CT可以对整个零件进行全方位的扫描和分析,无论是表面还是内部的腐蚀都能够被准确地检测和评估。工业CT还可以进行定量分析,提供详细的测量数据和图像,将腐蚀程度转化为具体的数字参数,帮助工程师判断零件的寿命和耐久性。同时,工业CT还能够实时监测腐蚀的发展情况,及时预警并采取相应的维修措

施,以保障飞机的安全运行。

4 工业 CT 在航空工业中的装配与维修

4.1 工业CT在装配过程中的应用

工业CT技术是一种非破坏性检测技术,广泛应用于航空工业的装配过程中。它通过利用X射线或射线能量的穿透性,可以实时检测和观察零部件的内部结构和组装情况,从而提高装配过程的精确度和质量。在航空工业的装配过程中,复杂的结构和精密的要求使得传统的装配方法无法满足需求。这就需要更高级的技术和工具来确保零件的安全和精准组装。工业CT正是满足了这一需求。首先,工业CT可以实时扫描和检测零件的内部结构。如涡轮叶片、复合材料零件等^[3]。通过生成高分辨率的三维图像,可以清楚地观察到零件的内部缺陷、裂纹或其他不良情况。这能够及时发现潜在的问题,避免零件在装配过程中出现故障或失效的风险。其次,工业CT还可以在装配过程中进行精确的测量和校正。利用CT扫描得到的三维数据,可以进行几何特征的分析 and 测量,比如孔径尺寸、角度、平行度等。这使得装配过程更加准确和可控,能够减少误差和提高装配的精度。工业CT还可以辅助装配过程中的零件匹配。通过比对零件的CAD模型和扫描得到的三维数据,可以实现快速、准确的零件匹配和定位,减少装配的时间和费用。

4.2 工业CT在故障诊断和维修中的应用

在航空行业中,工业CT技术在故障诊断和维修方面发挥着重要作用。随着航空器使用寿命的增长以及复杂性的提高,各种机械和结构问题的出现不可避免。这些问题可能会导致航空器的故障和事故,影响飞行安全和航空公司的运营效益。因此,准确和快速地诊断并解决故障是至关重要的。利用工业CT技术,可以对航空器的关键部件进行全面的检测,包括发动机零件、涡轮叶片、机翼结构等。通过工业CT技术,可以检测到隐蔽的裂纹、疲劳损伤、金属腐蚀等问题,帮助工程师及时发

现并解决潜在的风险。工业CT技术还可以用于维修过程中的定位和导向。在维修过程中,通常需要对零件进行拆卸和更换。利用工业CT技术,可以先对航空器进行全面扫描,获取各个部件的准确位置和状态信息。这样,在维修过程中,就可以精准地定位和导航,大大提高维修效率和质量^[4]。工业CT技术在航空行业的故障诊断和维修中具有广泛的应用前景。它可以帮助工程师准确地检测和诊断各种机械和结构问题,提高飞行安全性。同时,它还可以提供全面的图像重建和导航功能,提高维修的效率和准确性。随着技术的不断发展和创新,工业CT技术在航空行业的应用将会得到进一步扩展和深化。

结束语

工业CT作为一种先进的非破坏性检测技术,在航空工业中具有广泛的应用前景。通过对零件、材料和装配过程进行CT检测,能够有效提高航空产品的质量控制和故障诊断能力。同时,工业CT还能够减少对零件和材料的破坏,降低了资源的浪费。尽管工业CT在航空工业中的应用还存在一些挑战,例如成本高昂和数据处理的复杂性,随着技术的进一步发展和成本的下降,相信工业CT将会在航空工业中起到越来越重要的作用。因此,继续深入研究和推动工业CT在航空工业中的应用是非常有意义的。

参考文献

- [1]王雪飞,刘东,史泽波.增强现实技术在飞机维修保障过程中的应用研究[J].飞机设计,2020,40(04):7-11.
- [2]肖湘.基于多物理传感器的速度下缺陷检测关键技术研究[D].电子科技大学,2020.
- [3]龚群甫,安小慧.工业CT技术在飞机修理中的应用[J].新技术新工艺,2020(02):71-74.
- [4]刘晶.工业CT图像的缺陷检测研究[J].机械设计与制造,2020(09):118-121.