

空速管的 X 射线检测法

单勇革, 李永春

(太原航空仪表有限公司, 太原 030006)

摘要: 空速管是飞机大气传感系统的重要组成部分, 管体内部有丝状加热器螺旋缠绕在管体内壁并与之焊接。根据这一焊接结构和目前的焊接工艺水平, 通过多种无损检测方法的主要优缺点分析, 得出 X 射线实时成像方法是检测空速管内加热器与管壁焊接情况最直观、最有效的方法的结论。该方法不仅可以实现每圈加热丝一周焊接状况的有效检测, 还将使检测时间缩短 90% 以上。

关键词: 空速管; 加热器; X 射线照相; 实时成像

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2015)08-0061-03

Radiographic Testing of the Pitot Tube

SHAN Yong-ge, LI Yong-chun

(Taiyuan Aviation Instrument limited liability Company, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Pitot tube is an important part of the aircraft atmospheric sensing system and is of a particular construction of the filament heater spirally wound into the inner wall of the tube and welded with it. According to the welded structure and the current level of welding technology, X-ray imaging system is the most intuitive and effective way to detect the welding conditions of the pitot heater and the inner wall of the tube by a simple analysis of the main advantages and disadvantages of various detection methods. The method can not only realize the effective detection of the welding status of the heating wire in each lap, but also shorten the detection time by more than 90%

Keywords: Pitot tube; Heater; X-ray photography; Real-time imaging

空速管是飞机大气传感系统的重要组成部分。在飞机飞行过程中, 气流从管头进入空速管, 传感系统根据气流状况得到表示飞机飞行状态的信号数据。

某空速管未焊接时的剖面结构如图 1 所示, 丝状结构是加热器, 呈螺旋状缠绕在管壁内部且紧贴管壁, 通过焊料和管壁焊接在一起, 即焊附在管体内壁上。飞机在高空飞行时所处环境温度很低, 由于空速管暴露在外部, 因此进入管内部的水蒸气容易结冰, 加热器是为了防止空速管内部出现结冰而造成堵塞影响气流的正常流通。

飞机在飞行过程中会产生剧烈的振动, 加热器与管壁的焊接存在质量问题时, 加热器在振动中很容易断裂。加热器一旦断裂, 管内将会出现结冰现象, 气体则不能在管内正常流通, 最终导致大气传感系统不

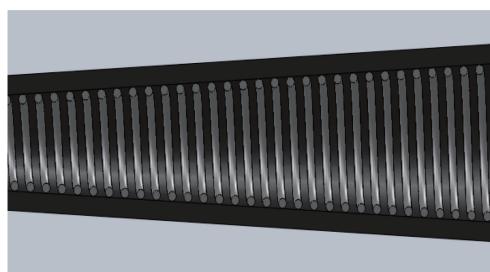


图 1 未焊接时的空速管剖面结构示意

能正常工作, 飞机将不能得到表示飞行速度等状况的准确数据。因此, 对加热器与管壁的焊接情况的检测显得至关重要。笔者对空速管的多种无损检测法进行了分析, 并重点介绍了其中的 X 射线检测法。

1 空速管检测方法概述

目前主要的无损检测方法有超声检测、磁粉检测、涡流检测、渗透检测、射线检测等方法。涡流、磁粉、渗透等只适合于检测工件表面或近表面缺陷, 也

收稿日期: 2014-11-30

作者简介: 单勇革(1968—), 男, 本科, 工程师, 主要从事理化分析和无损检测工作。

常被称为表面检测。结合空速管的焊接结构可知，加热器与管体的焊接是在管体内部，且管壁比较厚，因此这种焊接的检测不属于表面检测，即涡流检测、磁粉检测、渗透检测均不合适。

再从目前的焊接工艺水平来看,经过焊接的管体内部表面非常粗糙,如图2所示。而产品的工艺要求中并未对焊接后的内部表面情况提出要求,只要求加热器与管壁焊接良好而不能存在加热器与管壁未焊接相连的情况。因此,由于内部表面的各种堆积、裂纹等缺陷的存在,会使超声检测时出现各种杂波,影响检测结果。此外,经焊接后的管体表面也很粗糙,达不到超声检测所需的条件。即,超声检测也不适合加热器与管体内壁焊接情况的检测。

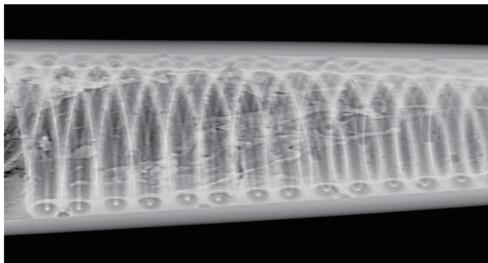


图 2 某焊接件的 X 射线成像

所以,考虑采用具有直观性的射线检测法来检测空速管,射线检测又分为 X 射线照相和实时成像检测。

2 X 射线照相检测

X射线穿透能力的强弱,与X射线的波长以及被穿透物质的密度和厚度有关。单色窄束射线强度衰减公式是X射线照相的基本理论依据。

$$I = I_0 e^{-\mu T} \quad (1)$$

式中： I_0 为入射线的原始强度； μ 为所穿过材料的线衰减系数； T 为射线穿过材料的厚度； I 为透射射线强度。

由式(1)可看出,相同能量和强度的射线穿过物体后的强度与物体的厚度和材料种类有关。被测物体各部分的厚度或密度因缺陷的存在而有所不同,射线穿过材料的过程中遇到裂缝、洞孔以及夹渣等缺陷时,射线被吸收的程度也将不同。若将受到不同程度吸收的射线投射在 X 射线胶片上,底片的感光会出现不均匀的情况^[1]。

在沿射线透射方向上的缺陷尺寸越大,得到的底片对比度越大,缺陷越容易被识别和发现;如果缺陷处在垂直于射线透射方向的平面内,那么对应的缺陷厚度 ΔT 就很小,得到的对比度值就小,则缺陷

的识别和发现就比较难。因此，X射线照相检测适合检测体积型缺陷，不适合检测面积型缺陷，尤其是细微裂纹缺陷，只有在射线透照方向非常合适的情况下才易被检测出来。

空速管透照示意如图3,其中外环为管壁,内部圆形线圈为加热丝,加热丝通过焊料与管壁焊接在一起。因此,如果用X射线照相检测方法检查空速管焊接情况,则只有射线与管体内壁圆周相切的地方的检测效果较好。在管体其它部分也会有黑度的起伏变化,但是,由于内部表面焊料的分布不均匀性和各种粗糙缺陷都会使底片黑度发生起伏变化,从而无法判断加热器与管壁的焊接缺陷。

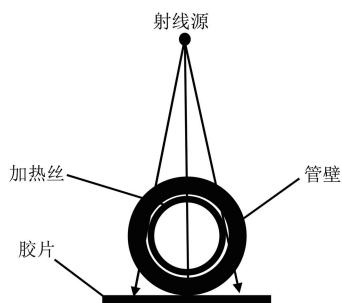
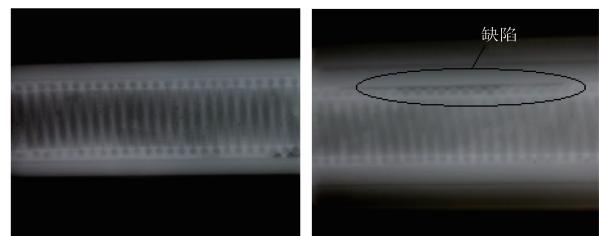


图 3 空速管透照简单示意图

利用 X 射线照相检测方法对该型号中某件空速管的同一段部位进行了检测,结果如图 4 所示。图 4(a)是第一次透照得到的图片;图 4(b)是在第一次透照后,空速管旋转 90°再次透照的图片。



(a) 第一次透照 (b) 旋转90°第二次透照

图 4 某空速管的 X 射线检测成像图

在图 4(a)中,在射线与管体内壁圆周相切处没有发现加热丝与管壁未通过焊料焊接的情况,并且图片的中间部分也未发现明显黑度不同而可能存在的缺陷。但是,在图 4(b)中,在射线与管体内壁圆周相切的地方明显存在较长的一段加热丝与管壁未通过焊料焊接的缺陷,这类缺陷是这种焊接结构特有的类型,与传统的焊缝中各类型缺陷有所不同。由于图 4(b)是第一次透照后空速管旋转 90°再次透照得到的,因此该缺陷应该存在于图 4(a)的中间区域,但是在图 4(a)中不能确定该缺陷的存在。

由以上分析可知,利用 X 射线照相检测方法对

该空速管进行检测,不可能实现对整圈加热丝一周焊接状况的检测,因为每一次透照只能检测每圈加热丝与射线束相切部位的这极少的部分。

3 X 射线实时成像检测

X 射线实时成像系统由 X 射线管、探测器阵列、机械扫描系统、数据采集处理单元、计算机图像处理存储传输系统、图像显示系统、机械运动系统组成。射线穿过被检物体后携带了物体内部的组成信息,在经过一个准直器后进入由核探测器及电子学系统组成的转换装置中,转换装置输出的信号大小和射入其中的射线强度有关。随后数据采集系统将采集到的信号进行 AD 转换和一定的预处理并输入计算机进行存储和后处理。经计算机处理后,在显示器屏幕上显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息,按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定,从而达到检测的目的^[2]。

针对空速管这种产品的检测,X 射线实时成像系统的功能优势主要在于其具有机械运动系统。在检测过程中,该机械运动系统可以方便地改变工件的相对位置,这样就可从任何方向、任何角度进行检测。虽然透照方法与 X 射线照相基本相同,有纵缝外透、内透法,环缝外透、内透法,双壁单影、双壁双影法,从理论上也只能确定与管壁内加热器相切位置的焊接情况;但是采用 X 射线实时成像系统,利用其机械运动系统,就可以通过转动空速管实现对其加热器整圈与管壁焊接情况的全部检测。

(上接第 2 页)

(5) 两种方法都要求用轻薄型扫查器试块中的横孔调整检测灵敏度。试块厚度 $T=t/4$ 或 6 mm(取两者中较小值)。灵敏度不低于等效的基本校验试块。

(6) 在制检测,缺陷定量主要是测长;在用和特殊检测,缺陷定量主要是测长、测高。所用验证试块(Demonstration blocks)中设置的上中下 3 个实际平面型缺陷或电火花加工线槽,其高度尺寸应符合验收条件。

(7) 断裂力学适用于工程临界评定。缺陷定量和数据分析,需根据缺陷显示,划框评定。对相邻缺陷,有同面归一和异面归一及归一后计长计高等处理细则。UT 结果要绘图测评。

(8) 新一代 UT 人员,不管是从事在制检测或从事在用检测或特殊检测,均需充分熟悉计算机成像 UT 设备系统的实际操作,试块试样的制作和应用,探头的

X 射线实时成像检测法得到的数字图像是动态可调的,电压、电流等参数也实时可调,同时计算机可对动态图像进行积分降噪、对比度增强等处理,以得到最佳的静态图像。X 射线实时成像系统还具有多幅图像叠加功能,减少了 X 射线漫反射等干扰因素对成像的影响,提高了系统发现缺陷的能力。已经有应用研究表明,X 射线实时成像方法的灵敏度达到了照相法的水平,在有些零件的检测上比传统照相法有更高的检出率和灵敏度^[3]。

利用 X 射线照相检测法检测单件空速管,所用时间在 2.5 h 左右;利用实时成像方法检测单件空速管,所用时间在 10 min 左右,时间缩短了 90% 以上。另外,实时成像方法在经济效益、远程传送及方便实用等方面都比照相法效果好得多^[2]。

4 结论

通过对多种无损检测方法主要优缺点的简单分析后,得出 X 射线实时成像方法是检测空速管焊接质量的最直观、有效的方法的结论。该方法不仅可以实现每圈加热丝一周焊接状况的有效检测,还将使检测时间缩短 90% 以上。

参考文献:

- [1] 郑世才. 射线检测[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [2] 荆峰. X 射线数字化实时成像系统在无损检测中的应用[J]. 无损探伤, 2004, 28(3): 37-39.
- [3] 荆锋. X 射线实时成像系统的应用[J]. 无损检测, 2004, 26(6): 318-320.

选定和应用,扫查布图的绘制,检测工艺的编制和应用,系统软件和相关软件的应用,检测图谱的识别和评判等内容,并且做到对相关法规标准的融会贯通^[5-7]。

参考文献:

- [4] NARDONI G, CERTO M, NARDONI P. Sizing in phased array technique using diffraction and amplitude displacement [C] // 17th World Conference on Nondestructive Testing. Shanghai, China: [s. n], 2008: 25-28.
- [5] 李衍. 超声相控阵检测技术系列讲座[J]. 无损探伤, 2007, 31(4): 27-31.
- [6] 王悦民, 李衍, 陈和坤. 超声相控阵检测技术和应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.
- [7] ASME SE-2491: 2013 Standard Guide for Evaluating Performance Characteristics of Phased-Array Ultrasonic Examination Instruments and Systems [S].