

工业 CT 在火工品逆向工程的应用研究

陈慧能, 杨树彬, 崔卫东

(中国兵器工业第 213 研究所, 陕西 西安, 710061)

摘要: 介绍了逆向工程研究在火工品研制中的应用途径, 举例说明了利用工业 CT 断层扫描图对某火工品进行结构分析、尺寸测量, 进而绘制出结构图的过程, 此外, 对利用工业 CT 断层扫描图进行复杂火工品的尺寸测量进行了说明。

关键词: 工业 CT; 无损检测; 逆向工程; 火工品

中图分类号: TJ459 **文献标识码:** A

Study on the Application of ICT to Converse Working of Initiating Explosive Device

CHEN Hui-neng, YANG Shu-bin, CUI Wei-dong

(The 213th Research Institute of China Ordnance Industry, Xi'an, 710061)

Abstract: This article introduced application ways of converse working in the development of initiating explosive device. The examples are given to explain the procedure of using the industrial computed tomography (ICT) scan image to analyze the structure, to measure the size of initiating explosive device, then drawing the assembly sketch. And the measuring of the complex structure of initiating explosive device by ICT scan image was also proposed.

Key words: Industrial computed tomography (ICT); Nondestructive testing; Converse working; Initiating explosive device

传统的产品生产是从设计图纸到加工、组装成成品的过程, 而逆向工程是针对一个结构未知的产品, 通过用工业无损检测设备 CT 对其进行一系列的断层扫描, 然后将其还原成生产用图纸或产品的过程。目前国际、国内在逆向工程应用研究方面大致可分为 3 种途径: 第 1 种途径是将系列的工业 CT 断层扫描图像, 利用计算机软件进行三维重建, 得到立体图像, 用自动成型机自动生产成形, 得到产品。这种方法对空间形状复杂扭曲的构件使用最为方便。但是只能适用于一种材料的构件; 第 2 种途径是将第一种途径中得到的三维立体图像, 再利用专业软件进行特征尺寸辨别, 获知结构的长、宽、高、直径等特征尺

寸, 与传统加工工艺接轨, 获得产品。这种方法也只能适用于材料种类较少的构件; 第 3 种途径是对未知产品进行多方位的断层扫描, 获得扫描图像, 精确测量产品各零部件的特征尺寸、位置尺寸和密度变化, 绘制成加工用图纸, 用传统工艺加工, 生产成产品。这种无损测绘方法目前已经应用于火工品样品解剖测绘中, 非常适用于有效地引进消化吸收新产品。

1 利用工业 CT 进行火工品结构分析

火工品的结构大多为准旋转体结构, 它的外部壳体为金属材质, 内部有非金属、药剂等各种材料。对

收稿日期: 2006-04-28

作者简介: 陈慧能 (1962-), 女, 高级工程师, 从事火工品研制与无损检测工作。

简单的未知构件,可先用工业CT进行结构纵向断层扫描,判断结构的内部装配关系和产品的工作机理,并测量纵向结构尺寸;再根据不同需要选择做结构的横向断层扫描,进一步了解内部结构状况细节,并测量内、外径等横向尺寸;进而做出该结构的测绘图纸。

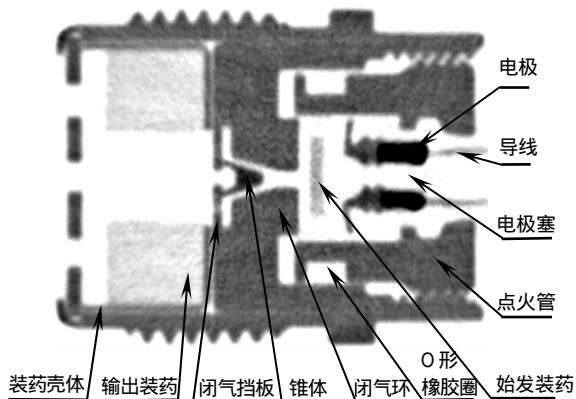


图1 某产品的纵向工业CT断层扫描图

Fig.1 Longitudinal ICT scan image of the sample

图1所示是某火工产品的纵向工业CT断层扫描图。图1中各位置的CT值以不同灰度显示出来,CT值与其对应位置的零件密度有近似比例关系。从图1中可以清楚的区分各零件并判断它们之间的装配位置关系。由图1可见,产品的密封系统是通过闭气环中锥体上下移动,在同一通道内起到打开和闭气作用。当始发装药着火,产生的燃气将锥体推向产品输出端,这时,锥体与闭气环内腔形成一个缝隙,燃气通过闭气挡板的7个小孔点燃装药壳体内的输出装药,输出装药燃烧产生一定压力后又将锥体反推。利用工业CT定位测量功能,可以测得锥体大端面有一底为R0.5mm、深0.98mm的凹坑,大端壁厚为0.36mm,燃气从凹坑处将锥体推向小端,同时凹坑上端的燃气又向四周挤压,仅有0.36mm厚的锥体壁则产生变形,与闭气环内壁挤压在一起,从而起到密封作用。此设计利用始发装药和输出装药点燃的时间差和锥面特性,将燃气和机械运动结合在一起,达到在同一通道内打开或闭气的作用,点火管外部的环行槽内放置O形橡胶圈,构成一个完整的密封系统。该产品除在密封系统设计中有独到之处外,另一突出的特点是电极塞结构设计新颖,电极塞端面有一个5mm×0.6mm的孔,始发装药装于药室内,这种设计提高了产品装

药与壳体间的绝缘强度。电极塞的侧面有一条宽2.2mm、深0.2mm的槽,露出一对静电放电电极的端部,与产品外壳形成静电泄放通道,提高了产品抗静电能力。电极结构设计独特、精巧,集焊桥、静电泄放、双桥并联和导线转换为一体。同时在图1上可以准确的测量纵向装配位置尺寸和零件纵向尺寸。横向尺寸的测量应该在横向断层扫描图上测量,这样可以避免纵向断层扫描位置未与产品中面重合而造成的误差。图2所示是该产品闭气挡板的横向工业CT断层扫描图。图2清楚的显现了该截面上闭气挡板的具体形状。用此图可以准确的测量各直径尺寸和各孔的位置尺寸。

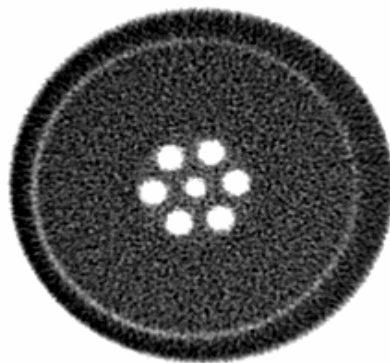


图2 产品的横向工业CT断层扫描图

Fig.2 Transverse ICT scan image of the sample

2 利用工业CT进行复杂产品尺寸测量

对复杂空间扭曲曲面结构的产品,工业CT无损测绘过程也就相对复杂些,但更能发挥其精确定位、尺寸测量的优势。这里以逆向工程应用第3种途径仿研某火工产品的螺旋尾翼为例。翼型的工业CT断层扫描图如图3所示(局部)。

由图3中可见,翼面微凸并沿翼中线对称。尾翼顶圆直径尺寸约为20mm。为了精确测绘翼型尺寸,首先利用工业CT定位测量功能找出螺旋尾翼断层的中心点,做出需要测量翼的中线。其次在距离翼顶不同位置,间距为0.25mm一组,测量翼的厚度尺寸。此时得到的数据包括了测量误差和被测量件的加工误差。为了消除这些影响,可以将测量结果用计算机

数据处理软件绘制出翼型表面曲线图，再拟合光滑曲线。此时即可得到准确的翼型尺寸。图 4 即为绘制出的翼型尺寸图。

渐开的翼根曲面测绘可以沿用类似的方法进行。螺旋角的测量可选用做出不同间隔位置的工业 CT 断层扫描图，测量出该间隔同一翼旋转过的角度，再利用几何位置关系求出螺旋角。在此不作赘述。

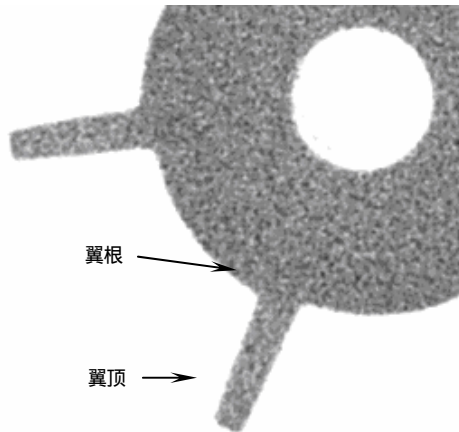


图 3 翼型的工业 CT 断层扫描图

Fig.3 ICT scan image of the wing sample

这种复杂的空间扭曲曲面构件，无论是测量，还是绘图、加工，工艺过程都相当繁琐。如果使用逆向工程应用的第 1 种途径，即可免去测量、绘图过程。即用工业 CT 进行系列的 CT 扫描得到图像，利用计算机软件进行三维重建，得到立体图像，用自动成型机自动生产成形，直接得到产品。这是目前最先进的逆向工程应用技术。

3 结论

工业 CT 逆向工程应用技术，可以极大地提高火工品研制过程速度，同时也可以提高火工品研制的安全性和可靠性。随着逆向工程应用软件的进步发展，

将对今后科研生产的发展起到更多、更大的促进。这项技术把无损检测技术应用研究拓展到了一个新的领域。它为各行各业引进消化吸收创新新技术，研制新产品开辟了新的途径，已经成为我国各行各业都在展开研究的新方向。

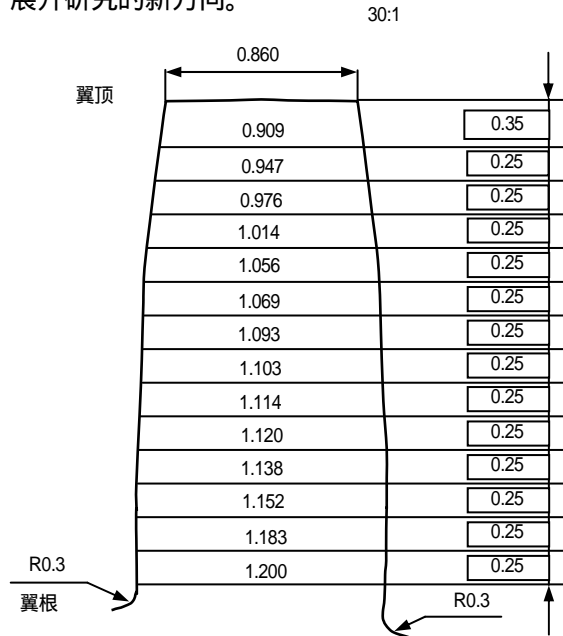


图 4 翼型工业 CT 测绘图

Fig.4 ICT survey drawing of the wing sample

参考文献：

- [1] Chen huiheng, etc. Study on nondestructive analysis for energetic device in application of industrial computed tomography[C]. 6th International Symposium on Test Measurement, 2005: 4 951~4 954.
- [2] 卢艳平等.一种剥皮算法在工业 CT 图像分割中的应用[J].无损检测, 2005, 27(5): 235~237.
- [3] 倪培君.工业 X 射线 CT 应用[J].无损探伤, 1997,(5):4~8.
- [4] 赵俊红等.工业 CT 图像三维重建及剥离显示[J].无损检测, 2004, 26(4): 171~172.