

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.06.15

异型零件空间尺寸测量方法的探讨

余金元, 卓秀峰

(贵州黎阳航空发动机有限公司, 贵州 黎阳 550014)

摘要: 精确、高效、快捷、方便的质量检测已经是机械行业保证质量、信誉、市场等不可或缺的一种手段和环节。三坐标是现在最为快捷、精确的检测工具, 而怎样利用好三坐标软件更好地为我们服务呢? 对于异型零件空间尺寸的测量将被测要素转换成现有三坐标可识别的几何要素, 利用三坐标测量机测量软件(PC-DMIS)通过拟合、构造被测特征元素, 编制测量程序的方法解决异型零件不规则曲面空间交点尺寸测量的技术问题。

关键词: 异型零件; 空间尺寸; 测量方法; 特征; 转换; 构造

中图分类号: TB92

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)06-0058-04

Different Parts Space Size Measurement Method is Discussed

YU Jinyuan, ZHUO Xiufeng

(AECC GUI ZHOU LI YANG AERO ENGINECO, LTD, Liyang 550014, China)

Abstract: Precise, efficient, fast and convenient detection is an indispensable method and link in the machinery industry to ensure the quality, reputation and market. Three coordinates are now the most rapid and accurate detection tools, and how to make good use of three-dimensional software to better serving us? For irregular parts space size measurement, the measured elements are transformed into the existing three-coordinate identifiable geometric elements, and three coordinate measuring machine measurement software (PC-DMIS) is used by fitting and constructing measured characteristic elements, and measuring program is compiled to solve the technical problems of different parts of the irregular surface space intersection measurement.

Key words: irregular part; space size; measurement; characteristic; conversion; structure

0 引言

某些零件加工难度大、工艺复杂、加工成本高, 所以在生产该零件时, 应尽量减少不合格品的出现, 避免过多浪费。这就要求严格控制检验工序, 给出零件真实的加工尺寸, 反映零件真实的状态。零件设计图纸中技术要求需要检测关键工序中“ $90.16 \pm 0.1 \text{ mm}$, 12° ”两个尺寸, 如图1所示。

图1中所示尺寸由于某些被测元素不规则、形状复杂、能被提取的实体小, 准确测量具有一定难度。该零件的特点是零件表面为坡口曲面且壁薄, 利用三坐标测量机^[1-2]采取圆柱($\phi 38 \pm 0.1$)与基准面刺穿得到空间坐标点的常规方法存在很大困难, 几乎不可能准确得到圆柱($\phi 38 \pm 0.1$)并找到准确圆柱中心轴线, 从而无法准确的测量出柱体($\phi 38 \pm 0.1$)的轴线与底平面的交点到整个零件中心即到圆($\phi 304.5$)圆心的距离。

应该用怎样的测量方法才能准确、高效的测量出该尺寸是质量检测人员的一个难题。

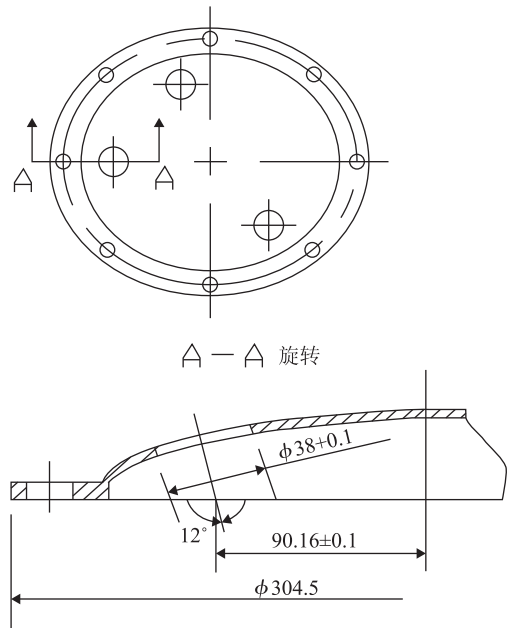


图1 零件示意图

收稿日期: 2016-06-25

作者简介: 余金元(1988-), 男, 助理工程师, 从事计量工作。

1 测量要求

图1所示零件的表面坡口曲面为壁薄(壁厚2 mm),按照设计图纸在该表面上加工了3个圆柱($\phi 38+0.1$),最终检验工序里要求测量尺寸: 90.16 ± 0.1 mm, 12° ,即圆柱($\phi 38+0.1$)中心轴线与底面交点到整个零件中心的距离和圆柱($\phi 38+0.1$)中心轴线与底面垂线的夹角,如图2中所示。

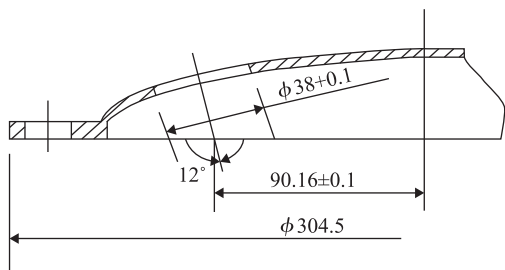


图2 零件局部剖视图

2 测量内容

2.1 测量内容的分析

2.1.1 被测零件表面坡口曲面的替代

在过短圆柱($\phi 38+0.1$)中心(圆心)且平行于轴线的截面上,距孔边缘两侧5 mm范围内各测3点确定构成圆弧,用该圆弧代替坡口曲。由于圆弧不能作为坐标系轴线也不能用来找正,所以不能进行下一步测量,最后达不到测量目的,所以用圆弧代替坡口曲的测量方法行不通。

通过对图纸的分析可知,零件表面坡口曲率半径大,所以被测零件表面坡口曲面可以用一个小平面代替。根据要求该小平面只要无限靠近短圆柱($\phi 38+0.1$)边缘,即在短圆柱($\phi 38+0.1$)周围均匀的测量至少3个点建立一个平面。平面可以作为坐标系一条轴线进行找正,这样就可以进行后续测量。

2.1.2 被测元素圆柱($\phi 38+0.1$)的获取

通过对图纸的分析可知,尺寸“ 90.16 ± 0.1 mm”和“ 12° ”的测量关键是要准确的获取几何元素——圆柱($\phi 38+0.1$),只有准确获取了圆柱($\phi 38+0.1$)才能得到其中心轴线与底面的交点。然而由于零件本身的特点:表面坡口曲面不规则、表面壁薄、圆柱($\phi 38+0.1$)轴长很短(小于2 mm),且三坐标测量机的测针本身又具有一定尺寸,测量时不能准确得到圆柱($\phi 38+0.1$)。由于破口表面到底平面的距离远远超过柱体的长度,如果利用小于2 mm长的柱体进行测量,那么测量结果中会带有较大的延伸误差,这样的数值不真实,

没有实际意义。所以直接通过三坐标测量机测针获取圆柱($\phi 38+0.1$)行不通。

通常在测量过程中利用标准芯棒来代替圆或圆柱的测量。在该零件里,也可以试着用 $\phi 38$ 的圆器插入零件表面的孔中,直接采圆器来替代零件上的短圆柱。通过多次实验发现,利用标准芯棒插入替代短圆柱后测量,测量结果误差很大,重复性较差。产生较大误差的原因:零件壁薄,圆器与孔结合不好,容易插斜,不能实际的反映出零件上空的真实状态,从而带来误差。轴线空间角度的延伸放大特性使得轴线与底面的交点会发生偏移,把误差放大,最后导致测量结果错误。因此,利用圆器来代替短圆柱的测量也不可取。

通过以上分析可知,利用三坐标测量机直接测量和利用标准芯棒替代测量的方法不能得到真实的测量结果,方法不可取。三坐标测量机的测量软件具有强大的构造功能^[3-4],可以通过某些几何元素按照要求构造其他特征元素,如通过两点构造一条直线,两条直线构造中分线,圆按照要求构造圆柱等,所以本文将利用测量软件构造特征元素的方法来进行分析。本文中的尺寸测量关键是准确得到零件表面坡口曲面上的短圆柱,有了真实的圆柱后就可以得到交点,最后得到测量结果。由图1、图2可知,短圆柱($\phi 38+0.1$)的空间位置与零件表面坡口曲面在该点的切线方向垂直,所以测量前提是要保证构造出来的圆柱要与零件表面坡口曲面在该点的切线垂直;尺寸 90.16 ± 0.1 mm为短圆柱($\phi 38+0.1$)中心轴线与底面交点到整个零件中心的距离, 12° 为短圆柱($\phi 38+0.1$)中心轴线与底面垂线的夹角,所以构造出的圆柱必须与零件上短圆柱($\phi 38+0.1$)同心,其次要保证构造出的圆柱与零件上短圆柱($\phi 38+0.1$)的同轴度。通过分析,在满足以上两个条件后,利用三坐标测量机的测量软件构造出来的圆柱可以真实反映出零件中几何元素的真实状态,从而可以得到准确的测量结果,解决尺寸测量问题。

2.2 测量方案的确定

1) 选择合适的测针

在测量时,为了防止触测中测针的测杆与零件发生干涉^[5],影响测量结果,选择合适的测针对零件尺寸的测量至关重要。根据零件的特点,可以选用测头半径为2~3 mm的测针,如果测针的球头半径太大,也会带入很多误差。

2) 用小平面代替短圆柱($\phi 38+0.1$)附近的坡口曲面

测量时,在离短圆柱($\phi 38+0.1$)比较近的位置均

匀采取至少3个点,得到一个小平面(平面2),将平面2的Z轴找正。

3)利用三坐标测量机测量软件构造圆柱代替零件上的短圆柱($\phi 38+0.1$)

①在零件表面的短圆柱($\phi 38+0.1$)均匀采取4到8个点得到圆($\phi 38+0.1$),即圆3;②将测量坐标系原点置于圆3($\phi 38+0.1$)的圆心,即 $x=0, y=0, z=0$;③按照要求,用圆3($\phi 38+0.1$)选择“套用”选项,选定“内”,勾选“指定理论值”,修改矢量($I=0, J=0, K=1$),设置柱体长度(10 mm),点击“创建”选项后构造出柱体1,如图3所示。

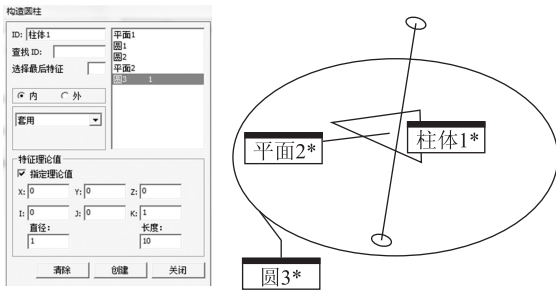


图3 构造柱体

4)采取底平面,利用构造出来的圆柱1刺穿采取的底平面得到交点1。

5)建立空间坐标系,经评价后得出测量结果。

3 测量结果分析

测量数据如表1所示。

表1 测量数据

测量次数 n /次	测量结果		测量次数 n /次	测量结果	
	X_i /mm	θ_i /($^\circ$)		X_i /mm	θ_i /($^\circ$)
1	90.142	11.983	6	90.153	12.050
2	90.151	12.017	7	90.166	12.067
3	90.147	11.990	8	90.151	12.033
4	90.162	12.083	9	90.148	11.981
5	90.145	11.983	10	90.153	12.033

测量数据的算数平均数及标准差分别为: $x = 90.1518$ mm; $\theta = 12.022^\circ$; $\sigma_x = 0.0074$ mm, $\sigma_\theta = 0.037^\circ$ 。按照测量方法误差是被检零件公差的1/3到1/10的原则,该测量方法完全能满足零件图纸精度的要求。

由于测量过程总有误差存在,真值难以确定,测

量结果带有不确定性。所有的不确定分量或由随机误差引起,或由系统误差引起,都对测量结果的分散性产生一定影响。利用该方法进行测量所产生的误差为0.0095 mm, 0.0427°。按照测量总误差小于零件图纸规定公差值的1/3~1/10的原则,该方法完全满足零件图纸精度要求。该种测量方法引入的合成不确定度为0.0042 mm,扩展不确定度为0.0011 mm,由此可见,这种测量方法得到的测量结果质量较高。

4 效果验证

效果验证的步骤:①检测零件:对该零件尺寸 90.16 ± 0.1 mm,进行不同方法测量;②找三个计量检测技术丰富的检验人员(检验员1,检验员2,检验员3)进行零件测量和数据收集;③在测量前对检验员进行30 min的测量方法的培训,达到合格(熟练掌握检测方法)后进行测量;④改善前数据收集:三位操作者应用传统的常用方法(插标准芯棒辅助测量),每位操作者对零件检测4次,数据如表2所示。⑤改善后数据收集:三位操作者运用对异型薄壁孔构造圆柱的测量方法,每位操作者对零件检测5次,数据如表3所示。

表2 改善前收集数据

操作者	第1次检测		第2次检测		第3次检测		第4次检测	
	测量结果 /mm	时间 /min	测量结果 /mm	时间 /min	测量结果 /mm	时间 /min	测量结果 /mm	时间 /min
操作者1	90.45	30	89.97	28	90.22	31	90.07	27
操作者2	90.56	32	90.02	28	89.90	26	90.15	26
操作者3	90.10	36	90.47	29	89.72	25	90.55	25

表3 改善后收集数据

操作者	第1次检测		第2次检测		第3次检测		第4次检测	
	测量结果 /mm	时间 /min	测量结果 /mm	时间 /min	测量结果 /mm	时间 /min	测量结果 /mm	时间 /min
操作者1	90.13	13	90.14	13	90.13	12	90.13	13
操作者2	90.14	12	90.14	12	90.13	15	90.14	11
操作者3	90.13	13	90.13	12	90.13	13	90.14	13

6)改善前后对比

①测量结果:改善前,该尺寸测量结果在0~0.5 mm范围内波动;改善后,该尺寸的测量结果在0~

0.01 mm 范围内波动, 测量结果较改善之前稳定, 重复性好。②测量时间: 改善前, 该零件尺寸的测量时间为 31 min 左右; 改善后, 该零件尺寸的测量时间为 11 min 左右, 较改善前缩短了约 20 min, 有效的提高了检测效率。

5 结论

以上分析可以看出: 该尺寸检测结论波动量得到了显著的控制, 检测时间明显缩短, 检测效率得到显著的提升。通过实验与理论计算, 对异型薄壁孔构造圆柱的测量方法具有测量重复性好、准确度高、测量数据稳定的优点, 是一种解决此类尺寸检测难题的有效方法。这种方法操作过程简单、便于掌握、具有良好的推广价值。

(上接第 3 页)

2.4 模态分析及建筑材料鉴定

N. Hasheminejad 提出了评价沥青混凝土力学性能的建模方法, 首先用扫描激光多普勒测振仪(SLDV)对沥青板进行扫描, 实现对铸坯表面网格的速度测量。SLDV 具有精确测量物体的振动模式的能力, 且测试时间短, 可实现非接触测量。

3 结论

本文对第十二届非接触式激光测振国际会议主要内容进行了评述, 重点介绍了全场干涉测量法和激光多普勒测量法, 并对其他非接触式测量方法如叶尖定时法等的最新应用进行了阐述。由于其非侵入性、空间分辨力高、测量时间短等优点, 非接触式测振技术是设备工作时的在线监控以及生产过程中工件在线高精度检测的理想测试方法, 应用前景十分广阔。应紧密联系各行业应用需要, 促进先进激光测振技术的快速发展, 为振动检测的发展发挥更大的作用。

参 考 文 献

- [1] Zhang Li, Wang Zhongyu, Yin Xiao. Mobile Seismic Exploration [C]. AIP Conference Proceedings 1740, 2016. doi: 10.1063/1.4952691.
- [2] Peng Jun, Zhang Li. An improved method in the measurement of the moment of inertia [C]. AIP Conference Proceedings 1740, 2016. doi: 10.1063/1.4952689.
- [3] Ru N, Zhang L, Wang Y, et al. Key technologies and applications of laser cooling and trapping 87Rb atomic system [C]. AIP

参 考 文 献

- [1] 袁茂兴. 基于 PC-DMIS 的三坐标测量机在发动机质检中的应用研究 [D]. 青岛: 青岛科技大学, 2013.
 - [2] 马树元. 三坐标测量机测量与以往测量方法的比较 [J]. 计量技术, 1994(12): 11-13.
 - [3] 海克斯康测量技术(青岛)有限公司. 实用坐标测量技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
 - [4] 刘祚时, 倪潇娟. 三坐标测量机(CMM)的现状和发展趋势 [J]. 机械制造, 2004, 42(8): 32-34.
 - [5] 海克斯康测量技术(青岛)有限公司. PC-DMIS 培训手册 [Z].
 - [6] 刘利剑, 王春华, 贾立红. 三坐标测量机使用中的典型问题及其解决方案 [J]. 河北工业科技, 2006, 23(6): 350-352.
- Conference Proceedings 1740, 2016. doi: 10.1063/1.4952692.
 - [4] Liu Wenwen, Kang Xin, Dai Yiquan. Method for eliminating zero-order image in digital holography [J]. Journal of Southeast University, 2009, 25(1): 113-116.
 - [5] 赵瑞冬, 孙平. 利用电子散斑相移技术测量物体三维面形的方法 [J]. 光子学报, 2010, 39(11): 2045-2048.
 - [6] 陈玲玲, 杨吟飞, 何宁. 基于电子散斑干涉术的残余应力测量 [J]. 传感器与微系统, 2010, 29(01): 108-110.
 - [7] 米红林. 基于激光的散斑干涉术及其测量中的应用 [J]. 激光杂志, 2013, 34(5): 23-24.
 - [8] 张力, 薛景峰. 激光测振技术的最新进展 [J]. 航空计测技术, 2004(5): 1-4.
 - [9] Sels S, Ribbens B, Mertens L, et al. 3D camera assisted fully automated calibration of scanning laser Doppler vibrometers [C]. AIP Conference Proceedings 1740, 2016. doi: 10.1063/1.4952688.
 - [10] Pagliarulo V, Lopresto V, Langella A, et al. Non-destructive evaluation of impact damage on carbon fiber laminates: Comparison between ESPI and Shearography [C]. AIP Conference Proceedings 1740, 2016. doi: 10.1063/1.4952661.
 - [11] Dräbenstedt A, Cao X, Polom U, et al. Mobile Seismic Exploration [C]. AIP Conference Proceedings 1740, 2016. doi: 10.1063/1.4952659.
 - [12] Dawie Diamond, Stephan Heyns, Abrie Oberholster. Using image processing techniques on proximity probe signals in rotordynamics [C]. AIP Conference Proceedings 1740, 2016. doi: 10.1063/1.4952655.
 - [13] Pavel Procházka. Sensors for noncontact vibration diagnostics in rotating machinery [C]. AIP Conference Proceedings 1740, 2016. doi: 10.1063/1.4952656.