

大半径小弦长零件的测量方法

刘壮壮

西安庆安航空机械制造有限公司 陕西西安 710077

摘要：介绍一种大半径小弦长特征零件的测量方法，可以准确判定零件的球面是否合格，同时进行两端面间球心距的测量。通过理论分析并制作标准量具，使用标准量具对零件球面进行涂色检查，提高了测量结果的稳定性。

关键词：大圆弧；小弦长；球面；量具；测量

1 序言

在机械加工中，有些零件会存在一些特殊的特征，比如其圆弧直径尺寸非常大，但有效的圆弧部分非常短，给加工制造带来一些困难。因为其有效圆弧部分短，所以常规测量手段的测量结果是否准确，就需要进行分析判断。同时，如果知道常规测量手段存在误差，如何对零件进行检测，并且准确地进行反馈，是需要研究的问题。

2 测量存在的问题

图1为零件结构，端面球径为 (224.54 ± 0.05) mm，有效的圆弧部分夹角为 4° 。除了要测量球径外，还

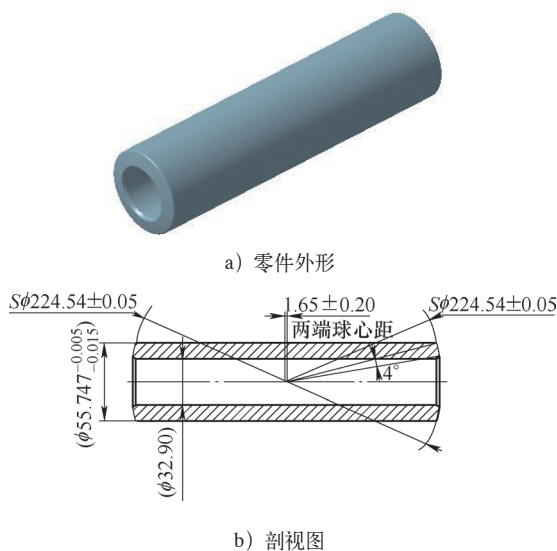


图1 零件结构

要测量两端面外球的中心距离，又会增加一些测量难度。

最初使用三坐标测量仪进行测量，测量结果不稳定，分别为 $S\phi 225.03$ mm、 $S\phi 225.52$ mm 和 $S\phi 225.89$ mm。利用理论的外球中心来测量外球的极半径值，相差也较大。因此，首先要确定是加工问题还是测量问题，才能找到解决办法。

3 机床的加工能力验证

三坐标测量结果出现极大变化可能是因为测量的有效圆弧面积太小，因此需要将其增大。选用直径为 200 mm 的试件（见图2）进行车削，然后对试件进行测量，测量方式为扫掠打点，多层拟合，其结果为 $S\phi 224.5136$ mm，与标准值相差 0.0264 mm，说明机床的加工能力满足要求。为了进一步验证结

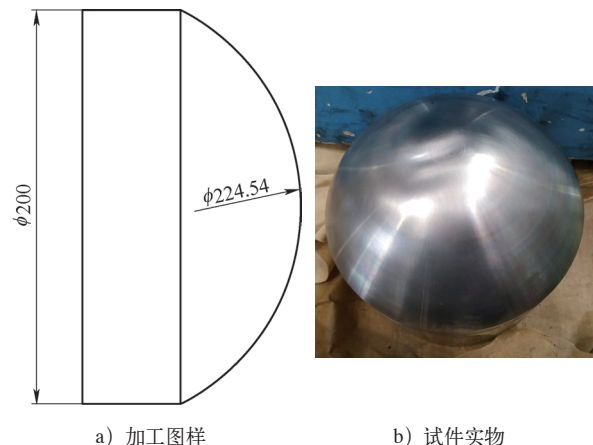


图2 试件加工图样及实物

果的准确性, 选用不同的三坐标测量仪, 采用打点的方式进行测量, 测量结果为 $S\phi 224.5155\text{mm}$, 与标准值相差 0.0245mm , 再次证明了测量结果的稳定性, 说明机床的加工能力能够满足加工要求。

4 确定合理的测量方法

由于使用三坐标测量仪不能满足球径测量要求, 所以改用涂色检查法, 使用标准量具对零件进行涂色检查。

要想获得理想的测量效果, 就要保证标准量具的准确性, 因此应对标准量具的加工过程进行确认和控制。

利用前期的经验, 使用试件验证加工内球量具的能力。量具试件如图3所示。三坐标测量内球结果为 $S\phi 224.53758\text{mm}$, 与标准值的差值为 0.00242mm , 说明机床可以加工出精度足够高的量具。

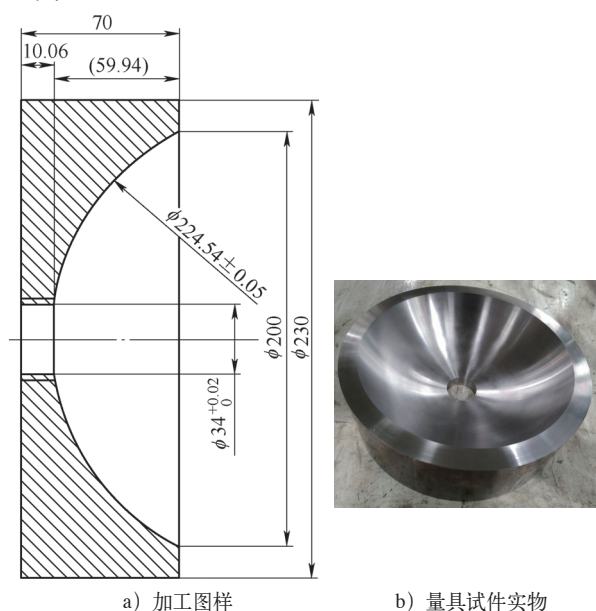
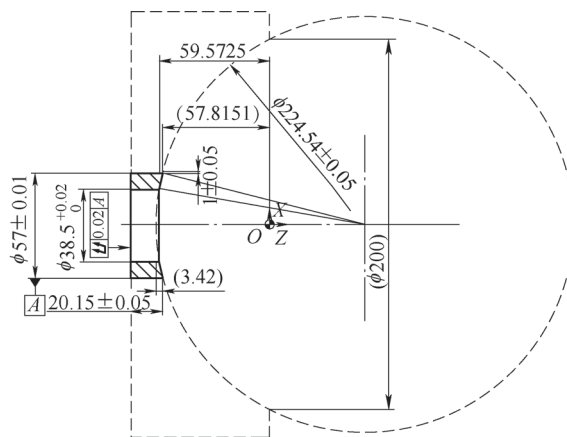


图3 量具试件加工图样及实物

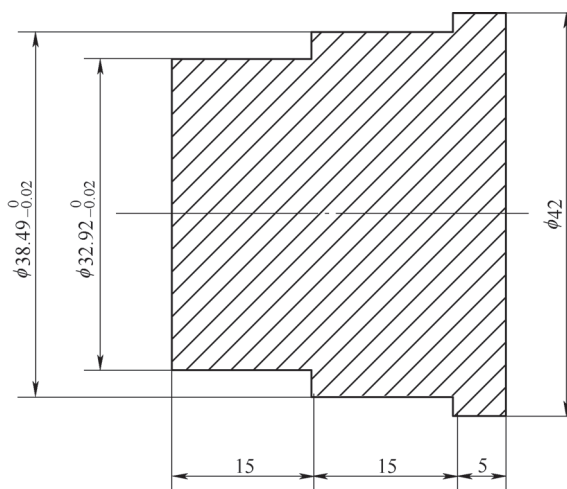
该零件还需要测量两端面圆球的球心距。现已证明, 机床的加工能力是满足要求的, 因此换一种思路, 将球心距转换为圆球最高点进行测量。测量时, 量具球面与零件球面接触, 量具端面至球面最高点的距离为固定值, 可计算得出量具两端面的理论长度值。

5 量具的制作

机床有可靠的加工精度, 接下来就是量具的制作。量具的加工图样及实物如图4所示。



a) 加工图样一



b) 加工图样二



c) 量具实物

图4 量具加工图样及实物

6 测量

涂色检查球面直径的结果如图5所示。涂色剂为红丹粉和机械油的混合物, 检查标准为有效面积的70%涂色即可。经检查, 零件合格。

零件的球面直径为 224.54mm , 中心距离尺寸为 $(1.65 \pm 0.20)\text{mm}$ 。量具制作时, 其球面最高点距端面距离为 3.42mm , 量具的厚度为 20mm 。通过计算, 零件使用量具测量时, 长度尺寸 $L = 224.54 + 20 +$

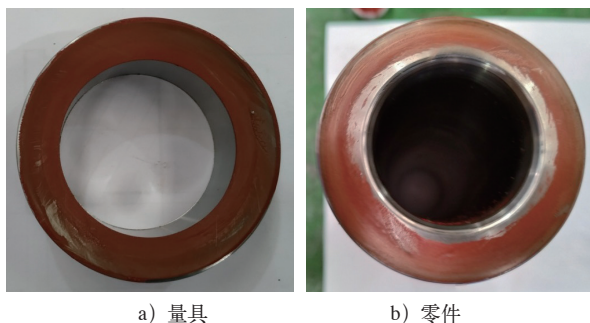


图5 涂色检查结果

$20 - 3.42 - 3.42 - 1.65 = 256.05 \text{ (mm)}$ 。

中心距的公差为 $\pm 0.20\text{mm}$ 。将量具装在零件的两端，通过高度仪进行测量，其结果为 256.18mm ，偏大，零件合格。零件偏大的原因可能是量具与零件的配合不是非常完美，有局部干涉的地方。图6为零件装夹后的状态及测量方法。



a) 零件装夹后的状态



b) 利用量具测量

图6 零件装夹后的状态及测量方法

7 需注意的要点

使用该方法进行零件的检测，有几点需要特别注意，否则会影响零件的测量结果，甚至会导致误判。

(1) 量具的加工 量具的加工是该方法的重中之重。量具若存在误差，则测量结果必然存在误差。量具上设计有一个小孔，它除了用于穿心轴定位之外，还有一个作用是校正刀具 X 向的补偿量。由于加工的量具表面为球面，因此刀具不能使用 X 向的补偿，若使用补偿之后，其球面的圆心会偏离中心线。

同时，由于量具非常小，其外径和有效圆弧面积与零件相似，量具也无法测量。在加工量具时，使用量具试件的加工程序，多余部分空走刀，保证使用验证过的加工程序，从而控制量具的加工质量。

量具的总厚度需要由磨削来保证，以减小测量误差。

(2) 零件的球面车削 零件内孔已经存在，零件车削时也要控制刀具 X 向的对刀，不允许有补偿量。首先需要测量零件的内孔，确定内孔的实测值 D ；然后在机床上将零件找正，必然会存在一个跳动 x_1 ；将刀具慢慢移动，接触至零件内孔表面，此时零件需要旋转。当刀具接触至零件的最低点时，此时应该输入的对刀直径 $D_1 = D - x_1$ 。

8 结束语

在确定测量方法时，首先要进行理论分析，确认测量方法的科学性、可靠性和再现性。如果需要制作辅助工装、量具，一定要保证工装、量具的质量，并且要经过验证。

制造技术和测量技术在不断地更新，传统的机械加工方法结合现代高精测量设备，会发挥意想不到的作用。因此在零件的生产制造过程中，要充分利用现有的设备，制定合理的工艺和方法。

参考文献：

- [1] 《航空制造工程手册》总编委会. 航空制造工程手册 [M]. 北京：航空工业出版社，1998.
- [2] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2016.
- [3] 国家机械工业局. 金属切削机床结合面涂色法检验及评定：JB/T 9876—1999 [S]. 北京：中国标准出版社，1999.