游标卡尺刀口内量爪测量小孔误差的探讨

杭州钱江五金工具厂 （311100） 凌 勇

在五金行业中，许多机械零件较小，尤其在五金模具制造中小孔较多，工人们常用游标卡尺的内测量爪测量孔径和孔距等。但测量过程中，发现测得的尺寸与实际尺寸之间有着不小的误差，造成大批零件的超差，本文就此误差进行一些探讨，以期减少这些误差的发生。

1. 误差产生的原因

这些误差产生的原因是由于卡尺两个内量爪间隙 e 和爪宽 b 的影响，如图 1。

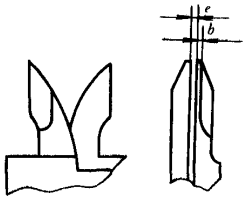

图 1

（1）测量小孔时产生的误差 ΔD 如图 2，用刀口内量爪测量孔径 D 时，两量爪之间间隙为 e，爪宽为 b，量爪棱边 A、B 处与孔壁接触，所以两量爪测量点实际离开距离为 L，我们称之为量爪偏离距 L，即

$$L = e + b_1 + b_2$$

在量爪偏离距 L 的影响下，测得的孔径为 D_1，其与实际孔经 D 的误差 ΔD 的大小可以从（图 3）求出，

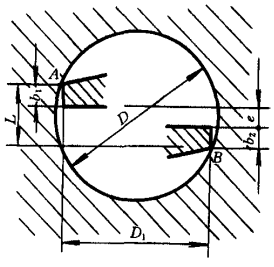

图 2

$$\Delta D = D - D_1$$

在 Rt$\triangle ABC$ 中，$D^2 = D_1^2 + L^2$，把 $D_1 = D - \Delta D$ 代入后得 $D^2 = (D - \Delta D)^2 + L^2$

化简：$L^2 - 2D \cdot \Delta D + \Delta D^2 = 0$

当误差 ΔD 不大时，ΔD^2 可忽略不计，则

$$\Delta D = \frac{L^2}{2D} \qquad (1)$$

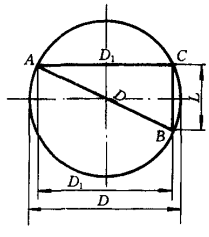

图 3

从式（1）可以说明孔径误差 ΔD 的大小取决于被测量孔径 D 和量爪偏离距 L 的大小，量爪越厚，量爪间隙越大，测量误差 ΔD 越大，但当孔径变大时，ΔD 迅速变小。此公式对大孔是没有意义的。

（2）测量两小孔距离时产生的误差 ΔS 如图 4，用刀口量爪测量两个小孔（D_1、D_2）之间的距离时，由于爪宽（b_1、b_2）的影响，不能测量出实际尺寸 S，只能测量出 S_1 值，这两值之差即量 ΔS，分别由误差 δ_1、δ_2 来表示即：

$$\Delta S = S - S_1 = \delta_1 + \delta_2$$

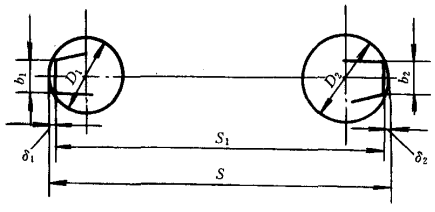

图 4

由弓高弦长法公式很容易求出 δ_1 和 δ_2：

$$R = \frac{b_1^2}{8\delta_1} + \frac{\delta_1}{2}$$

式中 δ_1——弓高

b_1——弦长，b_1 = 爪厚

化简：$2R_1\delta_1 = \frac{b_1^2}{4} + \delta_1^2$

当误差 δ_1 不大时，δ_1^2 可以忽略不计，得：

$$\delta_1 = \frac{b_1^2}{8R_1} = \frac{b_1^2}{4D_1} \qquad (2)$$

同理：

$$\delta_2 = \frac{B_2^2}{4D_2} \qquad (3)$$

则

$$\Delta S = \delta_1 + \delta_2 = \frac{b_1^2}{4D_1} + \frac{b_2^2}{4D_2} \qquad (4)$$

如果两小孔直径相同，两量爪宽度相同，则：

$$\Delta S = \frac{b_1^2}{4D_1} + \frac{b_2^2}{4D_2} = \frac{2b^2}{4D} = \frac{b^2}{2D} \qquad (5)$$

此公式与式（1）相似，这里的量爪宽 b 相当于前式中的量爪偏离距 L，两小孔间距的误差大小同样取决于被测孔经与量爪宽度的大小。

2. 减少和控制误差的方法

（1）如果知道卡尺量爪的间隙和爪的厚度，即可知道量爪的偏离距 L，再将测得的孔径 D 代入

轴键槽对称度专用量具

湖北武汉三三零三工厂 （武昌 430200） 刘建生

带键槽的轴是常见的机械传动零件。键槽的加工难度虽然不大，但对称度的检查却较麻烦，关键是不容易测准键槽的中心位置，通常情况下主要靠工艺保证。为了解决这个问题，制作了一套轴键槽对称度专用量具。

1. 量具的结构

根据轴类零件的特点，量具采用 V 形块定位，以确定轴心线。具体结构参见图 1。

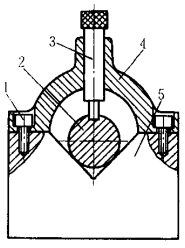

图 1

1. 连接螺钉 2. 工件 3. 检测心轴 4. 半圆固定板 5. V 形块

2. 量具的制作要求

量具制作中，应确保各平面之间相互平行和垂直，尤其是 V 形槽半角的误差应控制在 ±2′之内，这样才能确保对称。另外，半圆固定板定位中心孔的精度要高，孔与检测心轴须采用精密滑动配合并做到与配合面垂直。

3. 量具的校准

量具按要求制作完毕，用两个螺钉连接半圆固定板，后者的沉孔做成扁槽形，以便于调节，然后按图 2 的方式进行校准，直至半圆固定板孔的中心线与 V 形槽的中心线重合（通过依次测量两检测心轴的高度差“H”），最后锁紧螺钉固定。

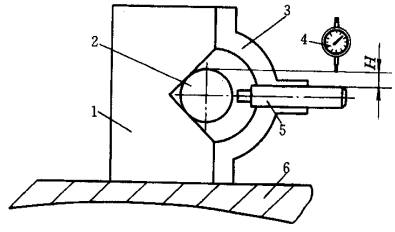

图 2

1. V 形块 2、5. 校对心轴 3. 半圆固定板 4. 百分表 6. 平板

4. 量具的使用

工件按图 1 方式进行检测。检测心轴头的直径按国家通用塞规标准通端尺寸（即键槽的宽度尺寸）确定。当工件键槽的中心线与轴心线对称时，检测心轴能顺畅地插入到键槽的底平面，不对称时则会产生阻塞，甚至根本无法插入。

本套量具检测方便，适用范围广（针对不同的键槽宽度更换相应直径的测头心轴），能大大提高检测效率及准确性。

（收稿日期：20030616）

公式（1），就可得到误差 ΔD 进行修正。如果不知卡尺量爪间隙和爪的厚度，在车间里一般情况下，卡尺测量小孔近似修正值（恒为正值）如下表：

测量直径/mm	3	4	5	6	7	8	9
修正值/mm	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01

（2）控制量爪间隙式量爪的厚度 根据生产中测量精度的要求，尽量减少两量爪的间隙 e 和量爪的厚度 b，也可以把允许的间隙要求列入工厂计量室的平尺检定要求，用塞尺检定给予保证，一般工厂可以规定。间隙 $e = 0.05$mm。并在量爪修理时减少量爪的厚度 b，在量爪的外刃口倒 0.1 ~ 0.2mm 的圆角，把测量误差尽量减少到最低程度。

3. 结语

按照上述方法，该卡尺刀口内量爪的刃口圆角为 0.1mm，量爪厚度为 0.3mm，量爪间隙为 0.05mm，测量尺寸为 20mm，则：偏离距 $L = (0.3 - 0.1) \times 2 + 0.05 = 0.45$mm，误差 $\Delta D = \frac{0.45^2}{2 \times 20} = 0.005$mm。

这个误差与卡尺总误差相比是微不足道的，所以说用卡尺测量大孔是不受影响的。但是在生产实践中测量小孔过程中，如果卡尺内量爪刃口未倒圆角，量爪厚度不变，量爪间隙为 0.15mm 时，如测量尺寸为 ϕ5mm 小孔，则偏离距 $L = 0.3 \times 2 + 0.15 = 0.75$mm，误差 $\Delta D = \frac{0.75^2}{2 \times 5} = 0.056$mm。

仅此一个因素的误差就超过了卡尺允许总误差，这对测量结果的影响是非常大的。本文希望通过上述的探讨，给用游标卡尺测量小孔的使用单位一定的参考。

（收稿日期：20030616）