圆度检具的应用及误差分析

常州机电职业技术学院　（江苏　213000）　吴小邦

在工厂工作时，需检验箱体零件 $\phi105H\ (^{+0.054}_{0})$ 孔，圆度为 0.01mm，为此设计了图 1 所示的检具，经实际使用，该检具检测效率高，使用方便。

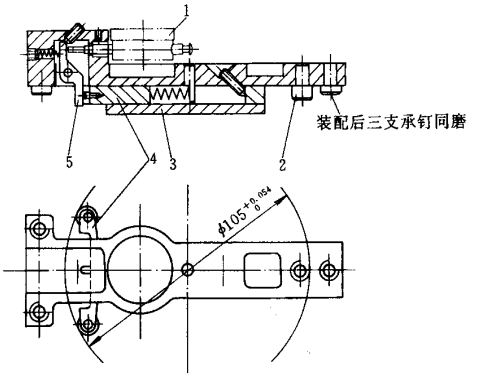

图　1

1. 百分表　2. 定位销　3. 导向板
4. T 形活动板　5. 杠杆

1. 使用方法

先将检具置于校准件（图 2）上，在弹簧作用下，使 T 形活动板上的两个定位销及支承钉与校准件相接触，校准百分表至零点，然后将检具置于工件上，进行比较测量，百分表的读数应在 0～0.045mm 范围内，测几个方向，百分表的最大读数差，即为内孔的圆度。

线相对于基准的相对变动量，这种方法便可用于批量零件的检测。又如通过图 4 中的左顶尖 2、右顶尖 9 的结构变化，可以测量两内孔中心线不垂直时的中心距、中心线的夹角等。当工件的内孔数量超过 3 个且中心线的夹角不规则时，更能体现这种方法的优越性。遇到工件比较庞大时，还可以把坐标系移到工件上，在现场架构中心线模型进行测量。总之，同选用机床、刀具一样，专业性生产中检具的选择注重专用性，而产品试制、工装生产制造的检具则注重通用性。应该在理解空间架构中心线基本原理的基础上，在实践中灵活应用。

（收稿日期：20040410）

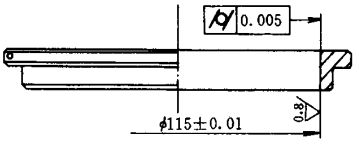

图 2　校准件

2. 设计参数

如图 3 所示，设工件半径为 R，A、B、C 为检具上三定位销和孔径的接触点，α 称为接触角，也可看作是检具校准时的接触角。当被测孔由 R 增大至 R' 时，检具 T 形活动板上的二定位销和孔径接触点将由 A 移至 A' 点，B 移至 B' 点，移动距离为 x，但直径方向的变化值为 $y = R - R'$。图中：

$OA = R$，$AA' = x$，$\angle OAA' = 180° - \alpha$，在 $\triangle OAA'$ 中，由余弦定理得：$(y + R)^2 = x^2 + R^2 - 2x\cos(180° - \alpha)$，展开并舍去高次方 $x^2 - y^2$ 得：

$$x = y/\cos\alpha$$

本检具上杠杆比取为 1:1，为使百分表能直接反映工件直径方向误差，应取 $x = 2y$，即接触角 $\alpha = 60°$，这样百分表测量到的 x 值，即为工件内径变化量。

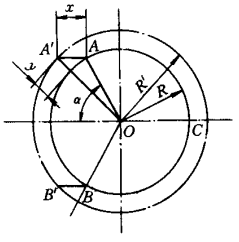

图　3

3. 检测误差分析

检具上三个定位销在测量时的位置偏移，会产生测量误差。由于 T 形活动板和其导向板之间的配合间隙，尤其是磨损后间隙会增大，工人实际测量时会和校正时情况不一样。如图 4 所示 T 形板由于间隙而倾斜角度 α' 时，其定位销上原接触点 A 脱离工件内壁至 A' 点，检具要绕 B 点

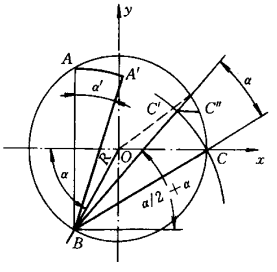

图　4

轴套垂直度检具

哈尔滨量具刃具厂 （黑龙江 150040） 李文义 塔怀刚

我厂受外单位委托，加工一批轴套，如图1所示，要求孔的轴线对一端面垂直度0.004mm，我们曾想配一微锥度心轴，通过检测端面对孔的跳动来控制此项形位公差，但算起来实心的心轴连同工件重量超过200kg，不仅超过现有设备的承载能力，检查也不方便。为检定该垂直度公差，我们设计了一套检具，并按此方法，完成了加工及检测任务，一次通过委托方验收。

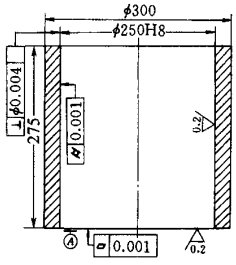

图 1

1. 检具的结构

检具结构如图2所示，由锁紧螺钉1、定位支点2、基准平板（000级花岗岩平台）3、测微表（扭簧比较仪）4、测微表夹套5、表架6、移动手柄7、检具底座8组成。锁紧螺钉1松开时，测微表夹套5可在表架6的槽内上下移动，检具底座8下面（图2中 A 面）及两定位支点2是测量基准和定位面。

2. 检具的使用

将检具和工件放置在基准平板上，推动移动手柄7，使两定位支点2与待测孔内壁接触，调整测微表的位置，使测微表4指针在示数中间位置，并锁紧测微表夹套5，完成检具的调整。转动工件或检具，在圆周内多点测量，测微表示值最大差值为测量值。可调整测微表在垂直方向上的高度，多次测量，以提高测量值的可信度。我们取距上边缘20～30mm处的测量值为检定值。

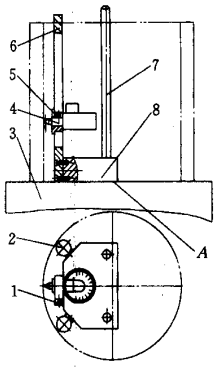

图 2
1. 锁紧螺钉
2. 定位支点（两个）
3. 基准平板
（000级花岗岩平台）
4. 测微表（扭簧比较仪）
5. 测微表夹套
6. 表架 7. 移动手柄
8. 检具底座

3. 结论

对于孔或轴类零件，可用该方法测量端面对轴线的垂直度，但孔或外圆的圆柱度误差会影响其测量精度。对于方形零件的垂直度，也可用类似的检具检查两面的垂直度误差，但需要用标准的90°角尺校准测微表的零位。

（收稿日期：20040605）

转动一个角度 α'，A' 点才会贴合内孔至 A，同时 C 点也绕 B 点转动了 α'，这时 C 点到了位置 C'，和工件内壁脱开了，要使 C' 接触到工件内壁，则检具须沿 x 方向再移动 $C'C''$（C''点在圆上），这时百分表会直接显示这一直线长度，$C'C''$的值即为测量误差值。

在△OBC 中，$BC = 2R\cos(\alpha/2) = BC'$，在如图 x—y 坐标系中：C' 的 x 坐标 $C'_x = BC'\cos(\alpha/2+\alpha') - R\cos\alpha$

C'的 y 坐标 $C'_y = BC'\sin(\alpha/2+\alpha') - R\sin\alpha$

则 C''点的 x 坐标 $C''_x = \sqrt{R^2 - C'^2_y}$

$= \sqrt{R^2 - [2R\cos(\alpha/2)\sin(\alpha/2+\alpha') - R\sin\alpha]^2}$

$= R\sqrt{[1 - [2\cos(\alpha/2)\sin(\alpha/2+\alpha') - \sin\alpha]^2} \approx R$

$C'C'' = C''_x - C'_x$

$= R[1 + \cos\alpha - 2R\cos(\alpha/2)\cos(\alpha/2+\alpha')]$

这里 $\alpha = 60°$，则 $C'C'' = R(1.5 - \sqrt{3}\cos(30° + \alpha')$

所以从以上公式中可以看出，测量误差不仅和 α、α'有关，还与被测孔径有关。

实际设计中，T形活动板和导向板的配合间隙控制在单边0.01mm，配合长度为70mm。则 $\alpha'_{max} = \arctan(0.02/70) \approx 0.016°$，代入上式得：

$C'C''$（最大）$= 52.5(1.5 - \sqrt{3}\cos 30.016°)$

≈ 0.013mm

可见在检具制造时，要特别注意控制T形活动板的配合间隙，否则可能在实际操作检测时，T形板的微小倾角会引起检测误差。为使配合更精确，同时减小磨损，建议采用精密滚动滑块，同时增加配合长度，这是该检具的可改进之处，但检具成本亦相应提高。

（收稿日期：20040412）