DOI:10.16731/j.cnki.1671-3133.1984.10.016

导轨在水平面内平行度誤差的測量

北京第一机床厂　孙振凯

本文介绍一种用自准直仪加光学直角器来測量导轨在水平面内平行度误差的方法。该法简单易行，測量精度较高，非常适宜宽导轨平行度的測量，近来由于无需调整的立方体型光学直角器的问世，其測量更为方便。

一、測量原理及基准建立

众所周知，用自准直仪測量导轨直线度是以光束模拟理想直线，若与自准直仪配用两个光学直角器（五角棱镜），可将自准直仪直接发出的光束经光学直角器两次精确转折90°，使之成为一理想平行光束，平行度測量的基准就是由这一理想平行光束所体现，如图1所示。

就导轨内侧面或外侧面平行度的測量而言，若想得到较高的測量精度，最好使用同一桥板及紧固于其上的反射镜，此时，两个光学直角器应选配得当。由于光学直角器不可能做到精确转折90°，其误差一般为±2″，若从±2″范围内任选两个，则可出现下述三种情况：

1．若两个光学直角器无误差，则建立起的两条基准光束平行，如图2a。

2．若两个光学直角器误差的绝对值相等且符号相反，则建立起的两条基准光束平行，如图2b。

3．若两个光学直角器均为同号误差值或正值大负值小或负值小正值大，则建立起的两条基准光束不平行，如图2c。

如果建立起的两条基准光束平行度相差1～2秒，在1M測量长度上则产生0.005～0.01mm误差，測量长度越长，则误差越大。由此看来，光学直角器不能任选，为使建立起的两条基准光束平行，应按前两种情况选择为好，如果是后一种情况则要进行误差修正。

二、測量及数据处理

图1为用自准直仪加光学直角器測量导轨在水平面内平行度误差的示例。

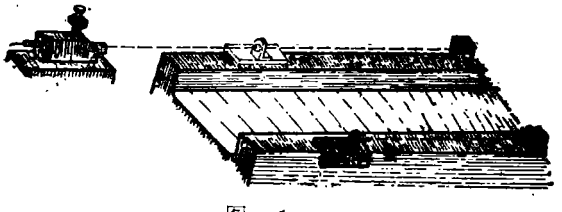

图　1

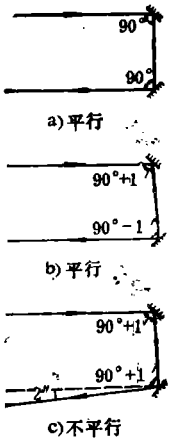

图　2

測量时用稳固可靠的三脚架把自准直仪架起来或直接置于床身导轨一端，光学直角器置于导轨另一端，将反射镜固定在跨距适当的专用桥板上，同直线度測量一样，先測量基准导轨面，之后将桥板轻轻移至被測导轨面上，利用光学直角器对光束的两次转折，便可測出被測导轨面的误差值，測量完毕后，应将測量桥板放到其測量起始位置再复验一下，如读数基本不变，则认为測量数据可靠，这时便可进行数据处理。数据处理时，可以根据需要，对基准按最小条件或两端点连线来确定。具体数据处理方法举例如下：

设对于基准导轨面和被測导轨面的測得数据如下表所列。

（μm）

測点序号	0	1	2	3	4	5	6	7	8
基准导轨面的读数值	0	0	+2	+4	-3	+6	-2	+8	+7
被測导轨面的读数值	0	+5	+4	-3	+4	+3	-5	+4	+5

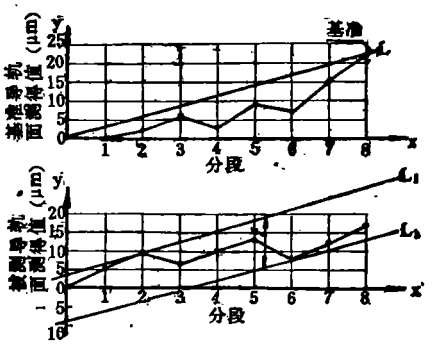

图　3

根据表中的数据，可用作图法和计算法求该导轨的平行度误差。

1．图解法

当用图解法求解时，可根据上列測得值，首先画出基准导轨面的误差曲线，并画出理想直线L（图

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3）接着画出被测导轨面的误差曲线，同时作出平行于直线 L的定向最小包容区域，该区域由两平行直线 L_1 和 L_2 构成，沿 y 轴方向最小区域宽度 f，即为所求的平行度误差，从图中可量得平行度误差为 12μm。

2. 计 算 法

如果上例用计算法求解，就应首先建立基准直线 L 的方程，其方程为：

$$Ax+By+C=0$$

构成定向最小区域的两平行直线 L_1 和 L_2，根据其与L 平行的关系，则分别有方程：

$$Ax+By+C_1=0$$

$$Ax+By+C_2=0$$

根据图3，L过（0,0）和（8,22）两点，故有方程：

$$22x-8y=0$$

L_1 和L_2分别过(2,9)和（6,8),故分别有方程：

$$22x-8y+28=0$$

$$22x-8y-68=0$$

以 x=0 分别代入 L_1 和 L_2 方程,可得 L_1 在 y 轴上的截距 $y_1=\frac{28}{8}$，L_2 在 y 轴上的截距 $y_2=\frac{-68}{8}$，于是可得平行度误差为：

$$f=y_1-y_2=\frac{28}{8}-\left(-\frac{68}{8}\right)=\frac{28+68}{8}=\frac{96}{8}$$

$$=12\mu m$$

计算结果与图解法求得的误差值完全相同，若二者之间有所差别，那是图解法的读图误差所致。

以上仅列举平导轨在水平面内平行度误差测量的示例，如配各不同形式的测量桥板，还可对各种导轨在水平面内和垂直面内的平行度误差进行测量。

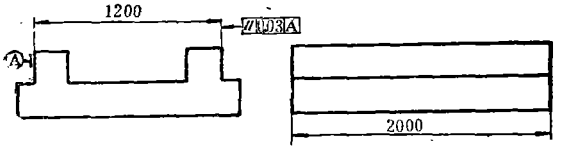

图 4

三、误差分析

用自准直仪加光学直角器测量图4所示的导轨平行度，其误差大致有下列几部分：

1. 自准直仪的示值误差Δ_1

国内外常用的自准直仪，其测量精度在100″内最大误差均在0.6″以内，哈量自准直仪的示值误差在说明书中规定为±（0.5+0.01n）格，测微鼓轮转一周，n=100格，由上表可见，鼓轮上的读数不超过13格，故得到：

$$\Delta_1=\pm(0.5+0.01n)\text{格}=\pm(0.5+0.01\times 13)\text{格}=\pm 0.63\text{格}=\pm 0.63''$$

（每格相当于1″）

2. 由于估读和对线引起的误差Δ_2

这一误差最大不会超过$\frac{1}{2}$格，因此，$\Delta_2=0.5''$

3. 由于反射镜运送器（测量桥板）在被测表面上定位时引起的误差Δ_3

在将接触表面清洗干净和移动方向是沿一直线前进的情况下，这一误差不会超过$\frac{1}{4}$格，即$\Delta_3=0.25''$

4. 外界误差Δ_4

由于环境震动、温度变化引起的反射镜变形等产生的误差，一般$\Delta_4=0.2''$

5. 光学直角器误差Δ_5

一般光学直角器的制造误差在±2″以内，为使建立起的两条基准光束平行，应按文中之介绍选择一对光学直角器，使之建立起的两条基准光束平行度相差在0.5″以内，即$\Delta_5=0.5''$

故该测量方法的极限误差Δ_{1lm}为：

$$\Delta_{1lm}=\pm\sqrt{\Delta_1^2+\Delta_2^2+\Delta_3^2+\Delta_4^2+\Delta_5^2}$$

$$=\pm\sqrt{0.63^2+0.5^2+0.25^2+0.2^2+0.5^2}$$

$$=\pm 1''$$

该误差中的第1项、第5项属于系统误差，可事先用平行度较高的花岗岩平尺或其它平尺将其检定出来，并制出相应的修正表或修正曲线，或用其它方法进行修正，此时该测量方法的极限误差可减少到0.6″左右，若图中导轨长度为2m，则产生的最大测量误差为0.006mm，而图中被测导轨的形位公差为0.03mm，故能满足要求。

（上接第8页）

向左移动大拖板，使配重吊起，钢带自然成绷紧状态。移动中拖板，使A、B、C三点在平行于车床主轴的同一条直线上，然后，精确确定焦距，方法是：用千分尺或卡尺测量A、B之间的距离使AB=f。焦距调好后，保持B、A、C三点共线。把车刀刀尖调整到主轴中心，夹紧刀具。然后将刀移动到零件的外侧，使刀由外侧向中心进刀切削。每次切削的深度靠移动大拖板来控制，必要时可采用千分表来控制。

我们用这套附件加工的抛物面零件（铝合金材料）其0点位置尺寸误差不大于0.02；y值、x值误差均不大于0.02；倾角误差不大于±2′；光洁度可达▽7。

由于焦距大小可以任意调整，因此这种切削方法尤其适用于生产小批量零件或单件，如科研试制中所需要的尺寸多变的高精度零件。

若将这套附件中的卡环反转180°，装在小刀架右端，钢带、卡块、微调机构也反转180°安装，将钢带的k点固定在小刀架左端外侧，再进行必要的调整，同样能加工出凸形抛物面零件。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net