

一种精密 X- Y 扫描台的研究

张二星

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 探讨了一种精密的 X- Y 扫描工作台, 论证其主要技术指标, 介绍其结构特点, 同时也进行理论分析, 最后讨论其应用。

关键词: X- Y 扫描台; 扫描机构; 定位精度

1 引言

为了将较大幅面图像上的信息输入到图像处理系统, 去采用大口径的光学镜头, 无论从技术上还是从仪器的造价上考虑, 都是不值得的。因此, 才采用扫描的办法, 将图像分幅输入。扫描法按原理大致分为二类。一类是光学扫描法^[1], 通过光束的运动实现扫描。它的扫描速度可高可低, 但是有轴外像差产生, 影响成像质量。另一类是机械扫描法^[2, 3], 通过工作台的运动实现扫描。扫描速度没有前者高。由于光学系统是静止的, 成像质量要比前者好。针对本设计方案的具体情况, 考虑成像质量的在图像处理系统中采用光学扫描法的困难, 采用机械扫描法是比较合适的。

2 主要技术指标的论证

2.1 通光口径

扫描台面开矩形通光孔。通光口径的大小与输入图像的尺寸有关。因为整个图像要用平行光束照明。所以, 通光孔的长与宽不能小于图像的长与宽。

2.2 扫描行程

扫描行程应由图像尺寸和各种倍率下分幅输入、输出画幅的大小决定。经过计算, 在各种情况下, 最大行程在 X、Y 方向分别小于图像的长和宽。考虑装调余量, 在 X、Y 方向的行程分别取为图像的长和宽, 这就足够使用。

2.3 扫描定位精度

扫描台的定位精度为0.1 mm。根据加工、装调及采用器件的实际情况,作如下分配。导轨的导向误差为:

$$\Delta L_1 = 0.02 \text{ mm}$$

这是不难做到的。光栅尺的误差为

$$\Delta L_2 = 0.01 \text{ mm}$$

X方向和Y方向的垂直度误差,经过仔细的加工和装调,可达到2。把它换算成线值误差

$$\Delta L_3 = \frac{\alpha L}{\rho} = 0.1 \text{ mm} \quad (1)$$

式中: α ——X、Y方向垂直度误差2; L ——导轨的行程 mm; ρ ——弧度换算成角度的系数。

$$\rho = \frac{180 \times 60}{\pi}$$

上述各项误差,都不是单纯的系统误差或偶然误差。应该把它们当作偶然误差处理,故得扫描台的定位误差为

$$\Delta L = \left(\sum_{i=1}^3 \Delta L_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} = 0.1 \text{ mm} \quad (2)$$

2.4 分划值

考虑使用情况分划值可以取与仪器精度相当的数值,即0.1 mm。

2.5 灵敏度与扫描速度

将灵敏度和扫描速度放在一起讨论,是因为二者互相矛盾互相制约密切相关。如果灵敏度高,则扫描速度就低,操作费时,效率低。反之,当灵敏度低时,扫描速度就高。过低的灵敏度不满足精度的要求,同时过高的扫描速度又会使光栅尺的计数不准。所以,须兼顾三者。

从这类仪器的使用情况来看,采用手动扫描比较灵活、稳定、可靠。但是,这对设计者提出了较高的要求。扫描台除了要满足技术指标的要求外,还要考虑操作的方便、舒适。扫描速度过低时,常常使操作者感到不便,有厌倦感,也降低了工作效率。选择了几种有代表性的方案,见表1。

Tab. 1 Version of scanning mechanism

	sensitivity	speed	positioning accuracy
screw-nut	high	low (Operation is not convenient)	high
direct drive	low > 0.1 mm	high	low > 0.1
gear-rack	meet demand	the scanning speed is suitable	meet demand

从表1中可以看出,当扫描灵敏度高时,定位精度也高,但扫描速度低,操作不方便,如丝杠螺母传动。但是当扫描速度高时,灵敏度低,定位误差大,如直接带动方案。采用齿轮齿条传动方案时可以得到适宜的扫描速度。适当地选取参数,也可以满足灵敏度和定位精度的要求。

关于扫描速度的确定,还应考虑光栅尺的频响问题。采用光敏三极管作为接收元件时,扫描速度不能超过200 mm/s。如果采用齿轮齿条传动,是否满足这一要求?从扫描手轮的转速

来考虑这个问题。它的转速

$$S = \frac{V}{\pi d} \quad (3)$$

式中: S —— 扫描手轮的转速 rps

V —— 光栅尺的允许速度 200 mm/s

d —— 齿轮的分度圆直径 mm

从(3)式可见,适当地选取齿轮直径 d ,会得到希望的手轮转速 S 。我们取 S 为 2 rps,这是比较安全的,得齿轮的分度直径为 32 mm。这就满足了光栅尺关于频响的要求。

3 结构特点

这种扫描台的特点之一是在台面中间有一较大的通光孔, z 方向可以通光,适于在光路中使用。

从扫描台的功能和外形的美观来考虑,都希望扫描台尽量小。但是,扫描导轨的尺寸受一些条件的限制。要减小导轨的宽度,受中间正方形通光孔的限制。因为在扫描时,导轨不能遮光。要缩短导轨的长度,一是受力的限制。即当导轨很短时,不论驱动力多大,导轨都不运行,产生自锁。在图 1 中,设导轨宽为 W ,长为 L ,驱动力为 F ,导轨侧向正压力为 N ,摩擦系数为 f ,摩擦力为 fN ,摩擦力的合力为 C ,它与驱动力的距离为 D ,则有

$$D < \frac{L}{2f} \quad (4)$$

即驱动力与摩擦力合力作用线的距离 D 应小于 $L/2f$ 才不产生自锁,要缩短导轨的长度,还受导轨精度的限制。导轨的倾角 α 由下式确定

$$\alpha = \rho \frac{\Delta}{L} \quad (5)$$

式中: Δ —— 导轨的间隙 mm; L —— 导轨的长度 mm; ρ —— 弧度换算成角分的系数

考虑上面的三个因素和结构上的布局,确定导轨的长和宽及驱动力作用点的位置。至于导轨的高度,与导轨的形式有关。采用外径为 $\varnothing 26$ mm 的直线运动轴承,导杆的直径为 16 mm。因此,扫描台的高较小。

为了操作舒适、方便,除了要选取适宜的扫描速度外,还要适当地确定操作手轮的位置、尺寸和形状,精心设计扫描机构。图 2 是单层扫描机构略图。要进行扫描时,转动扫描手轮 1,通过轴 4、齿轮 5、齿条 6 带动滑板 8,在导杆 7 上滑动,由光栅尺 9 计数,数显出 X 或 Y 的数值。要锁紧时,操作者的手不用换位,直接旋转与扫描手轮 1 同轴的锁紧手轮 2,推动锁紧环 3,抱紧轴 4,就完成了锁紧。

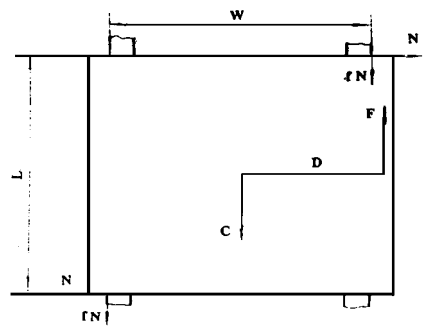


Fig. 1 Guideway forces



1. hand wheel for scanning 2. hand wheel for locking 3. lock ring
4. axle 5. gear 6. rack 7. guid rod 8. slide plate 9. grating scale

Fig. 2 Scanning mechanism

4 结 束 语

经过装调、检测及实验,证明这种 X-Y 扫描台完全满足使用要求。从它使用的场合来看,与它配套的图像处理系统不要求操作的自动化。手动比较灵活、方便。采用光栅尺测量 X、Y 坐标,精度是足够的。

另一方案是电动,即步进电机通过丝杠、螺母传动,带动扫描台移动。它可利用步进电机和一套数字电路来测量 X、Y 坐标。精度没有前者高。如果考虑用计算机进行管理和控制操作过程,采用电动有它的优越性。

参 考 文 献

- [1] Haas U, Seiler H. *Optik*, 1982, **62**(2): 115~122
- [2] Ichioka Y et al. *Appl Opt*, 1985, **24**(5): 691~696
- [3] 张二星. 用于测量微图形的高速机械扫描系统. *光学 精密工程*, 1994, **2**(3): 80~84

Research on a Precision X-Y Scanning Stage

Zhang Erxing

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,*
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

This paper researches on a precision X-Y scanning stage, deals with its main technical specifications, introduces its design features, and also makes theoretical analysis, and finally discusses its utilization.

Key words: X-Y scanning stage; Scanning mechanism; Positioning accuracy

张二星, 男, 1940年生。毕业于长春光机学院光学精密机械专业。多年来,一直从事光学精密机械方面的研究工作。先后研制过多种干涉仪器和其它光学测试仪器。在国内外刊物上发表论文近二十篇。