

激光自动准直的工件定位系统

郑叔芳

(南京航空学院)

提要: 本文介绍了六自由度定位用的激光自动准直系统和自动调平系统。讨论了系统的静态准确度,用计算机分析系统稳定性以及稳定性和静态准确度的矛盾。

Automatic laser alignment system for workpiece setting

Zheng Shufang

(Nanjing Aeronautical Institute)

Abstract: This paper describes an automatic laser alignment system and an automatic leveling system for six-freedom workpiece setting. Also discussed are the static accuracy of the system, the stability as a computer is used for analysis and the contradiction between the stability and static accuracy.

工件在空间六个自由度方向的定位,是工业生产中的一项基本工序。现行方法主要有:

(1) 在由平台、标尺、导轨等组成的机械坐标系中定位。操作较简便,效率较高。但对于大型的工件,如飞机、船舶等,要有大型的机械座标。(2) 在由准直望远镜、水准仪、经纬仪等组成的光学坐标系中定位。由于座标由光学视线构成,可用小仪器定位大工件。但调整困难,六个自由度互相干扰,效率较低。

激光自动准直工件定位系统的座标由激光束组成,仪器仍较小,由于自动定位,调整效率高,因而兼有上述两种方法的长处。

激光自动准直的工件定位系统主要由三部分组成:

1. 座标系

座标系主要由一条基准激光束组成,它可以控制空间的四个自由度。绕激光束转动的自由度以电子水准器为基准,也可以采用偏振或轴不对称光斑的激光束控制这个自由度,但精度较低。沿光束轴线方向的测长,目前采用精镗有间距 200 ± 0.01 毫米座标孔的机械标尺,较理想的方法是采用无导轨激光测长。

2. 六自由度调整机构

主要有导轨式和杆式两种结构。导轨式结构和普通机床相仿,一条导轨进行一个自由度方向的调整,相互干扰小,但结构笨重。杆式调整机构根据六点定位原理,由六根两端铰接的二力杆组成。杆的长度可调,各调

收稿日期: 1982年10月27日。

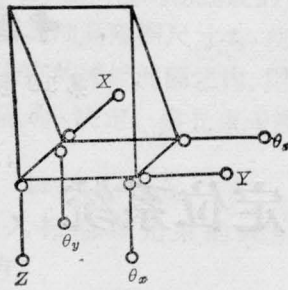


图1 杆式调整机构原理

节一个自由度，杆的长度由系统自动控制（图1）。

3. 自动调节系统

包括四个激光自动准直系统和一个自动调平系统、一个定距系统。

激光自动准直系统的核心是一个四自由度的光电传感器，它有多种结构形式。图2所示为中心孔式四自由度光电传感器的原理。空心锥体3的中央有孔，其直径小于激光束。中心孔以外的激光，通过空心锥面反射到光敏元件2上，产生Y、Z两个方向的光电信号。穿过中心孔的激光束射向锥体5，反射到光敏元件4上，产生 θ_Y 、 θ_Z 两个转动方向的光电信号。

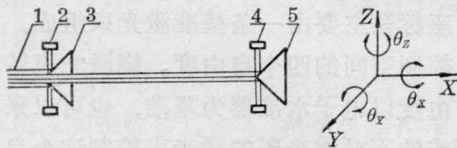


图2 四自由度光电传感器

1—基准激光束；2—光敏元件；3—空心锥体；
4—光敏元件；5—反射锥

当基准激光束对准光电传感器时，光敏元件产生的光电信号为零，整个系统处于平衡状态。当光电传感器偏离激光束轴线时，光电信号经PID放大器放大后，控制电液伺服阀，使液动调整杆产生相应的调整动作，使光电传感器自动对准激光束。

六个自由度的六个自动调节系统是互相干扰的。图1所示的调整机构中，干扰主要

发生在 θ_x 、 θ_y 、Z三个自由度之间和X、Y、 θ_z 三个自由度之间。以 θ_x 、 θ_y 、Z三个系统为例，其相互关系如图3所示。

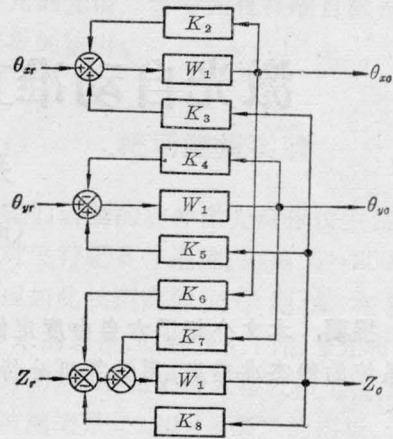


图3 θ_x 、 θ_y 、Z三个自由度自动调节系统结构图

图3可看作一个多变量自动控制系统，有三个输入量 θ_{xr} 、 θ_{yr} 、 Z_r ，三个输出量 θ_{xo} 、 θ_{yo} 、 Z_{co} 。令： $x_1 = \theta_{xo}$ ， $x_2 = \frac{d\theta_{xo}}{dt}$ ， $x_3 = \frac{d^2\theta_{xo}}{dt^2}$ ， $x_4 =$

$$\theta_{yo}, \quad x_5 = \frac{d\theta_{yo}}{dt}, \quad x_6 = \frac{d^2\theta_{yo}}{dt^2}, \quad x_7 = Z_{co}, \quad x_8 = \frac{dZ_{co}}{dt},$$

$$x_9 = \frac{d^2Z_{co}}{dt^2}。$$

当 $\theta_{xr} = 0$ ， $\theta_{yr} = 0$ ， $Z_r = u = 1[t]$ 时，图3所示系统的状态方程为：

$$\dot{x} = AX + Bu \quad (1)$$

式中：

$$A =$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -b_3 & -b_2 & -b_1 & 0 & 0 & 0 & b_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -b_5 & -b_2 & -b_1 & b_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -b_8 & 0 & 0 & b_9 & 0 & 0 & -b_7 & -b_2 & -b_1 \end{bmatrix};$$

$$X = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9]^T;$$

$$B = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, b_7]^T;$$

$$b_1 = \frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2};$$

$$b_2 = \frac{1}{T_1 T_2};$$

$$b_3 = \frac{K_1 K_2}{T_1 T_2};$$

$$b_4 = \frac{K_1 K_3}{T_1 T_2};$$

$$b_5 = \frac{K_1 K_4}{T_1 T_2};$$

$$b_6 = \frac{K_1 K_5}{T_1 T_2};$$

$$b_7 = \frac{K_1}{T_1 T_2};$$

$$b_8 = M;$$

$$b_9 = N。$$

K_1, T_1, T_2 为传递函数 W_1 中的参数:

$$W_1 = \frac{K_1}{S(T_1 S + 1)(T_2 S + 1)};$$

M, N 为调整机构中的两个几何参数。

可在电子计算机中,用吉尔(Gill)法求式(1)中 $\theta_{zc}, \theta_{yc}, Z_c$ 的数值解,从而判断其稳定性和影响因素。

稳定性和静态准确度是相互矛盾的。在系统稳定的前提下保证静态准确度的因素和措施是:

1. 基准激光束飘移

要求研制出口处飘移量小于 0.03 毫米/4 小时的基准激光束。为此必须改进氦-氖激光器的结构:采用两端支撑的厚壁毛细管,改用石英材料,选用最小飘移的共振腔参数等。

2. 光敏元件

光敏元件的误差直接影响准直误差,且不能用提高放大器放大倍数的方法来减小其影响。必须精选灵敏度高而零飘小的光敏元件。按温飘特性成对选配光敏元件可提高精度。元件的连接方式也影响精度,试验表明,并联的光电池比串联的有较高的灵敏度和较小的零飘。

3. 自动调节系统

改善自动调节系统的动特性,使在较大的开环比例系数的情况下保持稳定性,能显著提高精度。PID 放大器是改善系统动特性的经济而有效的措施。

4. 机械系统

从光电传感器到被定位的工件,要经过一系列的机械转接,这些机械转接装置的配合间隙和在变载荷下的变形也影响工件的定位精度。

以上这些误差,第 1、第 2 和第 3、第 4 种各约占总误差的 1/3。

根据上述原理,我们和洪都机械厂、永红机械厂协作研制了激光自动准直型架安装机(A型),以后又研制了激光自动准直型架安装机(B型),和峨眉机械厂共同设计了激光自动准直型架安装机(BII型)。这几种安装机先后试装和安装了六个机种的九台型架,达到了预定技术指标。