

§ 2.9 光电式

§ 2.9.1 反射法检测材质表面缺陷

利用光线反射定律(即入射角等于折射角)和光强变化可以检查被测物表面加工质量好坏(如表面光洁度、凹坑、裂纹等)。

工作原理 如图 2.9.1 所示,由点光源 1 发出的光,经透镜会聚于被检工件表面。被检工件(如圆轴、圆柱体等)表面若有疵病(表面光洁度差、有裂纹、凹坑等)时,因有一部分在疵病处被散射掉,所以从被检工件表面反射的光能量变弱,由透镜会聚后,从光电转换元件接收到的光信号强度变小,转换后的电信号变弱。因此,从光电转换元件转换后的电信号变化情况,就可判断被检工件表面有无缺陷。

如果被检工件为一平面,利用上法也可以检验其表面缺陷。

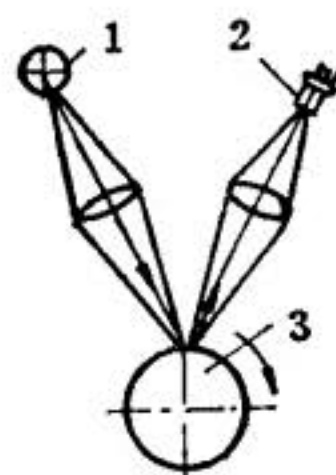


图 2.9.1 反射法测工件表面加工质量原理图

1. 光源 2. 光电转换元件 3. 被检工件

§ 2.9.2 透射法检验材质孔、径尺寸

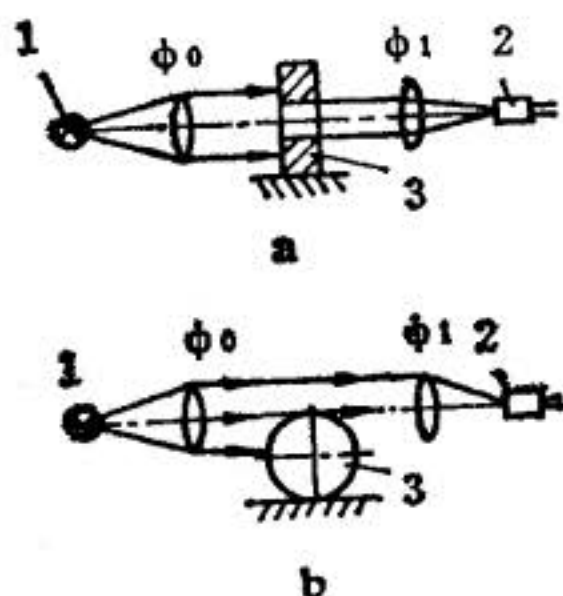


图 2.9.2 透射法检验孔、径尺寸

1. 光源 2. 光电转换元件
3. 被测工件 ϕ_0 、 ϕ_1 透镜

工作原理 如图 2.9.2 所示,这种传感器是把被检测的工件当作光栏使用。在图 2.9.2(a) 中,由光源 1 发出的自然光,经透镜 ϕ_0 变为平行光投向被测工件。平行光通过小孔后的能量变小(孔径愈小,光的能量愈小),然后由透镜 ϕ_1 会聚,并由光电转换元件检测。因此,光电转换元件检测到的信号强弱,就代表了孔径大小。

图 2.9.2(b) 是利用被测工件挡去一部分光后(被测工件直径愈大,挡去部分的光愈多),光电转换元件接收到的光能量发生变化,从光电转换元件接收到的光能多少(即变换后的电信号强弱)来判别被测工件直径尺寸。

利用上述二法,常可检验工件的小孔、狭缝和细丝的直径尺寸等。

§ 2.9.3 光电准直定位

位

工作原理 在加工件进行安装时,往往需要定位,如轴的圆心定位等,可用光电方法进行准直定位。

光电准直定位的工作原理如图 2.9.3 所示。在图 2.9.3(a) 中,屋脊棱镜装于被定位的工件上。当光源 1 发出的光经透镜会聚、光栏

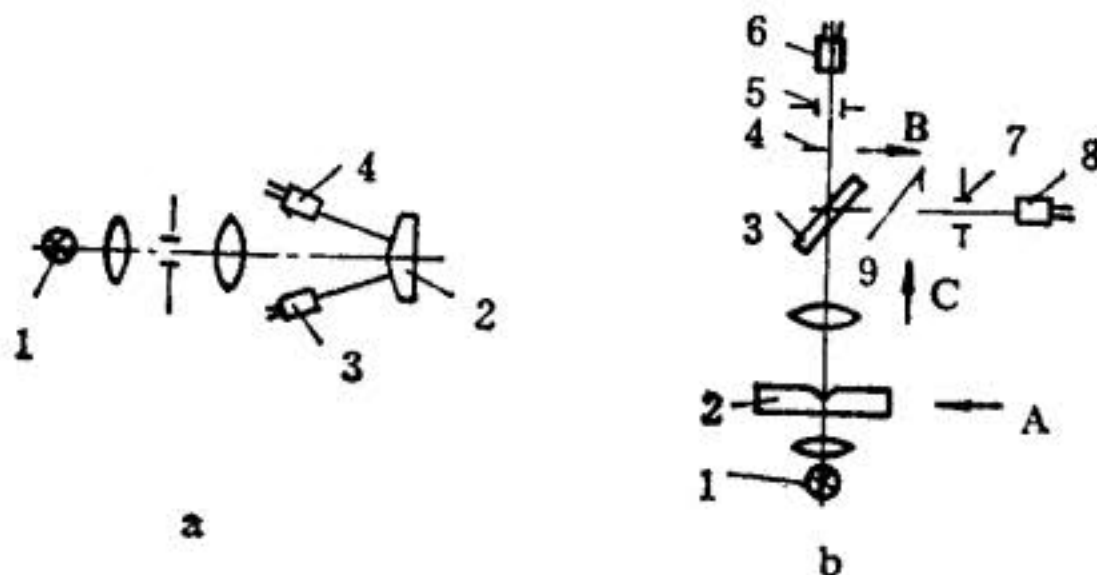


图 2.9.3 光电准直定位工作原理图

a. 利用屋脊棱镜准直定位 1. 光源 2. 屋脊棱镜 3、4. 光电检测元件
b. 利用光电显微镜准直定位 1. 光源 2. 线纹尺 3. 半透光反射镜
4、9. 光栏 5、7. 会聚系统 6、8. 光电检测元件

挡去一部分后,再由透镜发散成平行光投在屋脊棱镜上。若3、4两个光电元件检测到的电信号大小相等时,就说明工件被准直定位了。否则,需调整工件位置,直到工件准直定位为止。

图2.9.3(b)是利用动态显微镜原理来进行准直定位的。线纹尺和被测工件刚性连结。从光源1发出的光经透镜会聚于线纹尺的缺口处,然后投向另一个透镜,将光线变为平行光投

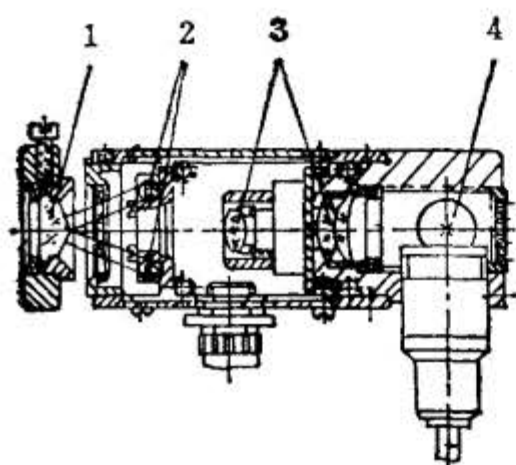


图 2.9.4 光电准直定位装置结构图

1. 屋脊棱镜; 2. 光电池; 3. 透镜系统; 4. 光源。

§ 2.9.4 光电轮廓传感器

对于物体表面轮廓的测量有许多方法。如利用双光束、多光束、扫描式、全息图及莫尔条纹等法。本节介绍的是光电式。它和上述诸法的不同点在于,它的被测表面不受视场大小的限制,同时,它也没有必要对于干涉条纹作复杂的处理。

工作原理 如图2.9.5所示,由光源1发出的光,经透镜2会聚后,通过针孔光阑3投向分光镜6。“1”、“2”、“3”、“6”、“7”共同构成显微镜系统。由分光镜反射到透镜5后,会聚于被测物表面4上。被测物表面反射回来的光经透镜5、分光镜6、7,分别在 P_1 、 P_2 处成像。 P_1 处设置有面积较大的光电检测元件,以便接收较强的光强。光电检测元件8安装在 P_2 前边的散焦面上,它所检测到的光强为通过狭缝10后的光强。

光电检测元件9所检测到的光强度为 I_1 ,它代表被测物表面光的反射量多少,即沿图2.9.5中 x 方向上光强的变化。

光电检测元件8所检测到的光强度为 I_2 ,它代表被测物表面以 o 点为原点的 y 轴方向上光强的变化。

被测物可由机械装置使其沿 y 轴方向上、下移动。

光强 I_2 , I_1 分别由光电检测元件9、8变为电信号后,通过除法电路以电压形式输出,输出电压大小代表了比值 I_2/I_1 的大小。

测定时,被测物表面的凸凹不平,表示了被测物表面沿 x 轴方向上有微小的移动量,因而由光电检测元件9所检测到的光强 I_1 的大小不同,由光电检测元件8检测到的 I_2 的大小

在半透膜反射镜3上。反射部分(右边)经光阑4及会聚系统7后由光电检测元件检测;透射部分经光阑4、会聚系统5投向光电检测元件6。半透膜反射镜设置位置和入射光线成 45° 夹角。因此,若两个光电检测元件检测到的电信号大小相等,则表明工件位置已被校准。

结构 图2.9.3(a)中光电准直定位结构如图2.9.4所示。

主要性能

定位精度为 $\pm 2\mu\text{m}$ 。

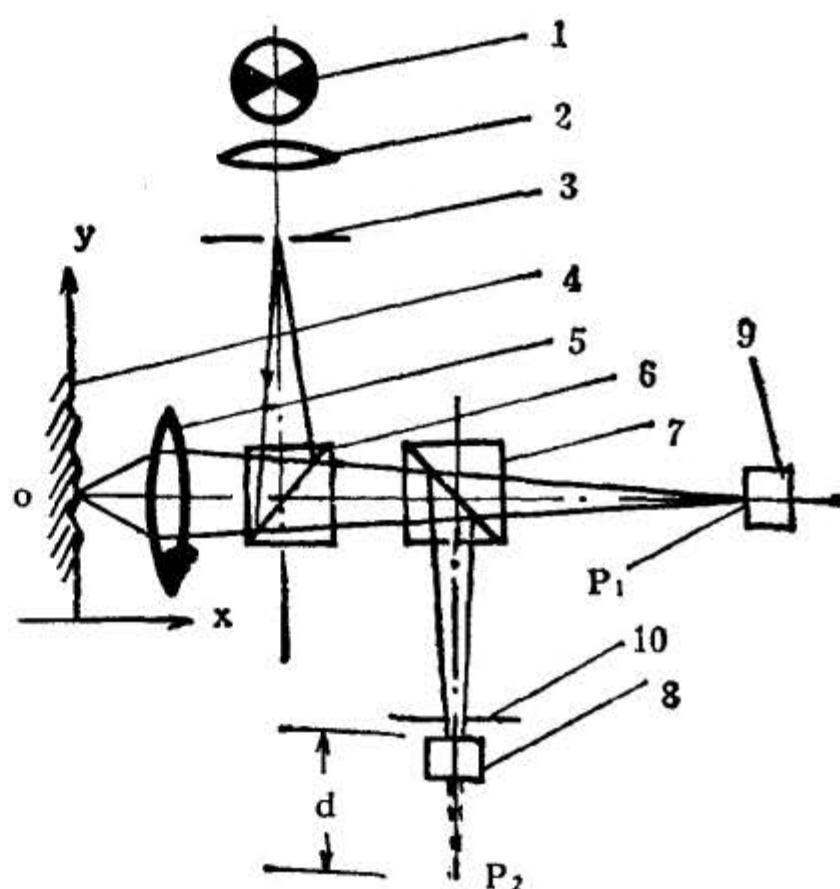


图 2.9.5 光电式轮廓传感器工作原理图

1. 光源 2. 透镜 3. 光阑 4. 被测物 5. 透镜
6、7. 分光镜 8、9. 光电检测元件 10. 狭缝

也不同。此时,成像位置 P_2 则沿 y 轴方向上下有一微小移动。若被测物表面为凸处时, P_2 向 y 轴的负向移动,若被测物表面为凹处时, P_2 向 y 轴的正向移动。因此投向光电检测元件 8 的光强为

$$I_2(x) = \frac{2\Delta x I_1(b-d)}{nd^2 r_0} M^2 x + I_2(0) \quad (2.9-1)$$

式中 Δx —狭缝 10 的缝宽;

b —由显微镜的光瞳面到成像点 P_2 的距离;

d —光电检测元件 8 到成像点 P_2 的距离;

r_0 —显微镜物镜 2 的光瞳半径;

M —显微镜成像系统在 x 方向上的放大率;

n —被测物体周围环境的折射率;

$I_2(0)$ —对应于被测物在原点 o 时,光电检测元件 8 所接收到的光强;

I_1 —光电检测元件 9 所检测到的光强。

在式(2.9-1)的左右两端分别除以 I_1 , 则可得

$$\frac{I_2(x)}{I_1(x)} = \frac{2\Delta x(b-d)M^2}{nd^2 r_0} x + \frac{I_2(0)}{I_1(x)}$$

或改写为

$$\frac{I_2(x)}{I_1(x)} - \frac{I_2(0)}{I_1(x)} = \frac{2x(b-d)M^2}{nd^2 r_0} \Delta x = K \Delta x \quad (2.9-2)$$

式中

$$K = \frac{2x(b-d)M^2}{nd^2 r_0} \quad (2.9-3)$$

式(2.9-2)的左边部分,可用模拟电子除法器得到相应的电压,并用放大器放大。令放大后的输出电压为 U_0 , 则

$$U_0 \propto K \Delta x \quad (2.9-4)$$

式(2.9-4)说明, U_0 与 Δx 呈良好地线性对应关系。如果用机械装置将被测物以匀速在 y 方向上扫描(即移动),则可得到被测物表面的整个轮廓。

式(2.9-4)给出 U_0 — Δx 关系的实测曲线如图 2.9.6 所示。

若测量圆柱体表面轮廓时,可将被测物以轴心旋转测得。

主要性能 光电式表面轮廓传感器主要性能有:

量程(指可测被测物表面凸、凹不平的最大高(深)度): $\pm 13\mu\text{m}$;

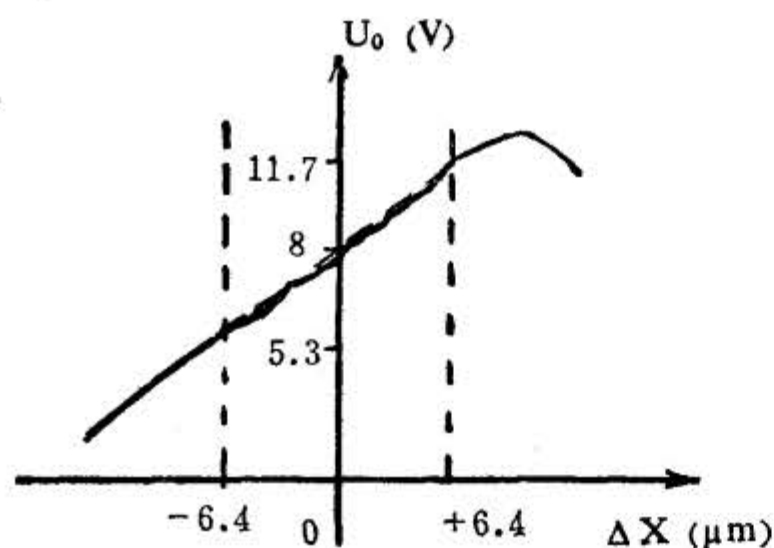


图 2.9.6 U_0 — Δx 关系曲线

线性度: $\pm (1\sim 2)\%$;

最大绝对误差: $\pm 0.25\mu\text{m}$

分辨力: $1\mu\text{m}$ 。

光电式表面轮廓传感器为非接触式测量,使用方便,可用于检测机械加工零件表面的光洁度及缺陷情况。但它只能用于一维坐标情形,这是它的不足之处。

§ 2.9.5 光电跟踪图形传感器

光电跟踪图形传感器是将光源发出的恒定辐射通量投向被测物表面,用光电检测元件接收从被测物表面反射回来的光能量。当被测物移动时,投射在它表面上的光能发生相应变化,而光电元件转换的电信号也相应地跟踪变化,从而实现对被测物表面情况的检验。

光电跟踪图形传感器,由光—电—机联为一个整体,它可以在平面坐标系中对被测物的表面图形、线条、边缘等进行非接触式的自动检测,是对机械零件加工尺寸等几何量检测的重要工具之一。

工作原理 如图 2.9.7 所示,如果要跟踪直角坐标系统中任意一根 AB 曲线,这就要求

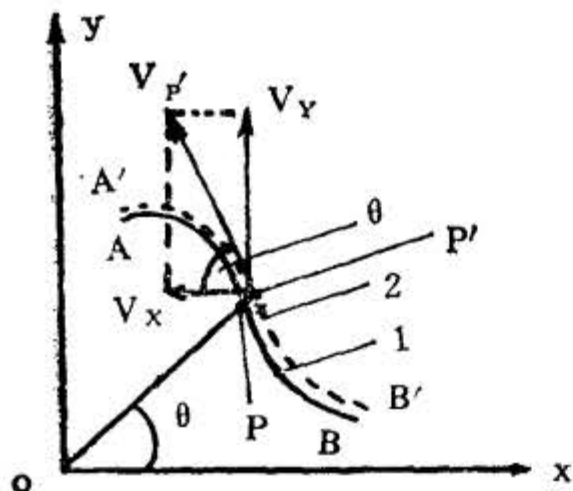


图 2.9.7 跟踪原理分析图

1. 被跟踪曲线; 2. 传感器跟踪时的轨迹

对曲线 AB 上的每一点(例如 P 点)进行跟踪速度的分析。图中虚线为光电跟踪传感器跟踪时的轨迹。设在 P' 点光电跟踪传感器的跟踪速度为 $V_{P'}$, 它应为 $A'B'$ 曲线在 P' 点的切向速度。设跟踪方向由 $B' \rightarrow A'$, 则 $V_{P'}$ 的方向如图中所示, 它的大小可以分解为 V_x 及 V_y , 即

$$\begin{cases} V_x = V_{P'} \cos \theta \\ V_y = V_{P'} \sin \theta \end{cases} \quad (2.9-5)$$

式中 θ — V_P (或 $V_{P'}$)对 x 轴的夹角。

上式说明, 只要测得任意时刻的 $\cos \theta$ 及 $\sin \theta$ 数值大小, V_x 、 V_y 的大小便可知(在 $V_{P'}$ 已知时)。当知道了曲线 $A'B'$ 上所有点的 V_x 及 V_y 数值后, 由于曲线 AB 与 $A'B'$ 保持同步, 从而可知曲线 AB 上任意时刻任意一点的位置(由夹角 θ 决定)达到了跟踪目的。

为了实现对 $\cos \theta$ 及 $\sin \theta$ 的测定, 可采用正交相位脉冲法来形成光电跟踪图形传感器。该传感器的工作原理如图 2.9.8 所示。

被测物 9 由光源 11 经光栏 12、透镜 13 照射后, 经透镜 8 使其成像在光电检测元件 5 所处的位置上, 从而改变了光电检测元件所接收到的光通量。当被测物的像照射在光电检测元件上时, 由于像为黑色, 因此光电检测元件获得的光强变小, 输出电压为低电平。

当扫描电机 1 以一定角速度 ω 旋转时, 其转子 4 也同步旋转, 因此在互成 90° 角安置的正弦绕组 2 和余弦绕组 3 上分别被感应出正弦电压 $\dot{U}_y$ 和余弦电压 $\dot{U}_x$, 其波形见图 2.9.8。

当扫描电机以角速度 ω 旋转时, 安装在扫描盘 6 上的一排光电检测元件(沿圆盘半径安装)也跟着扫描盘一起以角速度 ω 旋转。由于透镜 8 的光线照射在扫描盘 6 的底部上(同时将被测物的像也成在扫描圆盘底部的光电检测元件所处的位置上), 因此, 当光电检测元件 5 旋转到扫描圆盘的有光区域时, 它接收到的光强变大; 输出高电平电压。

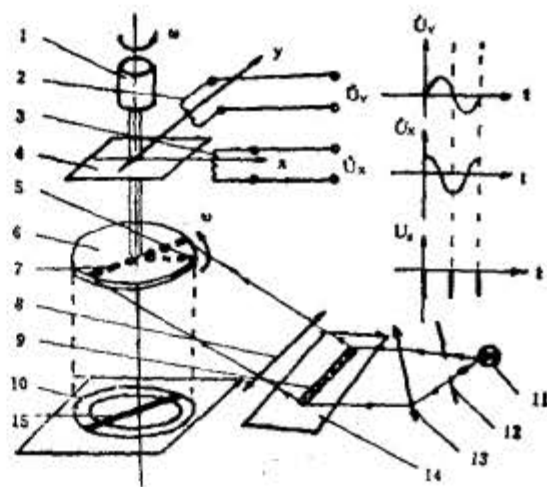


图 2.9.8 光电跟踪图形传感器工作原理图

1. 扫描电机 2. 正弦绕组 3. 余弦绕组 4. 磁钢(转子)
5. 光电检测元件 6. 扫描盘 7. 被测物的像 8. 透镜
9. 被测物 10. 扫描圆 11. 光源 12. 光栏 13. 透镜
14. 反射镜 $\dot{U}_y$, 正弦绕组输出电压 $\dot{U}_x$, 余弦绕组输出电压 $\dot{U}_o$, 光电检测元件获的脉冲 15. 被测物像的投影

为了分析问题的方便,将光电检测元件以角速度 ω 旋转时形成的扫描圆10示于扫描圆盘的下部。它为一列同心圆,每一个圆代表一个光电检测元件的运动轨迹(图中绘出了两个)。

由扫描圆10和被测物成像的投影图15可知,每当光电检测元件扫到被测物的像时,光电检测元件输出低电平。当光电检测元件转过被测物的像时,光电检测元件因受光照射而输出高电平。若被测物是一直线 AB ,一个光电检测元件扫过 AB 后,便得到两个光电脉冲 U_g ,其波形见图2.9.8。一系列的光电检测元件,便产生一系列的光电脉冲。因此光电脉冲可作为正弦电压 $\dot{U}_y$ 及余弦电压 $\dot{U}_x$ 的采样脉冲进行采样。

设正弦绕组和余弦绕组输出的电压分别为

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_y &= A \sin(\omega t + \varphi) \\ \dot{U}_x &= A \cos(\omega t + \varphi) \end{aligned} \right\} \quad (2.9-6)$$

式中 A —被感应的电压幅值;

ω —扫描电机的角速度;

φ —扫描电机旋转时的初相位。

采样脉冲中第一个脉冲可用零阶保持器保持,第二个脉冲可用消隐电路消除。 $\dot{U}_y$ 及 $\dot{U}_x$ 分别由 y 轴的零阶保持器及 x 轴的零阶保持器保持。因此,每当采样脉冲到来时, $A \sin \theta$ 与 $A \cos \theta$ 便分别被采样脉冲打入到各自的零阶保持器中。只要第二个同期的采样脉冲未到来时,两个保持器就一直分别保持信号 $A \sin \theta$ 及 $A \cos \theta$,并用这两个信号去分别驱动 y 轴电机和 x 轴电机,使电机角速度分别与 $A \sin \theta$ 及 $A \cos \theta$ 成正比,即

$$\left. \begin{aligned} v_y &= \omega A \sin \theta = v_{p'} \sin \theta \\ v_x &= \omega A \cos \theta = v_{p'} \cos \theta \end{aligned} \right\} \quad (2.9-7)$$

式中 ω — x 轴电机和 y 轴电机旋转时的角速度;

$v_{p'}$ — x 轴电机和 y 轴电机旋转时的线速度。

对比式(2.9-7)和式(2.9-5)可发现二者一样。这就是说,只要利用采样脉冲去采样正弦绕组和余弦绕组的输出电压(即正交相位法),就可以达到光电跟踪图形目的。

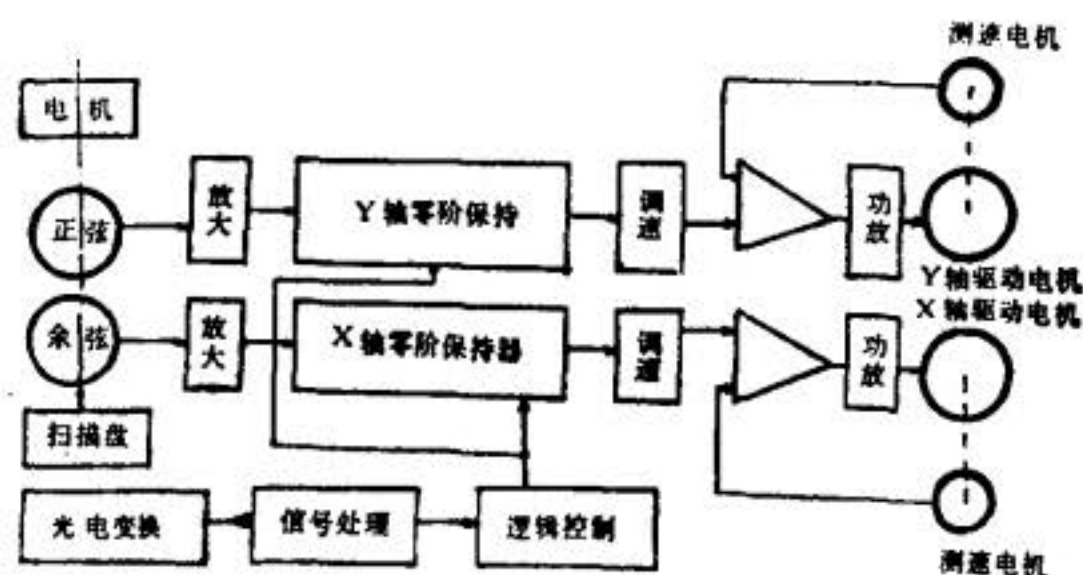


图 2.9.9 光电跟踪图形传感器电路方框图

电路系统方框图如图2.9.9所示。

光电跟踪图形传感器已被许多国家所重视。因为它为非接触测量,能广泛应用于线条跟踪、边缘跟踪,按跟踪图形加工零件、仿形切割等。它在冶金、造船、锅炉、汽车、坦克等重型工业中可

广泛应用,可以省掉加工时的图纸放样、造模具、划线等工艺。它也可用于服装自动裁剪。