

# 塑膜彩印用光电扫描头

李平辉 班显辅 刘绍武 洪纪乾

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 论述了光电扫描头的工作原理, 性能特征以及设计中的技术关键。该光电扫描头响应时间达 $1 \mu\text{s}$ , 检测精度达 $0.01 \text{ mm}$ , 光谱响应为整个可见光。

**关键词:** 塑膜彩印; 光电扫描头; 响应时间; 检测精度

## 1 引言

塑膜彩色套印已广泛用于各个领域, 组合式凹板印刷机由六个工位组成, 每一个工位印制一种颜色, 任何一种彩色图案都可由这六种颜色组合而成。各颜色之间必须精确的套准图案才不会错乱。每印制一种颜色时, 在图案的侧面就同时印制一条 $10 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 的色标, 两色套印的图案和色标的示意图如图1所示。颜色之间的套准误差由色标的位置确定, 若两个颜色的色标间距正好等于 $20 \text{ mm}$ , 则两色恰好套准(这由图板设计决定), 若大于或小于 $20 \text{ mm}$ 则两色偏离原设计位置, 一般说来将此误差控制在 $0.4 \text{ mm}$ 以内就可印制出合格的产品。多色套印与此同理, 即将相邻两色的色标位置控制在误差范围内。光电扫描头的作用是实时地探测色标的几何误差, 并将此几何误差转换为相应的标记脉冲, 再将此脉冲传送给控制系统, 经一系列处理后, 由控制系统给出与误差大小成比例的控制脉冲, 该脉冲使调整塑料膜位置的控制电机按误差大小作相应的转动, 以改变塑料膜的位置。

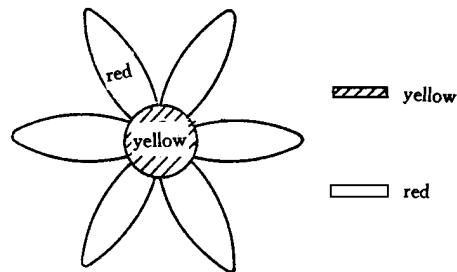


Fig. 1 Schematic diagram of pattern and color mark printed in two color

的套准误差由色标的位置确定, 若两个颜色的色标间距正好等于 $20 \text{ mm}$ , 则两色恰好套准(这由图板设计决定), 若大于或小于 $20 \text{ mm}$ 则两色偏离原设计位置, 一般说来将此误差控制在 $0.4 \text{ mm}$ 以内就可印制出合格的产品。多色套印与此同理, 即将相邻两色的色标位置控制在误差范围内。光电扫描头的作用是实时地探测色标的几何误差, 并将此几何误差转换为相应的标记脉冲, 再将此脉冲传送给控制系统, 经一系列处理后, 由控制系统给出与误差大小成比例的控制脉冲, 该脉冲使调整塑料膜位置的控制电机按误差大小作相应的转动, 以改变塑料膜的位置。

置,使之套准。检测与控制形成一个闭环的系统。由此可见,光电扫描头是塑膜彩色套印在线检测与控制系统的的部分,由它决定整个系统的测试与控制精度。

## 2 光电扫描头的结构、原理

光电扫描头的结构示意图如图2所示,它由灯泡、狭缝、物镜、光导纤维、光电倍增管、前置放大器等组成。灯丝照明狭缝,一个高质量的物镜将狭缝分为间距为20 mm,尺寸为1 mm × 10 mm 的两条平行亮线,成像在塑料薄膜上,塑料薄膜后面约1 mm ~ 2 mm 处为金属反射板,经反射板、薄膜反射后的反射光由带有耦合透镜的光导纤维接收,再传递给光电倍增管,光电倍增管的光电信号通过放大器输出。当均匀的衬底通过亮线时,光电倍增管输出的是直流信号,放大器无输出。当色标通过亮线时,光电倍增管将输出脉冲信号,放大器输出经放大的脉冲信号。若脉冲同时在两个光电管中发生,则说明两个标记同时到达两条亮线,因此两标记间的距离正好等于20 mm,记录的误差为零。若其中一个标记所产生的脉冲比另一个先到,或后到,则表示有套印误差。在某一印刷速度下,时间差短则误差小,时间差长则误差大。控制系统将此误差值转换为相应的控制信号去控制电机作相应的转动,以调整塑料薄膜的前后位置,达到颜色套准的目的。

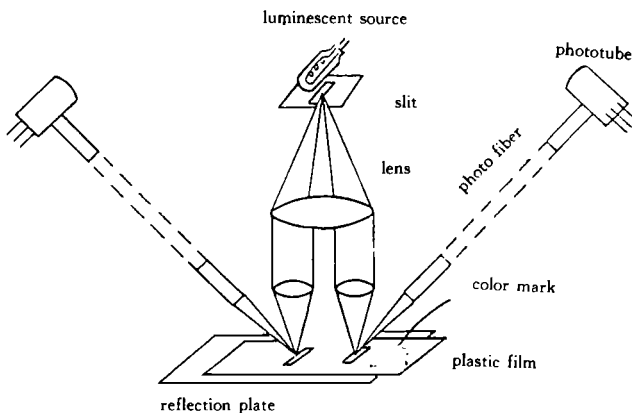


Fig. 2 Schematic representation of photoelectric scanning head

出脉冲信号,放大器输出经放大的脉冲信号。若脉冲同时在两个光电管中发生,则说明两个标记同时到达两条亮线,因此两标记间的距离正好等于20 mm,记录的误差为零。若其中一个标记所产生的脉冲比另一个先到,或后到,则表示有套印误差。在某一印刷速度下,时间差短则误差小,时间差长则误差大。控制系统将此误差值转换为相应的控制信号去控制电机作相应的转动,以调整塑料薄膜的前后位置,达到颜色套准的目的。

## 3 光电扫描头测量精度与响应时间关系的计算分析

从上述光电扫描头的工作原理中看出,光电扫描头是将两个颜色套准的几何误差,转换为与其对应的时间差,因此光电头的响应时间就决定了测试精度的理论极限。它们之间的关系式如下:

$$\Delta L = Vt$$

式中  $\Delta L$  为光电扫描头测量精度,以 mm 计。

$V$  为塑料薄膜运动速度,以 mm/s 计;

$t$  为光扫描头响应时间,以 s 计。

设塑料薄膜运动速度为 80 m/min,由上式算出  $\Delta L$  与  $t$  值如下表。

表中  $v$  为响应频率,  $v = 1/t$ 。当然,实际的测试精度还要加上控制系统电路和微机处理时间,要略低于此计算值。

$\Delta L$ (mm)	0.001	0.01	0.05	0.1
$t$ (s)	$0.75 \times 10^{-6}$	$7.5 \times 10^{-6}$	$3.75 \times 10^{-5}$	$0.75 \times 10^{-4}$
$v$ (kHz)	$1.3 \times 10^3$	$1.3 \times 10^2$	$2.7 \times 10$	$1.3 \times 10$
$\Delta L$ (mm)	0.2	0.3	0.4	0.5
$t$ (s)	$1.50 \times 10^{-4}$	$2.25 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$3.75 \times 10^{-4}$
$U$ (kHz)	6.7	4.4	3.3	2.7

## 4 光电扫描头设计中的一些技术关键

### 1) 高质量物镜的设计

光电扫描头的物镜不同于一般的物镜,它不是一个物对应一个象,而是要将一个狭缝变成两个彼此平行的狭缝像,且两个狭缝像间距要求20 mm,两个像的亮度要求均匀一致。这无论在设计和加工上都有相当的难度。

### 2) 高传输效率的光导纤维

传输光导纤维<sup>[1]</sup>不仅要求本身的传输效率高,而且两端均要求高质量的耦合透镜及精密的机械加工,以保证在入射端色标的反射像正好耦合在光纤入射端面上,在出射端光纤端面正好耦合在光电倍增管的光电阴极上。

### 3) 高发光效率的全色光源

我们经多次实验,最后选定12 V, 30 W 的卤素灯,它在整个可见光区域均有高于白炽灯的发光效率。电压只需加8 V 就有较好的测试效果,因此实际使用功率  $P$  近似为:

$$P = 30 \times \frac{8^2}{12^2} = 13 \text{ W}$$

如此低压使用一方面可降低灯泡的发热,另一方面可延长灯泡的使用寿命。

### 4) 高灵敏、宽光谱、高速度响应的光电接收器

光电接收器所接收的是由套色标记反射回来的微弱光线,因此要求接收器具有很高的灵敏度。此外,如前所述我们要求光电扫描头是全色的,无论放在六个工位中的任一工位,即从蓝色(450 nm)到红色

(650 nm)任一颜色,都能输出标记脉冲,因此接收器必须具有宽的光谱响应。第三,光电头的响应速度是测试精度的决定因素,如前面的计算指出,我们要求光电头的响应时间低于 $1.5 \times 10^{-4}$  s,以使测试精度高于0.2 mm。为达到上述三个要求,我们经分析、计算和多次实验,最终采用了具有多碱光电阴极的GDB-22型光电倍增管为光电探测器<sup>[2]</sup>,其光照灵敏度在1000 V 的标准阳极电压下为400 A/lm,脉冲上升时间为2.2 ns,光谱响应范围为350 nm-750 nm,光谱特性如图3所示。

### 5) 增益可调的宽带低噪声前置放大器

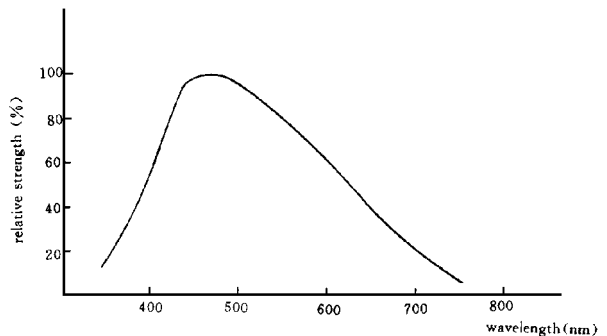


Fig. 3 Spectral properties of photoelectric scanning head

为使色标信号更好的转换为相应的电信号,如前所述,我们采用了光电倍增管作为第一级光电转换级。因光电倍增管转换速度快,转换效率高,噪声又小,从而确保转换信号不失真。

放大级之前采用了射级跟随器,从而匹配了转换级的高输出阻抗和放大级低输入阻抗,射随级的发射极电阻采用精密电位器保证放大级的增益在0~60倍之间可调,使放大后的输出信号随实际需要变化。放大级采用高频PNP型晶体管,其带宽为1MHz,完全可以满足测量精度。

为了压低输出级的噪声提高信噪比,在放大级之后采用电压比较器输出,根据放大级输出信号幅度最好部分的直流电平选取比较器的比较电平使输出波形规整,从而达到压制输出级的噪声,提高信噪比的目的,保证了测量精度。

## 5 实验结果

我们研制的光电扫描头经鉴定测试其响应速度达 $10^{-6}$  s,检测精度达0.01 mm。将我们的光电扫描头取代1993年从日本引进的DT-860型自动检测系统的光电扫描头时,印刷机能以150 m/min的印刷速度连续生产出合格的彩色挂历,校正精度小于0.2 mm。

### 参 考 文 献

- [1] 唐明光. 光纤技术在工业和军事上的应用. 激光与红外, 1992, 22(1): 18~23
- [2] 陈成杰著. 光电倍增管. 北京: 原子能出版社, 1988

## Photoelectric Scanning Head for Plastic Film Color Print

Li Pinghui, Ban Xianfu, Liu Shaowu and Hong Jiqian  
(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

### Abstract

Operating principle, characteristics and technical key of photoelectric scanning head are described. Its response time of 1  $\mu$ s is reached; detected accuracy of 0.01 mm is reached; spectral response is in visible light range.

**Key words:** Plastic film color print, Photoelectric scanning head, Response time, Detection accuracy

李平辉 女, 长春光机所研究员。多年来一直从事光电技术及其应用的研究工作。先后主持过指纹探测电视系统, 低强度中子照像电视系统, 塑料彩色套印自动检测及控制系统等项目的研究。发表论文10余篇。