

轻量化 45° 旋转扫描镜系统

钱鸿麟 耿瑞珍

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

摘要: 叙述轻量化 45° 旋转扫描镜系统的工作原理和结构设计, 以及高精度驱动电源, 并给出试验结果.

关键词: 转速稳定度, 轻量化扫描镜.

1 系统结构与技术性能

本系统采用高精度磁滞同步电机, 以得到高的转速稳定度, 侧面设计为三角形蜂窝状的扫描镜结构, 以获得重量轻、刚度大、光学质量好的扫描镜.

本系统主要由高精度驱动电机、驱动电源、轻量化 45° 扫描镜、动平衡块以及高精度码盘组成 (见图 1). 本系统的主要技术参数见表 1.

表 1 系统的主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of the system

参数	参数值
额定电压 (V)	24
额定电流 (A)	7
同步转矩 (g·cm)	1000
额定转速 (rpm)	3600
转动惯量 (g·cm ²)	<15000 (铝镜) <10000 (镁镜)
转速稳定度	2×10^{-4}
工作温度 (°C)	-5~+45

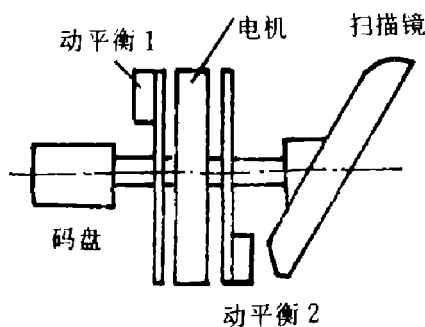


图 1 扫描镜组件

Fig. 1 Scanning mirror assembly

2 驱动电机和驱动电源

本系统采用上海微电机研究所研制的 110TZ 磁滞同步电机, 该电机以 3600rpm 的转速直接驱动扫描镜, 以求得稳定可靠, 而且该电机本身具有起动力矩, 能自行进入同步.

电机的转速可由下式确定

$$n = \frac{60f}{p}, \quad (1)$$

式(1)中 p 为极对数, f 为旋转磁场的频率.

电机转速在 3600rpm 时, 其转矩为 1000g.cm. 110TZ 的极对数为 6. 当电机达到同步转速后与电源频率严格同步. 为使电机定子产生旋转磁场, 保证电机稳定运转, 驱动电路给出二相绕组同一频率的交流电源. 电源具备变频调速功能, 以改变电机的转速, 满足扫描仪不同扫描率的要求. 驱动电路包括频率发生器、数字分相电路、功率放大器和开关电源, 并能接受控制器指令进行程控变速, 驱动电路方框图如图 2 所示.

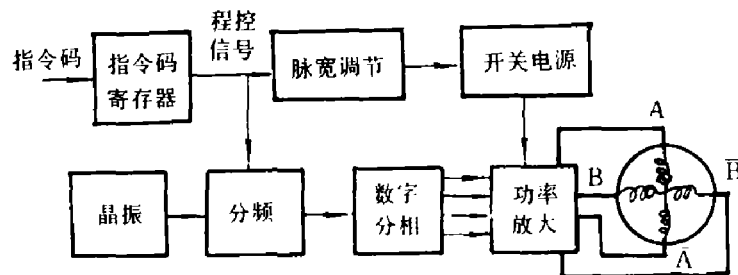


图 2 电机驱动电路方框图

Fig. 2 Block diagram of motor driver circuits

石英晶体振荡器的频率为 32.768kHz, 它提供 10^{-6} 高稳定度的交变频率, 经程控分频可输出 180Hz、120Hz、90Hz、60Hz 四种工作频率. 信号处理系统的主控制器由面板操作或机上集中监控系统操作指令输出程控信号.

数字分相器将分频得到的方波转为 2 路相位差互为 90° 的方波, 从逻辑真值表和卡诺图可知, 可用或非门和与非门组成. 2 路相差 90° 的方波信号经无输出变压器的两组推挽式功放电路放大后驱动电机绕组, 可使电机绕组处于对称运行状态, 消除了通常用电容移相引起的脉冲分量, 降低了电机运行的电磁振动噪声.

110TZ 磁滞同步电机所设计的同步转速为 3600rpm, 但扫描仪要求扫描率分 30、20、15、和 10(c/s) 4 档, 为此扫描电机还需降速使用. 由同步电机原理可知, 电机同步转速取决于电源频率, 电机在降速运行时, 电机绕组感抗减少, 若电源电压不变, 会导致流经电机绕组的驱动电流明显增加, 超越电机原设计额定电流 (7A), 为此, 必须降低供给电机各档转速的电平, 在驱动电路中我们设计了电压可变开关电源, 由程控信号调节脉宽, 可将飞机上仅有的 28V 电源电压变为各档转速所需的电压.

3 轻量化反射镜及其动平衡

整机要求主光学系统的通光口径为 180mm, 因此, 45° 椭圆反射镜的长轴为 254mm.

由于电机已经选定, 为确保电机能正常运行, 要求扫描镜及其动平衡块组成的转动体的转动惯量在限定值以下, 同时还要求扫描镜的光学镜面在 4 个光圈内. 为减轻重量, 并

具有良好的刚度, 扫描镜侧面采用三角形蜂窝状的结构 (见图 3), 材料选用 LY-12 铝合金 (比重为 2.7g/cm^3) 及镁合金 (比重为 1.8g/cm^3) 两种. 镜面、背面和三角筋的厚度均为 2mm. 三角孔由电火花加工得到. 为了消除由于切削加工引起的内应力对镜面变形的影响, 在加工过程中进行严格的尺寸稳定性处理. 如粗加工时的退火处理, 精加工时的消应力处理, 还有冷热循环处理 (其中冷处理是在液氮中进行). 最后镜面是用光学复制方法得到.

在电机两头出轴的圆盘上相对安置两个动平衡块. 这样形成一对反力偶来抵消由于 45° 扫描镜在轴上形成的力偶 (见图 4).

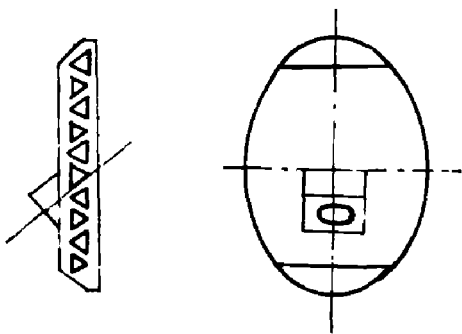


图 3 扫描镜

Fig. 3 Scanning mirror

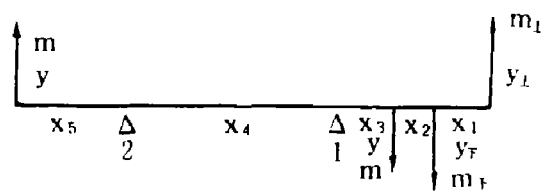


图 4 扫描镜动平衡示意图

Fig. 4 Schematic diagram of dynamically balanced scanning mirror

为使绕参考点 1 的力矩之和为零, 即

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0, \quad (2)$$

由式 (2) 可得

$$m_{\perp} y_{\perp} (x_1 + x_2 + x_3) - m_{\text{F}} y_{\text{F}} (x_2 + x_3) - m y x_3 - m y (x_4 + x_5) = 0. \quad (3)$$

当已知 y 时从式 (3) 可求得动平衡块 m , 并可设计出相应形状的动平衡块.

在 YYQ-100 型动平衡机上, 设计了专用夹具作动平衡校正, 动平衡精度 $< 10\text{g}\cdot\text{mm}$.

4 结果

研制的扫描镜系统已成功地安装在热红外多光谱扫描仪及 64 波段机载光机扫描式成像光谱仪上, 经过几次飞行试验都获得清晰地物图片.

参 考 文 献

- 1 张幼文. 物理学报, 1979, 28(2): 183
- 2 张宝龙. 红外研究, 1990, 9(2): 108
- 3 NASA N79-31031

LIGHTWEIGHT 45 ° ROTATING SCANNING MIRROR SYSTEM

Qian Hongling, Geng Ruizhen

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: This paper describes the principle of the scanning mirror assembly and the structure design of the 45 ° rotating mirror as well as the precision driver power. Finally, the results of tests are presented.

Key words: rotative velocity stability, lightweight scanning mirror.