

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.07.020

## 光学消像旋高精度位置控制

郭新胜<sup>1</sup>, 鱼云岐<sup>2</sup>, 陈洪彩<sup>3</sup>, 刘飞<sup>1</sup>, 朱红<sup>2</sup>

(1. 西安应用光学研究所第五研究室, 西安, 710065;

2. 西安应用光学研究所总体一部, 西安, 710065;

3. 西安应用光学研究所第十研究室, 西安, 710065)

**摘要:** 为消除齿轮传动的缺点, 提出用位置控制来实现白光直瞄通道的光学消像旋。依据系统的像倾斜指标要求, 设计出数字控制电路, 采取 PID 控制算法进行软件设计, 并通过了应用试验。实验结果证明: 该设计能达到设计要求, 具有高精度、可靠、对伺服影响小等优点。

**关键词:** 光学消像旋; 编码器; PID 控制; 位置控制器

**中图分类号:** TP202 **文献标志码:** A

## Optical Away Like Spin High-Precision Position Control

Guo Xinsheng<sup>1</sup>, Yu Yunqi<sup>2</sup>, Chen Hongcai<sup>3</sup>, Liu Fei<sup>1</sup>, Zhu Hong<sup>2</sup>

(1. No. 5 Research Office, Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China;

2. No. 1 Overall Department, Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China;

3. No. 10 Research Office, Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** In Order to eliminate gear transmission shortcomings, proposes the use of position control to realize the extinction white light aiming channel as spin. Based on the systematic like tilt index requirement, design digital control circuits, take PID control algorithm by software design, and the application experiment. The experimental results show that the design meets design requirements, with high precision and reliability of servo effect is small, etc.

**Keywords:** optical image despun; encoder; PID control; position controller

### 0 引言

消像旋的目的是为了消除潜望周视观瞄时产生的图像旋转。原周视瞄准镜内的消像旋是由方位回转平台通过一系列齿轮组, 将方位回转平台的转动角度传递给消像旋的别汉棱镜组, 并带动别汉棱镜组以 2 倍的关系运动, 完成消像旋的功能<sup>[1-2]</sup>。

这种机械传动完成消像旋有很多缺点: 1) 机械间隙大, 齿轮组传递较多, 齿轮间的空回很大, 其传递角度的分辨率较低, 直接影响像倾斜的精度; 2) 摩擦力矩较大, 齿轮组多, 加之机械加工误差, 累积形成了很大的摩擦力矩, 直接影响到方位瞄准线的稳定精度; 3) 总装调整较困难, 由于别汉棱镜要求与方位机械零位完全同步, 装调时十分繁琐, 耗时长, 且无法达到高精度要求; 4) 由于传动系统的存在, 要完成周视瞄准镜光学仓的密封十分困难; 5) 为了实现高精度的机械传动, 加工高精度的齿轮、传动杆及调试十分复杂, 成本很高。

为了克服上述不足, 笔者设计了一套消像旋的伺服控制电路, 实现了周视瞄准镜无齿轮传动的消像旋随动系统, 具有高精度、可靠、对伺服影响小

等优点。

### 1 光学消像旋位置控制方案设计

光学消像旋位置伺服控制方案中, 取消了原有的齿轮传动, 通过高精度绝对式编码器来感知别汉棱镜的位置, 与方位旋转平台的解算角度相比较, 得出两者之间的差值, 再通过数字 PID 校正, 驱动电机带动别汉棱镜旋转, 指向目标位置, 以消除误差, 实现无齿轮传动的消像旋的功能。为了使电机转动平稳, 无爬行, 在完成消像旋功能的同时, 将方位陀螺的速率信号引入到校正控制回路中, 克服外界扰动对消像旋的干扰。原理框图如图 1。

笔者取消了原方案的机械结构, 齿轮组件 1、齿轮组件 2 及连杆机构, 通过控制电机直接驱动别汉棱镜组件来完成消像旋的功能。

原光学消像旋方案的结构如图 2。

### 2 光学消像旋位置控制硬件设计

硬件电路设计可分为 3 个部分<sup>[2]</sup>: 主控电路模块、功率驱动模块和位置检测模块。主控电路模块以 C8051 为核心, 外围电路主要包括调试仿真接口

收稿日期: 2011-04-01; 修回日期: 2011-04-26

基金项目: 总装备部装计[2009]1001 号; 装陆[2009]454 号

作者简介: 郭新胜(1972—), 男, 陕西人, 博士研究生, 从事光电稳定与跟踪技术研究。

电路、外部存储器扩展电路、串行通信接口电路、模拟量控制接口、数字模拟转换电路和输入输出接

口等。功率驱动模块包括驱动电路、保护电路和转子位置检测电路等。位置检测主要是位置编码器。

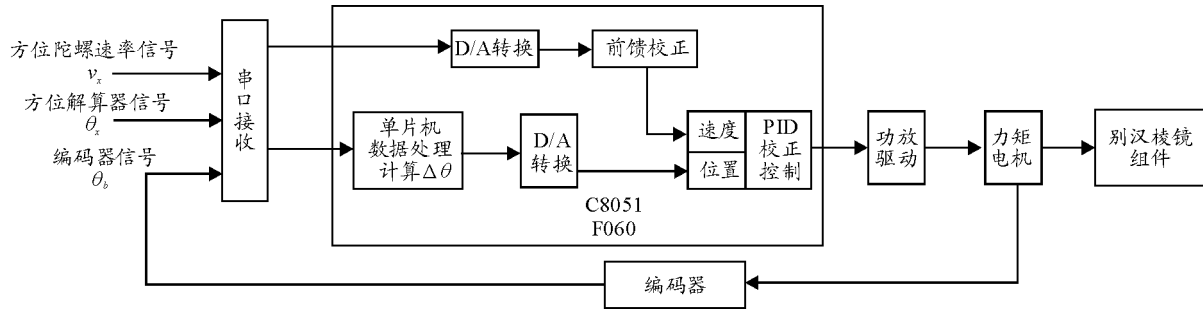


图 1 光学消像旋位置控制原理框图

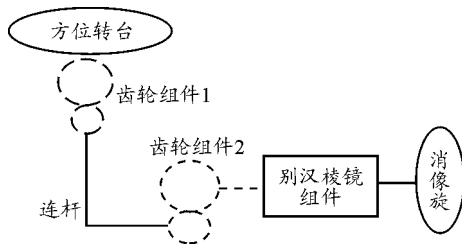


图 2 原光学消像旋方案的结构示意图

### 2.1 高精度位置传感器的选择

为了实现别汉棱镜组件高速、实时的高精度控制，依据光学消像旋的像倾斜指标 ( $\leq 45'$ )，通过计算，笔者选取 12 位绝对式编码器，其位置精度能够满足系统的性能要求。由于瞄准镜内部空间的限制，编码器均要求体积小，依据技术要求，选择 RS22S 绝对式编码器，输出 4 096 位码值。

对于方位解算角度的要求，由于方位解算器的精度非常高，依据绝对式编码器的精度，方位解算器的精度也使用其高 12 位，与编码器精度同步。

$$\frac{360^\circ}{2^{12}} = \frac{360 \times 60}{4\ 096} = 5.27' \quad (1)$$

### 2.2 执行电机的选择

电机是关键的执行元件，直接影响到位置控制的性能。由于系统需要的角速度比一般直流伺服电机的额定转速低得多，宜采用力矩电机。别汉棱镜组驱动所采用的电机要求体积小，通过对别汉棱镜整个组件的转动惯量的估算，摩擦力矩估算。其中摩擦力矩  $f_m = 0.010\ 95\ \text{N} \cdot \text{m}$ ，转动惯量  $J = 0.000\ 945\ \text{kg} \cdot \text{m}^2$ ，再依据方位转台的最大转速和最大加速度，折算出系统对于别汉棱镜转速的要求，其最大转速  $\Omega_m$  和最大加速度  $\varepsilon_m$  分别为：

$$\Omega_m = 30\ (^\circ)/\text{s}, \quad \varepsilon_m = 120\ (^\circ)/\text{s}^2 = 2.09\ \text{s}^{-2} \quad (2)$$

从而可以推导出驱动别汉棱镜组旋转所需的最

大力矩，并由此来选择电机<sup>[3]</sup>。

$$T_z = 2 \times (T_c + J_c \cdot \varepsilon) = 2 \times (0.109\ 5 + 0.000\ 945 \times 2.09) = 0.222\ 95\ \text{N} \cdot \text{m} \quad (3)$$

### 2.3 MCU 的选择

对于 MCU 的选择，可从以下几点考虑：1) 采用数字 PID 控制，需进行大量计算；2) 编码器采用 SSI 协议传输数据，需要单片机进行通信接收数据；3) 角度的获取要通过 RS422 接口控计算机通信来得到。对于本控制系统来讲，51 系列单片机 (89c51) 的计算速度和精度数据处理能力稍显不足，造成系统带宽不够；使用 DSP 来处理上述数据，能够很好的完成，但是成本太高；最终选取 C8051，其数据处理速度介于二者之间，成本也介于二者之间，能够较好地完成上述任务。

## 3 光学消像旋位置控制软件设计

首先，MCU 通过 RS422 串口得到方位数据角度，再通过 SSI 处理芯片得到编码器的角度，在提取存储的编码器零位，判断出系统所处的位置，然后调转别汉棱镜组与方位平台保持一致。控制程序的程序流程图如图 3。

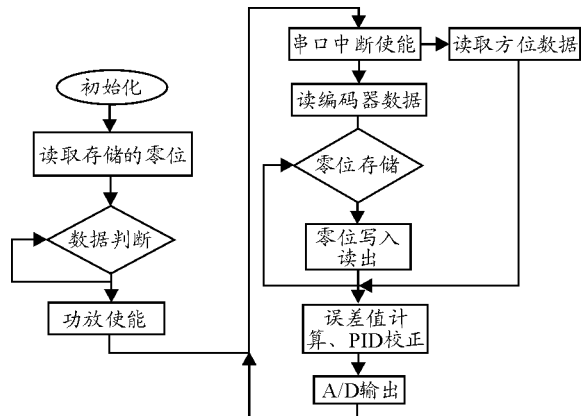


图 3 消像旋控制软件流程 (下转第 72 页)