

移动式太阳模拟器控制系统研究

张国玉¹, 刘淑红¹, 王凌云¹, 孙向阳¹, 高玉军²

(1. 长春理工大学 光电工程学院, 长春 130022; 2. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

摘要: 移动式太阳模拟器控制系统是移动式太阳模拟器的重要组成部分, 用来控制太阳光照射的位置和方向。本文介绍了太阳模拟器控制系统的组成和工作原理, 通过对计算机控制软硬件系统设计, 实现了对移动式太阳模拟器两个平动和两个转动的位置及速度的精确控制, 有效解决了移动式太阳模拟器的控制问题, 并给出了实验结果, 为移动式太阳模拟器的研制奠定了基础。

关键词: 移动式太阳模拟器; 步进电机; 虚拟仪器; 自动控制

中图分类号: TP20

文献标识码: A

文章编号: 1672 - 9870 (2009) 01 - 0001 - 03

Research on the Control System for the Moving Sun Simulator

ZHANG Guoyu¹, LIU Shuhong¹, WANG Lingyun¹, SUN Xingyang¹, GAO yujun²

(1. Institute of Opto-Electronic Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022;

2. Changchun Institute of Optics Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033)

Abstract: The control system of the moving Sun Simulator is the important part of the moving sun simulator, which controls the location and the direction of the sun's rays. This paper introduced components and work principle of the sun simulator control system detailedly, computer hardware and software control system design, and realizes position and speed accuracy control of two translation and rotation of the sun simulator. It settles control issue of the moving sun simulator effectively and gives experiment results which provides design basis for the moving sun simulator.

Key words: moving sun simulator; stepper motor; virtual instrumentation; auto control

移动式太阳模拟器控制系统是移动式太阳模拟器的重要组成部分, 是利用计算机图形界面来设定模拟器的方位与俯仰转动及二维平移运动的速度与位移大小, 并通过串行通讯发送指令给运动控制器, 选定的电机按照设定方式进行运动, 从而控制模拟器的各机构位移和速度。转动机构的结构形式为步进电机驱动、蜗轮蜗杆传动、圆感应同步器测角与角位置反馈的闭环控制方式, 转角精度达到 0.02° , 二维平动机构通过对伺服电机的控制, 平移精度达到 $\pm 5\text{mm}$ 。

1 运动机构计算机控制系统

运动机构计算机控制系统用于实现移动式太阳模拟器本体的 2 个平移 (水平方向) 和 2 个转动

(方位、俯仰) 的控制。将具有 2 个转动机构的太阳模拟器本体安装在具有 2 个平动的运动机构上, 其方位、俯仰的转动和水平方向的平动通过计算机控制来实现。控制 2 个转动和 2 个平动机构的方法是在计算机控制界面中输入 X 向和 Y 向平移距离、速度以及方位角和俯仰角等参数值, 使位移显示区显示内容与电机设定区一一对应, 设定好电机的运动状态以后, 在按键控制区选择要运动的轴, 共有“方位、俯仰、X 轴和 Y 轴”四个轴。启动后, 选定的运动轴电机开始按照设定方式进行运动。通过对电机运动过程中转轴的指令转角值与圆感应同步器的反馈值进行比较, 经过数值修正来达到设定的精度范围, 从而控制移动式太阳模拟器运动机构的位置和速度。综上所述, 移动式太阳模拟器运动机

收稿日期: 2008-09-15

作者简介: 张国玉 (1962-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事光电检测技术及仪器、空间科学与技术的研究。E-mail: zh_guoyu@yahoo.com.cn

构控制系统布局如图 1 所示。

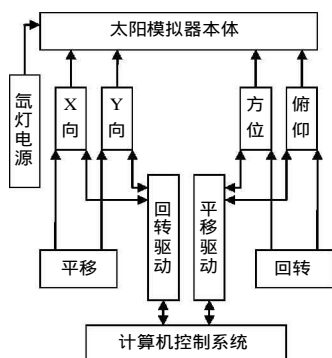


图 1 移动式太阳模拟器控制系统总体布局

Fig.1 The general layout of the control system for the moving sun simulator

1.1 计算机控制系统硬件组成

计算机控制系统硬件主要由计算机、平移和回转机构的电机控制器与驱动器、测角电学处理系统、电机驱动电源等组成，并设有与其它外设的通讯接口，设计的硬件系统原理如图 2 所示。为使平移和转动达到技术指标要求，采用步进电机驱动^[1]、蜗轮蜗杆传动、圆感应同步器测角与角位置反馈的闭环控制方式。

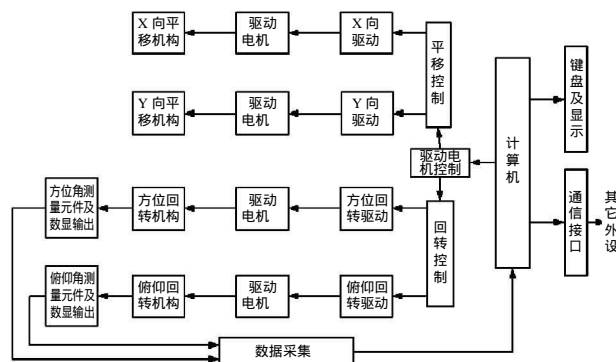


图 2 硬件控制系统框图

Fig.2 The diagram of hardware control system

根据模拟器光源通过转动机构的两个转轴截面尺寸不同，为分别满足启动力矩及控制转速的需要，选用两个不同型号的混合式步进电机^[2]；同时为遵循转动力矩应尽量大和外形尺寸应尽量小的原则，步进电机采用带细分的二相混合式步进电机驱动器驱动，对其进行64细分，来实现低速转动，满足技术指标要求。步进电机控制采用基于PCI总线的6000系列步进电机多功能控制卡，可实现三轴控制。为保证转动机构0.005°的测角分辨率和0.02°的测角精度，在各转轴上均安装有圆感应同步器（由360对极圆感应同步器和幅相变换电路组成），以实现测角和角位置的反馈。圆感应同步器解算板采

用集成化设计，其主要放大部分进行单电源供电，信号板模拟与数字接地分离并只有一点相通。为传输可靠、稳定的测量数据，以串行通信的方式与计算机通信。

测角电学处理系统主要包括测角转换电路、通讯接口和显示等部分。测角转换电路与感应同步器一同实现角度的测量，并实时将角位置量发送到计算机中显示，两个轴的转角由计算机给定。角位置量显示的分辨率为0.005°。

电机驱动电源主要由步进电机驱动电源、驱动器及控制卡电源组成，分别实现对2个回转步进电机和3个平移步进电机的驱动。

1.2 计算机控制系统软件设计

计算机控制系统软件采用的是由LabVIEW语言设计的软件程序。通过设计控制软件，由计算机实现对太阳模拟器水平方向（X和Y）平移距离、平移速度以及方位和俯仰角、回转速度的自动控制，在显示屏上可设定和显示X和Y向平移距离、速度以及方位角和俯仰角、回转速度等参数值，其软件流程图如图3所示。

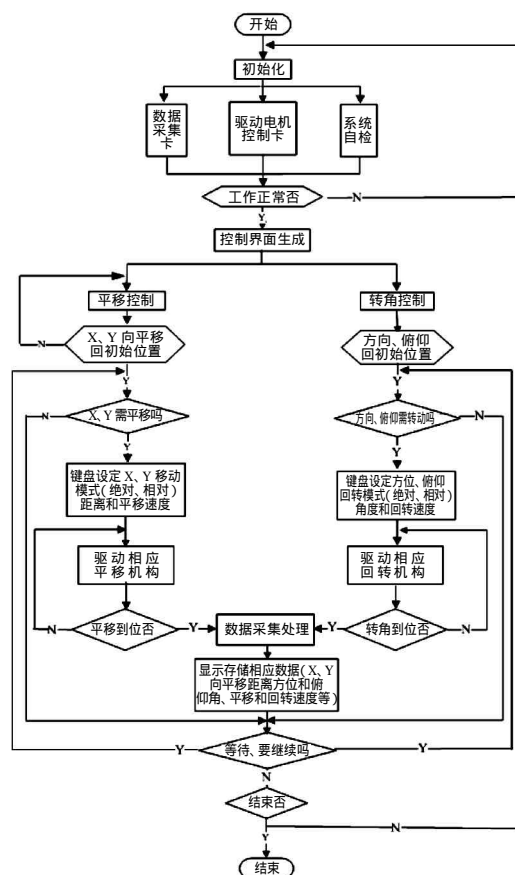


图 3 软件控制系统流程图

Fig.3 The flow chart of software control system

本计算机控制系统基于 Windows2000 操作系统设计的,采用 LabVIEW 语言设计了软件程序^[3],其中包括电机控制对话框、信号采集、测量曲线显示、测量结果存贮等部分。

在计算机桌面上用鼠标双击“移动式太阳模拟器控制软件”快捷方式,可进入“移动式太阳模拟器控制软件”程序,其控制界面按键区、位移显示区和电机设定区三部分组成。设定好各个电机的运动状态以后,先在按键控制区选择要运动的轴,共有“方位、俯仰、X 轴和 Y 轴”4 个运动轴。选定好以后,点击控制区的“开始”按键,则选定的运动轴电机开始按照设定方式进行运动。在运动控制中,电机运动到位后自动停止。也可以点击控制区中的“停止”按键,随时中断电机的运动。控制区中的“急停”按键可以在紧急时刻迅速使电机停止。

电机运动过程中转轴的转角与圆感应同步器形成一个闭环控制系统^[4],运行中转角设定值与圆感应同步器的读出值进行比较,当接近设定值时对步进电机进行微调,直到达到设定的精度范围。转轴到位后指示灯常亮,同时电机停止工作。在电机运动过程中,“清零”按键不允许使用。电机运动停止后,可以点击“清零”按键,使电机的初始位置入为清零,位移显示区中相应轴的位置信息也被即刻清零。最后,各个轴系的电机都被控制到位以后,就可以退出该软件界面,点击“退出”按键,退出“移动式太阳模拟器”控制软件。

2 测试结果及分析

2.1 平移精度测量

用钢板尺做基准,通过控制系统控制平移机构运动,可获得其起始位与停止位的距离差值,此值与控制系统的输入值之差为平移精度。测量结果如表 1 所示。

2.2 俯仰轴转角精度测量

测量时将一块反射镜固定于俯仰转动轴的外侧,使反射镜可绕转轴转动,同时在轴向的垂直方向放置经纬仪。调整经纬仪使其十字叉丝对准由反射镜反射的十字像,转动俯仰轴后,重新对准经纬仪十字叉丝与由反射镜反射的十字像,经纬仪所测的两次数据差值与控制系统的输入角度值之差为俯仰轴转角精度。转动精度测量结果如表 2 所示。

2.3 水平轴转角

测量时将一块反射镜固定于水平转动轴的外侧,使反射镜可绕转轴转动,在轴向的垂直方向不同位置处放置经纬仪 1 和经纬仪 2。首先调整经纬仪 1 使其对准反射镜,此时转角控制系统输入一角度值后使水平轴转动,再调整经纬仪 2 对准反射镜,最后将经纬仪 1 和经纬仪 2 互瞄,通过计算获得转角测量值,其与转角控制系统的输入角度值相比较,可得到水平转角精度。转动测量结果如表 2 所示。

表 1 平移精度测量数据

Tab.1 The measurement data of horizontal moving accuracy

项目	位移(mm)	实测值(mm)	误差(mm)
X 向	200	199	-1
	500	498	-2
	1000	1002	2
	1500	1496	-4
	2000	1997	-3
Y 向	200	199	-1
	500	499	-1
	1000	1002	2
	1500	1497	-3
	2000	1998	-2

表 2 转动精度测量数据

Tab.2 The measurement data of rotational accuracy

项目	角度(度)	实测值(度)	误差(度)
俯仰轴	2.1133	2.1093	-0.0040
	2.6779	2.6854	+0.0075
	3.4532	3.4479	-0.0053
	5.6621	5.6534	-0.0087
水平轴	1.2345	1.2353	+0.0008
	2.4758	2.4507	-0.0071
	4.1854	4.1873	+0.0019
	5.6932	5.6837	-0.0095

3 结论

基于 LabVIEW 软件的移动式太阳模拟器运动机构控制系统,有效解决了模拟器运动机构位置和速度的精确控制问题。通过实际测量,结果表明设计完成的移动式太阳模拟器运动机构控制系统正确性。

参考文献

- [1] 敖荣庆,袁坤.伺服系统[M].航空工业出版社,2006.
- [2] 刘宝廷,程树康.步进电机及其驱动控制系统[M].哈尔滨工业大学出版社,1997.
- [3] 侯国屏,王坤,叶齐鑫.LABVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计[M].清华大学出版社,2005.
- [4] 孙晓光.某转台伺服系统方案设计[J].中科院自动化研究所自动化与信息技术发展战略研讨会暨 2003 年学术年会,2003:245-248.