

运动式太阳模拟器控制系统设计

王帅会 陈家奇 高 雁

(中科院长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

摘要: 为了精确控制模拟太阳光的照射位置与角度变化,设计了一种运动式太阳模拟器控制系统,并进行了检测。该系统采用数字量输入输出卡+驱动器结构,由计算机控制,通过软件控制氙灯电源状态与步进电机的转速与方向,并利用 UDP 协议实现远程控制。实验结果表明,该控制系统稳定可靠,平移、升降运动精度优于 0.3 mm,方位、俯仰运动精度优于 5',可以满足预期的太阳模拟器实验系统的需求。

关键词: 运动式太阳模拟器;运动控制;串口通信

中图分类号: TP271+.4 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.80

Design of control system for moving solar simulator

Wang Shuaihui Chen Jiaqi Gao Yan

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: To control the location and direction of simulated sunlight, a control system for moving solar simulator is designed and tested. The digital input and output card + driver structure is used in the system. It's controlled by computer through programming to control the status of xenon lamp power, speed and direction of the step motor. And remote control is completed based on UDP protocol. The experiment results show that the control system is reliable, and the accuracy of translational motion and vertical motion is better than 0.3 mm, the accuracy of azimuth motion and pitch motion is better than 5', which can meet the anticipative requirements of solar simulator experiment system.

Keywords: moving solar system; motion control; serial communication

1 引言

太阳模拟器是利用人工光源模拟太阳光辐照特性的一种试验或定标设备,在地面实验室内模拟与太阳光谱分布相匹配的、均匀的、准直稳定的光辐照^[1-3]。太阳模拟器在太阳敏感器的地面标定与测试试验、卫星的热平衡试验以及太阳能电池的的检测与标定等方面,具有广泛的应用。

太阳模拟器可以分为固定式太阳模拟器与运动式太阳模拟器。与固定式太阳模拟器相比,运动式太阳模拟器通过运动机构控制太阳模拟器的位置与角度,来实现模拟太阳光照射位置与角度的调节,具有更大的应用空间。

运动式太阳模拟器控制系统是运动式太阳模拟器的重

要组成部分,主要功能包括氙灯电源控制与太阳模拟器的运动控制,实现模拟太阳光照射位置与角度的精准调节^[4-5]。张国玉等人设计了基于 LabVIEW 的移动式太阳模拟器控制系统,但是其运动机构较少且不能实现远程控制。

因此,设计一种基于 VS2010 的太阳模拟器控制系统,该系统能够实现氙灯电源与模拟器运动机构的实时控制,并具有远程控制功能。该系统可以极大地方便状态监测、控制,提高工作效率。

2 系统硬件组成

运动式太阳模拟器控制系统实现对氙灯供电电源的控制和对运动系统的控制。太阳模拟器控制系统由计算机、氙灯供电系统、运动系统组成,如图 1 所示。

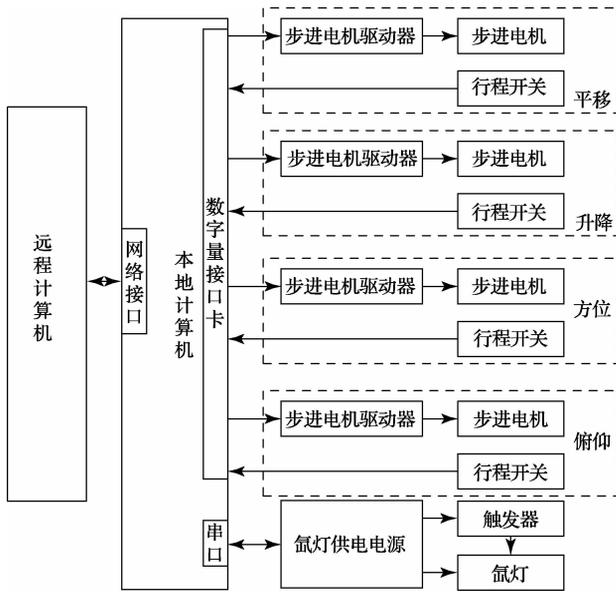


图1 硬件控制系统框图

计算机是控制系统的核心,负责数据的传输、处理与显示。计算机包括本地计算机与远程计算机,本地计算机实现本地控制,远程计算机实现远程控制。本地计算机对氙灯供电电源的控制通过RS232 串口实现,对运动系统的控制通过数字量输入输出卡实现。远程控制通过网络接口实现,远程控制时本地计算机接收远程计算机发送的远程端指令,完成氙灯点燃、关闭、调节功率及模拟器运动控制等功能。

氙灯供电系统由氙灯供电电源、触发器、氙灯组成。氙灯供电电源采用程控开关电源,通过氙灯供电电源面板可完成氙灯点燃、关闭、调节输出功率等功能。氙灯供电电源配置了RS232 接口,通过氙灯供电电源与计算机之间的串口通讯,实现计算机对氙灯供电电源的控制。

运动控制系统由计算机、数字量输入输出卡、步进电机驱动器、步进电机、行程开关等组成,完成太阳模拟器的运动包括平移、升降、方位和俯仰等运动。与其他电机相比,步进电机具有惯量低、定位精度高、无累积误差、控制简单等特点,同时加装减速器,降低转速与增加力矩,以满足设

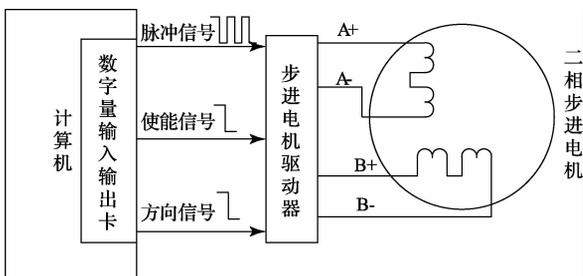


图2 步进电机控制框图

计要求。步进电机驱动器选取带有细分功能的驱动器,在使用运动更加平稳的同时,提高运动精度。步进电机控制如图2所示,步进电机驱动器控制信号由计算机通过数字量输入输出卡产生,包括使能、方向、步进脉冲信号等,行程开关用于运动过程中两端限位。

3 控制系统软件设计

太阳模拟器控制软件以VS2010为开发环境,采用C++语言设计。控制软件的功能分为两部分:氙灯电源的控制与模拟器的运动控制,运动方式包括平移、升降、方位、俯仰等。首先对串口、数字量输入输出卡进行初始化,如果成功则生成主控制界面,进行氙灯电源与运动系统控制,否则重新初始化,软件控制系统流程如图3所示。控制界面可以分为运动控制模块、氙灯电源控制模块以及网络连接模块。

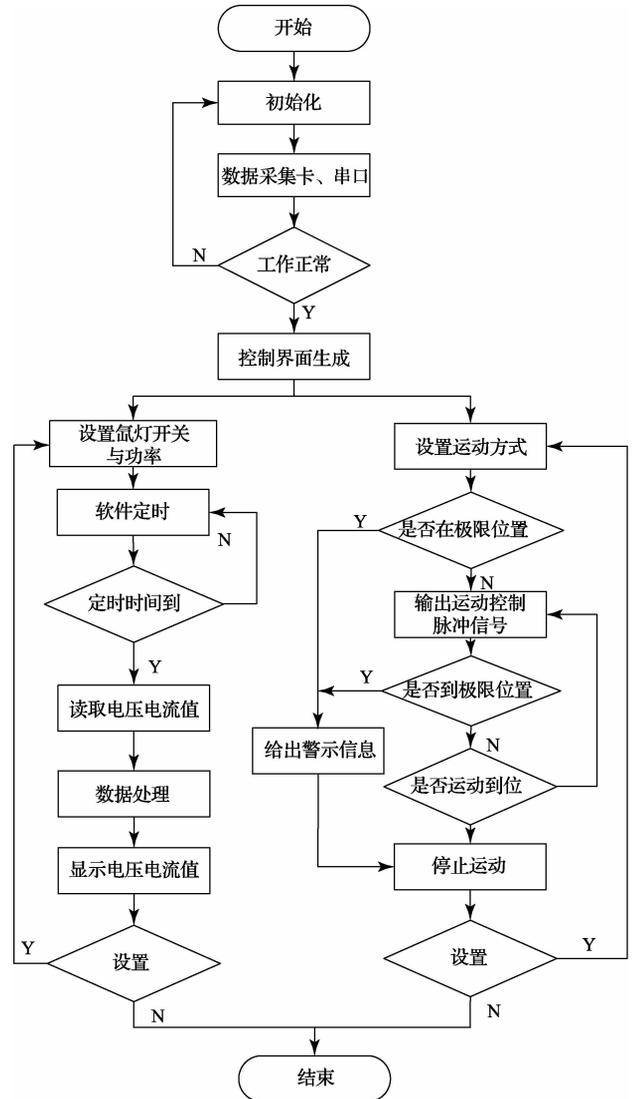


图3 软件控制系统流程图

3.1 氙灯电源控制

氙灯电源的控制主要实现以下功能:氙灯的点燃与关闭控制;氙灯电源状态(输出电压、输出电流)的采集和显示;氙灯电源输出功率控制。氙灯电源控制程序包括发送程序与接收程序,发送程序通过发送指令实现对氙灯电源的状态查询以及电源输出功率等的控制,接收程序通过数据处理实现氙灯电源状态的采集与显示。

计算机通过 RS232 串口实现与电源之间的通信^[6]。串口通信采用 CSerialPort 类,该方法具有编程效率高,程序可控性强等优点。串口通信通过 4 个步骤来完成:打开串口、配置串口、读写串口、关闭串口,其中串口的配置为波特率 19 200 bps,奇校验,8 个数据位,1 个停止位。串口数据结构如表 1 所示。

表 1 串口数据结构

字节 0	字节 1	字节 2	字节 3~18	最后 2 字节
起始分隔符	产品节点	产品通讯对象的地址	数据区	校验码

电压与电流值的实时显示由定时器完成。软件定时时间到后计算机发送读数据指令,读取当前氙灯电源的二进制数据,经过数据运算转换成相应电流、电压值,并在控制界面显示当前数值。本程序中,软件定时时间设为 0.2 s。

3.2 模拟器运动控制

太阳模拟器的运动控制包括平移、升降、方位、俯仰等运动,通过软件设置运动方式并实时显示运动状态。运动方式包括连续运动与步进运动。软件初始化以后,首先检测运动机构是否处于限位状态,若是则给出警示信息。运动开始后,如果到达指定位置,步进电机停止运动,如果到达限位位置,步进电机停止运动且给出警示信息。

步进电机驱动器控制信号,包括步进电机的使能、方向、步进脉冲信号等由数字量输入输出卡产生。步进电机和其他电机的区别主要是,由输入脉冲信号来进行控制,步进电机的速度通过控制步进电机的脉冲频率来实现。脉冲频率越高,步进电机速度越快。在步进电机高速运动时,脉冲周期在毫秒甚至微秒级,因此步进脉冲信号需要使用精确定时程序来实现。程序使用 QueryPerformanceFrequency()函数和 QueryPerformanceCounter()函数来实现精确定时,其定时误差不超过 0.5 μ s。

步进电机工作时,失步或过冲直接影响其定位精度。当步进电机的运行频率高于启动频率时,如果直接以运行频率启动,由于运行频率过高,会导致失步。步进电机在运行时,如果在运行频率下直接停止,会产生步进电机过冲现

象。因此,设计合理的速度曲线非常重要。速度控制程序采用梯形速度曲线^[7-8],即以速度 a 启动后,匀加速到速度 b ,运行一定步数后,匀减速到停止,如图 4 所示。

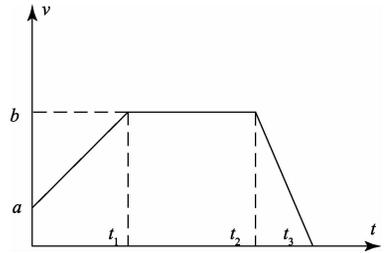


图 4 梯形速度曲线

3.3 远程控制

远程控制采用客户机/服务器(C/S)通信模式,远程计算机作为控制系统的客户机进行远程控制,本地计算机作为控制系统的服务器。远程计算机通过 UDP 协议向本地计算机发出氙灯控制与运动控制的指令,本地计算机接收到指令后进行数据处理,实现氙灯控制与运动控制,同时本地计算机向远程计算机发送太阳模拟器的运行状态,从而实现远程监控功能。

本地计算机与远程计算机之间的通信采用 UDP 协议。UDP 协议提供了一种基本的、低延时的称为数据报的传输。UDP 是一种面向非连接、不可靠的通讯协议,相对于 TCP 来说,虽然可靠性不及 TCP,但传输效率较高。程序采用 Windows Socket API 函数实现 UDP 编程^[9-11]。

4 测试结果

运动式太阳模拟器实物图如图 5 所示,其中运动式太阳模拟器控制柜如图 5(a)所示,包括计算机,氙灯电源与步进电机驱动器,运动式太阳模拟器本地与运动机构如图 5(b)所示。本地控制软件界面如图 6 所示,远程控制软件界面如图 7 所示。



(a)运动式太阳模拟器控制柜

(b)运动式太阳模拟器本体与运动机构

图 5 运动式太阳模拟器实物图



图6 本地控制软件界面



图7 远程控制软件界面

为了测试控制系统是否正常,在本地控制模式、远程控制模式下对氙灯电源控制系统、运动系统控制系统进行了大量的测试。结果显示系统运行可靠,可以实现氙灯电源控制与运动系统控制,且辐照稳定度与运动精度达到系统要求。表2给出了太阳模拟器平移、升降、方位、俯仰运动的部分给定值与测试值。可以看出,平移、升降运动误差在0.3 mm以内,方位、俯仰运动误差在5'以内,均符合设计要求。

表2 运动给定值与测量值

运动方式	给定值	测量值
平移/mm	400	400.2
升降/mm	100	99.9
方位	30°	30°3'
俯仰	30°	29°8'

5 结 论

本文设计了一套基于VS2010的运动式太阳模拟器控制系统,能够实现氙灯电源控制与运动系统控制,精确地调节模拟太阳光的照射位置与角度。测试结果表明,系统稳定可靠,精度可以满足太阳模拟器系统要求。本文对于太阳模拟器的控制系统设计具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 高雁,刘洪波,王丽.太阳模拟技术[J].中国光学与应用光学,2010,3(2):104-111.
- [2] 杜景龙,唐大伟,黄湘.太阳模拟器的研究概况及发展趋势[J].太阳能学报,2012:70-76.
- [3] 高雁,刘洪波,王丽,等.大面积准直型太阳模拟器的设计与研制[J].中国光学,2014,7(4):657-664.
- [4] 冯伟昌,陈家奇.用于高精度太阳敏感器标定的模拟光源控制系统设计[J].航天器环境工程,2012,29(5):557-560.
- [5] 张国玉,刘淑红,王凌云,等.移动式太阳模拟器控制系统研究[J].长春理工大学学报,2009,32(1):1-3.
- [6] 雷金奎,马媚,张小林.基于Visual Studio的无人机地面配置及检测平台设计[J].国外电子测量技术,2013,32(8):84-87.
- [7] 王邦继,刘庆想,周磊,等.步进电机速度曲线的设计与FPGA实现[J].微电机,2012,45(8):67-71.
- [8] 杨超,张冬泉.基于S曲线的步进电机加减速的控制[J].机电工程,2011,28(7):813-817.
- [9] 杨军,张和生,潘成,等.一种交通信息采集传感器网络的IP互连方法[J].仪器仪表学报,2011,32(11):2596-2601.
- [10] 王强,张和生,叶华.交通信息采集的UDP通信方法[J].电子测量与仪器学报,2009,23(3):39-44.
- [11] 马桂勤,杨英宝,王帮峰.电路在线维修远程监控系统设计[J].国外电子测量技术,2013,32(8):37-40.

作者简介

王帅会,工学硕士,研究实习员,主要研究方向为太阳模拟技术等。

E-mail:wshcan912@hotmail.com