

太阳系模型的设计与研究

秦 龙¹, 严思杰^{1*}, 廖黎波², 刘心雄¹

- (1. 华中科技大学 机械科学与工程学院, 湖北 武汉 430074;
2. 华中科技大学 土木工程与力学学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 为了加快以传播科学知识、弘扬科学精神为目的的展品设计技术的快速发展,首先,应用日心说原理设计了一种太阳系运动简易模型。该模型采用研华科技公司的运动控制卡PCI1240U作为控制系统的核心来控制交流伺服电机,以驱动行星模型的公转;同时通过旋转按钮手动控制直流减速电机,以实现模型的自转。其次,设计了导电机构以保证直流减速电机的有效供电。最后,运用VB软件设计了个性化的人机交互界面。研究表明,该模型运行情况良好,机械结构简易美观,运转稳定可靠,易于维护,通过人机界面(HMI)可观看特殊天象和特定日期的天象,以及公转演示等。

关键词: 太阳系;展品;运动控制卡;伺服驱动;VB;人机界面

中图分类号: TH6

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)05-0529-04

Design and research on solar system exhibits

QIN Long¹, YAN Si-jie¹, LIAO Li-bo², LIU Xin-xiong¹

- (1. School of Mechanical Science & Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China;
2. School of Civil Engineering & Mechanics, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Aiming at rapidly developing of exhibits design, to convey scientific knowledge and promote the scientific spirit, a solar system moving model was designed based on the heliocentric theory. The movement control cards were employed to control AC servo motors, which were used to drive the revolutions of planets; and the rotations of these planets were driven by DC geared motors. Then, the conductive devices were designed to ensure DC geared motors of reliable power supply. Lastly, personalized human machine interface was developed by using VB software. Results indicate that the system shows the outstanding performance such as good work, structural simplicity, stability, and easy maintenance, etc.. Through human machine interface (HMI), special astronomical phenomena, the astronomical phenomenon in any certain date, and the revolution of the solar system can be displayed.

Key words: solar system; exhibits; movement control cards; servo driving; VB; human machine interface(HMI)

0 引 言

现代科技馆是我国科普资源的重要组成部分,它作为一种全新场所,通过能引起感官情绪和理智兴趣的展览,来解释科学的发展;并引导观众参与科学与工程活动,激发其智力^[1]。展品设计是科技馆的中心环节,在给观众带来感官感受的同时,也满足了其求知的欲望。

太阳系展品以太阳系外层空间视角,向观众展示太阳系和八大行星的运动状态和运动规律,可展示特

殊日期天象等因太阳系行星围绕太阳公转和月亮围绕地球公转形成的天文现象和奇观,促进观众的思维拓展。

本研究设计太阳系的运动模型。它是承接湖南省科学技术馆的重要展品,以互动性和体验式为特征的寓教于乐的理念为设计要求^[2]。在该设备中,太阳系公转控制系统采用研华科技PCI-1240U运动控制卡与松下交流伺服电机的基本框架,具有多轴协调控制^[3]、控制精度高、能实现精确位置控制等优点。

收稿日期: 2011-11-09

作者简介: 秦 龙(1988-),男,湖北黄石人,主要从事数控技术与装备方面的研究. E-mail: ql.superstar@163.com

通信联系人: 严思杰,男,副教授,硕士生导师. E-mail: yansijie@vip.sina.com

1 运动模型的特点

科技馆展品的主要任务是面向公众普及科学知识、传播科学思想、培养科学意识等。为了与科技馆的主题相一致,并简化模型,太阳系运动模型展品具有如下特点:

(1) 运动模型具有手动和自动运行两种模式。手动模式时,观众通过触摸屏,可以观看特殊天象(如:八星连珠,等)和特定日期的天象(如:生日当天天象,等);自动模式时,可以观看当天天象和公转演示,以及特殊天象。

(2) 系统参考运转的行星为地球,并将地球公转周期设置为30 s,然后根据各行星公转周期的比例,确定其他行星公转的速度。

(3) 模型的公转是观众观看的核心内容。由于各行星自转周期差别很大,只需通过旋转开关控制行星自转与否,自转演示无需按照实际比例转动。

2 运动模型及其实现

2.1 机械结构总体方案

该机构是一种数控机械装置,采用伺服电机和数字控制,用于展示太阳系各行星和月球的相对位置与运动。机构主要包括实现主体功能的机械部分及其辅助部分,前者主要包括固定支座、电机、齿轮、导向滚轮、行星自转机构等;后者主要包括外围装饰支架,如木支座、电气保护盒等。机械结构简图,如图1所示^[4-5]。

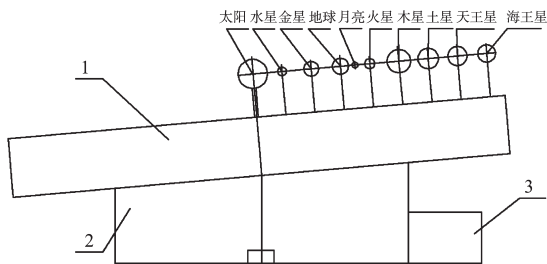


图1 太阳系整体机械结构简图

1—展台平台;2—木支座;3—电气保护盒

为了达到简易美观的效果,本研究对运动模型机械结构进行如下简化:

(1) 无需按照行星、太阳和月亮的实际球体大小比例来设计;

(2) 将太阳和八大行星模型处在一个公转轨道平面上;

(3) 将行星公转轨道设计成圆形,相邻的行星模型轨道之间距离相等;

(4) 统一设计自转平面与公转平面平行,并假设太阳模型只完成自转,月亮模型只完成公转。

2.2 行星模型公转和自转

对于展品来说,越简单的系统越可靠。综合该展品控制方法,以增强抗干扰能力和可靠性为目的,行星的公转设计方案采用固定的电机和旋转的圆周轨道。如图2所示。采用伺服电机齿轮驱动尼龙内齿轮盘,尼龙内齿轮盘、连接板均与支柱螺纹联接,并将行星自转机构(如图3所示)固定在连接板上,从而实现行星自转机构的公转。内齿轮盘分别由定位轮和支撑轮实现其定位和支撑。行星模型用轻质空心木球代替,并分别固定在各自行星支撑杆上。

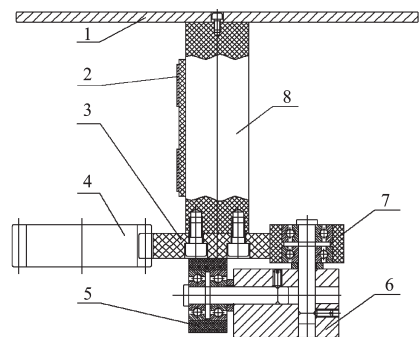


图2 运动模型公转

1—连接板;2—紫铜带;3—尼龙内齿轮盘;4—电机齿轮;5—支撑轮;6—支撑座;7—定位轮;8—支柱

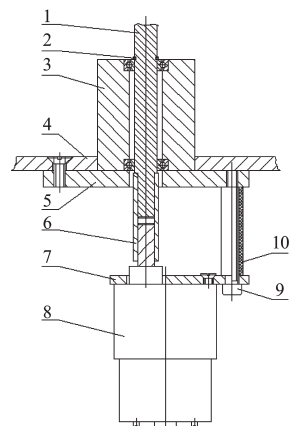


图3 八大行星自转

1—行星支撑杆;2—轴用钢丝挡圈;3—轴承座;4—连接板;5—法兰;6—联轴器;7—电机连接板;8—减速电机;9—螺钉;10—支撑套

采用减速电机直接驱动行星模型,实现其自转。如图3所示,在行星公转时,为了避免自转电机的供电电缆因行星转动而出现缠绕现象,并增加系统可靠性,本研究采用一种导电机构,来保证减速电机的供电,该导电机构如图4所示(此时弹簧处于拉伸状态,不锈钢合页展开成90°状态)。导电机构固定在系统底座上,系统给导电轮供以24 V的电压,减速电机的供电电缆连接在紫铜带(如图2所示)上,导电轮与紫铜片通过不锈钢弹簧有效接触,从而保证电机供电正常。

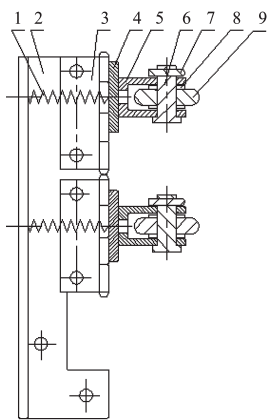


图4 行星自转导电机构

1—不锈钢弹簧;2—固定支架;3—不锈钢合页;4—绝缘板;5—导电轮叉板;6—销轴;7—开口销;8—平垫;9—导电轮

2.3 太阳模型自转与发光

同样,本研究采用减速电机直接驱动太阳模型,实现其自转。并在太阳模型球中心内部固定一个小型灯泡(图中未画出),实现其发光。

本研究设计了一种采用集电环和碳刷的导电机构,如图5所示,碳刷架固定在底座上,集电环随行星模型运动,电源电缆连接在碳刷架上,灯泡电缆连接在集电环上,碳刷与集电环有效接触,实现灯泡的发光。

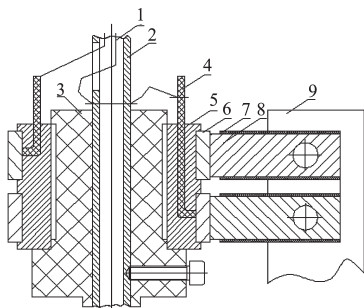


图5 太阳自转导电机构

1—灯泡电缆;2—太阳支撑杆;3—集电环固定环;4—电缆接头;5—绝缘集电环套;6—集电环;7—碳刷固定架;8—碳刷;9—碳刷支撑架

2.4 月球绕地球公转

支撑月球模型的支撑杆,用一支折弯的金属型支架固定在上固定盖和下固定盖中间,地球和月球同步带传动如图6所示。4个同步带轮中,同步带轮1固定在地球支撑杆上,同步带轮2和3固定在销轴上。同步带轮1通过同步带一带动固定在销轴上的同步带轮2和3旋转。同步带轮3由同步带二,带动同步带轮4旋转,同步带轮4与上固定盖和下固定盖螺纹连接。因此,地球自转的同时,通过同步带驱动月球模型绕地球公转。

3 控制系统的方案设计

3.1 展品模型控制方案

展品为动力机电设备,电气控制系统是该装置的

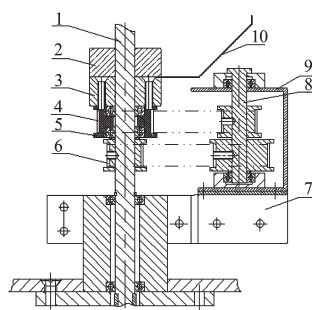


图6 地球和月球同步带传动

1—地球支撑杆;2—上固定盖;3—下固定盖;4—同步带一;5—垫片;6—同步带二;7—同步带支撑固定板;8—销轴;9—夹板;10—月球支撑杆

重要组成部分,其方案的优劣直接影响到整个装置的性能,在保证安全可靠和观众互动的同时,也要注重展品调试、维护的方便性。

控制太阳模型自转、发光,以及八大行星的自转由一个旋转开关完成,并将旋转开关安装在操作台的控制面板上。作为设计重点,行星模型的公转控制主要由驱动器、相应的控制器及传感器完成。

3.2 行星公转控制的具体实现

根据运动控制卡的性能和特点,本研究选用2台研华PCI-1240U数控卡(多轴运动控制器)搭建控制系统控制8台电机,并通过人机交互界面,编程实现八大行星公转控制。基于运动控制卡的具体实现结构框图如图7所示。

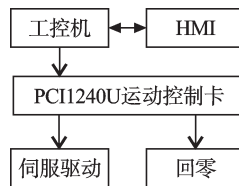


图7 控制系统结构框图

系统的执行元件为4个400 W和4个750 W的交流伺服电机。电机采用位置控制方式,可读出脉冲数,以达到准确目标位置。

实现系统回零的现场信号来自于传感器信号。传感器由8个判断行星回零的接近开关组成^[6-7],它对提高系统的自动化程度具有极其重要的作用,是该设备实现自动控制的关键所在。当传感器检测到尼龙内齿轮公转盘上的金属片时,控制卡采集信号并发送电机制动命令,实现回零。由于硬件回零必然带来误差,本研究采用软件回零进行回零补偿。

3.3 人机交互界面及软件设计

3.3.1 人机界面设计

人机界面只需对运动控制卡发送命令和数据。根据需求分析,界面设计主要应包括如下内容^[8]:

(1) 欢迎界面。可以自动连接下位机和系统初始

化回零;

(2) 主界面。可以进入无模式自动公转演示界面,可以进入特殊天象界面,亦可以进入指定日期界面;

(3) 公转演示界面。实时显示当前运动状态的日期和太阳系相关知识介绍;

(4) 特殊天象界面。特殊天象相关知识和动画加载;

(5) 指定日期界面。演示该日期天象,人工操作或定时返回主界面;

(6) 无人操作时,循环运行各种特殊天象;

(7) 权限管理停止设备的运行。

其中,主界面如图8所示。

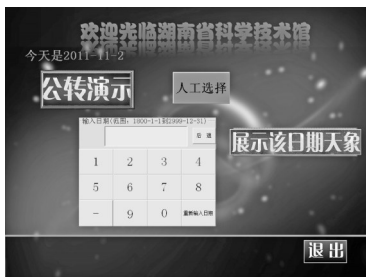


图8 主界面

3.3.2 软件设计

考虑到系统须具有开放性、稳定性的特点,以及缩

小设计周期等因素,开发平台选择 Windows XP操作系统,并选择VB作为编程语言开发人机界面^[9],以满足运动模型的特点和人工界面设计的要求,系统控制流程图如图9所示。

4 结束语

该太阳系运动模型展品,作为湖南省科学技术馆的重要展品之一,已经展出近半年,运行情况良好。实践结果表明,该模型机械结构简单美观、安全可靠,运转稳定,噪声小,满足了机械正常运转周围噪声不大于85 dB的要求,易于维护,交互性强,操作方便,符合现代科技馆展品设计的理念。

致 谢

本论文是在我的导师严思杰老师的悉心指导下完成。衷心感谢严思杰老师和项目组刘心雄老师、李新辉工程师对我的精心指导与关心。

感谢廖黎波同学在方案设计和设备安装调试上提供的大力帮助,感谢刘学伟师兄、祝恒佳师兄、李益东同学、郑志伟同学和方林子师妹在项目过程中无私的奉献。在此也特别感谢湖南科学技术馆提供的设备和技术支持,使项目得以顺利完成。

最后,要感谢实验室所有的老师、同学和朋友,他们带给我一个愉悦的学习和生活环境。

参考文献(References):

- [1] 胥彦玲. 国外科技馆建设对我国的启示[J]. 科普研究, 2010(1):57.
- [2] 谢莉娇,徐善衍. 我国科技类博物馆发展的现状分析和问题思考[J]. 科普研究,2010(4):15.
- [3] 研华股份有限公司. PCI-1240 4-Axis stepping/Pulse-type Servo Motor Control Card 使用手册[K]. 研华股份有限公司,2001.
- [4] 王安民. 日心说展品的设计与研究[D]. 武汉:华中科技大学机械学院,2008.
- [5] 杨家军. 机械设计基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2005.
- [6] 彭 达,占红武,郑学敏. 多轴空间直线运动控制的FPGA实现[J]. 轻工机械,2011,29(3):32-34.
- [7] 赵玉刚,邱 东. 传感器基础[M]. 北京:中国林业出版社,2006.
- [8] 罗仕鉴,朱上上,孙守迁. 人机界面设计[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [9] 孙秀梅,安 剑. Visual Basic 开发技术大全[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.

[编辑:张 翔]

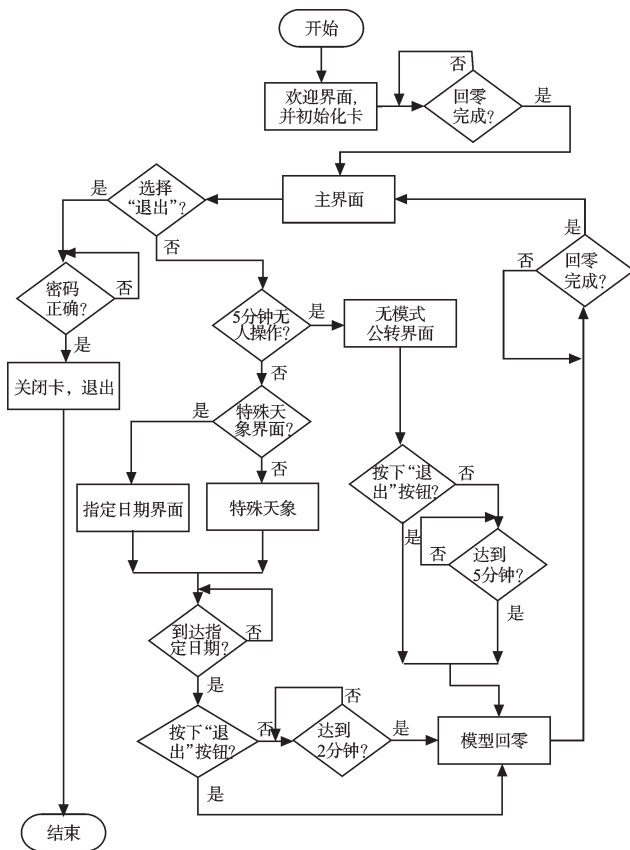


图9 控制系统流程图