



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102789242 A

(43) 申请公布日 2012. 11. 21

(21) 申请号 201210319991. 0

(22) 申请日 2012. 09. 03

(71) 申请人 中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街 188 号

(72) 发明人 杨世海 王国民

(74) 专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230

代理人 栗仲平

(51) Int. Cl.

G05D 3/12(2006. 01)

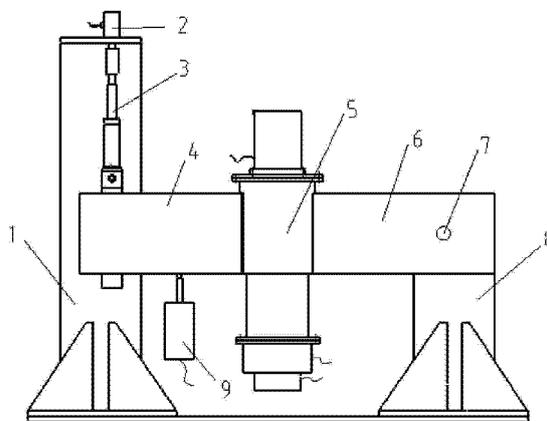
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

### (54) 发明名称

实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统

### (57) 摘要

实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统,该系统包括扭转角检测系统与扭转角补偿修正系统,其特征在于,所述的扭转角检测系统设有测量机构用来测量主动轮的位置,该测量机构的位置信号,实时反馈给所述扭转角补偿修正系统中的工控机;该工控机的输出信号控制补偿电机旋转,该补偿电机通过传动机构使安装主动轮的弹性板倾斜,进而使主动轮扭转一个角度,形成对所述扭转角的补偿。本发明通过控制系统的实时检测和实时补偿,实现主动轮旋转轴线相对于从动轮旋转轴线的调整,达到消除扭转角的目的;从而消除被驱动负载发生的波动,提高望远镜的低速平稳性和跟踪天体的精度。本发明的控制系统,控制精度高,动态响应快。



1. 一种实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统,该系统包括扭转角检测系统与扭转角补偿修正系统,其特征在于,所述的扭转角检测系统设有测量机构用来测量主动轮的位置,该测量机构的位置信号,实时反馈给所述扭转角补偿修正系统中的工控机;该工控机的输出信号控制补偿电机旋转,该补偿电机通过传动机构使安装主动轮的弹性板倾斜,进而使主动轮扭转一个角度,形成对所述扭转角的补偿。

2. 根据权利要求1所述的实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统,其特征在于,所述的扭转角检测系统中的测量机构是采用直线光栅尺。

3. 根据权利要求1所述的实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统,其特征在于,在所述的工控机内部,插有 PCL-728 的模拟量输出卡,该 PCL-728 的模拟量输出卡输出信号控制补偿电机。

4. 根据权利要求1所述的实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统,其特征在于,所述的工控机与补偿电机的联接关系是:所述的工控机内部 PCL-728 的模拟量输出卡的输出信号通过一台直流电机驱动器,驱动一台有刷直流电机旋转。

5. 根据权利要求1所述的实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统,其特征在于,所述补偿电机的传动机构是采用与电机轴相连接的滚珠丝杆。

6. 根据权利要求2-5之一所述的实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统,其特征在于,所述直线光栅尺的输出正弦电流信号  $11\mu\text{App}$ ,量程 12mm,刻线 6000 根,在 1 个信号周期内的最大误差 0.02um,输入 IK220 卡后,信号被 4096 细分。

## 实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系統

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种非线性干扰补偿的控制方法,具体涉及一种实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系統。本发明是国家自然科学基金(10778630)“极大望远镜摩擦传动滑移动态修正系统的研究”和国家自然科学基金面上项目(11073034)“南极大口径天文光学望远镜低速高精度跟踪中的低温非线性干扰补偿的研究”(江苏省“333”工程共同资助项目)的研究成果。

### 背景技术

[0002] 摩擦驱动是一种非常好的天文望远镜的驱动方式。天文望远镜采用摩擦驱动具有明显的优点:结构设计及制造简单,同性能要求下,摩擦驱动的成本最低,即摩擦驱动的性能比最高;没有周期性累积误差,没有空回;望远镜运动时传动平稳,无振动,响应速度比较快,在低速下能够获得很高传动精度;摩擦驱动轮和被驱动的有比较大的传动比,意味着降低了电机的力矩要求和低速性能要求,从而可以买到系列化的商用电机,一般无需特别定制电机,从而大大降低了造价。

[0003] 目前国内外许多知名的大口径望远镜采用外圆滚动摩擦,传动副由主动轮和从动轮组成,从动轮直接与望远镜本体同轴安装。主动轮在加压装置的作用下压紧从动轮,电机驱动主动轮,通过主从两轮的外圆柱接触表面间的摩擦力来传递运动。滚动摩擦传动主动轮旋转轴线和从动轮旋转轴线在空间的理想位置应该是平行的,但由于安装误差或长期运行后在重力作用下支撑结构的变形等原因,它们的旋转轴线在空间存在夹角。其中主动轮旋转轴线和从动轮旋转轴线在结合处的切向平面内的夹角称之为扭转角,如图 1 所示。扭转角是一种特殊的非线性干扰,它使得主动轮 A 和从动轮 B 的接触面发生变化,由整个厚度上的接触矩形面,缩小到只占原来接触面很小的一段圆面,接触面积大大减小,这样会引起主动轮和从动轮之间的滑移。

[0004] 存在扭转角的摩擦传动类似于扭轮摩擦传动。由于扭转角的存在,摩擦力在摩擦轮旋转轴线的方向上产生分力,在此分力的作用下,摩擦轮沿轴向会发生运动,但这种轴向运动是受限制的,取而代之的是结构的弹性变形。在采用摩擦驱动的天文望远镜工作过程中,这种弹性变形越来越大,相应的弹性回复力也在不断增大。当弹性回复力超过摩擦轮接触面之间的摩擦力时,摩擦轮将“突跳”回平衡位置。一般而言从动轮与望远镜本体相连,重量大且刚性很高,主动轮支撑的刚性相比而言差一些。所以,这种“突跳”大多发生在主动轮上。扭转角对望远镜造成的干扰是一种特殊的非线性干扰,其最终会使得被驱动负载发生波动,进而影响望远镜的低速平稳性和跟踪天体的精度。目前在天文望远镜领域,对于这种扭转角非线性干扰的没有切实可行的技术方案。只能是依靠望远镜指向跟踪系统的控制算法(如经典 PID)自身的鲁棒性,对扭转角造成的突跳进行抑制。但是效果往往不能令人满意,充其量只能在一定程度上减轻突跳对望远镜低速跟踪精度造成的影响。

[0005] 申请号为 CN 200810020722.8 的专利公开了一种极大天文望远镜滚动摩擦传动旋转轴扭转角动态修正系统。通过采用这套动态修正系统,使得摩擦传动过程中主动轮旋

转轴线和从动轮旋转轴线在切向始终保持平行,保证主动轮和从动轮的运动同步,避免“突跳”现象的发生,保证望远镜能稳定工作。申请号为 CN 200810020722.8 的专利技术以机械设计为主。

## 发明内容

[0006] 针对现有技术的不足,本发明提供一种实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统。要解决的技术问题是,自动检测与补偿天文望远镜扭转角对望远镜造成的非线性干扰,从而消除被驱动负载发生的波动,提高望远镜的低速平稳性和跟踪天体的精度。本发明是在申请号为 CN 200810020722.8 的专利技术的基础上的进一步开发与改进。本发明针对的是控制系统的设计。

[0007] 本发明的技术方案是:一种实现天文望远镜扭转角非线性干扰补偿的控制系统,该系统包括扭转角检测系统与扭转角补偿修正系统,其特征在于,所述的扭转角检测系统设有测量机构用来测量主动轮的位置,该测量机构的位置信号,实时反馈给所述扭转角补偿修正系统中的工控机;该工控机的输出信号控制补偿电机旋转,该补偿电机通过传动机构使安装主动轮的弹性板倾斜,进而使主动轮扭转一个角度,形成对所述扭转角的补偿。

[0008] 这是一个位置闭环控制系统。

[0009] 本发明的优化方案中,

所述的扭转角检测系统中的测量机构,推荐采用直线光栅尺用来测量主动轮的位置;

所述的工控机,其内部插有 PCL-728 的模拟量输出卡,该 PCL-728 的模拟量输出卡输出信号控制补偿电机;

所述的工控机与补偿电机的联接关系推荐:所述的工控机内部 PCL-728 的模拟量输出卡的输出信号通过一台直流电机驱动器,驱动一台有刷直流电机旋转;

所述补偿电机的传动机构推荐采用与电机轴相连接的滚珠丝杆;

所述工控机内,设有控制软件。

[0010] 更具体和更优化地说,本发明的控制系统包括扭转角检测系统、扭转角补偿修正系统及软件 3 大部分。直线光栅尺用来测量主动轮的位置,直线光栅尺信号通过海德汉公司的 IK220 卡读入工控机。在主动轮旋转轴线和从动轮旋转轴线的空间平行的理想位置下,记录直线光栅尺的位置信号,记为  $L_0$ 。在望远镜跟踪天体的过程中,直线光栅尺的位置信号  $L$  实时反馈给工控机。从而得到扭转角度

$\theta = \arctan[(L - L_0) / L_0]$ 。工控机内部插有一块 PCL-728 的模拟量输出卡,其输出信号控制一

台直流电机驱动器,该驱动器驱动一台有刷直流电机旋转,进而通过与电机轴相连接的滚珠丝杆,使得安装主动轮的弹性板倾斜,这样主动扭转主动轮一个角度,形成补偿,使得主从动轮间的扭转角消失。这是一个位置闭环控制系统。之所以通过扭转主动轮而不是从动轮来消除扭转角,是因为从动轮就是望远镜的机架转台,大口径望远镜的转台重量达几十吨~上百吨,难以实现人为的角度扭转,而主动轮小,易于实现角度的调整。

[0011] 软件在 Windows 下以 C 语言编程,实现非线性扰动的实时闭环控制、界面的图形显示等。扭转角的位置闭环在工控机上实现,其控制采用了经典 PID 控制算法。

[0012] 本发明的有益效果是:

1、 可以实现扭转角位置误差动态检测和补偿修正,通过在线动态检测出扭转角,实

时调整该角度,保持理想的主动轮、从动轮贴合位置。

[0013] 2、 整个系统动态响应快,控制精度高。

[0014] 3、 本发明可以节省安装、调整和维护的大量的人力、物力和时间成本。

[0015] 4、 本发明方法实现简单,重复性好,可靠性高,有很强的实用价值。

### 附图说明

[0016] 图 1 为摩擦驱动的扭转角示意图;

图 2 为为控制系统电气元件布置图;

图 3 为控制系统原理图。

### 具体实施方式

[0017] 下面将结合附图和具体实施例对本发明做进一步的说明。

[0018] 实施例 1,一种扭转角的自动检测与补偿控制系统,控制实物如图 2 所示,控制系统电气元件布置图如图 3 所示,其中:左支柱 1,直流电机 2,滚珠丝杆 3,安装主动轮的左弹性板 4,主动轮 5,安装主动轮的右弹性板 6,旋转支点 7,右支柱 8,直线光栅尺 9。

[0019] 控制方法流程图如图 3 所示。望远镜扭转角的自动检测与补偿控制系统包括望远镜扭转角检测系统扭转角补偿系统和软件共 3 个部分。

[0020] 扭转角自动检测与补偿控制系统的执行单元为 1 台有刷直流减速电机,采用了上海硅力直流有刷电机驱动器 2KS010D(2)-3A-24V 驱动器,补偿机构的电流环通过该电机驱动器实现闭环。

[0021] 扭转角位置检测和补偿修正闭环由工控机完成。其中工控机为研华工控机 AdvanTech IPC-610,配置为:CPU 为酷睿 2 双核 2.8G,内存 4G。

[0022] 主动轮、从动轮的旋转轴线在空间的夹角,是通过直线光栅尺通过测量摩擦轮接触面位置而间接得到的。该直线光栅尺的型号为海德汉 MT1201,输出正弦电流信号(11uApp),量程 12mm,刻线 6000 根,在 1 个信号周期内的最大误差 0.02um,输入 IK220 卡后,信号被 4096 细分。

[0023] 这样,每根刻线代表

$$\frac{12}{6000} \times 10^3 = 2\mu m, 4096 \text{ 细分后}, 1_{count} = \frac{2}{4096} = 0.00048828125\mu m$$

驱动电机选择了带减速机的有刷直流电机,其性能参数如表 1 所示。之所以选择带减速机的直流电机,是可以选择较小电机提供很大的力矩,有效的节约成本。

[0024] 表 1 直流减速电机主要技术参数

	36ZY126000
减速比	1/270
转速	22r/min
电压	12VDC
空载电流	≤ 350mA
负载电流	≤ 1300mA
转矩	20Kg.cm

模拟量输出卡选择了台湾研华公司的 PCL-728,该卡是 PCI 总线接口。PCL-728 提供了两个双缓冲 12 位数模拟转换输出,输出 +/-10 V 命令信号给电机驱动器。

[0025] 软件运行在工控机上,基于WINDOWS XP 操作系统,以VC++6.0 语言编程,实现经典PID 闭环控制、实时检测与监控、界面的图形显示、参数设置等。

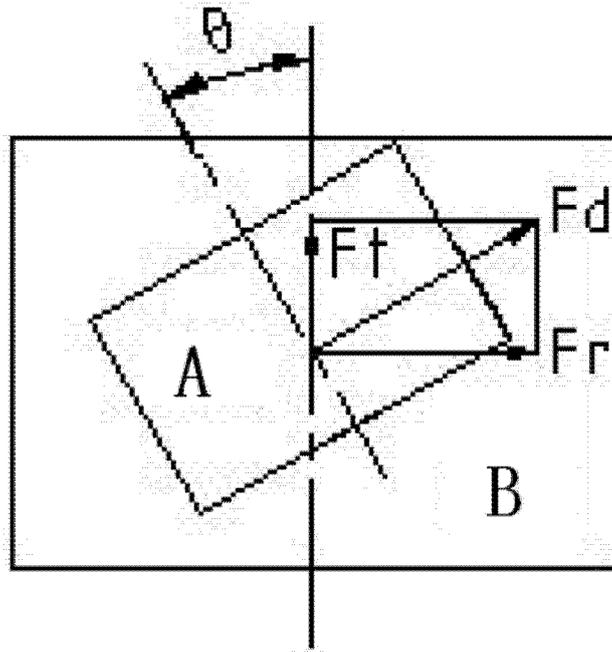


图 1

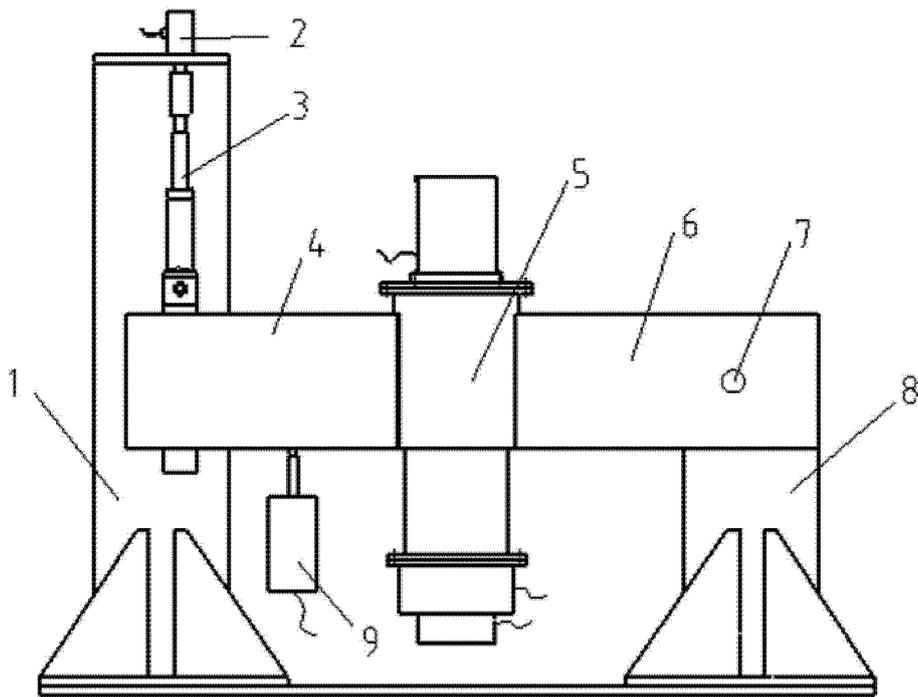


图 2

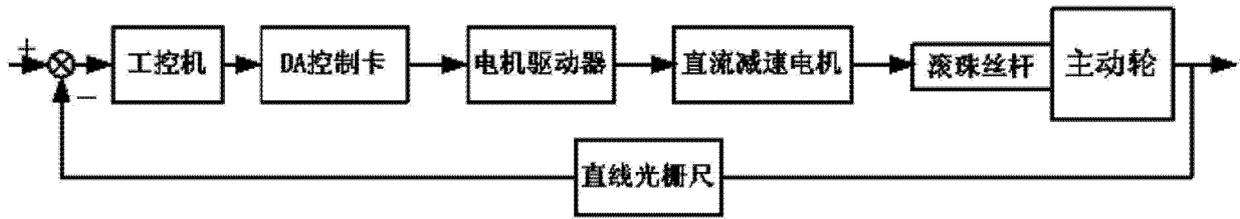


图 3