

1.56m 望远镜天文圆顶电控的改造

祝 杰 曹 凯 郑义劲

(中国科学院上海天文台, 上海 200030)

提 要

由于原有 1.56m 望远镜的圆顶与天窗控制系统技术相对滞后、常出问题,已经不能满足日常观测的要求,需要对其进行改造,以实现圆顶随动与天窗红外遥控。改造后的天文圆顶电控系统在使用中能节省观测时间,简化观测过程,提高观测效率,并且使系统的可靠性增加。

主题词: 圆顶随动 — 红外遥控 — SC6121 — BC7210 — 抗干扰

分类号: P112, TU244.6

1 引 言

由程序自动控制圆顶位置的技术已经在许多天文圆顶上实现并运用,提高了观测效率。另外在控制系统中使用了变频电机,可以提高定位的准确度。因为天窗机械马达控制部分安装在圆顶上,而圆顶要 360° 旋转,故而用传统的方法通过电缆线来传送控制信号十分不便,可采用红外通信方式来解决这个问题,而红外遥控芯片具有电流小、工作电压范围宽、抗干扰能力强、价格低的优点,效果十分理想。本文拟从两方面对改造情况进行介绍。

2 圆顶随动系统

圆顶随动系统分为两大部分:圆顶位置数据的采集与电机运动控制。这两部分形成一个闭环系统,如图1所示。简单来说,编码器根据圆顶所在位置生成圆顶位置数据,通过采集编

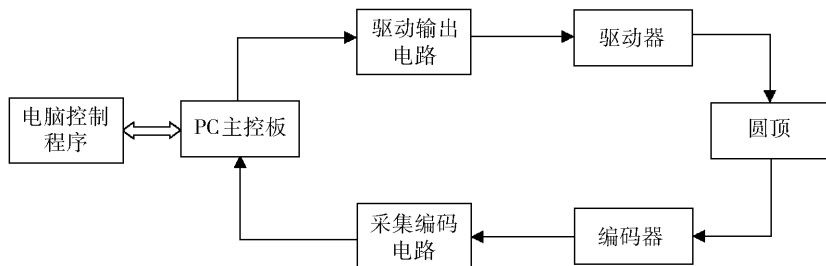


图 1 圆顶随动系统框图

Fig. 1 Block Diagram of Dome Servo

码电路传送到 PC 机,PC 机将其与电脑控制程序给出的望远镜位置数据进行比对,经过计算后通过驱动输出电路输出控制信号,操控电机变频器,以驱动电机运动,使圆顶到达预定位置。

2.1 圆顶位置数据的采集

要控制圆顶的运动首先要明确其实际位置,实际上对圆顶位置的要求精度并不很高,所以考虑到性价比后,我们采用增量式编码器。我们在圆顶轨道下安装一个设计好的橡胶转轮,使圆顶旋转一圈的同时橡胶滚轮也旋转一圈,把编码器安装在这个转轮的中心,就可以较为准确地收集圆顶对应的位置数据。接下来就是将编码器信号采集到编码电路,通过这个电路的分析,计算后传输到 PC 机中的主控板,然后通过总线将位置信号输入控制程序,进行分析计算,为输出电机驱动信号做准备。图 2 为编码电路的原理图,它主要有 A、B、C、D 4 个部分;

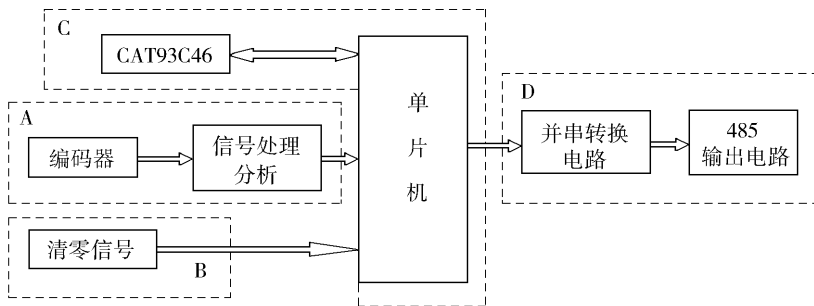


图 2 编码电路原理图

Fig. 2 Coding Circuit Schematic Diagram

A 为编码器信号采集部分,设计的电路必须能有效地去除机械抖动产生的误差,并能分析判断转动方向。其两路输出中一路为转动方向信号,一路为计数脉冲信号。这两路信号都送到单片机中由单片机进行分析处理^[1]。

B 为机械复位信号输入部分,由于圆顶经多圈转动后会使计数器产生累积误差,从而影响到圆顶位置的确定精度,所以在圆顶轨道的正南方向上装一个红外开关,每当圆顶轨道上的机械臂(唯一)经过这个位置时便产生复位信号送入单片机中,使计数器清零。这样就可以确保系统误差不会累积。这种方法比使用编码器产生清零信号可靠性高。

C 为单片机与 E²PROM,这是这个系统的核心部分,考虑到由于增量式编码器没有记忆功能,所以在本方案中使用了 CAT93C46 这个 E²PROM。用它来寄存圆顶的位置数据,使得增量式编码器具备绝对式编码器的功能,从而使得操作方法更加简单。单片机程序框图如

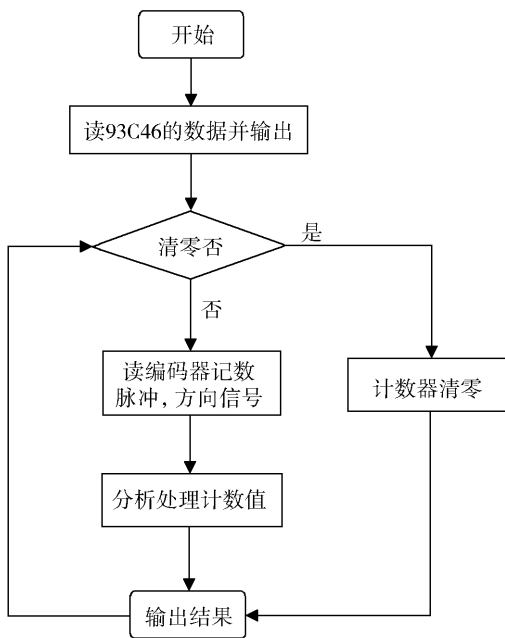


图 3 单片机程序流程图

Fig. 3 The program flow diagram

图 3 所示,单片机在这个系统中主要有两个作用,一是与 E²PROM 通信,包括读取圆顶位置,写入圆顶位置。另一个是接收圆顶转动方向信号、编码器的计数脉冲信号,进而分析圆顶的运动情况,为输出圆顶位置信号做准备。

D 是将单片机处理好的数据由并行转换为串行,通过 485 输出电路传送到 PC 机中,提供圆顶的位置数据,为其后续程序处理提供数据。

2.2 电机运动控制

电机运动控制这部分是将 PC 机输出的圆顶运动指令转变成变频器运动指令,通过变频器来控制圆顶驱动电机的运动。在本案中我们使用的是 Panasonic 公司的 VF-8Z 型变频器,我们设置它的控制信号是 0~5V 的电压信号,所以这部分的核心功能就是 D/A 转换,将程序输出的数字控制信号转换成对应的电压模拟信号。简单来讲这部分的流程就是 PC 机程序通过总线输出控制数据到主控板,经过主控板的分析与编码以串口的方式发送到控制输出电路板,经过板上的解码,D/A 转换后将信号传输到变频器中去。图 4 是驱动电路的原理图,主要功能描述如下:

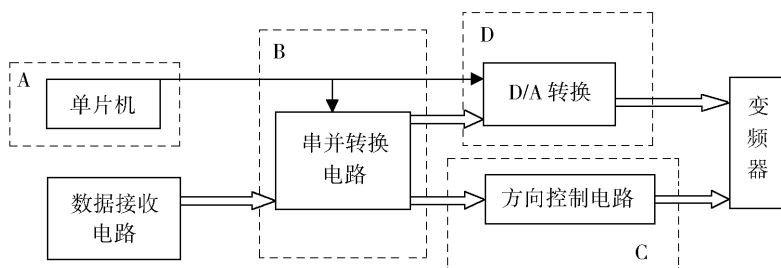


图 4 驱动电路原理图

Fig. 4 Drive Circuit Schematic Diagram

A 部分中的单片机的作用较少,主要是负责计时工作,当接收到主控板的信号时开始计时,当时间到达设定值时,控制 D/A 芯片输出转换好的控制电压,但本身并不参与控制数据的接收与处理。

B 部分主要负责接收主控板送来的控制信号,并把串行数据转换为并行数据,并将控制变频器转动速度的信号与控制其转动的方向信号分开。(变频器控制信号分为两个字节,第一个字节 8 位是速度信号,第 2 字节 8 位中只用最后 1 位来作为方向位)

C 部分控制变频器正反转方向,由于本案中控制圆顶使用的 3 个电机要求同步,所以对于方向信号的要求可以用一位 2 进制代码完成,故而在设计中将方向信号分为 3 路控制 3 个变频器运动方向。

D 部分是 D/A 转换部分,用 TLC7226 芯片将并行的数字信号转换为模拟电压信号,以电压的大小来控制变频器驱动电机的转速^[2]。这部分的原理简单,实现起来也并不复杂,在实验室调试(变频器后未接电机)的过程中虽可满足设计要求,但在 1.56m 望远镜圆顶实际使用时,发现 D/A 转换芯片常常被烧坏。在讨论后,认为可能是变频器内部有大电感器件,能够产生大的反电势将 TLC7226 击穿,也可能是在实际应用过程中由于接上电机后,TLC7226 芯片的驱动能力不能满足变频器的要求造成的被击穿问题。最后在仔细阅读 TLC7226 芯片手册后发现其驱动能力满足要求,故而确定问题是变频器内部反电势造成^[3]。我们采用在输出电

路上加上了电压跟随放大电路,并在输出端子上加上了稳压二极管。通过改良后系统能够正常工作,我们的判断也得到了证明,很好地解决了芯片被击穿的问题。

在实际的应用时还发现,由于电机启动的瞬间电流很大,给其它仪器设备带来了很大的干扰,所以必须要清除其产生的干扰。在本案中我们采取了电机与变频器可靠接地、使用屏蔽电缆线作为电机驱动线、强电与弱电分开布线等方法来消除启动电流造成的干扰。

3 红外遥控天窗

红外遥控天窗系统的核心有2部分:1个是手持红外发射遥控器,1个是红外接收运动控制部分。如图5所示。

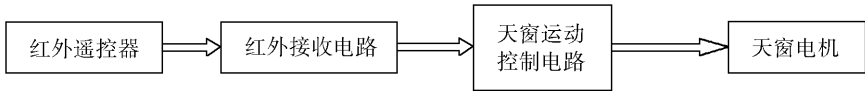


图5 天窗控制系统框图

Fig. 5 Block Diagram of Dormer Control

3.1 红外发射遥控器

这个部分的核心就是红外编码芯片,我们在这个系统中使用的是 NEC 码型的红外遥控 SC6121 芯片。该芯片工作频率为 455kHz,输出载波频率为 38kHz,采用 PPM(脉冲位置调制)编码方式,低工作电压($V_{DD} = 2.0 \sim 5.5V$),用户编码可选择,通过选择其扩充管脚,可支持 64 + 6 条指令,完全满足我们的设计要求。SC6121 芯片的管脚图与说明,见其资料。

这里简要介绍一下它的编码方式,SC6121 所发射的一组码含有一个引导码,16 位的用户编码和 8 位键数据码。键数据码的反码也同时被传送。其传输格式如图 6 所示。

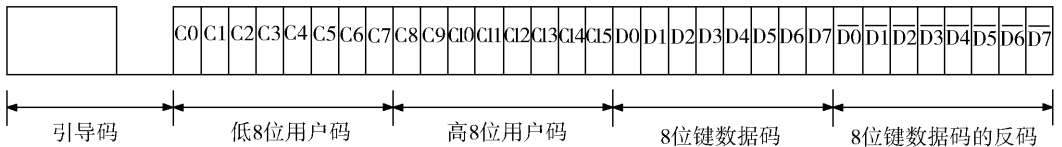


图6 NEC 码传输格式

Fig. 6 NEC Transmission Format

引导码由一个 9ms 的载波波形和 4.5ms 的关断时间构成,它作为随后发射的码的引导。这样,当接收系统是由微处理器构成时,能够有效地处理码的接收与检测及其它各项控制之间的时序关系。编码采用脉冲位置调制方式(PPM)。利用脉冲之间的时间间隔来区分“0”和“1”,如图7所示。每次 8 位的码被传送的同时,它们的反码也被传送,以大大减少系统的误码率。至于键数据码的编码方法这里不作介绍,芯片资料中有详细的介绍^[4]。

本系统的红外发射部分原理如图 8 所示。图中的按钮开关为键数据码编码按钮,通过接通这些按钮可以将用户指令送入 SC6121 中,经过其内部编码,生成 8 位二进制码(PPM 编码方式),然后由 5 号引脚发射出去。设计的这个系统基本原理很简单,可以概括为“用户编码,

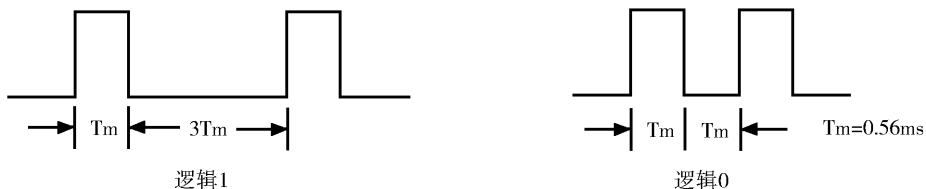


图 7 脉冲位置调制方式

Fig. 7 PPM method

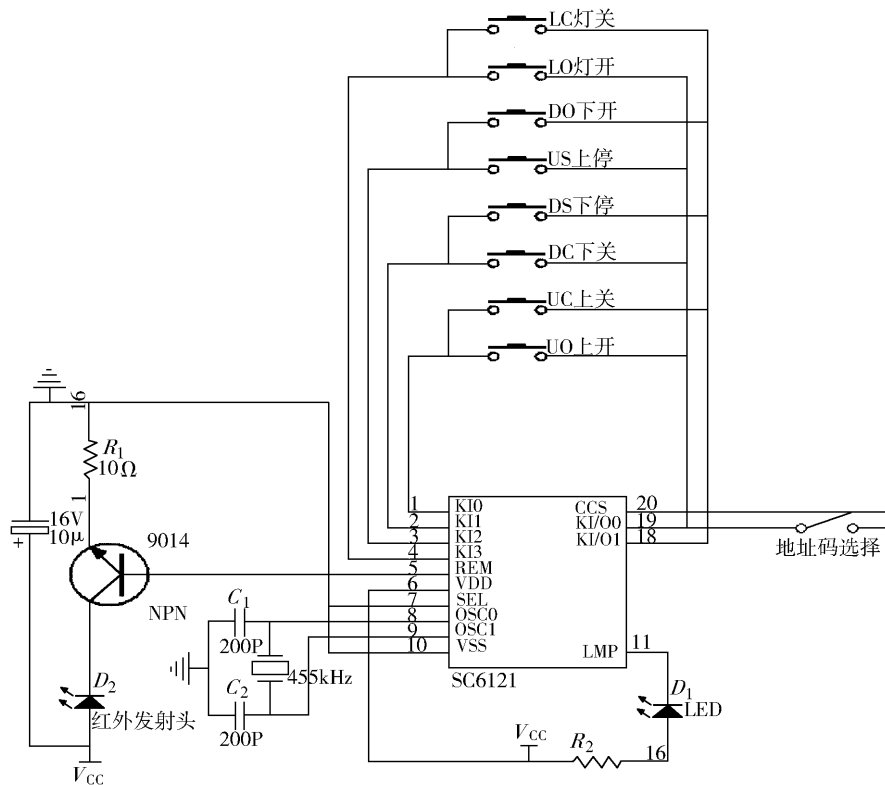


图 8 红外发射电路原理图

Fig. 8 Infrared emission Circuit Schematic Diagram

芯片处理,红外发射”12个字。其中用户码、数据码的编码规则与方法在该芯片的资料中有详细说明,这里就不过多介绍了。在这个设计中使用的是将8个按钮的状态编码成为8位二进制码的方法(高5位统一编码为0),实际用到的只是这8位中的低3位。这里介绍一下红外发射的部分,在最初的设计中没有用到三极管,虽然也能收到红外信号但是却很微弱,不能长距离接收,不能满足实际应用的要求,在经过几次试验后发现是由于其芯片发射功率小的原因造成这样的情况,所以在实际的应用中加入了三极管放大电路,很好地解决了功率小引起的接收距离受限问题。同时要注意图中电源与地之间的极性电容要尽可能地靠近电路,并且它与电源和地之间的连接线路要尽可能短,这样可以减少干扰。另外要注意的是该芯片的工作频

率为 455kHz, 这样的工作频率能保证其工作在最佳状态, 并且确保红外载波为 38kHz, 这样的频率适用于多数的红外发射与接收装置, 从而对接收系统无特殊要求。同时考虑到以后还有可能扩充红外控制系统, 所以在这个系统中设置了地址码选择键使其与其它红外系统不会产生相互干扰, 为以后的系统扩充留有余地。

3.2 红外接收部分

在这个部分中最重要的是红外解码芯片, 本案中使用的是 BC7210, 这是一款低成本通用红外遥控解码芯片, 可选择并行或者串行解码输出, 应用 RC5 编码和 NEC 编码的解码工作。其引脚图与说明可参见其资料。

关于这个芯片需要简要说明一下: 首先由于这款芯片可用于 RC5 和 NEC 解码, 所以 MOD 引脚要选择高低电平。低电平时, 工作于 NEC 解码模式, 反之为 RC5 解码模式。其次, 输出模式的选择, 可以根据实际使用的情况, 通过 S/P 引脚来决定, S/P 接地采用串行输出方式, S/P 与 CC 引脚相连, 则采取并行输出^[5]。注意: 如果用户选择了不使用地址码的方式, 则因为输出时会把地址码和数据码一同输出, 因此 BC7210 会强制工作在串行输出模式, 而不管 S/P 引脚的连接情况。第三, 关于用户码(地址码)的使用由 CC 引脚决定, 如果 CC 引脚通过一个小于 10k 的上拉电阻连接到 V_{CC} , 则 BC7210 将工作于不使用用户码的方式, 对接收到的数据会将用户码和按键码顺序以串行的方式输出。如果 CC 上没有上拉电阻, 则工作在使用用户码状态下, BC7210 会在解码时将收到的遥控信号的用户码与设置的用户码比较, 只有当相同时, 才会将按键码输出, 否则将数据忽略。至于用户码的设置在这款芯片的资料上有详细的介绍, 这里就不多说了。

本系统中的红外接收部分原理见图 9。

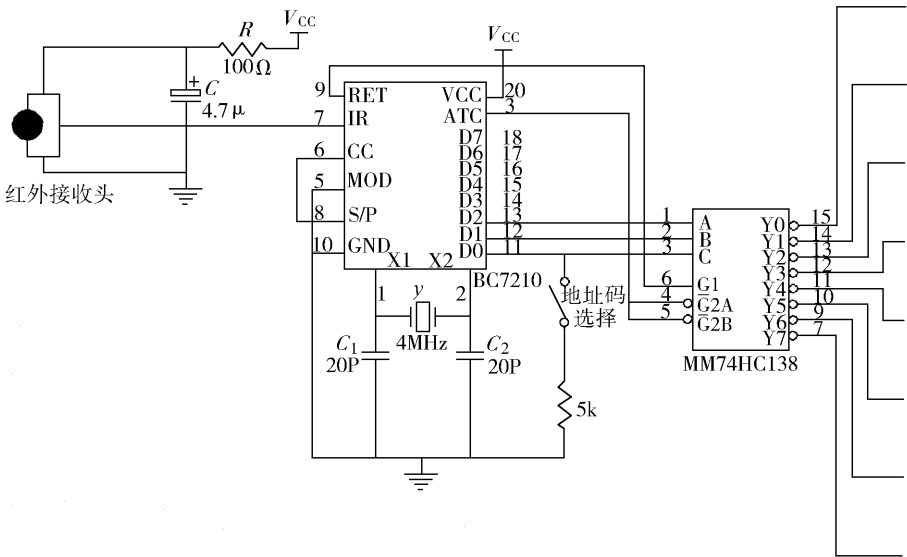


图 9 红外接收电路原理图

Fig. 9 Infrared receiver Circuit Schematic Diagram

本系统中我们采用的是 NEC 模式, 使用用户码, 并行输出方式。红外信号由引脚 7 送入

BC7210 经过处理还原为 8 位二进制代码,经过 3-8 译码器,输出到继电器用来控制天窗的运动,系统十分简单。同样考虑到以后的红外系统扩充,在对应发射系统加入了地址码选择键。下面强调一下在实际设计中遇到的红外交头在接收遥控信号时遇到的难题与处理方法。一般的红外交头,内部已经包括了 38k 载波处理、放大、AGC 等电路,一般为 3 个引脚,包括 2 个电源引脚和 1 个输出引脚。一般电源电压为 5V。尽管可以直接将红外交头连接于 5V 电源,但是因为其内部的放电电路放大倍数很高,比较容易受到电源杂波等干扰,因此我们采用图 9 中的接法,在红外交头的电源中接入滤波电路,这样在实际的使用中发现能够有效地解决初期出现的接收到的遥控信号受到干扰而导致继电器工作出现混乱的问题。

在实际的应用中,只需设计好 SC6121 中的地址码与数据码的编码使其能与 BC7210 解码后的地址码与数据码一致就能很好地完成设计要求。在实际环境下要考虑的主要是红外遥控通信的顺利,在调试这套系统时,主要表现就是两个问题,首先就是红外发射头的发射功率不够,影响了传输的距离。其次,红外交头容易受到干扰,影响整个系统的可靠性。解决办法已经在文章中提到,希望在类似的设计中能引起注意。

4 结束语

圆顶随动系统的原理相对简单,实现起来也不是十分复杂,只是在实际的运用过程中容易出现一些设计初期考虑不到的问题,要求有一定的经验积累才能解决。关于红外遥控天窗系统,由于目前市面上的红外编码与解码芯片已经很成熟,能够满足设计的要求,所以这套方案完全基于 SC6121 与 BC7210 这两款芯片上,没有进行额外的编程设计,简化了设计方案,缩短了设计周期。这两套系统已经成功地应用于佘山 1.56m 望远镜圆顶控制与天窗控制长达一年,目前运行稳定。

致谢 作者感谢潘红 ■ 高级实验师等佘山站工作人员对改造的大力支持。感谢邵正义研究员、陈欣杨博士的指导和帮助。

参 考 文 献

- [1] 童诗白,华成英. 模拟电子技术基础. 第三版,北京:高等教育出版社,2001
- [2] Panasonic 变频器 VF-8Z 使用手册 www.nais-c.com
- [3] 日本 NEC 公司. 6121datasheet www.nec.com
- [4] 北京凌志比高科技技术有限公司. BC7210datasheet www.bitcode.com.cn
- [5] TLC7226 quadruple 8 bit D/A converters. USA: Texas Instrument, 1996

REALIZATION OF 1.56m TELESCOPE DOME ELECTRIC CONTROL SYSTEM REFORMATION

ZHU Jie CAO Kai ZHENG Yi-jing

(Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

Abstract

The old dome and the dormer control system were not stable; it could no longer meet the requirements of daily observations. Therefore, old system has been reformed. Dome servo and dormer infrared remote control technique have been realized. After reforming, observation time can be saved, observation methods is simplified, efficiency has been improved and system reliability is increased.

Key words dome servo — infrared control — SC6121— BC7210 — interference