**毕业论文（设计）开题报告**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 课题名称 | 基于单片机的太阳能面板自动转向控制器设计 | | | | |
| 课题类型 | B-实践应用型 | | | 指导教师 | 张敏 |
| 学生姓名 | 王睿 | 学 号 | 20201014135 | 专业班级 | 20gb机电1班 |
| **1.研究背景**  当今时代我国城市化进程进展迅猛，与此同时人民群众对生活环境清洁度的要求也在日渐提高，在能源领域，石油、煤炭矿物质等不可再生能源正在因为人类的消耗而变得日益短缺成本大幅提高，此外，这些矿物质能源在其使用过程中因其能量转换方式而带来了日益严重的环境问题，因此，人们开始将目光转向新能源的利用和开发，以降低成本和满足环境的需要。  太阳能作为新能源行业中最基础、同时也是最便捷的一部分能源，它随取随用，没有任何污染且取之不尽用之不竭，太阳能的收集利用工作的重要性是毋庸置疑的。在国际上，以美国为首的发达国家，从20世纪80年代开始研究太阳能跟踪装置，并取得了一些成果。美国的Black在1997年研制了单轴[太阳跟踪器](https://baike.baidu.com/item/太阳跟踪器/53588743?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%83%BD%E8%87%AA%E5%8A%A8%E8%B7%9F%E8%B8%AA%E8%A3%85%E7%BD%AE/_blank)，完成了东西方向的自动跟踪，而南北方向则通过手动调节，时的太阳能的热接收率提高了15%。1998年美国加州成功的研究了ATM两轴跟踪器，并装有集中阳光的涅耳透镜以收集更多的能量，使热接收率进一步提高。2002年[美国亚利桑那大学](https://baike.baidu.com/item/美国亚利桑那大学/3097958?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%83%BD%E8%87%AA%E5%8A%A8%E8%B7%9F%E8%B8%AA%E8%A3%85%E7%BD%AE/_blank)推出了新型利用控制电机对太阳能进行跟踪的装置，在国内，近年来有不少专家学者也相继开展了这方面的研究，1992年我国推出了太阳灶自动跟踪系统，1994年太阳能杂志介绍了可以实现单向跟踪的单轴液压自动跟踪器。在今天，我国已有多种追踪装置问世，大体上分为固定式、单轴式、双轴式。但由于技术水平的限制，目前仍然主要采用固定式太太阳能收集器或者单轴追踪式太阳能收集器，这样不仅体积庞大、成本较高并且由于太阳与地球相对运动从未停止，相对位置始终改变的关系，导致太阳辐射不能高效的、完全的利用吸收。因此，在行业的发展和光伏发电的民用商用的普及过程中，自动转向双轴跟踪太阳运用轨迹的太阳能收集装置的研究是必要的；与传统的固定式和单轴跟踪式相比而言，双轴跟踪覆盖的追踪面更广追踪精度更高，对于太阳辐射的吸收更全面。从工作效果来说，双轴追踪在太阳能收集方面是显著的大于单轴追踪和固定式收集的，就成本而言，虽然双轴追踪的的成本相对较高，但可以从改善结构或者材料方面入手降低成本，其性价比还是较高的。  综上所述，从长远来看，有必要开发太阳能面板自动转向控制系统，让光伏发电变得更加高效价廉。  **2.研究现状**  **2.1国外研究现状**  在光伏发电领域，发达国家首先从固定式太阳能发电系统入手，从1991年起到2023年与太阳能追光相关的论文发表呈现指数函数式的爆炸式增长，其中美国、德国、日本、中国是进行相关领域研究最多的国家，两个国家的不同的公司也在跟进研发自己的跟踪系统。他们经过几十年的探索，已经有了成熟的单轴、双轴、多轴自动转向跟踪系统体系。因此，国外的光伏发电的行业发展和最新产品对于我们而言有着重要的参考价值。  在国际上，为了提高太阳能的吸收利用率，国内外专家学者做了大量研究，太阳能跟踪系统的研发目前常见的的追光方法主要依靠在控制系统上下功和在机械结构上下功夫，控制系统的不同体现在采用什么单片机，而机械上的不同则大致上分为双轴追踪和单轴追踪，以及其他相关变种，控制上最常用的则是最大功率点追踪法，并且这些现有东的跟踪方式正在不断地迭代。  美国的一些公司，如 Nextracker、sunpower 和 Array Technologies，是几家全球最大的太阳能跟踪系统制造商，他们在不断地研制新产品以提高跟踪器可靠性和降低生产及维护的成本，如美国的AIIEarth Renwables新研发了名为“全地跟踪”的技术，可以在一天中的任何时间精确的跟踪太阳的位置。此外，德国的太阳能发电厂也早就在2004年全面投入使用，如今，德国的DEGERenergie公司拥有名为“最大光感应跟踪系统”的专利技术，可以自动寻找并跟踪最强的光源。光伏行业最新的发展是，奥地利的Smartflower，它研制出了不仅外表美丽而且性能优良功能更加齐全的跟踪器，它的产品外观上像一朵花朵，并且可以在自动跟踪的同时完成自动清洁和冷却自身的工作。  1D3FE2DA9C7AD0E91079821751015C3C6A49C4B4C3BEE5EF1CA9FCF9C74A900D  图1 Sunflower实物图  **2.2国内研究现状**  中国第一台太阳能跟踪器是由中国科学院电工研究所于1975年研发的。这台太阳能跟踪器名为“太阳能光伏发电系统自动跟踪装置”，它基于机械传动和光电控制技术，能够自动追踪太阳的位置，并调整太阳能电池板的角度，以使其始终面向太阳。它的问世标志着中国在太阳能领域的起步，为后续的太阳能发电技术研究和应用奠定了基础。  2cee5f8011166b27422734a5a4cc108  图2 国内第一台太阳能跟踪器  随着时间的推移，中国的太阳能跟踪技术得到了不断改进和发展。2008年，中电科新能源科技有限公司开始了关于太阳能追踪系统的研制，2012年2013年北大方正、中核集团集团也相继开始投入关于追踪系统的研制，2014年周金生设计了双轴跟踪碟式热发电控制系统，2019 年，李立鹏、高建等人利用 MSP430 系列单片机，设计了一种太阳能追踪系统利用单片机控制进步电机带动电池板旋转，此设计在天气晴朗的环境下可以始终使太阳能接收板垂直接收到太阳光。  综上所述，现有的自动转向控制机构存在着转向自由度不够高、体积过于庞大、测量跟踪的动作较慢等多方面问题。在后续的研究过程中，本课题将着重对太阳能自动转向机构的转向云台的体积和自由度和测量器件的精度进行改造优化，以实现小体积低自重尽可能的高精度。   1. **本课题的研究内容**   **3.1追踪方法与基本原理**  目前，太阳能追踪系统可以简单的分为基于视日轨迹运动的单轴追踪系统和双轴追踪系统，以及光电追踪系统三种主要追踪方式。  **3.1.1单轴追踪**  所谓单轴追踪系统，顾名思义，就是在一维轴上旋转运动的追踪系统，其主要分为东西追踪、、南北追踪两大类别，但工作原理都是使接受表面以一维的最佳入射角接收太阳光，在接收太阳辐射  的过程中，受光平面根据计算出的太阳维纬度变化沿旋转轴跟踪太阳的位置，这种跟踪方式虽然结构简单易于控制，但由于其追踪自由度低，导致在单位时间内与大多数光线都无法达到最大吸收的角度，因此，单轴追踪的精度和太阳辐射吸收率都相对较低，所以不做考虑。  cb0a9a17c3383d3bdaa98f9b79e84e8  图3 单轴追踪系统工作示意图  **3.1.2双轴追踪**  所谓双轴追踪就是指在二维表面上旋转运动的追踪系统，它可以同时在两个相互垂直的方向上追踪太阳的位置，双轴追踪系统的形式有很多种，根据坐标系不同，追踪系统分为极轴坐标系追踪系统、与地平坐标系追踪系统。无论是哪种都可以通过实时调节高度角与方位角，使太阳能电池板受光面始终与太阳入射光线垂直，以实现近乎全吸收的目的，之前的研究数据表明，双轴追踪系统比固定式太阳能收集器的发电效率多了20%，比单轴多了10%，但极坐标和地平坐标两者相比起来地平坐标追踪系统更好进行数学计算，所以我们选择地平坐标双轴追踪进行后续的研究。  7404fa22511ee764ebb6745068f2a46  图4 双轴追踪系统工作示意图  **3.1.3光电追踪**  所谓光电追踪就是通过使用光敏二极管、光敏电阻、光硅电池等光敏原件，通过光电传感器检测太阳光线的位置变化，通过闭环控制的方式控制跟踪装置实现对太阳的跟踪，之前的研究表明光电跟踪比固定式太阳能收集器的吸收效率提高了30%，此外，光电跟踪还可以与视日轨迹双轴跟踪相结合，组合成为混合双轴太阳能自动跟踪装置，先利用公式计算出太阳位置，然后利用光电传感器校正位置上的误差，使得拥有较高的跟踪精度。  df1ff65a6ee117bdc3130dcecc85baf  图5 光电传感器基本结构示意图  **3.2 总体方案选择**  考虑到制作成本和现有技术的限制，本课题所设计的太阳能自动转向系统采用了双轴跟踪和光电跟踪两种方式相耦合的跟踪方式。该智能追光系统的设计原理是基于对于太阳光照方向的感知和控制，其主要组成部分包括传感器模块、单片机控制模块、驱动电机和动力系统。其工作原理如下图6所示。  2c7afd882896d242a621fd22253bd91图6 控制原理简图   1. **实施方案**   **4.1方案总述**  太阳能板追光转向器的设计原理基于太阳光照方向的感知和控制。其主要组成部分包括传感器模块、单片机控制模块、驱动电机和动力系统。当其工作时，首先利用光敏电阻、光敏二极管或光电转换器等传感器，来感知太阳光线的方向，当感知到足够光线，便将其转换为电信号并输入单片机，其次，当单片机接到数据后便进行数据处理和控制决策。最后单片机输PWM信号控制电机的转动方向和速度，实现太阳能板的转向。  **4.1.1结构设计方案**  考虑到强度和轻便因素，选择使用铝材料来作为云台的机械支撑架构，用角码和膨胀螺丝进行连接，保证即实现轻量化又拥有足够的强度。根据大量的资料查阅，目前有两种主要的结构设计方案，一种是各功能部分分别设置的模块化跟踪方式，另一种则是一体机构进行跟踪。   1. **模块化齿轮传动跟踪**   所谓齿轮传动跟踪就是以齿轮作为连接机构进行传动的跟踪方式，机构中的传感器与支撑框架之间采用齿轮组进行连接，当太阳光照角度改变之时自动追踪机构的控制部分驱动电机，分别调整反射装置的内框架和外框架旋转一定的角度，保证平面镜能太阳光始终反射到集热器上，以达到追踪太阳的目的。 齿轮传动具有传动比恒定稳定性好的特点，但是该机构将感光和集光分开设置，体积较大，且用到的驱动机构较多较复杂，所以本课题仅做参考。  5150a7dd51e772c428b30e19915cd16  af031078afe7680272e273ff44a978e  图7 齿轮传动装置参考图 图8 完整跟踪装置参考图   1. **双轴一体蜗杆传动跟踪**   所谓双轴一体蜗杆传动跟踪，就是以蜗杆进行传动以及改变方向的跟踪方式，两个伺服电机分别控制转台在高度角和方位角方向的旋转以达到平板时刻与太阳光线垂直的目的，选择蜗杆双轴的优点在于机构十分简单，便于实际组装，并且自重低，占用空间小。但于此同时由于其运转的转动惯量较大，运行平稳度可能受到一定影响，所以本课题将以此机构为参考根据后续性能要求进行实际改动  **ea664940d3a738a9f3d470c9e22896274462cf6672be0888db184368b26676** 图9 双轴跟踪装置参考图 图10 双轴跟踪装置数据参考图  综上所述，本课题将选择双轴蜗杆传动为主要参考结合齿轮传动的布局方式进行后续实际的研究和设计  **4.1.2光电传感器方案**  光电跟踪的工作原理是利用安装在跟踪系统上的光电传感器感受太阳的位置变换，输出偏差信号，当实际偏差值大于某一预设偏差值时，通过跟踪机构调整跟踪装的方位角和高度角，使跟上太阳的运动，目前太阳位置传感器的种类繁多，根据设计方式不同大致可以分为隔板式、金字塔式、光筒式，具体如下图所示。  **1.隔板式光电传感器**  隔板式光电传感器的结构设计非常简单，就是在光传感器中间竖立一个隔板，隔板起到遮挡一部分光线的作用，当太阳发生偏射时，根据左右两边光敏元件受到光强不同来判断太阳位置，隔板式光电传感器结构简单，设计方便。但是由于隔板只是遮挡了一小部分射向光敏传感器的光线，这样一来就存在精度不高，易受干扰的缺点，所以本课题不做考虑。  4000080eb35408d05887d10087a847b  图11 隔板式光电传感器参考图  **2.金字塔式光电传感器**  金字塔式光电传感器利用了余弦效应的原理，把多个光敏传感器放置于于一个金字塔形或者圆台形结构的侧面，当太阳能接收装置没有正对太阳时，每个光敏传感器上的光照强度不同，产生的电信号也就，可以根据电信号的差异判断出太阳位置。这种结构同样没有遮光设计，所以也存在容易被杂散光影响，精度不够高等问题，所以本课题也不采用。  13bcfa50b2b2f6c64d0bae206e4f907  图12 金字塔式光电传感器参考图  **2.光筒式光电传感器**  光电检测装置的结构设计中，目前公认的既具有较高的精度，同时又可以有效避免杂散光干扰的结构是光筒式光电传感器。光筒式传感器置在工作时，当太阳能电池板正对太阳时，能够形成一个刚好照射在照射在光筒底部四个光敏电阻上的光斑。当太阳光发生一定程度的偏转后，由于四个电阻受光程度不同，输出的电信号也就相应的不同，然后主控制器读取不同的电信号驱动追光系统进行追光，直至电信号相同。  光筒式的结构相对于其他光敏电阻的布设方式，因为有了遮光筒的遮挡，既可以大大减少外界其他光源对于设备的影响，又可以保证只有在光筒正对太阳时，四个光敏电阻才会产生一样的光信号，从而提高了跟踪系统的精度。所以本课题将选取光筒式光电传感器进行后续研究。  9976daccb1a946254ed2baaa559c506  图13 光筒式光电传感器参考图  **4.1.3电机驱动控制方案**  由于太阳能板自身自重较大，需要大扭力电机以带动，并且考虑到低功耗和高效，蜗杆自带自锁特性，更加节省电力，所以本设计选择使用蜗杆减速器电机。  642ed9029e981717a904a4ffdcca895e  本设计中电机选定参数为24v,减速比505最大空转转速16RPM,额定扭矩70kgf.cm  扭矩需求值计算如下  太阳能板自重4kg, 太阳能板连接架大约0.5kg，即可动部分为4.5kg, 预设电机输出轴到太阳能板重心为10cm, 则静态最大扭矩为4.5\*10= 45kg.cm，其小于额定扭矩70kg.cm  设定最大角加速度为π/2, 则转矩为π/2 \* 4.5kg \* (10^-1)^2 = 0.07N.m = 0.7kg.cm, 则最大动态转矩为45+0.7=45.7kg.cm 也小于额定扭矩70kg.cm。故选用该扭矩合适。  驱动器方案如下  驱动器选用闭环直流电机驱动器（伺服驱动），485接口，该驱动器直接购买，需要在电机输出轴背面安装磁铁用于霍尔编码器的定位，驱动器最大输入电压24v,额定电流1A    驱动器参数如下图    安装尺寸如下，与所选用的电机吻合    使用伺服驱动器可以更好地控制电机的加减速，电机的转动轨迹，同时带编码器可以读取电机角度进而推算太阳能板角度。  **4.1.4电源方案选择**  由于太阳能板本身所收集的太阳辐射所产生的电能具有时效性，所以配备了24V的锂电池以储存使用电能，用mppt控制器进行充电，并经过逆变器处理以输出驱动所需电压，这两者都可以直接上网购买。  **中央控制模块**  本设计采用核心板加底板的控制模块，核心板直接购买，只需自己绘制PCB底板。  主控选用STM32F401ccu6核心板,该主控为Arm® 32-bit Cortex®-M4内核带FPU浮点计算单元，最高84Mhz主频，用于64KB的SRAM和256KB的Flash存储空间，具有1.25 DMIPS/MHz (Dhrystone 2.1)的计算能力，带DSP功能，能够快速计算三角函数，开方平方等数学运算。  ，    该型号外设资源如下图，型号为STM32F401xC，带有7个timer，1个10通道ADC    **5.进度安排**  1）1月1日-3月8日：进行毕业设计准备工作，熟悉题目，收集资料，明确课题研究目的和任务，构思总体方案，完成开题报告；  2）3月9日-5月15日：撰写毕业设计论文，绘制二维图、三维图，论文定稿，查重；  3）5月15日-5月20日：完成论文、图纸和格式规范化检查、装订，准备毕业设计答辩；  4）5月21日-5月25日：答辩、提交电子档和纸质档材料。  **6.已查阅的主要参考文献**   1. 姜楠.基于单片机的太阳能双轴追踪系统开发与研究[D].导师：孙健.景德镇陶瓷大学,2023. 2. 王博林.太阳能电池板双轴追踪控制系统的研究[D].导师：王立舒；白光明.东北农业大学 3. 许方斌.双轴追踪太阳能光热发电系统镜架结构选型及受力性能研究[D].导师:张勇.北京交通大学,2012. 4. 曾利霞.基于视日运动轨迹的双轴太阳跟踪系统的研究[D].导师:钟毓宁;丁善婷.湖北工业大学,2012. 5. 王海军.基于阴晴判断的混合双轴太阳跟踪控制系统[D].导师:李如强.汉理工大学,2012 6. 周金生. 太阳能双轴跟踪碟式热发电控制系统的研究[D]. 内蒙古科技大学, 2014 7. 尚凯林.海上移动光伏太阳能追光与功率跟踪控制研究[D].导师:张华军.武汉理工大学,2020.   孙晓宁. 基于单片机的太阳光自动追踪系统研究[D]. 导师: 孙荣霞.河北大学,2015.  指导教师意见  指导教师签名：  年 月 日 | | | | | |