

摘要

太阳能作为一种可以永续使用的绿色可再生能源，有着巨大的开发应用潜力。但由于光伏电池的输出特性与外界环境因素的变化有很大关系，目前大规模量产的光伏电池光电转换效率仍然不高且价格昂贵。光伏发电自动跟踪装置是提高太阳能利用率，降低光伏发电成本的有效途径。研究精确的太阳跟踪装置，可使光伏电池板接收到更多的太阳辐射能量，增加发电量。本文实现了用廉价的光敏元件和单片机电路进行太阳跟踪的功能。

本文首先分析了太阳运行规律，在对比目前常用跟踪方法的基础上，采用光电检测方式为主，并与视日运动轨迹追踪方式相结合的跟踪策略，改进了以往的跟踪方式。使系统不仅能在晴天下追踪太阳，阴天情况下也能正常追踪。此外，为了确保跟踪的结果准确，在方位角和高度角调整之后，增加了一组传感器电路进行跟踪结果的验证。

通过对控制系统所实现的功能分析，论文完成了跟踪系统的硬件和软件设计。主要内容包括：单片机接口电路设计、显示电路、光强检测电路设计、控制执行部件设计以及光电跟踪和视日运动轨迹跟踪模块的软件设计。最后还根据实际情况提出了改进方案和处理快云遮问题的新方法。

本文所设计的光伏发电自动跟踪系统结构简单，成本低廉，运行稳定，可广泛应用于并网和离网光伏发电系统。

关键词：光伏跟踪；发电系统；单片机

Abstract

Solar energy, as a sustainable green and renewable energy source, has enormous potential for development and application. However, due to the significant relationship between the output characteristics of photovoltaic cells and changes in external environmental factors, the photovoltaic conversion efficiency of large-scale production of photovoltaic cells is still not high and expensive. The automatic tracking device for photovoltaic power generation is an effective way to improve solar energy utilization and reduce the cost of photovoltaic power generation. Studying precise solar tracking devices can enable photovoltaic panels to receive more solar radiation energy and increase power generation. This article realizes the function of sun tracking using inexpensive photosensitive components and microcontroller circuits.

This article first analyzes the laws of the sun's movement, and on the basis of comparing with commonly used tracking methods, adopts a tracking strategy mainly based on photoelectric detection and combined with the tracking method of apparent solar motion trajectory, improving the previous tracking method. Enable the system to track the sun not only on sunny days, but also on cloudy days. In addition, to ensure the accuracy of the tracking results, a set of sensor circuits were added to verify the tracking results after adjusting the azimuth and altitude angles.

Through the functional analysis of the control system, the hardware and software design of the tracking system is completed. The main content includes : microcontroller interface circuit design, display circuit design, light intensity detection circuit design, control execution component design, and software design of photoelectric tracking and solar motion trajectory tracking modules. Finally, based on the actual situation, improvement plans and new methods for dealing with the problem of fast cloud cover were proposed.

The photovoltaic power generation automatic tracking system designed in this article has a simple structure, low cost, stable operation, and can be widely used in grid connected and off-grid photovoltaic power generation systems.

Key Words: photovoltaic tracking; Power generation system; Singlechip

目 录

摘 要	I
Abstract	II
1 绪 论	1
1.1 研究目的及意义	1
1.2 研究现状	2
1.2.1 国内现状	2
1.2.2 国外现状	3
1.3 技术路线	4
1.4 研究方法	4
2 太阳能光伏跟踪发电系统的总体设计	5
2.1 日照时间和太阳位置的计算	5
2.2 太阳运行轨迹的跟踪方式	6
2.2.1 视日运动轨迹跟踪	6
2.2.2 光电跟踪	8
2.2.3 视日运动轨迹跟踪与光电跟踪相结合	9
2.3 控制系统总体设计	11
2.3.1 控制系统开发流程	11
2.3.2 系统的总体设计	11
3 单片机系统的硬件设计	13
3.1 控制系统硬件总体设计	13
3.2 控制系统核心部件的选择	14
3.3 单片机接口电路设计	14
3.3.1 电源电路	14
3.3.2 串口通讯电路	15
3.3.3 系统抗干扰设计	17
3.3.4 实时时钟电路	19
3.4 显示电路设计	20
3.5 光强检测电路设计	21
3.5.1 光敏传感器的选择	21
3.5.2 光强检测电路设计	21
3.6 控制执行部件设计	25
3.6.1 步进电机驱动控制系统	25
4 系统软件流程及调试	28

4.1 主控制模块的软件设计	28
4.2 光电跟踪模块	29
4.3 视日运动轨迹跟踪模块	30
4.4 试验参数设定	32
4.5 改进方案	33
4.5.1 关于提高准确度和稳定性	33
4.5.2 快云遮问题的处理	34
结 论	35
参考文献	36

致 谢 37

1 绪 论

1.1 研究目的及意义

目前，对在研究如何能够充分的提高太阳能利用率问题上，主要集中在提高太阳能装置的能量转换率和太阳能的集热率这两个方面；前者主要属于能量转换领域，这正在研究与开发的过程当中，而后者则可以用在光伏发电市场现有太阳能转换技术来解决。无论使用哪种太阳能转化设备，它的采光装置能够让光伏电板自动追踪太阳光并始终保持与太阳光垂直，它就可以在使用有限的光伏电板是，能够收集到更多的太阳能。光伏电板的发电原理：即是光伏发电，通过一对有光响应的器件将光能转换成电能。

我国是太阳能资源比较丰富的国家，伴随着人们不断提高的生活水平和生活质量，对产品的质量和准确度的要求逐渐提高。同时考虑到，太阳能普遍存在着密度相对较低、连续且不稳定等因素。另外，虽然现在已有并投入使用的太阳能设备很多，基本都是对太阳能的简单利用，如太阳能电池板、太阳能热水器等，所以对太阳能的资源实际利用仍不足。当前，电板最常用的安装方式依然是传统的固定式朝南安装。这种方式存在的缺点是：能量转换效率比较低、跟踪太阳光的适应能力比较弱、精度较低。基于以上分析，为了最大化提高太阳能的利用率，加大资源开发力度，已成为当前太阳能利用方面急需解决的难题。目前，太阳能发电最大的挑战是：如何最大效率的利用太阳能。现在为止，提高太阳能利用率主要从能量的最大转化和能量的有效采集这两个地方着手。众所周知，由于地球的自身运动特性，太阳与地球的相对位置时刻都在发生变化。因此，如何设计一种太阳能装置，始终保持太阳入射光线与之垂直，保证在单位面积和单位时间上提高接收太阳能的辐射量，要求系统必须要跟踪太阳。由于太阳光在一天内照射时，它的位置时刻都在发生变化，收集太阳光的效率就是解决光线与采集面之间的角度问题。相关数据统计结果显示，采用太阳能电池板固定安装，与自动跟踪装置相比较，太阳能的能量接收效率几乎相差百分之四十。

综上所述，研发出一套太阳随时随地都能够跟踪的装置，对提高太阳能的利

用有实际的现实意义。

基于以上分析，为了最大效率地提高和采集对太阳能的利用，可以采用让太阳能电池板最大效率的吸收太阳光，以达到将光能最大效率的转化，也就是最大化地保证电池板和太阳光线保持90度角的状态。论文从提高太阳能跟踪的光线接收效率角度出发，采用自动跟踪方式，设计了一套更加合理的方案，为太阳能的开发和利用提供了一种新的方法。

1.2 研究现状

1.2.1 国内现状

近些年来，伴随着用电量的增加以及能源的枯竭，在国家相关部门的支持下，相关研究机构也对太阳能电池板自动跟踪装置进行了一系列的研究。1990年，FST型全自动太阳跟踪装置，被国家气象局计量站成功研制，并且应用在太阳辐射观测方面。1992年，国内学者又成功研制出了太阳能炉灶自动跟踪装置，这标志若太阳能自动跟踪装置又取得了一大进步。1994年，陆利生、张勇等人提出了单轴自动跟踪概念，并利用液压原理实现了太阳能电池板的自动跟踪。紧接着，进入21世纪后，借助先进的电子技术及控制技术，在单轴自动跟踪的基础上，又推出了双轴自动跟踪系统。

尤其是近些年来，基于太阳能的发电装置相继出现，如光伏发电系统，并在奥运会体育场内投入使用。该套装置主要由全自动追日及固定式太阳能光伏并网发电两大部分组成。该装置投入运行后，年发电量达到50000多度，控制技术无论是在国内还是国外都处于前列。

另外，饶鹏等在前人研究的基础之上，借助于先进的通信技术以及太阳运动原理，提出了基于远程控制的自动跟踪装置：李吴阳等人利用光敏电阻来实现对太阳光的采集，实现了太阳能电池板自动跟踪太阳光的功能。当前，无论是在国内还是在国外的太阳能自动跟踪装置主要由纯机械式的跟踪器和机电一体化跟踪器两种。前者，机械结构设计简单、投入成本比较低，但是精确度不高，效率较低。而后者，设计相对复杂，操作繁琐，投入成本相对较高，精度明显比机械式的高，当前被广泛使用。

由上所述，全自动全程跟踪太阳能装置是未来发展的方向，要注重优化和设计方面。一方面是机械装置的设计，机械设计要向着强度高、范围大的方向发展，达到最大化的收集太阳光，太阳能电池板接收到最多的能量。从而使发电效率最大化，相应的降低了成本。在系统控制方面，借助于先进的电子以及控制技术实现对太阳的全方位跟踪，这样将使跟踪精度大大提高。同时还可以配合计算机软件控制，就可以进一步实现电压、电流、温度、光强、风速等物理量的监测、控制和处理。

1.2.2国外现状

在国外，由于能源危机，为了需求一种可再生替代能源，相关研究机构对太阳能电池板自动跟踪装置进行了一系列研究。首先，在太阳能研究和利用方面，日本是利用太阳能最大的国家，并且技术发展迅速。尤其是第二次石油危机后，再加上自身资源匮乏，对太阳能利用进入到了高峰期。在此期间，技术不断得到突破、利用率不断提高以及成本费用逐渐降低，至此，日本在太阳能利用技术方面遥遥领先。与此同时，在欧洲，德国依靠自身的科技实力，对太阳能开发和利用方面同样取得了一定的成绩。相关资料显示，目前全球最大的太阳能发电厂在德国已投产运营，解决了全德国将近5%的用电量。太阳能真正发挥了取不尽、用不完的特点，将会使更多家庭成为太阳能使用的受益者，早在2005年，美国就已经使用了光伏发电系统，随后美国还制定了阳光计划，大大提高了光伏发电效率，并且降低了生产成本。这不仅推动了美国能源的发展，而且使太阳能在能源发展中产生了很大的竞争力，进步推动了世界能源的发展。另外，早在1994年，德国在太阳能电池板自动跟踪研究方面，就将太阳能电池板自动跟踪技术应用于太阳能厨房。在美国，20世纪末期，相关研究部门就推出了太阳能电池板单轴自动跟踪装置，虽然在南北方向上采用手动调节，但是解决了东西方向上对太阳光自动跟踪的问题，大大提高了太阳能的利用率。不久，相关研究机构又推出了双轴自动跟踪系统，能同时在东西以及南北两个方向上对太阳进行自动跟踪，太阳能利用率再次得以提高。进入21世纪后，伴随着伺服以及步进技术的完善，美国相关研究机构又推出了新型太阳能电池板自动跟踪装置，相比现有装置，该装置结构紧凑、质量轻以及利用伺服或步进电机完成跟踪，进步扩宽了跟踪装置

的应用范围。

1.3 技术路线

本文将PLC 控制系统应用于传感器跟踪(光电跟踪),光电追踪是使用光电传感器作为探测组件,实时探测太阳位置并将信号送达plc 控制核心进行处理后来完成对太阳位置的探测和追踪。当太阳位置变化时,这些传感器组件会得到不同的输出结果,根据这样的变化情况就可以知道太阳的变化情况或者知道太阳具体的偏差位置,然后由plc 等控制系统控制机械装置运动使太阳光线垂直于发电板,从而实现了对于太阳光的精确追踪,增大了对太阳光的利用率。

1.4 研究方法

通过文献研究法与统计分析法:分别从图书馆、数据分析软件、互联网、电子资源数据库等途径查阅大量文献,深度研究了该问题的相关资料。

通过对于目前国内外研究现状发展脉络的探究,获取了充足的研究信息,为接下来论文的撰写提供了思路和参考并确定论文框架如下。

2 太阳能光伏跟踪发电系统的总体设计

2.1 日照时间和太阳位置的计算

1. 太阳赤纬角 δ

日地中心的连线与赤道面间的夹角每天(实际是每一瞬间)均处在变化之中,这个角度称为太阳赤纬角。按照库伯(Cooper)方程,计算太阳赤纬角的方程为:

$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(360 \times \frac{284+n}{365}\right) \quad (2-1)$$

式中, n 为一年中的日期序号,从每年1月1日算起。如在春分日, $n=81$,则这一天的太阳赤纬角 $\delta=0$ 。由库伯方程可计算出任一天的太阳赤纬角 δ 。太阳赤纬随日期序号的变化见图2.1。春分和秋分的正午时刻太阳直射地球的赤道,即天赤道的 $\delta=0$ 。北半球夏至的正午时刻太阳直射北回归线, $\delta=23.45^\circ$ 。北半球冬至的正午时刻太阳直射南回归线, $\delta=-23.45$ 。

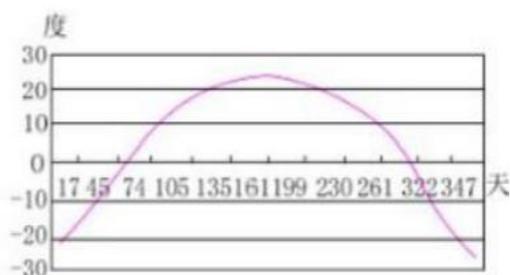


图2.1 太阳赤纬

2、太阳高度角 α_s

地球上观测点同太阳中心连线与地平面的夹角,为太阳高度角。太阳高度角 α_s 的计算公式为:

$$\sin \alpha_s = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos w \quad (2-2)$$

式中, δ 太阳赤纬角

ϕ ——当地的地理纬度

w ——当地的太阳时角

其计算公式为:

$$w = 15^\circ \times (12 - T) \quad (2-3)$$

式中 T_s 为每日时间，时角上午为正，下午为负。如上午8时， $w=15^\circ \times (12-8)=60$ 。

3、太阳方位角 γ_s

地球上观测点同太阳中心连线在地平面上的投影与正南方向之间的夹角，就是太阳方位角。太阳方位角 γ_s 的计算式为：

$$\cos \gamma = \frac{\sin \alpha_s \sin \phi - \sin \delta}{\cos \alpha_s \cos \phi} \quad (2-4)$$

4、日出、日没角 h_s 、 α_s 、 Y_s

$$h_s = \pm \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad (2-5)$$

式中，负值表示日出时角，正值表示日没时角。

$$\alpha_s = 0$$

$$\cos Y_s = -\sin \delta / \cos \phi$$

5、正午时刻($Y_s=0$):

$$\alpha_s = 90 - |\phi - \delta| \quad (2-6)$$

6、理论日照时间 N 由下式给出：

$$N = \frac{2}{15} \arccos(-\tan \delta \tan \phi) \quad (2-7)$$

(2-8)

根据地理纬度、太阳赤纬角和观测时间，利用以上公式可计算出任何地区、任何时刻的日照时间、日出日没角以及太阳方位角。

2.2 太阳运行轨迹的跟踪方式

目前国内外采用的跟踪方式很多，但主要有视日运动轨迹跟踪和光电跟踪两种方式，下面就这两种跟踪方式进行分析比较，并提出适合本跟踪系统的跟踪方式。

2.2.1 视日运动轨迹跟踪

由2.1 中的讨论可知，太阳运行的轨迹是有规律可循的，通过计算可以得出任何时间和地点太阳的位置，从而完成对日跟踪。视日运动轨迹跟踪依靠计算太

阳的准确位置然后运行控制程序使跟踪装置对准太阳完成跟踪，根据跟踪装置的轴数，视日运动轨迹跟踪装置分为单轴和双轴两种[5.16]

1. 单轴跟踪

单轴跟踪装置一般采用三种方式：(1)倾斜布置东西跟踪；

(2)焦线南北水平布置，东西跟踪；(3)焦线东西水平布置，南北跟踪。

这三种方式都是南北方向或东西方向的单轴跟踪，工作原理基本相似。以第三种跟踪方式为例，阐述单轴跟踪原理，如图2-2所示。

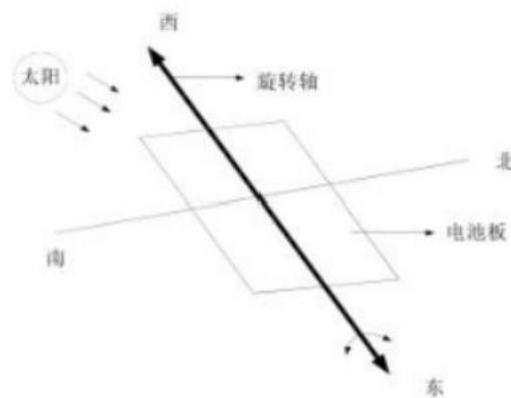


图2-2单轴跟踪系统

图2-2中单轴跟踪装置的转轴东西方向布置。控制器计算太阳角度的变化，控制转轴转动，使太阳能电池板作俯仰运动，以跟踪太阳。采用这种跟踪方式，一天之中只有正午时刻太阳光与电池板相垂直，而在早上或下午太阳光线都是斜射。采用单轴跟踪的特点是结构简单，但是由于入射光线不能始终与主光轴平行，收集光线的效果并不理想。

2. 双轴跟踪

如果能够同时跟踪太阳两个角度的变化，就能获得更多的太阳能量，双轴跟踪就是根据这样的要求而设计的。双轴跟踪通常可以分为两种方式：极轴式全跟踪和高度角-方位角式全跟踪。

((1)极轴式全跟踪

极轴式全跟踪是指聚光镜的一轴指向地球北极，即与地球自转轴相平行，故称为极轴。另一轴与极轴垂直，称为赤纬轴。反射面绕极轴用与地球自转角速度相同方向相反的固定转速进行跟踪，反射镜按照季节时间的变化围绕赤纬轴作俯仰运动以适应赤纬角的变化。这种跟踪方式并不复杂，但从力学角度分析，在结

构上反射镜的重量不通过极轴轴线，极轴支撑装置的设计比较困难。

(2) 高度角-方位角全跟踪

高度角-方位角全跟踪建立在地平坐标系基础上，如图2-3所示，两轴分别为方位轴和俯仰轴，方位轴垂直于地面，俯仰轴垂直于方位轴。根据太阳角度的计算方法，工作时反射镜根据太阳位置的理论计算值，绕方位轴转动改变方位角，绕俯仰轴作俯仰运动改变反射镜的倾斜角，使反射镜的主光轴始终与太阳光线平行。这种跟踪装置的跟踪准确度高，而且反射镜的重量保持在垂直轴所在的平面内，支持机构容易设计。但是在计算太阳角的过程中容易出现误差，影响跟踪准确度。

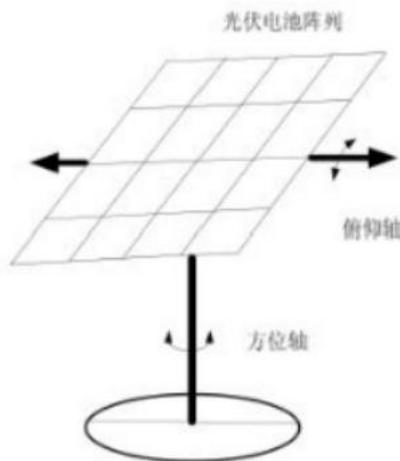


图2-3高度角-方位角全跟踪

2.2.2 光电跟踪

光电跟踪是国内外常用的跟踪方法，使用光敏管，将两个光敏管分别置于光伏电池阵列平面的两个点上，当太阳光线直射光伏阵列时，若光敏管将光信号转换成电信号后的数值偏差在规定范围内，即两个测试点光强信号的偏差很小，电机不转动。但随着太阳的位置发生变化，光敏管检测到的电信号偏差逐渐增大而超出了规定范围，经放大电路将偏差信号放大，控制跟踪装置产生动作而重新使光伏阵列与太阳光线保持垂直，对准太阳，完成跟踪。光电跟踪的优点是结构设计方便，跟踪准确度高。但有一个缺点就是受天气的影响较大，如果在稍长一段时间内出现乌云遮住太阳的情况，由于没有光照，光敏管上没有电信号产生，导

致跟踪装置无法对准太阳，甚至会引起执行机构的误操作[17]。

除了采用光敏管之外，对于一个由许多块光伏组件组成的光伏阵列，还可以直接利用阵列上两块输出特性相同的光伏组件来代替光敏管，它们既可以用作光电转换的电池，又可以用于光信号的检测。太阳光垂直照射光伏阵列平面时，两块电池组件上得到太阳光的能流密度完全相同，因而产生的电流输出也相同，此时控制方位的电机不转动。当太阳位置发生变化时，如果两块光伏电池组件的输出电流超出规定范围，则利用偏差信号驱动电机转动，使阵列重新对准太阳，完成跟踪。其优点是电路结构更加简单，省去了光敏管，且跟踪准确度比较高，但仍然存在由天气原因导致的无法跟踪问题。

2.2.3 视日运动轨迹跟踪与光电跟踪相结合

视日运动跟踪和光电跟踪都存在一定的局限性。对于视日运动跟踪，主要是在开始运行之前需要精确定位，太阳角度计算时容易产生误差，且产生误差后不能自动进行调整等，因此需要定期人为调整跟踪装置。而光电跟踪经常由于天气问题，出现不跟踪或错误跟踪的情况，特别在多云的天气会试图跟踪云层边缘的亮点，电机往复运动，造成了能源的浪费和部件的额外磨损。

如果将视日运动跟踪和光电跟踪相结合，互补其短，就可以得到比较满意的效果。在光电跟踪的基础上，同时设置视日运动轨迹跟踪程序，当遇到乌云遮挡或阴天等天气状况时，由于光强太小，光敏管上产生的电信号会低于设定的阈值，系统自动跳到视日运动轨迹跟踪程序进行执行，天气好转后自动跳出，继续进行光电跟踪。为了更准确的检测天气状况，也可通过检测方阵输出电压低于阈值的方式判断天气状况。用视日运动跟踪弥补光电跟踪的缺点，能在任何气候条件下使光伏发电系统得到稳定而可靠的跟踪控制。这种跟踪方式跟踪准确度高，工作过程稳定，可应用于许多大中型光伏发电自动跟踪装置。因此，本文采用两种跟踪方式相结合的方法，同时将光电跟踪方式作为主要跟踪方式，视日运动轨迹跟踪方式作为补充，这样一方面可以发挥光电跟踪的优势，使跟踪更加准确；另一方面可以在阴天等特殊天气环境下继续跟踪太阳。

下面以辽宁工程技术大学2号楼楼顶为例来具体介绍本控制系统的工作原理。

当光线较强时，系统采用光电跟踪的方式，即系统按照规定时间间隔，如10分钟，由传感器和光强检测电路对光伏电池阵列和太阳的位置偏差进行检测，将偏差信号送到控制器进行处理，控制器发出相应的控制指令控制步进电机转动，使光伏电池阵列转动到合适的角度。在此期间，控制器自动记录已经转过的角度。时间间隔的选择视具体情况而定，如机械机构的准确度、步进电机的步距角的选择等。若遇到天气突变如乌云遮挡，光强低于预设值，系统自动转入视日运动跟踪方式，根据地理位置，辽宁工程技术大学2号楼的纬度为 $45^{\circ} 42' 50.72''$ ，根据具体的时间，如在2009年6月5日上午11时，此时的太阳时角 w 为 15° ，太阳赤纬角 δ 为 22.5° ，根据第2.1节中对太阳运行轨迹的介绍，系统程序可以准确计算出此时此刻的太阳高度角 α_s 和方位角 γ 的理论计算值分别为 61.3° 和 45.4° ，将此计算值与已经转过的角度进行比较，算出差值角度，控制步进电机转动，跟踪装置在原来的基础上继续转动，直到达到程序计算出来的角度。当天气好转，光强再次变强达到预设值时，系统又自动回到光电跟踪方式继续跟踪。本系统加装两个位置开关，分别安装在开始位置和结束位置，跟踪装置碰触到结束位置的位置开关，控制器接收到位置开关的信号，发出控制信号控制步进电机逆时针方向转动，直到碰触到开始位置的位置开关，结束这一天的跟踪，位置开关的使用可以有效避免日落时光线较弱引起的系统误判。如此循环往复，实现对太阳全天候的自动跟踪。

2.3 控制系统总体设计

2.3.1 控制系统开发流程

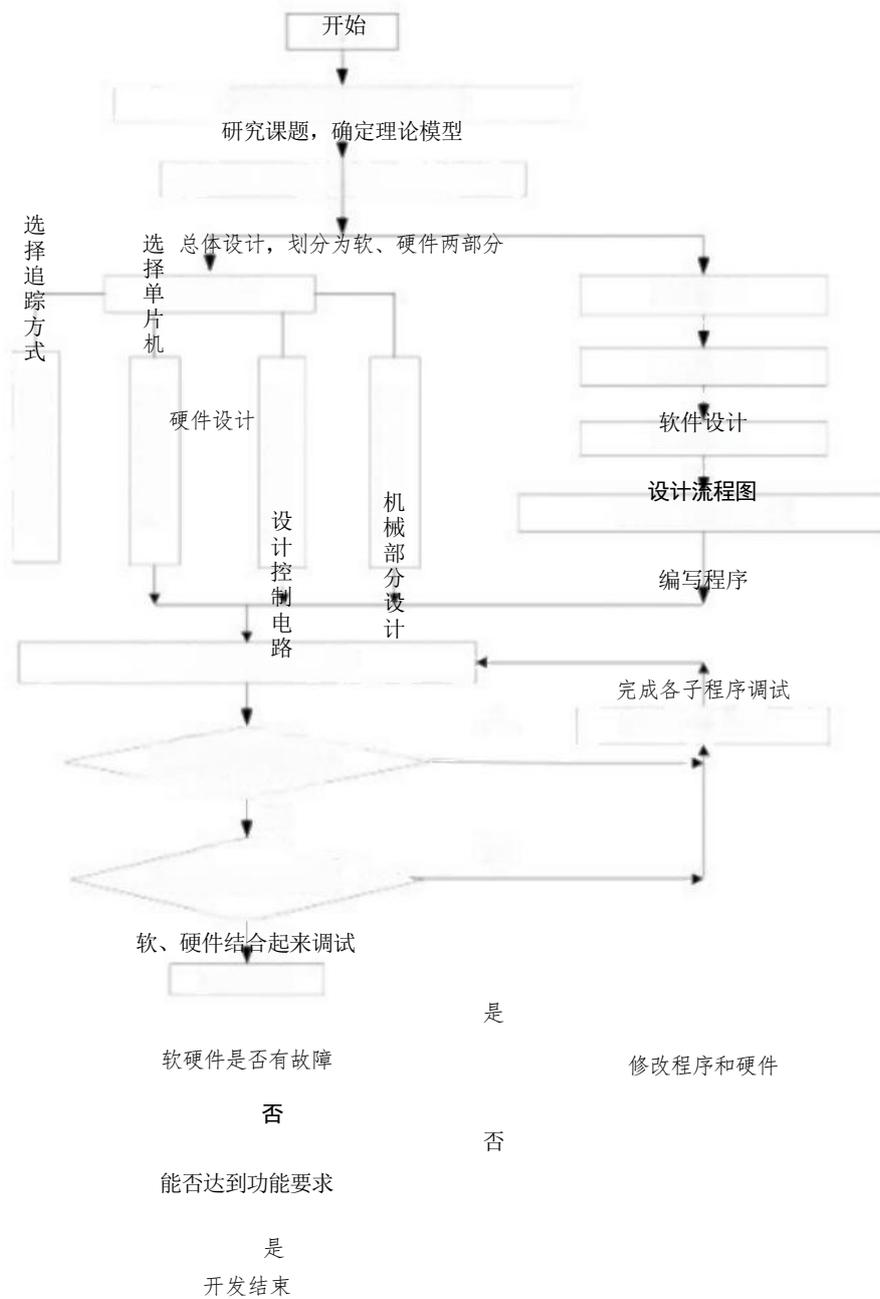


图2-4单片机系统的开发流程

2.3.2 系统的总体设计

本次设计中要实现的功能是太阳自动追踪装置，通过大量的查阅资料以及研究世界范围内目前所实现的太阳追踪装置，在此基础上，为了更好的实现自动追踪系统的功能，采取了一系列措施：

(1) 采用STC89C52RC单片机作为控制电路的核心。

(2) 光电检测部分采用光敏三极管作为传感器，每两个光敏三极管组成一个比较电路，光敏三极管的导通和截止产生相位差，通过放大器将信号传给单片机

的 I/O 口，以达到有效的控制。

(3) 利用由光敏三极管检测是白天还是黑夜，若是黑夜就启用中断处理程序，进入等待状态，若是白天则程序继续运行。

(4) 利用光敏三极管来判断晴天还是阴天，晴天时采用光电检测追踪模式，阴天时启用太阳角度追踪模式。

(5) 显示部分采用6位 LED显示器，用来显示时间。(6) 时钟电路采用的是串行实时时钟芯片DS1302。

(7) 控制部分首先将单片机发出的信号放大，然后发送给电动机，电机获得信号后发生动作，从而实现追踪的功能。

(8) 软件部分用Keil 编写程序。

3单片机系统的硬件设计

3.1控制系统硬件总体设计

自动跟踪装置的控制系統主要由控制器、光敏管、光强检测电路、步进电机、电机驱动等组成。根据控制系统的设计要求构建一个以控制器为核心的应用系统，硬件电路的设计主要包括两部分的内容：一是系统配置，即按照系统功能要求配置外围设备。二是系统扩展，即当单片机内部的功能单元，如ROM, RAM, I/O 等容量不能满足系统的要求时，必须在片外进行扩展，选择适当的芯片，设计相应的电路。

在系统的配置和扩展设计中，应遵循以下三个原则：

1. 片外扩展时尽可能选择典型电路，使硬件系统标准化。系统的配置除了满足基本功能之外，应留有一定余地，便于二次开发。

2. 系统中相关器件要尽可能做到性能匹配。硬件结构应结合应用软件方案一起考虑。

3. 要充分考虑可靠性及抗干扰能力，避免器件之间相互影响。单片机外接电路较多时，必须考虑其驱动能力。

按照以上原则并结合本控制系统的特点和功能，设计了系统硬件框图如图3-1所示。

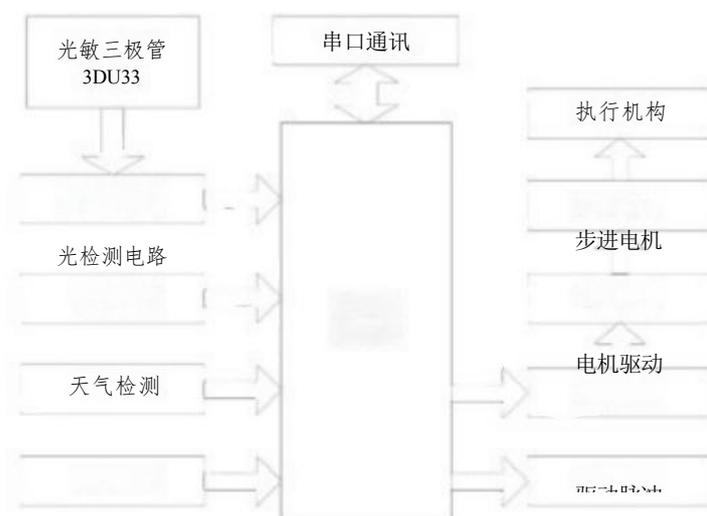


图3-1系统硬件框图

按模块分别对各单元电路进行电路设计，然后进行硬件合成，将各单元电路

按硬件框图中各部分所实现的功能组合到一起，构成一个完整的硬件电路图。在整个控制系统中，通过单片机的外围电路采集模拟量和开关量并输入到单片机的控制口，经过处理后输出到执行部件进行相应的动作，完成整个系统的控制。

3.2 控制系统核心部件的选择

目前控制系统所采用的控制器种类很多，主要有工控机、可编程逻辑控制器(PLC)、单片机等。工控机是一种加固的增强型个人计算机，它可以作为一个工业控制器在工业环境中可靠运行。但采用光伏发电自动跟踪系统的目的就是为了节省光伏发电的成本，如果用工控机或者PLC等控制器来对系统进行控制，原则上系统所要实现的功能是能够达到的，但由于成本问题，反而达不到降低发电成本的目的。而单片机具有高可靠性、低成本的特点，且其控制能力完全能达到本系统要求，故采用单片机作为控制系统的主控芯片既能实现准确跟踪，又可以很大程度的节省成本。通过分析和对比多种单片机，本文选择了STC89C52RC单片机作为主控制芯片。STC89C52RC 单片机是宏晶科技推出的新一代超强抗干扰、高速、低功耗的单片机，掉电模式下典型功耗低于0.1 μ A,可由外部中断唤醒，中断返回后，继续执行原程序，空闲模式下的典型功耗低于2mA,正常工作模式下功耗范围为4mA~7mA。综合以上特点，STC89C52RC单片机非常适合本控制系统。

3.3 单片机接口电路设计

3.3.1 电源电路

由于 STC89C52RC 的工作电压范围为5.5V-3.4V,而蓄电池的输出电压要远高于5V,因此需要设计一个能够满足单片机工作要求的电源电路为单片机提供稳定的电源。电源电路除了有传统的稳压、滤波、隔离防干扰功能外，还应具有抗电源瞬态欠压、防止瞬间脉冲干扰和掉电等功能，才能保证单片机在恶劣的环境中不出现故障。因此，采用性能稳定的三端稳压集成电路 H7805 来实现电压转换，电源电路如图3-2所示。

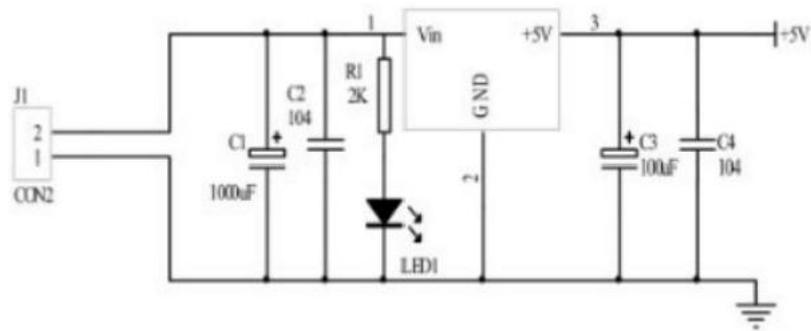


图3-2+5V电源电路

如图3-2所示，三端稳压集成电路H7805有三条引脚输出，分别是输入端、接地端和输出端。用H7805来组成稳压电源所需的外围元件很少，只需要4个电容，电路内部还有过流、过热及调整管的保护电路，使用起来可靠、方便。在实际应用中，在三端稳压集成电路上安装足够大的散热器，当稳压管温度过高时，稳压性能将变差，甚至损坏。电路的输入为蓄电池的输出电压，输出为5V,作为单片机电源。

要实现自动跟踪控制系统的功能，还需要-5V 电源，采用如图3-3所示的ICL7660芯片及外围电路进行正负5V电压之间的变换。

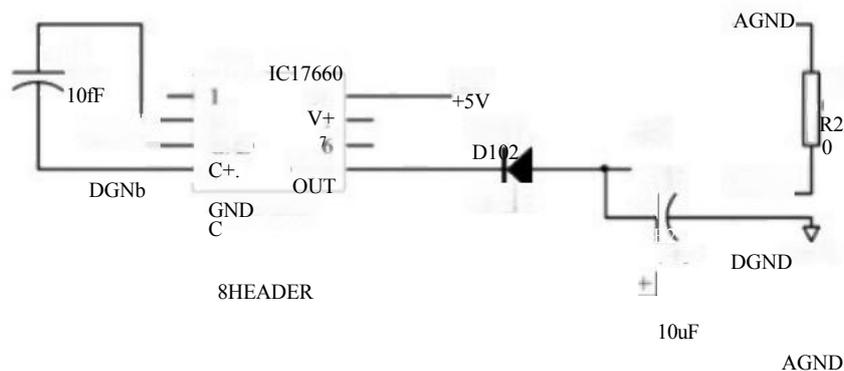


图3-3 -5V 电源电路

3.3.2串口通讯电路

STC89C52RC单片机具有在系统可编程(ISP)特性，单片机在用户系统上即可下载和烧录用户程序，而无须将单片机从已生产好的产品上拆下，再用通用编程器将程序代码烧录进单片机内部，这样既方便又省去了购买通用编程器的费用。另外，由于可以将程序直接下载进单片机看程序运行结果故也可以不用仿真器。STC89C52RC单片机内部固化有ISP 系统引导程序，配合PC端的控制程序可将用

户的程序代码，即 hex 文件，下载进单片机，STC提供了ISP专用下载工具STC-ISP，将其安装于PC机上实现文件的导入，但要实现PC机与单片机的连接和通

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/456043050122010222>