

# 太阳能市电互补LED路灯控制器研究

**摘要：**文章介绍了一种光电互补LED路灯控制器，该控制器控制太阳能电池板对蓄电池组充放电，实时检测蓄电池容量，并用光电互补方式对负载供电。同时阐述了太阳能LED路灯采用光电互补技术，既能提高可靠性，又能降低成本，是目前解决太阳能LED路灯照明的最佳选择，并根据LED路灯负载计算了蓄电池容量和太阳能电池板容量的匹配关系。

## 引言

太阳能作为一种理想的清洁能源，正迅速得到广泛应用。LED作为固态光源，寿命长、耗能少，属绿色光源。随着大功率LED驱动的研究成功，LED在照明领域得到推广。由于太阳能电池将光能转化为直流电压，通过太阳能电池组件的合理组合，得到LED灯具实际需要的电压，两者易于匹配，可获得很高的利用率，具有较高的安全性，可实现节能、环保的要求。把太阳能LED应用于路灯照明领域，既可节约大量电缆的成本，易于实现路灯的智能控制，又可节约大量能源，因此太阳能LED在路灯应用上易于推广。

由于太阳能受天气因素的制约比较大，太阳光照射分布密度小，受光时间、强度大小具有随机性、间歇性，要保证太阳能电池输出电压的稳定，必须利用蓄电池，在白天有阳光时对蓄电池充电，晚上蓄电池给负载LED放电。如果遇到连续阴雨天气，对蓄电池容量要求就大，而太阳能电池组容量越大，成本就越高。太阳LED路灯照明系统采用光电互补方式可较好地解决这个矛盾，对推广太阳能LED路灯控制有着现实和经济意义。

光电互补LED路灯照明系统就是以太阳能电池发电为主，以普通220V交流电补充电能为辅的路灯照明系统，采用此系统，光伏电池组和蓄电池容量可以设计得小一些，基本上是当天白天有阳光，当天就用太阳能发电同时给蓄电池充电，到天黑时蓄电池放电把负载LED点亮。在我国大部分地区，全年基本上都有三分之二以上的晴朗天气，这样该系统全年就有三分之二以上的时间用太阳能照亮路灯，剩余时间用市电补充能量，既减小了太阳能光伏照明系统的一次性投资，又有着显著的节能减排效果，是太阳能LED路灯照明在现阶段推广和普及的有效方法。

## 1 光电互补LED照明系统设计

### 1.1 LED照明负载

假设光电互补LED路灯灯杆高度为10m，光照光通量大约25lm，选用1W、3.3V、350mA的LED灯组成两路路灯，每一路14串2并共28W，两路为56W。设路灯每天平均照明10小时，LED路灯前5小时全亮，后5小时亮度减半，即电池消耗减少一半。

所需实际驱动电流为 $350\text{mA} \times 2 \times 2 = 1.4\text{A}$

每天以10小时计算，负载所需安时数为 $1.4\text{A} \times 5\text{h} + 1.4\text{A} \times 0.5 \times 5\text{h} = 10.5\text{Ah}$

电压为 $3.3\text{V} \times 14 = 46.2\text{V}$

### 1.2 蓄电池组容量设计

#### 1.2.1 蓄电池的选用

太阳能路灯用蓄电池由于频繁处于充电、放电循环中，而且会经常发生过充或深度放电等情况，因此蓄电池工作性能和循环寿命成为最受关注的问题。阀控式密闭型铅酸电池具有不需要维护、不向空气中排出氢气和酸雾、安全性好、价格低等优点，因而被广泛应用。蓄电池过充电、过放电以及蓄电池环境温度等都是影响蓄电池寿命的重要因素，所以在控制器中要重点采取保护措施。

#### 1.2.2 蓄电池组容量的计算

在光电互补路灯系统中，是靠太阳能和市电互补对LED路灯进行供电的。由于太阳光随天气变化差别很大，白天太阳光强时，太阳能电池板给蓄电池充电；晚上蓄电池给负载供电。阴天时，负载用电从蓄电池取得，当蓄电池放电电压降到最低允许限度时，自动转为市电补给。蓄电池的容量对保证可靠性供电很重要，电池容量过大导致成本价格升

高，容量过小，又不能充分利用太阳能达到节能的目的。

蓄电池容量 $B_c$ 计算公式 $B_c=A \times Q_L \times N_L \times T_0/CCAh$  (1)

式(1)中 $A$ 为安全系数，取1.1~1.4之间，本式为 $A=1.2$ ；

$Q_L$ 为负载日平均耗电量，为工作电流乘以日工作小时， $Q_L=10.5Ah$ ；

$N_L$ 为最长连续阴雨天数，由于采用光电互补，故可以取 $N_L=1$ 天；

$T_0$ 为温度修正系数，一般在0 以上为1.1，-10 以下取1.2，本式取 $T_0=1.1$ ；

$CC$ 为蓄电池放电深度，一般铅酸电池取0.75，碱性镍镉蓄电池取0.8，本式中 $CC=0.75$ 。

因此， $B_c=A \times Q_L \times N_L \times T_0/CC=1.2 \times 10.5 \times 1 \times 1.1/0.75=18.5Ah$ ，实际设计中，我们选用48V、40Ah免维护阀控密封铅酸蓄电池。

### 1.2.3 太阳能电池方阵设计

太阳能电池组件以一定数目串联起来，可获得所需要的工作电压。但是太阳能电池的串联必须适当，串联数太少，串联电压低于蓄电池浮充电压，太阳能电池组方阵就不能对蓄电池充电；若串联数太多，使输出电压远高于浮充电压时，充电电流也不会有明显增加。因此，只有当太阳能电池组件串联电压等于合适充电电压时，才能达到最佳状态。

太阳能电池组的输出电压一般取蓄电池电压的1.2~1.5倍，当取1.35倍时，蓄电池电压为 $48V \times 1.35=64.8V$ ，此处取65V。

若当天无太阳光时，蓄电池晚上给负载放电容量为 $B_{cb}=A \times Q_L \times N_L=1.2 \times 10.5 \times 1=12.6Ah$

郑州地区按5小时太阳光给蓄电池充电，电流为 $I=12.6Ah/5h=2.52A$

所以太阳能电池方阵功率为 $P=UI=65V \times 2.52A=163.8W$

实际可采用4块36V48W太阳能电池板，共192W，分两组，每组2块串联，电压为72V。

## 2 控制器及工作原理简介

### 2.1 光电互补LED路灯控制器系统结构

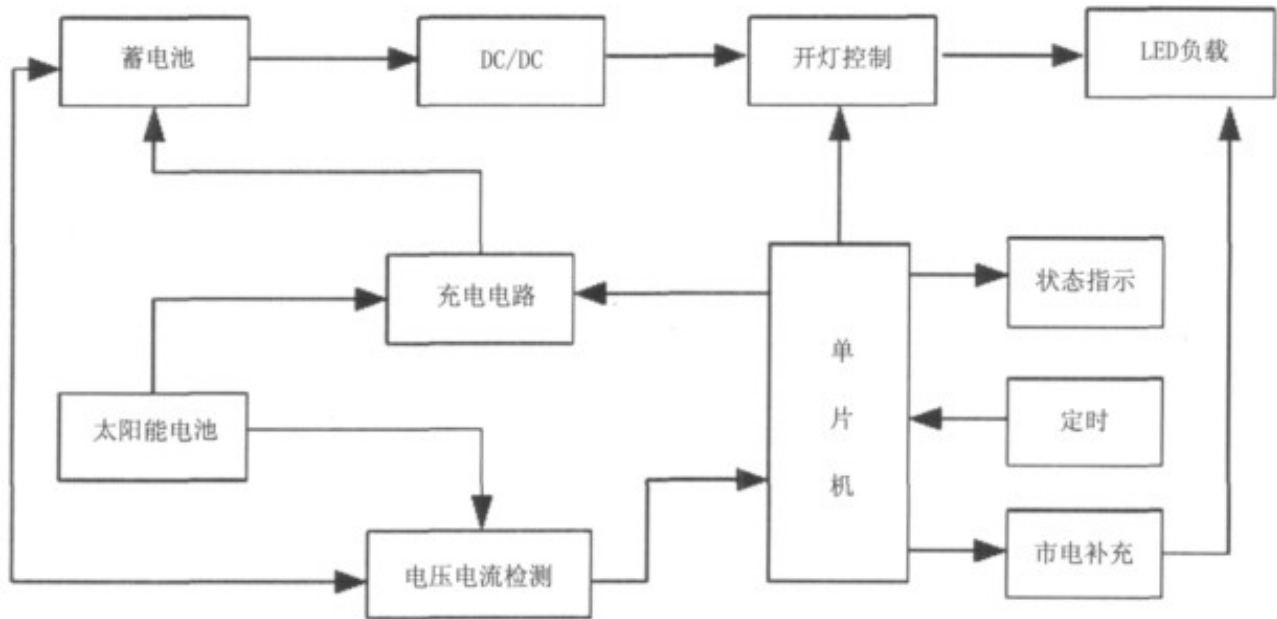


图1 控制器结构框图

光电互补LED路灯控制系统结构框图如图1所示，本系统中关键部件是控制器，控制器的功能主要有：

- (1) 白天对太阳能电池板的电压和电流进行检测，通过MPPT算法追踪太阳能电池板最大输出功率点，使太阳能电池板以最大输出功率给蓄电池充电，并控制太阳能电池对蓄电池进行充电的方式；
- (2) 控制光电互补自动转换，晚上控制蓄电池放电，驱动LED负载照明；当在太阳光照不足或阴雨天气，蓄电池放电电压达最低电压时，能自动切换到市电供LED路灯点亮；
- (3) 对蓄电池实行过放电保护、过充电保护、短路保护、反接保护和极性保护；
- (4) 控制LED灯的开关，通过对外环境监测，可以控制LED灯开灯、关灯时间。

## 2.2 充电电路及输出控制

### 2.2.1 充电电路

充电电路用来调节充电电流与电压，使太阳能电池板稳定地对蓄电池充电。由于每天在各个时段太阳能电池板所转换的太阳辐射能不同，使得太阳能电池输出的电流和电压各不相同，这就需要通过必要的充电电路来控制。本电路就是用TL494实现的电压型脉宽调制（PWM）控制电路，电路图如图2所示。

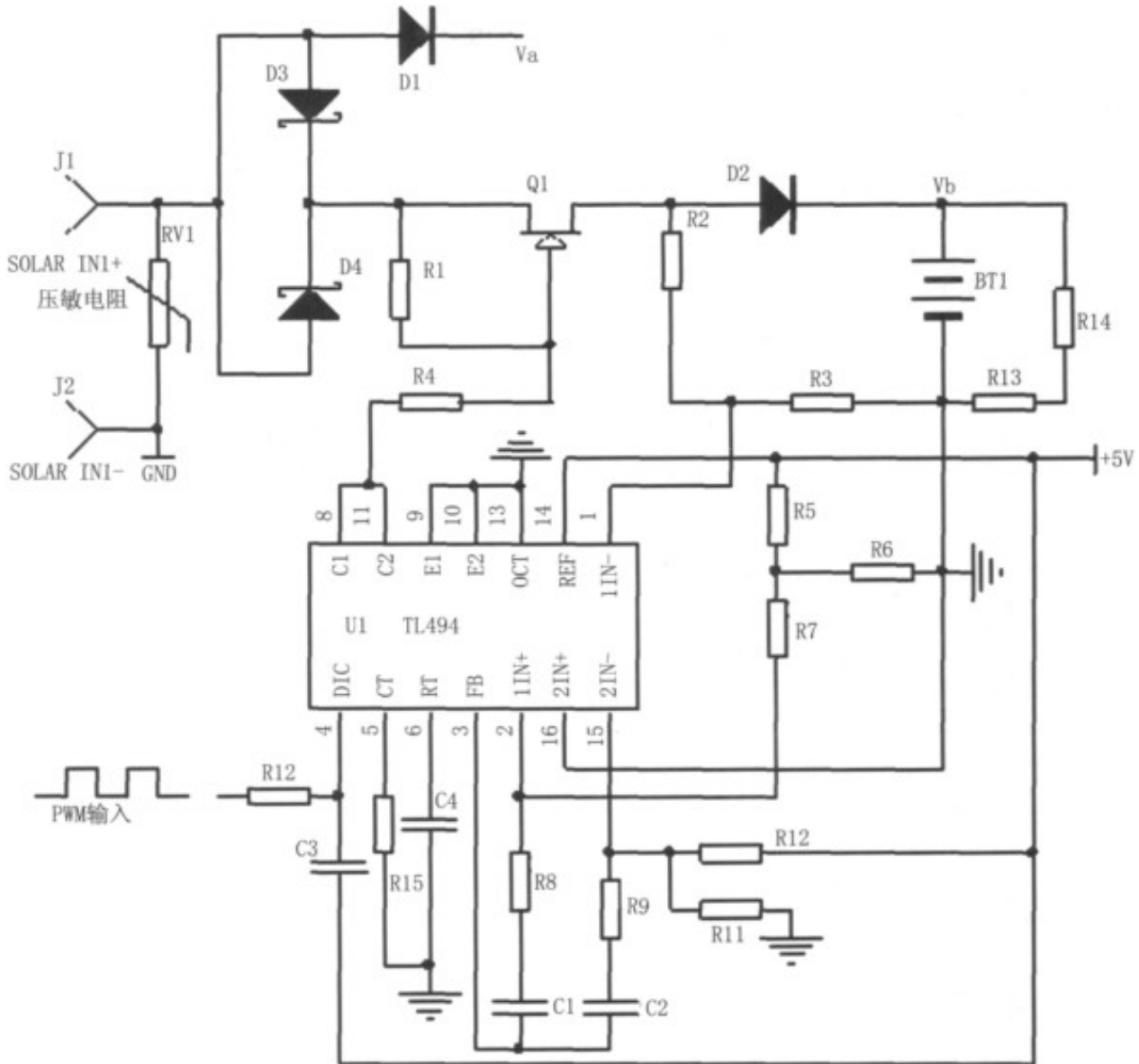


图2 充电电路

当R12所接的单片机给4脚一个高电平时，TL494的截止时间增大到100%，TL494不工作，这样就可以通过4脚输入的电平高低决定是否对蓄电池充电。TL494的12脚接电源，14脚输出的5V基准电压供单片机使用，同时R5、R6的分压作为TL494中误差放大器1的同相端（2脚）恒压充电时的参考电压信号，电池正极电压经R2、R3分压作为误差放大器1的反相端（1脚）输入恒压充电的给定电压信号，两者之间的偏差作为恒压调压器使用。

2脚和3脚间引入阻容元件，校正改善误差放大器的频响。系统工作时，实时检测太阳能电池板的输出电压、蓄电池的电压，并根据各个电压值的不同状况，控制太阳能电池对蓄电池充电与否，并根据设定的路灯时控或光控方式，控制LED路灯是否点亮，以及点亮时供电方式在蓄电池和市电之间的合理切换。TL494主要在单片机程序控制下完成对蓄电池、太阳能电池板的检测以及充放电控制。

路灯的照明时间可以依据H1~H4上的直拨开关进行设置，每档对应时间为1小时、2小时、4小时、8小时，这样就可以通过不同的组合在1~15小时内作调整。系统软件的控制流程图如图3所示。

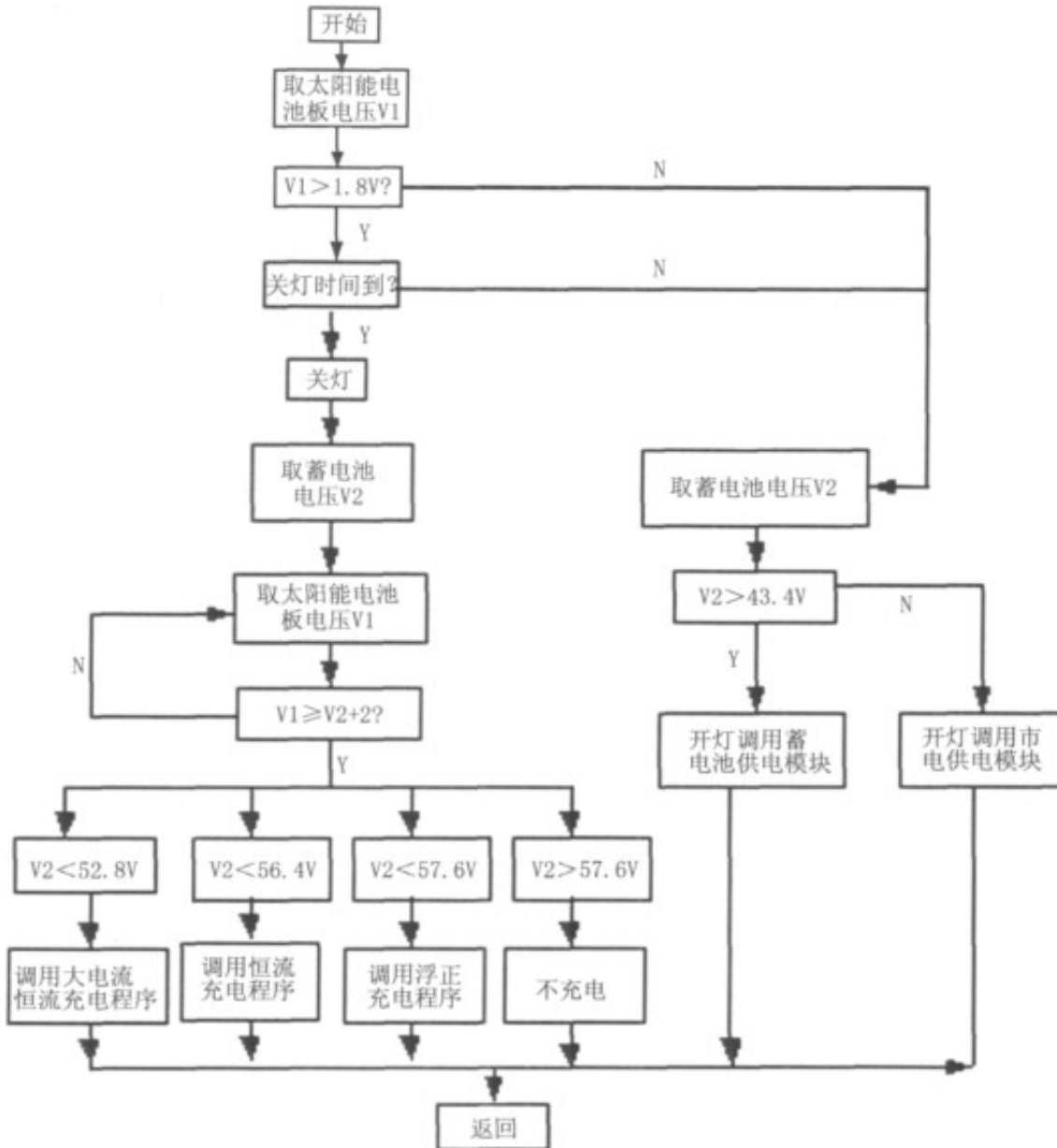


图3 软件流程图

在工作过程中，单片机会一直检测太阳能电池和蓄电池的电压，当太阳能电池的输出电压高于蓄电池2V以上，同时蓄电池的电量没满，单片机的11脚输出低电平，芯片TL494开始工作，通过MOS管Q1对蓄电池充电。当充满后，转入浮充状态，对蓄电池的自放电情况进行电量补偿。

对蓄电池的充电，开始是大电流恒流充电状态，充电电流为 $I_{max}$ 。当蓄电池的电压达到52.8V时，充电器处于恒压充电状态，充电电流持续下降，当电流下降到250mA并且蓄电池的电压上升到56.4V左右不变时，蓄电池的电量已达额定容量的100%，电路进入浮充阶段，给电池提供的浮充电压抵消了蓄电池的自放电。当蓄电池的电压达到 $57.6 \pm 0.2$  V，蓄电池达到过充电压点，单片机的11脚输出高电平，芯片TL494结束工作，蓄电池充电结束。

### 3结论

通过对光电互补LED路灯系统设计和实际测试观察，其结果基本符合设计要求，但必须经过实际长期运行，不断完善设计，才能达到太阳能有效利用、蓄电池容量匹配最合理、成本降到最低、性能价格比最好。（李文方，李海霞，陈嘉义 黄河科技学院信息工程学院，河南郑州）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/65402.html>