

基于电力载波的智能化路灯控制系统研究

文/王佳海 胡 兵 王汉斌 马帮立
汉江师范学院

传统路灯控制系统造成的电能浪费较为严重，因此设计一种智能化系统，通过数据中心收集数据进行信息分析和传输，并使用单片机程序控制和声音控制实现实时监控。通过使用电力线连接不同的光源，可以有效地调整每个光源的开启和关闭，以达到节约电能的目的。

目前，传统的路灯节能控制方法主要有两种：一种是光源节能方法；另一种是控制节能方法。光源节能方法从灯具和光源着手，采用效率高、寿命长和安全性能稳定的照明灯具，节能方法单一，效果不显著。通过采用控制节能法，不仅可以有效地降低电压，而且还可以大幅度减少电能消耗。但在降压过程中存在许多问题，斩波技术的应用可以显著降低电压的正弦波输出，同时也可以减少谐波的产生。通过采取措施减少谐波污染，提高电网系统的安全性，但是由于斩波技术不适合有电容补偿的电路，其应用范围受到了一定的限制。通过智能控制，可以实现多种功能模式，包括时间控制、光照控制、压力控制、噪声控制和旁路控制。相对于前述节能方法而言，该方法实用性更广，性价比更高，可以达到理想的节能效果。采用电力载波技术的智能化路灯控制系统必须满足以下标准。

1) 获取道路的实时信息。
2) 通过智能控制，可以实现多种功能模式，包括时间控制、光照控制、压力控制、噪声控制和旁路控制。

3) 控制中心能及时依据监控的信息进行判断，并通过电力载波通道下达正确的指令给路灯控制器，

对主控芯片和电力载波信息传输芯片进行编程。

4) 可以对单一路灯实施操控。

组成路灯节能控制系统的元素

路灯节能控制系统的结构和功能如图1所示。

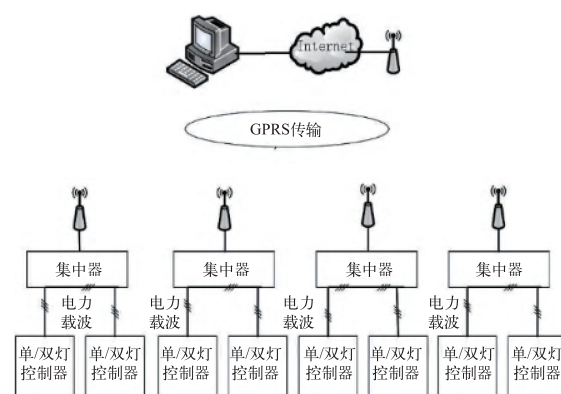


图1 路灯控制系统的构成

这个系统由一个单灯控制器、一个集中器和一个控制中心（包括云服务器和客户端）组成。

1. 单/双光控制器组件

LED灯的电源可以通过单/双灯控制器实现，它们可以收集和控制路灯的信息，从而提高照明效率。常见单/双灯控制器如图2所示。

基金项目：汉江师范学院2022年省级大学生创新创业训练计划项目（S202210518014）



图2 可选的路灯控制器（单灯和双灯）

控制器的种类根据位置划分为单灯控制器和双灯控制器。单灯控制器可以控制电压范围在0~10 V之间，而双灯控制器可以控制更宽的电压范围，甚至可以达到更高的精度。这些控制器可以根据用户的需求，调节灯光的亮度和颜色，以满足不同的使用场景。

2. 集中器部分

集中器部分是控制系统的关键，它包含计量、GPRS、电源模块及载波主节点。其中，主控模块负责收集、传输、分析和处理信息，实现控制、监控、报警等多种功能，为整体控制提供了坚实的基础。在集中器中，载波节点可以与单/双灯控制器建立连接以控制路灯，同时也可以收集相关的数据。此外，它还可以通过串口将控制模块与GPRS模块连接，实现远程控制，也可以将控制结果传输到云端服务器。通过计量模块，收集和分析电力系统中的功率、电压和电流信息，并将这些信息传送到主控单元。

3. 控制中心部分

控制中心中的云服务器可以为客户端和集中器提供高效的数据传输和存储功能，使得客户端可以通过远程链路实现对路灯的监控、管理和数据采集，具体如图3所示。

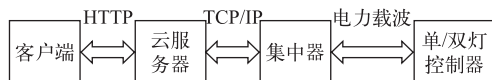


图3 远程控制链路图

客户端的指令是依据云服务器将指令传输至集中器，经过精心的处理过后，再利用电力载波技术将指令传输至单/双灯控制器，单/双灯控制器在接收指令后立即做出反馈，实现了对路灯的远程控制。

智能路灯节能控制系统工作原理

1. 单/双灯控制器部分原理

每一盏路灯都安装了单/双灯控制器，当单灯测控终端从监控中心获取到指令时，它会根据指令进行分析，并进行相关的动作，例如对灯的开关、灯的亮度进行控制和调节，同时检验灯的状态是否正常，采集灯的电流电压信息等，将最终结果反馈给

数据集中器。路灯的测试和调控终端可以实时监测设备的运行状况，一旦发现异常情况，将立即向监控中心发出警报，以确保安全。路灯的控制结构如图4所示。

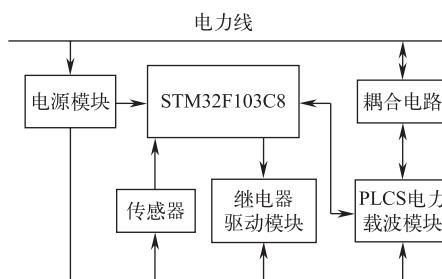


图4 路灯控制结构图

2. 集中器部分原理

集中器设计成一个桥梁，连接控制中心和单/双灯控制器，以实现双方的控制。它可以接收控制中心发出的控制查询指令，并根据指定的控制器对指定的控制结果做出及时的响应，以确保控制的准确性。当单/双灯控制器发出的警告和反馈信号被采纳后，数据集中器会立即将这些信号传输至控制中枢，以便进行进一步的分析和处理。集中器模块如图5所示。

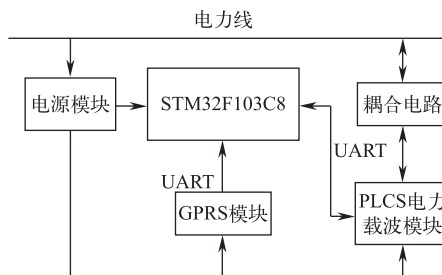


图5 集中模块的架构

3. 控制中心部分原理

控制中心作为路灯监控系统的核心部件，负责控制多个数据集中器终端以及单/双灯控制器，它可以通过远程控制查询路灯的状态，实施集群控制，控制特定的路灯，制定精准的路灯亮度调整方案，接受来自其他终端的报警信息，并迅速做出相应的分析处理。

智能路灯节能控制系统部分电路图

开关控制电路如图6所示，在智能路灯控制系统的相关设计中，我们注意到了LED灯和钠灯。由于钠灯需要电压来驱动，并且没有可供选择的调节模式，因此，当它们同时使用时，H3和H5会成

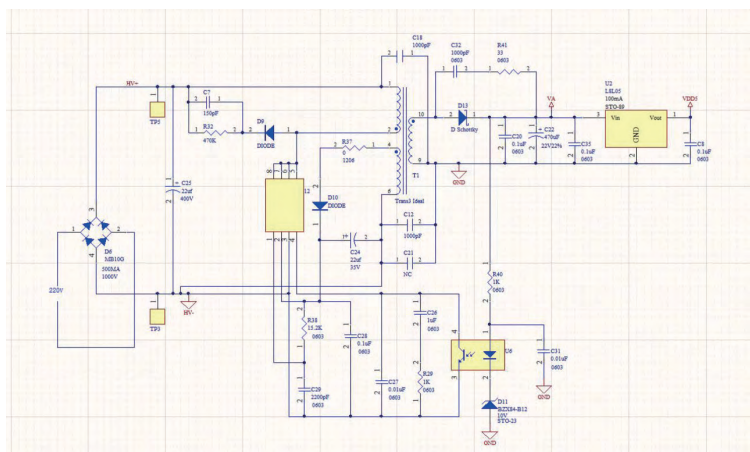


图6 开关电源图

为电源输入。利用SIP模块，引脚NEURON_IOO_RELAY信号可以实现对三极管的调节，从而实现钠灯的开启与关闭。鉴于钠灯电源的独特电气特性，为了抑制其产生的干扰，在负载的前端安装了63 dB的信号衰减模块，以阻止其传输至主干电力线路，并且可以有效地抑制其对电力载波信号的干扰。经过实际应用发现，若无此电路，从数据集中器传输的信号会受到严重的影响，使得通信系统的稳定性降低。当负荷为LED灯时，由于它的电流驱动特性，在连接电路时，需要进行相应的调节。相比钠灯的220 V供电，大多数LED灯的供电电压在100 V左右，因此，现在的路灯需要根据实际情况进行调整，以达到最佳的照明效果。为此，采用了28颗灯珠，使用串联和并联的方式进行布线。SIP卡可以按照指定的程序及控制器的控制，产生多种PWM信号，实现对光线的调节。经过整流电路将220 V的输入电压转换为380 V，并经由耦合电路将12 V (VA) 和5 V (VDD5) 转换为一个稳定电压，最后经由光耦反馈电路，有效地抑制电路中出现的毛刺，从而实现电压的动态均衡。

结束语

随着社会的迅猛发展，城市路灯照明的基础建设规模也在不断增加，而现有的路灯监控系统的负担也日益沉重，以满足日益增长的需求。现如今路灯管理不仅维护困难，而且造成了巨大的能源浪费。在工业控制领域，控制管理系统的远程化和智能化能够有效提升控制管理的效率，降低维护成

本，逐渐成为一种发展的趋势。随着科技的发展，绝大多数的城市都开始重视智能路灯的管理，以满足当前社会发展的需求，而不再局限于传统的路灯维护模式，使得每一盏路灯都可以得到实时的监测和跟踪，从而提高城市的安全性和可靠性智能。路灯控制系统适用于目前传统的高压钠灯灯具，能够在目前传统路灯系统的基础上进行改造，实现智能路灯控制系统的智能化，达到了节约能耗、减少维护成本的目的。EA

参考文献

- [1] 王海韬. 城市路灯远程监控系统研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2010.
- [2] 庄建. 城市路灯自动化监控管理系统设计[D]. 成都: 四川大学, 2006.
- [3] 李宏超. 智能路灯远程控制系统[D]. 郑州: 郑州大学, 2010.
- [4] ZHANG Liguang, TONG Xiaolong. Research on stability of power carrier technology in streetlight monitoring system[J]. International Journal of Advanced Network, Monitoring and Controls, 2018, 2(4).
- [5] Jun LIU, FENG Cangxu, SUO Xuesong, et al. Street lamp control system based on power carrier wave [J]. IEEE computer society, 2008: 184-188.
- [6] 王大晓, 浦培林, 刘彬, 等. 浅析智能照明系统在数据中心的应用[J]. 电气应用, 2021, 40(11): 26-31.