

基于 PLC 的隧道内 LED 照明系统设计*

孙万利¹ 屈佳艺² 春 兰¹

(1. 内蒙古工业大学工程训练中心 呼和浩特 010000; 2. 包商银行呼和浩特分行 呼和浩特 010000)

摘要: 以 S7-200 系列 PLC 和白色大功率 LED 灯为基础, 针对隧道内的特点, 设计了隧道内的智能照明控制系统, 以实现隧道内的照明自动化控制。洞口视频车辆检测器用来检测车辆的速度和车次, 亮度检测器主要用来检测白天的光照强度, PLC 根据视频车辆检测器和亮度检测器采集的信号, 经过计算, 向隧道灯组 (LED 灯组) 输出亮度命令, 进行无极调控。PLC 与上位机之间通过以太网进行通信。实验结果证明, 此设计与传统高压钠灯供电系统相比可大大节省隧道内耗电量。在理论上, 设计可适用于各种具有即点即亮特性的光源以及各种长度的隧道。

关键词: LED 灯; 隧道; 照明; 无极调控

中图分类号: TN709 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1010

Design of LED lighting system in tunnel based on PLC

Sun Wanli¹ Qu Jiayi² Chun Lan¹

(1. Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010000, China; 2. Baoshang Bank Hohhot Branch, Hohhot 010000, China)

Abstract: This design is based on S7-200 series PLC and white high power LED lamp. According to the characteristics of the tunnel, the intelligent lighting control system is designed. The video vehicle detector for detecting vehicle speed and vehicle, brightness detector is mainly used to detect the light intensity, according to the PLC video vehicle detector and brightness detector signal acquisition, after calculation, to the tunnel lamp group (LED lamp group) output brightness command for stepless regulation. The communication mode between PLC and PC is Ethernet. The experimental results show that this design can greatly save tunnel friction power. In theory, the design can be applied to all kinds of light source and the length of the tunnel.

Keywords: LED lamp; tunnel; lighting; pole control

1 引言

目前, 我国隧道照明大多采用高压钠灯, 高压钠灯是目前公路隧道照明中使用最多的光源, 其寿命长、发光效率高, 并且透雾性能好, 但是由于高压钠灯属于气体光源, 其点亮与熄灭都需要时间, 所以对于高压钠灯的开与关需要间隔一定时间, 不能过于频繁。并且高压钠灯在显色性、辐射形式、功率规格、视觉敏感特性、亮度智能控制、节能等方面均存在许多不足^[1]。高压钠灯照明系统一般来说只有 3~5 级的无极调控, 由于隧道内车流量变化比较大, 而高压钠灯的亮度不能频繁的调节, 所以造成能源的部分浪费。近年来, 针对高压钠灯的智能节能技术得到一定应用, 比如针对高压钠灯的节能控制器, 和变功率调节方法等, 但是实践证明, 这些方法的节能效果并不明显, 调控范围有限, 且性价比不高, 还具有很大的改善潜力。

隧道照明既与隧道所允许的行车速度、车流量等指标

有关, 又与隧道所处方位、洞外亮度等自然地理条件密切相关, 这就要求隧道灯具应能够提供与此相适应的照明亮度, 即照明设施要具备调光功能^[2]。近年, 随着 LED 灯具的不断完善及普及, 基于 PLC 与 LED 的隧道内智能照明系统控制得以实现。目前, LED 路灯在道路照明、城市亮化工程等领域中获得了广泛应用^[3]。LED 灯的亮与灭可以瞬时实现, 并且可采用无极控制, 其在节能方面的优势也得到了验证, 因此, 此次设计拟采用白光 LED 灯照明。

2 隧道智能照明系统设计

白光 LED 灯与高压钠灯相比具有很多优点。表 1 列出了白光 LED 灯与高压钠灯在光源性能方面的参数。

通过表 1 可以看出, 白光 LED 灯的色温范围与光效和高压钠灯相当, 但是其平均寿命要长得多, 且在光通量达到 90 lm/W 后, LED 照明相比于高压钠灯会更加节能^[7]。

表1 高压钠灯与白光LED灯的光源性能对比表

灯具	光效(Lm·W ⁻¹)	显色指数/Ra	色温/K	平均寿命/h
高压钠灯	100~200	23/60/85	1 950/2 200/2 500	24 000
白光LED灯	80~100	90	2 800~5 000	100 000

2.1 PLC的控制

目前,PLC控制方式凭借其安全可靠的优点,在工业自动化控制领域中仍处于核心领导地位^[4]。设计拟采用西门子S7-200系列PLC及EM232扩展模块。S7-200适用于检测、监测及控制的自动化,具有极高的可靠性、丰富的指令集、丰富的内置集成功能、强劲的通信能力和丰富的扩展模块^[5]。硬件架构图如图1所示。如何从大量交通视频中自动地获取交通信息,具有重大的现实意义^[6]。亮度检测器和入口视频车辆检测器将检测到的信号,经过A/D转换,再经过电流放大器,输入PLC,PLC根据采集的信号,输出数字量,转换成0~5V的直流电压信号,对LED灯进行无极调控,当控制电压为0时,灯的亮度为最

大,当电压为4.9~5V时,灯熄灭或者微亮。洞口视频车辆检测器和亮度检测器用来采集信号,其中亮度检测器主要用来检测白天的光照强度,每十分钟向PLC传送一次检测值,PLC经过计算,向隧道灯组(LED灯组)输出亮度命令,进行无极调控,使隧道内入口处的亮度随洞外亮度的变化而变化。视频车辆检测器用来检测车辆的速度和车次,位置和洞口有一定的距离,将检测到的信息传送给PLC,PLC根据采集到的数据,输出与之相对应的控制信号,使隧道内的照明灯亮度与洞口的亮度相匹配。上位机(计算机)与PLC之间通过以太网进行连接通信,可以实现对隧道内照明灯组的远程控制。

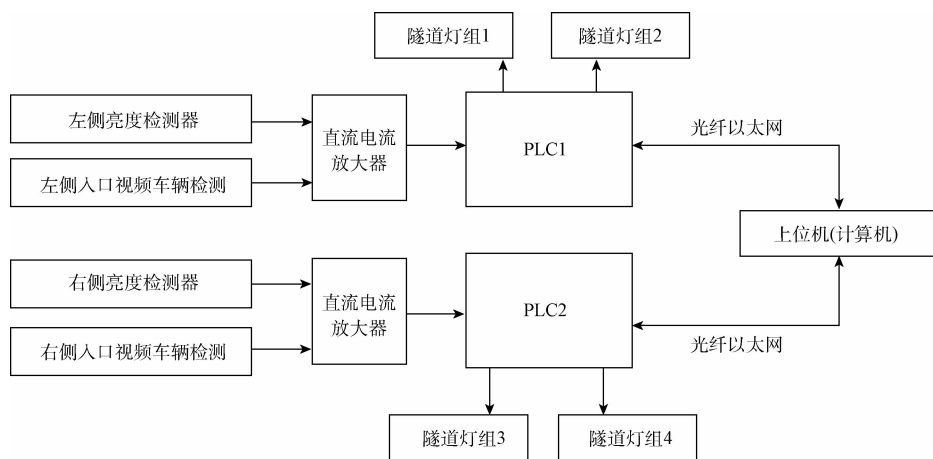


图1 基于PLC的隧道照明控制系统硬件架构

2.2 交通量的控制

当交通量比较大时,PLC输出大交通量指令,在适当参考环境亮度的前提下,PLC输出一个低电压值的信号,隧道内亮度达到最大。当交通量比较小时,PLC根据视频车辆检测器和亮度检测器采集的信号来输出控制电压,使照明灯的亮度维持在一个相对较低的状态,以节约电能。当出现特殊情况时,比如出现车祸、火灾等交通事故,或者有消防车、救护车等重要车队经过时,PLC的输出电压为0,隧道内照明亮度达到最大。当通过车流量为0时,即视频车辆检测器输出信息为0时,隧道内仅维持安全行车需要的最低亮度。

2.3 LED灯的性能

LED灯作为新型照明灯具,近年来由于其具有节能、

显色性高、光效高、寿命长、启动时间短、环保性好、安装维护方便等优点而得到了大量的应用。同时,LED等也还有一系列缺点,比如怕高温、由于光谱特征而造成的路面亮度低等。但总体来说,LED隧道灯具具有较高的灯具效率、维护系数、显色指数、有效照度以及可任意设置的功率规格等特点,使得其在满足规范要求的前提下能耗大幅下降^[7]。同时,相比于高压钠灯,白色LED灯与自然光更接近,经过科学的设计,可以使司机的视觉感受更加舒适。

2.4 方案设计流程

结合隧道内特性,根据实验得出的参数,方案流程如图2所示。

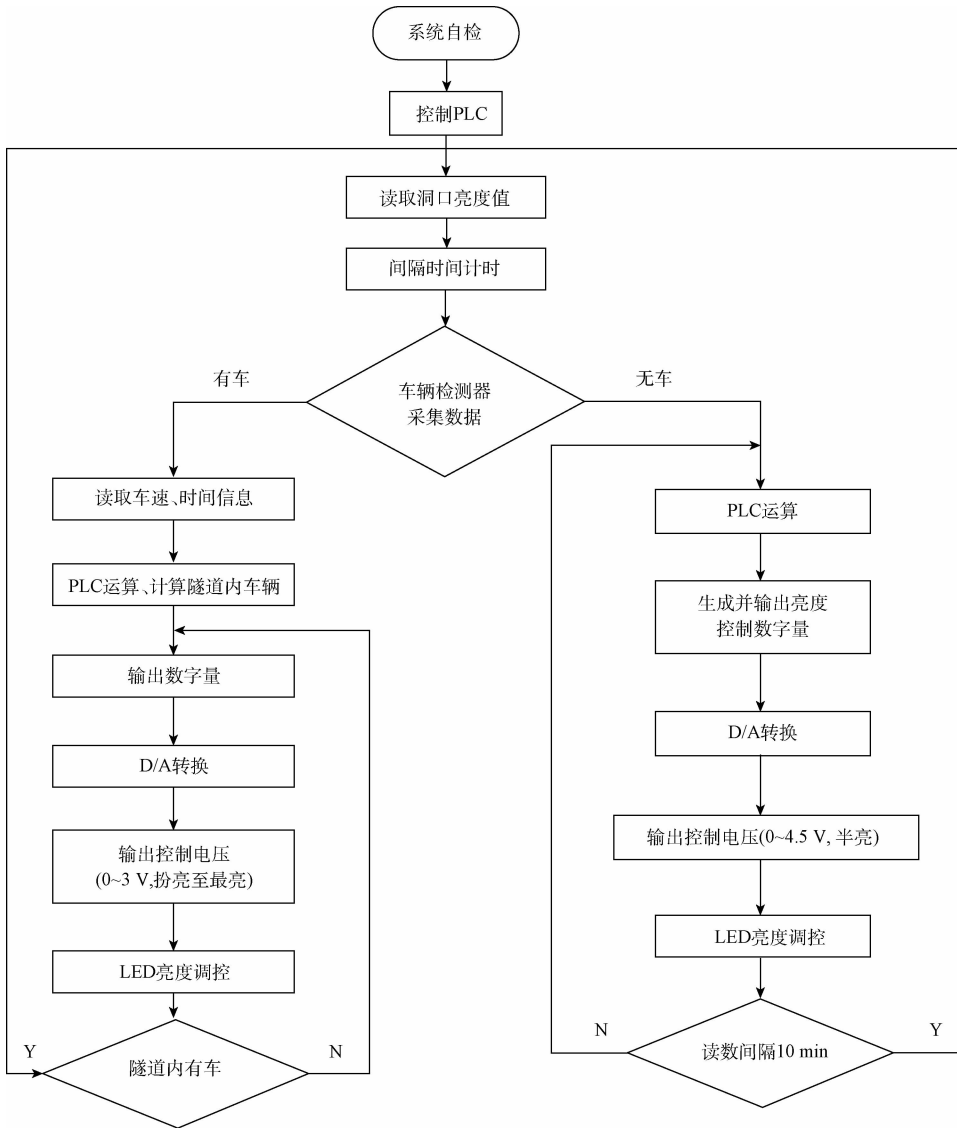


图 2 方案流程

3 智能调控系统试验

实验的第一阶段,主要是在实验室进行单灯实验,获取最基本的实验数据,为下一步实验做准备。第二阶段主要是模拟隧道内情况下的多灯实验,统计实验数据。

3.1 实验室单灯试验

在实验室中,选用 100 W 的 LED 灯,通过实验,当 LED 灯的控制电压在 0~3 V 的范围内变化时,灯的亮度变化非常小,电流变化也很小。当控制电压在 0~5 V 范围内变化时,得到对应关系如表 2 所示。

3.2 模拟隧道内情况下的多灯实验

在实验室中,模拟隧道内情况,一次接 24 只 200 W LED 照明灯,当调控电压在 3~3.5 V 之间时,灯的亮度能够实现同步变化,总电流为 mA 级别,符合要求。当电压

为 5 V 时,灯的亮度为微亮或者熄灭,当电压为 0 时,灯达到最高亮度。

表 2 实验室单灯实验数据

第一组调控结果			第二组调控结果		
控制电压/V	照度/ (Cd·m ⁻²)	电流/ A	控制电压/V	照度/ (Cd·m ⁻²)	电流/ A
0	75.1	0.67	0	75.3	0.67
1	74.9	0.67	1	75.2	0.67
2	74.5	0.65	2	74.7	0.64
3	72.4	0.51	3	72.8	0.49
4	68.7	0.32	4	69.3	0.30
4.7	65.1	0.05	4.6	59.1	0.04
5	0(灯灭)	/	5	0(灯灭)	

4 实地实验效果

此设计已在内蒙古自治区卧佛山隧道内进行了实地实验。卧佛山隧道总长 2 418 m,此次试验选择内蒙古自治区境内卧佛山隧道由北向南方向。由于隧道内已有高压钠灯照明线路正常工作,所以实验的前提是不影响高压钠灯的正常工作和隧道内的交通亮度。实验中,从入口处开始,单向单侧向隧道内铺设 LED 智能照明电路,铺设长度为 100 m,离地高度为 1.6 m,共用 24 只 LED 灯。实验中,为了尽量减小 LED 灯对隧道原有照明的影响,灯的功率尽量减小,但同时也是为了测量数据的尽量精确,最后选择的每只 LED 灯的功率为 10 W,总试验时间为 30 d,然后用电能表测量 30 d 内智能照明电路所消耗的电能。最后 LED 灯的光效参数采用表 3 中所示数值,计算出与高压钠灯发出相同亮度时 LED 灯的总功率,即可得出能够维持隧道内正常照明时所消耗的电能总量。经统计,采用高压钠灯,每年每千米隧道的照明耗电量约为 44 万千瓦时,而经过在隧道内的实地检验可以得出,采用智能 LED 照明系统,每年每千米隧道的照明耗电量约为 12 万千瓦时。因此,以此次设计为基础的隧道照明电路系统,可大大节省电能的消耗。

表 3 高压钠灯与白光 LED 灯的发光参数

灯具	光效	电源 效率/%	灯具 效率/%
高压钠灯(150 W)	采用 150 lm/W	85	55
白光 LED 灯(10 W)	采用 100 lm/W	85	90

5 总 结

隧道内的智能照明设计电路,是以 PLC 为核心,对亮度检测器和视频车辆检车器采集的信号进行处理,从而控制照明设备,最终实现照明的智能化控制。照明灯具采用大功率 LED 灯,经过验证,系统节能效果明显,取得了比较理想的效果。后续对于此照明控制系统在隧道内的实际应用研究,还需要进行大量的调研,以确保应用更加的合理。

参考文献

[1] 段明华. 基于 PIC 的隧道 LED 智能照明系统设计与

实现[D]. 合肥:安徽大学,2014.

- [2] 何素梅,傅锦良,吴海彬. LED 隧道照明自动调光系统的设计[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(4): 622-629.
- [3] 林海军,赖小强,兰浩,等. LED 路灯光照强度自适应控制方法[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(6): 887-894.
- [4] 刘少军,张思雨. 基于 PLC 及触摸屏的隧道通风系统的设计[J]. 国外电子测量技术,2016,35(6):92-95.
- [5] 朱周,路小波. 基于椭圆拟合的车辆遮挡处理算法[J]. 仪器仪表学报,2015,36(1):209-214.
- [6] 陈小贝,汪志成,叶宝安. 基于嵌入式系统的 PLC 触摸屏控制系统设计[J]. 电子测量技术,2015,38(3): 54-56.
- [7] 安徽省交通投资集团. 高速公路隧道 LED 灯具技术标准(企业版)[Z]. 2009.
- [8] 安徽省交通投资集团. 隧道 LED 照明综合节能技术研究[Z]. 2009.
- [9] 贺一鸣,王崇贵,刘进宇. 智能路灯控制系统设计与应用研究[J]. 现代电子技术,2010,33(1):207-210.
- [10] 史玲娜,涂耕,王小军. 新旧规范对比下的隧道照明节能设计研究[J]. 照明工程学报,2015,26(1): 50-54.
- [11] 廖炫,郭震宇. LED 球泡灯塑包铝散热器的设计与实验[J]. 照明工程学报,2016,27(2): 67-71.
- [12] 陈杰. LED 筒灯散热仿真及光源布局优化研究[J]. 照明工程学报,2013,24(3):81-86.
- [13] 苏姗姗,苏小光. 基于 PLC 的信号采集系统[J]. 国外电子测量技术,2012,31(9):51-53.
- [14] 俞洁,李旭芳. 西门子 S7-200 系列 PLC 通讯功能与应用[J]. 机械工业自动化,1999,21(1):56-58.
- [15] 王云刚,陈文燕. 基于 MCGS 和 PLC 的水位自动控制系统设计[J]. 测控技术,2014,33(1):96-98.

作者简介

孙万利,2006 年于内蒙古工业大学获得学士学位,2011 年于内蒙古工业大学获得硕士学位,现为内蒙古工业大学实验师,主要研究方向为自动化控制。

E-mail:657867339@qq.com