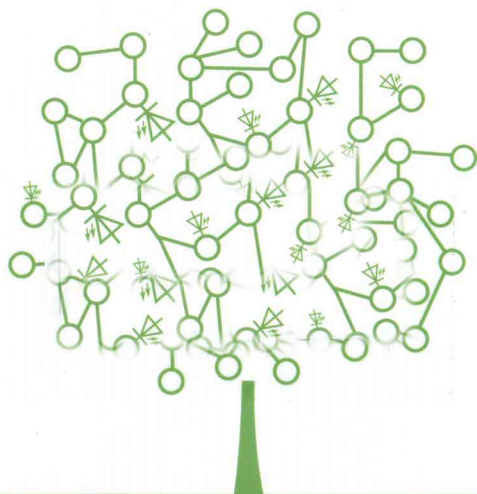


Street Lighting Monitoring: Principles and Practice

城市道路照明 智能监控技术

毛周明 金鹏 詹文平 编著

Mao Zhouming Jin Peng Zhan Wenping



深圳市照明学会与深圳市LED产业标准联盟推荐用书

清华大学出版社

电子信息与电气工程技术丛书 E&E

Street Lighting Monitoring: Principles and Practice

城市道路照明 智能监控技术

毛周明 金鹏 詹文平 编著

Mao Zhouming Jin Peng Zhan Wenping



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统论述了城市道路照明系统的智能监测与控制技术。全书内容共包括4章:第1章绪论,介绍了国际与国内道路照明的现状、发展趋势及路灯照明的智能化控制;第2章道路照明智能监控的关键技术,介绍了DALI技术、RS-485技术、GPRS/CDMA技术、ZigBee技术、PLC技术等;第3章道路照明监控系统设计原理,介绍了道路照明系统的组成、硬件设计与软件设计;第4章华智路灯智能监控系统,介绍了华智测控智能监控系统的组成与功能、单灯控制器、双灯控制器、集中控制器及监控中心等。本书可作为普通高校建筑电气相关专业的教材,也可作为城市道路照明设计与维护工程师的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

城市道路照明智能监控技术/毛周明,金鹏,詹文平编著.--北京:清华大学出版社,2013.4

电子信息与电气工程技术丛书

ISBN 978-7-302-30991-8

I. ①城… II. ①毛… ②金… ③詹… III. ①城市公用设施—街道照明—智能控制 IV. ①TU113.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第301991号

责任编辑:盛东亮
封面设计:李召霞
责任校对:时翠兰
责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:148mm×210mm 印 张:5.75 字 数:217千字

版 次:2013年4月第1版 印 次:2013年4月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00元

推荐序(一)

《城市道路照明智能监控技术》一书是由我国首家专业从事城市道路照明智能控制技术的研发、生产和销售的深圳市高新技术企业——深圳华智测控技术有限公司的高级专家和海归博士等专业技术人员经过多年的研发和实践而总结出来的,其数理基础良好,概括和总结了国内外相关道路照明智能控制的先进技术资料。

该书对今后我国各有关高等院校和科研及设计单位在道路照明智能控制技术方面的教学和科研奠定了理论基础。也将会对新兴的LED道路照明行业起到积极的推动和引导作用。同时,也会对今后LED道路照明行业的企业产品生产、工程施工、技术检测和控制与管理等方面起到指导作用。

该书全面介绍了当前道路照明智能控制方面的关键技术和未来发展趋势,以及其优势、劣势,也详细给出了其应用和实例,以及各种路灯监控技术的汇总比较。

该书还详细论述了城市道路照明控制技术的原理以及电力线载波技术的详细分析和技术对比,为设计完整的道路照明监控系统提供了生产优良产品的办法和手段,填补了目前国内在此类专业书籍里的空白,是各大高校师生科研工作中的一个很好的

参考书籍。针对 LED 路灯的智能控制,是路灯的二次节能的发展方向。我们很高兴看到本书的出版,相信本书的出版可以为 LED 照明技术的创新起到良好的示范作用。

深圳市照明学会副理事长兼秘书长
中国照明学会、深圳市照明学会高级专家



推荐序(二)

《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》将高效节能、长寿命半导体照明(LED)产业列入中长期规划第一重点领域(能源)的第一优先主题(工业节能)给予支持和发展;此外,LED照明技术较之于传统照明技术的另一大优势就是便利的可管控性,对LED照明实施可管可控将充分挖掘其二次节能的潜力,也是目前国内外都极为重视和深入研究的再节能技术。《城市道路照明智能监控技术》一书首先从LED照明可采用的智能监控的角度,全面介绍了目前主流技术并分析对比了各自技术的优点;同时本书结合作者所在单位已成功实施的35项LED路灯照明智能监控工程经验,为读者阅读使用本书提供了便利。作为深圳市LED产业标准联盟的核心会员单位,作者单位牵头制定了3项LED路灯智能照明监控联盟标准,因此本书的出版也将为国内LED产业相关监控标准的建立和完善起到积极作用,建议资助出版该书。

深圳市LED产业标准联盟副秘书长
深圳市计量质量检测研究院博士、教授级高级工程师



20 世纪后期以来,国民经济飞速发展,城市化进程不断加快,城市现代化管理方式和“节能减排”逐渐提上日程。随着 LED 产业的蓬勃发展,低功耗高发光效率 LED 路灯替代高功耗低发光效率的传统路灯也成为大势所趋。由此,LED 路灯的智能照明监控系统,作为城市道路照明的“二次节能”的一种主要手段,也迎来了发展契机。

目前,各类高校(含职业技术学院)普遍存在着对诸如 LED 产业之类的新兴产业的最新技术认知较少以及教学相对滞后的状况,致使许多高校学生和技术人员学习相关新兴技术的愿望难以实现。

深圳华智测控技术有限公司是国内首家专业从事城市道路照明智能监控技术研发、生产和销售的高新技术企业,拥有一批由海外博士、业内专家和工程师组成的技术团队。在多年研发经验的基础上,推出了城市道路照明系列图书,期望对各类高校的教学、科研以及 LED 照明和智能监控产业的发展起到积极的推动作用。

本书为城市道路照明系列图书之一。全书共分为 4 章:

第 1 章介绍了我国道路照明的基本情况,论述了我国道路照明的现状和发展趋势。

第 2 章介绍了当前道路照明智能监控的几个关键技术。对每一种监控技术的定义、原理、优势、劣势、应用场景和应用实例都进行了详细的剖析。其中,着重介绍了电力线载波技术。本章最后对各种路灯监控技术作了一个汇总和比较。

第 3 章介绍了道路照明监控的设计原理。以电力线载波技术为例,详细地分析了如何设计一个完整的道路照明监控系统。

第4章介绍了华智测控技术有限公司的路灯智能监控系统(SLMS)。介绍了其系统架构、硬件产品和特性、软件系统等。

本书可以作为高校学生或者工程技术人员学习LED道路照明智能监控技术的参考图书。在使用本书的过程中,广大读者也可以与本书作者探讨书中提到的相关技术,作者所在单位联系方式见<http://www.chinawisest.com>。

作者对以下支持本书出版的专家和行业领导表示郑重感谢:深圳市照明学会常务副理事长兼秘书长庞蕴繁教授,深圳市LED产业标准联盟秘书长蔡纯博士,茂硕电源科技股份有限公司董事长顾永德先生。最后感谢华智测控的全体员工,他们在成稿过程中作出了重要贡献。

毛周明 maozm@chinawisest.com

2013年1月

第 1 章 绪论	1
1.1 道路照明现状	1
1.2 道路照明发展趋势	6
1.2.1 路灯灯具的 LED 化	6
1.2.2 路灯照明控制的智能化	9
第 2 章 道路照明智能监控的关键技术	13
2.1 DALI 技术	13
2.1.1 DALI 的定义	13
2.1.2 DALI 的特性	15
2.1.3 DALI 协议设备的应用特点	16
2.1.4 应用场景	17
2.1.5 DALI 的系统架构	19
2.1.6 DALI 路灯照明智能监控系统应用方案	19
2.2 RS-485 技术	23
2.2.1 RS-485 的概念	23
2.2.2 RS-485 通信模式	23
2.2.3 RS-485 的通信特性	25
2.2.4 RS-485 通信中的接地问题	25
2.2.5 RS-485 设备的应用特点	27
2.2.6 RS-485 的系统架构	28
2.2.7 RS-485 路灯照明智能监控系统 应用方案	29
2.3 GPRS/CDMA 技术	31
2.3.1 基本原理	31
2.3.2 技术特点	31

目录

2.3.3	GPRS/CDMA 设备的应用特点	32
2.3.4	系统架构	33
2.4	ZigBee 技术	34
2.4.1	ZigBee 概述	34
2.4.2	ZigBee 网络结构	41
2.4.3	ZigBee 协议结构	47
2.4.4	ZigBee 芯片和 ZigBee 模块	50
2.4.5	基于 ZigBee 的路灯智能监控方案	54
2.5	PLC 技术	59
2.5.1	PLC 简介	59
2.5.2	电力线的信道特性	62
2.5.3	PLC 通信的原理和技术	72
2.5.4	PLC 芯片	86
2.5.5	基于 PLC 的路灯照明智能监控方案	96
2.6	几种路灯控制技术的比较	97
第 3 章	道路照明监控系统设计原理	99
3.1	道路照明监控系统组成	99
3.1.1	系统分析	99
3.1.2	系统构成	100
3.1.3	系统的主要功能	101
3.2	系统硬件的设计	102
3.2.1	集中控制器的硬件设计	102
3.2.2	RTU 的硬件设计	112
3.3	系统软件的设计	116
3.3.1	编程语言的选择	116
3.3.2	集成开发环境	116

3.3.3 系统主程序的设计	120
3.3.4 集中控制器与上位机的通信协议	128
第 4 章 华智路灯智能监控系统	131
4.1 SLMS 简介	131
4.1.1 SLMS 的组成	131
4.1.2 SLMS 的功能	132
4.1.3 SLMS 的特点	133
4.2 SLMS RTU	133
4.2.1 单灯控制器 CWEC-NC23	134
4.2.2 双灯控制器 CWEC-NC22	139
4.2.3 嵌入式载波模块 CWMD-19V1x	143
4.3 SLMS 集中控制器	147
4.3.1 CWEC-CC60 原理及参数	147
4.3.2 CWEC-CC60 基本功能说明	153
4.3.3 主要应用	153
4.4 SLMS 监控中心	154
4.4.1 监控中心的硬件组成	154
4.4.2 监控中心配置说明	155
4.4.3 监控中心软件	155
附录 A 名词解释	162
附录 B 术语缩写	165
参考文献	169

第 1 章

绪论

1.1 道路照明现状

人类的发展史也是一部对光的认识和利用的历史,人类的发展与照明的产生和应用息息相关。太古人类所见到的第一盏“光源”,就是人类至今尚未真正掌握和大规模有效利用的太阳。而在太阳下山之后到再次升上之前的那段黑暗中,人类一直“踽踽独行”:身边或许有一个或者两个同伴,却是只闻其声,不可见其人。远古人类所见到的第一盏黑暗中的光源,大概是雷电;而雷电只是暂时的,或许会留下一些野火,人类光的历史从此时才真正开始。人类在漫长的进化中,先后有了野火、篝火、火把、烛台、油灯。自 1879 年美国人爱迪生成功研制出第一只实用型白炽灯之后,人类进入了电光源时代。而自 1882 年第一盏电灯在中国上海首次点亮后,我国才逐渐进入电光源照明的时代。进入 21 世纪后,我国城市路灯照明应用进入了快速发展的轨道,在社会生活中发挥着越来越重要的作用。据 2005 年数据统计,全国 622 个城市共有城市照明 918.63 万盏,比 1979 年全国路灯总数 57.02 万盏增长了 16.11 倍,至 2011 年,我国的路灯总数已经超过 1.5 亿盏。

作为城市基础设施的重要组成部分,路灯在城市的交通、治安、人民生活 and 市容市貌建设中举足轻重,影响深广。

在国外尤其是一些欧美的发达国家中,城市道路照明从早期的钟控到现代的自适应分布式控制、计算机自动化集中控制路灯照明智能监控系统的应用极为广泛,在大中型城市及大部分小型城市已经普及。由于国外该类产品的市场化起步早,多种控制方式的系统并存,可靠性和普及率高,目前对新系统的需求量不强烈,所以路灯照明智能监控系统产品供应商并没有作为一个重要的行业产业链环节存在,只是由实力雄厚的照明、电气控制设备及现场总线设备制造商(如 Honeywell、Echelon、Siemens 等)作为其产品的附加应用方案而提供。

从 20 世纪 80 年代末开始,中国经济蓬勃发展,城市化进程不断加快,城市现代化管理方式和节能减排的需求日益迫切,因而路灯照明智能监控系统的推广应用和更新换代进入了快速发展期。国内的路灯照明智能监控系统应用发展,从 20 世纪 90 年代发展至今,已走过了 20 多年,从数据传输方面来看,共经历了 4 个阶段:

(1) 20 世纪 80 年代末采用 220V 强电有线的控制方式。

(2) 20 世纪 90 年代初期到中期利用电力线、电话线载波的控制方式。

(3) 20 世纪 90 年代中期至今采用 230MHz 专用频道进行无线数据传输控制方式。

(4) 21 世纪初期至今采用中国移动、中国联通的短消息和 GPRS/CDMA 无线公网进行数据传输的控制方式。

路灯照明智能监控终端采用的电子元件随着微电子技术的不断进步,从分离元件到现在集成度很高的大规模集成电路,体积越来越小,功能越来越强大,稳定性越来越高。

路灯照明智能监控系统使用的监控计算机,从 20 世纪 90 年代的奔腾 386、486 计算机,发展到现在的多核计算机,其性能呈几何级数提高。操作系统也从 20 世纪 80 至 90 年代的 DOS 等单任务 16 位操作系统,发展到现在的 Windows 7, Windows 8 等多任

务 32/64 位操作系统,操作系统的性能得到了大幅度的提高,并采用了大量的图形界面技术,使用户界面直观、交互更友好。

路灯照明智能监控系统管理软件也在逐渐升级换代,经历了以下发展阶段:

1) 第一代路灯照明智能监控软件

第一代路灯照明智能监控软件的显示界面、通信功能、数据存储均在一个程序中实现,只能在一台计算机上运行,适用于几个到几十个远端监控点。基本上处于开发试验阶段,稳定性,可靠性较差。系统的各类数据存储简单的文本文件或 Access 等数据库中,当历史数据积累到一定的数量后,数据操作的效率就会变得非常低。

第一代路灯照明智能监控软件为小型的专用软件,应用范围窄,不能满足规模较大的中小城市路灯照明智能管理系统需求。

2) 第二代路灯照明智能监控软件

第二代路灯照明智能监控软件实际上是第一代路灯照明智能监控软件经过一段时间运行后,根据用户的实际需要做出的改进版本,修改了第一代路灯照明智能监控软件存在的缺陷,提高了整个监控程序的稳定性和可靠性,同样只能在一台计算机上运行,适用于几十个远端监控点。

系统的数据存储后台仍然保留 Access 数据库,也有少量的换成了 Microsoft SQL Server 2000 数据库,解决了历史数据存储到一定的数量后,访问效率低的问题。

目前,在全国各地运行的路灯照明智能监控软件中还有很多是第二代路灯照明智能监控软件。

3) 第三代路灯照明智能监控软件

随着用户对路灯照明智能监控系统认识的深入,监控点数量的增加,为了适应上百个监控点的通信和实时数据处理的需要,有必要在总结前两代路灯照明智能监控软件的基础上,运用最新的现代计算机软硬件技术,重新从根本上对路灯照明智能监控软件进行设计,构建出一个能适应用户不断增加的功能需求,性能稳定可靠的路灯照明智能监控系统。

目前,第三代路灯照明智能监控软件正处于快速发展之中,其发展方向如下:

(1) 软件的开放性进一步提高,采用通用的数据交换方式协议与第三方软件共享数据,如 OPC、DDE、ODBC 等标准;

(2) 软件的通用性进一步增强,通过软件采用组态技术,避免了应用时二次开发的烦琐过程;

(3) 采用分布式多层结构的技术,如 OPCServer/OPCClient 架构的实现;

(4) 系统的通信方式更加先进、安全和可靠,如采用 SMS 或 GPRS/CDMA 无线公网方式传输数据。

近年来,随着我国城市建设的飞速发展,城市规模不断扩大,旧城改造如火如荼,城市路灯建设也走上快车道。从公开的报道可看到,不少城市的路灯数量成倍增长,路灯造型层出不穷,在解决城市夜晚照明,为市民创造夜间交往环境的同时,也出现了很多实际问题。在追求城市形象的指导原则下,一些城市追求“越亮越好”,一盏灯能满足要求偏要装两盏灯,照度水平远超国家标准;一些城市过分强调路灯的装饰性,重视路灯的白天造型,功能性反而被忽略了,对晚上的照明效果考虑不周。

同时,也有不少城市把主要精力放在夜景照明建设方面。城市夜景照明包括视觉景观、生态环境和行为场所等三个层次的内容,视觉景观、生态环境只是城市景观的表象和物理因素,更重要的在于行为场所,即人的活动。路灯影响着城市夜晚活动的开展和活跃程度,路灯设置合理,灯光环境适宜,市民夜晚更乐意外出活动,人们的交往强度增强,城市景观就更加引人入胜;路灯缺乏,安全度不高,市民夜晚必然减少户外活动次数,城市夜晚景观将变得乏味。

此外,在城市路灯照明的监控方面,还存在着很多的问题。主要体现在以下四个方面。

1) 开关灯方式落后

当前路灯照明控制,还停留在手动、光控、钟控方式。受季节、天气和人为因素影响非常大,自动化管理水平低,经常出现该亮的

灯不亮,该亮的区域不亮,该灭的灯不灭,该灭的区域不灭,极易造成能源浪费,增加了财政负担。对广大市民来说,容易形成“光污染”,增加了碳排放,恶化了生态环境。

2) 调节操控能力不足

当前路灯照明的调节操控,主要依靠手动现场操作或定时控,无法远程修改开关灯时间,更不能根据实际情况(天气突变、重大事件、节日)及时校时和修改开关灯时间。

3) 不具备路灯照明状况监测功能

现有的路灯照明设施管理工作主要采用人工巡查模式。不仅工作量大,还浪费人力、物力、财力。故障依据主要来源于巡视人员上报和市民投诉,缺乏主动性、及时性和可靠性,不能实时、准确、全面地监控全城的路灯照明运行状况,缺乏有效的故障预警机制。

4) 不具备设施防盗监测功能

当前路灯照明覆盖面积大,管理手段落后,无法准确和及时地发现电缆盗割、灯具被盗和断路等情况。一旦出现设备被盗的情形,晚间交通状况势必会受到影响,安全系数降低,除了公共资源受到损失之外,还会极大地影响市民的正常生活和人身安全。

综上所述,当前的路灯照明控制方式:在系统功能上,无远程控制,无实时控制,无单点管理,无集中式管理;在管理上,无数据监测管理,无法实时操控,巡检人员繁忙,巡检周期长,数据采集分析困难。从而造成更多的问题,例如:

- (1) 能源浪费;
- (2) 故障无预警;
- (3) 故障排除滞后;
- (4) 道路安全隐患;
- (5) 设备易被盗窃;
- (6) 点亮率及节能;
- (7) 成效无法量化。

1.2 道路照明发展趋势

节能减排是当前路灯照明的关注点之一,是路灯照明能否科学发展的关键所在。目前,路灯照明的节能减排工作主要体现在两个方面:一方面是对旧有的照明灯具的改造,具体体现在以LED路灯替换传统的荧光灯、金属卤化物灯、高压钠灯等;另一方面,用远程控制技术对路灯照明进行智能监控和科学管理。

相应地,我国路灯照明发展明显呈现出两大趋势。

1.2.1 路灯灯具的LED化

相对于传统的荧光灯、金属卤化物灯、高压钠灯,LED路灯具有明显的优势。主要体现在以下四个方面。

1) 发光效率高

传统路灯采用高压钠灯、汞灯为光源,它们的平均发光效率为 15lm/W ,现阶段 9m 以下高度的路灯为 250W , 10m 以上高度的路灯为 400W 。路灯在现阶段下的发光效率 $\geq 100\text{lm/W}$,随LED照明行业的不断发展、更新,LED大规模生产的效率可达 150lm/W ,实验室研发上的效率达到 200lm/W ,甚至更高。 60W 的LED路灯就可达到当今 400W 的高压钠灯同等的发光效率。

2) 功率损耗小

传统 7m 高的路灯的功率为 250W ,总功耗为 325W ; 9m 高的路灯的功率为 250W ,总功耗为 325W ; 10m 高的路灯的功率为 400W ,总功耗为 525W ; 12m 高的路灯的功率为 400W ,总功耗为 525W 。

相对而言,LED路灯的功耗要小得多。 7m 高的 48W LED路灯的总功耗 60W ; 9m 高的 72W LED路灯的总功耗为 93W ; 10m 高的 96W LED路灯的总功耗为 125W ; 12m 高的 120W LED路灯的总功耗为 156W 。