浅析智能照明系统在数据中心的应用

王大晓，浦培林，刘　彬，张　劲

（招商银行，广东 深圳 510000）

摘要：智能照明系统逐渐在数据中心设计和建设中落地，且应用场景不断丰富，同时也逐步在数据中心改造中进行体现。结合数据中心照明系统的实际案例，分析不同的照明模式的优缺点，为数据中心智能照明的应用进行探索。在进行智能照明系统的建设和改造中，数据中心的建设和管理者应该从节能、成本和运维管理等方面综合考虑，并充分利用现场条件。相信智能照明系统将以多样化的形式应用在数据中心中。

关键词：数据中心；智能照明；节能；运维；便利性

Research on application of intelligent lighting system in datacenters

WANG Daxiao, PU Peilin, LIU Bin, ZHANG Jin

(China Merchants Bank, Shenzhen 510000, China)

Abstract: More and more managers apply intelligent lighting system in their data centers which are new building or reformed, and employed in different areas. Modes of lighting system which installed in our data center rooms to provide some useful ideas for data center managers are analyzed. Maybe one lighting mode can adapt to one scenario when the mangers design, operate and maintain it in the right way. And mangers need to consider saving power, cost and maintaining at the same time. In the future, variety of intelligent lighting system will applied in more data centers.

Key words: data center; intelligent lighting; energy conservation; operation and maintenance; convenient

0　引言

随着信息化和智能化技术的发展，智能化产品逐渐普及，智能照明系统也逐步进入使用者的视野。对于智能照明的控制方法和策略的研究也在持续进行着，如ZigBee、C-Bus、PLC和以太网等[1-6]。同时，相关学者对于智能照明在不同场景下的应用也在不断探索，比如从商业建筑和住宅楼到地铁、图书馆等[7-10]。数据中心本身作为信息技术的集成者，较为容易接纳智能化产品。

此外，数据中心作为社会中的用电大户，2018年我国数据中心所耗电量约占全社会耗电量的2.35%，预计未来5年的年增长率将达到10.64%。其中，数据中心照明系统用耗电量约占数据中心用电量的2%。照明系统所散发的热量需要占用数据中心的制冷量，据统计，数据中心机房内照明系统所需的冷量约占数据中心总需冷量的10%。所以，对于数据中心照明系统的节能不仅仅是环保的要求，也与降低运维成本有着直接的关系。

目前，数据中心的照明系统设计中，逐步从传统的开关控制模式为主[11-13]，向智能照明系统进行过渡，智能照明系统逐步应用在新建数据中心中。随着智能化运维概念的不断深化，节能环保要求的提高，数据中心运维管理人员和数据中

心设计人员进一步意识到智能照明的必要性。随着智能照明系统产品质量的不断提高，成本继续降低，在产品可靠性和安装维护便利性得到保障的前提下，其良好的节能效果将对数据中心建设者和运维管理者有更大吸引力。

照明系统中，不同的控制模式和控制策略有其各自的优缺点。本文从节能、运维便利性和成本等几个方面对传统照明模式、检测式照明系统和智能照明系统在数据中心的应用进行分析，为同业技术人员在进行数据中心智能照明设计、建设或者改造提供参考。此外，本文案例中的照明系统所使用的灯具为相同规格和数量。

1 照明系统

照明系统依据其控制灯具的模式可以分为传统照明系统、检测式照明系统和智能照明系统。

1.1 传统照明系统

传统照明系统是通过照明配电箱和照明开关配合对系统中的灯具进行控制。数据中心机房常见的照明灯具布置方式是依据机柜布局在冷通道和热通道进行排列，出于照明灯具的控制和布线的考虑，数据中心机房的照明往往是一排灯具共用一个断路器和按钮开关。传统照明系统的配电系统简图如图1所示。

照明配电箱中总断路器（图1中用K表示）控制房间内的所有灯具供电，分支开关（图中未标示）和按钮开关（图1中K_1～K_5）控制一路或者几路灯具。

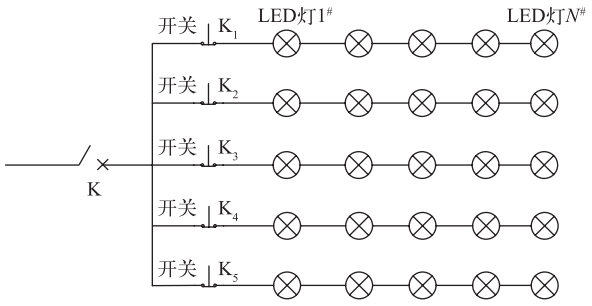

图 1 传统照明系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of traditional lighting system

1.2 检测式照明系统

检测式照明系统是在不改变传统照明的配电模式情况下，引入了传感器和控制器。检测式照明系统的运行模式一般分为自动模式和手动模式。在控制器处于自动模式时，传感器接收信号后，控制器判断是否开启某一路灯具或几路灯具。通过传感器和控制器的逻辑设定来进行灯具的控制，无须按钮开关的介入。当控制器设置为手动模式时，传感器则不介入照明系统的运行，由按钮开关控制灯具的开关。图2为检测式照明系统示意图。

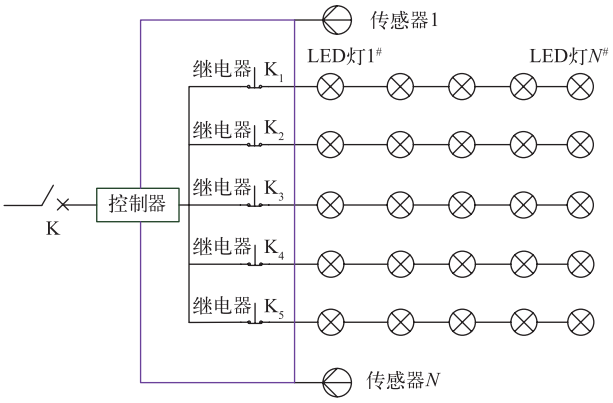

图 2 检测式照明系统示意图

Fig. 2 Schematic diagram of detection lighting system

1.3 智能照明系统

智能照明系统是将传感器技术、网络技术和智能管理技术等融合为一体，通过多种技术来进行照明灯具的控制，进而达到节能增效的目的。市场上成熟的产品还具备远程操作、能源管理、故障管理和工作模式管理等综合管理功能。智能照明系统有多种配置模式，图3所示的智能照明系统方案1是采用PoE交换机为传感器提供电源，传感器在进行信号探测、传输的同时为灯具供电。传感器探测信号传递PoE交换机后，交换机根据其设定的工作模式来控制灯具。管理主机将所有灯具的运行信息进行存储、分析，以及阈值告警。此外，智能照明系统还可接入到数据中心的动力环境监控系统，便于运维管理人员对数据中心基础设施的统一管理。

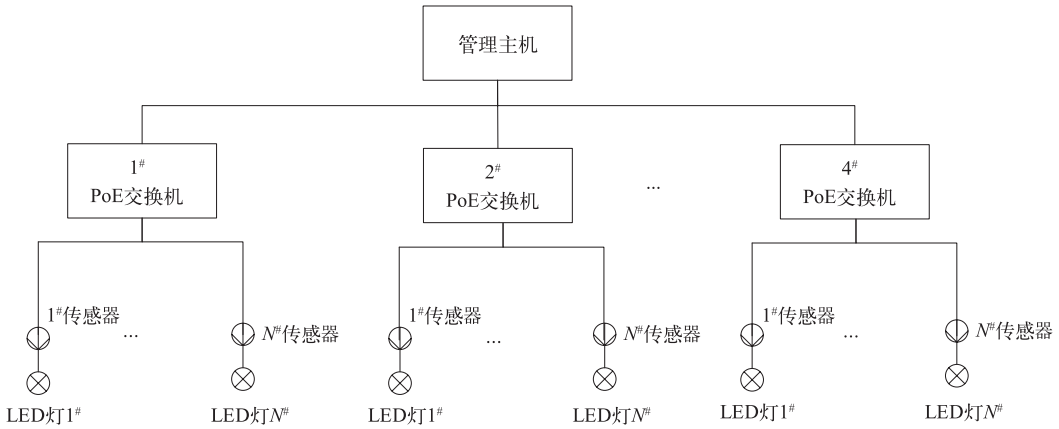

图 3　智能照明方案 1 系统图

Fig. 3 System diagram of intelligent lighting scheme 1

图4所示的智能照明系统方案2是笔者结合安防系统的又一种探索，其中，视频监控系统的红外摄像机通过其移动侦测功能探测数据中心内人员的移动，视频监控系统监控视频录像的启动来发送照明灯具开启信号，动力环境监控系统将信号传递到照明控制箱，照明控制箱将对应区域的照明灯具打开。在视频监控系统检测到该区域无工作人员时，则通过照明控制箱将该区域的所有照明灯具关闭，通过充分利用数据中心现有系统，实现跨系统的融合和照明系统的智能化，降低照明系统建设和改造成本，节约电力资源。

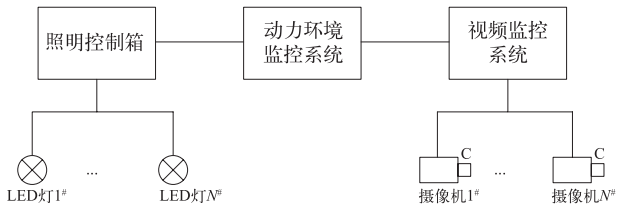

图 4　智能照明方案 2 系统图

Fig. 4 System diagram of intelligent lighting scheme 2

2　照明系统分析

照明系统在数据中心属于容易被忽略但又必不可少的组成部分。在本文中所作的案例分析中，四种照明系统应用的场合为相同面积、相同布局的数据中心机房，照明系统所使用的灯具规格、数量和供电来源均保持一致，因数据中心部署业务基本类似，每个机房人员出入引起的灯具开闭情况保持一致。

数据中心照明系统由两部分组成：日常照明和应急照明。其中，日常照明由市电供电，应急照明配备后备电源，保证在市电中断时，应急照明依旧正常工作。案例中，4个数据中心机房照明系统均由10路照明组成。对于传统照明、检测式照明系统和智能照明系统方案2中，灯具均由220 V市电供电，智能照明系统方案1中，所有灯具均接入不间断电源系统，通过PoE交换机进行供电。且智能照明系统方案1考虑最低照度要求，在无人进入机房状态下，灯具照度设置为正常时的20%；在人员进入灯具传感器区域时，灯具亮度转变为100%，在人员离开1 min后，灯具自动转变为20%的亮度；智能照明系统方案1房间内不另设应急灯具。

2.1　建设成本分析

传统照明、检测式照明系统和智能照明系统方案2均采用220 V市电进行供电，其不同之处是，检测式照明系统引入了传感器和控制器，通过传感器和控制器的配合来开断照明系统电源，紧急情况下可以手动控制照明电源。智能照明系统方案2中，照明灯具通过配电箱增加控制模块实现照明灯具工作与关闭。智能照明系统方案1采用PoE交换机供电，在PoE交换机和管理主机电源接通后，交换机和灯具之间、交换机和管理主机之间属于弱电的管理范围，可以作为综合布

线的一部分。

从设计复杂度、施工难度、调试难度和成本四个方面对四种照明模式进行分析，如下表所示。由于智能照明系统方案1涉及网络、管理平台和传感器等方面，其对设计的要求较高，设计复杂度也最高。智能照明系统方案2涉及安防系统和照明系统联动调试，对安防系统的信号依赖较大，且调试难度大。检测式照明系统引入了传感器和控制器，其设计难度高于传统照明系统。

表　照明系统建设难度及成本对比

Tab. Difficulty and cost comparison of lighting system construction

	设计复杂度	施工难度	调试难度	成本
传统照明系统	低	中	低	低
检测式照明系统	中	高	中	中
智能照明系统方案 1	高	低	高	高
智能照明系统方案 2	低	低	高	低

施工难度方面，由于智能照明系统方案1属于综合布线的范畴，可以利用机房现有的布线桥架，施工难度较低。传统照明系统和检测式照明系统需要部署强电线槽盒将电源线引入灯具。智能照明系统方案2施工难度和传统照明系统类似，施工难度较低。此外，由于检测式照明系统引入了传感器和控制器，需要另外部署传感器信号线和控制器接入照明配电箱，所以检测式照明系统施工难度最高。

对于调试难度而言，传统照明系统检测强电线路和照明灯具即可。检测式照明系统除检测强电线路和灯具外，还需要调试传感器安装位置、传感器灵敏度和控制器控制效果等方面。智能照明系统方案1需要检测灯具、弱电线路、传感器功能、工作模式调试和管理软件调试等。智能照明系统方案2需要和安防系统对接，调试难度高。

从成本分析，智能照明系统方案1为传统式照明系统的2～3倍，检测式照明系统约为传统式照明系统的1.5倍，智能照明系统方案2和传统照明系统成本相差不大。

2.2　运维管理分析

数据中心运维管理工作在向规范化和标准化转变，运维管理人员希望数据中心基础设施不发生故障。当然，故障的发生难以避免。在故障发生后，运维管理人员希望能够快速得知故障发生，然后快速定位故障，及时解决故障，在解决故障的同时不影响其他设备或系统的正常运行。

由于传统照明系统、检测式照明系统和智能照明系统方案2的灯具往往是采取串联的形式，由一个开关控制1路灯具（本文案例中为14盏灯具），在机房照明系统发生故障时影响范围较大。智能照明系统方案1中，管理平台能够将每盏灯具和传感器的故障信息通过短信或者声音的方式告知运维管理人员，便于进行故障的定位和解决，且每盏灯具之间是解耦的关系，影响范围小。

在照明系统故障情况下，传统照明系统较为容易进行故障的定位和排查。检测式照明系统中，传感器和控制器的故障也将导致机房照明系统失效，这增加了故障的定位和处理难度。智能照明系统方案2需要和安防系统配合进行问题排查。智能照明系统方案1中灯具和传感器与PoE交换机之间呈放射状连接，其线路、灯具、传感器和PoE交换机之间的解耦特性问题解决和排查较为容易。线路发生故障，更换网线即可，PoE交换机更换中，更换单台PoE交换机，不影响其他照明回路的使用，且智能照明系统方案1中，灯具由12 V低电压供电，维护期间，维护人员人身安全更有保障。

此外，传统照明系统、检测式照明系统和智能照明系统方案2的强电布线，线缆与灯具的连接为手工操作接线，存在一定的安全隐患。智能照明则采用PoE供电模式，为弱电供电模式，且线缆可以采用工厂成品的网络跳线进行布线。

数据中心机房的传统照明系统、检测式照明系统和智能照明系统方案2应急照明由UPS供电，日常照明由市电直接供电，增加了照明供电系统复杂度。对于智能照明系统方案1而言，应急照明和日常照明均采用UPS供电，灯具供电的

复杂度相对较低，但需要相应增加UPS的容量。

在日常运维管理中，传统照明系统、检测式照明系统和智能照明系统方案2的能效监测需要借助第三方监控系统实现能效管理。智能照明系统方案1有成熟的解决方案，其后台管理软件能够对数据中心的照明系统进行能源管理、数据分析等，便于运维管理人员对数据中心整体能效进行分析。

2.3 能耗分析

传统照明系统主要依靠人员去手动进行照明的开启和熄灭，若人员忘记熄灭，则所有灯具均处于长亮状态。检测式照明系统依靠传感器控制其中1个回路的开启和熄灭，当人员进入通道内，传感器将该通道内的照明开启，若人员仅在一个通道内活动，则仅该通道1个照明回路亮起。人员离开1 min，该回路照明熄灭。智能照明系统方案1在每个灯具均部署一个传感器，在人员进入传感器区域后，在1 s内感应到移动物体的相邻灯具亮度由20%提高到100%，其他灯具保持原状；在人员离开1 min后，灯具亮度恢复到20%。智能照明系统方案2通过摄像头移动侦测检测机房内的人员情况，然后通过继电器控制机房内的灯具开关。

关于四种照明模式的能耗分析如图5和图6所示。图5对比了传统照明和检测式照明系统在每日长亮1～24 h的情况下，该房间的月度耗电量。其中，检测式照明系统又细分为每次1个回路照明亮起至每次5个回路亮起的情况下，机房照明系统的月度用电量。在实际中，检测式照明系统月度最低能耗为57.42 kW·h。图6为2019年随机挑选某周用电量，采样间隔为3 min进行一次采样，月均用电量约为271 kW·h。智能照明系统方案2，通过在配电箱电量仪读取数据，在2020年上半年月平均用电量为55.0 kW·h。

若对智能照明系统方案1设置进行优化，则能进一步降低照明系统能耗。若智能照明系统方案1设置为人来灯亮人走灯熄灭的模式，则智能照明模式最为节能，耗电量约为25 kW·h。

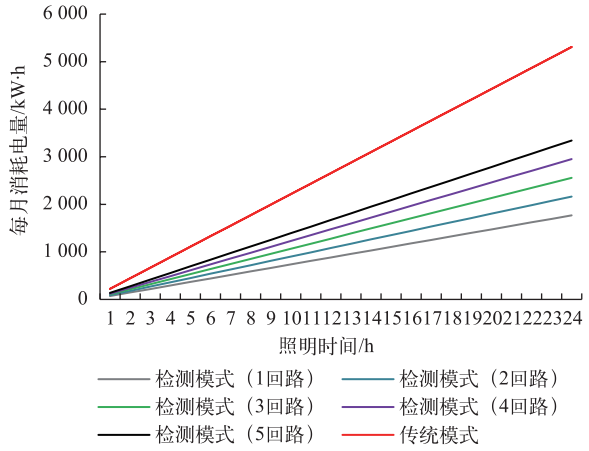

图 5 传统照明和检测式照明系统的月耗电量

Fig. 5 Monthly power consumption of traditional lighting and detection lighting system

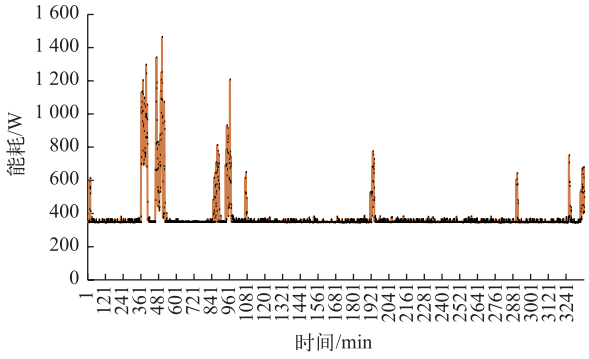

图 6 智能照明系统方案 1 的能耗情况统计

Fig. 6 Energy consumption statistics of intelligent lighting system scheme 1

2.4 小结

传统照明系统使用便利性较差，可能会导致较大的电力消耗。检测式照明相比传统式照明系统而言，具备较好的便利性，但存在传感器误触发情况，建设成本相比智能照明系统方案1低，但比智能照明系统方案2高。智能照明系统方案1智能照明的灯具亮度和控制模式可以根据不同的需求进行调整，成本最高。智能照明系统方案2适合现有机房照明系统改造。

3 结束语

本文针对传统照明系统、检测式照明系统、智能照明系统方案1和智能照明系统方案2在数据中心机房的应用，从建设成本、运维管理和能耗

等方面对四种照明系统进行了分析和对比。目前来看，越来越多的数据中心采用智能照明系统，随着技术的成熟，智能照明系统的成本逐步降低，模式也将更加多样化。笔者认为，未来PoE供电的照明和安防系统或人员管理系统的联动将是智能照明的趋势，不仅在能效管理方面具有优势，还在成本方面具有优势。**EA**

参考文献

[1] 刘敢峰，谢锋，吴明光．智能照明系统的研制与开发[J]．微电子学，2003，33(1)：78-80．
[2] 詹杰，吴伶锡，唐志军．基于ZigBee的智能照明控制系统设计与实现[J]．电力电子技术，2007，41(10)：25-26．
[3] 张云洲，吴成东，晋亮．基于C-Bus总线的智能照明控制系统设计[J]．控制工程，2008，15(2)：182-184．
[4] 俞建．基于ZigBee无线传感网络的LED智能照明控制系统的研究[D]．杭州：浙江工业大学，2012．
[5] GARCÍA E，RODRÍGUEZ S，PAZ J F D，et al．Intelligent lighting control System[J]．Electrical Technology of Intelligent Buildings，2010，290：195-207．
[6] 王敏，武阳，王宁．基于物联网架构的智能照明系统的设计与实现[J]．电工技术学报，2015(增刊1)：110-114．
[7] 陈涛．照明控制与自动化系统的完美结合——智能照明控制系统的再认识[C]．全国建筑电气设计技术协作及情报交流网年会，2003：62-67．
[8] YIN W，XIAO H，LIU S，et al．Intelligent lighting control system using illumination sensor for office building[J]．Sensor Letters，2014，12(2)：236-240．
[9] 向东．广州地铁四号线照明控制系统研究[J]．建筑电气，2007，26(12)：49-51．
[10] 杨毅．智能照明系统在图书馆的应用研究[J]．图书馆工作与研究，2017(增刊1)：38-42．
[11] 何孝发．IDC工程中的照明设计若干问题[J]．智能建筑电气技术，2011，5(5)：29-33．
[12] 任福胜．简析数据中心的电气设计[J]．建筑电气，2010，29(11)：26-34．
[13] 杨涛．数据中心设计相关问题探讨[J]．智能建筑与城市信息，2010(4)：91-93．

作者简介

王大晓

王大晓（1986—），男，工程师，从事数据中心建设和日常运维工作。

(收稿日期：2021-07-16)