

北京某精密机房的照明设计研究

戴 虎

国网经济技术研究院有限公司徐州勘测设计中心, 江苏 徐州 221000

[摘要]随着大数据与互联网+的快速发展,数据中心的建设工作也在各行各业中快速展开,尤其大型企业的数
据收集与处理工作更是离不开计算机数据中心的建设。文章正是在实际工程中对北京市某大型精密数据中
心计算机机房的装修设计进行了前期设计研究,其中针对业主提出的绿色节能,智能环保的概念,进行了专
门的照明设计的研究,可以说从另一个角度研究了本数据中心的用电设计。

[关键词]灯具种类; LED; 照度计算; 智能照明; 全寿命分析

DOI: 10.33142/aem.v2i9.3029

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Research on Lighting Design of a Precision Machine Room in Beijing

DAI Hu

Xuzhou Survey and Design Center of State Grid Economic and Technological Research Institute Co., LTD., Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

Abstract: With the rapid development of big data and Internet +, the construction of data centers is also rapidly spreading in all walks of life, especially the data collection and processing of large enterprises is inseparable from the construction of computer data centers. The paper is in the actual project in Beijing a large precise data center computer room decorate a design to carry on the preliminary design research, including to the owners of green, energy saving, intelligent the concept of environmental protection, in order to carry on the specialized lighting design research and can from another angle to study the electrical design of this data center.

Keywords: type of lamps; LED; luminance calculation; intelligent lighting; whole life analysis

本工程为北京市某大型精密数据机房,已建成了五层共计约 25000 平方米综合数据中心楼,其中一期装修工程为地下一层、一层及二层,本期工程为二期装修工程,主要考虑三层及四层的装修,现针对计算机机房的照明进行研究。

1 灯具种类比选

1.1 LED 灯与传统日光灯对比

传统日光灯的效率非常低,只有 5% 的电能转化成了光,绝大部分的电能都转化成热能而浪费了。现有的 LED 光源节能效率极高,甚至比个别如光灯光源节能在 80% 以上,使用寿命比传统日光灯亦高出许多,几乎免维护,很少需要更换灯具附件,约半年下来节省的费用就可以换回成本。同时,相较于普通日光灯光源,LED 光源对于人的视力保护也更优越,3500K 的暖白色营造一个温馨感人的环境,7000K 的冷光源给人视觉上清凉的感受,人性化的照度差异设计,更有助于集中精神,提高效率。总结下来,LED 日光灯替代掉日光灯已成为了必然趋势。

采用 LED 灯具时,本工程两层的所有灯具平均每只灯具功率为 43.12W;采用传统日光灯时,两层的所有灯具平均每只灯具功率为 78.75W。使用年限为 30 年。

表 1 LED 日光灯与传统日光灯比较表

性能指标	LED 日光灯	传统日光灯
功率	43.12W	78.75W
光源	进口超高亮 LED 白光	荧光粉
照度 (2m 距离)	>90 lux(1200mm)	85 lux(1200mm)
外观	无任何危险、光线柔和、光谱纯	玻璃易爆、光线较强
频闪	无	启动较慢、易闪烁、随交流电变化,旧灯明显,视觉容易疲劳

色温和显色性	常用正白光，可制造不同的色温 显色指数在 70 以上	光色正白 显色性一般 70
使用寿命	50000 小时以上（实际） 100000 小时以上（理论）	一般为 3000 小时 最高档的约 10000 小时
效率	>83%	>58%
功率因子	>95%	>75%
环保	绿色	-
每年消耗电能	365 天×8H×0.04312kW×1121 支 =141145.5584KWH	365 天×8H×0.07875kW×1121 支 =257773.95KWH
节能(年电费)	141145.5584KWH×0.6895 元/度=97319.86252 元/年	257773.95KWH×0.6895 元/度=177735.1385 元/年
维修成本	无任何维修费用	灯管、启辉器易老化需经常更换
成本回收	约半年即可收回成本，且以后每年节约电费、维护费 90%	

*备注：此表是取 LED 日光灯 20W 与传统日光灯 40W 的比较计算；电价以 2019 年北京市普通非工业电价计费。

1.2 LED 灯与普通金卤灯对比

目前市面上已有的普通金卤灯具有以下特性

1) 耗电：灯本身+电感镇流器，金属卤化物灯功耗很大，然而，其照明效率极低，仅有一部分功耗转化为光能量，很大一部分转化为了热能。

2) 光辐射：金属卤化物灯的光源中含有大量不可见光，其中紫外线高达 36%左右，可见光比例低，有效视觉光效低。照明环境呈现出青灰色的“不可见光雾”，照明环境缺少视觉清晰、真实感。紫外线对人眼睛伤害较大。

3) 光电转换：金卤灯的光电能量转换效率也比较低，有一部分电能由灯本身和镇流器直接转化成了热能。另有一部分电能，在转换成不可见光后辐射到空间中，由空间介质转换成热能。

4) 光衰：尽管金卤灯的初始光效比较高，但在第一阶段光衰快速阶段，其耗电量很大，发光效率低，实质也就进入了低光效运行状态。金卤灯在实际应用中，也不可能以一个极短的时间区间为单位，频繁地更换金卤灯泡。由此可知，金卤灯在实际照明运行中，真正实际的启辉点燃状态，就是低光效状态。

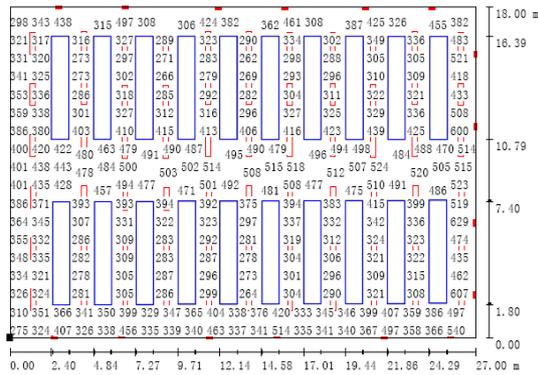
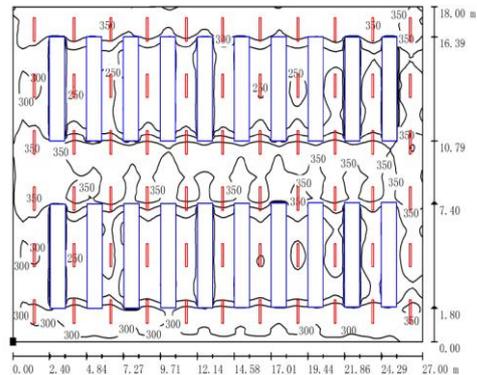
1.3 LED 灯具与同等亮度节能灯耗能比较

表 2 LED 灯具与同等亮度节能灯耗能比较

No.	产品类型	功率	耗电/小时（单位：度）	节能
1	LED 电子节能灯	3W	0.003	37.50%
	普通节能灯	5W	0.005	
2	LED 电子节能灯	7W	0.007	36.36%
	普通节能灯	15W	0.015	
3	LED 日光灯管	9W	0.009	33.33%
	普通节能灯管	18W	0.018	
4	LED 日光灯管	13W	0.013	39.53%
	普通节能灯管	30W	0.030	
5	LED 日光灯管	18W	0.018	33.33%
	普通节能灯管	36W	0.036	

2 LED 本期工程应用

2.1 工程概况


图1 单个服务器机房点照度图

图2 单个服务器机房不装设吊顶使用荧光灯的等照度图

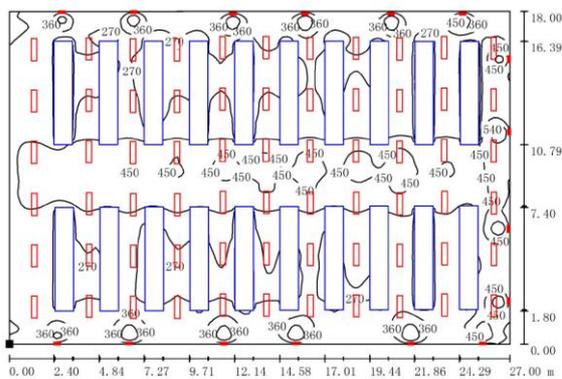
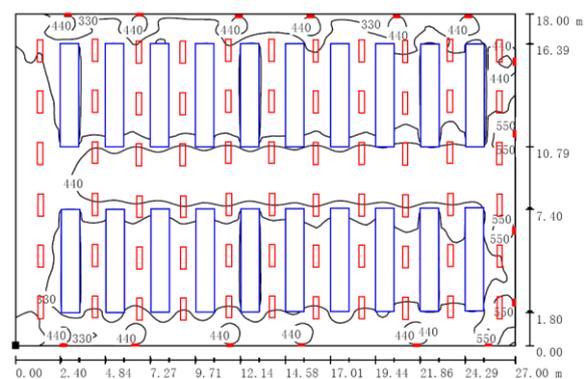
本期机房建设项目涵盖楼内三层 5025m²，四层 4857m²，共计 9882m²的机房及配套基础设施的建设。照明部分的设计执行了如下规范：《计算机场地通用规范》GB 2887、《电子计算机机房设计规范》GB50174、《建筑照明设计标准》GB50034、《公共建筑节能设计标准》GB50189。

2.2 工程研究

本期服务器机房考虑工作面照度目标值为 300lx，功率密度 11W/m²。以本工程单个服务器机房为目标样本，使用专业照明计算软件 DIALux 的计算平台进行了研究计算。这里我们以已有的建筑参数为基础，以高效 LED 灯具为特定对象，在三维空间中建立建筑模型，通过 DIALux 的计算得到如下的点照度图：

计算结果显示，工作面平均照度达到了 373lx，最大点照度更是达到了 686lx，完全满足了机房的运维照明条件，符合上述相关国标的规定，且功率密度仅为 6.91W/m²，远远低于 11W/m²的要求值，真正实现了照明的节能。

同时，我们决定从另一个角度对本期工程的灯具选择进行样本分析，我们仍然以本工程单个服务器机房为目标样本，使用专业照明计算软件 DIALux 的计算平台进行研究计算。得到下面的结果：


图3 单个服务器机房不装设吊顶使用 LED 灯的等照度图

图4 单个服务器机房装设吊顶使用 LED 灯的等照度图

上图为该服务器机房不装设吊顶的情况下使用荧光灯的等照度计算结果，在 0.8m 的工作面高度上，平均照度为 296lx，功率密度为 7.6W/m²。

上图为该服务器机房在不装设吊顶的情况下使用 LED 灯具的等照度计算结果，在 0.8m 工作面高度上，平均照度为 344lx，7.23W/m²。

上图为该服务器机房在装设吊顶的情况下使用 LED 灯具的等照度计算结果，在 0.8m 工作面高度上，平均照度为 373lx，6.91W/m²。

由模拟数据可得，在相同的房间内，装设吊顶可以很好地提高房间的照度；而在相同房间内室型指数相同即均不加装吊顶的情况下，LED 灯具的照明效果比普通荧光灯出色很多。

3 智能化照明控制系统

3.1 智能化照明控制平台

目前，市面上较为先进的智能化照明控制系统多采用两种平台：有线技术平台和电力载波技术平台。

有线技术平台：有线技术平台的输入设备包括液晶显示触摸屏、控制面板、智能电表、传感器，输出设备包括继电器输出模块、调光输出模块，系统设备包括供电单元、智能网关、场景定时模块、通讯协议转换模块等。

电力载波技术平台：电力载波技术平台的输入设备包括液晶显示触摸屏、遥控器、控制面板、智能电表、传感器，输出设备包括节点控制器，系统设备包括集中控制器。这两种平台都是通过中央监控软件在控制后台进行监控与操作。本工程计划采用电力载波技术平台。

3.2 智能化照明系统功能

(1) 远程实时操控

楼内的智能照明控制系统设备可以采用电力载波传输信号。在控制室即可对整栋楼的照明灯具进行远程实时操控。

(2) 定时开关灯控制

可根据地理信息，当地日出日落数据等动态精确调整开关灯时间，亦可设定临时开关灯执行时间。

(3) 自动感应调光功能

机房区域照明可自动根据环境照度进行调光，以达到恒照度和低碳、节能效果。

(4) 数据采集、储存、查询和打印功能

当前照明系统的运行电参数（电压、电流、功率、功率因数等）；任意历史时段的运行电参数；各类数据曲线图表。

(5) 现场手动控制功能

在现场安装智能开关面板，可根据需要现场手动控制所有回路的照明开关。

(6) 分级权限设置功能

通过设定各级人员相应权限和密码，防止非授权人操作，确保系统安全可靠。

(7) 地理图文显示功能

监控界面采用简易地理图文显示，可实现城区矢量化电子地图，达到图文并茂、界面美观和使用方便的效果。

(8) 系统增容扩容功能

系统具有灵活的远程终端增减扩容功能，可动态增加、删除终端设备，无需修改地图。

4 照明部分全寿命周期设计分析及管理研究

4.1 照明灯具全寿命周期设计分析及管理研究

建筑物中采用效率高、寿命长、性能稳定的 LED 照明灯具代替常规节能荧光灯，可以达到节约照明用电、减少环境及光污染的要求。LED 光源的基本特征：①发光效率高；②耗电量少；③使用寿命长；④安全可靠性强，发热量低，无热辐射性，冷光源；⑤节能环保。

室内照明还可以考虑减少灯具使用时间达到节能目的。对于公共场所可采取自动控制的方式，即人来灯亮，人走灯灭，以人为本。同时，考虑到照明线路的功率损耗，对于面积较小的房间可灵活的采用一盏灯一个手控按钮，或者两盏灯一个手控按钮，而对于面积较大的房间可以采用多盏灯一个或者两个控制按钮的控制方式。这里需要注意，按钮的控制也要满足相关规范的设置要求。

若以本期工程为例进行剖析，选择 48W 的 LED 光源灯具代替 72W 节能荧光灯。进行经济比选的结果如下：

表 3 经济比选

项 目		光 源		备 注
		节能荧光灯 (72W)	LED 高效灯 (48W)	
初期投入	购灯费用	400 元	1800 元	
耗 电 量	有效功率	55W	48W	
	实际功率	72W	48W	
	每天耗电量	0.576kWh/支	0.384kWh/支	以每天工作 8 小时计算
	每年耗电量	210.24kWh/支	140.16kWh/支	以一年 365 天计算
电 费	每年电费	144.96 元/支	96.64 元/支	北京市 2019 年非工业照明用电电费标准为 0.6895 元/度
	每年可节省电费	48.32 元		

项 目		光 源	节能荧光灯 (72W)	LED 高效灯 (48W)	备 注
维 修 费 用	灯 管	寿 命	1 年 (4380h)	10 年 (43800h)	
		更 换 次 数	10 次	0	
		单 价	100 元	0	
		小 计	1000 元	0	
	镇 流 器	寿 命	3 年	0	
		更 换 次 数	3 次	0	
		单 价	100 元	0	
		小 计	300 元	0	
	人 工 费		200 元	0	20 元/次
	小 计		1500 元	0	
使用 10 年的成本合计			3349.6 元	2766.4	节省费用为 583.2 元

注：传统日光灯管 28W 的功率因数是 0.65；新型 TLED 日光灯光源的功率因数是 0.95 以上。

通过查表可知，在室型指数相同的情况下，72W 节能型荧光灯的利用系数约为 0.73，48W 高效 LED 灯的利用系数约为 0.88，那么为达到相同的照度，节能型荧光灯的数量将是 LED 高效灯的 1.22 倍。以上表数据位计算依据，在达到相同照度的条件下，当本工程建筑使用年限为 30 年时，每只节能型荧光灯使用 30 年的总费用约为 $3349.6 \times 3 \times 1.22 = 12259.5$ 元，LED 高效灯使用 30 年的总费用约为 $2766.4 \times 3 + 200 \times 3 = 8899.2$ 元，本期工程每个机房共使用灯具 66 只，则每个机房在全寿命周期内使用 LED 灯具可节约费用约 23 万元。工程全寿命周期总体节约费用约 266 万元。

由上述全寿命周期经济对比可知，引入 LED 照明灯具后，灯具在寿命周期内能耗和检修成本将大幅减少，符合本工程节能、环保的要求。

4.2 照明灯具全寿命周期设计分析及管理研究

本期工程的照明系统考虑采用智能化照明控制系统，可以分时段、分区域、分场景的控制目标范围内的所有灯具。

表 4 8 个机房手动控制与自动控制的经济对比

项 目		控制方式	手动控制	智能控制	备 注
初期投入	购置费用		0	40000 元	
耗电量	每天耗电量		229.76kWh	38.816kWh	以每天工作 8 小时计算
	每年耗电量		83862.4kWh	14167.84kWh	以一年 365 天计算
电 费	每年电费		57823.125 元	9768.726 元	北京市 2019 年非工业照明用电电费标准为 0.6895 元/度
	每年可节省电费		48054.4 元		
维护费用	维护与运行费用		0	0	需不时更换手扳开关
使用 30 年的成本合计 (万元)			173.47	33.306	节省费用约为 140.2 万元

注：传统日光灯管 28W 的功率因数是 0.65；新型 TLED 日光灯光源的功率因数是 0.95 以上。

上表中的对比仅为服务器机房部分的经济对比，由于该系统具有很强的可扩展性，故本期工程考虑在其它房间也尽量使用智能化照明控制系统。从而将大幅度降低运行成本，符合本工程绿色节能、智能环保的要求。

[参考文献]

- [1] 北京照明学会照明设计专业委员会编出版社. 照明设计手册 [M]. 第二版. 北京: 中国电力出版社, 2006.
 [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑照明设计规范 (GB50034-2013) [Z]. 2014-06-01.

作者简介：戴虎 (1985.9-) 男，毕业院校：东北大学，专业：自动化，单位：国网经济技术研究院有限公司徐州勘测设计中心，职务：电气设计，职称：工程师。