

LED 光源在港口道路中的应用

陈 虎

连云港港口集团供电工程有限公司, 江苏 连云港 222046

[摘要]连云港港口集团港区内路灯照明在 2010 年之前均采用高压钠灯作为主打照明灯具, 它的使用有悖于国家提倡的节能减排理念, 也脱离了港口人要打造绿色港口的精神。必须要寻找一款环保型灯具作为代替品, 才能达到港区实现绿色照明的规划。LED 照明灯具的应用彻底解决了问题, 是港区道路照明的一次飞跃, 是利国利民的一次壮举, 更是放眼未来的一次选择。

[关键词]节能减排; 对比; 环保

DOI: 10.33142/aem.v4i11.7404

中图分类号: TM923.48

文献标识码: A

Application of LED Light Source in Port Roads

CHEN Hu

Lianyungang Port Group Power Supply Engineering Co., Ltd., Lianyungang, Jiangsu, 222046, China

Abstract: Before 2010, the street lighting in Lianyungang Port Group port area used high-pressure sodium lamp as the main lighting fixture, which is contrary to the concept of energy conservation and emission reduction advocated by the state, and also divorced from the spirit of port people to build a green port. We must find an environment-friendly lamp as a substitute to achieve the planning of green lighting in the port area. The application of LED lighting fixtures has completely solved the problem. It is a leap in road lighting in the port area, a feat that benefits the country and the people, and a choice for the future.

Keywords: energy conservation and emission reduction; contrast; environment protection

为了能贯彻执行该项指标,就必须使用节能环保型产品来代替耗能产品。正文中所写的 LED 灯便是节能环保型灯具,是世界先进的绿色照明产品。

为积极响应国家节能减排的号召,将连云港建设成为一个绿色环保的现代化国际大港口。2009 年,我公司按照集团节能工作的要求,在连云港港口道路照明工程中,尝试使用世界先进的绿色照明产品——大功率 LED 照明灯具。通过半年使用发现与传统照明灯具相比,可节能 50% 左右,在相同的道路照明条件下,节能明显。我公司与 2010 年 6 月完成了对港口南输港道路路灯照明的改造,将原有的高压钠灯照明全部更换为 LED 灯照明。现将相关情况如下: LED 灯简介, LED 灯, 英文为 (Light Emitting Diode), 简称是发光二极管,是一种固态的半导体器件,它可以直接把电转化为光。LED 灯的心脏是一个半导体芯片,芯片的一端连接在支架上,一端为负极,另一端连接电源的正极,这样整个芯片就被环氧树脂封装起来了。半导体芯片由两个部分组成,一个是空穴占主导地位的 p 型半导体,另一个是电子占主导地位的 n 型半导体。当电流通过导线施加到芯片上时,电子被推入 p 区,在那里它们与空穴结合并以光子的形式发射出能量,这就是 led 发光的原因。光的波长,光的颜色,是由形成 P-N 结的材料决定的。因为 LED 灯发热不高,把电能尽可能多地转化为光能,而普通灯因为发热,把大量电能转化为热能,浪费掉了。对比而言,LED 照明的优越性便得以显现。

1 LED 灯具备以下特点:

1.1 高效节能

在同样的亮度下, 3W LED 节能灯消耗 1 千瓦时可达 333 小时,而 60W 白炽灯消耗 17 小时, 5W 节能灯消耗 200 小时。

1.2 超长寿命

半导体芯片灯,无灯丝,无玻璃泡,不怕振动,不易破碎,使用寿命可达 5 万小时(普通白炽灯使用寿命仅 1000 小时,普通节能灯使用寿命仅 8000 小时)

1.3 健康

健康光线含有较少的紫外线和红外线,产生较少的辐射(普通光线含有紫外线和红外线)

1.4 绿色环保

不含汞和氙等有害元素,利于回收,普通灯管中含有汞和铅等元素。

1.5 保护视力

直流驱动,无频闪(普通灯都是交流驱动,就必然产生频闪)

1.6 光效率高

CREE 实验室最高光效达到 260lm/W,市场上单个大功率 LED 已超过 100lm/W。由于灯罩的功率效率损失和光通损失,生产的 LED 节能灯的实际光效率为 60lm/W,而白炽灯的实际光效率仅为 15lm/W 左右,高质量节能灯的实际光效率约为 60lm/W。所以总的来说,led 现在相当于或

略优于节能灯。(2011 年 5 月数据)

1.7 安全系数高

所需电压、电流较小,安全隐患小,于矿场等危险场所。

1.8 市场潜力大

低压、直流供电,电池、太阳能供电,于边远山区及野外照明等缺电、少电场所。

2 高压钠灯简介

高压钠灯上的镇流器端电压是高压的,在启动触发时能产生上万伏的高压,激励灯内钠电子产生辉光,点亮灯后灯两端电压约 150V。使用高压钠灯时,发出金光和白光,发光效率高,耗电少,寿命长,穿雾能力强,无虫。广泛应用于道路、高速公路、机场、码头、车站、广场、街道立交、工矿企业、公园、庭院照明和植物栽培。照明彩色高压钠灯主要用于体育场、展览馆、娱乐场所、百货商场及酒店等场所照明。

启动后,当电灯泡在电弧管中电极之间产生电弧时,液钠因高温电弧的作用使汞蒸气和钠蒸气汽化,电子在正极阴极运动过程中发射,受到放电材料原子的冲击,使其产生电离或激发能,然后由激发态回复到基态;或者从电离态到激发态再回到基态的无限循环,在基态中,多余的能量以光辐射的形式释放出来,产生光。高压钠灯中的放电材料蒸气压很高,即钠原子密度高,电子与钠原子碰撞频率高,共振辐射谱线展宽,辐射其他可见光谱,因此高压钠灯的光色优于低压钠灯。高压钠灯是一种高强度气体放电气泡。由于气体放电灯泡的负阻特性,如果灯泡单独接入电网,其工作状态是不稳定的。随着放电过程的继续,它导致电路中的电流无限上升,直到灯或电路组件被过流破坏。

港区道路自2007年亮化至2010年一直使用高压钠灯,2010年后港口集团领导响应国家号召用LED灯取代了高压钠灯。由于笔者在港口一直从事供电安装、试验工作,并且参与了港口道路亮化工程,对港口道路前后使用的两种灯具都比较熟悉,写起本文来便多了些切身感受。

3 高压钠灯与LED灯性能的综合对比

3.1 LED和钠灯的光效

LED的光源光效达到90Lm/w以上,以光源功率100w的LED路灯为例:初始光通量9000Lm,因为LED是单向性发光,灯具效率较高,透镜损失10%,灯具损失10%。灯具光通量为7200Lm,灯具总功率110w,所以此款LED灯的灯具实际光效为:65.5Lm/w。

纳米照明效率90-140Lm/w。但因为它是360度的,只有30%的光射向它发光的方向。光的更高利用率必须通过非应用方向反射部分光来实现。由于灯具的设计和成本,钠灯具的效率只有40-45%。在250w钠灯的情况下,初始光通量为30000Lm,发光通量为13500Lm。250w钠灯的实际功率是300w,所以250w钠灯的光效是45Lm/w。

3.2 关于LED和钠灯的实际功率

LED光源灯功率组成:光源功率+功率损耗=全灯功率,LED驱动效率可达到91%以上,且不需要做无功补偿。100w光源LED灯功率:100/0.91=110w

钠灯的全灯功率组成比较复杂。在没有无功功率补偿的250w钠灯情况下,整个灯的视功率高达627va。为了解决这一问题,必须增加无功补偿。现在做单灯无功补偿一般做85%。钠灯的感应整流器有20%的损耗,电子整流器有10%的损耗,但电子整流器成本高,寿命短。250w的钠灯有功功率:250+250*20%=300w,在整个灯线路上也并没有功率损耗、线路损耗、变压器损耗等,在此不会增加。

3.3 关于LED和钠灯的寿命

LED光源的理论寿命非常长,超过10万小时,但一盏灯的整体寿命不仅仅是光源的寿命,灯还包括驱动和镜头零件的影响。因此,最终灯具的寿命应限制在所有灯具组件的最短寿命内。目前,国内的驱动电源和硅材料制成的透镜的寿命可以达到5万小时以上。

2008年由动力出版社《街道》一书,在全国600多个城市,在钠灯约413万盏,截至2007年底钠灯全国平均寿命为4000h。

3.4 关于环保与照明效果

钠灯光源中含金属汞、金属钠,报废处理对环境污染大。而LED不含上述以及欧盟ROHS环保指令禁止的有害物质。

a、眩光,只要是钠灯还是LED灯都会出现是一个灯具设计问题,这需要在灯具的配光设计中加以改进,与光源本身无关。

b、颜色呈现。钠灯的颜色较差Ra=23,物体本身的减色性较差,不利于判断周围环境的深度。LED的色性为Ra>80,光源具有良好的色性,能很好地还原物体的实际颜色。

c、对于光线的透射性。LED路灯光线穿透性不如钠灯,但对于道路照明,使用穿透性好的光源也仅仅是能仰着头看到一个黄色的光点,对道路前方的照明没有什么实际的作用。

d、照度是对于照明效果判断的重要的标准之一。因为钠灯的配光问题,导致照度均度不高为了更好的照度均匀度和效果,往往很多使用单位在实际应用中过度照明,造成浪费。大功率LED可以设计成蝙蝠形配光曲线,使地面照度均匀。

e、色温。钠灯的色温为2100K左右,LED灯的色温为5000K左右接近日光的色温。

3.5 价格

钠灯每只1500元左右,LED灯每只5000元左右,LED灯价格高于钠灯。钠灯的另一个非常大的问题是钠灯的连续性非常差。在钠灯工作状态下,灯腔的温度在150度以上,在非工作状态下因为负压回吸进了大量的灰尘和昆虫,

大大影响了钠灯的发光效果。从以上结果看,在相同道路的照明条件下,LED灯的灯具优于钠灯,只是价格较贵。

4 经济分析

港区南疏港道路于2007年底建成,道路照明同年交我公司管理。该道路最宽处为23米,全线设置高12米的低杆照明,路灯光源为功率为250W钠灯,路灯臂长1.5米。道路及桥梁双侧均匀布置路灯,间距35米。经过两年多的运行发现,钠灯色衰大、维修量大、总的维修成本高,而且用电量损耗大。在集团技术管理部的大力支持下,于2010年6月完成了该路段的改造工程,将钠灯全部更换为140W的LED灯。更换后通过对相关数据的检测,达到了节能环保的要求。

(1) 照度实测对比

将250W钠灯与140W LED灯照度比较,每个株距(约35米)内,取7个点测照度,共做5组测试,数据如下表:

表1 钠灯

测试点 照度(Lx)	1	2	3	4	5	6	7
1组	10.1	9.5	5.8	2.8	5.0	13.2	14.4
2组	11	9.4	6	2.9	5.1	12.3	13.6
3组	12.3	9.7	6.8	3.1	5.3	12.4	14.6
4组	11.5	9.6	5.8	2.9	5.1	12.1	14.1
5组	10.5	9.7	6.1	3.1	5.7	11.2	14.7

平均照度: 8.78Lx

表2 LED灯

测试点 照度(Lx)	1	2	3	4	5	6	7
1组	20.5	18	15.1	6.7	15.7	18.2	19.7
2组	20.2	17.8	15.2	6.8	15.9	17.9	19.3
3组	21.1	18.3	15.4	6.9	16.1	18.3	19.8
4组	20.1	17.1	14.9	6.3	15.6	18.2	19.4
5组	20.3	17.9	15.1	6.7	15.6	18.1	19.5

平均照度: 16.22Lx

从实测数据看出LED灯平均照度比钠灯高。

(2) 电气参数实测对比

将250W钠灯与140W LED灯电气参数比较,分别测试钠灯5盏、LED灯5盏,数据如下表:

表3 高压钠灯(250W)测试数据

序号	电压(V)	电流(A)	功率因数	有功(w)	视在功率(va)
1	228	1.69	0.857	330	385
2	221	1.76	0.87	338	388
3	219	1.62	0.92	326	354
4	218	1.76	0.857	328	383
5	223	1.78	0.859	341	396
平均	221.8	1.71	0.872	332.6	381.2

表6 LED灯(140W)测试数据

序号	电压(V)	电流(A)	功率因数	有功(w)	视在功率(va)
1	225	0.74	0.95	158.2	166
2	219	0.75	0.934	153	164
3	225	0.73	0.93	152	164
4	216	0.76	0.93	152.7	164
5	218	0.75	0.94	153.7	163
平均	220.6	0.746	0.937	153.9	164.2

上表看出,250W高压钠灯电流是140W LED灯电流的2.27倍,有功功率高出114%。现以路灯每天运行10小时计算250W高压钠灯与LED灯的耗电情况。

250W 高压钠灯每盏平均每天用电为:
 $332.6 \times 10 = 3326 \text{ vah} = 3.326 \text{ 度}$

由于LED灯可控,下半夜灯头只使用一半功率,所以LED灯每盏平均每天用电为:
 $153.9 \times 5 + 76.9 \times 5 = 1154 \text{ vah} = 1.15 \text{ 度}$

南疏港通道392盏LED灯比高压钠灯一年平均节电
 $(3.326 - 1.15) \times 365 \times 392 = 311342 \text{ 度}$ 。

由于250W高压钠灯电流是140W LED灯电流的2.27倍,所以用LED灯相应的变压器铜损、电缆线损等都减少。钠灯的平均电流为1.71A,LED灯的平均电流为0.746A。392盏路灯分21路出线,每路出线电缆为4×10铜芯,三相负荷基本平衡,每根电缆平均长度为630米,铜导线的电阻率以常温20度, $\rho = 0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ 计算,根据公式 $R = \rho l / S = 0.0175 \times 315 / 10 = 0.55 \text{ 欧姆}$,250W高压钠灯每相总电流 $1.71 \times 6 = 10.26 \text{ A}$,140W LED灯每相总电流 $0.746 \times 6 = 4.476 \text{ A}$, $W = (I_{\text{钠总}}^2 - I_{\text{LED总}}^2) R t \times 3 \times 21$ 得,用LED灯每年最少减少线损10780度电。同时由于变压器负载减少,变压器的铜损也减少。

使用140W LED路灯比250W高压钠灯一年总节约用电为:
 $311342 + 10780 = 322122 \text{ 度}$

一年电费节省资金 $322122 \text{ 度} \times 1.2 \text{ 元/度} = 38.6 \text{ 万元}$

(3) 每年维修费用

将250W钠灯与140W LED灯每年维修情况比较如下:

①250W 高压钠灯

据我公司近几年的运行情况看,392盏路灯每年需更换成套灯头30盏,灯具每套650元,每年大约更换9次,费用为按下式计算:灯具+(登高车+人工费+其他)×9(次)。则392盏高压钠灯每年更换灯头的费用为:
 $(30 \times 650) + (300 + 40 \times 3 + 50) \times 9 \text{ (次)} = 23730 \text{ 元/年}$ 。

由于高压钠灯结构复杂,每年除了成套灯头损坏外,还有配件损坏维修。392盏钠灯一年平均需要更换190个镇流器、392个触发器和290个灯泡,每年大约出动人员及车辆30次。根据市场价格,镇流器170元/个,触发器30元/个,灯泡140元/个。

配件采购费用： $190 \times 170 + 392 \times 30 + 290 \times 140 = 84660$ 元；

更换配件费用：配件+（登高车+人工费） $\times 30$ （次），则一年更换配件的费用为： $84660 + (300 + 40 \times 3) \times 30 = 97260$ 元

392 盏钠灯每年维护总费用为： $23730 + 97260 = 120990$ 元；

②140W LED 路灯

由于 LED 灯寿命超长，LED 路灯 5 年内不用更换灯头。5 年后 LED 灯只有小配件的维护。据有关资料及厂家提供的数据显示，LED 灯 5 年后的维修率为 2.5%。则 392 盏灯具每年大概更换 10 个恒流源及小配件，每年大约出动人员及车辆 3 次。人机费用为：登高车+人工费+其他=600 元/次， $600 \text{ 元} \times 3 \text{ 次} = 1800 \text{ 元/年}$ ；材料费用：配件+恒流源=6000 元/年。392 盏 LED 路灯 5 年后每年维护总费用： $1800 + 6000 = 7800$ 元；

LED 灯国内平均使用寿命为 10 万小时，现以 15 年为周期计算每年高压钠灯及 LED 灯的维护费用：

250W 高压钠灯每年维护费用：120990 元/年

140W LED 路灯每年维护费用： $(7800 \times 10) / 15 = 5200$ 元/年

140W LED 路灯每年比 250W 高压钠灯每年节约维修费用： $120990 - 5200 = 115790$ 元

（3）灯具投资费用

①钠灯价格为 1500 元/盏，初投资费用为： $1500 \times 392 = 58.8$ 万元

②LED 灯价格为 5000 元/盏，初投资费用为： $5000 \times 392 = 196$ 万元。

3）使用 LED 灯的投资回收期： $(0.5 - 0.15) \times 392 / (38.6 + 11.6) = 2.7$ 年。

用 LED 路灯替换钠灯对疏港道路照明进行改造，投资资金回收期约为 3 年。

（5）材料对比

LED 灯不含铅、汞等污染元素，对环境没有任何污染。而高压钠灯含有汞、铅等对环境造成污染的元素，不利于国家环保要求，更不利于创造绿色家园的目标。通过两种灯具的材料对比，更能凸显出 LED 灯的环保性、长远性。

5 结语

通过以上经济分析发现，在不影响路面照明的情况下，用 140W LED 灯代替 250W 高压钠灯一年可节约用电 32.2 万度、节约标准煤 130 吨、减少电费支出 38.6 万元、减少维护费用 11.6 万元，而且路灯的维护工作量大幅减少，同时减少二氧化碳、二氧化硫的排放。

【参考文献】

[1] 韩飏. 电磁感应无极灯在港口道路照明中的应用[J]. 山西建筑, 2008(2): 196-197.

[2] 曹琦. 高强度混凝土连锁块在港口堆场道路中的应用[J]. 港工技术, 2002(2): 35-36.

作者简介：陈虎（1974.11-），男，毕业院校：上海海事大学，专业：港口运输与管理，单位：连云港港口集团供电工程有限公司，职务：工程中心主任。