

第二版

路灯

郝书堂 主编 胡培生 李景色 张耀根 高纪昌 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

第二版

路灯

郝书堂 主编 胡培生 李景色 张耀根 高纪昌 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

随着我国城镇化水平的不断提高,城市道路、广场、公园、绿地、隧道、桥梁、建筑物夜景等公共照明和路灯数量都会迅速增加,路灯系统从业队伍也将会不断壮大,因此编者根据近年来我国路灯照明实际情况,修编了《路灯》(第二版)一书,主要增加了LED路灯、LED智能照明控制、电子镇流器、电子镇流器 $\cos\varphi$ 和单灯控制等内容。

本书共18章,主要介绍电光源、LED路灯、镇流器、道路照明灯具、道路照明原理、道路照明标准、道路照明设计、道路照明计算、道路照明现场测量、道路照明节能、高杆及隧道照明、灯型、钢灯杆、道路照明控制、电缆线路、变压器、配电室与箱式变电站以及道路照明运行等。

本书适用于从事全国城乡道路照明和路灯的设计、安装、运行、维护和管理等工人、技术人员和管理干部的工具书和岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

路灯/郗书堂主编. —2版. —北京:中国电力出版社, 2013.3
ISBN 978-7-5123-4092-3

I. ①路… II. ①郗… III. ①街道照明 IV. ①TU113.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 031891 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008年10月第一版

2013年5月第二版 2013年5月北京第二次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 19.25印张 513千字
印数 3001—6000册 定价 50.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



◎ 前 言

路灯是文明城市和经济水平的重要标志。到 2013 年 3 月,我国城镇化率已达 52.60%,城镇人口总量超过 6.91 亿人。据中国市政工程协会道路照明专业委员会 2011 年底公布全国 811 座城市路灯的总盏数为 2166.44 万盏。为数众多的路灯为保障良好的社会治安、驾车人和行人提供舒适的视觉条件,使我们的城镇在夜晚更靓丽。

在“十城万盏”节能减排政策的鼓励和支持下,在国家半导体照明联盟、上海建交委的推动下,LED 路灯已在上海隧道的标志性工程及北京、杭州、青岛和广东省多个城市路灯照明中亮相,这势头将在政策持续推动下,给力 LED 的科研和生产,同时也增加压力。节约电能还表现在住房和城乡建设部颁发《“十二五”城市绿色照明规划纲要》中提出优先采用节能型电感镇流器、电子镇流器(有功损耗低、恒电流恒功率、保光源长寿命)的号召。新技术产品推广需有“标准”作依据,有政策的支持和科研、生产、使用方的通力合作,经多年的努力,才能达到高压钠灯的今日辉煌。

路灯控制的智能化、电力载波、物联网、单灯控制等多元化技术的发展和推广,正由“三遥”向“物联网”方向发展和完善。因此,由上海路灯中心赵桂根、上海鸣志公司常建云、上海三思公司王鹰华、复旦大学电光源所沈海平参与对 2008 年版《路灯》进行充实后再版。

《路灯》(第二版)第二章第六节、第十四章第六节由常建云编写,第二章第一~五、七~九节由赵桂根编写,第四章第一~五节、第五~七章、第八章第一~三节、第九章第一~二节由李景色编写,第十一章由张耀根编写,第十七章由高纪昌

编写，第三章第七节和第十四章第七节由杨国仁、杨幼明编写，第十一章第六节由沈海平编写，其余由郗书堂、胡培生编写。在此，感谢欧司朗公司固态照明部、华全电气、帅康灯具、杭州奥能照明公司及胡国勤、王文明等的帮助和支持。

感谢北京市城市照明管理中心提供封面照片。

编 者

2013 年 3 月



◎ 目 录

前言

第一章 电光源	1
第一节 白炽灯	2
第二节 卤钨灯	5
第三节 日光灯	7
第四节 节能灯与无极灯	11
第五节 高压汞灯	13
第六节 高压钠灯	18
第七节 金属卤化物灯	25
第八节 绿色照明	26
第九节 照明电路无功补偿	28
第十节 气体放电灯长寿命的条件	35
第十一节 气体放电灯忽亮忽灭	36
第十二节 灯泡寿命考核	40
第十三节 光源现状与展望	43
第二章 LED 路灯	47
第一节 LED 结构、特点和发展史	47
第二节 LED 路灯主要元器件	49
第三节 LED 光效和结温	50
第四节 LED 光色和显色性、光谱、对人体生理的影响	52
第五节 LED 散热	56
第六节 LED 驱动电源	58
第七节 LED 路灯灯具配光	76
第八节 LED 路灯灯具设计	82
第九节 中间视觉对 LED 路灯的影响	84

第三章 镇流器	100
第一节 镇流器及其功能	100
第二节 镇流器种类	103
第三节 镇流器技术要求	109
第四节 高压钠灯镇流器标准与节能评价	114
第五节 电感式镇流器主要技术指标	120
第六节 电感式镇流器伏安特性	121
第七节 电子镇流器	124
第八节 电子镇流器功率因数 $\cos\varphi$	132
第九节 镇流器功率因数 $\cos\varphi$ 与寿命	134
第十节 触发器	142
第四章 道路照明灯具	149
第一节 对道路照明灯具的基本要求	149
第二节 道路照明灯具的光度数据	153
第三节 道路照明灯具分类	167
第四节 道路照明灯具选择	171
第五节 道路照明灯具常用材料	172
第六节 道路照明灯具压铸技术	175
第五章 道路照明原理	185
第一节 驾驶员作业和所需视觉信息	185
第二节 机动车交通道路照明评价指标	186
第三节 路面反光性能	196
第六章 道路照明标准	208
第一节 我国道路照明标准	208
第二节 CIE 和一些国家道路照明标准和规范	217
第七章 道路照明设计	236
第一节 照明设计细则、内容和步骤	236
第二节 照明方式	238
第三节 机动车交通道路及与其连接的特殊场所照明设计要求	250
第四节 居住区道路照明	261

第八章 道路照明计算	267
第一节 照度计算	268
第二节 亮度计算	275
第三节 眩光计算	285
第九章 道路照明现场测量	298
第一节 道路照明测量常用仪器	298
第二节 路面照度和亮度测量	301
第十章 道路照明节能	311
第一节 节电与节能	311
第二节 道路照明节能意义	313
第三节 道路照明节能标准	315
第四节 道路照明节能技术	319
第五节 太阳能路灯	321
第六节 智能光源降压—稳压—调光技术	325
第十一章 高杆及隧道照明	327
第一节 作用特点和基本要求	328
第二节 照明设计与计算	329
第三节 灯杆结构强度和基础螺栓验算	340
第四节 地基与基础设计	353
第五节 隧道照明	366
第六节 LED 隧道照明	384
第十二章 灯型	401
第一节 装饰性灯型	401
第二节 功能性灯型	403
第十三章 钢灯杆	407
第一节 钢质灯杆外形设计和安装方式	407
第二节 钢灯杆根部强度计算	413
第三节 钢灯杆质量要求	415
第四节 钢灯杆杆身质量估算	416
第五节 钢灯杆防腐	419

第六节	钢灯杆保护性接地	420
第十四章	道路照明控制	424
第一节	控制的四个阶段	425
第二节	路灯控制方式	427
第三节	制定路灯开关时刻表的三种方法	431
第四节	控制电器	451
第五节	电源开关	456
第六节	LED 智能照明控制	461
第七节	单灯监控	476
第十五章	电缆线路	481
第一节	路灯电缆	481
第二节	电缆截面积选择	485
第三节	电缆敷设方法	491
第四节	电缆施工	493
第五节	路灯低压电缆施工	497
第六节	灯台、工井与引出线	501
第七节	低压照明线路保护	506
第十六章	变压器	513
第一节	选择变压器	513
第二节	变压器容量确定	518
第三节	变压器台架与安装要求	522
第四节	变压器保护	528
第五节	10kV 跌落式熔断器	534
第六节	变压器停发电操作	538
第七节	变压器试发	539
第八节	变压器运行	540
第九节	变压器小修	545
第十节	接地电阻测量	548
第十七章	配电室与箱式变电站	552
第一节	配电室或箱式变电站形式	552

第二节	双电源与环网供电	554
第三节	高压负荷开关与环网开关柜	559
第四节	箱式变电站结构与要求	566
第十八章	道路照明运行	569
第一节	工程验收	569
第二节	道路照明巡修	571
第三节	大片亮灯与大片灭灯的处理	574
第四节	电费管理	575
第五节	灯泡管理	578
附录 A	道路照明用 LED 灯专用术语问答	584
附录 B	道路照明用 LED 灯技术问答	588
附录 C	上海鸣志自动控制设备有限公司简介	593
附录 D	上海三思电子工程有限公司简介	595
参考文献		603

第一章

电 光 源

一、光源分类

目前用于照明的电光源,按发光原理可分为以下两大类。

(1) 热辐射光源。钨丝白炽灯(白炽灯),如普通照明灯泡;卤钨循环白炽灯(卤钨灯),如管形照明卤钨灯。

(2) 气体放电光源(按发光物质分类)。

1) 金属类: 低压汞灯(如日光灯)、高压汞灯(如荧光高压汞灯)、低压钠灯、高压钠灯。

2) 惰性气体: 氙灯、汞氙灯(如管形氙灯)。

3) 金属卤化物灯: 钠铊铟灯、管形镝灯等。

二、照明对光源的要求

(1) 寿命长。

(2) 发光效能高。

三、光源主要特性比较

用于道路照明的光源,主要应具有良好的照明效果和符合经济节能的要求。道路照明常用光源(国产)的主要特性比较,如表 1-1 所示。

表 1-1 电光源特性比较

光源名称	高压钠灯	金属卤化物灯	LED	荧光高压汞灯	无极灯
额定功率(W)	35~1000	400~2000	1~40 (单颗)	50~1000	15~200
光效(lm/W)	84~150	80~120	>80	47.5~52	70~83

续表

光源名称	高压钠灯	金属卤化物灯	LED	荧光高压汞灯	无极灯
平均寿命(h)	12 000~32 000	12 000	>30 000	2500~5000	60 000
一般显色指数 R_a	20~25	65~95	>75	30~40	>80
启动标定时间(min)	4~8	4~8	即时	4~8	<0.05s
再启动时间(min)	10~20	10~15	即时	5~10	<0.05s
$\cos\varphi^*$	0.87 (0.4~0.5)	(0.4~0.61)	0.9	0.90 (0.44~0.67)	(0.85~0.95)
表面亮度		大	大	较大	大
电压变化对光通影响	大	较小	小	较大	小
环境温度对光通影响	较小	较小	小	较小	较小
耐震性能	好		好	较好	好
所需附件	触发器、镇流器	触发器、镇流器	驱动器	镇流器	电子变换器

* $\cos\varphi$ 括号外是电光源的功率因数, 括号内是光源与镇流器在无电容补偿前用电感镇流器的功率因数。

第一节 白 炽 灯

白炽灯是将灯丝加热到白炽的温度, 利用热辐射发光。白炽灯的特点是: 有高度的集光灯、适于频繁开关、点灭性能对寿命的影响小, 显色性好, 使用方便, 适用大型群众集会场所作事故停电后再恢复电源时的照明。缺点是光效低。

一、白炽灯构造

白炽灯结构如图 1-1 所示, 它由玻璃泡壳、灯丝、支架、引线和灯头等几部分组成。

白炽灯的灯丝一般都做成单螺旋(绕成螺旋状)或双螺旋(绕

成螺旋状的灯丝再绕成较大的螺旋)。灯丝是影响白炽灯寿命的关键部件,所以制作灯丝的材料应具备的条件是:①熔点要高;②蒸发率要小;③可见辐射的选择性较好;④机械性能较好。而钨具有上述优点,且其电阻系数大,较易加工成型,所以现代白炽灯都用金属钨作发光体。

二、白炽灯接线

在 20 世纪中后期,白炽灯还有卡口、螺口之分,进入 21 世纪,白炽灯的使用量大减。在市场上已难见到卡口的白炽灯。

白炽灯是在照明设备中接线最简单的但又容易出错接线的电光源,其接线见图 1-2。在图 1-2 中,相线(火线)应经熔丝 FU→开关→接灯座的底部电极。零线接灯座的螺口。

三、寿命

白炽灯的寿命,通常是指灯燃点到断丝为止,或指保持在规定的光通量数值上的点燃时间。对普通白炽灯功率 30W 以上的灯,燃点 750h 时,光通维持率在 85% 以上。

对于定型的白炽灯产品,是按寿命试验决定的寿命平均值,

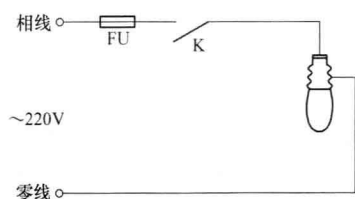


图 1-2 白炽灯接线图

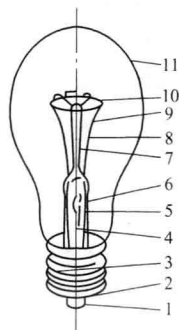


图 1-1 白炽灯结构图

- 1—电极；2—绝缘体；3—螺口兼电极；4—排气管；5、6—引线；玻璃内用镀铜铁镍合金丝；7—玻璃支柱；8—引线兼支架；紫铜丝；9—支架；钼丝；10—钨丝；11—玻璃外壳

作为灯泡的平均寿命。灯泡的寿命受以下几方面影响：电源电压、灯丝温度、灯丝形状、充入气体的成分、充气压力、振动等。决定寿命有两大要素，一是由于蒸发而引起灯丝烧断；二是由于振动、冲击等

而产生的机械断丝以及在灯丝以外的地方遭到破坏等。灯丝烧断的原因是由于灯在燃点中,灯丝处于高温状态下,不断蒸发,逐渐变细。白炽灯在燃点中由于钨蒸发而使玻壳发黑和灯功率减小,促使光通量下降。

一般灯泡功率在 40W 及以下是真空的;灯泡功率在 60W 及以上是充气的。灯内充有对钨丝不起化学作用、热传导小、具有足够电气绝缘强度的气体以及广泛采用氩和氮或氩氮的混合气体。灯泡内充以惰性气体的目的是为了减少钨的蒸发。钨在蒸发过程中遇到惰性气体的阻拦,有一部分钨粒子折回到灯丝上。蒸发减少后便可相应提高灯丝的工作温度,从而提高灯泡的发光效能,同时也适度延长灯泡寿命。

道路照明常用的白炽灯泡为 PZ220—40~PZ220—1000,其中 PZ 为普通照明灯泡;220 为灯泡的额定电压,单位为 V;40~1000 为灯泡的额定功率,单位为 W。

四、白炽灯泡在使用时应注意的事项

(1) 电源电压的变化对灯泡寿命和光效影响很大。电压升

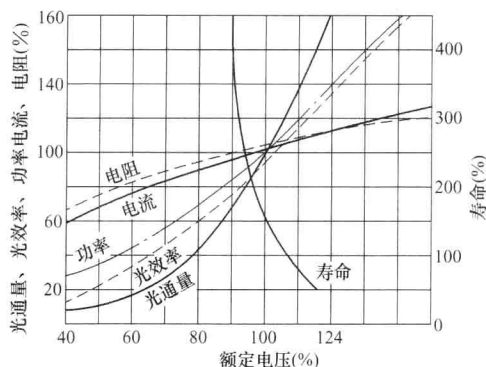


图 1-3 白炽灯参数与电源电压的关系

高时,白炽灯泡的寿命急剧减短。光通量对电源电压的变化也较敏感,电压降低时光通量输出也迅速减少。白炽灯参数与电源电压的关系,见图 1-3。

(2) 钨丝的冷态电阻比热态电阻小得多,故白炽灯瞬时启动电流很大(最高达

额定电流的 8 倍以上),但在第 6 个周波(约 0.12s)开始衰减到额定值。

第二节 卤 钨 灯

普通白炽灯的缺点是体积大,相对发光效能低,在用 500W 及 1000W 的普通白炽灯的燃点位置受严格的限制(必须灯头在下侧)。

卤钨灯与一般白炽灯比较,它的优点是发光效率较高、体积小、功率集中,因而可使照明灯具尺寸缩小,便于光的控制。因此灯具的制造简单、价格便宜、运输方便。卤钨灯的显色性好,其色温特别适用于电视播放照明,并用于绘画、摄影和建筑物投光照明等。

在灯管内充入适量的卤族元素(常用的如碘、溴等)和惰性气体,当灯丝在高温下工作蒸发出来的钨在管壁附近较低温度处与卤素化合成卤化钨。当卤化钨向管心扩散时,在高温下又分解成卤素和钨,因而在钨丝周围形成一层钨蒸气,一部分钨又重新回到钨丝上,有效地抑制了钨的蒸发。此种循环的不断进行,不仅可减轻或消除管壁的发黑,而且还可保证灯管在较高温度下工作,因此卤钨灯有下述特点:

(1) 由于卤钨循环使蒸发的钨又不断地回到钨丝上,抑制了钨的蒸发,并且因灯管内被充入较高压力的惰性气体而进一步抑制了钨蒸发,使灯的寿命有所提高(1500~2000h)。

(2) 因灯管工作温度提高,辐射的可见光量增加,使得发光效率提高。卤素与钨不断化合分解的循环,减少了管壁上钨的沉积,改善了透过率,从而可使光效提高到 21lm/W。

(3) 工作温度高光色(发白)得到改善,显色性也好。

普通照明常用管状卤钨灯,结构简图见图 1-4。它的螺旋状钨丝由支架支撑装设在灯管轴线上,经钼片和石英玻璃管密封,由两端接引出电极,电极有夹式和顶式两种。

卤钨灯发光管体积很小,工作温度又很高。因此,灯管需采用石英玻璃,其价格较高,不适用于周围环境有易燃易爆以

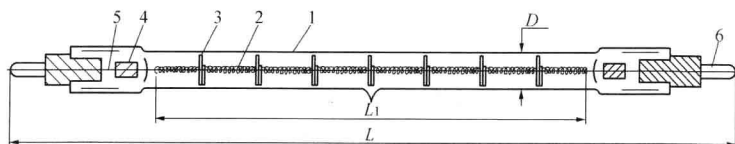


图 1-4 管状卤钨灯的结构简图(夹式电极)

1—石英玻璃管；2—螺旋状钨丝；3—钨质支架；4—钼箔；
5—导丝；6—电极

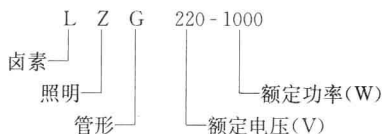
及灰尘较多的场所。

卤钨灯工作特性和一般白炽灯相似，其不同点是卤钨循环保证了灯泡的清洁，光通量下降很小，在寿命终了时仍有初始值的 95%~98%。卤钨灯规格见表 1-2。

表 1-2 卤 钨 灯 规 格

型 号	电压 (V)	功率 (W)	光通 (lm)	尺寸(mm)		平均寿命 (h)
				最大直径 D	全长 L	
LZG220-500	220	500	9750	12	177(夹式)	1500
LZG220-1000		1000	21 000	12	232/210±2	
LZG220-1500		1500	31 500	13.5	(夹式)(顶式)	
LZG220-2000		2000	42 000	13.5	293±2(顶式) 310(夹式)	

注 灯管型号含义为



卤钨灯工作温度高，灯丝耐振性差，不宜在振动场所使用，否则将会因振动使灯管损坏。为了保证卤钨循环，灯具安装时需保持水平(一般目测，不超过水平面 4°)。如倾斜，将会破坏卤钨循环，使灯管很快发黑烧断，寿命大大降低。如表面不洁，使其表面温度很高，脏物使灯管失去透明度，就会严重影响光

的输出,因此在安装或更换灯管时应用酒精或丙酮擦净灯管。

第三节 日 光 灯

一、结构

日光灯在灯中是属低气压汞灯又称荧光灯。灯管可制成直管形、环形、U形、双U形等多种形状。在直管形中,管径有粗、有细。从发光效能看,细管形的发光效能高。管的两端装有钨丝电极,电极上涂有逸出功较低的电子发射物质,这种物质常用钡锶钙的碱土金属氧化物。管内壁涂有荧光粉。管内抽真空后,充入少量汞和惰性气体氩,汞是灯管工作的主要物质,氩气是为了降低灯管启动电压和灯管启动时抑制阴极物质的溅射,以延长灯管的寿命。

二、工作原理

日光灯的接线图见图 1-5。当电源 220V 接通后灯丝按图 1-6(a)预热,在图 1-6(a)中的日光灯是 40W,它的启动电流在 650mA 左右,启动电流 650mA 是由镇流器的阻抗值决定的。启动电流流过启辉器内

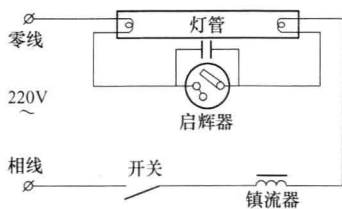


图 1-5 日光灯接线图

的电阻型热双金属片(一片金属是由金属镍一层与金属镍铬压制而成),其正反面的膨胀系数不同,在启动电流流过热双金属片时,温度发生变化,这种复合材料的曲率发生变化,双金属片产生跳跃方式的运动,双金属片与单金属片脱离接触的瞬間,镇流器内电感线圈产生一个很大的自感电动势加在灯的两端,被预热的两电极间,就使灯内的惰性气体电离,而引起弧光放电,使灯点燃。图 1-6(b)是日光灯灯丝点燃后的示意图。

随着日光灯内弧光放电的建立,在弧光放电刚建立时,日