

城市道路照明

胡培生 李景色

水利电力出版社

前 言

现代化城市离不开现代化的道路照明。它不但夜间可为机动车、非机动车驾驶员以及行人创造良好的视看环境，从而保障车辆、驾驶员和行人安全，提高交通运输效率，方便人民生活，防止各种犯罪活动；而且在美化城市环境方面也起着重要作用。

近几年来，我国的城市道路照明有了很大发展，无论是道路设施的建设，还是设计人员、管理人员的技术素质都有了长足的进步，正逐步向国际先进水平靠近。本书就是在这样的背景下，在总结多年来道路照明工作经验的基础上编写出来的。书中既介绍了道路照明的原理、设计、安装及运行的知识，又介绍了国外的先进技术和国内丰富经验。目的是使从事道路照明工作的各类人员阅读此书之后都能得到一些裨益。以此作为我们对提高我国道路照明行业技术水平的微薄贡献。

本书共分14章，其中第1、2、9～14章由胡培生同志编写，第3～8章由李景色同志编写。

此书审稿工作，第1、2、9～14章由高纪昌高级工程师审稿，第3～8章由肖辉乾高级工程师审稿，在此表示深切的谢意。

由于道路照明涉及面较广，我们本身的水平又有限，书中定有不少不妥之处，恳请大家批评指正。

编者

1990年4月

内 容 提 要

本书系统地介绍了城市道路照明原理、设计、标准以及安装运行维护等内容，同时还介绍了国内外的先进技术和经验。具体内容有：道路照明用电光源、镇流器、灯具，道路照明原理、标准、设计、计算、测量、控制，导线截面选择，电缆选择与敷设，变压器的选择，架空线路的机械计算以及道路照明的常见故障等。

本书适合于从事城市和工厂道路照明的设计、管理的工程技术人员和工人，以及大专院校有关照明专业师生阅读，也可作为路灯工人培训教材。

城 市 道 路 照 明

胡培生 李景色

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 10.375印张 228千字

1991年1月第一版 1991年1月北京第一次印刷

印数0001—2110册

ISBN 7-120-01181-2/TM·358

定价 8.05 元

目 录

前 言

第一章 道路照明用电光源	1
第一节 白炽灯	4
第二节 荧光高压汞灯	6
第三节 高压钠灯	10
第四节 低压钠灯	15
第五节 照明电路的无功补偿	18
第六节 气体放电灯燃点时的异常现象	22
第七节 道路照明电光源的选择	24
第二章 镇流器	25
第一节 镇流器的作用	25
第二节 镇流器的种类	27
第三节 阻抗式镇流器的技术参数	32
第四节 镇流器的校验	34
第五节 镇流器的特性曲线	38
第六节 镇流器的功率因数	40
第七节 镇流器的寿命	44
第三章 道路照明灯具	47
第一节 对道路照明灯具的基本要求	47
第二节 道路照明灯具的光度数据	51
第三节 道路照明灯具的分类	69
第四节 道路照明灯具的选择	73
第五节 道路照明灯具常用材料	74
第四章 道路照明原理	77
第一节 驾驶员的作业和所需要的视觉信息	77

第二节	道路照明的评价指标	78
第三节	路面反光性能	88
第五章	道路照明标准	99
第一节	我国道路照明标准	99
第二节	CIE和其他国家的道路照明标准、规范	104
第六章	道路照明的设计	128
第一节	照明设计的基本原则、内容和步骤	128
第二节	照明方式	130
第三节	机动交通道路及其连接的特殊场所 的照明方法	144
第四节	居住区道路照明	154
第七章	道路照明的计算	159
第一节	照度计算	159
第二节	亮度计算	173
第三节	眩光计算	183
第八章	道路照明的测量	198
第一节	道路照明测量常用仪器	198
第二节	路面照度和亮度的测量	204
第九章	道路照明的控制	220
第一节	确定道路照明的启闭时刻	221
第二节	控制用器件	228
第三节	控制电路	233
第四节	供电和控制的运行方式	235
第五节	半夜灯	241
第十章	照明低压线路导线截面的选择	247
第一节	按机械强度的要求选导线最小容许截面	248
第二节	按发热条件的要求选导线最小容许截面	249
第三节	按容许电压降选择导线截面	250
第四节	变压器的一、二次侧配线	254

第五节	低压照明线路电能损耗计算	255
第六节	从经济技术比较决定导线截面	255
第七节	影响电压降计算值准确的因素	267
第十一章	电缆的选择与敷设	269
第一节	电缆线路的设计	269
第二节	照明装置的接地	271
第十二章	变压器的选择	273
第一节	照明负荷的计算	273
第二节	变压器的选择	276
第三节	熔丝的选择	280
第十三章	架空线路的机械计算	283
第一节	导线的架设	283
第二节	电杆的机械计算	287
第三节	电杆根部弯曲力矩计算	289
第四节	电杆埋深的计算	291
第五节	电杆倾覆的计算	292
第六节	底盘计算	292
第七节	拉线截面的计算	293
第八节	拉线棍截面的计算	295
第九节	拉线盘的尺寸和埋深计算	296
第十四章	道路照明的常见故障	308
第一节	大片着灯	308
第二节	大片灭灯	312
第三节	小 结	314
附表	R分类系统的4张r表值	316

第一章 道路照明用电光源

自从电能开始用于照明后，相继制成钨丝白炽灯、低压汞灯、高压汞灯、高压钠灯、低压钠灯、卤钨灯、金属卤化物灯等电光源。目前，国内在道路照明上使用最多的电光源是白炽灯、高压汞灯和高压钠灯，因为它们分别具有价格便宜、使用方便和有很高的发光效能以及较长的使用寿命。

1. 电光源分类（按发光原理分类）

（1）热辐射光源：

- 1) 钨丝白炽灯，如普通照明灯泡。
- 2) 卤钨循环白炽灯，如管形照明卤钨灯泡。

（2）气体放电光源（按发光物质分类）：

1) 金属类：①汞灯，它又分低压汞灯（又称荧光灯、日光灯）、高压汞灯（简称荧光高压汞灯）2种；②钠灯，它又分低压钠灯、高压钠灯（普通型高压钠灯和高显色高压钠灯）2种。

- 2) 惰性气体类：氙灯；汞氙灯。
- 3) 金属卤化物类：钠铊铟灯；镝灯。

2. 道路照明对电光源的要求

- （1）发光效能高。
- （2）使用寿命长，寿命周期的一致性好。
- （3）有较好的显色性和适当的低亮度。

3. 电光源的主要特性比较

道路照明常用电光源（国产）的主要特性比较，如表1-1所示。

表 1-1 道路照明常用电光源的主要特性比较

电光源名称	白炽灯	高压汞灯	高压钠灯	低压钠灯	金属卤化物灯
额定功率范围 (W)	10~1000	50~400	35~1000	18~180	400~1000
光效 (lm/W)	6.5~19	30~50	60~120	100~175	60~80
平均寿命 (h)	1000	2500~5000	16000~24000	2000~3000	2000
一般显色指数 Ra	95~99	30~40	20~25		65~85
启动标定时时间 (min)	瞬 时	4~8	4~8	7~15	4~8
再启动时间 (min)	瞬 时	5~10	10~20	5以上	10~15
功率因数 cosφ	1.0	0.45~0.62	0.30~0.44	0.06	0.40~0.61
频闪效应	不明显	明显	明显	明显	明显
表面亮度	大	较大	较大	不大	大

续表

电光源名称	白炽灯	高压汞灯	高压钠灯	低压钠灯	金属卤化物灯
电压变化对光通的影响	大	较大	大	大	较大
环境温度对光通的影响	小	大	较小	小	较大
耐震性能	较差	好	好	较好	好
所需附件	无	镇流器	镇流器	镇流器	触发器、镇流器

注 1. 光效是发光效能的简称, 指一个电光源每消耗 1 W 功率的电能所发出的光通量, 单位为 lm/W (流明/瓦)。

2. 电光源的寿命分全寿命、有效寿命和平均寿命。全寿命指电光源从开始燃点到不能再启动的时间总和。有效寿命是指电光源的总光通量下降到初始值的 70% 时的总共点燃时间。平均寿命是一批灯在额定电源电压和试验条件下 (电源电压波动不大于 $\pm 2\%$, 环境温度 $25 \pm 5^\circ C$, 无灯具的自然冷却状态) 下点燃, 且每启动一次至少点燃 10h; 至少有 50% 被试验灯能继续燃点时的累计燃点小时。

3. 用双金属片启动的内触发高压钠灯的再启动时间与灯泡周围的温度有关, 一般在 $10 \sim 20 min$; 用触发器启动的外触发高压钠灯再启动时间一般不超过 1 min。

4. 1000 W 钠铊铟灯目前需用触发器启动。

第一节 白 炽 灯

白炽灯泡是根据热辐射的原理制成。它是依靠电流将灯丝加热到白炽的温度（ $2400\sim 3000\text{K}$ ）而辐射出可见光的光源。灯丝是白炽灯泡的主要部分，灯丝断了，灯泡也就坏了。温度很高的灯丝在空气中很容易被氧化，所以它应在没有有害气体的环境中工作，即将泡壳内抽成真空或充入与灯丝不起化学作用的氮气等惰性气体。

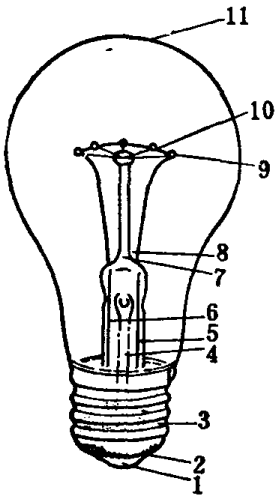


图 1-1 白炽灯结构示意图

1—电极；2—绝缘；3—螺口兼电极；4—排气管；5、6—引线；7—玻璃支柱；8—引线兼支架；9—支架；10—钨丝；11—玻璃外壳

普通白炽灯泡的结构，如图1-1所示。

白炽灯泡的灯丝一般都绕成单螺旋状或双螺旋状（即将绕成单螺旋状的灯丝再绕成较大的螺旋状）。灯丝是白炽灯的主要部分。制作灯丝的材料应具备：①熔点高；②蒸发率小；③可见辐射的选择性较好；④机械性能较好。现在，几乎所有的白炽灯泡都是用钨作灯丝，只有极少数的灯采用其它灯丝材料。

钨丝白炽灯泡的发光效能可在 $6.5\sim 19\text{lm/W}$ 。

一般灯泡功率在 40W 及以下是真空灯泡；功率在 40W 及以上是充气灯泡。充填气体是用氩气和氮气的混合气体，工作压力为 0.1MPa （ 760mmHg ）。氩气和氮气的比例，由额定电压

和灯丝的发光温度决定。灯泡内充以惰性气体的目的是为了减少钨的蒸发。因为钨在蒸发过程中遇到惰性气体的阻拦，有一部分钨粒子会折回到灯丝上，这样就减少钨的蒸发量，从而可相应提高灯丝的工作温度，提高灯泡的发光效能。

双螺旋白炽灯泡也是从提高灯丝的工作温度出发，从而提高灯泡的光效。在同功率的情况下，双螺旋白炽灯泡比单螺旋白炽灯泡可提高光效 12% 以上，是值得采用的节能产品。

道路照明用白炽灯一般用 40W、60W、100W，仅在个别场合用 500W、1000W 的大功率灯泡。500W 以下的白炽灯泡的外形呈梨形，安装位置可以任意向；500W 及以上的则呈圆球形，使用时，必须灯头在下。普通白炽灯泡的型号是 PZ220-40；PZ 的意思是普通白炽灯泡；220 为灯泡的额定电压，其单位为 V；40 为灯泡的额定功率，其单位为 W。有时，为提高道路照明灯泡的寿命和适当延长巡修周期，采用额定电压为 230V 的白炽灯泡。

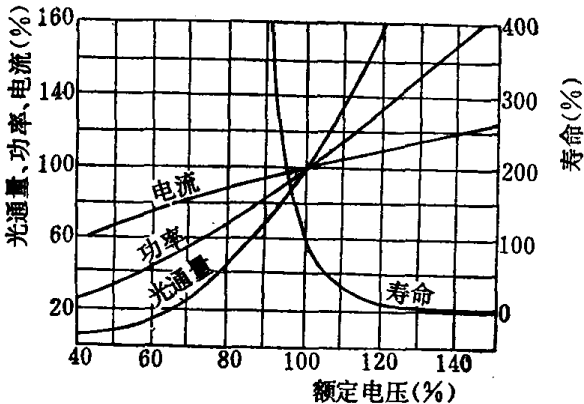


图 1-2 白炽灯主要参数与电压变化的关系

在使用白炽灯泡时应注意:

(1) 电源电压的变化对灯泡寿命和光效影响很大。电压升高则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随着减少。白炽灯主要参数与电压变化的关系见图1-2。

(2) 钨丝的冷态电阻比热态小得多,故白炽灯泡瞬时启动电流最高值达额定电流的8倍以上,但在0.12s时间内即可衰减到额定值。

第二节 荧光高压汞灯

高压汞灯是荧光高压汞灯的习惯叫法。高压汞灯属第二代电光源。它是道路照明、工厂照明的主要电光源,因它有较高的光效和高寿命,而且价格也较低。

一、高压汞灯

1. 灯的构造

高压汞灯分内外2层:①外层是一个耐高温的硬质玻璃壳。在玻璃壳内壁均匀地涂有荧光粉;②内层是一个耐高温、耐高压的透明石英玻璃制成的发光管。发光管内充有适量的汞和为降低启动电压并具有保护电极的氙气。在放电管两端的铝箔上封接有钨丝绕制并涂有电子粉的电极,为了使启动容易,在灯头侧的主电极旁装有辅助电极。辅助电极要比相邻的主电极略长一些,在一定程度上可提高灯的寿命。为限制主电极与辅助电极间的放电电流值,辅助电极上串有一个 $40\sim 60\text{k}\Omega$ 的附加电阻。高压汞灯在外壳与内管之间抽成真空并充入少量惰性气体,用来减少热传导并保证灯的稳定工作。

2. 工作过程

高压汞灯应与其功率相匹配的镇流器组成一电路，如图 1-3 所示。

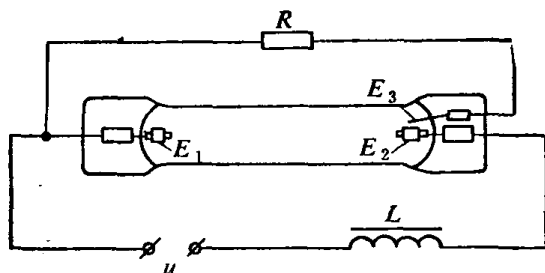


图 1-3 高压汞灯工作电路

E_1 、 E_2 —主电极； E_3 —辅助电极； R —限流电阻； L —镇流器；
 u —电源电压

当接通电源时，辅助电极 E_3 与靠近的主电极 E_1 之间产生辉光放电，立即使主电极 E_1 和 E_2 之间引燃点亮。由于放电管内温度上升，使汞在数分钟内全部蒸发，汞汽压上升到设计值 $0.133\sim 1.33\text{MPa}$ 。这个过程中灯泡的工作电压从零上升到设计值；电流从启动电流值随着灯泡工作电压从零上升到稳定值也逐步减少到稳定值。当电流在额定工作电流附近时，启动过程就算结束。

当高压汞灯熄灭后，必须等到放电管逐步冷却，汞蒸气压降下来后，才能重新点燃。从熄灭到再点燃的时间，称为再启动时间。

二、自镇流高压汞灯

将高压汞灯装在外玻璃壳内的钨丝作镇流器用，并与放电管串起来，构成自镇流高压汞灯。钨丝均匀地排列在放电管四周，在灯泡稳定工作时钨丝的设计光效为 $5\sim 7\text{ lm/W}$ 。

表 1-2 荧光高压汞灯光电参数

型号	额定功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电流 (A)	光通量 (lm)	色温 (K)	平均寿命 (h)	配用镇流器阻抗 (Ω)
GGY50	50	交流	95±15	0.62	1.00	1570	5500	3500	285
GGY80	80		100±15	0.85	1.30	2940		202	
GGY125	125	115±15	1.25	1.80	4990	5000	134		
GGY175	175	130±15	1.50	2.30	7350	100			
GGY250	250	220	130±15	2.15	3.70	11025	71		
GGY400	400		135±15	3.25	5.70	21000	6000	45	
GYZ160	160	—	0.75	0.95	2560	4400	1000	—	
GYZ250	250		1.20	1.70	4900				
GYZ450	450		2.25	3.50	11000				

自镇流高压汞灯的寿命是由钨丝的寿命决定的，为了使灯泡能有较长的寿命，放电管的工作电压要选得高些，以控制灯泡的工作电流值。

常用自镇流高压汞灯有160W、250W、450W。如 GYZ-450是用250W放电管与200W钨丝配制而成的。由于它的光效低，除非在安装镇流器有特殊困难的灯型外，不宜大量应用在道路照明上。

各种型号的荧光高压汞灯的光电参数，如表1-2所示。

三、使用注意事项

(1) 电源电压如突然降低5%及以上，可能造成灯泡自行熄灭。新灯泡的工作电压如果低于表1-2所列数值的下

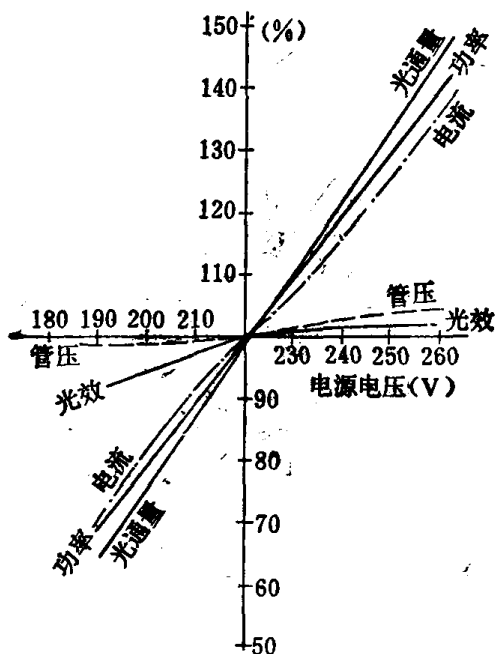


图 1-4 电源电压的变化对400W高压汞灯的光电参数的影响

限值，灯泡的使用寿命就会降低。

(2) 高压汞灯可以在任意位置上点燃。但在水平位置点燃时，光通量的输出将减少。水平点燃与灯头在下的垂直点燃时，灯容易自行熄灭。

(3) 在高压汞灯的放电管中，充有一定量的汞，破碎的放电管要妥善处理，以防止汞蒸发危害人体健康。

(4) 电源电压的变化对 400W 高压汞灯的光电参数的影响，如图 1-4 所示。

第三节 高 压 钠 灯

自 1960 年以来，称为第三代光源的高压钠灯已被道路、码头、货场等照明广泛采用。

一、结构和工作原理

图 1-5 表示高压钠灯的结构。放电管采用半透明多晶氧化铝制成。氧化铝能耐高温，抗钠腐蚀。氧化铝管的两端用氧化铝陶瓷帽封接，老产品用铈帽封接。在氧化铝管内，除充钠以外，还充入一定量的汞，钠和汞的重量

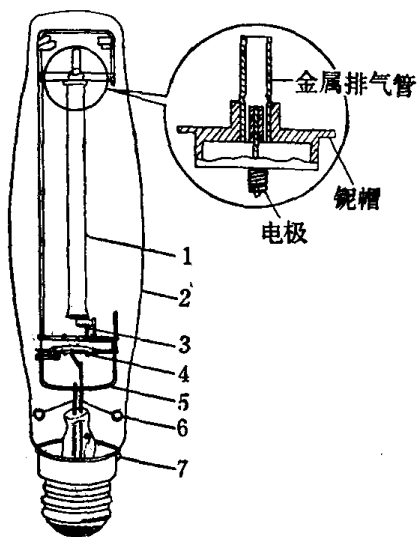


图 1-5 高压钠灯

- 1—陶瓷(多晶氧化铝)放电管；2—硬玻璃外壳；
- 3—管脚上涂有热消气剂(钨粉)；4—双金属片；
- 5—金属支架；6—钨消气剂；7—焊锡

比大约是 1:2~1:10。目前,灯泡厂以钠汞齐的形式充入。灯内添加汞的原因有:①提高发光效能,并提高交流电路的功率因数。如 400W 高压钠灯,在不充汞时,灯的工作电压只有 40~44V,电流约 10A;充入汞后,灯的工作电压升到 100V,电流降到 4.6A,这样还可使镇流器做得小又经济。②适当改善光颜色。在这里,汞蒸气起缓冲气体和增加放电电抗的作用。

二、高压钠灯的触发过程

在放电管内充有氙气的高压钠灯,在触发时,需在放电管两端加上约 2500V 左右的高电压,才能使两电极间在氙气中放电。此时灯的光色由很暗的白色辉光,很快变为蓝色光,这表明放电管内的汞蒸气已有足够的压力,激发和电离主要在汞蒸气中发生;随后发出单一的黄色光,说明在较低的钠蒸气压力下钠产生了共振辐射;随着钠蒸气压力的提高,灯发出金白色光启动过程结束。此启动过程表现在电参数上的变化是,电流值从较大的启动电流逐步降低到接近工作电流;灯泡的工作电压从零逐步升高到接近工作电压。当工作电流、工作电压均稳定在额定值附近时,启动过程结束。在放电管内充氙气时,因氙的热导损耗较小,效率比氙气要高一些,但触发比较困难。如在放电管内充有氙氖混合气,放电管外绕有金属丝,则制成在 220V 电压下能触发的快速触发高压钠灯。充氙氖的高压钠灯的光效与寿命均低于充氙的高压钠灯。

三、高压钠灯的触发种类

高压钠灯的触发方式可分为内触发、外触发 2 种。

1:外触发式高压钠灯

外触发高压钠灯泡是采用电子触发器在电源接通瞬间灯