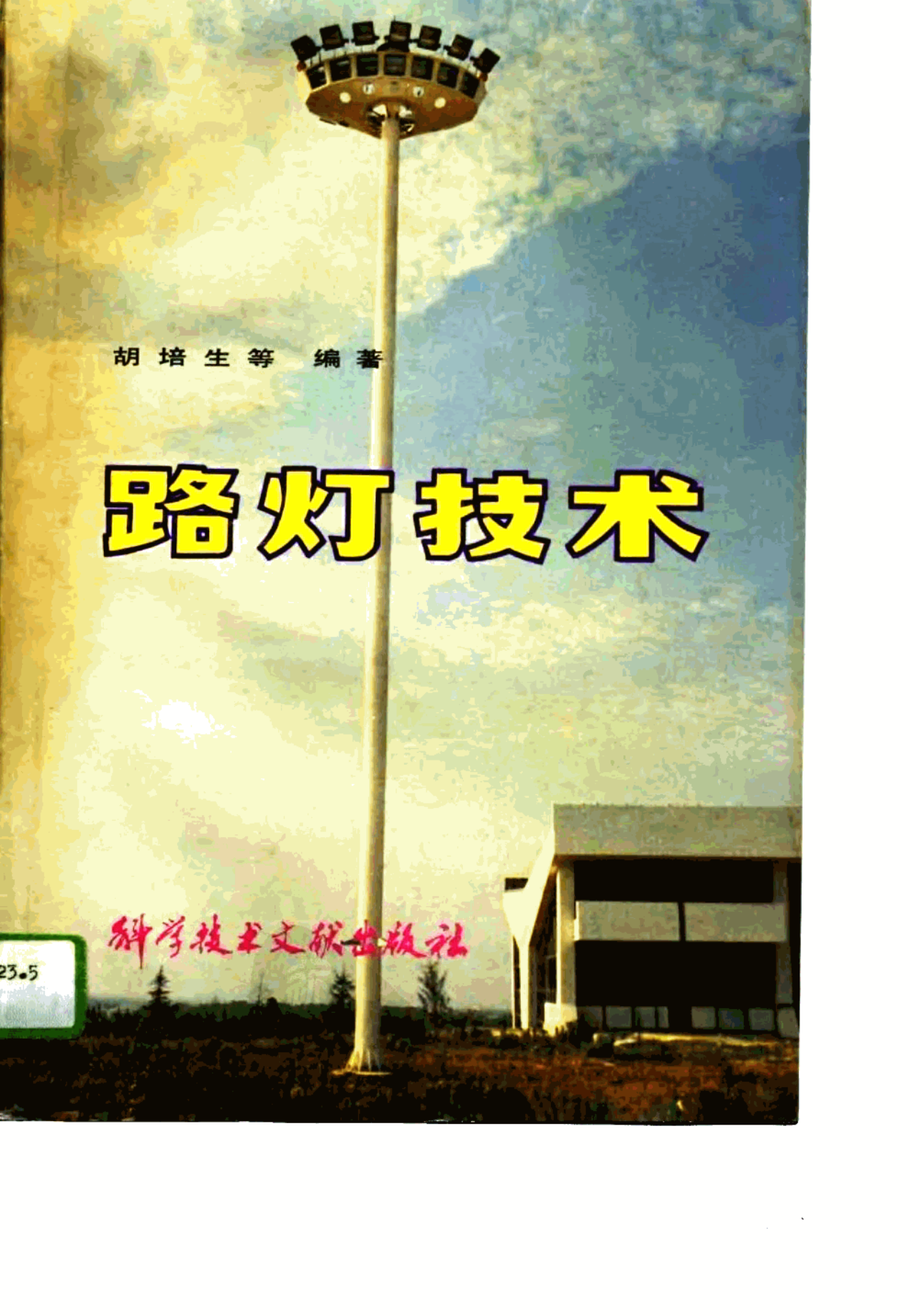




胡培生等 编著

路灯技术

科学技术文献出版社

23.5

内 容 简 介

本书是根据从事路灯照明设计、运行及管理人员多年的实践经验，并结合国内外先进技术编写而成的，具体内容有：道路照明用电光源、镇流器、灯具、基本光度参数、标准、设计、计算、测量、控制，道路照明低压线路导线截面的选择，变压器，导线的架设和电杆的机械计算，故障的分析和处理，以及路灯技术的发展趋势。

本书适用于从事道路照明的工程技术人员及工人，有关大专院校的照明专业的师生等阅读。

路 灯 技 术

胡培生等 编著

科学技术文献出版社出版发行

（北京复兴路15号）

北京朝阳小红门装订厂印刷

787×1092毫米 16开本 12.25印张 305千字

1990年6月第1版 1990年6月第1次印刷

印数：1—2500册

ISBN 7-5023-1288-9/TM·4

定价：10.00元

前 言

路灯是城市建设中的重要一环。她是国家科学技术、经济及能源发展的综合体现。路灯在方便车辆行人、保障交通安全、提高交通运输效率、美化城镇环境等方面均有不容忽视的作用。

路灯以前是一个不被人们认识和重视的领域,但从改革开放以来路灯的灯盏数迅速增加,并由城市向集镇延散。其特点有:从事路灯施工管理的工程技术人员、工人的人数不断增多,素质也有较快的提高;路灯用光源从延用已久的白炽灯、自镇流高压汞灯正在被光效高、寿命很长的高压钠灯替代;低压钠灯的质量有较快的提高,在我国的高速公路与市郊公路上也将采用;路灯的停发由人工拉合向着路灯控制仪发展;电源开关从刀闸及油断路器向长寿命的真空接触器过渡。新技术、新器材正在不断地走向路灯领域,曾是空白的路灯技术范畴也正在逐步发展与充实,走向正轨。

此书是根据从事路灯或照明设计、施工、运行及管理人员多年的实践经验,并结合国内外先进技术编写而成的。是从事室外或室内照明的工程技术人员、工人的必备工具书。也是学习《城市道路照明设计标准》的参考书。

本书第一、二、九~十四章、第十五章第二、八、九节由胡培生同志编写,第三、四、六章由孙延年、李景色同志编写,第五、七、八章由李景色同志编写,第十五章第一节由武汉供电局路灯分局编写,第十五章第三、四节由高纪昌同志编写,第十五章第五节由崔家驰同志编写,第十五章第六节由李桂筑同志编写,第十五章第七节由刘嵩生、程桂华同志编写。

全书由高纪昌同志审稿,北京照明器材厂王世忠、沈阳华光灯泡厂段同、倪鸣祥、北京市路灯管理处周力、于景萍,北京吉乐灯具厂、北京照明器材厂等也都给本书以大力支持,在此一并致谢。

由于编著者的水平有限,本书的错误之处在所难免,恳请指正。

编 者

1990年4月

目 录

前 言

第一章 道路照明用光源	(1)
第一节 白炽灯.....	(1)
第二节 高压汞灯.....	(3)
第三节 低压钠灯.....	(4)
第四节 高压钠灯.....	(6)
第五节 电路电流和灯泡寿命的关系.....	(10)
第六节 照明电路的无功补偿.....	(10)
第七节 气体放电灯燃点时的忽着忽灭.....	(14)
第八节 道路照明的光源选用.....	(15)
第二章 镇流器	(17)
第一节 镇流器的作用.....	(17)
第二节 镇流器的工作原理.....	(18)
第三节 阻抗式镇流器的标准.....	(22)
第四节 镇流器的校验.....	(23)
第五节 镇流器的伏安特性.....	(24)
第六节 镇流器的功率因数 $\cos\varphi$	(26)
第七节 镇流器选用.....	(27)
第三章 道路照明灯具	(28)
第一节 道路照明灯具的光学特性.....	(28)
第二节 光照材料的基本特性.....	(34)
第三节 道路照明灯具的分类.....	(35)
第四节 反光器的种类与计算.....	(39)
第四章 道路照明的基本光度参数	(42)
第一节 驾驶员视觉工作的特点.....	(42)
第二节 道路照明的基本光度参数.....	(43)
第五章 道路照明标准	(48)
第一节 CIE和若干国家的道路照明标准.....	(48)
第二节 我国道路照明标准.....	(57)
第三节 各国道路照明标准的分析比较.....	(59)
第六章 道路照明设计	(61)
第一节 照明设计的基本原则、内容和步骤.....	(61)
第二节 设计原理.....	(62)
第三节 照明方式.....	(63)
第四节 照明方法.....	(66)

第七章 道路照明计算	(71)
第一节 照度计算.....	(71)
第二节 亮度计算.....	(77)
第三节 眩光计算.....	(88)
第八章 道路照明测量	(94)
第一节 道路照明测量常用仪器.....	(94)
第二节 道路照明的现场测量.....	(97)
第九章 道路照明的控制	(107)
第一节 道路照明的控制方法.....	(107)
第二节 定时控制.....	(107)
第三节 光电控制器控制.....	(109)
第四节 低压供电的控制运行方式.....	(110)
第五节 半夜灯及其控制.....	(113)
第十章 道路照明低压线路导线截面的选择	(117)
第一节 按机械强度的要求导线最小容许截面.....	(118)
第二节 按发热条件的要求导线最小容许截面.....	(118)
第三节 按容许电压降选择导线截面.....	(118)
第四节 变压器一、二次侧配线.....	(121)
第五节 低压线路电能损耗的计算.....	(121)
第六节 从经济技术比较决定导线截面.....	(122)
第七节 影响电压降计算值准确的因素.....	(128)
第十一章 变压器	(130)
第一节 照明负荷的计算.....	(130)
第二节 变压器的选择.....	(131)
第三节 熔丝的选择.....	(134)
第四节 熔丝的配用.....	(135)
第十二章 导线的架设和电杆的机械计算	(137)
第一节 导线的架设.....	(137)
第二节 电杆的机械计算.....	(140)
第三节 电杆根部弯曲力矩的计算.....	(142)
第四节 电杆埋深的计算.....	(143)
第五节 电杆倾覆的计算.....	(143)
第六节 底盘计算.....	(144)
第七节 拉线截面的计算.....	(144)
第八节 拉线棍截面的计算.....	(146)
第九节 拉线盘的尺寸和埋深的计算.....	(146)
第十三章 故障的分析判断	(152)
第一节 大片着灯.....	(152)
第二节 大片灭灯.....	(154)
第三节 小结.....	(154)

第十四章	管理	(156)
第一节	电费管理.....	(156)
第二节	灯泡管理.....	(159)
第十五章	路灯技术发展趋势	(162)
第一节	道路照明发展的几项技术原则.....	(162)
第二节	路灯技术发展要点.....	(164)
第三节	北京道路照明的节能措施.....	(166)
第四节	改善天安门广场及长安街道路照明的技术措施.....	(169)
第五节	长寿命高压钠灯的镇流器与触发器连接浅析.....	(172)
第六节	高压钠灯抽头式电子启动器电路特性研究 (摘录)	(176)
第七节	镇流器试析.....	(180)
第八节	关于镇流器的寿命探讨.....	(184)
第九节	真空接触器在路灯上的应用.....	(187)

第一章 道路照明用光源

自电能开始用于照明后,相继制成钨丝白炽灯、高压汞灯、低压汞灯、卤钨灯、高压钠灯、金属卤化物灯等光源。

道路照明使用光源从煤油灯开始,后过渡到白炽灯。随着新光源的相继制成,60年代用高压汞灯替代白炽灯,70年代开始逐步用高压钠灯替代了高压汞灯和白炽灯。高压汞灯和高压钠灯之所以能较为迅速地替代白炽灯,是因为它们具有很高的发光效能和较长的使用寿命等优点。

一、光源分类

目前用于照明的电光源,按发光原理可分为两大类:

(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:如钠铊铟灯、管形碘灯。

二、道路照明对光源的要求

(1) 发光效能高。

(2) 寿命长,寿命一致性好。

(3) 有较好的显色性和适当的低亮度。

三、光源的主要特性比较

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,如表1-1所示。

第一节 白 炽 灯

白炽灯泡是根据热辐射原理制成的,它靠电流加热灯丝至白炽而发光,灯丝是白炽灯泡的主要部分,灯丝断了,灯泡也就坏了。因为温度很高的灯丝在空气中很快就会氧化,与水蒸气等活泼性气体发生化学作用而烧断,所以灯丝应该在没有有害气体的环境中工作,故将灯泡内抽成真空或在灯泡内充入与灯丝不起化学作用的氮气等惰性气体。

一、白炽灯的构造

白炽灯泡的构造如图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)。灯丝是白炽灯的关键部件,所以制作灯丝的材料应具备:①熔点要高;②

表1-1

道路照明常用光源的主要特性比较

光源名称	白炽灯	高压汞灯	高压钠灯	低压钠灯	金属卤化钠灯
额定功率范围(W)	10~1000	50~400	35~1000	18~180	400~1000
光效(lm/W)①	6.5~19	30~50	90~100	100~175	60~80
平均寿命(h)②	1000	2500~5000	5000	2000~3000	2000
一般显色指数Ra	95~99	30~40	20~25		65~85
启动标称时间(min)	瞬时	4~8	4~8	7~15	4~8
再启动时间(min)	瞬时	5~10	10~20③	>5	10~15
功率因数cosφ	1.0	0.45~0.62	0.30~0.44	0.06	0.4~0.61
频闪效应	不明显	明 显			
表面亮度	大	较大	较大	较大	大
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
抗震性能	较差	好	较好	较好	好
所需附件	无	镇流器	镇流器	镇流器	触发器、镇流器④

注：①光效是发光效能的简称，指一个光源每消耗1W功率所发出的光通量，单位 lm/W 。

②光源的寿命有全寿命、有效寿命和平均寿命之分。全寿命指光源不能再启动和发光时所点燃的时间。有效寿命是指光源的发光效能下降到初始值的70%时总共点燃的时间。平均寿命是从统计学角度全面评价一种规范光源的总平均点燃时间。

③内触发高压钠灯的再启动需10~20min，外触发高压钠灯的再启动时间由触发器的性能决定，一般不超过1min。

④1000W的钠铊铟灯目前需用触发器启动。

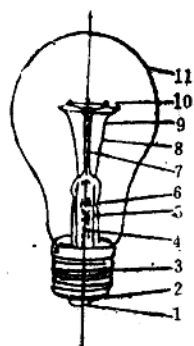


图1-1 白炽灯结构图

1—电极；2—绝缘；3—螺口兼电极；4—排气管；5、6—引线；7—玻璃内用钨铜铁镍合金丝；8—引线兼支架；9—铜丝；10—钨丝；11—玻璃外壳。

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。

钨丝白炽灯泡的发光效能可在 $6.5\sim 19lm/W$ 。

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，及广泛采用氩和氮的混合气体。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。

道路照明常用的白炽灯泡为PZ220-40~PZ220-1000，其中PZ—普通照明灯泡；220—为灯泡的额定电压，单位为V；40或1000—为灯泡的额定功率，单位为W。为使道路照明用白炽灯有较长的寿命，其额定电压宜用230V。

二、白炽灯泡在使用时应注意事项

(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1-2。

(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个周波开始衰减到额定值。

第二节 高压汞灯

高压汞灯是第二代光源。它的光效比白炽灯高，它的寿命比高压钠灯长，所以是道路

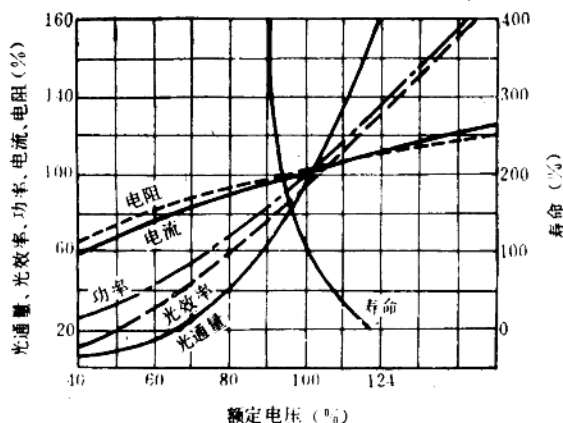


图1-2 白炽灯参数与电源电压的关系

高压汞灯有内外两层，外层是一个玻璃外壳，玻璃外壳内壁均匀地涂有荧光粉，内壳是一个用透明石英管制成的放电管，放电管内充有适量的水银和启辉用的高纯氙气，放电管的两端封有用钨丝绕成的上、下两个电极，电极内涂有供发射电子用的电子粉，在一个电极旁装有一个供启动用的引燃极（或称辅助电极），为了限制主电极与引燃极之间的放电电流值，引燃极串联一个约 $40 \sim 60 \text{ k}\Omega$ 的附加电阻。当两个主电极放电后，引燃极就不参与工作了。荧光高压汞灯应与其容量相匹配的镇流器组合成一路。图1-3是荧光高压汞灯的典型结构与工作线路图。

2. 启动过程

当接通电源后，引燃极 E_3 与靠近的主电极 E_1 之间产生辉光放电，使放电管内的气体电离，使主电极 E_1 与 E_2 之间引燃点亮。这时 E_1 与 E_3 之间由于附加电阻的作用使辉光放电停止。由于放电管内温度上升，汞蒸汽压亦从低到高，最后达到稳定，这个过程也就是灯泡的工作电压从零上升到该灯泡的工作电压并达到稳定，电流是从启动电流逐步减少到工作电流并达到稳定。这时启动过程结束。

附加电阻的作用是与镇流器的阻抗值一起限制启动电流，保护电极 E_1 与 E_3 。

由于液态汞变为蒸汽要经历一个过程，灯泡启动一般要经过 $4 \sim 8 \text{ min}$ 才能使放电趋向

照明上使用最广泛的光源。

高压汞灯有荧光高压汞灯、自镇流高压汞灯和反射型高压汞灯3种。而大量在道路上采用的是荧光高压汞灯，因为它的寿命长，光效较高，且单价较低。高压汞灯的外玻璃壳内壁均匀地涂有荧光粉，它能将汞蒸汽放电时辐射的紫外线较快变为可见光，以改善光色，提高光效。

一、荧光高压汞灯

1. 灯的结构和工作线路

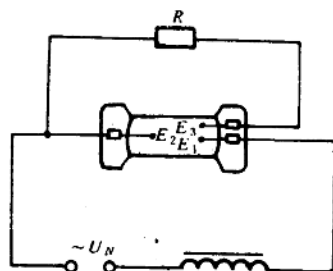


图1-3 荧光高压汞灯工作线路图

稳定,灯进入正常工作状态后,发出该泡的额定光通量。再启点时,灯不能立即点燃是由于汞蒸汽压高,电子自由程很短,需间隔5min左右,使汞蒸汽部分凝结后才能重新点燃。

二、自镇流高压汞灯

自镇流高压汞灯是利用装入外玻璃内的钨丝作镇流器。工作时镇流钨丝一方面限制通过放电管的工作电流,另一面工作电流加热钨丝后也发出一定的光通量。钨丝所发出的光主要是红色成分,所以可以改善光色。为使钨丝在灯泡中发光均匀,钨丝均匀的围绕在放电管四周。为保证自镇流高压汞灯有较高的寿命,钨丝按较低的发光效能($5\sim 7\text{lm}/\text{w}$)设计,在外壳中间充有一定比例的氩氮气体后,可将光效提高到 $9\sim 12.8\text{lm}/\text{W}$ 。另外惰性气体可以保护钨丝。

目前,自镇流高压汞灯有160W、250W、450W等几个规格。如450W自镇流高压汞灯是用250W内管加200W钨丝配套而成,而其光通量略高于GGY250。所以,除非在安装镇流器有特殊困难的场合外,无论从节约电能、维护经费、延长更换灯泡周期上考虑都不宜在道路照明上采用自镇流高压汞灯。大车间也宜用高显色高压钠灯来替代自镇流高压汞灯。

三、使用注意事项

(1) 灯必须与相应规格的镇流器配套使用,否则会缩短灯的寿命或造成启动的困难。

(2) 电源电压如突然降低5%及以上,可能造成灯泡自然熄灭,新灯泡的工作电压如果低于表1-2所列数值的下限值,那么灯泡的使用寿命就会降低。电源电压的变化对GGY400荧光高压汞灯光电参数的影响,见图1-4。

(3) 灯可在任意位置点燃,但水平点燃时,光通输出将减少7%,而且灯容易自熄。

第三节 低压钠灯

低压钠灯是一种接近于黄色的单色光光源,它的发光效能可达 $150\text{lm}/\text{W}$ 。它适合用

表1-2 荧光高压汞灯、自镇流高压汞灯型号、光电参数

灯泡型号	灯 泡 技 术 参 数												镇流器阻抗 Ω
	额定功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	光通量 (lm)	稳定时间 (min)	再启动时间 (min)	色温 (K)	一般显色指数 (Ra)	平均寿命 (h)	
GGY50	50	交 流	95 $\pm$ 15	0.62	180	1.0	1570	5 $\sim$ 10	5 $\sim$ 10	5500	30 $\sim$ 40	2500	285
GGY80	80		110 $\pm$ 15	0.85		1.3	2940						202
GGY125	125		115 $\pm$ 15	1.25		1.8	4990	4 $\sim$ 8					134
GGY175	175		130 $\pm$ 15	1.50		2.3	7350						100
GGY250	250		130 $\pm$ 15	2.15		3.7	11025						71
GGY400	400		135 $\pm$ 15	3.25		5.7	21000						45
GYZ160	160		220			0.75	0.95	2560	4 $\sim$ 8			2500	3000
GYZ250	250					1.20	1.70	5500	4 $\sim$ 6	3 $\sim$ 6	4400		
GYZ450	450					2.25	3.50	13500					

于郊区公路上的道路照明光源。

一、灯的构造

低压钠灯的构造如图1-5所示。

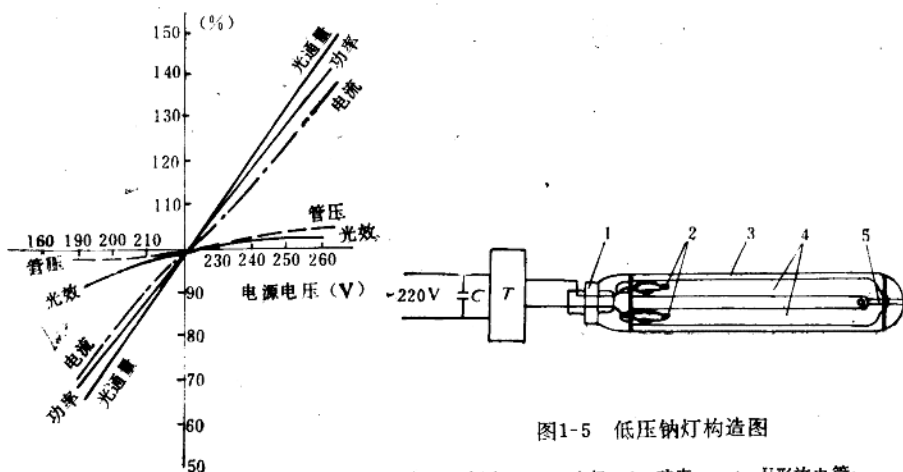


图1-4 400W荧光高压汞灯光电参数

图1-5 低压钠灯构造图
1—灯头； 2—电极 3—玻壳； 4—U形放电管；
5—灯支架； T—漏磁变压器； C—电容

外壳内抽成高真空，以减少气体对流和传导引起的热损耗。为提高和维护真空度，还在抽成真空后，蒸散一层消气剂。外壳的内壁涂以氧化铟 (In_2O_3)、氧化锡 (SnO_2) 为主要成分的红外反射层，以减少热辐射损耗。

低压钠灯的内管弯成U形。U形管由两层玻璃组成，外层是普通的易于加工成形而性能良好的软玻璃（钠钙玻璃）；内层是用加工性能很差的抗钠性能良好的高硼玻璃（如硅、三氧化二硼、三氧化二铝、氧化钙、氧化钠等）。一般高硼玻璃的厚度在0.05mm左右。

U形管上每隔一段就有一个隆起的小窝，小窝内可贮存钠。内管中充有高纯钠、氖气和微量氩气。

为了避免灯管太长和使放电管的温度保持在 270°C 左右，保证钠蒸汽压力为666.66 Pa，故将放电管内弯成紧靠在一起的U形状。

低压钠灯一般采用高阻抗的漏磁变压器来提供启动所需的电压，启动电压在400V以上。在制成低压钠灯触发器后，也可以用阻抗式镇流器与低压钠灯组成回路。钠灯的启动电压主要取决于氖和氩的潘宁效应（为了帮助起弧，通常还在氖气中加入最高为1%的氩气——潘宁效应）。低压钠灯启动后需8~10min才能达到全部光输出。在此阶段以后，电气特性的变化很小，如图1-6所示。

供电电压的变化，在“U”形低压钠灯中，功率随着电流上升而缓慢增加。结果使灯在达到最大光输出前光效即达到峰值。

低压钠灯工作时的位置受到钠移动的限制，钠会凝结于灯的最冷部分，但振动和重力作用会使溶化的钠落到灯的最低部分。U形灯头在下燃点时，会因钠聚集在阴极后面，从而引起电解作用，使封接处炸裂。

灯头在上燃点时，能使钠聚集在放电管下部弯曲处，由于放电管上部没有足够的钠，因此除最短的灯外，所有的灯均将产生发红现象。虽然低功率的灯可在稍微损失一些光通量的情况下，采用灯头在上的垂直位置或接近垂直位置，但一般来说，如果没有钠储存装

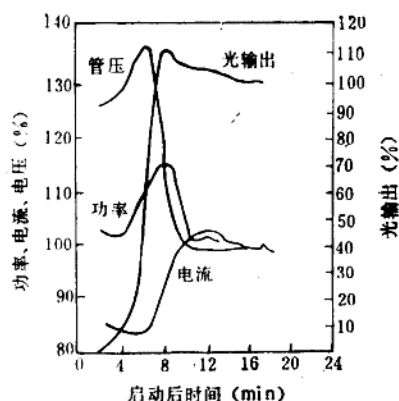


图1-6 低压钠灯的启动特性

(它自身的功耗太高), 说明小功率低压钠灯有发展前途, 希望NB18不要 太受点燃位置的局限, 甚至可以任意向燃点。

二、使用注意事项

- (1) 点燃位置: 水平方向 $\pm 20^\circ$, 将“U”形放电管平面正对路面或依灯具要求放置。
- (2) 灯启动后7~15min即稳定工作; 灯熄灭后再启动时间应大于5min。
- (3) 灯泡安装在灯具内, 需辅助支撑, 使灯泡稳定。
- (4) 低压钠灯的光电参数, 如表1-3所示。

表1-3 低压钠灯的光电参数表

型 号	额定功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	稳定时间 (min)	再启动时间 (min)	光通量 (lm)	主要尺寸 (mm)		灯头型号
								D	L	
NB 18	18	220	-	0.60	7~15	>5	1800	54	216	By22d
NB 35	35	220	70	0.60	7~15	>5	4800	54	311	By22d
NB 55	55	220	109	0.59	7~15	>5	8000	54	425	By22d
NB 90	90	220	112	0.94	7~15	>5	12500	68	528	By22d
NB135	135	220	164	0.95	7~15	>5	21500	68	775	By22d
NB180	180	220	240	0.91	7~15	>5	31500	65	1120	By22d

注 以上产品数据为北京灯泡厂提供。

第四节 高 压 钠 灯

自1960年以来, 高压钠灯已被视为第三代新光源。高压钠灯的光效可达100lm/W左右。其特点是寿命长, 工作特性好, 并具有独特的金白色的光色, 很受汽车司机的欢迎。

道路照明用的高压钠灯, 光效100lm/W, 相对色温2100K, 显色指数 $R_a=20$ 。高显色性高压钠灯的光效约70~80lm/W, 相对色温约2400K, 显色指数 $R_a=60$ 以上。

一、灯的结构与工作原理

如图1-7所示, 高压钠灯的放电管是采用多晶氧化铝(Al_2O_3)制成, 它具有耐高温、抗钠腐蚀的特性。多晶氧化铝管的透光率达90%左右(如用单晶氧化铝管, 它的透光率达95%左右)。NG250用多晶氧化铝管 $90\pm 0.1\text{mm}$, 内径 $8\pm 0.4\text{mm}$, 壁厚 $0.8\pm 0.1\text{mm}$; NG400用多晶氧化铝管长 $115\pm 0.1\text{mm}$, 其它尺寸同NG250。氧化铝管的两端用的较多是与氧化铝的膨胀系数接近的金属钨帽封接, 近年来已逐步改用氧化铝帽(称陶瓷帽)封接。从使用情况看, 后者优于前者, 特别在提高平均寿命指标上最明显。端帽内装的电极结构与高压汞灯一样, 电子粉采用钨酸盐, 其中一个端帽上封有一根金属铯排气管, 在放电管内充有汞和钠, 钠和汞的重量比为 $1:2\sim 1:10$ 。光辐射主要在钠蒸汽中发生, 而汞蒸汽实际上并未产生辐射, 这是由于钠原子的激发和电离电位较低, 在放电中激发钠原子所需的温度较低。但汞蒸汽却起着缓冲气体和增加放电电抗的作用, 即汞蒸汽的存在使放电电弧的电压提高(一定功率下的电流较小), 从而使镇流器工作电压降低而较经济。为了帮助启动, 还充有约 2.67kPa (20mmHg)的惰性气体氙, 因为灯管冷态启动时, 管内钠、汞蒸汽压是很低的, 放电必须在氙气中发生, 而且氙气热传导率低, 能减少放电管的热损失。钠和汞的比例直接影响灯泡的光、电参数和显色指数。

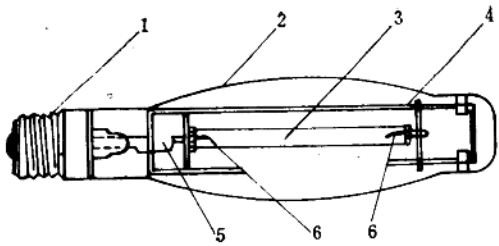


图1-7 高压钠灯构造图

1—灯头; 2—玻壳; 3—多晶氧化铝管;
4—支架; 5—双金属片; 6—电极。

灯泡的外玻璃壳国内均采用透明型, 制成形状象汞灯外玻璃壳, 在内壁涂二氧化硅的漫反射粉。为防止灯内金属氧化与使放电管达到最高光效, 外玻璃壳内抽成真空。外玻璃壳用耐热冲击的硼硅酸盐玻璃制成, 这种玻璃壳在灯泡燃点时也不致炸裂。

高压钠灯从启动至光通量输出为80%时需4min。在这段过程中, 灯的光色变化反映出启动的物理过程。起初是很暗的白色辉光, 这是氙气放电所特有。很快变为亮兰光, 此时汞蒸汽已有足够的压力, 激发和电离主要在汞蒸汽中发生, 随后发单一的黄色, 说明是在较低的钠蒸汽压力下钠产生共振辐射, 随着钠蒸汽压力的提高, 灯发出金白色光。

灯在启动过程中, 电流、电压、功率和光通量均发生变化。图1-8为这些参数与启动后时间的关系。表1-4列出了高压钠灯的电参数表。

表1-4 高压钠灯光电参数表

类别	灯泡型号	额定功率 (W)	电源电压 (V)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	灯电压 (V)	工作电流 (A)	发光效能 (lm/W)			显色指数 (Ra)
								优质品	一等品	合格品	
普通型	外触发	NG 50	50	交流	1.22	85±15	0.76	72.0	64.0	56.8	20
		NG 70	70		1.57		0.98	82.8	73.7	65.5	
		NG 100	100		1.80	90±15	1.20	92.0	81.8	72.8	
		NG 150	150		2.20		1.80	106.6	94.6	84.0	
		NG 250	250		3.80	100±20	3.00	100.0	88.8	78.8	
		NG 400	400		5.70		4.60	117.5	104.5	93.0	
	内触发	NG 250	250		4.50		3.00	100.0	88.8	78.8	
		NG 400	400		6.20		4.60	117.5	104.5	93.3	
高显色型		NG250	250	220	3.80		3.00	84.0	74.7	66.5	60~70
		NG400	400		5.70		4.60	87.5	77.8	69.9	

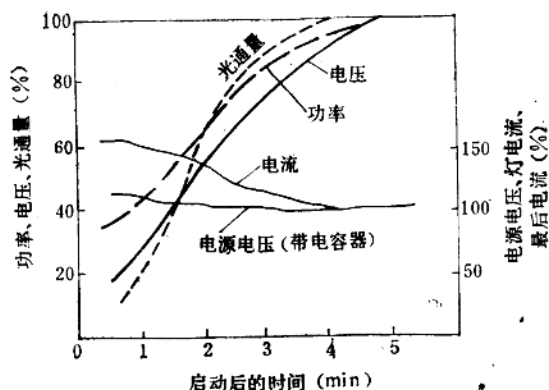


图1-8 电流、电压、功率、光通量与启动后时间的关系曲线

流超过与其配套的高压钠灯用镇流器的工作电流，而烧毁镇流器，随之又烧毁高压钠灯泡；②如新高压钠灯管压偏高，虽灯电流不超过与其配套的高压汞灯用镇流器，但因制灯工艺问题，而使高压钠灯管压上升太快，灯泡在电源电压较稳定的情况下，也会发生周期性着、灭，高压钠灯实际寿终。

用NG150（其额定光通量14200lm）来替代目前大量在道路照明上采用的GGY250（其额定光通量11025lm），在光通量增加28.9%的基础上，还可节省电能损耗40%，所以NG150将有非常好的发展前途。

二、启动方式

内启动型和外启动型高压钠灯都具有启动装置，只是前者装在灯泡内，后者装在灯泡外。目前，在道路照明的应用上，使用的启动方式有：①脉冲高压启动；②热启动。下面我们分别予以简单地介绍。

这是一种利用脉冲高电压和能量使电弧管内启动气体电离，从而促使灯工作的方法。其常用双金属片启动器、双金属片快速启动器和电子启动装置来产生所需的高压脉冲。

（1）双金属片启动器。

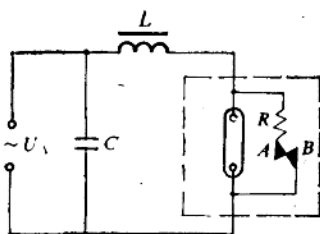


图1-9 双金属片启动器

由于电弧管的热辐射，外玻璃壳内温度升高，这个温度始终维持双金属片开关A、B处于断开状态，使灯正常工作。

（2）双金属片快速启动器。

双金属片快速启动器是在图1-9的基础上改进的，其结构如图1-10所示。启动电流 I 是通过 $a \rightarrow b \rightarrow c$ ， I 在通过双金属片 ab 的尺上产生热量 Q 直接加热其本身，造成双金属片变

替代型高压钠灯是用高压汞灯用镇流器与高压钠灯配套使用，此时为控制灯泡即照明电路的工作电流，高压钠灯的管压一般均高于100V（注意高于100V是指基准值而不是指允许偏差中的上偏差值），生产厂又怕高压钠灯燃点后期因管压太高而在燃点中忽着忽灭，又要适当控制新产品的管压，这样在实际燃点往往会出现下面两种情况之一：①如新高压钠灯管压偏低，使灯电

这种装置如图1-9所示，是一种在外玻璃壳内装有加热丝 R 和双金属片开关 AB 的结构，通常叫内触发高压钠灯。它的工作原理：当电源接通时，电流经过加热丝 R 和双金属片开关 AB 并对 AB 加热，由于双金属片一面是金属镍，另一面是金属镍铬，正反两面的膨胀系数不同，在达到一定温度时，双金属片产生弯曲形变，触点 A 、 B 分离，在 A 、 B 分离的瞬间，镇流器电感线圈 L 上产生数千伏自感电势加在灯的两端，使灯点燃。灯工作后，

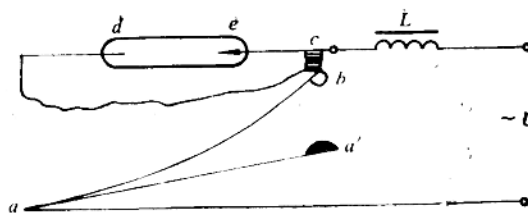


图1-10 双金属片快速启动器

$a'-5c$ 接点均为石墨，因溅射而造成玻璃壳发黑，致使光效下降。

启动速度接近电子触发器。该启动器的结构还有待改进，可行性还要通过实践进一步检验。

(3.) 电子启动装置（称电子触发器）。

采用电子启动装置是为了减少高压钠灯本身的故障，延长灯的寿命，把设在灯内的启动装置取消而在灯外设计一种电子启动器来替代它。现介绍两种电子启动器的原理图：

图1-11(a)在电源正半周，电流通过二极管D对电容C₁充电；在负半周，电源电压和C₁上所充电压叠加在一起加到可控硅T上，当电源电压从0向负半周的最大值变化时，不仅T的阳极电压增加，而且控制电压也增加，适当选择电参数，可使可控硅在电源电压达到某一点时导通，原来加在它上面的电压几乎完全加在镇流器a、b端，选择好ab部分和bc部分的圈数比，就可在灯两端获得大于2500V以上的瞬时高压，将灯点燃。

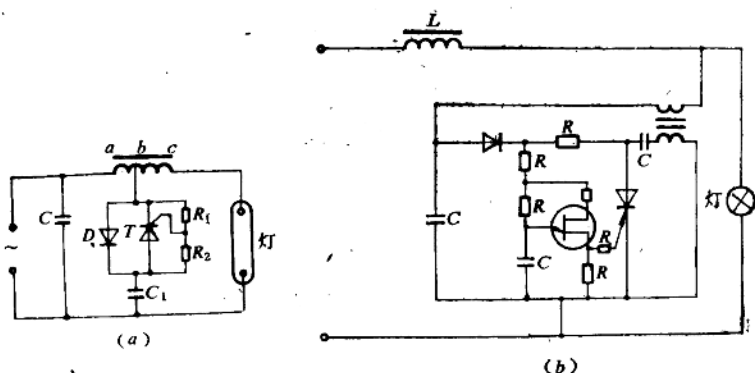


图1-11 电子启动装置

图1-11(b)与(a)基本原理相似，仅不同的是图1-11(a)中可控硅工作所需触发电压是由电阻R₁提供的；而图1-11(b)中可控硅工作所需触发电压是由双基极管提供的；另一不同点是图1-11(a)上的镇流器相当于脉冲升压变压器，而图1-11(b)中的镇流器不起脉冲变压器的作用，另设有脉冲升压变压器，这种结构一般做成独立式，但选用独立式触发器时要注意：①触发器外壳及内部充填物不能用能燃烧的；②触发器的开启脉冲电源电压在正常试验大气条件下为 $175 \pm 10V$ ，脉冲幅度为 $1.6 \sim 4.5kV$ ，脉冲宽度不小于 $1\mu s$ 。

高压钠灯的工作电压规定为 $100 \pm 20V$ 。经燃点后的低压钠灯一般每燃点1000h，工作电压升高1V。触发器的寿命在额定电压下，不连接灯泡而连接负载电容（ $20 \sim 1200pF$ ）空载工作累计不少于360h。关闭电压应尽量接近开启脉冲电源电压。再开启电压（或称二次开启电压）亦应接近开启脉冲电源电压。

独立式触发器的试验：

触发电压试验：如图1-12所示的接线图，自耦变压器从零逐步调整电压到高压钠灯被触发电燃，此时电压值即为触发器触发电压。

时间试验：将触发器两端直接接在220V上，记录触发器损坏时间。

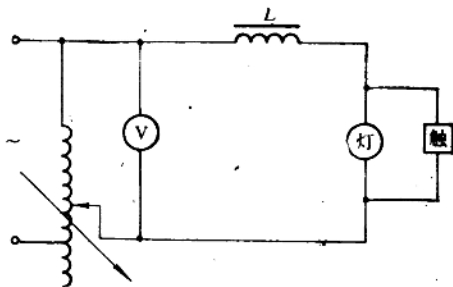


图1-12 电子触发器试验接线图

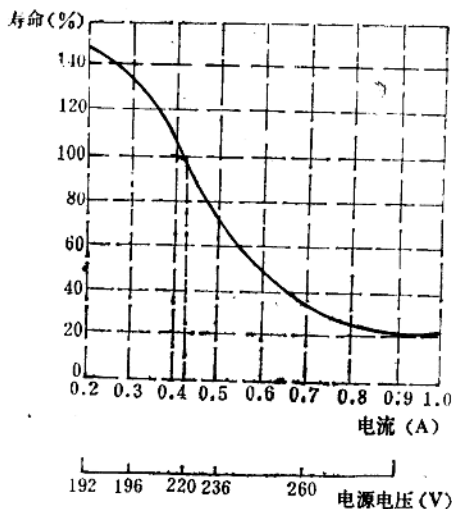


图1-13 40W日光灯电压、电流与寿命关系曲线

第五节 电路电流和灯泡寿命的关系

从图1-13可以看到40W日光灯寿命与灯工作电压、电流的关系曲线。40W日光灯在交流电压220V时的工作电流是0.41A，这时，它的寿命是100%。当日光灯的工作电流是0.5A时，寿命减少30%左右；工作电流是0.7A时，寿命约减少60%左右。从曲线可以看到电流减少，寿命则增加。

从曲线推算出灯的工作电流比额定电流每增加10%，寿命约减少14%左右。由于日光灯与高压汞灯、高压钠灯同属气体放电灯，故后者也有类似的特性。

在一定的电压下，气体放电灯电路中的电流值与灯泡配用的镇流器的阻抗值有很大关系，这点在前面已经说明。镇流器的线性阻抗决定了电压波动时的电流值，也就是线性阻抗决定了灯泡的寿命，应密切注意。为了更好地说明这个问题，表1-5列出GGY250灯泡分别用3只不同参数的镇流器，在不同电压值下进行测试的数值。

第六节 照明电路的无功补偿

一、照明电路的功率因数 $\cos\varphi$

照明电路一般有灯泡和镇流器两个主要器件。在分析照明电路的功率因数 $\cos\varphi$ 时，应分别讨论其主要器件各自的功率因数 $\cos\varphi$ ，如灯泡的功率因数 $\cos\varphi_1$ 、镇流器的功率因数 $\cos\varphi_2$ 及全电路的功率因数 $\cos\varphi$ 。

1. 灯泡的功率因数 $\cos\varphi_1$

表1-5 GGY250灯泡配用3只不同参数镇流器, 在不同电压值下的测试数据

镇流器编号	1	2	3
阻抗(Ω)	70.69	68.37	67.44
线性(Ω)	70.44	67.39	65.18
启动电流(A)	3.34	3.9	3.7
电源电压(V)	工作电流(A)	工作电流(A)	工作电流(A)
260	2.9	3	3.05
250	2.7	2.8	2.85
240	2.55	2.55	2.60
230	2.35	2.35	2.40
220	2.2	2.2	2.2
210	1.85	1.9	2.0
200	1.8	1.8	1.75

*线性阻抗=1.15倍工作电流值时镇流器的阻抗值(Ω)

白炽灯是由钨制成的, 电阻丝为发光体, 其功率因数 $\cos\varphi_1=1$; 自镇流高压汞灯是由钨丝镇流, 其功率因数 $\cos\varphi_1=0.98$; 外带有镇流器的气体放电灯本身就象一个电感线圈, 既有电阻, 又有感抗, 它们的功率因数 $\cos\varphi_1$ 均小于1。功率因数 $\cos\varphi_1$ 值按公式(1-1)计算

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{U_1 I_1} \quad (1-1)$$

式中

P——灯泡的额定功率(W);

U_1 ——灯泡的工作电压(V);

I_1 ——灯泡的额定工作电流(A)。

如NG250W高压钠灯, 查表1-4得 $P=250W$, $U_1=100V$, $I=3.0A$ 。将其数字代入公式(1-1)得

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{U_1 I_1} = \frac{250}{100 \times 3} = 0.833$$

又如GGY250W荧光高压汞灯, 查表1-2得 $P=250W$, $U_1=130V$, $I_1=2.15A$ 。将其数字代入公式(1-1)得

$$\cos\varphi_1 = \frac{250}{130 \times 2.15} = 0.894$$

从计算得知, 高压钠灯的功率因数 $\cos\varphi_1=0.8\sim0.9$, 高压汞灯的功率因数 $\cos\varphi_1=0.9$ 左右。

2. 镇流器的功率因数 $\cos\varphi_2$

请阅第二章第六节。

3. 照明电路的功率因数 $\cos\varphi$