

第二十五篇 电 气 照 明

主编 瞿元龙

执笔 章海聪 瞿元龙 俞丽华

目 录

第116章 光度量和照明术语	
116.1 光度量	25-3
116.2 照明术语	25-4
第117章 照明电光源和照明器	
117.1 照明电光源的种类和 特性比较	25-7
117.2 普通照明白炽灯	25-8
117.3 卤钨灯	25-10
117.4 荧光灯	25-12
117.5 高强(HID)气体放电 灯	25-16
117.6 照明器	25-24
第118章 照明设计要点	
118.1 照明系统	25-29
118.2 照度标准	25-30
118.3 照明质量	25-31
118.4 光源和灯具的选择	25-33
118.5 照明供电	25-36
第119章 照明技术的应用	
119.1 室内照明	25-38
119.2 道路照明	25-45
119.3 室外场地照明	25-50
第120章 照度和亮度计算及其测定	
120.1 照度计算	25-51
120.2 亮度计算	25-53
120.3 光度量测定	25-53
参考文献	

第二十五篇 电 气 照 明

主编 瞿元龙

执笔 章海聪 瞿元龙 俞丽华

目 录

第116章 光度量和照明术语	
116.1 光度量	25-3
116.2 照明术语	25-4
第117章 照明电光源和照明器	
117.1 照明电光源的种类和 特性比较	25-7
117.2 普通照明白炽灯	25-8
117.3 卤钨灯	25-10
117.4 荧光灯	25-12
117.5 高强(HID)气体放电 灯	25-16
117.6 照明器	25-24
第118章 照明设计要点	
118.1 照明系统	25-29
118.2 照度标准	25-30
118.3 照明质量	25-31
118.4 光源和灯具的选择	25-33
118.5 照明供电	25-36
第119章 照明技术的应用	
119.1 室内照明	25-38
119.2 道路照明	25-45
119.3 室外场地照明	25-50
第120章 照度和亮度计算及其测定	
120.1 照度计算	25-51
120.2 亮度计算	25-53
120.3 光度量测定	25-53
参考文献	

第116章 光度量和照明术语

116.1 光度量

116.1.1 光谱光视效率

人眼可见的电磁波称为可见光。电磁波谱、可见光谱、部分光源和材料的光谱特性见图 116-1。人眼对可见光范围内各波长的电磁辐射会产生不同的明暗感觉,在规定光度条件和标准观察者的情况下,产生相同明暗感觉的两个波长 λ 和 λ_m 的辐射通量之比称为该波长的光谱光视效率 $\Delta(\lambda)$ 。 λ_m 选在产生相同明暗感觉时需要辐射通量最小的波长上,即 $\nu(\lambda_m)=1$ 。在亮度水平为几个 cd/m^2 以上的明视觉条件下, $\lambda_m=555\text{nm}$,每瓦辐射通量(ϕ_e)产生的光通量(lm)称为最大光谱光视效能 K_m , $K_m=683\text{lm}/\text{W}$;在亮度水平为 $0.001\text{cd}/\text{m}^2$ 以下的暗视觉条件下, $\lambda'_m=507\text{nm}$, $\nu'(\lambda)=1$, $K'_m=$

$1725\text{lm}/\text{W}$,见图 116-2。在明视觉和暗视觉中间的视觉称中间视觉。

辐射探测器的相对光谱灵敏度曲线符合 $\nu(\lambda)$ 或 $\nu'(\lambda)$ 曲线的称 CIE 标准光度观察者(CIE 是国际照明委员会的法文缩写)。

116.1.2 光度量的定义和单位

常用光度量的定义和单位见表 116-1。

116.1.3 柱面照度

空间某点上垂直放置的足够小的圆柱体侧表面上的平均照度称该点的柱面照度,见图 116-3。柱面照度 E_c 可表示为

$$E_c = \lim_{\substack{D \rightarrow 0 \\ h \rightarrow 0}} \frac{\Phi}{A} \quad (116-1)$$

式中 Φ ——入射在圆柱体垂直侧面上的光通量(lm);

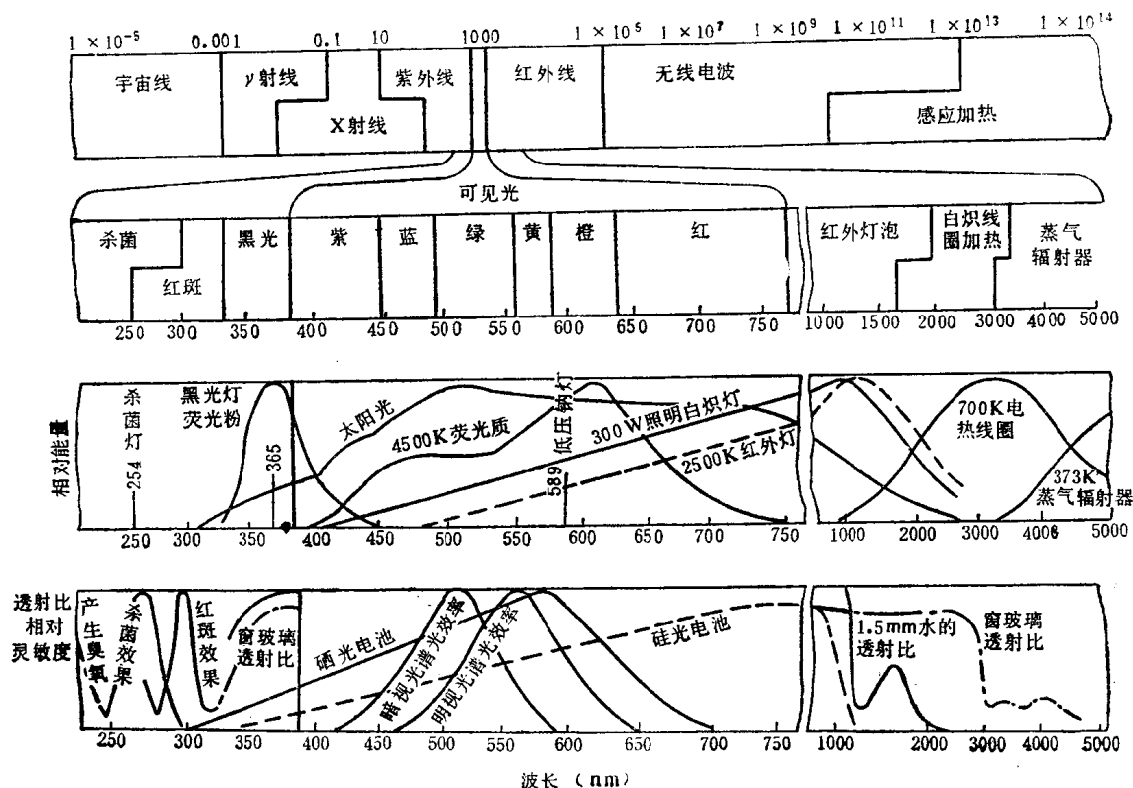


图 116-1 电磁波谱、可见光谱、部分光源和材料的光谱特性

A ——圆柱体的侧面积(m^2);
 D 、 h ——圆柱体的直径和高(m)。

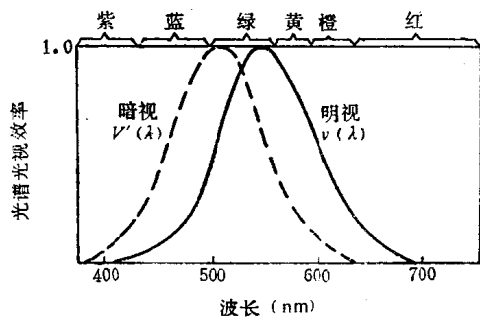


图 116-2 CIE规定的明视觉和暗视觉的光谱光视效率曲线

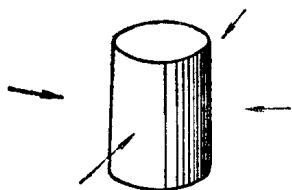


图 116-3 柱面照度示意图

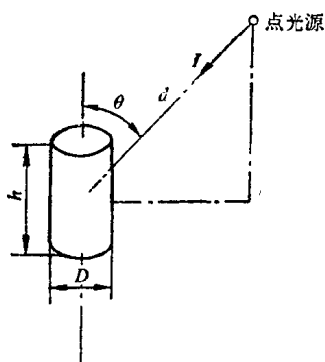


图 116-4 计算点光源产生的柱面照度
 a) 双半球反射比 b) 方向-半球反射比

点光源在某一点上产生的柱面照度 E_c 可表示为

$$E_c = \frac{I \sin \theta}{\pi d^2} \quad (1x) \quad (116-2)$$

式中 I ——点光源的光强(cd);
 d ——该点与光源间的距离(m);
 θ ——光线与圆柱体轴线间的夹角, 见图 116-4。

柱面照度和水平照度之比用于评价光线照明的

立体感, 用于大厅、体育场或馆等公共建筑的照明质量的评价中。

116.2 照明术语

116.2.1 发光效率

光源发出的光通量与其消耗的电功率之比称为发光效率, 单位为 lm/W 。对气体放电光源来说, 光源消耗的电功率和线路输入的电功率不同, 后者包括光源消耗和镇流元件消耗两者之和, 本名词只指光源自身消耗的电功率。

116.2.2 光输出比

在指定的实际条件下灯具的光输出, 与灯具中各个光源在指定的参考条件下在灯具外面工作时的光输出总和之比称作灯具的光输出比。

对使用白炽灯的灯具来说, 光源在灯具内和灯具外发出的光通量是相同的; 对使用气体放电灯的灯具来说, 在这两种情况下的光通量是不同的, 这取决于灯具内部的温度以及光源和镇流器在灯具内的安装方式。

116.2.3 反射比、透射比

被反射/透射的辐射通量或光通量与入射通量之比。它除了与表面性质和入射光谱组成有关外, 还与被研究的入射和反射/透射光线的分布角度有关。例如, 室内的墙面接收了来自半个空间内各方向的光线后反射回该空间, 书本上的纸张接收单一方向的光线后反射回半个空间, 这两者的反射比是不同的, 前者称双半球反射比, 后者称为方向-半球反射比, 见图 116-5。

116.2.4 视角 (大小)

被观察物体的细节对眼睛的张角称为视角或大小。分辨彼此间最小距离的能力称视力或视觉敏锐度, 用眼睛与该距离的张角 (用 $1/60^\circ$ 分表示) 的倒数表示, 见图 116-6。它与眼睛的生理状态、视标的照度和亮度对比有关。

116.2.5 亮度对比

同时或相继看到视场中相邻两部分的外观差异的主观判断。其中, 亮度对比用 C 表示有

$$C = \frac{|L_b - L_t|}{L_t} \quad (116-3)$$

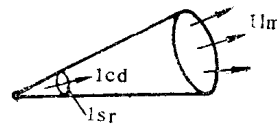
式中 L_t 和 L_b ——被观察对象及其背景的亮度。

C 的大小直接与视觉功效有关。

116.2.6 观察时间

掠视或观察对象所花费的时间。

表 116-1 光度量的名称、符号、定义、单位和物理意义

名称	符号	定义和公式	单位及转换关系		说明及物理意义
			SI制	其 它	
光量	Q	人眼能感知的辐射能量 $Q = \int_{380}^{780} Q_e \nu(\lambda) d\lambda$ 或为光通量对时间的积分	$\text{lm} \cdot \text{s}$		Q_e 为光谱辐射能量, 即光的能量
光通量	Φ	单位时间内辐射或传递的光量 $\Phi = dQ/dt$	lm		$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot 1 \text{ Sr}$ (光的功率) Sr (球面度) 
发光强度	I	单位立体角中发出的光通量 $I = d\Phi/d\omega$	cd		1 cd 定义为频率是 540×10^{12} Hz 的单色辐射光源, 在辐射强度为 $1/683 \text{ W/Sr}$ (每球面度 $1/683 \text{ W}$) 方向上的光强值
亮度	L	发光体在给定方向上单位投影面积中发出的发光强度 $L = \frac{dI}{ds \cos \theta}$ $= \frac{d^2\Phi}{d\omega ds \cos \theta}$	cd/m^2	$1 \text{ 尼特 (nt)} = 1 \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ 照提 (sb)} = 10^4 \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ 阿照提 (asb)} = \frac{1}{\pi} \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ 朗伯 (L)} = \frac{10^4}{\pi} \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ 英尺朗伯 (fL)} = 3.426 \text{ cd/m}^2$	某一方向上观察到发光体(物)的明暗程度(不计它周围明暗对它的影响)
光出射度	M	单位面积上发出的光通量 $M = \frac{d\Phi}{ds}$	lm/m^2		发光体(物)上单位面积中发出的光通量
照度	E	单位面积上接收的光通量 $E = \frac{d\Phi}{ds}$	lx	$1 \text{ 辐透 (ph)} = 10^4 \text{ lx}$ $1 \text{ 英尺烛光 (fc)} = 10.7641 \text{ lx}$	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ 物体单位表面接收的光通量
曝光量	H	光照度对时间的积分 $H = \int E dt$	$\text{lx} \cdot \text{s}$		物体单位表面上接收的光能量

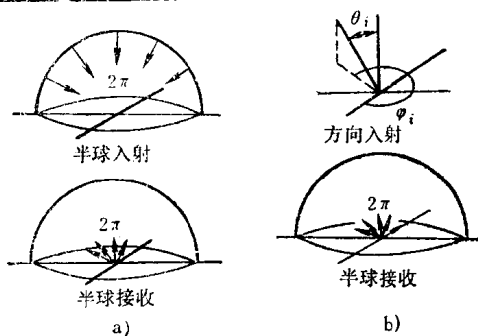


图 116-5 两种不同反射比的示意

a) 双半球反射比 b) 方向-半球反射比

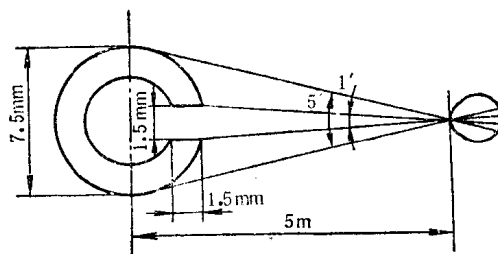


图 116-6 视力为1的朗道尔环视标

(照度200lx白纸反射比75%)

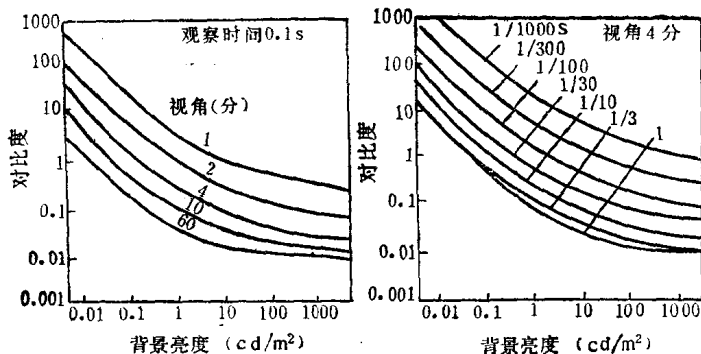


图 116-7 改变视角(左图)和观察时间(右图)后,发现对象的阈值对比和背景亮度的关系

亮度、视角、对比和观察时间是决定可见度的四个客观要素,图116-7示出它们之间的相互关系。

116.2.7 眩光

由于视野中的亮度分布或亮度范围不合适,或由于空间或时间上过分的亮度对比而产生的不适或使看清物体的能力降低的视觉状态称眩光,它与发光体的亮度、视角、出现的位置和眼睛的亮度适应水平有关;按产生方式可分为:

(1) 直接眩光 发光物处于被观察物体的同一方向或邻近方向而引起的眩光。通常这些发光体处在视觉作业或观察区内或邻近的地方,如邻近的窗、灯等。

(2) 间接眩光 发光物处于非观察方向而引起的眩光。

(3) 反射眩光 通常指作业对象或要观察的邻近区域中发生的直接感觉并影响工作的一种反射现象。

按影响观察的程度可分为:

(1) 失明眩光 视线离开眩光光源后相当时间内丧失视觉的强烈眩光。

(2) 不舒适眩光 引起不舒适而不一定影响视觉功效或可见度的一种眩光。

(3) 失能眩光 眩光光源给视网膜叠加了一个亮度(常称作光幕亮度),造成观察对象的亮度对比下降,引起视觉功效和可见度的下降,但不一定引起不舒适感觉的眩光。

116.2.8 光幕反射

视野中漫反射视觉作业面上叠加镜面反射的一种反射现象,它降低了对象和背景间的亮度对比,降低了视觉功效,平时还不易察觉到,常用于评价

读写作业的照明质量。光幕反射也是反射眩光的一种。

116.2.9 物体色

人所看到的自身发光或非自身发光的物体的颜色。因为不同光谱所构成光源发出的光照到同一物体表面上会呈现不同的颜色,所以CIE规定了四种测色标准光源。

116.2.10 CIE 标准光源

CIE规定的相对光谱能量分布的光源,有A、B、C和D₆₅四种:

标准光源A: 相关色温为 $T=2855.6\text{K}$ 的充气钨丝灯,代表 $T=2855.6\text{K}$ 的完全辐射体;

标准光源B: 由A光源加特殊液体滤色器构成,发出相关色温 $T=4874\text{K}$ 的辐射,代表直射阳光;

标准光源C: 由A光源加特殊液体滤色器构成,发出相关色温 $T=6774\text{K}$ 的辐射,代表天然光;

标准光源D₆₅: 由若干种光谱的光源合成 $T=6504\text{K}$ 的辐射,代表天然光。

116.2.11 显色性和显色指数

显色性是指与参考光源照明情况相比较时,一个光源显现物体颜色的外观效果。显色性的定量表述是显色指数,它表示在被测光源照明下的物体颜色与参考光源(相关色温在5000K以下的待测光源以与它色温最相近的完全辐射体做参考光源;大于5000K的以组合昼光D为参考光源)下物体的颜色相符合的程度。CIE规定了若干颜色样品(共14种,我国还加了中国女性肤色),这些色样在待测光源和参考光源下逐一比较,计算每个色样在两种光源下显示出来的颜色差异,即色差 ΔE ,得到

特殊显色指数 R_i :

$$R_i = 100 - 4.6 \Delta E_i \quad (116-4)$$

式中规定了8个色样的 R_i 的平均值为一般显色指数 R_a 。作为人工照明光源的显色性指标。在需要了解光源对特定颜色的显色时,才用到其它的色样。从公式看出无色差时,显色指数为100,显色

性最好。

116.2.12 色温

黑体加热到某一温度时发出光的颜色与给定光源的颜色相同时的黑体温度称作给定光源的颜色温度,简称色温。对气体放电灯称作相关色温。其单位都用绝对温度 K 表示。

第117章 照明电光源和照明器

117.1 照明电光源的种类和特性比较

117.1.1 种类

照明电光源有两类,白炽灯和气体放电灯。白炽灯是灯丝中通过电流,被加热后达到白炽状态而发光。气体放电灯是灯内两个电极间的气体被电离激发而发光。它们的分类见图117-1。

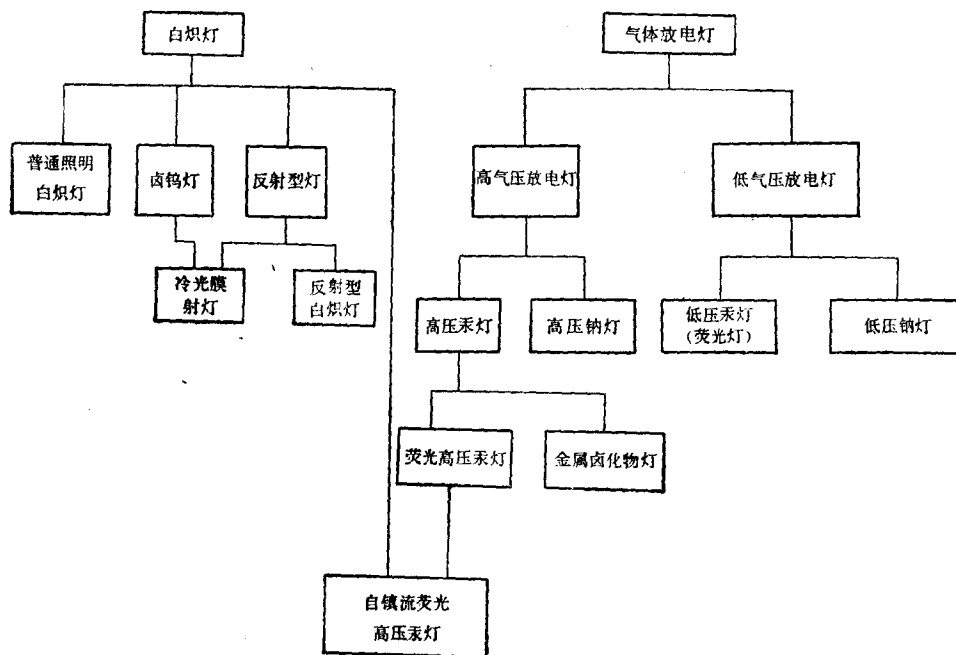


图 117-1 照明电光源的分类

117.1.2 特性

各类电光源照明设计用的主要参数比较见表117-1。

117.1.3 寿命

根据某种技术要求变成无效或被认为无效以前的工作时间称寿命,以 h (小时) 表示。例如:

1) 在强调照度水平的地方,以光通量输出

降至其初始值的某一百分数以前的工作时间称寿命;

2) 就光源损坏不能工作的寿命来说,同一种光源由于受各种因素的影响,所以它们的损坏时间也可能不相同,因此,以一组灯在实验室条件下工作到全部损坏的时间的几何平均值称光源的平均寿命,可用损坏率曲线表示,损坏率与工作时间的关

表 117-1 普通照明用电光源主要参数比较

参 数	白炽灯	卤钨灯	紧凑型荧光 灯H灯	直管形 荧光灯	自镇流 汞灯	荧光高 压汞灯	金属卤 化物灯	高压钠灯
光通量(lm)	110~18600	9020 ~42000	220~780	85~7195	2560 ~13000	1575 ~52500	11500 ~280000	2250 ~130000
发光效率(lm/W) (不包括镇流器)	7.3 ~18.6	18 ~21	44~70.9	21.2 ~57.6	16 ~28.9	31.5 ~52.5	76.7 ~80	64.3 ~130
功率(W)	15 ~1000	500 ~2000	5~11	4~125	160 ~450	50 ~1000	150 ~3500	35 ~1000
亮度 ^① (cd/m ²)	10 ⁷ ~10 ⁸		5~10×10 ⁴	~10 ⁴	5~10×10 ⁴	10 ⁵	5~7×10 ⁶	6~8×10 ⁶
色 表	暖		暖 中间 冷	中间	冷	暖		
显色性	极好		好	极好 一般	一般	极好 好	差	
镇流器	无		外附	外附	无	外 附		
启动器或触发器	无		内藏	启动器 或不要	无	触发器 或不要	触发器或内 藏于光源中	
启动稳定时间(min)	瞬 时				0~2	3	3	5
再启动时间(min)	瞬 时				5	5	10	<1

① 指发光体的平均亮度

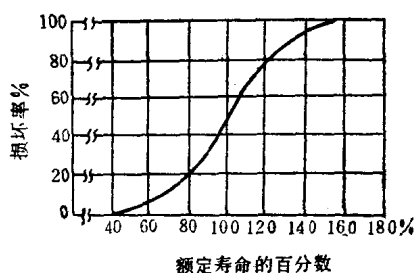


图 117-2 光源的损坏率曲线

$$\text{损坏率} = \frac{\text{损坏的灯数}}{\text{一组灯的总数}}$$

系，见图117-2。损坏率为50%时的时间就是光源的平均寿命。

117.1.4 换灯

在装有许多同类光源的照明设施中，换灯是维护的一项主要工作。新建的设施，一开始灯泡损坏得不多，换灯率低。在平均寿命前后，即±20%寿命期间，更换数量最多。达平均寿命的4~5倍后，每次换灯率趋于稳定，为总数的20%左右。

117.2 普通照明白炽灯

117.2.1 常用白炽灯的光电参数

白炽灯是发光效率最低的一种照明光源，只有10lm/W左右，但它具有显色性好、暖色调、使用方便、价格低廉和加工简单等优点，因而仍然是产量最多使用面最广的光源，其光电参数见表117-2。

117.2.2 色温

光源的色温和发光效率的关系（小型白炽灯除外）见图117-3，根据给出的光源光通量和额定功率数据，可从曲线上查得色温。

色温随供电电压变化的关系曲线见图117-4。

117.2.3 电源电压变化对白炽灯和卤钨灯光电参数的影响

见图117-5，各参数间存在下列关系：

$$\frac{\tau}{\tau_0} = \left(\frac{\Phi_0}{\Phi}\right)^a = \left(\frac{\eta_0}{\eta}\right)^b = \left(\frac{U_0}{U}\right)^d = \left(\frac{I_0}{I}\right)^e \quad (117-1)$$

式中， τ 、 Φ 、 η 、 U 、 I 分别表示光源的寿命、光通量、发光效率、电压和电流，带“0”脚标表示额定值； a 、 b 、 d 、 e 的数值见表117-3。

表 117-2 常用白炽灯的光电参数
(透明泡壳)

光源型号	功率 (W)	初始光 通量 (lm)	灯 头 型 号
PZ220-15	15	110	E27/27 或 B22d/25×26
25	25	220	
40	40	350	
60	60	630	
100	100	1250	
150	150	2090	E27/35×30 或 B22d/30×30
200	200	2920	
300	300	4610	
500	500	8300	E40/45
1000	1000	18600	
PZS220-40	40	415	E27/27 或 B22d/25×26
60	60	715	
100	100	1350	
PZM220-15	15	107	E27/27 或 B22d/25×26
25	25	213	
40	40	326	

- 注：1. PZ 是普通白炽灯泡，额定电压是 220V，pZS 是双螺旋普通白炽灯泡，pZM 是蘑菇型普通白炽灯泡。
2. 还有乳白玻璃、磨砂玻璃和内涂白色三种泡壳的白炽灯泡，它们发出的光通量分别是透明泡壳的 75%、97% 和 85%。
3. 灯头型号中，E 代表螺旋式灯头，B 代表插口式灯头。灯头胶泥的最大安全工作温度是 170℃。
4. 色温在 2400~2900K，一般显色指数 $R_a=99-100$ 。
5. 平均寿命为 1000h。

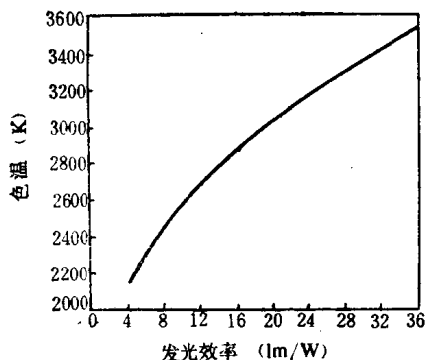


图 117-3 白炽灯的发光效率和色温的关系

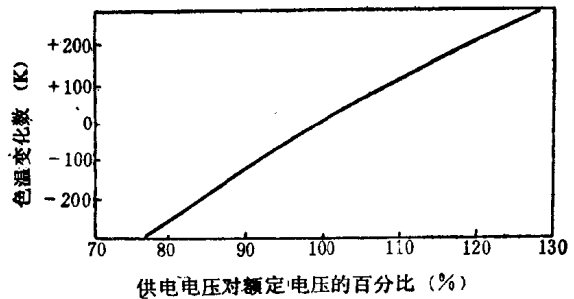


图 117-4 色温随供电电压变化的关系

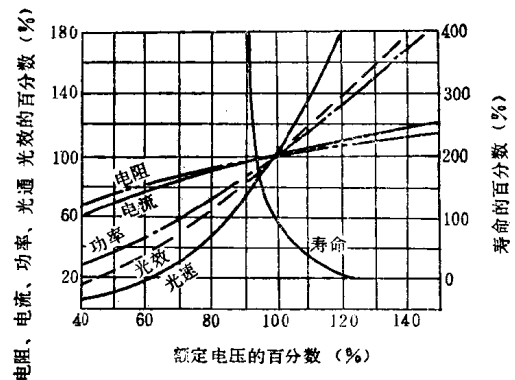


图 117-5 供电电压对白炽灯和卤钨灯光电参数的影响

表 117-3 a、b、d、u 的数值

光 源	a	b	d	u
充气白炽灯 16lm/W	3.86	7.1	13.1	24.1
真空白炽灯 10lm/W	3.85	7.0	13.5	23.3

117.2.4 灯丝电阻的变化

白炽灯的钨丝在工作时的热态电阻远大于不工作时的冷态电阻。对真空白炽灯来说，其热冷态电阻比约 12~14 倍，对充气白炽灯约 14~16 倍，对摄影灯泡约 18~19 倍。

117.2.5 白炽灯的光通量维持

由于灯丝形状的变化、真空度的下降、钨丝蒸发粘附在灯泡内壁等因素，白炽灯在使用过程中的光通量会逐渐下降，见图 117-6。充气白炽灯内由于气体对流，使蒸发的钨不象真空白炽灯那样均匀散布在泡壳内壁，而是集中在灯头上方（指灯头在上的安装方式），见图 117-7，所以有较好的光通量维持。

117.2.6 几个与寿命有关的因素

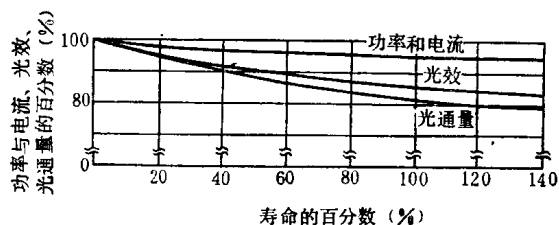


图 117-6 白炽灯的光通量维持曲线

a) 真空泡 b) 充气泡

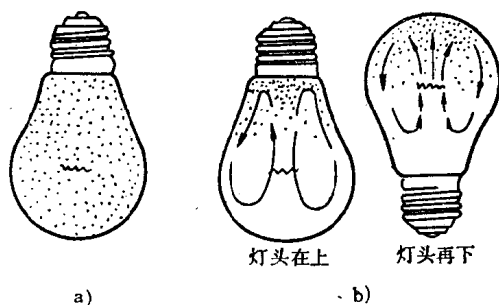
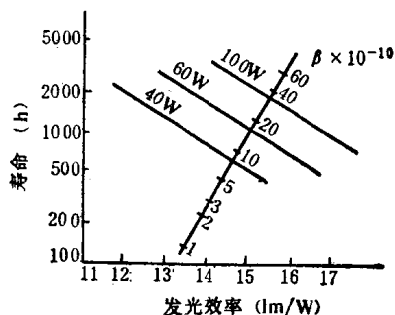


图 117-7 真空泡和充气泡的泡壳发黑

除供电电压外，发光效率、环境温度、间歇点灯和供电性质等都与寿命有关。寿命与发光效率的关系见图117-8。

图 117-8 白炽灯寿命和发光效率的关系 (β 是寿命常数)

对真空白炽灯来说，环境温度小于 200°C 时对寿命几乎没有影响，在 260°C 时寿命减少 12%；对充气白炽灯来说，环境温度在 100°C 时寿命降低 40%， 200°C 时降低 50%， 300°C 时降低 60%。

在几百毫秒到几秒内为开关周期的间歇点灯，灯丝的温度经常通过 $250\sim 350^{\circ}\text{C}$ 的“易碎-易变形的过渡区域”，将减少寿命 2%~8%，对长灯丝灯泡来说，影响更大。为减少这类影响，采用 1% 额定功率的电压预热灯丝是十分有效的。

在直流工作时，光源的寿命和光通量维持都比交流工作时的差。

117.3 卤钨灯

117.3.1 卤钨灯的原理和型号参数

缩小白炽灯的泡壳，提高管壁的温度，从钨丝上蒸发的钨就能和灯内充入的卤族元素（碘或溴）在管壁附近结合成卤化钨分子，然后再回到钨丝附近，被那里的高温分解为钨和卤原子，形成卤钨循环，有效地减少钨的蒸发，这样它和同功率的白炽灯相比便可有更小的几何尺寸、更长的寿命、更高的发光效率和更好的光通量维持，这类白炽光源称为卤钨灯。图117-9示出常用的两种卤钨灯的外形，两端引出的用于普通照明，单端引出的用于电视、电影等投射照明。

照明用卤钨灯的型号和参数见表117-4。

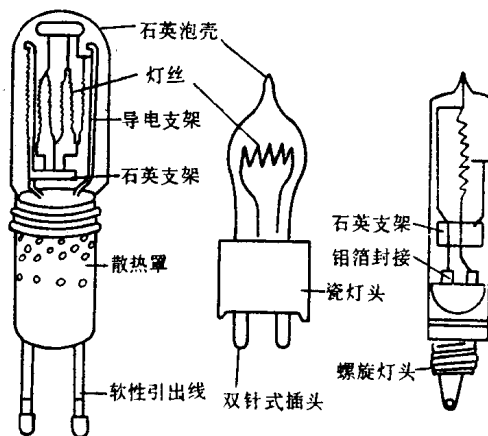
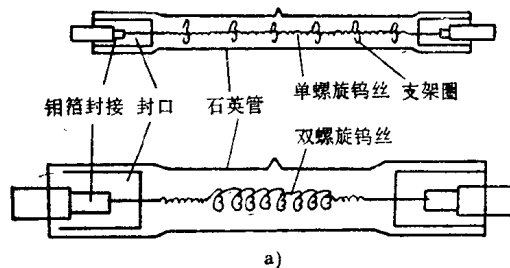


图 117-9 卤钨灯外形

a) 两端引出的卤钨灯

b) 单端引出的卤钨灯

117.3.2 卤钨灯的结构和使用

为了维持卤钨循环，泡壳内壁温度很高，除少量小功率卤钨灯使用高温硬质玻璃泡壳外，大多数均使用石英玻璃泡壳。

溴蒸汽是透明的，比碘活泼，溴钨循环更强，

表 117-4 部分卤钨灯性能参数

型 号	电压 (V)	功率 (W)	光通量 (lm)	色温 (K)	平均寿命 (h)
LZG220-500	220	500	9020	2800	1500
LZG220-1000		1000	21000		1500
LZG220-2000		2000	42000		1500
LSY220-500	220	500	14000	3200	50
LSY220-1000		1000	28000		50
LSY220-1300		1300	36400		50
LSY230-800	230	800	24000		80
LHW220-500	220	500			5000
LHW220-1000		1000			5000
LWZ220-500	220	500	11000	2900	125
LWZ220-750		750	16500		125
LWZ220-1000		1000	22000		125

注：LZG为双端引出的一般照明用卤钨灯；
 LSY双端引出的摄影照明用卤钨灯
 LHW双端引出的红外卤钨灯；
 LWZ单端引出的照明用卤钨灯。

在 200~1100℃ 的管壁温度范围内就能进行。游离的溴会腐蚀温度低于 1500℃ 的灯丝，故必须充入溴的化合物，如溴化氢。它在靠近灯丝处被高温分解，释放出足够的溴，与蒸发的钨结合，余下的溴仍与氢结合成溴化氢。在使用过程中，氢将通过石英壁逸出一部分，多余的溴就会腐蚀钨丝。因此溴一般用在体积小、寿命小于 1000h 的卤钨灯中。

碘蒸汽呈紫红色，吸收 5% 的光线，发光效率较低。对钨丝没有腐蚀作用，在 1700℃ 以上的灯丝和 250℃ 以上的管壁间能进行碘钨循环，做成寿命为 1000h 以上的卤钨灯。

为了保持良好的卤钨循环，管壁上避免出现冷端，对二端引出的卤钨灯应保持在倾斜角小于 ±4° 的水平工作状态。

钨丝与外引线之间采用钼箔与石英玻璃作非匹配封接，为避免氧化，工作温度必须小于 400℃ (寿命大于 500h)，最好为 350℃，见图 117-10。

在设计灯具时工作温度是个十分重要的参数，因为这类灯具的体积较小，有的处于密闭状态，如机场跑道灯、水下灯等。灯具的散热条件差，一旦考虑不周，将直接严重影响光源的使用寿命。为此，目前已有一种在石英封接处的外表面包上散热板的卤钨灯，以降低该部位温度，专供小体积密闭型的灯具使用。

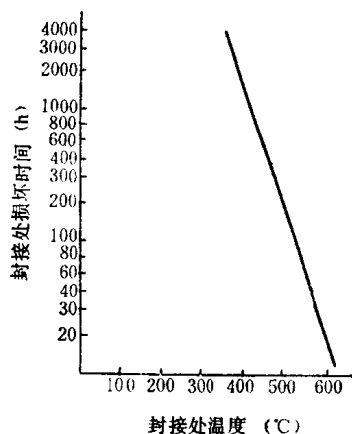


图 117-10 卤钨灯钼箔封接处温度和损坏时间

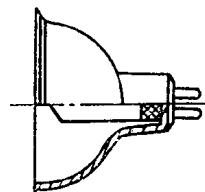


图 117-11 低电压卤钨冷光膜反射灯

117.3.3 低电压卤钨反射灯

这是将一个单端引出的低电压卤钨灯与一个内表面涂有金属或介质反射膜的玻璃压制反射器同轴安装在一起的一种新型投射照明用光源，见图 117-11。它用于幻灯机光源和小型立面橱窗、织物、图片的照明。

反射面分光滑、麻点和小方块三种，曲面是抛物面或椭球面两种，根据照明要求，上面涂有金属（铝或金）或多层介质反射膜，前者表面有高的反射比，有更多的光输出；后者通过光线的干涉原理，可见光仍按原方向反射到前方，反射比 90% 左右，而相当数量的红外辐射通过膜层和玻璃向后方向透射出去，减少了前方被照物上的热量，故称冷光膜反射灯，特别适用于忌讳高温的被照物/面的照明。

这类光源和传统的高电压 (220V) 反射灯相比，其优点是：1) 灯丝已固定在反射器中最佳位置上，发出狭、中、宽三种角度的光线，比通过灯头和灯座提供灯丝配合的投光灯具有更好和更稳定的配光效果；2) 低电压光源的效率更高，其光通量约为同功率白炽灯泡的二倍；3) 有更高的色温，达

3000K, 更亮、更白, 使物体显现的颜色更接近于白昼光线照明下的效果; 4) 散射光线少, 光束集中, 可用来代替功率比它大数倍的高电压投射灯。

部分低电压卤钨冷光膜反射灯性能见表117-5。

表 117-5 部分国产低电压卤钨
冷光膜反射灯性能

型号	电压 (V)	功率 (W)	光束角度	色温 (K)	反射器直径 (mm)	寿命 (h)
LZJ12	12	20	20°	2950	35	2000
		35				
	6	20	14° 26° 38°	2950	50	2000
		20				
		20				
	12	50	14° 26° 38°	3050	50	2500
		75	14° 26° 38°	3050	50	2500

注: 1. 目前尚无统一型号。

2. 还有65W等其它功率的光源。

3. 光束角度的分类是12°左右为狭、26°左右为中、38°左右为宽。

117.4 荧光灯

117.4.1 荧光灯及其光电参数

荧光灯的构造主要是内充氩气及低压汞蒸汽的管内壁涂有荧光粉玻璃管, 管内两端有灯丝。作为一种气体放电灯它在放电过程中汞原子被电离时辐射的紫外线(波长主要为254nm)会激发荧光粉而发出可见光。管壁负荷低(280~400W/m²), 有较低的亮度(~10⁴cd/m²), 加工比较简单, 成本不高, 发光效率较高(21.2~57.6lm/W), 有许多光色, 是一种除白炽灯外产量最高、应用最广的高效照明光源。

常用的荧光灯的光电参数见表117-6。

117.4.2 荧光灯的种类

根据不同内容, 荧光灯可进行分类: 1) 按启动方式: 分为三类, 即预热启动(灯管两端灯丝上通过预热电流后加一定电压使之击穿后工作)、快启动(灯丝上通过预热电流, 玻管上有接地导电

带, 在一定电压下即可工作)和瞬时启动(两端为冷阴极, 使用高电压击穿后工作); 2) 按外形分: 有直管形、环形、U形和紧凑型等。紧凑型中又分为H灯、2D灯、3U灯、双U灯等多种; 3) 按管径分: 20W以上的直管形荧光灯其玻壳的内径可分为38mm的粗管径、32mm的中管径和25mm的细管径; 4) 按发光颜色分: 有使用价格低、转换效率较低的卤磷酸钙荧光粉做成的冷白色(4500K)、暖白色(3000K)和日光色(6500K), 显色指数 $R_a=65\sim70$ 的普通荧光灯, 以及用耐紫外辐照、转换效率高、价格贵的三基色荧光粉, 按不同配光得到不同光色, $R_a>80$, 线光谱较多的三基色荧光灯, 见图117-12。

117.4.3 电源电压变化对荧光灯的光电参数的影响

供电电压升高时, 灯管电流变大, 使灯管两端过早发黑, 寿命缩短。在电源电压过低时, 启动困难, 也会影响寿命, 供电电压的波动最理想是在±10%左右。这种变化给灯带来的光电参数的变化见图117-13。从图中可见, 电压变化1%, 光通量也变化1%左右。

电源电压的瞬时跌落会造成灯管的放电中止或发生闪烁。对40W的预热式、快启动式和瞬时启动式灯管来说, 瞬时跌落分别是电源电压的25%、20%和50%时灯管将熄灭。

117.4.4 荧光灯的光通和环境温度的关系

荧光灯的光输出与汞蒸汽被激发出的254nm紫外辐射强度有关, 辐射的大小又与汞蒸气压有关, 汞蒸气压又被灯管直径和管壁上温度最低点, 即冷端温度(约在灯管中央最低点)所决定。因冷端温度还与环境温度有明显的关系, 故荧光灯的光输出就与环境温度有关, 见图117-14a。灯工作在灯具中的环境温度往往高于外界温度, 发出的光通有所减少, 在工程设计时需注意。对用于户外的或冷库中的灯来说, 需要更高的启动电压才能使它工作, 目前常用的镇流器只规定在10℃左右能可靠启动, 因此必须采用低温启动的镇流器。

荧光灯的光输出和点燃后时间的关系见图117-14b。

117.4.5 荧光灯的频闪

在交流电源工作下的荧光灯, 其灯管电流过零时, 只有管壁上荧光粉的余辉在维持发光, 因此灯光的闪烁频率为电源频率的两倍, 见图117-15。这种

表 117-6 常用荧光灯光电参数

类别	型 号	额定功率 (W)	灯管电压 (V)	工作电流 (mA)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	灯管直径×长度 φ×L (mm)	镇 流 器 参 数				线路功率 因数 cosφ	
								阻 抗 (Ω)	校准电流 (mA)	预 热 电 流 (mA)			
										最小值	最大值		
直 管 形	预 热 式	YZ 4RR	4	28 ⁺⁶ ₋₄	170	85	16×150.1	1240	160	144	275	0.34 0.38	
		6RR	6	42±6	160	170							16×226.3
		8RR	8	56±8	145	250							16×302.5
		12RR	12	90±7	165	465							19×500.0
		13RR	13	95±10	530	2000	16×531.1	1070	165	—	—		
		15RR	15	51±7			330	455	451.6	615	335	287	693
		20RR	20	57±7	370	790	604.0	270	370	333	800	0.35	
		30RR	30	81±10	405	1420	40.5× ^{908.8} _{1213.6}	460	405	365	850	0.43	
		40RR	40	103±10	430	2070		390	430	387	904	0.52	
		65RR	65	110±10	670	3370	40.5×1415.2	240	670	603	1410		
		80RR	80	99±10	870	3820		223	865	790	1830		
		85RR	85	120±10	800	4225	40.5× ^{1778.0} _{2389.1}	300	940	800	1970		
		125RR	125	149±15	940	7195							
	细 管	YZ 20RR32	20	58±6	370	790	3000	34.1×604.0	270	370	333	800	0.35
		30RR25	30	96±10	365	1480	5000	28×908.8	480	360	328	766	
		30RR32	30	84±10	405	1420		908.8	460	405	365	850	0.43
		40RR32	40	106±10	420	2070		34.1× ^{1213.6}	390	430	387	904	0.52
	快启动	YZK40RR	40	103±10	430	2000	5000	40.5×1213.6	168				0.55
环 形 管	YH 20RR	20	61 ⁺⁶ ₋₈	375	715	2500	36×216	190	375	337	787		
	22RR	22	62 ⁺⁶ ₋₇	400	790		31×216	240	400	360	840		
	30RR	30	81±10	425	1255		33×307	241	425	382	892		
	32RR	32	81±10	450	1255		34×311	415	450	405	945		
	40RR	40	110±10	420	1795		34×413	390	420	378	882		
紧 凑 形	H 灯	YDN 5-H	5	35±5	180	220	104×26.6 整体 133×26.6 尺寸 165×26.6 234×26.6			190			
		7-H	7	45±5	180	350							
9-H		9	60±6	170	500								
11-H		11	90±9	155	780								
双 D	YDN 16-20	16	103±10	195	1050	2000	138×141			260			
紧 凑 形	H 灯	YDN 13-H	13	59±6	285			325	285	270	525		
		27-H	27	56±6	610	1800	275×44	118	620				
		28-H	28	83±6	425	2000	350×44	241	435				
		30-H	30	55±6	620	1900	280×54	118	620				
		36-H	36	105±8	435	2760	440×44	341	435				

(续)

类别		型 号	额定功率 (W)	灯管电压 (V)	工作电流 (mA)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	灯管直径 ϕ 长 度 L $\phi \times L$ (mm)	镇 流 器 参 数				线路功率因数 $\cos \phi$
									阻抗 (Ω)	标准电流 (mA)	预热电流 (mA)		
				最小值	最大值								
紧凑型	双 U 灯		10	67	190			95×28	1070	190	158	275	
			13	100	165	900		130×28	1070	165	153	275	
			18		229	1200		150×28	800	229	200	375	
			26	110	315	1800		170×28	540	315	280	550	

- 注：1. 型号中RR表示日光色，未列入本表的还有RN表示暖白色，RL表示冷白色的型号；Y表示荧光灯、Z表示直管形、H表示环形、ON表示紧凑型。
2. 直管形荧光灯采用二针式灯帽、型号为G5和G13，还有40W的瞬时启动荧光灯使用单针式灯帽；环形管采用四针式灯头G10_q；紧凑型荧光灯中，H灯和双D灯采用内藏启辉器的塑料灯头G23和GR8，双U灯采用E27灯头。
3. 表中环形灯管的尺寸，36表示灯管直径，216表示圆环外径；紧凑型灯中，前面数字表示灯的总长度，后面数字表示灯的宽度。
4. 表中的数据凡在划双线条以上的均摘自国标GB10682—89（快启动灯除外）和专标ZBK71003—89；双线条以下的均摘自IEC901。
5. 目前国内有多种形式的紧凑型灯，如3U灯、SL灯、28W双D灯等，因无标准，均未列入。

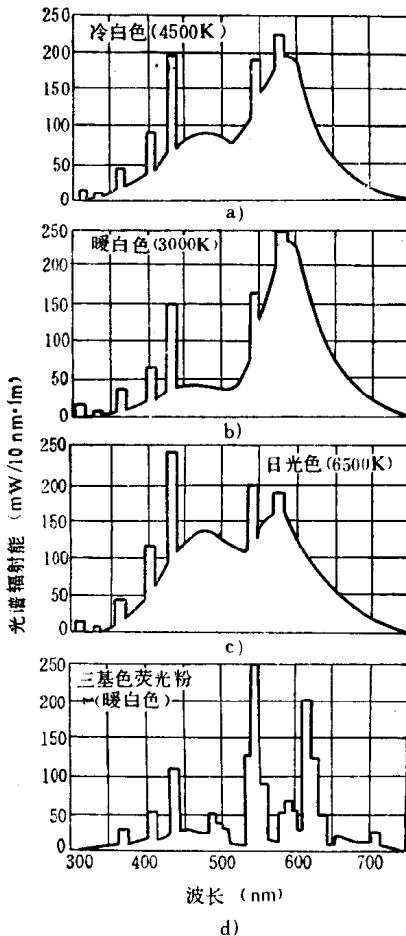


图 117-12 不同荧光粉的荧光灯的光谱能量分布

a)、b)、c) 卤磷酸钙荧光粉
d) 三基色荧光粉

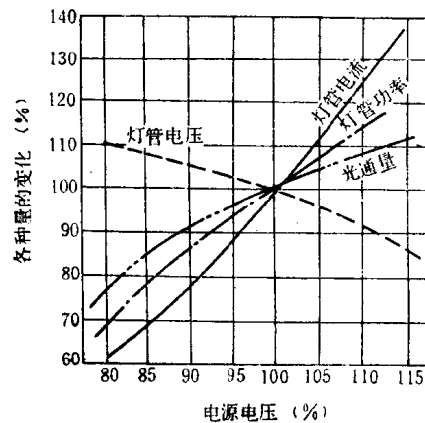


图 117-13 电源电压变化对荧光灯光电参数的影响

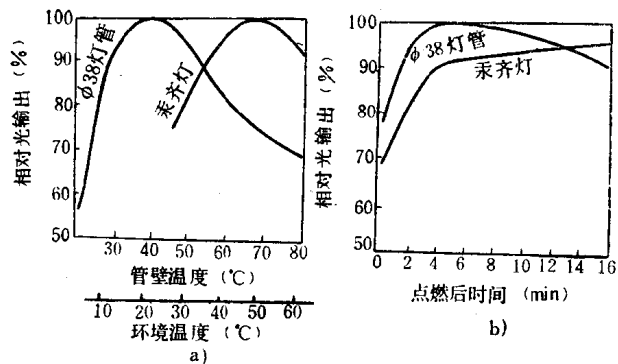


图 117-14 荧光灯的光输出和环境温度及点燃后时间的关系

a) 光输出与温度 b) 光输出与点燃时间

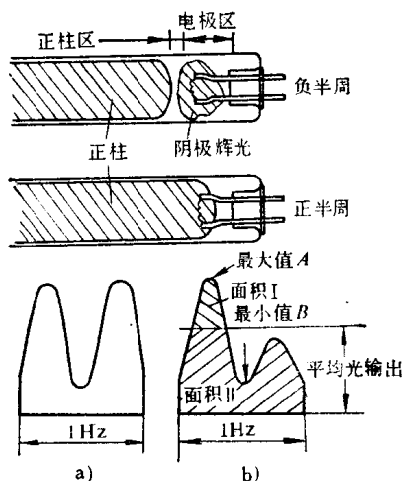
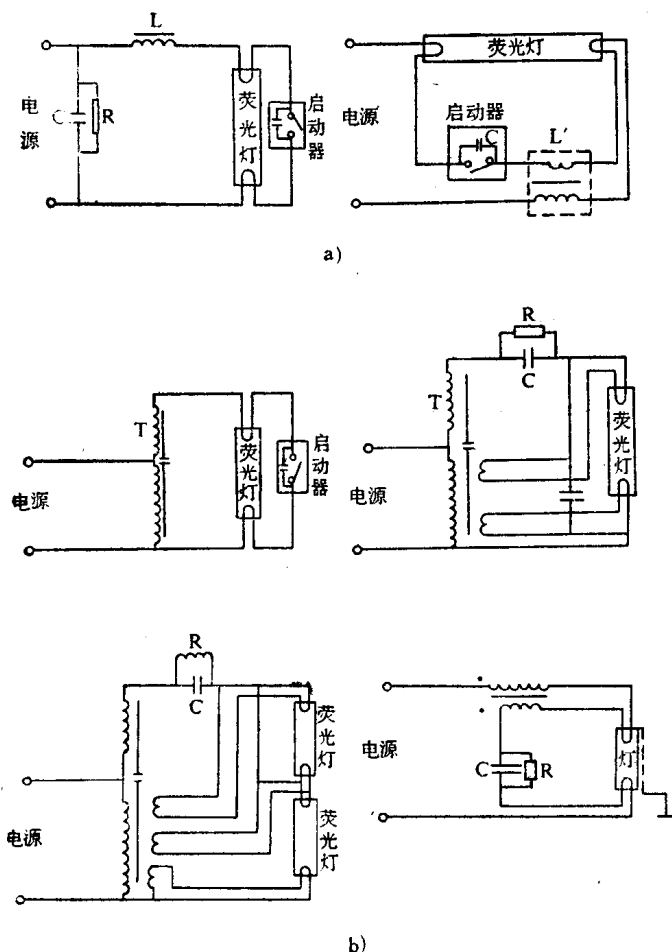


图 117-15 荧光灯中部和两端部的发光波形

a) 中心部 b) 管端部

闪烁指数 = 面积 I / 面积 I + 面积 II,

$$\text{闪烁百分数} = \frac{A-B}{A+B} \times 100\%$$

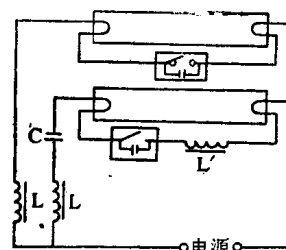


b)

图 117-17 荧光灯的工作线路

a) 预热线路 b) 快启动线路 c) 冷阴极瞬时启动线路

闪烁一般不易察觉，只有用它来照明周期性运动的物体时就会看到运动状态改变或静止，这种伪象，称作频闪效应。为了减少这种现象，可在双管或三管灯具中采取分相供电或在单相电路中接移相电容等措施，见图 117-16。


 图 117-16 单相供电的双灯移相电路
L'—在启动时补偿C确保启动电流而加入的电感

117.4.6 荧光灯工作线路

按荧光灯的种类，荧光灯工作线路有预热线、快启动式和瞬时启动式三类，见图 117-17。图 a 中，