

第6章

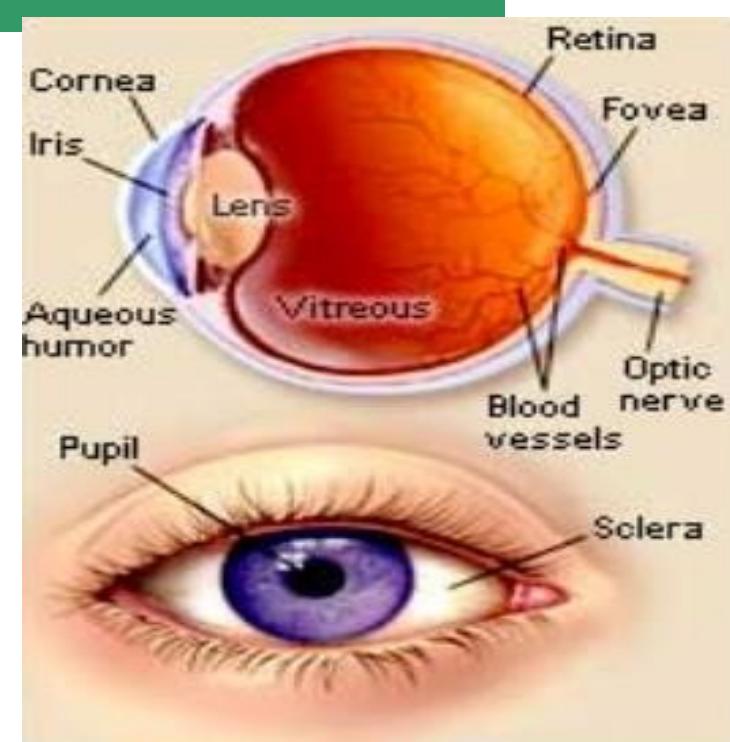
辐射度学与光度学基础

6-3 人眼的视见函数

辐射体发出电磁波，进入人眼，在可见光范围内，可以产生亮暗感觉。

可见光范围内，人眼对不同波长光的视觉敏感度不同。

光度学中，为表示人眼对不同波长辐射的敏感度差别，定义了一个函数 V_λ ，称为视见函数，又称光谱光视效率。



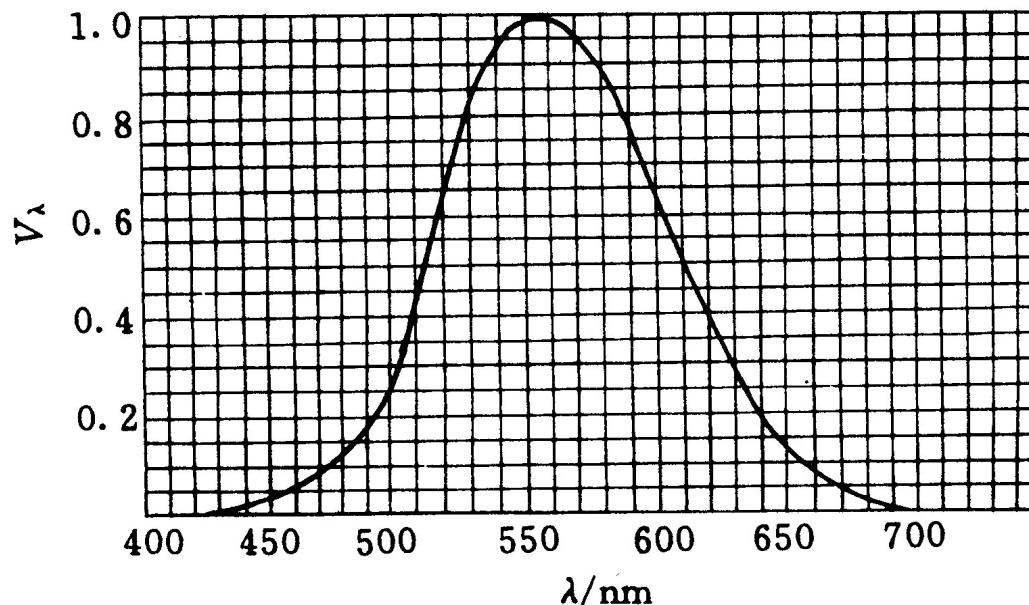
第6章

光线颜色	波长/nm	V	光线颜色	波长/nm	V
紫	400	0.0004	黄	580	0.8700
紫	410	0.0012	黄	590	0.7570
靛	420	0.0040	橙	600	0.6310
靛	430	0.0116	橙	610	0.5030
靛	440	0.0230	橙	620	0.3810
蓝	450	0.0380	橙	630	0.2650
蓝	460	0.0600	橙	640	0.1750
蓝	470	0.0910	橙	650	0.1070
蓝	480	0.1390	红	660	0.0610
蓝	490	0.2080	红	670	0.0320
绿	500	0.3230	红	680	0.0170
绿	510	0.5030	红	690	0.0082
绿	520	0.7100	红	700	0.0041
绿	530	0.8620	红	710	0.0021
黄	540	0.9540	红	720	0.00105
黄	550	0.9950	红	730	0.00052
黄	555	1.0000	红	740	0.00025
黄	560	0.9950	红	750	0.00012
黄	570	0.9520	红	760	0.00006

把对人眼最灵敏的波长

$\lambda = 555\text{nm}$ 的视见函数定为1，即

$$V(555) = 1$$



假定人眼同时观察两个位于相同距离上的辐射体A和B，这两个辐射体在观察方向上的辐射强度相等，A辐射的电磁波波长为 λ ，B辐射的波长为555nm，人眼对A的视觉强度与人眼对B的视觉强度之比，作为 λ 波长的视见函数。

举例：人眼同时观察距离相同的两个辐射体A和B，假定辐射强度相同，A辐射波长为600nm，B辐射波长为500nm。

$$V(600) = 0.631 \quad V(500) = 0.323$$

A对人眼产生的视觉强度是B对人眼产生视觉强度的 $0.631/0.323$ 倍，近似2倍。

若要使A和B对人眼产生相同的视觉强度，则辐射体A的辐射强度应该是辐射体B强度的一半。

6-4 光度学中的基本量

一. 发光强度和光通量

1. 光通量定义

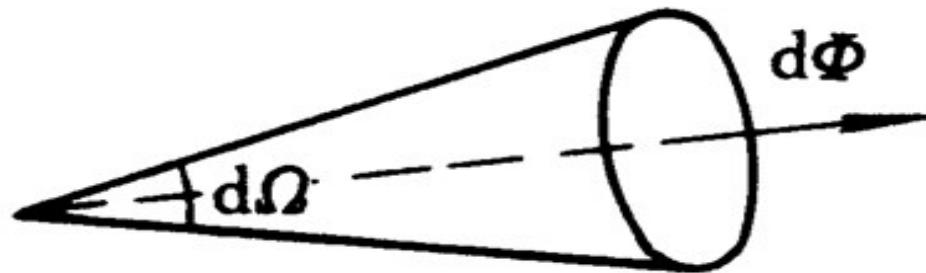
光度学中的光通量与辐射度学中的辐射通量相对应。假定有一单色光，其辐射通量为 $d\Phi_e$ ，其中能够引起视觉的部分为光通量——用人眼视觉强度来度量的辐射通量。

$$d\Phi = C \cdot V(\lambda) \cdot d\Phi_e$$

C为单位换算常数。

2. 发光强度

发光强度与辐射度学中的辐射强度相对应。



发光强度指指定方向上单位立体角内发出光通量的多少。也可以理解为在这一方向上辐射强度中有多少是发光强度。

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} = \frac{CV(\lambda)d\Phi_e}{d\Omega} = C \cdot V(\lambda) \cdot I_e \quad \text{单位: 坎 (德拉) cd}$$

常数C: CIE规定：当发光体发出的光全部是 $\lambda = 555nm$ 的单色光，在某一方向上辐射强度 $I_e = \frac{1}{683} (W/sr)$ ，则发光体在此方向上的发光强度为1cd。

$$I = C \cdot V(\lambda) \cdot I_e \quad 1\text{cd} = c \cdot 1 \cdot \frac{1}{683} W / sr$$
$$\therefore c = 683 \left(\frac{cd \cdot sr}{W} \right)$$

代回发光强度表示式 $I = 683V(\lambda)I_e$

若 $I = 1\text{cd}$
 $d\Omega = 1sr$

则 $d\Phi = Id\Omega = 1 \text{ 流明 (lm)}$ 。

3. 光谱光视效能

C 与 $V(\lambda)$ 的乘积称为光谱光视效能，用 $K(\lambda)$ 表示。

$$K(\lambda) = 683V(\lambda)$$

当 $V(\lambda) = 1$ 时， $K(\lambda)$ 最大，即 $K_m = 683 \text{ cd} \cdot \text{sr}/\text{W}$ 称为最大光谱光视效能。

$V(\lambda)$ 表示人眼对不同波长光辐射的敏感度差别，

$K(\lambda)$ 表示辐射通量中有多少可以转变为光通量。

4. 连续光谱的光通量计算

有了光谱光视效能后，光通量公式可写成

$$d\Phi = CV(\lambda)d\Phi_e = K(\lambda)d\Phi_e$$

总的光通量应该等于整个波长范围内上式的积分

$$\Phi = \int_{\lambda=0}^{\infty} d\Phi = \int_{\lambda=0}^{\infty} K(\lambda)d\Phi_e = \int_{\lambda=0}^{\infty} K(\lambda)\Phi_{e\lambda}d\lambda$$

发光体的发光特性：光视效能

$$K = \frac{\Phi}{\Phi_e} = \frac{\int_{\lambda=0}^{\infty} K(\lambda)\Phi_{e\lambda}d\lambda}{\int_0^{\infty} \Phi_{e\lambda}d\lambda}$$

常见光源的光视效能

光源种类	光视效能(lm/w)	光源种类	光视效能(lm/w)
钨丝灯（真空）	8~9.2	日光灯	27~41
钨丝灯（充气）	9.2~21	高压水银灯	34~45
石英卤素灯	30	超高压水银灯	40~47.5
气体放电管	16~30	钠光灯	60

计算举例：一个功率（辐射通量）为60W的钨丝充气灯泡，假定它在各方向上均匀发光，求它的发光强度。

1、求总光通量：

$$\Phi = K\Phi_e = 15 \cdot 60 = 900 \text{ lm}$$

2、求发光强度：总立体角为 4π

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} = \frac{900}{4\pi} = 71.62 \text{ cd}$$

