

# 第6章

# 辐射度学与光度学基础

## 6-13 投影仪的作用及其类别

**作用：**把一定大小的物体用光源照明后成像到屏幕上进行观察和测量。

**种类：**电影放映机，幻灯机，投影仪等。

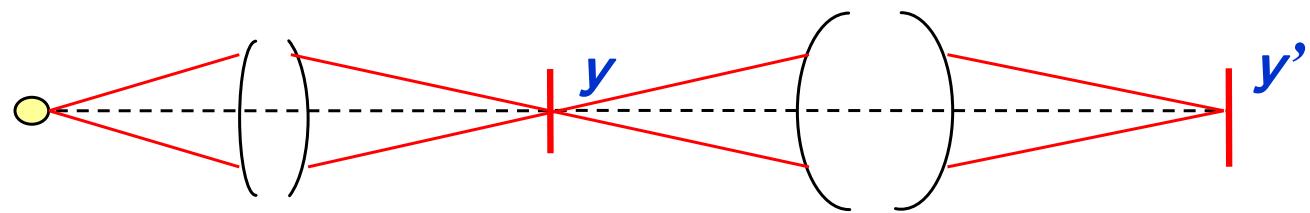
**要求：**成像清晰；物像相似。

像面有足够的光亮度，分布均匀。



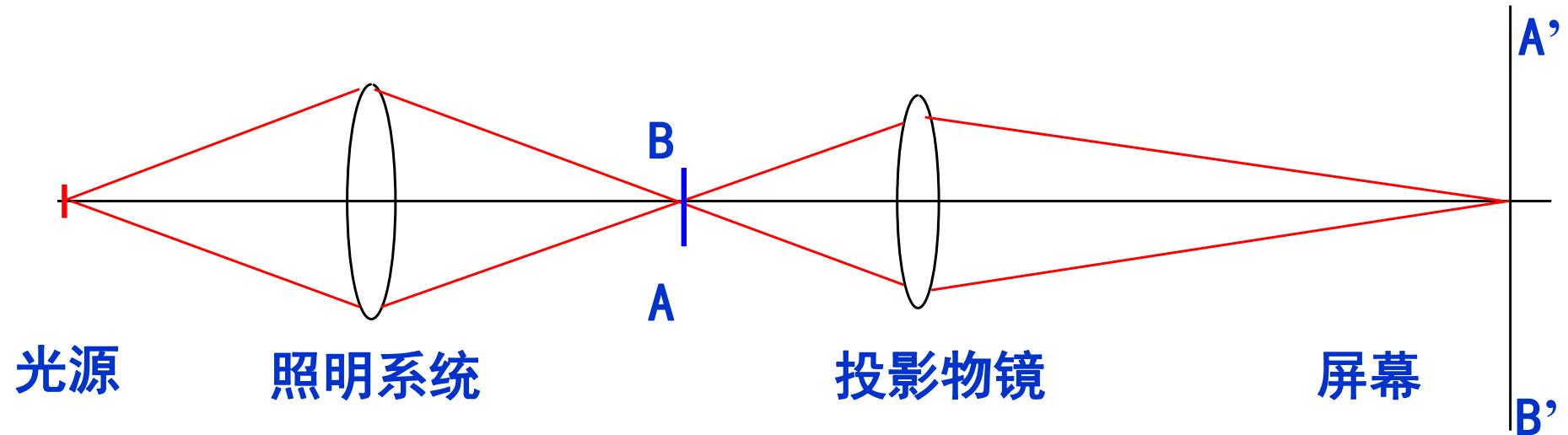
## 投影系统的组成

1. 投影物镜：把一定大小的物体成像在屏幕上，使成像清晰，物象相似
2. 照明系统：照明物体，充分利用光源发出的光能，并使照明均匀。

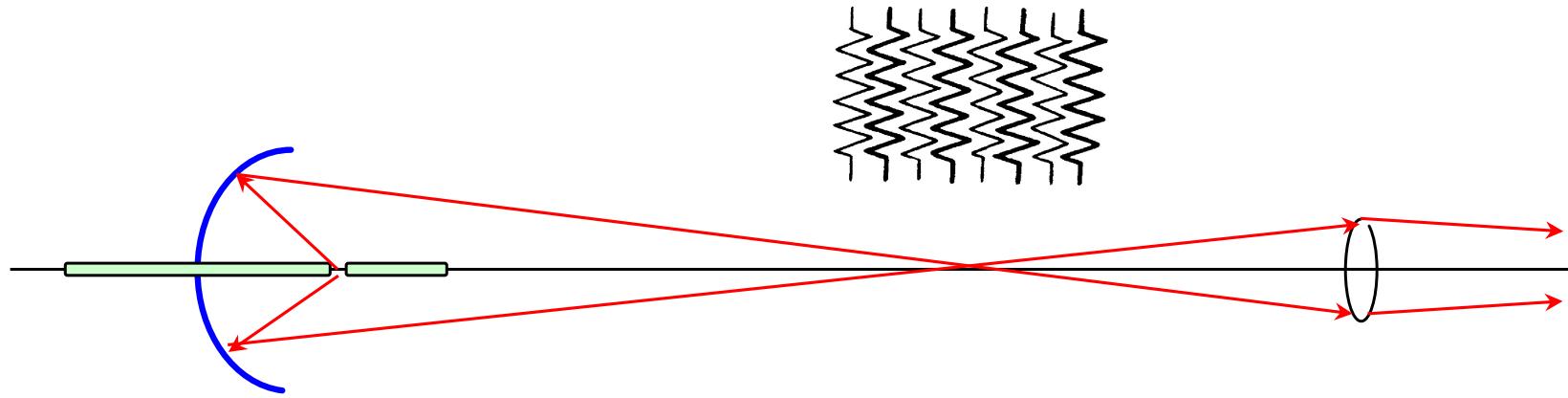


## 投影系统的分类

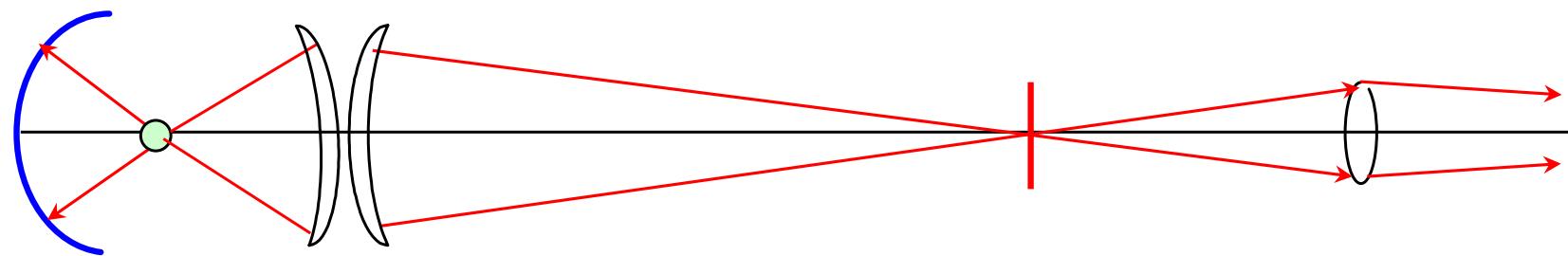
第1类：临界照明：光源通过照明系统成像在物平面上，照亮物体；物体在经投影物镜成像在屏幕上。（电影放映机）



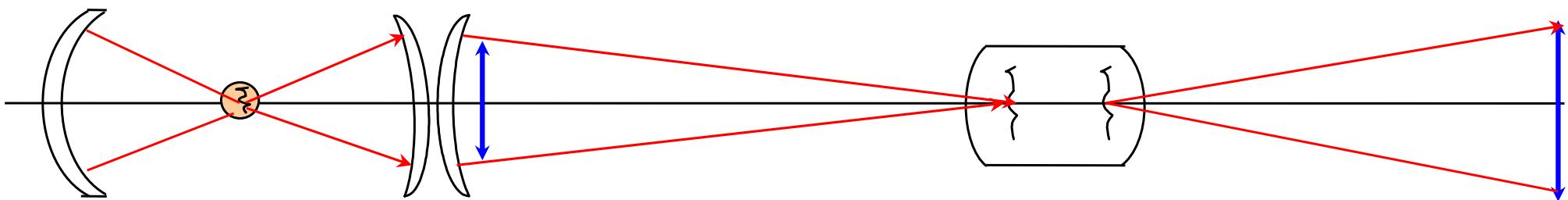
## 反射照明



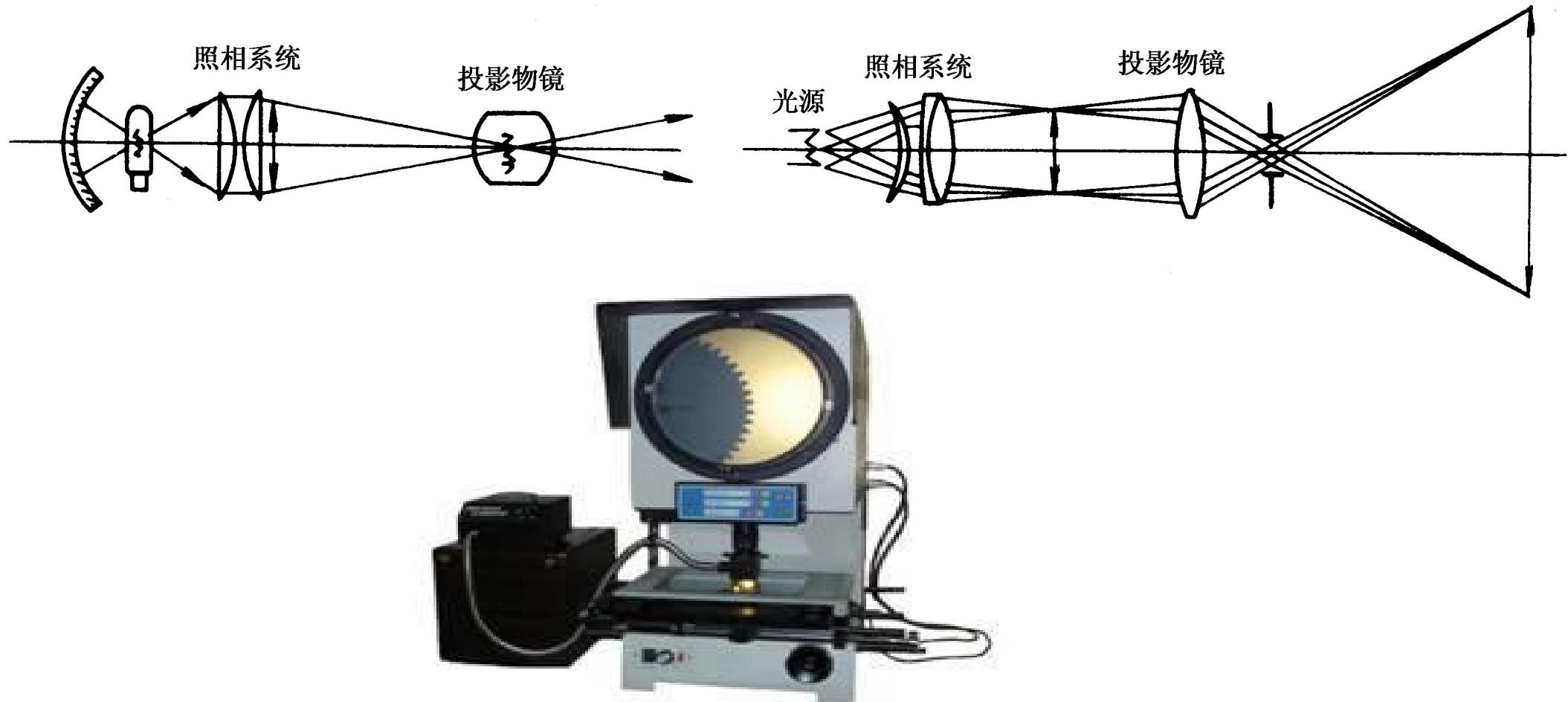
## 透射照明



**第2类：柯勒照明：光源通过照明系统成像在投影物镜的入瞳上；物体在经投影物镜成像在屏幕上。（幻灯机，放大机）**



计量用的投影仪，为避免调焦不准，采用物方远心光路。



## 6-14 投影系统中的光能计算

- (1) 已知投影系统结构参数，求像平面光度。
- (2) 已知像平面光度，求投影系统和照明系统结构参数。

**【例1】**假定一个35mm的电影放映机，采用电弧作光源，要求屏幕照度为100lx，放映机离开银幕的距离为50m，银幕宽7m，求放映物镜的焦距和相对孔径。



35mm电影机的片框尺寸 为 $21 \times 16\text{mm}^2$ ，要求放映物镜的放大率为

$$\beta = \frac{-7000}{21} = -333^\times$$

根据放大率公式  $\beta = -\frac{x'}{f'}$

由于像距比焦距大得多，所以 $x' \approx l' = 50000\text{mm}$ 。

将  $\beta = -333$  代入以上公式，得

$$f' = -x'/\beta = -50000/(-333) = 150\text{mm}$$

根据像平面光照度公式有  $E_0' = \tau\pi L \sin^2 U'_{\max}$

假定系统透过率为0.5，电弧的光亮度由表6-4查得为  $1.5 \times 10^8 cd/m^2$

代入上式，得  $\sin^2 U'_{\max} = \frac{E_0'}{\tau\pi L} = \frac{100}{0.5 \times 3.1416 \times 1.5 \times 10^8} = \frac{1}{236 \times 10^4}$

$$\sin U'_{\max} = \frac{1}{1535}$$

要求物镜的口径为  $D = 2l' \sin U'_{\max} = 2 \times 50000 \times \frac{1}{1535} = 65mm$

放映物镜的相对孔径为

$$A = \frac{D}{f'} = \frac{65}{150} = \frac{1}{2.3}$$

## 照明系统光学特性的计算

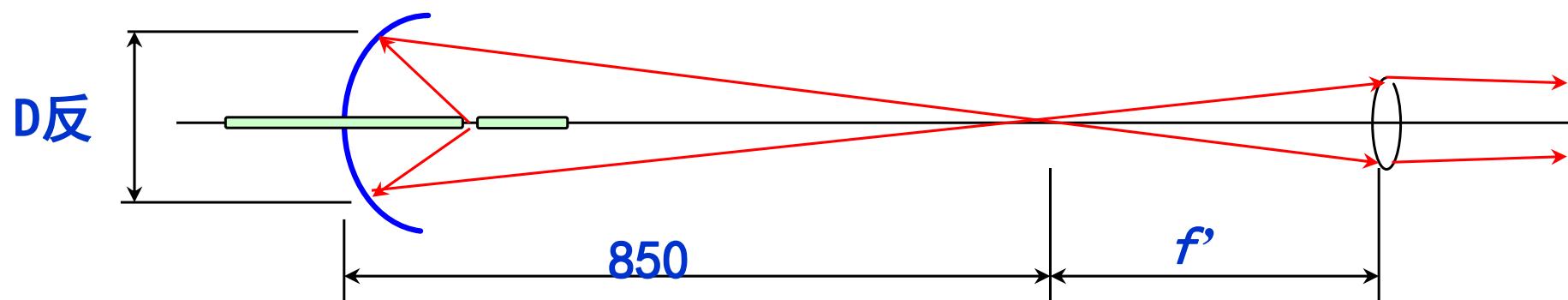
假定片门离照明反射镜的距离为850mm

反射镜的口径 $D_{\text{反}}$ 为：

$$D_{\text{反}} = 850 \times \frac{1}{2.3} = 370 \text{ mm}$$

设电弧焰口的直径为9mm，片门的对角线尺寸为27mm，为使照明反射镜所成的像大于投影面积，假定反射镜将电弧放大3.5×，焰口像的最大尺寸为

$$y' = \beta y = 3.5 \times 9 = 31.5 \text{ mm}$$



由放大率  $\beta = -3.5$ , 像距  $l' = 850mm$ , 就可以求得照明反射镜的焦距。

对反射的情形  $n' = -n$ , 得

$$l = -\frac{l'}{\beta} = -\frac{850}{(-3.5)} = 243mm$$

将  $l$ 、 $l'$ 、 $f' = f$  代入高斯公式, 得

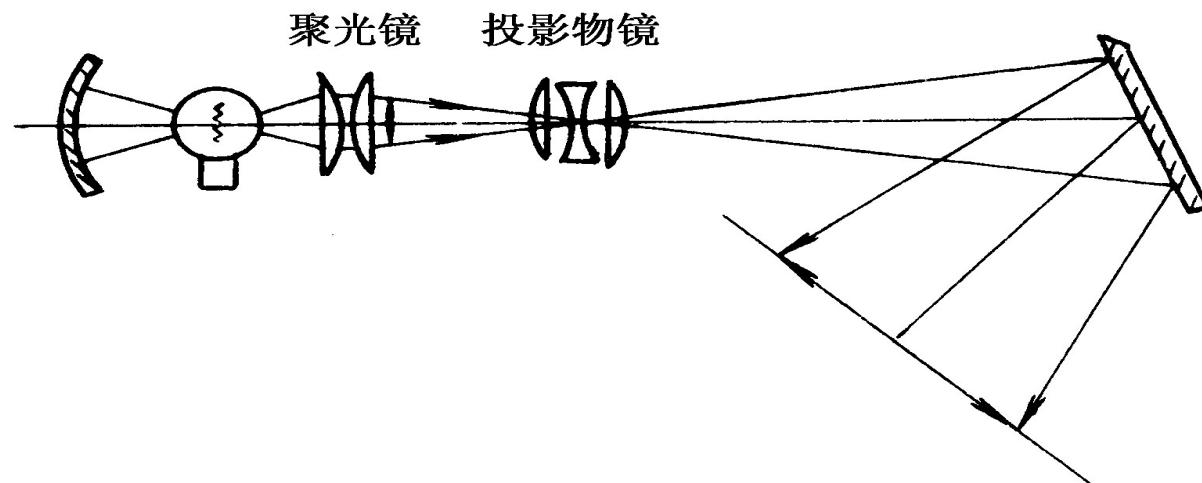
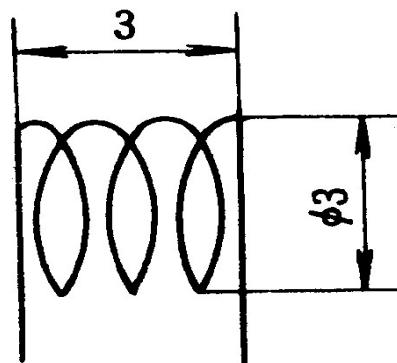
$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{l'} + \frac{1}{l} = \frac{1}{850} + \frac{1}{243} = 0.0053 \quad f' = 189mm$$

照明反射镜

焦距为189mm

口径370mm

[例2] 一个小型投影仪采用6V30W的白炽灯照明。灯泡的光视效能为15lx/W灯丝为直径 3mm，长3mm的螺线管。投影物镜的焦距为50mm，相对孔径 $1 : 3.5$ ，放大 率为 $15^{\times}$ ，投影仪的光学系统如图10-44所示。采用第二种照明方式，照明系统的放大率 为 $2^{\times}$ ，系统的透过率  $\tau = 0.6$ ，求像平面的光照度。

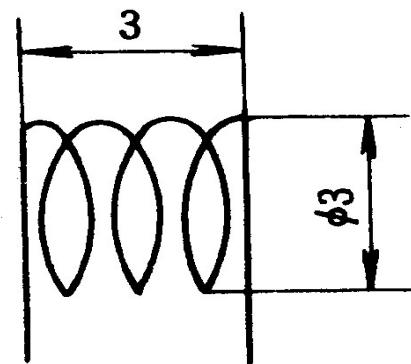


光源发出的总光通量为

$$\Phi = k\Phi_e = 15 \times 30 = 450 \text{ lm}$$

假定各方向均匀发光，发光强度为  $I = \frac{450}{4\pi} = 35.8 \text{ cd}$

光亮度  $L = \frac{I}{dS_n} = \frac{35.8}{(0.003 \times 0.003)} = 4 \times 10^6 \text{ cd/m}^2$



考虑到后面加了球面反光镜，使平均光亮度提高50%，则得到发光体的平均光亮度为

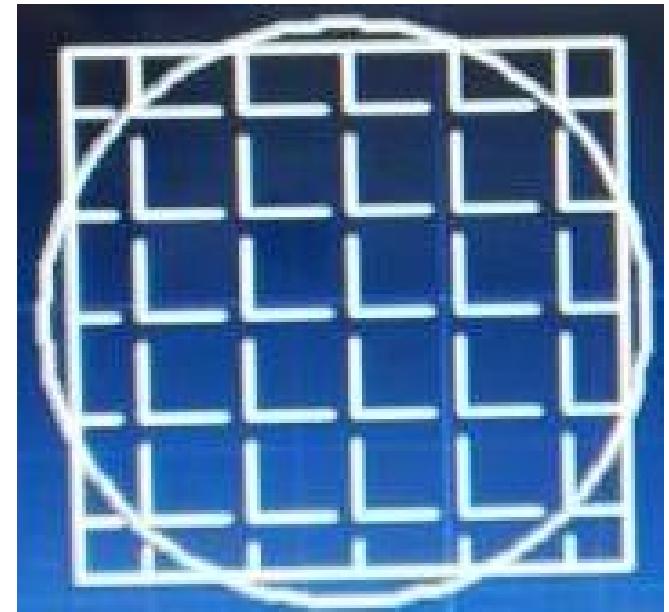
$$L = 1.5 \times 4 \times 10^6 = 6 \times 10^6 \text{ cd/m}^2$$

照明器的放大率为 $2\times$ ，因此，投影物镜的有效通光面积为

$$S = 6 \times 6 = 36\text{mm}^2$$

相当的通光口径D为

$$\pi \frac{D^2}{4} = 36 \quad D = 6.77$$



投影物镜的放大率为 $-15\times$ ，焦距为50mm，像距 $l'$ 为：

$$l' = f' + x' = f'(1 - \beta) = 50(1 + 15) = 800\text{mm}$$

对应的像方孔径角为

$$\sin U'_{\max} = \frac{D}{2l'} = \frac{6.77}{2 \times 800} = 0.00423$$

将已知的L、 $\sin U'_{\max}$  和  $\tau$  代入公式(6-38)，得

$$E_0' = \tau \pi L \sin^2 U'_{\max} = 0.6 \times 3.1416 \times 6 \times 10^6 \times (0.00423)^2 = 200 \text{lx}$$

即投影仪像面的光强度为200lx。