



# 第六章

## 光学系统中的光束限制

# 6.1 光阑

通常，光学系统中用一些中心开孔的薄金属片来合理地限制成像光束的宽度、位置和成像范围。这些限制成像光束和成像范围的薄金属片称为**光阑**。

# 1. 孔径光阑

## (1) 孔径光阑的定义与作用

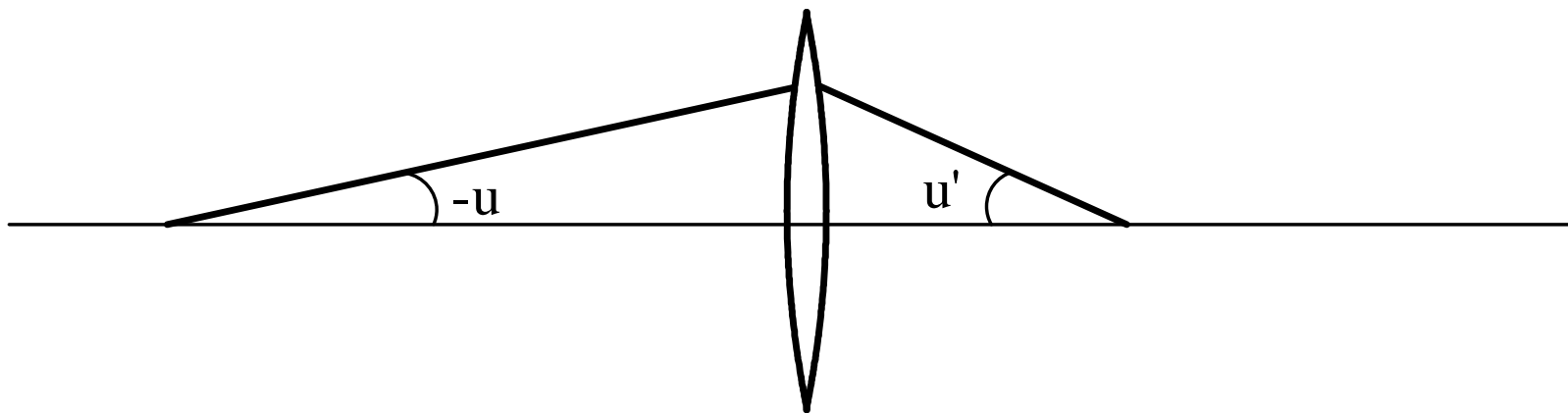


图6-1 - 5 $\times$ 显微物镜

$$u = -0.024$$

$$u' = 0.12$$

# 孔径光阑

孔径光阑

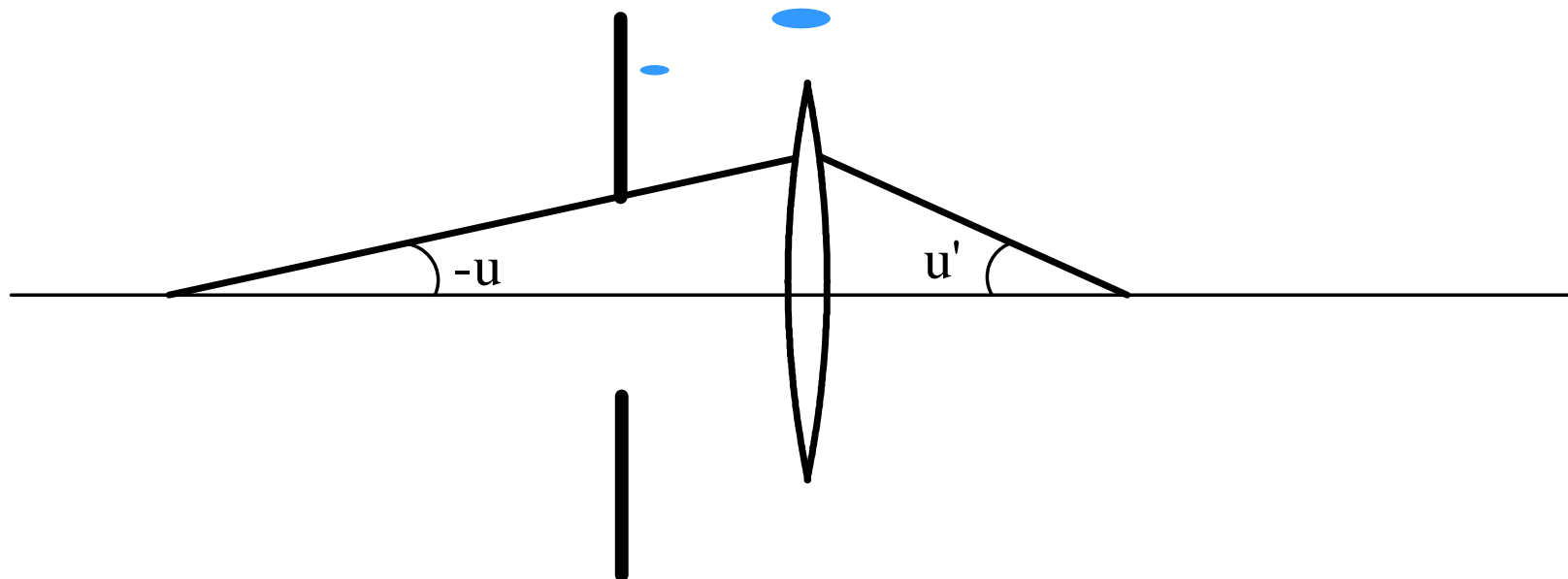


图6-2 限制孔径角的光阑

## 孔径光阑

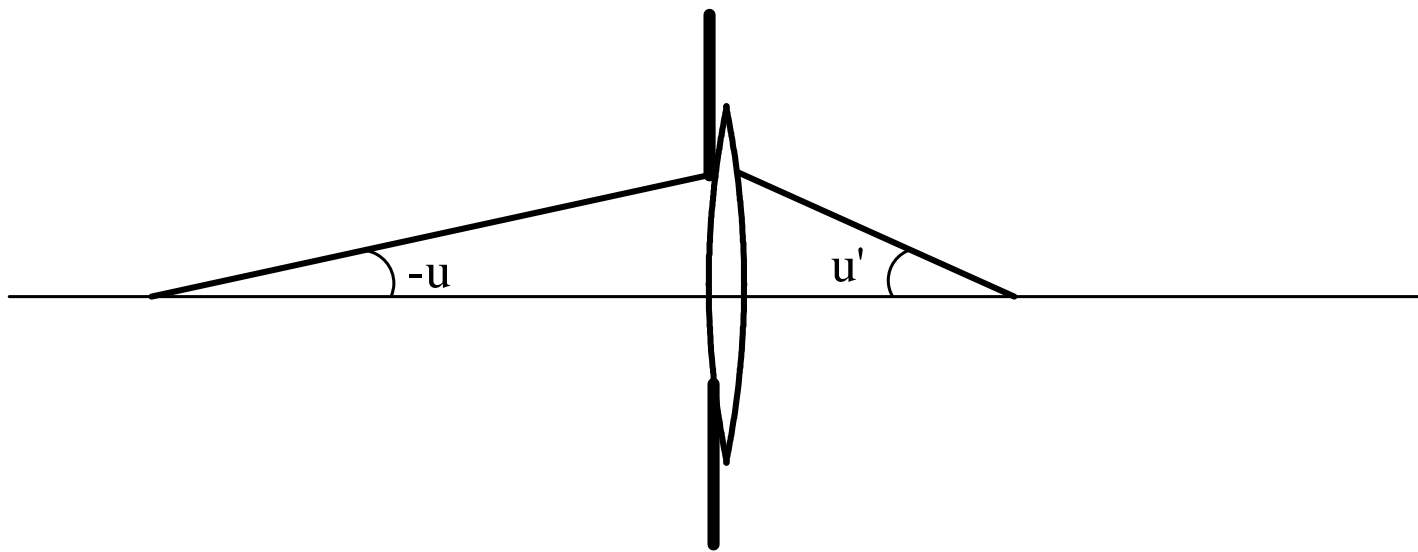


图6-3 孔径光阑安放在透镜上

## 孔径光阑

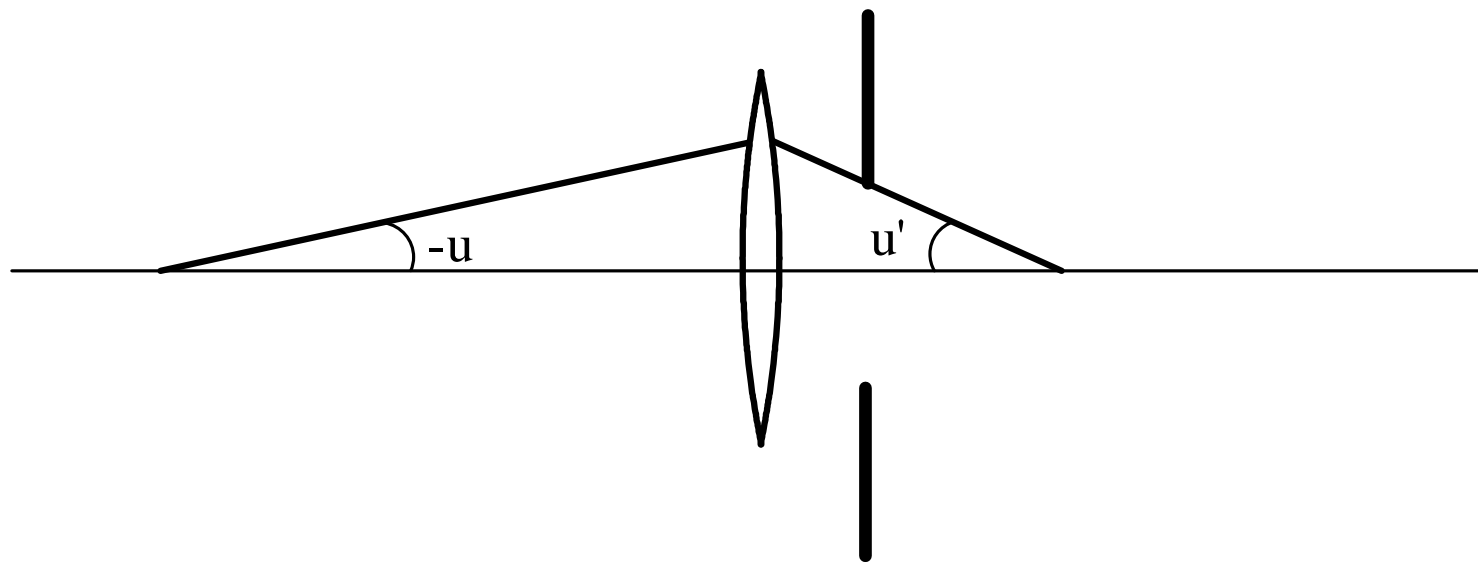


图6-4 孔径光阑安放在透镜后

## 孔径光阑

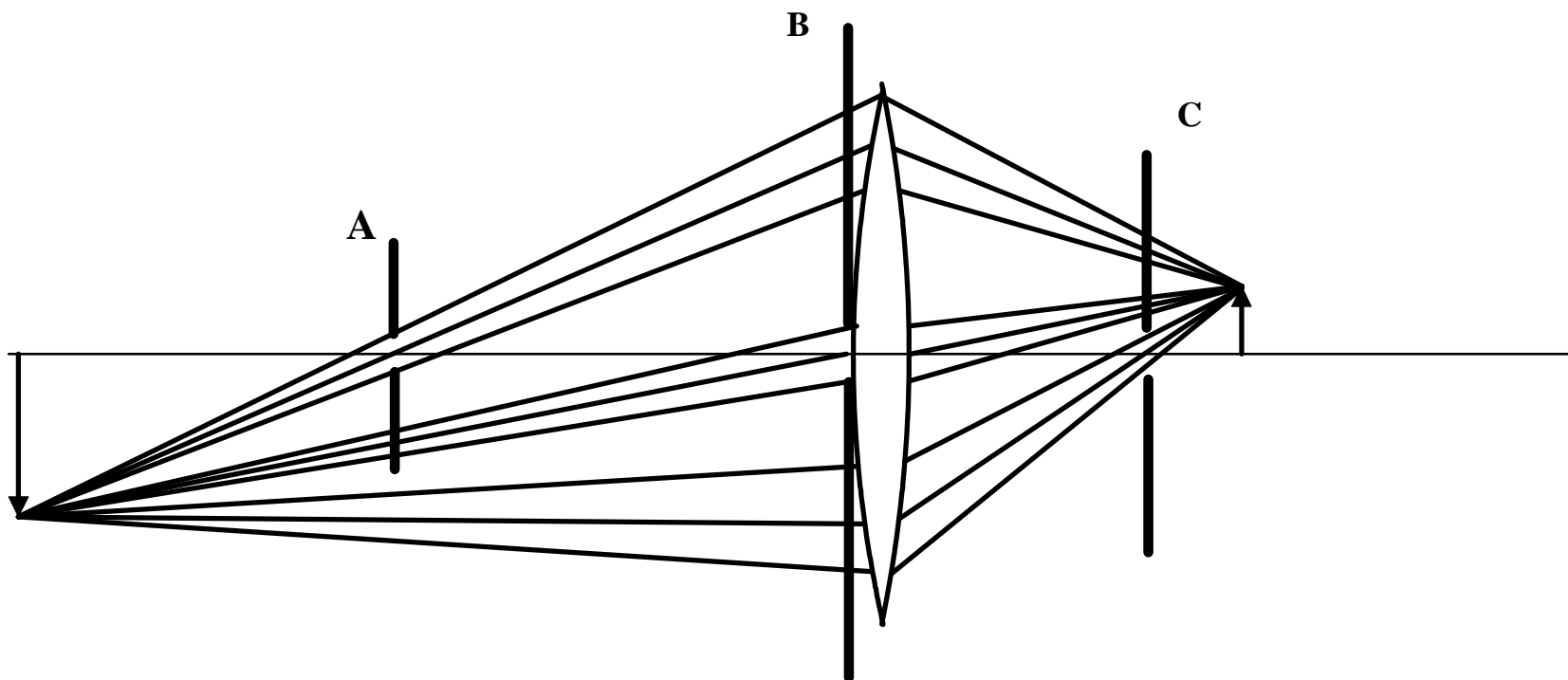


图6-5 孔径光阑位置对轴作物点成像光束位置的选择

## 孔径光阑

### (2) 入射光瞳和出射光瞳

光圈（孔径光阑）

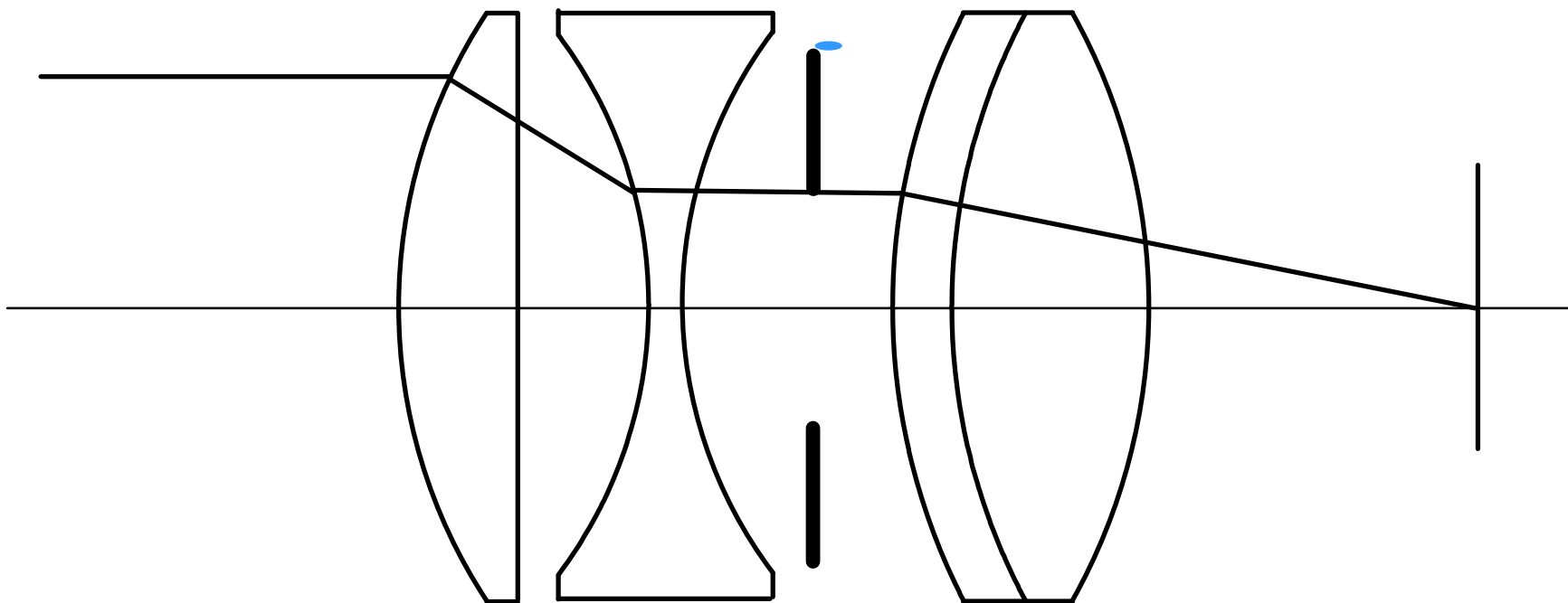


图6-6 照相机镜头中的孔径光阑



# 孔径光阑

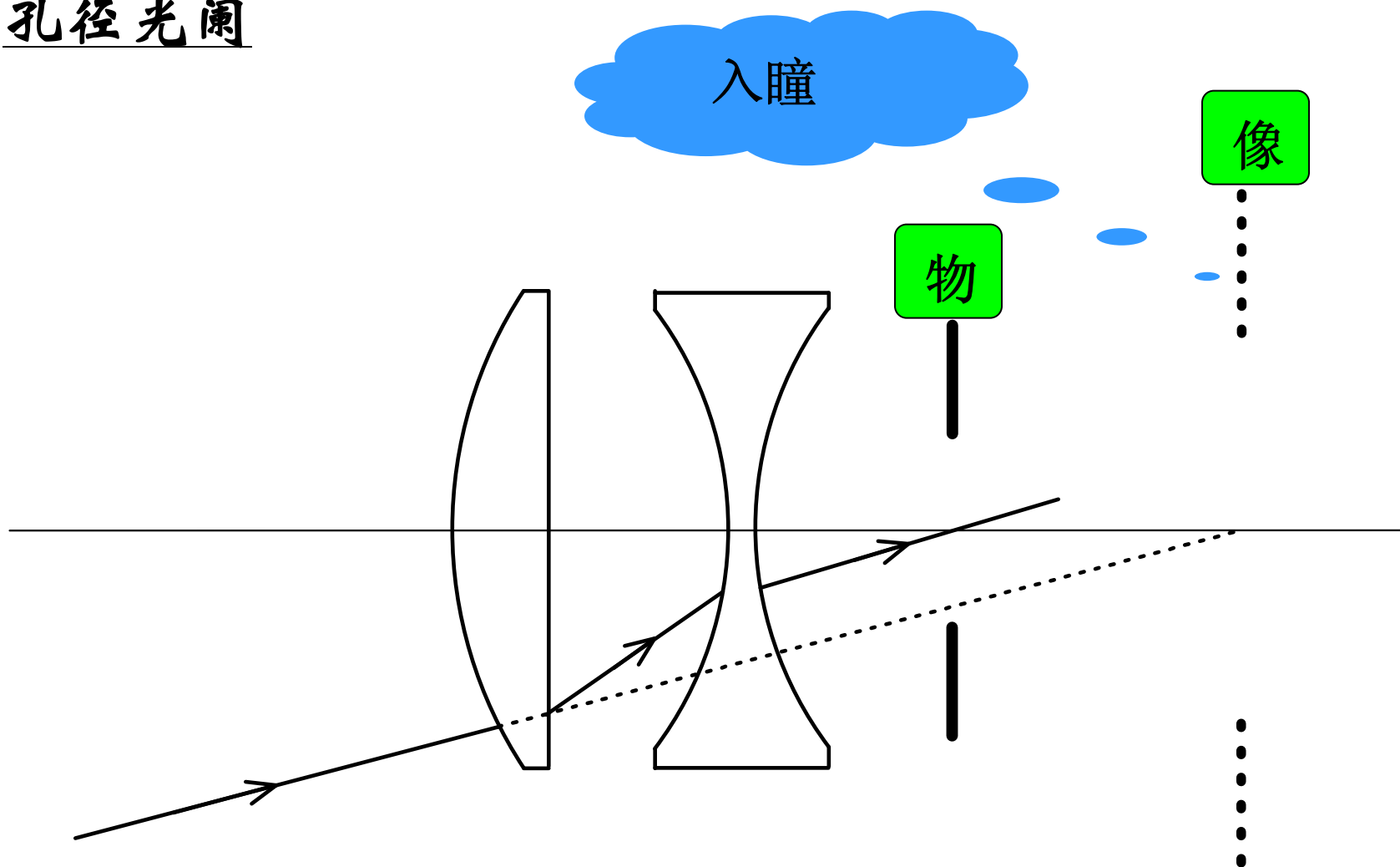


图6-6a 孔径光阑与入瞳

# 孔径光阑

出瞳

像

物

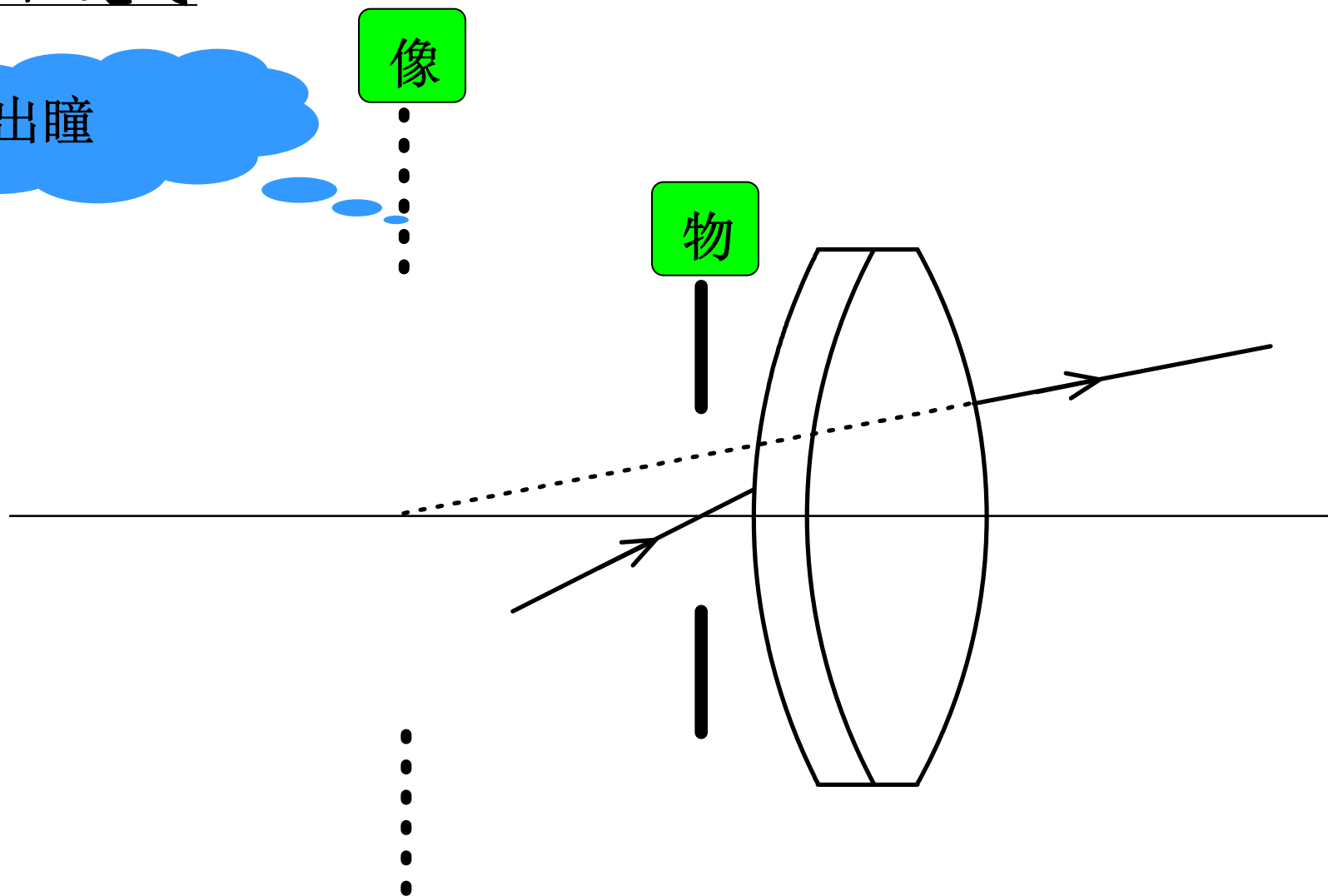


图6-6b 光阑与出瞳

## 孔径光阑

### (3)关于孔径光

①

物平面位置有了变动，究竟谁是真正起限制轴上物点光束宽度作用的孔径光阑？

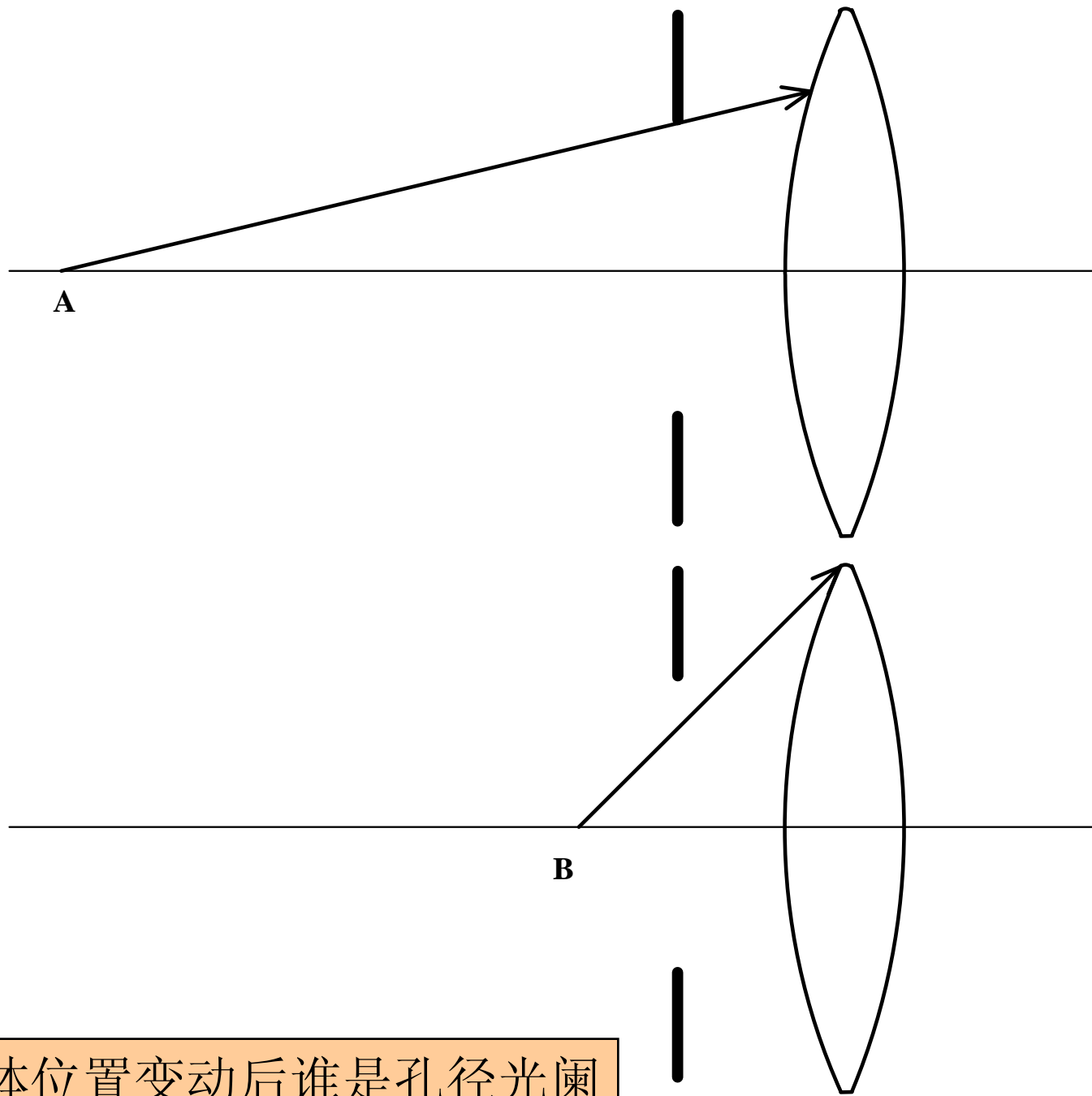


图6-7 物体位置变动后谁是孔径光阑

## 孔径光阑

②. 如果几块口径一定的透镜组合在一起形成一个镜头，对于确定的轴上物点位置，要找出究竟那个透镜的边框是孔径光阑？

(i) 追迹光线

(ii) 透镜成像

③. 孔径光阑位置的安放原则在不同的光学系统中是不同的。

(i) 在目视光学系统中

(ii) 在投影度量光学系统中

(iii) 当仪器不对光阑位置提出要求时

(iv) 合理地匹配光学系统各元件的口径

## 2. 视场光阑

### (1) 视场光阑的定义与作用


限定成像范围

### (2) 入射窗和出射窗

视场光阑经它前面的光学系统所成的像

视场光阑被其后面的光学系统所成的像

(3) 有的系统中，如果在像面处无法安放视场光阑，在物面处安放视场光阑又不现实，成像范围的分析就复杂一些。



## 6.2

# 照相系统和光阑

## 6.2 照相系统和光阑

照相镜头

可变光阑

孔径光阑

感光底片

视场光阑

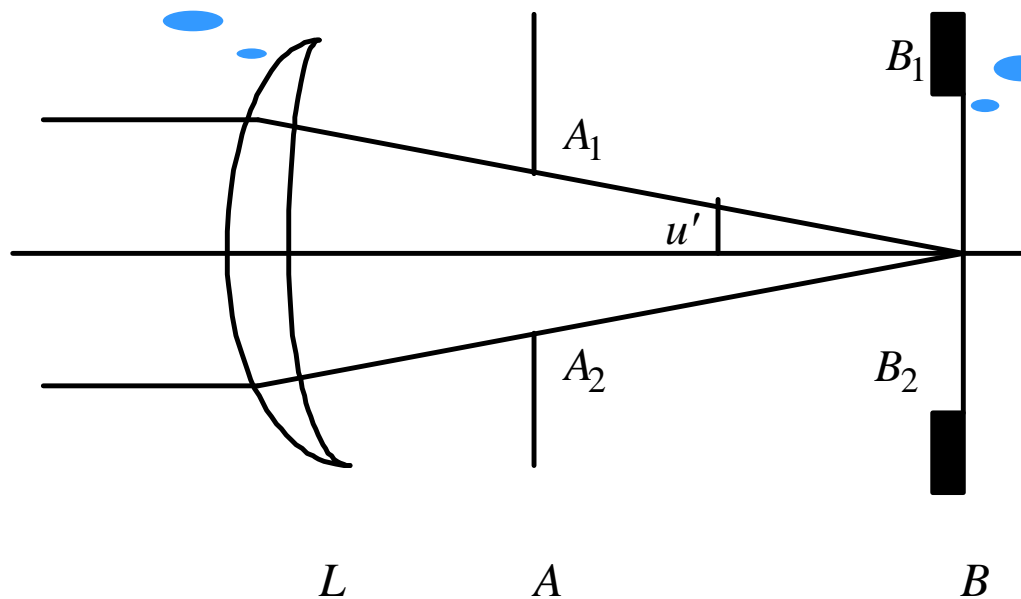


图6-8 照相机系统简图

## 6.2 照相系统和光阑

无差别

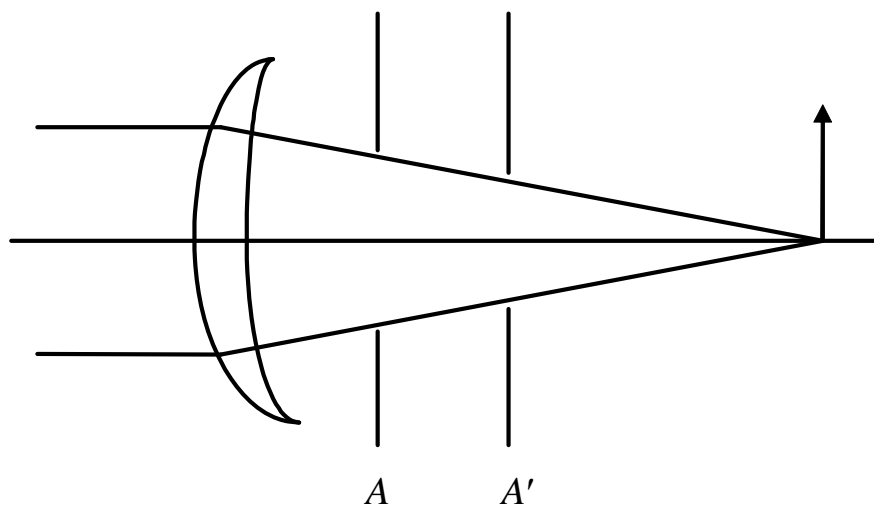


图6-9 孔径光阑对轴上点光束的限制



## 6.2 照相系统和光阑

成像质量？

物镜口径？

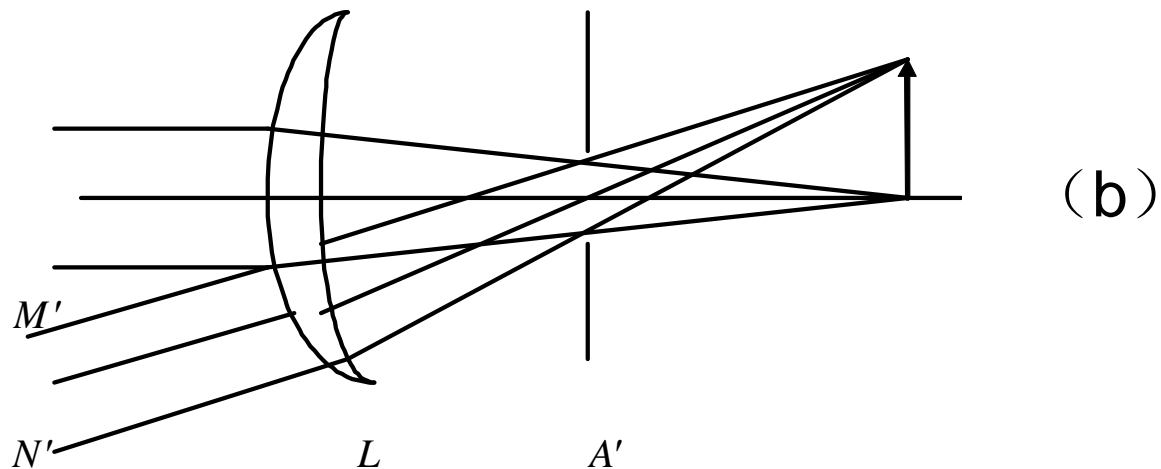
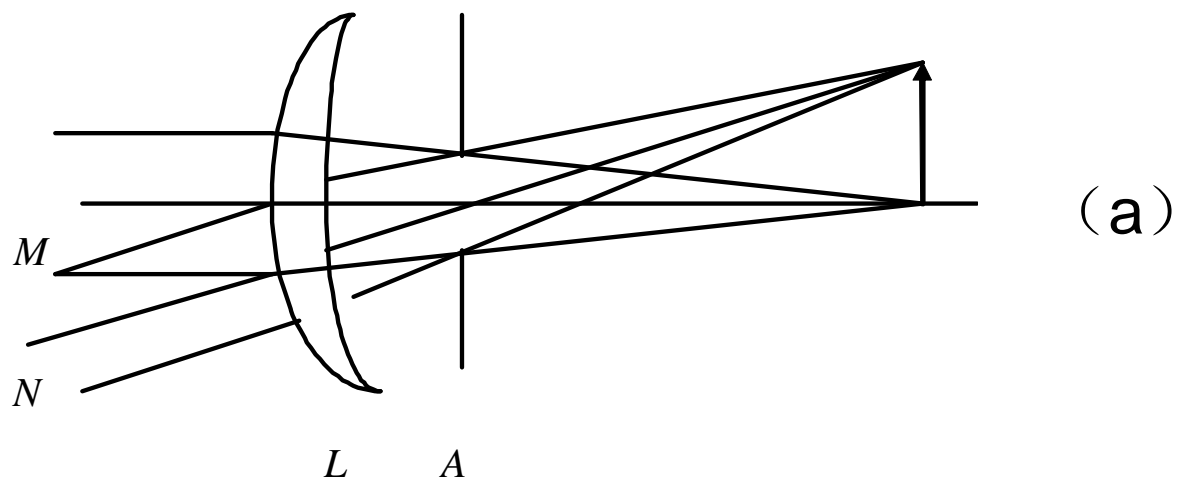


图6-10 孔径光阑对轴外点光束的限制

## 6.2 照相系统和光阑

“渐晕系数”

$$K_{\omega} = \frac{D_{\omega}}{D} \quad (6-1)$$

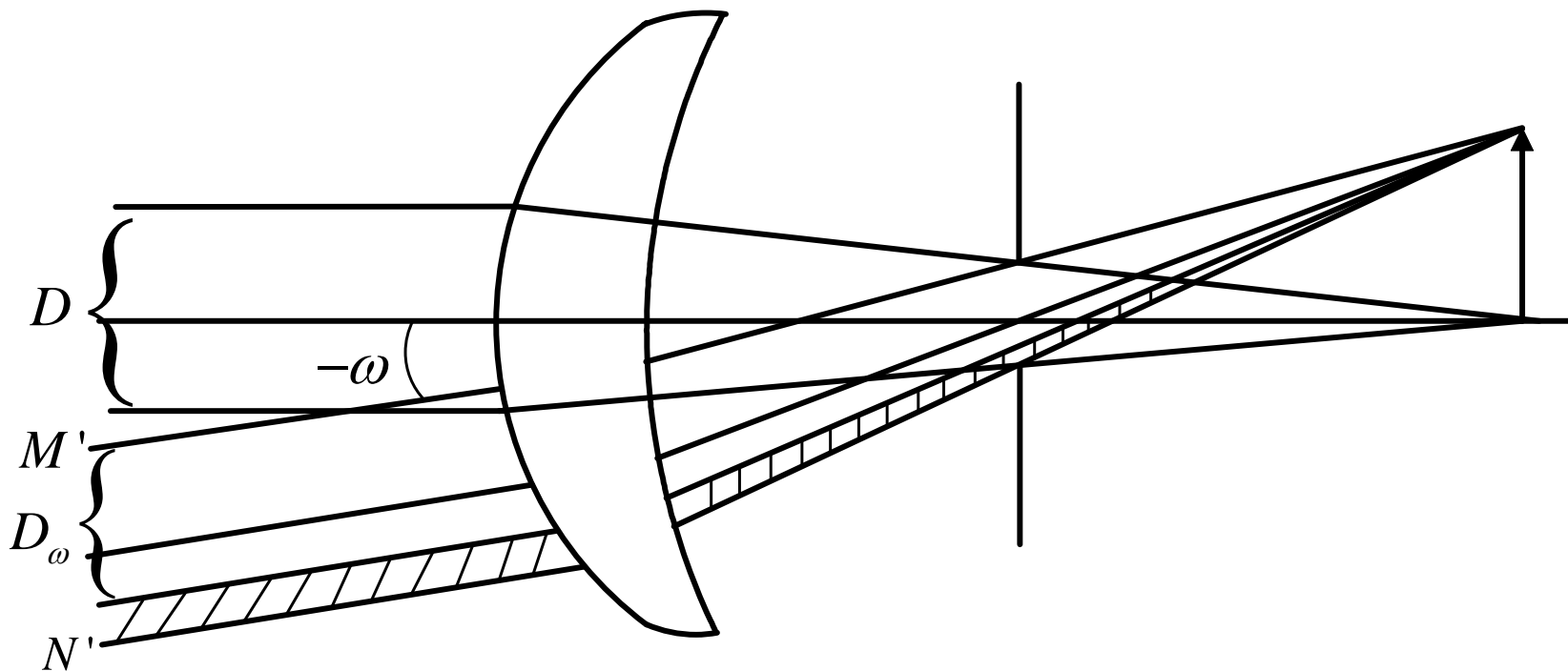


图6-11 轴外光束的渐晕

## 6.2 照相系统和光阑

入瞳是入射光束的入口

出瞳是出射光束的出口

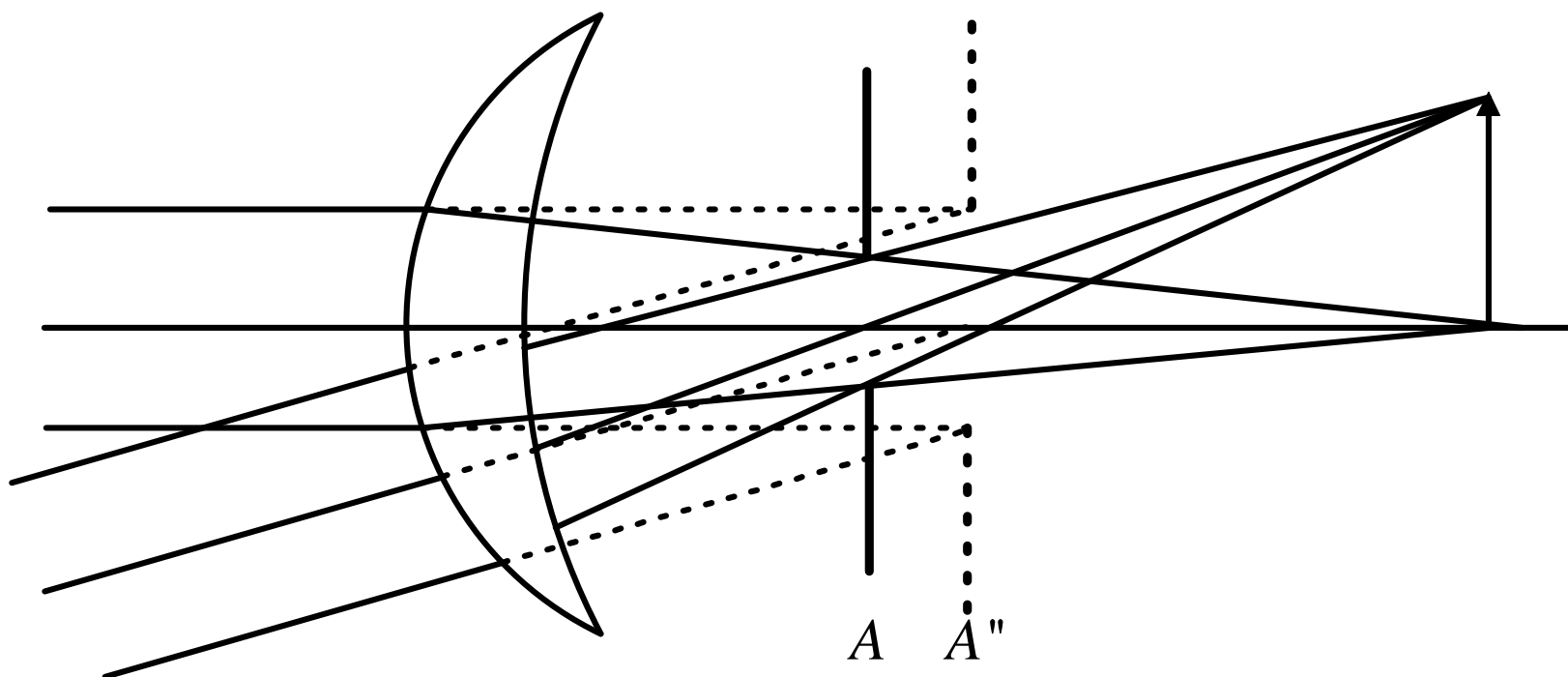
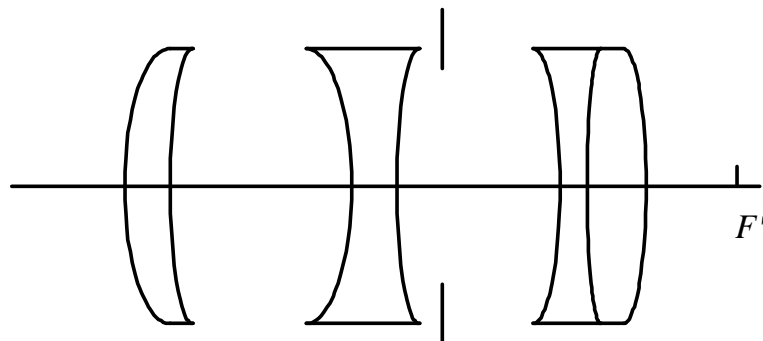


图6-12 光阑与光阑的像

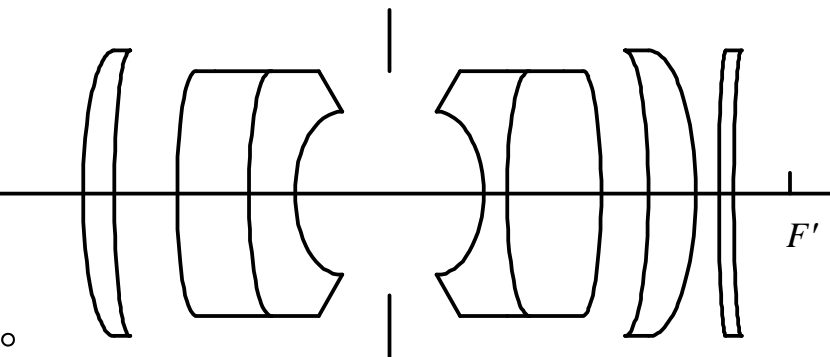
## 6.2 照相系统和光阑

(1) 在照相光学系统中，根据轴外光束的像质来选择孔径光阑的位置，其大致位置在照相物镜的某个空气间隔中。



(a)

(2) 在有渐晕的情形，轴外点光束宽度不仅仅由孔径光阑的口径确定，而且还和渐晕光阑的口径有关。



(b)

(3) 照相光学系统中，感光底片的框子就是视场光阑。

图6-13 照相物镜中的孔径光阑位置

## 6.3

# 望远系统中成像光束的选择

## 6.3 望远系统中成像光束的选择

视觉放大率:  $\Gamma = 6^{\times}$

视场角:  $2\omega = 8^{\circ}30'$

出瞳直径:  $D' = 5\text{mm}$

出瞳距离:  $l'_z \geq 11\text{mm}$

物镜焦距:  $f'_{\text{物}} = 108\text{mm}$

目镜焦距:  $f'_{\text{目}} = 18\text{mm}$

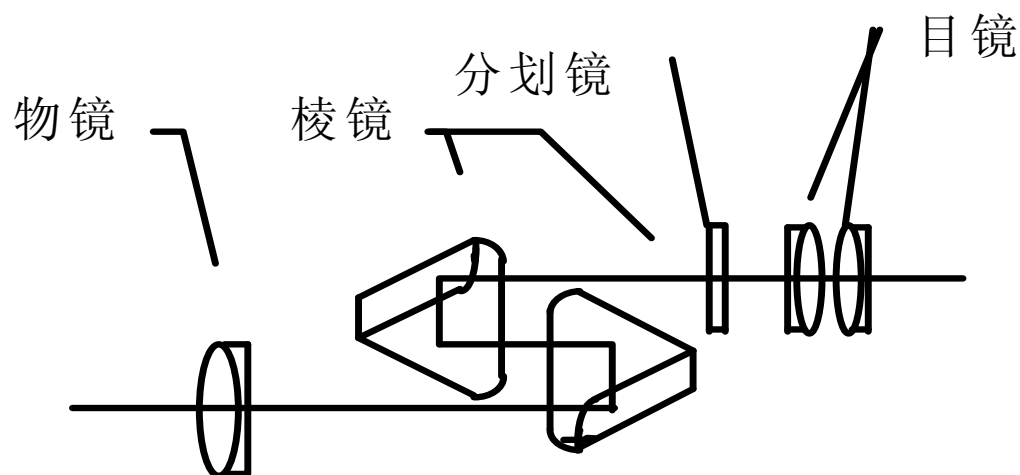


图6-14 双目望远镜系统

## 6.3 望远系统中成像光束的选择

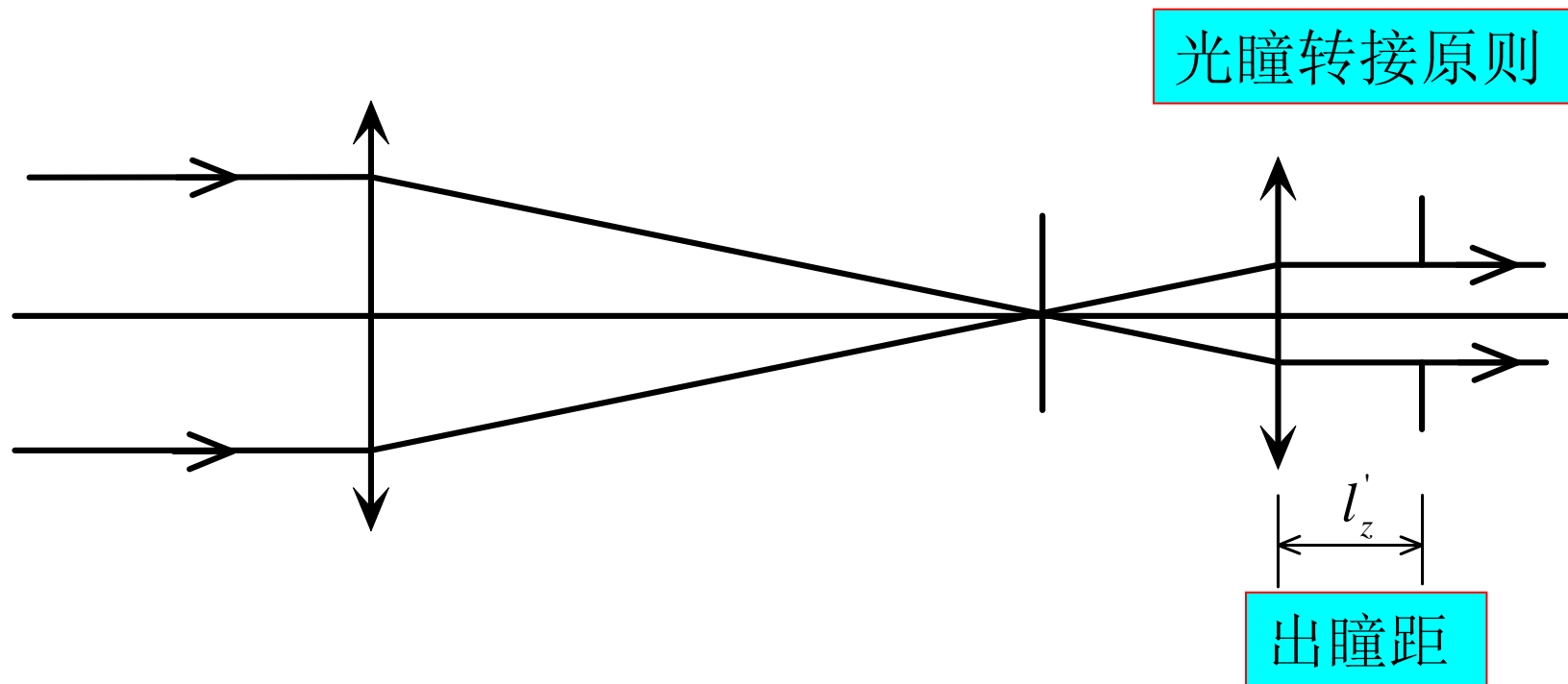


图6-15 望远镜系统简化

## 6.3 望远系统中成像光束的选择

(1) 位于物镜左侧10mm

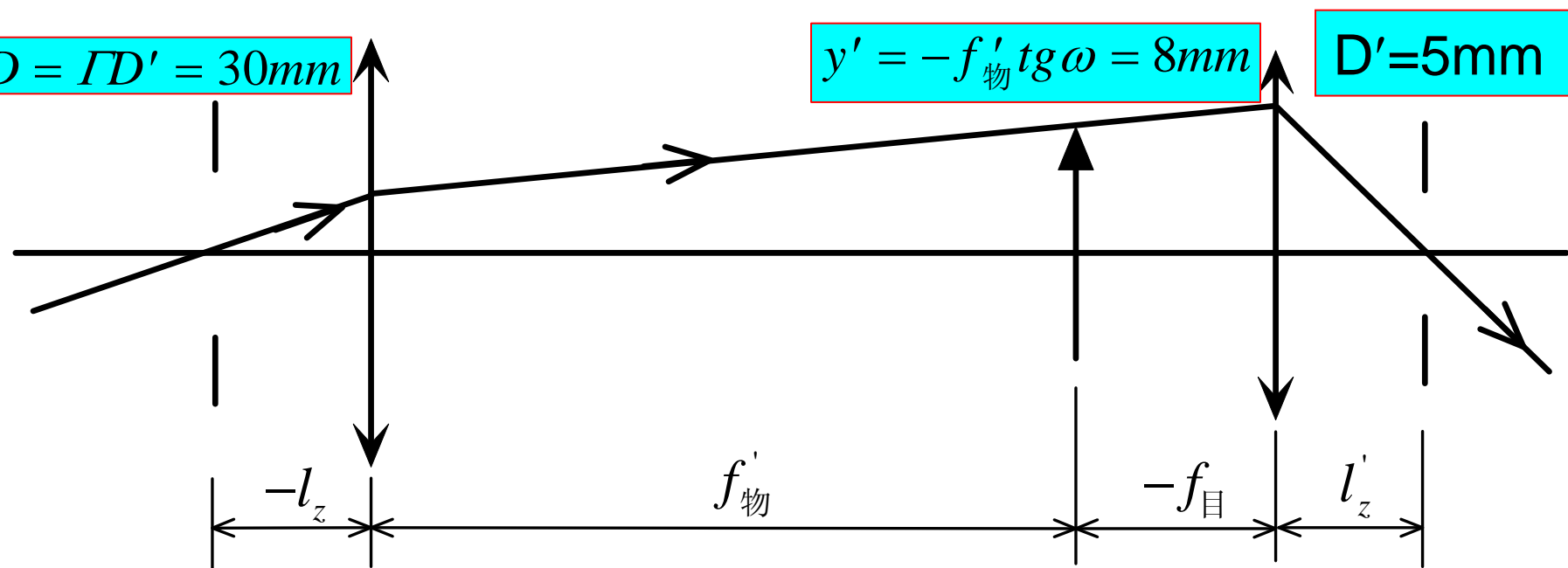


图6-16 望远镜系统简化



## 6.3 望远系统中成像光束的选择

依据式(3-41)和式(3-42)得

$$\begin{aligned}h_{z\text{物}} &= 0.75\text{mm} \\h_{z\text{分}} &= 8\text{mm} \\h_{z\text{目}} &= 9.25\text{mm} \\l_{z'} &= 20.5\text{mm}\end{aligned}$$

(2) 位于物镜上

$$\begin{aligned}h_{z\text{物}} &= 0 \\h_{z\text{分}} &= 8\text{mm} \\h_{z\text{目}} &= 9.35\text{mm} \\l_{z'} &= 21\text{mm}\end{aligned}$$


(3) 位于物镜右侧10mm

$$\begin{aligned}h_{z\text{物}} &= 0.82 \\h_{z\text{分}} &= 8\text{mm} \\h_{z\text{目}} &= 9.51\text{mm} \\l_{z'} &= 21.3\text{mm}\end{aligned}$$

## 6.3 望远系统中成像光束的选择

孔径光阑选择

$$D_{\text{通}} = 2(h + h_z)$$



阑位	$D_{\text{物}}$	$D_{\text{接}}$	$D_{\text{分}}$	$D_{\text{目}}$	$l'_z$
(1)	31.5	$31.5 > D_{\text{接}} > 16$	16	23.5	20.5
(2)	30	$30 > D_{\text{接}} > 16$	16	23.7	21.0
(3)	31.6	$31.6 D_{\text{接}} > 16$	16	24.0	21.3

表6-1 通光口径

## 6.3 望远系统中成像光束的选择

孔径光阑选择

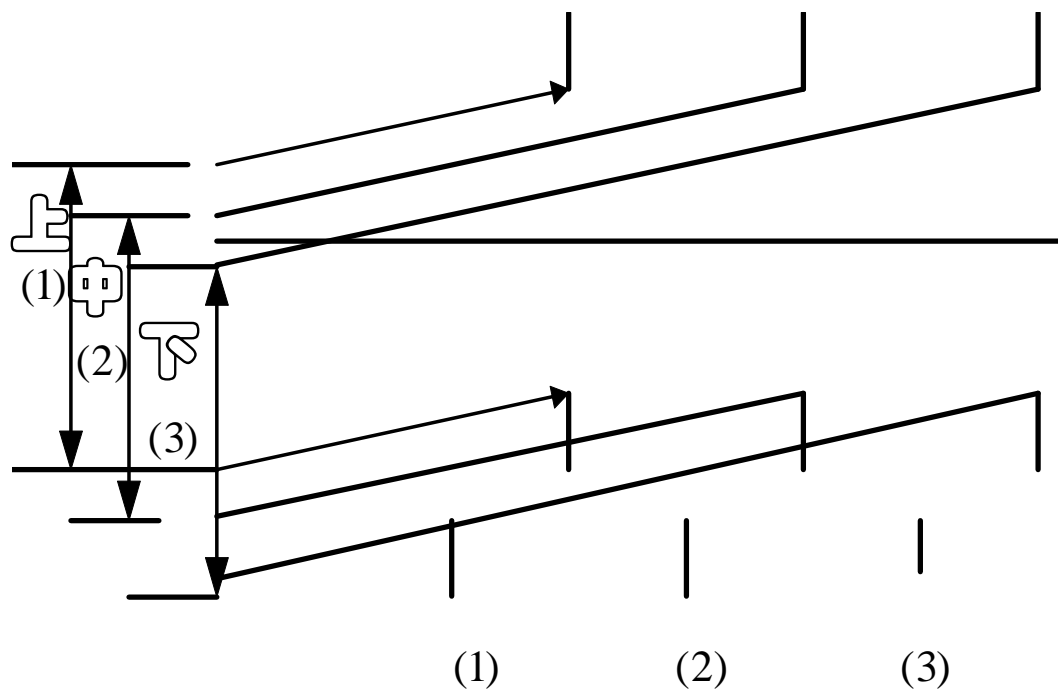


图6-17 阑位对轴外光束位置的选择

## 6.3 望远系统中成像光束的选择

- (1) 两个光学系统联用时，一般应满足光瞳转接原则；
- (2) 目视光学系统的出瞳一般在外，且出瞳距不能短于**6mm**；
- (3) 望远系统的孔径光阑大致在物镜左右，具体位置可根据尽量减小光学零件的尺寸和体积的考虑去设定；
- (4) 可放分划板的望远系统中，分划板框是望远系统的视场光阑。

## 6.4

# 显微镜系统中的光束限制与分析

# 1. 简单显微镜系统中的光束限制

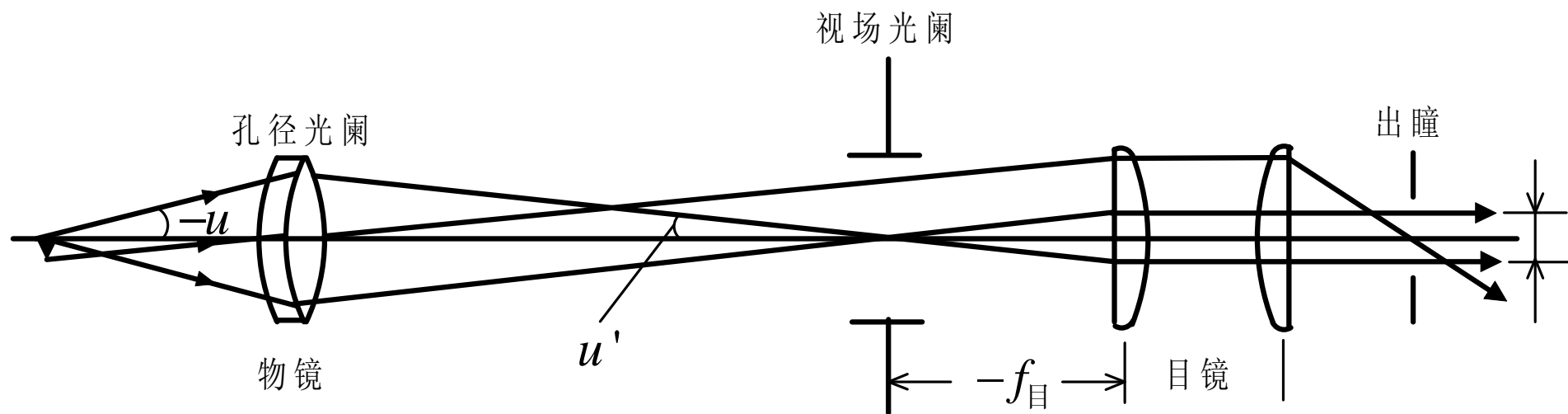
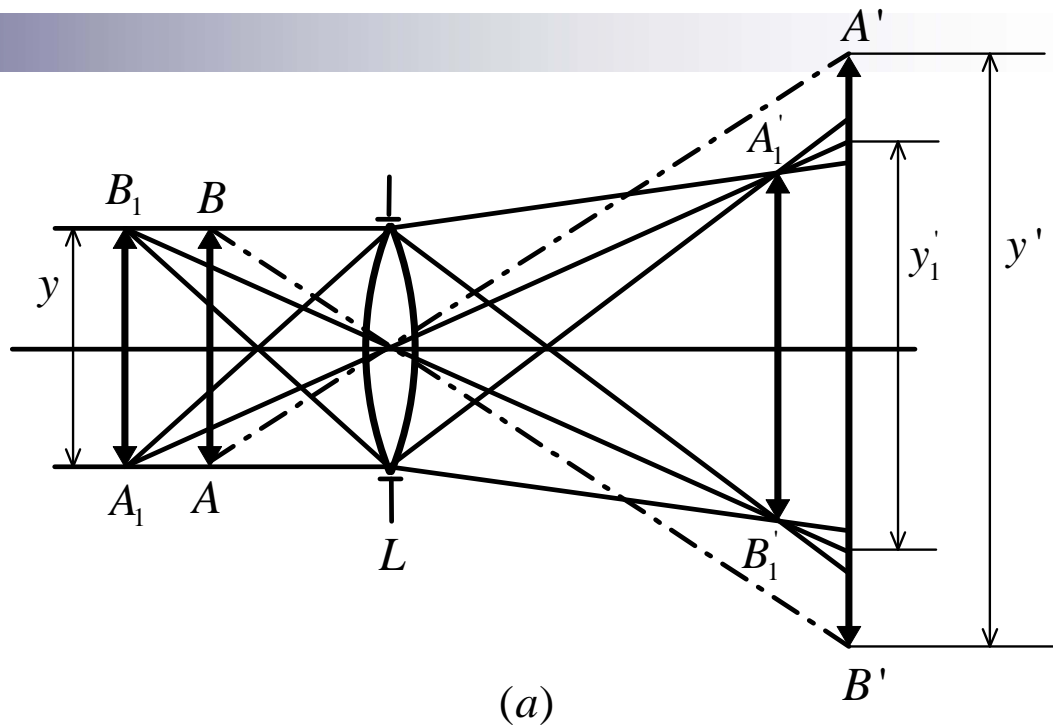


图6-18 显微镜系统光路

## 2. 远心光路



入瞳位于无穷远，轴外点主光线平行于光轴  
“物方远心光路”

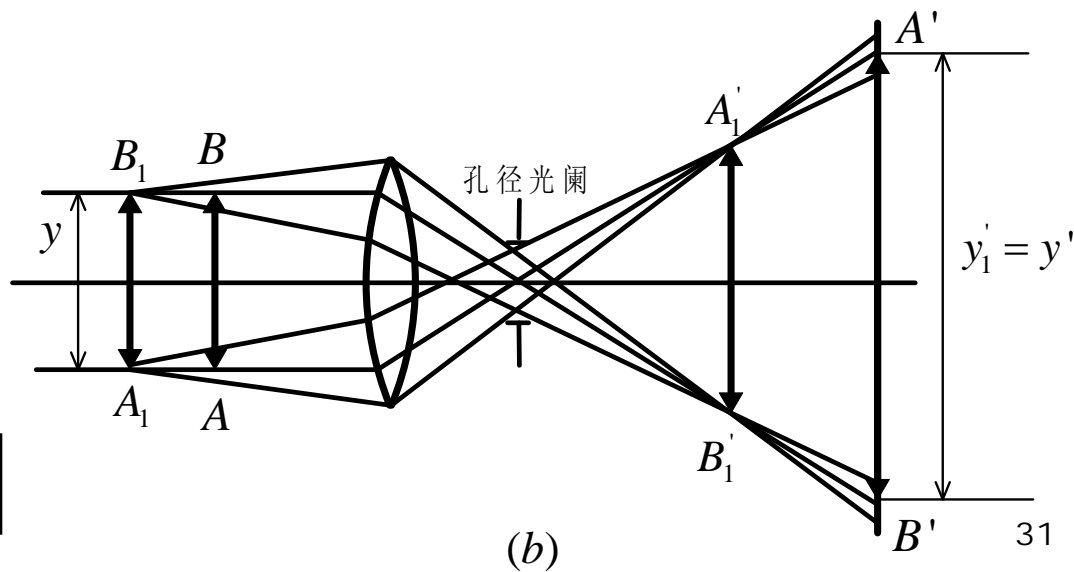


图6-19 远心光路

### 3. 场镜的应用

加长光路

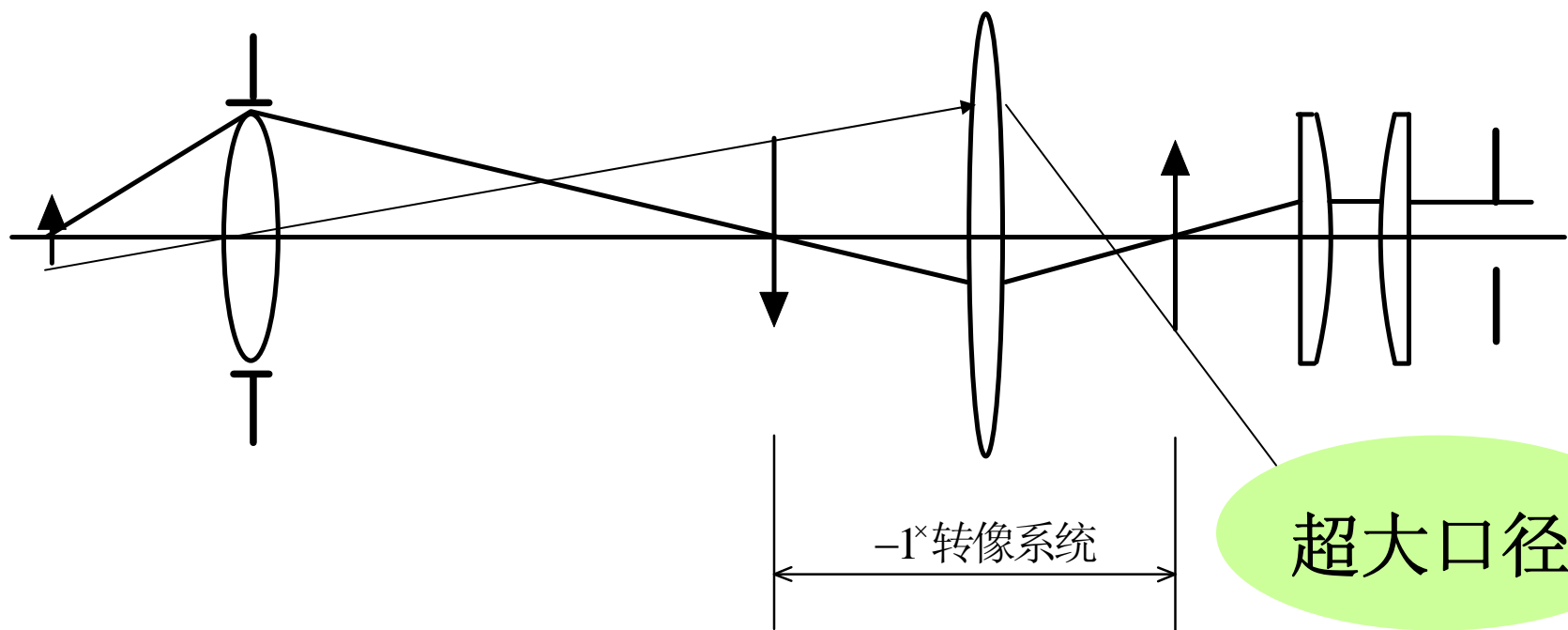


图6-20 长光路显微镜系统



## 场镜的应用

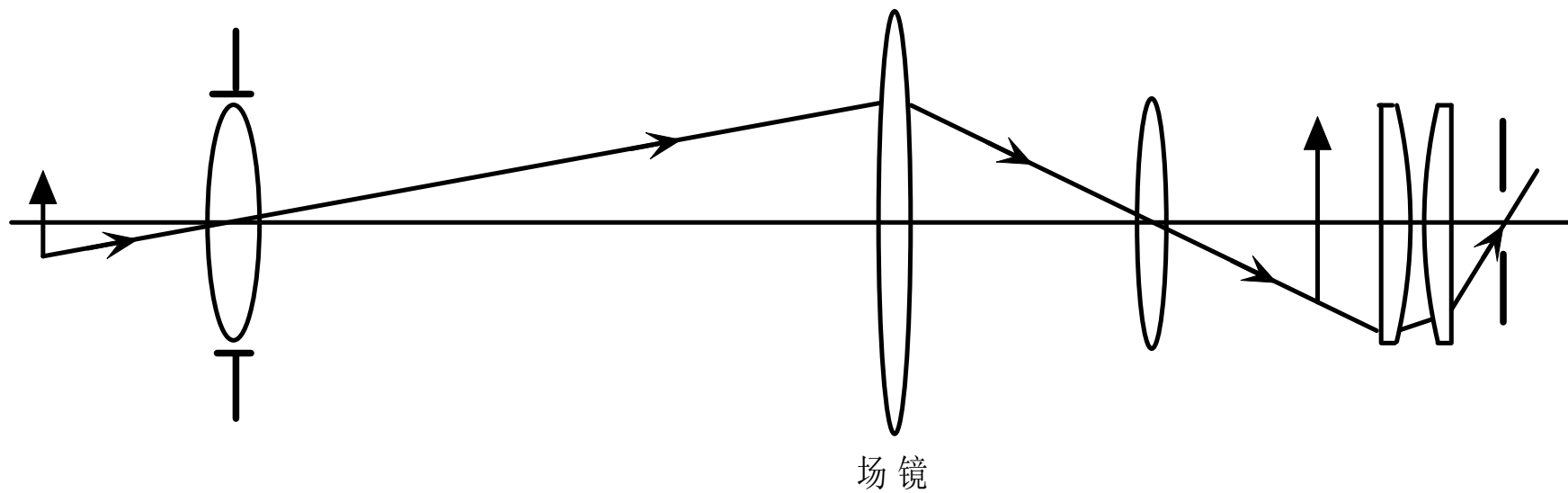


图6-21 加入场镜的系统

## 场镜的应用

- (1) 一般显微镜系统中，孔径光阑置于显微物镜上；一次实际面处安放系统的视场光阑；
- (2) 显微系统用于测长等目的时，为了消除测量误差，孔径光阑安放在显微物镜的像方焦面处，称为“物方远心光路”。
- (3) 在长光路系统中，往往利用场镜达到前后系统的光瞳转接，以减小光学零件的口径。值得指出，仅为减小后续系统口径的场镜也有应用。
- (4) 远心光路及场镜在望远镜系统中也有应用。