

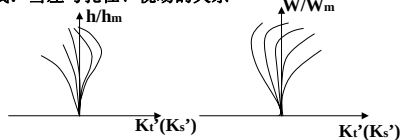


## 2. 彗差的计算与彗差曲线

- 不同孔径U——彗差不同
  - 不同视场W——彗差不同
- 所以，彗差与孔径、视场都有关

- 应计算各视场的彗差，W取点系数：1, 0.85, 0.707, 0.5, 0.3
- 对以上各视场，应计算
  - ①主光线
  - ②各对上下光线（子午面）：取点系数：±1, ±0.85, ±0.707, ±0.5, ±0.3
  - ③各前光线（空间光线）：取点系数：1, 0.85, 0.707, 0.5, 0.3

根据计算结果画出彗差曲线：彗差与孔径、视场的关系



## 初级彗差(Seidel coma)的分布

$$K_{s0} = -\frac{1}{2n'u'} \sum S_{II}$$
$$K_{t0} = -\frac{3}{2n'u'} \sum S_{II}$$

其中  $S_{II} = l u n i_p (i' - i) (i - i') = S_I \frac{i_p}{i}$

$$\sum S_{II} = \sum (S_I \frac{i_p}{i})$$

初级彗差分布系数

初级彗差系数，第二赛得和数

讨论

- △当总球差为零时，由于各面 $i_p$ 与 $i$ 不同引起彗差
- △当某球面产生的球差不为零时，一般必有彗差，但当 $i_p=0$ 时，该面不产生彗差。

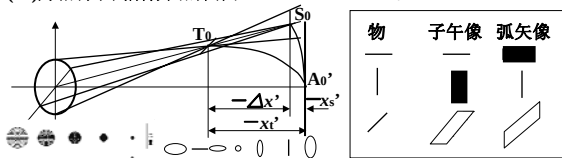


## 三、像散(astigmatism)与像面弯曲(field curvature)——一般指细光束

### 1. 产生与现象

- 宽光束：主光线与共轴系统的光轴不重合 → 出射光束失对称 → 彗差、像散、场曲
- 细光束：主光线与共轴系统的光轴不重合 → 出射光束失对称 → 彗差为零、像散、场曲存在

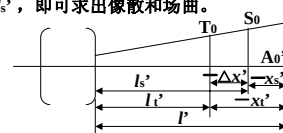
- 子午细光束 →  $T_0$  (在主光线上)
  - 弧矢细光束 →  $S_0$  (在主光线上，在辅轴上)
- 二者沿轴距离为像散  $\Delta x'$
- $T_0(W)$  为相切于高斯像面的曲面
  - $S_0(W)$  为相切于高斯像面的曲面
- 对高斯面的偏离
- 子午像面弯曲  $x_t'$
  - 弧矢像面弯曲  $x_s'$



### 3. 像散与场曲的计算

计算一条主光线，求出  $l_t'$  与  $l_s'$ ，即可求出像散和场曲。

$$x_t' = l_t' - l'$$
$$x_s' = l_s' - l'$$
$$\Delta x' = x_t' - x_s'$$



按前述取点系数对各视场计算，根据计算可画出像散与场曲曲线

若像散 = 0，  
场曲是否存在？

若某视场像散为零，则  $T_0$  与  $S_0$  重合，但它们与高斯像面不重合，仍存在场曲

匹兹凡面弯曲(Petzval curvature)



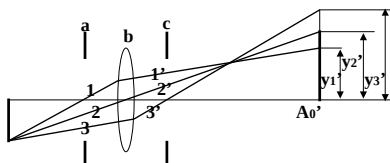
## 四、畸变(distortion)

### 1. 产生与现象

- 孔阑在b处，主光线为2 →  $y_2'$
- 孔阑在a处，主光线为1 →  $y_1'$
- 孔阑在c处，主光线为3 →  $y_3'$

$$y_1' \neq y_2' \neq y_3'$$

$$\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$$



孔阑移动，主光线与高斯像面交点高度 $y_p'$ 变， $\beta$ 改变，像变形——畸变

现象：仅是像的变形，不影响像的清晰度

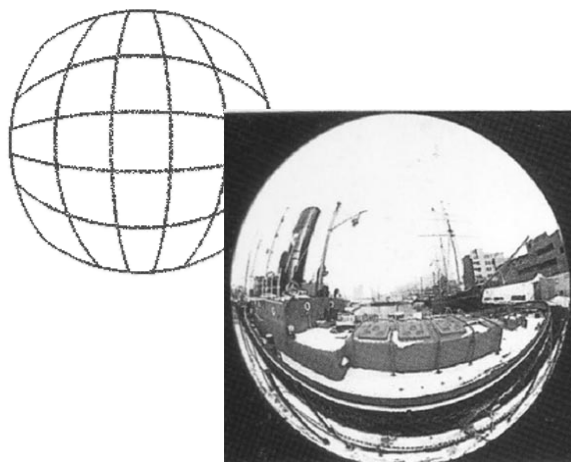
正畸变

负畸变

若只要求像的清晰度，则对变形要求可降低。

枕形畸变

桶形畸变



## 2. 畸变的度量与曲线

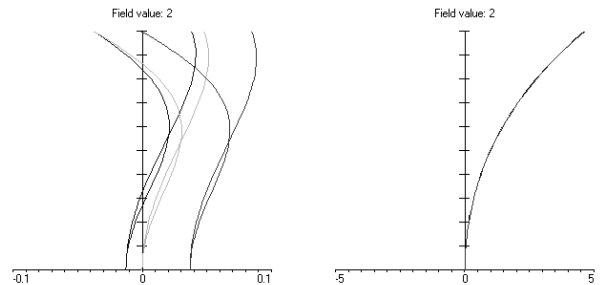
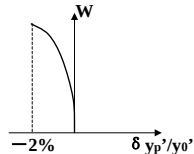
绝对畸变，线畸变  $\delta y_p' = y_p' - y_0'$

相对畸变  $\frac{\delta y_p'}{y_0'} = \frac{y_p' - y_0'}{y_0'} \times 100\% = \frac{\beta - \beta}{\beta}$

实际放大率与理想放大率的相对误差

### 讨论

1. 全对称系统（结构对称，物像对称），不产生畸变；
2. 孔阑与之重合的接触薄系统，不产生畸变（主光线通过系统中心，沿理想方向射出）；
3. 对于单薄透镜，光阑前移——负畸变，光阑后移——正畸变。因此，畸变与光阑位置有关。



## 五、初级(Seidel)轴外像差

### 1. 初级彗差

$$K_{s0} = -\frac{1}{2n'u'} \sum S_{II}$$

$$K_{t0} = -\frac{3}{2n'u'} \sum S_{II}$$

### 2. 初级像散与像面弯曲

$$x_t' = -\frac{1}{2n'u'^2} (3 \sum S_{III} + \sum S_{IV})$$

$$x_s' = -\frac{1}{2n'u'^2} (\sum S_{III} + \sum S_{IV})$$

$$\Delta x' = -\frac{1}{n'u'^2} \sum S_{III}$$

### 3. 初级畸变

$$\delta y_p' = -\frac{1}{2n'u'} \sum S_V$$

其中

$$\sum S_{II} = \sum S_I \frac{i_p}{i} \propto u^3 W$$

$$\sum S_{III} = \sum S_{II} \frac{i_p}{i} = \sum S_I \left( \frac{i_p}{i} \right)^2 \propto u^2 W^2$$

$$\sum S_{IV} = J^2 \sum \frac{n'-n}{n'nr} \propto u^2 W^2$$

$$\sum S_V = \sum (S_{III} + S_{IV}) \frac{i_p}{i} \propto u W^3$$

所以

$$K_{s0}, K_{t0} \propto u^2 W$$

$$x_t', x_s', \Delta x' \propto W^2$$

$$\delta y_p' \propto W^3$$



## 六、匹兹凡面弯曲

由前知，当  $\Delta x' = 0$  即  $\sum S_{III} = 0$  时，仍有像面弯曲  $x_t' = x_s' = x_p'$

这里， $x_p' = -\frac{1}{2n'u'^2} \sum S_{IV}$

匹兹凡和

匹兹凡面弯曲

### 1. 单个薄透镜

$$\sum S_{IV} = J^2 \sum \frac{n'-n}{n'nr} = J^2 \frac{n-1}{n} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = J^2 \frac{\phi}{n}$$

### 讨论

- ① 单薄透镜的  $S_{IV}$  由  $\phi$ 、 $n$  决定；
- ②  $S_{IV}$  与  $\phi$  同号，与薄透镜形状无关。一般  $\phi$  不为零。

单薄透镜不能校正匹兹凡和

### 2. 薄系统

$$\sum S_{IV} = J^2 \sum \frac{\phi}{n}$$

### 讨论

- ① 接触薄系统  $\phi_{\text{总}} = \sum \phi$  一般总光焦度大于零， $n$  相差不大，匹兹凡和不可能为零
- ② 分离薄系统  $\phi_{\text{总}} = \phi_1 + \phi_2 - d\phi_1\phi_2$

正正分离对校正  $S_{IV}$  更不利，正负分离可以校正  $S_{IV}$



### 3. 单薄透镜

$$\sum S_{IV} = J^2 \sum \frac{\phi}{n} \text{ 中 } \phi = (n-1)(\rho_1 - \rho_2) = \phi_{\text{薄}}$$

$$\text{实际 } \phi_{\text{厚}} = (n-1)(\rho_1 - \rho_2) + \frac{(n-1)^2}{n} d\rho_1\rho_2 = \phi_{\text{薄}} + \frac{(n-1)^2}{n} d\rho_1\rho_2$$

若  $\rho_1$ 、 $\rho_2$  同号使  $\phi_{\text{薄}} = 0$  而  $\phi_{\text{厚}} > 0$ ，则可校正匹兹凡和

设该厚透镜要校正  $S_{IV}$ ，则

$$\begin{cases} J^2 \frac{n-1}{n} (\rho_1 - \rho_2) = S_{IV} \\ \frac{(n-1)^2}{n} d\rho_1\rho_2 = \phi - \phi_{\text{薄}} \end{cases}$$



这样一块厚透镜可看成正透镜+平板+负透镜

正负光焦度的分离是校正匹兹凡和的唯一方法

