

[考试要求]

要求考生了解评价系统成像质量的方法、七大几何像差的容限。

[考试内容]

瑞利判断和中心点亮度、分辨率法、点列图法、光学传递函数、像差公差。

第九章 光学系统的像质评价和像差公差

§ 9—1 瑞利判断和中心点亮度

一、瑞利判断

- 1、**定义：**实际波面与参考球面波之间的最大波像差不超过 $\lambda/4$ 时，此波面可看作是无缺陷的。
- 2、**优点：**便于实际应用
- 3、**缺点：**不够严密。
- 4、**适用范围：**是一种较为严格的像质评价方法，适用于小像差光学系统。

二、中心点亮度

- 1、**中心点亮度：**光学系统存在像差时，其成像衍射斑的中心亮度和不存在像差时衍射斑的中心亮度之比 $S.D$ 来表示光学系统的成像质量。
- 2、**斯托列尔准则：**当 $S.D \geq 0.8$ 时，认为光学系统的成像质量是完善的。
- 3、**适用范围：**是一种高质量的像质评价标准，适用于小像差光学系统。
- 4、**缺点：**计算相当复杂，很少作为计算评价方法使用。

§ 9—2 分辨率

分辨率反映光学系统分辨物体细节的能力，是一个很重要的指标参数，故也可用分辨率作为光学系统的成像质量评价方法。

一、分辨率基本公式

根据衍射理论，光学系统的最小分辨角为 $\Delta\theta$ ：

$$\Delta\theta = 1.22\lambda / D$$

对不同类型的光学系统，可由上式得到不同的表示形式

二、缺点

- 1、只适用于大像差光学系统；
- 2、与实际情况存在差异；
- 3、存在伪分辨现象

故用分辨率来评价光学系统的成像质量也不是一种严格而可靠的评价方法。

三、优点

其指标单一，便于测量，在光学系统像质检测中得到广泛应用。

§ 9—3 点列图

一、点列图定义：

在几何光学的成像过程中，由一点发出的许多条光线经光学系统成像后，由于像差的存在，使其与像面的交点不再集中于一点，而是形成一个分布在一定范围内的弥散图形，称为点列图。

二、适用范围

适用于大像差光学系统。

照相物镜的像质评价：利用集中 30% 以上的点或光线所构成的图形区域作为其实际有效的弥散斑，弥散斑直径的倒数为系统的分辨率。

三、优缺点：

优点：简便易行，形象直观。

缺点：工作量非常大，只有利用计算机才能实现。

§ 9—4 光学传递函数评价成像质量

一、传递函数定义

若把光学系统看成是线性不变系统，那么物体经光学系统成像，可视为物体经光学系统传递后，其传递效果是频率不变的，但其对比度下降，相位要发生推移，并在某一频率处截止，即对比度为零。这种对比度的降低和相位推移是随频率不同而不同的，其函数关系我们称为光学传递函数。

二、优点：客观可靠，能同时运用于小像差光学系统和大像差光学系统。

三、利用 MTF 曲线评价成像质量

MTF 是表示各种不同频率的正弦强度分布函数经光学系统成像后，其对比度的衰减程度，是利用光学传递函数来评价光学系统成像质量的主要方法。

§ 9—5 光学系统的像差公差

像差容限是一个重要而且复杂的问题，它与很多因素有关，如：与评价的方法、使用的条件等都有关系。

一、望远物镜、显微镜镜像差公差

对于这样的系统，由于它们的视场相对比较小，所以为了保证轴上点及其邻近点的成像质量，应该校正的像差主要包括：球差、正弦差、色差。

1、球差公差

1) 若系统仅有初级球差，则有：
$$\delta L'_m \leq \frac{4\lambda}{n' \sin^2 U'_m}$$

2) 若系统同时具有初级及二级球差，则应对边缘光校正球差，带光处具有

最大的剩余球差，其值为：

$$\delta L'_{0.7} \leq \frac{6\lambda}{n' \sin^2 U'_m}$$

但实际上对于边缘光并不能真的令它=0，其残余的量值为：

$$\delta L'_m \leq \frac{\lambda}{n' \sin^2 U'_m}$$

2、彗差 / 正弦差公差

$$SC' \leq \pm 0.0025 \sim \pm 0.00025$$

3、色差公差

$$W'_{FC} \leq \frac{\lambda}{2} \sim \frac{\lambda}{4}$$

$$\Delta L'_{FC} \leq \frac{\lambda}{n' \sin^2 U'_m}$$

二、显微目镜、望远目镜像差公差

着重讨论轴外像差，轴上像差并不很大，例如：像散、场曲、彗差、畸变

1、子午彗差及弧矢彗差公差

$$K'_t \leq \frac{1.5\lambda}{n' \sin^2 U'_m}$$

$$K'_s \leq \frac{1\lambda}{n' \sin^2 U'_m}$$

2、像散公差

$$x'_{ts} \leq \frac{\lambda}{n' \sin^2 U'_m}$$

3、畸变公差

$$q' \leq 5\%$$

4、场曲公差

$$x'_t, x'_s \leq \frac{4f'^2_{\text{目}}}{1000}$$

5、倍率色差公差

$$\frac{\Delta Y'_{FC}}{f'} \times 3438' \leq 2' \sim 4'$$

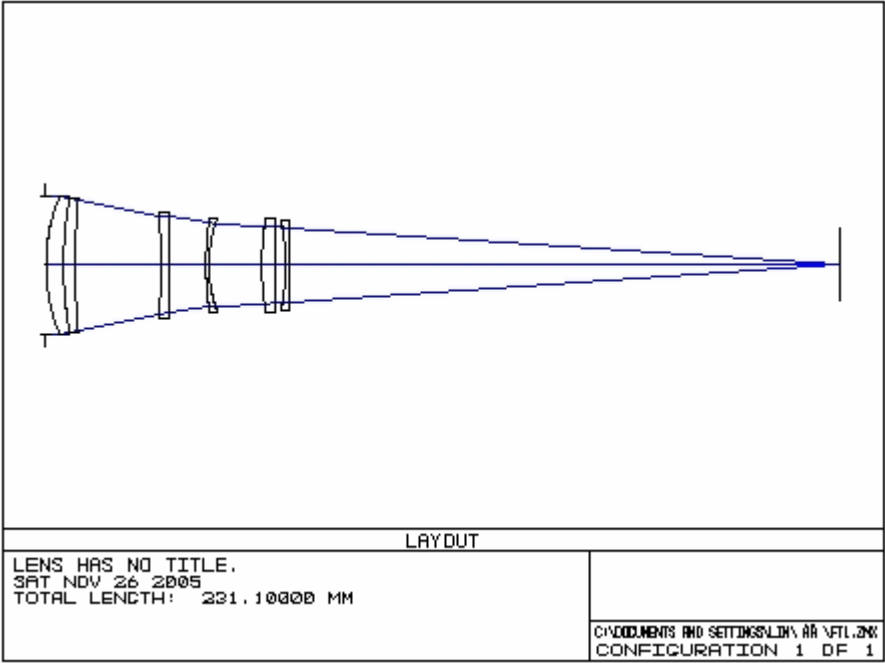
三、照相物镜的像差公差

照相物镜常常以像差在像面上形成的弥散斑大小来衡量系统的成像质量，照相物镜所允许的弥散斑大小应与光能接收器的分辨率相匹配。

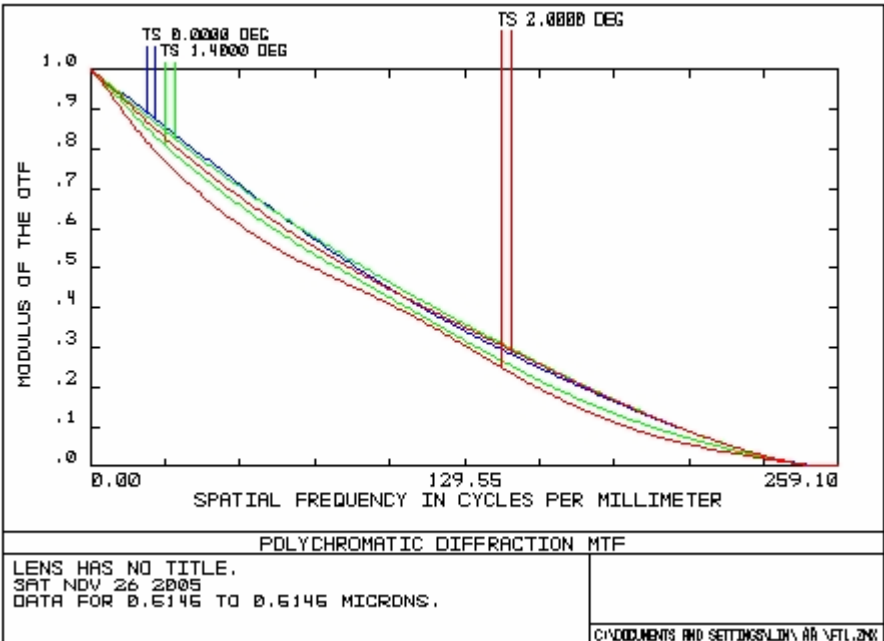
对一般的照相物镜其弥散斑直径在0.03~0.05mm以内是允许的。

§ 9—6 像质评价实例（结合科研）

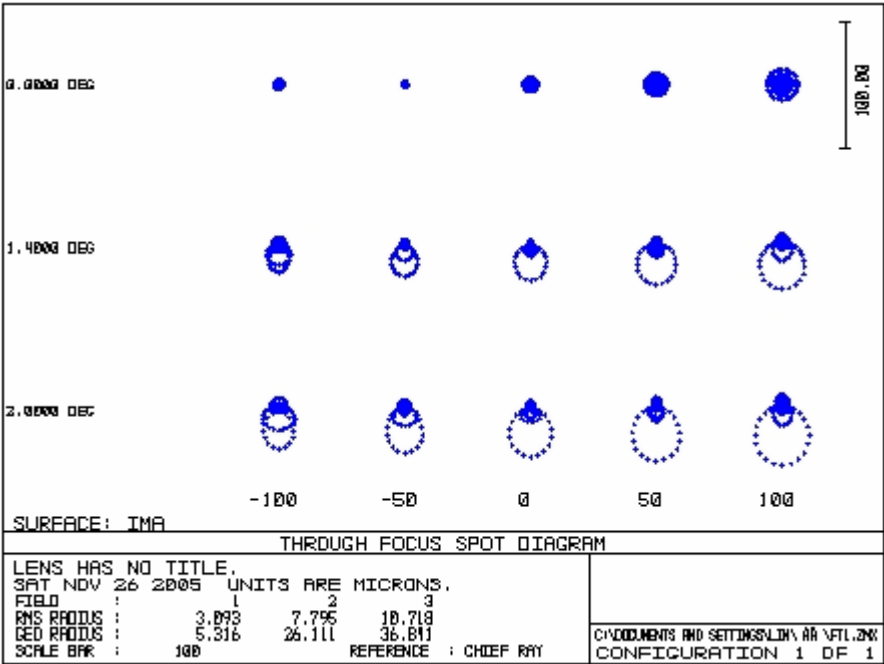
结合“十·五”项目，所设计的六片式傅立叶变换透镜的结构及像质评价函数，如下所示：



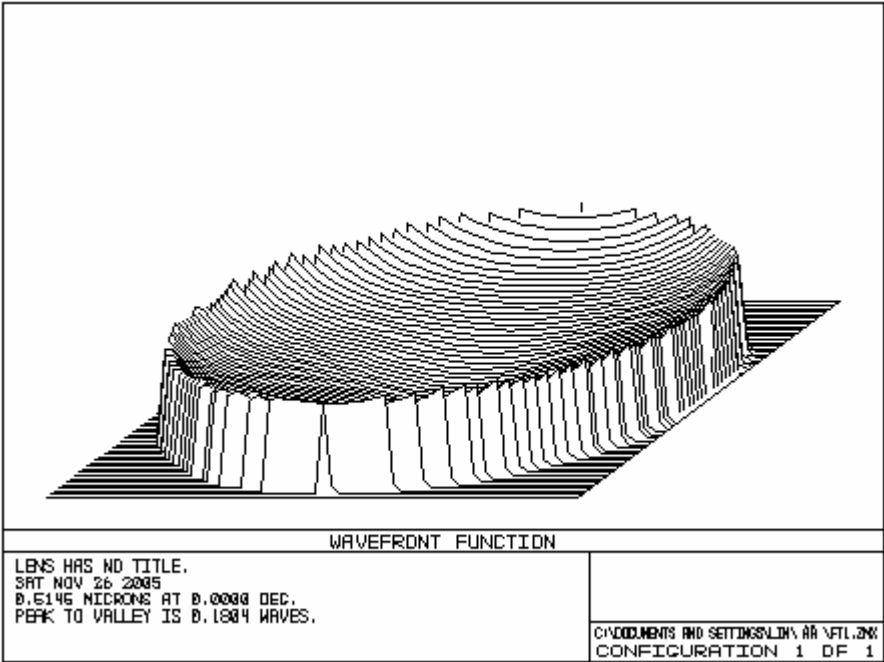
图（9-1）六片式傅立叶透镜



图（9-2）调制传递函数



图（9-3）点列图



图（9-4）波相差