

《光学 CAD》实验指导书

雷小华 编



重庆大学光电工程学院

2012 年 11 月

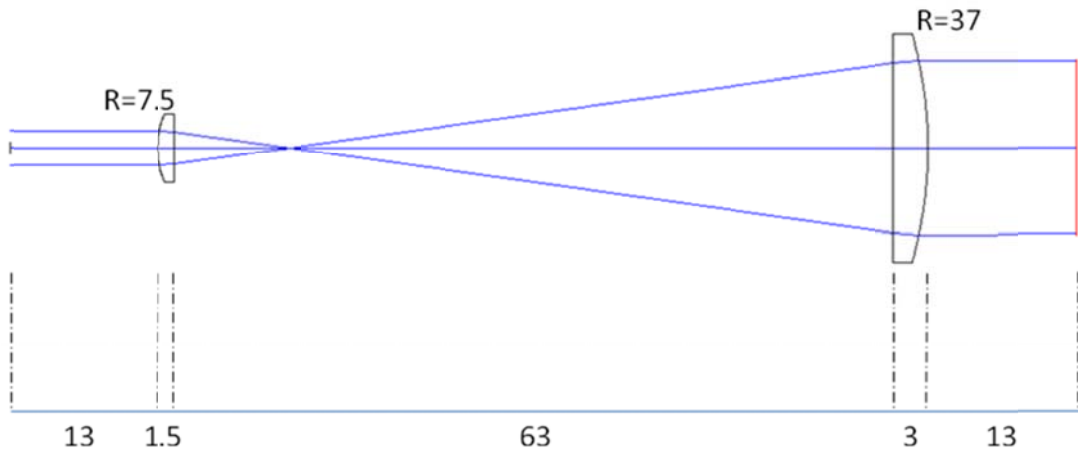
实验一 光学系统建立

实验目的：

- 1、熟悉 ZEMAX 环境；
- 2、掌握如何设定视场（field）,波长（wavelength）数据，相对孔径(aperture)数据。
- 3、掌握如何输入镜头（lens data）数据；
- 4、掌握如何生成光线特性曲线（ray fan），场曲和畸变（Field cur/Dist）和轴向球差（longitudinal aberration）

实验内容及要求：

- 一、 建立一套由两片平凸透镜组成的氦氖激光（632.8nm）扩束系统，材料为 BK7，系统入瞳直径为 3mm，视场为 0° ，光学结构如下：



实验报告要求：

1. 给出透镜编辑器的数据图；
2. 完成建立的系统图，且图中地址栏要给出自己名字的拼音，同时显示日期和时间。

- 二、 建立一个凸透镜，前后两个面的曲率半径分别为 100mm，160mm，中心厚度为 5mm，材料为中国玻璃 K9，系统入瞳直径为 20mm，波长为可见光，视场为 0，5，10 度，观察面为透镜后表面 120mm。

实验报告要求：

- 1、写出系统建立的步骤，需给出每步设置操作的截图；
- 2、输出以下各种图形：
 - 1) 输出透镜编辑器的数据图；
 - 2) 输出二维镜片设计图
 - 3) 输出在 0 度视场下的光线扇形图（Ray fan）
 - 4) 输出场曲和畸变（Field cur/Dist）
 - 5) 输出轴向球差（longitudinal aberration）

实验二 单透镜的优化设计

实验目的：

- 1、掌握 ZEMAX 中像差优化设计方法；
- 2、掌握 Solve 变量设置方法；
- 3、了解 Merit Function 中 Default Merit Function 的设置方法；
- 4、掌握优化函数操作数的设置方法；
- 5、掌握如果生成光线特性曲线 (ray fan)，点列图 (Spot Diagram)、光程差曲线 (OPD fan) 及其含义；
- 6、掌握利用不同色散特性的玻璃材料组合构建双胶合透镜，实现消色差的目的。

实验内容及要求：

- 三、 建立一个凸透镜，透镜的焦距为 100mm。透镜前后两个面的曲率半径分别为 100mm, -100mm, 中心厚度为 5mm, 玻璃材料为 BK7。系统入瞳直径为 25mm, 波长为可见光，视场为 0, 5, 10 度。
- 1、查看当前系统的光线扇形图 (Ray fan)、点列图 (Spot Diagram)、光程差图 (OPD fan)。
 - 2、设置透镜前后表面的曲率半径为变量 (Variable)、设置默认优化函数中 optimization function and reference 为 Spot Radius, 进行优化；查看当前系统的光线扇形图 (Ray fan)、点列图 (Spot Diagram)、光程差图 (OPD fan)；
 - 3、设置透镜前后表面的曲率半径为变量 (Variable)、后表面厚度为变量 (Variable), 设置默认优化函数中 optimization function and reference 为 Spot Radius, 设置透镜焦距为 100mm 为优化函数操作数进行优化；查看当前系统的光线扇形图 (Ray fan)、点列图 (Spot Diagram)、光程差图 (OPD fan)；
 - 4、在透镜的后表面再插入一个面。系统参数设置不变，透镜各个面的参数为
第一面：曲率：100，厚度：5，玻璃材料：BK7；
第二面：曲率：-100，厚度：3，玻璃材料：SF1；
第三面：曲率：-100，厚度：100；
按照与要求 3 相同的设置进行优化，查看当前系统的光线扇形图 (Ray fan)、点列图 (Spot Diagram)、光程差图 (OPD fan)。

实验报告要求：

- 1、记录镜头 (lens data) 数据, 优化前系统的光线特性曲线 (Ray fan)、点列图 (Spot Diagram) 并指出 10 度视场下的点列图的半径值、光程差图 (OPD fan) 并指出 0 度视场下的最大光程差值，传递函数曲线图 (MTF)，记录当前透镜焦距值。
- 2、记录按照要求 2 进行优化后的镜头 (lens data) 数据, 光线特性曲线 (Ray fan)、点列图 (Spot Diagram) 并指出 10 度视场下点列图的半径值、光程差图 (OPD

fan) 并指出 0 度视场下的最大光程差值, 传递函数曲线图 (MTF), 记录当前透镜焦距值。

- 3、记录按照要求 3 进行优化后的镜头(lens data)数据, 光线特性曲线(Ray fan)、点列图 (Spot Diagram) 并指出 10 度视场下点列图的半径值、光程差图 (OPD fan) 并指出 0 度视场下的最大光程差值, 传递函数曲线图 (MTF), 记录当前透镜焦距值。记录系统场曲和畸变 (Field cur/Dist), 轴向球差 (longitudinal aberration)。
- 4、对比利用要求 2、3 进行优化的结果, 解释像差变化的原因。
- 5、记录按照要求 4 进行设置下的镜头(lens data)数据, 光线扇形图 (Ray fan)、点列图 (Spot Diagram)、光程差图 (OPD fan)、场曲和畸变 (Field cur/Dist), 轴向球差 (longitudinal aberration)。对比要求 3、4 得到的光线扇形图 (Ray fan)、点列图 (Spot Diagram)、光程差图 (OPD fan)、场曲和畸变 (Field cur/Dist), 轴向球差 (longitudinal aberration), 说明其中的哪一种相差得到了极大的改善, 并解释原因。

提示:

优化函数操作数 EFFL : Effective focal length 缩写, 表示指定波长 (Wave) 的有效焦距值, 以透镜长度单位 (lens unit, 毫米) 为单位。Wave 为指定波长编号。

实验三 缩放法设计

实验目的：

- 掌握利用缩放法进行光学设计的基本步骤；
- 掌握玻璃库的使用；
- 掌握系统文本数据的查看；
- 掌握编写操作数进行优化的方法。

实验要求：

- 设计一个望远物镜。其入瞳直径 $D=20\text{mm}$ ；相对孔径 $D/f'=1/5$ ；视场 $2\omega=7^\circ$ 。
- 光谱范围：可见光范围（486nm，587nm，656nm），以绿光为主波长；
- 视场：（以光线与 z 轴的夹角设置）0 度，2.4745，3.5；
- 系统球差 ≤ 0.3 。
- 参考初始结构，如下表所示。

序号	r	d	n_d & v_d	系统参数
1 (光阑面)	121.66	6	1.5168 & 64.17	$f'=200$ $D=36$
2	-83.45	4	1.6475 & 33.85	$2\omega=12^\circ$
3	-290.72			$L_f'(\text{后工作距})=190$

- 玻璃牌号在玻璃库 SCHOTT.AGF 中选择

实验报告基本要求：

- (1) 写出利用缩放法进行光学优化设计的基本步骤，按本报告中的数据及要求计算缩放因子；
- (2) 根据提供的折射率和阿贝数，在玻璃库 SCHOTT.AGF 选择相应的玻璃牌号，给出选择结果并指出分别代表什么类型的玻璃；
- (3) 按参考结构进行透镜数据编辑，包括给出**参考结构**的入瞳孔径、视场、波长。给出缩放前，参考结构的数据编辑器截图。
- (4) 给出缩放后系统的数据编辑器截图；
- (5) 对缩放后系统的入瞳孔径、视场、波长进行**重新设置**，在报告中给出系统的文本数据；
- (6) 以最后的一个面到像面的距离为变量，以透镜的焦距为优化函数操作数，进行 wavefront 优化；给出优化后的系统数据编辑器截图、merit function 设置图（主要是焦距操作数的设置部分）和 2D 光路图；给出优化后的垂轴像差图、光程差图、点列图；指出当前优化条件下的焦距；指出如何在

垂轴像差图中，读取慧差值；指出零度视场下的点列图半径。

- (7) 在(6)的基础上，再以透镜3个面的曲率为变量，进行 wavefront 优化；给出优化后的系统数据编辑器截图和 2D 光路图；给出优化后的垂轴像差图、光程差图、点列图；指出当前优化条件下，零度视场的点列图半径和焦距。
- (8) 在(7)的基础上，增加球差为优化函数操作数，进行 wavefront 优化；给出优化后的系统数据编辑器截图、merit function 设置图（主要是球差操作数的设置部分）和 2D 光路图给出优化后的垂轴像差图、光程差图、点列图；指出当前优化条件下，系统的球差值和焦距。

提示：

1) 系统的文本数据可直接对 sys 文本视窗进行复制 (CTRL+C) 再粘贴到报告中。

2) 可参考的优化函数操作数：

- ◆ **EFFL** : Effective focal length 缩写，表示指定波长(Wave)的有效焦距值，以透镜长度单位(lens unit, 毫米或英寸)为单位。Wave 为指定主波长编号。
- ◆ **SPHA**:指定 Wave、指定 Surf 产生的初级球差贡献值。Wave 为指定主波长编号，如果 Surf=0，则为整个系统球差值。

实验四 双通系统设计

实验目的：

1. 掌握点光源设计方法，利用物方高度确定视场的方法；
2. 学会使用反射镜；
3. 学习和体会 pick up solve 的功能；
4. 掌握利用 spot radius 进行优化的方法。

实验要求：

- 题目：光线通过一个透镜，遇到一个反射镜以后，反射回来，再次通过这个透镜。具体要求为：
- 物面距透镜前表面距离 100mm，光阑在反射镜上；
- 透镜厚度 10mm，玻璃为 BK7， $NA=0.1$ ，二个面的曲率半径均为 100mm；
- 透镜后表面到反射镜的距离为 100mm；
- 物高为 10mm，一个视场点；光源波长为 600nm
- 对 spot radius 进行优化；
- 用 pick up solve 保持 radii 的一致。

实验报告要求：

- 1、写出设计的实验步骤，即对系统参数进行设置的目的及截图，包括 Gen, Fie, Wav 的截图；
- 2、输出各种图形：
 - 1) 给出优化设计前的透镜编辑器数据截图；
 - 2) 给出优化设计前的系统光路图；
 - 3) 给出优化设计前像面的点列图，并指出 RMS 半径大小；
 - 4) 给出优化设计时，优化设置对话框的截图；
 - 5) 给出优化设计时，透镜编辑器中参数设置的截图；
 - 6) 给出优化设计后的系统光路图；
 - 7) 给出优化设计后像面的点列图，并指出 RMS 半径大小；
- 3、简述为什么要使用 pick up 功能？

提示：优化时先将透镜曲率作为变量；然后尝试将物面到透镜的距离设为变量；再尝试将透镜到平面镜的距离设为变量；观察每一步优化后点列图的大小变化。报告中第 2 大步中的 5),6),7)给出最后的合理的优化结果即可。

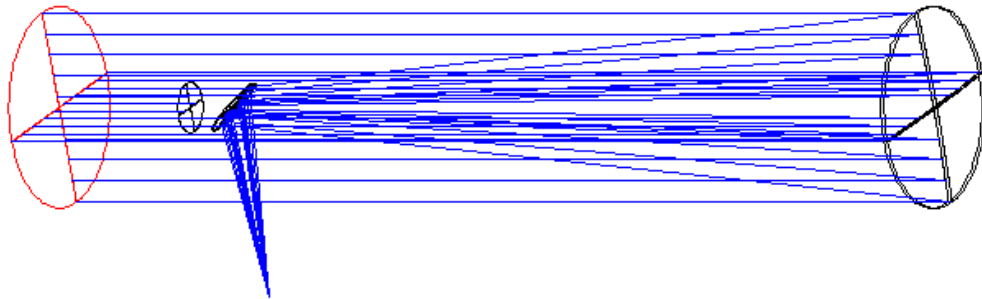
实验五 牛顿望远镜

实验目的：

- 掌握如何使用反射镜；
- 掌握坐标转换与坐标中断；
- 掌握遮挡面的设置。

实验内容及要求：

设计一个牛顿望远镜，其光路如下图所示。平行光入射到曲率为 1000mm 的凹面反射镜上；在反射光方向上 800mm 处设置一平面反射镜（其相对 x 方向有 45 的倾斜）；将光路转折。经过平面反射镜后的光聚焦于焦平面。



(提示：在平面反射镜处，要用到坐标转换)

- 曲面反射镜的焦距为 1000mm，曲率半径为 1000mm；
- 系统入瞳直径：200mm；
- 系统视场：（以光线与 z 轴的夹角设置）0 度；
- 系统波长：可见光；

实验报告要求：

- (9) 给出系统孔径设置、波长设置图；
- (10) 给出透镜数据编辑图；
- (11) 给出系统 3D 光路图；
- (12) 对曲面反射镜的曲率进行 spot radius 优化，给出系统 3D 光路图。
- (13) 在入瞳 150mm 后设置一个遮挡面，半径 25mm，给出添加遮挡面后的系统 3D 光路图，光线数量为 18；
- (14) 给出添加遮挡面后系统的光程差图、MTF 图。

实验六 S-C 望远镜

实验目的：

1. 使用多项式非球面
2. 掌握遮挡孔径的设置
3. 复习优化过程
4. 掌握反射镜的设置
5. 学习看 MTF 图

实验内容及要求：

- 设计一个施密特-卡塞格林系统。其光路为：平行光经过一个厚度为 1mm 的透镜（曲率为无穷，玻璃为 BK7）；之后在 50mm 处设置一凹面反射镜（曲率为 50mm）；在反射方向上行进 15mm 后，设置一凸面反射镜；在其后 25mm 处设置 2mm 的像平面观察面。
- 系统入瞳直径：10mm；
- 系统波长范围：可见光范围（486nm，587nm，656nm），以绿光为主波长；
- 视场：（以光线与 z 轴的夹角设置）0 度；
- 对凸面反射镜曲率进行 wavefront 优化，优化后光路在凸面镜后 25mm 处聚焦；
- 将第 1 面（光阑面）设置为偶次多项式，对 4,6,8 阶系数进行优化；
- 对第 1 面（光阑面）的曲率半径进行优化；
- 对主镜进行设置，使得中心开孔以便光线通过；
- 在凸面镜左边 1mm 处添加遮挡，使被凸面镜遮挡的光线不再穿过凸面镜；

实验报告要求：

- (15) 给出系统孔径设置、波长设置图；
- (16) 给出优化前系统的透镜数据编辑图；
- (17) 给出进行优化前系统的 2D 光路图；
- (18) 给出凸面反射镜曲率优化后系统的 2D 光路图，系统的 MTF 图；
- (19) 给出光程差图，并指出绿光光程差的最大值；
- (20) 给出点列图，并指出点列图 RMS 半径值；
- (21) 给出将第 1 面（光阑面）设置为偶次多项式，对 4,6,8 阶系数进行优化后的透镜数据编辑图、OPD 图、MTF 图；
- (22) 给出对第 1 面（光阑面）的曲率半径进行优化后的透镜数据编辑图、OPD 图、MTF 图；分析 MTF 图形与（4）中给出的 MTF 图形的差别并说明原

因；

- (23) 给出增加主镜中心开孔后系统的 2D 光路图、OPD 图、MTF 图；分析 MTF 图形与 (8) 中给出的 MTF 图形的差别并说明原因；
- (24) 给出凸面镜左边 1mm 处添加遮挡后系统的 2D 光路图、OPD 图、MTF 图；分析 MTF 图形与 (9) 中给出的 MTF 图形的差别并说明原因。

提示：按实验报告要求来进行设计，以免做完后重新补图。主镜中心开孔大小和凸镜前遮挡面的大小根据系统光路选取。

