

第三章 约定和定义

简介

本章解释在本使用手册中始终使用的有关术语的约定和定义。ZEMAX 中所使用的大部分约定和条目都与光学工业是相通的，但仍然会有一些重大的区别。

活动的结构

活动的结构是指在当前镜头数据编辑时所显示的形态。其细节参考“多重结构”。

角放大率

近轴象空间的主光线角和近轴物空间的主光线角的倍率。角度的度量以近轴入瞳和出瞳位置为依据。

Apodization (照度分布函数)

Apodization 指的是系统入瞳处的照度的分布性。缺省时，光瞳照明是均匀的。但是，有时候需要考虑到光瞳照度的不均匀性。为了达到这个目的，ZEMAX 支持光瞳照度的分布函数计算。它是指光波的振幅在光瞳上的变化。

ZEMAX 中支持 3 种光瞳的照度分布函数，即：均匀分布，高斯分布，和正切分布。对于每一种来说，Apodization 决定了光瞳上振幅大小的改变率。参考“系统菜单”这一章的关于 Apodization 类型和函数的讨论。

ZEMAX 也支持用户自定义的 Apodization，并可被放置于任何镜面上。此镜面的 Apodization 的运作不同于光瞳的 Apodization，因为镜面不需要放在光瞳上。要想得到更详细的有关 Apodization 的信息，请参考“镜面类型”这一章中的“用户自定义镜面”。

主要的面

“主要的面”（有时称为主要的点）这个专用名词指的是物平面和像平面有特定放大率的共轭平面，包括放大率恒为 +1 的主面，放大率恒为 -1 的反主面，角放大率为 +1 的节平面和对像空间焦平面放大率为 0，而对物空间焦平面放大率为无穷大的焦平面。

除了焦平面，这些面的位置是相互共轭的。也就是说，像空间主面和物空间主面互相共轭，等等。如果镜头物空间和像空间具有相同的折射率，节平面和主面就是重合的。

ZEMAX 列举了从像空间到各种像空间平面的距离，并列出了从第一面到各种物空间平面的距离。

主光线

如果没有渐晕，也没有像差，主光线就被定义为一条从一个特殊的点出射，穿过入瞳中心，落在像平面上的光线。注意，没有渐晕或像差时，任何光线穿过入瞳中心，都会穿过光阑和出瞳的中心。

当考虑渐晕系数时，主光线就被认为是穿过渐晕光瞳中心的光线，那就意味着，主光线并不一定都要穿过光阑的中心。

它通
的椭
“超
星号
径。

内通
上无
要得

是所
呈现

一
值。
情

是
介
绍。

大
。

因
向

章
中
满

整个入瞳的光线进行追迹。

许多的光学系统故意会使用渐晕,这意味着有一部分的光线被故意地用某些面的孔径“拦截”掉,而不是用光阑面。在光学系统中引入渐晕有两个原因,首先,渐晕可使镜片的尺寸减小,一点特别适用于广角镜;第二,渐晕可以拦去一部分像差太大的光束。渐晕通常会随着视场角的增大而使 $F/\#$ 增加(这样会使得图象变暗),但如果拦截掉有严重像差的那部分光线,像质会提高。

用渐晕因子可以为特定的视场点对入瞳进行重新定义。归一化的光瞳坐标通过下式修正:

$$P'_x = VDX + P_x(1-VCX)$$

$$P'_y = VDY + P_y(1-VCY)$$

VDX 可以使外观光瞳左右移动,而 VCX 则使光瞳在 X 方向放大或缩小。 $V DY$ 和 VCY 值具有类似的功能。注意如果渐晕因子全为 0,光瞳坐标不可进行修正。渐晕因子为光学设计提供了一种使用渐晕的简便方式。但是,必须得了解,使用渐晕因子也有不利点:

1) ZEMAX 的一些功能要求它能够从任意一个没有指定渐晕因子的视场点出发追迹光线,这些功能包括像面的特征分析、最佳化、场曲和畸变、各视场的均方根像差值、相对照明度以及其他。如果不从一个确定的视场出发而对任一视场点进行计算,则 ZEMAX 的上述功能所提供的数据也许不会完全精确。对旋转对称系统或视场点完全在 Y 轴上的系统, ZEMAX 在相邻的视场点中添加中介点,通过使用中介视场点来估计渐晕因子。对于更多的有 X 视场值的广义光学系统, ZEMAX 使用最接近的已知视场点来决定一个任意视场点的渐晕因子。象光线像差图、MTF、点列图和缺省的评价函数这些功能,只能在定义过的视场中使用,因此是十分精确的。

2) 一旦定义了一个渐晕因子,对于设计者来说,接下去就需要确定超出外观光瞳的光线是否实际上被拦截了!如果渐晕因子只是用来缩小镜片的尺寸,则制造镜片时,就不能大于使外观光瞳的边缘光线能穿过所要求的尺寸。如果让超出渐晕孔径的光线通过真实的光学系统,则镜头的性能将会与计算机模拟结果不一样。

渐晕因子在有没有光线瞄准定位时都可设定,如果不进行光线瞄准定位,则按照上述公式,在近轴入瞳面上对孔径进行重新成形。如果进行光线瞄准定位则在光阑面上对孔径重新成形。

渐晕因子的一种可能的应用是不进行光线瞄准来计算光瞳像差。这是一个先进的诀窍,可以用来加快广角系统的光路追迹。

渐晕因子可以在“视场数据”对话框中被定义。参考“系统菜单”可得到更详细的信息。渐晕因子也可以是一个变焦系统中的参量,参考“多重结构”一章。要获得关于渐晕作为设计工具的更详细的使用方法,可参考第一章中提及的任何一本好参考书。

波长数据

波长数据一般以毫米为单位测量。波长数据在“波长数据”对话框中输入,参考“系统菜单”可得到更详细的信息。

工作 $F/\#$

工作 $F/\#$ 被定义为:

$$W = \frac{1}{2n \cdot \sin \theta}$$

其中, θ 是像空间的边缘光线的角度, n 是像空间的折射率。边缘光线在指定的共轭面上追迹。

对于非共轴系统,这个参数指的是沿轴光线,并且是四条光线的平均值,即:渐晕光瞳的上

以透镜长度单位为单位的光阑在物空间所成近轴像的直径。

入瞳位置 Entrance pupil position

系统中从第1面起算的沿轴向的入瞳位置。第1面一般是指第一个镜面，而不是物平面，物平面是第0面。

出瞳直径 Entrance pupil diameter

以透镜长度单位为单位的光阑在像空间所成近轴像的直径。

出瞳位置 Exit pupil position

系统中从像平面起算的沿轴的出瞳的近轴位置。

附加数据 Extra data

附加数据值用来描述非标准表面的面型。例如，附加数据值可以用来描述衍射光学表面的相位，如二元光学中的Binary 1表面类型。在“附加数据”这一章中的“镜片类型”中，有关于附加数据值的详细讨论。

视场角和高度 Field angles and heights

视场角一般用度来表示，其测量一般依据近轴入瞳的位置。

正的视场角其物体坐标是负的，其光线斜率是正的。如果用物体或像的高度来描述视场点时，就要用透镜长度单位表示高度。当像高被用来描述视场时，其高度指的就是近轴像高。如果光学系统有畸变，则实际像点将会落在不同的位置。

随光阑尺寸漂移 float the stop

随光阑尺寸漂移是ZEMAX所支持的一种系统孔径类型。这个词实际上所指的是：入瞳位置，物空间数值孔径，像方空间F/#，和光阑面半径这些数据中，当有一个是指定时，那么其他所有的都是确定的。因此，设定光阑半径，然后让其他的数据随之相应变化，是一种很有效的描述系统孔径的方法。当光学系统中含有一个实际的，不变的光阑面时，使用这种方法特别方便。比如当设计零位光学校正器时。

玻璃

玻璃的输入操作可通过在玻璃这一列中键入玻璃名称来实现。空白的被看作是空气，它的折射率为1。反射镜面可以作为一种特别的玻璃类型，输入“MIRROR”，但这个词在玻璃目录中并不出现。常用的玻璃可以在玻璃库中进行查阅，新的玻璃类型可以用玻璃目录工具输入。细节请参考“玻璃目录的使用”一章。

六角环带 hexapolar rings

执行常规计算如点列图之类时，ZEMAX通常会选择一个光线分布模式。光线分布模式指的是一束光如何被安排在入瞳上。六角环带的光线分布模式是用中心光线周围的环带的数目来描述的。第一个环带中包含了6根光线，第一条光线从0度开始（在光瞳的X轴上），每一条光线之间相隔60度。第二个环带中有12条光线（包括第0环上的中心光线，总数为19），第三个环带有18条光线。每一个环都比它前面的一个多出6条光线。许多要求指明采样参数的特性的计算（如MTF计算）都使用六角环带作为一种指定光束条数的简便方式。如果六角环带的采样密度是5，并不表示使用了5条光线，而是使用了 $1+6+12+18+24+30=91$ 条。

像空间F/# *Image space F/#*

像空F/#是计算无穷远共轭点时的轴上有效焦距与近轴入瞳孔径的比率。注意，即使此镜片没有在无穷远共轭点上使用，也用无穷远共轭点来表征此数量大小。

透镜长度计量单位 *Lens units*

透镜长度计量单位是度量镜头系统时的一个基本单位。透镜长度计量单位可用来衡量半径，厚度，孔径和其他的数量，可以是毫米，分米，英寸或米。

边缘光线 *Marginal ray*

边缘光线是从物体中心发出的经过入瞳边缘并落在像平面上的光线。

如果有渐晕，ZEMAX将此定义扩展为渐晕入瞳边缘上的光线。如果利用光线瞄准调整法追踪光线，则边缘光线就通过在渐晕光阑边缘上的点。

也可参考“主光线”。

最大视场 *Maximum field*

当选择“视场角”模式时，以度为单位的最大径向视场角；当选择“物体高度”模式时，以透镜长度单位度量的最大径向物体坐标；或者当选择“像高”模式时，以透镜长度单位为单位的最大径向像坐标。视场模式可在“系统”菜单下的“视场数据”对话框中设置。

非近轴系统 *Non-paraxial system*

非近轴这个术语指的是任何一个不能用近轴光线系统的数据来充分地表示其特征的光学系统。通常为包括有倾斜、偏心（表现为坐标中断形式）、全息元件、光栅、理想镜片、立方槽、ABCD矩阵，梯度折射率或衍射组件的系统。

对于在旋转对称配置中具有常规的折射和反射组件的系统，已经建立了大量的光线像差理论，其中包括，赛得像差，畸变，高斯光束数据，和实际上使用的所有一阶特性，如焦距、F/#、光瞳尺寸和位置。所有这些值都是从近轴光线数据计算得来的。

如果所分析的系统中包含了任何所提到的非近轴组件，则任何基于近轴光路追踪的计算都是不可信的。

归一化的视场和光瞳坐标

归一化的视场和光瞳坐标常常用在ZEMAX的程序和文件中，一共有四个： H_x 、 H_y 、 P_x 和 P_y 。 H_x 和 H_y 值是归一化视场坐标； P_x 和 P_y 是归一化光瞳坐标。

归一化视场和光瞳坐标代表了一个单位圆上的点。视场的半径尺寸（或当视场用物高这个术语来表示时，其物体高度）用来衡量归一化视场坐标，而入瞳半径则用来衡量归一化光瞳半径。例如，假设最大物高是10mm，经常遇到的情况为：你分别在0、7和10mm处定义了3个视场。坐标（ $H_x=0$ ， $H_y=1$ ）指的是一条从物体上边缘点发出的光线即（ $x=0\text{mm}$ ， $y=10\text{mm}$ ）。坐标（ $H_x=-1$ ， $H_y=0$ ）指的是一条从物平面（ $x=-10\text{mm}$ ， $y=0\text{mm}$ ）处发出的光线。

光瞳坐标也用同样的方式。假设入瞳半径（不是直径）是8mm，则（ $P_x=0$ ， $P_y=1$ ）指的是一条射向入瞳上顶点的光线。在入瞳面上，光线的坐标将会是（ $x=0\text{mm}$ ， $y=8\text{mm}$ ）。

注意，归一化坐标总是在-1和1之间，而且有

$$H_x^2 + H_y^2 \leq 1, P_x^2 + P_y^2 \leq 1$$

使用归一化坐标的优点是一组特定的光线有着相同的坐标，它不随着物体或入瞳的大小位置的改变而改变。例如：边缘光线是穿过物体中心到达入瞳顶点的光线，或（ $H_x=0$ ， $H_y=0$ ， $P_x=0$ ， $P_y=1$ ）；主光线的光路的走向则从视场的上边缘点到光瞳中心，或以（0，1，0，0）表示。

这种体系的另外一个优点是系统可按比例缩放。假设在优化一个镜头设计前，你定义一条光线用来计算系统优化函数。通过使用归一化坐标，使得在改变了入瞳的尺寸位置或物体的尺寸位置后，或者甚至在最佳化过程中，相同的光线设置都可以照旧工作。

归一化视场坐标甚至在视场位置以角度来定义时，也可正常工作。例如，假设你选择了y方向的视场角0、7和10度。这暗示你所选的角空间的最大视场“半径”是10度。归一化视场坐标的 $H_x=0$ 和 $H_y=1$ 选择x坐标方向0度，y方向10度。坐标 $H_x=-.5$ 和 $H_y=.4$ 选择x方向的角为-5度，y方向的角为4度。注意，即使在x方向上没有定义x的角度，你也可以为 H_x 在这些区域中选择一个非零值进行光路追踪。 H_x 和 H_y 值一般指的是物空间视场角所形成的圆周上的点，圆的半径由最大径向视场值决定的。如果你定义了一个单独的视场点，x方向的视场角是10度，y方向的视场角是-6度，则最大半径视场就是11.66度， H_x 和 H_y 则将以此半径值进行归一化。注意如果你用视场角来定义物体，此坐标是归一化的视场角；如果你使用的是物高，则用 H_x 和 H_y 来表示归一化的物体高度。

物空间数值孔径

物空间数值孔径是物面上发出的光的发射角大小的度量。数值孔径被定义为折射率乘以物空间所度量的边缘光线与光轴夹角的正弦。边缘光线定义为从一个物点发出的发散光束所组成的圆锥体的边缘。

参数数据

参数数据值用来定义特定的非标准面形。例如，参数数据可以包括非球面系数，光栅间隔，或倾斜和偏心数据。在“表面形状”这一章的“参数数据”中，有关于参数数据的详细讨论。

近轴光线和靠近轴的光

近轴这个术语严格地来说是指“与光轴靠近”。近轴光学是可以利用斯涅耳（Snell）定律的线性近似形式来表述的一种光学。斯涅耳定律的表达式为：

$$n \cdot \sin\theta = n' \cdot \sin\theta'$$

对于非常小的角，式子可变为：

$$n \cdot \theta = n' \cdot \theta'$$

在光学中，大量的定义都基于线性的假设之上。像差会偏离这种线性，因此光学系统的近轴特性常常被认为是无像差系统的特征。

虽然有许多简单的公式可用来计算近轴特性，如焦距、F/#、放大率等等，ZEMAX通常不使用这些公式。在ZEMAX内部，ZEMAX把“靠近轴的光线”当作真正的光线来处理（“真正”意味着不折不扣地使用斯涅耳定律），只不过是它与光轴或主光线等的基本光线之间的夹角很小。

ZEMAX使用靠近轴的光线而不用近轴公式的原因是，许多光学系统包含非近轴组件。非近轴组件的意思是那些不能用传统的一阶理论来描述的组件，包括倾斜或偏心系统，和使用了全息元件、衍射光学、普通非球面及有梯度折射率镜片的系统。

ZEMAX可计算许多近轴特性，当光学系统有非标准组件时，使用这些值的时候需要非常小心。通常，由靠近轴的光线导出的结果都是可接受的，但对于非常特殊的系统来说，一些一阶的数字也许不足以描述图像的特性。

近轴像高

在近轴像平面上，用透镜长度单位表示的在全视场上的图像的近轴径向尺寸。

近轴放大率

径向放大率，近轴像高与物高的比率。近轴放大率是在近轴像平面上度量的。其值对于无限远共轭系统恒为0。

近轴工作F/#

近轴工作F/#的定义是：

$$W = \frac{1}{2n \cdot \tan \theta}$$

其中， θ 是像空间近轴边缘光线角， n 是像空间的折射率。近轴边缘光线是在指定的共轭面上追迹的，对于非共轴系统，此参数则指的是轴上光线，而且是从在整个光瞳上得出的平均数。近轴工作F/#是忽略了像差的有效F/#。

另外可参考工作F/#的定义。

主波长

主波长以微米为单位。这个值用来计算大部分近轴值或系统值，如光瞳位置等。

半径

系统中每一个面用透镜长度单位表示的曲率半径。习惯的用法是，如果曲率中心位于从表面顶点向右（沿着Z轴有正的位移），半径为正，而如果曲率中心是从表面顶点向左（沿着Z轴有负的位移），半径为负。它与系统中反射镜面的数量无关。

弧矢和子午

术语“子午”指的是在子午面中计算的数据，此子午面由一条直线和一个点确定，该直线为对称轴，该点为物空间的视场点。弧矢面是与子午面垂直相交的面，而弧矢面在入瞳位置处与对称轴相交。

对于视场点在Y轴上的典型的旋转对称系统，子午面是YZ平面，弧矢面是与YZ面垂直相交的面，并与入瞳中心相交。

此定义所遇到的难题是它不能迅速地扩展到非旋转对称系统。由于这个原因，ZEMAX定义YZ面为子午面，不管视场点在哪儿，子午数据总是在物空间的Y轴上计算。弧矢面是与YZ面垂直的面，通常会与入瞳中心相交，而弧矢数据则总是在物空间的X轴上进行计算。

这种约定的原理如下：如果系统是旋转对称的，则Y轴上的视场点单独可描述系统成像特性，这些点都应使用。在这种情况下，这两种不同的关于参考面的定义是一样的，重复的。如果系统是非旋转对称的，则没有对称轴，参考面的选择也可以是任意的。

半口径

每一个面的尺寸用半口径设置来描述。缺省的设置是能让所有实际的光线通过而不拦光的孔径的径向距离。在半口径这一列中键入一个值，在此值的后面会出现一个字母“U”，表示此半口径是由用户定义的。这种设置只影响镜头轮廓图中镜片的绘制，而不会影响是否有光线穿过那个面。注意，这种应用尤其适用于光阑面和像平面。为了拦截一条光线，可以用给定的渐晕系数或者用限定表面孔径的方法来实现。

对于轴对称系统，只要该表面不在光束的焦散面上（这常在像面上发生），任何表面的半径都能够非常精确地计算出来。ZEMAX通过追迹几条光瞳边缘光线来估计共轴系统的半口径。对于非共轴系统，ZEMAX估计所要求的半口径时，既可通过一组固定数量的光线追迹，也可用一种叠代的方法，这种叠代的方法较慢却更为准确。参考“系统菜单”这一章可得到详细的说明。

重要的一点需要注意，ZEMAX中用“自动”的办法计算所得的半口径是一个估计值，虽然它通常都是一个比较好的值。

有些表面的孔径值可能会变得很大，使得表面的Z坐标产生多重值：例如，一个非常深的椭圆也许在表面有相同的X和Y时，会有不止一个Z坐标。对于表面是球面的情况，这种情况叫作“超半球”，表面不是球面时，ZEMAX中也用这个术语来称呼。超半球表面在半径列中用一个星号“*”来表示。所表示的半口径是表面外边缘的半口径，它有一个比最大径向孔径较小的孔径。

表面孔径

表面孔径有圆形、矩形、椭圆和能使光线产生渐晕的星状的孔径。此外还有用户自定义的通光和遮挡的孔径及浮动孔径。浮动孔径是建立在当前的半径值的基础上的。除了光线在该面上无法通过而终止外，表面孔径并不影响光线的发射或追踪。表面孔径对系统孔径也没有影响。要得到详细的信息，参考“编辑菜单”这一章的“表面孔径的给定”这一节。

系统孔径

系统孔径是全系统的F/#、入瞳半径、数值孔径或光阑尺寸。对于一个具体的光学系统，+个值中任何一个值都足够描述其余的3个。系统孔径用来描述物空间入瞳半径，入瞳半径则是所有光线发出的起点。系统孔径一般总是圆的，光线在经过各种表面孔径以后，可能会产生渐晕现象。虽然表面孔径可以有很多，但系统孔径只有一个。

厚度

厚度是用透镜长度单位表示的到下一个面的顶点的相对距离。厚度不是一个累积的值，每一个厚度值指的是仅从前一个顶点开始沿Z轴的偏移量。

厚度在经过反射镜后，总会改变正负号，经过奇数面的镜面后，总的厚度值将会是一个负值。正负号的约定与镜面数量或坐标中断的出现无关。这种基本约定也适用于坐标旋转180度后的情况。

全反射

全反射（TIR）指的是当光线入射时，与法线间的夹角太大，以致于不能符合斯涅耳折射定律所规定的折射条件这样一种情况。这一般发生在一条入射角很大的入射光，从一种高密度的介质向低密度介质折射时，如从玻璃到空气。在光线追迹中，当光线发生全反射时，被认为是出错，并被终止。从物理上来说，光线将会在界面反射，而不会折射，但ZEMAX不考虑这种结果。

总长度

总长度是光学系统中“最左边”与“最右边”表面之间的顶点距离的长度。计算是从第1面开始的，第一面与像平面之间的每一面的厚度都要考虑，并忽略掉任何的坐标旋转。位于最大Z坐标处的表面被定义为“最右边”的面，而具有最小Z坐标的面则被定义为“最左边”的面。总长度在非共轴系统中，没有多大的价值。

渐晕因子

渐晕因子是描述不同视场点上的透明的入瞳大小和位置的系数。ZEMAX使用了4个渐晕因子：VDX、VDY、VCX和VCY。这些因子分别代表了X方向的偏心，Y方向的偏心，X方向的压缩，Y方向的压缩。四个因子的缺省值为0，表示没有渐晕。

一个光学系统的视场和入瞳都可以被认为是单位圆。归一化的视场和入瞳坐标，正如前面章节已有描述那样，是这两个单位圆上的坐标。例如，入瞳坐标（ $p_x=0$ ， $p_y=1$ ）指的是从视场中某一点追迹到入瞳上顶点的光线。如果系统中没有渐晕，ZEMAX在大部分的计算中都会对充满

如果有光瞳像差（事实上，总是会有），那么，主光线会穿过近轴入瞳的中心（不使用光线瞄准校正时），或光阑的中心（当使用光线瞄准校正时）。通常，不会是两者兼具的。

如果存在使光瞳偏心的渐晕系数，那么，主光线会穿过渐晕入瞳中心（不使用光线瞄准校正时），或渐晕光阑表面（当使用光线瞄准校正时）。

一般的定义是，主光线通过渐晕光瞳的中心，而基本的光线则通过非渐晕光阑的中心。在 ZEMAX 中，从不使用基本的光线。大部分的计算都涉及主光线或重心光线。注意，重心光线通常都涉及比较深的问题，因为它一般都建立在对像平面有实际照明的光线的总效果上，而不是任意选取的一条“特殊光线”。

坐标轴

光轴是 Z 轴，物体的光传播的初始方向定为 Z 轴的正方向。反射镜能改变光传播的方向。坐标系统是右手系，其弧矢方向的 X 轴则指向绘有标准图的监视器中。子午方向的 Y 轴是垂直的。

光传播的初始方向是从左到右，沿着 Z 轴的正方向。经过奇数次 (1, 3, 5, ...) 的镜面反射后，光束会沿着 Z 轴的负方向物理传播。因此，经过奇数面的镜头的总厚度应该是负的。

衍射极限

衍射极限这个术语的含义是指，在一个光学系统中，仅仅由衍射的物理效应所产生的限制。它不包括设计和制造时的缺陷。判定一个系统是否达到衍射极限的常用的测定方法是计算和测量光程差。如果波峰到波谷的光程差少于四分之一的波长，则此系统就被认为是达到了衍射极限。

有许多种方法可以判定一个系统是否达到衍射极限，比如斯特列尔 (STREHL) 判断，光程差的均方根值 (OPD RMS)，标准偏差，最大斜率差等等。对于同一个系统，有可能用一种方法判定出达到了衍射极限，而用另一种方法却没有达到衍射极限。

边缘厚度

ZEMAX 中对“边缘厚度”有两种不同的确定方法。通常，对于一个特定的面来说，边缘厚度可用以下的公式计算：

$$E_i = Z_{i+1} - Z_i + T_i$$

其中， Z_i 是该表面 +Y 方向上的半口径的矢高； Z_{i+1} 是下一个表面半径 +Y 方向上半口径的矢高， T_i 是该表面的轴上厚度。注意，边缘厚度只能根据每一个面的半径各自的半口径形成的矢高计算，一般说来，每一个面的半口径大小是不同的。

还要注意，边缘厚度一般只计算 +Y 方向的光圈孔径，这种方法对于非旋转对称系统或表面孔径取决于两个面之一的情况来说，是不适当的。

另外一个确定边缘厚度的办法是进行求解处理。因为边缘厚度求解时会改变中心厚度，边缘厚度求解的结果会改变光线在下一面的入射位置，这就意味着下一面的半口径有可能会改变。如果在计算边缘厚度时用到下一面的半径，就会引起“死循环”或无限循环。

因此，边缘厚度求解中对两个面计算矢高时，对于两个面来说都必须严格要求按照第一面的半口径大小进行。虽然会用到第二面的曲率或形状，但第二面的半口径却不会用到。

有效焦距

从后方主平面到近轴像平面的距离。这是为无限远共轭点而计算的。主平面计算一般基于近轴光数据上，有效焦距常常指的像空间的折射率为 1.0 的系统，尽管像空间的介质折射率有可能不为 1。

入瞳直径

第四章 教程

简介

这一章将要教你如何使用 ZEMAX，这一章的每一节将会让你接触一个不同的设计问题。第一个设计例子是非常简单的，如果你是一个有经验的镜片设计师，你也许觉得它并不值得你去费心，但是，如果你花费一点点时间去接触它，你可以学到如何运行 ZEMAX，然后你可以继续你自己特别感兴趣的设计。

前几个例子中，提供了一些关于镜片设计理论的教程内容，用来帮助那些对专用术语不是很了解的人。但在总体上来说，这本手册，以及其中的这些特例，目的都不是要将一个新手培养成为一个专家。如果你跟不上这些例子，或者你不能理解程序演示时与计算有关的数学知识，可以参考任何一本“简介”这一章中所列出的好书。在开始课程之前，你必须先通过正当手段安装 ZEMAX。

课程 1: 单透镜 (a singlet)

● 你将要学到的：开始 ZEMAX，输入波长和镜片数据，生成光线特性曲线(ray fan)，光程差曲线(OPD)，和点列图(Spot diagram)，确定厚度求解方法和变量，进行简单的优化。

假设你需要设计一个 F/4 的镜片，焦距为 100mm，在轴上可见光谱范围内，用 BK7 玻璃。你该怎样开始呢？

首先，运行 ZEMAX。ZEMAX 主屏幕会显示镜片数据编辑 (LDE)。你可以对 LDE 窗口进行移动或重新调整尺寸，以适合你自己的喜好。LDE 由多行和多列组成，类似于电子表格。半径、厚度、玻璃和半口径等列是使用得最多的，其他的则只在某些特定类型的光学系统中才会用到。

LDE 中的一小格会以“反白”方式高亮显示，即它会以与其他格子不同的背景颜色将字母显示在屏幕上。如果没有一个格子是高亮的，则在任何一格上用鼠标点击，使之高亮。这个反白条在本教程中指的就是光标。你可以用鼠标在格子上点击来操纵 LDE，使光标移动到你想要停留的地方，或者你也可以只使用光标键。LDE 的操作是简单的，只要稍加练习，你就可以掌握。

开始，我们先为我们的系统输入波长。这不一定要先完成，我们只不过现在选中了这一步。在主屏幕菜单条上，选择“系统 (System)”菜单下的“波长 (Wavelengths)”。

屏幕中间会弹出一个“波长数据 (Wavelength Data)”对话框。ZEMAX 中有许多这样的对话框，用来输入数据和提供你选择。用鼠标在第二和第三行的“使用 (Use)”上单击一下，将会增加两个波长使总数成为三。现在，在第一个“波长”行中输入 486，这是氢 (Hydrogen) F 谱线的波长，单位为微米。

ZEMAX 全部使用微米作为波长的单位。现在，在第二行的波长列中输入 587，最后在第三行输入 656。这就是 ZEMAX 中所有有关输入数据的操作，转到适当的区域，然后键入数据。在屏幕的最右边，你可以看到一系列主波长指示器。这个指示器指出了主要的波长，当前为 486 微米。

顶点，下顶点，左边和右边。求出是这四条光线的数值孔径的平方的平均值，结果可得出数值孔径的均方根 RMS，这就是 $F/\#$ 。

工作 $F/\#$ 通常比像空间 $F/\#$ 要有用，因为它是基于镜头的实际共轭面的真正的光线数据之上的。另外可参考近轴工作 $F/\#$ 的定义。