

第十九章 公差规定

介绍

ZEMAX 提供了一个使用简单, 但灵活和强大的公差推导和灵敏度分析能力。这个用于分析的公差包括了结构参数的变化, 如曲率、厚度、位置、折射率、阿贝常数、非球面系数, 以及其它更多的参数。

ZEMAX 也支持表面和镜头组的偏心分析, 表面或镜头组在任意一点的倾斜分析, 表面外形的不规则分析, 以及参数或特殊数据的值的变化分析。由于参数和特殊数据项可以说明非球面系数, 梯度折射率系数, 以及其它, 因此这些数值的任意一个也都可以作为公差分析的一部分。不同的公差可以被用在任意一个组合中来估计调整和装配误差对系统性能的影响。

公差也可以使用简单的操作数来定义, 如 TRAD, 它定义了一个曲率半径的一个公差。这些公差操作数和镜头文件一起被自动保存。我们可以在从主菜单中的编辑界面组中得到的公差数据编辑界面中编辑这些公差操作数。

公差可以被不同的标准所求值, 包括 RMS 斑点尺寸、RMS 波前差、MTF 反应曲线、标准误差、用户自定义评价函数、或者用来定义一个复杂的调整和求值过程的过程。另外, 还可以定义补偿来模拟对装配后的镜头所作的调整。ZEMAX 也允许在一个补偿上设置限制。

可以以两种方式来计算公差:

灵敏度分析: 对于给定的一批公差, 是分别对每一个公差来测定它在标准里的变化量的。

反转灵敏度分析: 分别对每个公差在性能方面的一个给定的最小允许减小量来计算公差。

灵敏度分析和反转灵敏度分析分别考虑每个公差对系统性能的影响。这个总体性能可由一个平方和根的计算来估计。

Monte Carlo 模拟是作为一个可选择的估计所有公差的总体影响的方法被提供的。这个模拟产生了一系列随机镜头, 它们符合这个指

定的公差。通过同时考虑所有的可应用的公差，可能可以得到预期性能的准确模拟。

通过使用正态的、统一的、或者抛物线的统计方法，Monte Carlo 模拟可以产生许多的设计方案。

基本流程

一个镜头的公差分析由这些步骤组成：

- 1) 给这个镜头定义一批适当的公差。通常，在这一章中定义的默认公差生成特性是一个好的起始点。公差在公差编辑界面中被定义和修改，这个界面在主菜单栏中的编辑界面菜单中得到。
- 2) 添加补偿，并且对每个补偿设置允许范围。默认的补偿是后焦距，它控制了象面的位置。也可以定义其它的补偿，如象面倾斜。因为可以使用“快速公差规定”，所以仅仅使用后焦补偿可以大大加速这个公差过程。可以定义的补偿的数量没有限制。
- 3) 选择一个适当的标准，如 RMS 斑点尺寸或 MTF。使用一个公差过程可以定义更复杂的公差标准，这将在后面介绍。
- 4) 选择要求的模式，灵敏度分析或者反转灵敏度分析。
- 5) 修改默认的公差，或者增加新的公差来满足系统要求。
- 6) 执行这些公差的一个分析。
- 7) 回顾由这个公差分析产生的数据，考虑公差的预算。如果需要，可返回到步骤 5。

关于这个基本流程的详细内容将在后面的章节中提供。

公差操作数

一个公差操作数有一个四个字母的记忆码，如 TRAD 代表半径公差。两个整数值，被简称为 Int1 和 Int2，是联合这个记忆码来确定这个公差应用于其上的镜头表面。一些操作数用 Int1 和 Int2 来作为其它目的，而不是定义表面编号。

每个公差操作数也都有一个最小值和最大值。这两个值指出了与

名义值的最大可接受变化值。

每个操作数也都有一个空栏来作为随意填写的注释栏，这可以使这个公差设置得更容易阅读。

可用的公差操作数在下面的表格中列出，详细说明如下。

公差操作数

名 称	Int1	Int2	说 明
表 面 公 差			
TRAD	表面编号	—	曲率半径的公差，以镜头长度单位表示
TCUR	表面编号	—	曲率的公差，以镜头长度单位的倒数表示
TFRN	表面编号	—	曲率半径的公差，以光圈表示
TTHI	表面编号	补偿表面编号	厚度或位置的公差，以镜头长度单位表示
TCON	表面编号	—	圆锥常数的公差（无单位量）
TSDX	表面编号	—	标准表面的 x 偏心的公差，以镜头长度单位表示
TSDY	表面编号	—	标准表面的 y 偏心的公差，以镜头长度单位表示
TSTX	表面编号	—	标准表面的 x 倾斜的公差，以度表示
TSTY	表面编号	—	标准表面的 y 倾斜的公差，以度表示
TIRX	表面编号	—	标准表面的 x 倾斜的公差，以镜头长度单位表示

TIRY	表面编号	—	标准表面的 y 倾斜的公差，以镜头长度单位表示
名 称	Int1	Int2	说 明
TIRR	表面编号	—	标准表面不规则性的公差
TEXI	表面编号	数据项编号	使用泽尼克的标准表面不规则性的公差
TPAR	表面编号	参数编号	表面的参数数值的公差
TEDV	表面编号	特殊数据编号	表面的特殊数据值的公差
TIND	表面编号	—	在 d 光处的折射率的公差（参见注解）
TABB	表面编号	—	阿贝常数值的公差（参见注解）
元 件 公 差			
TEDX	第一表面	最后表面	元件的 x 偏心的公差，以镜头长度单位表示
TEDY	第一表面	最后表面	元件的 y 偏心的公差，以镜头长度单位表示
TETX	第一表面	最后表面	元件的 x 倾斜的公差，以度表示
TETY	第一表面	最后表面	元件的 y 倾斜的公差，以度表示
TETZ	第一表面	最后表面	元件的 z 倾斜的公差，以度表示
用户自定义的公差			
TUDX	表面编号	—	用户自定义的 x 偏心的公差
TUDY	表面编号	—	用户自定义的 y 偏心的公差
TUTX	表面编号	—	用户自定义的 x 倾斜的公差

TUTY	表面编号	—	用户自定义的 y 倾斜的公差
TUTZ	表面编号	—	用户自定义的 z 倾斜的公差

对于每个公差,都要在公差编辑界面上规定一个最小值和一个最大值。这些公差将在下面部分详细说明。

TRAD : 曲率半径公差

用来直接规定曲率半径的公差。最小值和最大值是以镜头长度单位表示的极值偏差。

例如,如果一个表面的名义曲率半径为 100mm,该表面的最小和最大 TRAD 值为-.50mm 和+.50mm,则将把该表面的曲率半径设为 99.50mm 和 100.50mm 来执行公差分析。

TCUR : 曲率公差

用来规定曲率单位的公差,它直接关系到权重。最小值和最大值是以镜头长度单位的倒数表示的极值偏差。

例如,如果一个表面的名义半径为 100mm,则其名义曲率为 0.01mm^{-1} 。如果该表面的最小和最大 TCUR 值为 -0.001mm^{-1} 和 $+0.001\text{mm}^{-1}$,则将把该表面的半径设为 111.11mm 和 90.909mm 来执行公差分析。

TFRN : 光圈公差

当规定平坦的或者大半径的表面时,光圈公差是非常有用的。最小值和最大值是以光圈(无单位量)表示的极值偏差。操作数 TWAV 被用来定义测试波长。一个曲率有微小改变的表面的矢高的变化被近似给出:

$$\Delta Z = \frac{r^2}{2} \Delta C \quad ,$$

这里 r 是表面的半口径。矢高的变化关系到以光圈表示的偏差,如下:

$$\Delta Z = \frac{l}{2} N \quad ,$$

这里 N 是光圈的个数。二分之一因子假定了一个双倍通过的牛顿环类型测试。更详细的信息可参见 Malacara, 光学车间测试。

版权申明: 本文由“光学在线”收集及整理,所有版权归文章原始作者所有(本站均注明出处和作者),“光学在线”是一个介绍光学及相关科学的专业网站,其宗旨在于推广光学和相关学科以及光电产业在中国的传播和发展,不为任何赢利目的,所以传播此文的目的旨在进行学术性质的交流,如果您有任何意见和看法,请与我们联系(info@photics.net),我们会在最短的时间内给您答复并采取相应的补救措施!

TTHI : 厚度公差

TTHI 被用来规定在元件组中的元件的绝对位置和镜片的厚度的公差。

系统默认, 假设厚度的所有变化仅仅影响该表面和与那个元件有接触的表面。例如, 一个双胶合镜头的第一片镜片在厚度方面有一个 +1.0mm 的变化, 则第二片镜片的前后顶点都将偏移 +1.0mm。

然而, 由于 ZEMAX 通过使用从前面表面得到一个补偿来定义所有表面位置, 因此, 简单地增加 +1.0mm 到这个表面将把这个系统中后面的所有镜头都偏移 +1.0mm。在装配中更有可能发生的是这个 +1.0mm 的补偿将被这个镜头组后面的第一个空气间隔所吸收。TTHI 可以通过允许指定一个“补偿”表面来处理这种情况。系统默认, 这个补偿表面被指定为跟在被规定公差的面之后的第一个空气间隔。

为了举例说明, 假设一个镜头, 它的表面 3 是 BK7, 表面 4 是 F2, 表面 5 是空气。名义厚度分别是 3、4、和 6mm。如果默认的公差法则为表面 3 定义一个 TTHI 操作数, 则将在表面 5 上放一个补偿。如果这个公差值为 +.1mm, 则在分析过程中, 它们的厚度分别变成 3.1mm、4.0mm、和 5.9mm。这样, 从表面 6 到象面的表面的绝对位置将不受表面 3 的厚度变化的影响。

这个补偿是随意的; 为了使用无效, 将它设置成与公差相同的表面编号, 如 TTHI 3 3。对于一些系统, 如那些由在一个镜筒中的一堆隔圈组成的系统, 这个补偿可以不被要求。

Int1 被用来定义表面编号, Int2 是补偿表面的编号, 除非 Int2 等于 Int1。最小值和最大值是以镜头长度单位表示的极值偏差。

TCON : 圆锥常数公差

TCON 被用来定义一个圆锥常数的公差。最小值和最大值是没有单位量的极值偏差。

TSDX, TSDY : 表面偏心公差

TSDX 和 TSDY 分别用来分析一个标准表面类型在 x 和 y 方向上

的偏心。Int1 的值说明了表面编号,而且这个表面必须是一个标准表面类型。标准表面类型以外的表面类型可以用后面介绍的 TEDX 和 TEDY 操作数来规定公差。最小值和最大值是以镜头长度单位表示的偏心。

TSDX 和 TSDY 的分析使用了不规则的表面类型。参见这一章后面介绍的“不规则表面类型的公差规定”部分的说明。

TSTX, TSTY : 表面倾斜公差

TSTX 和 TSTY 被分别用来分析一个标准表面关于 X 和 Y 轴的倾斜。Int1 的值说明了表面编号,而且这个表面必须是一个标准表面类型。标准表面类型以外的表面类型可以用后面介绍的 TETX 和 TETY 操作数来规定公差。

最小值和最大值是以度表示的关于镜头的 X 和 Y 轴的倾斜。

参见相关 TIR 操作数 TIRX 和 TIRY 的描述。

TSTX 和 TSTY 的分析使用了不规则的表面类型。参见

TIRX, TIRY : 表面 TIR 公差

TIRX 和 TIRY 被分别用来分析一个标准表面沿着 X 和 Y 轴的倾斜。Int1 的值说明表面编号,而且这个表面必须是一个标准表面类型。标准表面类型以外的表面类型可以用后面介绍的 TETX 和 TETY 操作数来规定公差。

TIRX 和 TIRY 被用来指定关于总的指示器逃避或者 TIR 的公差,这测量了在一个镜头中“光楔”的数值。

最小值和最大值是在这个表面的最大口径半径处测得的以镜头长度单位表示的“矢高”的数值的两倍,这里最大口径半径是由这个表面的半口径定义的。其变化是如下给出的关于表示 TIRX 和 TIRY 数值的归一化坐标 x 或者 y 归一化坐标的函数:

$$\Delta Z_x = \frac{TIRX}{2} r_x \quad ; \quad \Delta Z_y = \frac{TIRY}{2} r_y \quad \circ$$

例如,如果 TIRX 公差为 0.10mm。则在镜头的最小+x 口径方向上的矢高为 0.05mm,在最小-x 口径方向上的偏离为-.05mm,这表

版权声明: 本文由“光学在线”收集及整理,所有版权归文章原始作者所有(本站均注明出处和作者),“光学在线”是一个介绍光学及相关科学的专业网站,其宗旨在于推广光学和相关学科以及光电产业在中国的传播和发展,不为任何赢利目的,所以传播此文的目的进行学术交流,如果您有任何意见和看法,请与我们联系(info@photics.net),我们会在最短的时间内给您答复并采取相应的补救措施!

示一个值为 0.10mm 的 “总” 的 TIR。对于 TIRY 也是相似的。这个最小值和最大值被用来简单地模拟表面在每个方向上的倾斜。这个表面的实际倾斜角给出如下：

$$q_x = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta Z_y}{S} \right) ; q_y = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta Z_x}{S} \right)。$$

这里 S 是表面的半口径。注意，沿着 Y 方向的矢高意味着一个绕着 X 轴的一个旋转体，沿着 X 方向的矢高意味着一个绕着 Y 轴的一个旋转体。

TIRX 和 TIRY 的分析使用了一个不规则的表面类型。参见这一章后面介绍的 “不规则表面类型的公差规定” 部分的说明。

TIRR：表面不规则度公差

TIRR 被用来分析一个标准表面的不规则度。Int1 的值指出了表面的编号，而且这个表面必须是一个标准表面类型。这里不直接支持非标准表面类型的不规则度的分析(关于模拟不规则度的更多的信息可参见下面的 TEXT 操作数的说明)。

模拟不规则度比其它类型的公差要麻烦一点。这主要是因为自然形成的不规则度是随机的，不象半径的变化那样有确定性。因此，要作一些关于不规则度的自然状态的假设，以便于执行这些分析。当使用 TIRR 时 ZEMAX 所作的假设是，这个不规则度为球差的一半和象散的一半。这与假设 100% 的象散比起来，是一个限制性比较少的模拟，因为象散不能由调焦来补偿，因此是这个镜头中的一个更严重的缺点。

最小值和最大值是在表面的最大口径半径处测量的以光圈单位表示的不规则度，这里最大的口径半径是由表面的半口径定义的。可用 TWAV 操作数来定义这个测试波长。

ZEMAX 假设是在一个双倍通过的牛顿环类型测试中测量光圈的。例如，一个 “W” 光圈的 TIRR 将产生表面矢高的一个变化，为：

$$\Delta z = \frac{l_t W}{4} (r^4 + r_y^2) ,$$

这里 l_t 是测试波长(由 TWAV 操作数定义)， r 是归一化的半径坐标，

r_y 是在 y 方向上的归一化的半径坐标。波前光路的变化与矢高和由这个表面隔开的两种介质的折射率的变化有关：

$$\Delta OP = \Delta z \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right)。$$

TIRR 的分析分析使用不规则的表面类型。

当计算 Monte Carlo 分析时，象散的角度可在 0 到 360 度之间自由选择。这允许随机确定的象散误差的模拟。这与对每个元件都沿着 y 轴方向设置象散比起来，要少一些严格性，而多一些现实性。

更多的信息可参见这一章后面介绍的“不规则表面类型的公差规定”部分的说明。

TEXI：使用泽尼克模式的表面不规则度公差

TEXI 被用来分析一个表面上的随机的、不规则的小幅度偏离，这个表面可以是一个标准表面、偶次非球面、或者泽尼克基本表面。Int1 的值指出了表面的编号，Int2 的值定义了用来模拟那个表面上的不规则度的泽尼克项的数目。这里不直接支持标准表面、偶次非球面、或者泽尼克表面之外的其它表面类型的不规则度分析。

TEXI 与 TIRR 类似，只不过 TEXI 使用泽尼克表面矢高来模拟不规则度，而不是用 TIRR 使用的第三级象差公式。关于泽尼克表面的完整的说明可参见“表面类型”一章。

当使用 TEXI 时，最小和最大公差值被解释成是以双通过光圈形式表示的在测试波长处的表面的近似波峰到波谷 (PTV) 误差。波峰到波谷是不规则度的一个粗略的测量。ZEMAX 计算了泽尼克多项式的每个单项的系数，这个多项式使用下面的公式来定义表面外形的偏离：

$$c = \frac{l}{2} \frac{f}{\sqrt{n}}，$$

这里 f 是双通过光圈的数， n 是用在这个不规则模型中的泽尼克项的个数， l 是测试波长。由一个 n 的平方根按比例决定这些系数来说明一个事实，那就是泽尼克项的一个随机的集合通常将在一个 RSS 意义上求和，所以 PTV 误差与泽尼克项的个数不是成线性比例的。

由于指定这个近似的全面 PTV 误差是方便的, 所以都可以根据上面的公式来计算每个泽尼克的项目。注意, 有一个“c”值来代表以光圈表示的最小和最大公差。

对于这个灵敏度分析, 表面被转化成一个泽尼克表面, 这个泽尼克多项式的所有系数被设成由上述等式得到的最小或最大的“c”值。注意, 由于在口径边缘对于所有的多项式项目, 表面矢高变形都是相同的, 一个值为 0.001 的“c”, 这时, 使用 20 个泽尼克项将产生一个 20c 的最大矢高偏离。

对于 Monte Carlo 分析, 将和灵敏度分析一样来转化表面, 但不是每一个多项式项都被赋予一个位于最小和最大公差值之间的随机选择的系数。可以使用选择来作为操作数的统计学模型来选择这个随机值。可以参见 STAT 命令的说明。

默认的泽尼克项的个数是 36 个, 这是最大值。通常讲, 如果使用的项越少, 则不规则度的频率越低, 即整个表面的起伏就越少; 如果使用的项越多, 则将是高频率的不规则度, 即整个表面的起伏就越多。注意 TIRR 操作数模拟了不规则度的最低频率形式, 对于整个表面仅仅是一个二次和四次偏离。TEXI 可以模拟更多的不规则表面, 可以使用 36 个项, 在整个表面上通常可以看到大约 5~15 个“起伏”。TEXI 不使用泽尼克表面的位置、x 倾斜、或者 y 倾斜项。

因为泽尼克表面矢高表达式包含了标准表面和偶次非球面的一部分, 所以这两种表面类型的任意一个都可以用由 TEXI 操作数创建的泽尼克表面来模拟。如果表面已经是一个泽尼克表面, 那么这个偏离被简单地加到已经在那里的多项式项中。如果表面是一个标准表面或者偶次非球面, 则这个泽尼克表面的标准化半径被设成是这个表面的半口径。如果表面已经是一个泽尼克表面, 最小和最大公差被假定是在已经定义的标准半径处测量的。

TEXI 总是忽略泽尼克项目 0, 即活塞术语, 把这个值设为 0。

TPAR: 参数数据公差

TPAR 被用来规定参数数据的公差。Int1 数字是表面编号。Int2

数字必须是 1 和 8 之间的一个整数，它说明参数编号。参见“表面类型”一章的表格，它列出了在每种表面模型中使用的参数编号。对于测定非球面系数的公差，以及更多，TPAR 是非常有用的。最小值和最大值是以被这个参数使用的任意单位表示的变化量。

TEDV：特殊数据值公差

TEDV 是特殊数据值的公差。特殊数据值被 ZEMAX-EE 中的特殊数据编辑界面使用来定义非球面项目、衍射系数、或者其他数据。Int1 用来识别表面，Int2 用来识别特殊数据编号。最小值和最大值是以被这个特殊数据值使用的任意单位表示极值误差。参见“表面类型”一章的表格，它列出了在每种表面模型中使用的特殊数据编号。

TIND：折射率公差

TIND 是折射率的公差。Int1 用来识别表面，最小值和最大值是折射率的极值误差。这个折射率误差是作为一个“补偿”来模拟的，它依赖于波长，除非这个表面的玻璃是一种由 d 光折射率、阿贝常数和 dPgF 定义的“模拟”玻璃，或者这个表面的玻璃是一个目录玻璃，所有的定义波长都在 0.3 和 2.5 微米之间。在后两种情况之一中，TIND 被解释成是一个 d 光折射率的变化量，它将以一种非线性方式改变在所有波长处的折射率。

TABB：阿贝常数公差

TABB 是阿贝常数或者 Vd 常数的公差。Int1 用来识别表面。最小值和最大值是阿贝常数的极值误差。如果表面的玻璃是一种由 d 光折射率、阿贝常数和 dPgF 定义的“模拟”玻璃，或者表面的玻璃是一种目录玻璃，所有定义波长都在 0.3 和 2.5 微米之间，则 TABB 被解释成是 d 光折射率的一个变化量，它将以一种非线性方式改变在所有波长处的折射率。否则，TABBA 将被忽略。

这个折射率的变化是被在任意波长处的折射率的微分变化的一个估计，作为 d 光折射率、阿贝常数和 dPgF 的一个函数来给出的。

TEDX，TEDY：元件偏心公差

TEDX 和 TEDY 分别被用来分析在 X 和 Y 方向的偏心。由 Int1

版权声明：本文由“光学在线”收集及整理，所有版权归文章原始作者所有（本站均注明出处和作者），“光学在线”是一个介绍光学及相关科学的专业网站，其宗旨在于推广光学和相关学科以及光电产业在中国的传播和发展，不为任何赢利目的，所以传播此文的目的旨在进行学术性质的交流，如果您有任何意见和看法，请与我们联系（info@photics.net），我们会在最短的时间内给您答复并采取相应的补救措施！

和 Int2 定义的两个表面编号指出了镜头组的起始表面和终止表面。最小值和最大值是以镜头长度单位表示的偏心。

这两个公差要求 ZEMAX 在这个镜头组的前面和后面插入一个坐标断点,然后将整个组作为一个整体进行偏心。由于这个原因, TEDX 和 TEDY 通常不在一个已存在的坐标断点两侧使用。如果你需要这个功能,可参见 TUDX 和 TUDY 的说明。

TEDX 和 TEDY 也可以被用来模拟表面的偏心,和 TSDX 和 TSDY 一样。TEDX 和 TEDY 将作用于任意一种类型的表面,包括标准表面和非标准表面,而 TSDX 和 TSDY 只作用于标准表面。为了使用 TEDX 和 TEDY 来偏心一个单一表面,只要简单将 Int1 和 Int2 设成相同的表面编号。

为了检查来看看 ZEMAX 实际上是否在做你想要做的事情,可参见在“公差结果的故障”一节中的 SAVE 命令的说明。

TEDX 和 TEDY 命令是可以被嵌套的。例如,去分析一个由表面 5 到表面 20 定义的镜头组的偏心,这是可能的;同样可以同时分析由表面 5~8、8~12、14~20 等等定义的元件的偏心。这个功能可以模仿在一个装配中的元件的校准误差,以及在整个装配中的校准误差。这个嵌套的规则在“Monte Carlo 分析的嵌套规则”一节中将作完整的说明。

TETX, TETY, TETZ : 元件倾斜公差

TETX、TETY、TETZ 分别被用来分析一个表面或者一个镜头组关于 X、Y、或者 Z 轴的倾斜。由 Int1 和 Int2 定义的两个表面编号指出了镜头组的起始表面和终止表面。最小值和最大值是以度表示的偏角。

这三个公差要求 ZEMAX 在镜头组的前面和后面插入一个坐标断点,以及在镜头组的末尾使用一个虚拟表面以致可以返回到前顶点。然后整个组可以作为一个整体绕着一个点转动。由于这个原因,当定义的表面范围中包括了一个坐标断点,它与在由拾取求解得到的 TETX/Y/Z 控制的表面范围之外的下一个坐标断点有关,这时不应使

用 TETX/Y/Z。危险的情况是如果两个结果倾斜范围交迭在一起，那么这个元件的位置可能不是你想要的那样。如果你想要这个功能，可参见 TUTX、TUTY、和 TUTZ 的说明。

TETX 和 TETY 也可以被用来模拟单一表面的倾斜，有时被称为“光楔”，和 TSTX 和 TSTY 一样。TETX 和 TETY 可以作用于任意一种类型的表面，包括标准表面和非标准表面，而 TSTX 和 TSTY 只作用于标准表面。为了使用 TETX 和 TETY 来倾斜一个单一表面，只要简单地将 Int1 和 Int2 设成相同的表面编号。

默认的 TETX 和 TETY 是绕着镜头组的前顶点转动的，然而，绕着其他点转动通常是有利的。例如，一个设计好的镜头装配将绕着镜头的节点转动，这样可以在校准过程保证焦距。这种情况容易被 ZEMAX 通过在节点处使用一个虚拟表面来模拟。简单地将起始表面 (Int1) 变成在节点处的虚拟表面，这样转动将绕着那一点进行。第一个表面可以被定位在与镜头组的其余部分有关的任意点上，因此倾斜可以绕着任意点发生。

TETX、TETY、和 TETZ 操作数可以被嵌套。例如，分析一个由表面 5 到 20 定义的表面组的倾斜是可能的，同样也可以同时分析由表面 5~8、8~12、14~20 等等定义的元件的倾斜。这个功能可以模仿在一个装配中的元件的校准误差，以及在整个装配中的校准误差。这个嵌套的规则在“Monte Carlo 分析的嵌套规则”一节中将作完整的说明。

TUDX, TUDY, TUTX, TUTY, TUTZ : 用户自定义倾斜/偏心

这五个公差，TUDX、TUDY、TUTX、TUTY、和 TUTZ，被用作更一般的用户自定义倾斜和偏心。这些名字是代表用户自定义偏心/倾斜 X、Y、和 Z 公差的记忆码。这些与 TEDX、TEDY、TETX、和 TETY 非常相似。其不同之处在于，ZEMAX 不会自动插入要求坐标断点表面来完成在公差范围内的指定的偏心和倾斜。为了使用 TUDX、TUDY、TUTX、TUTY、和 TUTZ 命令，你必须已经将由 Int1 指定的表面定义成一个坐标断点表面。通常，但不是一直，在镜头数据编辑界面中的后面将会有第二个坐标断点，它有一个关于这个公差

参数的拾取求解。这个求解可以是正的或者负的，根据情况决定。这允许通过一定要求的手段来实现一些关于任意点复杂的转动和偏心。有一点是很重要的，那就是为使用 Tuxx 公差而插入的坐标断点对所有的倾斜和偏心有一个零的名义值。

最小值和最大值对于 TUDX 和 TUDY 是以镜头长度单位为单位的，对于 TUTX、TUTY、和 TUTZ 是以度为单位的，就象坐标断点表面一样。

不规则表面类型的公差规定

公差操作数 TSDX、TSDY、TSTX、TSTY、和 TIRR 都使用不规则表面类型来模拟镜头表面的波动。关于不规则表面的详细说明可参见“表面类型”一章。

使用不规则表面类型的压倒性的优势在于速度、简易、和机动性。任意的标准的表面类型都可以被转化成一个不规则表面类型，而不需要虚拟表面和坐标断点。而且，倾斜、偏心、和不规则度的聚合效果可以完全通过使用 Monte Carlo 分析来模拟。当 ZEMAX 使用操作数 TSDX、TSDY、TSTX、TSTY、和 TIRR 来计算公差分析时，先要把表面从一个标准表面类型转化成一个不规则表面类型。这就是为什么在使用这些操作数时，只支持标准表面类型的原因。

公差控制操作数

这里也有一些公差控制操作数，它们可以被输入到公差数据编辑界面中。这些操作数不是公差，但是可以被用来定义补偿，为了进一步的评价而保存中间结果，定义统计性质，以及为光圈公差定义测试波长。

公差控制操作数

名 称	Int1	Int2	说 明
CEDV	表面编号	特殊数据编号	设置一个特殊数据值作为一个补偿
CMCO	操作数编号	结构操作数编号	设置一个多种结构操作数值作为一个补偿
COMP	表面编号	代码	设置一个补偿。代码是 : 0 代表厚度 ; 1 代表半径 ; 2 代表圆锥常数
CPAR	表面编号	参数编号	设置一个参数作为一个补偿
SAVE	文件编号	—	保存被用来评价在编辑界面中的前面行中的公差的文件。参见下面的说明
STAT	类型	标准偏离的编号	对于随意选择的 Monte Carlo 参数分析设置统计分配的类型。参见下面的说明
TWAV	—	—	这个操作数设置了测试波长。“最小值”栏被用来编辑和显示这个测试波长

公差控制操作数在下面将被详细说明。

CEDV : 定义特殊数据值补偿

CEDV 被用来定义补偿的表面编号和特殊数据编号, 以供公差分析使用。Int1 被用来指定表面, Int2 被用来定义特殊数据编号。例如, 为了指定表面 9 的特殊数据值 17 为一个补偿, 使用 Int1=9、Int2=17 的 CEDV。

可参见“表面类型”一章的表格, 它定义了哪些特殊数据被哪些表面类型所使用。最小值和最大值的用法与它们作为 COMP 是一样的。可以定义的补偿的数目没有被限制。

CMCO : 定义多种结构操作数补偿

CMCO 被用来定义补偿的操作数编号和结构编号,以供公差分析使用。Int1 被用来指定操作数编号,Int2 被用来定义结构编号。例如,为了指定结构 4 中的多种结构操作数 6 为一个补偿,可是用 Int1=6、Int2=4 的 CMCO。

关于使用多种结构操作数的信息可参见“多种结构”一章。最小值和最大值的用法与它们作为 COMP 是一样的。可以定义的补偿的数目没有被限制。

COMP : 定义补偿

COMP 被用来定义补偿的表面编号和类型,以供公差分析使用。Int1 被用来指定表面,Int2 被用来定义类型。Int2 使用一个定义如下的“代码”:

Int2=0, 补偿为厚度

Int2= 1, 补偿为曲率半径

Int2=2, 补偿为圆锥常数

COMP 操作数的最小值和最大值指出了补偿的最大允许变化量。例如,如果一个补偿的名义值为 50,最小值和最大值是-1.0 和 1.0,那么这个补偿将被限制在 49.0 和 51.0 之间。如果选择了“用户自定义评价函数”,则尽管仍然使用补偿,但这个补偿的边界将被忽略。

可以定义的补偿的数目没有被限制。

CPAR : 定义参数补偿

CPAR 被用来定义补偿的表面编号和参数编号,以供公差分析使用。Int1 被用来指定表面,Int2 被用来定义参数编号。例如,为了指定表面 5 的参数 2 为一个补偿,使用 Int1=5、Int2=2 的 CPAR。

参见“表面类型”一章的表格,它定义了哪些参数被哪些表面类型所使用。最小值和最大值的用法与它们作为 COMP 是一样的。可以定义的补偿的数目没有被限制。

SAVE : 保存灵敏度分析镜头

公差特性的操作数不总是明确的，特别对于那些使用坐标断点或者不寻常的评价函数的系统。为了得到一个最近的结果来看看公差程序实际上在做什么，可以使用 SAVE 操作数。SAVE 被插入到任意你想要更详细检查的公差的后面。

例如，假设在公差数据编辑界面中你有一个公差操作数 TEDX。在回顾最后的灵敏度之后，评价函数的改变看起来不再有意义了。在公差数据编辑界面中编辑公差操作数来在这个 TEDX 命令后面增加一个 SAVE 命令。对于 Int1 的值，可以输入 0 或其它数字。

下一次运行公差分析时，ZEMAX 将把用来计算 TEDX 公差的文件保存到一个名为 TSAV000n.ZMX 的文件中，这里 n 是在 Int1 栏中指定的整数。

这个镜头文件将被保存在与当前镜头相同的目录中。ZEMAX 将保存被用来在一个 ZMX 格式文件中评价前述公差的镜头。以通常的方式运行这个公差文件，然后载入你指定的文件名。它将告诉你指示数据、坐标断点、拾取、变量（它们是被最佳调整的补偿）以及被用来测定评价函数数据的评价函数（通常是对于最大公差值）。这个过程将让你去检验实际上的结构是你正试着要模拟的结构，将让你洞察 ZEMAX 是如何调整你的镜头指示来测定公差。

STAT : 定义统计

STAT 被用来在 Monte Carlo 分析过程中定义“飞行”统计。STAT 命令采取了两个整数自变量。Int1 指定了统计类型：0 代表正态分布；1 代表均匀分布；2 代表抛物线分布；3 代表用户自定义分布统计。Int2 的值仅仅被正态分布使用，它定义了“n”，平均和极值公差之间的标准偏离的数值。

统计类型将在这一章的后面部分的“Monte Carlo 分析”一节中将详细定义。

TWAV : 测试波长

版权声明：本文由“光学在线”收集及整理，所有版权归文章原始作者所有（本站均注明出处和作者），“光学在线”是一个介绍光学及相关科学的专业网站，其宗旨在于推广光学和相关学科以及光电产业在中国的传播和发展，不为任何赢利目的，所以传播此文的目的进行学术交流，如果您有任何意见和建议，请与我们联系（info@photics.net），我们会在最短的时间内给您答复并采取相应的补救措施！

这个操作数设置了测试波长。当设置默认公差时, ZEMAX 将增加一个 TWAV 操作数, 它一个 0.6328 微米 (HeNe) 的值作为这个测试波长。如果没有定义测试波长, 那么 ZEMAX 默认这个为主波长。可以在操作数列表中放置多于一个的 TWAV 操作数; 每个操作数都为其后面的操作数定义了测试波长。仅仅那些最小值和最大值以光圈形式被测量的操作数才被这个设置所影响。公差数据编辑界面中的“最小值”栏被用来编辑和显示这个测试波长。

默认公差的定义

可以从公差数据编辑界面的菜单栏中选择工具、默认公差来定义默认公差。可以从主菜单中选择编辑、公差数据来激活公差数据编辑界面。

默认公差对话框包含了以公差类型分类的几个选项:

表面公差

半径: 如果选择了这个选择项, 那么将包括默认的半径公差。默认的公差可以由一个以镜头长度单位表示的固定距离或者由在测试波长处的厚度光圈 (由操作数 TWAV 定义) 来指定。这个公差仅仅被放在那些有光学功能的表面上, 这样就排除了那些两边有相同折射率虚拟表面。如果表面是一个平面, 则默认的公差值被指定作为一个以光圈表示的变化量, 即使选择了其它选项也是这样。

厚度: 如果被选中, 则在每个顶点间隔上将指定一个厚度公差。ZEMAX 假设所有的厚度变化只影响那个表面和与那个元件相接触的其它表面; 因此, 在这个厚度后面的第一个空气间隔被用作一个补偿。详细内容可参见这一章前面的关于 TTHI 的详细说明。

偏心 X/Y: 如果被选中, 偏心公差被加到每个独立的镜头表面中。公差被定义作为一个以镜头长度单位表示的固定偏心数量。ZEMAX 使用 TSDX 和 TSDY 来表示标准表面的偏心, 使用 TEDX 和 TEDY 来表示非标准表面的偏心。

倾斜 (TIR) X/Y: 如果被选中, 则一个以镜头长度单位或者度表示的倾斜或者“全反射”公差被加到每个镜头表面中。ZEMAX 使用

TSTX 和 TSTY 来表示以度为单位的标准表面倾斜, 使用 TETX 和 TETY 来表示以度为单位的非标准表面倾斜。

S+A 不规则 : 如果被选中, 则在每个标准表面上指定一个球形的象散不规则。详细内容可参见前面给出的 TIRR 的描述。

泽尼克不规则 : 如果被选中, 将在每个标准表面上指定一个泽尼克不规则。详细内容可参见前面给出的 TEXI 的描述。

折射率 : TIND 被用来模拟折射率的变化。

阿贝常数 : TABB 被用来模拟阿贝常数的变化。

元件公差

偏心 X/Y : 如果被选中, 则偏心公差将被加到在每个镜头组上去。公差可以被定义为一个以镜头长度单位表示的固定偏心数量。

倾斜 X/Y : 如果被选中, 一个以度表示的倾斜公差将被加到每个镜头组和表面上去。重要的一点是要注意系统默认镜头组绕着这个镜头组的第一个表面的顶点倾斜。关于绕着一些其它点倾斜的信息可参见在这一章前面介绍的 TETX 和 TETY 部分。

除了公差定义以外, 在这个对话框中还有另外两个选项 :

起始行 : 这个控制指出了默认公差应该被放在公差数据编辑界面中的哪个地方。如果行号大于 1, 那么从指定的行号开始附加新的默认公差。

使用焦距补偿 : 如果被选中, 则将定义一个默认的后焦距 (象面之前的厚度) 补偿。至少要使用一个补偿才能大大缓解一定的公差, 然而, 补偿是否被使用则要依赖于设计的具体情况。也可以定义其它补偿。更多的信息可参见 “ 补偿的定义 ” 部分。

这里有六个按钮 :

OK : 接受这些设置, 并产生默认公差。

Cancel : 关闭对话框, 但不改变默认公差。

Save : 保存这个设置, 以供特性使用。

版权声明 : 本文由 “ 光学在线 ” 收集及整理, 所有版权归文章原始作者所有 (本站均注明出处和作者), “ 光学在线 ” 是一个介绍光学及相关科学的专业网站, 其宗旨在于推广光学和相关学科以及光电产业在中国的传播和发展, 不为任何赢利目的, 所以传播此文的目的旨在进行学术性质的交流, 如果您有任何意见和看法, 请与我们联系 (info@photics.net), 我们会在最短的时间内给您答复并采取相应的补救措施 !

Load : 恢复前面保存的设置。

Reset : 将设置恢复到默认值。

Help : 调用在线帮助系统。

系统默认, ZEMAX 允许的 Monte Carlo 分析从一个高斯“正态”分布中摘取一个任意值。一旦定义了默认公差, 它们将和镜头文件一起被自动保存。如果在镜头数据编辑界面中插入另外的表面, 则公差表面将自动被重新编号。

补偿的定义

在这里可以定义许多不同的补偿: 任意一个表面或者一些表面的厚度(使用地最多), 曲率, 圆锥常数, 任意的参数或者特殊数据值。多种结构操作数也可以被定义作为一个补偿。对于使用特殊组成的倾斜和偏心作为补偿, 参数值是很有用的。要被倾斜的表面必须已经被定义成一个坐标断点(或者也许是一个倾斜表面), 并按要求带有一些适当的拾取求解。

系统默认象面焦距被指定作为一个补偿。你可以增加或者删除补偿来使这个分析适合你的特殊情况, 可以使用任意多的补偿。通常, 使用更多的补偿将放宽公差, 但使系统的实际校准复杂化。

可以使用公差操作数 COMP、CPAR、CEDV、和 CMCO 来定义所有的补偿。操作数的定义在“公差控制操作数”一节中描述。

当使用一个过程来定义公差程序时, 补偿可以被修改, 在模拟的校准过程的不同阶段可以定义不同的公差组合。关于这个选项的详细内容, 可参见这一章后面的“公差过程的使用”部分。

公差分析的执行

一旦所有的公差操作数和补偿都被定义好了, 则可以执行公差分析了。为了执行公差分析, 从主程序菜单栏中的工具菜单中选择公差规定。

显示的对话框有几个控制, 它们被说明如下:

版权申明: 本文由“光学在线”收集及整理, 所有版权归文章原始作者所有(本站均注明出处和作者), “光学在线”是一个介绍光学及相关科学的专业网站, 其宗旨在于推广光学和相关学科以及光电产业在中国的传播和发展, 不为任何赢利目的, 所以传播此文的目的进行学术交流, 如果您有任何意见和建议, 请与我们联系(info@photics.net), 我们会在最短的时间内给您答复并采取相应的补救措施!

快速公差模式：本来，快速公差规定仅仅考虑了以近轴后焦距误差作为补偿的情况下的变化；其它所有的公差都将被忽略。快速模式对于粗略的公差规定是非常有用的，它的速度通常是标准模式的公差规定的 50 倍。

评价：评价控制被用来指出什么将被用作一个评价图形。其选项为：

RMS 斑点尺寸（半径，x，或者 y）：这对于那些不接近于衍射极限的系统来说是最好的选择；例如，那些象差大于 1 个波长的系统。这是一个最快速的选项。对于这个公差分析 ZEMAX 总是采用质心参考。

RMS 波前：这对于那些接近于衍射极限的系统来说是最好的选择；例如，那些象差小于 1 个波长的系统。它几乎和 RMS 斑点尺寸一样快。对于这个公差分析 ZEMAX 总是采用质心参考。

评价函数：使用一个镜头定义好了的评价函数。这对于用户自定义公差规定标准来说是有用的。对于那些有非对称视场，或者有拦光的重要的表面口径的系统，用户自定义评价函数也是被要求的。如果使用了用户自定义评价函数，则没有边界约束将会被自动加到这个评价函数中。

几何或者衍射 MTF（平均，子午，或者弧矢）：这对于那些需要一个 MTF 说明的系统来说是最好的选择。如果选择了平均，则使用子午和弧矢反应的平均值。如果选择了几何 MTF，ZEMAX 将使用 MTF 的近似值，这样计算起来是快速的，对于公差规定目的来说是足够精确的。如果公差被放宽了，则基于 MTF 公差规定的衍射可能是有问题的，这是因为如果 OPD 误差太大了，则衍射 MTF 可能是不可计算的，或者是没有意义的。如果空间频率是足够高的，并且对于 MTF 的结果是足够差的，以致于在低于陪分析的频率的一些频率处达到了零，这尤其是正确的。MTF 是最慢的默认标准，基于计算的衍射要比几何慢一点。MTF 是子午和

弧矢反应的平均值。MTF 被计算处的频率是在“ MTF 频率 ”控制中被指定的。

瞄准误差 :瞄准误差被定义为轴上视场追迹的主光线的半径坐标除以有效焦距。这个定义产生了象的角度偏离的一个测量。ZEMAX 通过仅仅使用一个 BSER 操作数 (关于 BSER 的详细内容可参见优化一章) 来模拟瞄准误差。任意元件或者表面的偏心或者倾斜都将趋向于偏离主光线和增加 BSER 操作数的值。瞄准误差总是在主波长处被计算的,以弧度表示。这个标准仅仅被那些半径对称系统所使用。注意,瞄准误差没有给出象质的指标 ;它仅仅是轴上光线偏离的一个测量。

用户过程 :一个用户过程是一个宏,象一个命令文件,它在公差规定过程中定义了用作镜头的校准和评估的过程。关于这个选项的详细内容,可以参见这一章后面的“ 公差过程的使用 ”部分。

模式 :模式是灵敏度或者反转灵敏度。灵敏度分析计算了对应于每个公差极值的评价函数的变化。反转灵敏度分析计算了每个公差的值,它导致了由最大标准指定的结果的降低。反转灵敏度模式将改变公差操作数的最小值和最大值。更多的信息可参见这一章中其它地方的关于“ 最大标准 ”和“ 反转灵敏度 ”的描述。

过程 :如果要使用用户过程评价函数,这就是这个过程的名称。用户过程必须是一个以扩展名 TSC 结尾的 ASCII 码文件,必须在与可执行的 ZEMAX.EXE 程序相同的目录中。

MTF 频率 :如果 MTF 被选择作为一个评价,那么这个控制是起作用的,被用来作为 MTF 频率的定义。MTF 总是在象空间中被测量的,以线对每毫米表示。

最大标准 :在使用反转灵敏度模式时,这个控制是起作用的,被用来定义对于反转公差计算的可接受结果的限制。例如,假设评价是 RMS 半径尺寸,一个系统的名义 RMS 为.035mm。如果最大标准被设为 0.050,那么 ZEMAX 将计算每个公差的最小值和最大值,它将结果降低称为一个值为 0.050 的 RMS 斑点尺寸。最大标准必须表现出比

名义系统所要求的更差的结果。当使用 MTF 作为一个评价，则最大标准是更低的 MTF 范围，因为更低的数值象征着更差的结果。可以通过按下在最大标准编辑窗口附近“？”来计算当前选择的标准的的名义评价函数。

视场：通常来讲，用作优化和分析的视场定义对于公差规定是不适合的。例如，一个旋转对称镜头可以使用 0、7、和 10 度的视场定义。对于公差规定目的，当分析倾斜或者偏心公差时，视场定义的对称性的缺乏可能会导致错误的结果。当为公差规定而构建一个评价函数时，ZEMAX 可以使用三个不同的视场设置：

Y 对称：ZEMAX 计算最大的视场坐标，然后仅仅在 Y 方向上的 +1.0、+0.7、0.0、-0.7、和 -1.0 乘以最大视场坐标处定义新的视场点。X 方向的所有值全都被设为零。这对于旋转对称镜头是默认的。

XY 对称：类似于 Y 对称，只不过这里要使用 9 个视场点。那 5 个 Y 对称点被使用，仅仅在 X 方向上增加了 -1.0、-0.7、+0.7、和 +1.0。

用户自定义：使用在当前镜头文件中存在的视场定义。当使用渐晕因子、规定多重结构镜头的公差、或者使用公差过程时，需要这个选项。当规定非旋转对称镜头或者带有复杂的视场权重的镜头时，也高度推荐使用用户自定义视场。

如果用户自定义视场被使用，则将不执行权重的调节。对于 Y 对称情况，中心点有一个 2.0 的权重，其它所有的点都有一个 1.0 的权重。

对于 XY 对称，中心点有一个 4.0 的权重，其它所有的点为单位量。

采样：采样被用来设置在计算公差评价函数时要追迹多少条光线。越高的采样追迹越多的光线，给出越好的结果。然而，执行时间也将增加。通常，一个 3 的采样对于光学系统的质量来说时足够的了。有高的象差数量的系统要求的采样比低象差的系统要高。

决定最好的采样设置的最可靠的方法是先在采样为 3 的情况下运行，然后再在采样为 4 的情况下运行。如果结果有适度的改变，则使用高的设置。如果它们有较大的改变，则要检查更高的采样设置。如果结果改变不多，则返回到较低的采样。设置比要求更高的采样只会增加计算的时间，而不会增加结果的精确性。

执行灵敏度 :如果这个选项被选中则将执行灵敏度(或者反转灵敏度) 分析。如果这个选项没被选中, 则它将绕过灵敏度部分和过程, 直接到 Monte Carlo 模拟。

优化循环# :这决定了 ZEMAX 将如何严格地努力去优化补偿值。如果被设为自动, 则 ZEMAX 将调用“ 自动 ”模式的优化, 它将运行优化, 直到补偿的优化已会聚于一点了。对于粗略的公差规定, 可以使用低的数值, 如 1、2、或者 3。如果补偿是很难优化的, 则一个较高的设置将会提高精度。如果选择了太少的优化循环, 则公差将是比较讨厌的; 预知的结果将比实际结果要差。“ 自动 ”设置用起来是最安全的。较高的设置是以运行时间为代价来提高精度的。仅仅在快速模式被关闭时采用这个选项。

显示描述 :如果被选中, 每个公差操作数的意义的一个完整描述将在分析报告中被提供。如果没被选中, 则仅仅列出公差操作数的缩写。

显示补偿 :系统默认, 在灵敏度分析过程中补偿不会被打印出来。如果这个选项被选中, 每个补偿值将和每个公差在评价函数中的变化一起被打印出来。

Monte Carlo :这个控制被用来指定将要执行多少 Monte Carlo 模拟。20 的默认设置值将产生 20 个符合指定的公差的随机镜头。更详细的内容可参见“ Monte Carlo 模拟 ”部分。Monte Carlo 运转的数目可以被设为零, 这将从摘要报告中省略 Monte Carlo 分析。

统计 :选择高斯“ 正态 ”分布、“ 均匀 ”分布、或者“ 抛物线 ”分布。这个设置仅仅被 Monte Carlo 分析使用; 参见关于统计模式和“ STAT ”命令的详细说明, 这个命令提供了对使用的统计模式的详细控制。

保存 MC 运行 :这个选项被用来保存在 Monte Carlo 分析过程中产生的指定数目的镜头文件。这个值指定了被保存的镜头文件的最大个数。例如, 假设选择了 20。在产生第一个 Monte Carlo 镜头之后, 这个镜头文件将被保存到文件 MC_T0001.ZMX 中。第二个 Monte Carlo 镜头文件将被产生, 然后被保存到文件 MC_T0002.ZMX 中, 等等。仅仅开始的 20 个 Monte Carlo 镜头被保存(最后一个为 MC_T0020.ZMX)。如果少于 20 个的 Monte Carlo 运行被要求, 则保存少于 20 个的镜头。要确保你没有名为 MC_Txxxx.ZMX 的镜头文

件,因为当这些文件被保存时 ZEMAX 将覆盖这些文件,而没有警告。这个特性的目的是为了进一步研究由 Monte Carlo 特性产生的镜头。结构#:对于多重结构镜头,这指出了哪个结构将被用来规定公差。仅仅选择的结构才被考虑,这个结构的编号将在最后的报告中被打印出来。如果选择了“所有”,则所有的结构将被同时考虑;在这种情况下,仅仅允许使用一个用户自定义评价函数和用户自定义视场。隐藏除最差外的其它所有:如果选择了,则所有的灵敏度数据的打印都将被关闭。这对于减小输出报告的尺寸是很有用的。“隐藏”选择栏通常与“显示最差”控制联系起来使用。“显示最差”控制可以被设置来仅仅分类和显示一定数量的公差操作数;这允许仅仅打印输出最严格的公差的限制。

显示最差:参见上面的“隐藏除最差外的其它所有”。

单独列出视场:当被选择时,ZEMAX 将分别对每个视场点列出预报结果。这允许将镜头结果作为一个视场位置的函数来详细检查。对于每个视场点在 Monte Carlo 分析中的标准、最好、最差、平均、和标准偏离都将被列出。

强制光线瞄准:如果被规定公差的镜头已经使用了光线瞄准,则在估计公差时将使用光线瞄准。如果光线瞄准没有使用,则仅当选择了这个选择栏时才使用光线瞄准。通常,光线瞄准的使用将产生更精确的结果,但计算速度也更慢。对于初步或者粗略的公差工作,将这个开关拨向默认值“关闭”,但对于最后或者精确的公差工作,则将这个开关设为“打开”。

覆盖 MC 图表:如果被选择了,对于每个 Monte Carlo 产生的镜头,每个打开的分析图表窗口(如光线特性图或者 MTF 曲线图)都将被更新和覆盖。对于显示模拟镜头的结果的总的范围,这个最后图表是很有用的。那些不会自动改变比例的分析图形是最有用的,如 MTF、MTF vs. 高度、能量圈、和其它允许用户定义固定比例的图表,如光线特性图。静态、文本、和编辑窗口不会被更新。在公差分析完成以后,被覆盖的图形窗口将被标记作为静态窗口。对于每个 MC 镜头来计算每个分析图表的时间将明显地减慢公差分析的速度。

状态:在公差分析的计算过程中,公差法则用这个控制被来提供状态信息。

在这个对话框的底部也有六个按钮：

OK：使用当前的选项来执行公差分析。

Cancel：不执行公差分析而退出这个对话框。

Terminate：终止公差分析。

Save：保存当前选择的选项，以供进一步使用。

Load：恢复前面保存的设置。

Reset：将设置恢复为默认值。

一旦所有的选项都被选择好了，按下 OK 以开始公差分析。关于计算方法的详细内容在下一节中被提供。

ZEMAX 是如何计算公差分析的

ZEMAX 通过将这个镜头保存到一个临时文件中开始公差分析，在公差分析完成以后这个临时文件将被用来恢复这个镜头。在公差规定中所作的所有改变最后都将被丢弃，最初的镜头文件将不作修改地被恢复。例外情况是在反转灵敏度分析过程中，在那里公差数据最小和最大限制可以被改变。

然后 ZEMAX 将取消所有的变量。求解可以被留下来，然而，求解可能会在公差规定过程中导致一些问题；更多的信息可参见这一章后面的“带有求解的公差规定”部分。

公差操作数被读取，以及由指定的 COMP 和 CPAR 定义的补偿参数被设为变量。如果使用了一个公差过程，则在这个公差规定过程中定义的补偿可以被修改。

如果在被规定公差的镜头中，光线瞄准是被打开的，或者如果“强制光线瞄准”开关被选择了，那么在公差的估计中将使用光线瞄准，否则，光线瞄准将被关闭。使用光线瞄准计算的公差是更准确的，但执行速度也较慢。关于光线瞄准的详细内容可参见“系统菜单”一章。

然后 ZEMAX 使用在公差对话框上的评价、视场、MTF 频率、和采样设置来为公差规定定义一个适当的评价函数。由于这是仅仅对这个临时文件所做的，所以为这个镜头所作的原始评价函数不会被扰乱。

边界约束被加到评价函数中来将补偿限制到使用 COMP 和 CPAR 命令指定的最小和最大边界内。如果使用了一个用户自定义评价函数，或者如果快速模式是打开的，则关于补偿的边界约束被忽略。

然后 ZEMAX 调用优化函数对于定义的补偿来查找最好的值。然后保存最后的镜头文件,以供公差规定法则后面使用。如果快速模式是打开的(见下),则仅仅调整后焦距,而不是优化这个镜头。

这个镜头的评价函数被认为是“名义”评价函数。注意,这个名义评价函数值与在优化或者评价函数编辑窗口中被报告的评价函数值通常是不一样的,因为 ZEMAX 仅仅为公差规定的使用构建了一个新的评价函数。

然后 ZEMAX 继续运行灵敏度、反转灵敏度、或者 Monte Carlo 分析,如下所述。

快速公差规定模式

对于公差的评估,ZEMAX 有两种方法:快速和标准。如果“快速公差”模式被选择,则要采取几个假设,这将大大加快公差评估的速度。首先,所有定义的补偿和补偿边界约束全都被忽略掉。使用一个简单的焦距误差求解来将后焦距作为一个补偿来执行。这意味着这个焦距要被调整来保持这个名义镜头设计中离焦数量,而不会努力将后焦距重新优化地正好。

这些假定大大加速了公差评估,导致这个分析提高了大约 50 倍的速度。如果后焦距是唯一被要求的补偿,则快速模式是高精度的;具有代表性的是,快速模式的结果在慢得多的标准模式的结果的几个百分数。

如果快速模式没有被打开,则 ZEMAX 将使用优化法则来寻找所有补偿的最好的值。

如果后焦距是唯一的补偿,则快速公差模式是非常快的、正确的、而且应该被使用,这个系统可以被近轴光线描述得很好,如果那些旋转对称的系统。如果系统是高度非对称的或者有多个补偿,则不应该使用快速公差。当搞不清楚时,则可运行两种模式,然后比较结果。

在快速模式打开或者关闭时,灵敏度、反转灵敏度、或者 Monte Carlo 分析法则都可以工作。由于快速模式不能很好地优化补偿,所以快速模式的结果通常比标准模式的结果要麻烦一点。

灵敏度分析

对于灵敏度分析,将使用下面的法则对每个公差进行独立求值:恢复临时镜头。

将其公差要被评估的参数调整到极小值。例如, 如果被评估的公差是 TRAD, 其名义值为 100mm, 有一个为-0.1 的最小公差值, 则这个半径被设为 99.9。如果这个公差是一个倾斜或者偏心公差, 则按要求插入虚拟坐标断点来模拟这个波动。对于表面倾斜和偏心, 如 TSDX、TSDY、TSTX、TSTY、TIRX 或者 TIRY, 如果这个表面开始是一种标准类型, 则将使用不规则表面类型。

调整补偿。使用的方法依赖于快速模式是否被打开, 详细内容可参见这一节的前面部分。

最后的评价函数将被打印到报告上。

对于最大公差值重复这个过程。

对于每个公差操作数来说, 这个基本法则是重复的。

灵敏度分析的评价是在增加评价函数值方面, 太宽松的公差通常比其它公差要有更大的贡献。这个技巧允许设计者来识别对于某些误差, 如倾斜或者偏心, 有高灵敏度的表面。通常, 对于不同的误差, 不同的表面也将有不同的灵敏度。灵敏度分析帮助来识别哪个公差需要被加紧, 哪个公差需要被放松。这对于寻找最佳 (和最小) 的补偿的数量和调整的要求范围也是有利的。实际上, 对于这个特性有更多的应用程序; 例如, 设计装配镜头来最佳化补偿杠杆。

➡ 灵敏度分析帮助来识别哪个公差需要被加紧, 哪个公差需要被放松

输出的数量可以是最重要的, 尤其对于有许多元件和相应的许多公差的镜头。通常, 在所有可能的公差范围内, 公差灵敏度的变化是非常大的。“显示最差”控制对于总结最差事故是非常有用的, 因为它可以根据对评价函数的贡献将公差分类, 然后以递减的次序打印出来。如果只关心最差事故, 则“隐藏除最差外的其它所有”可以控制打印的大小。

在计算完所有单独的公差以后, ZEMAX 然后将计算统计的变化, 其最重要的是在评价函数标准中可估计的变化和相应的可估计的结果。对于结果中可估计的变化的计算, ZEMAX 采用了一个平方根的和的平方 (RSS) 的假设。对于每个公差, 结果相对于名义值的变化被平方, 然后在最小和最大公差值之间取它们的平均值。然后将所有的公差的这个最后被平均的平方值加起来, 再取这个结果的平方根。

采用最小和最大公差值的平均值是因为最小和最大公差值不能同时出现, 因此平方值的总和将导致一个非常讨厌的预报。而这个最后的 RSS 是结果的可估计的变化。

反转灵敏度分析

如果执行一个反转灵敏度分析, 则将以和灵敏度分析所采用的一样的方法来计算公差。然而, 当在最小和最大公差值之间作调整时, 将在一个循环体内重复地执行这个计算。这个调整将一直做, 直到最后的评价函数值近似等于在公差对话框中定义的最大标准值。

例如, 如果评价为 RMS 斑点尺寸, 名义评价值为 0.035, 最大标准为 0.050, 则 ZEMAX 将一直调整最小和最大公差值, 直到在这两个极值处这个评价值为 0.050。这里有一些这个规则的异常情况: 最大标准必须象征比名义结果更差的结果。如果名义结果比最大标准差, 则将出现一个错误信息, 公差分析不再被执行。

如果最小和最大公差值调整导致了比名义系统更好的结果, 则这个公差设置不能被修改, 将报告这个最后的更好的结果。在规定半径公差的时候, 当系统由于 F/# 的增加而改善时, 这种情况可能会发生。

如果公差的起始值产生了比最大标准值更好的结果, 这个公差不再被调整。这意味着在反转灵敏度分析过程中, 公差不会被放松, 只能被收紧。例如, 如果名义值为 0.035, 最大标准为 0.050, 最初的公差产生一个 0.040 的结果, 则这个公差不会被增加。为了计算准确的限制, 首先必须在公差数据编辑界面中放松公差, 然后重复反转灵敏度分析。这样做是为了防止公差比必要的公差还要松。通常, 比一些合理的数值更松的公差不会降低制造成本。

使用新调整的公差值来计算可估计的结果变化, 其方法与对灵敏度分析所用的是相同的。反转灵敏度分析有利于收紧单独的公差, 所以没有一个缺点对于结果降低有太大的贡献。

➡ 反转灵敏度分析有利于收紧单独的公差, 所以没有一个缺点对于结果降低有太大的贡献

注意, 对于每个公差独立计算它的反转灵敏度的最大标准限制。结果估计的总体降低仍将有所独立增加的 RSS 给出。

Monte Carlo 分析

与灵敏度分析和反转灵敏度分析不同, Monte Carlo 分析将同时

模拟所有波动的效果。



Monte Carlo 分析将同时模拟所有波动的效果

对于每个 Monte Carlo 循环,所有已指定公差参数都可以由其定义的范围和那个参数对于整个指定范围的一个分布的统计模式来随机设定。系统默认,假设所有公差都遵循相同的正态分布,它在最大和最小允许极值之间有一个四倍标准偏离大小的总宽度。例如,公差为+4.0/-0.0mm、值为 100mm 的半径将被赋予在 100.00mm 与 104.00mm 之间一个随机值,一个居中的在 102.00mm 处的名义贡献,和一个 1.0mm 的标准偏离。

可以使用 STAT 命令来改变这个默认的模式。每个公差操作数对于这个统计分布可以有一个独立的定义,或者有相同统计分布形式的操作数可以被分成一组。所有跟有一个 STAT 命令的公差操作数将使用由那个 STAT 命令定义的统计分布。可以在公差数据编辑界面中放置和你想要的一样多的 STAT 命令。

STAT 命令采用两个自变量,Int1 和 Int2。Int1 将被设为:0 代表正态;1 代表均匀;2 代表抛物线;3 代表用户自定义统计。仅仅对于正态统计,Int2 值将被设为那个参数的平均值和极值之间的标准偏离值。

有效的统计分布介绍如下。

正态统计分布

默认分布是一个可修改的高斯“正态”分布,其形式为:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}ns} \exp\left(-\frac{x^2}{2s^2}\right), \quad -ns \leq x \leq ns。$$

这个修正是随机选择的值 x (由到两个极值公差值之间的中点的一个偏移来测定) 被限制在“ n ”个为零标准偏离之内。默认的“ n ”只为 2,然而,“ n ”可以使用前面定义的 STAT 命令的 Int2 自变量来改变。这样做是为了确保选择的值不会超出指定的公差。这个标准被设为“ n ”的倒数乘以这个公差的最大范围的一半。例如,如果“ n ”为 2,厚度的名义值为 100mm,公差为+3 和-1mm,则应该从一个平均值为 101mm、范围为正负 2mm,标准偏离为 1.0mm 的正态分布中摘取这个选择值。如果“ n ”为 5,则这个标准偏离为 0.4。“ n ”越大,选择的值靠近公差极值的平均值的可能性就越大。“ n ”越小,正态分布看起来就越象均匀分布。

均匀统计分布

均匀分布的形式为：

$$p(x) = \frac{1}{2\Delta}, \quad -\Delta \leq x \leq \Delta。$$

Δ 值为最小和最大公差值之间的差值的一半。注意，这个随机选择的值将以相同的概率分布在指定的公差极值之间的任意地方。

抛物线统计分布

抛物线分布的形式为：

$$p(x) = \left(\frac{3x^2}{2\Delta^3} \right), \quad (-\Delta \leq x \leq \Delta),$$

这里 Δ 的定义与均匀分布的完全相同。抛物线分布产生的选择值看起来更象在公差范围的极值处得到的，而不是象正态分布那样在中值附近。

用户自定义统计分布

用户自定义统计分布是由一个带有列成表格的分布数据的 ASCII 码文件来定义的。一个普通的概率函数可以被定义为：

$$p(x_i) = T_i, \quad 0.0 \leq x \leq 1.0,$$

这里 T 值相对于离散的 x 值被列成表格。这个普通的分布可以在数学上被结合起来，以及从这些表格值的整体来说，一个可估计的 x 值可以与表格分布象匹配的统计形式随机产生。这个文件的格式是两栏数据，如下：

X1 T1

X2 T2

X3 T3

.....等等。

这里 X 值是 0.0 和 1.0 之间的单调递增的浮点数，包括这两个数， T 是对应于 X 值而得到的概率。注意，ZEMAX 使用了一个覆盖从 0.0 到 1.0 的范围的一个概率分布，因此第一个定义的 $X1$ 值必须等于 0.0（它可以有任意的概率 $T1$ ，包括零），最后一个定义的值必须是值为 1.0 的 Xn 。最多可以使用 200 个点来定义 $X=0.0$ 和 $X=1.0$ 之间的分布。如果列出了太多的点，则将出现一个警告。

对于后面定义的每个公差操作数（直到到达另一个 STAT 命令），这个定义的最小和最大公差值将决定这个随机变量 X 的实际范围。例如，如果一个为 100.0 的值有一个 -0.0 和 +2.0 的公差，则这个概率

分布将扩展到 100.0 到 102.0 的范围。

一旦在一个文件中定义数据，则这个文件必须被放在与 ZEMAX 程序相同的目录中，这个文件名（以及扩展名）必须被放在公差数据编辑界面中的与 STAT 命令同行的注释栏中。这个 STAT 类型必须被设为“3”。

➡ 这个文件名（以及扩展名）必须被放在公差数据编辑界面中的与 STAT 命令同行的注释栏中

一个可能的分布为：

0.0 0.0
0.1 0.5
0.2 1.0
0.3 0.5
0.4 0.0
0.5 0.5
0.8 4.0
1.0 5.0

注意，X 数据值不需要被均匀隔开；在概率快速变化的区域内可以用更精密的间隔。这个分布有两个波峰，较高的波峰更高度倾斜向分布的最大值一边。

用户自定义统计分布是非常灵活的，可以被用来模拟任意一种概率分布，包括歪斜的、多个波峰、或者被测量的统计概率数据。在一个相同的公差分析中可以定义和使用多个分布。

Monte Carlo 分析方法的说明

注意，从正态分布到均匀分布再到抛物线分布，将连续产生一个更讨厌的分析，因此将产生更保守的公差。

➡ 注意，从正态分布到均匀分布再到抛物线分布，将连续产生一个更讨厌的分析，因此将产生更保守的公差

对于每个循环，将调整补偿，然后将这个评价函数和补偿的数值打印出来。在所有的 Monte Carlo 试验之后，将提供一个统计概要。

Monte Carlo 分析的值将同时考虑所有的公差来估计镜头的性能。与在系统中指定了“最差事故”的灵敏度分析不同，Monte Carlo 分析估计一个系统的符合指定公差的真实结果。提供的统计概要对于

那些被大量生产的镜头系统是非常有用的。那些是一种性质的镜头，由于不合理的采样，当然不会遵循这些统计。然而，Monte Carlo 分析仍然是有用的，因为它指出了一个单一镜头符合要求的规格的概率。

Monte Carlo 分析嵌套规则

当执行 Monte Carlo 分析时，将同时考虑所有公差。如果不遵循一定的规则，可能发生的情况是，定义的元件的倾斜和偏心操作数是相冲突的或者是不明确的。

公差，如 TEDX、TEDY、TETX、或者 TETY，要求 ZEMAX 在表面组的前面和后面插入坐标断点，然后将这个表面组作为一个整体来倾斜或者偏心。由第一个坐标断点所作的倾斜或者偏心必须由第二个坐标断点来撤消。仅仅当第一个和第二个坐标断点的顶点在 3D 空间的相同位置时才能做到这一点。ZEMAX 通过拾取和位置求解来保证这个条件。

如果由多个公差操作数指定的表面范围交迭一起，则这个方法将失败。例如，如果在表面 3~8 上有一个 TETX，在表面 5~12 上有后一个 TETX，则倾斜了 5~12 表面组的第一个坐标断点将改变表面 5~8 的位置，第一个表面组的第二个坐标断点将被移动。在这种情况下，ZEMAX 不能保证坐标断点能象事先想好的那样工作。实际上，交迭的坐标断点没有一个统一的解释，因此要去想象一个光学系统，在这个系统中它们有一个有意义的物理解释，这是很难的。

然而，公差是可以被嵌套的，因为嵌套对于倾斜和偏心意味着一个明确的顺序。例如，在表面 5~12 上的 TETX 后面跟着在表面 5~9 上的 TETX 和在表面 10~12 上的 TETX，是可以很好被执行的。这个顺序可以模拟一个有多个元件组成的装配的倾斜，每个元件可以在这个装配中自行倾斜。

嵌套规则是非常简单的：

- 1) 所有元件的倾斜和偏心公差必须被嵌套。
- 2) 在每个嵌套组中的最外面一对表面必须是第一个。

这是一套有效的操作数的例子：

TETX 5 12

TETX 5 10

TETX 11 12

这是一套无效的操作数：

TETX 5 12

TETX 9 15

TETX 5 15

第二个操作数是无效的，因为它部分与第一个操作数交迭（这违反了规则 1）。第三个操作数是无效的，因为虽然它与操作数 1 相嵌套，但它是两个操作数的最外面的范围（这违反了规则 2）。第二个操作数必须被删除或者修改，而第三个操作数可以被放在第一个操作数的前面来构造一个合法的列表：

TETX 5 15

TETX 5 12

注意，尽管一个操作数与前面的一个操作数分享一个或者两个表面限制，但它被认为是嵌套的，因此 TETX 5-15 后面可以跟另一个 TETX 5-15 或者 TETX 5-12 或者 TETX 13-15，但不能跟 TETX 4-13。

公差过程的使用

➡ 这个特性仅对 ZEMAX 的 EE 版本才有效

公差过程概述

公差过程是一个简单的宏，象一个命令文件，它定义了一个过程，按照它在公差规定过程中来评估一个镜头的性能。过程允许模拟一个镜头的一个复杂校准和评估过程。使用过程，可以采用下面的行动来一个有问题的镜头：

—增加或者删除补偿。

—载入一个新的评价函数。

—使用任意的评价函数来优化定义的补偿。

—监控和报告 ZEMAX 通过一个评价函数能计算的任意一个值（由于这个评价函数调用了 ZPL 宏指令，所以这实际上包括了 ZEMAX 可以计算任意一个值）。

—将在分析的任意一个阶段中的镜头保存为一个 ZMX 文件。

可以将任意多的这些操作组合到过程中；因此可以定义多个评价函数和补偿组。在公差分析的评估过程中可以多次执行这个过程，包

括：

—一次计算名义数据。

—对于在灵敏度分析中的每个公差操作数计算两次(一次对于最小公差，一次对于最大公差)。

—对于在反转灵敏度分析每个公差操作数计算多次(反转灵敏度分析可能需要反复计算)。

—对于产生的每个 Monte Carlo 镜头计算一次。

公差过程文件必须是以扩展名 TSC 结尾的 ASCII 码文件，必须被放在与 ZEMAX 程序相同的目录中。任意一个引用的评价函数 (有 MF 扩展) 也必须被放在这个目录中。

公差过程命令

公差过程命令被定义和说明如下。

！

语法结构：

！一个注释行！

符号“！”被用来在过程的执行过程中被忽略的过程中定义注释。

CEDV

语法结构：

CEDV surf param

CEDV 定义了一个新的特殊数据值补偿。值“surf”是在初始镜头文件中的表面编号。如果公差程序插入了另外的坐标断点或者其它虚拟表面，则 ZEMAX 将自动给表面重新编号。值“param”对应于这个表面的某个特殊数据值的编号。

CLEARCOMP

语法结构：

CLEARCOMP

CLEARCOMP 取消了当前所有的补偿。在调用命令 OPTIMIZE 之前必须定义新的补偿。

CMCO

语法结构：

CMCO operand config

CMCO 定义了一个新的多重结构操作数补偿。值 “operand” 是在原始镜头文件中的操作数（行）编号。值 “config” 对应于结构编号。

COMP

语法结构：

COMP surf code

COMP 定义了一个新的补偿。值 “surf” 是在原始镜头文件中的表面编号。如果公差程序插入了另外的坐标断点或者其它虚拟表面，则 ZEMAX 将自动给表面重新编号。值 “code” 为：0 代表厚度；1 代表曲率；2 代表圆锥常数。

CPAR

语法结构：

CPAR surf param

CPAR 定义了一个新的参数补偿。值 “surf” 是在原始镜头文件中的表面编号。如果公差程序插入了另外的坐标断点或者其它虚拟表面，则 ZEMAX 将自动给表面重新编号。值 “param” 对应于这个表面的某个参数的编号。

LOADMERIT

语法结构：

LOADMERIT filename.mf

MF 文件必须驻留在与 ZEMAX 相同的目录中。这个文件的格式应该是和使用评价函数编辑界面的工具、保存选项保存的一样的正确的文件格式。

当评价函数被载入时，它取代了任意一个已存在的评价函数。如果公差程序插入了另外的坐标断点或者其它虚拟表面，则 ZEMAX 将自动给那些涉及到表面的操作数重新编号。任意涉及到表面编号的操作数应该是原始的、未被改变的镜头的表面编号。然后对新的评价函数进行评估。最后的评价函数值是要作为“评价函数”被返回到公差分析程序的值，除非后面执行了一个 LOADMERIT 或者 OPTIMIZE 命令。

OPTIMIZE

语法结构：

OPTIMIZE n

OPTIMIZE 调用了最小阻尼二乘法优化程序，并执行“n”个优化循环。如果 n 为零或者被忽略，则优化程序将以自动模式运行，当探测到收敛时终止优化。

REPORT

语法结构：

REPORT text "operand

REPORT 将把任意用户定义的文本和当前载入的评价函数中任意操作数的值打印到公差输出窗口中。值“operand”是一个对应于要被打印的值的操作数（行）编号（注意，任意一个值都可以在一个评价函数中被计算，如果它不需要优化，则可以将它的权重设为零，但对于报告仍然有效）。如果操作数为零，那么整个评价函数的值将被打印出来。

SAVE

语法结构：

SAVE n

SAVE 将把当前镜头文件保存到一个 ZMX 文件中；其名称为 TSAVnnnn.ZMX，这里 nnnn 是表示数值“n”的一个四位数整数。如果，如果“n”为 6，则这个文件将被保存为 TSAV0006.ZMX。

公差过程的例子

作为一个例子，假设一个光学系统是由多个镜头元件组成的。作为校准和评估过程的一部分，这个系统被调整如下：

将编号为 2 的元件偏心，直到一个轴上测试光束在象的中间。

然后将编号为 4 的元件沿轴偏移，直到得到合适的放大率。

最后，调整后焦距，仅仅用来最佳化轴上 MTF。

然后测量和记录畸变。

求出在 5 个视场点的 MTF。

假设使用一个已存在的坐标断点，表面 3 的参数 1 和参数 2 来偏心编号为 2 的元件。元件 4 的位置为厚度 10，以及后焦距为厚度 15。此外，假设使一个轴上光线在象面中间的一个评价函数被定义在文件

CENTER.MF 中,放大率约束的评价函数为文件 MAGNIFY.MF,MTF 评价函数为文件 MTF.MF, 评估的评价函数为文件 EVALUATION.MF。相应的过程如下:

! 清除所有已存在的补偿,作为一个新的开始

CLEARCOMP

! 载入中心评价函数

LOADMERIT CENTER.MF

! 定义两个补偿来偏心元件 2

CPAR 3 1

CPAR 3 2

! 优化 4 个循环

OPTIMIZE 4

! 清除偏心,载入放大率评价函数,调整厚度 10

CLEARCOMP

LOADMERIT MAGNIFY.MF

COMP 10 0

OPTIMIZE 4

! 现在,载入 MTF 评价函数,并调整后焦距

CLEARCOMP

LOADMERIT MTF.MF

COMP 15 0

OPTIMIZE 4

! 最后,载入评估评价函数,并报告畸变和 5 个 MTF 值

! 这些应该是 EVALUATION.MF 文件中的前 6 个操作数

CLEARCOMP

LOADMERIT EVALUATION.MF

REPORT Distortion = "1

REPORT MTF at field 1 = "2

REPORT MTF at field 2 = "3

REPORT MTF at field 3 = "4

REPORT MTF at field 4 = "5

REPORT MTF at field 5 = "6

在这个过程的最后，由最后的 LOADMERIT 或者 OPTIMIZE 命令中引出的整个评价函数值将作为 ZEMAX 报告和使用的“评价函数”被返回。

多重结构（变焦）镜头的公差规定

可以对一个多重结构镜头的每个结构进行公差分析。可以简单地 从“结构#”的下拉框选择要求的结构。通常，是没有必要去规定所有结构的公差，但是这当然也是一个选项。当使用反转公差时，在每个结构中的连续公差分析将产生共同应用于所有结构的最紧的公差。

带有求解的公差规定

通常来说，你应该在对一个镜头进行公差规定之前删除所有的求解和变量。如果你有许多以后可能要用到的求解或者变量要删除，则更便利的方法是将这个镜头文件保存到一个临时文件中，以供公差规定使用。如果你将求解留在你的镜头文件中，则虽然公差规定仍然可以工作，但是其结果可能不是你所预期的那样。其原因是当这个光学系统包含了倾斜的和偏心的元件时，某些求解，如近轴边缘光线高度求解，将不再有意义了。尽管一个系统最初是旋转对称的，但大多数公差命令，如 TETX 和 TETY，将强制使这个系统变成非旋转对称。拾取求解也可能导致奇怪的结果，因为当插入或者删除坐标断点时，公差规定法则有时将用到表面描述数据（如厚度）。对于位置求解也有同样的限制，当镜头数据被公差规定法则改变以后，它可能不再工作。

然而，在有些场合里一个拾取求解是你真的想要的。例如，如果你正在以双通过模式使用一个镜头，一个元件的倾斜意味着后面一个镜头的倾斜，那么可以使用一个拾取求解来拾取前一个元件的倾斜。对于这种特殊情况，你必须使用命令 TUTX 和 TUTY，而且默认公差将不再工作。如果在系统中你有这些类型的求解，则要忽略警告“在公差规定之前要删除求解”。

公差结果的故障

参见关于 SAVE 命令部分的说明。

如果任意一个被计算的公差数据，如评价函数和百分数变化，显示了一个“无穷大”的值，那么这意味着对于指定的公差，这种评价函数不能被评估。通常这种评价函数是不能被评估的原因是由于一些

光线目标的全反射。如果任意公差有一个无穷大的评价函数,则遵循灵敏度分析的统计数据通常是没有意义的。一个解决方案要去掉两个或者多个公差值的因子,然后再重复这个分析。

公差规定的缺陷

当使用倾斜公差,如 TETX 和 TETY 时,一个可能的错误是光线的非物理传播。如果两个元件是由一个非常小的空气间隙或者虚拟表面隔开的,则默认公差将独立包括每个元件的倾斜。如果元件的间隔是小的,则一个元件绕着它与其它元件“相接触”的点倾斜是可能的。然而,这实际上是不可能发生的,对于少量的倾斜,这个公差值仍然是性能的一个好的指示。

因为公差程序倾斜和偏心了一个镜头,则这个法则将自动将光线瞄准变成“打开”(关于光线瞄准的详细内容可参见“系统菜单”一章)。如果公差法则报告的名义评价函数与预期值是不一样的,则可检查来看看在这个镜头文件中,光线瞄准是否“关闭”。试着使用“打开”的光线瞄准,再重新优化。通常,如果当光线瞄准打开和关闭时的评价函数有很大的差别,那么就让它打开。

摘要

公差程序是非常灵活和强大的。ZEMAX 不使用近似值、推断法、或者估计来计算公差。由于这个原因,它对于传统的和复杂的系统两者都给出了有用的结果。要认识到公差规定是一个非常复杂的过程,ZEMAX 用来操作镜头数据的法则不是确实可靠的,这一点非常重要。因此,检验程序是否在计算一个合理的结果,这是设计者的责任。