

# UniOptics 光设计模块 用户手册

UNIO2025R2  
罗迅科技

## Table of contents

---

.....	6
1 用户界面总览 .....	7
1.1 功能区 .....	7
1.2 工作区 .....	12
1.3 侧边栏 .....	13
1.4 状态栏 .....	14
2 透镜设计项目编辑 .....	14
2.1 元件 .....	15
2.1.1 位置与方向 .....	18
2.1.2 坐标系 .....	19
2.1.3 结构 .....	20
2.1.3.1 参数 .....	21
2.1.3.2 表面 .....	22
2.1.3.3 表面形状窗口 .....	23
2.1.3.4 介质 .....	24
2.1.4 仿真算法 .....	26
2.1.4.1 折射与反射定律 .....	30
2.1.4.2 理想透镜 .....	30
2.1.4.3 理想光栅 .....	30
2.1.4.4 理想反射镜 .....	31
2.1.5 通道配置 .....	31
2.2 光源标签页 .....	33
2.2.1 波长 .....	33
2.2.2 采样 .....	35
2.2.3 视场 .....	36
2.3 光学系统设置 .....	37
2.4 版本控制 .....	37

2.5 系统 3D 视图 .....	39
2.6 系统调整便捷工具 .....	40
2.6.1 自动边界尺寸计算 .....	40
2.6.2 自动聚焦 .....	42
2.6.3 自动对齐 .....	43
2.6.4 镜头缩放 .....	44
2.6.5 焦距缩放 .....	45
3 光学元件 .....	46
3.1 Plane Surface .....	46
3.2 Virtual Lens.....	47
3.3 Virtual Mirror.....	47
3.4 Curved Surface .....	47
3.5 Surface Group.....	48
3.6 Singlet Lens .....	49
3.7 Doublet Lens.....	50
3.8 Triplet Lens.....	51
3.9 Transmission Grating.....	52
3.10 Multi-Faceted Prism .....	53
4 光学表面 .....	54
4.1 Aspherical.....	54
4.2 Biconic.....	56
4.3 Binary.....	57
4.4 Conical .....	61
4.5 Cylindrical.....	62
4.6 Extended Polynomial .....	64
4.7 Plano.....	66
4.8 Toroidal.....	66
4.9 Zernike .....	67
4.10 Combined .....	70
5 材料 .....	71
5.1 新建材料 .....	78

5.2 导入材料 .....	79
5.3 采样数据导入.....	80
6 参数总览及多重结构.....	85
6.1 参数总览 .....	85
6.1.1 参数分级 .....	87
6.1.2 参数状态 .....	87
6.1.3 批量设置 .....	90
6.2 多重结构 .....	91
6.2.1 增减多重结构.....	91
6.2.2 切换多重结构.....	92
7 序列工具 .....	93
7.1 自动光路 .....	93
7.2 用户自定义光路序列.....	94
8 光学仿真与后处理分析 .....	95
8.1 几何光学仿真.....	96
8.2 物理光学仿真.....	99
8.3 光场后处理分析 .....	100
8.3.1 高斯光束参数.....	100
8.3.2 光纤耦合效率.....	101
8.3.2.1 单模光纤耦合效率 .....	101
8.3.2.2 多模光纤耦合效率 .....	102
8.3.3 球面相位半径.....	104
8.3.4 光束尺寸 .....	105
8.3.4.1 标准偏差.....	105
8.3.4.2 半峰全宽.....	106
8.3.5 SPW 算子.....	106
8.3.6 正向 .....	107
8.3.7 逆向 .....	108
9 系统评价函数.....	109
9.1 Real Ray.....	115

9.2 Paraxial Ray .....	116
9.3 MTF.....	117
9.4 Image Quality .....	117
9.5 Optical Property .....	118
9.6 Aberration.....	120
9.7 Dimension .....	122
9.8 Material .....	123
9.9 General Parameters.....	124
9.10 Physical Optics .....	125
9.11 Formula .....	125
10 分析 .....	125
10.1 报告 .....	125
10.1.1 镜头系统报告 .....	126
10.1.2 基面数据.....	126
10.2 单光线追迹 .....	127
10.3 3D 视图.....	129
10.4 光斑图 .....	131
10.4.1 标准光斑图 .....	131
10.4.2 波长矩阵光斑图.....	133
10.4.3 结构矩阵光斑图.....	134
10.5 波前 .....	136
10.5.1 波前图.....	136
10.5.2 Zernike 系数.....	138
10.6 像差 .....	140
10.6.1 光线像差图 .....	140
10.6.2 场曲/畸变 .....	142
10.6.3 赛德尔系数 .....	144
10.6.4 轴向色差.....	146
10.6.5 垂轴色差.....	147
10.7 RMS.....	148
10.7.1 RMS-FOV .....	148

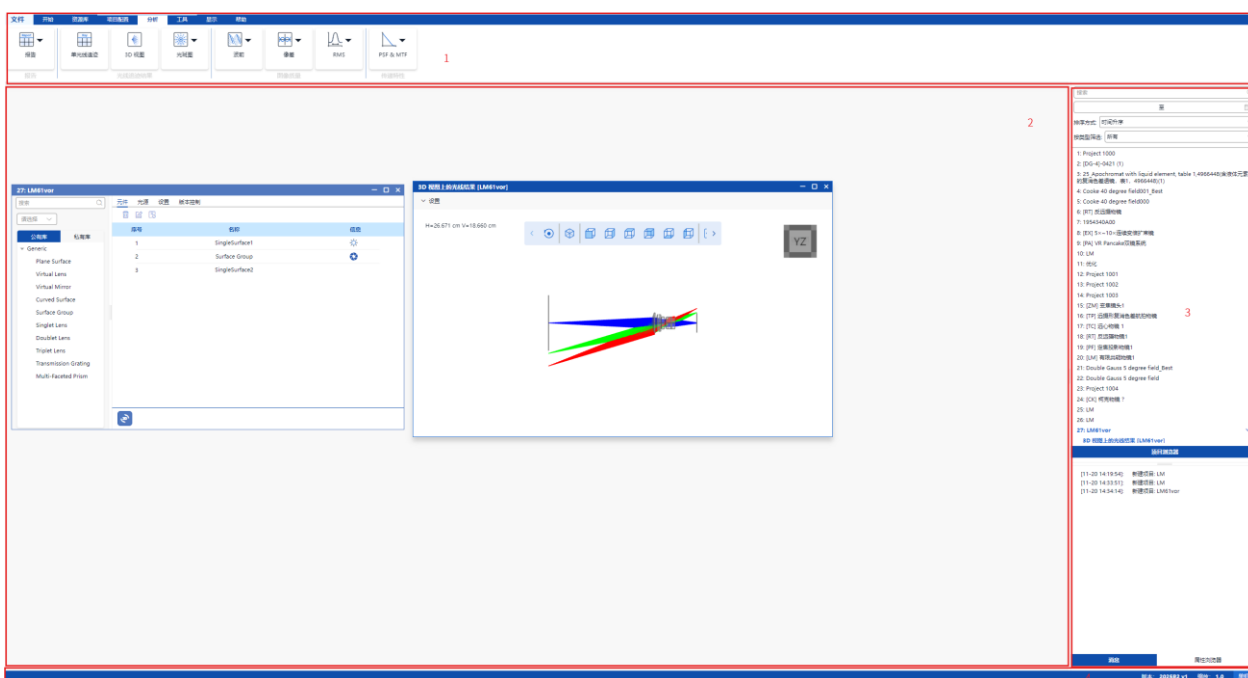
10.8 PSF & MTF .....	150
10.8.1 PSF.....	150
10.8.2 MTF.....	152
11 优化 .....	154
11.1 优化界面.....	154
11.2 优化参数配置.....	157
11.3 执行优化与过程展示.....	160
12 公差分析.....	162
12.1 公差界面.....	163
12.2 公差与补偿器.....	164
12.2.1 公差类型.....	166
12.2.1.1 Surface Tolerance.....	167
12.2.1.2 Material Tolerance .....	168
12.2.1.3 Component Tolerance.....	169
12.2.2 补偿器 .....	170
12.3 计算模式与评价标准 .....	170
12.3.1 计算模式.....	170
12.3.2 评价标准.....	171
12.4 执行公差分析与过程展示 .....	173

## 1 用户界面总览

UniOptics 软件主界面由 4 部分组成：

1. 功能区
2. 工作区
3. 侧边栏
4. 软件状态栏

整体布局如下图所示：



### 1.1 功能区



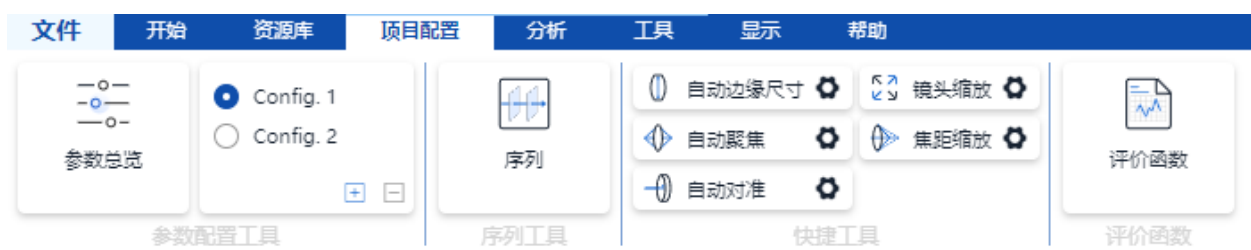
主窗口顶部的功能区是访问 UniOptics 各种功能和项目的主要控制区域。如上

图所示，它由“文件”菜单和四个常驻选项卡组成（详见下表）。每个选项卡包含若干功能组，每个功能组内包含多个功能项。

选项卡	描述
文件	文件菜单是 UniOptics 的配置中心，涵盖文件管理功能、全局设置与退出选项。用户可在此使用创建、打开、导入、导出等文件管理功能，更改语言、文件存储路径、快捷键等全局属性，同时也可访问不同模块（如数值显示精度、默认材料、数据可视化、通知管理等）的参数设置，统一管理 UniOptics 的系统行为和模块化特性。
开始	开始选项卡包含创建、模板、导入&导出三个功能组。创建功能组包含创建、打开、另存为三个功能项；模板功能组包含示例项目模板、镜头设计模板两个功能项；导入&导出功能组包含导入、导出两个功能项。
资源库	资源库选项卡用于集中管理 UniOptics 中的各类资源，包含元件库、光源库、探测器库、材料库、光学薄膜库、叠层结构库、表面形状库、数据库、介质库。用户可以在此界面中浏览、添加、编辑和删除已有资源，也可以将当前设计成果保存到对应资源库中，便于后续调用和复用。
显示	显示选项卡提供了窗口管理和视图缩放等显示相关的功能，包含关闭窗口、视图两个功能组。关闭窗口功能组包含全部关闭、关闭除当前窗口以外的所有窗口、关闭所有结果窗口三个功能项；视图功能组包含放大、缩小、默认尺寸三个功能项。
帮助	帮助选项卡汇集了与 UniOptics 使用相关的支持功能，旨在为用户提供便捷的操作指引和技术支持。

口，包含关于 UniOptics、用户手册、许可证、开发者工具四个功能组。在关于 UniOptics 功能组中，用户可以通过关于 UniOptics 功能项访问 UniOptics 官方网站，获取最新版本动态、案例教程或联系客服团队；在用户手册功能组中，用户可以通过用户手册功能项打开详细的用户手册，快速查阅各项功能的使用方法与操作步骤；在许可证功能组中，用户可以通过许可证管理功能项进入许可证管理页面，查看当前授权信息、激活新许可证或更新已有授权；在开发者工具功能组中，用户可以使用重新加载、强制重新加载、切换开发人员工具三个功能项。

不同类型的窗口会在功能区中添加对应的选项卡组。



如上图所示，当选中项目窗口时，会添加额外的项目配置，分析以及工具选项卡(详见下表)。

选项卡	描述
项目配置	项目配置选项卡汇集了光学系统设计过程中常用的操作工具，帮助用户查阅与管理系统参数与结构、查看光路、使用快捷工具、配置系统评价函数等功能。关于项目配置选项卡的详细介绍，请参阅【 <a href="#">通用光学项目编辑</a> 】，【 <a href="#">序列工具</a> 】以及【 <a href="#">系统评价函数</a> 】章节。

<b>分析</b>	<b>分析</b> 选项卡用于对光学系统进行性能分析与像质分析，帮助用户可视化与评估当前光学系统。该选项卡包含镜头数据报告、单光线追踪、3D 光线结果视图、光斑图、波前、像差、RMS、PSF&MTF 等功能。关于仿真与分析选项卡的详细介绍，请参阅【 <a href="#">分析</a> 】章节。
<b>工具</b>	<b>工具</b> 选项卡汇集了光学系统设计过程中常用的操作工具，涵盖优化、公差分析功能，关于工具选项卡的详细介绍，请参阅【 <a href="#">优化</a> 】和【 <a href="#">公差分析</a> 】章节。

项目配置的功能概述见下表

功能组	功能项	描述
<b>参数配置工具</b>	参数总览	以列表形式对系统参数进行查阅和编辑
	添加&删除结构	管理多重结构
<b>光路管理工具</b>	序列	展示在光学系统中追踪到的所有独立传播路径
<b>快捷工具</b>	自动边缘尺寸	提供快捷编辑自动配置参数
	自动聚焦	
	自动对准	
	镜头缩放	
	焦距缩放	
<b>系统评价函数</b>	系统评价函数	用于优化，公差分析等功能的统一性能评估

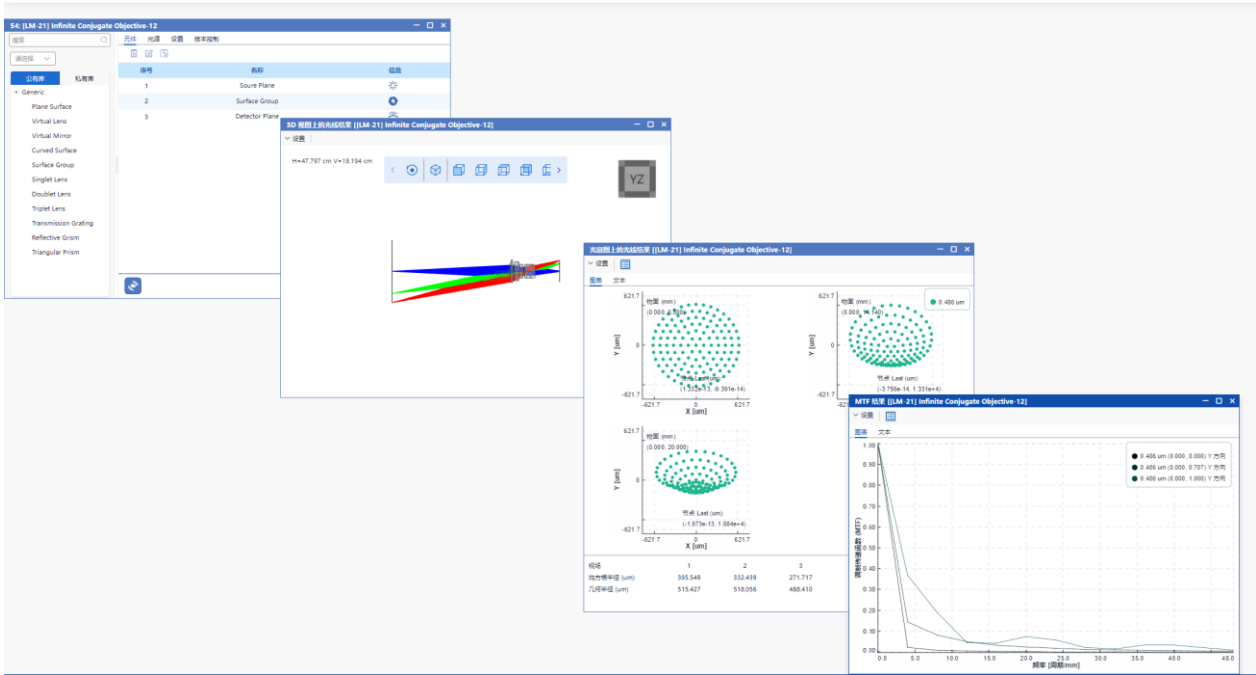
分析的功能概述见下表

功能组	功能项	描述
报告	报告	展示镜头系统数据与基面数据
光线追迹结果	单光线追踪	追迹单个指定的光线，并实时计算其在每个表面的坐标位置、方向、入射角等
	3D 光线结果视图	实时展示系统的 3D 光线追迹结果
	光斑图	实时展示在指定表面上的光线追迹光斑图结果
图像质量	波前	观察和分析波前
	像差	分析实际光学系统与近轴光学理论预测的性能差异
	RMS	计算随视场、波长、离焦等系统性能变化的均方根(RMS)函数
传递特性	PSF&MTF	使用物理传播算法计算当前光学系统的 PSF(点扩散函数)与 MTF(调制传递函数)

工具的功能概述见下表

功能组	功能项	描述
参数变化	优化	在合理起始点与参数配置下优化系统性能
	公差分析	评估制造与装调误差对光学系统性能的影响

## 1.2 工作区



工作区是 UniOptics 的核心操作区域，承载了用户进行项目编辑、分析操作及结果查看的主要界面内容。在工作区中，用户可以直接查看、编辑和交互各类文档与图形窗口，实现对项目的全流程管理与操作。其主要包含以下窗口和功能：

**项目窗口：**显示当前打开的项目，包括系统元件编辑、光源编辑、设置、版本控制等，支持多项目并行显示。

**分析窗口：**用于展示报告、单光线追踪、3D 光线结果视图、光斑图、波前、像差、RMS、PSF&MTF 等分析结果，支持图表与结果导出等功能，支持多项目并行显示。

**资源库窗口：**用于查阅与管理元件库、光源库、材料库、表面形状库。

**弹窗消息：**提示与警告等重要系统消息会在工作区内以弹窗形式出现，提醒用户及时响应或处理。

**图形交互界面：**工作区中的所有窗口均支持自由拖动、缩放、分屏排列等交互操作。用户可根据需要自定义窗口布局，灵活调整各类信息展示方式，以提高设计与分析的效率 and 便捷性。

**多文档视图支持：**工作区支持同时打开多个项目或分析窗口，用户可自由

切换、平铺或分屏排列，提升工作效率。

### 1.3 侧边栏



[08-21 14:11:45]: 新建项目: [EP-1]



侧边栏位于主界面的右侧，用于集中展示和管理项目、属性信息及系统消息等内容。该区域通过标签页的形式进行模块化组织，主要包含三个部分（见下表）：

标签页	描述
项目浏览器	用于展示当前保存的所有项目及资源库，支持对项目进行搜索、打开显示、复制、重命名、删除、保存等常见管理操作，方便用户快速定位和切换项目。
消息	用于实时显示系统运行过程中的提示信息、警告、报错或计算日志，帮助用户及时了解仿真或操作状态，便于问题追踪与处理。

侧边栏可根据用户偏好进行显示区域大小缩放调整，以适应不同的工作习惯和屏幕布局。

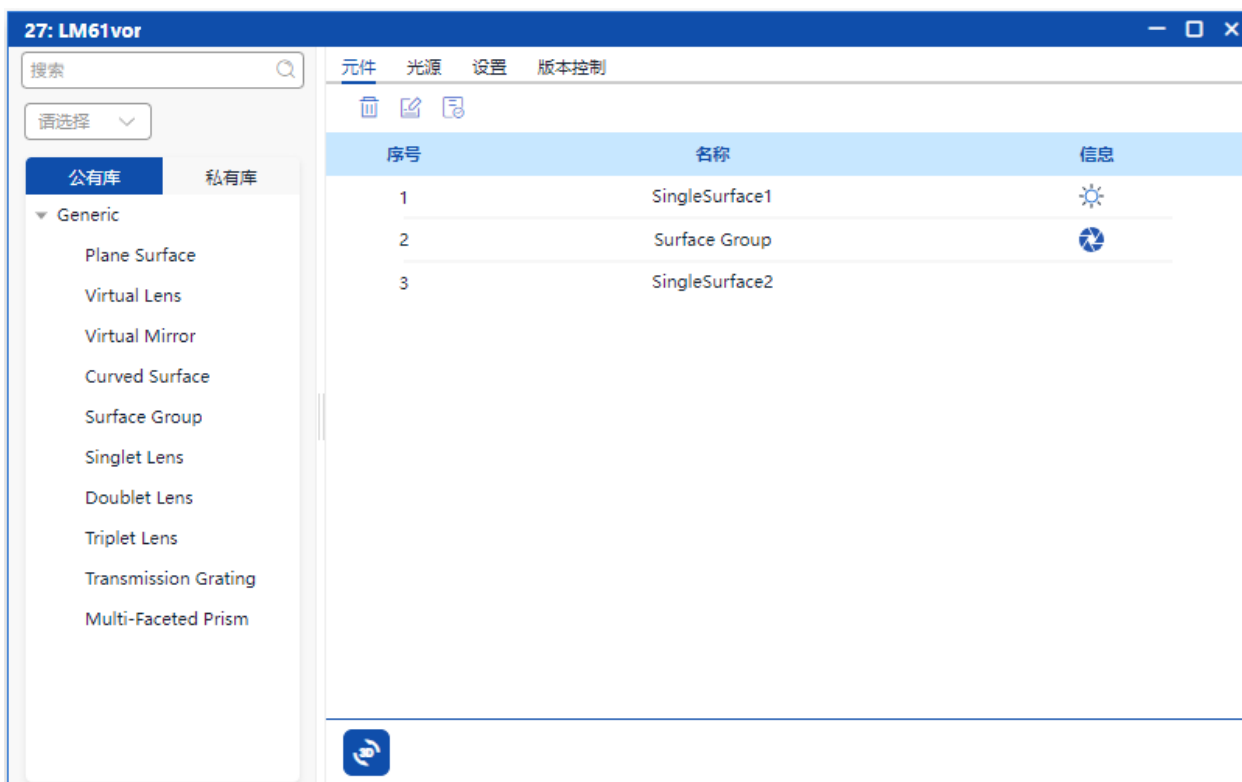
#### 1.4 状态栏



如上图所示，状态栏位于软件界面底部，从左到右依次显示软件当前的版本号，软件整体界面的缩放比例和当前软件的安装方式。

## 2 透镜设计项目编辑

新建/打开一个透镜设计项目，在工作区会出现如下图所示的透镜设计项目编辑窗口。



该窗口包含四个标签页：**【元件】**、**【光源】**、**【设置】**与**【版本控制】**，可对光学项目进行配置以及进行版本管理。

## 2.1 元件

**【元件】** 标签页用于定义光学系统的位置与方向，坐标系和结构，同时可以配置通道和仿真算法。窗口左侧为可选元件列表，用户可通过**【公有库】**与**【私有库】** 标签页切换公有和私有元件列表，其中**【私有库】** 包含用户另存为的已配置元件。列表上方提供搜索栏，并支持关键词筛选。

窗口左侧的可选元件列表包括以下元件，在**【光学元件】** 章节中会进行详细介绍

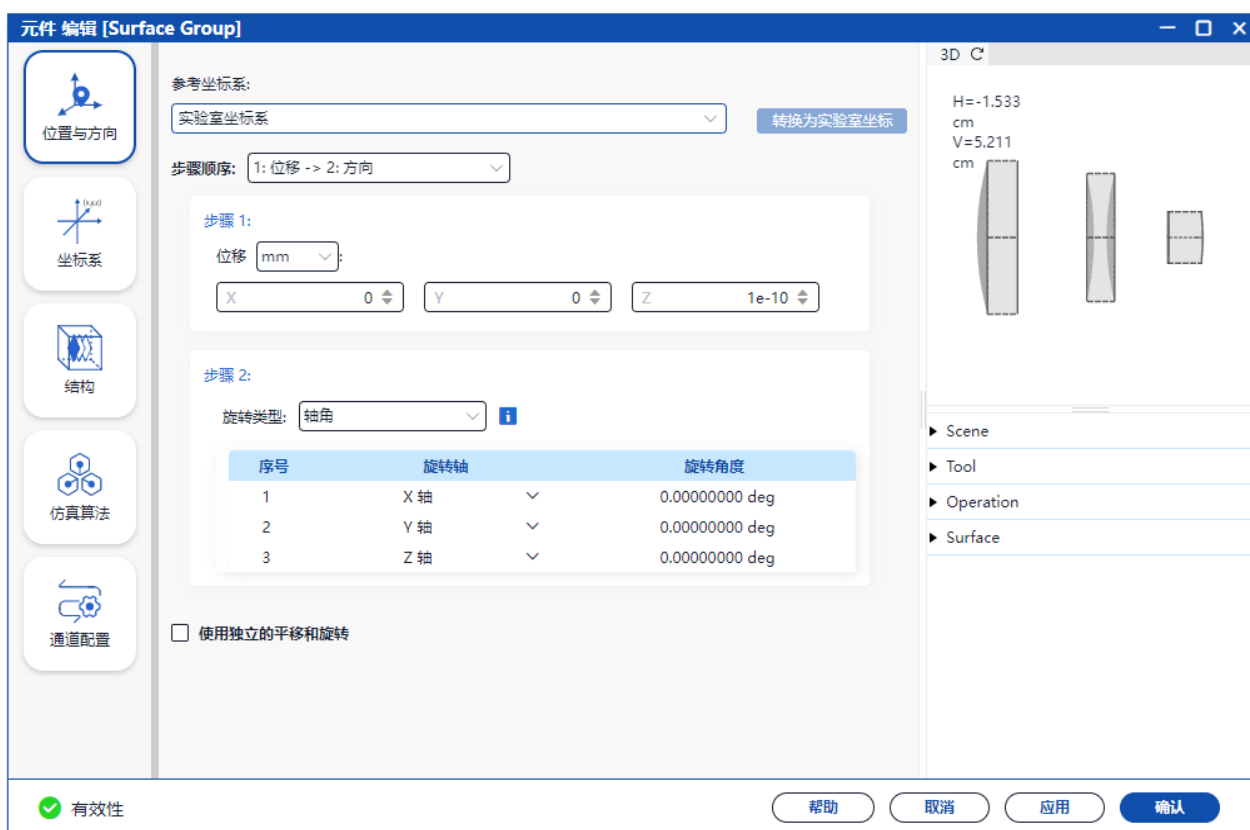
序号	名称	描述
1	Plane Surface	单表面元件，此元件只包含一个平面，常用于放置光源，或作为虚拟面

		以便于观测和分析等。
2	Virtual Lens	虚拟透镜，仅包含一个平面，但可根据配置焦距来实现聚焦或发散功能。
3	Virtual Mirror	虚拟反射镜，仅包含一个平面，但可根据配置焦距来实现聚焦或发散功能。
4	Curved Surface	单表面元件，此元件只包含一个曲面，常用于定义曲面反射镜，或者作为虚拟面便于观测和分析光线在曲面上的交点信息。
5	Surface Group	表面组，可用于定义多个表面及夹层材料，初始状态为空表面。（建议优先使用其他已预设的元件，用户仍可自由修改和配置）
6	Singlet Lens	单透镜，在 Surface Group 中已预定义两个表面及夹层材料，用户可进行重

		新配置。
7	Doublet Lens	双透镜（胶合透镜），在 Surface Group 中已预定义三个表面及两个夹层材料，用户可进行重新配置。
8	Triplet Lens	三透镜（胶合透镜），在 Surface Group 中已预定义四个表面及三个夹层材料，用户可进行重新配置。
9	Transmission Grating	透射光栅，在 Surface Group 中已预定义两个表面及夹层材料，在第二个表面上可配置线密度及衍射级次，用户可进行重新配置。
10	Multi-Faceted Prism	多表面棱镜，此元件可包含多个表面，在指定表面上可配置前后材料，常用于定义复杂的自由曲面棱镜等，用户可进行重新配置。

### 2.1.1 位置与方向



此标签页用于配置元件的位置与方向。UniOptics 中元件及表面的位置与方向定义非常灵活，可以基于全局（实验室）坐标系定义，也可以基于任一其他元件或表面，甚至表面上自定义的坐标系来定义。





【参考坐标系】下拉菜单：用于指定元件位置与方向所参考的坐标系，系统默认使用全局坐标系（实验室坐标系）。

【转换为实验室坐标】按钮：用于将当前元件位置与方向参数自动转换成基于全局坐标系的参数形式。


【变换顺序】下拉菜单：用于指定元件基于【参考坐标系】进行位移和旋转变换操作的顺序，每一次变换均以上一次变换完成后的坐标系为基准进行再次变换。

- **【1: 位移 → 2: 旋转】**：先执行位移，再执行旋转。
- **【1: 旋转 → 2: 位移】**：先执行旋转，再执行位移。
- **【用户自定义】**：用于自由定义每个变换步骤为位移变换或旋转变换，并添加任意数量的步骤。点击任意一个步骤模块将以蓝色边框突出显示选中状态，此时使用右侧的三个操作按钮可以对选中模块进行上移、删除和下移。在最底部的“添加新的变换步骤”按钮框中点击按钮 打开下拉菜单，选择**【添加平移】**或**【添加旋转】**来添加所需要的变换模块。

**位移模块**：执行一次位移变换。用户可定义元件沿 X、Y、Z 方向的移动距离，单位支持 nm/um/mm/m/km，系统默认使用 mm。

**旋转模块**：执行一次旋转变换。用户可通过**【旋转类型】**下拉菜单选择元件旋转变换的模式，并在下方的变换列表中定义变换角度或弧度及其顺序。当前支持轴角和固定轴角两种方式，用户还可以在列表中自由定义旋转的顺序和步数。被选中的指定行可通过  按钮进行上下移动来调整旋转变换的次序。用户可通过右键点击指定行来灵活的执行向上/下添加，删除指定行的操作。

以**【轴角】**下拉选项为例，配置操作如下：

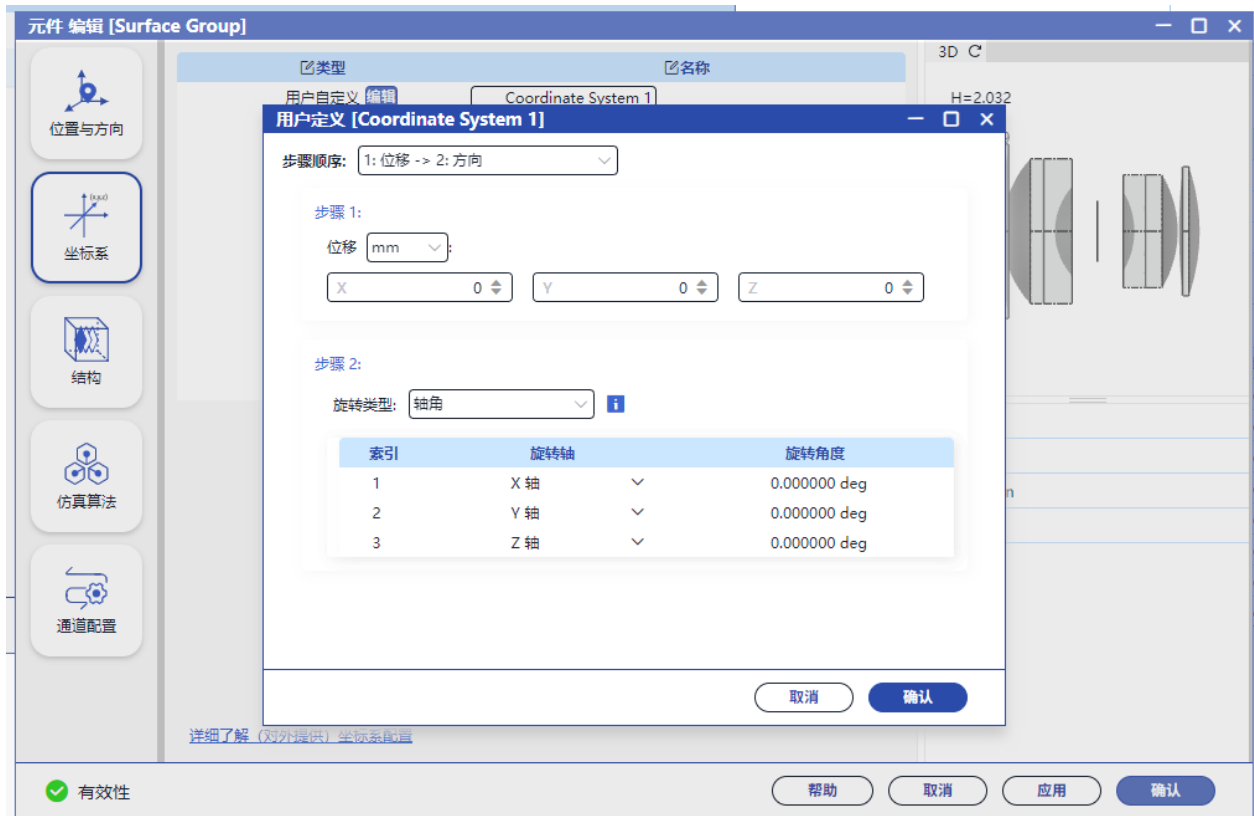
- **旋转轴**：点击下箭头 选择旋转轴，可选项为 X 轴、Y 轴、Z 轴和用户自定义轴。当选择为用户自定义轴时，用户可定义一个三维矢量作为旋转轴。
- **旋转角度**：用于指定旋转角度，单位支持 deg。

**【使用独立的平移和旋转】**选项：勾选后即启用元件自身孤立位移和旋转的配置。孤立位移和旋转配置同上，此配置仅作用于当前元件本身，当前元件会基于自身的局部坐标系执行位移和旋转，并且不会影响其他以该元件坐标系为参考的元件位置和方向。该功能常用于公差分析，例如评估装配偏差导致的局部位移或旋转对光学系统的影响。

### 2.1.2 坐标系

此标签页用于配置元件对外提供的坐标系，所有坐标系信息将以列表的形式

进行显示，配置后的坐标系可以由其他元件在定义【参考坐标系】时引用。右键列表中指定行可插入或删除行。当前仅支持用户自定义的坐标系类型，用户可基于此元件自身的局部坐标系定义新的坐标系，并供其他原件或表面在设定位置和方向时引用。



以【用户自定义】下拉选项为例，配置操作如下：

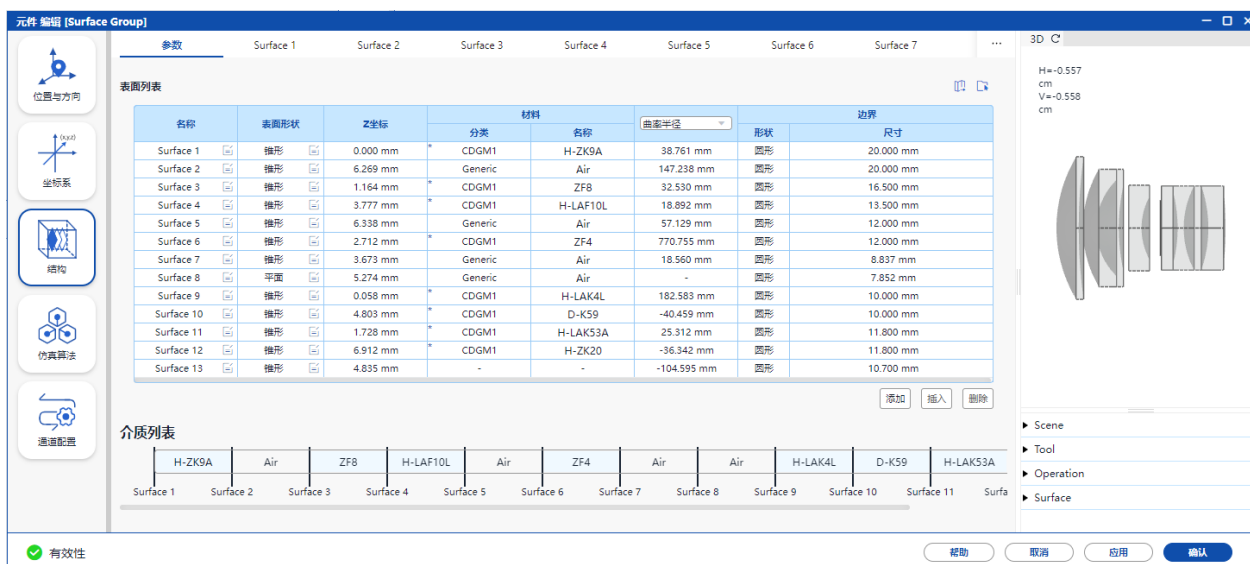
类型：点击【用户自定义】将进入对应的配置窗口，配置方式与元件的位置与方向配置相同。完成配置后点击 **确认** 按钮将保存修改并关闭窗口；点击 **取消** 按钮将撤销修改并关闭窗口。已配置好的坐标系将显示在列表中，用户可通过点击 **编辑** 按钮再次进入指定坐标系的配置窗口。

名称：用于编辑当前坐标系的名称，便于后续引用。

通过此功能，用户可在元件局部坐标系的基础上，自主定义新的坐标系。

### 2.1.3 结构



此标签页用于配置元件的结构，材料等参数信息。





以 Surface Group 元件为例，页面中包含多个标签页，其中【参数】标签页用于配置元件中各表面的位置信息，结构及材料属性。其余标签页则对应元件中的所有表面，提供更自由的配置操作。

### 2.1.3.1 参数

在表面列表中展示元件中每个表面的多项常用参数信息，包括

参数名	描述
名称	表面名称，点击后方  按钮可直接跳转至该表面的配置页面进行更自由的配置操作。
Z 坐标	当前表面与前一个表面的 Z 方向相对距离，第一个面为相对元件局自身部坐标系的相对距离。点击指定表面所在行可进行相应的编辑操作。
表面形状	表面形状名称，点击后方  按钮可跳转到表面形状的配置页面。
材料: 分类	材料在资源库中的分类，当该分类来自私有库，分类名称的左上角会附带 * 符号作为标识。

<b>材料: 名称</b>	<p>具体材料名称，支持两种选择材料的方式：</p> <p>点击  按钮打开材料资源库，从中选择一个材料。</p> <p>在输入框中输入材料名称可进行搜索，默认仅在当前选中的材料分类中查找。点击  按钮后，将清除当前分类限制，搜索范围扩展至整个材料资源库的所有类别。</p>
<b>边界: 形状</b>	可选择为圆形或方形
<b>边界: 尺寸</b>	当边界为圆形时，尺寸对应半径；当边界对应方形时，尺寸对应宽度和高度

以 Surface Group 为基础的预设元件以及 Surface Group 元件，其表面列表的右上提供两个按钮，详情请参阅【[光学元件](#)】章节中的【[Surface Group](#)】小节。

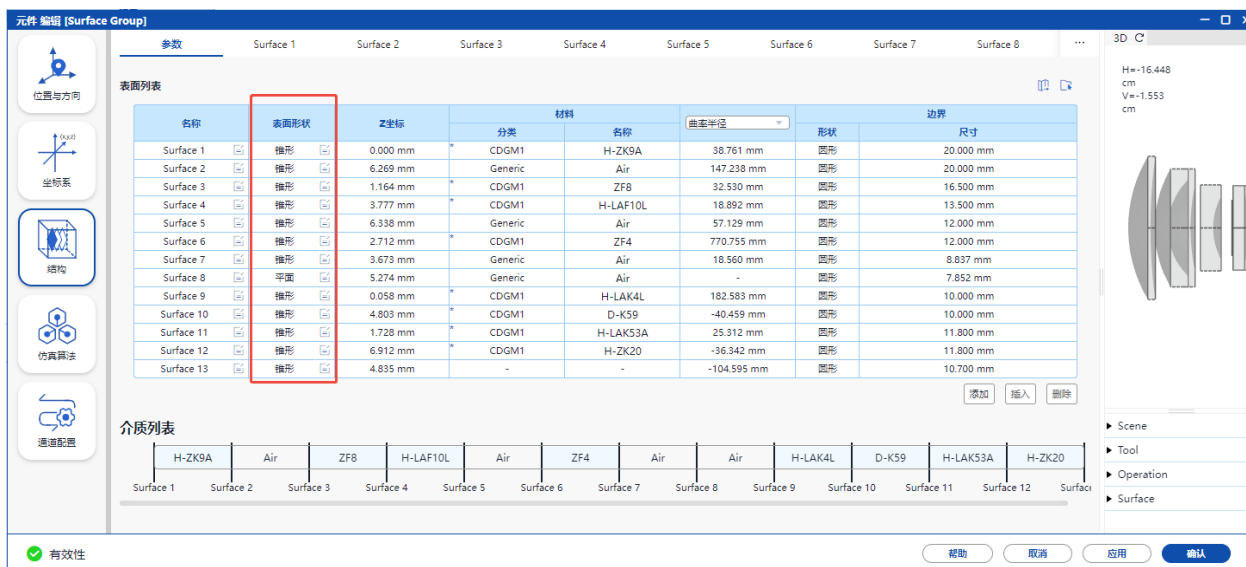
#### 2.1.3.2 表面

表面是元件的基本构成结构，一个元件可以由单一表面或多个表面组成。表面的位置与方向配置决定了其在结构中的参考系，Form 配置用于定义表面的形状，边界配置则用于设定表面的边界形状与尺寸。

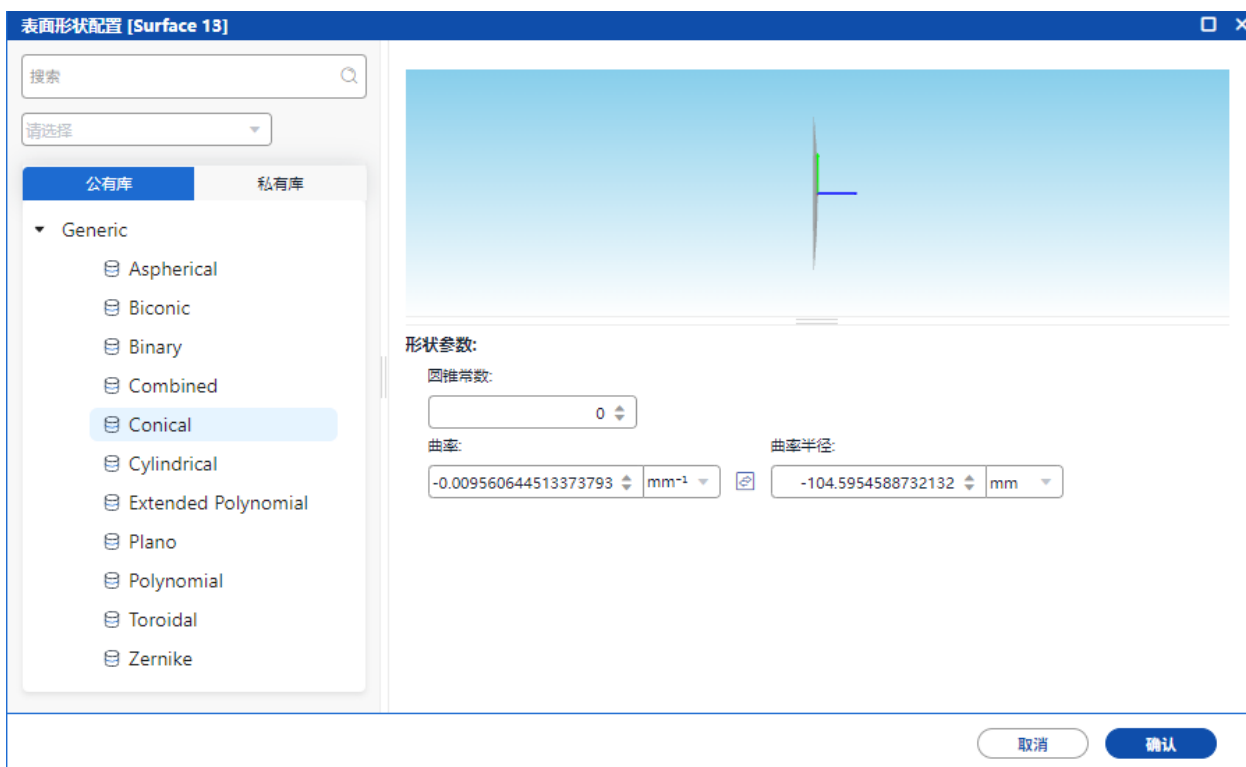
表面的具体定义可在相应的标签页进行详细配置，【[表面](#)】标签页中又包含了若干子标签页：【[参数](#)】、【[位置与方向](#)】、【[坐标系](#)】。

其中，【[位置与方向](#)】和【[坐标系](#)】标签页即用于配置指定表面的位置与方向和对外提供基于自身的自定义坐标系功能。此功能与元件中的相关配置方法一致，参阅【[位置与方向](#)】，【[坐标系](#)】章节。

### 2.1.3.3 表面形状窗口



表面形状用于定义元件表面的几何面型，即在其坐标系的矢高函数  $z(x, y)$



此窗口主要分为三个部分，左上角的搜索栏和收藏夹管理，左侧的 surface 列表，右侧的工作区域，具体参数及公式请参见第四章。

### 2.1.3.4 介质

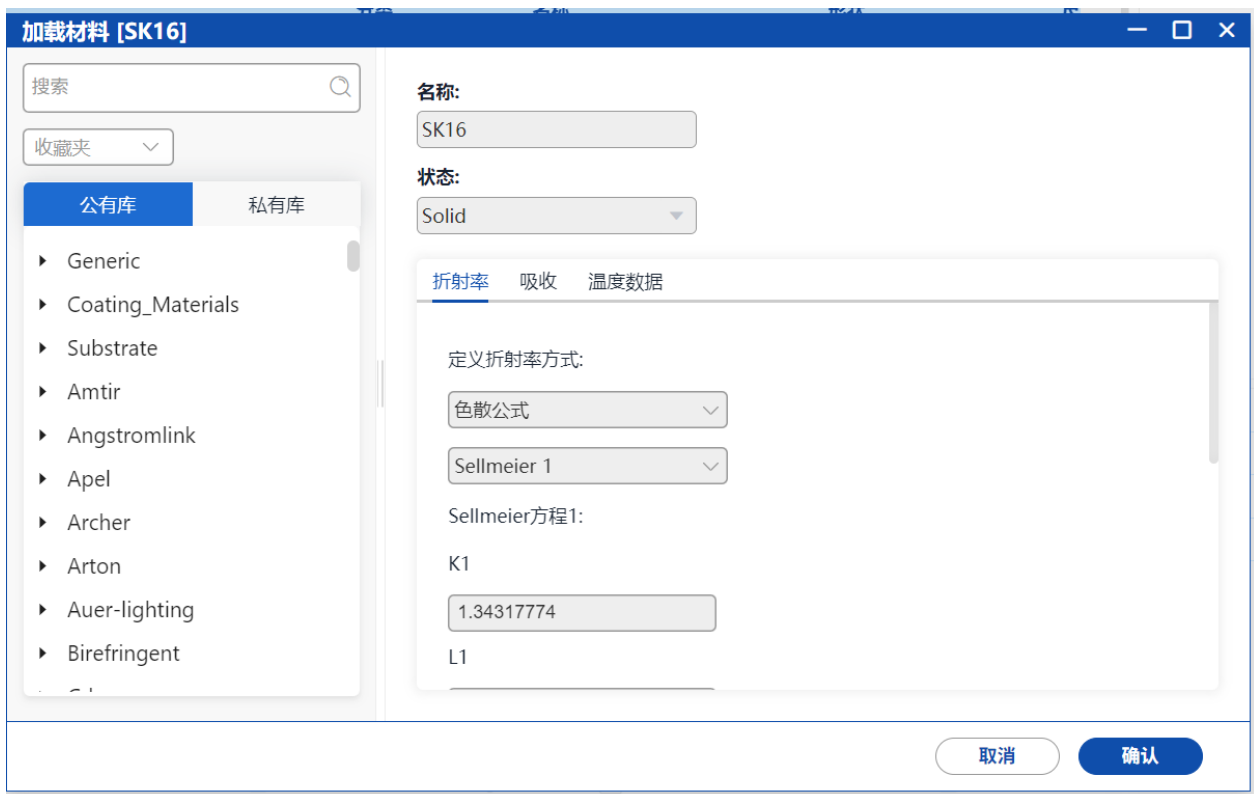
在多表面的元件中（如 Surface Group, Singlet/Doublet/Triplet Lens etc.），用户可以配置表面间的介质，如下图所示，用户可以在表面列表中对材料进行配置，或者在介质列表中进行配置。



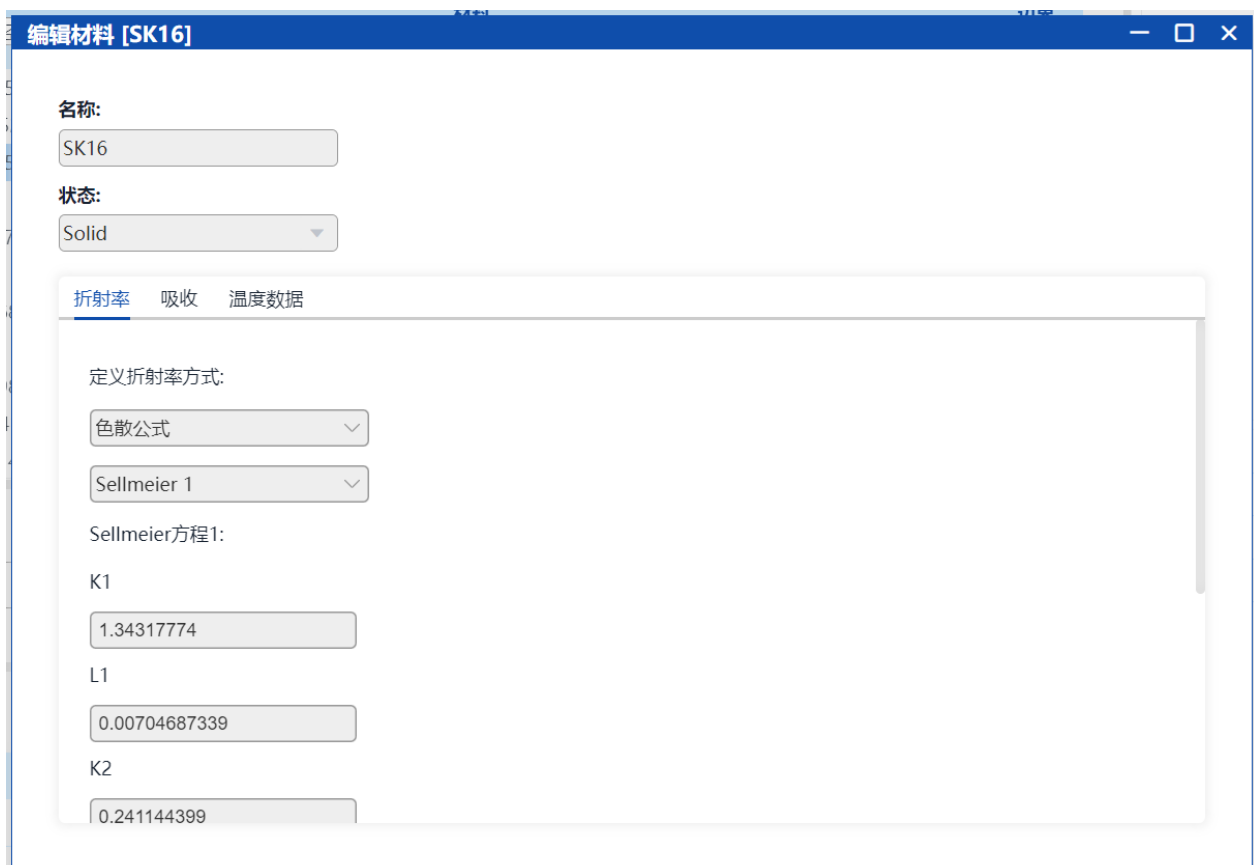
用户可以在材料-分类列中选择选择材料的分类，如选择 Shott。在材料-名称中选择此分类中的材料。用户可以在输入框中输入名称进行搜索，方便快速选定。

在介质列表中用户可以右键希望配置的介质，出现三个选项【加载】，【编辑】以及【新建】。

点击【加载】后会弹出资源库-材料窗口，用户可以在窗口中选择材料，详细内容请参见第五章。



点击【编辑】后也会弹出材料对应的折射率，吸收以及温度数据等信息，仅当此材料为自定义材料时才可编辑，否则只能进行查看。



点击【新建】后会弹出材料编辑窗口

新建材料

从资源库中复制

名称:  
Air

状态:  
Gas

折射率 吸收 温度数据

定义折射率方式:  
常量

常数折射率:  
1

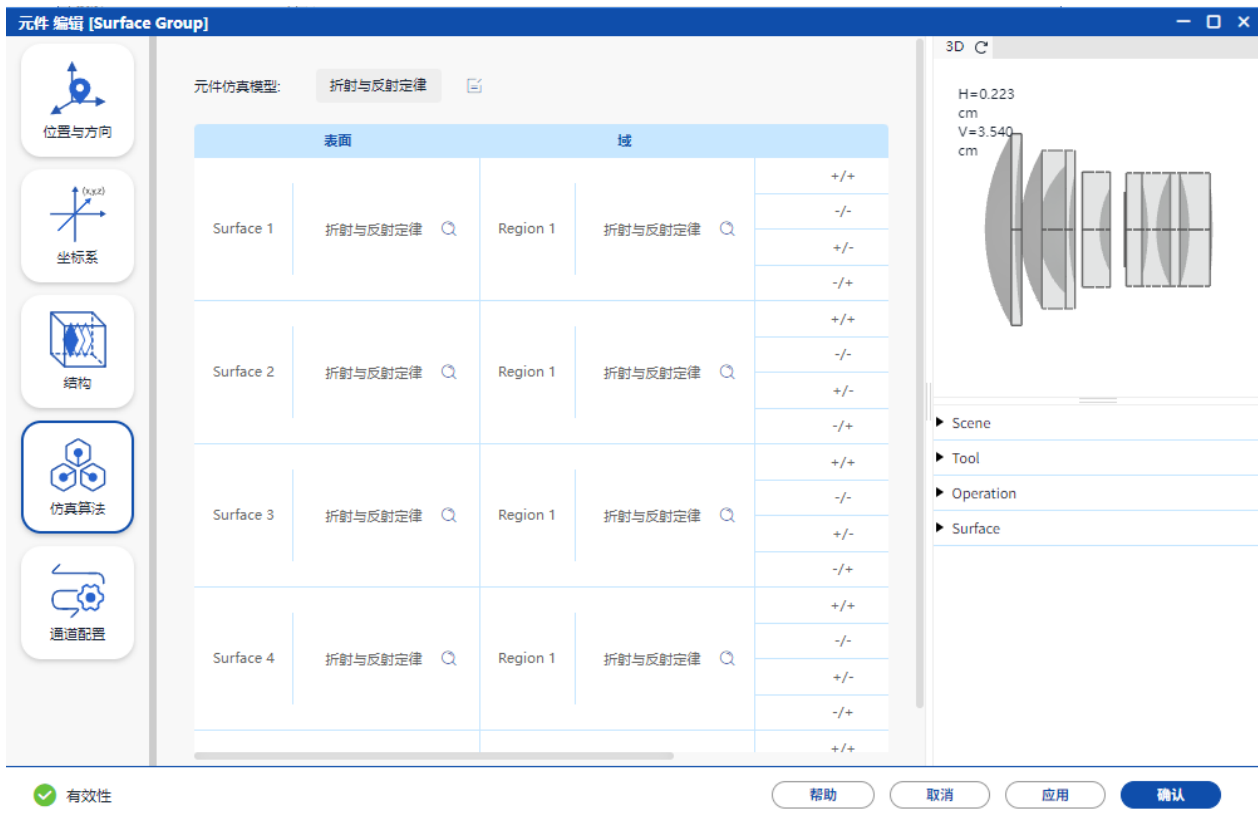
波长范围:  
360 nm 到 830 nm

添加到私有库 取消 确认

用户可以自由定义材料数据，点击确认后会更改为用户配置的新材料。如果点击【添加到私有库】，用户可以将新定义的材料复制到私有库中，在后续的建模中可以直接选择。（注：复制到私有库之后，此处自定义的材料与复制到私有库的材料不会进行同步）

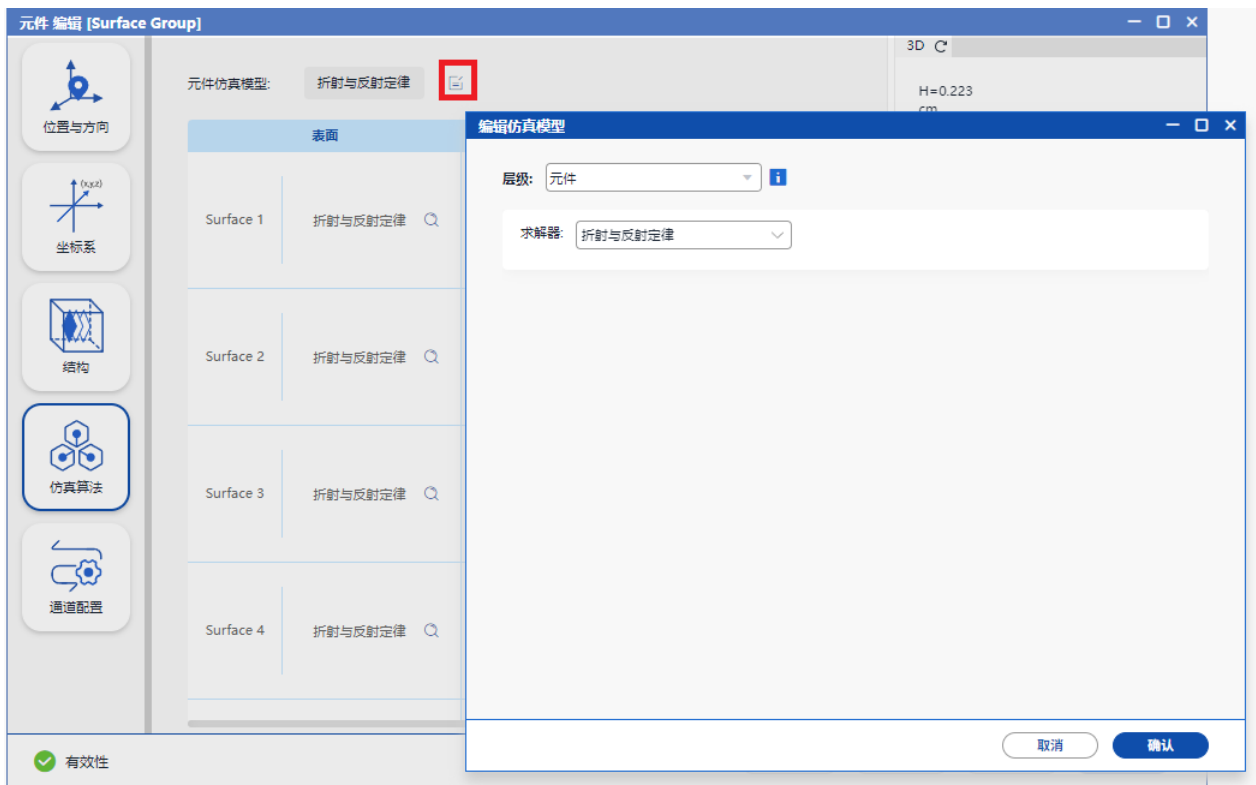
#### 2.1.4 仿真算法

在仿真算法页面中可以配置每个通道的仿真算法，为方便用户使用，用户可以在不同层级对仿真算法进行配置和管理。

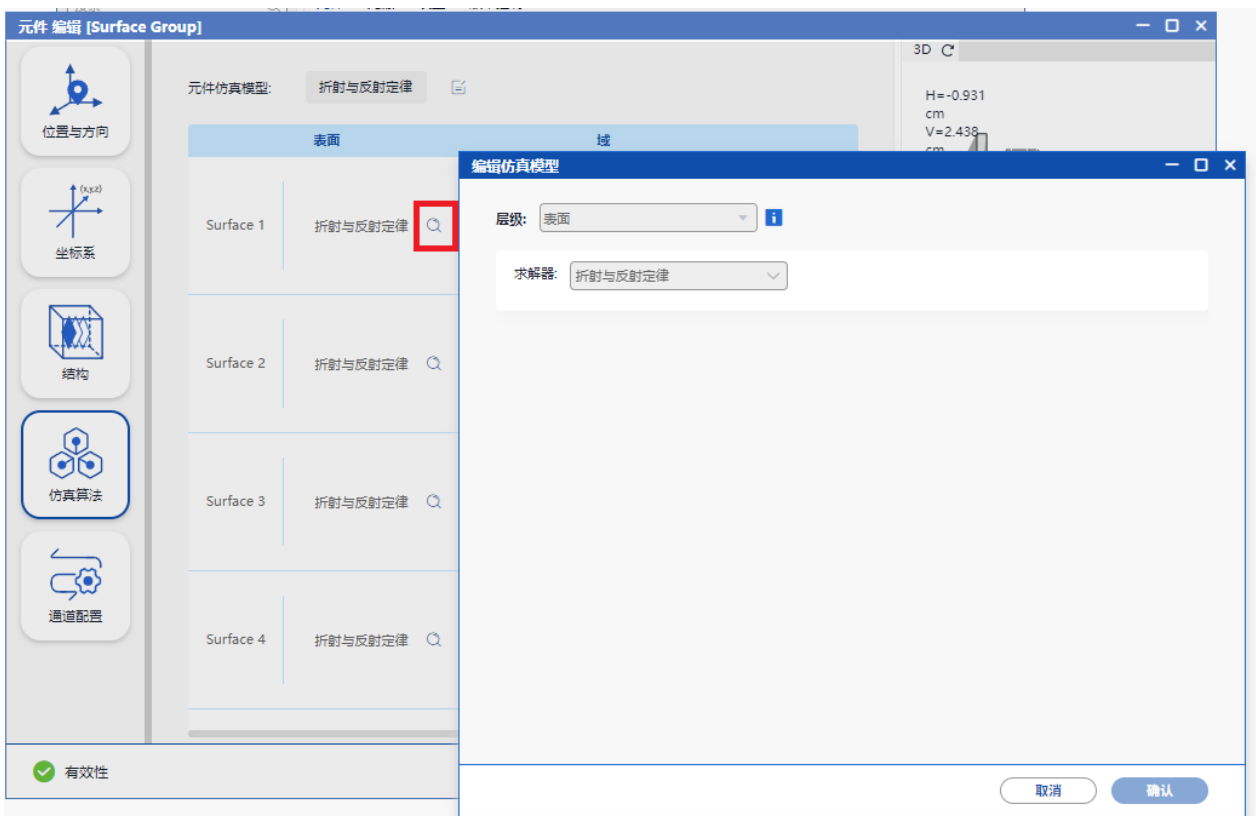


在 UniOptics 中，仿真算法的最终作用对象是光学通道。为了方便用户的配置，在高于通道的每一个光学系统描述数据结构的层级上，都可以进行建模方法的配置。各层级的仿真算法均向下管理，即在更高层级的系统结构中定义仿真算法之后，在更低层级中只能查看而无法修改。

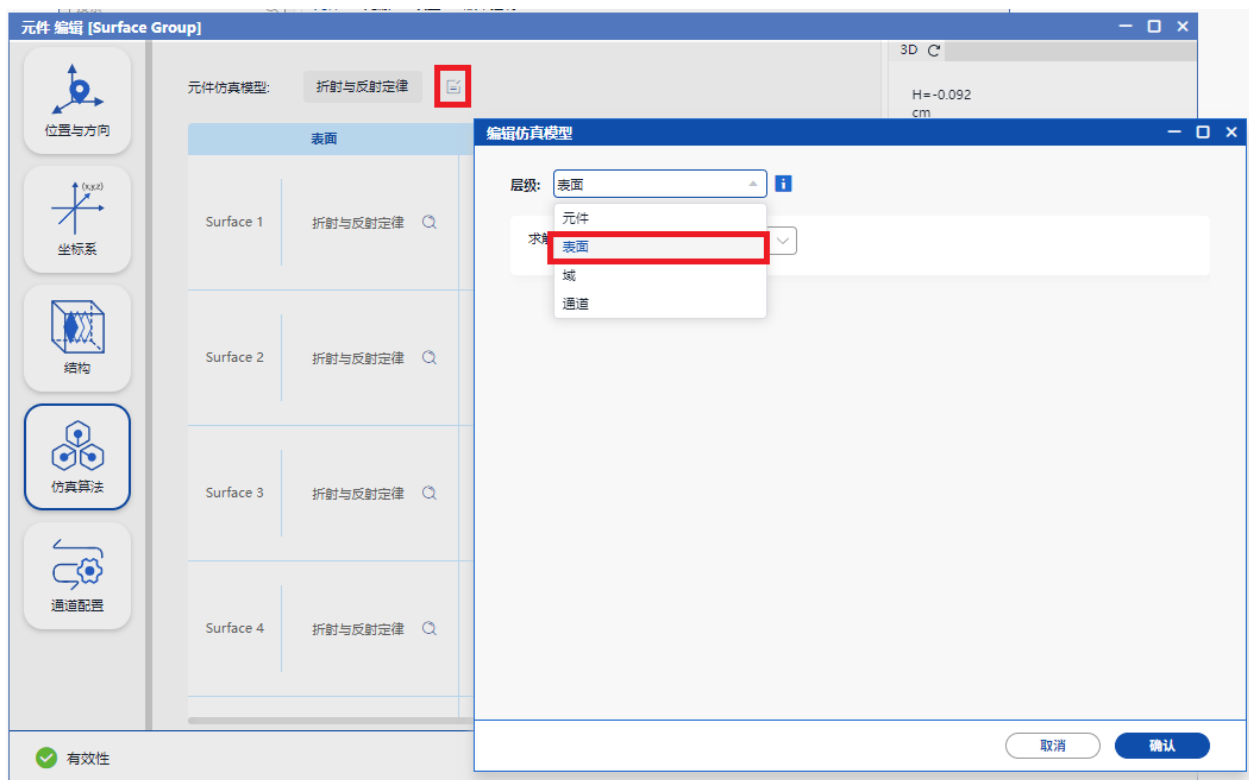
元件层级：如图所示，点击元件仿真模型后方按钮之后会弹出仿真模型配置窗口，点击确认之后可完成在元件层级的仿真算法配置



此时其他层级可以进行查看，如点击表面层级的仿真算法后侧的放大镜，可对仿真算法进行查看。在查看窗口中会提示配置的层级，当层级高于打开窗口的层级时，选项锁定无法进行配置。



表面层级：在元件层级进入配置页面后可以修改层级为表面



此时除元件层级，其他层级只能进行查看，不可进行配置。

域层级与通道层级逻辑与前者类似。

算法名称	描述
折射与反射定律	界面传播，可支持折射及反射，支持所有通道（对于几何光学，此算法为严谨算法，并不存在近似）
理想透镜	理想透镜算法，可对光线进行聚焦或准直。 仅支持 +/+ 及 -/-通道 当选择为轴对称时，只需要输入一个焦距； 当选择为非轴对称时，X 与 Y 方向可分别配置焦距
理想光栅	理想光栅算法，可根据线密度及折射率差异改变光线传播方向。

	支持所有通道
理想反射镜	配置方式与理想透镜一致，但对应通道需为 + / - 或 - / +

#### 2.1.4.1 折射与反射定律

对于光线追迹，最基础的算法为折射与反射定律。当通道为+/+或者-/-时为折射定律，当+/-或-/+时为反射定律。

#### 2.1.4.2 理想透镜

当选择为对称时，只有一个参数屈光度  $q$ ，得到传播方向  $\vec{S}'$  为

$$\vec{S}' = \frac{1/}{\sqrt{\left(\frac{S_x}{S_z} - P_x q\right)^2 + \left(\frac{S_y}{S_z} - P_y q\right)^2 + S_z^2}} \begin{pmatrix} \frac{S_x}{S_z} - P_x q \\ \frac{S_y}{S_z} - P_y q \\ S_z \\ 1 \end{pmatrix}$$

其中  $(S_x, S_y, S_z)$  为入射方向， $(P_x, P_y)$  为交点位置

当选择为非对称时，参数为屈光度  $q_x$  以及  $q_y$ ，得到传播方向  $\vec{S}'$  为

$$\vec{S}' = \frac{1/}{\sqrt{\left(\frac{S_x}{S_z} - P_x q_x\right)^2 + \left(\frac{S_y}{S_z} - P_y q_y\right)^2 + S_z^2}} \begin{pmatrix} \frac{S_x}{S_z} - P_x q_x \\ \frac{S_y}{S_z} - P_y q_y \\ S_z \\ 1 \end{pmatrix}$$

#### 2.1.4.3 理想光栅

理想光栅有两个参数分别为衍射级次  $l$  及线密度  $d$ ，则相位梯度变化为（Y方向）

$$\Delta\phi = ld \frac{\lambda}{n_1}$$

其中  $\lambda$  为波长， $n_1$  为出射区域折射率。根据相位梯度变化可得到透射方向

$$\vec{S}' = \begin{pmatrix} \frac{n_1}{n_0} S_x \\ \frac{n_1}{n_0} S_x + \Delta\phi \\ \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_0} S_x\right)^2 - \left(\frac{n_1}{n_0} S_x + \Delta\phi\right)^2} \end{pmatrix}$$

反射方向为

$$\vec{S}' = \begin{pmatrix} S_x \\ S_y + \Delta\phi \\ -\sqrt{1 - S_x^2 - (S_y + \Delta\phi)^2} \end{pmatrix}$$

#### 2.1.4.4 理想反射镜

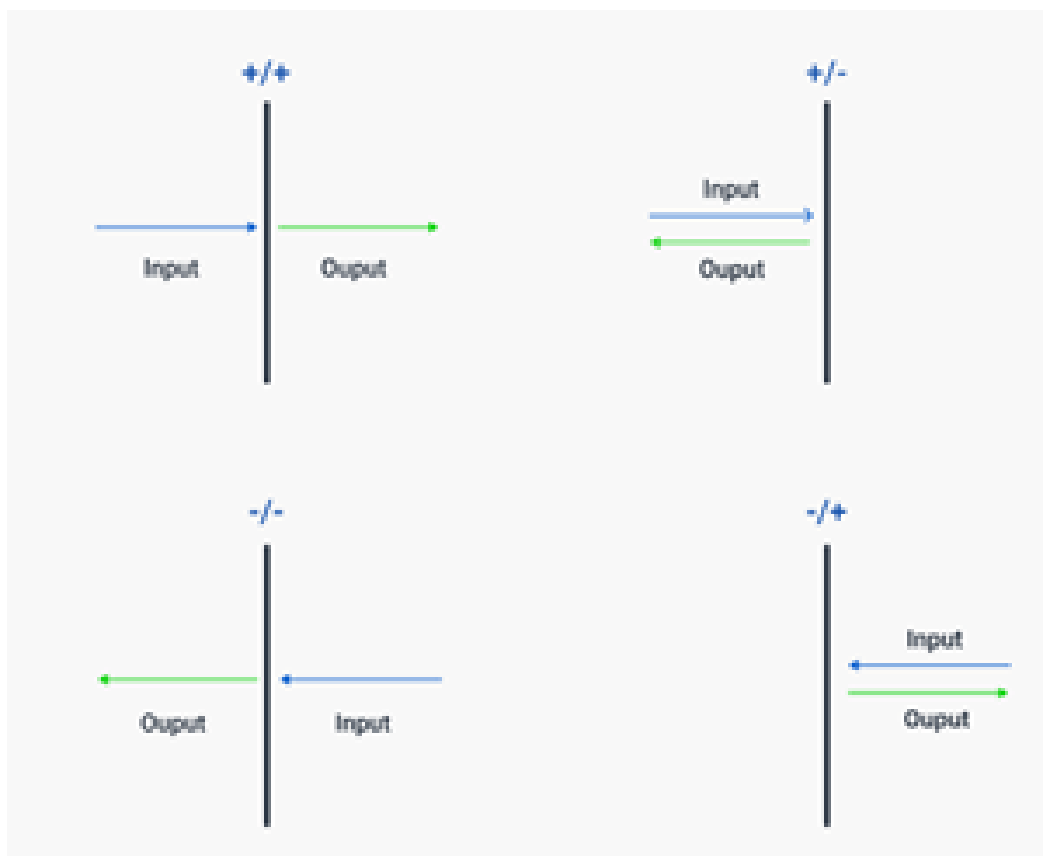
与理想透镜算法一致，但传播方向 Z 分量需乘-1。

#### 2.1.5 通道配置

一个表面可以通过以下方式被照亮：从前方（沿光轴方向）或从后方（逆光轴方向）。此外，光线可以被反射或透射。因此，光线在表面上的作用方式共有四种可能：

通道	描述
+/+	光从前方入射并透射穿过表面
+/-	光从前方入射并在表面反射
-/-	光从后方入射并透射穿过表面
-/+	光从后方入射并在表面反射

如下图所示（注：表面局部坐标系的 Z 轴朝向右侧）

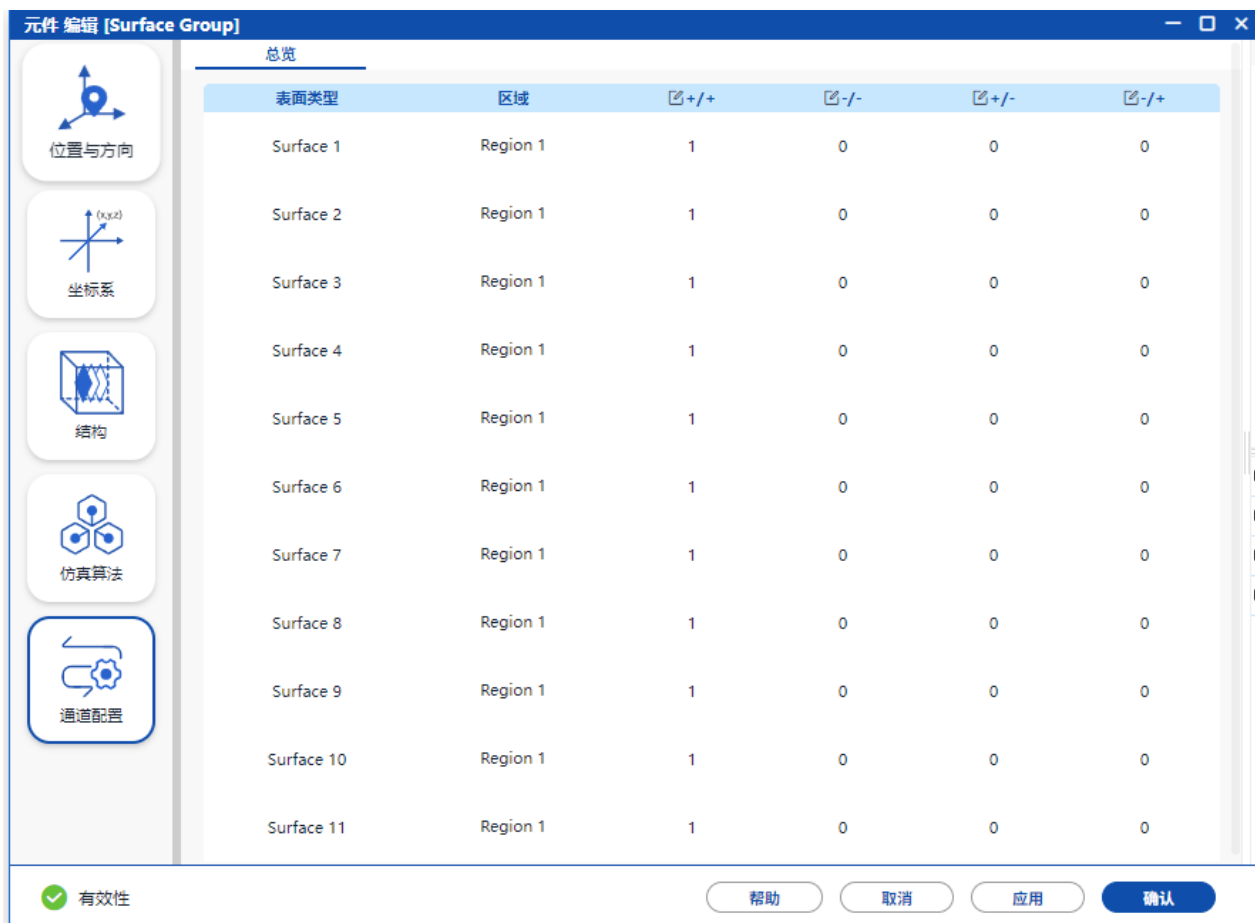


这些通道 (+/+, +/-, -/-, -/+) 的命名依据的是入射光与出射光方向向量的  $z$  分量符号。具体而言：

第一个符号（如+或-）表示入射光方向向量的  $z$  分量符号。

第二个符号（如+或-）表示出射光方向向量的  $z$  分量符号。

为避免计算不必要的光路，用户可以手动配置每个通道在一个光路序列中可被激发的次数。当数字大于 0 时，在光路生成过程中会考虑将此通道纳入考虑。当某一光路序列中某一通道的激发次数已达到最大值，光路序列则中断。详细使用逻辑参见第七章【[序列工具](#)】。



## 2.2 光源标签页

在项目配置窗口的【光源】标签页可以对系统中的光源进行配置。与光学元件定义类似，可以通过拖拽释放的方式将左侧可选光源列表中的光源添加到右侧的光源列表中。左侧的可选光源列表的使用与光学元件定义一致，可以通过关键词和常用清单对已有光源进行过滤，实现快速添加。当前可支持点光源、平面波、高斯光源。

将光源添加入系统后，光源配置窗口将弹出，该窗口有【波长】、【采样】、【视场】等页面。

### 2.2.1 波长

光源配置窗口的【波长】页面可以进行波长配置。



导入预设：该选项存储了常用的波长列表，通过点击预设：对话框，可以选择所需的波长项目，选中后点击导入预设可将预设光源加载到波长列表中。

主波长：通过点击该对话框，可以选择第几个波长为主波长。

波长列表：系统中添加的光源列表，包含设置波长，权重，电场强度振幅及相位（仅在场追迹产品中使用）。通过点击对应对话框，可对相应光源数据进行修改。右键点击列表中的任意位置，可对波长进行添加与删除。选中某一行光源数据，点击下方    编辑按钮，与右键菜单功能一致。

序号	波长	权重	电场强度	
			振幅	相位
1	0.486 um	1.000	1.000 V/m	1.000 rad
2	0.588 um	1.000	1.000 V/m	1.000 rad
3	0.656 um	1.000	1.000 V/m	1.000 rad

添加

插入

删除

### 2.2.2 采样

在 UniOptics 中，支持多种光学仿真模式，而光源采样配置的调整将直接影响这些仿真的运算内容和结果。在透镜设计产品中仅支持光线追迹仿真采样配置

配置内容	描述
采样平面	<p>可支持在光瞳面或光阑面进行采样。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 当选择为光瞳面采样时，软件会根据入瞳尺寸及位置计算出每根光线在光源面的位置或者方向</li> <li>2. 当选择为光阑面进行采样时，软件会对每根光线进行光线瞄准，得到每根光线在光源面的位置或者方向，保证真实光线追迹时在光阑面位置准确。</li> </ol>
孔径类型	<p>配置系统孔径类型包括：</p> <p>入瞳直径：直接指定光学系统入瞳的直径大小</p> <p>物方 NA：物方介质的折射率乘以物方孔径角的正弦值</p> <p>物方锥角：物空间边缘光线的半角</p> <p>按光阑尺寸调整：用光阑面口径定义</p> <p>像方 F 数：像空间定义的无限共轭 F 数</p>

	近轴 F 数：像空间定义的共轭近轴 F 数
孔径值	配置孔径值

### 2.2.3 视场

光源配置窗口的【视场】页面可以配置光源的多个视场。对于点光源，不同的视场对应不同的发光点位置；对于平面波，不同的视场对应不同的光线传播方向。

配置内容	描述
定义类型	可支持类型包括 角度 物高 近轴像高 真实像高 经纬角
归一化方式	可选择为径向或者矩形
最大范围	对应最大视场值
视场列表	列表中行对应视场的数量，每一列对应视场的参数，包括： Hx (归一化视场 X 坐标) Hy (归一化视场 Y 坐标) 权重 偏心 X (渐晕因子) 偏心 Y (渐晕因子) 压缩率 X (渐晕因子) 压缩率 Y (渐晕因子)

在视场列表右上角有三个按钮：分别为

【清除所有视场】：可清除所有的视场，只保留一个默认 0 视场。

【清除所有渐晕因子】：可清除所有渐晕因子。

### 2.3 光学系统设置

在项目配置窗口，点击【设置】标签可以进入系统补充定义页面。目前包含关

于光学系统中光阑，环境和光路搜寻相关设置。

光阑设置：用户需要指定光阑定义在哪一表面上


环境设置：用户可定义环境温度，压强及材料（默认为空气）

光路搜寻设置：用户可设置光路搜寻方式来获得所需的光路序列或者光路树

- 结构 vs. 光路：用户可选择所有结构共用一个光路，或者每个结构对应不同光路
- 波长 vs.光路：用户可以选择光路搜寻时只考虑主波长，此时只有主波长会参与光路搜寻，其他波长会使用主波长搜索出的光路；或者选择考虑所有波长，此时所有波长都会进行光路搜寻。
- 合并相同光路：当选择考虑所有波长时，用户可以选择合并相同光路，此时软件会比对所有波长得到的光路并进行合并；如果选择不考虑合并，软件则不进行合并。

### 2.4 版本控制

项目配置窗口的【版本控制】页面的版本列表允许用户进行历史版本的查看、删除、删除历史数据、重命名等操作。

用户可以通过点击选中版本列表最左侧的复选框实现对历史项目的选择。进而，用户可以通过右上角的  图标进行版本删除，或者通过右键菜单实现版本删除与仿真结果删除。

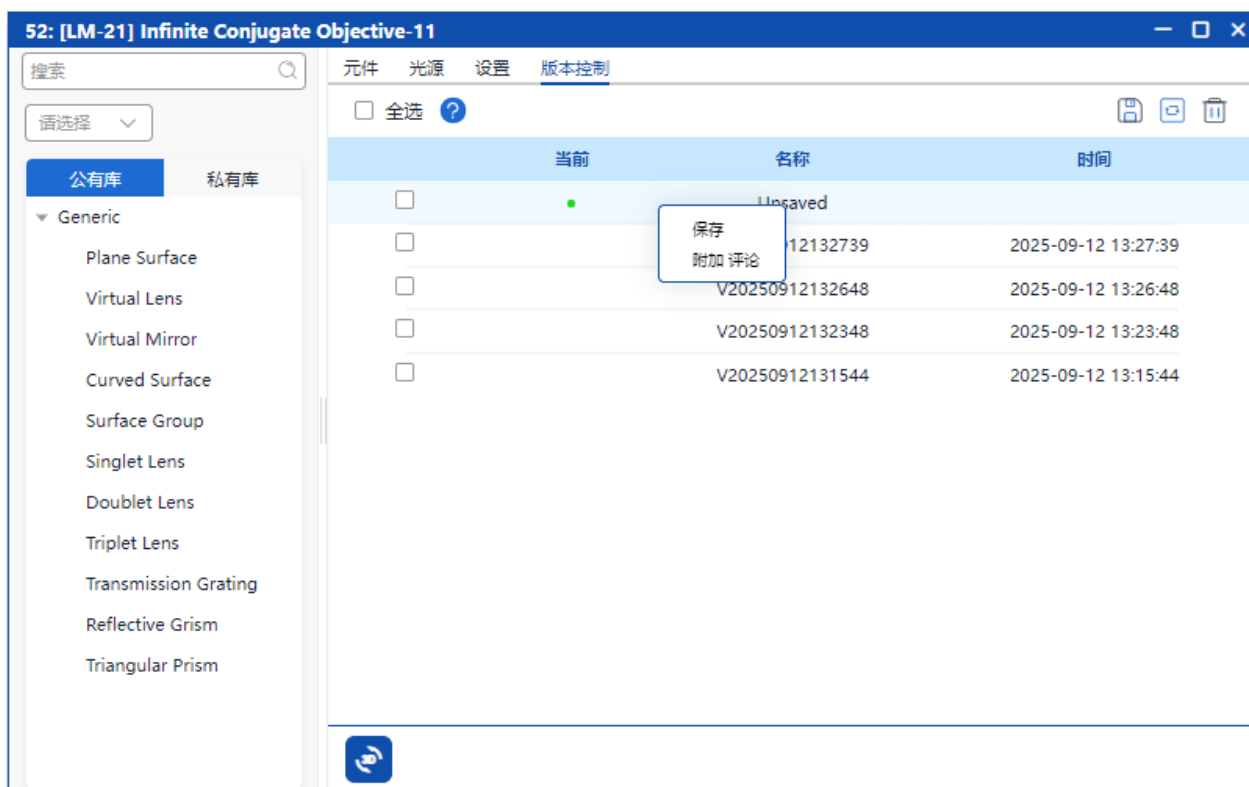
如果用户选中一个历史版本并右键点击或者在某一个历史版本上直接右键，

可以针对该历史版本进行重命名操作。基于同样的操作逻辑，用户可以以该历史版本为基准，对包括该版本在内的，更为陈旧的历史版本进行统一的管理，具体操作包括删除更为陈旧的版本和删除更为陈旧版本中的仿真数据等。在 UNIO 中，每一个项目被创建时将生成一个 Unsaved 版本，该版本已经与软件的云端数据库进行了同步，用户无需担心数据丢失。但是 Unsaved 版本只会保留最新的项目状态，无法进行历史状态回溯。

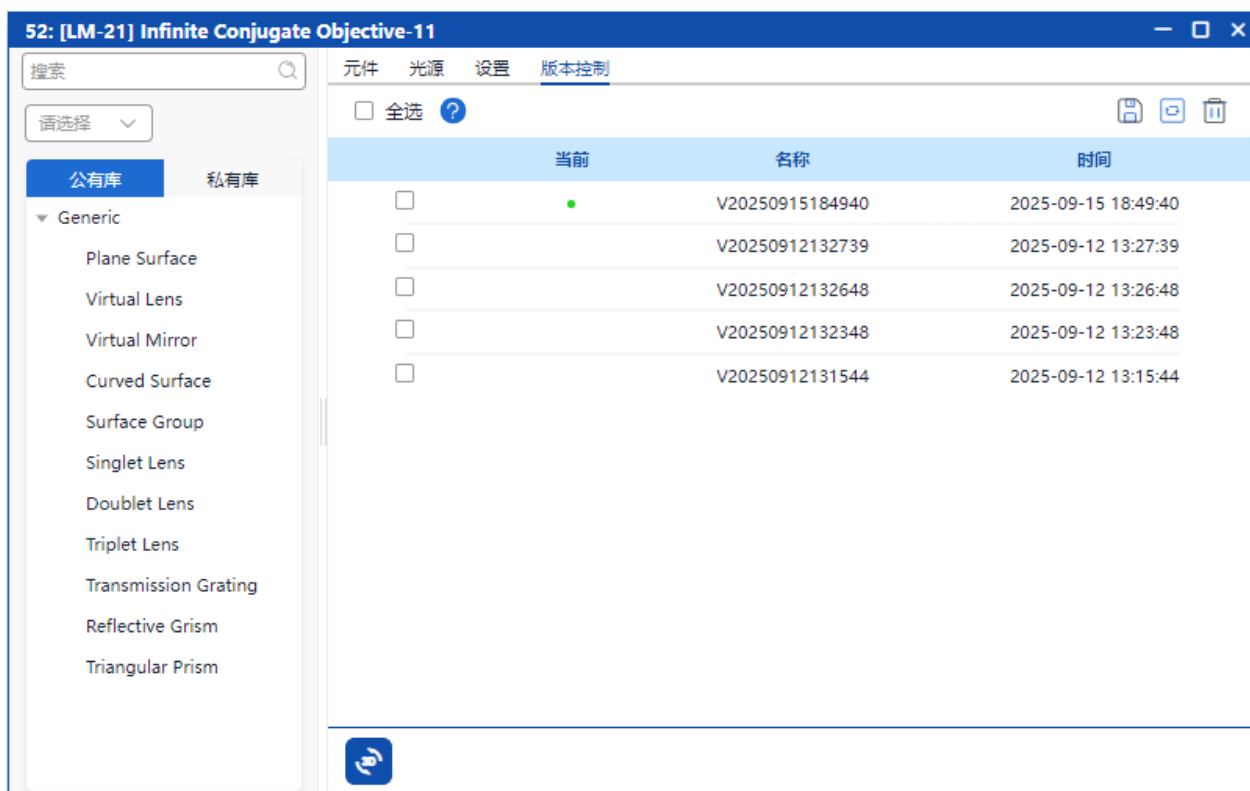
当用户进行以下两种操作之一时，Unsaved 版本会成为一个历史版本：

点击优化，公差分析以及优化流程中的 Set Variable Back 按钮操作。

用户手动选择对 Unsaved 版本进行保存。



当版本被保存之后，Unsaved 版本将会变为自动命名后的历史版本，如下图所示。此时，用户可以对这些历史版本进行切换至、查看结果等操作。

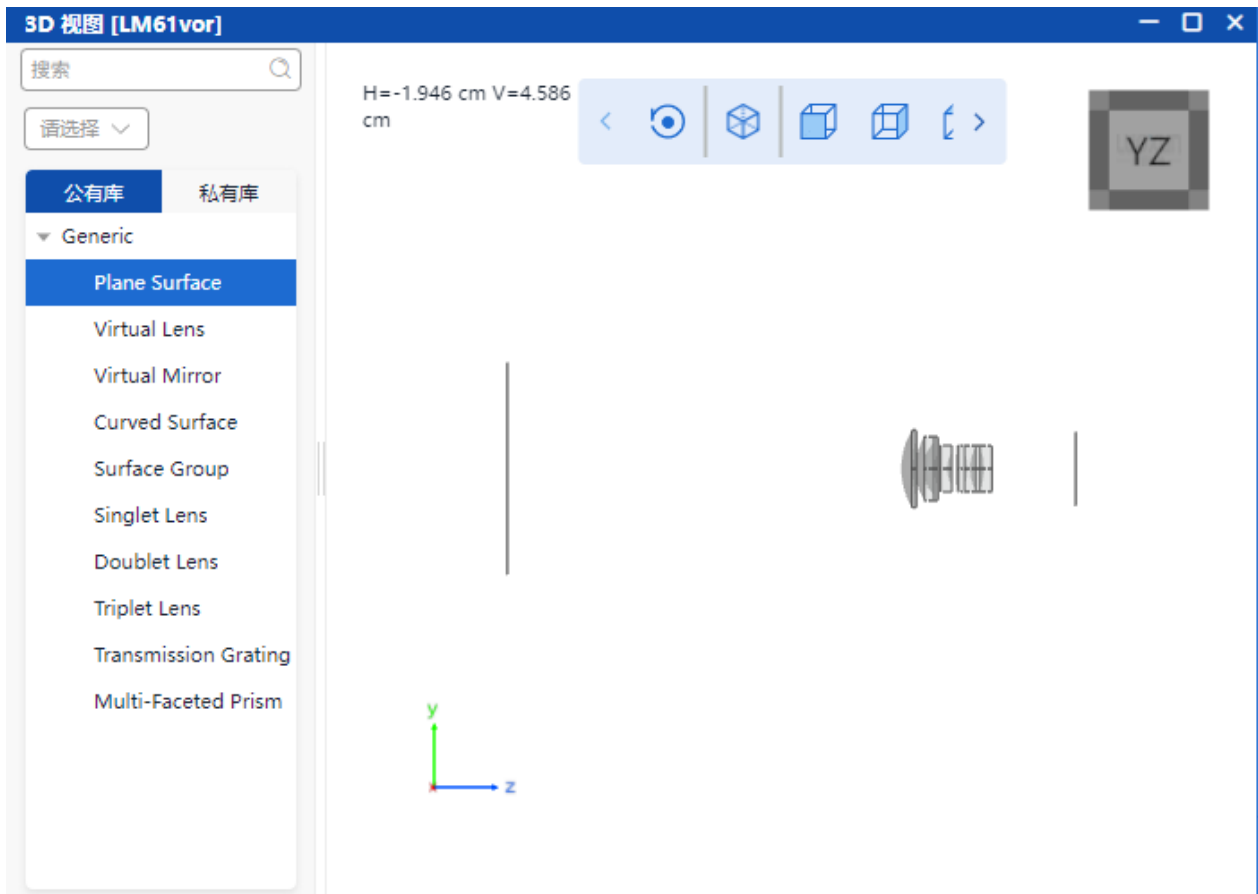


当一个项目的当前版本是已经保存的历史版本时，对项目任何参数的修改都将触发新的 Unsaved 版本的生成，该机制可以保证历史版本中的数据与项目状态是永远统一的。当 Unsaved 版本生成时，有以下两种可能性，其一是当前项目不存在 Unsaved 版本，则软件会自动创建一个 Unsaved 版本，其二是当前项目已经存在一个 Unsaved 版本，此时软件会询问用户，是否用这个新创建的版本去覆盖既有的 Unsaved 版本。具体示例：一个项目中已有版本 A、B，且不存在 Unsaved 版本；此时打开版本 A，并且修改参数，软件会形成基于版本 A 修改后的 Unsaved 版本；在触发此 Unsaved 版本被保存之前，如果用户切换到版本 B，修改参数后并尝试保存，软件会询问是否覆盖当前的 Unsaved 版本（即由版本 A 修改参数得到的 Unsaved 版本）；如果用户确认该操作，则由版本 B 修改得到的版本将成为新的 Unsaved 版本，而由版本 A 修改得到的 Unsaved 版本将被遗弃。

## 2.5 系统 3D 视图

点击【项目】窗口右侧项目配置区左下角的  图表按钮，打开【3D 显示】

## 窗口




窗口左侧为可选元件列表，该部分功能与【项目】窗口功能一致，详细可参考【项目】窗口部分介绍。窗口右侧为 3D 系统展示区，该区域包含 3D 视图显示、全局坐标系指示、视图指示器、视角切换工具、视图辅助查看工具。

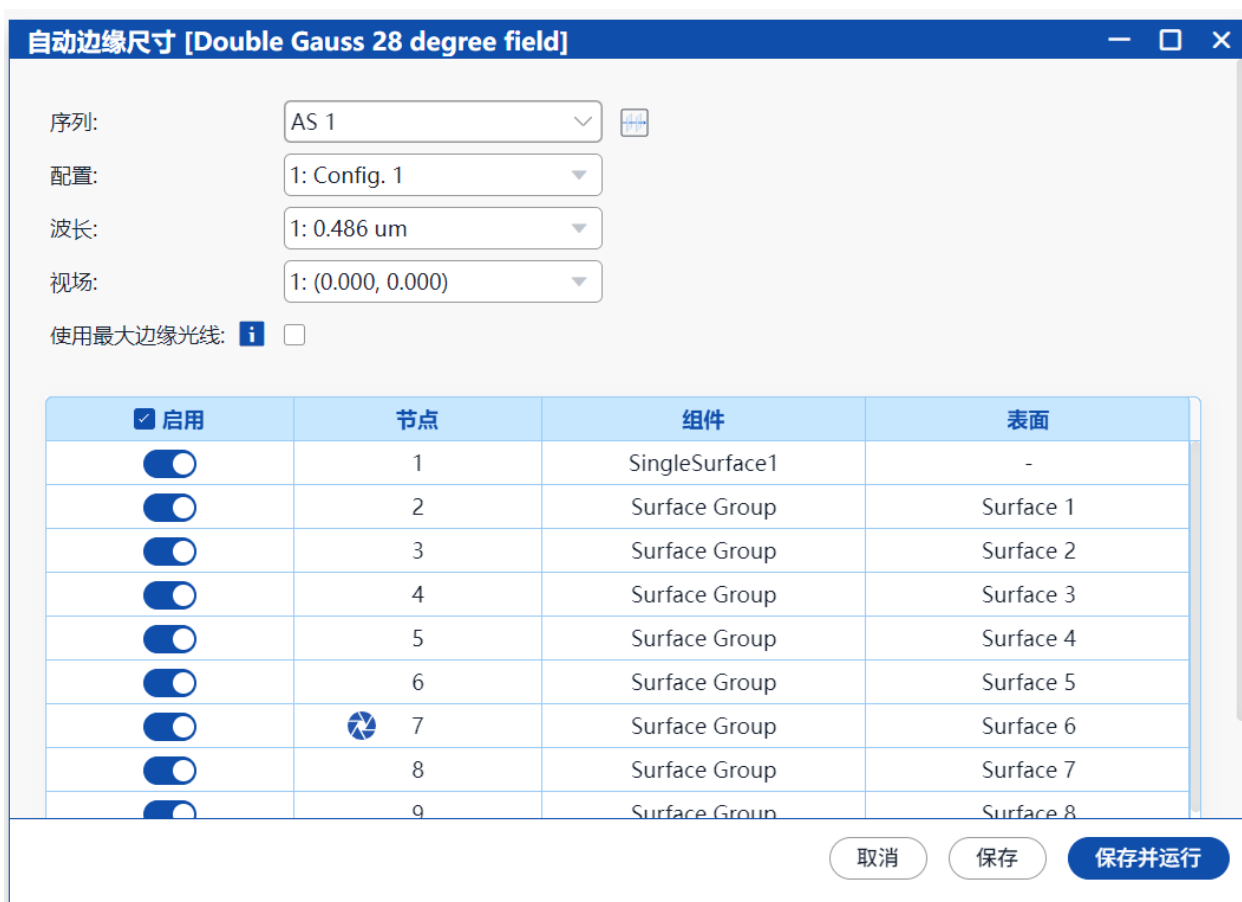
### 2.6 系统调整便捷工具

UniOptics 提供多个系统调整便捷工具，帮助用户快速调整系统。

#### 2.6.1 自动边界尺寸计算

此工具用于快速调整元件的边界尺寸，软件会根据所选波长，视场等信息进行光线追迹，得到每个表面的实际通光区域，然后基于通光区域的尺寸调整每个表面的边界尺寸。用户点击 Ribbon 中快捷工具  右侧的小齿


轮出现以下窗口



所需配置参数如下：

参数名	描述
序列	计算的光路序列，单选。
结构	计算的结构，当光路对应多个结构时可多选。
波长	计算的波长，可多选
视场	计算的视场，可多选
使用最大边缘光线	当不启用时，每个结构根据自身边缘光线计算边界尺寸；当启用时，每个表面的边界尺寸为所有结构中的最大值。

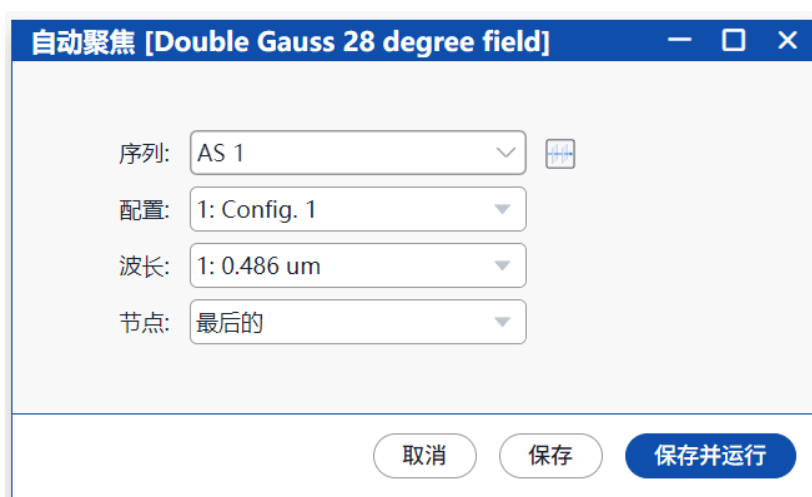
下侧的表中用户可以选择哪些表面的边界尺寸需要被调整。

完成配置之后用户可以选择保存，之后再点击按钮 （除小齿轮区域）启动计算，或者直接点击保存并运行，可以立即执行。未来用户需要再次进行调整时，仅需点击此按钮就可以立即执行，无需重新配置。

## 2.6.2 自动聚焦

此工具用于快速将某表面移动到焦面位置，软件会根据所选波长等信息进行傍轴光线追迹，得到聚焦位置，然后将所选节点对应的表面移动到聚焦位置。

用户点击 Ribbon 中快捷工具  右侧的小齿轮出现以下窗口：




所需配置参数如下

参数名	描述
序列	计算的光路序列，单选。
结构	计算的结构，单选。
波长	计算的波长，单选。
节点	需移动的表面，单选。

完成配置之后用户可以选择保存，之后再点击按钮 （除小齿轮

区域) 启动计算, 或者直接点击保存并运行, 可以立即执行。未来用户需要再次进行调整时, 仅需点击此按钮就可以立即执行, 无需重新配置。


### 2.6.3 自动对齐

此工具用于快速将某表面移动光轴 (主光线) 上, 软件会根据所选波长等信息进行光线追迹, 得到主光线信息, 然后将所选节点对应的表面移动到主光线上。用户点击 Ribbon 中快捷工具  右侧的小齿轮出现以下窗口:

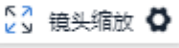


所需配置参数如下

参数名	描述
序列	计算的光路序列, 单选。
结构	计算的结构, 单选。
波长	计算的波长, 单选。
视场	计算的视场, 单选。
节点	需移动的表面, 单选。
与上一个节点的距离	与上一个节点的距离。

完成配置之后用户可以选择保存，之后再点击按钮 （除小齿轮区域）启动计算，或者直接点击保存并运行，可以立即执行。未来用户需要再次进行调整时，仅需点击此按钮就可以立即执行，无需重新配置。


#### 2.6.4 镜头缩放

此工具用于快速将指定范围内的镜头系统进行比例缩放。用户点击 Ribbon 中快捷工具  右侧的小齿轮出现以下窗口：




所需配置参数如下

参数名	描述
序列	计算的光路序列，单选。
结构	计算的结构，单选。
起始节点	镜头系统的起始面
结束节点	镜头系统的终止面
缩放因子	系统的缩放比例

完成配置之后用户可以选择保存，之后再点击按钮 （除小齿轮区域）启动计算，或者直接点击保存并运行，可以立即执行。未来用户需要再次进行调整时，仅需点击此按钮就可以立即执行，无需重新配置。

### 2.6.5 焦距缩放

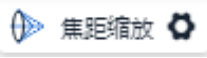
此工具用于快速将某表面移动光轴（主光线）上，软件会根据所选波长等信息进行光线追迹，得到主光线信息，然后将所选节点对应的表面移动到主光线上。用户点击 Ribbon 中快捷工具  右侧的小齿轮出现以下窗口



所需配置参数如下：

参数名	描述
序列	计算的光路序列，单选。
结构	计算的结构，单选。
波长	计算的波长，单选。
起始节点	镜头系统的起始面
结束节点	镜头系统的终止面

当前焦距	显示当前镜头系统的近轴焦距
目标焦距	缩放后的目标焦距

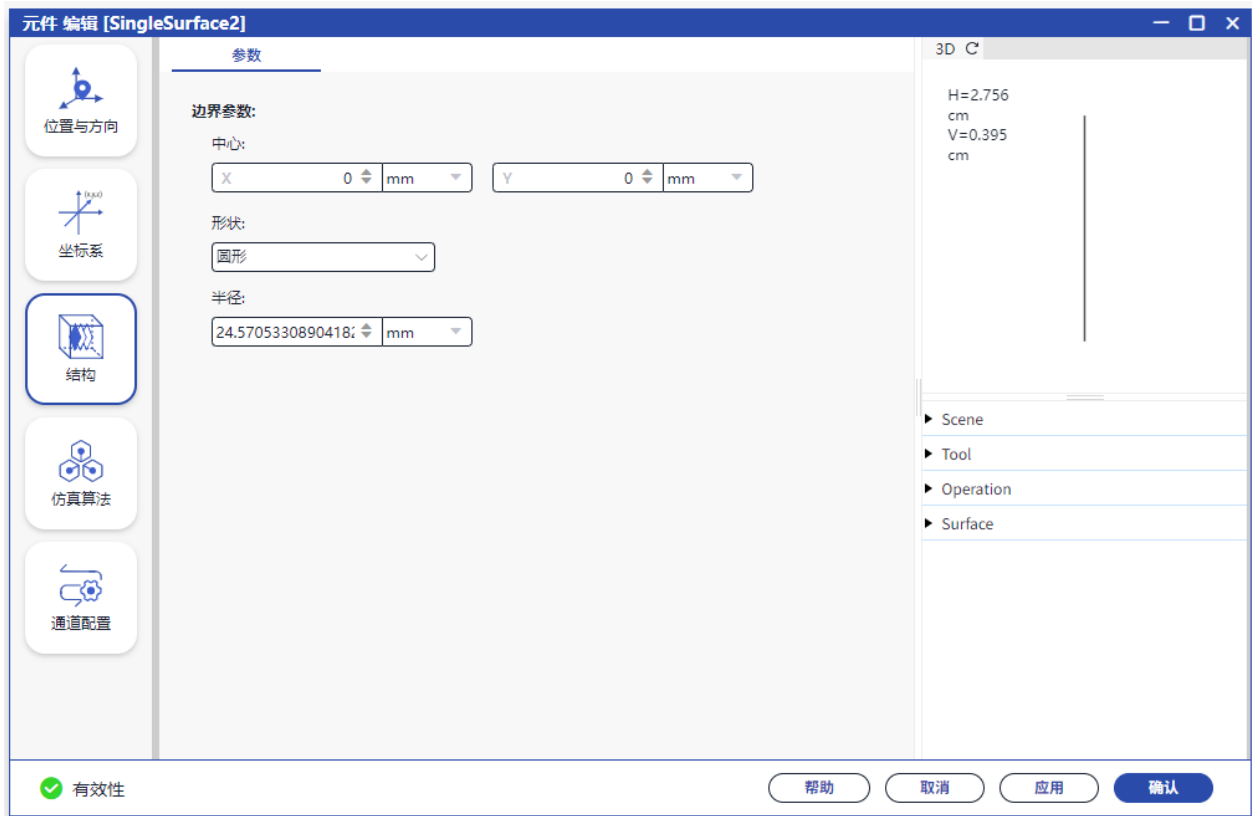
完成配置之后用户可以选择保存，之后再点击按钮  (除小齿轮区域) 启动计算，或者直接点击保存并运行，可以立即执行。未来用户需要再次进行调整时，仅需点击此按钮就可以立即执行，无需重新配置。

### 3 光学元件

光学元件是构建光学系统的基础对象，可在元件列表中直接放置。它们包括透表面、透镜、反射镜等，用于定义系统整体布局。每个光学元件都支持位置与姿态参数的设定，能够在系统中精确定位光学元件构成了系统的结构框架，是后续光学性能分析的基础。

#### 3.1 Plane Surface

单表面元件，此元件只包含一个平面，常用于放置光源，或作为一个虚拟面方便进行观测等。在【结构】标签页中只需配置单表面的边界尺寸。



### 3.2 Virtual Lens

虚拟透镜，仅包含一个平面，但可根据配置焦距来实现聚焦或发散功能。在【结构】标签页中只需配置单表面的边界尺寸，与 Plane Surface 一致。仿真模型默认为 Virtual Lens，可配置屈光度等信息，详细信息请参见 2.1.4。

### 3.3 Virtual Mirror

虚拟反射镜，仅包含一个平面，但可根据配置焦距来实现聚焦或发散功能。在【结构】标签页中只需配置单表面的边界尺寸，与 Plane Surface 一致。仿真模型默认为 Virtual Mirror，可配置屈光度等信息，详细信息请参见 2.1.4。

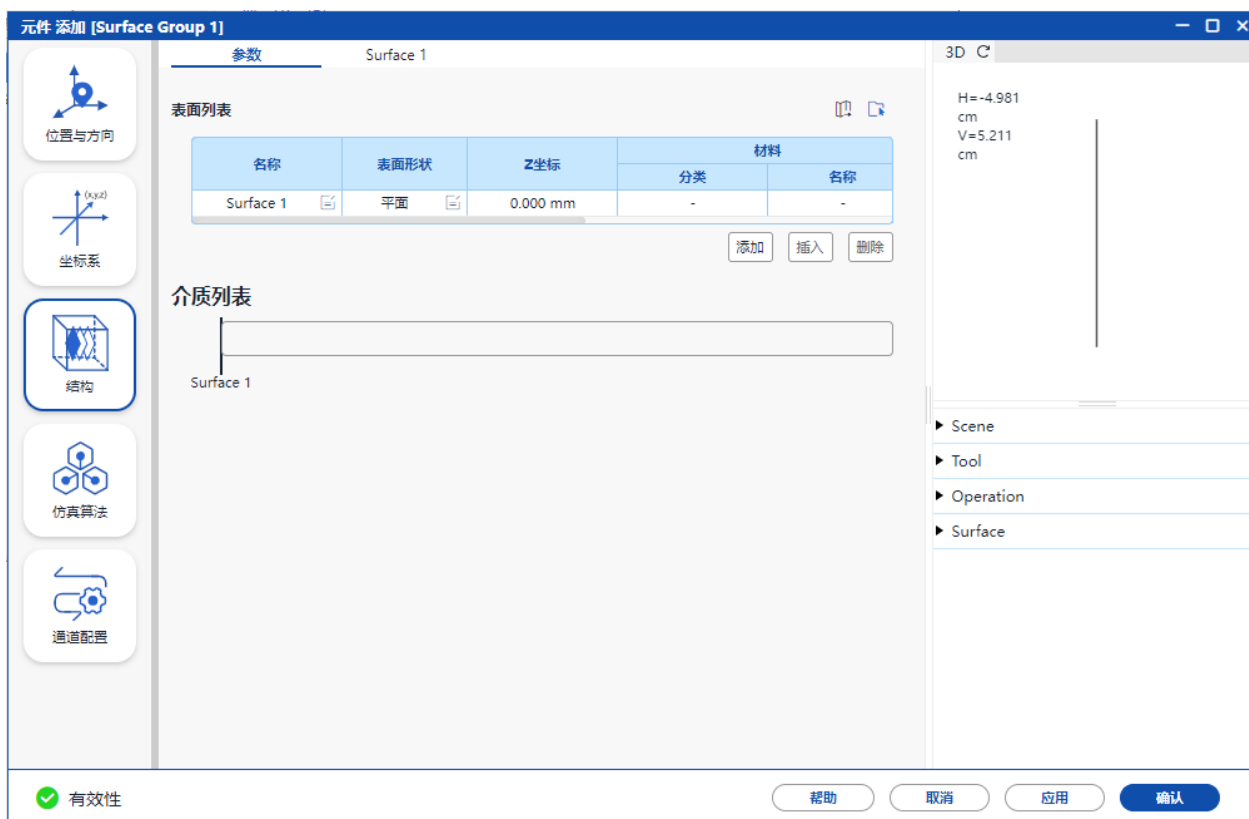
### 3.4 Curved Surface

单表面元件，此元件只包含一个曲面，常用于定义曲面反射镜，或者作为虚

拟面便于观测和分析光线在表面上的交点信息。


### 3.5 Surface Group

表面组，可在表面组中定义多个表面及夹层材质，在【结构】标签页中进行管理。




在表面列表中可对相关信息进行配置，配置方式与 Singlet Lens 一致，以 Surface Group 为基础的预设元件以及 Surface Group 元件，其表面列表的右上提供两个按钮：



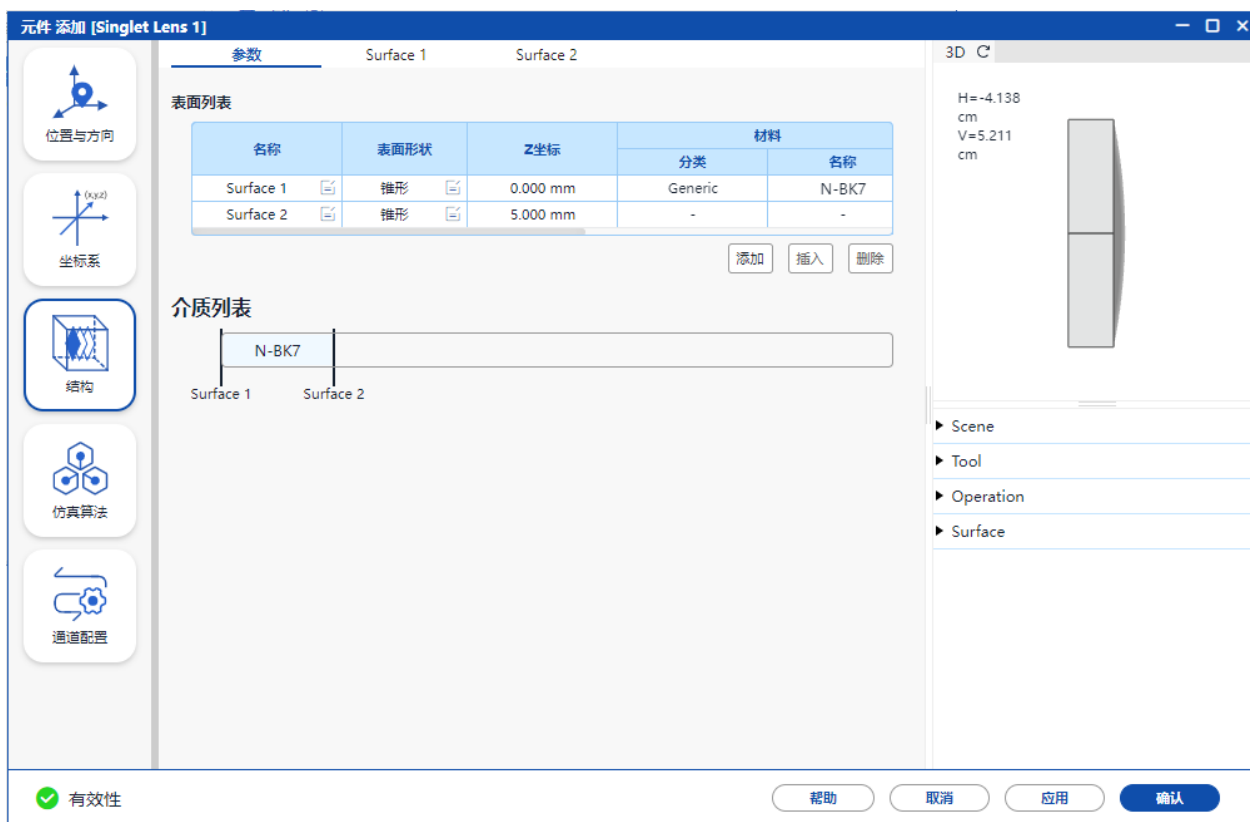
： **导出透镜零件图**按钮用于导出透镜的几何尺寸、边界曲率、中心厚度、外径以及倒角等关键信息。软件支持将零件图输出为《光学制图》GB/T

13323 - 1991 格式，以便于与机械设计、加工及装配环节衔接。



: **导入镜头数据**按钮用于将外部光学系统的参数数据导入软件，包括透镜曲率、厚度和材料等。用户可在此基础上直接进行编辑，方便与其他设计平台或数据库的对接。



### 3.6 Singlet Lens

单透镜，可定义两个表面及夹层材料，在【**结构**】标签页中进行管理。



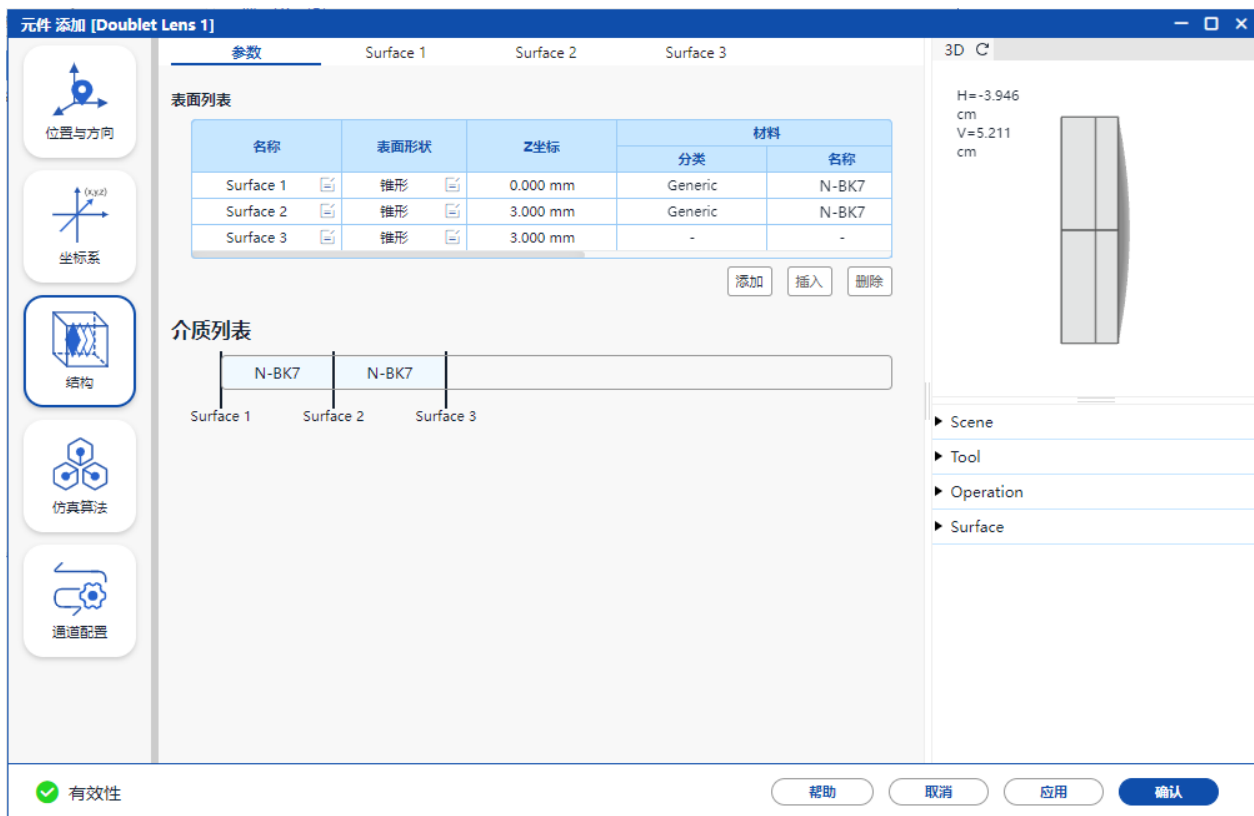
在表面列表中可对相关信息进行配置，详细描述如下

参数名	描述
名称	表面名称，点击后方的  可跳转到表面的配置页面。
表面形状	点击后方  可跳转到表面类型的配置页面
Z 坐标	与前一个表面的 Z 方向相对距离，第一个面为

	相对元件整体坐标系的相对距离。参数可在列表中进行修改。
<b>材料: 分类</b>	材料在资源库中的分类
<b>材料: 名称</b>	<p>具体材料名称，支持两种选择材料的方式：</p> <p>点击  按钮打开材料资源库，从中选择一个材料。</p> <p>在输入框中输入材料名称可进行搜索，默认仅在当前选中的材料分类中查找。点击 “” 按钮后，将清除当前分类限制，搜索范围扩展至整个材料资源库的所有类别。</p>
<b>边界: 形状</b>	可选择为圆形或方形
<b>边界: 尺寸</b>	当边界为圆形时，尺寸对应半径；当边界对应方形时，尺寸对应宽和高

### 3.7 Doublet Lens

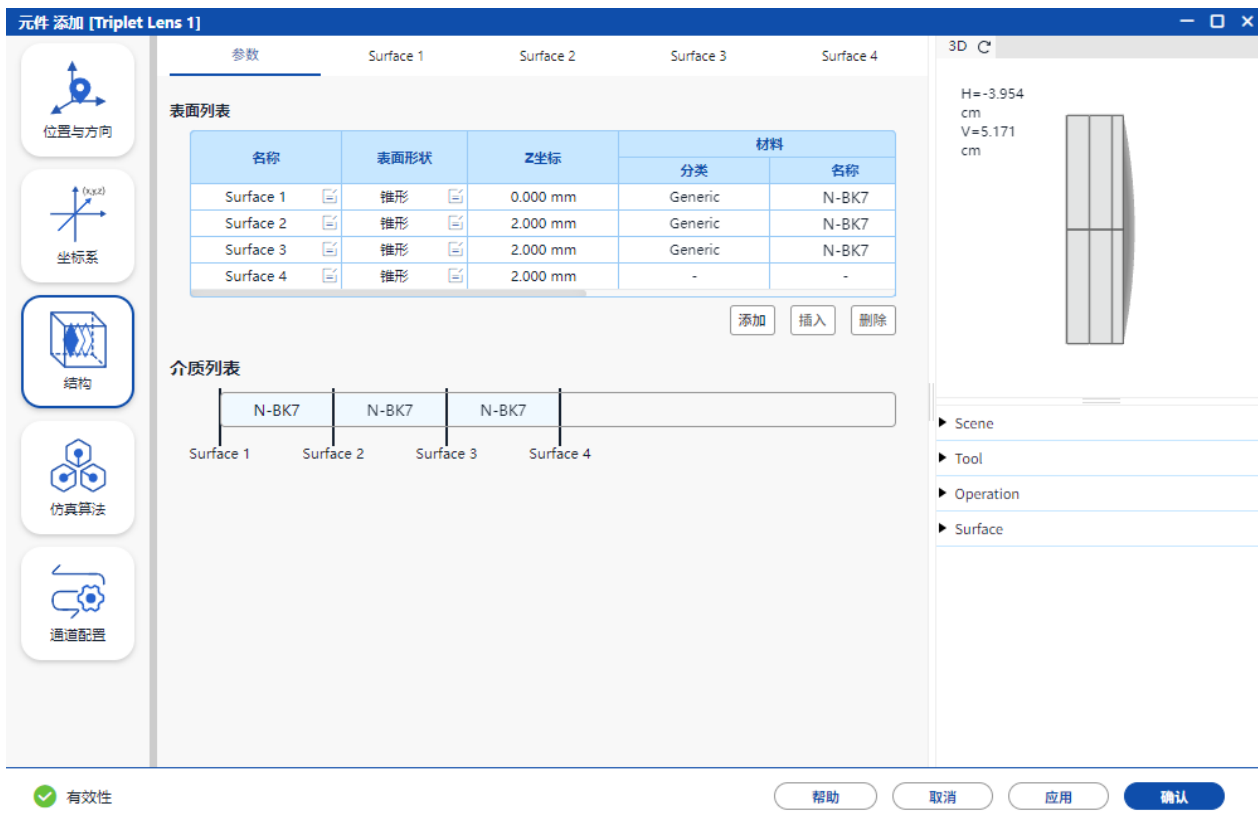
双透镜（胶合透镜），可定义三个表面及两个夹层材料，在【结构】标签页中进行管理。



在表面列表中可对相关信息进行配置，配置方式与 Singlet Lens 一致

### 3.8 Triplet Lens

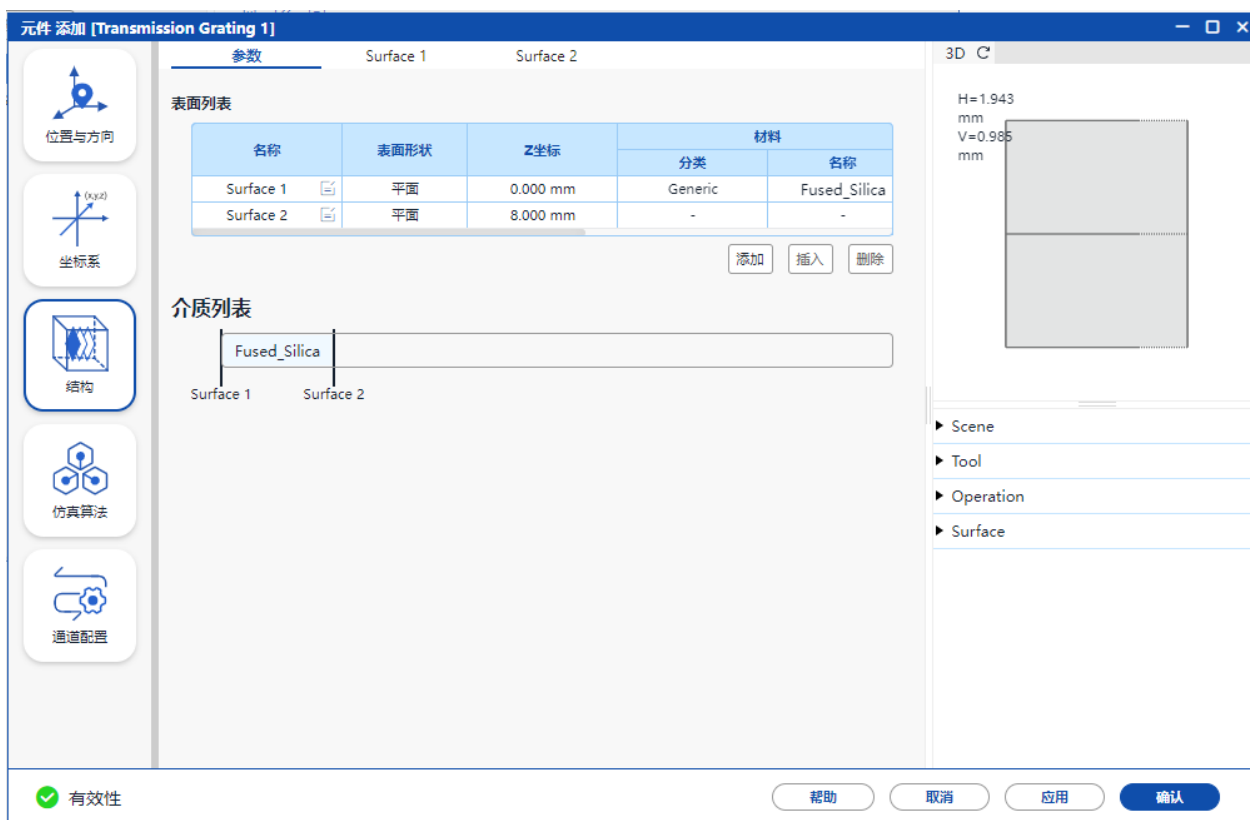
三透镜（胶合透镜），可定义四个表面及三夹层材料，在【结构】页面中进行管理。



在表面在表面列表中可对相关信息进行配置，配置方式与 Singlet Lens 一致

### 3.9 Transmission Grating

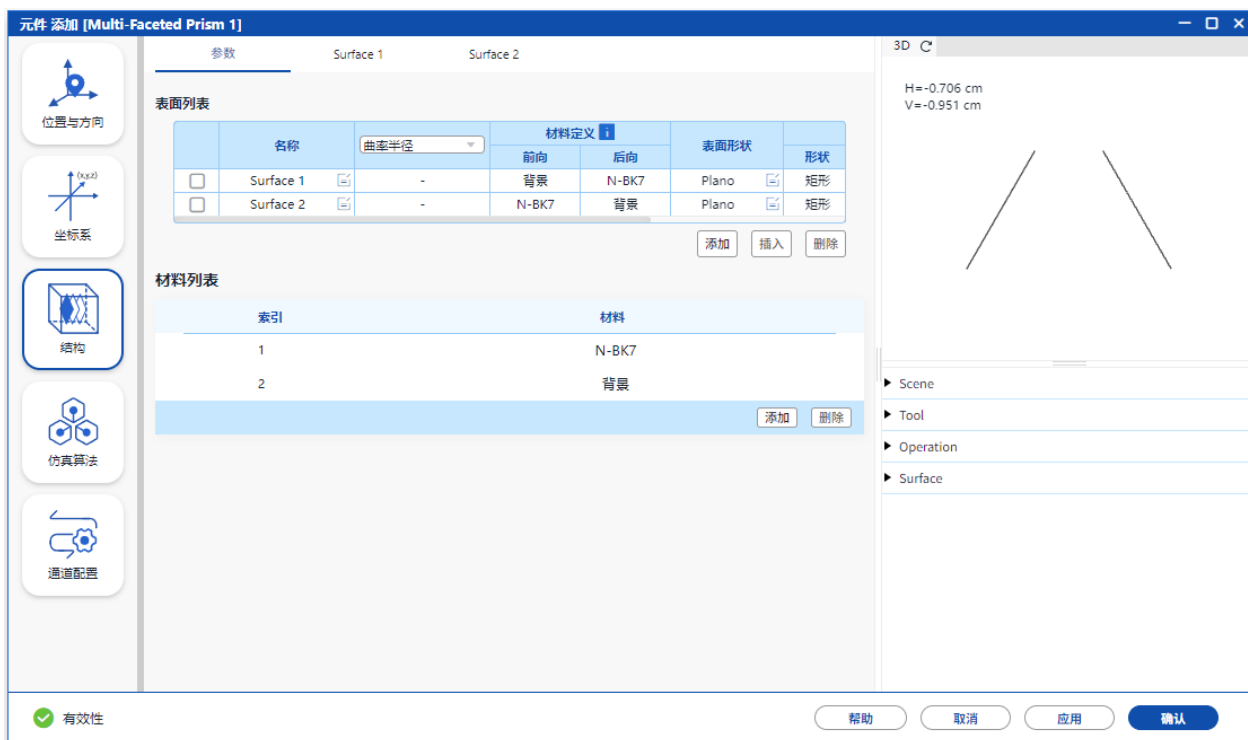
透射光栅，在 Surface Group 中已预定义两个表面及夹层材料，在第二个表面上可配置线密度及衍射级次，在【结构】标签页中进行管理。



在表面列表中可对相关信息进行配置，配置方式与 Singlet Lens 一致。

### 3.10 Multi-Faceted Prism

多表面棱镜，在 Surface Group 中已预定义两个表面及夹层材料，此元件可包含多个表面，在指定表面上可配置前后材料，在【结构】标签页中进行管理。



## 4 光学表面

光学表面是光线与元件交互的界面，用于定义折射、反射及其他光学现象的具体行为。表面可为球面、非球面、自由曲面等形状，并通过曲率、形状系数、偏心和倾角等参数进行描述。用户可为光学表面指定材料边界、相位函数等，从而准确模拟其光学响应。光学表面的定义直接影响光线追迹精度与系统成像质量，是系统模型中最关键的物理层级之一。

### 4.1 Aspherical

Aspherical 面型可视作圆锥曲面与非球面项的叠加，非球面的轮廓高度  $h(x, y)$  采用如下公式进行定义：

$$h(x, y) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k)c^2r^2}} + a_1r + a_2r^2 + a_3r^3 + \dots + a_nr^n$$

其中，

$c$  为曲率

$r$  为  $\sqrt{x^2 + y^2}$

$k$  为圆锥常数

公式第一项  $\frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}}$  为圆锥曲面  
 $a_1...a_n$  为附加的非球面系数



该面型的相关参数见下表：

名称	描述
圆锥常数	圆锥常数 k
曲率	曲率 c, 与曲率半径 R 互为倒数 $c = \frac{1}{R}$
曲率半径	曲率半径 R, 与曲率 c 互为倒数 $R = \frac{1}{c}$
参数	可在此参数表中对应输入非球面系数 $a_1...a_n$ 的值, 非球面系数的阶数与单位在第一列给出

## 4.2 Biconic

Biconic 面型的曲率  $c$  (曲率半径  $R$ ) 与圆锥常数  $k$  在  $x$  与  $y$  方向上可以不同, Biconic 的轮廓高度  $h(x, y)$  采用如下公式进行定义:

$$h(x, y) = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + k_x)c_x^2 x^2 - (1 + k_y)c_y^2 y^2)}}$$

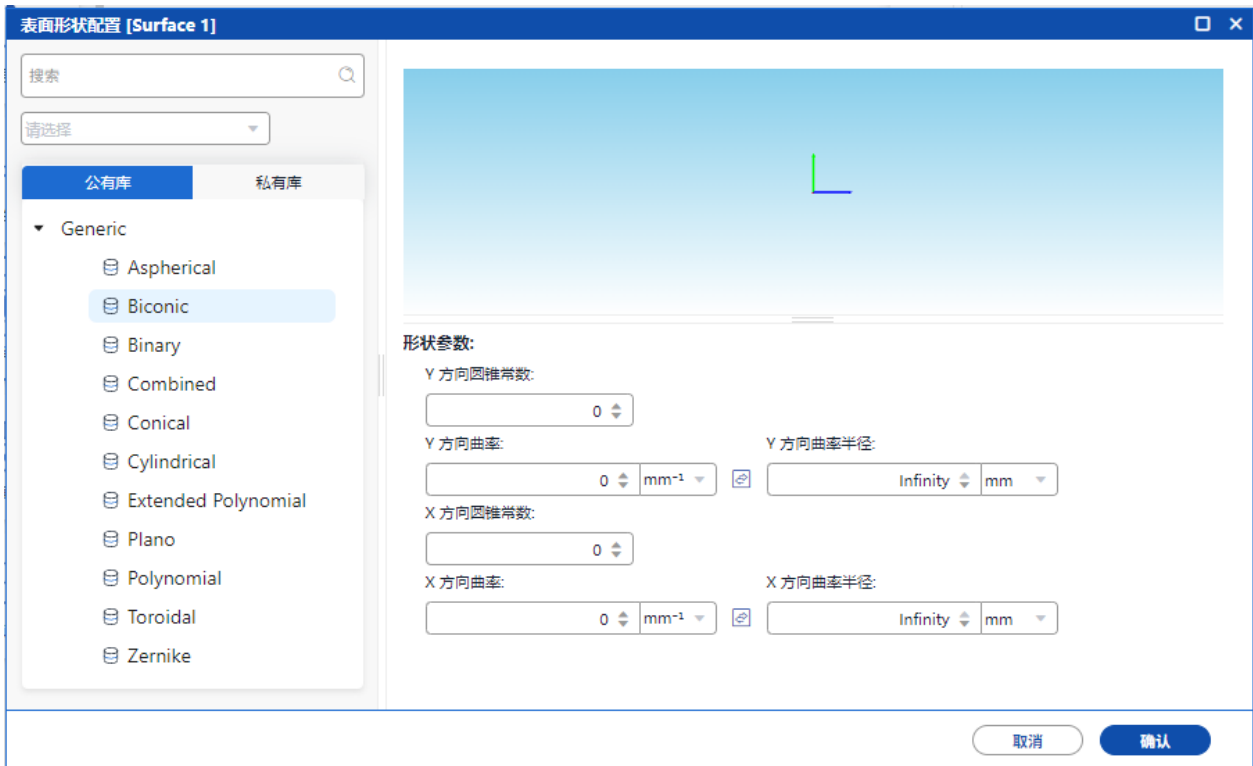
其中,

$$c_x = \frac{1}{R_x}$$
$$c_y = \frac{1}{R_y}$$

$R_x$ 和 $R_y$ 分别为  $x$  和  $y$  方向上的曲率半径

$k_x$ 和 $k_y$ 分别为  $x$  和  $y$  方向上的圆锥常数

$a_1...a_n$ 为附加的非球面系数



该面型的相关参数见下表:

名称	描述
----	----

Y 方向圆锥常数	y 方向圆锥常数 $k_y$
Y 方向曲率	y 方向曲率 $c_y$ , 与 y 方向曲率半径 $R_y$ 互为倒数, $c_y = \frac{1}{R_y}$
Y 方向曲率半径	y 方向曲率半径, 与 y 方向曲率 $c_y$ 互为倒数, $R_y = \frac{1}{c_y}$
X 方向圆锥常数	x 方向圆锥常数 $k_x$
X 方向曲率	x 方向曲率 $c_x$ , 与 x 方向曲率半径 $R_x$ 互为倒数, $c_x = \frac{1}{R_x}$
X 方向曲率半径	x 方向曲率半径, 与 x 方向曲率 $c_x$ 互为倒数, $R_x = \frac{1}{c_x}$

### 4.3 Binary

Binary 面型可以引入附加相位信息, 其表面形状类似于非球面表面, 不同的是 binary 对表面局部的光波会产生相位差, 因此 binary 的几何特性轮廓高度与相位特性应分开讨论并设定, binary 的轮廓高度  $h(x, y)$  采用如下公式进行定义:

$$h(x, y) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + \kappa)c^2r^2)}} + a_1r + a_2r^2 + a_3r^3 + \dots + a_nr^n$$

其中,

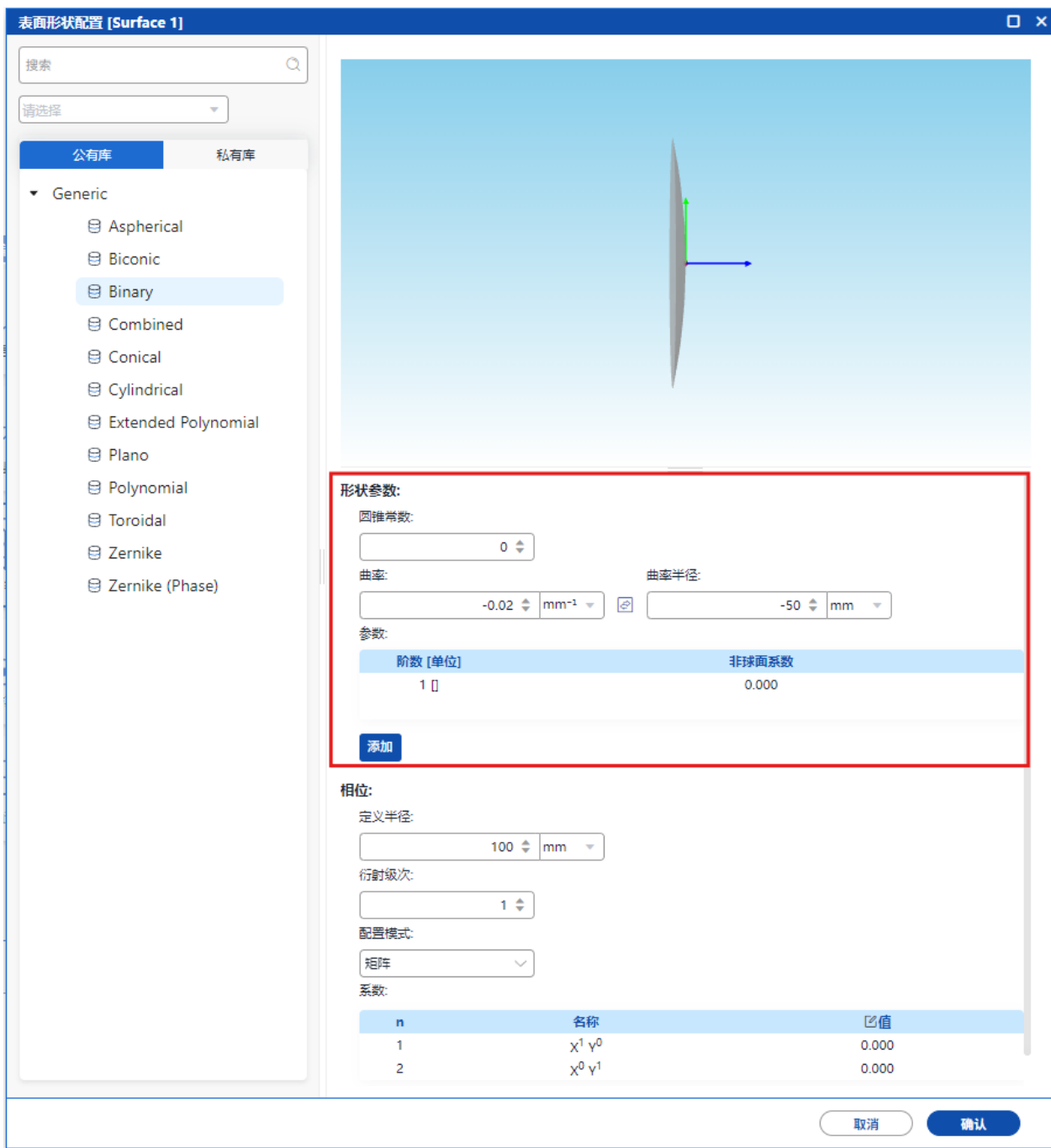
c 为曲率

r 为 $\sqrt{x^2 + y^2}$

k 为圆锥常数

公式第一项 $\frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + k)c^2r^2)}}$ 为圆锥曲面

$a_1 \dots a_n$  为附加的非球面系数



该面型的相关形状参数见下表：

名称	描述
圆锥常数	圆锥常数 k
曲率	曲率 c, 与曲率半径 R 互为倒数 $c = \frac{1}{R}$
曲率半径	曲率半径 R, 与曲率 c 互为倒数 $R = \frac{1}{c}$

## 参数

可在此参数表中对应输入非球面系数  $a_1 \dots a_n$  的值，非球面系数的阶数与单位在第一列给出

Binary 有两种光线累加相位差配置模式，矩阵模式的光线累加相位差  $\Phi(x, y)$  采用如下公式进行定义：

$$\Phi(x, y) = M \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^i A_{ij} \left(\frac{x}{\rho_0}\right)^{i-j} \left(\frac{y}{\rho_0}\right)^j$$

其中，

M 为衍射级次

N 为最高阶数

$A_{ij}$  为多项式展开式的系数

$\rho_0$  为归一化半径

径向模式的光线累加相位差  $\Phi(x, y)$  采用如下公式进行定义：

$$\Phi(x, y) = M \sum_{i=1}^N A_i \rho_0^{2i}$$

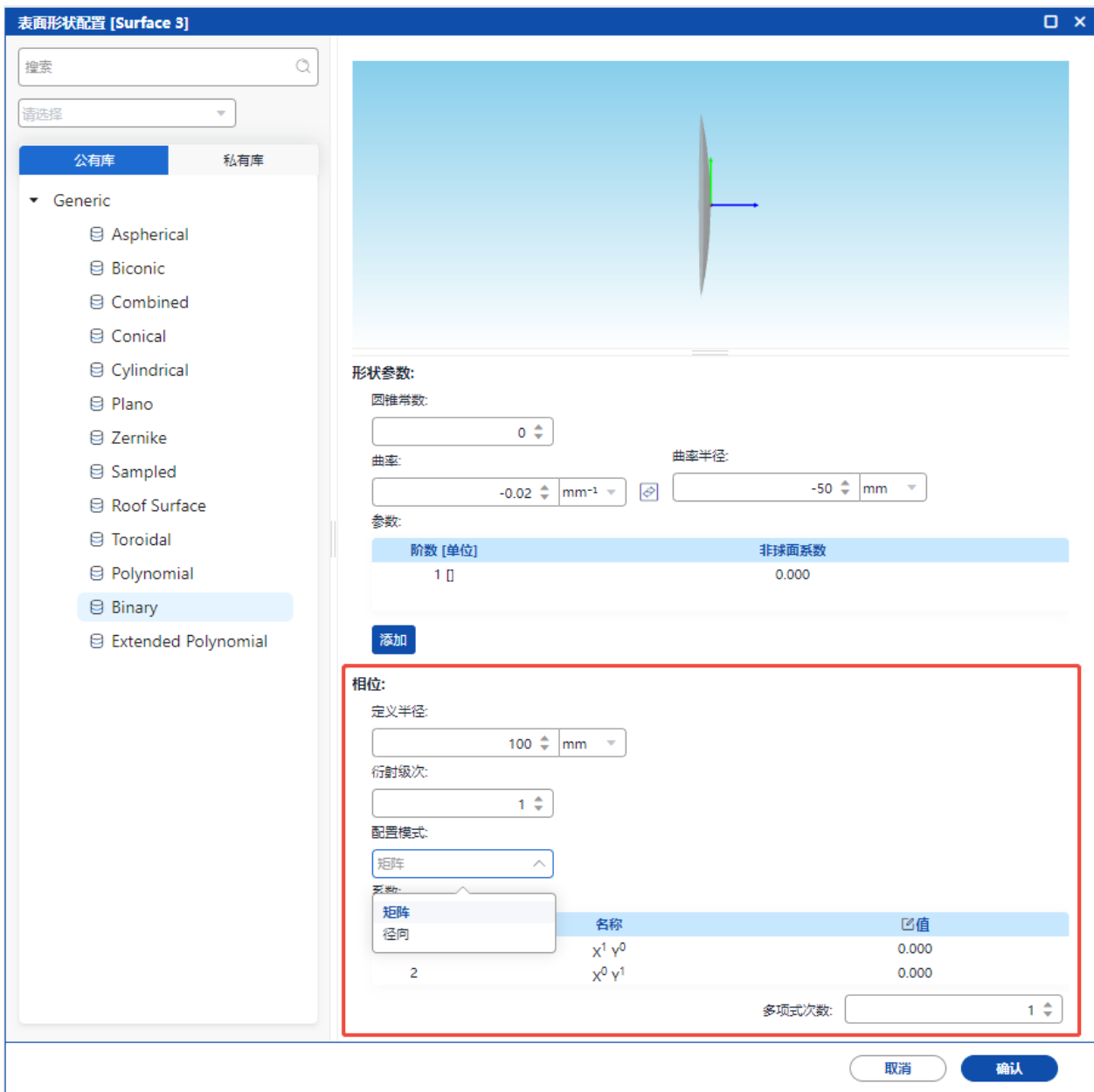
其中，

M 为衍射级次

N 为级数中多项式系数的个数

$A_i$  为多项式展开式系数，是归一化的径向孔径坐标

$\rho_0$  为归一化半径



该面型的相关相位参数见下表：

名称	描述
定义半径	归一化半径
衍射级次	衍射级次 M
配置模式	可选择矩阵模式或径向模式
系数	如果在“配置模式”中选择“矩阵”，则可在“多项式次数”对应输入最高阶数 N，支持的最高阶数最大值为 20，在此系数表对应输入多项

式展开式系数  $A_{ij}$ ，支持的多项式展开式系数总数最大值为 230，XY 的阶数在第一列给出；如果在“配置模式”中选择“径向”，则可在“多项式次数”对应输入最高阶数  $2N$ ，在此系数表对应输入多项式展开式系数  $A_i$ ， $\rho_0$  的阶数在第一列给出

#### 4.4 Conical

Conical 面型是一类特殊的二阶曲面，可通过旋转圆锥曲线生成。这类曲面包括著名的双曲面、抛物面、椭球面、球面和扁椭圆，锥面的轮廓高度  $h(x, y)$  采用如下公式进行定义：

$$h(x, y) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + \kappa)c^2r^2)}}$$

其中，

$c$  为曲率

$r$  为  $\sqrt{x^2 + y^2}$

$k$  为圆锥常数

圆锥常数  $k$  的取值决定了曲面类型：

$k < -1$  对应双曲面

$k = -1$  对应抛物面

$-1 < k < 0$  对应椭圆面

$k = 0$  对应球面

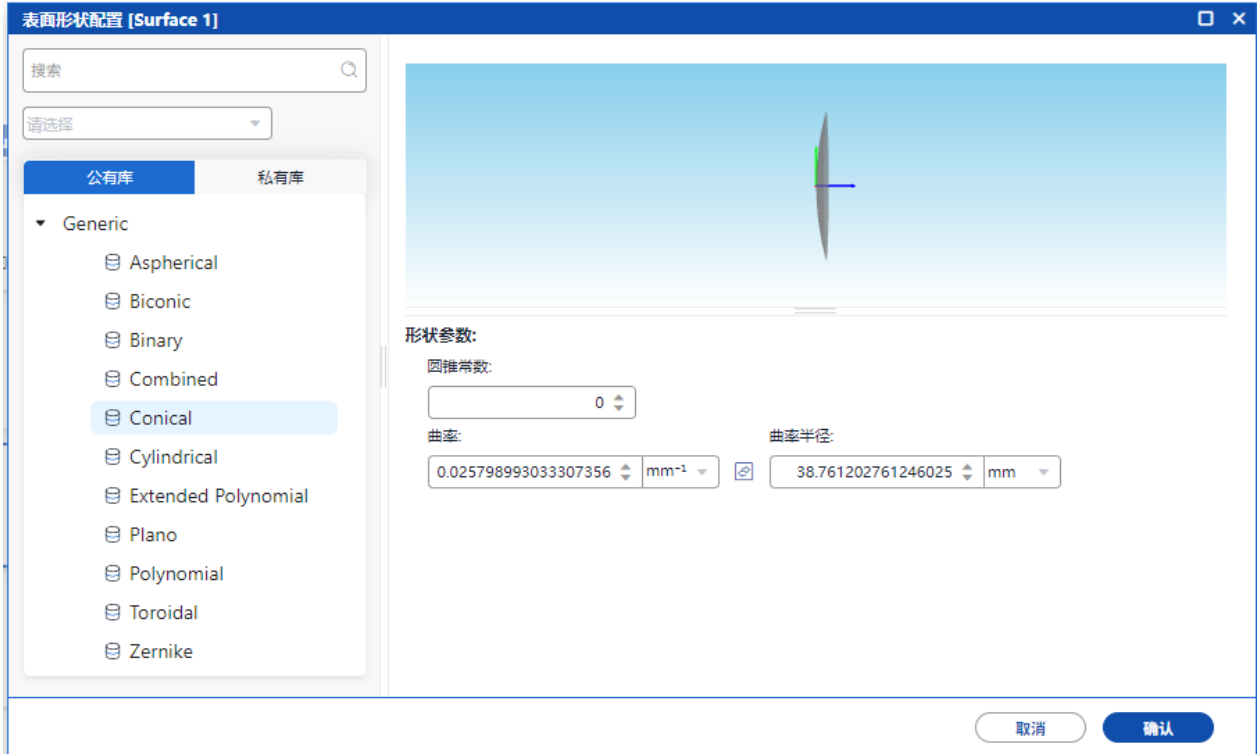
$k > 0$  对应扁椭球面

曲率  $c$  与球面半径  $R = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$  或抛物面顶点半径  $R = \frac{x^2 + y^2}{2z}$  的关系为  $R = \frac{1}{c}$ ，该半径亦称为曲率半径。

对于椭球面或双曲面，曲率  $c$  和圆锥常数  $k$  与长半轴  $a$  与短半轴  $b$  有如下对应方式：

$$\frac{1}{c} = R = \pm \frac{b^2}{a^2 - b^2}$$

$$k = -\epsilon^2 = -\frac{a^2 - b^2}{a^2}$$



该面型的相关参数见下表：

名称	描述
圆锥常数	圆锥常数 k
曲率	曲率 c, 与曲率半径 R 互为倒数 $c = \frac{1}{R}$
曲率半径	曲率半径 R, 与曲率 c 互为倒数 $R = \frac{1}{c}$

#### 4.5 Cylindrical

Cylindrical 面型与 Aspherical 面型之间的唯一区别在于对称性。Aspherical 面型具有圆对称特性，而 Cylindrical 面型仅存在一条主对称轴。因此，Cylindrical

面型的轮廓高度同样采用如下公式进行定义：

$$h(x, y) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k)c^2r^2}} + a_1r + a_2r^2 + a_3r^3 + \dots + a_nr^n$$

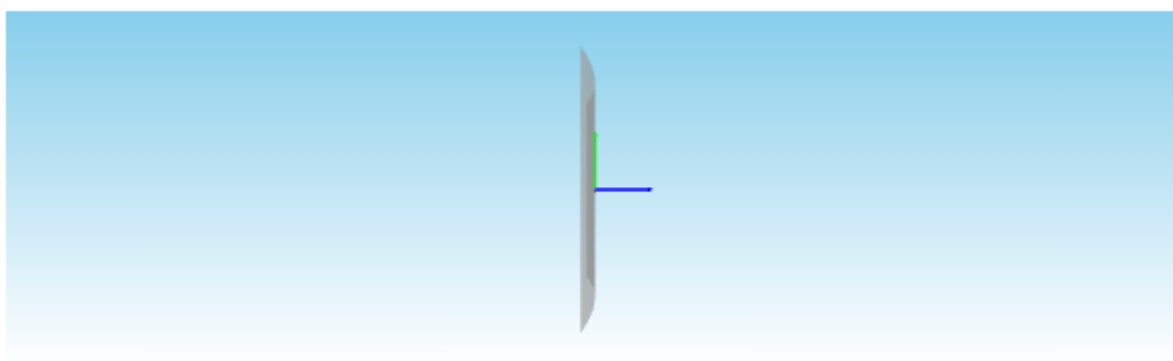
其中，

c 为曲率

r 为  $|x \cos(\alpha) + y \sin(\alpha)|$ ，其中  $\alpha$  表示对称轴相对于 y 轴的旋转角度

k 为圆锥常数

$a_1 \dots a_n$  为附加的非球面系数



### 形状参数:

圆锥常数:

曲率:

 mm<sup>-1</sup>

曲率半径:

 mm

旋转角度:

 deg

参数:

阶数 [单位]	非球面系数
1	

名称	描述
圆锥常数	圆锥常数 k
曲率	曲率 c，与曲率半径 R 互为倒数 $c = \frac{1}{R}$
曲率半径	曲率半径 R，与曲率 c 互为倒数 $R = \frac{1}{c}$
参数	可在此参数表中对应输入非球面系数 $a_1 \dots a_n$ 的

值，非球面系数的阶数与单位在第一列给出

#### 4.6 Extended Polynomial

扩展多项式面型轮廓高度可视作圆锥曲面与二维多项式项的累加，扩展多项式的轮廓高度  $h(x, y)$  由以下表达式定义：

$$h(x, y) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)c^2r^2}} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^i A_{ij} \left(\frac{x}{\rho_0}\right)^{i-j} \left(\frac{y}{\rho_0}\right)^j$$

其中，

$c$  为曲率

$r$  为  $\sqrt{x^2 + y^2}$

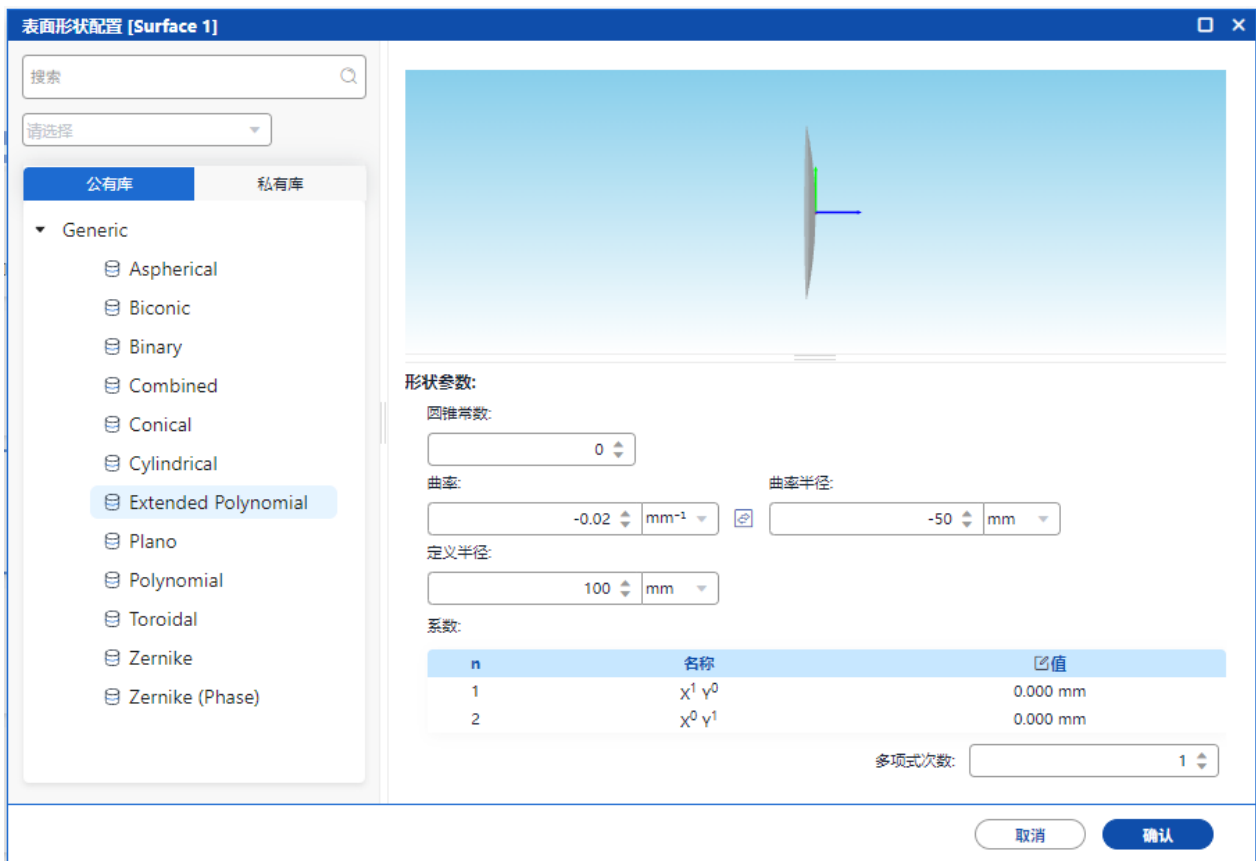
$\kappa$  为圆锥常数

$N$  为最高阶数

$A_{ij}$  为多项式展开项系数

$\rho_0$  为归一化半径

公式第一项  $\frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)c^2r^2}}$  为圆锥曲面



该面型的相关参数见下表：

名称	描述
圆锥常数	圆锥常数 $k$
曲率	曲率 $c$ ，与曲率半径 $R$ 互为倒数 $c = \frac{1}{R}$
曲率半径	曲率半径 $R$ ，与曲率 $c$ 互为倒数 $R = \frac{1}{c}$
定义半径	归一化半径 $\rho_0$
系数	在“多项式次数”对应输入最高阶数 $N$ ，支持的最高阶数最大值为 20，在系数表对应输入多项式展开式系数 $A_{ij}$ ，支持的多项式展开式系数总数最大值为 230，XY 的阶数在第一列给出

#### 4.7 Plano

平面形状不需要参数配置

#### 4.8 Toroidal

环形面由 Y-Z 平面内定义的一条曲线绕平行于 Y 轴且与 Z 轴相交的轴旋转而成。环形面轮廓高度同样采用如下公式进行定义：

$$h(x, y) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + k)c^2r^2)}} + a_1r + a_2r^2 + a_3r^3 + \dots + a_nr^n$$

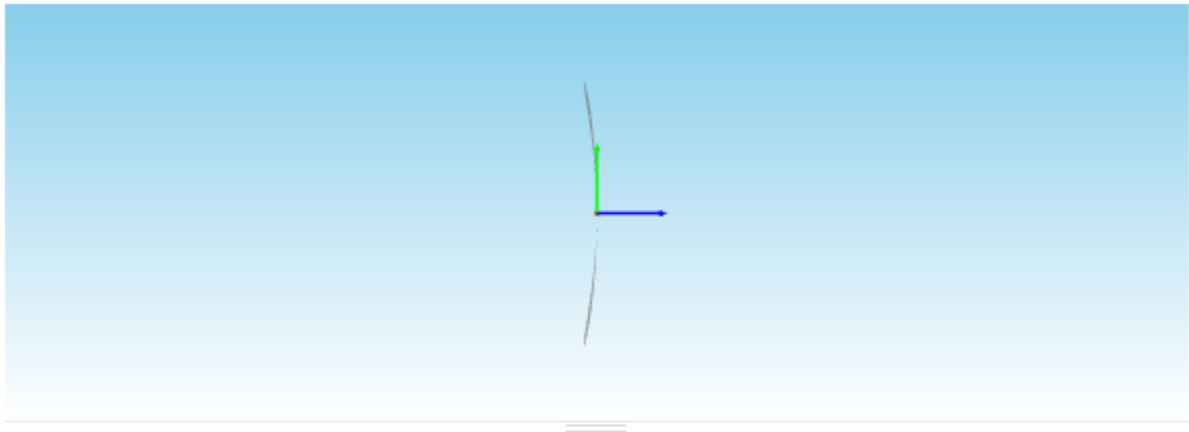
其中,

c为曲率

r为 $|x \cos(\alpha) + y \sin(\alpha)|$ , 其中  $\alpha$  表示对称轴相对于 y 轴的旋转角度

k为圆锥常数

$a_1 \dots a_n$  为附加的非球面系数



形状参数:

圆锥常数:

旋转半径:

 mm

曲率:

 mm<sup>-1</sup>

曲率半径:

 mm

参数:

阶数 [单位]	非球面系数
2 [mm <sup>-1</sup> ]	0.000

添加

名称	描述
圆锥常数	圆锥常数 $k$
曲率	曲率 $c$ , 与曲率半径 $R$ 互为倒数 $c = \frac{1}{R}$
曲率半径	曲率半径 $R$ , 与曲率 $c$ 互为倒数 $R = \frac{1}{c}$
参数	可在此参数表中对应输入非球面系数 $a_1 \dots a_n$ 的值, 非球面系数的阶数与单位在第一列给出

#### 4.9 Zernike

Zernike 面型由 Zernike 系数定义的非球面项叠加组成, Zernike 面轮廓高度采用如下公式进行定义:

$$h(x, y) = \sum_{i=1}^N A_i Z_i(\rho, \varphi)$$

其中,

N为Zernike系数个数

$A_i$ 为第  $i$  个多项式系数

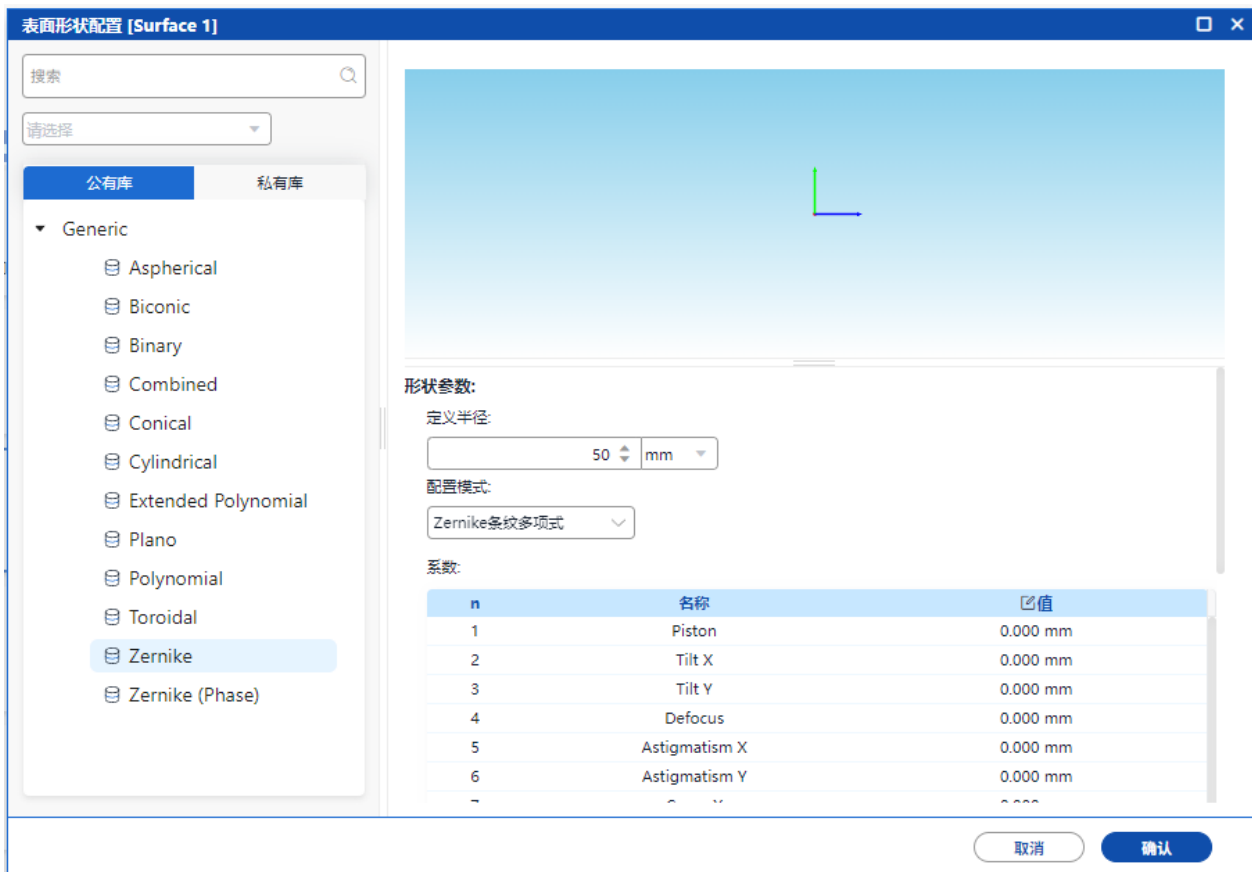
$\rho$ 为归一化半径

$\varphi$ 为角向的光线坐标

Zernike 多项式展开项有 Zernike 条纹多项式与 Zernike 标准多项式两种配置模式。

Zernike 条纹多项式展开项如下表所示


$i$	$n$	$m$	$Z_i(r, \theta) = Z_n^m(r, \theta)$	Name
1	0	0	1	Piston
2	1	-1	$2\rho \sin \theta$	Tilt Y
3	1	1	$2\rho \cos \theta$	Tilt X
4	2	-2	$\sqrt{6}\rho^2 \sin 2\theta$	Astigmatism Y
5	2	0	$\sqrt{3}(2\rho^2 - 1)$	Defocus
6	2	2	$\sqrt{6}\rho^2 \cos 2\theta$	Astigmatism X
7	3	-3	$\sqrt{8}\rho^3 \sin 3\theta$	Trefoil Y
8	3	-1	$\sqrt{8}(3\rho^3 - 2\rho) \sin \theta$	Coma Y
9	3	1	$\sqrt{8}(3\rho^3 - 2\rho) \cos \theta$	Coma X
10	3	3	$\sqrt{8}\rho^3 \cos 3\theta$	Trefoil X
11	4	-4	$\sqrt{10}\rho^4 \sin 4\theta$	Tetrafoil Y
12	4	-2	$\sqrt{10}(4\rho^4 - 3\rho^2) \sin 2\theta$	Secondary Astigmatism Y
13	4	0	$\sqrt{5}(6\rho^4 - 6\rho^2 + 1)$	Spherical
14	4	2	$\sqrt{10}(4\rho^4 - 3\rho^2) \cos 2\theta$	Secondary Astigmatism X
15	4	4	$\sqrt{10}\rho^4 \cos 4\theta$	Tetrafoil X
16	5	-5	$\sqrt{12}\rho^5 \sin 5\theta$	Pentafoil Y
17	5	-3	$\sqrt{12}(5\rho^5 - 4\rho^3) \sin 3\theta$	Secondary Trefoil Y
18	5	-1	$\sqrt{12}(10\rho^5 - 12\rho^3 + 3\rho) \sin \theta$	Secondary Coma Y
19	5	1	$\sqrt{12}(10\rho^5 - 12\rho^3 + 3\rho) \cos \theta$	Secondary Coma X
20	5	3	$\sqrt{12}(5\rho^5 - 4\rho^3) \cos 3\theta$	Secondary Trefoil X
21	5	5	$\sqrt{12}\rho^5 \cos 5\theta$	Pentafoil X
22	6	-6	$\sqrt{14}\rho^6 \sin 6\theta$	Hexafoil Y
23	6	-4	$\sqrt{14}(6\rho^6 - 5\rho^4) \sin 4\theta$	Secondary Tetrafoil Y
24	6	-2	$\sqrt{14}(15\rho^6 - 20\rho^4 + 6\rho^2) \sin 2\theta$	Tertiary Astigmatism Y
25	6	0	$\sqrt{7}(20\rho^6 - 30\rho^4 + 12\rho^2 - 1)$	Secondary Spherical
26	6	2	$\sqrt{14}(15\rho^6 - 20\rho^4 + 6\rho^2) \cos 2\theta$	Tertiary Astigmatism X
27	6	4	$\sqrt{14}(6\rho^6 - 5\rho^4) \cos 4\theta$	Secondary Tetrafoil X
28	6	6	$\sqrt{14}\rho^6 \cos 6\theta$	Hexafoil X
29	7	-7	$4\rho^7 \sin 7\theta$	Heptafoil Y
30	7	-5	$4(7\rho^7 - 6\rho^5) \sin 5\theta$	Secondary Pentafoil Y
31	7	-3	$4(21\rho^7 - 30\rho^5 + 10\rho^3) \sin 3\theta$	Tertiary Trefoil Y
32	7	-1	$4(35\rho^7 - 60\rho^5 + 30\rho^3 - 4\rho) \sin \theta$	Tertiary Coma Y
33	7	1	$4(35\rho^7 - 60\rho^5 + 30\rho^3 - 4\rho) \cos \theta$	Tertiary Coma X
34	7	3	$4(21\rho^7 - 30\rho^5 + 10\rho^3) \cos 3\theta$	Tertiary Trefoil X
35	7	5	$4(7\rho^7 - 6\rho^5) \cos 5\theta$	Secondary Pentafoil X
36	7	7	$4\rho^7 \cos 7\theta$	Heptafoil X

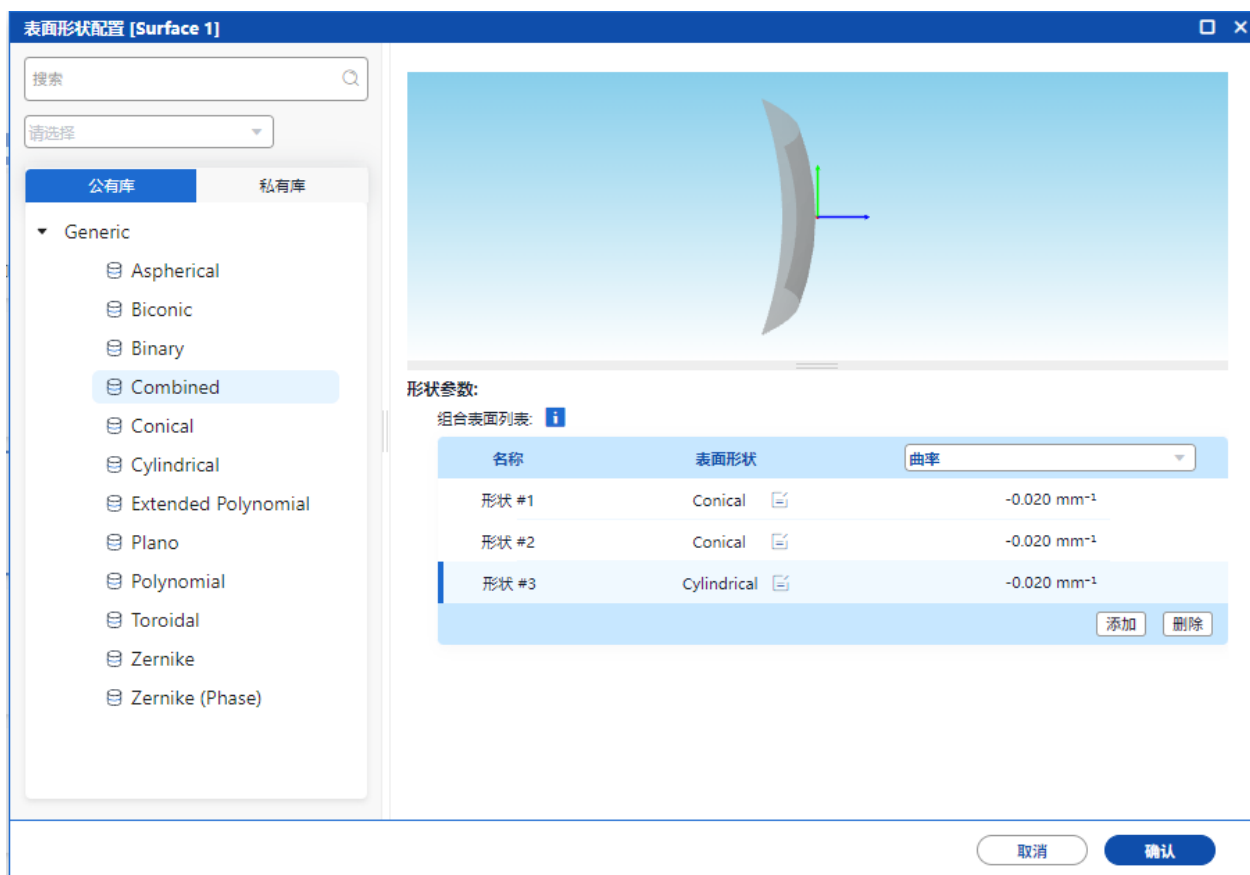


名称	描述
定义半径	归一化半径
配置模式	可选择 Zernike 条纹多项式与 Zernike 标准多项式
系数	如果在“配置模式”中选择“Zernike 条纹多项式”，则可在系数表中对应输入多项式展开式系数 $A_i$ ；如果在“配置模式”中选择“Zernike 标准多项式”，则可在“多项式次数”对应输入 Zernike 系数个数 N

#### 4.10 Combined

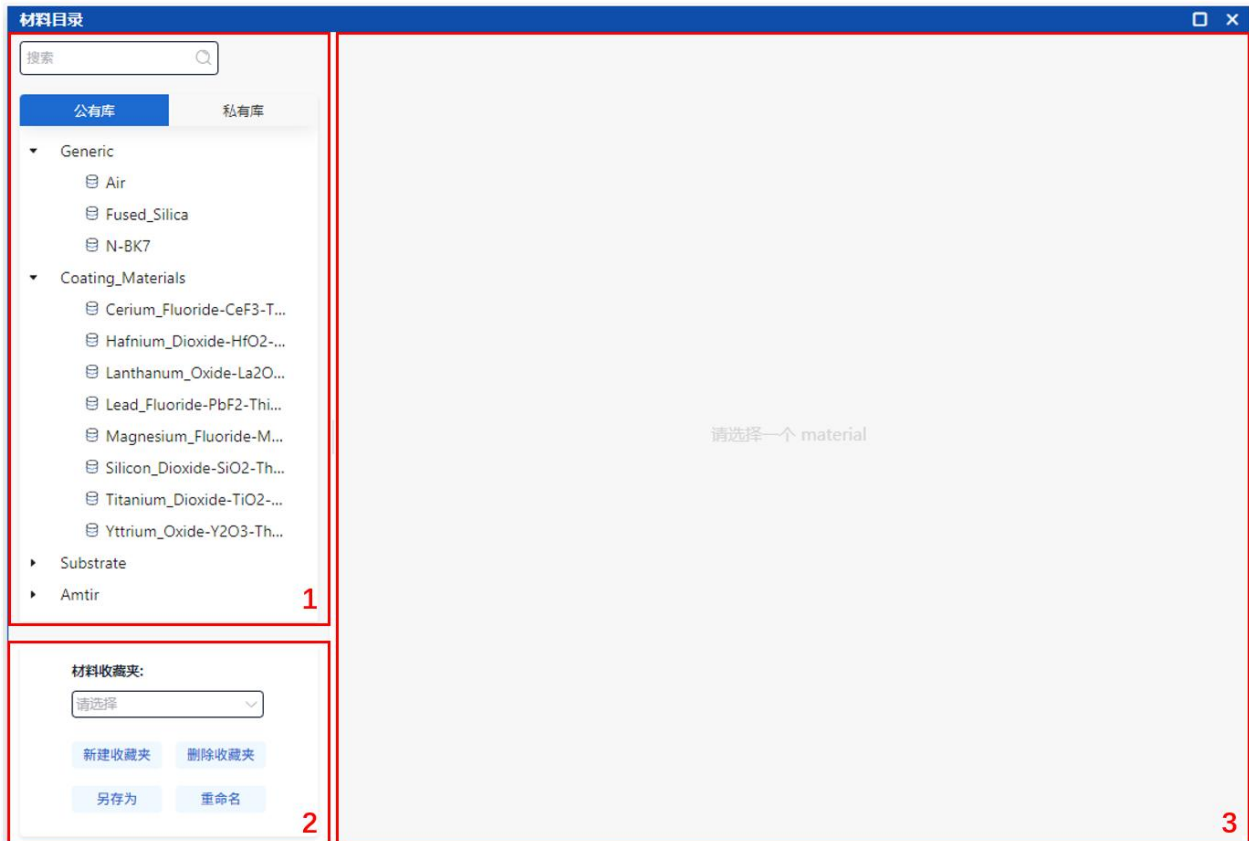
Combined 面型支持多种面型的组合，combined 面型的轮廓高度为选中所有面型轮廓高度求和。

用户可在 combined 面界面形状参数中配置组合表面，点击右下角 **添加** 或 **删除** 按钮可以实现组合表面的增加或删除。单击表面形状所在列的  按钮，可以对组合表面的面型种类与具体参数进行配置，配置方法与本章中各面型配置方法相同。注意，当前仅支持不带相位参数的面型进行组合。



## 5 材料

在 Ribbon 资源库中点击 **材料** 可打开以下页面，用于管理软件的材料资源库。



材料资源库中的主界面如上图所示，包含以下几个区域：

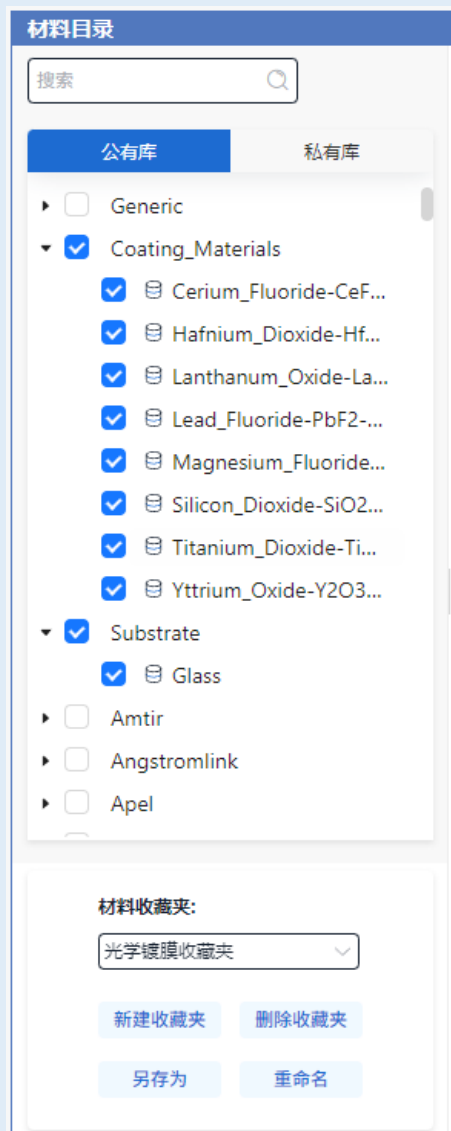
分区	描述
材料列表	<p>如图中区域 1 所示，材料资源列表用于集中展示并管理所有可用的材料资源，分为公有库和私有库。列表上方提供了搜索栏和过滤器功能，方便用户快速查找和筛选特定资源。</p> <p>在【公有库】标签页中，列表展示的是软件预置的资源。用户可以查看其参数或直接在项目中引用使用，但为保障数据的完整性与一致性，这些资源不可被修改或删除。</p> <p>在【私有库】标签页中，列表中展示的是用户的私有资源。这些资源可能是从公有库导入的也可以由用户从外部添加。私有库为用户提供了资源的个性化管理功能，用户可以使用、查看和编辑</p>

其中的资源。

## 材料收藏夹

如图中区域 2 所示，材料收藏夹功能用于帮助用户管理常用材料资源，从而提升项目配置的效率。用户可创建一个或多个材料资源收藏夹，并在配置项目时调用，根据实际需求快速访问所需资源。

当选中某个收藏夹后，上方资源列表中属于该收藏夹的材料资源将显示为已勾选状态，表示其已包含在该收藏夹中。如下图所示：



新建收藏夹

：新建一个资源收藏夹，点击此按钮后

会出现如下图所示【新建收藏夹】窗口



The image shows a dialog box titled "新建收藏夹" (New Favorites). It has a close button in the top right corner. The dialog contains two input fields: "新收藏夹名称:" (New Favorites Name) with the text "Shelf 1" entered, and "从中创建收藏夹:" (Create Favorites From) with a dropdown menu showing "全选" (Select All). At the bottom of the dialog are two buttons: "取消" (Cancel) and "确认" (OK).

[[新收藏夹名称](#)]输入框用于输入新收藏夹的名称。

[[从中创建收藏夹](#)]下拉选项框用于进行便捷选择，有三种下拉选项可供用户选择：

[[全选](#)]下拉选项用于全选当前列表中的资源，并将其添加到当前收藏夹中。

[[全不选](#)]下拉选项用于创建一个收藏夹但不包含任何资源

[[已有收藏夹](#)]下拉选项用于创建一个包含其他已有收藏夹中资源的新收藏夹。选择此选项后，将显示一个名为[[选择收藏夹](#)]的下拉菜单，用户可从中选择已有的收藏夹，并将其资源导入到当前收藏夹中。

[删除收藏夹](#)：用于删除当前已选中的收藏夹，该按钮仅在已选中某个收藏夹时才可用。

[另存为](#)：用于将当前选中的收藏夹另存为一个新的收藏夹，该按钮仅在已选中某个收藏夹时才可用。

[重命名](#)：用于对当前选中的收藏夹进行重命名，该按钮仅在已选中某个收藏夹时才可用。

<b>材料资源展示区</b>	如图中区域 3 所示，当用户选中某一资源时，右侧区域将显示该材料资源的详细参数信息。由于不同资源库展示的参数内容不同，具体展示内容将在各资源库对应章节中分别介绍。
----------------	---

资源窗口包含以下几种控件：

控件	描述
<b>搜索栏</b>	<p>如果在此文本框中输入文本，则只显示名称包含该文本的材料资源库条目。</p>  <p>该筛选不区分大小写，例如 “glass” 、 “Glass” 和 “GLASS” 会得到相同结果。</p>
<b>添加到</b>	将公有库列表中的某个条目添加到私有库。

## 私有库






选择[添加到私有库]后，系统将提示用户输入存入私有库的名称，默认名称为该条目在公有库中的名称。

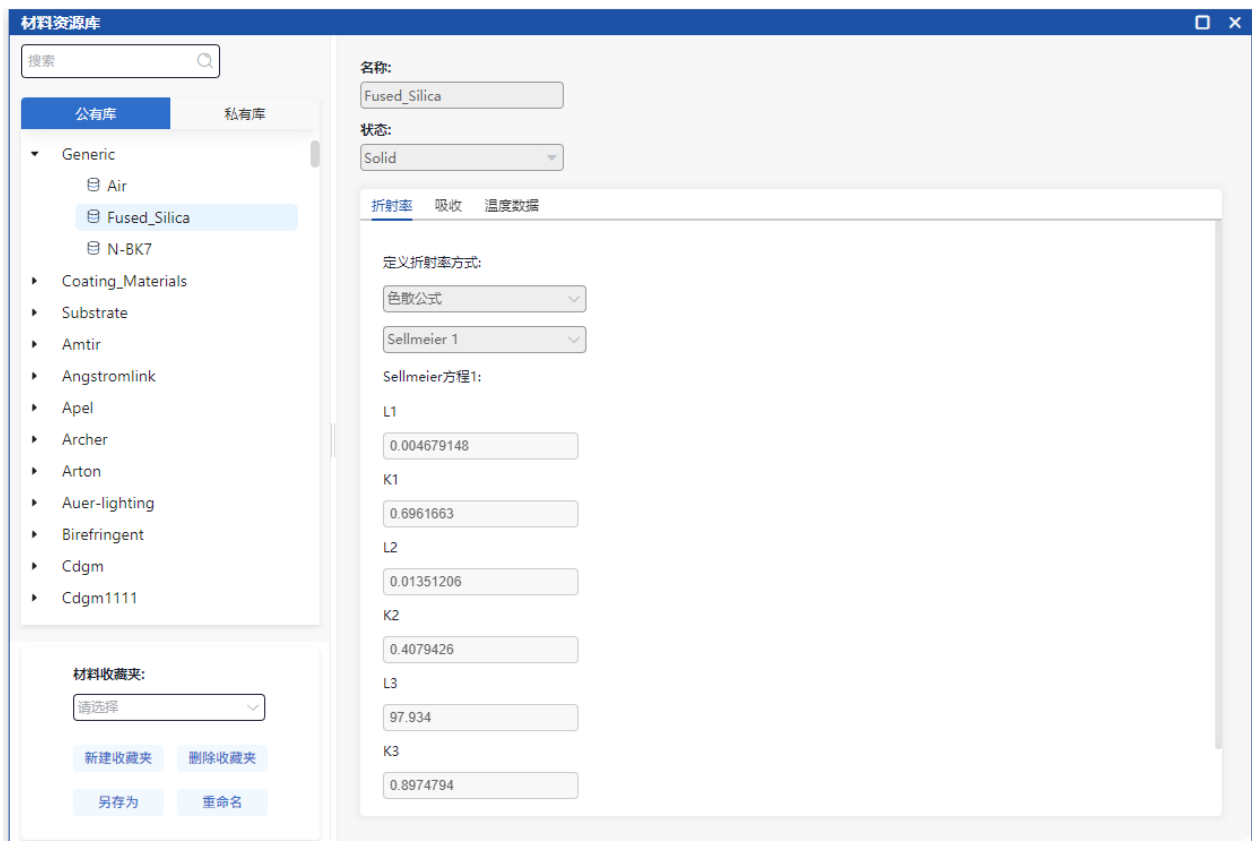


## 私有库 中类的

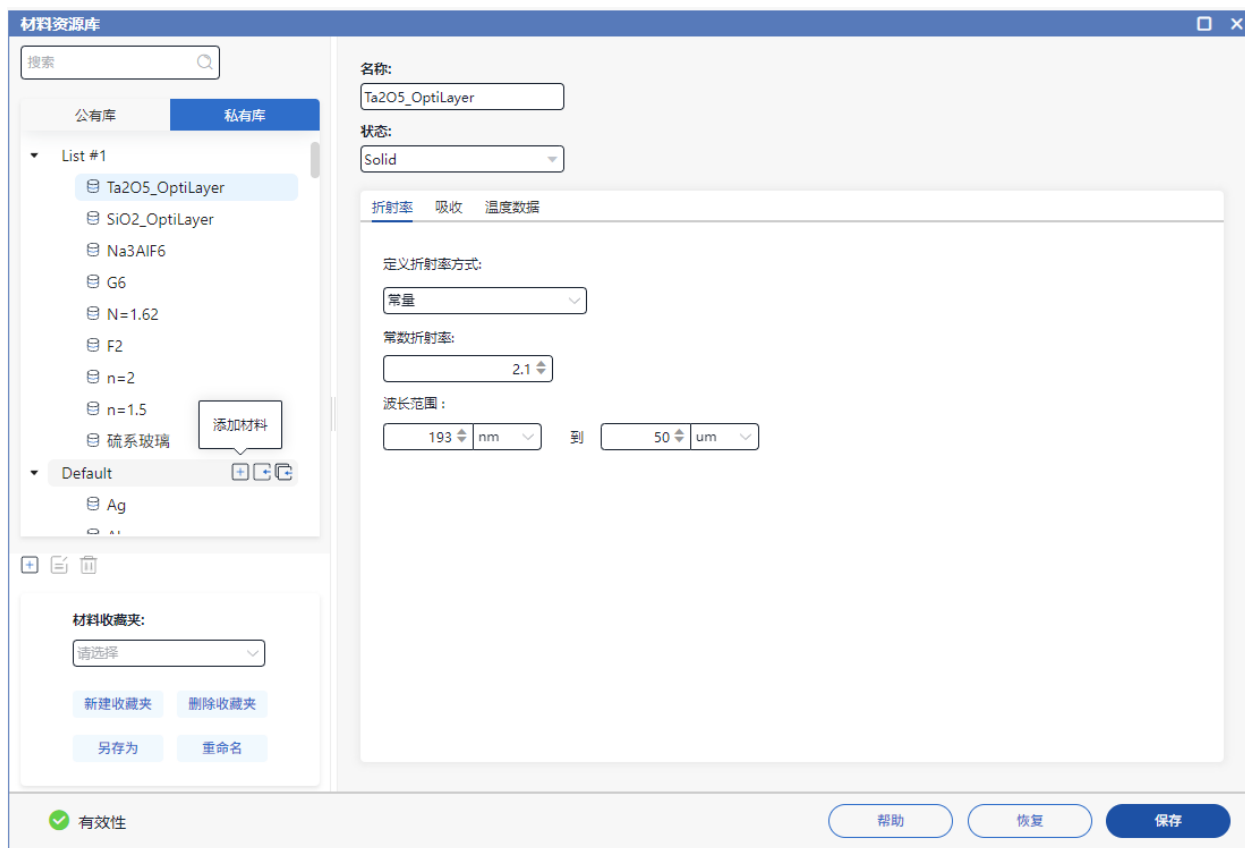
在私有库中，用户可以对材料资源类进行如下操作：

新建、 重命名、 和 删除	 : 创建一个新的分类，用于组织资源条目。新建时需指定类名，类名不可重复。
	 : 修改现有资源类的名称。修改后，属于该类的所有资源条目的归属将自动更新。
	 : 移除当前选中的资源类。若该类下仍包含资源条目，系统会弹出确认提示，防止误删。

在材料列表中选中任意一项材料后，其详细信息将展示于资源展示区。软件通过【[折射率](#)】、【[吸收](#)】以及【[温度数据](#)】三个标签页进行材料的定义和展示。



## 5.1 新建材料



在私有库中，点击材料类右侧的  按钮进行材料的新建，点击后会出现会弹出如下所示【新建材料】窗口：



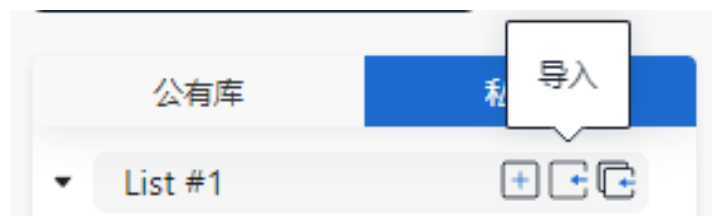
在输入框中输入材料名称后，点击 **确认** 按钮将弹出材料参数配置窗口：


在该窗口用户可以配置材料的折射率、吸收率以及温度相关参数。配置完成后点击**确认**按钮完成材料的新建。

## 5.2 导入材料

在私有库中，有两种方式进行材料的导入：


单个材料的导入：



点击  按钮后，可在本地选择材料文件导入。当前支持的文件格式包括：.CSV、.XLSX、.TXT 和 .LDD。选择文件后将自动打开材料导入窗口，用户可按照提示流程完成导入操作

多个材料的批量导入：



点击  按钮后，可在本地多选材料文件进行导入。当前支持的文件格式包括：.CSV、.XLSX、.TXT 和 .LDD。批量导入的文件必须遵循固定格式，第一列是波长，第二列是折射率，第三列是吸收系数。

### 5.3 采样数据导入

折射率 吸收 温度数据


定义折射率方式：  
采样色散

采样色散:

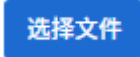
索引	波长	折射率
1	47.700 nm	0.838
2	51.600 nm	0.785
3	56.300 nm	0.718
4	62.000 nm	0.635
5	65.200 nm	0.580
6	68.900 nm	0.520
7	72.900 nm	0.445
8	77.500 nm	0.345
9	82.600 nm	0.225
10	92.000 nm	0.104
11	103.200 nm	0.033
12	120.000 nm	0.057

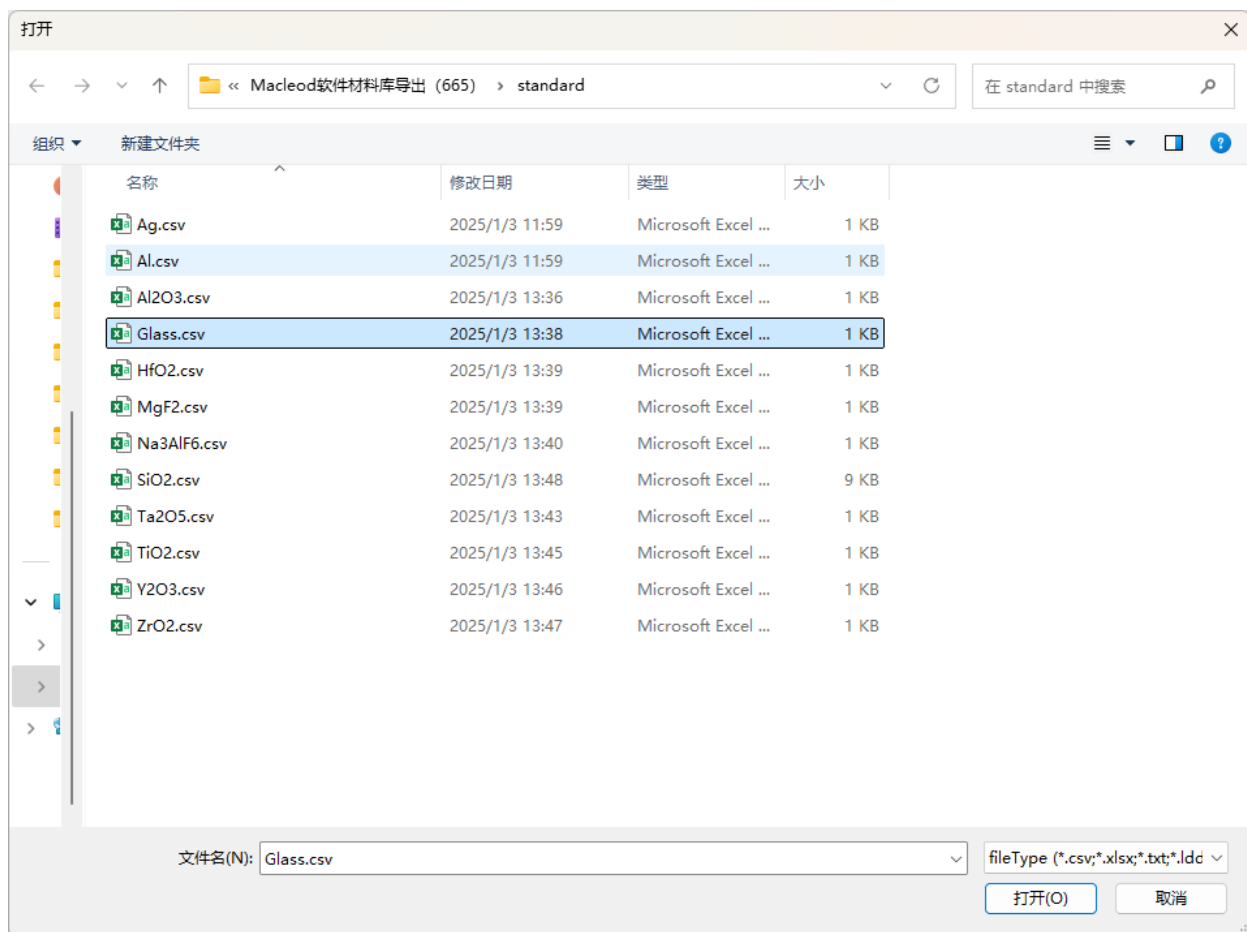
采样色散数据为：非等距  
使用的插值方法为：线性

波长范围：  
47.7 nm 到 12000 nm

以采样方式定义折射率或吸收率数据可从本地导入，当前支持的文件格式包括.CSV、.XLSX、.TXT和.LDD。点击列表右上方的按钮进行导入：

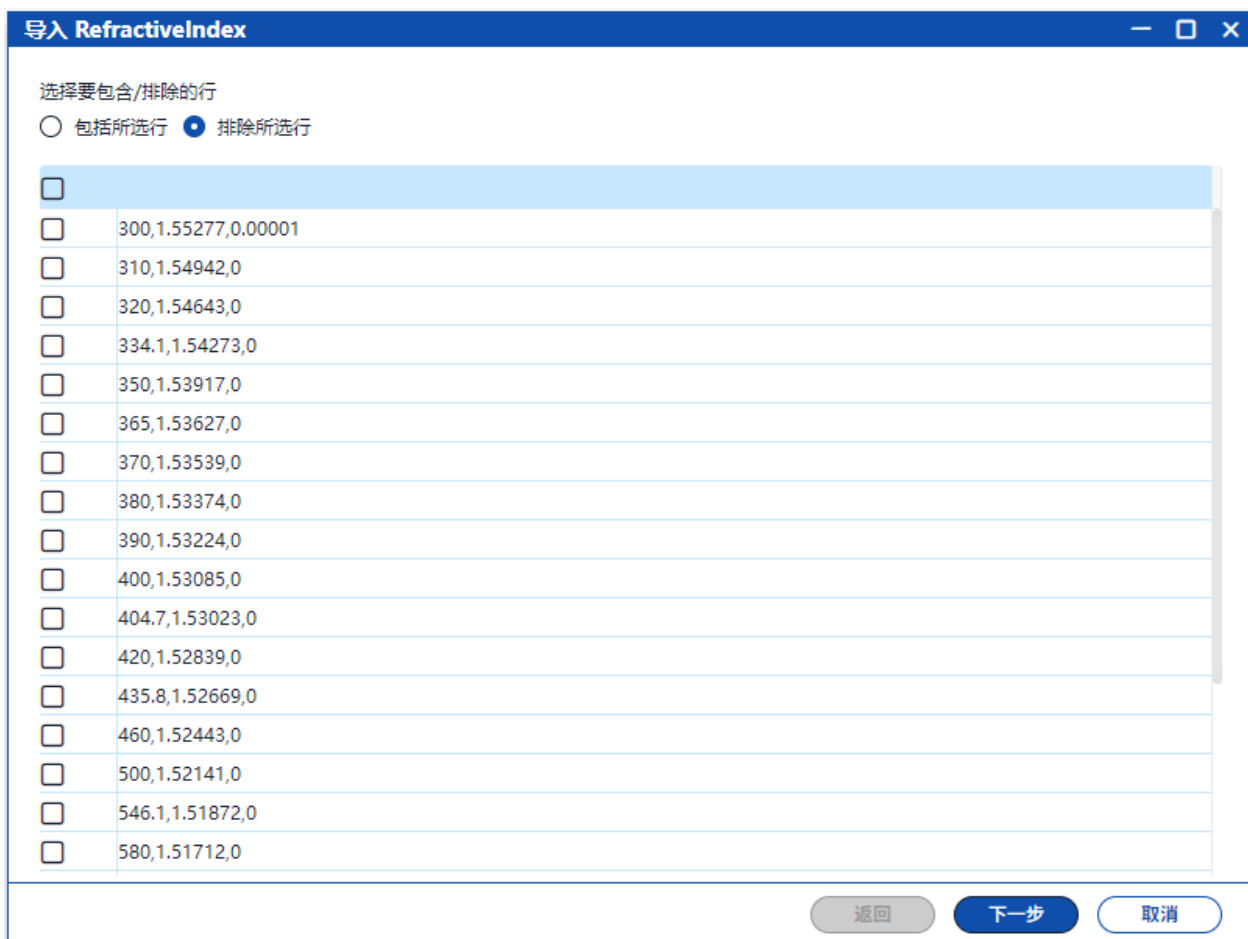


点击  按钮在本地选择材料的路径。通过勾选或取消左下方[覆盖现有采样数据]复选框来决定当前导入的数据是覆盖原有数据，还是追加添加。



选择材料文件后，将打开后续的一个导入流程：

步骤 1：选择需要导入的行，可指定包含或排除哪些行，通常用于去除表头等非数据内容。选择完成后点击 **下一步** 按钮进行下一步



步骤 2：用于分隔文件中数据列的方式有五种可选：逗号、分号、Tab、空格以及自定义分隔符。默认选择为 Tab 分隔。选择完成后点击 **下一步** 按钮进行下一步。

导入 RefractiveIndex

选择列间的分隔符:

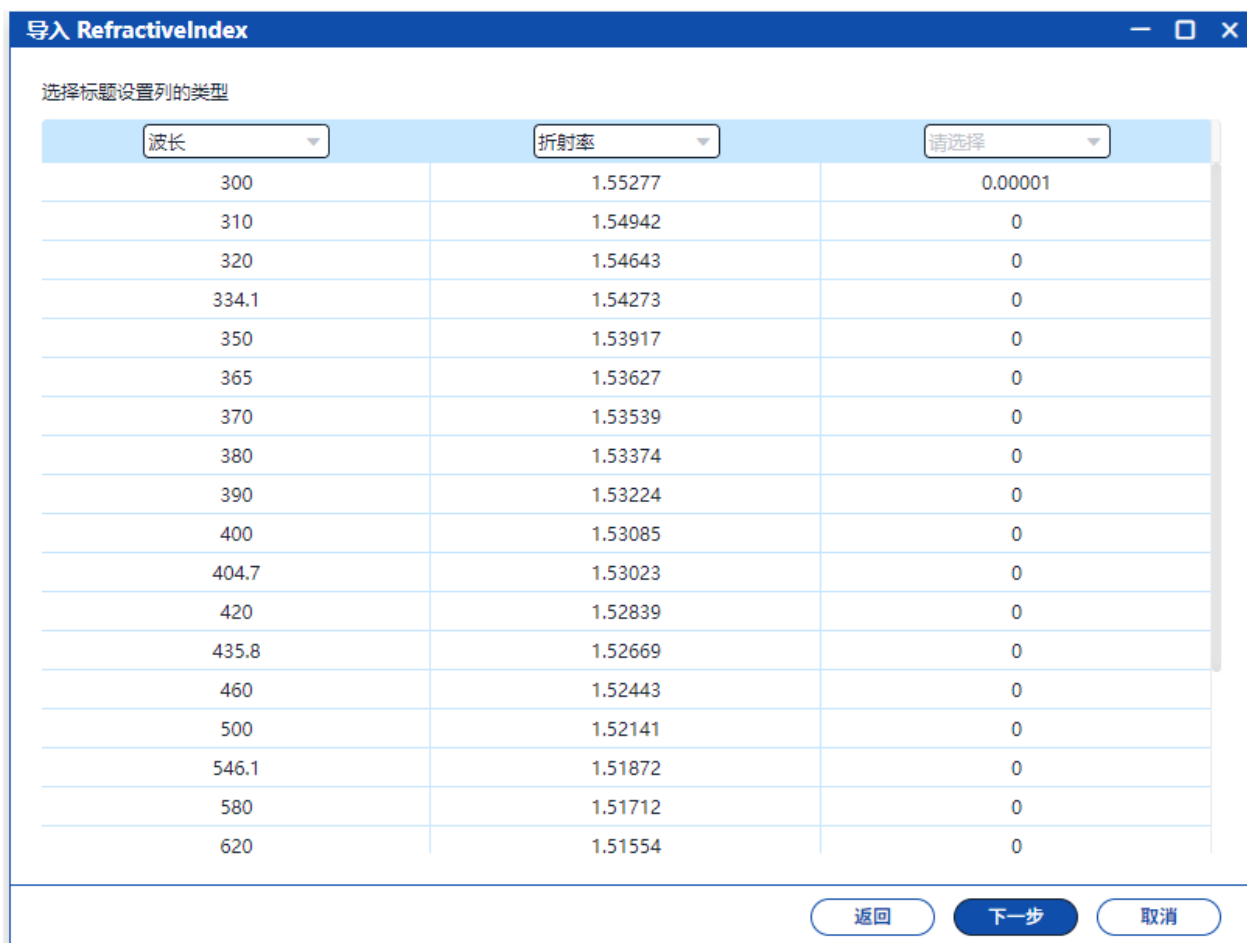
逗号分隔     分号分隔     Tab键分隔     空格分隔

其他

300	1.55277	0.00001
310	1.54942	0
320	1.54643	0
334.1	1.54273	0
350	1.53917	0
365	1.53627	0
370	1.53539	0
380	1.53374	0
390	1.53224	0
400	1.53085	0
404.7	1.53023	0
420	1.52839	0
435.8	1.52669	0
460	1.52443	0
500	1.52141	0
546.1	1.51872	0

返回    下一步    取消

步骤3：通过下拉列表选择表头。选择完成后点击 **下一步** 按钮进行后续操作



步骤 4：通过下拉列表选择波长列的单位，默认为 nm。选择完成后点击**确认**按钮完成导入

## 6 参数总览及多重结构

在 UniOptics 中，用户可以对光学系统的所有关键参数进行集中查看与编辑。同时，软件支持在同一项目中定义并管理多个具有不同参数设置的结构，使用户能够轻松处理不同工况、配置或设计场景下的光学系统模型。

### 6.1 参数总览

点击**参数总览**按钮后，将弹出【参数总览】窗口，如下图所示：

元件名	参数类别	参数	Config. 1	Config. 2	Config. 3	
SingleSurface1	坐标系统	位移操作#1 Z	0.000000000000 mm	0.000000000000 mm	0.000000000000 mm	0.0
Surface Group	坐标系统	位移操作#1 Z	1.000000000000e-1...	1.000000000000e-1...	1.000000000000e-1...	1.0
Surface Group -> Surf	坐标系统	位移操作#1 Z	0.000000000000 mm	2.200000000000... P2S	0.000000000000 mm	0.0
	形状	曲率	0.0140252454...	0.014025245442 m...	0.014025245442 m...	0.0
Surface Group -> Surf	坐标系统	位移操作#1 Z	4.000000000000...	4.000000000000 mm	4.000000000000 mm	4.0
	形状	曲率	0.000000000000...	0.000000000000 m...	0.000000000000 m...	0.0
Surface Group -> Surf	坐标系统	位移操作#1 Z	4.000000000000...	4.000000000000 mm	4.000000000000 mm	4.0
	形状	曲率	0.0188323917...	0.018832391714 m...	0.018832391714 m...	0.0
Surface Group -> Surf	坐标系统	位移操作#1 Z	5.000000000000...	5.000000000000 mm	5.000000000000 mm	5.0
	形状	曲率	-0.022321428...	-0.022321428571 m...	-0.022321428571 m...	-0.0
Surface Group -> Surf	坐标系统	位移操作#1 Z	2.000000000000...	2.000000000000 mm	2.000000000000 mm	2.0
	形状	曲率	-4.980079681...	-4.980079681275e-3...	-4.980079681275e-3...	-4.0
SingleSurface2	坐标系统	位移操作#1 Z	44.186201134...	44.186201134331 mm	44.186201134331 mm	44.0

用户可在【[参数总览](#)】中查看并编辑当前项目的系统参数。参数总览窗口显示光学系统中所有可配置参数的总列表，可以在该界面中进行参数查看、参数搜索、参数编辑和参数状态设置。

在【[参数总览](#)】左上方，提供了三个下拉框：

：用于用户在【[元件](#)】标签页根据参数等级来查看相应参数，关于参数分级的详细信息请参阅【[参数分级](#)】小节。

：用于通过输入关键字来检索当前参数分级下参数名称包含关键字的参数

：用于选择一种参数状态来检索当前参数分级下所有对应的参数状态的参数，关于参数状态的详细信息请参阅【[参数状态](#)】小节。

单击需要编辑的结构列下的指定参数，可以更改单个参数的数值与参数状态，关于编辑单个参数的详细信息请参阅【[参数状态](#)】小节。点击窗口右上角的“批量设置”可以进行参数的批量编辑，详细信息请参阅【[批量设置](#)】小节

### 6.1.1 参数分级

只有元件参数有分级选项，光源参数无分级选项，分级所对应的参数如下所示：

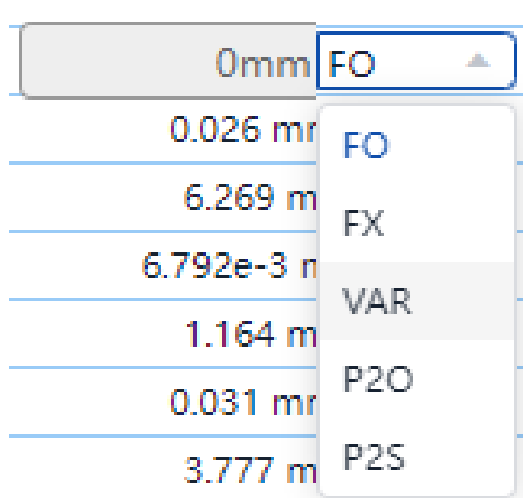
位移操作#1 Z、曲率

位移操作#1 X、位移操作#1 Y、位移操作#1 Z、旋转操作#2 X轴 旋转 #1、旋转操作#2 Y轴 旋转 #2、旋转操作#2 Z轴 旋转 #3、中心 X、中心 Y、半径、圆锥常数、曲率、Media List #1、Media List #2、Media List #3、Media List #4

系统所有参数

### 6.1.2 参数状态

用户可单击任意结构列下的指定参数，在右侧下拉列表中更改当前单元格参数的参数状态。



**VirtuaLab Unity** 中参数状态有如下所示：

Dflt/FO：当前参数数值与结构 1 中此参数数值保持一致，结构 1 参数的默认变量类型为 Dflt；除结构 1 之外，所有新建结构参数的默认变量类型都为 FO。可在下拉列表中直接选择。

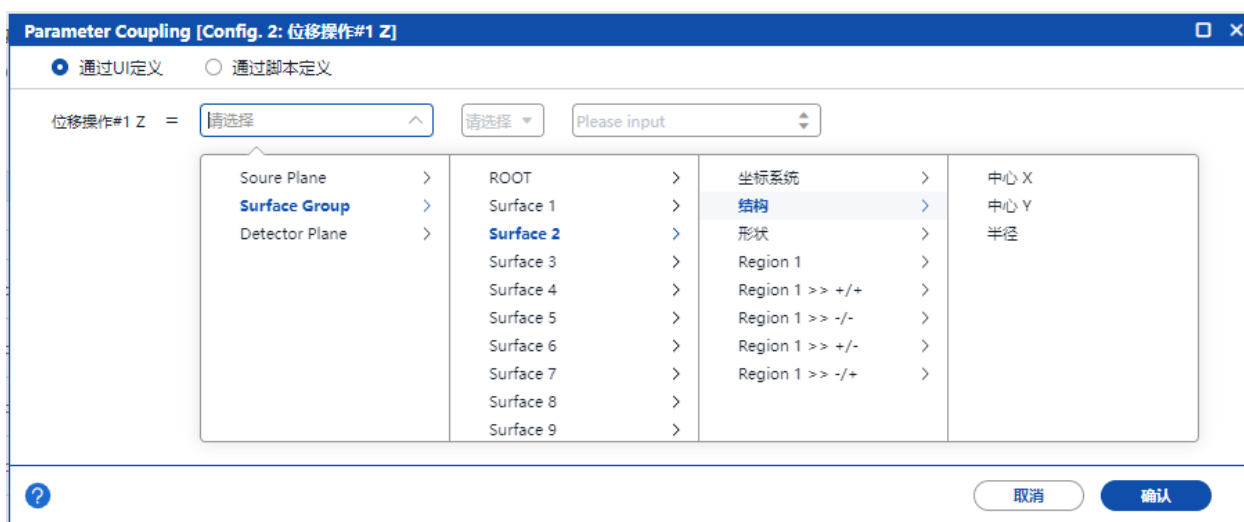
FX：固定当前单元格参数数值，不再随结构 1 参数变化。可在下拉列表中直接选择。

VAR: 将参数状态设置为可在优化中改变的变量，可在下拉列表中直接选择。

P2S: 使用自身结构的参数的运算耦合值作为当前指定参数数值

P2O: 使用结构 1 参数的运算耦合值作为当前指定参数数值

参数耦合界面如图所示：

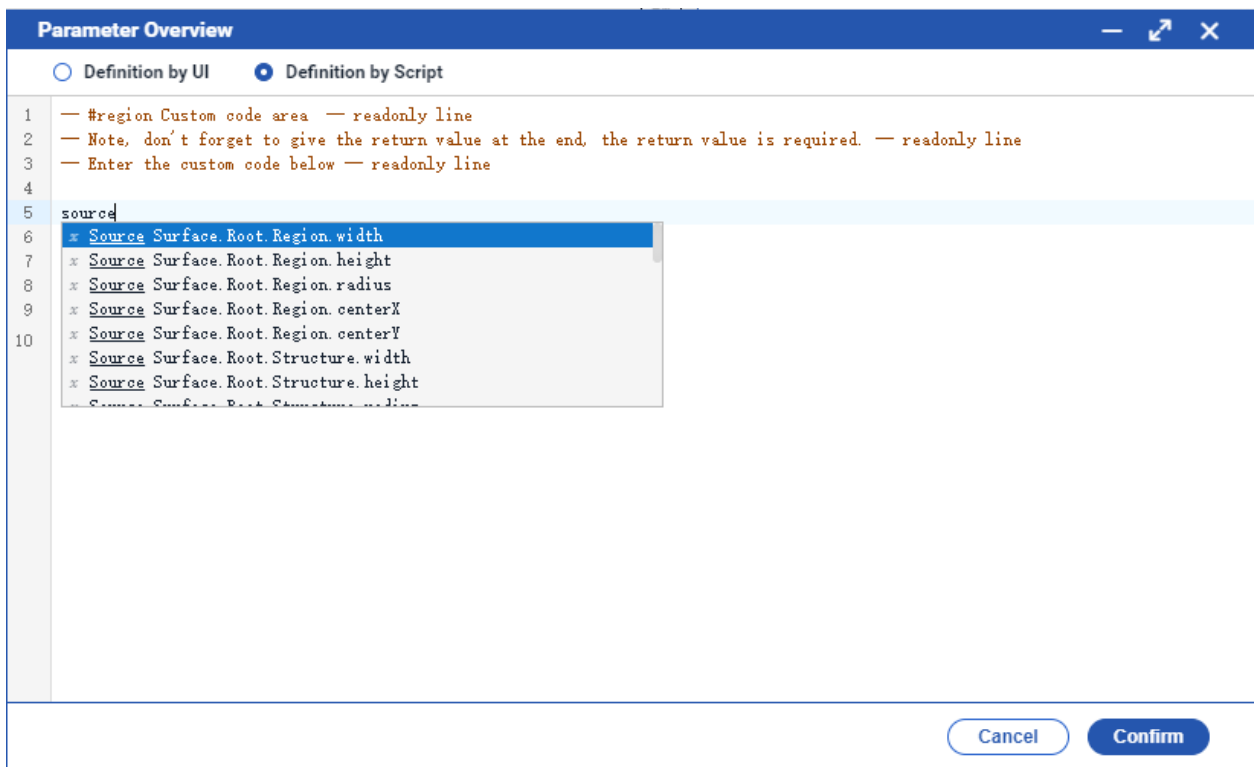


被选中参数的运算耦合有两种定义方式：



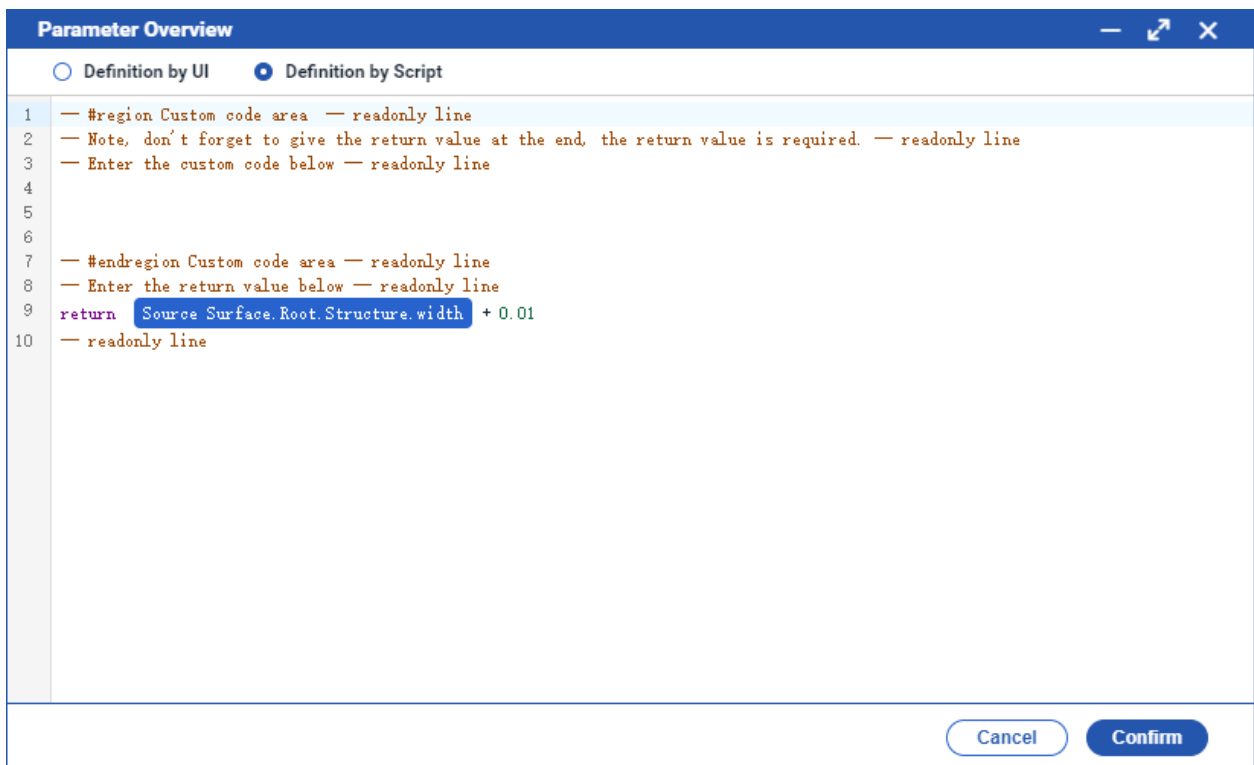
通过 UI 定义：令当前参数=选择需要耦合指定结构的参数输入值，该方式只能实现单一耦合运算符种类与单一耦合数值

通过脚本定义：在该页面可以输入参数耦合的目标参数关键词，**VirtuaLab Unity** 会自动进行过滤联想，直到用户查找到并选择对应的目标参数。在脚本中所能联想出的参数来源于结构 1 的参数。

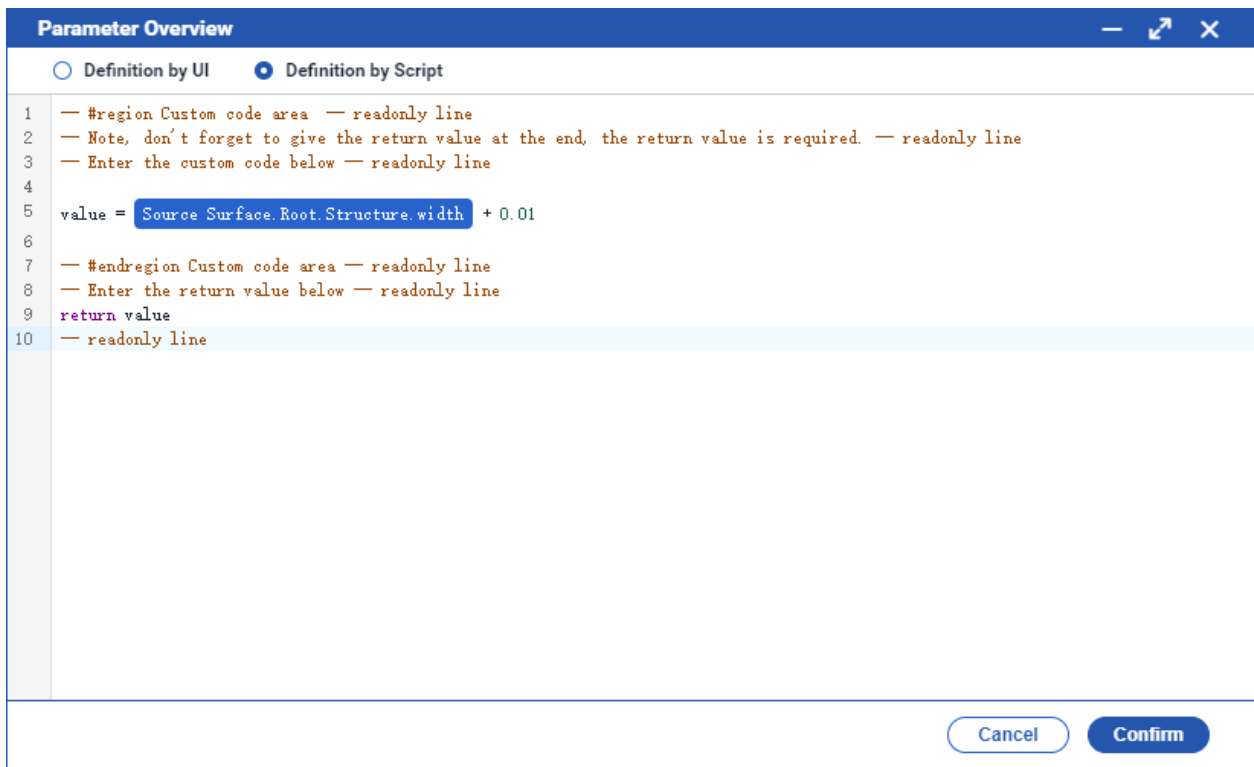


用户有两种方式定义参数耦合：

直接在 return 之后输入参数耦合的行为，如下图



在参数区域创建变量，并将变量赋值后输出，如下图。



通过脚本形式定义的参数耦合，不限目标参数数量，可以支持多种数学运算，具有极高的灵活度。

### 6.1.3 批量设置

点击窗口右上角[批量设置]可以打开批量设置变量的功能

元件名	参数类别	参数	Config. 1	Config. 2
SingleSurface1	坐标系统	位移操作#1 Z	0.000 mm <input type="checkbox"/>	0.000 mm <input type="checkbox"/>
Surface Group	坐标系统	位移操作#1 Z	204.500 mm <input type="checkbox"/>	204.500 mm <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 1	坐标系统	位移操作#1 Z	0.000 mm <input type="checkbox"/>	0.000 mm <input type="checkbox"/>
	形状	曲率	0.026 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	0.026 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 2	坐标系统	位移操作#1 Z	6.269 mm <input type="checkbox"/>	6.269 mm <input type="checkbox"/>
	形状	曲率	6.792e-3 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	6.792e-3 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 3	坐标系统	位移操作#1 Z	1.164 mm <input type="checkbox"/>	1.164 mm <input type="checkbox"/>
	形状	曲率	0.031 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	0.031 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 4	坐标系统	位移操作#1 Z	3.777 mm <input type="checkbox"/>	3.777 mm <input type="checkbox"/>
	形状	曲率	0.053 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	0.053 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 5	坐标系统	位移操作#1 Z	6.338 mm <input type="checkbox"/>	6.338 mm <input type="checkbox"/>
	形状	曲率	0.018 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	0.018 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 6	坐标系统	位移操作#1 Z	2.712 mm <input type="checkbox"/>	2.712 mm <input type="checkbox"/>
	形状	曲率	1.297e-3 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	1.297e-3 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 7	坐标系统	位移操作#1 Z	3.673 mm <input type="checkbox"/>	3.673 mm <input type="checkbox"/>
	形状	曲率	0.054 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	0.054 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 8	坐标系统	位移操作#1 Z	5.274 mm <input type="checkbox"/>	5.274 mm <input type="checkbox"/>
	坐标系统	位移操作#1 Z	0.058 mm <input type="checkbox"/>	0.058 mm <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 9	形状	曲率	5.477e-3 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	5.477e-3 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
	坐标系统	位移操作#1 Z	4.803 mm <input type="checkbox"/>	4.803 mm <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 10	形状	曲率	-0.025 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	-0.025 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
	坐标系统	位移操作#1 Z	1.728 mm <input type="checkbox"/>	1.728 mm <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 11	形状	曲率	0.040 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	0.040 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
	坐标系统	位移操作#1 Z	6.912 mm <input type="checkbox"/>	6.912 mm <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 12	形状	曲率	-0.028 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	-0.028 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>
	坐标系统	位移操作#1 Z	4.835 mm <input type="checkbox"/>	4.835 mm <input type="checkbox"/>
Surface Group -> Surface 13	形状	曲率	-9.561e-3 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>	-9.561e-3 mm <sup>-1</sup> <input type="checkbox"/>

批量设置变量类型配置步骤如下：

1. 勾选参数右侧复选框：选择不同结构中一个或多个参数进行变量类型批量设置。
2. 设置为：选择将选中参数的变量类型设置为 Dflt/FO 或 VAR。



## 6.2 多重结构

在 **VirtuaLab Unity** 中，多重结构功能允许用户在一个项目中定义和管理光学系统中有不同参数的多个结构，每个结构由一组特定的参数（如坐标、曲率、材料或光源属性）唯一定义。此功能可适用但不限于变焦系统、扫描系统或多波长光学装置的设计流程。**VirtuaLab Unity** 支持并行计算所有结构来快速对比其性能差异，还能启动跨结构的优化与分析。

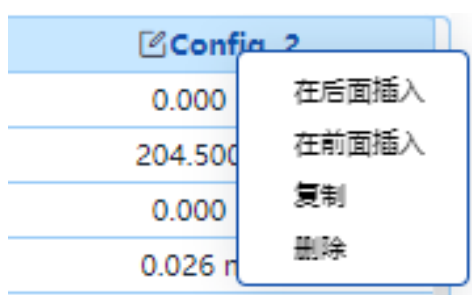
### 6.2.1 增减多重结构

**参数总览**按钮的右侧有多重结构的管理模块，如下图所示：



用户可通过点击   按钮进行快捷的添加或删除指定结构。

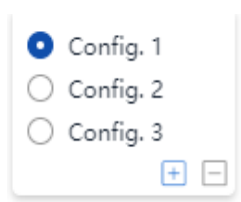
用户还可以在【[参数总览](#)】窗口中右键单击指定结构列的标题进行插入，添加，复制与删除操作：



在 Config. 1 后的所有结构的参数状态均为 FO，即跟随结构 1 的指定参数，其参数数值与参数状态支持更改，详细信息请参阅【[参数总览](#)】章节。

注意，结构 1 仅支持[[在后面插入](#)]下拉选项。

### 6.2.2 切换多重结构



用户需要切换当前项目的结构时，可通过单击此按钮完成结构切换，并且在项目配置窗口、元件配置窗口等受到多重结构影响的窗口中查看的对应参数数据。需要注意的是，在当前版本的 **VirtuaLab Unity** 中，当目标多重结构是非 Config. 1 时，用户无法通过参数总览窗口之外的其他窗口进行参数配置，并且其他窗口仅供查看数据和可视化效果。

## 7 序列工具

**VirtuaLab Unity** 将光路作为光路序列的方式进行管理，其汇总了所有的以光源为起始，某一表面为终止的光路序列，每一光路序列中无光路分叉信息。光路序列支持自动生成或者手动定义。当用户定义了光源与一些元件之后，**VirtuaLab Unity** 会根据用户配置进行自动光路搜寻，用户可在【序列】中查看。如果发现自动序列不能满足需求，用户可将某一序列或者树进行另存，并进行编辑。

以迈克尔逊干涉仪为例，光在经过中心的分光器时会产生分叉，一部分光透过分光器，一部分光在分光器上反射，因此光路序列可以将分叉出来的光路序列一一展示，方便用户之后的引用分析。

### 7.1 自动光路

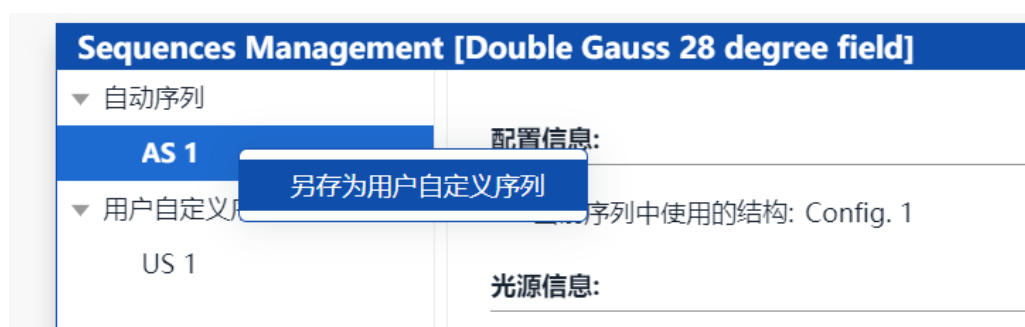
用户可在项目配置窗口中的【设置】页面中配置与自动光路搜寻相关的逻辑，首先用户需要在【结构 vs. 光路】中选择自动光路搜寻中多重结构共用一个光路还是分别用不同光路。当用户选择为共用一个光路时，**UniOptics** 则只会对第一个结构进行光路搜寻，其他的结构则使用此光路，这在变焦镜头的设计中比较常用，因为在变焦镜头中结构的切换并不会改变光的传播路径。当用户选择不同的结构使用不同的光路时，**UniOptics** 则对所有的结构分别进行自动光路搜寻，并在每个光路中记录对应的结构，在未来使用此光路时强制要求使用对应的结构。（在分析工具及评价函数配置时会有相关说明）

第二个要配置的是【波长 vs. 光路】，用户可以选择自动光路搜寻时使用哪些波长。当用户选择为只考虑主波长时，**UniOptics** 只针对主波长进行光路搜寻，其他的波长并不被考虑，这样在大部分场景下完全满足要求，而且极大地降低计算难度。但对于一些特定案例，不同波长可能会对应不同的光传播路径，比如光纤耦合，不同波段的光会汇聚到不同位置的光纤中，此时用户需要选择考虑全部的波长，**UniOptics** 会对所有的波长进行光路搜寻。

最后一个要配置的是【合并相同光路】，这个选项只会在用户选择考虑所有波长时才会出现。如果不选择【合并相同光路】，所有的波长会对应到不同的光路。如果选择【合并相同光路】，UniOptics 会分析每个波长得到的光路，当发现某些波长获得相同的光路时，则进行合并。注：与【结构 vs. 光路】不同的是无论得到的光路是哪个波长得到的，在未来使用此光路时不需要强制要求必须使用对应波长。

## 7.2 用户自定义光路序列

在光路序列页面中，用户可以右击任一自动序列后点击【另存为用户自定义序列】，自定义序列中将会增加一项，用户可在此新加的光路中进行配置。



在自定义序列中，用户可以对光源进行修改，在光源信息-名称中选择对应的光源。用户可以对序列进行修改，支持操作包括：

在前/后插入行：在任一行点击右键可出现在前插入行/在后插入行，选中后列表会新插入一行，且数据与被选中的行一致。

追加行：与前者类似，但插入位置为最后，且复制数据为最后一个节点

删除行：删除所节点。

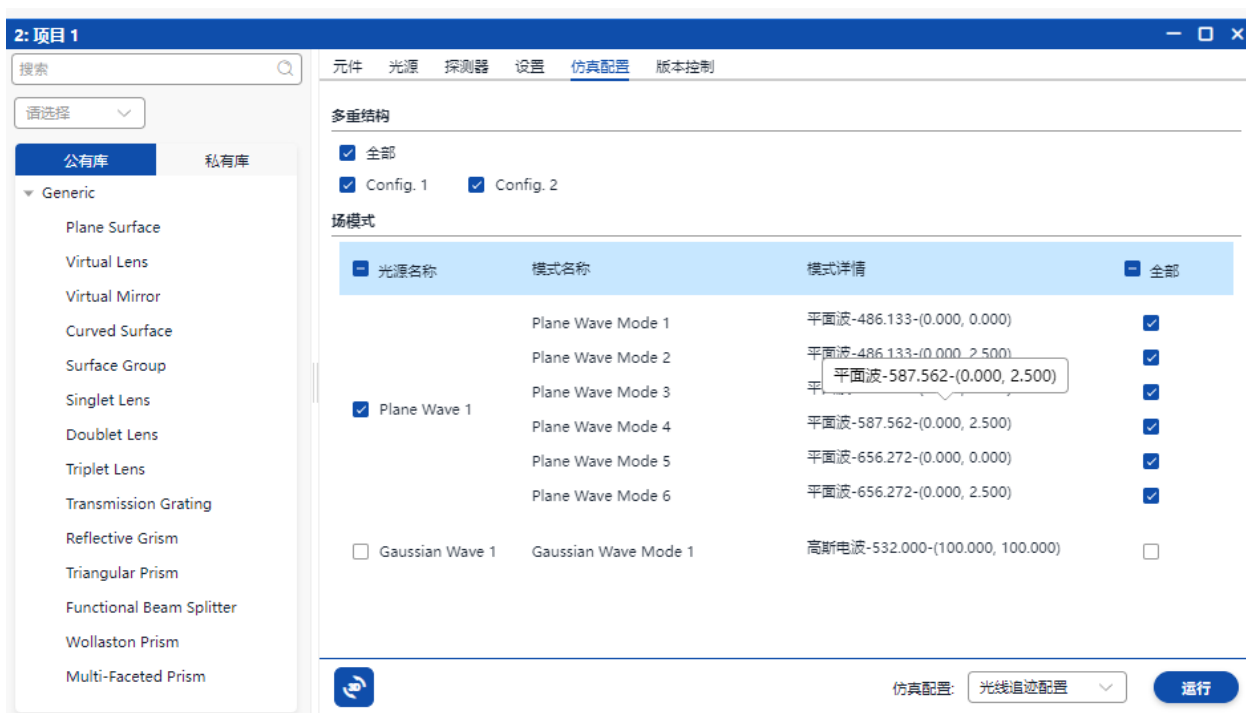
顺序调整：左键选中某一行之后可以进行拖动，放置在目标位置进行顺序调整。

修改节点信息：用户可以在任一行中修改组件/表面/区域/通道及端口。

## 8 光学仿真与后处理分析

**UniOptics** 支持对光学系统进行几何光学和物理光学仿真分析，且对电磁场数据可以进行进一步的后处理与数据分析。

光学系统配置完成后，进入项目窗口中【**仿真配置**】页面进行仿真相关配置：



【**多重结构**】：可以选择要运行光学仿真的多重配置结构，可以多选也可以只选其中某一个结构。

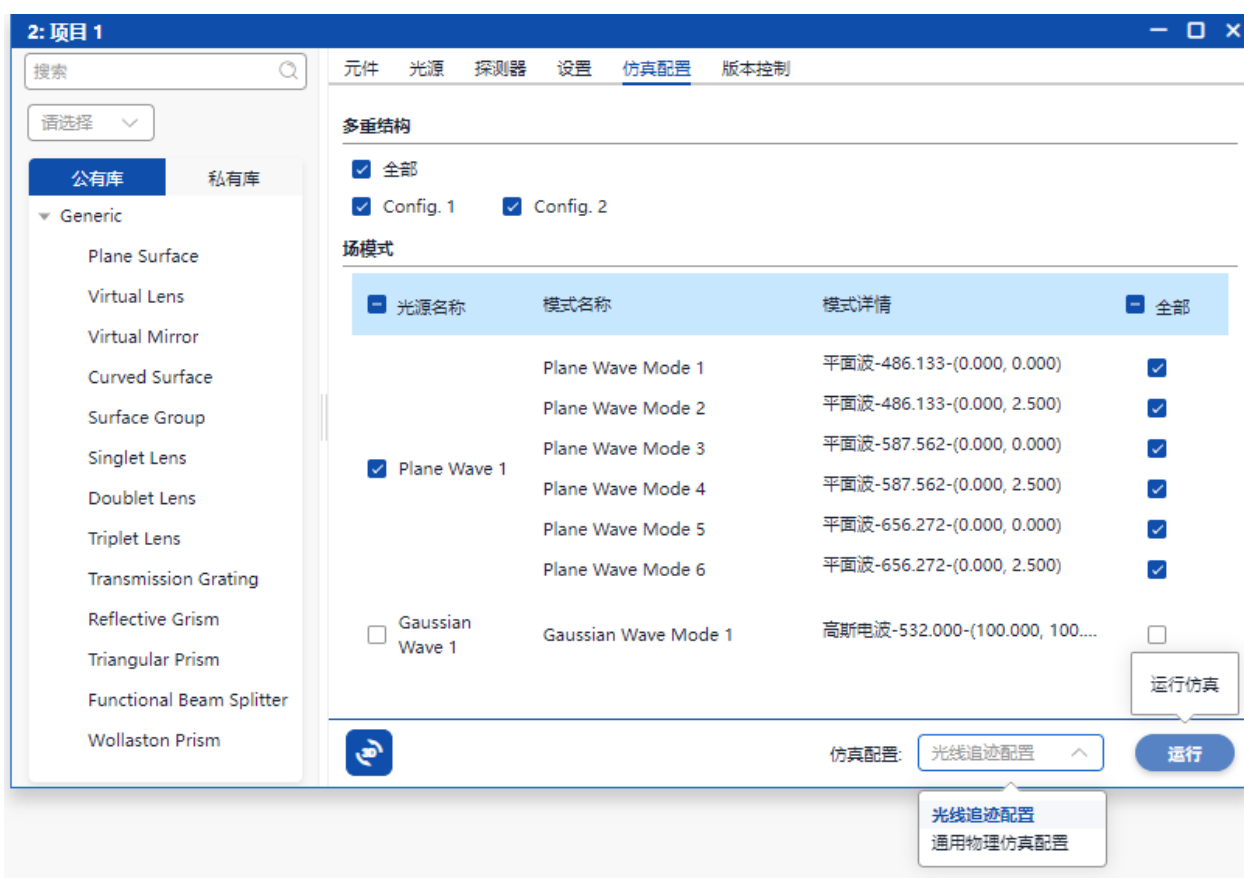
【**场模式**】：可以选择用于光学仿真的光源模式，可以多选也可以只选其中某一个结构。

用户可以通过两种方式执行仿真：

方式一：打开项目窗口，此时，顶部会有【**分析**】工具栏出现，用户可以通过点击**光线追迹仿真**按钮或**通用物理光学仿真**按钮执行几何光线追迹仿真或通用物理光学仿真。

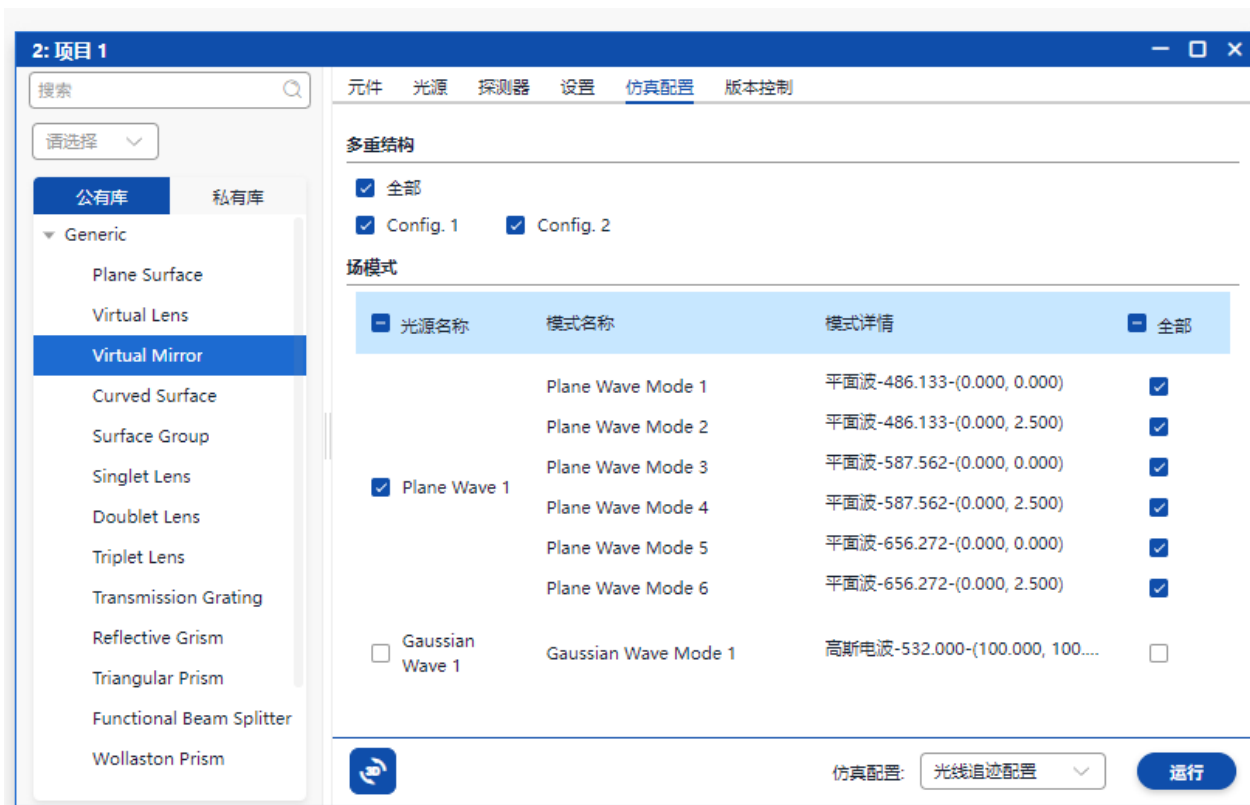


方式二：可以通过点击项目窗口右下角[仿真配置]下拉选项，选择[光线追迹配置]下拉选项或者[通用物理光学配置]下拉选项仿真模式，再点击**运行**按钮，执行光线追迹仿真或通用物理光学仿真：

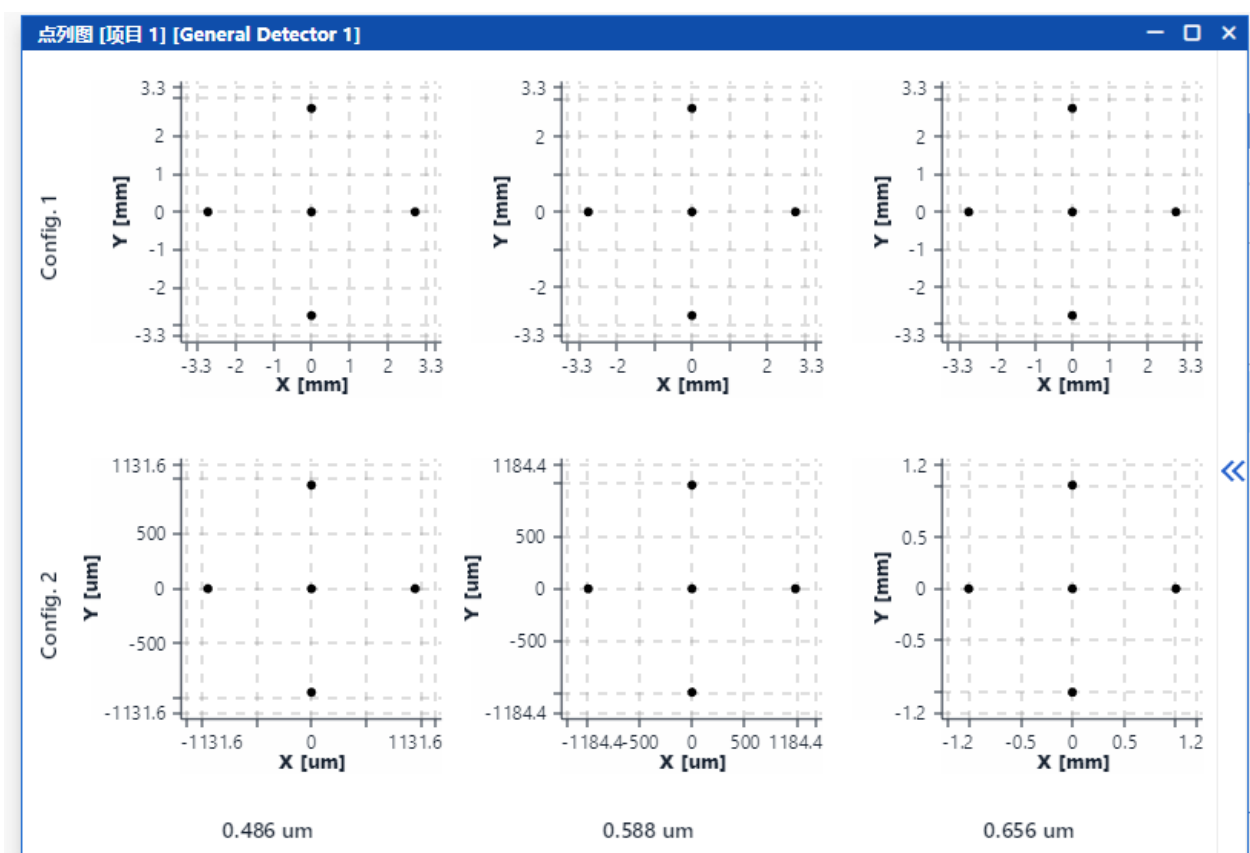
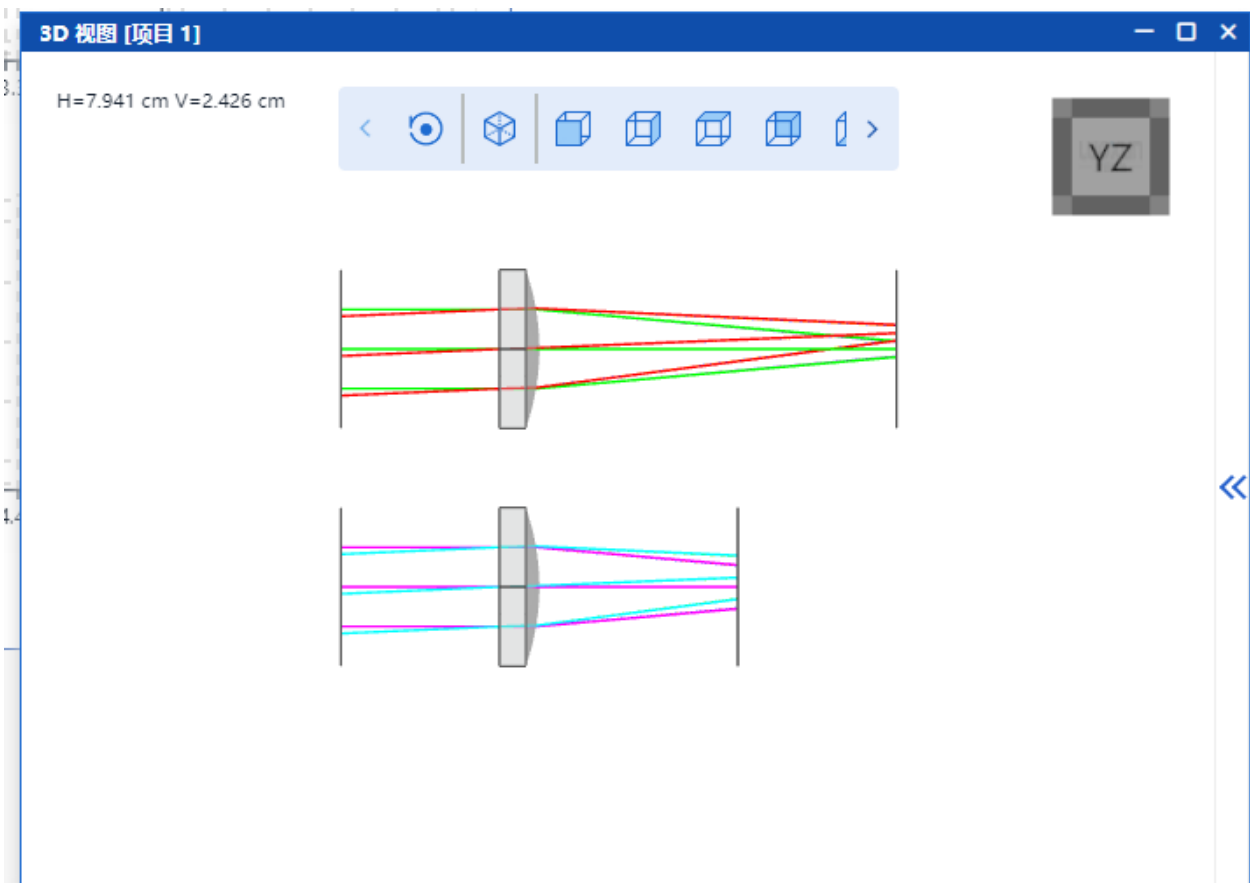


### 8.1 几何光学仿真

在项目窗口选择选择光线追迹仿真配置后点击**运行**按钮。

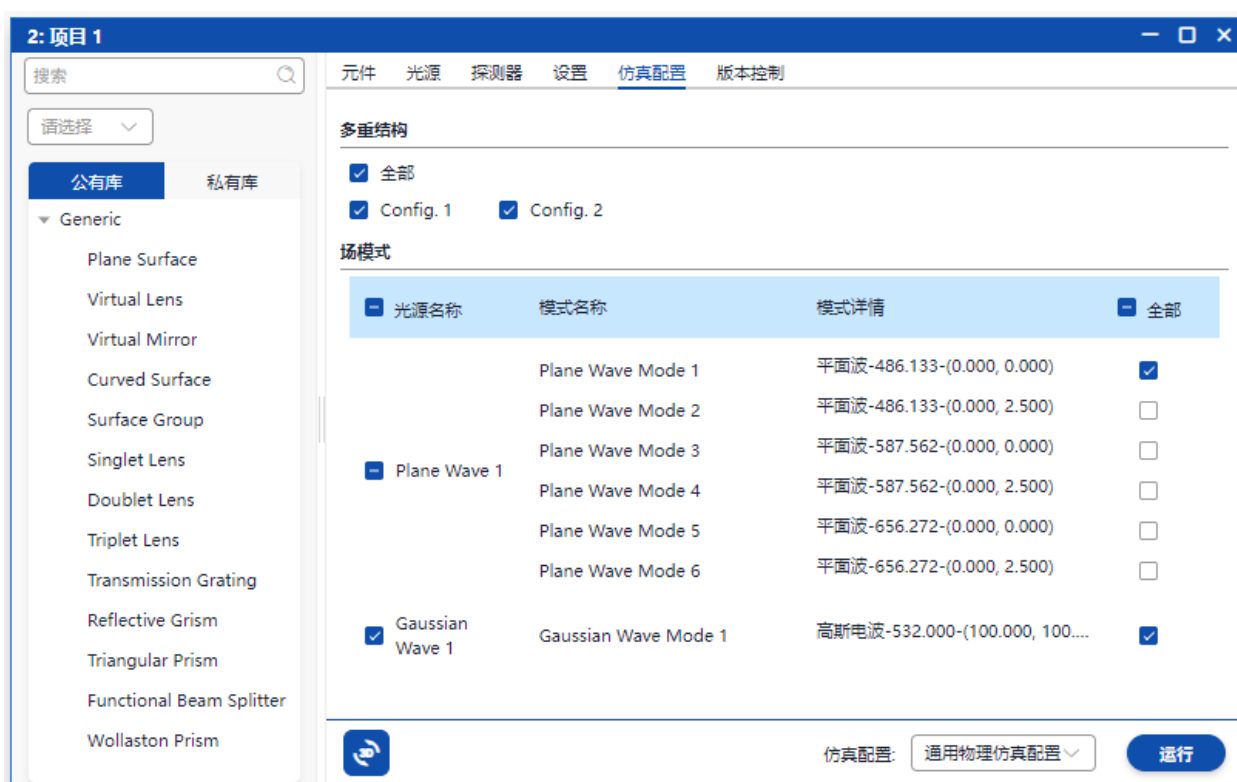


几何光学仿真运行完成后结果展示窗口如图:

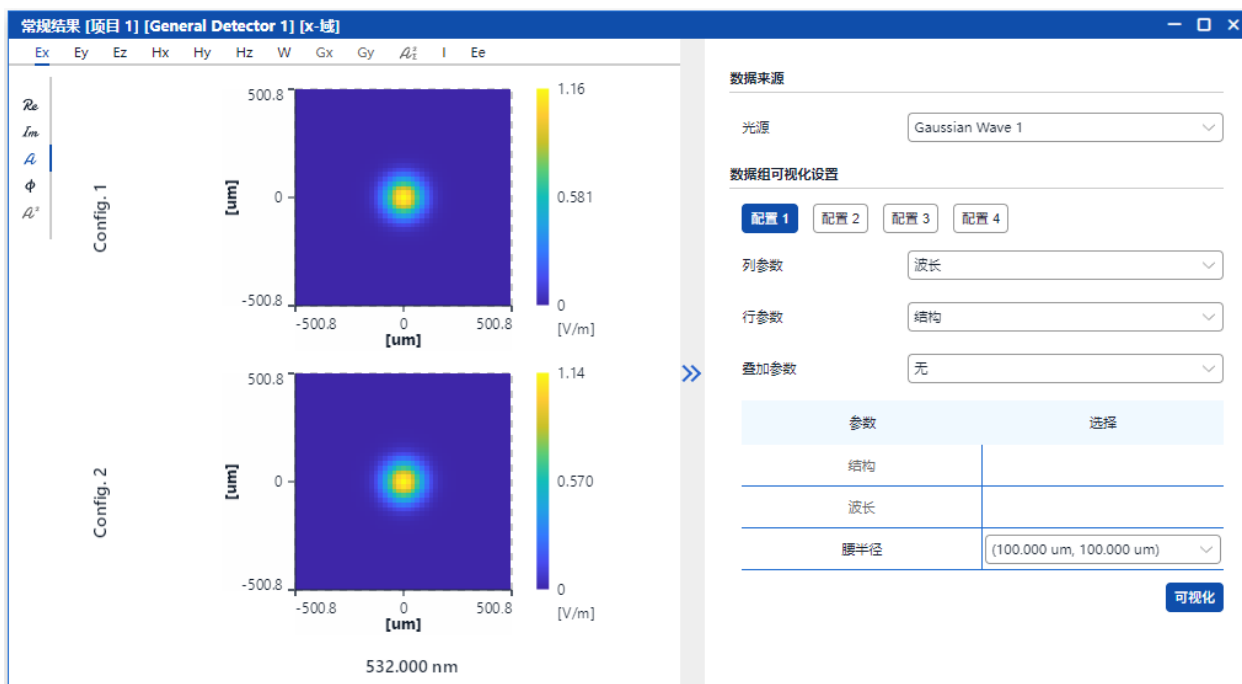


## 8.2 物理光学仿真

在项目窗口选择通用物理仿真配置后点击**运行**按钮。



物理光学仿真运行完成后结果展示窗口如图：



### 8.3 光场后处理分析

当焦点窗口为单一电磁场数据可视化窗口，或者在电磁场数据组可视化窗口中选中了一个单一电磁场数据时，软件顶部显示【后处理】标签页，点击该标签页可以切换到对应工具栏，此部分工具栏用于对单一电磁场数据进行后处理与数据分析，如下图所示。



#### 8.3.1 高斯光束参数

点击**高斯光束参数**按钮，软件将从该电磁场数据中提取的高斯光场参数，并将提取结果在【高斯光束参数结果】窗口中展示，同时也会在【消息】列表中展示，如下图所示。

方向	X	Y
发散角	0.07067279 °	0.07067279 °
M <sup>2</sup>	1.00001695	1.00001695
位置	9.99963200 mm	9.99963200 mm
瑞利距离	3.24292800 m	3.24292800 m
尺寸 (半径)	800.02305500 μm	800.02305500 μm
束腰尺寸 (半径)	799.99928400 μm	799.99928400 μm
波前半径	-169.10211000 m	-169.10211000 m
长轴旋转角	0.00000000 °	

### 8.3.2 光纤耦合效率



光纤耦合效率用于计算光场与指定光纤模式的耦合效率，可在下拉选项中查看单模光纤耦合效率和多模光纤耦合效率。

#### 8.3.2.1 单模光纤耦合效率

点击**单模光纤耦合效率**按钮后，将弹出【**光纤耦合效率**】窗口，输入目标光纤 x 与 y 方向的束腰半径，如下图所示：



输入完整后点击**确认**按钮，软件将根据输入的数值计算该电磁场数据的光纤耦合效率，并将计算结果在【**光纤耦合效率结果**】窗口中展示，同时也会在【**消息**】列表中展示，如下图所示。



### 8.3.2.2 多模光纤耦合效率

用于计算物理光场进入多模光纤可能存在的模式、参数与耦合效率，如下图所示。



可配置的参数如下所示：

光线配置：通过下拉菜单选择之前保存的配置文件

模式类型：选择计算使用的光纤类型

波长：选择计算使用的波长



纤芯半径：选择计算使用的光纤纤芯半径

纤芯材料：选择计算使用的纤芯材料

包层材料：选择计算使用的包层材料

最大级数：展示光纤中可能的所有模式（自动）

用户定义展示的最大角向和径向级数（手动）

点击  按钮，将当前的光纤耦合计算配置保存在用户配置文件夹中，可通过光纤配置的下拉菜单进行加载。点击  按钮，将当前配置更新，第二次打开时保留上次配置的结构和模式。

完成参数配置，勾选参与计算的模式并点击确认按钮，多模光纤耦合效率窗口将显示当前所选参数配置下各模式的光纤耦合效率。

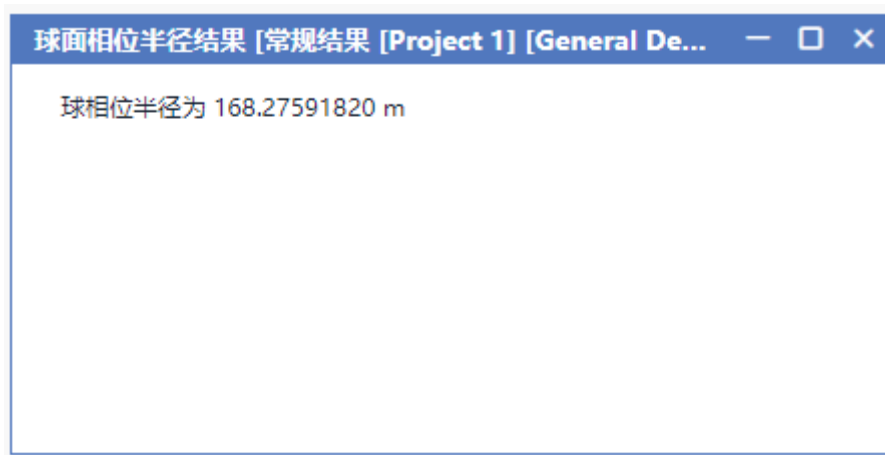
多模光纤耦合效率 [多模光纤耦合效率 [常规结果 [Project ...

序号	耦合效率
1	0.02546328
2	0.02546328
3	0.02546328
4	0.00000000
5	0.00000000
6	0.00000000
7	0.00000000
8	0.00000000
9	0.00000000
合计	0.07638983

### 8.3.3 球面相位半径



点击**球面相位半径**按钮，软件将对该电磁场的球相位半径进行提取，并将提取结果在【球面相位半径结果】窗口中展示，同时也会在【消息】列表中展示，如下图所示。



### 8.3.4 光束尺寸



使用场的  $E_x$  和  $E_y$  分量的标准偏差及其他参数计算光束尺寸。

#### 8.3.4.1 标准偏差

点击**标准偏差**按钮，软件将对电磁场  $E_x$  和  $E_y$  分量的振幅、振幅的平方和中心位置进行标准差计算，并将计算结果在【**标准偏差结果**】窗口中展示，同时也会在【**消息**】列表中展示，如下图所示。

标准偏差结果 [常规结果 [Project 1] [General Detector 1] [x-域]]

通过标准差预估光束尺寸:

方向	Ex分量		Ey分量	
	X	Y	X	Y
中心位置	0.00000000 nm	0.00000000 nm	0.00000000 mm	0.00000000 mm
由电场强度振幅预估尺寸	1.13140400 mm	1.13140400 mm	0.00000000 mm	0.00000000 mm
由电场强度振幅平方预估尺寸	800.02377100 $\mu\text{m}$	800.02377100 $\mu\text{m}$	0.00000000 mm	0.00000000 mm

### 8.3.4.2 半峰全宽

点击**半峰全宽**按钮，软件将利用半峰全宽(FWHM)计算该区域的横向尺寸，并自动弹出半峰全宽分析结果窗口，展示光束在 X、Y 方向的半峰全宽数值，如下图所示。

半峰全宽 [常规结果 [Project 1] [General Detector 1] [x-域]]

通过半峰全宽预估光束尺寸:

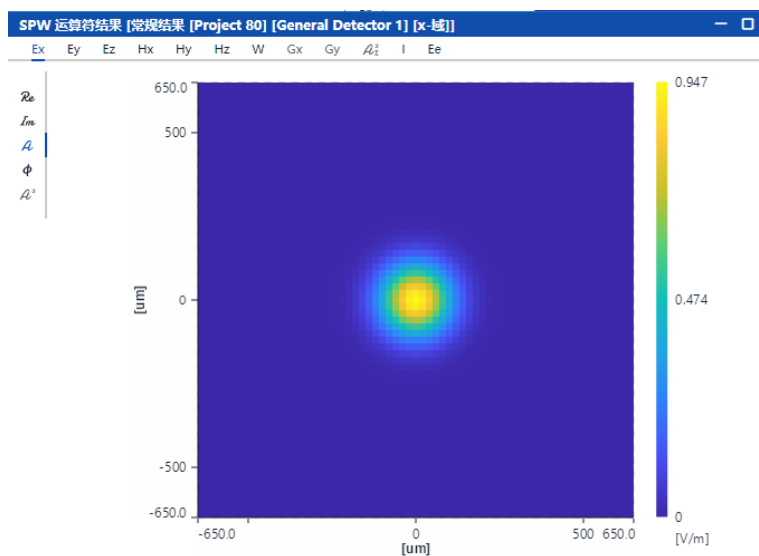
方向	X	Y
全宽	681.199208 $\mu\text{m}$	680.764866 $\mu\text{m}$

### 8.3.5 SPW 算子



SPW 算子

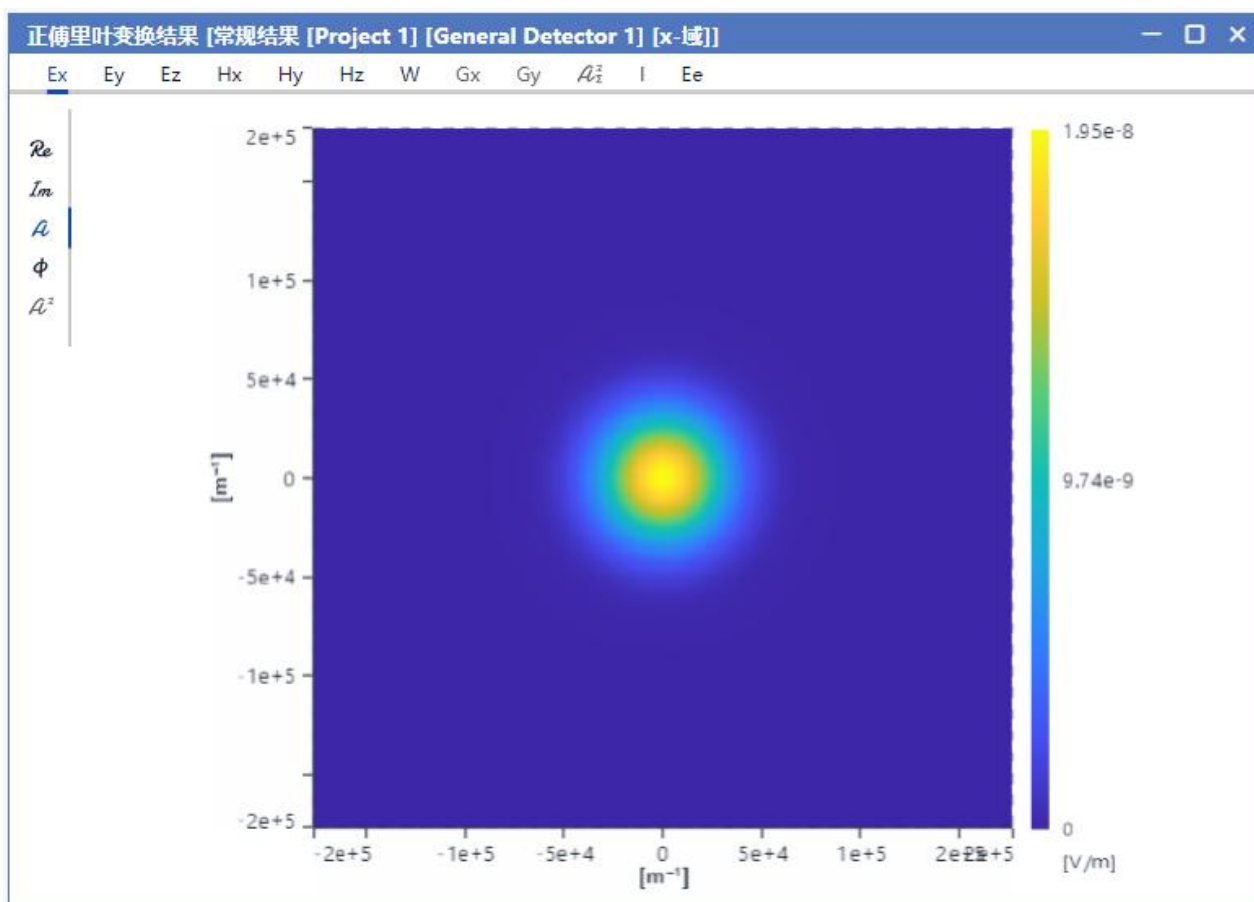
点击 **SPW 算子** 按钮，将打开【**编辑 SPW 运算符**】窗口，并在窗口内切换至【**传播参数**】标签页，该标签页用于设置传播距离；点击【**精度**】标签页跳转到精度设置标签页，可通过选择自动采样、保持采样不变、手动采样单选按钮来设置不同的采样精度。点击**确认**按钮，软件将对该电磁场进行自由空间传播计算，并将传播后的电磁场数据在【**SPW 运算符结果**】窗口中可视化展示，如下图所示。



### 8.3.6 正向



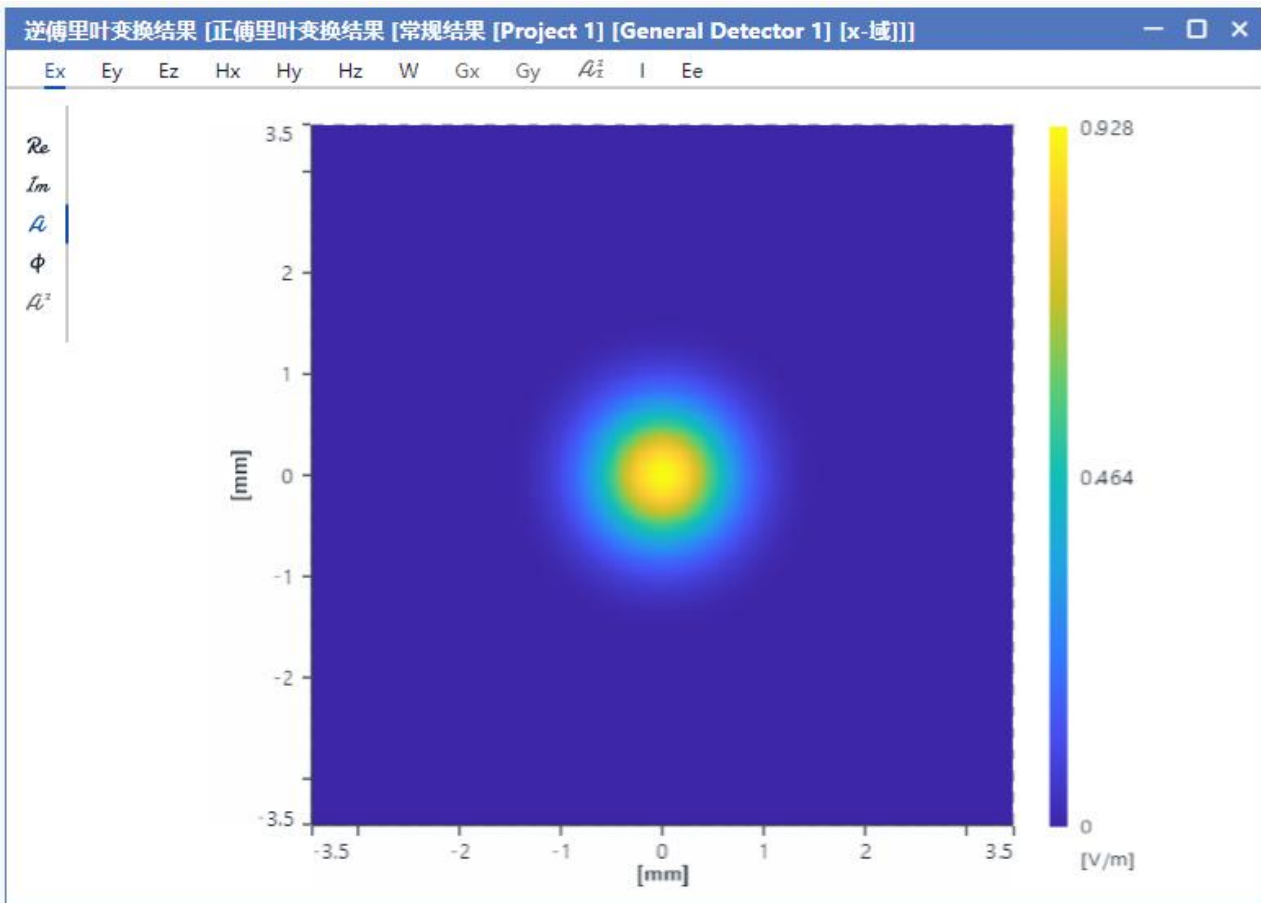
点击**正向**按钮，软件将对该电磁场进行正向傅里叶变换，并将变换后的电磁场数据在【**正傅里叶变换结果**】窗口中可视化展示，如下图所示。



### 8.3.7 逆向

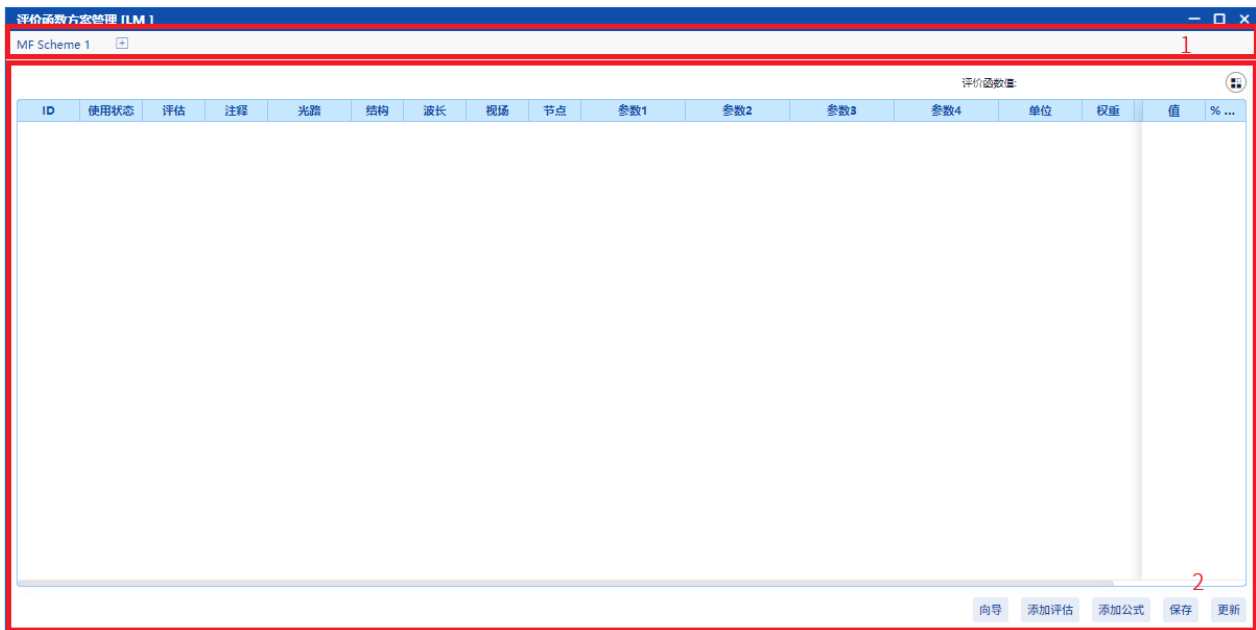


点击**逆向**按钮，软件将对该电磁场进行逆向傅里叶变换，并将变换后的电磁场数据在【**逆傅里叶变换结果**】窗口中可视化展示，如下图所示。



## 9 系统评价函数


点击**评价函数**按钮后，将弹出【评价函数】窗口，如下图所示：



优化配置窗口主要分为 2 个区域：方案列表区、评价函数配置区，下面分别对这 2 部分进行介绍。

### 方案列表区

如图中区域 1 所示，在 **VirtuaLab Unity** 的优化功能中，用户可以配置多种优化方案，每个方案可包含独立的优化目标和配置参数。通过多方案配置，用户能够灵活的选用不同的优化方案与策略。

-  按钮：用于创建一个新的方案。
- 右键单击选中某一方案弹出右键菜单，可以进行对方案进行添加、删除、复制、重命名操作（注：列表中仅剩一个方案时禁止删除）：



[添加] 选项：用于创建一个新的方案。

[复制] 选项：用于复制当前选中的方案。复制操作会生成一个与原方案完全相同的副本，用户可以在副本基础上进行修改，避免重复配置相同参数，提高工作效率。

[删除] 选项：用于删除选中的方案。

[重命名]选项：用于对选中的方案进行重命名。

### 评价函数配置区

如图中区域 2 所示，用户可在指定方案下添加所需评估，并得到评估值。添加方式有两种，可以在表格空白处点击右键添加，也可以在表格右下角点击按钮进行添加，添加的评估由一下列表定义：

参数	描述
光路 ( Light Path)	用户选择计算的光路
结 构 ( Configuration )	用户选择计算的结构，当所选光路为自动，且在项目配置中选择一个结构仅对应一个结构时，此结构为对应的的结构序号，用户不可更改。
波 长 ( Wavelength)	用户选择计算的波长，一些评价函数可以支持多选。
视场 ( Field of View)	用户选择计算的视场，一些评价函数可以支持多选，或者选择 Any，在参数中填入 Hx Hy（如 Real Ray 和 Paraxial Ray 中的一些评价函数）。
节点 (Node)	用户选择观测的节点，一些评价函数可能需要用户选择两个节点，对两节点中的部分进行分析
Par1, Par2, Par3, Par4	评价函数所需的其他参数，详细介绍请查看下表
Unit	用户选择评价结果的单位
Weight	用户输入评价函数的权重（不会影响评估结果，仅影响贡献比）
Criterion	用户输入评估的标准，可以选择 1. 等于某值

	2. 大于某值 3. 小于某值 4. 在两个值中间 这些输入值的单位跟随用户在 Unit 列中的选择
--	---

所有涉及到的评价函数将通过评估组与评估来进行定义与管理，评估组的具体含义见下表：

评估组名称	描述	包含评估
Real Ray	使用真实光线追迹得到光在表面上的位置，方向等信息	Position Local (Real) Position Local (Real) Position Global (Real) Direction Global (Real) Incident Angle Emergent Angle Optical Path Length Path
Paraxial Ray	使用傍轴光线追迹得到光在表面上的位置，方向等信息	Position Local (Paraxial) Position Local (Paraxial) Position Global (Paraxial) Direction Global (Paraxial)
MTF	计算 MTF 值	FFT- MTF
Image Quality	分析光学系统的像	Spot Radius RMS Wavefront RMS

	质	Angular RMS Spot Radius PTV Wavefront PTV Angular PTV
Optical Property	分析光学系统的性质	Focal Length (Paraxial) Back Focal Length Angular Magnification EN Position EN Diameter EX Position EX Diameter Paraxial F Number Image Space NA Object Space NA Paraxial Image Height Paraxial Magnification
Aberration	分析光学系统的像差	Distortion Value Distortion Percentages Lateral Chromatic Position Lateral Chromatic Angle Longitudinal Aberration Seidel Coefficients In Wave

		Transverse Aberration Coefficients Longitudinal Aberration Coefficients
<b>Dimension</b>	限制系统的尺寸	Max Center Thickness Min Center Thickness Max Edge Thickness Min Edge Thickness Total Center Thickness General 3D General 1D
<b>Material</b>	控制材料的参数	Index Abbe Number Dispersion Max Index Min Index Max Abbe Number Min Abbe Number Max Dispersion Min Dispersion
<b>General Parameters</b>	获取系统参数	General Parameters
<b>Physical Optics</b>	物理光学分析	Fiber Coupling Efficiency
<b>Formula</b>	对其他评估值进行 运算	Formula

## 9.1 Real Ray

本评估组使用真实光线追迹得到光在表面上的位置，方向等信息。公共参数包括：

1. 光路：单选，用户选择计算使用的光路
2. 结构：单选，用户选择计算使用的结构
3. 波长：单选，用户选择计算使用的波长
4. 视场：单选，用户选择计算使用的视场，可以选择 Any
5. Par1 (Hx, Hy)：当视场为 Any 时，用户需手动设置视场值 Hx 以及 Hy
6. Par2 (Px, Py)：用户需定义光瞳孔坐标，确定追迹的光线

评估名称	描述	其他参数
Position Local (Real)	计算真实光线追迹某根光线在某一表面局域坐标系位置	Par3：坐标轴，可选择 X, Y, Z 或者 Rho
Position Local (Real)	计算真实光线追迹某根光线在某一表面局域坐标系方向	Par3：坐标轴，可选择 X, Y, Z 或者 Rho
Position Global (Real)	计算真实光线追迹某根光线在某一表面全局坐标系位置	Par3：坐标轴，可选择 X, Y, Z 或者 Rho
Direction Global (Real)	计算真实光线追迹某根光线在某一表面全局坐标系方向	Par3：坐标轴，可选择 X, Y, Z 或者 Rho
Incident Angle	计算真实光线追迹某根光线在某一表面的入射角	无
Emergent Angle	计算真实光线追迹	无

		某根光线在某一表面的出射角	
Optical Length	Path	计算真实光线追迹 某根光线到达某一表面的总光程	无
	Path	计算真实光线追迹 某根光线到达某一表面交点与前一面交点的距离	无

## 9.2 Paraxial Ray

本评估组使用真实光线追迹得到光在表面上的位置，方向等信息。公共参数包括：

1. 光路：单选，用户选择计算使用的光路
2. 结构：单选，用户选择计算使用的结构
3. 波长：单选，用户选择计算使用的波长
4. 视场：单选，用户选择计算使用的视场，可以选择 Any
5. Par1 (Hx, Hy)：当视场为 Any 时，用户需手动设置视场值 Hx 以及 Hy
6. Par2 (Px, Py)：用户需定义光瞳孔坐标，确定追迹的光线
7. Par3 (坐标轴)：用户可选择 X, Y, Z 分量，或者选择 Rho，得到交点与 Z 轴的距离

评估名称		描述	其他参数
Position (Paraxial)	Local	计算傍轴光线追迹 某根光线在某一表面局域坐标系位置	无
Position (Paraxial)	Local	计算傍轴光线追迹 某根光线在某一表	无

	面局域坐标系方向	
<b>Position Global (Paraxial)</b>	计算傍轴光线追迹 某根光线在某一表面全局坐标系位置	无
<b>Direction Global (Paraxial)</b>	计算傍轴光线追迹 某根光线在某一表面全局坐标系方向	无

### 9.3 MTF

本评估组用于分析系统的 MTF 参数。公共参数包括：

1. 光路：单选，用户选择计算使用的光路
2. 结构：单选，用户选择计算使用的结构
3. 波长：单选，用户选择计算使用的波长
4. 视场：单选，用户选择计算使用的视场
5. 节点：单选，用户选择分析的节点
6. Par1 (Direction)：可选择为 Tangential, Sagittal, 或者 Average XY
7. Par2 (Frequency)：可输入待观测的频率，单位为 lp/mm

评估名称	描述	其他参数
FFT-MTF	使用 FFT 算法计算 MTF	无

### 9.4 Image Quality

本评估组用于分析系统的像质。公共参数包括：

1. 光路：单选，用户选择计算使用的光路
2. 结构：单选，用户选择计算使用的结构

3. 波长：单选，用户选择计算使用的波长
4. 视场：单选，用户选择计算使用的视场
5. 节点：单选，用户选择分析的节点
6. Par1 ( Sampling Type ) : 用户可选择 1.Gaussian Quadrature 或者 2.Rectangular Array
7. Par2 (采样值) : 用户可输入环数及臂数，或者行数及列数
8. Par3 (Reference) : 用户可输入参照点为 1.Centroid 或者 2.Chief Ray
9. Par4 (X/Y Weight) : 用户可输入 X 分量及 Y 分量的权重，默认为全 0

评估名称	描述	其他参数
Spot Radius RMS	计算斑点 RMS 半径	无
Wavefront RMS	计算波前 RMS	无
Angular RMS	计算角向 RMS	无
Spot Radius PTV	计算斑点 PTV 半径	无
Wavefront PTV	计算波前 PTV	无
Angular PTV	计算角向 PTV	无

## 9.5 Optical Property

本评估组用于分析系统的像质。公共参数包括：

1. 光路 (单选)
2. 结构 (单选)
3. 波长 (单选)

评估名称	描述	其他参数
Focal Length (Paraxial)	根据傍轴光学理论计算焦距	节点：选择两个节点，焦距计算只包

		含两个节点中间部分
<b>Back Focal Length</b>	根据傍轴光学理论 计算后焦距	无
<b>Angular Magnification</b>	根据傍轴光学理论 计算角放大率	无
<b>EN Position</b>	根据傍轴光学理论 计算入瞳位置（与光源面的距离）	无
<b>EN Diameter</b>	根据傍轴光学理论 计算入瞳直径	无
<b>EX Position</b>	根据傍轴光学理论 计算出瞳位置（与最后一个节点的距离）	无
<b>EX Diameter</b>	根据傍轴光学理论 计算出瞳直径	无
<b>Paraxial F Number</b>	根据傍轴光学理论 计算傍轴 F 数	无
<b>Image Space NA</b>	根据傍轴光学理论 计算像空间 NA	无
<b>Object Space NA</b>	根据傍轴光学理论 计算物空间 NA	无
<b>Paraxial Image Height</b>	根据傍轴光学理论 计算傍轴像高	无
<b>Paraxial Magnification</b>	根据傍轴光学理论 计算傍轴放大率	无

## 9.6 Aberration

本评估组用于分析系统的像质。公共参数包括：

1. 光路 (单选)
2. 结构 (单选)
3. 波长 (单选)

评估名称	描述	其他参数
Distortion Value	计算以绝对长度为单位的畸变值	视场：可选择参与计算的视场 Par1：可选择计算结果为当前视场，最大视场或最大畸变。 Par2：可选择计算结果为 F-TANTheta 或 F-Theta Par3：可选择计算结果是否经过校准
Distortion Percentages	计算以百分比为单位的畸变值	同上
Lateral Chromatic Position	计算以长度为单位的垂轴色差	视场：可选择参与计算的视场 Par1：可选择与参考波长进行计算的波长 Par2：可选择计算结果为近轴光线追迹或实际光线追迹

<b>Lateral Chromatic Angle</b>	计算以角度为单位的垂轴色差	同上
<b>Longitudinal Aberration</b>	计算轴向色差	Par1：可选择与参考波长进行计算的波长 Par2：可选择计算结果为近轴光线追迹或实际光线追迹 Par3：可选择光瞳位置
<b>Seidel Coefficients In Waves</b>	计算以波长为单位的赛德尔系数	节点：可选择观察面 Par1：可选择输出结果为球差，慧差，场曲，畸变，轴向色差，垂轴色差
<b>Transverse Aberration Seidel Coefficients</b>	计算横向像差系数	同上
<b>Longitudinal Aberration Seidel Coefficients</b>	计算轴向像差系数	同上

## 9.7 Dimension

评估名称	描述	其他参数
<b>Max Center Thickness</b>	计算所选节点之内所有中心厚度超过阈值部分的和，可以只考虑空气或者玻璃	节点：可选择参与计算的节点范围 Par1：可选择需要考虑的夹层材料 Par2：可选择计算结果 Par3：可编辑目标阈值
<b>Min Center Thickness</b>	计算所选节点之内所有中心厚度低于阈值部分的和，可以只考虑空气或者玻璃	同上
<b>Max Edge Thickness</b>	计算所选节点之内所有边缘厚度超过阈值部分的和，可以只考虑空气或者玻璃	同上
<b>Min Edge Thickness</b>	计算所选节点之内所有边缘厚度低于阈值部分的和，可以只考虑空气或者玻璃	同上
<b>Total Center Thickness</b>	计算所选节点之内所有中心厚度的和	同上
<b>General 3D</b>	计算所选两个节点	节点：可选择参与

	上的指定坐标点之间的三维距离	计算的两个节点 Par1：可编辑第一个节点上的坐标点 Par2：可编辑第二个节点上的坐标点
<b>General 1D</b>	计算所选两个节点上的指定坐标点之间的一维距离	节点：可选择参与计算的两个节点 Par1：可编辑第一个节点上的坐标点 Par2：可编辑第二个节点上的坐标点 Par2：可选择一维距离的参考轴

## 9.8 Material

评估名称	描述	其他参数
<b>Index</b>	计算所选节点对应材料的折射率	节点：可选择指定节点下所对应的材料
<b>Abbe Number</b>	计算所选节点对应材料的阿贝数	同上

<b>Dispersion</b>	计算所选节点对应材料的色散值	同上
<b>Max Index</b>	计算所选节点之内玻璃折射率超过阈值部分的和	节点：可选择指定节点范围内下所对应的所有材料 Par1：可编辑阈值
<b>Min Index</b>	计算所选节点之内玻璃折射率低于阈值部分的和	同上
<b>Max Abbe Number</b>	计算所选节点之内玻璃阿贝数超过阈值部分的和	同上
<b>Min Abbe Number</b>	计算所选节点之内玻璃阿贝数低于阈值部分的和	同上
<b>Max Dispersion</b>	计算所选节点之内玻璃色散超过阈值部分的和	同上
<b>Min Dispersion</b>	计算所选节点之内玻璃色散低于阈值部分的和	同上

## 9.9 General Parameters

本评估组用于获取【[参数总览](#)】窗口中的系统参数。

## 9.10 Physical Optics

本评估组用于分析系统物理光学属性。公共参数包括：

1. 光路（单选）
2. 结构（单选）
3. 波长（单选）
4. 节点：单选，用户选择分析的节点

评估名称	描述	其他参数
Fiber Coupling Efficiency	分析光学系统光纤耦合效率	Par1：模场直径

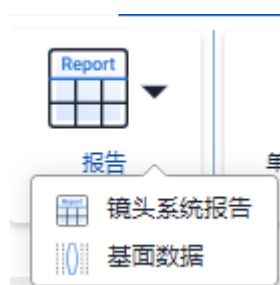
## 9.11 Formula

本评估组用于对其他评估值进行组合运算。

## 10 分析

**VirtuaLab Unity** 提供大量的伴随式分析工具，当打开项目时，可通过【分析】功能项得到当前打开项目的系统分析结果。

### 10.1 报告



报告用于生成光学系统的综合分析结果，可在下拉选项中查看镜头系统报告和基面数据。

### 10.1.1 镜头系统报告

镜头系统报告用于展示环境与结构、光学参数等系统信息，点击设置可展开配置窗口，如下图所示

环境与结构		光学参数 (mm)	
压强 (Pa):	101325.00000000	角放大率:	1.50183689
温度 (°C):	20.00000000	后焦距:	25.99780211
最大视场 (mm):	20.00000000	有效焦距:	57.60000000
光阑尺寸 (mm):	7.85162863	入瞳直径:	24.92081329
总长 (mm):	295.04401876	入瞳位置:	245.35702239
系统孔径大小 (f):	3.57000000	出瞳直径:	16.59355521
系统孔径类型:	Paraxial Working F Number	出瞳位置:	-55.35523110
		像方空间 NA:	0.13870226
		物方空间 NA:	0.05071943
		近轴成像高度:	20.00000000
		近轴放大率:	-0.36260345
		近轴处理 F/#:	3.57000000

材料与折射率		
节点	材料	折射率
1		1.00000000
2	H-ZK9A	1.62754652
3		1.00000000
4	ZF8	1.66822321
5	H-LAF10L	1.79958631
6		1.00000000
7	ZF4	1.74653600
8		1.00000000
9		1.00000000
10	H-LAK4L	1.64736768
11	D-K59	1.52323491
12	H-LAK53A	1.76505387
13	H-ZK20	1.62519761
14		1.00000000
15		1.00000000

### 10.1.2 基面数据

基面数据用于展示焦距、主平面、反主平面、节平面、反节平面等系统信息，

点击设置可展开配置窗口，如下图所示



	物空间	像空间
焦距	-51.441323977937	51.441323977937
焦平面	-47.950978447882	-0.336392426103
主平面	3.490345530054	-51.777716404040
反主平面	-99.392302425819	51.104931551834
节平面	3.490345530054	-51.777716404040
反节平面	-99.392302425819	51.104931551834


## 10.2 单光线追迹



单光线追迹分析工具用于展示单光线经过每个表面的交点及方向等信息，点击设置可展开配置窗口，如下图所示

节点	坐标 (mm)			入射方向			出射方向			与法线夹角 (°)		轨迹长度 (mm)
	X	Y	Z	X 方向余弦	Y 方向余弦	Z 方向余弦	X 方向余弦	Y 方向余弦	Z 方向余弦	入射角	出射角	
1	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	NaN	0.000000000000	0.000000000000
2	0.000000000000	0.000000000000	5.551115123126e-14	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	3.078324659200e-6	3.306651113363e-6	204.500000000000
3	0.000000000000	0.000000000000	1.734723475977e-15	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	1.207418269726e-6	2.091309789152e-6	6.289161156320
4	0.000000000000	0.000000000000	-3.686287386451e-15	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	1.707547292503e-6	8.537734642516e-7	1.1640911758262
5	0.000000000000	0.000000000000	2.168404344971e-15	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	1.707547292503e-6	1.707547292503e-6	3.776818237963
6	0.000000000000	0.000000000000	-4.336808689942e-15	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	1.47877933347e-6	2.69989328382e-6	6.338280904460
7	0.000000000000	0.000000000000	6.418476861114e-14	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	2.831646840510e-6	1.909095910416e-6	2.712374116603
8	0.000000000000	0.000000000000	-1.301042696983e-15	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	1.707547292503e-6	2.95758666942e-6	3.673138615753
9	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	2.95758666942e-6	2.95758666942e-6	5.274412781001
10	0.000000000000	0.000000000000	-1.387778780781e-14	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	2.95758666942e-6	1.909095910416e-6	0.057599790117
11	0.000000000000	0.000000000000	-1.734723475977e-15	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	1.909095910416e-6	2.091309789152e-6	4.8032464697845
12	0.000000000000	0.000000000000	4.336808689942e-16	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	2.091309789152e-6	1.909095910416e-6	1.727993703506
13	0.000000000000	0.000000000000	8.673617379884e-16	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	1.909095910416e-6	2.091309789152e-6	6.911974814024
14	0.000000000000	0.000000000000	5.204170427930e-15	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	2.091309789152e-6	3.415094585006e-6	4.834926382410
15	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	0.000000000000	0.000000000000	1.000000000000	3.415094585006e-6	3.415094585006e-6	43.000000000000

可配置的参数如下所示：

序列：选择计算使用的光路序列，可单击序列选项右侧  按钮打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

波长：选择计算使用的波长

视场：选择计算使用的视场，可以选择任意视场

Hx, Hy：当视场为任意时，用户需手动设置归一化视场值 Hx 和 Hy

Px, Py：用户需定义归一化孔径坐标，确定追迹的光线

单光线追迹的列表详细信息如下所示：

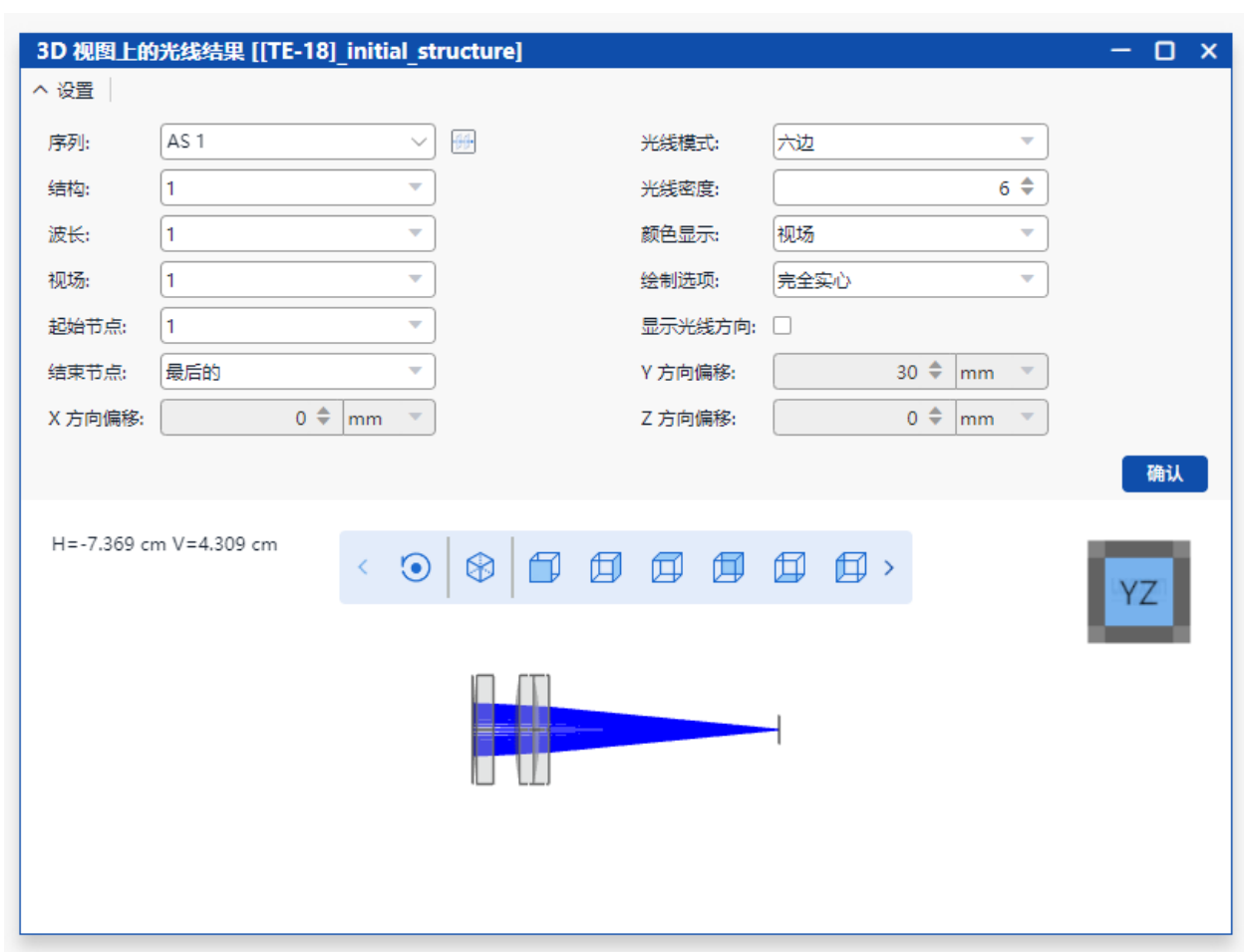
名称		描述
节点		节点（鼠标悬浮可提示对应表面，通道等信息）
坐标	X	交点的 X 坐标
	Y	交点的 Y 坐标
	Z	交点的 Z 坐标
入射方向	X 方向余弦	入射方向的 X 分量
	Y 方向余弦	入射方向的 Y 分量

	<b>Z 方向 余弦</b>	入射方向的 Z 分量
<b>出射方向</b>	<b>X 方向 余弦</b>	出射方向的 X 分量
	<b>Y 方向 余弦</b>	出射方向的 Y 分量
	<b>Z 方向 余弦</b>	出射方向的 Z 分量
<b>与法线夹角 (°)</b>	<b>入射角</b>	入射角 (入射方向与法向的夹角)
	<b>出射角</b>	出射角 (出射方向与法向的夹角)
<b>轨迹长度 (mm)</b>		与前一个交点的距离


### 10.3 3D 视图



3D 视图用于展示光线在系统中的传播信息，点击设置可展开配置窗口，如下图所示



可配置的参数如下所示：

序列：用户选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：用户选择计算使用的结构

波长：用户选择计算使用的波长

视场：用户选择计算使用的视场

起始节点：用户选择起始节点

结束节点：用户选择结束节点

光线模式：用户选择采样光线模式

光线密度：输入或选择所需光线密度

颜色显示：选择光线颜色的区分依据是结构/波长/视场

绘制选项：选择结构绘制方式是完全实心/1/2 实心/XY 线

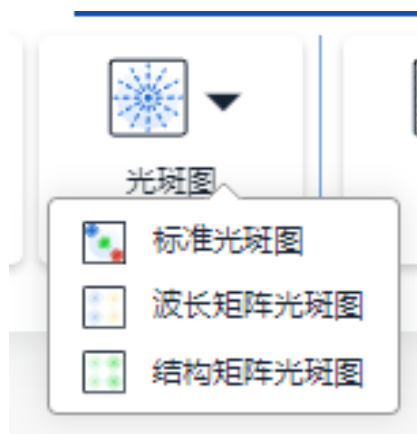
显示光线方向：选择是否展示光线方向，当选择时，光线会显示箭头

X 方向偏移：多重结构在视图中的 X 方向偏移

Y 方向偏移：多重结构在视图中的 Y 方向偏移

Z 方向偏移：多重结构在视图中的 Z 方向偏移

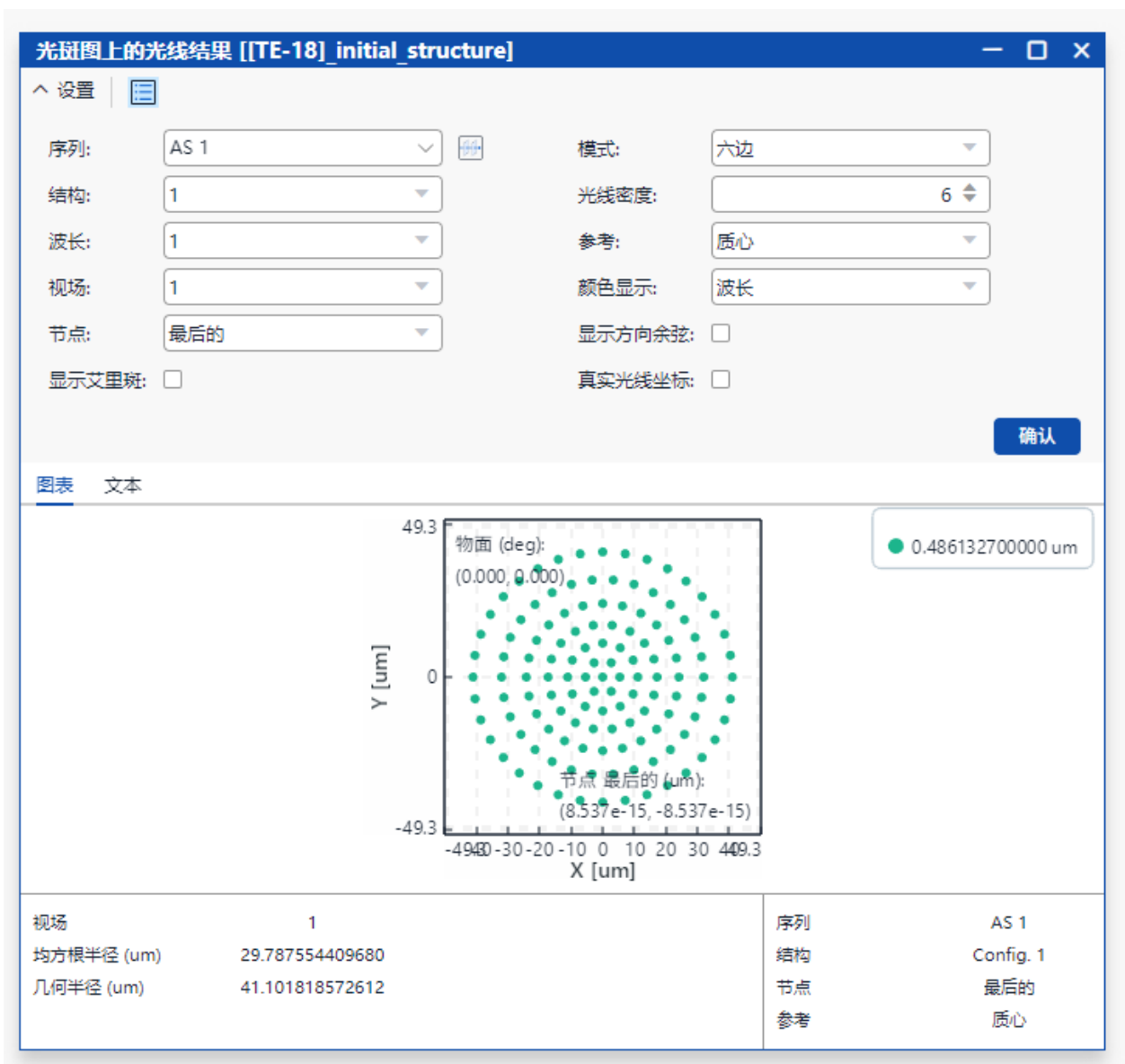
## 10.4 光斑图




光斑图用于实时展示在指定表面上的光线追迹光斑图结果，可在下拉选项中查看标准光斑图、波长矩阵光斑图、结构矩阵斑点图。

### 10.4.1 标准光斑图

可视化指定面上追迹光线的光斑分布，用于整体评估光学系统性能



可配置的参数如下所示：

序列：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

波长：选择计算使用的波长

视场：选择计算使用的视场

节点：选择节点以定义观察面

显示艾里斑：勾选该选项以启用艾里斑参考

模式：选择采样光线模式

光线密度：输入或选择所需光线密度

参考：选择光斑图参考质心/主光线/中心

颜色显示：选择光线颜色的区分依据是结构/波长/视场

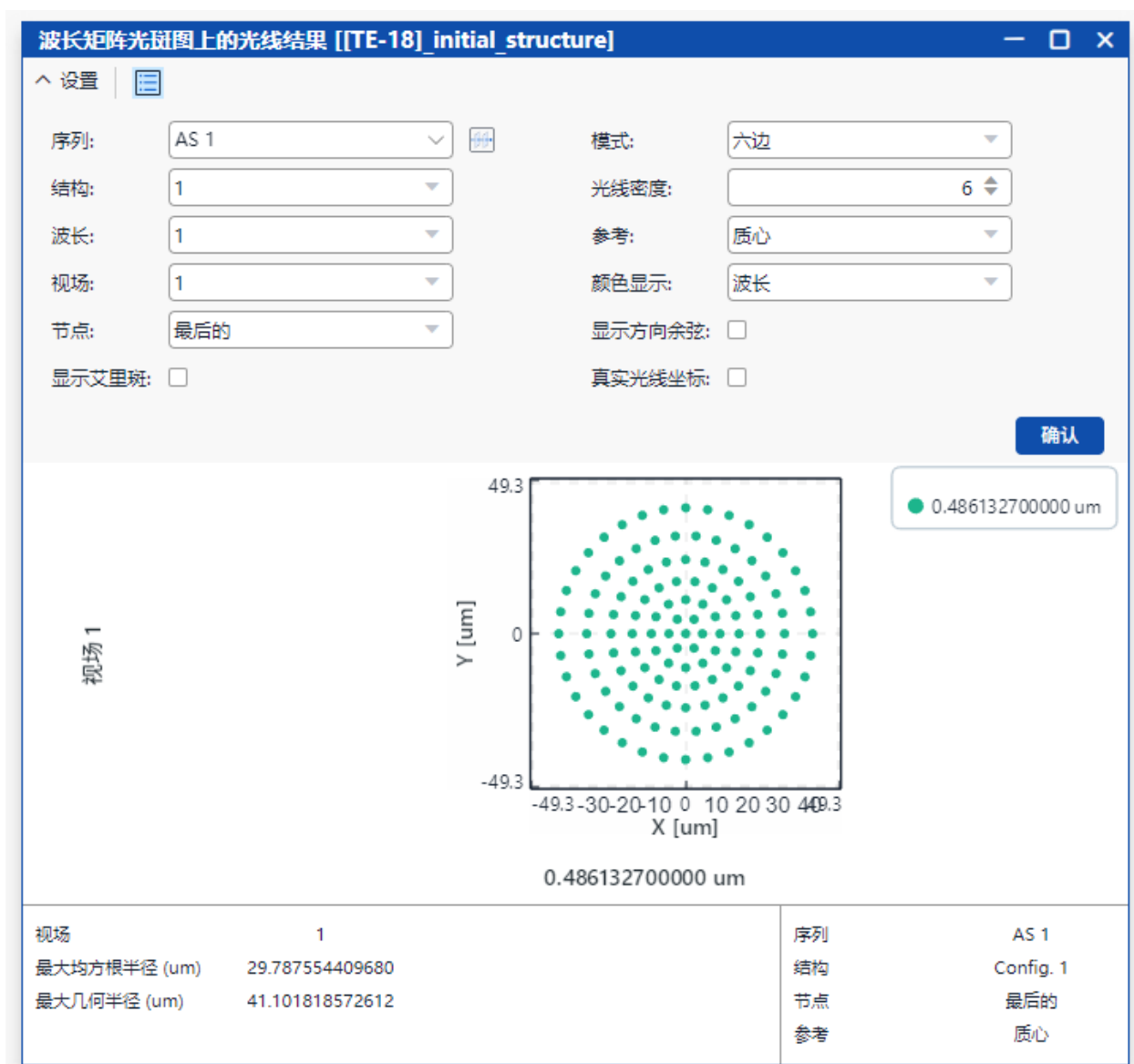
显示方向余弦：勾选该选项以展示光线的方向余弦

真实光线坐标：勾选该选项以展示在观察面上的实际光线坐标


完成参数配置并确认应用后，标准光斑图界面中央将显示当前所选参数配置下的光斑图，下方将显示视场、最大均方根半径、最大几何半径、序列、结构、节点、参考等信息

#### 10.4.2 波长矩阵光斑图

可视化指定面上追迹光线的光斑分布，用于整体评估光学系统性能



可配置的参数包括：

光路：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

波长：选择计算使用的波长

视场：选择计算使用的视场

节点：选择节点以定义观察面

显示艾里斑：勾选该选项以启用艾里斑参考

模式：选择采样光线模式

光线密度：输入或选择所需光线密度

参考：选择光斑图参考质心/主光线/中心

颜色显示：用户选择光线颜色的区分依据是结构/波长/视场

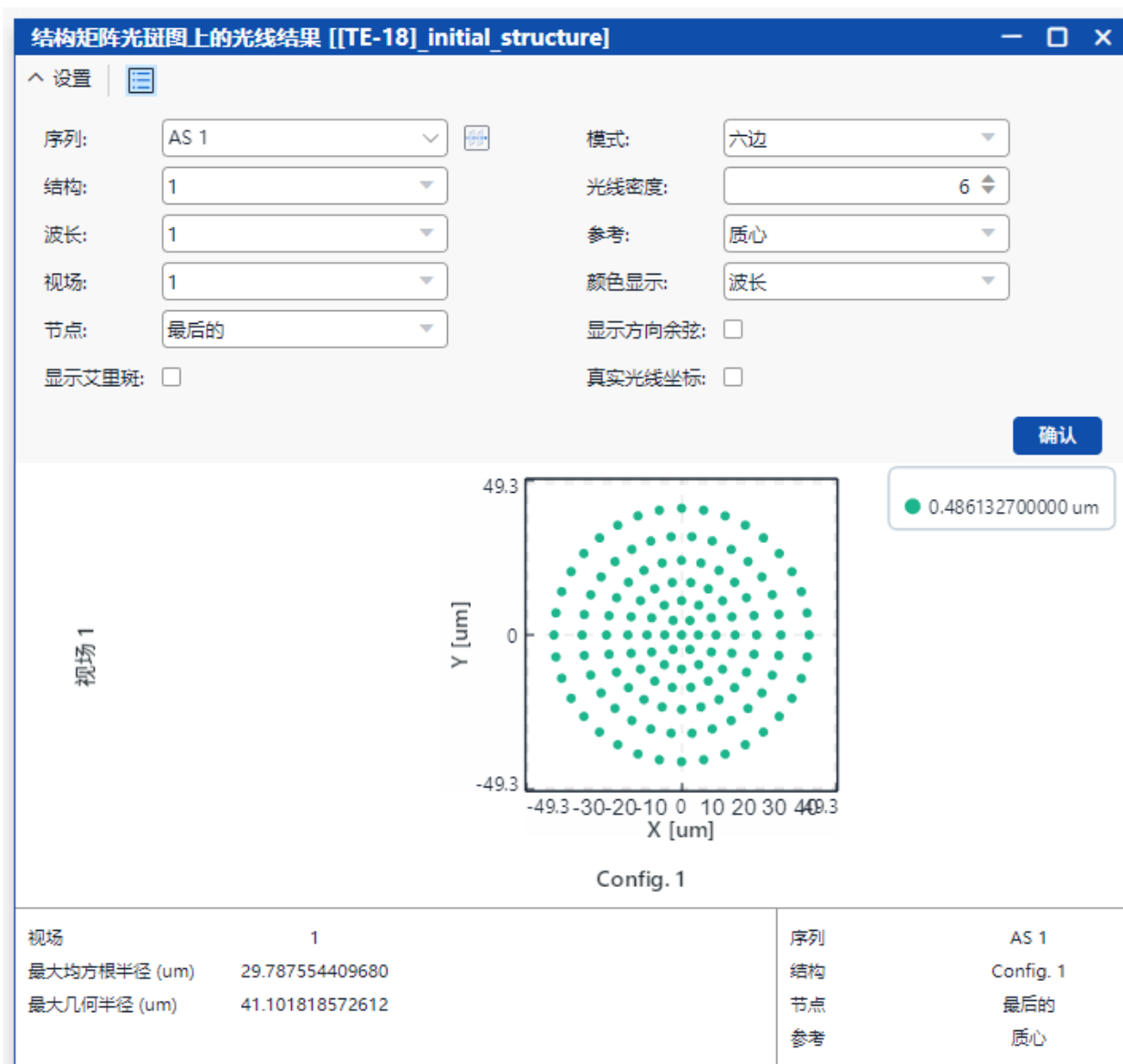
显示方向余弦：勾选该选项以展示光线的方向余弦

真实光线坐标：勾选该选项以展示在观察面上的实际光线坐标


完成参数配置并确认应用后，波长矩阵光斑图界面中央将显示当前所选参数配置下的波长矩阵光斑图，下方将显示视场、最大均方根半径、最大几何半径、序列、结构、节点、参考等信息

### 10.4.3 结构矩阵光斑图

显示一个光斑图矩阵，用于展示每个视场和结构的光斑分布情况。矩阵的行对应视场，列对应结构。



可配置的参数包括：

光路：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

波长：选择计算使用的波长

视场：选择计算使用的视场

节点：选择节点以定义观察面

显示艾里斑：勾选该选项以启用艾里斑参考

模式：选择采样光线模式

光线密度：输入或选择所需光线密度

参考：选择光斑图参考质心/主光线/中心

颜色显示：用户选择光线颜色的区分依据是结构/波长/视场

显示方向余弦：勾选该选项以展示光线的方向余弦

真实光线坐标：勾选该选项以展示在观察面上的实际光线坐标

完成参数配置并确认应用后，结构矩阵光斑图界面中央将显示当前所选参数配置下的结构矩阵光斑图，下方将显示视场、最大均方根半径、最大几何半径、序列、结构、节点、参考等信息

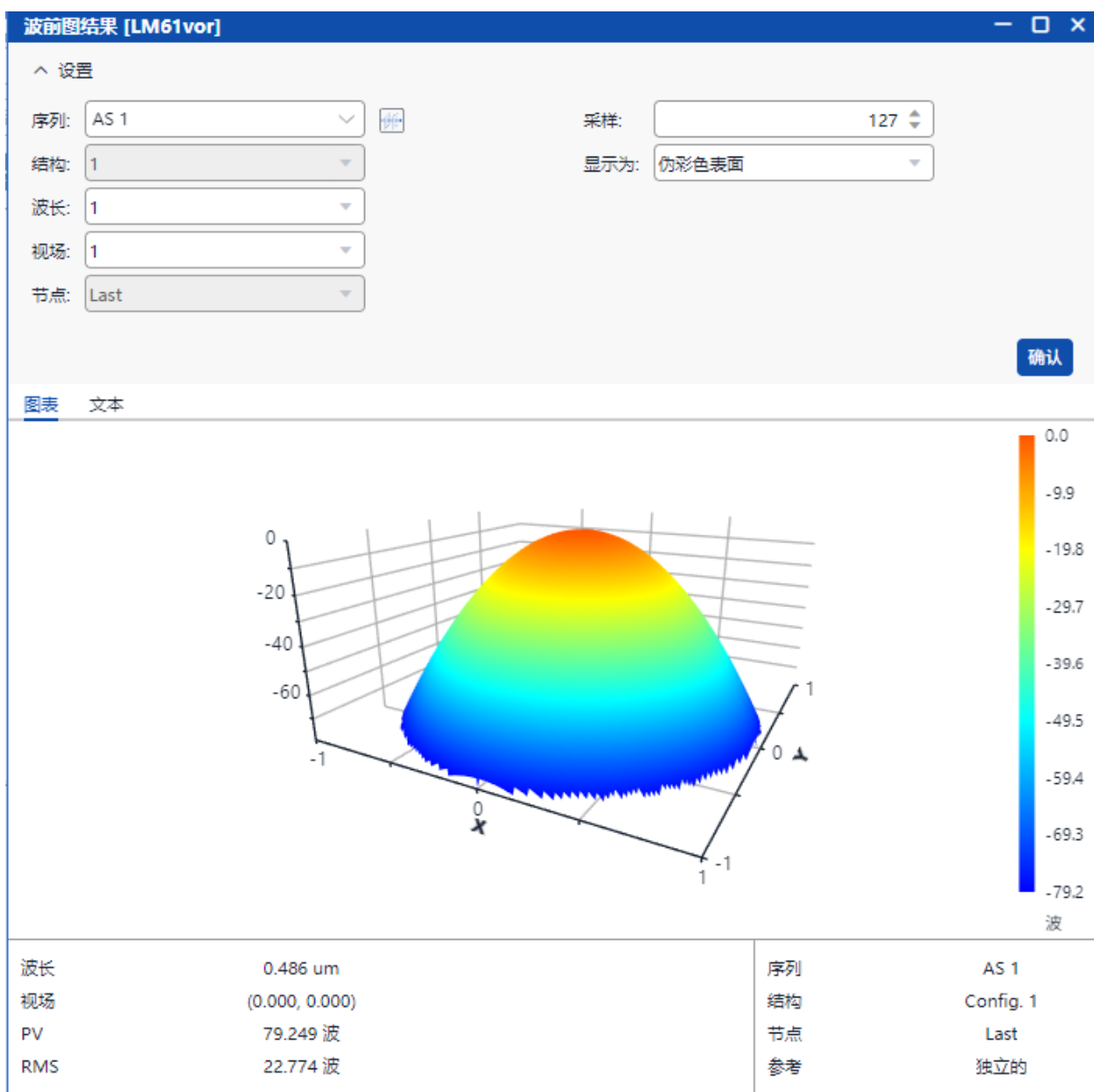
## 10.5 波前




波前用于观察和分析镜头波前差，可在下拉选项中查看波前图和 Zernike 系数。

### 10.5.1 波前图

绘制光瞳范围内的波前误差，以 3D 或 2D 模式可视化光学像差。



可配置的参数如下所示：

序列：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

波长：选择计算使用的波长

视场：选择计算使用的视场

节点：选择节点以定义观察面

采样：用于进行光瞳采样的光线网格尺寸


显示为：选择图像的展示形式

完成参数配置并确认应用后，波前图中央将显示当前所选参数配置下的波前图像，下方将显示波长、视场、PV、RMS、序列、结构、节点、参考等信息。


#### 10.5.2 Zernike 系数

采用 Zernike 多项式对波前进行拟合获取系数，Zernike 标准系数最多可达 70 项，Zernike 条纹系数最多可达 37 项。

Zernike 系数结果 [[TE-18]\_initial\_structure]

序列: AS 1  采样: 127  
 结构: 1 类型: Zernike Standard 系数  
 波长: 1 最大项: 70  
 视场: 1  
 节点: 最后的 确认

项	系数	多项式
15	0.00000000000000	$\sqrt{10}\rho^4 \sin 4\theta$
16	0.00000000000000	$\sqrt{12}(10\rho^5 - 12\rho^3 + 3\rho) \cos \theta$
17	0.00000000000000	$\sqrt{12}(10\rho^5 - 12\rho^3 + 3\rho) \sin \theta$
18	0.00000000000000	$\sqrt{12}(5\rho^5 - 4\rho^3) \cos 3\theta$
19	0.00000000000000	$\sqrt{12}(5\rho^5 - 4\rho^3) \sin 3\theta$
20	0.00000000000000	$\sqrt{12}\rho^5 \cos 5\theta$
21	0.00000000000000	$\sqrt{12}\rho^5 \sin 5\theta$
22	-1.236117545615e-4	$\sqrt{7}(20\rho^6 - 30\rho^4 + 12\rho^2 - 1)$
23	0.00000000000000	$\sqrt{14}(15\rho^6 - 20\rho^4 + 6\rho^2) \sin 2\theta$
24	0.00000000000000	$\sqrt{14}(15\rho^6 - 20\rho^4 + 6\rho^2) \cos 2\theta$
25	0.00000000000000	$\sqrt{14}(6\rho^6 - 5\rho^4) \sin 4\theta$
26	0.00000000000000	$\sqrt{14}(6\rho^6 - 5\rho^4) \cos 4\theta$
27	0.00000000000000	$\sqrt{14}\rho^6 \sin 6\theta$
28	0.00000000000000	$\sqrt{14}\rho^6 \cos 6\theta$
29	0.00000000000000	$4(35\rho^7 - 60\rho^5 + 30\rho^3 - 4\rho) \sin \theta$
30	0.00000000000000	$4(35\rho^7 - 60\rho^5 + 30\rho^3 - 4\rho) \cos \theta$
31	0.00000000000000	$4(21\rho^7 - 30\rho^5 + 10\rho^3) \sin 3\theta$
32	0.00000000000000	$4(21\rho^7 - 30\rho^5 + 10\rho^3) \cos 3\theta$
33	0.00000000000000	$4(7\rho^7 - 6\rho^5) \sin 5\theta$
34	0.00000000000000	$4(7\rho^7 - 6\rho^5) \cos 5\theta$
35	0.00000000000000	$4\rho^7 \sin 7\theta$
36	0.00000000000000	$4\rho^7 \cos 7\theta$
37	-5.698047115948e-7	$3(70\rho^8 - 140\rho^6 + 90\rho^4 - 20\rho^2 + 1)$
38	0.00000000000000	$\sqrt{18}(56\rho^8 - 105\rho^6 + 60\rho^4 - 10\rho^2) \cos 2\theta$
39	0.00000000000000	$\sqrt{18}(56\rho^8 - 105\rho^6 + 60\rho^4 - 10\rho^2) \sin 2\theta$
40	0.00000000000000	$\sqrt{18}(28\rho^8 - 42\rho^6 + 15\rho^4) \cos 4\theta$
41	0.00000000000000	$\sqrt{18}(28\rho^8 - 42\rho^6 + 15\rho^4) \sin 4\theta$
42	0.00000000000000	$\sqrt{18}(8\rho^8 - 7\rho^6) \cos 6\theta$
43	0.00000000000000	$\sqrt{18}(8\rho^8 - 7\rho^6) \sin 6\theta$
44	0.00000000000000	$\sqrt{18}\rho^8 \cos 8\theta$
45	0.00000000000000	$\sqrt{18}\rho^8 \sin 8\theta$
46	0.00000000000000	$\sqrt{56}(126\rho^9 - 280\rho^7 + 210\rho^5 - 60\rho^3 + 5\rho) \cos \theta$

序列: 选择计算使用的光路, 可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构: 选择计算使用的结构

波长: 选择计算使用的波长

视场: 选择计算使用的视场

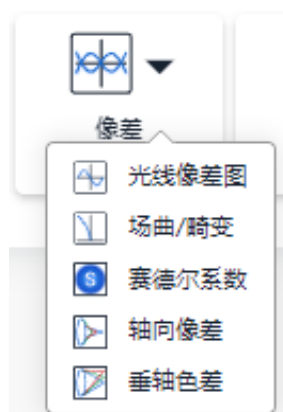
节点：选择节点以定义观察面

采样：用于进行光瞳采样的光线网格尺寸

类型：选择 Zernike 标准系数或 Zernike 条纹系数

最大项：用户可定义 Zernike 多项式最大项数，Zernike 标准系数最多可达 70 项，Zernike 条纹系数最多可达 37 项

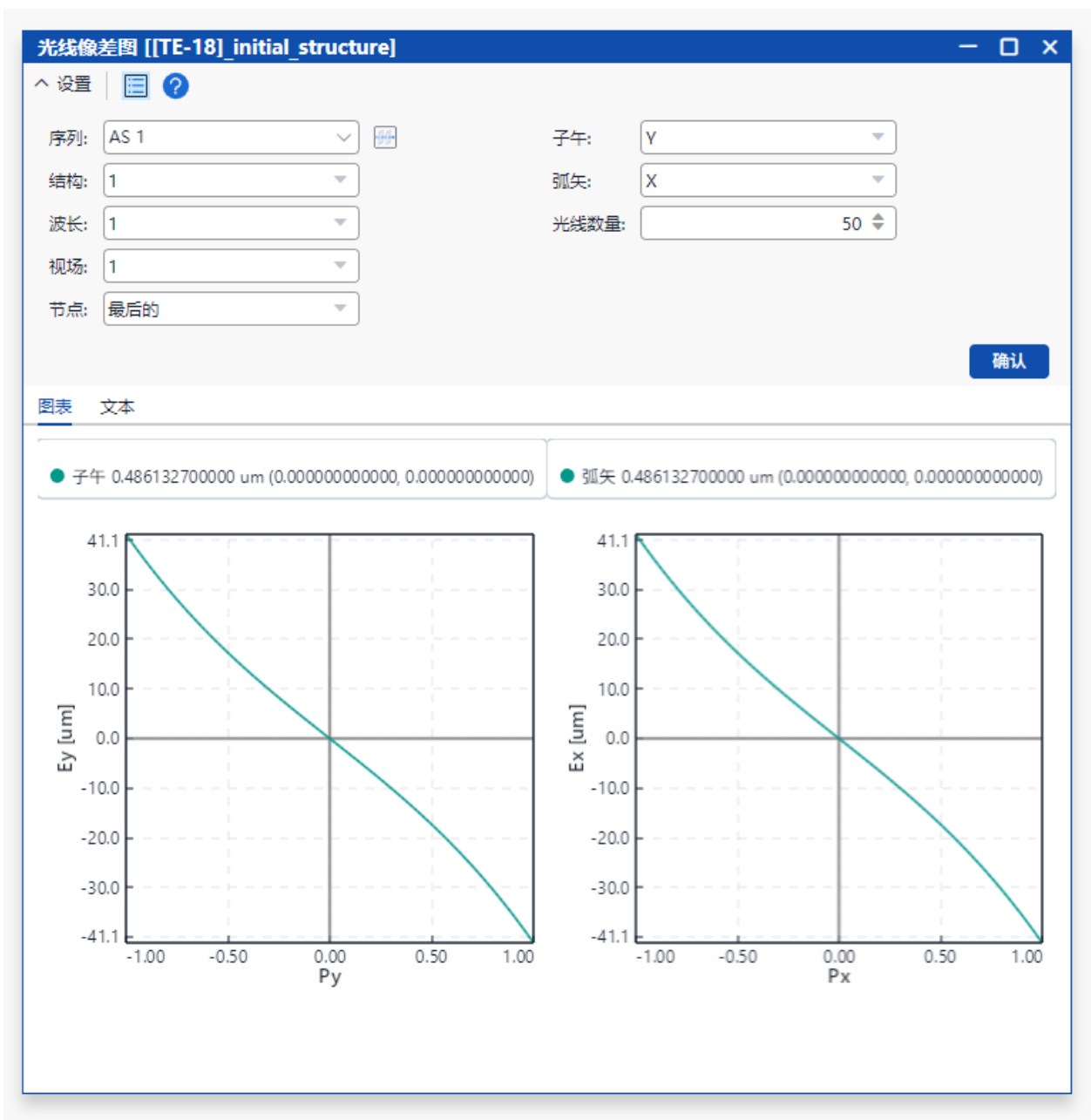
## 10.6 像差




分析光学系统性能与近轴光学预测的背离，可在下拉选项中选择多种像差分析

### 10.6.1 光线像差图

指定面上光线相对于主光线交点的坐标图



可配置的参数包括：

序列：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

波长：选择计算使用的波长

视场：选择计算使用的视场

节点：选择节点以定义观察面

子午：选择用于绘制子午光扇图的像差分量。由于子午光扇图随 Y 光瞳坐

标变化，因此默认为绘制像差的 Y 分量。

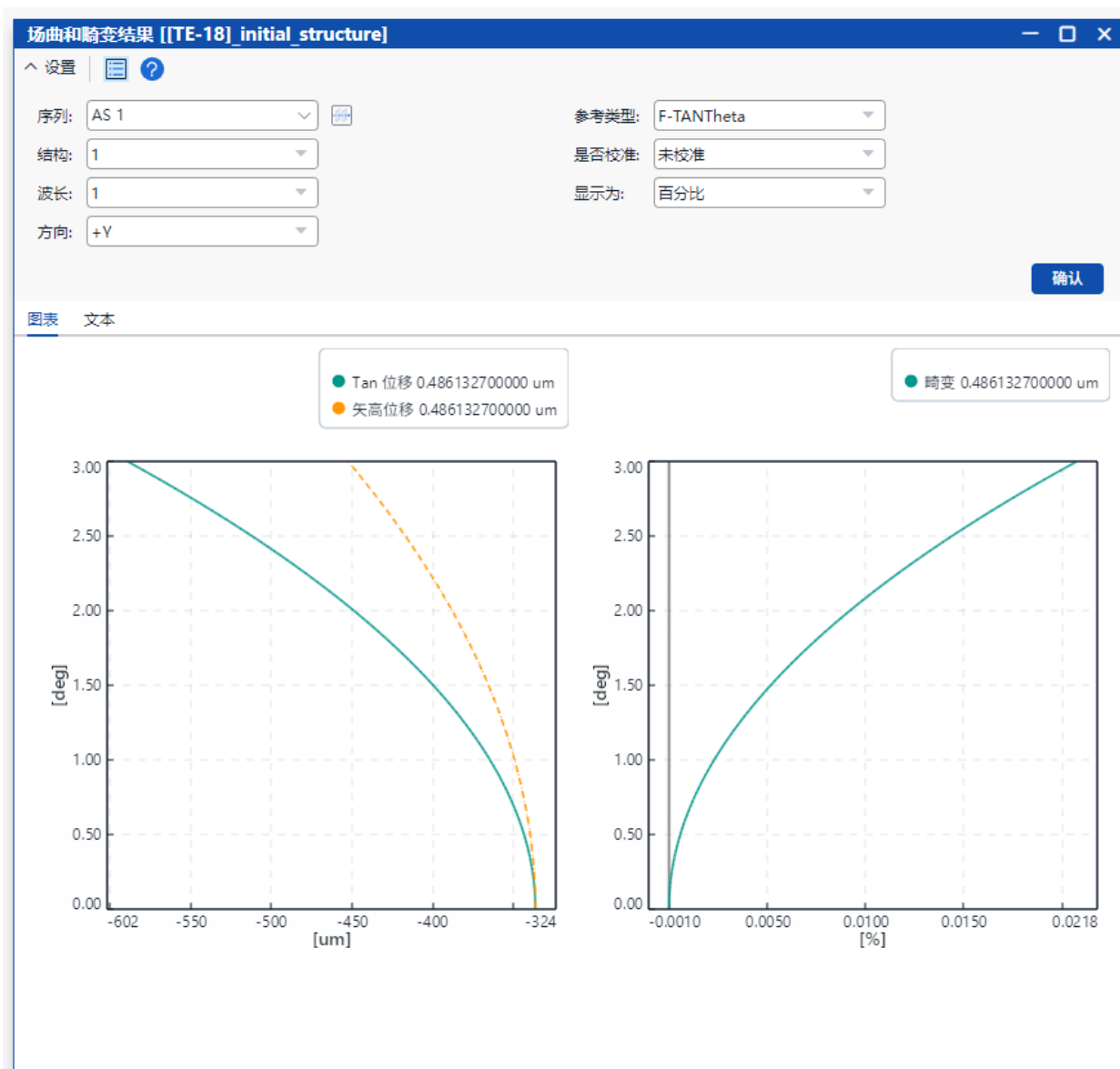
弧矢：选择用于绘制弧矢光扇图的像差分量。由于弧矢光扇图随 X 光瞳坐标变化，因此默认为绘制像差的 X 分量。

光线数量：用户选择在原始图形每一侧追迹的光线数量


鼠标悬浮可显示对应曲线坐标，单击界面文本可查看当前参数配置下的光线像差表格。

### 10.6.2 场曲/畸变

场曲图显示各视场近轴焦点与实际像面的距离关系；畸变图显示像面实际主光线落点与近轴理想落点的差值



可配置的参数包括：

序列：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

波长：选择计算使用的波长

视场：选择计算使用的视场

节点：选择节点以定义观察面

方向：选择 +Y、+X、-Y、-X 或当前视场扫描方向

参考类型：选择以 F-TANTheta 或 F Theta 为参考进行输出

是否校准：选择输出结果是否经过校准


显示为：选择畸变显示为百分比或绝对长度  
鼠标悬浮可显示对应曲线坐标，单击界面文本可查看当前参数配置下的场曲和畸变表格。

### 10.6.3 赛德尔系数

计算塞德尔系数、横向像差系数和纵向像差系数。Seidel 系数是逐面列出的，以及整个系统的总和。



可配置的参数包括：

序列：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

波长：选择计算使用的波长

视场：选择计算使用的视场

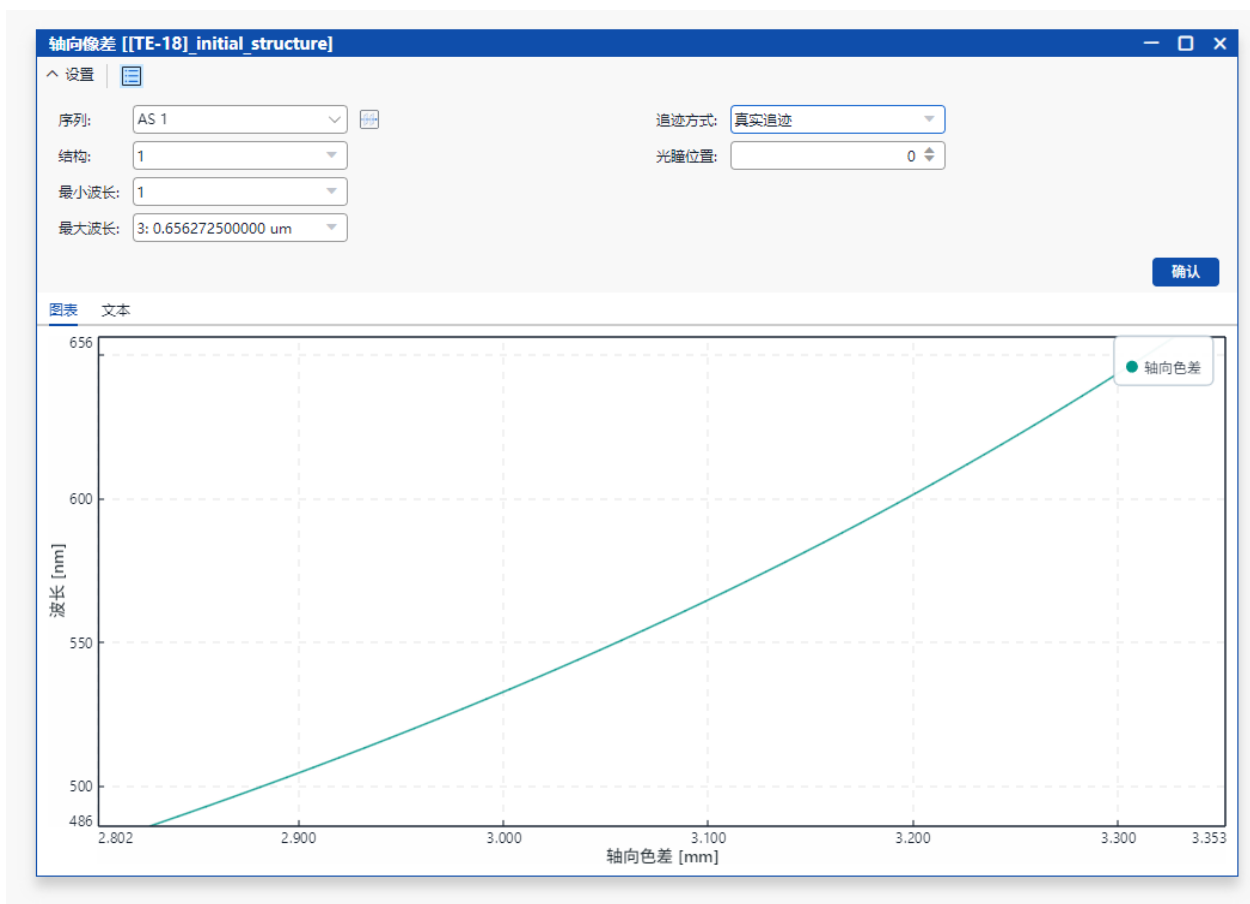
起始节点：选择起始节点

结束节点：选择结束节点


单击界面文本可查看当前参数配置下的赛德尔系数表格。

#### 10.6.4 轴向色差

像面到光线与光轴相交点的距离



可配置的参数包括：

序列：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

最小波长：选择计算使用的最小波长

最大波长：选择计算使用的最大波长

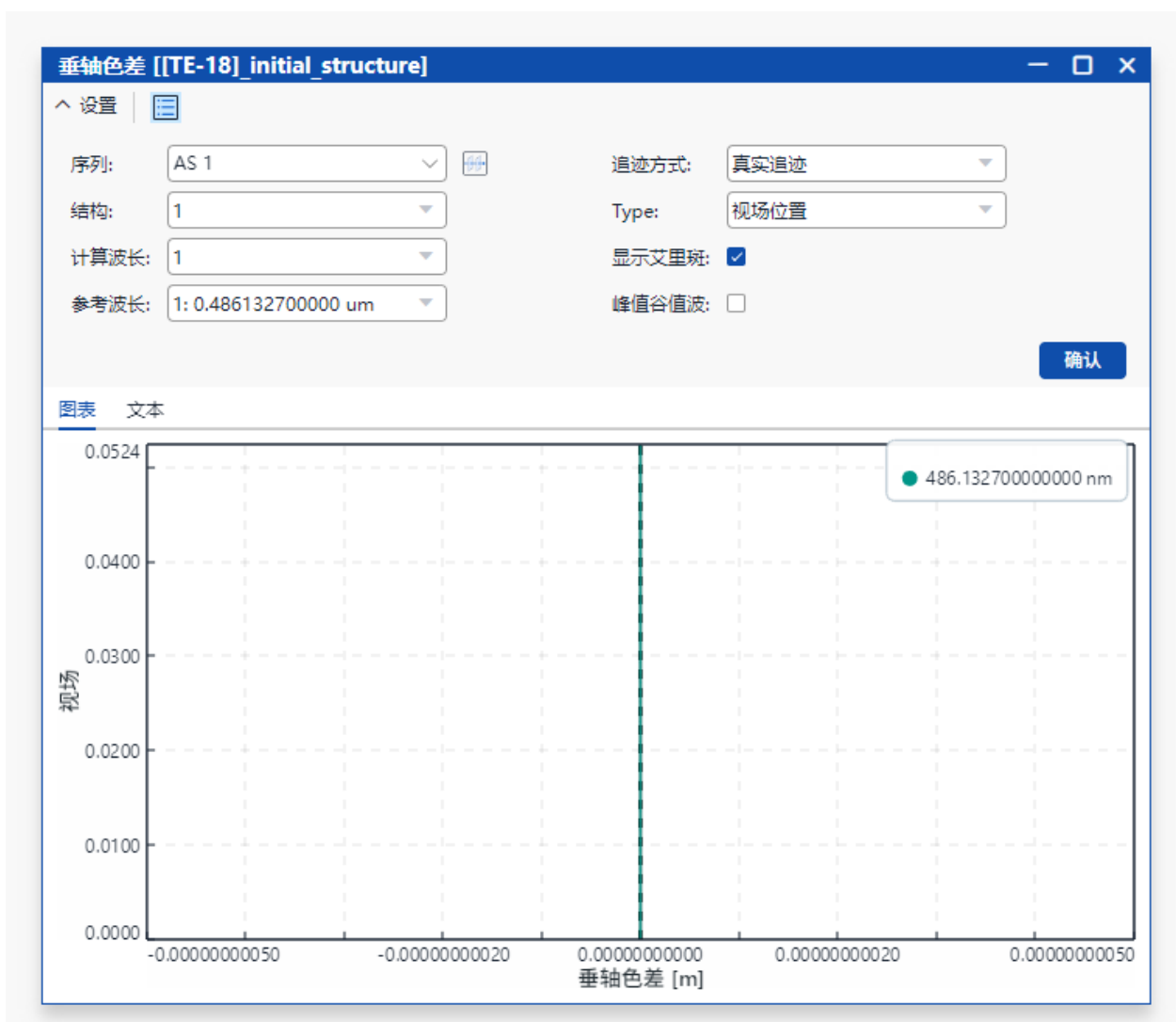
追迹方式：选择真实追迹或近轴追迹

光瞳位置：选择光瞳位置


鼠标悬浮可显示对应曲线坐标，单击界面文本可查看当前参数配置下的轴向像差表格。

### 10.6.5 垂轴色差

显示垂轴色差作为视场高度的函数



可配置的参数包括：

序列：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

计算波长：选择计算使用的波长

参考波长：选择参考使用的波长

追迹方式：选择真实追迹或近轴追迹

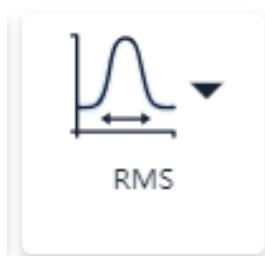
Type：选择输出值的单位为角度或长度

显示艾里斑：勾选该选项以启用艾里斑参考

峰谷值：勾选该选项以直接输出最大波长与最小波长的计算值的差值

鼠标悬浮可显示对应曲线坐标，单击界面文本可查看当前参数配置下的垂轴色差表格。

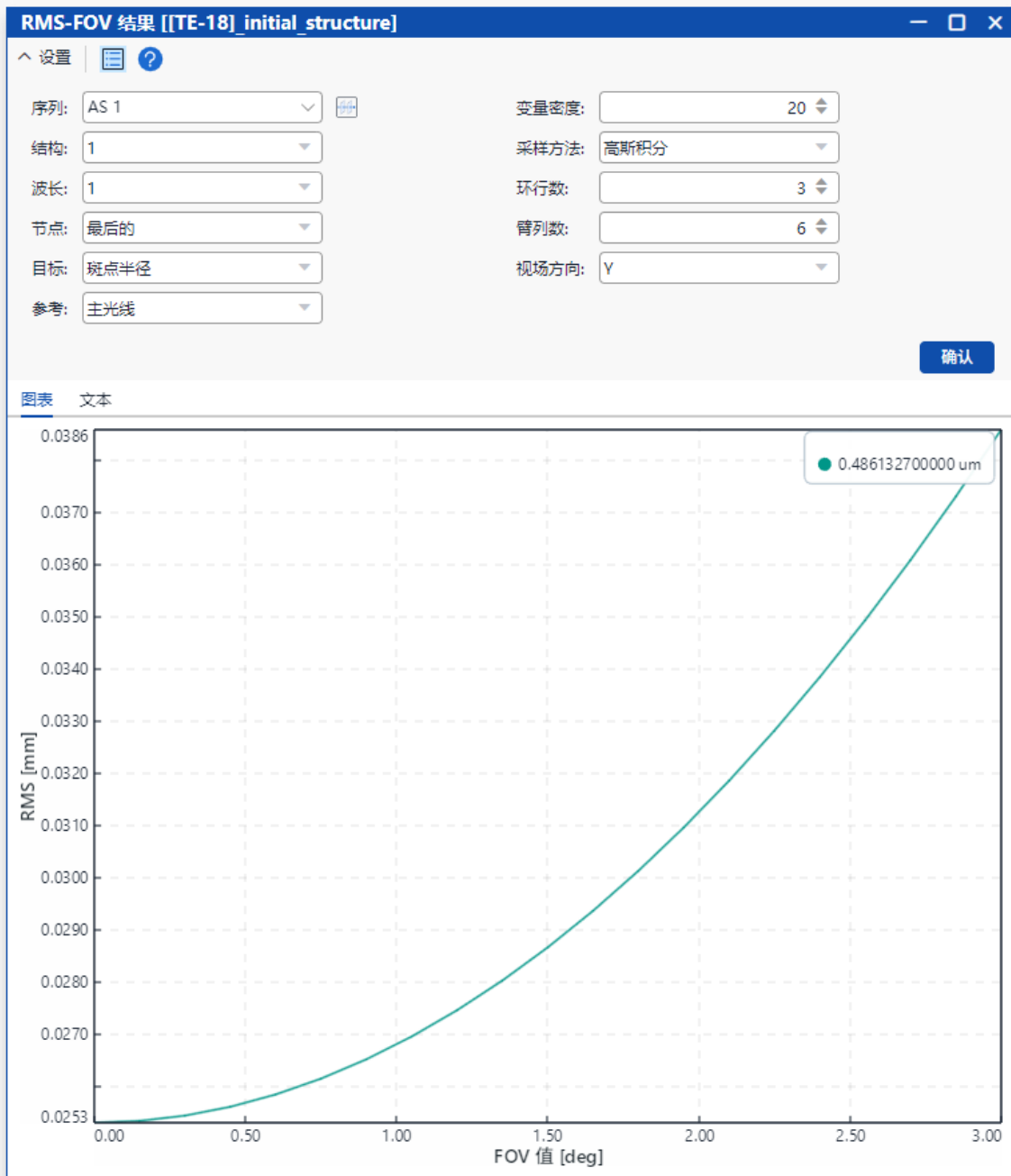
## 10.7 RMS




计算随视场、波长、离焦等系统性能变化的均方根(RMS)函数

### 10.7.1 RMS-FOV

计算 RMS 半径(径向、X 或 Y 方向)RMS 波前差或斯特列尔比随视场变化的函数图



可配置的参数包括:

- 序列: 选择计算使用的光路, 可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面
- 结构: 选择计算使用的结构
- 波长: 选择计算使用的波长
- 视场: 选择计算使用的视场

节点：选择节点以定义观察面

目标：选择计算结果为光斑半径，OPD 或角向

参考：选择主光线或质心。对于单色计算，使用指定波长作为参考。对于复色光计算，使用主波长作为参考。两种参考都减去了波前 piston 项。质心参考还减去了波前倾斜项，质心参考将得到较小的 RMS 值。

变量密度：选择零度和指定的最大视场角度之间的取点密度

采样方法：用户可选择高斯积分或矩形阵列

环行数：选择采样时的光线环数

臂列数：选择采样时的光线臂数

视场方向：选择视场方向

鼠标悬浮可显示对应曲线坐标，单击界面文本可查看当前参数配置下的 RMS-FOV 表格。

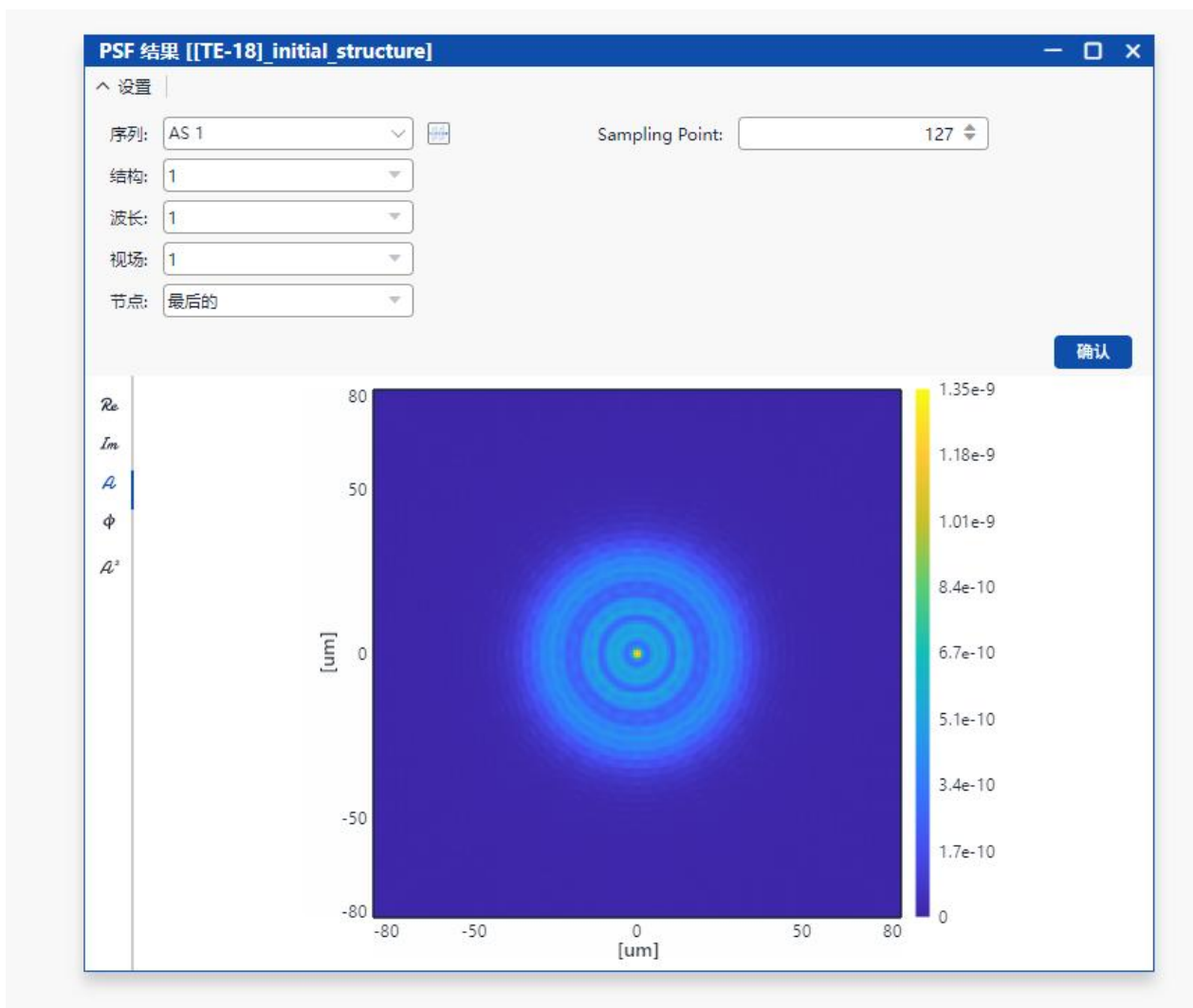
## 10.8 PSF & MTF




使用物理传播算法计算当前光学系统的 PSF(点扩散函数)与 MTF(调制传递函数)

### 10.8.1 PSF

使用物理传播算法计算当前光学系统的 PSF(点扩散函数)



可配置的参数包括：

序列：选择计算使用的光路，可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构：选择计算使用的结构

波长：选择计算使用的波长

视场：选择计算使用的视场

节点：选择节点

采样点数：用于进行光瞳采样的光线网格尺寸

单击左侧选项可展示不同光场分量结果：

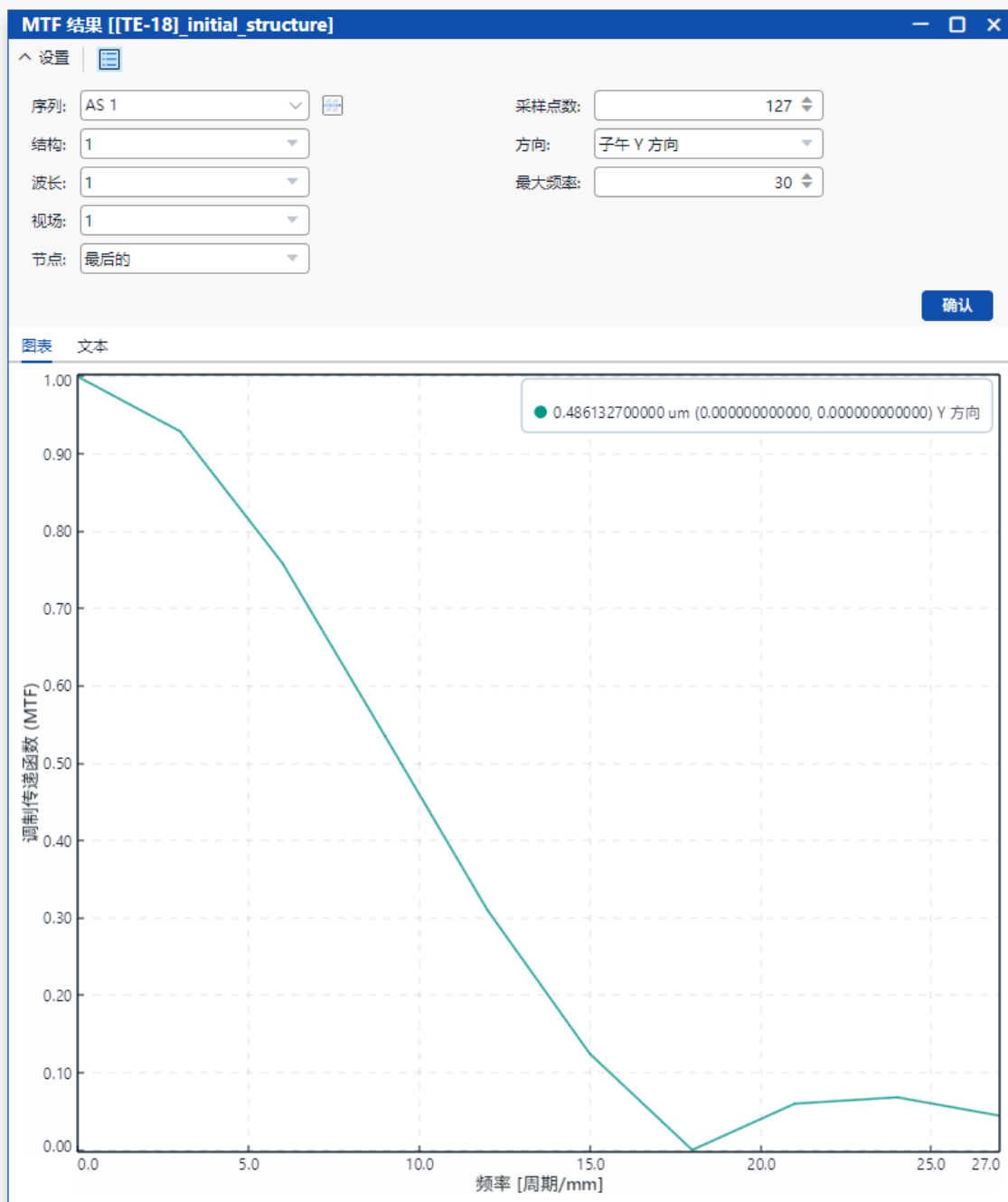
$Re$  | 展示光场的实部分量


$Im$  | 展示光场的虚部分量

- $A$  | 展示光场的振幅分量
- $\phi$  | 展示光场的相位分量
- $A^2$  | 展示光场的振幅分量的平方

### 10.8.2 MTF

使用物理传播算法计算当前光学系统的 MTF(调制传递函数)



序列: 选择计算使用的光路, 可单击序列选项右侧按钮  打开光路序列管理页面

结构: 选择计算使用的结构

波长: 选择计算使用的波长

视场: 选择计算使用的视场

节点: 选择节点

采样点数：选择要追迹的光线网格的尺寸

方向：可选择子午 Y 方向、弧矢 X 方向、XY 方向平均值或全部

最大频率：指定绘图使用的最大频率

鼠标悬浮可显示对应曲线坐标，单击界面文本可查看当前参数配置下的 MTF 结果表格

## 11 优化

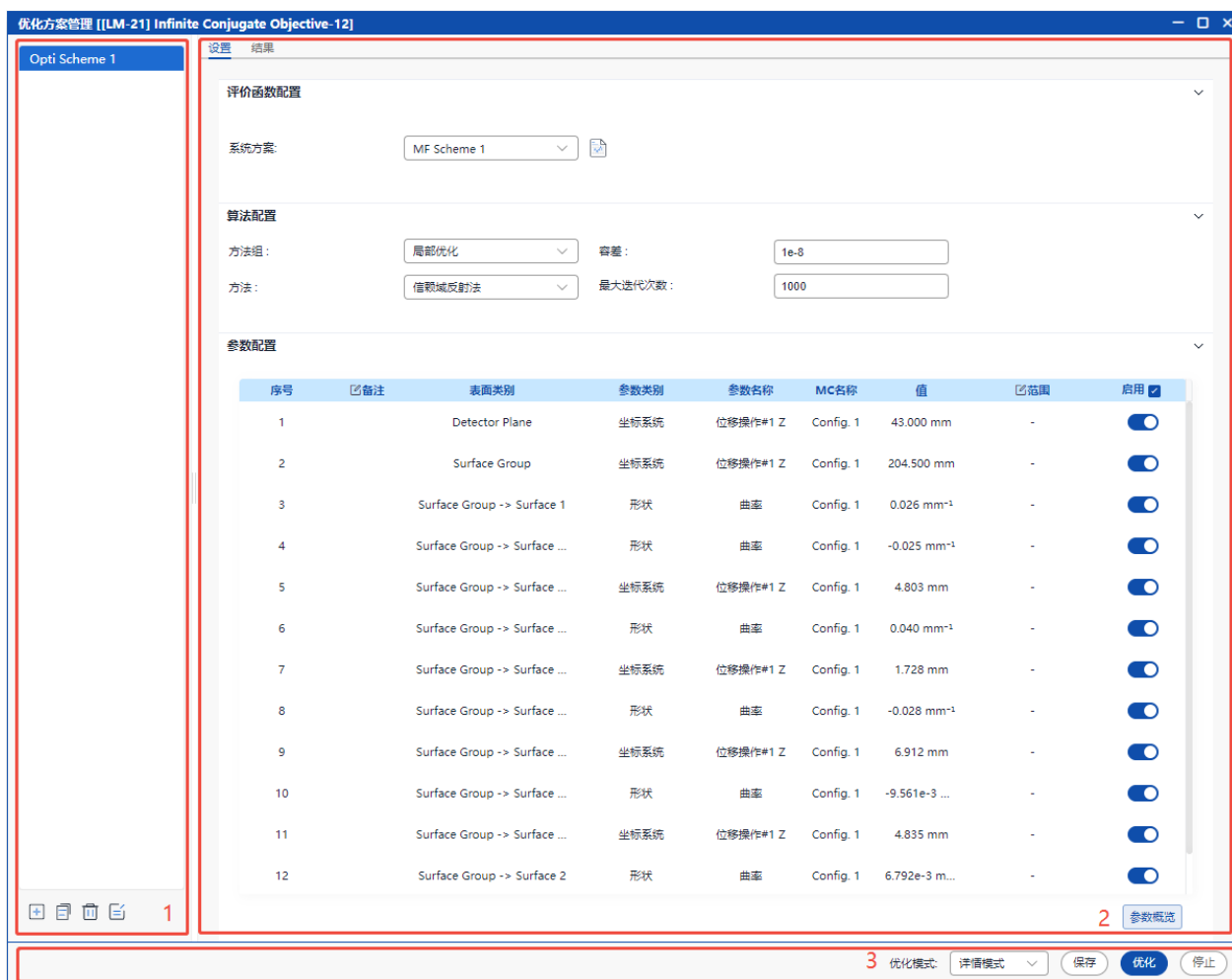
优化功能可自动调整光学系统，以获得更优的设计结果。**VirtuaLab Unity** 提供灵活的优化算法与评价机制，能够根据用户设定的目标函数自动搜索最优解。在优化过程中，软件不仅可以快速收敛到合理的设计方案，还能平衡多重设计约束，帮助用户高效探索设计空间，从而获得性能与成本兼顾的光学系统。

常规的优化流程包括三个步骤：

1) 定义评价函数；2) 设定可调变量；3) 选择优化算法。

### 11.1 优化界面

点击**优化**按钮后，将弹出【**优化配置**】窗口，如下图所示：






优化配置窗口主要分为 3 个区域：方案列表区、优化参数配置区以及优化控制台，下面分别对这 3 部分进行介绍。


## 方案列表区

如图中区域 1 所示，在 **VirtuaLab Unity** 的优化功能中，用户可以配置多种优化方案，每个方案可包含独立的优化目标和配置参数。通过多方案配置，用户能够灵活的选用不同的优化方案与策略。

在方案列表区下方，提供了四个功能图标：



- ： **添加**按钮用于创建一个新的方案。
- ： **复制**按钮用于复制当前选中的方案。复制操作会生成一个与原方案完全相同的副本，用户可以在副本基础上进行修改，避免重复配置相同参数，提高工作效率。
- ： **删除**按钮用于删除选中的方案。

- : **重命名**按钮用于对选中的方案进行重命名。

### 优化参数配置区

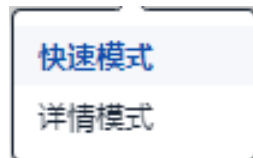
如图中区域 2 所示，用于设置当前方案下优化过程中的具体参数，优化参数的配置分为以下三个步骤：

- 评价函数配置：选择第八章节的【[系统评价函数](#)】中的指定方案，用于作为当前优化方案的性能判据。
- 算法配置：选择某个优化算法并设置对应的参数。
- 变量配置：指定参与优化的设计变量（如曲率半径，表面类型，材料等），并设置其允许范围与约束条件。

### 优化控制台

如图中区域 3 所示，优化控制台是集成了优化流程中关键的控制与管理功能。通过该面板，用户可以便捷地选择优化模式、保存优化配置、启动优化任务，并查看优化结果。

- [\[优化模式\]](#)用于选择不同的优化模式以适应不同的需求，点击该下拉选项框，会出现如下图所示下拉菜单，当前包括两种优化模式：[\[详情模式\]](#)模式与[\[快速模式\]](#)模式。



[\[详情模式\]](#)模式会在优化过程中实时展示评价值变化曲表以及光学性能的变化曲线。它适用于需要深入分析优化过程的场景，用户可以直观地观察每一次迭代的优化结果及其对应的膜系性能变化趋势，从而更好地理解优化路径与性能改进之间的关系。[\[快速模式\]](#)模式仅展示优化过程中必要的参数，例如初始评价值、当前最好的评价值、优化迭代次数等。使用[\[快速模式\]](#)模式可以显著减少优化所需的总时长，使得用户能够更快地得到优化结果。

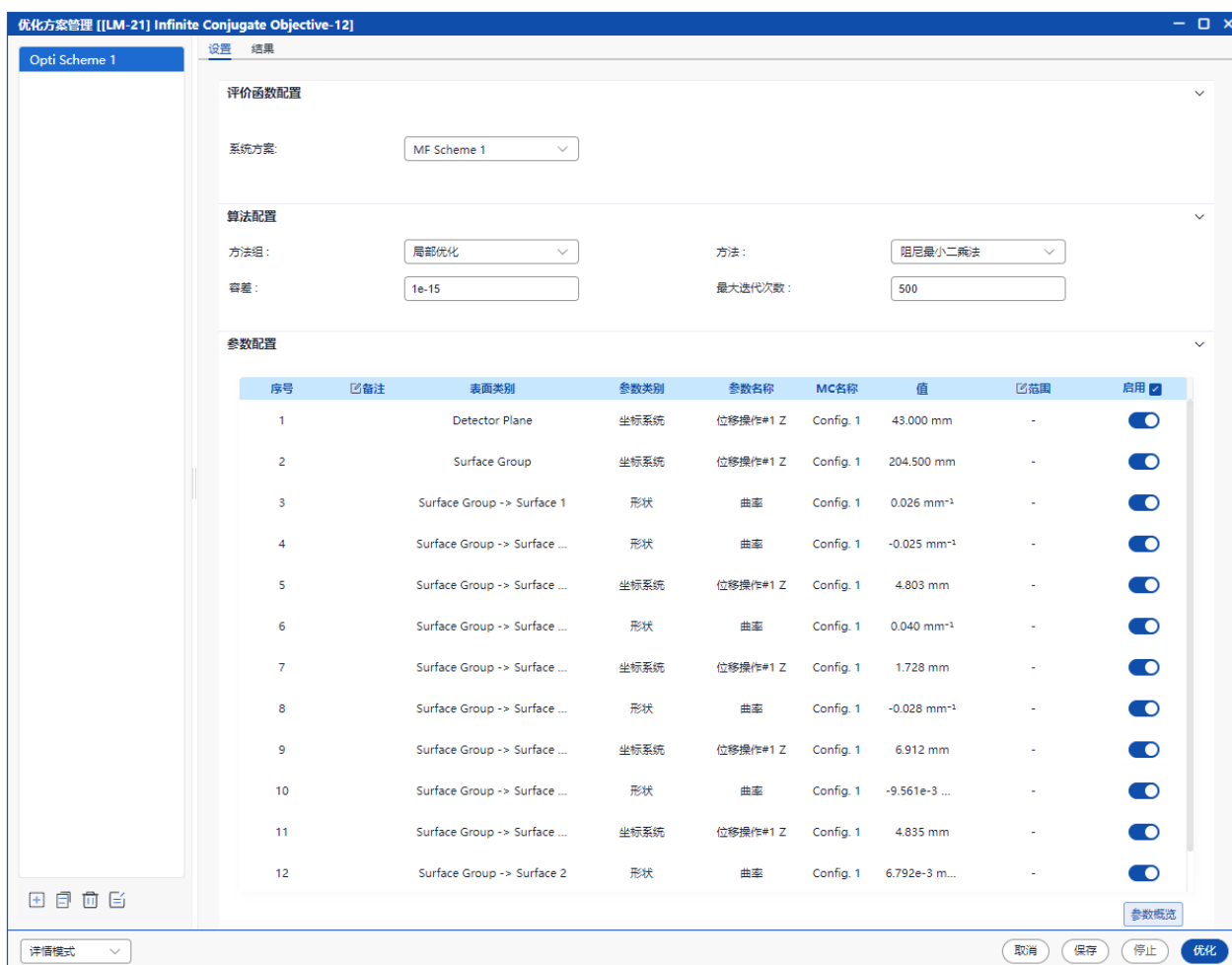
- : **保存**按钮用于保存当前方案下的优化配置参数。点击后，系统会

将当前的评价函数配置、算法配置以及变量配置等信息保存下来。

**优化**： **优化**按钮用于执行当前方案下的优化流程。在完成评价函数配置、算法配置以及变量配置后，点击该按钮即可启动优化。

## 11.2 优化参数配置

点击优化参数配置区域中的【**设置**】标签页，即可进入如下所示的优化参数配置页面：



优化参数配置页面包括三个主要配置项：

**[评价函数配置]**：选择第八章节的【**系统评价函数**】中的指定方案，用于作为当前优化方案的性能判据。

**[算法配置]**：选择某个优化算法并设置其对应的参数， **VirtuaLab Unity** 通

过方法组以及方法来定义优化所使用的算法，当前有两种方法组可供选择：

- 局部优化算法专注于寻找最近邻域内的最优解，适用于那些目标函数具有明确梯度信息且期望快速收敛到局部最优解的情况，其对应的方法详见下表：

方法组	方法	描述
局部优化 (梯度局部优化算法)	阻尼最小二乘法	它结合了高斯-牛顿法和最速下降法的优点，通过调整阻尼因子 $\mu$ 来平衡两者的特性。当 $\mu$ 很小时，算法类似于高斯-牛顿法；当 $\mu$ 很大时，算法类似于最速下降法。
	伪二阶法	对阻尼最小二乘法的扩展，使用连续导数矩阵来近似二阶导数矩阵，从而提高设计的收敛速度和成像质量。
	信赖域反射法	结合了信赖域和反射操作处理边界的非线性最小二乘算法，比狗箱算法更擅长处理病态雅各比矩阵，收敛速度较快。
	狗箱算法	结合了信赖域和矩形边界约束的非线性最小二乘算法，实用于中等维度的优化，收敛速度较快。
局部优化 (非梯度局部优化算法)	单纯形法	无导数局部搜索算法，无需梯度信息，适用于低维优化，可能陷入局部最优，对于高维问题收敛速度较慢。
	鲍威尔算法	无导数局部搜索算法，通过共轭方向法迭代更新搜索方向，收敛速度优于 nelder-mead，适合复杂函数，

对于高维问题收敛速度较慢。

算法需使用的参数见下表：


方法	参数	描述
阻尼最小二乘法, 伪二阶法, 信赖域反射法, 狗箱算法, 鲍威尔算法, 单纯形法, 鲍威尔算法	收敛精度	当变量或评价函数改变量低于此阈值时, 迭代停止
	最大迭代次数	当到达此阈值时, 迭代停止
单纯形法	初始单纯形参数	用于确定初始搜索范围。当增加此值时, 算法会扩大搜索范围, 但收敛性可能会降低。一般用于跳出局部最优解的场景。

- 全局算法为进化优化算法组, 其模仿自然界中的进化过程, 如遗传算法 (GA)、差分进化 (DE) 等。这些算法通过模拟生物进化中的选择、交叉、变异等机制, 在较大的解空间内搜索全局最优解, 特别适用于处理非线性、多峰分布的问题以及当精确的梯度信息难以获取时的情况, 其对应的方法详见下表:

方法	描述
差分进化	进化类全局优化算法, 对初始解不敏感, 适合复杂评价函数优化, 计算成本较高。

## 遗传算法

进化类全局优化算法，对初始解不敏感，可以处理离散和连续变量，适合复杂评价函数优化，计算成本较高。

[变量配置]: 用户可通过点击  按钮快速打开参数概览页面并进行参数类型的设定，除此之外，用户还可对这些参数对变量进行配置：




列名	描述
范围	用户可定义此变量在优化中的变化范围（注意：仅在信赖域反射法及狗箱算法有效）
启用	当不启用时，优化过程中参数不进行修改

### 11.3 执行优化与过程展示

**VirtuaLab Unity** 提供两种优化执行模式以适应不同的需求：

[快速模式]: 在该模式下，优化过程仅显示关键信息，包括初始评价值、当前最优评价值、迭代次数、目标数、变量数以及优化用时。该模式不展示完整的优化过程曲线，用户只能查看当前最优解对应的设计信息，适用于对优化过程可视化要求较低、追求快速结果的场景。之后介绍优化过程中还会详细说明。

[详情模式]: 在该模式下，优化过程将实时展示评价值的变化曲线，以及各个已设定的评价函数在当前迭代下的图表。用户不仅可以直观观察优化过程中的收敛趋势，还可以查看每一次迭代对应的项目参数，并对其进行详细分析，从而更深入地理解优化行为与参数变化之间的关系。

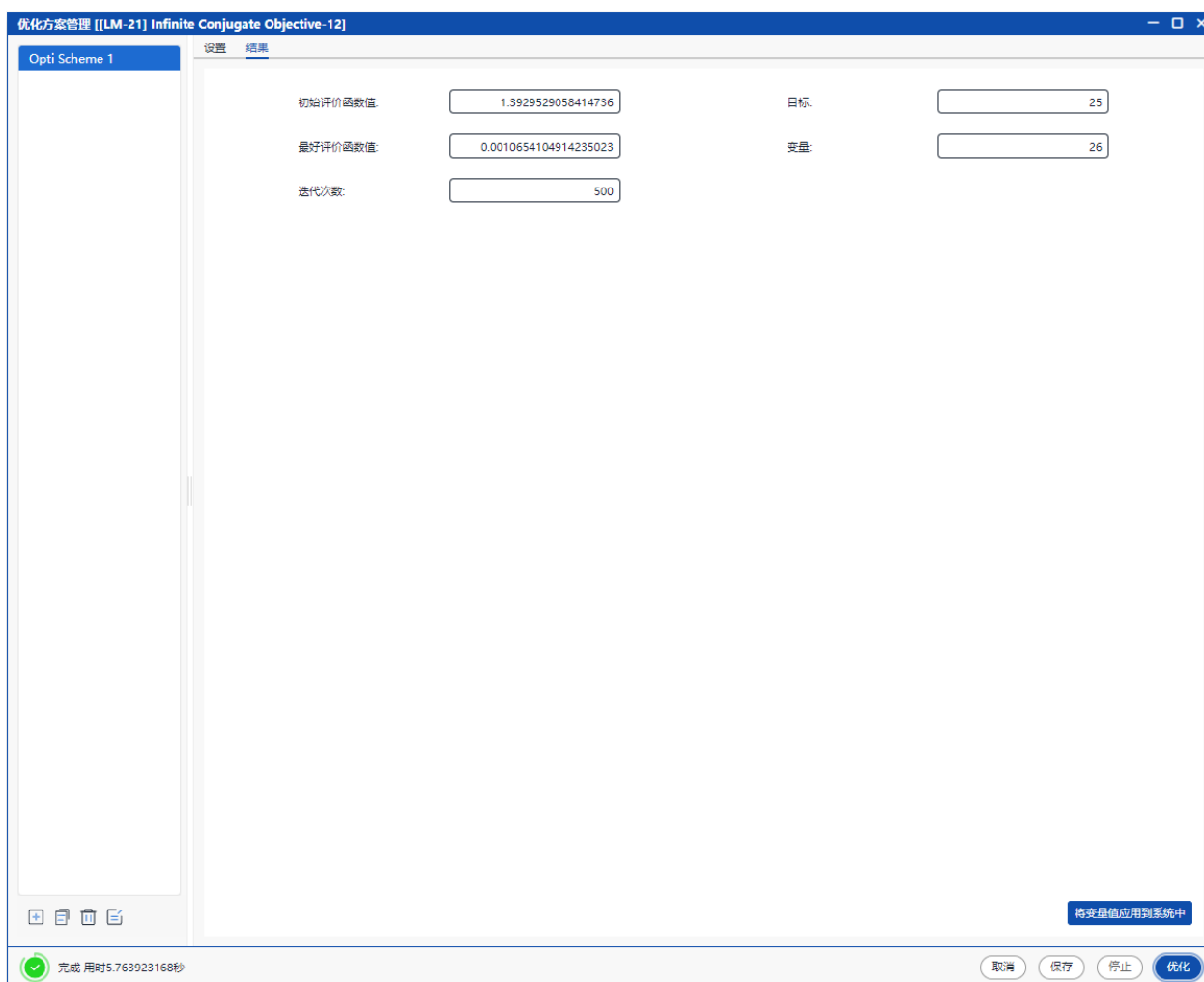
选择优化模式后，点击  按钮即可启动优化过程。优化开始后，系统将自动打开对应的优化过程展示窗口，在该窗口中用户可以观察优化的进行并通过窗口下方的  和  按钮来停止或暂停当前优化：

**停止**： **停止**按钮用于终止当前的优化进程，停止后，系统将不再继续执行剩余的迭代计算。

**暂停**： **暂停**按钮允许暂时中断优化过程而不丢失当前进度。暂停之后，该按钮变为 **恢复**。用户可以点击 **恢复**按钮继续进行优化。

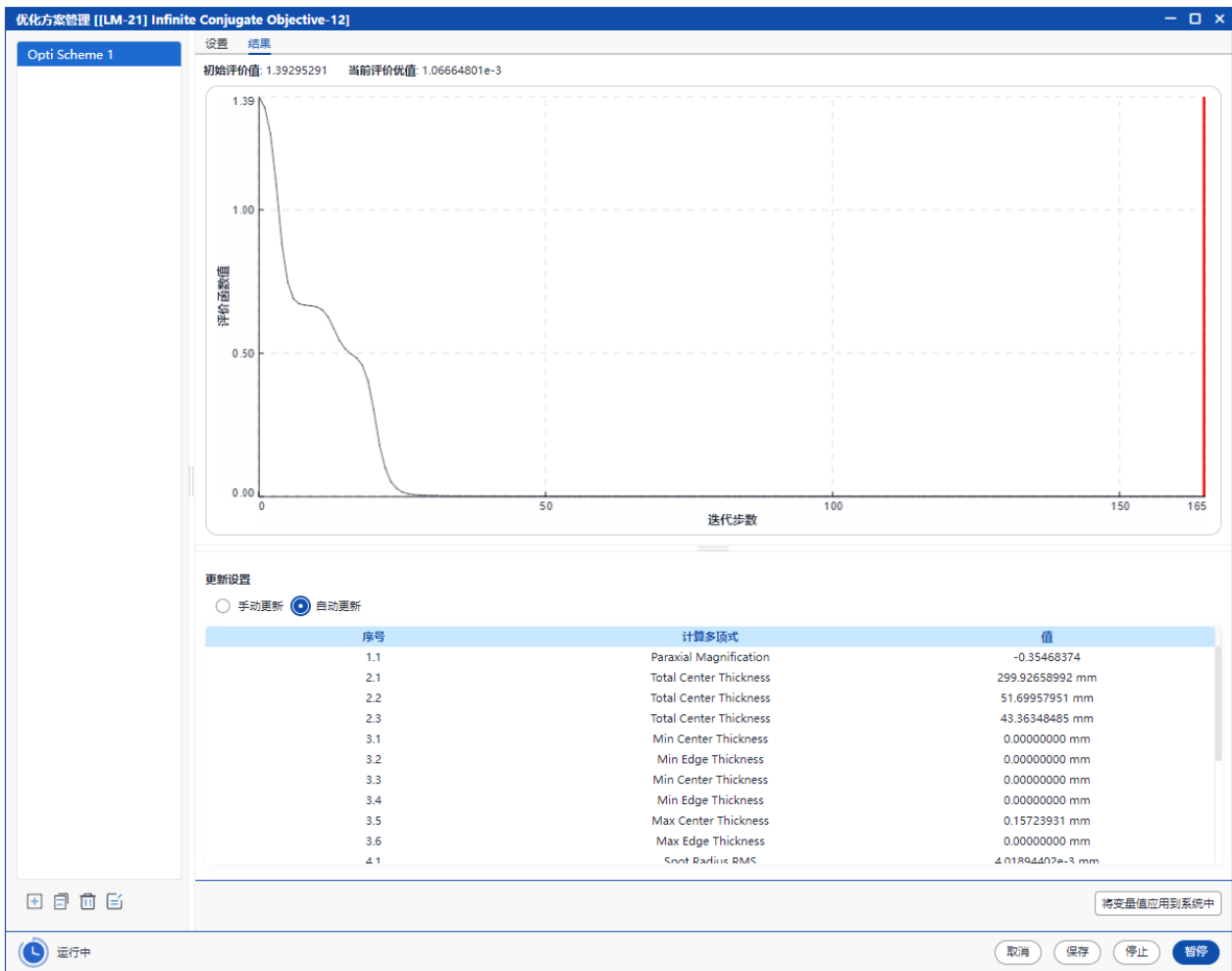
不同的优化模式对应的优化过程展示内容也各不相同，接下来将分别进行介绍：

[快速模式]下的优化过程展示如下图所示：



在[快速模式]下，【结果】标签页仅展示基础的优化过程信息，包括初始评价价值、当前最优评价价值、迭代次数和用时等，无法查看所有迭代过程中的中间结果，但该模式会大幅提升优化速度。

[详情模式]下的优化过程展示窗口如下图所示：



详情模式下的【结果】标签页用于展示优化过程中的评价函数随迭代的变化和评价函数的当前值。评价函数的当前值会间接的通过下方的系统评价函数反映出系统的光学表现。用户可通过控制[更新设置]来更好地理解优化的进展和效果。下面将对[更新设置]进行详细介绍：

- [手动更新]：用户可通过手动拖动评价函数曲线图中的红色指示线，选择指定迭代次数，并查看页面下方对应的系统评价函数变化情况。同时，已打开的分析窗口将自动刷新显示相关结果。
- [自动更新]：VirtuaLab Unity 会自动将红色指示线定位在当前最优评价函数值，并实时刷新下方对应的系统评价函数以及打开的分析窗口，方便用户跟踪优化进展。

## 12 公差分析

公差分析可以评估制造与装调误差对光学系统性能的影响，例如光学表面的

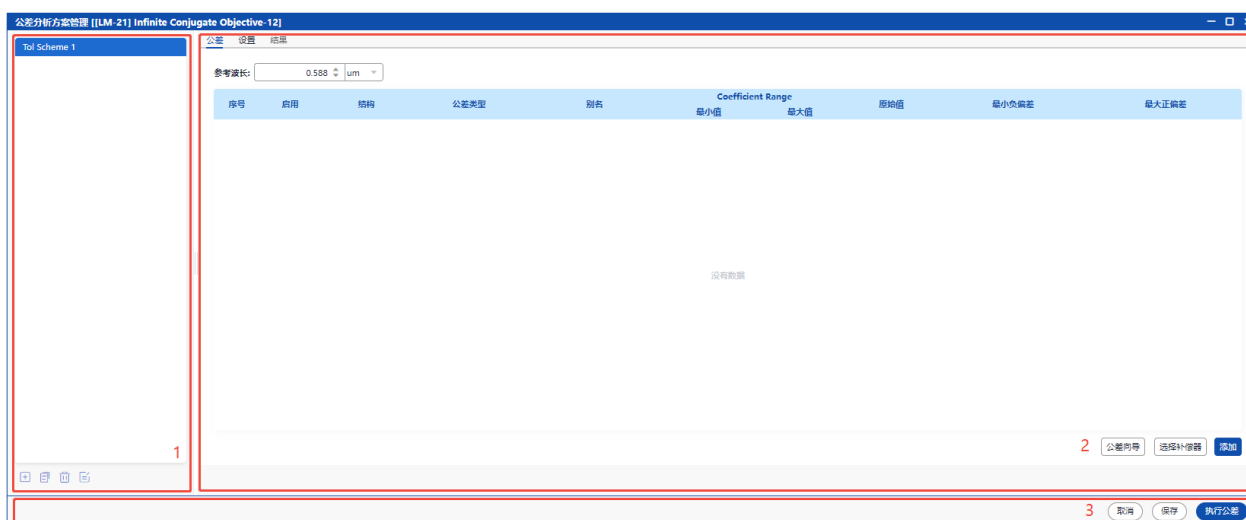
形状偏差，透镜材料折射率的细微变化，甚至是光机部件加工与装调过程中的位置与姿态偏差等。**VirtuaLab Unity** 通过模拟并量化这些影响，帮助用户了解实际装调与标称设计性能之间的差异，从而实现更可靠，更经济的光学系统设计。

常规的公差分析流程包括四个步骤：

- 1) 设定公差与补偿器；
- 2) 选择公差计算模式；
- 3) 定义评价标准；
- 4) 执行公差。

## 12.1 公差界面

点击**公差分析**按钮后，将弹出【公差分析方案管理】窗口，如下图所示：



【公差分析方案管理】窗口主要分为 3 个区域：方案列表区、公差分析配置区以及公差控制台，下面分别对这 3 部分进行介绍。

### 方案列表区

如图中区域 1 所示，在 **VirtuaLab Unity** 的公差分析功能中，用户可以配置多种公差分析方案，每个方案可包含独立的公差与补偿器，计算模式以及评估标准。通过多方案配置，用户能够灵活的选用不同的公差方案与策略。方案列表区的使用与【[优化](#)】章节中所述一致，详细说明请参阅该章节内容。

### 公差分析配置区

如图中区域 2 所示，用于设置当前方案下公差分析过程中的具体公差分析的相

关参数，配置分为以下三个步骤：

- 公差与补偿器：选择参与公差分析的公差与补偿器
- 设置：配置公差分析的计算模式以及标准
- 结果：查看上一次公差分析完成后的分析结果。

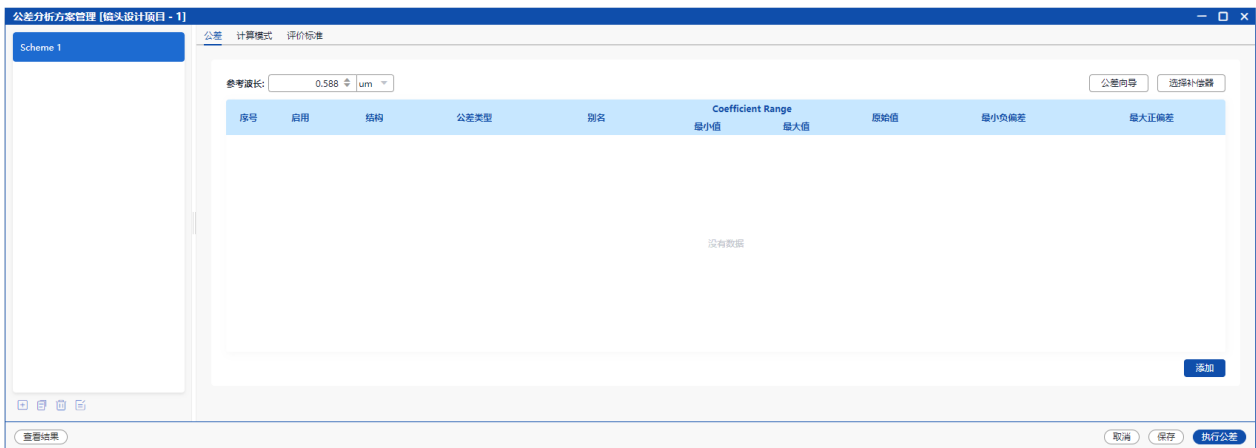
### 公差分析控制台

如图中区域 3 所示，公差分析控制台集成了公差分析过程中关键的控制与管理功能。通过该面板，用户可以便捷保存公差分析方案，启动公差分析。

- **取消**：取消按钮用于取消当前数据的处理。
- **保存**：保存按钮用于保存当前方案下的公差分析配置参数。点击后，系统会将当前的公差与补偿器、计算模式以及配置等信息保存下来。
- **执行公差**：执行公差按钮用于执行当前方案下的优化流程。在完成算法配置、参数配置以及评价函数配置后，点击该按钮即可启动优化。

## 12.2 公差与补偿器

点击公差分析配置区域中的【公差与补偿器】标签页，即可进入如下所示的公差与补偿器配置页面：




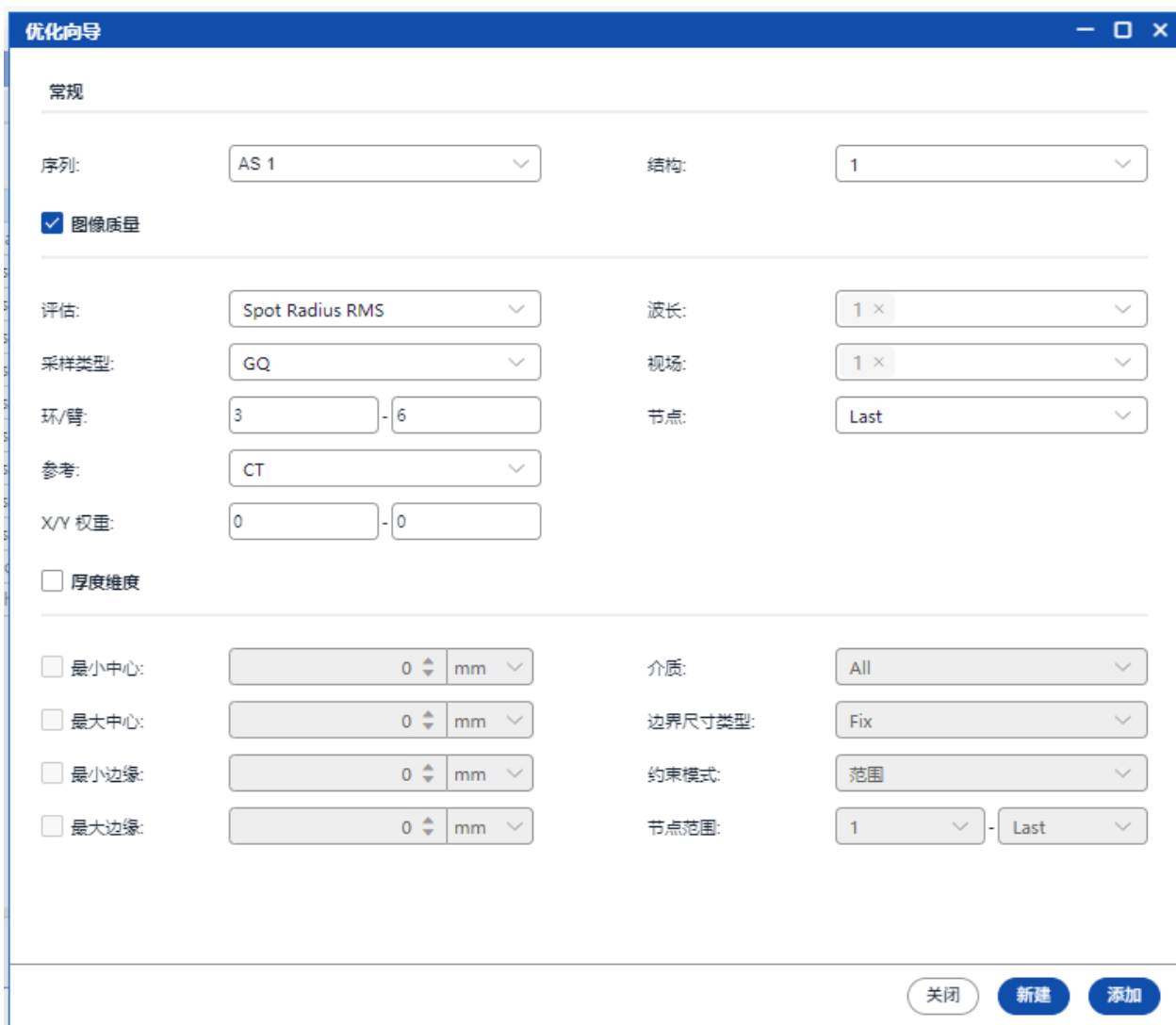
如上图所示，公差与补偿器通过列表进行定义，列表中的每一列的具体含义见下表：

列名	描述
----	----

编号	公差或补偿器的编号
启用	每个公差或补偿器可以设置为“启用”或“不启用”状态，表示该分量是否参与整个公差分析过程。
结构	当前公差所对应的结构
公差类型	公差的类别，例如表面不规则度公差，材料折射率公差等，详细信息请参阅【 <a href="#">公差类型</a> 】章节
别名	每个公差或补偿器指定的名称，便于识别，用户也可进行自定义更改。
系数范围	表面不规则度公差在公差分析中允许的系数变化范围
原始值	参与公差分析的系统参数的原始数值
最小负偏差	公差相对于原始值的最大负向改变量
最大正偏差	公差相对于原始值的最大正向改变量

公差与补偿器的常用添加方式如下所示：

 **公差向导**按钮用于批量生成指定公差并可自动将像面位置设定为补偿器，用户还可以通过点击后弹出以下界面：



用户不仅可以通过手动勾选任意一中公差类型进行批量添加，还可以基于现代加工精度表来进行预设式的批量添加公差操作数。

**选择补偿器**： **选择补偿器**按钮用于任意选择一个系统参数作为补偿器。

**添加**： **添加**按钮用于手动添加单个公差。

### 12.2.1 公差类型

所有涉及到的公差类型将通过公差组与公差来进行定义与管理，公差组的具体含义见下表：

公差组名称	描述	包含公差
Surface	用于描述光学元件	Radius

<b>Tolerance</b>	的实际表面与理想设计表面之间的允许偏差	Thickness Decenter X (Surface) Decenter Y (Surface) Tilt X (Surface) Tilt Y (Surface) Zernike Irregularity
<b>Material Tolerance</b>	用于描述光学基材在折射率、阿贝数等方面的允许偏差	Index Abbe (%)
<b>Component Tolerance</b>	用于定义光学元件在几何尺寸和位置方面的允许误差	Decenter X (Component) Decenter Y (Component) Tilt X (Component) Tilt Y (Component)

### 12.2.1.1 Surface Tolerance

本公差组用于描述光学基材在折射率、阿贝数等方面的允许偏差。本公差组下的单个公差的具体含义见下表：

公差名称	描述
<b>Radius</b>	定义指定表面的曲率半径公差，当该公差的单位为 Fringes 时，曲率与 Fringes 的转换关系为： $\Delta C = \frac{\lambda_{\text{测试波长}} * Fringes}{\text{边界尺寸}}$
<b>Thickness</b>	定义指定元件内的表面间厚度以及元件与元件之间的厚度公差。
<b>Decenter</b>	<b>X</b> 定义指定表面的 X 方向偏心公差，注意该

(Surface)		操作数使用的是指定表面的孤立 X 方向平移。
Decenter (Surface)	Y	定义指定表面的 Y 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定表面的孤立 Y 方向平移。
Decenter (Surface)	Z	定义指定表面的 Z 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定表面的孤立 Z 方向平移。
Tilt X (Surface)		定义指定表面的 X 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定表面的孤立 X 方向旋转。
Tilt Y (Surface)		定义指定表面的 Y 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定表面的孤立 Y 方向旋转。
Tilt Z (Surface)		定义指定表面的 Z 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定表面的孤立 Z 方向旋转。
Zernike Irregularity		定义指定表面的 Zernike 不规则度公差，该公差以长度单位为基准的均方根误差值对指定表面进行扰动，Fringes 与均方根误差值的转换关系为： 均方根误差值 = $0.5\lambda_{\text{测试波长}} * Fringes$

### 12.2.1.2 Material Tolerance

本公差组用于描述光学元件的实际表面与理想设计表面之间的允许偏差。本公差组下的单个公差的具体含义见下表：

公差名称	描述
------	----

<b>Index</b>	定义指定元件内介质在有效波段内的折射率公差
<b>Abbe (%)</b>	定义指定元件内介质在有效波段内的阿贝数公差

### 12.2.1.3 Component Tolerance

本公差组用于定义光学元件在几何尺寸和位置方面的允许误差。本公差组下的单个公差的具体含义见下表：

<b>公差名称</b>		<b>描述</b>
<b>Decenter (Component)</b>	<b>X</b>	定义指定元件的 X 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定元件的孤立 X 方向平移。
<b>Decenter (Component)</b>	<b>Y</b>	定义指定元件的 Y 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定元件的孤立 Y 方向平移。
<b>Decenter (Component)</b>	<b>Z</b>	定义指定元件的 Z 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定元件的孤立 Y 方向平移。
<b>Tilt (Component)</b>	<b>X</b>	定义指定元件的 X 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定元件的孤立 X 方向旋转。
<b>Tilt (Component)</b>	<b>Y</b>	定义指定元件的 Y 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定元件的孤立 Y 方向旋转。
<b>Tilt (Component)</b>	<b>Z</b>	定义指定元件的 Z 方向偏心公差，注意该操作数使用的是指定元件的孤立 Y 方向旋转。

## 12.2.2 补偿器

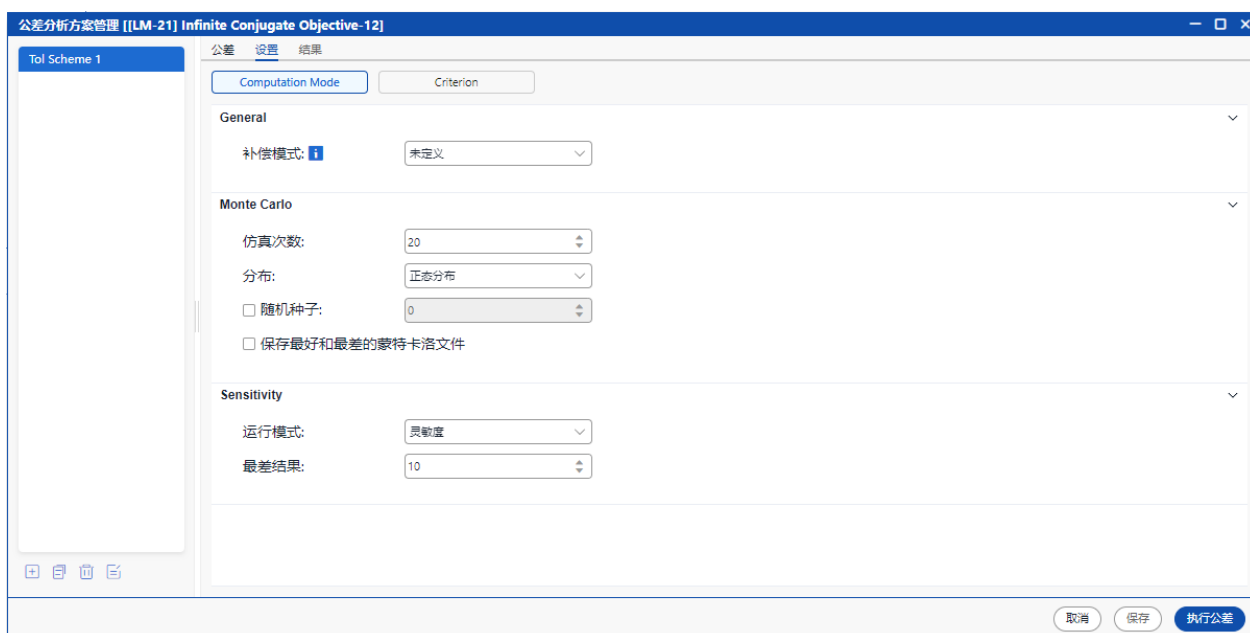
补偿器用于在公差分析中模拟光学系统中可调节的自由度，例如镜头的轴向位置、透镜间距、倾斜/偏心，或探测器位置等。通过设置补偿器，用户可以在系统存在制造和装配误差时，模拟实际的装调补偿过程，从而获得更接近实际应用的分析结果。补偿器功能不仅能帮助评估系统在“未补偿”与“已补偿”状态下的性能差异，还能辅助用户优化公差分配与装调流程。

## 12.3 计算模式与评价标准

在 **UniOptics** 中，用户可选择不同计算模式模拟公差影响，并定义像质或光斑等评价标准，以量化系统性能并指导系统的设计与优化。

### 12.3.1 计算模式

点击公差分析配置区域中的【**设置**】标签页，即可优先进入如下所示的【**计算模式**】配置页面：



**【计算模式】** 配置页面包括三个主要配置项：

通用：用于定义补偿器的补偿模式，主要配置参数如下：

- 未定义：忽略所有已定义的补偿器。
- 全补偿器优化（鲍威尔）：使用非梯度局部优化算法中的鲍威尔算法来确定所有定义的补偿器的最优值，该选项会因使用更精准的算法导致公差分析时间较长。

蒙特卡洛：用于同时模拟所有已定义的公差对评价标准的影响，主要配置参数如下：

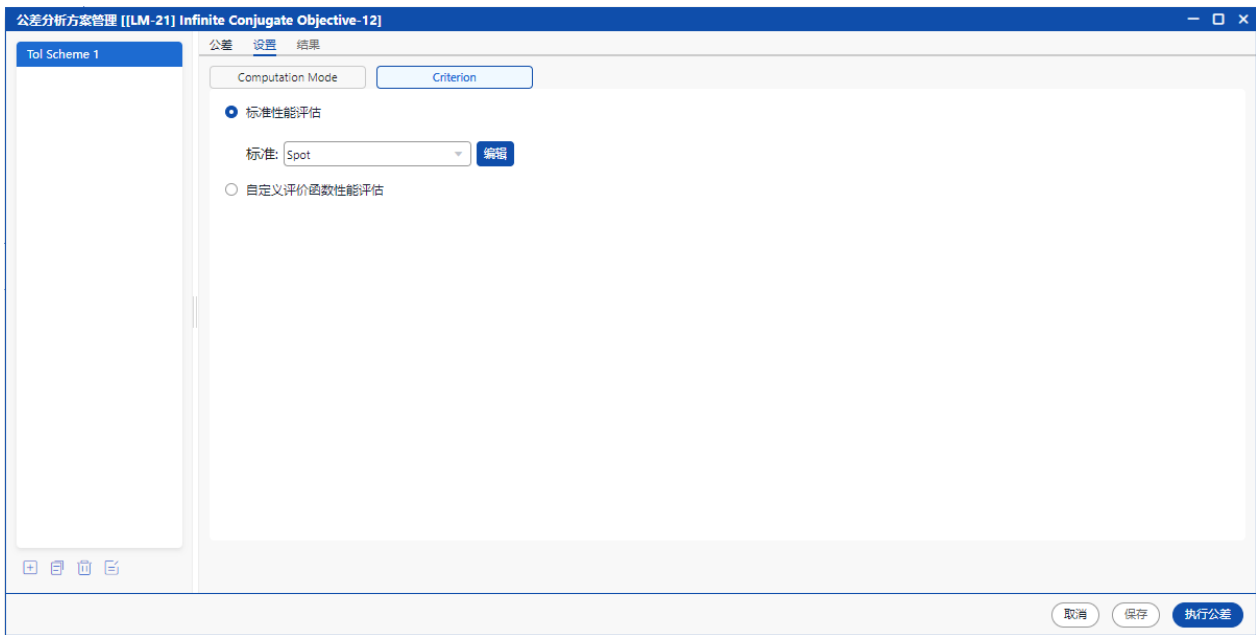
- 模拟次数：指定执行蒙特卡洛模拟的运行次数。
- 分布：用于控制已定义公差需要遵循的分布方式，目前 **VirtuaLab Unity** 提供正态分布和均匀分布。
- 随机种子：用于定义随机数分配时的前提条件。
- 保存最好和最差的蒙特卡洛文件：用于保存性能最优与最差的公差样本，以便进一步研究。

灵敏度分析：用于逐一分析每一个公差对评价标准的影响，其会假设每个公差的偏离量为最小负偏差和最大正偏差，该分析方式可有效的辅助用户判断指定公差的收紧与放宽，主要配置参数如下：

- 运行模式：用于指定是否使用灵敏度分析方式。
- 最差结果：用于控制最后的总结报告中输出导致评价标准偏差最大的公差的数量。

### 12.3.2 评价标准

点击 **【设置】** 标签页中的子标签页 **【标准】**，即可进行评价标准的定义：



评价标准定义的配置参数如下所示：

标准性能评估：用于定义常用的光学性能评价标准，目前 **VirtuaLab Unity** 提供 RMS/PTV 光斑半径，RMS/PTV 波前以及 RMS/PTV 角向六种评价方式。用户还可以通过点击 **编辑** 按钮后弹出以下界面：



用户可根据需要对当前的评价标准的计算方式进行更改，例如参考，采样类型，序列等参数。

自定义评价函数性能评估：用于根据特定设计目标，自行定义性能评价函数。

## 12.4 执行公差分析与过程展示

点击**执行公差**按钮即可启动公差分析过程。公差分析开始后，系统将自动跳转至【**结果**】标签页，用户可以在此页面查看分析结果，左下角**[进度条]**会显示分析进度。

**VirtuaLab Unity** 提供三种方式对公差分析结果进行内容展示：

**[蒙特卡洛]**的公差分析过程展示如下图所示：

序号	RMS光斑半径 1	Thickness	Thickness	Thickness
	正态分布	正态分布	正态分布	正态分布
	波长: 黄色	别名: Thickness-Lens Group-Surface 1	别名: Thickness-Lens Group-Surface 2	别名: Thickness-Lens Group-Surface 3
	视图: 平均视场	原始值: 0.000	原始值: 9.000e-3	原始值: 2.000e-3
	结构: 平均结构	最小偏差: -2.000e-4	最小偏差: -2.000e-4	最小偏差: -2.000e-4
	初始标准值: 9.79259981e-5	最大偏差: 2.000e-4	最大偏差: 2.000e-4	最大偏差: 2.000e-4
1	0.01408529	9.41959868e-5	8.96110248e-3	2.03962649e-3
2	0.01056587	-9.46746164e-5	8.97493503e-3	1.85237498e-3
3	0.01239833	-2.45591233e-5	8.95858800e-3	2.17117561e-3
4	0.02053242	4.51345470e-5	9.05681103e-3	1.89757925e-3
5	0.01072127	9.35559328e-5	9.03232362e-3	1.86326568e-3
6	0.01516298	-7.61387401e-5	8.91126627e-3	2.01779302e-3
7	9.06964606e-3	3.45531987e-5	9.05322727e-3	2.02704438e-3
8	0.01325294	8.53308347e-6	8.93000200e-3	1.93274267e-3
9	0.01633800	4.37736667e-6	9.14980110e-3	1.92198688e-3
10	9.43967721e-3	3.27355265e-5	9.01813846e-3	2.03250965e-3
11	0.01992533	-9.42871182e-6	9.02035669e-3	1.90961532e-3
12	0.01503122	9.13133710e-5	8.86020378e-3	1.84913208e-3
13	9.11337181e-3	1.53852971e-4	9.01559353e-3	2.09509234e-3
14	9.04620220e-3	1.18196313e-4	8.90329970e-3	2.10939639e-3
15	9.99589623e-3	1.88526430e-4	9.13064073e-3	2.08257921e-3
16	0.02499470	-3.95004368e-5	9.05440502e-3	1.81115569e-3
17	0.01116706	7.05655941e-5	8.92754214e-3	2.04632376e-3
18	0.02153280	-8.79540798e-5	9.11327497e-3	2.16753047e-3
19	9.27166539e-3	-5.16590679e-5	8.83255086e-3	2.03324317e-3
20	0.01457726	-1.46285696e-4	9.00178878e-3	1.87590116e-3

**[蒙特卡洛]**的【**结果**】标签页将首先展示评价标准在每一次模拟的计算结果，随后列将根据用户在【**公差与补偿器**】标签页下的排列顺序一一展示公差被赋予的公差值。

**[灵敏度分析]**的公差分析过程展示窗口如下图所示：

公差分析方案管理 [透镜设计流程演示]

Tol Scheme 1 公差与补偿器 设置 结果

蒙特卡洛 灵敏度 总结

显示不同波长/视场/结构的标准值

公差类型	别名	RMS光斑半径 1					
		负向			正向		
		最小偏差	当前值	改变量	最大偏差	当前值	改变量
Thickness	Thickness-Lens Group-S...	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Thickness	Thickness-Lens Group-S...	-2.000e-4	0.02174430	0.02164637	2.000e-4	0.01323733	0.01313940
Thickness	Thickness-Lens Group-S...	-2.000e-4	0.01359199	0.01349406	2.000e-4	8.88011462e-3	8.78211462e-3
Thickness	Thickness-Lens Group-S...	-2.000e-4	0.02377426	0.02367633	2.000e-4	0.01485591	0.01475798
Thickness	Thickness-Lens Group-S...	-2.000e-4	0.01971100	0.01961308	2.000e-4	0.01138687	0.01128895
Decenter X	Decenter X-Lens Group-...	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Decenter X	Decenter X-Lens Group-...	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Decenter X	Decenter X-Lens Group-...	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Decenter X	Decenter X-Lens Group-...	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Decenter Y	Decenter Y-Lens Group-...	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Decenter Y	Decenter Y-Lens Group-...	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Decenter Y	Decenter Y-Lens Group-...	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Decenter Y	Decenter Y-Lens Group-...	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Tilt X	Tilt X-Lens Group-Surfa...	-3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3	3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Tilt X	Tilt X-Lens Group-Surfa...	-3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3	3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Tilt X	Tilt X-Lens Group-Surfa...	-3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3	3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Tilt X	Tilt X-Lens Group-Surfa...	-3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3	3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Tilt Y	Tilt Y-Lens Group-Surfa...	-3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3	3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Tilt Y	Tilt Y-Lens Group-Surfa...	-3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3	3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Tilt Y	Tilt Y-Lens Group-Surfa...	-3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3	3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3
Tilt Y	Tilt Y-Lens Group-Surfa...	-3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3	3.491e-3	9.89575657e-3	9.79783057e-3

进度条:

取消 保存 执行公差

[灵敏度分析]在【结果】标签页将首先根据用户在【公差与补偿器】标签页下的排列顺序进行公差分析，随后列将输出每一次公差导致的的评价标准的计算结果。

[总结]的公差分析过程展示窗口如下图所示：

公差分析方案管理 [透镜设计流程演示]

Tol Scheme 1 公差与补偿器 设置 结果

蒙特卡洛 灵敏度 总结

序号	公差类型	别名	偏移	当前值	改变量
1	Thickness	Thickness-Lens Group-Surface 4	-2.000e-4	0.02377426	0.02367633
2	Thickness	Thickness-Lens Group-Surface 2	-2.000e-4	0.02174430	0.02164637
3	Thickness	Thickness-Lens Group-Surface 5	-2.000e-4	0.01971100	0.01961308
4	Thickness	Thickness-Lens Group-Surface 4	2.000e-4	0.01485591	0.01475798
5	Thickness	Thickness-Lens Group-Surface 3	-2.000e-4	0.01359199	0.01349406
6	Thickness	Thickness-Lens Group-Surface 2	2.000e-4	0.01323733	0.01313940
7	Thickness	Thickness-Lens Group-Surface 5	2.000e-4	0.01138687	0.01128895
8	Decenter X	Decenter X-Lens Group-Surface 1	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
9	Decenter X	Decenter X-Lens Group-Surface 1	2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3
10	Decenter X	Decenter X-Lens Group-Surface 2	-2.000e-4	9.89575657e-3	9.79783057e-3

蒙特卡洛仿真结果

仿真次数: 20

显示不同波长/视场/结构的标准值

显示细节

序号	RMS光斑半径 1
初始标准值	9.79259981e-5
最佳蒙特卡洛运行	14
最差蒙特卡洛运行	16
最佳改变量	9.04620220e-3
最差改变量	0.02499470
90%优于	0.02053242
80%优于	0.01633800
50%优于	0.01239833
20%优于	9.27166539e-3
10%优于	9.06964606e-3

进度条:

取消 保存 执行公差

[总结]在【结果】标签页将首先输出[灵敏度分析]中造可定义数量的最差公差以及对应的评价标准值，随后将按照蒙特卡洛模拟次数以百分比的形式输出光学系统的优越性。