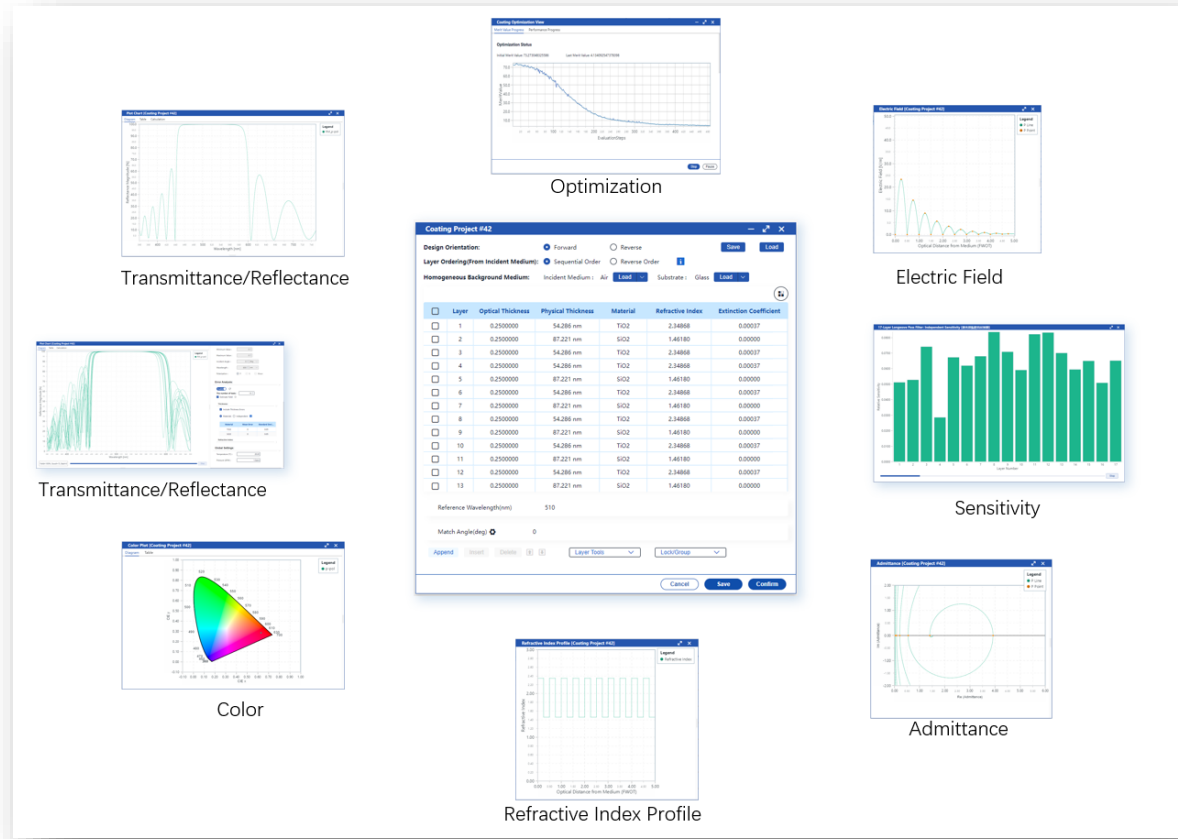


# 基础设计流程演示



VirtualLab Unity中的光学薄膜设计工具包专注于光学薄膜的分析与设计。该工具包可用于分析各种薄膜的光学性能，并根据设计要求提供最优解决方案。

在本案例中，将通过设计一个典型的长波通滤光片，演示VLU中的光学薄膜设计流程，包括光学性能评估、优化、误差分析与灵敏度分析。

入射介质: 空气		基板: 玻璃	
$\lambda_0$ : 635nm			
符号	材料	光学厚度(全波)	物理厚度(nm)
L	SiO2	0.25	
H	TiO2	0.25	
初始公式	空气   (0.5H L 0.5H) <sup>10</sup>   玻璃		
计算范围	400nm	1100nm	

## 指标:

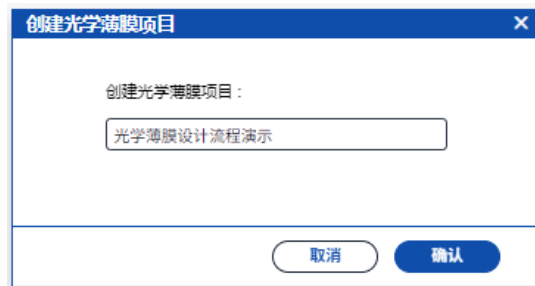
- 入射介质: 空气
- 基板: 玻璃
- 入射角: 0°
- 工作波长: 400-1100 nm
- 截止带: 平均透射率<1%, 400-600 nm
- 通带: 平均透射率>99%, 670-1100 nm

设计一个长波通滤光膜，初始结构为典型的对称周期长波通滤光片。设计目标是在0°入射角下实现400–600 nm波段内平均透射率低于1%，在670–1100 nm波段内平均透射率高于99%。

# 项目创建与配置



- 在开始选项卡中，用户可以创建一个光学薄膜设计项目。



- 为新项目命名并确认后，将创建一个新的光学薄膜设计项目。



- 创建的新项目只有一层，用户可以在此窗口中定义所需的膜系结构。



- 在工具选项卡中，用户可以通过公式工具来配置项目。



- 1.选择TiO2作为高折射率，SiO2为低折射率材料。
- 2.在下方输入框中输入公式:  $(0.5H L 0.5H)^{10}$ 。
- 3.点击“创建新的”按钮。



- 通过公式工具配置的膜系。

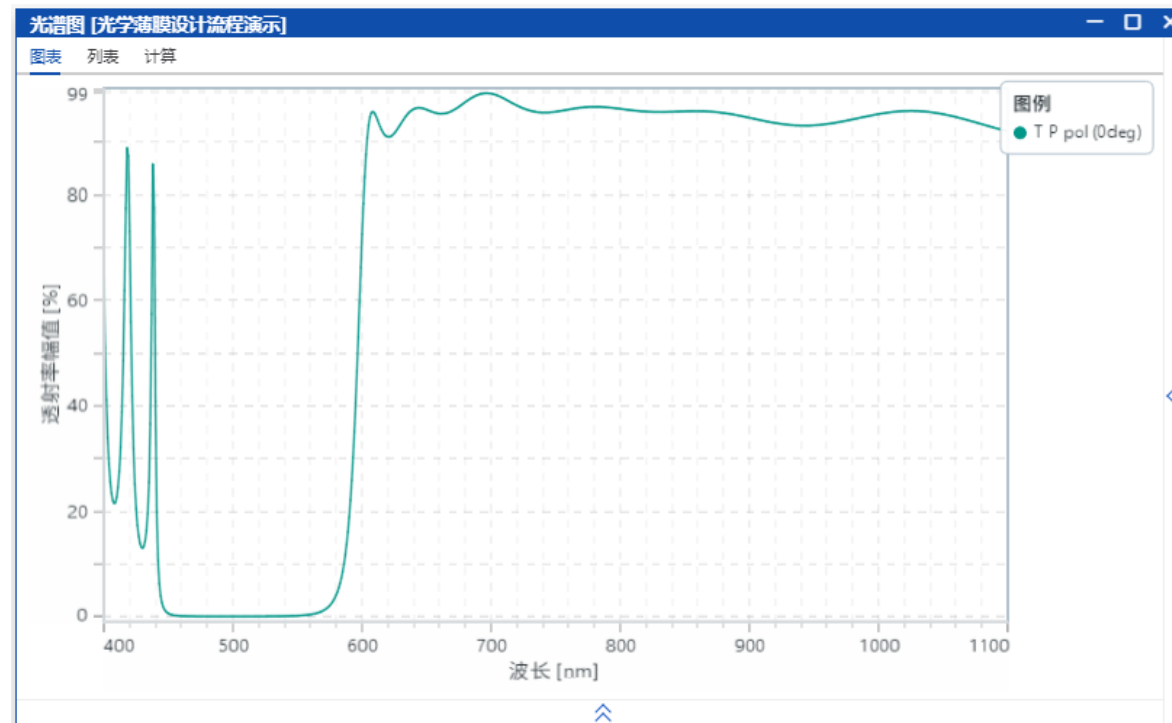
# 光谱图分析



- 在分析选项卡中，用户可以使用光谱图分析功能。点击 ⚙️ 打开设置窗口。

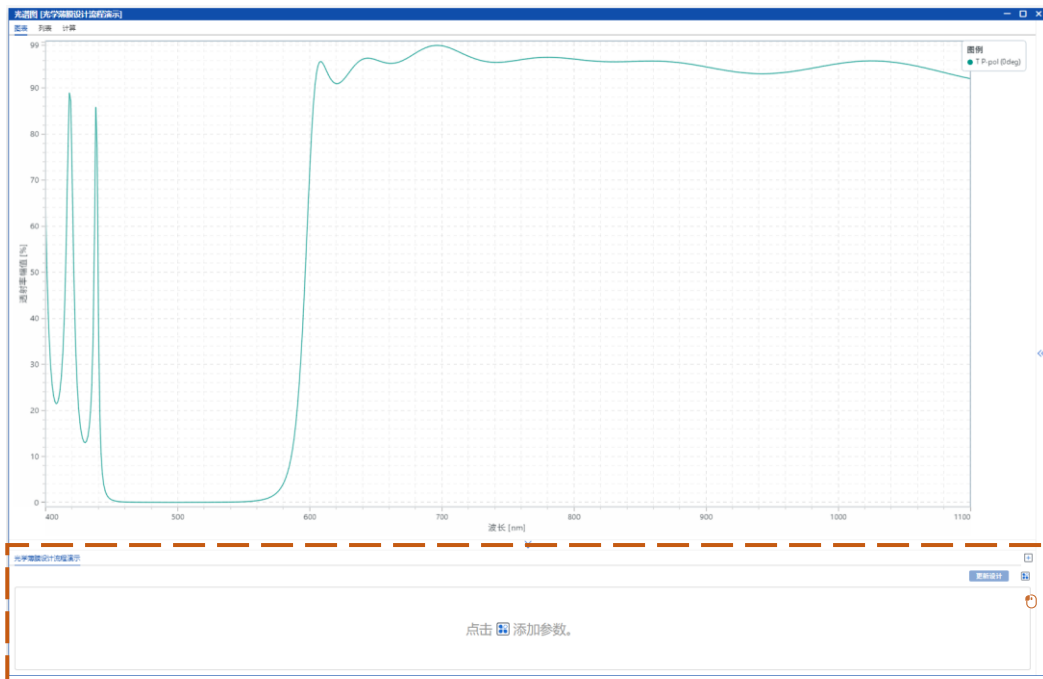



- 1.将横坐标最小值和最大值分别设置为400 nm和1100 nm
- 2.点击“绘图”按钮绘制光谱图。

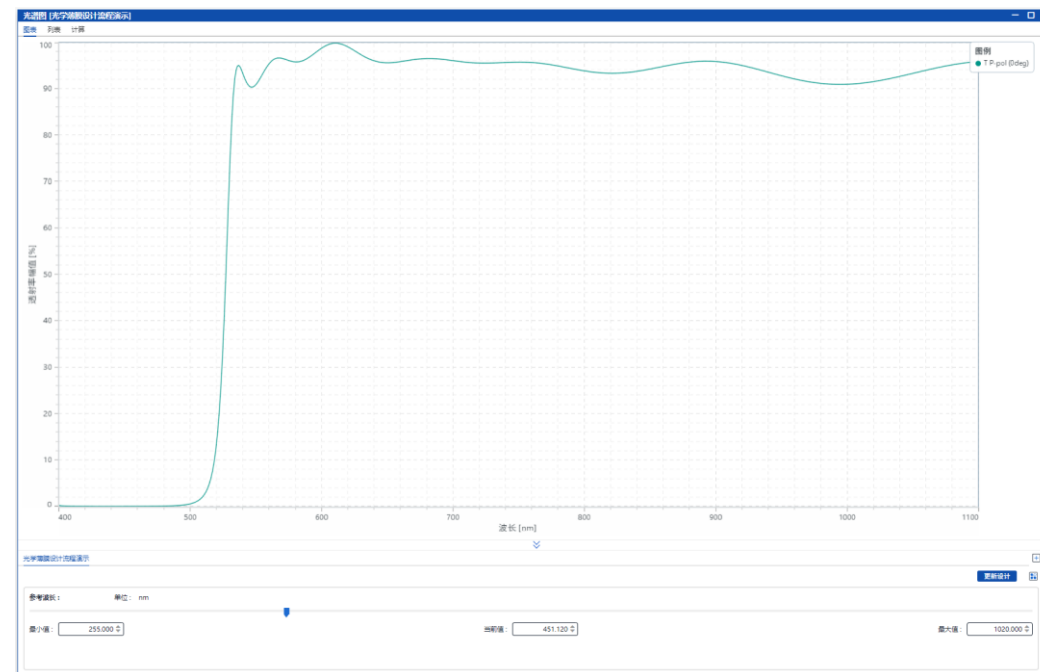
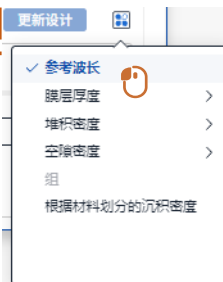


- 当前的截止带位置和宽度均不符合设计要求，接下来将通过调整动态参数及合并项目来优化设计。

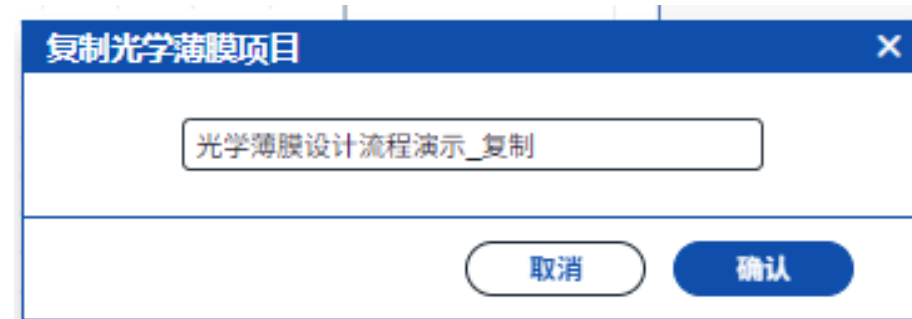
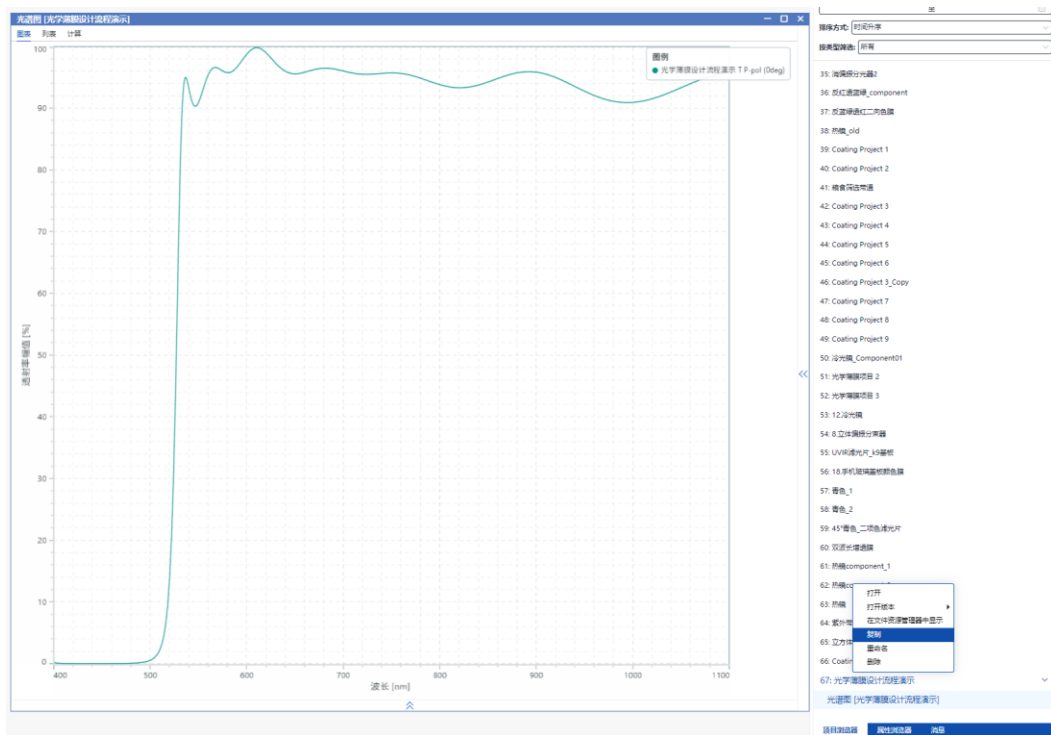
# 初步调优



- 动态参数面板位于图表下方。点击  可在下拉列表中将参考波长添加为动态参数。



- 通过调整参考波长可以改变截止带的位置，但无论如何调节，截止带的宽度始终无法覆盖 400–600 nm。接下来需堆叠截止带互补的膜系，以实现截止带的拓宽。

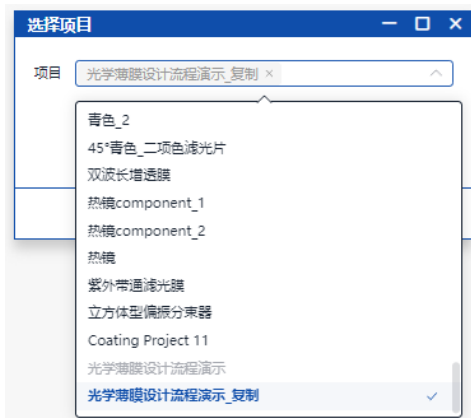


- 在项目浏览器中右键点击目标项目打开菜单，选择“复制”即可创建该项目的副本。

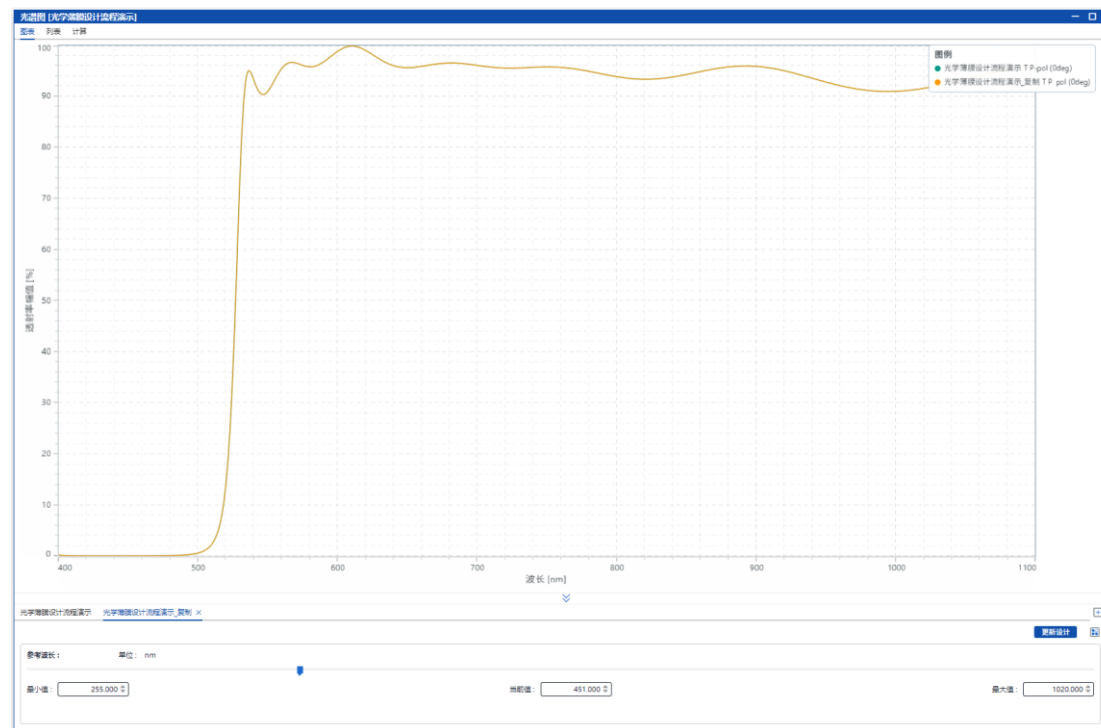
- 输入复制项目的名称后，点击“确认”即可完成项目复制。



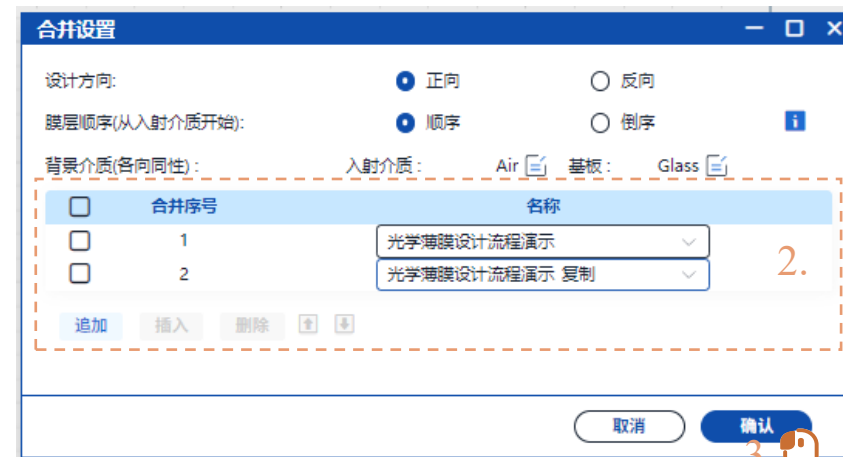
- 在动态参数面板中，点击+可导入其他项目，在同一张图中对比多个项目的光谱。



- 选择刚刚复制的项目。

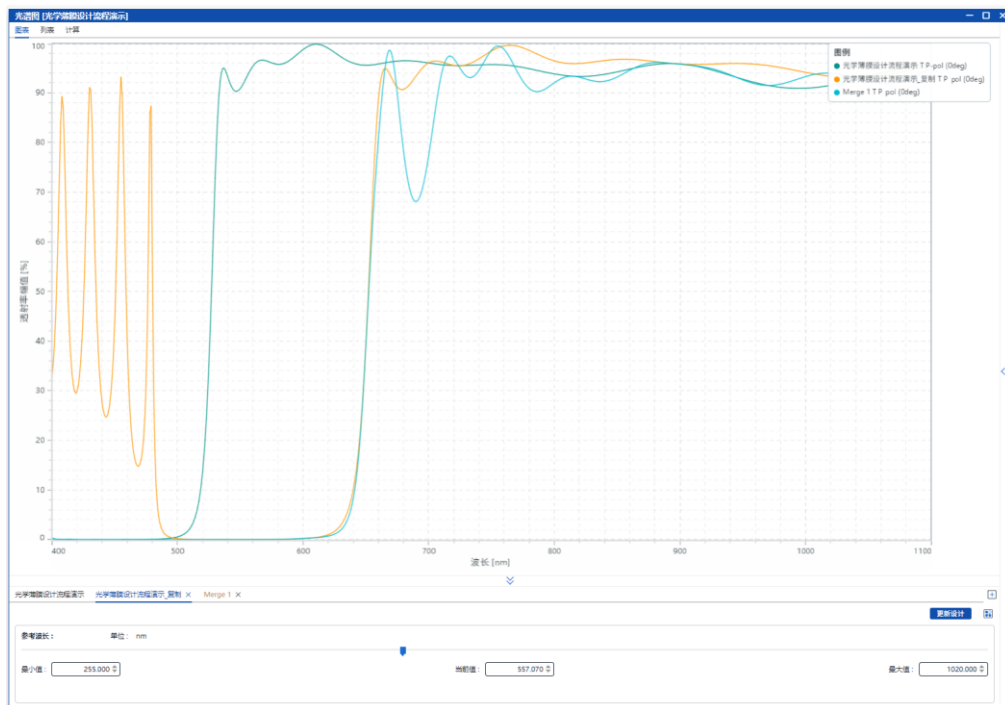


- 图例显示图中展示了两个项目的 spectra，但由于它们完全相同，曲线完全重叠，因此实际仅能看到一条曲线。

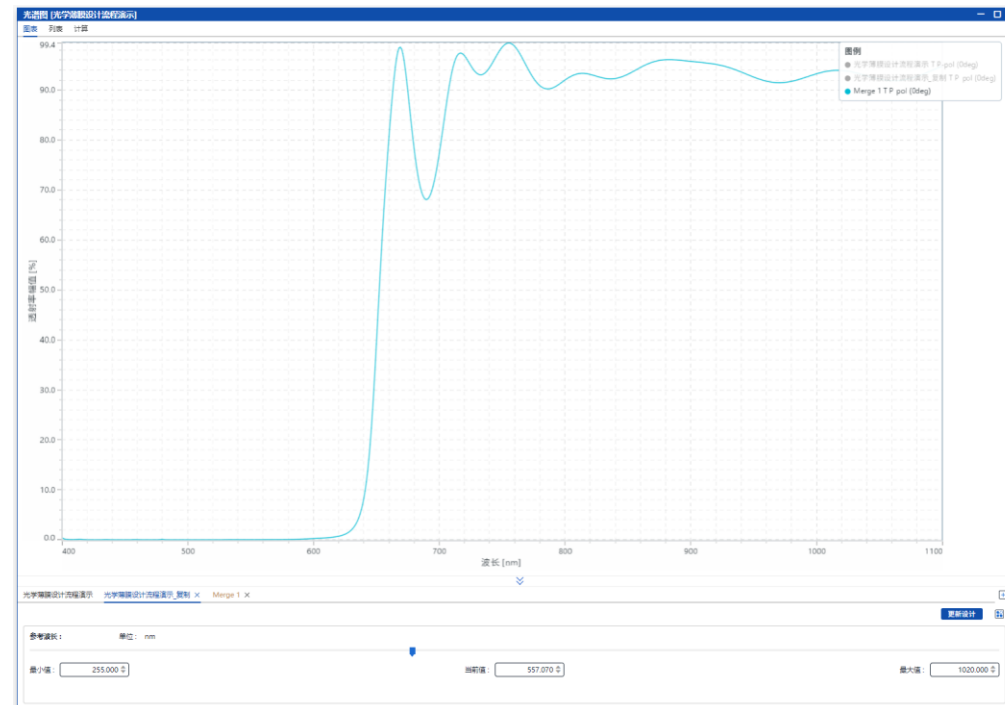


- 通过调整两个项目的参考波长，可以使截止波长互补。

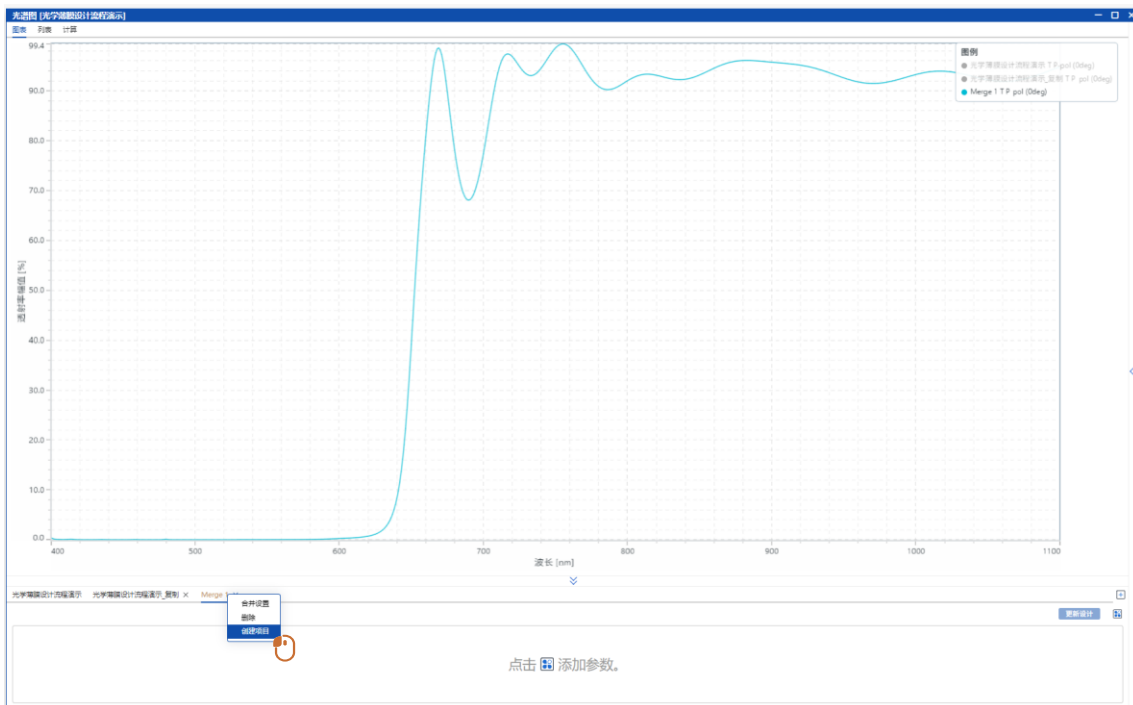
1. 点击 打开合并设置窗口。
2. 按顺序设置合并顺序。
3. 点击“确认”完成设置。



- 合并后膜系的光谱如图中蓝线所示。



- 点击图例可以控制曲线显隐，当前之展示合并后膜系的光谱。



光学薄膜设计流程演示\_合并后

膜层设计 项目评价函数 版本

从光学薄膜库导入 导出到光学薄膜库

系统配置 >

参考波长 (nm) 510.000

角度匹配(deg) 0

背景介质(各向同性): 入射介质: Air 基板: Glass

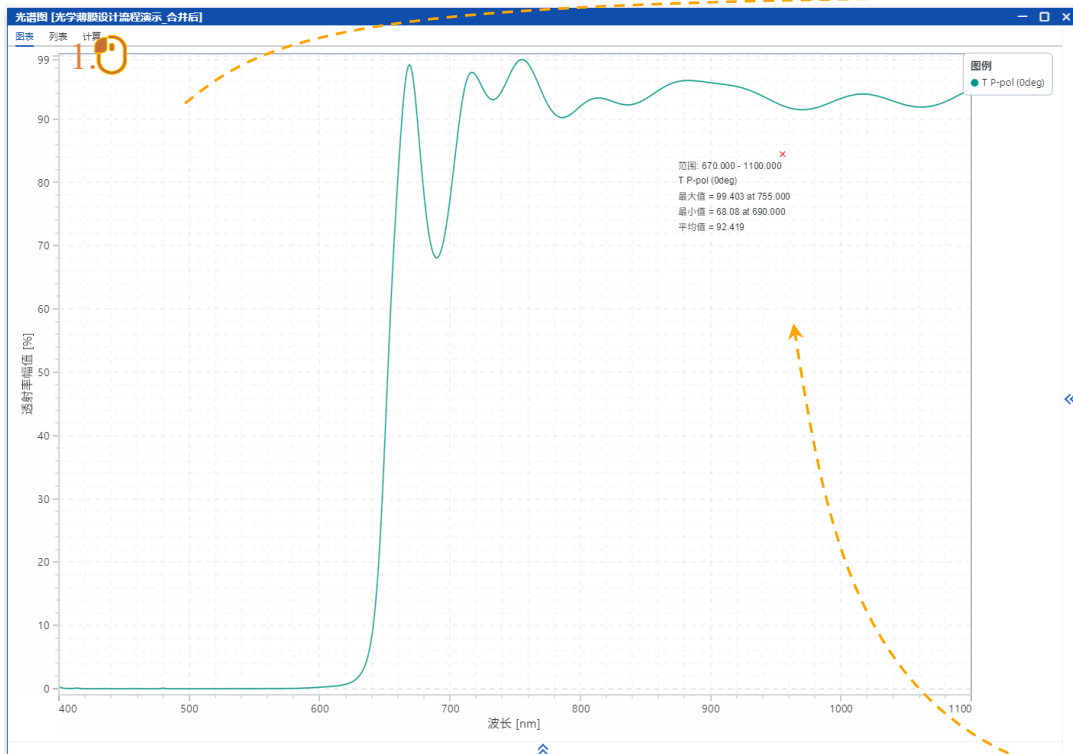
膜层	材料		折射率	消光系数	光学厚度	物理厚度
	分类	名称				
22	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.13857315	30.09 nm
23	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
24	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27714629	60.18 nm
25	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
26	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27714629	60.18 nm
27	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
28	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27714629	60.18 nm
29	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
30	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27714629	60.18 nm
31	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
32	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27714629	60.18 nm
33	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
34	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27714629	60.18 nm
35	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
36	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27714629	60.18 nm
37	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
38	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27714629	60.18 nm
39	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
40	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27714629	60.18 nm
41	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.27347767	95.41 nm
42	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.13857315	30.09 nm

添加膜层 插入膜层 删除膜层 复制膜层 膜层工具 确定 组

- 右键点击Merge 1的标签页，选择“创建项目”即可将合并后的膜系生成一个新项目。

- 该膜系由两个中心波长堆叠得到。

## 1. 点击计算标签页对光谱曲线进行统计分析。

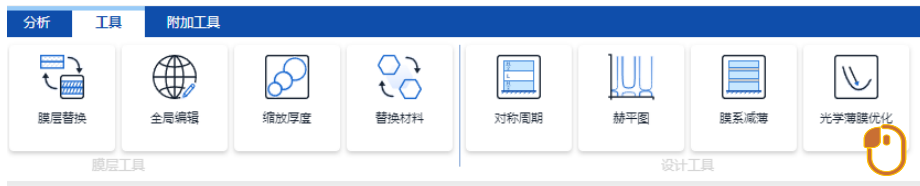


通带透射率尚未满足设计要求，接下来将通过优化功能进行改进。



1. 范围：输入需要计算的波长范围。
2. 统计数据：勾选要查看的统计值。
3. 点击“计算”按钮。
4. 点击“创建标签”按钮。

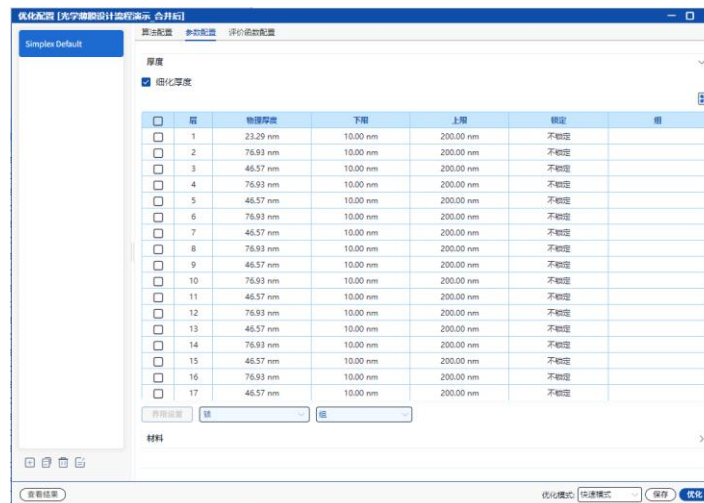
优化



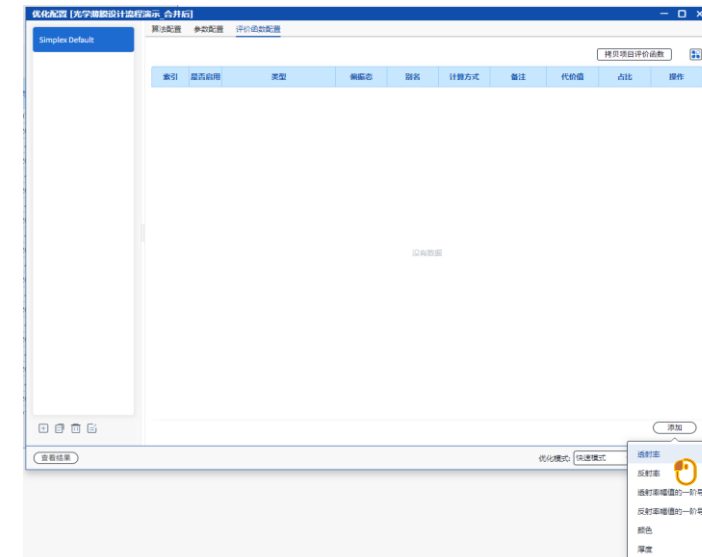
- 在工具选项卡中，用户可以使用**优化**功能来改善设计。



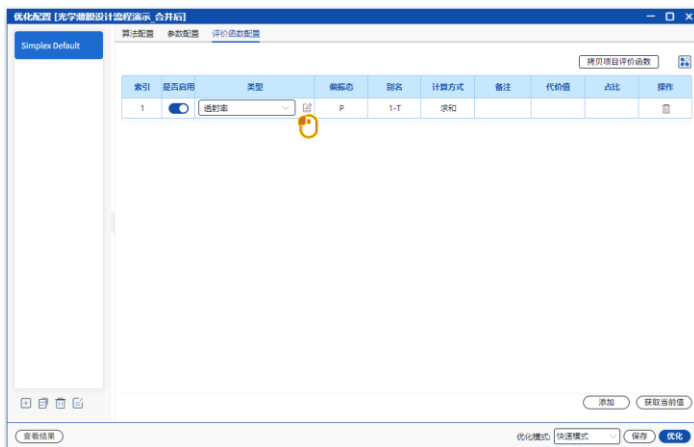
- 算法配置: 使用Nelder-Mead算法, 最大迭代次数设置为10000。



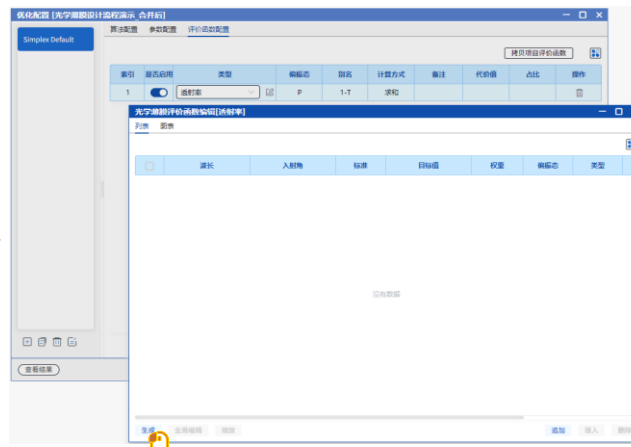
- 参数配置: 优化所有层的厚度。



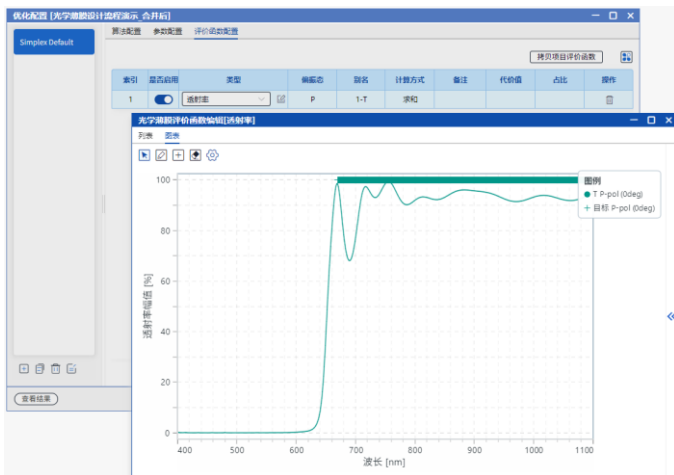
- 评价函数配置: 点击“添加”按钮添加一个透射率子评价函数。



1. 点击 来添加子评价函数分量。



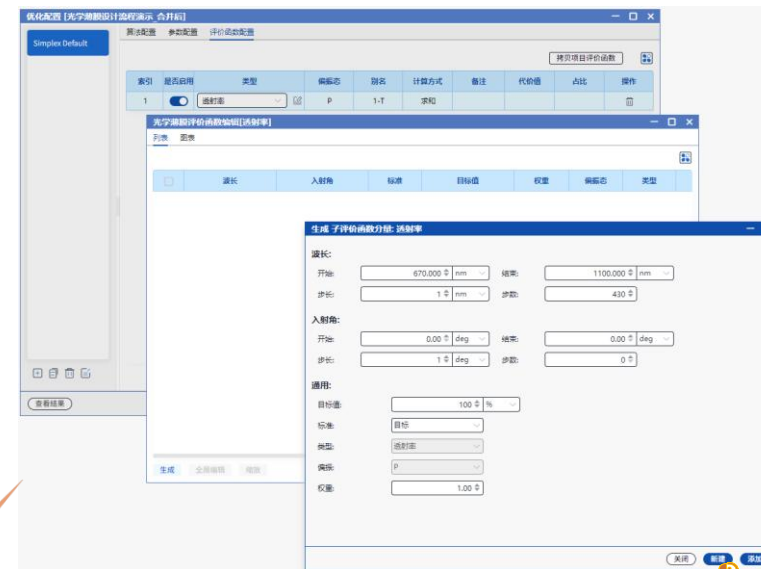
2. 点击“生成”按钮来批量生成子评价函数分量。



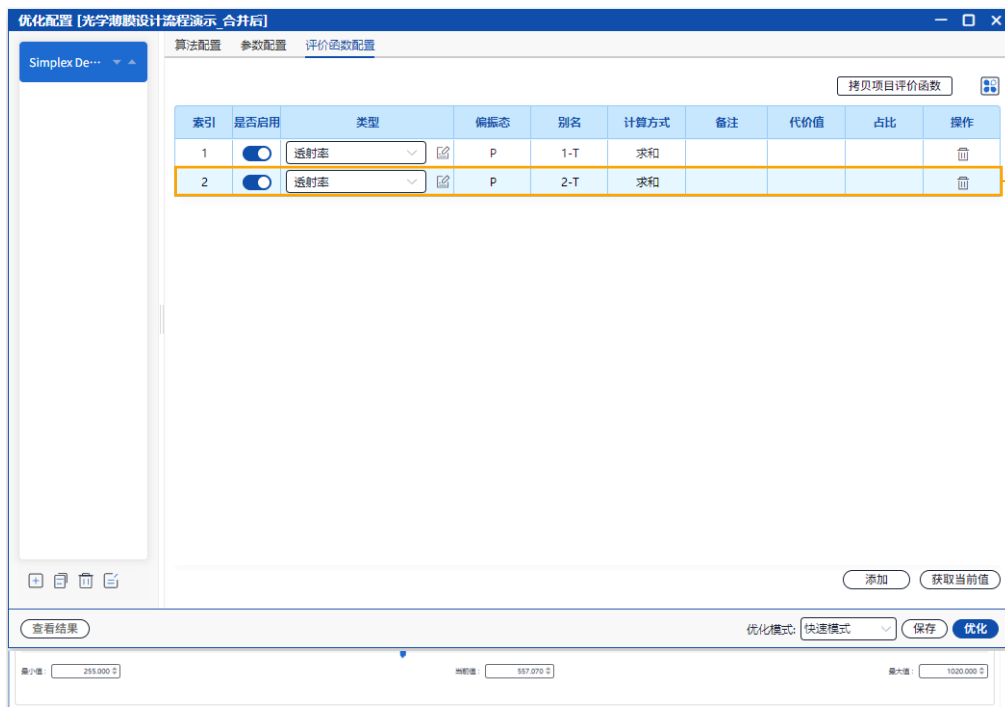
5. 切换到图表标签页，可在图中查看当前设定的目标。

波长	入射角	标准	目标值	权重	偏振态	类型
670.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
671.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
672.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
673.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
674.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
675.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
676.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
677.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
678.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
679.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
680.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
681.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
682.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率
683.000 nm	0.00 deg	目标	100.000000 %	1.00	P	透射率

4. 生成的子评价函数分量。

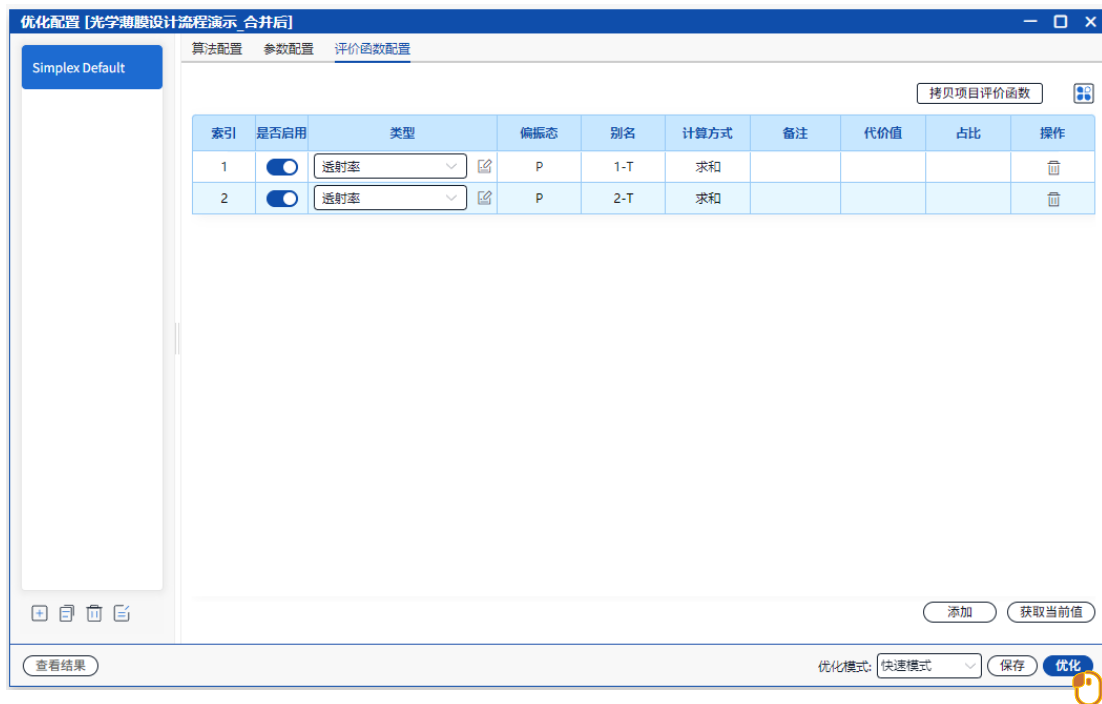


3. 设置生成配置：在  $0^\circ$  入射角下，670–1100 nm 范围内每隔 1 nm 生成一个透射率为 100% 的子评价函数分量。



- 按照前述步骤再添加一个透射类型的评价函数分量，以完成整个评价函数的配置。

- 在  $0^\circ$  入射角下，在 400–600 nm 范围内每隔 1 nm 生成一个透射率为0的子评价函数分量。



- 点击“优化”按钮开始优化。优化开始后，将自动打开“优化进度”窗口。



- 快速模式下，优化进度窗口中会展示初始评价函数，最佳评价函数，迭代次数和优化时间。

优化进度[光学薄膜设计流程演示\_合并后]

初始评价函数: 3.7052130950474007

最佳评价函数: 0.008296503336586797

迭代次数: 10000

完成 迭代时间: 14.961 s

提示

优化过程已成功完成,10000次迭代后,最终评价函数为0.008296503336586797

要将最终结果应用于项目,请单击确认,否则单击确定

下次不再提示

取消 确认

获取当前值

存 优化

停止 暂停

- 优化结束之后会弹出“提示”窗口,点击“确认”按钮,最佳优化结果将应用到项目中。



光学薄膜设计流程演示\_合并后

膜层设计 项目评价函数 版本

从光学薄膜库导入 导出到光学薄膜库

系统配置 >

参考波长 (nm) 510.000

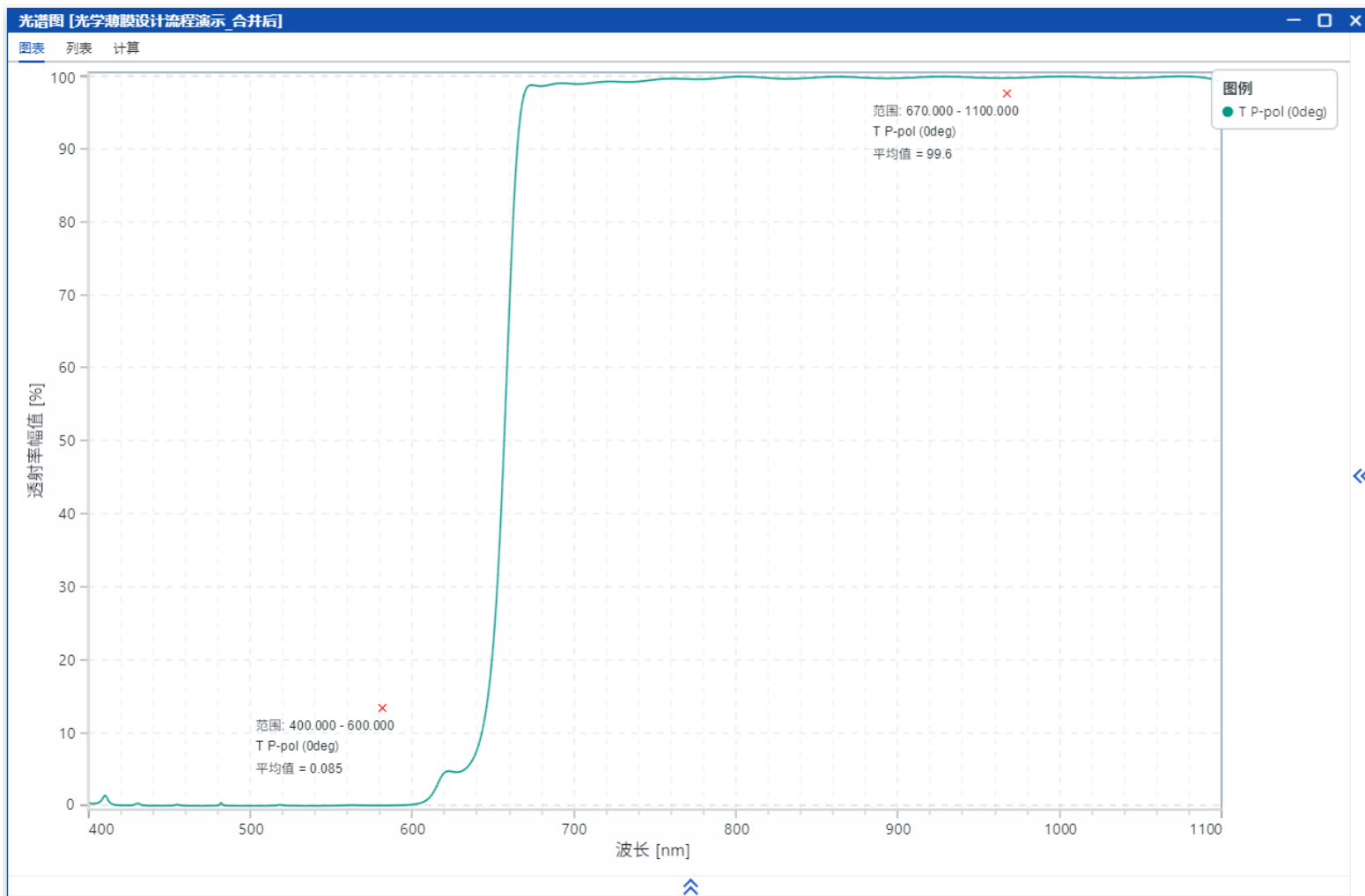
角度匹配(deg) 0

背景介质(各向同性): 入射介质: Air 基板: Glass

膜层	材料		折射率	消光系数	光学厚度	物理厚度
	分类	名称				
20	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.21717086	75.77 nm
21	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.07788388	16.91 nm
22	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.16274280	35.34 nm
23	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.23917164	83.44 nm
24	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.28821757	62.58 nm
25	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.18828629	65.69 nm
26	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.33351740	72.42 nm
27	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.25763955	89.89 nm
28	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.28149411	61.12 nm
29	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.21695148	75.69 nm
30	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.32388213	70.33 nm
31	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.33977953	118.54 nm
32	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.15661574	34.01 nm
33	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.33504360	116.89 nm
34	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.34350485	74.59 nm
35	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.19282297	67.27 nm
36	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27464224	59.64 nm
37	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.32151101	112.17 nm
38	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.22431538	48.71 nm
39	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.25145708	87.73 nm
40	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.23044238	50.04 nm
41	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.26758885	93.36 nm
42	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.08566876	18.60 nm

添加膜层 插入膜层 删除膜层 复制膜层 膜层工具 锁定 组

- 项目中参数配置更新为最佳优化结果配置。



查看优化后的光谱，并计算通带与截止带的  
的关键指标：

- 截止带：平均透射率 = 0.085%
- 通带：平均透射率 = 99.6%

优化后的镀膜已满足设计要求。

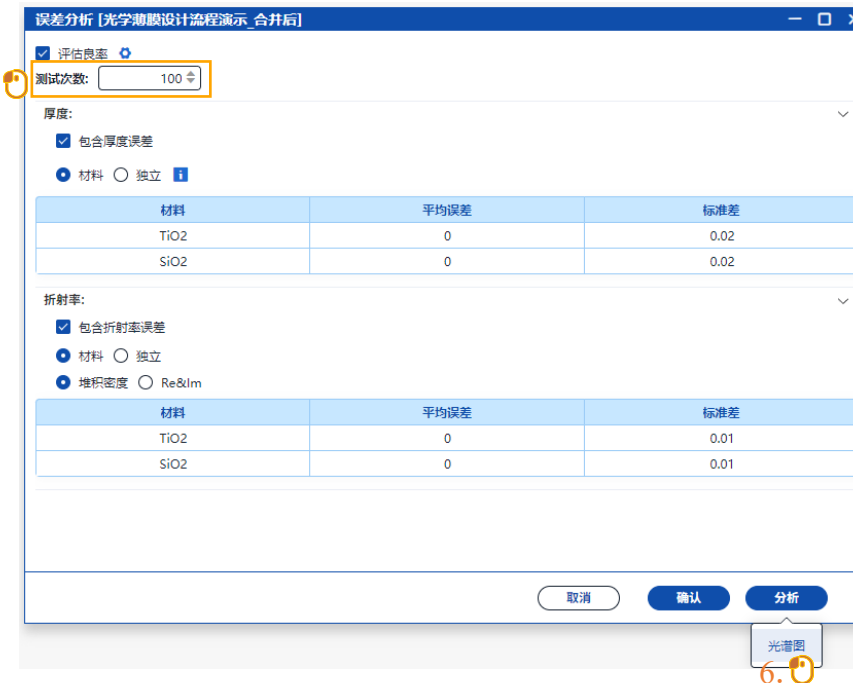
# 误差分析



- 在分析选项卡下，点击误差图标来执行误差分析。

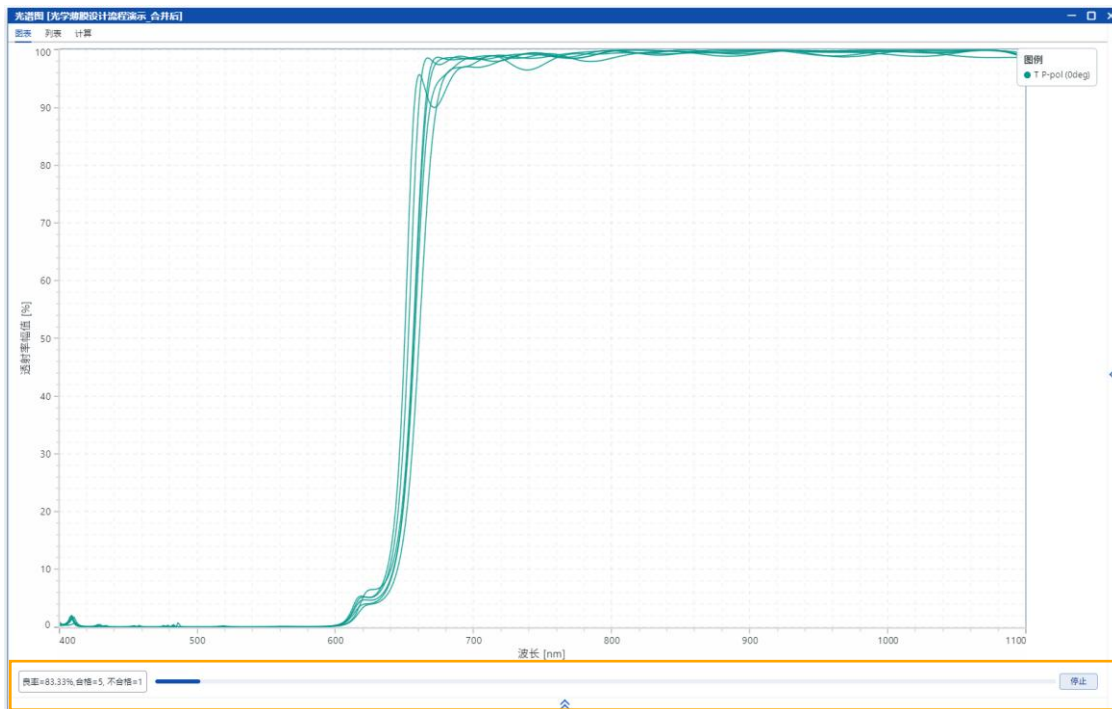


1. 设置测试次数为100。
2. 设置材料厚度的标准差为2%。
3. 设置材料堆积密度的标准差为1%。

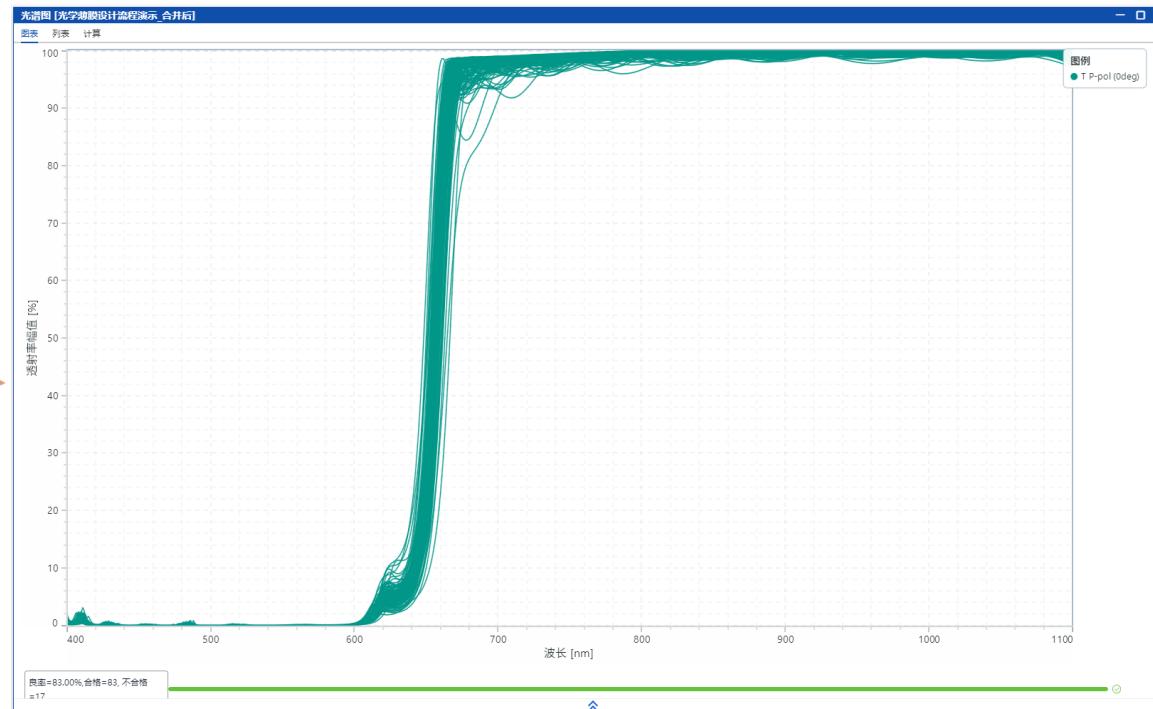


1. 在分析选项卡下，点击良率规范图标来执行误差分析。
2. 点击“添加”按钮，添加两条新的合格率标准。
3. 根据设计指标设置合格率标准为：
  - 截止带平均透射率<1%
  - 通带平均透射率>99%
4. 点击“确认”按钮。

5. 勾选“评估良率”复选框，启用在误差分析时对良率的评估。
6. 点击“分析”按钮，选择光谱图。

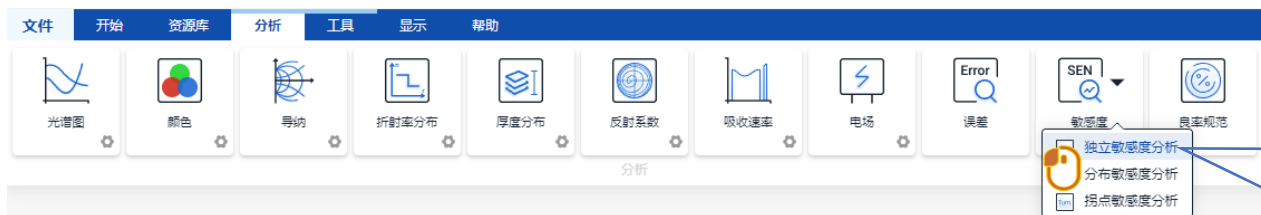


- 合格率和进度条会实时展示在图表的下方。



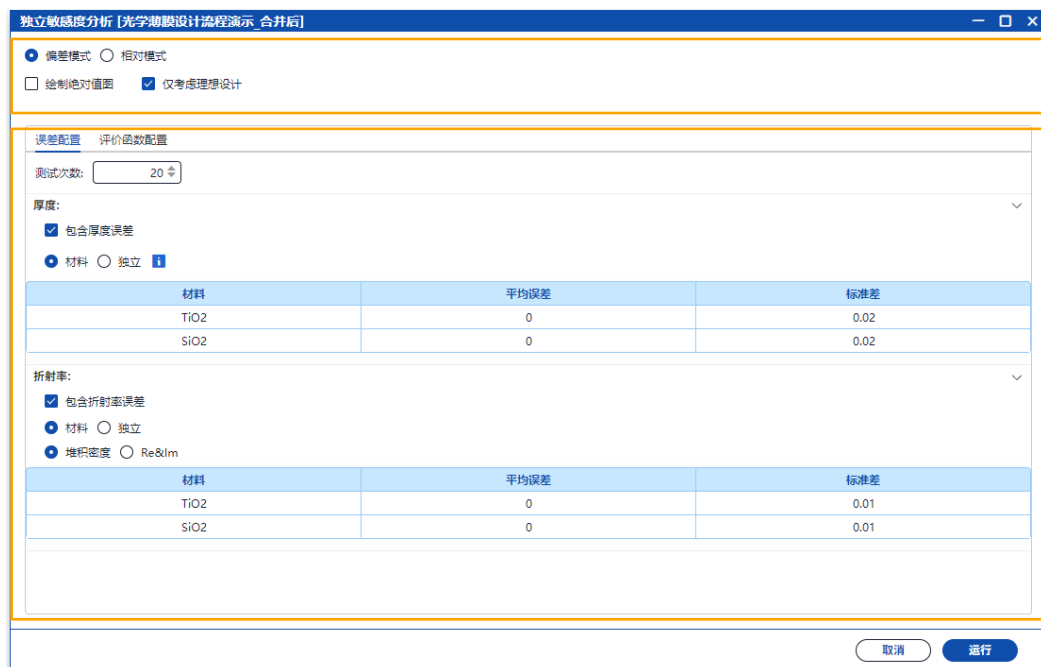
- 完成误差分析后，进度条状态变为绿色，当前合格率为 83%。

# 敏感度分析



独立敏感度分析基于蒙特卡洛方法，用于评估每一层薄膜的厚度或折射率在发生微小变化时，对整体膜系性能的影响程度。

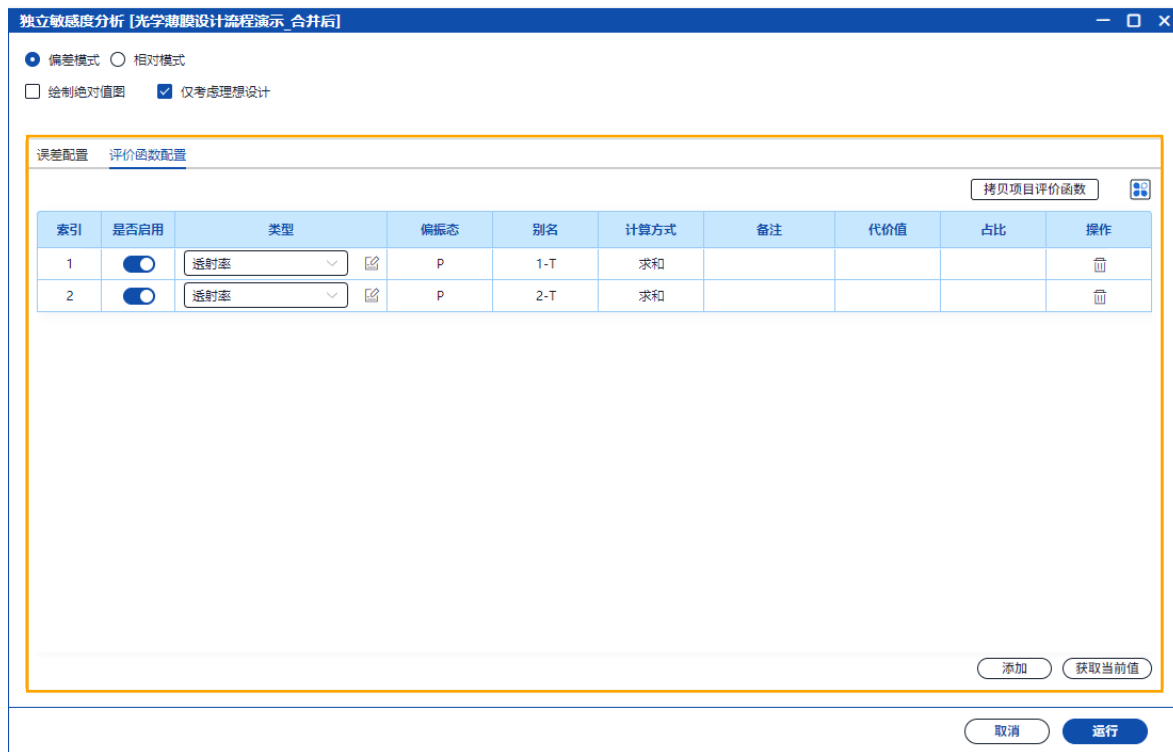
- 在分析选项卡下，点击敏感度图标，在下拉菜单中选择独立敏感度分析。



独立敏感度分析配置可分为三部分：敏感度分析策略，误差设置和评价函数设置。

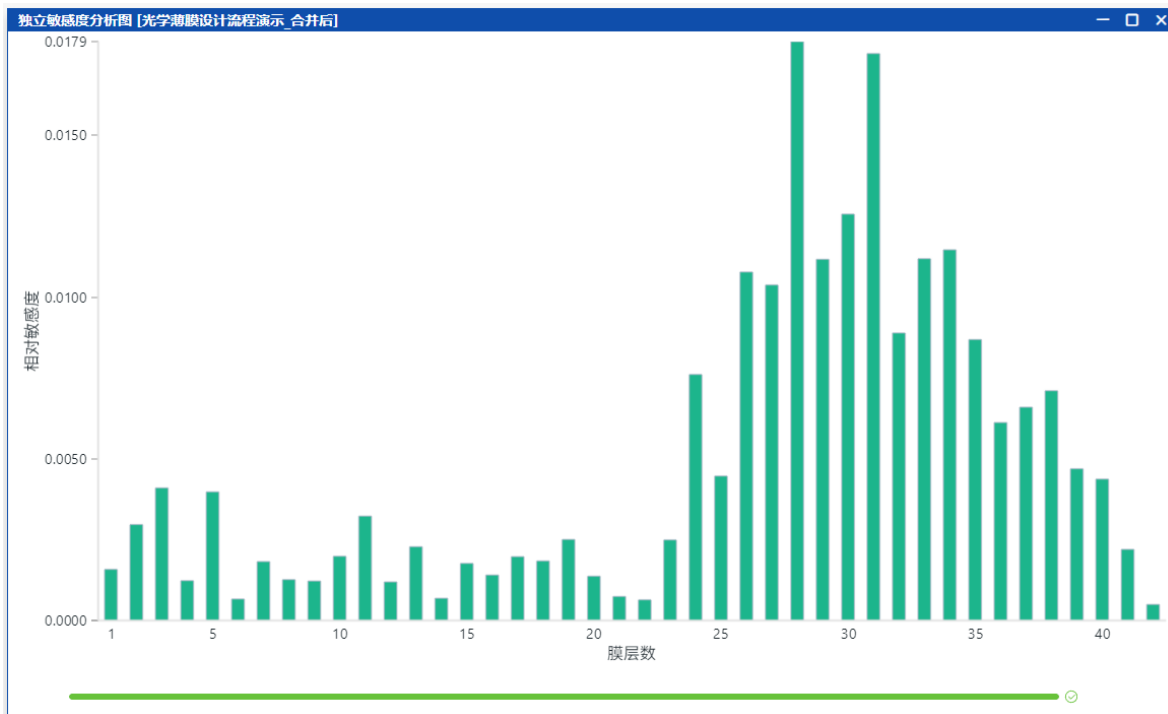
1. 敏感度分析策略：包括扰动方式，指标计算方式等。详见用户手册独立敏感度分析章节。
2. 误差配置：敏感度分析采用与误差分析相同的误差配置方式，默认自动继承误差分析中的相关设置。

3.



3.灵敏度分析依赖于评价函数，因此需要在此进行配置。配置方式有两种：

- 第一种方式是与优化过程中相同的配置方法，在此处重新设置评价函数。
- 第二种是在项目层级预先定义好评价函数，之后在任何使用评价函数的功能中，都可以通过点击“从项目评价函数中复制”来快速复制并应用该配置。



独立敏感度分析结果如右图所示，可以看出第28层和第31层的敏感度最高，说明这两层的参数误差对整体性能的影响最大。为提升系统的稳健性，后续可考虑通过更换材料或优化结构等方式降低其敏感度。

内容	信息
标题	基础设计流程演示
文档编号	VLU-T_20250714_01
文档版本	1.0
发布日期	2025/07/14
所需软件包	光学薄膜设计工具包 v1.0
软件版本	2025R1
分类	操作指南

包罗万象

All Inclusive

迅捷高效

Efficient and Fast



<http://www.luoxun.com/>