

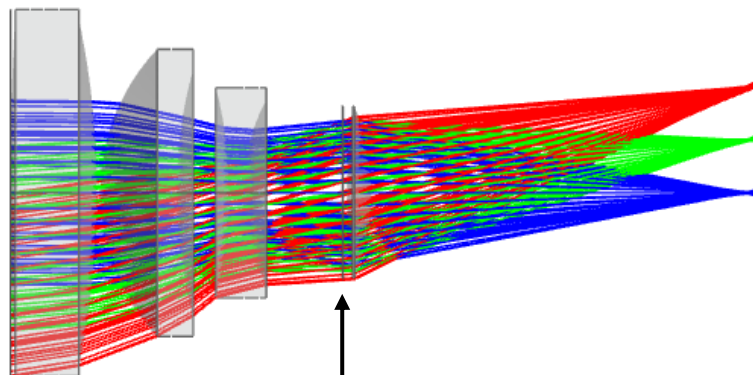
# 幻灯机物镜



图1: 幻灯机物镜 [【1】](#)

幻灯机物镜广泛应用于教育演示、商业展示与家庭娱乐等领域，凭借其复消色差与高透光率设计，实现了高亮度投影与高清晰成像的结合，具有色彩还原真实、畸变控制优良和适应多种投影距离等优点。在本案例中，将通过设计一个典型的幻灯机物镜光学系统，演示在 VLU 中的光学设计流程，包括初始结构建立、像差分析、评价函数定义、优化。

物面



像面

- 最大RMS光斑半径
- 畸变
- MTF

光阑

## 物体规格:

- 平面波尺寸: 由像方空间F数定义
- 波长: 0.48 ~ 0.64  $\mu\text{m}$ 
  - 推荐使用 0.48  $\mu\text{m}$ 、0.515  $\mu\text{m}$ 、0.546  $\mu\text{m}$ 、0.59  $\mu\text{m}$ 、0.64  $\mu\text{m}$
- 视场: 由角度定义
  - 推荐使用  $(0^\circ, 0^\circ)$ 、 $(0^\circ, 6^\circ)$ 、 $(0^\circ, 12^\circ)$

## 系统规格:

1. 像方F数: 2.8
2. 焦距: 4 mm

## 像质要求:

1. 最大RMS光斑半径:  $\rightarrow 1$  DL
2. 畸变:  $\rightarrow 1\%$
3. MTF:  $> 50\%$  在 100 lps/mm

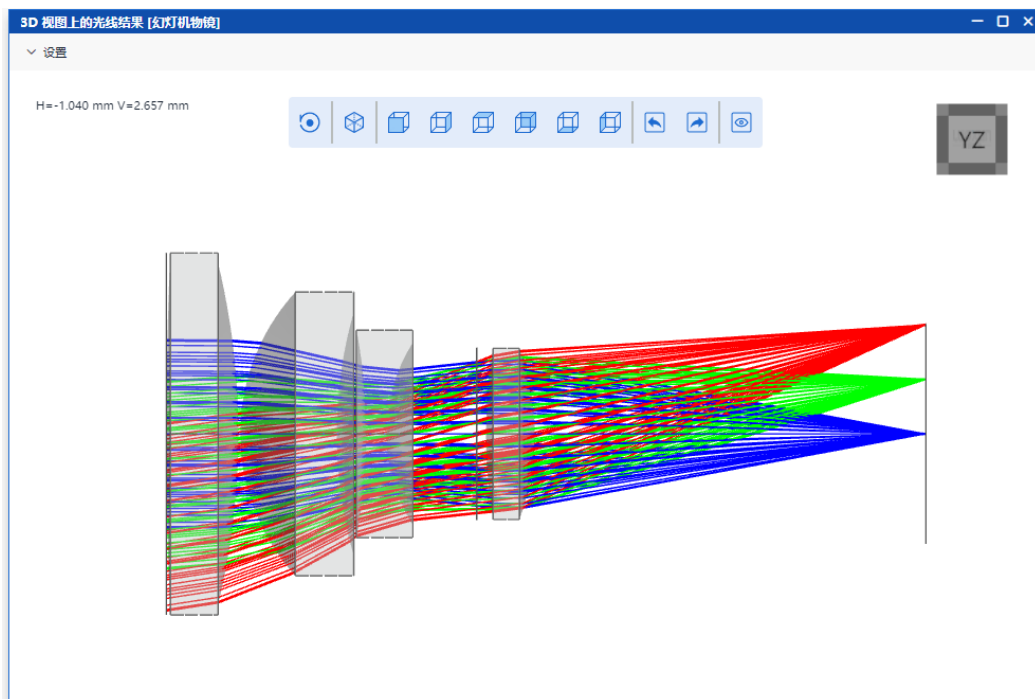
## 额外系统限制:

## 加工要求:

1. 最小中心玻璃厚度: 0.09 mm
2. 最小边缘玻璃厚度: 0.08 mm
3. 最小中心空气厚度: 0.02 mm
4. 最小边缘空气厚度: 0.015 mm
5. 材料折射率: 1.5 - 1.73
6. 材料阿贝数: 25 - 65

# 设计结果

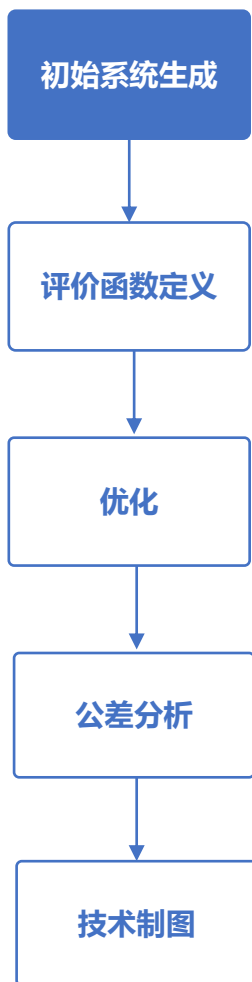
- 设计结果如下，像质，[系统规格](#)、[额外系统限制](#)以及[加工要求](#)均满足预期设计目标。



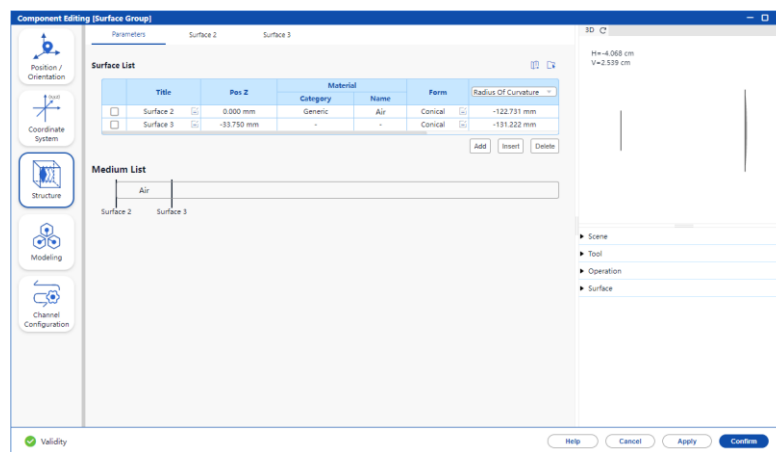
优化后系统的3D光线追迹视图

像质要求	初始系统	优化后的系统	目标
1. 最大RMS光斑半径	12.022 $\mu\text{m}$	2.738 $\mu\text{m}$	→1DL (2.779 $\mu\text{m}$ )
2. 畸变	1.53%	1%	→ 1%
3. MTF 在 100 lps/mm	6.1%	50.7 %	> 50 %

# 工作流程

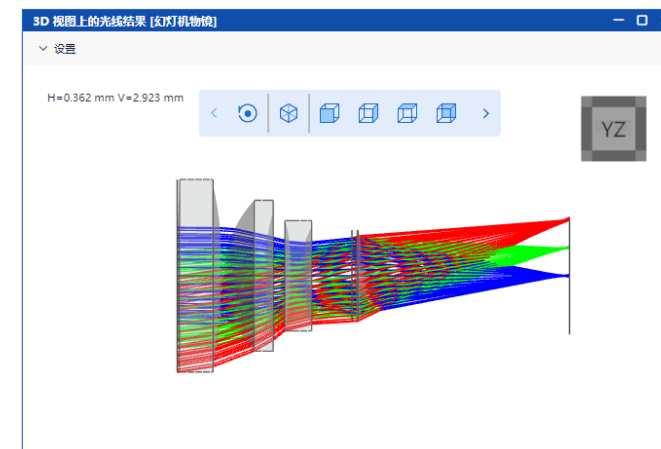


根据案例说明，可以选择[设计实例](#)中提供的幻灯机物镜数据作为初始系统：

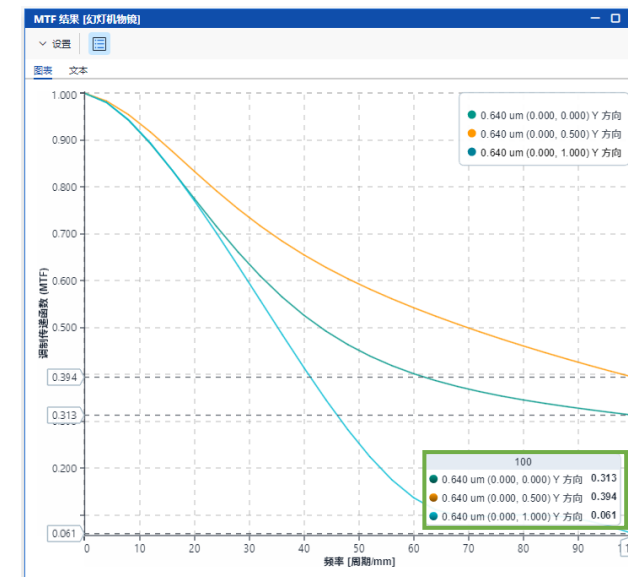
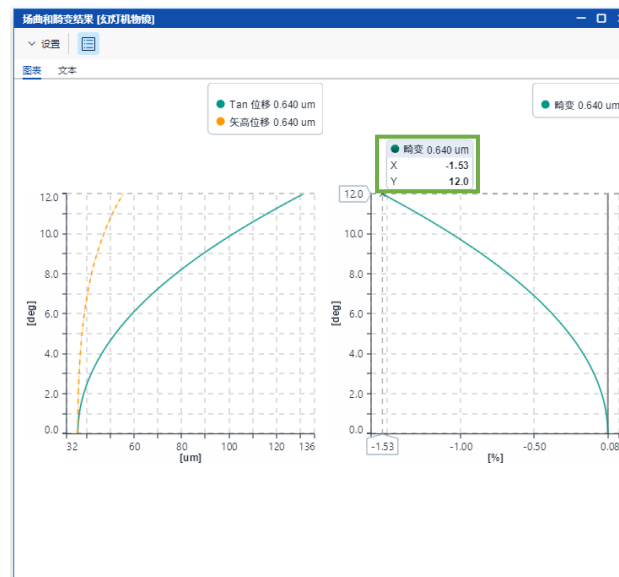
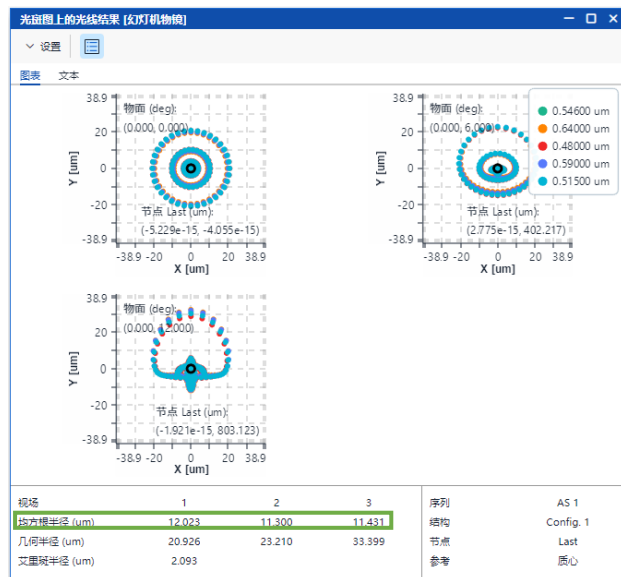
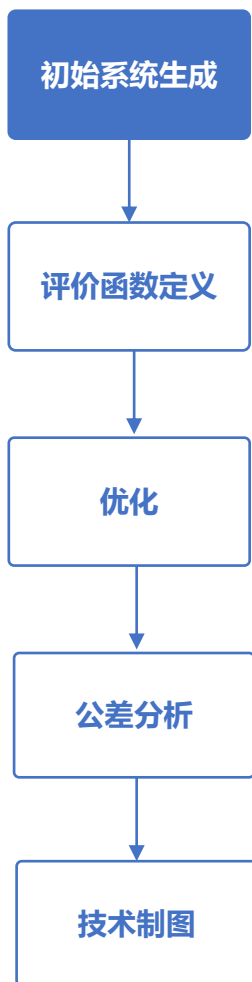


幻灯机物镜系统的结构被手动搭建

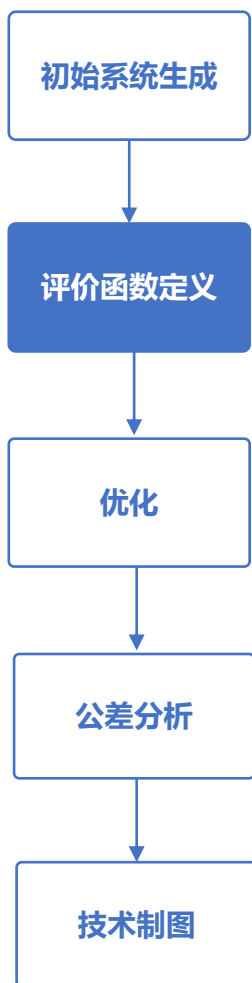
- 
- 改变焦距
  - 调整像距
  - 调整镜片距离



得到的最终初始系统



像质要求	初始系统	目标
1. 最大RMS光斑半径	12.023 um	→1DL (2.093 um)
2. 畸变	1.53%	→1%
3. MTF 在 100 lps/mm	6.1%	> 50 %



- 根据系统规格、额外系统限制以及像质与加工要求，定义了各种与之对应的评价函数。

评价函数ID: 0.84738409

ID	评估	权重	评价标准	值	% 贡献
1	Optical Property				
1.1	Focal Length (Paraxial)	10.00000000	= 4.00000000 mm	3.86615334 mm	21.14144860
2	Dimension				
2.1	Min Center Thickness	10.00000000	= 0.00000000 mm	0.05000001 mm	2.95025670
2.2	Min Edge Thickness	10.00000000	= 0.00000000 mm	0.18934668 mm	42.30922692
2.3	Min Center Thickness	10.00000000	= 0.00000000 mm	0.00000000 mm	0.00000000
2.4	Min Edge Thickness	10.00000000	= 0.00000000 mm	0.00000000 mm	0.00000000
3	Aberration				
3.1	Distortion Percentages	1.00000000	= 1.00000000	1.53254089	33.46768091
4	Material				
4.1	Min Abbe Number	0.10000000	= 0.00000000	0.00000000	0.00000000
4.2	Max Abbe Number	0.10000000	= 0.00000000	0.00000000	0.00000000
4.3	Min Index	1.00000000	= 0.00000000	0.00000000	0.00000000
4.4	Max Index	1.00000000	= 0.00000000	0.00000000	0.00000000
5	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	9.26306091e-3 mm	0.01012579
6	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.49484309e-3 mm	8.51589731e-3
7	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.27536577e-3 mm	8.08153932e-3
8	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.60456596e-3 mm	8.73730769e-3
9	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.06007145e-3 mm	7.66650595e-3
10	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.42074926e-3 mm	8.36799025e-3
11	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	9.53043603e-3 mm	0.01071878
12	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.56950308e-3 mm	8.66624520e-3
13	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	7.99736271e-3 mm	7.54767655e-3
14	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.96977635e-3 mm	9.49473664e-3
15	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.31235804e-3 mm	8.15395249e-3
16	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.36615864e-3 mm	8.25984476e-3
17	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	9.42924547e-3 mm	0.01049237
18	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.57481015e-3 mm	8.67698248e-3
19	Spot Radius RMS	1.00000000	= 0.00000000 mm	8.17217970e-3 mm	7.88125736e-3

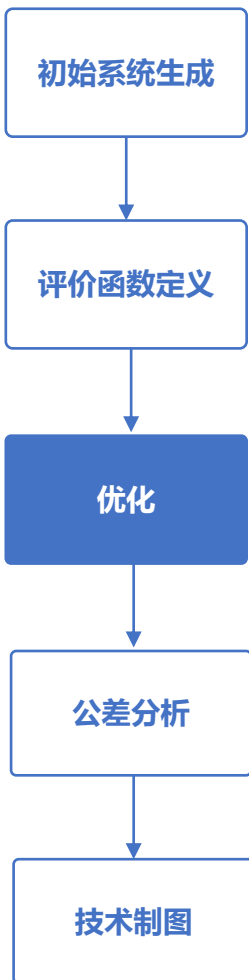
系统规格 2

加工要求 1-4

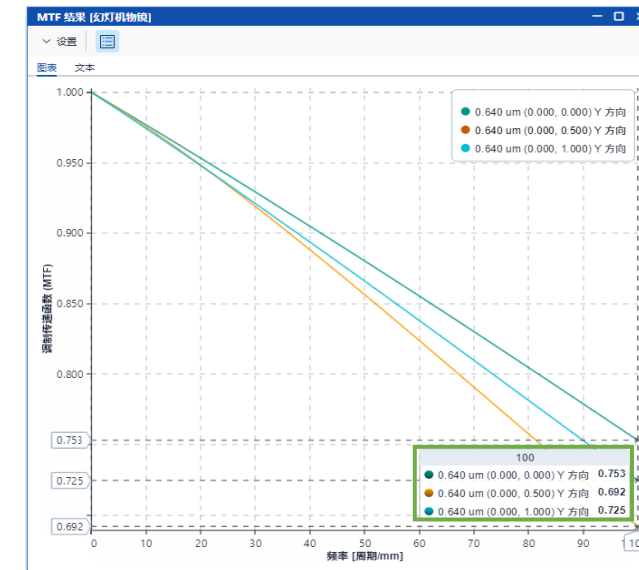
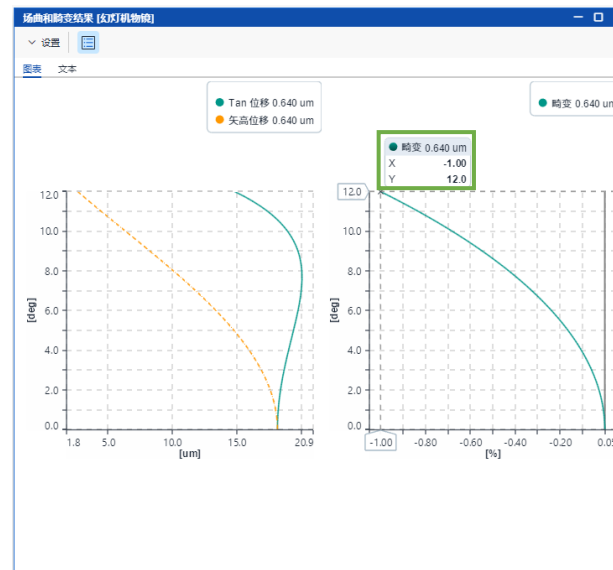
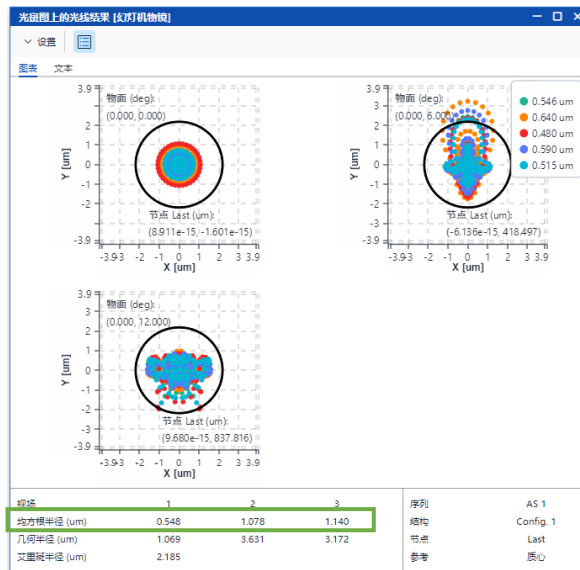
像质要求 2

加工要求 5-6

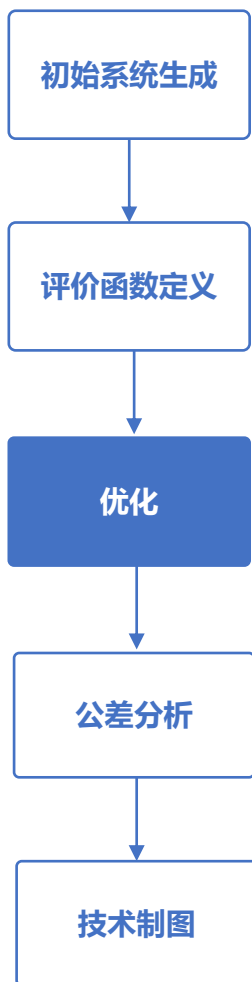
像质要求 1, 3



- 通过采用POWELL算法进行优化后，满足了像质要求 1-3、系统规格 2以及加工要求 1-6。



像质要求	优化后的系统	目标
1. 最大RMS光斑半径	1.14 um	→1DL (2.093 um)
2. 畸变	1%	→1%
3. MTF 在 100 lps/mm	69.2%	> 50 %



- 通过采用POWELL算法进行优化后，满足了像质要求 1-3、**系统规格 2**以及**加工要求 1-6**，此外**系统规格1**在生成初始系统时已满足。

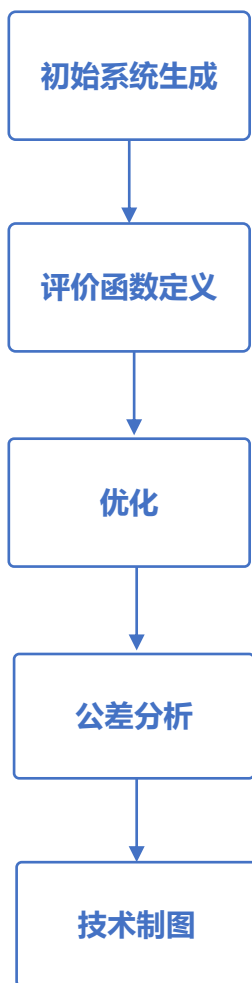
∨ ∴ 1	Optical Property				
∴ 1.1	Focal Length (Paraxial)	10.00000000	= 4.00000000 mm	3.99999959 mm	1.20482385e-5
∨ ∴ 2	Dimension				
∴ 2.1	Min Center Thickness	10.00000000	= 0.00000000 mm	0.00000000 mm	0.00000000
∴ 2.2	Min Edge Thickness	10.00000000	= 0.00000000 mm	0.00000000 mm	0.00000000
∴ 2.3	Min Center Thickness	10.00000000	= 0.00000000 mm	1.25254808e-6 mm	1.14762162e-4
∴ 2.4	Min Edge Thickness	10.00000000	= 0.00000000 mm	5.44701789e-7 mm	2.17033868e-5
∨ ∴ 3	Aberration				
∴ 3.1	Distortion Percentages	1.00000000	= 1.00000000	0.99999677	7.63738664e-5
∨ ∴ 4	Material				
∴ 4.1	Min Abbe Number	0.10000000	= 0.00000000	0.00000000	0.00000000
∴ 4.2	Max Abbe Number	0.10000000	= 0.00000000	0.00000000	0.00000000
∴ 4.3	Min Index	1.00000000	= 0.00000000	0.00000000	0.00000000
∴ 4.4	Max Index	1.00000000	= 0.00000000	0.00000000	0.00000000

系统规格 2

加工要求 1-4

加工要求 5-6

其他要求	优化后的系统	目标
焦距	3.999 mm	= 4 mm



指南链接	
	<a href="#">镜头设计模板工具</a>
	<a href="#">评价函数定义流程</a>
	<a href="#">优化流程</a>
	<a href="#">公差分析流程</a>
	<a href="#">技术制图工具</a>