

# 六：三阶像差的重要性

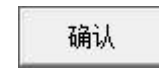
---

**SYNOPTSYS**光学设计软件

---

# 设置工作目录

- 选择**Dbook-II** 工作目录




参考Donald Dilworth 《Lens Design(Second Edition) Automatic and quasi-autonomous computational methods and techniques》 第7章

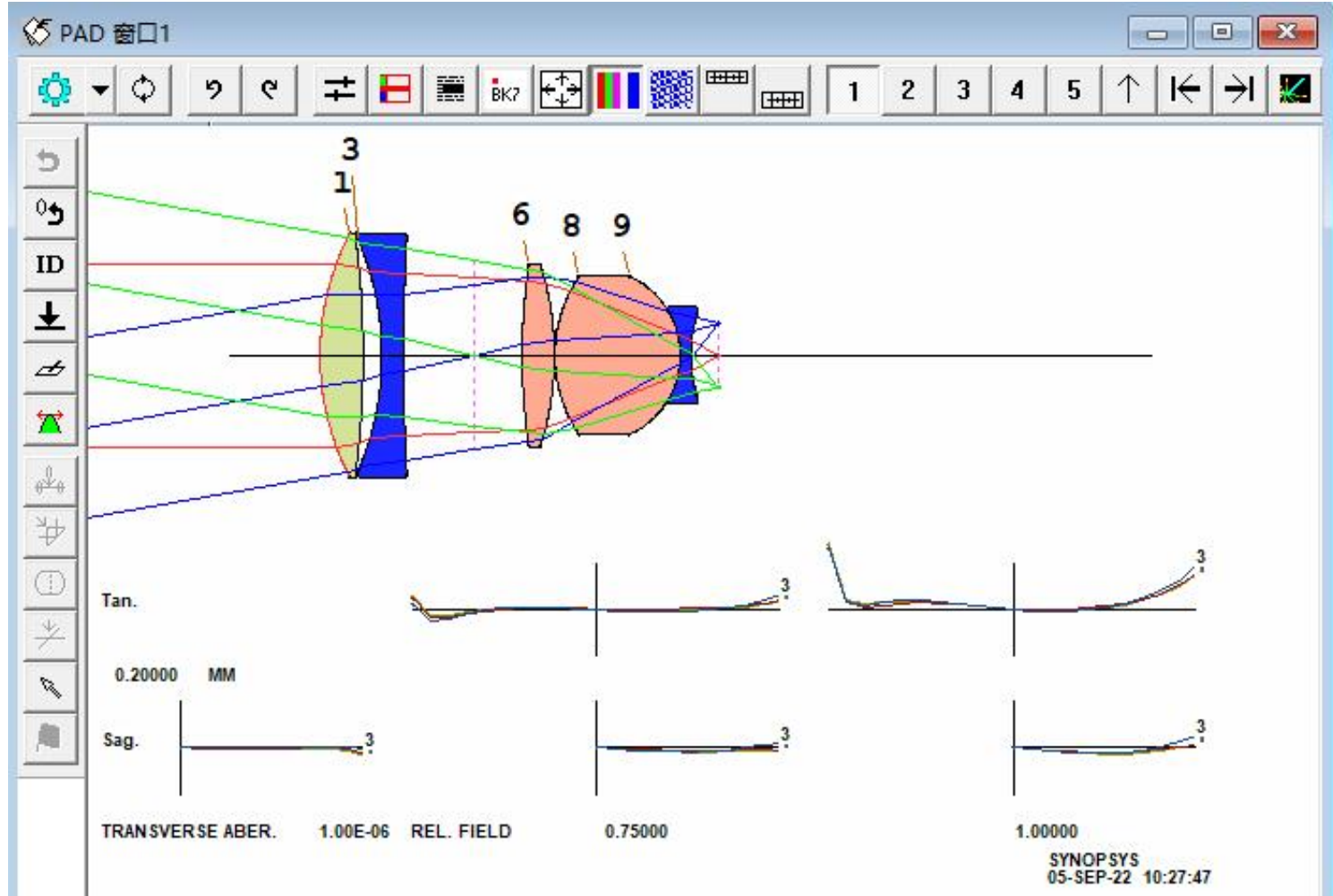
- 这是一个五片式透镜:

```
RLE
ID FIVE-ELEMENT LENS          124
WAVL .6562700 .5875600 .4861300
APS      5
UNITS MM
OBB      0.000000  10.00000  25.40000  -8.63996  0.00000  0.00000  25.40000
MARGIN1.270000
BEVEL 0.254001
0      AIR
1 RAD      73.92959600000000  TH      12.00000000
1 N1 1.79798347 N2 1.80318130 N3 1.81530119
1      GTB S      'LASFN30 '
1      EFILE EX1 34.000000 34.000000 34.000000 0.000000
1      EFILE EX2 34.000000 34.000000 0.000000
2      RAD      -263.9335099999995  TH      5.22356650 AIR
2      EFILE EX1 34.000000 34.000000 34.000000
3      RAD      -81.35052300000000  TH      6.00000000
3      N1 1.83648474 N2 1.84664080 N3 1.87201161
3      CTE      0.830000E-05
3      GTB S      'SF57      '
3      EFILE EX1 31.841015 33.619003 34.000000 0.000000
3      EFILE EX2 33.365005 33.365005 0.000000
```

```
4 RAD 553.8617899999995 TH 19.92504900 AIR
4 EFILE EX1 33.365005 33.365005 34.000000
5 CV 0.000000000000000 TH 13.18557900 AIR
6 RAD 169.2089400000000 TH 9.00000000
6 N1 1.67418625 N2 1.67790015 N3 1.68646733
6 GTB S 'LAKN12 '
6 EFILE EX1 25.241916 25.241916 25.495917 0.000000
6 EFILE EX2 25.241916 25.241916 0.000000
7 RAD -83.9867310000000 TH 0.10051658 AIR
7 EFILE EX1 25.241916 25.241916 25.495917
8 RAD 39.2493850000000 TH 34.99484900
8 N1 1.67418625 N2 1.67790015 N3 1.68646733
8 GTB S 'LAKN12 '
8 EFILE EX1 22.063038 22.063038 22.063038 0.000000
8 EFILE EX2 22.063038 22.063038 0.000000
9 RAD -24.3037950000000 TH 3.00000000
9 N1 1.79607463 N2 1.80516268 N3 1.82772732
9 CTE0.810000E-05
9 GTB S 'SF6 '
9 EFILE EX1 12.935701 12.935701 13.697701 0.000000
9 EFILE EX2 11.336482 13.443700 0.000000
10 RAD 38.6888290000000 TH 7.79631890 AIR
10 EFILE EX1 11.336482 13.443700 13.697701
11 CV 0.000000000000000 TH 0.00000000 AIR
```

END

- 点击运行按钮 



- 制作一个可以有效控制三阶像差的优化MACro。
- 在EE编辑器中，输入（L6M1.MAC）

PANT

```
VLIST RAD ALL  
VLIST TH ALL  
VLIST GLM 1 3 6 8 9  
END
```

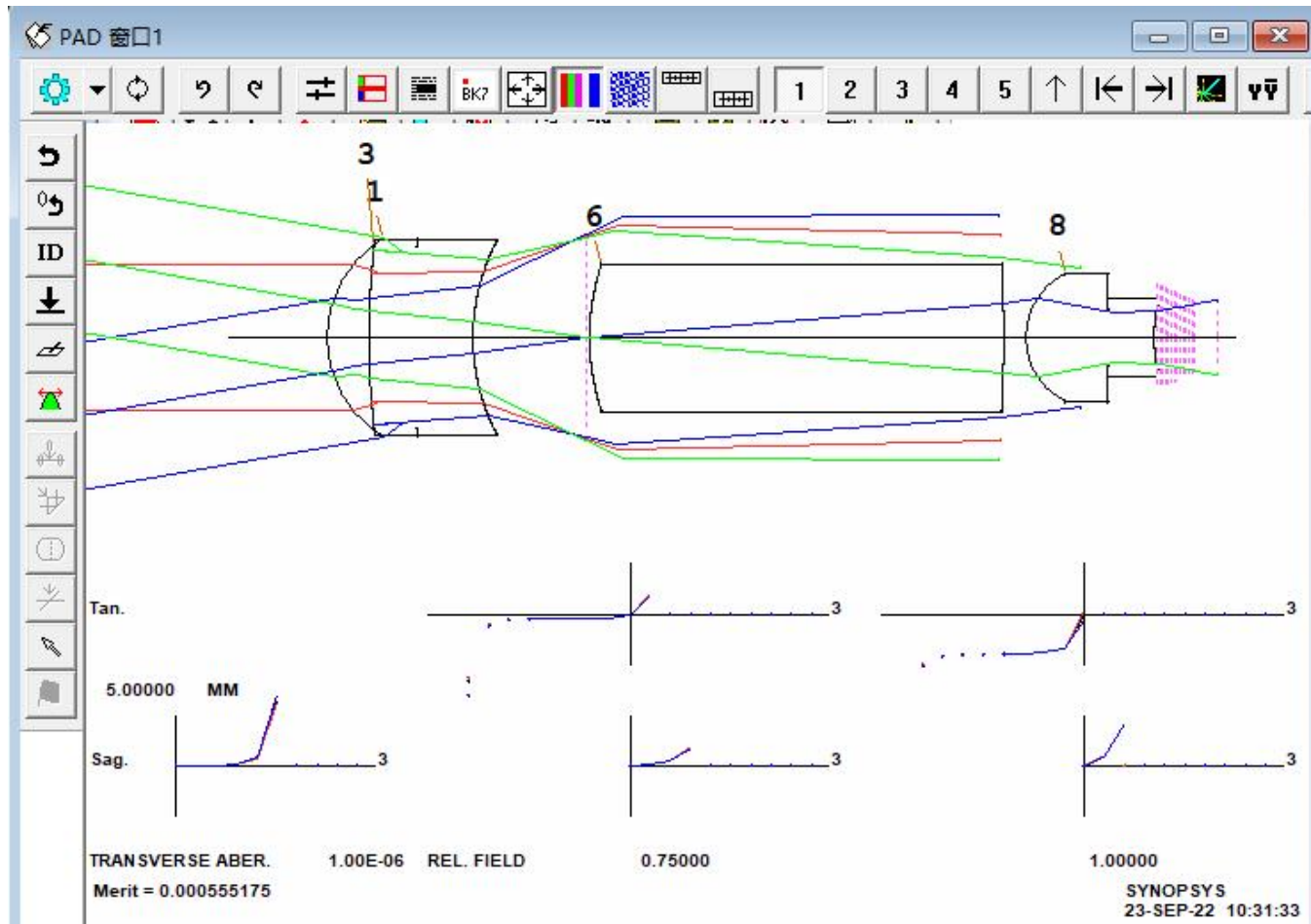
AANT

```
M 1 1 A FNUM  
M 7.8 1 A BACK  
M 0 1 A DELF  
M 0 1 A SA3  
M 0 1 A CO3  
M 0 1 A TI3  
M 0 1 A SI3  
M 0 1 A PETZ  
M 0 1 A DI3  
M 0 1 A PAC  
M 0 1 A SAC  
M 0 1 A PLC  
M 0 1 A SLC  
END
```

SNAP

```
SYNO 30
```

- 我们运行这个MACro, 得到了一个糟糕的结果!



# 三阶像差

- 我们用命令查看三阶像差，在命令窗口输入THIRD

```
SYNOPSIS 命令窗口 1
SYNOPSIS AI>THIRD
ID FIVE-ELEMENT LENS 124          7          05-SEP-22  11:21:07
THIRD-ORDER ABERRATION ANALYSIS
FOCAL LENGTH  ENT PUP SEMI-APER  GAUSS IMAGE HT
   50.819          25.400          8.961
THIRD-ORDER ABERRATION SUMS
      SPH ABERR      COMA  TAN ASTIG  SAG ASTIG      PETZVAL  DISTORTION
      (SA3)      (CO3)      (TI3)      (SI3)      (PETZ)  (DI3 (FR))
   3.035E-05  1.541E-05   0.00014  -0.00032  -0.00055  -0.00899
PARAXIAL CHROMATIC ABERRATION SUMS
      AX COLOR  LAT COLOR  SECDRY AX  SECDRY LAT
      (PAC)      (PLC)      (SAC)      (SLC)
   -0.00505  -0.00189   0.01987   0.00704
SYNOPSIS AI>
```



# 初始透镜像差

- 结果显示 这些像差非常小。看看初始透镜像差：

```
SYNOPTSYS 命令窗口 1
SYNOPTSYS AI>THIRD
ID FIVE-ELEMENT LENS 124          7          05-SEP-22   11:28:39
THIRD-ORDER ABERRATION ANALYSIS
FOCAL LENGTH  ENT PUP SEMI-APER  GAUSS IMAGE HT
   50.799                25.400                8.957
THIRD-ORDER ABERRATION SUMS
      SPH ABERR      COMA  TAN ASTIG  SAG ASTIG      PETZVAL DISTORTION
      (SA3)          (CO3)  (TI3)   (SI3)      (PETZ)  (DI3 (FR))
      -0.01812     -0.03732  -0.04232  -0.08743  -0.10998  -0.01754
PARAXIAL CHROMATIC ABERRATION SUMS
      AX COLOR  LAT COLOR  SEC DRY AX  SEC DRY LAT
      (PAC)     (PLC)     (SAC)     (SLC)
      0.02653   0.01293   0.01665   0.00407
SYNOPTSYS AI>
```

- 这些像差要大得多 - 但初始透镜性能要好得多！所以在像差平衡方面，不要试图将像差校正到极端状态。
- 因为，当透镜制造偏差越大，三阶像差变化最快。因此，我们定义了一组可以放入AANT文件的八个定义像差的命令：  
**SAT COT ACD ACT ECD ECT ESA ECO**

SAT	表面对球差的贡献的平方和SA3。
COT	表面对慧差贡献的平方和CO3。
ACD	每个表面偏心时CO3变化量的平方和。
ACT	每个表面倾斜时CO3变化量的平方和。
ECD	每种元件偏心时CO3变化量的平方和。
ECT	每个元件倾斜时CO3变化量的平方和。
ESA	元件对球差的贡献的平方和SA3。
ECO	元件对慧差贡献的平方和CO3。

# 优化透镜

- 优化了下面所示的透镜，并以目标波前权重0.05运行BTOL。

RLE

ID 8-ELEMENT TELEPHOTO 236

FNAME 'L6L2.RLE'

MERIT 0.145212E-01

LOG 236

WAVL .6562700 .5875600 .4861300

APS 4

GLOBAL

UNITS MM

OBB 0.000000 5.00000 25.40000 -0.88448 0.00000 0.00000

25.40000

0 AIR

1 RAD 107.5431718565176 TH 11.00000000

1 N1 1.61726800 N2 1.62040602 N3 1.62755182

1 CTE 0.630000E-05

1 GTB S 'SK16'

2 RAD -349.2713337442812 TH 3.00000000

2 N1 1.69220502 N2 1.69894060 N3 1.71544645

2 CTE 0.790000E-05

2 GTB S 'SF15'

3 RAD -2.9912862137173E+05 TH 1.00000001 AIR

TH 1.00000001 AIR

TH 5.00000000

5 N1 1.51981155 N2 1.52248493 N3 1.52859442

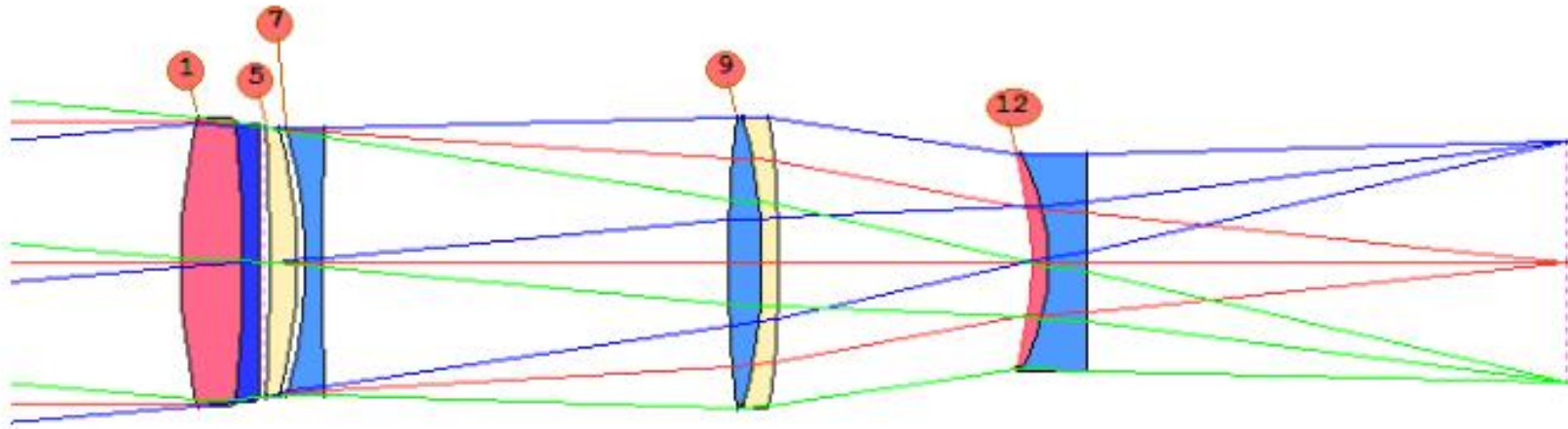
5 CTE 0.820000E-05

5 GTB S 'K5'

```

6      RAD      -90.4865897926554    TH      1.35282284      AIR
7      RAD      -87.2286998720792    TH      3.00000000
7 N1 1.61502503 N2 1.62003267 N3 1.63207204
7 CTE 0.820000E-05
7 GTB S      'F2      '
8      RAD      491.7930148457936    TH      73.15839431      AIR
9      RAD      218.6390525466715    TH      6.00000000
9 N1 1.61502503 N2 1.62003267 N3 1.63207204
9 CTE 0.820000E-05
9      GTB S      'F2      '
10     RAD      -99.1627747164714    TH      3.00000000
10 N1 1.51981155 N2 1.52248493 N3 1.52859442
10 CTE      0.820000E-05
10     GTB S      'K5      '
11     RAD      -182.3746109793576    TH      45.48880137      AIR
12     RAD      -67.5075897018110    TH      3.00000000
12 N1 1.61726800 N2 1.62040602 N3 1.62755182
12 CTE      0.630000E-05
12     GTB S      'SK16     '
13     RAD      -40.7083005956173    TH      7.00000000
13 N1 1.61502503 N2 1.62003267 N3 1.63207204
13 CTE      0.820000E-05
13     GTB S      'F2      '
14     RAD      -832.2479524920537    TH      86.31660394      AIR
14     CV      -0.00120156
14     UMC      -0.10260000
14     TH      86.31660394
14     YMT      0.00000000
15     CV      0.00000000000000    TH      0.00000000      AIR
    
```

- 透镜视图如下：



# 标称数据

- 一些公差降低得非常快速，如下表所示，其中标称数据是针对此透镜的。

	3 TH	6 wedge	7 tilt	5 YDC	7 YDC	9 YDC	12 YDC
Nominal	0.034	0.23 min	0.24 min.	0.0042	0.0034	0.0053	0.0086
Case A	0.091	0.67	0.42	0.011	0.009	0.011	0.011
Case B	0.112	0.87	0.89	0.015	0.018	0.025	0.014

- 1.运行命令THIRD SENS, 查看这些参数的当前值。

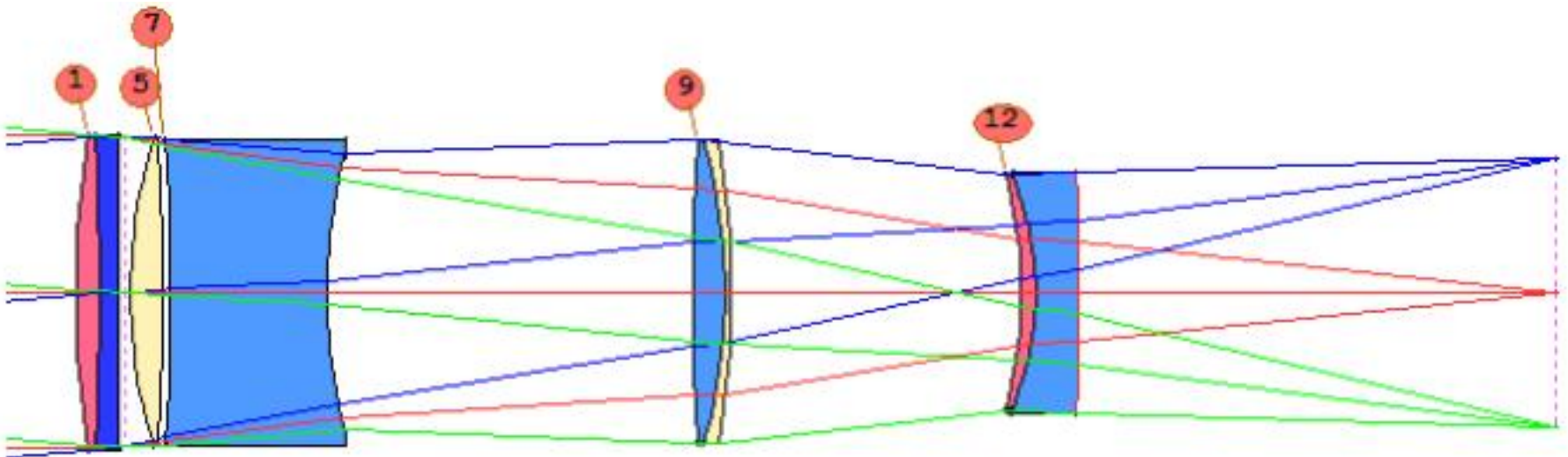
```
THIRD SENS
ID 8-ELEMENT TELEPHOTO

NORMALIZED 3RD-ORDER ANALYSIS OF TOLERANCE SENSITIVITY

SS  OF  SA3 BY SURFACE (SAT) =          85.107903
SS  OF  CO3 BY SURFACE (COT) =          21.404938
SS  OF  CO3/YDC BY SURFACE (ACD) =       0.007657
SS  OF  CO3/TILT BY SURFACE (ACT) =      73.889722
SS  OF  CO3/YDC BY ELEMENT (ECD) =       0.003941
SS  OF  CO3/TILT BY ELEMENT (ECT) =      31.259708
SS  OF  SA3 BY ELEMENT (ESA) =           1.944190
SS  OF  CO3 BY ELEMENT (ECO) =           0.492351
```

# 控制ECD值

- 2. 主要关注中心误差，可能会尝试降低ECD的值，即当元件偏心变化时，C03的变化。让我们添加到AANT文件（在L6M2.MAC中）的行M .001 100 A ECD
- 在这个例子中，控制ECD的值，即可得到透镜。





# 控制ECD后的公差数据

## THIRD SENS

ID 8-ELEMENT TELEPHOTO

NORMALIZED 3RD-ORDER ANALYSIS OF TOLERANCE SENSITIVITY

SS OF SA3 BY SURFACE (SAT) = 7.027782

SS OF CO3 BY SURFACE (COT) = 4.876613

SS OF CO3/YDC BY SURFACE (ACD) = 0.001649

SS OF CO3/TILT BY SURFACE (ACT) = 19.621736

SS OF CO3/YDC BY ELEMENT (ECD) = 0.001064

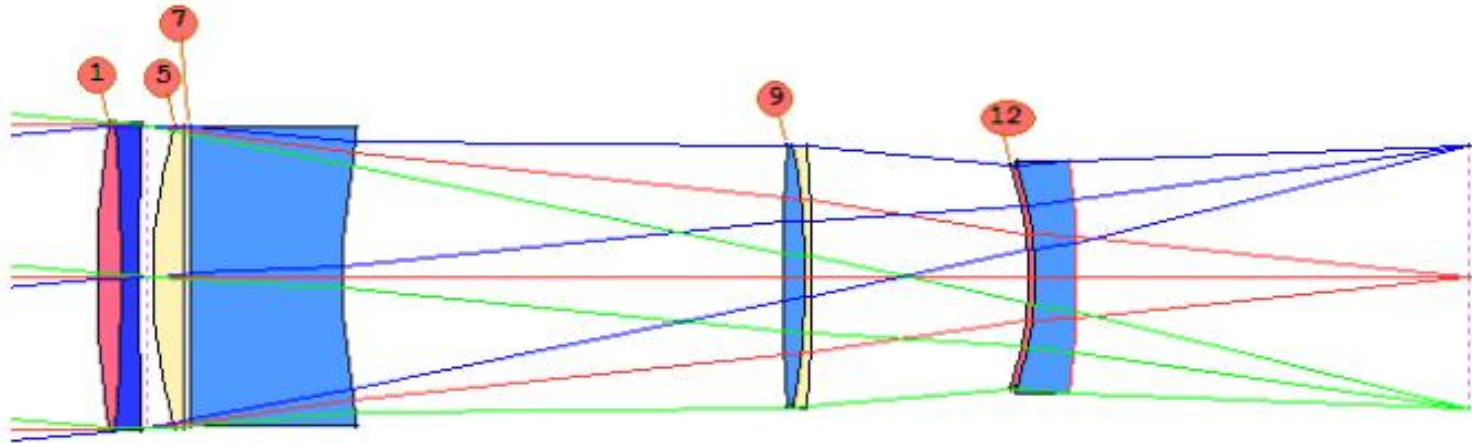
SS OF CO3/TILT BY ELEMENT (ECT) = 8.602740

SS OF SA3 BY ELEMENT (ESA) = 0.185606

SS OF CO3 BY ELEMENT (ECO) = 0.127624

- 即使我们只针对其中一个（**ECD**），请注意所有值都已更改。该透镜的公差列于上表中的情况**A.**。显然，现在的公差要宽松得多，尽管这对制造商来说仍然是一个挑战。

- 将ACT的值定为7.0，即标称值的1/10。修改为 M 7 1 AACT
- 透镜视图如下：



- 公差列在上面的案例B中。对于一些公差来说，这可能是更好的预估。（我们忽略了本课程的可制造性问题：某些元件太薄，应该使用ACM监视器进行控制。
- 如果表面13和14处的元件非常敏感，您可以尝试输入  
M 0 .1 A SECTION SA3 13 14

## SYNOPTSYS技术交流群



QQ群号：965722997

更多信息敬请关注：



- 技术交流



- 软件更新信息