

# The inspection and application of aberration correction lens

## 单焦点像差矫正镜片的检测和应用

目前市场上的单焦点镜片绝大多数为非球面镜片，而当前的非球面镜片在制造和检测方面标准混乱，产品质量良莠不齐，本文是作者们经过实验检测所得出的一些观点，在此与大家分享。

文 ◆ 陈晓翌 & 冯涛 & 姚飞

### 1. 面形检测标准混乱，产品质量良莠不齐

作者尝试使用以色列 ROTLEX 公司的 CLASSPLUS 面形扫描仪检测不同品牌 1.56 折射率 -2.00D 普通非球面镜片从中心到边缘 20mm 口径的平均屈光度变化量，检测结果差异很大（见图 1-4）：

使用尼德克焦度计检测的结果与此相似（见表 1）。

各品牌 -2.00D 镜片	某合资品牌	某欧洲品牌	某日本品牌	某国内品牌
20mm SE 值变化	0.16D	0.08D	0.36D	-0.12D

表 1：使用尼德克焦度计检测结果

使用 ROTLEX 公司 CLASSPLUS 面形扫描仪检测不同品牌 1.67 折射率 -6.00D 双非球面镜片 20mm 口径处的平均屈光度变化量，检测结果同样差异极大（见图 5-7）：

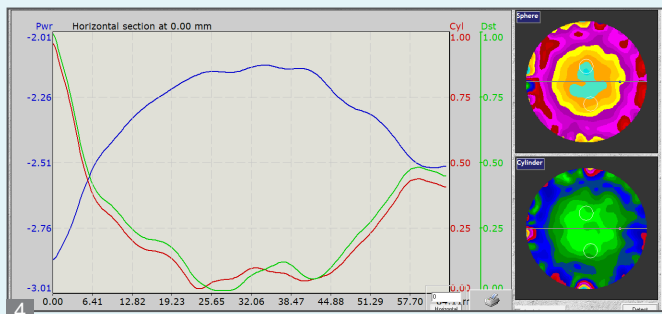
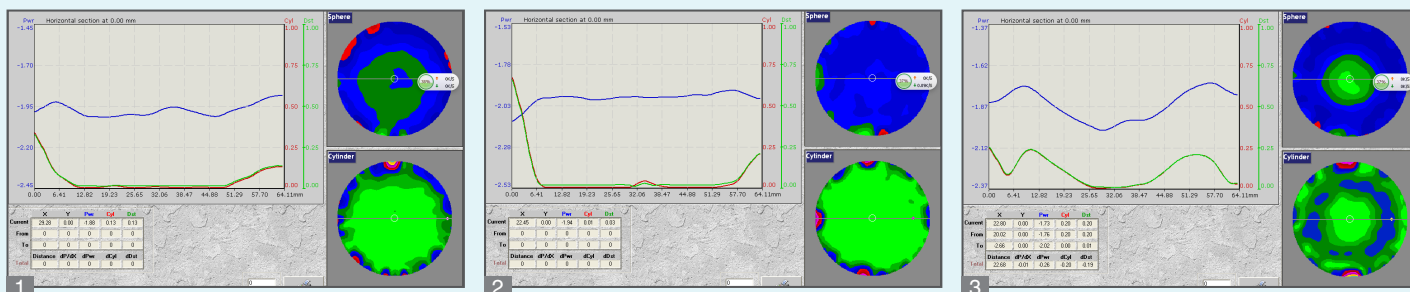


图 1：某合资品牌镜片，非球面度较低，平均屈光度变化量为 0.10D 左右；面型稍显不平整，有少量偏心，中心球面范围较大

图 2：某欧洲品牌镜片，非球面度很低，平均屈光度变化量低于 0.05D，面型较平整，无偏心，无突变

图 3：某日本品牌镜片，非球面度基本达到理论设计较高值，平均屈光度变化量为 0.26D，面型较平整，但此类设计对镜片装配位置的准确性要求较高

图 4：某国内品牌镜片，边缘屈光度现明显增大，疑似用球面镜片混充

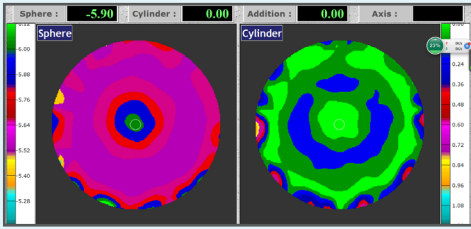


图 5: 某国产品牌镜片, 平均屈光度变化量为 0.46D

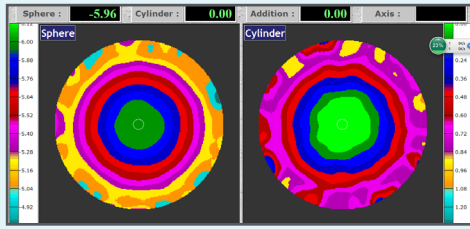


图 6: 某日本品牌镜片, 平均屈光度变化量为 0.67D

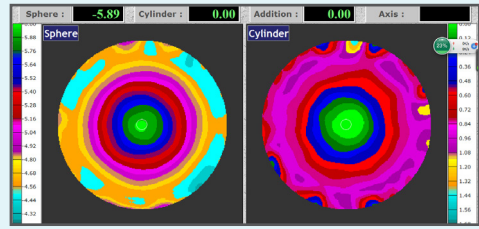


图 7: 某国产品牌镜片, 平均屈光度变化量为 0.88D

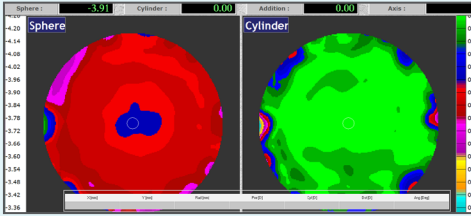


图 8: CLASSPLUS2000: -4.00D 镜片

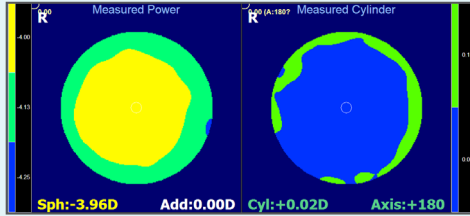


图 10: FFV: -4.00D 镜片

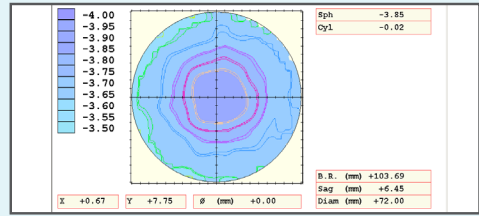


图 12: VM2500 -4.00D 镜片

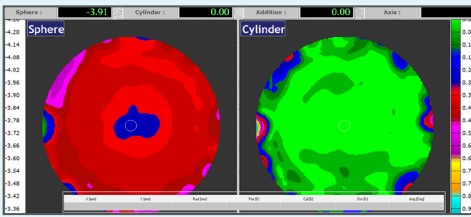


图 9: CLASSPLUS2000 -6.00D 镜片

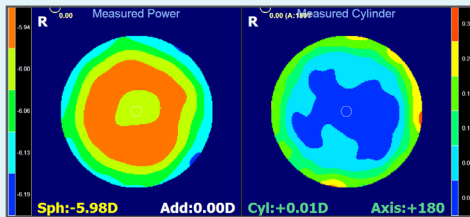


图 11: FFV: -6.00D 镜片

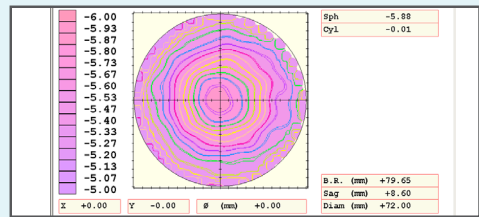


图 13: VM2500 -6.00D 镜片

以上结果不仅涉及镜片的设计原则, 还需考虑镜片在制造过程中可能产生的变形因素: 镜片设计、模具设计、模具制造、镜片浇注等, 每一道过程都可能造成镜片的变形。

### 2. 标准检测仪器缺失

单焦点镜片的面形检测所面对的困境不仅是国家标准的欠缺, 还有权威检测仪器的缺失, 因此, 出厂标准也难以制定。

用不同面形检测设备 (均为主流国际通用设备) 检测屈光度为 -4.00D 和 -6.00D 的两片非球面镜片的平均屈光度检测结果如下 (见图 8-13) :

用不同仪器检测同一非球面镜片 20mm 口径的平均屈光度变化量结果如表 2 所示, 可以看出差异很大。

测量仪器	焦度计	CLASSPLUS	ROTLEX	VISIONIX	AR DUAL
镜片光度	SE 值	2000	FFV	VM2500	MAPPER
-4.00D	0.34	0.14	0.04	0.17	0.08
-6.00D	0.51	0.32	0.08	0.36	0.08

表 2: 不同仪器检测同一非球面镜片 20mm 口径平均屈光度变化量

### 3. 像差矫正镜片的设计原理

未经像差矫正或矫正不良的镜片的边缘离轴像差示意图见 (图 14-17) :

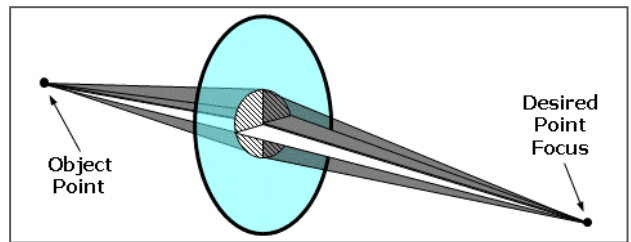


图 14: 物体光线通过镜片中心部分的正常聚焦

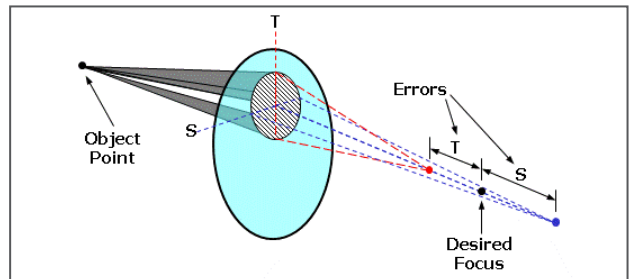


图 15: 物体光线通过镜片边缘形成子午及弧矢方向光度差 (Power Error), 合称平均光焦度差 (Mean Power Error 或 MOE)

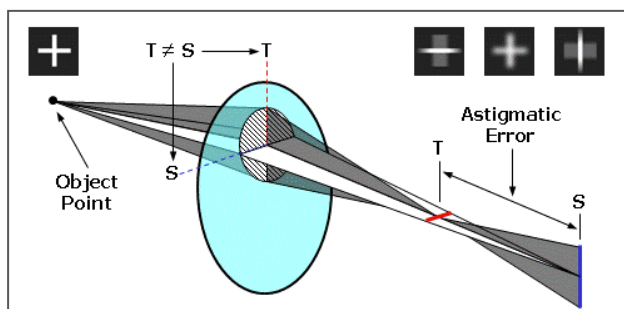


图 16: 光线经镜片边缘入射时形成的斜散像差 (Oblique Astigmatism)

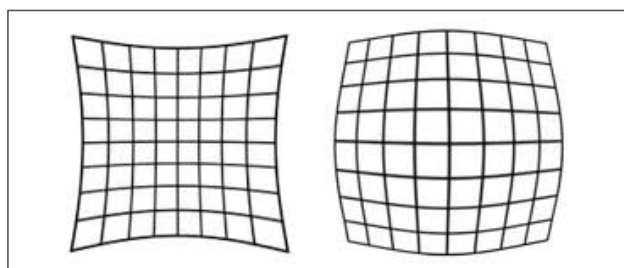


图 17: 光线经镜片边缘入射时形成的斜散像差 (Oblique Astigmatism)

球面或非球面近视镜片因过矫造成的枕形畸变, 以及因矫正不足或未矫正造成的桶形畸变。

通过对以上三种基本像差的补偿设计像差矫正镜片, 得出了各光度边缘 20mm 平均屈光度以及散光度变化量标准。

#### 4. 单焦点像差矫正镜片的应用

增强视觉对比度, 扩大周边清晰视野范围, 提高单焦点镜片的佩戴视觉质量 (见图 18)。

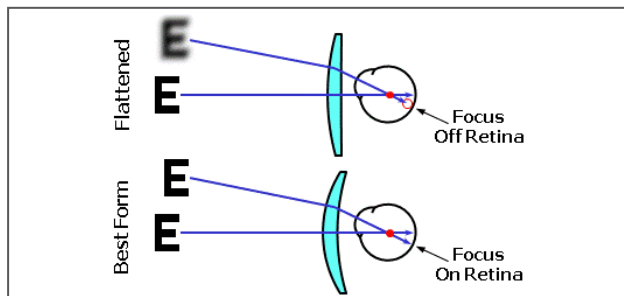


图 18: 光线经镜片边缘入射时形成的斜散像差 (Oblique Astigmatism)

#### 5. 像差矫正镜片的简易检验方法

##### (1) 屈光轮廓扫描仪检测

像差矫正镜片从中心向外异常均匀平整的平均屈光度变化, 且在同种仪器测量的情况下, 每个光度呈现差异性变化 (见图 19)。

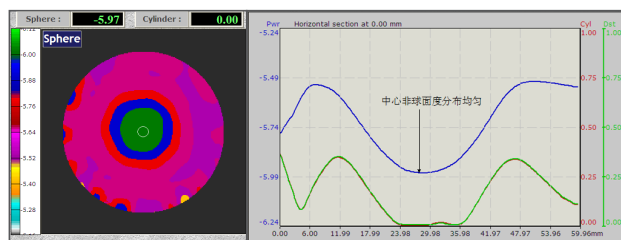


图 19: -6.00D 像差矫正镜片 CLASSPLUS2000 面型扫面仪测量图

##### (2) 焦度计检测

图 20 为像差矫正镜片标准检测图, 焦度计测量镜片光度时, 凸面朝上, 同一般焦度计检测方法。配镜中心在几何中心上 2mm 处, 在几何中心 20mm 口径处各有两个非球面测度圈, 焦度计测量 20mm 口径非球面度时选用 SE 模式 (隐形眼镜测量模式) 进行检测。镜片凹面朝上, 测度圈垂直方向贴合焦度计, 用双手固定镜片, 保持镜片稳定, 贴合测量, 以尽量减少测量时的平均光焦度补偿值误差。

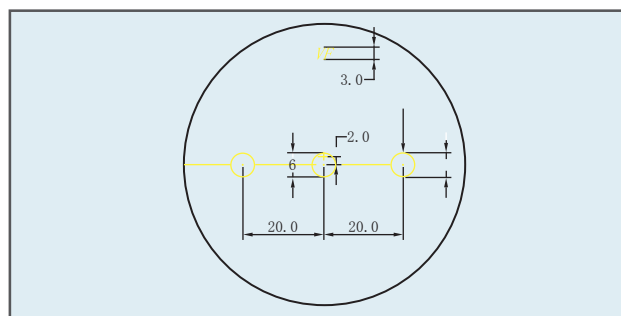


图 20: 像差矫正镜片标准检测图

镜片光度	20mm 补偿值	镜片光度	20mm 补偿值
-1.00D	0.10D	-2.00D	0.18D
-3.00D	0.26D	-4.00D	0.34D
-5.00D	0.44D	-6.00D	0.54D
-7.00D	0.66D	-8.00D	0.78D

表 3: 像差矫正镜片各光度 20mm 口径平均屈光度补偿值焦度计检测标准

作者们共同认为, 以上单焦点像差矫正镜片的面形检测标准仅仅是一个建设性的尝试, 希望能引起各位专家学者以及业界同仁们的真正重视, 相信也会对渐进多焦点镜片、远视型旁中心离焦镜片、抗疲劳镜片、非球面镜片等各类复杂面形设计镜片的检测标准的制定有一定的参考意义, 并最终造福更多的消费者。

镜片光度	结构参数		视场	像差				屈光度	散光度
	系统参数	r1 面型参数		xt'	xs'	xt'-xs'	dist%		
-100	R1=201.01	k=a2=0		xt'	xs'	xt'-xs'	dist%	11 2	11 2
	r2=148.65	a4=4.501e-8							
	r3=inf	a6=4.091e-11	1	183.7	144.8	38.88	-1.58		
	Ct1=1.3	a8=-3.943e-14	0.85	154.3	110.7	43.58	-1.16		
	Ct2=27	a10=1.114e-17	0.7	118.1	78.81	39.3	-0.79		
	n1=1.597	a12=a14=0	0.5	67.92	42.24	25.67	-0.41		
	N2=1	a16=0	0.3	26.39	15.71	10.68	-0.15		
-200	R1=241.7	k=a2=0		xt'	xs'	xt'-xs'	dist%	22 4	22 3
	r2=133.70	a4=5.754e-8							
	r3=inf	a6=1.179e-10	1	86.49	73.43	13.05	-3.05		
	Ct1=1.3	a8=-9.183e-14	0.85	77.15	57	20.14	-2.24		
	Ct2=27	a10=2.288e-17	0.7	60.94	40.98	19.95	-1.54		
	n1=1.597	a12=a14=0	0.5	35.79	22.15	13.63	-0.8		
	N2=1	a16=0	0.3	14.05	8.282	5.777	-0.29		
-300	R1=297.01	k=a2=0		xt'	xs'	xt'-xs'	dist%	37 9	35 8
	r2=119.08	a4=4.041e-7							
	r3=inf	a6=-2.852e-10	1	36.87	35.21	1.659	-3.93		
	Ct1=1.3	a8=1.015e-13	0.85	25.41	25.98	-0.57	-2.86		
	Ct2=27	a10=-1.214e-17	0.7	17.18	18	-0.82	-1.95		
	n1=1.597	a12=a14=0	0.5	9.04	9.43	-0.38	-1.01		
	N2=1	a16=0	0.3	3.384	3.461	-0.077	-0.36		
-400	R1=387.66	k=a2=0		xt'	xs'	xt'-xs'	dist%	41 11	37 10
	r2=107.72	a4=2.859e-7							
	R3=inf	a6=-8.319e-11	1	34.37	30.74	3.625	-5.39		
	Ct1=1.3	a8=8.782e-15	0.85	28.57	23.54	5.035	-3.97		
	Ct2=27	a10=2.385e-18	0.7	21.59	16.73	4.858	-2.74		
	n1=1.597	a12=a14=0	0.5	12.22	8.952	3.275	-1.41		
	N2=1	a16=0	0.3	4.703	3.324	1.379	-0.51		
-500	R1=552.77	k=a2=0		xt'	xs'	xt'-xs'	dist%	48 12	46 10
	r2=98.175	a4=2.6201e-7							
	R3=inf	a6=-3.324e-12	1	27.38	24.93	2.45	-6.56		
	Ct1=1.3	a8=-1.357e-14	0.85	23.86	19.3	4.558	-4.86		
	Ct2=27	a10=-1.992e-20	0.7	18.44	13.82	4.62	-3.36		
	n1=1.597	a12=a14=0	0.5	10.59	7.44	3.154	-1.74		
	N2=1	a16=0	0.3	4.101	2.772	1.328	-0.63		
-600	R1=765.38	k=a2=0		xt'	xs'	xt'-xs'	dist%	61 14	58 11
	R2=88.046	a4=3.4265e-7							
	R3=inf	a6=1.4231e-12	1	18.4	19.27	-0.874	-7.33		
	Ct1=1.3	a8=-4.7373e-14	0.85	16.72	15	1.71	-5.45		
	Ct2=27	a10=1.1191e-17	0.7	13.25	10.8	2.451	-3.78		
	N1=1.597	a12=a14=0	0.5	7.761	5.84	1.922	-1.97		
	N2=1	a16=0	0.3	3.035	2.181	0.854	-0.72		

表 4：像差矫正镜片的补偿设计理论计算值（D10 口径及 D40 口径屈光度及散光度变化量）

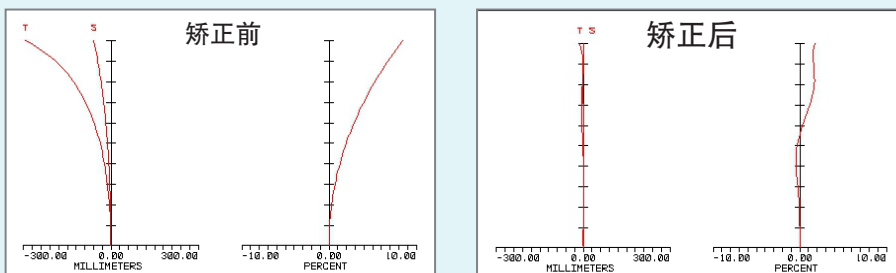


图 20：-6.00D 镜片矫正前与矫正后离轴像差效果对比