

# 非对称减少旁中心远视离焦镜片的设计原理探讨

余浩墨 陈晓翌 姚飞 冯涛

## 1. 减少视网膜周边远视离焦延缓近视加深理论的由来

近年流行的控制视网膜周边远视性离焦有助于延缓近视加深的理论来自两方面的研究：其一，Earl L. Smith 教授的恒河猴实验<sup>[1]</sup>和Lin. Z团队的人群实验<sup>[2]</sup>均表明，视网膜周边远视离焦诱发眼轴和近视度数增长，而视网膜周边近视性离焦则可以抑制眼轴增长。其二，近年来众多研究表明是调节滞后和调节灵敏度不足而非传统观点认为的调节痉挛加速近视增长。比如Sreenivason等人检测发现近视儿童的调节灵敏度明显低于正视儿童<sup>[3]</sup>，Langaas团队的测量则表明近视儿童的调节滞后重于正视儿童。这两种理论其实是可以相互验证的，因为配戴单焦点近视镜片近距离阅读时的调节滞后将加剧周边远视离焦现象。

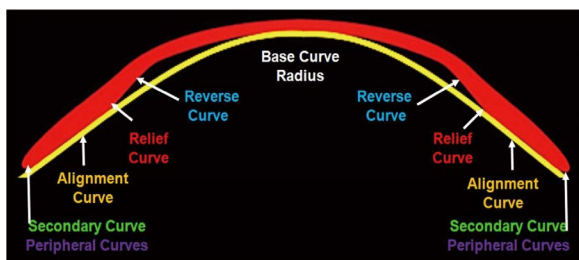


图1 角膜塑形镜矫正原理示意

角膜塑形镜的临床实验有力支持了上述假说。20世纪80年代，用于角膜塑形的夜间配戴型硬性角膜接触镜问世。其利用机械压迫使角膜中心部平坦化，改变角膜边缘曲率造成更高的近视离焦状态，黄斑周边部物像依然在视网膜前方且更趋近于角膜方向，即黄斑无离焦，旁中心处于近视离焦，如图1。

图2则解释了近视眼未矫正和矫正的两种状态。

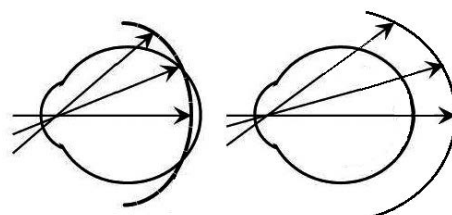


图2a

图2b

图2a 近视未予矫正，黄斑处于近视离焦，视网膜周边处于远视性离焦

图2b 远视未予矫正，黄斑和视网膜周边均处于远视离焦

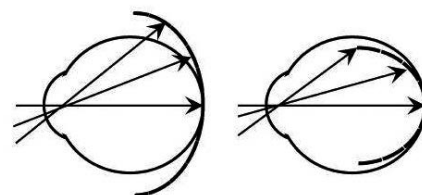


图2c

图2d

图2c 近视以普通单焦点镜片矫正，黄斑无离焦，视网膜周边处于远视离焦

图2d 较理想的近视矫正状态，黄斑无离焦，视网膜周边处于近视离焦

## 2. 减少旁中心远视离焦镜片的市场乱象

自2010年蔡司推出第一款非对称设计的减少旁中心远视离焦镜片以来，国内出现了多款类似设计的产品，命名方式颇为混乱，在部分不够专业的从业者中造成了产品与设计实质的理解难度。

图3是市场上几种减少旁中心远视离焦镜片的扫描图。

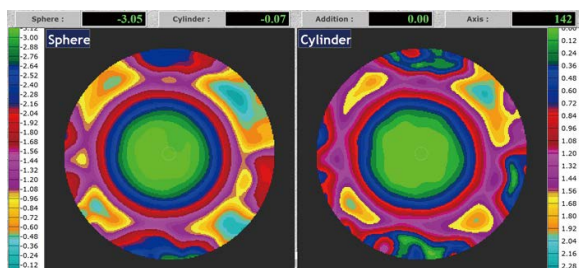


图3a 旋转对称设计，通常称为环焦或360环焦

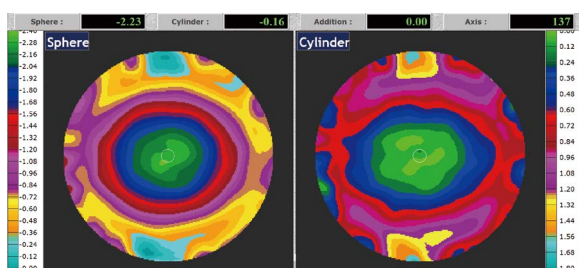


图3b 横椭圆形设计，市面较少出现这种设计

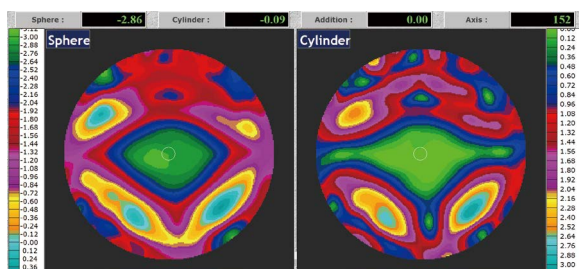


图3c 非对称型设计，市场上最早被称为离焦镜片的设计，也有人称为全焦

更为严重的是，部分产品的设计思路不清，产品质量良莠不齐，且由于这类产品在面型设计方面不存在国标、地方标准或企业标准，并且其近视干预效果在短时间内难以确定，市场趋势逐渐演变成宣传力度越大的产品越受欢迎，甚至引发了部分青少年近视干预镜片市场“劣币驱逐良币”的现象。

### 3. 非对称型减少旁中心远视离焦镜片的设计原理探讨

在上述产品中，目前最为流行的是以蔡司成长乐为代表的非对称设计类产品，以下就该设计原理与业界同仁作一下探讨，并对产品设计应考虑的方案提出一些想法。

非对称性的设计原理之一来自视网膜的结构分区，如图4。

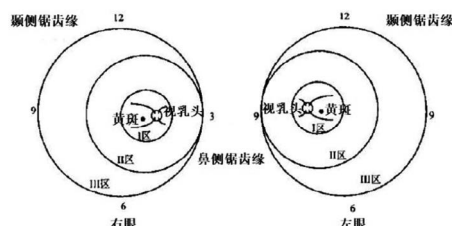
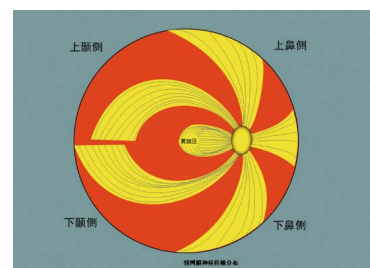


图4 视网膜的结构分区（上图为右眼，下图为双眼）

视锥细胞集中的黄斑区对色觉敏感，为清晰成像区，视网膜周边杆状细胞对明暗度更敏感，表面上不影响视觉中枢清晰成像，实际影响视网膜深层次成像。

非对称设计正是针对视网膜这种结构特征而来，如图5，镜片中心为矫正黄斑视力的明视区，呈约8mm~12mm直径范围的横椭圆分布形态，明视区向外大致15°~35°视角角之间是周边远视性离焦补偿区，通过屈光度正向变化减少视网膜周边的远视性离焦成像。镜片的四个对角存在明显的散光突变，实际上是设计中无法避免的变形区，并非宣传所谓的离焦区，在割边时一部分会被割掉，且相对离明视区较远，因此对视网膜成像质量影响不大。

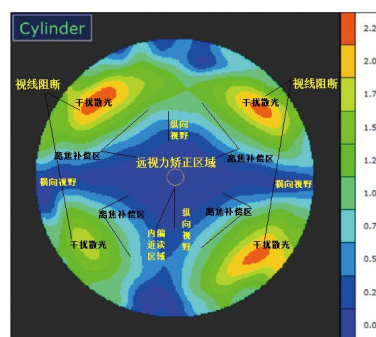


图5 非对称型设计的产品扫描图解

按照上述理论和临床实践由来，笔者认为合理的非对称型设计应具备以下特点：

a. 需要通过近用阅读区的优化来达到更好的适配效果，这其中不仅包括通过提高阅读区的舒适性，从而加强儿童戴眼镜的依从性，也应考虑阅读时的个体差异，针对性设计阅读区周边离焦补偿值。

通常近距离阅读时由调节滞后引发的周边远视性离焦会

特别严重。部分检测表明，单焦点镜片戴镜者在长时间近读后视网膜周边远视离焦会加重，这是非对称型减少旁中心远视离焦镜片更应关注的；并且戴镜者的阅读视线大多将通过镜片偏向内下方的区域，这也是镜片阅读区设计时应重点关注的方向，如表1。

调节状态	0°	30° (颞侧)	RPRE
阅读前 (5m)	-0.29±0.28	0.70±0.74	0.99±0.66
阅读前 (33cm)	-2.46±0.19	-1.73±0.61	0.73±0.61
阅读后 (33cm)	-2.50±0.18	-1.48±0.62	1.05±0.68

表1 近视眼不同注视距离时黄斑中心及颞侧远视离焦量值<sup>[4]</sup>

图5的下半部分显示了非对称设计中必须存在的近用内偏区域。该区域应具备两个特点，其一是鼻侧向下内偏部位的低散光走廊的存在，符合了近读时形成双眼单视的要求；其二是如图6所示的鼻侧屈光度变化趋缓。两者的作用都是提高近用阅读区注视时的视觉稳定性，从而提高配镜者阅读时的使用依从性，强化近视防控功效。

b. 颞侧离焦补偿量应大于鼻侧，如图6，多个周边近视离焦临床检测报告表明，人眼颞侧远视离焦量大于鼻侧，这一差异随着注视角度和屈光度的增加而更为明显。

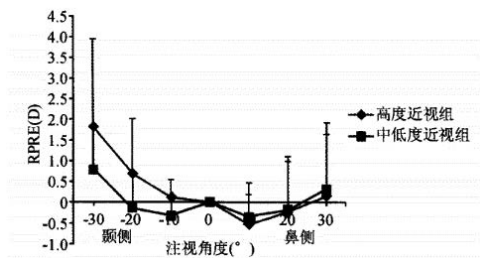
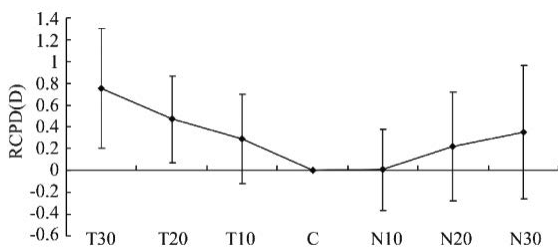


图6a 人眼鼻颞侧远视离焦量的差异<sup>[5]</sup>及与近视度数的关联性<sup>[6]</sup>

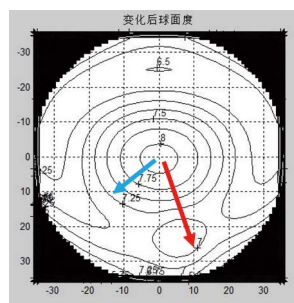
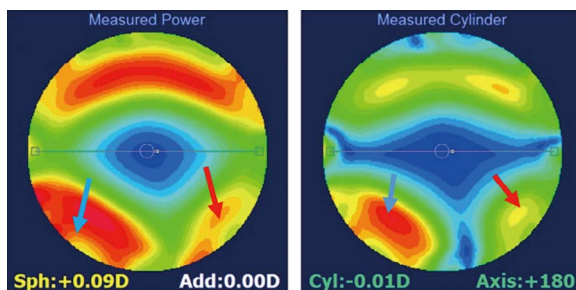


图6b 非对称设计中鼻颞侧散光和屈光度变化差异

图6b蓝色箭头指示为颞侧方向，红色箭头指示为鼻侧内偏方向。可以清晰地看出，颞侧变化更快，鼻侧无论散光和屈光度变化都相对较缓。

c. 基于镜片屈光度差异设计离焦量，一些临床报告所显示的和理论推断一致，中高度近视人群的周边远视性离焦随屈光度增大而增大。合理的非对称设计也应该考虑这一方面因素，如图6a，参考表2。

参考点	水平鼻侧	水平颞侧	远用	近用内偏
坐标	17mm	17mm	10mm	Y=15、X=2
设计离焦量值	-1.00D~-3.00D	1.2D	1.3D	1.0D
	-3.25D~-5.00D	1.3D	1.4D	1.08D
	-5.25D~-10.00D	1.4D	1.5D	1.15D

表2 离焦补偿量随屈光度增大的示例

需要指出的是，以上设计方案仅仅是从理论和实践出发的一种更为合理、科学的尝试，真正的近视防控效果仍然需要临床大数据的支持，所以在此仅作参考。

## 4. 非对称离焦镜片的设计误区

笔者认为减少旁中心远视离焦镜片存在一些设计误区，主要表现为：

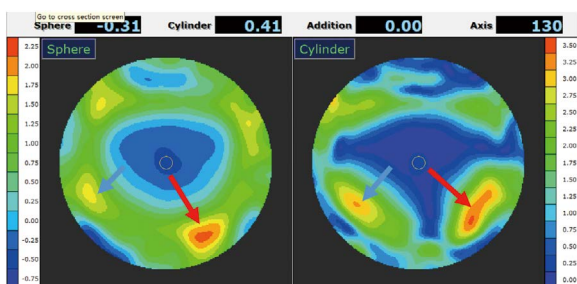


图7a 常见非对称设计的鼻颞侧散光分布特征

误区一：鼻侧无论散光度还是屈光度变化均快于颞侧。

如图7a，市场上常见的非对称设计多有此类现象，蓝色箭头显示颞侧区域、红色箭头显示鼻侧区域。出现这种情况的原因比较复杂，可能是设计者不清楚理论细节，也可能是设计鼻侧变化缓于颞侧存在一定的困难不得已为之。但从目前的视网膜周边离焦量分布理论推断和临床检测报告来看，这一设计存在疑问。

误区二：阅读区有调节视疲劳或渐进加光作用。



图7b 非对称型设计镜片的使用区域划分

这一说法存在一定的疑问，一方面，缓解调节负荷设计源于调节痉挛加剧近视加深的理论假设与现有的周边离焦和调节滞后导致近视加深理论相矛盾，另一方面如果考虑调节因素，那么离焦镜片将不适配外隐斜人群，从而将大部分近视眼人群排除在外，重回了青少年渐进镜片的老路，参见图7b。

误区三：无内偏设计。

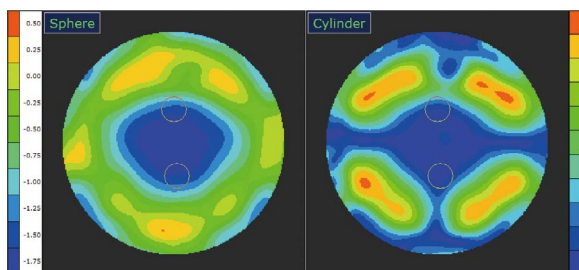


图7c 减少旁中心远视离焦镜片错误的对称型设计

如图7c，这一设计违背了分左右眼的非对称设计，是

为了形成双眼单视时阅读区视觉效果更为舒缓的初衷，并由此带来盲区散光变形以及增加了设计和制造的难度。如果取消了左右眼内偏设计，不如直接使用旋转对称或横椭圆设计，阅读区功能效果无区别，反而可以节省设计加工难度和降低制造成本。

## 5 非对称型设计的镜片检测方法

### 5.1 投影检测方法



图8a 几种减少旁中心远视离焦镜片的投影像

如图8，左侧是所谓环焦设计的投影，中间是非对称设计的贝壳型投影，右侧是非对称设计的菱形投影。非对称设计往往会呈现菱形或者贝壳型或者其他非规则形状，形成以上投影的原因较为复杂，是矢高、屈光度和散光轮廓的综合体现。我们大致可以就投影形状鉴别旋转对称、非对称或者椭圆型设计。但就目前的情况而言，并没有科学依据认为哪种投影形状更好，镜片设计好坏依然必须以屈光轮廓扫描图的详细分析为依据。

### 5.2 参考点测度法

设定中心、鼻颞侧和阅读区等多个测度参考点，建立补偿值检测标准，并可以差异化设置离焦量。

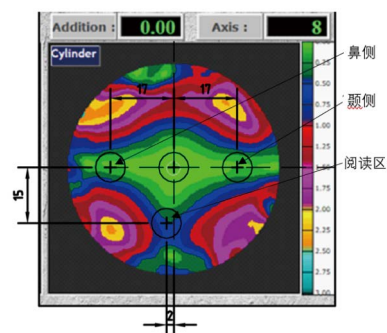


图8b 非对称型设计的测度点示意图

如图8b，此检测方法可直接使用焦度计进行检测。测量周边离焦补偿值时采用SE或ADD模式进行检测，并可以检测

参考点的散光值。目前市场上已经出现依据开放式验光仪检测视网膜周边离焦量的检测结果和配镜个体对光度变化的适应性差异设计离焦量补偿值，所以该检测模式将逐步成为必须。

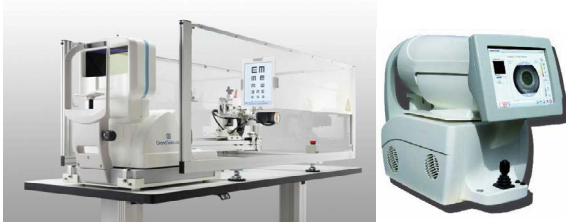


图8c Grand Seiko WAM5500开放式验光仪（左图）和 VISIONIX VX120视觉质量分析仪（右图）

### 5.3 屈光轮廓扫描图检测方法

镜片屈光轮廓扫描图是检测镜片面型的金标准。尽管目前市面上还没有一种扫描仪的精度和参数设置可以直接作为标准计量设备，但其在研发中对面型标准的检测和判定作用是不可替代的。

目前市场上通行的屈光轮廓扫描仪器大都来自国外进口，包括以色列ROTLEX公司的CLASSPLUS2000以及VISIONIX公司的VM-2500和FFV或FFA、比利时Automation & Robotics公司的AR等。



图8d 从左至右、从上至下依次是：以色列ROTLEX公司的CLASSPLUS2000、VISIONIX公司的FFV和VM-2500、比利时Automation & Robotics公司的AR

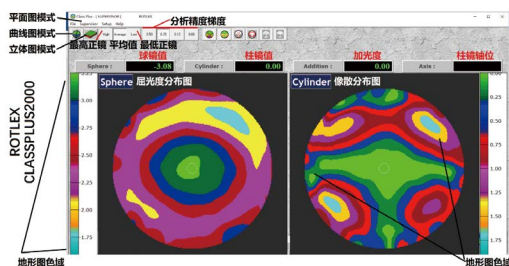


图8e ROTLEX公司的CLASSPLUS2000镜片扫描图的认知方法

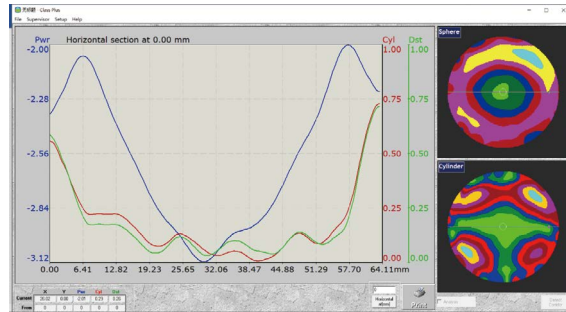


图8f ROTLEX公司的CLASSPLUS2000镜片扫描图的曲线图模式

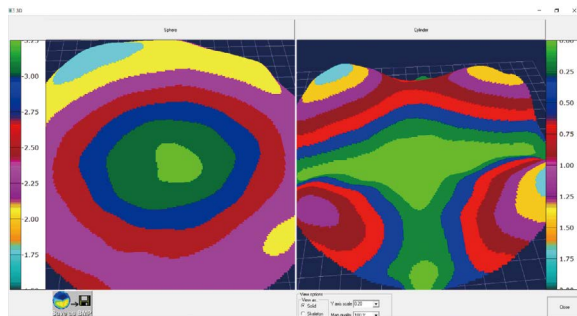


图8g ROTLEX公司的CLASSPLUS2000镜片扫描图的立体图模式

注：文中的镜片屈光轮廓扫描图均是使用本公司CLASSPLUS2000扫描仪检测来自市场采样镜片所得，并未获得厂家授权，所以不标注品牌和产品名称，另有部份图片来自网络，如有涉及版权事宜，可联系编辑进行删除，在此表示感谢。□

### 参考文献

- [1] Earl L. Smith III, OD, PhD, FAAO, Li-Fang Hung, MD, OD, PhD, Juan Huang, PhD, and BaskarArumugam, PhD. Effects of Local Myopic Defocus on Refractive Development in Monkeys. *Optom Vis Sci*. 2013 November ; 90(11): 1176 - 1186. doi:10.1097/OPX.000000000000038.
- [2] Lin Z, Vasudevan B, Hang YB, et al. Base line characteristics of Ben / "work—induced transient myopia. *Optom Vis Sci*, 2012, 89(12): 1725.
- [3] Sreenivasan V, Irving EL, Bobier W R; Effect of Real adds on the variability of accommodative response in myopic children. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2011, 31(2): 145.
- [4] 龚露,保金华,邓军,吕帆.近视眼在持续性近距离阅读时周边屈光状态的变化, *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2010年4月第12卷第2期.
- [5] 戴宇森,林丹丹,吕平,陈浩,姜璐.近视儿童配戴单光镜后的周边屈光研究, *国际眼科杂志*, 2013年2月第13卷第2期.
- [6] 张曦,王晓瑛,陈菲菲,陈志,周行涛.高度近视患者与中低度近视患者得周边屈光研究, *中国眼耳鼻喉科杂志*, 2015年1月第15卷第1期.

作者单位：苏州苏大明世光学股份有限公司