

详解双面非球面镜片

文：余浩墨/徐光华

（本文已发表于中国眼镜科技杂志）

引言：双非球面镜片，顾名思义，是指眼镜片的第一面和第二面均为非球面设计的镜片，在当前非球面镜片在国内市场上铺天盖地存在的局面下，双非、或者更明确一点说是真正的双非、依然是雷声大雨点小的状况。本文的目的是对双非镜片进行一次普及化的探讨，涉及到原理、优点、制造、鉴别等各个方面，希望藉此引起业界对双非这个产品内在品质，评判标准的真正关注，以避免象普通单面非球面镜片一样，至今依然无法走出标准理解混乱、品质龙蛇混杂、销售缺乏科学引导的困境。

非球面镜片的分类

目前市场上普遍存在的所谓非球面镜片绝大多数是普通单外非。即将非球面设计做在镜片第一面而后表面为球面或复曲面的非球面镜片。除此之外非球面镜片家族中还有内非球面镜片和双面非球面镜片，内非球面镜片顾名思义，是将非球面面型做在镜片的内表面，而双非球面则是指镜片的两面均为非球面设计从而达到比单面非球面更为优化的效果。相对于传统的外单非镜片而言，内非或双非镜片虽然具有光学性能和外观美观上的优势，但由于制造难度较大，自非球面镜片诞生以来一直是市场上的稀缺产品。不过近近几年来，随着自由曲面制造技术在发达国家的逐渐普及化，内非尤其是日本系双非镜片渐渐开始成为普及产品。

最早推出的现片化内非球面是苏拿(Sola)公司的 Vizio1.67，以其独特的散光 Atoric 设计闻名。至今仍然在市场上颇受好评。德国蔡司公司很早就推出了双面非球面设计的 CHARLET1.67，但不知何故未做认真宣传推广。最早的打响名头的双非镜片应为日本精工(SeiKo)公司于 90 年代中期推出的 SSV AZ 1.74 高折双非。进入 21 世纪，日本各大公司均加快了双面非球面镜片上市的步伐。双非镜片的鼻祖精工(Seiko)将其双非系列扩展到 1.67 折射率。另一镜片制造巨头豪雅公司则在 NULUX EP1.70 双非的基础上相继推出了 Nulux EP1.67 以及 NULUX EP1.60 等普及型双非。而另两家日本主流品牌镜片东海(Tokai)以及昭日(Asashi)也相继推出了 1.76/1.74/1.70/1.67 等高折双面非球面镜片。尼康公司则更进一步，推出了 Seemax1.67 个性化双面非球面镜片，要求购买者提供详细验光数据并扫描镜框尺寸到日本总部对所需镜片进行个性化加工和装框处理，双非镜片的自由曲面加工也因此更上了一个台阶。

随着美国奥普替马公司近似日本系列双非设计的无内应力 PC 镜片-Resolution(获 2004 美国 OLA 最佳镜片奖)的推出，意味着欧美的镜片制造商也很有可能大规模介入双非镜片市场的竞争。

图 1 单焦点镜片的种类



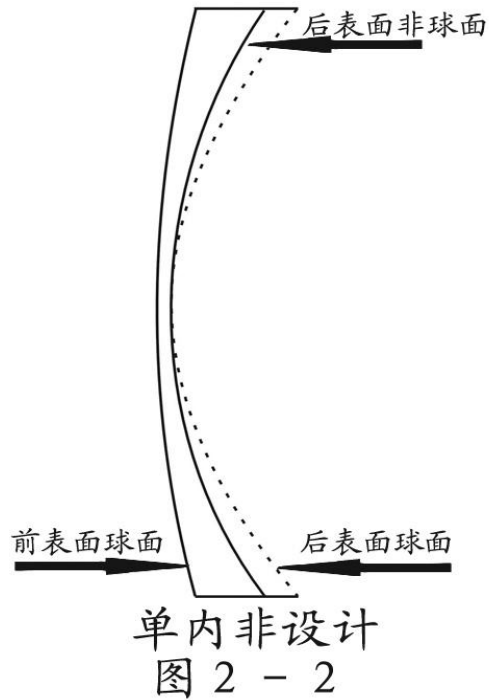
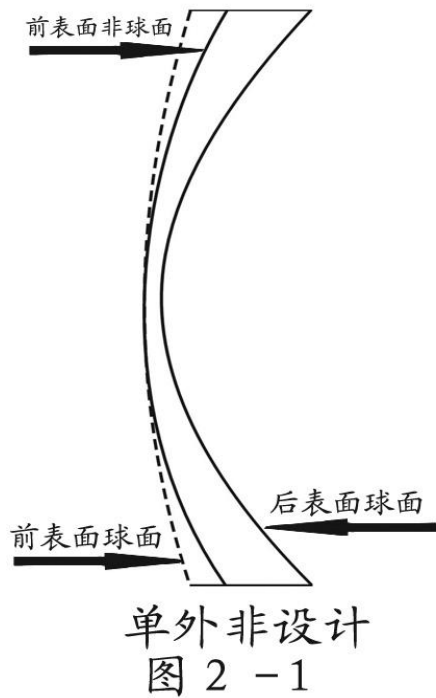
双面非球面镜片的设计原理及与单非和内非的异同

在我们以前的文章里曾经讨论过单面非球面的设计原理。现在我们以最为普及的近视非球面为例，来对比一下单外非/单内非/双非面型设计的异同。

目前最普通的单外非镜片，其设计原理是以第一面边缘曲率半径的逐渐变小来抵消为追求美薄效果所设计前弯平镜片所造成的边缘光学性能下降的缺点，通俗而言，即镜片的第一面由中间到边缘呈逐渐变弯，如图 2-1。

而将非球面设计在第二面的内非球面，其设计原理是内表面的边缘曲率半径逐渐变大，及镜片内表面由中间向边缘逐渐变平，如图 2-2。

从图例可以看出，以上两种近视非球面设计都是通过单面的设计来使镜片边缘变薄。



双面非球面镜片，内外表面均有非球面设计，可有三种设计方法，其一是外表面边缘增厚、内表面边缘减薄；其二是外表面边缘减薄，内表面边缘增厚；其三是内外表面边缘均减薄。

就目前较流行的普及化日本系设计来说，精工（Seiko）、豪雅、东海、昭日甚至来自美国的奥普替马，均采用第一种设计，因此本文重点介绍第一种设计的双非镜片。如图四，双非镜片的第一面（外表面）由中间到边缘曲率半径逐渐增大，呈变平趋势，而第二面（内表面）由中间到边缘曲率半径同样增大，也呈变平趋势。但第二面的变平趋势明显要大得多，从而带来了两面叠加抵消后镜片依然呈边缘减薄的形状。

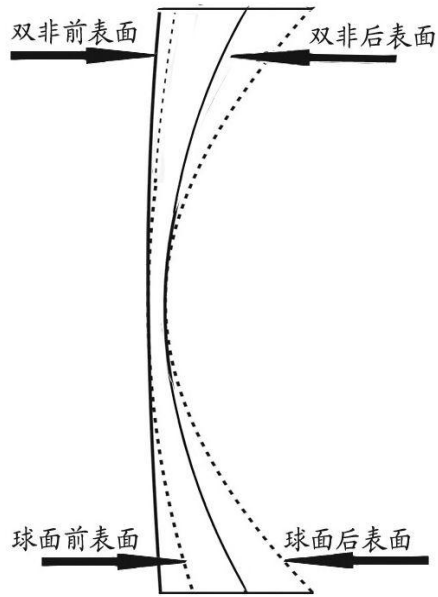


图 2-3

双面非球面镜片对比普通外单非镜片的优点

- 一. 镜片边缘光学性能更佳，清晰视野范围扩大

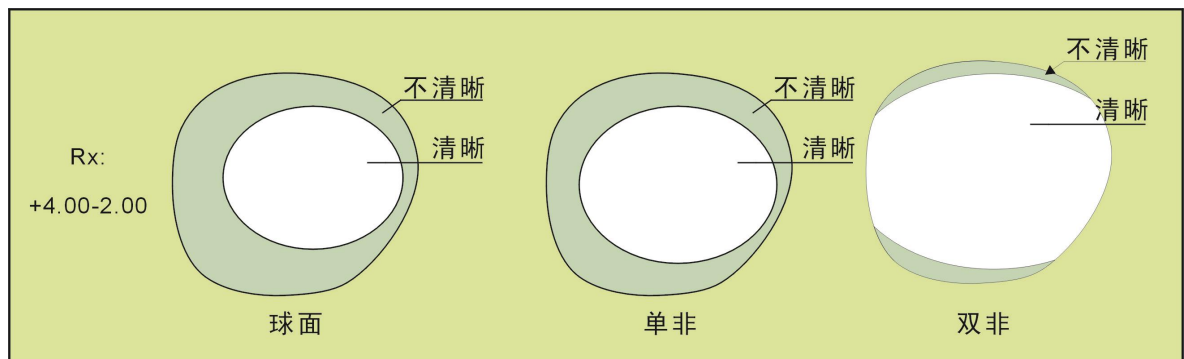


图 3. 球面/单非/双非的清晰视野范围对比



球面镜片中距离视野
越到镜片边缘清晰度越下降
同时影像歪曲变形较多



单非镜片中距离视野
清晰视野范围扩大，镜片边缘较
球面边缘清晰；同时影像变形减少



双非镜片中距离视野(影像最真实，接近双眼裸视)
清晰视野范围扩大到镜片最边缘

对于带散光的镜片而言，双非球面设计镜片的优越性是毋庸置疑的。双非球面和内非球面的一大优点就是可将 ATORIC 技术（即光学上所谓的超环面，也可通俗地译为散光内非技术）应用于带散光的镜片。所谓的 ATORIC，即超环面，就是在镜片带散光的内表面针对球光和柱光两个方向进行不同的非球面设计，并同时控制中间过渡地带的光学性能，从而达到针对同一镜片上的不同光度区域的光学性能进行分别优化的效果，此一效果将明显扩大散光镜片视觉清晰区域，从苏拿的 VIZIO1.67 内非开始，到如今的尼康的 SEEMAX1.67，对于边缘视觉模糊效果的进一步控制已经得到欧美市场的一致好评。尤其是对于散光度数超过 1.00D 镜片的效果，不少北美的配镜师已经在专业论坛上称赞尼康 SEEMAX 镜片的性能明显优于尼康原来的单非球面产品。

问题是对于不带散光的单光镜片来说，是否双非的光学性能也优于单非镜片？

答案是要视具体情况而言：

如果仅就理论设计的计算结果而言，单外非镜片完全可以达到双面非球面的光学

性能最优效果。但问题是在实际产品设计过程中，多数单非镜片，尤其是度数较大的单非镜片为了获得美观，轻薄等其它效果往往会在某种程度上对光学性能的优化做出一定牺牲，此类单非镜片的光学性能远未达到最佳。而双非设计的一大理论优点是可以兼顾大减薄量和最佳光学性能效果，没有必要为了轻薄效果而牺牲光学性能。从这个意义说，多数不带散光的双非镜片光学性能仍然优于单非镜片。但也确实存在部分不带散光的单非镜片光学性能不差于双非镜片的情况，这个要取决于各厂家单非镜片的设计原则。具体而言，两种情况的存在影响了大部分单光普通单非球面镜片的边缘光学性能。

1. 前弯过平

随着镜片制造技术的发展，平薄概念深入人心，部分镜片商家为片面追求平薄效果，其各光度球面镜片的前后弯度配比早以偏离了可以达到最佳光学性能优化效果的车尔宁（Tscherning）椭圆。而对于外单非镜片，尤其是国内市场的外单非镜片而言，平薄更是替代光学性能成了部分商家所追求的第一效果。然而非球面设计对于边缘光学性能改善是有一定限度的，如果镜片本身的弯度配比偏离车尔宁（Tscherning）椭圆太多，势必会带来即便是非球面镜片，镜片的边缘光学性能依然偏离最佳较远的结果。而双面非球面镜片由于第一面边缘本身就在变平，所以不需要在弯度更平上做文章，所以其前后弯往往比大部分单非镜片更接近车尔宁（Tscherning）椭圆，由此带来更佳的边缘光学性能。

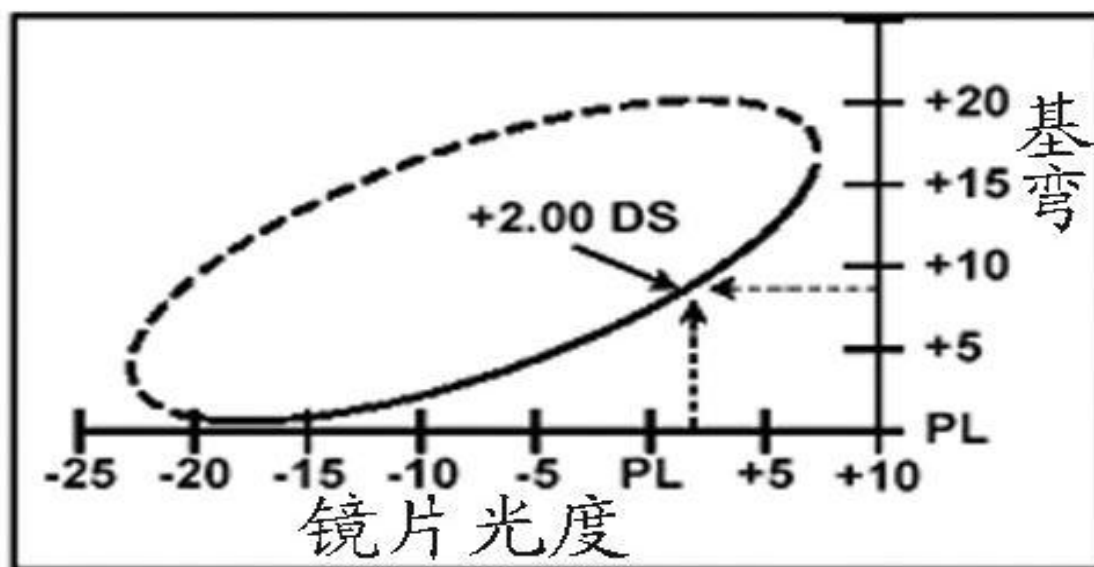
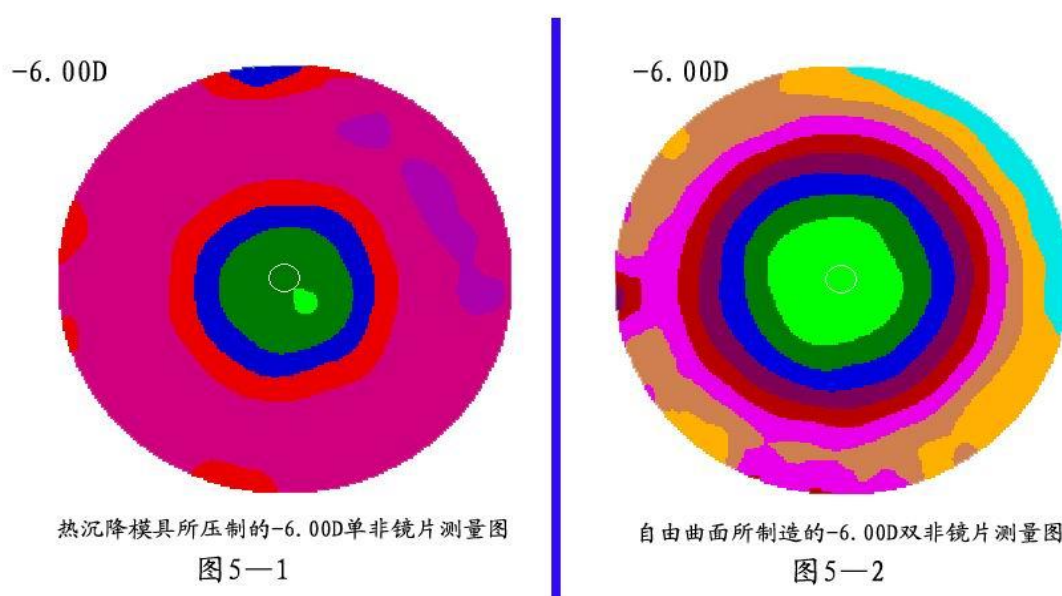


图4 车尔宁（Tscherning）椭圆

2. 制造精度上的不足

目前市面上流行的普通外单非镜片全部采用大批量模具压制的方法制造，其所使用的模具基本上都采用热沉降的方法制造。此种制造方法的缺陷是越到边缘，其加工精度越呈现下降趋势。模具的缺陷反映到镜片上，所带来的问题是一致的，即边缘精度下降。而双面非球面目前有模具压制和车房直接加工两种模式，无论是直接的镜片加工，还是所使用的模具，都是以自由曲面机床直接加工的，其边缘轮廓鲜明度明显高于热沉降方法所制造的模压镜片。



从图 5-2 的光度分布测量图对比我们可以看出，以自由曲面方法加工的双非镜片边缘部分均匀平整面型轮廓范围更大，带来镜片清晰视觉感受范围扩大。

二. 外观优越性

相比较外单非镜片，日本系的双非镜片另一优点则是**更平更轻更薄**。需要指出的是，这里所说的双非镜片的“平”与传统外单非镜片的“平”完全是两个概念。外单非镜片的平如我们以前的文章《非球面镜片面面观》所指出的那样，是第一面顶点弯度变平，实际边缘部分是在变弯，而双非镜片，如图四所示，边缘本身就呈现变平的趋势。

两面非球面镜片藉由内表面的补偿减薄设计，使镜片在轻薄这一优点上较传统外单非镜片更进一步，尤其是**散光较大的镜片**，双非所采用的 ATORIC 技术可以较显著地**缩小两个球柱两个方向的厚薄差**。这样在在球光方向本来就薄于单非的

基础上，散光方向更增加大减薄量。以一片 1.60 折射率的-1000 散 200 镜片为例，对比同光度同折射率的单非镜片，双非镜片的边缘在单光方向薄了 0.5 毫米左右，而在散光方向则薄了 0.9~1 毫米左右。

如何鉴别双面非球面镜片和单面非球面镜片？

这里介绍几种用于鉴别双面非球面镜片和单面非球面镜片的简便易行的方法。

1) 日光灯管像鉴别法

这是最直接有效的鉴别法。因大家都知道球面镜片两个表面的日光灯管像都是接近笔直的。而外单非镜片则第一面灯管像为中间鼓起的桶形，第二面为平直的球面灯管像。双非镜片两面都是非球面设计，第一面为中间洼陷的枕形灯管像，第二面则为中间鼓起的桶形灯管像。一般在-2.00D 以上的镜片该现象开始明显，度数越高越明显。如图 6 所示。

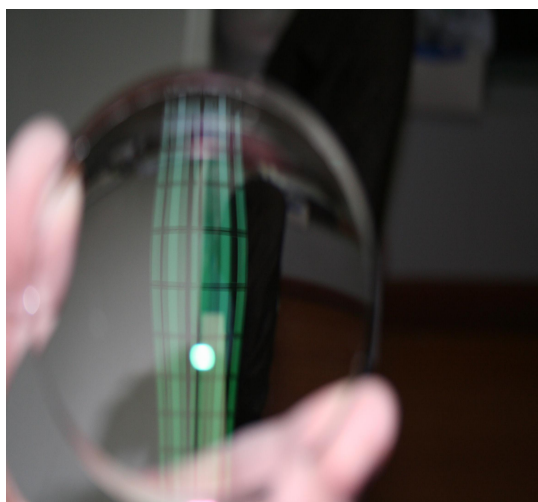
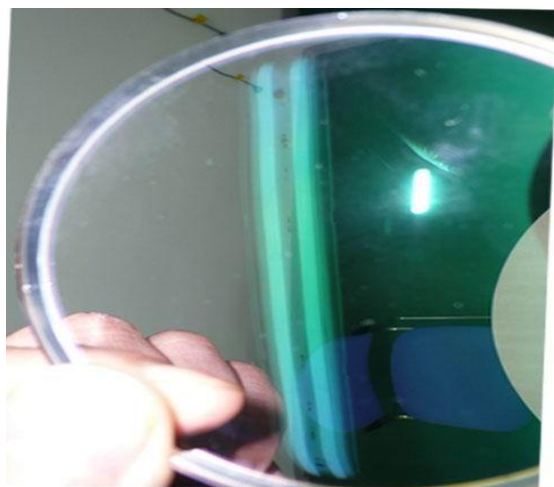


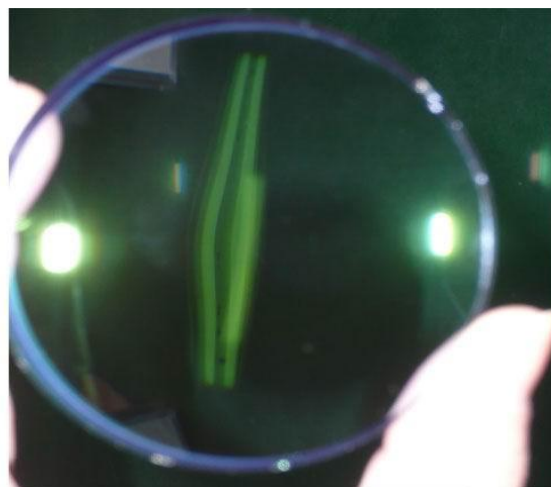
图 6-1 传统外单非镜片的第一面灯管像



图 6-2 双非镜片第一面灯管像



单非第二面灯管像
图 6—3



双非第二面灯管像
图 6—4

2) 矢高鉴别法

非球面表面，如使用 20 口径的千分表去测量表面各点矢高，从中间到边缘矢高是不断变化的。而球面则应该保持不变。将此一原则应用于鉴别双非和单非镜片同样不失为一种简便易行的方法。

如果我们用矢高表去测量一片传统外单非镜片，那么其第一面的矢高从中间到边缘呈渐变状态，而第二面的矢高则基本不变或变化很小（此一很小的变化是因加工误差造成的）。而一片双非镜片则两个表面从中间到边缘的矢高都呈渐变趋势，



插图 7 测量镜片表面矢高用的矢高表

3) 厚薄差鉴别法

如前所说，同折射率同光度的双非镜片通常要比单非镜片薄一些，但如果是单光镜片的话，建议谨慎使用此一方法鉴别或者只将其作为辅助手段较为合适。因各家生产镜片的工艺/加工变形/直径/材料实际折射率与标称折射率出入都会影响这一测量方法而造成误导。但对于散光较大的（超过-1.50D）双非镜片和单非镜片而言，此一方法就会变得简单有效。一片散光-2.00D 的双非镜片，和单非镜片比较起来，其球散两个方向的边缘厚薄差至少要减少 0.4 毫米左右，而对于散光达到-400 的单非镜片比较，双非镜片球散两个方向的厚薄差有可能要减少 0.6~0.7 毫米。

4) 边中光度变化鉴别法

这一点对于检测散光在-1.25D 以上的 ATORIC 设计镜片最为合适，因 ATORIC 镜片各个轴向均采用不同的非球面设计。所以一片大散双非镜片球镜方向从中心到边缘的光度变化必定明显比柱镜方向的光度变化慢。差距应至少在 0.2D 以上。散光越大，差距越大。

ATORIC 技术在双非散光镜片中的应用及其优点

“Atoric”（超环面）这个在国内眼镜行业还是相当陌生的产品在国际眼镜界已经是相当流行的术语且正日渐走红于欧美各大镜片配镜中心的技术人员。

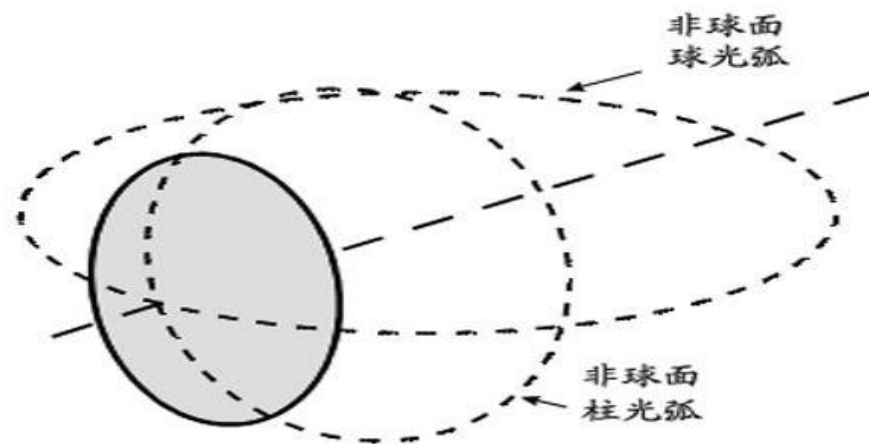
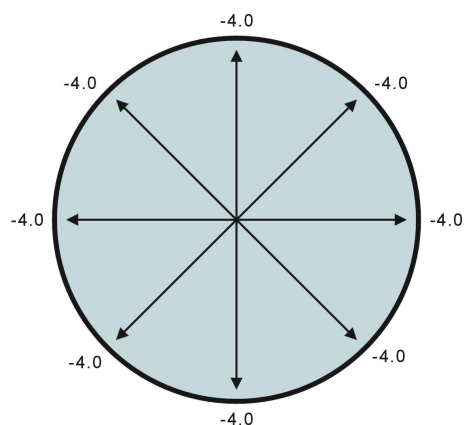


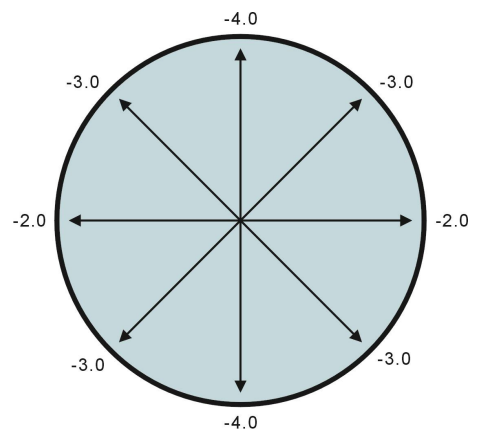
图8 Atoric镜片三维示意图

最早将 Atoric 技术应用于眼镜的应该是苏拿公司的 VIZIO1.66，该镜片为单内非设计。此后随着近年镜片自由曲面加工技术的高速发展，日本系列双非镜片和内渐进/双面渐进产品的大量上市，在国际尖端镜片企业中 Atoric 已经成为一项相当普及的技术。下图是两种设计的一片 S-4.00D/C-2.00D 近视镜片可以简单地解释 Atoric 技术在双非和内非镜片上应用的原理和优点。



传统单非

图 9-1



Atoric 双非

图 9-2

图 9-1 是传统外单非设计，可以看出由于非球面设计在镜片的前表面，因此各个方向的非球面度都是针对同一光度-4.00D 进行优化设计的，因此光度不同的其它轴向上的光学性能无疑将无法做到最佳，某种情况下甚至会差于球面。

而图 9-2 是双非设计，可以看出由于 Atoric 技术在内表面的应用，使得各个方向的非球面度都可以针对相应的轴向光度变化进行优化，因此任何一个轴向的光学性能

都得到了最佳优化的保证。

Atoric 技术的运用对于散光患者来说其受益是相当明显的，尤其是对于散光超过 -1.00D 的眼镜佩戴者来说，其对散光镜片清晰视野的扩展要比单非球面镜片比较球面镜片明显得多，完全称得上是单光镜片制造技术的一个飞跃。随着人们生活质量的逐步提高和自由曲面加工方式制造成本的下降，内非球面散光镜片和双非球面散光镜片势必将成为未来的主流产品。