

非球面镜片面面观

余浩墨

本文发表于中国眼镜科技杂志 2007 年第 5 期

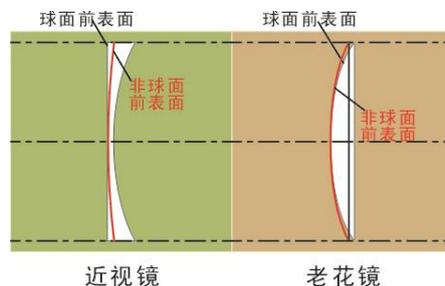
当前非球面镜片在国内市场上铺天盖地存在的局面下，各厂家都相继推出了自己的非球面镜片，而对非球面镜片的标准，却五花八门，甚至用平来解释单非球面镜片的薄，市场上也没有一个统一的标准来衡量或认定。本帖将尽量尝试从通俗的角度去解释非球面眼镜片，并将尝试对若干很少有人涉及的非球面镜片技术的标准进行探讨。

一、单面非球面镜片真的很“平”吗？

当前国内无论是消费者还是从业人员，只有对非球面镜片稍有了解，几乎人人都会提及“平”和“薄”这两个优点，部分商家甚至以“纯平电视”来解释非球面镜片的“平”，事实上由于相当一部分非球面的宣传推广资料完全从功利化的商业角度出发，在某种程度上严重误导了部分人对“平”这一概念的理解。非球面镜片的所谓“平”实际上并非那么简单。

非球面镜片的平实际上是指镜片前表面（即所谓的“基弯”“Base curve”）中心顶点弯度可以相对于同光度球面镜片变平而不影响边缘光学性能，而实质上只有前弯较弯的老花单非球面镜片边缘的弧度才是相对于中间变平，前弯较平的近视单非镜片其边缘的弧度相对于同基弯同光度的球面镜片不是变平反而是变弯。

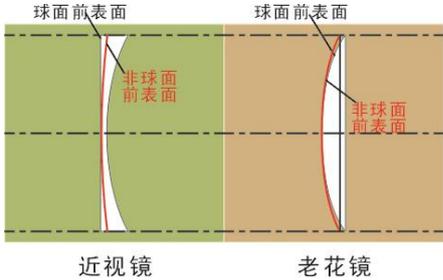
对于非球面镜片“平”这一概念的理解涉及了非球面镜片诞生的根本原因：通过镜片的非球面化来改善基弯（及镜片前表面的中心弯度）较平的球面镜片的边缘光学性能，使其达到或接近所谓的“最佳形式球面镜片”（通过增大前后表面中心弯度来达到最佳光学性能的球面镜片）。以一片-6.00D 的近视镜片为例：其最佳形式球面的前后弯度配置应该分别是-3.50D 和-10.25D。问题是这样虽然取得了很好的光学性能，但镜片形状就会变得又弯又厚，美观效果很差，且不利于装框。如果我们把该镜片的前后弯配置改成-0.50D 和-6.50D(实际上有不少厂家的球面镜已经这样做了)，也可以取得同样的度数效果且外观大大改善，但此时镜片的边缘光学性能明显下降，配戴者在眼球斜向视物时将会出现物像模糊从而有可能会产生不舒适感。非球面镜片于是应运而生，而一片前后弯配置为-0.50D 和-6.50D 的非球面镜片可以说既满足了美观的外型效果，又改善了镜片的边缘光学性能。但正如图 1 所示：相对于同基弯同光度的球面镜片，**近视单非镜片边缘的弧度在逐渐变弯而不是变平！**



二、非球面镜片的最大优点是什么？

在相当数量商家的非球面眼镜片介绍资料里，“薄”和“视物网格变形”是最重要的优点。其实这在某种程度上同样是种误解。如上所说，非球面镜片最初诞生的原因是为了改善前后弯配置较平的球面镜片的边缘光学性能。

所谓的球面镜边缘光学性能缺陷从眼视光的角度出发主要是：斜像散（Oblique Astigmatism, 简称 OA）、度差（Mean Power Error, 简称 MOE）、和畸变（Distortion），上述缺陷主要将导致转动眼球时的边缘斜向视物会产生模糊感。以上相关概念的介绍论文已经很多，本文不再详细论述，有兴趣者可以去看看苏大明世公司的非球面镜片介绍文章，相关资料可联系编辑部或本文作者索取。此处要强调的是如图 1 所示：



是出于从面型设计上改善边缘光学性能的目的带来了镜片变轻变薄（近视镜边缘变薄，而老花镜片是中间变薄）的附加效果，从这个意义上说，无论是对于设计出发点还是实际应用来说，薄虽然是非球面镜片的重要优点之一，但并非最根本的优点，实际上这一优点主要体现在大光度镜片上，而对于低光度镜片而言，非球面所带来的轻薄效果是有限的。此时非球面镜片的最突出优点毫无疑问只有一个：**眼球通过镜片边缘斜向视物的清晰度优于球面！**

这里需要强调的一点是，可能会有一部分人（尤其是光度较低或很高的这一部分人）对球面镜片上述边缘光学性能缺陷并不敏感，非球面镜片的最大优越性在佩戴的第一感时体现得并不明显，这个原因比较复杂，有时是因为人眼的调整适应能力，购买非球面镜的消费者往往有一定度数，也就是说之前可能有相当长时间戴过球面眼镜并且适应了，佩戴者会这时候已经习惯了转头去看旁边而不是转动眼球，这有可能导致对非球面镜的优点体会不明显；低光度球面镜片的光学性能与非球面相对差异较小，也可能导致效果不明显。但从长期佩戴的角度出发，非球面镜片相对于同光度同基弯球面镜毫无疑问将改善视觉效果，更有益于眼睛的健康。这一点对任何人都是适用的。

三、非球面镜片的种类

当前市场上所谓的非球面镜片其实绝大部分是传统的单非球面镜片，即将非球面表面做在镜片的第一面。此类非球面镜片适合使用模具进行大批量制造，目前的制造成本已经相当低廉，与球面镜片相差不大。

此外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，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。这两类镜片目前因为非球面 B 模具价格昂贵且生产有一定难度，大多采用自由曲面车房技术进行生产，即用球面或非球面前模具压制出半成品后，再使用专门的特种镜片专用自由曲面 CNC 单点车床直接磨削镜片，此类镜片加工成本昂贵，目前国际上达到普及的产品也不多，内非镜片仅有苏拿的 VIZIO1.67 达到普及，双非镜片多由日本厂家推出，日本豪雅公司的 NULUX-EP 系列和日本精工公司的 SSZ 系列双面非球面都已经是相对成熟的普及化双非。日本尼康公司近期推出的 SEEMAX1.67 个性化双非定制镜片得到了发达国家配镜行业的很高评价，但价格也同样“高不可攀”。德国 RODENSTOCK 公司近期推出了 IMPRESS-MONO 个性化单光镜片，也属类似的个性化双面非球面设计之列。

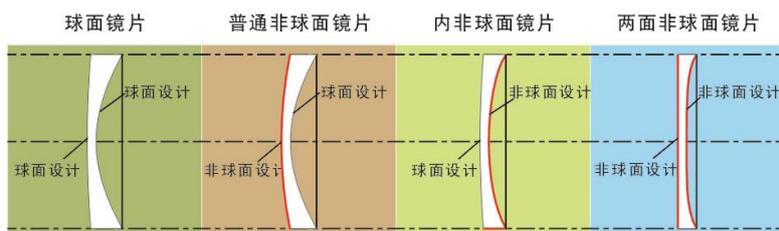


图2 非球面镜片的种类

四、如何区分非球面镜片和球面镜片？

非球面镜片与多焦点或双光镜片不同，它们的外观和验配方式与球面镜片几乎无区别，因此对于缺乏经验营业人员和消费者来说怎样简易地鉴别非球面镜片是保证自身利益不受损害的重要因素。下面介绍几个利用眼镜店常用设施鉴别目前国内市面上最为流行的传统单外非镜片的小窍门。

1. 近视镜看镜片的日光灯管像

球面镜片的灯管像为笔直一条，而-2.25D 以上非球面镜片的外表面反射日光灯管像呈中间鼓起，两边逐渐变窄的木桶状；光度越高的镜片越明显。对于-2.25D 以内的低光度镜片，直接看外表面灯管像与球面镜区别很小，此时的诀窍在于反过来从内表面来看外表面的反射灯管像，非球面镜同样呈中间鼓起的木桶状或明显的马鞍状变形且像大而略显模糊，球面镜则依然是笔直一条。



图3 -5.75D 非球面镜片的灯管像

2. 老光镜看网格线

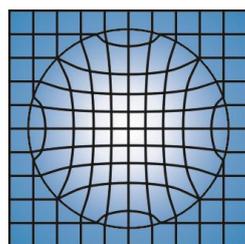
非球面老光镜的灯管像与球面镜不易区分，我们可以采用另一种方法来区分球面和非球面。一般情况下，+2.00D 以上的老光镜，如果是球面的话，将其凸面朝下置于网格纸上方 10CM 处可以发现网格线出现中间洼陷的枕状变形（即光学中所谓的“枕型畸变”），而非球面镜的网格效果是经校正成笔直的。度数越大，这一差异越明显。如图 4 所示。

此一检验方法也适用于-3.00D 以上的近视镜片，不同之处在于球面近视镜的网格效果呈中间鼓出的桶状变形（即光学中所谓的“桶型畸变”），且相对来说不象老花镜那么明显，要仔细对比同光度的非球面才能看得出来。

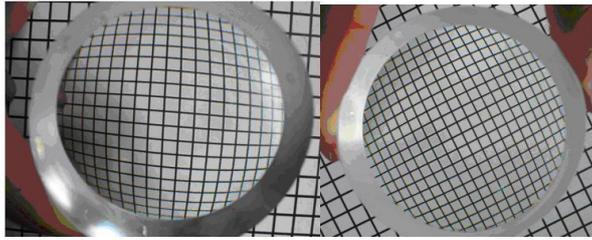
图4 近视球面镜的桶形畸变和老光球面镜的枕形畸变



球面近视镜网格畸变图



+5.00D 球面老光镜网格畸变图



非球面-8.00DS, DS-2.00DC 镜片网格线 双面非球面-8.00DS, DS-2.00DC 镜片网格线

3. 涡状效果

将非球面镜片侧向置于日光灯光源透射光下，可以发现镜片表面出现旋涡状效果，光度越高此一效果越为明显。该检验方法同时适用于较高光度的近视和老花镜片。

4. 普通焦度计检测

此一检测方法为最普通的方法，适用于所有非球面镜片的鉴别检测，尤其对于其它直观方法不易检验的低光度非球面镜片。即先在测度仪上测准镜片的中心光度，再将镜片逐步向边缘移，测量镜片由光学中心向边缘去的屈光度变化趋势。

球面镜的屈光度变化往往呈不变甚至增大的趋势，高度老光镜片的增大趋势尤其明显；而非球面镜则呈从中到边屈光度逐渐下降趋势，光度越高，趋势越明显。

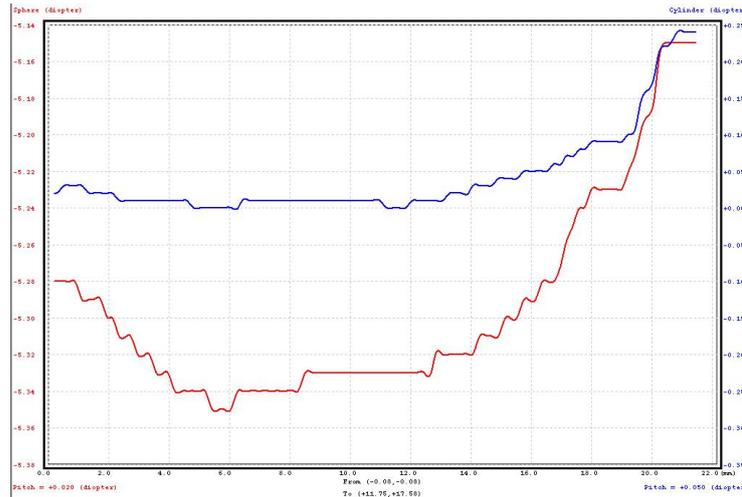
五、单非镜片的中心球面化和非球面化设计的优劣？

早期的非球面镜片很可能是出于中心度数测量方便的原因，也可能是出于加工相对容易控制的原因，往往会将中心区域（大约 10~15 毫米）设计成球面，比如日本精工公司的单非球面镜片就有过一个中心 10 毫米为球面设计的发明专利。目前国内市面上流行的以过去韩国进口模具制造相当数量的非球面镜片也属于此列。

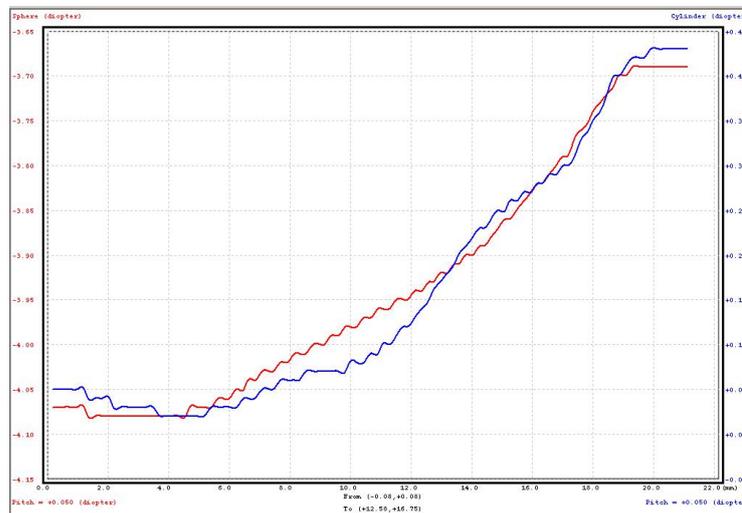
但随着非球面加工技术的发展，从中心开始即为非球面设计的思路渐渐流行起来，目前日本和欧洲顶尖镜片厂的非球面镜片绝大多数都按此思路设计，尤其是双非镜片，这种趋势更加明显。那么这两种设计思路的镜片究竟孰优孰劣？

如果单单从设计角度讲，中心非球设计无疑给设计本身带来了更多优化的余地，比如一片中心 20 口径为球面的镜片势必会减少 20-50 口径的设计可能性，给该区域设计优化带来困难。相反如果非球面设计从中心开始，整个表面的设计变量就可以多得多，得到最佳优化也会变得容易。另中心球面的非球面镜片在球与非球面交界的区域在加工中相对容易出现折线突变，某种程度上有可能会影响视觉效果。（下图为两片光度相同但设计分别为中心球面和中心非球面镜片的屈光变化趋势，先平后折向的为中心球面，连续均匀变化的为中心非球面）。

图 5. 中心球面化和中心非球面化非球面镜片的屈光变化测量图比较



上图为一中心球面化的非球面镜片从中心到边缘的屈光变化图（红色线），可以看出 0~14 毫米半口径几乎没有变化，但 15~20 毫米半口径处则变化 0.14D。



中心非球化设计镜片屈光变化图，整个 0~20 毫米半口径是基本均匀变化的

当然，对于部分加工条件还不够好的厂家来说，中心非球设计的镜片当然也有自身问题，由于无度数稳定区域，有可能会给加工中的镜片中心光度控制会带来一定难度，这也取决于各厂家自身对模具和压片加工精度的控制能力。

六、如何判定非球面镜片光学性能的优劣？

这是一个非常棘手的问题，因为到目前为止，非球面镜片还没有一个统一的国际或国家标准，各家设计的思路也有相当的出入，除非动用只有极少数科研机构才能拥有的纯专业的手段，其考核指标比更复杂的渐进多焦点镜片还要含糊。但含糊归含糊，非球面镜片的光学性能绝非没有优劣指标，其中最重要的一点，如前所述当然就是配戴的舒适感，再说白一点，就是转动眼球通过镜片边缘斜向视物时，应该比球面镜更清晰。从视光学原理上说就是 OA、MOE 等光学性能。问题是多数条件下要通过仪器直接测量这些性能存在不小的困难的，下面我们谈及的是几点比较直观且易于用普通方法检测出的影响配戴舒适性的非球面镜片质量缺陷。如何检验这些缺陷？

缺陷一. 从镜片中心到边缘屈光度和散光变化不均匀（时快时慢）、有反复（时降时升）或者有突变。

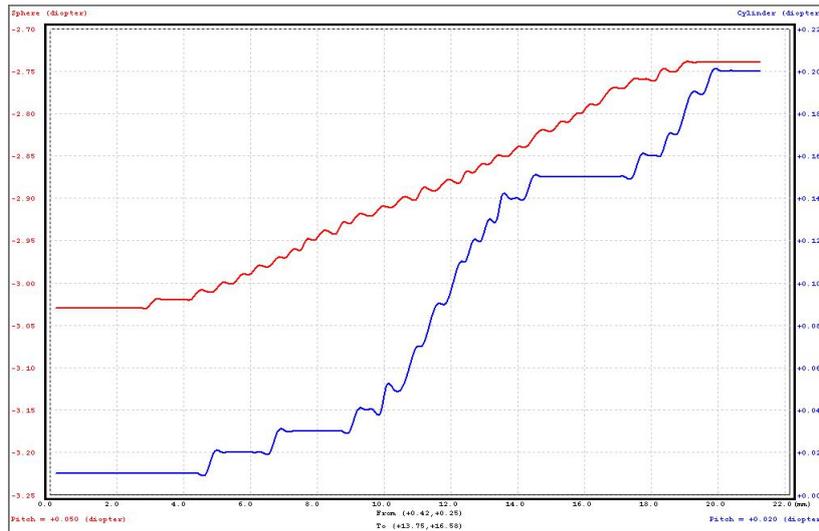
测量以上变化趋势的最佳仪器是进口的屈光轮廓扫描仪，不过考虑到此类仪器的价格问题，也可用普通焦度计做简易测量。即从中间到 50 口径处取点测光度再根据各点的距离和变化值来分析。

缺陷二. 镜片的非球面度未按光学原理设计。

部分厂家从节省成本，制造方便的目的出发，简化模具设计数目，众多品种共用一种非球面设计或者生产镜片用模具的管理出现问题又或者不熟悉设计的光学原理，片面追求“轻”“薄”，都有可能会导致此一结果。

检验非球面度的最佳设备是 3D 或 2D 表面轮廓仪；相对简易的方法则是焦度计测量从中心到 40~50 毫米口径区域的屈光度变化量是否符合各光度的大致理论要求，从低光度到高光度是否排列合理？

图 6. 某品牌-3.00D 非球面镜片非球面度差。



缺陷三. 加工变形。

这其实是普遍存在却容易被多数人忽略的一个问题，这里推荐一些简易的测加工变形的办法：

反射日光灯管像检测法：此一方法对于近视镜片比较有效，正常的非球面近视片的日光灯管像呈中间鼓起的饱满且弧度平滑的木桶状。而变形则有以下几种类型：中间部分有扭曲或过于平直到一定距离后突然折向变窄；边缘部分扭曲发散。

网格线检测法：此一方法主要对老花镜比较有效，即将镜片凸面朝下放置于网格纸上方 10cm 处观察，看镜片边缘网格线有无明显弯曲，中心部分有无扭曲？整体是否平直？



余浩昱，曾就读于南京大学天文系和吉林大学英语系。苏州苏大明世光学股份有限公司创始人之一。长期从事渐进多焦点、非球面、自由曲面等眼镜光学产品和眼科设备相关光学镜头产品的开发和应用实践

研究。曾主持或参与 10 项发明专利和 30 多项实用新型专利的成功申报。所参与的眼镜光学研发项目获得全国高校优秀科研成果二等奖一次，江苏省轻工业科学技术奖多次。

原文个别图片和文字经原作者同意做了修改。