

# It's not easy to say love you-Aspherical Lenses

## 非球面镜片，想说爱你不容易

### 呼吁基于理论推导与实践经验结合的非球面镜片尽快诞生

在平时的验配中，如果一个顾客戴不了非球面镜片，出现头晕、视物高低不平感，作为验配师的你会怎么做？你大概会索性换一副球面镜片？其实，这种现象是极其不合理的。作者希望能够抛砖引玉，呼吁各光学镜片研究机构、大型的镜片企业参与到解决非球面镜片补偿值这项被大家忽视的复杂工程中来。非球面镜片补偿值里面不仅有潜在的学术价值，也有巨额的商业价值。

文 ◆ 余浩墨

#### 非球面镜片验配存在问题

在实际的验配中，很多人会反馈，非球面镜片佩戴不舒服，但换成球面镜片就好了。

上述反馈中，部分人群可以排除非球面质量的问题。因为不少佩戴过非球面镜片的人都曾尝试过国际大品牌镜片。这些镜片从设计到生产都是有理论设计基础和严格的质量控制体系。即使是这种对非球面镜片光学设计有理论基础专业知识专业研究，对面型质量有控制的镜片仍然会出现非球面镜片的佩戴成功率低于球面镜片的现象。

其中的一部分原因，就在于完全按照理论值设计非球面镜片补偿值。

#### 基于理论推导与实践经验结合的非球面周边补偿值设计

如果非球面镜片完全遵从理论值来设计的话，根据目前的经验，多数介于 10~12% 的补偿值之间，即从镜片光学中心到 35 度视场角，非球面镜片的屈光度平均值大概变化中心光焦度的 10~12% 左右。比如一个 -6.00D 的近视眼镜，理论值算出比较合理的补偿值，平均屈光度在 20mm 的位置应该减少 0.6~0.7D。然而如果完全按照这些数据来制造非球面镜片，如前述，实践经验证实，出现佩戴投诉的情况会不少。因为在佩镜过程中有可能受到眼镜佩戴位置，戴镜习惯，佩镜者动态活动因素的影响，做过补偿的镜片戴起来甚至比不做任何补偿的镜片效果差。

#### 非球面镜片的检测

近年来，我们团队针对非球面补偿值的设计和佩戴效果做了一些测试，如果把非球面的补偿值变为 4%，7%，或者增大到 14%，到底会发生什么情况？

下面的图例为业界通行的简单判定非球面“合理性”的办法，也是非球面镜片常见的推广图。其实，这更多是一个商业性质的炒作，其实际意义至少不像表面看上去那么有效。

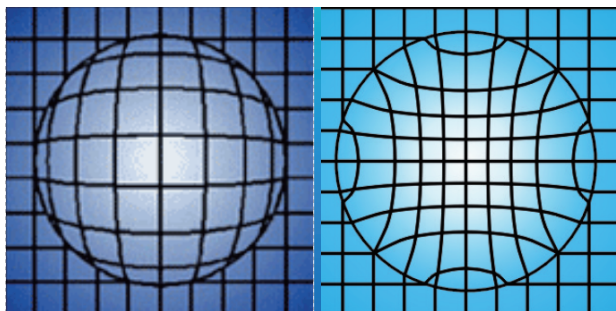


图 1：简单判定非球面镜片合理性的演示图

目前，可靠的对非球面进行检测的设备有几种，基本原理都是采用哈特曼法或者摩尔条纹原理，通过光度扫描图来研究。作为研发设备，目前一些大型工厂已经开始使用，但还远远谈不上普及型的面型检测。

#### 比较几种不同的面型检测设备在非球面镜片面型检测中的实践

已经有一些公司在考虑制定非球面镜片的检测标准，目前来说，非常困难。原因之一就是暂时还没有像焦度计

那样可靠的镜片面型检测仪。几种检测设备上检测的结果差异非常大。因为设备检测的数据处理方式不一样，导致有的设备是测量非球面镜片好，有的是测渐进多焦点好，有的测低光度好，有的是测高光度好，有的是测最大值好，有的是测平均标准值好。

我们把这些仪器检测到的数据改用焦度计的 SE 值设定，结合理论设计来验证，对 CLASSPLUS2000、VISIONIX2500、FFV 及 AR 公司的这几款面型仪器检测结果进行对比，差异非常大，可以说没办法找到一个比较理想的标准检测仪器。

| 同一非球面镜片的各类检测仪器20毫米半口径平均光焦度变化测量值 |      |        |                |      |        |                  |
|---------------------------------|------|--------|----------------|------|--------|------------------|
| 测量仪器                            | 设计值  | 焦度计SE值 | CLASSPLUS-2000 | FFV  | VM2500 | AR DUAL LENS MAP |
| -4.00D                          | 0.32 | 0.29   | 0.18           | 0.04 | 0.17   | 0.08             |
| -6.00D                          | 0.48 | 0.46   | 0.32           | 0.08 | 0.36   | 0.08             |

表 1：统一非球面镜片的各类检测仪器 20MM 版口径平均光焦度变化测量值

## 我们通过检查得出以下结论：

### · 各种检测仪器的非球面补偿值测量存在较大的差异

就目前的检测结果而言，对于屈光度较高的非球面镜片测量而言，反倒是焦度计 SE 模式是最贴近理论值，但是该测量方法受到测量人员的人为干扰较为明显。屈光轮廓扫描仪中，以色列 ROTLEX 公司的 CLASSPLUS2000 及 VISIONIX 公司的 VM2500 相对而言比较接近理论值。

但是，在对于较低光度的非球面面型进行检测的时候，各种仪器的相似度是比较高的，这说明当下各种按照哈曼法原理进行测量的屈光面型扫描仪在处理镜片自身屈光度影响时存在数据拟合缺陷。

尽管当前没有一种完全可靠的检测仪器可作为制定面型检测标准的依据，但是结合不同的测量方法和理论计算值的相互验证，并非没有可能在特点条件下制定非球面镜片的面型出厂标准以及检测方法。

### · 市场上不同品牌的非球面同光度补偿值差异较大

由于目前非球面镜片的检测标准不规范，市场上不同品牌的非球面镜片检测补偿值存在较大差异。

即使是国际大品牌的非球面镜片补偿值也存在较大差异。甚至出现某知名日本品牌的 -6.00D 非球面镜片的补偿值达到 0.8D，而另外一个知名法国品牌的同光度镜片补偿

值只有 0.3D 的情况。为什么大品牌之间会有这么大的差异，至今还缺乏有说服力的解释。

## 不同品牌非球面补偿值数据比较

| 20mm SE值变化  | 某合资   | 某欧洲品  | 某日本品  | 某国内品   |
|-------------|-------|-------|-------|--------|
| 各品牌-2.00D镜片 | 0.10D | 0.08D | 0.36D | -0.12D |
| 各品牌-6.00D镜片 |       | 0.32D | 0.63D | 0.88D  |

表 2：-6.00D 非球面补偿值，不同品牌补偿值间差异惊人

## · 固定补偿值非球面镜片与球面镜片在实际验配检测中的结果比较

针对非球面镜片和球面镜片在实际验配测试中的结果比较，和不同的非球面镜片的比较。我们在镜片检测时剔除了可能存在的镜片面型干扰因素，补偿值用两种检测仪器进行双重的保障，并采用与设计相互验证的方法。其次是我们保障每次参加检测的人数不低于 20 人，所有非球面镜片全部用自由曲面加工，避免了模具浇注镜片存在的面型误差。所有的镜片都通过扫描仪检测，点瞳并考虑镜架垂直倾角的问题。

固定补偿值镜片的设计方法，中心 5mm 区域光度变化速率设置为 20mm 口径变化速率的一半。20mm 半口径平均光焦度补偿值分别设计为中心光焦度的 7%~10%，进行了两组试验，镜片的补偿值由设计值和焦度计 SE 测量法双重保障。每次参加人数不低于 20 人。非球面镜片均采用自由曲面加工方式制造，球面镜片为市场上采购获得，所有镜片均经过 ROTLEX 公司的 CLASSPLUS 扫描检测并剔除可能产生干扰的加工变形因素。镜片装配时，均使用同款镜架，并将镜架垂直倾角默认为 9 度。

测试基于基本的双盲标准进行。对两种补偿值的非球面镜片和球面镜片的对比分别做了问卷调查，一种是补偿值为 7%，一种是补偿值为 10%，其中补偿值为 10% 接近我们计算的理论值。但根据以往的经验，按理论值来制作的镜片不一定是最符合实际佩戴要求的，而问卷调查的结果恰恰验证了这个结论。选择 10% 补偿值的非球面镜片的人数甚至不如选择球面镜片的人数多，我们团队做了 20 多例，回收了 19 例，11 例选择球面，只有 8 例选择 10% 的非球面补偿值的镜片。

我们团队还做了一个 7% 非球面补偿值的验配检测调查，患者选择非球面镜片的几率多于球面镜片。但差别不是很大，大约 9 例选择非球面，6 人选择球面。最后，我们

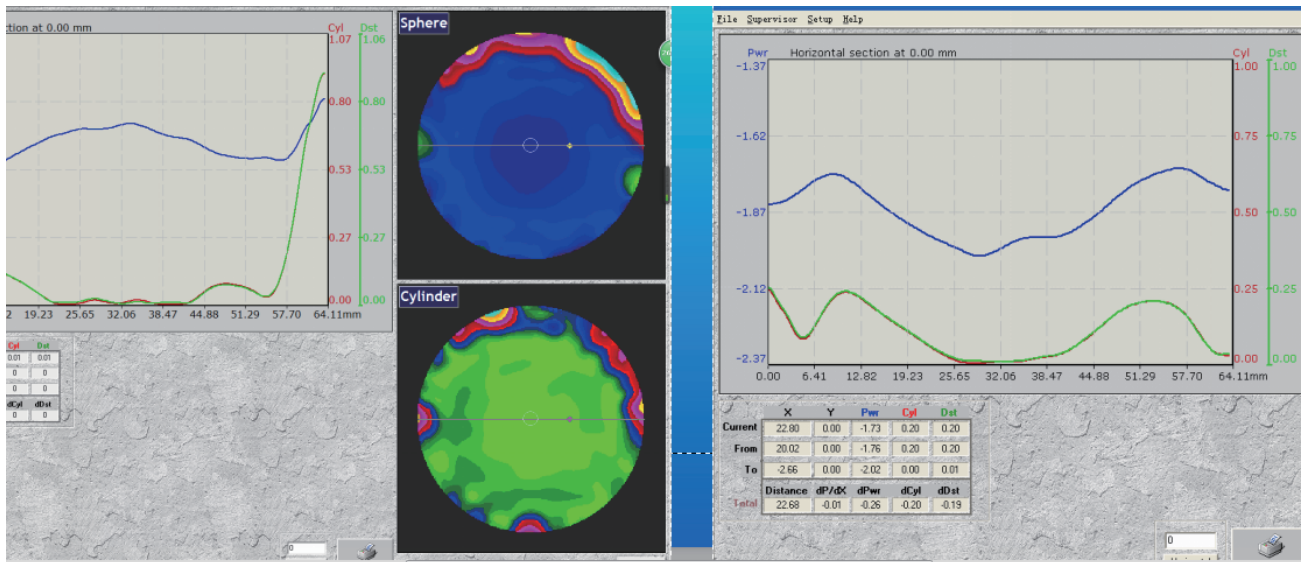


图2：镜片的面型检测和筛选，这是一个面型不太好的镜片，上面蓝色部分和绿色的部分存在明显的突变，属于被剔除的范围

团队还同时做了4%非球面补偿值的验配测试，但由于和实际出入太大，所以暂时判定没有价值。

## 非球面镜片与球面镜片佩戴效果对比验配测试结果总结

非球面补偿值的差异对结果产生一定影响，但目前还无法给出确定结论，哪种补偿值是最合适的。近期在重新进行4%非球面补偿值测试，结果敬请期待。

在球面镜片和非球面镜片的不同佩戴效果对比中，无论哪种补偿值的非球面镜片的第一时间静态效果明显优于球面，尤其是看近。但戴上后一段时间的动态效果则较差。在屋内活动十几分钟会出现头晕等现象，这时候放弃非球面镜片的几率也是最大的。

在一周之后，经过一段时间的适应后，反倒选择非球面镜片的人会多点。

### · 几种不同设计的非球面镜片及个性化设计单焦点镜片针对部分特殊敏感佩戴者的验配实践

下面我们针对部分对非球面镜片无法适应的个体进行进一步的跟踪配镜测试。

有视功能缺陷的人群不在此进行细分。仅仅对现象上无法适应非球面，但是佩戴球面镜片没有问题的人群进行测试。

所谓特殊敏感人群主要是指无法适应非球面镜片但却可以适应球面镜片的人群，也包括部分对近视单焦点镜片始终满意度偏低的人群。目前类似的情况普遍存在。

目前认为可行的方案包括经过补偿的个性化单焦点镜片（仅针对镜架倾角、佩戴位置、单眼瞳距而言）、降低

非球面补偿值的非球面镜片和特殊基弯的球面镜片。实际上没有人可以做到把可能会影响配镜效果的数据全部测量出来，一次性给出一个非常精确的补偿值，这样的几率少之又少。

最合适的镜片需要一个容错的机会，比如，镜架倾角、眼球活动习惯、单眼瞳高、瞳距，通过光线追踪原理，都可以算出镜片上如何补偿。在实践中应注意，任何镜片都是舒适性和功能性的平衡，单纯追求理论补偿是没有意义的，而这恰恰是部分品牌化企业所尊崇的。其实现阶段更有现实意义的事情，比如，镜架倾角调节，最原始的办法就是调节榫头和鼻托，不少验光师对于渐进多焦点镜片经常这样做，但对于非球面镜片却很少这样做。

其实非球面镜片验配中很多问题就是瞳高或者瞳距错误导致的不舒服，完全可以通过调节鼻托和榫头来改善。

另一个有趣的结论是非球面镜片的验配实际存在一部分心理诱导的作用。

因为在测试中我们发现，本团队公司内部受测试人群非球面镜片的验配成功率明显高于外部人群。内部测试的人实际无法做到双盲，因为他们有耐心去适应。而外部测试人员完全没有耐心，一旦不舒服马上就会放弃。测试结果显示，在戴镜两三天后，本公司内部人员测试选择非球面的几率远远大于球面。

## 综合结论

目前根据理论和实践结合得出7%~8%补偿值的非球面镜片相对合理，有减薄效果，不会引发大面积投诉。但和球面比，一是需要适应时间，大致2~3天，而针对部分



敏感人群或者戴镜习惯不佳的人群效果可能还不如球面。

非球面 10% 补偿值符合理论计算的最佳结果，但考虑戴镜习惯、镜架倾角、装配等影响因素，似乎不是最佳选择。

4% 补偿值非球面能够缓解部分佩戴补偿值，7% 非球面补偿值不舒适人群的症状，但还有待确认。

在内部测试中，7% 补偿值的非球面镜片选择率在经过 3 天适应后远高于球面，考虑到有可能无法达到双盲效果，说明由于存在适应时间，心里接受度也是影响非球面镜片验配成功率的重要因素。

装配瞳高和佩戴习惯对非球面镜片的适应性有不小的影响，经观测发现，出现适应困难的人群有至少一半的人镜架下滑，远离平视角度，而部分装配采用瞳孔点对准几何中心的人群也有较多的不适应状况。我们公司内部验配中很重视这一点，某种程度上而言，这也是非球面镜片取得良好效果的原因。

经补偿的非球面（或者个性化单焦点镜片）有可能缓解佩戴普通非球面镜片人群的不适症状，但这种补偿需要更多的经验积累，仅凭理论计算是无法解决问题的。而且目前达到的效果仅仅是缓解特殊敏感人群，是否可以是对大多数人群提供更好的佩戴舒适性尚存疑。

上述现象依然基于非球面镜片面型质量本身是可控制的前提，但目前市场上非球面镜片面型质量本身就存在一些问题。在进行更多验配测试的同时，如何建立可操作的非球面面型检测方法也是非常重要的，否则验配测试很难有一个统一的基础。

我司内部测试巩固了批量测试的两个令人振奋的结论：

①静态效果非球面优于球面，尤其是 35 岁以上人群在近视疲劳方面，非球面镜片佩戴明显优于球面。②非特殊敏感人群，一旦适应非球面镜片，如果要求其重新佩戴球面眼镜，就会发现后者效果明显不佳，多数出现暂时无法适应的情况。

## 降低补偿值和个人设计测试

在非球面镜片验配中，针对单焦点镜片特殊敏感人群，加入棱镜和光线追踪补偿，仅仅针对镜架倾角、镜架佩戴位置和单眼瞳高瞳距进行简单的优化，取得了相当好的效果。不过到目前为止，戴上补偿后的非球面镜片的效果还没有做到明显优于球面。对特殊敏感人群来说，会不会经过补偿之后戴非球面效果会优于戴球面，还需要进一步研究。

非球面镜片的光学中心是几何中心，但是考虑到镜架倾斜角、佩戴位置，如果佩戴没有补偿值的单焦点非球面镜片，建议瞳孔点对准镜片几何点下移 2~3mm。经过补偿的非球面镜片发现可以明显适应那些无法适应普通非球面镜片的人群。

国际大公司采用理论计算非球面镜片补偿值，是应用光线追踪的模式，但这种做法，就目前市场上了解到的效果来说，不太理想。而且到目前为止，还没有哪家公司给出临床验配的结果。

我司内部测试同时显示，对于部分无法适应 10% 补偿值的非球面镜片测试人群而言，在补偿值降到 6~7% 左右就能看到更好的效果。

## 一些有趣的后续方向

- 非球面补偿值进一步降低，比如 4% 非球面补偿值镜片对解决部分特殊敏感人群存在一定作用，但这种偏离理论值幅度较大的降低是否意味着近视非球面原有的轻薄概念需要修正。使用 4% 非球面补偿值镜片可能会缩短无法适应非球面镜片的特殊敏感的人群适应时长，但这种非球面镜片的静态方面是否还能优于球面的优势还需要进一步探究。

- 如何寻找一种相对简单经济的针对镜架倾角、佩戴位置的补偿方法，值得探讨，而且在设计、加工验配经验上尝试创新改良，使得个性化单焦点镜片得以普及。

- 如何针对人眼视功能的差异化，根据单眼瞳距、眼位、调节、集合等视功能检查结果来设计不同补偿值的非对称单焦点镜片。

目前，对于非球面补偿值的探讨，还需要众多同仁的精细研究，共同开发这片被遗忘的荒野。中国有近 1 亿的佩戴非球面镜片敏感人群，呼吁大家高度重视非球面镜片敏感人群验配现象，非球面镜片补偿值里面不仅有潜在的学术价值，也有巨额的商业利润。期待更舒适、完美的非球面镜片尽快诞生。

特别鸣谢苏州苏大明世光学股份有限公司、苏州大学现代光学研究所、苏州部分眼科医院以及苏大视光中心研究团队的提供技术方面的支持和数据统计。📄



余浩武

曾先后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（已于 2014 年在新三板挂牌）创始人之一。现任公司董事，总经理。长期从事眼镜光学和眼科设备相关精密光学产品的开发、销售和应用实践。曾主持或参与 7 项发明专利和 20 多项实用新型专利的成功申报，其中多数为第一或第二发明人。曾在专业杂志发表多篇技术推广文章。