

# 自由曲面眼镜片初探

作者：余浩墨

(此文刊载于中国眼镜科技杂志 2007 年第 11 期)

## 什么是自由曲面镜片？

所谓的自由曲面（FREE-FORM）技术即用于非对称复杂光学设计表面加工的技术。近些年来，此项技术已经在国际高端眼镜片行业得到较为广泛的应用。

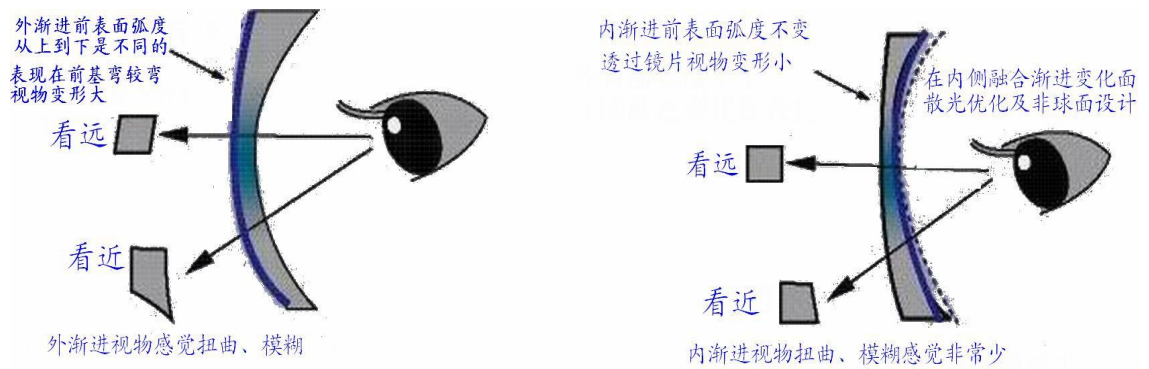
此类加工对设备性能要求极高，传统的球柱面研磨机器难以满足表面精度既高又要有镜面光滑效果便于直接抛光的加工要求。只有改进的单点 CNC 机床才能用于自由曲面镜片的加工。一般是先用人造金刚石刀具对表面进行粗加工然后再使用自然金刚石单点刀具对表面进行精磨，最后使用数控的柔性抛光机床进行抛光。



SATISLOH自由曲面车房设备VFT

一般情况下，使用模具压制成型非对称复杂表面面型大都存在于镜片的前表面，而后表面则使用传统研磨设备加工镜片处方光度。比如，我们所熟知的普通渐进多焦点镜片（外渐进）就是使用类似的方法加工而成的：前表面使用渐进多焦点模具，后表面使用球光模具压制成的外渐进半成品，再使用普通车房设备在半成品后表面加工镜片所需要的处方度数。而使用单点 CNC 机床研磨的复杂表面面型大都存在于镜片的后表面，即前表面由模具压制成型，在后表面直接加工镜片的复杂光学面型及处方度数。比如当前国际高端市场走俏的产品内非渐进多焦点镜片即是用前后球光模具压制成球光半成品，再使用自由曲面软件将渐进多焦点面型及处方度数加工于镜片的后表面。

我们把后一类车房加工的复杂表面镜片称之为自由曲面（FREE-FORM）镜片。



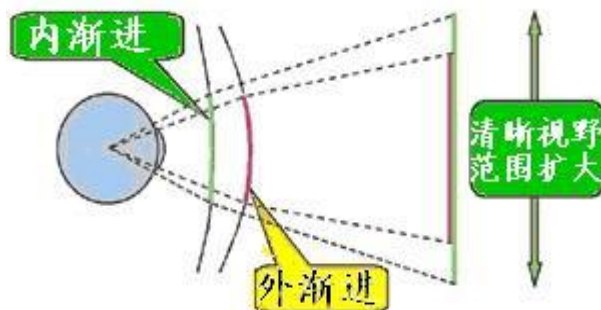
图二.外渐进及内渐进的侧面比较图

## 自由曲面镜片的优点

与靠模具压制面型的传统非对称复杂表面镜片相比，新型的、使用自由曲面设备将复杂光学面型直接研磨于镜片后表面的自由曲面镜片具备多个明显的优点。下面我们谈谈自由曲面加工的内渐进镜片相对于传统外渐进多焦点镜片的优点：

### 1. 视场受限制问题同样得到明显改善

将渐进设计移到内表面之后明显扩大了镜片各区的视场（见图 3）另一影响视场的因素来源于后表面的非球或散光非球设计。非球设计使得镜片的顶点曲率半径变平从而使镜片可以进一步地贴近眼球，这也是扩大视场的一个重要因素。

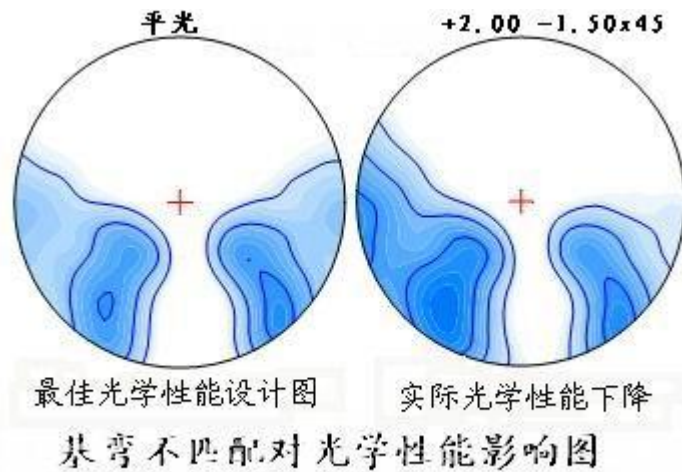


图三. 与传统外渐进镜片相比，内渐进镜片的各区视场明显扩大

### 2. 光学性能可被优化至最佳

传统渐进片考虑模具加工和半制片库存成本的因素，一个前弯往往要配相当数量的镜片度数。这意味着要牺牲大部分镜片的最佳光学性能。对光学性能进行最理想优化的方式是：每一个度数都对应一个不同的前弯。而这对于传统渐进片来说是不可能的。因此，必须对视物的精确性做出妥协，其偏离最佳程度取决于镜片的度数偏离其前弯所对应的最佳度数有多远。

这一点恰是内渐进镜片的最大优点，与传统的外渐进镜片不同，内渐进镜片根本不必担忧基弯有限无法优化光学性能。镜片的前后表面均可选择最佳的弯度匹配，同时内表面本身就带有非球面或散光非球面设计，使得镜片视物的清晰程度得到了最大程度的保证。



### 3. 个性化设计成为可能

内渐进设计还可以在软件中直接加入镜框形状及尺寸、瞳距等针对性的设计，使镜片的光学性能根据每个人的个人状况得到进一步优化。在后面我们还将谈及此一所谓的个性化镜片。

## 目前市场上常见的自由曲面镜片类型

目前国际一流品牌镜片商根据自身的技术特点及市场需要推出了多个品种设计原理各不相同的自由曲面镜片，归结起来有以下几个大类。

### 1. 内渐进多焦点镜片 (INTERNAL PAL)

前表面球面，后表面为非球面渐进多焦点设计。典型的有日本精工公司的 PROCEED、以色列 SHAMIR 公司的 AUTOGRAPH、西班牙 INDO 公司的 等等，该类镜片的优点前面已经介绍。

### 2. ATORIC 内非或双非镜片 (ATORIC/BI-ASPHERIC)

前表面球面或非球面，后表面 ATORIC 设计，比如蔡司苏拿公司的 VIZIO、精工公司的 1.67 双面非球面镜片等。该类镜片的优点是后表面的 ATORIC 设计减少了单焦点镜片的边缘像散，扩大了清晰视野范围。

### 3. 双非渐进 (BI-ASPHERIC OR ATORIC PAL)

前表面渐进多焦点、后表面 ATORIC 设计，典型的有德国 RODENSTOCK 公司的 MULTIGRESSIVE 千点智慧型镜片。该类镜片以后表面的 ATORIC 设计来使镜片的光学性能不受前表面固定基弯的影响各个光度都能得到针对性的最佳优化，同时还可以减缓普通外渐进镜片的盲区像散，令佩戴者迅速适应镜片。

#### 4. 双面渐进 (DUAL PAL)

两面均有 ADD 设计，形成复合渐进多焦点设计镜片，典型的如日本豪雅公司的 HOYA-LUX ID。

该类镜片在拓宽横向视野的同时，还可以通过前表面的补偿设计来抵消部分单面内渐进镜片令眼球纵向移动距离变长的缺点。

### 自由曲面镜片的加工

如前所说，自由曲面镜片对加工设备的要求很高，首先是能够令复杂曲面精磨面型精度达到微米级同时颗粒粗细度达到或接近镜面效果，然后再使用数控的柔性抛光机床和特制的柔性抛光工具进行抛光，以最大限度地控制精磨面型不变形。

当前世界上仅有三家正式的自由曲面镜片加工设备供应商，他们均来自德国，即 SATISLOH、SCHNEIDER 和 OPTOTECH。都是采用上述的类似原理，即数控单点精磨机+柔性抛光机的配制，设备价格昂贵，同时还要使用专用进口辅料，加工成本较高，加工效率也不如传统车房设备。这也是目前市面上自由曲面产品价格居高不下的主要原因。



**SCHNEIDER自由曲面精磨设备**

## 自由曲面镜片的最高形式——个性化镜片

自由曲面技术的发展对于消费者来说，最高级的受益肯定非目前已经上市的所谓个性化镜片莫属。

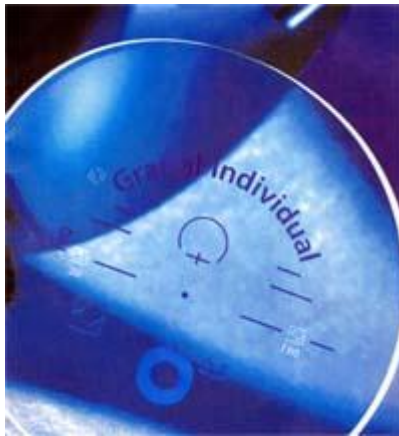
个性化镜片顾名思义就是按照使用者个人的独特参数来设计加工镜片，这其中包含了镜框形状、镜架尺寸、瞳距、瞳高、镜架的水平和垂直倾角等等，有部分厂家甚至将人眼球的活动习惯也作为个性化参数在设计时进行考虑。另一些厂家则提供类似 PDA 一样的个人阅读习惯参数计算装置来当场确定自由曲面镜片的参数。

至少从理论上说，个性化镜片的优点是毋庸置疑的，尤其对于渐进多焦点镜片来说是如此，也只有类似的个人针对性的设计可以使消费者能实现真正的快速适应。

下面简略介绍几款个性化镜片

### 1. 德国卡尔蔡司公司的 Gradal® TOP 个人化渐进镜片

该款镜片在设计中考虑了双眼的个别瞳距、镜架的倾斜角、近眼距以及配戴者所习惯的阅读及工作距离，甚至将身高也考虑在内，由此带来了消除摇晃感、快速适应、宽阔视野等综合优点。



### 2. 德国罗敦斯德公司的 Impression Mono 个性化单光镜片

可能是世界上首款个性化单光镜片，主要针对配戴者个人的镜架倾斜角、散光及棱镜度进行针对性的补偿设计，同时加入边缘非球面化及 Atoric 概念，使每一个特殊患者的清晰视野范围均能扩大到镜片的最边缘。

### 3. 日本尼康公司的 SEEMAX 个性化双面非球面镜片

世界上首款个性化双面非球面镜片,要求客户提供验光单并将镜架直接寄到镜片加工厂。根据客户的详细参数来定制镜片。同样以清晰视野范围宽阔而著称。

代表性的个性化镜片还有很多,如依视路公司视爵、罗敦斯德公司的

**Impression<sup>ILT</sup>**等等。这里需要指出的是,个性化镜片也好,自由曲面镜片也好,概念本身并不能决定水平高低,舒适与否很大程度上依然取决于各厂家的设计以及商家的验配水平。自由曲面镜片,如果设计和加工的效果不良,其产生的不适感与普通镜片无异。

在以后的文章中,我们将逐品种详细讨论目前的一些自由曲面产品。