

## 如何定义光纤跳线的端面三项值标准？

光纤的两个端面必须精密对接起来，以使发射光纤输出的光能量能最大限度地耦合到接收光纤中去。光纤线路的成功连接取决于光纤物理连接的质量，两个光纤端面需要达到充分的物理接触，如同融为一体的介质。物理接触对保证光纤连接点的低插入损耗和高回波损耗至关重要，光纤端面形状的演化，经历了PC、UPC和APC三种类型，如图1所示。PC是Physical Contact，物理接触。UPC（Ultra Physical Contact），超物理端面。APC（Angled Physical Contact）称为斜面物理接触，光纤端面通常研磨成8°斜面。

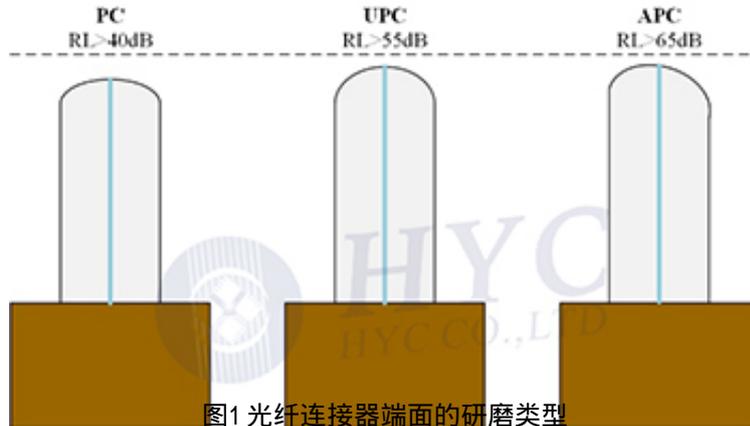


图1 光纤连接器端面的研磨类型

所有端面都研磨成球面，其中UPC连接器的端面曲率半径小于PC连接器，而APC连接器的端面通常研磨成8°斜面。PC、UPC和APC三类连接器能够保证的回波损耗分别为40dB、55dB和65dB。

光纤跳线的端面要求研磨成球面，然而经实际生产工艺制造出来的产品不可能是完美的。因此在技术标准中对端面形状进行了规范，包括曲率半径ROC、顶点偏移和光纤高度，如图2所示。

曲率（Radius of Curvature）：端面研磨圆弧状的曲率半径。表1中总结了IEC组织给出的相关技术标准，其中ROC应取适当大小的值（对PC型连接器为10~25mm，对APC型连接器为5~15mm），ROC太大则不能在压力下产生足够的形变以保证光纤之间的物理接触，ROC太小则在重复插拔之后易压碎光纤。

顶点偏移（Apex Offset）指的是曲面顶点与光纤轴线之间的偏移量，图3展示了顶点偏移对光纤之间物理接触的影响。如果顶点偏移太大，端面的形变足以让光纤之间发生物理接触，因此技术标准中要求光纤跳线的顶点偏移 50 μm。

光纤高度（Fiber Height）值得是光纤端面相对于插芯端面的高度，光纤端面可能是凸出于插芯端面之上的，也可能是凹陷于插芯端面之下的。稍小的光纤凹陷不会影响光纤之间的物理接触，因为插芯会在压力下产生一定的形变；稍小的光纤凸出量也不会影响光纤之间的物理接触，因为光纤本身有一定的弹性。因此技术标准中规定光纤高度的范围是 -250 ~ +250nm。

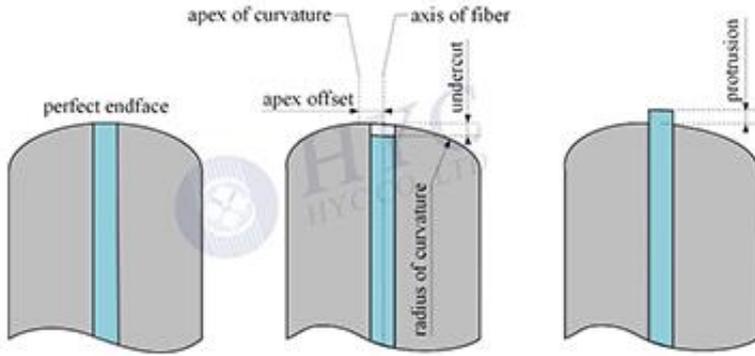
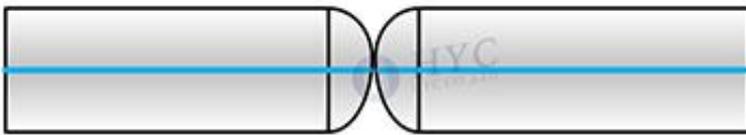


图2 光纤条线端面形状（三项值示意图）

表1. IEC组织制定的关于插芯端面形状的技术标准

端面形状	曲率半径 ROC (mm)	顶点偏移 (μm)	光纤高度 (nm)
PC	10~25	≤0	-250~+250
APC	5~15	≤0	-250~+250

图3 插芯端面的顶点偏移对光纤之间物理接触的影响



在表1的技术标准中，我们注意到APC类光纤连接器的曲率半径要小于PC类连接器。APC类连接器通过一定角度的研磨盘制备，图4（a）描述了陶瓷插芯在研磨盘中的倾斜排列情况。然而，当插芯被插入适配器的陶瓷套筒中时，它的排列方向是竖直的，如图4（b）所示，曲面顶点将会偏离纤芯。图5描述了两个APC类连接器之间的连接适配情况，由于两个端面的顶点不能对准，要求插芯端面产生更大的形变，才能保证光纤端面之间的物理接触。因此对APC类光纤连接器的端面曲率半径，要求取值更小。

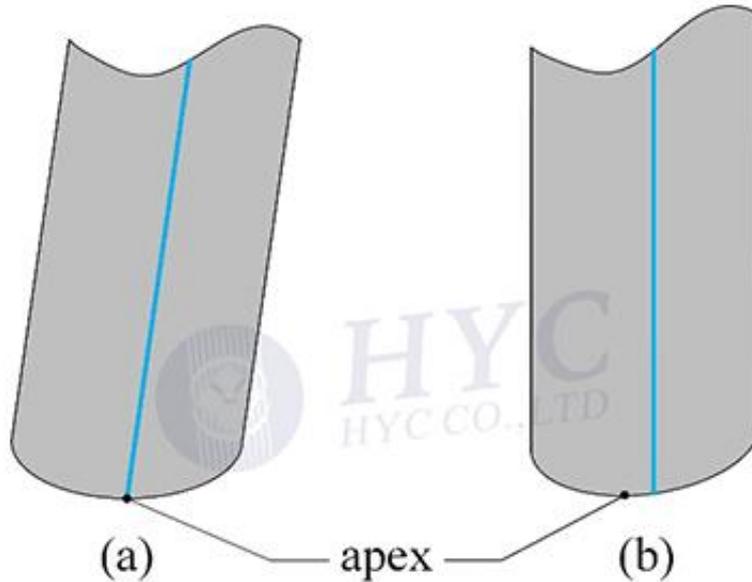


图4 陶瓷插芯的排列方向，(a) 在研磨盘中的情况，(b) 在适配器的陶瓷套筒中的情况

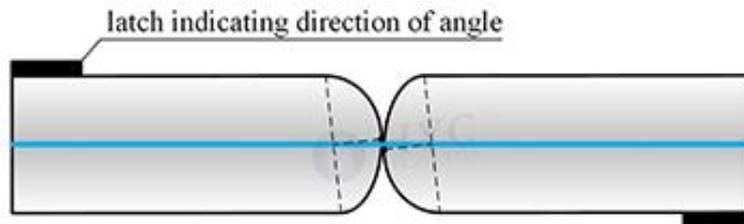


图5 两个APC光纤连接器之间的匹配情况

如图5所示，在APC类光纤连接器上，无论连接器的具体型号是什么，总有一个指示斜面方向的定向插销，定向插销的指示精度将会影响APC连接器的顶点偏移量。另外，端面研磨角度的误差也会影响顶点偏移量。图6描述了各种因素所产生的顶点偏移情况，其中R为端面曲率半径，O点为端面的曲率中心。连接器端面的普通顶点偏移情况，如图6(b)所示，它通常是在研磨工艺中产生的。如图6(c)所示，如果端面研磨角度存在误差，当插芯被插入干涉测量仪的 $8^\circ$ 夹具中时，将会测得偏心量 $d_1 = R \sin 8^\circ$ 。注意干涉测量仪的测量条件与光纤连接器的实际应用情况是一致的。图6(d)中，连接器的插销存在方位角误差，它可能是由机械部件或者装配工艺引入的。当这种存在方位角误差的连接器插入适配器中时，陶瓷插芯发生偏转，端面曲率中心由O点偏转至O'点，同时端面的顶点由A点偏转至A'点，如图6(e)所示。从图6(d)中可知线段长度 $OE = R \sin 8^\circ$ ，继而从图6(e)中得到因插销方位角误差引起的顶点偏移量为 $d_2 = R \sin 8^\circ \sin \theta$ 。

此处举一个例子，假定连接器端面曲率半径为 $R = 10\text{mm}$ ，研磨角度误差为 $\theta = 0.1^\circ$ ，插销方位角误差为 $\theta = 1^\circ$ ，由此得到各种因素引起的顶点偏移量分别为 $d_1 = 17.5 \mu\text{m}$ 和 $d_2 = 24.3 \mu\text{m}$ 。注意IEC标准中规定顶点偏移的上限是 $50 \mu\text{m}$ 。

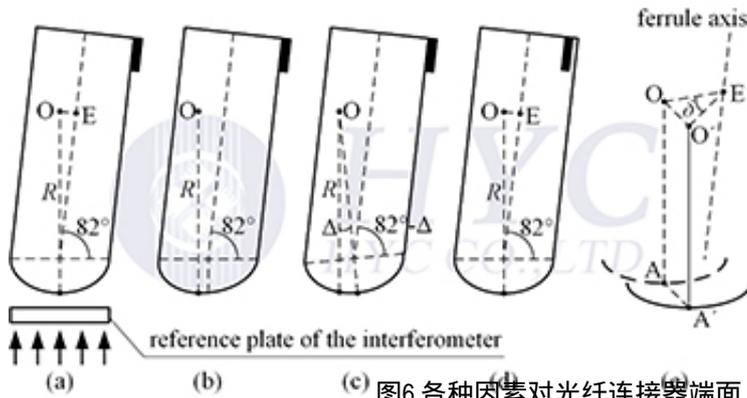


图6 各种因素对光纤连接器端面上顶点偏移的影响情况

由于技术和成本原因，光纤活动连接器排除在端面镀增透膜的可能，因此光纤端面之间的物理接触是低损耗和高回损得以实现的核心概念。球形端面有助于实现物理接触，关于光纤端面形状的技术标准，旨在让光纤连接器在各种严酷的环境下保证物理接触条件。球形端面通过一个“软”垫子，在一定的压力下研磨而成，垫子的硬度和压力大小都会影响端面的几何形状，此外研磨片的粗糙度也需要纳入考虑。最佳研磨参数可通过对多因子的正交实验设计获得。

对于APC类连接器，需要考虑更多因素，研磨角度的误差和定位插销的方位角误差都会显著影响连接器的顶点偏移。因此研磨盘需精密加工，以保证斜角的精度。除陶瓷插芯之外的其他零部件，其机械精度亦需得到保证。此外，连接器上的插销，与适配器中对应的卡槽，需要相对紧密的配合。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/151115.html>