

微结构膜技术应用 - 蝙蝠翼光型室内灯具

东莞市明悦光学材料有限公司 2024-4-26

蝙蝠翼光型是指灯具的光分布向蝙蝠翼一样向两侧展开，而常见的室内灯具的光型通常为接近圆形的朗伯分布。蝙蝠翼光型在室内灯具中有广泛的应用，比如在图书馆或超市使用的条形灯，需要把光尽量分布到两侧书架或货架上，而不是像普通朗伯光型灯具一样将大部分的光浪费在书架或货架中间的地面上。在办公场所，学校和医院，蝙蝠翼光型的面板灯也可以提供高均匀度的平场照明。

传统的蝙蝠翼光型 LED 条形灯采用定制的塑料挤出成型的条形透镜，或是采用异形金属反射罩。但无论是透镜还是金属反射罩，它们最大的问题都是会产生照明区域边缘的黄边和照明不均匀现象。也有供应商在塑料条形透镜挤出生产时添加扩散剂，使透镜起到一定的扩散效果，并消除黄边。但这种条形透镜都为定制品，单个项目需求数量不大，而在塑料中添加扩散剂需要大批量的生产才能保证扩散剂的分布均匀性和产品的一致性。

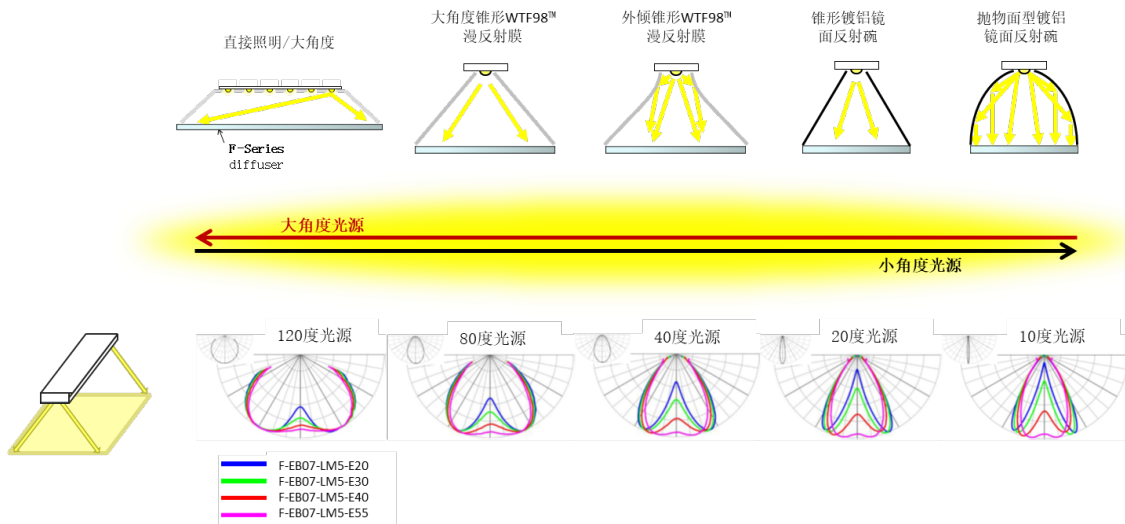
明悦光学的 F 系列蝙蝠翼微结构扩散膜可以完美的解决照明区域热斑和黄边现象，并有效的实现蝙蝠翼光型分布，或是均匀的平场照明。这种微结构扩散膜是通过 UV 转印的技术将模具上的微结构复制在透明 PET 膜或是 PC 膜上。它的微结构的高度为 20~50um，微结构本身的材料为光学级的透明 UV 胶。对于蝙蝠翼扩散膜来说，它有两面不同的微结构，其中一面为微棱镜面，看起来有光泽；另外一面为微结构扩散面，看起来像是磨砂面。因为蝙蝠翼扩散膜的基材和微结构都为透明材料，没有扩散粒子，只是靠微结构对光的折射起到扩散效果，所以光效很高，通常在 90%以上。如果用于带反射膜的面板灯或直下式灯具，其光效最高可以达到 96%。

明悦光学的 F 系列蝙蝠翼扩散膜的型号列表如下。

产品型号	典型灯具半宽高角度	低点抑制	LED 光点隐藏	LED光源典型光效
F-EB07-LM5-E10	-	强	弱	-
F-EB07-LM5-E20	127°	较强	较弱	92 - 96 %
F-EB07-LM5-E30	124°	中	中	92 - 96 %
F-EB07-LM5-E40	120°	较弱	较强	91 - 95 %
F-EB07-LM5-E55	-	弱	强	-

蝙蝠翼膜型号中的 E10~E55 代表微结构扩散面的扩散角度，扩散角度越大，扩散膜的雾度就越大。EB07 带表扩散膜的基材为 7mil(0.175mm)厚度的 PET。由于蝙蝠翼扩散膜是双面微结构，所以无法像明悦光学其他微结构扩散膜一样做成硬质贴合板，它在灯具的固定方式通常采用透明板做支撑。

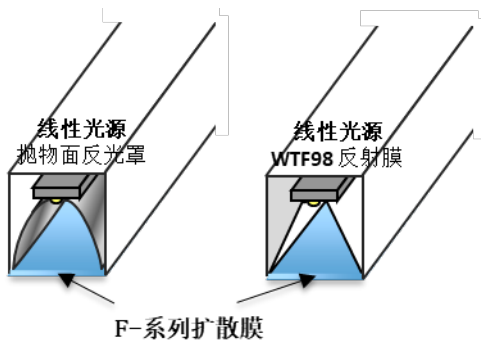
蝙蝠翼扩散膜的出光分布与光源角度有关。如下图所示，光源角度从左到右依次减小，当光源为大角度时，蝙蝠翼光型分布比较宽；当光源为小角度时，蝙蝠翼光型分布比较窄。蝙蝠翼膜的雾度决定了对蝙蝠翼光型低点光强的抑制和 LED 亮点的隐藏能力。雾度越高，对低点光强的抑制越弱，LED 亮点隐藏越强。比如使用-E55 高雾度的蝙蝠翼扩散膜得到的光分布几乎为平场分布，对蝙蝠翼的低点光强抑制不明显，如紫线所示。而使用-E20 的低雾度蝙蝠翼扩散膜得到的光分布较为“尖锐”，其低点位置的光强被明显抑制，如蓝线所示。



下面通过一些实例分别介绍蝙蝠翼扩散膜在条形灯，面板灯以及吊灯和凹面灯（Troffer）的应用。

一、条形灯：

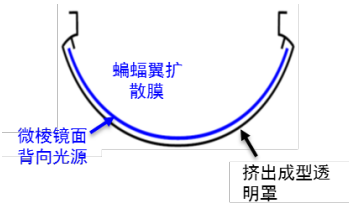
如果条形灯的出光面为平面，则蝙蝠翼扩散膜的安装方式如下图所示。在平面使用时，蝙蝠翼扩散膜的微棱镜面要朝向光源，并在外侧用透明塑料板做支撑。左图示例中的线性光源为小角度，采用了抛物面镜面反光罩；右图示例中的线性光源为大角度，采用了白色漫反射膜贴合板。其中 WTF98 是明悦光学的白色漫反射膜，其反射率为 98%。



如果条形灯的出光面为弧形，则蝙蝠翼扩散膜需要弯曲，并从内侧插入弧形的挤出成型透明罩，如下图所示。



注意，如果蝙蝠扩散膜弯曲使用，则微棱镜面要背离光源，这与蝙蝠翼膜平面使用的方式正好相反，如下图所示。另外，蝙蝠翼光型打开的角度可以通过改变透明挤出罩的曲率半径来调整。

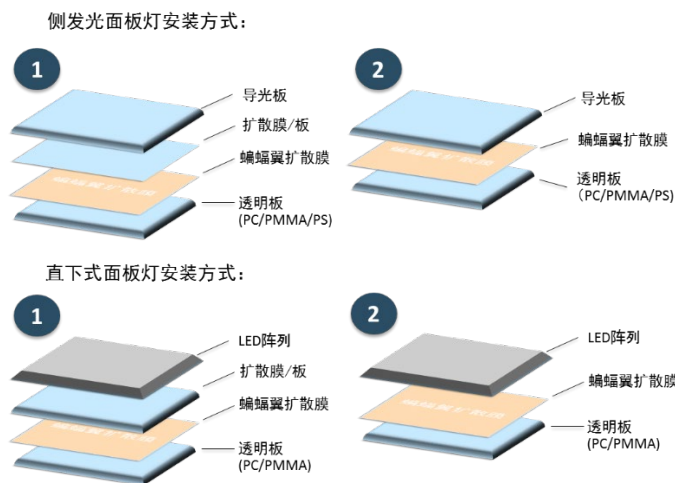


下面两张条形灯的照片分别是蝙蝠翼扩散膜平面使用和弯曲使用的实例。



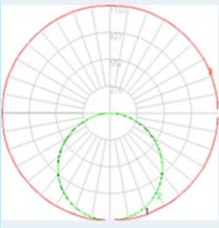
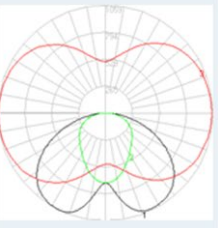
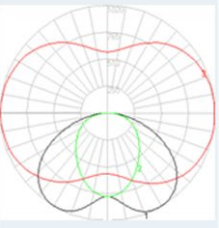
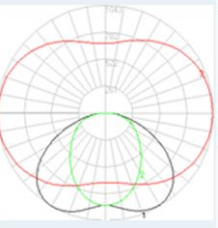
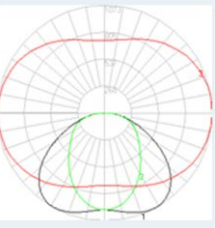
二、面板灯：

蝙蝠翼扩散膜在侧发光或直下式面板灯的安装方式如下图所示。无论是侧发光或直下式，在它们的第 1 种安装方式中都在蝙蝠翼膜的上方（靠近光源方向）使用了普通的体扩散膜或扩散板，主要是为了更好的亮点隐藏。第 2 种安装方式省略了普通体扩散膜或扩散板，这样需要使用雾度较大的蝙蝠翼膜，比如-E55。如果客户对最外层的起支撑作用的透明板所产生的镜面反射比较介意，可将光面透明板换成带细磨砂面的透明板，这样可以消除镜面反射，并避免在灯具安装时的指纹残留。但是透明板磨砂面的雾度不能太大，否则会影响蝙蝠翼的光型。



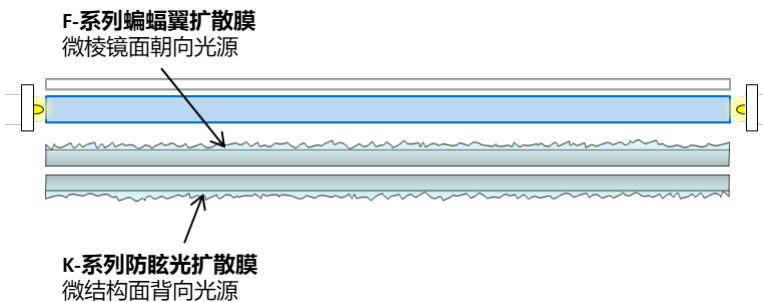
下面图表为 600x600mm 的侧发光面板灯在第 1 种安装方式下加装蝙蝠翼膜的参数和光分布曲线。其中第一列为不加装蝙蝠翼膜的情况作为对比，其余几列是加装不同雾度的蝙蝠翼扩散膜的情况。由图中的光分布曲线可以看出，对于最大雾度的蝙蝠翼扩散膜（F-EB07-LM5-E55），其光分布在一个方向接近平场照明，而等照度分度的俯视图（红线所示）接近椭圆形跑道的形状。这种光分布非常适合大面积办公场所的灯具布局，可以有效减小灯具使用数量，并提高整个房间照度的均匀性。

而加装较小雾度的蝙蝠翼扩散膜（F-EB07-LM5-E20）的面板灯，更适合于走廊照明。一方面可以把光尽量投射到走廊两侧的墙壁上，另一方面沿走廊径向的光较弱，能显著降低眩光。这样人在走廊行走时能感受到的光很大一部分来自墙面的间接照明，同时人眼沿走廊径向平视时不会感觉刺眼。另外从光效参数可以看出，加装蝙蝠翼扩散膜对于面板灯光效的影响很小。

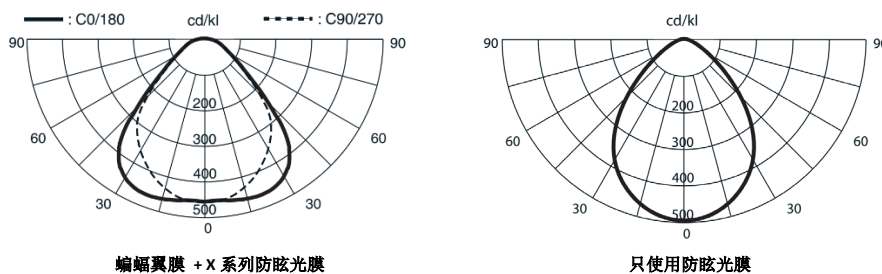
	无蝙蝠翼膜	F-EB07-LM5-E20	F-EB07-LM5-E30	F-EB07-LM5-E40	F-EB07-LM5-E55
光通量 (lm)	3235	3124	3091	3125	3155
灯具功率 (w)	37.8	37.93	37.8	37.95	38.05
光效 (lm/w)	85.58	82.36	81.77	82.34	82.92
发光角度 (degree)	114.5 (Horizontal) 114.5 (Vertical)	87.9 (Horizontal) 132.5 (Vertical)	92.1 (Horizontal) 132.1 (Vertical)	90.9 (Horizontal) 128.1 (Vertical)	88.7 (Horizontal) 123.5 (Vertical)
中心光强(cd)	1103.19	688.08	790.56	895.92	965.63
光分布图					

蝙蝠翼扩散膜用于防眩光面板灯可以显著提高照明均匀性，并增大照明范围。防眩光面板灯的出光角度一般在 80~90 度，远小于普通面板灯 110~120 度的出光角度，因为防眩光膜或防眩光板都会收束发光角。这样防眩光面板灯在房间安装时，为了达到一定的照明均匀性，不可避免的要减小灯具的宽高比，导致灯具数量增加。如果在防眩光膜或防眩光板的上方（靠近光源方向）将原有的普通扩散膜替换为蝙蝠翼膜，就可以增加照明均匀性，并解决防眩光面板灯照明区域过小的问题。

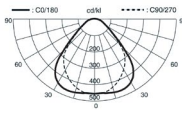
下面为蝙蝠翼扩散膜与明悦光学的 X 系列防眩光膜搭配使用的示意图。



下图分别展示了蝙蝠翼扩散膜 + X 系列防眩光膜的面板灯光分布曲线（左图），以及只使用防眩光膜的面板灯光分布曲线（右图）。



防眩光面板灯使用蝙蝠翼膜的实例很多，比如下面图片为英国 Luxonic 公司的 MICROLUX 系列面板灯。它在明悦光学防眩光贴合板的内侧加装了蝙蝠翼膜，既达到了防眩光效果又实现了平场照明，非常适合用于高端的办公场所。

LIGHT CONTROL


下面两张照片分别是在房间内按照固定位置安装普通防眩光面板灯（左图）以及带蝙蝠翼膜的防眩光面板灯（右图）的照明效果（注：图片选自 Luxonic 公司产品介绍）。可以看出，带蝙蝠翼扩散膜的面板灯能明显提到房间的照明均匀性。



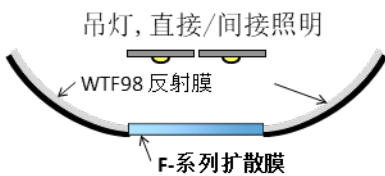
普通防眩光面板灯



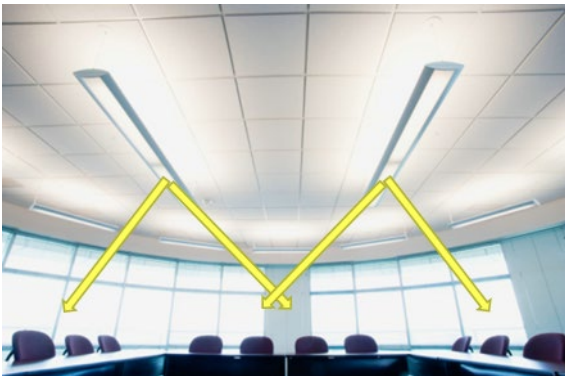
带蝙蝠翼膜的防眩光面板灯

三，吊灯和凹面灯（Troffer）：

用于办公场所的吊灯通常为上下出光的长条形灯具。下面介绍一款使用蝙蝠翼扩散膜的直下式吊灯。如下图所示：吊灯的两侧为弯曲的白色金属反射罩，其表面贴合有 WTF98 白色漫反射膜。蝙蝠翼扩散膜由透明板支撑，安装在 LED 阵列的正下方。这样吊灯的下方出光为蝙蝠翼光型，上方出光则通过白色漫反射罩反射到天花板。

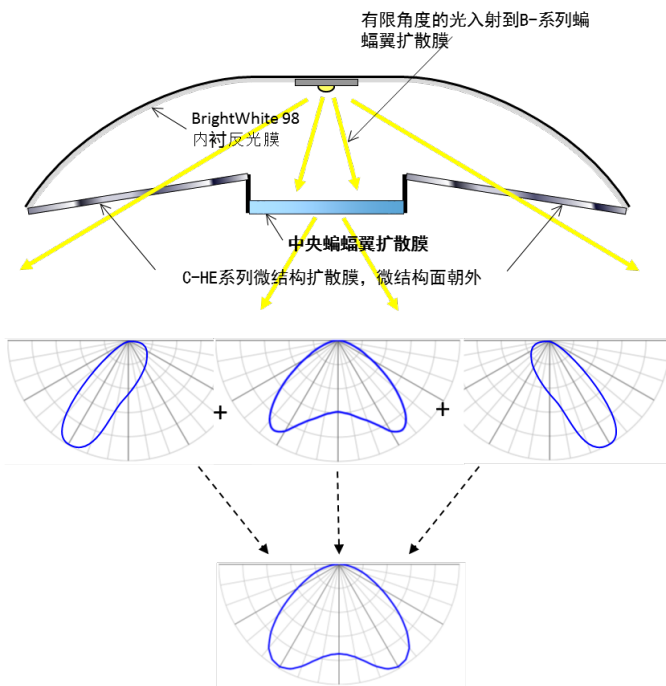


下面为这款蝙蝠翼光型吊灯的实物图片。

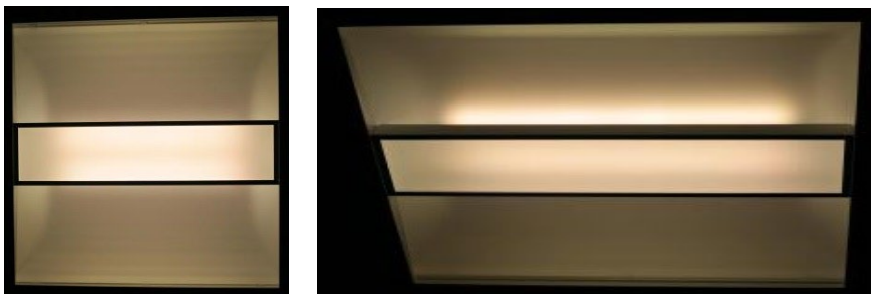


凹面灯（Troffer）在欧美应用非常广泛，它结合直下式出光和反射腔的间接出光，营造出较为柔和的发光氛围。蝙蝠翼扩散膜在凹面灯的应用实例如下图所示。其中蝙蝠翼膜由透明板支撑并固定在中央 LED 线

性阵列的正下方。凹面灯两侧的扩散板采用明悦光学的 K 系列微结构扩散膜贴合板。凹面灯内部的反射腔采用 W7F98 白色漫反射膜贴合的金属板。凹面灯中央的蝙蝠翼光型和两侧の出光叠加在一起，就组成了一个较大的蝙蝠翼光型。这样设计的好处是可以得到更宽，更均匀的光分布。另外通过选择不同型号的蝙蝠翼扩散膜，可以调节照明宽度，以达到 2:1 或更大的宽高比。



这款蝙蝠翼光型凹面灯的实物照片如下图所示：



总结：

灯具的外观和造型较容易被仿制，但灯具的光型，光效，照明均匀性等效果很难被模仿，而这些往往是通过先进的光学材料来实现的。目前灯具的设计朝着差异化和功能性方向发展。如果在灯具设计中灵活使用蝙蝠翼微结构扩散膜，可以增加灯具的功能性，从而避免和普通产品的同质化竞争。

希望本文对国内的灯具设计者有所帮助。

如需了解更多明悦光学产品信息，请访问明悦光学网站：www.mingyue-opt.com