

# 量子点发泡光扩散板的开发与应用评价

曹贤武<sup>1,2,3,4</sup>, 阮凌锋<sup>1,2,3,4</sup>, 周阳升<sup>1,2,3,4</sup>, 梁满意<sup>5</sup>, 王兴礼<sup>5</sup>

(1. 华南理工大学机械与汽车工程学院, 广东 广州 510000; 2. 聚合物新型成型装备国家工程研究中心, 广东 广州 510000;  
3. 聚合物成型加工工程教育部重点实验室, 广东 广州 510000; 4. 广东省高分子先进制造技术及装备重点实验室,  
广东 广州 510000; 5. 广东瑞捷新材料股份有限公司, 广东 惠州 516000)

**摘要:** 为了满足高色域、轻量化等需求, 将量子点技术与发泡技术相结合, 开发基材为聚苯乙烯(PS)的量子点发泡光扩散板。对量子点发泡光扩散板、发泡PS光扩散板、普通PS光扩散板进行微观形貌观察、光学性能与基础物性测试, 比较3种扩散板的性能, 分析其机理。结果表明, 量子点发泡光扩散板的泡孔均匀, 吸水率仅为0.09%, 雾度达到97.06%, 亮度与亮度均匀性分别达到2 742.4 nit与60.42%, 但其力学性能有所降低, 拉伸强度为24.6 MPa, 冲击强度为1.4 J/m<sup>2</sup>, 弯曲强度为46.1 MPa。另外, 对量子点发泡光扩散板的耐破性能、挺性进行了测试, 在高温高湿、低温贮存和高温贮存3种应用场景下进行了老化测试, 对透光率、雾度、翘曲、尺寸、亮度、X值与Y值7个参数进行检验。检测结果表明, 量子点发泡光扩散板均达到管控标准, 表现出优异的稳定性, 适用于多应用场景。

**关键词:** 量子点; 挤出发泡; 光扩散板; 高色域

中图分类号: TQ320.66; TN873.93

文献标志码: A

文章编号: 1005-3360(2026)01-0075-06

DOI: 10.15925/j.cnki.issn1005-3360.2026.01.014

## Development and Application Evaluation of Quantum Dot Foam Light Diffusion Plate

CAO Xianwu<sup>1,2,3,4</sup>, RUAN Lingfeng<sup>1,2,3,4</sup>, ZHOU Yangsheng<sup>1,2,3,4</sup>, LIANG Manyi<sup>5</sup>, WANG Xingli<sup>5</sup>

(1. School of Mechanical and Automotive Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510000, China;  
2. National Engineering Research Center for Novel Polymer Processing Equipment, Guangzhou 510000, China;  
3. Key Laboratory of Polymer Molding Processing Engineering, Ministry of Education, Guangzhou 510000,  
China; 4. Guangdong Provincial Key Laboratory of Advanced Manufacturing Technology and Equipment  
for Polymer Products, Guangzhou 510000, China; 5. Guangdong Ruijie New Materials Co., Ltd.,  
Huizhou 516000, China)

**Abstract:** To meet the demands of high color gamut and lightweight, quantum dot technology was integrated with foaming technology to develop a quantum dot foam light diffusing plate using polystyrene (PS) as the substrate. Microscopic morphology observations and tests on optical properties as well as basic physical properties were conducted for the quantum dot foam light diffusing plate, the foam PS light diffusing plate, and the ordinary PS light diffusing plate. The performance of the three types of diffusing plates was compared, and the underlying mechanisms were analyzed. The results indicated that the quantum dot foam light diffusing plate had uniform cells, with a water absorption rate of only 0.09%, a haze level reaching 97.06%, and brightness and brightness uniformity reaching 2 742.4 nit and 60.42%, respectively. However, its mechanical properties were somewhat reduced, with a tensile strength of 24.6 MPa, an impact strength of 1.4 J/m<sup>2</sup>, and a flexural strength of 46.1 MPa. Additionally, the burst strength and stiffness of the quantum dot foam light diffusing plate were tested, and aging tests were carried out under three application scenarios: High temperature and high humidity, low temperature storage, and high temperature storage. Seven parameters, namely transmittance, haze, warpage, dimensions, brightness, X value, and Y value, were inspected. The test results showed that the quantum dot foam light diffusing plate met the control standards and demonstrated excellent stability, suitable for multiple application scenarios.

**Keywords:** Quantum dot; Extruded foam; Light diffusing plate; High colour gamut

收稿日期 Submitted date 2025-01-19; 修回日期 Revised date 2025-02-15; 录用日期 Accepted date 2025-03-18

联系人, ppeme@scut.edu.cn

引用本文: 曹贤武, 阮凌锋, 周阳升, 等. 量子点发泡光扩散板的开发与应用评价[J]. 塑料科技, 2026, 54(1): 75-80.

Citation: CAO X W, RUAN L F, ZHOU Y S, et al. Development and application evaluation of quantum dot foam light diffusion plate[J]. Plastics Science and Technology, 2026, 54(1): 75-80.

光扩散板是一类能使光线通过并发生光扩散效应的板材。其基材材料需要具备高透光率、高化学稳定性及良好耐热性,通常选用聚碳酸酯(PC)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚苯乙烯(PS)或聚丙烯(PP)等<sup>[1]</sup>。光扩散板广泛应用于发光二极管(LED)照明、液晶电视及成像显示系统中。

传统光扩散板通过在基体中添加光扩散剂或在基材表面形成微特征结构阵列使光线发生反射、折射与散射,从而实现光扩散效果<sup>[2]</sup>。采用发泡技术在基体中形成泡孔以替代扩散剂,可有效提升光扩散板的抗冲击性与隔热性,且发泡层的全反射率较高,均匀性更佳。发泡工艺主要分为物理发泡和化学发泡。物理发泡因对设备要求较高,限制其在工业生产中的应用<sup>[3]</sup>。而化学发泡的设备投入成本较低<sup>[4]</sup>,使用偶氮二甲酰胺、碳酸氢钠等化学发泡剂产生化学反应,释放氮气、一氧化碳、二氧化碳和氨气等气体来实现发泡。与未发泡材料相比,发泡材料不仅质量更轻,而且比韧性、比抗冲击性和比强度更高<sup>[5]</sup>。

量子点是一种准零维材料,通常由少量原子组成,尺寸在2~8 nm之间,其三维尺寸小于或接近激子玻尔半径<sup>[6]</sup>。近年来,量子点在多种光电子材料中的潜在应用引起广泛关注<sup>[7]</sup>。量子点的发射光谱与其直径密切相关<sup>[8-13]</sup>,调控量子点的直径可实现所需的荧光颜色<sup>[14]</sup>。此外,量子点还具有稳定性高、响应时间短、灵敏度高等优点<sup>[15]</sup>。目前,量子点凭借其高量子产率、窄发射光谱、高色纯度、可调发射、高荧光强度和低衰减等特性,已被广泛应用于LED显示器领域<sup>[16-17]</sup>。在工业生产与研究领域,镉(Cd)基量子点是备受青睐的金属硫族化合物之一,其荧光可在极宽的光谱范围内被检测到,展现出卓越的光学性能<sup>[18]</sup>。

本文研究的量子点发泡扩散板中所用的量子点为Cd基梯度合金量子点(CdSe@ZnS),其核为硒化镉(CdSe)。CdSe在紫外线照射下易被氧化且会发生团聚,因此在其外部包裹了硫化锌(ZnS)壳层,有效保护了核心量子点免受紫外线侵害,从而极大提升了光稳定性<sup>[19]</sup>。量子点的稳定性易受温度、水分、氧气等因素影响<sup>[20-21]</sup>,其中氧分子会侵蚀暴露的量子点表面,导致荧光淬灭<sup>[22]</sup>。将量子点分散于光扩散板基体中,可有效隔绝水分和氧气,延长量子点的使用寿命。CHEN等<sup>[23]</sup>将量子点与PC树脂复合,制备一种PC导光板。测试表明,该PC导光板色域约为美国国家电视标准委员会(NTSC)色域的115%,亮度水平达2 100 nit,在背光显示器领域具有广阔的应用前景。此外,量子点技术不仅能够提升光扩散板的色域,还能增强人眼对亮度和画面质量的综合感知<sup>[24]</sup>。

本文将挤出发泡技术与量子点技术相结合,开发一种量子点发泡新型光扩散板。对量子点发泡光扩散板(量子点发泡扩散板)、发泡PS光扩散板(发泡扩散板)、普通PS光扩散板(普通PS扩散板)进行微观形貌观察和光学性能与基础物性测试,比较3种扩散板的性能,分析其机理。研究为新型量子点发泡扩散板的开发提供指导。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料

保护层:PS, RG-535TV, 惠州仁信新材料股份有限公司;光扩散剂, SXD1060, 深圳市盛欣德科技有限公司。

发泡量子点芯层:通用聚苯乙烯(GPPS), DR168, 山东道尔新材料科技有限公司;红色量子点(CdSe@ZnS), QPS-HR, 浙江纳晶科技有限公司;绿色量子点(CdSe@ZnS), QPS-HG, 浙江纳晶科技有限公司;抗氧剂, ZJ-001, 山东省临沂市三丰化工有限公司;有机硅扩散剂, HA-10, 长兴材料工业股份有限公司;发泡剂, CE-335-C, Reedy Chemical Foam公司;紫外光吸收剂, UV-5411, 福建帝盛科技股份有限公司。

### 1.2 仪器与设备

GPPS三层模内共挤线, KWJP65-130-65-1500, 惠州市泓海机械科技有限公司;电子天平, XPE204、XPE404S, 梅特勒托利多科技(中国)有限公司;显微镜气泡测量仪, DT-15D, 东莞市迪泰自动化设备有限公司;色彩分析仪, CA-310, KONICA MINOLTA;台式分光测色仪, CS-820N, 杭州彩谱科技有限公司;扫描电子显微镜(SEM), Quanta FEG 250, 美国FEI公司;电子万能材料试验机, Z010, 德国ZwickRoell公司;冲击试验仪, HIT50P, 德国ZwickRoell公司;电子万能材料试验机, Z1.0, 德国ZwickRoell公司;耐破强度测试仪, RG-NPQD, 广东省容光工业技术有限公司;微电脑弯曲挺度测试仪, YN-TDY01-C, 东莞市一诺精密仪器有限公司;高低温交变试验箱, HYH-2760D, 东莞市环仪仪器科技有限公司。

### 1.3 样品制备

新型的量子点发泡扩散板为3层结构,采用共挤的方法制备而成,中间层为发泡量子点芯层,上、下层各覆盖有成分相同、厚度相等的保护层。发泡量子点芯层是将PS原料、发泡剂和量子点材料经计量、混合均匀后加入挤出机中进行塑化,挤出发泡和冷却定型制得。上、下两层保护层以相同的PS为基体,加入适量扩散剂,以保护发泡芯层,同时也能够使其对光线进行折射和反射。图1为量子点发泡扩散板生产工艺流程。

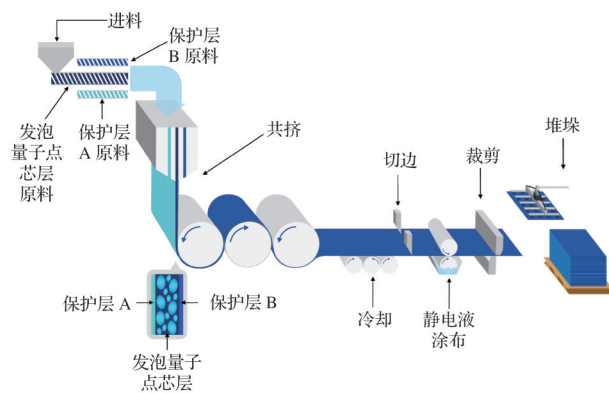


图1 量子点发泡扩散板生产工艺流程

Fig.1 Production process of quantum dot foam diffusing plate

发泡扩散板也为3层结构,中间层为发泡层,上、下两层为加入了适量扩散剂的不发泡的PS层,生产工艺与量子点发泡扩散板类似。普通PS扩散板则为单层、加入适量扩散剂的不发泡的PS板,由常规板材挤出工艺生产。

#### 1.4 性能测试与表征

**密度测试:**依照 ASTM D792—20 方法 A 测试,在温度  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度  $(50\pm 5)\%$  的条件下,从样品中截取片材进行测试。

**吸水率测试:**依照 JIS K7209:2000 方法 A 测试,样品尺寸为  $60.00\text{ mm}\times 60.00\text{ mm}\times 1.44\text{ mm}$ ,干燥温度为  $(50\pm 2)^\circ\text{C}$ ,浸泡温度为  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ ,皆保持 24 h。实验室温度为  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ ,相对湿度为  $(50\pm 5)\%$ 。

**光透过率、雾度测试:**依照 ISO 13468—1:2019 测试光透过率( $T_t$ )和有效光扩散系数( $T_d$ ),雾度由  $T_d/T_t$  计算得出。

**气泡长径比及泡孔密度测试:**通过显微镜气泡测量仪直接测量。

**拉伸强度、断裂应变测试:**依照 ISO 527—1:2019 和 ISO 527—2:2025 进行测试,试样标准为 1A,试样厚度为 1.41 mm,测试速度为 50 mm/min,标距为 75 mm,初始夹具间距为 115 mm。

**冲击强度测试:**依照 ISO 180:2023 进行测试,试样标准为 ISO 180/1A(缺口制备:机械加工),试样厚度为 1.44 mm,摆锤能量为 1 J,冲击速度为 3.46 m/s,测试悬臂梁缺口冲击强度。

**弯曲强度、弯曲模量测试:**依照 ISO 178:2019 方法 A 进行测试,试样尺寸为  $32.00\text{ mm}\times 25.00\text{ mm}\times 1.44\text{ mm}$ ,测

试速度为 1 mm/min,跨距为 24 mm。

**耐破测试:**钢球从高处跌落在扩散板上,观察扩散板是否有暗裂纹来测量耐破高度。步骤具体为:(1)扩散板试样粗纹面朝上平放在测试台面上;(2)把钢球(66.6 g)按照不同高度(10、15、20 cm 以此类推)自由跌落;(3)每个高度各测试 3 次;(4)透过光查看击点是否有暗裂,记录击点暗裂的测试高度;(5)自由跌落 3 次都没有破裂的最大高度作为耐破高度。测试的板材尺寸为  $300\text{ mm}\times 270\text{ mm}$ 。

**挺力、挺度测试:**依照 ISO 2493:2020 进行测试,样品厚度为板材厚度,标距为  $100^\circ$ ,测试速度为  $5^\circ/\text{s}$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 量子点发泡扩散板光学性能分析

泡孔及量子点对扩散板光学数据均有影响,表 1 为 3 种扩散板的光学数据。从表 1 可以看出,普通 PS 扩散板的光透过率较高,为 42.74%。泡孔会导致扩散板的透光率下降,当光线射入量子点发泡扩散板与发泡扩散板时,光线遇到泡孔表面会发生反射、折射、散射等,经过多个泡孔的反射、折射、散射等作用,光通量损失<sup>[2]</sup>,再加上量子点本身不透光,从而导致量子点发泡扩散板和发泡扩散板的光透过率均较低,分别为 29.00% 和 30.12%。量子点发泡扩散板与发泡扩散板体系中存在泡孔和扩散剂。由于这两种结构的折射率不同,因此光线在其中折射、反射的概率变大,因而这两种扩散板的雾度较大,分别为 97.06% 和 97.00%。尽管普通 PS 扩散板中仅存在扩散剂,但由于其含量较另外两种扩散板高,因此雾度仅低于量子点发泡扩散板 0.92%。

表 1 3 种扩散板的光学数据

Tab.1 Optical data of three types of diffusing plates

种类	光透过率/%	雾度/%	中心亮度/nit	亮度均匀性/%
量子点发泡扩散板	29.00	97.06	2 742.4	60.42
发泡扩散板	30.12	97.00	2 622.6	59.20
普通 PS 扩散板	42.74	96.14	—	—

注:“—”表示无相关数据。

量子点发泡扩散板的中心亮度与亮度均匀性分别为 2 742.4 nit 与 60.42%,均高于发泡扩散板,由于测试普通 PS 扩散板的设备通道与另外两种扩散板不同,因此无比较意义。但从广东瑞捷新材料股份有限公司《一种发泡扩散板及制备方法》专利可知,发泡扩散板的中心亮度及亮度均匀性均高于普通 PS 扩散板<sup>[25]</sup>,因此 3 种扩散板的中心亮度与亮度均匀性顺序为:量子点发泡扩散板>发泡扩散板>普通 PS 扩散板。量子点在实现光转换的同时,可能在一定程度上会影响光的均匀性,但由于联用了化学发泡工艺,气泡均匀分布在扩散板芯层中,反射和折射次数增加,提升了亮度均匀性<sup>[24]</sup>,使亮度与均匀性达到平衡。

### 2.2 量子点发泡扩散板微观形貌分析

图 2 为 3 种扩散板的断面形貌 SEM 照片。从图 2 可以看出,3 种扩散板的断面都十分光滑、整齐,均发生脆性断

裂。量子点发泡扩散板与发泡扩散板的泡孔分布比较均匀,泡孔密度相差不大,泡孔形貌相似。从图 2a 和图 2b 可以看出,量子点发泡扩散板泡孔密度略高于发泡扩散板,因此量子点发泡扩散板的光透过率较发泡扩散板低,而雾度较大。从图 2d~图 2f 可以看出,断面表面有细小孔洞,是由于断裂时微球形扩散剂所形成,可以看出扩散剂在 3 种扩散板中分散均匀,尽管扩散剂经历了一系列的工艺过程,但仍没有被破坏,呈单粒状态,与 PS 基体的相容性良好。

图 3 为量子点发泡扩散板 Cd 元素的 EDS 元素面。从图 3 可以看出,量子点中的 Cd 元素分布均匀,说明量子点在扩散板中分布均匀,与 PS 基体的相容性好,无明显团聚现象。

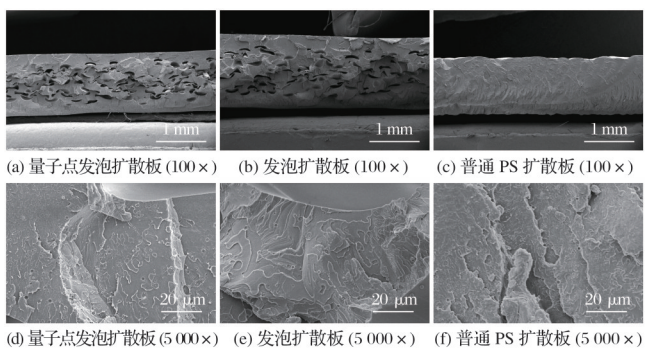


图2 3种扩散板的断面形貌SEM照片  
Fig.2 SEM images of cross-sectional morphology of three types of diffusing plates

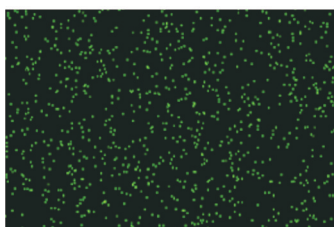


图3 量子点发泡扩散板Cd元素的EDS元素面(4 000×)  
Fig.3 EDS elemental surface of Cd element in quantum dot foam diffusing plate (4 000×)

### 2.3 量子点发泡扩散板基础物性分析

图4为3种扩散板的基础物性。从图4a可以看出,量子点发泡扩散板与发泡扩散板的密度分别为 $0.912\text{ g/cm}^3$ 与 $0.924\text{ g/cm}^3$ ,皆较普通PS扩散板低,是因前者芯层存在泡孔;量子点发泡扩散板的泡孔密度略高于发泡扩散板,可能是由量子点发泡扩散板中量子点纳米颗粒在气泡成核过程中起到异相成核的作用所致。表2为3种扩散板的吸水率。从表2可以看出,3种扩散板的吸水率均较低,而由于泡孔的存在,量子点发泡扩散板与发泡扩散板的吸水率较高,二者吸水率皆为0.09%。

从图4b可以看出,普通PS扩散板的拉伸强度最高,达 $39.9\text{ MPa}$ ,量子点发泡扩散板与发泡扩散板的拉伸强度分别比普通PS扩散板低约38.3%和32.1%。主要原因可能还在于泡孔的存在使拉伸强度降低,结合图2观察,量子点发泡扩散板与发泡扩散板的泡孔均较大,大的泡孔如同小尺寸的三维体缺陷,导致应力集中<sup>[26]</sup>,并且破坏PS基体作为连续介质存在的状态<sup>[2]</sup>,因此降低了拉伸强度。由于3种扩散板的基材皆为PS,断裂应变均较低。从图4c可以看出,3种扩散板的抗冲击性能差异较小,尽管量子点发泡扩散板与发泡扩散板的泡孔影响PS基体的连续态,但由于泡孔吸收了受到冲击时的能量,弥补了因PS连续态的缺失造成的冲击强度下降。从图4d可以看出,量子点发泡扩散板与发泡扩散板的弯曲强度比普通PS扩散板分别低36.6%和29.7%。原因可能是PS基体的连续性遭到泡孔的破坏,当扩散板受力时,薄的泡孔壁承担了大部分的载荷,而量子点的加入导致上述现象加剧,因此量子点发泡扩散板的弯曲强度仅为 $46.1\text{ MPa}$ 。尽管量子点发泡扩

散板与发泡扩散板的芯层存在泡孔,但两端的保护层仍保持良好的力学状态,两层保护层对弯曲模量提供了较大的贡献<sup>[2]</sup>,使量子点发泡扩散板、发泡扩散板与普通PS扩散板弯曲模量相当。

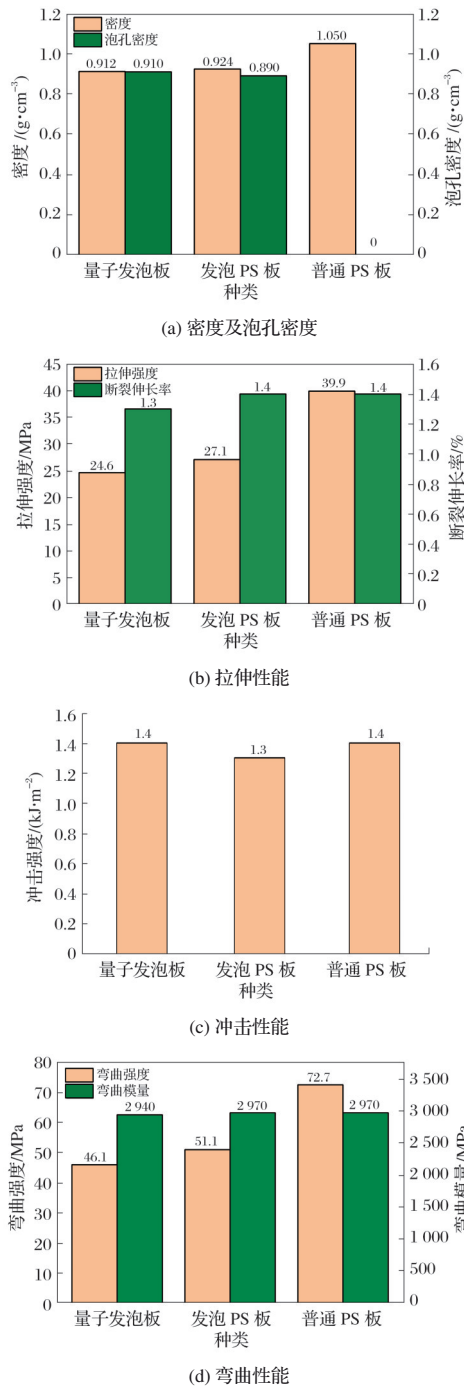


图4 3种扩散板的基础物性  
Fig.4 Basic physical properties of three types of diffusing plates

表2 3种扩散板的吸水率  
Tab.2 Water absorption rate of three types of diffusing plates

种类	吸水率
量子点发泡扩散板	0.09
发泡扩散板	0.09
普通PS扩散板	0.04

单位:%

## 2.4 量子点发泡扩散板可靠性分析

由于量子点发泡扩散板在实际应用场景中会面临各种各样的环境,因此测定其可靠性十分重要。对量子点发泡扩散板进行了耐破测试、挺性测试以及多种老化测试。

表3 量子点发泡扩散板的耐破测试结果

Tab.3 Durability test results of quantum dot foam diffusing plates

样品	标准高度测试结果				高于标准(极限值确认)测试结果				
	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm	50 cm
样品1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
样品2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
样品3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

### 2.4.2 挺性测试

表4为量子点发泡扩散板挺性的测试结果。从表4可以看出,平均挺力达到13 853.100 mN,平均挺度为692.655 mN·m。泡孔赋予了扩散板一定的韧性,测试后的扩散板无弯曲无变形,具有良好的挺性,达到合格标准。

### 2.4.3 老化测试

表5为量子点发泡扩散板在高温高湿环境下的老化测试结果,表6为量子点发泡扩散板在低温贮存环境下的老化测试结果,表7为量子点发泡扩散板在高温贮存环境下的老化测试结果。从表5~表7可以看出,所有检验项目均通过管控标准。在量子点发泡扩散板中,量子点均匀分散于PS基体中,减少了大量的团聚<sup>[27]</sup>,降低了量子点团聚所产生的

### 2.4.1 耐破测试

随机抽取3个量子点发泡扩散板进行耐破测试,表3为量子点发泡扩散板耐破测试结果。从表3可以看出,耐破高度均大于50 cm,表明均超过合格标准。

性能老化。泡孔与量子点均得益于两层PS保护层的保护,从而稳定发挥其光学作用,尺寸与外观也保持得比较好,质量得到了保证,可以克服各种不利的环境因素。

表4 量子点发泡扩散板挺性的测试结果

Tab.4 Stiffness test results of quantum dot foam diffusing plates

项目	挺力/mN	挺度/(mN·m)
样品1	13 374.200	668.710
样品2	13 990.400	699.520
样品3	13 978.800	698.940
样品4	14 069.000	703.450
平均值	13 853.100	692.655

表5 量子点发泡扩散板在高温高湿环境下的老化测试结果

Tab.5 Aging test results of quantum dot foam diffusing plates in high-temperature and high-humidity environment

项目	光透过率/%	雾度/%	翘曲变形/mm	尺寸/mm	亮度/nit	X值	Y值
管控标准	25.0±2.0	≥92.00	≤2.0	±1	1 940~2 210	0.291 7±0.005 0	0.276 7±0.005 0
测试前	25.5	95.50	无翘曲	960×540	2 804	0.287 9	0.272 6
测试后	25.3	95.47	0.4	960×540	2 785	0.288 6	0.274 2
判定结果	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表6 量子点发泡扩散板在低温贮存环境下的老化测试结果

Tab.6 Aging test results of quantum dot foam diffusing plates in low-temperature storage environment

项目	光透过率/%	雾度/%	翘曲变形/mm	尺寸/mm	亮度/nit	X值	Y值
管控标准	25.0±2.0	≥92.00	≤2.0	±1	1 940~2 210	0.291 7±0.005 0	0.276 7±0.005 0
测试前	26.2	95.85	无翘曲	960×540	2 713	0.288 2	0.273 3
测试后	25.9	95.74	0.5	960×540	2 687	0.286 6	0.275 2
判定结果	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表7 量子点发泡扩散板在高温贮存环境下的老化测试结果

Tab.7 Aging test results of quantum dot foam diffusing plates in high-temperature storage environment

检验项目	光透过率/%	雾度/%	翘曲变形/mm	尺寸/mm	亮度/nit	X值	Y值
管控标准	25.000±2.000	≥92.00	≤2.00	±1	1 940~2 210	0.291 7±0.005 0	0.276 7±0.005 0
测试前	0.264	95.85	无翘曲	960×540	2 685	0.287 7	0.273 4
测试后	0.261	95.45	0.15	960×540	2 651	0.288 4	0.276 5
判定结果	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

### 3 结论

量子点与发泡技术相结合属创新技术与工艺。本研究开发的PS基量子点发泡扩散板具有泡孔均匀、吸水率低、雾度高、亮度与亮度均匀性好等特点,耐破高度、挺度以及老化测试结果均达到了管控标准,表现出优异的稳定性,已实现大规模量产和应用。

由于量子点发泡扩散板技术兴起的时间不长,同时还存在一些不足,还需业界要花更多资源去进一步研究、开发与应用。开发兼具光学性能与力学性能的量子点发泡扩散板是今后的一个重要的课题。

#### 参考文献

- [1] 计伟, 许佳, 张冰, 等. 光扩散板板材专用聚苯乙烯树脂GPPS-300NT的开发及应用[J]. 上海塑料, 2022(5): 51-54.
- [2] 张涛. 功能性ABS多孔材料的制备及应用[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2017.
- [3] 吴昊. 型芯后撤二次注射开合模发泡注塑成型技术研究[D]. 济南: 山东大学, 2019.
- [4] 董成磊, 张旭, 马令庆, 等. 化学微发泡聚丙烯材料研究进展[C]//2022年中国家用电器技术大会论文集. 宁波: 中国家用电器协会, 海信家电集团有限公司, 海信空调有限公司, 2023.
- [5] 宋吉威. 微发泡聚丙烯材料力学性能研究及其模拟[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2015.
- [6] EBRAHIM F, AL-HARTOMY O, WAGEH S. Cadmium-based quantum dots alloyed structures: Synthesis, properties, and applications [J]. *Materials*, 2023, 16(17): 5877.
- [7] GAURAV A, JAIN A, TRIPATHI S K. Review on fluorescent carbon/graphene quantum dots: Promising material for energy storage and next-generation light-emitting diodes[J]. *Materials*, 2022, 15(22): 7888.
- [8] NGO C Y, YOON S F, FAN W J, et al. Effects of size and shape on electronic states of quantum dots[J]. *Physical Review B*, 2006, 74(24): 245331.
- [9] MIRHOSSEINI MOGHADDAM M, BAGHBANZADEH M, SADEGHPOUR A, et al. Continuous-flow synthesis of CdSe quantum dots: A size-tunable and scalable approach[J]. *Chemistry-A European Journal*, 2013, 19(35): 11629-11636.
- [10] IMRAN A, JIANG J, ERIC D, et al. Size and shape dependent optical properties of InAs quantum dots[C]//2017 International Conference on Optical Instruments and Technology-Micro/Nano Photonics: Materials and Devices. Beijing: SPIE, 2018.
- [11] LIU Y C, BOSE S, FAN W J. Effect of size and shape on electronic and optical properties of CdSe quantum dots[J]. *Optik*, 2018, 155: 242-250.
- [12] BHANDARI S, HAO B Y, WATERS K, et al. Two-dimensional gold quantum dots with tunable bandgaps[J]. *ACS Nano*, 2019, 13(4): 4347-4353.
- [13] LIU Z Y, LI F, LUO Y, et al. Size effect of graphene quantum dots on photoluminescence[J]. *Molecules*, 2021, 26(13): 3922.
- [14] LE N, KIM K. Current advances in the biomedical applications of quantum dots: Promises and challenges[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, 24(16): 12682.
- [15] SHABBIR H, WOJNICKI M. Recent progress of non-cadmium and organic quantum dots for optoelectronic applications with a focus on photodetector devices[J]. *Electronics*, 2023, 12(6): 1327.
- [16] YANG F Y, LI B W, LI Y H, et al. One-step fast fabrication of multi-layer quantum dot diffusion plate for stable display and ultra-long life, a novel quantum dot packaging strategy[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2024, 481: 148386.
- [17] TRAPANI D, MACALUSO R, CRUPI I, et al. Color conversion light-emitting diodes based on carbon dots: A review[J]. *Materials*, 2022, 15(15): 5450.
- [18] ADEGOKE O, NYOKONG T, FORBES P B C. Optical properties of water-soluble L-cysteine-capped alloyed CdSeS quantum dot passivated with ZnSeTe and ZnSeTe/ZnS shells[J]. *Optical Materials*, 2015, 46: 548-554.
- [19] ZHAN H J, ZHOU P J, HE Z Y, et al. Microwave-assisted aqueous synthesis of small-sized, highly luminescent CdSeS/ZnS core/shell quantum dots for live cell imaging[J]. *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2012(15): 2487-2493.
- [20] WANG L S, LIN J, HU Y S, et al. Blue quantum dot light-emitting diodes with high electroluminescent efficiency[J]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2017, 9(44): 38755-38760.
- [21] FU Y, JIANG W, KIM D, et al. Highly efficient and fully solution-processed inverted light-emitting diodes with charge control interlayers [J]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2018, 10(20): 17295-17300.
- [22] PECHSTEDT K, WHITTLE T, BAUMBERG J, et al. Photoluminescence of colloidal CdSe/ZnS quantum dots: The critical effect of water molecules[J]. *Journal of Physical Chemistry C*, 2010, 114(28): 12069-12077.
- [23] CHEN G H, YANG S H, YEH C W, et al. Polycarbonate light guide plates with embedded quantum dots fabricated by large-scale injection moulding for wide colour gamut displays[J]. *Materials & Design*, 2021, 201: 109504.
- [24] 方庆, 吴有肇, 王峰, 等. 量子点液晶显示技术发展趋势与展望[J]. *液晶与显示*, 2023, 38(3): 267-275.
- [25] 郑日新, 王兴礼, 梁满意, 等. 一种发泡扩散板及其制备方法: CN114675356A[P]. 2022-06-28.
- [26] 李戡. 二氧化碳在固态聚丙烯复合材料中的溶解扩散行为研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2011.
- [27] 叶道春, 谢洪兴, 李思杰, 等. 液晶显示用量子点扩散板的研究进展 [J]. *液晶与显示*, 2023, 38(3): 304-318.