高抗冲聚烯烃深海养殖装备复合材料的制备及性能研究

吴惠民
（福州市福塑科学技术研究所有限公司，福建　福州　350008）

摘要：聚烯烃具有质轻价廉，机械性能好，易加工等优点，在生产生活中得到了广泛的应用，本研究以聚丙烯（PP）复配高密度聚乙烯 (HDPE) 作为基体树脂，通过添加成核剂，考察不同类型及添加量成核剂对聚烯烃复合材料力学性能及加工性能的影响。实验结果表明：采用适量的 β 成核剂 NP509 和 NU-100 加入均能使材料的拉伸性能和冲击性能显著提高，添加 0.1 份成核剂 NU−100 和 NP509 时，断裂伸长率较未添加成核剂分别增加 38.4% 和 40%，简支梁缺口冲击强度较未添加成核剂的分别提升 6.3% 和 16.7%，拉伸强度较未添加成核剂则分别降低 9.2 % 和 11.3%，添加成核剂后对材料韧性的贡献大于因添加成核剂材料强度的损失。

关键词：成核剂；高抗冲；聚烯烃；深海装备
引用论文：吴惠民 . 高抗冲聚烯烃深海养殖装备复合材料的制备及性能研究 [J]. 橡塑技术与装备，2026, 52(11):55-58.
中图分类号：TQ325.1　　**文章编号**：1009-797X(2026)11-0055-05
文献标识码：B　　DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.11.011

0　前言

目前，深海养殖装备多以高密度聚乙烯 (HDPE) 为主要材料，高密度聚乙烯 (HDPE) 具有柔韧性好，抗风浪性能优、环保性好，易于回收利用以及耐腐蚀、耐盐等优点 [1~4]。但也存在刚性不足，柔弹性有余，抗流性能弱，易发生整体变形等缺点，在一定程度上制约着 HDPE 网箱的大规模推广应用 [5]。聚丙烯（PP）作为通用型结晶性高聚物，由于分子量较大，结构等规度大，其拉伸强度、压缩强度、硬度刚性和耐折叠等性能均优于 HDPE 材料，但自身也存在耐候性能较差和抗冲击性能不足，因此，采用聚丙烯复配高密度聚乙烯材料，通过添加成核剂制备符合深海养殖装备要求的高抗冲聚烯烃复合材料，具有广阔的应用前景。

1　实验部分

1.1　主要原料

PP 树脂，牌号 M00，中石化扬子石化公司；

HDPE 树脂，牌号 YGH041T，中石化公司；

酰胺配合物成核剂，牌号 NP509，湖北帅严李高生物医药有限公司；

稀土配合物成核剂，牌号 NU−100，日本新理化；

润滑剂，牌号 EW−480T，日本理研；

相容剂，牌号 CMG9201，佳易容聚合物（上海）有限公司；

抗氧化剂，牌号 Irganox 1010，巴斯夫。

1.2　主要仪器与设备

扫描电子显微镜，JSM−7500F，日本 JEOL 公司；

烘箱，881Y−3，苏州华洁烘箱制造有限公司；

5L 高速混合机，SHR−5，张家港市日新机电有限公司；

双螺杆挤出机，SJSH−30，石家庄市星烁实业公司；

塑料注射成型机，EM150−V，震德注塑机有限公司；

微机控制电子万能实验机，CMT4204−20KN，深圳新三思计量技术有限公司；

摆锤冲击试验机，ZBC1251−2，深圳市新三思材料检测有限公司。

1.3　试样制备

称取基体树脂和成核剂，加入密炼机制成核剂母

作者简介：吴惠民（1982−），男，高级工程师，主要从事高分子材料改性与应用研究。

基金项目：福建省促进海洋与渔业产业高质量发展专项资金项目（FJHYF−L−2025−21），福州市科技重大项目（2024−ZD−003）；中央引导地方科技发展项目（2024L3025）

粒。经高速混合机把母粒按照表 1 配方比充分混合后，加入到双螺杆挤出机挤出造粒，制成高抗冲复合材料，挤出后将粒料放置在 70 ℃的恒温箱内，干燥 7 h，经注塑机注射成型为标准样条，用于性能分析。

表 1　高抗冲聚烯烃复合材料配方

样品编号	PP（M00）/ 份	HDPE/ 份	NP509/ 份	NU－100/ 份	润滑剂 / 份	相容剂 / 份	抗氧化剂 / 份
R－00	100	15	0	0	0	0	0
R－005	100	15	0.05	0	0.5	2	0.05
R－01	100	15	0.1	0	0.5	2	0.05
R－02	100	15	0.2	0	0.5	2	0.05
R－03	100	15	0.3	0	0.5	2	0.05
R－05	100	15	0.5	0	0.5	2	0.05
M－005	100	15	0	0.05	0.5	2	0.05
M－01	100	15	0	0.1	0.5	2	0.05
M－02	100	15	0	0.2	0.5	2	0.05
M－03	100	15	0	0.3	0.5	2	0.05
M－05	100	15	0	0.5	0.5	2	0.05

1.4　测试与表征

拉伸性能按 GB/T 1040—2006 测试，拉伸速率为 10 mm/min ；

弯曲性能按 GB/T 9341—2000 测试，横梁速度为 50 mm/min ；

简支梁缺口冲击强度按 GB/T 1043—2008 测试，缺口类型为 A 型 ；

电镜 SEM。

2　结果与讨论

2.1　成核剂对高抗冲聚烯烃复合材料拉伸性能的影响研究

从图 1 中可以看出：添加两种成核剂后，聚烯烃复合材料的拉伸强度呈现先降低再提升，当两种成核剂 NP509 和 NU－100 添加量在份数为 0.1 时，拉伸强度较未加入成核剂分别降低 9.2 % 和 11.3%，随成核剂的添加量增加材料拉伸强度逐渐提高。这是由于随着成核剂的增加，聚烯烃材料中的 α 晶型向 β 晶型转化，而 β 晶束聚集会引起微小的裂纹而产生应力集中，从而使拉伸屈服应力下降，而随着成核剂添加量的增加，β 晶核因团聚反而阻碍了 β 晶的形成，从而使复合材料拉伸强度增加。而复合材料的断裂伸长率随成核剂的增加先呈现提高后趋于平缓，当成核剂 NP509 和 NU－100 添加量在份数为 0.1 时，断裂伸长率较未添加成核剂分别增加 38.4% 和 40%，增韧效果显著。但当成核剂添加量超过 0.3 份时，复合材料的断裂伸长率显著下降，这是当成核剂添加到一定份数时，材料晶型转化趋于完善。

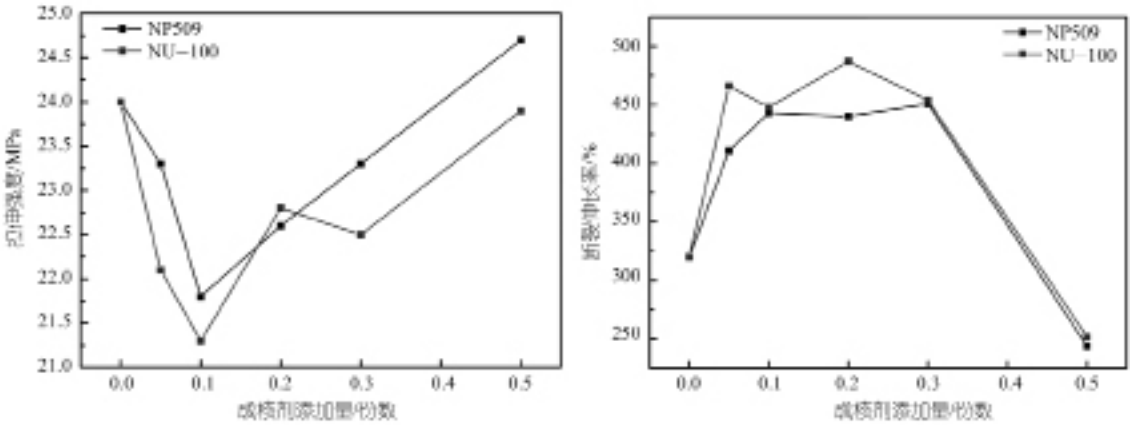


图 1　成核剂对高抗冲聚丙烯材料拉伸性能的影响

2.2　成核剂对高抗冲聚烯烃复合材料弯曲性能的影响研究

图 2 是成核剂对高抗冲聚烯烃复合材料弯曲性能，从图中可以看出：随着成核剂的添加，复合材料的弯曲模量和弯曲强度均出现先降低后升高的趋势。当成核剂 NP509 和 NU－100 添加量在份数为 0.05 时，材料较未加入成核剂的弯曲模量分别降低 11.0% 和 13.7%，弯曲强度分别降低 14.4% 和 6.4%，这是由于加入成核剂后，材料韧性增强，弯曲模量和弯曲强度有所下降。

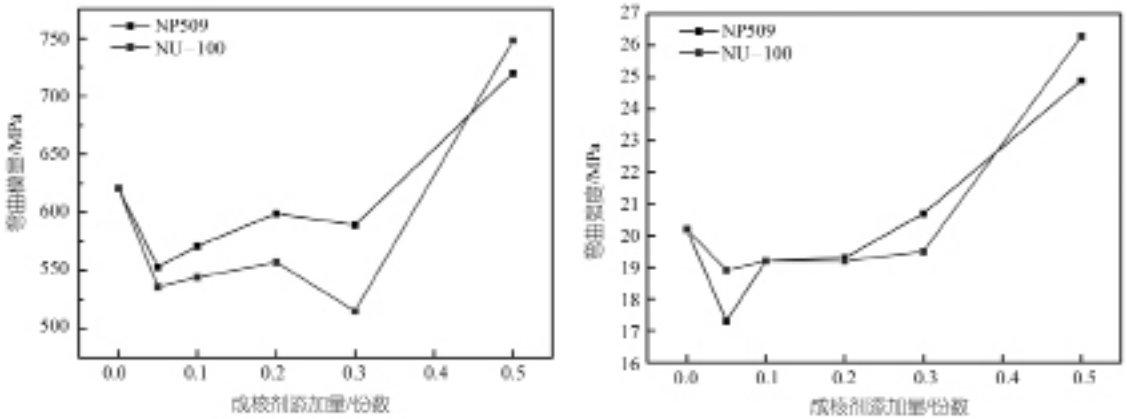


图 2　成核剂对高抗冲聚丙烯材料弯曲性能的影响

2.3　成核剂对高抗冲聚烯烃复合材料冲击性能的影响研究

从图 3 中可以看出：添加成核剂后，复合材料的简支梁缺口冲击强度均先显著提升后趋于平缓。当两种成核剂 NP509 和 NU-100 添加量在份数为 0.05 时，简支梁缺口冲击强度较未加入成核剂的分别提升 16.7% 和 22.9%。冲击强度提升明显。这是由于成核剂的加入促进了材料中 α 晶型向 β 晶型转变，从而提升材料的冲击性能。随着成核剂用量的增加，成核剂反而抑制晶体的生长，结晶中心来不及完善，导致产生部分缺陷，降低了材料的有序性，从而出现冲击强度反而降低或增加不显著的现象。

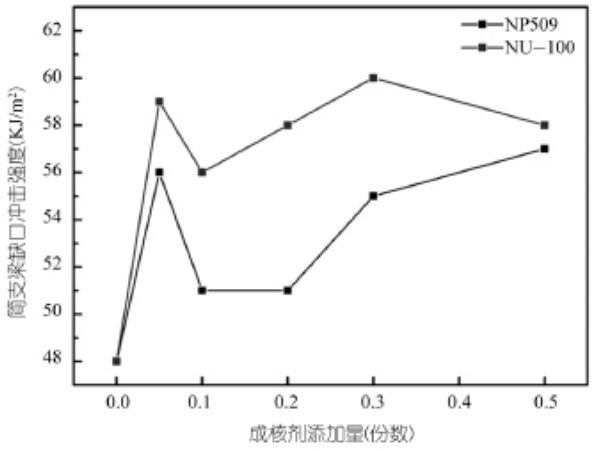


图 3　成核剂对高抗冲聚丙烯材料冲击性能的影响

2.4　高抗冲聚烯烃复合材料 SEM 分析

图 4 为高抗冲聚烯烃复合材料 SEM 图像，从图 4 看出：未添加成核剂 (a) 冲击断面 SEM 图断面较为光滑，而加入成核剂 (b)~(e) 后，断裂面明显粗糙，出现扭曲、撕裂、沟壑、起伏等状态，此为显著的韧性断裂特征，表现在力学指标上就是其冲击强度高，基本符合前面的力学性能分析。比较同种成核剂添加量不同对断面的影响，从图 4(b) 和 (c) 可以看出，添加 0.05 份的 NU-100 成核剂的断面 SEM 图相较添加 0.3 份成核剂断面 SEM 图，并未表现显著韧性断裂特征。图 4(d) 和 (e) 添加 0.05 份的 NP509 成核剂的断面 SEM 图相较添加 0.3 份成核剂断面 SEM 图也呈现基本相似的情况，这说明成核剂添加量对材料增韧存在一个适量值，并不是成核剂越多增韧效果越好。而比较两种不同类型成核剂的 SEM 断面，图 4(b) 相较图 4(d) 断面 SEM 图中有更多的隆起和沟壑，粗糙度高，图 4(c) 相较图 4(e) 也是同样的现象，说明 NU-100 成核剂对 PP 材料的增韧效果优于 NP509。

3　结论

(1) 采用一定份数的成核剂 NP509 和 NU-100 加入均能使 PP 材料的韧性和冲击性能显著提高，而对复合材料的强度则有一定的降低，但对材料韧性的贡献大于强度的损失，当成核剂的添加量为 0.1 份时，复合材料的综合力学性能最优。

(2) 结合材料冲击断面 SEM 图，添加适量成核剂的复合材料冲击断面较未加入成核剂材料的 SEM 图呈现明显粗糙、扭曲、撕裂、沟壑、起伏等状态，表现出显著的韧性断裂特征，与前面的力学性能分析基本相符合。

(3) 采用成核剂提升聚烯烃复合材料的韧性和冲击强度，对实际生产具有一定的指导意义。

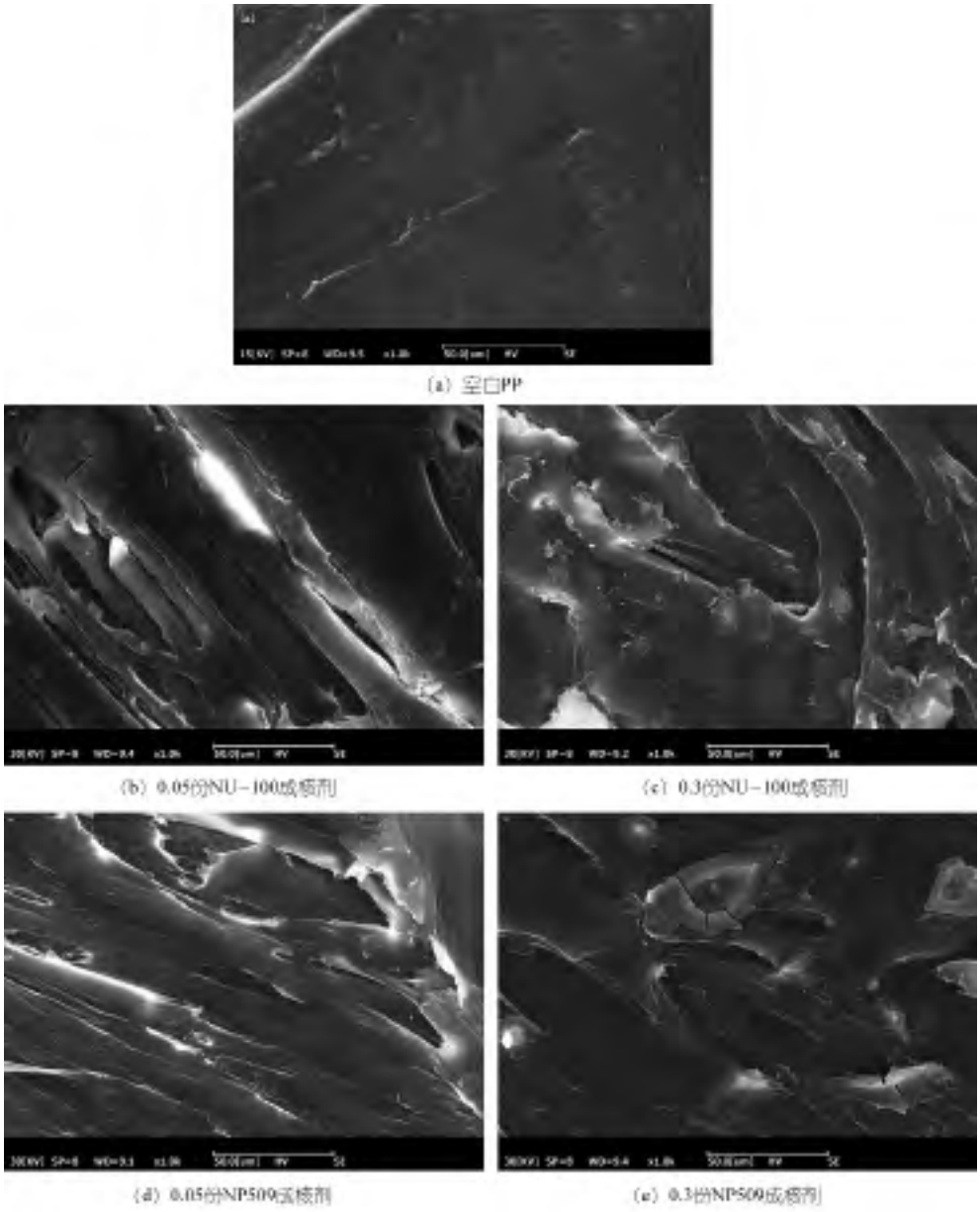


图 4　高抗冲聚丙烯材料的 SEM 图

参考文献：

[1] 姚丁香 , 刘子飞 . 生态环保型网箱养殖模式应用背景及推广要点 [J]. 中国水产，2020(6):24-27.

[2] 林长顺 . 提高塑胶渔排抗风浪能力技术措施 [J]. 基层农技推广，2019,7(10):117-118.

[3] 郑国富 , 朱健康 , 许肖梅 , 等 . 福建省渔业工程与装备学科发展报告 [J]. 福建水产，2011,33(3):61-67.

[4] 罗志平 , 古群红 , 于方兆等 . 抗风浪塑胶渔排养鲍技术 [J]. 生产技术，2013(234):71-73.

[5] 陈星 . 综合整治海上养殖严格保障质量安全 [J]. 福建质量技术监督，2019(8):28.

[6] 吴惠民 , 高耐磨阻燃改性聚丙烯电缆保护管的制备与性能研究 [J]. 橡塑技术与装备，2021,12(47):12.

[7] 力伟 , 吴惠民 . 高强耐磨纤维用聚酰胺复合材料的制备及性能研究 [J]. 橡塑技术与装备，2023,(47):13.

Preparation and performance research of high impact resistance polyolefin composite material for deep-sea aquaculture equipment

Wu Huimin

(Fuzhou Fusu Science and Technology Research Institute Co. LTD., Fuzhou 350008, Fujian, China)

Abstract: Polyolefins, known for their lightweight, affordability, excellent mechanical properties, and ease of processing, have found widespread applications in both production and daily life. In this study, polypropylene (PP) compounded with high-density polyethylene (HDPE) served as the matrix resin. By incorporating nucleating agents, we investigated the impact of different types and amounts of nucleating agents on the mechanical and processing properties of polyolefin composites. Experimental results indicated that the addition of appropriate amounts of β nucleating agents NP509 and NU-100 significantly enhanced the tensile and impact properties of the materials. When 0.1 parts of nucleating agents NU-100 and NP509 were added, the elongation at break increased by 38.4% and 40% respectively compared to materials without nucleating agents; the notched impact strength of the simply supported beam increased by 6.3% and 16.7% respectively; the tensile strength decreased by 9.2% and 11.3% respectively compared to materials without nucleating agents. Overall, the contribution of nucleating agents to material toughness outweighed the loss in material strength due to their addition.

Key words: nucleating agent; high impact resistance; polyolefin; deep-sea equipment

(R-03)

广饶“十五五”产业规划：锚定千亿级橡胶轮胎产业集群

Guangrao's "15th Five-Year Plan" industrial planning: Targeting a hundred-billion-yuan rubber tire industry cluster

近日，广饶县发展和改革局党组成员、副局长张安生解读了《广饶县国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》。

“十五五”期间，广饶将把橡胶轮胎产业作为传统产业提档升级的重要抓手，紧扣智能化、绿色化、融合化方向，推动产业能级整体跃升，加快打造千亿级橡胶轮胎产业集群。作为工业大县，广饶橡胶轮胎产业基础厚实、辨识度高。

根据规划纲要，未来五年，广饶橡胶轮胎产业将在“高端”上重点发力，积极发展高性能轮胎、新能源汽车轮胎等产品，顺应汽车产业电动化、智能化趋势，进一步提升产品技术含量和附加值。

同时，广饶将深化大规模设备更新和高水平技术改造，推动企业更新工艺装备、优化生产流程，以数字化、绿色化手段降本增效，增强市场竞争力。

在产业目标上，广饶明确提出，努力建设国内领先、国际一流的高端橡胶轮胎产业基地，打造1000亿级橡胶轮胎产业集群。这意味着，橡胶轮胎产业将从规模扩张更多转向质量效益提升，从传统制造加速向高端智造、绿色制造跃迁。

为保障目标落地，广饶将全面落实“链长制”，搭建企业原料互供、产能互补、技术互通的协作平台，坚持“一链一策”“一企一策”，着力破解企业用地、用能、融资等难题。

同时，用好税费减免、绿色信贷、创业担保贷款等惠企政策，支持企业上市、开拓海外市场，全方位赋能橡胶轮胎市场主体发展壮大。

下一步，随着“十五五”规划逐步实施，广饶橡胶轮胎产业有望在高端化、智能化、绿色化道路上迈出更大步伐，为现代化强县建设筑牢实体经济根基。

摘编自“轮胎观察网”

(R-03)