

超高分子量聚乙烯材料在航标中的研究与应用

叶应明¹, 施洪标², 毛睿³, 陈先海⁴

(1 湖南省益阳航道事务中心, 湖南 益阳 413001; 2 广东省东莞航道事务中心东莞航标与测绘所, 广东 东莞 523000; 3 黑龙江省航务局, 黑龙江 哈尔滨 150000; 4 湖北蓝宇航标股份有限公司, 湖北 荆州 434000)

摘要: 本文通过分析国内现有航标材料的现状, 研究对超高分子量聚乙烯(UHMWPE)材料的改性, 使其配方、工艺及结构、性能满足各种航标的需要, 通过在航道上的应用与实践, 认为超高分子量聚乙烯(UHMWPE)航标将是后期助航标志制造研究的发展方向。

关键词: 超高分子量聚乙烯; 材料改性; 标体

中图分类号: U644.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 07—0061—04

航道主要依靠配布航标, 标示航道的方向、界限及碍航物, 向航行船舶揭示有关航道信息要素。因此航标又称为船舶的守护神, 是船舶航行的眼睛。船舶航行时, 白天根据航标的形状、颜色, 夜间根据航标灯的灯质来辨别航行方向。因此, 航标的形状、颜色对白天航行的船舶很重要。航标颜色的鲜艳程度与使用的材料和颜色的退化程度有很大关系。目前国内航标主要是采用钢质或不锈钢按照一定工艺流程喷上油漆或表面贴反光膜加工而成, 也有采用玻璃钢材质(FRP/GRP)模铸航标、铝合金烤漆工艺航标和低密度线性高分子聚乙烯(LLPE)滚塑工艺航标的, 但市场份额很小。本文通过对国内各种航标材料、工艺现状优缺点的分析, 并根据超高分子量聚乙烯(UHMWPE)材料的特点及在国内航道上的应用情况, 提出新型UHMWPE材质航标将是今后助航标志制造和研究的方向。

1 国内传统航标的现状分析

内河航道航标配布和设置, 一般按侧面系统标志设置, 根据航道边界条件配布浮标或岸标, 浮标(水上航标)按形状分为杆形、圆柱形浮体加顶标标志、船型浮体加锥体和罐体或桅杆装球形顶标, 其颜色分左岸为白色或黑色、右岸为红色, 专用标为黄色。岸标(岸上航标)分杆形标加顶标、圆柱形标加顶标, 其立杆颜色左岸为黑白相间的横纹、右岸为红白相间的横纹, 顶标左岸为白色或黑色、右岸为红色。这些颜色由《内河航标技术规范》规定。不同的颜色确定航标的不同功效, 指引船舶正常航行。传统的航标的颜色根据使用材料不同, 制作工艺各异。目前, 传统航标的制作材料与工艺可分普通钢质或不锈钢材质、铝质材质、玻璃钢材质(FRP/GRP)和低密度线性高分子聚乙烯(LLPE)材料四种;

其制作航标的工艺是钢质一般采用喷漆或表面贴反光膜工艺、铝质采用烤漆工艺、玻璃钢采用模铸工艺、高分子量聚乙烯材料采用滚塑工艺。其中, 钢质航标市场占有率高达90%以上, 铝质与LLPE航标等非金属航标市场占有率不大于10%。而玻璃钢材质的航标因其是早期产品, 加之问题较多, 目前在我国内河已逐步淘汰, 海区航标因防腐要求更高而很少使用。其他材质的航标因其数量很少, 不具有代表性。因此, 就上述几种航标的现状分析如下:

1.1 钢质航标

钢质航标(含船型浮标与圆柱形浮标)因其钢性能好、成本低、生产工艺简单、制作容易等特点, 多年来被广泛应用。但由于钢质航标大多由普通钢板A3制成, 其最大缺点是固有的重量大、易腐蚀(锈蚀)等问题, 一直困扰着用户的使用。为了防止生锈, 厂家往往采用热镀锌防腐处理, 外贴反光膜、喷涂油漆等方法着色。由于热镀锌和外贴反光膜需要分开制作, 工艺要求很高, 一般为手工操作, 制作安装质量难以保证, 在运输安装过程中, 也难免出现标体外表反光膜破损, 且使用3年左右, 大多数标体外表反光膜都会暗淡变色、脱落。若在空气环境较差地方, 或沿海和岛礁上使用, 此问题更加严重; 若喷涂油漆, 则1~2年就会变色或锈蚀, 每年至少需对航标进行一次铲锈、油漆保养。国家提出生态优先、绿色发展理念, 推进生态文明建设, 钢质航标除锈、油漆将逐步被淘汰。此外, 钢质航标自身重量大, 一般6.7米钢制船型浮标达1.5吨, D2.4米圆柱形浮标达4吨, 10米钢制船型浮标达5吨。由于受环境影响, 运输、安装、移动保养等都需要动用大型专用设备和施工安装人员, 施工困难、安全隐患多、费用很高。鉴于上述原因, 钢质航标逐步被新的材料取而代之将成为一

种趋势。

1.2 铝合金材质航标

铝合金材质航标主要制作柱形岸标,与钢质航标相比,重量轻,但加工工艺复杂,加工成本高。其颜色是由氟碳漆通过烤漆工艺而成,需专门的烤漆房设备,且烤漆前的酸洗、碱洗、铬化等工艺对环境产生很大影响,不符合国家环保政策。同时,材料利用率低,而且铝与空气的氧气结合易生成三氧化铝,使其附着的油漆发生氧化而变色、脱落。若外帖反光膜着色,则难以改变上述钢质航标外帖反光膜自身缺点带来的应用问题,因此,铝合金材质主要应用在内河岸标上,沿海及水上航标很少使用。

1.3 玻璃钢材质航标

玻璃钢(FRP/GRP)航标采用玻纤布及环氧树脂采用模铸工艺而成,其颜色是由树脂调配而成。玻璃钢材料虽然具有较好的耐腐蚀特性,但由于玻璃钢的弹性模量比钢小10倍之多,在50℃以上高温下使用,通用聚酯FRP强度会快速下降,所以,其刚性不足,易变形,安全性能低;在紫外线、风沙雨雪、化学介质、机械应力等作用下容易导致性能下降。因此,一般玻璃钢材质航标易出现老化、变色、变形等现象,目前已退出国内航标制造市场。

1.4 低密度线性高分子聚乙烯航标

低密度线性高分子聚乙烯(LLPE)航标一般采用滚塑工艺制成,由于其分子量低(分子量一般小于80万以下),不用外力加压,只需要加热到一定温度就能融化成型,其颜色由粉料调制而成,因此,其制作工艺简单,易加工。但LLPE抗老化差、退色快、易粉化、寿命短,特别是刚性不够,温度越高,刚性越差,如果其表面温度不平衡,还会出现明显的弯曲。用该材质制造的柱形航标,因夏天太阳照射一侧温度较高,线膨胀较大,背离太阳一侧因温度较低,线膨胀较小,标体就出现明显弯曲,该材质柱形航标被称为“向日葵”航标。因此,该材料如果不做特殊处理直接用于制造航标并安装使用,则不可避免的因其材料刚性不足,热敏感性太强等致命缺陷,导致使用不安全。因此,LLPE很难满足航标使用要求。

2 超高分子量聚乙烯航标的改性及加工工艺

超高分子量聚乙烯简称UHMWPE,是分子量150万以上的聚乙烯。密度:0.936~0.964g/cm³;热变形

温度85℃,熔点130~136℃。UHMWPE是一种线型分子链结构,具有优异综合性能的热塑性工程塑料。UHMWPE具有突出的抗冲击性、耐应力开裂性、耐高温蠕变性、自润滑性、高环保、无毒害,卓越的耐化学腐蚀性、抗疲劳性、噪音阻尼性、耐核辐射性等特性,是代替碳钢、不锈钢的最佳材料。目前已用到警察的防弹服,国外已用到桥梁上的汽车防撞护栏等。如果对该材料作一些研究,充分利用其优点,避开其缺点,做到综合利用,在助航标志上的应用前景将非常广阔。

2.1 超高分子量聚乙烯(UHMWPE)材料性能

(1)耐磨性好:磨耗量(MPC法)20mm,耐磨性比钢高4~7倍,比LLPE高10倍,在工程塑料行列中其摩擦系数最小。

(2)抗冲击性强:悬臂梁缺口冲击冲不断,具有较好的抗冲击性和吸收冲击能的特性(含外强冲击力,内压力波动)。其冲击强度是尼龙的2倍,聚氯乙烯的20倍;低密度线性聚乙烯(LLPE)的4倍。

(3)柔韧性好:断裂伸长率达到350%(一般钢筋为30%左右),其断裂拉伸强度28MPa,弯曲弹性模量600MPa。

(4)耐腐蚀性强:超高分子量聚乙烯为饱和分子团结构,化学稳定性极高,耐各种腐蚀介质(酸、碱、盐)及有机溶剂,适合海上使用。

(5)耐候性好:超高分子量聚乙烯板材是分子量在150万以上的饱和分子团结构,在紫外线照射下,即使无抗紫外线添加剂,也不会老化,抗老化极强,使用温度-40℃~85℃,在-30℃时仍保持70%以上的机械性能。

(6)自润滑性好:超高分子量聚乙烯材料富含石墨,其表面光滑,在没有任何润滑脂的情况下摩擦系数极低,不易与其他各种物资粘连,水中微生物不易攀附。

2.2 超高分子量聚乙烯(UHMWPE)材料改性后的性能

UHMWPE具有良好的综合理化性能为其在助航领域的应用提供基本保证。由于航标使用环境的特殊性,助航领域的产品普遍的要求就是耐腐蚀、抗老化以及具有优良的抗冲击、耐磨损性能。如果将普通超高分子量聚乙烯材料直接应用于助航产品也不妥当,必须根据助航标志的应用特性要求,对其进行改性。改性的主要目的:进一步提高表面硬度、改善其对环境温度变化过于敏感、提高板材的耐候性、抗冲击性、特殊的柔韧性、

耐腐蚀性、自润滑性,这些都是航标所需要的特殊要求。

湖北蓝宇航标股份有限公司采用 ASTM 测验法,对超高分子量聚乙烯板材以及其他材质的工程塑料进行多次的理化实验,结果表明,该材料改性后比改性前其物理性能有很大提高。检测结果如下:

抗拉伸性能:

材料		UHMW-PE	LLPE	PC	ABS	PA66
断裂强度 KN/CM2	改性前	2800	1600	5500	2500	6000
	改性后	3800	—	—	—	—
断裂伸长率 %	改性前	350	150	120	50	80
	改性后	380	—	—	—	—

抗冲击性能:

材料		UHMW-PE	LLPE	PC	ABS	PA66
冲击强度 KJ/CM2	改性前	110	29	80	40	70
	改性后	190	—	—	—	—

耐磨损性能:

材料		UHMW-PE	LLPE	PC	ABS	PA66
砂浆磨 耗指数	改性前	4	10	8	15	30
	改性后	1	—	—	—	—

无润滑介质情况下的自润滑性能:

材料		UHMW-PE	LLPE	PC	ABS	PA66
摩擦系数	改性前	0.07	0.1	0.15	0.25	0.3
	改性后	0.06	—	—	—	—

憎水特性:

材料		UHMW-PE	LLPE	PC	ABS	PA66
吸水率	改性后	0.01	0.1	0.2	0.25	1.6

低密度特性:

材料		UHMW-PE	LLPE	PC	ABS	PA66
相对密度	改性后	0.935	0.97	1.2	1.05	1.14

上表可以看出,通过对 UHMWPE 材料的改性,其综合理化性能明显提高:

(1) 耐磨性增强。磨耗量 (MPC 法) 30mm, 耐磨性比改性前有明显提高, 在工程塑料行列中其摩擦系数最小。航标受到船舶碰撞很容易滑过, 航标不易被撞坏;

(2) 抗冲性能提高。改性后, 其冲击强度有明显提高, 由改性前的 110 KJ/cm² 提高到 190 KJ/cm², 悬臂梁缺口冲击冲不断, 冲击性能和吸收冲击能的特性增强;

(3) 柔韧性增加。改性后, 断裂伸长率由 350% 增加到 380% (一般钢筋为 30% 左右), 其断裂拉

伸强度由 28MPa 增强到 38MPa, 弯曲弹性模量大于 600MPa。这种性能适合制造航标的锥体和罐体, 如受到船舶碰撞, 锥体和罐体变形后能恢复原状;

(4) 自润滑性提高。UHMWPE 自润滑性进一步提高, 表面极其光滑, 水中微生物极难攀附, 即使有少量粘结物也很容易清理, 解决了原航标长青苔需处理的难题。

2.3 超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 材料生产航标的工艺

(1) 材料的配方。根据航标的使用区域及用途不同, 配置不同的 UHMWPE 原料, 对于生产用于内河的锥、罐体时, 主要考虑其耐碰撞的柔韧性、耐候性、抗冲击性等, 选用分子量稍小的超高分子量聚乙烯材料, 一般取分子量大于 250 万以上、粉料的目数稍小一些, 原料中增加抗紫外线、抗氧化、抗老化添加剂等, 采用加热搅拌, 然后供专用挤出机, 采用阻力挤出的原理生产出型材与板材, 供加工制作用。对于生产海上浮标时, 主要考虑其耐盐雾、耐碰撞的柔韧性、耐候性、抗冲击性及自润滑性等, 选用分子量稍大的超高分子量聚乙烯材料, 一般取分子量大于 350 万以上、粉料的目数稍大一些, 原料中增加纳米钙、抗紫外线、抗氧化、抗老化添加剂等, 采用加热搅拌, 然后供专用压板机, 采用压力加热成型工艺。

(2) 工艺研究。超高分子量聚乙烯板材半成品的二次加工是行业内的技术难题, 加工技术是一个系统性工程, 涉及到设备、工艺、模具、材料等系列问题, 针对超高分子量聚乙烯半成品的加工, 研发了低温近熔点挤出工艺技术, 研发出直径为 1400 毫米的超高分子量聚乙烯航标管材设备; 研发了无缝焊接专利技术, 解决了超高分子量聚乙烯材料不易加工的技术难题。对于型材采用了阻力挤出成型工艺, 即边加压边挤出, 生产的型材用于制作航标锥体、罐体; 对于板材采用压力成型用于制作柱形浮标、船型浮标。

(3) 焊接工艺。超高分子量聚乙烯材料难加工问题严重制约系列航标的成型, 笔者与厂家针对该问题进行了多学科、多角度、多层次的深化研发。通过研究固态渗透、熔态渗透、原位熔融渗透等技术, 并融合高压链段伸直及冷却缠结手段, 成功开发出超高分子量聚乙烯材料焊接工艺技术, 解决了超高分子量聚乙烯材料不易加工的技术难题。

(4) 结构研究。船舶碰撞造成的航标失常占有所有

某船空调器的故障分析及改造实例

姜良优, 刘长杰, 宋永真

(中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266000)

摘 要: 船舶空调是现代船舶辅机中必不可少的机械设备, 空调器又是船舶空调系统的核心设备。本文简单介绍了空调器的基本结构, 列举了两例空调器的故障分析及改造实例, 详细阐述了故障查找、分析、改造、解决的过程。为空调器的维修管理积累了经验。认识到只有在实践中不断总结经验, 才能促进设备应用或研发的技术革新。

关键词: 船舶空调; 空调器; 故障分析; 改造实例; 总结

中图分类号: U66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 07—0064—04

船舶空调除某些特殊舱室要求恒温恒湿外, 一般属于舒适空调的范畴, 为船上人员提供一个舒适的生活和工作环境。空调效果的好坏直接影响船上人员的工作及精神状态。船用空调总的设计指导思想是不仅要适应海上潮湿、霉菌、盐雾等极端环境, 而且要适应舰船摇摆、倾斜等不规则运动, 还要考虑设备的可靠性和可维修性。船舶空调系统按空调器与空调舱室的布置关系, 主要分

为三类: 集中式、半集中式和分散式系统, 其中集中式空调系统最常用。空调器是船用集中式空调系统的核心设备, 是全年使用的机械设备, 夏季供冷风、冬季供暖风、中间季节单纯通风。夏季高温高湿多雨(热雨同期)的气候特点, 给船舶空调带来了极大的挑战, 特别是应用在船上人员来回穿梭于室内室外之间的工程船或科考船的空调。作者分享了两例船舶空调系统中空调器的故

浮标故障原因首位。因此, 如何提高浮标的抗撞击性能, 将是提高浮标工作可靠性的关键。根据航标用户实际需求出发, 对 UHMWPE 浮标的结构进行了优化设计, 首次采用增强型钢塑复合结构的航标设计, 提高浮标的抗撞击性以及灯桩的抗风稳定性, 这些特性在实际的使用过程中得到了验证。

3 超高分子量聚乙烯航标在航道上的实际应用

采用压制板材, 研究开发超高分子量聚乙烯浮体, 其内部设计采取独特的力学结构, 建立船舶撞击模型, 分析受力大小、方向及部位, 针对模型受力情况, 对薄弱点采用增强型钢塑复合结构设计, 提高浮体的抗撞击性, 经船舶多次撞击试验, 产品完好无损。2021 年在广东省东莞水道选取 3 处不同水情、环境的航段(船舶通航繁忙航标易被碰航段、咸淡水交汇航段、水源保护区航段)分别投放了 UHMWPE 材料 2# 浮标、B1# 浮标、25# 浮标。该地区同时有雷雨、台风等恶劣天气, 且紫外线照射很强, 是广东省有代表性的复杂航段。通过近一年的试用, 浮标虽经过多次船舶碰撞及台风影响, 3 座航标均实现完好无损, 无藻类附着, 未退色, 使用效果较好。

采用阻力挤塑工艺生产的型材, 根据国标研究制造出 UHMWPE 锥体、罐体, 并于 2017 年在湖南省益阳航道事务中心 236 公里航道上投入使用, 5 年多来, 颜色鲜艳不变色, 船舶碰撞损坏少, 不仅减轻了员工劳动强度, 而且降低了航道维护成本。

2014 年, 在江苏省苏北运河安装了采用 UHMWPE 材料与钢质复合设计制作的柱形航标, 经 7 年使用, 标志颜色仍然鲜艳, 结构稳固, 减少了油漆的工作量。

通过多年来的应用效果证明, 超高分子量聚乙烯抗冲击性强、表面光滑、色质鲜明、经久耐用、寿命长、高环保, 是制造助航标志的理想材料, 也是将来航标制造研究的方向。

4 结论

通过对超高分子量聚乙烯材料的改性及对圆柱形浮标、锥形罐形标及柱形岸标的生产研究, 在提高 UHMWPE 刚性和弯曲强度、改变热变形温度低和抗蠕变性能差、难成形及模块化自动生产等方面获得重大技术突破, 该研究成果为后期 UHMWPE 航标研究及推广应用奠定了良好的基础。由于超高分子量聚乙烯材料难成形特点, 目前对船型浮标的研究还有待技术攻关。