

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.06.029

高分子材料在水路运输领域的应用现状及前景

张攀攀^{1,2}, 赵宪花¹, 王学琴³, 李承荣³

(1. 交通运输部水运科学研究院, 北京 100088; 2. 港口物流装备与控制工程交通行业重点实验室, 北京 100088;

3. 山东非金属材料研究所, 济南 250031)

摘要: 介绍了高分子材料尤其是复合材料在水路运输领域的应用, 总结了高分子材料在大宗货物运输船舶、水上休闲娱乐设施、应急处理等方面的典型应用, 展望了高分子材料在水路运输领域的应用前景。

关键词: 高分子材料; 复合材料; 水路运输; 船舶; 进展

中图分类号: TQ327 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)06-0133-04

Application and Prospect of Polymer Materials in Waterway Transportation

Zhang Panpan^{1,2}, Zhao Xianhua¹, Wang Xueqin³, Li Chengrong³

(1. China Waterborne Transport Research Institute, Beijing 100088, China;

2. Key Laboratory of Logistics Equipment & Control Engineering, Beijing 100088, China;

3. Shandong Nonmetallic Material Institute, Jinan 250031, China)

Abstract: Applications of polymer materials especially composite materials in waterway areas were discussed. Utilization of polymer materials in cargo transport vessels, water leisure, recreational facilities and emergency treatments were summarized. Besides, application prospects of polymer applications in waterway transportation were mentioned.

Keywords: polymer material; composite; waterway transportation; watercraft; progress

高分子材料尤其是树脂基复合材料具有质量轻、强度高、耐腐蚀、易加工等特点, 被应用在航空航天、生物医药、交通运输、电子信息等国民经济的重要领域, 现已成为工农业、交通、文化体育等行业必不可少的生产资料^[1]。

高分子材料在交通领域的应用水平已经成为衡量一个国家在材料领域科技发展水平的重要标志。在交通的基础设施建设方面, 树脂基复合材料主要应用在高等级公路护栏、各种交通标识、高速铁路轨道的填充材料、弹性枕木等部件^[2-3]。在交通运输工具方面, 应用范围最广的是汽车工业^[4]。知名市场研究机构 GVR 预计, 到 2020 年全球车用塑料需求量将达到 1 485.1 万 t, 年平均增长率为 9.4%, 到 2020 年全球车用塑料市值将达到 425 亿美元。

复合材料除了在公路和铁路领域发挥的作用不断加强外, 在水路运输领域也发挥着举足轻重的作用, 水路运输起源较早, 至今仍是最重要的运输方式之一。以集装箱运输为例, 我国港口集装箱吞吐量多年位居世界首位。笔者将主要从大宗货物运输船舶、水上休闲娱乐设施以及水上应急处理等方面介绍高分子材料尤其是树脂基复合材料在水路运输领域的应用, 并对其在水路运输领域的应用趋势进行展望。

1 大宗货物运输船舶

船舶作为大宗货物运输的主要载体, 由于船体结构对

材料性能的要求, 所用主要材料是纤维增强热固性树脂^[5]。目前舰船中所用的复合材料绝大多数为纤维增强复合材料, 其中用量最大、范围最广的为玻璃纤维增强热固性树脂。

纤维增强复合材料虽然具有高强度, 并有塑料的介电性能和耐腐蚀性, 但在大型船舶方面的应用主要是小型货船(通常高度不超过 40 m 的货船)的结构材料。除此之外在现代的造船业中, 纤维增强复合材料用于船舶的上层建筑的船楼和甲板室等结构中。

随着国际社会上对水路运输的节能环保要求日益严格, 同时相关企业为了在运输更多货物的同时, 减少船用燃料消耗, 造船企业和船主也在不断地寻求新的措施。挪威船级社(DNV)于2010年公布了名为“鲛腾(Quantum)”的未来集装箱概念设计。该款“post-Panamax”集装箱船的船身采用复合材料建造, 呈现三层结构, 船长达 900 英尺, 吃水深度为 40 英尺, 船舶型深 160 英尺。该船舶以 LNG 作为组合燃料, 同时利用先进的空气动力学设计方法, 船体阻力得到很大程度的降低, 载运量可增加 $1/10^{[6-7]}$ 。

芬兰劳模公司推出了一款名为“海上猎人”的独特稳固

联系人: 张攀攀, 助理研究员, 主要从事港口机械及高分子材料加工应用研究

收稿日期: 2015-03-22

的工作平台,在挪威经过了各种气候和环境条件下的全面测试。劳模海上猎人的船体为聚乙烯(PE)旋转模塑成型,确保了其耐久性和表面光滑。船体为双体结构,可将2个或多个船体进行横向或纵向的快速连接组合。

每个船体可以承载1500 kg,为其自身质量的3倍多。劳模海上猎人的船体可以存放在仓库,而且可以很方便地用拖车、卡车、集装箱、直升机等运输。

在船舶零部件领域,复合材料也得到了进一步的应用。例如碳纤维增强复合材料用于制造螺旋桨,可以提高螺旋桨的使用寿命,同时具有良好的减震效果^[8]。

需要特别指出的是,具有特殊性能的树脂基复合材料往往首先在军工领域开展应用。例如美国M80的“Stiletto”高速隐身试验船,采用碳纤维增强复合材料制造,一体成型,该船为美国整体成型的最大船体。船体与水面的摩擦大大降低,可以高速行驶,具有良好动力学特性,运行平稳,同时更节能环保^[9]。除此之外美国海军的首艘DDG1000驱逐舰的甲板舱室也采用复合材料集成而成。

由于船舶用树脂基复合材料的成本通常较传统材料高,所以在较大船舶的应用受到了一定制约。但是在船舶的上层建筑中,例如桅杆、仪器设备室、驾驶室等,复合材料的应用在不断扩大^[10]。随着技术的不断发展和价格的降低,未来高分子复合材料在大型船舶上的应用会越来越多。

除此之外,功能性高分子复合材料在船舶上的应用得到快速发展。绝热保温材料、消声减噪减震材料以及高分子涂料等在现代船舶上得到应用^[11]。随着纳米科技的发展,纳米复合材料也不断地在船舶上得到应用^[12]。

2 水上休闲娱乐设施

随着社会经济的发展,休闲娱乐的需求越来越迫切,活动的范围也逐渐地从陆地扩展到水上,由此游艇、赛艇、邮轮等工业的发展也异常迅速。游艇工业在第二次世界大战之后开始兴起,美国、英国和意大利等均为游艇制造业的强国。

目前在芬兰、新西兰等国家平均每6~7人就有1艘游艇,荷兰每10人拥有1艘,美国共有大小游艇1700万艘,平均每16人拥有1艘,而在我国则平均每130万人拥有1艘,发展的潜力巨大^[13]。

游艇的种类很多,但舰体材料主要有木质、钢制、铝制、玻纤增强复合材料(俗称玻璃钢)以及其它树脂基复合材料。

据统计目前在6~20 m长的中小型游艇中,超过90%的采用玻璃钢^[14]。意大利是最早将杜邦的Kevlar纤维应用于游艇的国家之一。我国造船业在玻璃钢应用方面也取得了快速的进步。

随着碳纤维的发展,碳纤维复合材料的应用也越来越广泛。作为复合材料发展迅猛的日本,现已将碳纤维等高性能

复合材料应用在游艇的制造上^[15-16]。

目前世界邮轮也呈现旅客量持续增长的趋势,据国际邮轮公司协会(CLIA)统计,1990到2010年,世界邮轮的旅客量平均增长超过7%^[20-21]。2010年皇家加勒比国际邮轮公司建造成的“Oasis of the Sea”创世纪号邮轮载客量达到了5400人,该邮轮大量使用性能优异的塑料以及先进的复合材料^[17-18]。邮轮大型化的发展为复合材料的使用提供了巨大的空间。

复合材料的成型技术很大程度上决定了复合材料构件的质量、成本及性能。复合材料的成型从传统的手糊成型,发展到目前常用的热压罐成型、树脂传递模塑(RTM)成型、自动铺放、拉挤成型以及缠绕成型技术等^[19]。但发展高效低成本的成型工艺仍然是影响复合材料在水路运输领域应用的关键问题。

3 水上应急处理

与陆地上出现的危机情况不同,水上发生的紧急情况处理主要表现在船舶事故的应急救援、石油类泄漏的处理,以及危险化学品的处理等方面。

3.1 水上应急救援

对于船舶事故的应急救援主要为轻便快捷的救生艇。目前救生艇的材质已从传统的钢材转向树脂基复合材料。英国罗亚尔公司制造了一种救生艇。救生艇外壳使用“Sandwich”形式,由两层玻纤增强塑料(GFRP)夹一层LDPVC制成。英国皇家救生艇协会(RNLI)研发了ARUN级救生艇,采用了Scatt Bader的混杂纤维织物增强材料,该混杂纤维织物由Kevlar纤维和E玻璃纤维织物混杂而成,甲板采用夹心复合材料结构。尽管船体板的设计载荷增加了55%,但船体质量由原来的11 t降到了9.25 t。台湾的巧风实业股份有限公司研发了STS系列超级救生艇,在俄罗斯救生艇的基础上,加上了自制研发的聚氨酯(PUR)^[20]。

3.2 水上溢油及危险品泄漏处理

世界各国对作为重要能源和资源的石油需求继续保持日益增长的态势,油品海上运输、沿岸加工存储及海洋石油勘探开发发展迅速。与此同时,海上及内河水域溢油事故亦呈现大规模频发趋势,严重威胁饮用水源和海洋生态环境安全。2010年发生在美国墨西哥湾和我国大连的原油泄露,造成了无法估计的经济损失,更为严重的是对海洋生态环境造成了毁灭性的破坏^[21-22]。

目前,国外发达国家已研究开发和采用了多种海上及内河水域溢油应急处置技术^[23-25],主要包括:机械式回收技术、采用化学方法提高水面浮油分解性能以达到最终自行生物降解目标的化学分散技术、溢油吸附回收技术、水下溢油源钻孔回收技术、溢油生态修复技术等。一般来说,当采用

机械回收方法效果不佳以及无法阻止溢油漂向环境敏感区时,经常使用吸附材料吸附及化学分散等方法处理溢油。

国内外对高分子吸油材料的研究多集中在高分子材料的合成及性能研究方面^[26-28]。国外对该领域的研究较早。我国的相关研究起步晚,但发展较快,经过近30多年的研究,尤其是国内高校^[29-30],例如苏州大学等都在吸油材料研究方面进行了卓有成效的工作,相关研究成果在吸油材料的吸附速率和使用次数上已经超过了国外的水平。

危险化学品的水路运输安全得到越来越多的重视。据统计长江水路运输、中转、储存的危险品主要品种有42种,多为液体危险化学品,危险货物运输量、高密度大流量的船舶以及长江复杂的通航条件等都易引发污染事故。危险化学品吸附材料也得到了重视和初步的应用。对于不溶性或低溶性的化学品,采用高分子材料吸附材料的效果显著,成为研究的热点领域^[31]。

4 发展趋势

随着高分子材料尤其是复合材料技术的发展,在水路运输领域的应用会越来越广泛。《国务院关于促进海运业健康发展的若干意见》中明确提到“有序发展邮轮经济”、“着力提升海(水)上搜救、海上溢油等检测与处理能力”、“推动节能减排技术的推广应用”。《若干意见》的发布会有力推动高分子材料尤其是复合材料在水路运输领域的应用。

针对国内外现有的应用情况,未来的发展趋势主要体现在如下几点:

(1) 开发快速高效的复合材料成型方法,以有效地降低成本,扩大复合材料在船舶、游艇以及救生艇等领域的应用。

(2) 碳纤维复合材料船体的发展。受制于碳纤维复合材料成本等方面的因素,碳纤维复合材料还未大规模的应用。如何加速碳纤维复合材料原料制备及其成型技术的改进是其未来发展的大趋势。

(3) 石油、危险化学品等高吸附倍率高分子吸附材料的研发及应用。例如研发吸油能力更强的吸附材料,对苯类等危险化学品专用吸附材料的研究等。

参考文献

- [1] 廖正品. 中国塑料, 2010, 24(2): 1-11.
Liao Zhengpin. China Plastics, 2010, 24(2): 1-11.
- [2] 张远庆, 等. 铁道建筑, 2015(2): 129-132.
Zhang Yuanqing, et al. Railway Engineering, 2015(2): 129-132.
- [3] 郑垲. 工程塑料应用, 2012, 40(12): 4-6.
Zheng Kai. Engineering Plastics Application, 2012, 40(12): 4-6.
- [4] 杨其. 工程塑料应用, 2000, 28(10): 39-43.
Yang Qi. Engineering Plastics Application, 2000, 28(10): 39-43.
- [5] 沈艳, 等. 广州化工, 2010, 28(12): 64-66.
Shen Yan, et al. Guangzhou Chemical Industry, 2010, 28(12): 64-66.
- [6] 吴明华. 中国远洋航务, 2010(6): 25-26.
Wu Minghua. China Ship Survey, 2010(6): 25-26.
- [7] 吴明华. 航海, 2011(4): 16-17.
Wu Minghua. Navigation, 2011(4): 16-17.
- [8] 黄晓艳, 等. 江苏船舶, 2008, 25(2): 13-17.
Huang Xiaoyan, et al. Jiangsu Ship, 2008, 25(2): 13-17.
- [9] 吴振学, 等. 环球军事, 2006, 4(12): 48-49.
Wu Zhenxue, et al. Global Military, 2006, 4(12): 48-49.
- [10] 钱江, 等. 舰船科学技术, 2015, 37(1): 233-237.
Qian Jiang, et al. Ship Science and Technology, 2015, 37(1): 233-237.
- [11] 张国腾, 等. 纤维复合材料, 2010(1): 31-35.
Zhang Guoteng, et al. Fiber Composites, 2010(1): 31-35.
- [12] 王在铎. 宇航材料工艺, 2011(3): 12-15.
Wang Zaiduo. Aerospace Materials & Technology, 2011(3): 12-15.
- [13] 陈小为. 游艇外观设计与材料工艺关系研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
Chen Xiaowei. Research on relation between yacht style design and material technology [D]. Changsha: Hunan University, 2011.
- [14] 曹明法. 船舶, 2002(1): 11-14.
Cao Mingfa. Ship & Boat, 2002(1): 11-14.
- [15] Mouritz A P, et al. Composite Structures, 2001, 53: 21-41.
- [16] 黄若波. 造船技术, 2009(6): 8-14.
Huang Ruobo. Marine Technology, 2009(6): 8-14.
- [17] 张锋, 等. 中国港口, 2008(8): 25-26, 42.
Zhang Feng, et al. China Ports, 2008(8): 25-26, 42.
- [18] 刘占福. 海洋开发与管理, 2012(1): 57-60.
Liu Zhanfu. Ocean Development and Management, 2012(1): 57-60.
- [19] 邢丽英, 等. 复合材料学报, 2013, 30(2): 1-9.
Xing Liying, et al. Acta Materiae Compositae Sinica, 2013, 30(2): 1-9.
- [20] 许志淞. 水上消防, 2013(6): 38-39.
Xu Zhisong. Marine Fire, 2013(6): 38-39.
- [21] 钟文. 中国经济和信息化, 2010, 10(1): 15-16.
Zhong Wen. China Economy & Informatization, 2010, 10(1): 15-16.
- [22] 王世群. 世界农业, 2010(11): 75-76.
Wang Shiqun. World Agriculture, 2010(11): 75-76.
- [23] Liu Wenxue, et al. Adv Mater Res 2011, 211 / 212: 325-329.
- [24] Zhou Jihong, et al. Adv Mater Res, 2011, 179 / 180: 768-772.
- [25] Perring A E, et al. Geophy Res Lett, 2011, 38: L17809.
- [26] 陆晶晶, 等. 东华大学学报(自然科学版), 2002, 28(1): 126-130.
Lu Jingjing, et al. Journal of Donghua University (Natural Science), 2002, 28(1): 126-130.
- [27] 蒋军, 等. 石油化工, 2012, 41(7): 749-753.
Jiang Jun, et al. Petrochemical Technology, 2012, 41(7): 749-753.
- [28] 路建美, 等. 高分子材料科学与工程, 2002, 18(6): 168-170.

- Lu Jianmei, et al. Polymeric Materials Science & Engineering, 2002, 18(6):168-170.
- [29] 王辉. WZ 聚丙烯酸酯类系列高吸油树脂的制备、性能研究及海洋溢油污染处理方法的优化配置 [D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- Wang Hui. Synthesis technics and property research of WZ polyacrylates series high oil-absorbency resins and optimization design of countermeasures to cleanup marine oil-spillage pollution [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007.
- [30] 南粉益. 丙烯酸系高性能吸油树脂的合成及性能研究 [D]. 西安: 西安石油大学, 2006.
- Nan Fenyi. Study on synthesis and properties of high-performance acry oil-absorbing resins [D]. Xi'an: Xi'an Shiyou University, 2006.
- [31] 曾笑. 广州化工, 2014, 42(18):260-261.
- Zeng Xiao. Guangzhou Chemical Industry, 2014, 42(18):260-261.

杜邦赛林 A 包装材料或待进一步发展

赛林 A 由美国杜邦公司发明, 具有强韧性, 透明度同玻璃差不多, 是一种新的热增塑塑料。它由乙烯为主的长链分子之间的连结和金属所产生的离子键组成, 具有交联碳氢化合物的良好物理性和非交联碳氢化合物的优良熔融流动性。如果改变它的主要构成成分, 还可以广泛地改变它的物理性能, 以适应各种需要, 赛林 A 就是其中的一种材料。

赛林 A 的特性: (1) 透明度和光泽度好, 强韧性特别好; (2) 在低温下, 仍能保持柔软性, 不脆化; (3) 对环境应力龟裂有极强的抵抗力; (4) 耐油性好, 各种气密性好; (5) 无毒。它具备聚乙烯的优点, 而又弥补和改进了聚乙烯的透明度, 韧性, 耐环境应力龟裂性差等缺点。

此外, 它较易于同制作各种复合材料的基材粘合, 具有良好的粘合性, 多用来做涂层复合材料, 改良聚乙烯欠缺的方面。用来做真空成型包装薄膜时, 由于这种薄膜的塑化速度快, 所以不需要使用粘合剂。这种薄膜比较结实, 可以用它包装带棱角的物体或采用贴体工艺包装较重的物品。

但它与聚乙烯相比, 缺点是长期浸泡在水中或乙醇中会引起膨胀, 在温度较低的情况下会变软, 而价格较高。虽然如此, 它仍是今后有待于进一步发展的一种包装材料。

(环球塑化)

国家树脂基复合材料产业技术创新战略联盟 在抚顺成立

5月22日上午, 国家树脂基复合材料产业技术创新战略联盟成立大会, 在抚顺友谊宾馆举行, 来自国家科技部、中科院、省市科技部门、抚顺高新区, 以及联盟的各地相关企业、大专院校、科研机构代表 100 余人出席了成立大会。抚顺市副市长杜鑫莅临成立大会并讲话。

国家树脂基复合材料产业技术创新战略联盟, 是经国家科技部相关部门批准设立, 由国家产业技术创新战略(培育)联盟专家委员会评定, 辽宁拜斯特复合材料有限公司牵头组建, 理事单位包含各地相关企业、大专院校、科研机构等。

国家构建产业技术创新战略联盟的目的就是要加快建立以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系, 引导和支持创新要素向企业集聚, 促进科技成果向现实生产力转化, 从而实现创新成果的快速产业化, 推动产业结构优化升级, 提升产业核心竞争力。

辽宁拜斯特复合材料有限公司目前是我国北方最大的

不饱和聚酯树脂及复合材料生产和研发基地, 位于抚顺市高新区, 从事复合材料研发生产经营达到 20 余年, 为国内树脂基复合材料产业发展打下坚实的基础。

树脂基复合材料是由以有机聚合物为基体的纤维增强材料, 通常使用玻璃纤维、碳纤维、芳纶等有机纤维。树脂基复合材料具有较高的强度和硬度, 抗疲劳断裂性能好, 耐腐蚀, 在航空飞机、汽车制造、海洋船舶、电力工业、民用军事等方面有广泛的应用, 可替代钢铁, 节约资源, 降低成本, 优于现有的玻璃钢制品。比如大到神舟飞船的返回舱, 小到街路上行驶的“小蛤蟆”的驾驶室等等都使用了树脂基复合材料。

国家科技部、科技部中国技术市场和国家产业技术创新战略培育联盟, 今后将协调各级科技管理部门将继续对国家树脂基复合材料产业技术创新战略联盟予以重点指导、培育、扶持, 通过战略联盟的平台, 做大做强树脂基复合材料产业。

(全球涂料网)

宝泰隆拟 1.8 亿元投建 100 吨/年石墨烯项目

宝泰隆 5 月 25 日晚公告称, 5 月 22 日, 公司与青岛金墨自动化科技有限公司签署了《七台河宝泰隆公司 100 吨/年石墨烯工业化生产项目技术转让和专利实施许可及服务合同》。为进一步落实原有产业转型升级战略, 公司拟通过技术引进投资建设 100 吨/年石墨烯工业化生产项目, 该项目预计投资总额 18000 万元。

公告称, 石墨烯作为已知强度最高、韧性最好、重量最轻、透光率最高、导电性最佳的耐腐蚀、耐磨、高导热材料, 在能源、生物技术、航天航空等领域都展现出宽广的应用前景。随着石墨烯产业化的不断推进, 预期国家针对该产业的政策将会有更多的支持。工信部等部门在研究“十三五”新材料规划, 出台时间有望在 2015 年下半年, 石墨烯入选该规划已经基本落定。公司处于中国石墨产地黑龙江, 据资料统计, 世界石墨的 65% 在中国, 中国石墨的 60% 在黑龙江, 黑龙江石墨的 50% 在鸡西, 鸡西已探明石墨资源储量约 5.4 亿吨, 因此, 公司发展石墨烯产业具有较强的地域优势。公司拟通过技术引进在七台河建设 100 吨/年石墨烯工业化生产项目, 来平衡公司原有业务的强周期性特点, 保持公司业绩的持续和平稳。公司表示, 公司拟通过该项目建设实现产业转型升级, 改善公司经营业绩。该项目符合公司发展需要和公司战略规划, 有利于公司长远发展及保持公司业绩的持续和平稳。

(中国证券报)