

航运对长江生态环境的影响和 绿色航运体系研究*

杨顺益¹, 罗宏伟¹, 刘燕婕¹, 应翰海², 马一³

(1. 交通运输部长江航务管理局环境监测中心站, 湖北 武汉 430019;

2. 长江南京以下深水航道建设工程指挥部, 江苏 南京 210017; 3. 长江航道局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 总结长江航运业对长江水、气、声、生态造成的影响, 认为其污染具有长期性、分散性、固定性、流动性和复杂性的特点。为此, 构建以生态港口和航道以及新型船舶制造为核心, 以行业标准、环境监测网和科学研究为支撑的一套完整的绿色航运体系, 对长江航运建设和绿色航运理念的推广具有借鉴意义。

关键词: 长江经济带; 绿色航运体系; 生态环境; 环境监测网

中图分类号: U 612; X 83

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2017)02-0033-06

Impact of waterway transport on ecological environment and green waterway transport system in the Yangtze River

YANG Shun-yi¹, LUO Hong-wei¹, LIU Yan-jie¹, YING Han-hai², MA Yi³

(1. Central Station of Environmental Monitoring, Changjiang River Administration of Affairs,

Ministry of Transport of the People's Republic of China, Wuhan 430019, China;

2. The Construction Headquarters of Deep-water Channel of the Yangtze River below Nanjing, 210017 China;

3. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

Abstract: This study summarizes impacts of waterway transport business (include harbor, waterway construction, ships) on the water environment, atmospheric environment, environment and aquatic ecology, etc. in the Yangtze River. The result shows that the impacts are longterm, dispersive, stationary, mobile and complex. So we establish an integrated green waterway transport system (GWTS) which includes the main system (ecological harbor, ecological waterway and new-type ships) and auxiliary system (industry standards, environmental monitoring network and scientific research), which may serve as reference for the Yangtze River waterway transport construction and spreading of GWTS concept.

Keywords: the Yangtze River Economic Belt; green waterway transport system; ecological environment; environmental monitoring network

长江经济带的建设是国家社会经济发展的重大战略之一。目前长江航运带来的环境问题日趋显著, 港口、船舶、航道建设等航运有关活动对长江水环境、大气环境、声环境、水生态造成的

影响已经逐渐受到政府和人民的关注。2016年2月23日, 国家发改委和环保部发布的《关于加强长江黄金水道环境污染防控治理的指导意见》强调“将修复长江生态环境摆在压倒性位置, 全

收稿日期: 2016-05-31

*基金项目: 长江南京以下深水航道建设工程指挥部科研项目 (CZEQ2050112); 湖北省卫计委科研项目 (WJ2015XB014); 武汉市卫计委科研项目 (WG15C08)

作者简介: 杨顺益 (1986—), 男, 博士, 工程师, 从事水生生物、淡水生态学和河流生态学研究。

面推进长江水污染防治和生态保护与修复”。如何打造既能满足长江经济带发展需求、又能满足生态文明建设需求的长江航运业，值得深入研究。本文总结航运对长江生态环境各方面的影响，并构建一套绿色航运体系，对长江航运建设和绿色交通理念的推广具有借鉴意义。

1 航运对长江生态环境的影响

1.1 港口建设和运营

评价港口发展质量的3个因素是效率、安全和环境^[1]。由于缺乏对环保管理的真正认识以及环保配套设施，我国港口建设时较少考虑环保问题^[2-3]。开挖、爆破、疏浚等施工增加了水体悬浮物，破坏底质，改变浮游生物和底栖生物的群落结构，改变了港口岸线的自然地理地貌，破坏滩涂和湿地，老式的施工工艺使用硬质护岸的方式阻断了水陆物质能量交换^[4]。港口运营期间由于船只密集、人类活动频繁，极易改变所在水域的水生态环境质量^[5]。研究表明，连云港水域由于水产养殖、生活污染源和旅游业的增加以及大堤形成的半封闭水域，使港口水域水体富营养化严重，导致赤潮频繁发生^[6-7]。

港口大气污染也是港口环境问题的重要组成部分。港口煤炭和矿石等散装货物的装卸以及停靠船舶尾气排放均会对大气中PM₁₀、PM_{2.5}、DPM（柴油颗粒物）、SO_x（硫氧化物）、NO_x（氮氧化物）、CO、HC（碳氢化物）、CO₂、CH₄、N₂O等的含量产生影响。据研究，在煤炭港口，煤炭等散装货物引起的粉尘扩散与PM_{2.5}有密切的关系^[8]。上海港的排放清单中也显示：上海港船舶排放对SO₂、NO_x和PM_{2.5}占全市排放清单的分担率分别为12.0%、9.0%、5.3%。其中，以船舶为首要来源^[9]。对于内河港口的环境问题研究较少，但依然存在类似的问题^[10]。

1.2 船舶

由于船舶的流动性，其排放的废水、生活垃圾、废气及噪声均属于流动污染源。目前大部分船舶废水直接排入长江，废水中含有较高的氮磷

和有机污染物，甚至是石油类和挥发酚等污染物，船舶压舱水还可能造成物种的入侵。现代船舶废气排放的物质包括PM₁₀、PM_{2.5}、DPM、SO_x、NO_x、CO、HC、CO₂、CH₄、N₂O等^[11-13]。据统计，2013年全国内河船舶排放大气污染物的总量超过120万t。与机动车相比船舶大气污染物排放总量较少，但以柴油和重油为主要原料，单机污染量较大，且没有尾气净化设施^[14]。在航线密集的地区，船舶排放的废气不仅影响当地空气质量，而且可以传播数百公里进而影响其他地区，并在传播过程中产生化学反应，形成二次污染^[14]。

船舶噪声对船员和周围居民身心健康有极大的影响^[15-17]，如船舶噪声对船员的身体健康的影响包括听力、神经系统和心血管系统均有显著影响^[18]。研究表明轮机人员的听力损伤显著高于非轮机人员^[19]。对百余名船员的血红蛋白检测结果发现，工龄20年的船员血红蛋白异常率较大^[20]。另一方面，船舶水下噪声对鱼类和豚类的生存也有显著的影响^[21]。研究表明：水下噪声使鲈鱼和大黄鱼产生应激反应，并导致生物机能下降^[22]。类似的研究也发现船舶噪声对斑海豹的听力造成损伤，导致其感知和交流能力减弱，严重的会导致斑海豹听阈丧失^[23]。

除上述问题外，船舶涂料的污染也是容易被忽视的环境问题，如车间底漆、甲板漆、防锈漆、饮水舱漆和压舱水漆含有的挥发性有机物、重金属和石棉等有毒有害物质均有可能在船舶建造、运营、维修及报废等阶段被释放入水体^[24]。

1.3 航道建设

航道工程对水环境的影响主要表现在疏浚、炸礁和整治工程。这些工程均会引起河流底质的扰动，造成底质再悬浮，增加河流悬浮物，从而导致原来底质中沉积的有机和无机污染物、重金属等污染物质重新进入水体^[25-29]。对水环境影响大小的排序为疏浚>炸礁>抛石。施工过程中突发事件可能造成船舶油料泄漏，所以危险化学品泄漏也是影响水环境的因素之一。再者，水工建筑所用的建筑材料可能也是影响水环境的潜在因素

之一,如水下铺排所用的排布材料经过长时间的冲刷,可能会缓慢释放有毒有害物质等。

近几年,航道工程对水生态的影响成为较为敏感的问题。炸礁对周围水域水生生物的影响较为明显。研究表明:炸礁对周围水域底栖动物、鱼卵和渔业资源均有损伤,并且不同的炸药量和不同的钻孔深度影响的范围也有差异^[30-33]。疏浚不仅引起水体悬浮物增加进而影响水生态系统,而且其改变底质生境,从而影响底栖生物和鱼类在栖息地的生存。整治工程主要包括护滩、护岸等岸坡等。过去的护岸护坡通常采用硬质基底,阻碍了水陆界面的物质和能量的交换,且改变了原来生境,对底栖动物群落结构和鱼类栖息地也造成了影响。目前利用的生态护岸技术则大大改善了这种状况^[34]。

1.4 航运对长江生态环境响的特点

1) 污染源的长期性。

港口位置相对固定,占用岸线较长,船只较为密集,其长期存在对环境的影响具有长期性。船舶虽为流动污染源,但由于船舶运输的长期行为,船舶对环境的影响也具有长期性。航道建设由于改变了河流生境条件,可能对水生态的影响具有滞后性和长期性。

2) 污染源的分散性。

长江干流从宜宾至吴淞口分布有18个大型港口,所以港口具有分散性。船舶作为运输的载体也具有分散性。航道的建设是对关键河段关键点位进行整治,所以也是具有分散性。

3) 污染源的固定性和流动性。

交通行业的最大特点就是运输工具的流动性。在航运业,船舶的流动性形成了流动污染源。而港口和航道建设位置固定,形成固定污染源。

4) 污染类型的复杂性。

航运业对水环境、大气环境、声环境和生态环境均有一定的影响,对水环境的影响主要包括水体悬浮物的增加、底质再悬浮、重金属污染、石油类污染和危险化学品污染等;对大气环境的影响包括物品装卸的粉尘污染,船舶废气的氮氧

化物、硫化物和悬浮颗粒物污染等;对声环境的影响包括陆地噪声震动和 underwater 噪声和震动的影响;对生态环境的影响主要包括对浮游动植物、底栖动物、水生植被和鱼类的影响,河道生境的影响等。

2 绿色航运体系

绿色交通是引领交通行业减少排放、降低污染、减小对周围环境和生态的影响,给水上交通的建设提出了新的理念、要求和政策导向。绿色航运体系是绿色交通的分支,是建立在绿色交通理念的基础上,形成以新型环保技术为核心、以节能减排为目标的水上交通系统。具体的是以生态航道和港口建设及新型船舶制造为核心,以环境监测网、科学研究和行业环境标准为支撑的有机体系(图1)。

2.1 建设生态航道和生态港口

生态航道和生态港口的概念是将自然、生态的理念融入航道和港口的设计和建设中,其目的是既能达到建设要求也能维持生态平衡,将对河流生态系统的影响降至最低^[35]。生态航道和生态港口的建设有相似之处:1)均涉及水下建设;2)均涉及岸线利用;3)有相似的施工工艺。生态港口和航道建设的关键在于:1)优化工程设计。主要是将生态学的理念融入到工程的设计中,处处考虑工程可能对环境的影响,并在设计中消除可能存在的隐患。2)采用新型施工工艺。主要包括生态护岸、生态护底、生态丁坝、新型炸礁工艺和新型疏浚工艺等。目前生态护岸在各个工程中有较多应用,其采用可以透水的装有卵石钢丝网笼进行护岸,保证足够的水陆物质能量交换和植被的再生。新型的炸礁工艺也体现在用小剂量微差爆破来减缓对周围水域的影响。3)应用新型材料。目前航道和港口建设中所用的水下建筑物材料均为钢筋混凝土等硬质材料,这些硬质材料可能会对鱼类、豚类的水生生物的表皮造成一定的损伤,且所用的材料也可能会缓慢释放未知的污染物质。所以新型生态环保材料的应用应成为以后发展的重点之一。

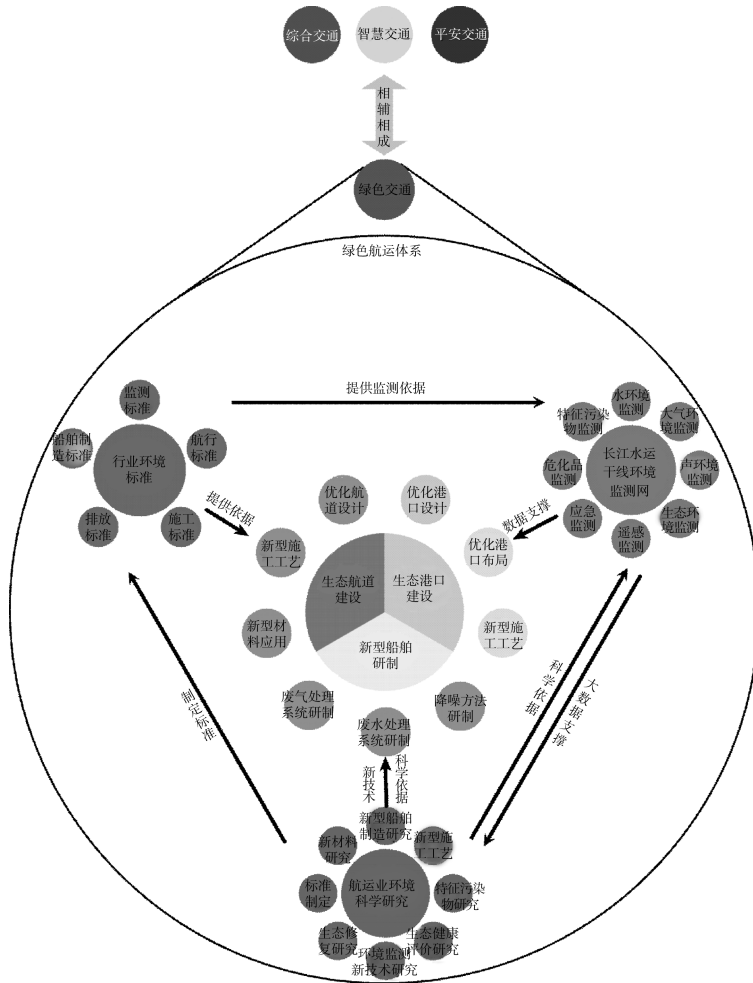


图1 绿色航运体系

2.2 研制新型船舶

目前很多船舶的废水和废气未经处理便直接排入长江。所以研制新型的船舶，特别对中小新型船舶的研制尤为重要。新型船舶的环保体现在3个方面：1) 废气处理系统。较为完善的废气处理系统能将船舶排放废气净化达标处理后进行排放。更为先进的船舶摒弃了传统的动力方式，改用电驱动或者太阳能驱动，从根本上杜绝了废气的排放。2) 废水处理系统。生活废水、舱底油污水可能含有大量的氮磷和微生物，若不经处理排放会直接影响长江水体，所以废水的回收处理系统能避免船舶污水进入长江，或者经过处理达标排放入长江。船舶压载水有生物入侵的风险，所以做好压载水的处理也非常的重要，可采用港口压载水接受处理的方法或船舶自身的压载水处理系统^[36]。3) 降噪设计。船舶的环保也体现在降噪

方面。船舶噪声主要源于动力装置和螺旋桨。如何对其进行降噪处理非常关键，如改进动力装置结构、安装消音设备、合理布局减少震动等^[37-38]。

2.3 建设环境监测网

环境监测是绿色航运支撑体系的重要组成部分。长江水运干线环境监测网（简称环监网）能整合长江沿线所有的监测资源，连网成片，对长江进行全面覆盖，对长江沿线航运涉及的港口、船舶、锚地和航道进行全面的长期性和系统性监测。其功能是掌握交通运输行业污染排放状况、环境影响程度及范围，以大数据支撑交通运输行业环保战略研究、政策制定、规划编制、技术标准制定、监督管理、环保统计和科研等工作的开展，同时可为生态航道和港口建设，新型船舶研制提供数据支撑和参考。其目的是能够清晰长江航运基础设施建设、运营和运输活动对环境产生

的各种影响的程度,科学评价航运业环保工作水平。所以环监网是长江绿色航运环保服务的中坚力量之一。

环监网的监测内容主要包括8个方面:1) 水环境监测,主要对常规水质指标和底质指标的监测;2) 大气环境监测,主要对港口和船舶排放的废气的监测;3) 声环境监测,主要对港口和船舶水上和水下噪声以及振动的监测;4) 生态监测,主要对港口周边,航道涉及水域的水生生物的群落结构、时空动态、鱼类早期资源动态、鱼类活动情况、多样性变化进行长期监测;5) 应急监测,发生环境事故时进行应急监测;6) 特征污染监测,对航运业产生的特征污染物进行监测,可掌握航运业对长江污染情况;7) 危化品监测,对船舶运输途中的危化品泄露进行监测,与应急监测相互配合;8) 遥感监测,利用遥感无人机技术,分析污染物在长江的分布情况,起到配合应急监测、危化品监测、特征污染物监测以及常规监测的作用。

2.4 制定行业环境标准

行业的环境标准能为生态航道和港口建设、新型船舶制造以及环境监测提供相应的依据。目前国家对水环境、大气环境和声环境均有相应的标准规定。国家标准具有普适性,但不具有针对性。航运业的环境标准主要针对航运业出现的环境问题而制定,其标准的建立应从5个方面考虑:1) 监测标准:制定相应的环境监测标准,主要对监测方法制定标准,特别是船舶废水、废气和噪声监测方法的制定。2) 排放标准:早在1983年国家就颁布了GB 3552—1983《船舶污染物排放标准》,但该标准只规定了船舶生活污水中生化需氧量、悬浮物和大肠杆菌的排放标准和生活垃圾的排放标准,并未规定油污水、大气排放以及噪声标准。排放标准应增加水环境排放标准的限制指标(如总氮、氨氮、总磷、石油类等)、大气排放标准和声环境标准。3) 船舶制造标准:新型船舶的制造需要提供相应的制造标准,达到标准的船舶才能运营使用。4) 施工标准:在生态航道和港

口的建设中应该有相应的施工标准,防止在建设过程中对环境和生态造成损害。5) 航行标准:为船舶航行提供相应的环保标准,如在禁渔期和国家自然保护区施行限行的航行标准,并规划相应的航道,避开鱼类三场和洄游通道,尽量地减少对特殊时期和敏感区域对鱼类豚类以及其他水生生物的影响。

2.5 科学研究航运业环境

科学研究是航运业环境所有工作的科技基础。只有通过不断的研究才能发现和解决新的问题。科学研究能为生态航道和港口建设提供新的设计理念、新型施工工艺和新材料的研发。科学研究能为环境监测提供先进的监测技术(如无人机采集技术、遥感监测技术、流动污染源监测技术等)、先进的监测方法、适用于航运业的环境和生态健康评价体系、生态修复技术等。科学研究还可为航运业标准的制定提供科学依据。

2.6 解决绿色航运发展面临的问题

绿色航运体系处于发展初期,许多的环保新技术正在逐渐被运用,例如生态护岸技术、新型的水下生态型建筑结构的研发。而面临的问题也很突出:1) 标准尚未完善。缺乏行业内的环保标准将无法判断环境监测方法是否合理、船舶排放是否达标、船舶制造是否标准等。2) 环监网尚未建立。环监网是绿色航运发展的先行者,环监网的大数据能为科学研究和标准制定提供数据基础。建议建立环监网试点,并逐步完善环监网的建设。3) 科学研究相对不足。科学研究能为生态航道和港口建设、新型船舶、标准制定和环监网提供科技支撑。生态航道技术、船舶废水废气和噪声处理技术、环境监测网先进监测技术等都需要科学研究逐步实现。

3 结语

1) 长江航运业活动包括港口和航道建设和运营及船舶运输。其对长江水、气、声和生态环境均造成了一定影响,且影响具有长期性、分散性、固定性、流动性和复杂性的特点。

2) 针对长江航运对长江生态环境带来的危害, 提出长江绿色航运体系, 包括以生态港口和航道建设、新型船舶制造为主体的核心体系和以行业标准、环境监测网、科学研究为主体的支撑体系。

3) 建立完善的绿色航运体系需要长时间的发展, 需要“理论—实践—再理论—再实践”的过程: 首先是支撑体系的建立, 只有支撑体系建立, 才能支持核心体系的运行; 然后经过核心体系的不断实践, 发现问题, 逐步完善支撑体系。

参考文献:

- [1] 刘春萍, 陈有文. 国外先进港口环境保护发展策略分析[J]. 水运工程, 2008(9): 71-74.
- [2] 梁佩珩. 港口的环境保护与可持续性发展[J]. 珠江水运, 2006(8): 16-18.
- [3] 刘磊, 马铭锋, 杨帆. 我国部分港口规划存在的环境问题分析及对策建议[J]. 中国水运, 2007, 7(2): 21-24.
- [4] 张生光, 鞠美庭, 邵超峰. 我国港口发展中的环境问题及对策分析[J]. 中国环境管理丛书, 2008(1): 26-29.
- [5] 张树奎, 鲁子爱. 基于 AHP 的港口环境资源生态性模糊评判方法研究[J]. 水运工程, 2009(11): 80-82.
- [6] 贺心然, 陈斌林, 展卫红. 连云港港口海域水体富营养化情况分析[J]. 污染防治技术, 2005, 18(1): 46-48.
- [7] 陈斌林, 贺心然, 展卫红, 等. 连云港港口海域污染物总量控制研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2006, 36(3): 447-450.
- [8] 林宇, 杨莹, 李美玲, 等. 港口煤炭作业细颗粒物($PM_{2.5}$)排放特征研究[J]. 水道港口, 2015(6): 578-582.
- [9] 伏晴艳, 沈寅, 张健. 上海港船舶大气污染物排放清单研究[J]. 安全与环境学报, 2012, 12(5): 57-64.
- [10] 吴维平. 中国内河船舶大气防污染对策及运力结构改善对沿岸港口大气环境质量的影响[J]. 交通环保, 2001, 22(5): 21-25.
- [11] 刘艳年, 纪玉龙. 降低船舶碳排放的措施[J]. 天津航海, 2015(4): 58-60.
- [12] 叶斯琪, 郑君瑜, 潘月云, 等. 广东省船舶排放源清单及时空分布特征研究[J]. 环境科学学报, 2014, 34(3): 537-547.
- [13] 付洪领. 我国船舶污染气体排放现状分析与防治措施[J]. 中国水运, 2014(6): 40-41.
- [14] 万霖, 何凌燕, 黄晓锋. 船舶大气污染排放的研究进展[J]. 环境科学与技术, 2013, 36(5): 57-62.
- [15] 程丹. 内河水域船舶噪声污染现状及建议[J]. 中国水运, 2010(7): 28-29.
- [16] 郑惠君. 船舶航运噪声对周围环境的影响[J]. 环境监测管理与技术, 2003, 15(6): 21-22.
- [17] 何世清. 船舶机械设备的噪声分析与有效控制方案研究[J]. 科技与创新, 2015(12): 115.
- [18] 樊国强. 船舶噪声对船员健康影响的调查报告[J]. 中国交通医学杂志, 1988, 2(1): 34-35.
- [19] 欧阳英华, 田建伟, 周献松, 等. 小型船舶噪声对船员听力损伤的调查与分析[J]. 中国国境卫生检疫杂志, 1997, 20(3): 169-170.
- [20] 王进. 对 128 名长江船舶噪声作业人员血红蛋白含量的测定分析[J]. 预防医学情报杂志, 1998, 14(4): 62.
- [21] 张华武, 胡以怀, 张春林. 船舶水下噪声对海洋动物的影响及控制探讨[J]. 航海技术, 2013(3): 44-46.
- [22] 施慧雄, 焦海峰, 尤仲杰, 等. 船舶噪声对鲈鱼和大黄鱼血浆皮质醇水平的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(14): 3 760-3 765.
- [23] 苏冠龙, 许肖梅. 水下打桩和船舶噪声对斑海豹听觉影响的初步分析[J]. 应用海洋学学报, 2013, 32(2): 178-183.
- [24] 吴兆敏, 陶乃旺. 船舶涂料有害物质现状分析[J]. 材料开发与应用, 2015(6): 75-80.
- [25] 王超, 张伶. 航道疏浚对珠江口附近海洋生态环境影响及预防措施[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(4): 58-60.
- [26] 蓝锦毅. 炸礁作业对海洋环境的影响及防护措施研究[J]. 中国科技信息, 2013(8): 38.
- [27] 徐晓军. 生物监测在航道疏浚工程环境影响评价中的应用[J]. 中国环境监测, 2013, 29(1): 71-74.
- [28] 马一, 程铁军. 航道整治工程对水域生态环境影响分析与对策[J]. 水运工程, 2014(11): 115-119.
- [29] 水玉跃, 丁天明. 舟山虾峙门口外航道疏浚对海洋生态环境的影响及防治措施[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2012, 31(3): 249-255.
- [30] 韩雪慧, 刘建虎, 郑永华, 等. 航道炸礁对长江铜锣峡江段渔业资源影响的初步研究[J]. 水生态学杂志, 2010, 3(4): 75-80.
- [31] 任敏, 刘莲, 陈丹琴, 等. 条帚门航道工程水下炸礁对渔业资源的影响评估[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(S1): 64-66.