

国内外防污屏技术运用现状对比分析

邵亮¹, 余迪^{1*}, 刘西平²

(1. 中交天航港湾建设工程有限公司, 天津 300450; 2. 中交天津港航勘察设计院有限公司, 天津市疏浚工程技术企业重点实验室, 天津 300461)

摘 要: 防悬浮物污染扩散技术在众多领域发展迅速, 防污屏技术是其中之一。通过对国外发达国家使用防污屏技术资料进行分析, 并参与马来西亚槟城吹填二期工程防污屏施工的实际经验, 对比国内外防污屏技术, 找出主要问题和差距, 提出从基础数据收集和积累出发, 逐步完善确定技术标准及指标, 完善设计流程, 提高技术含量, 逐步缩小国内外防污屏技术综合运用的差距。为进一步提高我国防污屏施工技术水平提供参考和借鉴。

关键词: 防污屏; 污染扩散; 对比分析; 建议

中图分类号: U655.54

文献标志码: A

文章编号: 2095-7874(2017)10-0027-05

doi: 10.7640/zggwjs201710006

Comparative analysis on application current situation of anti-fouling screen technology at home and abroad

SHAO Liang¹, YU Di^{1*}, LIU Xi-ping²

(1. CCCC Tianjin Harbour Engineering Co., Ltd., Tianjin 300450, China; 2. CCCC Tianjin Port & Waterway Prospection & Design Research Institute Co., Ltd., Tianjin Key Laboratory for Dredging Engineering Enterprises, Tianjin 300461, China)

Abstract: Suspended floating material pollution diffusion technology has developed rapidly in many areas, and anti-fouling screen is one of them. Based on the analysis of the anti-fouling screen technology used in the developed countries, and the actual construction experience of the anti-fouling screens in proposed reclamation for Malaysia Penang phase II project, we compared the anti-fouling screen technologies at home and abroad, found out the main problems and gaps, and proposed from the basis of data collection and accumulation, and gradually improve the technical standards and indicators to determine, improve the design process, improve the technical content, and gradually reduce the gap between the comprehensive use of anti-fouling technology at home and abroad. It can provide references to further improve the level of China's anti-fouling construction technology.

Key words: anti-fouling screen; pollution spread; comparative analysis; suggestion

0 引言

围海造地施工近年来快速发展, 在环境保护的要求下, 防污扩散技术随之发展, 以防污屏为代表的施工技术逐步进入工程领域, 如今已在较多数量的国内工程中使用。

我国防污屏施工技术从无到有, 规模逐步扩

大, 市场前景较为广泛。但我国的防污屏施工技术与国外相比差距较大, 防污屏施工技术的理念和实施十分落后。通过对实施马来西亚槟城吹填二期工程中采用日本防污屏技术的经历, 并考察国外防污施工技术, 在深入分析我国防污屏技术现状的基础上, 借鉴国外防污屏施工的经验, 分析我国防污屏技术发展面临的问题, 为我国防污屏施工技术的发展提供具体的对策和措施。

1 概念及作用

防污屏是一种防悬浮物污染扩散的装置, 能

收稿日期: 2017-02-24 修回日期: 2017-04-10

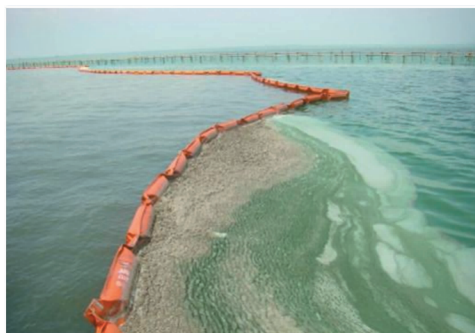
作者简介: 邵亮(1974—), 男, 河北秦皇岛人, 高级工程师, 总工程师, 港口航道与治河工程专业。

*通讯作者: 余迪, E-mail: 271108210@qq.com

有效地将施工中限定水域同外界隔离开来,从而防止浑浊水和悬浮物大面积的扩散,对围海吹填作业过程中海域环境保护有很大的作用。国内防污屏照片见图1。



(a) 制作现场



(b) 施工完成

图1 国内防污屏照片

Fig. 1 Domestic anti-fouling screen photos

防污屏被用来控制或避免沉积物悬浮和水体浑浊。而对一些短时间不易沉淀下来的物质,将其控制在有限区域能为其提供足够的停留时间而使其从悬浮液中沉降出来,从而减少土体流失到其他区域,避免可能的负面影响发生。悬浮的泥沙也可以从因为泥沙悬浮而造成环境破坏的区域中分离出来。

该技术被广泛地应用在围海造地、水环境治理等工程中,在新兴的海洋环境保护中起到了重要的作用。

2 技术标准及法规

防污屏在我国起步较晚,就技术研发水平而言,国内与国外建设公司的整体水平有着非常大的差距,主要表现在应用时间短,投入不足,没有形成体系的标准法规。

相比而言,国外发达国家的防污屏业发展时间长,其技术水平已进入一个较高的领域。而随

着经济发展的要求,国内防污屏的技术水平与需要之间发展不平衡,亟需形成量化的行业准入标准及数值指标。经过这类数据的积累为技术标准及法规的制定提供经验。

2.1 发展过程

国内相关的法律法规起步较晚。较早的是2000年4月1日起施行的《海洋环境保护法》。《海洋环境保护法》中第五章“防治海岸工程项目对海洋环境的污染损害”,对工程建设中环境保护提出了要求。《环境保护法》则是2014年4月24日修订通过,修订后的《中华人民共和国环境保护法》自2015年1月1日起施行。

相对而言,国外发达国家在技术标准制定方面起步早,基础较好。以美国为例,美国第一个关于污染防治方面的法律可以追溯到1899年,是《河流与港口法》(亦称《垃圾法》)。发展到20世纪50年代前后,由于环境污染事件增多,美国开始重视污染防治立法,颁布了《联邦水污染控制法》(1948年)等。此外,还多次修改了《水污染防治法》和《大气污染防治法》。到1969年,美国颁布了《国家环境政策法》,标志其环境政策和立法进入了一个新的阶段,从以治为主变为以防为主,从防治污染转变为保护整个生态环境。随后,又颁布了《环境质量改善法》(1970年)和《美国环境教育法》(1970年)。到目前为止,美国联邦政府已经制定了几十个环境法律,上千个环境保护条例,形成了一个庞杂的和完善的环法体系。

2.2 监督部门

国外发达国家监督部门不但担负较多的监测工程吹填环境质量的任务,而且更重要的是对质量指标进行量化,细致程度较高。

马来西亚防污屏施工借鉴的是日本的做法,槟城吹填二期工程在规划阶段时,由于其环境执法部门对海洋环境保护有严格的要求,除了吹填项目立项的可行性和设计图纸需经过马来西亚环境署的批准外,还明确了施工中防污屏泥沙含量的极限指标,要求监测结果一旦超出指标则停止吹填施工。

槟城吹填二期工程的重要文件中要求防污屏必须采用双层结构延伸至水底,在吹填和疏浚工程进行时要始终正常有效地发挥作用。防污屏外的泥沙超过50 mg/L,吹填和疏浚作业就要停止,

并立刻采取缓解措施。

泥沙质量分析每 3 个月进行 1 次, 找出砷、镉、铬、铜、铅、锌和镍的参数, 结果应同 US EPA (美国环保署) 海沙标准(见表 1)进行比较。不满足要求则采取一定的制裁措施^[1]。

表 1 泥沙中元素含量分级指标
Table 1 Concentration index of elements in sediment

参数	未污染	中度污染	重度污染
锌 Zn	<90	90~200	>200
镍 Ni	<20	20~50	>50
铅 Pb	<40	40~60	>60
砷 As	<3	3~8	>8
镉 Cd	—	—	>6
铜 Cu	<25	25~50	>50
铬 Cr	<25	25~75	>75

3 整体设计

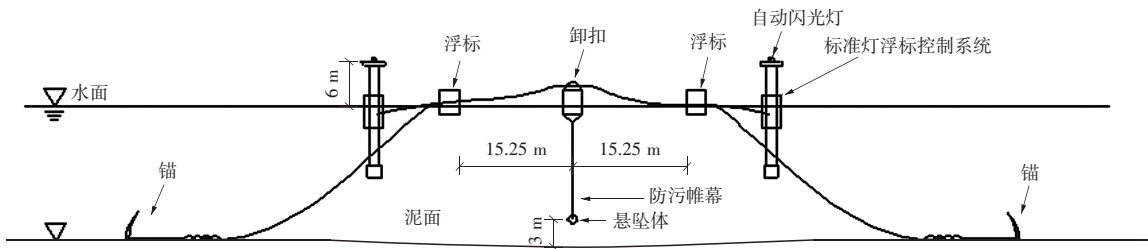
防污屏的工作机理并非是使悬浮物与外界水

域彻底隔绝, 在大多数情况下, 被防污屏围住的区域内的细粒悬浮物浓度会相对高。虽然防污屏提供了围挡, 但是除了其中一些细粒物会絮凝化或者沉降外, 大多数的细粒悬浮物会随着水流和浮泥从防污屏下方流失。防污屏不是将浑浊水体完全隔离, 而是通过阻隔幕布两侧的水中颗粒物的流通来控制浑浊水体的分散, 从而使幕布外的水体浑浊度最小化。

防污屏制作材料的选择与防污屏的工作机理有直接的关系, 两者相互依存。我国的防污屏制作材料基本停留在无技术差异化阶段, 还没有上升到对防污屏实施后的效果验证及跟踪的阶段。

3.1 主要制作材料及组成

目前国内防污屏主要构件(防污帷幕)普遍采用 PVC 塑料布、土工布等材料。国外发达国家通常为柔性制造, 例如聚酯增强热塑性(乙烯基)织物等, 还有能够透过细小颗粒的特殊织物, 根据工程需要进行了不同的分类, 能够起到过滤、隔离、渗透等不同的作用(图 2)。



注意: 因为锚上连着浮标, 移除所有幕布垂直力后, 幕布不会因为风或波浪的负载下沉。

图 2 国外标准的防污屏结构

Fig. 2 Foreign standard anti-fouling screen structure

各种不同组件的材料选择及需要确定的指标情况:

- 1) 漂浮可选用固体泡沫或者是压缩空气密封装置。
- 2) 防污帷幕一般采用各类织物或合成材料, 其物理指标包含拉伸强度, 撕裂强度, 耐磨性, 涂层, 重量, 接缝/密封, 排水性能等。
- 3) 颜色采用鲜艳的黄色或国际建议的橙色, 便于识别。
- 4) 连接器的花边, 使用螺栓的型号, PVC 管缝的尺寸, 连接结构采用钩还是 O 形圈。
- 5) 镇流器的型号和重量。
- 6) 各个重要部件(即上、中、底部)的张力或

负荷^[2-4]。

3.2 设计要点

国内整体设计理念和深度较差, 设计时未进行专业的研究。

国外发达国家在进行防污屏整体设计时, 结合长期的施工经验, 总结出适用于设计时的技术理念及要点, 具备极强的参考价值。

3.2.1 设计环节的必要性

随着外界条件的不同, 很少有防污屏的应用情况是相似的, 因此需要进行专业的分析和有针对性的设计, 确保适用各种不同的工况条件。

3.2.2 防污屏并非全密封, 应具备适宜的透水性

防污帷幕应设计为限制悬浮物, 并允许它沉

淀或过滤,而不是密封并阻碍水流动。因为在实际运用中,防污帷幕将在潮汐或流水作用下,采用水能渗透过防污帷幕的方式减轻对防污屏的作用力。

3.2.3 认识到防污屏的局限性

防污屏一般适用于较小的风浪,较为稳定的水位和相对较浅的水深。超过一定范围的环境下防污屏将无法起到防污的效果,而这也需要进行专业的设计。

3.2.4 防污屏的维护工作需要制度化

1) 应定期清理底部沉淀固体

由于防污屏作用,被困沉淀固体逐渐增加,底部标高改变会影响其正常使用。因此应根据实际情况明确清理的周期。

2) 防污屏必须采取固定措施

在潮汐和水流作用下,防污屏容易移动,因此必须设置附加锚或其他固定装置,确保防污屏不会被潮水冲走或逆转。固定装置应连接到漂浮装置上。

3.3 不同型号的选用

国外防污屏根据工程技术要求进行有针对性的设计,以起到发挥不同作用的效果,已经形成多种不同用途的防污屏,并根据用途进行命名,比如“漂浮型”、“漂浮导流挡板型”、“固定型”、“悬挂型”、“可渗透型”、“直立型”、“框架型”、“沉水悬挂型”、“组合型”等,还有其他的名称是针对防污屏使用时的水流类型来确定。

例如,在马来西亚槟城吹填二期工程中,对比深水区和浅水区的不同工况条件,最终为该工程在深水区(图3)和浅水区(图4)设计了双层防污屏以满足防污指标要求^[5]。

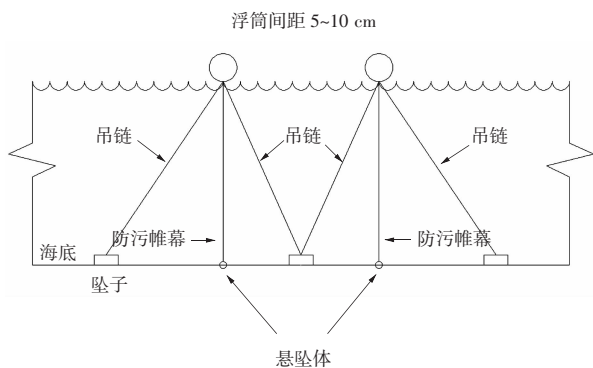


图3 深水防污屏

Fig. 3 Deep water anti-fouling screen

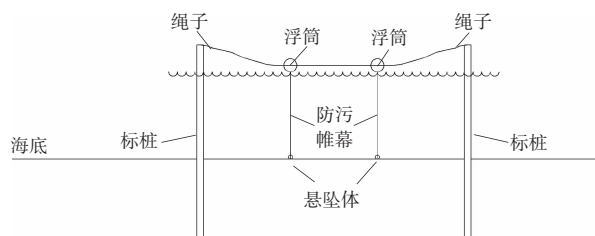


图4 浅水区防污屏(水深小于2 m)

Fig. 4 Shallow water anti-fouling screen (water depth less than 2 m)

4 防污屏的结构设计与研究

国外典型的防污屏类型如图2所示。考虑因素一般为:

- 1) 漂浮或浮力的要求。
- 2) 裙底深度(顶部和帷幕底部之间的高度)。
- 3) 连接器的花边,使用螺栓的型号,PVC管缝的尺寸,连接结构采用钩还是O形圈。
- 4) 锚的重量及型号。
- 5) 各个重要部件(即上、中、底部)的张力或负荷。

由于防污屏的结构设计属于基础工作,直接影响了防污屏实施后的使用效果。国外发达国家防污屏行业采用了科学的设计方法。

4.1 主要设计计算步骤

以马来西亚槟城吹填二期工程为例,采用的计算步骤如下:

1) 通过自然环境参数分别计算施加到防污屏的水平外力,包括水流(W1)、波浪(W2)、风(W3),并汇总作为极限值。

2) 计算拉伸构件上所需的张力。

3) 确定锚缆的极限抗拉力和抗拉强度,以此为基础进行锚杆压载铁块体的规格尺寸及数量计算。

4) 通过分别计算水流、波浪作用在防污屏幕布上的水平作用力,汇总作为幕布的极限拉力,并计算出幕布的抗拉强度。

5) 通过上述参数的计算值确定防污屏的材料选择和其他部件设计依据,包含拉力构件、幕布、锚缆、锚。

4.2 极限使用条件的研究

防污屏应用的极限条件最早是美国进行研究的。因为过深的水域和过高的流速都会限制防污屏的实施。因此20世纪70年代,美国就开始评

估防污屏,采用了相应的设计标准,包含了防污屏制作材质、尺寸、摆放方向、允许偏差、关节之间跨距、固定装置等重要设计环节。之后美国环保局在相关文献中指出,“在比较浅的静态水中使用防污屏最有效。水深的增加和水流、潮汐、波浪等条件的出现均将使它效果减弱。总之,不要在水深超过 6.5 m 和水流大于 0.5 m/s 的水中使用防污屏”^[5]。随着技术的发展,防污屏的极限使用条件的范围将进一步扩大,在马来西亚项目中水深和流速均已突破上述极限值。

5 重复使用

国外防污屏的重复利用主要出现在日本。由于日本资源匮乏,因而将防污屏进行重复使用。但是防污屏越用越老化,能否继续使用需要进行计算。

日本主要采取收集防污屏使用劣化程度的估计数据来重新进行计算核实。防污屏的污染扩散防止机能主要是防污帷幕,另外还包含防污帷幕垂直方向具备稳定功能的浮体结构,张拉稳定系统及固定锚结构等。这些浮体结构和张拉稳定系统及固定锚结构等的历时劣化程度比较低,也不容易老化损坏,而由土工织物组成的防污帷幕历时劣化的影响程度非常大,因此,防污帷幕材料的性能是主要的不确定因素。

同时,防污帷幕缝合质量也是重点,经过一段时间对缝合处的影响采用系数法用强度值进行评价,初次使用和再使用设定不同的初始值。

以防污屏防污帷幕强度为对象的研究,根据工程产品回收点的试验数据和实践海域实验数据等众多历时退化收集数据,设计用的劣化强度函数作为计算依据。在日本业界,这方面数据量比较缺乏,所以如果使用以前缺乏所需数据的再利用品,需要先采取试验的方法获取相应的专业数据^[6]。

6 结语

目前我国经济发展迅猛,国际化合作越来越广泛,环保事业作为一个市场扩展的趋势,随着人们对环境保护意识的增强,防污屏的使用势必

将进一步开放。国内防污屏专业技术知识较为匮乏,制作材料及工艺较差,对防污屏技术的理解不够,均制约着我国防污屏技术的发展。

因此建议加强中外防污屏技术的合作,优势互补,共同研究开发适用不同工况条件下的防污屏材料、结构及相应的施工技术,提高防污屏的实用性和适用性,加强过程技术积累,开展防污屏回收再利用,降低成本,在真正做到保护环境的同时,进一步提高我国在相关配套业和施工技术上的整体水平,为我国防污屏技术发展打下坚实的基础。

参考文献:

- [1] 中国交建(马来西亚)有限公司 STP2 工程项目经理部. 马来西亚槟城吹填二期工程防污屏施工方案[R]. 2015.
China Communications Construction (Malaysia) Limited STP2 Project Manager. Construction scheme of anti-fouling screens in proposed reclamation for Malaysia Penang phase II project[R]. 2015.
- [2] 张伯友,万忠刚. 防污屏设计与施工技术[C]//中国交通建设股份有限公司 2011 年现场技术交流会论文集. 北京:中国交通建设股份有限公司,2011.
ZHANG Bo-you, WAN Zhong-gang. Anti-fouling screen design and construction technology[C]//Proceedings of 2011 on-site technical exchange conference of China Communications Construction Co., Ltd. Beijing: China Communications Construction Co., Ltd., 2011.
- [3] 吕国平,慈庆玲. 沙特扎瓦尔港口工程无围堰吹填施工工艺[J]. 中国港湾建设,2014(2):62-65.
LÜ Guo-ping, CI Qing-ling. Non-cofferdam reclamation method in Ras Al Khair Port, Saudi Arabia[J]. China Harbour Engineering, 2014(2): 62-65.
- [4] 李浩,张亚,姜中. 拦污屏在环保疏浚施工中的实际运用[J]. 中国水运,2015,15(3):281-284.
LI Hao, ZHANG Ya, JIANG Zhong. Application of pollution screen in environmental protection dredging construction[J]. China Water Transport, 2015, 15(3): 281-284.
- [5] ERDC TN-DOER-E21, 美国陆军工程兵规定[S].
ERDC TN-DOER-E21, US Army Corps[S].
- [6] 長尾毅,島田伊浩,三吉正英,等. 防污屏老化研究[C]//土木学会论文集 B 3(海洋开发). 2013.
NAGAO Takeshi, SHIMADA Ikihiro, MIYOSHI Masahide, et al. Study on aging of anti-fouling screen[C]//Civil Society Proceedings B3 (Ocean Development). 2013.