

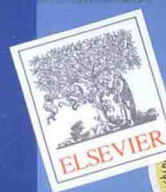
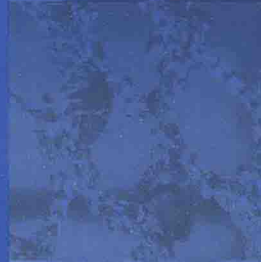
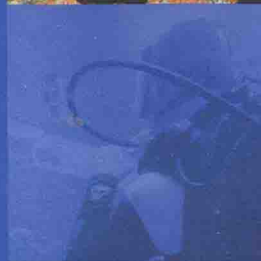


国际制造业先进技术译丛

海洋防污涂层 和防污技术

Advances
in Marine Antifouling Coatings
and Technologies

[法] 克莱尔·哈莉奥 (Claire Hellio) 主编
[西] 迪亚哥·耶夫拉 (Diego Yebra)
李赫 蔺存国 陶琨 等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国际制造业先进技术译丛

海洋防污涂层和防污技术

Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies

[法] 克莱尔·哈莉奥 (Claire Hellio)

主编

[西] 迪亚哥·耶夫拉 (Diego Yebra)

李 赫 蔺存国 陶 琨 等译



机械工业出版社

本书是一本研究如何对抗海洋生物污损的优秀参考书,系统地介绍了海洋防污涂层和防污技术。本书涵盖了海洋生物污损和人类对抗污损的方方面面,不仅包括基础研究和工程研究方面,还对海洋领域的立法及商业和社会对防止海洋生物污损做出的贡献进行了介绍。本书在内容上涉及广泛,有四部分共 28 章,详细介绍了海洋污损生物及其影响、海洋防污涂料的测试和研发、化学活性的海洋防污技术、控制海洋生物污损的表面方法这四个方面的新进展。这 28 章既可以按顺序进行阅读,也可以专门阅读某几章感兴趣的内容,并不会影响对内容的理解。

本书可供从事海洋生物污损研究的研究人员和工程技术人员参考,也可以作为相关专业在校师生的参考用书。

Advances in marine antifouling coatings and technologies /Edited by Claire Hellio and Diego Yebra / ISBN: 978-1-84569-386-2

Original English language edition published by Woodhead Publishing Ltd. Copyright© 2009 Woodhead Publishing Limited. All Rights Reserved by Elsevier Ltd., who acquired Woodhead Publishing Ltd in 2013.

This title is published in China by China Machine Press with license from Elsevier. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由 Elsevier 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内地区(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)出版与发行。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2013-0623 号。

图书在版编目(CIP)数据

海洋防污涂层和防污技术/(法)克莱尔·哈莉奥(Claire Hellio),
(西)迪亚哥·耶夫拉(Diego Yebra)主编;李赫等译. —北京:
机械工业出版社, 2017.3

书名原文: Advances in marine antifouling coatings and technologies
ISBN 978-7-111-56230-6

I. ①海… II. ①克… ②迪… ③李… III. ①海洋污染—污染防治
IV. ①X55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 042793 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 陈保华 责任编辑: 陈保华 臧弋心

责任校对: 刘雅娜 张 征 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 李 飞

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2017 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·36.25 印张·801 千字

0001—1500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-56230-6

定价: 199.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

策 划 编 辑: 010-88379734

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机 工 官 网: www.cmpbook.com

机 工 官 博: weibo.com/cmp1952

金 书 网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

译丛序

一、制造技术长盛永恒

先进制造技术的概念是在 20 世纪 80 年代提出的,它由机械制造技术发展而来,通常可以认为它是机械、电子、信息、材料、能源和管理等方面的技术的交叉、融合和集成。先进制造技术综合应用于产品全生命周期的整个制造过程,包括市场需求、产品设计、工艺设计、加工装配、检测、销售、使用、维修、报废处理、回收利用等,可实现优质、敏捷、高效、低耗、清洁生产,快速响应市场的需求。因此,当前的先进制造技术是以产品为中心,以光机电一体化机械制造技术为主体,以广义制造为手段,具有先进性和时代感。

制造技术是一个永恒的主题,与社会发展密切相关,是设想、概念、科学技术物化的基础和手段,是所有工业的支柱,是国家经济与国防实力的体现,是国家工业化的关键。现代制造技术是当前世界各国研究和发展的主题,特别是在市场经济高度发展的今天,它更占有十分重要的地位。

信息技术的发展并引入到制造技术,使制造技术产生了革命性的变化,出现了制造系统和制造科学。制造系统由物质流、能量流和信息流组成,物质流是本质,能量流是动力,信息流是控制。制造技术与系统论、方法论、信息论、控制论和协同论相结合就形成了新的制造学科。

制造技术的覆盖面极广,涉及机械、电子、计算机、冶金、建筑、水利、电子、运载、农业以及化学、物理学、材料学、管理科学等领域。各个行业都需要制造业的支持,制造技术既有普遍性、基础性的一面,又有特殊性、专业性的一面,制造技术具有共性,又有个性。

目前世界先进制造技术沿着全球化、绿色化、高技术化、信息化、个性化和服务化、集群化六个方向发展,在加工技术方面主要有超精密加工技术、纳米加工技术、数控加工技术、极限加工技术、绿色加工技术等,在制造模式方面主要有自动化、集成化、柔性化、敏捷化、虚拟化、网络化、智能化、协作化和绿色化等。

二、图书交流源远流长

近年来,国际的交流与合作对制造业领域的发展、技术进步及重大关键技术的突破起到了积极的促进作用,制造业科技人员需要及时了解国外相关技术领域的最新发展状况、成果取得情况及先进技术的应用情况等。

国家、地区间的学术、技术交流已有很长的历史,可以追溯到唐朝甚至更远一些,

唐玄奘去印度取经可以说是一次典型的图书交流佳话。图书资料是一种传统、永恒、有效的学术、技术交流方式,早在 20 世纪初期,我国清代学者严复就翻译了英国学者赫胥黎所著的《天演论》,其后学者周建人翻译了英国学者达尔文所著的《物种起源》,对我国自然科学的发展起到了很大的推动作用。

图书是一种信息载体,虽然现在已有网络通信、计算机等信息传输和储存手段,但图书仍将因其具有严谨性、系统性、广泛性、适应性、持久性和经济性而长期存在。纸质图书有更好的阅读优势,可满足不同层次读者的阅读习惯,同时它具有长期的参考价值和收藏价值。当然,技术图书的交流具有时间上的滞后性,不够及时,翻译的质量也是个关键问题,需要及时、快速、高质量的出版工作支持。

机械工业出版社希望能够在先进制造技术的引进、消化、吸收、创新方面为广大读者做出贡献,为我国的制造业科技人员引进、吸纳国外先进制造技术的出版资源,翻译出版国际上优秀的先进制造技术著作,从而提升我国制造业的自主创新能力,引导和推进科研与实践水平的不断进步。

三、选译严谨、质高面广

(1) 精品重点高质 本套丛书作为我社的精品重点书,在内容、编辑、装帧设计等方面追求高质量,力求为读者奉献一套高品质的丛书。

(2) 专家选译把关 本套丛书的选书、翻译工作均由国内相关专业的专家、教授、工程技术人员承担,充分保证了内容的先进性、适用性和翻译质量。

(3) 引纳地区广泛 主要从制造业比较发达的国家引进一系列先进制造技术图书,组成一套“国际制造业先进技术译丛”。当然其他国家的优秀制造科技图书也在选择之内。

(4) 内容先进丰富 在内容上应具有先进性、经典性、广泛性,应能代表相关专业的技术前沿,对生产实践有较强的指导、借鉴作用。本套丛书尽量涵盖制造业各行业,如机械、材料、能源等,既包括对传统技术的改进,又包括新的设计方法、制造工艺等技术。

(5) 读者层次面广 面对的读者对象主要是制造企业、科研院所的专家、研究人员和工程技术人员,高等院校的教师和学生,可以按照不同层次和水平要求各取所需。

四、衷心感谢不吝赐教

首先要感谢许多热心支持“国际制造业先进技术译丛”出版工作的专家学者,他们积极推荐国外相关优秀图书,仔细评审外文原版书,推荐评审和翻译的知名专家,特别要感谢承担翻译工作的译者,对各位专家学者所付出的辛勤劳动表示深切的敬意,同时要感谢国外各家出版社版权工作人员的热心支持。

希望本套丛书能对广大读者的学习与工作提供切实的帮助,希望广大读者不吝赐教,提出宝贵意见和建议。

机械工业出版社

推荐序

进入 21 世纪以来，世界上主要强国在探索 and 开发海洋资源、争取海洋权益上不断加大力度，海洋发展战略在国家整体发展战略的地位也越来越突出。习近平总书记在党的十八大报告中明确指出，我国应“提高海洋资源开发能力，发展海洋经济，保护生态环境，坚决维护国家海洋权益，建设海洋强国”。我国虽然在海洋科学 and 工程领域里取得了较大进展，但是相对于欧美发达国家还存在着不小差距，因此建立了多家海洋领域相关的国家级和省部级重点实验室。中科院海洋新材料与应用技术重点实验室就是在这样一个背景下成立的，海洋环境下的腐蚀和生物污损是本实验室研究的一个重要方向。

《海洋防污涂层和防污技术》一书的原名是《Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies》，是由国际知名专家编写的一部对抗海洋污损的科学和技术方面的综述性著作，涵盖了海洋生物学、海洋化学、海洋环境学、流体力学、表面工程乃至海洋法规等多方面内容。该书不仅仅讲述了在海洋防污领域的新进展，还深入浅出地介绍了人类对抗海洋生物污损的历史以及世界各国政府对海洋污损防控上采取的法律措施等。而且，在书中介绍的低表面能、仿生等防污技术已经不是简单的防污涂层所能涵盖的了，因此其中文书名没有直译为《海洋防污涂层和技术进展》，而是译为《海洋防污涂层和防污技术》。该书实用性很强，每一个章节都较为独立，读者既可以从头至尾通读，也可以挑选其中感兴趣的章节阅读。

该书的译者是中科院海洋新材料与应用技术重点实验室和相关合作单位的一线科研人员，对海洋生物污损进行过较多研究，对海洋生物污损的发生机制以及海洋防污涂层和防污技术等有较深的理解。相信通过这部书的翻译工作，可以使得他们更全面地认识海洋生物污损，并在未来的科研工作中取得更多的进展。

作为中科院海洋新材料与应用技术重点实验室学术委员会主任，我欣喜地看到越来越多的年轻科研人员积极地投身于我国海洋科学与工程的研究中来，为我国建设成为海洋强国做出贡献。

中国工程院院士

薛群基

译者序

当把最后一个字符敲到文档里的时候,我不禁长出了一口气,总算是把这部《海洋防污涂层和防污技术》翻译完了。回想四年前的今天,我怀着从事海洋生物污损研究的愿望,从美国来到宁波,加入了中科院宁波材料技术与工程研究所表面工程事业部。事业部当时正在筹划组建中科院海洋新材料与应用技术重点实验室。我对于海洋领域虽然十分向往,但是深知自己在这个领域里还属于门外汉,急需阅读相关书籍进行“充电”。本书就列在我当时的书单上。

恰好第九届全国表面工程大会在宁波举办,我在会上认识了机械工业出版社的陈保华编审,他建议我可以将英文版的图书翻译成中文,介绍给更多的国内读者。我觉得这是个一举两得的事情,既可以充实自己的知识,又可以帮助别人了解当前的研究进展,便愉快地答应了。我从来没有翻译大部头书籍的经验,但认为自己可以看懂英文就能翻译成中文,这实在是错得离谱!自己阅读英文书籍时,思维也是用英语的,对于一些词汇,我对它们的汉语准确表达并不了解,因此花了一些时间将它们理解。另外,有许多海洋生物的学名在词典里也没有,我花了大量时间查阅许多文献也未能找到准确名称,所以在译稿里只好用拉丁文学名。在这三年多的翻译过程中,我又因为担任宁波材料所科技发展部副部长,任务繁忙,将翻译工作停滞了很久。还好我的同事、朋友和学生们十分努力,支持着我把翻译的工作进行下去。

本书共 28 章,我组织了中科院宁波材料技术与工程研究所中科院海洋新材料与应用技术重点实验室翻译了其中的 21 章,中国船舶重工集团公司第七二五研究所蔺存国老师组织翻译了 4 章,江西金达莱环保股份有限公司的陶琨正高级工程师组织翻译了 3 章。翻译的主要人员的名字按照章节顺序排列如下:第 1 章顾凌晓、第 2 章单磊、第 3 章李湖燕、第 4 章韩金、第 5 章许季海、第 6 章陈郁栋、第 7 章于全耀、第 8 章陶琨、第 9 章和第 10 章曹慧军、第 11 章周鑫、第 12 章郭春娥、第 13 章李金龙、第 14 章陶琨、第 15 章于全耀、第 16 章郭春娥、第 17 章李金龙、第 18 章彭叔森、第 19 章陶琨、第 20 章韩金、第 21 章蔺存国、孙智勇、第 22 章蔺存国、郑纪勇、顾良华、第 23 章蔺存国、王利、第 24 章蔺存国、张金伟、第 25 章和第 26 章赵文杰、第 27 章黄勇、第 28 章于全耀。我对全书进行了校正并将翻译风格尽量统一。

非常感谢中科院海洋研究所的段继周老师,他在许多海洋生物名称的翻译上给予了极大帮助。还要感谢中科院海洋新材料与应用技术重点实验室的领导对我在工作上的帮助和支持,使我能够完成本书的翻译工作。

最后,要感谢我的妻子陶莉和女儿李语橦对翻译本书的支持,她们在我感到工作难以进行下去时给我鼓励,在我深夜翻译时没有怨言。

目 录

译丛序

推荐序

译者序

第 1 章 绪论	1
1.1 海洋生物污损	1
1.2 防污保护技术的发展历史	6
1.3 当前基于杀生剂的防污保护技术	8
1.4 防污法律和无毒防污技术	9
1.5 多学科协作研究走向一个可持续的未来	10
1.6 海洋防污涂料和技术的进展	11
1.7 致谢	11
1.8 参考文献	11
第 2 章 与海洋污损生物的战斗：历史回顾	12
2.1 引言	12
2.2 木质船	13
2.3 铁甲船	14
2.4 大型污损生物的记录	14
2.5 生物薄膜	16
2.6 附着的强度和模式	18
2.7 防污涂料层的发展	18
2.8 总结	19
2.9 致谢	19
2.10 参考文献	19
第 3 章 海洋生物的表面黏附及其对防污研究的影响	35
3.1 引言	35
3.2 无毒海洋防污方法	36
3.3 藤壶模型	38
3.4 藤壶幼虫的黏附本质以及黏附机理	39

3.5	表面性能对幼虫附着的影响	46
3.6	未来的趋势	48
3.7	致谢	48
3.8	参考文献	49
第4章	藻类海洋污损生物的黏附破坏和防护	61
4.1	引言	61
4.2	海藻的一般特性	62
4.3	微藻的黏附	66
4.4	大型藻类的黏附	68
4.5	海藻与针对无脊椎动物的化学信息素	72
4.6	海藻污损造成的损失	73
4.7	海藻污损的防治	76
4.8	结论与发展趋势	78
4.9	致谢	79
4.10	参考文献	79
第5章	微生物附着和海洋污损	86
5.1	引言	86
5.2	细菌附着的步骤	87
5.3	生物膜的生长	89
5.4	材料表面	89
5.5	结论	92
5.6	未来发展趋势	93
5.7	致谢	93
5.8	参考文献	93
第6章	近海和深海建筑设施的生物污损	101
6.1	引言	101
6.2	操作和结构方面	102
6.3	环境因素方面	104
6.4	生物多样性及物种入侵	104
6.5	近海定殖入侵与集合种群	106
6.6	观察水下结构的生物污损	109
6.7	生物污损研究的前沿	110
6.8	参考文献	111

第 7 章 腐蚀和污损对远洋船舶性能的影响: 海军建设展望	114
7.1 船舶流体动力学基本知识	114
7.2 涡流边界层基本知识	115
7.3 涂层类型与相关的阻力	118
7.4 污损种类及其相关的阻力	120
7.5 污损和船舶动力简介	121
7.6 船舶性能背景知识	122
7.7 船舶性能的退化	124
7.8 由于污损和腐蚀造成的船舶性能损失的测量方法	126
7.9 附加阻力图及其应用	128
7.10 船体在干船坞中预处理和船体涂层体系性能的标准	130
7.11 以附加阻力为度量来比较类似船舶的船体和推进器条件	131
7.12 结论	133
7.13 进一步的信息和建议	133
7.14 参考文献	134
第 8 章 污损对海洋有鳍鱼类养殖的影响和控制	136
8.1 引言	136
8.2 海水养殖中生物污损的生态特征	138
8.3 生物污损的动力学	141
8.4 生物污损对鱼类养殖的影响	143
8.5 影响概括	146
8.6 生物污损的控制	147
8.7 生物控制	148
8.8 无毒涂料	153
8.9 结论	154
8.10 致谢	154
8.11 参考文献	155
第 9 章 气候变化对污损群落的预期效应以及对防污研究的影响	171
9.1 引言	171
9.2 全球气候变化对污损生物品种的影响	173
9.3 气候变化对污损生物群落的影响	176
9.4 气候变化对外来生物物种入侵的影响	177
9.5 结论和未来研究方向	178
9.6 致谢	180

9.7 参考文献	180
第 10 章 立法对防污产品的影响	185
10.1 引言	185
10.2 全球防污产品法规	186
10.3 地方性防污涂料产品立法	187
10.4 防污产品的国家立法	191
10.5 影响防污产品的其他立法	194
10.6 未来发展趋势	195
10.7 进一步的信息和建议	195
10.8 缩略语	196
10.9 参考文献	197
第 11 章 从制药业受到启发, 开发新的海洋防污材料	200
11.1 引言	200
11.2 三元关系	201
11.3 从概念到产品	202
11.4 向制药业学习	203
11.5 配方的重要性	204
11.6 副作用和监管	205
11.7 营销新产品	205
11.8 总结	206
11.9 参考文献	206
第 12 章 筛选海洋防污化合物的实验室生物测定方法	209
12.1 引言	209
12.2 微生物污损的生物测定	212
12.3 抗藻类生物测定	216
12.4 抗真菌生物测定	217
12.5 大型生物污损	217
12.6 毒性测试	223
12.7 结论	226
12.8 参考文献	227
第 13 章 海洋防污涂料合成过程中的关键问题	234
13.1 引言	234
13.2 防污涂料的成分	236
13.3 涂料的合成	243

13.4	涂料一般性能的测试	246
13.5	力学测试	248
13.6	结论	249
13.7	进一步的信息和建议	250
13.8	致谢	250
13.9	参考文献	250
第 14 章	化学活性的海洋防污漆的模型化设计和最优化	252
14.1	引言	252
14.2	基于经验模型的筛选和最优化	253
14.3	经典防污涂料从前的建模工作	254
14.4	自抛光防污涂料的模型	255
14.5	量化模型输入参数的试验技术	262
14.6	未来趋势	271
14.7	术语	271
14.8	参考文献	272
第 15 章	污损控制涂层的高通量设计方法	274
15.1	引言	274
15.2	制备涂层数据库的方法	277
15.3	涂层数据库的筛选	278
15.4	生物污损的快速筛选方法	280
15.5	结论及展望	288
15.6	致谢	289
15.7	参考文献	289
第 16 章	海洋防污涂料的老化测试和长期性能	297
16.1	引言	297
16.2	现场测试	298
16.3	实验室设备	306
16.4	未来趋势和结论	315
16.5	进一步的信息和建议	316
16.6	致谢	316
16.7	参考文献	317
第 17 章	生物膜对海洋防污涂层性能影响的评价	319
17.1	引言	319
17.2	海洋微生物污损	319

17.3	杀生剂防污涂层对生物膜的影响	320
17.4	生物膜对杀生剂防污涂层的影响	324
17.5	防污涂层的多参数研究	326
17.6	现行测试方法	328
17.7	未来的趋势	329
17.8	参考文献	330
第 18 章	无锡自抛光海洋防污涂料	335
18.1	引言	335
18.2	自抛光涂层的形成条件	335
18.3	自抛光黏结剂的化学结构	342
18.4	黏结剂设计的关键参数	351
18.5	未来的趋势	359
18.6	结论	361
18.7	参考文献	362
第 19 章	铜作为杀生剂在海洋防污涂料中的应用	369
19.1	引言	369
19.2	在防污涂料中铜作为杀生剂	370
19.3	防污涂料中铜的加入比较	372
19.4	海洋环境中铜的浓度	373
19.5	铜的形态和毒性	374
19.6	海洋和河口环境中铜的毒性模型	378
19.7	铜的风险评估	380
19.8	结论	383
19.9	进一步的信息和建议	384
19.10	参考文献	384
第 20 章	广谱有机杀生剂在海洋抗生物污损涂料中的应用	391
20.1	引言	391
20.2	抗污损杀生剂的环境事件	394
20.3	抗污损杀生剂在环境中的归宿	397
20.4	风险评估	405
20.5	结论	407
20.6	名称缩写	408
20.7	参考文献	408
第 21 章	铜防污剂在控制海洋生物污损方面的有机替代产品	414
21.1	苯甲酸盐的应用	414

21.2	美托咪啉的应用	417
21.3	缩合单宁的应用	420
21.4	结论	423
21.5	参考文献	424
第 22 章	海洋天然防污活性物质	428
22.1	引言	428
22.2	微生物	429
22.3	大型海藻	433
22.4	海洋无脊椎动物	437
22.5	天然防污剂使用过程中存在的一般问题	453
22.6	未来趋势	456
22.7	参考文献	457
第 23 章	基于酶的海洋防污涂料	471
23.1	引言	471
23.2	酶防污的历史	472
23.3	酶防污的分类	474
23.4	涂层中酶活性的其他目的	480
23.5	酶防污涂料发展中的误区	480
23.6	法规	482
23.7	结论	482
23.8	参考文献	483
第 24 章	用于控制海洋生物污损的先进纳米结构表面: AMBIO 项目	486
24.1	引言	486
24.2	AMBIO 项目的研究目标	489
24.3	项目的组织结构	489
24.4	部分最新研究成果	494
24.5	致谢	496
24.6	参考文献	496
第 25 章	控制海洋生物污损的表面改性方法	499
25.1	引言	499
25.2	表面粗糙度	500
25.3	表面改性技术	506
25.4	仿生表面设计	508
25.5	结论及未来发展趋势	514

25.6	进一步的信息和建议	514
25.7	参考文献	515
第 26 章	利用低表面能、污损释放技术制备的污损控制涂层	521
26.1	引言	521
26.2	污损释放涂层的物理和化学性质	522
26.3	污损释放涂层上的污损结合特征	524
26.4	已应用的污损释放型涂层的表面粗糙度	527
26.5	最近的发展和进展	529
26.6	进一步的信息和建议	531
26.7	参考文献	531
第 27 章	无硅无杀生剂的防污方法	533
27.1	引言	533
27.2	氟化聚合物涂料	533
27.3	智能高分子	535
27.4	亲水表面	536
27.5	纤维涂料	536
27.6	无杀生剂自抛光涂料	537
27.7	可擦洗惰性涂料	538
27.8	无浸出活性涂料	539
27.9	合成与讨论	540
27.10	参考文献	541
第 28 章	海洋污损研究展望	545
28.1	引言	545
28.2	生物污损管理研究的主要内容	546
28.3	新型的机械清理方法与有机广谱杀生剂	546
28.4	仿生学法	547
28.5	其他方法	548
28.6	研究展望	548
28.7	新技术的生物响应	554
28.8	对于污损管理所进行的重建社会方法的研究	555
28.9	新的商业模式	556
28.10	致谢	556
28.11	参考文献	556

C Hellio, 英国朴茨茅斯大学; D M Yebra, 西班牙海虹老人涂料有限公司

1.1 海洋生物污损

自从人类开始航海以来,寄生在船只水下部分的水生生物就被认为是制约航海发展与进步的严重问题。早期的地中海文化,中世纪的维京海盗,近代跨越重洋的欧洲帝国,乃至当代的贸易和战争舰队:没有人能找到这个问题完全令人满意的解决方案。

特拉法加战役(1805年)。“.....皇家海军的所有船只在船底装上铜壳.....由于减少了船底污损,航行速度增加了 20%.....。纳尔逊的舰队.....在特拉法加的胜利部分原因是干净的铜壳船只具有卓越的速度。”理查德·霍兹沃思“特拉法加胜利之路”“最早正式提到船底除污的是 1560 年的荷兰条例,这款条例直到 1853 年才正式废除。水手被绑在一根绕在船底的绳子上,从船的一侧抛下,在船的另一侧的龙骨处拉上。由于船体常常被藤壶和其他海洋生物覆盖,这可能会导致船体切割破坏和其他破损。”

海洋生物污损可以被定义为微生物、藻类和动物在浸没于海水中的结构体上的不利积累。虽然污损过程主要对人造结构造成不利影响,但是它也会发生在海洋生物(附生生物)的表面并引起海藻和贝类养殖上的麻烦。海洋污损生物大致可分为微型污损生物(细菌和双原子生物膜)和大型污损生物(如大海藻、藤壶、贻贝、管虫、苔藓虫),它们聚集生长形成污损区(图 1-1 和图 1-2)。污损过程的简单概述如图 1-3 所示。不管位置和季节,每一个沉浸表面将被吸附的有机化合物(如多糖类、脂类和蛋白质)在几秒钟内覆盖。在“调节层”形成后不到 24h 内,生物附着过程开始。最初的污损生物主要由细菌、酵母菌和硅藻组成,它们在防护生物膜结构中定殖。随后的污损生物由大型藻类孢子、真菌和原生动物组成。根据相关文献,当环境条件适合时,它们大约能在浸入海洋一星期后定居。无脊椎动物幼虫往往被视为最后阶段的海洋生物污损的过程。在产卵季节,它们在浸入海洋平均两到三个星期后开始在表面生长。尽管这样一个连续性的污损过程的描述适合说教,但我们必须注意到,更复杂的模式经常在自然中发生。

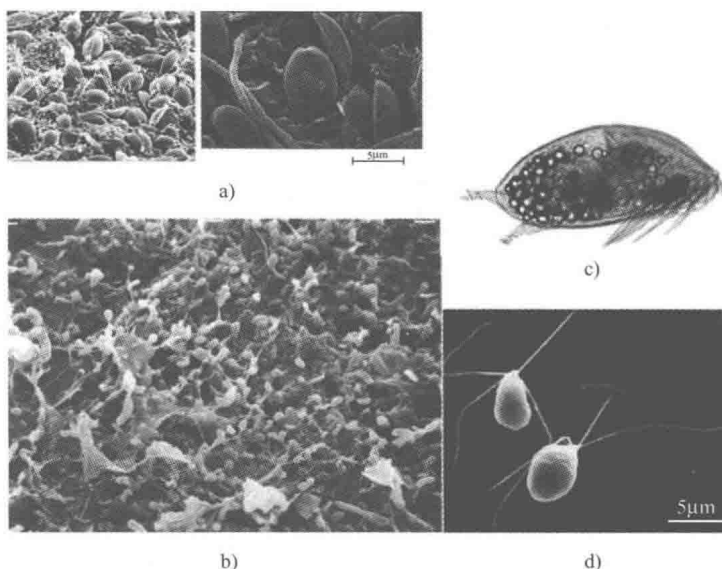


图 1-1 微观污损生物

a) 硅藻 b) 细菌 c) 藤壶介虫 (大约 300~500µm) d) 石莼游动孢子

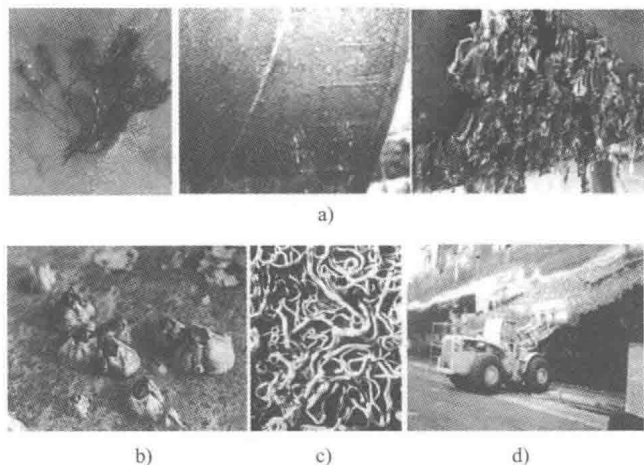


图 1-2 各种常见的大型污损生物

a) 大型藻类 b) 藤壶成虫 c) 龙介虫蠕虫 (华美盘管虫) d) 严重污损的船壳

影响生物污损的因素包括温度、盐度、营养水平、流动速率和太阳辐射的强度。这些因素随季节、空间、浸入深度变化。在温带区，污损生物群体的定殖和繁衍极大地受到季节的影响。在冬天，生物污损发展较慢（由于光照水平、水温、孢子和幼虫的数量减少）。在热带和亚热带区，污损生物群体生长变化较少，因为这些区域水温和光照水平较为一致，而这两个因素会促进一些大型污损生物连续繁殖和定殖。即便如此，在热带的生物污损还是一个非常复杂和多变的现象。