



海洋工程材料学

尹衍升 黄翔 董丽华 编著



 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书是为涉海材料学专业而编写的教材,系统地介绍了海洋工程材料腐蚀与防护的基本理论及各类海洋材料的选取和设计原则。内容按照循序渐进、由浅入深的方式编写。首先,介绍金属腐蚀基本知识、电化学原理以及金属海洋腐蚀的电化学规律;其次,结合海洋环境特点系统而详细地阐述了材料在海洋环境中的腐蚀规律以及海洋腐蚀评定方法,此外,对海洋船舶与海洋工程用钢的选用规定与原则、海洋环境的生物污损与腐蚀也进行了详尽的叙述;再次,阐述了海洋材料的防护技术,主要涉及缓蚀技术与海洋防腐涂层防蚀原理、设计和实海经验;最后,介绍了非金属海洋材料与特种海洋材料,重点阐述深潜固体浮力材料、防海洋生物污损材料以及特种船舶涂料等。

本书可作为涉海材料学专业教材,还可作为涉海化工、石油、机械、冶金等学科腐蚀课程的参考用书,同时可供有关工程技术人员和科研、工程设计人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋工程材料学/尹衍升,黄翔,董丽华编著.北京:科学出版社,2008

ISBN 978-7-03-021409-6

I. 海… II. ①尹…②黄…③董… III. 海洋工程—工程材料 IV. P75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 036550 号

责任编辑:朱 丽 王国华/责任校对:曾茹

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 5 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008 年 5 月第一次印刷 印张:24 1/4

印数:1—3 000 字数:548 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

21 世纪将是海洋的世纪,世界各国正在调整自己的海洋政策,海洋领域的种种举措,实际意义已经超出学术范围。海洋科技领域的发展是一项系统工程,往往是诸多学科科技发展的集成,但就最重要的基础而言,常常依赖于材料科技的发展和突破,尤其将特别依赖于专用海洋材料研究的进展。许多海洋领域的研究往往受制于材料的短缺和质量低劣,材料科技的发展水平已经成为海洋研究开发的制约瓶颈,加速海洋材料领域的科学研究已迫在眉睫。提出将海洋材料作为海洋科技一个密切相关而重要的科学问题进行专项研究与产业化开发,将有利于国家从整体上构思海洋战略发展规划。

所谓海洋材料,宏观上就是从海洋中能提取的材料和专门用于海洋开发的各类特殊材料。以往,我们只是在材料家族中为海洋挑选已经存在的普通材料,当该材料适应不了海洋的特殊环境时,人们再去研究如何防护和改进,总是处在一种被动的寻求状态,而没有像航天航空、生物材料那样旗帜鲜明地提出来进行专门研究。随着海洋科技开发的广度和深度不断拓展,适时提出海洋材料概念和战略,对于海洋和材料两大领域都是重要的,对于这两大类学科领域的交叉发展、对于国家海洋的战略规划、对于沿海地区新材料产业的研究开发都具有重大示范意义。编著这部拙作的初衷是从海洋科技的角度介绍材料科学需要关注的海洋发展领域,提出海洋与材料两大领域的结合点和交叉点,进而形成海洋材料研究的具体方向。

作者尹衍升教授、黄翔副教授及董丽华教授在涉海院校的教学科研第一线工作多年,积累了一些海洋领域和材料工程领域的知识和科研经验,现谨将本书献给读者,愿与广大读者共同关注海洋、探索海洋。

由于作者的水平所限,不足和谬误在所难免,望广大读者不吝赐教。

作者

2008 年 2 月 16 日

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 材料与海洋	1
1.2 海洋极端环境	1
1.3 海洋工程材料	3
1.3.1 海洋环境材料	3
1.3.2 海洋国防材料	4
1.3.3 海洋结构材料	4
1.3.4 海洋生物材料	5
1.4 海洋工程材料发展	5
第 2 章 金属电化学腐蚀原理	7
2.1 金属腐蚀的分类及破坏形式	7
2.1.1 金属腐蚀的分类	7
2.1.2 金属腐蚀的破坏形式	8
2.2 电化学腐蚀原理	9
2.2.1 腐蚀原电池	10
2.2.2 腐蚀电池的电极过程	11
2.2.3 腐蚀电池的类型	12
2.3 金属的电极电位	13
2.3.1 双电层理论	13
2.3.2 金属的标准电动序	16
2.4 电极的极化作用	16
2.4.1 电极的极化	17
2.4.2 产生电极极化的原因	18
2.4.3 极化曲线图	19
2.4.4 腐蚀体系的控制因素	20
2.5 电极的去极化作用	21
2.5.1 产生去极化作用的原因	22

2.5.2 析氢腐蚀与吸氧腐蚀	22
2.6 金属的钝化	25
2.6.1 金属钝化的定义	25
2.6.2 引起金属钝化的因素	25
2.6.3 金属的钝化理论	26
2.7 金属腐蚀图(E -pH 图)	27
2.8 影响金属电化学腐蚀的因素	29
2.8.1 内在因素的影响	29
2.8.2 外界因素的影响	30
2.9 海水腐蚀的电化学特征	33
2.9.1 海水的物理化学性质	33
2.9.2 海水腐蚀的电化学特征	34
2.10 防止海水腐蚀的措施	37
2.10.1 根据耐腐蚀性能和结构使用性能要求合理选材	37
2.10.2 阴极保护	37
2.10.3 表面覆盖层保护	38
第3章 海洋环境与海洋腐蚀	39
3.1 海洋腐蚀环境	39
3.1.1 海洋大气区	40
3.1.2 海洋飞溅区	43
3.1.3 海水潮差区	44
3.1.4 海水全浸区	45
3.1.5 海底泥土区	46
3.2 海洋腐蚀类型	47
3.2.1 均匀腐蚀	47
3.2.2 点蚀	48
3.2.3 缝隙腐蚀	48
3.2.4 湍流腐蚀	49
3.2.5 空泡腐蚀	49
3.2.6 电偶腐蚀	49
3.2.7 腐蚀疲劳	51
3.3 影响海洋腐蚀的环境因素	51
3.3.1 盐量(盐度)	51
3.3.2 电导率	53

3.3.3 溶解物质(氧、二氧化碳、碳酸盐)	53
3.3.4 pH	57
3.3.5 温度	57
3.3.6 流速和波浪	58
3.3.7 海生物	59
3.4 海水腐蚀试验评定方法	61
3.4.1 实海暴露试验	62
3.4.2 试验地点的选择	62
3.4.3 试验分类及试验装置	63
3.4.4 试样制备与试样固定	64
3.4.5 试验周期及试验前后试样的处理	65
3.4.6 试验结果的评定	66
3.4.7 流速试验	67
3.5 海水腐蚀、海生物污损与船舶营运经济性	72
3.5.1 船体表面粗糙度	72
3.5.2 船体表面粗糙度对船舶航速和功率消耗的影响	74
3.5.3 降低船体粗糙度和功率消耗的措施	75
第4章 金属材料在海洋环境中的腐蚀	76
4.1 碳钢、低合金钢在海洋环境中的腐蚀	76
4.1.1 碳钢、低合金钢在海洋大气区的腐蚀	76
4.1.2 碳钢、低合金钢在海洋飞溅区的腐蚀性能及其特征	90
4.1.3 碳钢、低合金钢在海水潮差区及全浸区的腐蚀	94
4.1.4 碳钢、低合金钢在海底泥土区的腐蚀	102
4.1.5 有关碳钢、低合金钢的海水局部腐蚀机理	103
4.2 铸铁在海洋环境中的腐蚀	108
4.2.1 概述	108
4.2.2 铸铁的组织及结晶特点	109
4.2.3 铸铁的腐蚀电位及其腐蚀形貌	111
4.2.4 石墨形态对铸铁腐蚀的影响	113
4.2.5 低合金化对铸铁腐蚀的影响	116
4.2.6 铸铁点蚀的化学电化学溶解	118
4.2.7 流动海水对铸铁腐蚀的影响	122
4.3 不锈钢在海洋环境中的腐蚀	124
4.3.1 概述	124

4.3.2 不锈钢的晶间腐蚀	127
4.3.3 不锈钢在海水中的孔蚀	128
4.3.4 不锈钢的缝隙腐蚀	131
4.4 有色金属及其合金在海洋环境中的腐蚀	133
4.4.1 铜及铜合金	133
4.4.2 铝及铝合金	141
4.4.3 钛及钛合金	147
4.4.4 其他有色金属及合金	150
4.5 船舶与海洋工程用钢	151
4.5.1 船用结构钢	151
4.5.2 海洋工程用结构钢	167
第5章 海洋环境的生物污损与腐蚀	181
5.1 导言	181
5.2 海洋设施的污损生物	181
5.2.1 管道内的污损生物	181
5.2.2 海底电缆的污损生物	182
5.2.3 海中钢桩的污损生物	182
5.2.4 浮码头与浮标的污损生物	183
5.2.5 舰船的污损生物	184
5.3 我国主要港湾的污损生物	185
5.3.1 大连港	185
5.3.2 埕岛与渤海湾	186
5.3.3 青岛港	186
5.3.4 定海港	187
5.3.5 湛江港	188
5.4 生物污损与腐蚀防护的关系	188
5.4.1 生物污损对腐蚀的影响	188
5.4.2 金属/海水界面的电化学腐蚀与生物附着	191
5.5 污损生物与腐蚀研究	194
5.5.1 浮球和声学释放器生物污损与腐蚀	194
5.5.2 污损生物对舰船的腐蚀	198
5.5.3 藤壶附着与低合金钢腐蚀	199
5.5.4 藤壶附着与不锈钢局部腐蚀	201
5.5.5 铜合金的污损及防污性能	202

5.5.6 海洋微生物与金属腐蚀	205
第6章 缓蚀技术在海洋工程中的应用	209
6.1 导言	209
6.1.1 缓蚀剂研究的发展概况	209
6.1.2 缓蚀剂的基本概念	210
6.1.3 缓蚀剂的分类	211
6.2 缓蚀剂的缓蚀作用机理	214
6.2.1 缓蚀剂的电化学机理	214
6.2.2 缓蚀剂的吸附机理	218
6.3 缓蚀作用的影响因素	221
6.3.1 金属材料的影响	221
6.3.2 介质的影响	222
6.3.3 温度的影响	223
6.3.4 缓蚀剂浓度的影响	224
6.4 海水中缓蚀剂性能与机理研究进展	224
第7章 海洋防腐涂层	231
7.1 防腐涂料	231
7.1.1 涂料的作用	231
7.1.2 涂料的组成	232
7.1.3 涂料的分类	232
7.1.4 涂层系统	235
7.2 涂料的防腐原理	236
7.2.1 惰性防腐作用	236
7.2.2 活性防腐作用	237
7.3 海洋涂料的基本组成	237
7.3.1 油料	237
7.3.2 树脂	238
7.3.3 颜料	241
7.3.4 溶剂	243
7.3.5 辅助材料	245
7.3.6 船舶防污漆中所用毒料	246
7.4 海洋涂料的性能要求	247
7.5 常用海洋涂料	250

7.6 海洋防腐涂层设计	252
7.6.1 海洋大气区涂层系统	253
7.6.2 海洋飞溅区涂层系统	254
7.6.3 水下区涂层系统	258
7.7 海洋平台的涂装经验与实例	259
7.7.1 涂装系统	260
7.7.2 表面处理	260
7.7.3 喷涂装置	261
7.7.4 涂料储存、混合与稀释	261
7.7.5 检查与验收	262
7.8 热喷涂层原理与工艺	264
7.8.1 热喷涂层原理	265
7.8.2 热喷涂层结构	265
7.8.3 热喷涂层结合机理	266
7.8.4 热喷涂层工艺参数	266
7.8.5 热喷涂层原材料	266
7.8.6 热喷涂层制备工艺	269
7.8.7 热喷涂层封孔处理	270
7.9 锌铝及其合金热喷涂层	272
7.9.1 锌铝涂层电化学特性与防护原理	272
7.9.2 锌、铝涂层的特点及防护设计	276
7.10 热喷涂层海洋工程应用	282
第8章 非金属海洋材料	285
8.1 非金属材料的结构特点及应用特性	285
8.1.1 高分子材料的结构特点	285
8.1.2 无机非金属材料的结构特点	288
8.2 高分子材料及船用涂料	289
8.2.1 高分子材料的物理状态	289
8.2.2 高分子材料的主要性能	291
8.2.3 高分子材料在造船方面的主要应用	294
8.3 硅酸盐材料	295
8.3.1 硅酸盐材料的相组成	295
8.3.2 水泥	296
8.3.3 绝缘材料	300

8.3.4 玻璃	301
8.4 复合材料	302
8.4.1 玻璃钢	302
8.4.2 木材和其他复合材料	305
第9章 特种海洋材料	309
9.1 深潜固体浮力材料	309
9.1.1 概述	309
9.1.2 固体浮力材料的分类	310
9.1.3 国内外发展概况	312
9.1.4 微球复合泡沫材料制备技术	315
9.1.5 结语	318
9.2 舰船防污涂料	318
9.2.1 海洋附着生物的种类和危害	318
9.2.2 防污涂料的特点和技术要求	320
9.2.3 防污涂料的类型和配方原理	321
9.2.4 防污涂料开发程序和性能表征	330
9.2.5 木船防污漆	333
9.2.6 玻璃钢船防污漆	334
9.2.7 水线和水线防污漆	335
9.3 特种船舶涂料	337
9.3.1 防结冰涂料	337
9.3.2 太阳热反射涂料	338
9.3.3 船用阻燃涂料	345
9.3.4 船用防火涂料	347
9.3.5 船舶用阻尼涂料	350
9.3.6 隔声及阻燃腻子	356
9.3.7 舰船用隐身涂料	358
参考文献	367

第 1 章 绪 论

1.1 材料与海洋

人类已经进入海洋开发的新时代。海洋资源开发、海上运输、海港和海防建设等领域都需要大量的新型材料和经过表面防护的传统材料,研究这些材料的制备科学和工艺技术、失效机制,探索未来海洋开发所需求的新概念材料合成理论以及应用领域预测显得格外重要和迫切。可以这样描述材料研究的未来走向,即天上水下。航天和海洋领域是 21 世纪乃至下个世纪对新材料需求的最大市场,材料研究抓住了航天和海洋,就抓住了未来。

海洋是一个特殊的环境,海洋材料科学并不独立存在,而是依附于其他海洋科学与技术领域,目标是为其他海洋科学与技术的发展提供物质保证。因此,海洋材料科学既有材料科学自身的规律与特点,又必须考虑海洋的特殊性。针对海洋科学的特殊性专门开发的材料,我们称其为海洋材料。所谓海洋材料,宏观上就是能从海洋中提取的材料和用于海洋开发的各类特殊的材料。随着海洋科技研发的广度和深度的不断拓展,适时提出海洋材料概念和战略,对于海洋和材料两大领域都是重要的,对于这两大类学科领域的交叉发展具有重大意义。

1.2 海洋极端环境

海底热液活动是人类认识地球深部过程的窗口,其产物之一——热液硫化物,富含铜、铅、锌、金、银等多金属元素,是极具开发远景的潜在资源。热液活动区生物群落奇异的生命表现,改变了传统的极端环境下无生命存在的认识,丰富了深海生物基因库,在工业、医药、环保等领域有广泛的应用前景。海底热液活动的科学意义和资源潜力已成为 21 世纪人类探索自然最有希望获得新发现的领域之一。

所谓热液,就是原来比较冷的海水沿裂隙进入洋中脊的地壳,由于这里的地壳是地球上最薄的地方,海水可以继续渗入数公里深处的地幔处,并发生物质交换,被地幔加热后返回到海底,由于高温($300 \sim 400^{\circ}\text{C}$)而密度小(才 $0.7\text{g}/\text{cm}^3$)、富含硫化物,这种热液的喷出速度高达每秒数米,就如黑烟一般,蔚为奇观。热液喷出后,遇到冷的海水而迅速降温,所带出的矿物质结晶形成烟囱状,由于富含硫化物而呈黑色,高度可达十米,耸立于洋底。这些“烟囱”迅速生长,也很快倒下,形成一片金属硫化物矿床。这类热液矿不仅对成矿理论具有重要价值,它本身就是正在形

成着的活金属矿床。

“深海无生命论”早在19世纪60年代就已经不攻自破,因为当时需要把洋底电缆拖上来修理,结果发现电缆上竟然生长着很多附着生物。但直到20世纪60年代,人们依然认为深海生物十分稀少,主要是因为此前主要是通过水下摄影的方法来调查数千米深处的海底生物。后来人们改进了深水取样设备,可以把海底表层的岩石和沉积物原封不动地取上来,才发现深海底部绝非“沙漠”,生物多样性之高简直就是“热带雨林”,只不过生物个体过于细小,被以往的研究所忽视而已。热液生物群的发现则更是石破天惊,不仅是因为生物的密度比周围海底高1万~10万倍,主要是在于这种生物群所赖以生存的能量来源。在这2000多米的深海海底根本没有阳光,不可能进行光合作用,而且温度高、压力大,硫细菌从热液中取得地热的能量,支持着这种特殊的热液动物群,除蠕虫外还有瓣鳃类、螃蟹等。而且热液动物的新陈代谢特别快,远远高于靠阳光生长的生物群,以致个体较大。

深海的概念通常指1000m以下的海洋,占到海洋总面积的3/4,而其中深海沉积物覆盖了地球表层的50%以上。深海及深海沉积物中的微生物生存面临高压、低温或高温、黑暗及低营养水平等几个主要极端环境,长期以来一直被认为是一片“荒芜的沙漠”。

在极端环境中生长并通常需要这种极端环境正常生长的微生物被统称为极端微生物。极端环境涵盖了物理极端环境(如温度、辐射、压力、磁场、空间、时间等)、化学极端环境(如干燥、盐度、酸碱度、重金属浓度、氧化还原电位等)和生物极端环境(如营养、种群密度、生物链因素等),海底被认为是上述极端环境中的极端。在深海环境中广泛存在着嗜酸(pH 3以下)、嗜碱(pH 10以上)、嗜盐(25mol/L以上)、嗜冷(可达0℃以下)、嗜热(120℃以上)、嗜压(500atm^①以上)微生物。深海环境下极端生物特征的研究也为生命极限的研究提供了良好的生物材料并不断为外太空生命探索提供新的线索和依据。

深海生物处于独特的物理、化学和生态环境中,在高静水压、剧变的温度梯度、极微弱的光照条件和高浓度的有毒物质包围下,它们形成了极为特殊的生物结构、代谢机制系统。由于这种极端的环境,深海生物体内的各种活性物质,特别是酶,具有高度的温度耐受性,高度的耐酸碱性、耐盐性及很强的抗毒能力。

进入21世纪,国际海洋科学技术发展十分迅猛,并呈以下发展趋势:

(1) 研究方法趋于多学科交叉、渗透和综合。例如,从材料科学到装备制造,从基因技术到生物药物工程,从数值模拟技术到立体全球大生态等多学科的综合渗透交叉。

^① 1atm = 1.013 25 × 10⁵ Pa,下同。

(2) 研究重点趋向资源、环境等与人类生存与发展密切相关的重大问题,并在深海资源勘探利用、海洋工程、海洋生物基因、海洋空间利用、海洋环境预报警报等领域取得重大成就。

(3) 研究手段不断采用高新技术,并趋向于全覆盖、立体化、自动化和信息化。从卫星遥感、航空遥感、船舶监测、浮标,到潜标、深潜器,再到海底的实时观测,形成了全天候、全覆盖、立体的观测体系。

这就提出了研究深海极端环境的海洋微生物对于探测设备材料的腐蚀机制及其耐深海硫化腐蚀特性的课题,因为材料是进行深海研究的基础载体,适用于深海热液区的材料研究和开发是制约深海技术发展的瓶颈。涉海材料用在海洋中,特别是在深海热液区,受到海水重压及海洋微生物的侵蚀、硫化物的腐蚀,这就要求涉海材料必须具有高强度、耐海水热液腐蚀、抗硫化腐蚀、抗微生物附着、高韧性等特点。因此对具有优良的抗硫化腐蚀性能、抗微生物附着的材料的需求已经越来越迫切。

统计表明,与海洋微生物附着有关材料破坏和失效占到涉海材料总量的70%~80%,微生物膜对材料界面腐蚀过程的影响已经受到材料界和海洋界的广泛关注。微生物膜及界面的性质、结构和生长规律,以及检验和控制技术已经成为海洋材料科学及海洋工程关键配套材料的重要研究方向。研究涉海材料的微生物,特别是深海热液区微生物附着腐蚀机制,对于材料科学更有力地服务于国家海洋发展战略至关重要。

1.3 海洋工程材料

1.3.1 海洋环境材料

海洋是生物物种的发源地,也是地球生态系统的重要环节。然而,由于工业化速度的快速增长和资源的过度利用,人类对于海洋环境的污染也日趋严重。海洋环境污染不仅直接影响到海洋生物链和渔业水产,而且对于人类的生存环境的影响也日益突现。由于海洋自身的特点,海洋环境污染的治理与陆地环境有相当大的差别,治理的难度要大得多。对于使用方便、耐风浪、易回收的油污围栏材料,低成本、高强度,具有良好油污吸收、吸附性能的新型高分子絮凝材料的研究和开发是极为重要的。

海洋环境参数的监测是海洋科学与工程的重要内容,而实现海洋环境的动态监测需要各种敏感器件,研制各种功能材料是研究制备这类敏感器件的关键。研究具有温度敏感、化学物质敏感、生物敏感的海洋应用的功能材料,进而研究开发用于动态监测水温、水污染、水质异常、赤潮等海洋变化器件及仪器是提高海洋研究

水平的重要领域,应该作为海洋材料研究的内容之一。

1.3.2 海洋国防材料

海洋是各国争夺的重要领域,领海是国家主权的一部分,发展用于海洋作战的装备制造材料是增强一个国家国防实力的重要组成部分。由于海洋和海空的特殊性,具有特殊性能的结构和功能材料是海防高技术研究的重要组成部分,包括舰船的隐身材料、装甲材料、两栖装甲战车的防腐材料、甲板防滑材料、潜艇等舰船发动机排气隔热材料、阻燃材料、舰载导弹天线罩材料、军港防卫设施建筑材料、雷达探测及各种检测传感器材料等。海洋国防先进材料的高技术产业化将极大地提高国家现行的国防防卫能力。

应加速军港、海岸防护、水面舰艇、潜艇、两栖装甲战车、鱼雷等专用材料,包括船体、船舶机械用铜基合金,高速船用铝基合金、铝基复合材料,舰载飞机用耐蚀铝合金材料,深水耐压浮力材料,高性能耐蚀钛合金材料,非晶态耐蚀合金材料等研究,研究诸如超高温梯度真空定向凝固技术、等离子喷涂技术、SHS(自蔓延高温合成)技术、HIP(热等净压)烧结技术等是制备生产上述海洋材料的关键。

1.3.3 海洋结构材料

1. 船体结构钢及配套材料研究

材料制备的低成本、工艺简单、高效是第三代船体结构钢的发展目标。如超低碳贝氏体钢和高强度低合金钢的结合可使耐腐蚀性和高强度获得重大发展。

2. 钛和钛合金

由于钛合金材料显示良好的断裂韧性、耐蚀性、高温强度和低磁信号,重视发展钛合金材料的规格配套及制造工艺技术是十分重要的。由钛合金和SiC纤维组成的钛基金属复合材料可使发动机上使用的钛合金高温性能得到很大改善。

3. 高温合金及高温结构材料

以解决舰船燃气轮机、增压锅炉、大功率柴油机用关键结构材料为重点,逐步形成舰船高温合金的系列。高温结构材料和涂层包括金属基复合材料、陶瓷-金属基复合材料、金属间化合物以及碳-碳基复合材料、舰船特种功能材料、舱室绝缘隔热材料、高性能永磁材料、高温超导材料、防滑涂层、储氢材料、梯度功能材料等。

海洋工程、船体、船舶机械用特殊钢材以及含钛高性能耐腐蚀合金,非晶态耐蚀合金,有色金属基合金,轻金属基复合材料,深水耐压浮力材料,高比强、高比模

结构材料,功能高分子纤维及复合材料,有机、无机/复合防腐、防污、防附着涂层材料,抗海水、盐雾侵蚀高性能建筑材料(包括钢筋混凝土构件等)等高技术含量海洋工程材料对于海洋领域科技发展具有重大的工程意义,是海洋科技发展的基础。

1.3.4 海洋生物材料

海洋是一个巨大的生物生长环境,其表面积远远大于陆地面积,生物的生长量非常巨大。目前海洋除了提供食品的海洋捕捞和养殖产业外,作为材料生产的原料资源利用得还相当不充分。当前要积极推进海藻资源利用技术和甲壳质资源利用技术研究,特别是后者是与纤维素存量相当的最大天然高分子原料,在材料制造领域具有非常广泛的应用前景。甲壳质不仅可以作为新型纤维材料,而且也是新型医用和药用材料及产品的重要原材料。

1.4 海洋工程材料发展

人们这样描述未来,即21世纪是海洋的世纪。随着新世纪来临,一些国家正在调整自己的海洋政策。韩国提出了“21世纪海洋韩国”战略,要从陆地型发展转为海洋型发展。美国2001年成立海洋政策委员会,对海洋政策进行全面评估,2004年12月美国总统宣布成立部长级的海洋政策委员会,直属总统办公室。全面反思海洋政策,在美国30多年来这是第一次,直属总统的海洋委员会,也是美国历史上的首创。日本明确提出要和美国争夺海上领导权,甚至韩国的水下无人运载器也已经不在美国之下。面对国际挑战和国内需求,美国提出要在五年内将海洋科技投入增加一倍。如果说,100年前海上的国际之争靠的是炮舰,现代的海上竞争在很大程度上已经是科技之争。1994年《国际海洋法公约》生效,全球海洋1/3已成为各国的专署经济区,使深海大洋的竞争更趋剧烈。突出的一例是日本,政府斥资6亿美元建造5700t、210m长的大洋钻探船,比美国的大三四倍,明文提出要在海洋科学里“起领导作用”,与美国争雄。韩国在东海济州岛西南,已经建成了目前全球最大的海上观测平台。海洋上的这些科学举措,实际意义往往超出学术范围。

实际上,海洋科技发展的重大关口和海洋领域重大技术装备的定形与使用,最终受到制约的往往就是制备它的关键材料。几十年来,我国海洋科技的发展规划一直没有把与其配套的关键材料一并考虑在内,以至于海洋科技重大装备多数依赖进口。纵览美国、俄罗斯、法国、日本、韩国等先进国家的海洋科技发展战略规划,也尚未把海洋材料与海洋科技发展及产业化进行整体考虑。这种情况正在发生变化,例如,英国在近期就把海洋科技发展与海洋需求的材料提到了并重的地位,认为材料的结构和系统的研究、有效设计、安全性、减轻质量、延长作业寿命等对于沿岸、

近岸和 underwater 系统海洋设备的可靠性和寿命至关重要。

海洋科技领域的发展是一项系统的工程,往往是诸多领域科技发展的集成,但就最重要的基础而言,常常依赖于材料科技的发展和突破,尤其将特别依赖于专用海洋材料的研究和进展,许多海洋领域的研究和开发往往受制于材料的短缺和质量。材料科技的发展水平已经成为海洋研究开发的制约瓶颈,加速海洋材料领域的科学研究已迫在眉睫。提出将海洋材料研发作为海洋科技发展的一个密切相关而重要的科学问题,将有利于国家从整体上构思海洋战略发展规划。

第2章 金属电化学腐蚀原理

2.1 金属腐蚀的分类及破坏形式

2.1.1 金属腐蚀的分类

金属腐蚀按腐蚀过程中的作用机理可分为四大类——化学腐蚀、电化学腐蚀、机械因素作用下的腐蚀和生物腐蚀。

1. 化学腐蚀

化学腐蚀是指金属与腐蚀介质直接发生反应,使金属表面状态受到破坏。特点是在反应过程中没有电流产生。金属和不导电的液体(非电解质)或干燥的气体相互作用是化学腐蚀的典型例子。

2. 电化学腐蚀

电化学腐蚀是指金属与电解质溶液(如潮湿的大气、海水、电解质水溶液等)发生电化学反应,在反应过程中有电流产生。

电化学腐蚀是最常见的腐蚀形式,常见的有:

1) 大气腐蚀

金属在潮湿的大气中,其表面形成水膜或凝结水而引起的腐蚀,根据条件不同又可分为海洋大气、工业大气、城市大气和乡村大气等不同腐蚀过程。海船及海洋工程结构发生海洋大气腐蚀主要在水面以上部分及内部结构,特别是在低温下由海水或空气从外面冷却的内表面腐蚀更为严重。

2) 海水腐蚀

海水含有多种盐类成分,具有导电性,属腐蚀性电解质。船体及海洋工程结构物水下部分壳体外表面的腐蚀、进水管道内表面的腐蚀都属于海水腐蚀。海水腐蚀又可分为全浸、局部浸入及间浸条件下的腐蚀。

3) 土壤腐蚀

潮湿的土壤中也含有多种盐类成分,也具有导电性。埋在地下的金属结构物,如输油管道、地下电缆等的腐蚀都属于土壤腐蚀。