

(美) S.C. 德克斯特 著

海洋工程材料手册

海洋出版社

P 75-62

D 35 c.1

海洋工程材料手册

[美] S. C. 德克斯特 著

陈舜年 译

/

海洋出版社

1932年·北京

213603

内 容 简 介

本手册系统地介绍海洋工程常用材料。以金属合金和工程塑料为重点。内容分为三部分共十三章，并附有专业术语汇编161条。第一部分由十张材料性能数据表组成。第二部分是金属和合金材料，涉及的材料有：铝、铜、镍、铁、钛及其合金，以及特殊用途的难熔金属和合金、贵金属和钨、铀、钍。第三部分是非金属材料，包括：聚合物、橡胶、弹性体、混凝土、陶瓷、玻璃和木材。对手册中列举的170余种材料逐个介绍物理机械性能、自然环境中特性，如耐海水腐蚀的性质、使用范围、供应形式和工艺性能，并对部分材料给出使用注意事项。

本手册可供从事海洋工程科研、设计、管理、教学等有关人员参考，对材料工业、物资供应部门有关人员亦有参考价值。

HandBook of Oceanographic Engineering Materials

海洋工程材料手册

[美] S. C. 德克斯特 著

陈舜年 译

*

海洋出版社出版

(北京复兴门海贸大楼)

保定新生印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982年12月第一版

1982年12月第一次印刷

开本：787×1092 1/32

印 张：11 1/8

字数：200,000

印 数：1—2,200

统一书号：13193·0091

定 价：2.20元

译 者 的 话

辽阔富饶的海洋，占地球表面的71%，蕴藏着极为丰富的天然资源。自本世纪六十年代以来，有越来越多的国家对海洋开发事业表现出前所未有的兴趣，不惜投入大量的人力、物力和财力，制定了长期对策，推进了海洋开发事业的迅速发展。

海洋工程是一门新兴的科学技术，目的纷繁多样，涉及的技术领域十分广泛，需要妥善地解决由于复杂多变的海洋环境给设计、施工、生产带来的，与陆地上迥然不同的一系列技术问题。毫无疑问，任何结构物或仪器设备，要想在海洋及其周围环境中成功地作业，充分获得技术经济效益，正确地选择和使用材料，并采取适当地保护措施是至关重要的大事。

众所周知，任何材料在外界环境影响下，总会遭到程度不等的腐蚀破坏，而海洋环境的影响远较内陆为甚。由于设计人员缺乏材料科学的基础知识，或是考虑不周，所造成的优材劣用、大材小用，甚至乱用、错用，必将会产生严重的后果。轻则会造成初始投资的浪费，重则带来设备维修费用和防腐费用增高，影响生产，甚至引起重大事故，造成生命财产的巨大损失。这样的事例是并不罕见的。

我国海岸线漫长，海域辽阔，陆架宽广，岛屿众多，资源丰富，具有发展海洋工程技术学科的良好条件，前景十分

广阔。解放以来，我国造船业、材料工业、港工建设等都取得进步。但总的看来，海洋开发事业尚处在起步阶段，无论在设备、技术、材料方面，还是在工程实践和专业人员培养方面，都有不少特殊问题需要解决，有大量工作急待去做。

为了配合海洋开发事业和材料研制工作的开展，我们翻译了美国《海洋工程》丛书之一《海洋工程材料手册》一书。供科研、设计、管理、生产和教学部门参考。手册共分三部分，第一部分以数据表形式，简明扼要地介绍材料性能，做为初步优选材料的依据。第二、三两部分以适当地详尽程度一一介绍每种材料性能，让读者根据规定的技术条件，从初选的几种材料中再仔细权衡利弊，从而找到最优方案。这是一项非常复杂的工作，决不可草率从事。必须考虑的因素是材料的成本，它在预定设计的效能，它在腐蚀过程影响下预期的寿命，它的功用及应力的影响等。手册比较系统地搜集和汇总近二、三十年以来文献中报道的资料，给出了材料优选依据、实用例证和注意事项。这对熟悉和不熟悉海洋工程材料的人员，都有较高的实用价值。

在译文中，对商品牌号不做音译或转译，对约定俗成的名称按行文之便采用原文音译两者混用，对英制工程单位一律不作换算，读者可利用手册中给出的转换公式自行完成。

为了便于读者更好地使用本手册，我们根据国内出版的几本有关材料手册，摘录出部分材料牌号制成对照表，做为附录列在书末。

应当强调指出，手册中所提供的实验数据不完全适合我国的海域环境条件，供优选的材料与我国的生产情况有一定差距，希望读者查阅手册时，要从我国的实际情况出发，合理地借鉴国外经验。

在译文脱稿前承蒙天津理工学院钟世扬讲师和海洋仪器研究所焦秉忠工程师分别审查了第二部分和第三部分内容，并提出宝贵意见，在此深表谢意。

由于业务水平有限，错误之处在所难免，恳切期望读者批评指正。

译 者

1982年2月

前 言

海洋工程是一门古老而又年轻的科学技术。人们关注海洋的一些特殊问题已有数千年的历史，积累了丰富的经验。造船业，海岸冲蚀防护工程，以及滨海结构物的建造只不过是工程人员百余年来致力发展的几个专门领域。但是，直到最近，人们倾向于把这些工作内容限制在特定的范畴内。过去的十年当中，业已设法努力调整所有工程技术人员在海洋工作方面的活动，把整个工作领域称为“海洋工程”。这里我们采用这一新的概念。

业已编辑出版的威雷丛书《海洋工程》，向工程师和科学家们介绍海洋工程所涉及的不同领域。编写丛书的宗旨是让工程技术人员和科研工作者能够容易地学会自己不熟悉的专业的基本原理和专业技术。这套丛书亦可作为高年级大学生的教科书，和研究生的入门教程。丛书的选题包括有：海洋工程波动力学，海洋腐蚀，海岸工程，海洋运载工具动力学，近海结构物以及土木或海底工程。我们认为，丛书可以极大限度地满足读者对海洋工程技术文献的需求。

编 辑 MICHAEL. E. 麦考密克
副编辑 RAMESWAR. 巴塔卡雅

1972年11月

作者前言

汇编这本手册的目的是为海洋工程师、设计师、规划评审人员和科学研究工作者在进行材料选择时提供帮助。是为从事与海洋有关的工作而对材料科学的知识知之不多，甚至完全外行的人员设计的。手册内容有意识地局限于目前在海洋环境中普遍采用的，或今后会有用场的金属、合金、塑料和其它非金属材料。大量复合材料没有编入手册，因为这些材料尚处在发展阶段，或是它们的海水特性缺乏足够的技术文件证明，或是一些特殊材料不容易提供利用。已列举的少数几种材料显然不适合在海洋环境中应用，但由于公认的使用价值，过去一直沿用，故而仍列入手册之中。对这类材料醒目地标注上“不适用”，告诫读者避免使用。

手册分为三部分组编。第一部分由一系列数据表组成。包括了手册中的全部材料，表格按挑选出的部分特征参量：机械和物理性能、抗腐蚀能力和价格的顺序排列。第二、第三两部分对全部材料逐个给出更为详细的资料。每种材料都以适当的详尽程度介绍了机械物理性能，在海洋环境中的特性，商品供应形式，适加工性能以及典型的应用场合。同时给出材料在海洋及其周围环境中使用时的适用规则或注意事项。这样做对读者有明显的好处。第二部分涉及到金属和合金材料。根据合金基质金属材料的不同，把全部材料分成不同合金类。第三部分包括非金属材料。把它们分成几大类，诸如聚合物、陶瓷和木材。每大类中的材料再按英语字母顺序排列。

这本手册不打算成为研究某一个领域的广泛的资料来源，而宁愿让它成为开展工作的起步点。使几乎没有一点材料基础知识的人员，能借助手册很快地收集到关于各种材料的性能、可资应用性和价格的足够资料。根据规定的应用条件，把选择的范围缩小，集中到三、四种优选材料上，最终到底选用哪种材料，还需要由制造厂家或供货单位提供附加资料。多数情况下，要依靠有专门知识的材料工程师的协助完成此项工作。手册中绝大部分都采用英制单位，为此给出了转换成国际单位制（SI）的公式表。

S.C. 德克斯特
特拉华州刘易斯

1979年3月

目 录

绪 言.....	(1)
国际单位制 (SI) 转换表.....	(5)
略语及使用符号.....	(5)
第一部分 材料数据表	
第一章 材料性能表	(7)
表1.1 比重.....	(9)
表1.2 弹性模量.....	(13)
表1.3 屈服强度.....	(17)
表1.4 比刚度.....	(24)
表1.5 比强度.....	(29)
表1.6 金属和合金在海水中的电位序列....	(35)
表1.7 一般海水腐蚀特性.....	(40)
表1.8 聚合材料吸水率.....	(45)
表1.9 挑选的金属、合金和聚合物的近似 价格.....	(47)
表1.10 单位重量单位价格的强度.....	(51)
第二部分 金属与合金	
第二章 铝合金	(55)
第三章 铜基合金	(78)
第四章 镍基合金	(102)
第五章 铁和钢	(115)

第六章	不锈钢	(140)
第七章	钛合金	(170)
第八章	难熔金属与合金	(178)
第九章	镁、锌和铅	(184)
第十章	贵金属	(190)

第三部分 非金属材料

第十一章	聚合物、橡胶和弹性体	(195)
第十二章	混凝土、陶瓷和玻璃	(299)
第十三章	木材	(309)

术语汇编	(314)
------	-------

参考文献	(337)
------	-------

综合参考文献

专题参考文献

附录

一、	不锈钢牌号对照表	(343)
二、	铝及铝合金牌号对照表	(344)
三、	主要化学元素表	(345)

绪 言

怎样使用这本手册

要在海洋及其周围环境中卓有成效地进行作业，不仅需要完美的科学构思，稳妥可靠的工程实践，而且需要考虑周到的进行材料选择。对于一项既定的工程项目，在能够机智灵活地进行建造材料选择之前，必须要知道有关该项工程的若干项技术要求数据，结构物暴露海水环境中最长的期限是多久，是全浸没式工作还是仅暴露在飞溅区或潮汐区工作？材料必须有多大的强度？结构物的最终重量减小到最低限度是否有重要的意义？容许有些腐蚀存在吗？基体材料有毒性对海洋生物是否构成严重问题？对结构物进行定期维修是否行得通，或者譬如说，是否需要设备在六个月乃至更长时间内无人护理而保持完好无损？是否必须具有特殊规定的机械、物理、电气和光学性能？

只要这些问题尽可能多的得到答案，那末读者就应当通过查阅手册第一部分材料数据表，开始材料选择过程。根据二、三项最重要的性能要求，通过查看各种表格，通常就能把选择范围缩小，集中到一二种材料上。接着对初看起来最感兴趣的材料查阅手册第二或第三部分的相应章节。对一个规定的构件，要对材料做最后的抉择，往往牵涉到要从一组都适合完成规定用途的优选材料中，选出价格和利用率指标最为有利的材料。

让我们用两个例证说明选材过程。

例1：希望制造一个海洋仪器耐压壳体。为了便于在船甲板上操作，应当尽可能选择重量轻强度大的材料，以便壳体的最终重量减小到最低限度；由于要求壳体在海上能够经受粗暴的对待而不产生破裂或毁坏，材料必须具有一定程度的韧性；也应当利用现在广泛使用的直径6—8英寸管状型材，价格要合理，要求该仪器全浸式在深海中工作，而且仪器布设地区生物污损不会成为问题，因此不需要基质金属材料有毒性。持续暴露期限是两周到一年，在两次投放仪器的间隔期间内能够对仪器进行维修保养。

比强度表（表1.5）给出下列材料作为最初的优选对象：长丝卷缠环氧树脂塑料，增强型尼龙，钛6铝4钒合金，马氏体时效300系列钢，7075和7178铝合金。根据上述材料各自的资料，由于要求利用管材这一点，就可以把马氏体时效钢排除掉。增强型尼龙材料也可以排除掉，因为这种材料吸水后形体膨胀，尺寸稳定性差。长丝卷缠环氧树脂看起来不错，而且今后也许可能成为深海洋中使用的好材料，但目前这种材料不容易供应。这样一来，剩下的工作就只有在价格低廉的铝合金与价格比较贵更耐腐蚀的钛合金之间进行选择（见海水中特性表1.7）。

在这个问题中，既然保护措施，比如涂层和牺牲阳极的阴极保护都是行之有效的，并且定期维修保养是可行的，人们大概会挑选廉价的铝合金材料，单位重量单位价格的强度表（表1.10）表明，7178是比7035更为经济有效的材料，但是，在这两种合金之间做出选择之前，需要由制造厂家提供关于可利用性和价格的更详细的情报。这里着重强调指出，铝合金在海水中受到严重的局部腐蚀。仅当人们在每次仪器

下水之前，既有技术能力又愿意仔细地处理材料时，铝合金才被看作是富有吸引力的选择对象。如果缺乏这种能力，如果预先估计到暴露期限更长（譬如说十年），或者定期维护是不切实际的方法，甚至是不可能的，那末选择不需要维护的钛合金将是更明智的。

例 2：希望在沿岸浅水区建造小型居住室，进行短期（不超过 2—3 天）生物学试验。为了便于搬迁，制造成功的工作室必须重量轻，必须具有轻微的负浮力，必须对海洋生物是无毒性的。如有可能的话，工作室也应该是透明的。由这些要求可见，制造工作室不需要高强度的材料，它应当是容易供货的厚度为 $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ 英寸的板材，容易进行机加工、无毒性、吸水率低，以保证良好的尺寸稳定性；比重大约应当在 1.1 至 1.5 之间。

满足低强度，轻重量和无毒性的综合要求，作为合适的选择对象全集中到塑料上，从立即就可提供利用的角度考虑，通常把任选范围集中到尼龙，丙烯酸系塑料，PVC，聚乙烯，聚丙烯，聚苯乙烯和聚四氟乙烯身上。这些材料都能满意地进行机加工。但是参阅比重和吸水率表（表 1.1 和 1.8）就可看出，聚乙烯和聚丙烯的比重小于 1，尼龙有高的吸水率。再参阅第三部分资料，就知道 PVC 和聚四氟乙烯通常是不透明的，这样就只剩下丙烯酸系塑料和聚苯乙烯塑料两种。人们很简单地从中选择价格最低，能供应厚度为 $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ 英寸透明板的材料。

作为一般原则，选择容易供应的已被证实的材料几乎总是上策。普通碳钢和镀锌钢，铸铁，普通黄铜和青铜，白铜，聚乙烯，聚四氟乙烯，丙烯酸，尼龙，聚苯乙烯和 PVC 是相

对比较廉价而又可靠的材料。更为特殊的材料,比如不锈钢、铝、钛和镍的合金;高强度钢;特殊的塑料合成材料,比如长丝卷缠环氧树脂,往往会有使用情形不易预测,供应不便和价格更贵的问题。

特殊材料往往给出优秀的工作特性,有助于解决困难的技术问题。但是,在海洋环境中要成功的经济的使用材料,需要有专门的知识和技术措施。没有熟悉这些材料在海水中特性的内行材料专家的指导,不应该随意使用。尤其是超高强度合金钢、不锈钢、铝、镍和钛的合金应当谨慎使用,因为它们的腐蚀特性有不可预测的自然倾向。使用得当时,这些材料在海水中都能很好地完成预定功能。例如,高强度钢和钛合金广泛地用来做深潜器的壳体。但使用哪种合金要由专家仔细地挑选,在需要的地方要具备合适的腐蚀控制措施。问题的焦点不在于避免使用这类材料,而是必须小心谨慎地使用它们,因为外行人员错用材料能够导致灾难性的后果。

对所有海洋应用来说,首先要回答的问题是:材料在海水中浸泡多长时间?如果你能保证它仅仅暴露一次,并且只有几分钟到几小时的话,大概你会对随便找到任何一种材料,只要强度足够高,使用起来都能满意。但是,如果你要多次重复的短期暴露或是连续的更长时间的暴露,特别是在涂敷保护和定期维修都不切合实际或根本不可能的情况下,材料本身的固有抗腐蚀性能就变得愈来愈重要了。此外,如果使用设备的人员对材料在海水中出现的问题几乎没有判别能力,或是设备的突然破坏很可能引起人员伤亡的重大事故,那末材料性能的可预测性和可靠性就成为头等重要的大事了。

国际单位制 (SI) 转换表

英制单位	被乘因子	等于国际单位
磅(力)/英寸 ² (psi)	6.895	牛顿/米 ² (N/M ²)或千帕斯卡(Kpa)
1000psi	6.895	兆帕斯卡(Mpa)
英尺-磅(力)(ft·lb)	1.356	牛顿-米(N·m)
英尺·磅(力)/英寸(ft·lb/in)	0.534	牛顿·米/厘米(N·m/cm)
磅/英寸 ³	27.68	克/厘米 ³ (g/cm ³)
英制热量单位/磅·°F(Btu/lb·°F)	0.996	卡/克·°C(cal/g·°C)
英制热量单位/小时·英尺 ² ·°F·英尺 (Btu/hr·ft ² ·°F·ft)	4.44×10^{-6}	卡/秒·厘米 ² ·°C·厘米 (cal/sec·cm ² ·°C·cm)
英制热量单位/小时·英尺 ² ·°F·英寸 (Btu/hr·ft ² ·°F·in)	5.32×10^{-5}	cal/sec·cm ² ·°C·cm

摄氏(°C)转换成华氏(°F)公式: $t_F = 1.8t_C + 32$

华氏(°F)转换成摄氏(°C)公式: $t_C = (t_F - 32)/1.8$

略语及使用符号

ABS	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯聚合物
AISI	美国钢铁学会
ASTM	美国材料试验协会
Btu	英国热量单位(等于252卡)
CDA	铜开发协会
Cl ⁻	氯离子
CTFE	三氟氯乙烯
CW	冷加工的
E	拉伸模量
ECTFE	乙烯-三氟氯乙烯共聚物
ETFE	乙烯-四氟乙烯共聚物
FEP	氟化乙丙烯

fps	英尺/秒
ft • lb	英尺 • 磅
G	剪切模量
mpy	密耳/年
na	不适用
nav	不提供利用
OFHC	无氧高导电
psi	磅/英寸 ²
PTFE	聚四氟乙烯
PVC	聚氯乙烯
PVF	聚氟乙烯
PVF ₂	聚偏(二)氟乙烯
R. H.	相对湿度
SAN	苯乙烯-丙烯腈共聚物
SCC	应力腐蚀断裂
SCE	饱和甘汞电极
S. G.	比重
S/W/C	强度/重量/价格
TFE	四氟乙烯
V	伏特
γ	抗剪强度
ρ	密度
ρ _{sw}	在海水中密度
σ _u	极限抗拉强度
σ _r	屈服强度
Ω	欧姆
Ω • cm	欧姆 • 厘米