

水声换能器工程实施中的防海生物附着

黄 建 南

1983 年 11 月 2 日收到

本文从工程实施方面,介绍了海生物附着对水声换能器的危害和防附着的一般技术。分析了常用防附着措施的优缺点,着重讲述了用密闭腔体对水声换能器基阵进行防附着的方法。最后指出了用紫铜防附着存在的一些问题和解决的方法。

能器,其表面被牡蛎、藤壶等海生物附着,平均

一、前 言

水声换能器浸到海里大约一小时^[1],海中的多种细菌就牢固地附着到换能器的表面。经过几天时间,细菌迅速繁殖成细菌菌落。细菌菌落的分泌物具有胶粘性,使海中很多有机碎片粘附到上面,然后低等硅藻附着上去,在换能器表面形成一层“粘膜”,提供了海生物幼虫附着的基础和固着条件。而藻类的附着又成为附着海生物幼虫的食物来源,使它迅速生长。在水温合适的条件下,经过半个月左右,就可以在换能器表面看到附着的海生物,并随着时间的增长,一般地说,附着海生物的个体越来越大,品种越来越多,厚度越来越厚,甚至达到几十厘米。

我国常见的附着海生物有藤壶、牡蛎、苔藓虫、贴贝、海葵、柄海鞘、海筒螭等。我国几个主要海港的海生物年附着量^[2],据六十年代调查,大致如表 1 所示:

表 1 我国几个主要海港的海生物年附着量^[2]

海 港	秦皇岛	大连港	青岛港	石浦港	榆林港
年附着量 (g/m ²)	38.2	2211.8	2777.3	3126.7	368.5

海生物的附着给经济活动和军事活动带来的危害是众所周知的。其中,对水声换能器的性能也有很大的影响。

图 1 是一个在海中已达三年半的水声换应用声学

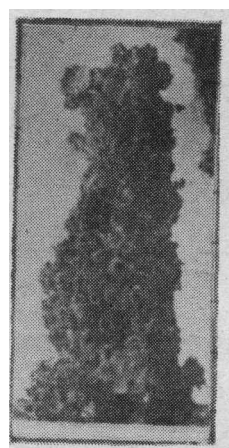


图 1 被海生物附着的水声换能器

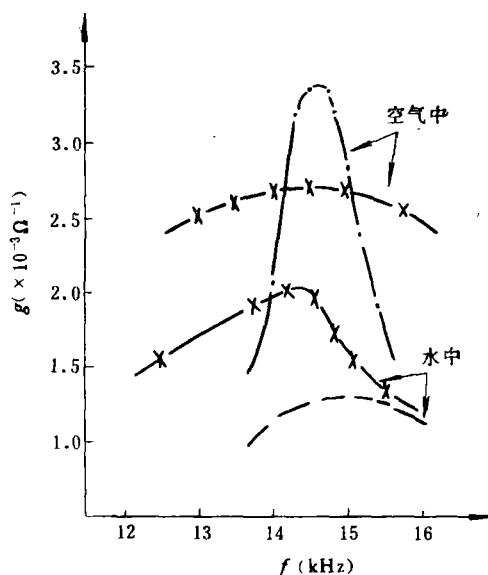


图 2 海生物附着对换能器电导性能的影响
— — — 无海生物; —x—x— 有海生物

附着厚度为 10cm 左右。图 2 和图 3 给出了附着海生物对图 1 换能器性能影响的曲线。从图 2 可见：附着海生物使换能器的水中谐振频率漂移，并使辐射阻（电声效率）大幅度下降。从图 3 可见：附着海生物使换能器的接收灵敏度下降 17dB 左右。

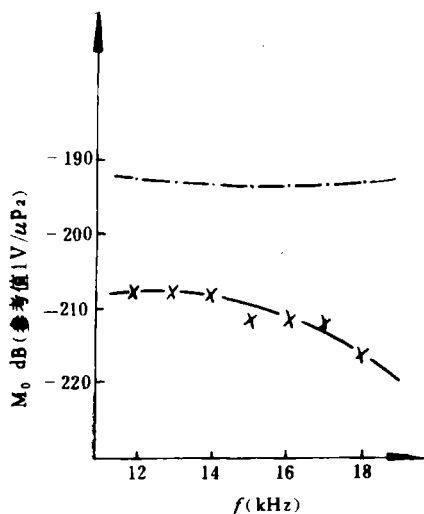


图 3 海生物对换能器接收灵敏度的影响
— · — · — 无海生物； — × — × — 有海生物

二、一般防附着技术的考虑因素

防海生物附着机理的研究历史已经很长了，特别是第二次世界大战以后，各国都进行了广泛的研究。

要有效地防止海生物对水声换能器的附着，需要了解影响海生物附着的主要因素。这些因素是：

1. 水温 一般认为最适宜海生物繁殖的温度为 15—25℃。在冬季低水温下，几乎没有附着。**2. 盐度** 在江河淡水港口，由于海水被稀释，盐度下降，海生物附着率急剧降低，甚至几乎不存在附着问题。**3. 海水的 PH 值** 当海水呈酸性，PH 在 5.2 左右，呈碱性而 PH 为 10 左右时，海生物开始附着。**4. 流速** 流速小附着量大；流速大附着量小。流速大于 1 节，附着率就降低，当流速大于 4 节，海生物就很难生长。**5. 水深**

一般地说，海面附近的附着量大，随着深度增加，水温降低，水里的含氧量减少，所以附着量减小。**6. 颜色** 海生物比较难附着在白色的物体上。**7. 粗糙度** 平滑面不易附着；粗糙面容易附着。

上述因素中，1—5 是海洋环境对海生物附着的影响，6—7 是被附着的客体对海生物附着的影响。

要有效地防止海生物对水声换能器的附着，还需要掌握海区的附着生物的种类、分布和随季节的变化规律。特别要注意初期防附着——防止海生物幼体的附着，这是防附着应采取的基本原则。

防止海生物附着的一般技术及效果的比较见下表^[1]。

表 2 防附着技术的比较表^[1]

	方 法	防附着机理	有效期间 (月)
毒 物 法	防污涂料 (A/F)	重金属或有机毒物的渗出	6—18
	热塑性涂料	重金属或有机化合物的溶解	25—40
	常温固化塑料	重金属毒物的溶解	15—40
	浸泡注入 (木材)	表面 pH 的变化，重金属或有机毒物的渗出	—
	含毒营养菌	耐久性细菌的移植	—
	包复铜板 (木材)	用铜板作木材、绝缘钢板的覆盖物	30—60
	毒源	靠溶液造成水的毒性化	—
物理的方法	双金属电极	由铜合金促进溶解	—
	注入氯气	水的毒性化，低 PH，强氧化剂	长期
	放射性涂料	Co, Te, γ 等同位素对幼虫，孢子的作用	12—15
	超声波	破坏或搅乱动植物的细胞和组织	—
	热	蛋白质的凝固	长期
	强直流电流	石灰层电解析出层的形成和剥离，电解海水生成 Cl ⁻ ，ClO ⁻ 离子	6—8
	强直流脉冲	生成碱防止附着，脉冲波的冲击作用防止附着	6—10
	交流电流	促使海生物僵硬，痉挛，振动，蛋白质凝固	—

注：“/”表示现在尚未得出结论

从表中可见，用铜板进行防附着是较好的方法之一。表中有一些技术已经用于水声换能器的防附着。

三、水声换能器的防海生物附着的措施

水声换能器防附着的措施,常见的有四种,分述如下:

1. 防污涂料

把防污涂料涂在水声换能器(或它的导流罩)的表面,利用无机毒物(例如氧化亚铜、氧化汞)或有机毒物(例如有机锡)的渗出,来达到防附着的效果。

防污涂料在一段时期内能起到防附着的作用,但它存在着一些缺点:防污涂料中的重金属离子对被涂换能器的轻合金表面有电化作用,容易引起点腐蚀;不同种类的海生物需要使用不同的配方;生产和涂刷过程对人体有很大的刺激性和毒性;涂刷最后一道涂料后,要求短时间内下水,这使工程实施有时发生困难。

2. 防污橡胶

把含有毒物的合成橡胶包复在水声换能器(或其导流罩)的表面,让橡胶内的毒物不断地向表面转移而渗出,防止海生物的附着。它同防污涂料相比,其优点是:防污橡胶的抗张和抗撕强度高;耐腐蚀性好;增加厚度或改变胶料配制成份可延长使用期限,并且可以修补。缺点是:制造成本较防污涂料高。

3. 铜外壳

在水声换能器设计时,采用含铜量大于70%的铜合金或紫铜作换能器的外壳(壳内充声呐油)。这样可以利用铜在海水中释放出有毒的铜离子,有效地杀死海生物幼虫,防止海生物的附着。当铜的溶解速度为每天每平方厘米10 μ g左右,即相当于铜每年腐蚀厚度约为0.03mm时,就能有效地防止海生物的附着。

它与防污涂料、防污橡胶相比,突出的优点是:制造和安装过程对人体没有刺激和毒性。缺点是:铜外壳往往对声性能有较大的影响,并且需用调压装置来补偿声呐油体积的变化,保持壳体内外压力平衡。

4. 密闭腔体

应用声学

在基阵中,各个水声换能器及电缆、钢架等都需要防附着,可采用密闭腔体法。

所谓密闭腔体法,是在整个基阵的外围,用许多块彼此绝缘的紫铜板组成一个密闭的腔体,把基阵包起来(海水通过腔体缝隙渗入腔体内)。在密闭腔体的表面,利用紫铜防止海生物附着;在密闭腔体内,利用海生物在密闭静止水中难以生长的特点,来抑制海生物的附着和生长,达到整个基阵防止海生物附着的目的。

为了研究密闭腔体内海水静止的程度与海生物附着的关系,进行过模拟试验。试验表明,用密闭腔体能够防止海生物的附着。

密闭腔体最适合于复杂的基阵防附着。它和铜外壳相比,优点是:节省了调压装置和大量的声呐油,使基阵结构简单,重量减轻;密闭腔体的每块紫铜板具有独立的防附着能力,在复杂的海洋环境中对基阵的防附着比较可靠;并且密闭腔体对声性能的影响一般较小。存在的缺点是:第一,机械强度比较差,往往经不起高速水流的冲击,因此一般只适用于固定式基阵。第二,海水中的泥沙从缝隙渗入密闭腔体时,由于腔内海水静止,造成泥沙沉淀,在密闭腔体底部产生积泥现象,需要考虑一定的贮泥空间。

以上的四种方法中,后面二种都采用了紫铜,因此对紫铜的防附着问题需要进一步探讨。

四、用紫铜防附着存在的一些问题

紫铜具有较强的防附着能力,一般来说,其寿命可达五年左右。

但是,用紫铜作防附着材料,必须防止紫铜与电位低的金属(例如锌、碳钢等)相接触。否则,在紫铜与被接触的金属之间将产生电化腐蚀,紫铜释放的铜离子将大幅度减少,使紫铜失去防止海生物附着的能力。防止接触的常用方法是:用塑料或橡胶板把紫铜与其它金属隔开。

用紫铜作防附着材料, 还需要克服紫铜的局部腐蚀和点腐蚀。否则, 局部腐蚀穿孔将影响防附着的效果。为了克服紫铜的局部腐蚀和点腐蚀, 并保持防附着能力, 可采用紫铜与少量锡黄铜 (Hsn62-1) 相接触的方法。挂放实验证明, 紫铜表面既没有局部腐蚀和点腐蚀, 又没有海生物附着。这种现象解释如下: 在 25℃ 的海水中, 测得紫铜的电位为 -0.2270V, 锡黄铜的电位为 -0.2500V (相对于饱和甘汞电极), 即紫铜的电位略高于锡黄铜的电位。紫铜和锡黄铜接触后, 紫铜受到电化学保护, 不出现局部腐蚀和点腐蚀^[3]。另一方面, 由于紫铜的电位略高于锡黄铜的电位, 因此锡黄铜对紫铜的电化学保护是微弱的, 紫铜的平均腐蚀速度下降很小, 仍有足够的铜离子来防止海生物的附着。

必须指出, 在接触件中, 锡黄铜产生脱锌腐蚀, 其化学成份发生了变化 (见表 3)。被腐蚀的锡黄铜呈粉红色, 金属结构疏松, 甚至用手指就能将它捏碎, 因此对接触件的结构必须进行

表 3 腐蚀前后锡黄铜 Hsn62-1 的化学成份变化

成份	Cu (%)	Sn (%)	Zn (%)
腐蚀前	62.65	0.93	36.50
腐蚀后	89.40	1.47	2.47

(上接第16页)

一致性等, 这是值得进一步探讨的问题。

参 考 文 献

- [1] W. C. Knight et al., *Proc. IEEE*, **69**(1981), 1451—1506.
- [2] P. Skitzki, *Electronic Progress*, **XVI**(1974), 20—37.
- [3] T. E. Curtis and R. J. Ward, *IEE Proc.*, **127**(1980), Pt. F 257—265.
- [4] V. C. Anderson, *JASA*, **32**(1960), 860—870.
- [5] P. Rudnick, *JASA*, **32**(1960), 871—877.
- [6] J. Wolloff, *IRE Trans.*, **IT-8**(1962), 5—10.
- [7] R. G. Pridham and R. A. Mucci, *Proc. IEEE*, **67**

合理的设计。

五、结 束 语

海生物的附着对水声换能器的影响已引起人们的普遍注意, 并正在进行广泛的研究。水声换能器的防附着措施应该根据海区环境条件作适当的选择。

在水声换能器工程实施中, 希望得到效果更好、寿命更长的新型防附着材料。新型的材料必须对水声换能器的性能影响小, 对人体和海洋无毒 (或毒性很小), 使用简便, 价格低廉, 并且能长期存放。

为了加速新型材料的研制, 除了实海挂板试验外, 更重要的是在实验室建立可靠的加速试验方法。

在工作中得到邱永德同志的指导, 在试验中厂试制组的同志们做了不少工作, 特此一并致谢。

参 考 资 料

- [1] 荣幸雄, 海洋开发, **5-1**(1972)。
- [2] 李洁民等, 海洋与湖沼 **6-4**(1964), 388。
- [3] Н. Д. Томашов, Теория Коррозии и защиты металлов, 416.

(1979), 904—919

- [8] P. Rudnick, *JASA*, **46**(1969), 1089—1090.
- [9] H. J. Whitehouse and J. M. Speiser, *Proc. of the NATO Advanced Study Inst. on Signal Processing*, 1977, D. Reidel Pub. Comp., Boston, 669—702.
- [10] J. F. Dix et al., *IEE Proc.*, **127**(1980), Pt. F 125—131.
- [11] A. M. Vural, *JASA*, **46**(1969), 293—313.
- [12] W. W. Peterson, *IRE Trans.*, **PGIT-4**(1954), Sept. 171—212.
- [13] 李启虎, 电子学报, **4**(1980)。
- [14] L. Camp, *Underwater Acoustics*, ch. 10, John-Wiley and Sons, 1970, New York.