

海洋平台海水泵材料的选择

徐海波 方福胜 王文祥 中海油研究总院工程研究设计院

摘要: 海水泵通常由泵体、电机、扬水管等部件组成。在海水泵选择时,除了要考虑材料的持久耐用性能外,还应根据平台的使用期限和投资情况尽量减少泵的投入成本。通过分析可看出,不锈钢、铜合金和蒙乃尔材料都具有一定的耐海水腐蚀能力,但由于所含微量元素不同和加工制造工艺的区别,所表现的机械性能存在一定的差异,且各种材料的价格也有较大的区别。因此在选择以上三类材料加工海水泵部件时,需要综合考虑泵整体的抗腐蚀性能、机械性能、材料合理搭配、投资价格等因素的影响,使海水泵材料的搭配达到优化。海水泵的主要部件材料应选择双相不锈钢和铝青铜。查阅海水中金属的自然电位列可以看出,两种材料的电位比较接近,发生异种金属接触腐蚀的可能性比较小,该方案的选择比较合理。

关键词: 海水泵; 不锈钢; 铜合金; 蒙乃尔; 材料选择

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2013.1.003

在海洋石油工业中,海上平台上使用的海水提升泵或海水消防泵直接影响着海洋石油的正常生产。由于海水泵长期浸泡在海水中,受到海水的冲刷,使泵很容易受到海水的腐蚀,为了满足海水泵长期平稳的运行,海水泵需要选择耐腐蚀性能较好的材料进行加工制造。目前的国内外规范和标准对海水泵材料的选择没有具体的要求,因此本文在调研的基础上,拟提出海水泵材料选择的初步方案,为海洋平台海水泵材料选择提供理论参考。

1 海水泵防腐

海水泵通常由泵体、电机、扬水管等部件组成。根据实际调查,海水泵的主要部件中腐蚀比较严重的有叶片、泵壳、轴、滤网、螺栓和密封部件等。海水泵腐蚀可归纳为以下三个方面:一是泵材料在海水中的自然氧化腐蚀;二是材料本身原因引起的腐蚀,如脱成分腐蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀、缝隙腐蚀和冲刷腐蚀等^[1];三是两种电位列相差较大的金属连接时形成的电偶腐蚀和焊接腐蚀等^[2]。

为了阻止上述腐蚀情况的发生,必须有针对性地采取相应的措施来避免海水泵的腐蚀。通过了解,海水泵的防腐主要采取阴极保护、提高制造工

艺、化学热处理工艺和添加非金属涂层等措施^[3-4],同时各部件材料的选择和合理搭配也是防腐的必要措施。

2 海水泵选材

通过对已建平台和在建平台的调研,搜集到部分平台海水泵在材料选择方面的资料,根据资料可以看出,海水泵在基本设计中所选择的材料与最终厂商供应的材料有一定的差别,同时不同厂商所供应的海水泵材料选择也各不相同。这里以泵的主要部件泵壳、叶轮、泵轴、螺栓和滤网为例分析材料选择方案,以便为今后的设计加工提供一定的技术参考和理论支持。

表1为基本设计阶段不同平台海水泵主要部件材料的选择方案,通过表1并调研不同厂商向各平台提供海水泵主要部件的材料选择情况可以看出,海水泵主要部件叶轮、泵壳、泵轴、滤网、螺栓按国标要求所采用的材料主要有奥氏体不锈钢、双相不锈钢、铝青铜和锡青铜;按ASTM要求所采用的材料主要有不锈钢 Nitronic 50、铜合金 C95800 和 C63000、蒙乃尔 Monel 400 和 Monel K500,如表2所示。

表1 在基本设计阶段不同平台海水泵主要部件材料选择方案

泵部件名称	渤中某平台	秦皇岛某平台
泵壳	ASTM B148 CA958 nickel aluminum	ASTM B148 CA958 nickel aluminum
滤网	ASTM B148 CA958 nickel aluminum	ASTM B150 C63000
泵轴	Nitronic 50	Nitronic 50
叶轮	ASTM B148 CA958 nickel aluminum	ASTM B148 CA958 nickel aluminum
螺栓	316L Stainless Steel	Monel



表2 海洋平台海水泵所用材料分类

不锈钢	国标	奥氏体不锈钢	(旧)0Cr17Ni12Mo2 (316) (新国标) 06Cr17Ni12Mo2
			00Cr17Ni14Mo2 (316L) (新国标) 022Cr17Ni12Mo2
		双相不锈钢	00Cr22Ni5Mo3N (2205) (新国标) 022 Cr23Ni5Mo3N
	ASTM标准		00Cr25Ni7Mo4N (2507) (新国标) 022Cr25Ni7Mo4N
			Nitronic 50
	铜合金		
铜合金	国标		ZCuAl9Fe4Ni4Mn2 (铝青铜) ZCuSn3Zn8Pb6Ni1 (锡青铜)
	ASTM标准		C95800 C63000
	蒙乃尔 ASTM标准		Monel 400 (UNS 04400) Monel K500 (UNS05500)

2.1 不锈钢材料

调研目前的海洋平台可以看到, 共计使用了5种不锈钢的海水泵材料: 316、316L、2205双相钢、2507双相钢和Nitronic 50。这些不锈钢中的主要元素是C、Cr、Ni、Fe、Mn、Si、Mo, 其中C元素含量越低, 合金抗碳化腐蚀的性能就越强; Cr元素在不锈钢防锈中起到主导性的作用; Ni为形成奥氏体的合金元素, 控制Ni的含量可以使合金具有奥氏体和铁素体的双相特性; 其他微量元素的加入可以细化晶粒、改善合金的性能, 便于切削与焊接, 同时提高耐晶间腐蚀的性能。

通过对金属材料进行分析, 可以了解到不同金属材料的机械性能。从图1中可以看出, 在上述几种不锈钢材料中, Nitronic 50材料的抗拉强度和屈服强度最好, 其他依次是2507双相钢、2205双相钢、316和316L; 而316不锈钢的延伸率最好, 其他依次是316L不锈钢、2205双相钢、2507双相钢和Nitronic 50。

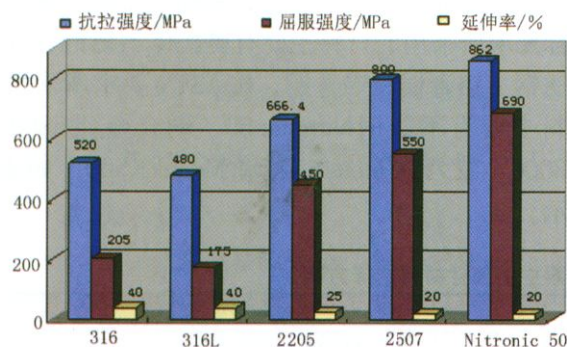


图1 不锈钢材料的机械性能

2.2 铜合金材料

目前平台海水泵的泵壳和叶轮主要用到4种铜合金材料: 铝青铜 (ZCuAl9Fe4Ni4Mn2)、锡青铜

(ZCuSn3Zn8Pb6Ni1) 以及 ASTM 标准的铜合金 C95800 和 C63000。从铜合金材料的化学成分可以看出, Cu、Fe、Mn、Ni、Si 等元素为该合金的主要元素, 为了使铜合金材料具有不同的性能, 根据需要所添加的各类微量元素有所不同。ASTM 标准的铜合金材料 C95800 和 C63000 与国标的铝青铜所包含的主要化学成分比较相近, 并且铝青铜与 C95800 为同一种材料在不同标准下的牌号。

简单分析此类铜合金材料的机械性能可以得知, C63000 的抗拉强度和屈服强度最好, 其次是铝青铜与 C95800, 最后是锡青铜; 而它们的延伸率都很相近, 如图2所示。

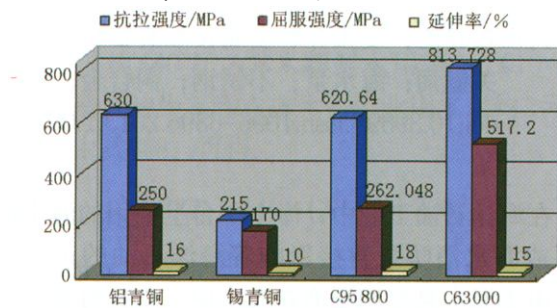


图2 铜合金材料的机械性能

2.3 蒙乃尔材料

在上述调研的几个平台中, 一些海水泵的滤网和螺栓选用了蒙乃尔 (Monel) 材料。蒙乃尔合金材料主要有 Monel 400 和 Monel K500 两种。从蒙乃尔合金材料的化学成分可以看出, Monel K500 材料比 Monel 400 材料多加入了 Al 和 Ti 元素, 正是由于 Al 和 Ti 元素的加入, 使得 Monel K500 除了具有 Monel 同样的耐蚀性外, 还使其具有高强度、耐腐蚀、无磁性等优异的性能, 如图3所示。

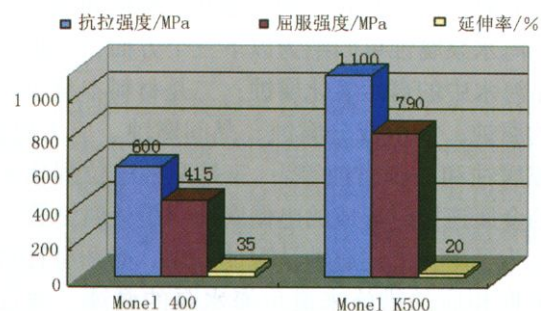


图3 蒙乃尔材料的机械性能

2.4 各种材料的价格分析

在海水泵选择时, 除了要考虑材料的持久耐用性能外, 还应根据平台的使用期限和投资情况尽量减少泵的投入成本。通过对材料供应厂商的了解, 调研了上述材料近期的价格情况, 结果如图4所示。

从图4中可以看出: 在不锈钢中, 奥氏体不锈



钢的价格较低,双相不锈钢的价格相对较高,但是它们的性能比奥氏体不锈钢更好,所以在能够满足使用周期的情况下,应首选价格较低的合金材料;在铜合金中,国内外标准的铜合金价格相差不大,所以材料选择不用考虑太多的因素;对于 Monel 400 材料,由于其价格较高,除特殊情况少量使用外,应考虑寻找性能相近的其他材料作为替代。

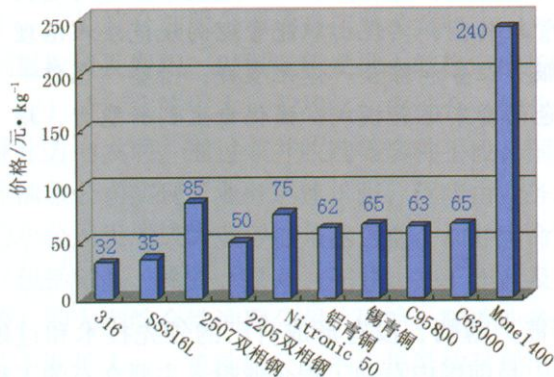


图4 不同海水泵材料的价格 (2008年价格统计)

2.5 各种材料性能综合分析

通过对上述三大类材料所含元素进行分析可知,三大材料都具有抗腐蚀能力,但由于所含微量元素不同和加工工艺的区别,所表现的机械性能存在一定的差异,如图5所示。上述三类材料的价格有较大的区别,因此在选择以上三类材料加工成海水泵部件时,需要综合考虑泵整体的抗腐蚀性能、机械性能、材料合理搭配、投资价格等因素的影响,使海水泵材料的搭配达到优化。

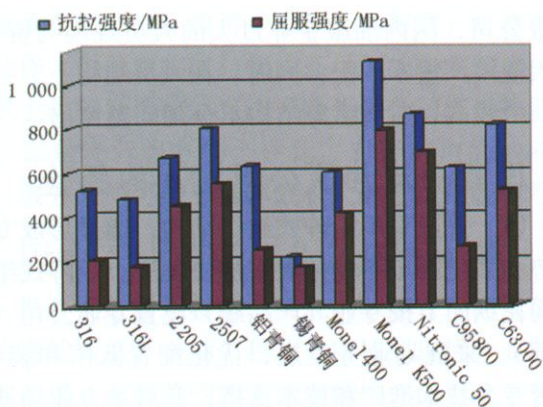


图5 海水泵材料的机械性能

(1) 平台海水泵材料在选择不锈钢时,综合耐腐蚀性能、机械性能和市场价格三方面的因数,2205双相钢比较合理。主要原因有:一是在性能方面,2205双相钢要优于奥氏体不锈钢;二是从价格成本方面,2205双相钢是国标内的材料,目前市场已经大量生产,而Nitronic 50是美国标准的材料,在国内还没有与之对应的国家标号材料。

(2) 海水泵在选择铜合金材料时,综合耐腐蚀

性能、机械性能和市场价格三方面的因数,铝青铜比较合理。主要原因有:一是这几种铜合金材料中,除锡青铜的机械性能相对较差外,其他几种牌号的铜合金机械性能都很接近;二是对于有国标规定的铜合金材料生产过程更为便利,且价格稍低于其他铜合金。

(3) 海水泵在选择蒙乃尔材料时,特别是作为泵轴的材料,由于其价格较高,在选择时,如果没有特别的需要也可以找到性质类似的合金材料作为替代,并且 Monel K500 在市场供应也比较少,价格也高于 Monel 400。

(4) 小结。综上所述,海水泵的主要部件材料应选择双相不锈钢和铝青铜。查阅海水中金属的自然电位列可以看出,两种材料的电位列比较接近,发生异种金属接触腐蚀的可能性比较小,该方案的选择比较合理。

3 结语

结合本文分析,海水泵主要各部件的材料可以按表3所示进行选择。

表3 平台海水泵材料优选方案

泵部件名称	国标牌号
泵壳	ZCuA19Fe4Ni4Mn2
叶轮	ZCuA19Fe4Ni4Mn2
泵轴	00Cr22Ni5Mo3N
滤网	00Cr22Ni5Mo3N 或 00Cr17Ni14Mo2
螺栓	00Cr22Ni5Mo3N 或 00Cr17Ni14Mo2

通过上述的分析可以看出,不锈钢、铜合金和蒙乃尔材料都具有一定的耐海水腐蚀能力,但是在采用具体的某一牌号材料时,需要根据实际情况结合材料本身的性能进行最优化选择;同时,目前海水泵已基本实现了国产化,大部分的海水泵用材料的性能和元素成分在国标上都有明确的规定。

参考文献

- [1] 杨世伟. 舰船材料的电偶腐蚀研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2000, 20 (6): 34.
- [2] 郭泽亮, 方亮, 汤文新. 海水泵用铜合金的腐蚀性能评述[J]. 材料导报, 2003, 17 (8): 22-24.
- [3] 郑红发. 海水泵防腐技术[J]. 科技信息, 2006 (7): 40.
- [4] 王宝娣. 海水泵的腐蚀与防腐[J]. 机电设备, 1995 (1): 11-18.

[第一作者简介]徐海波:硕士研究生,2008年毕业于中国石油大学(北京)机电工程学院机械电子工程专业,现任中海油研究总院机械工程师。

(010) 84526240、xuhb4@cnooc.com.cn

(栏目主持 杨 军)

