

海洋工程焊接技术浅析

大连中远船务工程有限公司 （辽宁 116113） 李风波

全球范围油气需求的不断增长为世界石油天然气工业带来了巨大的发展机遇。海洋的油气开发已经成为各国的重要能源战略。截止2012年9月，全球各船厂手持188个海洋工程的订单，其中自升式钻井平台90座，半潜水钻井平台21座，钻井船77艘。

海洋工程是在海洋上进行作业的特殊场所，主要用于海上油气的钻探和开发。由于海洋工程服役期比普通船舶高50%，所以采用的材料必须具有高强度、大厚度、良好的低温韧性、抗疲劳、抗层状撕裂，以及良好的焊接性及耐海水腐蚀等性能。

从20世纪末期我国船企开始参与国际海洋工程建造领域的竞争，通过十几年的发展，在国际市场中的份额在逐步扩大，达到10%左右，但与韩国、新加坡等国家相比还存在较大的差距。焊接技术在海洋工程中占有重要的地位，是一项技术性、专业性很强的系统工程，在提高建造效率，降低建造成本，提高建造质量方面发挥着重要作用，也是船企提高经济效益更好参与国际竞争的有效途径。

1. 海洋工程用钢分类

在国际上，海洋工程通常分为三大类：海洋油气资源的开发；其他海洋资源的开发；海洋附体结构物。在国内海洋工程主要是指用于海洋资源勘探、开采、加工、储运、管理及后勤服务等方面的大型工程装备和辅助装备，包括各类钻井平台、生产平台、浮式生产储油船、卸油船、起重船和铺管船等。

由于海洋工程的类别不同，其结构形式、工作环境等也不尽相同，因此不同的海洋工程类别所用钢材也存在一定差异，附表列出了主要海洋工程所用钢板的类别。

海洋工程用钢的分类

海洋工程类别 ¹	钢材最小屈服强度/MPa	钢材牌号 ²	海洋工程类别
所有海洋工程	235	A、B、D、E	所有海洋工程
	315	AH32、DH32、EH32、FH32	
	355	AH36、DH36、EH36、FH36	
	390	AH40、DH40、EH40、FH40	
钻井船	420	AQ43、DQ43、EQ43、FQ43	—
	460	AQ47、DQ47、EQ47、FQ47	
	500	AQ51、DQ51、EQ51、FQ51	
FSO、FPSO			
半潜式钻井平台			
固定式钻井平台	550	AQ56、DQ56、EQ56、FQ56	自升式钻井平台
—	620	AQ63、DQ63、EQ63、FQ63	
—	690	AQ70、DQ70、EQ70、FQ70	

注：1. 对于特殊的海洋工程可能覆盖更多的材料级别。
2. 由于船级社不同，所以钢材牌号表示方法存在一定差异，表中以ABS船级社为例。

2. 海洋工程用钢特点

(1) 强度高 海洋工程作业区域的气象、海象条件很严酷，结构又不断大型化，为了减轻海洋工程结构的重量，同时又增加结构整体安全性，大量高强钢、超高强钢被用于海洋工程的建造中。对半潜式钻井平台，为了减少浸水部分的容积气压沉箱和支架等使用抗拉强度为500MPa的超高强钢；对自升式钻井平台、风车安装船等海洋工程的桩腿结构，已经使用最小屈服强度为690MPa超高强钢。现在一些设计公司在一些特殊结构上正在考虑使用最小屈服强度为980MPa，甚至1100MPa的超高强钢。

(2) 良好的低温韧性 在能源危机和技术进步的刺激下，近海石油勘探与开发飞速发展，开发地也不局限于气候温和的地区，开始向极冷的北极海、北阿拉斯加海域等寒冷地带推进，因此良好的低温韧性对海洋工程用钢来说显得尤为重要。很多钢厂通过细化晶粒、添加微量元素等手段提高低温

韧性,降低低温转变温度。例如DillingerHütte开发了用于北极海的S450钢,该钢在 -60°C 的冲击功超过300J。

(3) 优良的焊接性能 高强钢具有其独特的优势,但随着强度的增加,其焊接性会变差。海洋工程作为一个焊接结构,为了保证结构的安全可靠,优良的焊接性能是海洋工程用钢的一个重要指标。

(4) 高耐腐蚀性能 由于海洋工程结构长期处于盐雾、潮气和海水等环境中,受到海水及海生物的侵蚀作用而产生剧烈的电化学腐蚀,漆膜已发生剧烈皂化、老化,产生严重的结构腐蚀,不仅降低了结构材料的力学性能,缩短其使用寿命,而且又因远离海岸,不能像船舶那样定期进行维修保养,所以对其耐腐蚀性能的要求更高。

3. 海洋工程用焊接材料

海洋工程焊材的选择一般遵循等强匹配的原则,即要求焊缝金属的力学性能与母材的力学性能基本一致。对于一些特殊结构,从结构设计的角度考量,有时会要求采取高匹配进行选材施工。对于屈服强度550MPa以下的母材,焊材的选择面比较广,焊条、气保焊丝、埋弧焊均可满足要求,但550MPa以上的母材由于工艺性、焊接性、操作位置等条件的限制,目前大部分焊材只能选择焊条。根据海洋工程的结构特点及工作环境,该领域所用焊接材料通常具有高强度、高韧性、低氢(超低氢)、耐腐蚀和抗疲劳等特点。

4. 焊接施工管理

由于海洋工程本身的特点决定了对焊接施工必须实行严格管理,所以在整个建造过程中,焊接施工管理是整个管理系统中最重要的一环,它的成功与否对焊接质量起决定性作用。焊接施工管理主要包括焊材管理、焊工管理、焊前管理、焊接过程管理、焊后热处理管理等方面。

(1) 焊材管理 主要包括贮存和使用两个方面。海洋工程中高强钢的使用比例非常高,为了有效防止冷裂纹的产生,应严格按照焊材的贮存、领用标准执行。海洋工程结构涉及到的焊材种类、等级比较多,焊工在施焊时要根据母材严格按照焊接工艺规程选择焊材,特殊结构应形成焊接记录或焊接控制单,填写所用焊材的牌号、规格等内容,确保使用焊材的可追溯性。

(2) 焊工管理 焊缝强度高、焊材填充量大、TKY节点多、内部质量要求高及外部成形要求严等成为海洋工程焊接的显著特征。为此对焊工管理要求也非常高,通过管理和监督来保证每条焊缝都由具备资质证书又符合规范、标准要求的焊工进行施工,从根源上保证每条焊缝的质量。

(3) 焊前管理 通常指焊接操作前的各个环节,包括坡口形状(包括坡口间隙、坡口角度和钝边等)、接头的清理及装配、焊前预热等。由于焊前工作直接影响后续的焊接操作,进而影响焊接质量,所以在焊前管理上应严格执行自检、互检、他检,确保焊前各环节均满足工艺要求。

(4) 焊接过程管理 海洋工程中焊缝性能是一个非常重要的评价指标,要求既要保证良好的低温韧性,又不能使热影响区的最高硬度超标,因此焊接的过程管理对焊缝性能及焊接质量有着极其重要的影响。焊接过程管理随所采用的焊接方法不同而略有不同。一般情况下包括焊接参数(电流、电压、焊速)、层间温度、层间清理、气刨检查和焊接顺序等重要控制点。由此可见,焊接过程作为焊接施工的重要环节,是决定焊接质量的重要因素。

(5) 焊后热处理管理 在海洋工程建造过程中,焊后热处理一般分为消氢处理和消应力处理两种。海洋工程中对厚度超过50mm结构焊缝及部分管系(由材料类别及管壁厚度共同来决定)焊缝必须进行焊后消应力处理。由于消应力处理会导致部分调质状态的超高强钢某些力学性能下降,所以一般不建议进行焊后消应力处理。冷裂纹是高强钢焊接时最容易出现的一种严重焊接缺陷,其中焊缝中的残留氢是导致冷裂纹的主要因素。为了确保焊缝中残留氢能够扩散逸出,减少冷裂纹的产生,对重要的高强钢焊缝焊后立即进行消氢热处理,即加热到 250°C ,然后根据厚度按要求进行保温,使焊缝金属中的残留氢逸出金属表面。

5. 结语

焊接技术是海洋工程制造中的关键技术,由于材料及结构自身的特点,其焊接存在一定的难度,但只要结合结构特点及工厂实际状况合理地选择焊接方法、焊接材料及工艺参数,加强焊接施工管理和过程控制,完全能够制造出高质量的海洋工程。

MW (20130105)