上海振华重工(集团)股份有限公司总工
沈大明

海洋工程产品国产焊材的应用及焊接研究

上海振华重工(集团)股份有限公司　(200125)　沈大明

1. 概述

近年来，上海振华重工（ZPMC）在转型发展中大力进军海工市场，成功制造了多条多功能铺管船、大型浮吊（亦称浮式起重机）等海工产品。如7500t全回转浮吊、8000t双臂架浮吊（见图1、图2），以及正在建造的12 000t单悬臂全回转浮吊等。这些产品臂架所选用的钢材（Q690E）和焊材均为国产，达到了国际同类产品的制作标准和水平。

图1　7500t全回转浮吊

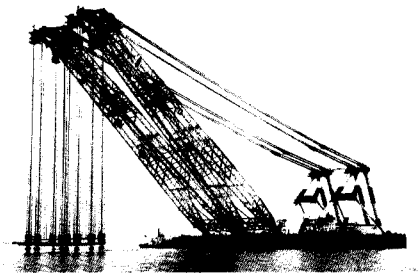

图2　8000t双臂架浮吊

起升臂架是浮吊最为关键的受力构件之一，该构件的钢板厚度可达30～100mm，由于其焊接接头的强度级别高，低温冲击韧性高，因此必须选用与之匹配良好的焊接材料，并制定可靠的焊接工艺规范，方能使焊接接头的焊接性满足施工质量要求，确保浮吊臂架结构的服役寿命和使用安全性。

2. 选用的焊接材料

具体选用的焊接材料为手工焊条、药芯焊丝及埋弧焊丝/焊剂等，均为国产焊材，与同级别国外

①向高纯净度、高强度、高韧性方向发展。目前国外焊接材料生产企业已经在研制出大量的该类产品，并且还在深入研究，国内企业虽然已经认识到焊材发展的这个趋势，但国内企业相应产品的开发还比较滞后。②焊接材料质量稳定，更加适用于大规范，高效率，自动化。船舶使用的特殊性对船用焊接材料提出了严格的要求；焊接材料质量的稳定对船体结构的质量至关重要。此外，船舶焊接的高效、自动化也对焊接材料提出了大规范、宽适应性的新要求。③与船用新材料发展方向保持一致。④绿色环保、节能焊材成为发展方向。在生产中尽量选用环境友好型材料，更要树立绿色焊材的开发理念。

四、结语

随着科学技术的发展，我国船舶工业正由造船大国向造船强国迈进，对作为船舶制造关键环节的焊接技术及焊接材料制造水平也提出了更高的要求。造船强国不能建立在依靠国外焊接材料的基础上，国内焊接材料生产企业应发现差距，努力提高船用焊接材料的研发力度和水平，争取早日实现我国船用焊接材料赶超国际一流的目标，推动我国造船焊接技术早日跨入世界先进行列。**MW**

(20120330)

焊材对比如下：

（1）手工焊条　在满足力学性能的基础上，手工焊条还需满足低扩散氢含量<H4 标准。通过与各个厂家的交流探讨，以及相互的合作试验，研发了几种符合力学性能的焊条。其结果令人满意（见表1），并能达到世界同等水平。

表1　典型焊条力学性能

焊条	预热温度/℃	后热温度/℃	热输入/kJ·mm^{-1}	抗拉强度/MPa	弯曲	冲击吸收能量/J（-40℃）			焊接性
						VWT	VFT	VFT+3	
CONARC 80（国外）	150	250	1.99	780	OK	98	120	144	良好
THJ807RH（国内）	150	250	1.80	810	OK	72	78	150	良好
GEL－118M（国内）	150	250	1.70	820	OK	80	89	135	良好

结果分析，国产手工焊条力学性能良好，在同等条件下可以代替国外焊材。其各方面成本大大低于进口焊材，为此应积极大力推广应用国产焊材。

（2）气保焊丝　目前，Q690E级气保药芯焊丝既要高强度、低扩散氢含量，又要良好的焊接性能，在国际上是公认的难题，致使气保药芯焊丝的研究工作比手工焊条的研究显得异常的艰难。但在国内外焊材厂的积极配合支持下，国内的GFR－110K3、国外的Supercored 110、FABCO 120符合性能要求，且扩散氢含量<H4（见表2）。GFR－110K3已经通过ABS、CCS、GL认证，并已经全面应用于生产制造中。

目前Q690E级气保药芯焊丝存在的瓶颈问题是焊缝中心冲击值普遍不高，另外低扩散氢也是难点，和良好的焊接性相矛盾。为此，提高焊缝冲击韧性还需要行业水平的提高。

表2　典型气保焊丝性能

焊丝	气体	预热温度/℃	焊缝金属力学性能				冲击吸收能量/J（-40℃）			焊接性
			屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率(%)	弯曲	VWT	VFT	VFT+3	
GFR－110K3(国内)	CO_2	150	830	870	16.0	OK	48	86	148	良好
Supercored 110(国外)	CO_2	150	770	805	20.5	OK	45	60	128	良好
FABCO 120(国外)	CO_2	150	847	897	16.8	OK	56	86	137	较差

（3）埋弧焊材　埋弧焊丝核心技术依赖于钢厂，因此必须要钢厂提供好的原材料，Q690E级埋弧焊材暂时用量较少，焊材厂研制成本高，这些因素严重地阻碍了埋弧焊丝的国产化进程。经过近几年的摸索试验和对外交流，埋弧焊材和焊剂基本实现了国产化，BHG－4M/XUN－123表现最佳，不仅满足力学性能，且具有良好的焊接性能。另外，国外的3NiCrMo－2.5up/国内CHF102也表现相当不错（见表3），厂家表示3NiCrMo－2.5up已经引进国内生产，实现了国产化。CHW－S80/CHF605有良好的力学性能，但脱渣性能研究有待进步提高。

表3　典型埋弧焊材性能

焊丝	焊剂	预热温度/℃	后热温度/℃	热输入/kJ·mm^{-1}	熔敷金属力学性能				冲击吸收能量/J（-40℃）		
					屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率(%)	弯曲	VWT	VFT	VFT+3
BHG－4M(国内)	XUN－123	150	N/A	1.86	790	840	18.0	OK	89	150	147
3NiCrMo－2.5up(国外)	CHF102	150	N/A	1.71	860	910	19.0	OK	59	69	117

3. 结语

通过焊材厂和我们的共同努力，Q690E级高强钢焊接工艺以及焊材的国产化取得了丰硕的成果，提供了一大批适用于海工类产品的国产化焊材，并在公司海工产品上成熟应用。不但大大提升了产品的焊接质量，替代和超过了国外同类的焊接材料，而且还大大降低了产品的采购成本，推动和提升了国内焊接材料技术的研发水平，使得国内海工、风电等产品的焊接质量有很大的提高。

根据目前世界上海工的发展要求，希望国内厂家进一步提高研发水平，继续研发这种低温冲击韧性要求高的焊接材料（如－60℃冲击吸收能量>47J或>69J），使其能用于厚度达170mm、Q690E级高强度钢的焊接。**MW**　（20120323）