



预热对超高强钢焊缝力学性能的影响

李德风 钟裕华 郭帆

【摘要】 海洋工程一直备受世界的高度关注，超高强钢在海工方面的应用也是必不可少，尤其是在钻井平台的桩腿、悬臂梁轨道、X-Y滑移箱等重要结构中基本上都要用到。在对超高强钢的施焊过程中，预热对焊缝的力学性能影响很大，本文通过试验方式就不同程度的预热热条件对超高强钢焊缝的力学性能影响做了一个客观分析。

关键词： 预热热；超高强钢；力学性能

1. 概述

钻井平台是海洋工程必不可少的组成元素，然而超高强钢在钻井平台上的应用非常多，CJ46系列钻井平台上的悬臂梁轨道采用的是95mm厚的EQ63—Z钢板，桩腿的齿条板、半圆板和斜撑管采用的都是与EQ70同一级别的板材或管材，X-Y滑移箱也是大量采用EQ70级别的钢板。对于这些级别的超高强钢施焊前后一般都需要进行一定温度的预热热处理，那么就有必要研究一下不同程度的预热热条件对超高强钢焊缝的力学性能影响。本文对常用到的EQ70钢板就不同程度预热热进行了试验。

2. 试验条件

(1) 试验组别 本试验根据不同的预热热条件分为6个组别，具体如表1所示。

(2) 试验母材 采用规格为25mm×180mm×800mm的

表1 试样组别

试样组别	预热热条件
PWPS-QT-01-01	不预热，不后热
PWPS-QT-02-01	不预热， 后热200℃×2h
PWPS-QT-03-01	预热110℃，不后热
PWPS-QT-04-01	预热55℃，不后热
PWPS-QT-05-01	预热55℃， 后热200℃×2h
PWPS-250	预热110℃， 后热200℃×2h

EQ70钢板。

(3) 焊接方法 焊条电弧焊 (SMAW)。

(4) 试验焊材 采用法国奥林康TENACITO 80CL (φ3.2mm、φ4.0mm) 焊条，焊

前真空包装，无需烘焙。

(5) 坡口设计 采用单面45°±5°的V形坡口，钢衬垫，单面焊。

(6) 焊接位置 立向上焊。

(7) 层间温度 预热温度~200℃。

(8) 焊接环境 车间。

(9) 焊接参数 具体参数如表2所示。

3. 试验结果及分析

按照AWS D1.1要求进行试验，具体如下：

(1) NDT检测结果 各组试验焊缝焊完48h后NDT检测 (VT+MT+UT) 都合格。

表2 单面焊立焊焊接参数

焊道	焊材规格 φ/mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /mm·min ⁻¹	接头形式
1~2	3.2	90~110	21~24	50~80	
3~n	4.0	100~140	22~25	60~120	

(2) 拉伸试验 每组制取两个横向拉伸试样进行试验，试验结果如表3所示。

(3) 冲击试验 每组选择3个位置的横向冲击试样，每个位置制取3个试样进行冲击试验，试验结果如表4所示。

(4) 冷弯试验 每组制取4个侧弯试样进行试验，要求单个裂纹长度≤3mm，且1~3mm的裂纹长度之和≤10mm，试验结果如表5所示。

(5) 硬度试验 每组制取1个试样进行试验，采用维氏硬度HV10，硬度测试点位置分布如附图所示，要求硬度值≤HV420，硬度值如表6所示。

(6) 金相试验 每组制取1个横向试样进行试验，要求焊缝成形良好，焊缝完全焊透，无裂纹和未熔合缺陷。

(7) 试验结果分析 通过以上试验得出如下结论：①按照AWS D1.1标准要求，在各组试验结果数据及外观中，抗拉强度、冲击值、硬度值、宏观金相和冷弯试验都合格，且各组的抗拉强度和硬度值也非常接近。试验的差异主要表现在各组冲击试验结果的数据上。②预热110℃+后热200℃×2h的力学性能最好，主要表现在冲击性能的突出，比要求值高很多。③预热55℃+后热200℃×2h和预热55℃+不后热的力学性能次之，也主要表现在冲击性能上，比要求值略高一点。④预热110℃+不后热，不预热+后热200℃×2h和不预热+不后热的力学性能最差，也主要表现在冲击性能上，相比要求值非常接近。并且

表3 试样的抗拉强度与断裂位置

试样组别	抗拉强度/MPa (≥770 MPa)	断裂位置
PWPS-QT-01-01	827/822	热影响区/焊缝
PWPS-QT-02-01	841/845	母材/热影响区
PWPS-QT-03-01	823/838	热影响区/热影响区
PWPS-QT-04-01	837/831	热影响区/热影响区
PWPS-QT-05-01	830/824	热影响区/热影响区
PWPS-250	830/820	母材/母材

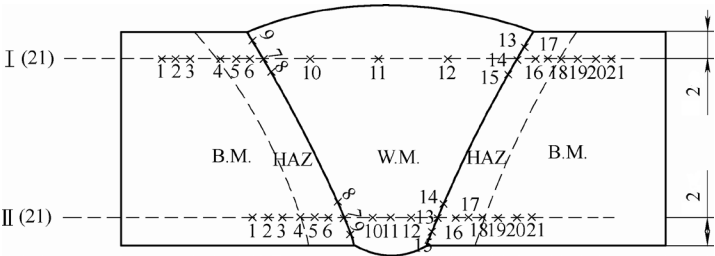
表4 试样的冲击试验结果

试样组别	冲击吸收能量/J (10mm×10mm×55mm, -40℃, ≥46J)		
	焊缝中心(面)	熔合线+1mm	熔合线+5mm
PWPS-QT-01-01	(48)43,47,54	(80.3) 93,89,59	(228)224,248,211
PWPS-QT-02-01	(51.7) 57,44,54	(93)62,108,109	(232)230,223,242
PWPS-QT-03-01	(47.3) 48,45,49	(61.3) 50,100,34	(194) 185,223,175
PWPS-QT-04-01	(64.7) 67,55,72	(131) 230,78,85	(248) 245,235,265
PWPS-QT-05-01	(61)60,60,63	(179) 125,240,172	(243) 250,220,260
PWPS-250	(78.3) 90,80,65	(265)265,260,270	(268) 280,265,260

注：括号里的冲击值为3个单值的平均值。

表5 试样的冷弯试验结果

试验组别	侧弯结果 (弯径: 63.5mm, 弯曲角度: 180° , 试样规格10mm×25mm×240mm)
PWPS-QT-01-01	NA
PWPS-QT-02-01	1个试样有1.6mm裂纹
PWPS-QT-03-01	1个试样有1.2mm裂纹, 1个试样有1.6mm+2.1mm裂纹
PWPS-QT-04-01	NA
PWPS-QT-05-01	NA
PWPS-250	NA



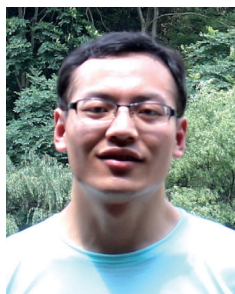
试样硬度测试点布置

预热110℃+不后热和不预热+后热200℃×2h的冷弯试验结果虽然合格，但有一定的裂纹出现。

4. 结语

超高强钢在焊前满足规定的预热要求并在焊后满足规定的后

热要求焊出来的焊缝力学性能最好，能保证焊缝的质量；但是预热不足，不预热或不后热的焊缝质量欠佳，不能有效保证焊缝质量的可靠性。这对在超高强钢的应用上有着很好的指导性意义。



吊点药芯气体保护焊焊丝选型

张涛 王胜 贾义庚 陈苏文 卢华兴

【摘要】 针对我公司在建项目焊接质量要求和工艺特点，选择两种不同型号的药芯气体保护焊焊丝进行试验分析，选择合适的焊材用于导管架吊点焊接。

关键词： 药芯气体保护焊；海洋工程结构；焊丝选型

1. 概述

我公司工程项目建造过程中，药芯气体保护焊丝用量约占40%，药芯气体保护焊焊丝的选用直接关系到项目建造质量。因此，针对项目建造的重要结构，应该选用质量合格稳定的药芯气体保护焊焊丝进行焊接。

我公司在建导管架项目吊点板厚80mm，吊点材料S355KT—50，冲击韧性要求：

-50℃冲击值单值 $\geq 30\text{J}$ ，平均值 $\geq 40\text{J}$ ，CTOD要求：-10℃单值 $\geq 0.38\text{mm}$ ，焊接质量要求较高。针对我司焊接工艺使用现状，吊点采用药芯焊丝气体保护焊焊接。因此，选择两种不同型号的焊材进行对比试验，根据试验结果选择满足项目要求的药芯焊丝用于项目吊点焊接。

2. 焊接试验与分析

(1) 试验材料 根据项目

低温冲击韧性和CTOD性能要求，选择两种型号焊材：AWS A5.29 E81T1—K2C和E81T1—Ni1M用于焊接试验，母材采用EN10225:2009 S355KT—50，厚度80mm，母材及焊丝化学成分如表1所示。

(2) 焊接工艺 坡口形式采用双面K形坡口，坡口角度 $45^\circ \sim 50^\circ$ ，根部间隙2~4mm，钝边尺寸1~2mm，坡口形式如附

表6 试样硬度测试值

(HV)

试样编号	位置	母材 (1~3)	热影响区 (4~6)	熔合线 (7~9)	焊缝 (10~12)	熔合线 (13~15)	热影响区 (16~18)	母材 (19~21)
PWPS-QT-01-01	I	260/266/269	234/328/340	280/307/277	299/272/277	280/270/283	333/333/309	271/270/270
	II	285/288/284	243/221/264	250/283/247	255/240/250	247/266/230	265/244/257	279/277/273
PWPS-QT-02-01	I	267/267/265	265/330/324	267/285/285	281/333/315	280/337/287	312/325/297	269/267/267
	II	271/274/272	247/255/259	268/260/254	274/282/279	276/277/261	272/256/258	278/277/275
PWPS-QT-03-01	I	272/269/277	248/298/322	277/332/283	266/290/270	297/291/278	304/334/270	273/276/268
	II	269/275/277	223/252/263	263/276/234	240/241/230	275/254/251	261/256/248	289/276/280
PWPS-QT-04-01	I	274/272/273	335/337/333	288/294/332	305/300/264	280/287/287	288/318/316	270/272/271
	II	273/273/273	220/242/237	250/233/272	245/241/250	236/232/251	238/238/245	272/278/261
PWPS-QT-05-01	I	266/268/268	270/310/319	290/281/281	283/292/280	276/280/274	320/319/312	264/266/268
	II	262/264/264	248/252/256	260/264/267	264/272/268	256/260/262	256/263/258	270/264/268
PWPS -250	I	281/274/279	260/301/352	293/320/345	299/290/288	309/339/347	336/288/317	285/272/277
	II	280/273/276	243/281/264	264/272/270	274/280/275	261/267/287	278/271/249	260/274/281

作者简介：李德凤等，招商局重工（深圳）有限公司

MW 20160822