吊机立柱上环板焊接返修技术

张涛　贾义庚　王胜　卢华兴　徐尤华

【摘要】针对海洋平台模块吊机立柱上环板焊接缺陷，通过无损检测确认缺陷类型、缺陷位置和缺陷大小，焊接工艺评定返修后的焊缝性能，合理返修控制达到可使用状态。

1. 概述

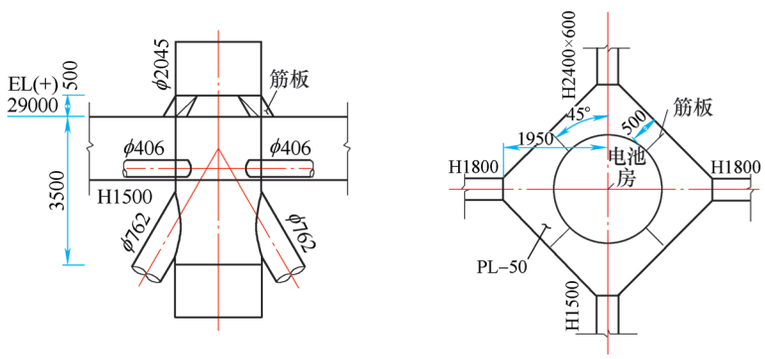
由于吊机环板直接承受垂直载荷，而且焊接位置受限，所以焊接施工难度大。焊接返修时刚性拘束大，返修控制不合理易导致返修次数增加，恶化焊缝性能。因此，我公司海洋平台模块吊机立柱上环板返修实践可以为工程应用提供借鉴。

此模块吊机立柱的管径为2 045mm，壁厚38mm，立柱上环板板厚50mm，筋板厚度25mm，坡口选用K形，吊机立柱如附图所示。焊接返修前，立柱环板依据标准API RP 2X：2004已进行7次加载和无损检测（MPI+UT），上环板缺陷特性统计如表1所示。

2. 焊接工艺评定

由表1可知，第七次加载后，缺陷分布区域较广，总体长度达到240mm，并且缺陷位置位于前次加载的缺陷位置或较近位置，给返修带来困难。考虑返修次数，焊接工艺评定二次全返后的焊缝性能。

试验母材选用GB712—2011的DH36钢板，厚度38mm，焊丝



（a）主视图　　（b）俯视图

吊机立柱示意

表1　上环板缺陷特性统计

加载次数	检测手段	缺陷位置X/mm	缺陷长度/ mm	缺陷深度/mm	显示种类	判定
第三次	MPI+UT	240	30	18	面型横向	拒收
第四次	MPI+UT	180	27	18~25	面型横向	拒收
	MPI+UT	350	130	31-35	面型横向	拒收
	MPI+UT	720	20	15	面型横向	拒收
	MPI+UT	810	35	28~30	面型横向	拒收
	MPI+UT	1760	60	36	面型横向	拒收
第五次	MPI+UT	250	20	35	点状	接收
	MPI+UT	330	20	35	点状	接收
	MPI+UT	1125	5	39	点状	接收
	MPI+UT	1855	10	23~27	点状	接收
	MPI+UT	2730	5	30	点状	接收
	MPI+UT	3960	15	33	点状	接收
第六次	MPI+UT	870	10	25	面型横向	拒收
	MPI+UT	950	11	40	面型横向	拒收
	MPI+UT	1670	11	45	面型横向	拒收
	MPI+UT	1710	10	48	面型横向	拒收
	MPI+UT	2110	10	41	面型横向	拒收
	MPI+UT	4155	103	35	线型横向	拒收
第七次	MPI+UT	870	15	26	面型横向	拒收
	MPI+UT	950	15	40	面型横向	拒收
	MPI+UT	1640	15	40	面型横向	拒收
	MPI+UT	1670	15	40	面型横向	拒收
	MPI+UT	1710	15	40	面型横向	拒收
	MPI+UT	1860	15	22	面型横向	拒收
	MPI+UT	2075	15	40	面型横向	拒收
	MPI+UT	2125	15	40	面型横向	拒收
	MPI+UT	4155	120	35	面型横向	拒收

注：X为缺陷环向起始位置。

选用E81T1—Ni1CJ，母材及焊丝化学成分如表2所示。坡口选用K形，根部间隙2~4mm，钝边尺寸1~2mm，返修工艺焊接参数如表3所示。

采用AWS D1.1/D1.1M：2010进行焊缝拉伸、弯曲、冲击、宏观和硬度试验，试验结果如表4~表6所示。试样宏观完好无缺陷，硬度结果：母材硬度165~175HV10，焊缝硬度204~258HV10，热影响区硬度最高，数值区间215~315HV10。

3. 焊接返修控制

（1）焊前准备　鉴于加载试验焊接缺陷较多并且分布较散，采用碳弧气刨清除环向3/4焊缝（电池房区域除外），电池房区域应隔离防护，避免引发火灾。气刨方向由电池房筋板100mm处向外进行，防止缺陷往电池房方向扩展。坡口面用电动打磨机打磨干净后进行磁粉检查确保缺陷清除，重点区域进行超声波检查确认有无遗漏的裂纹或夹渣等缺陷。

此外，返修焊工应具备相应的焊接资质。焊接设备应经过计量校核并在计量有效期内。焊接材料应密封包装完好，不可直接暴露空气中接触水分。焊接区域风速应控制在2.2m/s以下，预热温度达到110℃并采用电加热片保持。

（2）焊接过程控制　严格按照焊接工艺要求进行焊接，焊接参数在工艺要求范围内。由于返修焊接时是横焊位置，焊接速度和焊缝冷却速度快，熔敷金属在重力作用下，易引起未熔透等焊接缺陷，所以应适当提高焊接热输入保证焊接温度。焊缝应逐道逐层打磨清除焊渣，监测层间温度，保证最大层温≤250℃。

（3）焊后处理　采用电动打磨机去除表面飞溅，焊道与母材应圆滑过渡。焊后覆盖防火毯缓冷至室温，利于扩散氢逸出。风雨防护棚在无损检测完成后再进行拆除。

表2　母材及焊丝化学成分（质量分数）　（%）

试验材料	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni
DH36	0.15	0.30	0.153	0.012	0.002	0.03	0.03	0.02
E81T1—Ni1CJ	0.05	0.39	1.28	0.006	0.015	0.02	0.02	0.87

表3 返修工艺焊接参数

焊道	电流极性	焊丝直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/mm·min^{-1}	热输入/kJ·mm^{-1}
封底	DCEP	1.2	180~200	22~24	180~240	1.0~1.6
填充	DCEP	1.2	180~250	23~26	170~220	1.4~2.3
盖面	DCEP	1.2	180~230	22~24	180~250	1.4~1.8

表4　焊缝横向拉伸试验

试样宽度/mm	试样厚度/mm	断裂载荷/N	抗拉强度/MPa	断裂位置
20	37.4	440 000	588	母材
20	37.4	430 000	575	母材

表5　焊缝弯曲试验

试样宽度/mm	试样厚度/mm	弯曲类型	弯曲角度(°)	弯芯直径/mm	结果
38	9.5	侧弯	180	58.1	合格
38	9.5	侧弯	180	58.1	合格
38	9.5	侧弯	180	58.1	合格
38	9.5	侧弯	180	58.1	合格

表6　夏比冲击试验

试验温度/℃	试样尺寸/mm×mm×mm	取样位置	缺口位置	冲击吸收能量/J			
				1	2	3	平均值
-20	55×10×10	根部直边侧	焊缝中心	98	102	86	95.3
			熔合线	174	268	238	226.7
			熔合线+1	353	300	100	251.0
			熔合线+5	340	287	340	322.3
		面部直边侧	焊缝中心	108	123	126	119.0
			熔合线	110	114	156	126.7
			熔合线+1	240	230	160	210.0
			熔合线+5	202	204	196	200.7

4. 结语

通过焊接工艺评定制定合理的焊接工艺，合理控制焊接返修过程，返修后焊缝无损检测合格，静态加载测试后重新进行无损检测合格，满足工程使用要求。

参考文献：

[1] 王建军，等.钻井平台吊机扒杆裂纹修复工艺[J].焊接，2007（11）：61-62.

作者简介：张涛等，深圳赤湾胜宝旺工程有限公司；徐尤华，澳门土木工程实验室。

MW 20160121