

# 海洋石油钻井平台建造焊接质量检验 和控制方法探索

刘新宝<sup>1</sup>, 程 龙<sup>1</sup>, 王 威<sup>1</sup>, 姚 坤<sup>2</sup>

(1. 中海油能源发展股份有限公司监督监理技术公司, 天津 300452;

2. 中海油天津分公司 QHD32-6 作业公司, 天津 300452)

## 摘 要

海洋石油钻井平台长期处于恶劣的海洋环境中, 建造质量是保证其安全作业的重要条件, 而保证焊接质量则是其关键所在, 因此海洋石油钻井平台的建造过程必须制定详尽的保证焊接质量的措施和检验方法。本文介绍了海洋石油钻井平台焊接缺陷的种类以及成因、防止措施等, 同时详细介绍了海洋钻井平台在建造过程的焊接质量的检验和控制方法。

关 键 词: 海洋石油平台; 焊接质量; 检验控制方法

中图分类号: TE952

文献标识码: A

## 0 引 言

海洋石油钻井平台的建造质量是保证其安全作业的重要条件, 在船舶(平台)建造质量方面存在的主要问题就是焊缝质量的缺陷。如果焊缝存在严重的焊接缺陷, 就有可能引起整个平台损毁的事故。因此, 平台焊接质量控制尤为重要。如何采取合理有效措施使得平台建造焊接质量得到有效控制, 对确保将来平台投入使用的作业安全和海上人员生命财产安全有重大意义。

## 1 海洋石油钻井平台结构及焊接特点

海洋石油钻井平台船体主要构件遵照中国船级社(CCS)和国际海事组织移动式海上钻井装置标准(2001)(IMO MODU 2001)的最新要求以及相关最新的规范规则进行设计。

平台主体为箱形结构, 平面形状接近三角形, 带有三个桩腿, 桩腿下端为桩靴。甲板、船底板及舷侧外板均为平板架, 根据不同的区域和不同的载荷要求, 设计为横骨架式或纵骨架式。

平台焊接满足中国船级社《材料与焊接规范》对海上设施结构焊接的规定。平台的桩腿、桩靴、升降装置、齿条、围阱分段、悬臂梁、悬臂梁下主体局部、齿轮箱等主要承力装置及结构均采用高强度钢(为 D36 或 E36 材料), 其它部位为 CCSA 或 CCSB 级钢材。因海洋石油钻井平台与普通船舶的

不同点就在于存在插/拔桩升降作业工况, 因而桩腿与齿条、围阱、齿轮箱的装配互相关联, 装配控制难度加大。按中国船级社《材料与焊接规范》要求, 高强度钢的焊接缺陷修补不得超过二次。因而针对这些部位的焊接质量控制既要减少缺陷, 又要有效控制焊接的变形量及方向。

## 2 海洋石油钻井平台焊接的主要缺陷、成因及防治措施

在平台建造过程中, 如钢材和焊条质量、坡口加工和装配精度等任何一个环节处理不当, 都会产生焊接缺陷, 影响焊缝质量。了解各类焊接缺陷产生的原因及防止措施对控制焊接缺陷是必要而有效的。下面分别对各种焊接缺陷及其成因、防止措施作简要分析。

### 2.1 焊缝外形尺寸和形状

焊缝外表高低不平, 焊缝外形尺寸过大等均属焊缝外形尺寸或形状不符合要求。产生的原因主要是焊件坡口精度超差, 焊接电流过大或过小, 运条速度和角度不当等。防止措施是改善上述不足, 尤其是填角焊更要经常注意焊条与母材的角度, 以保证焊缝成形均匀一致。

### 2.2 咬边

由于焊接参数选择不当, 或操作工艺不正确, 使焊缝边缘留下凹陷, 称为咬边。咬边会减小母材的工作截面, 并可能在咬边处造成应力集中。造成咬边的主要原因是运条角度不准电弧拉得太长。防止产生咬边的措施是选择合适的焊接电流和运条手法, 填角焊应随时注意控制焊条角度和电弧长度。

### 2.3 焊瘤

在焊接过程中, 熔化金属流淌到焊缝之外未熔化的母材上所形成的金属流, 称为焊瘤。焊缝表面存在焊瘤会影响美观, 易造成表面夹渣。产生焊瘤的主要原因是运条不均、操作不够熟练。防止产生焊瘤的主要措施是掌握熟练的操作技术, 严格控制熔池温度, 保持均匀运条。

### 2.4 弧坑

弧焊时由于断弧或收弧不当, 在焊道末端形成的低洼部分称为弧坑。由于弧坑低于焊道表面, 且弧坑中常伴有裂纹和气孔等缺陷, 因而该处焊缝严重削弱。产生弧坑的原因是熄弧时间过短, 或焊接突然中断, 焊接薄板时电流过大。防止产生弧坑的主要措施是在手工焊收弧时, 焊条应作短时间停留或作几次环形运条。

### 2.5 气孔

焊接时, 熔池中的气泡在凝固时未能逸出而形成空穴。由于气孔的存在, 焊缝的有效截面减小, 过大的气孔会降低焊缝的强度, 破坏焊缝金属的致密性。产生气孔的主要原因是坡口边缘不清洁, 焊条或焊剂未按规定进行烘焙。防止产生气孔的主要措施是选择合适的焊接电流和焊接速度, 认真清理坡口边缘水分、油污和锈迹, 不使用变质的焊条。

### 2.6 夹渣

焊后残留在焊缝中的熔渣和气孔一样, 由于夹渣的存在, 焊缝的有效截面减小, 过大的夹渣也会降低焊缝的强度和致密性。产生夹渣的主要原因是焊件边缘有氧化或碳弧气刨熔渣, 坡口角度或焊接电流太小, 或焊接速度过快。防止产生夹渣的主要措施是正确选择坡口尺寸, 认真清理坡口边缘, 选用合适的焊接电流和焊接速度, 运条摆动要适当。

### 2.7 未焊透

焊接过程中, 接头根部未完全熔透的现象称为未焊透。未焊透是一种比较危险的缺陷, 焊缝出现间断或突变部位, 焊缝强度大大降低, 甚至引起裂纹。产生未焊透的主要原因是焊件装配间隙或坡口角度太小, 焊件边缘有较厚的锈蚀, 焊条直径太大, 电流太小等。防止产生未焊透的措施是合理选用

焊接电流和速度,正确选取坡口尺寸,封底焊清根要彻底,运条摆动要适当,密切注意坡口两侧的熔化情况。

## 2.8 焊接裂纹

它是平台建造过程中,在焊接应力及其它致脆因素共同作用下,焊接接头中局部地区的金属原子结合力遭到破坏而形成新界面产生的裂缝。产生热裂缝的主要原因是焊接熔池中存在有低熔点杂质。防止产生热裂缝的主要措施是认真把好材料关,严格控制焊接工艺参数,遵守工艺要求。产生冷裂缝主要原因是在焊接热循环作用下,接头承受有较大的拘束应力。防止产生冷裂缝的主要措施是选用低氢型焊条,减少焊缝中扩散氢的含量;严格遵守焊接材料的使用制度,采用合理的施焊程序等。焊接裂纹是接头中最危险的一种焊接缺陷,结构破坏多从裂缝处开始。一经发现,应查明原因,彻底清除,然后给予修补。

## 2.9 焊接变形

焊接变形因焊件的不同而表现为翘起、角变形、弯曲变形、波浪变形等多种型式。造成焊接变形的原因有装配顺序不合理、焊接组有收缩自由度小、焊接顺序不合理等。防止产生焊接变形的主要措施有施焊前制定严格的焊接工艺措施,确定好装配顺序等;焊前进行技术交底,焊工严格按照措施施工;适当利用反变形法。

# 3 海洋石油钻井平台焊接质量控制方法

## 3.1 平台主体结构焊接质量控制方法

根据上述各种焊接缺陷的成因及防止措施,制定海洋平台焊接质量控制方法如下:

(1)加强焊工资质管理,建立焊工档案,所有焊工上岗均佩戴焊工牌,以便于监理及质检人员监督检查。大部分焊接缺陷(如焊缝成形差、咬边、焊瘤、弧坑、夹渣、未焊透等)是因为焊工的焊接技术及经验欠缺所致,人的因素是关键因素之一。除了选择具有相应资质的焊工施焊外,加强对焊工的责任心和技术水平的教育和培训。

(2)焊接设备的完好程度是焊接质量保障的重要因素,没有完好的焊接设备,即使有好的焊工也不能保证有好的焊接质量。平台在施工过程定期/不定期进行焊接设备自查与互查,保证焊接设备时刻处于良好状态。

(3)严格控制焊接材料的进货途径,保证所有焊接材料均符合船级社的相关规定要求。结构材料在施焊之前均要经过相应检查确认方可进行下步工序。

(4)在施工现场,必须张贴针对相应施工过程的工艺卡(根据经船级社批准的“焊评”制作),便于查阅。施工工艺卡是焊工施焊的准则,只有按工艺卡规定的要求作好相应焊前准备,焊接过程中的电流、电压、摆幅、焊速符合工艺卡规定的范围,焊后热处理也严格按工艺卡规定落实,焊接质量才可能有保障。张贴工艺卡于现场也便于质检人员在发现违规操作后对应指出焊工违规所在,有利于后续质量的控制。

(5)焊条、焊丝的贮存、保管是焊接质量控制的重要因素之一。如保管不善致使焊条受潮、焊丝沾上油污等,均会造成焊接中严重的缺陷。焊条、焊丝的规格应符合相应结构的焊接要求,也是保证焊接质量的重要因素。

(6)焊接施工环境对焊接质量影响很大,如风、雨、湿度、温度等均直接影响焊接质量。根据中国船级社《材料与焊接规范》规定,平台焊接场地均设有防风、防雨措施。

### 3.2 平台典型结构焊接质量控制方法

本平台最为关键的结构有桩腿、齿条、悬臂梁、齿轮箱等, 这些结构均有其特殊要求, 除了按上述方法控制焊接质量外, 还应有特殊方法满足其特殊要求。

桩腿: 桩腿若是圆筒形, 其纵向焊缝没有特别要求, 横向对接焊缝因圆柱面形状须采取特别方法以达到较好的焊接质量。将桩腿横向置于滚轮胎架上, 外面焊接位置于圆柱外表面上部最高点, 里面焊接位置于圆柱内表面下部最低点位置, 调整胎架转动速度与焊接速度一致, 这样可始终保持焊接为平焊以保证施焊质量并降低施焊难度 (见图 1)。

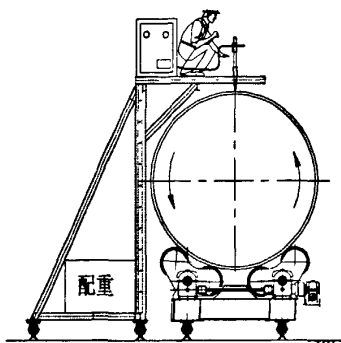


图 1 桩腿环缝焊接活动工装

齿条对接: 齿条材料厚、强度高, 为进口材料, 一旦焊坏报废成本太高且影响进度。从现场情况看, 要保证焊接质量并满足其功能性要求, 其对接处的错边量控制、对接后齿条旁弯控制、齿顶直线度控制都要求很高。因此焊前装配、焊接过程中的变形控制都很重要。为达到图纸要求控制的目标值, 应采用特殊的工装在焊前调整对接齿条后施以外力卡紧, 施焊过程中保持卡紧。

悬臂梁: 悬臂梁大部分是 E36 高强度钢。上、下面平面度要求较高。主要施焊为外表面, 因而防风要求较高。悬臂梁是重要承力构件, 为减少内应力, 采取同时对称施焊方式作业。

齿轮箱上船合拢: 齿轮箱为升降平台的传动装置, 其各面垂直度要求较高。因而其合拢处坡口精度要注意控制; 焊接中尽量对称施焊; 箱体四面吊铅垂于焊接中监控垂直度变化, 一旦异常即通过增加焊接量调整。

## 4 海洋石油钻井平台焊接质量检验措施

焊缝缺陷的存在, 严重影响着平台船体的强度和密闭性, 因此利用不同方法对焊缝进行检验, 是保证船体建造质量的主要措施。焊接质量的检验方法, 一般分无损检验和破坏检验两大类。无损检验方法常见的有外观检查、密性试验和无损探伤等。

(1) 外观检查是一种常用的简便质量检验方法, 能够发现焊缝表面咬边、气孔、夹渣、焊接裂纹、弧坑、焊瘤以及焊缝的外形尺寸和形状不符合要求等外部缺陷。

(2) 密性试验是一种检验船体密性的试验方法。试验可根据船体结构不同的部分, 分别采取灌水、充气、冲水、真空或煤油试验等方法。

(3) 无损探伤分渗透检验、磁粉探伤、超声波探伤和射线照相探伤。

(4) 破坏检验方法是用机械方法在焊接接头(或焊缝)上截取一部分金属, 加工成规定的形状和尺寸, 然后在专门的设备和仪器上进行破坏试验。依据试验结果, 可以了解焊接接头性能及内部缺陷情况, 判断焊接工艺正确与否。经检验, 船体结构焊缝超过质量允许限值时, 应首先查明产生缺陷的原

因, 确定缺陷在工件上的部位, 在确认允许修补时, 再按规定对焊缝进行修正。

海洋石油钻井平台焊接质量检验主要采用外观检查、密性试验、无损探伤方法。外观检查应 100% 进行, 密性检查为所有舱室的非自动焊缝, 无损探伤按规范规定的比例进行, 重要部位无损探伤比例为 100% 无损检测。

## 5 结 语

海洋石油钻井平台长期处于恶劣的海洋环境中, 建造质量是保证其安全作业的重要条件, 而保证焊接质量则是其关键所在, 因此海洋石油钻井平台的建造过程必须制定详尽的保证焊接质量的措施和检验方法。

## 参 考 文 献:

- [1] 中国船级社. 材料与焊接规范 2006[S]. 北京: 人民交通出版社.
- [2] 移动式海上钻井装置标准 2001[S]. IMO MODU 2001.

# Welding Quality Inspection and Control Method Discussion of Offshore Drilling Platform Construction

LIU Xin-bao<sup>1</sup>, CHENG Long<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, YAO Kun<sup>2</sup>

(1. CNOOC Energy Technology and services Ltd. Supervision & Technology Company, Tianjin 300452, China; 2. CNOOC Ltd. Tianjin QHD32-6 Operation Company, Tianjin 300452, China)

## Abstract

The offshore drilling platform work in very wicked ocean environment, which construction quality is the most important factor for ensure its safety drilling, and specially for the welding quality, it's necessary to make a strict measure and inspection plan to guarantee the welding quality. This paper briefly introduced the kinds, the cause and the prevent measure of the welding vice during construction the drilling platform, and also particularly introduced the measure of how to inspect and control the welding quality.

**Key words:** offshore drilling platform; welding quality; inspection and quality control method

## 作 者 简 介

刘新宝 男, 1982年生, 大学本科, 主要从事海洋石油平台技术管理工作。

程 龙 男, 1982年生, 大学本科, 主要从事海洋石油平台技术管理工作。

王 威 男, 1983年生, 大学本科, 主要从事海洋石油平台技术管理工作。

姚 坤 男, 1982年生, 大学本科, 主要从事海洋石油平台技术管理工作。