

# Prefabrication and installation size control of large torch arms for floating offshore platforms

Kaixin Zhang Hongjun Zheng Wenhui Li Lei Zhou Weidong Gao

Qingdao Wuchuan McDermott Marine Engineering, Qingdao, Shandong, 266500, China

## Abstract

This article elaborates on the complete precision control system constructed during the manufacturing process of large torch arms, which comprehensively covers the entire construction cycle from material cutting to overall lifting and positioning. On the basis of traditional craftsmanship, the technical team innovatively introduced multiple optimization measures, focusing on strengthening the fine control of size control links. By adopting the inverted construction process, the technical challenge of spatial positioning for the double inclined reinforcement structure has been successfully overcome; At the same time, three-dimensional digital simulation technology is used to accurately cut the remaining amount of the torch arm, ensuring perfect matching of millimeter level errors between the torch arm and FPU after lifting, significantly improving the efficiency and positioning accuracy of offshore installation operations.

## Keywords

ultra large torch arm; Inverted method; 3D simulation; Accurate positioning

# 浮式海洋平台大型火炬臂预制及安装尺寸控制

张开欣 郑宏军 李文会 周雷 高卫东

青岛武船麦克德莫特海洋工程, 中国 · 山东 青岛 266500

## 摘 要

本文详细阐述了大型火炬臂制造过程中构建的完整精度管控体系, 该体系全面覆盖了从材料切割到整体吊装就位的全建造周期。在传统工艺基础上, 技术团队创新引入多项优化措施, 重点强化了尺寸控制环节的精细化管控。通过采用倒装建造工艺, 成功攻克了双倾斜拉筋结构空间定位的技术难题; 同时运用三维数字化模拟技术对火炬臂余量进行精准切割, 确保火炬臂吊装后与FPU实现毫米级误差的完美匹配, 显著提升了海上安装作业的效率与定位精度。

## 关键词

超大型火炬臂; 倒装法; 3D模拟; 精确定位

## 1 引言

随着海洋油气开采技术的不断发展, 海上油气开采正逐步迈向深海领域, 与此同时平台的规模及建造难度也随之增大。海上浮式平台主要由下部船体及上部平台组成, 即开采加工及储存为一体的海上工厂, 在开采及分离过程中会产生一些有害气体, 通常这些气体会通过管道被输送到火炬头进行燃烧处理, 为了避免燃烧时产生的热量影响平台的安全, 从而设计了火炬臂为燃烧提供了一个安全的燃烧距离 [1]。

本文围绕管材卷制 分段预制 整体接长及吊装定位等方面进行讲述, 细化了管材卷制阶段的尺寸控制, 建造及吊装定位过程中采取反变形 倒装法 3D 模拟余量切割及吊装监控等措施, 安全顺利 高质量的完成了超大型火炬臂的预制及

安装, 为今后超大型火炬臂的建造方法及尺寸控制提供了参考。

## 2 分段划分及控制难点

通常火炬臂设计长度一般在 60~90m 重量 300t 左右 [2], 而该火炬臂总长约 136m, 总吨位达 897 t 最大管径 2000mm × 60mm, 安装后距离地面高度达 124 米。在考虑火炬臂整体长度 建造高度 运输安全及场地设施能力后, 火炬臂整体分成了 8 部分 如图 1, 依次完成车间预制 打砂油漆 总装接长 余量切割及整体吊装定位等主要工作。

该火炬臂与常规类型相比其主要控制难点如下: 1. 超长尺寸 多段预制 增大了合拢口处尺寸控制的难度。2. 施工高度最高距地面达 21 米, 结构不稳定尺寸定位难度大。3. 结构外形长宽比较大, 受日照温度照射影响直线度 水平 合拢口尺寸控制难度大。4. 火炬臂主管及总装合拢口呈多角度多平面分布 多点位连接, 吊装定位尺寸控制难度大。

【作者简介】张开欣 (1990-), 男, 中国山东日照人, 从事尺寸测量研究。

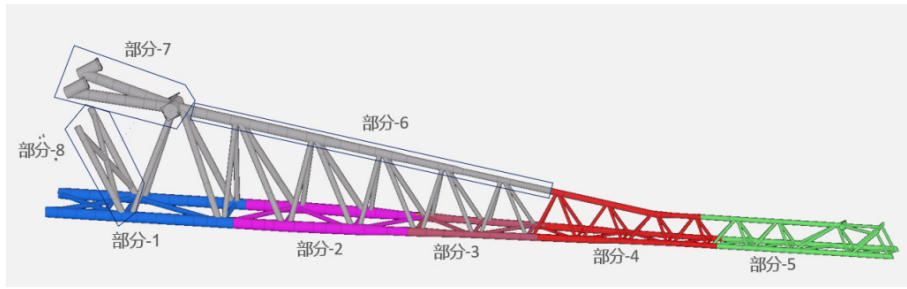


图1 火炬臂分段建造示意图

### 3 下料卷制流程及尺寸控制

下料及管材卷制作为建造中的第一步,将有282个杆件被卷制,然后根据图纸完成斜拉筋及主管的拼接,卷制及拼接过程中的尺寸将直接影响火炬臂的整体组装,为此特在下料卷制单管接长及马鞍口切割等阶段增设了尺寸控制环节,主要控制流程如下:1.下料前划线检验2.压头弧度检查3.纵缝组对尺寸控制4.接长尺寸控制5.焊接尺寸监控6.马鞍口尺寸控制

### 4 分段建造

#### 4.1 底片预制

确定主管的长度并标记脚印位置,控制主管的相对尺寸并根据脚印位置依次完成所有斜拉筋的安装如图2,使用全站仪控制焊前焊后尺寸,根据此方法依次完成1~5底片的预制,确保所有尺寸符合公差要求且合拢口尺寸一致。

#### 4.2 分段组装

根据建造方案4~5分段将分别在车间内完成整体组装,考虑侧面斜拉筋安装角度为双倾尺寸定位困难,为了精确完成上主管及侧面斜拉筋的定位,建造过程中采用倒装法施工工艺[3],即通过计算安装适当数量的临时工装支撑上主管如图3。调整上主管与底片的相对尺寸,使其满足公差要求并进行点焊固定。根据上下脚印位置并采用对称的安装方式,依次完成侧面斜拉筋的安装,安装完成后测量焊前尺寸使其符合公差要求。

采用对称的方式进行焊接,过程中监控尺寸变化并根

据监控数据调整焊接顺序,确保焊后尺寸符合公差要求。

### 5 总装接长

考虑接长过程中火炬臂的稳定性,先将4~5分段进行接长,以此来抵挡6段上主管安装后产生的下滑力。依次完成1~2~3分段与4~5分段的合拢,由于1~2~3分段上表面需安装并焊接斜拉筋,大量的热输入可能会造成底片水平变形超差,因此接长时需考虑反变形[4]。

上主管吊装前标记尺寸定位测量点,根据倒装法建造工艺吊装上主管至临时工装,测量并调整使其与底片的相对尺寸符合公差要求并点焊固定。按照上下脚印位置采用对称安装方式依次完成斜拉筋的安装如图4,测量焊前尺寸保证上主管与底片的相对尺寸。采用对称方式进行焊接并在过程中增设尺寸监控环节。

采用相同的建造工艺安装人字片及水平片,安装后通过全站仪采集火炬臂的基准线及合拢口处的相关数据。将所有采集的数据上传至CAD分析软件,通过数据处理使当前水平状态的火炬臂转换至总装合拢状态,进一步分析合拢口处的数据,通过现场调整使其与模块合拢口处的尺寸一致。

焊接完成后采用上述相同的测量方法,采集并分析合拢口处的尺寸,除了中心尺寸一致以外火炬臂需根据模块的水平进行余量切割,以保证火炬臂安装后与模块的焊接间隙满足WPS要求,为此下料阶段在合拢口处添加20mm的额外余量。同时考虑火炬臂受自重影响摘钩后下挠问题,余量切割时二层需多切割10mm,为火炬臂安装后的倾斜角度形成一个96mm的反变形量。

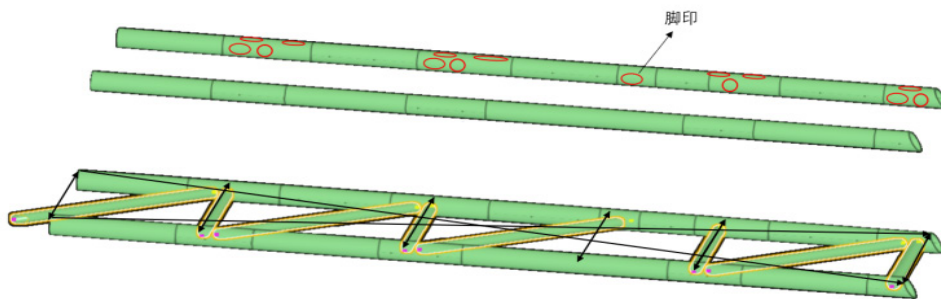


图2 底片预制

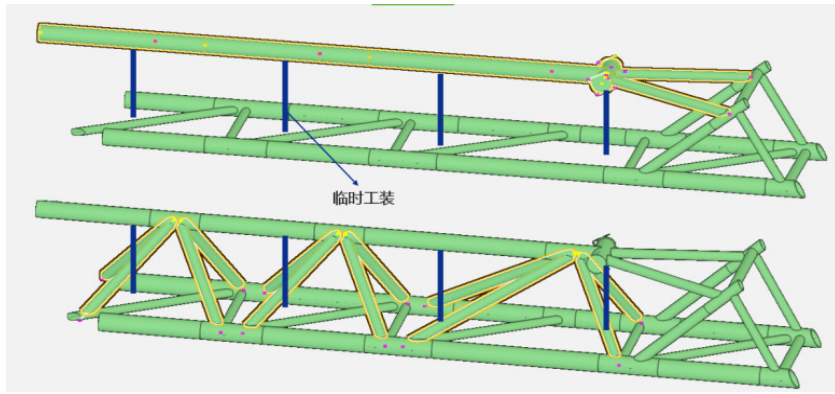


图3 分段组装

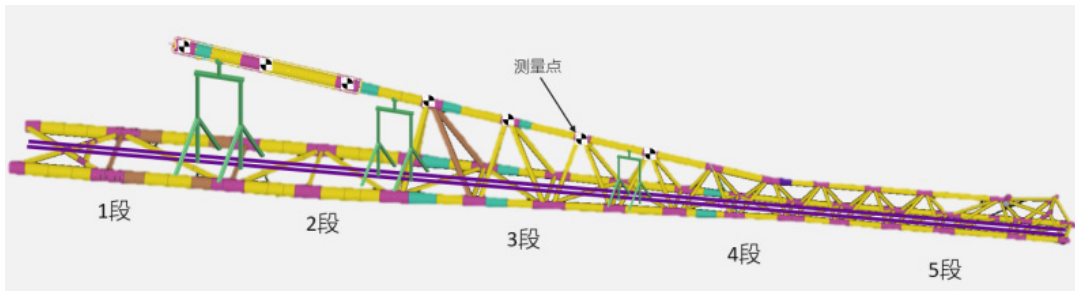


图4 整体组装

## 6 整体吊装定位

吊装前根据焊后尺寸安装导向定位板,考虑一层合拢口处于斜面上,为了抵挡火炬臂安装后的下滑力,特将定位板以间隔 $45^{\circ}$ 的方式安装在底部。同时根据中心标记点在合拢口处标记定位检验圆,用于火炬臂吊装时位置的精确定位。

火炬臂整个安装过程包括运输、试吊、扶正、进车等主要流程,提前对吊装指定位置进行标记,运输火炬臂至其指定位置。正式吊装之前将对火炬臂进行试吊,检查吊机的机械性能、各部件的运转情况、吊装索具的牢靠性及火炬臂吊装后的横向水平。扶正过程中对吊装角度进行监控,使其满足安装要求。为了提高进车时吊车的同步性,减少吊机之间的拉扯力,提前在行进路线上标记刻度线。

考虑合拢口4点同时接触会增大位置的调整难度,因此火炬臂以 $59^{\circ}$ 倾斜角度吊装至模块正上方后,两台吊车同时落钩,此时一层合拢口会与火炬臂先接触,二层合拢口会有 $96\text{mm}$ 左右的间隙,基于定位检验圆,调整下合拢口至正确位置并进行挡板固定。前车缓慢起钩,使上部合拢口间隙逐渐变小直至满足WPS焊接间隙,定位过程中使用全站仪对火炬臂的倾斜角度、横向偏移进行测量。尺寸合格后统

一进行点焊,采用对称方式对火炬臂进行焊接,焊接过程中定期对火炬臂的横向偏移进行监控。

## 7 结语

超大型火炬臂具有尺寸大、吨位重、多段建造、接长尺寸控制难度大、一体化吊装、结构易变形等特点,然而通过细化上述建造流程中的尺寸控制及建造方案等,最终实现了火炬臂安全且高效、高质量的吊装定位,为后期大型火炬臂的建造及尺寸控制提供了良好借鉴。

## 参考文献

- [1] 吕屹.论海洋石油平台火炬臂的建造过程[J].中国海洋平台,2012,27(S1):40-45.
- [2] 董鹤,王称心,蒋家坤.浮式海洋油气平台火炬臂浮态安装技术[J].船海工程,2020,49(04):27-29+33.
- [3] 王阔.海洋平台火炬臂建造工艺研究[J].石油和化工设备,2020,23(06):48-50+34.
- [4] 田建锋,刘进华,陈阳,等.海洋平台结构物建造过程中尺寸精度控制技术介绍[J].石油和化工设备,2024,27(06):88-90+99.
- [5] 刘超,李挺,王玲,等.超大型火炬臂的建造方法研究[C]//海洋工程论文集.海洋石油工程(青岛)有限公司,2014:244-251.