

原油中转装置 CTV 船体建造精度控制技术研究

吴承恩¹, 蔡 灵¹, 周 宏²

(1. 南通中远海运船务工程有限公司 海工研发中心, 江苏 南通 226001;

2. 江苏科技大学 船舶与海洋工程学院, 江苏 镇江 212003)

摘 要:船体建造精度控制技术对船舶的整个建造质量至关重要,尤其是 CTV 这种功能特殊、结构形式复杂、设备布置紧凑的原油中转装置,良好的建造精度控制有利于其大功率动力定位油轮。结合船厂的建造业务流程,综合考虑船厂场地、设备、人员配置等限制条件,制定贯穿 CTV 船体建造全流程的精度控制方案,能有效提高 CTV 现场船体建造的精度。

关键词:精度控制;CTV;无余量建造;补偿量

中图分类号:U671

文献标志码:A

文章编号:1671-9891(2020)01-0047-03

0 引言

近年来,受全球经济萧条的影响,全球油价始终在低位徘徊,传统的原油转运模式很难盈利,所以全球各大海洋石油公司相继开展新的转运模式研究,以寻求利润空间。在这种背景下,中远海运重工联合国内几家科研院所,在对原油转运成本构成分析的基础上,提出“浮式生产储油卸油装置 FPSO(Floating Production Storage and Offloading)+原油转驳 CTV(Cargo Transfer Vessel)+常规油船”组合方式。CTV 具有功能特殊、整体空间狭小、设备布置困难、管线密集、结构形式复杂等特点,同时作业海况比较复杂,因此,在建造过程中对于精度的控制就尤为重要。

1 精度控制方案研究

在制定精度控制方案的初期,要结合船厂的工艺水平、场地、设备等条件,分析可能产生精度问题的区域,通过不断优化管理方案,对精度进行控制,这是精度控制方案的重点,也是船厂提高施工质量、缩短建造周期、降低建造成本的关键^[1]。

1.1 设计阶段精度控制

在 CTV 方案设计初期,技术部门要与生产部门加强沟通,以响应现场需求,如充分考虑分段在转运、搭载过程中产生的过大变形,以减少后期现场生产过程中一些不必要的工作。

在进行分段划分过程中,虽然 CTV 主尺度小,但是内部结构复杂,结合船厂生产线的实际产能以及搭载阶段吊运效率考虑,CTV 分段划分不宜太小。此外,CTV 可考虑做成环形段,在分段建造阶段尽可能完成设备的安装,加强分段的整体刚性,减小分段吊运过程中的变形量。

1.2 内厂作业阶段精度控制

(1)板材预处理。由于钢板存在残余应力,在预处理阶段需要对厚度在 5~15 mm 的板材进行矫平处理,以消除应力。

(2)切割设备维护。设备的维护水平直接关系到切割出来零件的精度,生产准备部门需定期检查设备的工作状态,对不满足精度要求的设备及时进行维修。

(3)加工管理。零件切割、部组件的加工过程要严格按照工艺工法标准执行,加工出来的产品要及时进行精度检查,不能将问题留至下一道工序,增加不必要的整体返工工作量。

收稿日期:2020-03-03

基金项目:工业和信息化部项目《深水动力定位原油输送装置自主开发》

作者简介:吴承恩(1974—),男,山东烟台人,南通中远海运船务工程有限公司海工研发中心助理工程师。

1.3 大组立阶段精度控制

(1) 胎架管理。胎架建造初期要划好参考线,便于后期维护检查胎架的平整度。对于有问题的胎架,要及时进行维修、更换,避免对生产工作造成影响。

(2) 拼板、划线管理。生产部门要严格检验 CTV 制作托盘中的材料、尺寸是否与技术图纸一致;拼板、划线工作要严格按照相关规定进行;对于曲形板,装配过程中要用马板进行固定以减小变形量,划线工作要特别留意焊缝余量及补偿量的大小。负责人对工作完成情况进行检查并及时记录,以实现责任可追溯。

(3) 特殊区域分段精度控制。胎架在设计及制造过程中要考虑分段的变形特点,通过预留反变形量以更好地响应精度控制的需求。分段在胎架上制作期间,要严格按工艺标准执行生产,扩大自动焊接机器人的使用范围保证焊接质量。分段在脱离胎架后要测量分段的制作精度,对于有问题的部分及时采取补救措施。

2 分段无余量制造技术研究

传统意义上的“无余量建造”指的是船舶建造初期,零件套料切割阶段,所有的零件在下料时就预留一定的补偿量,在后续的加工过程中补偿量被焊接收缩量抵消,最后的成品无须切割余量。但是在实际的操作过程中,影响焊接收缩量的因素众多,如结构形式、所用钢板规格、焊接工艺、施工时的温度等,对于 CTV 这种小型船舶,焊接变形更加明显,纠错空间更小,一旦加放的补偿量不足会造成巨大的返工工作量。故对于 CTV 这样结构紧凑的复杂船型,前期还需要不断积累装配、焊接过程中的变形数据,采用较为保守的精度管控方案,后期逐步借鉴历史数据修正补偿量的加放量,逐步达到无余量建造的目标。

2.1 补偿量的确定方法

分段建造过程工序繁多,要实现整体无余量的建造目标,需要分别考虑各阶段的实际状况,最终给出具体补偿量的加放类型、阶段以及大小^[2]。主体思路是将补偿量分为三部分,即加工误差补偿、反变形补偿及其他类型补偿。加工误差补偿结合工装设备的加工精度确定,反变形补偿参考焊接实验数据及相关工艺规范确定,其他类型补偿结合以往建造项目中积累的工艺数据及当前项目的实际情况确定所需加放的数值^[3]。

零件最终的补偿量由各阶段的补偿构成。但由于不同阶段收缩量之间的相互影响,目前我们尚且无法给出量化的计算依据,只能凭经验给定一个大概数值,而这种方式在复杂分段补偿量的加放上往往存在较大误差,所以结合 CTV 项目,探索简单分段的无余量建造方案的制定。该处采用的补偿量的计算公式如下:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + \Delta E \quad (1)$$

式中: E_1 为零件切割补偿; E_2 为拼板焊缝补偿; E_3 为部件角焊缝补偿; E_4 为分段焊接补偿; E_5 为船台合拢缝焊接补偿; E_6 为火工矫正补偿; E_7 为反变形的缝隙补偿; ΔE 为各阶段的补偿修正值之和。

2.2 主要补偿量的测定

(1) 零件切割补偿。考虑数控切割设备的加工特点以及板材的厚度,本处加放 3 mm 的切割间隙补偿量。

(2) 拼板焊缝补偿。拼板工序进行前要重新测量板材的尺寸,不同区域的板材(如舱壁板、甲板板等)考虑到工艺及结构的差异,对于垂直于焊缝的长度方向加放不同大小的焊接补偿量。船厂对现有的拼板工艺进行了焊接试验,对于沿焊缝方向,焊接试验表明该部分的焊接补偿量约为 0.3 mm/m;对于板材端部,焊接试验表明影响很小,所在本项目忽略该部分变形。

(3) 部件角焊缝补偿。部件装焊过程中由于骨架型式比较复杂,各位置的收缩变形量不同,容易产生扭曲变形及应力集中。对于典型的 T 型材的骨架,纵向收缩量比较大,要考虑型材的横截面面积、焊脚大小因素加放补偿量。CTV 项目采用无余量方案的分段,纵向桁材统一加放 0.25 mm/m 的焊接补偿量。组立阶段内围壁等均放置在平台制作,考虑到角焊缝对于此类结构的精度影响比较大,均视具体情况加放补偿量。

(4) 分段焊接补偿。肋板、横舱壁等横向构件的焊接会造成分段纵向收缩变形,这在 CTV 上显得尤其明显。CTV 主尺度小,内部结构复杂,布置有大量的横向构件,此类构件的焊接过程极易造成分段的收缩变形,进而产生比较大的精度问题。目前考虑采用的方案是在制作过程中按工序分次加放补偿量,并采用二氧化碳气体保护焊,以最大程度控制形变量。

(5) 船台合拢缝焊接补偿。造成船台合拢时收缩变形的原因主要有两个,分对接缝以及该分段内所包含角焊缝的焊接。但是以往的焊接数据表明,上建分段由于采用的是薄壁结构,在合拢时的焊接收缩量与主船

体存在明显的差异。所以针对本 CTV 项目,参考焊接历史数据,加放补偿量的数值如表 1 所示。

表 1 船台合拢缝焊接收缩量

单位:mm

部位	合拢缝类别	对接缝间隙	合拢缝横向收缩量及修正取值范围
主船体	总段端部环缝	6~8	5.0±1.0
		8~12	6.0±1.5
	底部和舷部纵缝	/	2.5±0.8
	甲板和舷部纵缝	/	1.5±0.5
上层建筑	前后端缝	6~8	2.5±0.5
	下端缝	6~8	4.0±1.0

(6)火工矫正补偿。CTV 主尺度小、设备多、结构形式复杂的船型特点决定了其对安装精度有很高的要求,所以对于板材的波浪变形需要采用火工矫正。但在实际的生产过程中,即使是中小型船,由于火工矫正造成的板材、型材的长度变化很小,所以在本项目中,该部分变形不考虑加放补偿量。

(7)反变形的缝隙补偿。对于长高比较大的分段,采用单面焊双面成型技术。因焊接表面和背面的热影响区域不一样,冷却后的收缩量也不一致,容易在焊缝处形成沿分段高度方向的变形,所以在该 CTV 项目中,现场预估变形量加放了一定反向变形的空间,焊接完成后两部分变形抵消,以达到比较理想的效果。为了施工的便利,还需进行后处理以得到最终的实际补偿量。如分段合拢阶段,考虑在前后两端都加设补偿量,但在 CTV 实际的施工过程中,给分段上骨架的划线定位造成了很大的困难,加大了现场装配难度。所以,改为将分段补偿量统一移到一端,CTV 项目的典型分段都是加 4 mm 的补偿量,结果能满足实际生产需求。

3 结束语

CTV 具有较多优点,但在建造过程中对精度控制要求高。本文从船厂的实际作业流程出发,结合 CTV 项目本身的特点,剖析各阶段精度控制工作的重点,最终形成了一套现场可实际执行的精度控制方案,保障了 CTV 船体建造的稳步进行,同时也为以后类似船舶建造过程中的精度控制研究提供了相关借鉴。

参考文献:

- [1]代飞.10000TEU 集装箱船精度管理研究[D].上海:上海交通大学,2019.
- [2]王玉松.船体舷侧分段合拢焊接变形控制技术研究[D].大连:大连理工大学,2018.
- [3]韦林毅.中小型船舶分段无余量建造工艺实践[J].广东造船,2008(2):49-52.

(责任编辑:张 利)

Research on CTV Hull Construction Precision Control Technology

WU Cheng-en¹, CAI Ling¹, ZHOU Hong²

(1. Offshore Engineering Research and Development Centre, Nantong COSCO Shipping Ship Engineering Co., Ltd., Nantong 226001, China;

2. School of Ship and Ocean Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: Hull construction accuracy control technology is very important to overall quality of construction of a ship, especially CTV (Cargo Transfer Vessel), a crude oil transfer device with special functions, complex structure and compact equipment layout. Adequate control of construction accuracy is conducive to its high-power dynamic positioning tanker. Combined with shipyard's construction service process, and comprehensively considering the shipyard's site, equipment, staffing and other constraints, it formulates an accuracy control plan throughout the CTV hull construction process, which can effectively improve the accuracy of the CTV on-scene hull construction.

Key words: precision control; CTV; construction without margin; quantity compensation