

低起吊能力吊车对液化气船罐体吊装

胡涛, 于杰

(招商局金陵船舶(南京)有限公司, 江苏 南京 210015)

摘要: 6500 立方液化气运输船建造过程中, 液化气罐重量为 345 吨, 重量已超过厂区门型吊车起吊能力, 需要采用 300 吨门吊与履带吊联吊方式进行吊装。罐体安装精度要求高, 联吊涉及两台不同吊车动作的同步, 经过多次模拟及试验分析, 最后达到罐体安装要求。通过联吊成功, 同类型船建造合拢的船台选择更加多样化。

关键词: 液化气船; 罐体吊装; 船台

中图分类号: U66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 03—0113—03

6500 立方液化气运输船是一种专业运输易燃气体的船舶。货舱内设置气体储存罐, 罐体外型尺寸: 长 29.8m、宽约 16m, 罐体最大重量达到 345 吨, 重量已超过厂区单台 300 吨吊车起吊能力, 罐体的吊装方式将影响本船的船台合拢方式。根据船台条件及吊车负荷, 减少租用大吨位吊车成本, 确定采用 300 吨吊车与履带吊联吊方式进行吊装。罐体吊装分为 1 次压膜落位和 2 次环氧浇注落位, 第 2 次环氧浇注落位的位置需要与 1 次压膜落位的位置保持一致。300 吨吊车与履带吊协调同步是关键点, 两种吊机在起升频率上不同, 两次落位的位置需要保证一致。

罐体吊装涉及到罐体吊装动作、船台布置等一系列动作, 在这些动作中前期需要进行多次模拟论证及试验。

1 方案制定

对于超过吊车起吊能力的吊装, 常规选用方案大多为租用更大吨位的吊车来满足对物件的吊装, 租用大吨位的吊车不仅是对厂内已有吊车资源的浪费同时也增加了生产成本。对于任何企业来说, 增加生产成本及现有资源的浪费都是不合理的现象。两车联吊的方案, 不仅合理利用现有的吊车资源同时租用小吨位的履带吊降低了生产成本的增加, 在资源的利用及生产成本之间达到一种平衡。

1.1 履带吊选取

罐体重量 345 吨, 通过计算 300 吨吊车与履带吊同时受力分别为: 300 吨 143 吨、履带吊 202 吨。安全负荷取 0.8, 履带吊最少需要 253 吨的吊重能力; 根据履带吊工况性能表, 选取履带吊参数及联吊示意图 1:

臂长: 48m

工作半径: 19m

最大吊重: 291 吨

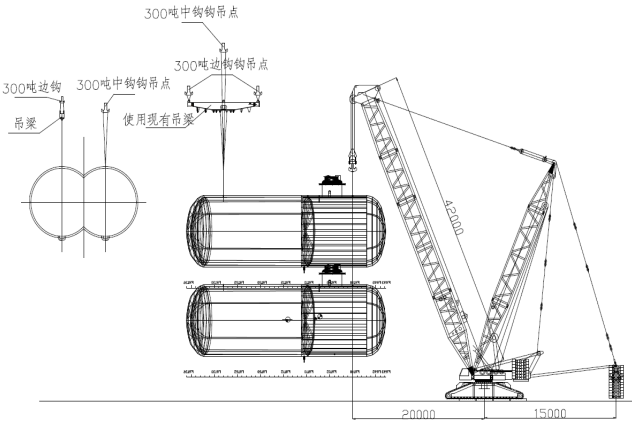


图 1 两车联吊示意图

1.2 船台布置

一般船舶合拢基本都是船体中心线与船台中心线重合, 使用履带吊与船台门型吊车联吊, 需要区别于使用船台固定轨道吊车吊装。船台的移船轨道、动力设备布置都是在相对于固定的区域, 履带吊介入到船台施工区域, 既要满足罐体的吊装, 同时也不能影响船舶的正常生产。罐体吊装在满足履带吊的工作范围条件下, 还需要统筹考虑船舶在船台的布置、动力设备的避让。

根据履带吊工作半径及现场场地布置, 履带吊 19m 工作半径, 船台移船轨道宽度 27m, 船台设备宽 2m 距最边轨道 5m, 液罐在船体结构的安装位置距船边 9m, 履带吊自身长度 11m, 以履带吊移动到设备边计算工作半径: 6m (履带吊中心距前轮长度) + 2m (管道沟宽度) + 9m (液罐安装中心距船边距离) + 2m 安全距离 = 19m, 根据以上尺寸要求, 液化气运输船主船体结构中心线向南边移 7.5m 定位合拢。

以罐体在主船体结构的定位线为基准, 在合拢船台

画出履带吊定位位置线；履带吊定位线以液罐在船体结构上的鞍座横向位置为基准,在船台画出履带吊定位线。

1.3 联吊危险源及措施

罐体安装时，中心线精度按《液化气运输船检验指南 2018》中要求需要控制在 ± 15mm，且鞍座挡板之间的间隙同时要满足最小 5mm 要求。使用两台性能参数不同的吊车吊装，履带吊展开的位置、门式吊车与履带吊的同步性等一系列动作都会影响罐体安装时的精度问题。

因此在方案制定时需要两车联吊中涉及到的动作进行危险源梳理并给出解决措施，让每个动作都在可控范围内。

为确保两车联吊可行性，对吊罐动作进行模拟并分析危险源及应对措施，对动作进行模拟分析，同时确定风险控制方法，如下表 1：

表 1 风险源及应对措施

300 吨级履带吊吊吊				
序号	吊车动作	隐患及风险	对风险控制方法	剩余隐患
1	履带吊在指定位置组装定位	履带吊定位不准确	提前将履带吊中心位置放到地面，履带吊按中心位置组装定位	停放不到位，造成联吊过程中，变幅及旋转的多余动作
2	300 吨吊车停放指定位置	300 吨吊车停放不到位	提前通过精控将罐体吊装中心线放到地面，通过钩头中与罐体吊装中心线对线，满足停放位置要求	停放不到位，造成联吊过程中，纵向行走的多余动作
3	金驳号将罐体运到指定位置	罐体运输不到位	位置线提前放出，罐体根据位置线停放	停放不到位，造成联吊过程中，300 吨吊车纵向行走及履带吊变幅及旋转的多余动作
4	300 吨与履带吊同时起钩将罐体吊离金驳号	300 吨与履带吊不同步	履带吊通过变频达到与 300 吨同步	罐体摆幅变大
5	300 吨与履带吊同时横移，将罐体吊至安装区域上空	300 吨与履带吊横移不同步	履带吊通过变频达到与 300 吨同步	罐体摆幅变大
6	300 吨与履带吊同时下降，将罐体落位安装	300 吨与履带吊不同步	履带吊通过变频达到与 300 吨同步	罐体摆幅变大，导致定位困难
		前、后、左、右水平调整	前、后通过两台吊车升降调整，左右通过 300 吨上、下跑车调整，履带吊左右通过卡环及钢丝绳长度调整	

1.4 门型吊车同步测试

为保证两车联吊的顺利实施，对 300 吨吊车进行同步测量，经过反复测量，确保了 300 吨吊车自身同步误差在可控范围内，数据见表 2：

表 2 吊车同步数据

300 吨测量数据（单位：mm）					300 吨测量数据（单位：mm）				
第 1 次测量状态：1 档点降					第 2 次测量状态：1 档点降				
	点 1	点 2	点 3	点 4		点 1	点 2	点 3	点 4
基准数据	14	11	10	7	基准数据	2	-1	0	-5
数据	2	-1	0	-5	数据	1	-2	-3	-7
降低量	12	12	10	12	降低量	1	1	3	2
最大误差：2，最小误差：0					最大误差：2，最小误差：0				
第 3 次测量状态：1 档点降					第 4 次测量状态：1 档点降				
	点 1	点 2	点 3	点 4		点 1	点 2	点 3	点 4
基准数据	1	-2	-3	-7	基准数据	-6	-10	-9	-14
数据	-6	-10	-9	-14	数据	-9	-13	-13	-17
降低量	7	8	6	7	降低量	3	3	4	3
最大误差：2，最小误差：0					最大误差：1，最小误差：0				

2 模拟负重两机联吊

罐体安装关键点在于一次压膜落位位置需要与环氧浇筑后的二次落位位置需要在同一位置。两车行走、钩头升降的同步是直接影响罐体安装成功的主要因素。两车在罐体实际安装过程中涉及的行走同步数据、安装高度的升降同步数据，为罐体安装的重要数据。这两项同步的数据，是影响罐体安装精度的关键两组数据，因此需要对罐体吊装过程中的两组数据进行联吊测试。

依据方案中对厂内门型吊车的测试数据结合履带吊性能，履带吊进厂后，对两台吊车在行走、钩头升降等同步性进行负重模拟测试。测试的目的在于收集两车在模拟联吊过程中两组数据的一些差异，通过负重模拟试验数据找出消除差异的方案。

2.1 两车升降同步测试

履带吊进厂后对两车起升及行走进行模拟负重吊装。负重重量按照实际门吊负重 42%、履带吊负重 58% 进行配重，结合厂内已有资源，以接近实际罐体重量为原则进行负重，最终负重按 200 吨进行测试。

模拟罐体在压膜完起升 2 米、环氧浇注完下降最后

0.3 米过程同步。将两台吊车同时起升 2 米 / 下降 0.3 米, 在试吊负重物前后各选取 2 处测量点。

两台吊车同时起升 2 米, 测试数据为: 门吊一侧误差 12mm, 履带吊一侧误差 21mm, 误差范围 9mm; 两台吊车同时下降 0.3m, 测试数据为: 门吊一侧误差 4mm, 履带吊一侧误差 6mm, 误差范围 2mm。

升降同步结论: 履带吊比门吊起升频率高, 起升 1m 误差较大, 短距离误差满足罐体吊装同步要求。

2.2 两车行走同步测试

模拟吊罐起钩后, 300 吨小车及履带吊同时向北行走 3 米, 行走误差为 44mm, 需要行走过程中不断调整两车行走速度。

2.3 两车同步方案

罐体吊装关键在于落位过程中的同步, 通过两车升降及行走测试数据及情况, 两车升降在 300mm 范围内误差为 2mm。依据测试结果两车小范围升降误差小的特点, 确定实罐吊装动作如下:

(1) 1.5 米下降到 1 米, 葫芦生钩; 将罐体四角位置与船体结构通过葫芦来调整定位

(2) 从 1 米降到 0.2 米, 同步通过葫芦调整前、后、左、右位置; 使液罐表面承压木落入鞍座面板挡条内

(3) 0.2 米位置时, 精确调整罐体位置; 保证罐体中心与鞍座中心在同一位置

(4) 0.2 米下降到离挡板 20mm, 同步通过葫芦调整前、后、左、右位置; 使承压木与挡条间隙满足单侧 5mm 落位标准

3 罐体进舱落位的精度控制

通过两车联吊测试, 两车在行走及钩头升降过程中存在细微的差异, 其中精确落位时的误差在 2mm 范围, 完全依靠同步方案中两车的升降控制来满足罐体的安装要求存在一定风险。为确保罐体顺利定位安装, 需要对中心线、罐体水平、落位位置的关键数据使用辅助手段进行修正, 达到控制罐体落位安装时的精度要求。

3.1 中心线控制

在罐体四角止浮块上设置 2~4 根牵引绳, 调整罐体落位时的中心线对线, 并在罐体表面放出罐体中心线, 同时在船体结构鞍座位置放出结构中心线, 确保罐体落位时中心线的准确。

3.2 水平控制

在罐体表面及船体舱内画出水平位置检测线并做好标记, 在液罐吊装时检测其与液罐水平中心线的相对间距, 保证液罐四角水平。

3.3 落位控制

在鞍座面板圆弧端部位置, 沿肋位方向打上洋铰眼, 并在对应肋位设置检验标杆, 检验罐体上扁铁与肋位对筋, 保证承压木在鞍座内与挡条间隙平均。检验标杆使用 25*150*1000 扁铁与横向 T 型材对接, 为保证标杆垂直, 侧面增加 15*100*1200 防倾加强, 罐体吊装调整到位后使用检验水平尺检测标杆与罐体扁铁是否在同一水平面来保证横向对筋要求。

4 总结

该类型液化气船罐体安装需要 1 次压膜及 2 次落位, 两次吊装落位的位置需要相同, 罐体采用不同两部吊车联吊的难点在于两台吊车性能不同, 在行走及升降过程中很难保持绝对的一致。本文从罐体吊装方案的确定、吊车的测试、模拟联吊以及精度控制手段一系列方法, 详细分析两车联吊存在的问题并通过多次试验给出解决方法, 实现低起吊能力吊车对高负荷液化气运输船罐体吊装的成功。

本方案的成功实施破除了制约船台对液化气运输船建造关键之一的船台吊车对罐体的起重能力的限制。通过本文实现使用两台低起吊能力吊车对罐体吊装成功, 解决了我厂对该类型船罐体吊装的难点, 同时降低了生产成本。使同类型船的建造打破对船台吊车的束缚, 使该类型船对船台选择更加多样。

参考文献:

- [1] 世界最大乙烯运输船有哪些创新技术 [J]. 中国远洋航务. 2017(01)
- [2] 超大型液化石油气船再液化装置控制设计 [J]. 杨森, 范璠, 张明耀. 船舶与海洋工程. 2019(05)
- [3] 全压式液化石油气船 EEDI 验证实践与分析 [J]. 曾志刚, 宋磊, 孙海莎. 交通科技. 2021(03)
- [4] 浅谈半冷半压式液化气船的修理 [J]. 张雨华. 中国修船. 2002(04)