

深水铺管船托管架安装工艺解析

袁伟

(上海振华重工(集团)股份有限公司长兴分公司 上海 201913)

摘要: 托管架是深海水道铺设中的重要设备之一, 为海工尖端技术。本文结合烟台 5000T 打捞起重船托管架拼装、托管架吊装、托管架总装、悬挂系统拉杆调整、销轴专用工具使用等方面进行全面梳理和解析从而找到一种科学、合理的安装工艺方法, 保证实现托管架系统的设计目标。

关键词: 托管架; 总装工艺; 专用工具

0 引言

烟台 5000T 深水起重铺管船是中国乃至世界上最先进的以海上深水起重、铺管、水下安装为主要功能的深海开发建设船之一。它能够在世界范围的海洋油田作业、拥有 S 型铺管作业线, 最大铺管深度 3000 米。托管架悬挂在铺管船尾部, 起到管道在水下过程中控制管道在托管架上的曲率的作用, 防止管道因为在上弯段的弯矩过大而导致的屈服或者破裂, 通过调节托管架曲率以改变上弯段管道的弯矩, 以达到最大铺管深度。

1 托管架拼装

1.1 托管架简介

烟台 5000T 托管架由提拉段、中间段、尾段三部分组成, 总重量约为 1547T (见图 1)。托管架与船体通过铰轴铰接, 主体采用桁架结构, 截面形状为倒三角形, 相邻两节托管架之间下端采用 VLL 液压油缸连接, 上端采用销轴联结, 利用抬升系统拉杆调节角度以获得与管线的自然弯曲、垂直角度相适应的角度, 最大铺管半径弧度为 R800m。

1.2 托管架拼装准备工作

根据托管架最大铺管深度的圆弧半径布置胎架, 并划出托管架中心线的地样线。事先将 VLL 液压油缸注油拉长, 注入油品清洁度需满足产品要求, 可在注入前将油品进行

过滤。VLL 液压油缸拉长至要求长度后开启锁紧装置, 等待安装。将销轴提前放置入穿轴工装内, 并安装好销轴前端导向头, 检查穿轴工装启动电池电力是否充足, 邮箱内油液是否充足。

1.3 托管架拼装

按照胎架布置图要求进行胎架布置, 胎架高度以托管架最大弧度 R800m 为准进行布置, 并勘划出托管架整体中心线。

以第一节托管架为定位基准, 根据托管架吊装工艺要求将第一节托管架吊装至规定位置, 1600T 浮吊承担本次托管架拼装起重任务。利用铲车辅助第一节托管架定位, 保证托管架中心线与地样线重合。为确保拼装工作安全进行在第一节托管架定位结束后需及时将第一节托管架进行绑扎固定。将装入好销轴的穿轴工装提前安装至第一节托管架下铰点处法兰板上, 并按照扭力要求扭紧螺杆螺丝。利用起重机安装第一节 VLL 液压油缸, 铰点校正后, 启动工装将销轴推入铰点内, 然后封上端盖板。重复以上步骤, 将三节托管架分别安装结束后整体吊装至驳船上, 利用烟台 5000T 自身吊机进行总装。

2 托管架总装

2.1 总装方案评比

方案一: 原托管架安装方案为将驳船靠泊至烟台

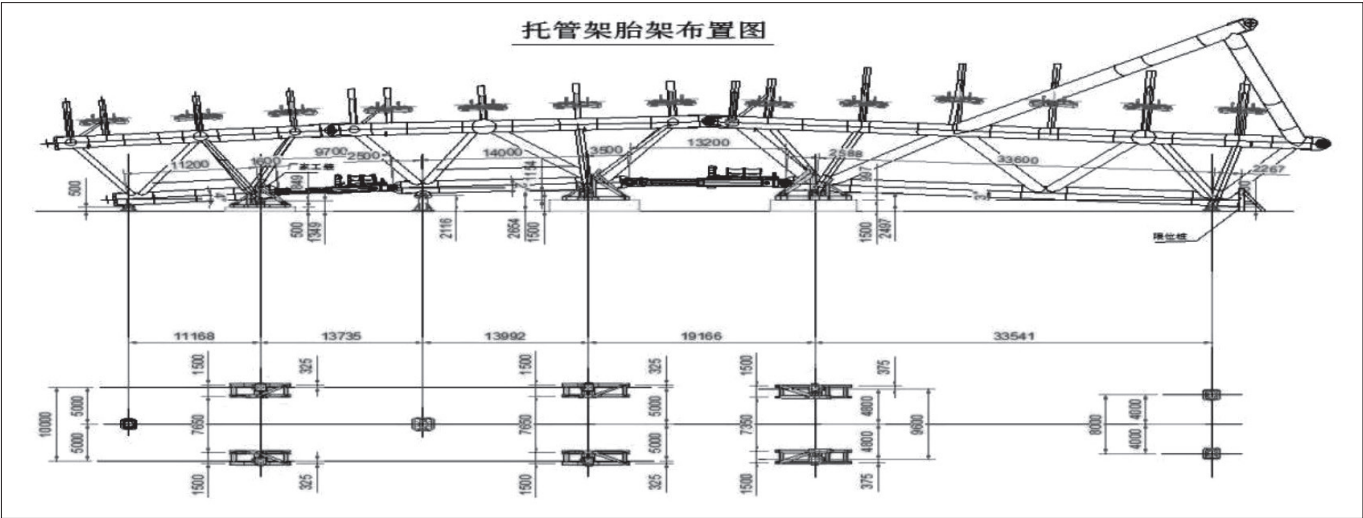


图 1 托管架布置图

5000T 浮吊船外档, 利用自身起重机主钩旋转起吊后与船体进行安装。

分析: 因烟台 5000T 深水起重铺管船起重机在未完成最终调试之前, 为确保托管架调试进度, 托管架已经采用自用 5000T 浮吊进行了吊装安装, 当时计读托管架的重量为 1950T。后因船东要求必须利用烟台 5000T 起重机进行托管架安装, 以便再次确认一下起重机性能。考虑到之前托管架起吊重量与理论重量存在较大偏差, 且起重机在 68m 臂幅时主钩旋转工况下的起重量已超过极限值, 为确保该项起吊工作顺利进行, 否定了方案一。

方案二: 经过与基地浮吊组、海服相关人员进行多次方案评审、方案论证, 为确保安全起吊, 拟将托管架驳船停靠在浮吊船正尾部进行吊装, 可避免旋转复杂工况下的吊装而且方便快捷。因码头端部预留长度不足, 无法将载有托管架的驳船进行安全带缆, 为确保停靠驳船安全, 在码头最东端横靠一垫档驳船辅助带缆。

2.2 托管架总装前的准备工作

托管架尾部电缆托链方向调整结束, 活动电缆绑扎牢固。VLL1\VLL2\VLL3 液压油缸需进行电气连接检查、液压连接检查、完整性检查。托管架所有连接点销轴状态良好, 端盖板均已安装结束。SHS 拉杆安装到预定位置, 主动及悬挂小车运行状态良好。将液压穿轴工装提前安装至托管架顶部铰点处。码头前沿的水深测量, 水深需满足艏部吃水 8.707m, 尾部吃水需满足 9.795m。浮吊船在尾部固定起吊时的压载水计算。在吊装前应将浮吊船相关压载舱进行调载。

2.3 托管架码头总装

受码头实际泊位限制, 烟台 5000T 浮吊船停靠码头东部, 距离码头端部约 30m, 并拉好缆绳。为方便人员登船, 需布置登船塔和登船梯, 浮吊船与码头之间使用靠把或靠球阻隔, 避免浮吊船体与码头相撞。利用振驳 15 号摆放托管架, (主尺寸为 $85\text{m} \times 40\text{m} \times 7.5\text{m}$), 为使振驳 15 号安全停靠至浮吊船尾部, 需在码头端部增加垫档驳船。为避免起重机在旋转的复杂工况下吊装, 降低浮吊船调载难度, 托管架中心线与浮吊船中心线应对齐, 垫档驳船需伸出码头 4.6m。利用浮吊船尾部两台系泊绞车与振驳 15 号上游缆桩进行交叉带缆, 中部利用垫档驳船绞车进行带缆固定。

2.4 托管架吊装

起重机的起重能力为 5000t。其操作工况如下:

•Significant wave height : 有义波高 $HS=3.0\text{ m}$

•Wave period : 周期 $TP=3.5 \sim$

13.0 s

•Current speed : 流速 $c=3.0\text{ kn}$

•Wind speed : 风速 $w=15.4\text{ m/s}$

•Environment temperature : 环境温度 $-20^\circ\text{C} < t < 45^\circ\text{C}$
起重能力曲线如图 2 所示。

托管架钢结构净重约 1428T, VLL 油缸重量约 113T, 钢丝绳重量约 120T, 加放 1.1 倍动载系数, 托管架总重估算约 1800T。根据静力平衡分析法进行钢丝绳受力分析, 其中 $\Phi 210 \times 68.7\text{m}$ 钢丝绳受力为 485T, $\Phi 210 \times 70.7\text{m}$ 钢丝绳受力为 497T, $\Phi 210$ 钢丝绳一组双的安全承载为 820T, 钢丝绳满足吊装要求。根据起重机起重曲线可知, 臂幅在 68m 时, 采用主钩尾部固定吊起重能力在 1950T, 满足吊装要求。利用索具钩起吊分别起吊四根吊装钢丝绳套装在吊耳上并将钢丝绳进行捆绑后将钢丝放置在驳船上, 钢丝绳端头两两放置在一起, 下放主钩挂设钢丝绳。利用吊机上的稳货绞车交叉连接至托管架顶部铰点上, 起到防浪和稳货的作用。调整臂架臂幅, 找准托管架重心位置, 防止因起钩位置不准而导致托管架离地前产生加速度而前后摆动。慢慢起吊托管架至将所有的重量都吃到起重机上, 此时的起重半径为 68m, 继续起吊托管架直至起吊距离为 10cm 时停留 10 分钟, 观察吊点处是否有异常情况, 然后继续起吊至 2m 高度, 利用拖轮将振驳 15 号拖走。然后慢慢调整浮吊臂幅至 61m 后进行托管架安装工作。

2.5 托管架与船体底部铰点连接

通过浮吊船起重机与稳货绞车的配合, 慢慢的将托管架吊装至船体尾部铰点的正上方, 保证托管架中心与船体中心对齐。

检查船体尾部铰点处的锁肘板处于开启状态, 让托管架固定轴落到铰孔耳板上, 慢慢下降吊钩, 使托管架固定轴落到铰孔内。

2.6 托管架顶部铰点与悬挂系统拉缸铰点连接

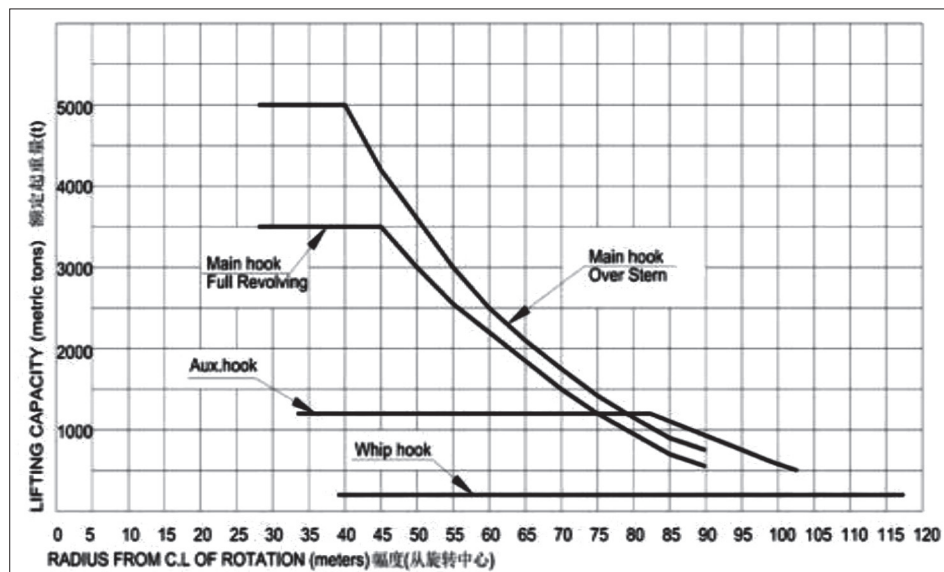


图 2 起重能力曲线

启动悬挂系统调节连接拉杆外伸至 6.5m 左右。主小车载紧插销位置距离船尾 10.2m, 当托管架与船底部铰点安装完毕后, 利用拉杆调节工装将拉杆调整成倾斜 5 度, 高度稍高与托管架顶部铰点。调整起重机吊钩同时通过铰孔上装配的辅助对中件完成拉杆与托管架的铰点对中, 再利用拉杆调整工装下放拉杆, 以配合校中。校中结束后, 启动液压穿轴工装将销轴插入铰孔内, 然后拆除穿轴工装, 安装封盖板。

松开拉杆调节工装, 启动悬挂系统使托管架的全部载荷从起重机上转移至悬挂系统上, 关闭船尾铰点锁轴板。拆除起吊锁具完成托管架安装。

3 液压穿轴工装

该液压穿轴工装改变了传统上使用单摆式撞锤撞击的压力方式, 采用液压推进方式, 大大减低了销轴安装难度, 节省了大量的时间和成本。

该工装主要由起吊装置、固定装置、液压油缸、液压装置、电力驱动装置、油箱等组成。销轴与推进油缸采用螺纹连接, 使用前预先将销轴放入工装内并与之连接, 再用起重机吊装并安装至销轴铰点处, 待销孔中对中结束后, 操作人员启动该设备, 将销轴推入轴孔内, 即完成销轴安

装工作。

为减少海上安装时受海浪的影响, 每个铰点处均设置球形轴承, 在穿插销轴前, 销轴前端安装导向装置, 在销轴推进过程中可利用导向装置的锥度自动纠偏, 在实际操作中该装置起到了重要作用, 大大降低了销轴的安装难度, 缩短了销轴安装时间。

4 结语

烟台 5000T 起重船托管架安装为公司首次, 该托管架的顺利安装证实了该工艺方案的可行性和高效性, 为后续起重铺管船托管架安装奠定了理论和实践基础。随着国家海洋战略的不断深入, 铺管船作为管道铺设的重要海洋工程装备将具有广阔的市场前景, 而托管架是实现其铺管功能的主产品, 拥有一套成熟、科学的托管架安装工艺是实现托管架设计目标的重要保障。

参考文献:

[1] 郁海飞, 杨建华. 铺管船托管架制造工艺解析 [J]. 中国机械, 2021(08): 126-128.

作者简介: 袁伟 (1985.02-), 男, 汉族, 湖北黄冈人, 本科 (工学学士在读), 工程师, 研究方向: 船舶安装工艺及港机产品。

(上接第 72 页)

保证曲拐中心孔位置 $48 \pm 0.02 \times 5^\circ \pm 1'$, 此方案成本高;

(2) 全长 1019 右端面增长 1 个曲拐中心孔的长度且增长部分的外圆端面能打曲拐中心孔, 且不影响整个曲轴的加工, 此方案材料及加工成本增高; (3) 利用曲轴自身的特点加工, 右端主轴颈外圆 $\phi 80 \pm 0.02$ 在曲拐成活前加工至与最左端外圆 $\phi 115$ 相同的直径, 直至 4 个曲拐成活后再加工至 $\phi 80 \pm 0.02$ 尺寸成活, 此方案成本与质量双保证。

核心工艺: ① 40Cr 圆钢是市场上较为常见的一种原材料, 性能稳定, 采购周期短, 规格及价格相对稳定, 所以曲轴毛坯选用 $\phi 210 \times 1030$ 的 40Cr 圆钢加工。② 全长右端外圆 $\phi 80 \pm 0.02$ 在曲拐成活前加工至与最左端外圆 $\phi 115$ 相同的直径, 便于右端面打曲拐中心孔, 同时保证加工过程中两端主轴颈外圆的中心孔同轴, 便于工序间加工质量的保证, 直至 4 个曲拐成活后再加工至 $\phi 80 \pm 0.02$ 尺寸成活。③ 两端面 3 对中心孔加工精度的保证及曲轴各序加工的找正是重点。④ 加工曲拐时动平衡要有保证, 以求加工过程和质量的稳定, 如车床四爪卡盘平衡块的使用。⑤ 各曲拐使用精度高, 所以在磨序加工的同时要进行表面抛光以提高加工质量。

中心孔加工找正的原则: 将两端主轴颈中心孔的连线作为坐标系的 Z 轴, 始终与两端面的 xy 平面垂直, 两端

面对应曲拐颈中心孔的连线始终平行于 Z 轴, 且两端面对应曲拐中心孔的位置与 X 轴及 Y 轴的距离保持相同。

曲轴加工路线工艺见下表。

4 结语

通过上述实例总结出编制机械加工工艺要经历 4 个重要的阶段:

(1) 审图。读懂图纸, 充分了解图中的特点信息;

(2) 工艺分析。对图纸信息进行分析, 在考虑成本及加工能力的前提下确定重点内容加工的可行性方案, 方案可能不唯一, 多选方案综合比较;

(3) 确定核心工艺。通过工艺分析, 多方案对比, 明确低成本且重点内容加工不易出现质量问题的最优工艺方案作为工艺核心, 可制订核心工艺流程;

(4) 编制工艺文件。明确了核心工艺, 便可按图纸制订完整的工艺路线, 编制正式的机械加工工艺文件了。

经过这 4 个阶段, 可最大程度的提高机械加工工艺编制的质量, 使第一次实施编制的工艺实现低成本且高质量成为可能, 从而实现工艺成本最优化的目标。

参考文献:

[1] 陈家芳, 顾霞琴. 典型零件机械加工工艺与实例 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2010.3.