

大梁总装液压顶升装置设计与试验研究

郑光洪 封黎明

(上海振华重工(集团)股份有限公司 上海 201913)

摘要: 本文在传统装置基础上优化设计了一种集装箱岸边起重机(简称“岸桥”)大梁总装液压顶升装置,该装置自带顶升功能,实现了机械化、自动化转型,降低了劳动强度,避免了传统操作模式中高空作业存在安全隐患,实现了高空作业低空化,确保岸桥大梁轨道排装精度,从而保证小车来回运行平稳,确保岸桥小车在频繁作业环境下,长期安全可靠的运行。本文较为详细地进行了顶升难点分析、结构分析和顶升机构选项分析等。

关键词: 部件总装;岸桥大梁;顶升装置

1 大梁总装工艺概述

岸桥作为港口码头的常用装卸设备,随着国际贸易急速增长,码头集装箱装卸频繁,导致岸桥运行小车长时间在大梁轨道上来回移动,小车轨道排装精度是长时间稳定运行的关键要素。

大梁总装以海、陆侧上横梁为基准对前后大梁打激光,水平度及前、后大梁旁弯合格后,方可进行拉杆连接、轨道排装、小车架吊装等后续作业。水平度、旁弯需依靠顶升作业完成,采用常规胎架无法实现构件水平调整,需配备专用的胎架、顶升设备配合作业。具体做法是在大梁底部增加顶升装置辅助顶升,待顶升到位后,施工人员再攀爬至高胎架处摆放枕木、钢板。该操作易导致大梁变形,增加了大梁修复等大量辅助工作,且存在高空作业安全隐患。另外,目前重大型项目逐年增多,总装过程中易造成法兰接触面变形。

针对以上问题,本文提出一体式顶升调节胎架的设计方案来满足现场施工需求。为节省制作成本,其利用旧胎架改制而成。新式胎架主要由底部基础胎架、高强度橡胶垫、顶升装置和其他辅助件构成。新胎架经现场试用效果良好,不仅有效地保证了上横梁法兰接触面的质量,更实现了自动调水平的要求,千斤顶顶升过程中运行平稳,无卡顿现象。新胎架使产品质量、生产效率得到了大幅度提升。该装置外设位移传感器,提供人机交互界面,录入四顶升点调节量后自动调节,操作方便,数据精确。

2 大梁顶升难点分析

大梁为岸桥主要载物体部装任务繁重,机器房、拉杆系统、运行小车和托架小车等安装前均需以海、陆侧上横梁为基准对前后大梁打激光,保证水平度达到 $\pm 3\text{mm}$ 以内,将前后大梁承轨梁中心对齐后,测量大梁对中数据,保证大梁旁弯度 $\pm 5\text{mm}$ 以内。大梁水平及旁弯度调整均借助顶升装置完成,大梁整体重且细长,理想顶升点应在海陆陆横梁处,因此处高胎架缺少顶升功能,为避免高空作业降低操作强度,将顶升点设置在大梁底部。大梁底部为薄壁构件,无法承载大吨位顶升力,顶升时需正对大梁隔板。

3 结构设计载荷与工作过程

3.1 整体结构

大梁总装液压顶升装置主要由胎架本体(包括高强度

橡胶垫、顶升垫箱、导向装置、微调装置、下部底座和垫块等),液压系统(包括千斤顶、液压泵和数显装置等)两部分组成,其结构示意图如图1所示(为便于直观观察,栏杆未显示)。因旧胎架多为改制胎架,胎架形式及规格不一,有三筒、四筒甚至五筒胎架,胎架高度约 $3\sim 3.8\text{m}$ 。胎架的多样性导致通用性差,大梁总装前需挑选同类型胎架使用,并对原有高胎架进行加宽、加高处理。使用前对胎架进行的诸多修改,不仅浪费材料、人工,而且使高空作业也存有极大的安全隐患。新式胎架统一高度 3.5m ,采用承重良好的四筒胎架形式,台面尺寸为 $2\text{m}\times 2.4\text{m}$ 。经现场试用,胎架高度、台面尺寸均满足岸桥总装所需。

胎架台面利用高强度橡胶支座代替枕木:原上横梁法兰与胎架台面之间需垫设枕木,单个胎架枕木使用量为 $4\sim 6$ 件,枕木易损坏,重复利用率极低。新增高强度橡胶支座内含9层加筋薄钢板 3mm ,单块承压 125t 。橡胶支座固定在大梁台面上,长久耐用,极大地减少了原胎架枕木安装人工费。

增加了顶升装置,利用胎架上自带的顶升功能,实现岸桥排装水平调整:顶升装置主要由顶部垫梁、导向装置、基础胎架加强、垫块、液压千斤顶及微调装置组成。随着重大型项目逐年增多,考虑总装偏载及公司设备配置情况,选用 $500\sim 600$ 千斤顶。顶升垫梁、基础胎架加强轻量化设计的同时,参照有限元数据分析,对顶升过程中受力集中点进行局部加强。同时,因顶升过程中小于 10mm 的高低差很难调整,针对此选项设计了微调装置,微调装置采用斜楔式设计,带有自动锁死功能,调整范围为 $0\sim 10\text{mm}$ 。

因公司重大型岸桥项目逐年增多,码头单位面积承载有限,下部底座进行了加宽处理,由 $4\text{m}\times 4\text{m}$ 增大到 $5\text{m}\times 5\text{m}$,在加强基建承载力的同时增加了构件稳定性,减少了构件倾倒风险。

3.2 结构设计载荷

主结构采用承重良好的管结构(螺旋管 800×12),顶升垫箱、下部底座为自制箱体结构,受力集中位置局部加强处理。该装置最大承重量 $N=400\text{ kN}$ 。

3.2.1 顶升垫箱受力分析

上面板根据结构物与胎架接触情况加载 500t 力,千斤

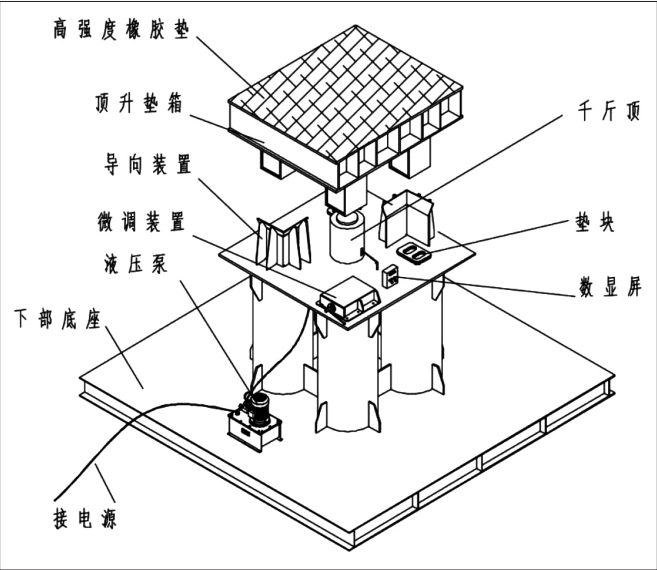


图 1 主体结构示意图

顶位置垫钢板顶升（加约束）。

结论：最大应力 246.6MPa，最大变形量为 1.06mm。钢材材质 Q345B，许用应力为 345MPa，则安全系数 $345/246.6=1.4$ ，满足要求。

3.2.2 下部底座受力分析

千斤顶顶起状态，顶升位置加载 500t 力，胎架底座固定（加约束）。

结论：最大应力 287.6MPa，最大变形量为 1.503mm。

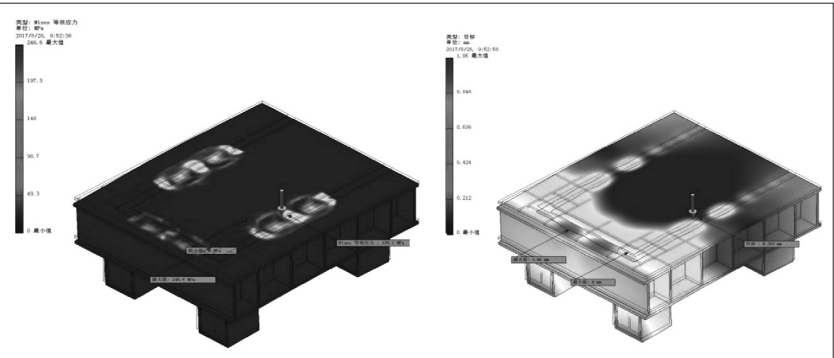


图 2 顶升垫箱整体应力及变形云图

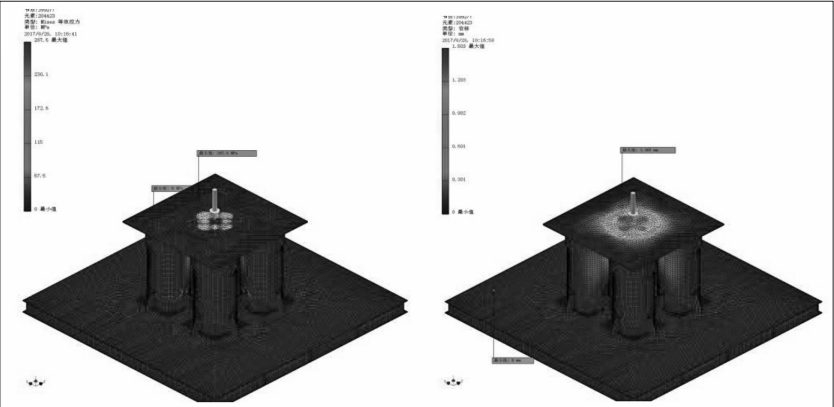


图 3 下部底座整体应力及变形云图

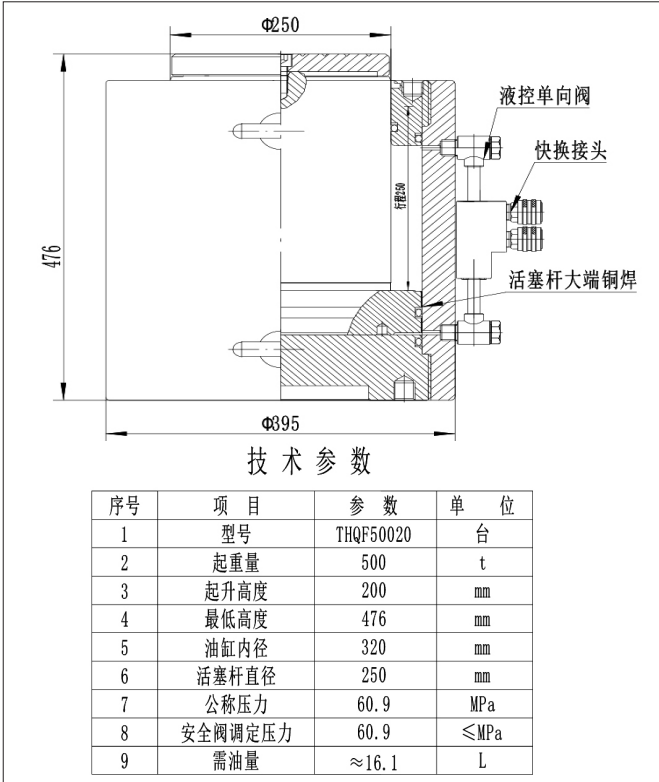


图 4 液压系统选型

钢材材质 Q345B，许用应力为 345MPa，则安全系数 $345/287.6=1.2$ ，满足要求。

3.2.3 液压系统选型

起重力 500t，行程 200mm，工作压力 60.9MPa；油缸材料：40Gr 锻件。

3.3 工作过程

后大梁结构吊至相应的胎架上，注意胎架需与箱体内隔板对筋，复测大梁直线度（旁弯）、承轨梁开档及高低差尺寸，利用大梁总装液压顶升装置进行校正，具体使用步骤如下：

3.3.1 调整液压系统

液压泵接通电源，启动电动机，控制遥控器使千斤顶活塞试运行一来回，待液压泵运转正常后，将液压系统压力设定为无压状态，同时千斤顶回到起始位置。

3.3.2 顶升操作

控制遥控器使千斤顶活塞上行，活塞处设有压力传感器，当千斤顶活塞接触到顶升垫箱底部时，与压力传感器连接的数显器位移归零，活塞自动停位。根据质检测量数据确定四点顶升量，并在控制器上输入顶升数据。注意：当相邻点顶升高低差大于 50mm 时，应交替顶升，避免高低差过大，产生倾斜滑移。

3.3.3 垫块安装

活塞按输入数据上升至指定位置，此时

为构件部装合格状态。因机器房、拉杆系统,运行小车,托架小车等安装周期较长(超过7天),为避免液压系统长时间处于工作状态,影响其使用寿命,需在顶升垫箱及下部支座间隙处铺设垫板。

因顶升过程中小于10mm的高低差很难调整,针对此选项设计了微调装置(见图5),微调装置采用斜楔式设计,带有自动锁死功能,调整范围为0~10mm。另,因顶升垫箱上表面装有高强度橡胶垫(见图6),钢结构与顶升垫箱为非钢对钢接触,无须再次铺设枕木。

3.3.4 作业后整理

垫块安装到位后,控制遥控器使活塞回至原位,关闭液压泵,拆卸电源。待总装作业完成后,按上述步骤再次顶升,取回垫块并妥善保管。

3.4 与传统方案对比

大梁总装液压顶升装置台面加大,高度加高,满足绝大多数大梁总装要求,无需增加辅助垫梁;胎架自带顶升功能,避免了利用辅助装置在大梁底部预先顶升的传统操作模式,操作简单,降低了劳动强度;新胎架主要是保证了产品质量,确保了法兰面质量,法兰面平整变形小,避免了大梁顶升变形;顶大梁过程大梁处于自由状态,释放了部分吊装应力,保证总装后大梁开档变化较小;引进高强度橡胶垫,



图5 微调装置



图6 高强度橡胶垫

减少了枕木、钢板的消耗;引进了微调装置,保证了调整精度。

因避免了大量辅助作业,极大减少了工装、设备的损耗;减少了额外顶升工序,降低了劳动强度;减少了修复工作中因焊接、校火产生的烟尘、废气污染,有利于职工职业病防范;胎架台面高强度橡胶支座可长久使用,施工人员无需爬到胎架台面处铺垫枕木、钢板,消除了高空安全隐患。

4 试验与应用

根据大梁总装调水平要求,总装用3.5m顶升胎架制作完成后,于2018年11月21日在土耳其1002000019项目上进行了试用,经现场验证,该胎架满足总装要求。现场试验时,千斤顶顶升高度100mm,顶升过程平稳,无卡顿现象。试验结束后发现胎架上部垫箱出现海陆侧方向位移现象,经分析为大梁组件吊装过程中因吊装夹角产生的水平应力无法释放,千斤顶顶升时支腿悬空,千斤顶与垫箱底部间的摩擦力不足以克服水平应力,故垫箱滑移,支腿靠向导向支座。

5 结语

当前的方案已基本实现自动化,但智能化程度有所不足,且在同步方向有所欠缺,在后续的改进中可以考虑采取PLC同步顶升方案。

PLC同步顶升系统根据位移、压力传感器反馈来控制各种大型、重型或复杂结构的起降定位,适用于任何重量分布的构件。同步顶升可减少因各项顶升点之间重量分布不均或负载变化导致的弯曲、扭曲或倾斜。由1台PLC控制器监视每个顶升点的位移和负载,通过改变每个顶升点的液压流量,系统可保持高精度的位置控制。这种控制系统在负载位移出现偏差时不需要人工干预,维持了结构上的完整性,还可以提高顶升操作的生产率和安全性。

本文基于对岸桥大梁总装水平调节流程的研究,设计了一种液压顶升装置,实现了自动化生产,并保证了产品质量,降低了劳动强度,提高了工作效率,实现了“高空作业低空化”,消除了安全隐患。该装置在进行了较为广泛的推广及使用后,取得了良好的经济效果。

参考文献:

- [1] 李刚.从安全和质量角度谈高空作业低空化——岸桥部总装流程优化研究及应用[J].机械工业标准化与质量,2017(09):53-56.
- [2] 张氢,翟金金,洪颖,秦仙蓉,孙远韬.基于高级体系结构的大型岸桥结构设计系统研究[J].中国工程机械学报,2019,17(06):529-535.
- [3] 林超.岸桥加高技术的应用及分析[J].中国港口,2019(12):58-60.
- [4] 田斌,李毅.钢结构施工实例计算[M].北京:中国铁道出版社,2013.
- [5] 刘鸿文.材料力学(1)[M].5版.北京:高等教育出版社,2009.

作者简介:郑光洪(1985.10-),男,汉族,湖南怀化人,工程师,研究方向:岸桥辅助工艺装备设计。