



液压顶升电动台车驮运大型沉箱创新设计

黄建生, 余东华, 黄宇朗

(中交四航局第五工程有限公司, 福建 福州 350003)

摘要: 为了解决现有大型沉箱出运所存在的问题, 设计了液压顶升电动台车 YDTC4600, 并对该电动台车的水平驱动系统和液压顶升系统进行计算分析。结果表明: 电动台车 YDTC4600 的水平驱动系统和液压顶升系统满足驮运 4 600 t 大型沉箱的受力要求, 该电动台车设计安全、合理, 可为类似台车的进一步研发提供参考。

关键词: 电动台车; 液压顶升; 驮运; 大型沉箱

中图分类号: U 655.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)09-0173-04

Innovative design of large-scale caisson shipped by hydraulic-push lifting and motor-driven bogie

HUANG Jiang-sheng, YU Dong-hua, HUANG Yu-lang

(The Fifth Engineering Company of CCCC Fourth Harbor Engineering Co., Ltd., Fuzhou 350003, China)

Abstract: In order to solve problems in shipping technology of large-scale caisson, we design the hydraulic-push lifting and motor-driven bogie YDTC4600 and analyze the horizontal driving system and hydraulic-push lifting system for it. The results show that the horizontal driving system and hydraulic-push lifting system of YDTC4600 can meet the requirements of the force carrying 4 600 t large-scale caisson. The design of motor-driven bogie YDTC4600 is reasonable and safe and it may serve as reference for further research and development of similar bogies.

Keywords: motor-driven bogie; hydraulic-push lifting; shipping; large-scale caisson

随着国际航运的发展和大型远洋船舶的应用, 对码头结构及其前沿水深要求不断提高, 沉箱尺寸和质量也随之不断加大, 现有大型沉箱出运工艺主要有气囊出运和轨道出运两种方式。然而, 许多工程实践表明: 前者劳动强度大, 使用劳动力多; 后者沉箱从预制场移动到半潜驳需卷扬机牵引或千斤顶顶推, 或者台车随沉箱上驳下潜易受海水浸泡。本文结合工程实例, 介绍中交第四航务工程局有限公司设计的液压顶升电动台车 YDTC4600。该台车主要是把动车组的理念应用到工程实例中, 在台车内安装电动水平驱动系统, 使台车变成动车, 采用电机同步控制电路, 使多台动车共同牵引、同步移动, 大型沉箱水平

移动无需卷扬机牵引或千斤顶顶推; 同时, 在台车内安装液压顶升系统, 解决了台车与沉箱结合及分离的灵活转换, 避免台车随半潜驳下潜遭受海水腐蚀, 提高了台车的使用效率和寿命。

1 电动台车 YDTC4600 的主要设计参数

电动台车 YDTC4600 由主动台车、被动台车、液压顶升系统、水平驱动系统和电控系统等组成。在沉箱的底部两侧分别布设一列台车, 用以驮运沉箱的水平移动。每列台车由 4 台主动车和 3 台被动车组成。两列台车中心距离为 8 m, 分别行驶在两平行的轨道上, 下卧轨道间距为 0.8 m (图 1)。主动台车水平驱动系统含电动机、变速箱

收稿日期: 2014-02-16

作者简介: 黄建生 (1960—), 男, 高级工程师, 主要从事港口工程施工技术管理工作。

和齿轮传动等动力系统,带动整个台车行走;被动台车自身无动力,由主动台车牵引行走。台车上设置含 48 台 120 t 千斤顶的液压顶升系统,可顶升或降落沉箱。电控系统控制台车启动、停止及前进、后退。根据半潜驳的性能、参数和沉箱的尺寸、质量确定台车设计参数:台车额定承载能力 46 000 kN,主动平车最大外形尺寸 2 700 mm × 1 400 mm × 595 mm,被动平车最大外形尺寸 4 355 mm × 1 200 mm × 595 mm,千斤顶最大起顶能力 48 × 120 t,行走电机功率 16 × 3 kW,台车横移速度 1.34 m/min,适应纵坡 ≤ 3‰,车轮许用轮压 565 kN,选用轨道 QU120 钢轨。

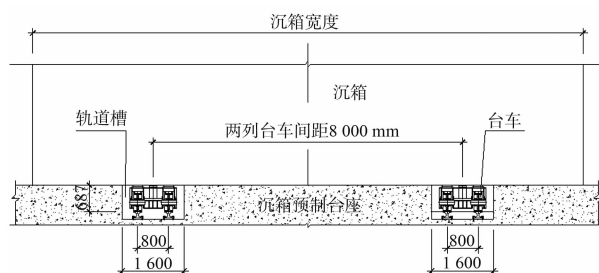


图1 电动台车驮运沉箱横剖面图

2 电动台车 YDTC4600 驮运大型沉箱计算分析

2.1 水平驱动系统计算分析

电动台车 YDTC4600 驮运大型沉箱的水平移动由主动台车牵引被动台车行走来实现,主动台车由内置电机驱动。每个台车设计成独立单元,单个台车由 4 对轮子组成,行驶在轨距为 800 mm 的 QU120 钢轨上,单个主动台车内由 2 台电动机驱动,电动机通过变速箱传到齿轮 1,齿轮 1 传到齿轮 2,齿轮 2 传到同轴的齿轮 3,齿轮 3 传给齿轮 4,齿轮 4 与台车轮连在一起。每台电动机带动 4 个轮子运动,主动台车牵引被动台车水平运动。主动台车、被动台车平面图见图 2。

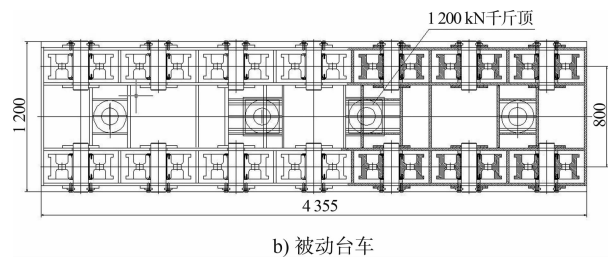
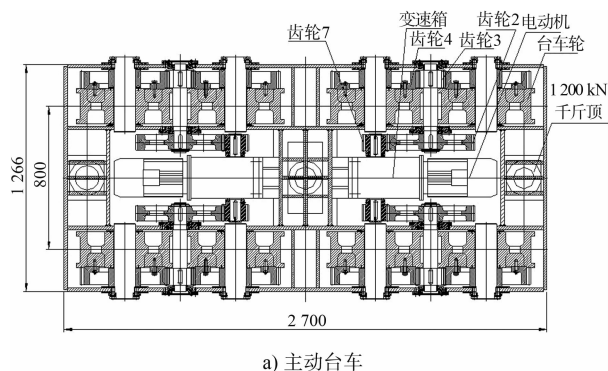


图2 平面图

主动台车配置的电动机一方面需要达到相应的驱动力,同时要使多台主动车能同步行驶。同步行驶采用同步电机,由同步电路实现。电动台车 YDTC4600 水平驱动系统设计采用 16 台 3 kW 电机驱动,下面对电动机的功率进行校核验算。

台车在轨道上稳定运行的静阻力 F_j 由摩擦阻力 F_m 、坡道阻力 F_p 和风阻力 F_w 组成:

$$F_j = F_m + F_p + F_w \quad (1)$$

1) 摩擦阻力 F_m 计算。

$$F_m = (G_1 + G_2) \frac{2f + \mu d}{D} \beta \quad (2)$$

式中: G_1 为台车承载能力 (46 000 kN); G_2 为台车自重 (900 kN); f 为滚动摩擦系数 (0.5 mm); μ 为车轮轴承摩擦系数 (0.08); d 为与轴承相配合处车轮轴的直径 (120 mm); D 为车轮踏面直径 (500 mm); β 为附加摩擦阻力系数, 1.5。代入式 (2) 得 $F_m = 1.46 \times 10^6$ N。

2) 坡度阻力计算。

$$F_p = (G_1 + G_2) \sin \alpha \quad (3)$$

式中: α 为坡度角,当坡度 i 很小时 ($i = 0.003$),在计算中可用轨道坡度 i 代替 $\sin \alpha$:

$$F_p = (G_1 + G_2) i \quad (4)$$

得 $F_p = 1.38 \times 10^5$ N。

3) 风阻力 F_w 计算。

$$F_w = CP_1 A \quad (5)$$

式中: C 为风力系数 (1.3); P_1 为正常工作状态下的计算风压 (7 级风,取 250 N/m²); A 为垂直于风向的实体引风面积 (360 m²)。代入得 $F_w = 1.15 \times 10^5$ N。

台车在轨道上稳定运行的静阻力 $F_j = 17.13 \times 10^5 \text{ N}$ 。

4) 电动机的静功率。

$$P_j = \frac{F_j v_0}{1000 \eta m} \quad (6)$$

式中: F_j 为台车运行静阻力 (N); v_0 为运行速度 (1.34 m/min); η 为机构传动效率; m 为电动机个数。代入得 $P_j = 2.52 \text{ kW}$ 。

5) 电动机的实际所需功率。

$$P_s = K_d P_j \quad (7)$$

式中: K_d 为考虑到电动机启动时惯性影响的功率增大系数。代入得 $P_s = 2.77 \text{ kW}$ 。

故电动台车 YDTC4600 选用 16 台功率为 3 kW 的电机, 功率有足够的富余量。

2.2 液压顶升系统计算分析

电动台车 YDTC4600 上设置的液压顶升系统, 起到沉箱上、落台车的转换作用。该系统由 48 台千斤顶和 4 台液压站组成 (图 3)。千斤顶采用 1 200 kN 双作用千斤顶 D12010, 千斤顶油缸截面积 0.024 m^2 。液压站为 ER245130W-10 型, 最高压力为 55 MPa, 工作压力为 45 MPa, 电机功率为 5.5 kW-4P, 采用卧式安装, 油泵为外置式吸油, 油泵整体尺寸控制在长 3 000 mm, 宽 600 mm, 高 650 mm 以内。千斤顶换向控制采用电磁球阀, 保压控制用单向节流阀, 负载下降采用 A、B 两个油口相通平衡下降 (负载下降时电机停止), 整个顶升过程 4 台液压站共同完成升降动作, 即 1 台液压站带动 12 个千斤顶运动, 上升、下降要求同步。46 000 kN 大型沉箱被 48 台千斤顶 D12010 同步顶升、同时受力。

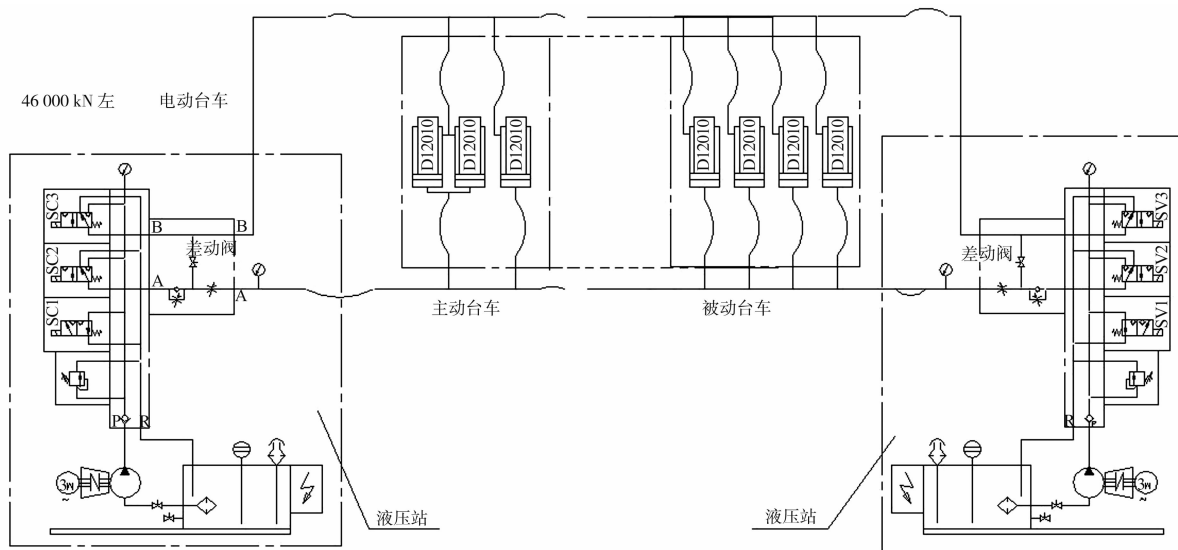


图3 液压顶升系统原理 (左列台车)

单个顶升点受力: $F_d = \frac{G_1}{n} = 9.39 \times 10^5 \text{ N}$ 。

千斤顶油缸截面积为 0.024 m^2 , 顶升时油缸的压力为 $P_y = 39 \text{ MPa}$ 。

千斤顶 D12010 最大起顶能力 1 200 kN, 液压站工作压力为 45 MPa, 故千斤顶及液压站提供的油压满足安全受力要求。

3 工程应用及效果

中交第四航务工程局有限公司从 2009 年开始

设计液压顶升电动台车, 先后在福建、海南多个预制场的沉箱出运中成功应用, 如电动台车 YDTC3600, 在福建湄洲湾港东吴作业区 1[#]、2[#]、4[#]~6[#]泊位工程出运 93 件质量 1 923~3 398 t 沉箱, 取得了良好的效果。福建湄洲湾罗屿作业区 9[#]、10[#]泊位工程 2 834~4 585 t 的沉箱共 46 件, 其中, 规格 21.4 m × 18.08 m × 25.90 m, 质量 4585 t 的沉箱 28 件。为了出运大质量的沉箱, 2012 年在原有电动台车 YDTC3600 经验的基础上,

设计了液压顶升电动台车 YDTC4600。目前,应用台车 YDTC4600 已经顺利完成 28 件 4 585 t 沉箱的出运。福建湄洲湾罗屿作业区处于高潮差海域,沉箱上驳时间易受潮位变化的影响,应用台车 YDTC4600 驮运 4 585 t 沉箱,载重时行驶速度为 1.34 m/min,空载时行驶速度为 2.01 m/min,能有条不紊地组织沉箱上驳,上驳时间准确、可控;该台车驮运大型沉箱与气囊或传统台车出运沉箱相比,具有机械化程度高、需用劳动力少(只需 6~8 人)、安全可靠、施工现场整洁等优点。随着技术的进步、材料强度的提高,该电动台车在类似工程的应用将得到不断的提升。

4 结语

计算分析表明电动台车 YDTC4600 水平驱动

系统、液压顶升系统满足驮运 4 600 t 大型沉箱的要求,设计安全、合理。

电动台车 YDTC4600 顺利驮运 28 件 4 585 t 大型沉箱的工程实例表明:该台车机械化程度高、工效高、作业时间可控、安全可靠。该创新设计,可以为类似台车的研发提供有益的参考。

参考文献:

- [1] 张质文,虞和谦,王金诺,等.起重机设计手册[M].北京:中国铁道出版社,1998.
- [2] 雷天觉,杨尔庄,李寿刚,等.新编液压工程手册[M].北京:北京理工大学出版社,1998.
- [3] 虞莲莲,曾正明.实用钢铁材料手册[M].北京:机械工业出版社,2004.

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 172 页)

应用 Ansys 软件模拟出人孔井、测量塔的挠度分别为 473 mm 和 194 mm。

沉管安装作业条件最大水流流速为 0.8 m/s,极限风速仍取 13.8 m/s,计算方法同上,可得出人孔井上的水流荷载、风荷载分别为 20.958 kN 和 1.329 kN,测量塔上的水流荷载、风荷载分别为 80.478 kN 和 5.104 kN。应用 Ansys 软件模拟出人孔井、测量塔顶端的挠度分别为 725 mm 和 222 mm。

3 添加抱箍结构后的受力分析

由上述计算可知,在沉管安装极限条件下,人孔井、测量塔顶端挠度分别达到近 725 mm 和 222 mm,已相当危险,为保证测量塔、人孔井在浮运过程中的安全以及测量精度,添加刚性的抱箍结构使人孔井与测量塔连接到一块。连接后的人孔井与测量塔可看作一个新的桁架结构,计算出人孔井与测量塔对应上述 4 种工况下的顶端挠度均分别为:171、171、193、221 mm。

增加抱箍结构后,人孔井、测量塔顶端在浮运、安装过程中最大变形分别为 167 mm 和 193 mm。

4 结语

1) 模拟结果具有一定的可靠性,现场实测数据与理论计算相比,误差很小。

2) 抱箍结构行之有效。在连接抱箍结构后,相比较没加抱箍之前,人孔井、测量塔顶端变形明显变小。

3) 本文在计算中忽略了沉管的浮运航速变化、风场变化、沉管晃动等因素对于其受力变形的影响,其更细致更精确的受力分析,仍有待于作更进一步的探讨。

参考文献:

- [1] 沐建飞,潘斌.海洋平台风载荷的分析与计算[J].中国海洋平台,1999,14(1):7-11.
- [2] GD 008—1997 海上拖航指南[S].
- [3] 李润培,王志农.海洋平台强度分析[M].上海:上海交通大学出版社,1992.
- [4] American Petroleum Institute. Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms-Working Stress Design [R]. USA: American Petroleum Institute, 2000.
- [5] JTJ 215—1998 港口工程荷载规范[S].

(本文编辑 武亚庆)