



新型沉箱吊具的设计

孙瑞谦, 潘 滢

(中交一航局第三工程有限公司, 辽宁 大连 116083)

摘要: 目前在沉箱吊装施工中, 大多采用人工穿销工艺。人员需要高空和潜水作业, 效率低、安全风险大。为简化施工, 设计一种可以利用吊船索具钩实现自动开合的沉箱吊具及其吊点, 并应用到实际工程中, 现已完成了200余次吊装施工。可显著提高效率、降低风险、节约成本。

关键词: 沉箱吊装; 吊具; 挂钩; 脱钩; 吊点

中图分类号: U 655.3⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)11-0203-04

Design of new caisson lifting device

SUN Rui-qian, PAN Ying

(No. 3 Engineering Co., Ltd. of CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Dalian 116083, China)

Abstract: When lifting a reinforced concrete caisson, inserting and pulling pins are usually implemented by the manpower, and aerial & diving operation are needed, which is characterized by low efficiency and great danger. To simplify the construction, we design a new lifting point and sling which can fix and unhook by controlling the rigging hook and used in practice for more than 200 lifting operations. It is more efficient while reduces the risk and cost significantly.

Keywords: caisson lifting; sling; fixing hook; unhook; lifting point

钢筋混凝土沉箱作为重力式码头的墙身结构, 是水运工程中常见的大型预制构件^[1]。沉箱安装有浮运和起吊安装两种方法。起吊安装的沉箱受起重船能力制约, 一般体型较小。但起吊安装也有其自身优势: 1) 对预制场地要求不高, 不需要专门台座, 适应在岸壁临时预制场预制的沉箱; 2) 由于吊装施工, 沉箱的安装精度相对较高; 3) 因为可以适应箱顶不出水等特殊要求的沉箱, 因此在沉箱安装工程中应用广泛。传统的沉箱起吊工艺有2种: 一种是预埋吊环起吊, 另一种是穿销起吊^[2]。由于吊环埋在箱口, 尺寸受限, 承载力一般较小, 因此广泛应用的是穿销起吊工艺。穿销起吊一般在沉箱外壁预埋吊孔, 采用销轴穿过吊孔, 用钢丝绳圈连接销轴与吊架, 吊船主钩

钢丝绳连接吊架起吊(图1)。穿销起吊工艺的优点是节约材料, 缺点是由于吊点位置较高(大多在沉箱顶口2~3 m附近)。起吊前, 需要操作人员从软梯爬到销孔位置处进行高空作业插销轴。而沉箱安装后, 销孔位置又低于沉箱顶口2 m左右, 一般在低潮面以下, 需要潜水员水下作业将销轴抽出。存在高空和潜水作业, 风险大, 效率低。因此有必要开发一种能够自动挂钩和摘钩的吊装工具来提高作业效率, 降低施工风险。

威海市金线顶护岸改造工程采用专用的直角吊钩吊具成功起吊260 t的半圆体构件, 此吊具可以自动挂、摘钩, 且可翻转半圆体, 大幅缩短预制和安装工期, 为新型沉箱吊具的设计提供了很好的实例参考^[3]。

收稿日期: 2016-04-12

作者简介: 孙瑞谦(1980—), 男, 高级工程师, 从事港口工程施工。

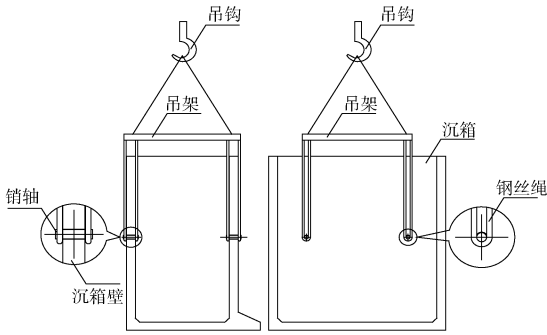


图 1 沉箱穿销吊装

相比半圆体，沉箱往往更重，且沉箱安装后内部需要回填，为防止沉箱内填料流失，吊孔不宜过大，因此限制了吊钩的尺寸和能力。针对其特点，在沉箱吊具设计过程中，采用了最大 8 吊点的方案，结合大吨位吊船结构，将 8 吊点分为 2 组，分别挂于 2 个吊船主钩上，从而增加了吊具的起重能力，扩展了适应性。

1 吊具设计

1.1 设计目标

吊具设计目标是可实现自动挂钩和摘钩，从而免去高空和潜水作业；最大起吊吨位应满足常见的小型沉箱的质量，并与现有常规设备能力匹配，应在 700 t 以上；起吊沉箱宽度覆盖常见小型沉箱的尺度，一般 5~10 m。吊具既属于施工临时结构，又属于起重设备，为保证安全，按照偏严格考虑，参考《起重机设计规范》验算其结构^[4]。

1.2 方案

吊具总体思路参考炼钢厂的钢板卧卷吊具，有 2 个直角的吊钳，可以将成卷的钢板吊起，不需要人工挂钩摘钩。本吊具方案也是利用直角吊钩抓取沉箱，综合考虑尺寸和材料，单个吊钩设计起吊质量为 100 t，4 个吊钩 1 组，挂在 1 个吊船主钩上，2 组可起吊 800 吨级的沉箱。吊具机构分成两大系统：1) 起重系统，功能是承担沉箱自重，并将重力传递到吊船主钩；2) 摘、挂钩系统，功能是实现机械化的挂、摘钩(图 2)。

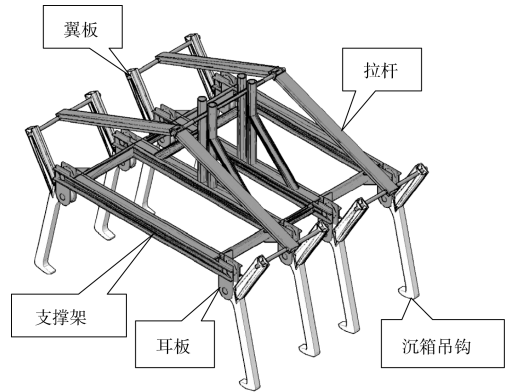


图 2 新吊具结构

起重系统采用主钩钢丝绳通过销轴连接耳板，耳板再通过销轴连接沉箱吊钩的形式，传力路径是：沉箱—沉箱吊钩—耳板—主钩钢丝绳—吊船主钩。

摘、挂钩系统利用索具钩牵引钢丝绳，拉动拉杆带动翼板旋转，实现沉箱吊钩自动摘钩操作；当放松索具钩时，依靠吊钩和翼板转轴的自重可实现自动挂钩。起吊时，吊钩和吊孔之间的摩擦系数按照钢对钢取 0.15，即水平锁定力可达到自重力的 0.15 倍，通常海况下足以防止沉箱脱钩^[5] (图 3)。

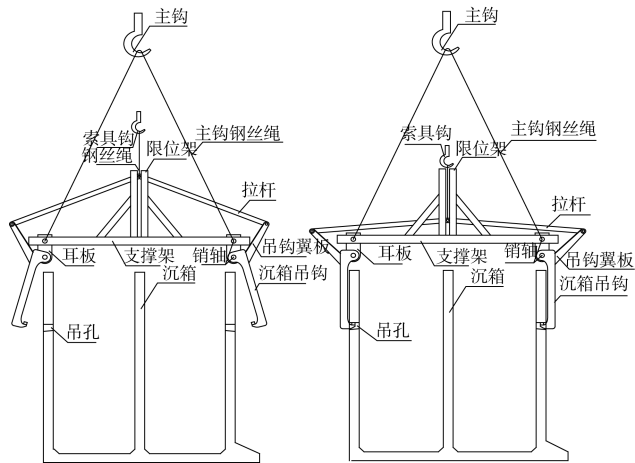


图 3 新吊具工作

1.3 结构

1.3.1 沉箱吊钩

沉箱吊钩是吊具的主要承重构件，吊钩插入吊孔中，承受沉箱自重作用，属于拉弯构件，在转角处产生了较严重的应力集中。为减小应力集

中, 在吊钩转弯处顶面进行了圆弧过渡, 吊钩结构采用有限元软件建立实体模型计算^[6-7], 结果如图 4 所示。

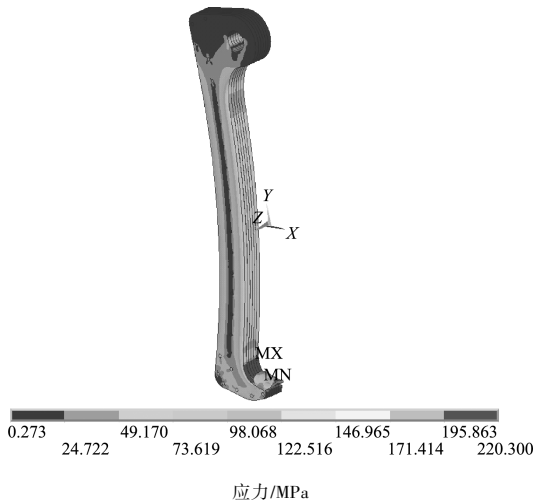


图 4 沉箱吊钩应力云图

沉箱吊钩采用迭片式, 便于加工制作、降低成本。根据《起重机设计规范》规定, 迭片式吊钩强度计算中相应于钢材的屈服点的安全系数不应低于 2.5, 因此选用 Q690D 钢材, 30~40 mm 厚板材的屈服强度为 670 MPa, 计算许用应力: $[\sigma] = 670/2.5 = 268 \text{ MPa} (>220.3 \text{ MPa})$, 满足要求。

穿销吊装时, 销轴外径一般要小于吊孔内径 30 mm 以上才能较顺利穿入, 因此吊孔与销轴之间接触为线接触, 存在较大的局部压应力。新吊具在吊钩上设置了垫块, 垫块的圆弧与吊孔内径相同, 改线接触为面接触。减小了沉箱吊钩与吊孔之间的局部压应力, 通过垫块传递, 也使吊钩受力位置更加明确。

1.3.2 支撑架

沉箱吊钩通过销轴和耳板与支撑架连接, 每榀上支撑架有 4 个沉箱吊钩, 1 套 800 t 吊具采用 2 榀支撑架, 作用是抵抗主钩钢丝绳的水平向分力, 与穿销起吊工艺中的吊架作用相同。因为吊船主钩的钢丝绳一般较长, 所以支撑架受力较小, 按照绳长 15 m, 8 m 宽 8 钩吊 800 t 沉箱计算内力见图 5。

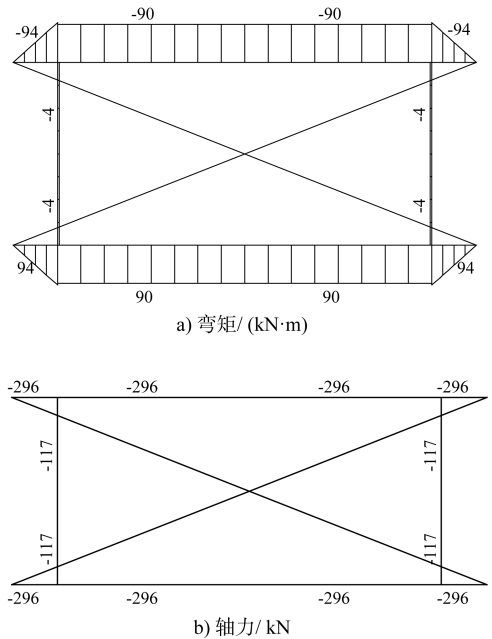


图 5 支撑架弯矩、轴力

支撑架按照平面框架设计, 框架长向杆件采用双 36 a 槽钢间距 28 cm 背扣后焊接小箱梁, 计算其强度和稳定性满足《起重机设计规范》规定, 当沉箱宽度变化时, 只需要调整耳板在小箱梁上的位置即可。短向杆件采用 36 a 槽钢, 与小箱梁等高连接, 在相交处采用节点板连接, 满足弯矩传递要求。

当 2 个支撑架同时使用时, 为防止支撑架相撞和便于定位, 可采用较细杆件将两支撑架连接。因为吊船两主钩有可能不完全同步, 所以要注意杆件端部应有小幅的活动裕量。

1.3.3 其他

其他构件, 如: 耳板、拉杆、翼板和销轴等均参考《起重机设计规范》规定验算。

2 吊孔设计

吊孔的设计既要考虑沉箱吊钩入孔容易, 同时又不能过大, 过大的吊孔对结构产生削弱, 且箱内回填的块石有可能通过吊孔漏出。穿销起吊工艺中, 吊孔内径一般在 20~25 cm, 改换工艺后, 吊孔尺度不应相差过大。

2.1 外形

迭片式吊钩的钩头截面是矩形,与之对应的吊孔形状首选也是矩形,但考虑到吊孔受力较大,矩形孔转角处产生的应力集中有可能引起较大的沿 45° 角方向的裂缝,因吊孔多在水位变动区,腐蚀严重,所以这区间的裂缝对沉箱的耐久性影响较大。为了防止出现这样的裂缝,将吊孔形状改为上圆下方的形状(图6),并通过现场模型试验进行修正,确定了沉箱吊钩能够顺利入孔的最终尺寸。为了防止沉箱内块石泄漏,对吊孔底部采用斜坡处理,使吊孔外侧大,内侧小,小孔端最大尺度28 cm,与穿销工艺相差不多,对沉箱结构影响小。

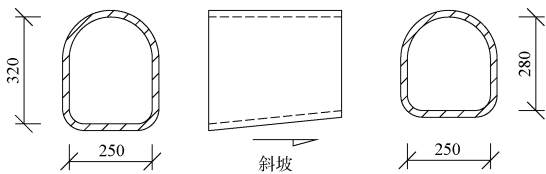


图6 吊孔埋件尺寸(单位:mm)

2.2 结构

吊孔配筋方式参考《水运工程混凝土结构设计规范》中对圆形吊孔的规定,采用吊筋、孔洞加强钢筋和方格网式间接钢筋组合的形式,用有限元软件分析计算吊孔处的应力和裂缝,通过调整配筋使其裂缝满足规范要求。吊孔附近应力分布见图7。

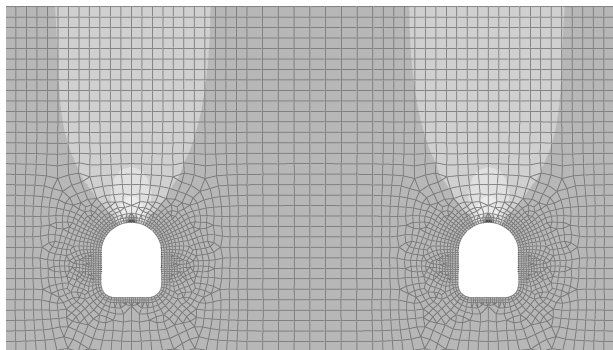


图7 吊孔附近应力分布

3 吊具应用

本吊具第1批加工了3组,其中2组应用到大连泛海金龙湾人工岛项目和大连小窑湾国际商务中心护岸工程,另外1组应用到大连庄河陆岛交通码头工程和辽宁海事局庄河海事监管基地工程上。目前已经完成106个沉箱的装船和安装,共计212次起吊,吊具整体运行良好。

据现场实测统计,吊运8吊孔沉箱的2组吊具同时使用时,从吊具移至沉箱顶面到8个沉箱吊钩完全进入吊孔在8 min内即可完成;单组使用时,4个沉箱吊钩入孔不超过6 min;安装完成后自动脱钩仅需提升索具钩即可,时间可忽略不计。而传统的人工爬软梯插销轴即使各孔同时作业最快也需要1.5 h,潜水员拔销轴耗时则更长,效率提高显而易见。采用此吊具后,沉箱安装效率较传统穿销起吊方式整体提升3~5倍,现场操作人员由16人减少到5人。大幅节约人工和起重船台班,工期效益和经济效益均十分显著。

4 结语

为了解决沉箱吊装传统穿销工艺效率低、风险大的问题,设计了新型沉箱吊具及配套吊点。新吊具可以实现自动挂钩和摘钩,结构和工艺设计简明合理。现场200余次实际应用检验结果表明:该吊具可显著提高效率,降低风险,节约成本。

参考文献:

- [1] JTS 167-2—2009 重力式码头设计与施工规范[S].
- [2] 中交第一航务工程局.港口工程施工手册[M].2版.北京:人民交通出版社,2015.
- [3] 张宝昌,许文杰,付大伟.半圆体翻转与安装多功能吊具[J].中国港湾建设,2011(4):59-62.
- [4] GB/T 3811—2008 起重机设计规范[S].
- [5] 李维荣.五金手册[M].2版.北京:机械工业出版社,2002.
- [6] JTS 152—2012 水运工程钢结构设计规范[S].
- [7] JTS 151—2011 水运工程混凝土结构设计规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)