



应用三维千斤顶精确安装 海上大型预制箱梁施工技术

戴 鹏

(中交一航局第二工程有限公司, 山东 青岛 266071)

摘要: 随着码头建设逐步迈向深水化、外海化, 带动上部预制梁板向大型化发展, 但外海海况恶劣, 传统起重船安装工艺无法保证精度。以青岛港董家口港区 40 万 t 矿石码头为例介绍外海精确安装 500 t 预制箱梁的整套施工工艺, 主要包括采用海上塔吊、三维千斤顶与调梁扁担结合使用等。该工艺的成功实施, 为海上大型预制箱梁的安装开辟了新思路。

关键词: 大型预制箱梁; 起重船; 三维千斤顶; 调梁扁担

中图分类号: TU 753. 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)09-0178-04

Technique for accurate installation of large-scale prefabricated box girder by 3-D jack offshore

DAI Peng

(The Second Construction Company of CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Qingdao 266071, China)

Abstract: The tendency of deep water and offshore wharf construction leads to the enlargement of the upper precast beam slab. However, due to severe offshore conditions, the installation process by conventional rigging boat is insufficient in ensuring accuracy. Taking Dongjiagang 400 000 ton class mining wharf of Qingdao port for example, we introduce a complete set of accurate installation process for 500 t precast box girder at offshore, which mainly includes a combination adoption of offshore tower crane, 3-D jack and beam-adjustment lever.

Keywords: large-scale precast box girder; rigging boat; 3-D jack; beam-adjustment lever

船舶大型化是全球低碳经济发展的趋势, 它推动港口建设迈向深水化、外海化, 带动上部预制梁板向大型化发展, 但外海施工海况恶劣, 传统起重船安装梁板的工艺很难保证安装质量与效率。青岛港董家口港区 40 万 t 矿石码头距岸 3 km 地处外海属沉箱独立墩梁板式结构, 码头长 510 m、宽 40 m, 前沿水深 25.5 m, 共 14 跨, 每跨 12 榀后张预应力箱梁, 质量最大达 500 t (25.8 m × 3.78 m × 2.5 m)。工程施工中把三维千斤顶技术引入到海上箱梁的安装, 与传统起重船安装工艺互补, 同时与自行设计制作的调梁扁担相结合, 有效解决了上述技术难题, 为类似工程提供参考。

1 前期准备

1.1 确定箱梁安装工艺

JTS-257—2008《水运工程质量检验标准》^[1]中要求“码头预制梁板安装偏差为: 轴线位置 10 mm, 支座中心偏位 10 mm, 支座高程 5 mm。外海传统的起重船安装偏差 50 ~ 100 mm, 且受海况影响大, 效率低, 如反复精确安装, 易碰损箱梁的盆式支座。经过反复研究调查后, 把三维千斤顶引入到安装中, 起重船先把箱梁放在支座上, 然后用三维千斤顶立顶把箱梁顶起通过横、纵移顶微调, 合格后卸载, 见图 1。

收稿日期: 2015-01-14

作者简介: 戴鹏 (1982—), 男, 工程师, 从事港口与航道工程施工与管理。



图 1 三维千斤顶

1.2 工艺优化

1.2.1 起重船吊装箱梁方案的优化

箱梁的起吊用一航局“起重 11”双主钩，单钩最大起吊质量 250 t，吊高 60 m。用钢丝绳交叉挂法代替传统的吊架起吊方式，其中考虑钢丝绳均匀受力用铅封压制接头代替传统的人工插编接头，机械下料长度误差 10 mm；通过加长钢丝绳长度，减小箱梁预埋吊点水平方向的分力。如图 2，用 8 根 $\phi 90$ mm 钢丝绳，4 长 (35 m) 4 短 (34 m)，其中 1、2 吊点用 34 m 长钢丝绳挂吊钩外侧，5、6 吊点用 35 m 长钢丝绳挂吊钩内侧，其余 4 个吊点挂法相同。按 6 点受力计算。根据几何关系计算得 $H = 32\,397$ mm， $\alpha_1 = 72.34^\circ$ ， $\alpha_2 = 67.77^\circ$ ；箱梁质量 500 t，单钩吊力 2 500 kN，3 点受力，钢丝绳承受的最大竖直方向分力 $F_{\max\text{竖}} = 833.3$ kN，1、6 沿钢丝绳轴线方向受 $F_1 = F_{\max\text{竖}} / \sin 72.34^\circ = 874.5$ kN， $F_6 = F_{\max\text{竖}} / \sin 67.77^\circ = 900.2$ kN；钢丝绳最小破断拉力 473 t，安全系数 $n = 5.3$ ，满足使用要求。

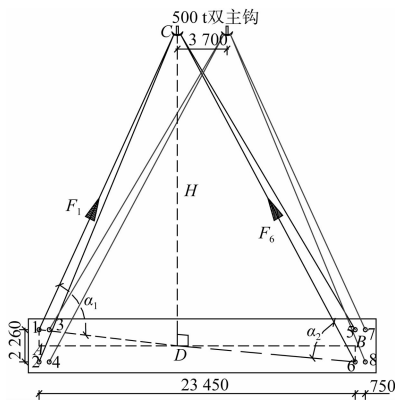


图 2 箱梁 8 点吊钢丝绳交叉挂法 (单位: mm)

1.2.2 设计方案的优化

- 1) 桥台的设计优化。总宽度减去支座基础宽度后，外侧剩余净宽需大于千斤顶的宽度即保证千斤顶的放置空间。盆式支座基础设计优化：整个基础总高度要 35 cm 以上，因千斤顶净高 30 cm，立顶范围 0 ~ 8 cm。
- 2) 混凝土强度的设计优化。单个 200 t 千斤顶，顶 $\phi 200$ mm，通过垫 30 cm $\times$ 30 cm $\times$ 3 cm 厚钢板扩大受力面积，按千斤顶最大顶力计算混凝土的最低强度： $P = F/S = 22.22$ MPa，设计强度 C40，满足要求。

2 三维千斤顶配调梁扁担微调箱梁施工

三维千斤顶放在箱梁底微调时，操作空间的高度小且操作位置在墩台海侧，整个施工不便。在施工中，经过总结摸索对工艺进行改进：结合墩台的上部结构施工，把建筑用的塔吊工艺引到海上，箱梁调整先设计加工两个扁担，用塔吊把扁担安装在箱梁吊点上，三维千斤顶在梁顶面以相邻箱梁做支承面，将待调箱梁顶起，然后调整到预定位置。调梁扁担工艺把梁底施工转移到梁顶，简明了施工过程，但边梁调整必须在梁底。

2.1 调梁扁担的设计与制作。

调梁扁担由上拉固定螺栓和扁担组成 (图 3)。上拉固定螺栓用 $\phi 90$ mm 圆钢制作，其长度根据扁担型高与吊环弯曲高度、双螺帽高度确定，在顶面圆钢截面上立焊 $\phi 40$ mm 螺丝帽用做吊装用。扁担用 63#C 双拼工字钢加工 (规格尺寸 630 mm $\times$ 180 mm $\times$ 17 mm，141.89 kg/m)，在上拉螺栓开孔和千斤顶顶升位置焊 30 mm 厚钢板加强，同时在扁担两端安装活动支腿，千斤顶工作时支腿离地，不工作时支腿支撑，以便撤出千斤顶和拆卸上拉螺栓。

在设计调梁扁担时要进行强度验算，计算双拼工字钢受力下的弯曲应力和挠度变形。扁担主要承受两端千斤顶的上顶力 $F_{\text{顶}}$ 与中间两侧的上拉螺栓的下拉力 $F_{\text{拉}}$ ，竖直方向上受力平衡： $2F_{\text{顶}} = 2F_{\text{拉}} = G_{\text{梁}}/2 = 2\,500$ kN，即 $F_{\text{顶}} = F_{\text{拉}} = 1\,250$ kN。调梁扁担受最大弯矩处在两个力 $F_{\text{拉}}$ 作用位置 (B、

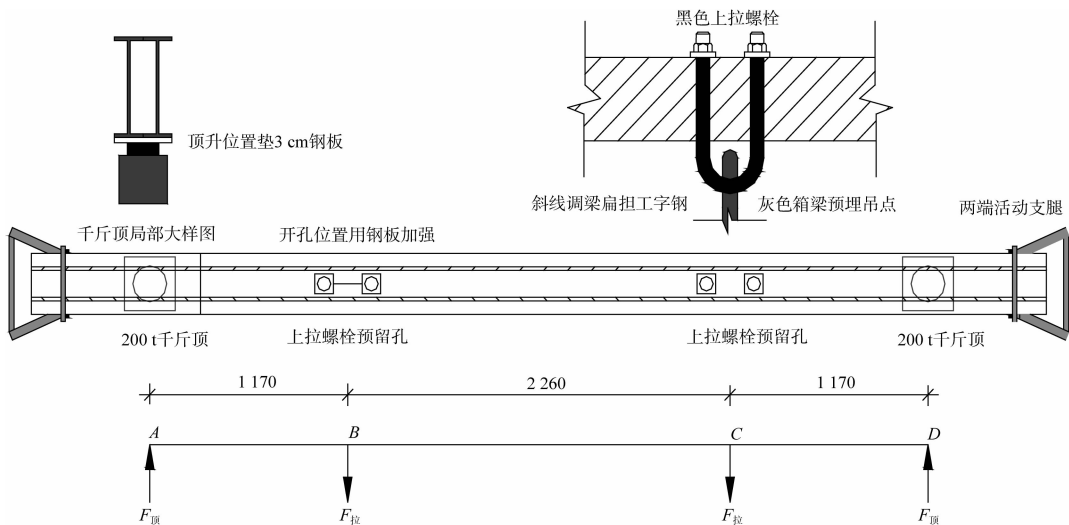


图 3 调梁扁担设计与工作受力

C 点), $M_{\max} = F_{\text{拉}} L_{AB} = 1\,462.5\text{ kN}\cdot\text{m}$, 其中 BC 段梁弯矩与 B、C 点相同。63#C 工字钢截面参数 $\omega_x = 3\,248.9\text{ cm}^3$, 工字钢使用时双拼, 截面参数乘 2。

$\sigma = M_{\max} / (2\omega_x) = 112.5\text{ MPa} < [\sigma] = 215$, 调梁扁担使用 63#C 双拼工字钢的抗弯满足使用要求。

计算挠度是否满足要求, 先按单根计算, 计算手册查表工 2 字钢 $E = 210\text{ GPa}$, $I = 102\,339\text{ cm}^4$: $v_{\max\text{挠度}} = [F_{\text{拉}} AB / (24EI)] (3AD^2 - 4AB^2) = 0.02\text{ m}$, 以上按单根计算, 双拼工字钢挠度变形减半即调梁扁担整体变形 $v = v_{\max} / 2 = 0.01\text{ m}$; 挠度变形小, 不影响千斤顶的使用。

2.2 工艺流程

在箱梁底部调整位置工艺比较简单, 只要保持三维千斤顶同步即可。三维千斤顶配合调梁扁担的工艺: 放线竖上拉螺栓与放置三维千斤顶底座→安装调梁扁担→调整立顶顶起箱梁→微调横、纵移镐→调整到位→同步缓慢卸压→移到下一待调箱梁位置。

2.3 操作要点

1) 放线竖上拉螺栓与放置三维千斤顶底座。

沿待调箱梁吊鼻中心放线, 用槽钢加工的简易马凳把上拉螺栓穿过箱梁预埋吊点放垂直, 调整上拉螺栓中心距到理论值; 三维千斤顶分别放置在相邻箱梁上预定位置, 其支承面要平整, 不

能局部受力。

2) 安装调梁扁担。

三维千斤顶与上拉螺栓按要求放置后, 用塔吊安装扁担, 接着微调上拉螺栓与箱梁吊鼻的位置, 使两者竖直方向中心线必须在同一直线上, 准确无误后拧紧上拉螺栓, 使各上拉螺栓均处于受力状态 (图 4)。



图 4 安装调梁扁担

3) 三维千斤顶调梁。

千斤顶顶升压力表要同步递增; 去除扁担挠度变形, 箱梁被顶起 2~3 cm 后, 可以调整位置。注意移动镐在工作时, 移镐座底面与支承面不应产生位移, 并始终保持水平工作状态; 4 台千斤顶同时工作时, 各顶的垂直和水平位移作业应保持同步, 以防产生重物倾斜、滑移现象。

4) 微调横、纵移镐, 调整箱梁位置 (图 5)。水平顶推重物时, 反复掀动顶推手压泵手柄加压

可使横移顶（或纵移顶）活塞杆顶出推动立顶，使重物水平移动到预计位置。位移要缓慢分多次进行，每次位移 1~2 cm。



图 5 调梁

5) 千斤顶卸压。立顶在承受重物时卸压操作应缓慢进行，不允许快速卸压；多台联动工作时应注意同时卸压，以防发生意外事故。操作时松开手压泵卸荷开关便自动回位。

3 结语

1) 三维千斤顶安装箱梁施工工艺满足施工要求，尤其是调整后的质量精度高。传统工艺安装偏差为 ±50 mm；该工艺安装偏差为 ±10 mm，满足规范要求。

(上接第 177 页)

4 结论

1) 通过解读卡塔尔法律法规及相关工程项目规格书对降排水施工中的要求和标准，为后期国内建设单位在中东地区进行相关建设施工中应注意的当地建设施工环保要求。

2) 根据多哈新港的挖入式港池的施工具体情况，对降排水施工设计进行优化，设置 3 个沉淀池系统 A、B、C，其中 A、B 系统为永久沉淀池系统，C 为临时备用沉淀池系统。2 个永久沉淀池系统交互使用，每个系统均含有 2 个沉淀池。

3) 对单个沉淀池进行优化设计，沉淀池长宽分别为：A(140.0 m, 30.0 m)；B(110 m, 25.0 m)；C(105.0 m, 20.0 m)，有效水深均为 2.5 m。

4) 对沉淀池的排水口进行优化设计。

2) 工艺安全性高。起重船只是粗略安放，加上本工艺施工人员是在梁顶作业，调整箱梁用的辅助吊机是陆上塔吊工艺，安全性较高。

3) 工艺的经济性好。用铅封压制接头钢丝绳代替吊架吊装箱梁，节约吊架制作费用；同时使三维千斤顶配调梁扁担工艺微调箱梁，可让起重船在一次落钩完成粗略安装箱梁，一般海况下能施工，节省了起重船和箱梁运输船的台班费，缩短了工期。

4) 工艺的适用范围广。本工程的成功实践，可使该工艺推广应用到码头建设中各种构件的精确安装，同时可以广泛应用到路桥、高铁等各种施工领域。

5) 工艺存在的问题。因把三维千斤顶调梁工艺由梁底施工转移到梁顶施工，配合使用的调梁扁担较重，要用小吊机吊装。类似工程施工前，根据调梁扁担的质量，预先准备小吊机。

参考文献：

[1] JTS 257—2008 水运工程质量检验标准[S].
[2] 江正荣. 建筑施工计算手册[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.

(本文编辑 武亚庆)

参考文献：

[1] 蒋定国, 龙军飞, 刘 伟, 等. 多层地质结构条件下基坑开挖降排水设计与施工[J]. 施工技术, 2010, 41: 34-36.
[2] 夏新瑞, 陈小利, 乐业清. 数字模拟技术在多哈新港项目地下水排放环保控制中的应用[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2014(9): 20-23.
[3] Wang Y, Zhou J, Hu Z F, et al. Case study of informative construction in super deep foundafion excavation[J]. Rock and Soil Mechanics, 2004, 25(10): 1 647-1 650.
[4] 王曙光. 深基坑支护事故处理经验录[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
[5] 武科, 高振洲, 高涛, 等. 海控国际广场岩石地基高水位深基坑降排水施工技术[J]. 施工技术, 2011, 40: 104-106.

(本文编辑 郭雪珍)