

毛里塔尼亚友谊港清淤和挡沙堤项目 气囊出运沉箱施工要点

方毅

(中交疏浚(红河)有限公司, 云南红河哈尼族彝族自治州 662200)

摘要: 本文结合援毛里塔尼亚友谊港清淤和挡沙堤项目沉箱出运安装施工过程, 分析了对气囊的选用、牵引系统的确定、沉箱移运过程中的纠偏要点问题, 为日后沉箱重力式码头施工提供借鉴, 以便达到良好的施工效果。

关键词: 挡沙堤; 沉箱; 沉箱出运; 沉箱安装; 气囊; 牵引; 移运; 纠偏

中图分类号: U655 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0105—03

1 工程概况

友谊港位于毛里塔尼亚首都努瓦克肖特南约 15km 处, 位于大西洋东岸线的中部, 海上陆路交通便捷。援毛里塔尼亚友谊港挡沙堤及清淤项目包含新建挡沙堤和清淤两项单项工程。挡沙堤工程单项工程在 3# 泊位东部, 防波堤折角处向 WNW 方向建设 257m 挡沙堤, 与现有防波堤过渡采用斜坡堤结构, 长约 42.15m; 其余直立段采用 14 个独立沉箱组成沉箱重力式结构, 长 214.85m。单件钢筋混凝土矩形沉箱重 1700 吨, 外型尺寸(L*B*H): 17.6m(长)×15.3m(宽)×13.2m(高)。这些大型沉箱在专业的沉箱预制场预制、陆上气囊托运至沉箱出运码头前沿进入浮船坞、由浮船坞运至下潜区域进行储存和出运安装, 气囊移运沉箱施工技术是现阶段较为成熟的施工工艺, 此成套工艺应用较为广泛。本文从援毛里塔尼亚友谊港清淤和挡沙堤项目沉箱出运施工中总结出气囊的技术参数选择方法, 重点对气囊的选用、牵引系统的确定、沉箱移运过程中的纠偏要点问题进行探讨。

2 气囊技术参数选择

2.1 气囊直径的选择

随着大型沉箱在重力式码头中应用越来越多, 使用气囊移动沉箱的技术越发成熟。在选择使用气囊进行沉箱移动时, 不仅要考虑安全性, 更要兼顾其经济性。根据毛里塔尼亚友谊港 4#、5# 泊位建设工程、赤道几内亚巴塔港改扩建工程等工程中沉箱移运施工的实践经验, 选择直径 $D = 1000\text{mm}$ 的气囊来进行沉箱移动运输, 其技术较为成熟, 操作安全性高, 成本适中, 配套设备如空气压缩机、充气管、连接件、压力

表等在市场上保有量较大, 容易采购。

2.2 在不同工作状态气囊高度的选择

预制沉箱底胎采用掏砂工艺。沉箱底胎高 250mm, 四周分别采用 22#、25# 槽钢做围挡, 中间设 $200 \times 250\text{mm}$ 木枋做支撑, 间距 2600mm。底胎内部填砂后浇水、振实。顶部铺设一层竹胶板表面再铺一层纤维板。在使用气囊顶起沉箱时, 气囊的工作高度按 30cm 进行控制, 以方便撤除底模型钢和垫木的同时, 也有效保证了施工人员的安全。

平移沉箱时为防止沉箱由于惯性前冲对构件造成破坏, 将沉箱重心往沉箱行进相反方向适当后移, 即: 沉箱行进方向第一个气囊距地面高约 60cm, 沉箱行进方向最后一个气囊由于缓慢排气, 距地面高约 30cm, 沉箱前后高差约为 30cm。在计算气囊的工作压力时, 气囊的平均工作高度按照 40cm 进行控制, 此状态下进行沉箱移运, 沉箱的重心低, 稳定性高, 沉箱移运过程安全有保障。

2.3 气囊长度的计算

气囊的承载面长度和气囊的公称直径是决定选用气囊长度的依据, 气囊的承载面长度受沉箱的底板尺寸影响, 计算气囊长度时按气囊在沉箱安放方向进行, 与此同时, 需要考虑气囊圆锥头伸出沉箱外的部分不应过长, 一般外伸长度按稍大于气囊直径进行控制。

气囊长度的计算公式为: $L=L_0+2 \times 0.866D$

式中: L 为气囊总长度 (单位为 m); L_0 为气囊承载面长度 (单位为 m); D 为气囊公称直径 (单位为 m)。参见气囊结构示意图 1。

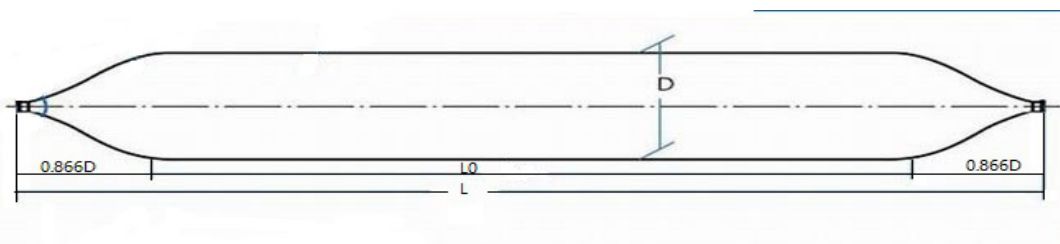


图 1 气囊长度结构示意图

L_0 横移 = 17.6m

L 横移 = 17.6m + 2 * 0.866 * 1m = 19.332m

L_0 纵移 = 15.3m

L 纵移 = 15.3m + 2 * 0.866 * 1m = 17.032m

2.4 计算单个气囊承载力 and 出运沉箱需要的气囊数量

单个承载力计算公式: $Q = P \times S \times 1.03$

公式中: Q 为单个气囊承载力 (KN); P 为气囊内压力 (Mpa); S 为气囊承载面积的投影面积, $S = BL_0$ (m^2); B 为气囊承载力面宽度, $B = \pi (D - H) / 2$ (m); 参见气囊受压断面示意图 2。

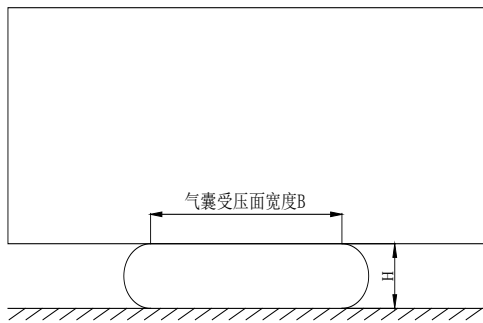


图 2 气囊受压截面示意图

$B = \pi (D_2 - h_2) / 2 = 3.14 \times (1 - 0.4) / 2 = 0.942m$

$S_{横移} = B L_0_{横移} = 0.942 \times 17.6 = 16.5792m^2$

$S_{纵移} = B \cdot L_0_{纵移} = 0.942 \times 15.3 = 14.4126m^2$

P ——气囊内压力超高压气囊由出厂说明书得: 0.5Mpa

单个气囊承载力:

$Q_{横移} = P \times S \times 1.03 = 0.5 \text{ Mpa} \cdot 16.5792m^2 \cdot 1.03 = 8538.288KN$

$Q_{纵移} = P \times S \times 1.03 = 0.5 \text{ Mpa} \cdot 14.4126m^2 \cdot 1.03 = 7422.489KN$

根据所移运沉箱的重量, 并同时考虑气囊的性能和安全系数, 即可计算出移运单个沉箱时所需气囊的数量。

计算公式如下: $N = KG / Q$

公式中 N 为滚动气囊数量 (单位为个); K 为安全系数, K 值一般取值范围为 1.2 ~ 1.3; G 为沉箱的重量 (单位为 KN); Q 为每个气囊的承载力 (单位为 KN)。

$N_{横移} = KG / Q_{横移} = 1.3 \cdot 17000KN / 8538.288KN = 2.58 = 3$

$N_{纵移} = KG / Q_{纵移} = 1.3 \cdot 17000KN / 7422.489KN = 2.97 = 3$

通过计算, 可得出移运沉箱必要的气囊数量 N , 与此同时考虑各个气囊之间互不影响工作的合理净距 (中心距 $A \leq 3m$; 净距 $S \geq 0.5$), 如果沉箱底面尺寸小于计算出的移动沉箱需要的气囊数量 N 在满足各气囊间的合理净距的条件下排列的需要长度, 则建议改用合理数量的超高压气囊。另外沉箱底模尺寸也直接影响气囊数量, 如果计算得出的气囊数量和最小气囊间净距大于沉箱底板的尺寸, 则建议改用部分超高压气囊, 进而减少需要使用气囊的总数量, 使沉箱底部尺寸符合气囊排列合理净间距的需要。在计算超高压气

囊的使用数量时, 还需计算由于使用超高压气囊移运沉箱而造成的移运费用的增加, 对施工效率、安全、成本等多方面因素综合比较, 最终确定超高压气囊的合理使用数量。

由于本工程中沉箱横移时 (沉箱底边宽 15.3m) 按照计算出的使用 3 根气囊, 中心距为 6.25m, 不符合要求。所以在在使用 3 根气囊就可满足沉箱横移安全的情况下增加 3 根气囊, 一共使用 6 根横移气囊 (气囊距沉箱端头 1400mm), 中心距 $A = 2.5m \leq 3m$; 净距 $S = 1.5m \geq 0.5m$, 满足要求。

由于本工程中纵移时 (沉箱底边宽 17.6m) 按照计算出的使用 3 根气囊, 中心距为 7.5m, 不符合要求。所以在在使用 3 根气囊就可满足沉箱横移安全的情况下增加 4 根气囊, 一共使用 7 根横移气囊 (气囊距沉箱端头 1300mm), 中心距 $A = 2.5m \leq 3m$; 净距 $S = 1.5m \geq 0.5m$, 满足要求。

3 牵引系统

牵引系统由正反两面安置的两组卷扬机组成, 沿沉箱前进方向提供牵引力的卷扬牵引系统为正向牵引系统, 正向牵引为沉箱向前移动提供动力, 沿沉箱前进相反方向提供牵引力的卷扬牵引系统为反向牵引系统, 设置反向牵引系统可防止沉箱向前移动过快而造成失稳, 使沉箱保持平衡稳定状态。

3.1 地锚、卷扬机牵引系统

使用 4 套卷扬滑车组 (每套含 1 台 8t 卷扬机和 1 组 $3 \times 6 \times 45t$ 滑车) 分别布置在沉箱的南北两侧进行反拉横移, 前方卷扬机负责牵引 (编号为 1#、3#), 后方卷扬机负责防滑 (编号为 2#、4#)。经计算, 采用 45t 3×6 滑车、45t 卡环及 8t 卷扬机, 安全系数为 1.23, 满足要求。卷扬机对沉箱的牵引速度建议控制在 2m/min 以内, 出运时沉箱将正对浮船坞移动, 横移、纵移的牵引系统 (地锚、卷扬机、滑轮组等) 设置在预制场地面上。

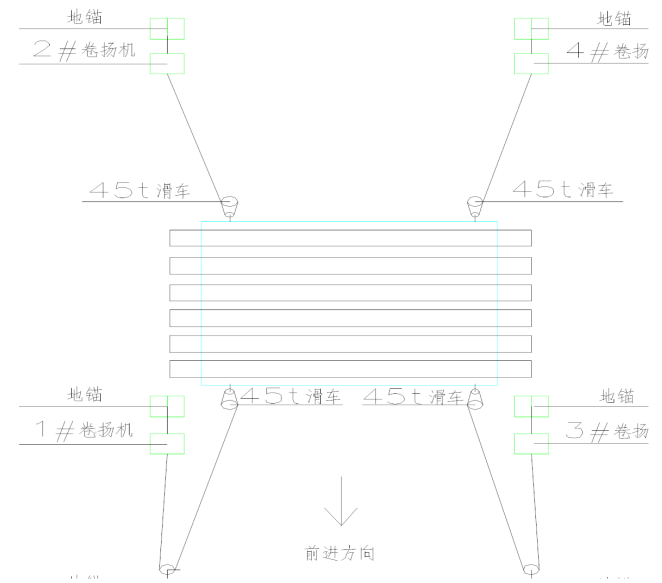


图 3 卷扬机牵引沉箱示意图



3.2 牵引力计算

$$\text{牵引力 } F = (Q\mu + Q \Delta H/L)/n$$

已知：Q=1700t，摩擦系数 $\mu=0.03$ （通过测试得知：气囊在混凝土地面上的滚动摩擦系数接近 0.03），钢丝绳数量（牵引用）n=2，沉箱出运时沉箱底板前后高差 $\Delta H=0.2\text{m}$ 。

$$\begin{aligned} \text{地牛拉力：} F &= (Q\mu + Q \Delta H/L)/n \\ &= (1700 \times 0.03 + 1700 \times 0.2/15.3)/2 \\ &= 36.6 \text{ (t)} \end{aligned}$$

采用 45t3*6 滑车、45t 卡环及 8t 卷扬机，安全系数为 1.23，满足要求。

4 沉箱在使用气囊进行移运过程中的纠偏

在沉箱被卷扬机牵引移动的过程中，因为受牵引力偏心的影响并且牵引系统对沉箱的牵引力很难始终保持平衡状态，所以很难避免发生沉箱在横向和纵向上的偏位情况。在实际控制中，需加强对沉箱偏移量的监控，即：在沉箱向前移动过程中，每当沉箱向前移动 1 ~ 2m，就对沉箱产生的偏移量进行测量，进而采取措施不断地对沉箱实施纠偏，避免沉箱在移动过程中偏移量过大而占用较多施工时间用于纠偏。根据对以往施工经验的总结，下面将逐项说明有效的沉箱纠偏措施。

调整气囊的倾斜度。在沉箱被牵引移动的过程中，把气囊斜着摆放一个适当的角度（根据以往施工经验确定，一般约为 1/40）。根据滚杠搬移的工作原理，在沉箱受到牵引力作用时，沉箱会以气囊中心为原点，产生一个小角度的旋转，从而起到一定的纠偏效果。

调整牵引及防滑 4 台卷扬机的拉力，通过在短时间内调整沉箱的不同受力进行纠偏。在通过调整卷扬机牵引力对沉箱进行纠偏时，指挥人员要以以往的施工经验为依据，实时不间断地监控钢丝绳的松紧程度，保证 4 台卷扬机和与之连接的钢丝绳、连接件等不超负荷使用，确保作业安全。使用这种方法进行纠偏，在沉箱每前进 2 米的过程中可达到 20 ~ 30cm 的纠偏效果。

5 结语

沉箱出运、安装是重力式码头建设中非常重要的一部分，而挡沙堤沉箱安装中较为关键的一个课题就是如何利用现有资源，在保证安全和质量的前提下将沉箱顺利移运至浮船坞上，为后续沉箱安装施工创造有利条件。我们在实践过程中进行了很多尝试，总结出以上沉箱出运施工过程中需要注意的措施要点，为今后类似的工程提供一定的参考！

参考文献：

- [1] 港口工程施工手册 [Z].
- [2] 港工建筑物 [Z].
- [3] JTS167-2-2018, 重力式码头设计与施工规范 [S].
- [4] JTS257-2008, 水运工程质量检验标准 [S].