

Exploration on key Technology of Transportation and installation of large caissons in Coastal Engineering

Tao Zhao

Abstract

China's economy has developed rapidly in recent years, especially the development of coastal cities is changing with each passing day. According to the investigation and research, it is found that most of the cities with high GDP in China are distributed in coastal areas. However, with the rapid development of urban construction, the shortage of land resources also appears. Filling large artificial islands at sea can effectively solve this problem, and at the same time play an important role in the development of urban characteristics. Using large caissons as artificial island cofferdam can effectively reduce the occupied area of sea area, because the large caissons have very high stability, high bearing capacity limit and high durability, which is beneficial to improve the working efficiency. Article This paper makes a further exploration on the transportation and installation of caissons, as well as the technology and application needed in the construction process, so that we can have a deeper understanding of large caissons.

Keywords

large caissons; installation and construction; delivery

沿海工程中大型沉箱出运及安装施工关键技术探索

赵涛

长江重庆航道工程局, 重庆 400012

[摘要] 中国经济近几年来发展十分迅速, 其中尤其是沿海城市的发展可谓是日新月异, 据调查研究发现, 我国GDP比较高的城市大多分布在沿海地区。但随着城市建设的迅速发展, 土地资源的紧缺问题也随之出现, 海上填筑大型人工岛可有效解决这一问题, 同时对城市的特色发展发挥重要作用, 采用大型沉箱作为人工岛围堰可有效的减少海域占用面积, 因大型沉箱具有极高的稳定性, 承载力极限也高, 而且耐用性也高, 有利于提高工作效率。本文就沉箱的出运与安装, 以及在其施工过程中所需要的技术和应用等进行了进一步的探索, 使大家对于大型沉箱有一个更深入的了解。

[关键词] 大型沉箱; 安装施工; 出运

[DOI] 10.18686/gcjsfz.v1i3.517

引言:

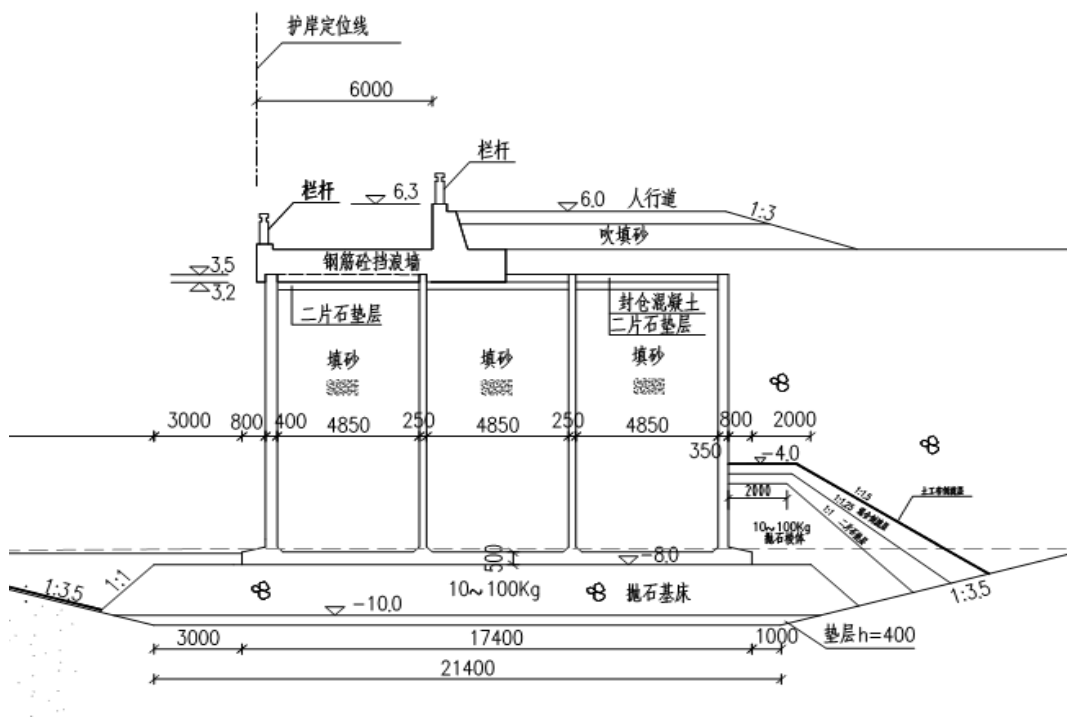
随着设计水平及施工技术的不断提高, 大型沉箱的应用不仅仅局限于沿海港口上项目中, 为更充分利用有限的海域资源、扩大有效海域使用面积, 利用大量的大型沉箱作为填岛项目的围堰, 有效的解决了这一问题, 由于围堰使用大型沉箱的数量巨大, 大量的出运安装过程中, 如何采取有效的施工工艺、提高出运安装效率、保证安装质量是解决这一问题的关键。本文依托沿海某城市建设的大型人工岛项目为依托, 详细阐述大型沉箱的出运、安装工艺。希望能够对我国今后的重力式码头建设项目上带来一定的参考价值。

1 工程概况

该工程规划区域范围为: 东经 $110^{\circ} 24' 18'' \sim 110^{\circ} 28' 50''$, 北纬 $20^{\circ} 06' 14'' \sim 20^{\circ} 07' 22''$, 位于距海岸线最近距离 4.4km 的白沙浅滩, 是中国第一大人工填海造岛工程, 项目全部完成后形成的陆域面积约 697.02 公顷。整个岛体形状呈极富中国传统文化韵味的“如意”形状。总体结构为“一岛、三湾、一泻湖”, 以“打造国际度假旅游品牌产品, 创造世界一流的海岛型休闲旅游度假区”为指导思想, 项目建成后将形成特色品牌。该工程护岸围堰总长为 23.934km, 形成岛体面积约 7.6 平方公里, 除设计沙滩段以外均采用直立式沉箱结构护岸结构形式, 包含各种型号的沉

箱约 1110 个, 其中重量超过 1000 吨以上的大型沉箱达到 556 个, 最大的沉箱重量为 1726 吨。在水工工程中, 是大

沉箱安装数量最多的工程。



2 沉箱出运安装方案比选与确定

2.1 方案比选

沉箱出运安装方案受到施工区域自然环境、运输距离、航道条件以及进度等因素影响, 在以往类似沉箱海上出运安装方案中, 大部分是应用到码头结构中的少量沉箱安装, 且施工区域均为近岸的条件下施工, 如此大的数量的沉箱安装且施工区域又处于外海, 目前还没有可借鉴的施工经验, 而本工程因沉箱预制场征地限制, 能够满足大量沉箱预制的场地仅有一处位于需经过近 1KM 航道方可出海的 200 亩场地。且出海口位置有一道天然的拦门沙坝, 航道回淤严重,

必须不定期对航道进行清挖。因此选择适合本工程的出运安装施工方案是非常必要的。

借鉴类似项目沉箱出运安装方案大致拟定出三种方案进行比选:

2.1.1 方案一: 采用半潜驳运输安装

该方案主要是采用半潜驳在预制场前沿码头位置停靠, 首先半潜驳注水下潜至与码头高程一致位置, 然后采用气囊将沉箱出运到半潜驳上, 再将半潜驳抽水上升后, 由拖轮带拖半潜驳到沉箱安装区域, 半潜驳再注水下沉至沉箱自由悬浮状态, 再牵引沉箱浮游至安装位置, 然后在向沉箱隔舱内注水下沉进行精确定位, 完成安装。

该方案的优点: 1) 由于投入的主要设备为半潜驳, 出运安装成本较低; 2) 通过缓慢注水下沉的方式定位安装, 安装精度也比较容易控制。

该方案的缺点: 1) 在码头前沿半潜驳下潜范围内的港池必须超深开挖, 需增加较大的费用, 同时码头建设费用相应增加; 2) 在安装区域内因需要半潜驳下潜至沉箱处于悬浮状态, 通过计算需要下潜至 11 米深方可满足要求, 由于岛体周围的水深较浅, 需要大量开挖下潜坑, 另外由于浮游

安装距离不宜过长, 按照浮游距离不超过 500 米距离计算, 需要水下开挖近 20 个下潜坑, 施工费用较高; 3) 设计沉箱抛石整平基础一般在-5 米的高程, 通过计算得出的沉箱浮游稳定水深需要-7 米高程, 无法满足浮运安装的要求, 若再增加起重船起吊安装, 成本又将大量增加; 4) 由于施工海域潮位限制, 加之半潜驳安装一个沉箱的周期较长, 每天只能安装一个沉箱, 在考虑有效施工天数, 无法满足沉箱安装进度。



2.1.2 方案二: 采取浮游稳定方式出运沉箱

该方案主要工艺为: 在预制场前沿码头位置停靠一艘 2000T 的起重船, 将沉箱由预制场调运至港池, 通过沉箱自身的浮游稳定悬浮在水上, 再通过拖轮采取绑拖的方式将沉箱拖运到安装位置, 然后再通过往沉箱隔舱内注水下沉后精确定位安装。

该方案的优点: 1) 投入设备主要是一艘 2000 吨起重船和两艘拖轮, 对码头港池区域深度要求比方案一低, 且安装区域不需要开挖下潜坑, 成本基本在可控范围, 2) 通过缓慢注水下沉的方式定位安装, 安装精度也比较容易控制。

该方案的缺点: 1) 浮游托运过程中整个航道深度均需要达到-7 米高程, 航道开挖工程量较大, 主要是出海口位置有一处拦门沙坝, 受季风影响长期回淤, 很难长期满足出运条件, 频繁清淤既影响施工进度又增加成本; 2) 由于大型沉箱高度达到 12 米, 浮游运输存在着较大的安全风险, 加之外海海况较差, 尤其在出海口处横向风速加大, 且沉箱运输路线内途经主航道, 长距离浮游运输存在加大安全风险, 经与海事等职能部门沟通, 均提出对该方案的否定意见。3) 与方案一同样存在着抛石整平基床高程无法满足浮游定位安装的要求。

2.1.3 方案三: 采用起重船吊运的方式出运安装沉箱

该方案的主要施工工艺是: 采用 2000 吨起重船在预制场的码头前沿将沉箱吊离码头起重船后退至港池开阔区域, 下放沉箱至水面高度, 通过调整起重船压舱水的方法调平起重船, 为了减少起重船吃水深度, 可将沉箱落入水中 1-2 米, 借助水的浮力减少起吊荷载及整体的稳定, 保证行驶安全。拖轮编队将起重船及沉箱一同拖运到安装位置后抛锚定位、安装沉箱。

该方案的优点: 1) 解决的港池及出运航道的吃水深度的限制, 经实践验证 4.5 米航道深度即可满足沉箱出运条件, 可顺利通过出海口位置拦门沙坝区域。2) 采取起重船安装沉箱可有效的解决抛石基床高程的限制, 沉箱运输到安装区域可直接下沉就位, 有效缩短安装周期。3) 沉箱精确定位过程中, 发现安装精度偏差过大, 可通过起重船随时起吊提升沉箱后进行二次定位, 减少反复抽水借助浮力提升沉箱的繁琐程序。

该方案的缺点: 每次安装一个大型沉箱, 均需要动用起重船和拖轮等大型海上设备往返于预制场与安装区域, 每个沉箱的安装周期较长。



2.2 出运安装方案的确定

通过以上的方案比选可得出,方案三各项指标均优于前两种方案,主要是可解决出运航道深度限制,减少港池及航道开挖的工程量,有效的大大降低成本,同时通过方案细化,合理把握海况条件杜绝出运时段的海况对出运的安全隐患。对于出运安装效率方面,尽管每次往返周期较长,但该方案定位安装时间相比前两种方案可大大的缩短,每个沉箱安装的周期基本相当。可根据当地涨潮落潮时间段,合理安排好各工序的时间,可有效解决单个沉箱安装周期较长的问题。

通过细致分解各个环节占用时间,每个大型沉箱安装周期计算如下:

1) 预制场抛锚定位,约 30 分钟。2) 沉箱挂钩至吊起沉箱,约 45 分钟。3) 起锚并拖带至安装现场,约 1.5 小时。4) 安装区域抛锚定位,约 30 分钟。5) 沉箱安装定位,正常情况 2-3 小时。6) 解除吊索具,约 15 分钟。7) 起锚并拖带回预制场,约 1.5 小时。

每个沉箱安装的全程需要约 7-8 小时。施工人员分两班作业,只要把握好航道出运的时间段潮位满足要求,每天安装两个沉箱完全可以实现。扣除海况影响,每月有效施工时间内,预计可安装 45 个沉箱以上,满足安装进度要求。



3 沉箱出运安装实施

3.1 沉箱预制场的出运

3.1.1 气囊运输原理:

气囊搬运重物的工作原理与滚筒搬运重物的工作原理基本相同,在重物底部与地面之间垫若干个气囊并充气顶起重物,通过外力牵引重物使气囊向前滚动,从而使重物产生移动,达到搬运重物的目的。气囊与地面为面接触,受力面积大,受力均匀,单位面积受力小,对场地适应性强。

3.1.2 气囊的选择:

选用直径 Φ 1000mm 超高压气囊,出厂检验承压能力为 0.4MPa,正常使用许用压力为 0.4MPa,安全阀限值取值 0.35MPa。考虑沉箱的尺寸,选用有效长度分别为 10m、12m、16m 和 20.0m 四种,施工过程顶升高度取 400mm,工作高度取 350mm。

3.1.3 预制场出运

1) 牵引布置:沉箱脚趾 4 个角点处设置预留插销孔,在插入插销并布置好牵引钢丝后可进行陆上移动。

2) 铺设气囊:每个气囊的轴线与移运方向垂直,沉箱底边用红漆标上气囊就位线,气囊露出沉箱两侧长度相等。

3) 沉箱顶升:利用预先设置的顶升坑安装千斤顶,每个沉箱设 5~10 个 400t 的千斤顶,顶离底座 30cm 左右设置钢支墩,穿入高压气囊充气后撤出钢支墩,完成顶升工作。

4) 系牵引及溜尾钢丝绳:将牵引和溜尾卷扬机动滑轮组与沉箱拉移钢丝绳系好,并启动卷扬机使各钢丝绳刚好处于受力状态,然后稍微放松。

5) 气囊初充气:连接空气压缩机与气囊之间的气管,连接妥当后充气,对气囊充气时做到均匀、缓慢,每条气囊充气压力达到沉箱预定顶升初始压力值时,停止充气。

6) 沉箱出运:检查与调整各气囊的压力值,使气囊高度一致。启动牵引卷扬机组,拉紧牵引钢丝绳,沉箱处于移运临界状态时,暂停牵引,再次检查钢丝绳张紧程度,各滑轮组、导向轮的转动是否灵活,气囊及沉箱平稳情况,同时启动溜尾卷扬机组,使溜尾钢丝绳稍处于松弛状态。当一切处于正常状态时,指挥员指令拉动沉箱缓慢向前移动。移运时,注意观察沉箱平稳和移动情况,同时注意气囊滚动和压力情况,通过调整气压使各气囊高度一致。运行中溜尾钢丝绳跟进,既不与牵引钢丝绳形成对拉,又能限制沉箱前倾。

7) 沉箱摆放:沉箱通过气囊出运到码头前沿后,将提前准备好的枕木均匀布置沉箱底部,气囊缓慢排气至沉箱平稳降落在枕木上,停止排气,观察地面无明显沉降后快速排气,抽出气囊。



3.2 沉箱海上出运方案

3.2.1 施工准备

1) 港池设置:为保证起重船满载时的吃水要求,拟在码头前沿设置 150m*80m 疏浚标高-4 的吊装深水作业区。其它港池区域按-3.5m 设置。

2) 航道情况:根据潮汐表,施工期间的潮位在 0.3-2.6m。港池区的深度为-4m,所以在港池内基本可 24 小时作业。岛体区最浅区域清浅标高-3.5m,起重船的满载吃水为 4.5m,可在潮位 1m 以上时进行安装施工,每天施工时间在 16 小时左右。

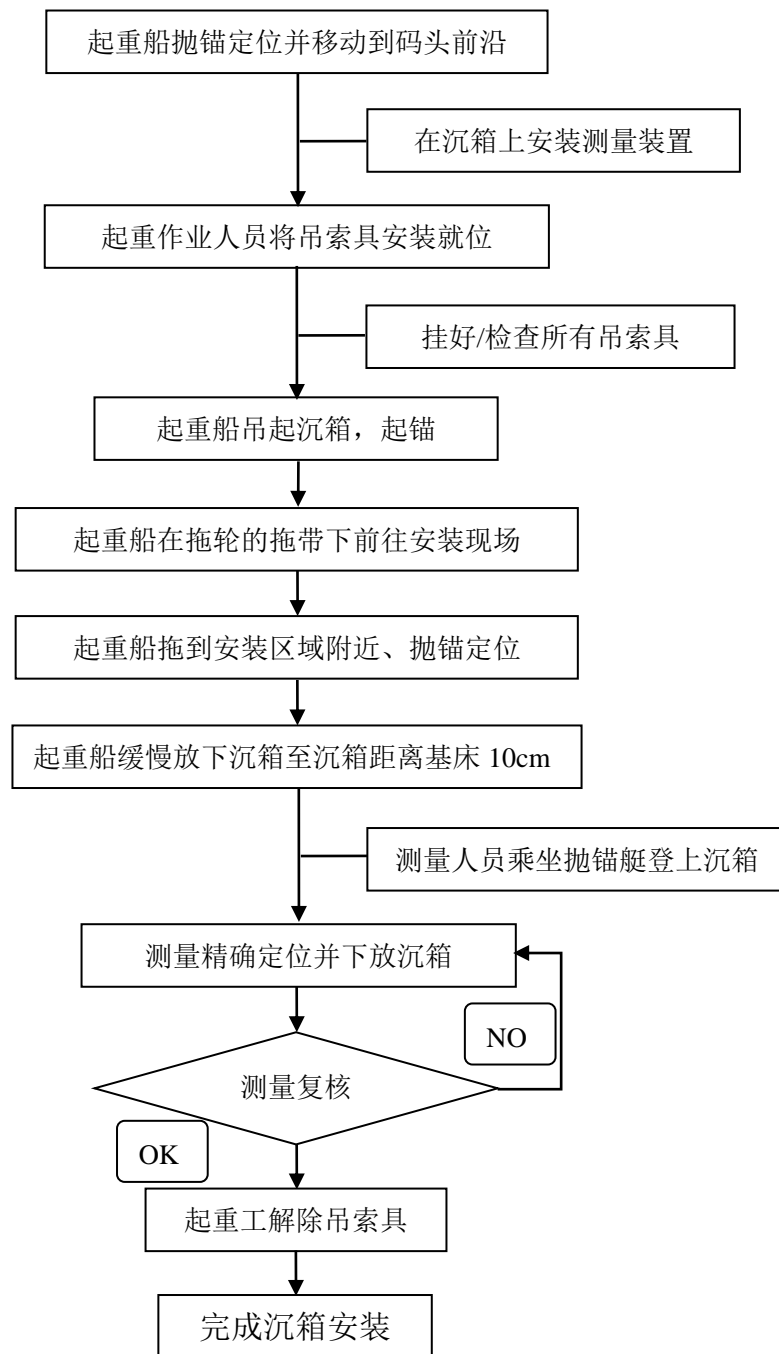
3) 吊架设置:

沉箱吊具的设置原则是:起吊的吊绳尽量避免与沉箱侧壁摩擦。要保证起吊时吊绳不损伤沉箱侧壁。因起重船起吊装置为双钩,吊臂顶部定滑轮组的间距为 6.5m,因此必须设置多层吊绳配合吊杆、吊装架来进行作业。

4) 插销设置:

起吊插销采用直径为 250mm 的圆钢制成,圆钢一端焊上固定卡扣,一端有活动卡扣,可确保钢丝绳不会从插销上滑脱。其材质为 Q345B,温度 200 度以内的许用应力是 170MPa。

3.2.2 沉箱出运安装工艺流程图



3.2.3 沉箱水上出运

1) 起重船在拖轮的拖带下到达沉箱预制场。起重船尾部抛 2 个八字锚, 另外船艏 2 根缆绳系于预制场的地锚上。抛锚及系缆都由抛锚艇配合完成。

2) 起重船利用自身锚机张、放缆绳, 缓慢移向预制场岸线, 当起重船的吊钩位于沉箱重心的正上方后, 停止移船。

3) 起重工登上沉箱上的施工平台, 在起重船配合下将吊索具安装在沉箱的吊孔上。

4) 起重船提升吊钩, 使沉箱离地 1 米以后, 起重船缓缓后退。

5) 起重船解开系于岸锚的 2 根缆绳, 并起锚、拖轮编队在拖轮的拖带下前往安装现场。

6) 起重船到达安装沉箱区域, 利用抛锚艇抛锚定位

7) 起重船通过自身锚机张放缆绳, 缓慢移动至安装位置。

8) 起重船缓慢放松沉箱, 开始沉箱定位安装。

3.2.4 沉箱安装定位施工

1) 在沉箱安装前, 沉箱测量人员提前在沉箱上安装好 GPS 装置。测量人员携带 GPS 终端随起重船一起前往沉箱安装水域。

2) 起重船到达沉箱安装水域后, 将沉箱移动至距离精确安装位置 1m 范围内, 下落吊钩, 直至沉箱距离基床表面 10cm。

3) 起重船自身通过绞锚移动, 使起吊中的沉箱顶靠已安装好的沉箱, 为避免已安装沉箱与待安装沉箱的碰撞损坏, 安装人员在衔接位置采用橡胶垫进行隔离。

4) 沉箱测量人员与起重船指挥沟通, 以“上、下、前、后、左、右”的指令指挥起重船精确定位。

5) 沉箱精确后, 指挥沉箱下放着床, 待沉箱稳定后, 测量人员立即进行复测。

6) 复测安装精度满足设计及规范要求后, 起重工在水上利用牵引绳解开吊索具, 起重船提升吊索具至水面以上, 沉箱安装完成。若复测结果未达到安装精度要求, 指挥起重船重新起吊使沉箱脱离基床, 重复以上定位程序, 直至达到安装精度要求位置。

7) 起重船起锚拖回预制场。

4 沉箱出运安装需要注意的事项

4.1 沉箱出运安装的方案选择至关重要

沉箱的大小会因为项目的不同而有所差别, 应根据具体项目的规模进行相应施工方案, 施工方案选择是否恰当是决定该项目成败的关键。然后就是根据方案进行相应的准备工作, 比如要注意的是在沉箱运作过程中起重船满载时会有很强的吃水要求, 要保证港池航道的深度确保沉箱出运的顺利, 同时也要考虑施工海域的潮汐、季风等自然因素等。

4.2 沉箱出运前的准备要细致

首先, 任何工作都需要一定的细节检查, 沉箱出运作为一个大的工程项目, 其准备工作一定要做好, 要对大型沉箱进行全面的检查, 尤其是沉箱底部和边角, 当在检查过程中发现沉箱有棱角时, 一定要及时清除, 避免影响到安装质量, 严重时可导致无法实施。另外大家要清楚的是沉箱是一个空腔, 所以要检查内腔内是否有多余积水, 如果积水高度超过10厘米, 就必须将里面的水抽出来。沉箱项目存在一定的安全隐患, 要在施工之前检查各个与出运有关的牵引及吊架系统, 排除隐患。

4.3 沉箱预制场内出运的注意事项

沉箱出运是一个相对比较危险的过程, 所以其中会有一些的安全方面的隐患, 牵引机和机动轮滑组与钢丝绳要固定好, 钢丝绳有一定的弹性, 所以不好把握力度, 在这方面就要求工作人员有着丰富的经验, 一般标准是使钢丝绳恰好处于刚伸拉状态, 在沉箱的出运中会利用到气囊, 所以在对气囊充气时, 要缓慢地充气, 均匀的充气, 使气囊各个部分都要受力均匀, 并且要掌握好停止充气的时间。

4.4 沉箱起吊安装时注意事项

沉箱起吊安装时需要钢丝绳的垂吊和起重船的辅助, 这就要求对工作人员的技术有较高的要求, 一方面看起重船是否能够起沉箱的重量, 每一个起重船都会有一个最大承重范围, 一旦超过这个范围, 沉箱就有可能使起重船发生倾斜和悬浮。另一方面就是钢丝绳的拉力承受范围, 绳子都有一定的承受力, 一旦超过这个范围, 钢丝绳就可能会发生断裂, 造成一定的安全事故。在起吊前要对吊架、钢丝绳的受力荷载进行计算, 正式施工前必须进行试吊, 通过试吊检验各个受力构件的受力情况以及对起重船的稳定性进行验证。

在整个工程施工过程中, 施工质量的关键点就是沉箱的水上定位, 所以在施工过程中应该格外注意, 越是大的项目, 整个过施工过程的实施细节就要越详细, 起吊的钢丝绳采用海洋专用高性能无接头绳圈, 可保证吊装绳的吊装质量。在施工过程中, 还应该考虑各个辅助设施的质量问题, 在整个的沉箱出运过程中, 钢丝绳和起重船都是最重要的辅助设施, 但是他们又有一定的承受范围, 这就要求的工作人员能够专业正确地分析出它们所能够承受的沉箱重量范围, 减少不必要的安全事故。

4.5 沉箱安装过程中的应急措施

每个项目都有一定的风险, 预测风险并应对才是应该做的, 所以应该采取一定的应急措施, 谁也不会预测下一秒会发生什么。通过应急方案, 可以最大限度的减少危害。自然因素作为沉箱出运过程中一个不可抗拒的非人为因素, 必须采取一定的措施, 尽量减少自然环境所带来的安全隐患, 这就要求技术人员能够灵活的应对天气状况。施工区域经常会出现较大阵风情况, 为确保起重船的安全, 拟在船上增设多个应急锚。如在拖带过程中出现了断缆的紧急情况, 可立即抛出应急锚稳定起重船, 由于沉箱出运, 大部分都是海上作业, 大海上的天气是最飘忽不定的, 有时候往往看起来是万里晴空, 但是在下一秒就会刮起狂风, 引起惊涛骇浪, 影响沉箱的装运, 这就要求工作人员能够及时的观测天气状况和水位的变化, 从而进行相应的调整。

结束语:

目前我国沿海城市的建设发展的越来越快, 而且海域资源的使用监管也越来越严格, 为了能够有效地利用海域资源, 减少海域资源的占用面、提高海域的利用率, 所以大型沉箱在沿海填岛工程中的运用是非常有前景的, 应该在大型沉箱原有结构基础上进行一定的改造, 提高它的极限承受力和提高工作效率以及耐用性, 为我国经济发展做出更大的贡献。大型沉箱出运和安装的施工质量是直接影响到整个工程的质量的关键, 而且这种项目工程施工过程都有极大的安全隐患, 所以在提高工作效率的同时也要注意施工过程中的生命安全, 这就要求通过对大型沉箱操作过程进行进一步的了解, 使工作人员在施工过程中更加的娴熟, 了解的更多, 以确保整个工程的稳定和安全。

参考文献:

- [1]李青美. 《大型沉箱出运及其安装工艺的研究》[D] 中国海洋大学, 2010
- [2]张守军. 《重力式沉箱码头施工工艺研究和应用》[D] 青岛理工大学, 2012
- [3]王元叶, 何青. 《声学多普勒流速剖面仪近底有效流速数据处理初步研究》[J]水科学进展, 2008, (03) 394-399
- [4]沈琪, 高钦钦, 顾峰峰, 等. 《长江口深水航道三期工程后北槽洪枯季水沙运动特征研究》[J]海洋学报(中文版) 2014, (07) 118-124
- [5]于祖杰, 《大型沉箱出运工艺的优化》[J]. 海岸工程, 2014, 33(01):26-30.

稿件信息:

收稿日期: 2019 年 5 月 22 日; 录用日期: 2019 年 6 月 8 日; 发布日期: 2019 年 6 月 20 日

文章引文: 赵涛. 沿海工程中大型沉箱出运及安装施工关键技术探索[J]. 工程技术与发展.2019,1(3).

<http://dx.doi.org/10.18686/gcjsfz.v1i3>.

知网检索的两种方式

5. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD> 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 例如: ISSN: 2661-3506/2661-3492, 即可查询

6. 打开知网首页 <http://cnki.net/> 左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询 投稿请点击:

<http://cn.usp-pl.com/index.php/gcjsfz/login> 期刊邮箱: xueshu@usp-pl.com