

浅谈起重设施对海洋平台建设的影响

徐爱民, 孙 慧, 李 军

(胜利石油管理局生产管理部, 山东 东营 257000)

摘 要

结合滩海石油工程施工实践及海上固定平台施工的特点, 通过对海上固定平台建设中的运用过程的叙述, 重点介绍了起重设施对海上固定平台建设的影响, 并归纳总结在制定大型构件吊装技术方案时应该在起重技术注意的问题。

关 键 词: 起重设施; 海洋平台; 建设; 影响

1 引言

由于海上构筑物的特点和海上平台建设过程中的特殊性, 海上平台建设的全部过程主要是围绕着现有起重设备的配备及性能进行方案的编制和实际操作。例如在总重量 1000t 的固定平台的海上安装建设过程中, 平台在陆地预制过程中究竟是采用整体预制、一次吊装的方案, 还是采用分块预制、分期吊装的方案, 主要取决于浮吊的大小和各种性能参数, 如最大吊重、最大吊高、最大跨距及指定吊重下相应的吊高与跨距之间的关系等因素; 同时选用不同的方案对整个工程的工期及费用的影响也不尽相同。所以在滩海平台建设过程中, 起重设备的选用和利用起重设备情况确定施工方案是整个项目建设过程中最重要的环节, 必须认真论证和选择。

2 滩海平台建设中常用的起重设备及应用

在滩海平台建设中, 常用的起重设施主要有: 浮吊 (又名起重船), 起重浮船、浮驳、卷扬机、滑轮组、预制现场的陆地吊 (如汽车吊、履带吊、门座起重机及装卸桥等)、吊具 (包括索具、吊环)、倒链、千斤顶及地锚等。

浮吊 (又名起重船), 起重浮船主要用于大型构件的海上安装; 由于目前国内、国外浮吊重量的限制, 在滩海平台建设及较浅海的平台建设过程中, 浮吊是常用的、满足生产需要的起重设备, 但到深海或平台重量大于 3000t 以上的区域, 由于浮吊性能的限制, 在制订安装方案的过程中, 通常选用起重浮船进行海上安装。常见的起重浮船有两种, 一种起重浮船无起重能力, 只能依靠潮位的变化和对浮箱压载水的调配达到与导管架的装配; 另一种起重浮船适合于装配位置较高的情形, 该浮船由两部分船体组成, 船体上设置同步的卷扬机用来牵引两船之间的距离, 同时两船上设有支撑装置, 用来进行对平台的吊装, 整个过程通过牵引两船之间的距离调节平台的高度、通过移动船舶达到装配的目的, 该起重浮船要求配合系统高度自动化、以保证施工的同步性; 该设施曾经在委内瑞拉海上平台建设过程中成功地完成了 6000t 平台的安装工作。

卷扬机、滑轮组构成牵引装置主要用于大型构件的滑移装船工作; 通常平台在陆地预制前, 先事先计算设计好滑道的承载力, 并按施工方案平台的尺寸要求及布置设置好滑道, 进行平台的陆地预制。预制完成的平台利用卷扬机、滑轮组构成牵引装置顺滑道牵引上船。

陆地吊 (如汽车吊、履带吊、龙门吊、门座起重机及装卸桥等) 主要用于大型构件的陆地预制工

作; 由于海上构件都是钢构件, 每个单件重量在大小尺寸不等, 重量以大于 1t 的居多, 人抬肩扛根本不能满足施工需要, 施工现场通常有汽车吊、履带吊、龙门吊等配合作业, 以达到组装的目的。

下面以胜利滩海埕北古 4A 井组平台建造为例重点说明平台陆地预制完后的滑移过程。埕北古 4A 井组平台由计量平台、井口平台和栈桥三部分组成, 平台总重量 1849t, 其中, 计量导管架重 392t, 计量平台重 360t, 井口导管架重 350t, 井口平台重 284t, 其他构件合计 443t; 所有构件施工均分陆上预制和海上安装两部分完成。

以井口导管架施工为例说明, 井口导管架陆上预制部份施工现场设在胜利石油管理局工程建设一公司海工基地 2# 码头。由于构件体积大、重量重, 起重技术在整个预制过程及滑移过程中就起到了重要的作用。如何根据当前的自然条件及现有的施工机具去完成预制、装船工作, 就成为我们在编制建造工艺和制定施工方案中首先要考虑的环节, 当前我陆上能够参与施工的吊车主要有 150t 汽车吊 1 台, 70t 码头浮吊 1 台及 35t 以下汽车吊数台, 对主要构件的装船现有的施工机具将不能满足需要, 故陆上装船采用滑移法施工, 即施工时铺设滑道、利用滑轮组牵引构件上浮箱。在滑移过程中, 起重技术主要应用在如下几个方面:

2.1 地锚的选取和埋设

在陆上预制时, 地锚的选取是制定方案时首先要考虑的问题之一。地锚选取的原则首先是埋设后应牢固可靠; 其次是在滑移时便于利用。对固定的地锚在制定方案时必须知道它的额定拉力, 再与计算拉力比较, 符合规定后方可使用; 对于新埋设的地锚必须根据计算拉力设计埋深、埋宽, 按要求埋设后再使用。

在预制现场滑移导管架时, 事先必须选择或埋设好地锚。地锚选择利用有三种方式: (1) 利用原有的已埋设的固定地锚; (2) 利用现有滑道设置临时地锚; (3) 重新单独埋设新地锚。其中 (1)、(2) 为常用方法, 它是制定施工方案和选择构件预制场地的依据之一; 对于 (3) 由于对土质等自然状况不了解, 为安全起见, 应尽量不采用。

此导管架在实际滑移过程时, 其构件滑移过程共分为两个步骤, 即从支滑道到主滑道为一个过程, 从主滑道到浮箱为一个过程。根据现场实际情况, 我们首先选择 (1) 方式, 利用现场 A、B 及 C 地锚完成第一个步骤, 将导管架从支滑道先滑移到主滑道上, 并将其旋转 90°。然后综合 (1)(2) 方式将导管架拖到浮箱。注意, 地锚选取时必须明确及掌握固定地锚的最大牵引力, 比较计算被设置地锚的受力情况。其他构件在滑移时, 也依照同样方法。

2.2 导管架拖运滑移时索具的选取和使用

陆上拖运的索具主要包括卷扬机、滑轮组及拖拉绳、卡扣等; 陆上拖运的索具在选取时有如下要求:

(1) 必须明确构件的重要及重心的具体位置; 只有这样才可以根据构件的重量及重心计算出每边支撑处的摩擦力; 继而由摩擦力确定配套的滑轮组及卡扣; 而滑轮组及卡扣确定后, 对卷扬机、拖拉绳及穿滑轮股数的确定则可根据实际情况灵活选取; 埕北古 4A 井口导管架在滑移过程中, 已知导管架重量 350t, 导管架长 23.5m, 滑道中心距间距 8.3m, 导管架中心线与滑道中心线基本重合, 计算每侧滑道的摩擦力为 35t, 从而我们选定 $\geq 35t$ 的配套的滑轮组和卡扣;

(2) 充分利用好现有的机具及索具, 选取时应根据现有的条件优化组合。对此, 在本着安全、节约的前提下, 应首先确定自己现存索具的型号及数量, 进行利用选取, 同时不能违反施工规程; 埕北古 4A 井口导管架滑移在确定滑移选用的滑轮组、卡扣以后, 需选择卷扬机、牵引绳及滑轮组的股数。在卷扬机、牵引绳及穿绳股数的选取上, 如果有一台卷扬机牵引力很小或牵引绳过细, 那我们可以选择股数较多的滑轮组、让滑子穿较多股数钢丝绳来减小牵引力利用好现有的机具及索具; 若引绳及卷扬机型号规格都较大, 那我们可通过可以选择较少股数滑轮组或将滑轮组较少股数, 减少股数不加快施工的进程。但选择时必须注意对于经常使用的索具必须做好事前检查工作, 磨损严重的, 达到作废标准的必须作废, 损伤需要折合的应做折合计算后再在允许的范围内使用 (折合标准可查阅相关手册), 这是施工中极容易被忽略的问题, 是起重工作中的一大隐患。

(3) 埕北古 4A 井口导管架索具的选取计算。

① 摩擦阻力的计算:

井口导管架总重: $G=350t$ 。因为动摩擦小于静摩擦,故导管架拖运时,导管架起动瞬间摩擦力最大,而这个摩擦力是选择卷扬机和拖拉钢丝绳的主要因素。根据《起重工》【3】手册查得,钢-钢滑动时静摩擦系数为 $k=0.2$,则根据公式:摩擦阻力 $P_m=F=K_m=0.2 \times 350=70t$ 。

② 索具的选取

因现有 10t 卷扬机两台, 6×6 滑轮组两组, 6×19-F 23 钢丝绳 2000m。已知拖拉绳的安全系数 $K=5.5$, 滑轮效率为 0.8; 根据摩擦阻力选择配套导向轮核算校核拖拉绳、卷扬机受力如下:

a、单组滑轮组受力

$$P=F/2=70/2=35T$$

b、卸扣选择

因单组滑轮组受力为 35T,故选择 50T 卸扣,共计 4 个。

c、单根拖拉绳受力

$$Q=P/12 \times 0.8=35/12 \times 0.8=2.4T$$

钢丝绳安全系数选择: 查得 6×19-F 23 钢丝绳破断拉力约为 24.5T;

则 $K=24.5/Q=24.5/2.4=10.02 \gg 5.5$,满足施工需要。

③ 卷扬机选择

通过以上计算,可比较: 10t 卷扬机 \gg 单根拖拉绳受力 2.4t, 故选择 10t 卷扬机满足施工要求。

3 滩海平台建设中常用的起重技术及基本理论

滩海平台建设中常用的起重技术有: 地锚埋设技术、平台装船滑移技术、索具悬挂及海上拆卸技术、海上吊装就位技术、装配误差控制技术及联合吊装作业技术等。常用到的基本理论主要有材料力学、理论力学、起重技能知识等。下面对重点对地锚埋设技术、海上吊装就位技术进行介绍。

3.1 地锚埋设技术

地锚是平台陆地预制过程中最常用的临时装置之一,常用在固定卷扬机、导向滑车及导管架的单片预制中。地锚的承载能力很大,一般能承受 30 ~ 500kN 的力。常用的地锚可分为炮眼锚、桩锚和坑锚三种;在滩海平台施工建设过程中常用到坑锚。

坑锚又名困龙,其负载能力比桩锚大。因此,起重量较大的桅杆起重机缆绳的固定,拖运大型设备滑车组滑车的固定,或者牵引力较大的卷扬机的固定,一般都采用坑锚。坑锚按加固形式可分为有挡木坑锚、无挡木坑锚和混凝土坑锚 3 种。坑锚的埋设深度要根据承载力的大小和土壤的性质决定。对于固定坑锚和承载力很大而土质情况又不好的坑锚,可采用混凝土坑锚。

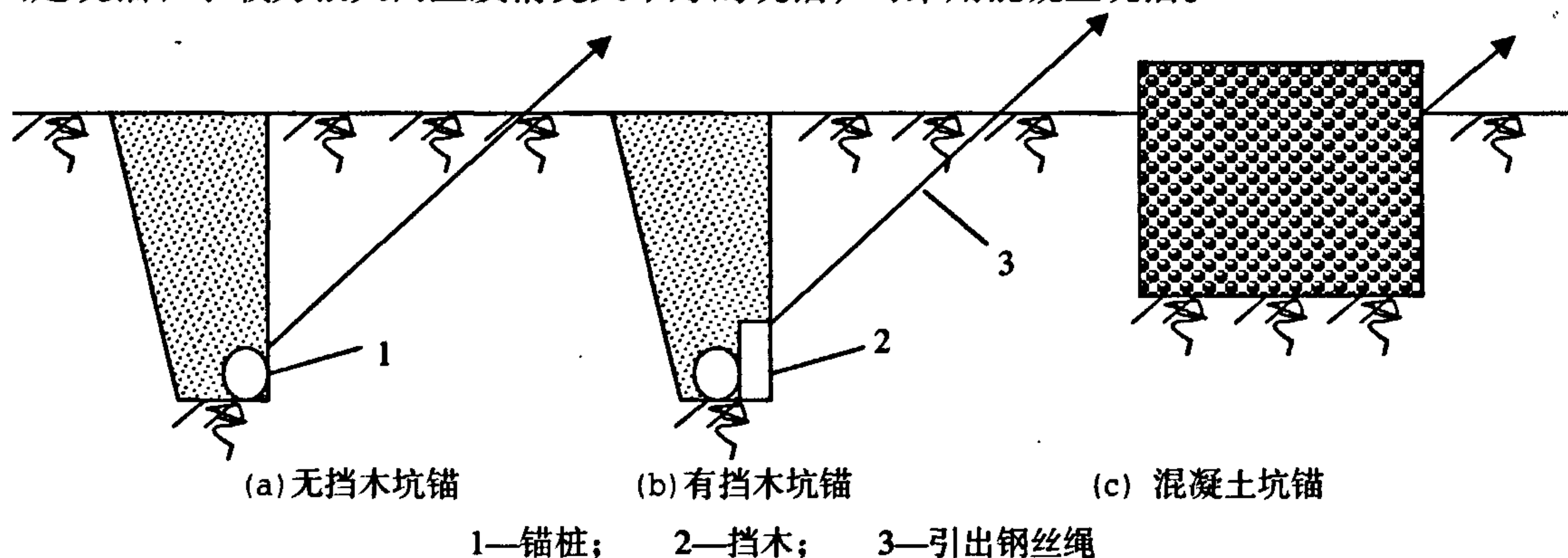


图 1 坑锚

坑锚的大小主要取决于钢丝绳的拉力大小、方向、锚桩的强度和土壤允许的耐压力等因素。为了使锚桩在土壤中保持稳定,必须对坑锚的抗拔力和抗拉力进行计算。以无挡木坑锚计算为例:

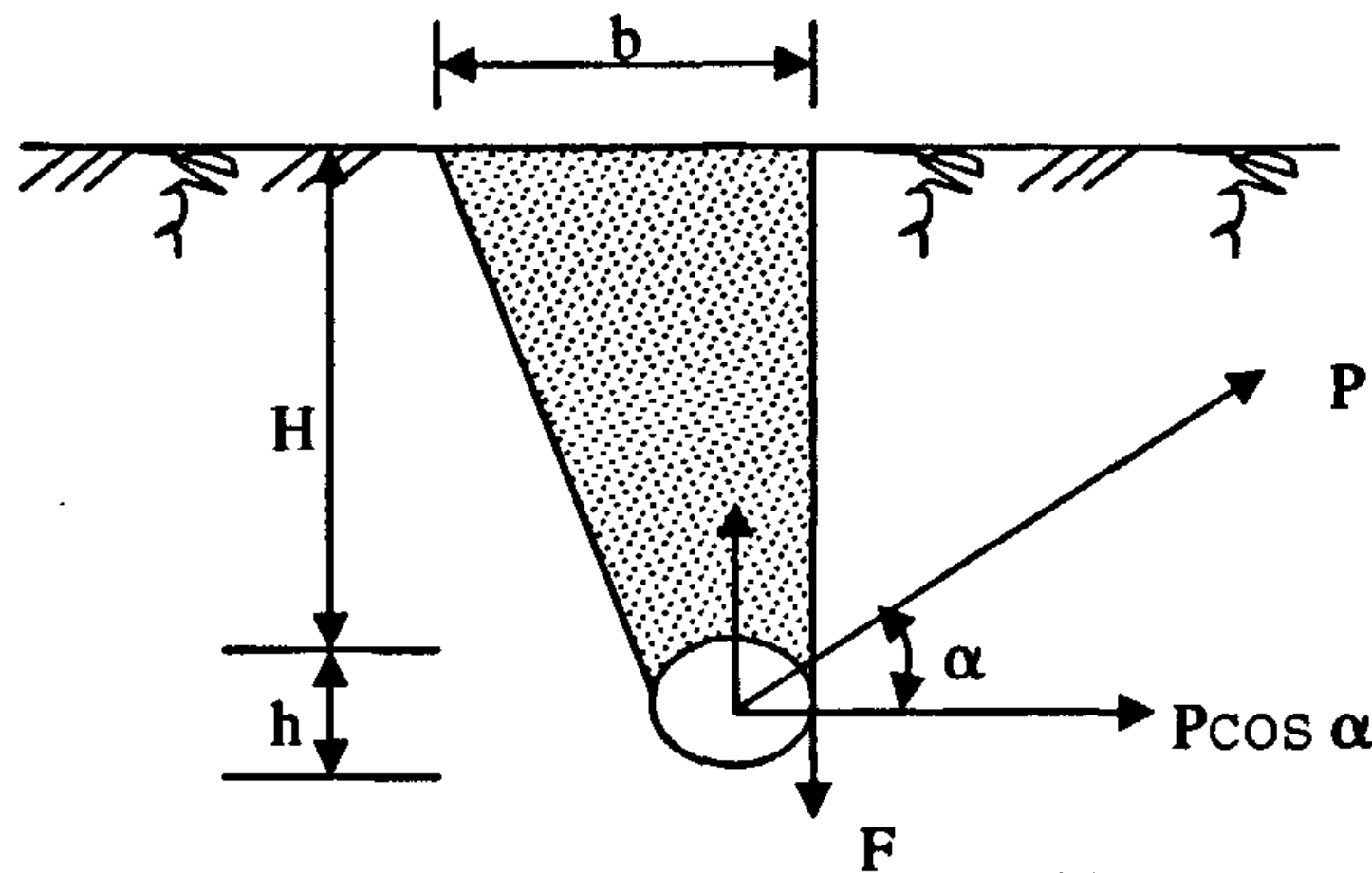


图2 无挡木坑锚计算

3.1.1 抗拔力的计算

坑锚的抗拔力由两部分组成。一部分为锚桩上部的埋土质量 G ；另一部分为锚桩与土壤的摩擦力 F 。其抗拔力 Q 的计算公式为： $Q=5(b+b_1)HL\gamma+\mu P\cos\alpha$

式中： Q —地锚的抗拔力 (N)； H —锚桩埋设深度 (m)； L —锚桩长度 (m)；

b —锚坑地面宽度 (m) (与不同土壤的埋设深度有关)；

b_1 —锚坑底部宽度 (m) (桩体外径或宽度)；

μ —锚桩与土壤间的滑动摩擦系数。

为了保证锚桩在锚坑中有足够的稳定性，其抗拔力必须大于向上的垂直分力，即：

$Q \geq Kpsina$ ，式中， K —安全抗拔系数，一般 $K=1.8 \sim 2.1$ 。

3.1.2 抗拉力计算

坑锚抗拉力的大小与地锚埋入深度上土层的耐压力和锚桩在该深度上与土壤的接触面积成正比，抗拉力 Q_1 可用以下关系表示： $Q_1=hL\delta H\eta$ ，

式中： Q_1 —地锚的抗拉力 (N)； h —锚桩的高度 (m)； L —锚桩长度 (m)；

δH —锚桩在 H 深度时土壤允许的耐压力 (Pa)；

η —由于锚桩变形引起土壤耐压力的折减系数。

3.2 海上吊装就位技术

3.2.1 浮吊的就位

目前，在渤海湾埕岛海域吊装拖运入海的大型构件的浮吊主要有：起重 1 号浮吊（最大额定起重量 700t），胜利 151 浮吊（最大额定起重量 500t），芝罘岛浮吊（最大额定起重量 350t），胜建 151 浮吊（最大额定起重量 70t），海发 3 号浮吊（最大额定起重量 60t）等。这些浮吊施工时主要从事的工作有：大型构件就位；海底管线立管安装；独立桩施工、海底电缆敷设及设备的装卸和打桩等。施工中，起重技术工作除了与浮吊吊装技术人员和现场施工人员水平有关外，还主要与浮吊就位的方式有关，埕岛海域、海管、海缆纵横交错星罗网布，施工海域呈不规则潮汐流，给浮吊就位造成很大的困难。在海上用大浮吊吊装大型构件，浮吊就位是吊装工作的首要问题，就位不好，直接将影响施工的安全、效益和质量。此时要做好施工工作，必须制定详细的吊装方案。

浮吊的就位除了受到潮位、水深及天气等海况条件的影响，还与海底管线和海缆的海底分布位置有关，但其就位的方式主要取决于平台的设计方位、海流方向及吊装方案的制定。在多次的就位实践中我们发现，大浮吊就位若能一次到位，位置正确，那么，这一阶段的施工就会比较顺利，就会避免在施工中因多次调船或动船而造成的时间损失或战机贻误。所以，如何就位是海上施工吊装技术人员应该认真考虑和注意的问题。作为吊装技术人员，必须懂得潮汐的变化情况、浮吊的性能参数和施工区域的海况、海貌等情况。

3.2.2 浮箱的停靠

浮箱的停靠位置与方向由吊装方案和浮箱上构件的方向两方面决定。通常吊装时如同时使用两钩作业，装导管架的浮箱停靠时必须将导管架的头端或尾端冲向浮箱，这样，在吊装时就能够保证主付

钩与吊绳在一条轴线上,而不至于吊起构件时构件旋转;对于吊装平台或其他构件或用单钩吊装时,则不必考虑浮箱方向问题,但必须注意其他因素,如浮箱外形尺寸,浮箱上索具的远近,浮箱上构件的远近等方面的影响。

3.2.3 导管架吊装时的挂钩、摘钩

大型构件吊装时,钢丝绳及相关索具重量较大,较重的索具单根就达 2t,用人员搬抬十分费劲且不安全,这样,我们就可以采用吊装技巧,用浮吊的小钩按一定的挂钩顺序自动挂钩、自动摘钩,顺利的完成吊装任务。仍然以埕北古 4A 井口导管架为例,导管架吊装就位时,通常要完成三个过程:①从浮箱上平吊起导管架;②空中或海底翻个;③吊装就位。但在这期间,由于索具规格太大、太重(如吊大型构件时,钢丝绳长度通常都在 10m—40m,重量在 0.5t—2t 之间),以至于在实际施工时,如何悬挂、摘下钢丝绳成为吊装工作中的一个重要环节。这时,施工时,在悬挂或摘下钢丝绳时就尽量避免用人抬,对此,我们可以利用浮吊的小钩去完成以上工作;但在实际中必须将吊钩做如下处理:①将浮吊大钩两端焊上吊鼻;②在吊鼻上悬挂钢丝绳。此方法省时省力,是吊装技术在施工中的典型应用。

3.2.4 构件的吊装就位

构件在吊装就位时,必须保证构件平稳准确的就位;为此,对于小重量构件,可采取用多根牵引绳牵引的方法就位;对于大重量构件可利用浮吊上的绞机或缆绳牵引调正。以达到安全准确的就位。

3.2.5 导管架的定位

导管架的定位是在整个导管架被浮吊吊起的过程中逐步完成。

为保证导管架就位相对位置准确及平整平台,就位采用 GPS 全球定位系统进行控制。导管架就位前拟定起重船。根据《平台工程地形测量及地质勘察调查成果报告》可知:①本海区内实测海流为往复流型;②涨潮期间的流向为偏 WNW 向,落潮期间的流向为偏 ESE 向。③实测最大涨潮流流速为 97cm/s,最大落潮流流速为 65cm/s,涨潮流的流速大于落潮流的流速;④垂线上的流向基本一致,流速随水深的增加而衰减;⑤本海区位于黄河口无潮点附近,潮差很小,流速很大,为强流区。在导管架的四根主导管上顶,各取一个基准点,作为导管架的位置监测点,在四个点上分别安装 GPS 天线或棱镜,取点位置图如图示:

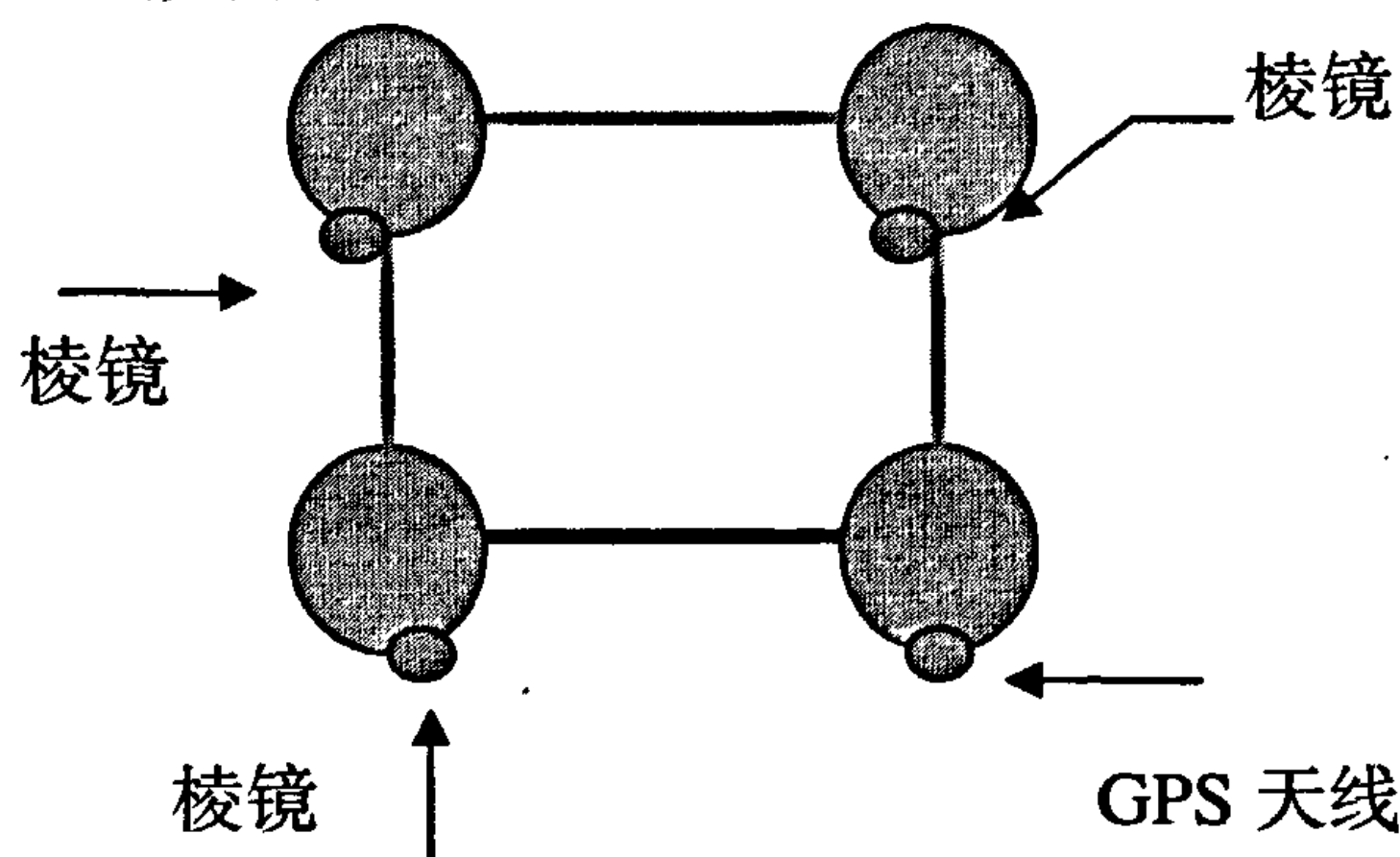


图 3 导管架位置监察点

所选择 GPS 全球定位系统其动态精度为 1m~3m,光学定位系统精度为 10mm。设计位置坐标输入微机后作为设定值,然后采用 GPS 定位系统直接将信号传入微机,跟踪模拟运动状况下的位置坐标,待接近设定位置坐标时,再采用光学定位系统,将监测数据输入处理系统,模拟其实际位置,观察微机上导管架的实际位置,指挥起重船吊机起落及旋转控制,一点一点逼近设定位置坐标,直到满意。同时选取顺流转逆流前的平潮,风浪小的情况下起吊,为便于调节,调节时选取低平潮。吊装选在平流时进行,海流影响力小忽略不计。

4 起重技术应用过程中应注意的其他问题

4.1 人的因素

人的因素主要体现指起重工对日常基本技能的掌握和实践的应用能力方面。一个合格的起重工必须掌握理论力学、材料力学及起重方面的基本知识,除此,要有丰富的施工经验和基本技能。一个合格的起重工必须做到胆大心细、刻苦钻研,避免低级错误的发生。

4.2 环境荷载问题

浅海环境主要施工荷载包括风、浪、流、冰等荷载,在海上吊装过程中,风、浪、流对浮吊影响较大,所以在用浮吊作业时,必须认真考虑环境因素对吊装工作的影响。如在埕岛海区,当出现北风或偏北风5级或5级以上时,应停止一切海上吊装作业;当出现南风或偏南风天气时,应严格执行操作规程,6级或6级以上严禁施工;为安全起见,浮吊就位或导管架就位必须选择在平流期,浮吊就位应根据当地日常海流往复流方向,在顺流方向就位。

4.3 安全系数问题

安全系数问题是吊装技术中的重要问题,索具计算选取时,必须严格执行规范,按规定的安全系数计算,因为若用较小安全系数的索具吊大型构件时,一旦产生冲击载荷将很容易导致事故的发生;同时要根据起重物的不同或起重方式的差异合理、规范地选择吊装索具及配套机具的安全系数。

4.4 索具磨损问题

索具磨损主要是指索具老化或损伤。如钢丝绳出现断丝、抽芯或挤压、卡扣出现裂纹等问题。它是施工中容易被忽略的问题,是事故发生的一大隐患。施工前,起重工和吊装技术人员必须严格做好索具的检查工作,对发现的索具磨损,应结合实际情况,按规范要求,合理折合安全系数。

4.5 浮吊性能问题

浮吊性能问题是制定吊装方案的关键和前提,施工方案制订时,必提前做好吊车参数的收集和现场调研工作,这将有助于吊装方案的顺利进行,什么样的工作环境,什么样的构件适合哪个浮吊去完成,这在施工前必须作出详细的调查和分析。

4.6 构件装配误差问题

大型构件吊装前,必须注意做好构件之间装配差的测量工作,如吊装前,过渡段与平台之间的测量和调整工作必须做好,过渡段之间如果误差太大,要提前处理完毕或重新委托,否则平台一旦被吊上再进行处理就会使我们的工作处在很被动的境地或造成不必要的经济损失,这是我们在吊装工作中应该特别注意的问题。

5 结束语

总之,起重设施对海洋工程建设的开展及方案的选取等起着决定性的作用,合理的选择起重设施和掌握起重技术的运用是海上施工的关键,起重技术方案运用的好坏及可行性将直接影响到整个工程的效益、进度和安全,海上施工建设的进行和发展必须要加强起重设施的投入和起重人员的培训。

参考文献

- 1 《海上固定平台入级与建造规范》1992 中国船级社;
- 2 华北石油管理局姚文权主编,石油工人技术培训考核手册《起重工》中国石油天然气总公司,1990年
- 3 中国石油天然气总公司劳资局主编,石油工人技术等级培训教材《安装起重工》石油大学出版社

作者简介

徐爱民 男, 1966年生, 工程硕士, 工程师。

孙 慧 女, 1972年生, 工程硕士, 高级工程师。

李 军 男, 1972年生, 工程硕士, 工程师。