

# Application of 30000 Tons of Weighing System on a Large Offshore Oil Platform

Zhixin Wu

Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300452, China

## Abstract

With the development of China's offshore oil engineering, the project scale is constantly expanding, and it has entered the construction stage of super-large and deep-water areas. In this context, the accurate measurement of the weight and center of gravity of the engineering structure becomes critical in order to ensure safety and accuracy during transportation and installation. Therefore, a weighing system specifically designed for super-large ocean engineering came into being. This paper details the design principle and structural composition of the 30000 ton weighing system, discusses the methods used in the weighing process of large Marine platforms, and the application cases of the system in practical engineering projects.

## Keywords

30000 tons weighing system; weighing principle; large ocean platform; weight; center of gravity

# 30000 吨称重系统在大型海洋石油平台上的应用

吴治昕

海洋石油工程股份有限公司, 中国·天津 300452

## 摘要

随着中国海洋石油工程的发展, 项目规模不断扩大, 已迈入超大型和深水区域的建设阶段。在这样的背景下, 为了确保运输和安装过程中的安全性和精确性, 对于工程结构的重量和重心的精确测量变得至关重要。因此, 专门针对超大型海洋工程的称重系统应运而生。论文详细阐述了30000吨称重系统的设计原理和结构组成, 探讨了在大型海洋平台称重过程中所采用的方法、需注意的事项, 以及该系统在实际工程项目中的应用案例。

## 关键词

30000吨称重系统; 称重原理; 大型海洋平台; 重量; 重心

## 1 称重背景

在海上石油平台建设中, 当其规模超出了常规起重机械的起重范围, 通常会采用浮托法来进行海上的安装作业。在陆地上完成平台的建造后, 准确测量其重量和确定其重心位置对于后续的半潜船拖拉、海上运输以及最终安装等环节都是至关重要的。由于在制造过程中不可避免地会出现一些误差, 或者需要进行局部的调整, 以及临时结构的重量变化, 这些都可能导致实际重量和重心与设计时的预期值有所出入。特别是当平台的实重接近运输船的最大承载能力时, 精确称重以获取准确的重量和重心信息, 对于优化运输方案来说尤为必要。

海洋平台的重量测量通常采用液压千斤顶同步顶升结构物至特定高度, 并在该高度维持恒定的压力, 通过测量千斤顶的油压来进行, 进而计算出平台的总重量和重心。海

油工程与天津大学联合开发的30000吨称重系统, 通过利用同步顶升千斤顶及压力、位移传感器, 极大提高了测量的准确性。该系统已成功应用于渤海海域的大型海洋中心平台BZ19-2 CEPE、BZ19-2井口平台WHPA、WHPC及乌石23-5 SPM设备的称重任务<sup>[1]</sup>。

## 2 称重原理及流程

海洋平台组块在出海安装前, 需要对其进行称重测量, 得到其重量及重心, 便于海上安装。通过使用多个液压千斤顶, 并将其安置在桩腿下方, 以平稳地提升组块, 千斤顶将承担结构物的整体重量。通过精确监测每个千斤顶内部的油压值, 最终得出结构物的重量和其重心坐标。

在进行称重作业之前, 所有参与人员需仔细阅读并理解称重操作规程。到达工地现场时, 应首先检查称重支撑和承重基础是否符合要求, 并确保作业区域清洁且封闭。接下来, 安装液压系统并验证其正确安装。注意, 千斤顶必须放置在预先批准的称重点。然后, 安装测量与控制系统, 并确认其安装无误。在称重控制系统中输入所有必要的信息, 包

**【作者简介】**吴治昕(2000-), 男, 硕士, 助理工程师, 从事海洋石油平台称重研究。

括环境参数、称重点数据、控制参数和设备连接关系,随后进行系统调试以确保正常运行。进行预顶升操作,以验证设备连接、模块结构的安全性以及称重支撑和承重基础的适用性。在同步抬升过程中,如遇报警应立即处理,直至平台完全脱离支撑。然后同步下降,确保模块安全回落到原位。再次确认所有步骤的正确性和安全性。在第二次同步抬升时,如遇报警同样需立即处理,直至平台与支撑结构之间至少有10mm的间隙,且位移值达到预设值。抬升完成后,进行目视检查以确认结构物完全抬起。系统将自动调平,并在稳定平衡状态下保持约10min。记录称重数据并打印称重报告(需打印4份)。然后同步下降平台,直至组块重新回到支撑面上。重复上述称重过程,进行第二次和第三次称重,以获取三次称重结果。如果在称重过程中出现结果不一致(偏差超过1.5%)、机械/电气故障、设备超载或工作环境变化等情况,则可能需要进行第四次或更多次称重。称重报告必须经相关单位代表签字确认或得到项目组的同意后,才能卸载称重系统。在结构物建造完成后,建造单位需确认所有建造工作均已完成。在称重前,确保平台与其他结构分离,能够自由抬升。业主、第三方、项目组和建造单位代表应进行检查,确保平台上下无不必要设备,脚手架已拆除并清理出作业区域。在称重设备安装前,确认作业区域内所有电焊作业已停止。称重前,使用警戒带封闭作业区域,防止无关人员进入。在抬升前,停止平台上的所有作业,并确保所有人员撤离称重作业区域。所有称重操作应在业主、第三方和项目组的监督下进行,并且称重结果必须在现场得到签字确认。在称重前,必须进行工作安全分析(JSA),并邀请相关单位代表参加JSA会议。JSA应根据称重程序和现场条件制定,内容应详细且易于理解。JSA应包括工作内容、潜在风险、控制措施和责任人等信息。确保JSA内容传达给每个参与称重工作的成员,并确认他们理解并能安全操作。称重期间,HSE监督人员必须在现场进行安全监督检查,确保作业安全<sup>[2]</sup>。

### 3 称重系统介绍

本项目称重使用WS30000系统。本称重系统由海洋石油工程股份有限公司和天津大学联合开发。本称重系统所使用的各种设备、仪器、附件全部选用在相关领域知名厂家的产品。

#### 3.1 液压系统

液压系统主要由液压泵站、千斤顶、液控单向阀、电磁阀、针阀以及其他相关配件组成。为了确保系统的安全性,液控单向阀被安装在千斤顶上,在油管发生泄漏或损坏的情况下,能够维持千斤顶的油压稳定。电磁阀由计算机控制,实现油路的自动开闭。如果自动控制系统出现故障,则可以通过手动操作来完成称重任务<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 测量与控制系统

测量与控制系统包括主控PLC、控制分站、位移传感器、压力传感器、工业计算机、打印机以及连接电缆等。工业计算机将设定的控制参数输送给主控PLC进行称重控制,控制分站将各个传感器测量得到的数字信号转换为模拟信号输送给主控PLC进行处理,根基主控PLC处理结果执行油路方向及通断来完成抬升与回降控制功能<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 系统精度

本称重系统精度由各种传感器的测量精度和千斤顶有效工作面积精度决定。压力传感器和位移传感器每年定期进行标定,千斤顶有效工作面积在出厂前用激光测量法进行标定。其中称重系统精度为2%,重复性为1.5%。

#### 3.4 检定证书

各种标定证书必须于称重前提交给智能制造单位,保证各种证书有效。压力传感器与位移传感器的有效期均为12个月。

#### 3.5 环境条件

大型海洋石油平台称重需要满足一定的环境条件,温度需在-10℃~40℃,湿度需保持在0~80%,风速需满足在8m/s以下,承重基础与支出结构平行度需满足5°以下,顶升高度不得高于25mm,顶升速度不得大于2mm/min,保压时间需大于5min,5min后再读取压力、位移数据,便于测量平台组块的重量和重心。

### 4 称重流程

本方案中用于称重计算的基本数据包括支腿反力及组块总重量,其中总重量取自重量控制报告,支反力取自组块装船计算报告,其中BZ19-2 CEPE平台理论重量为5568.9吨,采用高位建造法,共有4条桩腿,采用A1、A2、B1、B2四个桩腿作为称重点。

千斤顶的型号及数量是根据各个抬升点的预计重量来确定的。预计重量取自于重量控制报告,抬升重量应当为设备抬升能力20%~80%,抬升设备安全系数不低于1.5。每个桩腿分布6个千斤顶,所用千斤顶规格均为400t。为了获取平台的重心位置,须提前设定一个参考坐标系。在设定坐标系中,各称重点的理论坐标位置如下:

A1 (-10000, -10000)	A2 (10000, -10000)
B1 (-10000, 10000)	B2 (10000, 10000)

### 5 称重结果

组块实际的测量总重量为5396.29t,重心坐标为(174.96 mm, -740.92mm),理论重量为5568.9t,理论重心坐标为(-140 mm, -640mm),重量偏差为172.61t,偏差率为3.1%,重心坐标偏差小于500mm,测量数据有效,可以出具称重报告,用于海上安装。测量结果与理论结果存在一定偏差,大型海洋平台的称重结果对于海洋平台出海安

装及后续海上油田的正常生产意义重大。

## 6 称重流程

以下是乌石 23-5 SPM 设备的称重流程,本方案中用于称重计算的基本数据包括支腿反力及组块总重量,其中总重量是取自重量控制报告,支反力取自组块装船计算报告,其中理论重量为 314.24t。

千斤顶的型号及数量是根据各个抬升点的预计重量来确定的。预计重量取自于重量控制报告,抬升重量应当为设备抬升能力 20%~80%,抬升设备安全系数不低于 1.5。每个桩腿分布 1 个千斤顶,所用千斤顶规格均为 250t。在设定坐标系中,各称重点的理论坐标位置如下:

FR3 (5302, 5304)    FR23 (7243, -1940)  
FR11 (-7245, 1943)    FR15 (-5304, -5302)

## 7 结论

乌石 23-5 SPM 组块的测量总重量为 295.4t,重心坐标为 (83.3mm, 37.8mm),理论重量为 314.24t,重量偏差为 18.84t,偏差率为 6%,重心坐标偏差小于 500mm,偏差较小,测量数据有效,可以出具称重报告,用于海上安装。

## 8 称重流程

以下是渤中 19-2 WHPA、WHPC 组块的称重流程,渤中 19-2 WHPA、WHPC 井口平台称重项目与乌石 23-5 SPM 设备称重原理、称重系统一致,这里不再赘述。下面简单叙述渤中 19-2 WHPA、WHPC 组块称重报告的详细内容。本方案中用于称重计算的基本数据包括支腿反力及组块总重量,其中总重量是取自重量控制报告,支反力取自组块装船计算报告。BZ19-2 WHPA、WHPC 组块支点理论重量分别为 2364.8t、2179t。千斤顶的型号及数量是根据各个抬升点的预计重量来确定的。预计重量取自于重量控制报告,抬升重量应当为设备抬升能力的 20%~80%,抬升设备安全系数不低于 1.5。A1、B1 桩腿均分别布置 4 个 400 吨规格千斤顶,A2、B2 桩腿均分别布置 2 个 400 吨规格千斤顶。为了获取平台的重心位置,须提前设定一个参考坐标系。BZ19-2 WHPA、WHPC 组块的参考坐标系及称重原点与重量控制报告一致,在设定坐标系中,各称重点的理论坐标位置如下:

A1 (-8000, -8000)    A2 (8000, -8000)  
B1 (-8000, 8000)    B2 (8000, 8000)

## 9 结论

渤中 19-2 WHPA、WHPC 井口平台称重项目与乌石 23-5 SPM 设备称重项目不同,由于第一次测量结果与理论结果偏差较大,证实实际测量的组块重量及重心坐标无误,两组块均经过 2 次测量。A 组块第 1 次测量总重量为 2098.8t,重心坐标为 (-639.959mm, 2037.690mm);第 2 次测量重量为 2194.96t,重心坐标为 (-1091.190mm, 1799.223mm),理论重量为 2364.03t,理论重心坐标为 (-1560 mm, 600mm)。A 组块两次测量结果与理论结果偏差均较大。C 组块第 1 次测量总重量为 1806.74t,重心坐标为 (-209.219mm, 1128.713mm);第 2 次测量重量为 1891.48t,重心坐标为 (-570.237mm, 1202.188mm),理论重量为 2179t,理论重心坐标为 (-1600mm, 600mm)。C 组块两次测量结果与理论结果偏差均较大。因此,大型海洋平台的称重结果对于海洋平台正常出海运输、安装及该油田正常投产具有重要意义。

## 10 结语

论文介绍了一种 30000 吨级称重系统在大型海上平台称重任务中的应用实例。该系统利用千斤顶作为主要支撑,并依靠压力、位移传感器直接获取数据。其已成功应用于渤海油田以及乌石油田的海上石油平台组块的重量、重心测量中。称重结果显示,理论计算与实际测量值之间仍存在差异,证实了出海安装前对海洋石油平台称重的必要性,同时也对开发精度更高的称重系统提出了更高的要求。

## 参考文献

- [1] 张锦宝,陶华,杨君树,等.40000吨称重系统在大型海洋平台建造中的应用[J].中国造船,2013,54(10):338-343.
- [2] 杨伟旗,张彬,兰红军.荔湾3-1平台装船作业重量转移方法研究[J].石油工程建设,2013,39(2):7-18.
- [3] 钟芳.WZ11-1WHPA平台上部模块称重研究[J].工程建设,2018,50(6):67-70.
- [4] 李年煜,袁斌,李挺前.海洋石油钻井平台的称重[J].液压与气动,2014(1):76-79.