

文章编号:1001-4500(2006)02-0001-04

超大型海洋工程起重系统发展现状

刘振辉,谭卫卫,谭家华

(上海交通大学,上海 200030)

摘 要:较为详细的介绍了世界上目前应用的两种超大型的起重系统即半潜式起重船和 Single-lift 起重系统及其工作原理;结合国内目前的现状,预测了超大型起重系统在国内的应用前景。

关键词:超大型起重系统;半潜式起重船;Single-lift 起重系统

中图分类号:P75

文献标识码:A

21 世纪世界各国纷纷加大了对海洋开发的力度,海洋工程的建设方兴未艾。这是由于一方面,全世界对能源的需求日益增加,海洋已成为各国新世纪能源战略的重点;另一方面新技术在海洋工程上的应用,使得海洋能源的开采成本大大降低。作为海洋工程建设中一种重要的建设设备,海洋工程起重系统也得到了飞速的发展,并且有着广阔的发展前景。

就目前来看,海洋工程起重系统按照起重能力大小可以分成以下四类^[1,2]:

(1) 船式起重机(ship-shaped heavy lift vessel)。这是最早出现的海洋工程起重系统,它通过在船舶甲板上加装吊车而具有了水面上的起重能力。1963 年,瑞士的 Heerema 集团公司从挪威购买了一艘油轮,把它改装成了世界上第一艘船式起重船^[3],当时的起重能力为 150t。这类起重系统起重能力有限,一般不超过 2000t。

(2) 浮式起重船(Derrick Barge or Heavy lift vessel)。起重能力超过 2000t 之后,起重系统就开始采用浮式起重船的形式。船体采用驳船,并配备专用的起重机系统和定位系统。这类起重系统起重能力一般不超过 5000t。

(3) 半潜式起重船(Semi-submersible crane vessel)。当起重能力超过 5000t,一般采用的就是半潜式起重船形式。这种形式起重船工作与非工作状态下吃水变化较大。船体分为上层建筑和浮体,下层的浮体可以为起重作业提供足够的稳性支持,因而起重能力大大增加,目前世界上最大的半潜式起重船最大起重能力已经达到 14200t。

(4) Single-lift 起重系统(Single lift system)。进入 21 世纪以后,各个大型海洋工程公司为了适应海上作业的需求,特别是为了满足日益兴旺的海洋工程回收利用市场,各自提出了海上 Single-lift 起重系统的概念,而且有些已经应用于实践。这些起重系统除了应用于大型海洋平台的拆卸,也可以应用于海洋平台的安装。其起重能力从 12000 t 到 30000 多 t 不等。

本文仅对后两种起重系统作介绍。

1 半潜式起重船(S. S. C. V)

这种起重系统由三部分构成,即浮体、上层甲板、起重机。目前世界上共有六艘半潜起重船^[4]:意大利 Saipem 公司的 Saipem 7000 (1988 年建成,原称 Micoperi 7000),荷兰 Heerema 公司的 Thialf (1985 年建成,原称 McDermott's DB-102), Hermod (1979 年建成), Balder (1978 年建成), DB-101 (1978 年建成,原称 Narwhal)和 McDermott 的 DB100 (1979 年建成)。

收稿日期:2005-09-06

作者简介:刘振辉(1981~),男,硕士生,从事海洋船舶与海洋结构设计制造。

下表为其中一些半潜式起重船的基本资料。

表

船名	最大起重能力(t)	长(m)	宽(m)	高(m)	吃水(m)
Thialf	14200	201.6	88.4	49.5	11.8 ~ 31.6
Saipem 7000	14000	197.95	87	43.5	18.5 ~ 27.5
Hermod	8100	154	86	42	11.5 ~ 28.2
DB - 101	3500	146.34	51.921	36.59	7.5 ~ 23.48

Saipem 7000 是意大利一家著名的海洋工程公司 Saipem 公司 1988 年建成的,目前已经为世界上多个国家的海上石油平台提供过服务,足迹更是踏遍了印度洋和大西洋,赢得了极大的声誉和经济收入。

Saipem 7000^[5] (图 1) 装备了 J-lay 安装塔,最新的动态定位系统以及反应迅速的压载系统。它的最大起重能力达到 14000t,并且可以在超过 2000m 水深的海域进行铺管作业。Saipem7000 上面有 12 个 3 级 DP 系统的推进器,可以保证在最复杂海况下仍能准确定位。另外,有近 700 个床位,可以为平台的吊装和试运行提供生活支持。

已有的 S. S. C. V 均建成于上个世纪 90 年代以前,之后再也没有哪家公司愿意再修建这样的一个庞然大物了。因为它不仅投资巨大,建造困难,而且运营成本也相当的昂贵。S. S. C. V 每天的运营费用就需要 500000 美元,而相对普通的浮式起重机,运营费用仅在 20000 美元左右^[2]。因此考虑到经济性能,半潜式起重船的多功能化以及续航能力成了首要考虑因素。

Saipem 7000 和 DB101 的改造就是这个原因。

近年来人们又开始设计和建造新的海洋工程起重系统,并且其中的某些概念性设计已经开始应用于实践,并取得了成功。

2 Single-lift 起重系统

目前世界上各大海洋工程公司都在积极地寻找新型、有效、经济性能优良的海洋工程 Single-lift 起重系统。比较著名的有下面几种^[6]:

(1) Versatruss 起重系统

Versatruss 是美国的一家公司,专门从事海洋工程的起重作业。该起重系统如图 2 所示:1 为同步绞盘,2 为普通的驳船,3 为起重臂,绕着固定点旋转,从而增大夹角,达到提升、起重的目的,4 为海洋平台的上层建筑。

主尺度:120m × 31m 排水量:每艘驳船 18000t

工作原理:起重时,两艘驳船从海洋平台或结构的两侧靠近结构物,用绞索 1 系住结构物的下端,起重臂 3 撑住上端,两艘驳船 2 分别往中间推进,造成起重臂往上旋转,达到起重的目的。其最大起重能力达到 20000t。

目前该起重系统已经成功的在墨西哥湾海洋石油平台的拆建中得到应用。和 S. S. C. V. 相比,具有费用低、适用面广、灵活机动的特点。市场前景广阔。

(2) Master Mind 起重系统

挪威的 Master Marine AS 公司开发了两种新型的 Single-lift 起重系统。

一种由一艘船和导管托架 1 组成(图 3 为该公司的 Happy Jack 号,最大起重能力达到 14000t)。施工时,放下托架,把船支起,脱离水面。这样的起重系统最大起重能力可达到 18000t。

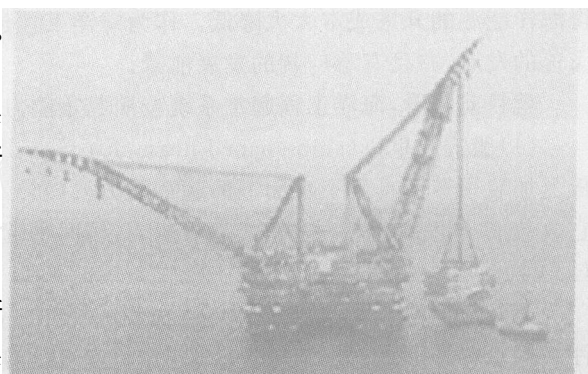


图 1 Saipem 7000

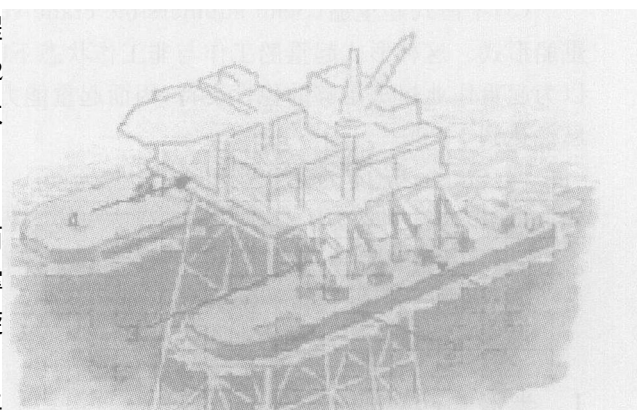


图 2 Versatruss 起重系统

另外一种新型的起重系统则类似于半潜式起重船,所不同的是,在作业时,该系统需要先通过吸力锚 2 在海面上固定。它的最大起重能力可以达到 16000t。图 4 为该公司的 SeaFork One 号

(3) MPU Single-lift 起重系统

MPU Single-lift 起重系统是一个半潜式的混凝土船,呈 U 形,也叫做多功能单元船(图 5)。船体由加强的混凝土浇筑而成。总共有 8 个副水舱 1,用来快速排出压载水。它的起重能力从 14500t 到 30000t 不等。

主尺度:92m × 98m 排水量:80000t

工作原理:作业时,移动 MPU 抵达施工区域,把海洋平台的上层建筑"包围"起来,然后通过副水舱 1 的排放压载水产生升力,从而将重物举起。

(4) 近海穿梭式(Offshore Shuttle)

Marine Shuttle Operations AS. Stavanger 公司设计的近海穿梭式 Single-lift 起重系统(图 6)由一个半潜式的浮体构成,没有甲板。半潜式的浮体由大尺度的钢制试管状构件组成。可以用来进行海洋平台上层建筑的安装(最大 35000t)和拆除(最大 22000t),也可以用来安装和拆除导管架(最大 12000t,可以增至 18000t)。

主尺度:146m × 85m 排水量:90000t

工作原理:通过调节压载水舱,控制吃水,达到起重的目的。

(5) Pieter Schelte

Single-lift 起重系统(图 7)的概念由 Excalibur 工程公司提出。由两艘油轮从中间到船艏拼接而成。这种船也是目前所有 Single-lift 起重系统概念中最大的,排水量达到 450000t,可起重 48000t 的上层建筑或者是 25000t 的导管架。它不仅可在恶劣的作业环境下工作,而且可航行到世界各地。

工作原理:该系统可用来起重海洋平台的上层建筑,也可用来起重导管架平台。上层建筑 2 通过系统的前部 U 形的船井 3 来起重;导管架平台则通过船侧的起重吊车 1 起重。

(6) Global Marine 公司的 Single-lift 起重系统

这是一艘钢质的半潜式结构(图 8),以已有的海上浮体"safe Scandinavia"号 1 为基础,通过连接一个专门用来起重的海洋平台 2 分段而成,在起重时,首先需要在近海海域内完成两个单元的连接,然后航行到施工地点进行起重作业。这套系统仅用来起重海洋平台的上层建筑。

主尺度:170m × 87m 排水量:65000t

工作原理:起重时,起重横杆 3 跨过 U 形的船井,压在海洋平台的上层建筑下面。为了减小缓冲,采用了二烯橡胶缓冲垫。然后通过控制压载物的重量达到起升的目的。

(7) 双体海洋起重系统

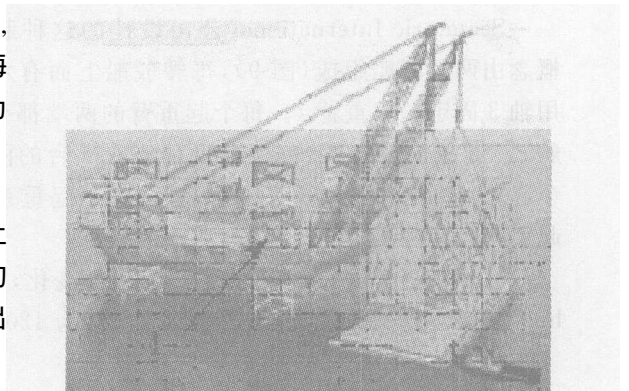


图 3 Happy Jack 起重系统图

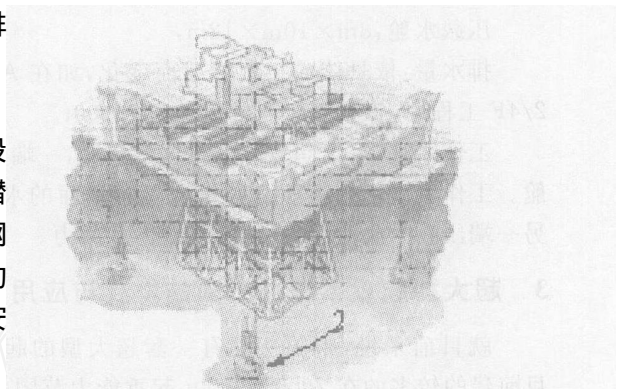


图 4 SeaFork One 起重系统

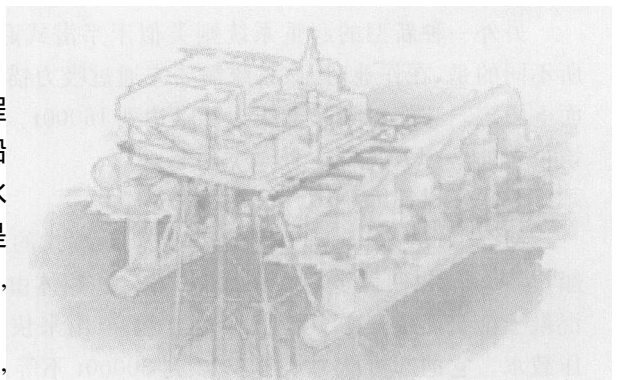


图 5 MPU 起重系统

Seametric International 公司设计的这种起重系统概念由两艘驳船组成(图 9),每艘驳船上面有六个中间用轴 3 固定的起重臂 1。每个起重臂的两端都有压载水舱 2。起重时,两艘驳船 4 分别停靠在平台的两侧。每个起重臂的起重能力达到 1500t,故这种起重系统的总起重能力达到了 18000t。

驳船的主尺度依具体的工程项目而变化,如在 Albuskjell 2/4F 工程中,每艘驳船的主尺度为 120m × 46m × 9m,

起重臂:60.5m × 6m × 9m,

浮箱:10m × 10m × 15m,

压载水舱:8m × 10m × 12m,

排水量:依具体的工程项目而变化,如在 Albuskjell 2/4F 工程中,每艘驳船的排水量为 26000t。

工作原理:每个起重臂一端连有浮箱,一端是压载水舱。工作时一边用压缩空气排出浮箱里面的水,一边给另一端压载水舱注水,从而形成向上的举力。

3 超大型起重系统在我国的发展与应用

就目前来说,中国还没有一套超大型的起重系统。目前建的较多的在 2000 ~ 3000t 起重能力范围内的浮式

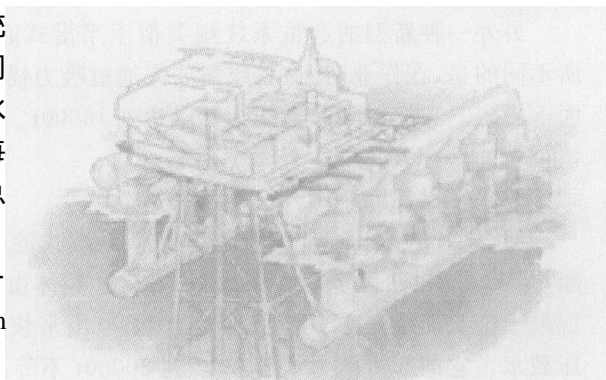


图 6 Offshore Shuttle 起重系统

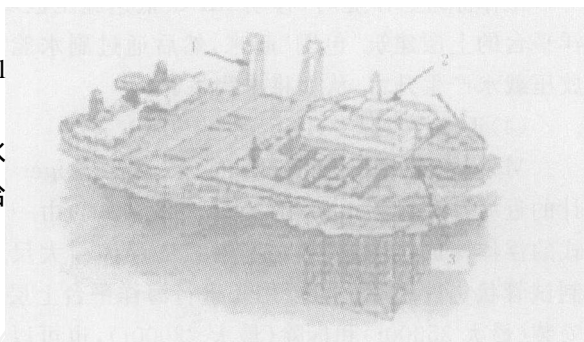


图 7 Pieter Schelte 起重系统

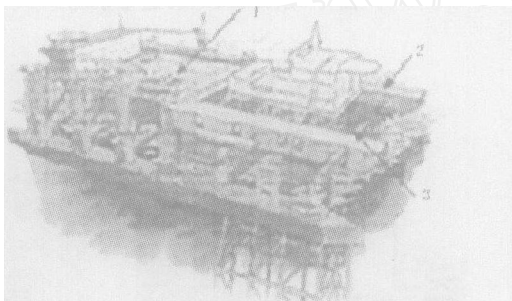


图 8 Single-lift 起重系统

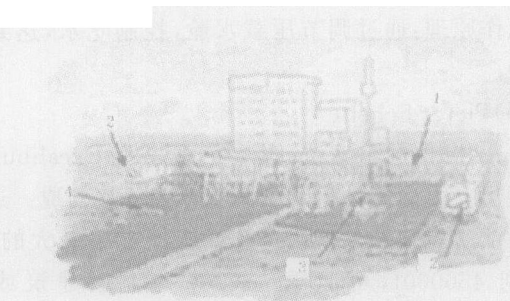


图 9 双体海洋起重系统

起重机,且多用于架设跨海大桥。上海振华港机股份有限公司曾经展出过一台起重能力达到 7000t 的起重机模型“上海号”^[7],并计划于 2005 年底建成投入使用。“上海号”是一艘在无限航区自航的大型全旋转 7000t 起重工程船,属超大型的半潜式起重船,不仅可航行于无限航区并可在无限航区作业。全旋转的起重机其最大起重量为 7000t × 39m(固定),全旋转时为 2000t × 约 39m。本船主要用于重型桥梁安装工程及海洋工程和重件吊装等。

而像应用范围更广和技术含量更大的 single-lift 起重系统国内则还没有尝试。随着我国对海洋开发的发展,以及一部分早先建造的海洋平台的超龄、老化,对超大型海洋工程起重系统的需求也会越来越大,这是一个极具诱惑力的市场。

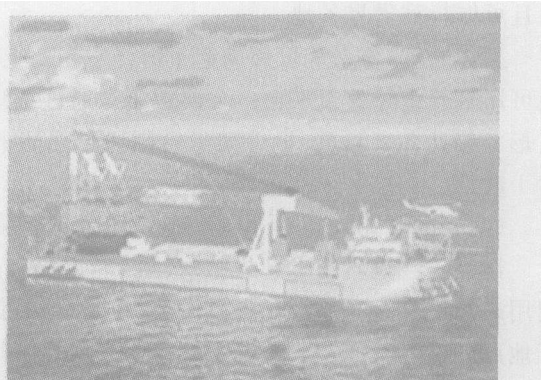


图 10 “上海号”模型

(下转第 32 页)

6 结论

(1) 本文提出了筒形基础海洋平台在大、小倾角两种情况下的静稳性分析方法。降低平台重心,增大筒基间距可有效提高平台稳性,利用大倾角静稳性曲线可对平台稳性进行验算。结合平台的工作环境和工作要求,选择合理的海洋平台的筒基结构是保证平台稳性的一个重要因素

(2) 气浮体与实浮体的主要差异在于气浮体在运动过程中的浮力变化量,该变化量除了与浮筒的运动量有关外,还与筒体内的气压变化有关。气浮力折减参数导致气浮体的浮稳性比对应的实浮体的浮稳性差。由气浮结构静稳性分析理论得到的初稳性高与由气浮浮态理论分析得到的静稳性曲线的斜率值吻合,表明气浮结构的两种分析理论得到了相互验证。引进气浮力折减系数可有效的对气浮体静稳性分析进行修正。

参考文献

- [1] 别社安. JZ9 - 3 筒形基础系统平台气浮试验及分析[R]. 天津海王星海上工程技术有限公司, 2000.
- [2] 吴海彬, 朱世强, 陈鹰. 桶形基础平台沉浮过程稳性分析[J]. 浙江大学学报. 2001, 35(6): 651 - 654.
- [3] 别社安, 时忠民, 王翎羽. 气浮结构的静浮态分析[J]. 中国港湾建设, 2000, (6): 18 - 23.

STATIC STABILITY ANALYSIS OF OFFSHORE PLATFORM WITH BUCKET FOUNDATION

LUAN Wenhui, DING Hongyan
(Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The static stability of offshore platform with bucket foundation is analyzed theoretically, and stability analyzed methods of the platform with small and large angle of inclination are discussed. Stability state is analyzed in the condition of air floating state, stability parameter is modified corresponding.

Key words: offshore platform with bucket foundation; small angle of inclination stability; large angle of inclination stability; air floating state

(上接第 4 页)

参考文献

- [1] BOMEL Ltd. Decommissioning topic strategy for the Health and Safety Executive, P. 49. OFFSHORE TECHNOLOGY REPORT, 2001/032
- [2] William Cash, Dual barge - truss system aims at 20,000 - ton lift, Versatruss Americans L.L.C.
- [3] The Pioneering Years 1960 - 1978 of Heerema. <http://www.heerema.com/>
- [4] Gertjan Looye, Instruction to S. S. C. V, <http://www.offshore-vessels.net/>
- [5] Eni Group, Saipem 7000, <http://www.saipem.eni.it/>
- [6] Total Final ELF, Frigg Area Cessation News, Frigg Norway and U.K., JUNE 2001, NO. 3
- [7] 上海振华港机(集团)公司, <http://www.zPMC.com/>

STATE OF THE ART OF THE GIGANTIC OCEAN ENGINEERING LIFTING SYSTEM

LIU Zhenhui, TAN Weiwei, TAN Jiahua
(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Two kinds of the gigantic ocean engineering lifting system, which are S. S. C. V and Single-lift system and their operational principles are introduced. A prediction of such systems' development in China is made by the research of domestic similar field.

Key words: gigantic ocean engineering lifting system; S. S. C. V; Single-lift system; state of the art