

平台基有缆潜标实时内波监测系统

兰志刚

(中海油能源发展股份有限公司北京分公司, 北京 100027)

摘要: 研究开发了一套依托于海洋平台进行安装的有缆潜标实时内波监测系统。该系统由温度传感器、温盐深传感器(CTD)、定点海流计(DVS)、终端接收机、绞车、钢缆、电缆及锚定重块等组成。温度传感器、CTD和DVS依一定的空间间隔串行连接并固定在系泊钢缆上。系统利用电缆实时供电、采用可寻址RS485总线进行控制和数据传输。集成的有缆潜标内波监测系统在中海油所属的PY30-1平台上进行了现场内波观测,成功捕获了多个内波过程,为获取长时间序列的内波实测数据、进而为开展南海内波机理和工程应用研究提供了有效的技术手段。

关键词: 内波监测; 有缆潜标; 海洋石油平台

中图分类号: P736.21 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)12-0076-05

海洋内波是在海水稳定层化的海洋中产生的、最大振幅出现在海洋内部的一种波动,其恢复力主要是约化重力^[1]。海洋内波是灾害性海洋环境之一,海洋内波流可产生巨大的水平推力,威胁半潜式及锚定石油平台稳定性,使平台的主体结构 and 立管系统发生整体推移或扭转。周期性内波的剪切还会导致浮式生产储油卸油装置(FPSO)和浮式平台锚系疲劳破坏,也会使得深吃水浮体\系泊系统\立管系统处于持续不断的流动和尾涡作用之下,产生显著的涡激振动,降低平台装备的操作性能,并会引发碰撞和疲劳断裂,严重威胁系统的作业安全和性能;内波也会影响钻井作业操控。因此,内波的实时监测对于海洋工程设计开发和施工建设,以及海上安全生产、海洋国防和海洋研究具有十分重要的价值。

尹逊福等^[2]早在1963年利用颠倒温度计、南森瓶、厄克曼海流计等设备在舟山群岛外海开展了我国最早的内波观测,由于采样频率较低,通过数据分析仅得到了半日潮频率的内波;赵俊生等^[3-4]采用调查船布设由印刷海流计垂向阵列组成的潜标系统观测黄海内波,获得了观测海区的内波信息;叶建华等^[5]在黄海依托调查船,利用Endico海流计、颠倒温度计、南森瓶及机械式BT等设备,开展了海洋内波定点连续观测,获得了关于近惯性内波的信息;方欣华等^[6-8]在南海南沙群岛附近海域多次采用调查船开展了内波连续观测。

由于现有的内波测量系统,多采用自容式浮标

或潜标技术,即把测量设备固定在漂浮于海面上的浮标锚系上或系泊在海面以下的由浮体、锚系等构成的潜标系统上,由设备靠自身携带的电池自行完成测量和记录;对于采用潜标技术的内波测量系统,由于海流的拖曳力作用,其顶部主浮体随海流作用的加大而不断下潜,导致悬挂其上的测量设备的水深和水平位置均发生变化,无法很好地测量内波的垂直空间变化特征。另外,电池的容量限制也要求定期对测量系统进行回收,更换电池,从而限制了此类内波测量系统工作的长期性和连续性。利用调查船定点悬挂观测,虽然可以解决供电问题,但无法进行长期观测。中国船舶重工集团公司第七一研究所发明了一种装有卫星通讯终端的锚系水中可升降漂浮平台实现海洋内波数据现场测量并能实时传输的内波测量装置系统^[9],该系统利用可收放绞车控制测量平台在水中上下往复运动,从而实现内波测量。由于测量平台升降过程需要时间,该系统无法实现内波在垂直分布上的同步测量,而且供电也是制约该系统长期连续使用的主要因素之一。

收稿日期: 2012-09-26; 修回日期: 2012-10-24

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2008AA09A401-3); 国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2008AA09A403)

作者简介: 兰志刚(1963-),男,山东青岛人,高级工程师,中国科学院海洋研究所在读博士,从事海洋工程环境监测和海洋工程防腐工作, E-mail: lanzhg@cnooc.com.cn

南海,特别是南海北部陆架陆坡区,是内波活动的频发区^[10]。Ebbesmeyer 等^[11]曾经利用 ADCP 在南海东北部陆丰油田观测到了大振幅内孤立波在近海面水层产生的强往复流。如果能够有效依托该水域的海洋石油平台开展内波测量,无疑会大大提高内波测量系统的可靠性、安全性和长期工作能力,为内波测量提供一种可靠的技术手段。

作者根据位于南海东北部陆坡区的 PY30-1 平台结构和当地水深特点,开发依托平台并利用电缆实时供电、控制和数据传输的有缆潜标实时内波监测系统。该系统安装布放于 PY30-1 平台上,开展了长期内波观测,成功捕获了多个内波过程。

1 监测系统设计及安装方案

PY30-1 平台位于 20°15'N, 114°57'E 的南海水域,毗邻南海东部陆坡区,水深 200 m,是内波多发区域。该平台水下部分为 8 腿导管架直立塔式结构,上部组块有 5 层甲板。平台甲板探出导管架十余米,具备很好的悬挂式投放水下设备的条件。因此,监测系统可以设计成在平台上悬挂安装的结构形式,系统由安装在平台上的控制终端、电源、布放绞车、滑轮组、钢缆以及位于水下的观测设备阵列、声学释放器、锚定重块等部件组成,并且有平台通过电缆供电、实施控制和数据传输。详见图 1。

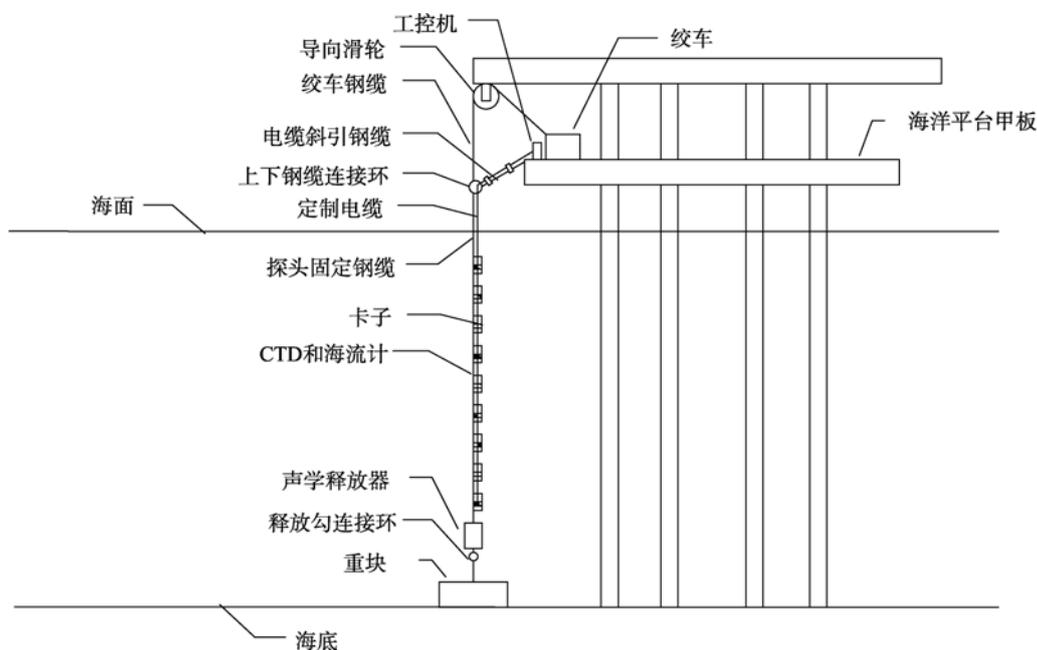


图 1 平台基有缆潜标实时内波监测系统结构示意图

Fig. 1 A schematic diagram of the cable subsurface buoy system for monitoring internal waves on an offshore oil platform

现有的研究表明,南海海水层化多发生在水下 100 m 左右^[12],因此,测量设备整列将集中在水下 20~200 m 范围内。设备阵列由 3 台单点海流计、3 台温盐深传感器(CTD)和 23 台水温测量设备组成,形成温盐测量范围为 180 m 的测量系统。从水下 20 m 处开始布放第一个探头,水下 200 m 处布放最后一个探头,温盐深探头 CTD 和海流计分别安装在水下 20, 100 和 200 m 处。为了提高测量精度,应在跃层附近加密测量,因此在水下 70~130 m,每 5 m 布放一个温度探头,其余深度上每 10 m 一个温度探头。

绞车安装在海洋平台甲板边缘,用于投放和悬

挂测量探头于水下;温盐(CT)探头和海流计所组成的内波测量设备阵列,按前述空间距离依次串接在一根定制的电路上,并用卡子固定在钢缆上,用于测量海水中内波引起的温盐和流速变化;定制电缆为 5 芯电缆,其中 2 芯用于向探头供电,另外 3 芯组成 RS485 总线,利用测量探头本身具备的可寻址 RS485 通信功能,用于和工控机进行数据通信,详见图 2;重物锚系,投放并坐在海底,与绞车配合用于将内波测量探头链锚定在水中;声学释放器,串接于重物锚系和绞车钢缆前端,其下端的释放勾通过释放勾连接环,与重物锚系连接,用于完成测量后,释放重物以回收水下测量设备;作为控制和数据接

收终端的工控机, 通过定制电缆以 RS485 通信方式发送指令控制每台 CTD 和海流计启动测量, 并通过

该电缆接收储存和显示 CTD 和海流计的测量结果。供电电源, 用于通过定制的电纜向探头供电。

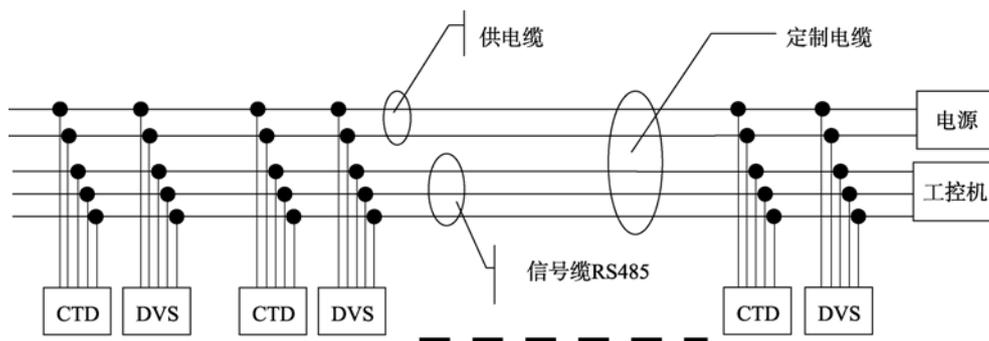


图 2 监测系统供电和通信电缆结构示意图

Fig. 2 The schematic diagram of cable

为了便于投放, 悬挂设备的钢纜由上下两部分组成, 投放时首先将测量探头通过定制电纜上的接头连接在定制电纜上, 再将探头和定制电纜用卡子固定在下端钢纜(探头固定钢纜)上, 然后利用作业船只上的绞车将该部分设备投放至水下, 直至重物锚系坐落在海底。然后用上下钢纜连接环将上下两部分钢纜对接, 并利用绞车将钢纜拉紧即可。

由于电纜无法通过导向滑轮引到平台上, 本系统在上下钢纜连接环上斜向拉一根钢纜至平台上, 用于将电纜引上平台, 与支流供电电源及工控机连接(图 1)。

以此类推, 直至锚系重物触底。

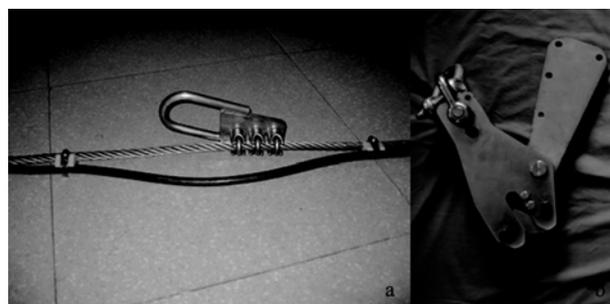


图 3 有纜潜标辅助投放机构

Fig. 3 Auxiliaries for deploying cable subsurface buoy

a. the hoist ring; b. mechanical release

2 监测系统的现场应用

系统研制成功后于 2011 年 3 月底在 PY30-1 平台上进行了安装、布放。该海域水深约 200 m, 悬挂点甲板高程为 50 m。由于设备无法穿越吊点滑轮, 仅仅利用甲板绞车无法完成投放, 因此设计了利用作业船配合进行投放的施工方纜。为便于布放, 将锚系钢纜分为水上部分和水上部分两段。水下部分利用作业船只以两条布放钢纜 I、II 交替接续方式进行投放。设备先行连接至锚系水下部分, 水下部分每隔 20 m 左右安装一个不锈钢吊环(图 3a)。布放钢纜一端缠绕在工程船的绞车上, 由绞车进行收放, 另一端与机械释放器连接(图3b)。该机械释放器在受力时自行锁紧, 不受力时, 自动完成释放。布放时, 首先由布放钢纜 I 的释放器抓紧钢纜第一个不锈钢吊环, 在锚系重物重力作用下, 布放钢纜 I 的释放器受力锁紧, 采用绞车 I 将受力钢纜送入海中, 布放钢纜 II 释放器抓紧第二个不锈钢吊环, 直至辅助钢纜 II 释放器受力锁紧, 辅助钢纜 I 释放器不受力后自动释放。

水下部分布放完毕后与甲板绞车上的水上部分钢纜进行组装连接, 完成整个投放过程。图 4 是设备

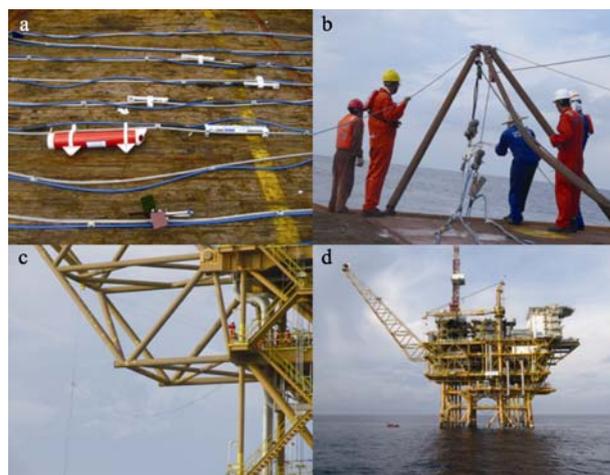


图 4 测量系统安装、投放过程

Fig. 4 Installation and deployment of the cable subsurface buoy

连接(图 4a)、布放过程(图 4b)、安装选位(图 4c)及 PY30-1 平台(图 4d)的施工现场照片。

系统布放和调试完成后,于 4 月起正式投入运行,捕捉到了多个内孤立波过程。图 5 是利用 2011 年 5 月 22 日测得的数据绘制全剖面等温线图,可以明显地看出,在 24 h 内出现了数次显著的毛刺状等温线波动,反映出发生过较大振幅的内孤立波过程。

几次较大的过程分别发生在 05:00~07:00 点、09:00~10:00 点、13:00~14:00 点和 17:00~18:00 点之间。除上述高频毛刺状大幅波动外,也能看出等温线有明显的低频日变化起伏,表现出明显的潮汐内波特征。从内波发生过程的等温面变化来看,整个水深等温面变化基本上是同相位的,呈现第一模态的波动特征。

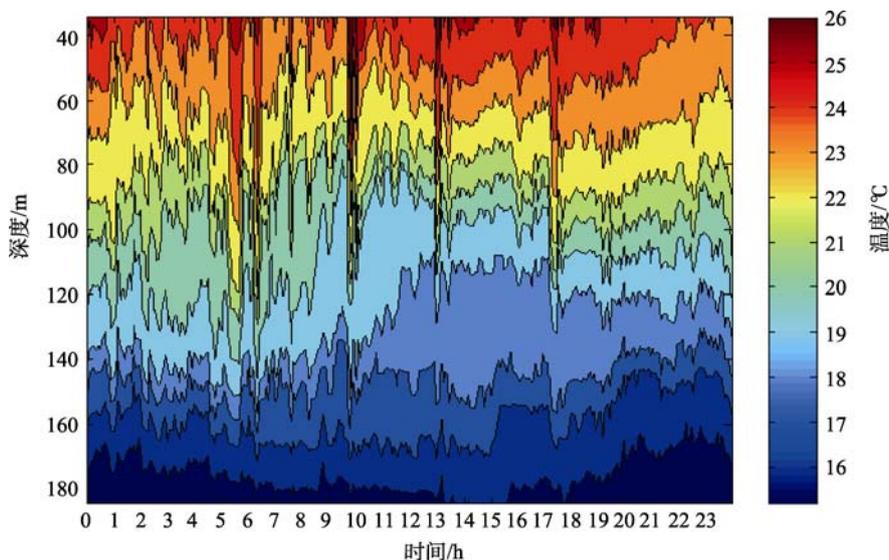


图 5 2011 年 5 月 22 日测得的等温线变化图

Fig. 5 The contour of water temperature measured by the system on May 22, 2011

3 结论

根据南海北部陆坡区的 PY30-1 平台结构和当地水深特点,开发了平台基有缆潜标内波监测系统,该系统采用悬挂布放方式,利用电缆实施供电、控制和数据传输。该系统设计有如下优点:(1)依托海洋平台构建内波测量系统,不易被盗和丢失,确保了系统的在位安全性。(2)可实现测量系统的实时供电和内波的实时数据采集。与自容式潜标内波测量系统相比,大大提高了数据的实时性,以及测量系统工作的长期连续。(3)可以通过实时数据了解水下测量探头的工作状态,及时发现和维护问题设备,提高数据的有效性、连续性和安全性。

系统研制成功后,安装布放于 PY30-1 平台上,开展了长期内波观测,成功捕获了多个内波过程。表明基于平台的有缆潜标内波观测系统,技术可行,丰富了现有的内波观测手段。

致谢:感谢中海油能源发展股份有限北京分公司信息技术中心环境部宋积文、石新刚和王智超工程师

以及中国科学院海洋研究所李思忍研究员、倪佐涛工程师等人的现场投放和数据收集整理工作。

参考文献:

- [1] 杜涛, 吴巍, 方欣华. 海洋内波的产生与分布[J]. 海洋科学, 2001, 25(4): 25-28.
- [2] 尹逊福, 孔祥德, 潘惠周. 东海西部陆架海区内波特征的初步分析[J]. 海洋学报, 1986, 8(6): 772-778.
- [3] 赵俊生, 耿世江, 孙洪亮, 等. 北黄海内波场特征 [C]//赵俊生. 中国海洋学文集(3). 北京: 海洋出版社, 1992: 1-13.
- [4] 赵俊生, 耿世江, 孙洪亮, 等. 南黄海内波场特征 [C]//赵俊生. 中国海洋学文集(3). 北京: 海洋出版社, 1992: 14-25.
- [5] 叶建华. 黄海中部的低频内波[J]. 青岛海洋大学学报, 1990, 20(2): 7-16.
- [6] 方欣华, 张玉琳, 王景明. 南沙群岛西南海域内波和细结构分析 [C]//中国科学院南沙综合科学考察队. 南沙群岛海区物理海洋学研究论文集 1. 北京: 海洋出版社, 1994: 28-38.

- [7] 方欣华, 吴巍, 仇德忠. 南沙海域内波与细结构研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1999, 29(4): 537-542.
- [8] 方欣华, 吴巍, 刘煜, 等. 南沙海区温度细结构正态性检验[J]. 青岛海洋大学学报, 2000, 30(2): 189-194.
- [9] 吴旌, 郭文生, 张云海, 等. 一种内波测量系统[P]. 中国专利: 200710187340.X, 2009-05-27.
- [10] Liu A K, Chang Y S, Liang N, et al. Evolution of nonlinear internal waves in China Seas[J]. J of Geophys Res, 1998, 103: 7997-8008.
- [11] Ebbesmeyer C C, Coomes C A, Hamilton R C, et al. New observation on internal waves (solitons) in South China Sea using an acoustic Doppler current profiler[C]//American Geophysical Union, Marine Technology Society. Marine Technology Society 91 Proceedings. Washington, D.C.: Marine Technology Society, 1991: 165-175.
- [12] 邱章, 徐锡桢, 龙小敏. 南海北部一观测点内潮特征的初步分析[J]. 热带海洋, 1996, 15(4): 63-67.

A cable subsurface buoy system for internal wave monitoring on the offshore oil platform

LAN Zhi-gang

(Beijing Branch, CNOOC Energy Technology & Service Limited, Beijing 100027, China)

Received: Sep., 26, 2012

Key words: internal wave monitoring; cable subsurface buoy, offshore oil platform

Abstract: A cable subsurface buoy system based on the offshore oil platform to monitor internal waves was developed. The system was comprised of water temperature sensors, CTD, DVS, terminal unit, winch, steel mooring cable, cable and anchor. temperature sensors, CTD and DVS were attached to the steel cable with definite spatial patterns and spans. The system was powered through cable. Addressable RS485 bus was used for control and data transmission. The system was installed on a PY30-1 oil platform affiliated to CNOOC to monitor internal waves *in situ*, and captured many internal wave processes, which provided effective means to obtain long series of real-time internal waves for studing the machenism and engineering appllication of internal waves.

(本文编辑: 刘珊珊)