

舱体式防渔拖海床基的研制和应用*

魏传杰 于 非^① 刁新源 欧 江 任 强

(中国科学院海洋研究所 海洋环境工程技术研究发展中心, 青岛 266071)

摘要 本文介绍了一种新型舱体式防渔拖海床基, 可布放在 200m 以浅海域进行长期、定点、连续、综合观测。该型海床基由坐底平台、浮体仪器舱和释放器等配件组成, 可以搭载多种观测传感器进行多学科综合观测。同时, 针对该海床基设计了安全有效的布放回收方法。通过实际海上应用, 结果表明, 舱体式防渔拖海床基具有长时间自动观测、隐蔽性好及有效防渔拖等优点, 可实现对海洋环境的长期综合观测。

关键词 海床基; 防渔拖; 长期综合观测

中图分类号 P715.4 **doi:** 10.12036/hyxxjk20160721004

舱体式防渔拖海床基是置于海底的长期、定点、连续观测系统。根据实际应用需要, 海床基可以搭载多种观测传感器, 实现对海洋环境的长时间序列监测, 是海洋定点观测的重要技术手段之一。随着全球范围内对海洋环境保护、海洋资源开发、海洋灾害预防等工作的日益重视, 众多发达国家制定了相关的国家级海洋战略, 正积极开展海洋环境的长期监测。相比于传统观测方式, 海床基观测不受天气与海况影响, 可实现多要素综合测量, 在海洋环境监测项目中的应用越来越广泛, 观测技术也得到了长足发展。

针对海床基观测技术, 国外科研工作者经过几十年的不断研究, 已在不同方面取得了许多重要技术成果。以美国为首的西方国家

相继建成了水下无人监测平台, 美国从 1992 年开始建设海洋生态长期监测系统 LEO-15 (Von Alt et al., 1997)。其后, 美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)建成“海啸事件深海评估及报告系统”(DART)用于海啸监测与预警。同时, 多家海洋仪器公司, 如 FloTec、Benthos 等设计研制了各自类型的海床基平台, 已初步实现产业化。与国际发达国家相比, 我国在海床基平台的研制方面相对比较薄弱。在国家 863 计划的资助下, 国家海洋技术中心在“九五”期间设计开发了自容式海床基监测系统, 用于监测浪、潮、流、悬浮泥沙浓度剖面及粒径谱等(孙思萍, 2000); “十五”期间又进一步研发了具有实时传输功能的海床基监测系统,

* 资助项目: 中国科学院战略性先导科技专项(XDA11020301, XDA11020501); 国家自然科学基金(41206020, 41376031); 国家自然科学基金委员会-山东省人民政府联合资助海洋科学研究中心项目(U1406401)。

魏传杰, 男, 工程师, E-mail: weicj@qdio.ac.cn

① 通讯作者: 于非, 男, 研究员, 从事海洋调查与区域海洋学研究工作, E-mail: yuf@qdio.ac.cn

收稿日期: 2016-07-21, 收修改稿日期: 2016-07-30

在水深 100m 以浅的海底持续完成了 3 个月的工作,对波浪、水位、海流剖面、温度、盐度等海洋水文要素进行了观测(孙思萍, 2004); 2011 年在之前研究的基础上,结合水声通信与卫星通信技术,成功研制了实时通信多参数海床基监测系统,通过长期海上试验的验证,确认该系统具有较高的安全性和环境适应性(齐尔麦等, 2011)。针对海床基不能避免渔业拖网破坏的缺陷,国家海洋局第一海洋研究所对海床基的结构、功能进行了全新设计,成功研制了浅水区抗拖网声学多普勒流速剖面仪(acoustic doppler current profilers, ADCP)海床基,通过海上应用表明,抗拖网 ADCP 海床基在浅海区能够有效减少渔网的破坏,进而实现对海洋环境的长期监测(于凯本等, 2012)。国家海洋环境监测中心针对不同底质环境进行了海床基系列化研制,利用模拟仿真实验和实际海上试验,对海床基不断改进完善,成功完成了海床基系统的业务化应用(胡展铭等, 2012, 2013)。

在中国近海海域,渔业捕捞作业频繁,海洋工程施工频率高,海床基观测系统经常遭到破坏甚至丢失,无法实现对海洋环境的长期连续监测。在中国科学院战略性先导科技专项“热带西太平洋海洋系统物质能量交换及其影响”项目的支持下,作者与团队成员成功研制了一种舱体式防渔拖海床基,可在 200m 以浅海域进行长期测量。相比于传统海床基,该系统浮体仪器舱放置于坐底平台的椭圆柱状舱体内,仪器可受到浮体和水泥底座的双重保护;可自由加载多种自容式调查设备;浮体仪器舱采用国产玻璃微珠材料,可以提供 80kg 净浮力,相比以往海床基系统可提供近 2 倍浮力;同时,流线型外观使其具有良好的防渔拖及抗淤性能。通过大量试验及实际调查应用,该舱体式防渔拖海床基取得了理想的应用效果,能够有效地避免渔业拖网、流网及海洋施工等破坏,在恶劣海洋环境下进行

长期连续坐底观测,进一步提高了海床基观测系统的安全性、可靠性和环境适应性。

1 系统总体设计

舱体式防渔拖海床基采用自容式工作模式,主要用于对所在海域的海洋环境进行长期、定点、连续、综合的自动测量。系统观测对象包括水位、海流、水温、盐度、溶解氧、叶绿素、浊度、pH、硝酸盐等环境要素。同时,可根据实际需求在系统上增加其他测量仪器或传感器,扩展系统的观测对象。系统配备有声学释放装置用于回收工作,完成观测任务后通过抛载配重返回海面。该海床基系统是获取水下长期综合观测资料的重要手段,具有长时间自动观测、隐蔽性好及有效抗拖网等特点,其主要性能指标见表 1。

表 1 舱体式防渔拖海床基主要性能指标

Tab.1 The key performance indicators of the seabed based system

参数	指标
直径	2.0m
高度	0.7m
海床基坐底平台	2.0t
浮体仪器舱	水中净浮力 80kg
工作水深	<1000m
水下连续工作时间	>100d

1.1 系统组成

舱体式防渔拖海床基(图 1)主要由流线型坐底平台、玻璃微珠材料浮体、万向支架、缆绳等部分组成。浮体内可自由搭载声学释放器、全球定位系统(global positioning system, GPS)信标通信机、温盐深仪(CTD)、ADCP、水位计等多种调查设备,可将海床基系统布放在 200m 以浅海域进行长期测量。系统整体为圆锥台状流线型设计,具有较高的强度,可有效防止渔业拖网、流网等破坏,同时,圆锥台设计有一定高度,使海床基具备一定的抗淤积性能。



图1 舱体式防渔拖海床基外观设计图
Fig.1 The configuration integrated design of the seabed based system

1.1.1 海床基坐底平台

海床基坐底平台是舱体式防渔拖海床基系统的重要部件,一般要求体积和重量较大,使海床基在水下呈现稳定的状态。坐底平台由耐海水腐蚀的硅酸盐水泥浇筑而成,内置钢筋加强骨架,整体强度高,耐压深度可达1000m,同时可有效防止外部力量的冲撞破坏。平台为圆锥台状,底部直径为2m,与海底接触面积较大,以免在泥沙淤积严重海域发生沉陷;在顶部直径为1m,高度为0.7m,圆台锥度为55°,形成流线型外观,此外形设计使渔业捕捞网具与圆锥台产生相对滑动,防止海床基平台被网具拖动移位、倾斜或者翻扣。坐底平台中间部分为浮体舱,呈椭圆柱形,底部长轴为0.9m,底部短轴为0.8m,高度为0.6m,顶部长轴为0.95m,顶部短轴为0.85m,大体为喇叭形状,更有利于浮体释放脱离;整个浮体舱为不透水结构,水泥支撑保护结构高度约为0.7m,因此使海底泥沙绕流而坐底平台,不会在浮体舱内部造成泥沙淤积。平台底部预制2个固定吊环,用于固定浮体观测平台,其直径为24mm,附加牺牲阳极(锌块)以增强防腐性能。坐底平台外围均匀布置4个用于布放系统的吊放点,采用内嵌方式,不影响平台的流线型设计。海床基坐底平台除了具有流线型防渔拖和抗淤设计外,还适当增

加了平台重量,整体重量约为2t,保证了其整体的抗拖拉能力。海床基坐底平台的外观及布置如图2所示。

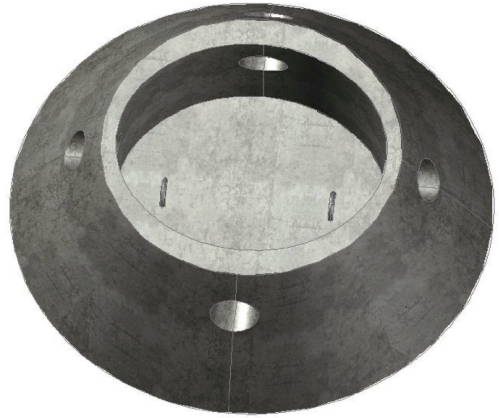


图2 海床基坐底平台的外观及布置图
Fig.2 The design drawing of the seabed platform

1.1.2 浮体仪器舱

浮体仪器舱为浮体和仪器舱的一体式设计。浮体兼具多种功能,不仅可作为上浮力材料回收搜寻目标,也可搭载多种观测传感器。在浮力的作用下,浮体仪器舱上浮至水面时,可携带浮体搭载的观测设备一起回到水面,优先回收设备,从而提高数据获取的安全可靠性。此种方式的海上回收作业简单快捷,有利于节约船时。

浮体仪器舱(图3)采用玻璃微珠材料加工制作而成,浮体表面浇注聚乙烯,厚度约为10mm,提高了浮体的耐磨和防撞性能。其整体呈椭圆柱形,长轴为0.85m,短轴为0.75m,高度为0.6m,空气中的总重量约为130kg,水中的净浮力约为80kg。浮体仪器舱设计有7个设备存储舱,中心位置为ADCP固定舱,直径为0.3m。围绕ADCP舱还设计了6个仪器舱,其中1个舱用于固定安装CTD,根据市场调研设计其直径为0.2m,可以安装目前国际上通用的各类CTD设备,剩余5个设计其直径为0.14m,用于搭载声学释放器、GPS信标

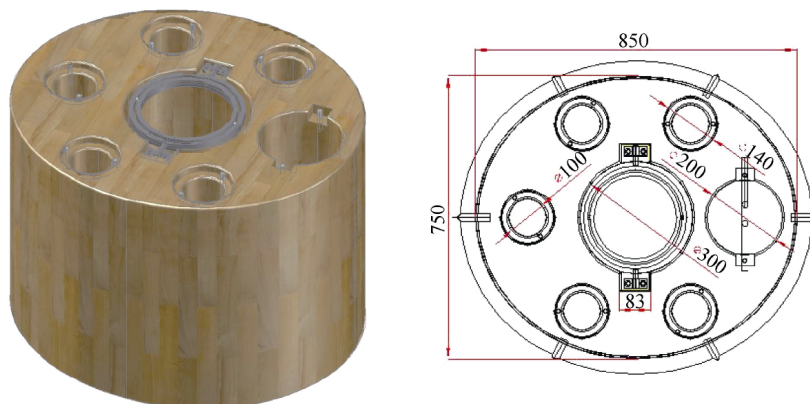


图3 浮体仪器舱设计图

Fig.3 The design drawing of the floating body

通信机、水位计、叶绿素计等传感器,进而可以进行多学科综合观测。根据设备尺寸设计不同的固定夹具,然后利用预制的钛合金固定螺杆将设备与舱体固定连接。每个设备存储舱上下通透,浮体仪器舱底部也预装钛合金固定螺杆,可以加载配重,以调节浮体的平衡。浮体仪器舱搭载两套声学释放器,采用并联方式与海床基坐底平台连接,利用配套甲板单元释放任意一台声学释放器,均可以释放浮体仪器舱,从而提高了系统回收的可靠性。目前,海床基系统主要搭载物理海洋观测设备及少量生化传感器,因为此类传感器技术相对成熟、数据质量较为稳定。

1.1.3 其他配件及技术

舱体式防渔拖海床基还包含其他配件,如声学释放器水上甲板单元和常平装置,并采用了防腐蚀及生物附着技术。

1) 声学释放器水上甲板单元

舱体式防渔拖海床基搭载两套声学释放器,因此需要配套相应的水上甲板单元。布放时可以利用其测距功能完成简单的定位工作。在系统回收时发送释放控制指令,释放浮体仪器舱,完成回收作业。

2) 常平装置

系统搭载 ADCP 进行海流观测,设备工作时,要求保持在竖直状态,倾角不应超过

15°,为避免海床基布放在斜坡上而导致其姿态超出正常工作范围。平台应设计常平装置,确保 ADCP 始终处于竖直姿态。常平装置使用 316L 不锈钢焊接制造,焊缝进行清渣、抛光处理,同时加装牺牲阳极(锌块)以增强装置的安全性能。

3) 防腐蚀及生物附着

舱体式防渔拖海床基系统由多种设备与配件组成,各部分材料不尽相同。首先,在不同材料间采取绝缘隔断措施,防止不同材料之间发生电化学腐蚀。其次,为防止设备部件受到海水腐蚀,在主要金属材质部件上安装牺牲阳极。另外,在结构部件表面涂装防生物附着涂料,避免海生物附着而影响设备正常工作。

1.2 系统的主要特点与优势

舱体式防渔拖海床基系统由坐底平台、浮体仪器舱和释放器等配件组成,其具有以下特点与优势。

1) 兼顾仪器安全与数据质量

浮体仪器舱放置于坐底平台的椭圆柱状舱体内,仪器受到浮体和水泥底座双重保护,且浮体仪器舱结构使各传感器与海水充分接触,提高了数据质量。

2) 提高仪器回收率

浮体仪器舱内可自由加载 CTD、ADCP

等多种自容式调查设备,系统释放后所有设备均随浮体返回水面。浮体仪器舱采用国产玻璃微珠材料,可以提供 80kg 净浮力,相比以往海床基系统可提供近 2 倍的浮力。系统的水泥坐底平台设计为抛弃式,降低了回收的难度。回收时,通过释放器释放浮体仪器舱,浮体漂出水面,实现仪器回收。

3) 具有较强的地形适应能力

坐底平台采用水泥整体浇筑,可以应用于不同海底底质,尤其针对软泥底质;该坐底平台具有一定高度,不容易完全陷入泥中,且外形为封闭结构,具有良好的抗淤性能。

4) 具有良好的防渔拖外形

整体结构上采用梯台式防拖网设计,与海底呈大的钝角,且具有 2t 以上自重,能够较好地防止拖网的拖动。

2 海床基的布放与回收

2.1 海床基布放

舱体式防渔拖海床基采取水平吊装方式布放,以避免海床基置于海底时发生倾斜或翻扣。海床基利用船只后甲板 A 型架和相应绞车吊装布放,同时利用一台声学释放器配合海床基的布放工作。声学释放器具有释放脱钩的一端通过释放环与坐底平台吊放点连接,声学释放器另一端与 A 型架钢丝绳相连。后甲板绞车将海床基整体起吊,并与 A 型架联动,移至船尾甲板外,缓慢放入水中,然后由绞车平稳释放钢丝绳,直至海床基下落至海底,其后慢慢回收绞车,将海床基提升至距离海底 1m 左右,向布放用声学释放器发出释放指令,打开释放钩,海床基依靠自身重力稳定地坐落到海底,同时迅速回收绞车,将布放用释放器回收至甲板。最后,利用声学释放器水上甲板单元和搭载的声学释放器进行海床基定位,至此完成舱体式防渔拖海床基的布放工作。

2.2 海床基回收

舱体式防渔拖海床基回收时,在船只甲

板上通过声学释放器水上甲板单元发出释放命令,其中搭载的两套声学释放器收到指令后执行脱钩动作,搭载仪器的浮体仪器舱与坐底平台脱离,坐底平台被丢弃,浮体仪器舱在浮力作用下浮出水面,然后进行海面搜寻,浮体仪器舱体积较大,整体涂装为黄色,目标醒目方便搜索,发现目标后由调查人员将浮体打捞至甲板。浮体仪器舱体可装配 GPS 信标通信机,内置铱星信号收发器和 GPS,浮体出水后立即报告 GPS 位置信息至接收机,从而更有利于搜索工作,同时还可以防止海床基意外出水而导致设备损失。

3 实验应用

中国科学院战略性先导科技专项项目于 2014 年在中国近海布放舱体式防渔拖海床基,用于构建中国近海的长期连续观测系统,实现海洋动力要素的季节变化观测(图 4~图 5)。布放时间为 2014 年 6~10 月,期间经受了台风、寒潮等恶劣海况的考验,也有效地避免了渔业拖网、流网等破坏。舱体式防渔拖海床基获取的大量长时间序列数据如图 6 所示,这些观测数据通过了严格的质量评估,包括范围检验、错误数据检查、良好率检查、完整有效性判断、合理性检验等,观测资料具有较高的准确性,资料良好率超过 98%,所获取的数据能够真实地反映实际海洋现象。

舱体式防渔拖海床基的成功布放与回收证明了该海床基具有良好的安全性、环境适应性,能够较好地完成海洋长期、定点、连续观测任务。舱体式防渔拖海床基的成功开发应用,显著提升了我国近海长时间尺度的观测能力,并为我国近海环境观测提供必要的设备保障和技术支持。

4 结论与展望

在海洋观测工作中,海床基观测系统是该技术领域常用的基础装置。本文详细介绍了

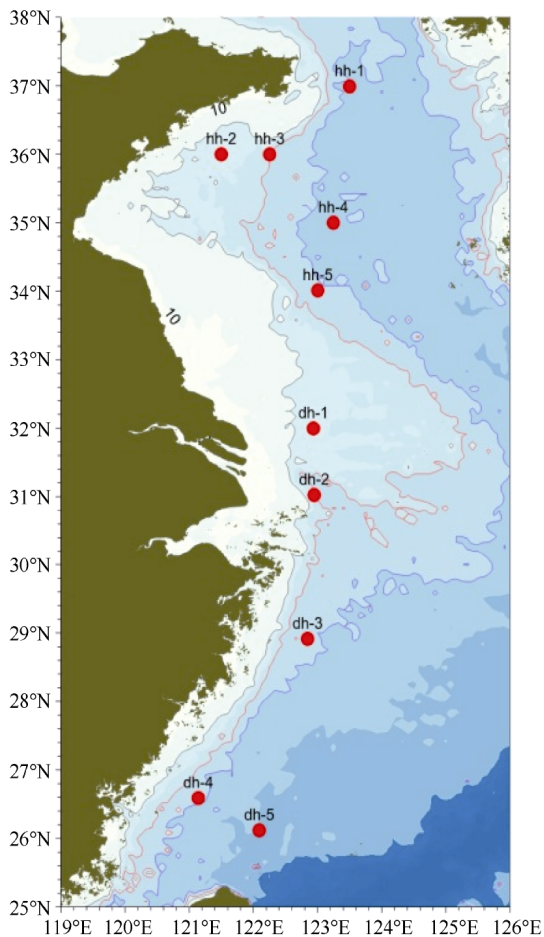


图4 舱体式防渔拖海床基布放站位图

Fig.4 Location of the seabed based systems in China coastal seas

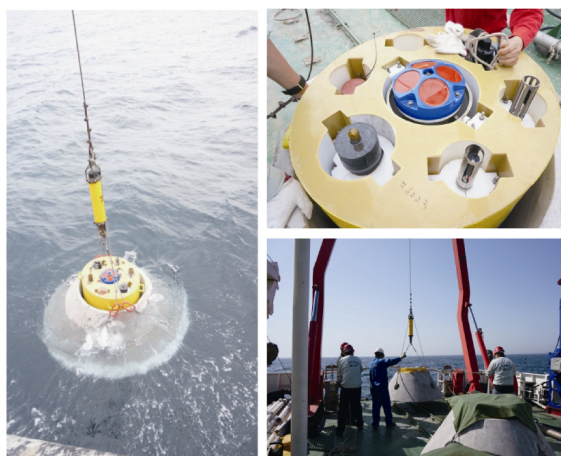


图5 舱体式防渔拖海床基布海上应用情况

Fig.5 The deployment and application of seabed based system

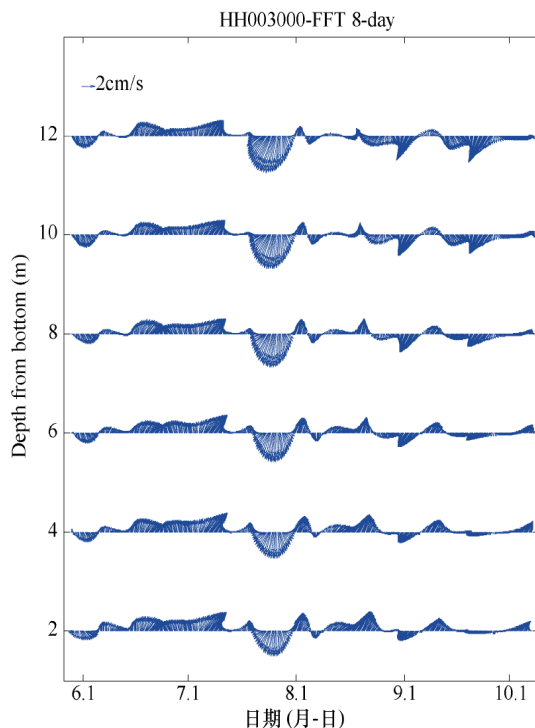


图6 黄海 hh-3 站 2014 年 6~10 月底层流速分布图

Fig.6 Bottom current plot of hh-3 station in the Yellow Sea during June to October 2014

新型舱体式防渔拖海床基的结构组成、功能及布放回收等关键技术。通过实际海上应用,结果表明,舱体式防渔拖海床基可以有效保证仪器安全与数据质量,同时具有良好的防渔拖及抗淤性能,是获取海洋长期综合观测资料的重要技术手段,在海洋观测领域具有广泛的应用前景。

参 考 文 献

- 胡展铭, 陈伟斌, 胡波, 等. 2012. 自平衡抗吸附海床基的吸附力研究分析. 海洋技术, 31(2): 14-17
- 胡展铭, 陈伟斌, 史文奇, 等. 2013. 适用于河口淤泥质海域的海床基吸附力研究. 海洋技术, 32(3): 1-5
- 齐尔麦, 张毅, 常延年. 2011. 海床基海洋环境自动监测系统的研究. 海洋技术, 30(2): 84-87
- 孙思萍. 2000. 海床基海洋环境自动监测系统. 海洋技术, 19(4): 1-7
- 孙思萍. 2004. 海床基海洋动力要素自动监测系统. 气象水文海洋仪器, (2): 26-30
- 于凯本, 刘忠臣, 魏泽勋, 等. 2012. 浅水区抗拖网

ADCP 海床基的研制. 海洋技术, 31(1): 41-44
Von Alt C J, De Luca M P, Glenn S M, et al., 1997.

LEO-15: monitoring and managing coastal resources.
Sea Technology, 38(8): 10-16

The Research and Application of Cabin-Style and Trawl-Resistant Seabed Based System

WEI Chuang-Jie, YU Fei*, DIAO Xin-Yuan, OU Jiang, REN Qiang

(*Marine environmental engineering technology research and Development Center, Institute of oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China*)

*Corresponding author, E-mail: yuf@qdio.ac.cn

Abstract A new-version, cabin-style and trawl-resistant seabed based System is introduced. It can be deployed in regions with a water depth smaller than 200 m and used for continuous, long-term, multi-discipline observation. It is composed of the seabed platform, the floating body and the release device, and can carry multiple ocean monitoring sensors to carry out multidisciplinary observation. The method of deployment and recovery are also designed. Through in-situ experiments, this seabed based System shows advantages in auto measurement, concealment, and anti-trawling. It can be utilized for long-term, multi-discipline observations of marine environment.

Key words seabed based system; trawl-resistant; observation