

文章编号:1005-9865(2016)06-0131-06

海上警戒浮标实时监控系統

李 鹏,江恩祝,王思荐,李延刚

(国家海洋局 东海预报中心,上海 200136)

摘 要:为有效保护近海海底观测网观测安全,免受渔船拖网和抛锚等损坏的问题,设计了一套多警戒浮标(直径 2.4~3.0 m)的实时监控系統,该警戒浮标可获取浮标本身工作状态,并能实时、动态、连续的将警戒浮标的运行状态发送到陆基岸站,实现对保护目标海域的实时监控,同时该浮标系統可进行扩充实现对海洋环境要素的观测。警戒浮标布设采用正多边形(三角形、正方形和正五边形等)预警保护方式,浮标以保护节点为中心等距布放,组网形成有效的海上保护围栏,保障海底观测系統的安全运行;供电系統采用太阳能电池和蓄电池组合供能方式,可保证在连续阴天的情况下警戒浮标系統运行 100 天。该警戒浮标技术已在东海海底观测网保护中成功示范运行 6 个月,该技术可为近海海底观测保护提供有效技术保障。

关键词:海底观测保护;警戒保护技术;浮标

中图分类号:P715

文献标志码:A

DOI:10.16483/j.issn.1005-9865.2016.06.016

Real-time monitoring system of alert buoys for offshore observation

LI Peng, JIANG Enzhu, WANG Sijian, LI Yangang

(Forecast Center for East China Sea, SOA, Shanghai 200136, China)

Abstract: To effectively protect the safety of offshore seafloor observatory network from fishing boats trawl and dropping anchor damage problems, etc., we designed a set of real-time monitoring system using multi alert buoys (2.4 ~ 3.0 m in diameter). Each alert buoy can record its working condition, and send the corresponding data to the land-based terminal real-timely, dynamically and continuously, so as to realize real-time monitoring of the protection targets in sea area. Meanwhile, the buoy-system can be expanded to conduct marine environmental observation. In order to protect the node effectively, the shape of the network is designed to be regular polygon (triangle, square and pentagon, etc.), and the buoy is located at the center of the node. The alert-buoy network forms an effective maritime protection fence to protect the seafloor observatory network. Power supply system, which consists of solar battery and storage battery, makes sure that the alert-buoy system can continuously work for 100 days even in cloudy weather. This alert-buoy technique has been successfully run as a demonstration for six months in the East China Sea seafloor observatory protection network. This technology can provide effective support for offshore seafloor observatory protection.

Keywords: protection of seafloor observatory; technology of warning and protection; alert buoy

海洋科学是一门以观测为基础的科学,观测技术手段决定了数据质量和对海洋研究的深入程度,随着科技的发展,海洋观测已经实现了从局部大面、从短时到长期和从海面到海底的综合观测。其中遥感、漂流浮标、锚系浮标、雷达、海床基和海底观测网等为目的较为有效的观测手段^[1-4]。海底观测是较具前景和稳定的观测方式,标志海洋开发和研究的新阶段^[5-6],但是观测仪器设备运行期间的安全性一直是近海海底长期观测的最大威胁,其中拖网作业为最大威胁,例如上海市已开展了海底网的研究,东海海底观测小衢山试验站已成功试运行,也取得了悬沙浓度(OBS)、海流(ADCP)、温盐(CTD)和海啸信号等宝贵数据^[7-8],但布放 5

收稿日期:2016-02-23

基金项目:上海市科委科研计划项目(10dz1210502);海洋公益性行业科研专项(201105030);“863”计划专项(2012AA09A407)

作者简介:李 鹏(1978-),男,山东菏泽人,博士,高级工程师,主要从事河口海岸环境研究。E-mail:lipeng827@126.com

个月海底网节点被拖网破坏,另外东海区“908”专项潜标观测也因渔船拖网损失惨重^[9]。为有效保证海底观测的安全性,本文设计了一套多警戒浮标的实时监控系統,形成警戒浮标组网,该技术已在东海海底观测网安全保护中成功运行,该警戒浮标实时监控系統可以保障东海海底试验网的安全运行和为其他海底观测安全警戒提供技术支持,同时可以填补国内预警浮标远程无法监控的空白。

1 试验海区概况

东海海底观测网(国内第一个完整的海底观测网)位于浙江北部舟山东部海域,登陆点位于朱家尖岛,向东北方向延伸 50 km(海缆埋深 3~4 m,提供能源和数据传输),终端节点的平均水深约 45 m(图 1),节点布设于海底。舟山群岛附近海域是强潮海域,为不正规半日潮,潮差西侧大而东侧小,西侧大多为 4~5 m 以上,东侧仅为 2 m;潮流作用显著,最大流速大于 100 cm/s^[10],海域水文动力复杂,主要受长江冲淡水 and 浙闽沿岸流的控制^[11-12]。长江冲淡水扩散存在明显的季节性变化,6-8 月为朝东北方向扩展时期,10 月至次年 4 月为沿岸南下时期,5 月和 9 月分别为冲淡水由南下转向东北和由东北转向南下的过渡时期^[13]。浙闽沿岸流也受季风显著影响,夏季沿闽浙沿岸自西南向东北流,流幅较宽,流速较强,一般为 20 cm/s 左右^[14],冬季受偏北季风控制,它贴岸南流,流幅变窄,流速较弱^[15]。该海域为台风多发区,最近 10 年,影响东南沿海的热带气旋年均 8 个,占影响我国热带气旋总数的 35%,每年 4-11 月都会受到台风影响,其中 7-9 月台风侵袭频繁,约占全年总数的 84%。

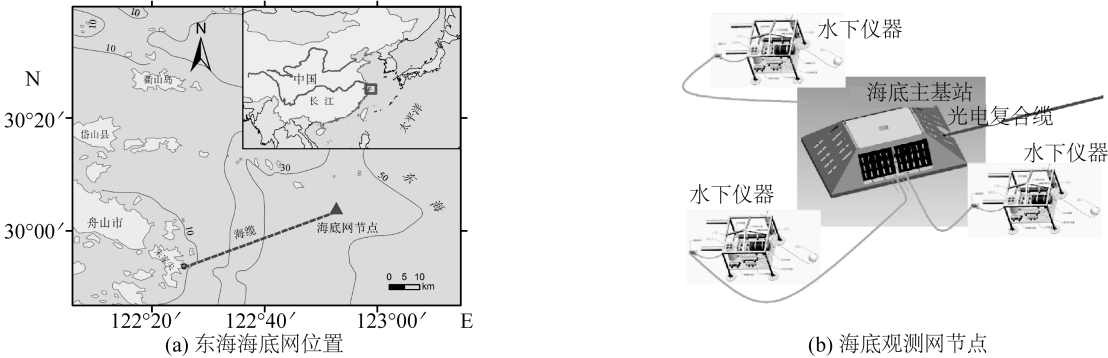


图 1 东海海底观测网位置和海底观测网节点示意

Fig. 1 Location of East China Sea seafloor observatory network (left) and the node of the seafloor network (right)

2 海底观测安全保护方法

东海海底观测网建设在东海的浅海区(图 1),该海域为传统的渔业捕捞作业区,拖网较为频繁,拖网作业是海底观测网仪器安全的最大威胁。因此,海底观测尤其是长期观测难度和风险很大。海缆埋设在海底 3~4 m 深,可以避免一般渔船拖网和船舶抛锚的影响。海底网终端(节点)为水下仪器设备的安放点,节点座于海底,高出底床 0.5~1.0 m。因此节点区域为最主要的保护区域。

海底观测为防止拖网破坏,通常使用防拖网架的方式避免拖网,同时在防拖网架上加上高强度的防护罩防止拖网对顶部仪器的破坏,但防护罩只能对节点仪器在意外坠落物方面起保护作用,对东海区渔业生产拖网作业起不到警戒和保护作用。在东海渔业生产期间,同一海区将会频繁进行拖网作业,拖网船网具大、马 力大,当拖网经过节点时会 将节点仪器连架子一起拖走^[9],仪器架与海缆连接 的部位也会被拉断。因此,必须采用水面警戒防止渔船进入节点附近海域的保护方式。在小衢山海底试验站安全保护技术经验^[6]的基础上,对海底网安全警戒保护进行了设计,在节点周围海域设置警戒标志浮标,告警渔业作业船只不要进入该区域拖网作业及锚泊作业,可有效避免渔业生产对海底观测造成干扰,达到保护海底网节点仪器安全的效果。

安全保护站点设置。以海底网节点为中心,设计了三角形、正方形和正五边形的警戒浮标网(图 2),形成节点浮标围栏,保证各个方向的渔船至少可观察到 2 个警戒浮标,从而保护节点工作安全,可根据安全保护需要和经费情况选择预警浮标的数量。浮标锚链的长度不小于站位 3 倍水深。警戒浮标布设点与海底网

节点之间的距离不小于警戒浮标锚系长度,例如站点水深为 45 m 时,浮标站点离海底观测节点为 200 ~ 300 m 左右。这主要因为警戒浮标不能距节点太远,远了起不到预警作用,渔业作业船只将可能从保护区域中间通过;太近时,预警浮标锚系可能会干扰海底观测仪器的正常工作。

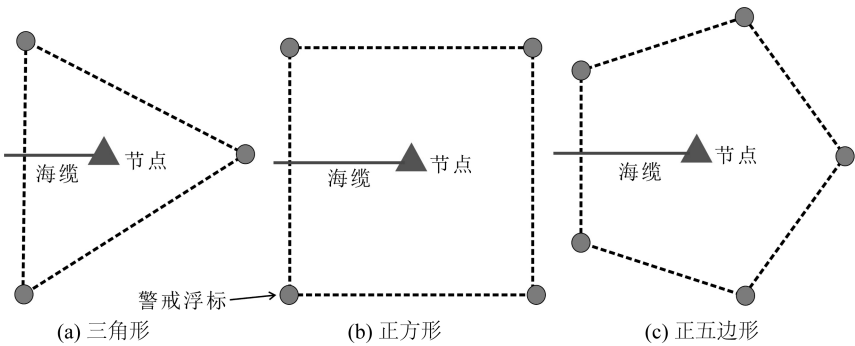


图 2 海底观测节点保护警戒浮标设置示意

Fig. 2 Sketch map of the alert and protection buoys set for seafloor observatory network node

3 警戒浮标关键技术

警戒浮标具备一般的海洋航行预警能力,同时可获取警戒浮标本身的工作状态,能实时、动态、连续地将警戒浮标的运行状态发送至陆基岸站,实现对警戒海域的实时监控,也可对系统进行扩充,实现对常规海洋环境要素的观测,对海底观测数据进行有效补充。

3.1 警戒浮标主体设计

标体的设计充分考虑了海域强潮流的影响。海底观测网布设在东海近海,海流较强,受涨落潮的影响较大^[16],警戒浮标标体在设计时充分考虑了潮流对标体的影响,特别是在涨急落急时,海流对警戒浮标体的横向推力很大,为了减轻潮流对警戒浮标体的作用,将警戒浮标体设计成圆盘型,浮标底部为锥型(图 3),以降低潮流对浮标体的作用面积和作用力。浮标体的甲板上设计有锚桩、起重眼板,以方便拖带和起吊浮标体。

浮标体由主浮体、上部建筑两部分组成,是浮标采集系统的载体。主浮体采用 CCSB 船用钢板遵循船体水密隔舱要求建造,四周设浮力舱,浮力舱相互之间进行分隔,保持其独立性(图 4),即使两个浮力舱破损进水,仍有水密舱壁阻隔,仪器舱内不会进水,浮标仍可安全浮在水面,不至于倾覆。为发挥警戒浮标在海洋观测中的作用,在浮标外围浮力舱内对称开设两个水下井,一个可安装声学多普勒流速剖面仪,另一个可同时并列安装温盐传感器、叶绿素浊度传感器、溶解氧传感器等。上部建筑采用特种铝镁系防锈铝合金 LF4 或 LF6 制作。警戒浮标直径为 2.4~3.0 m,型深 0.95 m,排水量为 3.5 t 左右,通过压载重置在极限条件下稳性平衡数 $K>1$,可抗 12 级台风,在浪高 15 m 以内不倾覆。

系留系统是浮标在位工作的重要部件。本系留系统采用全锚链结构,单点系留锚泊,锚系采用 $\Phi 38$ mm,锚采用 1 t 丹福尔大抓力锚,警戒浮标在站位锚泊 1 年以上。为防止锚链在释放和在位运行期间不打结,锚链之间加装转环,以随时释放浮标的旋转扭矩。

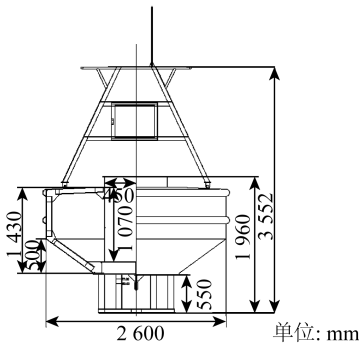


图 3 警戒浮标标体主尺度示意

Fig. 3 Sketch of the main body of alert buoys

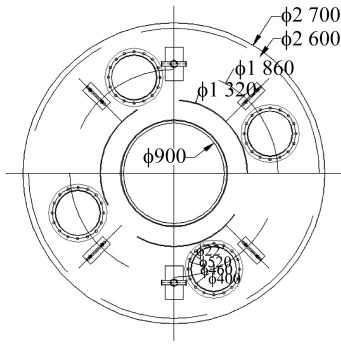


图 4 浮标体舱室划分与布局

Fig. 4 Buoyancy tank division and layout of buoy body

3.2 警戒浮标电源设计

浮标电源是浮标稳定持续工作的基础。警戒浮标配备电源系统,采用蓄电池与太阳能电池板组合供电方式,保证预警浮标有足够的电能供给。该浮标总体设计考虑了浮标的电源安装、蓄电池重量等技术问题,合理使用有限的浮标空间及浮标承载能力,对浮标采集系统、传感器和航标灯等用电负荷进行了统计和计算。设计浮标的蓄电池组为 14 V/1 000 Ah 的电容量,浮标标体上部塔架四个面可安装太阳能发电板的总发电量为 180 W;在日光充足的条件下,太阳能日发电量不小于 200 Wh,浮标日耗电量小于 100 Wh,多余的电量给蓄电池组浮充,因电池组容量大,不会导致蓄电池组过充,保证蓄电池正常运行。在利用塔架的高度与斜率的基础上,增加太阳能板安装支架的倾斜角,增加太阳能板的受光面,提高太阳能板的发电效率,保障蓄电池组有足够的电能补充。供电系统为浮标系统提供单一工作电压,在连续阴天的情况下可保证警戒浮标系统运行 100 天。

3.3 数据采集控制系统

采集系统是警戒浮标的核心。为保障警戒浮标在海上的正常运行,及时了解警戒浮标的工作状态,引入了全新的警戒浮标远程实时监控系统,在陆基岸站可及时了解预警浮标的工作和锚泊状态。警戒浮标安全要素采集系统由多个部分组成,主要包括安全状态信息数据采集器、水警传感器、航标灯状态检测、安全状态信息发送等(图 5)。采集处理系统采取集成度高的 SOC 主板,由电源、时钟值守电路、CPU 主板、接口电路以及继电器控制电路等组成,为整个浮标系统的核心。为了保障警戒浮标系统可靠稳定运行,采集处理系统基于 89C51 为核心的低功耗高集成度的单片机制作,设置多路接口收集警戒浮标安全状态信息和发送安全状态信息。

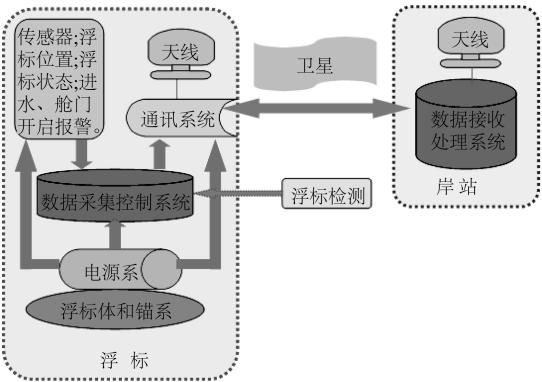


图 5 安全要素信息系统示意

Fig. 5 Schematic diagram of safety factors of information system

为了保障警戒浮标系统在海上长期稳定可靠的运行,系统电源供给非常重要。系统设计了节电模式,即系统采用定时数据采集和应急采集两种模式,当系统采集到的状态要素异常时,即时发送数据到岸站,以便进行应急处置,平时以 1 小时的时间间隔发送到岸站,以实时掌握预警浮标的电量、航标灯、GPS 等要素状态。

警戒浮标数据传输采用北斗通信机进行,实时将警戒浮标采集到的各种信息发送到陆地岸站,陆地岸站接收到预警浮标的信息后,由计算机及时储存数据并即时解译显示,岸站接收软件可通过查询方式对预警浮标的历史数据信息进行查询,为预警浮标海上维护、更替提供依据。

警戒浮标系统具有海洋观测功能可扩展性。浮标的标体和数据采集系统在设计时预留了常规水文气象的安装实施条件。浮标标体预留了海流、温盐、水质等要素的传感器安装位置,根据需要可增加相关要素的观测,实现海底至水面的立体观测,更好发挥海洋观测数据的价值,让布设海域成为“透明”海域。

3.4 安全防护和报警技术

为防止浮标遭受意外和人为破坏,设计了多项防护措施。为了使警戒浮标在海上有足够“醒目”,能够第一时间起到警示作用,安装了航标灯、雷达反射器、避雷针等附件。设置醒目的专用警示标志,本预警浮标参照《中国海区水上助航标志》GB4696-1999 中专用标要求的颜色、顶标进行设计,浮标主浮体颜色为黄色(氯化橡胶 605-3 桔黄色);采用 X 形黄色顶标。浮标顶部安装雷达反射器和航标灯,航标灯为黄色灯色,莫

尔斯“O”码闪光节奏,周期 12 s,作用距离为 5 海里,符合国际海洋工程测量标准。为防碰撞,设置防碰护舷,浮标体外围上方设有周向一整圈 D 型防碰护舷,可有效保护浮标,同时对于靠标维护的船只也起到保护作用。

在安全状态数据异常时设计了多项报警措施。舱盖开启报警,为提高浮标海上运行的安全性,当浮标仪器舱盖被开启时,浮标系统可直接启动报警系统,并通过通信系统,实时将报警信息传输到岸站。事故报警,主要包括舱体进水报警、浮标移位报警。舱进水报警由液位传感器构成,也是直接启动报警系统,实时将报警信息传输到岸站;浮标移位报警由接收岸站根据浮标站位和 GPS 实时数据对比得出。故障报警,主要检测航标灯是否正常,如不正常,则在半小时内向陆基岸站发送航标灯故障报警信息。

4 警戒浮标的示范应用

东海海底观测网于 2015 年 8 月布设在计划海域(图 1),系统布设的同时布设了该警戒浮标(2.6 m 直径)进行保护。为保证警戒浮标的警戒效果和范围,在布放海底网节点后,采用精确定位布放,在不影响和干扰海底网节点仪器安全的情况下尽量减少浮标之间的距离。为提高节点警戒浮标效果,在海底网节点为中心 250 m 直径的圆上均匀布设五个浮标(图 2),提高安全警戒围栏的密度,增加拖网作业船的穿越难度。至今,警戒浮标在海上已正常工作 6 个月以上,保证了海底观测网的长期稳定观测,同时也验证了警戒浮标系统的安全性能指标。

为了解海底网观测系统海域的实时海况,在警戒浮标上安装了风和波浪传感器,实时采集风速风向、波高波向等等风和波浪要素,可作为海底观测系统数据的有效补充,提高数据的实用性。从图 6 可看出,浮标在位保护期间,风和波浪要素观测连续完整,风和有效波高具有很好的相关性,平均风速为 5.9 m/s,最大为 14.9 m/s,最大风速为 17.6 m/s;有效波高平均为 1.3 m,最大为 3.9 m。

警戒浮标观测资料的连续性,说明了浮标的正常运行,对海底观测进行了有效保护,同时该观测资料可为海底观测数据的有效补充,为海底观测数据的解译和海洋现象和过程的研究提供实时海况数据支持。

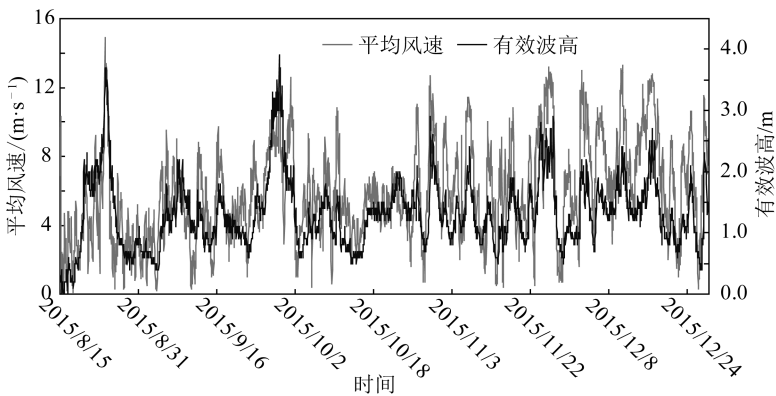


图 6 警戒浮标布放期间平均风速和有效波高的时间序列图

Fig. 6 Time-series of average wind speed and significant wave during the observation period

5 结 语

针对近海海底观测风险较大易受渔船拖网损坏的问题,设计了一套多警戒浮标的实时监控系統,浮标采用直径为 2.4~3.0 m 小型浮标,警戒浮标可获取浮标本身工作状态,能实时、动态、连续的将警戒浮标的运行状态发送到陆基岸站,实现对保护海域的实时监控,该警戒浮标技术已在东海海底观测网保护中取得良好效果(已正常运行 6 个月以上),该技术可以为近海海底网观测或其他海底观测的安全运行提供技术保障。

参考文献:

[1] MISHRA A K. Retrieval of suspended sediment concentration in the estuarine waters using IRS-ICWIFS data[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information, 2004, 6: 83-95.

[2] LUCA R C., PEARN P N, LEE D K. Observations of inflow of philippine sea surface water into the South China Sea through the

- luzon strait[J]. Journal of Physical Oceanography, 2004,34:113-121.
- [3] FAVALI P, BERANZOLI L. Seafloor observatory science: A review[J]. Annals of Geophysics, 2006, 49: 515-567.
- [4] 李鹏,杨世伦,龚文浩,等. 上海小洋山建港后港域的夏季水文泥沙状况分析[J]. 海洋工程,2009,27(1):81-88. (LI Peng, YANG Shilun, GONG Wenhao, et al. Condition of hydrographic and sedimentary after the construction of Yangshan Harbor in summer, in the Yangshan Harbor area[J]. The Ocean Engineering,2009,27(1):81-88. (in Chinese))
- [5] 汪品先. 从海底观察地球—地球系统的第三个观测平台[J].自然杂志, 2007, 29(3):125-130. (WANG Pinxian. Seafloor observatories: The third platform for earth system observation[J]. Chinese Journal of Nature, 2007, 29(3):125-130. (in Chinese))
- [6] 许惠平,姜恩祝,徐昌伟,等. 海底观测系统及其工程布设[J].科学, 2012,64(6):19-22. (XU Huiping, JIANG Enzhu, XU Changwei, et al. Seafloor observation system and its engineering layout[J]. Science, 2012,64(6):19-22. (in Chinese))
- [7] XU H P, ZHANG Y W, XU C W, et al. Coastal seafloor observatory at Xiaoqushan in the East China Sea[J]. Chinese Science Bulletin, 2011, 56, doi:10.1007/s11434-011-4620-y.
- [8] 张艳伟,范代读,许惠平. 东海海底观测网小衡山试验站记录的 2010 年智利海啸信号分析[J].科学通报,2011(32):2732-2740. (ZHANG Yanwei, FAN Daidu, XU Huiping. Records of tsunami induced by the 2010 Chilean earthquake from Xiaoqushan seafloor observatory in the East China Sea[J]. Chinese Science Bulletin,2011(32):2732-2740. (in Chinese))
- [9] ST05 区块物理海洋与海洋气象调查研究分报告(“908”报告)[R]. 上海:国家海洋局东海分局,2009. (ST05 block physical oceanography and marine meteorological survey research report[R]. Shanghai: East China Sea Branch, SOA, 2009. (in Chinese))
- [10] 寿玮玮. 舟山群岛附近海域水动力特征及其对物质输运的影响分析[D]. 青岛:中国海洋大学,2009:102. (SHOU Weiwei. Hydrodynamic characteristics and its impact on mass transport in the Zhoushan Archipelago sea area[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2009:102. (in Chinese))
- [11] 苏纪兰,潘玉球. 台湾以北陆架环流动力学初步研究[J]. 海洋学报, 1989, 11: 1-14. (SU Jilan, PAN Yuqiu. A primarily study of circulation dynamics of the continental shelf in the north of Taiwan in China Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1989, 11: 1-14. (in Chinese))
- [12] 鲍献文,林霄沛,吴德星,等. 东海陆架环流季节变化的模拟与分析[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(3):349-356. (BAO Xianwen, LIN Xiaopei, WU Dexing, et al. Simulation and analysis of shelf circulation and its seasonal variability in the East China Sea[J]. Periodical of Ocean University of China, 2005, 35(3):349-356. (in Chinese))
- [13] 赵保仁. 长江冲淡水的转向机制问题[J]. 海洋学报, 1991, 13(5):600-610. (ZHAO Baoren. Mechanism of expansion trend of the Yangtze diluted water [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1991, 13(5):600-610. (in Chinese))
- [14] 浦泳修,苏玉芬,许小云. 东海南部流场的若干特征[C]//黑潮调查论文集.北京:海洋出版社,1987:33-44. (PU Yongxiu, SU Yufen, XU Xiaoyun. Characteristics of currents in the southern east China sea [C]//Thesis of Kuroshio Investigation. Beijing: Ocean Press, 1978:33-44. (in Chinese))
- [15] 管秉贤. 东海海流结构及涡旋特征概述[J]. 海洋科学集刊,1986,27:1-23. (GUAN Bingxian. A sketch of the current structures and eddy characteristics in the East China Sea[J]. Studia Marina Sinica, 1986, 27: 1-23. (in Chinese))
- [16] 李鹏,王思荐,李延刚,等. 浙江近海夏季流场特征分析[J]. 海洋学研究,2014, 32(3):16-25. (LI Peng, WANG Sijian, LI Yangang, et al. Current conditions in summer in the Zhejiang offshore[J]. Journal of Marine Sciences, 2014, 32(3):16-25. (in Chinese))