

一种浅海锚泊测流浮标系统的实验*

李文渭 孙寿昌

(中国科学院海洋研究所)

早在五十年代,海洋科技工作者已开始利用浮标布设海洋调查仪器,进行海上观测的试验工作。目前被采用的浮标系统,大体有三种类型:(1)锚泊浮标系统,利用各类自含式海洋调查仪器进行测量,定期收回资料;(2)遥测浮标系统,利用无线电遥控和收发各种海洋观测数据;(3)漂移浮标系统,利用浮标本身的漂移,进行海流和其他要素的观测。本文主要介绍浅海锚泊浮标系统的设计和使用情况。

对锚泊浮标系统的研究和实验,许多国家已做了大量有成效的工作。目前关于浮标的设计和锚泊方法尚无统一意见,但是可以看出,大多趋向于采用水下浮标张缆锚泊^[1]。这种方法使得浮标系统比起遥测浮标系统来,较为轻小、经济、方便,适合于进行多站同步观测。国外在海洋调查中经常利用这种系统作较长期的海流观测。

我所在六十年代初就已开始了锚泊浮标系统的研究、实验,1964年进行了新的研究设计工作,并在“全国海洋仪器会战”期间,完成了整套系统的计算设计与海上实验,经过鉴定,建议作小批量生产。

近年来,国家海洋局第一海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所利用该浮标系统作过多次海上试用,取得了海流长期观测资料,初步考验了该系统的性能。我们最近又对某些部件作了一定的改进,并进行了海上实验。但是,实验也表明:此方法不宜在渔场区和台风盛行季节使用,因易被渔网拖损和丢失。现综合报告如下。

一、锚泊浮标系统的结构

1. 整体

锚泊浮标系统是用于布设具有长期连续工作特点的各种海洋水文自记仪器的设备,利用该系统可取得调查船难以取得的海洋水文观测资料。多站同时使用,为海洋科学研究提供多站连续的同步资料,是设计该系统的主要目的。所以,浮标系统应满足以下条件:

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 820 号。1965—1966 年间本所孔德裕同志进行了指导,尹清竹、李文渭和国家海洋局海洋仪器所李顺启、李殿森等同志参加了设计和实验工作。1979 年的海上实验工作参加者还有吕良洪、熊庆成、赵保仁、丁宗信等同志。

收稿日期: 1981 年 3 月 2 日。

(1) 工作期间比较安全, 观测资料可靠, 通常在 7—8 级风的天气条件下可以正常观测;

(2) 观测资料(系指 5 米层以深各层的资料)深度变化较小;

(3) 投放与回收技术简便、安全。

为了达到以上要求, 我们按照一般情况, 提出以下技术指标:

(1) 工作海区最大深度 100 米, 观测层次不多于 5 层(包括 5 米层);

(2) 最长锚泊期为 30 天;

(3) 观测层深度的最大偏差小于 1 米;

(4) 锚泊位置不出现移动等。

综合上述要求, 我们又根据浅海调查的特点, 对几种不同形状的浮标进行模型和实体的海上实验, 最后选择了以球头圆锥形水下浮标为主浮标, 艇形浮标为标志浮标, 抛两个锚并在底部相联的锚泊浮标系统(图 1)。

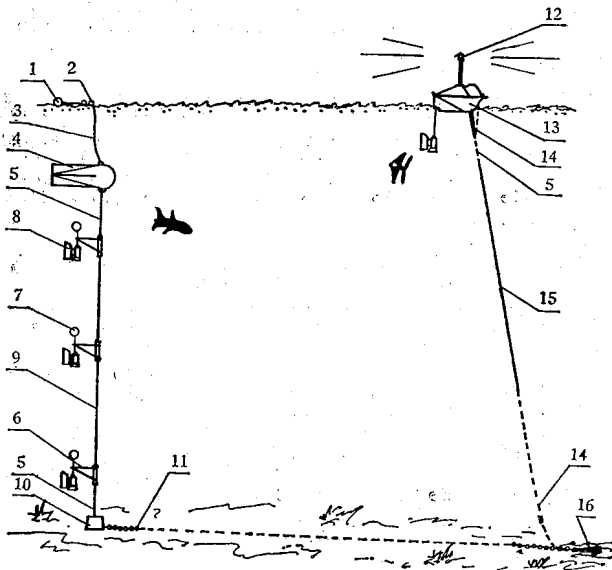


图 1 锚泊浮标系统示意图

1. 海面标志浮子; 2. 塑料小浮子; 3. $\phi 6$ 钢丝绳; 4. 水下浮标; 5. $\phi 15$ 无档锚链; 6. 三角架; 7. 平衡浮子; 8. HLJ1-1 型印刷式海流计; 9. $\phi 12.5$ 钢丝绳; 10. 沉块; 11. 底链; 12. 闪光灯; 13. 艇形水面标志浮标; 14. $\phi 11$ 无档锚链; 15. $\phi 12.5$ 钢丝绳; 16. 锚

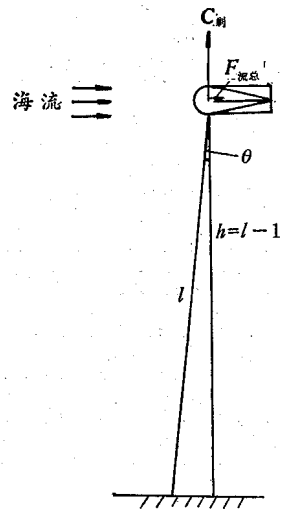


图 2 水下浮标张缆力的关系图

l —放出绳长; h —受流倾斜后的实际深度(按规定与放出绳长相差小于 1 米)

2. 主体部分

如图 1 所示, 该系统的主体部分是由水下浮标、钢丝绳、三角架、平衡浮子、沉块、卸扣和转子等组成。

由于采用水下浮标张缆形式, 减少了表面波浪对浮标的扰动, 索缆基本上呈直线状态。因此, 这部分的力学关系较为简单, 力的几何图形可视为图 2 所示:

由图 2 可以看出, 使钢丝绳倾斜的主要外力是敷设物在水流中产生的阻力。从力的

矢量关系可知,阻力一定,浮标的浮力越大,倾斜就越小。钢丝绳的倾角 θ 的大小取决于浮标的剩余浮力(又称净浮力)与上述阻力之比,其关系式可写为:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{F_{\text{流总}}}{C_{\text{剩}}}$$

$F_{\text{流总}}$ 是浮标、仪器、平衡浮子和索缆等所承受海流的阻力和; $C_{\text{剩}}$ 是浮标在水中的总浮力减去自重、悬挂仪器和索缆等重量后的剩余浮力。

所以,倾角 θ 确定后,浮标应具备的剩余浮力即可确定。 θ 角由观测层深度偏差决定,按技术指标规定,深度偏差应小于 1 米,由此得:

$$\cos \theta = \frac{h}{l} = \frac{l-1}{l}$$

布设位置水深 100 米时,计算得 $\theta \leq 9^\circ$ 。

水中物体所受海流阻力的计算,采用经验公式:

$$F = \frac{1}{2} \rho c v^2 S^{[1]}$$

式中, F —流体产生的阻力;

ρ —流体的质量密度;

c —形状阻力系数;

v —流体的速度;

S —流体中物体的截面面积。

(1) 水下浮标

水下浮标浸没在流体中,其形状是影响阻力的重要因素^[4],由前述条件可知,水下浮标应该具备阻力小而剩余浮力大的特点。所以,我们选用了球头圆锥形浮标^[2],全长 2.4 米,头部直径 0.8 米。为了使其具有较好的指向性能及减少因水动造成的旋转,浮标尾部设有舵板。考虑到起吊,还在浮标内腔增设加强管。该浮标的总浮力为 531.5 公斤,浮标自重 137 公斤,当流速为 1.5 米/秒时,剩余浮力约 250 公斤左右。图 3 是水下浮标外形图。

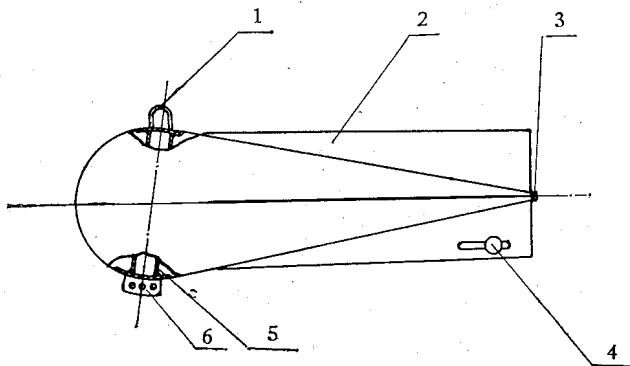


图3 水下浮标

1. 吊鼻; 2. 舵板; 3. 密封盖; 4. 配重块; 5. 加强管; 6. 挂鼻

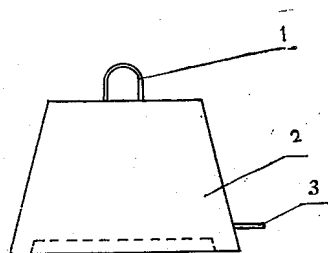


图4 沉块

1. 正向挂鼻; 2. 主体; 3. 侧向挂鼻

(2) 三角架与平衡浮子

我们在浮标系统中应用的测量海流的仪器,是国产 HLJ1-1 型印刷式海流计,这种海流计原来是端点悬挂,不能串挂。为了在浮标系统中悬挂这种仪器,采用了三角架悬挂法,由卡环(卸扣)联接钢丝绳与三角架,以消除钩卡法对钢丝绳的损坏;三角架在张缆轴线上可以自由旋转,减少了对钢丝绳的扭力,可以满足使用要求。

印刷式海流计挂于三角架伸出的臂端,其水中重量为 20 余公斤,这将影响钢丝绳保持铅直状态。为消除这种影响,在悬挂仪器臂端联接一平衡浮子。原设计为充填泡沫塑料的金属壁浮子,因成本较高,这次试验改用玻璃钢空心球形浮子。该浮子在水中的浮力 25 公斤左右。

(3) 沉块(或称沉砣、沉锤)

沉块用来锚碇水下浮标系统,实际上是重力锚,主要作用是锚碇稳固。但是沉块的重量又直接影响收、放操作。所以,选取合理的沉块重量很重要。我们按 60% 的可用率计算,算得沉块在空气中的重量不应少于 562 公斤。

3. 水面标志浮标系统

整套浮标系统投放后需有一定标志,以便日后回收时寻找,并可给予航船或渔船以避让信号。因此,浮标系统设一水面标志浮标,上面装有闪光灯、雷达反射器及起吊设置,并能悬挂仪器,内腔存放电源。这种水面浮标我们采用艇形,图 5 照片中的小艇状浮标即是。

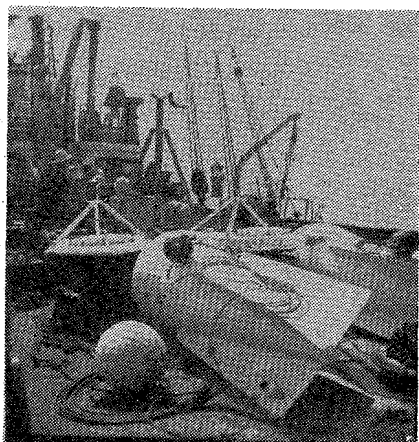


图 5 投放前已联接好的浮标系统

水面浮标的总浮力约 642 公斤,自重 173 公斤左右,不计仪器、电源、索缆等重量,剩余浮力约 470 公斤。该浮标用 50 公斤霍尔锚锚泊,索缆长为水深的 2 倍。锚与沉块之间用锚链(即底链)相联,使浮标不易移位。

浮标回收时,需将整个系统全部收回,并且沉块离底时的最大拉力目前还未测量到,所以,整套系统中采用的钢丝绳、链条、卡环等都选取较大的安全系数。

底链长度根据水深确定,以不小于水深的 1.73 倍为宜。

二、海上实验

我们于 1979 年 4 月 20—25 日用改进后的浮标系统,进行了海上测流实验,结果较为满意。

通常,在出海使用浮标系统前,需要根据调查船的起吊设备,决定投放和回收的具体方法,包括钢丝绳的分段长度,以节省海上工作时间。一般可事先将钢丝绳分为 5 米、3 米、2 米、1 米、2.3 米、1.3 米等不同长度,这次实验,由于船上吊杆起吊高度不足 4 米,因

而将钢丝绳的长度裁为 3 米、3.3 米、2 米、2.3 米、1 米等几种尺寸。另外,卡环的防松装置及其安全可靠程度事先一定要考虑周到和检查,尤其是较长时间的观测,更应特别注意。

实验站位选在青岛外海的开阔海区,水深 32 米。计划进行三个层次观测,在水面标志浮标上悬挂一架印刷式海流计,观测 5 米层;水下浮标悬挂两架海流计,观测 20 米和底层。

正式投放浮标系统前应按规定对整套系统作一次全面检查,首先检查仪器的悬挂深度和水下浮标索缆的长度与实际水深(即水下浮标预定的没水深度)是否相符。务必检查各联接处的锁紧情况。投放前应将缆索排列整齐,使之向海中投放时不致缠绕打结,以避免发生意外。

具体投放步骤是:

当船只到达站位后立即抛锚,开始工作。首先起吊沉块,将其放至水面以下。用另一吊钩挂吊第二个吊环,当吊钩吃力时,摘掉第一个吊钩。放第二个吊钩,再用第一吊钩吊挂,然后摘掉第二个吊钩。依此倒换双钩,逐段吊放,直至吊放水下浮标。用吊钩吊起水下浮标,放于船舷外,用回头缆挂住。在吊放的同时投放底链,底链投放速度与沉块沉放速度相适应。当水下浮标在船舷外挂住后,将水面浮标的小锚也放出。开始起吊水面浮标。同时松放船锚锚链,使船只随流漂移。立即放主浮标下水,沉块落于海底,水下浮标潜入水下。继续投放小锚锚链,船只继续漂移,在认为底链已基本平铺海底时,放水面标志浮标下水。这时船只锚链停止松放。然后松脱小锚及全部锚链和索缆。船只开始绞锚,全部投放工作结束。在船只离开站位之前应观察水下浮标和水面标志浮标之间的距离是否符合要求。

这次实验,用浮标系统在海上连续观测了四个昼夜。虽然海上曾出现 6 级风的天气,四天后到站位回收时,找到浮标并不很困难。

回收步骤是:

船只需选择与底链平行的方向慢慢靠近水面浮标,工作人员用钩子钩住水面浮标,将之拉至吊杆附近,挂吊钩起吊。水面浮标吊至船舷以上高度后,将仪器提上船只甲板卸脱。倒换使用两个吊钩将水面浮标吊至船上卸下。利用绞盘索缆绞起小锚,用吊钩吊住底链卸掉小锚;再将索缆与底链联接,绞起沉块。即将起动沉块时,因沉块与海底的吸力可能很大,绞盘不能绞动太猛。当沉块绞离海底一定距离时,水下浮标即浮出水面,利用双钩倒换起吊浮标,吊至仪器处,卸下仪器再继续起吊。同时收回底链,直至沉块吊上船只。

这次实验,浮标系统及仪器全部安全回收,并取得了该站连续四昼夜的海流资料。

三、初步结论

目前我国海洋调查工作,主要还是利用调查船进行大面和定点连续观测。若能利用现有锚泊浮标系统使用 HLJ1-1 型印刷式海流计进行较长期的浅海海上观测,将可对海流分析研究工作提供可贵的资料。由本次实验,并结合 1966 年在朝连岛外进行的连续二十八天的实验,以及于 1980 年 7 月进行的四站同步连续四昼夜的正式观测,我们认为,在六、七级大风的天气条件下,该系统可以测得连续可靠的海流资料。尤其是水下浮标悬挂

的各层仪器所测得的资料,减少了仪器随船只或浮标起伏、摇摆所产生的测量误差。据有关实验,由于仪器的垂直或水平运动而引起的流速测量误差可达 20 厘米/秒。还需指出的是,利用此浮标系统进行多站同步观测,不仅节省燃料,还可节省人力。所以,浮标系统是一种较好的观测手段,对之继续进行研究和实验很有必要。

当然,应该注意到,该浮标系统采用了轻型浮标,是在无人看管的情况下工作,易被渔船拖走或损坏,所以其使用和推广受到一定的限制。

另外,我们感到 HLJ1-1 型印刷式海流计在悬挂时很不方便,致使悬挂系统偏于复杂;整个系统的投放和回收也还不够简便。以后若采用便于悬挂的自记海流计或改进 HLJ1-1 型印刷式海流计的悬挂方式,使其能够直接串挂于索缆中,并且配用声学释放器,锚泊浮标系统就更便于使用和推广。

参 考 文 献

- [1] 清华大学水利工程系水力学教研组, 1961。水利学,上册。人民教育出版社,第 191 页。
- [2] 南京交通专科学校, 1961。航标与船舶驾驶。人民交通出版社,第 61 页。
- [3] H·O·贝托, 1976。浮标工程(蒋荆荆译, 1980)。科学出版社,第 214 页。
- [4] 藤井 齐, 1970。半潜式海洋构造物に作用する流体力の推定。海洋開発3(4): 44。

FIELD EXPERIMENT OF A MOORING BUOY SYSTEM IN SHALLOW WATERS*

Li Wenwei and Sun Shouchang
(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

In the first part of this paper, the design method and main technique data about the mooring buoy system are described in detail. This buoy system is generally available for shallow sea where the water depth is no more than 100 meters. It can still function well in weather conditions of force-7 wind, and is not damaged in force-9 wind conditions.

In the second part, information about sea experiment for using the system is related. The mooring buoy system experiment was conducted in April 20th—25th, 1979 and good data on current velocity was obtained by a self-printing current meter, model HLJ1-1, hanging from the buoy by a wire.

Experiments made by throwing and recovering the buoy are also summarized.

Finally, a comment about this buoy system is made after another experiment and suggestions for improving this buoy system are given.

*Contribution No. 820 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.