

SILAS 系统在太湖湖底淤泥调查中的应用

亢文强, 谢津平, 鲁志文
(中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津 300222)

摘 要: 结合实际工作经验, 介绍荷兰 SILAS 走航式测量系统在太湖水下、湖底淤泥调查的使用方法以及系统的特点。
关键词: 淤泥; 淤泥调查; SILAS 系统; GPS-RTK 无验潮
中图分类号: P631.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2005) 04-0295-04

1 概述

太湖是我国五大淡水湖之一。长期以来, 由于受入湖河流及周边工业污染造成水质明显下降, 再加之多年的行蓄洪及围垦、围湖养殖造成了湖底淤泥沉积物的不断增加, 对湖床、湖线产生了较大影响。进行太湖湖底的淤泥调查, 掌握太湖湖底淤积的基本信息对制定太湖综合治理的科学方案显得尤为重要。

目前国内测量淤泥普遍采用的是测杆法、钻探法等, 这些方法在测量过程中淤泥受扰动很大, 也无法在水平、垂直方向连续测量, 所以在精度、效率上均不令人满意的。同时, 传统的方法不能够查明流泥和浮泥的分布。

近几年欧洲、印度普遍采用 Silas 系统进行适航水深测量研究, 近两年我国交通部门引进 Silas 系统用于港口的适航水深测量。但用 Silas 系统进行湖泊淤泥调查在国内外尚属首次。

Silas 系统是一个声学数据采集及处理系统, 主要应用于水底淤泥及沉积层厚度探测及物性分析。它利用双频测深仪获取水底淤泥层的声学反射信息(反射信号强度、信号增益、时变增益等), 利用密度计获得代表点(标定点)断面的密度柱状图, 通过 Silas 专用软件自动推定

剖面上各点的密度值, 根据标定点的数值结合声学反射信息来推断、划分剖面上其他点的密度。当确定的密度值被输入后, 此密度层面即可连续划分出来。

2.1 SILAS 系统原理

Silas 系统利用普通回声测深仪向水底发射低频声学信号, 声波到达水底后, 部分声波被反射而另一部分声波将穿透水底。反射回波的信号强度取决于水底沉积层的密度变化。这种密度变化被定义为密度梯度, 反射信号的幅度大小是由反射层的密度梯度确定的。密度梯度越大, 反射信号越强。由于声波的反射和密度梯度之间的关系是已知的, 即每一次反射都是因为密度的梯度变化引起的, 这样就可以对密度的梯度进行定量化处理(图 1)。在图

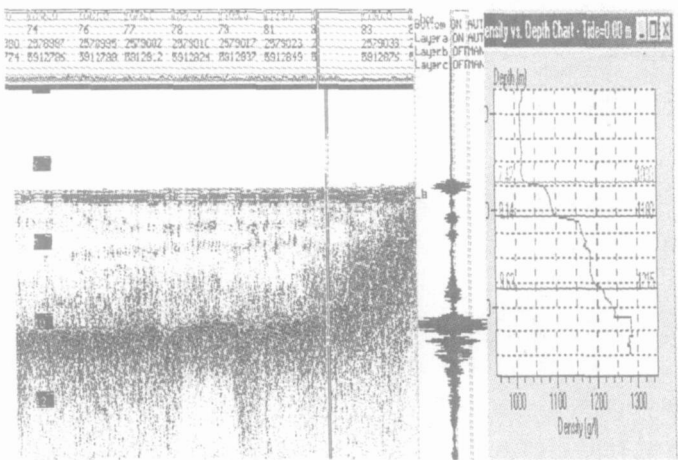


图 1 水底声学剖面、反射信号回波以及密度柱状图对应关系图
Fig. 1 Sound profile, the reflected wave signal vs density Column

1 中,左图是水底声学剖面,中间部分为反射信号回波,右图为密度柱状图对应关系图。

2.2 系统构成

(1) Silas 走航式适航水深测量系统硬件组成有(图 2):

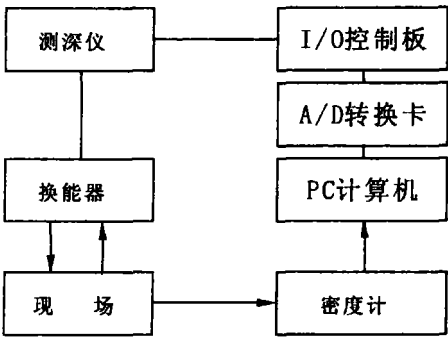


图 2 系统构成
Fig. 2 Structure of the system

高精度双频测深仪器; Densitune 音叉振动密度计; 带 A/D 转换卡的便携式测量计算机; 导航计算机。

(2) 系统软件:
Silas 软件,包括数据采集、数据处理、数据编辑、数据转换模块; 密度计数据采集、标定、数据处理、数据编辑软件包; 导航软件(PDS1000, Hypack, 或用户自编用软件)。

3 湖湾淤泥调查

本次调查范围安排在淤积情况较典型的竺山湖、梅梁湖、贡湖 3 个湖湾部位,涉及面积362. 2 km²。

淤泥调查点的平面位置和高程用无验潮方式测定。淤泥调查过程如下:

(1) 以湖边(或岛屿上)四等 GPS 点为参考站,利用 GPS 实时动态载波相位差分(RTK)无验潮技术进行测点的平面高程定位。载有 Silas 系统的作业船为流动站,沿着设计航线行进,利用 Hypack 软件进行导航定位,记录实时点位位置和水深(图 3)。

(2) 在行进中启动 GPS-RTK 系统和 Silas 系统,连续获取测量点的平面位置和高程并记录航线上水下地层的柱面信息。由系统通过换能器向湖底发射高(200 kHz)低(24 kHz)两种频率的声波,再由换能器接收反射声波传入系统进行分析处理,生成

瀑布图(图 4)。

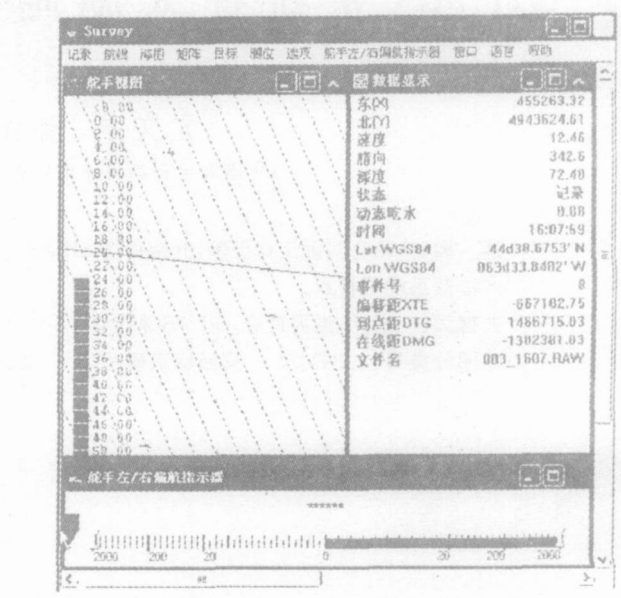


图 3 利用 Hypack 软件进行导航定位
Fig. 3 Guidance and location with Hypack software

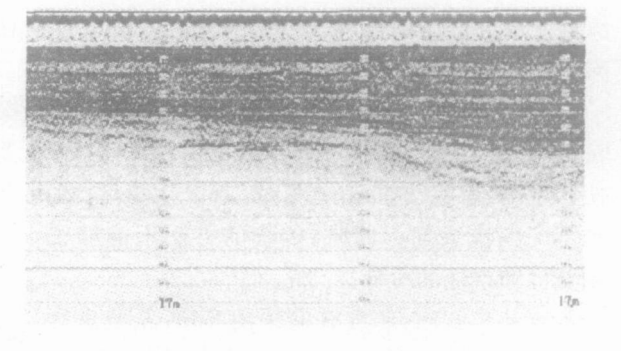


图 4 Silas 采集的太湖水底声学瀑布图
Fig. 4 Sound fall diagram displayed by Silas samples from Taihu lake

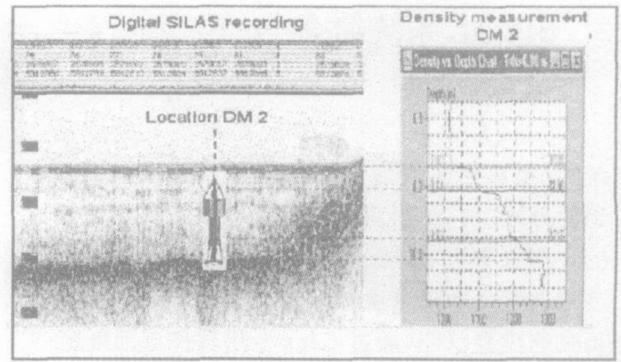


图 5 选取区域标定点进行密度计标定
Fig. 5 The marked density at the selected mark point

(3) 根据瀑布图 and 实际走航情况每条航线选取几个代表点(一般为 2~3 个),应用 Densitone 音叉振动密度计获取密度值,作为该航线或该区域的标定点。对于密度计不能达到的密度深度(约 1 400 g/L 以上)则采用钻孔资料补充标定。密度标定作业示意图见图 5,左图为选取适当位置进行密度测量,右图为密度测量。

(4) 按照 Silas 的程序要求对密度计本身密度测定的准确度进行标定。

(5) 利用密度计获得代表点(标定点)断面的密度柱状图,通过 Silas 专用软件自动推定剖面上各点的密度值,根据标定点的数值结合声学反射信息来推断、划分航线上剖面上其他点的密度。根据对淤泥的划分情况,共划分出 1 080 g/L(水底),1 200 g/L,1 500 g/L,1 800 g/L 共 4 个密度层面(图 6)。

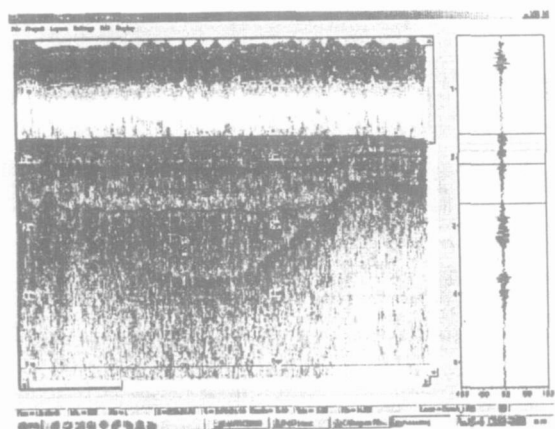


图 6 Silas 密度划分结果

Fig. 6 Classification of Silas density



图 7 太湖(梅梁湖部分)淤泥厚度分布图

(1 500 g/L)

Fig. 7 Sludge thickness distribtution at bottom of Taihu lake

(6) 结合平面和高程定位信息,按照上述密度层面分别绘制 1:10000 淤泥厚度图,同时计算淤积量。淤泥厚度图示例见图 7。

(7) 水草茂密地区的淤泥调查方法。水草分布茂密的区域主要在贡湖。凡密度计能施测的地方,用密度计和钻孔资料对密度值进行联合率定,密度计无法施测的地方,用钻孔资料进行密度值率定,密度计无法施测,也无钻孔资料的个别区域,则用测杆法测量淤泥的厚度。

4 淤泥调查精度评价

(1) Silas 系统中,密度计的密度测量精度优于常规钻孔采样密度测定的精度,其检定精度同标称精度一致。误差小于 1%。

(2) Silas 系统的测量性能较稳定,成果具有复现性,即当某一地区淤泥组成没有变化时,测定的结果是一致的。

(3) 淤泥调查的测定精度取决于密度划分的精度,Silas 密度划分误差的主要来源是测深仪的测深误差、密度计的密度测定误差、密度计本身标定误差。实践证明,Silas 系统划分某一密度层是稳定可靠的,如果不考虑钻孔采样的重复测定误差,则 Silas 相对于钻孔采样值的密度划分误差在同深度上小于 1/10。

(4) Silas 系统采样稳定,在走航时对淤泥无扰动,密度测量准确高效,同密度层划分可靠,是一种较好的走航式水底连续密度划分系统。

(5) 尽管钻孔采样受采样方法局限,不能准确划分某一密度层,但因其采样深度较深,可以采集到密度大于 1 800 g/L 的样本。因此,在要求进行高密度(一般大于 1 500 g/L)的划分测量时,钻孔采样可以作为 Silas 系统的补充,作为 Silas 密度划分的输入资料。

5 结语

根据上述介绍,我们可以看出,与其他测量方法相比,Silas 系统具有如下特点:

(1) 该方法在航线与柱面上均是连续获取淤泥层的密度剖面,在淤泥不受扰动的环境下,客观、真实、高精度的测定其密度值,成果具有

复现性。

(2) 走航式的连续采集保证了密度采集的高效性, 非常适用于太湖这样大规模的淤泥调查工作。

(3) 在低频测定淤泥密度的同时, 高频也将水深测出, 故能保证水深测量点及淤泥密度测量点点位完全重合。

(4) Silas 系统有先进的信号采集、滤波功能, 能保证获得清晰的淤泥层声学剖面, 因而可以排除仪器性能、涌浪、水草、泥沙悬浮、淤泥性状等多种因素影响。

(5) 通过实践我们认为, 太湖淤泥调查的研究成果可用于我国其他淡水湖湖底淤泥的测定, 并可推广到全国 366 个大型水库、2499 个中型水库淤积量

的测定及淤积趋势的推定。因而太湖淤泥调查的研究成果对我国江河湖泊的治理、水库的监测具有重大的现实意义。

参考文献:

[1] 秦伯强, 胡维本, 陈伟民, 等. 太湖水环境演化过程与机理[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[2] 冯增昭, 王英华, 刘焕杰, 等. 中国沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.

[3] 港口工程地质勘察规范 JT J240- 97[S]. 人民交通出版社, 1997.

APPLICATION OF SILAS SYSTEM IN THE SILT INVESTIGATION OF THE TAIHU LAKE

KANG Wen-qiang, XIE Jin-ping, LU Zhi-wen

(North China Water Resources Invest i ation, Desi n and Reserch Limited Company; Tianjin 300222, China)

Abstract: Combined with the actual work experience the paper introduces operation method and characteristic of the Holland s SILAS walking and sailing system that has been used in the Taihu lake bottom silt investigation.

Key words: silt; silt investigation; SILAS system; GPS- RTK without checking the tide