

金鸡湖水下地形与淤泥分布信息采集和处理

赵学民,张宗德,王卫平,胡凤彬

(淮海大学水文水资源及环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 利用 GPS、测深仪以及 HYPACK 水文测量软件,完成金鸡湖水下地形测图和淤泥分布的数据采集,利用 AutoCAD 完成地形图和淤泥分布彩图,并计算湖泊分级面积、分级容积以及淤泥总量.

关键词 GPS 回声测深仪 HYPACK 地形测量 淤泥分布

中图分类号 P217 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2001)01-0055-04

金鸡湖是一个天然湖泊,位于苏州工业园区,面积 7.38 km². 进出湖的河流有 10 余条,其中,北侧有里塘河和凤凰泾等河与娄江相连,西侧有相门塘河和葑门塘河等与苏州古城区外城河连接,东侧有斜塘与北塘河作为出口汇入吴淞江. 金鸡湖来水主要是两部分:一部分是外城河水经过葑门塘和相门塘入湖,水量约占来水总量的 60%;另一部分是娄江经凤凰泾和里塘河入湖,水量约占来水总量的 40%. 金鸡湖水质受上游河道以及周边地区工、农业和居民区的排污影响,湖水富营养化,已属 IV~V 类水. 随着苏州工业园区的发展,根据总体规划,金鸡湖将从农村型湖泊转成一个城市型湖泊,从过去以农灌、养殖和调洪作用为主转变为供观赏娱乐为主,兼有洪涝调蓄排水功效的湖泊. 因此,金鸡湖的开发治理成为苏州工业园区的重要工程.

为了做好治理工程的规划设计并掌握清淤等工作量,有必要对金鸡湖的地形、淤泥总量及分布情况进行测量和计算,提供准确的水下地形及淤泥厚度分布图.

1 数据采集方法和实施

1.1 方案制订

根据金鸡湖的地形条件和已有控制点资料以及任务要求,制订水下地形和淤泥分布信息采集的方案. 方案包括控制点坐标转换,平面坐标、高程引测,确定 GPS 控制测量等级为 D 级. 运用 GPS 载波相位差分 RTK (Real-time kinematic) 导航定位,回声测深仪测量水深. 在地形图确定后,用 GPS 实时动态 RTK 有针对性的完成淤泥分布和厚度调查.

1.2 控制测量

在围绕金鸡湖的四个控制点上进行 GPS 静态测量,观测数据经平差后获得高精度的当地平面坐标,再由同步的单机定位测量获取一定精度的 WGS-84 坐标,根据 GPS 的 D 级控制测量要求,测得的 WGS-84 坐标与真值的误差小于 25 m. 运用式(1)推算出 WGS-84 与当地坐标的三个转换参数.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{II}} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{I}} \tag{1}$$

用 GPS 实时动态(RTK)测量方式,引测基站平面控制坐标,精度为厘米级. 用水准仪引测高程控制,精度满足四等水准测量要求.

1.3 水下地形测量

水下地形测量硬件设备有法国 Sercel 公司的单频带有差分 and 实时动态 RTK 功能的 SCORPIO 5001P GPS 和加拿大产 KNUDSEN 320M/P 双频(200/28kHz)回声测深仪,导航测量软件使用 HYPACK 水文测量软件.

1.3.1 测量准备

根据 1:5000 的测图要求,在 HYPACK 软件的测量准备菜单下,规划东西向 100 m 间隔的平行测线 35 条,设置设备接口、地理参数、导航参数等. KNUDSEN 320M/P 测深仪在 HYPACK 软件中有现成的接口驱动程序, Sercel GPS 没有现成的驱动程序,需要按一定格式进行设置.

硬件准备除了 GPS 和测深仪外,还需要测船、电源设备、测量三角架、水位观测设备等. 首先设置安装基站,基站点选择在位置较高、上空无遮蔽的已知点上. 此次金鸡湖测量,基站选在苏州工业园区管委会湖边平房顶上.

移动站设置主要通过 PC 机来完成,如各种参数、接口、测线设置都可以脱机进行. 硬件设备主要是 GPS 和测深仪的联接,把回声测深仪传感器固定在测船上,在测深仪传感器正上方固定 GPS 天线,联接各种电缆,检查无误后通电开机. 在 PC 机上设置 GPS 接收机的移动站工作状态,经 HYPACK 软件测量准备中的 I/O 测试 GPS 及测深仪的数据格式和工作状态,若有问题则检查接口设置以及通信口的联接等,直到系统正常工作为止,至此测量准备完成.

1.3.2 测量

在 HYPACK 水文测量软件的测量状态下选择显示窗口,即可在导航图上显示测量区域图、测深仪测量水深过程、偏航显示、测量数据显示等. 然后按照规划好的测线顺序进行测量,每条测线的数据存为一个数据文件.

在测量过程中,如果出现 GPS 失锁、测深仪在测深盲区工作等情况,系统会自动报警,提示操作者及时处理,以免到数据处理时才发现而导致返工.

带有 RTK 功能的 Sercel 单频测深仪,具有动态初始化(On-The-Fly)功能,在未进入 RTK 状态时,测量中误差为 0.5 m,达到 RTK 状态时,测量误差则可小于 0.1 m.

整个测量基本完成以后,在 HYPACK 的测量准备状态的设计菜单下输出测量过程图,检查测量情况. 对未能完全控制住的贯穿金鸡湖东西方向的古河道,沿古河道的走向布置加密断面,以求准确反映古河道地形,为下一步淤泥分布采样打下良好基础.

在水下地形测量期间还要进行水位观测,以便在数据处理时获得正确的湖底高程.

1.4 淤泥分布调查

淤泥分布调查工作开始于地形测量间隙,采用测深仪高低频测量以及铁制测深杆探摸,在湖泊的出入河流口门附近以及古河道内多次比测,试图摸索出一套自动采集淤泥深度的方法. 经过比测分析发现回声测深仪低频 28 kHz 传感器测深数据与高频传感器 200 kHz 所测数据最大相差 0.3 m 左右,而探摸到的淤泥厚度可达 2.5 m 以上,现有测深设备无法满足淤泥深度测量需求. 经过不断比测分析,可以确定淤积主要集中在河流出入湖泊的口门附近以及现行河道和古河道内. 该结果为进一步全面获取淤泥分布信息提供了规划依据.

经过数据的初步整理,完成金鸡湖水下地形草图,在草图上设计淤泥分布和活性物质采样点位置. 采样点位置的规划体现重点区域加密,其它区域按趋势布设的原则,加密区域主要是湖泊出入口附近、古河道和现行河道内,其它未加密的区域在测量期间若发现淤泥较深,则在测量采样过程中加密. 口门附近布置弧形断面,由口门向湖泊内呈放射状,一般布置 3 个弧形断面,每个断面均匀分布 3~5 个采样点. 河道及古河道沿河的走势每隔 50 m 布置一个断面,每个断面布置 3~5 个采样点,原则上控制深泓点、过渡区和河槽边缘. 其它区域按 100~400 m 不等布置采样点. 在 PC 机上制成电子地图,把规划的采样位置在电子地图中标出,作为导航点.

在实际操作中,所有的软硬件设置联接与前面测量准备相同. 测船按照导航位置行驶,到达采样点位置后将船固定,用测深杆探摸淤泥底部,并在同一位置用触地报警式测深锤测取精确水深,测深杆深度减去水深即为淤泥厚度,同时从 PC 机中读取坐标位置,做好记录. 用这种方法完成每个采样点淤泥厚度的测量. 整个湖区共完成淤泥深度采样 400 余个,活性物质取样 14 个.

2 数据处理

数据处理过程一般包括原始数据整理、建立模型、绘制等深线、修饰成图等步骤.

2.1 原始数据整理

测量过程中 PC 机所存数据为原始数据,其中含有一些如 GPS 周跳、回声测深仪噪声等坏数据,需要清除这些坏数据和伪数据,还需要对实测的高密度数据进行筛选,使数据密度达到出图要求.此外,要进行水位改正以获得河底高程.数据格式也要转换为 DXF 或 XYZ 格式.

HYPACK 软件含有数据编辑、潮位改正、数据筛选和数据格式转换菜单,可分别完成上述工作.由于金鸡湖水位在测量期间日变幅很小,潮位改正按日建立文件,测量数据也是按日期存放当日所有测量文件,便于逐日进行水位改正.数据的筛选可以按点据距离半径和规定横向和纵向距离进行数据筛选.筛选过的数据,可以转换成 AutoCAD 识别的 DXF 格式和用于建立模型的 XYZ 三维坐标格式.测量时若用 WGS-84 坐标进行定位,可以根据控制测量中求出的转换参数,编程序进行计算,即可获得所需的当地坐标系数据.

2.2 地形图绘制

地形图的绘制需要进行两个步骤的工作,其一,输入测点数据,在检查确认数据合理无误时,建立三角网络模型,绘制等深线.其二,清理图形周边以外的多余线,删除与测点数据的重合或过密的点据,按标准图式加图框、图名等,最后由绘图仪出图.

金鸡湖地形图的绘制使用 AutoCAD12 下 VID4 和 AutoCAD14 软件.VID4 软件可以完成模型建立、三角网格生成、等高线生成和断面切割等功能,图框制作及汉字标注等在 AutoCAD14 下完成.

1:5 000 的地形图等高距一般为 1~5 m,由于金鸡湖水下地形比较平坦,因此使用了 0.5 m 的等高距,以确保面积、库容计算的准确性.生成后的等高线为折线,需要加以平滑处理.

2.3 淤泥分布彩图绘制

淤泥分布彩图是在地形图基础上完成的,输入淤泥采样点资料,按照坐标标注淤泥深度数据,结合地形趋势勾绘淤泥厚度等值线,按照 0.2 m、0.6 m、1.0 m 和 2.0 m 以上等划分级别,填充不同的颜色以示区别.

2.4 分级水位面积与容积计算

不同水位下的面积计算,是用 AutoCAD 中面积计算工具,计算不同等深线所围成区域的面积,在 Excel 中制表并做成水位~面积关系图,内插获得查算表,水位~面积关系见图 1.

计算获得最大面积为 7.35 km²,与标称的 7.38 km² 相差 0.03 km²,相对误差为 0.4%.

分级水位容积计算,一般有断面法和水位面积法两种方法.断面法是把湖区按一定方向切割出若干断面,计算断面分级水位面积,再用根据断面间距计算分级水容积.水位面积方法也是水库测量规范规定的方法,计算公式为

$$V_n = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \sum_{i=0}^n (S_i + S_{i+1}) h_i$$

(2)

式中: S_i ——分级水位围成区域面积, $i=0$ 时,相应的 S_0 为最低等高线包围的面积; h_i ——等高距或最高等深线与要计算的高程距离, $i=0$ 时,相应的 h_0 为最深点到最低等深线的垂直距离.

此次金鸡湖水位容积曲线是用式(2)计算、用断面法检验的,同样在 Excel 中作水位~面积内插分级容积曲线(见图 2),获得查算表.

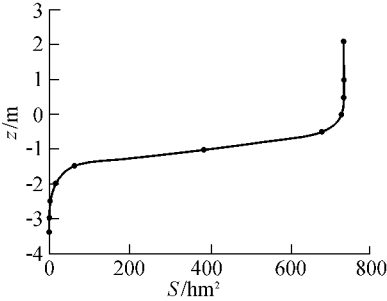


图 1 金鸡湖水位~面积曲线

Fig.1 Water level vs. corresponding water area

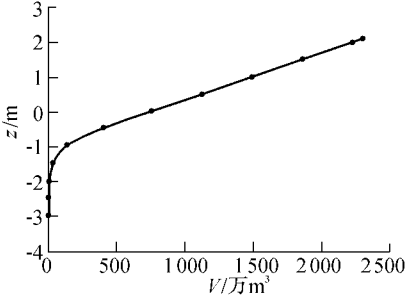


图 2 金鸡湖水位~容积曲线

Fig.2 Water level vs. storage capacity

2.5 淤泥量计算

根据淤泥分布图,分别计算每个区域的淤泥量,然后求出分级淤泥量和总量,计算方法类似库容计算,采

用式(2),只是 S_0 是最大淤泥厚度等值线, h_0 是最大淤泥厚度点到最大等值线的高差, S_i 是分级等值线所围成的面积, h_i 为级差. 计算结果见表 1.

3 结 语

在金鸡湖水下地形及淤泥分布信息的数据采集中,采用带有 RTK 功能的 GPS 进行载波相位差分测量,定位精度为厘米级. 测深数据整理时,参照低频的测深值,保证了数据的精确度和可靠性.

地形图成图由计算机完成,图上定位精度高,等值线生成较人工绘图准确客观. 0.5 m 的等高距更能真实地反映金鸡湖的水下地形.

采用 GPS 和回声测深仪以及 HYPACK 测量软件组成的水下地形测量系统,能够方便快捷地完成金鸡湖水下地形测量和淤泥厚度采样位置的确定,与常规的方法相比具有直观、方便、高效的特点. 制成的电子地图可以在带有 AutoCAD 软件的计算机上阅读、编辑和出图,避免了人工制图的烦琐工作和晒图所发生的变形等问题.

金鸡湖地形及淤泥分布信息采集和处理的成功实践,为同类型浅水湖的治理提供了很好的经验,也为水环境信息自动采集作了很好的探索.

参考文献:

[1] 许其凤. GPS 卫星导航与精密定位[M]. 北京: 解放军出版社,1994. 146 ~ 153.
[2] 中华人民共和国测绘行业标准. 全球定位系统(GPS)测量规范[S]. 1992. 3 ~ 12.
[3] 水利水电工程测量规范(规划设计阶段)[M]. 北京: 水利出版社,1984. 68 ~ 72.

表 1 淤泥分布面积和淤积量成果
Table 1 Calculated sludge distribution area and volume

分 级	淤泥分布面积	淤积量
	/m ²	/m ³
0.2 ~ 0.6	436 140	134 960
0.6 ~ 1.0	210 ~ 392	168 ~ 314
1.0 ~ 2.0	167 774	234 884
2.0 ~ 2.4	280 42	58 888
总 量	842 248	597 050

Information Collection and Processing for

Jinji Lake's Underwater Topography and Sludge Distribution

ZHAO Xue-min,ZHANG Zong-de,WANG Wei-ping,HU Feng-bin

(College of Water Resources and Environment ,Hohai University , Nanjing 210098 ,China)

Abstract : A method of navigation measurement with GPS (Global Positioning System), echo sounder and HYPACK hydrographic surveying software is introduced, which has been used to the underwater topography surveying and sludge distribution information collection for the Jinji Lake. AutoCAD is also used to produce the color topographic map and sludge distribution map, and to calculate the graded area, graded volume and the volume of sludge in the Jinji Lake.

Key words : GPS ;echo sounder ; HYPACK ; topography surveying ; sludge distribution