

文章编号: 1000-050X(2000)03-0243-247

海洋测量内外业一体化软件包的研制

刘经南¹ 赵建虎²

(1 武汉测绘科技大学校长办公室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(2 武汉测绘科技大学 GPS 研究中心, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要 介绍了海洋测量内外业一体化软件包 Power-Hydro 的研究背景和意义; 详述了该软件的总体结构和功能; 阐述了该软件包在理论和技术方面的特色。

关键词 一体化软件; 潮汐改正; 姿态改正; 软件框架

分类号 P228; P227 文献标识码 A

1 研究背景和意义

覆盖地球表面 3/4 的海洋蕴藏着巨大的自然资源, 随着陆地上不可再生资源的日益减少, 开发和利用海洋资源已引起世界各国的高度重视。海洋测量作为海洋开发的基础, 其技术发展和研究已成为现代测量学科发展的重点方向。

作为从事海洋资源的调查、勘探、开发以及各种海洋工程建设、管理和维护所进行的海洋测量, 工作范围大到几千 km² 的海域, 小到一个钻井平台的支柱; 精度要求从几十 m 到几 cm。海洋测量作为认识和开发海洋的基础, 近 40 年来获得了迅速的发展。海洋科学、航天技术、电子技术、无线电技术及卫星技术等相关学科的发展, 为海洋测量科学的发展创造了有利条件。海洋测量已从传统意义上单一为保障海上舰船航行安全的海道、河道测量, 发展为今天的海洋科学、海洋工程、海洋划界等综合性测量。

为了满足海洋工程的需求, 海洋测量从 60 年代起已有了长足的发展, 先后研制出了 LORAN-C、OMEGA 等无线电导航定位系统、卫星测高系统、卫星定位系统。特别是进入 80 年代, GPS 以其高精度、快速、全天候、使用方便等优点在海洋、河道测量中得到了普遍应用。发展到今天, 海洋测量已基本定型于利用 GPS 和声纳测深仪(多波束声纳、侧扫声纳、地面剖面仪、重力磁力仪及地震测量仪等) 获得海底地理信息的基本模式。长期以来, 利用这套多设备的复杂系统进行有效的

野外实测、精确内业数据处理和真实的海底地形图绘制一直是海洋测量工作者希望彻底解决的问题。海洋测量内外业一体化软件包解决的正是这一问题。

国内外海洋、河道测量部门先后研制出了多套用于海洋测量数据采集、数据处理和计算机辅助绘图等自动化系统(如 Hydro, Hypack, HCS), 这些软件因其计算模型简单、计算精度较低、在等深线绘制时构网速度慢、某些功能模块不完善、实际操作不方便等缺陷难以胜任海洋测量内外业一体化的要求。目前, 国内迫切需要一套适合我国测量规范、操作智能化、内外业考虑综合化及功能全面的海测软件。鉴于这一情况, 笔者在吸收了国家第一海洋研究所测绘中心和其他海洋测量、河道测量部门内外业作业经验和实际要求的基础上, 结合本单位已有的海上数据采集软件、导航软件、数据处理软件、图形绘制软件和实际工作经验, 开始研制满足国内外水上测量普遍需求的、能够解决各种问题的内外业一体化智能软件。

2 软件包的总体结构和功能

2.1 软件设计的总目标

软件包外业部分主要实现数据的采集, 获得野外地物的特征数据; 内业部分主要对外业的实测数据进行加工处理, 最终形成计算、图形结果并输出。将内外业所有的问题综合起来考虑, 实现内外业一体化, 即从外到内作业的全自动化、数据流程和数据管理的合理化、实际作业的效益化。

为了实现上述功能,软件包的目标为:

1) 建立海洋测量内、外业一体化模式,实现海洋测量现代化。

2) 外业实现测线设计的智能化、导航作业的实时化和数据采集的全自动化,其中包括同各种测量仪器兼容,显示信息全面直观,数据存储安全可靠。

3) 内业实现测量数据的质量监控,模型应用的精确可靠,图形绘制的直观准确,图形输出的简便易行。

4) 数据管理系统科学。

5) 采用面向对象的作业方式,力求尽量少的手工输入,而采用标准的默认设置;充分利用鼠标事件,实现屏上鼠标直接作业。

6) 设立全能的报警、提示功能。

7) 追求标准的 Windows 设计和操作风格。

2.2 软件包的主要功能

软件包的主要功能分为5大部分:

1) 工程和数据管理功能。主要管理不同时期、不同区域的作业工程以及通过不同方式获得的用于该项工程的所有数据;原始数据的修改、删除、更新;参数的定义、输入、输出;数据计算和成果输出;图形分幅、编辑、输出。

2) 情景结合功能。该功能主要应用于野外导航和内业成图。以测区海图作为导航背景是现代导航软件发展的方向。在完成了导航背景电子海图化的基础上,实现了测区电子海图同实际地物的匹配。野外实测的数据和标定的地物缩绘、格网化于绘图屏上,作为图形绘制的引导图,使得操作人员对测区形状、野外地物、图幅编号一目了然。

3) 稳健的质量控制和数据处理功能。质量控制功能包括野外实测数据的粗差检测及剔除;数据处理功能主要包括对定位和测深仪数据的提取、改正和应用。其中,数据提取功能包括对各种 GPS 接收机通用数据格式的提取和对几种常用的 GPS 机型的数据格式触发并提取;改正功能包括对定位和测深有较大影响的5种因素的改正;应用功能包括测区断面的内插、面积计算、库容计算和库容曲线绘制、水下地形图绘制等功能。

4) 人机交互功能。整个软件包采用面向对象的程序设计语言,软件操作人员可以在屏幕上根据自己的需要进行设计、标定、查阅、编辑、作业。本功能主要是利用鼠标实现导航屏上的测区设计、测线设计、野外地物标定、报警提示、信息提示;实现数据和图形的 DDL 动态链接;实现图形

绘制中的地物、等高线的编辑等功能。

5) 图形输出功能。该功能可实现图形的标注、放大、缩小、图形窗口的选择、打印预览、打印机设置和打印。

2.3 软件包的总体结构

软件包的总体结构特点是将以上几个功能分解成一些基本的子模块,针对每个子模块分别编写相应的程序单元,若干个程序单元完成一定任务的功能模块。海洋测量内外业一体化软件包按作业流程、实现功能分为6大模块,它们在软件的统一管理下,既相互联系,又自成体系。这6大模块分别为:

1) 工程管理模块

工程管理用于管理水上测量项目。对于一个新项目,软件根据用户键入的工程路径自动地创建工程,搭建目录,索引项目中的实测数据;对于已存在的工程,软件可通过对工程管理的操作实现对工程的删除和选择。

2) 导航模块

按作业流程可分为9大子块,即测区定义、测线定义、通讯参数设定、数据管理、窗口编辑、地物标定、窗口选择和快捷方式等模块。利用这些子块功能,实现了测区定义的手工输入、鼠标勾绘、文件或图形的读入;也实现了规则测线定义的手工输入和自动设置,不规则测线定义的手工输入和鼠标点绘;还实现了在不触发 GPS 接收机的情况下完成对各种 GPS 接收机的 NEMA 0183、RTCM 104 数据的提取,同时,也提供了直接获取5种常用 GPS 机型定位信息的数据提取方式。此外,在本模块中通过时间、距离采样间距的设定获取实测数据,帮助用户实现电子海图同实际地物的精确匹配,并可完成对导航屏上区域线、测线、目标点的选定和编辑;实现导航、剖面、导航游标、文本窗口的任意选择;实现野外地物在导航屏上的标记和存储。

3) 质量控制模块

质量控制模块主要实现野外实测数据的图形浏览和无用、错误数据的删除。该模块分为5大子块,即数据录入、显示定义、图形显示、图形编辑和结果存储。质量控制模块对任意格式的数据文件通过格式定义,均可实现点位信息的提取;通过格网化测区,定义屏幕显示尺寸和属性,采用滚屏技术实现测点和断面直接展绘;浏览测点和断面图形,发现测量漏洞并剔除无用和奇异的测点,做到实时编辑,实时更新。上述任务完成后,软件提示用户存储数据。

4) 测深数据改正模块

测深改正模块包括 5 大部分, 顾及了对实测深度影响较大的 5 个因素, 即声速、动态吃水、波浪、归心、潮汐。除声速改正需用用户键入数据外, 其他数据通过读取文件的形式获取, 对文件的格式程序不做统一要求, 仅需用户根据程序自测的文件格式提取相应数据项即可。程序采用的计算模型为当前最为流行的模型, 对于潮汐改正, 程序提供了 3 种适合不同情况的模型供用户选择。整个计算全在后台进行, 每项改正在文件中有详细记录并可随时浏览。

5) 坐标转化模块

坐标转化模块可以实现同一坐标系内大地坐标(B、L、H)与空间大地直角坐标(X、Y、Z)的相互转换、坐标投影(高斯投影、UTM 投影、墨卡托投影)正反算、坐标换带。不同坐标系可以利用布尔沙模型计算 3 个(dx、dy、dz)或者 7 个(dx、dy、dz、Qx、Qy、Qz、尺度因子)转换参数, 利用已知的转换参数进行不同坐标系的坐标转换。

6) 图形绘制和模型应用模块

该模块以较快的速度录入数据, 并根据数据、比例尺要求、自由分幅原则自动地分幅, 在此基础上, 以极快的速度完成三角网的构造和编辑。三角网构造完成后, 软件可实现断面内插、测区面积计算、库容计算以及库容曲线绘制等应用; 同时, 用户可选择图幅, 绘制、编辑等深线, 定义地物属性、图框信息, 完成图形打印。

3 软件包的特色

3.1 理论方面的特色

1) 采用最新理论作为计算依据

声速改正由于声速在不同温度、深度、盐度的水中传播的速度不同, 从而引起测深测量数据的改正。

水面声速为:

$$c(0, t, s) = 1449.05 + T(4.57 - T(0.0521 - 0.00023T)) + (1.333 + T(0.0126 - 0.00009)) \cdot (s - 35)$$

淡水中深度达到 200m、海水中深度达到 1000m 的声速为:

$$c(Z, T, s) = c(0, T, s) + 16.5Z$$

淡水中深度达到 2000m、海水中深度达到 11000m 的声速为:

$$c(Z, T, s) = c(0, T, s) + Z(16.3 +$$

$$Z(0.22 - 0.003Z \sqrt{T+2}))$$

若深度大于 5000m, 应考虑纬度改正:

$$c(Z, T, s) = c(0, T, s) + Z'(16.3 + Z(0.22 - 0.003Z \sqrt{T+2}))$$

$$Z' = Z(1 - 0.0026 \cos^2 \varphi)$$

式中, Z 为深度; T 为温度(°C); s 为盐度(ppt); φ 为纬度(°)。

因船体的运动使得船体产生瞬时动态吃水, 即

$$\Delta d = KV^2 \sqrt{H_s/H}$$

式中, V 为船速; H_s 为静吃水; K 为吃水系数; H 为平均深度。

由于波浪的影响, 使得船体发生纵倾和横滚的变化, 从而产生瞬时测深误差。设测深仪的半波束角为 θ, 纵倾角为 α, 横滚角为 β, 测深值为 h, 则波浪引起的改正为:

$$\Delta h = (h - h \cdot \cos(\alpha - \theta)) + (h - h \cdot \cos(\beta - \theta))$$

式中, 第一部分为因“纵倾”引起的深度改正; 第二部分为因“横滚”引起的深度改正。实际测量中, 定位中心和测深中心的不统一简称为偏心, 偏心主要由两种情况引起: ①定位中心与测深中心在船体静态时存在固有偏差(Δx, Δy, Δh); ②船体受波浪的影响使得定位中心和测深中心产生动态偏差。若波浪引起的纵倾角为 β, 横滚角为 α, 船首晃动角为 λ, 测线方位角为 Ψ, 则偏心改正为:

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Psi & \sin \Psi & 0 \\ -\sin \Psi & \cos \Psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \lambda & \sin \lambda & 0 \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta h \end{bmatrix}$$

潮汐变化是引起瞬时水面变化的决定因素。

潮汐数据往往通过验潮站获得, 由于其采样间隔同测深数据的采样间隔不匹配, 产生了潮汐数据的内插问题。潮汐数据的内插采用了适合单站和多站的 3 种内插模型:

(1) 线性内插:

$$\Delta t = t_{k+1} - t_k; \Delta h = h_{k+1} - h_k; \Delta(\Delta h) = \Delta h / \Delta t$$

(2) 回归内插:

$$H_i = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$$

(3) 回归 加权内插:

$$H_i = b_0 i + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$$

$$P = \sum_{i=1}^n P_i; P_i = 1/d_i; h_r = (\sum_{i=1}^n P_i H_i) / P$$

式中, H_i 为第 i 验潮站 t 时刻的潮汐值; P_i 为 t 时刻第 i 验潮站潮汐权值; h_r 为 t 时刻潮汐改正值。

2) 采用最新的构网模型

一般的等深线绘制软件采用传统的三角形构造方法, 速度较慢。在主频 300M 左右、奔腾芯片的 PC 机上, 300~400 个测点需要 2~3min, 且构造的三角形不惟一, 部分三角形不合理。而软件包采用最新的局部搜索法构造三角形, 3 万个测点完成三角形的构绘仅需要 30s, 构造的三角形科学且惟一。

3) 提出并采用了适合多个验潮站的潮汐内插模型

对利用多个验潮站的数据进行潮汐改正的情况, 国内外通常采用的内插方法是分带法, 这种方法计算繁琐, 不易编程实现。笔者根据潮汐理论提出了一种回归-加权内插潮汐的方法, 同传统方法相比, 快速简捷, 不失精度。

4) 提出了满足各种情况的等高线平滑模型

等高线的平滑模型一般有三次多项式的插值函数、张力样条、实用三次样条、B 样条, 这些模型有其不同的图形特点和适用范围。经过长期的模型研究和结果比较, 认为实用三次样条通过型值点、等高线密集处不易产生相交, 张力参数 λ 取 1.0 时, 等深线光滑, 是较合适的等深线绘制模型。

3.2 软件处理技术方面的特色

1) 功能的完备性。软件包克服了同类软件为完成某单一任务而设计的缺陷, 统观海洋测量的应用领域, 兼顾内、外作业, 充分考虑作业需求, 追求一体化设计。

2) 数学模型多样化。对同一问题, 尽可能地提供多种解决问题的数学模型, 让用户根据实际情况, 选择最优解。

3) 智能化。为了实现操作的准确无误, 程序给出相应的引导信息, 实现人机间的对话, 智能地完成操作目标。

4) 面向对象的程序设计风格。为了增强程序的动感效应和操作的直观性, 软件包大量采用了 DDE、DDL 和鼠标事件, 这种设计风格尤其体现在图形的编辑功能上。

5) 图像匹配技术。首次将图像匹配技术应用于海洋测量导航中, 增强了导航的直观性。

6) 实时跟踪和漫游技术。首次在导航中采用船体实时跟踪和漫游技术, 保证导航员聚焦当前测线, 同时顾及整个测区。

3.3 与国内外同类软件比较下的特色

1) 中文界面。国内用户普遍认为该软件不同

于英文界面的国外同类软件, 软件的中文界面使得工作人员对操作内容通晓易懂, 一般的测量人员在很短的时间内便可熟练地掌握软件的操作。

2) 强调模块的独立性和模块间的耦合性。用户普遍反映国外软件过分地强调模块间的独立性, 在作业时, 过于繁琐的操作造成时间的浪费, 特别是对于不熟悉操作流程的用户, 造成操作性错误的几率大大增强。该软件包强调模块独立性的同时也兼顾了模块间的联系, 是个一体化流程的“傻瓜”软件包。

3) 功能强大。使用过软件包的用户均反映软件包涉及面广, 所提供的功能可全面地满足水上测量工作的需求。

4) 符合中国国情的海洋测量软件包。许多国内的水上测量单位反映, 国外的水上测量软件提供的计算参数和作业模式同我国的测量规范要求有相当大的差异, 很难适合我国水上测量的具体情况。Power Hydro 兼顾了我国和国际海道测量规范、河道测量规范的基本要求, 充分考虑了软件的通用性和实用性。

5) 优越的操作风格。软件操作人员普遍认为, 软件包的数据编辑和图形编辑功能达到甚至某些方面超过了国外同类软件的水平, 尤其是图形编辑功能, 完全实现鼠标操作。

6) 三角形构网速度快。

4 软件包的应用

软件包的 6 个功能模块相继完成后, 已广泛应用于数据采集、导航、数据处理、模型应用和水下地形图的绘制中。软件包早期版已应用于福建核电站选址水下地形测量二期工程 (8km^2)、大连-烟台海底光缆路由调查 ($180\text{km} \times 1.5\text{km}$)、福建闽江江底淤积调查 (130km^2)、长江阳逻电厂水下投石情况调查 (10km^2); 软件包更新版已应用于湖南柘溪水库库容测量 (150km^2) 等工程中。

应用情况表明, 软件设计智能化程度高, 且软件内容丰富, 充分考虑了内外业的各种情况, 计算模型科学、多样、任选, 编辑功能强大, 处理结果的输出信息和辅助信息全面、准确。同时, 在实际生产中还发现, 软件包还具有科学研究的功能。

5 结语

软件包是在吸收了国、内外同类软件的精华和广大水上测量单位宝贵经验的基础上研制的,

是第一个具有我国特色的较为优秀的海洋测量内、外业一体化软件包。随着测量技术的飞跃发展和海上测量领域的拓宽,该软件包还有待进一步完善。

参 考 文 献

- 1 赵建虎. 海洋测量内外业一体化软件包的研制:[学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1998
- 2 刘雁春. 海洋测量空间数据结构:[学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1998
- 3 Operation Manual of Hydro Software. Trimble navigation Limited. American, 1994

刘经南, 男, 56 岁, 教授, 博士生导师, 中国工程院院士。现主要从事空间大地测量及地球动力学研究。代表成果: 国家高精度 GPS 数据处理理论与方案等。

E-mail: jnliu@wtusm.edu.cn

The Development of the Integrating Software Used in Marine Surveying

LIU Jingnan¹ ZHAO Jianhu²

(1 Presidential Secretariat, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

(2 GPS Research Center, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

Abstract In order to improve the automatization and software level of both fieldwork and homework of marine surveying in our country, we develop the software of "Power Hydro". The significance and background of software development are presented in this paper. Based on the above, the function, structure and frame of software are discussed. The structure and frame of software include five sections. The first section mainly resolves the navigation and data collection problems in the fieldwork. The second is a quality control section, it is used for checking and deleting the error of surveying points. The instantaneous effects of tide, velocity of sound, wave, vessel speed, offset of position and sounding system are corrected in the third section. A tool program is applied in the fourth section. By the above processing procedures, mapping and mathematical model calculation modules could be applied in the fifth section. In this paper, the excellence of the software in theories and technology is showed by comparing it with other same kinds of softwares at home and abroad.

Key words integration of software package; tide correction; attitude correction; frame of software

LIU Jingnan, male, 56, professor, Ph.D supervisor, member of the Chinese Academy of Engineering. His major research orientations include space geodesy and geodynamics. His typical achievements are the theory and scheme of high precision GPS data processing in China, etc.

Email: jnliu@wtusm.edu.cn