

# 基于平滑技术的单波束海洋水深测量数据处理

## The Application of Data Smoothing Technique in Single Beam Bathymetric Data Processing

叶子伟 王智明

宁波市测绘设计研究院 浙江宁波 315042

**摘要:** 本文以宁波市域某海洋测绘工程为例,提出了一种基于移动窗口平均滤波法的单波束海洋水深测量数据平滑技术,该方法可快速的对测深数据进行自动化处理,最终得以削弱波浪对测深影响的效果。实验证明,该技术能快速实现水深测量突变点的过滤以及平滑处理,极大提高了数据处理的效率。

**关键词:** 平滑技术;单波束水深测量;海洋测绘;数据处理

**中图分类号:** C35

**文献标识码:** A

### 1 引言

海洋测绘是在测量船这一动态平台中对水深进行的测量,受海浪的影响,测量船会发生横摇、纵摇、上下升降运动,从而对海洋测深产生影响,需要通过对测深船姿进行分析,减弱和消除波浪的影响。在近海海底较平坦区域,由于船只纵、横摇的周期性,其对测深值的影响,部分地叠加反映在船只的升降效应中,因此,可通过对测量船升降效应的处理来间接消除影响,这项工作在水深测量数据处理占据了大量的时间。本文以浙江宁波市域某海洋测绘工程项目作为实例,探讨运用移动窗口平均滤波法对较平坦海域的测深数据进行自动化处理,结果表明利用数据平滑技术进行单波束海洋水深测量数据处理,不仅满足精度要求,而且极大的提高数据处理的效率。

### 2 单波束测深数据平滑滤波方法

#### 2.1 数据平滑

数据平滑是在统计学和图像处理中,通过建立近似函数尝试抓住数据中的主要趋势,去除噪声、结构细节或瞬时现象,来平滑一个数据集。数据平滑处理在科学研究中广泛使用,它可以减少测量中统计误差带来的影响,尤其被用于无法利用多次重复测量来得到其平均值的情况和当 $Y_i$ 随 $X_i$ 陡然变化的那些测量段,例如寻找峰位、峰值或拐点等。测量中常用的数据平滑方法有移动窗口平均滤波法、移动窗口拟和多项式平滑方法(Savitzky-Golay平滑)、傅里叶滤波平滑法、小波变换滤波平滑法等。

#### 2.2 移动窗口平均滤波法

单波束测深仪是水声领域中常用的测深设备,经常用于海水深度的测量<sup>[5]</sup>,用它测量的海洋测深数据可以看成时间维上的上下波动,在某一时刻测量的水深值 $h_i$ 是时间 $t_i$ 的函数 $h=f(t)$ ,水深值随着地形的变化可以看作是水深值随着连续的时间而发生的变化,海洋水深测量中水深数据的采样间隔一般是固定的,即 $t_i$ 是等差递增的数列,所以海洋测深数据可以看做是水深 $h_i$ 的一维函数。

移动窗口平均滤波法是典型的线性滤波方法,这种方法是指在水深时间序列上给定一个平滑滑块,滑块的长度一般是奇数 $2n+1$ ,对水深 $h_i$ 的前面 $n$ 个值和后面 $n$ 个值以及 $h_i$ 自身取平均后给新的水深数组 $h_i$ 赋值,算法公式如式1所示。

$$h_i = \frac{h_{i-n} + \dots + h_i + \dots + h_{i+n}}{2n+1} \quad (1)$$

从第 $n+1$ 个水深值开始,滑块依次向前推进得到一个平滑

后的水深值数组,实现了水深数据的平滑处理,以此削弱波浪对测深影响的效果。

#### 2.3 算法的实现

移动窗口平均滤波法算法简单,易于编程实现,以Visual C++6.0 MFC为编程平台,编写了移动窗口平均滤波法水深数据平滑程序,程序界面如图2所示,界面左侧是控制区域,包括参数设置、数据导入、数据保存等以及数字显示。界面右侧是数据图形显示区域,能将平滑前后的图像直观地显示出来。

### 3 实验及结果分析

#### 3.1 数据概况

以浙江宁波市某海域2013年的海洋测绘项目为实验数据,该测区面积约710km<sup>2</sup>,海况较好的情况下,平均浪高1米左右。海域底质为淤泥,水下地形平坦,水深范围2m-25m,随着距海岸距离的增加,水深缓慢变深。数据采集使用南方测绘SDE-28S单波束单频测深仪,采用潮汐改正的模式采集。

#### 3.2 技术流程

采用单波束单频测深仪潮汐改正的模式采集的海底水深测量数据为.org格式,需要对数据进行预处理,滤除水深测量中的突变点,选择合适的平滑参数,具体技术流程如图1所示:

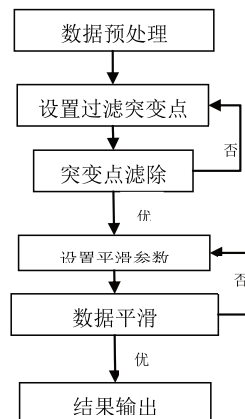


图1 数据平滑处理技术流程图

#### 3.3 水深突变点的滤除

测量船在航行过程中会产生气泡,如果气泡夹在测深仪换能器与海底之间,就会严重影响声波的传播路径,导致测深仪探测不到正确的回波,平稳的水深值曲线突然跳跃到“0”,在采用移动窗口平均滤波法对水深数据进行平滑之前必须剔除这

些“假水深”的影响。采用阈值法滤除突变水深点，程序具体实施方法是：在确保水深值  $h_i$  正确的前提下， $h_{i+1}$  不会突然增大减小超过某一固定值，超过这固定值的视为假水深。如图3所示：

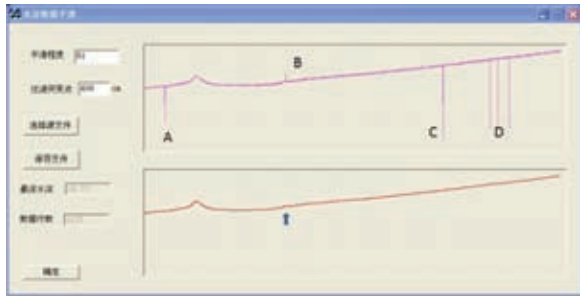


图2 过滤突变点

### 3.4 移动窗口平均滤波法数据处理

#### (1) 平滑参数设置

平滑参数是用来设置滑块长度  $2n+1$  的值，设置过小会达不到相应的平滑效果，设置过大会平滑过渡，丢失真实海底地形信息。一般按照测量船上下起伏的周期来确定，如测量船上下起伏的周期大约为15秒，水深采样间隔为1秒，则“平滑参数”值设置为15。

#### (2) 数据平滑处理

水深测量数据平滑采用自行编制的平滑软件自动处理，导入经过预处理的水深测量数据，输入“过滤突变点”参数突变阈值和平滑参数，输出成果如图3所示：

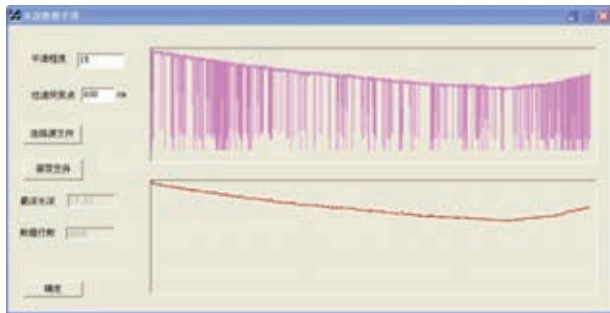


图3 数据处理成果

### 3.5 结果分析

对710平方公里的测区约2200公里测线进行了数据平滑后自动水深取样与传统人工水深取样两种方法数据处理。对数据精度和效率进行了比较，表1给出了两种办法所耗时间：

表1 两种方法所耗时间对比

	传统方法	数据平滑
数据量	2200km	2200km
所耗时间	31小时	2小时

对两种数据处理成果进行比对，以提取相同位置上的水深值较差作为校核，共提取10967个点，其中较差最大为0.18m，最小为0m，中误差为0.071m，若假设人工取样的水深值为真值，采用移动窗口平均滤波法对测深数据进行自动化平滑后处理的水深值完成符合相关规范的要求。同时利用数据平滑辅助数据处理比传统方法的作业效率有显著的提高。

### 4. 结语

消除测船升沉影响的方法很多，通常采用的监测改法、补偿消除法、记录曲线平滑法和水深数字滤波法等，选择合适的方法可以获得较好的效果，本文提出的运用移动窗口平均滤波法对测深数据进行自动化处理，是从数据后处理方面消除和减弱升沉效应，当在较平坦海区进行海洋测绘时，使用本程序能大幅减少内业数据处理时间，降低劳动强度，提高作业效率。然而，在海底地形变化较复杂的海域，采用本数据平滑方法难以达到预期的效果，必须采取其它措施进行补偿和改正，笔者将继续研究。

### 参考文献：

- [1]刘雁春.海洋测深空间结构及其数据处理[J].测绘学报, 2001, 02
- [2]翟国君, 黄漠涛.我国海洋测绘发展历程[J], 海洋测绘, 2009 (04)
- [3]刘伍丰; 何旭春; 徐杨; 乔卫民; 数据平滑处理算法的编程[J], 微计算机信息, 2007 (09)
- [3]褚宏宪; 周小明; 史慧杰; 冯京.水深测量误差分析与改正[J], 物探与化探, 2011 (03)
- [4]赵建虎; 李娟娟; 李萌; 海洋测量的进展及发展趋势[J], 测绘信息与工程, 2009 (04)
- [5]胡昌顺.单波束测深仪系统仿真设计, 测绘科学[J].2011, 01, 1-2

文章被我刊收录，以上为全文。

此文章编码：2014D4376