

# 基于数据抽稀算法的海洋倾废监管系统的设计

黄亚飞, 翟艳辉, 梁杰, 湛朝清, 张东瑞

(国家海洋局南海标准计量中心, 广州 510715)

**摘要:** 随着经济社会的高速发展, 海洋工程产生的大量疏浚物被倾倒入海洋, 随意的倾倒入海洋容易造成海洋生态系统失衡; 海洋倾废监管系统作为海洋监管的技术手段, 在海洋倾废监管方面起到了巨大作用, 如果倾倒入船舶发送至海洋倾废监管系统的数据不进行处理, 会使得海洋倾废监管系统显示界面的轨迹点过多, 导致倾倒入船舶轨迹不清晰的问题; 研究曲线抽稀算法中的步长法, 验证和探讨数据抽稀算法对船舶轨迹点的减少量; 根据数据的参数类型, 选取时间间隔、水位变化和距离变化作为数据抽稀算法的参数, 研究不同参数值下的船舶轨迹点的减少量; 经实验测试, 数据抽稀后的数据量比原始数据量减少了 95% 以上, 其数据点连成的轨迹线与原始数据点连成的轨迹线基本一致; 在保证倾倒入船舶轨迹的前提下, 数据抽稀算法能有效减少原始数据量, 使得海洋倾废监管系统显示界面简洁, 满足了海洋倾废监管要求。

**关键词:** 海洋倾废; 数据抽稀算法; 监管系统

## Design of Marine Dumping Supervision System Based on Data Thinning Algorithm

Huang Yafei, Zhai Yanhui, Liang Jie, Zhan Chaoqing, Zhang Dongrui

(South China Sea Standards and Metrology Center, S. O. A, Guangzhou 510715, China)

**Abstract:** With the rapid economic and social development, a large number of dredged materials produced by marine engineering have been randomly dumped into the ocean, which is easy to cause the imbalance of marine ecosystem. As a technical means of marine supervision, the marine dumping supervision system has played a significant role in marine dumping supervision. If the data sent by the dumping ship to the marine dumping supervision system fails to be processed, there will be excessive trajectory points on the display interface of the marine dumping supervision system, which will lead to unclear trajectories of the dumping ship. This paper investigates the step method of curve thinning algorithm. It also verifies and discusses the reduction of ship trajectory points by data thinning algorithm. According to the parameter type of data, time interval, water level change and distance change are selected as the parameters of the data thinning algorithm to study the reduction of ship trajectory points under different parameter values. The experimental findings show that the amount of data after data thinning algorithm is reduced by more than 95% compared with the original data, and the trajectory formed by the data points is basically the same as it formed by the original data points. On the premise of ensuring the trajectories of dumping ships, the data thinning algorithm can effectively reduce the amount of original data, which makes the display interface of marine dumping supervision system simple and clear, and meets the requirements of marine dumping supervision.

**Keywords:** marine dumping; data simplification algorithm; supervision system

## 0 引言

随着改革开放, 我国经济社会高速发展, 海洋运输业和海岸工程建设发展迅速, 同样产生了大量的疏浚物, 疏浚物的胡乱倾倒入海洋生态环境造成巨大破坏。海洋具有一定的自净能力, 在不破坏海洋生态平衡的前提下可容纳一定废弃物, 海洋倾废相比于陆地堆放、深埋地下和焚烧的处理方式, 具有处置方式简单、成本低、对人类健康危害较小的特点。原国家海洋局根据国务院的授权, 按照科

学合理安全经济的原则选划了 67 个海洋倾倒入区, 大致均匀分布在我国近海上, 使得倾倒入倾倒入区的疏浚物能够自然的被海洋降解, 使得疏浚物对海洋生态环境造成的污染最小<sup>[1-4]</sup>。

随着经济的不断发展, 疏浚物逐年增加, 从事海洋倾倒入船舶越来越多, 给海洋倾倒入监管造成很大挑战。不当的海洋倾倒入行为不仅不利于海洋生态的可持续发展, 还极大危害人类健康, 因此必须采取前沿技术强化海洋倾倒入监管, 以防止海洋环境污染。现有的海洋倾倒入监管系统接收到倾倒入船舶的控制终端发送来的定位和吃水数据, 数据直接在系统界面显示, 造成显示界面数据点过多, 船舶轨迹不清, 监管人员制作监控报表时工作量又大又繁琐。针对此问题, 本文提出采用数据抽稀算法对接收到的数据进行抽稀处理, 以减少数据量, 抽稀后的数据与倾倒入船舶原有的运行轨迹基本一致<sup>[5-6]</sup>。

收稿日期: 2020-03-09; 修回日期: 2020-03-27。

基金项目: 国家海洋局南海分局海洋科技局长基金(1720)。

作者简介: 黄亚飞(1991-), 男, 河南开封人, 硕士, 助理工程师, 主要从事海洋倾倒入监管系统方向的研究。

通讯作者: 翟艳辉(1987-), 女, 河北沧州人, 硕士, 工程师, 主要从事物理海洋学、海洋标准计量方向的研究。

## 1 系统结构及原理

海洋倾废监管系统主要由船舶信息采集器和数据处理信息系统两大部分组成，图 1 是海洋倾废监管系统组织架构图。船舶信息采集器通过定位天线实时采集船舶经纬度，通过吃水传感器实时采集船舶水位，通过通信天线实时将采集到的船舶经纬度和水位信息通过码分多址（code division multiple access, CDMA）网络和 Internet 网络传输至数据处理信息系统。通信服务器作为数据处理信息系统的运行平台，用于接收船舶信息采集器发送来的数据，并对数据进行存储、抽稀和轨迹生成，根据每次船舶装载前后水位差计算装载量，根据经纬度信息计算船舶轨迹，生成倾废船舶运行报表，同时将生成的船舶运行轨迹和报表等信息通过 Internet 网络发送至计算机、手机、网络显示器，供监管人员进行海洋倾废监管<sup>[7]</sup>。

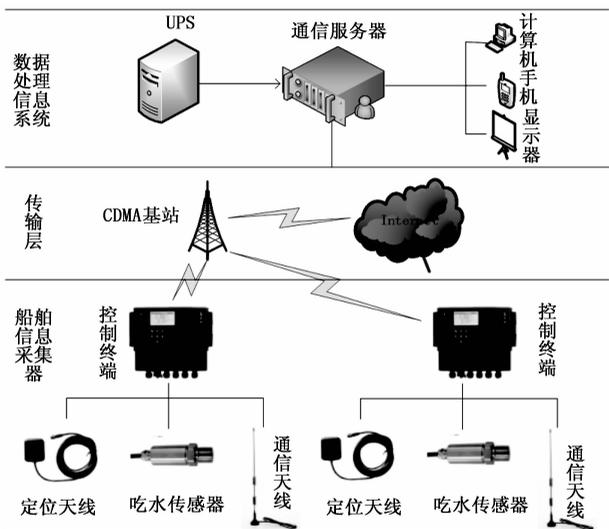


图 1 海洋倾废监管系统组织架构图

## 2 系统硬件设计

海洋倾废监管系统的船舶信息采集器从成本、灵活性等方面考虑采用无线通讯模块和单片机作为船舶信息采集器的核心元器件，其硬件结构如图 2 所示。船舶信息采集器主要采集船舶水位和位置信息，将整合的水位和位置信息通过 CDMA 网络发送至数据处理信息系统。船舶信息采集器作为海洋倾废监管系统的数据采集终端，根据电路功能可将船舶信息采集器划分为主控模块、定位模块、压力模块、通信模块、电源模块、NorFlash 存储模块、Flash Memory 存储器模块、USB 下载接口和显示模块。

### 2.1 主控模块的设计

主控模块综合考虑处理速度、功耗、接口数量及可扩展等因素，系统采用基于 USB 接口的微控制器 Atmega2560 作为主控制器，Atmega2560 具有成本低、运行稳定可靠的优美，具有 54 路数字输入/输出端口，16 路模拟输入端口，4 路 UART 串口，16 MHz 的晶振，控制和计算性能均可满足使用要求<sup>[8]</sup>。Atmega2560 主控芯片按 GPS

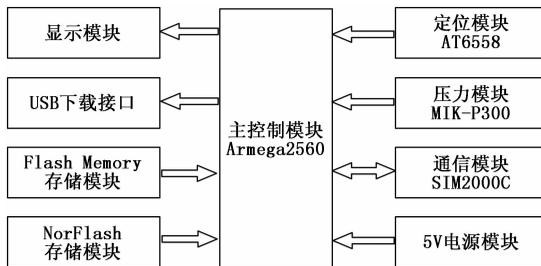


图 2 船舶信息采集器硬件结构图

授时的基准时间将水位和定位经纬度每分钟打包一个数据帧，将数据帧通过 UART 接口传输至通信模块。

### 2.2 定位模块的设计

定位模块采用型号为 AT6558 的定位芯片，AT6558 定位芯片是中科微第四代低功耗 GNSS SOC 单芯片，支持我国北斗、美国 GPS、俄罗斯 GLONASS、欧盟 GALILEO 和日本 QZSS，是一款六合一的多模卫星定位芯片，可实现联合定位、导航和授时，AT6558 定位芯片定位精度 3 m，能满足船舶在装载区和倾倒地区的精度要求。AT6558 定位芯片通过 RX 及 TX 接口与 Atmega2560 主控芯片建立通信，通过 TX 接口将定位数据传输给 Atmega2560 主控芯片。定位模块的定位天线安装在驾驶舱顶或船舶空旷位置，实时采集船舶位置信息<sup>[9]</sup>。

### 2.3 压力模块的设计

压力模块板载一个型号为 MIK-P300 的扩散硅芯体作为测压单元，Atmega2560 主控芯片通过 PF6 模拟接口读取压力模块发送的电流信号，即可换算成压力值。压力模块可测量范围 0~500 kPa，即 0~50 m，对应输出电流为 4~10 mA，精度达到满量程 ±0.2%，可满足全部倾废船舶吃水深度的测量要求。压力模块中的压力传感器安装在倾废船舶海底门过滤器或相连的海水管道上，实时采集船舶水位信息<sup>[10-11]</sup>。为减少船舶电源电压波动对压力模块输出信号的影响，船舶信息采集器采用 5 V 低压差线性稳压芯片进行稳压。

### 2.4 通信模块的设计

SIM2000C 通信芯片是 SIMCOM 的一款 CDMA 模块，工作频率为单频 800 MHz，可以低功耗实现语音、SMS 和数据信息的传输，最大上行速率 153.6 Kbps，传输速率能满足水位和位置信息的传输要求<sup>[12]</sup>。Atmega2560 主控芯片通过 UART 接口把数据帧发送到 SIM2000C 通信芯片，SIM2000C 通信芯片将数据发送到 CDMA 网络，再经过 Internet 的 ADSL（非对称数据环路）数据中心将数据帧发送到通信服务器，完成数据的上传。

通信帧数据结构用以规范船舶信息采集器与通信服务器通信时的传输数据格式。数据帧结构由帧长度、帧类型码、流水号、设备编号、数据部分和校验码六部分组成，其中数据部分包括时间、经纬度和水位，数据帧结构如表 1 所示。

表 1 数据帧结构

功能定义	长度	帧类型码	流水号	设备编号	数据部分			校验码
					时间	经纬度	水位	
字节数/byte	2	2	2	4	4	8	2	2

帧类型码分为登录类型码和心跳类型码, 登录类型码用于与通信服务器建立连接, 心跳类型码用于与通信服务器传输数据。船舶信息采集器每发送一次帧, 流水号自动加 1。设备编号为船舶信息采集器唯一标识, 通信服务器通过设备编号知道数据是由哪个船舶信息采集器发送的。数据部分的经纬度采用“度. 度”格式, 保留小数点后 6 位, 水位保留小数点后 1 位。校验码对帧数据进行校验, 保证数据的准确和安全。

### 2.5 NorFlash 存储模块与 Flash Memory 存储模块

船舶信息采集器需要预先设定船舶信息采集器设备编号、数据处理信息系统的网际互连协议 (Internet Protocol, IP) 地址及端口号等配置参数, NorFlash 存储模块选用具有 8 M 容量的 W25Q128 存储芯片, 其具有低功耗、宽温度范围、高存取速度和高安全性特点, 可满足本系统设计要求。Flash Memory 存储模块采用 16 G 容量的 TH58TEG7DCJTA20 存储芯片, 将船舶信息采集器采集的数据存储在本地, 其具有非易失性, 断电数据不会丢失, 同时具有容量大, 可以存储 1 年数据。

## 3 系统软件设计

海洋倾废监管系统的数据处理信息系统基于服务器操作系统 Windows Server 2008 进行设计。Windows Server 2008 具有移植性好和安全性高, 支持 SQL Server 数据库、Web、DNS、FTP、MALL、开发脚本等服务, 能满足数据处理信息系统所需要的功能。

数据处理信息系统流程如图 3 所示, 船舶信息采集器首先启动, 向服务器通信模块发送套接字 (socket) 连接请求, 如果服务器通信模块没有响应 socket 连接请求, 船舶信息采集器继续向服务器通信模块发送 socket 连接请求, 直至服务器通信模块响应 socket 连接请求, 如果要中断连接, 船舶信息采集器会向服务器通信模块发送 socket 断开请求, 服务器通信模块响应 socket 断开请求, 通信中断, 未接收到 socket 连接断开请求, 船舶信息采集器和服务器通信模块持续进行数据传输。服务器通信模块将接收到的数据存入 SQL server 数据库中, SQL server 数据库接收到数据调用请求后, 将数据发送到数据抽稀模块, 数据抽稀模块完成数据抽稀后将数据发送到图形显示模块, 进行轨迹显示、报表生成等。

### 3.1 通信模块设计

通信服务器与船舶信息采集器采用 socket 连接方式进行通信, 通信流程如图 4 所示<sup>[13]</sup>。通信服务器端初始化后调用 socket 函数, 然后调用指定本地地址函数 (bind) 绑定服务器 IP 及端口地址, 调用等待连接状态 (listen) 对端口进行监听, 调用接受连接请求 (accept) 等待船舶信息采

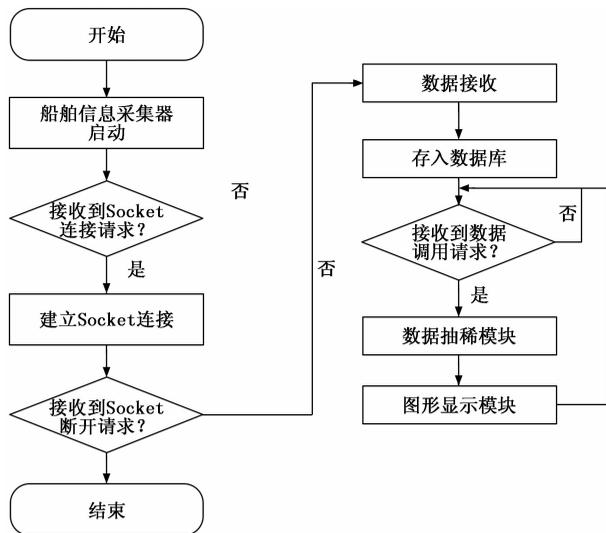


图 3 数据处理信息系统流程图

集器连接。在船舶信息采集器初始化后创建一个 socket 连接, 调用指定地址函数 (connect) 定义服务器主机地址和端口号, 向通信服务器发送同步序列编号 (synchronize sequence numbers, SYN), 并进入等待通信服务器确认状态, 通信服务器收到 SYN, 确认船舶信息采集器发送的 SYN 包, 同时发送 SYN 包和确认字符 (acknowledge character, ACK), 通信服务器进入等待船舶信息采集器确认状态, 船舶信息采集器收到 SYN 和 ACK, 向通信服务器发送 ACK 确认, 此时船舶信息采集器和通信服务器建立连接, 调用读函数 (read) 和写函数 (write) 开始数据传输。当船舶信息采集器要断开连接, 调用通信关闭函数 (close) 向通信服务器发送断开连接请求, 通信服务器收到断开连接请求, 调用 close, 关闭通信连接。

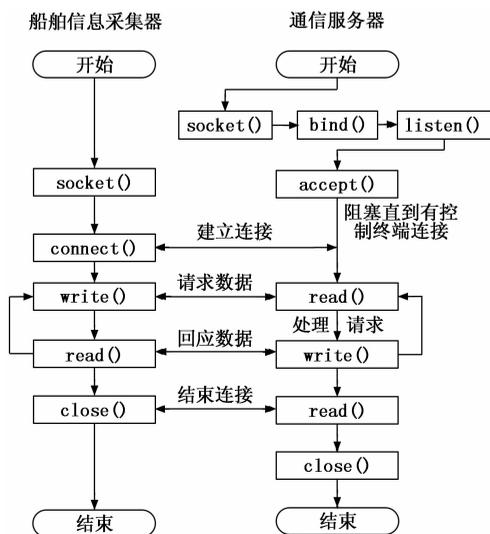


图 4 通信流程图

### 3.2 数据抽稀模块

船舶信息采集器每分钟发送一个数据, 大量数据直接呈现在图形显示模块, 会大量占用计算机、手机、网络显示器

的内存空间,不利于图形的显示。曲线抽稀算法中的步长法是沿连续曲线每隔一定步长抽取一点,其余点全部压缩掉,在相邻抽取点间用直线连接<sup>[14]</sup>。借鉴步长法的思想,根据数据的参数类型,以时间间隔、水位变化和距离变化为参数,在不改变数据所表达船舶运行轨迹的前提下,最大限度减少数据个数,算法流程如图 5 所示。 $T_n$ 、 $D_n$  和  $C_n$  分别为原始数据对应的时间、水位和经纬度,  $T_m$ 、 $D_m$  和  $C_m$  为抽取点对应的时间、水位和经纬度,如果  $T_n$  与  $T_m$  之差大于 120 min,  $n$  自动加 1,并将此时的  $T_n$ 、 $D_n$  和  $C_n$  的值赋给  $T_m$ 、 $D_m$  和  $C_m$ , 否则,进入水位变化判断;如果  $D_n$  与  $D_m$  之差大于 0.4 m,  $n$  自动加 1,并将此时的  $T_n$ 、 $D_n$  和  $C_n$  相应的赋给  $T_m$ 、 $D_m$  和  $C_m$ , 否则,进入距离变化判断;如果  $C_n$  与  $C_m$  之间的距离变化大于 1000 m,  $n$  自动加 1,并将此时的  $T_n$ 、 $D_n$  和  $C_n$  相应的赋给  $T_m$ 、 $D_m$  和  $C_m$ , 否则,  $n$  自动加 1。所抽取得到的数据点再发送至图形显示模块进行轨迹生成,原始数据作为存储在数据库中备查。

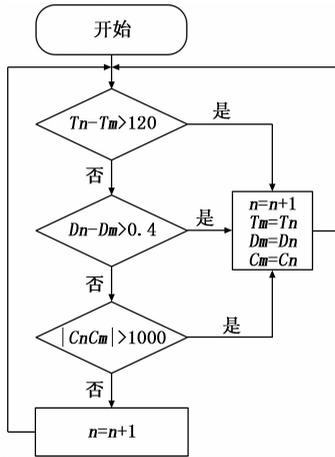


图 5 数据抽稀算法流程图

根据上述数据抽稀算法流程图,运用 Matalab 对船舶采集信息器完整的装载、航行和倾倒数据进行数据抽稀计算,对计算好的数据运用 Origin 软件绘制数据抽稀前后生成轨迹对比,如图 6 所示。图 6 (a) 为原始数据生成轨迹情况,图 6 (b) 为抽稀算法数据生成轨迹情况,抽稀算法数据点连成的轨迹与原始数据点连成的轨迹线基本一致,从两图形成轨迹的数据点可以看出,图 6 (b) 的数据点明显比图 6 (a) 的少,同时形成的轨迹更简洁。

### 3.3 图形显示模块

图形显示模块的功能主要有实时监控、轨迹回放、查询统计、工程管理、设备管理、任务管理、系统设置,如图 7 所示。实时监控通过选定一批船舶,实时的监控该批船舶的运行状态和轨迹,通过设置的刷新频率可以自动在显示界面上显示目前船舶实时位置。轨迹回放通过选定特定船舶,回放该船舶指定时间段的运行轨迹,同时在屏幕正下方出现相应的时间标尺,显示船舶水位。查询统计包括 3 个子模块,查询、统计和报表管理,查询包括实时数据和历史数据,统计包括违规明细、倾废量统计和疑似违

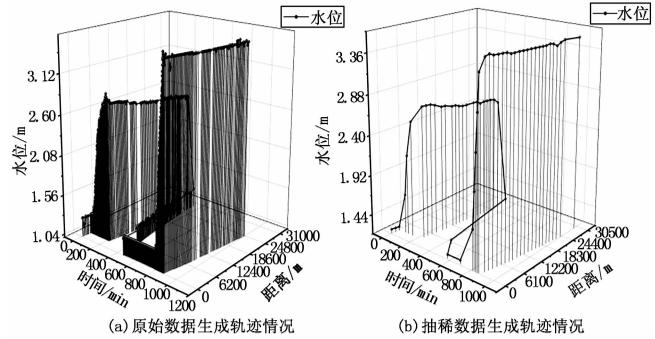


图 6 数据抽稀前后生成轨迹对比

规处理,报表管理包括工程监控日报、船舶监控登记和船舶安装与拆卸。工程管理是工程信息的新增与管理,包括工程信息管理、工程分配、许可证管理、发证单位、申请单位、作业单位、施工区和倾倒区的信息管理。设备管理是针对船舶信息采集器的添加和管理。任务管理是上级管理员审批下级管理员提交的信息,若上级管理员审批不通过则退回下级管理员修改。系统设置提供对用户的新增、修改、删除和查询操作,查看系统日志、在线用户,抽稀参数设置等操作。

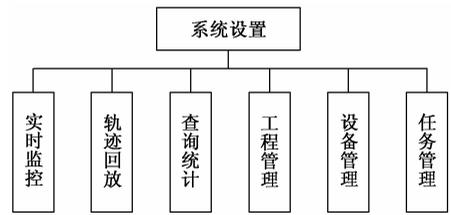


图 7 图形显示模块功能图

## 4 实验结果与分析

通过数据处理信息系统的设备管理子模块,将设备编号添加至系统,同时将此设备安装的船舶和该设备一同绑定在同一个工程中,将船舶信息采集器安装在船舶上,完成整个系统的调试。提取船舶信息数据采集器发送来的大约 21 天共 30 000 个数据,其中 7 天停工, 14 天作业,作业期间共倾倒 32 次,数据样本充足,原始数据每分钟发送 1 个,吃水深度精度为 0.1 m,定位精度为 3 m,通过对设置不同抽稀参数值,抽稀数据如表 2 所示。

表 2 不同数据抽稀参数下的数据减少比例

序号	时间间隔 /min	水位变化 /m	距离变化 /m	抽稀后数据量/个	数据减少比例/%
1	60	0.4	1 000	1243	95.86
2	120	0.4	1 000	1 058	96.47
3	240	0.4	1 000	954	96.82
4	480	0.4	1 000	736	97.55
5	120	0.2	1 000	1 223	95.92
6	120	0.8	1 000	978	96.74
7	120	0.4	2 000	710	97.63
8	120	0.4	3 000	585	98.05