

# 潮汐调和分析与预报系统

马丽娟<sup>1,3</sup>, 徐丰<sup>2</sup>, 胡非<sup>3</sup>, 吕明进<sup>4</sup>

- (1. 中国科学技术大学 信息科学技术学院, 安徽 合肥 230027;
2. 中国科学院力学研究所 工程科学部, 北京 100080;
3. 中国科学院大气物理研究所 LAPC, 北京 100029;
4. 胜利油田 海洋勘察测绘中心, 山东 东营 257055)

**摘要:** 为满足近海勘测前预测海域潮位的需要, 利用 VC++设计开发一个集潮汐调和分析及预报于一体的系统. 输入与勘测作业海域相近的潮汐观测站点数据, 利用该系统的调和分分析模块可得到 30 个分潮的潮汐调和常数, 进而用于勘测施工海域的潮位预报. 该系统用户界面友好、操作简便、精度高、通用性强, 在近海勘测作业中预估海域潮位具有实用和推广价值.

**关键词:** 潮汐; 调和分析; 潮汐预报; VC++; 近海勘测

**中图分类号:** P731.23; TP311.11 **文献标志码:** A

## Tidal harmonic analysis and prediction system

MA Lijuan<sup>1,3</sup>, XU Feng<sup>2</sup>, HU Fei<sup>3</sup>, LU Mingjin<sup>4</sup>

- (1. School of Info. Sci. & Tech., Univ. of Sci. & Tech. of China, Hefei Anhui 230027, China;
2. Division of Eng. Sci., Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sci., Beijing 100080, China;
3. LAPC, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sci., Beijing 100029, China;
4. Center of Oceanic Exploration and Surveying, Shengli Petroleum Administrative Bureau, Dongying Shandong 257055, China)

**Abstract:** The tidal harmonic analysis and prediction system is developed by VC++ to meet the requirement of pre-estimating tidal height before offshore survey. By the system, 30 harmonic constants of partial tide are outputted if historic tidal records nearby the sea area to be surveyed are inputted, and the tidal height in that area will be predicted. The friendly interface, easy operation, high accuracy and universality of the system can bring it into an extensive application in offshore survey.

**Key words:** tide; harmonic analysis; tidal prediction; VC++; offshore survey

## 0 引言

在近海勘测中, 作业前需要预估观测海域的水文要素, 特别是海域潮位的预估计是非常重要的环

节. 设计开发集潮汐调和分析及预报于一体、可准确估计具体海域潮位的应用软件, 可为近海勘测和施工工程人员带来极大方便, 是海上施工作业能安全顺利完成的重要保障.

收稿日期: 2006-01-12; 修回日期: 2006-02-09

作者简介: 马丽娟(1966-), 女, 辽宁抚顺人, 工程师, 在读硕士, 研究方向为数据库开发和网络维护, (E-mail) malj@mail.iap.ac.cn

开发潮汐调和分析及预报系统应用软件应考虑到随着计算机技术的不断发展, 越来越多的应用软件都需要良好的用户界面, 以便于 Windows 统一管理, 并可充分利用 Windows 的丰富资源和强大功能, 如图形用户界面、程序管理器、打印管理器、支持多程序多项任务等。同时, 编制这套应用软件最为重要的目标是能为专业和非专业人员提供界面友好、操作简便的软件环境。

### 1 系统结构和设计

该潮汐调和分析及预报系统是在 Microsoft 公司的 VC++ 平台<sup>[1, 2]</sup>上开发的, 利用面向对象的编程思想, 可以更好地协调数据处理分析和图形界面管理, 实现 Windows 下几乎所有的功能。根据不同的任务目标, 该系统分为潮汐调和分析、潮汐预报及用户数据管理 3 大模块, 各自又划分为若干子模块, 见图 1。

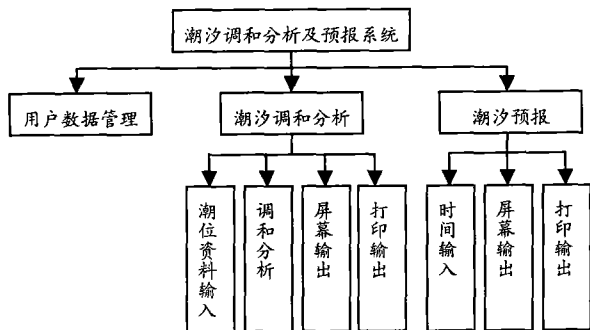


图 1 潮汐调和分析及预报系统结构模块

### 2 潮汐调和分析及预报原理

潮汐理论指出: 由月球和太阳的引潮力引起的潮汐是多个余弦函数的叠加, 每 1 个余弦函数可被定义成 1 个分潮。<sup>[3]</sup> 潮位可表达为:

$$h(t) = A_0 + \sum_1^N f_i H_i \cos(\sigma_i t + V_i + u_i - g_i) \quad (1)$$

式中:  $h$  为潮位;  $t$  为时间;  $A_0$  为平均海面;  $H_i$  和  $g_i$  合称为分潮调和常数;  $N$  为分潮数;  $f_i$  为交点因子;  $\sigma_i$  为分潮角速率;  $V_i$  为分潮初相角;  $u_i$  为天文相角的交角订正角。以上参数均可根据时间和经纬度推算。计算分潮的角速率  $\sigma_i$  的公式如下:

$$\sigma_i = 14.492\ 052\ 11^\circ \mu_1 + 0.549\ 016\ 53^\circ \mu_2 + 0.041\ 068\ 64^\circ \mu_3 + 0.004\ 641\ 83^\circ \mu_4 + 0.000\ 001\ 96^\circ \mu_6 \quad (2)$$

式中:  $\mu_i$  是分潮的杜德森数。<sup>[4]</sup>

根据杜德森数及下列公式, 也可计算分潮的天文初相角  $V_i$ :

$$V_i = \tau \mu_1 + s \mu_2 + h' \mu_3 + p \mu_4 + p' \mu_6 + 900 \mu_0 \quad (3)$$

式(3)中各天文要素  $\tau, s, h', p, p'$  可根据下

述公式计算:

$$\begin{aligned} \tau &= 150t + s + h \\ s &= 2\ 770.02 + 1\ 290.384\ 8(y - 1\ 900) + 130.176\ 4(n + j) \\ h' &= 2\ 800.19 - 0.238\ 7(y - 1\ 900) + 0.985\ 7(n + j) \\ p &= 3\ 340.39 + 400.662\ 5(y - 1\ 900) + 0.111\ 4(n + j) \\ p' &= 2\ 810.22 + 0.017\ 2(y - 1\ 900) + 0.000\ 05(n + j) \end{aligned} \quad (4)$$

式中:  $t$  是格林尼治平太阳时; 潮汐预报时总可将时间原点置于某日的零时; 故  $t=0$ , 从而  $\tau=s+h'$ ,  $y$  是年份;  $j$  是从 1900 年到  $y$  年的闰年次数, 等于  $(y - 1\ 900)/4$  的整数部分,  $n$  是从  $y$  年 1 月 1 日开始算起的日期序数, 潮汐预报一般是从 1 月份开始逐月计算到 12 月份。

理论上, 天文潮分潮数目有几百个, 其中大部分振幅都很小, 因此可略去。在调和分析中, 如果分潮数目过多会增加截断误差, 从而影响分析精度。因此, 根据我国近海潮汐特征, 在本系统中 30 个基本分潮被选用, 它们是分潮 M1, Mm, O1, P1, K1, J1, OO1, M2, L2, K2, MSf, Q1, N2,  $\mu_2$ , S2, 2SM2, MO3, M3, MK3, SK3, MN4, M4, SN4, MS4, S4, 2MN6, M6, MSN6, 2MS6, 2SM6。上述 30 个基本分潮的  $f_i$  和  $U_i$  的具体计算公式见文献<sup>[4]</sup>, 不再一一列举。

式(1)中分潮平均振幅  $H_i$  和反映实际潮汐迟后于假想天体中天时间的迟角  $g_i$  根据实测资料确定, 两者合称为分潮调和常数。潮汐调和分析即是利用实测的潮位资料估算出各个分潮的调和参数(对于 1 个固定站点它们可近似地被认为是常数)。在常规的潮汐分析方法中, 最小二乘法是最常见的方法之一。因此, 本系统的潮汐调和分析采用等间隔最小二乘算法, 即根据最小二乘原理可得到 1 组线性方程, 通过迭代可求解出平均海平面及调和常数  $H_i$  和  $g_i$ , 具体方程见文献<sup>[4]</sup>。

一般来说, 用在本系统的潮汐调和分析中的总数据量应超过 1 个月, 以期获得更为准确的调和分潮常数。

本系统的潮汐预报采用主港潮汐预报方法。在得到上述潮汐调和常数后, 可利用式(1)推算出任意时刻的潮位。

### 3 用户管理界面及功能模块

#### 3.1 用户管理界面

为了能为用户提供易于操作的软件环境, 合适而友好的用户界面十分必要, 特别是对于非专业人士。为此, 该设计中, 调用大量 VC++ 提供的 MFC

类成员函数,程序采用视图和文档两大模块化设计.

图2显示该系统的图形界面.在“运行”菜单中的“调和与分析”和“预报”选项是系统用来分别执行潮汐调和分析和预报操作的.“结果”菜单被设计用于完成计算结果向窗口客户区输出的任务,下拉菜单包括“分析结果”、“预报结果”、“绘图”等选项.“分析结果”选项被设计向客户区输出调和与分析结果;而“预报结果”选项则被设计向客户区输出预报的年、月、日、时刻、潮位等结果.“绘图”选项可在客户区绘制当天的潮位图,绘图的日期等相关信息是在问询界面里输入.



图2 潮汐调和分析及预报系统界面

为便于用户操作,该系统界面也提供主要命令的工具栏按钮.工具栏共有11个按钮,各按钮的功能完全与选单栏的相关命令相同,并可下拉出相关命令名的注释.潮汐调和分析及预报系统在屏幕上显示的图像及文本均可以存盘,也可用打印机打印输出.

### 3.2 潮汐调和与分析模块

由于潮汐数据可能并非连续,为此在潮汐调和与分析模块中,设计可接受不同时间段的潮汐数据以期得到更为准确的潮汐调和和常数.输入数据为文本格式,在调用调和与分析程序时,需要给出数据的起止日期及数据点个数.

该系统最多可输入9段不同时间的数据.需要说明的是,在执行所有对话框操作时,其要求保存的数据文本均以文本格式存取,不同于选单栏的“打开”和“保存”所要求的数据格式,这主要是为能方便地利用其他应用软件.

### 3.3 潮汐预报模块

“预报”选项是系统用来执行潮汐预报操作的,问询界面要求输入存放调和常数的文件和预报结果输出文件名,此外,预报时间范围也需要被输入到相应的问询栏内.一旦执行系统将调用潮汐预报函数完成相应的计算和输出.该计算依据式(1)~(4)

以及文献[3]的基本分潮 $f_i$ 和 $U_i$ 的计算公式.

## 4 示例分析

为考察该潮汐调和分析及预报系统的准确性,笔者比较某港两段的潮位实测资料 and 该预报系统的分析结果.首先,利用某港1956年2月的潮位资料,通过调和与分析得到相应的调和和常数.再根据这些调和和常数计算该港1956年2月10日至12日及20日至22日的潮位,并与实测结果进行比较.这样的比较显然不能真正检验该调和与分析算法的可靠性,但基于笔者匮乏的潮汐资料库,这在一定程度上反映出调和与分析算法的优劣.图3是10日至12日实测与计算结果的比较,图4是20日至22日实测与计算结果的比较,从中不难看出,二者符合较好,也进一步说明该系统的潮汐调和与分析较为真实地捕捉到当地的潮汐特征.

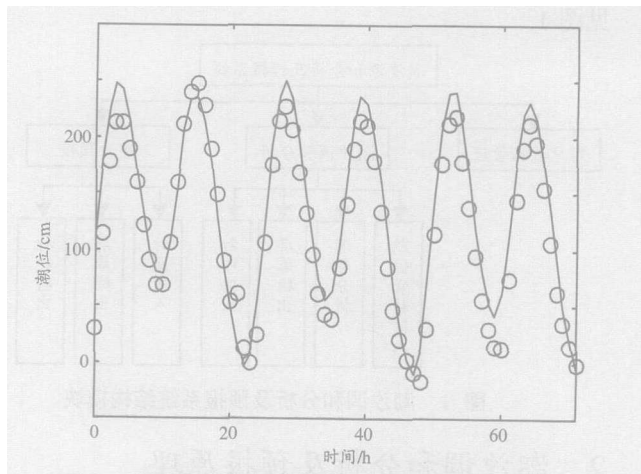


图3 潮位实测与计算比较(2月10日~12日)

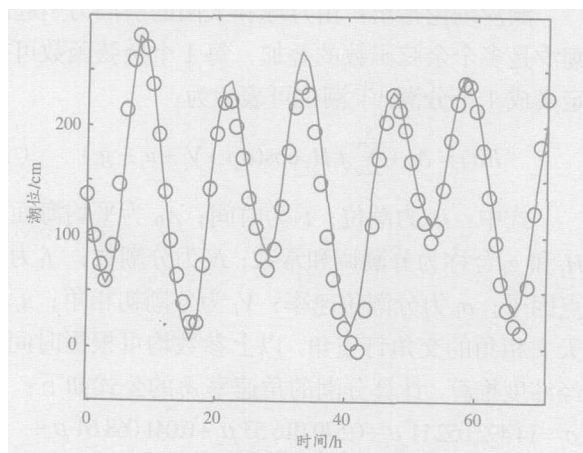


图4 潮位实测与计算比较(2月20日~22日)

显然还需要更多海域的实测与计算结果的比较,特别是针对不同海域潮汐调和与分析算法的改进将极大地提高该系统的预报精度,然而这一期望也在很大程度上依赖于潮汐资料的积累和获取,使该系统不断完善. (下转第58页)

问题的关键是: 由于邮政的业务原因, 其数据仓库的数据模型并非静态, 而是需要动态变化的。例如: 图 4 中的机构维由于现有的 OLAP Server 并不支持这一动态改变, 必须寻找合理的策略解决这一问题。

一种方法是在每次更新后建立新的 Cube, 这种方法实现起来较为简单。但对于邮政企业, 由于业务、机构等变更较为频繁, 如果使用这种方法将会使系统维护工作量巨大。

由于数据仓库中事实表与维度表均以普通关系表的形式存储, 因此, 通过对维度表的更新达到更新数据模型的目的。<sup>[8]</sup>由于数据仓库中是对历史数据的存储, 需要注意的问题是不能像普通关系表的更新删除操作一样对维度表进行操作, 要对其维护制定合理的规则。维度成员的变化, 只在 DW 中修改相应的维度表, 并不影响 Cube 中数据的变化。例如, 在图 4 中, 并非是将其简单删除, 而是采用标记方法使其区别于其他有效的维度成员。在删除时间之前该成员下的数据依然存在, 不会被清除, 以保证客户可以查询完整的历史数据。

## 2.4 OLAP 分析与前端数据展示

本系统的客户端采用 Struts 框架, 服务器端采

### 参考文献:

- [1] INMON W H. 数据仓库(第 3 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003: 25-61.
- [2] CHAUDHURI S, DAYAL U. An overview of data warehousing and OLAP technology [J]. SIGMOD Record, 1997, 26(1): 65-74.
- [3] 张宁, 贾自艳, 史忠植. 数据仓库中 ETL 技术的研究 [J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(24): 213-216.
- [4] 尤玉林, 张宪民. 一种可靠的数据仓库中 ETL 策略与架构设计 [J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(10): 172-174.
- [5] 周龙, 姚耀文. 基于银行系统应用的 ETL 技术的探讨 [J]. 计算机应用, 2004, 24(10): 147-150.
- [6] 张忠能, 尤毅, 程伟宁, 等. 设计数据仓库 [J]. 上海交通大学学报, 1998, 32(10): 50-52.
- [7] TORBEN B P, CHRISTAIN S J. Multidimensional database technology [J]. Computer, 2001, 34(12): 40-46.
- [8] ALEJANDRO A V, ALBERTO O M, WALTER R, et al. Supporting dimension updates in an OLAP server [J]. Information Systems, 2004, 29(2): 165-185.

(编辑 廖粤新)

(上接第 54 页)

## 5 结束语

该系统目前应用于渤海湾近岸海底勘测的前期

### 参考文献:

- [1] HORTON I. Beginning Visual C++ 6.0 [M]. Hungry Minds Inc, U S, 2003: 1-1 224.
- [2] 陈浩杰, 张立华, 黄金明, 等. Visual C++ 6.0 程序设计[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 111-141.
- [3] FRANCO A S. Tides fundamentals, analysis and prediction [M]. Sao Paulo, Instituto de Pesquisas Technologicas do Estado de Sao Paulo, 1981: 171-232.
- [4] 方国洪, 郑文振, 陈宗镛, 等. 潮汐和潮流的分析和预报[M]. 北京: 海洋出版社, 1986: 58-100.

(编辑 廖粤新)

用 EJB 组件技术, 不仅有效提高系统开发效率, 还使系统具有更高的重用性、扩展性和安全性等优点。

目前许多厂商都提供强大的前端展示工具, 如 BO, Hyperion 等, 我们采用 Hyperion Analyzer 以及 Hyperion Performance Suite 等工具, 借助前端 Struts 框架进行分析与展示。

进行的 OLAP 分析包括: 业务量分析、资金分析、收入分析、成本分析、收支差额分析等。以收支差额分析为例, 选取机构维, 可以判断各个网点机构的经营业务状况; 选取专业维, 可以明确各项业务的经营状况; 选取时间维, 可以分析出邮政收支差额的趋势。

## 3 结论与展望

介绍数据仓库构建中的关键环节和技术, 并结合邮政企业的特点, 提出 1 个可行的数据仓库构建方案。通过上海邮政的应用表明, 构建数据仓库, 使邮政企业每日得到的财务报表数量和质量都得到极大提高, 决策者能够更好地掌握企业的运营情况, 作出相应的决策, 同时数据仓库的构建为下一步进行数据挖掘奠定基础。该方案对于其他地区的邮政企业数据仓库的构建也有一定的参考意义。

潮位预报中。实践表明本系统具有功能强、计算速度快、操作方便和高效等优点, 可广泛应用于沿海近岸工程勘测的先期潮位预估。