

# ARGO 海洋卫星观测数据处理方法及应用

刘 南<sup>1)</sup> 刘仁义<sup>1)</sup> 尹劲峰<sup>1)</sup> 苏国中<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(浙江大学,浙江省 GIS 重点实验室,杭州 310028) <sup>2)</sup>(武汉大学测绘与遥感工程国家重点实验室,武汉 430070)

**摘 要** ARGO 海洋观测数据一直受到国内外海洋界的高度重视,但处理软件严重缺乏,为了能对这些数据进行有效管理和应用,在分析了覆盖全球的海洋卫星实时观测和现场测量 ARGO 的数据格式、记录方法及浮标工作方式,以及对 ARGO 数据特征,空间三维、时空变化等特性进行讨论的基础上,提出了一个实用的基于大型网络数据库 Oracle 的 ARGO 数据优化存储模型,并着重论述了海量 ARGO 数据的高效存储访问、多源多维时空数据处理;同时利用当前 GIS 和遥感领域的前沿技术,采用全组件式模块化方式,开发出了我国自主知识产权的面向海洋决策管理应用的 ARGO 数据处理系统——ARGOGIS 系统,并在有关部门得到了初步应用。

**关键词** 海洋 ARGO 数据 ARGOGIS 数据库

**中图分类号**: P208 TP311-13 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2004)11-1386-06

## Processing Method of ARGO Marine Satellite Observation Data and Its Application

LIU Nan<sup>1)</sup>, LIU Ren-yi<sup>1)</sup>, YIN Jin-feng<sup>1)</sup>, SU Guo-zhong<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(Zhejiang Provincial Key Laboratory of Geograph Information System, Zhejiang University, Hangzhou 310028)

<sup>2)</sup>(National Key Laboratory of Surveying & Mapping and Remote Sensing Engineering, Wuhan University, Wuhan 430070)

**Abstract** Array for real-time geostrophic oceanography (ARGO) marine observation data have been highly focused in marine research area. However processing software for them is still very lack. The format, record and working mode of ARGO data with satellite and in suite measurement in the ocean are introduced. The characteristic, spatial 3D and spatio-temporal change of ARGO data are analyzed. A practical optimizing storage model of ARGO data based on Oracle is presented. The efficient storage and access of vast ARGO data and multi-source and multi-dimensional spatial-temporal data are discussed. An ARGO data processing system (ARGOGIS) with independent copyright for ocean-oriented management is developed by COM module. The ARGOGIS platform has been used in some departments on marine study.

**Keywords** Ocean, Array for real-time geo strophic oceanography data, ARGOGIS, database

## 1 引言

全球海洋观测试验项目——ARGO(array for real-time geostrophic oceanography)计划,旨在快速、准确、大范围收集全球海洋上层的海水温度、盐度剖面资料,以提高气候预报的精度和有效防御全球日益严重的给人类造成危害的气候灾害。ARGO 数据对组织内成员充分共享,部分数据可在网络上

进行下载,但由于目前国内还没有一个 ARGO 数据库管理和处理软件平台,因而使得海洋专业人员无法充分利用 ARGO 数据这一资源<sup>[1]</sup>。为此,在作者承担的国家海洋“863”项目(中国海岸带及卫星遥感综合应用系统软件平台)中开发了一个基于 GIS (geographical information system)和遥感技术的 ARGO 数据库管理系统。该项目研究过程中,通过对 ARGO 数据进行用户需求调研、分析,设计出了基于大型数据库的 ARGO 数据存储、管理、分析和

**基金项目**: 国家信息、海洋“863”项目(2001AA135180、2001AA630301);国家自然科学基金项目(40271087);浙江省自然科学基金项目(401006)

**收稿日期**: 2004-02-10; **改回日期**: 2004-06-25

应用模型,并以此为基础,采用自主开发的组件模块,完成了适合海洋专业应用的 ARGO 数据管理和分析处理系统——ARGOGIS 系统。经测试和初步试用,其功能实用、使用简单、运行稳定,能满足海洋工作者的需求。

## 2 系统功能及数据管理机制

### 2.1 ARGOIS 系统总体构架

ARGOGIS 系统是一高效管理、分析处理 ARGO 数据的网络级 GIS 系统,其在 GIS 技术支持下,可随时掌握全球海洋实时、立体、现场观测数据,进而在可视化环境下,对海洋物理化学状况进行动态监测,并对海洋进行时空动态模拟,以便最终为海洋工作者决策提供科学依据。

系统采用 C/S 模式,以 ARGO 数据库为服务器端,应用服务为客户端,系统支持多用户的协同并发操作。服务器端 ARGO 数据库是 ARGO 数据的存储仓库,为了保证数据更安全,客户端的应用系统对数据库进行访问必须经过服务器验证,其可通过在 ARGO 数据库中设置不同安全级别的用户,以便使不同用户只能在相应的安全级别范围内进行相关的操作。图 1 为 ARGOIS 的系统构架,由于其采用全组件化模块编程技术进行开发,因而提高了系统的可重用性和扩展性,即根据海洋应用的实际需要可对 ARGOIS 系统的功能模块进行调整和扩展,同时也为开发人员进行二次开发提供了支持。

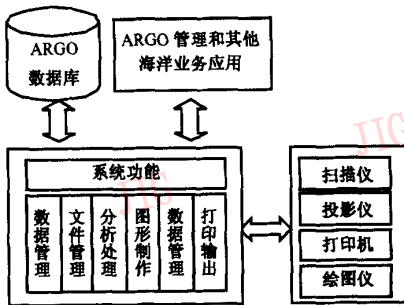


图 1 ARGOIS 系统构架

### 2.2 系统数据流

ARGOGIS 系统处理的数据分 ARGO 数据和非 ARGO 数据两大类,其中非 ARGO 数据包括遥感和 GIS(栅格矢量)数据及其他专业海洋数据。ARGO 数据以服务器的 ARGO 数据库为载体,而其他数据则按文件方式存储。图 2 是 ARGOIS 系

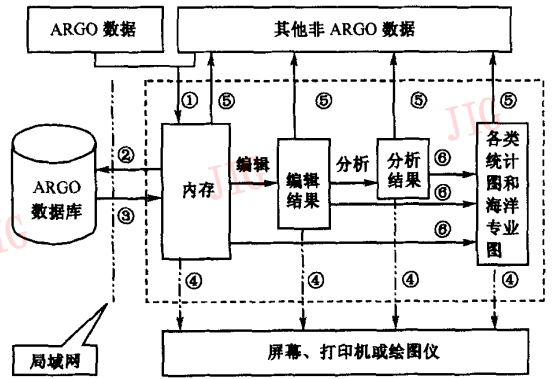


图 2 ARGOIS 系统数据流设计

统的数据流设计图,图中,①、⑤分别表示文件的读取和保存,其可通过文件管理模块来实现;②、③分别表示 ARGO 数据的导入和导出,当执行 ARGO 数据导入功能时,文件管理模块先将 ARGO 文件读入内存中,然后数据库模块再将数据从内存存入数据库中,当执行抽取操作时,系统又通过数据库模块将所需数据从数据库导出到指定内存缓冲区;④表示各种数据的显示;⑥表示选择数据进行制图。该系统支持多源数据的读取、转换、编辑和分析处理且,每一步操作的结果都可以输出和保存。

## 3 ARGO 观测数据及数据结构

### 3.1 ARGO 数据格式

ARGO 数据格式基于 NETCDF 格式,分为断面数据格式(profile data)、轨迹数据格式(trajjectory data)、元数据(metadata)和技术信息(technical information)4 种类型,其中断面文件包含了一组断面,断面数最小值为 1,最大值没有定义,断面文件用于存储不同压力下的各个参数的测量值,如温度、盐度等;轨迹文件用于存储所有接收到的 ARGO 浮标位置,且每个浮标对应一个轨迹文件,另外轨迹文件也可存储一些测量值,如温度、盐度或电导率等;元数据文件用于存储浮标的元信息;技术信息文件用于存储浮标的各个周期的技术信息<sup>[2]</sup>。

### 3.2 数据存储

由于根据 ARGO 文件的存储结构和方式,结合数据库最小冗余、数据共享、数据统一性、数据无关性、数据安全性等 5 大原则,从 ARGO 文件提取的数据还不符合 ARGOIS 系统的建库要求,因此必须对 ARGO 数据加以处理。为了符合系统建库的

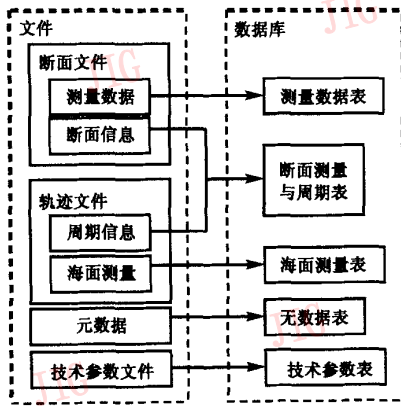


图 3 ARGO 文件、数据库存储对应关系

要求,需对 ARGO 文件的信息进行一定的拆分和重组(如图 3 所示),即在数据库中建立断面测量与周期、测量数据、海面测量数据、浮标技术参数和元数据等 5 个表(如表 1 所示)。

表 1 ARGO 数据库存储表

表名	存储数据项内容
测量数据表	浮标 ID、周期号、压力、温度、盐度和电导率及其 QC 和检验值
断面测量周期表	浮标 ID、周期号、断面编码、测量参数、测量方向、观测时间和位置等信息
海面测量数据表	浮标 ID、周期号、海面的压力、温度、盐度和电导率及其 QC 和检验值
元数据表	浮标 ID、传感器信息及投放信息等
技术参数表	浮标 ID、周期号、周期技术参数以及测量时各个技术参数

ARGO 数据库以关系数据表方式进行组织,而各个数据表之间则通过浮标 ID 和周期号进行关联,并建立索引,以提高检索效率。

### 3.3 ARGO 浮标工作方式

ARGO 浮标以周期为单位工作(如图 4 所示),一个周期可分为以下 4 个阶段:①下潜阶段,历时约 10 h,浮标就迅速下潜到离海面几 km 左右的深处;

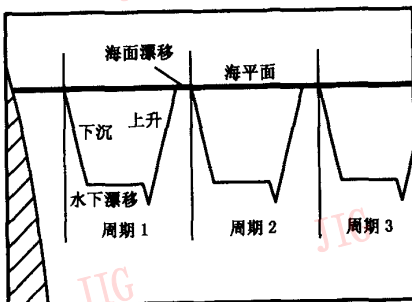


图 4 ARGO 浮标工作示意图

②水下漂移阶段,浮标在水下漂移 10 d 左右;③上升阶段,在上升过程中,浮标测量各个深度的各个参数值,并记录,这个过程需 6 d 左右;④海面漂移阶段,浮标在海面漂移的同时,向卫星发射采集的信息,大约 10 h 后开始下一个周期<sup>[3,4]</sup>。

## 4 海量数据处理关键技术

### 4.1 海量 ARGO 数据的快速存储和访问

由于 ARGO 数据涉及到空间三维表达,其不仅时空变化频繁,数据量大(目前全球 ARGO 测量数据已达百万级),而且随着时间的推移和新浮标的不断投放,还将不断增长,因此如何存储和有效管理 ARGO 数据已成为 ARGOGIS 开发研究所要解决的首要问题。为了解决这一难题,必需对服务器端和客户端进行优化,系统在以下 3 个方面进行了尝试:

(1)ARGO 数据库充分利用了大型数据库的优势,采用分区存储和分区索引技术来对数据进行分区存储和检索。这种分区表允许将数据分成更易于管理的块,且每个分区可单独管理,并可不依赖其他分区单独发挥作用。它的原理是,先选择某些字段作为分区的划分标准,再由各个字段的范围组成若干个分区表,当进行数据存储和选择操作时,数据库就会根据字段的范围选择表来进行操作,如选择某一浮标某一时段的所有记录,若用普通方法存储和检索时,则数据库将进行全表搜索,并需遍历整个表才能把所有的记录选择出来,这对于几百万甚至上千万条记录来说,效率非常低;而分区存储方法在数据进行存储时则可根据浮标 ID 范围将数据存到不同的表分区中,当进行选择操作时,又会根据浮标 ID 将数据快速定位到相应的表分区中,然后再对时间进行选择操作,即可大大提升操作效率。

(2)利用过程、函数和触发器来提升系统的访问速度,即对 PL/SQL 模块命令创建模块代码,并提高代码的重用性,同时将内嵌的 PL/SQL 模块存储在服务器端,使执行过程在服务器上进行,应用程序只是简单调用,而在网络上传输的只是模块的相关参数和输出的结果,这样就大大减少了网络 I/O。由于触发器能实现由数据库定制的处理复杂数据的约束规则,从而避免了在 ARGOGIS 应用系统中进行复杂控制的各种操作。

(3)使 ARGOGIS 系统对数据库的访问次数最小化和检索效率的最优化。一般而言,系统性能下降

大多是由于用户频繁地进行数据查询或使用没有经过优化的 SQL(structured query language)查询而造成的,而 ARGOGIS 应用系统则根据 ARGO 数据存储的特点及用户需求,设计了高效的查询模式和友好的查询 GUI(graphics user interface)操作界面。如图 5 所示,ARGOGIS 系统的数据库操作是基于 C/S 模式的,其应用功能分成表示层、功能层和数据层 3 部分,其中表示层是用户接口部分,担负着用户与应用间的对话功能,用于检查用户从键盘等输入的数据和显示应用输出的数据;功能层是应用的主体,它的功能是响应用户发来的请求,执行业务服务任务,并对相应的数据进行处理,如 DML(data management lanquege)语句调整等,使用户不需要直接和数据库打交道;数据层负责管理对数据库数据的读写,并能迅速执行大量数据的更新和检索。利用 3 层 C/S 结构的优势主要表现在以下几个方面:①可跨平台操作,以减少整个系统的成本;②具有良好的开放性和系统的可扩展性;③系统管理简单,可支持异种数据库,不仅有很高的可用性,且安全性高。系统能合理地分割三层结构,并使其独立,由于其使系统的结构变得简单清晰,从而提高了程序的可维护性。3 层 C/S 结构中,由于应用的各层可以并行开发,各层也可以选择各自最适合的开发语言,从而有利于变更和维护应用技术规范。

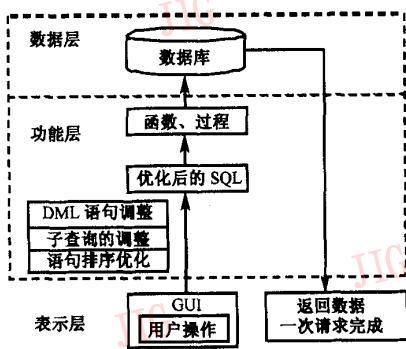


图 5 ARGOGIS 基于 C/S 模式的数据库操作

### 4.2 多源多维时空数据处理

ARGOGIS 系统核心功能是进行数据分析处理,但由于其仅支持 ARGO 这种特定数据格式的读取、转换和分析处理,不能满足用户的需要,因此在实际应用中需要对栅格/矢量数据及其他的海洋数据进行操作,如增加背景图和导入文本数据文件。此外,由于海洋数据时空变化频繁,且对时间维要求较高,为此作者根据海洋数据的特点,并参考其他海洋

和 GIS 软件系统,设计了以下海洋 GIS 数据多源多维时空数据处理方案:

(1)多源数据处理,即将繁杂的数据格式划分为栅格、矢量、文本(ASCII)和表格 4 大基本数据类型,每种基本数据类型可根据各自数据特点设计相应的分析处理和显示模块,并为各种数据格式之间提供转换接口,使数据之间可自动转换,也可根据用户需要互动操作。

(2)多维时空数据处理。由于海洋数据时空变化频繁,二维、静止的表达方式已无法满足需要,因此必须用多维、动态的技术来表达海洋数据的特色,并通过剖面显示、二维动态模拟和三维场景虚拟环境来表达时空立体的海洋数据。由于剖面显示能很好地表达垂直和水平方向海水温度、盐度等变化情况,因此配合等值线插值和分级渲染,可直观地了解区域海面和水下的物理状况。二维动态播放技术不仅实现了动态模拟数据的时间序列变化,而且对于浮标轨迹的模拟和面状海水温度等物理量的时间序列变化模拟也具有较好的显示结果。这种二维动态播放的原理是将数据按时间序列存放在播放内存区中,并使一个时间点对应于一帧数据,播放时则根据播放的方向和帧位置改变数据指针在缓冲区中指向内存块位置,并在窗口显示(如图 6 所示)。这种三维场景显示适合于表达海底地形和水体三维空间上的变化,因为利用虚拟 GIS 技术来进行图层控制、光照设置、纹理贴片、导入模型等操作,可构建逼真的海底三维场景,而漫游、飞行、实时查询技术的应用还可使用户有身临其境的感觉。

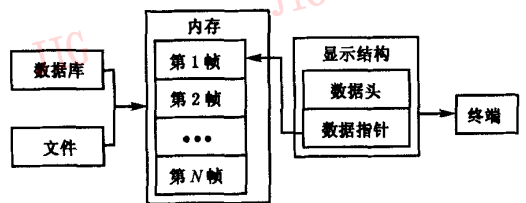


图 6 二维动态播放流程图

(3)多线程多级缓存动态显示模拟如图 7 所示。当数据量较大时,将产生内存容量不足和显示速度缓慢等问题,并导致内存大量占用和系统无法响应其他消息的问题。针对这些问题,本文提出了双线程、多级缓存动态播放技术,即采用显示线程和数据处理线程来动态读取并快速显示数据。

动态显示时,多线程多级缓存动态播放技术在播放开始时先开辟一定量的内存块,然后这些内存

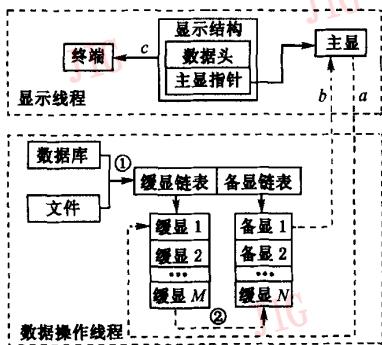


图7 ARGO 双线程多级缓存动态显示

块被分成主显、备显和缓显 3 种类型,其中主显指当前显示内存数据区,主显只有一个;备显指已装载数据,但若不是当前要显示的内存数据区,则备显可以有多个;缓显指没有数据或数据已视为无效的内存数据区,缓显也可以有多个。

双线程多级缓存动态播放技术流程如图 7 所示,其中数据操作线程在系统任一空闲时激发,此时数据从数据库或文件载入缓显,缓显载入数据后,即成为备显,然后缓显指针就从缓显链表删除,并加入备显链表;而显示线程则通过 ONTIME() 事件首先将当前主显指针加入到缓显,此时这块主显就成了缓显,如果备显链表不为空,就将备显链表的第 1 个备显指针从链表中删除,并赋给主显指针,此时这个指针所指向的原备显内存就相应地成了主显内存。数据显示过程中,主显、备显和缓显是相对的,随着播放的进行,角色可交替变换。

线程同步可通过缓显和备显链表指针状态来保证。当缓显链表为空时,数据将不再载入,此时数据操作线程为等待显示进程;当备显列表为空时,表示显示速度快于数据操作速度,此时显示线程为等待数据操作线程。实际应用中,播放间隔一般为 50 ms。双线程多级缓存动态播放的显示线程和数据操作线程相对独立,即数据操作线程只负责数据的载入,而显示线程只负责数据的显示。数据随着播放的进行动态加载,这就避免了内存资源的浪费。由于系统采用了双线程和动态读取技术,因此数据在未读完之前就可以显示,这就避免了系统的等待。另外,系统除从数据库或文件载入数据外,其他操作没有再分配新的内存或进行内存拷贝,由于主显、备显和缓显角色变换可通过改变指针指向来实现,从而使播放速度大大提高。

## 5 系统实现

基于本文所提出的系统设计和技术解决方法,选用 Windows 2000 Server 网络服务操作系统和 ORACLE9i 数据库管理系统作为基本平台,并采用客户/服务器开发模式来实现前后台的数据访问和操作。ARGOGIS 系统以 Visual C++ 作为开发语言,同时采用组件技术,并以自主开发的 GIS 图形控件为图形工具。与后台数据库通讯接口是通过调用 ORACLE9i 数据库底层 API (application programming interface) 函数库 OCI (Oracle call interface) 来完成客户端和服务端数据库的通讯,这不仅克服了 ODBC (open database connection) 传输速度慢的缺陷,而且大大提高了对后台数据库的访问速度<sup>[5]</sup>。图版 IV 图 1 是 ARGOGIS 系统主界面,其操作方便,在系统中可方便地实现数据库操作、文件管理、格式转换、二维图形图像显示、ARGO 浮标动态播放、数据分析处理、统计图和各种专业海洋图制作、三维地形模拟显示等功能。图版 IV 图 2 是西太平洋中国沿海区域海底地形的模拟效果图,用户可用该系统进行三维场景的漫游,飞行等操作。图版 IV 图 3 是投放于大西洋浮标 (ID 为 13356) 的 ARGO 浮标轨迹的动态播放,图中显示了 2001 年 1 月 12 日到 2002 年 12 月 2 日之间该浮标的运动轨迹,共 44 个位置点。另外播放时,用户还可以对播放的方式 (自动或手动)、播放速度、是否显示时间和周期号、浮标和轨迹线的样式进行自由的控制和调整。

## 6 结论

本文提出了基于大型网络关系型数据库的 ARGOGIS 系统设计,并利用当前 GIS 和遥感领域的前沿技术,以全组件化的模块化编程方法,实现了 ARGO 数据库管理、文件管理、ARGO 数据分析处理、多种统计图和海洋专业制图等功能。本研究的实例系统已通过国家海洋“863”专家组的中期检查评审,并且已在一些部门和单位进行试应用。经实践证明,该系统设计现势性强,技术水平领先,适合于在 ARGO 计划管理者和普通海洋数据用户中推广使用。根据用户和专家组的意见,课题组正在对系统进行不断完善和改进。

参 考 文 献

- 1 许建平,朱伯康. ARGO 全球海洋观测网与我国海洋监测技术的发展[J]. 海洋技术, 2001,20(2):15~17.
- 2 袁业立,陈显尧. ARGO 计划的最新研究进展. 海洋技术[J], 2001,20(4):1~4.
- 3 朱光文. 发展剖面探测浮标技术,支持我国参与 ARGO 计划[J]. 海洋技术,2001,20(2):18~23.
- 4 朱光文,杨庆保. 国际 ARGO 计划对我们的启示[J]. 海洋技术, 2001,20(4):5~11.
- 5 李春光,纪玉波. ORACLE8 SERVER 性能优化技术研究[J]. 抚顺石油学院学报, 2001,21(4):58~61.



刘 南 1944 年生,教授,博士生导师。中国地理学会常务理事,浙江省地理学会理事长。主要研究领域为面向对象的空间数据库理论。  
E-mail:liunan@mail.hz.zj.cn



刘仁义 1960 年生,教授,GIS 博士。主要研究领域为面向对象的空间数据库理论、时空数据模型及数字图像处理技术。  
E-mail:liurenyi@mail.hz.zj.cn



尹劲峰 1979 年生,2004 年获浙江大学 GIS 硕士学位。研究方向为海量图形图像数据管理理论与遥感图像处理技术。



苏国中 1964 年生,摄影测量与遥感高级工程师,在职博士研究生。研究方向为海量空间数据图数据库理论、遥感图像处理和 应用系统开发。

