

# 海底气体监测系统远程控制软件设计与实现

李德平<sup>1</sup>, 钟文章<sup>1</sup>, 杨群慧<sup>2</sup>, 陈玉冬<sup>1</sup>, 高海丽<sup>1</sup>, 白明彪<sup>1</sup>, 张伟兵<sup>1</sup>

(1. 湖南师范大学 资源与环境科学学院, 湖南 长沙 410081;  
2. 同济大学 海洋与地球科学学院, 上海 200092)

**摘要:**为了原位自动探测海底氢气、氧气、氮气、甲烷等示踪气体含量, 同济大学海洋与地球科学学院研制了一套海底示踪气体原位自动检测系统。文中以这套系统的远程控制软件为例, 探讨了海底示踪气体原位自动监测系统远程控制软件的设计与实现方法, 在 VC++2005 平台中采用 WSAAsyncSelect 模式进行套接字编程, 将接收的数据存入链表中, 使用后台线程处理数据存储、心跳图显示等耗时操作, 让主线程更从容地处理网络事件, 确保数据的实时收发。同时提出了一个数据重传机制, 从应用程序层次保证了数据传输的完整性和正确性。

**关键词:** WSAAsyncSelect 模式; 海底示踪气体; 远程控制; 数据重传

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)01-0216-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.01.049

## Design and Implementation of Remote Control Software in Undersea Gas Detecting System

LI De-ping<sup>1</sup>, ZHONG Wen-zhang<sup>1</sup>, YANG Qun-hui<sup>2</sup>, CHEN Yu-dong<sup>1</sup>,  
GAO Hai-li<sup>1</sup>, BAI Ming-biao<sup>1</sup>, ZHANG Wei-bing<sup>1</sup>

(1. College of Resource and Environmental Science, Hunan Normal University,  
Changsha 410081, China;

2. School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** For the purpose of in-situ auto-detecting the content of hydrogen, oxygen, nitrogen and methane in the seafloor, the faculty of ocean and earth science in Tongji University has developed an undersea tracer gas in-situ auto-detecting system. Taking the remote control software of this system as a case, an in-depth analysis is conducted on its design and implementation in this paper. By using the WSAAsyncSelect model for socket programming on Microsoft Visual C++ 2005, all received data are stored in a link-list, and the time-consuming operations such as data storage and fluctuation graph display are handled by the background threads. Thus the main thread can be more focus and effective on disposing the network events. Real-time communication is achieved. At the same time present a data re-transmission mechanism, which ensures the integrity and correctness of data transfer at the application level.

**Key words:** WSAAsyncSelect model; undersea tracer gas; remote control; data retransmission

## 0 引言

作为人类观测海洋的“第三个平台”, 海底观测网络从根本上改变了人类与海洋的关系, 开创了海洋学研究的新纪元<sup>[1]</sup>。海底观测网主要用以探测和理解大洋系统的物理、化学、生物和地质等过程<sup>[2]</sup>, 由铺设在海底的电缆、光纤网络以及该网络上的各种科学仪器组成, 它克服了海底设备供电和通讯的问题, 可以实现对海洋的立体连续观测<sup>[3-6]</sup>。深海中溶解态气体与大

洋系统的物理、化学、生物和地质等过程密切相关<sup>[7]</sup>, 例如天然气水合物的扰动分解、浅层油/气藏的泄露会释出大量的 CH<sub>4</sub> 等烃类气体, 海底的热液活动会喷出大量的 CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>S、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 和 He 等气体, 利用这些示踪性气体的异常信息寻找海底的成矿矿区, 是当前国际上找矿的重要发展趋势之一, 研究这些气体在深海中的含量具有深刻意义<sup>[8]</sup>。因此, 如何在海底原位自动观测这些示踪气体含量, 研制相关的深海仪器成为海底观测网研究与建设迫切需要解决的问题。

收稿日期: 2014-02-19

修回日期: 2014-05-26

网络出版时间: 2014-11-17

基金项目: 国家“863”高技术发展计划项目(2009AA09Z2487830); 湖南师范大学地图学与地理信息系统校级重点学科建设项目

作者简介: 李德平(1964-), 男, 教授, 博士, 研究方向为 GIS 应用开发与自然资源评价。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141117.2208.040.html>

文中所支持的海底示踪气体原位自动监测系统是以气象色谱为基础建立的一个在海底原位自动分析示踪气体成分与含量的设备,该系统可作为科学设备布置在海底观测网络的末端,原位探测海底  $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$  的含量,然后将采集的数据实时上传到远程控制系统和海底观测网岸基数据中心。

1 系统分析

海底示踪气体原位自动监测系统主要由水下气体分析装置、水下中央控制单元、远程控制软件三个部分组成(见图1)。水下气体分析装置负责采集海水样品中的微量气体,分析样品中  $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$  的含量,之后将采集的数据上传到水下中央控制单元。水下中央

控制单元主要负责协调水下各个功能模块的电源供应,执行针对气泵、水泵、安全阀等设备的控制指令,将设备监测数据、水下气体分析装置采集的测试结果数据上传到远程控制软件。远程控制软件是文中的主要内容,位于海底示踪气体原位自动监测系统的最上层,接收水下中央控制单元采集的状态监测数据和水下气体分析装置传回的采样结果,同时发送远程控制命令,控制气泵、水泵、安全阀、水下气体分析装置等水下设备的运行,实现对海底示踪气体自动监测系统的远程控制。

远程控制软件主要由数据通信模块、手动上传模块、数据浏览模块、离线运行模块、在线运行模块、中央模块六个部分组成(见图2)。

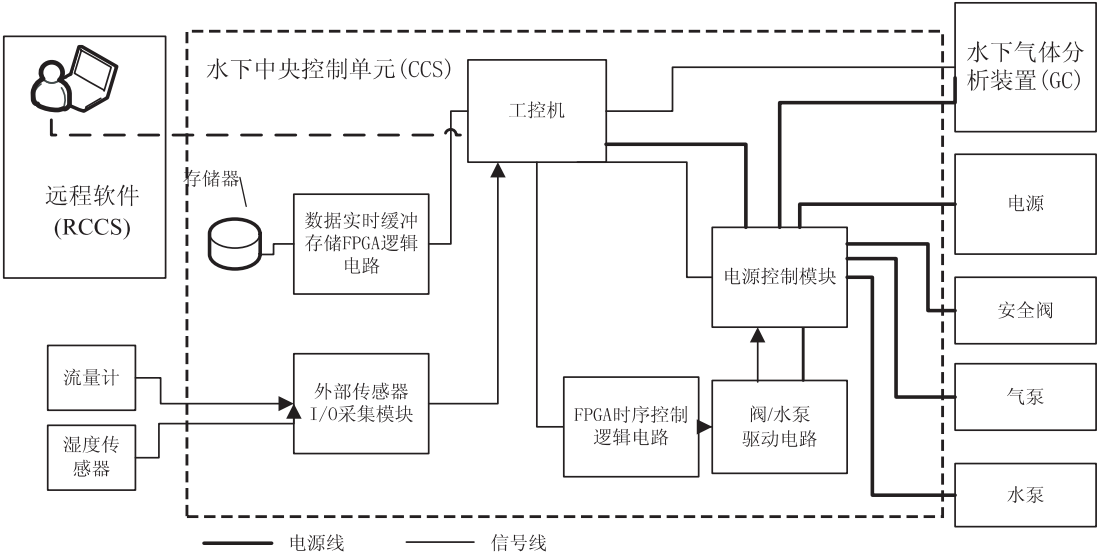


图1 海底示踪气体原位自动检测系统组成示意图

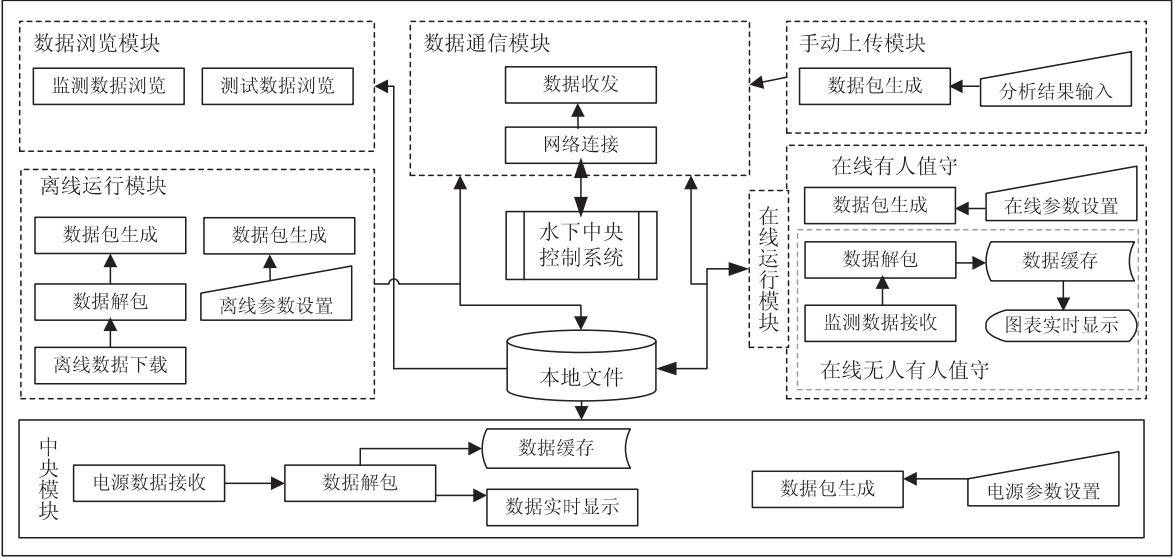


图2 水下中央控制系统远程控制软件的总体架构

2 远程控制软件的设计

海底示踪气体原位自动观测系统由远程控制软

件、水下中央控制单元、水下气体分析装置三个部分组成。远程控制软件一方面需要接收来自水下中央控制单元的数据,另一方面同时向水下中央控制单元发送

数据。为了保证其运行性能,文中从 Socket 网络编程、多线程并发处理和数据重传三个主要方面进行设计与实现,以达到远程控制水下设备、实现海底示踪气体原位自动检测系统实时、长期观测的目的。

## 2.1 Socket 网络编程

Socket(又称 Winsock 或 Windows socket)是 Windows 基于 ISO 模型的网络编程规范,它是应用程序和网络之间的标准接口<sup>[9]</sup>。

Socket 分为阻塞和非阻塞模式。对于工作在阻塞模式上的套接字,在进行 Socket 相关调用时将阻塞线程。而非阻塞套接字上的 Socket 调用无论是否完成任务都会立即返回,这样在等待任务完成的这段时间里应用程序可以进行其他操作,提高了 CPU 的利用效率,使应用程序有足够的时间处理数据存储、显示等操作<sup>[10]</sup>。但是,一般情况下,在非阻塞套接字上的 Socket 调用都会失败,程序通常会重复调用一个函数直至返回成功,这样将导致应用程序效率下降。为此,Socket 引入了套接字 I/O 模型的概念来解决如何判定套接字何时可以进行 I/O 操作的问题。通过这些模型,应用程序可以一次对一个或几个套接字上的通信加以管理,包括 select(选择)、WSAAsyncSelect(异步选择)、WSAEventSelect(事件选择)、Overlapped I/O(重叠 I/O)以及 CompletionPort(完成端口)等<sup>[11]</sup>。

由于文中所述远程控制软件是作为客户端去连接水下中央控制单元服务器,在应用程序中只需要管理一个 Socket,具有轻量级的编程代码,因此选择 WSAAsyncSelect(异步选择)模型作为本软件的 Winsock 模型。在 WSAAsyncSelect 中,当套接字上可以进行某种 I/O 操作时,该模型可以使用套接字接收基于消息的 Windows 网络事件通知。由于结合了 Windows 消息,从而使得相应的应用程序可以通过 Windows 标准的消息驱动机制来实现套接字上的异步操作,为 Windows 应用程序的编程提供了极大的方便。

远程控制软件作为客户端,首先向水下中央控制单元(CCS)发起 connect 请求,如果服务器接受连接,则进入数据交互阶段。远程控制软件接收 CCS 发送过来的状态监测数据,然后将状态监测数据显示在界面上,用心跳图动态显示水下设备舱内压力、温度、湿度等数据,操作人员可随时注视水下设备舱内的环境情况,防止灾难事故发生。远程控制软件向 CCS 发送控制命令,控制海底的气泵、水泵、海水阀等仪器及各模块电源的开关。

## 2.2 多线程并发处理

远程控制软件完成的主要功能有接收网络数据、存储数据、心跳图动态监测数据等操作,如果在主线程中执行所有的操作,有可能出现接收数据的速度大于

处理数据的速度,从而丢失数据,所以在程序中采用后台线程来处理接收的数据,让主线程更从容地接收数据。

在多线程应用程序中,多个线程同时访问同一个资源将导致不可预知的结果。在 Windows 环境下,为了防止多线程访问公共资源时发生冲突,可采用的同步措施包括:临界区(Critical Section)、互斥量(Mutex)、信号量(Semaphores)、事件(Event)<sup>[12]</sup>。其中,Critical Section 是保证在某一时刻只有一个线程能访问数据的简便办法,如果有多个线程试图访问临界区,那么在有一个线程进入后其他所有试图访问此临界区的线程将被挂起,并一直持续到进入临界区的线程离开。临界区在被释放后,其他线程可以继续抢占,并以此达到用原子方式操作共享资源的目的<sup>[13]</sup>。在远程控制软件中,主线程和工作线程同时访问数据存储链表,文中使用临界区进行处理。

在远程控制软件中,应用程序接收到数据后,一方面将数据存储在本数据库,另一方面还需同时调用 Matlab 动态链接库将数据以动态折线图(心跳图)的形式显示在应用程序操作界面上。这些操作都是耗时操作,为了提高应用程序的运行性能,将其放到程序的后台线程(工作线程)中进行处理,使套接字接收数据的通信业务(主线程)与对数据处理的过程(工作线程)分开(见图 3)。

主线程接收数据后存入接收队列中,队列中的数据被后台工作线程(后台线程)处理,后台线程调用 GetData()函数取出队列的队首元素,然后调用 ProcessIO()函数处理该数据,处理完数据后重新回到等待任务处,等待下一次数据处理。这样的并行结构设计,让主线程有足够的时间去处理网络 I/O 事件,而让数据存储、动态显示这样的耗时操作交给后台线程处理,达到业务逻辑与业务处理分开的目的。

## 2.3 数据重传

在远程控制软件与中央控制单元通信的过程中,由于每一条从海底采集过来的数据都异常珍贵且成本昂贵,因此为了在应用程序中确保每一个数据都被准确无误地发送和接收,保证数据完整地通信双方的应用程序层接收,文中在应用程序中设计了包编号、确认链表、缺失数组这样一套数据重传机制,以确保数据被准确接收,从应用程序层次保证了数据传输的可靠性与完整性。

所有发送的数据包中都设计有包编号,应用程序可根据包编号的连续性来判断数据是否被接收。当接收方收到从发送方发来的数据时,接收方首先对其校验和进行验证,如果校验和正确<sup>[14]</sup>,则把应答数据包中的 ErrorMark 的值设置为 1,表示数据接收正确,同

时将应答数据包中的 m\_BackNo 设置为刚接收的包编号,告知发送方该包编号的数据已经正确接收;否则不予回答。

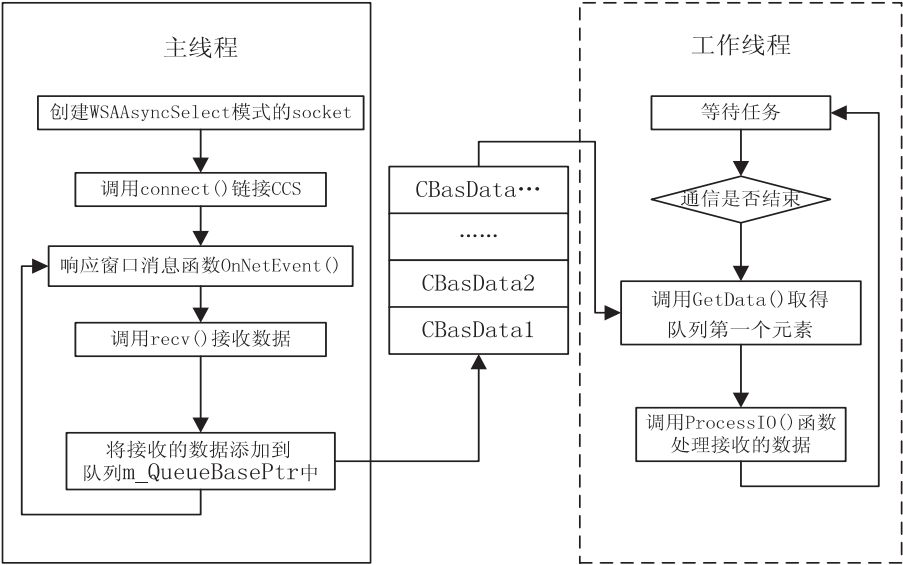


图 3 主线程和工作线程并行工作结构

应用程序发送数据包时,维持一个确认链表(见图 4(a)),把 Send() 成功的数据添加到确认链表中,如果收到接收端对某一个包的确认,则从确认链表中把相应的包删除。

应用程序接收数据时,维持一个缺失数组,存储接收数据时缺失的数据包编号(见图 4(b))。应用程序接收数据时,共有三种情况出现。第一种接收情况:假设上次接收的数据包编号为 20,当前接收的数据包编

号为 23,则 21、22 号包还未收到,将 21、22 存入缺失数组中;第二种接收情况:上次接收到的数据包编号为 23,当前接收到包编号为 22,则从缺失数组中将对应的值删除(若缺失数组中无该编号,则判定为重包);第三种接收情况:上次接收的数据包编号为 23,当前接收到的包编号为 24,则继续接收下一组数据,无需对缺失数组进行处理。

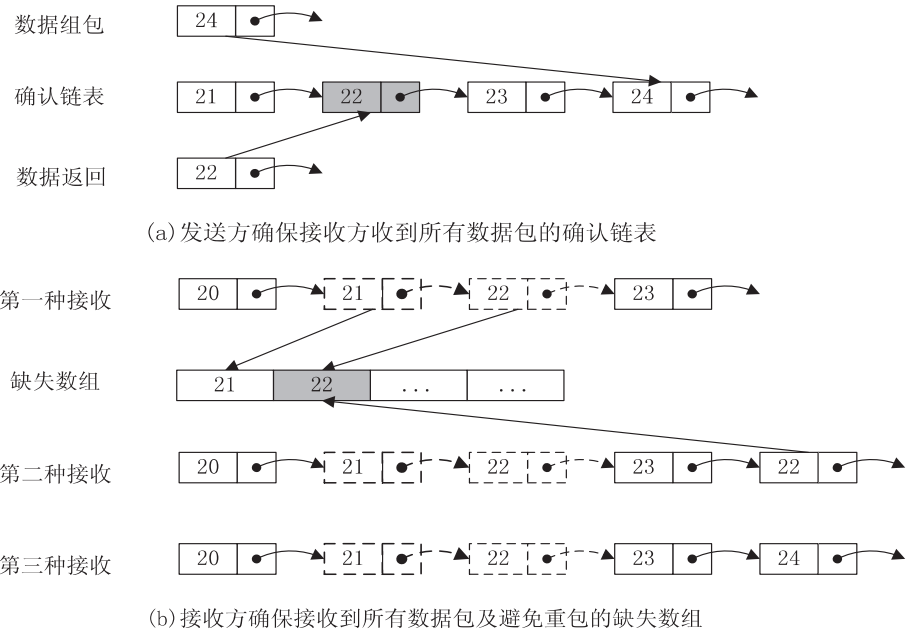


图 4 确认链表与缺失数组

3 远程控制软件的实现和实验结果

根据前述设计和实现方案,本程序采用 Visual Studio C++ 2005 作为开发平台,在 TCP/IP 协议的基

础上,通过 Windows socket 与水下中央控制单元进行通信。在在线运行模块中,调用 Matlab 中的作图函数,实现以心跳图的形式对仪器舱压力、温度、湿度三个关键值的实时观测;在数据浏览模块中,利用 ADO



技术操作数据库,将接收的数据存入数据库中,同时还支持后台的查询操作。

目前,海底示踪气体原位自动监测系统已经完成实验室联机测试和封装水池测试,远程控制软件与水下中央控制单元、水下气体分析装置通信良好,一切运行正常,性能良好,正计划进入海试阶段。

在数据库的表中,数据的包编号保持了连续性,表明数据并未丢失,保持着良好的完整性。在软件测试过程中,心跳图并未出现明显的抖动、中断等异常,表明程序在运行的过程中保持了良好的实时性。

## 4 结束语

近几年海底观测网设备的研究正在蓬勃发展之中,作为其科学设备的海底示踪气体原位自动监测系统将发挥其重要作用。文中仅对其远程控制软件的整体方案以及软件的设计等部分问题做了较为详细的阐述,并且给出了部分源程序代码。

作为客户端,使用 WSAAsyncSelect 模式,具有轻量的编程代码,程序结构清晰,在程序中自定义消息函数 OnNetEvent( ),处理 FD\_READ、FD\_CLOSE、FD\_WRITE 三个网络事件,完成数据的接收、发送和断开操作。该模型对网络事件反映灵敏,能够很好地与 Windows 环境结合,从网络模型层次保证了数据收发的实时性。

在程序接收数据的过程中,首先将接收的数据存入接收队列中,再使用后台线程处理接收队列中的数据。这些处理包括数据存储、心跳图显示等耗时操作,从而让主线程更从容地处理网络事件,确保数据收发的正确性;同时,提出了一个简单的数据重传机制,从应用程序层次保证了数据传输的完整性和正确性。

(上接第 215 页)

- [3] 杨正军.用好自动铺布系统发挥裁剪车间的最佳效益[J].国际纺织导报,2011(12):64-64.
- [4] 叶甘露.浅谈手工裁剪和自动裁剪的使用要点[J].装备与制造技术,2011(2):178-179.
- [5] 尚会超,吴 军.织物表面疵点检测算法综述[J].中原工学院学报,2008,19(1):16-18.
- [6] Takagi T M, Mori T. Automated fabric inspection using image processing techniques [J]. SPIE, Automated Inspection and High Speed Architectures, 1988, 104: 151-158.
- [7] Huang C C, Chen I C. Neural-fuzzy classification for fabric defect[J]. Textile Res J, 2001, 71(3): 220-224.
- [8] 姚 敏.数字图像处理[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [9] 王海星.图像背景自适应分割技术研究[J].昆明冶金高等

## 参考文献:

- [1] 彭晓彤,周怀阳,吴邦春,等.美国 MARS 海底观测网络中国节点试验[J].地球科学进展,2011,26(9):991-996.
- [2] 汪品先.从海底观察地球-地球系统的第三个观测平台[J].自然杂志,2007,29(3):125-130.
- [3] 蔡树群,张文静,王盛安.海洋环境观测技术研究进展[J].热带海洋学报,2007,26(3):76-81.
- [4] Chave A D, Waterworth G, Maffei A R, et al. Cabled ocean observatory systems [J]. Marine Technology Society Journal, 2004, 38(2): 30-43.
- [5] Friede I G, Mienert J, Person R, et al. ESONET-European sea floor observatory network [J]. Elsevier Oceanography Series, 2003, 25: 263-265.
- [6] Barnes C R, Best M M R, Zielinski A. The NEPTUNE Canada regional cabled ocean observatory [J]. Sea Technology, 2008, 49(7): 10-14.
- [7] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [8] Isern A R. National science foundation's ocean observatory initiative [J]. Sealing Technology, 2005, 46(6): 55-60.
- [9] 张允刚,刘常春,刘 伟,等.基于 Socket 和多线程的远程监控系统[J].控制工程,2006,13(2):175-177.
- [10] 高守传,周书锋. Windows 网络程序设计完全讲义 [M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.
- [11] 程远忠,杜平安. Winsock 中的 I/O 模型探讨 [J]. 计算机工程, 2001, 27(1): 178-179.
- [12] 施惠丰,袁道华.基于多核的多线程程序优化研究[J].计算机技术与发展,2010,20(6):70-73.
- [13] Hughes C, Hughes T. C++多核高级编程 [M]. 北京:清华大学出版社,2010.
- [14] 张树刚,张遂南,黄士坦. CRC 校验码并行计算的 FPGA 实现 [J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(2): 56-58.
- [15] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [16] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [17] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [18] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [19] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [20] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [21] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [22] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [23] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [24] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [25] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [26] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [27] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [28] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [29] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [30] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [31] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [32] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [33] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [34] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [35] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [36] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [37] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [38] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [39] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [40] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [41] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [42] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [43] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [44] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [45] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [46] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [47] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [48] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [49] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [50] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [51] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [52] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [53] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [54] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [55] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [56] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [57] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [58] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [59] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [60] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [61] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [62] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [63] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [64] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [65] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [66] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [67] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [68] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [69] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [70] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [71] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [72] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [73] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [74] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [75] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [76] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [77] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [78] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [79] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [80] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [81] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [82] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [83] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [84] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [85] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [86] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [87] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [88] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [89] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [90] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [91] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [92] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [93] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [94] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [95] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [96] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [97] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [98] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [99] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.
- [100] 王 虎,杨群慧,季福武,等.二维气相色谱法分析天然气水合物区沉积物间隙水中示踪气体的浓度[J].色谱, 2011, 29(1): 70-74.

作者：

[李德平](#)，[钟文章](#)，[杨群慧](#)，[陈玉冬](#)，[高海丽](#)，[白明彪](#)，[张伟兵](#)，[LI De-ping](#)，[ZHONG Wen-zhang](#)，[YANG Qun-hui](#)，[CHEN Yu-dong](#)，[GAO Hai-li](#)，[BAI Ming-biao](#)，[ZHANG Wei-bing](#)

作者单位：

[李德平, 钟文章, 陈玉冬, 高海丽, 白明彪, 张伟兵, LI De-ping, ZHONG Wen-zhang, CHEN Yu-dong, GAO Hai-li, BAI Ming-biao, ZHANG Wei-bing\(湖南师范大学 资源与环境科学学院, 湖南 长沙, 410081\)](#)，[杨群慧, YANG Qun-hui\(同济大学 海洋与地球科学学院, 上海, 200092\)](#)

刊名：

[计算机技术与发展](#)

英文刊名：

[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：

[2015\(1\)](#)

引用本文格式：[李德平](#). [钟文章](#). [杨群慧](#). [陈玉冬](#). [高海丽](#). [白明彪](#). [张伟兵](#). [LI De-ping](#). [ZHONG Wen-zhang](#). [YANG Qun-hui](#). [CHEN Yu-dong](#). [GAO Hai-li](#). [BAI Ming-biao](#). [ZHANG Wei-bing](#) [海底气体监测系统远程控制软件设计与实现](#) [期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(1)