

重力异常数据处理系统的开发与研究

肖 锋, 孟令顺

(吉林大学 地球探测科学与技术学院 吉林 长春 130026)

[摘要] 利用 SQL Server 建立后台数据库和以面向对象的 Delphi 语言作为应用程序开发工具, 在 Windows 2000 平台上开发了图形用户界面的重力异常数据处理系统。该系统集重力异常数据处理和数据库管理为一体, 包括了数据输入、数据处理、数据查询、数据输出、数据库管理和系统安全管理六大功能模块。系统提供简洁的操作界面和友好的应用环境, 便于用户使用。在实例运用中, 将西藏地区的重力异常数据用该系统进行了处理。结果表明, 系统操作简单方便, 不仅能提高处理效率, 还能实现对数据的系统管理。

[关键词] 重力异常; SQL Server; Delphi; 数据处理

[中图分类号] TP311.138SQ; P631.1 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)04-0071-04

[作者简介] 肖锋(1977-), 男, 四川仁寿人, 硕士研究生, 现从事固体地球物理重磁学研究工作。

重力方法适合对区域构造、深部构造的勘探和解释, 用这种方法获得的数据量往往很大。传统的方式多以纸张为数据存储介质, 这样既容易造成资料的损坏丢失, 又不利于数据的共享及更新和维护。利用数据库技术可以实现对数据的高效、安全管理。重力异常数据处理的程序很多, 但多是基于 DOS(Disk Operating System)下, 采用面向过程语言编写的。其用户操作界面呆板、枯燥, 而且程序运行时独占系统资源, 这既不利于发挥计算机的性能, 也不便于用户的操作使用。因此, 有必要在 GUI(Graphic User Interface)操作系统上运用面向对象的数据库编程语言来开发一套完善地数据处理系统。

1 系统设计

1.1 数据库选择

随着数据库技术的发展, 建立“客户/服务器”关系型数据库已经成为实现分布式数据库的首选, 这种体系结构具有资源共享、高性能、低通信成本的特点, 而 Microsoft 公司推出的 SQL Server 2000

则是基于 Windows 平台上应用最广泛地关系型数据库管理系统。它提供了完整的数据库管理工具, 其安全机制和数据管理功能都使它成为业内领先。重力资料用于解释大范围深部地质构造, 其原始数据量都很大。为了便于数据的安全管理和维护, 实现资源共享以及以后实现数据库的网络化, 笔者采用 SQL Server 2000 来建立原始资料的数据库, 而且利用 SQL Server 2000 提供的 SQL Server Enterprise Manager 工具, 可以方便地对数据库进行备份、删除和恢复等操作。

1.2 数据库应用程序设计语言的选择

Delphi 是新一代面向对象的编程语言, 它是可视化应用编程开发环境、可重用性编程语言、快速编译器和数据库的完美结合。Delphi 具有功能强大、运行速度快、易学易用和开发效率高的特点。它提供了强大的开发基于客户/服务器模式的数据库应用程序的能力, 并支持 SQL(Structured Query Language)通用结构化的查询语言来操作数据库。在数据库访问方面, 配有 BDE(Borland Database Engine), 可通过 SQL Links, ODBC(Open DataBase Connection)和 ADO(ActiveX Data Objects)访问多种数据库, 并提供大量的数据库开发组件, 可建立良好地 Windows 风格的交互界面, 并支持第三方控件。用 Delphi 来开发数据库应用程序时, 笔者选用

[收稿日期] 2003-12-20

[基金项目] 国土资源部地调项目(20010200166)

微软最新的 ADO 数据库访问技术, 充分利用 Delphi 的 ADO 控件, 高效、便捷地对数据库进行访问。

由于 Delphi 本身起源于 Pascal 语言, 同时兼具了 Visual Basic 易学易用的优点和 Visual C++ 的编译效率高、可移植性强的优点。在这个系统里, 笔者用 Delphi 语言编写了一套重力常规数据处理程序, 实现了频率域重力资料的各种处理。另外, Delphi 具有功能强大的 API (Application Programming Interface) 接口, 利用丰富的 API 函数, 可以直接调用可执行程序。这一优点使得系统可以兼容以前的各种重力异常数据处理程序。对于以往的重力异常数据处理程序, 只要先将其编译成可执行文件, 然后可以在系统里直接运行。例如, 在计算 Moho 界面深度时, 就采用直接调用 Park 程序的方法。

在程序设计过程中, 还采用了 MDI (Multi-Document Interface) 技术, 此多文档界面技术, 使得各个功能子模块集成为一个整体, 实现了对数据的系统处理, 这也充分发挥了计算机多任务的优点, 提高了工作效率。

1.3 系统运行环境

1.3.1 硬件环境

(1) 主机: 推荐 166 MHz Pentium 以上 CPU, 64 MB 内存, 2G 以上硬盘, 至少 650 MB 可用磁盘空间。

(2) 打印机: 彩色喷墨打印机或激光打印机。

1.3.2 软件环境

(1) 操作系统: Windows 2000 或 Windows NT 4.0。

(2) 编译系统: Delphi 6.0。

(3) 数据库: Microsoft SQL Sever 2000。

(4) 各种应用软件: 图形处理软件如 Surfer 7.0, 办公软件如 Excel 2000 等。

1.4 系统结构功能

基于以上设计思想, 在 Windows 平台上, 以 SQL Sever 2000 建立数据库, 用面向对象的程序设计语言 Delphi 为工具, 开发了重力异常数据处理程序。将实现的功能进行了模块化, 完成了从数据输入到处理、输出的一系列过程 (图 1)。

图 1 的各个模块具体功能如下:

数据输入: 对于新的原始数据可以逐条记录录入, 也可以在表格方式下录入。录入窗体界面友好, 便于操作, 提高效率。

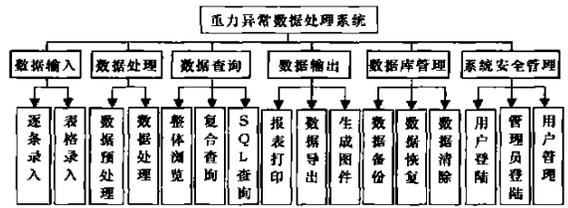


图 1 系统结构

Fig. 1 System structure

数据处理: 包括数据预处理和数据处理两个方面。对野外采集的原始数据可以进行如下预处理: 计算正常重力值、纬度改正、高度改正、地形改正、布格改正、计算布格异常、自由空间异常。数据处理包含有: 汉宁滤波、走向滤波、匹配滤波、上下延拓、水平方向导数、垂向一二阶导数、求积以及径向平均规格化对数能谱。

数据查询: 对于有 SQL 语句基础的操作员, 系统提供了可按 SQL 语句查询; 对于普通用户, 可按条件进行复合查询。并可对查询结果进行数据输出。

数据输出: 可以将表中数据按照报表格式输出, 也可以按图表方式输出, 还可以按不同格式将数据导出到 Excel 中或是其他的文本格式。考虑到 Delphi 在专业图像领域的功能并不强大, 在系统中可以直接调用 Golden 公司的 Surfer 7.0 成图软件来完成绘制等值线图等功能。

数据库管理: 包括数据的备份和恢复。也可以在 SQL Sever Enterprise Manager 中进行数据维护管理。

系统安全管理: 包括用户管理、登录帐号管理。系统管理员具有最高权限, 可以对用户进行管理, 添加或删除用户, 进行数据库维护。而普通用户可以设定自己的用户密码, 使用数据的输入、处理、输出和查询功能。这样的管理机制, 限定了使用人数和权限, 确保了数据的安全管理。

1.5 系统操作流程

图 2 为系统操作流程。按照该流程, 用户可以将重力异常数据资料纳入数据库管理当中, 并且用户可在友好的图形界面下, 很方便地对数据进行各项处理。系统的用户身份验证机制和用户管理机制, 加强了该系统的安全性。

通过对该系统的操作可以看出, 从数据的输入, 到数据处理结果的输出, 以及数据库的管理, 都是连续的、系统的, 改变了以前不连贯的操作方式。

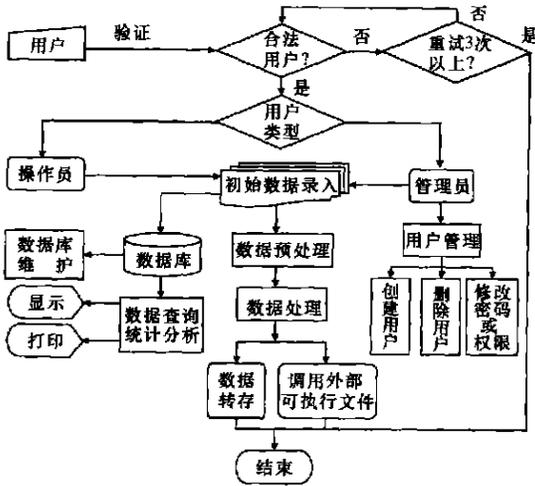


图 2 系统操作流程

Fig. 2 System operating flow char

2 应用实例

为了对系统全面的测试和检验, 利用新疆叶城—西藏狮泉河野外重力数据作为应用实例进行了数据处理和解释, 并计算了 Moho 界面的深度。

实例数据是用 ZSM-IV 型大测程恒温重力仪沿狮泉河—叶城公路进行实地测量获得的, 该次测量共设置 107 个测点, 总剖面长达 1 070 km。由两个国家一级和四个国家二级重力基点及两个支基点控制, 重力基点观测的均方误差 0.45 m/s^2 。将原始数据资料输入到计算机中, 建立一个新的数据库表格, 然后调用数据处理模块进行预处理, 包括各项改正值的计算、异常圆滑、场的分离等, 最后调用了 Paker 算法进行 Moho 界面反演计算。对于处理后的数据, 可以进行数据查询、生成报表、打印输出等。为了得到高精度的剖面图和等值线图, 还可以直接调用 Surfer 成图输出。

图 3 为利用新疆叶城—西藏狮泉河剖面 107 个重力测点绘制的布格异常图。图中可以看出, 1 号至 36 号点间异常变化不大, 但是到了 107 号点, 负异常迅速减小到 $3\ 000 \text{ m/s}^2$ 左右, 形成了明显的重力异常大梯度带。由于实测剖面沿途经过几个大的构造带, 特别是经过一个长期发育的深大断裂带横穿昆仑山脉, 所以异常形态起伏大, 构造反映明显。从 1~48 号点的地形上看, 虽然高程变化达到 1 000 m, 但由于大部分为沙漠地带, 布格异常保持相对平稳, 起伏不大, 说明莫霍界面相对起伏也

不大, 而从 48~98 号点布格重力异常突然开始上升, 呈现出从南向北一个大的上升斜坡带, 大断裂在异常上也表现得特别明显。从 98~107 号点布格异常比较平缓, 从另一方面看, 布格异常的变化趋势也反映了莫霍界面变化的趋势。

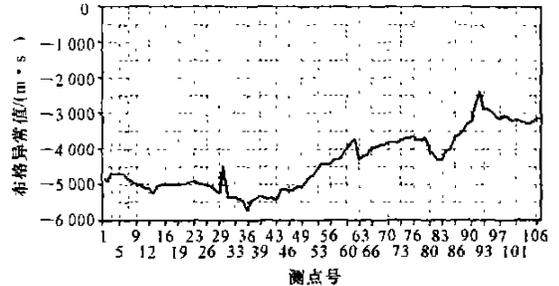


图 3 布格异常分布

Fig. 3 Bouguer gravity anomalies

图 4 为自由空间异常图, 图中表现出自由空间异常基本上是随地形起伏而起伏, 在 50~60 号点表现出比较大的正异常值, 这个正异常值与高程的比例大于其他地段的比例。如果取自由空间异常近似于均衡异常时, 可认为该地段存在正的均衡异常即存在质量过剩, 这是由于印支板块向北挤压所产生的。同样的方法分析可认为 94~107 号点的地段出现负的均衡异常值, 其主要原因是进入塔里木盆地后, 由于沉积加厚所致。

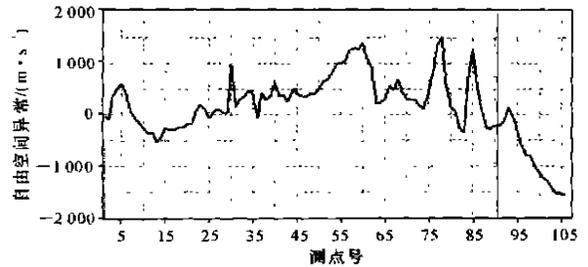


图 4 自由空间异常分布

Fig. 4 Free-Air anomalies

图 5 为计算出的莫霍面深度示意图, 从中可看出, 莫霍面深度在 1~50 号点变化较小 ($66.4 \sim 68.4 \text{ km}$); 而 50~95 号点变化较大 (由 68.4 km 变浅到 48.5 km), 深度差达 20 km, 而从 96 号点到叶城 107 号点间变化不大, 均为 48 km 左右。可以看出, 莫霍界面深度的变化与布格重力异常值的大小呈近似同相关系。

通过分析看出, 新疆叶城—西藏狮泉河重力剖面区域 Moho 界面的平均深度在 60 km 左右, 在 37 点较深 (达 70 km), 从 48~95 间逐渐变浅 (以大约

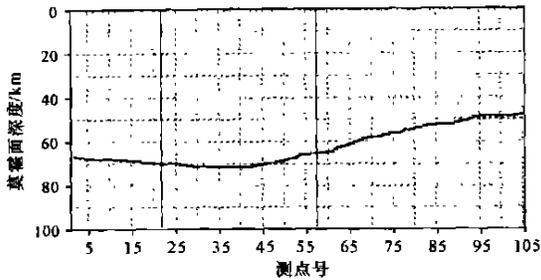


图 5 Paker 法反演莫霍面深度

Fig. 5 The depth of Moho surface

20°的倾角由南向北倾斜),从 96 点到叶城 107 点间变化不大,均为 48 km 左右。该地区断裂以地壳断裂为主,除在 52 号点处存在一个较大的地壳断裂外,还有一系列大小地壳断层存在。

3 结论

(1) 在 Windows 平台下开发的图形用户界面的重力异常数据处理系统方便了用户的使用,提高

了数据处理的效率和精度,减少了数据处理过程中的人为误差。

(2) 利用数据库技术,对数据资料进行了科学的存储和管理。用户管理和密码身份验证,实现了数据的安全共享。

(3) 通过实际对比,可以看出,利用该系统处理重力异常数据资料结果与常规方法处理相吻合,但它速度快,管理数据方便,具有较强地实用价值。

[参 考 文 献]

- [1] 孟令顺,高锐. 青藏高原重力测量与岩石圈构造[M]. 北京:地质出版社, 1992.
- [2] 张新兵,朱自强,王家林. 重磁数据处理系统设计[J]. 物探化探计算技术, 2001, 23(3):267~271.
- [3] 王庆龙. 地质勘探数据库的开发和应用[J]. 化工矿产地质, 1996, 18(3): 252~256.
- [4] Ray Rankins. SQL Sever 2000 实用全书[M]. 北京:电子工业出版社, 2002.
- [5] 飞思科技产品研发中心. Delphi 6 数据库开发[M]. 北京:电子工业出版社, 2002.

Research and development of a gravity and magnetic data processing system

XIAO Feng, MENG Ling-shun

(Faculty of Geo Exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract This paper researches and develops a gravity anomalies data processing system. Used SQL Sever to build a database, and developed the application with Object Oriented Programming language Delphi. It is based on Graphic User Interface and Windows 2000 operation system. This system includes six function modules: data inputting, data processing, data indexing, data outputting, database management, and system security management. It provides good operating user interface and friendly circumstances. In the application of Sitsang gravity anomalies data processing, the results indicate that this system is convenient to be used and is effective in data processing. Moreover, it realizes systemic managing gravity anomalies data.

Key words: gravity anomalies; SQL Sever; Delphi; data processing

[英文审定:李庆春]

本刊重要启事

经报请国家科技部、国家新闻出版总署批准,《西安工程学院学报》《长安大学学报(地球科学版)》从 2004 年起更名为《地球科学与环境学报》。

本刊名称变化及对应卷号如下:

1979~1997 年	西安地质学院学报	1~19 卷
1998~2002 年	西安工程学院学报	20~24 卷
2003 年	长安大学学报(地球科学版)	25 卷
2004 年~	地球科学与环境学报	26 卷~

本刊编辑部衷心感谢广大作者和读者曾给予本刊的关心与支持,并真诚欢迎从事地球科学与环境科学的科技人员继续赐稿或订阅本刊(邮发代号 52-280)。

本刊地址:西安市雁塔路南段 126 号长安大学雁塔校区 邮政编码:710054

电 话:029-82339978 E-mail: dkyhxb@chd.edu.cn

《地球科学与环境学报》编辑部