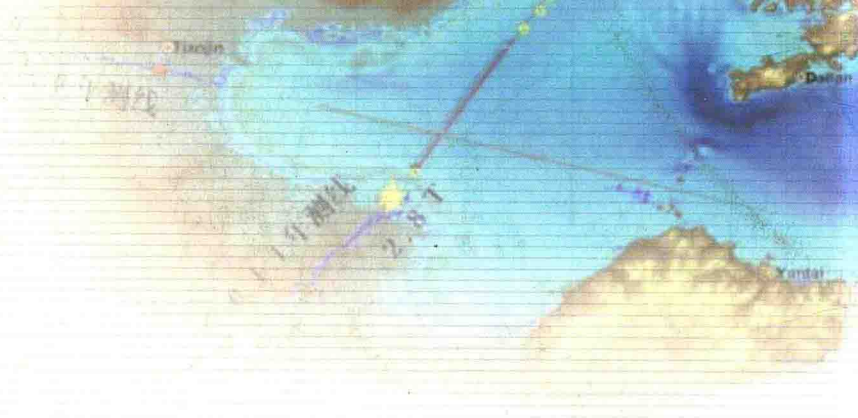




Joint Inversion and Integrated
Interpretation for Deep Offshore
Structure with Gravity, Magnetic
and Seismic Data

吴健生 高德章 刘晨光 著
赵永辉 陈茂根 江 凡

海域深部结构重、磁、震 联合反演和综合解释

海域深部结构重、磁、震联合反演和综合解释

吴健生 高德章 刘晨光 著
赵永辉 陈茂根 江 凡



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

“重、磁、地震联合反演与数据处理系统”在重磁异常畸变校正,目标界面重、磁异常信息的提取以及重、磁、地震的联合反演等方面形成自己的特色,在东海和渤海示范区、南海北部等地区前新生界油气勘探实践中得到了应用。本书重点对海区深部结构的综合地球物理研究方法技术和应用进行总结,希望能对其他盆地的基底结构和残留盆地研究有所帮助。

本书可作为从事油气资源勘探与海底构造综合地球物理的科技人员和在校地球物理专业的大学生、研究生的参考书,也可供相关专业的科研及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

海域深部结构重、磁、震联合反演和综合解释 / 吴健生等著. — 上海: 同济大学出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-5608-6069-5

I. ①海… II. ①吴… III. ①海上油气田—重磁勘探—研究 IV. ①P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 272641 号

同济大学学术专著(自然科学类)出版基金资助出版

海域深部结构重、磁、震联合反演和综合解释

吴健生 高德章 刘晨光 赵永辉 陈茂根 江 凡 著

责任编辑 李小敏

责任校对 徐春莲

封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社

www.tongjipress.com.cn

(上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 13.75

字 数 343 000

版 次 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-6069-5

定 价 56.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

序

渤海、黄海、东海和南海四大海域发育着巨厚的新生代沉积盆地,具有丰富的油气资源,是油气勘探开发的重要场所。油气勘探实践证实我国的油气盆地有很大一部分属于复合、叠加盆地,盆地深部也成为油气勘探的新领域。在中国大陆“三横、两竖、两个三角”构造宏观格架中,渤海和黄海,东海和南海陆架区等海域作为中国东部大陆在海区的延伸,地处“两竖”之一——“大兴安岭—太行山—武陵山梯级带”以东。在特提斯构造域体系中,具有陆核的华北、扬子、华南和南海块体相继碰撞、对接,这里保留了大量块体拼合过程中所产生的构造形迹。进入新全球构造,在滨太平洋构造域体系中,表现为中生代侏罗纪时期,太平洋板块在4条南北向转换断层之间发育成长,进入新生代始新世时,转换断层扩张方向转变为NW-SE,由马利亚纳海沟—岛弧—弧后盆地系圈出菲律宾海板块,在欧亚板块与菲律宾海板块之间,板缘聚敛,板内拉张,地壳减薄,形成滨太平洋域并在中国大陆东部发育一系列断陷盆地。正是特提斯构造域和滨太平洋构造域在不同地质历史时期对这一地区的叠合作用造就了中国东部包括海区复杂的地质、地球物理场面貌,呈现“东西成带,南北分块”特征。总结中国海陆大地构造经历的五幕演化史和中国油气勘探历程,油气勘探需要二次创业。前新生代海相残留盆地是地壳多旋回运动的产物,指在中国海陆的大地构造的演化历史中,古老的块体华北、扬子、南华、塔里木在演化过程中多次被海水覆盖,在其上和边缘发育了海相沉积盆地,蕴含丰富的生油物质,形成大量的油气聚集。但是在后期的演化过程中,由于陆内变格作用,使原有的盆地遭到挤压变形甚至失去盆地的原貌而成为造山带,大部分油气藏遭到强烈的破坏,但仍有残留的丰富油气资源在基础层中的逆掩推覆构造或古潜山构造出现,其储集层为碳酸盐岩、火成岩、变质岩等,前新生代海相残留盆地将成为中国21世纪油气勘探一个主战场。在渤海湾盆地目前已有储量超亿吨的古生代古潜山油气藏的发现。这些发现和认识有力地推动海区深部结构的研究。

由于海区的地质地球物理条件的复杂性、深层结构研究的特殊性(深度偏大、经历多期次的改造和变形,内部结构较为复杂),单一地球物理方法探测能力的局限性和地球物理反演的多解性,决定了我们要采取综合地球物理方法。沉积盆地的综合地球物理研究就是综合应用人工地震、重力、磁力、电法、热流、地壳测深、天然地震等方法,通过正反演和综合地质解释,获得有关地下界面、断裂、地质体和火成岩的岩性分布、构造形态、空间位置以及它的物性分布,得到关于构造、沉积和含油气性等的相关地质结论。作为油气勘探的地球物理研究,不仅要阐明沉积层的内部构造和沉积建造,而且要提供基底内幕的信息,揭示沉降作用及深部构造对沉降作用的制约关系,这就需要从获得的构造剖面出发,进行正反演研究,取得有关地壳乃至上地幔的类型、均衡动态、热状态等信息,以活动论构造历史观为指导,全面地分析板块运动对盆地形成的控制作用,并恢复盆地形成的时空关系。同济大学综合地球物理研究课题组自1978年开始就率先开展沉积盆地的综合地球物理研究,不断地实践和

完善“一、二、三、多”的综合地球物理解释原则。其中一个方面就是针对海域深部结构开展重、磁、震联合反演和综合解释工作。

自2006年以来,在国家高技术研究发展计划资助下,同济大学综合地球物理研究课题组联合国家海洋局第一海洋研究所和中国石油化工股份有限公司上海海洋油气分公司组成课题组,在“海洋技术领域”海洋油气勘探开发技术方向开展了“重磁地震联合反演技术”(2006AA09Z311)和随后的滚动课题(2010AA09Z302)的研发工作。这是“为开拓海区油气勘探新领域提供技术支撑”研究计划的一部分,主要开发研制为研究新生界底界面、沉积基底面(中生代沉积地层底界面)、结晶基底面(变质岩层顶面)、莫霍面的形态、埋深及新生界及中生代沉积地层、古生代地层厚度所需的一系列技术。针对在海区前新生代地层中寻找油气资源这一目标,在Windows平台上研制和开发了具有自主知识产权的软件——重、磁、地震联合反演与数据处理系统(JIDPGMS V1.0)。该系统在完善和发展“前新生代油气资源的综合地球物理勘探技术”方面发挥了积极的作用,尤其是在重磁异常畸变校正、目标界面重、磁异常信息的提取以及重、磁、地震的联合反演等方面形成自己的特色,已在东海和渤海示范区及中国地质调查局以及中石化、中海油等企业的一系列科研与生产课题的应用中取得了良好的效果,得到相关单位的肯定。

《海域深部结构重、磁、震联合反演和综合解释》这本专著围绕以上工作,重点对海区深部结构的综合地球物理研究方法技术和应用作出归纳总结。针对海域深部结构研究,以目标界面为主线,层块结合,按照“多源信息(陆测与海测等多平台观测的数据)的整合→物性结构和关联→异常畸变校正→目标界面异常提取→联合反演→综合解释→正演拟合”的研究路线,讨论了海域地层岩石物性统计分析,多平台观测的重、磁数据融合,变倾角和带剩磁总磁异常 ΔT 化极,三维海水层和变密度沉积层重力正演,目标界面重、磁异常的小波分离,异常的边缘检测等六个方面重、磁、震联合反演数据处理方法技术问题,探索了目标界面重、磁联合反演,重、磁同源地质体(2.5维)的联合反演,二维重、磁、震联合反演和物性为纽带的重、磁、震(OBS数据)联合反演四个方面的重、磁、震联合反演方法技术,形成特色,结合南海北部,东海和渤海试验区的具体应用示范了针对海域深部结构开展重、磁、震联合反演和综合解释,这对其他盆地的基底结构和残留盆地研究有所启迪和借鉴作用。在实施共建“丝绸之路经济带”和21世纪海上丝绸之路这“一带一路”的宏伟战略蓝图中,涉及区域海域地下结构的认识是“一带一路”基础设施建设的安全保障,这离不开地质、地球物理的深入调查和综合解释,专著中提出的方法技术将会有面临更广阔的天地来实践和应用。



中国科学院院士 刘光鼎

2015年9月29日

前言

自 2006 年以来,在国家高新技术研究发展计划资助下,同济大学、中国石油化工股份有限公司上海海洋油气分公司和国家海洋局第一海洋研究所组成课题组,在“海洋技术领域”海洋油气勘探开发技术方向开展了“重、磁、地震联合反演技术”(2006AA09Z311)研究和随后的滚动课题(2010AA09Z302)研发工作。这是“为开拓海区油气勘探新领域提供技术支持”研究计划的一部分,主要开发研制为研究新生界底界面、沉积基底面(中生代沉积地层底界面)、结晶基底面(变质岩层顶面)、莫霍面的形态、埋深及新生界、中生代沉积地层、古生代(中、古生代)地层厚度所需的一系列技术。我们针对在海区前新生代地层中寻找油气资源这一目标,在 Windows 平台上研制和开发了具有自主知识产权的软件——“重、磁、地震联合反演与数据处理系统”(JIDPGMS V1.0)。该系统在完善和发展“前新生代油气资源的综合地球物理勘探技术”方面发挥了一定的作用,尤其是在重磁异常畸变校正,目标界面重、磁异常信息的提取以及重、磁、地震的联合反演等方面形成自己的特色,已在东海和渤海示范区、中国地质调查局以及中石化、中海油等企业的一系列科研与生产课题的应用中取得良好的效果,得到相关单位的肯定。本书就是在这样的工作基础上重点对海区深部结构的综合地球物理研究方法技术和应用作一归纳总结,希望能对其他盆地的基底结构和残留盆地研究有所启迪和发挥借鉴作用。

参加这两个课题研发工作的人员有同济大学的吴健生、赵永辉、江凡、王家林、刘苗、雷文敏、陈冰、张新兵、于鹏、陈晓、张向宇;中国石油化工股份有限公司上海海洋油气分公司的高德章、陈茂根、唐建、薄玉玲;国家海洋局第一海洋研究所的刘晨光、韩国忠、裴彦良、支鹏遥、解秋红。本书是课题组全体成员围绕课题任务开展工作,取得科研成果的进一步凝聚,是集体智慧的结晶。本书的完成得到刘光鼎院士、王家林教授和“863”海洋技术领域的专家和领导的一贯支持和指导,在此表示衷心的感谢!同济大学、中国石油化工股份有限公司上海海洋油气分公司和国家海洋局第一海洋研究所三家单位的相关部门为课题的完成给予了全力支持,同济大学出版社的领导与编辑为本书出版付出了辛勤劳动,在此表示衷心的感谢!

著者

2015 年 10 月

目 录

序 前言

1 重、磁、震联合反演系统	1
1.1 系统设计	1
1.2 软件开发	4
1.3 模块功能	7
2 重、磁、震联合反演数据处理方法技术	11
2.1 海域地层岩石物性统计分析	11
2.2 多平台观测的重、磁数据融合	13
2.3 变倾角和带剩磁总磁异常 ΔT 化极	20
2.4 三维海水层和变密度沉积层重力正演	45
2.5 目标界面重、磁异常的小波分离	54
2.6 异常的边缘检测	64
3 重、磁、震联合反演方法技术	71
3.1 目标界面重、磁联合反演	72
3.2 重、磁同源地质体(2.5 维)的联合反演	85
3.3 二维重、磁、震联合反演	96
3.4 物性为纽带的重、磁、震(OBS 测量成果)联合反演	109
4 重、磁、震联合反演系统的应用	135
4.1 东海陆架区的应用	135
4.2 东海试验区的应用	144
4.3 渤海示范区的应用	151
4.4 南海东北部中生界研究的应用	188
参考文献	204

1 重、磁、震联合反演系统

1.1 系统设计

针对海底地质构造研究的海洋地球物理探测方法通常有重力、磁力及地震。不同的地球物理方法解决地质问题的能力不同,局限性也不一样。一般而言,重磁探测方法快速,成本低,覆盖面积广,但纵向分辨率较低;地震方法虽然分辨率较好,但成本太高,在地质情况复杂的地区,或对基础层内部的刻画上,往往资料的信噪比低,解释工作难以开展。图 1.1 是南海东北部的一个地震剖面,上部(为新生代沉积的反映)反射地震波阻清晰,易于追踪;之下(可能为新生代沉积的底部或前新生代地层的反映)反射地震波阻在部分地段较为清晰,大多数地段波阻特征不明显,信噪比低,难以实现对深部构造的成像。因此,在新一轮针对前新生代地层和海洋深水区的油气勘探中,重力、磁力手段和联合反演方法得到了进一步的重视。如何将有限的数据结合起来,研究一套适合海区深层结构的重、磁、震数据处理方法,充分发挥各种地球物理方法的优势和特长,将对揭示深部前新生代构造起到良好的作用。

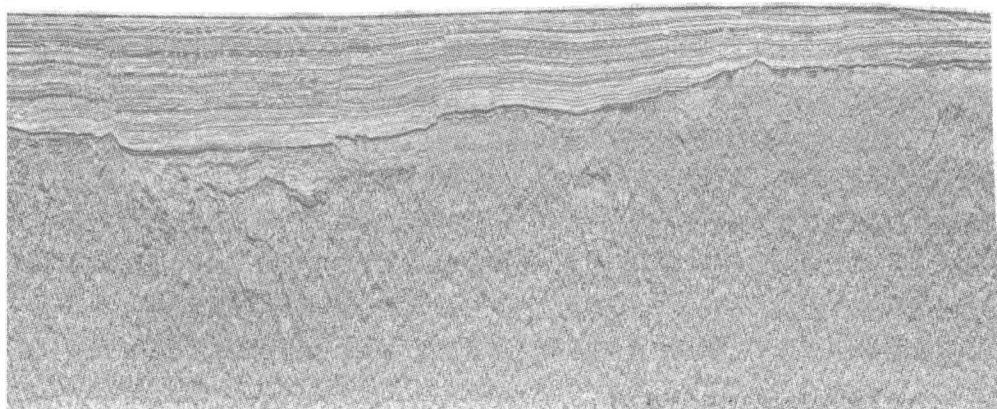


图 1.1 南海东北部某地震剖面

重、磁、震联合反演系统设计的指导思想是针对在海区前新生代地层中寻找油气资源这一目标,取重力、磁力及地震各方法成果之长处,以重、磁资料为主,采用相互补充、相互制约的方式进行联合反演,重视岩石物性的相互联系,构建以密度(或等效密度)为重点的重、磁、震统一模型的建模和多平台观测的地球物理数据的融合,探索基于岩石物性为纽带的重、磁、震联合反演。由此来揭示研究区新生界底界面、沉积基底面(中生代沉积地层底界面)、结晶基底面(变质岩层顶面)、莫霍面的形态、埋深及新生代、中生代沉积地层、古生代地层厚

度,为前新生代地层构造特征研究及油气资源评价提供基础资料。

前人的岩石物性研究表明:在中国海区新生界底界面、沉积基底面、莫霍面的上下岩层之间均存在较明显的密度与弹性波传播速度差异,为密度与速度界面;结晶基底面通常为—明显的磁性速度与速度界面,重、磁、地震联合反演的设计思想具备物性前提。

重、磁、地震联合反演系统的开发研制紧紧抓住目标界面研究这一主线,按照“多源信息的整合→物性结构的分析和关联→异常畸变校正→目标界面异常提取→联合反演→综合解释→正演拟合”的技术流程进行系统设计,围绕以下7个关键技术展开研究和开发,并组织系统的功能模块:小区域高精度观测数据的融入;岩石地层物性宏观结构的分析和不同物性(速度、磁性、密度)之间的联系;减少对目标界面重、磁异常的影响和目标界面重、磁异常的提取的干扰;目标界面的重、磁场正演和基于射线追踪原理的地震波场正演;重、磁、地震信息相关性分析和目标界面二维重、磁、震(反射地震)数据联合反演;以密度(和等效密度)为重点的重、磁、震统一模型的建模;重、磁同源地质体的联合反演和基于岩石物性为纽带的重、磁、震(OBS测量成果)联合反演技术等。因此,课题进一步被分解成以下7个方面的方法技术研究软件开发研制:

(1) 新生界底界面、沉积基底面(中生代沉积地层底界面)、结晶基底面(变质岩层顶面)的相应岩石速度、磁性、密度等地球物理性质的相关性分析技术。

(2) 陆测与海测等多平台观测的重、磁数据的融合技术。

(3) 以密度(和等效密度)为重点的重、磁、震统一模型的建模技术(2.5维)和目标界面的重、磁场正演和基于射线追踪原理的地震波场正演方法技术。

(4) 异常畸变校正,目标界面异常提取和位场特征增强的方法技术。

(5) 重、磁、地震信息相关性分析和重、磁同源地质体(2.5维)的联合反演技术。

(6) 目标界面二维重、磁、震(反射地震)数据联合反演的方法技术。

(7) 基于岩石物性为纽带的重、磁、震(OBS测量成果)数据联合反演的方法技术。

通过以上这7个方面为重点的方法技术研究,开发研制包括“融合”、“物性统计”、“异常正演”、“异常转换”、“异常分解”、“异常提取”、“异常增强”、“界面反演”、“剖面反演”及“帮助”等功能模块和人机交互界面的制作,实现具有自主知识产权的软件——“重、磁、地震联合反演与数据处理系统”的开发研制。努力在关注岩石物性之间的联系、体现多种地球物理方法相结合的同时,提供地质与地球物理、正演与反演、平面与剖面、深部与浅部相结合的综合地球物理研究平台。

上述技术路线是针对当前国内外在海区利用重、磁异常研究前新生代构造界面存在着单一方法多、综合方法少,单项处理多、联合反演少以及经验解释多、定量解释少而提出的,体现了以下几个特点:

(1) 陆测与海测等多平台观测的重、磁数据的融合。地球物理勘查中,重、磁探测方法成本低、效率高,在油气资源勘探的早期普查阶段得到了广泛的应用。在新一轮针对前新生代地层和海洋深水区的油气勘探中,重、磁方法得到了进一步重视,表现在对已有的区域勘探基础上,针对具体的重点勘探区块,开展更高精度的重、磁数据采集。而高精度采集的重、磁数据可以反映出更多的与油气藏有关的局部构造细节。在早期获得的品质可靠的区域重、磁数据基础上,将高精度的区块重、磁数据通过某种算法融于其中,这既是数据积累的需要,也是新一轮的油气勘探中重、磁勘探资料处理面临的新问题。研制的“陆测与海测等多

平台观测的重、磁数据的融合”处理模块,对位场数据进行融合,既可以了解反映研究区大的背景构造特征,同时又能揭示重点勘探区带的细节信息,方便局部与区域相结合的综合地质地球物理解释。同时也能顾及陆测与海测的重、磁数据的相互关联。

(2) 位场资料的反演与处理相结合。在强调以前新生代构造界面的联合反演为重点的同时,也关注重、磁资料的畸变校正和异常分离。结合系统的开发,研制的“三维海底变密度沉积地层重力影响消除,目标界面异常提取、变倾角磁力 ΔT 异常化极”等处理模块,突出了地球物理资料处理和反演两阶段是相互依赖、相互制约的特点。

(3) 从常量参数设置拓展到可变参数的设置。本系统选用或研制的方法技术大多考虑了参数空间的可变性,如层块结合、密度和速度横向可变化的 OBS 资料与重力异常的联合反演,变倾角磁力 ΔT 异常化极,变密度重、磁联合反演,分窗口的重磁相关分析和界面反演等,体现了当前重、磁资料处理与反演的时代特色。同时基于统计理论,开发了岩石物性统计分析模块实现了对新生界底界面、沉积基底面(中生代沉积地层底界面)、结晶基底面(变质岩层顶面)的相应岩石速度、磁性、密度等物性的相关性分析。

(4) 常规处理与新方法的结合,体现了综合性特点。课题研究在第一期开发研制的“重、磁、地震联合反演系统(JIGMS V1.0)”基础上,结合在实际应用中暴露出来的缺陷和不足,进一步完善与拓展,开发研制了“重、磁、地震联合反演与数据处理系统”(JIDPGMS V1.0)。该系统集成了位场数据的融合,岩石物性关系统计分析,海洋密度界面、磁性界面正演,适应不同纬度总磁异常变倾角化极,海洋重力地形改正,伪重力转换,变密度重磁界面联合反演,2.5 维孤立场源重磁反演成像,二维重、磁、地震联合反演,重磁数据的小波分解和增强处理等技术。在目标界面重、磁异常的提取中,既考虑了基于正演计算的常规剥离法处理,也引入了小波分解的新方法;在地球物理信息的提取和反演中,既考虑了目标界面的因素,也引入了特殊地质体的提取和分析技术。多种技术的综合提高了软件系统的实用性。

JIDPGMS V1.0 系统研发的关键技术之一是更符合实际的目标界面重、磁异常信息的分离与提取。重、磁、地震联合反演系统的建立和应用体现了保真处理与信息提取的结合,重、磁分解常规处理与新方法的结合,目标界面重、磁信息的相关性分析并考虑了物性联系、联合反演的有机结合,也考虑了参数的可变性。这一研究思路和方法技术已在示范区和东海西湖凹陷区块、南海北部陆缘等海区得到了实际应用。

系统研发的关键技术之二是以前新生界目标界面为重点的重、磁与地震的联合反演。该方法在模型上建立了层、块式的密度、磁性与速度模型;在算法上重、磁正演采用两度半多边形组合算法,而在地震走时正演上采用射线追踪方法;在具体应用上强调新生界底界面及新生界内部界面主要由地震资料来揭示,重、磁与海底地震仪测量成果的联合反演主要体现在沉积基底面(中生代沉积地层底界面)、结晶基底面(变质岩层顶面)和莫霍界面的反演上;在减少反演解释过程的多解性的同时,强调不同方法的特色和最佳探测区间,也顾及模型的适应性,为前新生界油气勘探提供了技术支撑。

重、磁、地震联合反演与数据处理系统按综合反演解释的流程对各项功能软件进行分类,采用模块化多语言混合编程,各个应用模块采用菜单或工具按钮方式集成,具有多级菜单方式。各个功能模块全部以视窗对话方式进行操作运行,整个系统按 Windows 方式建立了用户图形界面,运行方便、直观,符合当今计算机技术的发展趋势。

1.2 软件开发

1.2.1 混合编程和分布式模块

重、磁、地震联合反演与数据处理系统采用分布式模块开发方式完成,不同的功能模块采用不同的编译环境开发。

在操作系统的选择方面,Windows 7 比 Windows XP 系统更美观、更稳定、对新硬件的支持更出色,而且安全性远远高于 Windows XP,整个系统的运行效率非常高。因此,考虑到未来操作系统均采用 Windows 7 平台的发展态势,本次软件开发将定位在 Windows 7 系统之下,以保证软件的通用性与适用性。

第一期研制的重、磁、地震联合反演系统是在 Visual Studio 6.0 环境下开发的,已不能满足 Windows 7 系统的要求。作为面向 Windows 7 平台的开发工具,Visual Studio 2010 提供了很多工具来帮助开发者开发基于 Windows 7 的应用程序。在 Visual Studio 2010 中,新的编辑器可以实现很多以前 Visual Studio 产品的集成开发环境根本无法想象的功能,比如代码的无级缩放,多窗口即时更新,文档地图,代码的自动产生等,这些新的 IDE 特性都会极大地提高软件研制与开发的效率。

因此,在原有程序基础上,对整个程序进行代码更新。在确保原有功能继续运行的前提下,对各子模块进行优化,并在新方法技术研究的基础上,研制新的处理模块,如平剖面的转换与显示、交互式的实时反演计算、位场融合、物性统计、异常正演、转换、分解、提取与增强、界面反演、剖面反演模块等,开发性能稳定、界面美观友好、操作方便的重、磁、地震联合反演与数据处理软件系统。

众所周知,Fortran 语言自从 20 世纪 50 年代问世以来,一直是数值计算领域所使用的主要语言,以往大量的科学与工程计算程序都是在 DOS 下用 Fortran 语言编写的。Microsoft 公司推出的 Windows 下的 32 位的 FortranPowerStation4.0(以下简称 FPS 4.0)是一种功能强大的 Fortran 集成开发环境。它几乎完全兼容 Fortran90 和 Fortran77 标准,并提供了与当今流行的 Windows 的接口。利用 FPS 4.0 和 Windows 其他编程工具(Visual Studio 2010)能够开发出 Windows 下的事件驱动程序。在 Windows 的诸多编程工具中,VB.net 以功能强大、易构建界面等优点而广受欢迎。把 VB.net 和 FPS 4.0 通过动态链接库技术结合起来,编译出 Windows 下的窗体事件驱动程序。这样使得应用程序既具有 Windows 环境图形用户界面的友好性,又能充分保证 Fortran 原有的计算精度与运算速度。软件开发的基本思路就是用 VB.net 设计用户界面及控制程序,而将计算用 Fortran 程序通过 FPS 4.0 编译成 DLL,并由 VB.net 调用。

针对不同模块功能需要及数据流特征,在重、磁、地震联合反演与数据处理系统这一软件平台上,各模块涉及异常和地下界面的输入输出数据文件格式统一采用 Surfer 软件 grd 文件的 ASCII 码格式,其他控制参数通过界面人机对话输入,并配以适当的说明。处理反演过程通过菜单逐条实现,各个功能模块既相互独立,又能够实现不同处理功能的衔接,便于用户开展综合反演数据分析。图 1.2 为重、磁、地震联合反演与数据处理系统设计框图。

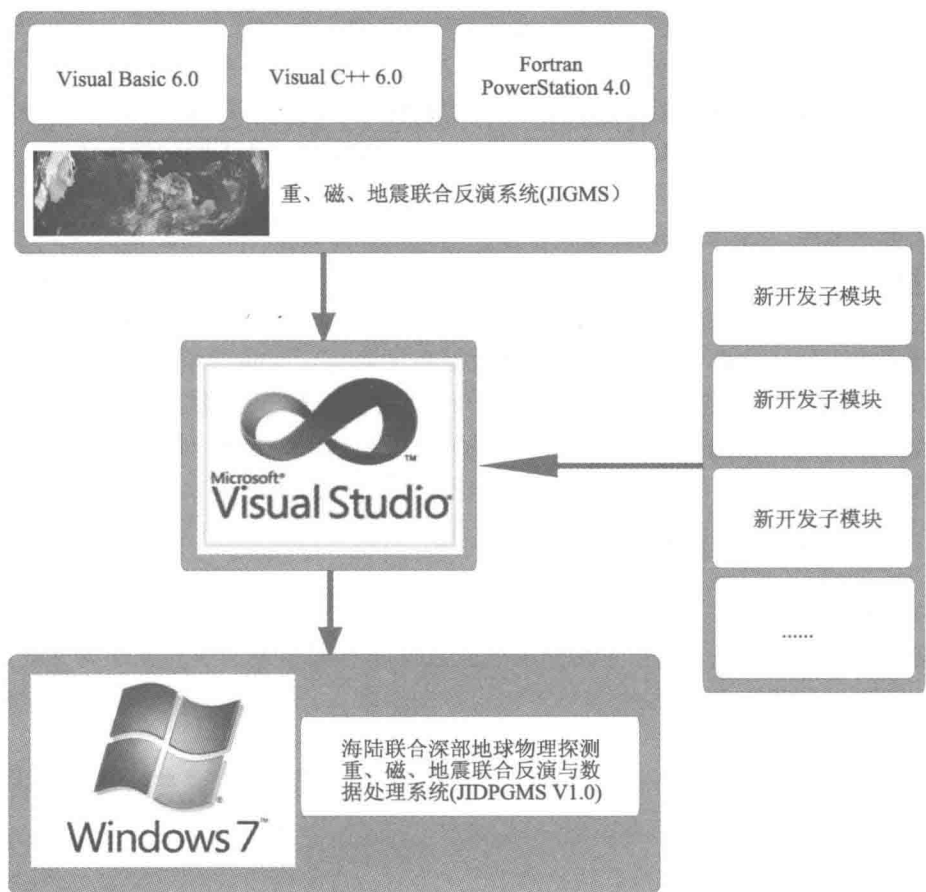


图 1.2 重、磁、地震联合反演与数据处理系统设计框图

1.2.2 DLL 文件的使用

在 Fortran 或 C 语言环境下编写有关方法技术的源程序,并编译形成带参数的可供 VB.net 调用的动态链接库文件(*.dll);DLL 是可被其他程序或 DLL 调用的函数(过程)集合组成的可执行文件模块。Windows 本身提供了大量的应用程序接口(API)函数,都是通过 DLL 机制来实现的。DLL 之所以在 Windows 中被广泛应用,是因为它除了具有动态链接库的功能外,尚有如多个应用程序共享一个 DLL 以节省内存和磁盘空间等许多优点。在 FPS 4.0 中,可根据需要将一组 Fortran 函数或子程序放在一个程序中,创建成一个 DLL,它本身不能运行,但可以被 VB.net 调用。

1.2.3 基于 OCX 的交互控制

OCX 是对象类别扩充组件(Object Linking and Embedding (OLE) Control eXtension),以“ocx”为后缀名的 ActiveX 控件是一种比较特殊的 DLL,它的基础是对象连接与嵌入和组件对象模型,是有交互界面的可视化控件,定义了控件的属性和方法,定义控件可引发的事件的响应。

控件的本质是微软公司的对象链接和嵌入(OLE)标准。由于它充分利用了面向对象的优点,可以在其他应用程序中嵌入使用,使得程序效率得到了很大的提高,从而得到了广

泛的应用。OCX 控件作为插件、外挂式的应用非常灵活方便。

使用了控件的编程非常容易。在程序的设计阶段可以设置一些属性,如大小、位置、标题等,在程序运行阶段,可以更改这些属性,还可以针对不同的事件,调用不同的方法来实现对该控件的控制。控件的最大好处是可以重复使用,甚至可以在不同的编程语言之间使用,例如,可以在 VB.net 中嵌入用 VC++ 开发的控件。

基于上述考虑,可以将重、磁、地震联合反演与数据处理系统中可能重复使用的功能在 VC++ 环境下实现,并生成 OCX 控制,在主程序需要的地方添加引用,即可实现相同的功能,这样的做法可以节约大量的重复代码操作,整个系统的运行效率将得到极大的优化。比如重磁异常数据的格式基本为“*.grd”,其数据的图形显示是程序反复使用的过程,因此,我们将 GRD 格式数据的图形显示封装为一个 OCX;同时,对于 GRD 图形与用户的交互,包括断面点的选择、剖面数据的切取等功能也封装为一个 OCX;另外,对于需用户实时干预的反演建模,我们也在 VC++ 环境下将各种绘图功能封装为 OCX。

1.2.4 用户界面及成果显示

在 VB.net 环境下,构建重、磁、地震联合反演与数据处理系统操作界面,包括处理参数输入界面及成果显示界面。将所有用到的参数通过文本框或下拉式列表框的方式,提示用户输入相应的相关参数,给出输入参数的输入范围及含义,并设置了错误输入提示功能,确保每一个处理参数的正确。

另外,在 VB.net 中引用 VC++ 封装的绘图控件来实现原始异常数据及处理成果的显示。

1.2.5 多线程计算

耗时的计算操作(如三维海底地形重力改正、单一孤立场联合反演、三维解析计算等重磁异常数据处理计算等)在长时间运行时可能会导致用户界面(UI)似乎处于停止响应状态,程序因占用内存过多而导致计算机出现类似于“死机”的现象。因为“计算”这个任务往往是“独占式”的,如果不对程序作出特殊的处理,则用户将被迫面对一个像是被“挂起”的窗体,任凭你用鼠标怎样点击也没有任何反应,更糟糕的是当你从屏幕保护程序切换回该程序时会看到程序的窗体变成了一块“白布”,给人一种“死机”的感觉。因此,需要用多线程计算来解决这一问题。

Net Framework 在多线程的支持上提供了许多方便的类别,而 BackgroundWorker 则是一项使用非常简洁方便的多线程类别,BackgroundWorker 组件会提供在不同应用程序主要在 UI 线程上,异步(在后台执行)执行耗时作业的能力。它不仅和 System.Windows.Forms.Timer 一样,也在工具箱中提供了可拖曳使用的组件,并且提供 ProgressChanged 事件使得更改主画面控件可以不必考虑由 Control.Invoke 引起的逻辑上的困扰。

因此,我们采用 VS2010 中的 BackgroundWorker 来解决这一问题,使用 BackgroundWorker 类允许在单独的专用线程上运行操作。BackgroundWorker 不仅可以实现多线程计算,而且还具备了在运算过程中支持用户一定的交互的特点,可以获得更好的用户体验。

若要在后台执行耗时的操作,先创建一个 BackgroundWorker,告诉它要在幕后执行哪种耗时的背景工作方法,然后呼叫 RunWorkerAsync 方法。对线程的呼叫会继续正常执行,直到

工作方法异步执行。当方法完成时,BackgroundWorker 会借由引发 RunWorkerCompleted 事件来警示呼叫线程,此事件会选择性地包含作业的结果。

重、磁、地震联合反演与数据处理系统使所有的耗时的计算模块均采用了 BackgroundWorker 控件来实现,以保证系统运行的流畅。

1.3 模块功能

“重、磁、地震联合反演与数据处理系统”(JIDPGMS V1.0)的功能模块包括“融合”、“物性统计”、“异常正演”、“异常转换”、“异常分解”、“异常提取”、“异常增强”、“界面反演”、“剖面反演”及“帮助”等功能模块。

1.3.1 融合

该菜单包含了三个菜单项:“重力数据”、“磁力数据”、“退出”,如图 1.3 所示。

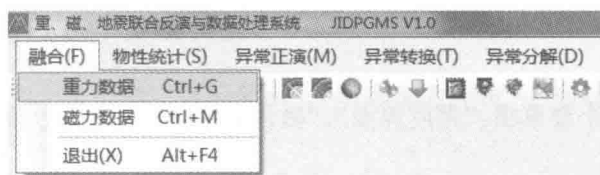


图 1.3 融合菜单

点击“重力数据”项,则进行重力数据的融合;

点击“磁力数据”项,则进行磁力数据的融合;

点击“退出”项,则关闭程序。

例如,在用户点出“重力数据”项时,弹出重力数据融合处理界面(图 1.4)。

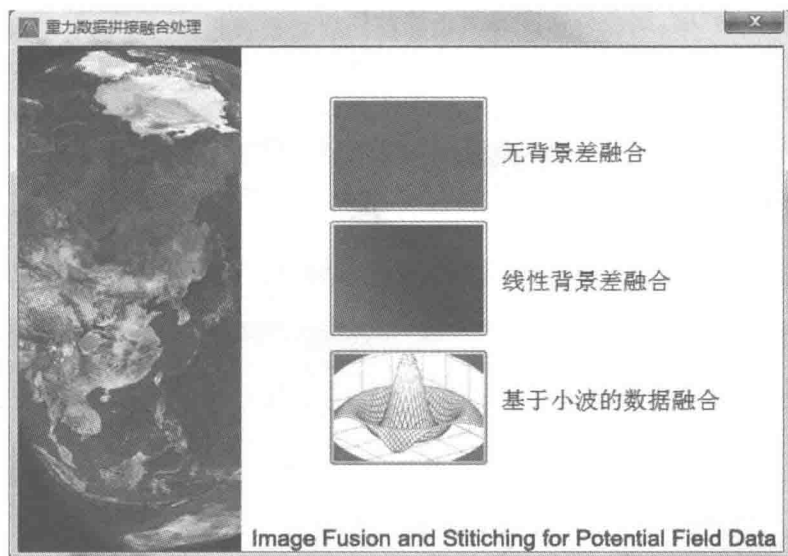


图 1.4 融合处理主界面

该界面中共有三个处理子模块,分别实现不同的功能:无背景差的拼接融合、带线性背景差的拼接融合以及基于小波分析的拼接融合。点击各功能模块左侧的图形按钮,即可进入相应的计算模块,用户通过交互式的参数录入,实现不同方式的数据拼接融合。

1.3.2 物性统计

该菜单包含了两个菜单项:“单参数”、“相互关系及转换”,如图 1.5 所示。



图 1.5 物性统计菜单

- 点击“单参数”项,则进行单一岩石物性数据的统计分析;
- 点击“相互关系及转换”项,则进行不同岩石物性参数的相互关系分析及转换。

1.3.3 异常正演

该菜单包含了四个菜单项:“密度界面”、“磁性界面”、“重力地形改正”、“剖面正演”,如图 1.6 所示。

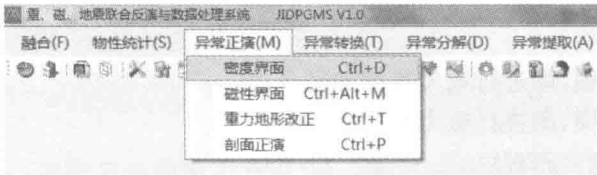


图 1.6 异常正演菜单

- 点击“密度界面”项,则进行密度界面正演计算;
- 点击“磁性界面”项,则进行磁性界面正演计算;
- 点击“重力地形改正”项,则进行重力地形改正计算;
- 点击“剖面正演”项,则进行重磁数据的剖面正演计算。

1.3.4 异常转换

该菜单包含了三个菜单项:“常规化极”、“低磁纬化极”、“伪重力转换”,如图 1.7 所示。

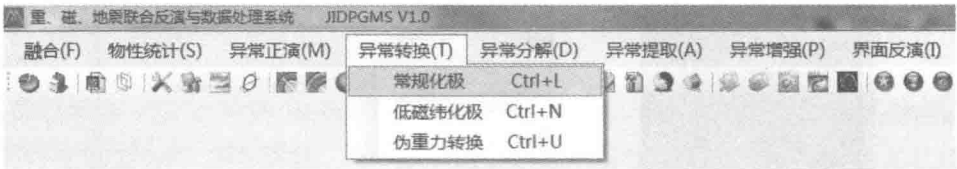


图 1.7 异常转换菜单

- 点击“常规化极”项,则对磁异常数据进行常规化极处理;

点击“低磁纬化极”项，则对磁异常数据进行带特殊处理方法的化极处理；
点击“伪重力转换”项，则将磁异常数据转移为伪重力异常数据。

1.3.5 异常分解

该菜单包含了两个菜单项：“小波分解”、“延拓分解”，如图 1.8 所示。

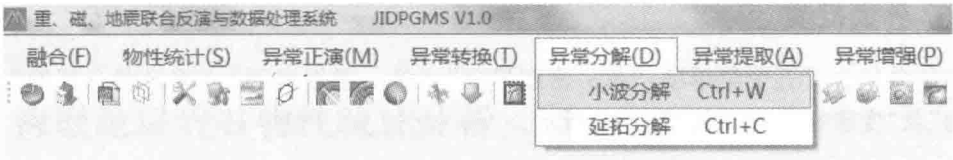


图 1.8 异常分解菜单

点击“小波分解”项，则可以对位场数据进行小波分解；
点击“延拓分解”项，则可以对位场数据进行向上延拓计算。

1.3.6 异常提取

该菜单包含了四个菜单项：“目标界面”、“局部重力异常”、“局部磁力异常”、“剖面数据提取”，如图 1.9 所示。

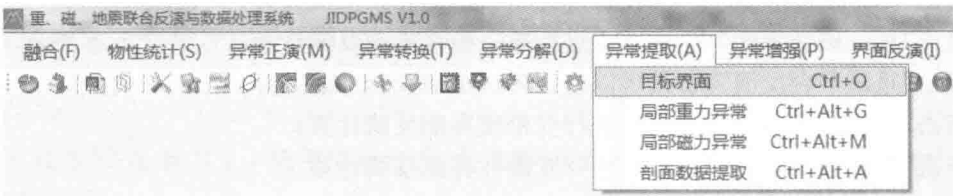


图 1.9 异常提取菜单

点击“目标界面”项，则进行目标界面提取；
点击“局部重力异常”项，则进行局部重力异常提取；
点击“局部磁力异常”项，则进行局部磁力异常提取；
点击“剖面数据提取”项，则进行剖面数据提取。

1.3.7 异常增强

该菜单包含了五个菜单项：“三维解析”、“Tilt 梯度”、“导数相关”、“方差卷积”及“Canny 算子”，如图 1.10 所示。



图 1.10 异常增强菜单

- 点击“三维解析”项,则可以进行重磁数据的三维解析信号计算;
- 点击“Tilt 梯度”项,则可以进行重磁 Tilt 梯度三维信号处理计算;
- 点击“导数相关”项,则可以进行重磁水平梯度与垂直导数相关系数边界识别处理计算;
- 点击“方差卷积”项,则可以进行三维重磁信号各向异性标准化方差卷积边界识别计算;
- 点击“Canny 算子”项,则可以进行三维重磁信号各向异性 Canny 算子边界识别计算。

1.3.8 界面反演

该菜单包含了五个菜单项:“单一密度界面”、“单一磁性界面”、“重磁联合反演”、“变密度界面”及“变磁性界面”,如图 1.11 所示。

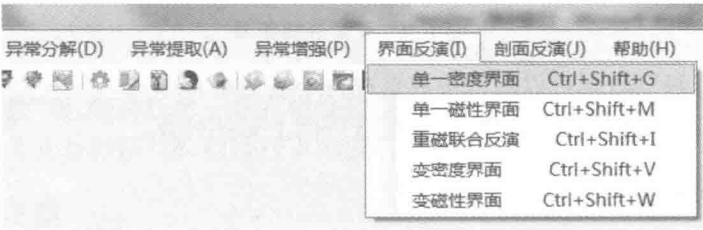


图 1.11 界面反演菜单

- 点击“单一密度界面”项,则可以进行单一密度界面反演计算;
- 点击“单一磁性界面”项,则可以进行单一磁性界面反演计算;
- 点击“重磁联合反演”项,则可以进行界面重磁联合反演计算;
- 点击“变密度界面”项,则可以进行变密度界面反演计算;
- 点击“变磁性界面”项,则可以进行变磁性界面反演计算。

1.3.9 剖面反演

该菜单包含了三个菜单项:“单一孤立场源”、“人机交互反演”、“重磁震联合反演”,如图 1.12 所示。

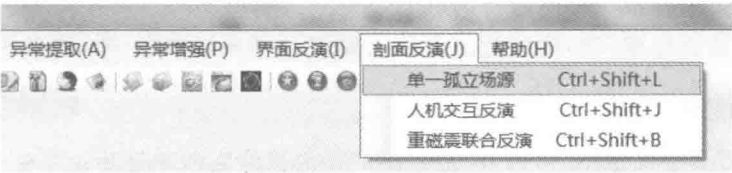


图 1.12 剖面反演菜单

- 点击“单一孤立场源”项,则可以进行 2.5 维同源局部重磁异常反演成像;
- 点击“人机交互反演”项,则可以进行交互式重磁数据反演;
- 点击“重磁震联合反演”项,则可以进行二维重磁震数据资料的联合反演。