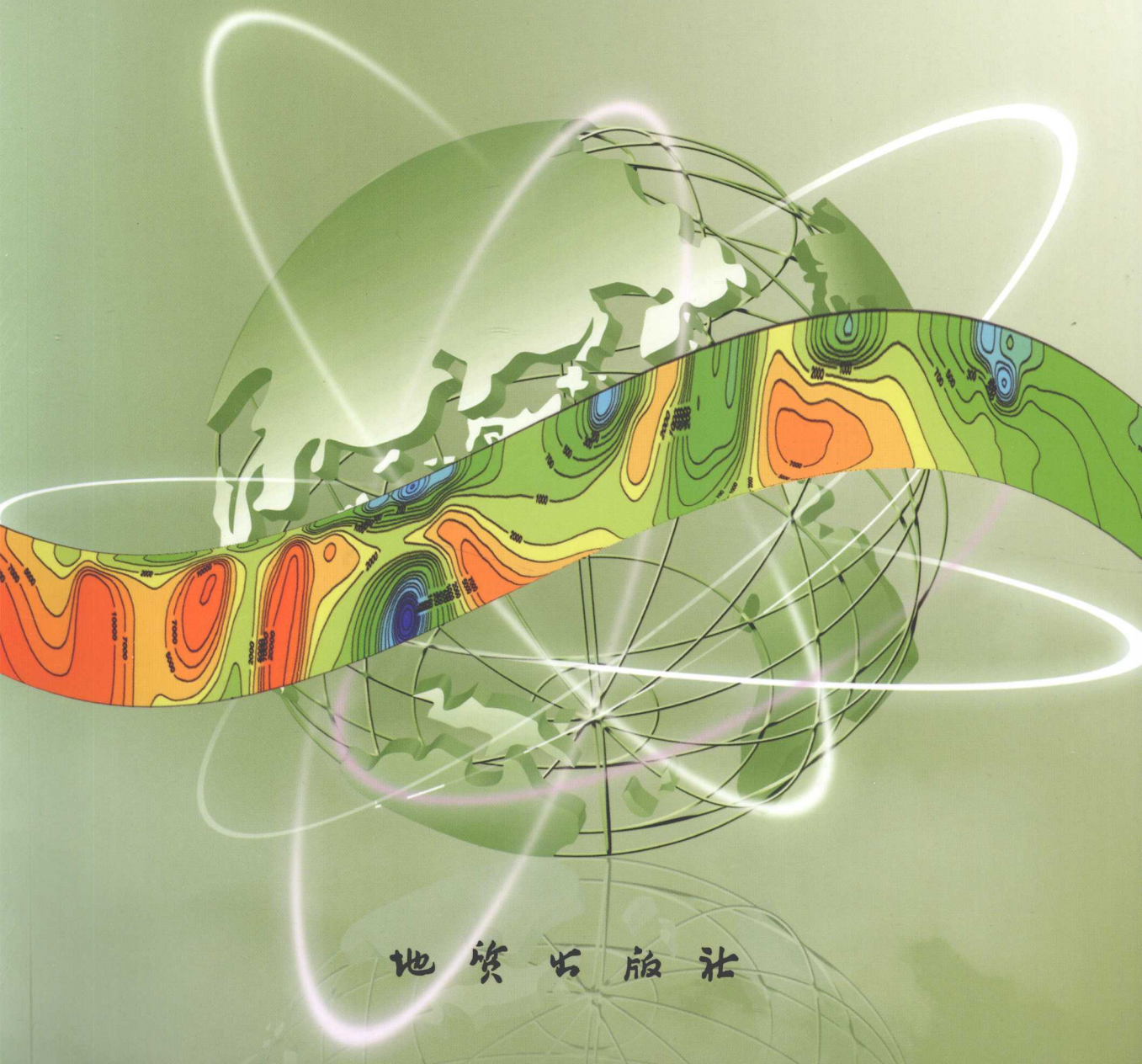


DONGBEI DIQIUWULICHANG YU DIQIAOYANHUA

东北地球物理场与地壳演化

● 刘 财 孟令顺 等著



地质出版社

东北地球物理场与地壳演化

刘 财 孟令顺 吴燕冈 张凤旭 翁爱华 潘保芝
杜晓娟 冯 晷 于小平 韩立国 刘 洋 王 典 等著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

作者通过东北地区区域地球物理资料的再开发和处理、结合新实施的近五千千米的重磁电地球物理综合剖面资料和新开发的地球物理新技术和新方法,对东北地区的构造单元、重点构造现象及盆地属性等进行了深入研究,首次给出了大杨树盆地和松辽盆地间的关系和深部地球物理证据,给出了松辽盆地东部盆地的演化模式和跃进山拼接带的地球物理证据,对东北地区深层油气资源潜力进行了进一步的厘定和分析,建议进一步加强松辽盆地外围盆地的深部“低阻条带”的含油气远景评价工作。

图书在版编目 (CIP) 数据

东北地球物理场与地壳演化/刘财等著. —北京:
地质出版社, 2009. 12
ISBN 978 - 7 - 116 - 06437 - 9

I. ①东… II. ①刘… III. ①地球物理场—研究—东
北地区②地壳—大地演化—研究—东北地区 IV.
①P622②P548. 23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 240162 号

责任编辑: 李云浮 祁向雷
责任校对: 王素荣
出版发行: 地质出版社
社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083
电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324565 (编辑室)
网 址: <http://www.gph.com.cn>
电子邮箱: zbs@gph.com.cn
传 真: (010) 82310759
印 刷: 北京长宁印刷有限公司
开 本: 787 mm × 1092 mm^{1/16}
印 张: 14.5
字 数: 350 千字
版 次: 2009 年 12 月北京第 1 版·第 1 次印刷
定 价: 38.00 元
书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 06437 - 9

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前 言

2002年4月,国土资源部组织油田公司和科研院校召开了全国油气资源战略选区研讨会,经专家组评议,吉林大学提出的《大庆探区外围中、新生代断陷盆地群演化与油气前景》项目建议作为论证筛选出的10个重点油气选区项目之一正式立项。2004年6月,项目正式启动。

东北地区地处西伯利亚和华北两大古板块和太平洋板块所辖持的构造区域内,区内发育有以松辽盆地为代表的一系列中-新生代含油气盆地。特殊的大地构造位置和丰富的油气资源前景使该区成为发展基础地质和石油地质理论,实现中国陆上油气勘探新区、新领域和新层系突破的重要地区之一。大庆油田作为我国石油工业的一面旗帜,几十年来为国家的经济社会发展做出了巨大贡献。为进一步提升我国油气资源的保障能力,保持企业自身的可持续发展,寻找新的油气资源接替区已经成为国家和石油企业的一项紧迫任务。项目研究的意义在于,紧密围绕制约东北地区油气资源勘查工作深入的重大基础地质和石油地质问题,通过多学科的联合攻关,在发展和创新基础地质和石油地质理论的同时,为大庆探区外围中-新生代盆地油气勘探的新突破提供优选目标区,为实现“百年大庆”的宏伟目标提供技术储备和理论支撑。

项目的总体目标是重点研究大庆探区外围中、新生代盆地形成的区域大地构造背景、盆地类型及其演化规律;查明大庆探区外围中、新生代断陷盆地群的油气潜力,优选有利勘探战略目标区。为配合总体研究目标,开展了区域地球物理场与中、新生代盆地构造特征综合研究,重点是研究区域地球物理场基本特征、重要边界构造带和控盆断裂的地球物理场特征、中-新生代盆地结构。

工作区位于北纬 42° 线以北的我国东北地区,包括内蒙古自治区东部、黑龙江省全部和吉林省东部,总面积约 $130 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。大庆探区外围面积大于 1600 km^2 的盆地有13个,总面积约 $16 \times 10^4 \text{ km}^2$,涉及的主要盆地有:东部的汤原盆地、方正盆地、三江盆地、勃利盆地、鸡西盆地、虎林盆地、宁安盆地和延吉盆地;中部的孙吴-嘉荫盆地;西部的大杨树盆地、漠河盆地、根河盆地、拉布达林盆地和海拉尔盆地。

根据盆地颁布实施野外重、磁、电实测剖面总长约5054 km。其中2005年实施7条,长约2500 km;2006年实施5条,总长约1800 km。2005年完成典型测井资料处理25口;2006年完成地震长剖面处理1680 km,完成12口井

的地震记录制作, 22 口井的测井资料解释和 45 口井的测井曲线数字化工作以及近 200 km 的波阻抗岩相反演; 于 2006 年和 2007 年共完成二维地震资料解释 3413 km。

取得的主要成果:

(1) 将东北地区中-新生代盆地划分为西部、中部和东部三大盆地群, 揭示了各盆地群的盆地类型、时空演化规律。明确提出嘉荫-牡丹江断裂和嫩江-开鲁断裂是东北地区晚侏罗世—白垩纪盆地群的分区断裂, 佳-伊断裂和敦-密断裂是该区新生代盆地群的分区断裂。

(2) 利用基于 DCT (离散余弦变换) 的匹配滤波技术, 采用重力小子域、三方向小子域方法对该区构造单元及盆地结构进行了解释, 揭示出众多传统布格重力异常方法未能显示的信息, 大大提高了区域构造单元、重要构造带及盆地结构的识别精度, 发现了一系列可能的隐伏盆地异常区。

(3) 完成 5000 km 重磁电剖面野外数据采集, 采用基于 DCT 的欧拉反褶积技术及界面异常反演等技术, 分别对重、磁、电剖面数据进行了处理解释, 确定了主要控盆断裂的位置、产状及延深, 盆地结构及隐伏构造特征。

(4) 明确提出中部和西部中-新生代盆地之下的上古生界是前景巨大的油气勘探新层系; 东部地区的构造和岩性隐伏盆地是重要的油气勘探新领域。

此项研究成果的负责人为刘财教授、孟令顺教授, 主要研究人员有吴燕冈、张凤旭、翁爱华、潘保芝、杜晓娟、冯暄、于小平、韩立国、刘洋、王典、刘万崧、董瑞春、马淑颜、王世煜、朱仁学等。王世煜对全书的图件进行了整理和绘制, 刘宇巍、张营参加了本书的整理工作。

目 次

前 言

第一章 研究区自然概况及数据采集	(1)
第一节 研究区位置	(1)
第二节 研究区自然概况	(2)
第二章 野外工作及质量评价	(4)
第一节 GPS 测量及质量评价	(4)
一、依据的技术规范	(4)
二、观测方案	(4)
三、内业计算	(5)
四、GPS 测量质量评价	(6)
第二节 重力测量工作及质量评价	(7)
一、重力仪器及其性能	(7)
二、重力数据采集	(8)
三、重力数据整理	(12)
四、重力测量质量评价	(13)
第三节 磁力测量的工作方法与质量评价	(14)
一、磁力仪及其性能	(14)
二、磁测数据采集及精度评价	(15)
三、磁测数据整理	(16)
第四节 大地电磁测深工作及质量评价	(17)
一、野外工作方法	(17)
二、仪器与性能	(19)
三、观测数据质量评价	(23)
第五节 野外数据采集	(23)
第三章 区域地球物理场特征与大地构造单元的划分	(25)
第一节 区域地质概况	(25)
第二节 区域地球物理特征	(26)
一、区域重力场特征	(26)
二、区域航磁 (ΔT) 异常特征	(29)
第三节 区域重磁场的地质解释	(31)
一、莫霍面起伏特征	(31)
二、深大断裂的划分及重磁场特征	(33)

第四章 地球物理数据常规处理方法	(40)
第一节 重、磁数据常规处理	(40)
一、数据网格化与圆滑处理	(40)
二、重、磁数据常规处理方法	(41)
第二节 大地电磁测深 (MT) 数据常规处理	(51)
一、数据编辑	(51)
二、定性分析	(51)
三、极化模式识别	(52)
四、静态校正	(56)
五、一维反演	(57)
六、二维反演	(60)
第五章 重磁场特征及成果解释	(63)
第一节 DB01 剖面重磁场特征及构造研究	(63)
一、重磁异常特征	(63)
二、结晶基底的反演解释	(63)
三、断裂划分	(65)
第二节 DB02 剖面重磁场特征及构造研究	(65)
一、重磁异常特征	(65)
二、结晶基底反演解释	(66)
三、断裂划分	(67)
第三节 DB03 剖面重磁场特征及构造研究	(67)
一、重磁异常特征	(67)
二、结晶基底反演解释	(69)
三、断裂划分	(69)
第四节 DB04 剖面重磁场特征及构造研究	(69)
一、重力异常特征	(69)
二、结晶基底反演解释	(70)
三、断裂划分	(71)
第五节 DB05 剖面重磁场特征及构造研究	(71)
一、重磁异常特征	(71)
二、结晶基底反演解释	(72)
三、断裂划分	(73)
第六节 DB06 剖面重磁场特征及构造研究	(73)
一、重力异常特征	(73)
二、结晶基底反演解释	(75)
三、断裂划分	(75)
第七节 DB07 剖面重磁场特征及构造研究	(75)

一、重磁异常特征	(75)
二、结晶基底反演解释	(77)
三、断裂划分	(77)
第八节 XB01 剖面重磁场特征及构造研究	(78)
一、重磁异常特征	(78)
二、结晶基底反演解释	(78)
三、断裂划分	(78)
第九节 XB02 剖面重磁场特征及构造研究	(80)
一、重磁异常特征	(80)
二、结晶基底反演解释	(80)
三、断裂划分	(80)
第十节 XB03 剖面重磁场特征及构造研究	(82)
一、重磁异常特征	(82)
二、结晶基底反演解释	(82)
三、断裂划分	(82)
第十一节 XB04 剖面重磁场特征及构造研究	(85)
一、重磁异常特征	(85)
二、结晶基底反演解释	(88)
三、地质构造综合解释	(88)
第十二节 XB05 剖面重磁场特征及构造研究	(89)
一、重磁异常特征	(89)
二、结晶基底反演解释	(89)
三、地质构造综合解释	(90)
第十三节 重力资料解译成果的地震约束	(92)
一、深度约束结果	(92)
二、局部构造形态约束结果	(97)
第六章 大地电磁测深 (MT) 资料处理与解释	(98)
第一节 DB01 剖面 MT 成果初步解释	(98)
第二节 DB02 剖面 MT 成果初步解释	(99)
第三节 DB03 剖面 MT 成果初步解释	(102)
第四节 DB04 剖面 MT 成果初步解释	(102)
第五节 DB05 剖面 MT 成果初步解释	(104)
第六节 DB06 剖面 MT 成果初步解释	(106)
第七节 DB07 剖面 MT 成果初步解释	(106)
第八节 XB01 剖面 MT 成果初步解释	(111)
第九节 XB02 剖面 MT 成果初步解释	(113)
第十节 XB03 剖面 MT 成果初步解释	(116)

第十一节	XB04 剖面 MT 成果初步解释	(117)
第十二节	XB05 剖面 MT 成果初步解释	(122)
第七章	新技术、新方法的开发与使用	(125)
第一节	高精度重力异常数据处理与解释技术	(125)
第二节	远参考技术理论与应用	(131)
一、	远参考方法原理	(131)
二、	处理效果分析	(132)
第三节	随机噪声消除技术——多级中值滤波器	(137)
第八章	松辽盆地北部外围地球物理场与盆地构造的划分	(139)
第一节	虎林盆地	(139)
一、	断裂带的划分	(139)
二、	构造分区	(142)
三、	基底起伏形态	(143)
第二节	勃利盆地	(143)
一、	断裂划分	(146)
二、	构造分区	(146)
三、	基底起伏形态	(147)
第三节	鸡西盆地	(148)
一、	断裂带的划分	(148)
二、	构造分区	(148)
三、	基底起伏形态	(152)
第四节	汤原断陷	(152)
一、	断裂带的划分	(152)
二、	构造分区	(153)
三、	基底起伏形态	(156)
第五节	三江盆地	(156)
一、	DB05 剖面地球物理综合解释	(156)
二、	DB06 剖面地球物理综合解释	(161)
第六节	孙吴-嘉荫盆地	(165)
一、	DB07 剖面地球物理综合解释	(165)
二、	XB01 剖面地球物理综合解释	(171)
第七节	漠河盆地	(177)
一、	断裂带的划分	(180)
二、	构造分区	(181)
三、	基底起伏形态	(182)
第八节	根河盆地	(183)
一、	断裂带的划分	(186)

二、构造分区·····	(187)
三、基底起伏形态·····	(189)
第九节 海拉尔盆地·····	(190)
一、断裂带的划分·····	(191)
二、构造分区·····	(197)
三、基底起伏形态·····	(199)
第十节 大杨树盆地·····	(199)
一、断裂带的划分·····	(201)
二、构造分区·····	(204)
三、基底起伏形态·····	(206)
第九章 典型盆地地质现象的地球物理特征·····	(208)
第一节 松辽盆地与大杨树盆地关系的地球物理特征·····	(208)
一、速度结构特征·····	(208)
二、非震地球物理资料特征·····	(210)
三、一般认识·····	(212)
第二节 东北亚跃进山拼贴带与油气盆地电性综合特征·····	(212)
一、地电学资料位置与采集情况·····	(213)
二、5条 MT 剖面电性结构特征·····	(213)
三、研究区岩石圈电性结构的立体模型及其解释·····	(216)
四、讨论·····	(217)
参考文献·····	(219)

第一章 研究区自然概况及数据采集

第一节 研究区位置

2005年“区域地球物理场与中、新生代盆地构造特征”课题组野外工作区主要位于黑龙江省东部的黑河—伊春—牡丹江一线的东侧，测区范围为东经 $127^{\circ}14'$ ~ $133^{\circ}53'$ ，北纬 $45^{\circ}37'$ ~ $49^{\circ}34'$ 。在此范围内共分布7条地球物理测量剖面，总长度近2300 km，各剖面的具体位置及长度见图1-1、表1-1。

2006年野外工作主要布置在黑龙江省西北部的北安地区和漠河地区以及内蒙古自治区的呼伦贝尔市。测区范围为东经 $119^{\circ}14'$ ~ $127^{\circ}15'$ ，北纬 $47^{\circ}09'$ ~ $53^{\circ}18'$ 。在此范围内共布设5条地球物理测量剖面，总长度近1800 km，各剖面的具体位置及长度见图1-1和表1-1。

表1-1 野外地球物理剖面测量的工作路线

年份	剖面编号	工 作 路 线	测线长度/km
2005	DB01	兴凯湖农场-荒岗头-东村子-856农场场部-宝东镇-虎林市-迎春镇-青山农场	240
	DB02	当壁镇-知一镇-密山西-裴德镇-兴凯镇-宝山镇-夹信子-宝清县	190
	DB03	绥芬河-绥阳镇-八面通收费站-恒山-西市-滴道区-兴岩镇-七台河相火山区-茄子河区-北兴农场-三合-七星镇	460
	DB04	道台桥镇-依兰县-迎兰-丹清河林场	100
	DB05	东风林场-鹤立镇-守望村-鹤立河农场六分场-双兴-桦川镇-上河基镇-富锦市-头林镇-宏胜镇-九连-西丰镇-小佳河镇-胜利农场-前锋农场	450
	DB06	抓吉镇-浓桥镇-寒葱沟镇-二道河农场-前锋农场-前进农场-清河-同江市	250
	DB07	嘉荫河口-嘉荫县-乌云镇-新兴-逊克县-孙吴县-辰清镇	450
2006	XB01	辰清镇-龙门农场-龙镇-建华林场-北安市-赵光镇	180
	XB02	兴安镇-龙河林场-阿木尔林场-绿林林场-白卡鲁山林场	160
	XB03	太平林场-莫尔道嘎镇-德耳布尔镇-根河市-伊图里河镇-甘河镇-阿里河镇-加格达奇	440
	XB04-1	恩和-额尔古纳市-海拉尔市-伊敏河镇-伊敏苏木	420
	XB04-2	八大关牧场-呼和温都日	60
XB05	牙克石市-博克图镇-巴林镇-扎兰屯市-碾子山区-齐齐哈尔市-林甸县	540	

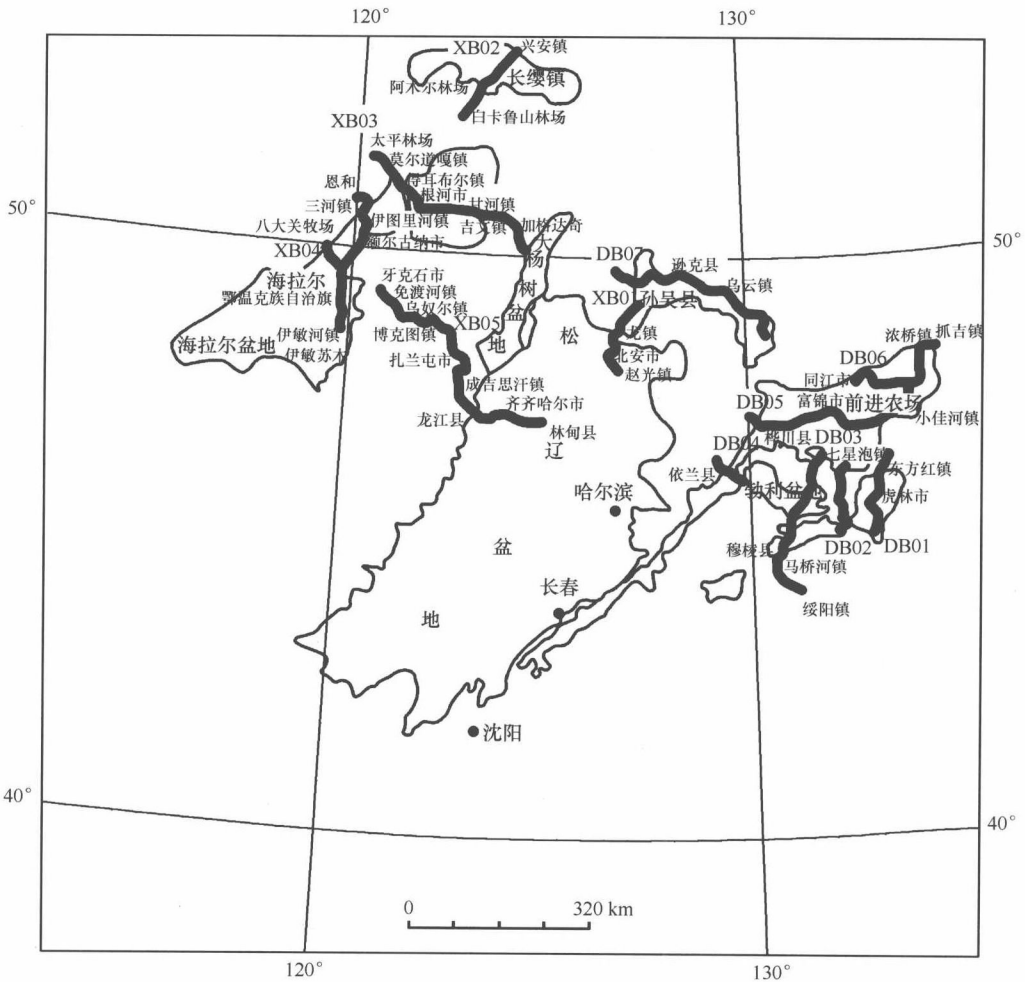


图 1-1 地球物理野外测量路线图

第二节 研究区自然概况

研究区位于中国的东北部，主要隶属于黑龙江省和内蒙古自治区。北面以黑龙江为界；东面为乌苏里江；南部与吉林省接壤；西部与蒙古人民共和国接壤。区内分布的山脉主要有大、小兴安岭，张广才岭以及完达山脉。平原主要有三江平原、松嫩平原。山区海拔在 600 ~ 1400 m，平原地区海拔为 50 ~ 200 m。

研究区水系发育，主要河流均属黑龙江水系。除黑龙江中段河水走向为北西向外，其上游额尔古纳河，支流松花江、乌苏里江等河水流向均为北东或者近北东向。区内较大的湖泊有呼伦湖、兴凯湖和镜泊湖。

研究区气候大部分属于中温带，最北部漠河地区属北温带，同属大陆性季风气候，是我国气温最低的区域，季节冬长夏短，冬季在极地大陆气团控制之下，气候严寒、干燥；

春季干燥多风，夏季酷热多雨，秋季温和凉爽，降温急剧，年平均降水量 425 mm，雨量 70% 集中在 6~8 月。逢雨季节，草地往往形成沼泽。总体适宜野外作业测量时间较短。

研究区交通比较方便，主要的公路交通干线有国道 201 线、省道 30 线和 301 线等，较大乡镇之间一般都有县乡道相连，其中四成以上的路面为水泥路面，其他为沙石路。野外数据采集工作的路线在不影响地质工作任务的前提下，均沿不同等级的乡路进行。另外，测线内均有不同规模的城镇分布，如：孙吴、逊克、宝清、塔河和漠河等县和鸡西、佳木斯、七台河、绥芬河、根河、海拉尔以及齐齐哈尔等市。另外，本次工作的时间，正为气候干燥的夏、秋两季（7~9 月份），以上这些条件都给本次工作在交通、住宿以及仪器操作方面带来便利。

第二章 野外工作及质量评价

“区域地球物理场与中、新生代盆地构造特征”课题下设4个专题，涉及重力、磁法、电法、地震以及测井等5种地球物理勘探方法。根据项目的地质任务以及本课题经费数量，只能安排重力、磁法和电法等3种地球物理方法进行野外实际测量，以待获得高精度的第一手野外数据资料。为了布设地球物理野外测量路线并获得各个测点的点位数据（包括测点平面位置及高程），组建了测量队（简称GPS队）。

2005年7月10日~7月31日，课题组进行了野外工作踏勘，并于8月10日组成了4个地球物理测量队正式开始野外作业。9月23日结束野外数据采集工作，历时45天。

2006年6月30日~7月14日，进行了野外踏勘。通过踏勘，结合野外实际情况，对原有设计的野外工作路线进行了部分修改，并于同年8月1日~9月15日进行了野外数据采集，历时46天。

本章主要介绍这4个测量队的野外工作及质量评价。

第一节 GPS测量及质量评价

一、依据的技术规范

本次GPS测量的技术依据为《全球定位系统（GPS）测量规范（GB/T 18314—2001）》、《国家三、四等水准测量规范》及其补充规定和《石油物探测量规范》。

研究区已收集到的水准点资料有总参测绘局1958~1960年施测的四等水准点，全部为1954北京坐标系下的成果。在本次任务中，联测了具有1954北京坐标系下的成果四等水准点，同时联测的有国家测绘局的9个B级GPS点。

测区地形图有各种比例尺，依据GPS测量的实际情况，选择总参测绘局1984年编制的1:5万地形图和国家测绘局1981年编制的1:5万地形图作为工作参考。此外，测区内有国家测绘局提供的四等水准点和B级GPS点标记。观测时以这些已知点作为高程控制的依据。

在野外观测过程中发现存在个别点位 15° 高度角以上有成片障碍物或距离各种电磁干扰源过近或点位被破坏的现象，这些点主要位于城镇或人口过密地区，由于这些原因，对于这些点没有进行观测。

二、观测方案

野外数据采集的坐标系统为WGS-84坐标系，该系统中的参考椭球体几何参数为：长半径 $a=6378137$ m；短半径 $b=6356752$ m；地球扁率 $\alpha\approx 1/298.2572$ 。

数据进行平差后的坐标系统为1954北京坐标系，该系统参考椭球体的参数为：长半

径 $a = 6378245$ m; 短半径 $b = 6356863$ m; 地球扁率 $\alpha \approx 1/298.3$ 。

2005 年野外工作使用了 3 台诺瓦泰 2100 和 3 台 Ashtech ProMark II 共计 6 台单频测地型 GPS 接收机作为观测用机。2006 年也使用了 6 台 GPS 接收机作为观测用机, 但其中 3 台为美国天宝公司生产的新型 R8 双频测地型 GPS 接收机, 另外 3 台为 Ashtech ProMark II 单频测地型 GPS 接收机。其中双频接收机的精度为 $0.5 \text{ mm} \pm 1 \times 10^{-6}$ 。单频接收机的精度为 $5 \text{ mm} \pm 1 \times 10^{-6}$ 。这 3 种机型观测精度均满足本次野外测量的精度要求。

野外观测方式采用的是快速相对静态定位测量模式。在观测前一天, 依据控制网略图和当地的交通状况制定作业计划, 并填写作业调度单, 下发给每名作业人员。作业人员到达点位后, 均首先检查点位是否适合观测, 观测点位一般要达到如下要求:

(1) 视野开阔, 视场内障碍物的高度角不超过 15° 。

(2) 附近没有强烈反射卫星信号的物体, 如大型建筑物、平静的水面、大面积的水泥地面等。

(3) 远离大功率的无线电发射源, 如电视台、电台、微波中继站等。其距离不得小于 200 m。

(4) 远离高压输电线和微波无线电传送通道, 其距离不得小于 50 m。

满足上述要求后, 要在测点架设 GPS 接收机天线, 先采用垂球进行对中, 天气状况恶劣时, 则采用光学对点器对中。整平天线时以基座上的圆水准气泡为标准进行。调整基座螺旋, 使气泡居于中心小圈内并不再移动, 整平完毕。采用钢尺量取天线高, 不进行温度改正。天线高由标石中心量至天线护圈中心, 间隔 120° 量取 3 次, 读数至毫米, 两次读数互差小于 3 mm, 取 3 次读数的平均值作为观测前天线高量测值, 在观测结束后, 再量取 3 次天线高, 取 3 次读数的平均值作为观测后天线高量测值。取观测前天线高量测值和观测后天线高量测值的平均值作为最后天线高的量测值。

接收机中记录的原始数据文件名 (即 GPS 数据文件名) 由 8 位阿拉伯数字组成, 前 4 位为接收机编号, 后 4 位为年、月、日。

在每个 GPS 观测点位上, 作业人员在开始观测前 5 ~ 10 min 开机预热, 设置 GPS 接收机各项参数 (数据采样间隔: 15s; 截止高度角: 15°), 然后, 输入点号, 天线高, 确认后开始记录数据。记录数据时间为 15 min。待观测结束, 清理装备, 撤离观测点位。

三、内业计算

GPS 平差软件采用天宝公司的 Trimble Geomatics Office 1.63、诺瓦泰公司的 Spectrum Survey Ver 3.22 以及阿什泰克公司的 Ashtech Solution 中文版 3 种随机软件。数据传输在观测当天进行, 以人机交互方式传输, 在传输过程中作业人员对照手簿核对以下两项内容: 原始观测数据的文件名和 GPS 接收机的天线高。在检查过程中对观测手簿记录的数据与仪器记录的数据不一致的情况, 均查明原因, 确保录入数据正确。

在获得原始观测数据后, 进行基线解算。在基线解算过程中, 当基线长度较大时则采用线性组合进行电离层改正; 进行对流层改正时改用模型为 Hopfiled; 解算采用的卫星星历为广播星历; 对于长度在 15 km 内的基线, 须采用双差固定解, 15 km 以上的基线在双差固定解和双差浮点解中选择最优结果。

在基线组成的基线网中, 做以下各项检查:

(1) 于同一时段观测值的数据剔除率, 其值要小于 10%。

(2) 对于同一时段解得的基线, 检查所有的三边同步环闭合差, 各坐标分量闭合差符合下式规定:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma, W_y \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma, W_z \leq \frac{\sqrt{3}}{5}\sigma$$

其中

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d \cdot 10^{-6})^2} = 5.1 \text{ mm}$$

(3) 两次测量基线的长度之差 d_s , 比较后满足下式的规定: $d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma$ 。

(4) 若干条独立观测边构成闭合环时, 各坐标分量闭合差符合下式规定:

$$W_x \leq 3\sqrt{n}\sigma, W_y \leq 3\sqrt{n}\sigma, W_z \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

以上关系式中: a 为固定误差; b 为比例误差系数; d 为相邻点间平均距离 (以千米为单位); n 为闭合环边数; σ 的单位为 mm。

最后, 选取各项指标合格的基线组成基线网。先对基线网进行三维无约束平差。该平差在 WGS-84 坐标系下进行, 平差中, 基线分量的改正数绝对值 ($V_{\Delta x}$, $V_{\Delta y}$, $V_{\Delta z}$) 满足下式:

$$V_{\Delta x} \leq 3\sigma, V_{\Delta y} \leq 3\sigma, V_{\Delta z} \leq 3\sigma$$

σ 为相应级别规定的基线精度。

三维平差是以通过的三维无约束平差的基线网为基础, 并在 WGS-84 坐标系下进行的。

二维平差以通过三维无约束平差的基线网为基础并在 1954 北京坐标系下进行。采用高斯-克里格投影, 中央经线 2005 年为 $E129^\circ$ 、 135° , 2006 年为 $E117^\circ$ 、 126° 。在二维约束平差中对已知点坐标进行强制约束。

四、GPS 测量质量评价

本次 GPS 测量基线质量采用基线 Ratio 值及闭合差作为指标衡量, 两项指标均达到规范要求, 基线质量较好。控制网精度采用三维无约束平差成果衡量。

1. 完成工作量

2005 年: GPS 测量点 1847 个, 导线总长度近 2200 km。

实测物理点 1847 个, 检查点个数 37 个, 占总数的 2%。

2006 年: GPS 测量点 1715 个, 导线总长度近 1800 km。

实测物理点 1715 个, 检查点个数 42 个, 占总数的 2.4%。

2. 精度评价

精度评价公式: $m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$ (其中, v 代表改正数, n 代表点的个数)

2005 年 自评: 平面点位误差: 2.55 m; 高程点位误差: 0.25 m。

复评: 平面点位误差: 2.95 m; 高程点位误差: 0.29 m。

2006 年 自评: 平面点位误差: 1.55 m; 高程点位误差: 0.25 m。

复评: 平面点位误差: 1.95 m; 高程点位误差: 0.29 m。

总之, 本次测地工作, 依靠先进精密的测量仪器, 科学施工, 严密管理, 精度可靠,

各项指标均达到规范中的相关要求，圆满地完成了任务。

第二节 重力测量工作及质量评价

一、重力仪器及其性能

本次工作使用3台 Worden 型（美国产）重力仪，按照《重力勘探技术规程》的要求，在野外数据采集之前，对这3台重力仪各项性能指标进行了测试。

（一）格值的规定

2005年8月2日和2006年4月14日，分别利用国家建立的北京高崖口重力基线中的2号和3号基点对投入使用的1018、941和1104仪器的格值进行了标定，2号和3号基点的重力差为 $64.717 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。使用三程小循环观测取得7个合格的独立增量，经计算给出重力仪的格值。其中1018仪器格值为 $0.104356 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ，941仪器的格值为 $0.084302 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ，1104仪器格值为 $0.097582 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

（二）静态零点漂移试验

2005年8月3日至8月4日，对1018和941仪器进行了24h的静态观测试验，取样间隔为30min，零点漂移曲线见图2-1。从图中可以看出，两台仪器所测曲线形态基本一致，零点漂移小，规律性强，两台仪器在24h内大致呈线性变化。

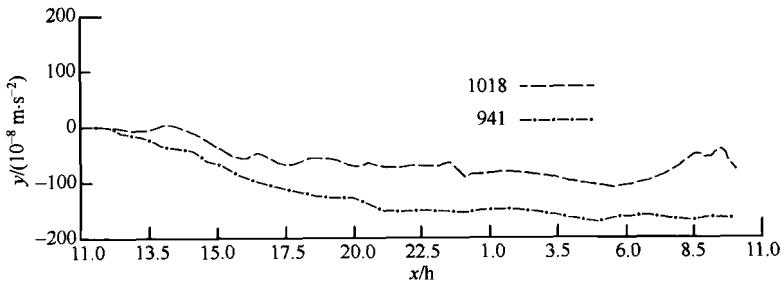


图2-1 静态零点漂移曲线

2006年4月18日至4月19日，对1018、1104和941仪器进行了24h的静态观测试验，取样间隔同样为30min，零点漂移曲线见图2-2。从图中可以看出，3台仪器所测曲线形态基本一致，规律性强，3台仪器在24h内大致呈线性变化。

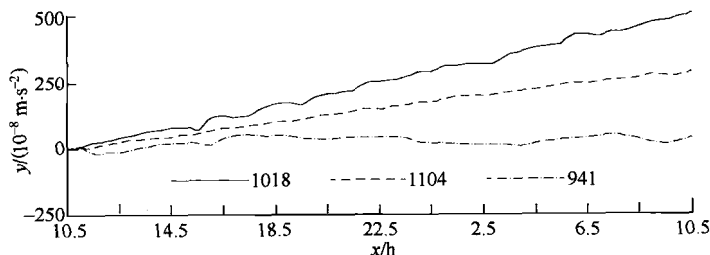


图2-2 静态零点漂移曲线