



滨里海盆地油气地质 特征与成藏组合

徐传会 钱桂华 张建球 郭念发 编著

石油工业出版社

滨里海盆地油气地质 特征与成藏组合

徐传会 钱桂华 张建球 郭念发 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书详述了滨里海盆地的形成与演化特征、油气聚集与成藏规律,总结了盆地盐上层系与盐下层系两种成藏模式。盐下层系油气藏作为滨里海盆地的主力油气藏,地质情况复杂,书中对其油气勘探适用的地球物理方法及其属性解释进行了较为详细的叙述。

本书可供从事油气地质研究的科研人员与高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

滨里海盆地油气地质特征与成藏组合 / 徐传会等编著.
北京:石油工业出版社,2009.1
ISBN 978-7-5021-6874-2

I . 滨…

II . 徐…

III . ①含油气盆地—石油天然气地质—研究

②含油气盆地—油气藏—形成—研究

IV . P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 172576 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 10.25

字数: 260 千字 印数: 1—1000 册

定价: 50.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

里海盆地是一个巨大的沉积盆地，地理上通常划分为南里海盆地、中里海盆地和北里海盆地。北里海盆地往往也被称为滨里海盆地，是本书研究和阐述的重点地区。该盆地位于里海盆地的北部，呈近南北向延伸，南北长约 850km，东西宽约 550km，面积约 $55 \times 10^4 \text{km}^2$ 。盆地的主体位于哈萨克斯坦境内，哈萨克斯坦拥有的盆地面积占全盆地面积的 80% 以上，盆地的北部、西部以及盆地的西南部延伸进入俄罗斯。

整个里海盆地是个蕴藏着丰富能源的“聚宝盆”，石油资源丰富，里海两岸的巴库和东岸的曼格什拉克半岛地区，以及里海的湖底，是重要的石油产区。在发现中东石油之前，里海盆地称得上是世界石油市场的支柱。1901 年，里海盆地的原油产量达到 $1100 \times 10^4 \text{t}$ ，占当时世界原油总产量的 50%。在当时的世界石油贸易中，里海盆地原油产量占 30%。1940 年，仅阿塞拜疆一个地区的石油产量就达 $2200 \times 10^4 \text{t}$ ，占当时的苏联全国产量的 70%。据保守估计，里海盆地的石油储量达 $(500 \sim 1900) \times 10^8 \text{bbl}$ 。目前，里海盆地的石油开采主要局限在陆地，随着海洋石油开采技术的进步以及全球石油需求的进一步扩大，里海盆地近年再度掀起了石油天然气勘探开发的高潮。

滨里海盆地是一个大型裂谷盆地，充填了巨厚的沉积建造，沉积层系最大厚度达 12km。在巨厚的沉积层系中，古生界及中生界下三叠统以海相沉积为主，沉积建造为海相碳酸盐岩和碎屑岩，包括生物礁灰岩。晚二叠世盆地整体抬升，海相盆地处于封闭的蒸发状态，下二叠统孔谷阶（Kungurian）发育 3 ~ 5km 厚度的盐岩、石膏沉积。盐岩、石膏沉积之后，盆地再次整体沉降，晚二叠世—三叠纪盆地又经历了一次大规模海侵，为浅海陆棚环境，局部为海陆过渡三角洲相。早三叠世末期海相沉积基本结束，开始了向陆相盆地的转化过程，侏罗纪—白垩纪在盆地不同地区形成了湖泊和河流环境。

滨里海盆地内充填了巨厚的古生代、中生代和新生代沉积物，在剖面上可分为三套地层组合，即盐下层系、含盐层系和盐上层系。盐下层系为下古生界—下二叠统，包括巨厚的碎屑岩和碳酸盐岩，在泥盆纪—早二叠世期间，滨里海盆地周缘广大地区普遍发育碳酸盐沉积，在许多古隆起上还发育生物礁体，说明这一时期盆地的滨、浅海地带具有浅、清、暖的沉积环境，盆外陆源碎屑供应较少。含盐层系为下二叠统上部孔谷阶。早二叠世后期由于持续构造抬升，盆地气候变得干旱，海水变浅，潮上带蒸发环境发育，以致这一时期广泛发育盐类沉积，形成含盐层系，主要由盐岩和硬石膏层构成，并形成许多大小不等的盐丘构造。以含盐层系为标志，其下为盐下层系，其上为盐上层系。盐上层系为上二叠统—第四系，主要为碎屑岩，在局部地区有碳酸盐岩。由于二叠纪的盐岩运动，形成约 1800 个有利的油气圈闭构造，这些圈闭构造发育于不同的盐岩运动阶段，分布在盆地的不同地区。盐岩构造在大小、形状等方面的差异即代表了盐岩厚度及充填历史在区域上的差异，也在某种程度上决定了油气的勘探前景。

滨里海盆地从海相沉积向陆相沉积的转变过程中，形成了特征不同的油气成藏组合，以下二叠统孔谷阶膏盐沉积为标志，其上发育盐上油气成藏组合，其下发育盐下油气成藏组合。盐上油气成藏组合以小型油气田发育为特征，其储量与产量均不大。盐下层系油气

成藏组合具有发育大型油气田的地质条件，但盐下油气成藏地质条件复杂，具有埋藏深、储层物性差、地震资料分辨能力低等特点，从而极大地增加了勘探的地质风险。

滨里海盆地的石油天然气储备十分丰富。其中哈萨克斯坦的阿特劳州已探明的油气田（藏）共有 79 处。该州已开发的田吉兹、克罗列夫、肯拜和伊马舍夫四大油气田最为有名，其石油储藏总量为 $17.27 \times 10^8 \text{t}$ ，天然气储藏总量为 $8655 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2003 年生产石油 $2200 \times 10^4 \text{t}$ 。哈萨克斯坦的曼吉斯套州是滨里海盆地的另一个富油区，其已探明油气田（藏）共 69 处，已开发 27 处。2003 年该州石油（包括凝析油）产量为 $1365 \times 10^4 \text{t}$ 。据现有资料显示，滨里海盆地陆架石油总储量为 $130 \times 10^8 \text{t}$ ，其中卡什甘油田储量为 $50 \times 10^8 \text{t}$ 。卡拉恰加纳克凝析油气田是一个世界级的巨型油田，据评估，其石油储量达 $27 \times 10^8 \text{t}$ ，年开采石油 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 、天然气 $70 \times 10^8 \text{m}^3$ 。哈萨克斯坦的克孜勒奥尔达州已探明的油气田（藏）共 11 处，年产石油 $500 \times 10^4 \text{t}$ 。

除丰富的石油资源外，滨里海盆地的天然气资源也十分丰富，已探明的大规模天然气储量均位于滨里海盆地的盐下层系中，中、小型天然气田产于盐上地层中，且不含硫化物。已探明和评估过的天然气储量（A，B，C1 级）为 $3.3 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，其中 $2.3 \times 10^{12} \text{m}^3$ 在陆地， $1 \times 10^{12} \text{m}^3$ 在滨里海大陆架。如果再加上远景储量，哈萨克斯坦境内的天然气储量将达到 $(6 \sim 8) \times 10^{12} \text{m}^3$ 。

目前商品气开采及生产都集中在田吉兹、坚戈、托尔肯（Толкын）、卡拉恰加纳克及扎纳诺尔油田以及阿曼格尔登气田。2003 年商品气的产量达到 $120 \times 10^8 \text{m}^3$ ，2007 年天然气产量达到大约 $298.3 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

本书共分八章，第一章、第二章由钱桂华编写，第三章、第八章由张建球编写，第四章、第五章由徐传会编写，第六章、第七章由郭念发编写，全书由郭念发修改统编。

在本书的编写过程中，得到了杜廷俊、杨怀义、赵凤英、刘志勇、林松辉、饶轶群、周纳、郑绍贵、郭春雷、王蕴、巩洪春、刘广春、刘文波、李彦忱、史海英、古俊林、李颖洁、李秀、吴永红的帮助与指导。他们根据自己在滨里海盆地油气勘探开发中所积累的经验与宝贵资料，给本书提出了富有建设性的意见，使我们受益匪浅。如果没有他们的工作，没有他们的帮助，我们是无法编撰完成这部学术著作的。在此，特向他们表示感谢！

由于资料和勘探程度的限制，书中可能存在许多缺点错误，敬请批评指正。

作 者

2008 年 10 月 10 日

目 录

第一章 滨里海盆地地球物理场特征·····	1
第一节 重力场特征·····	1
第二节 磁场特征·····	5
第三节 地温场特征·····	7
第二章 滨里海盆地深部地质结构特征·····	9
第一节 地壳与上地幔结构特征·····	9
第二节 深部断裂系统·····	12
第三章 滨里海盆地构造演化特征·····	14
第一节 盆地基底与内部结构划分·····	14
第二节 盆地构造演化·····	19
第四章 滨里海盆地沉积环境与沉积建造特征·····	24
第一节 沉积环境与沉积相·····	24
第二节 沉积建造特征·····	32
第三节 Adaiski 地区沉积建造与沉积环境分析·····	37
第四节 盐岩运动与盐丘构造·····	42
第五节 烃源岩建造特征·····	48
第五章 滨里海盆地油气成藏组合特征·····	55
第一节 油气勘探历史与物探工作程度·····	55
第二节 油气成藏组合特征·····	59
第三节 盆地东南部油气成藏模式·····	79
第六章 滨里海盆地盐下层系油气藏地球物理勘探方法·····	83
第一节 盐下层系构造成像技术·····	83
第二节 盐下层系地震资料反演技术·····	90
第三节 速度场的建立与圈闭描述·····	96
第七章 滨里海盆地盐下层系地质属性解释·····	107
第一节 盐下层系地震资料解释·····	107
第二节 盐下层系测井资料解释·····	112
第八章 滨里海盆地油气成藏实例分析·····	129
第一节 Sagziski 地区盐上层系油气成藏实例分析·····	129
第二节 Adaiski 地区盐下层系油气成藏实例分析·····	146
参考文献·····	158

第一章 滨里海盆地地球物理场特征

滨里海盆地具有特殊的重力场、磁场和地温场, 与其周围地区相比较, 具有特殊的地球物理场特征。滨里海盆地地球物理场的变化, 是由滨里海盆地地壳和上地幔等深部地质结构的不同特点决定的。本章从盆地重力场、磁场和地温场表现特征出发, 对决定它们表现形式的深部地质结构包括地壳及上地幔的存在形式进行分析, 这些分析结论经常被认为是含油气盆地特征分析与油气成藏分析的基础。

第一节 重力场特征

滨里海盆地构造上位于东欧地台的东南边缘,为克拉通边缘前陆盆地,东部和东南部与乌拉尔海西褶皱带相邻(图1-1)。盆地结晶基底为太古宙和中元古代片麻岩、角闪石岩、片岩、石英岩和花岗岩。盆地的结构大体上可以划分为北部的伏尔加—乌拉尔台背斜和南部的滨里海台向斜两大构造区。周围发育大型深部断裂带,这些深部断裂带往往是盆

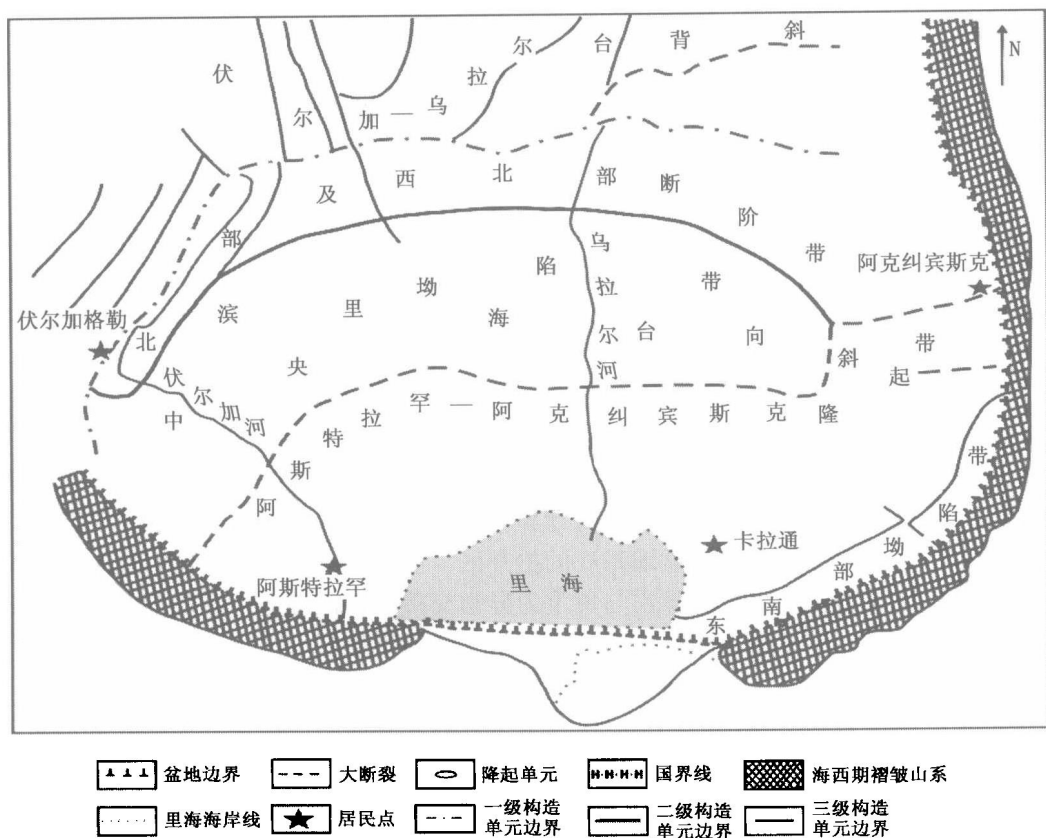


图 1-1 滨里海盆地区域构造位置图

地边界的分界线。滨里海台向斜可进一步划分为北部断阶带、中央拗陷带、南部阿斯特拉罕—阿克纠宾斯克隆起带和东南部拗陷等次级构造单元。滨里海盆地在元古宙末期为克拉通边缘拗陷，在早元古代位于俄罗斯地台的东南边缘。盆地的东部延伸于乌拉尔海西褶皱带，南部与东南部以海西造山带为界。北部俄罗斯地台构造抬升运动形成大型断裂和西部的瓦洛纳兹（Voronezh）地块以及北部的伏尔加—乌拉尔台背斜，将滨里海盆地与地台分隔开来（图 1-2）。

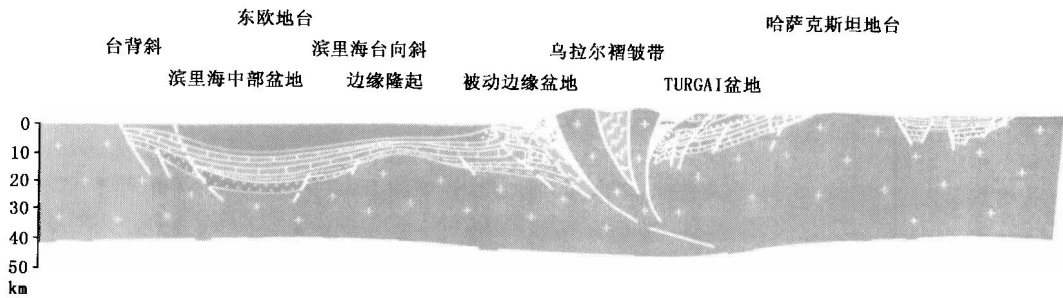


图 1-2 东欧—哈萨克地台盆地类型

滨里海盆地北部和西北部边界为俄罗斯地台南部的构造隆起，由深部断裂带与盆地形成构造分割，东南部以海西构造褶皱带为边界，盆地的东部与乌拉尔褶皱山带为界。盆地南部出现巨型的阿斯特拉罕—阿克纠宾斯克构造隆起带，该构造隆起带将滨里海盆地分割成为中央拗陷带和东南部拗陷带。滨里海盆地重力场特殊，其表现形式为重力高异常地区与重力低异常地区交互出现（图 1-3）。研究表明滨里海盆地重力场的变化是由基底特征引起的，高异常区与低异常区呈折线形状分布，形成一系列重力异常变化带，也被称为重力梯度变化带。从大地构造特征来看，这些重力梯度变化带是由一系列断裂系统组成的，这些断裂带发育在滨里海盆地特殊的大地构造位置上。例如南恩巴古裂谷发育带受深部断裂带的支配，裂谷带的前寒武纪基底在断裂带内部被切割破碎，形成一系列断块，这些断块沿裂谷带分布，有些断块被埋藏 10km 深度以下。这条裂谷带重力场上表现为明显的正异常，这条正异常带在地震剖面上具有清楚的波组特征。

综合观察滨里海盆地重力场分布特征，可以将滨里海盆地划分出几个重力异常带，分别是北部重力场异常带、阿斯特拉罕—恩巴重力正异常带。北部重力场异常带是滨里海盆地的盐丘构造发育区，重力场分布特征与下二叠统（孔谷阶）蒸发岩系有关，在蒸发岩发育区出现一系列重力负异常带。北部重力场异常带以南地区，出现正重力异常与负重力异常交接地带，这一地区对应的是盆地基底的抬升区，沉积建造中下二叠统（孔谷阶）蒸发岩系明显减少，重力场在正重力异常与负重力异常交接带以南地区出现强烈变化，正异常与负异常密集交替，异常变化的幅度加大，反映了阿斯特拉罕—阿克纠宾斯克隆起带对重力异常的巨大影响作用。具有重力正异常的阿斯特拉罕—恩巴带的内部结构相当复杂，该重力异常带中部被负重力带切割，从而使该重力带被分割成东西两段，其西段称为阿斯特拉罕—布扎奇段重力异常带，东段称为恩巴段重力异常带。

阿斯特拉罕构造隆起对滨里海盆地的控制作用表现明显（图 1-4），重力场上表现为阿斯特拉罕—恩巴异常带，该带的恩巴段出现两个区域性正异常带，一个是阿特劳—卡拉通正异常带，另一个是南恩巴正异常带。阿特劳—卡拉通正异常带比南恩巴正异常带

的内部结构更为复杂，阿特劳—卡拉通正异常带内部还包含了一系列局部正异常，这些局部异常表现为丘状形态。一般而言，丘状形态的重力异常通常是由盐丘构造引起的，勘探资料证实在该异常带上存在一系列盐丘构造，这些盐丘构造往往发育在前寒武纪—古生代基底隆起上。

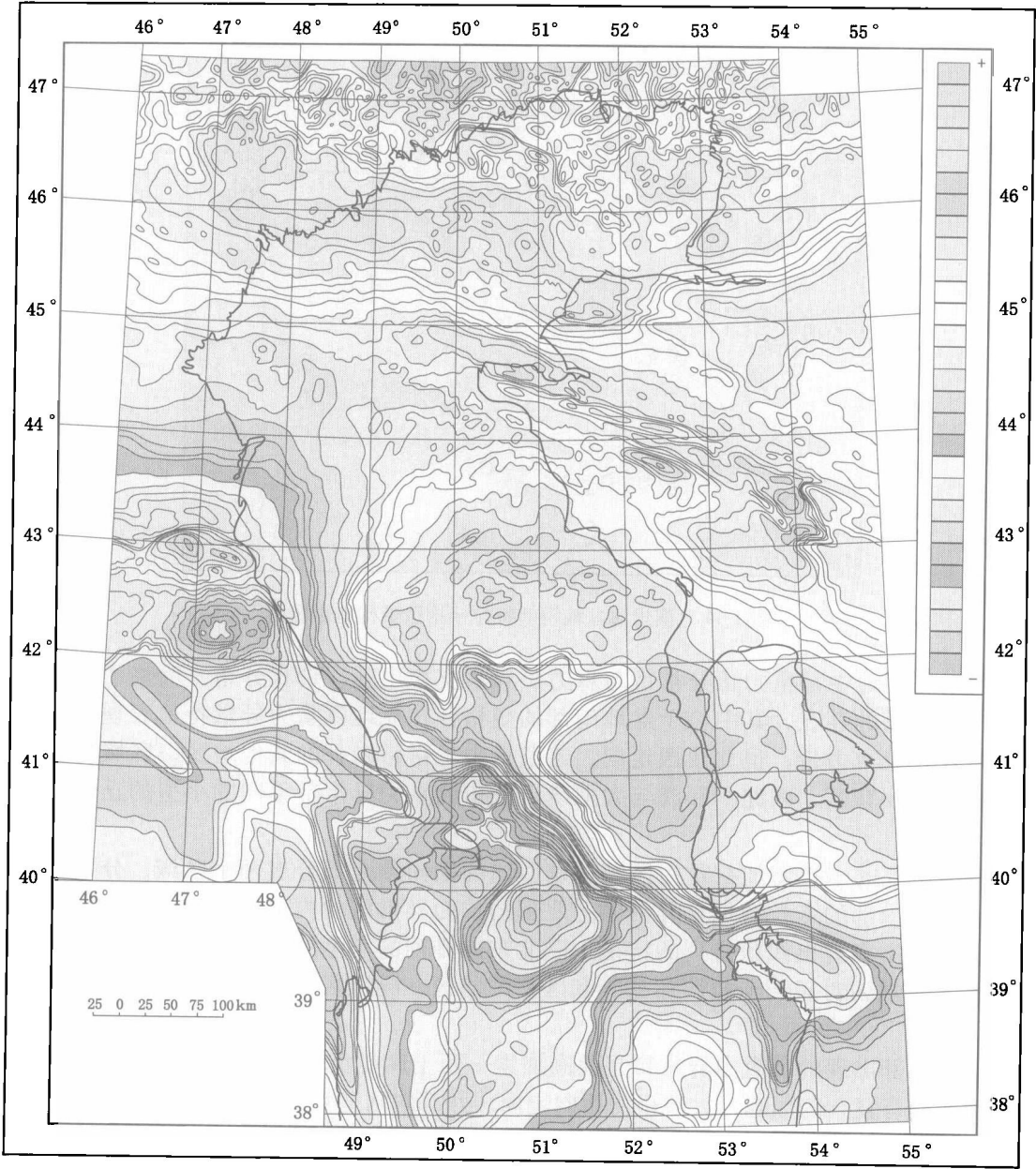


图 1-3 滨里海盆地与邻区重力异常图（布格校正）（据格鲁莫夫等，2007）

在阿斯特拉罕—恩巴带的轴部地区，出现了最强的正重力异常带，这些正重力异常带分布广泛而密集，经常呈现台阶状，与其他地区的重力异常表现形式完全不同。由于阿斯特拉罕构造隆起使盆地的基底抬升，沉积盖层在这些地区分布很薄，从而引起大范围强烈

的正重力异常的出现。这些正重力异常与滨里海盆地北部或近邻地区由于断裂作用形成的正重力异常无论在规模上还是在强度上都完全不同，因此，在阿斯特拉罕—恩巴带的轴部地区正重力异常带非常明显，这条重力异常带构成了东欧地台与斯基夫—图兰地台之间的边界，也被一些人认为是古特提斯构造域的北部边界。

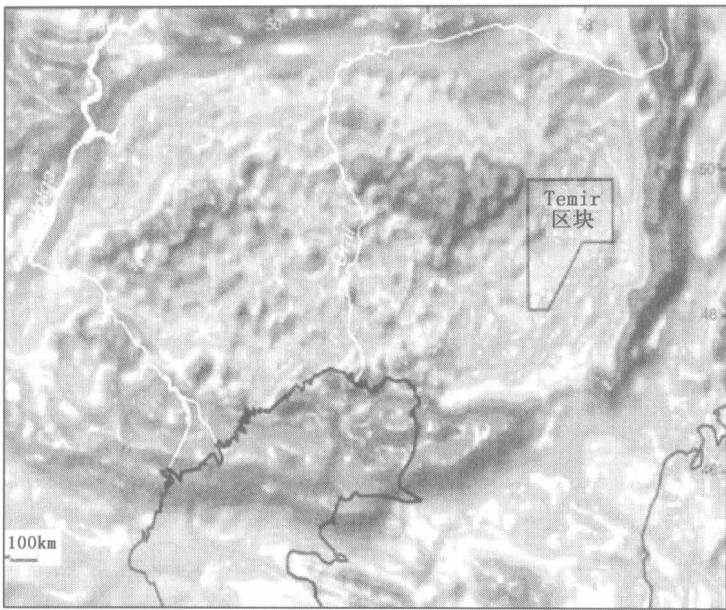


图 1-4 滨里海盆地阿斯特拉罕构造带构造影像图

滨里海盆地中部重力正异常带与重力负异常交替出现，带状分布，反映了海西期或晚海西期凹槽的存在，其中位于盆地南部的曼格什拉克地区重力异常特征表现明显，形成曼格什拉克重力带，呈北西西走向。这条重力异常带以外的其他地区，区域构造性质上属于地台发育区，因此，形成与大型线形分布的重力异常带不同的小型丘状异常分布。

盆地中部的卡拉博加兹重力区被近东西向的横向重力低分成两个区域，分别是北部异常地区和南部的卡拉博加兹异常区。北部的重力异常区的内部发育了一系列局部正异常，重力异常表现出线状排列的特征，以北东向排列的小型线状异常为主。卡拉博加兹区的重力异常区对应于卡拉博加兹隆起区和凹陷区，隆起区出现正异常，凹陷区出现负异常。

盆地西部出现的负重力异常带是北高加索—西土库曼负重力异常带的一个组成部分，在平面上具有复杂的形态，大致呈北西向走向。西部向阿塞拜疆延伸，与现今的深水凹陷的近南北向延伸部分相对应。在其与北高加索—西土库曼重力带相交的枢纽部位形成了滨里海盆地最大的、最强烈的滨阿普歇伦负异常（区域负极值）。在滨里海盆地海域发育负异常带，这条负异常带在构造上与南布扎奇、谢根德克和捷列克—滨里海盆地坳陷区相对应。在滨里海盆地西部地区，重力场具有线性分布特征，这些正负交替的线性重力异常分别与戈尔诺曼格什拉克的复背斜和复向斜相对应。

总之，滨里海盆地受大型基底隆起的影响，在重力场的表现形式上以线状构造单元为

主，除了沿古隆起和大型断裂发育带出现一系列大型的重力梯度带以及线状异常带外，在局部地区还出现小型的线性重力异常分布。在大型区域性构造带上均发育区域性展布的大型线性重力异常带，相对于这些线性异常带或沿着这些线性异常带，重力场的结构或排列方式的变化取决于上地幔的结构包括地壳结构等不同特征。因此，这些线状构造一般对应于上地幔或地壳相对独立的构造单元，在构造线走向上往往与其他单元呈相互交错，反映出大地构造具有相互分割的特性。一般而言，反映不同重力场特征的线性构造单元的走向线与其他重力阶梯带交割部位往往是深部构造不同单元的分界线。

第二节 磁 场 特 征

滨里海盆地的莫霍面通常被认为埋藏在深度为 32 ~ 47km 范围之内（刘洛夫等，2007），盆地内部不同构造单元莫霍面的埋藏深度有所变化，但无论莫霍面的埋藏深度如何变化，地质研究发现，盆地中央地区花岗岩地壳急剧变薄，甚至完全消失（图 1-5）。这些变化对盆地的磁场特征影响很大。对滨里海盆地磁异常的分析表明，在磁场中存在与重力场正相关和负相关的单元，重力场正异常和重力场负异常与磁场正异常和磁场负异常存在着某种对应性（图 1-6）。

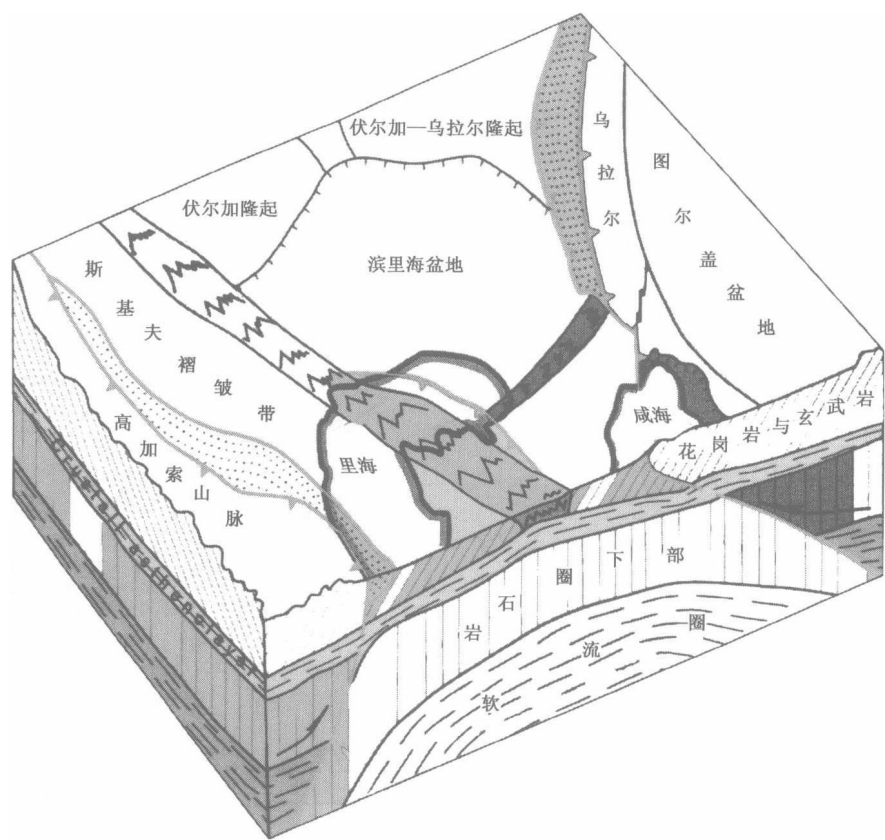


图 1-5 滨里海盆地岩石圈隆起图

从整体特征来看，滨里海盆地磁场发育具有一定的规律性，整个滨里海盆地磁异常背景值不高，盆地总体的磁场背景以负异常分布为主，这种背景值较低的磁异常分布在很大程度上与巨厚的沉积盖层（16 ~ 24km）以及前寒武系基底中的磁性岩石埋藏较深有关。整个滨里海盆地磁场仅仅出现两个大型的正磁异常分布带，第一个正磁异常分布带表现为近东西向的磁异常变化，几乎包括整个滨里海盆地，异常平面上呈楔形分布，异常带分布覆盖了恩巴地区和滨里海盆地的东部地区，在阿斯特拉罕地区与隆起带走向相一致。第二个异常分布带表现为大型的北西向的楔状正磁异常带，但在图兰台坪的曼格什拉克构造带上，则出现巨型的负磁异常带。除这两个大型的磁异常分布带外，盆地中还存在若干个小型的线形磁异常分布带，它们主要是斯基夫地区的正负交替磁异常带和高加索造山带的负异常带。除上述正磁异常带发育外，其他地区以发育负磁异常带为特征。

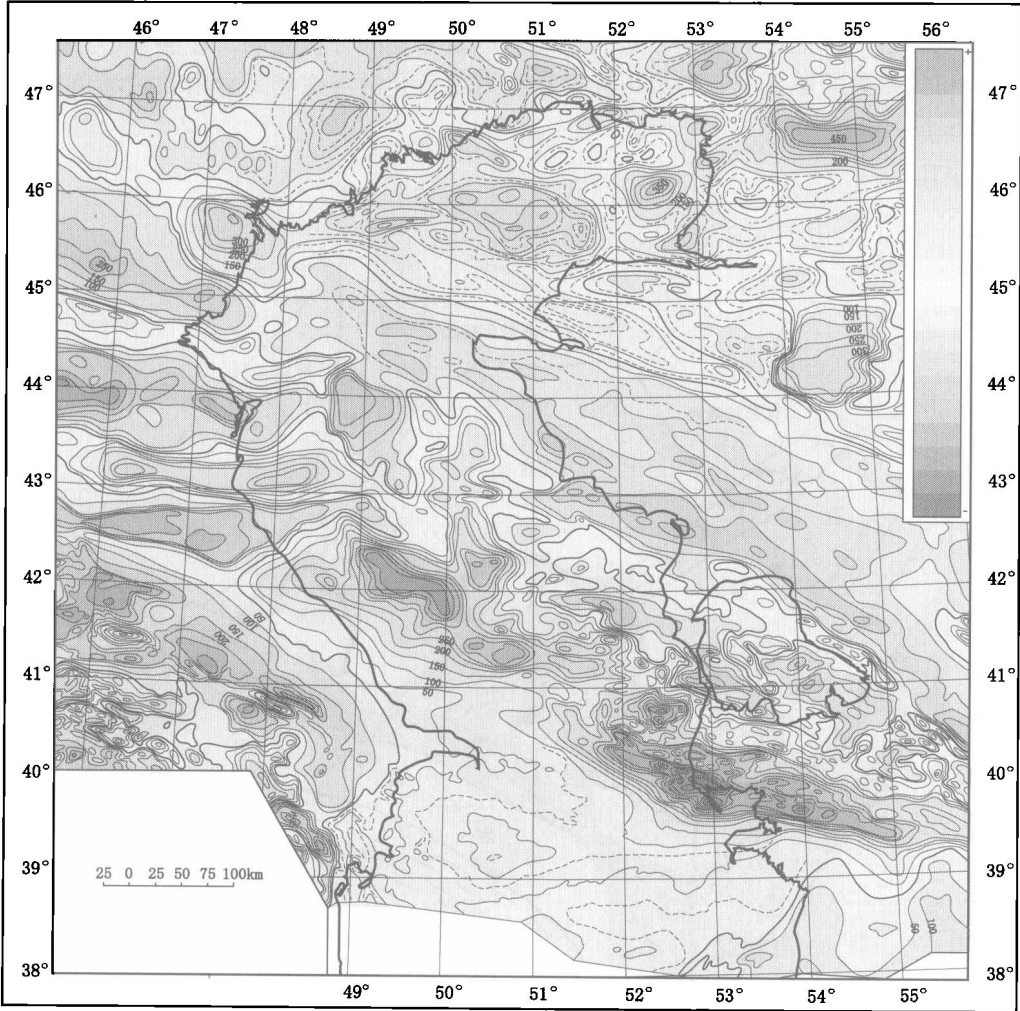


图 1-6 滨里海盆地与邻区磁场异常 ΔT_a (mGal) 分布图 (据格鲁莫夫, 2007)
(柱状标尺为相对磁异常强度)

根据磁场变化,盆地可以分出一系列有代表性的磁异常单元,以阿特劳地区的横向狭窄的正异常带为界,在其北部出现以负异常为主的磁异常带,负异常带中出现局部狭窄条带的正异常单元。磁场结构单元的这种关系说明,盆地具有复杂的内部结构,与地壳中广泛发育的断裂一起,导致盆地地质结构出现复杂变化的趋势。根据正异常带的走向判断,盆地中发育带主干断裂主要呈北西向和北东向,而近南北向的断裂分布较少。在滨里海盆地阿斯特拉罕隆起,出现强烈的磁异常带,该带被横向的阿特劳—恩巴弱正异常场带分割为阿斯特拉罕—北滨里海盆地异常区和恩巴异常区。

研究表明,正磁异常带一般沿着大型断裂带及其附近分布,断裂带中广泛发育的玄武岩体是引起磁场出现正异常带的主要因素。玄武岩广泛分布在地壳的上部,在盆地沉积盖层之下的基底之中就存在大量的玄武岩,在盆地的隆起区这种特征表现得非常明显。

不管是在盆地区还是在造山带,只要发育大型断裂带,就会出现线性磁场正异常,其走向和分布状态与重力场中的重力阶梯带相对应。一个线状异常带可以包含多个异常轴,这取决于盆地的地质结构和盖层的发育情况。

第三节 地温场特征

滨里海盆地具有特殊的地温场特征,引起盆地地温场变化的主要因素是深部地质结构不同以及构造运动的迁移。研究表明,不同深度的区域地热场的分布是不同的,这种差异是由深部地质结构所决定的。

综合研究表明,滨里海盆地南部的西北部和东北部、高加索地区和卡拉博加兹隆起区的地温场最低,根据格鲁莫夫研究(2007),在1km剖面图上(图1-7)上,其地温场分布具有明显的近东西向和近南北向条带状排列的特点,即从北向南,在滨里海盆地北部沿岸一带、南恩巴地区和北乌斯秋尔特等地区,出现一个相对高温带(温度为 $45 \sim 70^{\circ}\text{C}$),向南过渡到了阿斯特拉罕—布扎奇低温带(地温小于 40°C)。

$50 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 地温带对应于滨里海盆地中部的台向斜带,在滨里海盆地中部地区,地温带呈条带状分布。中部地区向南则变为一个低温区,它被分成两个带,其北带为大高加索、滨阿普歇伦和卡拉博加兹等低地温区(地温低于 30°C),其南带发育了沿着阿塞拜疆沿岸带和土库曼沿岸带分布的高地温区(地温达 60°C 以上),滨里海盆地西部则出现了低地温带和高地温带交替分布的情况。

除地温场外,滨里海盆地热流分布也表现出一定的特殊性,其特点为在盆地中心区域,出现中等强度的高热流($50 \sim 60\text{mW}/\text{m}^2$)。在高加索造山带、滨里海盆地南部地区出现较低的地热流(小于 $40 \sim 50\text{mW}/\text{m}^2$),在图兰台坪、巴尔汉—科佩特达格褶皱构造带以及滨里海盆地的中部与东南部地区出现中、高热流交替分布区,在滨里海盆地海域出现近南北方向高热流带($100\text{mW}/\text{m}^2$)和极高热流带(超过 $200\text{mW}/\text{m}^2$)。

研究表明,高热流背景的出现与断裂活动有关,凡有断裂发育的地区或大型断裂带通过的地区均出现高热流背景值,整个盆地的大地热流值的分布状态与其所在的大地构造位置以及断裂分布情况密切相关。

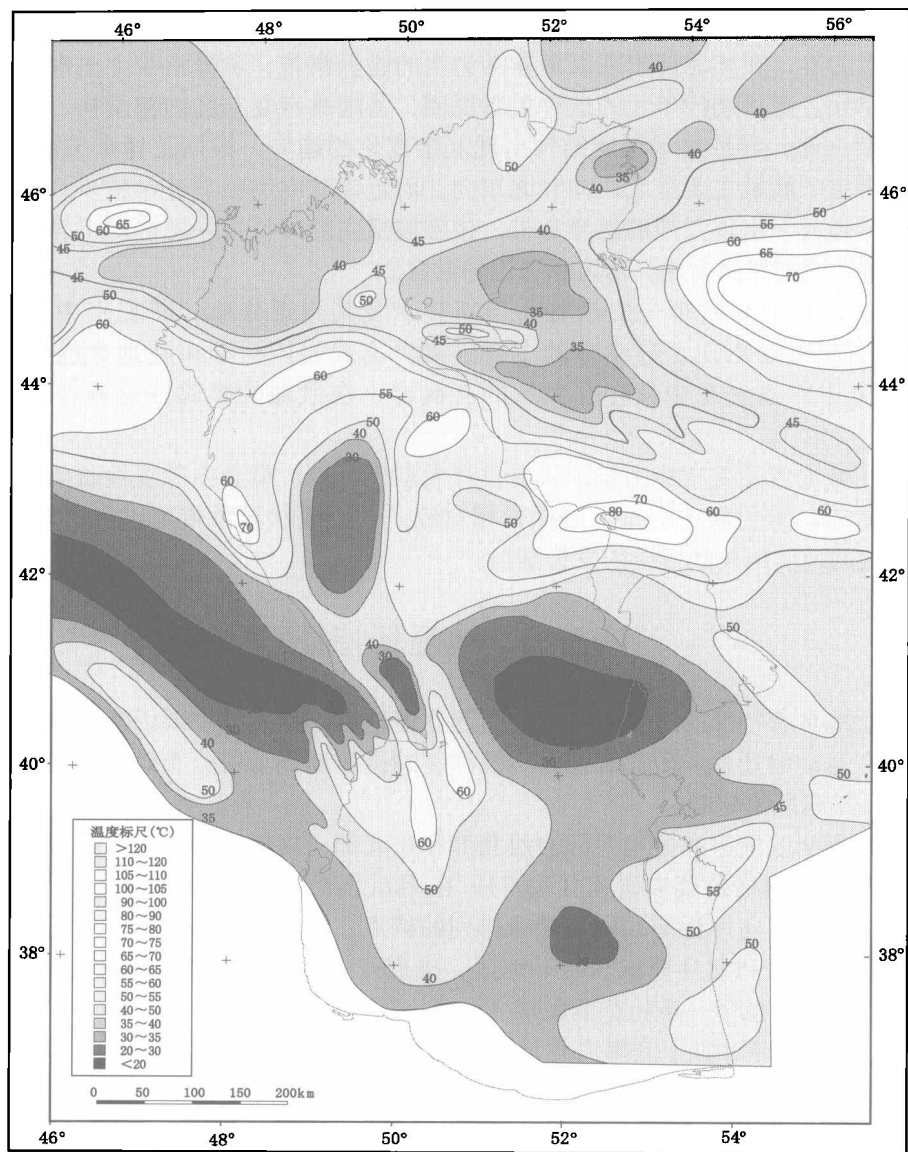


图 1-7 滨里海盆地与邻区 1km 深处的区域地温场图 (据格鲁莫夫, 2007)
(等温线单位为 $^{\circ}\text{C}$)

第二章 滨里海盆地深部地质结构特征

虽然滨里海盆地深部地质研究起步较早,但研究程度不高,从20世纪40年代开始,该地区的深部地质研究工作开始有了较大进展,1952—1966年期间在海域及毗邻地区开展了深地震测深活动,应用折射波对比等地震方法了解滨里海盆地的地壳和上地幔结构,使该地区的深部地质研究取得了较大进展。从1994—1995年开始,对该地区深部地质结构的研究有了突破性进展,通过改善深部地震探测方法,从而建立了更精确和更详细的深部地质结构模型,对地壳和上地幔结构的研究与了解也更加详细与准确。

第一节 地壳与上地幔结构特征

根据重力、磁力和地震折射波勘探资料等进行综合分析后认为,滨里海盆地的结晶基底具有断块结构,断距达2~3km。基底顶面深度变化范围很大,由盆地边缘带向盆地中部呈阶梯式下降,一些规模不等的断块组成一些幅度由几百米至上千米的局部隆起与坳陷。滨里海盆地结晶基底顶面具有一定起伏。由于深部地质结构与基底的强烈起伏性,滨里海盆地与邻区形成了富有特点的大地构造格局(图2-1)。

滨里海盆地已经完成了深部地震探测,根据深部地震资料,盆地深部的地震折射波组($v_R=8.0 \sim 8.2\text{km/s}$)反映了莫霍面分布状态及其变化。莫霍面位于32.5~47.5km深度范围内,在盆地的西部和西南部,其莫霍面埋藏较深(40~47.5km),在盆地的中央凹陷带,莫霍面埋藏较浅(32.5~40km)。根据地球物理资料,发现滨里海盆地中央凹陷带花岗质陆壳普遍变薄,有些地区基本消失。

以太古宙卡列利阿结晶基底为反射波组标志($v_R=6.2 \sim 7.2\text{km/s}$)进行追索,发现盆地的结构具有明显的不对称性,盆地西部边缘和北部边缘陡峭,而东部和南部边缘较平缓,在西部和北部基底埋深2~3km,在滨里海盆地中央凹陷带基底埋深达20~23km。中央凹陷区发育一系列阶梯状断裂,在盆地的南部和东部开阔的阿克纠宾斯克—阿斯特拉罕隆起带,基底埋深达7~9km。盆地西北边缘的结晶基底由太古宇花岗岩—片麻岩组成,厚度达32~36km;盆地中心最深地区的地壳结构缺失花岗岩地壳,仅仅由厚10~12km的玄武岩地壳组成。在这种地壳结构中,仍然保存着大陆碰撞所产生的构造痕迹以及不规则的构造接触带处。就整个盆地结构而言,表现为北深南浅的不对称结构特点,盆地北缘和西北缘呈现阶地状断陷的展布特征。

根据所获得的深部地质资料,滨里海盆地的 v_p 值在45~60km区间的深度中达到8.6~8.8km/s,在60~75km深度区间则降低为8.2km/s,反映高速带就存在于60~75km深度区内。上地壳的 v_p 和 v_s 值分别为6.1~6.2km/s和3.4~3.5km/s。这些地球物理数据反映了滨里海盆地深部地质的一般结构特征。在滨里海盆地水域的北部,出现了3个近东西向的地壳厚度增厚带,它们分别是阿斯特拉罕带,地壳厚度为42~43km;顿涅茨克—布扎奇带和曼格什拉克带,它们的地壳厚度为44~45km;而诺沃博加京—古里耶夫地区的地壳厚度为40~41km。



图 2-1 滨里海盆地与邻区构造带分布图

滨里海盆地陆上部分的地壳厚度可以划分为三个不同的地区：第一个地区为滨里海盆地西部、西北部 and 北部，其地壳厚度变化比较小，只有 40 ~ 46km；第二个地区为恩巴—滨乌拉尔地区和北乌斯秋尔特地区，其地壳厚度变化较大，从 34 ~ 35km 到 48km 以上；第三个地区为盆地的南半部地区，包括高加索造山带、外高加索地区及西土库曼地区，地壳厚度变化大，从 24 ~ 26km 到 56 ~ 58km（图 2-2）。

根据格鲁莫夫（2007）研究的成果，滨里海盆地的地壳厚度变化主要呈现北东向和北西向变化的特征（即“垂直于高加索”方向和“高加索”方向），其次为近南北方向的变化（“乌拉尔”方向或“滨里海盆地”方向）。北东向和北西向变化是由于地壳构造的分异主要受高加索的阿尔卑斯运动的影响，近南北向地壳变化主要受来自晚阿尔卑斯新构造运动的影响。

根据重力、磁力和地震折射波等资料的分析结果，认为高加索造山带的地壳发育为一个宽阔的、结构复杂的厚达 50 ~ 58km 的地壳叠加带，地壳叠加带之间为较窄的地壳减薄带（厚达 40 ~ 46km）。该减薄带与盆地的深水凹陷及凹陷的沉降区相对应。其中，地壳厚度减薄最强烈的地区位于该带的西部（地壳厚度仅为 24 ~ 25km）和东部（地壳厚度仅为 28 ~ 30km），走向近南北。

研究表明上地壳结构存在明显的分层性，地壳的这种分层性是地球动力学作用的结果

(图 2-3)。由于外高加索、高加索和前高加索地区的岩石圈活动，导致这些地区的地壳被分化为几个巨型的块体，地壳块体之间的相互作用，从而使阿尔卑斯带构造从始新世—渐新世以来发生强烈的构造演化作用。

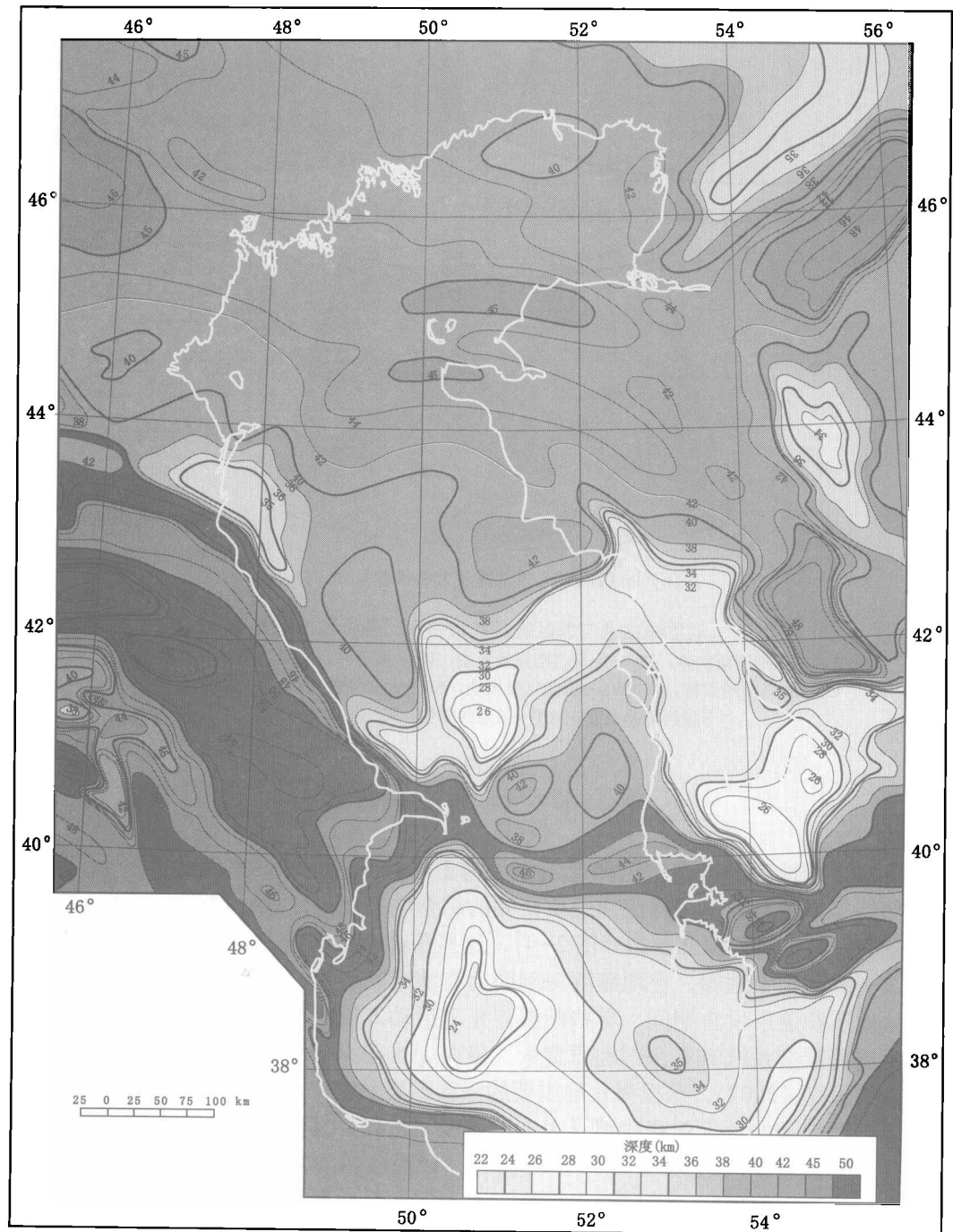


图 2-2 滨里海盆地与邻区莫霍面等深图 (据格鲁莫夫, 2007)
(等深线单位为 km)