

裂谷盆地石油地质



譙汉生 于兴河 主编



LIEGU PENDI
SHIYOU DIZHI

石油工业出版社
Petroleum Industry Press

裂谷盆地石油地质

焦汉生 于兴河 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书编入了分布在我国周边（东北亚与东南亚）的裂谷盆地及具有代表性的全球大型裂谷深层等 28 个盆地的石油地质资料，主要包括盆地的区域地质及其构造演化、含油气性、主要油气田及其开发情况等内容，并对大型裂谷深层油气藏的地质特征进行了归纳总结，探讨了裂谷盆地勘探开发中存在的问题以及给我国油气勘探开发的启迪。希望能给石油地质学家、勘探家和广大的专业读者带来新的视角、新的思路和新的信息。

本书可供从事油气田勘探开发、尤其是海外油气田勘探开发的地质科技人员及广大石油、地质院校的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

裂谷盆地石油地质/焦汉生主编.

—北京:石油工业出版社,2004.7

ISBN 7-5021-4585-0

I. 裂…

II. 焦…

III. 大陆裂谷-含油气盆地-石油天然气地质

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 013922 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:27

字数:690 千字 印数:1—1200 册

书号:ISBN 7-5021-4585-0/TE·3209

定价:80.00 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

《裂谷盆地石油地质》编委会

主 编： 譙汉生 于兴河

执行编辑： 郑秀娟 李胜利 张兴权

编译(著)： 于兴河 譙汉生 李胜利 郜建军

龙胜祥 马兴祥 朱庆荣 郑秀娟

黄海平 张兴权 李剑峰

前 言

巍峨的群山与浩瀚的海洋是地球上显现出的最为宏伟的地貌景观。而在群山与海洋之间的广阔地带，即从山前到大陆边缘——起伏的丘陵、连绵的平原、纵横的江河湖泊与一望无际的海洋之下，却往往隐伏着世人难以想像的狭长而深陷的谷地，而且它们大多数或大部分已为沉积物或火山岩充填，这些就是地质学家通常称谓的裂谷或裂谷盆地。

裂谷 (Rift Vally) 一词，首先由 Gregory (1894) 提出，用以描述东非地区那种有火山和地震活动的狭长而深陷的大型断陷湖盆。后来，Burke (1980) 将裂谷定义为“整个岩石圈在伸展中破裂了的地域上的狭长拗陷”。显然，这个认识率先将裂谷的形成过程与地壳的伸展联系在一起，并且在一定程度上赋予了裂谷在地壳结构与地球动力学上的科学内涵。裂谷研究发展到今天，大多数地质学家和地球物理学家几乎都有一个共识：这就是裂谷是地壳在伸展减薄过程中形成的狭长而深陷的大型断陷构造，并且对应于这种在地壳中上部产生的断陷构造，在其下方的地壳深部，普遍存在着莫霍面与上地幔的隆起。

100 多年来，地质学的研究与发展，尤其是最近二三十年，随着裂谷构造、裂谷盆地沉积充填的研究和裂谷盆地中矿产资源的开发与利用，特别是在全球范围内广泛而深入地开展起来的油气资源勘探与利用，大大促进了裂谷盆地综合勘测技术方法和裂谷盆地石油地质理论认识的飞速发展。

当代国内外学者对裂谷盆地的研究，主要集中在裂谷盆地形成的地球动力学机制、裂谷盆地分类学、裂谷盆地层序地层学和裂谷盆地成藏动力学及油气分布方面；并且先后有大量的论文和专著问世。归结起来，比较集中探讨的问题有如下几个方面。

一、裂谷盆地形成的地球动力学机制

裂谷盆地形成的地球动力学机制，一般可以归结为地壳的拉张、挤压及剪切三种主要的构造应力；实际上许多裂谷盆地的形成，都与复杂的构造作用转换与成盆过程有关。

1. 地壳拉张论：裂谷是地幔软流圈主动上涌、形成上地幔隆起、引起地壳热扩张和产生拉张断陷的结果。这就是说，上地幔隆起是其形成的主动应力，地壳的伸展减薄和拉张断陷是上地幔隆起的被动响应，故属于主动裂谷生成模式。

2. 地壳挤压论：地壳受到挤压，产生地表隆起和地壳增厚；挤压应力松弛或停止，岩石圈与软流圈密度差使重力不稳，造成地幔拆沉和岩石圈减薄，从而引起地壳伸展塌陷成为裂谷。这种裂谷成因机制，也有人称其为“去山根”模式。

3. 地壳走滑拉分论：地壳受到不均衡挤压，常沿其薄弱部分产生大型的走滑断裂带，而沿走滑断裂带的多旋回强烈剪切活动，势必在走滑断层的端部形成拉分断陷，并引起上地幔物质和中、下地壳软流层物质沿断裂带向上涌溢，从而产生裂谷盆地。这就是说，地壳走滑拉分是其主动应力，而地幔隆起和地壳伸展减薄是强烈走滑拉分断陷的被动响应，属于比较典型的被动裂谷生成模式。

从以上三种不同的裂谷形成机制可以看出：地壳的伸展减薄是形成裂谷盆地的必要条件。但是，地壳的伸展减薄系何种起因、又何时在裂谷成盆演化过程中起成控作用，则必须根据裂谷的具体情况做具体分析，不可一概而论。同时，任何地质体受力到一定程度时，都

会在不同的空间方向上分别产生挤压、拉张和剪切的形变，而且这些形变始终都会受到地球重力的影响。因此许多裂谷盆地在形成过程中都不是单独的某种构造应力在起作用，而是多种作用综合的结果。总之，由于裂谷盆地的地质结构和地球动力学机制比较复杂，需要有先进的科学技术手段和拥有大量的反映裂谷地质构造的实际地质和地球物理资料信息，才能做出比较符合客观实际的判断。

二、裂谷盆地分类

裂谷盆地分类法主要有全球构造分类和构造成因分类两种。目前广为流行的全球构造裂谷盆地分类法主要是遵循板块构造离散或聚敛的活动规律，按裂谷盆地所在的板块构造位置，把裂谷盆地分为稳定大陆边缘裂谷系列和活动大陆边缘裂谷系列。

稳定大陆边缘裂谷系列为：陆内裂谷（板内）→陆缘裂谷（陆壳）→边缘海裂谷（过渡壳）→原洋裂谷（包括小洋盆和洋中脊裂谷等洋壳型）。

活动大陆边缘裂谷系列为：陆内裂谷（板内）→弧后裂谷（陆壳）→弧间裂谷（过渡壳）。

由此不难看出，全球构造裂谷系列的盆地分类有明显的规律性，即从大陆板块内部开始到板缘，再到大洋板块，裂谷出现的位置从大陆内部移向大洋内部，裂谷的地壳伸展程度逐渐增强，地壳逐渐变薄，热流逐渐升高，沉积物由陆相渐变为海相，沉积物的时代愈来愈新，最终裂谷的基底由陆壳渐变为过渡壳或洋壳。

此外，裂谷盆地的构造成因分类法，也常为一部分学者采用。常见的主要划分方法是将裂谷盆地划分为主动裂谷、被动裂谷、拉分裂谷、碰撞裂谷等等。

三、裂谷盆地层序地层

层序地层学是 20 世纪 80 年代后期由 Exxon 公司的 Vail 等人创立并发展起来的，国内也仅是最近 10 多年来才开始研究，是处于发展过程中的一门科学，其研究范围是地球发展史上的时间域和空间域，基本理论是具有陆架坡折背景的沉积层序展布规律。层序作为一个地质单元，其上、下界面均为不整合面，内部由低位体系域、海进体系域、高位体系域或陆架边缘体系域组成。层序地层学起初是在稳定的大陆边缘背景上建立起来的，后来许多学者发现其“经典”模式在一些研究区并不适用，于是就不断地修改已有的模式或提出新的模式。目前，主要有三大学派：P. R. Vail 等的经典层序地层学；Galloway 的成因层序地层学；T. A. Cross 的高分辨率层序地层学。从裂谷盆地分类来讲，目前主要有三类模式。

1. 大陆边缘裂谷模式：当海平面急剧下降并且下降速率大于构造沉降速率时，海水退到陆架边缘之下的沉积为低位体系域的产物，以深切谷充填、三角洲间湾、低位三角洲、滑塌、河谷充填、三角洲前缘、盆底浊积岩、盆底扇边楔为主；如果海平面下降速率小于陆架边缘处的构造沉降速率，未导致海平面下降，或者由于海平面缓慢下降，内陆架暴露侵蚀而外陆架仍然出现缓慢沉积，以构成陆架边缘体系域沉积；之后海平面出现上升，当海平面上升速率大于构造沉降速率而引起海水漫过大陆架时，形成海进体系域，以近海陆棚、海岸带砂、深切谷充填、河口湾潟湖、沼泽与湖泊等沉积为主，并在海盆或湖盆沉积中发育深水还原相沉积的烃源岩；随着海平面升高，相对上升减慢，在沉积物供给速率维持原状时，单位时间内产生的可容纳空间减少，则由浅海相和非海相沉积组合的岸线向盆地方向推进，从而形成高位体系域沉积，以河流平原、三角洲、海岸平原、海岸带砂、近海粉砂和泥为主，发育砂岩类储集岩。

2. 陆内裂谷盆地模式：裂谷初期由于总体处于裂谷断陷分割性较强、入湖水系不发育

和近源快速堆积状态,发育以冲积扇、膏盐、火山岩等为代表的沉积物充填类型:早期陡坡主要形成冲积扇,缓坡则为滨岸沉积和碳酸盐岩沉积;中期陡岸主要形成近岸水下扇;晚期陡坡主要形成水进型扇三角洲。深陷扩张期湖盆范围广大,水体达到最深,因此在深湖一半深湖背景下,斜坡带发育了各种扇体,洼陷带则充填了大量色深质纯的湖相泥岩与浊积岩:早期陡坡边缘形成近岸水下扇,缓坡形成斜坡扇或远岸浊积扇,可发育下切谷,洼陷区则发育有半深湖泥岩沉积;中期陡坡主要形成水下扇,当后期断裂活动与前期发生分叉或出现断阶时,水下扇的前端则多可形成近岸浊积扇;晚期在陡坡发育了水退型扇三角洲,与初期一样在其前端有时可以发育远岸浊积扇,缓坡主要形成正常细粒河控三角洲。到了抬升收缩期,构造运动使得盆地再次整体抬升,湖盆逐渐变浅。物源供给充足,斜坡带发育了各种三角洲或扇体;洼陷带则主要沉积色浅质杂的泥质岩类。

3. 大洋裂谷盆地模式:无论是以浅海沉积还是以深海沉积为特征,其沉积物供给水平均可分为过充填、均衡充填、欠充填和饥饿型。沉积过充填和均衡充填类型表现为砂—泥—砂三重序列的沉积充填总特征,代表了裂谷高峰期;沉积欠充填类型表现为砾岩、砂岩—泥岩的双重演变特征,而饥饿型盆地一般表现为泥岩的单一特征,两者均代表了随后的裂谷期或稳定期。

四、裂谷盆地油气成藏及其分布

裂谷盆地是否含有具商业价值的石油和天然气是其研究与勘探的焦点,裂谷盆地虽然普遍含有一定的煤、岩盐、石膏、硅藻土、油页岩和含稀有元素的卤水等自然资源,但是只有当它具有了一定规模的可开采利用的石油和天然气资源量时,才可以大大提升研究和勘探开发裂谷盆地的经济价值和社会效益。

从全球范围来看,大多数裂谷盆地具有优越的油气成藏条件,包括:高沉积速率,多旋回还原环境下沉积的富含有机质的泥页岩层,多物源的三角洲砂体与浊积岩体,高温高压生成并向泄压带排驱运移的烃类,多种类型同生背斜圈闭与地层岩性圈闭等。因此,大多数中、新生代的裂谷盆地都含有丰富或比较丰富的油气资源,尤其是三叠纪到古近纪之间所形成的大型裂谷,其含油气总量和丰度更为可观。此外,还有一部分二叠纪形成的古裂谷盆地,经过沉积间断,晚期拗陷下沉而被深埋,长期处于低温高压条件下,仍可赋存较丰富的石油。少数新近纪(或渐新世)以来才形成的年轻裂谷盆地,处于高温高压条件下,主要产出天然气;而且还有一些年轻的裂谷盆地,可能由于烃源岩未成熟或强烈的新构造运动,虽然经过勘探但至今尚未发现有经济价值的石油或天然气。

含油气的裂谷盆地中,油气藏类型相当丰富多彩,可达数十种之多。常见的油气藏类型有基岩油气藏、披覆背斜油气藏、逆牵引(滚动)背斜油气藏、拱张背斜断块油气藏、盐背斜断块油气藏、挤压与逆冲背斜断块等构造油气藏;同时还存在大量的浊积砂体、河道砂体、生物礁滩、火山岩体等多种类型的岩性油气藏,以及地层不整合油气藏等。在不同类型构造与沉积特征的裂谷盆地内,主要的油气藏类型常常是有区别的。

《裂谷盆地石油地质》一书,编入了分布在世界各地的裂谷盆地 28 个,主要分布在东北亚、东南亚、非洲、欧洲及美洲。而我国的裂谷盆地因已有大量文献报导,未收入本书。全书共约 69 万字。

为了高质量地编成此书,在编著和编译过程中,曾经查阅、整理、编著和编译过的中外论文与著作共计 545 篇,达 500 万字之巨。经过 10 多位编者和编译者两年多的辛勤工作,最终浓缩和升华成此书。但愿此书能给石油地质学家、勘探家和广大的专业读者带来新的视

角、新的思路、新的信息和工作上的便利。

由谯汉生、于兴河两位教授提出编著与编译本书的技术思路与基本要求，并负责全书的统稿与审定。先后参加本书编著和编译工作的有：于兴河、谯汉生、李胜利、郜建军、马兴祥、龙胜祥、朱庆荣、郑秀娟、张兴权等。参加人有申春生、张辉彩、刘丽峰等；另外，感谢刘琴同志为本书做了大量的录入工作，陈增智博士、袁选俊高级工程师、施和生高级工程师、陈昭年副教授提供了大量的研究资料与帮助。本书的编写还得到了“科技部国际科技合作重点项目计划（2002cb713906）”的资助。

值此书即将问世之际，谨向支持和帮助此书编著出版的刘振武、方朝亮、罗治斌、李先奇等诸位先生表示诚挚的谢意！

谯汉生 于兴河

2003年12月

目 录

第一章 东北亚裂谷盆地	(1)
第一节 阿纳德尔盆地.....	(1)
第二节 贝加尔裂谷系	(17)
第三节 吉雅—布列亚盆地	(26)
第四节 科曼多尔盆地	(31)
第五节 上布列亚盆地	(39)
第六节 东萨哈林—鄂霍茨克盆地	(50)
第二章 东南亚裂谷盆地	(68)
第一节 北苏门答腊盆地	(68)
第二节 打拉根盆地	(84)
第三节 库泰盆地	(98)
第四节 湄公三角洲盆地.....	(113)
第五节 南苏门答腊盆地.....	(125)
第六节 萨拉瓦蒂盆地.....	(140)
第七节 泰国湾盆地.....	(156)
第八节 西北巴拉望盆地.....	(173)
第九节 西爪哇盆地.....	(188)
第十节 中苏门答腊盆地.....	(203)
第三章 大型裂谷盆地	(211)
第一节 英荷盆地.....	(211)
第二节 马拉开波盆地.....	(239)
第三节 加蓬海岸盆地.....	(257)
第四节 尼日尔三角洲盆地.....	(268)
第五节 奥特尼瓜盆地.....	(284)
第六节 索马里盆地.....	(296)
第七节 桑托斯盆地.....	(311)
第八节 下刚果盆地.....	(324)
第九节 西南非洲海岸盆地.....	(335)
第十节 锡尔特盆地.....	(345)
第十一节 红海裂谷盆地.....	(365)
第十二节 东非裂谷盆地.....	(372)
第四章 大型裂谷深层油气藏	(376)
第一节 全球深层裂谷系油气富集规律.....	(376)
第二节 温、压与油气成藏关系.....	(398)
第三节 裂谷盆地岩浆岩的岩石学和地球化学特征.....	(413)

第一章 东北亚裂谷盆地

这里所指的东北亚是包括贝加尔湖以东、我国松辽盆地以北的亚洲地区，该区分布着20多个沉积盆地，其中发育的裂谷盆地有：阿纳德尔、贝加尔裂谷系、吉雅—布列亚、科曼多尔、上布列亚、东萨哈林—鄂霍茨克等，它们在盆地规模、形成时间、沉积岩厚度及其含油气性各个方面均存在着较大的差异。

第一节 阿纳德尔盆地

阿纳德尔（Anadyr）盆地位于俄罗斯远东马丹州楚科奇自治区阿纳德尔分区，面积72 500km²，其中55 000km²位于白令海域大陆架，占盆地面积的四分之三；17 500km²位于陆上的楚科奇半岛低洼地域（图1-1-1），盆地内沉积厚度可达8 000m。

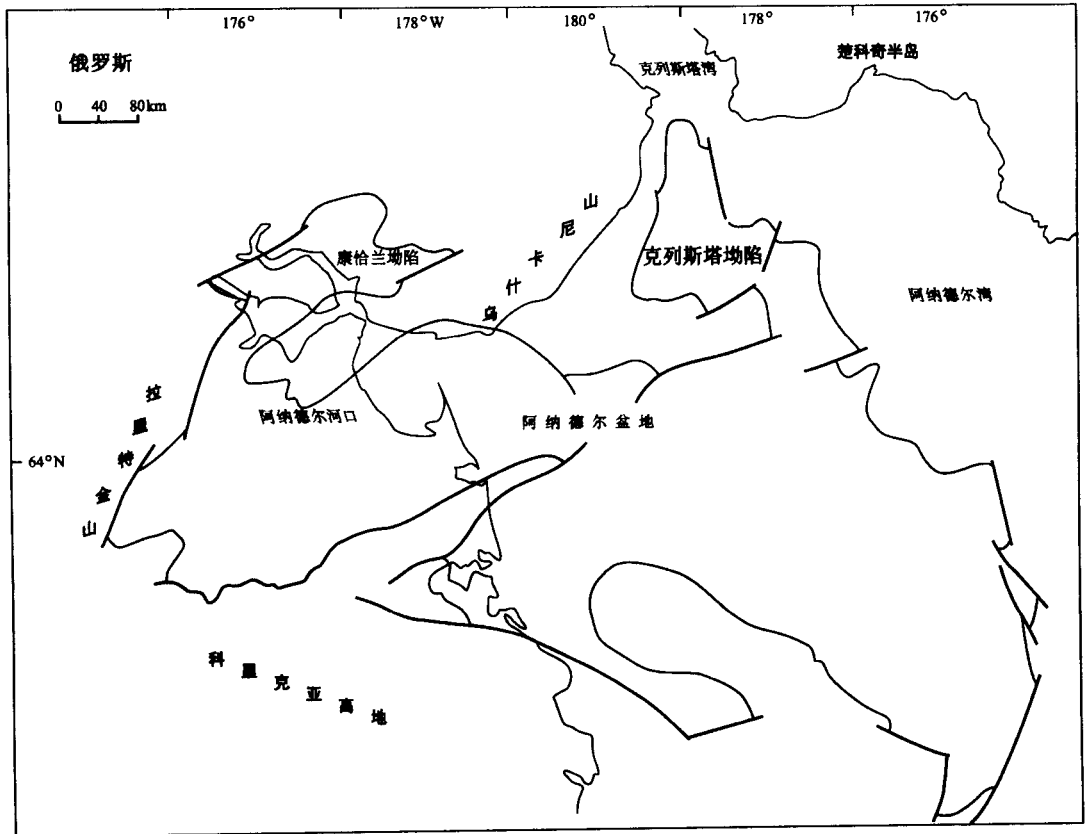


图1-1-1 阿纳德尔盆地地理位置图（引自 Marat Modelevsky 等，1994）

盆地在构造上位于欧亚大陆东北部活动边缘，处于科里亚克—勘察加（Koryak - Kamchatka）褶皱冲断带范围内，周围山脉向盆地冲掩，其成因与断裂的转换作用有关。

一、区域地质

阿纳德尔盆地内充填了海相、滨岸相和陆相沉积。盆地可分为北、中、南三个构造—地层带（图 1-1-2），其相应的面积分别为 28 500km²、30 500km² 和 13 500km²，南带的沉积厚度最大。盆地形成始于白垩纪末，以中新世沉降规模最大，在上新世至今发生构造挤压运动。

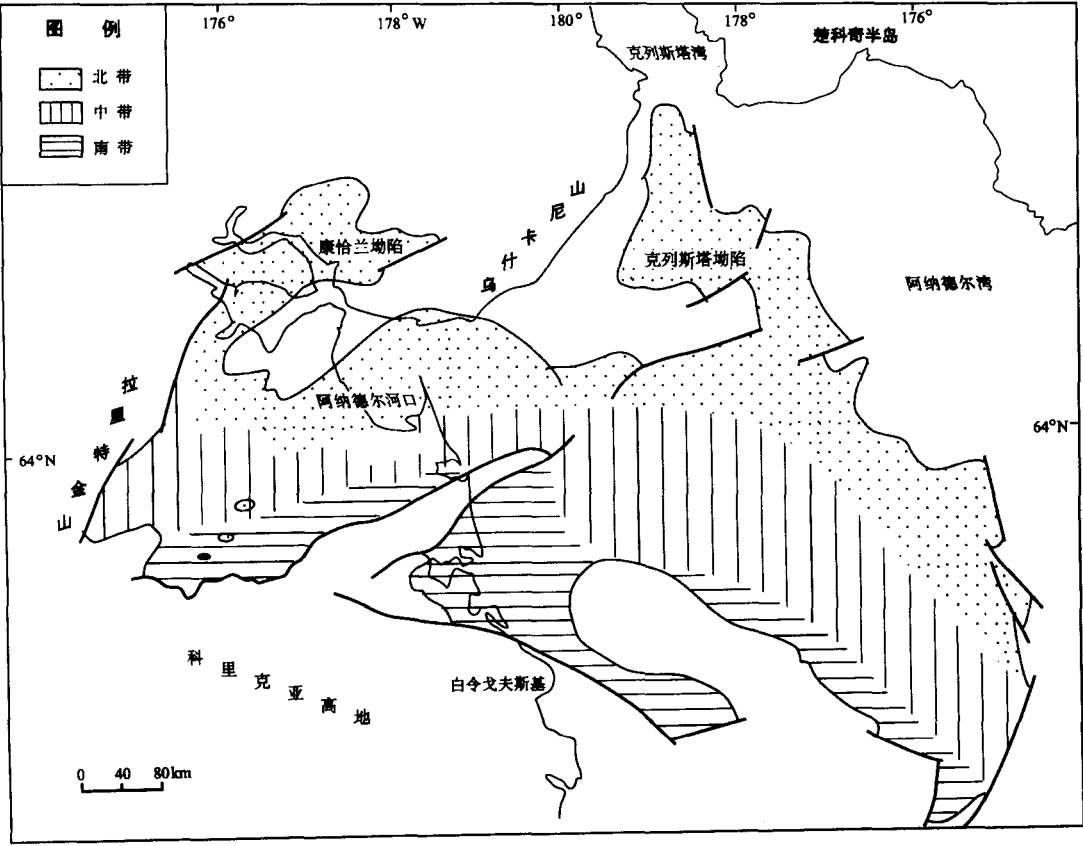


图 1-1-2 阿纳德尔盆地构造—地层分区图（引自 Marat Modelevsky 等，1994）

1. 盆地演化

一般而言，沉积盖层的构造可反映出如下主要演化阶段：地槽阶段（基底形成期）、转换阶段（反转：同生裂谷期）和造山阶段（坳陷和压缩期）。最下部的变质单元由一系列复理石和火山岩地层组成；中部转换（反转）单元为火山岩地层；上部单元标志着欧亚大陆边缘的造山阶段，其间自始新世以来开始形成陆地与海域的分异。

1) 前裂谷基底形成期：晚侏罗世至早白垩世（150—75Ma）

阿纳德尔盆地是在白垩纪末欧亚大陆活跃边缘处开始形成的，从而导致古老复合体发生构造和变质作用，因此，未获得关于前中生代演化的资料。通常认为前寒武系、古生界及三叠系变质岩块是大陆碎块、褶皱带和岛弧演化过程中增生在大陆边缘的地体（Marlow, Cooper 和 Childs, 1993）。

在地槽型海相坳陷中形成的中生代层序由蚀变的海相火山碎屑、复理石和花岗岩类侵入体组成。中生代晚期（150—70Ma），库拉板块与欧亚大陆碰撞，引起欧亚大陆东北部构造

复活。复理石堆积于深海拗陷中并随后在白垩纪末期褶皱、冲断，拼接了深海燧石质火山岩和岛弧火山岩地体，形成了盆地基底。

到白垩纪末（75—70Ma），由于欧亚板块和太平洋板块的碰撞而发生缝合与挤压，在麦斯特里希特（？）至达宁期发生差异垂向运动，在总体上升背景下形成一些地堑（裂谷），地堑中堆积了以陆相为主的含煤碎屑沉积物。

2) 同生裂谷期：晚白垩世至古新世早期（75—60.2Ma）

晚白垩世缝合事件之后，差异垂向运动导致拉张裂谷作用，出现了差异垂向运动期，其特点是在总体隆起的背景下产生显著沉降，形成巨大的洋边地堑，边界为倾向大洋的铲状断层。

白垩纪末至早古新世是裂谷形成时期，形成一些倾向滑动断块、裂谷台阶、裂谷以及盆地边缘铲状断层和逆断层。新生界之下的地堑边界断层资料尚未获得。目前仅在盆地局部边缘沿拉里特金（Rarytkin）复背斜带见到白垩纪构造。

同生裂谷期以沉积于大洋边地堑的拉里特金组（麦斯特里希特阶（Maastrichtian）—丹麦阶）陆相含煤层系为代表，与上覆新生代地层呈角度不整合接触。

3) 拗陷期：晚古新世至上新世（60.2—5Ma）——盆地的拉张与下陷

古新世晚期至始新世，盆地拉张与重力沉降作用形成一些拗陷，即宽阔的地堑、半地堑和低凸起等。拗陷中堆积了 Tanyurer 组火山碎屑岩，主要有安山玄武岩和安山凝灰岩，夹煤系地层，厚达 2 000m。此组主要发育于盆地北部，向南则渐变为乌斯特奇里纳依组凝灰质沉积。根据沉积环境和成岩后生变化，可认为此火山碎屑岩是典型的盖层沉积，构成了阿纳德尔盆地的基础。

始新世晚期至渐新世，在持续性沉降条件下，形成了麦尼查（Maynitsa）组滨岸、三角洲和陆棚相沉积，在盆地南部厚 2 100m，向北减薄。

中新世，盆地继续伸展下沉，在盆地南部堆积了索博尔基（Soboliki）、加加宁（Gagarin）和阿弗塔库尔组（Avtatkul）含煤碎屑岩，其沉积环境为滨岸平原、潟湖和陆棚相，砂体呈透镜状分布。上覆的叶利塞也夫（Yeliseyer）、奥塞拉（Ozera）和埃钦（Echin）组分布更广。总之，中新统呈楔形至透镜状，其沉积中心向南麦尼查海槽迁移，厚度在 200 ~ 4 000m。

中新世至上新世，各个孤立的地堑在区域沉降作用下联合形成一个拗陷型沉积盆地，并沿大断裂形成一些倾向滑动断块。

4) 挤压期：上新世至今（5—0Ma）——盆地挤压隆起、造山和变形成为山间拗陷

上新世末，盆地转化为挤压期，其周边褶皱带抬升造山。由于南面科里亚克（Koryak）高地冲断覆盖在阿德纳尔盆地的沉积盖层之上，以及西面的拉里特金山脉隆起，盆地区转变成山间拗陷，同时发生的挤压运动再次改造了沉积盖层，结果形成一些大型构造，盆地周围褶皱带向盆地边缘仰冲。在此期间沉积的 Gyryochan 组碎屑较粗，由砂岩和砾岩组成。目前，陆上的挤压运动和海上的沉降运动仍在继续进行。

上新世至今，在挤压运动影响下形成一些挤压构造，包括线状断裂背斜构造带、短轴背斜构造、盆地周边山脉的隆起以及向盆地的推覆体。上新统一第四系厚度由 200 m 向海增至 1200 m，粒度变细。此期挤压运动形成了盆内所有的主要背斜。由于整个新生代区域构造活动的影响，地层变形程度上强下弱。

盆地在海陆部分演化具有一致性。由陆至海，地震界面可清晰追踪。地震单元 A 代表

埃钦和 Gyrgochan 组 (中新统上部至第四系), B 代表奥塞拉、叶利塞也夫 (Yeliseyer) 和阿弗塔库尔组 (中新统中部), V 代表麦尼查、乌斯特奇里纳依和 Tanyurer 组 (古新统)。

自古新世开始在盆地内形成 3 个构造地层带, 即北、中、南带。这 3 个带之间在整个新生代都有挠曲带或断裂活动相隔, 造成 3 个带具有不同的沉积相。各带中又有拗陷和隆起, 如北带有康恰兰 (Kanchalan) 拗陷、克列斯塔 (Kresta) 拗陷; 中带有维利科钦斯克 (Velikorechensk) 拗陷、普列拉里特金 (Prerarytkin) 拗陷和奥兹尔尼 (Ozernyy) 隆起; 南带包括麦尼查 (Maynitsa)、拉古尼 (Laverent'yev) 和普罗托奇 (Protochnyy) 等拗陷 (图 1-1-3)。

2. 地层

盆地地层发育复杂, 下面按由北向南的 3 个带进行描述 (表 1-1-1)。

1) 北带

(1) 古近系: 古新统和始新统下部 Tanyurer 组, R-19 井揭示最全, 以辉石玄武岩、橄榄辉石玄武岩和安山玄武岩为主, 砂屑凝灰岩和层凝灰岩, 钻厚 2 136m。

在奥涅缅 (Onaman) 海湾和阿纳德尔河口, 始新统至渐新统分 3 个组: ①Onaman 组由含细砾杂砂岩、粉砂岩和泥岩组成, 夹煤层, 厚 300~350 m; ②Produktivnaya 组由砂岩组成, 夹粉砂岩、泥岩及煤线, 厚 200~250 m; ③Pervorechenskaya 组由海相细砂岩、粉砂岩和褐色薄煤层组成, 厚 400 m。

(2) 中新统: 以叶利塞也夫 (Yeliseyer) 组为代表, 厚约 70~117 m, 以细粒泥质砂岩为主, 夹粉砂岩; 上覆 Tymnin 组是砂岩、粉砂岩、泥岩和少量褐煤线互层, 厚度不超过 650 m。

(3) 上新统: 上部在康恰兰海槽称为 Gyrgochan 组, 由砂岩、粉砂岩、钙质泥岩和褐煤互层组成, 厚 600~650 m。在奥涅缅地区叫 Kalinin 组, 下部是不等粒砂岩和泥岩互层, 上部以砂岩占绝大多数, 不存在褐煤夹层。而在邻近的 Vyazkaya、Beregovaya 和 Korolevskaya 地区, 此组由粉砂岩和煤层组成。此套地层与下伏的接触关系暂不清楚, 仅在 Vyazkaya 和亚吉尔 (Yagelnaya) 组之间见角度不整合。

2) 中带

(1) 古近系: 古新统一始新统下部亚吉尔组是过渡型层序, 为火山岩、火山碎屑岩和碎屑岩不等厚互层, 单层厚度由几毫米到 10m 以上。利用标准测井, 可将该组分成 3 至 7 段, 各段厚度 60~480m 不等。本组钻遇厚度最大 1 831m, 但据地震推算, 在 Velikorechensk 海槽, 本组厚达 3 000m。

始新统下一中部乌斯特奇里纳依 (Ust-Chirynay) 组厚达 500m, 为海相沉积, 由块状和薄层状泥岩、粉砂质泥岩组成, 夹少量复成分钙质砂岩。Mayritsa 组角度不整合在乌斯特奇里纳依组之上, 厚约 2 500m, 为泥质粉砂岩和泥质砂岩夹泥岩, 为海相沉积, 可分为两段, 一段为粉砂岩, 偶夹砂岩和泥岩; 另一段基本上为砂岩, 少数粉砂岩夹层。所有砂岩和粉砂岩均分选差, 富含炭屑并见有砾石。

(2) 新近系: 沉积于本带整个海域, 为典型的海陆交互相沉积, 根据岩性、测井和古生物资料, 可分成 3 个岩性地层复合体: ①下部复合体为索博尔基组, 由单一的细砂岩和灰色、绿灰色中砂岩组成, 后者分选差, 具钙质—绿泥石—沸石胶结物, 砂岩不同程度地含有岩屑和玻屑凝灰质碎屑; 根据地震资料, 下部复合体厚 900~1 100m。②中部复合体为加加宁组, 为砂岩与粉砂岩互层, 砂岩含量向上增加, 而钙质泥岩层数与厚度均向上减少。地层

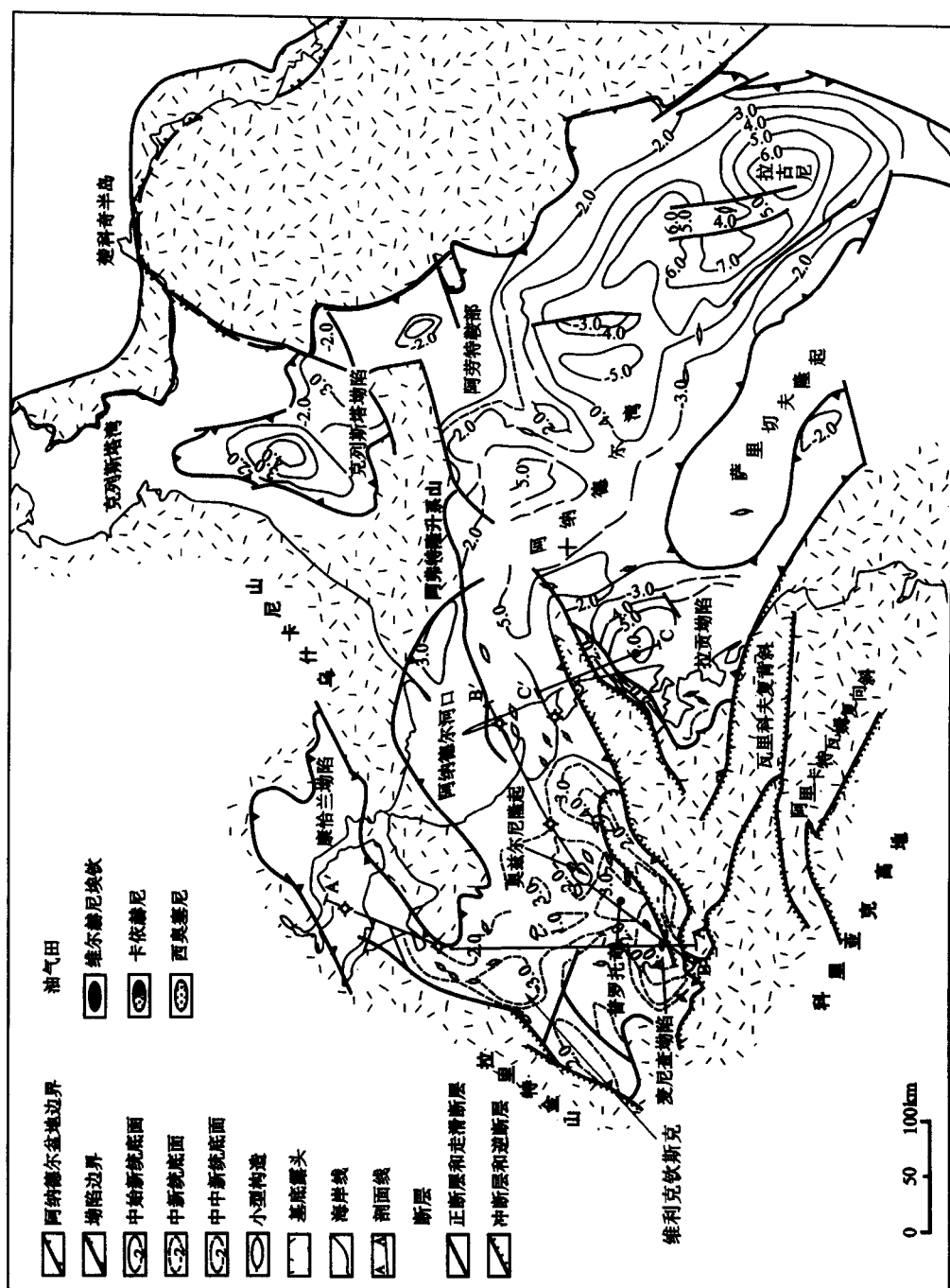


图 1-1-3 阿纳德尔盆地构造纲要图 (据 D. I. Agapitov, Ye. P. Svislunov, 1989)

表 1-1-1 阿纳德尔盆地综合地层 (引自 Ye. P. Svistunov, Yu. K. Burlin 等, 1989)

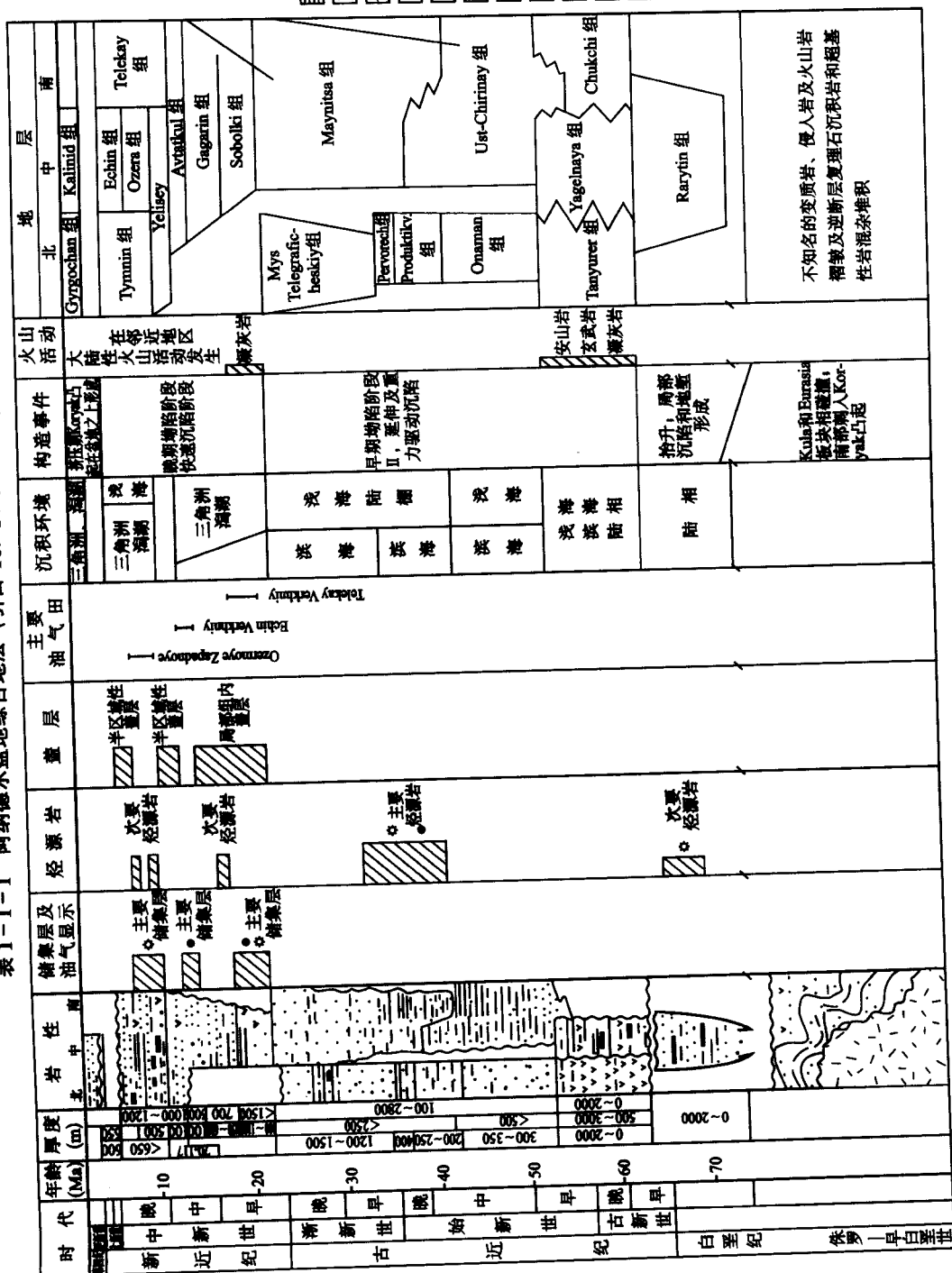


图 例



总厚不超过 450~600m, 向东呈楔形状。③上部复合体包括阿弗塔库尔、叶利塞也夫、奥塞拉和 Euhin 组, 为一个构造旋回, 可分成 15~17 个厚 30~70m 的主要韵律, 每个韵律又由 3~4 个厚度不等的砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层互层组成, 互层厚几厘米至 5m。通常每个韵律下部为砂岩, 顶部为泥岩或煤层; 例外的是阿弗塔库尔组, 厚 67~144m, 由不等粒杂砂岩组成, 夹砾岩。上部复合体厚 800~1 600m。

3) 南带

发育 1 个古新统岩性—地层复合体和 2 个新近系岩性—地层复合体。

(1) 古新统复合体: 包括如下各组: ①亚吉尔组为陆相、滨浅海至深海相沉积, 由砂岩、凝灰岩、粉砂岩和钙质泥岩组成, 推测在盆地的海域泥岩增多。本组顶底为凝灰岩和玄武岩, 在 Lahunnyy 海槽厚 500~2 000m, 在百灵煤田厚逾 1 000m。②乌斯特奇里纳依和麦尼查组, 广泛分布, 在陆地部分为狭窄深海槽沉积, 细粒碎屑岩占绝大多数, 总体为一海进海退旋回, 顶底均为砂岩, 中部泥岩—粉砂岩层序代表海进高峰。层序以斜坡沉积、水下滑坡和粗砂岩透镜体为特征。乌斯特奇里纳依组底部为砂岩与砾岩透镜体, 向上岩石的粒度逐渐变细, 直到以泥质粉砂岩和泥岩为主 (占 80%~85%)。麦尼查组顶部为砂岩和粉砂岩。该套地层在海域部分则为地堑深区沉积, 从地震资料看, 为 G 单元, 在南带最厚达 2 000~2 500m。

(2) 新近系下复合体: 包括中新统下部索博尔基组和加加宁组。索博尔基组在南带层序完整, 形成一个灰色、绿灰色由中粒到细粒杂砂岩夹火山碎屑岩的单调层序。砂岩分为长石质杂砂岩和凝灰质杂砂岩, 其中长石以中长石为代表, 含量不超过 30%, 石英含量为 3%~15%。层序的单调性使得横向岩性段及小层很难对比。高密度、火山碎屑成分和高次生变化引起了地层电阻率和速度的变化。本组地震速度为 4 300~4 600m/s, 明显高于下伏加加宁组 (3 400~3 600m/s), 地震推测最深沉积区厚度达 1 500~1 600m, 向北减薄。关于本组在海域部分的产状现在不清楚, 推测其是地震单元 V 的一部分, 但沉积相与陆地部分有别。

加加宁组分布较广, 其中捷列卡依—维尔赫尼地区揭示的层序最全, 厚 688~737m, 自下而上可分为 3 段: 第一段为浅灰色细至中粒灰质—泥质砂岩、粉砂岩和泥岩不等厚互层, 砂岩和粉砂岩单层厚 1~2m, 而泥岩单层厚 0.2~4m, 本段总厚 260m; 第二段为泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩不等厚互层, 偶夹细粒泥质—钙质砂岩 (最大厚 2m) 和煤层 (厚 0.4~0.5m), 总厚 210m; 第三段为细砂岩和粉砂岩, 夹钙质粉砂岩、泥岩及薄煤线。加加宁组沉积中心与早期一致, 主要沉积环境为三角洲至洪泛平原。

(3) 新近系上复合体: 与下伏地层整合接触, 包括 2 个组: ①阿弗塔库尔组, 厚度变化很大, 在 Povorotno—捷列卡依带, 厚度最大为 608m (埃钦—维尔赫尼地区), 向东减薄至 130~150m (捷列卡依—维尔赫尼地区), 到 Meyniirulk 地区完全尖灭, 而在 Izmennayu 地区厚 140~250m。该组 80%~85% 为不等粒凝灰质砂岩, 夹粉砂岩、泥岩薄层和砾岩透镜体。砂岩和粉砂岩为灰色和浅灰色, 细至粗粒, 分选好, 常含钙质, 具丰富的砾石和火山岩包裹体, 发育虫孔和透镜状、夹层状炭化植物碎屑和煤, 胶结物有细粒沸石、碳酸盐和绿泥石。②捷列卡依 (Telekay) 组, 分布于全区, 地层呈薄水平层, 厚 1 000~1 200m, 其岩石成分与中带相同, 但沉积相更偏海相。

在阿纳德尔盆地海域, 上部地震单元厚 1 000~2 000m, 对应地层为上新统和中新统上部。地震单元 B 对应中新统下部到中新统上部, 厚度不超过 2 000m。

二、大地热流

盆地大地热流估计早期很高,目前有所降低,但仍然较高,导致盆地地温梯度在 $3.1 \sim 3.9^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 之间,其中中部地温梯度最高,为 $3.6 \sim 3.9^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

三、火山活动

在前裂谷期 (150—70Ma), 由于欧亚大陆东北部与库拉板块碰撞, 产生了强烈的火山活动, 形成了深海燧石火山岩和岛弧火山岩。

在裂谷发育的早、中期 (晚古生世至始新世), 在伸展作用下, 火山活动主要形成安山玄武岩和安山凝灰岩。

四、含油气性

1. 烃源岩

阿纳德尔盆地沉积层序中烃源岩广泛发育, 其主要产出层位有上白垩统至古新统的拉里特金组、始新统至渐新统的麦尼查组及中新统的加加宁组、阿弗塔库尔组和奥塞拉组。岩性为泥岩, 沉积于海陆交互相、潟湖相和大陆架。有机质主要为腐殖型, 阿纳德尔盆地的油大多为陆相, 但存在细菌的改造, 其证据是: C_{27} — C_{29} 之间无峰值, 正烷烃峰值在 C_{23} , 姥/植比 $3 \sim 13$, 平均 $7 \sim 8$ 。根据甾烷异构化程度可见, 原油属未成熟油, 即其生成所需温度不高。

拉里特金组烃源岩有机质绝大多数为腐殖型, 平均有机碳含量为 0.96% , 演化程度达肥煤阶段 ($R_o = 0.95\% \sim 1.14\%$)。

麦尼查组泥岩包含腐殖—腐泥混合型有机质, 演化程度达长焰煤—气煤阶段 ($R_o = 0.48\% \sim 0.87\%$); 各段有机碳代表值为 $0.64\% \sim 0.79\%$, 地化特征证实泥岩中已生成并运移出原油。

另一可能的烃源岩是中新统泥岩, 埋深约 2500m , 演化程度达长焰煤阶段 ($R_o = 0.45\% \sim 0.50\%$)。根据钻井的地温资料分析, 生油窗大致位于 $2300 \sim 4800\text{m}$ 的深度范围。在海域, 始新统一渐新统和 30% 的中新统下部泥岩处于此范围。在最深带, 处于地震单元 B 底部的中新统中上部亦在生油窗内, 根据地震速度判断, 这些地层岩性比陆上相应层要细, 泥岩比例高达 $60\% \sim 70\%$ 。

2. 储集层

所有已证实的主要储集层均属中新统, 分别位于索博尔基组 (油气储量占总储量的 32.4% , 油藏和气藏均有)、奥塞拉组 (占总储量的 54.7% , 全为气藏) 和阿弗塔库尔组 (占总储量的 11% , 全为油藏)。因此, 目前找油目标主要是中新统, 目的层的深度为 $900 \sim 2000\text{m}$ 。

索博尔基组储集层为中等分选的长石砂岩和杂砂岩, 有效孔隙度 $9.5\% \sim 28.8\%$, 渗透率通常很低, 平均 $(0.01 \sim 0.4) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。储集层物性沿 Povorotno—Telekay 油气聚集带中轴向东北方向变差, 储集层类型大多数为孔隙型和孔隙—裂缝型。

阿弗塔库尔组储集层分布在中带和南带, 储集层性质总体好于索博尔基组, 在埃钦 Verkhniy 油田储集层为砂岩, 有效孔隙度高达 $20\% \sim 24\%$, 渗透率在 $(0.1 \sim 20.8) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间变化。在东奥塞拉构造储集层为中粒复矿砂岩, 连通孔隙度为 20% , 渗透率 $(200 \sim 300) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。储集层类型多为孔隙—裂缝型, 中带储集层性质好于南带, 连通孔隙度为 $6.3\% \sim 31.0\%$, 渗透率为 $(0.04 \sim 181.5) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

奥塞拉组储集层为厚 $0.2 \sim 15\text{m}$ 不等粒砂岩—粉砂岩互层, 有效孔隙度 $17.3\% \sim$