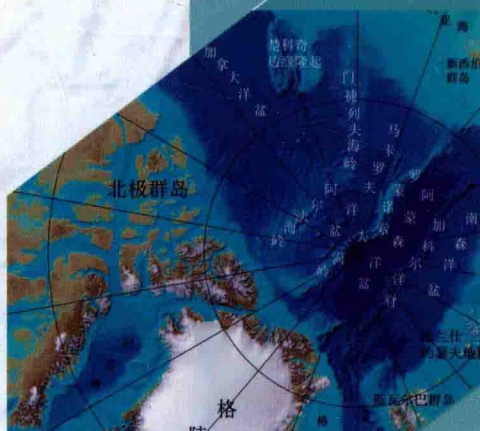


国/外/含/油/气/盆/地/丛/书

环北极地区含油气盆地

朱伟林 王志欣 吴培康 王伟洪 等 著



科学出版社

国外含油气盆地丛书

环北极地区含油气盆地

朱伟林 王志欣 吴培康 王伟洪 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

环北极地区涉及欧亚板块和北美-格陵兰板块的北部,其中包括不同时代形成的克拉通、地块、褶皱带以及年轻大洋盆地等构造单元;古生代以来,环北极地区经历了复杂的构造演化,形成了不同类型的沉积盆地;有些盆地已经证实含有丰富的油气,但由于气候条件和基础设施的制约尚未大规模开发;还有一些盆地尚未进行勘探,但根据构造-沉积条件推测也具有良好的含油气远景。因此环北极地区被认为是世界上最有远景的油气勘探开发接替区之一。本书综合分析北极地区的地质特征,重点介绍阿拉斯加北坡、马更些三角洲、斯维尔德鲁普、巴伦支海地台和东巴伦支海等含油气盆地的油气地质特征、油气分布规律和主控因素,并简要介绍其他沉积盆地的基本地质特征和含油气潜力。

本书可供石油勘探开发研究人员以及石油和地质院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

环北极地区含油气盆地/朱伟林,王志欣,吴培康,王伟洪等著. —北京:科学出版社,2013

(国外含油气盆地丛书/朱伟林主编)

ISBN 978-7-03-038845-2

I. ①环… II. ①朱…②王…③吴…④王… III. ①含油气盆地-研究-北极 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 242278 号

责任编辑:罗 吉 曾佳佳/ 责任校对:李 影

责任印制:肖 兴 / 封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时捷彩色印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 10 月第一次印刷 印张:20 1/2

字数:480 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《国外含油气盆地丛书》 编辑委员会

主 编：朱伟林

副主编：崔早云 杨甲明 杜 栩

委 员：（按姓氏笔画排序）

马立武	马前贵	王志欣	王春修	白国平
江文荣	李江海	李进波	李劲松	吴培康
陈书平	邵滋军	季洪泉	房殿勇	胡 平
胡根成	钟 锴	侯贵廷	宫少波	聂志勤

《环北极地区含油气盆地》

主要作者：王志欣 吴培康 王伟洪

参撰人员：逢林安 颜春风 郭 敏 王 进

邓文婷 刘玉华 杨志娟 侯科锋

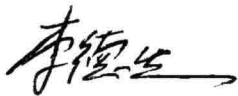
丛 书 序

我国海洋石油工业起步较晚。20 世纪 80 年代对外开放以来,中国海洋石油总公司和各地分公司在与国际石油公司合作勘探开发海洋油气过程中全方位引进和吸收了许多先进技术,并在自营勘探开发海洋油气田中发展和再创新这些技术。目前,中国海洋石油总公司在渤海、珠江口、北部湾、莺歌海和东海等盆地合作和自营开发 107 个油田,22 个气田。2010 年,生产油气当量已超过 5000 万 t,建成一个“海上大庆”,成绩来之不易。

进入 21 世纪,中国海洋石油总公司将“建设国际一流能源公司”作为企业发展目标,在党中央、国务院提出利用国际、国内两种资源,开辟国际、国内两个市场的决策下,中国海洋石油总公司开始涉足跨国油气勘探、开发业务。迄今已在海外多个石油区块进行投资,合作勘探开发油气田。

我国各大石油集团公司在国际油气勘探开发方面时间短,经验少。我国多数石油地质科技工作者对国外含油气盆地缺乏感性认识 and 实践经验。因此,在工作中系统调查研究海外油气地质资料,很有必要。自 2011 年起,由中国海洋石油总公司朱伟林主编的《国外含油气盆地丛书》(共 11 册)由科学出版社出版。该丛书包括《全球构造演化与含油气盆地(代总论)》和《欧洲含油气盆地》、《中东含油气盆地》、《北美洲含油气盆地》、《南美洲含油气盆地》、《俄罗斯含油气盆地》、《中亚-里海含油气盆地》、《环北极地区含油气盆地》、《非洲含油气盆地》、《南亚-东南亚含油气盆地》、《澳大利亚含油气盆地》,对区域构造、沉积背景、油气地质特征、油气资源、成藏模式及有利目标区和已开发典型含油气盆地、重要油气田等进行详细阐述。该丛书图文并茂,资料数据丰富,为从事海外油气业务的领导、技术专家、工作人员和关心石油工业的学者、高等院校师生提供极其有益的参考。在此,我谨对该丛书作者所做的贡献表示祝贺!

中国科学院院士



2011 年 11 月于北京

丛书前言

改革开放以来,我国各大石油集团公司相继走上国际化的发展道路,除了吸引国际石油公司来华进行油气勘探开发投资外,纷纷走出国门,越来越多地参与世界范围内含油气盆地的油气勘探开发。

然而,世界含油气盆地数量众多,类型复杂,石油地质条件迥异,油气资源分布极度不均。油气勘探走出国门,迈向世界,除了面临政治、宗教、文化、环境差异等一系列困难外,还存在对世界不同类型含油气盆地地质条件和油气成藏特征缺乏系统、全面的认识和掌握等问题。此外,海外区块的勘探时间常常受到合同期的制约。因此,如何迅速、全面地了解世界范围内主要含油气盆地的地质特征和油气分布规律,提高海外勘探研究和决策的水平,降低海外勘探的风险,至关重要。出版《国外含油气盆地丛书》,以飨读者,正当其时。

本丛书在中国海洋石油总公司走向海外的勘探历程中,对世界 400 多个主要含油气盆地进行系统的资料搜集、分析和总结,在此基础上,系统阐述世界主要含油气盆地的区域构造背景、主要盆地类型及其石油地质条件,剖析典型盆地的含油气系统及油气成藏模式,未过多涉及石油地质理论的探讨,而是注重丛书的资料性和实用性,旨在为我国石油工业界同仁以及从事世界含油气盆地研究的学者提供一套系统的、适用的工具书和参考资料。

《国外含油气盆地丛书》共 11 册,包括《全球构造演化与含油气盆地(代总论)》、《欧洲含油气盆地》、《中东含油气盆地》、《北美洲含油气盆地》、《南美洲含油气盆地》、《俄罗斯含油气盆地》、《中亚-里海含油气盆地》、《环北极地区含油气盆地》、《非洲含油气盆地》、《南亚-东南亚含油气盆地》、《澳大利亚含油气盆地》。

本丛书主编为朱伟林,副主编为崔早云、杨甲明、杜栩,委员为马立武、马前贵、王志欣、王春修、白国平、江文荣、李江海、李进波、李劲松、吴培康、陈书平、邵滋军、季洪泉、房殿勇、胡平、胡根成、钟锴、侯贵廷、宫少波、聂志勳,中国海洋石油总公司勘探研究人员以及国内相关科研院校的数十位专家和学者参加编写。在此,向参与本丛书编写和管理工作的团队全体成员表示诚挚的谢意!

本丛书各册会陆续出版,因作者水平有限,不足之处在所难免,恳请广大读者批评、指正,以便不断完善。

主 编

2011 年 11 月

前 言

《环北极地区含油气盆地》是中国海洋石油总公司组织出版的《国外含油气盆地丛书》中的一部。

环北极地区面积约 $2100 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其中陆地面积约 $600 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，水深不超过 200m 的陆架面积可达 $440 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其余部分是水体较深的陆坡、海岭和洋盆。

环北极地区油气资源丰富，约占世界待发现资源量的 1/4。对环北极地区待发现油气资源的乐观预测，是建立在该地区已经发现的巨大油气储量以及主要盆地的油气地质条件的基础之上的。已发现油气的沉积盆地主要分布于陆上和浅海陆架地区，如阿拉斯加北坡、南喀拉-亚马尔、季曼-伯朝拉、东巴伦支、巴伦支地台、斯维尔德鲁普等盆地；大陆边缘和大陆坡也具有一定的含油气远景，如马更些三角洲盆地。与此同时，很低的勘探程度和地质条件的不确定性也预示着潜在的风险。

环北极地区经历了复杂的构造演化，新元古代以来演化过程大致可以划分为罗迪尼亚超级大陆解体阶段、加里东造山阶段、加里东造山后伸展阶段、海西造山阶段、晚二叠世—三叠纪裂谷作用阶段、美亚洋盆张开阶段和欧亚洋盆张开阶段；在不同构造背景下发育了类型各异的沉积盆地。主要含油气盆地包括古生代边缘克拉通-被动大陆边缘盆地（北极地台-富兰克林、季曼-伯朝拉、阿拉斯加北坡），中生代以来的年轻克拉通内盆地（如东巴伦支海、西西伯利亚、斯维尔德鲁普盆地），中生代前陆盆地以及新生代被动大陆边缘盆地（马更些三角洲盆地）；分布面积最广的是晚白垩世以来的大陆坡和大洋盆地，其油气资源潜力尚未得到证实。

阿拉斯加北坡盆地是在晚古生代边缘克拉通-被动大陆边缘盆地的基础上发育起来的中新生代前陆盆地，侏罗纪北极群岛与北极阿拉斯加微板块间发生了裂谷活动和大陆解体，后随着微板块南缘的碰撞和南阿纽伊洋的关闭形成了前陆拗陷。勘探成果表明，阿拉斯加北坡盆地是环北极地区最重要的含油盆地，其液态石油的主要来源是盆地发育早期被动边缘阶段在上升流环境中沉积的优质烃源岩，而白垩纪以来的前陆变形决定了油气圈闭的形成分布以及油气运聚方向。

南喀拉-亚马尔盆地位于西西伯利亚盆地北部，是西西伯利亚巨型含油气盆地的一部分。该盆地属于巨型的年轻内克拉通盆地，具有复杂的、经海西运动最终拼接起来的非均质基底，在晚二叠世—三叠纪期间发生裂谷作用，侏罗纪—白垩纪期间发生周期性区域沉降和旋回性海侵-海退沉积，构成了该盆地沉积盖层的主体，也是该盆地的主要含油气层系。在晚侏罗世末—早白垩世初局限深水盆地内形成的富含水生有机质的巴热诺夫组沥青质页岩以及早白垩世巴雷姆期—阿普特期滨海沼泽相含煤地层构成了该地区主要烃源岩，早白垩世—赛诺曼期滨海相和河流-三角洲相砂岩构成了该地区主要含油气储层，而晚白垩世—古近纪沉积的巨厚海侵海相页岩和蛋白土构成了全盆地的区域性

盖层, 这些因素是该盆地形成并保存丰富油气资源的重要条件。

巴伦支海地区是广义的东欧克拉通的一部分, 经历了晚古生代边缘克拉通-被动大陆边缘盆地、中生代内克拉通盆地两大演化阶段。目前巴伦支海地区发现的油气主要来自中生界烃源岩。受晚白垩世以来北冰洋及北大西洋海底扩张的影响, 巴伦支海地区发生广泛抬升, 巴伦支海地台西北部中生界地层受到强烈侵蚀, 有效烃源岩主要局限于诺德卡普拗陷和哈默菲斯特拗陷内, 油气则聚集于这两个拗陷及其周边; 东巴伦支海地区广泛发育三叠系烃源岩, 其中南巴伦支拗陷受陆源有机质影响明显, 三叠系烃源岩以生气为主, 形成了该地区丰富的天然气聚集。此外, 石炭—二叠系局限海相烃源岩在巴伦支海地区也广泛分布, 但在东巴伦支海盆地轴部由于覆盖了巨厚中生界而已经过成熟, 但位于其边缘的该套地层估计仍有较高的生烃潜力。

马更些三角洲盆地是在北极地区中生代板块解体过程中形成的被动大陆边缘盆地, 大型河流入海形成的三角洲体系构成其沉积盖层的主体; 受河流作用影响, 盆地内沉积了以含陆源有机质为主的烃源岩, 形成了以天然气聚集为主的面貌; 三角洲砂体构成主要含气储层; 盆地的快速沉降和快速沉积导致沉积盖层内发育了大量铲式断层, 并形成了大量与正断层相关的含油气圈闭; 盆地西部则受布鲁克斯造山作用影响, 发育了与挤压背斜相关的构造圈闭。

季曼-伯朝拉盆地和西西伯利亚盆地作为俄罗斯的主要含油气盆地已经在本丛书的《俄罗斯含油气盆地》中进行了介绍, 本书不再重复。

在本书编写过程中, 中国海洋石油(中国)有限公司崔早云经理以及季洪泉、邵滋军、房殿勇、胡根成、李进波等专家给予了多方指导和大力帮助; 在书稿完成过程中, 杨甲明、杜栩等老专家提供了宝贵的修改意见, 在此一并致谢。

受资料占有情况和作者水平限制, 书中可能存在诸多不足和错误, 敬请同行们批评指正。

作 者

2013年4月

目 录

丛书序

丛书前言

前言

绪论	1
第一节 环北极地区概况	1
第二节 环北极地区油气勘探与开发	3
第三节 环北极地区油气勘探发展方向	9
第一章 环北极地区区域地质特征	12
第一节 环北极地区板块构造格局	12
第二节 环北极区域构造演化	23
小结	39
第二章 环北极地区含油气盆地类型及其基本石油地质特征	40
第一节 环北极地区沉积盆地类型及含油气性	41
第二节 内克拉通盆地	53
第三节 边缘克拉通盆地	64
第四节 前陆盆地	71
第五节 裂谷及被动大陆边缘盆地	81
第六节 大洋盆地	104
小结	116
第三章 阿拉斯加北坡盆地	117
第一节 盆地概况	117
第二节 基础地质特征	122
第三节 石油地质特征	137
第四节 典型油气田	161
小结	173
第四章 马更些三角洲盆地	174
第一节 盆地概况	174
第二节 基础地质特征	179
第三节 石油地质特征	193
小结	212
第五章 斯维尔德鲁普盆地	213
第一节 盆地概况	213

第二节 基础地质特征.....	217
第三节 石油地质特征.....	239
小结.....	250
第六章 巴伦支海诸盆地.....	251
第一节 巴伦支海地区概况.....	252
第二节 基础地质特征.....	258
第三节 石油地质特征.....	281
小结.....	307
参考文献.....	308

绪 论

第一节 环北极地区概况

环北极地区一般是指北极圈 ($66^{\circ}34'N$) 以北的广大陆地和海域 (图 1-1), 包括北冰洋、边缘陆地海岸带及岛屿、北极苔原带。以北极圈作为边界, 环北极地区的总面积达 $2100 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。冰盖覆盖了北极海域的大部分。北极边缘陆地的多数地区都是苔原地, 夏季阳光充足、气候温暖、昼夜难辨 (极昼), 冬季日照时间极短, 并有相当长的极夜。

开发北极的一个主要困难是寒冷的气候: 这里的年平均气温接近 0°C , 辐射平衡低, 冰雪覆盖, 常年冰盖的厚度为 $2 \sim 4\text{m}$, 冰山的厚度有时超过 40m 。冬季冰盖的面积达 $11 \times 10^6 \text{ km}^2$, 而夏季达 $8 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。

北极周边分布有欧亚大陆和北美大陆。欧亚大陆一侧与北极海域相邻的国家有挪威和俄罗斯, 北美大陆一侧有加拿大、美国 (阿拉斯加) 和丹麦 (格陵兰岛)。

欧亚大陆一侧的北极海域的显著特点是发育了宽阔的浅海大陆架。从西部的挪威到俄罗斯东北部的楚科奇半岛, 分别包括以下陆架浅海: 挪威海 (Norwegian Sea)、巴伦支海 (Barents Sea)、喀拉海 (Kara Sea)、拉普捷夫海 (Laptev Sea)、东西伯利亚海 (East Siberian Sea)、楚科奇海 (Chukchi Sea)。北美大陆一侧的特点是发育大量的岛屿, 称为北极群岛, 而陆架相对狭窄, 并很快经陡峭的陆坡过渡到深海盆地; 其范围较大的陆架浅海包括波弗特海 (Beaufort Sea)、巴芬湾 (Baffin Bay) 和格陵兰海 (Greenland Sea)。

北冰洋 (Arctic Ocean) 洋底也具有复杂的地貌。以罗蒙诺索夫海岭 (Lomonosov Ridge) 为界, 可以将北冰洋分为两个部分: 靠近北美和亚洲一侧的部分称为美亚洋盆 (Amerasia Basin), 靠近欧亚大陆西段的部分称为欧亚洋盆 (Eurasia Basin)。其中美亚洋盆又以门捷列夫海岭 (Mendeleev Ridge)-阿尔法海岭 (Alpha Ridge) 为界划分为加拿大洋盆 (Canada Basin) 和马卡罗夫洋盆 (Makarov Basin), 而欧亚洋盆则以加科尔洋脊 (Gakkel Ridge) 为界划分为阿蒙森洋盆 (Amundson Basin) 和南森洋盆 (Nansen Basin) (图 0-1)。加科尔洋脊通过一系列转换断层与北大西洋洋中脊相连, 是一条重要的现代板块边界。

在北极圈以北地区已经发现了 214 个 (整体或部分) 天然气聚集。这些气田分属于美国、加拿大、挪威和俄罗斯。在阿拉斯加北坡, 天然气发现是石油勘探的副产品, 储量最大的气藏分布于普鲁德霍湾油田和汤普森角油田。普鲁德霍湾油田含有约 $2620 \times 10^8 \text{ m}^3$ 天然气。加拿大的天然气发现主要分布于波弗特海-马更些三角洲, 估计储量为

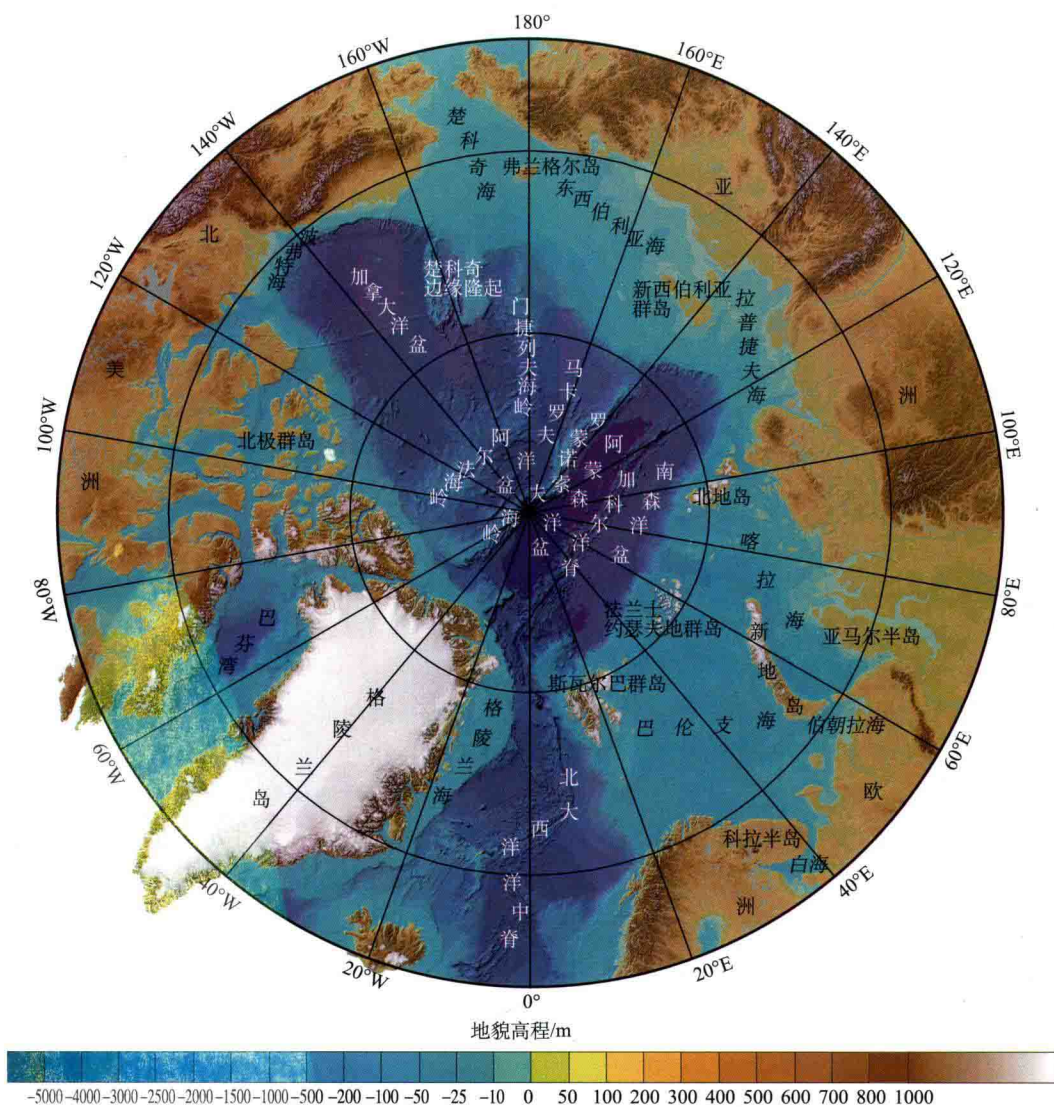


图 0-1 环北极陆地及海底地貌

地貌底图引自: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/maps/>

$3680 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。由于阿拉斯加北坡和马更些三角洲地区的天然气没有管道向市场运输，到目前为止该地区的天然气生产主要是用于当地消费和提高石油采收率。

在挪威海的哈尔腾板肯地区北部的巴伦支海地区发现了天然气聚集，但仅在挪威海进行了天然气生产。在俄罗斯的维柳伊盆地和季曼-伯朝拉盆地、叶尼塞-哈坦加地区以及西西伯利亚盆地进行了天然气生产，这里的超大型气田储量超过 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 天然气。

环北极地区油气资源丰富，据 USGS (2005, 2007) 各研究机构的评价结果，环北极地区待发现的油气资源超过 $636 \times 10^8 \text{ m}^3$ 油当量，约占全球待发现资源量的 1/4，是未来油气勘探开发重要的战略接替区。环北极地区的油气资源，特别是常规油气资源，

主要集中在陆上和陆架盆地内；而北冰洋深水盆地虽然也具有含油气潜力，但研究程度很低，目前还难以进行定量评价；因此，本卷重点是对北极圈内陆上和大陆架地区的沉积盆地进行分析。

在上述天然气产区中，阿拉斯加北坡、俄罗斯的季曼-伯朝拉和西西伯利亚盆地都是世界上已知最大的含油气区。西西伯利亚盆地主要产天然气，是这三个地区中最大的一个，其储量占世界已知石油天然气储量的 14% 以上，是世界上遥遥领先的最大天然气聚集区。除了已发现的天然气聚集之外，全球近 28% 的未发现天然气资源量分布于环北极的地质单元内，USGS 评价的未发现资源量包括阿拉斯加北坡、挪威海、东格陵兰、俄罗斯巴伦支海、季曼-伯朝拉和西西伯利亚盆地。

第二节 环北极地区油气勘探与开发

一、北极地区油气勘探概况

环北极地区的油气勘探工作量主要分布于俄罗斯、阿拉斯加、加拿大、挪威和格陵兰岛的北极陆地以及相邻大陆架地区。目前已在北极圈以北地区发现了近 400 个油气田，探明可采储量累计约为 $389.74 \times 10^8 \text{ m}^3$ 油当量，占世界探明常规石油储量（累计产量+剩余证实储量）约 10%。然而，在北极的大多数地区，特别是海域，油气勘探的程度仍然很低。广阔的北极大陆架是地球上未进行石油勘探的最大的地理单元。

俄罗斯沉积盆地众多，北方的多个沉积盆地全部或部分位于北极圈内。俄罗斯是目前在北极地区进行油气勘探投入工作量最大、取得成果最多的国家。截至 2012 年底，俄罗斯北极地区探明的油气储量达到 $326.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ 油当量，占整个北极地区的 83.8%，其中绝大部分油气储量分布于西西伯利亚盆地的北极地区（表 0-1）。俄罗斯北极的发现以天然气为主，在目前已发现储量中天然气的平均比例高达 87.8%，仅季曼-伯朝拉盆地以液态石油为主（图 0-2）。

俄罗斯（前苏联）的油气勘探和开发基本上是由西向东、由南向北逐渐发展的，到目前为止俄罗斯北极的勘探工作量全部集中在西部，即北地群岛以西的北极陆地及海域，包括季曼-伯朝拉盆地、东巴伦支海盆地、西西伯利亚巨型盆地北部（包括亚马尔-南喀拉海盆地及纳德姆-塔兹盆地的一部分）、叶尼塞-哈坦加盆地等；而北地群岛以东的广大地区尚未进行勘探，其中包括拉普捷夫海、东西伯利亚海、北楚科奇海和南楚科奇海等盆地。

最早涉及北极地区的勘探发生在季曼-伯朝拉盆地，至 20 世纪 60 年代勘探领域扩展到西西伯利亚盆地北极圈的陆上地区，并延伸到西伯利亚地台北部的叶尼塞-哈坦加盆地；直到 20 世纪 80 年代，苏联才开始在西部北极大陆架进行钻探，并在伯朝拉海、东巴伦支海和南喀拉海发现了一系列油气田，但随着苏联解体，俄罗斯北极海域的油气田勘探几乎陷入完全停顿。

表 0-1 环北极地区主要含油气盆地油气储量分布

盆地名称	石油 / 10^6m^3	凝析油 / 10^6m^3	天然气 / 10^9m^3	合计 / $10^6\text{m}^3_{\text{oe}}$	占比/%
阿拉斯加北坡	3597.02	158.83	1221.27	4898.75	12.6
马更些三角洲	203.59	11.6	314.6	509.6	1.3
斯维尔德鲁普	90.68	1.81	437.57	501.98	1.3
巴伦支海地台	84.72	25.51	303.14	393.92	1
东巴伦支海	0	72.43	4039.05	3852.31	9.9
季曼-伯朝拉	1604.51	22.84	596.63	2185.7	5.6
南喀拉-亚马尔	588.87	358.58	13 140.06	13 244.36	34
纳德姆-塔兹	931.2	383.53	12 316.79	12 841.2	32.9
叶尼塞-哈坦加	2.39	20.05	559.82	546.34	1.4
合计	7102.98	1055.18	32 928.93	38 974.16	100

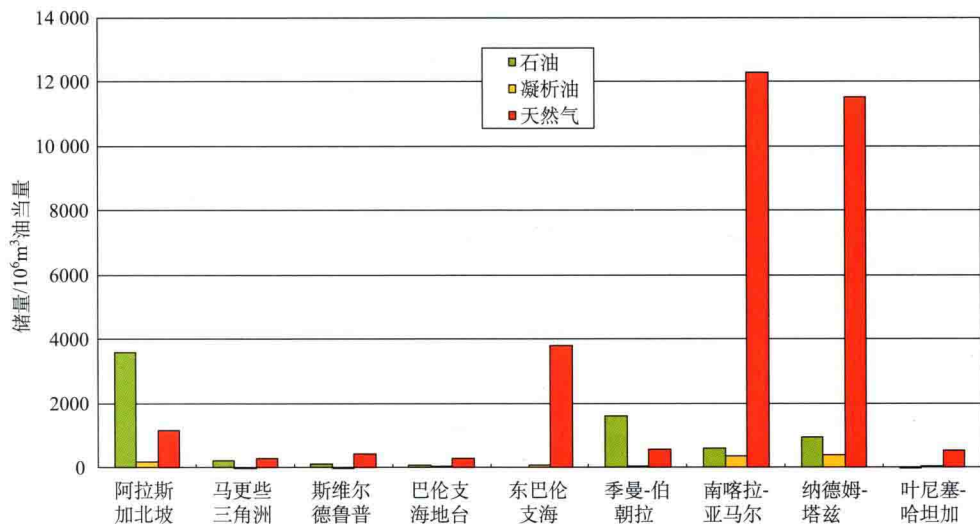


图 0-2 环北极地区主要含油气盆地油气储量分布

季曼-伯朝拉盆地的勘探始于 19 世纪中叶，但该盆地北极圈以北部分的勘探直到 20 世纪 60 年代末才有明显突破，从 1970 年开始陆续发现了沃泽伊、哈里亚加等一系列大中型油田。目前，该盆地北极陆上部分的勘探程度也已经相当高，待发现油气田主要是小型级别；但盆地位于伯朝拉海的部分勘探程度仍然较低，迄今为止仅发现了 7 个油气田，包括普里拉兹洛姆大型油田。

西西伯利亚盆地的勘探始于 20 世纪 60 年代，随着中生界含油气层系的揭示，该盆地的探明油气储量迅速增加，在盆地中部的中鄂毕地区和盆地北部的纳德姆-塔兹地区发现了大量大型甚至巨型油气田，并分别建成了前苏联以及俄罗斯最大的石油和天然气生产基地。盆地北部的发现以天然气为主，其中大部分气田位于北极圈附近或其以北，

如著名的乌连戈伊气田、扎波里亚尔气田、扬堡气田、新港油气田等。该盆地北极圈以北的陆上部分的勘探也已经基本成熟，大中型圈闭大都进行了钻探；而位于南喀拉海的部分勘探程度较低，迄今为止仅发现了2个大型气田，仍有很高的勘探前景。

东巴伦支海的区域地球物理勘探始于20世纪60年代。80年代初，受季曼-伯朝拉盆地海上重大发现的鼓舞，俄罗斯开始在东巴伦支海盆地南部的一些大型构造上进行钻探，至1991年陆续发现了5个大型气田。到目前为止，该盆地累计钻预探井13口，勘探程度很低，其中北部拗陷几乎没有勘探，整个盆地仍具有很高的勘探潜力。

美国本土盆地众多，但只有阿拉斯加半岛及其大陆架延伸到北极圈内。阿拉斯加北坡盆地探明油气储量到目前为止在北极地区位居第二，也是北极地区探明液态石油储量和比例最高的一个盆地（表0-1，图0-2）。该盆地的陆上部分的勘探始于20世纪40年代，至1968年在北部的滨岸平原地带发现了特大型的普鲁德霍湾油田；所发现的主要油气田集中分布于阿拉斯加半岛北缘滨岸带中段，目前陆上部分勘探程度已达中等；盆地的海上部分约占盆地总面积的一半，勘探始于20世纪90年代，到目前为止仅完成了少量地震勘探和有限的钻井，勘探程度总体很低，已发现了布尔格尔等大中型油气田，展现了较高的勘探前景。

加拿大的油气勘探始于西南部的西加拿大盆地，而且绝大部分探明油气储量集中在该盆地内；但加拿大很早就注意到了北方地区的油气显示，并在20世纪20年代就已开始在沿着马更些河谷的内部地台地区进行油气勘探，并逐步向北扩展。最早在马更些河谷发现的诺曼井油田（大致位于 65.3°N ）实际上还不属于北极，科尔维尔山和伊戈尔平原地区的古生界发现才是真正最早发现的北极油气田。

20世纪60年代，加拿大开始在马更些三角洲盆地陆上部分进行勘探，发现了一系列中生界油气田；70年代开始对该盆地的海域部分进行勘探并发现了一系列第三系油气田；1975~1985年是马更些三角洲盆地勘探工作量最大和成效最好的阶段，此后勘探活动因为原住民对土地权的要求以及国际油价下降而一度停滞不前，1992年以后才陆续恢复；到目前为止，马更些三角洲盆地仍是加拿大北极地区勘探程度最高、发现油气储量最多的盆地。

斯维尔德鲁普盆地的勘探始于20世纪60年代，1969年发现第一个气田。到目前为止该盆地已钻预探井87口，发现油气田20个，其中绝大多数为气田；勘探程度总体较低，仍有较高的勘探潜力。

挪威的沉积盆地全部位于海域，包括北海、挪威海和巴伦支海的一系列沉积盆地，其中涉及北极的海域是挪威海北部和巴伦支海。

挪威海的勘探始于20世纪70年代，1980年钻了第一口探井，到目前已累计钻了约200口勘探井，但这些工作量绝大部分集中在北极圈以南。挪威海北极圈以北部分的勘探主要是在2000年以后，探井数量很少，目前仅发现了2个规模不大的气田，总体勘探程度较低；根据挪威国家石油委员会的推测，该国待发现油气资源约36%分布于挪威海诸盆地，据此预计该海域的北极部分也有较好的勘探前景。

挪威巴伦支海的勘探始于1970年，1980年钻了第一口预探井，1981年发现了第一个气田。目前发现的油气田主要分布于南部的芬马克地台和布亚姆兰地台及二者之间的次级

盆地中, 累计钻预探井 57 口, 勘探程度很低; 根据挪威国家石油委员会的推测, 挪威巴伦支海的待发现油气资源约占该国待发现资源总量的 29%, 是该国未来的重要勘探方向。

丹麦格陵兰岛周边也发育了一系列沉积盆地, 如巴芬湾盆地和东格陵兰盆地。东格陵兰盆地的勘探始于 20 世纪 70 年代末, 主要是进行区域地球物理研究, 包括重力、磁法勘探和少量地震勘探, 还对部分露头区进行了深入研究, 但迄今为止没有进行油气钻探, 因此对油气勘探来说仍是新区。根据 USGS (2007) 的评价, 该盆地待发现总资源量约 $49.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 油当量, 具有相当高的勘探前景。

二、北极地区油气田开发概况

世界各大石油公司以及北极周边国家都在关注着北极日益萎缩的冰盖, 迫不及待地要参与开发北极的油气资源。但事实上, 即使北极确实拥有丰富的油气资源, 要进行勘探和开发也面临着一系列问题, 这包括需要更高的勘探开发成本、更复杂的技术以保证在获取油气资源的同时尽可能地保护北极脆弱的生态环境。而且除了俄罗斯北极西部和阿拉斯加北坡已发现的丰富油气储量和已经建成的产能之外, 北极其他地区要替代现有的产油气区还需要相当长的时间。

北极的已发现储量和待发现资源量均以天然气为主, 但由于近几年相对廉价的非常规天然气供应, 北极作为世界天然气供应地的相对重要性将会下降。阿拉斯加北坡的石油在未来相当一段时期仍将保持作为北美重要石油供应地的地位; 而北极待发现石油资源量较少, 对未来全球石油产量也不会产生明显的影响。

环北极地区的液态石油产量主要来自俄罗斯、美国和挪威。

俄罗斯北极石油产量主要来自西西伯利亚盆地和季曼-伯朝拉盆地。其中, 西西伯利亚盆地的北极地区已投产的油气田以大型和巨型凝析气田为主, 也有一些带油环的凝析气田, 著名油气田如乌连戈伊、扬堡、梅德韦日、瓦里耶甘等, 所生产的液态石油主要是来自少数几个巨型油气田的油环和凝析油, 而且该盆地北极地区的液态石油产量占了整个北极地区石油产量的大部分。季曼-伯朝拉盆地北极部分以生产原油为主, 已投产的油田除沃泽伊和哈里亚加油田规模较大, 其他全部属于中小型油田, 因此总产量不大。

北极的石油总产量在 20 世纪 60 年代开始大幅增加, 直至 1988 年。1989 年石油产量下降, 直到 90 年代晚期才再次上升, 这与苏联解体导致俄罗斯石油生产大滑坡有关 (图 0-3)。由于俄罗斯占北极石油产量的大部分, 因此苏联解体对整个北极地区产量的影响很大。

阿拉斯加北坡盆地是美国乃至整个北美地区最重要的产油区, 也是北极地区重要的产油区。著名的普鲁德霍湾油田发现于 1968 年, 1975 年开始建设横穿阿拉斯加输油管道系统 (TAPS), 直到 1977 年该管道完工后普鲁德霍湾油田才开始商业生产, 该盆地的石油产量大幅度上升 (图 0-3)。1987 年该油田的产量达到顶峰 $24.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。利用普鲁德霍湾油田现有的基础设施, 相邻的油田也陆续投入商业生产。从 1977 年到 2010 年, 该盆地已累计生产石油 $25.16 \times 10^8 \text{ m}^3$, 天然气 $3369.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。目前有 23 个