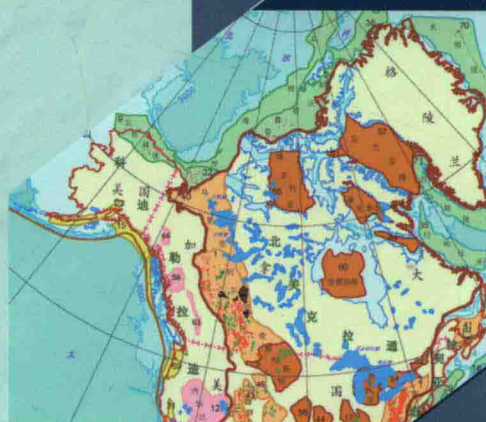


“十二五”国家重点图书出版规划项目

国/外/含/油/气/盆/地/丛/书

# 北美洲含油气盆地

朱伟林 侯贵廷 房殿勇 等 著



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

国外含油气盆地丛书

# 北美洲含油气盆地

朱伟林 侯贵廷 房殿勇等 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书以“油气富集程度”、“油气分布特征”和“控制油气分布的主要区域地质背景和石油地质背景”为主线,全面介绍北美洲区域地质背景、含油气盆地类型及其基本地质特征,重点描述具有典型意义的八个含油气盆地,包括二叠盆地、伊利诺伊盆地、中陆盆地群、阿巴拉契亚盆地、艾伯塔盆地、落基山盆地群、墨西哥湾盆地和圣安德烈斯走滑盆地群。

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

---

北美洲含油气盆地/朱伟林等著. —北京:科学出版社,2016.6

(国外含油气盆地丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-048484-0

I. ①北… II. ①朱… III. ①含油气盆地-研究-北美洲 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 121789 号

---

责任编辑:罗 吉 曾佳佳/责任校对:赵桂芬

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>

**北京利丰雅高长城印刷有限公司印刷**

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年6月第一次印刷 印张:21 1/2

字数:510 000

**定价:258.00 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 聂志勳

## 《北美洲含油气盆地》

主要作者：侯贵廷 房殿勇

参编人员：杨甲明 杜 栩 李 乐 张庆莲

舒武林 孟庆峰 张 鹏 鞠 玮

王延欣 肖芳锋 张立伟 贺 电

刘守偈 李 杰 闵 阁

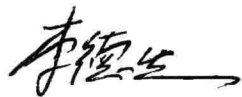
# 丛书序

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和实践经验。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、高等学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

《北美洲含油气盆地》是中国海洋石油总公司组织编写的《国外含油气盆地丛书》中的一部。

北美的油气勘探最早从美国开始。美国是世界近现代石油工业的摇篮。1859年世界第一口工业油井在美国宾夕法尼亚州钻采成功，标志着石油工业的开端，至今已超过150年了。150多年来，一些重要的盆地理论和油气勘探经验，如前陆盆地及其找油的思想、推覆构造找油思想、深水油气勘探经验、非常规油气（油砂、深盆气、煤层气和页岩油气等）的勘探经验和技術，都来自北美。有许多宝贵的基础盆地地质和油气勘探成果值得我们借鉴和学习。

本书是在中海油重大基础研究项目“北美洲主要沉积盆地油气地质特征与勘探潜力分析”的研究成果基础上系统总结完成的。第一章介绍了北美常规和非常规油气资源概况；第二章介绍了北美构造区划和大陆构造与沉积的演化；第三章介绍了北美的盆地分类和盆地演化规律；第四章至第十一章介绍了在北美具有典型意义的八个重点含油气盆地。

贯穿全书的主线是各种类型盆地有多少油气；这些盆地的石油地质特征如何；为何有这样的石油地质特征。从大地构造、区域地质、盆地构造、地层层序、岩相古地理和生储盖组合以及含油气系统来阐述重点盆地的油气分布规律和地质特征。

本书的一大特色是将重点盆地（包括原型盆地和现盆地轮廓）放到北美大地构造演化和古地理演化的大背景下，考虑大地构造和古地理及古气候对盆地演化和石油地质特征的控制和影响。

本书从北美洲含油气盆地分类入手，总结了各类盆地的构造、沉积演化和基本石油地质特征，分析了重点盆地的石油地质特征和勘探潜力，并解剖了重点盆地的典型油气藏。

在全面研究北美重点盆地地质特征的基础上，本书抓住北美盆地的“经典性”和近些年油气勘探“热点”，有重点地总结和归纳北美含油气盆地演化和石油地质特征。

本书精华之处可归纳为以下三个方面。

(1) 通过对北美构造和沉积演化的系统研究，可以将北美划分为六大构造单元，并把北美各地质历史阶段的构造演化归纳为两次拼合、一次离散。北美大陆的构造演化是古生代会聚和中新生代裂解的过程，以逆时针旋转为主线，并伴有南半球低纬度向北漂移。

北美大陆可以划分为六个构造单元：加拿大地盾、中元古代增生型造山带、格林威尔造山带、阿巴拉契亚造山带、科迪勒拉造山带和加勒比海板块。北美大陆的地质演化过程规律性很强，主要特点是以加拿大地盾为中心，从太古宙、元古宙、古生代、中生



代至新生代, 经过元古宙增生型造山带、格林威尔造山带、阿巴拉契亚造山带和科迪勒拉造山带等多期造山运动, 大陆逐渐向外围增生, 不断扩大大陆的范围。另一个特点是北美大陆从寒武纪至新生代一直在做逆时针旋转, 并伴有向北漂移的运动, 以逆时针旋转为主。

(2) 对北美洲含油气盆地进行盆地的构造成因分类, 归纳各类型盆地的构造、沉积演化和基本石油地质条件, 分析重点盆地的石油地质特征和解剖典型油气藏, 并分别对重点盆地进行油气勘探潜力分析。

根据盆地构造成因分类, 北美含油气盆地可以划分为七类盆地: 克拉通盆地、被动陆缘盆地、前陆盆地、裂谷盆地、走滑盆地、弧前盆地和弧后盆地。

根据北美大陆含油气盆地地质、石油地质特征和勘探潜力综合分析, 大型稳定的盆地是形成油气富集区的重要条件。这些盆地往往发育在大型稳定的构造单元上, 具有大型、稳定的沉积条件和圈闭条件。

北美重点盆地的研究表明被动陆缘盆地、克拉通盆地和前陆盆地曾在地质历史时期处于古赤道附近或低纬度带, 并且距物源较远, 长期处于稳定成盆环境, 具备发育大型油气田的条件, 有较大的勘探潜力。

(3) 目前北美油气勘探热点集中于墨西哥湾深水和非常规油气, 是北美重要的油气产量增长极, 也是北美含油气盆地的一大特色。

本书引用了 IHS 公司商业资料库的油气田储量数据和部分图件, 对可以查到确切出处的图件, 书中注明了原著者。对 IHS 公司未标注出处的图件, 本书认为则是 IHS 的成果, 书中引用时只注明: IHS, 2008。根据 IHS 公司数据编制的表格, 则标注为原始资料源自 IHS (2008)。对引证的 C&C 咨询公司的插图, 本书做了与 IHS 类似的处理。在成书过程中, 我们参阅大量文献, 在正文中以著者-出版年形式注明出处, 在参考文献中尽量与其对应, 注明著者、出版年、文献名、出版机构等著录项目, 但很难全面列举。在此, 我们向所有文献作者表示感谢。

感谢季洪泉、邵滋军、江文荣、宫少波、胡根成、聂志勳、李进波等专家提出宝贵修改意见。另外, 还感谢海中公司的梁晓晶总经理给予的大力支持, 感谢余淑敏高级工程师带领绘图组的李小超、田丽朋、王建丽、赵文韬给予的大力帮助。大业嘉城科技有限公司在盆地资料库的制作和北美含油气盆地工业制图方面给予了大力协助, 在此一并致谢。

受时间及作者水平所限, 书中难免有疏漏和错误之处, 恳请读者批评指正。

作 者

2015 年 12 月

# 目 录

丛书序	
丛书前言	
前言	
第一章 概况	1
第一节 自然地理特征	1
第二节 北美油气资源概况	4
小结	11
第二章 区域地质背景	13
第一节 北美构造区划	13
第二节 北美构造和沉积盆地的演化规律	17
小结	35
第三章 北美盆地类型及基本地质特征	36
第一节 北美含油气盆地类型	37
第二节 克拉通盆地及油气特征	40
第三节 被动陆缘盆地及油气特征	42
第四节 前陆盆地及油气特征	45
第五节 裂谷盆地及油气特征	48
第六节 走滑盆地及油气特征	50
第七节 弧前盆地和弧后盆地概述	53
第八节 北美各类盆地的油气分布规律	56
小结	58
第四章 二叠盆地	60
第一节 盆地概况	60
第二节 盆地基础地质特征	62
第三节 石油地质特征	65
小结	90
第五章 伊利诺伊盆地	91
第一节 盆地概况	91
第二节 盆地基础地质特征	92
第三节 石油地质特征	102
小结	114

<b>第六章 中陆盆地群</b> ·····	116
第一节 盆地概况·····	116
第二节 盆地基础地质特征·····	118
第三节 石油地质特征·····	125
小结·····	137
<b>第七章 阿巴拉契亚盆地</b> ·····	138
第一节 盆地概况·····	138
第二节 盆地基础地质特征·····	140
第三节 石油地质特征·····	152
小结·····	187
<b>第八章 艾伯塔盆地</b> ·····	189
第一节 盆地概况·····	189
第二节 盆地基础地质特征·····	191
第三节 石油地质特征·····	205
小结·····	226
<b>第九章 落基山盆地群</b> ·····	228
第一节 盆地概况·····	228
第二节 盆地基础地质特征·····	230
第三节 石油地质特征·····	235
小结·····	248
<b>第十章 墨西哥湾盆地</b> ·····	249
第一节 盆地概况·····	250
第二节 盆地基础地质特征·····	252
第三节 石油地质特征·····	263
小结·····	290
<b>第十一章 圣安德烈斯走滑盆地群</b> ·····	292
第一节 盆地概况·····	292
第二节 盆地基础地质特征·····	294
第三节 石油地质特征·····	301
小结·····	312
<b>结束语</b> ·····	314
<b>参考文献</b> ·····	319

◇ 美国是世界近现代石油工业的摇篮。1859年美国的德雷克在宾夕法尼亚州钻探了世界第一口工业油井，揭开了近现代石油工业的历史。美国的油气勘探历史已经超过150年了。

◇ 北美重点含油气盆地的勘探程度相对都较高，在世界上属于成熟探区。在第二次世界大战之前，北美的油气产量一直是世界第一，积累了大量宝贵的勘探开发经验。近二十年来，北美在深水和非常规油气勘探开发方面又领先于世界，为世界各国在未来非常规油气勘探开发方面提供了新理论、新方法和新的开采技术。

◇ 北美在整个地质演化历史时期处于相对简单的大地构造环境中，发育的含油气盆地类型比较典型，有代表性，且研究和油气勘探开发较早，盆地理论和石油地质学的一些重要概念和理论都诞生于此，例如：前陆盆地理论、造山后伸展盆地理论、走滑拉分盆地理论、非常规油气勘探开发理论与实践，为世界能源发展做出重要贡献。可以说，北美含油气盆地及油气勘探开发既有理论实践的“经典”，也有勘探开发的“热点”。

## 第一节 自然地理特征

### 一、地理范围

北美洲位于西半球的北部，东临大西洋，西濒太平洋，北靠北冰洋，南以巴拿马运河为界与南美洲相分（图1-1）。

北美洲的面积为  $2422.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，约占世界陆地总面积的16.2%，是世界第四大洲，共有23个独立国家和15个地区，总人口4.62亿人。北美洲包括国家：美国、加拿大、墨西哥、古巴、巴哈马、伯利兹、巴巴多斯、哥斯达黎加、萨尔瓦多、格林纳达、危地马拉、洪都拉斯、海地、牙买加、圣卢西亚、尼加拉瓜、巴拿马、多米尼加、多米尼克、圣文森特和格林纳丁斯、特立尼达和多巴哥、安提瓜和巴布达等国家和地区。

### 二、主要地貌单元

北美洲海拔200m以下的平原约占20%，海拔200~500m的平原和丘陵约占22%，海拔500m以上的高原和山地约占58%，全洲平均海拔为700m。北美大陆地貌的基本特征是南北走向的山脉分布于大陆东西两侧与海岸平行，而大平原和高原分布于大陆的中部。

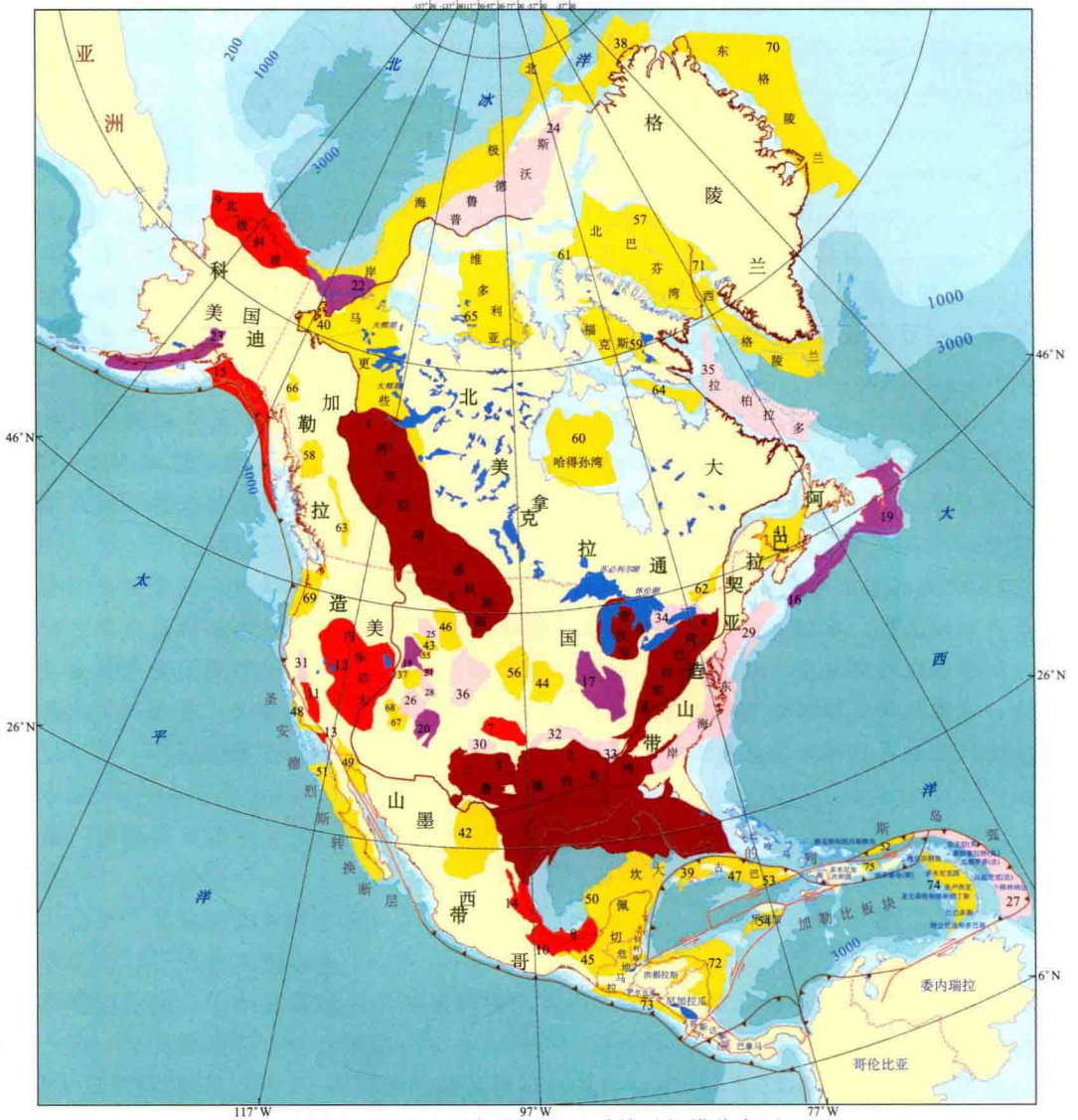


图 1-1 北美含油气盆地的可采储量规模分布图

深红色： $50 \times 10^8 \sim 100 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；红色： $10 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；粉色： $5 \times 10^8 \sim 10 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；  
 黄色： $1 \times 10^8 \sim 5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；浅粉色：小于  $1 \times 10^8 \text{ m}^3$

1. 艾伯特 Alberta；2. 墨西哥湾 Gulf of Mexico；3. 二叠 Permian；4. 阿巴拉契亚 Appalachia；5. 威利斯頓 Williston；
6. 密歇根 Michigan；7. 阿纳达科 Anadarko；8. 墨西哥南部 Sur；9. 北极斜坡 Arctic Slope；10. 维拉克鲁斯 Veracruz；
11. 圣华金 San Joaquin；12. 内华达大盆地 Nevada (Great Basin)；13. 洛杉矶 Los Angeles；14. 坦皮科 Tampico；
15. 阿拉斯加湾 Gulf of Alaska；16. 斯科舍陆架 Scotia Shelf；17. 伊利诺伊 Illinois；18. 绿河 Green River；
19. 大浅滩 Grand Banks；20. 圣胡安 San Juan；21. 沙洗 Sand Wash；22. 马更些三角洲 Mackenzie Delta；
23. 库克湾 Cook Inlet；24. 斯沃德鲁普 Sverdrup；25. 大角 Big Horn；26. 帕拉多 Pradox；27. 巴巴多斯-多巴哥 Barbados-Tobago；
28. 皮申斯 Piceance；29. 东海岸 East Coastal；30. 帕洛杜罗 Palo Duro；31. 萨克拉门托 Sacramento；
32. 阿科马 Arkoma；33. 黑勇士 Black Warrior；34. 安大略 Ontario；35. 拉布拉多 Labrador；36. 丹佛 Denver；
37. 尤因塔 Uinta；38. 北极海岸 Arctic Coastal；39. 古巴北部 Cuba North；40. 马更些 Mackenzie；
41. 马里泰姆 Maritimes (圣劳伦斯的南部)；42. 墨西哥东北部 Noreste；43. 风河 Wind River；44. 林城 Forest

City; 45. 恰帕斯 Chiapas; 46. 粉河 Powder River; 47. 古巴中部 Cuba Central; 48. 海岸盆地 Coastal Basins; 49. 沙顿 Salton; 50. 坎佩切 Campeche; 51. 下加利福尼亚 Baja California; 52. 波多黎各 Puerto Rico; 53. 古巴南部 Cuba South; 54. 牙买加 Jamaica; 55. 大迪维特 Great Divide; 56. 萨利娜 Salina; 57. 北巴芬湾 North Baffin; 58. 鲍泽湖 Bowser; 59. 福克斯 Foxe; 60. 哈得孙湾 Hudson Bay; 61. 兰开斯特 Lancaster; 62. 魁北克 Quebec; 63. 克内尔 Quesnel; 64. 昂加瓦湾 Ungava Bay; 65. 维多利亚 Victoria; 66. 怀特霍斯 White Horse; 67. 黑梅萨 Black Mesa; 68. 凯帕罗威 Kaiparowits; 69. 西华盛顿-俄勒冈 West Washington-Oregon; 70. 东格陵兰 East Greenland; 71. 西格陵兰 West Greenland; 72. 加勒比海岸平原 Caribbean Coastalplain; 73. 太平洋海岸平原 Pacific Coastal Plain; 74. 格林纳达 Grenada; 75. 北部盆地 North

北美地貌单元主要分三个区：东部山地和高原区、中部平原区和西部山地和高原区。

东部山地和高原区：圣劳伦斯河以北为拉布拉多高原，以南为阿巴拉契亚山脉，地势南高北低，海拔一般为 300~500m。阿巴拉契亚山脉的东侧沿大西洋西岸分布一条狭窄的海岸平原，西侧地势逐渐下降与中部平原相接。

中部平原区：位于拉布拉多高原、阿巴拉契亚山脉与落基山脉之间，北起哈得孙湾，南至墨西哥湾，南北纵贯北美大陆中部。平原区北半部有众多湖泊，南半部是密西西比河平原，西部为美国大平原。

西部山地和高原区：位于科迪勒拉山系的北段，从阿拉斯加一直伸展到墨西哥南部，主要包括三条平行山地带：东带为落基山脉，西带为美国的海岸山岭，中带包括北部的阿拉斯加山脉、加拿大的海岸山脉和美国的内华达山脉等。阿拉斯加的麦金利山海拔 6194m，为北美洲最高峰。内华达大盆地底部海拔为 800~1300m，盆地南部的死谷低于海平面 86m，为西半球陆地的最低点。

### 三、气候

北美洲地跨热带、温带、寒带三个气候带，气候复杂多样。由于北美洲东西均濒临大洋，东西部相对比较湿润。北部的北极圈内为冰雪世界。南部加勒比海受赤道暖流影响比较湿热，并常有热带风暴。北美大陆中部广大地区位于北温带。由于所有的山脉均是南北或近南北走向，故从太平洋来的湿润空气仅达西部沿海地区，而从北冰洋来的冷空气却可以经过中部平原长驱南下，影响到中南部；从热带大西洋吹来的湿润空气也可以经过中部平原深入到北部，故北美洲的气候很不稳定，冬季忽冷忽热，甚至在墨西哥湾沿岸的亚热带地区，冬季也会发生严寒和下雪的现象。北美洲东部地区降水较多，美国东部、加拿大、格陵兰岛东南部和阿拉斯加的太平洋沿岸地区年降水量约为 300~500mm；加拿大和阿拉斯加太平洋沿岸的降水量可高达 2000mm 以上，为北美洲降水最多的地区。落基山脉东麓和大平原的年降水量为 100~250mm。加勒比海地区属热带雨林气候，终年高温多雨。降水量最少的地区是美国内华达大盆地西南部、科罗拉多河下游、北极群岛和格陵兰岛北部，年平均降水量均小于 100mm。

### 四、水系、湖泊和河流

北美大陆河流的外流域约占全洲面积的 88%，其中大西洋流域面积约占全洲的

48%，太平洋流域约占20%。除圣劳伦斯河外，所有大河都发源于落基山脉。内流区域（包括无流区）约占全洲面积的12%，主要分布在美国西部的内华达大盆地及格陵兰岛。

北美大陆湖泊众多，淡水湖总面积约 $40 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，居全球各洲首位。湖泊主要分布在大陆的北半部。中部主要分布五大湖，即苏必利尔湖、休伦湖、密歇根湖、伊利湖和安大略湖，总面积为 $245\,273 \text{ km}^2$ ，是世界上最大的淡水湖群，其中苏必利尔湖为世界第一大淡水湖。

北美河流众多，其中密西西比河是北美最大的河流，是世界第四大河。北美洲的河流上多瀑布，落差最大的瀑布是约塞米蒂瀑布，落差达700m；最宽的瀑布是尼亚加拉瀑布，落差51m，宽1240m。

## 第二节 北美油气资源概况

北美共有96个盆地（面积 $>0.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ ），其中含油气盆地75个，含油气盆地面积合计为 $1332 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，主要含油气盆地有37个，主要分布在七个产油国。

### 一、北美常规油气资源概况

从北美含油气盆地的油当量储量规模分布分析（图1-1），可采储量超过 $50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的盆地有艾伯塔盆地、墨西哥湾盆地、二叠盆地、阿巴拉契亚盆地、威利斯顿盆地和密歇根盆地。

北美大陆的主要含油气盆地常规油气的勘探开发程度相对较高，是世界的老成熟探区。根据盆地面积规模和油气可采储量（图1-1），北美主要含油气盆地的油气可采储量（油当量）可分为五个级别，即 $50 \times 10^8 \sim 100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $10 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $5 \times 10^8 \sim 10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $1 \times 10^8 \sim 5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和小于 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。可采储量 $50 \times 10^8 \sim 100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的盆地（深红色盆地）有艾伯塔盆地、墨西哥湾盆地、二叠盆地、阿巴拉契亚盆地、威利斯顿盆地和密歇根盆地共六个盆地；可采储量 $10 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的盆地（红色盆地）有阿纳达科盆地、墨西哥南部盆地、北极斜坡盆地、维拉克鲁斯盆地、圣华金盆地和内华达大盆地九个盆地；可采储量 $5 \times 10^8 \sim 10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的盆地（粉色盆地）有沙洗盆地、库克湾盆地、伊利诺伊盆地、大浅滩盆地和圣胡安盆地八个盆地；可采储量 $1 \times 10^8 \sim 5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的盆地（黄色盆地）有斯沃德鲁普盆地、大角盆地、巴巴多斯-多巴哥盆地、帕洛杜罗盆地、萨克拉门托盆地、阿科马盆地和黑勇士盆地等44个盆地；可采储量小于 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的盆地（浅粉色盆地）有古巴北部盆地、古巴中部盆地、北极海岸盆地、哈得孙湾盆地、林城盆地、萨利娜盆地、风河盆地、福克斯盆地和海岸盆地八个盆地。

北美油气可采储量排前十位的含油气盆地依次为：艾伯塔盆地（Alberta Basin）、墨西哥湾盆地（Gulf of Mexico Basin）、二叠盆地（Permian Basin）、阿巴拉契亚盆地（Appalachia Basin）、威利斯顿盆地（Williston Basin）、密歇根盆地（Michigan Basin）、阿纳达科盆地（Anadarko Basin）、墨西哥南部盆地（Sur Basin）、北极斜坡盆地（Arctic

Slope Basin) 和维拉克鲁斯盆地 (Veracruz Basin) (表 1-1)。

根据美国 USGS 数据统计 (表 1-1), 北美主要含油气盆地的石油可采储量为 3257 亿桶 (37 个盆地数据); 天然气可采储量为  $22.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$  (37 个盆地数据)。本书选择二叠盆地、伊利诺伊盆地、中陆隆起盆地群、阿巴拉契亚盆地、艾伯塔盆地、落基山盆地群、走滑盆地群和墨西哥湾盆地作为重点含油气盆地开展盆地地质和石油地质特征的研究。这八个盆地的油气可采储量占整个北美油气可采储量的 62% 以上, 并具有一定的代表性。

表 1-1 北美主要含油气盆地常规油气可采储量排序表 (据 USGS, 2003)

序号	盆地名称	盆地类型	盆地面积 /km <sup>2</sup>	石油可采储量		天然气可采储量		油+气 (当量油)	
				/MMbo	/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> <sub>g</sub>	/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> <sub>co</sub>	/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> <sub>co</sub>	/%
1	艾伯塔 Alberta	前陆盆地	973 193	50 000	79.49	12 169	11.37	90.86	12.5
2	墨西哥湾 Gulf of Mexico	被动陆缘	1 601 141	19 857	31.57	58 951	55.09	86.66	11.9
3	二叠 Permian	克拉通盆地	244 167	33 671	53.53	24 206	22.62	76.15	10.5
4	阿巴拉契亚 Appalachia	前陆盆地	444 328	41 700	66.30	8892	8.31	74.61	10.3
5	密歇根 Michigan	克拉通盆地	347 243	23 709	37.69	13 731	12.83	50.52	6.9
6	阿纳达科 Anadarko	克拉通盆地	236 615	6669	10.60	33 979	31.76	42.36	5.8
7	威利斯顿 Williston	被动陆缘	291 658	25 725	40.90	243	0.23	41.13	5.7
8	墨西哥南部 Sur	被动陆缘	72 409	23 900	38.00	0	0	38.00	5.2
9	北极斜坡 Arctic Slope	克拉通盆地	67 326	12 773	20.31	11 037	10.31	30.62	4.2
10	维拉克鲁斯 Veracruz	被动陆缘	44 348	19 000	30.21	0	0	30.21	4.2
11	圣华金 San Joaquin	走滑盆地	29 831	12 393	19.70	5717	5.34	25.04	3.4
12	内华达大盆地 Nevada	裂谷盆地	480 493	11 000	17.49	0	0	17.49	2.4
13	洛杉矶 Los Angeles	走滑盆地	4436	9482	15.09	269	0.25	15.34	2.1
14	坦皮科 Tampico	被动陆缘	57 765	6000	9.54	1980	1.85	11.39	1.6
15	阿拉斯加湾 Gulf of Alaska	弧前盆地	189 257	4400	7.00	3679	3.44	10.44	1.4
16	斯科舍陆架 Scotia Shelf	裂谷盆地	132 740	4500	7.15	1585	1.48	8.63	1.2
17	伊利诺伊 Illinois	克拉通盆地	172 241	4431	7.04	1289	1.20	8.24	1.1
18	绿河 Green River	前陆盆地	37 916	2295	3.65	3595	3.36	7.01	1.0
19	大浅滩 Grand Banks	被动陆缘盆地	172 514	3106	4.94	1698	1.59	6.53	0.9
20	圣胡安 San Juan	前陆盆地	51 973	118	0.19	6651	6.22	6.41	0.9
21	沙洗 Sand Wash	前陆盆地	4369	0	0	6792	6.35	6.35	0.9
22	马更些三角洲 Mackenzie Delta	被动陆缘	102 789	1491	2.37	3631	3.40	5.77	0.8
23	库克湾 Cook Inlet	弧前盆地	128 403	2143	3.41	1721	1.61	5.02	0.7
24	斯沃德鲁普 Sverdrup	被动陆缘	295 672	0	0	4924	4.60	4.6	0.6
25	大角 Big Horn	前陆盆地	21 049	2260	3.59	0	0	3.59	0.5
26	帕拉多 Pradox	前陆盆地	48 104	1000	1.59	1698	1.59	3.18	0.4



续表

序号	盆地名称	盆地类型	盆地面积 /km <sup>2</sup>	石油可采储量		天然气可采储量		油+气 (当量油)	
				/MMbo	/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> <sub>g</sub>	/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> <sub>co</sub>	/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> <sub>co</sub>	/%
27	巴巴多斯-多巴哥 Barbados-Tobago	弧前盆地	183 541	908	1.44	1544	1.44	2.88	0.4
28	皮申斯 Piceance	前陆盆地	20 566	0	0	2830	2.64	2.64	0.4
29	东海岸 East Coastal	被动陆缘	420 507	1610	2.56	0	0	2.56	0.3
30	帕洛杜罗 Palo Duro	克拉通盆地	26 522	132	0.21	2357	2.20	2.41	0.3
31	萨克拉门托 Sacramento	弧前盆地	20 476	15	0.02	2547	2.38	2.4	0.3
32	阿科马 Arkoma	克拉通盆地	44 701	387	0.62	1879	1.76	2.38	0.3
33	尤因塔 Uinta	前陆盆地	31 124	450	0.72	197	0.18	0.9	0.1
34	丹佛 Denver	前陆盆地	125 904	275	0.44	679	0.63	1.07	0.1
35	安大略 Ontario	克拉通盆地	99 603	272	0.43	805	0.75	1.18	0.2
36	黑勇士 Black Warrior	前陆盆地	51 655	0	0	1997	1.87	1.87	0.3
37	拉布拉多 Labrador	被动陆缘盆地	327 364	0	0	1252	1.17	1.17	0.2
	北美盆地合计			325 672	517.79	224 524	209.82	727.61	100

据 2011 年 BP 统计资料,北美的常规石油剩余探明储量 743 亿桶,20 年来,前十年占全球比例递减 30%,从 9.6% 下降到 6.2%,平均每年递减 3%;近十年减速放缓,从占全球的 6.2% 下降到 5.4%,平均每年递减 0.37%;北美的常规天然气剩余探明储量  $10.52 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,占全球的比例 20 年来逐年递减,前十年从占全球的 7.6% 降到 4.9%。近十年由于北美非常规气和墨西哥深水的勘探开发比较活跃,保持了天然气剩余探明储量的稳定增长,维持在占全球 5% 左右的水平。2010 年北美天然气探明储量占全球的 5.3%。

## 二、北美非常规油气资源概况

随着世界化石能源紧缺、价格攀升及勘探开发技术的发展,非常规油气勘探开发得到迅猛发展,目前产量占据全球油气产量比重较大。特别是非常规天然气已成为天然气资源中的重要组成部分。非常规天然气成藏要素与常规天然气有所区别,一般不是以浮力驱动聚集的气藏,在区域上通常呈连续弥散分布,与构造和地层圈闭无关。非常规天然气通常有以下特点:天然气不自由扩散,通常吸附于有机质中;以自生自储为主,储层渗透性低,比常规天然气小很多,一般低于 0.1mD,且多为非均质。

非常规天然气藏规模通常很大,但丰度很低,且一般情况下天然气质量很差;非常规气藏的深度可深可浅,气藏压力变化大,单层或多层的情况都存在。

北美非常规天然气主要为致密砂岩气、煤层气和页岩气三种,天然气水合物尚未进行商业性开发。非常规天然气储量比常规天然气更大,但开发难度也较大,勘探开发技