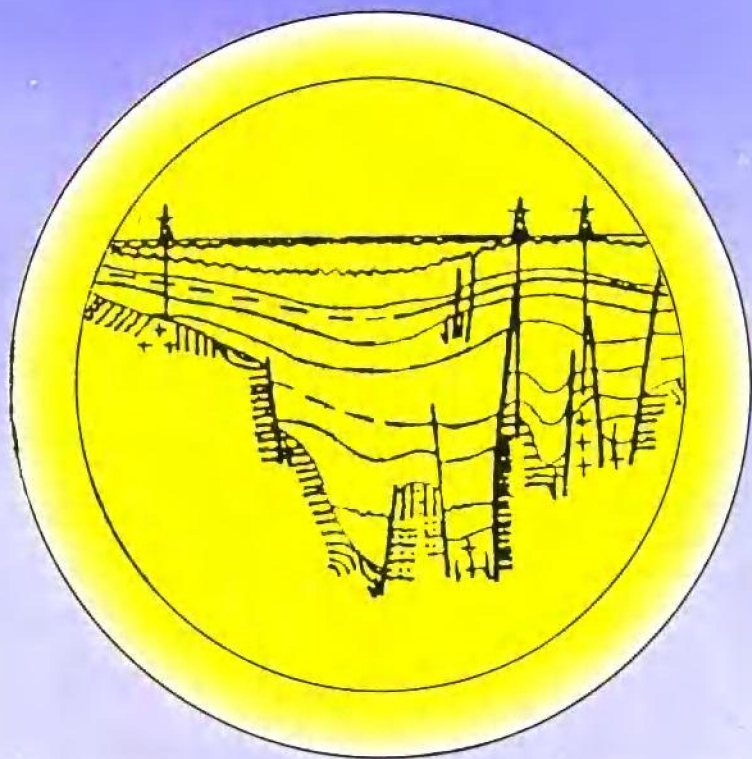


东北亚沉积盆地的形成演化 及其含油气远景

王 骏 王东坡 [俄] G. A. 乌沙科夫 IO. K. 布尔林 著



地 质 出 版 社

(北京)

24

1

登记号	121239
分类号	P544
种次号	001

东北亚沉积盆地的形成 演化及其含油气远景

王 骏 王东坡 [俄] C. A. 乌沙科夫 Ю. К. 布尔林 著



石油0108530

5431/15



地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

东北亚是三大板块会聚处,素有解开内部奥秘的金钥匙之称。本书以东北亚沉积盆地为研究对象,回顾了沉积盆地学说的发展过程,在前人对沉积盆地研究的基础上,详细分析了东北亚主要沉积盆地的地质、地球物理资料,把深部流体的作用引入盆地的成因机制,提出了深部地球动力因素控制下的东北亚沉积盆地的形成演化模式,并以此模式为基础合理地解释了东北亚新生代沉积盆地在时空上的分布规律;同时,对东北亚沉积盆地的含油气远景作了评价;指明了东北亚地区地质进一步研究的方向。基于上述研究成果,提出了沉积盆地的地球动力学演化分类,合理地解释了沉积盆地形成的控制因素和不同类型沉积盆地之间的演化关系。

本书首次系统地对东北亚沉积盆地、乃至东北亚地质问题进行了阐述。本书图文并茂,可供从事地球动力学和盆地分析及油气勘探的广大地质工作者、地质院校教师、研究生和高年级学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

东北亚沉积盆地的形成演化及其含油气远景/王骏著. 北京:地质出版社,1997. 12

ISBN 7-116-02449-2

I. 东… II. 王… III. ①构造盆地-研究-东亚②构造盆地-含油气性-远景-东北亚 IV. P544

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 19941 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:王章俊

责任校对:王迎华

*

北京印刷学院印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:7.375 字数:160 千字

1997 年 12 月北京第一版·1997 年 12 月北京第一次印刷

印数:1~500 册 定价:20.00 元

ISBN 7-116-02449-2

P·1824

序

东北亚地区居欧亚板块与太平洋板块的交接部位,是巨型的环太平洋构造带的一个重要的环节。由于其特殊的构造环境和发育有一系列不同类型沉积盆地,巨大的矿产资源潜力,以及在研究、解决某些全球性构造问题上占有重要位置,从而成为当代固体地球科学研究的热点地区之一。王骏、王东坡教授等选择这一地区进行沉积盆地形成、演化及其含油气远景的研究,无疑具有重要的科学意义和实用价值。

作者长期从事东北亚地区地质,特别是沉积盆地的研究,积累了丰富的科学资料和经验,在回顾沉积盆地概念、学说发展过程和充分吸取前人研究成果的基础上,结合地质、地球物理研究成果,较详细地分析、论述了东北亚地区中新世沉积盆地的时空分布特征、形成条件及演化规律,探讨了油气资源远景,获得若干新的进展和认识。

首先,作者较系统地回顾了沉积盆地学说发展过程和不同学术观点所提出的不同沉积盆地分类方案。在此基础上,较详细地分析、论述了东北亚中新世沉积盆地的主要地质特征,将本区 20 多个大、中型含油气沉积盆地归为大陆边缘裂谷盆地及边缘海盆地两大系列;划分出大陆边缘裂谷盆地、太平洋西北部弧后盆地及太平洋西北部弧前盆地等三种盆地类型。对两大系列的主要盆地形成的构造条件、地球物理场及地热特征、生储盖情况和含油气远景等进行了分析和总结,提出了一些具有规律性的认识,探讨了不同类型盆地形成背景及它们之间的演化联系。

其次,分析并探讨了太平洋板块与欧亚板块相互运动方向、速度和板块俯冲深度变化对盆地形成、类型的影响,指出本区进入太平洋演化域的时间早晚不一,总体上南早北晚、西早东晚;随时间推移,太平洋板块向欧亚板块俯冲由浅变深,到晚侏罗世,深部俯冲导致地幔物质上涌而形成大陆边缘裂谷盆地。

第三,分析研究了本区不同地质时期应力状态与断裂之间的关系,认为本区大洋板块对大陆板块总体呈北西、北北西向运动,使本区经常处于东西向挤压(或拉张)与南北向剪切的复合作用之中,导致东北亚大陆边缘发育一系列北东、北北东向走滑断层。又由于两板块相对运动速度的差异,使同一断裂在不同时期的应力状态也不同;而同一断裂的不同部分在同一地质时期的性质也存在差别。

第四,在总结本区中新世地质发育史的基础上,分析研究了沉积盆地形成、演化的历史和模式,把本区盆地演化划分为五个阶段,论述了各阶段盆地发育的主要特征,提出了盆地形成演化的模式,体现了本区中新世沉积盆地时空发育特征和规律。

第五,按大陆边缘裂谷盆地及边缘海盆地两部分分析、论证了油气资源远景,指出松辽、渤海湾断陷盆地中生代地层具有良好气藏形成条件;火山岛弧区具有油气勘探前景与潜力;上布列亚盆地及阿穆尔-结雅盆地的某些部位也具有一定的含油气远景。

经过各有关国家众多科学家多年的调查研究,东北亚地区的地质研究程度获得很大提高,积累了丰富的地质资料,在地质和矿产上都取得许多新的发现和新的认识。但是,正如作者所指出的,由于地质作用的长期性和地质现象的复杂性,尚有许多重要的地学问题有待进一步研究与探讨,本区在科学上和矿产资源上的潜力都需要进一步的挖掘和发挥。开展这样一个广大

地区的地质研究,既需要对关键地区关键科学问题的精细研究,又需要从东北亚整体上开展综合研究;既需要各有关国家和地区科学家的辛勤劳作,精心研究,又需要加强国际合作和地区之间的合作;既需要继续深入地进行地表地质的调查研究,更需要与地球物理、地球化学的勘查相结合,从地表到深层探讨整个岩石圈的结构和演化。

王骏、王东坡教授等积多年之研究,以“东北亚沉积盆地的形成、演化及其含油气远景”为题出版专著,奉献自己的研究成果,论述自己的观点和建树,这的确是值得赞誉和庆贺的事情。我希望通过这部专著的出版,不但能使读者了解作者的研究成果和对某些科学问题的观点和见解,更重要的是希望它能唤起更多的科学家对东北亚地区若干重大地质科学问题的关注和探讨,加强合作研究和学术交流,以充分发挥这一地区在地质科学和矿产资源上的巨大潜力,对全球构造研究和繁荣地质科学作出新的贡献。

李廷栋
一九九七年六月

冲导致大陆边缘隆升。当大洋板块下插至 400km 左右深度时,由于大洋板块下插,引发深部地幔物质被动上涌,形成了东北亚大陆边缘裂谷盆地,例如松辽盆地、阿穆尔-结雅盆地。到主动大陆边缘发育成熟阶段,大洋板块已下插至上、下地幔界面之间(大约在 670km 处),由此而引发深部地幔物质和能量主动上涌,形成鄂霍茨克-堪察加盆地、鞑靼斯克-日本海等边缘海盆地。大洋板块相对于欧亚板块运动速度和方向是不断变化的,这种变化不仅控制着上部地质条件,也影响着深部地质作用的方式、作用强度和出现的时间。东北亚大陆边缘裂谷盆地和边缘海盆地的形成机制是不完全相同的。在边缘海盆地形成过程中,深部流体起了十分重要的作用。

(2)大洋板块的运动是一个球面运动。在地质历史过程中,大洋板块的不同部分相对于欧亚板块的运动状态也在发生改变。因此,在不同的地质时期,大洋板块(库拉板块、太平洋板块)相对于欧亚板块的运动速度和方向不同;即使在同一地质时期,大洋板块的不同部分相对于欧亚板块的运动速度和方向也不一样。东北亚地区进入太平洋演化域以后,由于大洋板块的不同部分相对于欧亚板块不同部分的运动速度和方向不同,致使中生代期间东北亚大陆边缘的不同部分所发生的地质作用在表现强度、出现时间和作用方式上都存在着一定程度的差异性。东北亚各地区进入太平洋演化域的时间早晚不一,总体上是南部早,北部晚;西部早,东部晚。

(3)大洋板块与欧亚板块的相对运动可以分解为东西方向的分量和南北方向的分量。东西方向的分量控制着东北亚地区挤压或拉张构造的发育;南北方向的分量控制着该地区南北向走滑断裂的发育。由于大洋板块相对于欧亚板块总体上呈 NW、NNW 向运动,使该地区通常处于东西向挤压(或拉张)和南北向剪切的复合作用中,因而在东北亚大陆边缘,NE、NNE 向走滑断层非常发育。在不同的地质历史过程中,两个板块在东西和南北方向上运动速度的差异性,使得同一条大断裂在不同的地质时期所处的应力状态不同;此外,在同一地质时期、同一条断裂的不同部分,因大洋板块对它的作用不同,其所表现出的性质也存在差别。这就是像郯庐、伊舒这样的大断裂的性质极为复杂的重要原因之一。

(4)沉积盆地的形成和发展及其类型,除了受两大板块相对运动所产生的应力控制以外,盆地所处的大地构造背景、岩石圈性质、盆地的基底性质等都对沉积盆地发育给以了某种规定性的影响。松辽盆地和阿穆尔-结雅盆地位于古生代褶皱带之上,相对于老地块来说,活动性较强;而渤海湾盆地位于最为稳定的中朝板块之上;上布列亚盆地位于西伯利亚板块的南缘,基底的活动性介于两者之间。因而,它们在发育的时间上有先后之分。在此基础上,提出了沉积盆地的地球动力学演化分类模式。

(5)在阿普第期末期和阿尔必-赛诺曼期,上布列亚盆地拉开,金达尔断陷出现,海水从鄂霍茨克海沿金达尔断陷由东北方向进入上布列亚盆地,然后向西南方向依次进入阿穆尔-结雅盆地和松辽盆地。在海水贯入的时间上,上布列亚盆地和阿穆尔-结雅盆地较早,而松辽盆地比它们稍晚;在与海沟通的强度上,上布列亚盆地和海的沟通最好,阿穆尔-结雅盆地次之,而松辽盆地最次。

(6)东北亚地区具有很好的油气远景。松辽、渤海湾地区断陷盆地中的中生代地层具有很好的油气藏形成条件。阿穆尔-结雅和上布列亚盆地,目前已有的资料表明;上布列亚盆地的金达尔断陷和阿穆尔-结雅盆地的列尔蒙托夫坳陷具有一定的含油气远景;太平洋西北部东北亚大陆边缘海盆地的含油气远景,已为现在的勘探开发实践所证实,而目前研究程度较低的火山岛弧区具有更为有利的油气藏形成条件和油气勘探潜力。

前 言

东北亚地区是当今世界经济的热点地区,也是地学研究的两大热点之一,素有解开地球内部奥秘的金钥匙之称。该区是中朝、太平洋、西伯利亚三大板块会聚的场所,是构造运动非常强烈的地区,也是重要的成矿区。它以自己独特的地理优势、大地构造背景、成矿规律性等诸多因素,吸引了不同专业的地质学家从地学的各个侧面对该地区进行研究。该区分布有全球性的西太平洋构造带,发育有大陆边缘裂谷盆地、边缘海盆地(弧后盆地、弧前盆地)等多种类型的沉积盆地,是研究沉积盆地形成、演化的重要场所。笔者从含油气沉积盆地的地球动力学性质入手,探讨了东北亚沉积盆地的形成、演化规律及控制这种规律性的地球动力学因素,并对东北亚地区的含油气远景作了评价。

无论从哪个角度来说,东北亚都是一个比较新的、不十分成型的概念。到目前为止,公开出版的地图中,还是按照惯例把亚洲分为东亚、东南亚、南亚、西亚、中亚和北亚。而没有东北亚的概念。

1979年,东北师范大学地理系的一些学者提出了“东北亚”的概念。最初只是把它作为一个地理区域,作为对各国某些共同性的地理和历史特征的归纳。进入80年代以后,我国对外开放战略推动了中国与周边国家的经济合作,对东北亚地区研究随之成为周边国家共同关心的问题,并引起了国际社会的广泛关注,许多学者提出了经济地理学上的东北亚概念。

经济的发展与资源的研究、开发和利用始终是相辅相成、互为前提的关系。资源是地区经济发展的重要前提,而地区经济的发展和繁荣又加速了该区资源的研究、开发和利用。东北亚地区经济的发展促使周边国家的地学工作者,从地学的各个角度对该地区的地质构造特征、矿产分布规律、环境和自然灾害等问题进行多边国际合作研究,特别是该区在研究全球岩石圈演化规律中所处的瞩目地位,更促使了这种合作的进行。东北亚地学问题已成为许多地学工作者,特别是中国地学工作者研究的热点之一。1994年10月,地质矿产部决定在原长春地质学院成立“东北亚国际地学教学和科研中心”。这标志着我国同周边国家有组织、有计划、有系统地研究东北亚地学问题的开始。笔者在研究东北亚含油气盆地时,结合地理学和地质学的特征,提出了不很成熟的东北亚的地学概念。东北亚应该包括东亚北部(东亚指亚洲东部地区,包括中国、朝鲜、韩国、蒙古和日本)和北亚(北亚指俄罗斯的西伯利亚地区,其西部为西西伯利亚平原,中部为中西伯利亚高原和山地,东部为远东山地),也就是说,大约在北纬 32° 以北,东经 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}$ 至白令海峡的范围内。它包括中国东部、蒙古东部、俄罗斯远东地区及日本群岛和朝鲜半岛。有些研究者把东西伯利亚地台划为东北亚。笔者认为,东西伯利亚地区构成了一个明显独立的地质单元和地理单元。从地理学上讲,它可以被称作中北亚,其东界为勒拿河,西界为叶尼赛河;从地质学上讲,它构成了俄罗斯前寒武纪两个老地台之一的东西伯利亚地台。因此,无论是从地质学上,还是从地理学上考虑,都可以不把东西伯利亚地台归入东北亚。

通过对东北亚地区中新世代沉积盆地的形成、演化及与之相关的地质问题的研究,得出了如下结论:

(1)在早、中侏罗世期间,东北亚大陆边缘为被动大陆边缘,到中侏罗世晚期至晚侏罗世早期,开始进入东北亚主动大陆边缘演化阶段。在东北亚主动大陆边缘形成的初期,大洋板块俯

本书是在王骏、王东坡和 C. A. 乌沙科夫、Ю. К. 布尔林等参加的国际合作研究的基础上完成的。由王骏执笔,王东坡审定。在研究工作中,中国科学院院士戴金星、莫斯科大学地质系教授 И. B. 维索茨基和 Б. А. 索科洛夫、顿涅茨克工学院教授 Б. С. 潘诺夫、俄罗斯科学院远东分院构造和地球物理研究所研究员 Г. Л. 吉丽诺娃等对作者的工作给予了关心和指导,并提供了许多宝贵的资料。

本书成稿后,俄罗斯科学院院士 Б. Е. 哈因、中国科学院院士业治铮、孙枢、李廷栋、刘宝珺、韩德馨、长春地质学院博士生导师戚长谋等专家对初稿进行了审阅,并提出了许多有益的修改意见。李廷栋院士在百忙之中抽出时间为本书作了序。在此,作者谨致以深深的谢意。

笔者诚望能得到更多同仁,特别是地学界前辈的帮助和指导,能与更多的同仁进行交流与合作,以便进一步完善研究工作,更好地推动东北亚地区的地学研究工作。

著 者

目 录

前 言

第一章 沉积盆地学说的发展和主要的沉积盆地分类	1
第一节 含油气盆地概念及最早的含油气盆地分类	1
第二节 地学上主要的盆地学说及其分类	3
一、以现代成油学说和成藏理论为基础的盆地学说及其分类	3
二、以板块构造理论为基础的盆地学说及其分类	4
三、以化学和物理作用为基础的盆地学说及其分类	6
四、以地球动力学为基础的盆地学说及其分类	6
第三节 现今分类方案的不完善性和未来分类所应具有的特点	7
第二章 东北亚中生代沉积盆地的类型及其地质特征	9
第一节 东北亚沉积盆地的主要类型	9
第二节 东北亚大陆边缘裂谷盆地的主要地质特征	9
第三节 东北亚边缘海盆地的主要地质特征	27
第四节 沉积盆地的地球动力学演化分类	48
第三章 东北亚沉积盆地的形成和演化	51
第一节 中生代地质发展史	51
第二节 沉积盆地的形成和演化模式	74
第四章 东北亚含油气远景预测	82
第一节 大陆边缘裂谷盆地系的含油气远景	82
第二节 边缘海盆地系的含油气远景	87
第五章 结论	94
第一节 对东北亚中生代地质问题的几点认识	94
第二节 东北亚地区进一步地学研究应注意的几个问题	95
参考文献	97
英文摘要	102
附 录	105

Contents

Preface

Chapter 1 Development of sedimentary basin theories and major classification of sedimentary basin	1
1.1 Concept of oil and gas basin and it's early classification	1
1.2 Major sedimentary basin theories and their classification in geology	3
1.2.1 Basin theory and it's classification on the basis of the present oil origin and accumulation theory	3
1.2.2 Basin theory and it's classification on the basis of the plate tectonic theory	4
1.2.3 Basin theory and it's classification on the basis of the chemical and physical law	6
1.2.4 Basin theory and it's classification on the basis of the geodynamics	6
1.3 Imperfection of the present classification and character of basin classification in the future	7
Chapter 2 The type and geological character of the Mesozoic-Cenozoic sedimentary basin in Northeast Asia	9
2.1 The major type of sedimentary basin on Northeast Asia	9
2.2 The major geological character of the rift basins in the continental margin on Northeast Asia	9
2.3 The major geological character of the marginal sea basin on Northeast Asia	27
2.4 The Geodynamical evolutionary classification of sedimentary basin	48
Chapter 3 Formation and evolution of the sedimentary basin in Northeast Asia	51
3.1 History of geological development on Meso-Cenozoic era	51
3.2 The forming and evolving model of sedimentary basins	74
Chapter 4 The oil and gas prospect evaluation on the Northeast Asia	82
4.1 The oil and gas prospect evaluation of the rift basins in the continental margin	82
4.2 The oil and gas prospect evaluation of the marginal sea basin	87
Chapter 5 Conclusion	94
5.1 Some recognizes on Meco-Cenozoic geological problem of Northeast Asia	94
5.2 Noteworthy problems of adevence geoscience study on Northeast asia area	95
Reference	97
Abstract	102
Appendix	105

第一章 沉积盆地学说的发展和主要的沉积盆地分类

东北亚地区以其独特的地质构造,成为研究全球岩石圈演化的天然实验场所之一。该区是构造运动较为频繁的地区,也是重要的成矿区,特别是含有丰富的石油和天然气资源。沉积盆地既是油气资源赋存的场所,又是地质事件的重要记录者。因此,研究东北亚地区的沉积盆地特征,对于探讨该地区地质演化历史,弄清深部构造演化和沉积盆地形成之间的关系,查明该区潜在的油气资源,具有十分重要的理论和实际意义。

沉积盆地研究,特别是含油气沉积盆地研究一直是人们所关注的热点,地学上的许多新成就都是在沉积盆地学说发展的基础上取得的。可以肯定地说,将来石油和天然气地质领域的重大成就乃至地学上重大学说的出现,仍将取决于沉积盆地学说的发展。

温故可以知新。回顾一下前人对沉积盆地学说发展所做的重要工作,对于我们现在以及今后更好地研究沉积盆地,发展和完善沉积盆地学说不无裨益。

现在人们已经清楚地认识到:沉积盆地是石油和天然气地质的根本基础,油气藏的形成、油气聚集带的形成以及它们后来遭到破坏,大都发生在沉积盆地内部。但是,含油气盆地概念的出现以及对含油气盆地的认识却经历了漫长的发展过程。

第一节 含油气盆地概念及最早的含油气盆地分类

含油气盆地的概念是应石油地质分区需要而产生的。石油地质分区的首次尝试是在19世纪末。它们最早被归结为地表有油气显示、沥青产出和泥火山喷发的地区。稍后,确立了油田和背斜带、断裂带之间的联系。

20世纪初,L. Delone(1913)和 K. И. 波格丹诺维奇(1921)指出了油气聚集带与大的构造单元(前寒武地台的边缘、年轻的褶皱带等)和一定的地层单位(古生代、中生代和新生代地层)有关。E. Fudrov, Shuhept(1919)和 E. Lillei(1923)在美国划分了含油气域。E. Lillei 把含油气域理解为一些面积很大的区域,这些区域包括含油气区和分隔它们的,在构造和地貌上与它们相统一的不含油气的地区。按照这一原则,他对加利福尼亚、落基山脉等地区进行了石油地质分区。

含油气域^①这一术语很快被苏联的 A. 列沃尔森、И. М. 古勃金、A. B. 乌里扬诺夫、A. A. 巴基罗夫、A. Я. 克列姆斯、H. Ю. 乌斯宾斯卡娅等石油地质学家所接受。但是,他们对含油气域的理解却各不相同:

A. 列沃尔森(1967)把含油气域理解为一定的区域,该区域范围内所有的油气田都处于相

① (Нефтегазоносная провинция),有些译者将 Нефтегазоносная провинция 译作“含油气省”。笔者认为这是有失妥当的。因为:①“含油气省”的“省”易和行政区划上的“省”相混淆;②英文的 province 本身就有行政单位“省”和“区域”、“范围”两种含义。province 的俄文解释是: a) область, административная единица в некоторых государствах; b) местность — вдалеке от крупных центров。所以笔者认为 Нефтегазоносная провинция 和 province oil and gas 译为“含油气域”更为准确,更符合原意。

似相同的条件之下。这种定义,正像 A. 列沃尔森自己后来所承认那样:这种含油气域的边界通常是不十分明确的。

H. Ю. 乌斯宾斯卡娅和 B. A. 塔巴萨兰斯基(1968)把含油气域定义为与一定区域构造单元相联系的、具有一定的结构特点和地质演化历史以及相同含油气性岩系的巨型凹陷区。他们进一步划分了地台斜坡区含油气域、活动带含油气域、地槽褶皱区边缘含油气域、横向倾伏区含油气域、褶皱系外部隆起区含油气域等,即:他们根据构造标志对含油气域进行了划分。

A. A. 巴基罗夫(1971)把含油气域理解为:地史过程中某个大旋回期间(纪,甚至是代)、具有相同的区域地质特征和相似的油气生成和聚集条件的毗邻含油气区的组合。他对含油气区的定义是:属于巨大的构造单元,在某一地史发展过程中(代、纪等)具有统一的地质结构、地质发展历史和相似的油气生成和聚集条件的区域油气聚集带的总和。

总之,上述对含油气域的理解主要是从区域构造出发,反映了石油天然气地质学刚作为科学出现时的认识水平。在当时,查明油田和地壳沉积盖层不同构造单元之间的联系是认识油气田分布规律的主要方法。因此,正像其它自然科学的发展一样,油气域的构造分类所反映的是学科发展初期以寻找有形的规律性为主的阶段。

在四五十年代,出于评价不同构造单元含油气远景的需要,出现了新的方向。原苏联石油之父 И. М. 古勃金最早阐述了油田和沉降带之间的伴生关系。他认为:地壳沉积盖层中的沉降带是分布于沉降带边部的油田的给养区。1944 年,В. 布拉特指出:在封闭的地中海中,巨厚的补偿性沉积物长期堆积的沉降区是油气生成最有利的地区。

1947 年,莫斯科大学地质系可燃性矿产地质和地球化学教研室的奠基人 И. О. 布劳德教授创立了油气聚集定律。И. О. 布劳德认为:油气的聚集和保存主要是由升降运动过程中以沉降作用为主的地区 and 其所出现的油气藏的保存条件所决定的。基于这个定律,出现了“含油气域”的成因定义:含油气域是长期存在的、统一的、具有共同的烃形成和油气聚集条件的沉降区。如此一来,出现了根据烃的生成和堆积条件来定义和划分的含油气域。至此,石油地质的研究对象就确定了。

1951 年,В. Е. 哈因建议用“含油盆地”取代“含油域的概念,因为含油域更像地理学名词,它不能反映石油的成因本质,并再一次着重强调指出了油气田和规模、结构不同的凹陷(盆地, впадина)之间的联系。他认为,应把含油气盆地理解为长期发育的构造凹陷,是一定地质历史时期石油生成作用和油藏形成作用发育的地区。

1954 年,同时出版了两本专著:И. В. 维索茨基的《天然气地质基础》和 В. Е. 哈因的《石油普查的构造基础》。两位作者在自己的著作中不约而同地提出了“含油气盆地”这一术语,并把含油气盆地作为油气地质分区的单位。В. Е. 哈因在《石油普查的构造基础》一书中总结了不同地区含油气盆地的特征,提出了含油气盆地分类方案。他认为,应把含油气盆地划分为,地台型含油气盆地和地槽型沉积盆地,或者在他们中间再划分出过渡型的沉积盆地(表 1-1);并指出:在某些情况下,有些地方存在着一种类型的沉积盆地叠置在早期构造阶段所形成的另一类型的盆地之上。

1962 年,И. О. 布劳德创立了更为完善的盆地学说。他把含油气盆地理解为“结构和地质发展历史较为复杂、剖面上具有含油气藏的沉积岩中的、半封闭或全封闭的凹陷。”

И. О. 布劳德和 H. A. 叶寥缅科(1953)以大地构造标志为基础对含油气盆地进行了分类。此后 И. О. 布劳德(1964)重新考虑了盆地的年龄、构造框架和构造的复杂性,提出了新的含油气盆地分类方案(表 1-2),并以此为基础对地球上主要沉积盆地的含油气远景进行了划分和

表 1-1 含油气盆地分类(B. E. 哈因,1954)

构造背景	盆地类型
地台区	(1)老地台区的陆向斜内盆地 (2)老的和年青的地台区的陆背斜凹陷内盆地 (3)年轻地台区的陆向斜内盆地 (4)年轻地台边缘的陆向斜内盆地 (5)残留的和再生的准地槽盆地
过渡区	(6)次生的地槽盆地及其前缘凹陷
地槽区	(7)前缘凹陷盆地 (8)地槽隆起外部向下沉的盆地 (9)山间凹陷盆地 (10)残留凹陷盆地 (11)凹陷内盆地

表 1-2 含油气盆地分类(И. О. 布劳德,1964)

盆地类型		实例
地台区盆地	具有前寒武纪褶皱基底	密歇根盆地 伏尔加—乌拉尔盆地
	具有古生代和不同时代基底	西西伯利亚盆地 墨西哥湾盆地
山前盆地	与古生代褶皱前缘凹陷有关的盆地	提曼—伯绍拉盆地
	与古生代褶皱带山前凹陷有关的盆地	喀尔巴阡山前盆地 波斯湾盆地
山间盆地	活化的前寒武纪地台上的山间盆地	红海盆地 华北盆地
	古生代褶皱带中的山间盆地	松辽盆地 准噶尔盆地
	后古生代褶皱带和现代地槽的山间盆地	特兰西尼亚盆地 台湾西部盆地

评述。

第二节 地学上主要的盆地学说及其分类

一、以现代成油学说和成藏理论为基础的盆地学说及其分类

显然,主要以大地构造特征为基础的盆地分类,在作为含油气盆地分类时存在着一定程度上的不完善性,因为它们没有考虑到对油气形成、聚集和分布规律起着决定作用的沉积盆地的地质特征和地质演化历史。随着油气成因学说和油气聚集学说的发展,出现了天然气地质学的奠基人 И. B. 维索茨基院士基于油气形成条件、聚集条件和长期保存条件的新概念而产生的盆地学说。他建议把含油气盆地理解为是由沉积岩所组成的复杂地质体,它的形成伴随着烃的生成、聚集和保存。按照上述定义,显然,含油气盆地是集烃生成、烃聚集和烃保存为一体的相对独立的体系。他认为含油气盆地与沉降带有关。沉降带的现代构造格局主要是由同沉积构造运动和沉积后生构造运动所决定。构造运动的类型决定了沉积物堆积的古地理状态及相应的有机物转化的初始成分和方向,天然储集层的岩石成分、生油层的岩石成分及它们之间的相互关系,它们在时空上所处的温压状态、圈闭形成时间和形成机制及其演化特征及层间水的运动强度等。

根据上述理论,И. В. 维索茨基(1979)提出了至今在俄罗斯仍被广泛采用的盆地分类方案(表 1-3)。这样所划分出的不同类型的含油气盆地,其构造背景、油气形成条件、油气聚集条件、油气聚集带的分布规律、油气聚集带的成因类型、油气藏类型及其它特征各不相同。

表 1-3 含油气盆地分类(И. В. 维索茨基,1979)

类 型	构 造 属 性		实 例
单一的	A. 同沉积作用形成的简单盆地		
	断裂破坏较弱	台地、陆向斜、叠加凹陷	巴黎盆地
	断裂破坏较强	陆台区的地堑、大陆边缘凹陷	莱茵盆地
纵向复合的	局部遭断裂破坏	裂谷之上的台地或陆向斜	吉普斯兰盆地
横向复合的		被周边地堑复杂化的台地或陆向斜	鄂尔多斯盆地
单一的	B. 沉积后生作用形成的简单盆地		
	断裂破坏强	复向斜、地堑—复向斜	洛杉矶盆地
横向复合的	C. 同沉积作用和沉积后生作用形成的复杂盆地		
	局部遭断裂破坏	具有后地槽框架的边界凹陷	孟加拉盆地
	遭断裂强烈破坏	具有后地台造山带框架的边界凹陷	丹佛盆地
	局部被贯穿断裂和隐伏断裂破坏	中间地块上的山间盆地	马尔开波盆地
纵向复合的	遭贯穿断裂和隐伏断裂强烈破坏	后地台造山带的山间凹陷	四川盆地
	遭贯穿断裂强烈破坏的	复向斜中的地堑	西瓜哇海盆地
	遭隐伏断裂强烈破坏的	具有叠覆凹陷的复向斜和地堑—复向斜	
纵向及横向复合的	局部遭贯穿断裂和隐伏断裂破坏	交会(地台边缘)盆地	伏尔加—乌拉尔盆地

此外,我国沉积学家叶连俊、孙枢和大地构造学家朱夏等也提出了自己的分类方案,他们对沉积盆地学说的发展作出了巨大的贡献。

二、以板块构造理论为基础的盆地学说及其分类

1967~1968 年间,岩石圈板块构造学说的出现,导致了地学的一场革命,促使人们用岩石圈板块构造学说对地学的各个领域进行研究;一大批论著,诸如《板块构造与气候》、《板块构造与金属矿床》、《板块构造与油气》、《石油与板块构造》的出现,标志着岩石圈板块构造学说已由理论阶段进入到了实际应用阶段。许多学者,如 Dickinson(1976)和 A. G. 费希尔(1976)根据岩石圈板块构造学说对盆地的形成、演化及分类进行了论述。Dickinson 首先将盆地分为两大类:一类是裂谷环境下,以离散板块运动和张性构造为主,地壳变薄发生下陷作用形成的盆地;一类是在造山环境下,以聚敛板块运动和压性构造为主,板块俯冲而引起地壳挠曲,也可能是沉积负荷加大而促进地壳下沉形成的盆地。然后,他又对每一大类作了进一步的划分。他合理地解释了盆地的形成和演化;但是对不同类型盆地之间的相互联系以及每一类盆地的含油气性问题所作的探讨较少,因此这种成因分类只是强调了盆地构造的成因,而不是其含油气性的成因,因而在油气普查勘探中缺乏实用性。

俄罗斯自然科学院院士 C. A. 乌沙科夫教授是前苏联最早接受岩石圈板块构造学说的学者之一,曾三次到过南极。他运用地球物理方法研究了大西洋洋底的地貌特征,掌握了大量的第一手资料。因此,当他接受了岩石圈板块构造学说以后,很快就开始研究岩石圈的全球演化模式。1985 年,他和 E. B. 库切鲁克一起出版了《板块构造与油气》一书。书中对沉积盆地的形成、演化,不同类型沉积盆地之间的成生关系,每一种类型沉积盆地的含油气远景等都作了详细的阐述。他认为:沉积盆地的含油气性是由许多因素所决定的。首先,在盆地的剖面上要有能够实现自身潜能的生油层存在,要有烃的运移通道、储集层、盖层和圈闭的存在,以及这些因

素在时间和空间上的最佳匹配。但上述因素最终是受构造控制的,是构造决定了沉积盆地的规模和形态、沉积速度和沉降速度、盆地充填物的成分和规模、区域性的沉积间断和不整合的存在、构造-岩相带的展布特征、沉积盖层遭破坏程度和构造类型的复杂性、盆地内部的温压条件及其它物性。此外,从更为广泛的意义讲:气候条件、海平面升降、洋流特征和水的化学成分、盆地充填物的成分以及由此所决定的有机物的数量、质量及保存条件、生烃率等,在某种程度上都是构造的函数。因此,盆地的分类应以构造为基础。

但是,以构造为基础并不是说用静止的构造方法对沉积盆地分类;也就是说,不能用在时间上和空间上都静止不动的现代构造位置、结构特点和地貌特征来看待沉积盆地,沉积盆地应该是一个活的动态发展体系。在每一个具体的区域范围内,在一定的地质发展过程中,具有特定的油气形成和聚集条件的不同构造类型的沉积盆地可以发生更替。因而,现代沉积盆地的结构往往是长期的、多阶段演化的结果,而且,从一个阶段到另一个阶段的过渡可以伴随一些变更。这些变更可以导致盆地构造类型、盆地温压条件等的变化,因而,也导致作为其特点的油气形成和油气聚集特征的变化。当然,现在任何勘探着的沉积盆地演化的最后阶段在构造上,主要是在上构造层中对烃的聚集和分布特征给予了决定性的影响;然而,先前的早期演化阶段留下了自身的痕迹,它们在现代复合盆地纵向和横向上的非均一性,以及在对整个沉积盆地的构造及含油气性有着重要影响的盆地下构造层的含油气性条件及其特点上都有所反应。

显而易见,沉积盆地的形成和发展及其含油气性是由全球岩石圈演化规律所决定的。因此,只有在这个总的全球岩石圈演化模式之下探讨不同地质时期沉积盆地的形成条件及其发育特征,分析结构构造复杂的沉积盆地的含油气远景才是合理的,才具有实用性。基于这一原则,C. A. 乌沙科夫和 E. B. 库秋卢克提出了自己的与地球动力学过程和岩石圈演化阶段相对应的沉积盆地分类方案,并对它们之间的演化关系及其每一类沉积盆地的含油气远景作了评述(表 1-4)。

表 1-4 岩石圈演化及主要的沉积盆地类型(C. A. 乌沙科夫, E. B. 库秋卢克, 1982)

地球动力学过程和 岩石圈连续演化阶段	沉积盆地类型	含油气及可能含油气的沉积盆地实例
大陆开始分裂	陆内裂谷盆地: 后地台陆内裂谷盆地 后褶皱带陆内裂谷盆地	莱茵盆地、塔库图
裂谷阶段	后地台陆内裂谷盆地	盆地、里奥-格兰得盆地、洛杉矶盆地
大陆分裂结束 年轻的大洋阶段	陆间裂谷盆地	红海
洋盆扩张	陆向(裂谷上的)凹陷和陆向斜	普利皮亚特-第聂伯-顿涅茨盆地西西伯利亚盆地
被动大陆和陆-洋过渡带 阶段	被动大陆边缘(后裂谷)盆地: 大陆周围的裂谷盆地 大陆周围-大洋盆地(其中包括三角洲盆地)	卡纳尔文盆地、坎波斯盆地、宽扎-喀麦隆盆地、拉布拉多盆地
	洋内盆地(在大陆碎片上的和在洋壳上的)	布罗肯盆地、阿尔更金洼地、纳彻蜡利斯特高原
在俯冲过程中洋盆的面积 缩小 主动大陆边缘和岛弧-边 缘海阶段(前造山作用-早期 造山作用阶段)	俯冲盆地(活动大陆边缘和弧岛的) 弧前盆地(内部的、残留的、增生的、遭破坏的、综合的)	库克湾、明达威盆地
	弧后拉张盆地(裂谷凹陷盆地、边缘海盆地)	上阿马孙盆地
	弧后挤压盆地(褶皱-逆冲的) 大陆边缘盆地(克拉通边缘沉降带盆地)	利比亚-埃及盆地

续表

地球动力学过程和 岩石圈连续演化阶段	沉积盆地类型	含油气及可能含油气的沉积盆地实例
边缘海或大洋关闭岩石圈板 块碰撞(大陆-岛弧型或陆-陆 型)	大陆缝合带造山作用盆地: 山前盆地 山间盆地: 边界盆地 地堑和地堑—复向斜: 叠合的 继承的 “中间地块”上的盆地 边缘海和内海盆地	西加拿大盆地 伊洛瓦江盆地 文登盆地 圣-霍阿金盆地 潘诺盆地 黑海、南里海
造山作用阶段		
克拉通边缘和克拉通边缘的 构造活化(其中包括与板块边 界挤压过程有关的)	后地台造山带的山间和山前盆地: 回返的地堑	
后地台造山作用阶段	活化的地台和老褶皱带区的盆地	阿富汗-塔吉克盆地
构造运动趋于平息地形逐渐 均一化	构造复杂的陆内和陆缘的巨型盆地	大安第斯盆地中欧盆地

三、以化学和物理作用为基础的盆地学说及其分类

该分类是由美国学者 Demaison 提出来的。他认为,盆地的化学和物理作用规律可以控制一个含油气盆地的油气生成、运移和聚集的统一过程。含油气盆地可以明显地划分出两个相互独立的系列:①油气生成系列,在一定时间内生成一定数量的油气,这主要是受化学过程的控制。在生油岩沉积时期和油气生成时期的化学动力过程中,发生有机质的生物化学转化。②油气运移和聚集系列,油气聚集和散失或者集中到有经济价值的储集层中,这一过程主要是受物理规律的支配,诸如在疏松具有孔隙的地层中液体流动、毛细管压力和在水中油气的浮力作用等。而地质构造力的作用主要是对上述过程提供了外部环境的机遇,使之形成含油气区。他根据富含有机质的程度、运移、排放形式和圈闭的数量及质量将沉积盆地分为三类:高饱和含油气盆地、饱和含油气盆地及低饱和含油气盆地。

四、以地球动力学为基础的盆地学说及其分类

近年来出现了一种新的以地球动力学为基础的盆地分类(Bally, 1975; 朱夏, 1983; 刘和甫, 1982; 王东坡, 1995 等)。这些分类主要建立在盆地形成的地球动力学基础之上;盆地的形成、盆地内沉积物的堆积及盆地构造式样的演化是受地球动力学环境所控制的。反之,通过对盆地的构造格局、盆地内的沉积物(相)分布特征的研究,也必然能恢复它们形成时的地球动力学环境。因此,这种分类是对盆地研究详细到一定程度时才能产生的。可以认为,这是一个较有实用前景的分类。从某种意义上讲,盆地形成的地球动力学环境不仅控制了盆地的样式、盆地内沉积物的特征、盆地内生储盖的特征及其组合关系,更重要的是控制了盆地的构造格局、盆地内烃的运移方向和有利的烃聚集区。因而,我们可以肯定,随着盆地成因动力学研究的深入,将会有一门新的学科——“油气勘探动力学”的产生。

以地球动力学为基础的盆地分类方案也是多种多样、不尽相同的。但它们的共同特点是,把盆地形成环境的动力学性质作为分类的根本基础。首先分出了,张裂环境盆地、挤压环境盆地、剪切环境盆地和重力环境盆地(或克拉通盆地),然后再对它们进一步地细分。对前三种类型盆地的

成因,许多学者大都达成了共识;但是,对于重力环境盆地或克拉通盆地的成因却存在着较大的分歧。显而易见,用传统的板块学说无法解释这类盆地的成因,因而有些学者又回归到传统的固定论学说之上,认为是岩石圈变冷、比重增大,因重力作用而逐渐下沉,作为显生宙构造变形的一种方式而形成盆地。但是,似乎又有点缺乏事实上的合理性和理论上的可靠性。

近年来,作者根据在中国东部中、新生代盆地(松辽、下辽河、渤海湾等)研究中所获得的第一手深部地球物理资料,对克拉通盆地的成因作出了新的解释。我们认为,在探讨盆地的形成机制时,应当以全球动力学系统为基础,任何类型盆地的形成都受着统一的地球动力学因素的控制。地核和地幔的热对流是盆地形成的最根本原因,热对流具体体现在软流圈、莫霍面或地幔羽的位置上;岩石圈是盆地形成的依托,又是盆地和地幔热对流之间不可缺少的介质条件。而克拉通盆地的形成是软流圈的区域性隆升或有地幔羽的侵入,使岩石圈受热发生隆起,从而使隆起的地表遭受剥蚀;但由于岩石圈的弹性厚度大,由深处来的热力(热胀隆力)不足,使岩石圈发生破裂,经过长时期的热散失和沉积负荷以及板内应力的叠加,使岩石圈在垂向应力作用下发生弯曲而形成盆地。

第三节 现今分类方案的不完善性和未来分类所应具有的特点

由上面的回顾和分析我们可以看出,沉积盆地学说的发展过程是漫长而曲折的。所建立的盆地分类方案也极其多样。这种多样性不外乎是由于研究者对某一大地构造学说的推崇(例如,活动论或固定论);或者是崇尚同一大地构造学说的不同学者,在解释和应用实际资料时存在着分歧。但总体上看,到目前为止,所有的盆地分类方案可以归纳如下:

(1)根据盆地的框架特征和基底时代来划分含油气盆地。这种划分较为简单易行,但不能反映出作为成因单位的含油气盆地的实质。该种分类只适用于研究程度极低的地区。

(2)根据大地构造特征来划分含油气盆地。这是研究程度较高的一种分类,它把先前根据地貌特征所划分的盆地归于某一大地构造类型中。可以从大的框架上来探讨盆地的成因和盆地的含油气远景。

(3)根据油气生成、聚集和保存条件的现代学说来划分含油气盆地。这一分类在解释油气田的形成和进行油气普查勘探时具有较强的适用性,它成功地解释了盆地含油气性的成因,但在解释盆地成因上显得不足。

(4)以盆地的化学和物理作用规律为基础的盆地分类。这一分类非常直观地给出了盆地的含油气性。但是,该分类忽略了控制盆地及其含油气性形成的构造因素,而且,对盆地的成因也未能涉及。因此,可以认为,这种含油气盆地分类,从本质上讲更像是盆地的含油气性分类。

(5)以地球动力学学说为基础的盆地分类。这一分类对不同类型沉积盆地的成因作了较好的解释,是基于对盆地详细研究基础上的分类,可以认为是较有应用前途的发展方向。它可以较好地解释盆地内油气田的分布规律;但要进入到实用阶段,还要作出长远的努力。

显而易见,分类具有重要的理论意义和实践意义。分类的目的是使已有的有关分类对象的信息系统化和有序化。每一种分类都代表着人们在某一阶段对某一事物的认识水平,分类始终随着科学的发展,以及我们对被认识对象的认识加深而不断完善。勿庸置疑,将来还会有更多、更新、更为适用的盆地分类方案出现,建立更为完善的盆地分类方案是许多石油地质学家、大地构造学家和沉积学家孜孜以求的目标。笔者认为,将来的含油气盆地分类方案应该具有以下