

● 孙肇才 著

前陆类含油气盆地共性 与案例分析

QIANLULEI HANYOUQIPENDI GONGXING
YU ANLI FENXI



地质出版社

前陆类含油气盆地共性 与案例分析

孙肇才 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书分为两部分。第一部分以提出前陆盆地三种划分类型为内涵,围绕“陆内前陆”的提出,系统阐述了前陆、前陆盆地的概念、历史沿革、类型划分及陆内前陆的成因机制。在此基础上,就这类盆地所处的相似地质构造背景、内部结构系统、褶皱冲断带上的递进推覆和相邻前渊的迁移、相似的油气系统等11项共性,结合国内外典型前陆盆地实例,逐一进行了分析。第二部分是由盆地整体、油气成层组合以及勘探目标三个层次(BPP)组成的盆地案例分析。选择具有古老勘探历史的鄂尔多斯盆地作为盆地案例,除了它是中国大陆内部近年来储产量增加显著并拥有古生代最大气田(苏里格气田)之外,还考虑它具有陆内前陆一系列明显风格,以及勘探隐蔽圈闭的若干经验和教训。将前陆活动翼上的川东-湘西褶皱冲断带作为勘探层来解剖,是因为它具有“陆内山链”一系列特点。最后,在“油气并不偏爱背斜”标题下,选择塔里木轮南-塔河油田,从勘探目标上进行了分析和解剖。

本书可供从事石油天然气地质工作的科研、生产人员,以及有关专业的大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

前陆类含油气盆地共性与案例分析/孙肇才著. —北京:
地质出版社, 2007. 12

ISBN 978-7-116-05541-4

I. 前… II. 孙… III. 含油气盆地—研究 IV.
P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 195765 号

责任编辑:郁秀荣

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324557(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本:787 mm × 1092 mm¹/₁₆

印 张:12.5

字 数:305千字

印 数:1—500册

版 次:2007年12月北京第1版·第1次印刷

定 价:45.00元

书 号:ISBN 978-7-116-05541-4

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

要通过发散的思维活动，实现普拉特 (W. E. Pratt) 所谓的“智力想象” (Mental Visualization)，融未知于已知，化意外为意中，以形成脑海中的油田，并为发现做准备。

—— 朱 夏 (1985)

前 言

与前陆盆地的结缘始于1957年。

在笔者《板内形变与晚期成藏》的前言中，说过一句话“有缘与鄂尔多斯（陕甘宁）盆地厮守近20年”。在不能说是漫长，但在认识这个当今已是我国重要油（气）产地并拥有陆上头号大气田（苏里格气田）所在地区的勘探历程上，就其历史过程而言，说成是“漫路求索”^①并不过分。因为不仅一度为这个地区的地面工作条件，北部是荒漠，南部是被沟、梁、峁、塬的黄土高原切割地形所折服，更是在“孔孔见油，孔孔不流”、“三低一无”（低产、低渗透、低压、无气）和“基底太稳、盖层太平、岩石太硬”的概念支配下，地矿系统的普查队伍，一度放弃了对该区的勘查工作（1964~1968年）。

在选区不定、方向不明的1968年底，笔者受单位委托，于同年12月23日，去北京向李四光部长汇报。李四光部长听完汇报后，指示继续以中国东部新华夏三个沉降带的理论背景，“打回老家去”。第三普查勘探大队于1969年重返陕甘宁，首战陇东，有所突破，迎来1970年长庆油田会战，从而使这个地区进入了一个新的勘探和发展阶段。

然而，真正印象深刻的是，由这个盆地西缘广义的贺兰褶皱带（桌子山-马家滩断褶带）、天环向斜和西倾角度小于30'的广大陕北（东部）斜坡，此种中生代盆地“三分天下”的结构，一种耐人寻味的简约、刻板结构框架，给包括笔者在内的地质学家留下的印象和记忆。

大概是1980年，在参加长庆油田庆阳召开的专业会议上，有机会聆听了前石油工业部总工程师阎敦实访问加拿大归来，所作西加盆地的报告。其中涉及西加盆地（在结构上）与鄂尔多斯盆地有若干共性和特点

① 引用与笔者共事多年的杨俊杰局长（教授）在其专著《鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律》中一句有同感的语言。

的内容，引起了笔者的注意和兴趣。与此大抵同时，因涉及鄂尔多斯西缘断褶带的性质，是盖层滑脱，还是基底深大断裂或“L”型基底格局问题，一度有过不同的观念和争论（孙肇才，1981a）。

1981年，作为对加拿大石油地质学家对中国访问的回访，笔者有机会率团对加拿大西加进行了为期1个月的考察和访问。先是在加拿大地质调查局沉积石油研究所（ISPG）进行室内交流，后在加籍华人李沛然博士（P. J. Lee）、Procter博士及Norris博士等多位专家陪同下，沿着加拿大落基山以及山麓地带（Foothills）为主的地区，进行了野外考察。后期，还去Athabasca，参观了这个世界储量（重油）第一的地面油砂露头及采矿现场（详见《赴加拿大石油地质考察专题报告》，1981）。

在考察报告《西加盆地和石油》一文的“类比和体会”中有这样一段话：“处在活动带（造山带）与稳定区（克拉通）过渡交接部位上的前陆盆地，是找油有利的地区，如加拿大阿尔伯达（Alberta，即西加）盆地。在我国，可与这类盆地类比的是鄂尔多斯和四川盆地”（孙肇才，1981b）。

1986年、1988年和1991年，根据前地质矿产部的安排，笔者有机会以“盆地分析”为中心，先后与澳大利亚矿产资源局（BMR）、美国地质调查局（USGS）进行双边盆地合作研究。对方选择我方的盆地是四川盆地和鄂尔多斯盆地，我们选择的澳方盆地是Amadeus盆地和美国的Uinta盆地。就是说，双方合作的盆地，都是挠曲性质的前陆类沉积盆地。

通过双边合作，在加深和巩固“面向活动带，背靠稳定区”这种前陆盆地“山前”地位认识的同时，从盆地和造山带的整体出发，特别是从前陆侧缘，由双侧背冲造山带（doubly vergent orogen）两翼构造推覆（叠瓦逆冲）产生的递进推覆（progressive thrust），以及相伴产生的在前陆区因俯冲或构造楔入（tectonic wedging）发生的前渊迁移（foredeep migration），包括相似的内部结构等特点，而显现出来的这类盆地的诸多共性，并由此导致这类盆地在油（气）赋存和成藏组合上的特点和共性，使笔者在有感之余，在完成《中国中西部前陆类盆地及其含油气性》一文之后，仍感不足之余，产生了总结这类盆地共性的奢望。

前陆盆地在内部结构上作为一个统一的动力成因系统，每种结构均有明显不同的油气系统。以西加盆地为例，在经典的以薄皮滑脱构造闻名的落基山山麓区，自1924年发现第一个油气田——特纳河谷（Turner Valley）以来，到1980年，共发现了可采储量达 $5710 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的32个气田，其中包括闻名的Waterton、Pinchrer Creek等较大型气田。最近，从M. Cooper的文章中（2004），在该带偏北的Monkiman地区，近20年来又发现了以拆离褶皱（detachment fold）和断层传播褶皱（fault-propagation fold）圈闭为主的中生代含硫的气田30多个。使该带上的气田储量和产量都翻了一番。在山麓带以东前陆盆地稳定翼上，除前渊中以Elmworth为代表的“非常规的”深盆气（deep basin gas）及近年来迅猛增长的煤成气（coal bed methane）和生物气（biogenic gas）以外^①，在广大前陆斜坡上，主要是由隐蔽圈闭（地层、岩性、不整合、礁块）组成的油田群。此外，由阿萨巴斯卡、和平河、瓦巴斯卡和冷湖等地组成的前陆隆起上的削截不整合圈闭聚集的储量超过 $2150 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的重油和沥青，与东委内瑞拉前陆隆起上的Orinaco（重油储量 $1000 \times 10^8 \text{ ft}^3$ ），共同构成世界地区性重油储量两个之最。在笔者为这种前隆油气高度富集感到吃惊的同时，我们当然不应忘记美国当前头号大油气田，可采储量超过 $17 \times 10^8 \text{ t}$ 的普罗德霍湾油田，是作为削截不整合圈闭的典型（查普曼，1989），而位于阿拉斯加北坡前陆盆地Barrow隆起上。中国中西部前陆类盆地中不同结构单元中的油气产出情况也有类似的情况。

据D. Yergin（1990）报道，世界石油发现储量（除俄罗斯及中国）在1985~1990年期间，从 $97.8 \times 10^9 \text{ m}^3$ 增至 $146 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。所增储量几乎全部集中在波斯湾和委内瑞拉两个前陆盆地中。到1990年，波斯湾的石油（发现）储量已经占世界（除中国和俄罗斯外）发现量的70%（D. A. Leckie，1992）。前陆盆地勘探已成为当前世界油气勘探的主要热点之一。中国中西部前陆盆地油气资源也十分丰富，据统计，仅在塔西

① 近年来，伴随国外，特别是美国和加拿大对深盆气、煤成气、生物气和页岩气的迅猛开发，“常规”油气和“非常规”油气（特别是气）的概念已发生了改变，即将过去划入非常规资源的天然气，伴随科学技术的进步，已列入了常规的概念之中，这就是为什么西加盆地的气藏从1980年的1万个，增至现在2.3万个的原因。

南、库车、吐哈、准噶尔北缘和南缘，以及柴达木 6 个地区探明的油气储量，分别达到 $20 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $6000 \times 10^8 \text{ m}^3$ （薛良清等，2005）。

在认识前陆类盆地是油（气）富集的一类盆地，并与国外同行认识一致的同时（J. Brooks, 1996），深感由 Weeks（1952）早年提出的“盆地的分类是油气资源评价的基础”这句话，依然有其正确性。

“世界上只有相似的盆地和相似油田，而无相同的盆地和相同的油田”这句带哲理的强调事物个性的话，是笔者 1965 年从大庆油田学来的。但从认识事物的由未知到知之的过程来说，从比较构造地质学观念出发，即从战略上将盆地的共性分析（在认识一个盆地之前，或对它知之不多以前）作为识别油气盆地不同类型的首先一步。而在战术上，即在一个盆地的具体部署和工作中，进一步重视它的特点和个性，从而达到“融未知于已知，化意外为意中”（朱夏，1986）的目的，应该是认识事物的一个统一过程。

以中国西部为主的前陆盆地的勘探工作，在“稳住东部和发展西部”的方针指引下，最近十多年来，在鄂尔多斯、塔里木、四川、准噶尔乃至酒西、柴达木和吐鲁番等地，都取得了可喜的进展。不过，将我们在这些地区完成的工作量（钻井和地震），与国外进行对比会发现，我们在研究程度上多数尚处在早中期。从前陆类盆地共性入手，结合每个前陆的特点扩大视野，进一步加强分析研究和勘探，前陆油气田在中国的进一步繁荣和丰收，应是理所当然的趋势。

本书在内容上，可视为前后两部分。笔者将第一章和第二章前陆盆地概念沿革、类型和形成机制，以及前陆类盆地的 12 项共性，当作第一部分处理。作为案例分析的第二部分，按当前国内外流行的所谓 P. B. P. P. 层次（油气省、盆地、区、带或成藏组合、勘探目标），选择了一个盆地（鄂尔多斯盆地），一个区带（川东-湘西）和一个当前中国最大的油（气）田（轮南-塔河油田）作为前陆盆地不同层次的案例分析对象。选择鄂尔多斯盆地作为案例的因由，除了它也是一个前陆盆地外，还因为笔者的青壮年时期的 20 年，是陪伴它度过的。

有人说，岁月是最难缠的对手。过了古稀之年，回应国学大师文怀

沙“少要稳重老要狂”这句话，囿于陋室一隅，在资料、文献都难免挂一漏万的条件下，作此次笔耕的冒昧冲刺，书中难免有不足之处，尚望同仁及读者宽谅和指正。

本书在编写和出版过程中，得到中国石油化工集团高级副总裁牟书令、油田部副主任钱基和科技部王国力博士，以及石油勘探开发研究院领导和无锡石油地质研究所领导的支持，得到无锡石油地质研究所信息中心同仁的帮助，石油勘探开发研究院在出版经费上给予了资助，在此一并表示衷心的感谢。

目 次

第一部分 前陆类盆地

第一章 前陆盆地的概念、沿革、类型和形成机制	(3)
一、前陆的概念	(3)
二、前陆盆地及前渊的概念	(3)
三、“碰撞后继前陆盆地”和“复活前陆盆地”	(7)
四、陆内前陆盆地的提出	(10)
五、中国中西部陆内前陆盆地存在的边界条件及前陆类盆地的3种主要成因类型	(11)
六、前陆类盆地的成因机制和演化	(15)
第二章 前陆类盆地风格和共性	(23)
一、面朝活动带和背靠稳定区的地质背景	(23)
二、前陆类盆地作为一个系统有内部相似的结构组成	(26)
三、递进推覆和前渊迁移运动学分析	(35)
四、前陆沉积体系的空间形态——楔形	(39)
五、在前陆类盆地中几乎都有一个沉降中心与沉积中心位置上不一致的现象存在	(42)
六、偏低的热流值与高的沉积(降)速率	(45)
七、在碰撞山链侧翼上有从基底拆离(厚皮)和薄皮滑脱褶皱组成的两种褶皱和冲断楔体	(47)
八、冲断席之下的“影子盆地”	(52)

九、油气在前陆盆地中的侧向运移规模可能很大	(55)
十、有相似的油气成藏组合——油气在前陆盆地中并“不偏爱背斜”	(61)
十一、在“前隆”上以不整合削截圈闭为主的成藏组合是前陆盆地 常规和非常规最大的以油藏为主的聚集地带	(72)
十二、陆内前陆盆地的特殊风格	(74)
参考文献	(77)

第二部分 案例分析

案例之一：温故而知新——从鄂尔多斯盆地漫长油气调查勘探历史看 一个前陆盆地整体的风格及油气勘探的经验与教训	(83)
一、历史的简单回顾	(83)
(一) 新中国成立以前	(83)
(二) 新中国成立以后（重点谈地矿部系统）	(85)
二、盆地的风格	(104)
(一) 盆地的叠合结构及演化	(105)
(二) 晚古生代“一条扁担两个筐”的格局	(109)
(三) 一个晚三叠世以来的陆内前陆盆地	(111)
三、历史的经验与教训	(115)
(一) 按照实际情况决定一个地区的选区方针	(116)
(二) 从“老朱（指侏罗系）不够朋友”到庆华吴取得侏罗系6个油田 和几十个出油点的突破	(116)
(三) 发现问题的目的在于解决问题	(120)
(四) 在地质调查方法及程序上必须有一个针对性，不能把复杂问题简单 对待，也不能把特殊问题一般对待	(120)
(五) 重视以锤子和放大镜起家的基础地质工作	(121)
(六) 石油的发现来自于地质学家的观念	(121)
参考文献	(125)

案例之二：四川盆地东南边缘川东-湘西褶皱-冲断带上的递进推覆分带	
实例分析	(127)
一、是地台的一部分还是造山带	(128)
二、扬子“地台”的特点	(128)
三、作为板内形变的陆内山链组成部分的褶皱-冲断带的几何学及 运动学特征	(135)
参考文献	(144)
案例之三：油气在前陆盆地中“并不偏爱背斜”	
——从我国当前最大海相早奥陶世轮南-塔河油田是个前陆 隆起上不整合削截圈闭谈起	(147)
一、问题的提出	(147)
二、对塔河地区早奥陶世油气藏圈闭类型的几种不同意见	(154)
三、非背斜圈闭（地层圈闭、隐蔽圈闭）的历史沿革、定义及国内外 实例	(154)
四、轮南-塔河油田是一个晚期成藏的“整装”的油田	(165)
五、结束语	(180)
参考文献	(181)
英文摘要	(183)

CONTENTS

Preface

Section 1 Foreland Basins

Chapter 1 The Conception, Development, Types and Formative Mechanism

of Foreland Basins (3)

- 1 The concept of foreland (3)
- 2 Foreland basin and foredeep (3)
- 3 Collisional successor foreland basins and reactivated foreland basins (7)
- 4 Proposal of intracontinental foreland basin (10)
- 5 Boundary conditions for existence of intracontinental foreland basins in central-western China, and three principal genetic types of foreland basins (11)
- 6 Genetic mechanism and evolution of foreland basins (15)

Chapter 2 Styles and Common Characters of Foreland Basins (23)

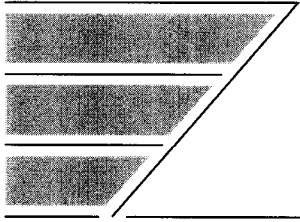
- 1 Regional geology backgrounds facing to mobile belt and back to stable region (23)
- 2 Foreland basin as a system bears similar interior structural composition (26)
- 3 Advance nappe and foredeep migration-kinematic analyses related to migration of foreland fold-thrust, foredeep, and forefrontal uplift toward foreland (35)
- 4 A wedge for spatial morphology of foreland sedimentary system (39)
- 5 A deposit center exists in almost all foreland sedimentary systems and inconsistency above the position of the center (42)
- 6 Lower thermal values and high sedimentation (subduction) rates (45)
- 7 There are two kinds of similar wedges of folds and thrusts consisted of basement detachment (thick layer) and caprock thin decoupling developed on the flanks of collisional chains (47)
- 8 Shadow basins under folds and nappes (52)
- 9 The scale and distance of lateral oil/gas migration may very large in foreland

basin	(55)
10 There are similar oil/gas reservoir-formative assemblage in different structures inside foreland basins— oil/gas do not favor anticlinal traps in foreland basin	(61)
11 The traps dominated by truncated unconformity on fore-uplifts in a foreland system are usually the largest accumulation zone of conventionally and unconventionally reservoirs	(72)
12 Peculiar styles of intracontinental foreland basins	(74)
References	(77)

Section 2 Case Analyses

Case 1 Review the Past to Know Better the Present—the Style of a Foreland basin, i. e. Ordos Basin as an Entity, Viewed from its Long, Long History of Investigation and Exploration for Oil/Gas, and the Experience and Lessons Related	(83)
1 A simple review of the past	(83)
1.1 Before the Establishment of New China	(83)
1.2 After the Establishment of New China	(85)
2 The style of the basin	(104)
3 Experience and lessons drawn from the history	(115)
3.1 To determine the policy of petroleum regional blocks on the basis of practical conditions	(116)
3.2 The change from “unfriendly Jurassic” to the breakthrough of 6 oilfields and tens of oil shows occurred in Qinghua Wu Jurassic sediments	(116)
3.3 To a geologist, the purpose to find problems is to solve them, philosophically, it is explained as “to know the world and to change it”	(120)
3.4 When adopting a procedure for geological investigation, an aim should be set, and should not take complex problem easy and specific problem generally	(120)
3.5 Basic geology with magnifying glasses and hammers are not out of date	(121)
3.6 Discovery of oil/gas come from geologists’ idea	(121)
References	(125)

Case 2 Case Analyses of Advance Nappe Zones on eastern Sichuan-western Hunan folds—Thrusts in southeast Margin of Sichuan basin	(127)
1 Is it platform or an orogenic belt?	(128)
2 Particular of Yangzi Platform	(128)
3 Geometry and kinematic behavior of fold-thrusts as a part of intracontinental chain in intraplate deformation region	(135)
References	(144)
Case 3 In a Foreland Basin, Oil/gas “Do Not Favor Anticlines” —Take Lunnan-Tahe Oilfield, at Present the Largest Marine Oilfield of Early Ordovician in China, as an Example, It is and Unconformable Truncated Trap on Forefrontal Uplift	(147)
1 The questions related	(147)
2 Several different opinions prevail in petroleum geology sphere concerning the types of oil/gas traps from early Ordovician in Tahe area	(154)
3 The evolution and definition of non-anticline traps (stratigraphic and subtle traps), and their cases within and outside the country	(154)
4 Several arguments for that Lunnan-Tahe oilfield is a huge, bulk and unconformable truncated traps and that positioned on forefrontal uplift in Caledonian-Hercynian foreland basins of the Tarim basin, that has heterogeneous reservoirs from late stage	(165)
5 Conclusion	(180)
References	(181)
Abstract in English	(183)



第一部分 前陆类盆地

