

中国中西部四大盆地 碎屑岩油气成藏体系

郑和荣 尹伟 等著

地质出版社

中国中西部四大盆地 碎屑岩油气成藏体系

郑和荣 尹 伟 等 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书系统论述了中国中西部四大盆地碎屑岩油气成藏体系形成的盆地基础、物质基础（烃源岩、储层和输导体系）和成藏动力特征（流体动力），通过对每类油气成藏体系内典型油气富集带的精细解剖，明确了不同碎屑岩油气成藏体系的成藏特征和油气富集主控因素，建立了基于油气成藏体系的大中型油气田选区评价思路和技术流程，形成了相应的评价技术，优选了有利区，明确了中国中西部四大盆地碎屑岩领域大、中型油气田分布特征与勘探方向，深化和完善了油气成藏体系理论。

本书可供从事油气成藏研究、勘探工作者及石油院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目（CIP）数据

中国中西部四大盆地碎屑岩油气成藏体系 / 郑和荣, 尹伟等著. —北京: 地质出版社, 2016.8
ISBN 978-7-116-08230-4

I. ①中… II. ①郑… ②尹… III. ①含油气盆地—碎屑岩—油气藏形成—研究—中国 IV. ① P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 047631 号

Zhongguo Zhong-xi Bu Si Da Pendi Suixieyan You-qi Chengcang Tixi

责任编辑: 刘亚军 刘雅琴

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

咨询电话: (010)66554528 (邮购部); (010)66554622 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010)66554622

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 889mm × 1194mm $\frac{1}{16}$

印 张: 29

字 数: 900 千字

版 次: 2016 年 8 月北京第 1 版

印 次: 2016 年 8 月北京第 1 次印刷

定 价: 215.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-08230-4

(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)

序

中国中西部四大盆地碎屑岩层系油气资源丰富,近年来该领域在我国油气储量增长中占据重要份额。该领域发育多种类型的油气藏,普遍具有储层致密、大面积分布、储量丰度低、拗陷-斜坡带油气富集等特征,具有广阔的勘探前景,是当前和未来较长时间我国油气增储上产的现实领域。

“含油气系统”成功地将系统论的思想应用于含油气盆地油气成藏研究中,研究方法更加规范化和程序化。作为在油气勘探实践基础上发展起来的油气成藏地质理论,曾经掀起全球含油气系统研究的高潮,极大地推动了油气勘探工作。含油气系统的核心是从“源”到“藏”,适合于单旋回一次生烃的含油气盆地。我国中西部含油气盆地大多数经历了多期构造演化,成藏过程复杂,表现为“多源、多期”成藏特征,从而限制了含油气系统在我国中西部含油气盆地中的应用。国内学者提出了“油气成藏体系”概念,并建立“源-位”分类方案和评价方法(陈善勇等,2004)。油气成藏体系的核心是从“藏”到“源”,强调了烃源体、圈闭体和输导体之间相互关联、相互制约的系统性,较好地解决了我国含油气盆地“多源供烃、多期成藏、多期调整”带来的选区评价问题。

基于我国中西部碎屑岩领域油气资源潜力和优选大中型目标整体评价的需求,立足于油气勘探实践中的应用,本书系统论述了中西部碎屑岩油气成藏体系及其发育的盆地基础,提出了晚古生代以来中西部四大盆地成盆演化具有“同序异时”的特征,“同序”决定源-储组合的相似性,“异时”决定源-储组合发育时代的差异性,奠定了中西部碎屑岩油气成藏体系发育的烃源岩、储层、圈闭和输导体系等物质基础。通过对各类油气成藏体系内典型油气富集带的精细解剖,明确了各类成藏体系油气富集主控因素,建立了各类成藏体系油气成藏模式,形成了基于成藏体系油气富集主控因素新认识的评价技术和方法,深化和完善了油气成藏体系理论,并在近年的中西部碎屑岩领域油气勘探中广泛应用,优选了多个大中型勘探目标,为中石化“十一五”后三年和“十二五”在该领域年均探明1亿吨以上油气当量的地质储量提供了有力的技术支撑。

该书系统总结了近年来中国中西部碎屑岩领域的研究成果,是中国石化和相关高校联合研究项目团队多年研究成果的结晶。它的问世,不仅对从事中国中西部致密碎屑岩油气成藏研究的广大科技工作者大有裨益,也必将进一步推动中国中西部碎屑岩领域油气勘探研究工作。

中国科学院院士



2016年1月29日

前 言

位于我国中西部地区的鄂尔多斯、四川、准噶尔和塔里木等大型叠合盆地，广泛发育碎屑岩层系且富含油气。中国中西部碎屑岩领域主要包括鄂尔多斯盆地上古生界、准噶尔盆地石炭系、塔里木盆地志留系、四川盆地上三叠统须家河组及其以上层系，其石油地质资源量为 $141.54 \times 10^8 \text{t}$ 、天然气地质资源量为 $14.22 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，分别占这些盆地石油总资源量的 66.80%、天然气总资源量的 70.80%（《新一轮全国油气资源评价》，2007）。该领域以隐蔽油气藏为主，油气资源普遍具有储层致密、大面积分布、储量丰度低、拗陷—斜坡带油气富集等特征，在“十一五”以来我国的油气储量增加中约占 60% 以上（贾承造，2013）。可见，中国中西部碎屑岩领域具有广阔的勘探前景，是当前和未来较长时间我国油气增储上产的现实领域。

Magoon 和 Dow 提出“含油气系统”概念，明确含油气系统是指包含成熟烃源岩和与此相关的所有油气聚集所必需的地质要素和成藏作用所组成的天然系统，并提出含油气系统“四图一表”的表征方法（1994）。作为一种新的油气成藏理论，含油气系统成功地将系统论的思想应用于含油气盆地内油气成藏研究，使油气成藏研究思维过程和研究方法更符合油气成藏机制，也更具程序化，从而指导油气勘探工作，提高勘探成功率。含油气系统的核心是从“源”到“藏”，以有效烃源岩分布为中心，以油气运移为主线，以油气聚集为终点，将烃源岩与油气藏有机地联系起来。含油气系统作为在勘探实践基础上发展起来的油气成藏理论，不仅具有重要理论意义，而且具有广泛的实践意义，适合于单套烃源岩一次生烃成藏的含油气盆地。同期，国内学者大量引入“含油气系统”的概念，并对其进行了深入的探索和广泛的应用研究（费琪，1995；赵文智等，1997，2000，2005；张厚福，1997，1998；何登发，2000）。但在后来的实际应用研究过程中，许多国内学者发现：“含油气系统”概念适合于单旋回一次生烃的含油气盆地，而我国的含油气盆地大多数经历了多期构造演化，油气成藏过程复杂，常表现为“多源”、“多期”成藏特征，有的油气田甚至难于精确定“源”（金之钧等，2004），从而导致含油气系统难以划分，限制了其在我国含油气盆地尤其是在中国中西部大型叠合含油气盆地中的应用。

针对我国中西部大型叠合盆地的油气成藏特点（多源、多期），金之钧等（2003）以系统论思想为指导，提出“油气成藏体系”的概念，指出油气成藏体系是地表以下

油气成藏的自然体系，包括形成油气藏的一切必要元素（要素），即烃源体（含烃/流体）、输导体和圈闭体以及这些元素之间的有效配置，并提出了“源-位”分类方案和相应的评价方法。该体系的核心是从“藏”到“源”，以油气聚集带为中心，以输导体系为主线，以供源区为边界，强调了油源、输导体系和圈闭之间相互关联、相互制约的“系统性”，突出了具有纽带作用的输导体系的研究思路，适合多套烃源岩、多期生烃、多期成藏、多期改造的中西部大型叠合含油气盆地油气成藏研究。此后，国内学者对其进行了积极的探索研究，并将其应用于沉积盆地勘探研究中（王永诗等，2001；张善文等，2003，2008；黄金柱，2008；徐忠美等，2010）。

基于整体评价中国中西部碎屑岩领域油气资源潜力和优选大中型勘探目标的需求，本书提出了“中国中西部碎屑岩油气成藏体系”的概念。该概念是指一组碎屑岩油气藏群（田）及形成该碎屑岩油气藏群（田）所必需的相关成藏要素和成藏作用构成的一个油气运聚系统，其核心是着眼于油气聚集，考虑中国中西部碎屑岩层系油气成藏的复杂性及油气可能来源于碎屑岩层系外部，适当淡化烃源灶在油气成藏体系中的地位更具有实际意义。该概念强调地质背景和三位一体（生、运、聚）的基本结构，强调地质背景主要是突出碎屑岩层系盆地构造演化及其控油气作用、沉积充填（烃源岩、储层、盖层）、输导体系特征等方面在油气成藏体系中的重要作用；三位一体的结构参照了系统论的观点，将构成要素、主要结构和功能表述简单化和层次化。该概念内涵的关键在于：同一成藏体系内油气藏的成藏要素具有相似性，尤其是源储组合样式的相似性；同一成藏体系内成藏动力、机制与过程相似，即应具有相同或相似的成藏动力机制；同一成藏体系内各油气藏具有相似的成藏富集主控因素；同一成藏体系可用统一的评价思路和技术方法进行选区评价。本书系统论述了中国中西部碎屑岩油气成藏体系形成的盆地基础及其发育的物质基础（烃源岩、储层和输导体系）和成藏动力特征（流体动力），并通过对各类油气成藏体系内典型油气富集带的精细解剖，明确了各类碎屑岩油气成藏体系内油气富集主控因素，建立了基于各类成藏体系内油气富集主控因素新认识的评价思路和技术流程，并形成了相应的适用评价技术，优选了有利富集区，深化和完善了油气成藏体系理论。

本书是“大型油气田及煤层气开发”国家科技油气重大专项 002 项目“碎屑岩层系大中型油气田富集规律与勘探关键技术”下设的 006 课题“中西部重点碎屑岩领域油气富集规律与分布预测”“十一五”后三年（编号：2008ZX05002-006，项目和课题负责人均为郑和荣）和“十二五”（编号：2011ZX05002-006，项目负责人先后为郑和荣、邱桂强，课题负责人先后为胡宗全、尹伟）两期攻关研究成果的结晶。第一

章主要阐述中国中西部盆地碎屑岩油气成藏体系的内涵、分类方案、研究思路与方法、评价技术流程,划分主要的油气成藏体系并明确其发育和分布的特点;第二章详细论述中国中西部碎屑岩领域油气成藏体系形成的盆地基础,提出“同序异时”的原型盆地演化序列,并指出其对源-储组合关系相似性和差异性的影响,以及对成烃、成藏的控制;第三章详细论述中国中西部碎屑岩领域油气成藏体系发育的烃源基础,明确主力烃源岩的类型及形成环境,评价主力烃源岩的发育、分布和生烃演化特征;第四章详细论述晚古生代以来中国中西部地区发育的海相、海陆过渡相和陆相碎屑岩的沉积储层特征,分析优质储层的成因机制和分布特点;第五章详细论述中国中西部盆地碎屑岩层系油气输导体系的类型及组合样式与每类成藏体系的典型输导体系特征;第六章详细剖析中国中西部重点碎屑岩领域油气成藏体系的流体动力场演化特征及其对油气运聚成藏的控制作用;第七章详细论述内源油气成藏体系特征与控制油气富集的主要因素,并对川西坳陷须家河组等内源近源成藏体系、准噶尔盆地腹部车莫古隆起等内源远源成藏体系进行剖析,明确内源近源和内源远源油气成藏体系内油气富集主控因素;第八章详细论述以塔河地区碎屑岩为代表的外源油气成藏体系和以川东北通南巴地区须家河组为代表的混源油气成藏体系特征与油气富集主控因素,明确外源和混源油气成藏体系内油气富集主控因素;第九章阐述中国中西部碎屑岩领域大中型油气田分布特征,建立了基于油气成藏体系内油气富集主控因素新认识的大中型勘探目标选区评价的思路和技术流程,并指出大中型油气田的勘探方向。

全书由郑和荣、尹伟等著。前言,由郑和荣执笔;第一章“中国中西部碎屑岩油气成藏体系”,由郑和荣、尹伟、胡宗全执笔;第二章“中国中西部碎屑岩油气成藏体系形成的盆地基础”,由方成名、黄泽光、余一欣、陈迎宾、陆永德执笔;第三章“中国中西部碎屑岩油气成藏体系发育的烃源基础”,由朱建辉、江兴歌、缪九军、吕剑虹、曾华盛等执笔;第四章“中国中西部碎屑岩油气成藏体系发育的储层基础”,由胡宗全、刘春燕、陈纯芳、陈元壮、李松执笔;第五章“中国中西部碎屑岩油气成藏体系发育的输导基础”,由徐士林、方成名、余一欣、尹伟执笔;第六章“中国中西部碎屑岩油气成藏体系的流体动力场特征”,由金爱民、楼章华、尚长健、朱蓉执笔;第七章“中国中西部碎屑岩内源油气成藏体系特征与油气富集主控因素”,由尹伟、张枝焕、马立元、李维莲执笔;第八章“中国中西部碎屑岩外源与混源油气成藏体系特征与油气富集主控因素”,由尹伟、张枝焕、徐士林执笔;第九章“中国中西部碎屑岩大中型油气田分布特征与勘探方向”,由尹伟、高金慧、徐士林、马立元、胡才志执笔;郑和荣、尹伟对全书进行了统稿,定稿。

金之钧院士、关德范教授、王庭斌教授对本书提出了具体指导意见，张洪年、黎茂稳、蔡立国、邱桂强等参加了本书提纲的讨论，刘振峰、陈霞、徐美娥、张忠民撰写了本书部分文字，汤慧珉、叶丽琴、卞昌蓉、贾京坤、缪巍、周末、魏伟宁、王欢、郑晓薇、张颖、杨海峰、陈贺贺、肖萌、尹航、刘海楠等参与本书图件的清绘，在此一并表示衷心感谢！

作者

2016年2月于北京

目 录

序

前言

第一章 中国中西部碎屑岩油气成藏体系	1
第一节 中西部碎屑岩油气成藏体系概论	2
一、中西部碎屑岩油气成藏体系内涵	2
二、中西部碎屑岩油气成藏体系分类方案	2
三、中西部碎屑岩油气成藏体系研究思路与方法	6
四、中西部碎屑岩油气成藏体系评价思路与技术流程	7
第二节 中西部碎屑岩油气成藏体系划分与分布	9
一、中西部碎屑岩油气成藏体系划分	9
二、中西部碎屑岩油气成藏体系分布特征	10
第二章 中国中西部碎屑岩油气成藏体系形成的盆地基础	14
第一节 晚古生代以来四大盆地演化阶段与沉积充填	14
一、晚古生代以来四大盆地差异性演化特征	14
二、四川盆地	18
三、鄂尔多斯盆地	23
四、准噶尔盆地	27
五、塔里木盆地	35
第二节 中西部四大盆地碎屑岩层系构造单元划分	37
一、中西部碎屑岩构造区划方案	37
二、中西部四大盆地碎屑岩构造区划	38
第三节 中西部四大盆地演化差异性与油气的响应关系	46
一、“同序成盆”对油气成藏物质基础的控制	48
二、差异性演化对成烃、成藏的控制	53
第三章 中国中西部碎屑岩油气成藏体系发育的烃源基础	74
第一节 中西部碎屑岩主力烃源岩类型与发育特征	74
一、大陆边缘型盆地主力烃源岩发育特征	75
二、克拉通型盆地主力烃源岩发育特征	83
三、前陆型盆地主力烃源岩发育特征	87
四、不同类型原型盆地主力烃源岩发育特征对比	95
第二节 中西部碎屑岩主力烃源岩生烃演化特征及差异性	98
一、四川盆地川西坳陷三叠系须家河组烃源岩热演化史	98
二、四川盆地川东北地区须家河组—侏罗系烃源岩热演化史	100
三、鄂尔多斯盆地上古生界—中生界烃源岩热演化史	104
四、准噶尔盆地石炭系—二叠系烃源岩热演化史	105
五、中西部碎屑岩层系主力烃源岩动态生烃演化特征	107
第三节 中石化探区重点碎屑岩领域油气资源潜力	111

一、鄂尔多斯盆地南部中生界资源潜力	111
二、鄂尔多斯盆地北部上古生界资源潜力	112
三、四川盆地川西坳陷中段中生界资源潜力	113
四、四川盆地川东北地区中生界资源潜力	114

第四章 中国中西部碎屑岩油气成藏体系发育的储层基础..... 115

第一节 中西部碎屑岩储层发育的时代与区域分布	115
一、早古生代晚期—晚古生代早期发育海相碎屑岩	115
二、晚古生代中晚期发育海陆过渡相碎屑岩	117
三、中生代及其以来以发育陆相碎屑岩为主	118
第二节 中西部主要碎屑岩储层类型及物性特征	120
一、海相碎屑岩储层特征	120
二、海陆过渡相碎屑岩储层特征	124
三、陆相碎屑岩储层特征	134
第三节 中西部致密碎屑岩储层成岩特征与成因机制	140
一、致密碎屑岩储层概况	140
二、典型致密碎屑岩储层的成岩特征	142
三、致密碎屑岩相对优质储层类型及特征	153
第四节 致密碎屑岩相对优质储层形成主控因素与分布预测	155
一、中西部致密碎屑岩相对优质储层发育的主控因素	155
二、中西部致密碎屑岩相对优质储层地质—地球物理综合预测	168

第五章 中国中西部碎屑岩油气成藏体系发育的输导基础..... 185

第一节 中西部碎屑岩层系输导体系类型及组合样式	185
一、中西部碎屑岩层系输导体系类型	185
二、中西部碎屑岩层系主要输导体系组合样式	207
第二节 中西部碎屑岩油气成藏体系的典型输导体系分析	210
一、内源油气成藏体系的典型输导体系	210
二、外源油气成藏体系的典型输导体系	228
三、混源油气成藏体系的典型输导体系	232

第六章 中国中西部碎屑岩油气成藏体系的流体动力场特征..... 235

第一节 沉积盆地流体动力分析	235
一、油气运聚动力学机制	235
二、地下流体动力场与油气运聚	236
三、地下流体动力场分析	241
第二节 川西坳陷须家河组流体动力特征与油气运聚	242
一、川西坳陷须家河组地下水化学分布特征	242
二、川西坳陷须家河组现今地下流体动力特征与油气分布	245
三、川西坳陷须家河组流体动力场形成演化与油气运聚	249
第三节 鄂尔多斯盆地上古生界流体动力特征与油气运聚	256
一、上古生界地下水化学分布特征	256
二、上古生界现今地下流体动力特征与油气分布	259
三、上古生界地下流体动力场演化与油气运聚	263
第四节 准噶尔盆地腹部侏罗系流体动力特征与油气运聚	267
一、侏罗系地下水化学分布特征	267

二、侏罗系现今地下流体动力特征与油气分布 272

三、侏罗系地下流体动力场演化与油气运聚 278

第七章 中国中西部碎屑岩内源油气成藏体系特征与油气富集主控因素..... 290

 第一节 中西部碎屑岩内源近源油气成藏体系特征与油气富集主控因素 290

 一、四川盆地川西坳陷须家河组内源近源油气成藏体系 290

 二、鄂尔多斯盆地南部延长组内源近源油气成藏体系 305

 三、鄂尔多斯盆地北部上古生界内源近源油气成藏体系 321

 第二节 中西部碎屑岩内源远源油气成藏体系特征与油气富集主控因素 328

 一、准噶尔盆地腹部侏罗系内源远源油气成藏体系 328

 二、准噶尔盆地西缘中、新生界内源远源油气成藏体系 342

 三、四川盆地川西坳陷侏罗系内源远源油气成藏体系 362

第八章 中国中西部碎屑岩外源与混源油气成藏体系特征与油气富集主控因素..... 373

 第一节 中西部碎屑岩外源油气成藏体系特征与油气富集主控因素 373

 一、油气成藏条件与特征 374

 二、油气成藏过程及模式 376

 三、油气富集主控因素 379

 第二节 中西部碎屑岩混源油气成藏体系特征与油气富集主控因素 380

 一、油气成藏条件与特征 380

 二、油气成藏过程 390

 三、油气富集主控因素 395

第九章 中国中西部碎屑岩领域大中型油气田分布特征与勘探方向..... 402

 第一节 中西部碎屑岩领域大中型油气田分布特征 402

 一、油气发现历程 402

 二、中西部碎屑岩大中型油气田的层系分布特征 407

 三、中西部碎屑岩大中型油气田的构造区带分布特征 411

 四、中西部碎屑岩大中型油气田的圈闭类型分布 413

 五、中西部碎屑岩大中型油气田储层物性特征 416

 六、中西部碎屑岩大中型油气田的深度分布特征 420

 第二节 中西部碎屑岩领域大中型油气田勘探方向 421

 一、大中型勘探目标选区评价思路 421

 二、大中型勘探目标选区评价技术流程 422

 三、大中型油气田勘探方向 424

参考文献..... 443

第一章 中国中西部碎屑岩油气成藏体系

本章主要论述油气成藏理论研究进展,尤其是油气运聚评价单元的研究进展。基于整体评价我国中西部碎屑岩领域油气资源潜力和优选大中型勘探目标的需求,本书在系统梳理油气成藏理论方面前人研究成果的基础上,构建了中西部碎屑岩油气成藏体系理论框架,主要包括中西部碎屑岩油气成藏体系的内涵、划分原则、研究思路 and 评价原则,开展了中西部碎屑岩领域油气成藏体系划分与分布规律研究。

20世纪30年代,古勃金首先提出“油气聚集带”的概念,认为构造带控制油气聚集。20世纪50年代末,巴基洛夫继承并发展了古勃金的观点,充分考虑了含油气区和油气聚集带与大地构造的联系,采用以构造原则为基础的分类方法,将油气聚集空间单元从大到小分为6个级别与层次,即含油气省、含油气大区、含油气区、油气聚集带、油气田和油气藏。这一以构造单元为基础的油气聚集空间单元划分方案得到了广泛的承认,特别是由于其在陆相含油气盆地中具有较强的可操作性,对中国的石油地质理论产生了深刻的影响。

20世纪80年代中、后期,基于对大庆油田的研究,我国学者首先提出二级构造带控制油气聚集带的理论(潘忠祥,1986;陈景达,1988),然后又根据渤海湾盆地多断陷、多断块、多含油气层系和多种油气藏类型的特点,总结了断陷盆地油气藏形成的条件和分布规律,提出了“复式油气聚集带”的概念(胡见义等,1986,1991)。复式油气聚集带主要受二级构造带、区域性断裂带、区域性岩性尖灭带、物性变化带、地层超覆带和地层不整合等多种因素控制,而其中某一因素在油气聚集和富集过程中起了主导作用,其他诸因素仅处于从属地位。在复式油气聚集带理论指导下,我国油气勘探成效有很大提高,油气储量和产量大幅度提高,经济效益十分明显。

20世纪90年代,Magoon和Dow提出了完善的“含油气系统”的定义,即包含成熟烃源岩和与此相关的所有油气聚集所必需的地质要素和成藏作用所组成的天然系统。其中地质要素包括烃源岩、储层、盖层和上覆岩层,成藏作用包括圈闭的形成和油气生-运-聚过程。“含油气系统”概念的提出具有重要的意义,其核心是“从源到藏”,即确定某一烃源岩后,再找到与之匹配的油气藏,确定二者之间相联系的一切必要地质条件后即可划分出一个含油气系统,据此指导了油气勘探。其实,我国学者也提出了“成油系统”(与含油气系统类似)的概念(胡朝元等,1963),但没有得到很好的推广应用。20世纪90年代中期,国内许多学者大量引入含油气系统的概念,并对其进行了积极的探索研究(费琪,1995;赵文智等,1997,2000,2005;张厚福,1997,1998;何登发,2000;金之钧等,2004;梁书义等,2005)。1996年11月中国石油学会石油地质专业委员会在贵州省安顺市召开了首届“中国含油气系统及其在油气勘探中应用学术研讨会”,并出版了《中国含油气系统的应用与进展》论文集,反映了当时中国含油气系统研究的状况与进展,显著促进了含油气系统研究在中国的蓬勃发展。但在后来的实际应用研究过程中,国内许多学者发现该理论不适用于我国多源、多期成藏叠合盆地的研究(赵文智等,2000;郭汝泰,2001;金之钧等,2004;赵文智等,2005;梁书义等,2005),提出了“复合含油气系统”的概念,即将多个空间上叠置、交叉和混聚的简单含油气系统归并为一个统一的“复合含油气系统”(赵文智等,2000),建立了复合含油气系统评价思路与方法,并运用复合含油气系统概念进行勘探区域选择与目标评价(赵文智,2005)。

21世纪初,针对东部断陷盆地的特点,国内学者提出了“油气成藏组合体”的概念(宋国奇等,2002;金之钧等,2001),即成藏组合体理论是一种基于系统整体的研究方法,它以成因分析为基础,强调成藏作用、过程恢复(而不是对各类静态地质要素的描述、综合),从而更直接地与陆相含油气盆

地的地质实际相结合。成藏组合体的划分主要是基于主力输导体系的不同,将油气田划入不同的组合体中,并以输导体系作为组合体分类、命名的主要依据。这种分类方法更适合于我国东部复杂断陷盆地的成藏单元,对油藏分布规律的认识也更具体,更有预见性,但对中西部叠合盆地多源、储层致密、凹陷-斜坡富集,这种分类方法则不适合。针对中国叠合盆地的特点,国内学者以系统论为指导,提出了“油气成藏体系”的概念(金之钧等,2003),即油气成藏体系是地表以下油气成藏的自然体系,它包括了形成油气藏的一切必要元素(要素),即烃源体(含烃/流体)、输导体和圈闭体以及这些元素之间的有效配置。该方法从形成油气藏这一系统功能出发,结合藏-源对比的反演思路,以聚油单元为核心,以运移通道为主线,以供源区为边界对地下油气系统进行划分;其研究方法强调油源、输导体系和圈闭之间相互关联、相互制约的“系统性”,突出了具有纽带作用的输导体系的研究思路。此后,许多学者对其进行了积极的探索研究,并将其成功应用于中国沉积盆地的油气勘探研究(王永诗等,2001;张善文等,2003,2008;梁书义等,2005;黄金柱,2008;徐忠美等,2010)。

油气成藏体系以“油气藏”为核心,以输导体系为主线,理论体系较完善,能够很好地解决我国中西部叠合含油气盆地多源、多期成藏和多源一带富集的选区评价问题。为此,基于整体评价中西部四大(叠合)盆地碎屑岩领域油气资源潜力和优选大中型勘探目标的需求,本书提出了“中西部碎屑岩油气成藏体系”的概念,明确了中西部四大盆地各类碎屑岩成藏体系的油气富集规律,建立了各类碎屑岩成藏体系的评价流程,并形成相应的评价技术,优选了中西部碎屑岩领域大中型油气勘探目标,进一步发展了油气成藏体系理论。

第一节 中西部碎屑岩油气成藏体系概论

一、中西部碎屑岩油气成藏体系内涵

中西部碎屑岩成藏体系是油气成藏体系理论的一个应用和发展,其划分的主要目的是为了在中西部碎屑岩层面上总结油气富集规律(共性)和评价优选大、中型勘探目标区。

中西部碎屑岩油气成藏体系是指一组碎屑岩油气藏群(田)及形成该碎屑岩油气藏群(田)所必需的相关成藏要素和成藏作用构成的一个油气运聚成藏系统。中西部碎屑岩油气成藏体系内涵的核心在于:油气聚集既是由中西部碎屑岩含油气盆地复杂性,也是由中西部碎屑岩油气成藏的特殊性(多期成藏,晚期定型;储层致密,源储紧邻,非浮力成藏;凹陷-斜坡富集,局部裂缝控制高产)所决定的;考虑到碎屑岩层系油气可能来源于碎屑岩层系外部(如塔河油田碎屑岩油田中石油均来源于下伏碳酸盐岩特大型油田),因此在中西部碎屑岩油气成藏体系研究中适当淡化烃源灶。

中西部碎屑岩油气成藏体系内涵的关键在于:①同一成藏体系内油气藏的成藏要素具有相似性,尤其是源-储组合样式的相似性;②同一成藏体系内成藏动力、机制与过程相似,即具有相同或相似的成藏动力机制;③同一成藏体系内各油气藏具有相似的成藏主控因素和相似的富集规律;④同一成藏体系可以使用统一的评价思路和技术方法进行选区评价。

二、中西部碎屑岩油气成藏体系分类方案

理论上讲,一个碎屑岩油气成藏体系就是一个油气运聚成藏系统,因此,它的实际边界应该为油气运聚成藏的动力边界,但在实际应用过程中很难精确地刻画出油气成藏的动力边界。为了应用中西部碎屑岩油气成藏体系来总结油气富集规律和开展大中型勘探目标的评价优选,在实际工作中常常采用简单化处理,主要依据油气成藏组合和关键控制富集要素有效性叠置边界,再结合油气成藏条件、机制和模式的研究成果,划分出中西部碎屑岩油气成藏体系的纵向上和平面上物理边界,最终明确一个油气成藏

体系在三维地质空间的范围。

含油气盆地内纵向上层系之间的成藏条件和勘探工程条件的差异性大于同一层系各个构造带之间的差异性，以层系为基础形成的成藏组合作为商业性的勘探单元适用于各类含油气盆地，特别是对长期发育的多旋回含油气盆地更具有重要意义（童晓光，2009）。据此，建立了中西部碎屑岩油气成藏体系的划分原则，即把一套具有相似成藏条件和相同成藏动力的层系划为一个油气成藏体系，它可作为一个勘探评价的基本单元。

基于整体评价中西部四大盆地碎屑岩领域油气资源潜力和优选大中型勘探目标的需求，中西部碎屑岩油气成藏体系采用层次分析法进行划分，目前共分 3 个层次进行分类。

1. 第一层次

第一层次，将碎屑岩领域（油气藏分布于碎屑岩层系）作为一个单元，主要根据油气来源划分成藏体系大类，即内源、外源和混源，其划分示意图详见图 1-1。内源是指该成藏体系内油气来源于碎屑岩层系内的烃源岩或油气藏，外源是指该成藏体系内油气来源于碎屑岩层系之外的海相烃源岩或海相古油藏，混源是指该成藏体系内油气为陆相层系和海相层系烃源岩（或古油气藏）的混合来源。

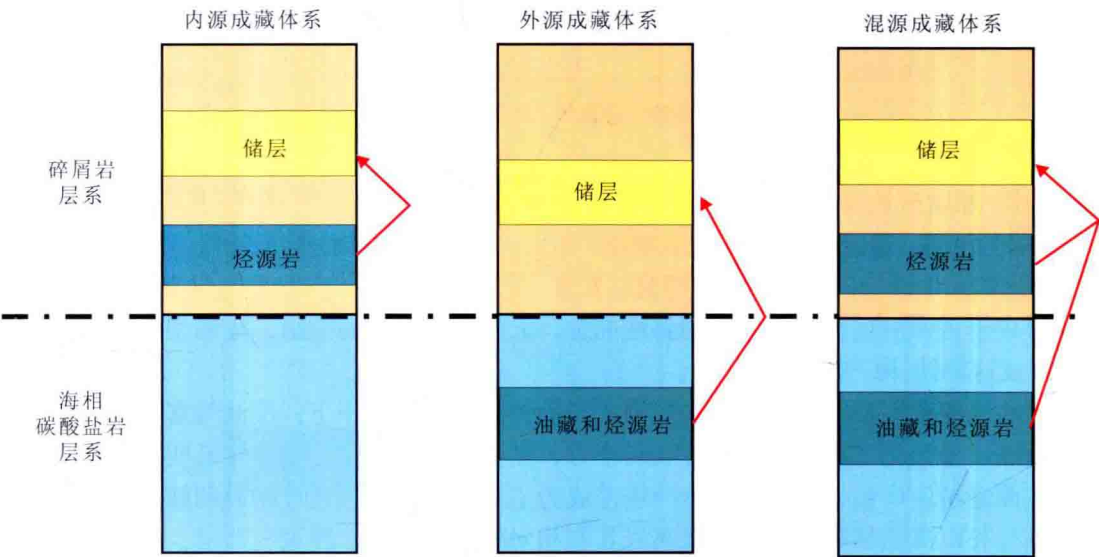


图 1-1 碎屑岩油气成藏体系划分示意图

2. 第二层次

第二层次，主要根据各大类碎屑岩油气成藏体系的最显著成藏特点，抓住控制成藏的关键因素，开展碎屑岩油气成藏体系亚类划分，因此，不同大类中西部碎屑岩油气成藏体系其亚类划分依据可以不同。值得一提的是基于油气成藏体系划分总结中西部碎屑岩领域油气富集主控因素的需要，中西部四大盆地层面只划分到亚类，主要是因为如果划分再细了则中西部四大盆地碎屑岩油气成藏体系间无法统一富集主控因素认识。

针对中西部碎屑岩内源油气成藏体系，主要考虑源储距离，进一步划分为源内（源储一体）、近源（源储近邻）和远源（源储分离）。源储一体为内源源内，源储接触或近邻称之为内源近源，源储非直接接触或跨越式称之为内源远源，其划分示意图详见图 1-2。

内源源内油气成藏体系最大的成藏特点是其内源-储一体、储层致密，属于狭义非常规油气资源范畴，而本专著主要是研究广义非常规油气资源的成藏机制、富集主控因素和大中型勘探目标优选等问题，因此，该类油气成藏体系只在系统分类中考虑，不进行详细描述。

内源近源油气成藏体系的基本特点和控制成藏的关键因素简述于下：①源储直接邻接，油气近距离运移或直接成藏，有效源岩规模控制成藏范围；②成藏作用由烃源岩生烃压力支持、发生在超压体系内，

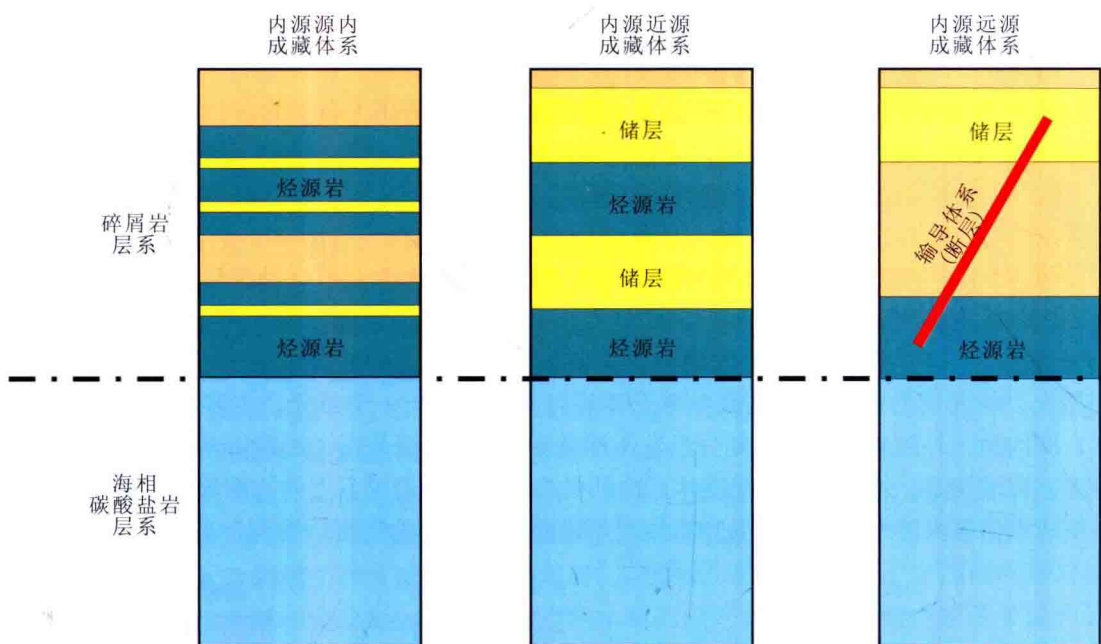


图 1-2 碎屑岩油气成藏体系内源大类亚类划分示意图

成藏期储层物性-源储压差控制成藏；③储层普遍低渗-致密，有利相带（沉积-成岩）控制油气富集的具体位置；④以岩性油藏（透镜体、物性/成岩圈闭）为主，源岩发育演化、储层物性、裂缝等对油气充满度、饱和度有重要影响。中西部碎屑岩领域近源储层发育，可形成连续型油气聚集，仅表现为饱和度的变化；⑤油气藏多形成于古凹陷沉积中心周围的斜坡部位，大型沉积体系的前缘，坳陷型盆地沉积体系的快速进退有利于形成这种储-源-储的组合关系。

内源远源油气成藏体系的基本特点和控制成藏的关键因素简述于下：①油气富集位置在空间上与有效源岩明显分隔，多数位于烃源灶的上方或斜上方，需要远距离运移，输导体系明显控制了源储关系；②成藏发生在源岩超压体系外，浮力和脉冲压差成为主要动力，油气通过断裂和储集岩等地质要素构成的输导格架进行长距离运移和分配；③储集岩具有相对较好的性能，断裂、储层、盖层等要素及其有效性成为控藏基本因素，输导体系在油气成藏和富集中的作用更为重要；④以地层岩性、构造岩性型的油气藏为主，多与断裂带、隆起带、盆缘斜坡带有关，构造对于富集的控制明显，尽管还有岩性的因素。

针对中西部碎屑岩外源油气成藏体系，该大类成藏体系最显著特征是油气来源于海相烃源岩或海相油气田（藏）。主要考虑油气主要来源于海相烃源岩还是海相碳酸盐岩油气田（藏），进一步划分为外源原生型和外源次生型，油气来源于海相油气田（藏）的称之为外源次生油气成藏体系，而油气来源于海相烃源岩的称之为外源原生油气成藏体系，其划分示意图详见图 1-3。

外源次生油气成藏体系的基本特点和控制成藏的关键因素简述于下：①油气来源于下伏海相油气田（藏），断裂既是油气运移的主要通道，又控制油气成藏和富集；②与通源断裂相伴生的背斜、鼻状构造控制了油气富集。

外源原生油气成藏体系的基本特点和控制成藏的关键因素简述于下：①油气来源于下伏海相烃源岩，断裂、不整合既是油气运移的主要通道，又控制油气成藏和富集；②与通源断裂相伴生的背斜、鼻状构造控制了油气富集。

针对中西部碎屑岩混源油气成藏体系，该类油气成藏体系最显著的特征是海、陆相烃源均有贡献，主要考虑海相和陆相烃源的贡献，进一步划分为以陆相烃源为主型和以海相烃源为主型。油气主要来源于陆相烃源的称之为混源陆相为主成藏体系，油气主要来源于海相烃源的称之为混源海相为主成藏体系，其划分示意图详见图 1-4。如川东北通南巴马路背须家河组气藏为混源陆相为主的典型，塔里木盆地巴什

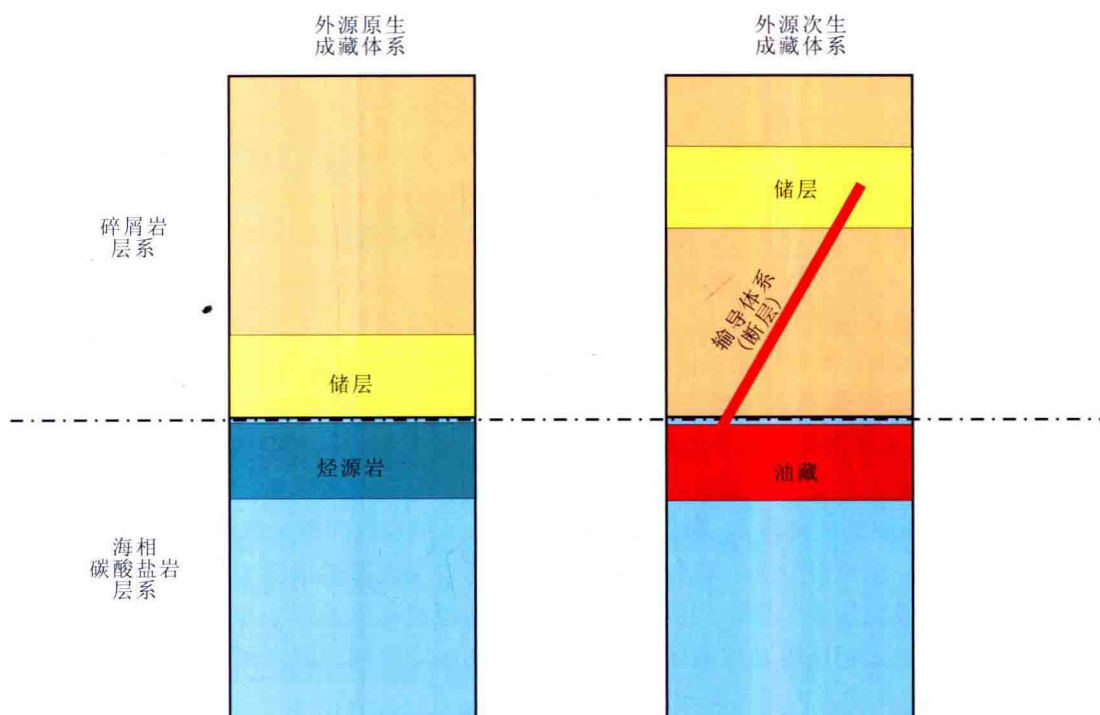


图 1-3 碎屑岩油气成藏体系外源大类亚类划分示意图

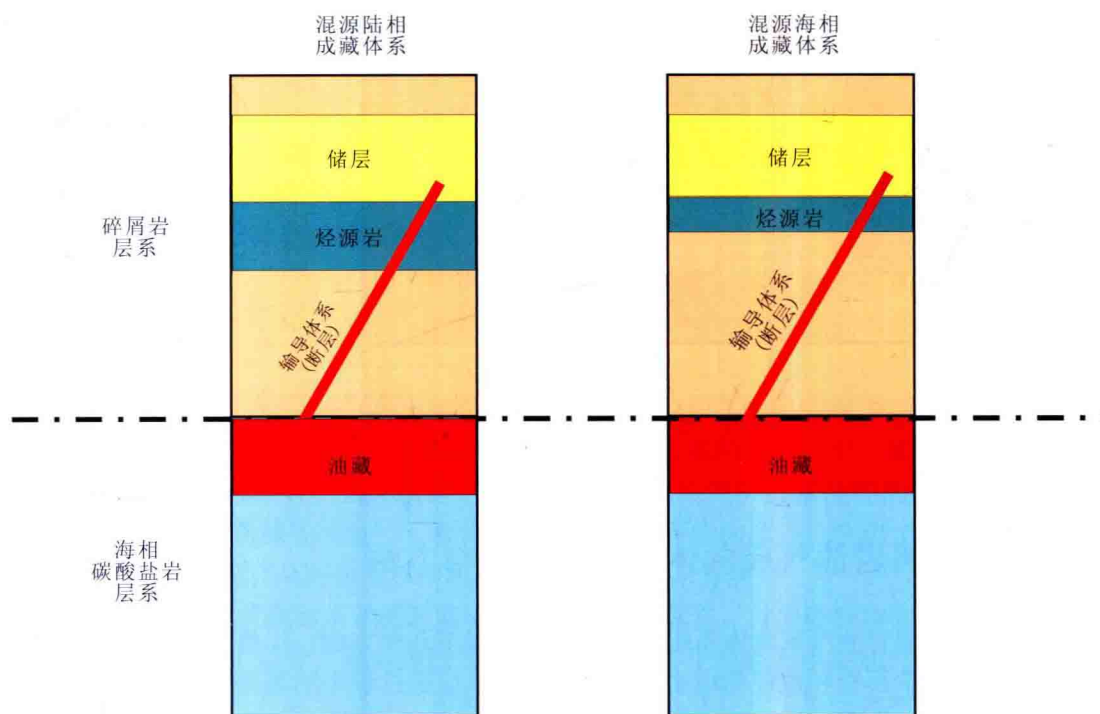


图 1-4 碎屑岩油气成藏体系混源大类亚类划分示意图

托气田、亚松迪气田为混源海相为主的典型。

混源陆相为主油气成藏体系的基本特点和关键控制成藏的因素简述于下：①油气主要来源于陆相烃源灶（古油气藏），部分来源于海相烃源灶（古油气藏）；②陆相烃源灶发育，局部发育海相油源断裂；③陆相层系具有近源成藏的特点，油气富集主要受强生烃灶和有利储集相控制。

混源海相为主油气成藏体系的基本特点和控制成藏的关键因素简述于下：①油气主要来源于海相烃

源灶（古油气藏），部分来源于陆相烃源灶（古油气藏）；②海相油源断裂发育，存在下伏海相烃源灶或古油气藏；③与通源断裂相伴生的背斜、鼻状构造控制油气富集。

3. 第三层次

第三层次，针对中西部碎屑岩领域广泛发育的内源源内、内源近源和内源远源成藏体系，根据烃源岩与储层的空间接触关系（下文简称源储样式）和油气成藏动力机制组合关系进一步划分类型。源储样式主要有源储接触式和源储跨越式2类，油气成藏动力机制主要有常压/浮力驱动和异常压力/非浮力驱动（超压、源储压力差）2类，因此，根据二者组合可以进一步划分为（内源源内）源储一体超压驱动成藏体系、（内源近源）源储接触式超压驱动、（内源近源）源储接触式浮力驱动、（内源远源）源储跨越式超压驱动、（内源远源）源储跨越式浮力驱动等若干类型油气成藏体系，其划分示意图详见图 1-5。

中西部碎屑岩油气成藏体系采用层次法命名，命名原则为盆地+地区+层系+大类+亚类+类型XXX 成藏体系。以鄂尔多斯南部中生界内源成藏体系为例，针对鄂南延长组内源近源亚成藏体系进一步可细分为：鄂尔多斯盆地南部长8油层组内源近源接触式超压驱动成藏体系，鄂尔多斯盆地南部长9油层组内源近源跨越式超压驱动成藏体系，鄂尔多斯盆地南部长6油层组内源近源跨越式浮力驱动成藏体系。内源远源亚成藏体系进一步可细分为：鄂尔多斯盆地南部延安组内源远源浮力驱动成藏体系。以四川盆地川西坳陷碎屑岩内源成藏体系为例，川西坳陷须家河组内源成藏体系进一步可细分为：四川盆地川西坳陷须二段内源近源接触式超压驱动成藏体系，四川盆地川西坳陷须四段内源近源跨越式超压驱动成藏体系，四川盆地川西坳陷侏罗系内源远源超压驱动成藏体系。



图 1-5 内源源内、近源和远源亚油气成藏体系内细分类型示意图

三、中西部碎屑岩油气成藏体系研究思路与方法

理论上，中西部碎屑岩油气成藏体系研究思维应强调以下几个方面：①整体分析：把成藏体系作为一个完整的系统，放置于历史和盆地环境中加以分析，考察成藏过程中的要素变化、相互作用及其历史过程，认识时间、空间、作用、结果的完整关系；②层次分析：把成藏体系的完整过程分成若干不同的层次，通过分析不同层次的各要素的作用关系及不同层次之间的联系，揭示油气成藏规律。主要层次包括空间层次、烃类物质层次、流体能量层次、过程和时间层次、层次归一化综合评价等；③结构功能分析：考察构成要素间、要素与整体间的关系及历史过程中的结构和功能的改变，认识结构与油气分布间的必然关系，包括要素空间关系及变化，生烃体、输导体、储集体、封盖体的有效性；④外部环境分析：注意成藏体系存在环境之间的关系，特别是盆地演化与物质交换对成藏的影响，例如，盆地深部动力背景、盆地演化阶段与构造沉积特征、盆地变形与保存等；⑤动态过程分析：分析油气成藏体系中相互作用及