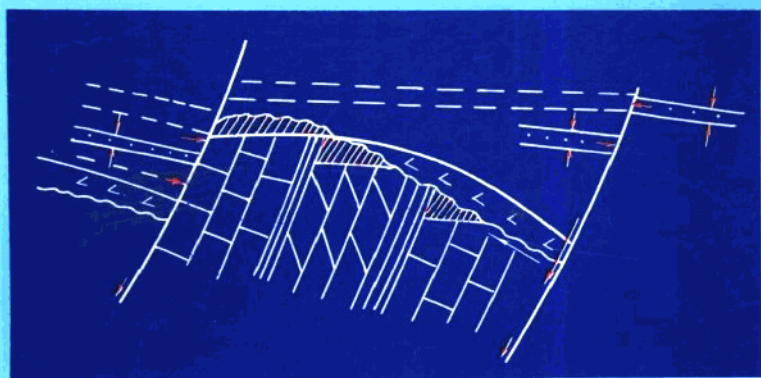


裂谷盆地古潜山油藏 与含油气系统

李耀华 编著



四川科学技术出版社

裂谷盆地古潜山油藏 与含油气系统

李耀华 编著

四川科学技术出版社

1998 年 · 成都

内 容 简 介

古潜山油藏和含油气系统是石油地质学领域中具有重要理论及实际意义的课题。近年来,国内外在这方面的研究取得了很大进展。本书是作者多年来潜心研究而编写的一本学术专著。作者以辽河裂谷盆地为典型实例,分析了裂谷盆地古潜山油藏和含油气系统的特征,古潜山油藏成藏动力学机制,油气在含油气系统内的生成、运聚规律以及古潜山油藏的勘探方向等问题。

本书运用了国内外近年来流行的多种新理论和新方法,紧密结合实际,反映了裂谷盆地古潜山油藏的成藏机制、分布和特点及含油气系统的划分特征和展布,可供从事油气田勘探、开发的石油地质科技人员及高校师生参考。

裂谷盆地古潜山油藏与含油气系统

编 著 李耀华
责任编辑 宋 齐
封面设计 梁 成
责任校对 李 华
责任出版 何明理
出版发行 四川科学技术出版社
成都盐道街3号 邮编 610012
开 本 787×1092 1/16
印 张 8.25 字数 180 千
印 刷 成都前进印刷厂
版 次 1998 年 10 月成都第一版
印 次 1998 年 10 月第一次印刷
印 数 1—500 册
定 价 25.00 元
ISBN 7-5364-4049-9/P·98

■ 本书如有缺损、破页、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。
地址/成都盐道街3号
邮编/610012

■ 版权所有·翻印必究 ■

序

含油气系统(petroleum system),又称石油系统、油气系统、成油气系统、石油体系、成油体系等,是近年来国内外石油地质学界广泛流行的、并在油气勘探和资源评价及地质综合研究中得到实际应用的一个油气地质新概念。对于一个含油气盆地油气勘探来说,其研究程序为沉积盆地、含油气系统、区带(或成藏组合)、圈闭(或勘探对象)。沉积盆地分析包括盆地类型及形成演化、沉积岩厚度及分布范围、各地质要素的定性、半定量定量分析;区带评价着重于对一系列有成因联系的圈闭进行含油气性、分布规律、地质风险分析并计算资源量;圈闭评价包括储集岩、盖层、圈闭大小、几何形态、形成时间及含油气性,优选勘探目标;含油气系统研究的层次介于沉积盆地与区带评价之间。长期以来,石油地质学家们关注的一个焦点是油气如何成藏的。油气的生、储、盖、圈、运、保在地质历史中的演化过程是一个有机的整体,也是一个复杂的系统。含油气系统分析不是生、储、盖等成藏条件研究的简单重复与归纳,而是从整体上将含油气盆地中烃源层、储集层、盖层、上覆岩层等基本要素和圈闭形成、油气生成、运移、聚集、保存等成藏过程纳入统一的时间、空间范围内进行研究,重点是源岩与油气藏之间的成因关系,即研究油气生、运、聚过程与圈闭形成过程的时、空配置关系,并落实到油气藏的形成与分布上。

一个沉积盆地中不同时期、不同层位可能有不同的含油气系统,一个地区在纵向上或横向上可能出现多个含油气系统的交叉或叠合。如何认识含油气系统在含油气盆地研究中的作用,如何划分和评价含油气系统,如何研究并预测油气生成、运移与圈闭聚集的时空配置关系,如何进行含油气系统的定时、定位与定量研究,如何在油气勘探中应用含油气系统理论解决实际问题,这正是含油气系统应用持续发展的关键所在。中国东部的含油气盆地大多具有多旋回沉积、多烃源层、多期成藏的特点,油气分布较为复杂。辽河盆地是其代表之一,经过数十年的勘探,特别是古潜山油藏的勘探开发取得了令人瞩目的成果。随着科学技术的进步和勘探的进展,古潜山油藏勘探的焦点逐步集中在不易发现的、较隐蔽的中、低小潜山上。李耀华博士在本书中首次将含油气系统理论引入古潜山油藏勘探开发研究中,并针对古潜山油藏勘探中的诸多实际问题,采用了一些新技术、方法和手段,如平衡剖面法、多项式自组织网络法、模糊综合评判法、ESR 测年法、岩石声发射技术等,对辽河裂谷盆地含油气系统,从生烃、储集、圈闭、运移—捕集、封盖 5 个子系统进行研究,提出了自己独特的见解。

该书结构严谨,思路新颖,文字流畅、简炼,理论联系实际,针对性强是本书的特点,我相信该书的出版一定会对含油气系统、古潜山油藏的研究起到一个积极的促进作用。因此,我郑重向读者推荐此书。

中科院院士

刘宝琛

1958年4月

前 言

本书依据地震、地质、测井、有机地化等资料,以含油气系统理论为主线,应用计算机正演平衡剖面法、多项式自组织网络法、模糊综合评判法、ESR 测年技术、岩石声发射技术等对辽河盆地西部凹陷曙光地区下第三系—古潜山含油气系统,从生烃、储集、圈闭、运聚—捕集、封盖五个子系统进行了深入细致的研究;提出了“断层—不整合控油模式”、运移模式、储层演化模式、成藏模式;并首次从成藏动力学角度分析研究古潜山成藏动力学机制;分析论证了古潜山成藏控制因素。在对含油气系统基本地质事件和地质作用综合分析的基础上提出了今后勘探方向建议。本书在以下几个方面取得了有特色的成果:

1. 首次将含油气系统理论引入古潜山油藏成藏机制研究中,并将其划分为生烃、储集、圈闭、运移—捕集、封盖 5 个子系统展开深入细致的研究。含油气系统综合分析研究表明,该含油气系统的持续时间为太古代至新生代早第三纪末,保存时间为晚第三纪,关键时刻为早第三纪渐新世东营期,即下第三系烃源岩中的油气大规模运移、聚集在其下的中上元古界古潜山圈闭中成藏的时期。

2. 结合古潜山油气运移、聚集机理和成藏条件的研究,首次提出了古潜山油藏的“断层—不整合控油模式”,认为古潜山油藏的形成是受断层、不整合双重因素的配置而控制的,使古潜山成藏机理的研究前进了一步。

3. 首次将目前较新的石油地质动力学理论引入了古潜山成藏条件研究中,分析了古潜山成藏动力学条件和过程,认为辽河盆地古潜山成藏动力学具有高地温梯度、高孔隙流体压力和自源动力排烃三个明显特征,属它源半封闭成藏动力学系统。根据成藏动力学特征并结合成藏条件和成藏机理的研究,建立了古潜山油藏的三种成藏模式,即秃顶式、侧断层和内幕式。

4. 采用计算机正演平衡剖面技术模拟了古潜山构造圈闭的形成与演化。针对辽河裂谷盆地新生代掀斜运动造成了翘倾断块,对平衡剖面中拉张量计算方法作了改进。模拟结果表明,古潜山圈闭的形成、定型期与下第三系烃源岩油气大规模生成、运移、聚集期相匹配,有利于古

潜山成藏。

5. 采用新的以圈闭作用机理为主的封闭面圈闭分类方法对古潜山圈闭进行分类。共划分出 U 型、UT 型两种单封闭面圈闭和 U/T 型、U/F 型、U/CF 型、U/TT 型四种多封闭面圈闭,其中以 U 型、U/T 型和 U/F 型最重要。

6. 针对古潜山内幕储层复杂多变、不易识别的特点,采用了多项式自组织网络(MSON)方法,根据测井曲线自动识别古潜山内幕储层。实际试油表明,预测结果可靠,表明 MSON 法识别潜山储层切实可行,走出了一条识别潜山内幕复杂储层的新路。

7. 采用计算机模糊综合评判方法对古潜山油藏进行了综合评判,并对古潜山油藏分布的有利地区进行了预测和评价。指出了今后勘探方向应为邻近生油洼陷的低潜山带。

8. 重点分析研究了古潜山油藏形成分布的控制因素,认为基岩断块活动、下第三系生油岩分布、古岩溶—裂缝型储集层、多封闭面圈闭四大要素控制了高产古潜山油藏的分布。

在研究过程中得到了成都理工学院博士导师王允诚教授、赵锡奎副教授、郑荣才副教授、吴征教授、崔秉荃教授、赵志超教授、罗运先副教授、李瑞副教授、童孝华副教授、王英民教授、李忠权副教授的大力支持和帮助,还得到了西南石油学院陈伟博士、成都理工学院 沈杨硕士的帮助,辽河石油勘探局研究院提供了许多宝贵资料和帮助,诚表衷心的感谢。

编著者

1998 年 4 月

PREFACE

Based on petroleum system theory, according to geophysical prospecting, geology, well logging and organic geochemistry information, the author studied generative subsystem, reservoir subsystem, trap subsystem, migration—entrapment subsystem and seal subsystem of paleogene—buried hill petroleum system in shuguang areas, west sag, Liaohe rift basin by computer forward balanced cross section, multinomial self—organizing networks, fuzzy synthetic discriminant, electron spin resonance dating (ESR), acoustic emission (AE) methods. Proposed “fault—unconformity controlling oil models”, migration models, reservoir evolution models and oil reservoir formation models. Firstly studied the formation dynamic mechanism and controlling factors of buried hill oil reservoir based on oil reservoir formation dynamics. Predicted prospective areas of buried hill oil reservoirs through synthetic analysis of basic geology events and effects of petroleum system. The main research achievements are following:

1. Firstly applied petroleum system theory to study the formation mechanism of buried hill oil reservoir, and divided the petroleum system into generative, reservoir, trap, migration—entrapment and seal subsystems. Verified by the study: the duration time of the petroleum system was from Archeozoic to Eogene; the preservation time of the petroleum system was Neogene; the critical moment of the petroleum system was Oligocene of Eogene, which was the moment of hydrocarbon from source beds of Paleogene migrating, accumulating and forming oil reservoirs in buried hill traps of Middle—Upper Proterozoic.

2. Based on the study of hydrocarbon migration, accumulation mechanism and formation conditions of buried hill oil reservoir, firstly suggested “fault—unconformity controlling oil models”. The formation of buried hill oil reservoir was controlled by faults and unconformities.

3. Applied dynamics of petroleum geology to study the formation conditions of buried hill oil reservoir. Analysed the formation dynamic conditions and processes of buried hill oil reservoir. High geothermal gradient, high pore—fluid pressure and self—source power expulsion are three evident features of the formation dynamics of buried hill oil reservoir in Liaohe basin. It is exotic—source, half—seal pool formation dynamics system. Based on pool formation dynamic features, formation conditions and formation mechanism, suggested formation models of buried hill oil reservoir: “baldhead” models, lateral fault models and “internal curtain” models.

4. Applied computer forward balanced cross section technique to modeled the formation and evolution of buried hill structure traps. Because of tilted fault block formation by down—tilting of Cenozoic in Liaohe rift basin, the author improved the calculation method of the extension amounts in balanced cross section. Verified by computer forward modeling, the formation period and finalizing pattern period of buried hill traps were matched with hydrocarbon generation, migration and accumulation periods, and easily formed oil reservoirs.

5. Applied new seal surface trap classification method based on the traps effect mechanism to classify buried hill trap into U, UT style one—seal traps and U/T, U/F, U/CF, U/TT style poly

—seal traps. In them, U, U/T and U/F styles are very important.

6. Because reservoirs of buried hill were complicated, the author applied multinomial self-organizing networks (MSON) to discriminate inside reservoirs of buried hill according to well logging information. Verified by well testing; prediction conclusions are reliable. MSON method is practicable in reservoir discrimination of buried hill.

7. Applied computer fuzzy synthetic discriminant method to evaluate buried hill oil reservoirs. Predicted the prospective areas of buried hill oil reservoirs, which are low buried hill belts near to hydrocarbon generative depression.

8. Studied formation and control factors of buried hill oil reservoirs. Base fault blocks movement, source beds distribution of Paleogene, paleokarst — fissure reservoirs and poly — seal traps controlled the prospective areas of high production buried hill oil reservoirs.

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 古潜山油藏勘探、研究现状和进展	(1)
第二节 含油气系统概念、研究现状和发展趋势	(5)
第三节 研究思路	(7)
第二章 区域地质概况	(9)
第一节 区域构造背景和地层划分	(9)
第二节 裂谷盆地形成机理和演化	(13)
第三节 裂谷盆地含油气系统	(16)
第三章 生烃子系统	(18)
第一节 油源成因类型和油源对比	(18)
第二节 生烃史和排烃史	(25)
第三节 油源充注因素	(32)
第四章 储集子系统	(34)
第一节 储层特征及演化	(34)
第二节 多项式自组织网络(MSON)法识别古潜山“内幕”储层	(40)
第三节 古潜山储层综合评价	(45)
第五章 圈闭子系统	(53)
第一节 平衡剖面技术研究古潜山圈闭形成与演化	(53)
第二节 古潜山圈闭类型	(66)
第三节 圈闭的有效性评价	(70)
第六章 运移—捕集子系统	(72)
第一节 异常高压与油气初次运移	(72)
第二节 二次运移机制	(77)
第三节 断层—不整合控油模式	(80)
第七章 封盖子系统	(83)
第一节 古潜山顶面致密岩层封盖	(83)
第二节 断层侧向封闭	(85)
第三节 古潜山油藏的保存条件	(87)
第八章 古潜山成藏动力学与成藏模式	(90)
第一节 古潜山成藏动力学	(90)
第二节 古潜山油藏成藏模式	(96)
第九章 古潜山油藏评价	(100)
第一节 油藏地质评价方法	(100)

第二节 古潜山油藏模糊综合评判	(100)
第十章 含油气系统分析与油气富集规律	(105)
第一节 含油气系统分析	(105)
第二节 古潜山油藏油气富集规律	(107)
第三节 古潜山油藏有利区评价及预测	(109)
第十一章 结论与认识	(111)
参考文献	(113)
图版说明	(119)
图 版	(120)

第一章 绪 论

第一节 古潜山油藏勘探、研究现状和进展

一、古潜山油藏的概念、分类和特点

古潜山油藏(buried hill oil reservoirs)是一种特殊类型的油藏,与基岩油藏(basement reservoirs)既有联系又有区别,是两个不同的地质概念,由于各位学者强调的重点不同,因此,对二者的关系尚有不同的认识,在一些文献中还存在混用现象。古潜山(buried hills)一词最早见于鲍尔斯^[113](Powers, 1922)的《古潜山及其在石油地质学中的重要性》一文中,其后,其他的一些地质学家也相继使用了这一术语。莱复生^[105](Levorsen, 1954)在他的《石油地质学》一书中认为,古潜山系指在盆地接受沉积前就已经形成的基岩古地貌山,后来被新地层覆盖埋藏而变成了潜伏山。所以,一个古潜山的形成,必须具备三个基本地质条件:一是经过侵蚀;二是相对于周围侵蚀面的一个局部隆起;三是被新沉积物所掩埋。范泰雍等^[2](1982)在其《潜山油气藏》一书中认为:“凡是现今被不整合埋藏在年轻盖层之下,属于盆地基底的基岩突起,都称为潜山,而不论其成因如何和形成时期的早晚”。并按形成时期将其分为具早期古地貌特征的“古潜山”和后期构造变动等形成的“后成潜山”,统称为潜山,其含义比莱复生所指的潜山有所扩大。年轻沉积层中生成的油气在潜山中聚集即形成古潜山油藏。基岩油藏这一概念是兰德斯^[104](Landes, 1960)首先提出的,他把不整合于年轻沉积盖层之下的褶皱变质和火成岩侵入的结晶基底称之为基岩(basement rocks),把年轻沉积盖层中生成的石油运移至其下基岩中所形成的油藏称为基岩油藏。兰德斯强调的基岩油藏有两个突出点:一是石油储存于沉积盖层之下的结晶基岩中;二是石油生成于年轻的沉积盖层之中。潘钟祥教授^[110](1982)在他的《基岩油藏》一文中认为兰德斯基岩油藏的定义范围太窄了,提出应把年轻生油岩系底部不整合面之下的下古生界和中上元古界碳酸盐岩和其它类型沉积岩中的油藏也算做基岩油藏。近年来,我国一些石油地质学家又把基岩油藏的范围进一步扩大到不整合于下第三系生油岩系之下的上古生代或中生代沉积岩中的油藏,他们认为不同的盆地有不同的基岩,基岩可以是变质的结晶岩,也可以是未变质的沉积岩,陈发景教授等^[3](1987)认为:前者应称之为结晶基岩油藏,后者则称为沉积盖层“基岩”油藏,统称为基岩油藏。而古潜山油藏强调的是具突出的古地貌圈闭特征,因此,目前通常所称的古潜山油藏只是基岩油藏中的一种特殊圈闭类型油藏,而不是等同关系。本文认为古潜山油藏应从捕集油气角度强调地貌圈闭特征,而不论岩性如何和形成时期的早晚,因此,同意范泰雍等人的意见,将古潜山油藏定义为:“古潜山油藏是一种特殊类型的基岩油藏,它是位于区域不整合面之下的较老地层的突起含油体,其油源主要来自上覆及侧向较新的生油层系,不整合面或断面是油气运移的通道”。

古潜山是古地貌的一种形态,是地层经过地壳变动后的长期风化剥蚀,造成了表面形态的高低不平,后来再次下沉被新的沉积层所覆盖,其中突起的山丘就称为古潜山。古潜山的形成往往是多种地质因素共同作用的结果,常见的造山因素为断裂、褶皱、淋滤溶蚀等,根据成因、岩性和构造形态可将古潜山划分为如下类型,相对应为一类古潜山油藏(表 1—1)。

古潜山油藏具有三个重要特点:一是油源问题,古潜山自身没有油源,油源来自不整合面之上的生油层,借助于与生油层沟通的不整合面、断面或渗透性岩层使生油层中的油气自上而下垂直或侧向运移进入古潜山储集层;二是储层问题,古潜山的储层原生孔隙大都已消失,主

要储集空间为次生孔隙和裂缝,特别是遭风化溶蚀形成的古岩溶型溶蚀孔洞是优良的储集空间;三是圈闭问题,大多数情况下古潜山本身没有封盖层,需要依靠上覆非渗透性岩层作为盖层。对于古潜山油藏成藏来说,以上三个条件缺一不可。

表 1—1 古潜山油藏类型划分表

分 类 依 据	油 藏 类 型
成 因	侵蚀古潜山油藏
	构造—侵蚀古潜山油藏
	构造古潜山油藏
岩 类	碳酸盐岩古潜山油藏
	碎屑岩古潜山油藏
	火山岩古潜山油藏
	变质岩古潜山油藏
构造形态	背斜古潜山油藏
	向斜古潜山油藏
	单斜古潜山油藏

二、古潜山油藏勘探进展

1. 国外勘探进展

古潜山油藏的勘探始于本世纪初,早期的发现极具偶然性。1909年,美国在勘探中、新生界油气资源时,在俄亥俄州中部辛辛那提隆起东翼发现了摩罗县古潜山油田。该古潜山由风化侵蚀淋滤形成,高度为30~45米,储油岩为上寒武统铜岭白云岩,裂隙溶洞发育,连通性好,生油岩为中奥陶统下蔡日层的黑色、绿色页岩,分布在诺克斯不整合面上的河谷地区。不整合面为油气运移的主要通道,油井初期日产原油31.8m³(图1—1,a)。1961开始在该区进行大规模古潜山油藏勘探开发,掀起了该区勘探古潜山油藏的热潮,使该油田探明可采储量达127000m³。

最早有目的、有计划地钻探古潜山油藏并获得成功的是委内瑞拉。1922年,委内瑞拉在马拉开波盆地发现了拉巴斯油田,先后勘探开发了老第三系、白垩系油层,由于背斜轴部裂隙特别发育,推测白垩系石灰岩下的基岩裂隙发育,可能含油。1948年开始加深钻探,1953年发现古潜山油藏,钻穿基岩331.9米,获日产620m³的高产油流。储层为三叠—侏罗系拉昆塔变质岩及火成岩,次生裂隙发育,生油层为储层上面的白垩系拉龙纳层的暗色石灰岩。其后1953~1956年又布井12口钻探古潜山油藏,获日产油最多的一口井为1828.4m³,使拉巴斯油田迅速成为马拉开波盆地中第三大油田(图1—1,b)。

阿尔及利亚哈西迈萨乌德油田位于阿尔及利亚撒哈拉沙漠东北部的三叠盆地,是阿尔及利亚发现最早、也是最大的油田。1956年在哈西迈萨乌德复背斜钻探发现了古潜山油藏,系一顶部遭受剥蚀的下古生界背斜型潜山,形成于海西期,基底为前寒武纪花岗岩与花岗闪长岩和部分变质岩系组成的隆起,上覆的寒武系砂岩组成潜山隆起轴部,奥陶系、志留系砂、泥岩分布于潜山翼部,而在潜山顶部遭受剥蚀,三叠系沉积以区域不整合覆盖在下古生界地层之上。产

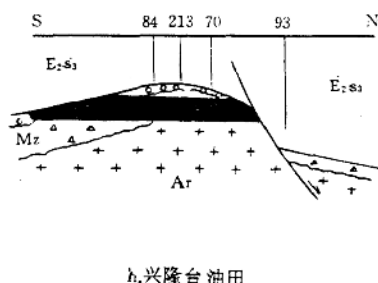
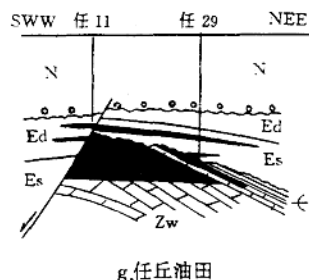
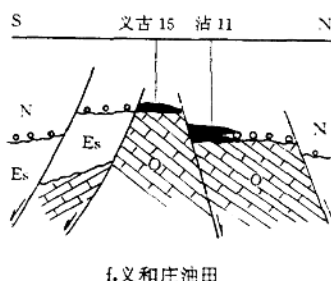
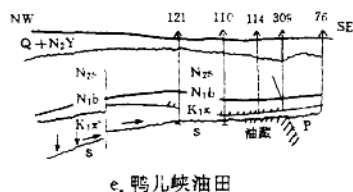
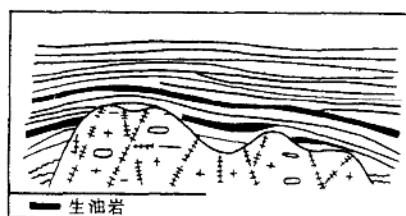
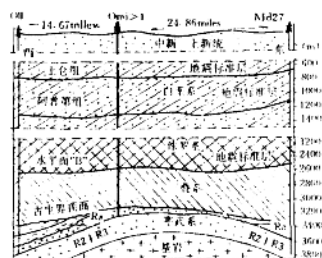
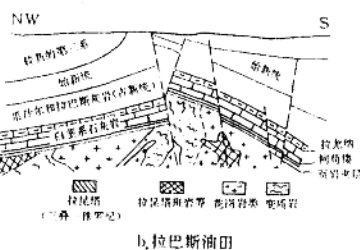
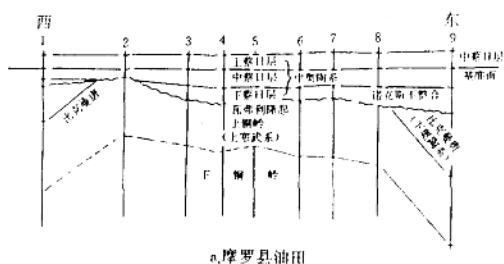


图 1—1 国内外古潜山油田剖面图(据潘钟祥,1988,改编)

油层为寒武系砂岩,含油面积 100 平方千米,含油有效厚度 120 米,油柱高 270 米,单井日产油 954m^3 ,盖层为三叠系的盐岩和石膏层。油源主要来自志留系的黑色页岩,沿不整合面运移至潜山中聚集成藏(图 1—1,c)。

越南南部大陆架从 70 年代开始进行地质、地球物理和钻探工作,1988 年发现了古潜山油田,如白虎(White Tiger)古潜山油田。该油田主要产层为深部的晚侏罗—早白垩世形成的花岗岩和花岗闪长岩,潜山顶部由于风化淋滤形成起伏不平的相间的山丘,幅度达 39 米,钻井资料表明潜山花岗岩类被下第三系渐新统和更年轻的陆源泥质岩层所覆盖,厚度达 2.5~4.4 千米,由于构造、热液和表面风化作用,储集岩花岗岩类经历了严重的蚀变,储集空间由裂缝、溶洞和孔隙组成,产层厚度超过 1 千米,日产油超过 2000m^3 ,源岩为早渐新世泥质岩,油气沿不整合面运移进入古潜山聚集成藏^[16](图 1—1,d)。

随着各国一系列高产古潜山油藏的发现,人们开始重视古潜山油藏的勘探开发工作。目前在美国、中国、前苏联、西班牙、澳大利亚、加拿大、埃及、利比亚、委内瑞拉、阿尔及利亚、伊朗、巴西、摩洛哥、安哥拉、前南斯拉夫、匈牙利、罗马尼亚、越南等国家都发现了古潜山油田。

2. 国内勘探进展

我国最早发现的古潜山油田是 1959 年在酒西盆地发现的玉门鸭儿峡古潜山油田,潜山高度 500 米,产油层为志留系中部泉脑沟组的轻度变质的千枚岩、板岩及变质砂岩,在长期构造运动作用下,经受长期风化剥蚀,风化裂隙和构造裂缝发育,风化壳在潜山顶部较发育,单井初期日产油 150 吨,油源来自下白垩统新民堡群黑色页岩,油气沿不整合面由青西凹陷向东南上倾方向运移进入鸭儿峡古潜山成藏(图 1—1,e)。

1972 年 12 月在渤海湾盆地济阳拗陷义和庄凸起北坡发现了沾化义和庄古潜山油田,是渤海湾盆地内首次发现的高产古潜山油田,单井日产量近千吨。潜山为奥陶系石灰岩,由于长期上升遭受风化剥蚀,裂隙及孔洞发育,潜山上面不整合地被第三系馆陶组砂泥岩所覆盖,潜山翼部因断层关系,使下第三系沙河街组生油岩与潜山储层奥陶系石灰岩相接触,使油气侧向运移进入潜山聚集成藏(图 1—1,f)。

1975 年 7 月,在渤海湾盆地冀中拗陷钻开中元古界蓟县系雾迷山组白云岩获得高产油流,初期单井日产量 1000~3000 吨,从而发现了任丘古潜山油田。潜山最大幅度 1300 米,北西侧被一北东—南西向大断裂所限,落差 1500~2500 米。雾迷山组硅质白云岩油藏高度达 870 米,不整合面之上被 2600~3000 米厚的新生界地层所覆盖,油水界面在海拔—3500 米,具有统一的压力系统,油源来自于上覆的下第三系沙河街组生油岩(图 1—1,g)。

辽河裂谷盆地 1972 年开始勘探古潜山油藏,1973 年兴 213 井钻遇太古界混合花岗岩获高产工业油气流,日产天然气 80 万 m^3 、凝析油 110 吨,发现了兴隆台古潜山油田。兴隆台位于西部凹陷中部,潜山形态为一穹隆形,幅度大于 1000 米,岩层向南倾斜,为一单斜,北面为一正断层,落差大于 1000 米,储集岩为太古界变质较轻的花岗岩、中生界花岗角砾岩、喷发岩及下第三系沙四段底砾岩,潜山不整合地被下第三系沙三段生油岩包围,不整合面和断层是油气运移的主要通道(图 1—1,h)。其后又在西部凹陷发现了曙光、杜家台、胜利塘等中、上元古界古潜山油田。1983 年在大民屯凹陷发现了东胜堡、静安堡等太古界和中、上元古界古潜山油田,目前继续对西部凹陷、大民屯凹陷的中低潜山带和东部凹陷的潜山进行勘探。

国内古潜山油藏的勘探是以任丘油田的发现为转机的,任丘油田发现以后,国内迅速掀起了一个在同类型拗陷内寻找古潜山油藏的热潮。目前,已在冀中、济阳、辽河、黄骅、渤中拗陷、东濮凹陷和准噶尔、酒泉、二连、百色、松辽、东海、北部湾、苏北盆地等地区发现了数十个古潜

山油田。古潜山油藏的勘探已由寻找大型的、明显的、简单的高中潜山转到寻找中小型的、隐蔽的、复杂的中低潜山,古潜山油藏已成为我国重要的油气勘探领域。

三、古潜山油藏研究现状和发展趋势

古潜山油藏由于其油源丰富、储集条件好、圈闭容积大、单井产量高,正受到国内外石油地质学的高度重视。古潜山油藏的研究是随着其勘探开发进展而进行的,早期的研究多为已发现古潜山油藏的坳陷或盆地的区域地质研究,其后则侧重于古潜山成藏条件及同类型坳陷(或盆地)的对比研究,以期发现新的古潜山油藏。国外古潜山油藏的研究注重于某一个盆地的古潜山成藏条件、特点及分布规律,没有形成一个系统的理论。1960年,兰德斯^[104]收集了美国、委内瑞拉、摩洛哥等国共计25个基岩油田的资料,但仅限于各油田特点介绍,没有进行深入的研究。我国古潜山油藏的系统研究工作是在任丘古潜山油田发现以后才开展起来的,1975年至今各位专家学者已发表有关古潜山油藏的专著和论文数十篇,比较有代表性的有:1978年唐智等^[6]的《渤海湾地区古潜山油气田》一书,对盆地的区域地质条件、古潜山油藏形成条件和勘探方向等作了论述;1982年10月著名石油地质学家潘钟祥教授^[110]在其《基岩油藏》一文中总结了国内外几十个基岩(潜山)油藏的实例,论述了其特征、形成条件和控制因素,强调了不整合对于油气运移和聚集的重要性;1982年12月范泰雍等^[2]的《潜山油气藏》一书,以渤海湾盆地为主,辅以其它地区和国外潜山油气藏,较系统全面地总结了古潜山油气藏的定义、形成条件、分布和勘探方法;1985年著名石油地质学家李德生教授^[7]在其《倾斜断块—潜山油气藏——拉张型断陷盆地内新的油气圈闭类型》一文中论述了国内外这种类型潜山油气藏的特征、形成条件和控制因素及勘探前景。以上这些丰富的资料对于古潜山油藏的勘探开发起着积极的指导和推动作用。进入90年代以来,随着科学技术的进步,各种新理论(如含油气系统、石油地质动力学)、新技术、新方法(如平衡剖面法、神经网络法)的提出和应用,使古潜山油藏的研究提到了一个新的高度。目前,已倾向于应用含油气系统、成藏动力学理论来研究古潜山成藏机制、形成条件及分布规律。

第二节 含油气系统概念、研究现状和发展趋势

一、含油气系统的概念及分类

含油气系统(petroleum system)是介于盆地(basin)与成藏组合(play)之间的一个油气地质新概念。美国石油地质学家Dow^[99](1972)在丹佛举行的AAPG年会上首次将“系统”一词应用于石油地质和地质动力学中。1974年,Dow^[100]提出了生—储油系统(source-reservoir oil system)。法国石油地质学家Perrodon(1980)第一次提出了含油气系统的概念,将含油气系统定义为:“控制油气藏分布的地质要素,特别是源岩、储集岩和盖层的组合,它展示了一类油气藏形成时所反映的地理展布范围”。继后,Allen(1990)将这一概念应用于盆地分析中。美国石油地质学家Magoon^[106](1988,1989)、Smith(1991)将这一概念应用于美国的主要含油气盆地,并对美国的含油气系统进行了划分。1991年AAPG年会上,由Dow和Magoon共同主持了一个演讲会,主题为“含油气系统:源岩—圈闭”,对含油气系统的概念进行了重新修订。含油气系统的概念按Magoon^[5](1992)的定义为:“含油气系统包含成熟的烃源岩及所有已形成的油、气藏,并包含油气藏形成时所必不可少的一切地质要素及作用”。“油气”一词,包括下列高度聚集的任何烃类物质:赋存于常规储层、天然气水合物、致密储集层、裂缝性页岩和煤层中的热成因及

生物成因的天然气;储集在硅质碎屑岩、碳酸盐岩中的凝析油、原油、重油及固态沥青。“系统”一词描述相互依存的各地质要素和作用,这些要素与作用组成了能形成油气藏的功能单元。要素包括油气源岩、储集岩、盖层及上覆岩层,而地质作用则包括圈闭的形成及烃类的生成、运移和聚集。这些基本要素和作用必须有适当的时空配置,才能使源岩中的有机质转化为油气,进而形成油气藏。含油气系统作为一种新的方法,与油气勘探三级研究程序,即沉积盆地、成藏组合(或区带)、圈闭(或勘探对象)研究不同。沉积盆地注重于盆地类型、沉积岩厚度及分布范围研究;成藏组合侧重于圈闭之间的内在联系及分布规律研究;圈闭注重于圈闭类型及评价;而含油气系统则强调了源岩与油气藏之间的成因关系以及油气藏形成的动态过程,并要认识油气在时间上和空间上的分布。含油气系统的形成与沉积盆地无关,含油气系统的存在与烃类的数量和类型无关。Magoon^[5](1992)用四幅图来描述含油气系统的地理、地层及时间展布范围,即埋藏史曲线图,它展示了关键时刻(critical moment)及这些基本要素;关键时刻时含油气系统的区域展布图、关键时刻时含油气系统地层展布范围的地质剖面图,它们展示了这些基本要素的空间关系;含油气系统事件图,它展示了这些基本要素和作用的时间关系,并且展示了该系统的持续时间和保存时间。含油气系统的关键时刻通常指大部分烃类运移和聚集在其最初的圈闭中的持续时间即将结束的时刻。系统的持续时间为沉积这些基本要素和完成这些作用所需的时间。在保存时间内,现有的烃类不是被保存,就是被改造或破坏。含油气系统的命名,主要是根据源岩和主要储集层来命名,同时考虑了含油气系统的可靠性级别,在含油气系统名称末尾用符号(1)表示已知的、(·)表示假想的、(?)表示推测的。

含油气系统的分类,由于各位学者所采用的方法不同、依据不同,分类结果有很大差异。

1. 据源岩、储集岩类型及地质历史复杂性分类

Magoon^[106](1988)根据源岩类型(I、II、III型)、储集岩成分(硅质碎屑岩、碳酸盐岩)以及含油气系统是单一的(purebred)还是复合的(hybrid),将含油气系统分为12类。单一的含油气系统是指该系统形成的地质时期内,构造格架没有发生重大变革;复合的含油气系统在形成过程中发生有大的构造变革,而且没有这种变革,就不能形成该含油气系统。

2. 以盆地动力学背景为依据的分类

Perrodon^[112](1992)根据沉积盆地的动力学背景按含油气盆地的类型将含油气系统分为三种主要类型:①大陆裂谷型含油气系统,主要存在于大陆裂谷盆地中,具垂向运移和不同层次油藏。②拗陷型含油气系统,主要存在于一些简单克拉通盆地或离散边缘盆地中,具侧向运移和单一地层油藏特征。③造山型含油气系统,常与活动边缘盆地和挤压区,特别是弧前盆地和前陆盆地的前渊有关,具垂向和侧向运移通道。

3. 含油气系统的成因分类

Demaison 和 Huizinga^[96](1991)提出基于油气形成、运移和捕集过程的成因分类方案,该方案考虑了有效的含油气系统存在的基础:①在圈闭形成过程中或形成后有足够数量的油气生成。②有利的运移—排烃几何通道使烃汇聚式地运移到圈闭中而不是使烃在地下运移至“废弃带”中或上升到地面散失掉。③容积足够大的圈闭存在,能保存从圈闭最早时间直到现在充注的油气。含油气系统的成因分类包括以下三种地质因素的作用:①充注因素(过充注、正常充注或欠充注)。②运移排烃方式(垂向排烃或侧向排烃)。③捕集方式(高阻或低阻)。从这三种地质因素中各选出合适的一项构成一组条件,即可将含油气系统加以分类。

4. 以生油凹陷为基本单元的分类

强调源岩在含油气系统中的作用,认为一个生油拗陷(凹陷或洼陷)就是一个含油气

系统。我国“八五”攻关期间李小地等人(1994)将塔里木盆地分为三大含油气系统,即库车含油气系统、满加尔含油气系统和塔西南含油气系统。

5. 陆相含油气系统成因分类

窦立荣等^[13](1996)根据我国陆相盆地的特点,以气候带为基础,提出含油气超系统的概念,即同一气候带下具有相似沉积体系的盆地群,含油气超系统比含油气区具有更强的时间限制性,超出了盆地构造风格的概念,每一个超系统具有相似的烃源岩特征、油气相态和含油气系统。在此基础上以盆地或凹陷的构造风格为基础划分出三大类含油气系统:即裂陷型含油气系统、坳陷型含油气系统和挤压型含油气系统。

综上所述,含油气系统的分类,由于各家强调的重点不一样,分类结果也有很大不同。本文认为含油气系统的分类应根据所研究的对象、目的和方法,结合实际情况进行分类,既要有实用性,又要有通用性。

二、含油气系统研究现状和发展趋势

含油气系统正在成为一个被普遍接受和广泛应用的石油地质新概念,近年来在中外学者中引起了广泛关注。如何认识含油气系统对油气分布的控制作用,即如何应用含油气系统概念以更有效地研究和发现新的油气区带和油气田已成为石油地质学家们竞相研究的热门课题。据1970~1996年文献检索,国外(特别是美国)已把含油气系统作为一种油气调查和勘探的方法应用于含油气盆地的研究中。美国石油地质学家Magoon^[5](1990,1992)主编的《含油气系统——研究现状和方法》一书,对含油气系统的概念、研究方法作了论述,并整理划分了美国130个含油气系统;Demaison和Huizinga^[96](1991)发表了论文《含油气系统的成因分类》,提出了将含油气系统按成因分为生成子系统和运移—捕集子系统,但从含油气系统概念来看,仅突出了生成、运移和捕集,没有详细考虑其它如储集、圈闭和封盖等因素,因而不完善,具有局限性;Perrodon^[112](1992)发表了《含油气系统:模型和应用》一文,提出按含油气盆地的类型对含油气系统进行划分。国内发表的文章如费琪^[9]、吴元燕等^[10]、杨瑞召等^[11]仅为介绍“含油气系统”这种方法;应用的文章不多,如胡朝元等^[12]、窦立荣等^[13];但在一些科研报告中已经在应用这一概念了,如李小地等(1994);1995年在胜利油田《中国、东南亚湖相盆地油气勘探国际学术研讨会》上李德生等发表了《中国东部中、新生代裂谷盆地的石油系统》论文,将中国东部裂谷盆地划分为:下第三系石油系统、下白垩统石油系统和侏罗系石油系统,这些仅限于某一盆地的含油气系统的初步研究。综上所述,尽管目前美国、法国、加拿大、委内瑞拉、巴西、中国等国已作了不同程度的研究工作,但含油气系统研究还处于发展初始阶段,例如,如何划分、评价含油气系统,目前国内外公开发表的文献中还没有一套完全成熟的研究方法。含油气系统研究发展的趋势是:一是多学科分析方法的综合应用;二是从定性向半定量、量化方向发展;三是总结出一套适合我国具体地质情况的含油气系统研究方法,并推广到其它盆地。

第三节 研究思路

古潜山油藏是我国重要的油气勘探领域之一,有着广阔的勘探前景。随着油气勘探的发展,新理论和新技术的不断涌现,对于古潜山这一类特殊油藏的勘探开发焦点集中在如何寻找隐蔽的、不易识别的中、小、低潜山,以及如何认识这些古潜山油藏成藏机制、分布规律和勘探前景,这就需要新理论、新技术和新方法的应用。本书立足于古潜山油藏,首次将目前在石油地质领域中活跃的新理论、新思路——“含油气系统”引入到古潜山油藏成藏机制研究中,并在辽