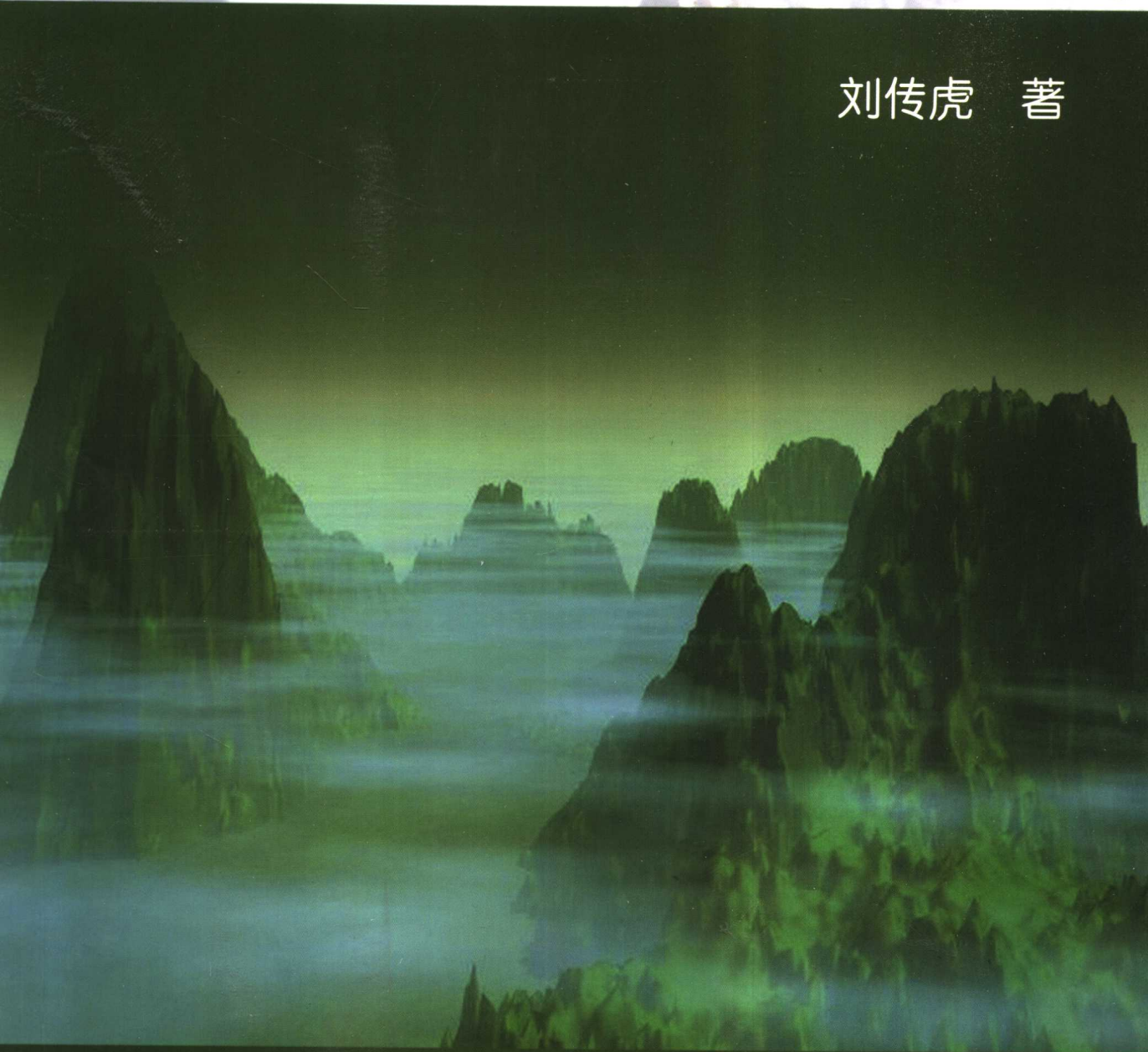


潜山油气藏概论

刘传虎 著



石油工业出版社

潜山油气藏概论

刘传虎 著

石油工业出版社

内 容 提 要

潜山油气藏在世界范围内分布广泛。近年来,我国的潜山油气藏勘探有了重大突破。本书从潜山油气藏地质和勘探开发技术入手,系统地总结了世界典型盆地潜山油气藏的分布、类型及成藏控制因素;分析了潜山成因机制和储层类型、特征和分布规律;阐述了目前用于古潜山油气藏勘探的地质和地球物理技术,并展示了不同地区的应用方法和效果;通过对潜山油气藏开发技术的总结,概括出了不同油田合理的布井方式、保持能量的有效方法和提高采收率技术。

本书可供石油科学和工程领域的教学与科研工作者、研究生、现场工程师及其相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

潜山油气藏概论/刘传虎著.

北京:石油工业出版社,2006.12

ISBN 7-5021-5822-7

I. 潜…

II. 刘…

III. 碳酸盐油气田—油气勘探—研究—潜山

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 137336 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.cn

发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:18.75

字数:480 千字 印数:1—1000 册

定价:85.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

序

世界上最早发现潜山油气藏是在1909年,当时美国在勘探新生界含油层系时,在俄亥俄州中部辛辛那提隆起偶然发现了摩罗县潜山油气藏。含油层为上寒武统铜岭白云岩,裂缝溶洞发育,连通性好,油井初期日产油20t左右。据统计,全世界236个大型油田中,砂岩油藏占59%,碳酸盐岩油藏占40%。碳酸盐岩油藏以石灰岩和白云岩油藏为主,是世界原油最大的来源之一。目前世界上已有40多个国家和地区在近60个沉积盆地中找到了碳酸盐岩油气田,其原油产量约占世界原油总产量的65%,主要来自中东、墨西哥和加拿大等地的碳酸盐岩油藏。

中国石油工业的发展,是独辟蹊径的。以中、新生代陆相沉积生油理论为指导,经过艰苦卓绝的努力,成为世界第五产油大国,并且是世界上唯一主要靠陆相油田建立起强大石油工业的国家。21世纪在勘探开发中、新生代陆相沉积的同时,应该以海相古生界和元古界沉积为基础,创建第二油气源,为石油工业持续发展增添后劲,实现我国油气的二次创业。目前,我国绝大多数含油气盆地已进入或即将进入高勘探程度阶段,包括潜山油气藏在内的各类隐蔽性油气藏成为比20世纪更为重要的勘探开发目标。在过去的10多年间,隐蔽性油气藏研究为我们稳定东部、发展西部的石油勘探战略作出了重要贡献。以隐蔽性砂岩岩性油气藏为主的研究已形成了较为完善的理论和勘探开发配套技术,而潜山油气藏因其特殊性和复杂性,个体解剖较多、系统研究较少,其理论和勘探开发配套技术尚须进一步充实和完善。

我国石油工业的发展历程,是一个艰苦的科学技术攻关的历程,是一个不断解放思想、升华认识的过程。对于复杂、多变的潜山油气藏的认识更是如此。比较系统地著述潜山油气藏勘探开发的实践与理论、工程技术与典型实例,对深化完善潜山油气成藏理论和技术,指导潜山油气藏的勘探,提高油气开发水平,会起到积极的推动作用。

本书作者是年轻的石油工作者,他们以科学的态度,调研吸收了国内外多个盆地潜山油气藏研究的成果和勘探实例,特别是在“九五”和“十五”以来的最新研究成果的基础上,系统地总结了国内外潜山油气藏勘探开发的实例和成果。专著内容丰富,论述详尽,具有较高的理论水平和实际应用价值。

相信专著的出版,必将给人以启迪,同时也有助于广大石油科技工作者和现场工程师更好地了解 and 掌握多类型复杂潜山的成藏理论与勘探开发技术,加快我国的油气工业发展。

俄罗斯自然科学院和工程院院士
中国石油化工股份有限公司董事
中国石油化工集团公司原党组成员
中国石油化工股份有限公司原高级副总裁



2006年6月28日

前 言

近年来,潜山油气藏在世界范围内相继有了大的发现,且分布很广。目前,美国、委内瑞拉、巴西、阿尔及利亚、摩洛哥、安哥拉、伊朗、利比亚、原南斯拉夫、匈牙利、原苏联、法国等 20 多个国家发现了潜山油气藏并投入了开发,其中较大的是阿尔及利亚的哈西梅—萨乌德潜山油田,含油面积达 1300km²,石油地质储量 35.7 × 10⁸t。

尽管国外发现了很多潜山油气藏,但尚未见到专门针对潜山油气藏勘探理论与技术的系列报道,只是在不同地区、某些方面进行了专项研究。本书试图汇总国内外潜山油气藏勘探开发的经验和实例;总结升华出关于潜山形成的构造应力场特征、成因机制、分类,潜山储层类型、岩石性质、储集空间形成发育的机理和有利储集空间发育带的分布规律及预测描述方法和技术,潜山油气藏的成藏过程、控制因素和分布规律;利用动态的历史的研究方法,探讨潜山的发展和演化历程;利用地质学、地球物理学、成藏动力学等多理论体系,分析其“成凹、成烃、成山、成藏”的原理和规律,以起到指导和推动我国潜山油气勘探的作用;汇总不同特征潜山油田的开发技术,以达到最大限度地提高油气采收率之目的。

本专著是在“十五”期间由时任胜利油田有限公司副总经理兼总地质师的李丕龙教授全面负责的七大重点攻关研究项目之一——“潜山油气藏勘探综合研究”科研攻关课题研究成果的基础上总结编写而成的。该课题包括了“潜山油气藏概论”、“潜山构造与油气成藏”、“碳酸盐岩潜山储层特征与油气成藏”、“碳酸盐岩潜山储层缝洞模拟和预测”及“非碳酸盐岩潜山油气藏”五方面,较为系统地总结了碳酸盐岩潜山和非碳酸盐岩潜山的勘探理论和技术方法,希望对加快潜山油气藏的勘探起到推动作用。

本书共分三篇,第一篇潜山油气藏地质,主要介绍了国内外潜山油气藏勘探研究现状、潜山油气藏成因及类型、分布规律及控制因素、潜山油气藏储层特征及发育规律;第二篇潜山油气藏勘探,分三方面介绍了潜山储层地质研究方法,潜山储层地震技术和测井技术,并列出了大量勘探实例,说明技术应用的方法和效果;第三篇潜山油气藏开发,主要包括潜山油气藏开发技术策略,特别是不同油田的合理布井方式,综合注水、治水技术,特殊结构井及提高采收率技术等。在此需要说明的是,第二篇、第三篇勘探技术和开发技术并未概括全部内容,笔者认为所述部分是潜山油气藏勘探和开发过程中的关键,也是不同类型潜山研究中必须高度重视的。

众所周知,潜山油气藏以复杂、多变、极端的非均一性为其主要特点。从已知总结规律,按模式探寻未知,是实践—认识—再实践—再认识的发展过程,但认识不可能一步到位。因此,认真总结、交流典型潜山油气藏勘探开发战例的成功做法和经验,引导油气工作者进一步解放思想、转变观念,从找油哲学的角度用辩证法的观点思考问题,增强地质判断能力和科学决策能力,寻找到更大的潜山油气藏,也是本书作者的初衷之一。

承蒙俄罗斯自然科学院和工程院院士、中国石油化工股份有限公司董事、中国石油化工集团公司原党组成员、中国石油化工股份有限公司原高级副总裁牟书令先生在百忙中为本书撰写了序言。在本书的编著过程中,中国石化油田部李阳教授、中国石化西部新区勘探指挥部李丕龙教授、胜利油田有限公司张善文教授、中国科学院地质与地球物理研究所杨长春研究员等

专家学者给予了积极的指导和支持,并对全书内容提出了宝贵的修改意见。《储层地球物理》期刊常务副主编付瑾平高级工程师、中国石油大学彭勇民教授等对初稿进行了文字加工,书中内容和图件吸收了胜利油田及其他相关单位的研究成果,在此特致以深切的谢意。

鉴于笔者在理论水平和工作领域的局限,视野不够宽阔,掌握资料不够全面,加上碳酸盐岩储层和油气成藏的多样性和复杂性,书中一定会存在不少缺点,欢迎读者批评指正。

作者

2006年10月

目 录

第一篇 潜山油气藏地质

第一章 潜山油气藏概述	(3)
第一节 基本概念	(3)
第二节 潜山油气藏体系	(4)
第三节 潜山油气藏勘探及研究现状	(7)
第二章 潜山成因类型及演化阶段	(13)
第一节 潜山成因类型	(13)
第二节 潜山演化阶段及特征	(19)
第三章 潜山储层类型及发育特征	(33)
第一节 储层岩石类型	(33)
第二节 不同类型的储层特征	(34)
第三节 储集空间类型及发育特征	(45)
第四章 潜山岩溶缝洞成因模式	(58)
第一节 岩溶作用成因类型	(58)
第二节 风化壳/基岩潜山岩溶缝洞发育模式	(65)
第三节 岩溶缝洞系统发育模式的应用	(74)
第五章 潜山油气藏类型及控制因素	(80)
第一节 潜山成藏及类型	(80)
第二节 潜山油气藏控制因素	(91)

第二篇 潜山油气藏勘探

第六章 潜山储层地质研究方法	(99)
第一节 储层常规研究方法	(99)
第二节 野外地质调查	(99)
第三节 取心工作及岩心分析方法	(101)
第四节 动态资料分析方法	(106)
第五节 测试资料分析方法	(108)
第六节 复杂潜山储集体描述技术	(113)
第七章 潜山储层地震技术	(119)
第一节 潜山储层描述与预测技术	(119)
第二节 测井约束地震反演技术	(123)
第三节 构造应力场模拟技术	(130)
第四节 地震属性分析技术	(132)
第五节 古潜山储层模糊评价方法	(138)

第六节	三维可视化技术	(140)
第七节	多波多分量技术	(151)
第八章	潜山油气藏测井技术	(165)
第一节	测井技术新进展	(165)
第二节	储层参数测井评价新进展	(175)
第三节	测井技术发展前景和面临的挑战	(201)
第九章	潜山油气藏勘探程序与实践	(204)
第一节	济阳坳陷潜山油气勘探的回顾	(204)
第二节	勘探程序与配套技术方法	(206)
第三节	济阳坳陷潜山油气勘探实例	(208)

第三篇 潜山油气藏开发

第十章	潜山油气藏开发技术策略	(221)
第一节	开发阶段与布井方式	(221)
第二节	潜山油气藏的开发方式	(227)
第三节	驱油机理和油藏动态	(233)
第四节	提高采收率技术	(247)
第十一章	复杂潜山油藏开发实例	(257)
第一节	地质开发特征	(257)
第二节	开发技术	(261)
第三节	存在问题与技术对策	(266)
参考文献	(270)

第一篇 潜山油气藏地质

第一章 潜山油气藏概述

第一节 基本概念

潜山(Buried hills)一词,较早见于赛德尼·鲍尔斯(Sidney. Powers)的论文《潜山及其在石油地质学中的重要性》,后来其他一些地质学家也使用了这一术语。莱复生(Levorsen)在其《石油地质学》一书中就提到过潜山,其原意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。这一概念指出一个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。

目前所指的潜山扩展了上述概念。凡是现今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。根据这个定义,按形成时期潜山可分为两大类:一类是在上覆盖层沉积前具有古地貌隆起特征的“古潜山”,也包括那些受构造作用控制的、具有后期生长特点的“古潜山”;另一类是在上覆盖层沉积前尚不存在或仅仅只有微弱的地貌隆起显示,主要是在盖层沉积期间或沉积以后,由于发生了新的褶皱、断裂、火山喷发等构造变动而形成的“后成潜山”。虽然“后成潜山”失去了典型古潜山的含意,但它也是基岩突起,其顶面形态和“古潜山”表面形态十分相像,且发生在盆地基底,位于不整合面之下,形成“新生古储”式的潜山油气藏。“古潜山”和“后成潜山”虽然成因不同,但有时难以严格区分,在勘探方法上也大体相同,所以统称潜山。这样的归类主要是从找油实际需要出发的。

从石油地质学的观点来看,基岩应是组成盆地基底的所有岩石的总称,它包括了各种变质岩类、火成岩类和沉积岩类;在地质时代上,它可以属于前寒武纪、古生代或者中生代。基岩是相对于上覆年轻沉积物而言的。它位于一个大型的或者区域性不整合面之下,在上覆年轻地层沉积之前就已固结成岩。它与上覆地层的沉积、构造特征有明显的差别,新、老地层之间存在一个很长时间的沉积间断,间断时间可能是一个“世”、一个“纪”,甚至超过一个“代”。

潜山圈闭是指在潜山中发育的适合于油气聚集、形成油气藏的场所。它是由4部分组成的:(1)在潜山中发育;(2)适合于储存油气的储层;(3)覆盖储层且阻止油气逸散的盖层;(4)从各方向阻止油气继续运移且造成油气聚集的遮挡物。遮挡物可以是盖层本身的弯曲变形,如背斜;也可以是断层;这可以是岩性变化等构成的另外遮挡物。但是值得指出的是潜山圈闭中不一定都有油气。

潜山油气藏是指油气在单一潜山圈闭中的聚集。具体地说,就是一定数量的运移着的油气,由于遮挡物的存在,阻止了它们继续运移而在潜山圈闭中富集,最终形成了油气藏。潜山油气藏的形成同样要具有几个条件:(1)充足的油源条件,这是主要的;(2)良好输导系统,如断层、不整合面、渗透层等连接油源与潜山储层;(3)有效的潜山圈闭条件;(4)良好的保存条件。

第二节 潜山油气藏体系

潜山油气藏(田)数量虽然不多,但其在世界上的分布却很广。美国、俄罗斯、委内瑞拉、阿尔及利亚、利比亚、中国、越南、匈牙利等 30 多个国家都有发现,遍布亚洲、非洲、拉丁美洲、北美洲、欧洲和澳洲等五大洲(表 1-1,表 1-2)。

表 1-1 发现潜山油气藏的国家

洲	国 家
亚洲	中国、越南、伊朗、印度尼西亚、日本、朝鲜、印度、泰国、也门
非洲	阿尔及利亚、利比亚、摩洛哥、安哥拉、摩洛哥
美洲	美国、委内瑞拉、巴西、智利、阿根廷、加拿大、墨西哥
欧洲	俄罗斯、西班牙、原南斯拉夫、匈牙利、罗马尼亚、意大利、英国
澳洲	澳大利亚、新西兰

目前,在我国冀中、济阳、塔里木、辽河、黄骅、渤中、东濮和准噶尔、酒泉、二连、百色、松辽、东海、北部湾、苏北等十几个盆地发现了数十个潜山油气藏。近几十年来,在渤海湾盆地尤其是济阳拗陷中发现了数十口日产千吨的潜山油气藏。

渤海湾盆地是在华北地台的基础上发育起来的张性块断盆地,从震旦亚代至三叠纪经历了漫长的地台发育阶段。印支运动后,地台块断解体,中生界块断运动形成了一系列断陷和块断隆起,新生代块断活动又对前新生代地质结构,包括中生界断陷进行了改造,从而形成了古近纪“基岩”山峦起伏的形态,山峦突起的四周被第三系所包围,因而成为“古潜山”。但就其成因而言,少数为古近纪地貌山,多数是在第三纪同沉积块断活动过程中形成的“基岩”块断体以及两者的复合形式。

渤海湾盆地古潜山油气藏已发现和探明的数量较多,储量较大,但分布极不均衡。据统计,61 个古潜山油气藏的探明储量占盆地总储量的 10.4%。其中辽河拗陷的 8 个古潜山油气藏占拗陷油气总储量的 20.3%;黄骅拗陷(8 个)占 2.9%;济阳拗陷(20 个)占 14.8%;冀中拗陷(21 个)占 59.7%;渤海海域(4 个)占 2.3%。

济阳拗陷发现的 20 个古潜山油气藏分布于沾化、车镇和东营三个凹陷之中。多数分布于凹陷边缘、紧靠凸起的部位。从油气藏的特点分析:主要有褶皱山油藏、断块山油藏和残丘山或古潜山油藏三类。近年来的勘探结果表明,各凹陷基底岩系的中生界砂岩、古生界石灰岩和前震旦系花岗片麻岩均可形成古潜山油气藏,但成藏机理、油气藏类型及勘探方法各不相同。

济阳拗陷的潜山油气藏研究表明:基岩隆起程度和上覆新生代地层的发育对潜山是否成藏和油气富集起决定性作用,因此,潜山油气藏体系可根据上覆新生代地层的状况及与潜山的接触关系分为三类:高潜山、中潜山和低潜山的油气藏体系。

一、高潜山油气藏体系

在济阳拗陷中,该潜山油气藏体系是指基岩隆起幅度高并被新近系馆陶组或明化镇组不整合覆盖,周边为古近系超覆的潜山油气藏。济阳拗陷发育的高潜山构造带共有 7 个,分别为:埕中、埕东、义和庄、孤岛、垦东、青坨子、陈家庄、高青、广饶。由于各带的资源量、勘探程度

表 1-2 国内外大型潜山油气藏(田)统计表

油田	国家	盆地名称		岩性		地层		产(储)量	
		名称	类型			年代	系/界	产量(10 ⁴ m ³)	储量(10 ⁸ m ³)
哈西梅萨乌德(Hassi - Masiud)	阿尔及利亚	三叠系	坳陷	砂岩	碎屑岩	古生代	寒武系	11440	* 36.6
劳得厄尔巴久尔	阿尔及利亚	三叠系	坳陷	砂岩	碎屑岩	古生代	寒武系	3799.7	
厄尔阿格莱布	阿尔及利亚	三叠系	坳陷	砂岩	碎屑岩	古生代	寒武系	1399	1.7997
厄尔阿格莱布东北	阿尔及利亚	三叠系	坳陷	砂岩	碎屑岩	古生代	寒武系		0.2703
普鲁德霍湾(Prudhole)	美国			砂岩	碎屑岩	中生代 古生代	二叠系— 三叠系		* 13.6/30
阿马尔	利比亚	锡尔特	断陷	砂岩 花岗岩 流纹岩	碎屑岩 变质岩 火成岩	中生代 古生代 前古生代	白垩系 阿马尔 前寒武系	1558	
奥季拉—纳福拉(Angilia - Nafoora)	利比亚	锡尔特	断陷	花岗岩 流纹岩	变质岩 火成岩	前古生代	前寒武系		* 1.6/12
塔河	中国	塔里木	坳陷	石灰岩	碳酸盐岩	寒武纪	古生界		
任丘	中国	渤海湾	断陷	白云岩	碳酸盐岩	雾迷山	元古界		3.4
克拉夫特—普鲁萨	美国	西内部	坳陷	白云岩 石英岩	碳酸盐岩 变质岩	古生代 前寒武纪	奥陶系— 前寒武系	349.8	
恩巴	美国	二叠纪	坳陷	白云岩	碳酸盐岩	古生代	下奥陶统	307.8	
埃尔斗拉斗	美国	西内部	坳陷	石灰岩 片岩	碳酸盐岩 变质岩	古生代	下石炭统 奥陶系	4293	
西埃得蒙多	美国	西内部	坳陷	石灰岩	碳酸盐岩	古生代	泥盆系		0.5

续表

油田	国家	盆地名称		岩性	地层		产(储)量		
		名称	类型		年代	系/界	产量(10^4 m^3)	储量(10^8 m^3)	
俄克拉荷马城(Oklahoma city)	美国	西内部	坳陷	石灰岩	碳酸岩	古生代	奥陶系		0.1
威明顿	美国	落基山	褶皱	片岩 花岗岩	变质岩 火成岩	中生代	侏罗系	350	
爱迪生	美国	落基山	褶皱	片岩 花岗岩	变质岩 火成岩	中生代	侏罗系	318	
库尤塔	俄罗斯	东西伯利亚	坳陷	白云岩	碳酸岩	前古生代	震旦系		14*/27
田吉兹(Tengis)	俄罗斯	滨里海	坳陷	白云岩	碳酸岩	古生代	上古生界		34
白虎(White tiger)	越南	南中国海		花岗岩	火成岩	中生代	上侏罗统一 下白垩统		* 2
纳吉伦吉(Nagyleny)	匈牙利	潘衣	褶皱	石灰岩	碳酸岩	中生代	三叠系— 白垩系		0.8
拉巴斯(Lapaz)	委内瑞拉	马拉开波	褶皱	石灰岩 轻度变质岩 花岗岩	碳酸岩 变质岩 火成岩	古生代	白垩系 前白垩系		* 1.2/8.5
马腊(Mara)	委内瑞拉	马拉开波	褶皱	石灰岩 轻度变质岩 花岗岩	碳酸岩 变质岩 火成岩	古生代	白垩系 前白垩系	>400	
Yate	美国	二叠	坳陷	白云岩	碳酸岩	古生代	二叠系		7.5

* 表示可采储量。

和探明程度各不相同,勘探潜力也存在较大差异。潜山构造形态控制油气富集,上覆层岩性影响是否成藏。具背斜形态的高潜山的油气富集程度较高,而没有形成披覆背斜的潜山的油气富集程度较低;上覆层为馆陶组下亚段粗砾岩时,潜山成藏条件较差。

二、中潜山油气藏体系

中潜山油气藏体系是指基岩隆起幅度中等,其上被古近系渐新统(东营组、沙一、沙二、沙三段)披覆的或经断层使其与潜山储层接触所形成的潜山油气藏。济阳拗陷内有6个潜山油气藏属于此类,分别是埕岛、桩西、长堤、孤东、纯化、平方王。由于该类潜山圈闭的超覆披盖层既是烃源岩也是封盖层,成藏条件优越,可形成富集高产的大、中型油田。

三、低潜山油气藏体系

该油气藏体系是指基岩隆起幅度较低,其上被古近系始新统(沙四段、孔店组)披覆的或经断层使其与潜山储层接触所形成的油气藏,常位于凹陷中或斜坡带。济阳拗陷东营凹陷的王庄油田、车镇凹陷的车古20潜山属于此类油气藏体系。由于该类潜山埋藏深,与烃源岩之间有沙四段、孔店组相隔,若孔二段不生油或不存在,则低潜山油气藏体系能否成藏的关键取决于断至深凹陷作为油气运移通道的断层。

第三节 潜山油气藏勘探及研究现状

一、国外潜山油气藏勘探现状

世界上最早发现潜山油气藏是在1909年。当时,美国在俄亥俄州中部辛辛那提隆起勘探新生界含油层系时偶然发现了摩罗县潜山油气藏。其含油层为上寒武统铜岭白云岩,裂缝溶洞发育,连通性好,油井初期日产油20t左右。

此后,有目的、有计划地钻探潜山油气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,先期勘探开发了白垩系、古近系油层。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,终于于1953年在拉巴斯构造上的2670m附近发现了332m的基岩含油井段,测试获日产 620m^3 的高产油流,发现了潜山油气藏。其储层为三叠—侏罗系拉昆塔变质岩及火成岩,次生裂隙发育,油源层为储层上面的白垩系拉龙纳层暗色灰岩。其后,1953—1956年又布井12口钻探潜山油气藏,获日产油最多的一口井达 1828.4m^3 ,使拉巴斯油田迅速成为马拉开波盆地中的第三大油田。

1956年阿尔及利亚在撒哈拉沙漠东北部的哈西迈萨乌德背斜上钻探发现了寒武系砂岩潜山油气藏,含油面积 100km^2 ,油层有效厚度120m,单井日产油 954m^3 。

越南南部大陆架从20世纪70年代开始进行地质、地球物理和钻探工作,1988年发现了潜山油田,如白虎(White Tiger)油田。该油田主要产层为深部的晚侏罗世—早白垩世形成的花岗岩和花岗闪长岩。花岗岩被厚度达 $2.5\sim 4.4\text{km}$ 古近系渐新统和更年轻的陆源泥质岩层所覆盖,储集空间由裂缝、溶洞和孔隙组成,产层厚度超过1km,日产油超过 2000m^3 ,油源岩为下渐新统泥质岩,油气沿不整合面运移进入潜山聚集成藏。

国外大多数潜山油气藏类型较为简单,以侵蚀隆起潜山的风化壳油气藏为主(图1-1,图

合花岗岩获高产工业油气流,日产凝析油 110t、天然气 $80 \times 10^4 \text{m}^3$,发现了兴隆台潜山油田,储层为太古界变质较轻的花岗岩、中生界花岗岩砾岩、喷发岩及古近系沙四段底砾岩;其后又在西部凹陷发现了曙光、杜家台、胜利塘等中、上元古界潜山油田;1983 年在大民屯发现了东胜堡、静安堡等太古界和中、上元古界潜山油田。

“九五”以来,黄骅坳陷发现了千米桥深层潜山;济阳坳陷多样性潜山油气勘探也取得了巨大成果,发现并探明了富台油田,突破了桩海潜山、渤南深层潜山油气藏,探明了广饶、埕北 30 和桩西潜山油气藏,开拓了潜山内幕层状油气藏的勘探,使新近系潜山成为重要的接替层系。

国外潜山主要为不整合型潜山油藏,储层主要受岩溶控制,储层主要为溶蚀孔洞和溶蚀裂缝,因此非均质性弱,并且分布较为稳定,主要集中在潜山风化壳(图 1-3),风化壳上部 50m 储层厚度占总厚度的 60%~80%;渗透性高,渗透率在 $(300 \sim 3000) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。与国外潜山油气藏相比,济阳坳陷潜山油气藏构造复杂、规模小。济阳坳陷所处渤海湾断陷盆地,潜山形成后经历印支期、燕山期、喜马拉雅期构造运动,三期构造运动使潜山地层分别产生抬斜褶皱逆断运动、推覆正断运动、正断裂活动;多期构造运动的差异升降,造成潜山顶面差异剥蚀严重、地层保留状况不一(图 1-4)。

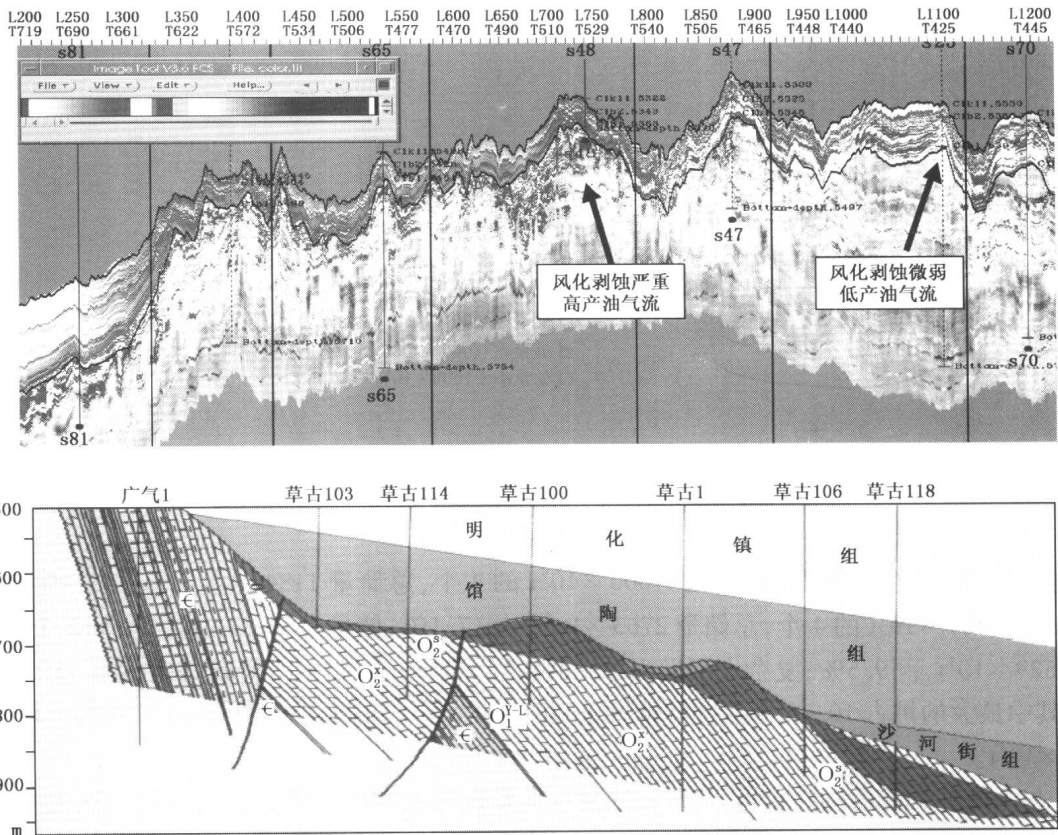


图 1-3 潜山风化壳油藏展布图

从发现的油藏规模看(图 1-5),国内的任丘、塔河潜山地质储量为 $(3.5 \sim 4) \times 10^8 \text{t}$,国外潜山最大达到 $(30 \sim 40) \times 10^8 \text{t}$ 。而济阳坳陷潜山油藏储量最大为 $4200 \times 10^4 \text{t}$,最小为 $48 \times 10^4 \text{t}$,