

中国含油气盆地 油气聚集与富集论

李丕龙 著

石油工业出版社

中国含油气盆地油气聚集与富集论

李丕龙 著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书收录了作者十余年来从事油气勘探及管理工作写作的论文 33 篇,分为学术篇和思考篇两部分。学术篇是作者在胜利油田及新疆工作期间对地质勘探理论的探索,思考篇是作者对我国及主要含油气盆地油气勘探形势的展望及建议。

本书可供从事油气勘探的科技及管理者使用,也可作为大专院校相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中国含油气盆地油气聚集与富集论/李丕龙著.

北京:石油工业出版社,2011.1

ISBN 978-7-5021-8130-7

I. 中…

II. 李…

III. 含油气盆地-油气聚集-中国-文集

IV. P618.130.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 228077 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.com.cn

编辑部:(010)64523539 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:12.25

字数:309 千字

定价:76.00 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

卜算子·石油

孕育兆万载，
盛世三百年。
光亮大地殷人寰，
色褐质金璨。

源自鱼^[1]生成，
实为能基换。
宇宙恒则^[2]万事循，
泯灭质不变。

注：[1] 鱼：泛指水生生物；

[2] 恒则：指能量守恒法则。

目 录

学 术 篇

陆相断陷盆地石油地质基本特征	(3)
断陷盆地油气聚集模式及其动力学特征	(8)
东营富含油箕状断陷盆地油气聚集规律	(12)
富油断陷盆地油气环状分布与惠民凹陷勘探方向	(20)
济阳拗陷“富集有机质”烃源岩及其资源潜力	(24)
断陷盆地多样性潜山成因与成藏 ——以济阳拗陷为例	(30)
济阳成熟探区深化勘探	(37)
复杂隐蔽油气藏勘探理论发展及配套技术	(44)
济阳拗陷古近—新近系隐蔽油气藏勘探目标及技术	(70)
断陷盆地隐蔽油气藏形成机制 ——以渤海湾盆地济阳拗陷为例	(76)
准噶尔盆地石油地质特征与大油气田勘探方向	(86)
塔里木盆地“山前油气富集成藏”与大油气田勘探方向 ——论山前油气富集	(90)
“山前油气富集”与大油气田勘探方向 ——再论山前油气富集	(94)
山前构造样式与大油气田勘探方向 ——三论山前油气富集	(98)
塔里木盆地中央隆起带油气突破领域与勘探方向	(101)
论中国巨型油气富集区带	(110)

思 考 篇

抓好两大战略,确保胜利油田长期稳定发展	(119)
实施四项战略性调整,推动胜利油田进入勘探新阶段	(121)
新世纪制约胜利油田发展的首要问题及对策	(123)
目前胜利油田勘探工作存在的问题及建议	(125)
济阳拗陷勘探进展与展望	(129)
合肥盆地油气勘探现状及对策	(134)
实施三项战略,确保中石化集团上游可持续发展	(140)

实施资源战略 打造上游长板	
——关于加快中石化上游发展的思考	(144)
关于西藏发挥资源优势加快发展的思考	(150)
关于“资源大省向经济强省跨越”的思考	(154)
发挥资源优势 打造万亿龙江	
——关于“资源大省向经济强省跨越”的思考之二	(156)
隐蔽油气藏	
——中国东部油气区增储新领域	(161)
从胜利油田四十年发展看中国油气发展战略	(165)
重铸中国油气业二次辉煌	(173)
中国能源发展之未来	(175)
中国经济发展与能源需求预测	(178)
用“类比法”认识中国油气资源前景	(185)

学 术 篇

陆相断陷盆地石油地质基本特征

摘要: 陆相断陷盆地是世界上重要的含油气盆地类型之一, 具有独特的油气地质特征: 多期成盆, 多凹共生, 多种构造带类型, 多物源、多类型沉积, 多元复合成烃, 多层系、多期次运聚, 多样性油气成藏组合。深入总结陆相断陷盆地石油地质特征与油气分布规律, 对深化中国东部老区油气勘探具有十分重要的指导意义。

关键词: 陆相断陷盆地 板块 弧后拉张 二级构造带 多元复合成烃 油气成藏组合

陆相断陷盆地是世界上重要的含油气盆地类型之一, 中国东部大陆及近海分布着约数百个各具特色的中—新生代陆相伸展断陷盆地, 总面积达 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上, 是世界上最大的陆相含油气盆地集中分布区。20 世纪 50 年代初期在松辽盆地发现大庆油田之后, 陆相生油理论得到充分验证并得到广泛应用。60 年代以来渤海湾盆地及南方其他断陷盆地勘探取得巨大成功, 先后发现并建成了胜利、辽河、大港、冀东、华北、中原、渤海、河南、江苏、江汉、百色等十多个油田, 探明石油地质储量达 $70 \times 10^8 \text{ t}$ 以上, 原油产量达到年产 $5000 \times 10^4 \sim 6000 \times 10^4 \text{ t}$ 。同时, 陆相断陷盆地油气勘探理论和认识得到了快速发展。近年来, 中国近海断陷盆地油气勘探又取得了新发现。深入总结陆相断陷盆地石油地质特征与油气分布规律, 对深化中国东部老区油气勘探和其他新区勘探具有十分重要的指导意义。

一、石油地质特征

大洋板块向大陆板块碰撞俯冲引起弧后拉张, 滨洋大陆区形成陆相断陷盆地(图 1)。洋块碰撞俯冲强度、角度和体位不同, 便形成不同规模、不同样式的陆相断陷盆地。其形成的主要是: 大洋板块向大陆板块碰撞俯冲造成大陆缘区上地幔侧向挤压上隆(甚至侵入中下地壳, 形成“岩浆房”), 洋块俯冲同时引起弧后陆块拉张—地壳变薄—裂陷, 从而, 在大陆边缘形成断陷盆地。因此, 陆相断陷盆地具有特定的全球构造区域位置, 具有与大洋板块俯冲活动紧密相连的成生机制。

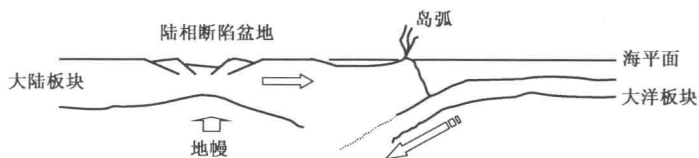


图 1 陆相断陷盆地形成示意图

该类盆地具有独特的油气地质特征。

1. 多期成盆

陆相断陷盆地形成、演化存在明显的生命周期, 一般经历三大期次: 裂陷期、断陷期和坳陷期。

裂陷期是陆相断陷盆地发育的初始阶段,该阶段以强烈地断裂活动、岩浆喷发和快速充填沉积为主要特征,是陆相断陷盆地发育演化的青年时期;断陷期是陆相断陷盆地发育的中间阶段,该阶段以一二级主断层持续活动、盆地主体不断陷落、岩浆侵入和(相对)深水沉积为主要特征,是陆相断陷盆地发育演化的中年时期;坳陷期是陆相断陷盆地发育的晚期阶段,该阶段断裂、岩浆活动明显变弱,盆地整体沉降并以广浅水沉积为主要特征,是陆相断陷盆地发育演化的老年时期。

陆相断陷盆地形成、演化的周期性,取决于大样板块俯冲的生命周期。

由于大样板块某一体位的俯冲作用和生命周期不同,陆相断陷盆地发育期次及其完整性也有所不同。裂陷期、断陷期和坳陷期可以均衡发育,也可能某一期或两期较发育。

2. 多凹共生

由于洋块间歇性俯冲,造成陆块初始断裂具有多级性和多活动期次,每条断裂的进一步生长,便形成一个“断凹”。从而使盆地形成具有多凹(坳)共生的特点(图2)。陆相断陷盆地中的三级坳陷或凹陷的大小和多少,取决于盆地的规模。裂陷期盆地中各坳陷(或凹陷)具有明显分割性;断陷期盆地中各坳陷(或凹陷)相互沟通;坳陷期盆地中各坳陷(或凹陷)则互为一体,最终形成一个真正的统一盆地。

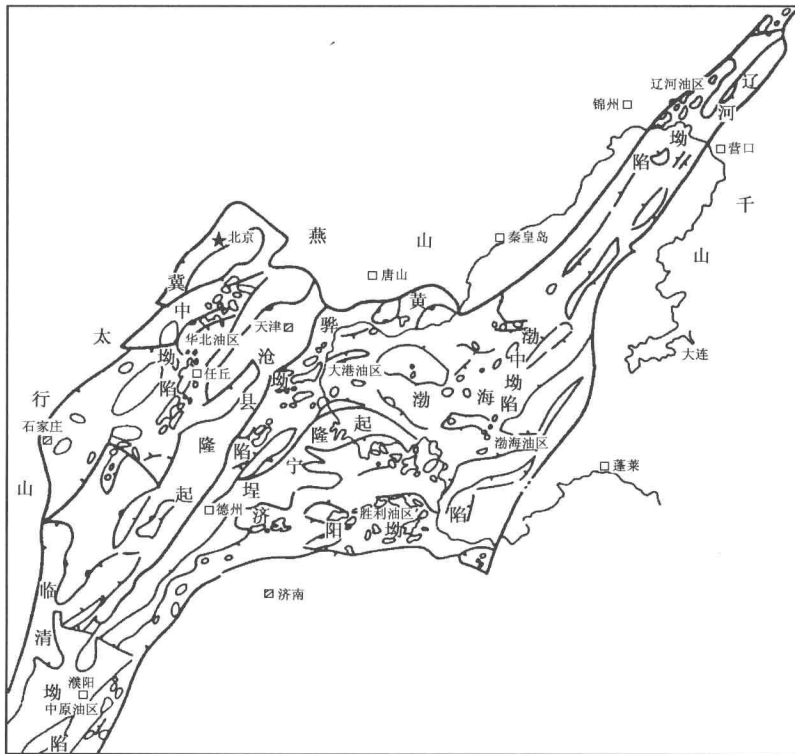


图2 渤海湾盆地

3. 多种构造带类型

由于陆相断陷盆地特殊的成因机制,造成了盆地内坳陷(或凹陷)多具剖面“断—超”不对称的“莫状结构”,进而,造成二级构造带发育具有多类型性。

一般来讲,陆相断陷盆地发育五种典型的二级构造带类型:陡坡带、缓坡带、洼陷带、中央

背斜带和边部凸起(图3)。由于盆地和盆地内拗陷(或凹陷)规模及边界条件等不同,二级构造带发育也不尽相同,甚至发育不完整。又由于所处的盆地区位、地质、地理条件不同,同一类型的构造带可具有不同的结构形态。

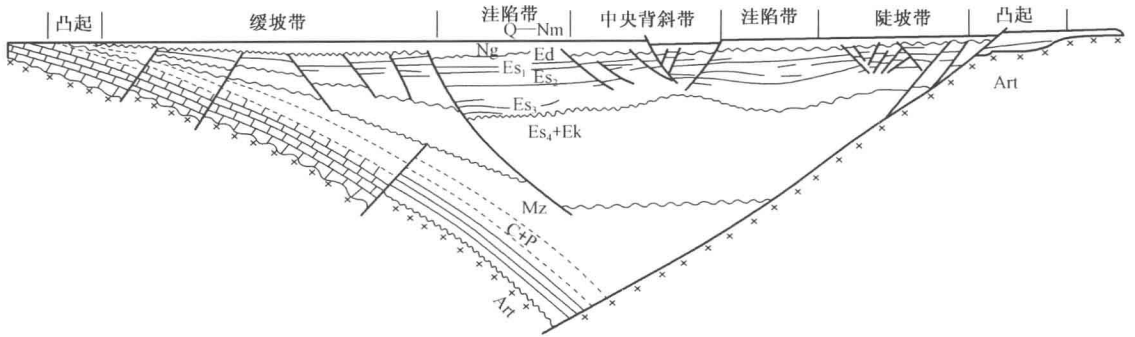


图3 陆相断陷盆地分带模式图

4. 多物源、多类型沉积

由于多凹共生、凹凸相间的盆地构造格局,决定了陆相断陷盆地多物源、多类型沉积(尤其是断陷期)。多物源即凹陷周缘众多凸起均为物源区,而每个凸起沟梁相间,成为多个物源区。多类型沉积,一般发育六种主要的沉积体系:冲积扇、扇三角洲、大型湖泊三角洲、辫状河三角洲、湖泊及深水重力流等沉积体系。

不同类型的二级构造带沉积体系空间配置具有较大差异。陡坡带以冲积扇、扇三角洲以及近岸水下扇、深水浊积扇等沉积组合为特征;缓坡带以扇三角洲、辫状河三角洲以及远岸水下扇、三角洲前缘滩坝等沉积组合为特征;洼陷带以深水重力流沉积为特征,大型、宽缓的凹陷长轴方向则发育大型湖泊三角洲(图4)。

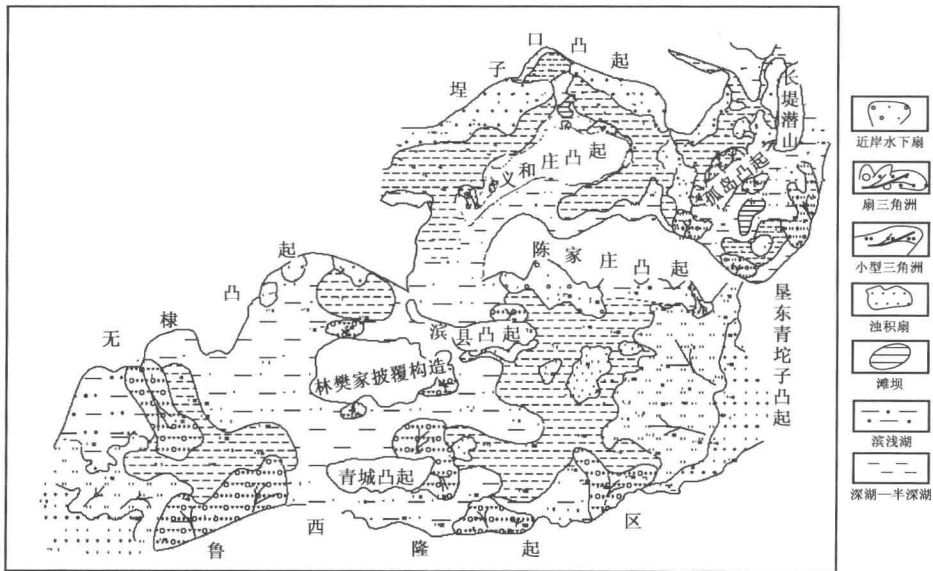


图4 多物源、多类型沉积

5. 多元复合成烃

大量陆源植物和湖相水生生物的混杂,是最具特色的陆相断陷盆地生烃母质组合。从而造成陆相断陷盆地“多元复合成烃模式”(刘兴材等,2002):具有多种生油母质,多套生烃层系,多种赋存状态,多期复合成烃(图5)。



图5 多元复合成烃模式

6. 多层系、多期次运聚

陆相断陷盆地多套生烃层系和多套储集层系,决定了油气多层系运聚。随着盆地持续断陷,断陷早期生油岩最早进入生油门限深度,生成的油气开始从生油岩中排出、运移,并在断陷期储层中聚集、成藏。随着盆地进一步深陷,断陷中一后期生油岩逐步进入生油门限深度,生成的油气开始从生油岩中排出、运移,并通过垂向运移在坳陷晚期储层中聚集、成藏。又由于生烃超压作用,油气亦可在生油岩之下的裂陷期甚至盆地基岩储层中聚集、成藏。

有别于海相盆地,作为典型的陆相断陷盆地,不同规模各类同生断裂广泛发育是其显著特点,它们自裂陷期至断陷晚期,控制了盆地的发育,沟通了烃源岩与储层。同生断裂活动的持续性和脉动性使油气在垂向上呈多期次运移,从而形成多套含油层系。

7. 多样性油气成藏组合

陆相断陷盆地多物源、多类型的沉积以及构造的多样性形成了多类型的圈闭,多套烃源岩通过多种输导体系与多类型的圈闭相沟通,从而形成了多套含油层系、多类型的油气藏,它们在空间上的有机组合则形成了各具特色的多样性油气成藏组合体。根据二级构造带发育特征,可将陆相断陷盆地油气成藏组合分为低凸式油气成藏组合模式、陡坡式油气成藏组合模式、中央隆起式油气成藏组合模式、缓坡式油气成藏组合模式、洼陷式油气成藏组合模式和凸起式油气成藏组合模式等6种主要油气成藏组合模式。

每种油气成藏组合中的油气藏剖面上相互叠置、交叉连接,平面上形成了不同层系、不同油藏类型连片的含油局面。

同一凹陷内不同油气成藏组合体之间,往往成因关联,彼此连接,最终形成不同成藏组合体、不同类型、不同规模的油气藏围绕生油中心呈“环状”的分布“景观”。

二、结束语

陆相断陷盆地石油地质特征是油气地质研究的基础,油气成藏是油气地质研究的核心。

加强板块—盆地成生研究,加强地质条件综合研究,将进一步揭示含油气盆地的形成、演化和含油气性,从而把握规律,提高认识。

参 考 文 献

- 胡见义,黄第藩等著.1991. 中国陆相石油地质理论基础. 北京:石油工业出版社
李德生.1981. 渤海湾含油气盆地的地质构造特征与油气田分布规律. 海洋地质研究
刘兴才,李丕龙主编.2002. 复式油气田论文集. 北京:石油工业出版社
王秉海,钱凯主编.1992. 胜利油区地质研究与勘探实践. 东营:石油大学出版社
王涛.1997. 中国东部裂谷盆地油气藏地质. 北京:石油工业出版社

断陷盆地油气聚集模式及其动力学特征

摘要:以济阳拗陷为例,从构造、地层、沉积及油气源、圈闭、储层、油气运聚、油气成藏等方面分析了断陷盆地不同二级构造带油气聚集的特点和分布规律,总结出了主要的油气聚集模式及其与油气藏(田)规模的关系,并探讨了它们形成的受控因素及动力机制。研究表明,低凸式、陡坡式、中央隆起式油气聚集带是济阳拗陷最有利和最重要的复式油气聚集带,洼陷式、凸起式油气聚集带是济阳拗陷进一步探索的重要领域。

关键词: 济阳拗陷 断陷盆地 油气藏动态 聚集模式 复式油气聚集带

复式油气聚集带理论是 20 世纪 60 年代末至 70 年代初据盆地二级构造带控制油气聚集的观点提出来的,并与 80 年代末及 90 年代初 Magoon(1994)提出的“含油气系统”理论一起构成指导盆地油气勘探的格架体系。复式油气聚集带主要受二级断裂构造带、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的控制,其中某一种因素在油气聚集和富集过程中起了主导作用(徐树宝等,1990)。在该理论指导下,我国曾在各种类型的盆地中相应地开展了较为系统的研究,取得了一批较为丰富的成果,推动了油气勘探进程。

济阳拗陷作为我国东部中—新生代典型的断陷盆地,油气分布与盆地二级正、负向构造带有密切的关系。根据济阳拗陷各二级构造带的构造演化、地层沉积体系发育特征,结合拗陷各烃源体在生、排、运、聚方面的时空配置关系,对断陷盆地油气聚集模式作进一步分析,并对它们的成藏动力机制进行探讨。

一、断陷盆地的油气聚集模式

根据济阳拗陷及其淮海地区油气聚集带成藏特征,可将其归纳为低凸式、陡坡式、中央隆起式、缓坡式、洼陷式和凸起式 6 种主要油气聚集模式。

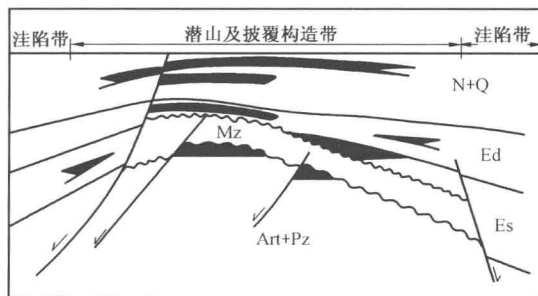


图 1 低凸式油气聚集模式

1. 低凸式油气聚集模式

由于受燕山、喜马拉雅运动及郯庐断裂作用,济阳拗陷东部及其淮海地区发育了多个低凸式二级构造(带)。该类构造具明显的双层构造,下为古生界和(或)前震旦系残丘潜山,上为新生界披覆背斜构造(图 1)。圈闭类型以大型潜山—披覆背斜为主,翼部还发育有不同种类的地层圈闭。构造两面临洼,油源非常丰富;低凸起持续缓慢抬升,其周缘边界断层(裂)长期活动,成为油气运移的良好通道。该

类构造面积大(一般为几十至几百平方千米),埋深中等,储层物性较好,极易形成亿吨级大油田(如埕岛、孤岛、孤东、桩西等油田),成为济阳拗陷最有利的复式油气聚集带。

本文写于 2000 年 12 月,时任中国石化胜利石油管理局总地质师。

2. 陡坡式油气聚集模式

陡坡带是济阳坳陷发育的一种重要的二级构造带。该带上接凸起下临洼陷,古近系沿陡坡带发育众多的冲积扇—扇三角洲沉积体系,为油气运聚创造了十分有利的条件。由于主断裂(层)长期持续活动,在断层内侧便形成了多个大型滚动背斜构造(图2);又因为主断裂(层)分阶,便形成了断块山等。该二级构造带可进一步细分为内带和外带。内带以大型滚动背斜圈闭为主,配合扇三角洲储层可形成大型油气田(如胜坨、宁海、滨南、利津、永安等油田);外带主要发育有各种类型冲积扇形成的砂砾岩体岩性圈闭、断块山—披覆圈闭,局部还有火成岩圈闭,可形成中型油气田(如盐家、郑家、王庄、平方王、平南、高青、邵家、英雄滩、孤南、义东、垦西等油田)。在主断裂深切区,还形成了无机幔源成因的CO₂气藏(如阳5井气藏、花沟气藏等)。目前,陡坡式油气聚集带也已成为济阳坳陷最有利的复式油气聚集带。

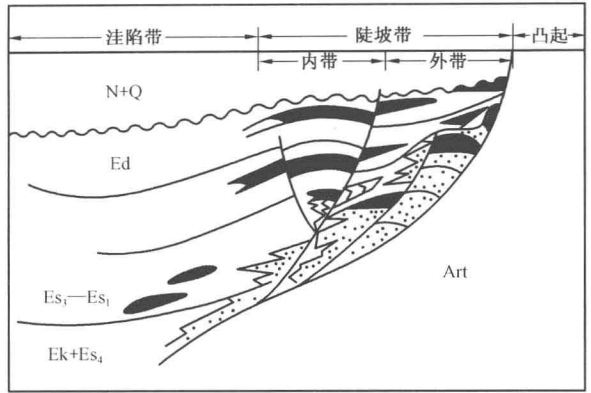


图2 陡坡式油气聚集模式

3. 中央背斜式油气聚集模式

济阳坳陷典型的中央背斜带有东营凹陷中央背斜带和惠民凹陷中央背斜带。该类构造带

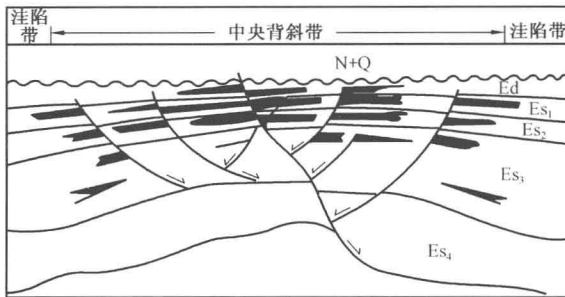


图3 中央背斜式油气聚集模式

在盆地演化早期与洼陷为一体,由于塑性拱胀或地壳局部抬升,在中、后期易形成背斜带(图3)。此类背斜带多发育于大型凹陷的中部、两侧临洼,其油源条件十分丰富。中央背斜带演化具有临近洼陷同沉积拱升的特点,一般处于沉积盆地浅湖—深湖区,往往又是大型三角洲沉积的有利地区,对沉积储层发育非常有利。大型三角洲前缘砂体直接覆盖于早期烃源岩之上或侧向插入两边的生油洼陷之中,

形成了一种十分有利的生—储—运聚配置,为大中型油气田的形成创造了有利的条件(如东辛、现河庄、郝家、临盘、商河、史南等油田)。如果中央背斜带主断层活动剧烈,可造成深部岩浆活动,并沿大断层两侧常出现火成岩岩性圈闭,形成中小型火成岩油气藏(如商741油藏)或无机幔源成因的CO₂气藏。目前,中央背斜式油气聚集带已成为济阳坳陷又一种重要的复式油气聚集带。

4. 缓坡式油气聚集模式

缓坡带是济阳坳陷十分发育的一种二级构造带,该类构造带外接凸起,内临洼陷(图4),地层现今坡度小(0~30°),构造变动持续缓慢,地层超覆不整合发育,有利于油气侧向运移。由于构造带宽,构造带演化与沉积平面存在不均衡性,从洼陷向凸起方向可进一步划分出内带、中带、外带。外带紧临凸起,发育众多大型缓坡冲积扇,同时存在多个地层不整合和地层尖

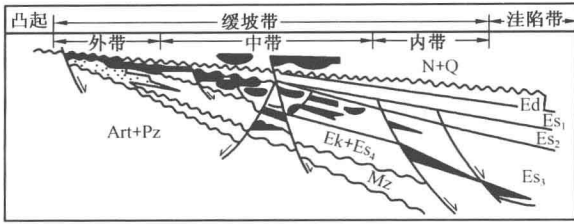


图4 缓坡式油气聚集模式

育,而且断层对沉积具有一定的控制作用。该地区扇三角洲、低位扇体等发育,是寻找中等规模岩性—构造油气藏的有利场所(如梁家楼、乔庄、临南、东风港、河滩等油田)。目前,缓坡式油气聚集带已成为济阳拗陷颇具勘探潜力的复式油气聚集带。

5. 注陷式油气聚集模式

注陷带是济阳拗陷普遍发育的负向二级构造带。该带一般是盆地的沉积中心(图5),多为深湖相沉积区,也是盆地的油源中心。缓坡带、中央隆起带的三角洲和扇三角洲前缘砂体等储集体垮塌沉积可发育大量浊积砂体,并形成众多的岩性相对较细的原生砂岩油气藏(如渤南、牛庄、大芦湖、五号桩、大王北油田及丰11油藏等),其油藏规模与注陷及砂体大小有直接关系。大注陷大砂体可形成大油田;小注陷小砂体可形成小油田。注陷带成烃、排烃作用较强,在与正向构造带的过渡地带中易形成不同规模的泥岩裂缝油藏(如新义深8、郭局子、车253、利983等油藏)。注陷带油气藏埋深大、隐蔽性强、勘探起步晚,一般是含油气盆地的后备勘探领域。近年来,济阳拗陷已进入中—高勘探期,注陷带隐蔽性油气藏勘探已成为胜利油气区勘探的重点。

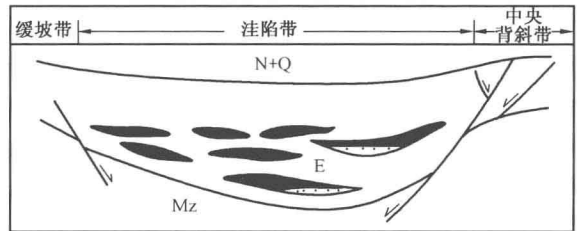


图5 注陷式油气聚集模式

6. 凸起式油气聚集模式

凸起也称高潜山,是济阳拗陷十分发育的一种构造形式,多发育于沉积盆地内部,从而形成“群山环湖”、“群湖抱山”的基本构造格局。该构造在盆地沉积演化过程中长期处于剥蚀区,只是盆地进入拗陷阶段后期才同凹陷一起深入地下,因此,其结构为新近系明化镇组直接

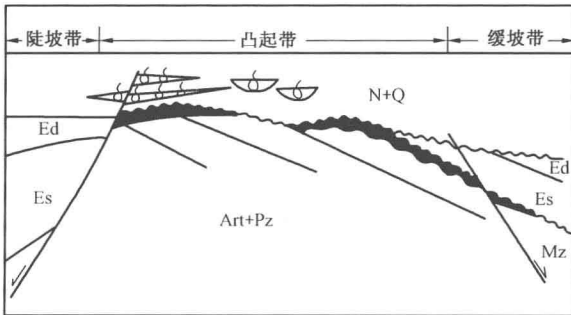


图6 凸起式油气聚集模式

覆盖于残丘潜山之上(图6),而且无披覆背斜构造特征。残丘潜山构造埋藏浅(小于1000m),远离油源,又由于边缘氧化或次生运移,可形成中小型潜山稠油油藏(如广饶潜山稠油藏),同时在明化镇组又形成了“亮点”气藏(如滨县凸起、陈家庄凸起上的明化镇组气藏等)。随着油气勘探的不断深化,凸起式油气聚集带将成为济阳拗陷的又一个重要勘探领域。

二、断陷盆地油气聚集成藏的控制机理

济阳拗陷发育形成的上述6种不同类型的油气聚集带,反映了聚集带形成发育的受控因素和油气运聚可能的动力机制。

以受控因素而论,低凸式、陡坡式、中央背斜式、凸起式和缓坡式油气聚集带均是直接在构造作用控制下形成的,因而构造作用是断陷盆地油气聚集的主导性因素。构造作用不仅伴生了与大量成因相关的油气圈闭,同时也诱发了大量的流体活动,成为幕式成藏的动力来源。对于断陷盆地来说,那些在同沉积构造背景上发育形成的油气聚集带,如陡坡式油气聚集带和中央背斜式油气聚集带,都是油气成藏条件良好时空配置关系的结果。目前,在受控因素方面的研究难点在于寻找那些在构造运动下幕式流体活动的可靠依据。

油气聚集的动力机制是油气藏动力学研究的核心之一。目前,一些学者认为幕式成藏的动力机制与深凹中心压力封存箱的幕式突破有关,但对幕式突破过程中促使流体流动的动力作用尚没有明确的分析,并且认为是一个相当复杂的过程。此外,断陷盆地中还存在其他的油气成藏过程。如济阳拗陷中缓坡式油气聚集带可以认为主要是在浮力作用下形成的一种经典成藏模式;而以透镜状岩性体分布于洼陷中心烃源岩中的洼陷式油气聚集带则更易在压差驱动下形成。两者的成藏过程是非幕式的。

三、结束语

揭示断陷盆地油气运聚和成藏的规律,除了应重建凹陷各构造单元的构造演化史外,还需要将盆地温度场、压力场及古流体势的研究与有效的油气藏定年技术相结合,才能昭然其成藏动力过程。

参考文献

- 徐树宝,胡见义,翁维瑾. 1990. 中国东部块断地区复式油气聚集(区)带类型及其分布特点. 见:中国石油学会石油地质委员会编. 石油地质进展丛书5——中国油气藏研究. 北京:石油工业出版社,50~61
- 中国石油学会石油地质委员会编. 1990. 石油地质进展丛书5——中国油气藏研究. 北京:石油工业出版社
- 《中国油气聚集与分布》编委会编. 1991. 油气资源评价研究丛书之5——中国油气聚集与分布. 北京:石油工业出版社
- Mogoon L B and Dow W G. 1994. The petroleum system - from source to trap. AAPG Memoir 60. Tulsa, Klahoma, USA