

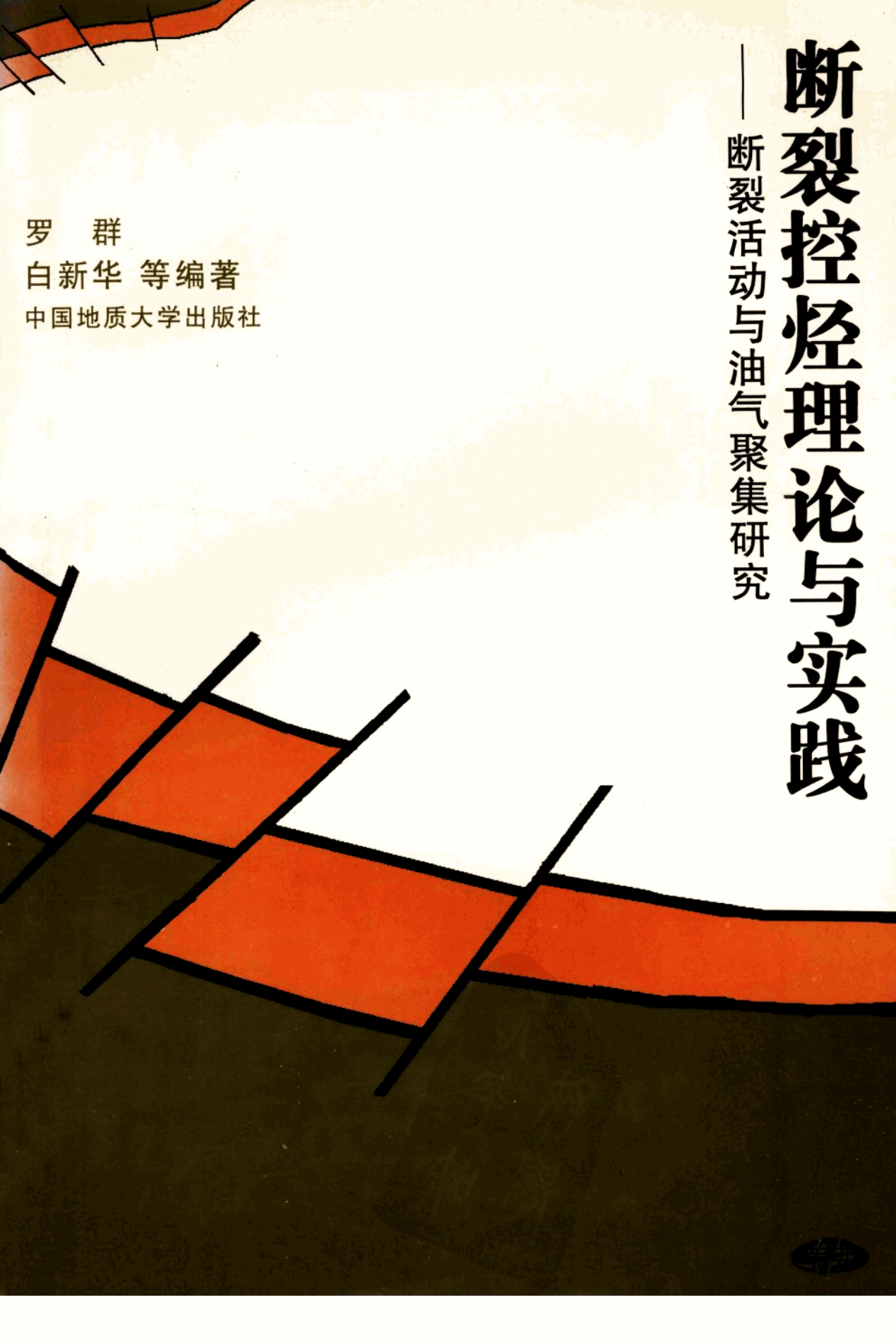
# 断裂控烃理论与实践

断裂活动与油气聚集研究

罗 群

白新华 等编著

中国地质大学出版社



# 序

由大庆石油学院勘探系青年教师罗群、白新华、张树林、刘晓冬、马凤荣(罗群主编)编写的《断裂控烃理论与实践——断裂活动与油气聚集研究》专著即将出版,他们好学深思、勇于探索的精神是值得鼓励的。

地壳受到力的作用后,会发生拉伸、挤压、剪切、弯曲、扭转等各种变形。当应力达到或超过岩石的强度极限时,岩石失去连续完整性,就会发生断裂变形。断裂活动是地壳构造运动中重要而活跃的产物,它分隔地壳块体,对沉积作用、褶皱作用、地震活动、岩浆火山活动和矿产的形成与分布等都起着重要的控制作用。

石油和天然气是液态和气态的矿产资源,每个油、气田的形成需要具备生、储、盖、圈、运、聚、保等基本石油地质条件。油气成藏过程比较复杂,研究其相互匹配控制因素是寻找勘探目标区的理论依据。

自1885年美国地质学家I.C. 怀特发表背斜理论后,石油地质家根据地质构造知识和测量技术来预测哪里有石油和天然气藏,从此,油气勘探获得了蓬勃的发展。按背斜学说在全世界各含油气盆地内找到了许多重要的油气田。这个学说现在还是像当时一样为勘探家所遵循。但油气不仅储集在背斜圈闭中,也同样可以聚集在非背斜圈闭中。1956年美国石油地质学家A.I. 莱复生把储油圈闭划分成构造圈闭、地层圈闭和混合圈闭三大类,并将构造圈闭进一步划分成:由褶皱形成的圈闭、由断层形成的圈闭和由裂缝、节理形成的圈闭等三小类。我国是构造断裂活动比较强烈的国家之一。罗群等几位青年地学工作者抓住了石油地质规律中的重要因素,结合自己在松辽盆地和汤原断陷的科研实践,进行了断裂控烃理论与实践——断裂活动与油气聚集研究的有益探索。尽管断裂控烃理论有待在油气勘探中进一步发展和完善,但他们勇于阐明自己的观点,这是难能可贵的。我希望本书的出版将能引起我国石油地质界的关注和鼓励,在油气勘探的实践中充分注意“断裂油气聚集带”的应有作用。

中国科学院院士



1997年12月10日

## 前言

能源是社会发展的基本动力,而油气是世界能源的主要构成,作为工业的“血液”,石油是一个国家国民经济的支柱产业。

自 20 世纪 80 年代中期油价暴跌以来,世界进入了低油价时期,油气勘探工作量大大减小,勘探难度明显增加,勘探成本急剧提高,石油供应越来越依赖于中东,世界石油工业面临着低油价、低利润、高风险的严峻形势。

我国的石油工业在解放后得到长足进展,不仅迅速甩掉了“贫油”的帽子,而且,经过近半个世纪的艰苦创业,已经进入世界产油大国之列。但是,我国目前石油工业的形势仍不容乐观,各大油田大多产量高峰已经或正在过去,进入中后期开发阶段。整个国家的油气后备储量不足,如不尽快解决,必将极大地制约国民经济的可持续发展。

石油工业要发展,首先必须依靠科学技术,降低成本,提高效益。正如第十五届世界石油大会所指出“科学技术和全球化是推动石油工业走向二十一世纪的关键因素”。

“科学技术是第一生产力”,石油工业的严峻形势呼唤着科学的理论和技术。

纵观世界石油工业发展史,每一次地质理论的提出和勘探观念的更新都给石油工业带来了巨大的进步和繁荣,从“背斜理论”的诞生到“圈闭理论”的提出,从“海相生油说”到“陆相成油理论”的形成,直到今天的“含油气系统”概念的兴起,无不给石油工业的发展注入了新的活力和带来了勃勃生机。世界范围内的勘探实践不断丰富石油地质和勘探理论,促进石油地质理论的发展。一方面,通过勘探实践对所获得的认识不断提高,提出了许多具有地方特色的油气聚集理论,如我国的“陆相凹陷对油气藏形成的控制理论”、“断陷盆地古潜山油藏形成理论”、“陆相沉积体系理论”以及“渤海湾盆地复式油气聚集区(带)理论”等。由此推动了石油勘探的新发展。另一方面,新的勘探难题为油气地质理论发展提供了巨大的动力,为勘探理论、方法、技术的发展提出了更高的要求。在我国目前开展的“新地区,新领域,新层系”的勘探就特别需要新的石油地质理论、新的勘探观念和新的思路,而“断裂控烃理论”正是在这种背景下提出来的。

“断裂控烃理论”扎根于我国独特的大地构造背景和鲜明的地质构造风格:三面受挤,陆相为主,东张西压,断裂发育,相变剧烈,运动频繁,多构造层……这些特点决定了断裂在油气形成、分布和演化过程中独特的地位和不可替代的作用。这些特点也决定了具有中国特色的含油气盆地和油气藏的形成地质背景、物质基础和成藏条件。“断裂控烃理论”正是基于这些中国的地质“国情”,在系统总结前人关于“构造与油气关系”诸多成果基础上,结合自己的科研实践,概括、升华而提出来的。

《断裂控烃理论与实践——断裂活动与油气聚集研究》一书共5章,第一章是对“断裂控烃理论”的概述,包括断裂活动基本特征,“理论”的基本观点、主要内容和证据,提出“理论”的科学依据,并论述了断裂活动与油气成藏系统的关系。第二章是对“断裂控烃理论”的全面展开,试图从机理上探讨断裂与盆地形成、烃源岩发育、油气的运移和聚集、圈闭的形成以及油气藏的保存与破坏等方面的相互关系和控制作用,断裂与无机成因烃的关系和控制作用,断裂与火山岩油气藏的关系和控制作用等诸方面并进行总结。第三章为含油气盆地的断裂研究,围绕“断裂控烃理论”,试图说明、总结含油气盆地中断裂研究的基本思路、断裂研究的主要内容、断裂研究的方法与技术。第四章是“断裂控烃理论”在典型盆地——依-舒地堑汤原断陷中的具体应用,说明“断裂控烃理论”的有效性。第五章是“断裂控烃理论”的思考与启示,进一步说明“断裂控烃理论”的基本原理、应用条件和原则,并试图从哲学的角度寻找“断裂控烃理论”的哲学依据,试图说明运用“断裂控烃理论”的思想方法,对于转变勘探观念,建立正确的找油思路以及进行科学勘探的意义。全书紧紧围绕“断裂控烃”这个主题进行系统论述。

“融未知于已知,化意外于意中”(朱夏),如果读者能够从本书中得到一点启迪,进入这样一种境界之中,这是编著者最大的愿望。

本书由罗群、白新华主编,叶加仁副教授主审,张树林、刘晓冬、马凤荣参与编写。执笔情况如下:前言、绪论、第一章,罗群;第二章第一节,白新华、罗群,第二节,罗群、刘晓冬,第三节,罗群、张树林,第四节,罗群、刘晓冬,第五节,罗群、白新华,第六节,罗群、马凤荣,第七节,罗群、刘晓冬,第八节,罗群、马凤荣;第三章第一、二节,罗群、马凤荣,第三节,罗群、白新华、张树林;第四节,罗群、刘晓冬、张树林;第四章,罗群、白新华、刘晓冬;第五章,罗群。全书由罗群统稿、定稿。

“断裂控烃理论”的提出得到庞雄奇教授、张兴金教授、黎文清教授的支持和鼓励;陈章明教授、刘银河博士、吕延防教授、叶加仁博士、付广副教授、黄孝特博士对本书的编写提纲提出了宝贵意见;编写过程中还得到方祖康教授、姜振学博士以及大庆石油学院勘探系张绍臣、王雅春、刘为付、李椿、王朋岩、刘玉洁、张发强、庞庆山等教师诸多帮助。大庆石油勘探开发研究院郭占谦总地质师热情为本书提供了有关资料,中国科学院李德生院士为本书作序并提出了修改意见。特别需要提出的是罗群的妻子郑丽艳在清抄文稿、整理图表、材料等方面付出了辛勤的劳动。借此机会表示由衷的谢意!

限于编著者的学术水平和知识面,以及时间仓促,书中错谬难免,欢迎专家和同行批评指正。

编著者

1997年10月14日

# 目录

绪论	(1)
第一章 断裂控烃理论概述	(6)
第一节 断裂控烃的证据	(6)
第二节 断裂控烃理论的基本观点	(14)
第三节 断裂控烃理论的科学依据	(20)
第四节 断裂活动与油气成藏系统	(25)
第二章 断裂控烃机理与模式	(34)
第一节 断裂控盆机理与模式	(34)
第二节 断裂对烃源岩的控制	(48)
第三节 断裂对油气运移的控制	(50)
第四节 断裂对储集条件的控制	(62)
第五节 断裂对圈闭条件的控制	(69)
第六节 断裂对油气藏保存条件的控制	(77)
第七节 深大断裂与无机烃	(86)
第八节 断裂与火山岩油气藏	(89)
第三章 含油气盆地的断裂研究	(95)
第一节 含油气盆地断裂研究的基本思路	(95)
第二节 复杂地区地震资料构造解释技术	(95)
第三节 含油气盆地断裂研究的主要内容	(106)
第四节 含油气盆地中断裂研究方法	(120)
第四章 断裂控烃理论应用	(164)
第一节 汤原断陷断裂特征	(164)
第二节 汤原断陷断裂对油气的控制作用	(183)
第五章 断裂控烃理论的思考与启示	(200)
第一节 思考	(200)
第二节 启迪	(201)
主要参考文献	(205)

# 绪 论

起初人类寻找石油以油气苗为依据，自从人类开始大规模利用石油就注意到研究油气藏的形成条件、控制因素及分布规律。1842年 Logan 曾记载加拿大东部一处油苗与背斜的关系，引起了石油地质同行的重视。1885年 White 结合宾夕法尼亚气井与背斜的关系，系统简述了天然气聚集的背斜学说。背斜理论的要点是：①油储内的油气和水，在表面张力作用下界面分明，并且呈水平状态；②石油、天然气运移，聚集的主要动力是浮力，按动力学原理，通过可渗透性孔隙、裂缝（隙）地层进行运聚成藏；③阻碍油气运移的遮挡非渗透地层为盖层，盖层与地层褶皱弯曲（背斜）组成油气捕或圈闭；④背斜是控制油气分布的唯一因素。背斜理论的提出大大提高了油气勘探的成功率，促进了世界石油工业的发展。数万个油气藏（特别是地貌正地形，有油气显示的山前地区和中浅层构造发育地区）都是在这一理论指导下发现的。背斜理论实际上是“构造控油”的雏形，至今对油气勘探仍有重要的指导作用。

随着勘探成功经验和失败教训的不断积累，人们发现，造成油气聚集的不仅是背斜，地层、岩性等因素也起着重要作用。1934年 Mcollough 提出了“圈闭”的概念。指出能阻止油气在储层中继续运移并在其中聚集起来的空间场所叫圈闭，也称油气捕。构成圈闭须具备如下条件：一是可以聚集油气的储集层，二是阻止油气逸散的盖层，三是阻止油气向四周继续运移的封闭条件即遮挡。按成因可将圈闭分为三大类即构造圈闭、地层圈闭和构造-地层复合圈闭。圈闭学说的概念在实践中不断丰富和完善，20世纪40年代以来人们认识到水动力在形成圈闭中的重要作用，提出了水动力圈闭类型。近年来提出的古地貌、微幅度、岩性、层间、物性封闭等隐蔽圈闭，又为圈闭的概念增添了新的内容。然而圈闭仅仅是油气聚集的场所，并非控制油气成藏的唯一的主导因素。目前普遍认为油气藏的形成是地下极其分散的烃在地壳局部空间——圈闭中的高度聚集，是“生、储、盖、运、圈、保”六大要素在时间、空间上的巧妙配合，任何一方面的不利对油气藏的形成和保存都是致命的。那么控制这六大要素及其时空匹配的地质因素是什么呢？

目前在所有的油气成藏理论与学说中产生深远影响的莫过于“构造控油”说。绝大多数石油地质学家都认为构造作用是油气聚集和油藏形成的主导因素，其中包括：构造作用决定了含油气盆地的结构特征，油气圈闭的形态和演化及油气的形成演化。正如 M. Poulet (1975) 所说：“在不同大地构造类型盆地中油藏具有一定的特征，不同的或者相似的油藏决定于历史构造现象，影响着碳氢化合物的存在”。我国著名地质学家李四光也曾说过：“找油，在很大程度上就是找构造”。早在50年代李四光运用他创导的地质力学学说提出了构造体系控油的观点。构造体系控油又称叠次控油构造体系，对油气的形成、集中、运移、聚集和破坏的控制作用。包括多级构造体系控油、扭动构造型式控油、复合盆地控油，以及结构面力学性质控油和脱顶构造控油等。其主要观点是：①不同等级构造体系依次对油气生、运、聚、散进行控制。在一个巨型构造体系域，一级构造往往控制大型油气带的展布和规模，二级构造（如大型盆地）制约着油气区，三、四级构造则决定油气田和油气藏。不同等级的构造体

系和构造形迹之间，彼此有生成联系和依次控制关系。②油气的运移、聚集和分布与构造型式紧密相关，其特点是油气田的分布受不同的构造型式控制，显示不同的方向性、等距性和部位性，其次油气运移、聚集期与控油的构造形式的生成发展有明显的一致性。③各种扭动构造型式对油气的形成和聚集有明显的控制；扭动构造型式的新华夏构造体系、多字型构造、入字型构造和旋扭构造，分别形成多字型油田、入字型油田和旋扭型油田。扭动构造体系的控油作用是由于在扭动地应力场作用下，加强了油气的动力驱动，更有利于油气的集中，使油气从应力高的部位向应力低的部位运移和富集。④不同构造体系或其所属的构造形迹的复合对油气有一定的控制作用，即构造复合控油，它包括两种类型，一是复合盆地控油，即不同构造体系所属负向构造复合或叠加所形成的盆地控油作用；二是复合褶皱控油，即不同方向的背斜相复合形成的叠加褶皱控油，如川南油气田就受纬向和经向背斜构造的复合控制。⑤不同力学性质结构面对油气有不同的控制作用，结构面的力学性质及其转化、叠加有控油意义。大型压扭性断裂往往延伸远、深度大，是油气运移的重要通道。挤压性断裂有良好的封闭性，形成遮挡式油气藏。拉张性断裂则具开放性，油气常沿其逸散，不利于油气聚集。在这套构造体系控油观点指导下，李四光提出了我国东部地区沉降带的新华夏构造体系是一个巨型扭动构造体系，“可能揭露出有重要经济价值的沉积物”，解放后的油气普查勘探，证实了这些沉降带和盆地的含油气远景，实现了找油工作重点的战略东移，为大庆、华北、江汉等大型油气田的相继发现做出了重要贡献。西域构造体系控油论是李四光扭动构造型式控油体系又一重要组成部分。地质力学学说认为西域构造体系是我国西北地区一个巨型扭动构造体系，它的主体由一系列北西西向隆起带、拗陷带和断裂所组成，这些拗陷带及其内部的构造和含油气特征都明显受西域构造体系的制约，具有良好的油气生成、储集条件和含油气远景。近年来这些论断已经和正在被油气勘探实践所证实。

我国是以陆相地层为主的国家。我国的石油地质学家在长期的找油实践中建立了中国的陆相石油地质理论，对陆相盆地中控制油气藏形成和分布的地质因素进行了不懈的探索。本世纪50年代末60年代初，针对中国东部含油气盆地的地质特点（陆相地层，断块构造，分割性强），总结出了生油区基本控制油气分布的规律，提出油气运移距离短，油源区控制油、气田分布的理论（简称源控论），三十多年的勘探实践证明了这个理论的正确性。80年代以来，我国石油地质学家在系统总结了断陷盆地油气聚集和分布规律基础上又提出了“复式油气聚集（区）带”的基本理论。这一规律性的认识极大地推动了我国东部和大陆架勘探，使中国石油工业发展进入了一个新的阶段。

随着我国石油勘探工作范围的不断扩展，油气聚集规律和成藏机理的研究也正在向新的领域深入，裂谷成油理论、煤成油理论、非构造油气藏形成理论、重沥青资源形成机制与分布理论、天然气藏形成理论以及排烃门限控油气理论等研究都取得了不同程度的进展，其成果正推动着我国油气勘探向前发展。

综上所述，从寻找油气苗到背斜理论的提出；从圈闭学说的诞生到构造控油论的出现；从源控论到复式油气聚集（区）带理论的产生以及以后不断出现的各种油气理论和假说，表明人类对油气资源的认识已经从油气分布规律的静态与表面认识，深入到对油气藏形成机理与演化的本质和动态的研究阶段。尽管如此，到底控制油气藏及其分布的根本原因是什么？它是如何控制油气成藏及其分布的（即其控油气的机理是什么）？还没有一种理论或假说能确切圆满地回答这个地质学家一直想解决而未解决的问题。

地球上已发现数以万计的油气藏，其规模大小悬殊，类型十分丰富，各具特色。尽管并

不是所有的油气藏都与断裂有关，也并非有断裂就一定有油气，但是确实有相当部分的油气藏受断裂控制或与断裂有关。据统计，大陆裂谷盆地的石油储量占世界油气总储量的45%以上。中国东部裂谷盆地的油气储量占全国油气总储量的90%左右（罗志立，1991）。而裂谷盆地中断裂对油气有重要的控制作用，90%以上的油气藏直接受断裂的制约或与断裂有关。在中国西部的各个造山盆地和中部的过渡型盆地中，断裂与油气藏的关系也普遍明显。另外，迄今为止全世界所发现的无机成因油气无一例外都与深大断裂的活动密切相关。这些事实不能不引起我们对断裂对油气的控制规律的高度重视。

那么，断裂在油气藏形成与分布中到底处于什么样的地位和作用呢？

断裂作为构造运动留下的构造形迹，是地壳构造演化过程中矛盾运动的突出表现。在陆相盆地中，与其他构造类型相比，断裂的地位和作用更为突出。断裂活动的普遍性、周期性、层次性、特殊性、继承性、差异性、阶段性等特点和规律决定了它与地壳中油气的形成与分布存在着必然的联系。

### 一、断裂存在的普遍性

地震是人类最能直接体验到的断裂活动。在地球漫长的近五十亿年的演化过程中，运动着的地球由于地幔对流、板块俯冲、自转角速度变化、重力作用、岩浆侵入、火山爆发等因素都可形成拉张、挤压、扭动等构造应力，当这些应力超过岩石的拉张、挤压、抗剪强度时，随应力的突然释放岩层就发生破裂，断层就产生了。在地壳的不同部位、不同深度都存在不同性质、类型、规律的断裂。我国是以陆相盆地为主的国家，不同类型、不同级别的断裂在陆相盆地中十分普遍。可以说断裂发育是陆相盆地的重要特征，而我国又是以陆相生油著称的国家。那么，陆相生油与断裂之间有没有内在的本质联系呢？

### 二、断裂活动的周期性

断裂是地壳的破裂带和薄弱带，是应力最集中和释放的地方。一条断裂形成后随着构造运动的演化和地应力场的变化，将继续沿破裂带产生活动，随着地壳开裂、闭合等构造运动的旋回发展，断裂的活动性也会发生周期性的变化。盆地中断裂活动的周期性与断裂封闭与开启密切相关，这对油气的运、聚有重要的影响。

### 三、断裂活动的层次性

层次性是自然界各种物质系统的基本属性。断裂活动的层次性主要表现在断层规模、活动强度、断裂发育历史以及断裂对沉积、构造的控制作用等方面。而沉积与构造是油气生成与聚集的最基本条件。油气藏的形成与分布规律与断裂活动的层次性有密切的关系。

### 四、断裂活动的特殊性

由于组成地壳的物质成分、地质结构的差异，以及应力场分布的不均性等环境和地质条件的不同，必然造成断裂活动与其地质构造和褶皱、节理、裂缝等活动特征和规律的特殊性，使断裂对油气的控制作用和地位与其他地质构造明显不同，具有鲜明的特色。

### 五、断裂活动的继承性

长期继承发育是裂谷盆地基底断裂的重要特征。由于断裂的发生总是在构造的薄弱地带，



而每次构造运动，应力总是向构造的弱地带传递、集中并释放，致使大多数断裂的活动性具有明显的继承性特点，断裂的继承性活动和多期活动有利于油气的生成运移和产生各种类型的圈闭。

## 六、断裂活动的阶段性

由于在区域构造演化的不同时期区域应力场、构造运动的方式和性质的不同，导致断裂发育过程中不同时期表现出不同的活动特征。如中国东部裂谷盆地，裂陷期由于区域拉张或张扭应力作用基底断裂表现为同沉积生长特征，拗陷期构造运动相对平静，断裂不再活动或活动微弱，总体处于休眠状态，后期受区域挤压或压扭应力场的作用，许多断裂再次被激活，重新活动，或反转，或走滑。断裂活动在不同时期的不同表现对油气生成、运移、聚集和保存的各个演化阶段的形成和性质的影响有密切的联系。

## 七、断裂活动的差异性

断裂活动的差异性表现在：①同一断裂在不同部位具有不同的发育特征（包括断裂的封闭特征）；②同一条断裂的同一部位在不同的演化时期也可表现出不同的活动历史和特点。断裂活动的差异性导致同一条断裂在不同时期、不同部位对油气控制的差异性。

## 八、断裂发育的系统性

任何一种构造形迹都不是孤立存在的，它们都有与其不可分离的伴侣，它们大都成群、成带出现。这些成群、成带的构造形迹之间有着某种必然的、本质的联系，构成一个有机的整体。断裂构造也不例外。断裂发育的系统性是指不同形态、不同级别和不同序次，但有成因联系的断裂组合。同一时期在同一应力场作用下形成的断裂组合形成一个断裂系统。据应力特征及断裂发育特点，可分为张性断裂系统、压性断裂系统和扭性断裂系统三大类。每一类断裂系统对油气的形成与演化有不同的作用。断裂系统的性质和特征制约着油气成藏系统的性质和特征。

作为地壳中分布最广泛的构造类型之一，断裂及其活动是构造运动中最活跃的因素。“构造控油”的观点是正确的，那么，断裂在“构造控油”中处于什么样的地位和角色呢？

断裂与油气的关系，早就引起人们的关注，目前已深入到断裂成因机理、发育特征对油气控制作用各个方面的研究。不同的学者从不同的侧面研究了断裂与油气的关系。王燮培等（1990）在《石油勘探构造分析》中对生长断层、扭动断层的基本特征和油气的关系做了较详细的分析，主要侧重于断裂的活动及与油气聚集关系的研究。陈章明、吕延防（1993）就断层的封闭性特征与油气成藏过程进行了探讨，提出了非线性映射、分解组合、逻辑信息等判别断层封闭性的方法。张文华（1994）就恢复断裂发育历史方法及与油气排运的时、空关系讨论了断陷盆地中断层对油气运聚的影响。郭占谦（1994）通过对松辽盆地的构造和含油气性的分析，对裂谷盆地中深大断裂与油气生、运、聚、圈的关系进行了卓有成效的研究。罗群、张树林（1995）在研究松辽盆地断裂与油气关系时提出了断层倾向盘的天然气聚集效应并对其成因机理进行了探讨。英国学者 Brown W. Melly（1984）在“英国北海威奇格朗德地堑西北部的下降盘圈闭”一文中就断裂的活动、断裂上、下盘圈闭的石油地质条件，分析了断裂上、下盘圈闭捕集油气成藏的因素。此外，Smith（1980），Harding（1988）等也研究了断层封闭性及对油气的影响，我国学者对各大含油气盆地中断裂对油气的控制发表了大量文

章。

为此，笔者通过调研、分析、解剖含油气盆地及油气藏（田）尤其是中国含油气盆地及油气藏（田）与断裂的关系，运用板块构造、断块构造、颤动构造等新的大地构造理论的基本观点，充分吸取前人研究成果，结合中国陆相盆地的特点，提出了以“断裂是控制油气生成、运移、聚集、保存和分布的根本原因”为基本观点的“断裂控烃理论”。

# 第一章 断裂控烃理论概述

“断裂控烃理论”即“断裂控油气理论”是以构造控油学说为背景，它的提出源于分析解剖中国东部含油气盆地和油气藏，继而推广到中国中、西部地区。中国是一个以陆相地层为主的国家，而陆相盆地的一个明显特点就是断裂非常发育，这为“断裂控烃”提供了研究基础和前提。“断裂控烃”也为回答为什么陆相地层中也可能蕴藏丰富的油气资源提供了依据。

## 第一节 断裂控烃的证据

### 一、含油气盆地的形成与分布都受深大断裂的控制

盆地是形成油气藏的基本构造单元，“油气存在于盆地之中”（朱夏，1982），而纵观中国

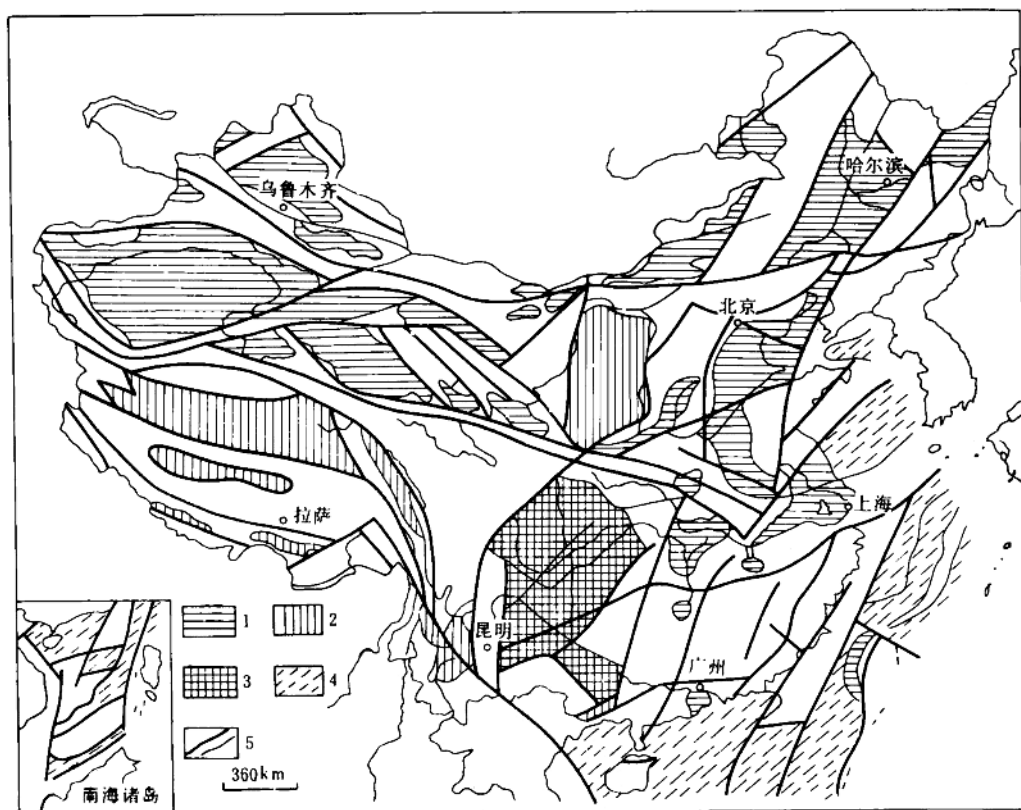


图 1-1-1 中国油气区分布示意图（据张文佑，1984）

1. 以中—新生代为主的油气区；
2. 以中生代为主的油气区；
3. 以古生代为主的油气区；
4. 中—新生代近陆海域油气区；
5. 断层

的含油气盆地,其形成与演化几乎都受边界基底大断裂的控制,从这个意义上说,深大断裂控制着油气藏的形成与宏观分布(图 1-1-1)。

中国的盆地发展,受印支期以后的构造运动的影响颇大。翟光明等(1987)认为,印支运动以来,中国大陆处于太平洋板块和印度洋板块之间,受西伯利亚板块向南的推动力、印度洋板块向北的推动力和太平洋板块向西的推动力等 3 个方向力的相互作用,使中国陆块改变了古生代以来东西向的构造格局,形成了隆坳相间的大陆骨架,发育不同的沉积盆地。

根据地质、地球物理及钻井资料的综合分析,可将这些沉积盆地分成 3 种成因类型。以贺兰山、六盘山分界:以西包括准噶尔、塔里木、柴达木、酒泉和吐一哈等主要盆地,属挤压型的沉积盆地;以东包括松辽、渤海湾、江汉、南襄、苏北、珠江口和北部湾等主要盆地,属拉张型的沉积盆地;介于东西之间的包括四川、鄂尔多斯等主要盆地为过渡型的沉积盆地。

中国东部地区主要受太平洋板块和印度洋板块的作用,产生北北东向为主的张性断裂,地幔物质上涌,加速水平拉张的发展,从而形成了北北东向的巨大沉陷区,发育了许多大小不等的拉张型沉积盆地。这些盆地的形成与分布受 NNE 向深大断裂控制(图 1-1-2),根据松辽、渤海湾、珠江口等盆地的区域综合分析(图 1-1-3),可以看出有以下明显的特征:

(1) 盆地内的基底断裂比较发育,盆地都以正断层为边界。如松辽盆地主要的基底断裂有四十条左右,渤海湾盆地的基底断裂有五十余条。这些盆地的发育和发展都受大型基底断裂的控制。

(2) 盆地内发育两组活动断裂,都以正断层为主,这些断裂的发育,形成了众多有规律排列的凹陷带,构成了凸起和凹陷相间的构造格局,断裂控制了这些次级构造的展布和演化。从盆地的发育史分析,自晚中生代末期至第三纪有两次重要的构造运动,对目前的构造格局

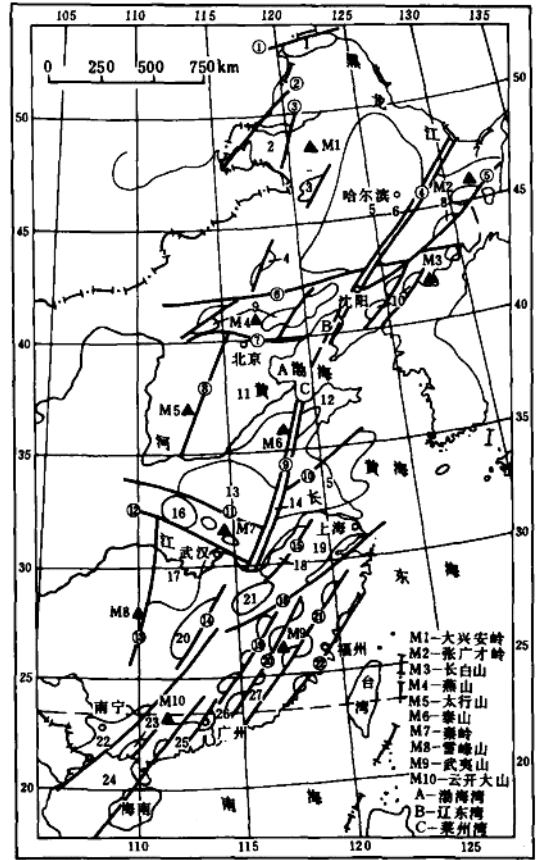


图 1-1-2 中国东部裂谷盆地分布图(据田在艺,1991)

断层:①漠河;②额尔古纳河;③伊敏河;④依兰—伊通;⑤敦化—密山;⑥赤峰—开原;⑦昌黎—南口;⑧太行山东;⑨郑城—庐江;⑩嘉山—响水;⑪响水;⑫襄樊—广济;⑬雪峰山;⑭衡阳;⑮东至—芜湖;⑯江山—绍兴;⑰钦州;⑱四会—吴川;⑲武夷山西;⑳武夷山东;㉑丽水—海丰;㉒长乐—诏安

盆地:1. 漠河;2. 海拉尔;3. 阿尔山;4. 开鲁;5. 松辽;6. 依兰—伊通;7. 三江;8. 鸡西盆地群;9. 阜新盆地群;10. 浑江盆地群;11. 渤海湾;12. 莱阳;13. 南华北;14. 郑城—庐江;15. 苏北—南黄海;16. 南阳盆地群;17. 江汉—洞庭;18. 无为;19. 衡县—杭州;20. 衡阳;21. 鄱阳;22. 十万大山—百色;23. 合浦;24. 北部湾;25. 茂名;26. 三水;27. 东南盆地群

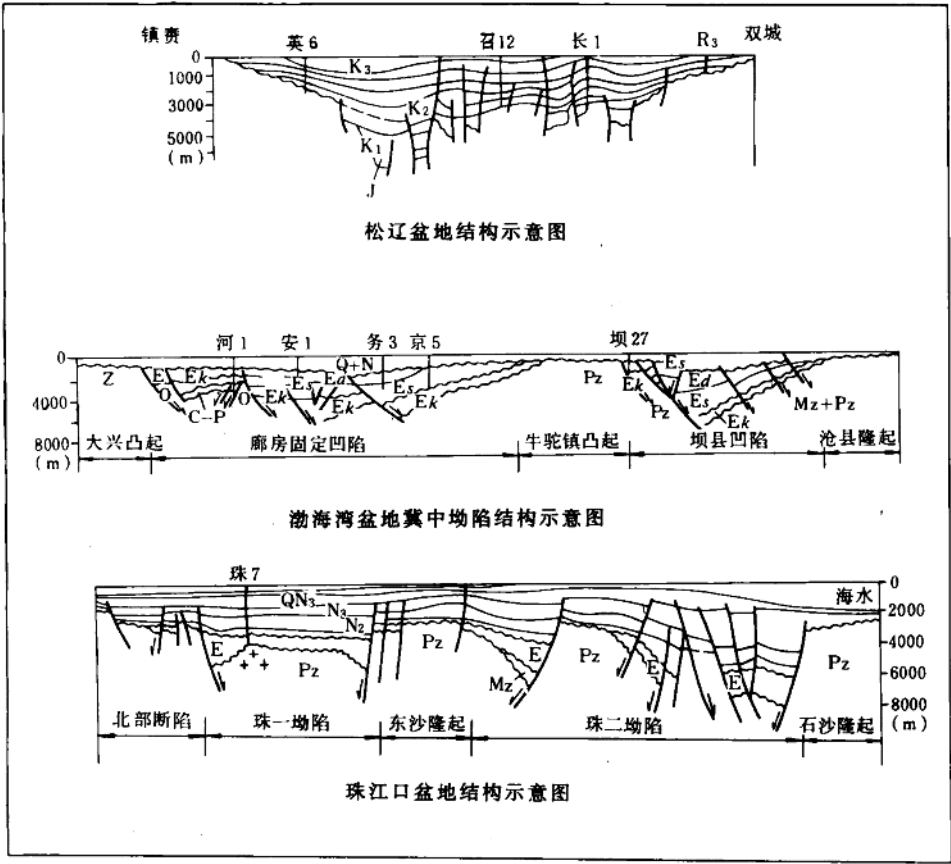


图 1-1-3 松辽、渤海、珠江口盆地结构示意图

影响很大。一次是二叠纪末期至中生代，华北地区大部分都经受了剥蚀和块断运动，部分地区并有挤压现象而产生逆断层。由于上地幔的隆起形成一系列大型铲状正断层，构成一系列单断式凹陷，形成一边陡，大都为断阶带；一边缓，大都为反向正断层的构造格局，致使第三系沉积前，华北地区形成高山峻岭的地形。其后至第三纪，喜马拉雅运动造成另一组断裂，大都为位于盆地深凹部分的顺向断层。这组断裂很容易根据大量的地震资料和钻井资料找到，有的断裂呈继承性的发展，有的断裂停止了活动。这样造成的老地层隆起带是第三纪时期形成的北东向构造断裂带的地质背景，这也是形成后期极有利的各式各样的圈闭、丰富多彩的油藏类型的基础。

中国西部地区主要受印度洋板块（印度板块）和西伯利亚板块（欧亚板块）的相互作用。这里盆地的形成与造山带的挤压活动有关。图 1-1-4 是中国西北含油气盆地分布图，根据对准噶尔、酒泉、塔里木等盆地的综合分析（图 1-1-5），中国西北具有三个明显的构造特征：

(1) 盆地的形成与造山带的挤压活动密切相关。盆地的形态多呈不对称，发育了明显的中生代的山前坳陷，其沉降幅度可达万米，最厚达 15 000 m（塔里木盆地），无明显的岩浆活动和强烈褶皱，盆地中央往往发育有古老地块。

(2) 盆地边界都受逆冲断层的控制。盆地的边缘常常发育数条冲断层，组成逆冲断裂带，

形成一种具有一定模式、规模较大的断裂带。例如准噶尔盆地的克-乌断裂带，它主要由超覆尖灭带、前缘断块带、断褶带和推覆体本身等4个部分组成。

(3) 盆地的局部构造类型多种多样。这些构造多呈线形或雁行状排列，局部构造线的方向受邻近的造山带走向所控制，常有数个平行的构造带分布在盆地的边缘。局部构造的形态，在平面上多呈长轴状、短轴状和鼻状，剖面上多为梳状、箱状等。

中国中部的贺兰山—龙门山—横断山与太行山—武陵山之间的地区，包括了四川、鄂尔多斯两个大型盆地和一些小型沉积盆地。这些盆地的基底较为坚硬，是中国陆块上最稳定的部分之一。受上述3种推动力的相互作用明显减弱或者影响不大，因而在构造特征上具有自己的特点。该地区一般西部活动性大，受边界逆冲断裂控制，向东部逐渐趋于稳定，总的面貌为东西不对称。盆地的西部边缘都发育有逆冲断裂带，中、新生代的坳陷中心在西部。如鄂尔多斯盆地，自西向东具有褶皱—挠曲—西倾斜坡的明显变化特征，西部断褶带是由一系列的西倾逆冲断裂组成的褶皱隆起带(图1-1-6)。在这类盆地中，局部构造的分布很有规律，一般陡背斜位于边部，受边界逆断层带控制，缓背

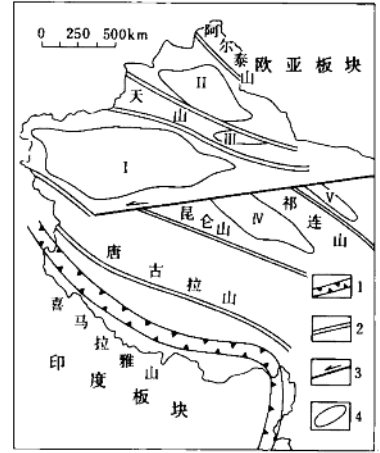


图1-1-4 中国西北含油气盆地分布图  
(据李德生, 1990)

- 1. 陆间碰撞带; 2. 陆内碰撞带; 3. 走滑断层; 4. 盆地边界。I. 塔里木盆地; II. 准噶尔盆地; III. 吐鲁番盆地; IV. 柴达木盆地; V. 酒泉盆地

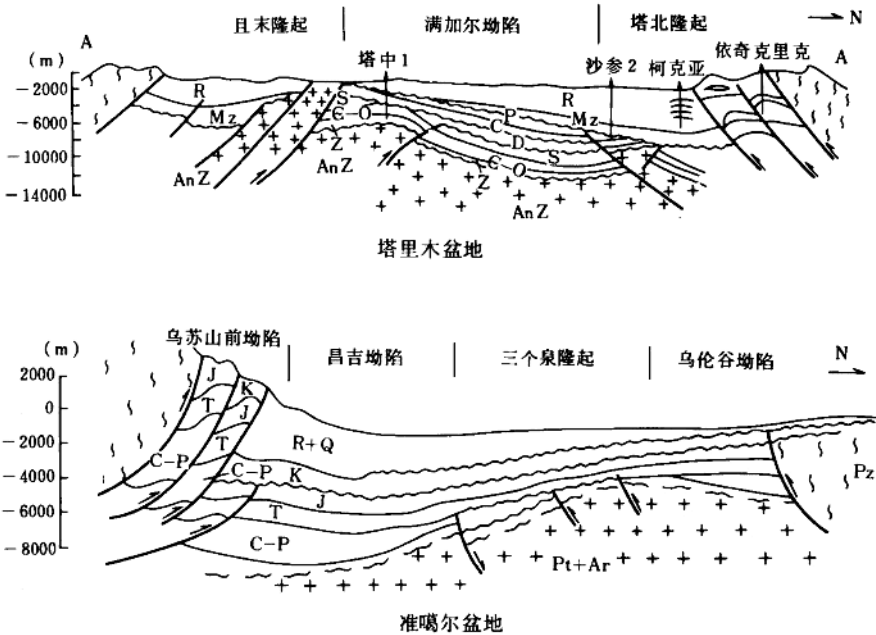


图1-1-5 塔里木、准噶尔盆地剖面图  
(据李德生, 1990)

斜（穹隆）位于盆地中间，平缓拱型二级带则位于大斜坡部位。如四川盆地，中央古隆起分布着一些东西走向的平缓穹隆背斜，而在川西、川东南和鄂西的边部，则分布着一系列的箱状或梳状背斜带。

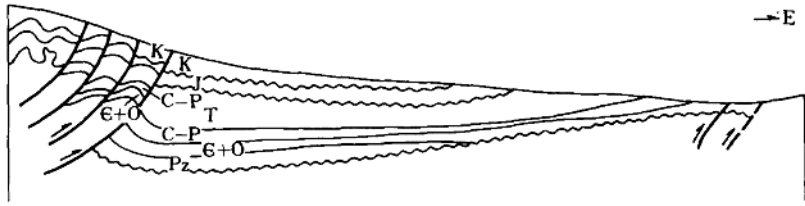


图 1-1-6 鄂尔多斯盆地结构示意图

## 二、几乎所有无机成因的烃都是通过深大断裂从地下深处运移上来的

近十多年来，由于宇宙化学和板块构造学的兴起，油气无机成因论的研究又引起 T. Gold (1984)、П. Н. Рощеткин (1984) 等许多地质学家的注意。他们提出以下证据：

(1) 在许多天体（太阳、外行星及其卫星）中发现大量碳氢化合物，如彗星尾端有  $\text{CH}_4$ （固），土卫 6 号上的  $\text{CH}_4$  很普遍，坠落在地球上的球粒陨石富含挥发成分碳氢化合物，其成分类似于地幔和星云凝聚物。因而认为地球演化和气圈形成初期， $\text{CH}_4$  可作为一种“化石气”，保留于地幔和上地壳中，作为以后沿超壳深大断裂向盆地运移的无机甲烷。

(2) 在大西洋中脊上的冰岛有 He、Ar 气流沿裂隙上升，在太平洋中隆的北纬  $21^\circ$ ，发现  $400^\circ\text{C}$  的热水溶液，并测到有  $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、He 的强烈喷发，印度洋海底山脉的超基性岩中也发现有类似沥青的物质，它们附近都有深断裂。

(3) 在伏尔加—乌拉尔含油区的鞑靼隆起上钻的两口深井，穿过基底以下  $2\,000\sim 3\,000\text{ m}$ ，在前寒武纪花岗岩和变质岩中，发现轻质油质沥青和烃气。在科拉半岛上钻的  $11.6\text{ km}$  的超深井，于结晶岩中发现沥青包裹体和含有高浓度的烃、 $\text{N}_2$ 、He 的盐水流。

(4) 世界上每年都有大量的火山喷发。据测量火山气体中存在大量的  $\text{CO}_2$  和很重的碳同位素，据分析是  $\text{CH}_4$  分解形成的。一般认为来自于下地壳或地幔的沿断裂上来的金刚石，其中所含包裹体封存类似油的化合物，如  $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 $\text{CH}_3\text{OH}$  等，平均每克金刚石的含油量约  $33\times 10^{-5}\text{ g}$ 。

(5) 裂谷带之上的湖水或者海水中甲烷含量很高。在东非大裂谷中的基伍湖的底层水中含有大量的甲烷，其单位体积水的甲烷含量比水体其他部分大  $1\,000$  倍 $\sim 10\,000$  倍。湖底几乎没有沉积物，整个湖区由新的火山岩组成，湖岸还有活火山。湖位于现在活动的大裂谷带，该裂谷带延伸到红海，从红海海底喷出的热卤水中也含有大量的甲烷 (Gold, 1982)。

(6) 地震前或地震发生时会有气体逸出并发生燃烧。Gold (1984) 认为，大地震是深处的高压气流沿断裂突然喷出地表造成的。据报道，大多数地震都伴有气体喷出并发生燃烧。事实上，喷出的气体中只有甲烷和氢气是可燃的。地震的震源深度有的达  $700\text{ km}$ ，有的仅  $5\text{ km}$ 。这些现象说明深处的气体正在不断地沿各种途径（尤其是深断裂）侵入地壳。

## 三、中国东部、中部地区绝大多数油气藏受断裂控制或与断裂有关，西部地区油气藏大多也与断裂有密切的关系

在上述 3 种不同类型的沉积盆地中，由于其构造特征的差异，在油气的聚集上也有明显

的差异,形成了不同类型的油气聚集带,具有不同类型的油气聚集模式。

西部盆地为逆掩断裂褶皱带—中央隆起褶皱带或背斜带—逆冲断裂褶皱带;东部盆地为陡坡断阶带—逆牵引背斜带—中央潜山披覆背斜带或者底辟拱升背斜带—缓坡断鼻构造带;中部复合盆地为逆冲断裂褶皱带—坳陷带—单斜鼻状构造带或平缓背斜带。这些区域性油气富集的共同特征是,断裂控制了绝大多数油气藏分布。

### (一) 断陷型盆地油气藏分布模式

在东部断陷盆地,如渤海湾、南襄、江苏、江汉和北部湾等含油气盆地,中生界具有相似的地质结构、成烃条件和油气藏分布模式。盆地内部凹凸相间排列,由一系列相互分割的箕状断陷组成,在下第三系沉积过程中每个箕状断陷自成一个独立沉积系统、成油单元和油气富集中心。一个箕状断陷自成一个油气藏分布模式,其平面的分布规律是:在断陷陡坡带的内侧同生大断裂下降盘发育以逆牵引背斜油气藏为主,而在其边缘分布以地层超覆油气藏为主,次为断层遮挡岩性油气藏;在断陷缓坡带中部分布潜山披覆背斜油气藏、“坡上山”式古潜山油气藏和粒屑灰岩岩性油气藏,在其内侧的同生断裂的下降盘往往以发育逆牵引背斜油气藏为主,次为断层-岩性和地层超覆油气藏,在其边缘分布以地层不整合油气藏或沥青封堵不整合稠油藏为主,次为断块油气藏;在断陷中发育以古潜山油气藏为主,或以底辟拱升背斜油气藏为主,或者以披覆背斜油气藏为主,次为透镜状岩性油气藏(图1-1-7)。

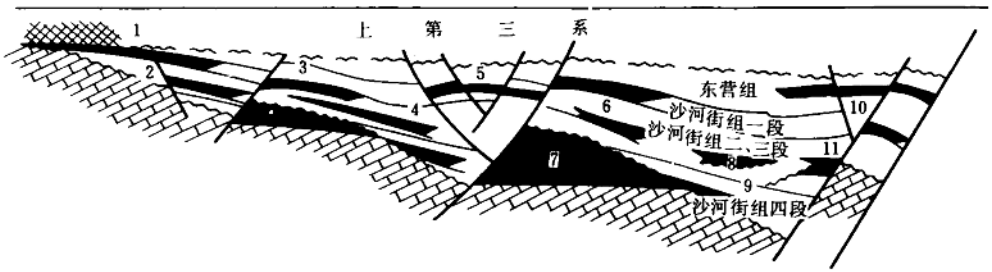


图1-1-7 断陷盆地油气藏分布模式图(据胡见义,1991)

1. 地层不整合(或沥青封闭)油气藏; 2. 断块油气藏; 3. 披覆构造油气藏; 4. 粒屑灰岩岩性油气藏;
5. 挤压构造油气藏; 6. 砂岩上倾尖灭油气藏; 7. 古潜山油气藏; 8. 透镜状砂岩岩性油气藏;
9. 地层超覆油气藏; 10. 逆牵引背斜油气藏; 11. 断层-岩性油气藏

由于断陷的地质结构、块断活动强度、沉积和地层不整合发育特征有一定差异,导致断陷主要含油气结构层系和主要油气藏类型各不相同,形成了多种形式的断陷盆地油气藏分布模式。

#### 1. 以逆牵引背斜和底辟拱升背斜为主体的油气藏分布模式

箕状断陷具有继承性发育特点,在主要成盆时期,断块升降幅度较大,凹陷相对开阔,生油岩规模大、质量好,储集岩体类型多,曾发生三次较大的地层超覆不整合,同沉积构造发育,以逆牵引背斜和底辟拱升背斜圈闭为主,在盆地边缘发育大量地层超覆和地层不整合圈闭,形成了以逆牵引背斜油气藏或底辟拱升背斜油气藏为主,次为地层-岩性油气藏的展布模式。油气主要富集在中部含油气结构层系中,如东营、东濮和辽河东部凹陷(图1-1-8)。

#### 2. 以披覆背斜构造为主的油气藏分布模式

箕状断陷紧邻大型隆起或凸起,在主要成盆时期次一级块断突起发育,由于这些块断体



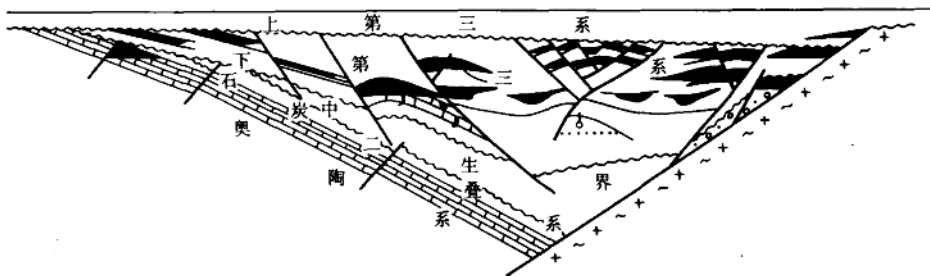


图 1-1-8 以逆牵引背斜和底辟拱升背斜为主的油气藏分布模式图 (据胡见义, 1991)  
(以东苕凹陷为例)

翘起部位在块断活动中潜伏相对较低, 并接受或部分接受渐新统地层超覆, 使之具备一定的生储盖组合条件。在不同级次断块翘倾基础上形成大量披覆背斜, 并有规律地分布在凹陷中部和隆起或凸起的周缘, 围绕生油凹陷, 形成了以披覆背斜油气藏为主, 辅以岩性和古潜山油气藏的展布模式。其中以沾化凹陷披覆背斜为主的油气藏分布模式较为典型, 油气主要富集在上部含油气结构层系中 (图 1-1-9)。

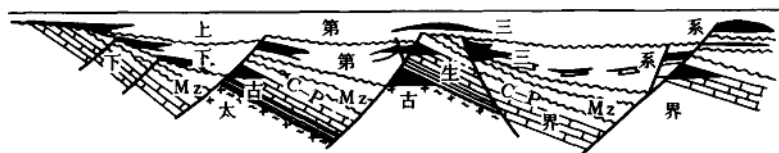


图 1-1-9 以披覆背斜构造为主的油气藏分布模式 (据胡见义, 1991)  
(以沾化凹陷为例)

### 3. 以古潜山圈闭为主的油气藏分布模式

箕状断陷形成在前第三纪块断隆起之上, 块断活动和基岩断裂十分发育, 在断陷形成的同时, 在凹陷不同部位形成多种形式的古潜山圈闭, 在陡坡带为“断阶山”型, 中部为“凹中山”型, 缓坡带为“坡上山”型。这些古潜山圈闭直接被生油岩系覆盖, 使生油岩直接覆盖或以断层面的形式与岩溶块断体直接接触, 组成“新生古储”成油组合, 油气运聚在岩溶体组成的古潜山圈闭中, 形成古潜山油气藏分布模式, 油气主要富集在断陷前含油结构层系中, 如饶阳、霸县和大发屯等凹陷 (图 1-1-10)。

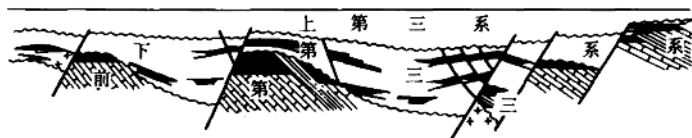


图 1-1-10 古潜山圈闭为主的油气藏分布模式图 (据胡见义, 1991)  
(以饶阳凹陷为例)

### 4. 以地层超覆不整合圈闭为主的油气藏分布模式

箕状断陷具有早凹后抬的特点, 其缓坡带又是一个早期超覆、晚期退覆的古斜坡带, 沿