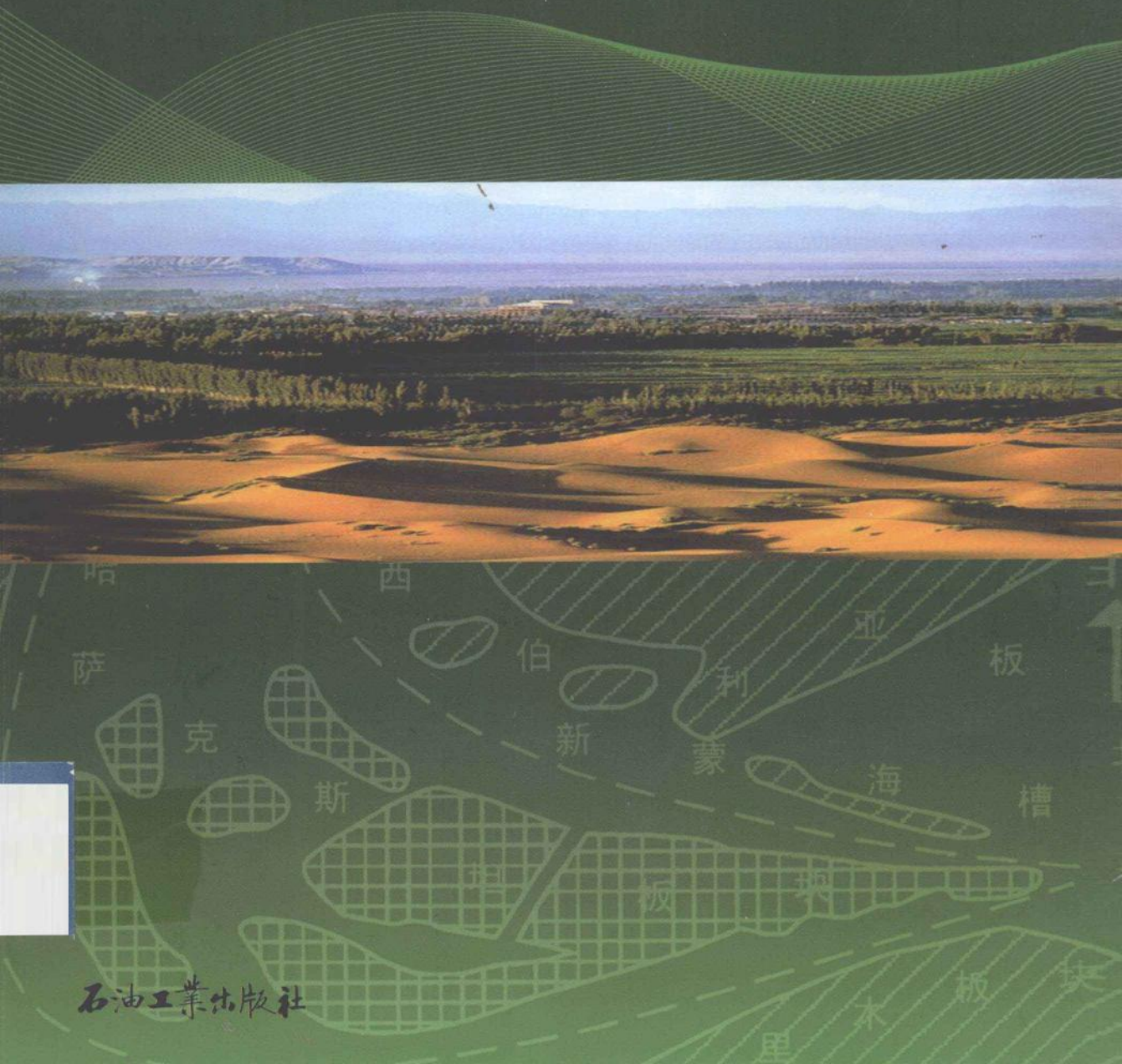


JUNGGAR

准噶尔盆地断裂控油特征 与油气成藏规律

张义杰 著



石油工业出版社

准噶尔盆地断裂控油特征与 油气成藏规律

张义杰 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以准噶尔盆地断裂发育与油气分布研究为基础,通过典型地区断裂控制油气的物理和数值模拟,揭示了准噶尔盆地四种断裂控油气成藏模式,提出了“断裂泵”和“断裂堤坝”控油气概念,阐述了断裂控制油气分布的层次性与多元性。

本书可供油气勘探与研究工作者参考使用,也可作为石油院校师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

准噶尔盆地断裂控油特征与油气成藏规律 / 张义杰著.
北京:石油工业出版社,2009.12
ISBN 978-7-5021-7585-6

I. 准…

II. 张…

III. ①准噶尔盆地-裂隙油气藏-研究

②准噶尔盆地-油气藏-形成-研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 238567 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

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 11.25

字数: 248 千字

定价: 45.00 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

前言

准噶尔盆地是我国西部大型叠合含油气盆地之一，面积约 13 万平方千米，截至目前，盆地内已发现 26 个油气田，主要分布于盆地的西北缘和腹部地区、盆地东部和南缘地区。这些油气藏的分布绝大多数都与断裂作用有关，在平面上主要含油气带都沿断裂带分布，在纵向上“断裂通到哪里，油气就走到哪里”。表明盆地内油气藏的形成和分布与断裂活动有密切关系，断裂的活动对油气运移和聚集成藏起着重要作用。因此，全面深入细致地研究断裂对油气的运移聚集的控制特点和作用机理，对于深化油气成藏机理认识、总结油气分布规律和指导油气勘探，都具有重要理论和实践意义。

断裂控油是一个非常宽泛的论题，从大的方面讲，断裂构造控制盆地的形成、控制沉积相的分布，还控制构造圈闭的发育，前人对此已多有论述，本书将不再涉及。本书关心的核心问题是断裂作为油气运移通道所发挥的作用及其控油特点与规律。就目前这一问题的研究现状来看，绝大多数学者所关注的是断裂的封闭性（或开启性），而实际上，断裂控油的内涵远不止于此，比如断裂活动性质在时间和空间上的变化，在方向、规模和配置关系上的组合等，都直接影响着油气运聚的方式和规模。就准噶尔盆地的情况来看，断裂控油至少在以下 4 个方面都表现出各自的作用和特色。

首先是断裂的时代属性。准噶尔盆地在海西期、印支期、燕山期与喜马拉雅期都有断裂形成，但各期断裂的活动具有明显分区、分层，活动性质也有所差别，因此不同时代的断裂具有不同的控油特点和规律，正是这种根本的差异，导致油气聚集具有明显的分区性和分层性。

其次是断裂的活动方式。不同时代、不同部位的断裂性质变化很大，如海西期活动在腹部地区以逆断裂为主，在准东与西北缘则表现为逆冲作用；印支期断裂活动主要在西北缘，以冲断作用为主；燕山期断裂活动在腹部最明显，以压扭和差异升降为特点；喜马拉雅期断层主要在盆地南缘，主要是逆冲、推覆和滑脱。如此复杂的断裂活动方式，造就了准噶尔盆地丰富多彩的断裂控油模式。

第三是断裂的方向性问题，它不仅决定着断裂能否成为所谓的“油源断裂”，而且决定着油气运移的指向。如印支—海西期断裂主要有 NWW 向，NE 向与近 EW 向 3 组，其中 NWW 向和 NW 向断裂深入玛湖生烃凹陷而成为油源断裂，引导油气向西北缘运聚，而 NE 向逆冲断层则成为油气的主要屏障，使油气在断阶带上呈阶梯状聚集。燕山期和喜马拉雅期的断裂也各具特色，其中腹部燕山期的断裂构造具有显著的垂直输导作用，使源于二叠系的油气在浅部侏罗系—白垩系中成藏。

第四是断裂的规模问题，表现在对运移距离或成藏部位的制约。在准噶尔盆地，大型

断裂带上聚集大型油田，如西北缘印支—海西期断阶带上形成了克拉玛依大油田；多次活动的区域性大断裂往往是油气运移的优势通道，如腹部地区陆南断裂、基东断裂和石西1井南断裂等，对腹部主要油田的形成起关键性作用。

由上可知，断裂控油的内涵是非常丰富的，相关的研究内容涉及到许多方面，仅就对客观事实的了解和总结而言，目前也只是“冰山一角”，至于对机理和规律的阐述，正犹如“盲人摸象”。但面对如此重要且有趣的问题，尽管困难重重，却难以舍弃。因此作者在准噶尔盆地工作期间，在进行学位论文研究期间，不断进行资料积累和研究探索，并在同事和朋友们的帮助下开展了大量分析测试和实验研究工作，才逐渐对准噶尔盆地的断裂控油问题有了轮廓性的认识，现整理出版，以便与大家交流和讨论，共同促进断裂控油理论的深化和发展，并期望能够为其他类似研究工作提供借鉴，对油气勘探有所启发。

本书内容大致分为4部分，各占两章。第一部分是背景资料的介绍，包括研究背景和研究方法（第一章）以及准噶尔盆地的石油地质背景（第二章）；第二部分是对研究区断裂构造及相关内容的总结和深化，系统介绍盆地断裂构造的形成演化历程、分布特点和组合样式（第三章），并以盆地腹部断裂构造为例，从4个方面分析了断裂的输导性问题（第四章）；第三部分是研究断裂构造及其相关的断控体系中流体活动的种种表现及其规律，分为两个方面，一是从无机地球化学的角度，揭示流体活动的踪迹，给出含油气流体活动和运移的直接证据，并以典型断裂和断控油藏剖面为例进行解剖和总结（第五章）；二是应用有机地球化学手段，分析断控体系中油气的来源和期次，对比不同单元油气运聚的异同，并分别以西北缘和腹部地区的典型油藏（剖面）为例进行系统分析（第六章）；第四部分是总结讨论断裂控油的特点、机理和规律，包括物理实验模拟和数值模拟（第七章）以及理论分析与总结（第八章）。

本书的完成自始至终得到新疆油田公司领导和同志们的大力支持和帮助，许多资料都是油田公司，特别是勘探开发研究院的科研成果，并吸收了一些外协单位的研究资料，因此从某种意义上讲，本书集中了集体劳动的成果。值得指出的是，本书一些学术观点的形成与完善，与笔者的导师张一伟教授和金之钧教授的悉心指导是分不开的，另外与胡文瑄教授的多次讨论也使笔者受益匪浅。由于书中资料涉及的单位和个人很多，此处难以一一提及，在此谨向所有关心支持本项工作和为本书付出了劳动或提供了资料的所有同志表示最诚挚的感谢。并欢迎大家提出宝贵意见。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 “断裂控油”研究述评	2
第二节 断裂控油内涵分析	9
第二章 石油地质背景	11
第一节 大地构造背景与盆地形成演化	11
第二节 盆地地壳结构与盆内构造分区	15
第三节 含油气系统特征	18
第三章 断裂形成与演化特征	29
第一节 深浅层断裂体系及构造样式	29
第二节 断裂的形成与演化	42
第四章 断裂输导性主控因素分析	51
第一节 断裂活动特点与输导性	51
第二节 断裂两盘岩性对接关系与输导性	55
第三节 断移地层砂泥比、泥岩涂抹与输导性	59
第四节 断裂主压应力特征与输导性	63
第五章 断裂活动的地球化学证据	71
第一节 断裂活动的矿物学和地球化学记录	71
第二节 西北缘地区不同单元流体活动特点	87
第三节 腹部断控体系流体活动基本特征	93
第六章 典型断控体系油气成藏特征分析	99
第一节 西北缘典型油藏剖面	99
第二节 腹部地区典型油藏剖面	113
第七章 断裂控油成藏模拟实验研究	123
第一节 成藏过程物理模拟实验	123
第二节 成藏过程数值模拟	133

第八章 断裂控油机制与规律	143
第一节 断裂控油方式与机理	143
第二节 断控体系油气成藏模式	149
第三节 断裂控油规律	157
第四节 油气勘探应用	161
结束语	165
参考文献	167
图版说明及图版	170

第一章 绪 论

断裂作用与油气藏的形成分布有着密切的关系。其一,世界众多含油气盆地的对比研究发现,尽管每个盆地的构造发展演化历史、生储盖组合和油气聚集带分布特点存在着非常明显的差别,但它们都遵循一条规律,即油气主要赋存于各种大地构造单元相交叉的部位,其中与断裂有关的构造交会点占相当大的比例。如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,而裂谷盆地中断裂对油气有重要的控制作用,90% 以上的油气藏直接或间接受到断裂的控制(罗群等,1998)。其二,国内油气勘探结果表明,含油气盆地多数构造油气藏的形成和分布与断裂有关,主要含油气带都沿断裂带分布。如塔里木盆地塔北隆起轮台—亚南断裂控制的断凸区与断裂活动有关的圈闭沿断裂带附近呈带状或串珠状分布,圈闭的长轴方向与断裂带走向基本一致。

准噶尔盆地目前已发现了 26 个油气田, 除玛湖凹陷中的个别油藏外, 几乎所有油气田及一批含油气构造都与断裂活动密切相关。平面上表现为油气沿断裂带分布 (图 1-1), 在纵向上表现为“断裂断到哪里, 油气就走到哪里” (图 1-2), 反映了断裂对油气藏控制的显著特征及其丰富的内涵。

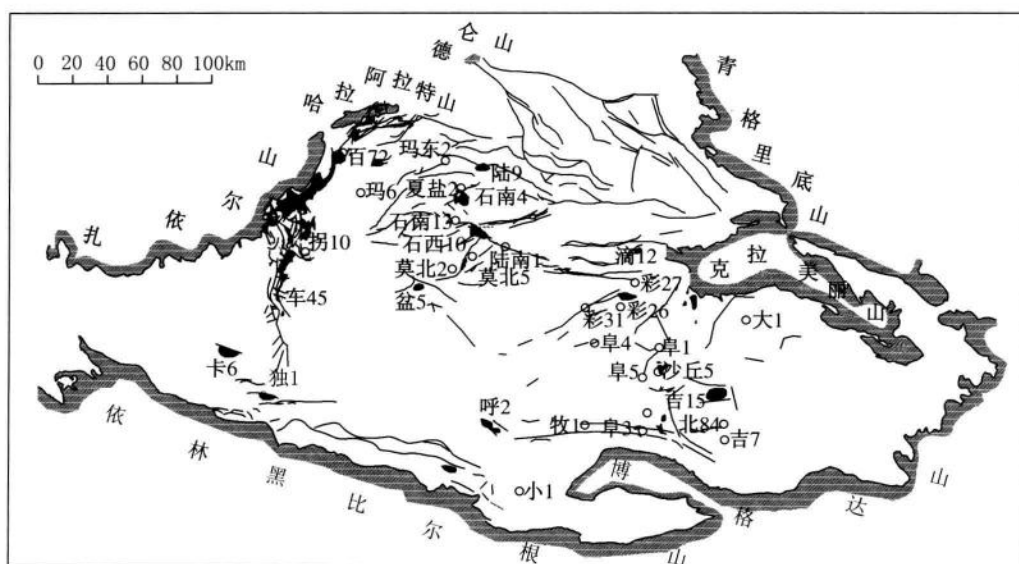


图 1-1 准噶尔盆地断裂与油气田分布简图

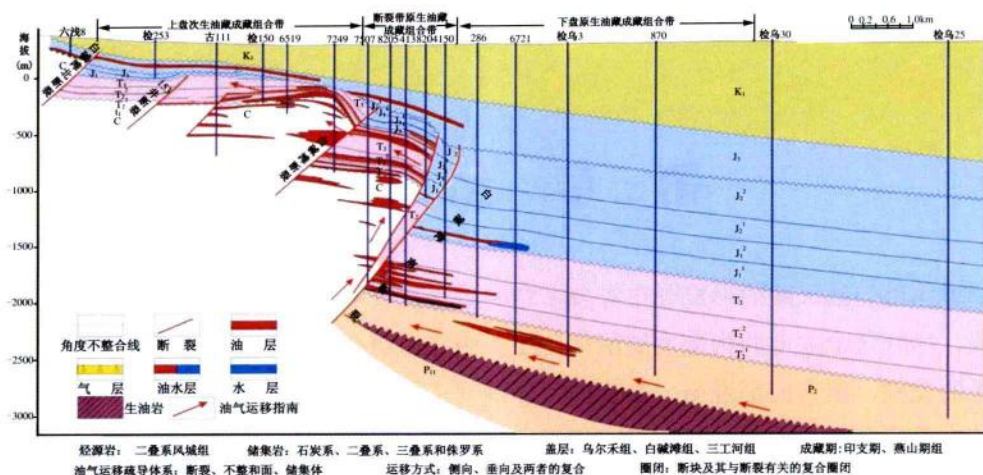


图 1-2 准噶尔盆地西北缘“断裂控油”特点示意图

本书在提出了准噶尔盆地“断裂是控制油气运聚的主要因素”为基本观点的“断裂控油”理论。系统深入地研究了准噶尔盆地断裂对油气运聚的控制特征和机理，对于分析油气成藏过程，总结油气分布规律和指导油气勘探具有重要的理论和现实意义。

第一节 “断裂控油”研究述评

一、研究现状

纵观国内外关于“断裂控油”的研究，大致可以分为两个方面：一是从宏观上讨论断裂对油气形成背景和条件的控制作用，诸如断裂控制着含油气盆地的形成与演化，制约着沉积作用的发育程度、沉积相的展布及生烃中心的迁移，断裂活动还控制着油气运移方向和成藏期次，并可以形成各种圈闭而控制油气聚集部位，等等。许多学者对上述问题进行了研究和讨论（张文佑，1984；闫敦实等，1980；李德生，1981；陈义贤，1985；陆克政，1997），其中罗群等（1998）以中国东部拉张型盆地的断裂控油特点和规律研究为基础，提出了“断裂控烃理论”，并以专著形式进行了比较全面的总结。二是对具体断裂的性质及其控油气能力的分析和解剖，主要集中于对断层封闭性的研究方面。因为断层（带）既可以是烃类运移的通道，也可以阻挡油气前进而形成圈闭，这主要取决于断层（带）在垂向和侧向上的封堵情况，因而关于断层封闭性的研究成为近十几年来国内外研究的热点问题。

断层封闭性研究主要是基于 Hubbert（1953）的圈闭理论发展起来的。早期主要侧重于理论探讨和形成机理方面的研究。最早系统论述断层封闭性的是 Smith（1966，1980）。他认为断层侧向封闭通常由两种方式造成：①断层两盘相对运动造成具不同排替压力的岩性互相对置；②断裂带物质的遮挡作用。他还对断层圈闭能力进行了定量分析，提出了断层封闭的判别模式。Watts（1987）在 Smith 研究基础上，进一步研究了单相烃柱和两相烃柱的断层封闭问题，并用图示法（压力/深度图）进行了分析，推导出了一系列基本方

程,以计算各种情况下两相烃柱的封闭能力。他指出与断层有关的封闭,可以分成断层面本身起作用的封闭(狭义的封闭断层)和封闭单元侧向上与储层砂岩斜接的封闭(斜接断层)。他认为大多数封闭断层都是因薄膜破坏而优先漏烃,而不是由于断层面的水力破裂所致。

在断层封闭机理方面,Weber等(1978)研究了野外露头上生长断层中的泥岩涂抹现象,并把它作为断层封闭的主要原因;Engelder(1974)研究了碎裂作用与断层泥生成的关系,通过野外、镜下和实验观察研究了断层泥中石英的生成与变形特点;Knipe(1993)认为断层封闭效应取决于断层带微组构控制的孔隙度和渗透率,详细论述了断层封闭物的微组构演化和发展过程,把封闭物分为塌陷、胶结物和对置封闭3种形式;分析了影响封闭物的形成时间、封闭能力、连通性和封闭强度及稳定性的因素;Gibson(1994)对Trinidad海岸硅质碎屑岩地层中两个油气田的断层封闭性进行了分析,认为砂岩与泥岩对置并不一定导致封闭,断层封闭主要由断层带内封闭物形成。他还定义了运移期间断层封闭圈闭两种不同的渗漏方式;Antonellini和Aydin(1994,1995)研究了断层作用对断层带物质孔隙度和渗透率的影响及其形成的空间几何形态和变形结构,指出断层作用可以使变形带内砂岩的孔隙度和渗透率降低。认为变形带具有好的几何封闭效应,但不连续的滑动面封闭性较差;Berg(1995)研究了泥岩剪切带的起源、性质以及结构和成分,并对其封闭能力进行了讨论。认为剪切带常常产生在单个断层面附近,断面的封闭能力主要是由剪切带造成;鲁兵等(1996)讨论了异常超压与断层封闭性的关系,认为由异常超压引起的断层封闭最可靠,封闭能力保存时间长。

在断层封闭性预测与评价方面,Bouvier(1989)提出了利用三维地震断层切片技术对断层面两侧的对置岩性进行分析,并用之判别断层的封闭性能;Allan(1989)提出了“断面剖面分析法”,用来说明与断层有关的圈闭和运移。断层的封闭性取决于断层两侧的岩性及厚度、断层的几何形态以及沿走向断距的变化;Knott(1995)在收集北海油田各种封闭性断层的数据基础上,用图示法研究了断层走向、埋深、断距、连通性,砂泥比率和断层年代与断层封闭性间的关系。指出用这些经验关系可以对该地区及其类似地区的断层进行封闭性预测;曹瑞成等(1992)在对封闭性断层研究的基础上提出了早期探区断层封闭性的判别模型——逻辑信息应用法;吕延防等(1996)提出了断层封闭性的非线性映射应用判别方法;Knipe(1997)提出了断层封闭性的“图示分析法”;Yilelding等(1997)提出了“断层封闭性定量分析法”。

在断层封闭与圈闭形成关系方面,Harding和Tuminas(1988,1989)分别研究了逆断层和收敛扭断层的下盘及前陆盆地和裂谷盆地中正断层的上盘形成断层圈闭的可能性,认为走滑断层比逆断层更易造成封闭,逆断层比正断层易于形成封闭;鲁兵等(1996)根据构造模拟实验对断面活动规律与断层封闭性间的关系作了研究,指出断层面在地下是由许多倾角不同的小面组成的,断层位移后会形成封闭段和开启段,因而封闭程度是不一样的;Hooper(1991)研究了流体沿正断层的运移问题,认为由于断层的封闭性使得流体在断层面内呈幕式运移;张义杰等(2002)研究了断裂带及其上下盘储层中含油气流体的活

动特征,认为断层在相对开启时是油气的优势运移通道。

总的来看,目前断层封闭性研究主要集中在两个方面:①断面封闭机理:研究断裂带的变形、几何特征及断裂带物质发生的物理、化学变化造成的封闭能力差别;②断面封闭能力评价方法:一是利用各种地球物理手段获取所需参数进行评价,二是利用各种数据选择适当的数学方法或图示法进行评判。

二、研究方法

1. 地质定性分析法

该方法是所有其他研究方法的基础,对任何类型的断层均适用,包括对研究区断层本身的性质、断层两侧的地层及圈闭的发育特点的系统研究,并结合区域地质背景及成藏历史进行综合分析,进而对断层的封堵特征进行分析,最终确定与断层封堵有关的基本参数,这些参数主要包括以下5个方面。

1) 断层性质

首先要确定所评价的断层是正断层、生长断层、逆(冲)断层还是走滑断层等,不同性质的断层具有不同的封堵性能,甚至还要判别该断层是否有过构造反转。一般而言,逆(冲)断层及走滑—挤压断层易产生碎裂作用和成岩胶结作用,其封堵性能要好于其他类型断层。正反转构造的封堵性能要好于负反转构造。同时还要分析断层性质在地史时期中的转换机制及不同断层段的形变机制等,任何一条断层都不能绝对而简单地说是封闭的或开启的,因为它在时间和空间上是变化的。

一般认为正断层对油气封堵不利,至少在它活动期曾经开启过。但当地层倾角与断层面倾角相反时,即屋脊正断层,则封堵性能总体较好(陈布科等,1997)(图1-3)。对于梨式生长断层,在断层倾角由陡变缓处处于相对挤压,受到地层静压力及上盘下滑产生的剪切压力的相互作用,使该部位易产生碎裂和成岩胶结作用,导致断层的封堵(图1-4)。逆冲断层的有利封堵区发生在断层倾角由缓变陡的转折部位,由于逆冲断层极易造成其上盘的挤压断背斜圈闭油气藏,因而认为对上盘圈闭而言,逆冲断层的封堵意义不大,可能更应强调它的开启性,因为,此类圈闭一旦形成,断层的封堵或开启对它不产生影响,因为油气极有可能通过断层或者其下盘的输导层进入圈闭,只要油源充足,断层开启,油气将会充满此类圈闭。但对下盘圈闭则不同,由于逆(冲)断层的掀斜作用,往往造成断层下盘的圈闭幅度低,不论断层是开启还是封堵,决定此类圈闭是否成藏,在很大程度上取决于油源是否充足、储层厚度是否足够大以及断层的垂向封堵能力(图1-5)。对走滑断层而言,无论是压扭还是张扭,都会在断层面的某个部位产生拉长区和挤压区,当断层区的地层倾角较缓时,可产生较好的断层垂向封堵,而当地层倾角较陡时,可以实现良好的侧向封堵。

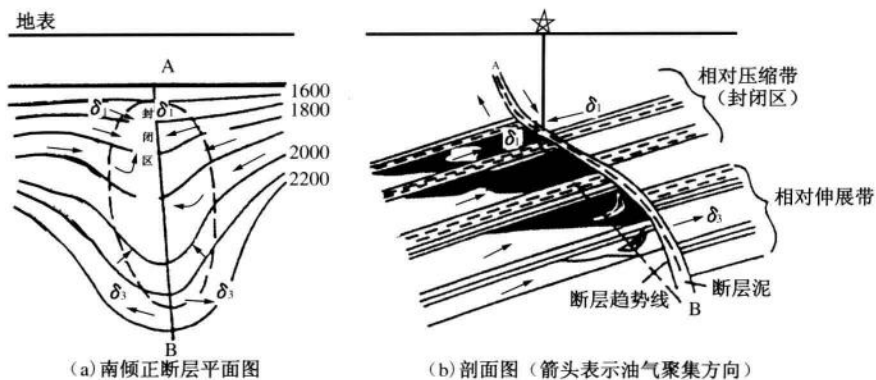
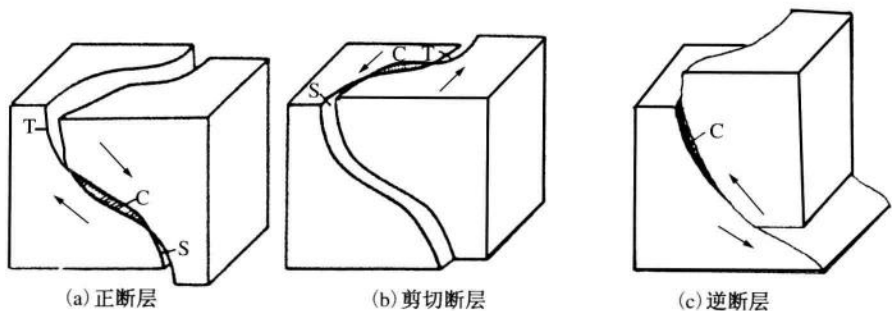


图 1-3 正断层下盘油气封堵机理示意图 (陈布科等, 1997)



T、C、S 分别代表相对伸张带、相对压缩带和相对剪切带

图 1-4 不同性质断裂的断面力学性质 (陈布科等, 1997)

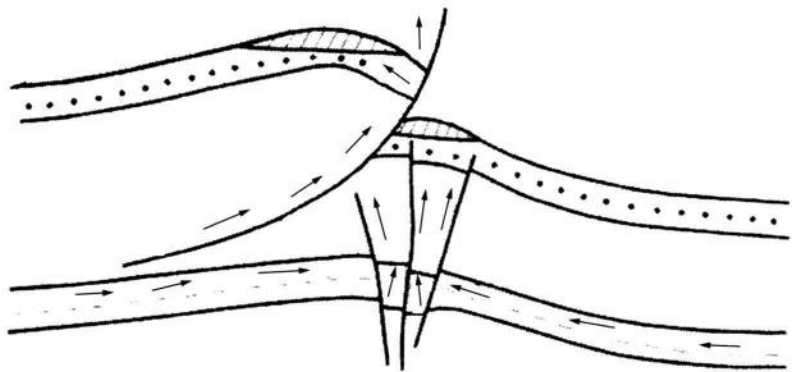


图 1-5 逆(冲)断层的封堵性与圈闭的关系

2) 断距

适当的断距对碎裂作用产生的断层泥及断层两侧的岩性对接有好处, 有利于封堵。但若断距超过盖层厚度时, 就有可能形成垂向开启。

3) 断层的年龄和埋深

年龄越老、埋深越大的断层有利于成岩胶结作用而产生良好的封堵。但当老断层重新复活而发生脆性破裂时, 不论埋深多大, 都有可能被再次开启。

4) 断层与圈闭的关系 (构造样式)

多数盆地油气藏勘探证实, 正断层的下盘以及逆 (冲) 断层的上盘常常形成良好的油气圈闭。这表明这两类断层均存在着较好的侧向封堵能力。相当一部分断背斜油气藏的形成取决于这些断层的开启性质, 它们成藏后, 实际上断裂对它们已不再起主要控制作用。

5) 断层带的含泥量及两侧岩性对接

无论断层性质如何, 断层带中泥质含量越高, 封堵物的毛管压力越大, 则越有利于封堵, 而且它最终决定断层的侧向和垂向封堵能力。如果将断层带看成是一个假象的面, 即它既不封堵也不开启时 (垂向可看做是一种假盖层, 侧向上可认为是一个假通道), 讨论断层带两侧的岩性对接才有意义, 才可建立其并置封堵模式。

2. 地质半定量分析法

可通过编制 ALLAN 剖面图和断层面构造图、建立断层两侧地层并置对接模型、断层面压力计算、泥岩涂抹潜力 (*CSP*)、涂抹因子 (*SSF*) 及断层泥比率 (*CSP*) 计算、建立 *SSF*、*SGR* 与断层两侧地层的压力差关系图、断距与储层厚度关系图, 以及其他各种统计学方法的使用来判断断层的封堵性能。该方法主要以地震和钻井资料为依据。

1) ALLAN 剖面 and 断层面构造图

这是用于断层封堵研究的最基本图件。在编制 ALLAN 剖面时, 如何确定渗透层和非渗透层是关键, 同时应结合断层带封闭作用分析。问题是, 目前所编制的 ALLAN 剖面图并未考虑断层带本身的封闭性, 而是将断层面作为一个既不开启也不封堵的假想面, 这种并置封堵模式决定了断层是否封堵完全取决于其两侧地层的岩性及其对接关系。因此, 该方法解释时要慎重, 其优点是能提供一种快速初步评价, 而无法编制复杂的断层或地层层面图。断面构造图的编制可能需要较密集的地震测网, 最好能有三维地震资料。

2) 断层面压力

断层面某点所受压力 P 的大小可用下面的公式计算:

$$P = H \times (\rho_r - \rho_m) \times 0.009876 \cos \theta$$

式中: P 为断层面某点所受的正压力 (MPa); H 为断层面上该点的埋深 (m); ρ_r 为上覆地层的平均密度 (g/cm^3); ρ_m 为地层水密度 (g/cm^3); θ 为断面倾角 ($^\circ$)。利用该式并结合含砂率值, 可初步建立断层垂向封堵性的评价标准, 进而做出判别。

3) 泥岩涂抹能力、涂抹因子、断层泥比率

泥岩涂抹能力 (*CSP*) 可以判断层的相对封闭程度 (图 1-6 和图 1-7) *CSP* 只适用于断面剪切性涂抹, *SSF* 式适用于压入型涂抹, 对于厚的非均质的碎屑岩层序, 常用 *SGR*。

有钻井和断层构造剖面资料, 上述参数可容易求取, 关键是首先建立已知断层封堵油气藏的类比模型。据国外统计资料 (Yielding, 1997; Bourvier 等, 1989; Jew 等, 1993), *CSP*、*SSF*、*SGR* 的临界值分别为 10%, 7% 和 20%, 即当 $CSP > 15$, $SSF < 6$,

$SGR > 20\%$ 时, 断层具封堵性, SGR 、 CSP 值越大, SSF 值越小, 断层的封堵性越好。

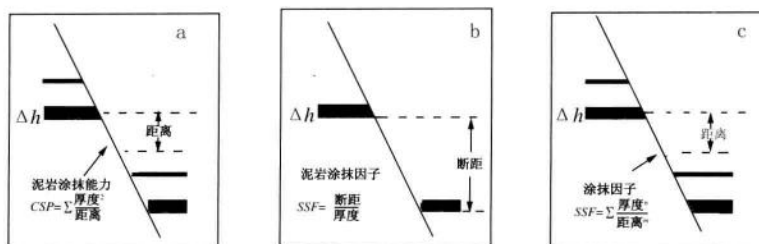


图 1-6 断层泥岩涂抹能力 (CSP) 和涂抹因子 (SSF) 算法 (Yielding 等, 1997)

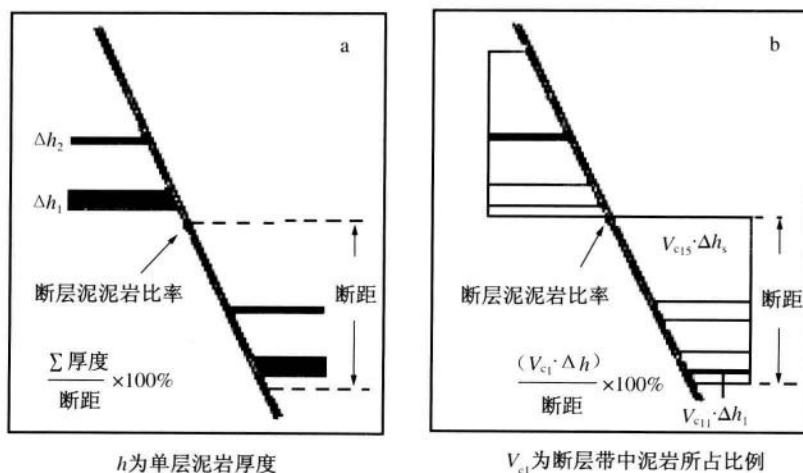


图 1-7 断层泥岩比率 (SGR) 算法 (Yielding 等, 1997)

4) 数学方法

用数学方法评价断层的封堵性, 国内外学者做了较多的尝试 (吕延防等, 1995; 曹瑞成等, 1992; 孙宝珊等, 1994), 如概率法、模糊判别、非线性映射及逻辑信息法等。无论哪种方法, 关键是选择合适的计算参数、详细剖析研究区断层封堵油气藏的地质条件, 建立适合于所研究地区的预测和评价模型。只有这样, 数学方法才能成为一种有益的手段。

(1) 逻辑信息法 (曹瑞成、陈章明, 1992)。

该方法主要是利用二维变量的逻辑信息研究断层封闭性, 是以数理逻辑、组合分析及数理统计为基础的一种综合数学分析方法。基本原理为: 按影响断层封闭性的各种地质因素用 0 和 1 数据表示, 认为具有相同封闭能力的断层只有类似的地质条件, 即类似的影响因素。通过对标准对象 (典型已知封闭性断层) 影响因素的逻辑运算, 筛选出最重要的地质参数, 并计算各参数的权重, 即各影响因素在断层封闭性中贡献的大小。最后得到由各参数权重构成的断层封闭条件判别模型。根据模型中参数要求, 对未知的封闭性断层选择变量并赋值, 经计算后便可达到判断封闭性的目的。该方法主要用于勘探早期阶段。

(2) 非线性映射分析法 (吕延防, 陈章明, 1996)。

非线性映射分析是一种几何图象降维的数学方法, 该方法通过某种非线性数学变换后, 把高维空间图象转换成低维空间图象, 要求变换后仍能近似地保持原图象的几何关系, 由此在低维空间中直观地看到一些高维样品相互关系的近似图象。

(3) 概率模拟法 (吕延防等, 1996)。

将断层封闭性分为侧向封闭性和垂向封闭性两部分, 利用断层两盘砂泥对接概率的方法研究断层的侧向封闭程度, 利用断面压力计算法研究断层封闭程度; 将二者分析结果结合起来判断断层的封闭能力。

3. 地球化学方法

用地球化学方法评价断层的封堵性目前主要集中于通过研究断裂带及其上下盘储层中古流体的活动特征来判别断裂在历史时期是否有含油气流体通过 (张义杰等, 2002)。古流体的研究以流体包裹体和流体—岩石反应产物或沉淀物 (胶结物、填隙物、脉体及自生矿物) 为对象进行, 通过各种测试手段与技术揭示含油气流体的特点与活动规律 (表 1-1)。

表 1-1 古流体研究内容方法简表

研究目的	流体包裹体 (盐水包裹体、有机包裹体)	水—岩反应产物 (胶结物及自生矿物等)
流体的性质 (成分、温度和压力等)	温度: 均一温度 (T_h), 同位素平衡法	
	压力: 沸腾包裹体法, CO_2 包裹体法	
	成分: 冰点盐度确定法; 群体包裹体成分分析; 单个包裹体激光拉曼分析; 有机组分傅立叶红外分析	
流体来源与活动期次	氢—氧同位素 (H_2O): $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 气体同位素 (CO_2 、 CH_4): $\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{13}\text{C}$ (碳酸盐类矿物) 微量元素, 同位素
	包裹体类型与组合, 温度分布, 成分变化	伊利石/高岭石 K—Ar 法、 Rb—Sr 法

4. 计算机处理技术

包括构造应力场模拟、流体场模拟、成藏物理实验模拟、地震资料的特殊处理以及计算机模拟软件等技术方法, 它们具有快速、直观、量化等许多优点。这些方法对于定量评价断层的封堵性具有一定的辅助作用。

但需要指出的是, 计算机处理技术是基于地质模型和数学模型的基础上的, 模型的好坏将直接影响模拟结果的可信度。此外, 地质模型的建立也有赖于基础地质资料的详细程度和可信度, 由于石油地质条件复杂, 有时要建立符合实际的地质模型和数学模型相当困难, 只好采用简单和理想化的模型取而代之, 这样势必影响模拟的结果。尽管如此, 计算机处理技术仍应成为研究中的一种重要的辅助手段。扎实的地质基础研究与合理的数学方法和计算机处理技术相结合, 将是综合评价断层封堵性的简便、快速而可行的方法。

第二节 断裂控油内涵分析

对客观现象的总结必然会上升为理论,理论的升华反过来指导客观实践。准噶尔盆地油气藏的形成与分布和断裂有着密切的关系,必然有其内在的原因和规律。单从断裂发育程度来讲,其他盆地也并不缺乏,为什么在准噶尔盆地断裂控油表现得如此突出?油气无论在横向上还是在纵向上都可以运移很长的距离,这在中国东部陆相盆地中是没有的。仅仅从断裂发育本身的研究似乎不能够解决这一问题,应该从更广的视野和更深层次上进行深入研究和认识。总结主要的断裂控油模式,从这些模式中提升出具有共性的东西,进而与基础学科的理论相结合,总结出普遍意义的理论认识,这对于指导今后的勘探工作,乃至对于其他具有相似构造格架的盆地,都具有重要意义。

断裂(带)对油气运移既起输导作用,也起遮挡作用。到底起什么作用,取决于断裂(带)有关特征的时空变化情况。对于与具体断裂有关的油气藏形成而言,输导与封闭同样重要,输导是成藏的前提,封闭是成藏的保障。实际上就准噶尔盆地情况而言,无论是正断层、逆断层或是走滑断层附近,都可以成为油藏的聚集场所。因此,各种类型、规模的断裂都曾一度或数度开启过,封闭性的研究不及研究断裂如何控制油气运聚更具有现实意义,油气藏作为某一时空点上地质作用动态平衡的产物,表现出聚则不运、运则不聚的矛盾过程。故断裂控油的研究应该从封闭性的研究拓展开去。要了解油气藏的形成、分布与演化,不仅要研究断裂的封闭性,更要研究断裂的输导作用。因此,“断裂控油”的核心就是对“油气运移”的控制(图1-8)。

“控”主要是指“影响”,“输导”或“控制”,其意义逐渐增强。这就涉及到影响或控制的“范围”、“方向”、“层系”与“程度”,这是需要探讨的4个主要方面。就对“油气运移”的“控制”来讲,“范围”是指平面上运聚格局或油气运移的最大外边界;“方向”是指在该范围之内,断裂带活动所产生的优势运移方向,它们限定了有利的油气聚集带;“层系”是指剖面上断裂带控油的区间,或者说油气聚集区间,有的断层并未断开区域封盖层,区域封盖层上下的油气聚集将受不同断裂带的影响;“程度”是指断裂带对油气运移的制约程度,因为总体运移格局受断裂与不整合及流体势的多重控制,断裂参与控制的程度在不同构造单元是不一致的。上述4个方面都随着时间的演变而不断改变。

分析的实质就是找出“在关键的地质历史时期这些关键性的断裂带要素,它们对油气运移施加了哪种方式的影响以及影响到何种程度”。油气从生烃区到聚集区(带)的运动过程或范围界定了含油气系统的形成时间与展布范围。断裂带对油气形成与分布的影响主要是通过改造或影响含油气系统的地质作用来实现的。断裂是油气运移的优势通道。因此,对油气运移的讨论,将从时期,方向,方式与距离等4个基本方面来展开(图1-9)。这种研究将以含油气系统的形成与演化为基本背景,讨论断裂带对油气优势运移时期,优势运移的方向,方式与距离等4个问题,达到对油气藏分布规律的探索。

本书所讨论的和即将分析的“断裂控油”问题就是: 断裂带的形成与演化及其结构特

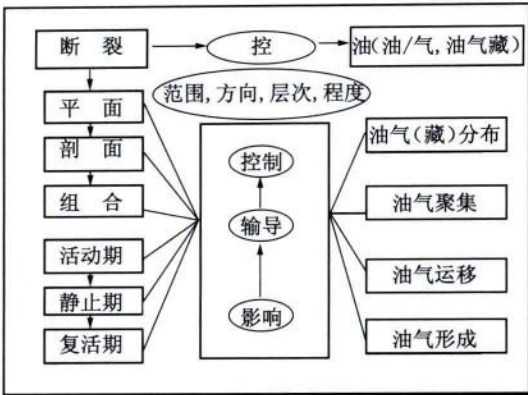


图 1-8 断裂控油的内涵图解

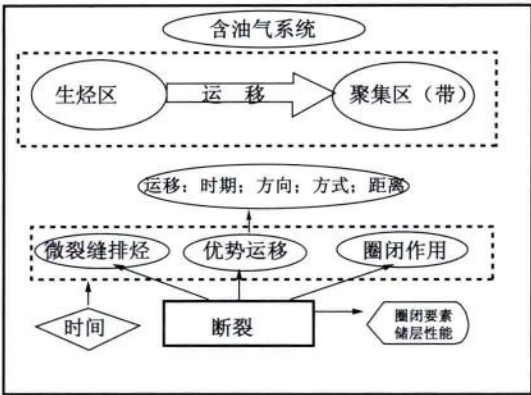


图 1-9 “断裂控油” 基本研究思路

征对油气运聚的影响与控制。采用宏观着眼，微观解剖的方法，以盆地西北缘红车断裂带和腹部陆梁隆起西段的石西、石南、莫北油气区为重点解剖对象，从分析全盆地断裂格架出发，首先指明断裂的形成演化基本特征；在此基础上，应用地质半定量方法评价断裂的输导性，利用流体地球化学方法研究断裂控油输导体系中含油气流体的活动特点；采用成藏物理模拟与数值模拟相对应的办法来重演断裂控油体系中油气藏形成的动态过程；最后，由点到面推广断裂控油的规律，建立适用于盆地的油气成藏模式。