

深大断裂与大气田的关系

中国西部克拉通盆地与中亚卡拉库姆盆地天然气地质比较研究之二

张景廉 王新民 赵应成

曹正林 卫平生 郭彦如 马龙

(中国石油天然气集团公司西北地质研究所 兰州 730020)

摘要 讨论了我国西部塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地和中亚卡拉库姆盆地的深大断裂与天然气田的关系。指出:中国西部克拉通盆地与东部裂谷盆地一样,深大断裂起了天然气运聚的通道作用;天然气可能来自深部地壳或上地幔。认为:弄清这种关系对未来大气田的勘探将有指导意义。

关键词 克拉通盆地 深大断裂 大气田 勘探

1 引言

新中国成立以来的近50年里,我国油气勘探的成就举世瞩目,我国已跻身于世界石油大国行列。油气勘探的实践需要总结提高,而未来勘探的严峻形势也迫切需要将实践上升到理论,并用以指导勘探实践。事实上,近年来我国石油界也确实推出了一批有份量的总结性论著,系统地论述了中国油气的分布规律,如王涛等(1997)^[1]、王涛(1997)^[2]、冯福恺等(1996)^[3]、戴金星等(1995~1997)^[4~6]、陶明信(1998)^[7]、罗志立等(1997)^[8]、罗志立(1997)^[9]、张文昭(1997)^[10]等论著。国外也有不少总结性的专著^[11~13]。张子枢(1990)总结了国外大气田的分布规律^[14]。

在油气田的诸多控制因素中,深大断裂逐渐被人们所认识。俄罗斯的加弗里什较早地总结了深断裂与油气运移聚集的关系^[15]。郭占谦等(1996)论述了东部裂谷系含油气盆地深大断裂与油气藏分布的关系,并指出,查明深大断裂的分布是提高勘探成功率的重要途径^[16]。众所周知,准噶尔盆地的克一乌断裂带控制了克拉玛依油气区^[17],吐哈盆地的油气则几乎全部受控于弧形断裂系统^[18],莺歌海盆地—琼东南盆地的崖13-1,东方1-1等大气田也与著名的1号断层有关^[19]。

本文讨论了中国西部克拉通盆地(塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地)与中亚卡拉库姆盆地的深大断裂与天然气田的关系。研究表明:中国西部克拉通盆地与东部裂谷盆地一样,深大断裂起到了天然气运聚的通道作用;卡拉库姆盆地的天然气田沿深大断裂呈串珠状分布;上述盆地的天然气可能来自更深部地壳或上地幔。认识深大断裂与大气田的关系对未来天然气勘探将有指导意义。

2 深大断裂与大气田

2.1 塔里木盆地

塔里木盆地的油气藏与断裂的关系已为众多石油地质学家所重视。王秋明等(1992)在总结 40 年塔里木石油勘探实践时总结了两条重要规律:一是油气田或出油气井无一例外地出现在断裂附近,距离不超过 30 km;二是这些断层断开的最高层位也是油气藏出现的最高层位^[20]。黄有元(1994)也总结出,断裂断到什么层位,油气就富集到什么层位,油气在垂向上的运移富集高度,完全受断裂控制^[21]。梁狄刚等(1998)指出,在塔北隆起,气源断层的存在至关重要,沿断裂带寻找凝析气藏是一个重要勘探方向^[22]。

深入研究表明,在塔里木盆地,断裂体系是有其一定的演化序列及演化历史的。根据对塔里木盆地 110 条断裂统计分析表明,盆地的断裂演化序列经历了:①加里东期的正断层世代;②海西期的逆冲断层世代;③印支—燕山期的逆冲走滑断层世代;④喜山期的逆冲—滑脱—走滑断层世代,其中海西晚期的断裂活动最为发育^[23,24]。上述对断裂体系的地质分析与我们对塔里木盆地固体沥青的 Pb、Sr、Nd 同位素年代的研究是一致的。塔里木盆地固体沥青的 Pb—Pb、Rb—Sr 等时线年龄表明,盆地至少有两次运移事件,一次为 440 Ma 前,另一次为 250 Ma 前。同位素年龄说明塔里木盆地原油的运移作用与重大地质构造事件相耦合^[25,26]。

但是什么样的构造模式有利于油气的聚集呢?周兴熙等总结了这方面的规律。图 1、图 2、图 3 描述了塔北、塔中两个隆起带上油气运移、聚集模式(图 1~3)。

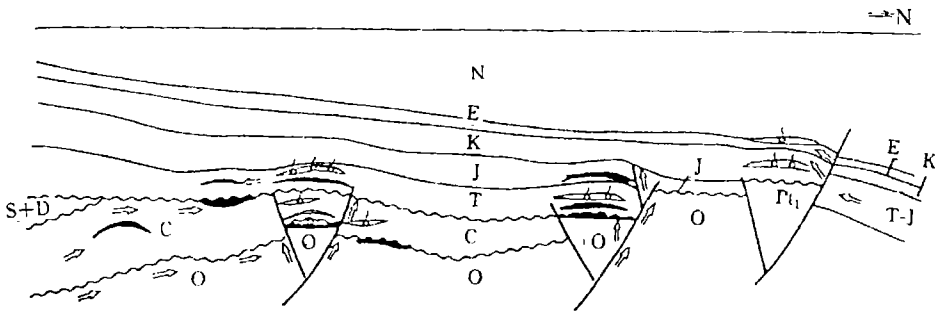


图 1 塔北隆起油气运移、聚集模式^[27]

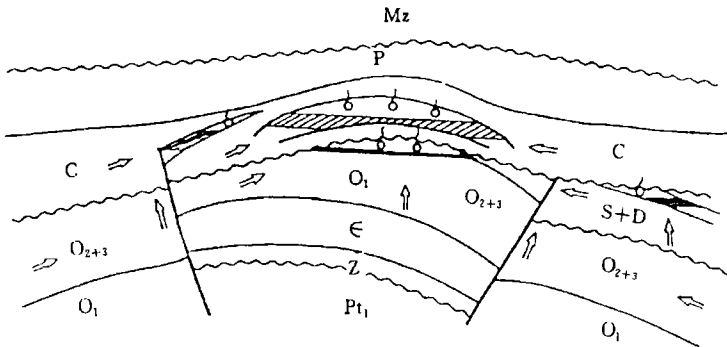


图 2 塔中隆起油气运移、聚集模式^[27]

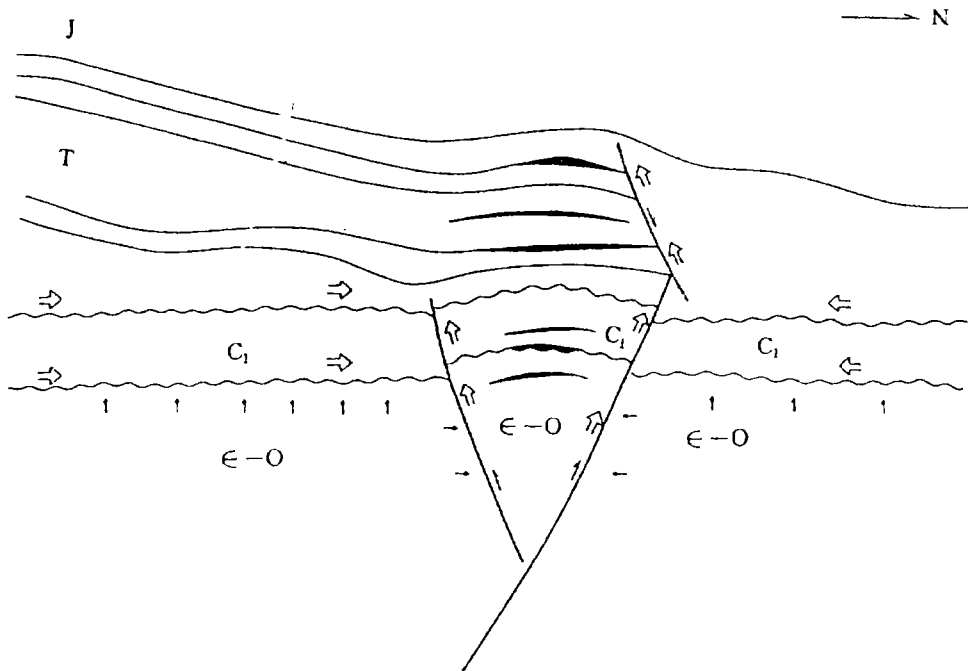


图3 阿克库勒断层油气运移示意图^[23]

上述模式表明断裂带主要分布在盆地的古隆起带上,而事实上,古隆起带的油气聚集需要与断裂构造相耦合。

谢晓安等(1997)指出,基底卷入型的背冲构造样式是最有利的油气聚集形式,目前已发现的5个断裂带(轮南、轮台—沙雅、塔中1号、玛扎塔克、色力布亚断裂带)均属此类,而塔中1号、桑塔木、轮南等背冲构造已成为重要油气田。据统计,目前在塔里木盆地已发现的油气藏中,90%以上均与断裂而且主要是压扭断裂有关^[28]。

胡见义^[29]等在自己总结的塔里木盆地油气藏分布模式(图4)中指出,断裂构造使油气藏的形成跨越两种(或多种)构造运动体制。胡见义等还认为,鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地古潜山油气藏也是如此^[29]。

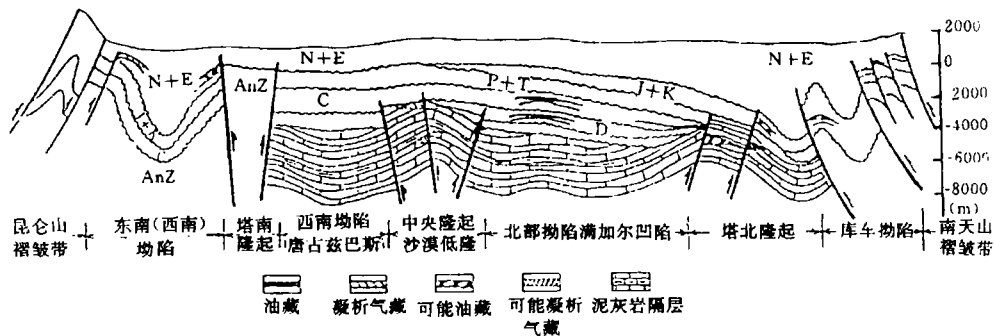


图4 塔里木盆地油气藏分布模式图^[29]

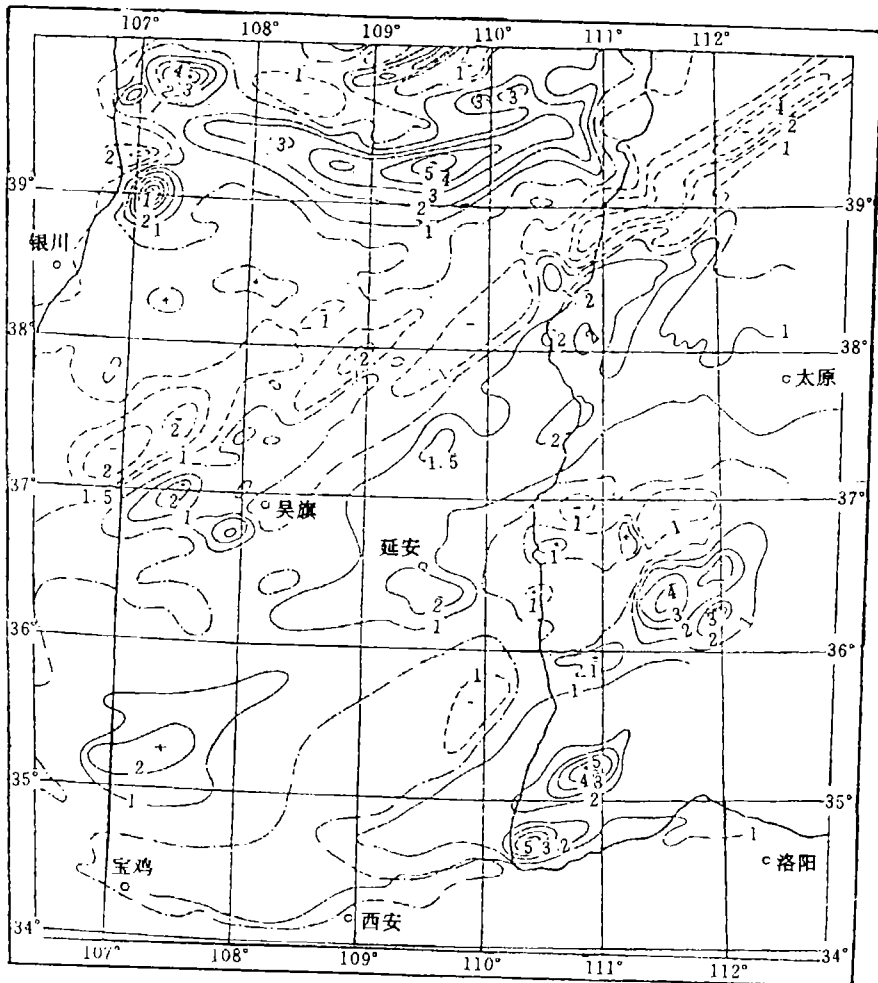


图5 鄂尔多斯盆地航空磁测 ΔT_a 等值线略图^[30] (等值线间距 100r)

李庆忠 1997 年指出,发现玛扎塔克断裂带是塔里木油气重大发现的“大前夜”,并认为,玛扎塔克断裂带是塔里木的“克-乌断裂带”^①。1997 年年底的油气勘探证实了这一看法。

2.2 鄂尔多斯盆地

鄂尔多斯盆地稳定的地质特点使地质学家们很难在盆地内部的层间看到不整合,并使勘探家面对 20 万 km^2 的大单斜无从下手。

朱英(1983)较早注意到了鄂尔多斯盆地中部的大同、吴旗壳深大断裂带,并指出,这是一种变质杂岩体内的缝合线,属壳深大断裂带(图 5)。这种掩埋了的断裂带,正是油气垂向运移的通道。他还提到,在大同-吴旗焊接缝合线之间,还存在一条大致与它平行的线性升高的低级正磁异常,它可能意味着有长垣型的基岩隆起^[30]。朱英提到的基岩隆起可能就是我们所说的古隆起^[11]。90 年代发现的气田的分布与此古隆起、基底断裂的展布相一致。

2.3 四川盆地

总结四川盆地几十年天然气勘探的规律,它们是:“一条裂缝一个矿”。深入研究表明,卧

① 李庆忠. 按科学程序发展石油工业. 石油天然气总公司会议文献, 1997, 3.

龙河、中坝气田在深部均有深大断裂与储层连通(图6、7)。卧龙河气田受元古代基底的断裂所控制^[32]。

最近的研究表明,在鄂尔多斯盆地和四川盆地,均发现有北东向的基底断裂,它们对盆地的沉降和岩相的分异起着控制作用。我们认为,对天然气田分布的控制则取决于基底断裂与上覆盖层断裂的立交及复合。

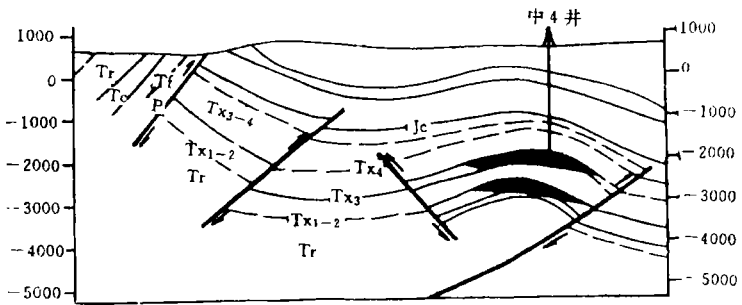


图6 卧龙河气田横剖面(据中国石油地质志卷十)

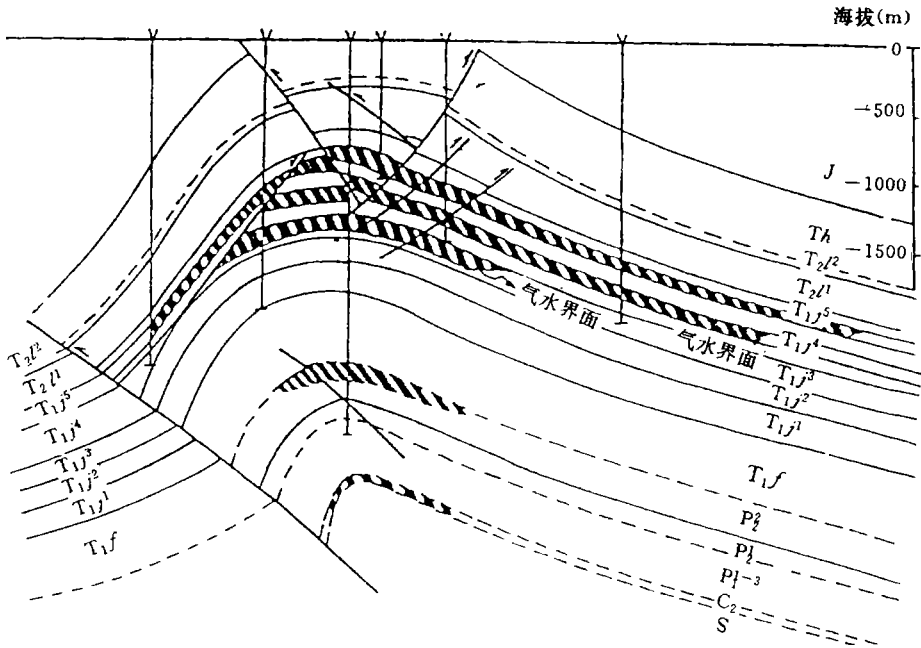


图7 中坝潜伏构造 X-477-491 测线横剖面(据四川石油管理局地调处)

2.4 卡拉库姆盆地

从维索斯基编制的卡拉库姆盆地主要构造单元和大气田分布图(图8)上可以看出,盆地主要有东西向、南北向、北西西向这三组大断裂带。阿恰克大气田、沙特利克大气田、道列塔巴赫大气田(以上气田在土库曼境内)、古古尔特利、加兹里、坎迪姆、萨曼切佩、坚基兹库列、乌尔塔布拉克、泽瓦尔迪、帕穆克、舒尔坦等大气田(以上气田在乌兹别克境内)等大气田就沿这些断裂带分布。

而在卡拉库姆盆地的地质剖面图上,我们也看到了切割基底的深大断裂在盆地内的广泛分布(图9)。

加夫里洛夫对图兰地台(卡拉库姆盆地所在的地台)区域性断裂带与油气分布关系的研究表明,在热特拜—乌津断裂带的15~20 km 范围内,油气储量最大,而在布哈拉断裂带,最大储量产在靠近断裂带内^[15]宽20 km 的地方。

另外,如西西伯利亚盆地区域性的南北大断裂带(格丹—鄂木斯克断裂)控制了盆地的

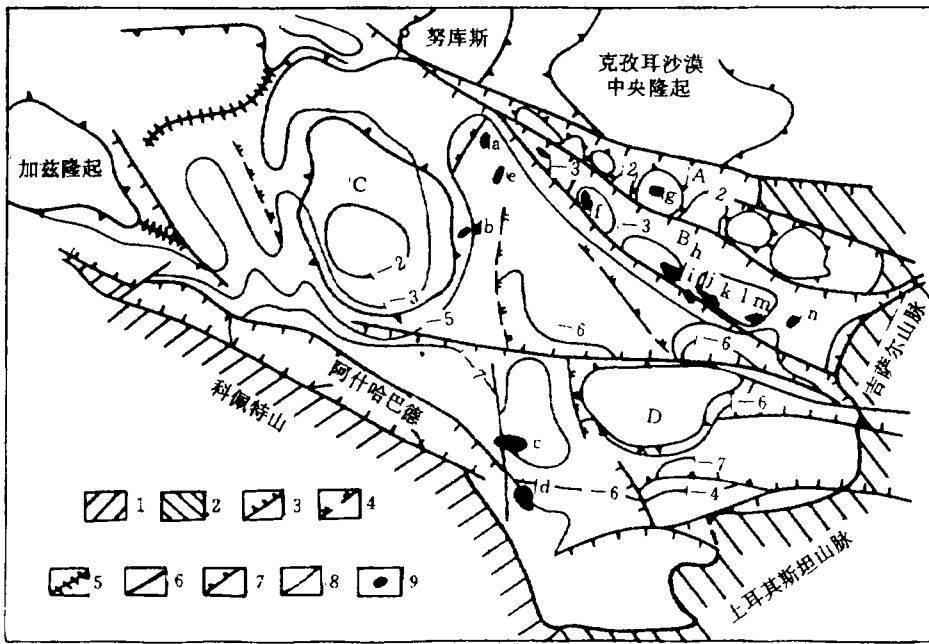


图8 卡拉库姆盆地主要构造单元及大气田分布图^[13]

1. 褶皱山系; 2. 地台褶皱带; 3. 大断裂带; 4. 断层; 5. 隆起带; 6. 盆地边界; 7. 局部隆起; 8. 基底等深线 (km); 9. 大气田; A. 布哈拉台阶; B. 查尔朱台阶; C. 中卡拉库姆隆起; D. 木尔加伯凹陷; a. 阿恰克; b. 基尔皮奇利; c. 沙特利克; d. 道列塔巴德; e. 奈普; f. 古古尔特利; g. 加兹里; h. 坎迪姆; i. 萨曼切佩; j. 坚基兹库列; k. 乌尔塔布拉克; l. 泽瓦尔迪; m. 帕穆克; n. 舒尔坦

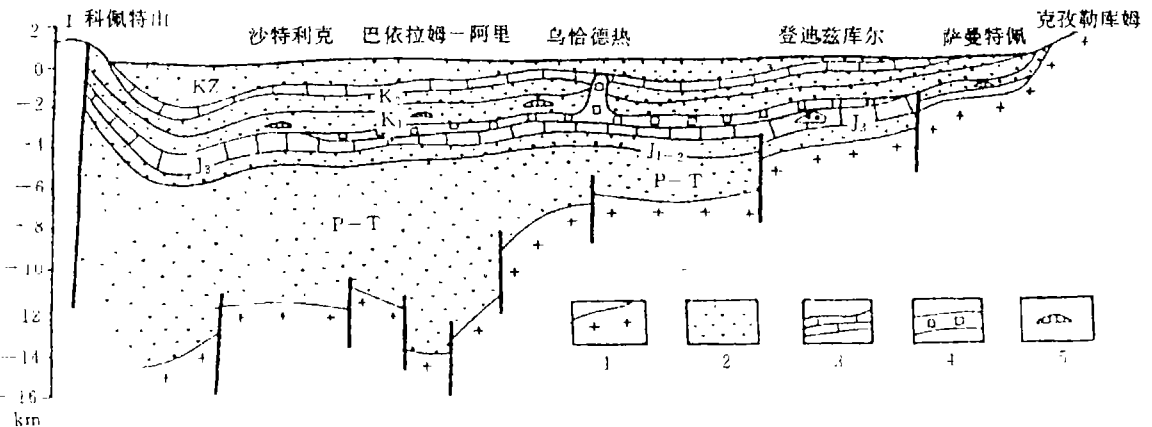


图9 卡拉库姆盆地阿姆河拗陷地质剖面图

1. 变质基底; 2. 碎屑岩层; 3. 碳酸盐岩层; 4. 膏盐层; 5. 气藏;

P-T. 二叠-三叠系; J₁₋₂. 中下侏罗统; J₃. 上侏罗统; K₁. 下白垩统; K₂. 上白垩统; K_z. 新生界

主要大气田的分布, 从北到南, 这些大气田依次是: 乌连戈伊、古勃金、共青团城、苏维埃、麦维热、北瓦修甘、米尔往诺、麦热夫、维谢洛夫等大气田^[13]。

3 讨论

在这里, 我们从另一角度来讨论(油)气的来源, 即油气能否通过深大断裂带从深部垂直

向上运移、储集的问题。

库德良采夫(1964)指出,油气富集常都依附于深大断裂带。他还认为,深大断裂不仅控制着油气藏的分布,而且控制了构造圈闭乃至储集岩的分布。

加弗里什指出,深断裂不仅是地球能量和地幔物质的通道,而且也是深部烃类向地壳运移的唯一通道^[15]。

维诺格拉多夫(1964)认为,在全部地质历史过程中(45~50 亿年),地幔中所含 5%~10%的水,Na、Cl、Ar 和大约 1.5%的烃类曾被带到大气圈、水圈,地壳和地幔的深部脱气作用主要与构造活动带有关,这种活动带的特点是广泛发育深断裂、强烈的地震及火山作用。

波尔菲耶夫(1967)指出,在克里罗日铁矿区所看到的克里罗日耶—科马利奇深断裂内前寒武石墨矿脉石英壁上的石油,正是 20 亿年前沿断裂带运移而来的深成的、非生物成因的石油。

朱英(1983)论述了壳深大断裂与油气储集的关系,并把这种壳深大断裂视为焊接缝合线,同时预测我国塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地的中央壳焊缝有重要的油气意义^[30]。90 年代,鄂尔多斯“三边”地区中部大气田的发现,证实了朱英的预测。

近年来,地球物理资料的深部层析成像的解析与同位素地球化学填图方法为揭示深部构造界面提供了强有力的工具。相比而言,地球物理方法对揭示岩石圈的冷区与热区比较有效,而地球化学方法对揭示先前岩石圈拼接界面则十分成功。秦岭造山带深浅构造的立交模型的研究便是一个成功范例^[34]。

张恺系统地论述了中国油气分布与板块构造、深部构造的密切关系^[35,36]。朱炳泉等研究了大型—超大型矿床的分布与地球化学边界的关系,强调了深部、浅部构造立交的控制作用^[37,38]。张恺指出,当浅部构造为挤压剪切构造时,主要为金属矿床的岩浆作用与动力变质改造成矿作用,碳以石墨形式出现,当浅部构造为断陷盆地时,不但可以形成金属矿床,而且更主要的是形成油气田,如渤海湾盆地浅部构造表现为 NNE 向的断陷盆地,以形成油气田为主。

前苏联地质学家有两点经验很值得借鉴:一是强调在古老板块与年轻板块的结合部位找油气,认为这是形成大型油气聚集带的先决条件;二是认为最古老的前古生代断裂系统和最年轻的新生代断裂系统的交叉带最有利于天然气的聚集(如蒂曼—伯朝拉盆地)。后者与我们提出的立交模型不谋而合。

因此,在讨论深大断裂与大气田关系时,如果利用深部、浅部构造的立交模型,则不仅很好解释了油气田的定位,而且可用于指导深部油气藏的勘探^①。

参 考 文 献

- 1 王涛,王捷,吴铁生,等. 中国东部裂谷盆地油气藏地质. 北京:石油工业出版社,1997. 196.
- 2 王涛主编. 中国天然气地质理论与实践. 北京:石油工业出版社,1997. 285.
- 3 冯福恺,王庭斌,张士亚,等. 中国天然气地质. 北京:地质出版社,1996. 355.
- 4 戴金星,宋岩,戴春森,等著. 中国东部无机成因气及其气藏形成条件. 北京:科学出版社,1995. 212.
- 5 戴金星,宋岩,张厚福. 中国大中型气田形成的主要控制因素. 中国科学,1996,26(6):481~487.
- 6 戴金星,王庭斌,宋岩,等著. 中国大中型天然气田形成条件与分布规律. 北京:地质出版社,1997. 300.

① 朱炳泉,张景廉,等. 中国大中型油气田分布规律探讨. 1998.

- 7 陶明信. 中国含油气区大地构造环境与天然气形成条件. 天然气地球科学, 1998, 9(1): 1~15.
- 8 罗志立, 田作基. 试论中国大陆经向和纬向石油富集黄金带. 石油学报, 1997, 18(1): 1~9.
- 9 罗志立. 中国大陆纬向石油富集带地质特征. 新疆石油地质, 1997, 18(1): 1~6.
- 10 张文昭主编. 中国陆相大油田. 北京: 石油工业出版社, 1997. 1038.
- 11 哈尔布特 M. T 著. 大油田地质学. 中国科学院兰州地质所译. 兰州: 甘肃人民出版社, 1978.
- 12 涅斯捷罗夫 И. И. 著. 大油气田在地壳中的分布规律. 李泰明译. 北京: 石油工业出版社, 1980. 212.
- 13 维索斯基 И. B. 著. 天然气地质学. 戴金星, 等译. 北京: 石油工业出版社, 1986.
- 14 张子枢编. 世界大气田概论. 北京: 石油工业出版社, 1990. 76~79.
- 15 加弗里什 B. K. 著. 深断裂在石油及天然气运移和聚集中的作用. 金衍泰译. 北京: 石油工业出版社, 1988.
- 16 郭占谦, 肖德铭, 唐金生. 深大断裂在油气藏形成中的作用. 石油学报, 1996, 17(3): 27~31.
- 17 谢宏. 准噶尔盆地西北缘逆掩断裂区带的含油特点. 见: 北京石油地质会议报告论文集. 北京: 石油工业出版社, 1987.
- 18 吴涛. 吐哈盆地煤成油气田形成和分布. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- 19 张启明主编. 莺歌海盆地石油地质论文集. 北京: 地震出版社, 1993. 144.
- 20 王秋明, 张纪易. 塔里木盆地四十年油气勘探的回顾展望. 见: 童晓光, 梁狄刚主编. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992. 1~16.
- 21 黄有元. 塔里木盆地油气富集规律的初步认识. 见: 康玉柱, 陆青主编. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994. 58~67.
- 22 梁狄刚, 顾乔元, 皮学军. 塔里木盆地塔北隆起凝析气藏的分布规律. 天然气工业, 1998, 18(3): 5~9.
- 23 杨克明, 龚铭, 艾华国, 等. 中国新疆塔里木板内变形与油气聚集. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 198.
- 24 龚铭, 邵鸿良, 伍泽厚, 等. 塔里木盆地断裂世代初探. 石油实验地质, 1995, 17(2): 105~113.
- 25 张景廉, 朱炳泉, 张平中, 等. 塔里木盆地北部沥青、干酪根的 Pb-Sr-Nd 同位素体系及成因演化. 地质科学, 1998, 33(3).
- 26 张景廉, 朱炳泉, 涂湘林, 等. 塔里木、准噶尔盆地石油生成与演化. 新疆石油地质, 1998, 19(2): 95~100.
- 27 周兴照著. 塔里木盆地油气藏. 北京: 石油工业出版社, 1995. 101~109.
- 28 谢晓安, 吴奇之, 尚岩, 等. 塔里木盆地压扭断裂带构造特征与油气聚集. 石油学报, 1997, 18(2): 13~17.
- 29 胡见义, 徐树宝. 跨越构造运动体制油气藏的形成. 见: 孙肇才, 张渝昌主编. 中国油气盆地分析. 北京: 石油工业出版社, 1993. 87~91.
- 30 朱英. 壳深大断裂和油气聚集. 见: 朱夏主编. 中国中生代盆地构造和演化. 北京: 科学出版社, 1983. 55~64.
- 31 卫平生, 郭彦如, 张景廉, 等. 中国西部克拉通盆地与中亚卡拉库姆盆地天然气地质比较研究之一: 古隆起与大气田的关系. 天然气地球科学, 1998, 9(5).
- 32 符晓. 开展“深源”成油气藏的研究. 石油实验地质, 1988, 10(2): 102~105.
- 33 李思田, 李祯, 杨士恭, 等. 中国中生代沉积盆地演化和煤聚积规律. 见: 朱夏, 徐旺主编. 中国中生代沉积盆地. 北京: 石油工业出版社, 1990. 298~308.
- 34 张国伟, 张本仁, 袁学诚. 秦岭造山带过程和岩石圈三维结构图丛. 北京: 科学出版社, 1996.
- 35 张恺著. 中国大陆板块构造与含油气盆地. 北京: 石油工业出版社, 1995. 307.
- 36 张恺著. 板块构造与油气成因二元论. 北京: 石油工业出版社, 1997. 224.
- 37 朱炳泉, 常向阳, 王慧芬. 华夏—扬子地球化学边界及其对超大型矿床形成的控制. 中国科学(B辑) 1995, 25: 1 004~1 008.
- 38 朱炳泉, 常向阳, 邱华宁, 等. 地球化学急变带的元古基底特征及其与超大型矿床产出的关系. 中国科学(D辑), 1998, 28(增刊): 63~70.