第 29 卷 第 6 期
2002 年 12 月

成都理工学院学报
JOURNAL OF CHENGDU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Vol 29 No. 6
Dec 2002

[文章编号] 1005-9539(2002)06-0605-05

川东高陡构造成因地质模式与含气性分析

李忠权[1] 冉隆辉[2] 陈更生[2] 路中侃[2] 段新国[1]

(1. 成都理工大学"油气藏地质及开发工程"国家重点实验室, 成都 610059; 2. 西南油气田分公司)

[摘要] 川东高陡构造位于四川盆地东部, 由一系列NE-NNE向的隔档式褶皱组成。其构造变形经历了由隔槽式褶皱到"两背一断", 最终形成隔挡式褶皱的演化过程。在"两背一断"先存构造研究基础上, 按继承发展的观点, 综合运用伸展构造、反转构造、断层相关褶皱等构造新理论, 系统探讨了川东高陡构造形成演化的成因地质模式, 结合志留系主力生烃层的生气高峰期, 对地腹不同成因类型的构造圈闭含气性进行了分析。

[关键词] 川东; 隔槽式褶皱; 隔挡式褶皱; 反转构造; 断层相关褶皱

[分类号] TE122.321 [文献标识码] A

川东构造系指四川盆地东部, 华蓥山以东、七跃山以西、城口-巫溪以南、南川-武隆以北这一广大地域内发育的NE-NNE向隔档式褶皱构造, 由于其地貌反差大(背斜成山, 向斜成谷), 地层倾角陡, 常形象地称之为高陡构造或高陡背斜[1]。

川东是四川盆地主力产气区, 由于此区地形条件恶劣, 地层倾角陡, 地震波信号在高陡背斜核部位置附近经常得不到反射, 因此对地腹构造的正确认识与解释很大程度地依赖于构造地质模式的正确建立。

根据作者近年来的研究认识, 成因地质模式可分为构造几何地质模式和构造演化地质模式。在勘探早期, 根据大量的地面地质调查, 深部物探及实钻资料等, 可抽象出一般意义的具有初步轮廓性指导的构造几何地质模式, 以期对地腹地震资料处理解释提供形态意义上的地质指导; 随着勘探程度的加深, 很多新的地质演化过程越来越多地为人们所揭示, 这时, 结合区域构造动力学背景及构造演化历史, 综合运用现代构造地质学中的一些新理论、新方法, 就有可能从历史演化的角度提出一套系统的构造演化地质模式。此模式较构造几何地质模式具有更大的实用性和优越性。它除了能更加客观系统地反映地下不同层段构造几何特征变异外, 还能为构造油气藏的形成、演化及破坏等提供新的研究和认识思路, 对油气勘探有很大的指导作用。

1 川东构造变形演化研究

根据国家"九五"重点科技攻关项目最新研究成果, 川东构造变形经历了由早期隔槽式褶皱到中期"两背一断", 最终形成晚期隔档式褶皱的演化过程(图 1), 其中三叠-侏罗纪期间形成的"两背一断"中间变形过程对川东构造变形演化及油气聚集成藏都起到了承前启后的至关重要作用[2]。

从图 1 中可以看出:

a. 加里东-海西旋回(图 1-A, B), 川东处于拉张构造动力学环境, 形成了一系列与正断层有关的断层相关褶皱类型[2](滚动背斜、拖曳向斜), 它们在平面上组合形成相对平缓的、位于水面以下的隔槽式褶皱组合样式。

[收稿日期] 2001-11-19
[基金项目] 国家"九五"重点科技攻关项目(96-110-02-01)
[作者简介] 李忠权(1965-), 男, 博士, 教授, 石油天然气地质专业

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

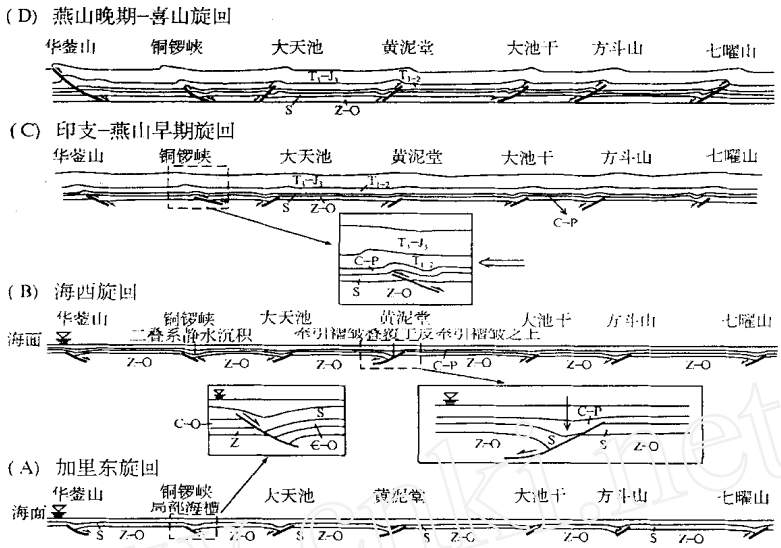


图1 川东构造变形演化示意图

Fig 1 A sketch map showing the deformation evolution of structures in east Sichuan

b. 印支-燕山早期旋回,川东处于由拉张向挤压转变的过渡构造动力学环境,因此出现构造正反转现象。先前(古生代形成的)正断层由于是一不连续破裂面,在挤压应力出现时,首先发生应力集中,在地腹开始反转,导致其上覆中生代地层(T,J)开始形成断层扩展褶皱(注意:由于刚开始构造反转较弱,形成的褶皱幅度较小,地表只有微弱的起伏);而地腹古生代地层由于经历了拉张-挤压应力的复合叠加作用,出现"两背一断"先存构造格局(图1-C),它是后来进一步形成喜马拉雅期高陡构造的雏形。

c. 燕山晚期-喜马拉雅期旋回(K以后),由于挤压应力的持续作用和进一步加强,在地腹"两背一断"先存构造处首先发生应力集中,断裂以继承或新生的形式向上扩展,使中生代地层中的断层扩展褶皱幅度越来越大,形成两翼不对称的高陡背斜,其组合形式则构成了现在川东地表所见到的地貌反差极大的隔档式高陡背斜带(图1-D)。

2 川东高陡构造地质模式研究

2.1 川东高陡构造几何地质模式

图2是根据钻井、地震等资料总结出的川东几何地质模式[3]。从这一模式可看出,川东地表构造样式较为简单,主要表现为单一的高陡背斜形态;而到地腹,褶皱、断裂极为复杂,表现为一个高陡背斜带下往往有多个背斜、向斜构造发育,呈现出构造样式的极不协调性。

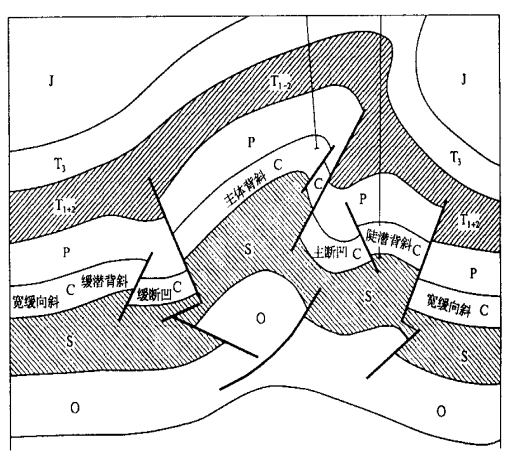


图2 川东几何地质模式图

Fig 2 geometric geologic model of east Sichuan
(据四川石油管理局,1997)

2.2 川东高陡构造演化地质模式

从前述川东构造变形演化研究可知,川东高陡构造是多期构造运动综合作用结果,特别是印支-燕山早期(T-J)形成的"两背一断"先存构造格局,控制了喜马拉雅期高陡构造的最终定形发育。这里就从"两背一断"开始,结合区域构造变形特征,按构造继承发展的观点,运用反转构造、断层相关褶皱[5]等构造新理论,将川东构造演化地质模式概括为以下5种类型(见图3,注意,都是以石炭-二叠系为目的层):

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

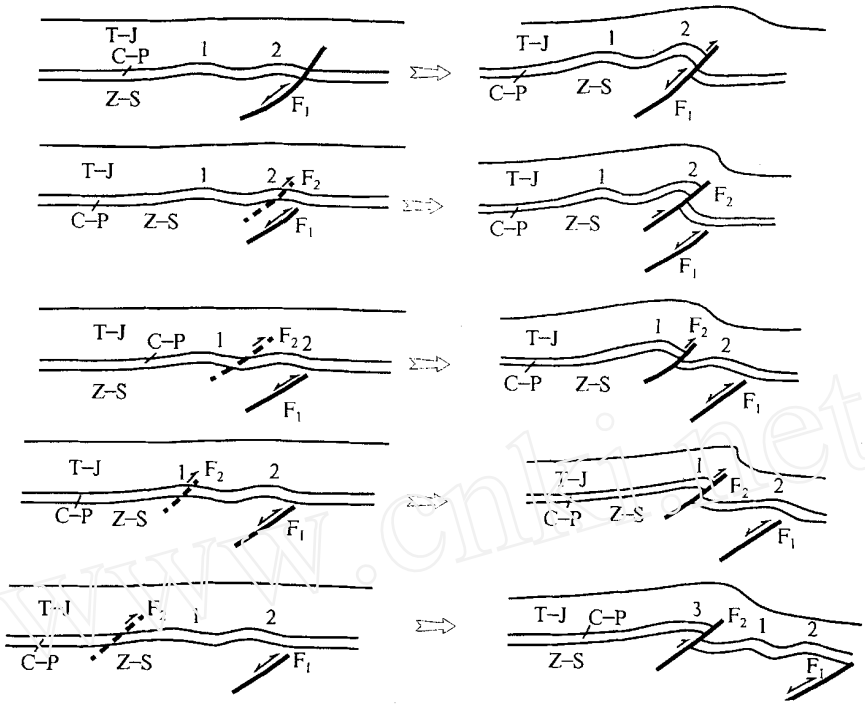


图 3　川东高陡构造形成机理模式图

Fig. 3　The forming mechanism model of high steep structures in east Sichuan

F_1. 先存断裂; F_2. 新生断裂; 黑点示含气构造

类型 1: 在喜马拉雅期区域挤压应力作用下, 先存“两背一断”构造首先发生应力集中, 导致“先存断裂 F_1”重新复活, 向上扩展, 逆冲, 发生大幅度构造反转, 从而导致上覆原来微有起伏的中生代地层(T - J)出现断层扩展(传播)褶皱, 形成现今反差极大的高陡背斜带(图 3- A)。在地腹主断裂上盘原来的两个先存背斜(圈闭)还继续存在, 只是被逆冲紧闭和抬升了。这一模式类型在华蓥山溪口镇李子亚剖面可直接观察到(华蓥山大断裂是一条早期为正断层, 晚期又强烈反转成为逆断层的多期活动大断裂)。

以上是“先存断裂 F_1”复活形成断层扩展褶皱(高陡背斜)的情况。当由于某种原因, 在喜马拉雅期挤压应力作用下, “先存断裂 F_1”不发生复活, 而是形成新生断裂 F_2。由于新生断裂出现的位置不同, 则可形成如下几种模式类型。

类型 2: 当新生断裂出现在“先存 2 号背斜”核部时(图 3-B), 断裂向上扩展形成高陡背斜。这时可以看到“先存 2 号背斜”遭到破坏(早期富集的天然气散失); 但由于新生断裂向上逆冲扩展, 可在上盘拖曳出一个 2 号次生背斜(圈闭)。这种模式类型的构造几何形态与前述类型 1 相似, 都表现为一个高陡背斜的地腹断裂上盘发育两个背斜圈闭; 但从其形成发育史可知, 类型 1 的 2 号背斜圈闭与类型 2 的 2 号背斜圈闭含气性是大不相同的。这就是为什么川东存在生、储、盖及构造类型都相似, 但含气情况却大不相同的构造圈闭的原因。

类型 3: 当新生断裂出现在“先存 1 号背斜圈闭与 2 号背斜圈闭”之间时, 这时, 由于断裂向上逆冲扩展, 先存 1 号背斜圈闭与 2 号背斜圈闭沿断裂错开, 导致地表出现高陡背斜(图 3-C), 而地腹在逆冲断层上、下盘分别有一个背斜圈闭存在。根据其成因可看出, 1 号与 2 号背斜圈闭在整个高陡背斜形成过程中都不曾遭受破坏, 因此其天然气保存情况较好, 这大概就是大池干构造见到的情况。

类型 4: 当新生断裂出现在先存 1 号背斜圈闭的核部时, 断裂向上逆冲扩展, 形成地面的高陡背斜(图 3-D)。这时可以看出“先存 1 号背斜圈闭”遭到破坏, 早期聚集的油气散失。由于逆冲拖曳, 同样在断层上盘形成 1 号次生圈闭。此种类型构造特征与类型 3 相似, 但地腹断层上盘构造圈闭(1 号)的含气性与类型 3 已显然不同。黄泥

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

堂构造可能就属这种情况。

类型 5: 当新生断裂出现在先存 1 号背斜圈闭的西翼时, 断裂向上逆冲扩展, 形成地表的高陡背斜。由于逆冲拖曳, 在断裂上盘可出现新生的 3 号次生背斜圈闭, 而先存的 1、2 号背斜圈闭则保留在断裂下盘, 从而出现一个高陡背斜带下发育三个隐伏背斜圈闭的构造样式(图 3-E)。这种情况, 断层上盘的 3 号背斜圈闭含气性可能欠佳, 而主要应注意断层下盘 1、2 号圈闭的含气情况。这在川东大天池构造带的明达- 任市段和黄泥堂的金鸡场附近可能应是这种模式。

3 川东高陡构造含气性综合分析

通过以上研究可知, 川东地区构造变形曾经历了一个由隔槽式褶皱向隔挡式褶皱演化的过程。在最后一期强烈挤压造山运动(燕山晚期- 喜马拉雅期)发生之前, 由于早期多期构造运动(加里东- 海西旋回, 印支- 燕山中期旋回)的复合叠加作用, 在相当于现今高陡构造带位置的地腹附近形成了“两背一断”的先存构造格局(图 1-C)。这些“先存构造”形成期(三叠纪、侏罗纪)正好与川东地区志留系主力生烃层的生油、生气高峰期相吻合[6], 因此它们首先捕获并充满油气。在随后的燕山晚期- 喜马拉雅期旋回(K- Q)强烈挤压构造环境中, 由于构造格局的重新变动, 早期聚集的天然气发生再次运移和分配, 形成了现今川东极其复杂的油气勘探格局。

从上述高陡构造形成模式分析可知, 几何特征相似的背斜圈闭由于其形成机制的不同, 其含气性也大不一样, 如模式 1 与模式 2, 最终在地腹石炭系目的层中都形成了断层上盘两个背斜圈闭的构造几何样式; 但由于形成机理的不同, 其含气性也不一样。模式 3 与模式 4, 同属断层上盘一个高陡背斜圈闭、断层下盘一个低潜背斜圈闭的构造样式, 但由于形成机理的不同, 其含气性也不一样, 模式 3 的上、下盘圈闭中都有气, 而模式 4 则上盘圈闭中无气, 下盘圈闭中有气。这大概就是为什么大池干井断上盘高陡背斜有气, 而七里 12、七里 6-1 井所钻探的断上盘高陡构造无气的原因。

从前述构造变形演化机理可看出, 川东的地腹构造与地表构造在形成时间上是分期分阶段的, 也就是说, 假如不发生最后一次强烈挤压造山运动(喜马拉雅运动), 地表不出现高陡背斜, 地腹也应有“两背一断”先存构造存在。这些“先存构造”应从同沉积构造角度来认识, 它对油气的早期富集起着决定性的控制作用, 我们不妨称它为“原生油气藏”(五百梯应属此种情况)。欲在川东寻找大中型气田, 要特别注意这类原生油气藏的研究与寻找, 因此特别建议重视以前曾忽视了的宽阔向斜区的地震勘探。例如垫江- 丰都、云龙- 忠县、长岭- 分水- 西沱等宽阔向斜地带都应是今后地震勘探需要特别加强的地方, 以揭示地腹“先存构造”发育情况。

[参 考 文 献]

[1] Hu Guangcan, Xie Yaoxiang. Carboniferous gas fields in high steep structures of eastern Sichuan [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997.

[2] Li Zhongquan, Chen Gengsheng. High and Steep Structure in East Sichuan, China[J]. Scientia Geologica Sinica, 2000, 9(3): 271- 277.

[3] 胡光灿, 谢姚祥. 中国四川东部高陡构造石炭系气田[M]. 北京: 石油工业出版社: 1997, 35- 50.

[4] Mitra S. Geometry and kinematic evolution of inversion structures[J]. AAPG Bulltin, 1991, 77(7): 1159- 1191.

[5] Eric M, Fatima O, Dominique F. Late-stage evolution of fault-propagation folds: principles and example[J]. Journal of Structural Geology, 1997, 19(2): 185- 193.

[6] 张仲武, 李一平, 张声瑜. 四川盆地气藏形成条件及勘探前景分析[J]. 天然气工业, 1991, 11(4): 18- 23.

[7] 包茨, 杨先杰, 潘祖福, 等. 川东高陡构造型气田勘探的突破[J]. 天然气工业, 1990, 10(2): 1- 7.

[8] 李忠权. 川东区域构造与油气富集规律研究[R]. 成都: 成都理工大学档案馆, 1999.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

GENETIC GEOLOGIC MODEL AND GAS-BEARING ANALYSIS OF HIGH AND STEEP STRUCTURES IN EAST SICHUAN

LI Zhong-quan[1], RAN Long-hui[2], CHEN Geng-sheng[2], LU Zhong-kai[2], DUAN Xin-guo[1]
(1. *Chengdu University of Technology, China*; 2. *Southwest Oil and Gas Field Branch Company*)

Abstract: The high and steep structures in east Sichuan, located in east Sichuan Basin, are composed of ejective folds. The structural deformation has experienced the evolution from trough-like folds to "two anticlines with one fault", and finally formed ejective folds. Based on the studies of pre-existing structures of "two anticlines with one fault", according to the viewpoint of inheritance and development, comprehensively using the new structural theories, such as extensional structures, inversion structures, fault related folds etc., the authors systematically studied the genetic geologic model of high and steep structures and analyzed the gas-bearing character of different types of subsurface structural trap by combining with the gas-generating peak of the Silurian key source bed.

Key words: east Sichuan; trough-like fold; ejective fold; inversion structure; fault related fold

《成都理工学院学报》将更名为《成都理工大学学报(自然科学版)》

经报请国家科技部、国家新闻出版署批准,《成都理工学院学报》将于 2003 年第一期起更名为《成都理工大学学报(自然科学版)》。

名称变化及对应的卷号如下:

1960 年～1993 年	《成都地质学院学报》 Journal of Chengdu College of Geology	ISSN 0256-2197	Vol. 1～20
1994 年～2002 年	《成都理工学院学报》 Journal of Chengdu Institute of Technology	ISSN 1005-9539	Vol. 21～29
2003 年～	《成都理工大学学报(自然科学版)》 Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)	ISSN 1671-9727	Vol. 30～

衷心感谢广大作者和读者曾经给予《成都理工学院学报》的关心与支持,并真诚欢迎继续赐稿与订阅(邮发代号仍然是: 62-24)。

地址: 成都市二仙桥东三路 1 号; 邮政编码: 610059;

电话: 028-84078973; E-mail: hxq@cdut.edu.cn

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net