

天然气地质学

徐深地区徐西深大断裂特征 与火山岩天然气成藏条件

梁正中^{1,2}, 蔡周荣¹, 万志峰¹, 李 昌³

(1. 中国科学院边缘海地质重点实验室, 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 中国石油天然气集团公司杭州石油地质研究所, 浙江 杭州 310023)

摘要: 松辽盆地断裂活动与天然气的形成和分布有密切的关系。徐深地区天然气勘探取得重大进展, 研究徐西深大断裂与火山岩天然气成藏的关系具有重要意义。从徐西断裂的几何学特征入手, 研究了其活动特征和演化过程, 结果表明深大断裂控制了断陷发育和沉降中心, 从而控制了沙河子组烃源岩的分布及营城组火山岩储层的展布。沿徐西断裂发育的爆发相火山岩和巨厚烃源岩构成良好的生储盖组合, 为天然气以较大规模成藏创造了有利条件。

关键词: 断陷; 深大断裂; 火山岩; 成藏

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2009)03-0372-06

0 引言

沉积盆地是发生于地壳表层的负向大地构造单元, 普遍存在断开基底、地壳及岩石圈的深大断裂。已有研究表明深大断裂可能是研究沉积盆地中油气田分布的重要线索, 油气藏的分布与深大断裂有密切的伴生关系。松辽盆地以往的研究主要集中在中浅层的拗陷构造层, 随着天然气勘探的突破, 深层研究引起广泛关注^[1-2]。深层断陷结构研究程度相对还比较低, 特别是断裂与深层气藏关系不清, 这极大地制约了天然气勘探的进一步突破。

1 地质概况

徐深地区所在的徐家围子断陷带是松辽盆地北部深层断陷群中的一个断陷, 近北北西向展布, 南北向长 80 km, 中部最宽处有 40 km。断陷周边高程在 -2 500 ~ -3 500 m 之间, 断陷内高程低于 -5 000 m, 断陷最深处为 -8 500 m。总体呈现为西断东超式, 西与古中央隆起带以断层相隔, 东侧与尚家一朝阳沟隆起带呈斜坡过渡(图 1)。

徐家围子断陷是一个边界清楚的独立的断陷型沉积盆地。徐家围子断陷可划分为总体面貌差异较

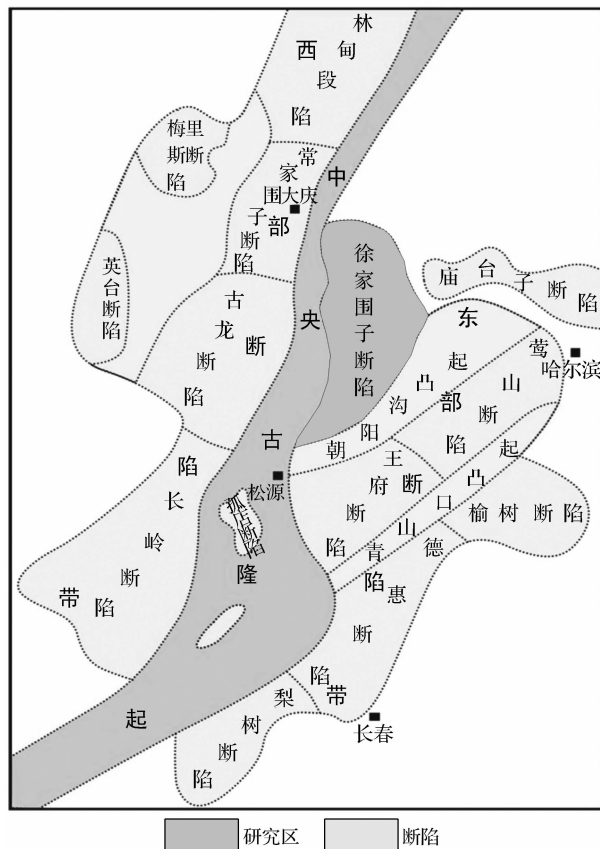


图 1 徐家围子断陷位置示意

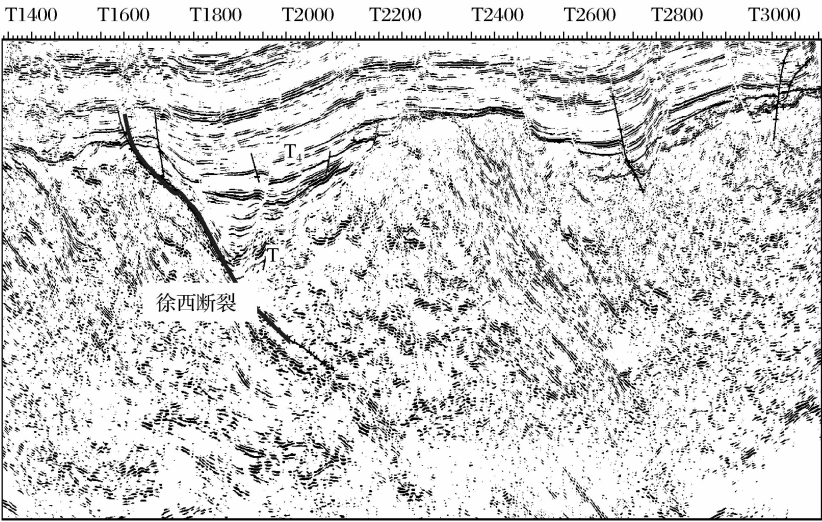


图 2 Line512 线地震剖面

大的 3 个二级构造单元,即安达次坳、杏山次坳、薄荷台次坳。所有区域构造单元,均受控于徐西和徐中深大断裂,其中杏山次坳受中央断裂控制形成了徐西及徐东 2 个凹陷。

研究区断裂十分发育,特别是早期发育的断层,给油气向上运移创造了极好的条件。其中规模较大的断层主要分布在中央断裂凸起及徐西斜坡、徐西基岩凸起上,断层均断开烃源岩,给油气运移、成藏提供了良好的运移通道。徐西断裂带上已有 10 多口井获工业油气流,是一个重要的含气区带。

2 徐西深大断裂特征

控陷正断层的活动,导致了地壳的下陷,造成了沉积物的可容空间,控制着沉积作用和沉积相带的分布,从而控制着盆地的演化^[3-4]。因此,定量分析断层的几何特征,相对活动强度和活动历史对于了解伸展区的沉积和构造特征、断陷结构及天然气成藏条件具有重要的意义。

2.1 徐西断裂几何特征

徐西断裂位于徐家围子断陷西部。剖面上该断裂面特征清楚,为一强的较连续的强反射波,具有明显的基底地层与断陷地层分界,断陷内地层逐层超覆在断面之上(图 2)。该断裂断面东倾,总体走向为北北西向,平面上近“S”形延伸(图 3),总长度约为 79 km。

2.2 徐西断裂活动特征

徐家围子断陷期有 3 套地层,即火石岭组,沙河子组及营城组。徐深地区开始裂陷是在侏罗纪末期,沉积了火石岭组,大规模裂陷是在沙河子组沉积

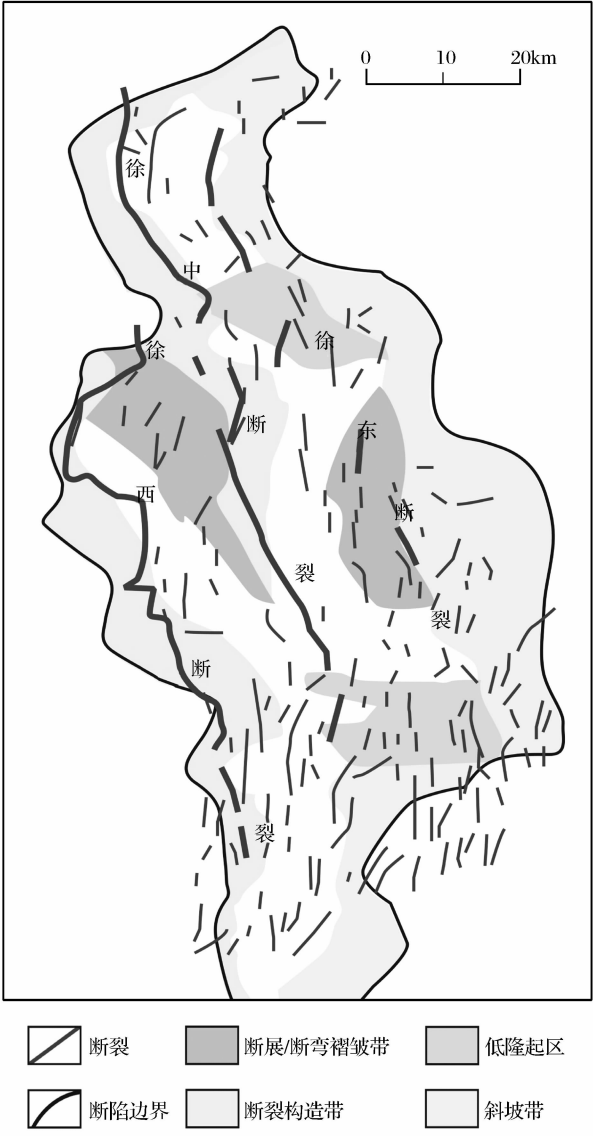


图 3 徐家围子断陷断裂系统示意

时期,结束于营城组沉积末期,经历了断陷期—断拗期的发育演化。断裂在沙河子组末期曾有短暂的停止拉张下陷,使徐西凹陷在营一段—营二段沉积时期处于相对隆升剥蚀状态,直到营二段沉积末期才又开始裂陷,控制着营三段—营四段的沉积。在营三段沉积时期,沿断裂有火山活动,造成在凹陷沉积有较厚的营三段火山碎屑岩。火山碎屑岩主要有流纹质熔结凝灰岩,流纹质(晶屑)凝灰岩,流纹质角砾凝灰岩、流纹质火山角砾岩,集块岩等。徐西断裂从沙河子组沉积时期到营城组末期沿断裂有多次构造反转活

动^[4],造成断陷内沙河子组及营城组地层有构造反转褶皱。沙河子组期末受主挤压应力影响,以反“y”字型形式派生出断面西倾的升平逆冲断层,形成升平—兴城断弯褶皱(图4)。可见该断裂的发生、发展,控制着徐西凹陷,是研究区重要的一条深大断裂。

2.3 徐西断层位移—长度关系分析

正断层位移—长度关系分析是近年来研究正断层的一种常用方法,它将断层的研究从二维扩展到三维^[5-6]。研究深大断裂的演化将进一步解析断陷演化过程,同时为确定天然气有利勘探带提供了依据。

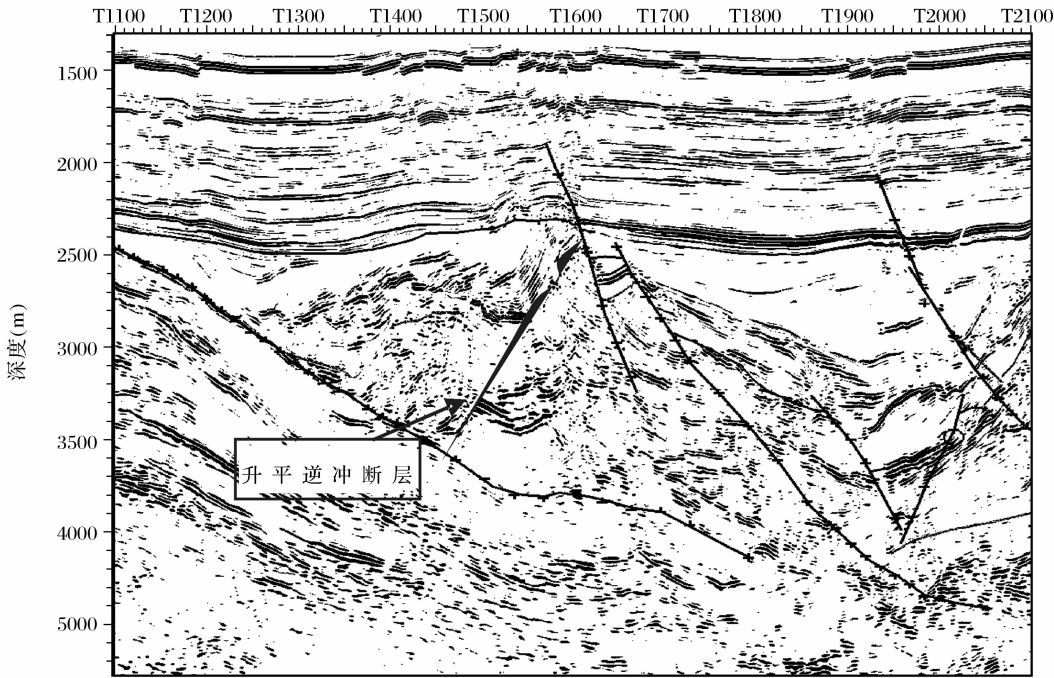


图 4 Line1456 线地震剖面

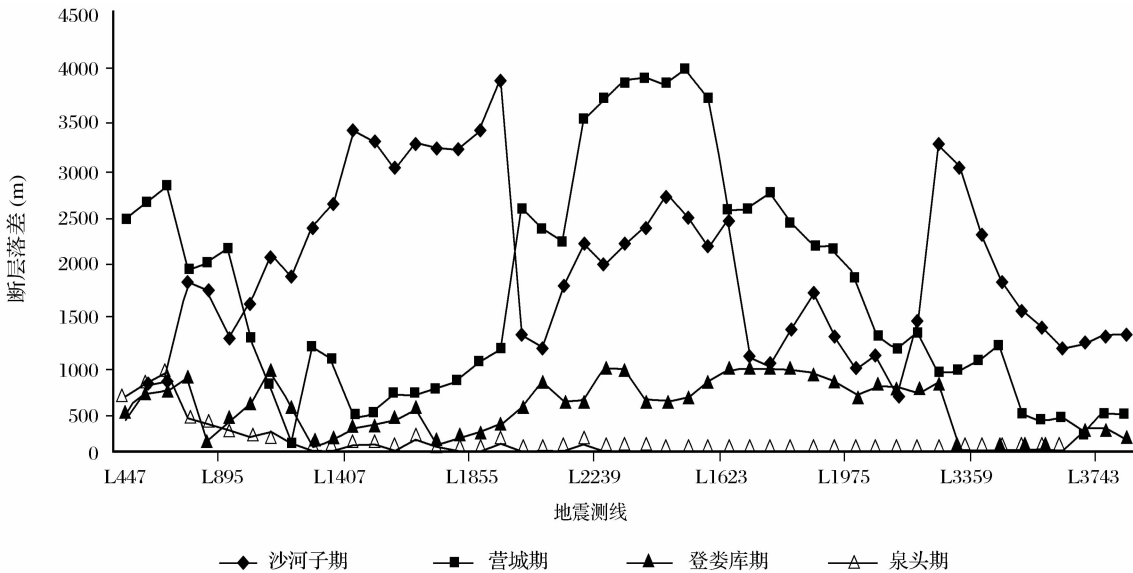


图 5 徐西断层落差

通过分析徐西断层的位移—长度曲线(图 6),结合断层的垂直断距(图 5)和倾角分布图(图 7),可以把徐西断层划分为 3 段。这种分段方法与现今徐西断层沿走向方向上的变化也具有相似性。其中 L1343—L3231 为中段,倾角较平缓。就整个徐西断层而言,此处断层落差、垂直断距和位移都是最大的,即该段是徐西断层活动最为剧烈的部分。

徐西断层的长度—位移曲线上总体已经具备了似椭圆形结构,意味着徐西断裂各个区段在沙河子组沉积期间已经发生了硬连接作用。在营城期,徐西断层的断层落差曲线和长度—位移曲线比沙河子

期更接近于似椭圆状的几何形态,但仍未形成单一的似椭圆状的几何形态,表明沙河子期的断层硬连接已经基本完成,但在营城期还在继续发育,只是生长的空间没有沙河子期大。登娄库期,徐西断层的长度—位移曲线在南北两边两端变化较平缓,只在中部位移较大。一方面说明徐西断层在此时只是具有局部活动的特征,另一方面也说明断层的活动不是沿整条断层同时发生,而是有选择的分段进行。泉头组沉积时期,无论是断层落差还是位移,基本都趋近于零,表明徐西断层已经停止了活动,处于休眠期。

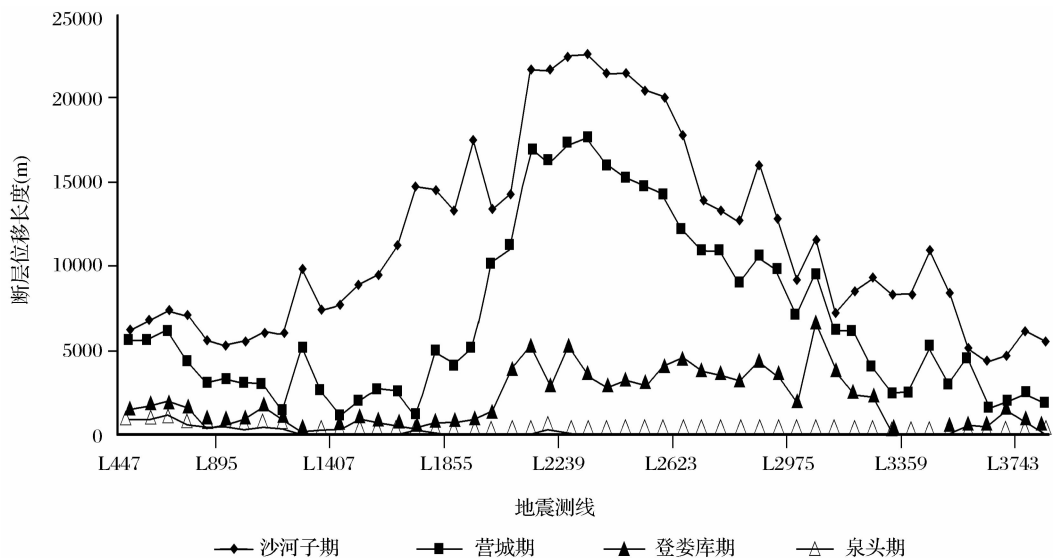


图 6 徐西断层位移—长度曲线

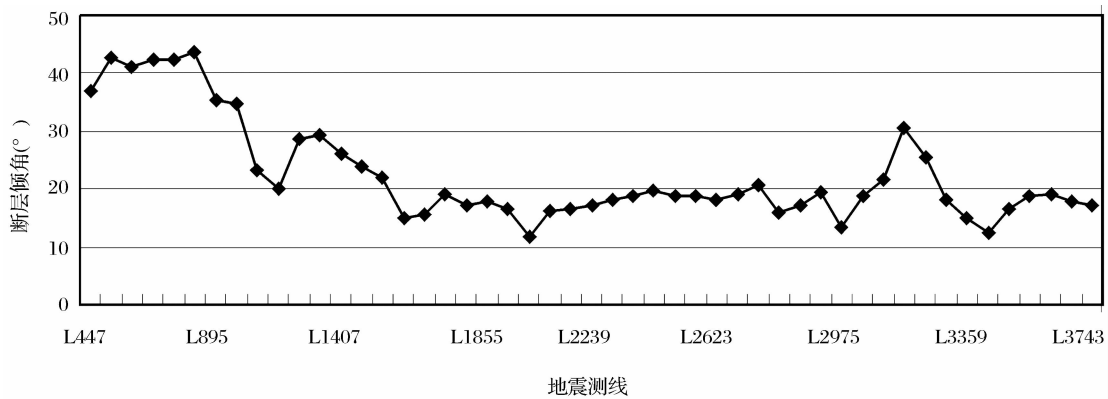


图 7 徐西断层倾角分布

3 火山岩气藏与断裂的关系

3.1 沙河子组烃源岩发育与断裂的关系

前已述及沙河子组沉积时期是主断陷阶段,断裂更加深切,断陷内发生大规模沉降。沙河子组为

半深湖—深湖相沉积,主要岩性为暗色泥岩、煤层和杂色砂岩。由于火山活动,造成古地温较高,已达过成熟,成为生气的烃源岩。断陷的深凹陷区是沉积中心和煤系烃源岩集中发育区^[7]。徐西断裂中部、南部的薄荷台凹陷快速下陷、沉降,分别在这些部位

形成沉降中心,基本上继承了火石岭组沉积时期的沉降中心,其沿大断层呈南北向“串珠状”排列。杏山凹陷在中南部徐深7井附近沉积沙河子组湖相地层最厚达2 700 m;杏山中央凹陷北部宋深3井处沉积沙河子组均为2 000 m;南部的薄荷台凹陷沉积沙河子组最厚为2 000 m。由此可见巨厚烃源岩在徐深地区集中沿徐西断裂发育。

3.2 营城组火山岩储层发育与断裂的关系

徐深地区火山岩岩石类型有熔岩和火山碎屑岩2大类,熔岩主要岩石类型有球粒流纹岩、流纹岩、珍珠岩、(粗面)英安岩、粗面岩、粗安岩及玄武粗安岩。营城组一段火山岩发育和断裂发育存在密切的关系,从营一段火山岩相与断裂的叠合图,可以发现火山岩主要分布于徐西断裂断面范围内和徐中断裂的发育部位,部分分布于丰乐低隆起带上。分析认为徐西、徐中断裂,包含部分插入基岩深层的断层是沟通深层岩熔的原始通道,主断层和连通的分支断层是控制火山口部位的主要因素^[8-9]。对于营三段火山岩分布与断裂的关系和上述一致,主要分布于徐中断裂控制范围之内,展布走向与徐中断裂走向一致。

从营城组火山岩厚度图(包括营一段和营三段)上也可见营城组火山岩的厚度变化总体与断陷形态基本一致,在断陷中部徐深22井附近最厚,达2 550 m。总体证明了徐西—徐中断裂对火山岩形成与分布的控制作用。

平面上,优质火山岩储层沿基底大断裂成带分布。火山口沿基底大断裂分布,基底断裂带附近火山岩发育,且断裂带附近火山岩裂缝发育,断裂改善了火山岩的储集性能。不同类型火山岩相的火山岩储集层物性特征差异很大。火山通道附近及爆发相和多个火山口处交会的喷溢相是有利的火山岩相。这些有利相带储集物性好,已在多口井获得了工业气流^[10]。

3.3 天然气成藏与断裂的关系

徐深地区气源充足,气藏分布在主力烃源岩发育区,天然气以近源、垂向运移为主,活动的断裂体系为有效的输导层。火山岩储层较发育,受不同火山机构控制,多为构造岩性气藏。沿徐西深大断裂发育的爆发相火山岩和巨厚烃源岩构成良好的生储盖组合,为天然气以较大规模成藏创造了有利条件。

同时深大断裂与无机成因烃关系密切^[11-12]。有证据表明,地下深处赋存着大量的无机成因烃,而且目前已发现的无机烃都位于深大断裂附近,几乎所

有无机成因烃都是通过深大断裂从地下深处运移上来的。

徐深地区CO₂气成因复杂,有机成因、无机成因和少部分混合成因。昌德东近年来见到富含CO₂气的气藏,无机成因的CO₂气在本区主要来自于上地幔,或者来自地壳的岩浆、火山喷发和火山期后的活动,其携带大量的无机CO₂,随着岩浆上升,压力减小,岩浆中的CO₂相应逸出。由于近火山口爆发相储层沿基底大断裂分布且位于幔源气体释放点处,会捕获幔源成因CO₂气,在徐西断裂有利地段聚集成藏。应该指出,有些断裂长期继承性的活动,部分断层到嫩江组和明水组活动,这类断层对区域性盖层具有很大的破坏性,对天然气成藏不利。

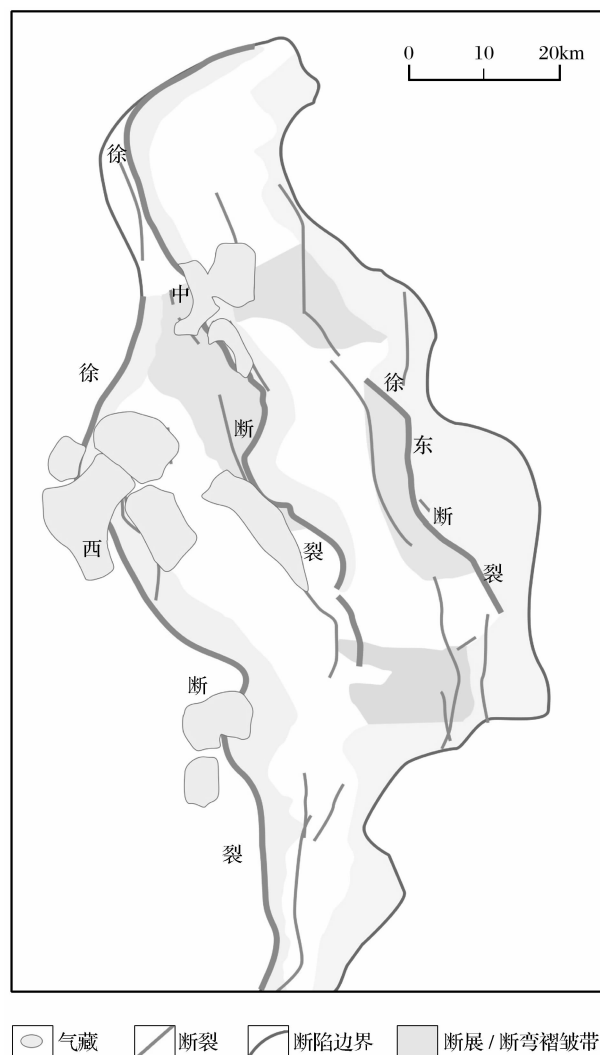


图8 徐深地区气藏分布

3.4 天然气分布和富集与断裂的关系

断裂作为徐深地区沙河子组天然气向上覆营城组运移的主要输导通道,其在空间上的延伸层位控制着天然气向上运移的最大距离,在一定程度上也

就决定了天然气在空间上运聚成藏的范围^[13-14]。该区深层天然气沿断层分布(图 8),在长期活动的断层下降盘,形成的一系列断鼻或断块构造中火山岩地层能形成相对独立的构造。断陷中独立的火山岩背斜构造有长期活动的控带断层沟通油源,同时断裂改善了火山岩储层物性条件,裂缝沟通了火山岩内的孔洞并成为天然气有利储集空间,成藏条件也相当优越,是天然气富集的有利地带。

4 结论

徐西断裂作为徐深地区重要的一条深大断裂,在侏罗系沉积末期开始裂陷,沉积了火石岭组,在沙河子组沉积时期大规模裂陷,在营城组沉积末期结束。徐西断裂一方面控制了断陷发育和沉降中心,从而控制了沙河子烃源岩的分布和营城组火山岩储层的分布。另一方面其活动的强度和持续时间控制了研究区天然气的运移过程与富集程度。研究深大断裂的演化将有助于进一步解析断陷演化过程,同时为确定天然气有利勘探带提供重要的依据。

参考文献:

[1] 高瑞祺,乔秀云. 大庆探区油气勘探新进展[M]. 北京:石油工业出版社,1994.

[2] 郭占谦,萧德铭. 深大断裂在油气藏形成中的作用[J]. 石油学报, 1996,17(3):27-32.

[3] 张功成,朱德丰. 松辽盆地伸展和反转构造样式[J]. 石油勘探与开发,1996,23(2):16-20.

[4] 任延广,朱德丰. 松辽盆地北部深层地质特征与天然气勘探方向[J]. 中国石油勘探, 2004,9(4): 12-18.

[5] 董进. 松辽盆地深部徐家围子断陷徐西、宋西断层生长演化史分析[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2004.

[6] 侯启军. 松辽盆地北部深层断陷地质结构及演化研究[D]. 广州:中国科学院广州地球化学研究所, 2006.

[7] 赵文智,邹才能,冯志强,等. 松辽盆地深层火山岩气藏地质特征及评价技术[J]. 石油勘探与开发, 2008,35(2):129-142.

[8] 王玲,孙夕平,张研,等. 松辽盆地深层断裂体系对火山岩成因和火山岩相带的控制——以徐深地区为例[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 389-393.

[9] 罗群,孙宏智. 松辽盆地深大断裂对天然气的控制作用[J]. 天然气工业, 2000,20(3):16-21.

[10] 毛振强,陈凤莲. 高青油田孔店组火山岩储集特征及成藏规律研究[J]. 矿物岩石, 2005,25(1): 104-108.

[11] 齐井顺. 松辽盆地北部深层火山岩天然气勘探实践[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5):590-596 .

[12] 任延广,朱德丰,万传彪,等. 松辽盆地徐家围子断陷天然气聚集规律与下步勘探方向[J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(5):26-29.

[13] 王树学,周庆华,周庆强,等. 松辽盆地徐家围子断陷深层天然气含气系统与成藏机制[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 394-398.

[14] 付广,孟庆芬. 徐家围子地区深层运移输导系统及对天然气成藏与分布的控制[J]. 油气地质与采收率, 2004,11(2):18-20.

Relationship between Xuxi Discordogenic Fault and
Volcanic Reservoir Formation, Xushen Area

LIANG Zheng-zhong^{1,2}, CAI Zhou-rong¹, WAN Zhi-feng¹, Li Chang³

- (1. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;*
2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;*
3. *Hangzhou Institute of Petroleum Geology, CNPC, Zhejiang 310023, China)*

Abstract: The formation and distribution of oil and gas fields are greatly associated with discordogenic faults in the Songliao Basin. Great improvement has been made in the exploration of natural gas in the basin, and analyzing the relationship between the Xuxi discordogenic faults and reservoir formation is very important. In terms of the geometric feature of the Xuxi faults, this paper studied the dynamic development of the faults. It is shown that the discordogenic faults control the development of depression and its depositional center, thus controlling the distribution of Sahezi Formation source rocks and Yingcheng Formation volcanic reservoirs. The volcanic reservoirs and source rocks developed along the discordogenic faults form excellent source-reservoir-caprock combinations, favorable for the formation of large gas fields.

Key words: Fault; Discordogenic fault; Volcanic gas; Reservoir formation.