

长岭复式断陷群构造特征及天然气富集规律

王有功*^{①②③} 吕延防^{①②③} 付广^{①②③}
王伟^{①②③} 孙永河^{①②③} 柳波^{①②③}

(①东北石油大学地球科学学院,黑龙江大庆 163318; ②非常规油气成藏与开发省部共建国家重点实验室培育基地,黑龙江大庆 163318; ③黑龙江省高等学校科技创新团队“油气成藏与保存”,黑龙江大庆 163318)

王有功,吕延防,付广,王伟,孙永河,柳波. 长岭复式断陷群构造特征及天然气富集规律. 石油地球物理勘探, 2014, 49(6): 1204-1212.

摘要 长岭复式断陷群是由多条型式正断层上盘发育的小型箕状半地堑复合形成的复式断陷,由大安—红岗、乾安、孤店、孤西、伏龙泉、查干花、前神子井、长岭牧场东、长岭牧场西及新安镇等断陷组成,经历了火石岭组沉积时期的初始裂陷、沙河子组沉积时期的强烈裂陷及营城组沉积时期的裂陷萎缩3个演化阶段,不同期次活动的断裂控制着不同时期次级断陷的形成、演化、复合及叠加特征。依据盆地结构特征可以将长岭复式断陷群划分为串联式、并联式、斜列式和相对式4种复合类型和继承型及非继承型(相干型)两种叠加类型。长岭复式断陷控陷主干边界断裂的继承性活动,导致不同期次的断陷在纵向上呈现继承性叠加,控制着优质烃源岩的发育。长岭复式断陷在复合、叠加过程中,在两条或多条控陷主干边界断裂的交会处是应力相对薄弱地带,往往是火山喷发的通道,控制着火山岩地层的发育;控陷主干边界断裂的继承性活动构成气源输导通道,同时诱发大量构造裂缝进一步改善了火山岩储层的储集性能;在长岭复式断陷复合过程中形成的调节带控制碎屑岩储集层砂体的发育;形成的继承性古隆起是长岭复式断陷群深层天然气成藏的有力构造部位。

关键词 松辽盆地 长岭 复式断陷 复合 叠加 天然气 成藏

中图分类号:P631 文献标识码:A

1 引言

研究表明^[1,2],长岭复式断陷群是松辽盆地南部断陷群中最大的断陷区之一,是由多个次级断陷组成的复式断陷群,该断陷群经历了早白垩世火石岭组—营城组断陷期、登娄库组断拗转换及泉头组—白垩纪晚期拗陷期、白垩纪末期以来的构造反转期等演化阶段,其中下白垩统自下而上充填了火石岭组(K₁h)、沙河子组(K₁sh)、营城组(K₁yc)、登娄库组(K₁d)及泉头组(K₁q)地层。近年来的油气勘探工作证实了长岭断陷群深层(K₁q二段及其以下地层)具有良好的天然气勘探前景。随着油气勘探工作的不断深入,在长岭断陷的盆地结构、烃源岩及天然气成藏条件等方面取得了一些新认识,并获

得了较好的勘探效果^[1~12]。但由于该断陷群经历多期强烈的构造运动,导致长岭断陷的构造演化、沉积具复杂的复合、叠加特征,严重制约了油气勘探工作的进程。本文在分析长岭复式断陷群构造特征的基础上,了解了该断陷群的复式断陷结构及其与天然气成藏的关系,为搞清长岭复式断陷群深层天然气的富集规律奠定了基础。

2 长岭复式断陷群平面展布特征

由正断层控制的断陷是构成裂陷盆地的最基本结构单元。控陷主干边界断裂的几何学、运动学及组合方式往往决定了断陷的形态^[13]。一个大型的裂陷盆地往往是由盆地构造演化过程中的多个小型断陷复合、叠加在一起的,也就是说,在裂陷盆地发

* 黑龙江省大庆市东北石油大学地球科学学院,163318。Email:wangyougong@163.com

本文于2013年9月20日收到,最终修改稿于2014年9月26日收到。

本研究受国家“973”计划前期研究专项项目(2012CB723102)、国家油气重大专项项目(2011ZX05007)、国家自然科学基金项目(41372154)及东北石油大学青年科学基金项目(KY120204)联合资助。

育的早期往往发育一系列以正断层为边界的小型断陷,这些不同方向、不同活动期次的边界正断层连锁在一起构成控制盆地沉降的伸展断层系统,控制着盆地的沉积作用,使盆地表现出具有多沉降中心且相互分割的特点。在断陷演化过程中的同一时期的统一应力场作用下,由多个次级断陷联合构成一个规模较大的断陷群称之为断陷的“复合”;如果后期由于区域应力场的改变可能形成了次级的控陷断裂,新生的断陷就会叠加在早期断陷之上,或是控陷主干边界断裂在后期的活动方式与早期有差异,从而导致断陷在不同演化时期的“叠加”。通过分析长岭复式断陷群的地震、钻/测井资料及区域重、磁、电资料可知,长岭复式断陷群由大安—红岗、乾安、孤

店、孤西、伏龙泉、查干花、前神子井、长岭牧场东、长岭牧场西及新安镇等断陷组成(图 1)。图 1 是松辽盆地南部长岭复式断陷群构造纲要图,由图中可见,北部断陷走向主要以 NNE 向为主,南部断陷走向以 NW 向为主,这些次级凹槽在断陷期为孤立的次级断陷,即使是在同一个次级断陷中,也存在多个沉积、沉降中心,如前神子井断陷及伏龙泉断陷。“复式断陷”概念是强调由多个孤立狭窄的小型断陷复合、叠加构成的大型断陷,是在多条基底卷入的正断层或走滑正断层共同控制下形成的最终产物。主干基底正断层的复合、叠加型式是影响复式断陷结构特征的主要因素,也是导致不同断陷石油地质条件差异的根本原因^[14]。

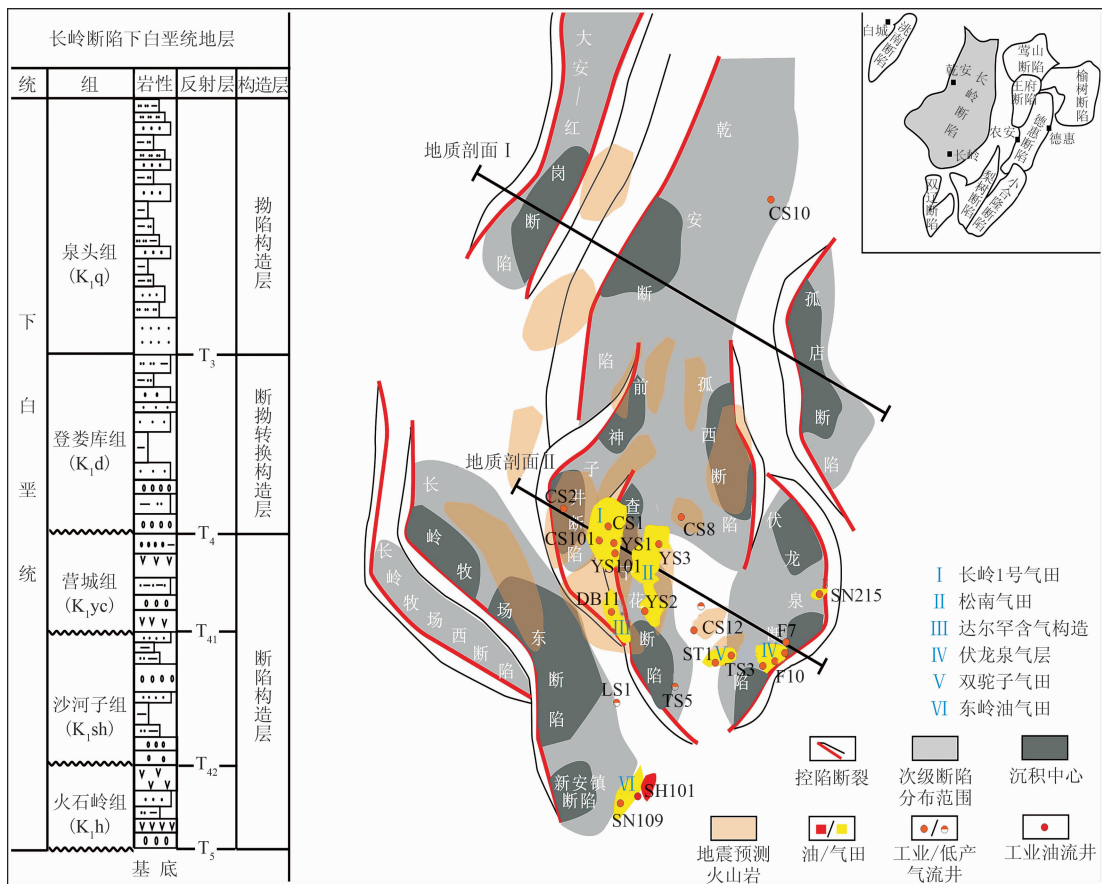


图 1 松辽盆地南部长岭复式断陷群构造纲要图

3 长岭复式断陷群构造演化特征

由地震资料可知,长岭复式断陷群就单个次级断陷而言,均为犁式正断层控制的箕状半地堑(图 2),充分说明长岭断陷在断陷期经历了强烈的

伸展变形,同时由于控陷主干边界断裂在火石岭组、沙河子组及营城组沉积时期活动强度有所差异,造成垂向上不同时期活动的断裂发生叠加、改造,从而控制了断陷盆地的形成演化过程。通过分析长岭复式断陷群的断陷期演化过程可知,大致经历了 3 个构造演化阶段:①火石岭组沉积时期为初始裂陷阶

段。该时期是整个松辽盆地及其周边地区火山岩主要发育时期,沉积环境主要为火山岩台地,此时火石岭组地层并不完全受断裂控制,其厚度在古地形低洼处较厚,断裂虽有活动,但主要以垂向差异升降为主,正断层以平面式为主,表明断裂并没有强烈活动并控制断陷形成,只是伴随着基底断裂的活动,形成以裂隙式喷发为主的火山岩沉积;②沙河子组沉积时期为强烈断陷期。主要以构造沉积为主,沉积地层以控陷主干边界断裂为界,断陷不断扩展,并使下伏火石岭组地层发生强烈的旋转掀斜,表现为强烈的伸展作用,控陷断层多表现为犁式正断层;③营城组沉积时期为断陷萎缩阶段。该阶段由于区域伸展应力的不断减弱,控陷断裂活动也相应减弱,因此断裂对地层沉积的控制作用并不明显。整体表现为区域性沉积的特点,地层厚度变化不大,个别地区表现为“填平补齐”沉积。营城组沉积时期的断裂活动主要控制了火山岩的喷发,使该期的火山岩基本沿断裂分布。上述断陷期的3个构造演化阶段造就了各断陷在纵向上的不同叠加、组合关系,不同期次活动的控陷主干边界断裂控制着不同时期次级断陷的形成、演化、复合及叠加特征。

4 长岭复式断陷群复合方式

在断陷的形成演化过程中,断陷类型的不断转化主要受控于控陷主干边界断裂几何形态的转化。从直观上看,平面式正断层转换成犁式正断层或坡坪式正断层以及犁式正断层转换成坡坪式正断层较易实现,而反过来则十分困难。这是由于地壳的非均一性及在伸展过程中,断层上、下盘岩层运动差异的限制,决定了断陷的演化方向。一般来说,在断陷的发育初期,边界断层规模较小,拉张断块旋转引起的空间较小,控陷主干边界断裂主要以平面式为主。随着断陷的演化,控陷主干边界断裂进一步转化为犁式或是坡坪式^[15,16]。纵观长岭复式断陷群的断陷结构类型可以看出,断陷多以犁式正断层控制的半地堑为主,说明该断陷群经历了强烈的伸展变形。因此犁式正断层上盘发育的箕状半地堑构成盆地的基本单元,即长岭复式断陷群是由多条犁式正断层上盘发育的小型箕状半地堑复合形成的复式断陷。

断陷的复合是在同一应力场作用下形成的,故

依据控制次级断陷的控陷主干边界断裂的组合方式,将复合方式划分为串联式、并联式、斜列式和相对式4种类型。

(1)串联式复合。指两条或两条以上走向基本相同的断层位于同一构造带,并使各自上盘的小型半地堑沿走向扩展使其首尾相连,复合成为相对统一的断陷。这种组合的断陷在平面上表现为多凹多凸,弯弯曲曲,断距沿走向发生变化,沉积、沉降中心沿断裂走向呈串珠状分布。这些半地堑在发育早期是孤立的,当伸展到一定程度,次级断陷的控陷主干边界断裂彼此相互联结成波状延伸的大断层,最为典型的是查干花断陷及长岭牧场东断陷,早期彼此孤立存在次级断陷,在晚期因其沉积加厚归并于主断裂一侧,从而构成呈NNW向展布的断陷(图2a)。

(2)并联式复合。指沿两条或两条以上走向基本相同的断层大致平行排列,每一个断陷成为一个独立半地堑,有独立的沉积、沉降中心,半地堑之间以半地堑相隔,最终由各自上盘的小型半地堑上超复合成为相对统一的断陷,如长岭牧场西及长岭牧场东断陷即为此类复合特征(图2b)。

(3)斜列式复合。指两条或两条以上走向基本相同的断层呈雁行展布,相邻半地堑彼此斜列,发展到一定阶段边界断层有可能沿公切线贯通成一条,如前神子断陷和查干花断陷的排列关系,孤西断陷和伏龙泉断陷组合关系,均属此种复合类型(图2c)。

(4)相对式复合。指两个倾向相反的断层控制的半地堑相对出现,两个边界断层大致平行的半地堑的连接部位为基底低隆起——低幅度调节带或低凸起,因其由两个相向半地堑组成,故形态上近似于地堑结构。该组合中两个半地堑有部分和完全相对的问题,如长岭地区的查干花断陷与伏龙泉断陷为完全相对,查干花断陷与孤西断陷则为部分相对。当两个半地堑部分相对或发育程度不同就会造成低凸起部位在走向或倾向上发生偏斜(图2d)。

综上所述,裂陷盆地的断陷发育风格受控陷主干边界断裂控制,大型次级断陷及小型次级断陷构成了裂陷盆地同裂谷期的构造格架。对于一个规模相对较大的断陷盆地而言,一般具有多个沉积、沉降中心,其特征明显不同于简单的半地堑,因此控陷主干边界断裂及内部的次级基底断裂共同控制着复式断陷的沉降、沉积作用。

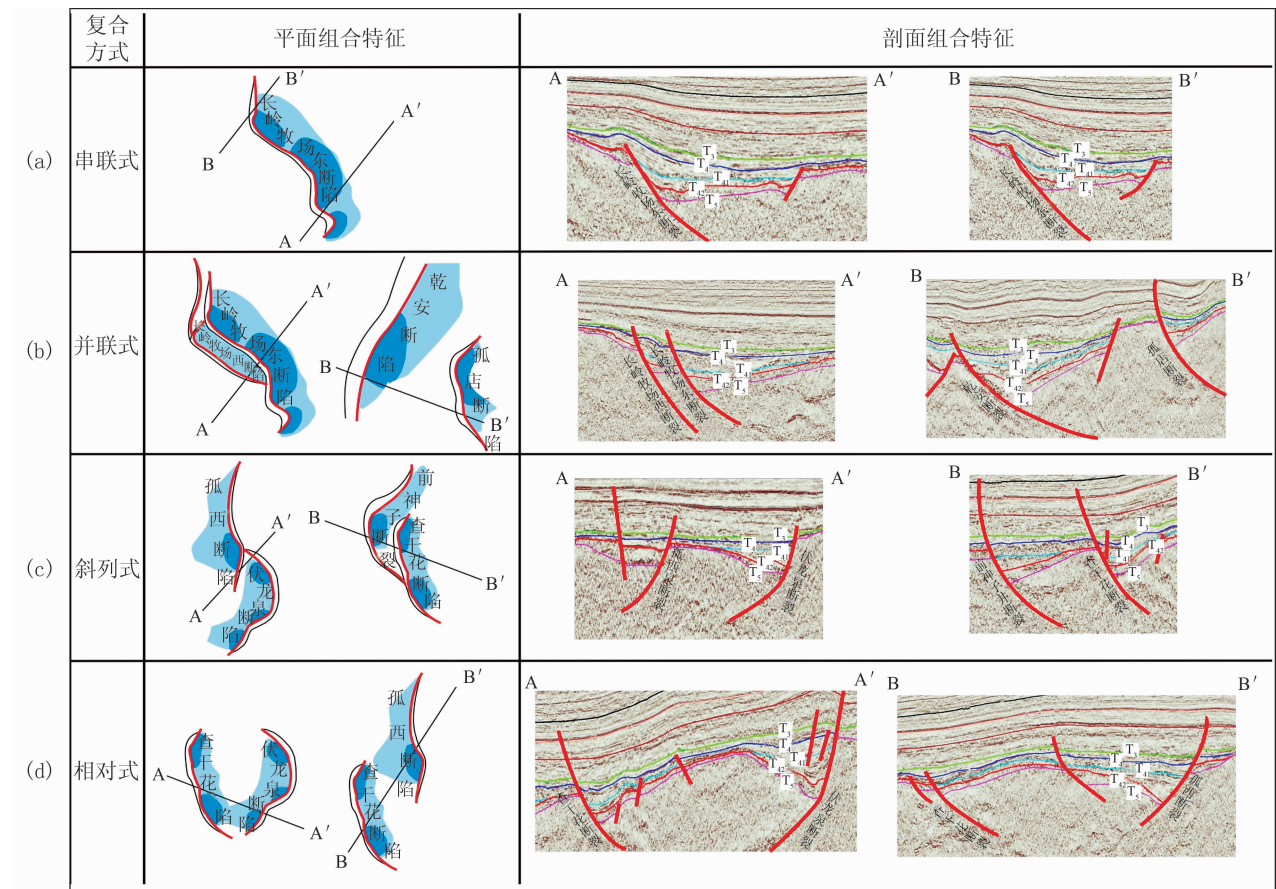


图 2 长岭断陷复式断陷群次级断陷复合方式特征

5 复式断陷叠加方式

断陷的叠加是指不同时期断陷的叠置关系。长岭复式断陷群在裂陷期经历了火石岭组沉积时期的初始裂陷、沙河子组的强烈裂陷及营城组的裂陷萎缩期 3 个阶段,故火石岭组、沙河子组及营城组沉积时期所形成的沉积—构造格架在纵向上产生不同的叠加组合方式。系统、深入地研究不同的叠加方式,对于分析断陷原型结构及油气生成、运移、聚集特别是保存条件具有重要的意义^[17]。通过分析可知,长岭复式断陷群不同期半地堑组合可分为继承型和非继承型(相干型)两大类及 6 种亚类(图 3~图 5)。

5.1 继承型叠加

该种叠加关系主要表现为控陷主干边界断裂继承性活动,始终控制着断陷的沉积作用,使先期形成的断陷在原有的基础上继承性发育,从而发育新的断陷。进一步可划分为披覆叠加、重合叠加、镶嵌叠

加、部分叠加等 4 种类型(图 3)。

(1)披覆叠加。该类叠加方式受继承性主干边界断裂控制,两期断陷的沉积、沉降中心大体一致,最大特点是先期断陷被后来的断陷沉积所覆盖,沉积岩面积整体为下小上大。该类叠加方式反映了早期断陷作用强烈,后期断陷作用减弱的特征,一般是在断陷萎缩阶段或者向拗陷转换阶段形成的,在沙河子组与营城组沉积时期的断陷叠加方式即以此类为主。代表性的断陷有大安—红岗、乾安、孤西、前神子井、查干花、新市镇及伏龙泉等断陷(图 4)。

(2)重合叠加。上、下两套沉积层受同一条继承性主干边界断裂控制,两期断陷的沉积、沉降中心一致,彼此相互复合。在以该类叠加方式形成的断陷中,多期地层连续沉积,埋藏深度大,如在新市镇、伏龙泉、孤店等断陷中,火石岭组、沙河子组及营城组 3 期地层均表现为重合叠加的特点(图 4)。

(3)镶嵌叠加。此类叠加关系是指早期形成的断陷面积大,晚期断陷面积小且镶嵌在早期断陷之上,且两期断陷的沉降中心一致,如乾安断陷火石岭

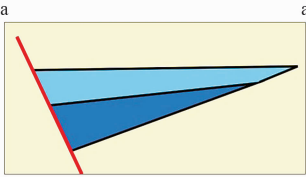
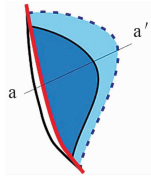
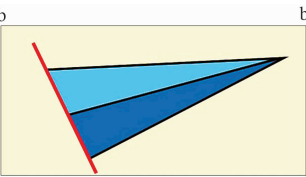
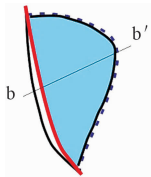
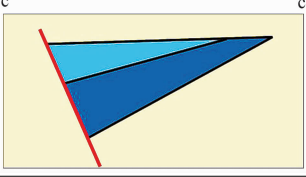
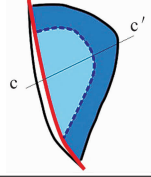
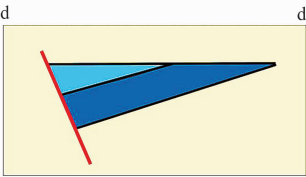
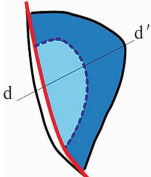
类型	亚类	剖面特征	平面特征	成因特征	实例
继承型叠加	披覆叠加			受继承性断裂控制, 两期裂陷沉积、沉降中心大体一致, 先期断陷被后期断陷沉积覆盖, 反映后期断裂活动减弱, 具有“填平补齐”的特点, 沉积面积下小上大	大安—红岗断陷 乾安断陷 孤西断陷 前神子井断陷 查干花断陷 新安镇断陷 伏龙泉断陷 (K_1sh-K_1yc)
	重合叠加			受继承性断裂控制, 两期断陷的沉积、沉降中心一致, 彼此复合, 断陷内多为连续沉积, 反映两期引张作用方式的相似及继承性	新安镇断陷 伏龙泉断陷 孤店断陷 (K_1h-K_1yc)
	镶嵌叠加			受继承性断裂控制, 两期断陷沉降中心一致, 早期断陷面积大, 晚期断陷面积小且镶嵌在早期断陷之上	乾安断陷 (K_1h-K_1sh)
	部分叠加			受继承性断裂控制, 两期断陷沉积、沉降中心不一致, 早期断陷受断裂控制不明显, 厚度变化小, 后期断陷受断裂控制明显, 靠近断裂一侧厚度大, 远离断裂厚度减薄, 直至尖灭, 沉积、沉降中心靠近断裂一侧	前神子井断陷 查干花断陷 (K_1h-K_1sh)

图 3 长岭断陷复式断陷群次级断陷继承型叠加特征

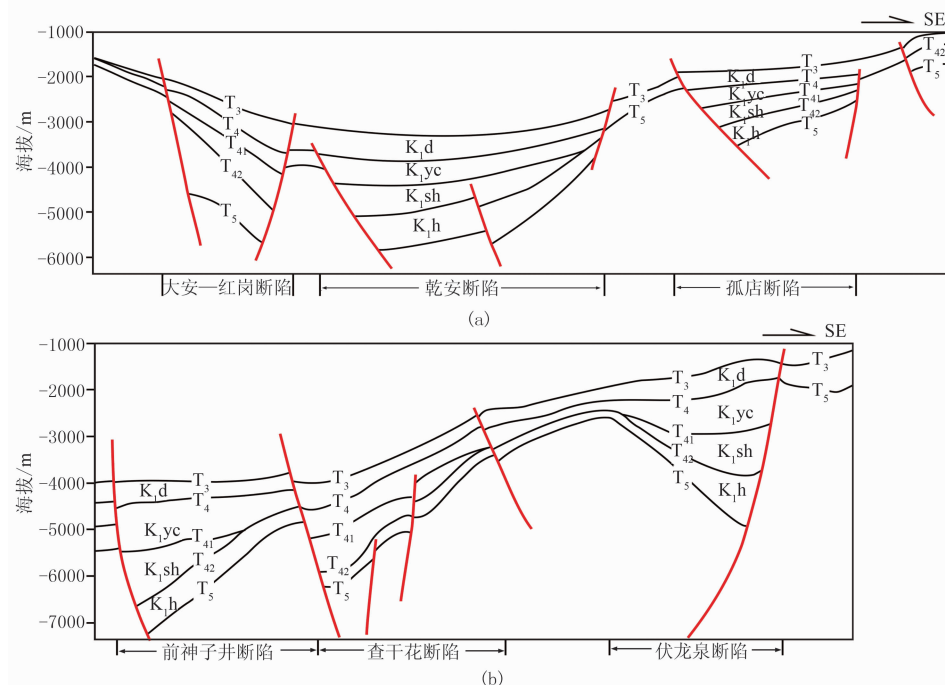


图 4 长岭断陷复式断陷群北西—南东向地质剖面(位置见图 1)

(a) 过大安—红岗断陷—孤店断陷剖面(剖面 I); (b) 过前神子井断陷—伏龙泉断陷剖面(剖面 II)

组与沙河子组沉积时期的两期断陷的叠加方式即属此类(图 4a)。

(4)部分叠加。此类叠加关系是指上、下两套沉积层受同一条继承性主干边界断裂控制,但两期断陷沉积、沉降中心不一致,彼此不复合。如火石岭组沉积时期断陷往往受主干边界断裂控制不明显,沉积范围大,沉积厚度变化不大,而沙河子组沉积时期断陷则明显受主干边界断裂控制,断裂一侧沉积厚度大,远离断裂则厚度逐渐减薄,直至尖灭,且沉积中心靠近断裂一侧。因此沙河子组沉积时期的断陷分布面积远小于火石岭组沉积时期,从而形成部分

叠加型组合关系,如查干花、前神子井断陷的火石岭组与沙河子组沉积时期的两期断陷的叠加方式即为此类(图 4b)。

5.2 非继承型叠加(相干型)

非继承型叠加系指断陷的主干边界断裂并不具有继承性活动特点,上、下两套地层分别受不同规模、不同方向的断裂控制而叠加在一起。换句话说,就是早期断陷与后期断陷在横向上部分重叠,在纵向上形成相干关系。根据主干边界断裂的产状,可将非继承型叠加分为同向相干型和反向相干型两种类型(图 5)。

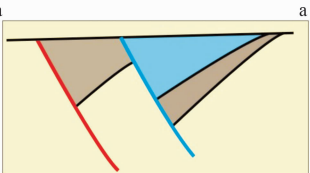
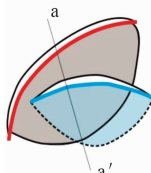
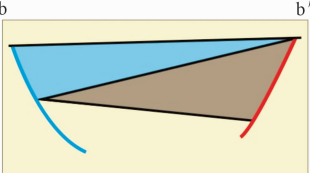
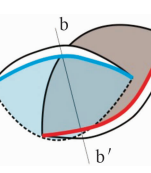
类型	亚类	剖面特征	平面特征	成因特征	实例
非继承型叠加(相干型)	同向			两期断陷沉积其边界断层倾向相同,晚期断陷叠置于早期断陷之上,呈后退式叠置,早期断陷分布范围广,晚期断陷分布范围减小	长岭牧场东断陷与长岭牧场西断陷(K ₁ h-K ₁ yc)
	反向			两期断陷沉积其边界断层倾向相反,两期断陷沉积中心不一致,构成“双断地堑”	孤西断陷(K ₁ h-K ₁ sh) 大安—红岗断陷(K ₁ h-K ₁ sh)

图 5 长岭断陷复式断陷群次级断陷非继承型叠加特征

同向相干型组合是指两套沉积地层及其边界断层倾向相同,年轻断陷叠置于较老断陷之上,呈后退式叠置。多表现为早期断陷分布范围较广,晚期断陷地层厚度和分布范围均较小。如长岭牧场东、西断陷在火石岭组与沙河子组沉积时期的断陷叠置关系归为此类,即早期火石岭组沉积时期断陷受长岭牧场西断裂控制,控制了火石岭组地层沉积,而沙河子组沉积时期断陷主要受长岭牧场东断裂控制。反向相干型叠加是指两期断陷沉积期边界断层倾向相反,两期断陷沉积中心不一致,构成所谓的“双断地堑”,如孤西断陷和大安—红岗断陷在纵向上表现为火石岭组和沙河子组沉积时期两期断陷的反向相干(图 4a)。

6 长岭复式断陷群深层天然气成藏地质意义

次级断陷在复合、叠加方式以及在演化过程中

对油气的富集有着重要的影响^[14],不同的复合、叠加方式直接影响了沉积盆地的油气成藏条件。如今在长岭复式断陷群深层已经发现了长岭 1 号、松南、伏龙泉、双坨子等气田及东岭油气田、达尔罕含气构造(图 1)。通过分析长岭复式断陷群的复合、叠加方式及天然气藏的分布情况,认为串联式、斜列式、相对式复合及继承型叠加的复式断陷对于深层天然气聚集成藏具有更为有利的地质条件,具体表现为:

(1)复式断陷在断陷期地层受主干边界断裂控制,即呈串联式、斜列式、相对式复合的复式断陷的控陷主干边界断裂的继承性活动,导致不同期次的断陷在纵向上呈现继承性叠加,往往能够形成稳定的沉降中心,有利于优质烃源岩的发育。长岭复式断陷群发育火石岭组、沙河子组、营城组等 3 套烃源岩层系,其中沙河子组的湖—沼相灰黑色泥岩和煤系地层为主力烃源岩^[6]。如在查干花断陷的沙河子组主力烃源岩分布面积近 900km²,平均厚度为 300~500m,最厚可达 800m,其有机质丰度较高,有机

碳含量最高可达 3.42%，有机质类型以 II 2—III 型为主，镜质组反射率值为 0.8%~1.9%，有机质演化已经达到高一过成熟的大量生气阶段，说明该断陷具有较大的生烃潜力^[18]。

(2) 复式断陷在复合、叠加过程中，在两条或多条控陷主干边界断裂的交会处是应力相对薄弱地带，往往是火山喷发的通道，控制着火山岩地层的发育，因此火山岩地层发育非常好^[19,20]。另外，由于控陷主干边界断裂的继承性活动，沟通了烃源岩及其储层，成为深层天然气成藏的气源输导通道，同时诱发了大量构造裂缝，沟通了火山岩储层内孔隙，有效地改善了储集性能^[20~22]。

(3) 串联式、斜列式及相对式复合过程中形成的调节带控制碎屑岩储集层砂体的发育。主要表现为在串联式及斜列式断陷复合过程中，主干控陷断裂在发育过程中横向发生位移而形成调节带，在调节带两侧由于差异沉降，形成比两翼断层平缓的转换斜坡，成为物源进入湖盆的主要通道，控制了古水流位置、沉积类型以及砂体的发育规模及空间展布。

通常在长期继承性发育的调节带附近砂体最为发育^[23,24]，例如在东岭地区调节带明显控制着沉积、充填特征^[25]。

(4) 复式断陷在复合过程中形成的继承性古隆起是深层天然气富集成藏的关键因素，这种古隆起多在串联式和相对式复合过程中形成。在串联式复合过程中，由于控陷主干边界断裂沿走向发生位移变化而形成横向背斜^[26,27]，这种背斜主要分布在控陷主干边界断裂上盘两个次级断陷之间，并形成继承性古隆起。这类古隆起往往处于两个次级断陷控陷断裂的交会部位，火山岩或是三角洲沉积砂体发育，易于形成构造—火山岩(砂岩)气藏，其成藏模式如图 6 所示。如在研究区内查干花断陷的南、北两个次级注槽之间发育东西向背斜构造，在此构造上形成以构造—火山岩气藏类型为主的松南气田^[21]；伏龙泉断陷内发育两个横向背斜构造，天然气主要富集在这两个背斜构造上(图 1)，该区火山岩地层不发育，储层以三角洲沉积砂岩为主。因此在串联式复合过程中形成的横向背斜构造是长岭复式断陷

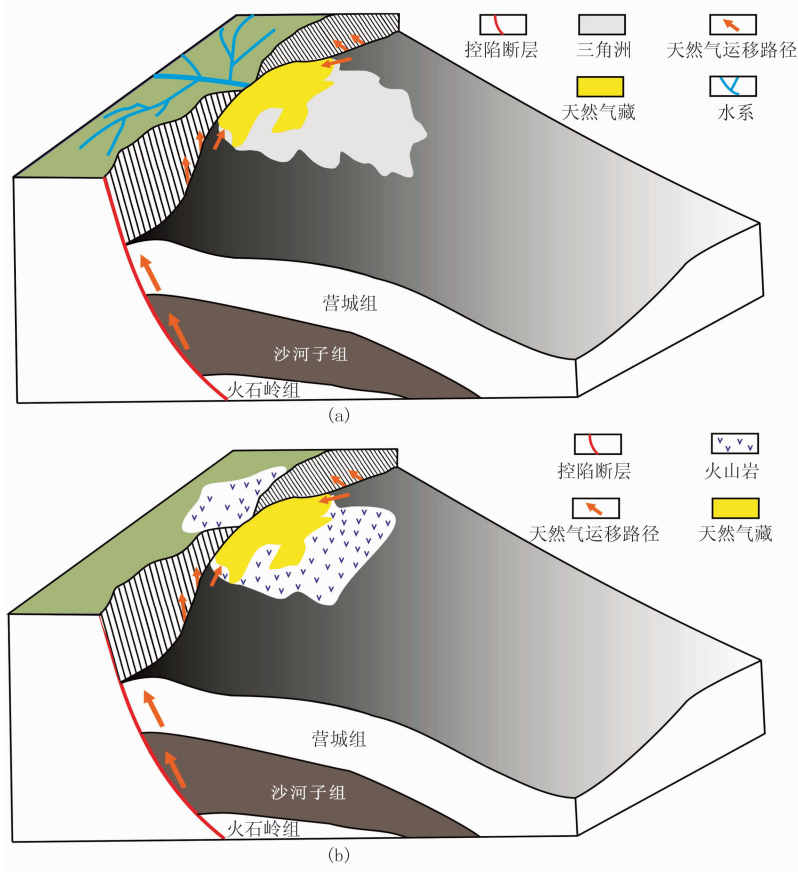


图 6 长岭复式断陷群横向褶皱背斜天然气成藏模式

(a) 碎屑岩储层；(b) 火山岩储层

群天然气聚集的有利部位。另外,在相对式复合过程中由于两条倾向相对的控陷主干边界断裂的强烈伸展变形,导致其公共上盘地层向断裂远端发生掀斜作用,在两断陷之间形成的调节性凸起带也构成继承性古隆起^[13,27],如查干花断陷与伏龙泉断陷之间发育的双坨子构造和大老爷府构造也是天然气富集成藏的有利部位。因此,长期继承性发育的古隆起或与火山机构密切相关,火山岩沿断裂喷发后在构造高部位形成火山岩圈闭^[12],或控制三角洲沉积砂体展布形成碎屑砂岩圈闭。长期继承性发育的古隆起具有十分有利的天然气富集条件:首先,继承性古隆起紧邻生烃断陷周围,长期处于低势区,是天然气运聚的有利指向区^[22];其次,构造高部位受风化、淋滤、剥蚀作用较强,易于形成溶蚀孔隙,从而进一步改善了储集物性^[28,29]。目前已发现的松南、双坨子气田和达尔罕含气构造均受古隆起和火山岩相双重控制,形成构造—火山岩复合型天然气藏^[28]。

综上所述,长岭复式断陷群在复合、叠加过程中具备了有利的天然气成藏地质条件,已有的勘探实践充分证实该复式断陷群具备广阔的油气勘探前景。据不完全统计,如今长岭复式断陷群天然气剩余资源潜力巨大,但资源探明率仅为 7%~10%^[20]。因此长岭复式断陷群在串联式、斜列式、相对式复合及继承型叠加过程中,各次级断陷之间形成的继承性古隆起构造将是下步重要的勘探区域。

7 结论

(1) 松辽盆地南部的长岭复式断陷群在断陷期经历了火石岭组沉积时期的初始裂陷、沙河子组沉积时期的强烈裂陷及营城组沉积时期的裂陷萎缩 3 个演化阶段,不同期次活动的断裂控制着不同时期次级断陷的形成、演化、复合及叠加特征。依据盆地结构特征可以将长岭复式断陷群划分为串联式、并联式、斜列式和相对式 4 种复合类型和继承型及非继承型(相干型)两种叠加类型,其中继承型叠加可进一步划分为披覆叠加、重合叠加、镶嵌叠加、部分叠加 4 种亚类。

(2) 长岭复式断陷控陷主干边界断裂的继承性活动,导致不同期次的断陷在纵向上继承性叠加,控制着优质烃源岩的发育。长岭复式断陷在复合、叠加过程中,在两条或多条控陷主干边界断裂的交会

处是应力相对薄弱地带,往往是火山喷发的通道,控制着火山岩地层的发育;控陷主干边界断裂的继承性活动构成气源输导通道,同时诱发大量构造裂缝进一步改善了火山岩储层的储集性能;在长岭复式断陷复合过程中形成的调节带控制碎屑岩储集层砂体的发育;形成的继承性古隆起是长岭复式断陷群深层天然气成藏的有利构造部位。

参考文献

- [1] 张玮,李洪革,李明杰. 松辽盆地南部长岭断陷区深层构造特征与天然气聚集. 现代地质, 2008, 22(4): 592-598.
Zhang Wei, Li Hongge, Li Mingjie. The characteristic of deep structure and natural gas accumulation in Changling fault depression of Songliao basin. Geoscience, 2008, 22(4): 592-598.
- [2] 李洪革,林心玉. 长岭断陷深层构造特征及天然气勘探潜力分析. 石油地球物理勘探, 2006, 41(增刊): 33-36.
Li Hongge, Lin Xinyu. Analyzing deep structural feature of Changling fault depression and potential of natural gas exploration. OGP, 2006, 41(S): 33-36.
- [3] 林景晔,江涛,宋立斌等. 哈尔金混合气藏成因及气体的垂向分布规律. 石油学报, 2010, 31(6): 927-932.
Lin Jingye, Jiang Tao, Song Libin et al. The origin and gas vertical distribution of the Harjin mixed-gas reservoir. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(6): 927-932.
- [4] 王洪江,吴聿元. 松辽盆地长岭断陷火山岩天然气藏分布规律与控制因素. 石油与天然气地质, 2011, 32(3): 361-367.
Wang Hongjiang, Wu Yunyuan. Distribution patterns and controlling factors of volcanic gas pools in the Changling fault depression, the Songliao Basin. Oil and Gas Geology, 2011, 32(3): 361-367.
- [5] 谢忱,胡纯心. 松辽盆地长岭断陷南部天然气成藏与富集特征. 石油与天然气地质, 2010, 31(3): 381-385.
Xie Chen, Hu Chunxin. Gas accumulations and distribution features in the south of the Changling fault depression in the Songliao basin. Oil and Gas Geology, 2010, 31(3): 381-385.
- [6] 张玉明,李明,李瑞磊. 松辽盆地南部深层系天然气成藏规律. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 841-848.
Zhang Yuming, Li Ming, Li Ruilei. Reservoiring pattern of natural gas in deep of southern Songliao basin. Oil and Gas Geology, 2006, 27(6): 841-848.
- [7] 俞凯,候洪斌,郭念发等. 松辽南部断陷层系石油天然气地质. 北京:石油工业出版社, 2002, 151-157.
- [8] 侯启军,邵明礼,李晶秋等. 松辽盆地南部深层天然气分布规律. 大庆石油地质与开发, 2009, 28(3): 1-5.
Hou Qijun, Shao Mingli, Li Jingqiu et al. Deep natural gas distribution rules in southern Songliao basin. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 2009, 28(3): 1-5.
- [9] 周荔清,雷一心,王红燕. 松辽盆地长岭断陷无机与有机油气共生组合类型及分布规律. 石油实验地质, 2009, 31(4): 324-332.
Zhou Liqing, Lei Yixin, Wang Hongyan. Play types and distribution features of coexistence of organic and

- abiogenic hydrocarbon in the Changling faulted depression of Songliao basin, *Petroleum Geology and Experiment*, 2009, 31(4): 324-332.
- [10] 张炜, 赵德力, 肖永军等. 松南长岭断陷东部深层天然气勘探潜力分析. *中国海洋大学学报*, 2012, 42(3): 70-74.
Zhang Yi, Zhao Deli, Xiao Yongjun et al. Deep gas exploration potential analysis of the eastern Changling fault in the south of SongLiao Basin. *Periodical of Ocean University of China*, 2012, 42(3): 70-74.
- [11] 陆建林, 王果寿, 朱建辉等. 长岭凹陷深层成藏主控因素及勘探方向分析. *石油天然气学报*, 2006, 28(3): 26-28.
Lu Jianlin, Wang Guoshou, Zhu Jianhui et al. Major control factors of deep reservoirs in Changling depression and its direction of exploration. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2006, 28(3): 26-28.
- [12] 王德喜, 陆建林. 长岭断陷东部地区火山岩形成的构造控制作用研究. *石油实验地质*, 2010, 32(2): 115-120.
Wang Dexi, Lu Jianlin. Studies of lava developing features and the action of tectonism of eastern area of Changling fault depression. *Petroleum Geology and Experiment*, 2010, 32(2): 115-120.
- [13] 漆家福, 夏义平, 杨桥. 油区构造解析. 北京: 石油工业出版社, 2006, 25-65.
- [14] 蒙启安, 朱德丰, 陈均亮等. 陆内裂陷盆地的复式断陷结构类型及其油气地质意义——以海一塔盆地早白垩世盆地为例. *地学前缘*, 2012, 19(5): 76-85.
Meng Qian, Zhu Defeng, Chen Junliang et al. Styles of complex faulted sags in rifting basin and its significance for petroleum geology: An example from Hailar-tamsag Early Cretaceous basin. *Earth Science Frontiers*, 2012, 19(5): 76-85.
- [15] 焦贵浩, 王同和, 郭旭杰等. 二连裂谷构造演化与油气. 北京: 石油工业出版社, 2003, 35-42.
- [16] 陆克政, 漆家福, 戴俊生. 渤海湾新生代含油气盆地构造模式. 北京: 地质出版社, 1997, 46-75.
- [17] 陈发景, 汪新文, 陈昭年. 不同期伸展断陷的叠合类型. *现代地质*, 2011, 25(5): 889-895.
Chen Fajing, Wang Xinwen, Chen Zhaonian. Superimposed types of extensional fault depressions at different epochs. *Geoscience*, 2011, 25(5): 889-895.
- [18] 肖永军, 柳忠泉, 王德喜等. 长岭断陷查干花地区营城组火山岩成藏主控因素分析. *石油地球物理勘探*, 2010, 45(增刊1): 163-166.
Xiao Yongjun, Liu Zhongquan, Wang Dexi et al. Analysis of major control factors of Yingcheng formation volcanic reservoir formation, Changling depression. *OGP*, 2010, 45(S1): 163-166.
- [19] 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. *石油勘探与开发*, 2008, 35(2): 129-142.
Zhao Wenzhi, Zou Caineng, Feng Zhiqiang et al. Geological features and evaluation techniques of deep-seated volcanic gas reservoirs, Songliao basin. *Petroleum Exploration and Development*, 2008, 35(2): 129-142.
- [20] 杜金虎, 冯志强, 赵志魁等. 松辽盆地中生界火山岩天然气勘探. 北京: 石油工业出版社, 2010, 114-133.
- [21] 吴群, 周荔青. 松辽盆地长岭断陷东部大中型火山岩(油)气田形成分布特征. *石油实验地质*, 2009, 31(1): 40-45.
Wu Qun, Zhou Liqing. Formation and distribution of large-medium scaled volcanite gas fields in eastern Changling fault depression of the Songliao basin. *Petroleum Geology and Experiment*, 2009, 31(1): 40-45.
- [22] 邱连贵. 长岭断陷腰英台地区营城组火山岩成藏主控因素分析. *石油天然气学报*, 2009, 31(3): 179-184.
Qiu Liangui. Analysis of major control factors of Yingcheng formation volcanic reservoir in Yaoyingtai area of Changling depression. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2009, 31(3): 179-184.
- [23] Gawthorpe R L, Hurst J M. Transfer zones in extensional basins; their structural style and influence on drainage development and stratigraphy. *Journal of Geology Society*, 1993, 150: 1137-1152.
- [24] 王家豪, 王华, 肖敦清. 伸展构造体系中传递带的控砂作用——储层预测的新思路. *石油与天然气地质*, 2008, 29(1): 19-25.
Wang Jiahao, Wang Hua, Xiao Dunqing. Control of transfer zone on sandbodies in the extensional structure system—a new approach to reservoir prediction. *Oil and Gas Geology*, 2008, 29(1): 19-25.
- [25] 张弛, 吴朝东, 谢丽华等. 松辽盆地东岭地区早白垩世小型断陷的充填特征与演化过程. *北京大学学报(自然科学版)*, 2012, 48(2): 253-261.
Zhang Chi, Wu Chaodong, Xie Lihua et al. Filling characteristics and evolution analysis of the early Cretaceous small fault depression in Dongling region Songliao Basin. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2012, 48(2): 253-261.
- [26] Schlische R W. Geometry and origin of fault-related folds in extensional settings. *AAPG Bulletin*, 1995, 79(11): 1661-1678.
- [27] 汪新文. 伸展褶皱作用及其油气勘探意义. *现代地质*, 2008, 22(1): 60-69.
Wang Xinwen. Extensional folding and its significance for oil-gas exploration. *Geoscience*, 2008, 22(1): 60-69.
- [28] 肖永军, 徐佑德, 王德喜. 长岭断陷东部火山岩气藏成藏条件及成藏模式. *天然气地球科学*, 2009, (4): 538-543.
Xiao Yongjun, Xu Youde, Wang Dexi. Formation conditions and reservoir-forming patterns of volcanic rocks, eastern Changling depression. *Natural Gas Geoscience*, 2009, (4): 538-543.
- [29] 徐宏节, 陆建林, 于文修等. 长岭断陷火山岩储层形成及控藏作用. *石油实验地质*, 2011, 33(3): 239-243.
Xu Hongjie, Lu Jianlin, Yu Wenxiu et al. Formation of volcanic reservoir and its controlling on accumulation in Changling fault depression. *Petroleum Geology and Experiment*, 2011, 33(3): 239-243.

(本文编辑: 刘勇)

作者简介



王有功 副教授, 1978年生; 2003年本科毕业于大庆石油学院地球科学学院, 获工学学士学位; 2011年毕业于东北石油大学矿产普查与勘探专业, 获博士学位。目前在东北石油大学地球科学学院从事油气藏形成与保存条件方面的教学和科研工作。