川西坳陷丰谷构造上三叠统须家河组四段致密砂岩储层特征

刘春富，刘树根，赵霞飞，陈 杨

(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)

摘要：据丰谷地区须家河组的地表剖面、岩心和薄片、测井曲线及常规物性测试资料等的观察、对比分析，认为川西坳陷中段的丰谷地区上三叠统须家河组四段砂岩普遍具有低孔低渗、致密化强、超高压、岩性变化快、非均质性强等特点，但局部仍发育有孔渗性相对较好的层段。根据沉积作用及沉积相、成岩作用类型、构造作用方面来探讨丰谷地区须四段储层的特征及有利储层段的分布认为，须四段储集性的好坏主要受沉积相及成岩作用类型控制。丰谷地区须四段储层发育最有利的沉积微相是潮汐影响的河道、潮间潮下水道、沙坝、冲洗坝，其岩性为灰色—浅灰色中—粗粒岩屑（钙屑）砂岩、岩屑石英砂岩；砂体单层厚度大，上下岩性变化快，以碳酸盐胶结为主。次生溶蚀对储层储集性的改善起到了至关重要的作用。多期次的断裂及其影响下形成的构造裂缝极大地改善了储层的渗透性，有利于油气的运移、聚集成藏。须四段属于孔隙型、裂缝—孔隙型储层。

关键词：致密砂岩储层；次生溶孔；丰谷构造；川西坳陷

中图分类号：P618.130.2　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1006-0995（2011）02-0167-06

DOI：10.3969/j.issn.1006-0995.2011.02.0011

川西坳陷上三叠统须家河组砂岩气藏，尤其是须四段气藏属于孔隙型、裂缝—孔隙型储层，具有超致密化、非均质性强、岩性变化快、低孔低渗、超高压、埋深大等特点。高产气层段的分布预测存在很大的难度，如相对高孔隙度储层段的预测、储层裂缝发育带预测、含气性特征及油气富集规律、相对高孔隙层段的形成机制等，至今仍无一个统一有效的机制。基于以上原因，本文通过对丰谷构造川丰 563 井（CF563）、丰谷 21 井（FG21）须四段的岩石薄片物性鉴定、沉积相研究及对测井资料等的对比分析，阐述揭示丰谷构造须四段致密砂岩储层的特征、相对高孔隙度层段分布发育规律、裂缝发育特征等，为更准确地阐述须四段岩屑（钙屑）砂岩相对高孔隙度层段的形成机制提供可对比的依据。

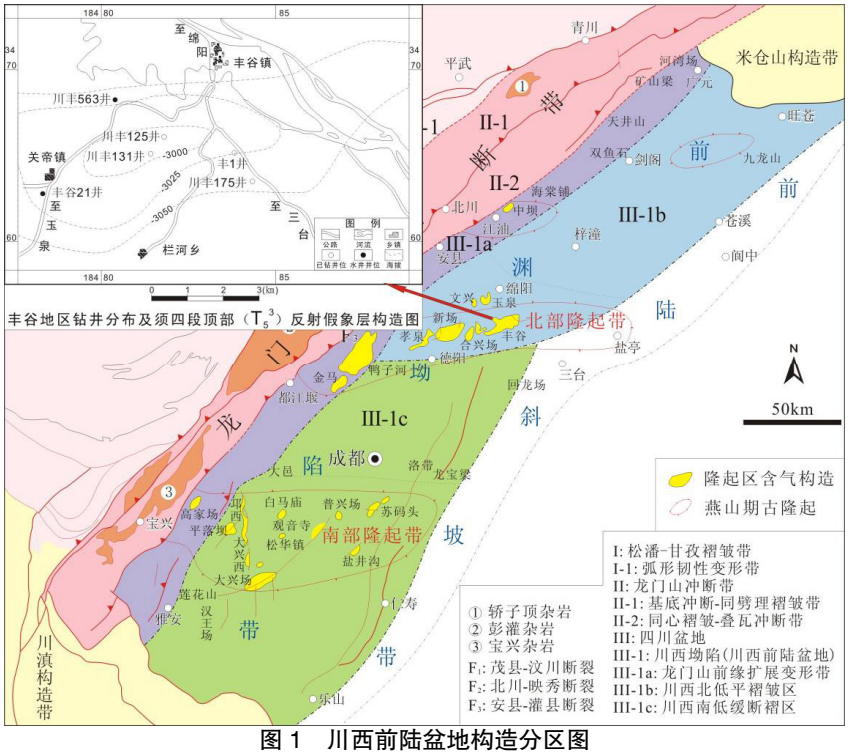


图 1　川西前陆盆地构造分区图

1　区域地质概况

川西坳陷走向北东，大致以绵竹—新场—丰谷、大邑—成都为界分成北、中、南三段。晚三叠世以来，构造总体特征是南段构造形变强度比中、北段高[1]，发育几排 NE 向断层相关褶皱[2~4]。丰谷构造位于川西坳陷中段的孝泉—新场—丰谷 NEE 向继承性隆起带的东端，褶皱断裂相对发育，从深至浅均形成背斜圈闭（图 1）。晚三叠世的川西地区为快速沉降区[4]，构造活动较强烈，局部地区海水进退频繁，沉积了一套浅海、海陆交互相含煤地层。晚三叠世丰谷地区为碎屑海岸相沉积，发育潮汐影响的河道、河口湾亚相沉积（图 2）。丰谷构造须四段横向上厚度变化不大，在 460.00 ~ 487.30m 左右，为大潮差河口湾和潮汐影响的河道亚相的细—粗粒岩屑（钙屑）砂岩、岩屑石英

收稿日期：2010-06-13

作者简介：刘春富（1985-），男，四川广安人，硕士研究生，主要从事致密砂岩气和储层方面的研究

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、（泥）页岩、炭质页岩的储集岩组合，间夹煤层。在须四段内，有利的储层段发育于潮汐影响的河道、潮下潮间的水道、沙坝、冲洗坝等微相的厚层砂岩体中，其岩性为中—粗粒岩屑（钙屑）砂岩、岩屑石英砂岩，其孔隙度相对较好，在 6%～13%之间，渗透率变化大。

2 储层特征

2.1 储层岩石类型及特征

须四段相对较好的储集层段的岩石类型可分为两类：

第一类：其矿物组分的岩屑含量很高，占碎屑总量的 85%以上；岩屑以碳酸盐岩屑为主，碳酸盐岩屑约占岩屑含量的 95%以上；石英 2%～10%，长石多在 3%以下；以方解石胶结为主，含量 0～9%，多充填粒间孔隙。碎屑颗粒分选好，磨圆度较好，呈次棱角—次圆状；颗粒之间以点—线接触为主；粒径多分布在 0.36～0.64mm 之间(图版, 1、2)，属于中—粗粒岩屑（钙屑）砂岩，是须四段储层的主体。

第二类：其石英含量占碎屑总量的 65%～90%，含有少量的燧石；长石占 2%～7%，以钾长石为主，含有少量的斜长石；岩屑占 7%～30%，以变质岩岩屑和岩浆岩岩屑为主，含有少量的粉砂岩岩屑或泥岩屑；胶结物 2%～14%，以粘土胶结为主，硅质胶结次之。次生孔中局部充填有 2%～4%的自生高岭石。颗粒分选中等、磨圆较差，多为次棱角状。颗粒之间以线—凹凸接触为主；主要粒径 0.44～0.60mm（图版，3），属于中—粗粒岩屑石英砂岩，仅分布于须四段底部。



图 2 丰谷构造上三叠统须家河组地层综合柱状图

2.2 储层沉积相

晚三叠世丰谷地区属于沉降型河口湾，受到河流和潮汐的双重影响。由于沉降速率或相对海平面的上升速率大于河流和海域的泥沙堆积速率，使得河口湾沉积环境较长时间维持[5]。整个须家河组是一个多旋回的海侵复合充填体系，且高位期持续较长、低位期和海侵期持续时间较短的快速海侵过程（图 2）。根据丰谷地区的钻井岩心、沉积构造等分析，须四段属于碎屑海岸相的低位期至海侵期阶段的跨界期河口湾沉积，相当于河口湾沉积岩相配置中的下部的低位期下切河谷陆相河流沉积和中部的海侵期河口湾沉积[6]，包括潮汐影响的河道、潮下

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

水道与沙坝、潮间沙坪、泥坪～陆架泥、沙波与沙脊、海岸平原、盐沼等微相，砂体厚度和岩相变化大，储集物性变化快。其中，须四段有利储层发育于潮汐影响的河道、潮间潮下水道、沙坝，冲洗坝微相的厚层砂岩体中。

2.3 储层孔隙类型及物性特征

丰谷构造须四段储集物性变化快，孔渗性较差，孔隙度一般在 1%～6%；渗透性差，一般小于 0.1mD。但局部存在有相对高孔隙度层段，孔隙度在 6%～13%；渗透率变化大，在 0.011～49.696mD（表 1）。高孔隙度层段孔隙以溶蚀粒间孔为主，并保留了部分的残余原生粒间孔隙，同时发育粒内溶孔、铸模孔、溶缝等，面孔率 2%～10%（图版，1、2）。与川丰 563 井产层段相当的同层砂体川丰 131-1 井 3 769～3 777m、川丰 125 井 3 721～3 732m 及魏城地区魏 1 井产气层段 3 829～3 832m 钙屑砂岩孔隙也较发育，孔隙度 4%～12%,面孔率 2%～8%[7]。粒间溶孔呈锯齿形或多边形，孔内无杂质，分布较均匀；残余原生粒间孔一般呈弧三角形或呈狭窄粒间隙。由于裂缝不均匀分布，渗透率变化大。因此，高孔隙层段储集类型属于孔隙型或裂缝—孔隙型储层。此外，这些层段一般都具有相对较高的含水饱和度，含油气性较差（表 1）。

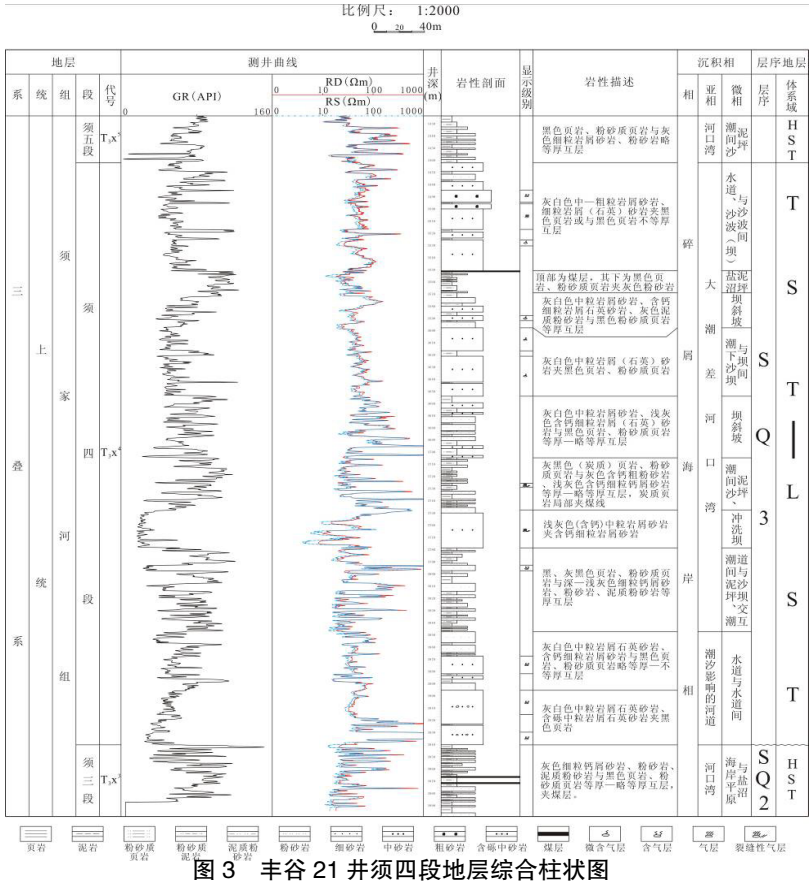


图 3　丰谷 21 井须四段地层综合柱状图

表 1　川丰 563 井、丰谷 21 井相对高孔隙层段物性及含水、含油特征统计[8],[9]

井号	层段井深（m）	岩性	孔隙度（%）	渗透率（$10^{-3}\mu m^2$）	饱和度（%）	
					含水	含油
CF563	3741.32～3745.62	中—细粒岩屑（钙屑）砂岩	7.09～12.14	0.383～34.152	0～2.20	0.40～6.00
	3874.98～3888.65	中—粗粒岩屑（钙屑）砂岩	6.42～9.27	0.075～0.322	24.40～51.40	3.50～14.70
FG21	3754.77～3762.76	中—粗粒岩屑（钙屑）砂岩	6.38～11.32	0.011～38.670	35.00～54.40	2.10～16.20
	3765.99～3775.84	中—粗粒岩屑（钙屑）砂岩	7.19～12.69	0.157～49.050	36.50～84.20	1.30～15.50

2.4 储层裂缝发育特征

从岩心剖面及镜下观察可知，丰谷构造须四段储层中裂缝体系整体上不发育或欠发育，局部层段较发育。裂缝分布具有明显的分带性，主要集中在须四段的中部。裂缝发育受到岩石的成分、颗粒大小、结构等影响，其发育分布特点如下：从裂缝产出层段及产状来看，裂缝多发育于泥质粉砂质泥岩、泥页岩等细粒层段，一般为低角度裂缝或顺层裂缝，倾角多在 0°～20° 之间（图版，4、5、6）；中—粗粒砂岩中裂缝发育较少，以高角度缝为主（图版，7），裂缝倾角在 50° 左右（表 2）。从裂缝产出层厚度及岩石成分上看，薄层砂岩的裂缝较厚层砂岩裂缝发育，碳酸盐岩屑含量高的砂岩层段的裂缝较发育，胶结疏松的砂岩层的裂缝比胶结致密的砂岩层更发育。从裂缝性质上看，细粒层内及层间边界的裂缝多显示顺层滑脱拖曳或水平剪切而成，砂岩中的裂缝则显示挤压逆断层性质。裂缝常被方解石、石英脉或沥青半充填—全充填。（图版，4、5、6、7）

表 2　丰谷 21 井须四段中部裂缝发育分布特征

井号	层段（m）	裂缝（条）			平均裂缝密度（条/m）
		平缝或顺层裂缝	斜缝	立缝	
丰谷 21 井	3741.65～3755.07m	58	9	11	5.81
	3755.07～3772.26m	279	26		17.74
	3772.26～3787.04m	66	16		5.55

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 影响优质储层形成的因素

3.1 沉积相与沉积环境

须四段的孔隙度主要受沉积相控制。沉积相通过控制砂岩的结构、组分进而决定其成岩作用的类型及途径，直接影响砂岩孔隙的演化和类型。相对高孔隙度层段主要分布于潮汐影响的河道、潮下潮间水道、沙坝及冲洗坝微相中。在这些微相中，发育大型板状交错层理、平行层理。由于来自陆域与海域沙量较大，水动力较强，河流、潮汐的筛选作用强，碎屑颗粒较粗，分选好，砂体较干净，泥质含量少；沉积时间长且稳定，砂体沉积厚度较大。在沉积成岩过程中，砂岩的原生粒间孔隙容易保存下来。据川丰 563、丰谷 21 井镜下薄片观察统计可发现，碎屑颗粒粒度大的岩石的孔隙度较好，其主要粒径大于 0.35 ㎜；主要粒径小于 0.25 ㎜的岩石的孔隙度较差。

3.2 成岩作用

3.2.1 压实—压溶作用

压实—压溶作用在川西坳陷须家河组普遍发育。其强度主要受埋深、所处的前陆构造带、岩性及矿物成分的影响，总体表现南强北弱、前渊带强、冲断带和前缘隆起带弱的特点[10]。丰谷构造位于前渊带中段偏北，靠近生烃中心，在埋藏史中有相当长的一段时间处于深埋状态（现今埋深在 3000m 以下），且砂岩主要由岩屑（钙屑）等易碎颗粒组成，压实—压溶作用强。同时，砂岩中岩屑含有较多的变质石英岩屑，在煤系地层酸性水环境下，可发生强烈的压溶作用。须四段内砂岩颗粒之间多以线—凹凸接触为主。石英多有溶蚀港湾、溶蚀弧、溶蚀凹坑及显著的次生加大（图版, 9），有的石英颗粒被方解石交代（图版, 10）；碳酸盐岩屑边缘有溶蚀再结晶边；长石多已溶蚀蚀变成绢云母、绿泥石或被方解石交代（图版, 10）；塑性岩屑如云母、千枚岩、泥岩屑等已压实变形被压扁拉长或弯曲，呈假杂基充填于粒间孔隙，堵塞粒间孔隙（图版，7）。但相对高孔隙层段的压实—压溶作用相对较弱，颗粒之间多以点—线接触，保留部分残余原生粒间孔，次生溶孔发育，主要以碳酸盐溶蚀为主（图版, 1、2）。由于垂向上胶结作用的非均质性形成“三明治”式夹层保护体，在压实作用过程中，上覆载荷被厚层砂体的顶部和底部的致密砂体部分抵消，从而使厚层砂体中部砂岩的压实作用相对较弱，砂岩中原生粒间孔隙得以部分保留，也有利于后期次生孔隙的发育。

压实—压溶作用是丰谷构造须家河组四段砂岩致密的一个重要因素。

3.2.2 溶蚀作用

根据镜下薄片观察，须四段的溶蚀作用至少可分为两期：早期的弱酸性水溶蚀和中后期的有机酸热液溶蚀。

须家河组属于煤系地层，埋藏后易产生腐植酸，形成弱酸性的成岩环境。在有机酸未形成之前，主要是带弱酸性的层间水和孔隙水对可溶组分进行溶蚀。由于此时尚处于早成岩阶段，压实作用强，这时期的溶蚀并不会形成建设性孔隙。但溶蚀物质充填粒间孔隙使与发生溶蚀砂岩层段相近的砂岩层快速致密，从而提高砂岩的抗压实能力；这些致密层段使相邻的砂岩层的原生粒间孔隙能更好地保留而不至于直接变得致密，也为后期的残余原生粒间孔溶蚀扩大提供了基础。

同时，丰谷构造靠近生烃中心，容易形成有机酸酸性成岩环境，易于发生有机酸溶蚀。当煤系地层中的有机质在成熟阶段早期裂解产生有机酸热液使地层水介质呈酸性时,开始有机酸溶蚀，从而使岩石中的石英、火山岩屑、长石、碳酸盐组分等强烈溶蚀,以碳酸盐岩屑的溶蚀为主，产生大量的次生溶孔，包括粒间溶孔、粒内溶孔、铸模孔、贴粒溶缝等（图版，1、2）。须家河组长期处于深埋状态，在深埋藏地层中,有机酸溶蚀作用对次生孔隙的形成起到了重要的作用[7]。

溶蚀作用是丰谷构造须四段储层次生孔隙发育、改善储层孔隙度的主要机理，其中碳酸盐岩屑、碳酸盐胶结物的溶解是本区次生孔隙形成的主要途径[11]。

3.2.3 胶结作用

须四段以方解石胶结作用为主，胶结作用具有极强的非均质性。碳酸盐胶结作用对于须四段砂岩的孔隙度具有双面影响：早期的碳酸盐胶结作用对砂岩孔隙具保护作用，晚期碳酸盐胶结作用对砂岩孔隙具破坏作用。

方解石胶结作用强烈时，呈基底式—孔隙式胶结（图版 8），胶结作用形成于主要的压实作用之前，属于早期碳酸盐胶结物。方解石胶结作用弱时，方解石胶结物呈分散状零星分布于粒间空隙（图版，1、

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2）。碳酸盐胶结作用在垂向上非均质性极强，高孔隙层段的碳酸盐胶结作用相对较弱，而与其相邻砂岩层段胶结作用强烈，岩层致密，从而形成对高孔隙层段的孔隙的保护层，形成“三明治”式夹层保护，外紧内松。晚期碳酸盐胶结物是在沉积物固结成岩过程中及之后形成的，充填粒间孔隙，使砂岩孔隙度急剧降低。据镜下观察发现，在中—粗粒岩屑（钙屑）砂岩中，相对高孔隙层段的碳酸盐胶结物含量一般小于 10%（图版，1、2）。当碳酸盐胶结物含量大于 10%，其孔隙度急剧降低（图版，8）。

此外，根据刘昊年等[12]对须四段砂岩中碳酸盐胶结物中的 $\delta^{13}C$ 同位素的研究发现，须四段的碳酸盐胶结物的物质来源具有多源性或混源性，碳酸盐胶结物可能来自于有机酸溶蚀、大气淡水淋滤（表生作用）、深部的三叠系海相碳酸盐流体上侵带来的物质形成的碳酸盐。这也说明碳酸盐胶结物是多期次形成的。

碳酸盐胶结作用是丰谷构造须四段储层致密的另一重要原因，但早期碳酸盐胶结物对储层的原生粒间孔隙有保护作用。

3.3 构造作用与裂缝

构造作用对储层储集性的影响，主要表现在构造挤压以及顺层滑脱产生的破碎裂缝系统对储层孔渗性的改善。丰谷构造须四段整体上裂缝并不是很发育，只是在局部层段裂缝密集。其中，影响最大的是挤压张裂缝、剪切裂缝。这些裂缝穿层能力强，延伸远，有利于弱酸性溶液的垂向运移和溶蚀作用，从而增大次生孔隙空间，有利于油气运移聚集。顺层裂缝或低角度裂缝有利于层内流体的横向运移，对层内溶蚀有很好的促进作用。须四段有效裂缝发育带主要位于丰谷构造中北部[4]。

在显微镜下，裂缝多被方解石、石英脉及沥青半充填—全充填（图版，4、5、6、7）。通过对裂缝中充填的石英、方解石脉体的流体包裹体研究[13、14]发现，脉体内含有大量的气烃包裹体及较高的有机组分，还含有 CO 和 H_2S，其形成温度高达 120℃。这说明脉体形成时，有机质早已进入了成熟阶段，大量的热降解烃随着成岩流体通过裂缝向储层中运移，沉淀的物质俘获了部分气态烃形成包裹体。因此，储层裂缝的形成时期应该在有机质成熟以后。裂缝的形成有利于流体的运移及油气的运聚。裂缝极大地提高了储层的渗透性，增大了溶蚀空间，使得须四段致密砂岩的储集性得到了很好的改善。

4　结论

1）须四段相对高孔隙层段主要以中—粗粒岩屑（钙屑）砂岩为主，其分布主要受到沉积环境与沉积相的控制，主要分布于潮汐影响的河道、潮下潮间水道、沙坝及冲洗坝微相的厚层砂岩中。沉积环境和沉积相通过控制岩石的成分、结构构造及砂岩层的厚度等，进而决定岩石成岩作用演化途径、类型，最终决定砂岩储集性的优劣。

2）压实—压溶作用使砂岩变得致密的重要原因，溶蚀作用是改善砂岩储集性、提高孔隙度的主要机理，碳酸盐胶结作用具双面性：早期的碳酸盐胶结物具有保护储层孔隙的功能，晚期碳酸胶结物对储层孔隙起破坏性作用。

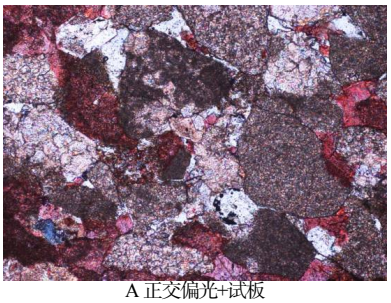
3）构造裂缝极大地改善了砂岩的渗透性。丰谷构造须四段高孔隙层段是有利储集砂体与构造裂缝发育较好复合的结果，是油气勘探较为有利的区块。

参考文献：

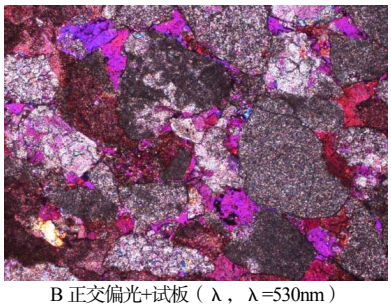
[1] 沈忠民，潘中亮，等. 川西坳陷中段须家河组天然气地球化学特征及气源追踪[J]. 成都理工大学学报（自然科学版），2009，36(3)：225～230.
[2] 刘树根，李智武，曹俊兴，等. 龙门山陆内复合造山带的四维结构构造特征[J]. 地质科学，2009，44(4)：1151～1180.
[3] 邓少云，叶泰然，吕正祥，等. 川西新场构造须家河组二段气藏特征[J]. 天然气工业（地质与勘探），2008，28(2)：42～45.
[4] 郑荣才，魏钦廉，等. 川西坳陷中段须四段钙屑砂岩储层特征及有利区块预测[J]. 成都理工大学学报(自然科学版)，2007，34(5)：489～496.
[5] 熊绍隆，曾剑. 潮汐河口分类指标与河床演变特征研究[J]. 水利学报，2008，39(12)：1286～1295.
[6] 齐永安. 河口湾相模式研究[J]. 地质科技情报，1999，18(1)：45～49.
[7] 曾小英，张小青，钟玉梅. 川西坳陷中段须家河组四段钙屑砂岩气层的成因[J]. 沉积学报，2007，25(6)：896～902.
[8] 龚达波，张玉萍. 四川省绵阳市丰谷构造川丰 563 井完井报告[R]. 2005
[9] 杨利峰，孙玉，等. 四川盆地川西坳陷丰谷构造丰谷 21 井完井地质总结报告[R]. 2008.
[10] 杜业波，季汉成，朱筱敏. 川西前陆盆地上三叠统须家河组成岩相研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版)，2006，36(3)：358～364.
[11] 李士祥，胡明毅，李浮萍. 川西前陆盆地上三叠统须家河组砂岩成岩作用及孔隙演化[J]. 天然气地球科学，2007，18(4)：535～539.
[12] 刘昊年，邓丽丽，龚业超，等. 川西坳陷须家河组砂岩中碳酸盐胶结物及形成机制[J]. 天然气技术，2008，2(5)：24～28.
[13] 朱如凯，邹才能，张鼐，等. 致密砂岩气藏储层成岩流体演化与致密成因机理[J]. 中国科学 D 辑（地球科学），2009，39(3)：327－339.
[14] 张哨楠. 四川盆地西部须家河组砂岩储层成岩作用及致密化时间讨论[J]. 矿物岩石，2009，29(4)：33～38.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

图版 丰谷构造须四段显微镜下观察照片



A 正交偏光+试板（λ/4，λ=546nm）10×10



B 正交偏光+试板（λ，λ=530nm）10×10

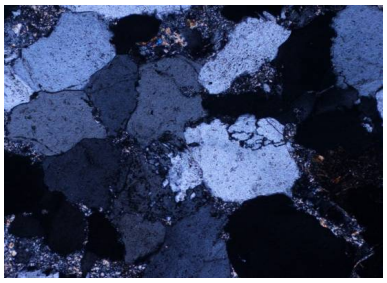
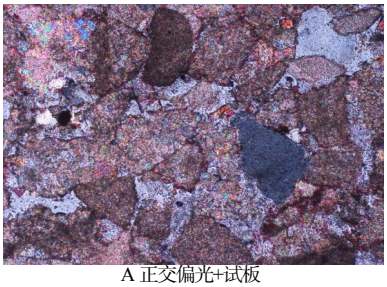
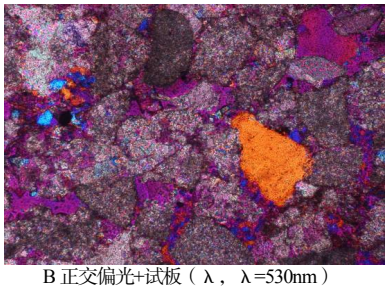


图 3 中粒岩屑石英砂岩　压溶作用强，颗粒呈镶嵌状。石英颗粒粒内具溶蚀孔洞，颗粒边缘具溶蚀港湾、溶蚀坑等 CF563 3878.17—3878.21m 10×10 正交

图 1 粗粒岩屑（钙屑）砂岩，压实作用强，方解石胶结作用中等强度。溶蚀较强，以岩屑溶蚀为主，石英颗粒边缘有溶蚀凹坑，粒内有溶蚀孔洞，部分已被方解石胶结物充填。粒间孔隙（粉紫色）发育，包括原生粒间孔溶蚀扩大、粒间溶孔、铸模孔、粒内溶孔等，面孔率达 6%–8%。CF563 3745.21—3745.25m



A 正交偏光+试板（λ/4，λ=546nm）10×10



B 正交偏光+试板（λ，λ=530nm）10×10

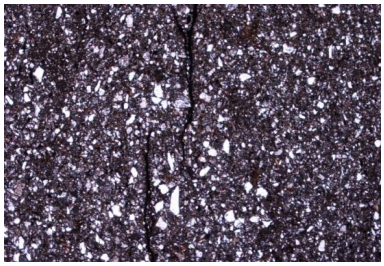


图 4 极细砂岩中的裂缝系统，呈左行右列式排列，与纹层平行排列，被泥炭质全充填 CF563 3775.98m 10×4 单偏光

图 2 粗粒岩屑（钙屑）砂岩，压实作用弱，颗粒之间以点—线接触为主，方解石胶结作用弱；原生粒间孔隙保留较好，次生溶孔发育，以岩屑（钙屑）溶蚀为主，发育粒间溶孔、粒内溶孔、铸模孔等。面孔率约 7%—10%。FG21 3773.19—3773.23m

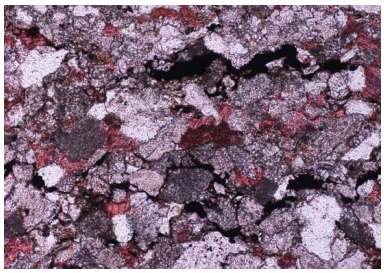


图 5 钙质中粒岩屑（钙屑）砂岩，裂缝较发育，形成裂缝网络系统。裂缝被泥炭质半充填—全充填；裂缝多绕过钙屑颗粒，很少使颗粒破碎或很少裂缝切穿颗粒。FG21 3763.98m　10×10 单偏光

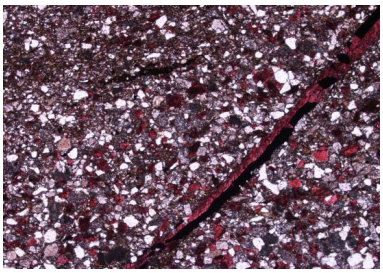


图 6 钙质细砂岩，发育裂缝，裂缝被方解石半充填—全充填，另一半为黑色物质（泥炭质？）充填。FG21 3746.72m 10×4 单偏光

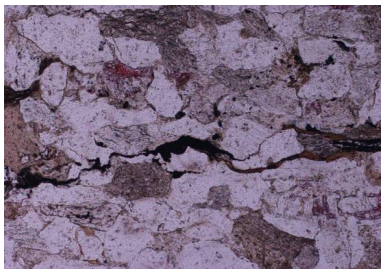


图 7 含泥中粒岩屑石英砂岩，发育裂缝，裂缝中，水云母伊利石化。CF563 3514.91m　10×4 单偏光

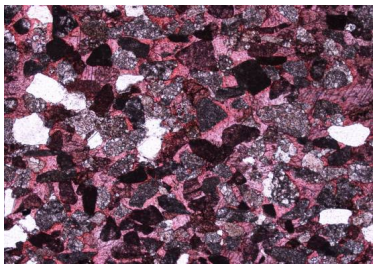


图 8 粗粒岩屑（钙屑）砂岩，方解石胶结作用极强，呈孔隙式—基底式胶结。孔隙以贴粒溶缝、粒内溶孔为主，孔隙不发育。FG21 3760.65—3760.69m 10×4 单偏光

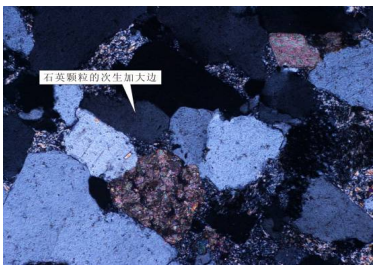


图 9 粗粒岩屑石英砂岩，石英颗粒及石英次生加大变都遭受了较强的溶蚀作用（图中两颗粒的次生加大边附在一起）CF563 3875.18m

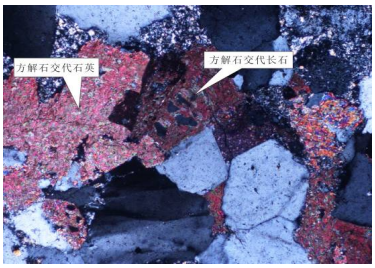


图 10 粗粒岩屑砂岩，压溶作用强，方解石交代石英、长石。CF563 3894.34m 10×10 正交

（下转第 175 页）

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

长岩体边缘相的似斑状中细粒云闪花岗闪长岩及过渡相的似斑状中—细粒花岗闪长岩。

围岩以角岩化、硅化、云英岩化、黄铁矿化等变质类型为主。角岩化主要分布在岩体外接触带砂岩夹板岩等浅变质岩中，硅化、云英岩化、黄铁矿化则多产出在矿化脉及近脉围岩中，这些蚀变是良好的找矿标志，特别是云英岩化是找富矿的重要蚀变。

3　找矿方向及建议

由于恶劣的自然条件及不利的人文因素的制约，使得该区的找矿工作程度很低，但本区地质条件优越，具有良好的找矿潜力。

根据已发现的矿化类型的形成原因及分布特征，建议以后找矿方向可以从以下三个方面着手：

1）小石头山花岗闪长岩体侵入于上三叠统杂谷脑组、侏倭组内外接触带，特别是岩体呈港湾状、舌状、不规则状侵入围岩的部位；

2）小石头山岩体过渡相中后期侵入的脉岩群，特别是距该区 NE 1.5km 左右花岗闪长岩体过渡相中成组分布的矿化脉群。

3）矿化脉所处断裂的平行断裂分布区。

参考文献：

[1] 张杜敏，林国标，等．四川省阿坝县小石头山银多金属矿普查地质报告[R]．2007

[2] 石准立，河北涞源花岗杂岩体岩浆演化与成矿[A]．冯友兰教授诞辰 90 周年数念文集．北京：地质出书社，1990

[3] 四川省地质矿产局区域地质调查大队六分队．1:20 万阿坝幅区域地质调查报告[R]．．1984．

[4] 四川省地质矿产局编．四川省区域地质志[M]．成都，四川地质出版社，1991．

Geological Features and Range of Reconnaissance for the Xiaoshitoushan Ag-Polymetallic Deposit in Aba

CHEN Chang-jun

(Sichuan Institute of Geological Survey for Nuclear Industry, Chengdu　610061)

Abstract: This paper deals with geological setting, geological features, mineralization type, prospecting criteria and range of reconnaissance for the Xiaoshitoushan Ag-polymetallic deposit in Aba.

Key words: Ag-polymetallic deposit; geological feature; prospecting criteria; Xiaoshitoushan, Aba

（上接第172页）

Characteristics of Tight Sand Reservoirs of the Member 4 of the Upper Triassic Xujiahe Formation in the Fenggu Structure, West Sichuan Depression

LIU Chun-fu　LIU Shu-gen　ZHAO Xiao-fei　CHEN Yang

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu　610059)

Abstract: Field observation, logging data, core thin section study and physical property detection indicate that sandstone of the Member 4 of the Upper Triassic Xujiahe Formation in the Fenggu structure is a pore-fissure reservoir which is characterized by low porosity, low permeability and strong heterogeneity with local high porosity and permeability. The reservoir property is controlled by sedimentary and diagenesis type. The most favorable lithologic character is gray, grayish, medium- and coarse-grained lithic sandstone and lithic quartz sandstone in stream channel facies, intertidal and subtidal channel, sandbar and swash bar. The sandbody is characterized by large thickness and rapid changing lithologic character with carbonate cement. Secondary corrosion played an important role in improvement of reservoir property.

Key words: tight sandstone reservoir; secondary pore; Fenggu structure; west Sichuan depression

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net