

文章编号: 1000-0550(2010)06-1145-08

四川盆地嘉陵江组层序—岩相古地理特征和储层预测^①

胡明毅^{1,2} 魏国齐³ 李思田⁴ 杨威³ 朱露¹ 杨运海¹

(1. 教育部油气资源与勘察技术重点实验室 湖北荆州 434023; 2. 长江大学地球科学学院 湖北荆州 434023;

3. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院 河北廊坊 065007; 4. 中国地质大学 北京 100083)

摘要 四川盆地三叠统嘉陵江组发育有碳酸盐台地相沉积体系和碎屑岩—碳酸盐混积沉积体系以及混积潮坪、开阔台地、局限台地和蒸发台地等四种相类型。以沉积相和层序界面识别为依据,将四川盆地三叠统嘉陵江组划分出3个三级层序和6个体系域,编制了四川盆地嘉陵江组各体系域的层序—岩相古地理图,对鲕滩和白云岩储层的分布规律进行了预测。研究表明四川盆地嘉陵江组自西向东相带分异明显,其中在海侵体系域以开阔台地相沉积为主,在盆地东部和中部一带发育有台地浅滩相储层;在高位体系域时期以局限—蒸发台地相沉积为主,在盆地北部和东北部发育有晶粒白云岩储层,据此指出了盆地有利含油远景勘探区带。

关键词 四川盆地 嘉陵江组 层序地层 岩相古地理 储层分布预测

第一作者简介 胡明毅 男 1965年出生 教授 博士生导师 沉积学与层序地层学 E-mail: humingyi65@163.com

中图分类号 P531 TE122.2 文献标识码 A

近年来,四川盆地以下三叠统飞仙关组鲕滩储层为重点目标层的海相碳酸盐岩的油气勘探取得重大突破,先后发现渡口河、铁山坡、罗家寨、普光等众多大中型与特大型气田,展示了该领域良好的勘探前景^[1-5]。随着勘探与研究的不断深入,人们逐渐认识到下三叠统嘉陵江组也是一个重要的勘探目的层,在嘉陵江组也发育良好的鲕滩和白云岩储层,但由于对四川盆地嘉陵江组沉积体系及岩相古地理特征缺乏整体性和系统性研究^[6,7],对嘉陵江组各类储层的分布规律尚不清楚,从而制约了该领域的油气勘探进程。本研究以大量单井层序地层划分和沉积相研究为基础,结合地震和区域资料的综合研究,编制了四川盆地三叠统嘉陵江组层序—岩相古地理图,预测了有利的储层分布区域。

1 地质概况

早三叠世飞仙关组时期,四川及邻区海域的物源主要来自西侧的康滇古陆和龙门山岛链,自西向东发育川西冲积平原、川中半局限海、川东碳酸盐岩台地、开江—梁平海槽及城口—鄂西海槽等主要沉积单元,四川海域北部为南秦岭洋、东部为城口—鄂西海槽,南部为滇黔桂海槽。早三叠世嘉陵江期为该区三叠纪一次较大的海泛期,该时期海岸上超至陆相沉积区

域并成为统一的上扬子海盆,四川克拉通盆地沉积相带仍然主要呈东西向展布,由西向东为海陆过渡相、局限海台地及蒸发台地、开阔海台地等(图1)。嘉陵江组在区域上划分为五个岩性段,其中嘉一段、嘉三段以灰岩沉积为主,嘉二段、嘉四段和嘉五段以白云岩、膏岩沉积为主,嘉陵江组区域地层厚度在400~1200 m。

2 沉积体系划分及其沉积特征

四川盆地三叠统嘉陵江组主要发育有碳酸盐岩、碎屑岩、蒸发岩等三大类岩石,其中碳酸盐岩和蒸发岩分布广泛,碎屑岩分布较为局限,多分布在四川盆地东南部地区。根据岩石类型、沉积构造和生物化石等相标志将四川盆地三叠统嘉陵江组划分为碳酸盐台地沉积体系和碎屑岩—碳酸盐混积沉积体系^[8],各类沉积体系特征如下。

2.1 碎屑岩—碳酸盐混积沉积体系

该沉积体系在四川盆地分布较为局限,主要分布在盆地西南部或西部地区,由于该区靠近康滇古陆和龙门山岛链,距陆缘碎屑的供应区较近,加上水体浅,因此形成了一套以混积潮坪沉积为主体的碎屑岩—碳酸盐混积沉积体系。纵向上混积潮坪主要发育于嘉一至嘉二段,以碳酸盐与陆源碎屑交互沉积为特

^①国家重大科技专项(编号:2008ZX05007-002-001)、国家“十五”科技攻关“克拉通盆地天然气成藏规律与勘探技术研究”(编号:2004BA616A-03)和中国石油化工股份有限公司科技项目(编号:P06081)联合资助成果。

收稿日期:2009-09-08; 收修稿日期:2009-12-14

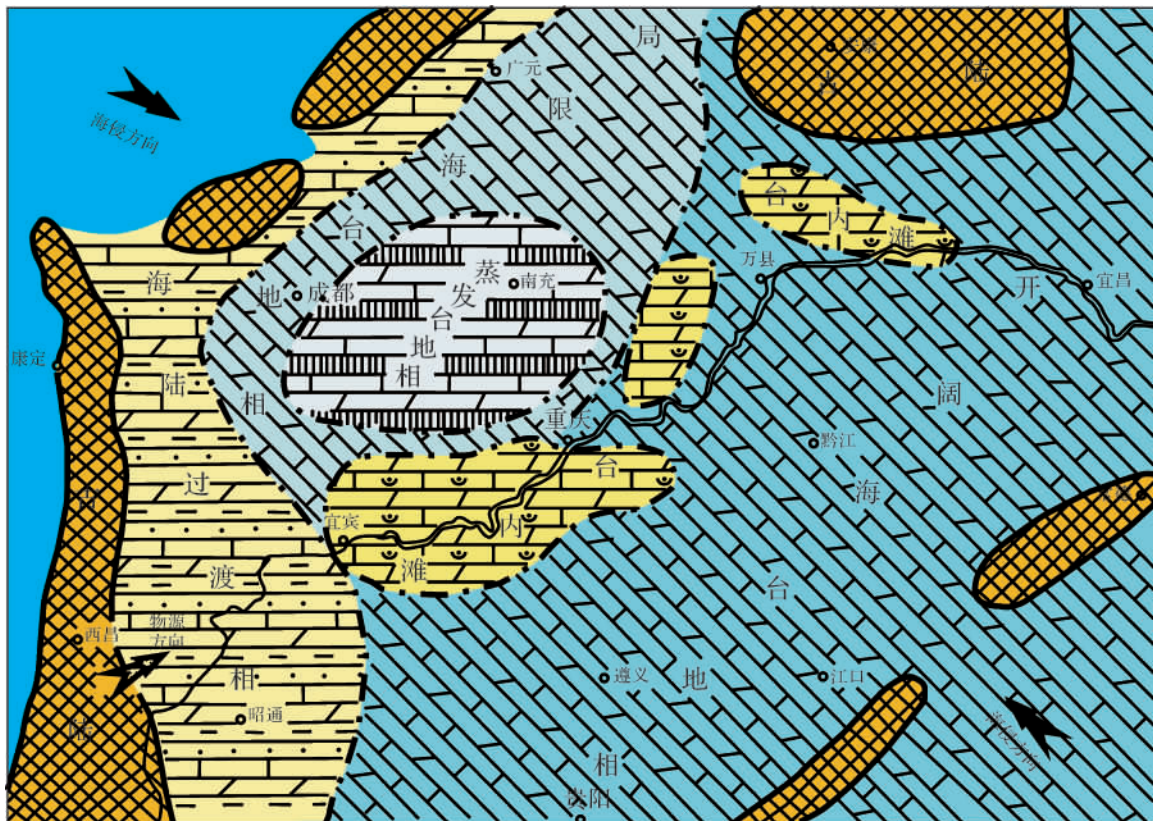


图1 四川及邻区海域早三叠世嘉陵江组岩相古地理图

Fig. 1 Lithofacies and palaeogeography of Jialingjiang Formation of early Triassic in Sichuan Basin

征。混积潮坪可进一步分为混积潮上坪和混积潮间坪两种亚相。混积潮上坪由紫红色泥岩夹紫红色薄层粉砂质泥岩、粉砂岩和泥晶灰岩沉积组成,偶含石膏斑块;混积潮间坪由紫红色泥岩与紫红色薄层粉砂质泥岩、粉砂岩、泥晶灰岩等互层沉积,偶含石膏斑块;混积潮坪沉积中发育波状、透镜状和脉状层理及羽状交错层理等沉积构造。

2.2 碳酸盐台地沉积体系

碳酸盐台地沉积体系可进一步分为开阔台地、局限台地和蒸发台地等三种相类型。

开阔台地相在研究区较为发育,纵向上主要分布于嘉一段和嘉三段,该相带海水水体循环良好,盐度正常,生物较丰富,主要由浅灰色、灰色中—厚层状泥晶灰岩、泥质泥晶灰岩、鲕粒灰岩、砂屑生屑灰岩组成。开阔台地相可进一步分为台内浅滩和滩间海两种亚相。台内浅滩亚相主要由浅灰色中厚层状亮晶鲕粒灰岩、亮晶生屑鲕粒灰岩或砾屑鲕粒灰岩组成,发育有楔状和槽状交错层理等沉积构造。滩间海亚相是开阔台地相带中分布于浅滩亚相之间的大面积低能环境沉积,主要以泥晶灰岩、含生物泥晶灰岩及

含颗粒泥晶灰岩为主要特征,该亚相中主要发育有水平层理,产有孔虫、双壳类、腹足类化石。

局限台地相在研究区也较发育,纵向上主要分布于嘉二段、嘉四段和嘉五段。局限台地相可分为潟湖、潮坪和台内雏滩三种亚相。局限泻湖主要处于局限台地内潮下低能的地区,潟湖中水体循环受限,水动力能量低,以静水沉积为主,水平层理常见,由微晶灰岩微相、含云灰岩微相、球粒泥晶灰岩、含膏云质微晶灰岩等组成。潮坪是局限台地内部较发育的亚相,潮坪包括了潮间带和潮上带两个沉积地带。台内雏滩亚相比一般的台内“滩”的规模小,其分布范围小、厚度薄,颗粒隙间充填物以亮晶为主。

蒸发台地发育在海平面相对低的时期,台地内与广海之间连通比局限台地时期更加受阻,气候炎热干旱,蒸发作用强烈,因此以广泛发育蒸发岩为特征。蒸发台地相主要分布在嘉二段、嘉四段和嘉五段,蒸发台地相主要由蒸发潮坪亚相构成。

3 层序岩相古地理特征

3.1 层序地层划分

早三叠世飞仙关末期整个上扬子海域发生过一次大规模海退和区域性暴露侵蚀作用,至嘉陵江初期发生广泛海侵后才重新接受沉积。早三叠世嘉陵江组时期四川盆地主要为一套碳酸盐岩台地相沉积,该区主要发育有局部暴露层序不整合面和岩性岩相转

换界面等两种类型的层序界面。以单井层序划分和连井层序地层对比为基础(图 2、图 3),结合地震层序划分,将四川盆地下三叠统嘉陵江组划分出 3 个三级层序。嘉陵江组底部为区域性暴露不整合面,该界面属 I 型层序不整合界面,因此嘉陵江组最下部的一

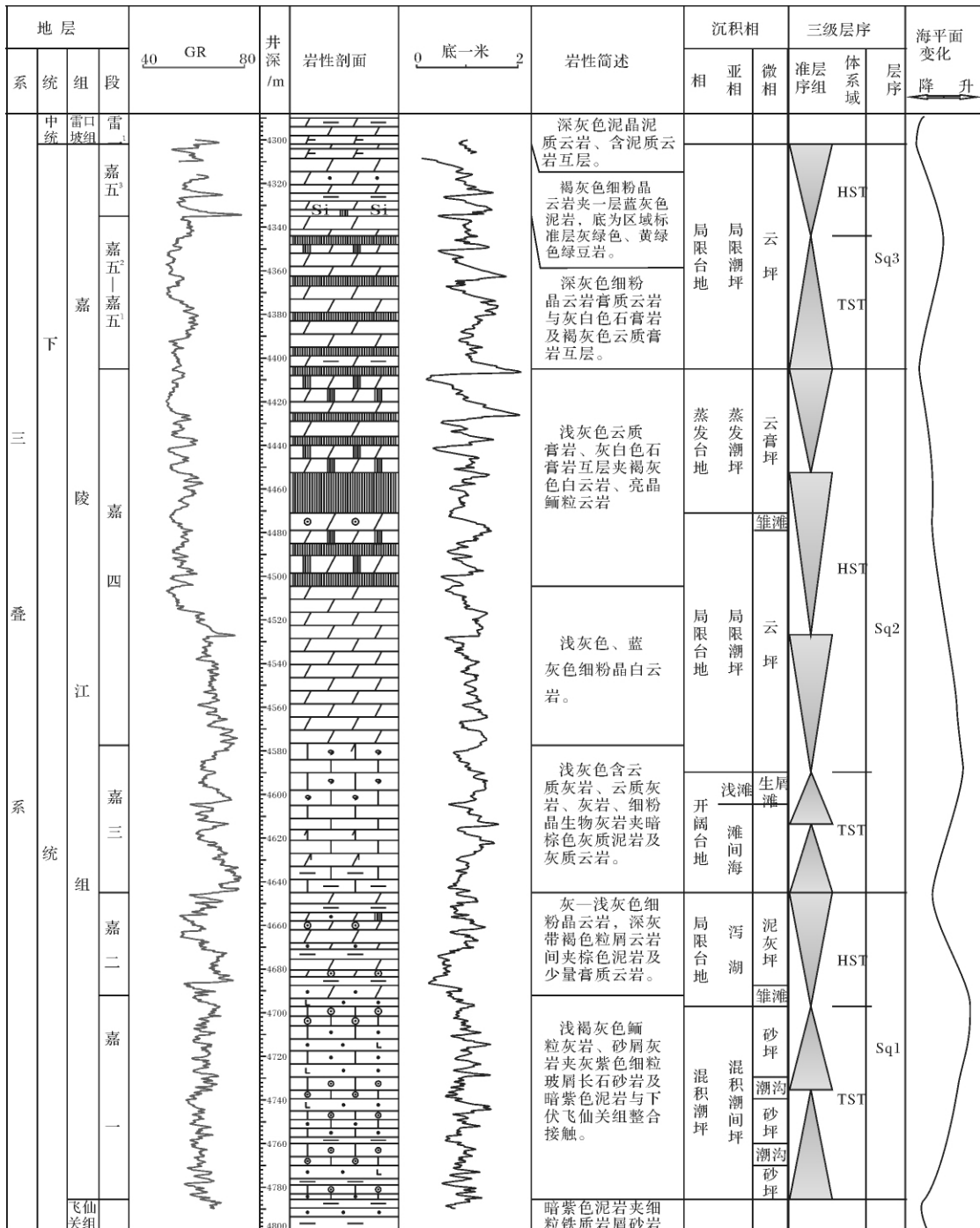


图 2 四川盆地下三叠统嘉陵江组沉积相和层序地层综合柱状剖面图(大深 1 井)

Fig. 2 Comprehensive column of sedimentary facies and sequence stratigraphy of Jialingjiang Formation in Sichuan Basin (Well Dashen-1)

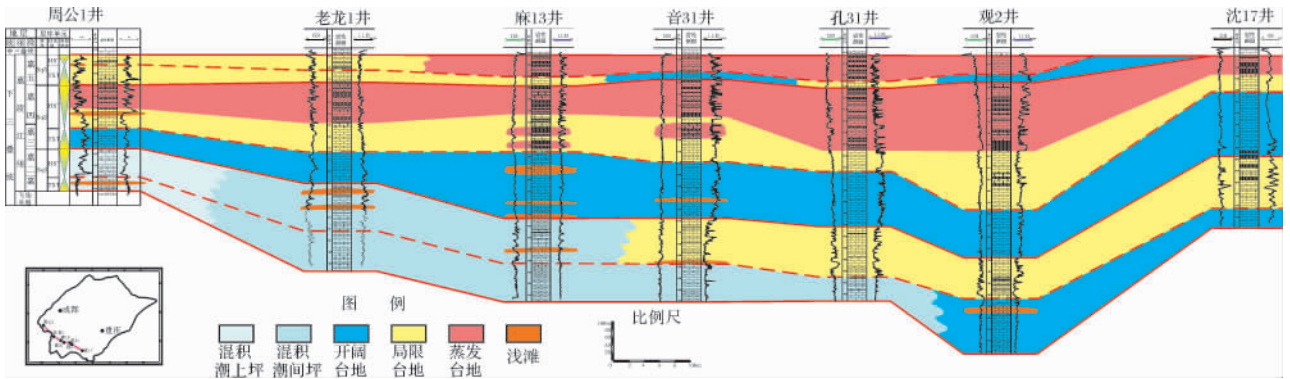


图3 四川盆地三叠统嘉陵江组层序对比和层序格架剖面图

Fig. 3 The sequence stratigraphic correlation and framework of Jialingjiang Formation in Sichuan Basin

个三级层序(Sq1)属I型层序;嘉陵江组内部为一套连续沉积,嘉陵江组中上部主要发育岩性—岩相转换界面,这些界面属II型层序界面,因此嘉陵江组中上部的Sq2和Sq3属II型层序,据此建立了四川盆地三叠统嘉陵江组三级层序地层格架。

3.2 层序岩相古地理特征

四川盆地三叠统嘉陵江组地层发育齐全,分布面积大,地层可对比性强,具备在等时地层格架内编制层序—岩相古地理图的条件。本次研究过程中以三级层序体系域为等时地层单元,编制了地层等厚图、灰岩厚度及百分含量图、白云岩厚度及百分含量、膏岩厚度及百分含量、砂泥岩厚度及百分含量等单因素基础地质图件,取优势相为编图要素,系统编制了层序格架内各体系域单元的层序—岩相古地理图^[9],在此基础上对嘉陵江组岩相古地理特征及有利储层分布进行了探讨。

3.2.1 嘉陵江组Sq1层序岩相古地理特征

Sq1—TST时期工区自西向东沉积相分区明显。工区西南部雅安—乐山一带由于距物源区较近,加上水体较浅,主要发育一套混积潮坪沉积体系,进一步可细分为混积潮上坪和混积潮间坪两个亚相。工区西北部广元—成都一带为局限泻湖亚相沉积。工区中东部为大面积的开阔台地沉积,在工区东部石柱—达县等地发育大面积的浅滩沉积(图4a)。Sq1—HST时期,由于全区海平面下降,主要为一套局限台地相沉积,自西向东沉积相带分区也很明显,依次发育有混积潮坪、局限泻湖和局限潮坪相沉积,其中在潼南、垫江等地发育有蒸发台地相沉积(图4b)。

3.2.2 嘉陵江组Sq2层序岩相古地理特征

Sq2—TST时期工区自西向东沉积相分区较明显。在工区西部成都、乐山和工区东北部开县、通江一带为局限台地潮坪相沉积,工区其它地区为大面积

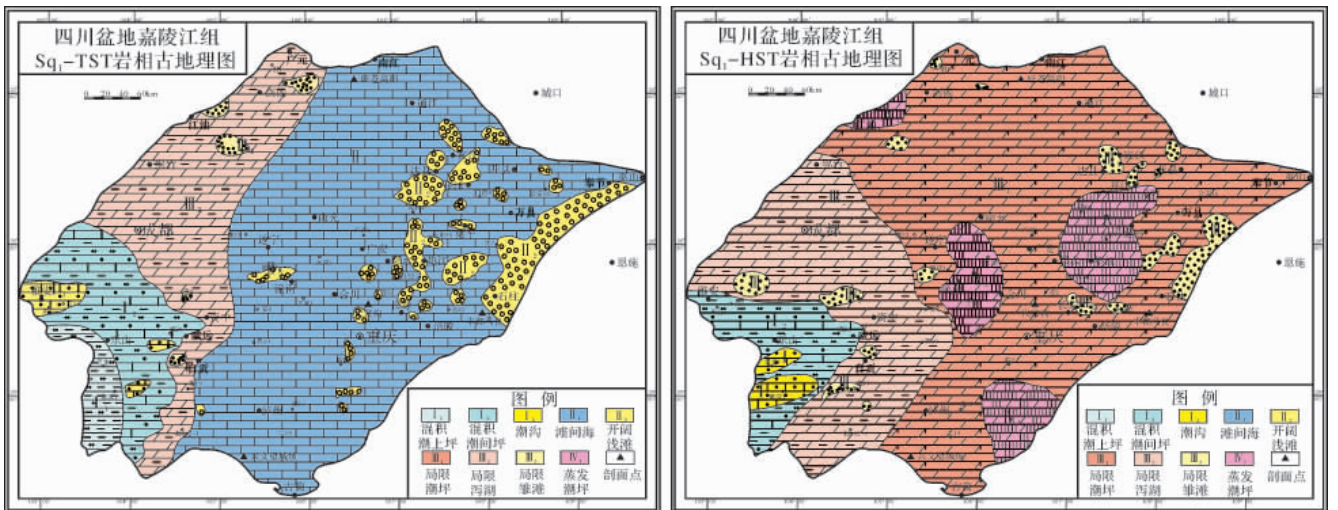


图4 四川盆地嘉陵江组Sq1岩相古地理图

Fig. 4 Lithofacies and palaeogeography map of Sq1 of Jialingjiang Formation in Sichuan Basin

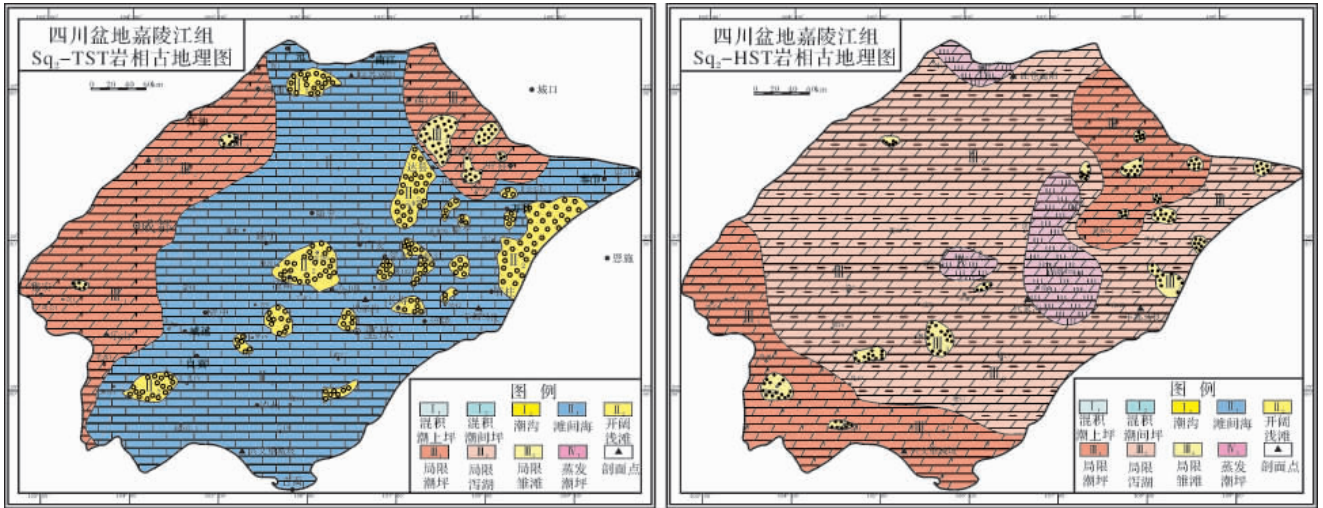


图 5 四川盆地嘉陵江组 Sq2 岩相古地理图

Fig. 5 Lithofacies and palaeogeography map of Sq2 of Jialingjiang Formation in Sichuan Basin

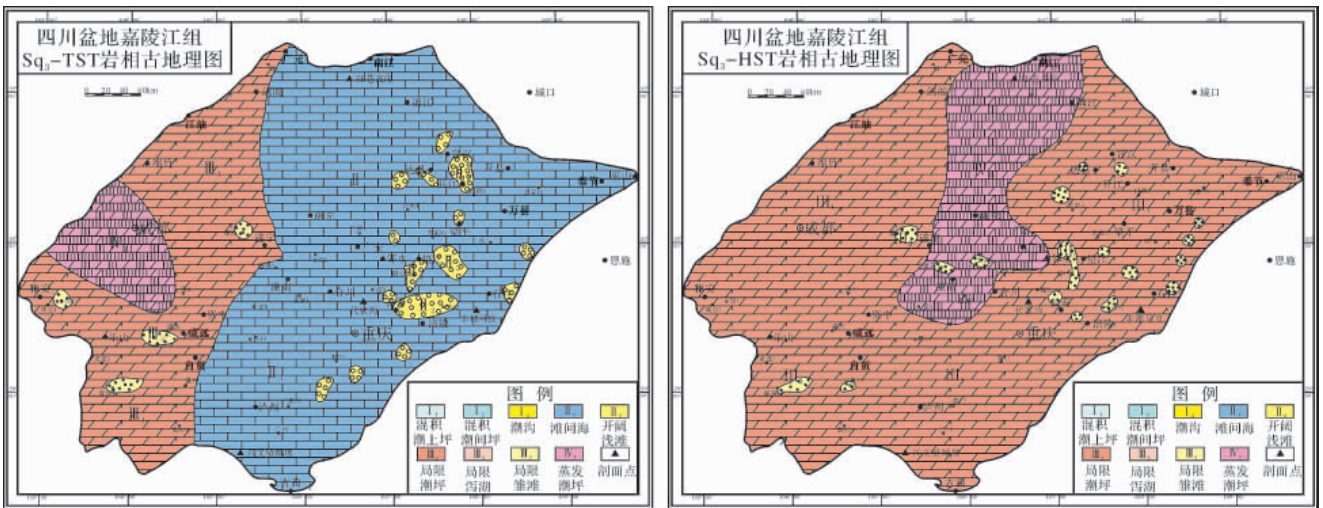


图 6 四川盆地嘉陵江组 Sq3 岩相古地理图

Fig. 6 Lithofacies and palaeogeography map of Sq3 of Jialingjiang Formation in Sichuan Basin

的开阔台地相沉积,在石柱、潼南等地发育有浅滩相沉积(图5)。Sq2—HST时期工区总体以局限台地沉积为主,工区西南部雅安、兴文和工区东北部开县、梁平一带为局限潮坪亚相沉积。工区大部为局限泻湖沉积,其中在邻水、长寿等地发育有蒸发泻湖亚相沉积(图5)。

3.2.3 嘉陵江组 Sq3 层序岩相古地理特征

Sq3—TST时期工区自西向东沉积相区分明显。从工区西部到东部依次发育有蒸发台地—局限台地—开阔台地沉积,该时期工区东部浅滩沉积不发育。Sq3—HST:工区自西向东沉积相区分不明显,工区大部分为局限潮坪亚相,在潼南—南充—南江一带发育有蒸发潮坪亚相沉积(图6)。

4 有利储层分布及含油远景区带预测

根据上述层序格架内岩相古地理特征分析可以看出四川盆地下三叠统嘉陵江组纵向上明显可以划分为三次大的海侵—海退沉积旋回。不同体系域内有利储层类型和发育特征不同。海侵体系域时期,有利的储层为开阔台地浅滩亚相亮晶颗粒灰岩储层,该类储层主要分布在四川盆地的东部和中部一带。高位体系域时期,有利的储层为局限台地白云岩沉积,该类储层在四川盆地的北部和东北部最为发育。此外由于受印支运动的影响,四川盆地形成了泸州古隆起,在隆起周缘形成了岩溶型储层。

以储层分布为主要因素^[10]结合烃源岩、储盖层

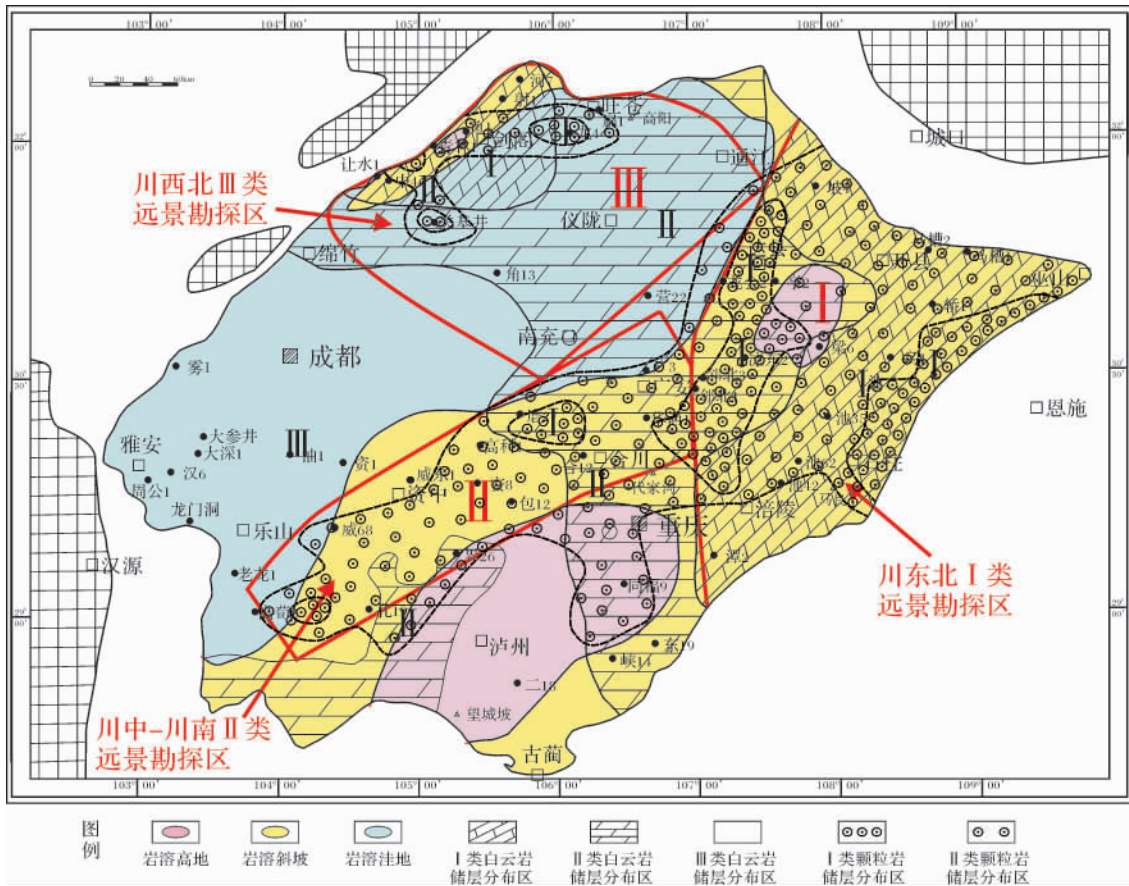


图7 四川盆地嘉陵江组储层分布及含油远景区带评价图

Fig. 7 Reservoir distribution and oil-gas prospect evaluation of Jialingjiang Formation in Sichuan Basin

组合等条件分析,将四川盆地嘉陵江组含油远景区分为三类(图7)。I类型远景区分布在川东北达县、开县、邻水到石柱一带,该区浅滩颗粒储层发育,属II类颗粒岩分布区;同时该区白云岩储层发育,大部分地区属III类白云岩分布区;该区同时也是岩溶斜坡分布区,因此从储层分布来讲是四川盆地最有利的地区。该区在晚二叠世长期期—早三叠世飞仙关期,紧邻城口—鄂西海槽和开江—梁平海槽区,上二叠统一下三叠统烃源岩条件较好,油源充足。此外在该区已发现多个嘉陵江组气藏,因此综合评价该区为四川盆地最有利的含油气远景区带。II型远景区分布在川中合川、资中到川南高句一带,该区浅滩颗粒储层发育,属II类颗粒岩储层分布区;该区白云岩属II—III白云岩储层发育区,该区同时也是岩溶斜坡分布区,因此从储层分布来讲是四川盆地较有利的地区。在该区也已发现了多个嘉陵江组气藏,因此综合评价该区为四川盆地较有利的含油气远景区带。III类型远景区分布在川北到川西北一带,该区储层以II类白云岩储层

为主,同时在川西北地区发育颗粒岩储层,该区属岩溶洼地分布区,综合评价为III类远景区带。

5 结论

(1) 四川盆地下三叠统嘉陵江组发育有碳酸盐台地相沉积体系和碎屑岩—碳酸盐混积沉积体系以及混积潮坪、开阔台地、局限台地和蒸发台地等四种相类型。

(2) 四川盆地下三叠统嘉陵江组发育有局部暴露不整合和岩性岩相转换界面等两种类型的II型层序界面,区域上将嘉陵江组划分出3个三级层序和6个体系域。

(3) 四川盆地嘉陵江组平面上自西向东相带分异明显,纵向上相带演化明显。其中海侵体系域以开阔台地相沉积为主,在盆地东部和中部一带发育有台地浅滩相储层;高位体系域时期以局限到蒸发台地相沉积为主,在盆地北部和东北部发育有晶粒白云岩储层。

(4) 以储层分布为主要依据, 结合烃源岩、储盖层组合和成藏条件分析, 将四川盆地嘉陵江组划分为三类含油远景区带, 其中最有利含油远景区带位于川东北一带。

参考文献(References)

- 1 马永生, 蔡勋育, 李国雄. 四川盆地普光大型气藏基本特征及成藏富集规律[J]. 地质学报, 2005, 79(6): 858-865 [Ma Yongsheng, Cai Xunyu, Li Guoxiong. Basic characteristics and concentration of the Puguang gas field in the Sichuan Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(6): 858-865]
- 2 马永生, 郭旭升, 凡睿. 川东北普光气田飞仙关组鲕滩储集层预测[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 60-64 [Ma Yongsheng, Guo Xusheng, Fan Rui. Reservoir prediction of Feixianguan Formation in Puguang gas field, northeast Sichuan province [J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(4): 60-64]
- 3 马永生, 蔡勋育. 四川盆地川东北区二叠系—三叠系天然气勘探成果与前景展望[J]. 石油天然气地质, 2006, 27(6): 741-750 [Ma Yongsheng, Cai Xunyu. Exploration achievements and prospects of the Permian Triassic natural gas in northeastern Sichuan Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(6): 741-750]
- 4 王一刚, 刘划一, 文应初, 等. 川东北飞仙关组鲕滩储层分布规律、勘探方法与远景预测[J]. 天然气工业, 2002, 22(增刊): 14-19 [Wang Yigang, Liu Huayi, Wen Yingchu, et al. Distribution law, exploration method and prospectiveness prediction of the oolitic beach reservoirs in Feixianguan Formation in northeast Sichuan Basin [J]. Natural Gas Industry, 2002, 22(suppl.): 14-19]
- 5 杨雨, 曾云贤, 刘微. 川东北部地区飞仙关组沉积相对鲕滩储层分布的控制[J]. 天然气勘探与开发, 2002, 25(3): 1-9 [Yang Yu, Zeng Yunxian, Liu Wei. The sedimentary facies control of the oolitic beach reservoir distribution of Feixianguan Formation in northeast Sichuan Basin [J]. Gas Exploration & Development, 2002, 25(3): 1-9]
- 6 雷卞军, 周跃宗, 杨金利, 等. 川中—川南过渡带嘉陵江组二段沉积相及其展布特征[J]. 中国地质, 2006, 33(5): 1149-1158 [Lei Bianjun, Zhou Yuezhong, Yang Jinli, et al. Sedimentary facies of the second member of the Jialingjiang Formation in the central-southern Sichuan transition zone and its distribution characteristics [J]. Geology in China, 2006, 33(5): 1149-1158]
- 7 曹剑, 谭秀成, 陈景山. 川西南犍为地区下三叠统嘉陵江组沉积相及其演化特征[J]. 高校地质学报, 2004, 10(3): 429-439 [Cao Jian, Tan Xiucheng, Chen Jingshan. Sedimentary facies and their evolution characteristics in Jialingjiang Formation of Qianwei area, southwest Sichuan Basin [J]. Geological Journal of China Universities, 2004, 10(3): 429-439]
- 8 胡明毅, 吴一慧. 藏北羌塘盆地上三叠统肖茶卡组沉积相与含油性[J]. 石油学报, 2001, 22(4): 31-34 [Hu Mingyi, Wu Yihui. Sedimentary facies and hydrocarbon occurrence of upper Triassic Xiaochaka Formation in Qiangtang Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22(4): 31-34]
- 9 郑荣才, 罗平, 文其兵, 等. 川东北地区飞仙关组层序—岩相古地理特征和鲕滩预测[J]. 沉积学报, 2009, 27(1): 1-8 [Zheng Rongcai, Luo Ping, Wen Qibin, et al. Characteristics of sequence-based lithofacies and paleogeography, and prediction of oolitic shoal of the Feixianguan Formation in the Northeastern Sichuan [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(1): 1-8]
- 10 胡明毅, 戴卿林, 朱忠德, 等. 中扬子地区海相碳酸盐岩石油地质特征及远景评价[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(4): 331-339 [Hu Mingyi, Dai Qinglin, Zhu Zhongde, et al. Petroleum geological characteristics and prospects assessment of marine carbonate rocks in middle Yangzi River Region [J]. Oil & Gas Geology, 1993, 14(4): 331-339]

Characteristics of Sequence-based Lithofacies and Paleogeography, and Reservoir Prediction of the Jialingjiang Formation in Sichuan Basin

HU Ming-yi^{1, 2} WEI Guo-qi³ LI Si-tian⁴ YANG Wei³
ZHU Lu¹ YANG Yun-hai¹

(1. Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resource of Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023;

2. School of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023;

3. Langfang Branch of Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Petrochina, Langfang Hebei 065007;

4. China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract The Jialingjiang Formation of Lower Triassic in Sichuan basin is composed of carbonate platform sedimentary system and carbonate-terrigenous clastic sedimentary system, and including four major sedimentary facies such as carbonate-terrigenous clastic tidal, restricted platform, open platform and evaporite platform. In the end of Feixianguan stage of Early Triassic, there was a large-scale regression and regional exposure and erosion in the Upper Yangtze maritime space, and until early Jialingjiang stage the Upper Yangtze maritime space underwent extensive transgression and accepted the deposition again. Therefore, at the bottom of Jialingjiang Formation of Lower Triassic devel-

oped partial exposure unconformity surface and inner of the Jialingjiang Formation mainly developed lithology-lithofacies transformational sequence interface. According to the tracing and recognition of sequence interface and through the sequence stratigraphy division of typical single-well and the sequence stratigraphy comparison of well tie, the Jialingjiang Formation of Lower Triassic in Sichuan basin can be divided into 3 third-order sequences. The sequence 1 which is located in the lower part of Jialingjiang Formation belongs to the type I sequence, the sequence 2 and 3 in the middle and supreme part belongs to the type II sequence. Based on the sequence stratigraphy division and sedimentary facies analysis, we first systematic compiled the sequence-lithofacies paleographic map of each system tract with the system tract as unit and analysed the characteristic of sequence-lithofacies paleographic of Jialingjiang Formation in the study area. It shows that from west to east in Sichuan Basin with a clear differentiation in the plane, in the vertical facies belt with a clear evolution. Open platform facies are dominated and oolitic shoal reservoirs are the most developed ones in the east and middle part of Sichuan basin during the transgressive system tracts, restricted and evaporite platform facies are dominated and dolomite reservoirs are the most developed ones in the north and north-east part of Sichuan basin during the highstand system tracts. It can be divided into three types oil prospect zone in Sichuan basin. Primarily based on reservoir distribution, united of generating rock, reservoir-capping rock composition and forming conditions. The most favorable oil prospect zone is located in northeast Sichuan basin, because granule shoal reservoirs and dolomite reservoirs are the most favorable developed and it is also the karst slope distributed area. The more favorable oil prospect zone is from Hechuan in central of Sichuan to Gaoxun in south of Sichuan. This district developed the granule shoal reservoirs and dolomite reservoirs and we have found several accumulation of gas in Jialingjiang Formation, so it's the more favorable oil and gas prospect zone in Sichuan Basin.

Key words Sichuan Basin; Jialingjiang Formation; sequence stratigraphy; lithofacies paleogeography; reservoir prediction