

DOI:10.19826/j.cnki.1009-3850.2020.08002

四川盆地下三叠统嘉陵江组主要成盐期 岩相古地理特征

谭志远¹, 侯学文^{1,2*}, 魏继生¹, 熊鸿鸽²

(1. 核工业二八〇研究所, 四川 广汉 618300; 2. 成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘要:四川盆地下三叠统嘉陵江组是我国钾盐矿产勘查的重点区域和层位,对其的岩相古地理研究是钾盐研究的一项重要基础地质工作。本文结合四川盆地古地理背景和古气候条件,通过野外剖面、岩心观察、薄片鉴定等方法,对研究区下三叠统嘉陵江组的沉积相进行了分析研究,共识别出泻湖、泻湖边缘坪和台内滩相三种沉积相类型,并进一步划分出多种微相。在此基础上,通过区域地层对比以及岩相古地理编图,重建了四川盆地下三叠统嘉陵江组岩相古地理演化。结合前人研究认为:四川盆地嘉陵江组整体上属于障壁碳酸盐岩台地沉积环境,自西向东从碳酸盐岩局限海相演化为蒸发台地相。盆地周边水下隆起的障壁作用和干旱炎热气候条件共同影响了嘉陵江组台地咸化的演化过程,海平面升降变化是控制沉积相发育和空间分布的重要因素。最后,基于本研究的资料,编制了嘉陵江组各成盐期的岩相古地理图。

关键词:四川盆地;嘉陵江组;主要成盐期;岩相古地理
中图分类号:P534.51 **文献标识码:**A

0 引言

四川盆地下三叠统嘉陵江组含有丰富的天然气资源,同时也是海相碳酸盐型钾盐的重要产出层位(林良彪等,2010)。本文研究区为四川省行政区划内的“四川盆地”范围,西以龙门山断裂和康滇地轴为界,东、北、南均以省界为限(图1a)。对于嘉陵江组沉积相类型及特征,前人已做了大量工作,但前人的工作多侧重于油气勘探及储集区有利相带评价,对于四川盆地嘉陵江组重点成盐期的岩相古地理研究较少;本文通过对9条野外剖面及50余口的岩心和薄片、8条沉积相对比剖面、30余口单井等资料的分析,划分了嘉陵江组的沉积相类型并编制了相应重点成盐期的岩相古地理图,这对预测该地区资源(尤其是盐类资源)分布有着重要的指导意义。

1 区域地质背景

四川盆地是扬子准地台上偏北一侧的一个次一级构造单元,位于上扬子克拉通地块的四川盆地在早三叠世嘉陵江期—中三叠世雷口坡沉积期表现为周边古隆起发育、盆内隆坳相间的古构造格局。吴应林等(1994)和姜枚等(1987)对四川合川沱鼻峡三叠系剖面古地磁的测定资料以及根据氧、碳同位素对四川盆地海相三叠系石灰岩的温度测算,四川盆地早三叠世时期古纬度为 $26^{\circ}58'$,古温度为 $34.6\sim 36.9^{\circ}\text{C}$;可见当时盆地古气候以干旱为主(间夹潮湿气候),有利于形成石膏、石盐沉积。许靖华等(1983)认为早中三叠世嘉陵江—雷口坡期四川盆地包括华蓥山在内的一个广大区域当时为盐湖环境,盐度较高。朱井泉(1990)认为华蓥山地区嘉四至雷一成盐期盐度总体来说很高且持续时

收稿日期:2019-11-21; 改回日期:2020-08-29

作者简介:谭志远(1990—),男,硕士,工程师。研究方向为沉积学与盆地分析。E-mail:474585558@qq.com

通讯作者:侯学文(1985—),男,博士研究生,高级工程师。研究方向为沉积型矿产研究及盆地分析。E-mail:277921878@qq.com

资助项目:四川省地质勘查基金项目“四川省钾盐资源调查评价”(项目编号:201801)和四川省科技厅基金项目“四川盆地三叠系杂卤石型钾盐形成条件与成因”(项目编号:2020YJ0426)联合资助。

间较长,存在稳定的潟湖;这些均表明该时期古海水盐度较高、古气候较干旱(周家云等,2015;龚大兴,2016)。在“构造控盆,盆控相”(牟传龙和许效松,2010;牟传龙等,2011)的研究思路下,嘉陵江组在飞仙关组台地增生基础上,整个扬子板块为广阔的碳酸盐岩台地环境(图1b),四川盆地处于扬子碳酸盐岩台地内的一个相对封闭和局限的环境,主体为碳酸盐岩局限海-蒸发台地沉积体系,在纵向上

表现为台地的浅滩化-局限化以至咸化的演化过程(王一帆等,2020)。由西向东跨越三个相区,分别为康滇古陆、彭灌古岛前缘的陆相、川西-川西南的海陆过渡相以及盆地中部、北部、东部的浅海碳酸盐台地相。区域上由西南往东北呈低缓坡度倾斜的古地貌环境,相对海平面的频繁变化、局部古地形差异、古气候及水体循环性控制了沉积环境的细微变化。

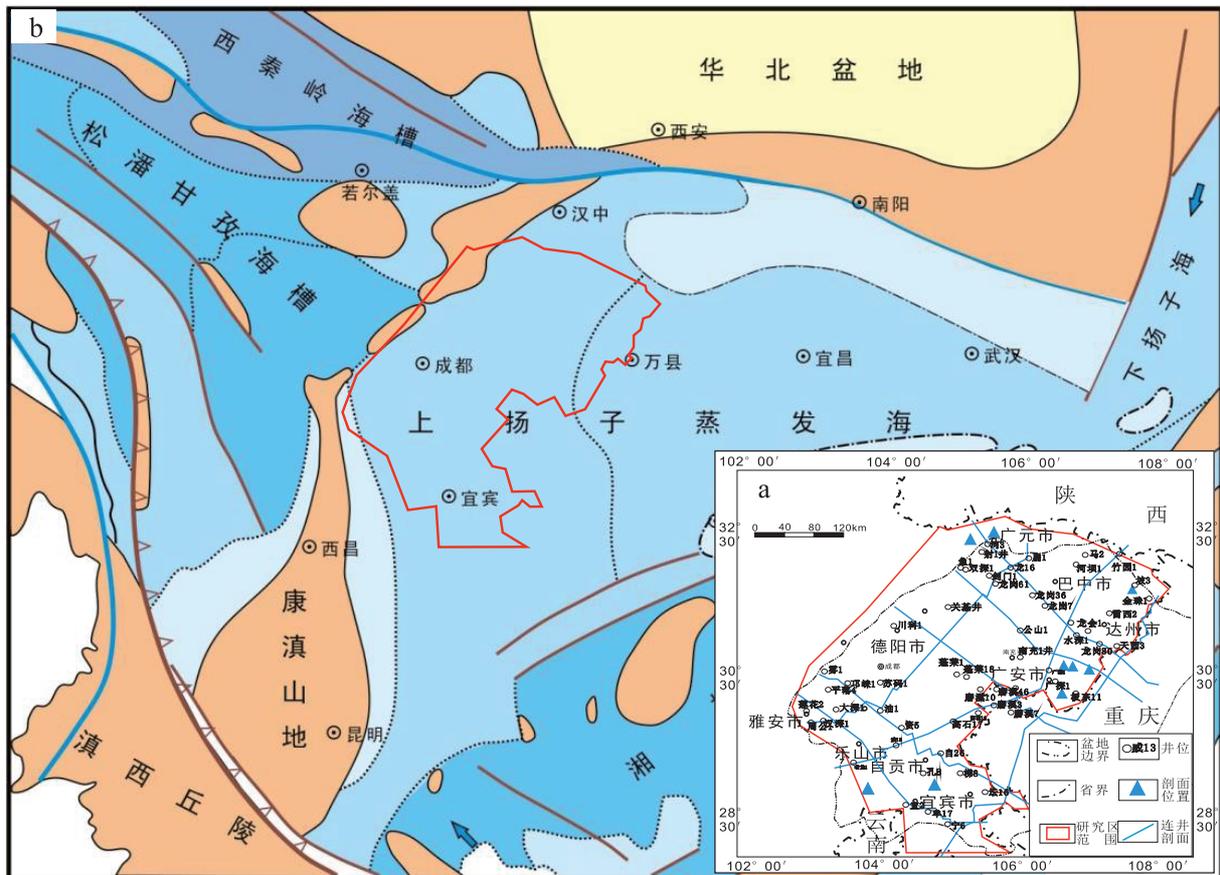


图1 四川盆地早三叠世古地理简图(王鸿祯,1985)

a. 研究区及主要工作位置;b. 研究区早三叠世古地理

Fig. 1 Paleogeographic map of Early Triassic in Sichuan Basin

2 沉积相类型及特征

通过野外剖面调查、岩心和薄片观察、连井相对比分析,结合研究区周边水下隆起的障壁作用和干旱炎热气候条件的影响作用,认为四川盆地在早三叠世嘉陵江期属于障壁碳酸盐岩台地沉积环境,台地内部主要发育潟湖、潟湖边缘坪和台内滩相三种沉积亚相类型,以及灰质潟湖、云质潟湖、膏盐湖、泥质潟湖、灰坪、云坪、膏云坪、鲕粒滩、砂屑滩等多种沉积微相类型(图3)。

2.1 潟湖亚相

潟湖主要处于平均低潮面以下的台地内较低洼地区,水体循环受到限制,环境能量低,以静水沉积为主。潟湖亚相主要发育泥质潟湖、灰质潟湖、云质潟湖、膏(盐)质潟湖等多种微相类型。

2.1.1 泥质潟湖微相

泥质潟湖微相沉积物为深灰色、蓝灰色泥岩、黑色页岩(图2a)。时常含灰质,可夹薄层状灰质泥岩、泥灰岩和泥质灰岩,有时偶夹极薄层状膏岩或偶含石膏斑块,水平层理、韵律层理发育良好,泥岩

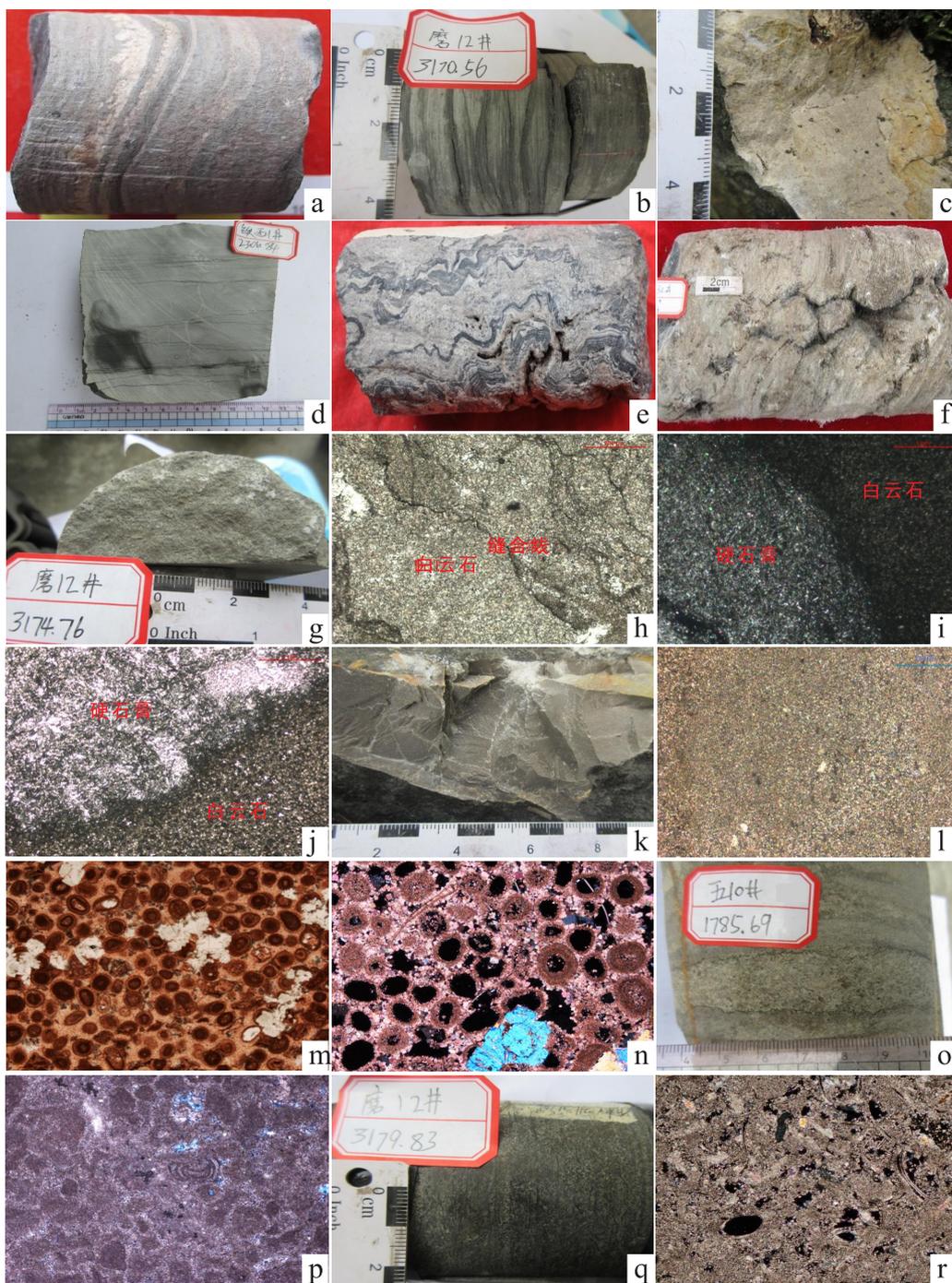


图2 四川盆地三叠统嘉陵江组沉积相典型岩性特征

a. 灰色泥岩夹石膏变形层理, 蓬莱6井, 3694.89~3695.00m, 泥质潟湖, 嘉二段; b. 灰色泥晶灰岩夹深灰色泥质条带, 磨12井, 3170.56~3170.60m, 灰质潟湖, 嘉二段; c. 褐灰色微晶白云岩, 光辉乡罗家堂子, 嘉二段; d. 深灰色微晶白云岩, 见水层纹层发育, 铁西1井, 嘉二段; e. 灰色膏岩夹深灰色泥晶白云岩条带, 龙岗001-22井, 嘉四段; f. 膏溶角砾岩, 卧132井, 嘉四段; g. 粉晶白云岩, 磨12井, 嘉二段; h. 泥-粉晶白云岩, 磨14井, 嘉二段(单偏光); i. 膏质粉晶白云岩, 蓬莱3井, 嘉五段(正交偏光); j. 含硬石膏白云岩, 蓬莱3井, 嘉五段(单偏光); k. 泥晶灰岩, 光辉乡肖家院子, 嘉二段; l. 泥晶灰岩, 光辉乡肖家院子, 嘉二段(正交偏光); m. 含膏含云亮晶鲕粒灰岩, 石膏交代鲕粒和充填孔隙, 可见少量残余溶孔和缝合线, 蓬莱6井, 嘉二3(单偏光); n. 具负鲕粒天青石化亮晶鲕粒灰岩, 负鲕粒、膏化, 磨46井, 嘉二2(正交偏光); o. 亮晶砂屑白云岩, 五10井, 嘉二段; p. 粉晶砂屑白云岩, 蓬莱19井, 嘉二段(单偏光); q. 含生屑灰岩, 磨12井, 嘉二; r. 含生屑针孔云岩, 蓬莱6井, 嘉二3(正交偏光)

Fig. 2 Typical lithologic characteristics of sedimentary facies of the Jialingjiang Formation of Lower Triassic in Sichuan Basin

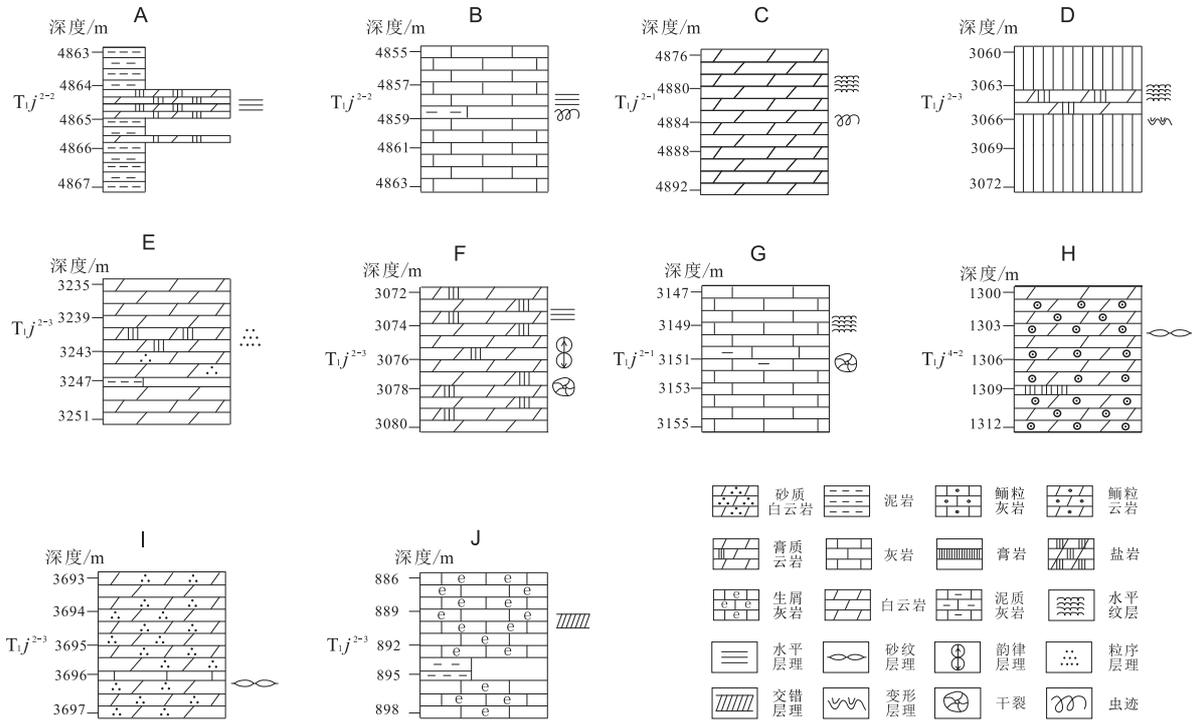


图3 四川盆地地下三叠统嘉陵江组沉积微相类型

A. 泥质潟湖相,发育蓝灰色泥岩夹云质石膏,公山1井;B. 灰质潟湖相,发育深灰色微晶灰岩夹泥质条带,公山1井;C. 云质潟湖相,深灰色、褐灰色泥—粉晶白云岩,白云岩发育孔隙,公山1井;D. 膏质潟湖相,深灰色中厚层膏岩夹褐灰色膏质白云岩,合川13井;E. 云坪相,褐灰色泥—粉晶白云岩含膏质泥—粉晶白云岩夹少量膏质亮晶砂屑白云岩,女111井;F. 膏云坪相,褐灰色泥—粉晶膏质云岩,含膏质泥粉晶云岩,合川13井;G. 灰坪相,合川13井;H. 鲕滩相,褐灰色亮晶鲕粒云岩鲕粒含量约50%~70%,夹少量膏岩。成5井;I. 砂屑滩相,灰色亮晶砂屑云岩,砂屑含量约50%~82%,亮晶胶结,蓬莱6井;J. 生屑滩相,浅灰色亮晶生屑灰岩夹紫红色泥岩,窝深1井

Fig. 3 Microfacies and typical sedimentary histogram of Lower Triassic Jialingjiang Formation in Sichuan Basin

有时呈块状层理(图3A)。

2.1.2 灰质潟湖微相

灰质潟湖主要发育于海侵体系域时期,说明这些沉积时期,受阶段性海侵的影响,水体交换较好,盐度较为正常。岩性主要为黑灰色瘤状灰岩、深灰色微晶灰岩夹泥质条带(图2b),发育水平层理、水平虫迹(图3B)。

2.1.3 云质潟湖微相

云质潟湖微相以发育厚度较大的灰黑色、深灰、褐灰色泥晶—粉晶云岩为特征(图2c,d),发育水平纹理,少见虫迹、冲刷面和粒序层理。它是在前期灰质潟湖的基础上,由于环境逐渐变闭塞、气候干热、蒸发作用增强演变而成的(图3C)。

2.1.4 膏(盐)质潟湖微相

膏(盐)质潟湖微相以形成大套深灰色质纯、块状膏岩、纹层状膏岩为特征,可夹薄层状褐灰色膏质白云岩及深灰色泥页岩或深灰色云质膏岩、膏质白云岩的不等厚互层,发育水平纹理、变形层理(图2e,f)。根据岩石特征可进一步细分为膏湖、盐湖、

膏盐湖微相,膏湖与盐湖的区别是膏湖以石膏为主,盐湖则以光卤石、杂卤石等卤族元素为主的石盐岩沉积(图3D)。

2.2 潟湖边缘坪亚相

潟湖边缘坪处于川中地区台地内部的远陆侧的水下高地,是介于平均海平面与潟湖洼地之间的向古陆或古隆起四周缓缓向上倾斜的宽阔坪地,主要处于浅水和较浅水环境,沉积界面在潮间—潮上带附近,周期性或较长期暴露于大气之下,水动力条件总体较弱,气候干热,蒸发作用强,盐度较高,以发育准同生白云岩、膏岩为代表的云坪、膏云坪微环境为特征,具有潮坪的典型沉积特征。根据嘉陵江组沉积物类型,潟湖边缘坪亚相可细分为云坪、膏云坪、灰坪等微相,分别由膏岩、云质膏岩、膏质云岩、泥粉晶云岩、泥粉晶灰岩等组成。

2.2.1 云坪微相

云坪微相以发育灰、深灰、褐灰色、土黄色泥—粉晶云岩为特征,镜下可见较多的溶蚀孔洞和针孔(图2g,h)。云坪微相单个沉积序列的厚度变化较

大,封闭-蒸发变浅序列中单个云坪微相厚度一般为1~2m,云坪微相主要分布于磨溪、潼南等现今构造的高部位(图3E)。

2.2.2 膏云坪微相

膏云坪微相的代表性沉积物主要为灰、深灰、褐灰色泥—粉晶膏质云岩和粉—泥晶膏质云岩和含膏质团块的泥粉晶云岩,或者由灰、褐灰色泥—粉晶云岩夹薄层状灰白色膏岩的纹层状膏质云岩组成,可见水平层理、韵律层理和干裂构造等(图3F),显微镜下可见到富膏质层与贫膏质层组成的韵律层理(图2i,j)。

2.2.3 灰坪微相

灰坪微相以灰、深灰、褐灰色、土黄色泥—粉晶灰岩为主(图2k,l),处于潮上一潮间环境;灰坪微相主要分布于磨溪、潼南等现今构造的高部位(图3G)。

2.3 台内滩相

该亚相位于台地内部古地貌较高处,只有在海侵期和海退初期的局部区域,海水能量才足够动荡,波浪作用相对较强,且沉积界面位于平均海平面附近的地带才有可能发育高能台内滩沉积,以颗粒岩(颗粒含量大于50%)为主,颗粒组分含量较高,颗粒成分以鲕粒、砂屑和生物碎屑为主。根据颗粒成分可以划分为鲕滩、砂屑滩、生物碎屑滩微相。

2.3.1 鲕滩微相

主要由亮晶鲕粒灰岩或鲕粒云岩组成(图2m,n),这一类鲕滩形成于能量较高的环境,岩性纯净,胶结物多为环边和粒状方解石,可见残余粒间孔,在磨溪构造高部位,由于经常暴露,形成较多的同生期溶孔(图10)。

2.3.2 砂屑滩微相

岩性主要为亮晶砂屑灰岩或砂屑云岩,砂屑含量50%~82%,亮晶胶结(图2o,p)。滩体厚度较小,砂屑颗粒由呈粒状或去膏化形成的柱状泥—粉晶白云石组成,常呈颗粒幻影,可见少量残余晶间孔和晶间溶孔,胶结充填作用显著(图3H)。

2.3.3 生屑滩微相

岩性以浅褐灰色、灰色、灰褐色中厚层—块状亮晶生屑灰岩、云岩为主,生屑以棘屑、腹足类、双壳类生屑为主(图2q,r),发育各种交错层理(图3J)。

3 沉积相垂向演化与横向对比

下三叠统嘉陵江组纵向上可分为5段及9个亚段,各段、各亚段间整合接触,由海侵~海退序列沉积的石灰岩、白云岩、石膏及盐岩等,构成两个主要沉积旋回;其中嘉二段、嘉四段、嘉五段为嘉陵江组主要成盐期。为了更加明确各层段的岩相古地理特征,在本区编录了50多口井的岩心,对30多口单井和8条连井剖面进行了分析。下面对嘉陵江组综合柱状图和横向剖面沉积相对比图进行分析。

四川盆地统嘉陵江组主要发育台地相,其中嘉一段主要为开阔台地相,主要发育台地边缘亚相,生物礁点礁、灰坪微相,其中岩性以大套的浅灰色、灰色泥晶、细粉晶灰岩,夹灰色亮晶生物碎屑灰岩,可见白云石化,膏化;嘉二段沉积相为蒸发台地,发育潟湖边缘坪亚相,可见云坪、膏云坪、膏坪微相,其中岩性以灰色、灰白色细粉晶白云岩、粉晶硬石膏(膏溶角砾岩)为主,下部可见深灰色细粉晶灰岩,其中夹白色硬石膏,灰岩普遍具白云化;嘉三段沉积相为开阔台地,亚相为台内滩及台地边缘亚相,主要发育砂屑滩、鲕滩和混积坪、灰坪微相,下部岩性以灰色粉晶灰岩为主,具白云化,上部岩性主要为浅灰色、深灰色粉晶灰岩,局部可见砂屑;嘉四—嘉五段共发育两个完整的碳酸盐岩—碳酸盐岩+硬石膏+石盐岩沉积旋回,沉积相从下部开阔台地向上演化为蒸发台地相,总体处于蒸发环境,主要发育膏盐湖、盐湖、膏质潟湖微相(图4、5)。

对研究区北西—南东方向的PM01—公山1井—广深1井—PM07—PM08沉积相剖面图(图6)分析可知,研究区早期构造高位在西部,东部较低,从西部到东部依次发育云膏坪相和膏质潟湖相。向上随着海退的发生,从西到东沉积相演化为云坪相、膏盐湖相和膏质潟湖相,在广安一带形成较厚的膏盐岩;到晚期由于构造活动,四川盆地构造高位变成了东部,西部地区处于局限海环境,向东沉积相演化为云膏坪和膏盐湖相。

对贯穿研究区南西—北东向的老龙1井—威13井—高石17井—高石10井—女基井—广深1井—龙岗26井—河坝1井—竹园1井沉积相剖面分析表明,嘉陵江主要成盐期(T_{1j}^2 、 T_{1j}^4 、 T_{1j}^5)广深1井—龙岗26井一带地势低洼,主要沉积了膏盐湖、盐湖、膏质潟湖、云坪等(图7)。该带以东的井位于川东地区,主要环境为膏质潟湖、云坪;该带以

西的地区,除高石 10 井所在的乐至—安岳地区沉积了较厚的膏盐岩,其余地区以潟湖及云坪环境为主,并且在嘉陵江早期老龙 1 井—威 13 井一带为混积潮坪环境,有陆源粉砂、泥的堆积以及泥质云岩沉积,物源区主要为康滇古陆。

4 岩相古地理特征

在对四川盆地嘉陵江期古构造、古气候研究的基础上,结合 9 条野外剖面、50 余口钻井的岩心和

薄片、8 条沉积相对比剖面、30 余口单井等资料,对研究所区进行沉积相分析,编制了研究区早三叠世嘉陵江主要成盐期的岩相古地理图,明确了各成盐期的岩相古地理特征。

4.1 嘉二期岩相古地理

嘉二时期,继承了嘉一时期的西高东低的古地理格局,海水大幅度退却,气候干燥,盆地大部分地区进入局限海—蒸发台地沉积环境,但沉积格局没有大的变化(图 8a)。此时,康滇古陆仍为其物源区,

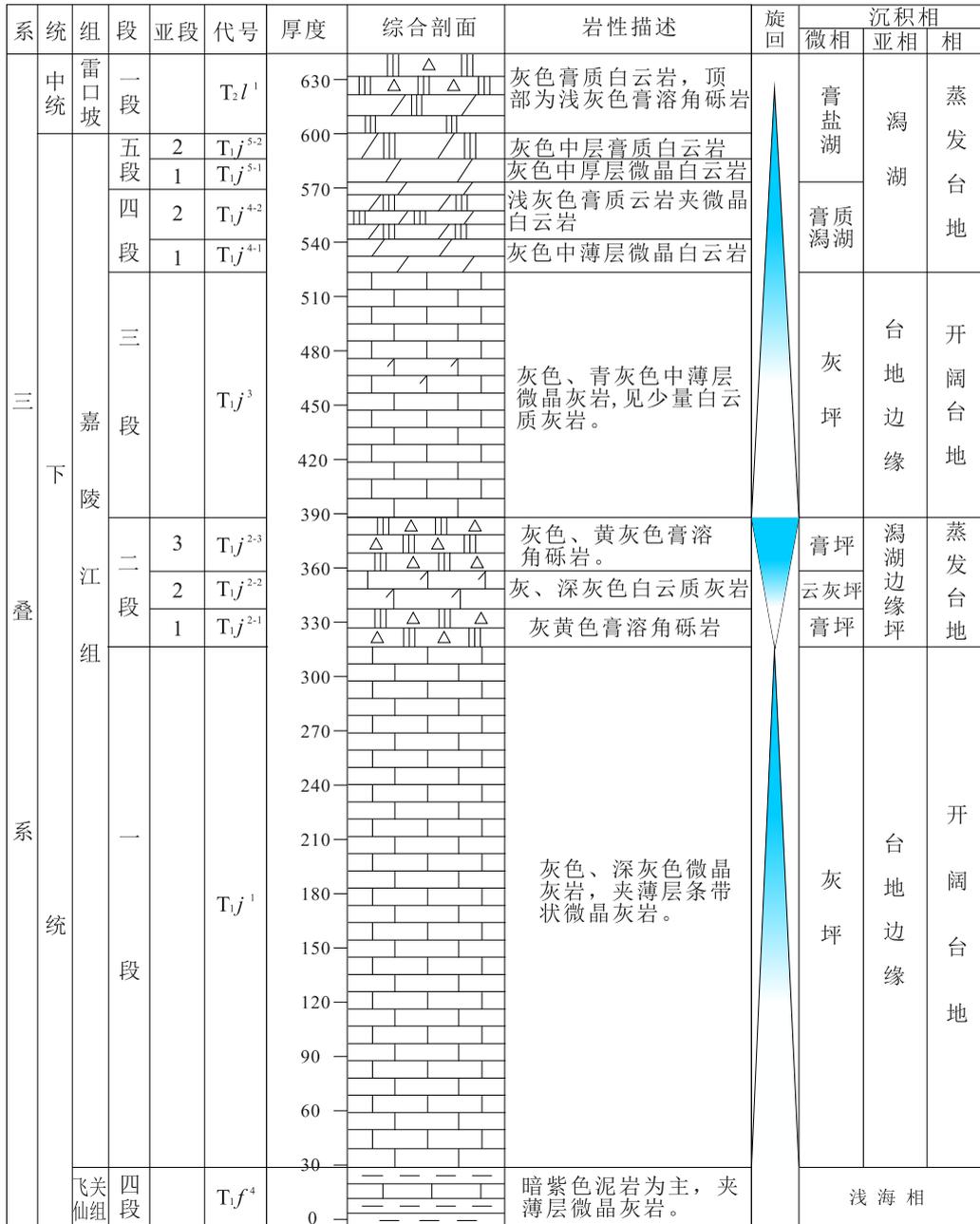


图 4 嘉陵江组野外剖面综合柱状图

Fig. 4 Comprehensive histogram of the Jialingjiang Formation of field sections

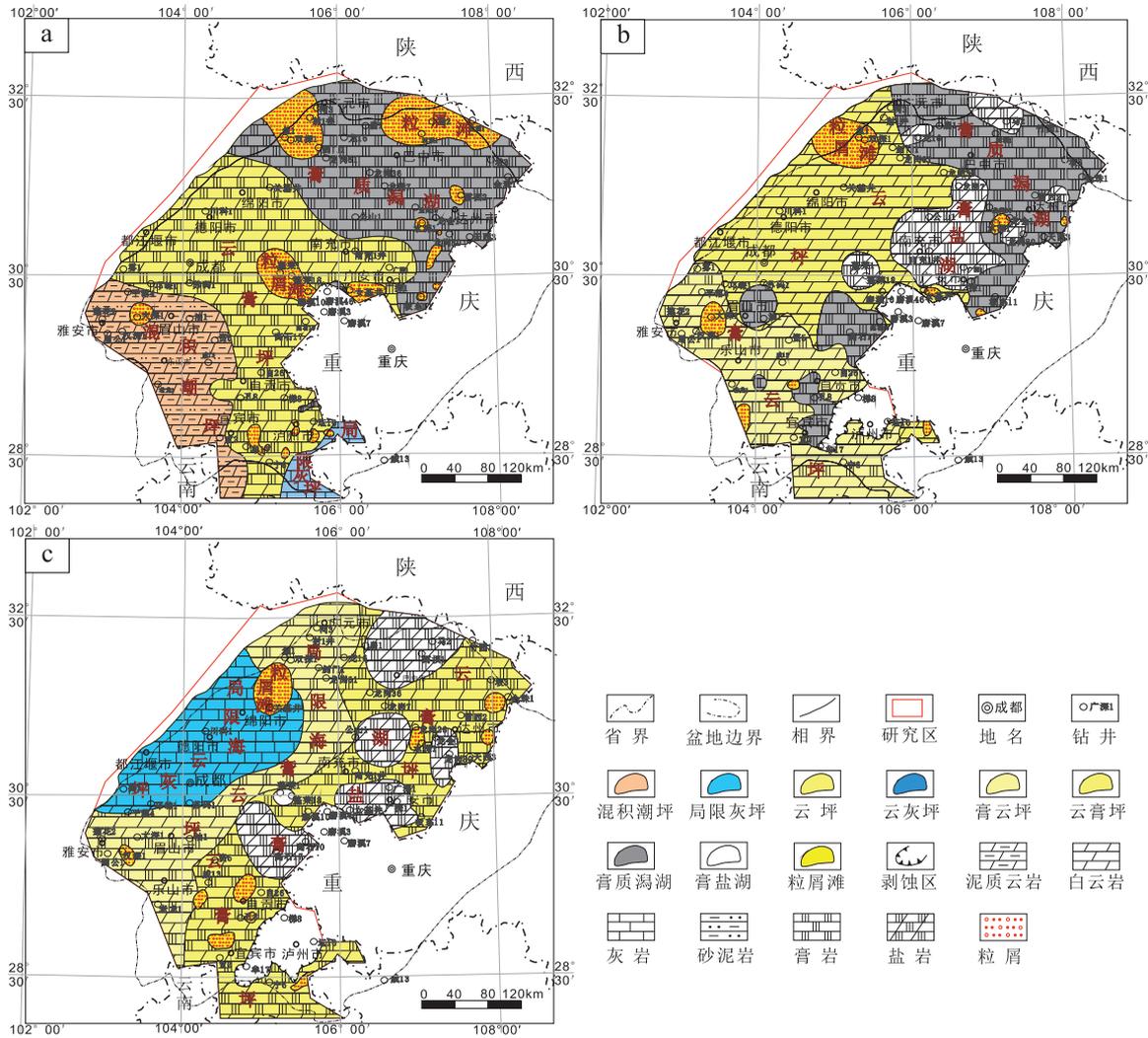


图8 四川盆地三叠统嘉陵江组主要成盐期岩相古地理图
 a. 嘉二期岩相古地理; b. 嘉四期岩相古地理; c. 嘉五期岩相古地理

Fig. 8 Sedimentary facies and palaeogeography of the Lower Triassic Jialingjiang Formation in Sichuan Basin during the salt-forming period

宁—广安—营山、大英、通江—南江一带;嘉五段整体上继承了嘉四段的格局,咸化程度更高,膏盐湖主要发育在资阳—大足、广安—龙女寺、营山、通南巴一带。

参考文献 (References) :

龚大兴,2016.四川盆地三叠纪成盐环境、成钾条件及成因机制[D].成都理工大学.
 姜枚,马开义,李普,等,1987.四川盆地东部三叠纪含钾岩层古地磁及物性研究[J].物探与化探,11(4):266-274.
 林良彪,陈洪德,朱利东,等,2010.川东嘉陵江组-雷口坡组层序岩相古地理[J].成都理工大学学报(自然科学版),37(4):446-451.
 牟传龙,周恩恩,梁薇,等,2011.中上扬子地区早古生代烃源岩沉积

环境与油气勘探[J].地质学报,85(4):526-53.
 牟传龙,许效松,2010.华南地区早古生代沉积演化与油气地质条件[J].沉积与特提斯地质,30(3):24-29.
 王鸿祯,1985.主编.中国古地理图集[M].北京:地图出版社.
 王一帆,徐胜林,张兵,等,2020.川西坳陷西充—梓潼地区下沙溪庙组沉积微相特征[J].沉积与特提斯地质,40(1):35-44.
 吴应林,朱洪发,朱忠发,等,1994.中国南方三叠纪岩相古地理与成矿作用[M].北京:地质出版社.
 许靖华,何起祥,吴应林,等,1983.我国西南早中三叠世“绿豆岩”等时面上下的碳、氧稳定同位素地球化学[J].中国地质科学院成都地质矿产研究所文集,(2):1-12.
 周家云,龚大兴,李萌,2015.四川盆地三叠纪蒸发岩特征,盐盆迁移及其构造控制[J].地质学报,89(11):1945-1952.
 朱井泉,1990.四川华蓥山三叠系含膏盐段的碳氧同位素特征及其意义[J].岩石学报,(4):67-74.

Sedimentary facies and palaeogeography of the Lower Triassic Jialingjiang Formation in Sichuan Basin during the salt-forming period

TAN Zhiyuan¹, HOU Xuewen^{1,2}, WEI Jisheng¹, XIONG Hongge²

(1. Research Institute No. 280 CNNC, Guanghan 618300, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The Lower Triassic Jialingjiang Formation in Sichuan Basin is the key stratum for potash exploration in China. It is an important basic geological work to study its sedimentary facies and paleogeography. Based on the paleogeographic background and paleoclimatic conditions of Sichuan Basin, the sedimentary facies of the lower Triassic Jialingjiang Formation in the study area are analyzed and studied by means of field section, core observation and thin section identification. Three types of sedimentary facies are identified, including lagoon, lagoon marginal flat and platform beach facies, and a few of microfacies are further divided. Through the study of regional stratigraphic correlation and mapping of sedimentary facies and paleogeography, the evolution of the Lower Triassic Jialingjiang Formation in Sichuan Basin is reconstructed. Combined with previous studies, it is considered that the Jialingjiang Formation in Sichuan Basin belonged to a barrier carbonate platform depositional environment, which evolved from limited marine facies of carbonate to evaporation platform facies from west to east. The barrier of the underwater uplift around the basin and the hot and dry climate conditions affected the evolution process of the platform salinization of the Jialingjiang Formation. The sea level fluctuation was an important factor controlling the development and spatial distribution of the sedimentary facies. Finally, based on the data of this study, the map of sedimentary facies and paleogeography of the Jialingjiang Formation in each salt forming period is newly compiled.

Key words: Sichuan Basin; Jialingjiang Formation; main salt-forming period; lithofacies palaeogeography

《沉积与特提斯地质》5 篇论文 获得“2021 年度中国地质调查局期刊百篇优秀论文”

《沉积与特提斯地质》是由中国地质调查局主管,中国地质调查局成都地质调查中心主办,应用地质调查中心、昆明自然资源综合调查中心和探矿工艺研究所合办的地质类中文核心期刊。2021 年,为响应中国地质调查局关于推动局期刊高质量发展,举办“2021 年度中国地质调查局期刊百篇优秀论文”评选活动的号召,《沉积与特提斯地质》推荐了 10 篇于 2020 年 1 月 1 日至 12 月 31 日正式发表的学术论文和综述论文,其中 5 篇论文获奖,获奖率在 27 家局属期刊中名列前茅,获奖论文名单如下(以第一作者姓名汉语拼音字母为序):

陈安清,侯明才,林良彪,等,2020. 上扬子地区寒武纪岩相古地理:对中国小陆块海相盆地演化特点及其控藏效应的启示[J]. 沉积与特提斯地质,40(3):38-47.

解超明,李才,李光明,等,2020. 西藏松多古特提斯洋研究进展与存在问题[J]. 沉积与特提斯地质,40(2):1-13.

潘桂棠,王立全,耿全如,等,2020. 班公湖—双湖—怒江—昌宁—孟连对接带时空结构——特提斯大洋地质及演化问题[J]. 沉积与特提斯地质,40(3):1-19.

余谦,程锦翔,张海全,等,2020. 盐源地区古生界页岩气地质条件分析[J]. 沉积与特提斯地质,40(3):118-128.

翟刚毅,王玉芳,刘国恒,等,2020. 中国二叠系海陆交互相页岩气富集成藏特征及前景分析[J]. 沉积与特提斯地质,40(3):102-117.