

四川盆地中三叠统雷口坡组有利沉积相带及岩相古地理特征

吕玉珍¹, 倪超¹, 张建勇¹, 谷明峰¹, 孙秋分¹, 刘志上², 辛勇光¹

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 中国石油大学(北京)石油工程学院)

摘要 依据四川盆地古地理背景和古气候条件, 结合中三叠统雷口坡组野外剖面、岩心和薄片的观察以及单井和连井沉积相等的分析认为, 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雷口坡组的沉积相特征, 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。雷口坡组总体为一套障壁蒸发潟湖沉积, 可分潟湖边缘坪、潟湖、潮坪和台缘障壁四种沉积亚相类型, 并可进一步划分出多种微相。台缘障壁亚相潟湖边缘白云岩坪和颗粒浅滩是有利的沉积相带。雷口坡组可划分出 SQ₁—SQ₄ 四个层序。绘制了雷口坡期各时段体系域的岩相古地理图, 并分析了它们的岩相古地理特征。

关键词 四川盆地; 雷口坡组; 沉积相; 岩相古地理

中图分类号: TE111.3 **文献标识码**: A

中三叠统雷口坡组是四川盆地重要的勘探层系, 在2008年之前先后发现了中坝、磨溪、卧龙河3个构造气田和观音场、罗渡溪2个含气构造^[1]; 2008年以来, 龙岗22井在雷口坡组四³亚段获高产工业气流, 拉开了雷口坡组风化壳气藏勘探的序幕。对于雷口坡组沉积相类型和特征, 前人已做了大量研究^[2-8], 主要认为是局限或开阔碳酸盐岩台地沉积或者是潮坪沉积。但前人的研究工作大多是针对四川盆地的局部地区, 对全盆地雷口坡组沉积相的研究不够深入, 制约了对本区沉积相平面展布及储集体的认识。本文通过6条野外剖面、34口井的岩心(照片)1 075块(张)和岩心薄片350片、7条连井剖面、50多口单井等资料的分析, 划分了雷口坡组沉积相类型并描述了岩相古地理特征, 这可为本地区下一步勘探提供有利的支持。

1 区域地质特征

四川盆地横跨四川和重庆两省市, 西起广元—雅安, 东达巫山, 北起南江—旺苍, 南至叙永(图1), 总面积约18×10⁴ km²。构造上处于上扬子区西北部, 盆地周边发育系列隆起, 盆地西北—东北为龙门山—大巴山台缘断褶带, 东南和西南为川滇黔鄂断褶带。中三叠

世雷口坡期, 海水主要从西南康滇古陆与越北古陆之间的开远海峡进入上扬子海盆, 再越过黔南堤礁从川西南一带侵入四川海盆; 次要海侵方向经由阿坝海域穿越龙门山岛链之间的通道或漫过水下的海堤进入四川海盆^[9]。由于断褶带、盆地内开江—泸州隆起的障壁作用^[10], 四川盆地沉积环境非常闭塞, 内部水动力条件较弱, 属受限的陆表海环境。

2 古气候条件

据中三叠世古地磁资料^[11]研究表明, 扬子板块(四川盆地)当时处于南纬8°, 而且此后还在向赤道方向移动, 比现今纬度低得多, 整个扬子地台中三叠统发育有石膏或石盐等蒸发盐沉积, 这些均表明该时期本区总体上为干旱炎热气候。

3 沉积相类型及特征

由于周边水下隆起的障壁作用和干旱炎热气候条件的影响, 结合野外剖面、岩心和薄片观察、钻井、单井及连井相等分析认为, 雷口坡组总体为一套障壁蒸发潟湖沉积, 并可划分为潟湖边缘坪、潟湖、潮坪和障壁岛(台缘)四种沉积亚相类型, 以及白云岩坪、膏质白云岩坪、泥质白云岩坪、灰岩坪、膏质灰岩

收稿日期: 2012-07-31; 改回日期: 2012-11-06

吕玉珍: 女, 1980年生, 硕士, 工程师。2008年中国石油大学(北京)硕士学位毕业。现从事矿权支持及保护方面的研究。通讯地址: 310023 浙江省杭州市西溪路920号; 电话: (0571)85226096

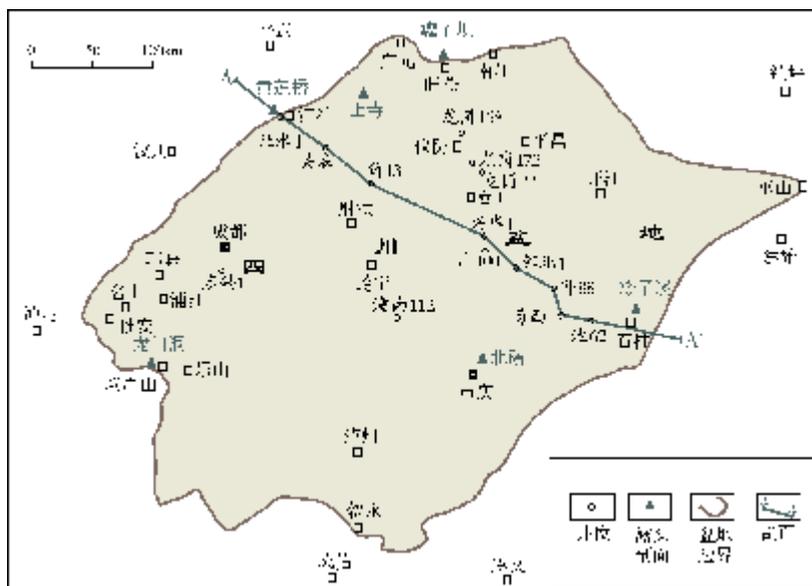


图1 四川盆地研究剖面与井位位置图
A—A'剖面见图4

坪、灰质潟湖、膏盐湖、藻白云岩坪、泥岩坪、台缘浅滩等多种微相类型。

泥质白云岩坪、灰岩坪、颗粒浅滩(砂屑滩、生物碎屑滩、鲕粒滩)等多种微相类型。

3.1 潟湖边缘坪亚相

潟湖边缘坪主要发育白云岩坪、膏质白云岩坪、

白云岩坪 主要由灰色或褐灰色细粉晶白云岩夹灰色泥粉晶白云岩(图2a)组成,常呈纹层状,间夹藻纹层白云岩。



(a) 灰色泥粉晶白云岩。见裂缝, 针孔状溶孔发育。龙岗172井 3711.25 ~ 3711.39m, 雷口坡组四段。岩心



(b) 灰褐色砂屑白云岩。含斑状石膏。广100井3039.85 ~ 3040.10m, 雷口坡组一段。岩心



(c) 灰白色石膏。夹灰色和深灰色藻层白云质泥质条带。苏码1井4167.36 ~ 4167.55m, 雷口坡组四段。岩心



(d) 深灰色泥晶灰岩(上部)和灰褐色泥粉晶灰岩(下部), 中间见裂缝及缝合线。潼南112井2333.04 ~ 2333.35m, 雷口坡组二段。岩心

图2 四川盆地雷口坡组岩性特征

膏质白云岩坪 主要由灰色和灰白色膏质白云岩组成,中—厚层状,硬石膏呈结核及纹层状,以细晶为主。

泥质白云岩坪 主要由灰色泥质泥晶白云岩组成,白云岩中常见水平纹层。

灰岩坪 主要由灰色、深灰色石灰岩组成,石灰岩主要为泥晶灰岩或泥灰岩。

浅滩 主要发育砂屑滩、生物碎屑滩和鲕粒滩等。砂屑滩(图2b)常由灰黄色和灰褐色砂屑白云岩、砂屑灰岩等组成,可见交错层理;生物碎屑滩主要由生物碎屑白云岩组成;鲕粒滩主要由中—厚层状鲕粒灰岩及鲕粒砂屑白云岩组成,偶见交错层理。

3.2 潟湖亚相

由于海平面相对降低,古气候干燥炎热,大气降水减少,再加上川西、川西北的台地边缘浅滩带、中部的泸州—开江古隆起都起到了很好的障壁作用,最终发育了膏盐湖、灰质白云岩潟湖等微环境。主要发育在川中地区。

膏盐湖 主要发育于低水位的干热时期,以形成硬石膏岩(图2c)和石盐为主,硬石膏呈层状,常含石盐晶体及晶团,塑性变形常见,硬石膏层间有时夹薄层灰岩或白云岩。

灰质潟湖 主要发育于低水位的干热时期,由于强烈蒸发,大量卤水回流至台内低洼的潟湖环境,以形成泥晶灰岩和泥灰岩(图2d)为主的序列。

3.3 潮坪亚相

位于平均海平面之下,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。微环境主要有藻白云岩坪、膏质泥岩坪和(白云质)泥岩坪,主要发育在四川盆地的东部。

3.4 障壁岛(台缘)亚相

台缘滩相主要的微相类型为颗粒浅滩(砂屑滩、生物碎屑滩、鲕粒滩等),稳定发育在川西、川西北台地边缘带,水体较浅,能量较大,常发育鲕粒、砂屑等高能滩,其岩性主要表现为砂屑(生物碎屑、鲕粒等)白云岩、灰质白云岩、石灰岩等。

4 单井及连井相分析

雷口坡组可划分四个层序(SQ₁—SQ₄),各层序均发育有海侵体系域(TST)和高水位体系域(HST)。为了更加明确各体系域的岩相古地理特征,在本区观察描述了20多口井的岩心,对50多口单井和7条连井剖面进行了分析。下面对个别单井和连井相进行分析。

龙岗168井位于川中龙岗地区(图1),为潟湖边缘坪沉积环境,发育浅滩和白云岩坪两种微相(图3)。岩性以浅灰黄色砂屑、粒屑白云岩和深灰色泥晶白云岩为主,针状溶孔、裂缝较发育,是优质储层。该井已获得工业油气流,日产气9.5549×10⁴m³,日产水60m³。

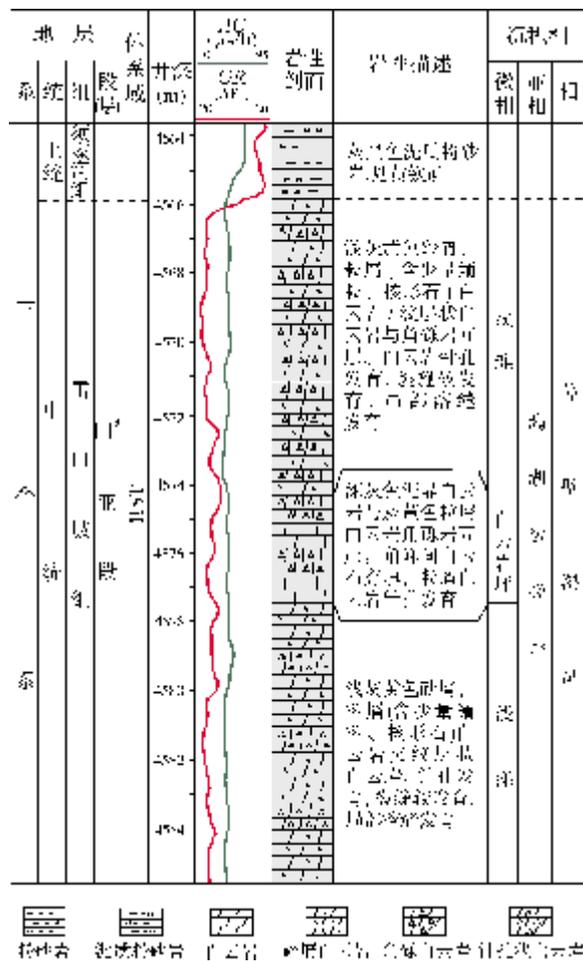


图3 川中地区龙岗168井岩心综合柱状图

对横贯四川盆地东西向(经过川中和川东地区)的让水1井—关基井—角13井—兴华1井—邻北1井—卧88井—苟西1井—池62井剖面(图1,图4)分析

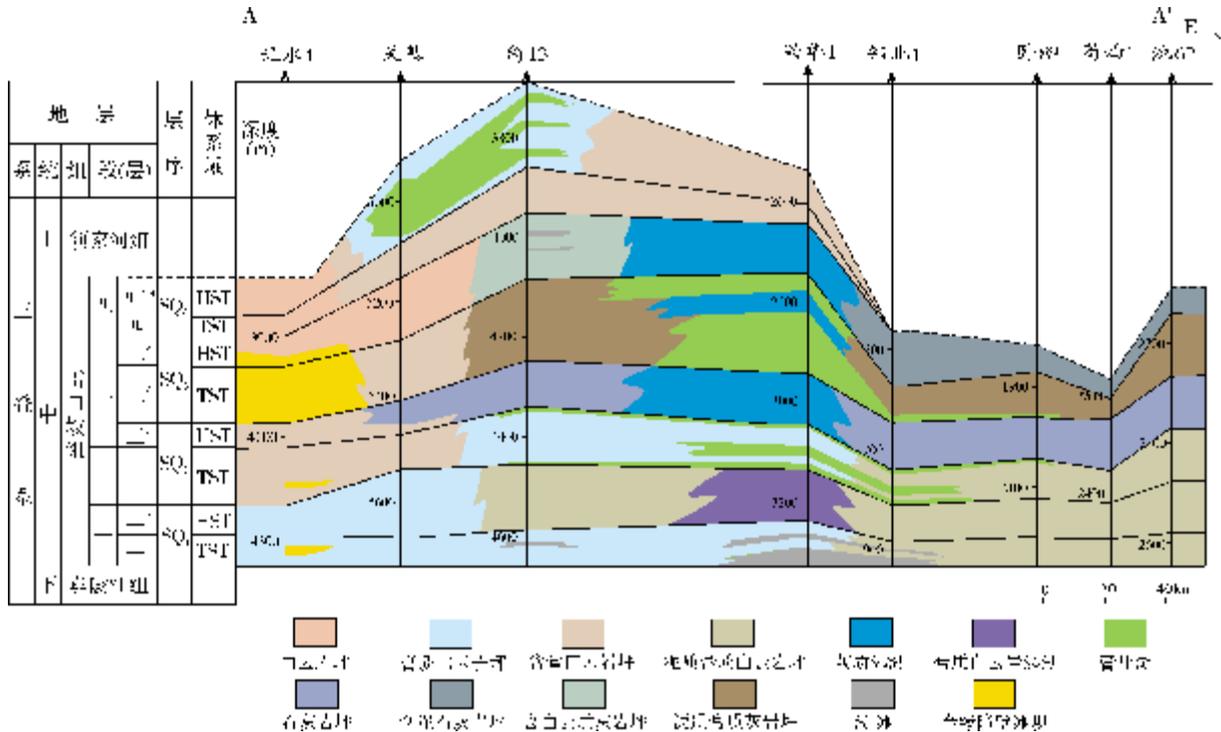


图4 横切四川盆地的中三叠统雷口坡组连井沉积相剖面图
A—A'剖面位置见图1

表明,雷口坡期兴华1井地势低洼,主要沉积了膏盐湖、灰质潟湖和膏质白云岩潟湖。兴华1井以东的井处于川东地区,泥质含量增多,主要环境为泥质膏质白云岩坪、泥质膏质灰岩坪和灰岩坪,而兴华1井以西的井,泥质含量减少,主要为白云岩坪、膏质白云岩坪和含膏白云岩坪环境。让水1井位于川西北台缘带,在雷三时沉积了一套台缘滩。

5 岩相古地理特征

在对四川盆地雷口坡期古构造、古气候、古地理研究以及野外露头、岩心、单井、连井、测井等所作沉积相分析的基础上,编制了四川盆地中三叠统雷口坡期SQ₁—SQ₄层序各时段体系域的岩相古地理图,明确了各体系域的岩相古地理特征。

5.1 雷一时(SQ₁, TST)

雷口坡期一¹时(图5),以现今的华蓥山断裂为界,盆地东部和东南部受江南古陆以及泸州隆起和开江隆起的影响,川东和蜀南地区地势相对较高,水体较浅,发育泥质膏质白云岩坪;盆地西部和西北缘

广元—江油—名山一带,受龙门山古岛链的影响,地势也相对较高,发育台地边缘滩有利沉积相带。盆地中部的广大区域地势相对较低,相对洼地处演化成膏盐湖环境,而在洼地与隆起之间主要为膏质白云岩坪和白云岩坪沉积。

值得注意的是,川中发育薄层台内浅滩相,由砂砾屑白云岩、藻屑白云岩组成,面积约 3×10⁴ km²,是有利的沉积相带,它们广泛分布于川中膏盐湖与泸州—开江古隆起的转折部位或交接处等地势变化处,而这些部位也常常是水动力条件由弱变强的地带。

5.2 雷一时(SQ₁, HST)

雷口坡期一²时,受陆源物质影响较大,泥质含量较高,以泥质膏质白云岩坪沉积为主。在盆地中部的遂宁和营山地区,沉积了一套膏质白云岩潟湖。

5.3 雷二时(SQ₂, TST)

雷口坡期二时(图6)的沉积面貌与雷口坡期一¹时(SQ₁, TST)的相似,但比那时的海平面低,水体相

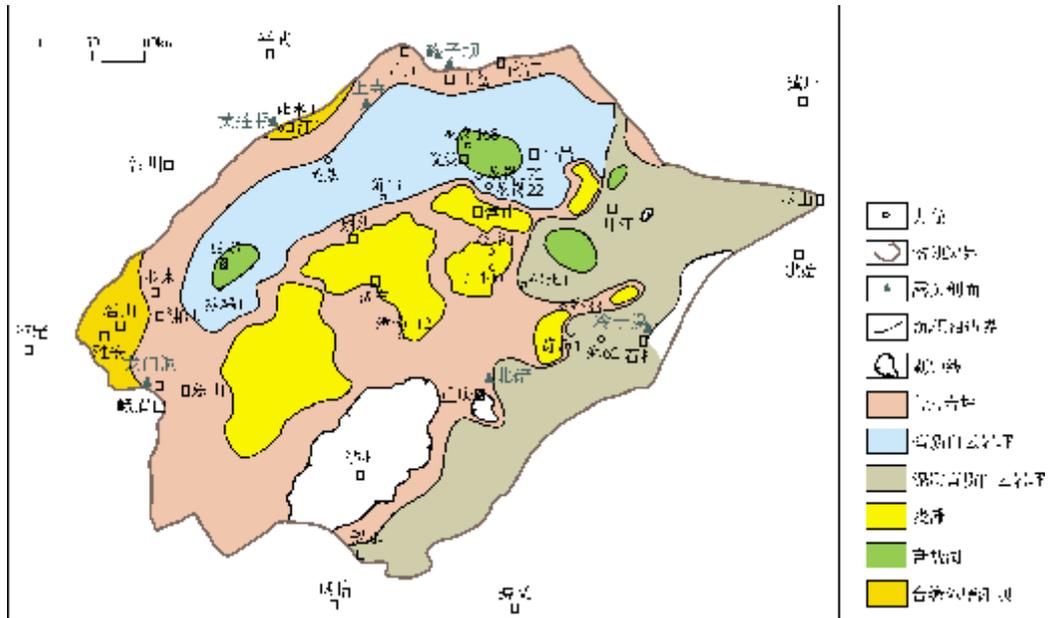


图5 四川盆地中三叠世雷口坡期一¹时(SQ₁, TST)岩相古地理图

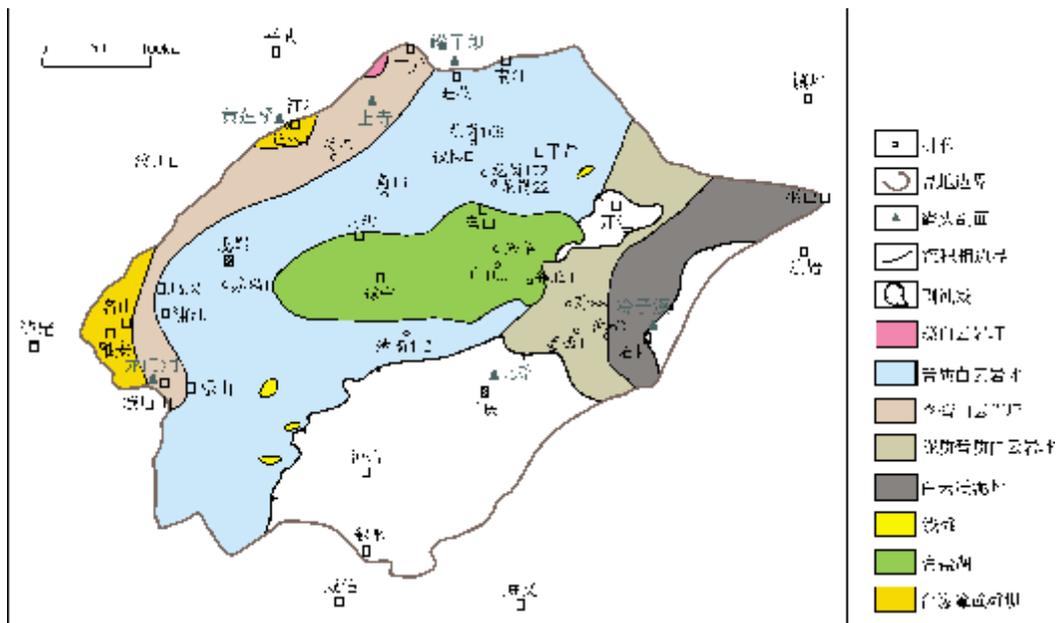
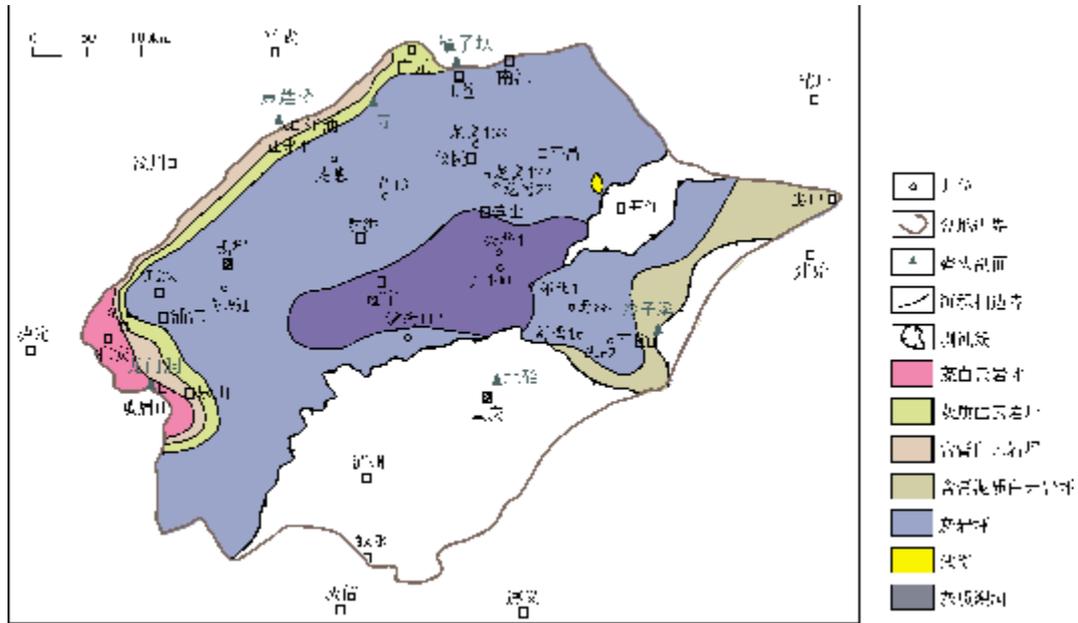


图6 四川盆地中三叠世雷口坡期二²时(SQ₂, TST)岩相古地理图

对浅一些。盆地南部和东部地区受南部黔北海、东北部秦岭海的影响较大,发育潮坪相白云质泥坪沉积;盆地中部的遂宁和营山地区,地势较低,为膏盐湖沉积环境;围绕膏盐湖沉积了膏质白云岩坪和含膏白云岩坪;沿盆地西部龙门山前发育台缘滩,面积约 $0.6 \times 10^4 \text{km}^2$,是油气勘探的有利区域。

5.4 雷三¹时(SQ₂, HST)

雷口坡期三¹时海平面较高(图7),水体较深,障壁后的地区和毗邻的开阔海之间水体的自由流通能力大为改善,以灰岩坪沉积为主。盆地东部仍受陆源物质影响,为含膏泥质白云岩坪沉积;盆地中部营山

图7 四川盆地中三叠世雷口坡期三¹时(SQ₂,HST)岩相古地理图

地区等相对低洼地区发育灰质潟湖泥晶灰岩和石灰岩坪沉积。

5.5 雷三²时(SQ₃,TST)

雷口坡期三²时晚期,海侵达到最大海泛。受海侵的影响,该时期盆地西部和东部海水明显淡化,石灰岩沉积增加,以泥质膏质灰岩坪沉积为主。膏盐湖沉积在遂宁—营山地区;沿盆地西北靠近龙门山古岛链的广元—江油—邛崃一线发育了台缘障壁滩坝沉积;在盆地西部雅安—乐山地区发育藻白云岩坪。

5.6 雷三³时(SQ₃,HST)

雷口坡期三³时继承了雷三²时的沉积格局,受北、西和南三个方向海侵的影响,盆地中西部和东部海水明显淡化,仍以灰岩沉积为主。沿盆地西北靠近龙门山古岛链的广元—江油—邛崃一线继续发育了滩坝沉积,面积约 $1.0 \times 10^4 \text{ km}^2$;台内浅滩局部发育;盆地东部发育含泥石灰岩坪;盆地中部的遂宁—营山地区发育灰质潟湖泥晶灰岩沉积;围绕灰质潟湖发育含膏灰岩坪和含白云质灰岩坪沉积;在盆地西部的雅安—乐山地区仍发育藻白云岩坪。

5.7 雷四¹时(SQ₄,TST)

至雷口坡期四¹时,海平面相对降低,古气候干燥炎热,为较闭塞的沉积环境,沉积了大套的含膏白云岩

和泥粉晶白云岩,为含膏白云岩坪和白云岩坪环境。

5.8 雷四²时(SQ₄,HST)

雷口坡期四²时继承了雷四¹时的沉积格局,也为较闭塞的沉积环境,沉积了大套的膏质白云岩、泥粉晶白云岩和膏岩。在盆地中部的仪陇和西部的浦江地区沉积了大套的膏岩,围绕膏盐湖为膏质白云岩坪、含膏白云岩坪和白云岩坪环境。

5.8 雷四³时(SQ₄,HST)

雷口坡期四³时(图8)与雷四²时同为SQ₄的HST体系域,为继承性沉积格局,盆地中部的仪陇地区和西部的浦江地区,膏盐湖范围有所缩小,围绕膏盐湖为膏质白云岩坪、含膏白云岩坪和白云岩坪环境。本期台内浅滩较发育,主要发育在中部的仪陇、平昌和射洪地区。

6 结论

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四川盆地雷口坡组的沉积相特征。雷口坡组总体为一套障壁蒸发潟湖沉积,可分为潟湖边缘坪、潟湖、潮坪和台缘障壁四种沉积亚相类型,潟湖边缘坪又可进一步划分为白云岩坪、泥质膏质白云岩坪、石灰岩坪和膏质灰岩坪等多种微相类型,潟湖相主要以灰质潟湖、膏盐湖沉积为主。在此研究的基础

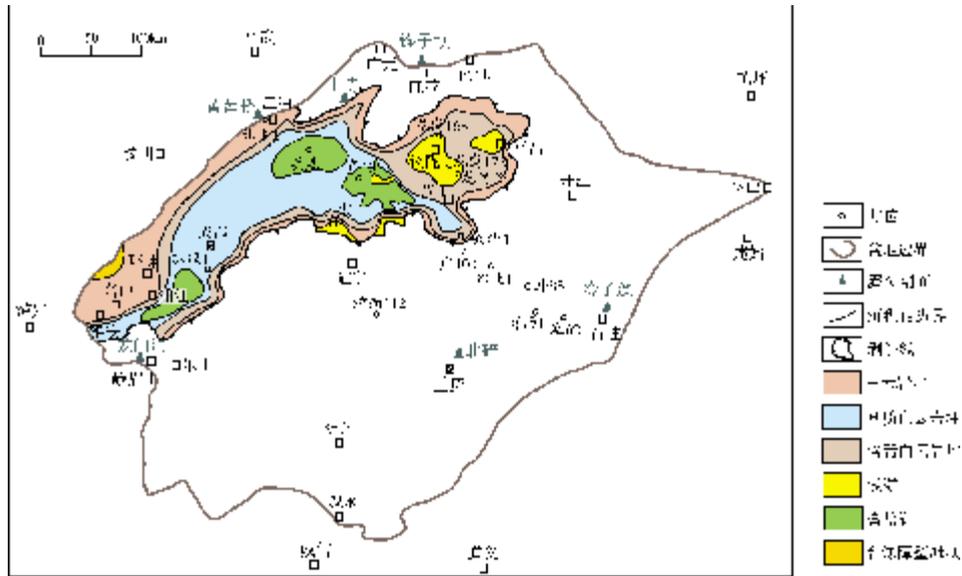


图8 四川盆地中三叠世雷口坡期四³时(SQ₄,HST)岩相古地理图

上,明确了各体系域的岩相古地理特征。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。

雷口坡组台缘障壁潟湖边缘白云岩坪及颗粒浅滩是有利的沉积相带。雷口坡组一段和四段发育颗粒滩和白云岩坪,三段发育颗粒滩,均是有利的重要勘探领域。

参考文献

- [1] 翟光明. 中国石油地质志:卷十 四川油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1989.
- [2] 李德星,刘树根,张长俊,等. 四川盆地中南部地区中三叠统雷口坡组沉积相研究[J]. 海洋石油,2010,30(1):36-42.
- [3] 林良彪,陈洪德,张长俊,等. 四川盆地西北部中三叠统雷口坡期岩相古地理[J]. 沉积与特提斯地质,2007,27(3):52-58.
- [4] 董兆雄,邓明. 川西地区中三叠统雷口坡组岩相古地理[J]. 矿物岩石,1994,14(4):46-53.
- [5] 李勇,鲍志东,胡广成,等. 中上扬子地区中三叠世雷口坡期岩相古地理研究[J]. 沉积与特提斯地质,2011,31(3):20-27.
- [6] 汪华,刘树根,秦川,等. 四川盆地中西部雷口坡组油气地质条件及勘探方向探讨[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2009,36(6):669-674.
- [7] 冯增昭,鲍志东,李尚武,等. 中国南方早中三叠世岩相古地理[M]. 北京:石油工业出版社,1997,105-117.
- [8] 吴小庆,赵路子,黄亮,等. 川中—川南过渡带雷口坡组沉积相特征[J]. 四川地质学报,2010,30(3):260-264.
- [9] 曾德铭,王兴志,张帆,等. 四川盆地西北部中三叠统雷口坡组储层研究[J]. 古地理学报,2007,9(3):253-264.
- [10] 李晓清,汪泽成,张兴为,等. 四川盆地古隆起特征及对天然气的控制作用[J]. 石油与天然气地质,2001,22(4):347-351.

编辑:赵国宪

Favorable Sedimentary Facies Zones and Lithofacies Palaeogeography of Middle Triassic Leikoupo Formation in Sichuan Basin

Lü Yuzhen, Ni Chao, Zhang Jianyong, Gu Mingfeng, Sun Qiufen, Liu Zhishang, Xin Yongguang

Abstract: Triassic Leikoupo reservoirs are widely developed in whole Sichuan Basin. It is shown that the sedimentary facies of Leikoupo reservoirs are influenced by depositional environments including barrier of surrounding underwater uplifts and dry climate and sea level fluctuations are the important factors that control the development and spatial distribution of sedimentary facies. Leikoupo Formation is overall a set of barrier to evaporating lagoon facies sediments, which can be divided into four subfacies including the lagoon-edge flats, lagoons, tidal flats and platform-edge barriers. Some microfacies can be further divided. The dolomite flats and grain shoals are the favorable sedimentary facies belts. Sequences SQ₁ to SQ₄ can be identified in Leikoupo Formation. Lithofacies palaeogeographic maps are drawn to each system tracts during Triassic Leikoupo sedimentation and corresponding paleogeography characteristics are analyzed.

Key words: Middle Triassic; Leikoupo Formation; Lithofacies palaeogeography; Sedimentary facies; Sichuan Basin
Lü Yuzhen; female, Master, Geology Engineer. Add: PetroChina Hangzhou Research Institute of Geology, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023, China