

四川盆地中三叠世雷口坡期障壁型碳酸盐岩台地沉积特征及有利储集相带分布

辛勇光¹, 周进高¹, 倪超¹, 谷明峰¹, 宫清顺¹, 董庸¹, 张雅娟²

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 中国石油塔里木油田公司开发事业部)

摘要 雷口坡组是四川盆地重要的含气层系。根据露头、岩心、分析化验、录井、测井、地震等资料的综合分析认为, 受古地质背景和海平面升降旋回的控制, 四川盆地在中三叠世雷口坡期是一个水体浅、盐度大、范围广阔的障壁型碳酸盐岩台地, 由于受周边古隆起和盆内水下古隆起障壁作用的限制, 台地内外海水交流不畅, 台地内水动力条件偏弱、生物不繁盛、干旱气候为主是其基本特征。雷口坡组在平面上表现为自西向东台地边缘—潟湖边缘坪(台内滩)—潟湖—潟湖边缘坪(台内滩)—潟湖—混积潮坪的沉积相展布特征, 纵向上表现为蒸发岩、白云岩与石灰岩互层的演化特征。绘制了盆地雷口坡期岩相发育演化图。预测盆地西部龙门山白云石化台缘滩、中部泸州—开江水下古隆起及其周边的古地貌高处台内滩和潟湖边缘白云岩坪是有利的储集岩相分布区。

关键词 四川盆地; 雷口坡组; 障壁台地; 碳酸盐岩台地; 沉积相; 沉积特征; 岩相

中图分类号: TE112.23

文献标识码: A

中三叠统雷口坡组是四川盆地的重要勘探层系, 近年来相继在川中龙岗、蓬莱等地的雷口坡组发现天然气藏, 促使人们对雷口坡组的勘探研究不断深入。对于四川盆地雷口坡组的沉积特征, 前人已做了大量研究, 主要有曾学思等^[1]提出的潮坪说, 林良彪等^[1-2]提出的开阔台地、局限台地说, 李凌等^[3]提出的局限—蒸发台地说等等。本文在古地质背景分析的基础上, 利用露头剖面、钻井岩心和薄片分析化验资料、600多口钻井资料、地震资料等综合研究认为: 四川盆地在中三叠世雷口坡期属于障壁碳酸盐岩台地沉积环境, 有利岩相与水下障壁有密切联系。雷口坡期, 在四川盆地周边有一系列隆起, 如东部的江南古陆、西南部的康滇古陆、西北部龙门山岛链及北部的大巴山隆起等, 在盆内发育有泸州—开江等水下古隆起, 在这些隆起的障壁作用和干旱炎热气候条件共同影响下, 四川盆地演化为障壁碳酸盐岩台地沉积环境。

1 古地质背景分析

四川盆地是扬子准地台上偏西北一侧的一个次一级构造单元^[4], 中三叠世雷口坡期属于扬子克拉通盆地的一部分^[5], 雷口坡组碳酸盐岩是四川盆地重要的产层之一。可能早在中三叠世初就已开始的早印支运动^[4]以抬升为主, 盆地内部中三叠统雷口坡组与上覆三叠统须家河组陆相碎屑岩地层之间呈微角度—平行不整合接触, 代表 3~5 Ma 中短期的地层剥蚀和夷平; 盆地内部雷口坡组普遍遭受剥蚀, 沿华蓥山深断裂带发育了泸州—开江古隆起, 泸州隆起核部嘉陵江组四段—五段全被剥蚀掉, 开江隆起只残留雷口坡组三段及以下地层; 在龙泉山断裂北端发育的天井山隆起, 雷口坡组四段部分地层被剥蚀^[6]。

受印支运动早幕构造抬升影响, 位于上扬子克拉通地块的四川盆地中三叠世雷口坡沉积期表现为

收稿日期: 2012-11-08; 改回日期: 2013-02-21

基金项目: 本文受国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(编号: 2011ZX05004-002)项目资助

辛勇光: 1975年生, 硕士, 高级工程师。主要从事碳酸盐岩沉积储层方面的研究工作。通讯地址: 310023 浙江省杭州市西溪路920号; 电话: (0571)85224930

① 曾学思, 田瑞孝, 崔德树, 等. 四川盆地西部中三叠统雷口坡组岩相及其与油气水关系的探讨[R]. 国家地质总局第二普查勘探大队, 1978.

盆地周边古隆起发育及盆地内隆坳相间的古地质格局(图 1)。

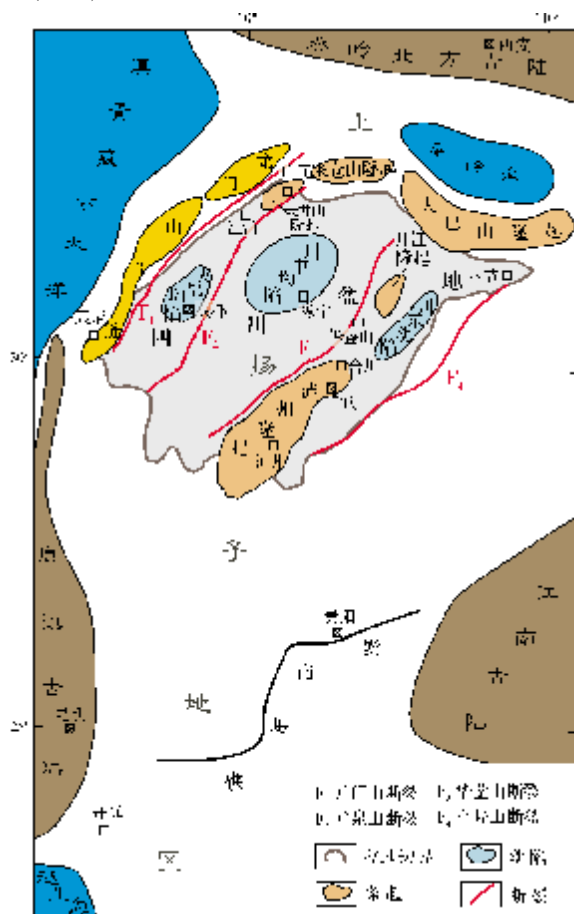


图 1 上扬子地区中三叠世雷口坡期区域构造简图

(1) 周边古隆起发育 盆地西南侧存在康滇古陆, 北缘为米仓山隆起和大巴山隆起, 西缘的龙门山—九顶山岛链和东南方向的江南古陆逐渐抬升。这些周边古隆起坡度较大, 形成陡坡型障壁。

(2) 盆内隆坳相间 早印支运动还在盆地内出现了北东向的大型古隆起和坳陷, 盆地东部以华蓥山为中心的隆起带上升幅度最大, 在南段称泸州隆起, 北段称开江隆起, 另外在盆地西北广元—江油附近的天井山隆起这时也有反映。在华蓥山隆起带的东西两侧是几个与之大体平行的大型坳陷^[4], 盆地中西部发育川中和成都两个主要坳陷, 成都坳陷是雷口坡后期最活跃的坳陷^[7], 盆地东部发育川东坳陷。

据前人对合川沱鼻峡三叠系剖面古地磁的测定资料以及根据氧碳稳定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—中三叠世的古

纬度为 $26^{\circ}68'$, 古温度为 $34.6\sim 36.9^{\circ}\text{C}$ ^[8], 当时盆地的古气候以干旱为主(间夹潮湿气候), 有利于形成石膏、石盐的沉积。许靖华等^[9]认为早—中三叠世嘉陵江期—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^[10]认为华蓥山地区嘉陵江期一至四时成盐期盐度总体来说很高且持续时间较长, 存在稳定的潟湖。四川盆地中三叠世雷口坡期发育的石膏或石盐等蒸发岩沉积, 尤其是坳陷处沉积的巨厚石膏岩层, 亦均表明该时期古海水盐度较高, 古气候较干旱。

2 障壁型台地沉积环境

中三叠世雷口坡期, 古构造、古地理、古气候、水动力条件等古地质背景决定了四川盆地在当时属一种受周边古隆起和盆内水下古隆起限制的水体浅、盐度大、范围广阔的障壁碳酸盐岩台地沉积环境, 海水主要来自西南部的越北海和西北部的滇青藏古大洋, 北部秦岭海与四川盆地之间可能还存有沟通通道^[1], 障壁发育、水动力条件偏弱、生物不繁盛是其基本特征。

2.1 障壁发育特征

中三叠世雷口坡期, 四川盆地边缘古隆起及台内水下古隆起发育: 盆地西缘为早寒武世就已形成的龙门山岛链^[7]; 西南缘为古生代以来长期表现为隆起区、轴向近于南北的康滇古陆; 北缘为米仓山隆起和大巴山隆起; 东南方为广阔的江南隆起区^[5]。盆地内部主要古隆起是形成于早二叠世末(东吴运动)、定型于中三叠世末(印支运动)的泸州隆起和开江隆起, 在中三叠世雷口坡期以水下隆起的形式存在^[11-12]。这些构造成因的古隆起, 构成了四川盆地中三叠世雷口坡期碳酸盐岩台地沉积环境良好的障壁条件。西南方的康滇古陆、东南方的江南古陆和北部的米仓山隆起和大巴山隆起, 基本阻绝了外海与台地内部的海水沟通。

(1) 江南古陆的抬升阻隔了盆地东南方向与古太平洋的沟通, 并为四川盆地东部雷口坡期的沉积提供大量的陆源物质, 对其沉积相产生显著影响, 沉积了厚达千米的巴东组碳酸盐岩—碎屑岩建造(其层位与雷口坡组大体相当, 为同时异相地层单元)^[13]。

(2) 北方秦岭海与台地内部的海水沟通因北缘米仓山隆起和大巴山隆起的存在而大大受限, 海平面上升时期可能还存在有少量的沟通通道, 但海平面下降时期就基本阻绝了北部秦岭海与台地内部的

海水交流。

(3)西南方的康滇古陆,以及以台缘滩、堤或岛的形式在海平面上下出沒的西北缘龙门山岛链,限制了西北方的滇青藏古大洋与台地内部的海水沟通,在海退期其限制作用更加明显。

(4)台地内部的海水主要靠来自南面翻越黔南堤礁的越北海海水供给,但是由于黔南堤礁的地形由南向北不断抬升,故台地内部的海水供给不充足。

障壁岛的存在极大地限制了碳酸盐岩台地内部与外海的海水沟通,海水不断变浅,海水的含盐度亦由南向北逐渐增高,流速减缓。因此,即使在潮湿气候条件下的海侵期,四川盆地的海水咸度亦比开阔海洋的高,尤其是在蒸发量较大的干旱气候条件下的海退期,因台地内部与外海基本隔绝,故广泛沉积了白云岩和蒸发岩类。

2.2 水动力条件偏弱

中三叠世雷口坡期,四川盆地在周边和台内水下古隆起的障壁作用下,台地内部潟湖与外海的海水沟通受限,总体上水动力偏弱,以小型波浪和潮汐为主。海退期,海水交流非常弱,障壁岛后潟湖水动力条件较弱;海侵期,随着海平面逐渐升高,水体逐渐加深,但仍为较浅水环境,水动力条件偏弱。由于台地内部隆坳相间的古地理格局,水下障壁岛及其周边地区水动力条件相对较强,滩体较发育;而坳陷区因水动力条件较弱,主要沉积细结构的微晶、泥晶碳酸盐岩及蒸发岩类。

2.3 生物不繁盛

四川盆地雷口坡组生物不繁盛,以薄壳耐盐生物为主,见双壳类、腹足类、介形类、棘皮类、有孔虫、菊石、牙形石等生物化石,以海相薄壳耐盐双壳类化石为主,常见有 *Eumorphotis*、*Myophoria* 等。盆地中部以菊石 *Progonoceratites* 最常见,并有少量 *Beyrichites* 等伴生,少见腕足类、有孔虫。潮湿气候下的海侵期生物较丰富,干旱气候下由于强烈的蒸发作用,导致生物不发育甚至罕见。

3 障壁台地沉积特征

3.1 沉积相类型

通过对野外剖面、岩心、薄片的观察,结合测井、

地震等特征,识别了四川盆地雷口坡组障壁碳酸盐岩台地的主要沉积相类型(表1),混积潮坪、潟湖、潟湖边缘坪、台内浅滩和台地边缘滩是其骨架相,岩石类型主要包括蒸发岩、颗粒石灰岩、颗粒白云岩、非颗粒石灰岩(藻泥晶石灰岩等)、结晶白云岩(原岩可以是颗粒石灰岩或非颗粒石灰岩)、膏溶角砾岩及砂泥岩。它们的组合序列构成了沉积相、亚相和微相识别的标志,不同的亚相或微相在侧向上可以是连续的,也可以是交叉的,台内各亚相和微相在不同时期的侧向迁移也是相当频繁的。

3.2 沉积特征

四川盆地中三叠世雷口坡期古地质背景与海平面升降旋回控制了盆地雷口坡组障壁碳酸盐岩台地的沉积特征及其演化。中三叠世雷口坡期,东部的江南古陆与泸州—开江古隆起逐渐抬升,其隆升幅度较周边古隆起大,尤其比西部龙门山岛链的幅度要大,总体表现为西深东浅的格局。盆地西缘龙门山岛链发育台地边缘亚相滩坝沉积,平面上表现为自西向东台地边缘—潟湖边缘坪(台内滩)—潟湖—潟湖边缘坪(台内滩)—潟湖—混积潮坪的沉积亚相展布特征(图2),纵向上表现为蒸发岩、白云岩与石灰岩互层的演化特征。

高水位体系域海退期,海平面下降,由于周边古隆起以及盆地内部水下泸州—开江古隆起的障壁作用,导致台地内部海水与外海交流不顺畅,台地内部主要为干旱气候下古盐度较高的障壁台地沉积,广泛发育蒸发岩和白云岩,坳陷处为膏盐潟湖沉积,沉积大套膏盐层。坳陷至泸州—开江古隆起区的广大地区沉积了潟湖边缘坪膏质白云岩和白云岩,泸州—开江等水下微高地貌带发育台内滩颗粒白云岩。东侧受江南古陆影响,陆源碎屑增多,主要为混积潮坪沉积(图2)。

大规模海侵期,海平面大幅上升,障壁作用减弱,台地内部海水与外海交流较顺畅,以灰质沉积为主:坳陷处发育灰质潟湖泥晶石灰岩,坳陷至泸州—开江古隆起区的广大地区为潟湖边缘坪石灰岩沉积,泸州—开江等水下微高地貌带为台内滩颗粒石灰岩沉积,东侧仍然为混积潮坪沉积。四川盆地雷口坡期沉积相的发育演化从早到晚可分为四期(图3)。

雷口坡期一时 为海侵期,海侵规模较小,气候干旱。台地内部主要为白云岩、蒸发岩夹石灰岩沉

表 1 四川盆地雷口坡组障壁碳酸盐岩台地沉积相类型

沉积相	沉积亚相	沉积微相	沉 积 特 征	分布区域
障壁碳酸盐台地	混积潮坪	泥质石灰岩坪	紫红色、灰紫色泥岩与石灰岩不等厚互层。陆源泥砂质较多,常见有干裂构造等	盆地东部近古陆处
		泥质白云岩坪	紫红色、灰紫色泥岩与白云岩不等厚互层。陆源泥砂质较多,常含斑状和肠状石膏,常见有干裂构造等	
		泥 坪	紫红色、灰紫色泥岩。常见有干裂构造等	
	潟 湖	灰质潟湖	主要为黑灰色瘤状灰岩、灰—褐灰色泥晶灰岩夹深灰色泥质条带。发育水平层理、水平虫迹	低洼处
		白云质潟湖	以发育厚度较大的灰黑、深灰、褐灰色泥晶—粉晶白云岩为特征。发育水平纹理,少见虫迹、冲刷面和粒序层理,偶夹有少量的风暴岩	
		膏盐潟湖	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灰绿色和深灰色泥页岩或深灰色膏岩、白云质膏岩、膏质白云岩的不等厚互层。发育水平纹理、变形层理	
		泥质潟湖	灰绿色、深灰色泥岩、黑色页岩,常含灰质,可夹薄层状灰质泥岩、泥灰岩和泥质灰岩,偶夹极薄层状膏岩或偶含石膏斑块。水平层理、韵律层理和水平纹理发育良好,泥岩有时呈块状层理	
	潟湖边缘坪	石灰岩坪	以灰、深灰、褐灰色、土黄色泥—粉晶灰岩为主	古地貌较高处
		白云岩坪	以灰、深灰、褐灰色、土黄色泥—粉晶白云岩为主。镜下可见较多的溶蚀孔洞	
		膏质白云岩坪	主要为灰、深灰、褐灰色泥—粉晶膏质白云岩和含膏质斑块的泥—粉晶白云岩,或者由灰、褐灰色泥—粉晶白云岩夹薄层状灰白色膏岩的纹层状膏质白云岩组成。可见水平层理、韵律层理等,镜下可见到富膏质层与贫膏质层组成的韵律层理	
台地	台内浅滩	鲕粒滩	浅褐灰色、灰色、灰褐色中厚层—块状亮晶鲕粒灰岩、白云岩为主。发育各种交错层理	古地貌高处
		砂屑滩	浅褐灰色、灰色、灰褐色中厚层—块状亮晶砂屑灰岩、白云岩为主。发育各种交错层理	
		生物碎屑滩	浅褐灰色、灰色、灰褐色中厚层—块状亮晶生物碎屑灰岩、白云岩为主。生物碎屑以棘屑、腹足类、双壳类生物碎屑为主,发育各种交错层理	
	台地边缘滩	鲕粒滩	浅褐灰色、灰色、灰褐色厚层—块状亮晶鲕粒灰岩、白云岩为主。发育各种交错层理	台缘带
		砂屑滩	浅褐灰色、灰色、灰褐色厚层—块状亮晶砂屑灰岩、白云岩为主,发育各种交错层理	
		生物碎屑滩	浅褐灰色、灰色、灰褐色厚层—块状亮晶生物碎屑灰岩、白云岩为主。生物碎屑以棘屑、腹足类、双壳类生物碎屑为主,发育各种交错层理	

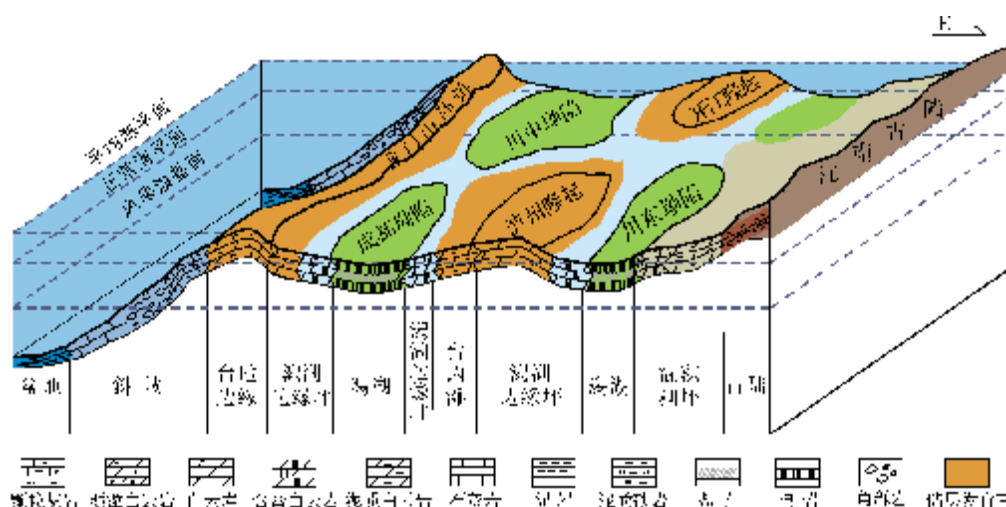


图2 四川盆地中三叠世雷口坡期高水位体系域障壁台地沉积相与储层发育模式

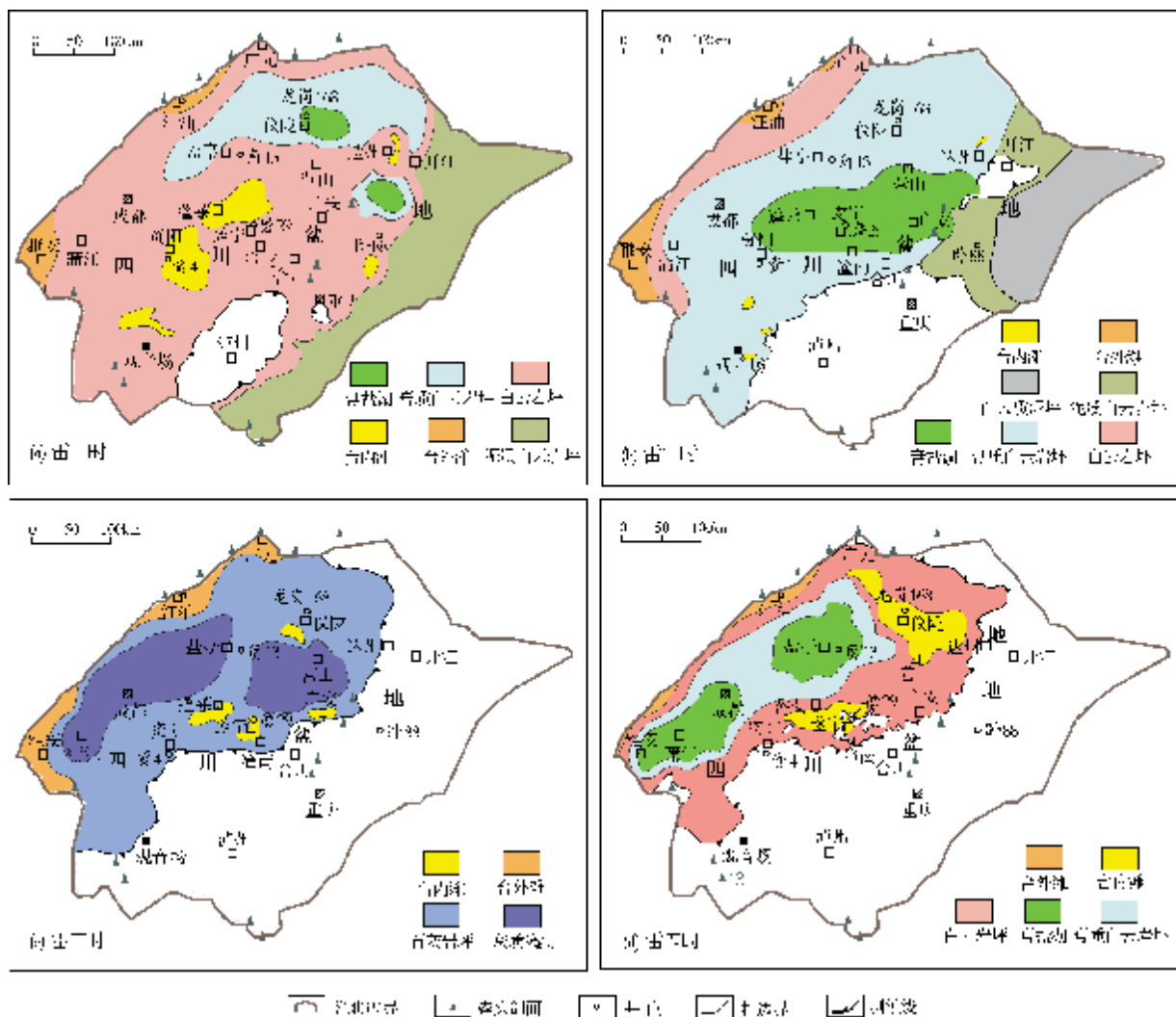


图3 四川盆地中三叠世雷口坡期沉积相分布演化

积:西部龙门山一带发育台地边缘浅滩颗粒白云岩,颗粒白云岩以砂砾屑、砂屑白云岩为主;川中、川东坳陷处为膏盐潟湖沉积,沉积了一套厚层硬石膏岩和石盐岩夹膏质白云岩、泥—粉晶白云岩,属于水体相对较深、能量极低、盐度大的潮下低能产物。膏盐潟湖向四周古陆或水下隆起区方向水体逐渐变浅,能量增强,逐渐演化成膏质白云岩坪和白云岩坪环境,主要堆积了一套富含蓝绿藻的白云质沉积,夹较多的膏盐类岩石或矿物。盆地中部磨溪—蓬莱—潼南一带发育的台内浅滩颗粒白云岩,成层状分布,是一套良好的孔隙型储层。受东南方江南古陆影响,盆地东部陆源砂泥质碎屑增多,主要为混积潮坪沉积(图3a)。

雷口坡期二时 为高水位期,沉积面貌与雷一时相似。其主要变化在于台内浅滩范围大大缩小,仅零星分布于川中观音场、资阳、达州等地(图3b)。

雷口坡期三时 整体为快速海侵时期,该时期海侵规模大,海平面较高,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,以灰质沉积为主。川中坳陷和川东坳陷处演化成灰质潟湖环境,主要沉积泥晶石灰岩(略显水平层理)。灰质潟湖周边主要为潟湖边缘石灰岩坪泥—粉晶石灰岩沉积,雷三时后期盆地东部因受印支运动后期影响,地层几乎全被剥蚀(图3c)。值得关注的是,盆地西缘龙门山岛链广元—江油一带广泛发育台地边缘高能滩坝颗粒白云岩沉积,颗粒白云岩种

类包括砾屑、砂屑、粉屑和鲕粒白云岩等,其中又以砂屑白云岩最为发育,其次是砾屑和粉屑白云岩,鲕粒白云岩较少。颗粒白云岩还含有大量特殊的蓝绿藻及相关组分,局部发育斜层理,属于水体相对较浅、能量高的台地边缘高能产物。颗粒白云岩分布连续且稳定,沉积厚度较大,最厚可达 100 多米,孔隙发育(尤其是针状溶孔发育),是一套非常好的储层。

雷口坡期四时 为快速海退时期,海水向西部退却,台内广泛发育蒸发岩类。膏盐潟湖已向西迁移至盐亭、蒲江地区,这一现象可能表明雷口坡后期已受到印支运动早幕影响,盆地东部已逐渐抬升。膏盐潟湖周边发育潟湖边缘膏质白云岩坪及白云岩坪。中北部龙岗地区发育台内浅滩沉积,是一套靠近雷口坡组顶风化壳的多孔的颗粒白云岩、细—粉晶白云岩,颗粒成分有各种生物碎屑、砂屑、鲕粒,尤以砂屑最富集,孔隙较好,也是一套较好的储层(图 3d)。

4 有利储集岩相发育区块分析

研究表明,四川盆地雷口坡组储层受沉积微相、回流渗透白云岩化及溶蚀作用的控制,其中沉积微相是关键,储层主要发育在海侵早期和海退期障壁台地边缘滩亚相、台内滩亚相和潟湖边缘坪亚相的白云岩坪微相带。台地边缘滩亚相滩坝颗粒岩单层厚度和累计厚度均较大,是最有利微相。

盆地雷口坡组发育了石膏溶孔型储层和残留原生粒间孔型储层。石膏溶孔型储层的载体包括颗粒白云岩和泥晶白云岩两种类型,残留原生粒间孔型储层的载体为颗粒白云岩。储层的时空展布在层位和相带上是有选择性的,石膏溶孔型储层层位上要与大气淡水淋溶面吻合,主要在潟湖边缘坪亚相的白云岩坪微相带发育。残留原生粒间孔型颗粒白云岩储层,在台地边缘内侧的颗粒白云岩沉积区,侧向上(潟湖靠陆一侧)和垂向上与膏岩相伴生,有利于这类储层的发育^[14-15]。这些有利相带与水下障壁岛和海平面旋回关系密切,主要体现在以下两个方面:

(1)水下障壁岛及周边地区由于水动力条件较强,滩相颗粒白云岩以及潟湖边缘白云岩坪白云岩发育。

(2)水下障壁岛及周边古地貌高处在海侵早期和海退期容易出露水面,接受大气淡水溶蚀作用,形成多孔储层。

有利岩相主要发育在盆地西缘龙门山白云石化

台地边缘滩相带、盆地中部泸州—开江隆起及其周边的台内浅滩和潟湖边缘白云岩坪等相带(图 2)。

4.1 龙门山白云石化台地边缘滩有利岩相带

盆地西缘龙门山前发育了雷口坡组台地边缘滩相,以白云石化滩相颗粒岩为主,厚度大,是一套优质白云岩储层。该颗粒白云岩带位于川西广元—江油—雅安一带,呈北东向展布,在雷口坡组三段—四段尤其发育,储集物性较好。须家河组底部泥岩盖层及雷口坡组本身膏盐岩侧向封堵层可构成有效储盖组合。该地区构造圈闭发育,烃源条件好,目前已发现的中坝气田即在非常有利的勘探区带内。

4.2 泸州—开江隆起及其周边台内滩和潟湖边缘白云岩坪有利岩相带

盆地中部泸州—开江隆起及其周缘发育了较多的台内浅滩和潟湖边缘白云岩坪,在海侵早期和海退期容易出露水面,接受大气淡水溶蚀,成为良好储层。有利岩相主要分布于潼南—磨溪—广安—龙岗地区。在盆地东部泸州—开江隆起与中部仪陇—营山—遂宁坳陷之间广阔的过渡带,台内浅滩颗粒白云岩的发育程度与地形起伏、水体能量密切相关,呈北东向展布。纵向上雷口坡组一、三、四段储层较发育。该区须家河组底部泥岩盖层及雷口坡组本身膏盐岩侧向封堵层可构成有效储盖组合,烃源条件好,构造和构造-岩性地层圈闭发育,目前已发现龙岗、磨溪、卧龙河等气田,是非常有利的勘探区带。

5 结 论

(1)中三叠世雷口坡期,四川盆地周边及内部发育一系列隆起。在隆起的障壁作用和干旱炎热气候条件共同影响下,盆地演化为障壁碳酸盐岩台地沉积环境,障壁发育、水动力条件偏弱、生物不繁盛是其基本特征。

(2)地质背景与海平面升降旋回控制了四川盆地雷口坡组障壁碳酸盐岩台地沉积展布特征及其演化。平面上表现为自西向东的台地边缘—潟湖边缘坪(台内滩)—潟湖—潟湖边缘坪(台内滩)—潟湖—混积潮坪的沉积相展布特征,纵向上表现为蒸发岩、白云岩与石灰岩互层的演化特征。

(3)有利岩相与水下障壁岛关系密切。水下障壁岛及周边古地貌高处水动力条件较强,台内浅滩相

颗粒白云岩以及潟湖边缘坪相白云岩发育。在海侵早期和海退期,水下障壁岛及周边古地貌高处易出露水面接受大气淡水溶蚀作用,从而形成多孔储层。

(4)有利岩相主要发育在海侵早期和海退期障壁台地的台地边缘滩、台内浅滩以及潟湖边缘白云岩坪等相带,主要分布于盆地西缘龙门山水下障壁岛和中部泸州—开江隆起水下障壁岛及其周边古地貌高处。

参考文献

- [1] 林良彪,陈洪德,张长俊,等. 四川盆地西北部中三叠世雷口坡期岩相古地理[J]. 沉积与特提斯地质, 2007, 27(3):52-58.
- [2] 林良彪,陈洪德,朱利东,等. 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, 2010, 37(4):446-451.
- [3] 李凌,谭秀成,周素彦,等. 四川盆地雷口坡组层序岩相古地理[J]. 西南石油大学学报, 2012, 34(4):13-22.
- [4] 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.
- [5] 陈洪德,侯明才,刘文均,等. 海西—印支期中国南方的盆地演化与层序格架[J]. 成都理工大学学报:自然科学版, 2004, 31(6):629-635.
- [6] 辛勇光,谷明峰,周进高,等. 四川盆地雷口坡末期古岩溶特征及其对储层的影响——以龙岗地区雷口坡组四段为例[J]. 海相油气地质, 2012, 17(1):73-78.
- [7] 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.
- [8] 林耀庭,姚有成,康正华,等. 四川宣达盐盆富钾富矿卤水地球化学特征及资源意义研究[J]. 盐湖研究, 2004, 12(1):8-18.
- [9] 许靖华,何超祥,吴应林,等. 我国西南早三叠世“绿豆岩”等时面上、下的碳、氧稳定同位素地球化学[J]. 成都地质矿产研究所所刊 第4号, 1983:1-12.
- [10] 朱井泉. 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, 1990, 11(4):67-74.
- [11] 张廷山,陈晓慧,姜照勇,等. 泸州古隆起对贵州赤水地区早、中三叠世沉积环境和相带展布的控制[J]. 沉积学报, 2008, 26(4):583-591.
- [12] 韩克猷. 川东开江古隆起大中型气田的形成及勘探目标[J]. 天然气工业, 1995, 15(4):1-4.
- [13] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991.
- [14] 沈安江,周进高,辛勇光等. 四川盆地雷口坡组白云岩储层类型及成因[J]. 海相油气地质, 2008, 13(4):19-28.
- [15] 周进高,辛勇光,谷明峰,等. 四川盆地中三叠统雷口坡组天然气勘探方向[J]. 天然气工业, 2010, 30(12):16-19.

编辑:赵国宪

Sedimentary Facies Features and Favorable Lithofacies Distribution of Middle Triassic Leikoupo Barriered Carbonate Platform in Sichuan Basin

Xin Yongguang, Zhou Jingao, Ni Chao, Gu Mingfeng,
Gong Qingshun, Dong Yong, Zhang Yajuan

Abstract: Middle Triassic Leikoupo Formation is one of the important gas-bearing strata in Sichuan Basin. On the basis of comprehensive analysis of outcrops, drilled cores, laboratory, well logging and seismic data, it is shown that under control of palaeogeologic setting and eustatic fluctuations, Sichuan Basin was a water-shallow, high salty and wide barriered carbonate platform confined by palaeo-uplifts during Middle Triassic Leikoupo age. The platform was characterized basically by developing intrabasinal barriers, weak hydrodynamism, poor creature and arid climate. Leikoupo Formation beheaves an evolutionary distribution of platform edge microfacies, lagoon microfacies, lagoon edge microfacies (platform interior shallow microfacies), lagoon microfacies, lagoon edge microfacies (platform interior shallow microfacies) to transitional microfacies successively from west to east in lateral and the evaporate rock, dolostone interbedded with limestone in longitudinal in the barriered platform. Some Middle Triassic Leikoupo lithofacies development and evolution maps are drawn. It is predicted that the favorable lithofacies for reservoirs develop in the peripheral regions of the barriers including the Longmen Shan Uplift in the west of the basin, and the Luzhou and Kaijiang Uplifts in the south and east of the basin.

Key words: Middle Triassic; Leikoupo Formation; Barrier platform; Carbonate platform; Sedimentary facies; Sedimentary feature; Lithofacies; Sichuan Basin

Xin Yongguang: male, Master, Senior Geology Engineer. Add: PetroChina Hangzhou Institute of Geology, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023, China