

川东地区嘉陵江组四段膏盐岩分布的沉积环境分析

张 奇, 徐 亮, 金小林, 王 坛

(中国石油西南油气田分公司 勘探开发研究院, 四川 成都 610051)

摘 要: 四川盆地东部地区嘉陵江组嘉四段沉积环境是局限海台地蒸发岩相, 水体封闭, 有利成盐。以川东地区油气勘探的 500 余口实际钻井资料为基础, 通过岩性微相的研究, 探讨川东地区的古地貌特征, 寻找成盐的微环境因素, 有助于从区域上预测盐类的分布。T₄⁴盐湖主要分布在蒸发岩沉积中心——膏盆相, 但位于膏盆相的周缘地带和膏盆内部堤坝周围, 少部分分布在膏盆边缘相, 区域上则主要分布在宣汉、达州、万县、云阳、垫江及渠县等地区, 有一定的继承性。

关键词: 川东地区; 嘉陵江组; 膏盐岩; 分布; 沉积环境

中图分类号: P619.211

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2009)04-0001-05

四川盆地川东地区介于华蓥山与齐跃山之间, 面积约 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。下三叠统嘉陵江组广泛发育蒸发岩, 以钻井分层, 蒸发岩类分布在 T₃³、T₃²、T₃¹、T₃⁴、T₃⁵、T₃⁶、T₃⁷等七个亚段中, 其中尤以 T₃⁴(包括 T₃³、T₃⁴)最为发育, 沉积厚度大, 蒸发作用强。在 T₃⁴的蒸发矿物中, 石膏、白云石是主体, 石盐、菱镁矿与硫酸钾盐等也有发育, 但分布比较局限。在 T₃⁴蒸发台地中, 是什么因素确定了高浓缩阶段蒸发矿物石盐、钾盐的分布区域? 本文以川东地区油气勘探的 500 余口钻井资料为基础, 通过岩性微相的研究, 探讨川东地区的古地貌特征, 寻找成盐的微环境因素。这样, 有助于从区域上预测盐类的分布。

1 地质概况

早三叠世嘉陵江组沉积时期, 四川盆地川东地区为浅水碳酸盐台地环境, 由开阔海台地演化到局限以至咸化的局限——蒸发台地。这一过程呈旋回性, 在纵向上表现为 3 个沉积旋

回 5 个岩性段, 总厚度 800~1 000 m, 由西南往东北方向逐渐增厚。

第 1 个旋回 (T₃¹—T₃²) 总体表现为开阔台地→浅滩化台地→局限台地的演化过程, 其中 T₃¹厚 220~340 m, 在宣汉、达川、开江一带形成沉积中心, 发育大套灰—深灰色泥细粉晶灰岩, 部分地区发育颗粒灰岩, 全段不发育膏盐岩。T₃²厚 110~200 m, 沉积中心没有变化, 由碳酸盐岩与蒸发岩组成 3 套沉积旋回, 全段均不发育石盐及以上级别浓缩矿物。

第 2 个旋回 (T₃³—T₃⁴) 起川东地区更加封闭, 宣汉以北在 T₃³中部即发育厚 10 m 左右的云岩、石膏。至 T₃⁴沉积时期, 白云岩、灰岩与膏盐岩组成两个次级旋回 4 个亚段。1、3 亚段为白云石方解石组合, 含鲕粒灰岩或云岩; 2、4 亚段 (T₃³与 T₃⁴) 以膏盐岩为主夹泥质云岩、硅质泥岩, 部分地区出现菱镁矿、杂卤石, 是川东地区主要的盐系地层 (图 1)。该段厚度变化较大, 平均厚 200 m。

T₃⁵构成第 3 个旋回, 下部以泥细粉晶灰岩、鲕粒灰岩为主, 上部发育含膏质及泥质较重

收稿日期: 2009-2-17 修回日期: 2009-4-15

作者简介: 张奇 (1963—), 男, 高级工程师, 从事四川盆地天然气地质研究工作。E-mail: zhangq@petrochina.com.cn

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的石膏、云岩、泥云岩，呈不等厚互层。受印支期抬升剥蚀，在开江、重庆、巴县等地区保存不完整，残厚约 100 m。

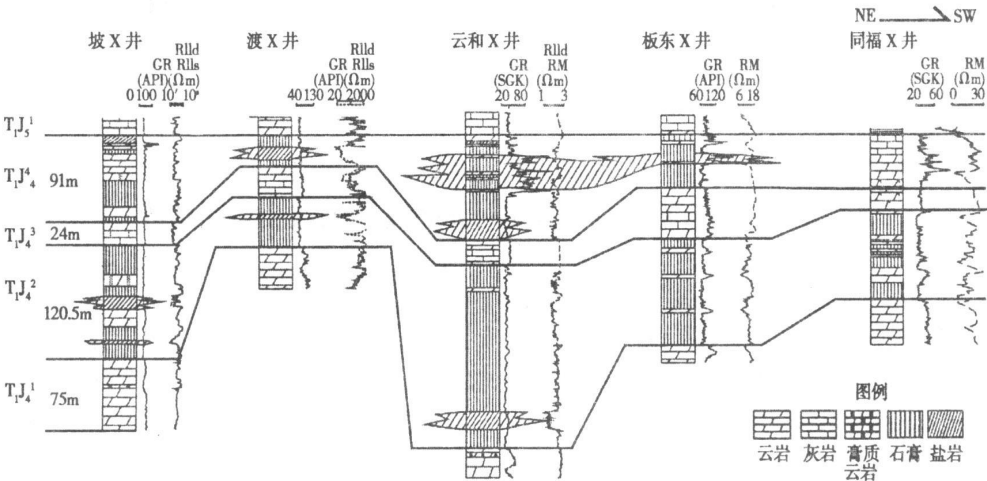


图 1 川东地区 T_1j_4 地层对比图

Fig 1 Formation comparison of T_1j_4 located in eastern Sichuan basin

膏盐岩发育在每个旋回的后期，即 T_1j_4 。 T_1j_4 与 T_1j_3 盐岩则主要分布在 T_1j_4 包括 $T_1j_4^1$ 与 $T_1j_4^2$ 两个亚段。根据重庆合川古地磁资料^[1]， T_1j_4 沉积时期，川东地区古纬度为 24.4° ，平均古温度为 $34.6 \sim 36.9^{\circ}\text{C}$ ，可见当时的古气候是干旱炎热的，有利于石膏盐岩的形成。

2 石膏及石盐分布

黄建国等研究认为，古海洋的海水环境决定了盐矿类型，嘉陵江组保存的钾盐属于硫酸盐型钾盐^[2]，包括杂卤石、无水钾镁矾、硫锶钾石及多钙钾石膏等。蒸发盐系的岩石组合为白云岩、硬石膏岩及石盐岩，沉积序列为云→膏→盐及膏→盐的频繁韵律层，其中硬石膏的总量为 $60\% \sim 95\%$ ，指示海水的频繁交替及浅盆性质。从沉积纪录看，主要停留在石膏沉积阶段。林耀庭从古地理环境分析^[3]，认为嘉陵江期聚盐盆地具东深西浅的特点和沉积盆地由南向北倾斜的总体地貌特征，因此嘉陵江组沉积时期成钾最有利的地区，应在川东的宜汉地区、

万县地区。
2.1 T_1j_4 石膏盐岩分布

根据川东地区钻探资料， T_1j_4 的石膏盐岩钻厚度在 $10 \sim 290\text{ m}$ ，变化比较大。其原因在于局部构造的挤压，导致石膏盐岩揉皱增厚或滑脱减薄。实际上，川东地区石膏盐岩的厚度变化区间为 $40 \sim 200\text{ m}$ (图 2)。总的趋势是西南、南部、东部厚度薄，中北部地区厚度大，与地层厚度趋势相同。也就是说，蒸发岩主要沉积在万县、宜汉与垫江 3 个中心，平均厚度在 140 m 以上，在这 3 个中心外，厚度一般小于 100 m ，个别地区更薄。盐岩的分布与总厚度分布格局相似，也主要分布在这 3 个中心，在宜汉—达川地区，石盐厚度 40 m ；在万县地区石盐厚 30 m ；在垫江地区石盐厚 30 m 。其它石盐发育的地区还有渠县、长寿、云阳、忠县等。 T_1j_4 的石膏盐岩有两种组合，一是无盐类型，岩性为硬石膏、云质膏岩、膏质云岩，这种情况占川东区域的大部分。二是有盐组合，由下而上形成硬石膏底板、盐组（硬石膏夹盐岩）、硬石膏顶板的组合。

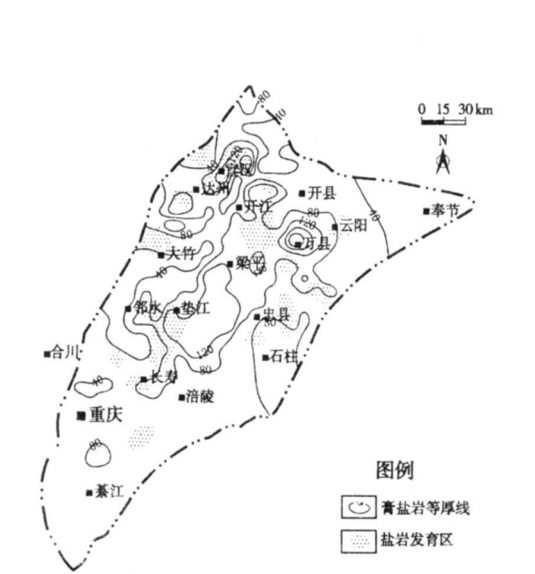


图 2 川东地区嘉陵江组 T_1^4 膏盐岩等厚图
Fig 2 Gypsum salt rock isopach map of T_1^4 located in eastern Sichuan basin

2.2 T_1^4 膏盐岩分布

T_1^4 的膏盐岩钻井厚度在 10~260 m。据趋势分析,厚度变化区间为 0~200 m(图 3)。总的趋势是西南、北部地区厚度薄,中部与东北区域厚度大,即长寿—涪陵以南,开县—宜汉以北只有 0~40 m;两者之间厚度较大,主要沉积中心在垫江及云阳、奉节地区。与 T_1^3 时期相比,万县、宣汉这两个沉积中心萎缩,沉积厚度减薄。同时,盐岩发育范围也缩小了,主要分布在川东的中西部地区,高峰场地区最厚 45 m;其次垫江地区 10~20 m。在 T_1^3 时期存在的龙潭、建南盐湖消失,其余地区,包括达川南、渠县大竹、宣汉东部罗家寨—渡口河地区、云阳、忠县地区的继承性较强,但沉积中心有所漂移。 T_1^4 的膏盐岩也有两种组合,无盐类型同 T_1^3 ,有盐组合有些区别,一般位于亚段的中上部,由下而上形成盐下硬石膏、盐组、盐上硬石膏的组合,与 T_1^3 不同的是,盐组主要成份为硬石膏夹岩盐,但部分区域出现菱镁矿、杂卤石及钾镁盐矿物,自然伽玛集群尖刀状(放射强度 60~160 API), $M\&CQ$ 指数较高^[1],通常为 60%~100%。

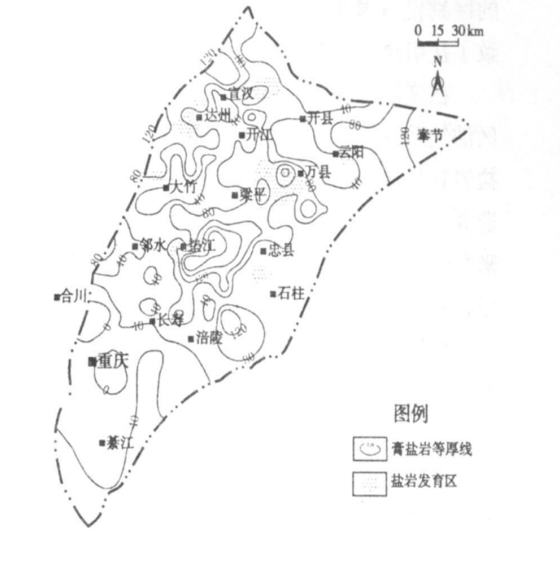


图 3 川东地区嘉陵江组 T_1^4 膏盐岩等厚图
Fig 3 Gypsum salt rock isopach map of T_1^4 located in eastern Sichuan basin

3 成盐环境分析

在 T_1^4 炎热气候条件下蒸发泻湖的沉积物有很大的不同。除了厚度的巨大差异外,有的地区沉积单纯的膏盐岩,有的地区是膏盐岩与泥质云岩、菱镁矿的沉积组合;部分地区发育厚层状的石盐,而部分地区只有石膏发育。事实上,并不是厚度最大的沉积沉淀中心就是蒸发阶段最高的区域,盐系(包括钾盐)最为发育的地区不一定都在这些中心。导致这种蒸发矿物区别的古环境条件是什么呢?这是我们想要解决的问题。

对四川盆地嘉陵江组的成盐环境,林耀庭等^[3]提出“多通道的巨型浅水盆地蒸发成盐模式”,认为当盆内沉降作用小于沉积作用时,盆地周缘的生物滩、砾屑堤发育并逐渐连接起来,通道关闭,盆内沉积环境由半封闭的泻湖转化为封闭的盐湖环境,当封闭性持续发展后,就会进入石盐、钾镁盐沉积阶段。

川东地区在 T_1^4 时期已经演化到石盐、钾镁盐沉积阶段。从区域构造分析,川东地区隶属于同一的大地构造单元。因此,在气候、古海水并无差异的情况下,影响蒸发作用强度的最主要因素是局部的微环境(地貌)差异,微环境

的区别使古海水的浓缩程度存在差异,最终导致了盐组合上的差异性。

在恢复这种微环境时候, 主要根据川东地区油气勘探的 500 口实际钻井资料, 考虑到膏盐岩容易揉皱, 在构造轴部受到挤压变薄, 在构造翼部堆积增厚, 因此单纯凭借膏盐岩的厚度来判断沉积中心容易失真。与厚度指标相比, 综合各种岩性比例指标来分析, 对沉积微环境的解释相对要准确。我们根据膏盐岩占地层厚度的比例, 以及盐岩发育程度, 划分了膏盆相、盐湖相与膏盆边缘相。

4 成盐环境特征与演化分析

4.1 T₁时期

T₁期膏盐岩湖盆的沉积中心在川东中部, 西抵邻水—重庆, 东抵云阳—万县—石柱一线, 北到宣汉、开县地区, 南到涪陵。在这个沉积中心中, 沉积主体为石膏, 夹有少许云岩薄层, 石膏厚度较大, 一般 60 m 以上。湖盆边缘相沉积地貌相对较高, 或环境相对开放, 一是沉积物薄, 二是沉积组合以互层相为主, 即石膏、云岩甚至灰岩互层, 部分地区还发育鲕粒岩, 这

显示了开放的环境。我们知道, T₁时期海水主要来自东面, 川东地区这种地貌上周边高, 内部低的环境, 十分有利于蒸发岩及盐岩的沉淀。除湖盆边缘起着封隔作用外, 在湖盆内部的开江、大竹地区, 大致分布着北东、东西走向的地貌高地, 客观上形成堤坝, 对湖盆也形成了分割, 这样将川东湖盆一分为二, 显示了大潮盆套小湖盆的格局, 即多级泻湖沉积 (图 4), 最为封闭的泻湖最有利于成盐。

可以发现, 垫江—梁平—万县地区是膏盆的沉积中心, 石盐主要发育在其周围, 形成了宣汉、达川铁山、渠县大竹、开江—万县、云阳、万县高峰场、石柱建南、忠县洋渡溪、垫江、长寿明月峡及黄草峡、龙潭等 12 个相对更加封闭的盐湖。其中, 宜汉 (石盐 40 m)、渠县—达川 (石盐 20 ~ 60 m)、垫江 (石盐 30 ~ 50 m) 等盐湖规模较大, 其余盐湖规模较小, 厚度也只有数米至十余米。盐湖主要分布在膏盆相的周缘及堤坝周围, 可能这些地带整体环境处于潮上, 大潮期海水才由膏盆进入盐湖, 蒸发作用更强。

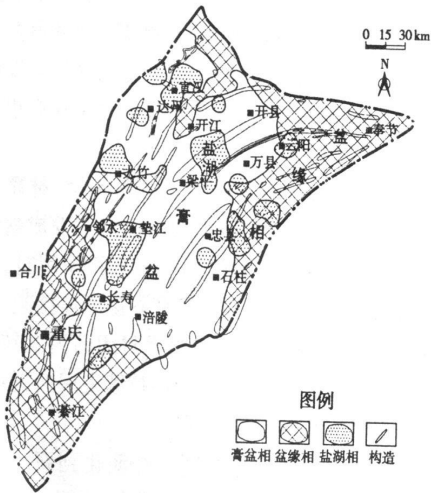


图 4 川东地区嘉陵江组 T₁沉积相图
Fig 4 Deposition facies of T₁ located in eastern Sichuan basin

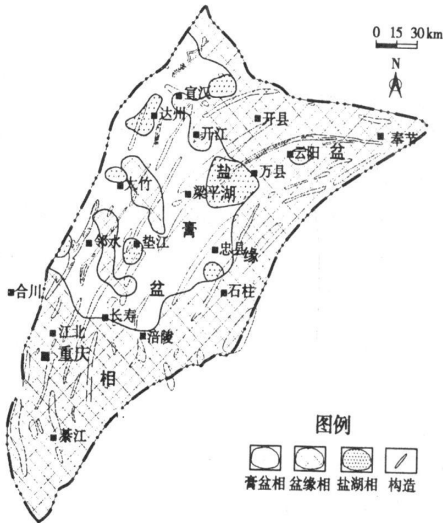


图 5 川东地区嘉陵江组 T₂沉积相图
Fig 5 Deposition facies of T₂ located in eastern Sichuan basin

4.2 T₂时期

从层序地层的角度看, T₂时期属于晚期高水位, 海退程度应该大于 T₁时期, 湖盆中心更加封闭, 且往西部萎缩 (图 5)。成盐范围

虽然缩小,但蒸发作用更强,部分地区发育菱镁矿、杂卤石及钾镁盐矿物。4个主要的盐湖——宣汉、达川、万县、垫江依然继承性存在,但分布范围与规模有变化。宣汉盐湖移动到罗家寨(35 m)附近,达川盐湖范围有所扩大,万县盐湖以高峰场为中心(20~50 m),垫江盐湖缩小到(10~30 m)邻水、大竹堤坝之间。其它盐湖,渠县、云阳、忠县洋渡溪仍然存在,但厚度与范围有限,一般数米至十余米。总体看来,盐湖的分布有一定的继承性。

5 总 结

- 1)川东地区嘉陵江组膏盐岩发育在 T₄^j, T₄^j与 T₃^j盐岩则主要分布在 T₄^j的 T₄^j与 T₄^j两个亚段;
- 2)从 T₄^j向 T₄^k湖盆逐渐萎缩,蒸发作用

- 更强,部分地区发育菱镁矿、杂卤石及钾镁盐矿物;
- 3)蒸发台地内微地貌环境对成盐有一定的影响,大部分盐湖分布在膏盆相的周缘及堤坝周围,小部分分布在膏盆边缘相;
 - 4)区域上,主要盐湖分布在宣汉、达州、万县、云阳、垫江及渠县等地区,有一定的继承性。

参考文献:

[1] 林耀庭. 论四川盆地三叠系含盐系碳酸盐组分分布及其成盐标志意义[J]. 四川地质学报, 1994, 14(1): 31—36

[2] 黄建国. 中国三叠纪钾盐沉积—以四川为例[J]. 岩相古地理, 1998, 18(4): 23—43

[3] 林耀庭, 何金权, 叶茂才. 论四川盆地中三叠统成盐模式及找钾方向[J]. 化工矿产地质, 2003, 25(2): 76—81

[4] 林耀庭, 何金权. 四川盆地中三叠统盐系地层古地磁研究与成盐条件有关问题探讨[J]. 盐湖研究, 2005 13 (4): 1—4

Sedimentary Environment Analysis on T₄^j Gypsum-salt Rock in Eastern Sichuan Basin

ZHANG Qi XU Liang JIN Xiao lin WANG Tan

(Exploration and Development Research Institute, Southwest Oil and Gas Field Company, PetroChina, Chengdu, 610051, China)

Abstract: Sedimentary environment of T₄^j in eastern Sichuan basin was an isolated and closed evaporation platform which being favorable to salt sediment. The paper discusses the distribution of salt mine by lithological microfacies and paleogeomorphology based on the data of more than 500 oil-gas explorations drilling wells in eastern Sichuan basin. It indicates that salt lakes which having geological succession were mainly distributed in the boundary region of the evaporative depocenter (gypsic basin facies) and the surrounding of interior dyke located in Xuanhan, Dazhou, Wanxian, Dianjiang and Quxian, while some salt lakes were distributed in the gypsic basin marginal facies.

Key words: Eastern Sichuan basin, T₄^j Gypsum-salt rock, Distribution, Sedimentary environment