

四川盆地中三叠统雷口坡组雷三、雷四段 盐岩沉积环境与成因研究

黄东¹, 袁家林², 沈浩¹, 汪华¹, 石学文¹

(1. 中国石油西南油气田公司勘探开发研究院, 四川 成都 610041;

2. 中国石化重庆石油公司, 重庆 长寿 401220)

摘要: 四川盆地雷口坡组大量钻井资料揭示中三叠统雷口坡组主要成盐期分别为雷三²期和雷四²期。岩性组合特征、沉积环境研究表明, 在川中的平昌—南充—遂宁一带发育雷三²期浓缩盐膏质蒸发泻湖微相, 在川中—川西地区的南部—盐亭—成都—邛崃地区发育雷四²期盐膏湖盆微相。两期盐岩差异主要表现是, 雷三²期时, 盆地处于频繁的海进、海退过程中, 沉积环境变化较快, 成盐环境相对开放, 盐盆往往多次蒸发浓缩、补给、淡化, 海水表现出接近或者达到盐岩沉积浓度, 其间往往夹杂石膏和云质团块沉积。雷四²期时, 四川盆地处于持续的海退蒸发期, 蒸发量远远大于补给量, 海水以蒸发浓缩为主, 海水表现为超过石盐沉积浓度, 沉积石盐中夹杂卤石, 局部地区钾含量极高。

关键词: 雷三²期; 雷四²期; 沉积微相; 盐岩成因; 成盐环境; 四川盆地

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2014)01-0006-06

引言

四川省为我国井矿盐主要产区之一, 井盐生产历史悠久。据华阳县志(今四川双流县华阳镇)记载, 战国后期(250aBC)秦国蜀守李冰就开始川西凿井制盐, 距今已逾2 250 a。盆地三叠系盐矿较多, 有大安盐矿、威西盐矿、达州盐矿、垫江盐矿、江油盐矿、荣县长山盐矿、江津县渝南盐矿、大山铺盐矿、郭家坳盐矿等, 产层主要集中在中三叠统雷口坡组和下三叠统嘉陵江组^[1-2]。中三叠统雷口坡组盐岩主要分布在雷三²亚段和雷四²亚段, 盐岩具有品位高、规模大、厚度大的特点。虽然不同层位都有高质的盐岩产出, 但缺少对其成因和环境的系统研究和分析。

1 地质背景

中三叠统雷口坡组地层沉积时, 四川盆地外缘均有古陆和岛链存在, 导致四川盆地内部水动力条件大为弱化, 沉积环境处于半封闭—封闭的咸化状态, 形成了碳酸盐岩局限台地—蒸发台地的沉积环境。整个扬子地台中三叠统沉积时, 总体为干旱炎热气候与潮湿气候频繁交替。西南石油局第二地质大队和中国地质科学院矿床研究所于1984年对四川合川三叠系古地磁的测定表明, 四川盆地早、中三叠世时古纬度为26.68°, 与世界主要成盐带古纬度基本吻合。根据成都地质矿产研究所氧、碳石灰岩的温度测算, 盆地早、中三叠世的平均古温度为34.6~36.9℃。四川盆地中三叠世时古气候有利于滞留海水的蒸发、浓缩, 易形成石膏、石盐等的沉积。

收稿日期: 2013-11-01; 修回日期: 2013-12-04

作者简介: 黄东(1980-), 男, 硕士, 工程师, 现主要从事地质综合研究工作。Email: hdong@petrochina.com.cn。

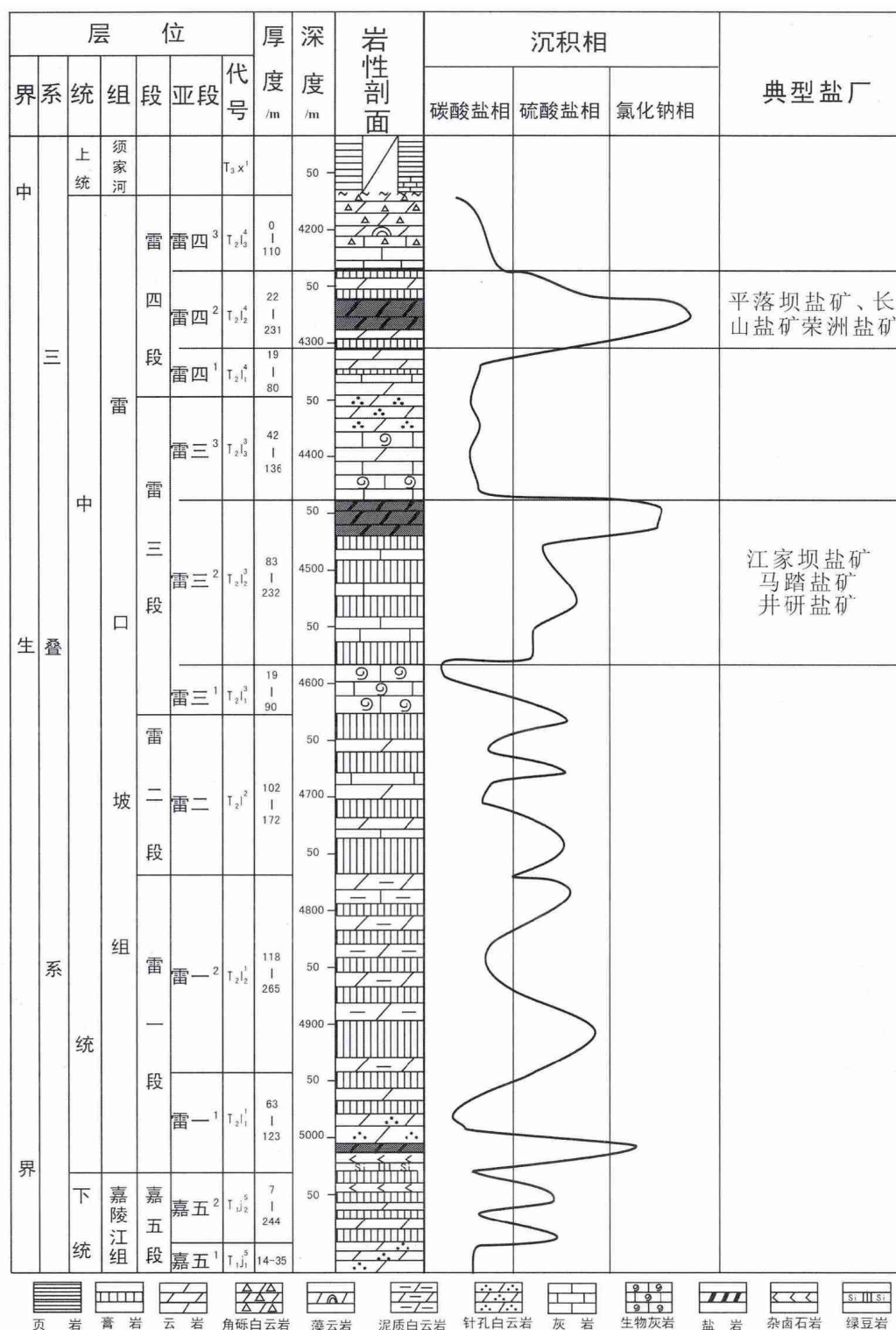


Fig. 1 Longitudinal development profile of Triassic rock salt of Leikoupo Group ,Sichuan Basin

2 盐层纵向分布特征

中三叠世时,除川东地区开江—梁平以东

同时异相沉积巴东组碎屑而外,四川盆地雷口坡组地层岩性主要为一套海相沉积的碳酸盐岩、硫酸盐岩和盐岩,残余厚度分布范围 0 ~ 1 000 m。雷口坡组内部岩性组合特征、测井响

应特征和地震反射特征等比较明显,根据海平面升降旋回、沉积相特征、地层厚度变化特征以及地震地层追踪等将雷口坡组从下至上分为 4 个段,依次为雷一段(雷⁻¹、雷⁻²)、雷二段、雷三段(雷¹、雷²、雷³)、雷四段(雷⁴、雷²、雷³)^[3]。盆地内大量的钻井揭示和野外剖面观察表明,四川盆地雷口坡组地层由多旋回的海相碳酸盐岩和蒸发岩组成,蒸发岩的出现频率极高。由于受到印支运动的影响,雷口

坡组地层遭受了不同程度的剥蚀,雷口坡组盐岩纵向上主要分布在雷³亚段和雷⁴亚段。盐岩在川中地区主要发育在雷³亚段,在川西地区主要发育在雷⁴亚段,其余地区在雷一段、雷二段也零星发育一些规模较小、质地不纯的含盐地层(图 1)。四川盆地雷口坡组雷四段盐岩和雷三段盐岩具有品位高、厚度大、规模大的特点,已经成为重要的钾盐生产层位,是目前我国重要的井盐和化工原料生产基地(表 1)。

表 1 四川盆地主要盐岩生产地区及层位统计表

Table 1 Main gypsum production region and horizon of statistics in Sichuan basin

矿 区	地 区	盐厂名称	层 位	备 注
川 中	广安、蓬莱镇、合川	大安盐矿、合川盐矿	雷三、嘉五	死海、广 100 井
川 东	垫 江	卧龙河	嘉 五	
川东北	达 州	达州盐矿	嘉 五	
川 西	成都、江油	江油盐矿	雷四、嘉五	富钾硼溴浓卤水
蜀 南	五通桥、井研、犍为	江家坝盐矿、马踏盐矿、井研盐矿	雷 三	
	自贡(自流井)	长山盐矿、荣洲盐矿	雷四、嘉五	

3 盐岩沉积环境分析

钻井岩屑、取芯以及测井岩性解释表明盆地内雷³亚段地层岩性较为复杂,岩性包括灰岩、白云岩、膏岩、泥岩、岩盐等岩性。其中川中地区的平昌—南充—遂宁—乐山一线在雷三段地层中发现了灰岩、岩盐和石膏的互层,这几种沉积环境变化较大的岩性共生和互层在一定程度上说明了该时期川中地区海平面的频繁变化,气候炎热、干燥,沉积相变化较大、较快,该区处于盐膏质蒸发泻湖微相。四川盆地雷³时期,既有早期开阔环境沉积的灰质泻湖沉积,也有晚期相对封闭、闭塞环境沉积的浓缩盐膏质蒸发泻湖沉积(图 2)。雷⁴亚段岩性较雷³亚段简单,主要沉积了膏岩、岩盐、白云岩 3 种岩性,沉积环境没有雷三期变化大。从沉积岩岩性、岩相分析,沉积环境总体上处于半干旱—干旱条件,主要发育局限台地、局限—蒸发台地泻湖亚相。雷⁴期是台地上最后一个成盐期,随印支早幕上扬子台地华蓥山—泸州古隆起的不断上升扩大,地层进一步抬升,盆地雷

口坡组地貌呈现东高西低,此时海水随着地层的抬升开始由东向西撤退,同时由于构造运动的影响,盆地东侧的开江古隆起和泸州古隆起不断崛起,迫使海水向西撤退至南部—盐亭—成都—邛崃强烈沉降区。此时,雷三段地层中的盐岩不断被溶解,顺着海水的西退,被溶解的盐岩随着海水向西迁移至沉降区,海水滞留,环境相对闭塞,在干旱气候条件的配合下,蒸发作用强烈,形成与广海联系不畅的南部—盐亭—成都—邛崃盐膏湖盆,成为四川盆地三叠纪含盐地层最为发育、蒸发岩厚度最大的盐盆(图 3)。

4 岩盐成因研究

盐岩是在特定的沉积环境下生成的,其主要发育于沉降速率小于沉积速率的盆地,并配合干燥、炎热的古气候,因为只有沉降速率小于沉积速率的情况下,海盆、湖盆才有可能由开阔环境转变为半封闭、封闭的盐盆、盐湖环境,进而从浓缩的海水、湖水中析出。膏盐岩层的形成除与湖泊、湖盆收缩导致湖盆盐度增大有关

外,还与湖盆发育鼎盛期外来物源中大量的碳酸盐岩及其风化产物进入湖盆导致淡水湖盐度逐渐增大有关,盐岩是构造作用、沉积环境、古气候共同作用的结果。

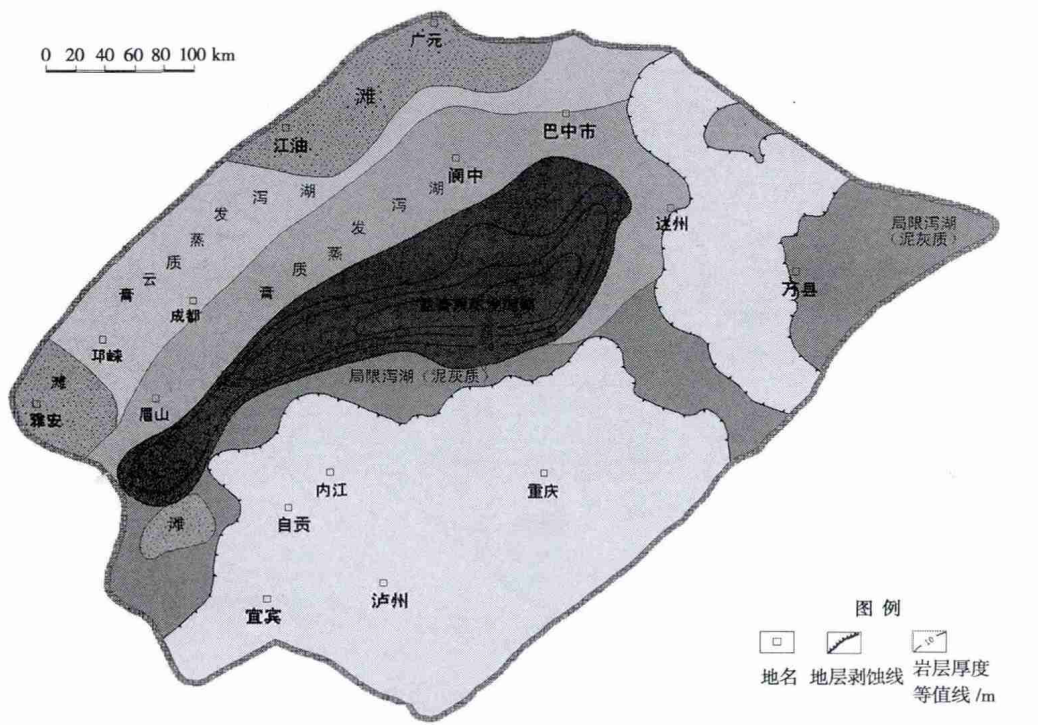


图 2 四川盆地中三叠统雷三²亚段沉积微相图

Fig. 2 Leikoupo group of T₂l₃² sedimentary microfacies, Sichuan basin

表 2 四川盆地中三叠统雷口坡组典型井地层水化学组成

Table 2 Triassic in Sichuan basin ray slope groups of typical wells formation water chemical composition

地 区	层 位	液相化学组成						矿化度 /(g·L ⁻¹)	典型井
		K ⁺ + Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻		
南 充	雷 三	112.42	2.43	0.074	0.37	2.732	175.105	292.55	充 2
自 贡	雷 一	81.137	3.598	1.134	0.255	2.068	133.095	222.61	邓 11
遂 宁	雷 三	73.495	18.972	2.603	0.104	0.168	154.34	249.69	磨溪 1
邛 崃	雷 四	144.2	4.28	2.33	0.088	1.91	198	358	平落 4

根据中国地质科学院矿床地质研究所陈郁华等研究成果^[4-13],四川盆地中三叠统雷口坡组地层水未受地表水影响,与黄海水在石盐沉积阶段的化学组成相似,属于蒸发环境下的浓缩海水。其中川中地区雷三段和川西地区雷四段地层水已达到或者超过了海水蒸发浓缩成盐序列的盐岩沉积阶段(表 2)。虽然它们都已达到盐岩沉积阶段,但不同层位地层水矿化度和各离子的含量还是有较为明显的差异。其中雷三²亚段的地层水矿化度普遍低于 300 g/L,处于石盐开始沉积阶段;而雷四²亚段地层水矿化

度普遍较高,矿化度大于 300 g/L,且富含钾、钠元素,属于石盐—泻利盐沉积阶段。雷三²亚段与雷四²亚段的盐岩成因区别在于,雷三²时期四川盆地处于频繁的海进、海退过程中,沉积环境变化较快,成盐环境相对开放,海平面的不断变化往往导致盐盆的多次蒸发、浓缩、补给、淡化,海水表现出接近或者达到盐岩沉积浓度,其间往往夹杂石膏和云质团块沉积。雷四²时期,四川盆地处于持续的海退蒸发期,在干燥气候的配合下,蒸发量远远大于补给量,海水以蒸发浓缩为主,表现为超过石盐沉积浓度,沉积石

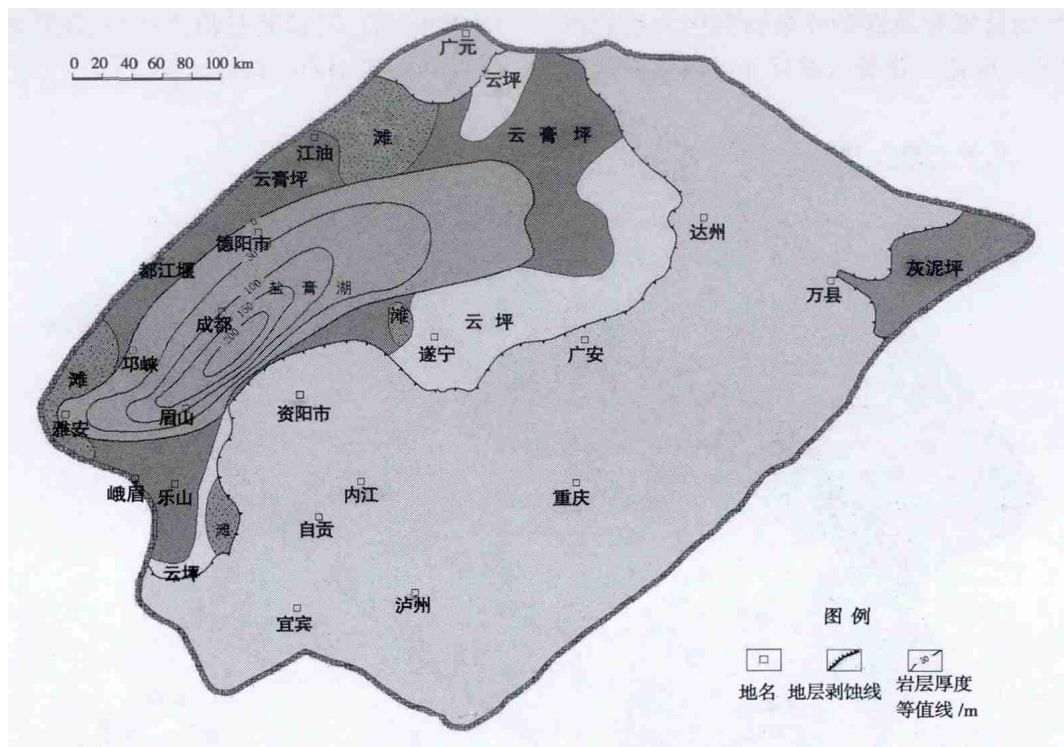


图 3 四川盆地中三叠统雷四²亚段沉积微相图

Fig. 3 Leikoupo group of $T_2l_4^2$ sedimentary microfacies, Sichuan basin

盐中夹杂卤石,局部地区钾含量极高,例如川西地区平落坝的地层水就富含钾、硼、溴等离子。

5 结 论

1) 中三叠世时,四川盆地盐岩主要分布在雷三²亚段和雷四²亚段。平面上,雷三²亚段盐岩主要分布于川中的平昌—南充—遂宁一带,雷四²亚段盐岩主要分布在川中—川西地区的南部—盐亭—成都—邛崃一带,其余地区在雷一段、雷二段也零星发育一些规模较小、质地不纯的含盐地层。

2) 从岩性组合特征分析表明,雷三²期和雷四²期沉积环境具有较大差异。雷三²期,盆地大部分地区处于开阔环境沉积的灰质泻湖,仅在川中平昌—南充—遂宁地区发育相对封闭的浓缩盐膏质蒸发泻湖微相;雷四²期时,随印支运动的影响,海水由东向西撤退,在干燥气候的配合下,在盐亭—成都—邛崃形成盐膏湖盆。

3) 雷三²期时,四川盆地处于频繁的海进、海退过程中,沉积环境变化较快,成盐环境相对

开放,海水往往多次蒸发浓缩、补给、淡化,沉积封存水表现出接近或者达到盐岩沉积浓度,其间往往夹杂石膏和云质团块沉积。雷四²期时,四川盆地处于持续的海退蒸发期,蒸发量远远大于补给量,海水以蒸发浓缩为主,沉积封存水表现为超过石盐沉积浓度,沉积石盐中夹杂卤石,局部地区封存水中钾含量极高。

参考文献:

- [1] 郭正吾. 四川盆地的形成与演化[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.
- [2] 冯增昭,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.
- [3] 黄东, 张健, 杨光, 等. 四川盆地中三叠统雷口坡组地层划分探讨[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2011, 33(3): 89-95.
- [4] 林耀庭, 何金权, 叶茂才, 等. 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.
- [5] 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): 52-57.
- [6] 雷卡军, 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.
- [7] 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): 253–266.
- [8] 黄思静, 杨俊杰, 张文正, 等. 石膏对白云岩溶解影响的试验模拟研究[J]. 沉积学报, 1996, 14(1): 103–108.
- [9] 陈郁华. 黄海海水 25 恒温蒸发时的析盐序列及某些微量元素的分布规律[J]. 地质学报, 1983, 57(4): 379–389.
- [10] Goldammer R K, Dunn P A, Hardie L A. Depositional cycles, composite sea-level changes, cycles stacking patterns, and the hierarchy of stratigraphic forcing: example from Alpine Triassic platform carbonates in northern Italy[J]. Geological Society of America Bulletin, 1990, 102(5): 535–562.
- [11] Hofmann A. Shallowing upward carbonate cycles in the belingwe greestone belt, Zimbabwe: a record of Archean sea level oscillations[J]. Sedim. Research, 2004, 71(12): 64–81.
- [12] James N P, Kendall A C. Introduction to carbonate and evaporate facies models[C] // Walke R G, James N P. eds. Facies Models. St Johns: Geologic Association of Canada, 1992: 265–275.
- [13] Cornee J J, Saint Martin J P, Conesa G, et al. Geometry, palaeoenvironments and relative sea-level (accommodation space) changes in the Messinian Murdjdjo carbonate platform (Oran, western Algeria): consequences[J]. Sedimentary Geology, 1994, 89(1–2): 143–158.

Triassic Leikoupo Formation of T_2l^3 , T_2l^4 Salt Sedimentary Environment and Genesis Study in Sichuan Basin

HUANG Dong¹, YUAN Jia-lin², SHEN Hao¹, WANG Hua¹, SHI Xue-wen¹

(1. Research Institute of Exploration and Development, Southwest Petroleum Company, Chengdu 610041, China; 2. Chongqing Petroleum Branch, China Petroleum & Chemical, Changshou 401220, China)

Abstract: The large number of drilling data from Leikoupo indicate that the period of the Leikoupo salt is $T_2l_3^2$ and $T_2l_4^2$. The study of sedimentary environment of the lithologic features show that in Sichuan Pingchang – Nanchong – Suining area development T_2l^3 period of concentrated salt gypsum evaporite lagoon facies, and in Sichuan to Western Sichuan region of the Nanbu – Yanting – Chengdu – Qionglai area development $T_2l_4^2$ salt lake facies, there are two major different periods of the salt lock: the T_2l^3 period, the basin is in frequent transgression, regression process, the sedimentary environment changes rapidly, salt forming environment is relatively open, often repeated evaporation salt basin, recharge, desalination, seawater showed close to or reached the salt rocks concentration, which tend to be the mixture of gypsum and cloud matter clumps; the $T_2l_4^2$ period: Sichuan Basin is a regression evaporation duration, evaporation is far greater than the supply, sea water to evaporation, the water is more than halite deposition concentration, deposition of halite inclusions carnallite in local area, high potassium content.

Key words: $T_2l_3^2$ period; $T_2l_4^2$ period; Sedimentary micro facies; Causes of salt rock; The salt forming environment; Sichuan basin