

# 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<sup>3</sup>段为例

辛勇光,谷明峰,周进高,倪超,宫清顺,王小芳,吕玉珍,郝毅

(中国石油杭州地质研究院)

**摘要** 四川盆地龙岗地区中三叠统雷口坡组顶部雷四<sup>3</sup>段发育一套风化壳岩溶型白云岩储层。储层似层状成规模分布。古岩溶作用以表生裸露期风化壳岩溶作用为主,受古地质背景和风化壳岩性组合影响,古岩溶特征主要表现为:溶蚀时间较短,溶蚀作用较弱,充填作用及膏溶作用较强。在研究区内风化壳岩溶作用是影响储层发育的关键因素,它对储层既有建设性作用又有破坏性作用。

**关键词** 四川盆地;龙岗地区;雷口坡组;岩溶作用;岩溶型储层;白云岩储层

**中图分类号**:TE112.23 **文献标识码**:A

## 1 概况

近年来,四川盆地川中龙岗地区雷口坡组连续获得了油气勘探的重大突破,产气层主要为中三叠统雷口坡组顶部的四段<sup>3</sup>层(雷四<sup>3</sup>)(图1)。雷口坡组顶部为一个剥蚀风化面,目前发现的龙岗地区雷口坡组气藏,基本上都发育在剥蚀面附近的岩溶型白云岩储层内。该套储层区域分布稳定,展布面积大,是非常重要的勘探领域。

碳酸盐岩岩溶型储层在塔里木、鄂尔多斯、四川等盆地普遍发育,已有大量专题对碳酸盐岩岩溶型储层进行过相关研究<sup>[1-5]</sup>。四川盆地震旦系灯影组、石炭系黄龙组等都发育碳酸盐岩岩溶型储层<sup>[6-7]</sup>。这些研究普遍表明,碳酸盐岩岩溶型储层的发育及分布,与古岩溶作用关系密切,而古岩溶作用类型及特征主要受古地质背景、风化壳岩性组合影响。汪华等<sup>[8]</sup>通过沉积、地化和测井资料分析发现,川中南部地区雷口坡组顶部存在古岩溶储层,其储层主要影响因素是岩性和后期成岩作用。目前对四川盆地雷口坡末期古岩溶特征研究较少,本文在古地质条件恢复、岩溶环境标志和风化壳岩性组合分析的基

础上,系统研究了四川盆地雷口坡末期古岩溶特征及其对储层的影响,尤其是膏溶作用及岩溶充填作用对储层的影响,期望借此能更加有效地预测四川盆地碳酸盐岩岩溶型储层的发育及分布。

## 2 储层基本特征

龙岗地区雷四<sup>3</sup>段岩性可分上下两段,下部角砾状碳酸盐岩为主,一般厚20~40 m。上部为储层段,是一套靠近雷口坡组顶部风化壳的颗粒白云岩、细粉晶白云岩,颗粒白云岩储集性一般优于细粉晶白云岩(图1)。储集空间类型以粒间和粒内溶孔(图2a、2b、2c)、晶间(溶)孔(图2d)及裂缝(图2e、2f)为主,溶沟、溶洞和溶缝基本被充填。储层基质孔隙度较低,孔隙度主要分布在1%~5%之间,属低孔中渗的裂缝-孔隙型储层。储层区域分布稳定,层数多,单层厚度薄(一般1~8 m),非均质性较强。

## 3 古岩溶地质背景分析

### 3.1 古构造、古地理背景

受印支运动影响,位于上扬子克拉通地块的四

收稿日期:2011-08-04; 改回日期:2011-10-18

辛勇光:1975年生,硕士,高级工程师。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

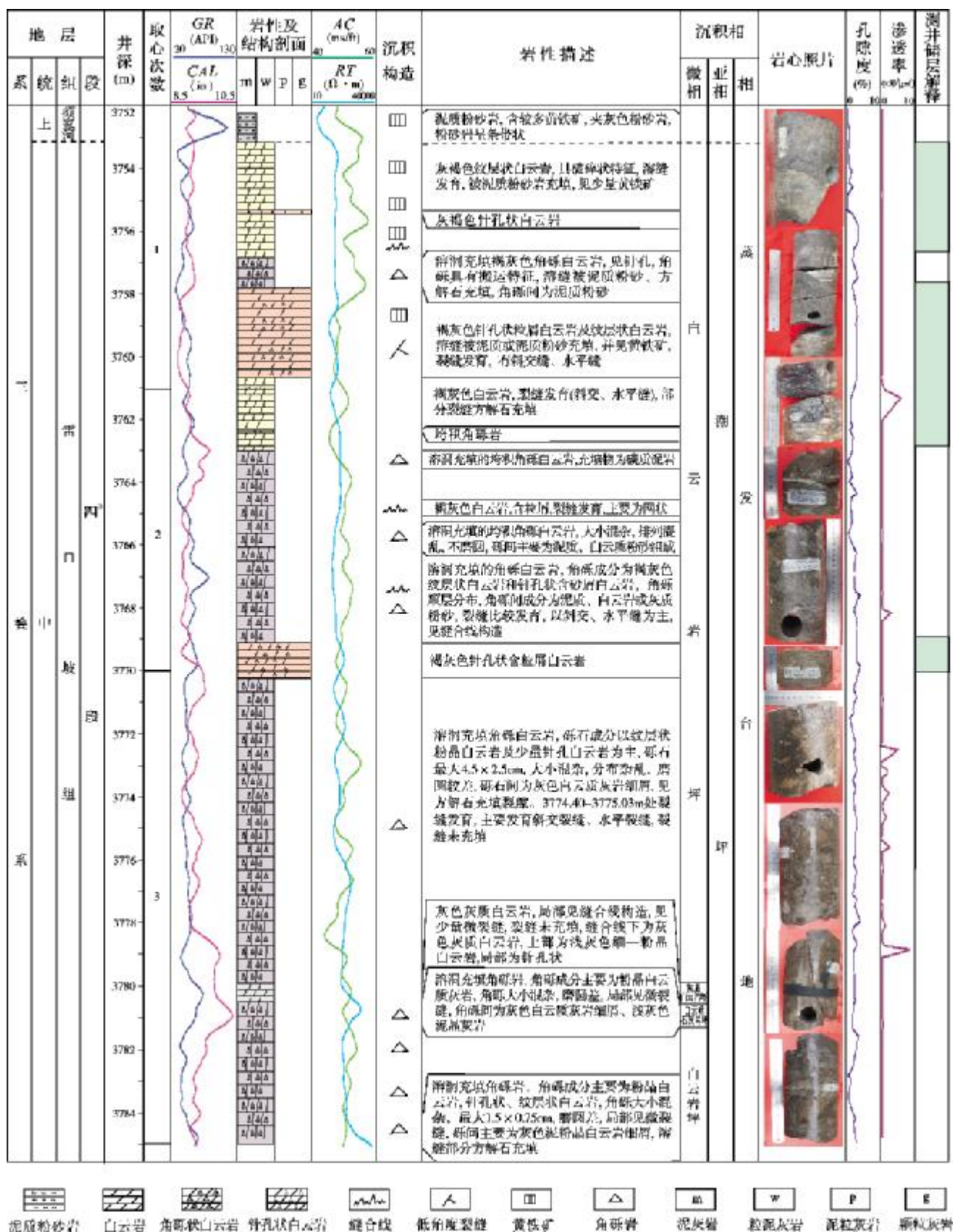
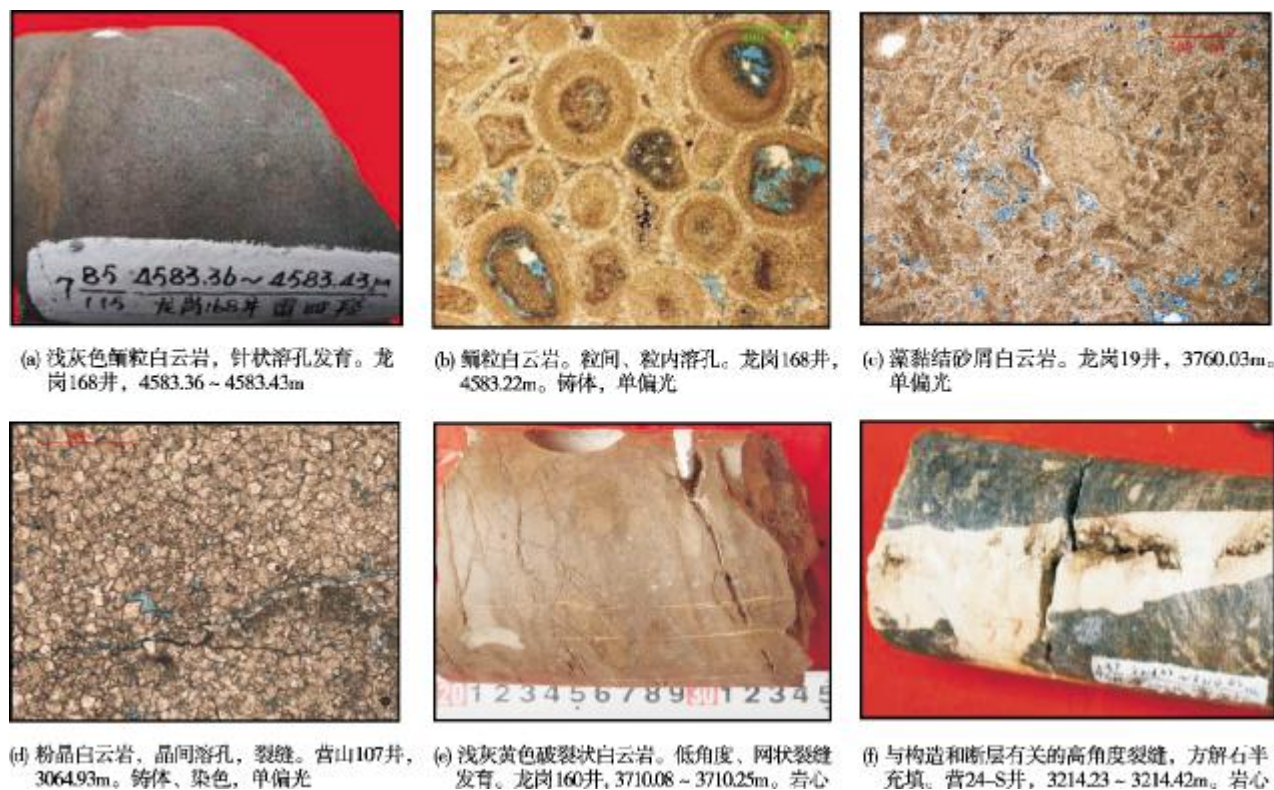


图1 四川盆地龙岗地区龙岗19井雷四段岩心沉积储层综合柱状图

图2 四川盆地龙岗地区雷四<sup>3</sup>段岩溶型白云岩储层特征

川盆地,上三叠统沉积前结束了海相沉积的历史,继而进入陆相盆地沉积阶段<sup>[9-10]</sup>。盆地内部印支运动的早幕,表现为上三叠统沉积前的微角度—平行不整合,代表3~5 Ma中短期的地层剥蚀和夷平,盆地内部主要为升降运动<sup>[10]</sup>。雷口坡组地层垂直抬升和剥蚀过程中产生的裂缝系统,为大气淡水提供了淋滤通道。受印支运动早幕影响,四川盆地上三叠统沉积前表现为由东南(高)向西北(低)倾斜的古构造格局。盆地东部泸州、开江古隆起为岩溶高地;盆地中部为岩溶斜坡带,研究区位于此带;盆地西北部主要为岩溶盆地。古水流方向大致为自东向西方向,盆地内部雷口坡组地层普遍遭受剥蚀,古地貌高处剥蚀较强烈,研究区地层保存较好(图3)。

### 3.2 古沉积背景

四川盆地中三叠世雷口坡期四<sup>3</sup>时,由于盆地周边古隆起的障壁作用,导致盆地内部海水与外海交流不顺畅,盆地主体表现为干旱气候下古盐度较高的局限台地沉积,广泛沉积白云岩及膏盐岩<sup>[11-12]</sup>。晚三叠世早期四川盆地西北部残留的上三叠统马鞍

塘组(垮洪洞组)及小塘子组暗色碎屑岩等沉积物表明,其气候已变为比较潮湿<sup>[10]</sup>。

## 4 古岩溶特征

四川盆地龙岗地区雷四<sup>3</sup>段岩溶型白云岩储层,自中三叠统沉积以来,经历了沉积成岩( $T_2$ )—溶蚀( $T_2$ — $T_3$ )—溶蚀充填( $T_3$ )等岩溶作用。区内古岩溶作用可分为表生和埋藏两大时期,以表生裸露期风化壳岩溶作用为主,其古岩溶主要受古地貌和风化壳岩性组合影响。研究区位于古岩溶斜坡渗流带层状膏云岩地区,层控性明显,以垂向溶蚀孔洞和膏溶角砾岩为主要岩溶形态组合类型,其古岩溶特征主要表现为溶蚀时间较短,溶蚀作用较弱,充填作用较强,以机械岩溶充填物为主,膏溶作用较强。

### 4.1 溶蚀时间短,溶蚀作用弱

野外露头(图4a)及井下岩心(图4b)的雷口坡组顶部风化壳,主要表现为风化壳早期的角砾状碳酸盐岩,未见风化壳晚期的铝土矿等。按风化壳所处的形成时期,其类型主要为碳酸盐岩风化壳,风化剥蚀时间较短,从而导致其溶蚀时间短、溶蚀作用弱。



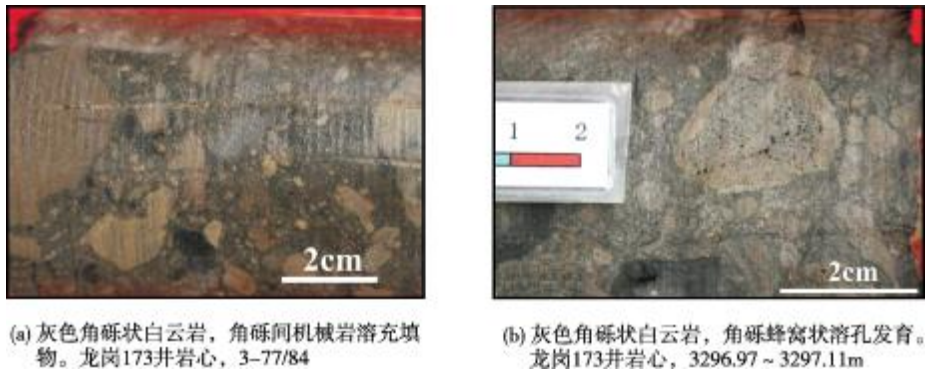


图5 四川盆地龙岗地区雷四<sup>3</sup>段岩溶充填作用



图6 四川盆地龙岗地区雷四<sup>3</sup>段膏溶现象

以及自东南向西北的古水流方向,为川中龙岗地区提供了丰富的机械岩溶充填物,使得溶沟、溶洞、溶缝及砾间孔多被充填,并导致角砾岩带的储层非均质性增强。破碎岩带及裂缝密集带中的白云岩,则因白云岩容易脆裂且机械破坏量比石灰岩大而呈破裂状,并且低角度或网状裂缝发育,使得储层的储集性能得到改善(图7)。

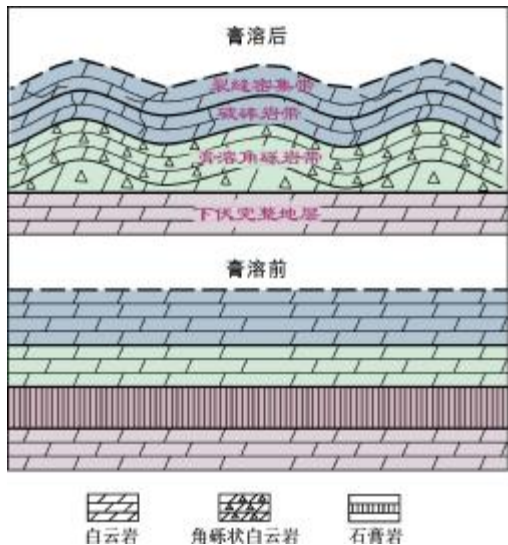


图7 四川盆地龙岗地区雷四<sup>3</sup>段膏溶作用模式

## 5 古岩溶作用对储层的影响

风化壳岩溶作用是影响龙岗地区雷四<sup>3</sup>段储层发育的关键因素,它对储层的影响主要体现在以下三个方面:(1)风化剥蚀作用致使雷口坡组顶部储层段变薄,溶蚀作用对先期孔隙层的有限优化(溶蚀时间较短、溶蚀作用较弱、溶蚀范围较小);(2)较强的岩溶充填作用,导致溶沟、溶洞、溶缝、砾间孔多被充填,孔隙连通性较差;(3)膏溶作用对储层发育有很大影响。角砾岩带储层不发育,破碎岩带及裂缝密集带低角度或网状裂缝发育,储层储集性能得到改善。本区雷四<sup>3</sup>段石膏夹层的存在及其膏溶作用,导致储层层数多,单层厚度较薄,非均质性较强。

## 6 有利储层发育区块

风化壳岩溶作用是影响储层发育的关键因素,尤其膏溶作用及岩溶充填作用对储层有强烈影响。有利储层主要发育在膏岩不发育及岩溶充填作用较弱的地区,而膏岩的发育程度取决于沉积环境,岩溶充填作用的强弱则取决于岩溶古地貌。因此有利储层主要分布在台内浅滩及白云岩坪(膏岩不发育)与岩溶斜坡带(岩溶充填作用较弱)叠合处(图8)。

## 7 结 论

四川盆地龙岗地区中三叠世雷口坡末期的裸露期,风化壳岩溶作用受地质背景和风化壳岩性组合影响,其古岩溶特征主要表现为以下三点:(1)溶蚀时间较短、溶蚀作用较弱;(2)充填作用较强;(3)膏溶作用较强。风化壳岩溶作用是储层改造的关键因素,对储层既有建设性作用,又有破坏性作用。建设性作用主要体现在对先期孔隙层的有限优化及破碎岩带、裂

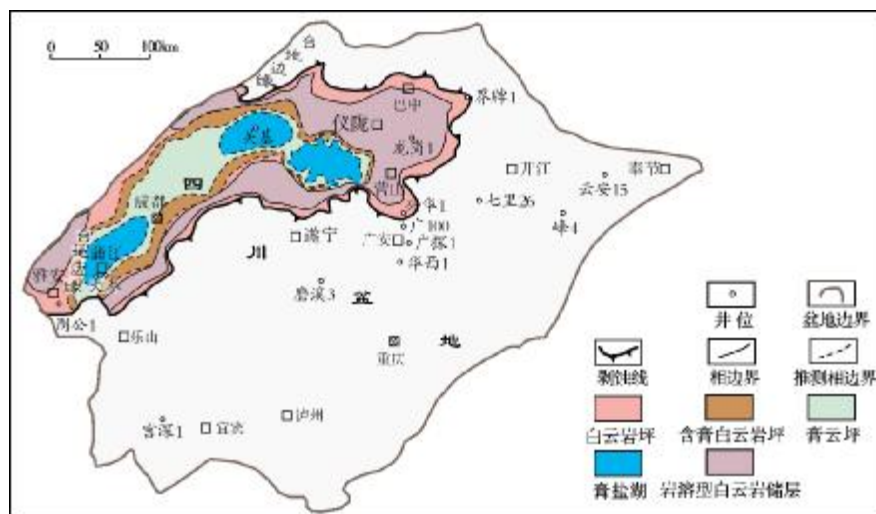


图8 四川盆地中三叠统雷四段岩溶型白云岩储层分布预测图

缝密集带储层储集性能的改善上;破坏性作用则主要表现为缝洞系统多被充填,从而导致储层非均质性较强。储层的发育及分布主要受古地质背景及风化壳岩性组合共同控制,储层主要发育和分布于台内浅滩及白云岩坪相带与岩溶斜坡带的叠合处。

#### 参考文献

- [1] 顾家裕.塔里木盆地轮南地区下奥陶统碳酸盐岩岩溶储层特征及形成模式[J]. 古地理论,1999,1(1):54-60.
- [2] 倪新峰,王招明,杨海军,等.塔北地区奥陶系碳酸盐岩储层岩溶作用[J]. 油气地质与采收率,2010,17(5):1-5.
- [3] 侯方浩,方少仙,沈昭国,等.白云岩体表生成岩裸露期古风化壳岩溶的规模[J]. 海相油气地质,2005,10(1):19-30.
- [4] 何江,方少仙,侯方浩,等.鄂尔多斯盆地中部气田中奥陶统马家沟组岩溶型储层特征[J]. 石油与天然气地质,2009,3:350-356.
- [5] 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.
- [6] 侯方浩,王安平.四川震旦系灯影组天然气藏储渗体的再认识[J]. 石油学报,1999,20(6):16-21.
- [7] 王一刚,文应初.川东石炭系碳酸盐岩储层孔隙演化中的古岩溶和埋藏溶解作用[J]. 天然气工业,1996,16(6):18-23.
- [8] 汪华,刘树根,王国芝,等.川中南部地区中三叠统雷口坡组顶部古岩溶储层研究[J]. 物探化探计算技术,2009,31(3):264-265.
- [9] 车自成.中国及其邻区区域大地构造学[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 林耀庭,姚有成,康正华,等.四川宣达盐盆富钾富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.

编辑:金顺爱

## Characteristics and Affection of Middle Triassic Karstification on Leikoupo 4<sup>3</sup> Reservoir in Longgang Area, Sichuan Basin

Xin Yongguang, Gu Mingfeng, Zhou Jingao, Ni Chao, Gong Qingshun,  
Wang Xiaofang, Lü Yuzheng, Hao Yi

**Abstract:** A set of layer-like karstic dolostone reservoir as a weathering crust develops at the top bed of Middle Triassic Leikoupo 4 Member (Lei 4<sup>3</sup>) in Longgang area, Sichuan Basin. The epidiagenetic weathering crust palaeokarst is dominant in the palaeokarstification. By the affection of the palaeogeologic setting and lithologic association, the palaeokarst is characteristic of the short-time and weak dissolution, and strong filling and anhydrite decomposition. It is shown that the palaeokarstification of weathering crust is the key factor in development of the reservoir, which plays actions of not only construction but also destruction for the reservoir.

**Key words:** Middle Triassic; Leikoupo Formation; Karstification; Karst reservoir; Dolostone reservoir; Longgang Area; Sichuan Basin

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