四川盆地西南部中二叠统沉积特征与勘探目标

许国明　谢刚平　隆轲　宋晓波
中国石化西南油气分公司勘探开发研究院

许国明等.四川盆地西南部中二叠统沉积特征与勘探目标.天然气工业,2015,35(7):27-33.

摘　要　四川盆地中二叠统大中型气藏的勘探方向和目标是目前研究的热点和难点,而川中高石梯—磨溪地区下寒武统龙王庙组大气田的成功勘探经验表明,有利的沉积相带是大气田形成的基础。为此,基于地震资料、地表露头资料及钻井资料,对该盆地西南部中二叠统的构造格局和沉积特征进行了综合研究,从沉积相控的角度提出以下观点:①该区中二叠统沉积时处于浅水缓坡高能带,发育大规模礁滩相沉积;②中二叠世时期基底抬升,茅口组顶部遭受剥蚀,形成不整合面风化壳,盆地西南部处于岩溶斜坡带,古表生岩溶作用强烈;③礁滩相沉积叠加风化壳岩溶有利于形成大规模礁滩相岩溶型储层。进一步结合研究区资源条件和成藏条件的综合研究结论指出:四川盆地中二叠统基础地质条件优越,有望寻找到大规模礁滩相岩溶型气藏;该盆地西南部龙门山前隐伏构造带、川西坳陷斜坡带中二叠统圈闭发育,成藏条件好,是寻找大规模礁滩相岩溶型气藏的有利目标区。

关键词　四川盆地　西南部　中二叠世　高能浅水缓坡　礁滩相　不整合面风化壳　岩溶斜坡带　岩溶储层　勘探目标
DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2015.07.004

Sedimentary features and exploration targets of Middle Permian reservoirs in the Southwestern Sichuan Basin

Xu Guoming, Xie Gangping, Long Ke, Song Xiaobo
(*Exploration and Development Research Institute of Sinopec Southwest Branch Company, Chengdu, Sichuan* 610041, *China*)

NATUR. GAS IND. VOLUME 35, ISSUE 7, pp.27-33, 7/25/2015. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: The exploration direction and targets for the large-scale Middle Permian gas reservoirs in the Sichuan Basin are hotspots and challenges in current exploration researches. The exploration successes of large gas field of Cambrian Longwangmiao Formation in Gaoshiti-Moxi region, the Central Sichuan Basin, indicated that prospective sedimentary facies belt was the basis for the formation of large gas fields. In this paper, based on seismic data, outcrop data and drilling data, the tectonic framework and sedimentary features of Middle Permian in the Southwestern Sichuan Basin were comprehensively studied. The following conclusions were reached from the perspective of sedimentary facies control: (1) during Middle Permian, this region was in shallow water gentle slope belts with high energy, where thick reef flat facies were deposited; (2) the basement was uplifted during Middle Permian, resulting in the unconformity weathering crust at the top of Maokou Formation due to erosion; the Southwestern Sichuan Basin was located in karst slope belt, where epigenic karstification was intense; and (3) reef flat deposits superimposed by karst weathering crust was favorable for the formation of large-scale reef flat karst reservoirs. Based on the combination of the resources conditions and hydrocarbon accumulation conditions in this region, it was pointed out that the Middle Permian has great potential of large-scale reef flat karst gas reservoir due to its advantageous geological conditions; the Middle Permian traps with good hydrocarbon accumulation conditions were developed in the Longmen Mountain front closed structural belt in the Southwestern Sichuan Basin and Western Sichuan Basin depression slope belt, which are favorable targets for large-scale reef flat karst reservoirs.

Keywords: Sichuan Basin; Southwest; Middle Permian; High energy shallow water gentle slope; Unconformity karst weathering crust; Karst slope belt; Karst reservoir; Exploration targets

---

作者简介:许国明,1963年生,高级工程师,博士;主要从事石油天然气勘探研究工作。地址:(550004)贵州省贵阳市八鸽岩路247号。E-mail: xgm6363@163.com

四川盆地二叠系历经 60 年的勘探，目前已在上二叠统长兴组发现并建成了普光、龙岗、元坝等大中型天然气田，在中二叠统也钻揭了高产天然气流，盆地东北部的龙 4 井在茅口组获天然气 20.97×10⁴ m³/d、元坝 3 井在茅口组获天然气 160×10⁴ m³/d，盆地南部的太 4 井在茅口组获天然气 202×10⁴ m³/d、威 36 井在茅口组钻获 8.94×10⁴ m³/d 的高产天然气；近期中国石油天然气集团公司在盆地西北部双鱼石隐伏构造上部署的双探 1 井在栖霞组和茅口组又获日产超过 100×10⁴ m³ 的天然气，证实中二叠统天然气勘探潜力巨大。但目前在中二叠统仍未发现大型天然气田，之前发现的气藏都是与裂缝相关的碳酸盐岩溶蚀缝洞型气藏，其受裂缝岩溶体系控制，连片性差、气水分布复杂、规模有限。

川东北普光、龙岗、元坝发现二叠系长兴组大型气田及川中地区高石梯—磨溪发现寒武系龙王庙组大气田的勘探经验表明：有利的沉积相带是大规模气田形成的基础，普光、龙岗、元坝大气田都分布于开江—梁平长兴期台地边缘大规模礁滩相带，高石梯—磨溪大气田分布于龙王庙期台内大规模滩相带；大型气田储层的形成主要受礁滩沉积、白云岩化及溶蚀作用的控制[1-7]。在成功经验和认识的启发下，前人分别从“沉积相控”和“成岩相控”的角度对中二叠统储层的成因进行了探索：①沉积相控的观点认为：海西期中二叠世大缓坡背景下，大规模沉积的礁滩是优质储层发育的基础，礁滩相白云岩化叠加溶蚀作用是形成优质储层的条件[8-9]；②成岩相控观点认为：海西期峨眉地裂运动导致地幔岩浆沿基底拉张断裂侵入，在中二叠统沉积时形成热水沉积环境（热次盆）或中二叠统成岩过程中形成热液成岩环境是形成规模白云岩储层的主控因素[10-12]。这两种观点的研究都试图从不同角度探索中二叠统大规模储层形成的主控因素，指导中二叠统勘探。笔者主要根据对四川盆地西南部中二叠统沉积特征的研究，从沉积相控的角度提出勘探目标方面的一些认识。

1　中二叠统沉积特征

1.1　发育高能浅水缓坡礁滩相沉积

中二叠统沉积前，四川盆地加里东构造旋回造就的“大隆大坳”格局，由于海西早期盆地基底大规模的整体抬升，遭受“夷平补齐”，形成中二叠统沉积时具有“准平原化”的“缓坡型”基底[13-14]。该缓坡型基底在接受沉积时，受东吴运动初期盆地西南部边缘峨眉地幔柱隆升的影响，造成盆地西南部沉积基底形成水下穹窿状隆起[15-18]，该隆起向东及东北方向平缓降低。

盆地基底古地貌格局与区域海平面升降共同作用，控制了四川盆地中二叠统沉积相带的分布；中二叠世盆地整体沉积格局为碳酸盐岩缓坡，但在宜宾—资阳—绵阳一线以西受水下古隆起影响的盆地西南部广大地区，处于浅水缓坡高能带，发育大规模高能礁滩相沉积。龙门山前中国石油化工集团公司探区地震剖面揭示：中二叠统反射层系具有明显“相位能量不稳定、断续、杂乱、丘状”的高能沉积反射结构特征（图 1、2）。

龙门山前北川永庆、绵竹天池和高桥、大邑大飞水、三江水磨等地中二叠统露头剖面揭示：中二叠统栖霞组、茅口组岩性主要以灰色亮晶生屑灰岩、砂屑灰岩为主，局部见珊瑚礁块灰岩、海绵礁块灰岩（图 3）；盆内西南部钻井也揭示茅口组发育大段生屑灰岩、藻砂屑灰岩，如大深 1 井、资阳 1 井、金石 1 井等，颗粒岩厚度超过 150 m。宜宾—资阳—绵阳一线以东的盆内广大地区，女基井、阆中 1 井、官深 1 井等钻井揭示中二叠统岩性主要以深灰色泥微晶灰岩为主。地震反射结构也表现出明显的平行连续稳定特征，表明中二叠统逐渐过渡为较深水、低能的缓坡沉积环境；前人研究指出茅二期和茅三期是茅口期沉积时两个重要的成滩期[9,19-20]，滩体主要分布于盆地西南部，岩性主要为浅灰色块状、亮晶胶结的红藻、绿藻灰岩。与栖霞期相比，茅口期水体更浅，水体能量更强，浅缓坡上带范围较栖霞期向东扩大，生物礁滩更加发育（图 4、5）。

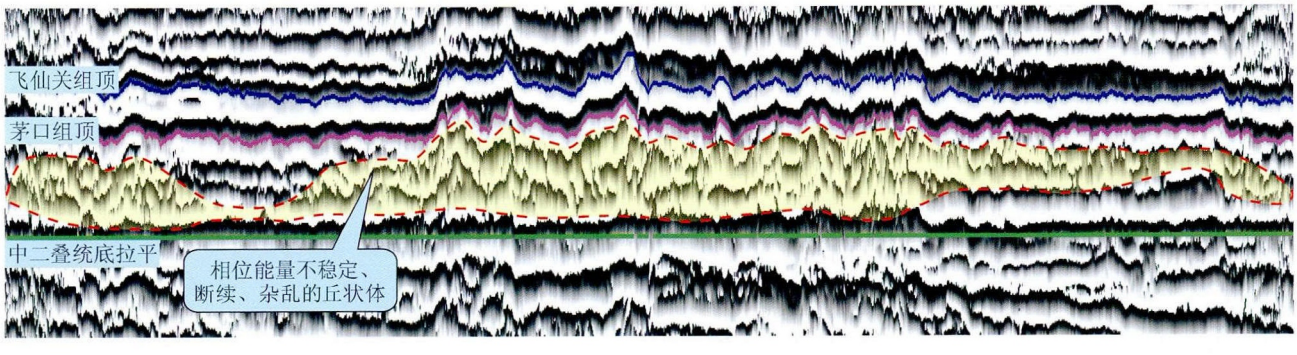


图 1　川西地区 NE229 线瞬时相位地震剖面图

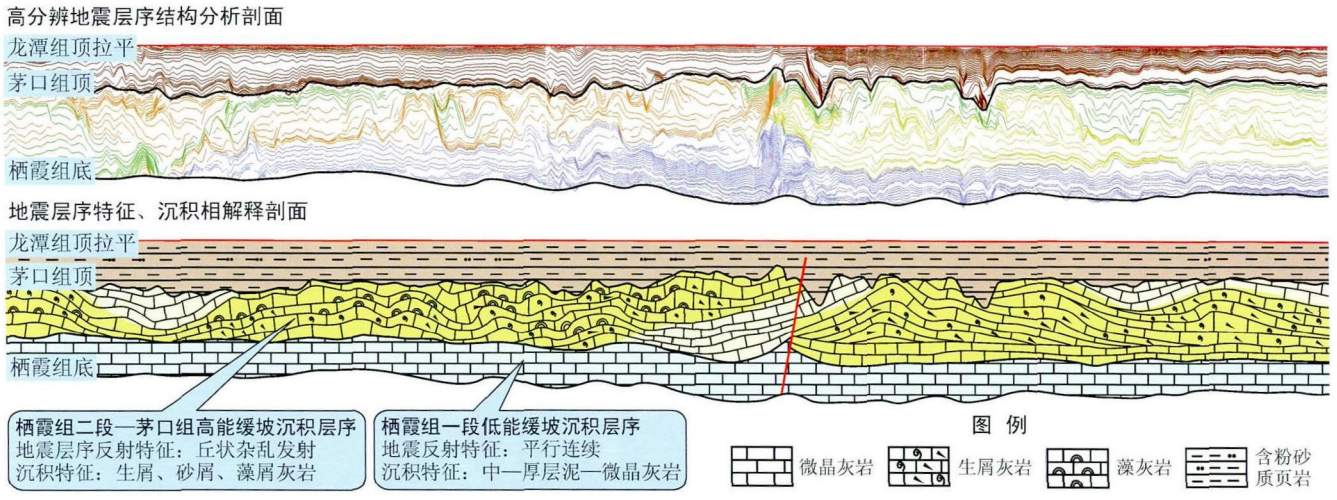
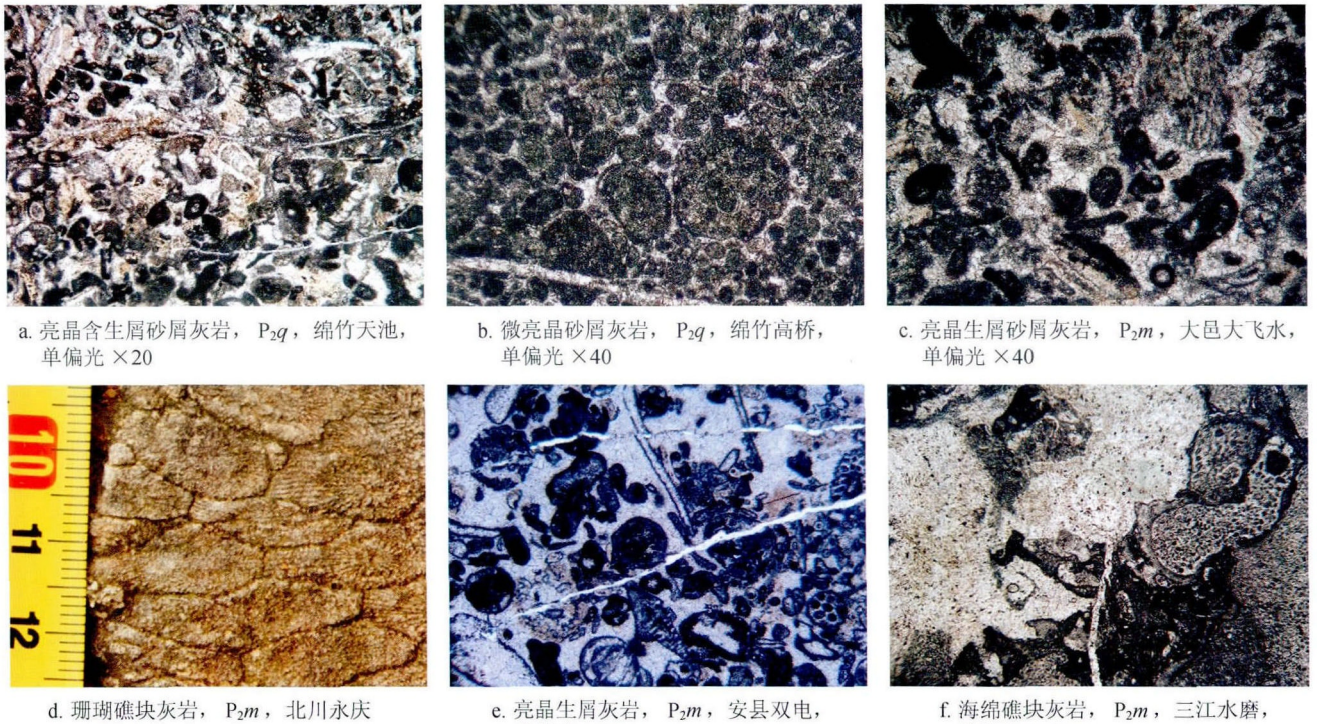


图 2　川西地区 NW151 线高分辨率层序分析及地质解释剖面图



a. 亮晶含生屑砂屑灰岩，P_2q，绵竹天池，单偏光 ×20

b. 微亮晶砂屑灰岩，P_2q，绵竹高桥，单偏光 ×40

c. 亮晶生屑砂屑灰岩，P_2m，大邑大飞水，单偏光 ×40

d. 珊瑚礁块灰岩，P_2m，北川永庆

e. 亮晶生屑灰岩，P_2m，安县双电，单偏光 ×20

f. 海绵礁块灰岩，P_2m，三江水磨，单偏光 ×20

图 3　川西地区中二叠统岩性特征图版

1.2　处于岩溶斜坡带，“茅顶”具有形成礁滩相岩溶型储层的有利条件

海西期东吴运动导致四川盆地基底差异抬升，中二叠统茅口组顶（以下简称茅顶）遭受差异剥蚀形成大规模不整合面风化壳。盆地西南部除绵竹高桥—北川永庆局部出露茅二段外，其余大部分地区出露茅三段，剥蚀厚度介于 100～154 m。古地貌研究指出盆地西南部茅顶风化壳处于古岩溶斜坡带[21]（图 6）。岩溶斜坡带地表径流、潜流水动力强，风化壳垂直渗流带和水平潜流带发育，因而可以推断盆地西南部茅口组顶部遭受到强烈的风化岩溶作用，极有可能形成大规模的“礁滩相岩溶型储层”；另外，分析认为，东吴运动不仅有利于形成茅顶风化壳岩溶缝洞型储层，同时对中二叠统内与基底断裂有关的热液白云岩储层也具有重要的控制作用[10-11]；龙门山前构造带自东吴运动以来，又发生印支、燕山和喜马拉雅多期强烈的构造运动，从中二叠统断至基底的古断裂极为发育，因而在山前隐伏构造带中二叠统内可能形成热液白云岩溶蚀型储层，

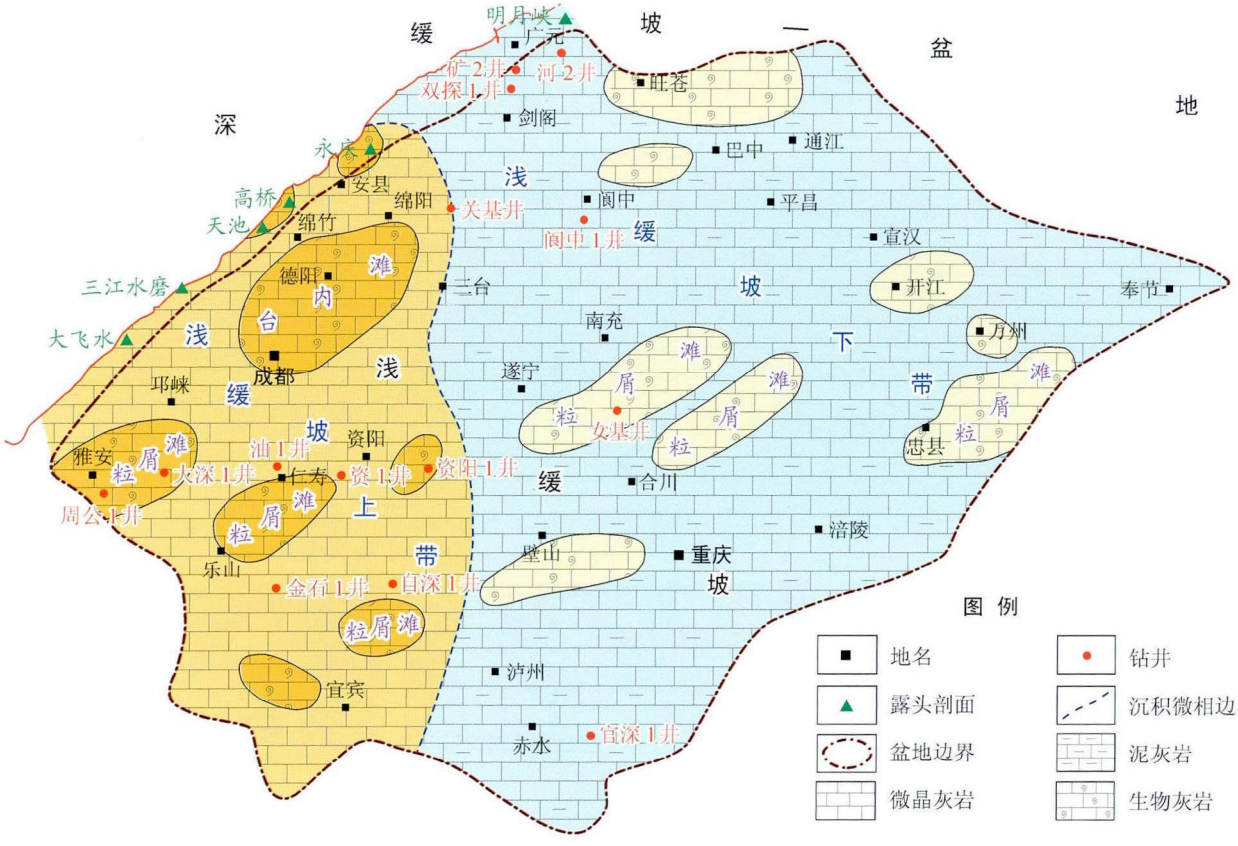


图 4　四川盆地中二叠统栖霞组沉积相图

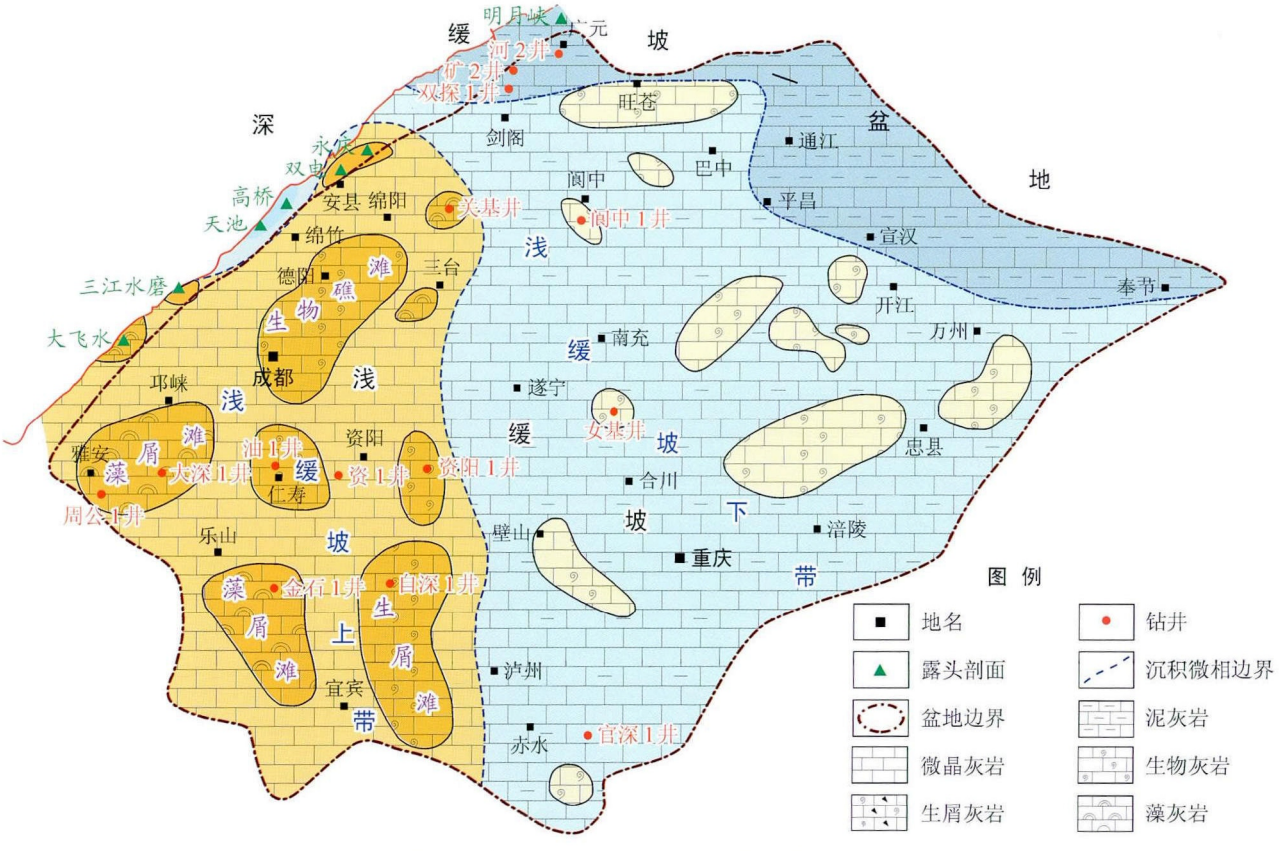


图 5　四川盆地中二叠统茅口组沉积相图

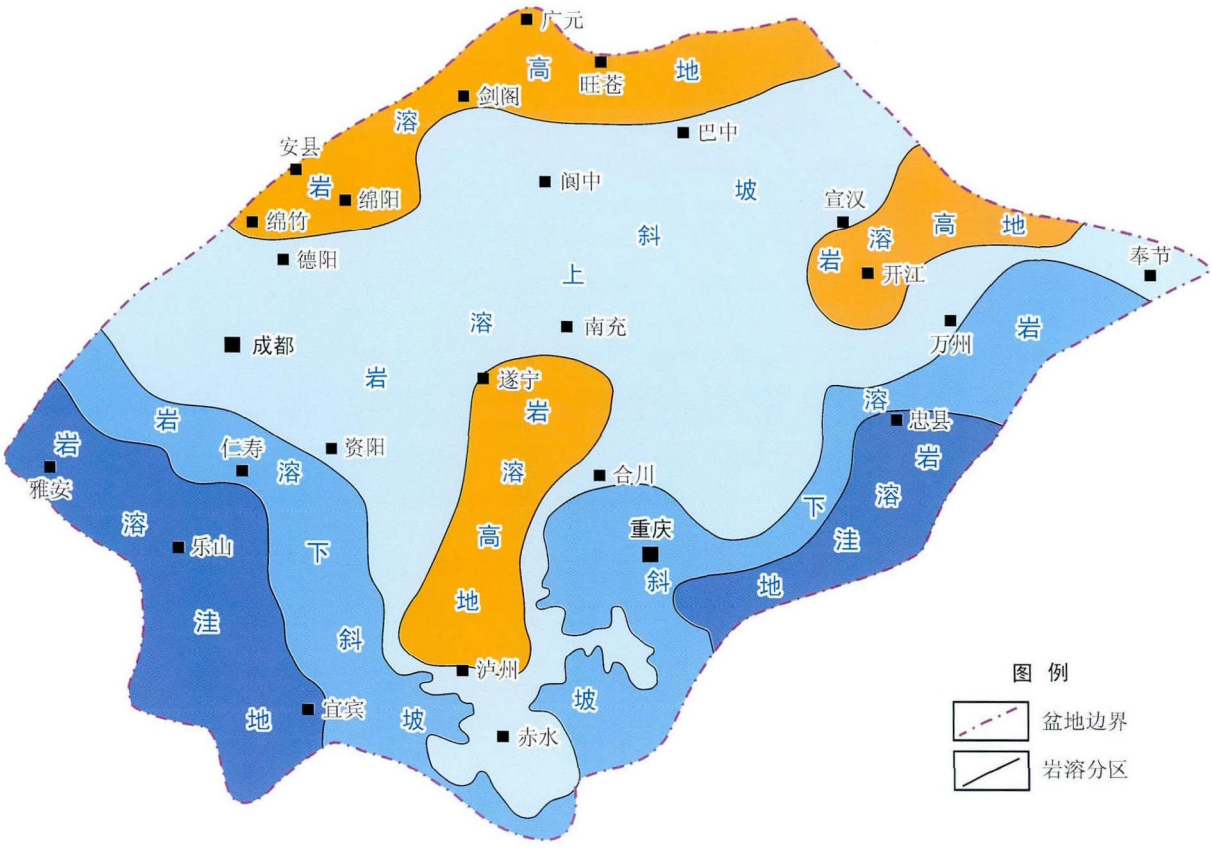


图 6　四川盆地东吴运动期古岩溶分区图

川西北矿 2 井在栖霞组钻揭晶粒白云岩储层[22-23]，其晶间孔、晶间溶孔、溶洞发育，因此，热液成因白云岩储层也是目前中二叠统勘探关注的重点。

2　天然气勘探潜力及勘探目标

2.1　油气基础地质条件优越，勘探潜力大

四川盆地西南部中二叠统及以下海相层系发育多套优质烃源岩，分布较广，厚度较大，品质较好，其中，中二叠统碳酸盐岩烃源岩在盆地西南部均有分布，厚度为 100～180 m(河深 1 井 186 m、什邡金河 170 m)，生烃中心位于梓潼、绵阳和德阳一带，平均生气强度达 39.93×10^8 m^3/km^2；中二叠统泥质烃源岩厚度相对较薄，厚度为 10～25 m，生烃中心位于大邑、邛崃一带，生气强度为 $3\times10^8\sim5\times10^8$ m^3/km^2，初步计算，川西地区中二叠统及其以下海相烃源岩天然气总资源量达 $20\ 000\times10^8$ m^3[24]。目前勘探已在该区发现栖霞组糖粒状白云岩储层，储集空间主要为白云石晶间孔和晶间溶孔，茅口组也发现礁滩相灰岩和白云岩溶蚀孔缝型储层；中二叠统以上发育巨厚的海陆相层系，“通天”断裂不发育，区域盖保条件优越；总体上，四川盆地西南部中二叠统油气地质条件优越、勘探潜力大。

2.2　有望找到大规模的礁滩相岩溶型气藏

盆地西南部二叠系资源条件优越、中二叠统发育大规模礁滩相岩溶型储层，具备形成大规模油气田的基础，有效的圈闭是成藏的关键。目前在川西中石化探区，地震勘探在龙门山前大邑—彭州—安县隐伏构造带发现了以构造为主、岩性(礁滩相岩溶储层)为辅、规模较大的中二叠统岩性—构造圈闭线索，在川西坳陷广汉—中江—新都斜坡带发现了以岩性圈闭为主、展布面积较大的中二叠统地层岩性圈闭线索；对圈闭线索进一步的论证表明：龙门山前隐伏构造带中二统构造圈闭形成于燕山期，圈闭形成与二叠系烃源岩生气高峰期匹配[25]，龙门山前隐伏构造带烃源疏导断裂发育，上覆巨厚的海陆相地层，盖保条件好，具有形成较大规模的岩性—构造圈闭气藏的有利条件；川西坳陷广汉—中江—新都斜坡带发育以中二叠统礁滩岩溶型储层为主体的岩性圈闭，上覆巨厚海陆相地层，盖保条件好，地层物性差异可形成侧向封堵，二叠系烃源岩燕山期生成的天然气可沿茅口组顶不整合面运移，在岩性圈闭中聚集成藏。综上所述，在四川盆地西南部龙门山前隐伏构造带、川西坳陷斜坡带中二叠统有望找到大规模的礁滩相岩溶型气藏。

3 结论

四川盆地西南部中二叠统处于浅水缓坡高能带，发育大规模礁滩相沉积，礁滩相沉积叠加风化岩溶作用，有利于形成大规模礁滩相岩溶型储层；盆地西南部龙门山前隐伏构造带、川西坳陷斜坡带中二叠统圈闭发育，成藏条件好，是寻找大规模礁滩相岩溶型气藏的有利目标。

参 考 文 献

[1] 马永生，郭旭升，郭彤楼，黄锐，蔡勋育，李国雄.四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示[J].地质论评，2005，51(4)：477-480.
Ma Yongsheng, Guo Xusheng, Guo Tonglou, Huang Rui, Cai Xunyu, Li Guoxiong. Discovery of the large-scale Puguang Gas Field in the Sichuan Basin and its enlightenment for hydrocarbon prospecting[J]. Geology Review, 2005, 51(4): 477-480.

[2] 郭旭升，黄仁春，付孝悦，段金宝.四川盆地二叠系和三叠系礁滩相天然气富集规律与勘探方向[J].石油与天然气地质，2014，35(3)：295-302.
Guo Xusheng, Huang Renchun, Fu Xiaoyue, Duan Jinbao. Gas accumulation and exploration direction of the Permian and Triassic reservoirs of reef-bank facies in Sichuan Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(3): 295-302.

[3] 马永生，蔡勋育，赵培荣，张学丰.深层超深层碳酸盐岩优质储层发育机理和"三元控储"模式——以四川普光气田为例[J].地质学报，2010，84(8)：1087-1094.
Ma Yongsheng, Cai Xunyu, Zhao Peirong, Zhang Xuefeng. Formation mechanism of deep-buried carbonate reservoir and its model of three-element controlling reservoir: A case study from the Puguang Oilfield in Sichuan[J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(8): 1087-1094.

[4] 胡东风.普光气田与元坝气田礁滩储层特征的差异性及其成因[J].天然气工业，2011，31(10)：17-21.
Hu Dongfeng. Differences in reef-bank reservoir between Puguang and Yuanba Gas Fields and their reasons[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(10): 17-21.

[5] 周进高，房超，季汉成，张建勇，赵菲.四川盆地下寒武统龙王庙组颗粒滩发育规律[J].天然气工业，2014，34(8)：27-36.
Zhou Jingao, Fang Chao, Ji Hancheng, Zhang Jianyong, Zhao Fei. A development rule of Lower Cambrian Longwangmiao grain beaches in the Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(8): 27-36.

[6] 杜金虎，邹才能，徐春春，何海清，沈平，杨跃明，等.川中古隆起龙王庙组特大型气田战略发现与理论技术创新[J].石油勘探与开发，2014，41(3)：268-277.
Du Jinhu, Zou Caineng, Xu Chunchun, He Haiqing, Shen Ping, Yang Yueming, et al. Theoretical and technical innovations in strategic discovery of a giant gas field in Cambrian Longwangmiao Formation of central Sichuan paleo-uplift, Sichuan Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 41(3): 268-277.

[7] 金民东，曾伟，谭秀成，李凌，李宗银，罗冰，等.四川磨溪—高石梯地区龙王庙组滩控岩溶型储集层特征及控制因素[J].石油勘探与开发，2014，41(6)：650-660.
Jin Mindong, Zeng Wei, Tan Xiucheng, Li Ling, Li Zongyin, Luo Bing, et al. Characteristics and controlling factors of beach-controlled karst reservoirs in Cambrian Longwangmiao Formation, Moxi-Gaoshiti Area, Sichuan Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 41(6): 650-660.

[8] 黄先平，杨天泉，张红梅. 四川盆地下二叠统沉积相及其勘探潜力区研究[J].天然气工业，2004，24(1)：10-12.
Huang Xianping, Yang Tianquan, Zhang Hongmei. Research on the sedimentary facies and exploration potential areas of lower Permian in Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(1): 10-12.

[9] 胡明毅，胡忠贵，魏国齐，杨威，刘满仓.四川盆地茅口组层序岩相古地理特征及储集层预测[J].天然气勘探与开发，2012，39(1)：45-55.
Hu Mingyi, Hu Zhonggui, Wei Guoqi, Yang Wei, Liu Mancang. Sequence lithofacies paleogeography and reservoir prediction of the Maokou Formation in Sichuan Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(1): 45-55.

[10] 李毅，沈浩，石学文，汪华，陈莎，袁小玲.川东—川中地区茅口组白云岩成因初探及"热次盆"概念的提出[J].天然气勘探与开发，2013，36(4)：1-29.
Li Yi, Shen Hao, Shi Xuewen, Wang Hua, Chen Sha, Yuan Xiaoling. Distribution and origin of dolomites in Maokou Formation, eastern and central Sichuan Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2013, 36(4): 1-29.

[11] 汪华，沈浩，黄东，石学文，李毅，袁小玲，等.四川盆地中二叠统热水白云岩成因及其分布[J].天然气工业，2014，34(9)：25-32.
Wang Hua, Shen Hao, Huang Dong, Shi Xuewen, Li Yi, Yuan Xiaoling, et al. Origin and Distribution of hydrothermal dolomites of the Middle Permian in the Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(9): 25-32.

[12] 江青春，胡素云，汪泽成，王铜山，李秋芬，翟秀芬.四川盆地中二叠统中—粗晶白云岩成因[J].石油天然气与地质，2014(4)：503-510.
Jiang Qingchun, Hu Suyun, Wang Zecheng, Wang Tong-

shan, Li Qiufen, Zhai Xiufen. Genesis of medium-macrocrystalline dolomite in the Middle Permian of Sichuan Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2014(4): 503-510.

[13] 童崇光.四川盆地构造演化与油气聚集[M].北京:地质出版社,1985.
Tong Chongguang. Tectonic evolution and hydrocarbon accumulation in Sichuan Basin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985.

[14] 李伟,易海永,胡望水,杨庚,熊璇.四川盆地加里东古隆起构造演化与油气聚集的关系[J].天然气工业,2014,34(3):8-15.
Li Wei, Yi Haiyong, Hu Wangshui, Yang Geng, Xiong Xuan. Tectonic evolution of Caledonian paleohigh in the Sichuan Basin and its relationship with hydrocarbon accumulation[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(3): 8-15.

[15] 何斌,徐义刚,王雅玫,肖龙.东吴运动性质的厘定及其时空演变规律[J].地球科学——中国地质大学学报,2005,30(1):89-96.
He Bin, Xu Yigang, Wang Yamei, Xiao Long. Nature of the Dongwu Movement and its temporal and spatial evolution[J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2005, 30(1): 89-96.

[16] 罗志立.峨眉地裂运动和四川盆地天然气勘探实践[J].新疆石油地质,2009,30(4):419-424.
Luo Zhili. Emei Taphrogenesis and natural gas prospecting pactices in Sichuan Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(4): 419-424.

[17] 宋谢炎,王玉兰,曹志敏,金景福,李巨初,温春齐.峨眉山玄武岩、峨眉地裂运动与幔热柱[J].地质地球化学,1998,26(1): 47-52.
Song Xieyan, Wang Yulan, Cao Zhimin, Jin Jingfu, Li Juchu, Wen Chunqi. Emeishan basalts, Emei Tafrogeny and mantle plume[J]. Geology Geochemistry, 1998, 26(1): 47-52.

[18] 张廷山,陈晓慧,刘治成,魏国齐,杨巍,闵华军,等.峨眉地幔柱构造对四川盆地栖霞期沉积格局的影响[J].地质学报,2011,85(8):1251-1264.
Zhang Tingshan, Chen Xiaohui, Liu Zhicheng, Wei Guoqi, Yang Wei, Ming Huajun, et al. Effect of Emeishan Mantle Plume over the sedimentary pattern of Mid-Permian Xixia period in Sichuan Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(8): 1251-1264.

[19] 刘宝珺,许效松.中国南方岩相古地理图集[M].北京:科学出版社,1994:132-135.
Liu Baojun, Xu Xiaosong. Lithofacies paleogeographic atlas of southern China[M]. Beijing: Science Press, 1994: 132-135.

[20] 向娟,胡明毅,胡忠贵,孟令俊,吴联钱.四川盆地中二叠统茅口组沉积相分析[J].石油地质与工程,2011,25(1): 14-19.
Xiang Juan, Hu Mingyi, Hu Zhonggui, Meng Lingjun, Wu Lianqian. Sedimentary facies analysis of Maokou Formation of middle Permian in Sichuan Basin[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2011, 25(1): 14-19.

[21] 江青春,胡素云,汪泽成,池英柳,杨雨,鲁卫华,等.四川盆地茅口组风化壳岩溶古地貌及勘探选区[J].石油学报,2012,33(6):949-960.
Jiang Qingchun, Hu Suyun, Wang Zecheng, Chi Yingliu, Yang Yu, Lu Weihua, et al. Paleokast landform of weathering curst of Middle Permian Maokou Formation in Sichuan Basin and selection of exploration regions[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(6): 949-960.

[22] 吕杰.四川盆地西部下二叠统白云岩形成机制[D].成都:成都理工大学,2013.
Lü Jie. Formation Mechanism of The Lower Permian Dolomites in western Sichuan Basin[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2013.

[23] 王春梅.川西中二叠统栖霞组白云岩形成机制及其与川东北下三叠统飞仙关组对比[D].成都:成都理工大学,2011.
Wang Chunmei. Dolomite genesis of Qixia Formation, Middle Permian, western Sichuan Basin and Contrast to dolomite genesis of Feixianguan Formation, Lower Triassic, northeastern Sichuan Basin [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2011.

[24] 杨克明,许国明,刘诗荣,龙胜祥,吴世祥,曾华盛,等.川西地区石油地质研究与选区评价[R].成都:中国石油化工股份有限公司西南油气分公司,2009.
Yang Keming, Xu Guoming, Liu Shirong, Long Shengxiang, Wu Shixiang, Zeng Huasheng, et al. Comprehensive research on petroleum geology in western Sichuan Basin and selection of exploration regions[R]. Chengdu: Sinopec Southwest Branch Company.

[25] 刘全有,金之钧,高波,张殿伟,徐美娥,唐瑞鹏.四川盆地二叠系烃源岩类型与生烃潜力[J].石油与天然气地质,2012,33(1):10-18.
Liu Quanyou, Jin Zhijun, Gao Bo, Zhang Dianwei, Xu Mei'e, Tang Ruipeng. Types and hydrocarbon generation potential of the Permian source rocks in the Sichuan Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(1): 10-18.

(收稿日期　2015-03-18　编辑　罗冬梅)