

文章编号: 1000-0550(2010)04-0696-10

渝东—鄂西地区黄龙组层序—岩相古地理研究^①

胡忠贵^{1,2} 郑荣才³ 文华国³ 张兵³ 文其兵⁴

(1. 长江大学教育部油气资源与勘察技术重点实验室 湖北荆州 434023; 2. 长江大学地球科学学院 湖北荆州 434023; 3. 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 成都 610059; 4. 中国石油西南油气田分公司重庆气矿 重庆 400021)

摘要 渝东—鄂西地区由于受海西早期强烈构造隆升和侵蚀作用影响,大部仅残存不完整的上石炭统黄龙组,为川东地区天然气藏主要产层,也是盆地周边地区寻找新气源最有利层位之一。根据岩心观察、野外剖面实测和室内镜下岩石薄片鉴定分析,并结合岩石学、古生物及测井等沉积相标志研究,确定该区黄龙组发育萨勃哈、有障壁海岸、海湾陆棚和开阔陆棚等沉积相带,连接川东—渝北海湾与鄂西广海海水通道的发现对区域沉积相带的认识具有重要意义。在层序地层学分析的基础上,以LST、TST和EHST三个体系域作为编图单元,编制了各体系域的岩相古地理图并对其演化特征进行了描述。结合各相带储集物性特征,认为障壁粒屑滩和滨外粒屑滩为最有利储集相带。

关键词 渝东—鄂西地区 石炭系黄龙组 沉积相 层序—岩相古地理

第一作者简介 胡忠贵 男 1979年出生 讲师 储层沉积学 E-mail: xgz1978127@tom.com

中图分类号 P531 **文献标识码** A

川东地区上石炭统黄龙组自1977年发现工业气流以来,已成为四川盆地最重要的天然气产区之一,天然气主要赋存在广泛发育的黄龙组碳酸盐岩储层中^[1-10]。然而,作为川东地区主力产层的黄龙组经过二十多年的勘探开发,开始进入储量递减阶段,因此,对勘探程度较低、处于两个矿区交界的区域(渝东—鄂西地区)开展沉积相等基础油气地质研究,对川东地区“增储上产”具有十分重要的意义。对于川东地区的沉积相,前人已做过大量工作,并提出了不同的观点,如陈宗清^[3-5]、李淳^[6]等专家认为黄龙组属于海湾潮坪或陆表海沉积体系,郑荣才等解释为萨勃哈—有障壁海岸—海湾陆棚沉积体系^[7],黄尚瑜等解释为萨勃哈—有障壁海岸沉积体系^[8],钱峥解释为蒸发膏湖—咸化泻湖—陆表海开阔台地沉积体系^[9],李忠等解释为受障壁复杂化的海湾潮坪—开阔潮下沉积体系^[10],众多学者对于川东地区沉积相的研究大多局限于川东腹地,对于处于矿区边界的渝东—鄂西地区的沉积相研究相对较少,已有的研究也仅是根据沉积相带的展布规律进行了推测,特别是对于研究区是否存在连接局限海湾与开阔海的潮道尚无直接证据^[3,7]。本研究以区域地质背景、岩心(区内钻井基本为全取心)和野外实测等综合研究为基础,以层序分析为技术路线,编制层序—岩相古地理图为技术手段^[11,12],深入研究了渝东—鄂西地区黄龙组岩相古地理特征和有利储层发育的相带分布规

律,特别是确定了联系川东海湾与华南广海通道的存在,为进一步开展该区的基础研究提供了基础。

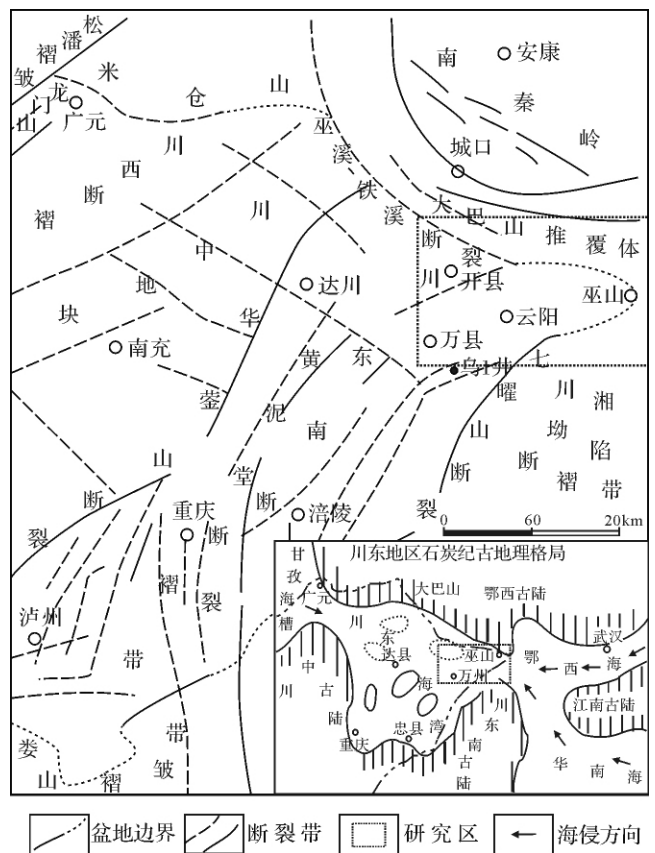


图1 研究区区域构造概况和古地理位置

Fig. 1 Overview of regional structure and palaeogeographic location of the study area

收稿日期: 2009-07-05; 收修改稿日期: 2009-11-05

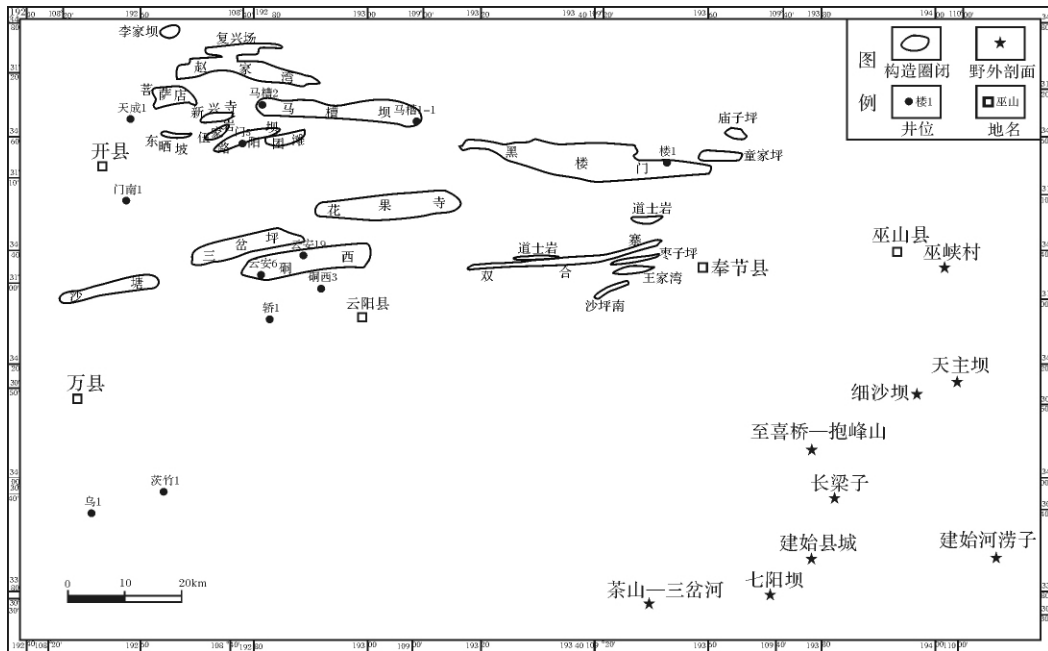


图2 研究区井位、剖面及主要构造圈闭分布图

Fig. 2 Distribution map of wells, section location and main structural traps of the study area

1 地质概况

渝东—鄂西地区位于四川盆地东北部,地理上主要位于重庆市东部的云阳、奉节、巫山县境内和湖北建始县境内的部分区域。研究区发育有马槽坝、黑楼门、南门场、云安厂、双合寨和龙驹坝等次级构造,面积约 21 200 km²(图 1,图 2)。区域构造位于川东南高陡构造区东北角,隶属于大巴山前缘坳陷带,被西面的川东高陡褶皱带、南部的七曜山高陡背斜和北面的南大巴山前陆褶皱带等三大构造带所夹持^[3]。晚石炭世黄龙期沉积具有西部为局限海湾而东部为开阔海,并与鄂西海槽相通的沉积格局^[7]。

研究区西部黄龙组不整合超覆于中志留统韩家店组暗色泥页岩之上(图 3),东部则整合于下石炭统河洲组陆源碎屑岩之上。黄龙组沉积后,由于受海西早期强烈构造隆升和侵蚀作用影响,大部区域黄龙组保存不全,其顶被下二叠统梁山组不整合超覆^[7]。通过对研究区内 10 口钻井取心段的系统描述和数条野外剖面实测,以及大量的薄片鉴定及古生物资料分析,把黄龙组由下而上划分为 3 个岩性段:一段(C_2hl^1)为去膏化或去白云化次生灰岩与泥—微晶白云岩互层组合,夹有次生灰质角砾岩;二段(C_2hl^2)的沉积特征在区域上存在较大差异,研究区西部为颗粒白云岩、粉—细晶白云岩和微晶白云岩互层组合,频

繁地夹有白云质角砾岩,东部由于处于开阔陆棚的深水区,主要发育有典型的深水瘤状灰岩,局部存在生物礁沉积;三段(C_2hl^3)为微—亮晶粒屑灰岩、粒屑微晶灰岩和泥—微晶灰岩互层组合,也夹有灰质角砾岩。需指出的是,各岩性段中呈夹层产出的灰质或白云质角砾岩都属于海西早期大气水侵蚀作用形成的古岩溶角砾岩^[4,15],虽然古岩溶作用强烈改变了黄龙组部分面貌,但角砾中残余的岩石结构、沉积构造和生物化石仍可提供部分的沉积相标志。

2 沉积相与层序地层学特征

2.1 沉积相特征

晚石炭世黄龙期的沉积相演化大致可以分为三个阶段^[7]:①早期(C_2hl^1)以沉积石膏、膏质白云岩和微晶白云岩为主的一套典型的萨勃哈沉积建造;②中期(C_2hl^2)海侵扩大,区域沉积各类白云岩,沉积相带沿着中央古隆起呈现较明显的分异,由东向西具有开阔海向局限海湾过渡的白云岩建造特征;③晚期(C_2hl^3)海域范围进一步扩大,整个海湾进入开阔的、正常的浅海沉积环境,形成微晶灰岩和颗粒灰岩所组成的海侵—海退的沉积旋回。需要指出的是,根据前人已有的认识^[3,7]和本次研究过程中对于深水沉积物等证据的发现(下文进行详述),认为:研究区东部细沙坝—七阳坝剖面一线已紧邻鄂西海槽^[3,7],为一

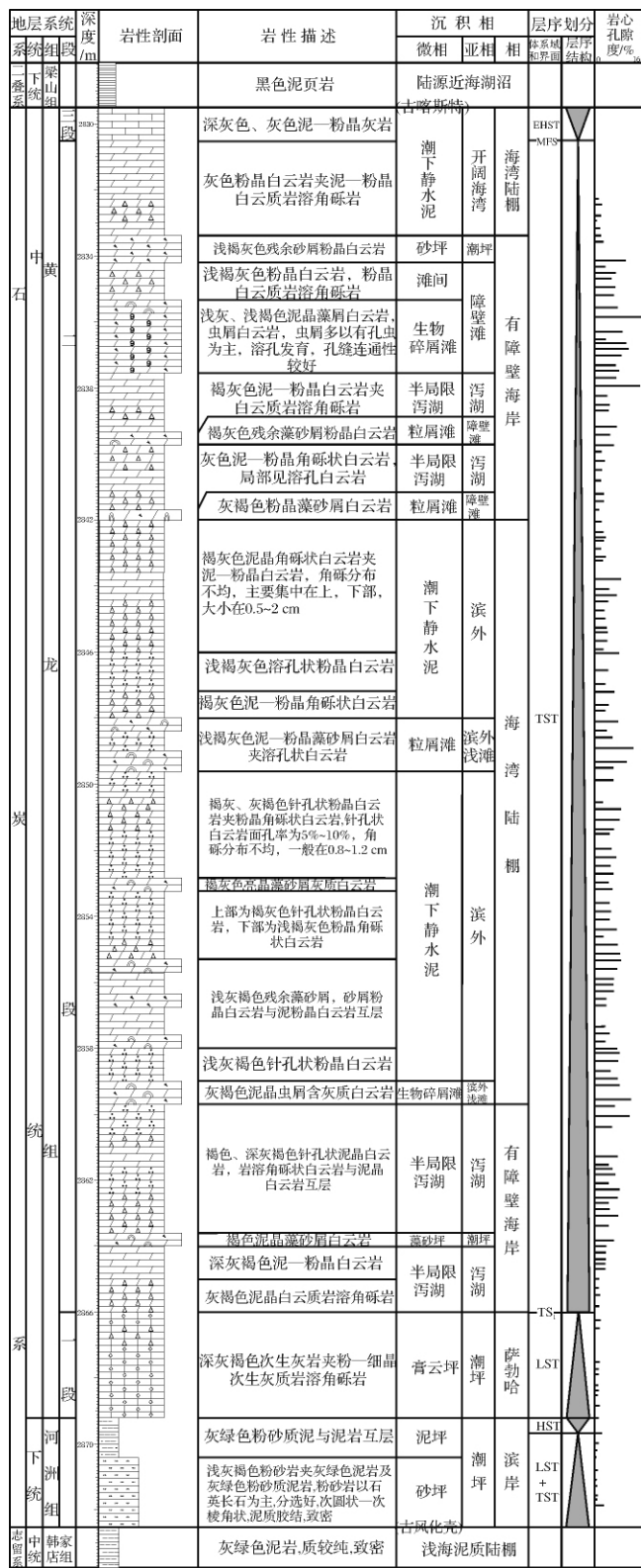


图3 石炭系沉积相—层序地层综合柱状图(乌1井)

Fig.3 Comprehensive column of sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Carboniferous(Well Wu 1)

较深水海域 因而其沉积相划分不宜再用海湾陆棚来定名,此处将该区命名为“开阔陆棚”,具有沟通川东—渝北海湾陆棚与鄂西海槽的通道性质(图4)。本文结合研究区黄龙组岩石学特征、古生物特征、岩心观察和野外剖面实测所取得的资料,提出了萨勃哈、有障壁海岸、海湾陆棚和开阔陆棚等相带的沉积相划分方案(表1),也是首次将此研究区内隶属于不同矿区的交接区域进行了详细的沉积相研究。

2.1.1 萨勃哈相带

主要发育于黄龙组一段(C_2hl^1),由蒸发泻湖、蒸发潮坪等亚环境组成。由于黄龙早期海侵规模较小,仅限于相对低凹且间歇有海水侵入的局限区域。研究区毗邻广海,大部分地区处在鄂西海槽海水进入川东—渝北海湾的通道内,古地貌相对低洼,因此,研究区内于黄龙组一段普遍发育有萨勃哈沉积环境。岩性主要为粉—细晶次生灰岩、次生灰质岩溶角砾岩、富含云次生灰岩等。该相带岩性致密,不利储层发育。

2.1.2 有障壁海岸相带

主要发育于黄龙组二段(C_2hl^2),三段不发育或剥蚀殆尽。剖面上往往由韵律交替的障壁滩、泻湖和潮坪等沉积亚相组成具有向上变浅的海侵—海退韵律旋回结构(图3)。障壁滩亚相岩性特征为亮晶(含)生物屑、藻砂屑和砂屑白云岩与粉—细晶白云岩互层夹微—粉晶白云岩,局部受古岩溶作用影响角砾化;潮坪亚相岩性为(含)藻屑、藻迹、砂屑微晶白云岩和泥—微晶白云岩,局部潮坪遭受暴露,蒸发作用影响也形成少量石膏岩,钻井中黄龙组二段偶见含膏微晶白云岩;泻湖亚相主要以半局限泻湖微相为主,岩性为微晶白云岩及微晶白云质岩溶角砾岩。该相带中的障壁滩亚相平均孔隙度达5.02%,为最有利储层发育相带。

2.1.3 海湾陆棚相带

海湾陆棚即浅海陆棚沉积相带,考虑到研究区西部的古地理背景仍为一相对局限的海湾,故称之为海湾陆棚相带,由局限和开阔海湾、滨外浅滩等亚相组成(表1)。

1) 局限海湾陆棚亚相

系指地理上或水动力上受到限制的一种潮下浅水低能的碳酸盐沉积环境,主要发育于黄龙组二段,在巫峡剖面中一段也有所发育。研究区主要为泻湖微相,发育于障壁岛后受保护的潮下低能带,以微晶白云岩和少量生物碎屑、颗粒白云岩为特征。

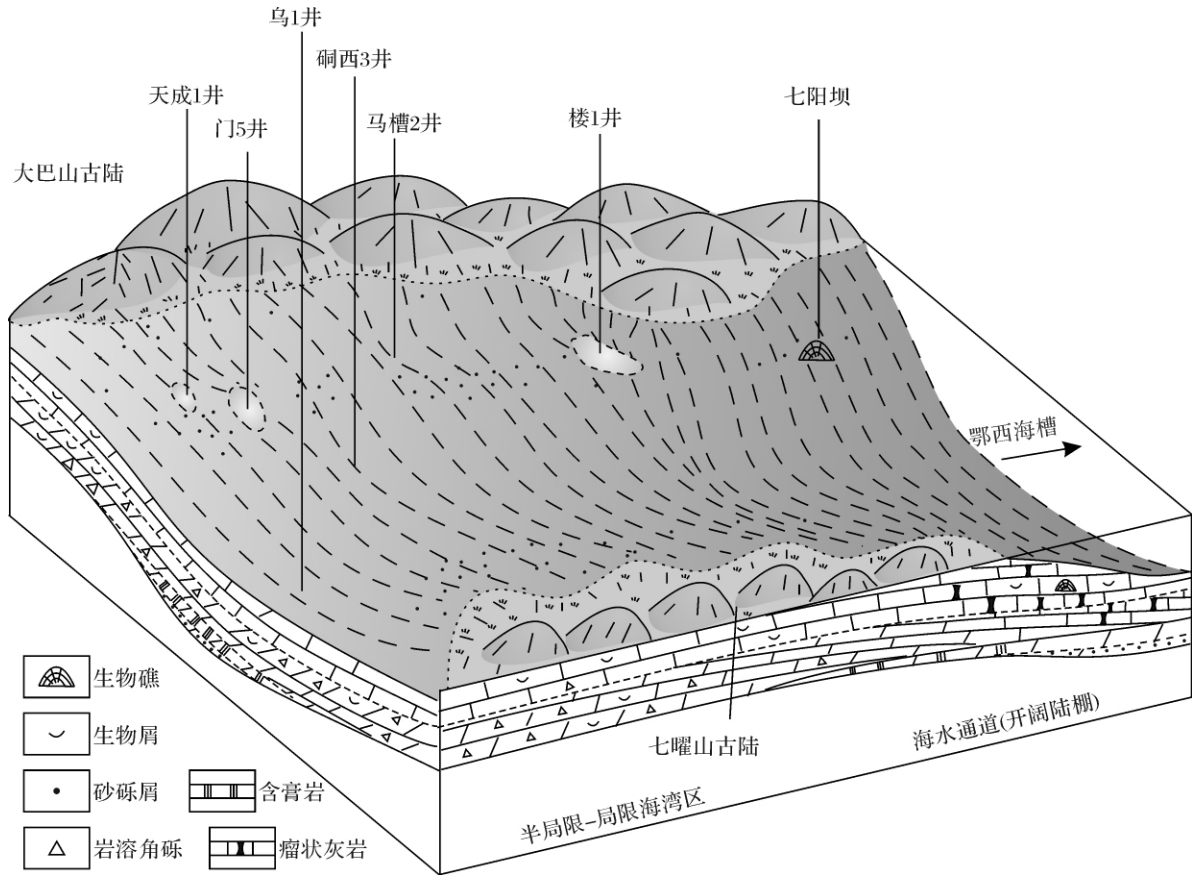


图 4 渝东—鄂西地区石炭系沉积相模式示意图

Fig. 4 The sedimentary facies model of Carboniferous in Eastern Chongqing – Western Hubei area

表 1 渝东—鄂西地区石炭系黄龙组沉积相划分简表

Table 1 Sedimentary facies classification of the Huanglong Formation in Eastern Chongqing – Western Hubei area

沉积相	亚相	微相	岩性特征
开阔陆棚	浅水陆棚	潮下静水泥、珊瑚点礁、粒屑滩	含生物屑(大)瘤状灰岩,生物屑灰岩,砂屑灰岩,珊瑚礁灰岩(七阳坝剖面)
	深水陆棚	深水陆棚泥	(小)瘤状灰岩(七阳坝、长梁子剖面)
海湾陆棚	开阔海湾	潮下静水泥	泥—粉晶白云质岩溶角砾岩,泥—粉晶白云岩,生物屑灰岩,残余砂屑灰岩,藻砂屑灰岩
	滨外浅滩	粒屑滩、滩间	砂砾屑白云岩,生物屑白云岩,藻砂屑白云岩,泥昆虫屑白云岩,含生物屑、砂砾屑灰岩
有障壁海岸	局限海湾	泻湖	泥—粉晶白云岩,白云质岩溶角砾岩,泥—粉晶含灰白云岩,细粉晶白云岩,泥晶白云岩
	潮坪	藻坪、砂坪、云坪	溶孔状藻屑、藻迹白云岩,藻砂屑泥—粉晶白云岩,泥—粉晶白云岩
	泻湖	半局限泻湖	微—粉晶白云岩
	障壁滩	粒屑滩、生物碎屑滩、滩间	微—粉晶白云质岩溶角砾岩,藻砂屑泥—粉晶白云岩,虫屑白云岩,溶孔白云岩,亮晶生物屑白云岩
萨勃哈	蒸发潮坪	膏云坪、砂坪	次生晶粒灰岩和石盐假晶次生灰质云泥岩,砂屑白云岩
	蒸发泻湖	膏盐湖	石膏岩,云石膏

2) 开阔海湾陆棚亚相

系指远离沉积高地或古陆的正常浅海区域,是黄龙组三段高水位早期的主要沉积相类型。在开阔海湾中,浪基面以下为潮下静水泥微相,主要沉积微晶灰岩、(含)颗粒微晶灰岩,颗粒组分以球粒和少量生物屑为主。

3) 滨外浅滩亚相

系指浪基面之上为有波浪和潮汐作用的浅滩沉积,可细分为粒屑滩和滩间两微相,散布于开阔海湾陆棚中。粒屑滩微相受原始基底或沉积高地控制的正地形微地貌影响,岩性以微—亮晶颗粒灰岩或白云岩为主,颗粒以窄盐度组合的生物屑为主,偶含鲕粒

和砂、砾屑、藻团粒。粒屑滩之间为滩间沉积,往往由含生物屑的微—粉晶灰岩或白云岩组成。

该相带以滨外粒屑滩储集物性最好,平均孔隙度3.67%,为有利储层发育相带。

2.1.4 开阔陆棚相带

系指相对于川东—渝北海湾陆棚水体更深和更开阔的、与鄂西海槽相通的广海水域,发育于巫峡—长梁子—茶山一带,根据沉积水深(以20 m左右为界)和沉积物特征,可划分为浅水陆棚和深水陆棚亚相(表1)。

1) 浅水陆棚亚相

进一步划分为点礁、粒屑滩和潮下静水泥3个微相:点礁微相仅见于七阳坝剖面,主要为珊瑚礁灰岩,造礁生物以星珊瑚、刺毛珊瑚为主的群体珊瑚^[6],附礁生物见有海百合、腕足、苔藓虫和腹足类等;粒屑滩微相在细沙坝、长梁子和七阳坝剖面均有发育,岩性为生物屑灰岩和砂屑白云岩;潮下静水泥以微晶灰岩为主。

2) 深水陆棚亚相

岩性以大或小的瘤状灰岩为主,富含海百合、腕足、苔藓虫、珊瑚和腹足等化石,在七阳坝和长梁子剖面均有发育,在七阳坝剖面中还伴生有反映深水环境和低沉积速率特征的硬底构造,为印证川东海湾与广海连通的重要证据。该相带岩性普遍很致密,不利储层发育。

已有的黄龙组白云岩储层成因研究成果表明^[7,18],上述诸亚相和微相中的泥—微晶白云岩和含膏微晶白云岩都属于无争议的准同生萨勃哈成因,为不利储层发育的岩性,而各类亮晶颗粒白云岩与粉—细晶白云岩属于成岩期交代成因的埋藏白云岩,为最有利储层发育的岩石类型。

2.2 层序地层划分及特征

渝东—鄂西地区晚志留世受加里东运动影响上隆抬升为陆地,志留系普遭剥蚀,海西期华南海水由南向北、自东向西波动式侵入,在本区范围内没有泥盆系保留,沉积了晚石炭世大面积分布的黄龙组^[7,10]。根据大量岩心观察和岩石学与沉积相分析,结合区域地质背景资料,将黄龙组划分为1个三级I型层序和分别相当于 C_2hl^1 、 C_2hl^2 和 C_2hl^3 三个岩性段的低位体系域、海侵体系域和早期高位体系域(图3)。其中 C_2hl^1 属于低水位上超蒸发岩, C_2hl^2 具有逐渐向古陆上超扩大的渐进式阶梯状海侵序列,海湾内以发育半局限—局限海湾陆棚沉积,古陆边缘则以发

育滨岸沉积体系为主; C_2hl^3 代表海域范围进一步向古陆上超和扩大的正常浅海沉积环境,发育浅海陆棚与有障壁海岸沉积组合。

3 层序—岩相古地理展布特征

3.1 层序—岩相古地理编图技术

层序—岩相古地理编图是编制等时岩相古地理图的新技术方法,其最大的特点是将岩相古地理研究与层序地层学研究紧密结合起来,利用层序界面和其它关键界面的等时性质,以体系域、相域和层序为编图单元编制岩相古地理图,可有效地提高所编图件的时间精度和区块预测与评价水平^[11,12]。

为了突出研究区黄龙期沉积环境的演化特征和相带展布规律,特别是有利储层发育的粒屑滩分布特征,本文在单剖面沉积相分析和层序地层对比的基础上(图5),以层序界面和最大海泛面为等时界面,以体系域为等时地层编图单元,取优势相为编图要素,结合同时期地层等厚图、颗粒岩等厚图、白云岩等厚图等基础图件,分别编制黄龙组各体系域层序—岩相古地理图,非常精细地描述黄龙组沉积环境和有利相带展布特征。

3.2 层序—岩相古地理特征

3.2.1 低位体系域(LST)岩相古地理特征

该时期,位于南大巴山古陆前缘带的研究区^[12],古地形呈北高南低、西高东低构造格局,受鄂西海由鄂西自东向西侵入影响,渝东地区为一套海侵初期的低水位体系域沉积相带(图6)。由于研究区总体上为一相对局限的海湾环境,海水初始由南东方向侵入相对低洼的区域,大部分古陆,包括黑楼门构造,奉节县向东至巫山、向南一直到湖北恩施茶山—三岔河一带等地区仍处于暴露环境,典型的还有门5井区和天成1井区属于石炭系地层剥蚀缺失区。研究区中西部如云阳、开县和万县一带以及马槽坝构造区均有海水侵入,但水体普遍很浅,主体处于蒸发潮坪环境,茨竹垭构造以东,位于工区南部的蒸发潮坪沉积环境内的相对低洼部位发育有咸化泻湖微相沉积,呈拇指状展布;在研究区东南部水体相对深一些,但由于蒸发作用强烈,水体咸化程度仍很高,在局部地区如细沙坝和七阳坝也发育有咸化泻湖微相沉积。另外,在巫峡附近为相对孤立的蒸发潮坪沉积环境,并有向东至鄂西方向延伸趋势。整体上看,在黄龙组一段低位体系域沉积期,研究区碳酸盐岩沉积厚度薄,沉积环境较

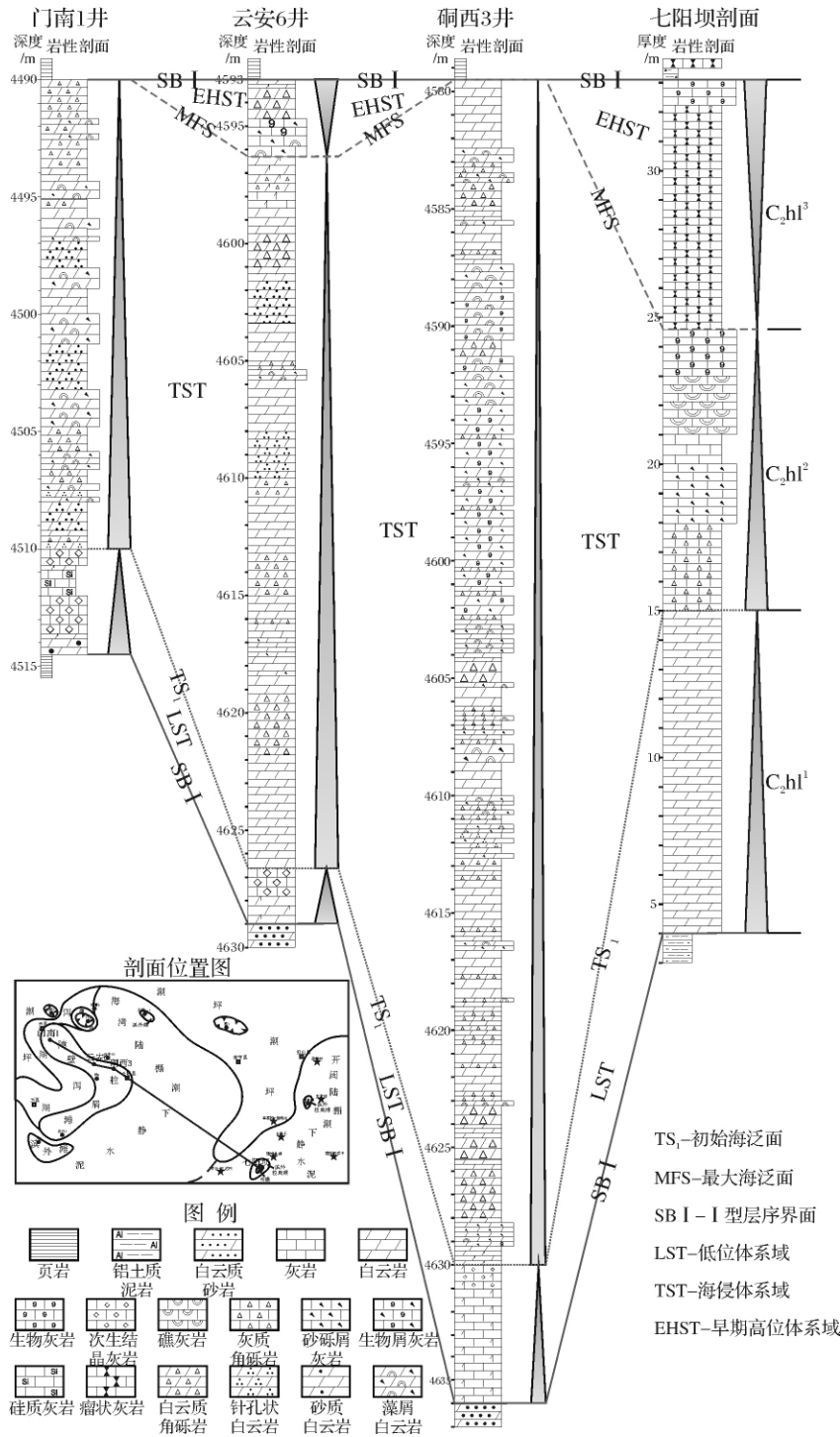


图 5 研究区黄龙组层序地层对比和地层格架图

Fig. 5 The sequence stratigraphic correlation and framework of Huanglong Formation in the study area

单一, 大部分区域主要为蒸发潮坪环境, 局部相对低洼部位为咸化泻湖环境。

3.2.2 海侵体系域 (TST) 岩相古地理特征

此时为鄂西海水广泛海侵时期, 海水大面积向古陆退积, 研究区总体上处于淹没状态, 仅在天成 1

井区、门 5 井区和楼 1 井区地层剥蚀殆尽。相对低位沉积期, 水体明显变深, 研究区以发育海湾陆棚沉积体系为主 (图 7)。靠近南大巴山前缘的马槽坝构造北端和黑楼门构造带, 向南一直延伸到湖北至喜桥—抱峰山和茶山—三岔河地区, 由于处于构造高部位,

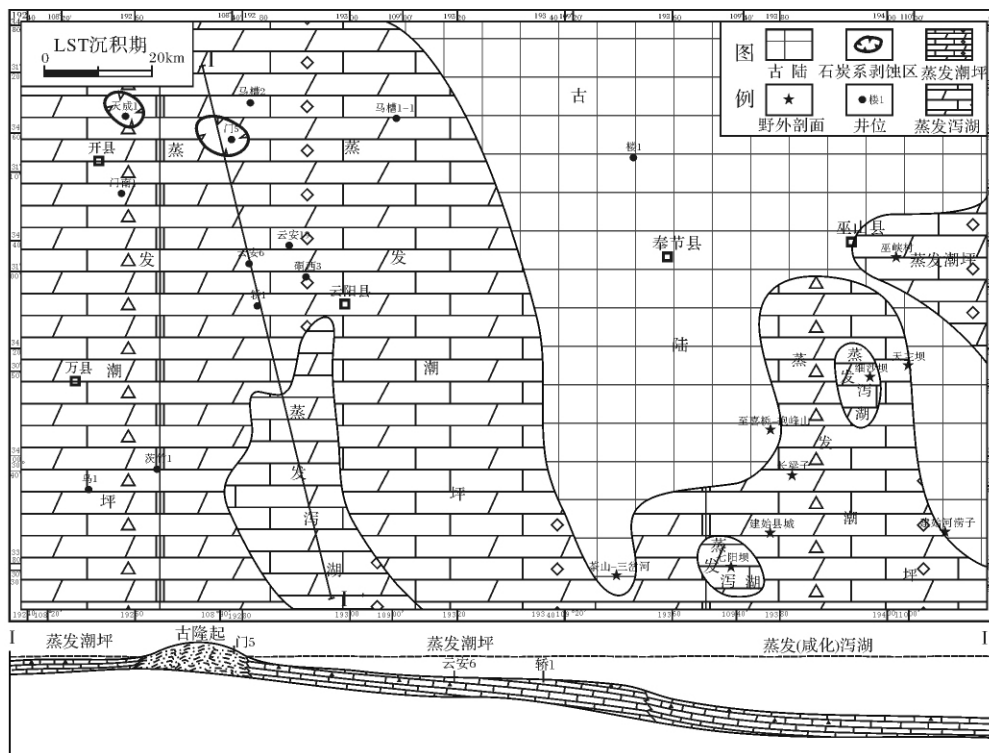


图6 渝东—鄂西地区黄龙组层序 LST(C_2h^1) 岩相古地理图

Fig.6 Lithofacies paleogeographic map of LST(C_2h^1) of Huanglong Formation sequence in Eastern Chongqing-Western Hubei area

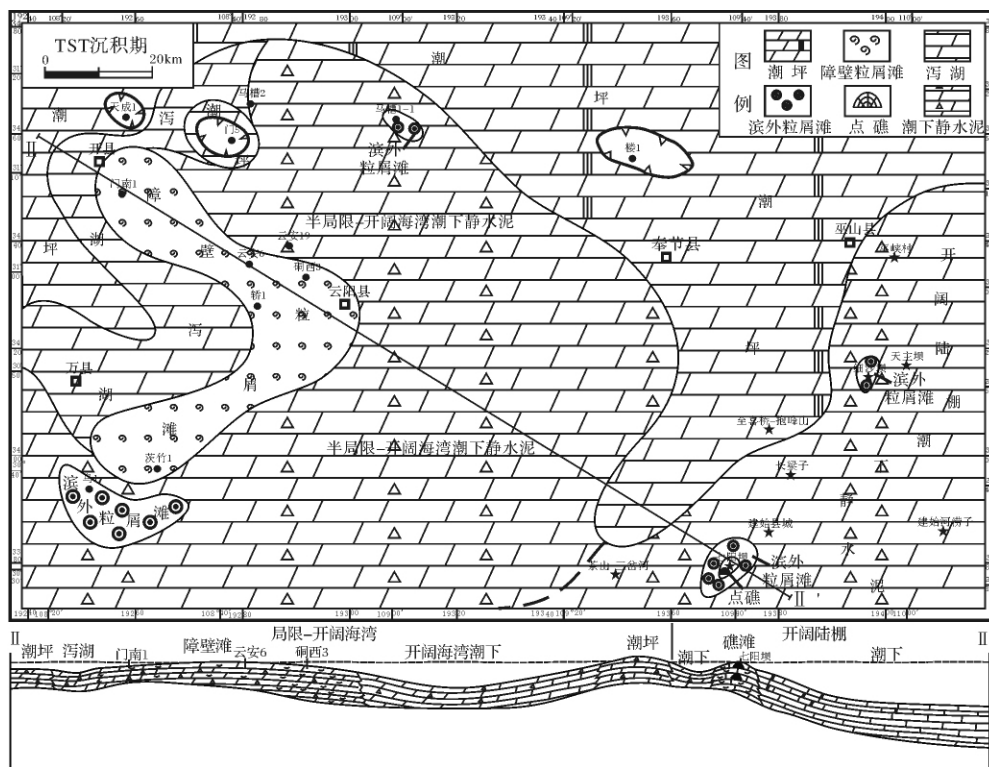


图7 渝东—鄂西地区黄龙组层序 TST(C_2h^2) 岩相古地理图

Fig.7 Lithofacies paleogeographic map of TST(C_2h^2) of Huanglong Formation sequence in Eastern Chongqing-Western Hubei area

水体浅, 沉积厚度较薄, 主要为潮坪沉积环境; 在西部门南 1 井—云安 6 井—碛西 3 井—轿 1 井—茨竹 1 井所限的区域发育障壁粒屑滩沉积, 在平面上呈“>”型展布, 岩性为褐灰色、浅灰色泥—粉晶白云岩溶角砾岩, 藻砂屑泥—粉晶白云岩, 溶孔白云岩和亮晶生物屑白云岩, 已成为研究区最重要的储集微相类型; 研究区西部障壁粒屑滩和潮坪环境之间为泻湖沉积区, 主要以不规则“S”状沿开县—万县一带呈南北向展布; 深水区主要有两处, 在研究区东南部由于靠近鄂西海, 水体最深, 为开阔陆棚沉积环境, 沉积低能的潮下静水泥, 向西受构造局限影响, 水体变浅为半局限—开阔海湾沉积环境, 也以相对低能的潮下静水泥沉积为主, 在这些深水碳酸盐岩沉积区的局部地貌高点, 零星有滨外粒屑滩沉积, 如马槽 1-1 井区、乌 1 井区、细沙坝和七阳坝地区附近均有发育, 在七阳坝还偶见珊瑚点礁沉积。该时期, 发育于构造带边缘的障壁粒屑滩和潮下环境中的滨外粒屑滩都是非常有利储层发育的相带。

3.2.3 早期高位体系域(EHST) 岩相古地理特征

海侵期形成的大面积潮坪环境和泻湖微相沉积区在该时期已成为剥蚀缺失区, 且区域分布面积较大, 主要位于工区马槽 2—碛西 3—茨竹 1 井区以西

大部分地区以及工区东北部黑楼门构造带—巫山—至喜桥—茶山等地区(图 8), 沿这些构造高部位剥蚀区一带发育有潮坪沉积, 并呈带状环绕黑楼门—巫山构造剥蚀区展布。相对低洼构造部位仍然为开阔海湾和浅海陆棚沉积环境, 其中开阔海湾沉积环境在工区中偏西部横贯南北穿出图外, 跨越马槽坝构造、云阳向斜和龙驹坝等多个构造区, 浅海陆棚沉积区主要位于工区东南部的建始县城附近, 受海退影响, 这些相对深水碳酸盐岩沉积范围大幅度缩小, 并见有滨外粒屑滩零星分布, 如马槽 1-1 井区和建始七阳坝附近发育有小面积呈椭圆状平面展布的滨外粒屑滩沉积; 另外, 在工区西部云安 6—轿 1 井区和乌龙场乌 1 井区为相对低洼部位, 也有小范围的开阔海湾陆棚潮下静水泥沉积, 且在云安 6 井区也有滨外粒屑滩发育。总体上看, 现今保存的黄龙组三段分布范围明显小于二段的分布范围。

需要指出的是, 晚石炭世晚期研究区受海西早期的云南运动影响隆升为陆, 黄龙组因而遭受到强烈的风化剥蚀影响而保存不全, C_2hl^3 段被大面积剥蚀, 部分古隆起上的黄龙组部分或全部剥蚀殆尽, 形成了黄龙组顶部的古喀斯特地貌及层内的古岩溶体系, 至早二叠世才重新接收梁山组陆缘近海湖沼相的含煤黑

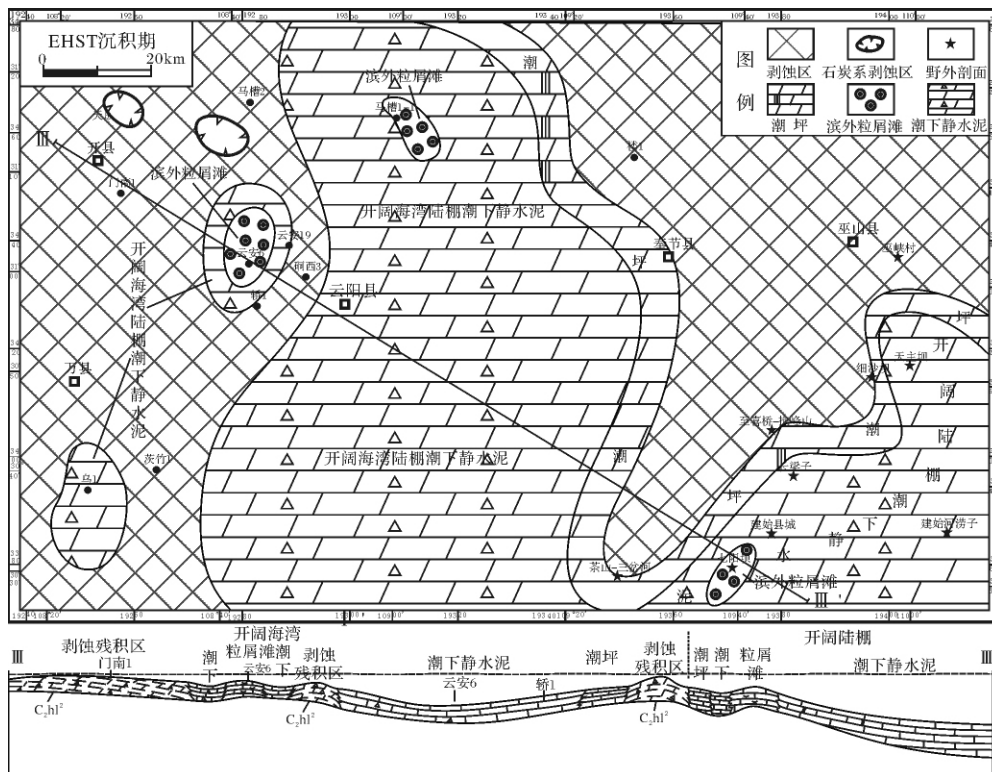


图 8 渝东—鄂西地区黄龙组层序 EHST(C_2hl^3) 岩相古地理图

Fig. 8 Lithofacies paleogeographic map of EHST(C_2hl^3) of Huanglong Formation sequence in Eastern Chongqing-Western Hubei area

色泥页岩沉积。

4 结论

通过上述研究,对渝东—鄂西地区石炭系黄龙组层序—岩相古地理特征有如下认识:

(1) 石炭系黄龙组一段以发育萨勃哈沉积相为主,二段和三段以发育有障壁海岸—海湾陆棚—开阔陆棚为主,各沉积微相的岩石组合特征各异,连通川东海湾沉积区和鄂西开阔广海的海水通道的发现,对深化认识该地区沉积相特征和相带展布规律具有重要意义;与三个岩性段相对应,可将黄龙组 I 型层序分别划分为 LST、TST 和 EHST 三个体系域。

(2) LST 时期,研究区主体处于古陆边缘的相对局限的海湾环境,海水间断进入相对低洼区域,受干旱的古气候影响以发育蒸发泻湖和蒸发潮坪为主;TST 时期,受广泛海侵海水大面积向古陆退积,研究区呈现潮坪—泻湖—障壁粒屑滩—开阔海湾陆棚的递变演化规律;EHST 时期,海域继续扩大,随着海水的缓慢上升到下降,在研究区沉积了一套障壁滩向开阔潮下递变的沉积序列;LHST 受表生期岩溶作用影响沉积记录剥蚀殆尽。

(3) 海侵期形成的障壁粒屑滩和滨外粒屑滩为区域上最有利的储层发育的相带,由各类粒屑滩相的颗粒灰岩经成岩期埋藏白云岩化改造后形成的颗粒白云岩和晶粒白云岩更有利于储层发育,而最有价值的优质古岩溶储层(包括溶孔颗粒白云岩和溶孔晶粒白云岩,白云质岩溶角砾岩),往往是在粒屑滩相的颗粒白云岩和晶粒白云岩基础上,在相当海西早期的古表生期经大气水溶蚀而成。

参考文献(References)

- 郭一华. 川东地区石炭系储层成岩作用和天然气成藏规律 [J]. 西南石油学院学报, 1994, 16(1): 1-10 [Guo Yihua. The pool-formed rule of natural gas and diagenesis of Carboniferous reservoir in East Sichuan [J]. Journal of Southwestern Petroleum Institute, 1994, 16(1): 1-10]
- 钱铮, 黄先雄. 碳酸盐岩成岩作用及储层: 以川东石炭系为例 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2000, 19-41 [Qian Zheng and Huang Xianxiong. Carbonate Diagenesis and Reservoirs of the Carboniferous in the East Part of Sichuan Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000: 19-41]
- 陈宗清. 川东中石炭世黄龙期沉积相及其与油气的关系 [J]. 沉积学报, 1985, 3(1): 71-80 [Chen Zongqing. Sedimentary facies during Huanglong Stage of Mid-Carboniferous in eastern Sichuan and its correlation with oil and gas [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1985, 3(1): 71-80]
- 陈宗清. 扬子区石炭纪黄龙期沉积相 [J]. 沉积学报, 1990, 8(2): 23-31 [Chen Zongqing. Huanglongqi sedimentary facies in the Yangtze region [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1990, 8(2): 23-31]
- 陈宗清. 川东石炭系地层—构造复合圈闭气藏的预测、分类和评价 [J]. 石油学报, 2000, 21(3): 25-30 [Chen Zongqing. Forecast, classification and assesment for gas reservoirs of Carboniferous stratigraphic structural combination traps in Eastern Sichuan [J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(6): 25-30]
- 李淳. 川东地区上石炭统碳酸盐岩成岩作用 [J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1998, 22(5): 19-22 [Li Chun. Carbonate rock diagenesis of upper Carboniferous in the east of Sichuan province [J]. Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science, 1998, 8(2): 23-31]
- 郑荣才, 李德敏, 张哨楠. 川东黄龙组天然气储层的层序地层学研究 [J]. 沉积学报, 1995, 13(增刊): 1-9 [Zheng Rongcai, Li Demin, Zhang Shaonan. A study on sequence, stratigraphy of the Huanglong Formation, Upper Carboniferous in Eastern Sichuan [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13: 1-9]
- 黄尚瑜, 宋焕荣. 川东石炭系岩溶形成演化环境 [J]. 成都理工大学学报, 1997, 24(增刊), 128-135 [Huang Shangyu, Song Huanrong. The environment of formation and evolution of the Carboniferous karst in east-Sichuan [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1997, 24(Suppl.), 128-135]
- 钱铮. 川东石炭系碳酸盐岩沉积环境探讨 [J]. 天然气工业, 1999, 19(4): 19-22 [Qian Zhen. Depositional environment of Carboniferous carbonate rocks in East Sichuan [J]. Natural Gas Industry, 1999, 19(4): 19-22]
- 李忠, 雷雪, 宴礼. 川东石炭系黄龙组层序地层划分及储层特征分析 [J]. 石油物探, 2005, 44(1): 39-43 [Li Zhong, Lei Xue and Yan Li. The division of sequence stratigraphy and analysis of reservoir characteristics in Huanglong Formation of Carboniferous in east Sichuan area [J]. Geophysical Prospecting For Petroleum, 2005, 44(1): 39-43]
- 田景春, 陈洪德, 覃建雄, 等. 层序—岩相古地理图及其编制 [J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(1): 6-12 [Tian Jingchun, Chen Hongde, Qin Jianxiong. Case study of sequence-based lithofacies-paleogeography research and mapping of south China [J]. Journal of Earth Science and Environmental, 2004, 26(1): 6-12]
- 李国军, 郑荣才, 唐玉林, 等. 川东北地区飞仙关组层序—岩相古地理特征 [J]. 岩性油气藏, 2007, 19(4): 64-70 [Li Guojun, Zheng Rongcai, Tang Yulin. Sequence-based lithofacies and paleogeography of Lower Triassic Feixianguan Formation in northeastern Sichuan Basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(4): 64-70.]
- 韩应钧, 丁玉兰. 大巴山南缘中岗岭—黑楼门剪切断裂带识别及其勘探实践中的意义 [J]. 天然气工业, 2002, 40-45 [Han Yingjun, Ding Yulan. Identification of Zhonggangling-heiloumen shear fault zone along the southern margin of Daba Mountains and its significance in exploration practice [J]. Natural Gas Industry, 2002, 40-45.]
- 郑荣才, 张哨楠, 李德敏. 川东黄龙组角砾岩成因及其研究意义

- [J]. 成都理工学院学报, 1996, 23(1): 8-18. [Zheng Rongcai, Li Demin and Zhang Shaonan. Origin and significance of breccias in the Upper Carboniferous Huanglong Formation, Eastern Sichuan [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1996, 23(1): 8-18]
- 15 蓝江华. 四川盆地大池干井构造带石炭系古岩溶储层成因模式 [J]. 成都理工学院学报, 1999, 26(1): 23-27 [Lan Jianghua. The genetic model of paleokarst controlled reservoir of Carboniferous system in the Dachiganjing tectonic belt, Sichuan Basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1999, 26(1): 23-27]
- 16 常洪伦, 董旭明, 巩恩普, 等. 黔南晚石炭世珊瑚礁生态系统研究 [J]. 沉积学报, 2008, 26(6): 904-912 [Chang Honglun, Dong Xunming, Gong Enpu, et al. Research on coral reef ecosystem of the Late Carboniferous in the southern Guizhou [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(6): 904-912.]
- 17 胡忠贵, 郑荣才, 文华国, 等. 川东邻水—渝北地区石炭系黄龙组白云岩成因 [J]. 岩石学报, 2008, 24(6): 1369-1378 [Hu Zhonggui, Zheng Rongcai, Wen Huaguo, et al. Dolostone genesis of Huanglong Formation of Carboniferous in Linshui of eastern Sichuan-Northern Chongqing area [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(6): 1369-1378]
- 18 郑荣才, 胡忠贵, 郑超, 等. 渝北—川东地区黄龙组古岩溶储层稳定同位素地球化学特征 [J]. 地学前缘, 2008, 15(6): 303-311 [Zheng Rongcai, Hu Zhonggui, Zheng Chao, et al. Geochemical characteristics of stable isotopes in paleokarst reservoirs in Huanglong formation in northern Chongqing-eastern Sichuan area [J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(6): 303-311]

Sequence-Lithofacies Paleogeographic Study on Huanglong Formation in Eastern Chongqing Western Hubei Area

HU Zhong-gui^{1,2} ZHENG Rong-cai³ WEN Hua-guo³ ZHANG Bing³ WEN Qi-bing⁴

(1. Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources of the Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou Hubei 434023;

2. College of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou Hubei 434023;

3. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

4. Chongqing Gas District of Southwest Oil and Gas Company of CNPC, Chongqing 400021)

Abstract Due to intensive tectonic uplift and denudation affection in early Hercynian, the majority of the study area only keeps unsound Huanglong Formation of Upper Carboniferous in Eastern Chongqing-Western Hubei area. The Huanglong Formation is one of the most important natural gas reservoirs in the eastern Sichuan area and one of the most favourite horizons for exploring new gas sources. Based on core description, measured crosssection and thin section analysis, and combined with sedimentary marks of lithology, palaeontology, logging analysis, and so on., the Huanglong Formation is divided into four main sedimentary facies: sabkha, beach-barrier coast, gulf shelf and open shelf. During the field investigation, passageway of sea water connecting the gulf of the eastern Sichuan-northern Chongqing with open sea of the western Hubei has been found, which has important meaning to further understand the regional sedimentary facies. On the basis of sequence stratigraphy, and used the three system tracts: LST, TST and EHST as the mapping units, three paleogeographic maps have been mapped and lithofacies paleogeographic characteristics of each system tract has been described. Combined with the reservoir characteristics of all sorts of sedimentary facies, the barrier grain beach and offshore grain beach are thought to be the most favourite reservoir facies.

Key words the eastern Chongqing western Hubei area; Huanglong formation of Carboniferous; sedimentary facies; sequence-paleogeography