

# 川东邻水—渝北地区石炭系 层序—岩相古地理特征

胡忠贵<sup>1,2</sup> 郑荣才<sup>3</sup> 胡明毅<sup>1,2</sup> 胡九珍<sup>4</sup> 郑 超<sup>5</sup>

(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,四川 成都 610059;4.长江大学工程技术学院,湖北 荆州 434023;5.中国石油西南油气田分公司重庆气矿,重庆 400021)

**摘要:**川东邻水—渝北地区由于受海西早期强烈构造隆升和侵蚀作用影响,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,也是邻区寻找新气源最有利层位之一。本文根据岩心观察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、有障壁海岸和海湾陆棚等沉积相带,进一步划分出若干亚相和微相。应用 Vail 为代表的经典层序地层学原理及其技术方法将黄龙组划分为 1 个 I 型三级层序,细分为 LST、TST 和 HST 3 个体系域。在详尽沉积相和层序地层研究的基础上,以体系域为单位进行了层序—岩相古地理编图并对其演化特征进行了描述。结合各相带储层物性特征,认为障壁滩和滨外浅滩为最有利储集相带。

**关键词:**川东邻水—渝北地区;石炭系黄龙组;沉积相;层序—岩相古地理

**中图分类号:**P539.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2010)05-1383-10

川东地区石炭系黄龙组自 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<sup>[1-8]</sup>。然而,作为该地区主力产层的黄龙组经过 20 多年的勘探开发,自 2001 年以来,以石炭系为主要产层的川东地区储采比逐年下降,外围勘探范围受限,加强对川东腹地石炭系的深化勘探和基础地质研究,已显得更加迫切和必要。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<sup>[9-10]</sup>、李淳<sup>[11]</sup>等认为黄龙组属于海湾潮坪或陆表海沉积体系,郑荣才等<sup>[12]</sup>解释为萨勃哈—有障壁海岸—海湾陆棚沉积体系,黄尚瑜等<sup>[10]</sup>解释为萨勃哈—有障壁海岸沉积体系,钱峥<sup>[13]</sup>解释为蒸发膏湖—咸化潟湖—陆表海开阔台地沉积体系,李忠等<sup>[14]</sup>解释为受障壁复杂化的海湾潮坪—开阔潮下沉积体系。众多学者对于川东地区沉积相的研究尚未有完全统一的认

识,特别是古陆边界的确认大多为推测所得。笔者以区域地质背景、大量岩心、测井资料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<sup>[15]</sup>,深入研究了靠近古陆的川东邻水—渝北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,为进一步开展该区的基础研究提供了基础。

## 1 地质概况

川东邻水—渝北地区位于四川省东部和重庆市北部,地理位置上跨越了重庆市的渝北区、北碚区和四川省东部的邻水县、华蓥山市。研究区包括邻北、板东、板桥、座洞崖、铜锣峡、相国寺、相东和环山等次一级构造,面积约 3910 km<sup>2</sup>(图 1)。

与邻区相比,包括研究区在内的广大川东地区石炭系由于受海西早期强烈构造隆升和侵蚀作用影

收稿日期:2009-10-08;改回日期:2009-12-16

基金项目:长江大学科研发展基金项目(801130010116)和中国石油西南油气田分公司重庆气矿科研项目(K06-5)资助。

作者简介:胡忠贵,男,1979 年生,博士,讲师,主要从事储层沉积学方面的研究工作;E-mail:xgz1978127@tom.com。

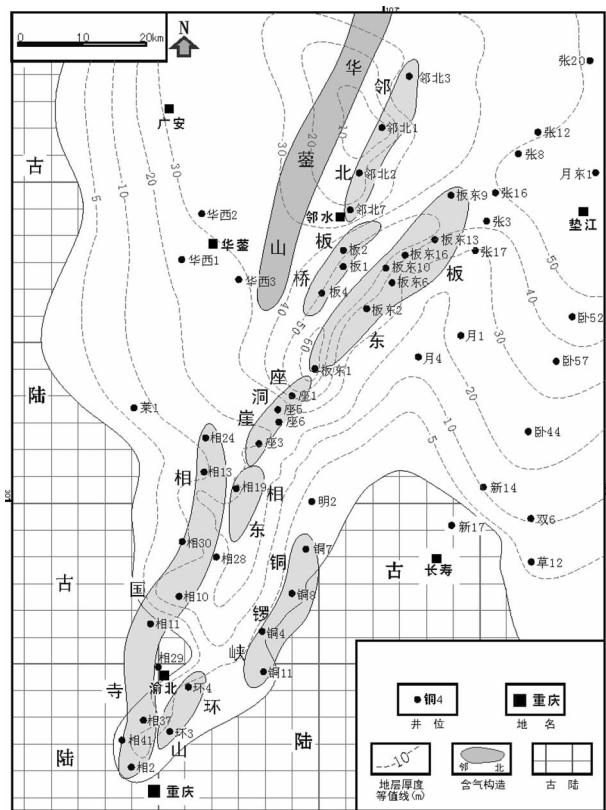


图 1 研究区概况及黄龙组残余地层等厚图  
Fig.1 Overview of the study area and isopach map of remnant strata of Huanglong Formation

响,下石炭统和上石炭统下部河洲组大部分缺失(图2),仅残存不完整的上石炭统黄龙组不整合超覆于中志留统韩家店组暗色泥页岩之上,其顶被下二叠统梁山组不整合超覆(图3)<sup>[1,2]</sup>。通过对研究区内30口钻井黄龙组取心井段的岩心系统描述,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( $C_2h^l$ )为去膏化或去白云化次生灰岩与泥-微晶白云岩互层组合,夹有次生灰质岩溶角砾岩;二段( $C_2h^p$ )为颗粒白云岩、粉-细晶白云岩和微晶白云岩互层组合,常夹有白云质岩溶角砾岩;三段( $C_2h^f$ )为亮晶粒屑灰岩、微亮晶粒屑灰岩与粒屑微晶灰岩和泥-微晶灰岩互层组合,也常夹有灰质岩溶角砾岩<sup>[3]</sup>。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<sup>[3,16]</sup>,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 沉积相特征

晚石炭世的沉积相演化大致可以分为3个阶段:(1)早期( $C_2h^l$ )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( $C_2h^p$ )海侵扩大,区域沉积各类白云岩,开始出现较明显的沉积相分异,特别是中央古隆起区域相带分异明显,具有典型的开阔-局限海沉积序列的白云岩建造特征;(3)晚期( $C_2h^f$ )海域范围进一步扩大,整个陆棚海湾进入正常浅海沉积环境,形成微晶灰岩和颗粒灰岩所组成的海侵-海退沉积旋回为主,显示典型的开阔海碳酸盐岩沉积特征(图4)<sup>[4-6]</sup>。结合研究区上石炭统黄龙组地层的岩石学特征、古生物特征及岩心观察所取得的资料,笔者提出如表1所示的沉积相划分方案。

### 2.1 萨勃哈相

萨勃哈是指“被盐浸透”的盐沼地,主要发育在干旱气候条件下的潮坪沉积,具有气候炎热干旱,纯蒸发量很高,海岸地势平坦、地下水水面很浅等特点<sup>[7]</sup>。该相主要发育于黄龙组一段( $C_2h^l$ ),由蒸发潮坪和蒸发潟湖2种亚相组成。岩性主要为粉-细晶次生灰岩、次生灰质岩溶角砾岩、含膏含云次生灰岩等。通过薄片观察,方解石中可见到原始白云石结构,可见其沉积期原岩为白云岩,成岩早期被压溶,形成压溶角砾,在成岩晚期去云化(方解石化)并重结晶形成大小不等、透明度好的和晶形好的方解石,在角砾内及角砾间皆有分布。该相带岩性致密,不利储层发育。

### 2.2 有障壁海岸相

主要发育于黄龙组二段( $C_2h^p$ ),在三段偶发育或剥蚀殆尽。剖面上往往由韵律交替的障壁滩、潟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。障壁滩亚相可细分为粒屑滩和滩间微相,为(含)亮晶生物屑、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;潮坪亚相细分为藻坪、砂坪和云坪微相,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;潟湖亚相主要以半局限潟湖微相为主,为微晶白云岩及微晶白云质岩溶角砾岩。该相带中的障壁粒屑滩微相平均孔隙度达5%(该区有效孔隙度下限为2.5%),为最有利储层发育相带。

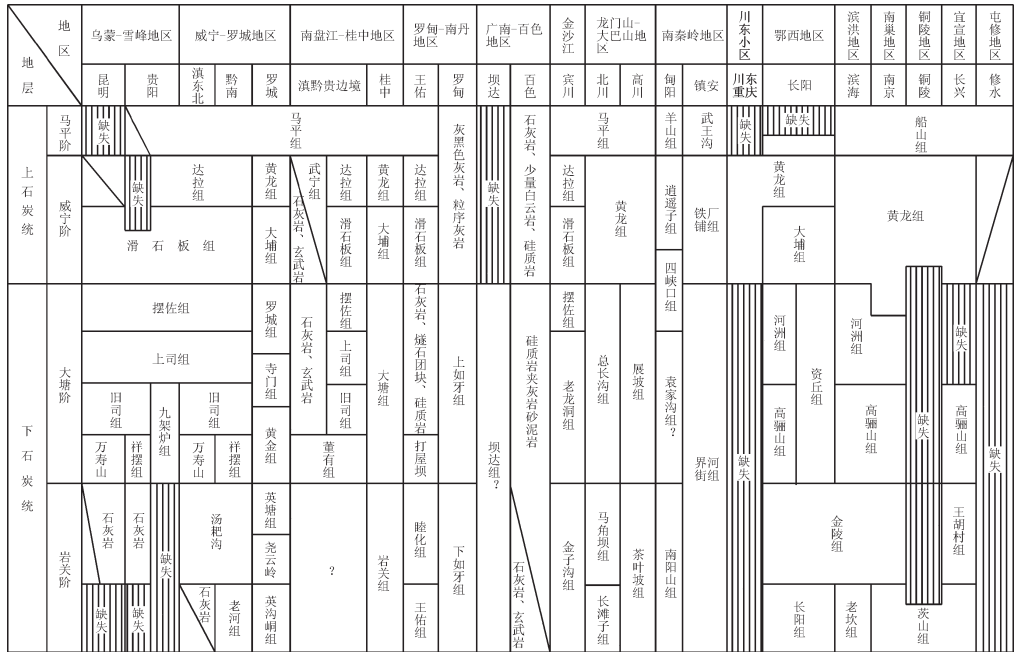


图 2 川东地区与华南地区石炭纪地层划分与对比图(据陈宏明等,1994)

Fig.2 Stratigraphic classification and correlation diagram of Carboniferous between eastern Sichuan and South China area(after Chen Hongming et al., 1994)

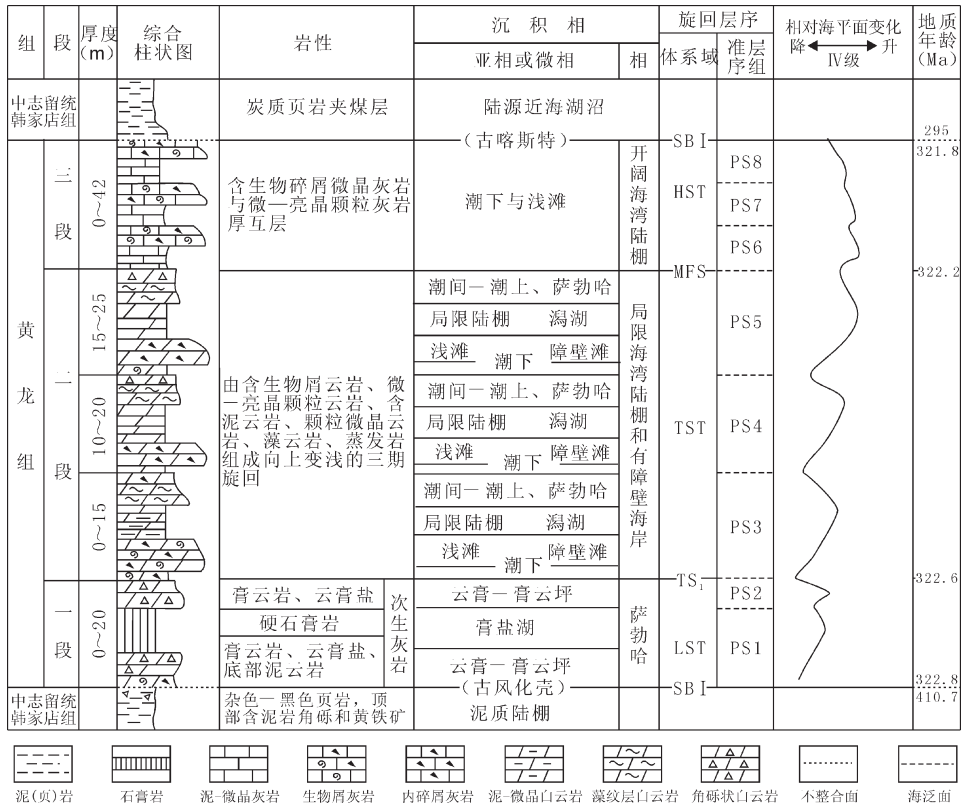


图 3 石炭系沉积相—层序地层综合柱状图

Fig.3 Comprehensive column of sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Carboniferous strata

表 1 川东邻水-渝北地区石炭系黄龙组沉积相和层序划分及岩性特征

Table 1 Sedimentary facies, sequence classification and lithologic characteristics of the Huanglong Formation in Linshui of eastern Sichuan - northern Chongqing area

沉积相类型			岩性特征
沉积相	亚相	微相	
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	生物屑白云岩, 藻砂屑白云岩, 虫屑白云岩, 亮晶生物屑、砂屑屑灰岩
	局限海湾	潟湖	粉-细晶白云岩, 针孔状白云岩, 白云质岩溶角砾岩
有障壁海岸	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, 微-粉晶白云岩
	潟湖	半局限潟湖	微-粉晶白云岩
	障壁滩	粒屑滩、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、亮晶生物屑灰岩、微晶灰岩
萨勃哈	蒸发潟湖	膏盐湖	膏云岩、云膏岩
	蒸发潮坪	膏云坪	次生晶粒灰岩、微晶白云岩

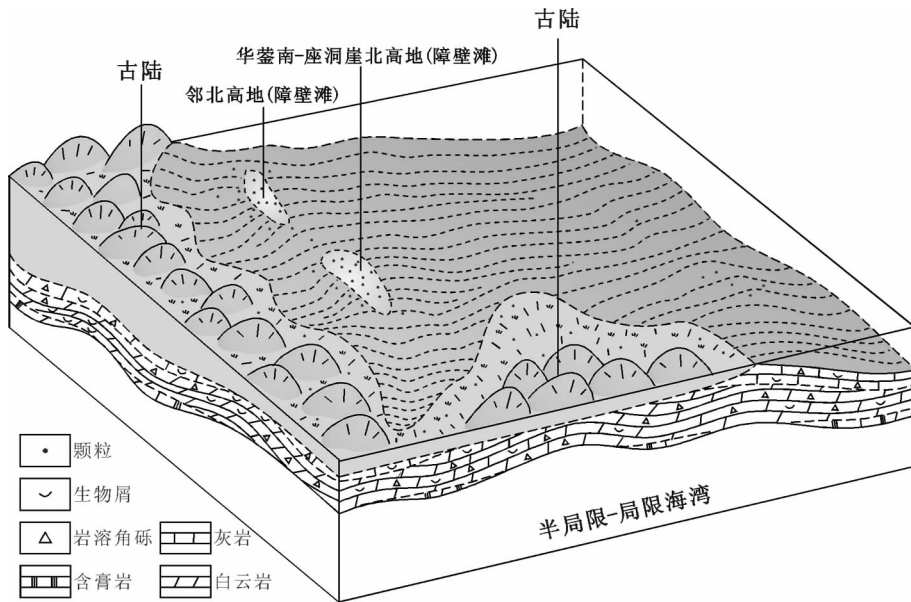


图 4 川东邻水-渝北地区黄龙组沉积相模式示意图

Fig.4 Sedimentary facies model of Carboniferous strata in Linshui of eastern Sichuan - northern Chongqing area

2.3 海湾陆棚相

即浅海陆棚沉积相, 考虑到整个川东地区古地理背景表现为一相对局限的海湾, 故称之为海湾陆棚相, 由局限海湾陆棚、开阔海湾陆棚和滨外浅滩 3 种亚相组成。

2.3.1 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, 主要为潟湖微相, 黄龙组二段常发育。岩性为微-粉晶白云岩、纹层状白云岩、干化角砾白云岩交替组成, 纵向上常与滨外粒屑滩的颗粒白云岩交互沉积。

2.3.2 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。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。

### 2.3.3 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,细分为粒屑滩微相,散布于陆棚中,但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,如瓣、海百合、腕足、苔藓虫、海绵等,偶含鲕粒和砂、砾屑,藻团粒。该亚相为海湾陆棚相中储集物性最好,平均孔隙度 3.7%,为区域有利储层发育相带。

## 3 层序地层划分及特征

川东邻水—渝北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,海西期南海海水由南向北、自西向东波动式侵入,在本区范围内没有泥盆系保留,大规模沉积了晚石炭世黄龙期地层。据川鄂一带缺失晚志留世、泥盆纪、早石炭世沉积和残余的黄龙组地质记录,推断黄龙组沉积前暴露时间约 89.9 Ma,晚石炭世晚期暴露时间约 26.8 Ma,而残余的黄龙组保存的地质记录约 1.0 Ma<sup>[1]</sup>。结合大量岩心观察、岩石学特征分析、沉积相研究资料和区域背景资料,将黄龙组划分为 1 个三级 I 型层序,进一步分为低位体系域、海侵体系域、高位体系域和 8 个准层序组(图 3),体系域分别相当于  $C_2hl^l$ 、 $C_2hl^f$  和  $C_2hl^h$  3 个岩性段。其中  $C_2hl^l$  为低水位上超蒸发岩; $C_2hl^f$  为逐渐向古陆上超扩大的阶梯状渐进式退积层序,海湾内以发育局限海湾陆棚沉积,古陆边缘则以发育有障壁海岸沉积体系为主;晚石炭世晚期( $C_2hl^h$ ),海域范围进一步扩大,整个海湾进入正常浅海沉积环境,发育浅海陆棚和滨岸(有障壁海岸)沉积相带组合的向古陆上超退积层序,属高位体系域早期。

## 4 层序—岩相古地理展布特征

在详细的单井和连井电性、岩性、沉积相和层序地层学特征分析的基础上(图 5),以体系域为编图单位,分别作出以地层厚度、颗粒岩厚度和白云岩厚度为单因素的平面分布图。然后,在综合上述各种单因素编图成果的基础上,结合区域背景及演化特征,再对各个体系域进行岩相古地理编图。本文编制了分别相当于黄龙组 3 个岩性段的  $C_2hlSQ-LST$ 、

$C_2hlSQ-TST$ 、 $C_2hlSQ-HST$  岩相古地理图。

### 4.1 低位期(LST)岩相古地理特征

LST 相当于黄龙组一段,为一套海侵初期的低水位体系域沉积相带。由于研究区处于古陆边缘的相对局限的海湾环境,海水初始由北东方向侵入研究区相对低洼的区域,大部分古陆,包括邻北构造、华西 1 井、相国寺构造主体、环山构造和铜锣峡构造等仍处于暴露环境,因而研究区的浸水区域水体普遍很浅,主体处于蒸发潮坪环境,以沉积泥云岩为主,于蒸发潮坪内的低洼部位发育有数个串珠分布的膏盐湖,如板 2 井、板 1 井、板东 13 井、板东 1 井和座 3 井等井区都属于膏盐湖沉积环境,以沉积膏云岩、云膏岩和石膏岩为主(现已强烈去云去膏转化为次生灰岩)。向东方向的局部区域的水体相对深一些,但由于蒸发作用强烈,水体咸化程度仍很高,主要为咸化潟湖环境,如张 20 井—月东 1 井和卧 44 井一带(图 6)。

### 4.2 海侵期(TST)岩相古地理特征

TST 相当于黄龙组二段( $C_2hl^f$ ),此时为海水广泛海侵时期,海水大面积向古陆退积,研究区总体上处于淹没状态。水深相对低位沉积期明显加深,研究区内以发育局限海湾陆棚沉积体系为主。岩相古地理格局以在邻北构造和板东构造两地发育 2 个障壁滩为显著特征,此两个粒屑滩都呈北北东向的长垣状分布,有较大的面积,以此两个障壁粒屑滩为中心,其西侧与古陆之间为受障壁保护的局限潟湖环境,环古陆边缘为潮坪环境,而两个障壁滩以东为相对开阔的潮下环境,发育有 2 个大型的滨外浅滩,如云和 2 井—张 12 井—月东 1 井滨外粒屑滩,卧 58 井—卧 57 井—卧 44 井滨外浅滩,在区域上此 2 个障壁滩和滨外浅滩都是非常有利储层发育的相带(图 7)。

### 4.3 高位期(HST)岩相古地理特征

HST 相当于黄龙组三段( $C_2hl^h$ ),该时期系黄龙期海侵后海域继续扩大的早期高位沉积期,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,岩相古地理展布格局有如下几个特点:仅在板东构造南部的板 4 井—板东 2 井—月 4 井一带发育有 1 个障壁滩;与障壁滩同方向的云和 2 井至邻水一带为隆升暴露的沉积高地,以南的明 2 井—新 14 井—长寿一带仍为无沉积的古陆,但其分布范围明显较前期扩大;沿大竹—月

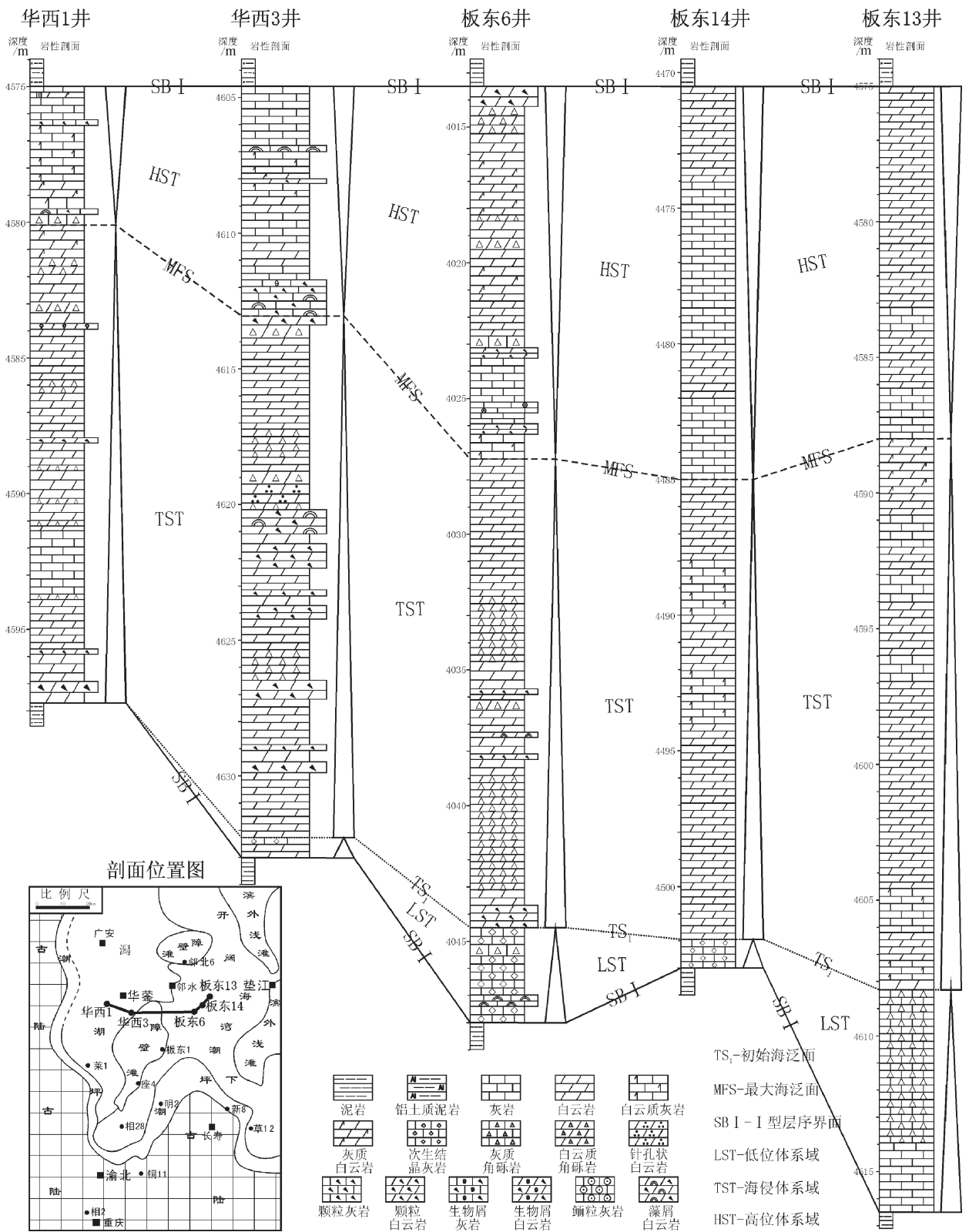


图 5 研究区黄龙组层序地层对比和地层格架图

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

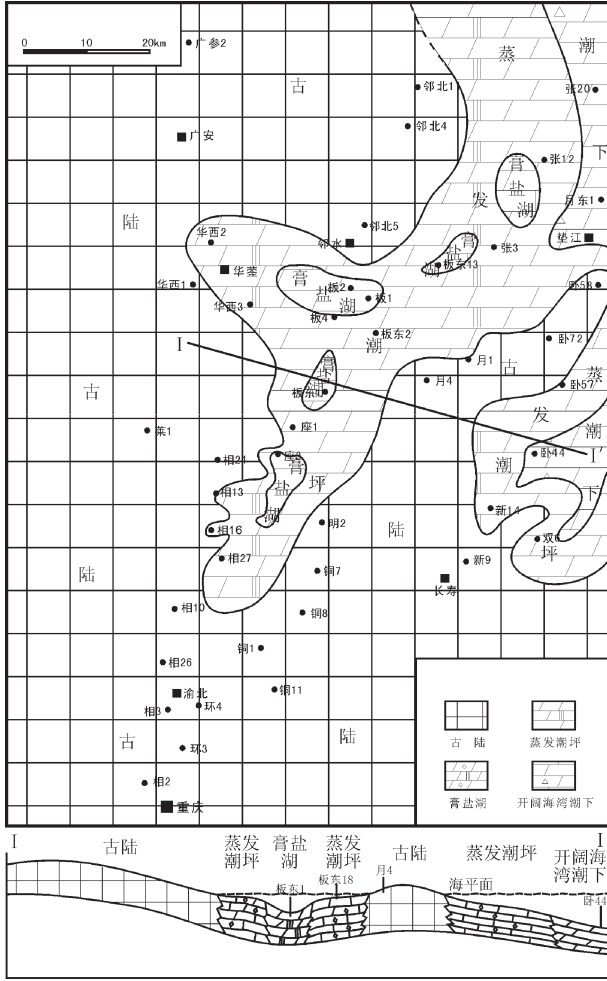


图 6 研究区黄龙组层序 LST( $C_2h1^l$ )岩相古地理图  
Fig.6 Lithofacies paleographic map of LST( $C_2h1^l$ ) of Huanglong Formation sequence in the study area

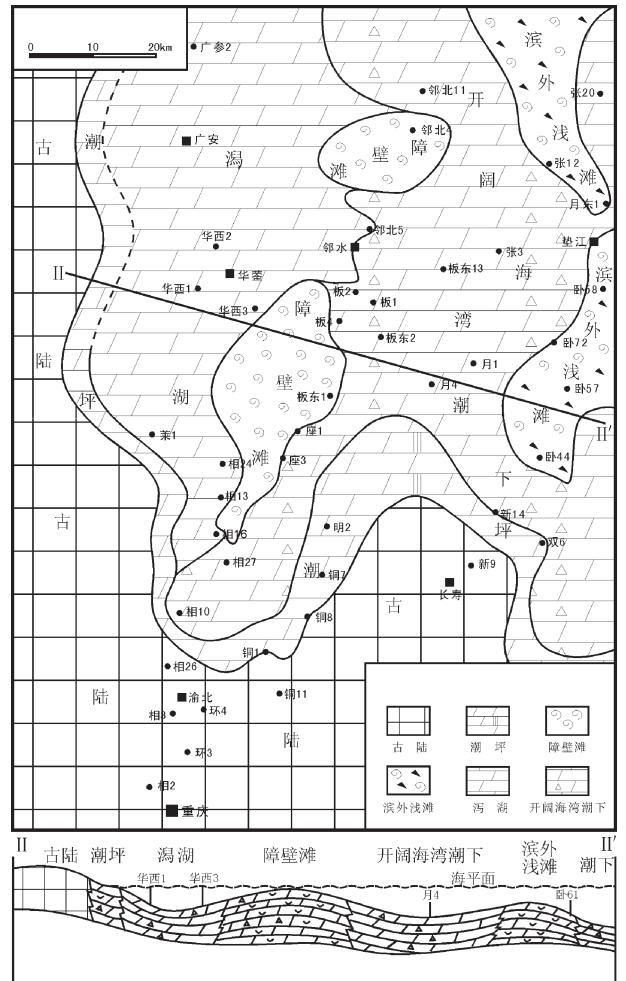


图 7 研究区黄龙组层序 TST( $C_2h1^l$ )岩相古地理图  
Fig.7 Lithofacies paleographic map of TST( $C_2h1^l$ ) of Huanglong Formation sequence in the study area

1 井—卧 44 井—环 1 线以东的广大地区为开阔陆棚潮下低能带沉积区;在上述沉积高地、障壁滩和古陆西侧的广参 2 井—华西 2 井—华西 3 井—座 1 井—相 22 井一带,为大规模的潟湖沉积环境。理论上,高位体系域的早期应具有比海侵期更大的海域范围,但本研究区因受晚石炭世末期的云南运动构造隆升影响,黄龙组顶部地层大部分被剥蚀,如在相国寺构造西缘相 24—相 16—相 10 井区相继暴露剥蚀,仅在邻水—渝北地区保存有较完整的高位体系域沉积的地层,因此,现今保存的黄龙组三段地层仅相当于高位体系域早期,尽管该时期的地层显示出明显比黄龙组二段深得多的开阔海湾陆棚性质,但其被保存的

地层分布范围仍明显小于黄龙组二段(图 8)。

需要指出的是,晚石炭世晚期研究区受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, $C_2h1^l$ 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受梁山组陆缘近海湖沼相的含煤黑色泥页岩沉积。虽然,黄龙期的原始岩相特征和沉积序列保存不全,给沉积相研究和有利相带分析带来了一定困难,但古岩溶作用的本身也是非常有利于储层发育的因素,经分析,晚石炭世晚期的岩溶盆地中,川东邻水—渝北地区处于岩溶斜坡带,是一个有

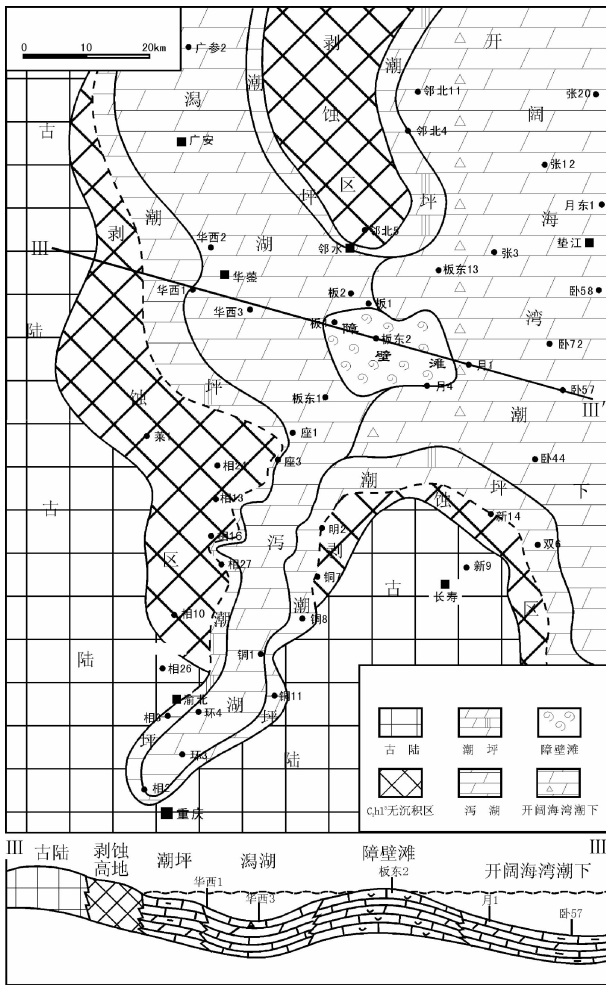


图8 研究区黄龙组层序 HST(C<sub>2</sub>h<sup>f</sup>)岩相古地理图  
 Fig.8 Lithofacies paleogeographic map of HST(C<sub>2</sub>h<sup>f</sup>) of Huanglong Formation sequence in the study area

利于古岩溶储层发育的位置,值得加倍重视<sup>[18-20]</sup>。

### 5 结论

通过上述研究,对川东邻水—渝北地区石炭系黄龙组层序地层学和岩相古地理演化特征得出以下认识:

(1)石炭系黄龙组一段以发育萨勃哈相、二段和三段以发育海湾陆棚和有障壁海岸相为主,各沉积微相的岩石组合特征各异;与3个岩性段相对应,将黄龙组I型层序分别划分为LST、TST和HST3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膏盐湖和蒸发潮坪为主;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—障壁滩—开阔海湾陆棚的递变演化规律;HST时期早期,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由障壁滩向开阔潮下递变的沉积序列;HST晚期,受表生期岩溶作用影响沉积记录基本剥蚀殆尽。

(3)海侵期形成的以晶粒白云岩、颗粒白云岩和白云质岩溶角砾岩为主的大量障壁滩和滨外浅滩为区域上最有利的储集相带,也是寻找油气藏的优选部位。

### 参考文献(References):

[1] 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(Supp.): 1-9(in Chinese).

[2] 钱峥,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, Huang Xianxiong. Carbonate Diagenesis and Reservoirs of the Carboniferous in the East Part of Sichuan Basin [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 2000;19-41(in Chinese).

[3] 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, Zhang Shaonan. Origin and researching significance of breccias in the Upper Carboniferous Huanglong Formation, Eastern Sichuan [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1996, 23 (1):8-18 (in Chinese with English abstract).

[4] 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 (in Chinese with English abstract).

[5] 钱峥.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 Zheng. Depositional environment of Carboniferous carbonate rocks in East Sichuan[J]. Natural Gas Industry, 1999, 19(4):19-22 (in Chinese with English abstract).

[6] 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(in



- Chinese with English abstract).
- [7] 李登华, 唐跃, 殷积峰, 等. 川东黄龙场构造上二叠统长兴组生物礁特征与潜伏礁预测[J]. 中国地质, 2006, 33(2):427-435.  
Li Denghua, Tang Yue, Yin Jifeng, et al. Features of organic reefs in the Upper Permian Changxing Formation and prediction of hidden reefs in the Huanglongchang structure, eastern Sichuan [J]. *Geology in China*, 2006, 33(2):427-435(in Chinese with English abstract).
- [8] 倪新锋, 陈洪德, 韦东晓. 礁滩复合型气藏物质聚集分布及储层特征研究——以川东北地区普光气田长兴组—飞仙关组为例[J]. 中国地质, 2007, 34(6):1045-1054.  
Ni Xinfeng, Chen Hongde, Wei Dongxiao. Distribution and accumulation of materials in shoal-reef compound gas deposits and reservoir characteristics——A case study of the Changxing-Feixian Formation in the Puguang gas field, northeastern Sichuan [J]. *Geology in China*, 2007, 34(6):1045-1054(in Chinese with English abstract).
- [9] 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 (in Chinese with English abstract).
- [10] 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 (in Chinese with English abstract).
- [11] 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), 1990, 8(2):23-31 (in Chinese with English abstract).
- [12] 郑荣才, 彭军, 高红灿. 渝东黄龙组碳酸盐岩储层的古岩溶特征和岩溶旋回[J]. 地质地球化学, 2003, 31(1):28-35.  
Zheng Rongcai, Peng Jun, Gao Hongcan. Paleokarst-related characteristics and cycles of Carbonate reservoirs in Huanglong Formation, Upper Carboniferous, eastern Chongqing[J]. *Geology-Geochemistry*, 2003, 31 (1):28-35 (in Chinese with English abstract).
- [13] 黄尚瑜, 宋焕荣. 川东石炭系岩溶形成演化环境[J]. 成都理工学院学报, 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 (Supp.). 128-135 (in Chinese with English abstract).
- [14] 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, 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(in Chinese with English abstract).
- [15] 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, et al. 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(in Chinese with English abstract).
- [16] 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 paleodissolution controlled reservoir of carboniferous system in the Dachiganjing Tectonic Belt, Sichuan Basin [J]. *Journal of Chengdu University of Technology*, 1999, 26(1):23-27(in Chinese with English abstract).
- [17] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京:石油工业出版社, 2003:423-424.  
Jiang Zaixing. *Sedimentology* [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 2003:423-424(in Chinese).
- [18] 王一刚, 文应初, 刘志坚. 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.  
Wang Yigang, Wen Yingchu, Liu Zhijian. Palaeokarst and burial corrosion in porous evolution of carbonate rock reservoirs of Carboniferous in east Sichuan [J]. *Natural Gas Industry*, 1996, 16 (6):18-23(in Chinese with English abstract).
- [19] 冯万奎, 唐楷, 冯青平, 等. 川东石炭系气藏合理开发井网分析及探讨[J]. 天然气工业, 2005, 25(9):80-82.  
Feng Wankui, Tang Kai, Feng Qingping, et al. Discussion on reasonable development well pattern for Carboniferous gas reservoirs in east Sichuan[J]. *Natural Gas Industry*, 2005, 25(9):80-82(in Chinese with English abstract).
- [20] 郑超, 魏林芳, 王贤成, 等. 川东石炭系气藏气井产能影响因素分析及产能预测[J]. 天然气工业, 2002, 20(4):106-107.  
Zheng Chao, Wei Linfang, Wang Xiancheng, et al. Analysis of fluids rate affecting factors and fluids rate forecast of Carboniferous gas reservoirs in east Sichuan[J]. *Natural Gas Industry*, 2002, 20(4):106-107(in Chinese with English abstract).

## Sequence-based lithofacies and paleogeography of Carboniferous Huanglong Formation in Linshui (eastern Sichuan)-northern Chongqing area

HU Zhong-gui<sup>1,2</sup>, ZHENG Rong-cai<sup>3</sup>, HU Ming-yi<sup>1,2</sup>, HU Jiu-zhen<sup>4</sup>, ZHENG Chao<sup>5</sup>

(1. College of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China; 2. College of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China; 3. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 4. College of Technology & Engineering, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China; 5. Chongqing Gas District of Southwest Oil and Gas Company of CNPC, Chongqing 400021, China)

**Abstract:** The Linshui (eastern Sichuan)-northern Chongqing area only keeps unsound Upper Carboniferous Huanglong Formation because of intense structural uplift and erosion in early Hercynian period, and the Huanglong Formation of the study area is one of the most important natural gas reservoirs in eastern Sichuan area and one of the most favorable horizons in search for new gas sources. Based on core description and thin section analysis, combined with sedimentary lithologic marks, palaeontology and logging analysis, the authors have divided the Huanglong Formation into three main sedimentary facies, i.e., sabkha, gulf shelf and shore, and further divided these facies into many subfacies and microfacies. Using the classic sequence stratigraphy principle and technology represented by Vail, the authors have divided the Huanglong Formation into one sequence of I type and three system tracts: LST, TST and HST. On the basis of a detailed analysis of sedimentary facies and sequence stratigraphy, the authors have compiled and described the sequence-paleogeographic maps which take the system tracts as the mapping units. Combined with the reservoir characteristics of all sorts of sedimentary facies, the barrier grain beach and the offshore grain beach are thought to be the most favorable reservoir facies.

**Key words:** Linshui (eastern Sichuan)-northern Chongqing area, Carboniferous Huanglong Formation, sedimentary facies, sequence-paleogeographic mapping

---

**About the first author:** HU Zhong-gui, male, born in 1979, doctor and lecturer; mainly engages in the study of reservoir sedimentology; E-mail: xgz1978127@tom.com.