

# Outcrop Characteristics of the Typical Paleokarst Section of Carboniferous in Eastern Sichuan Basin

Lu Han, Zhonggui Hu\*, Mingtao Zuo, Fei Teng

Sedimentary Basin Research Center, Yangtze University, Wuhan Hubei  
Email: 1334806026@qq.com, \*cdut1978127@sohu.com

Received: Oct. 8<sup>th</sup>, 2016; accepted: Oct. 28<sup>th</sup>, 2016; published: Oct. 31<sup>st</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

Paleokarst reservoirs of Carboniferous Huanglong Formation are regarded as important reservoirs for natural gas accumulations in eastern Sichuan Basin. Xikou section in the Huayingshan region has been considered as the most typical outcrop section due to the developed karst rock series. It is demonstrated by field observation and indoor thin section analysis that karst rock series are significantly developed, which primarily consist of breccias of net-seam mosaic form, breccia-supported form, and matrix-supported form, corresponding to karst structures with different causes. Breccias are commonly dolomitic, and there develop large amounts of solution holes, caves and seams, which are usually filled with sandy and carbonaceous fillings brought by the surface water infiltration as well as cements of atmospheric fresh water. Based on identification of paleokarst symbols such as the karst breccia types in Xikou section combined with comprehensive observation and analysis of numerous drilling cores, this study classifies paleokarst facies into six categories, namely surface residual karst facies, cave collapse and accumulation facies, underground river transporting and filling facies, bedrock solution holes and caves facies, and bed rock solution and replacement facies, respectively. They are composed of different types of karst rocks and fillings. Then, three segments could be divided in Xikou section according to the relationships of paleokarst reservoirs, karst cyclicity, and dissolution characteristics, corresponding to the surface, lower and bottom dissolution parts, respectively. Among them, the lower dissolution part is the main part where develop paleokarst reservoirs.

## Keywords

Eastern Sichuan Basin, Xikou Section, Carboniferous, Paleokarst, Outcrop Characteristics

\*通讯作者。

# 川东地区石炭系典型古岩溶剖面露头表征

韩露, 胡忠贵\*, 左滔滔, 腾飞

长江大学沉积盆地研究中心, 湖北 武汉

Email: 1334806026@qq.com, cdut1978127@sohu.com

收稿日期: 2016年10月8日; 录用日期: 2016年10月28日; 发布日期: 2016年10月31日

## 摘要

石炭系黄龙组古岩溶储层是川东地区重要的天然气储集类型之一,位于华蓥山地区的溪口剖面出露完整,岩溶现象明显,为川东地区石炭系难得的岩溶型露头剖面。通过野外精细观测、室内薄片鉴定分析,该剖面岩溶岩系发育,主要见有网缝镶嵌状、角砾支撑状和基质支撑状岩溶角砾岩,分别代表不同成因的岩溶改造,角砾成分均为云质,角砾间及角砾内的溶蚀孔洞缝发育,常充填地表水下渗携带的砂质、碳泥质充填物和大气淡水胶结物。根据溪口剖面岩溶角砾岩类型等古岩溶标志的识别,结合大量钻井取芯资料观察,石炭系黄龙组可识别出地表残积岩溶相、洞穴垮塌堆积相、地下暗河搬运充填相、基岩溶蚀破裂相、基岩溶蚀孔洞相和基岩溶蚀交代相6种岩溶相类型,不同岩溶相由不同类型岩溶岩及充填物构成。结合古岩溶储层与岩溶旋回期次和溶蚀特征的关系,该剖面可划分地表溶蚀段、下部溶蚀段和底部溶蚀段,其中下部溶蚀段为主要的古岩溶储层发育段。

## 关键词

川东地区, 溪口剖面, 石炭系, 古岩溶, 露头表征

## 1. 引言

石炭系黄龙组是川东地区重要的主力产层,其储层类型以岩溶型储层为主[1]。川东地区由于受晚石炭世的云南运动影响,石炭系普遍抬升暴露并遭受 15 Ma~20 Ma 的风化剥蚀作用,形成典型的喀斯特地貌景观[2],残存了以白云岩为基础的、较薄的典型岩溶型储层。在长期的暴露剥蚀、溶蚀作用下,川东地区石炭系形成了溶蚀孔洞发育、具有强烈的非均一性的储层特征。前人以钻井岩心及配套的测试资料为基础,对这套普遍发育于川东地区的岩溶型储层做了大量研究[1][2],对其发育的沉积背景、成岩演化过程、形成机理等方面做了系统研究。鉴于该区石炭系岩相、沉积微相类型及成岩变化复杂,钻井和地震解释无法精确认识其变化规律及储层非均质性问题[3][4][5],因而选择出露完整的野外地质剖面进行精细刻画,可以在三维空间上查明古岩溶储层发育规模、岩相变化、空间配置关系和几何形态等,建立古岩溶储层地质模型,有利于更好地指导地下储层预测和油气勘探[6]。此外,川东地区虽有大量钻井揭示石炭系地层,但地表出露的剖面少见,加之地层薄、地表风化和植被覆盖等因素,完整剖面很难保存与发现。华蓥山地区的溪口剖面出露完整,顶底界线清楚,观测方便,代表了典型的川东地区石炭系古岩溶储层特征。

## 2. 地质背景及剖面简介

晚石炭世黄龙期沉积后,川东地区因受云南运动影响整体隆升为陆,经历了广泛的风化剥蚀作用。

剥蚀期的大气水渗入补给量高达  $4.945 \times 10^{16} \text{ m}^3 \sim 6.593 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ，足以使渗入石炭系碳酸盐岩地层中的大气水与围岩交替变换 15~20 万次。如此巨大的地下水和频繁交替变换作用，势必造成石炭系碳酸盐岩地层的强烈溶蚀，不仅普遍被侵蚀削薄，乃至局部缺失，形成起伏变化较大的顶部古喀斯特地貌和广泛分布的岩溶角砾岩型古风化壳，同时于层内发育了规模和产状大小不一的众多溶蚀洞穴，以及以溶蚀孔、洞、缝为主的岩溶岩系。川东大部分地区石炭系仅残存不完整的上石炭统黄龙组，自下而上可划分为三段，一段为膏云岩、泥晶-微晶云岩、次生灰质岩溶角砾岩等组成，二段为粉晶白云岩和云质岩溶角砾岩组成，三段为灰岩、灰质岩溶角砾岩和粉晶云岩、云质岩溶角砾岩互层状产出，上覆地层船山组缺失。区域上黄龙组地层残厚不一，呈现西厚东薄的残余地层厚度变化格局(图 1)。

溪口剖面所处的华蓥山地区在石炭纪时期位于古陆边缘，属于典型的碳酸盐岩潮坪沉积体系(图 2) [7]，因黄龙组沉积早期海水尚未侵入该区而缺失一段，三段地层因暴露而剥蚀殆尽，仅残存不完整的黄龙组二段(C<sub>2</sub>h<sub>2</sub>)。实测剖面黄龙组与上、下地层均为平行不整合接触关系，下部与中志留统韩家店组(S<sub>2</sub>h)灰绿色粉砂质页岩接触，上部与下二叠统梁山组暗色页岩接触，实测厚度约为 19.4 m，溶蚀现象及产物广泛发育(图 3)。实测剖面自下而上沉积特征描述如下：

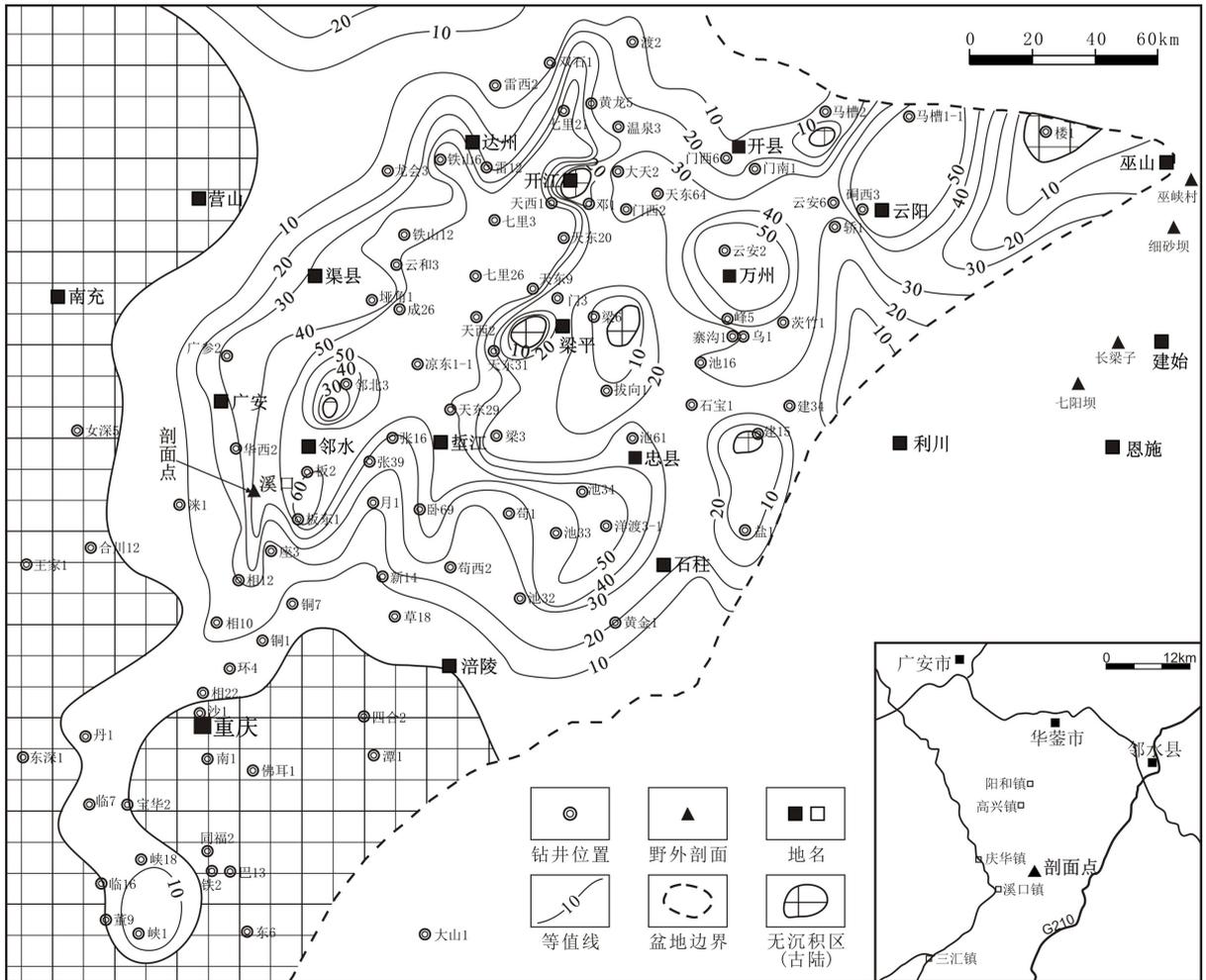


Figure 1. The location of Xikou Section and the distribution of stratigraphic in the Huanglong Formation of Carboniferous in the east Sichuan Region

图 1. 川东地区石炭系地层分布及溪口剖面位置图



图 例

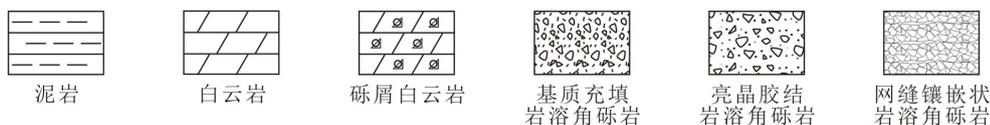


Figure 2. The columnar section in the Huanglong Formation of Carboniferous in Xikou Section

图 2. 华蓥溪口石炭系剖面柱状剖面图

中志留统韩家店组: 灰绿色粉砂质泥岩、泥页岩, 顶部发育厚约 0.2 m 的残存古风化壳含钙铝土质粘土岩(图 4(a))。厚度大于 2 m。

黄龙组 1 层: 灰色白云质岩溶角砾岩夹薄层微-粉晶白云岩, 岩溶现象明显, 溶蚀缝发育, 下部岩溶缝中充填有黑灰色薄层水平纹层状泥岩, 推测为上覆梁山组泥质充填物(图 4(b)), 底部与志留系韩家店组顶部古暴露面铝土质粘土岩呈平行不整合接触。厚 6.3 m。

黄龙组 2 层: 溶洞充填的灰色白云质岩溶角砾岩, 角砾多为基质支撑, 其次为角砾支撑, 发育少量石英和方解石晶体。厚 3.9 m。

黄龙组 3 层: 灰色网缝镶嵌状白云质岩溶角砾岩, 下部发育岩溶洞穴, 充填垮塌成因亮晶胶结白云质岩溶角砾岩。厚 3.4 m。

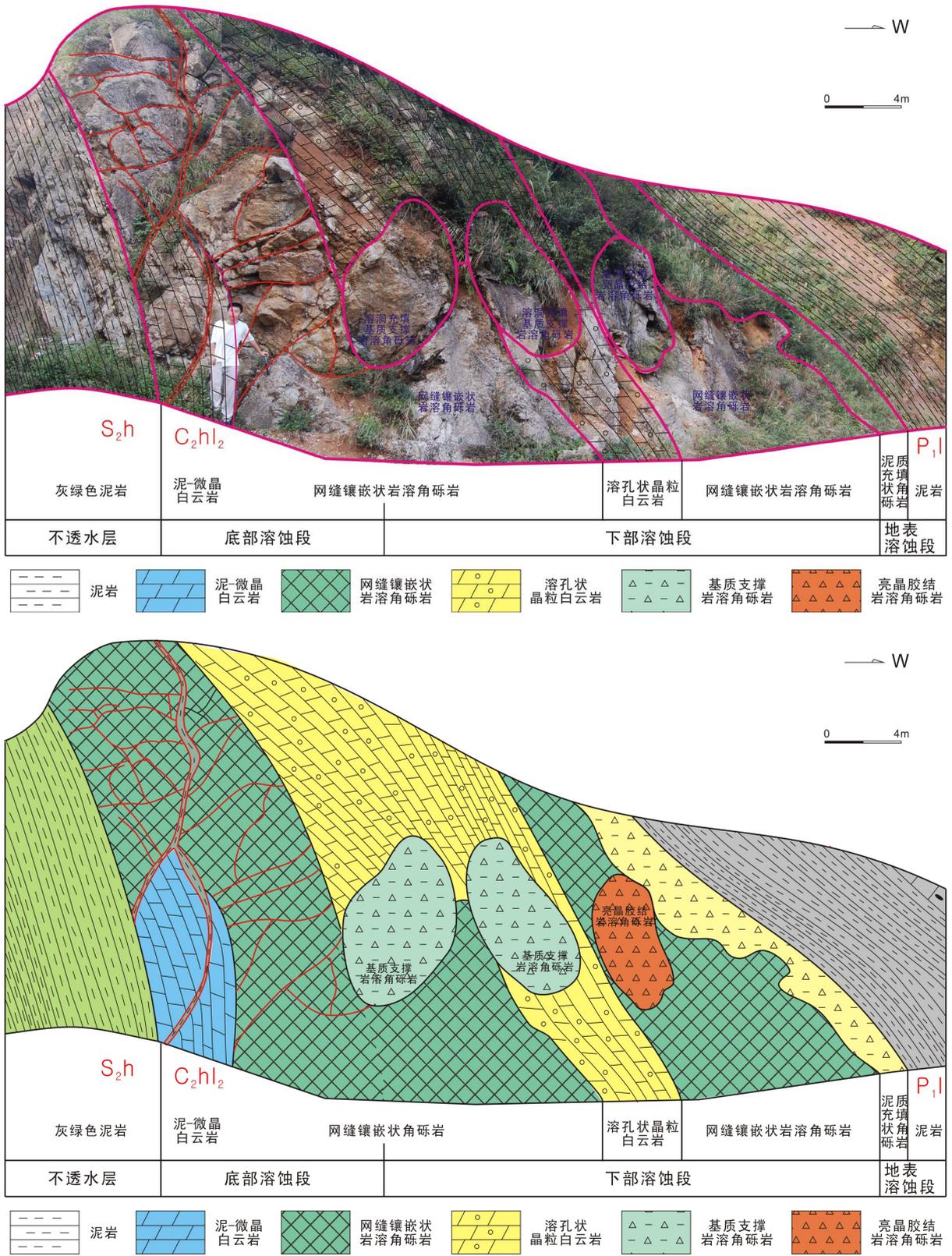
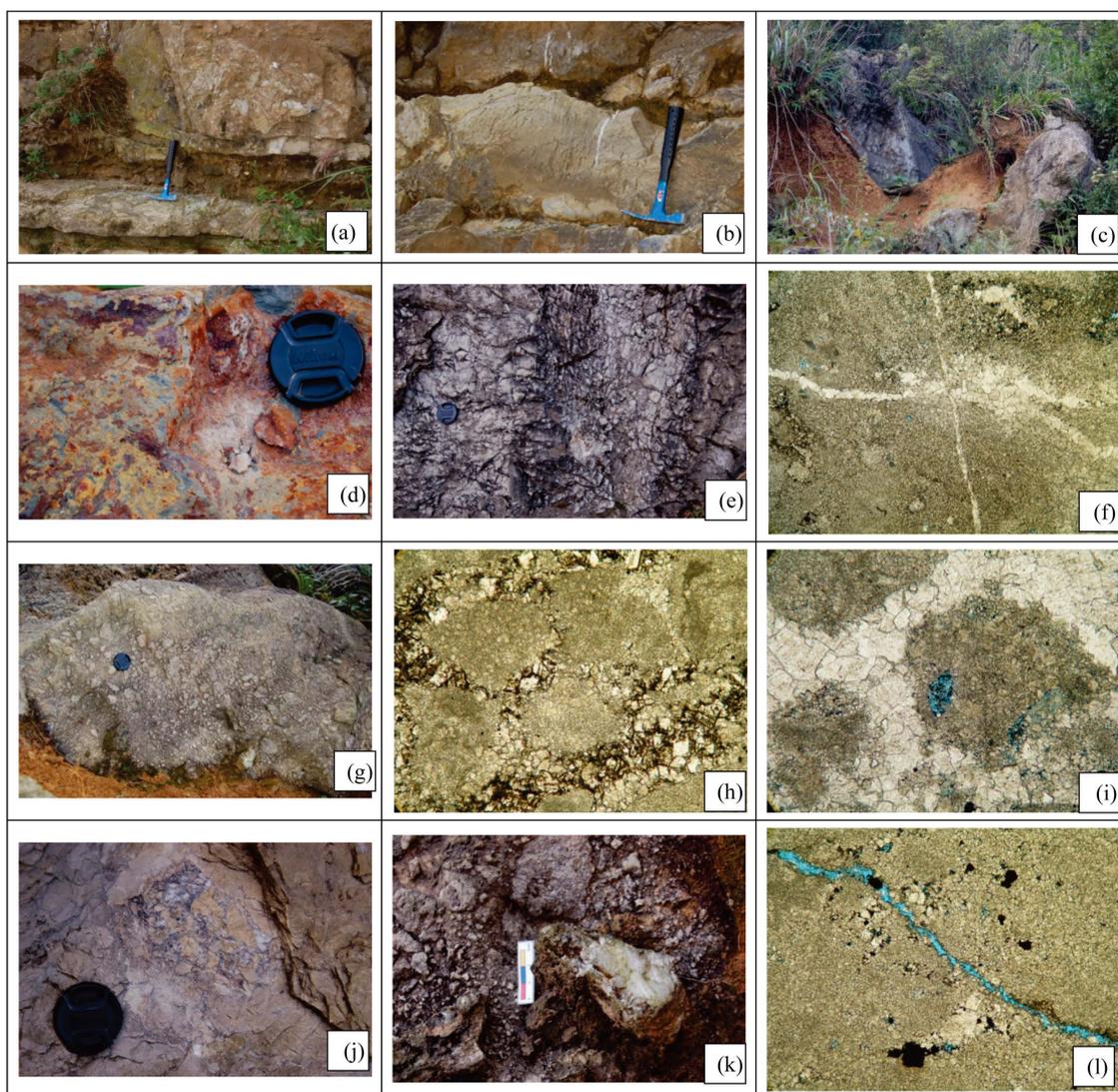


Figure 3. The drawing of the section in the Huanglong Formation of Carboniferous in Xikou Section

图 3. 华蓥溪口石炭系剖面写实图



(a) 石炭系与下伏中志留统分界, 风化残积层; (b) 石炭系底部裂缝中充填的上覆沉积物充填物, 1层; (c) 黄龙组顶部溶蚀地貌; (d) 黄龙组顶部风化产物—铝土质泥岩; (e) 云质岩溶角砾岩, 网缝镶嵌状, 1层; (f) 网缝镶嵌状白云质岩溶角砾岩, 角砾间充填白云石晶体, 1层,  $10 \times 4$  (-); (g) 溶洞中的白云质岩溶角砾岩充填, 角砾支撑结构, 泥质充填, 2层; (h) 白云质岩溶角砾岩, 角砾间充填白云石、铁、泥质充填物, 4层,  $10 \times 4$  (-); (i) 白云质岩溶角砾岩间充填粗大白云石, 角砾内发育溶孔, 3层,  $10 \times 4$  (-); (j) 溶洞中角砾支撑、亮晶胶结的岩溶角砾岩, 3层; (k) 充填洞穴的基质支撑岩溶角砾岩, 角砾间大部为钙质、泥质充填, 6层; (l) 溶缝, 未完全充填, 华蓥溪口剖面5层,  $10 \times 10$  (-)

**Figure 4.** The typical karstified phenomenon in the Huanglong Formation of Carboniferous in Xikou Section

**图 4.** 华蓥溪口石炭系剖面典型岩溶现象

黄龙组 4 层: 灰色砂砾屑白云岩。厚 0.8 m。

黄龙组 5 层: 灰色网缝镶嵌状白云质岩溶角砾岩夹薄层微 - 粉晶白云岩, 岩溶现象明显, 溶蚀缝较发育。顶部与上覆梁山组深灰 - 黑灰色泥岩呈平行不整合接触。厚 4.6 m。

黄龙组 6 层: 泥质充填岩溶角砾岩, 顶部溶蚀形成的高低不平的喀斯特化地貌(图 4(c))。厚 0.4 m。

下二叠统梁山组: 深灰 - 黑灰色泥页岩, 底部为铝土质泥岩, 并富含黄铁矿(图 4(d))。厚 1.6 m。

### 3. 古岩溶发育标志

岩溶角砾岩为地下水溶蚀碳酸盐岩使之角砾化或原地垮塌堆积物, 因此, 岩溶角砾岩是岩溶作用的

直接产物，也是判别古岩溶作用最直接的标志。对于该区普遍分布的角砾岩成因，曾有“潮坪干化破碎角砾岩”[8]和“石膏岩溶作用的产物”[9]之解释。本次通过该剖面的详细观察与写实，识别出多种岩溶角砾岩类型以及其它古岩溶作用的典型标志，进一步证实了“川东地区黄龙组储层为与云南运动有关的区域性古岩溶作用成因的古岩溶储层观点”更为准确[10]。

#### 1) 网缝镶嵌状角砾岩

沿着裂缝原地溶蚀角砾化，由极为发育的网状溶蚀缝分割岩石而成，因此角砾成分极为单一，角砾间无明显位移。网缝镶嵌状角砾岩均为粉晶白云石，主要形成于渗流带和深部的缓流带，发育于剖面底部的1层中，全段均为此类角砾岩，砾间网状溶缝中主要充填物为碳酸盐岩溶蚀残渣，或为亮晶白云石、方解石胶结物充填(图4(e)、图4(f))。

#### 2) 角砾支撑状岩溶角砾岩

成分较为单一，常为就近围岩的岩性组合，溪口剖面主要发育角砾支撑状白云质岩溶角砾岩，角砾大小为0.2 cm~10 cm，以棱角状为主，少量被溶蚀为次棱角-次圆状(图4(g))。角砾间被就近围岩溶蚀供给的碳酸盐质碎屑、白云石和来自上覆二叠统梁山组黑色泥质以及石英粉砂充填(图4(h)、图4(i))，此类岩溶岩缺乏地下强水动力的改造。局部溶洞中的角砾间也见粗晶方解石充填(图4(j))，代表有较强动力的地下水改造后期胶结而成。此类岩溶角砾岩主要形成于渗流带与活跃潜流带，为顺层分布的层内洞穴或落水洞垮塌堆积作用的产物。

#### 3) 基质支撑岩溶角砾岩

角砾大小不一，数毫米至十余厘米，成分单一或复杂，以就近围岩的组合为主。支撑角砾的基质由溶蚀围岩或角砾产生的碳酸盐岩质砂和白云质灰泥以及上覆二叠系梁山组黑色泥质、石英粉砂所组成，含量20%~40%(图4(k))。常见具砂泥垂直交替沉积构成的水平纹层理，以及角砾坠入纹层形成的截切的变形层理，或纹层的延伸受限于角砾的堵截纹层和包绕披覆角砾的纹层构造。此类岩溶角砾岩通常为流量最大、富含泥砂质和搬运作用较为强烈的管道流沉积，以充填地下河、层状溶蚀洞穴和落水洞为主。

上述岩溶角砾岩类型均为岩溶作用对基岩改造的成因类型，该剖面基岩基本为白云岩，结构主体以粉晶为主，也见泥-微晶白云岩(图3)。原岩中发育的白云石晶间孔，在地表水溶蚀作用进一步改造下形成良好的储集空间，如充填角砾岩的洞穴、角砾间溶孔、角砾内晶间孔(图4(i))、溶蚀缝(图4(l))，是形成石炭系古岩溶储层的重要基础。

## 4. 岩溶相及岩溶分段特征

### 4.1. 岩溶相划分

岩溶角砾岩的结构特征和成分是判别岩溶岩系成因和控制因素的最直观标志[10]。根据溪口剖面岩溶角砾岩类型等古岩溶标志的识别，结合邻区大量钻井取芯资料观察，包括溪口剖面在内的广大川东地区石炭系黄龙组可识别出地表残积岩溶相、洞穴垮塌堆积相、地下暗河搬运充填相、基岩溶蚀破裂相、基岩溶蚀孔洞相和基岩溶蚀交代相6种岩溶相类型，不同岩溶相由不同类型岩溶岩及充填物构成，也是划分岩溶段的重要基础[11][12]。

1) 地表残积岩溶相：发育于黄龙组顶部的古风化壳，充填于岩溶低洼部位，岩性主要为基质支撑的复成分岩溶角砾岩，基质组分为泥碳质和少量粉砂和溶蚀碎屑混合物，含梁山组沉积同期的植物化石碎片和强烈的黄铁矿化作用(图4(c)、图4(d))。

2) 洞穴垮塌堆积相：此类型以充填孤立洞穴为主，岩性以角砾支撑岩溶角砾岩为主(图3)。按角砾间充填基质特征可分为基质充填和胶结物充填，其中基质充填的角砾岩以基岩溶蚀供给的晶屑、灰泥和不溶残渣为主(图4(h))，代表以活跃潜流为主的溶蚀带；胶结物充填的角砾岩中胶结物主要为等轴粒状和

块状连晶方解石(图 4(j)), 或为环角砾边缘生长的方解石或白云石晶簇(图 4(i)), 均属大气水沉淀物, 代表由活跃潜流带向静滞潜流带过渡的溶蚀带。

3) 地下暗河搬运充填相: 此类型以充填顺层或穿层延伸的、潜水面位于连通洞穴底板之上的地下暗河为主。岩石类型主要包括: ① 由基质支撑岩溶角砾岩与角砾支撑岩溶角砾岩交替组成, 两类角砾岩的基质主要为地表渗入的砂质和泥碳质组分, 具有类同梁山组煤系地层的孢子花粉组合和强烈成岩黄铁矿化作用; ② 由发育纹层的外来碳质泥岩、泥质粉砂岩夹溶蚀碎屑岩组成, 偶夹煤层。

4) 基岩溶蚀破裂相: 为网缝镶嵌状岩溶角砾岩, 产于洞穴顶板或底板的围岩, 成因为围岩被不规则的网状溶缝分割成角砾状, 但尚未发生明显的错位有关, 溪口剖面普遍发育(图 3, 图 4(e)、图 4(f))。

5) 基岩溶蚀孔洞相: 为基岩遭受地下水溶蚀形成的溶孔、溶洞等, 按产出位置也可划分为发育于洞穴顶板和底板之别。发育于洞穴顶板的溶蚀孔洞长轴方向与伴生的直立或斜立溶缝近于平行, 大都呈半充填状, 代表垂直渗流为主的溶蚀带; 发育于洞穴底板的溶蚀孔洞常呈水平带状展布, 以充填方解石胶结物为主, 可含有少量外来物质和溶蚀碎屑, 充填程度中等—较强, 出现在以水平溶蚀为主的活跃潜流和静滞潜流过渡带。

6) 基岩溶蚀交代相: 此类型仅发育于黄龙组一段, 岩性为蒸发岩去膏盐或去白云化形成的次生晶粒灰岩, 形成于潜水面升降变化频繁的活跃潜流和静滞潜流交替溶蚀带。此类岩溶相在溪口剖面不发育。

## 4.2. 岩溶段特征

由一次较大幅度的侵蚀基准面下降所发育的溶蚀作用, 称之为一个岩溶旋回, 一般由渗流带、活跃潜流带和静滞潜流带组成。在垂向剖面上所观察到的岩溶记录具有随溶蚀范围扩大, 由多期次岩溶旋回叠加逐渐递减为单一岩溶旋回期次的特点, 因而自上而下溶蚀强度呈明显的递减趋势, 并由溶蚀和充填作用的强度变化控制了古岩溶储层的发育和展布规律。根据川东地区石炭系岩溶作用产物和岩溶相分析, 将川东地区黄龙组自上而下划分为地表溶蚀段、上部(渗流)溶蚀段、下部(活跃潜流)溶蚀段和底部(静滞潜流)溶蚀段, 潜流带之下为地下水饱和带或不透水层[10]。

结合川东地区石炭纪成岩演化阶段可知, 石炭系地层分别经历了准同生、早成岩、表生成岩和再埋藏等成岩演化阶段[13] [14], 其中白云石化作用主要发育于早成岩阶段, 是形成储层的重要基础, 而表生成岩阶段是储层物性进一步改善及岩溶型储层形成的主要因素。在晚石炭世沉积期, 华蓥溪口地区因为靠近古陆边缘, 黄龙组一段没有沉积, 黄龙组二段、三段依次直接超覆在下伏中志留统韩家店组之上, 进入表生成岩阶段该区发生强烈大气水溶蚀作用, 黄龙组顶部地层遭受强烈剥蚀, 纵向上形成以缝洞和角砾化为特色的岩溶系统。岩溶早期依次发育地表溶蚀段、上部溶蚀段、下部溶蚀段和底部溶蚀段, 中—晚期上部溶蚀段剥蚀殆尽(图 5)。

### 1) 地表溶蚀段

该溶蚀段位于黄龙组顶部的侵蚀面上, 属各岩溶旋回的地表溶蚀残积物和来自上覆梁山组的碳泥质混合堆积物组成的古风化壳。岩性主要为碳泥质支撑或填隙的云质岩溶角砾岩。区域分布较稳定, 厚度在岩溶低洼部位厚度相对较大, 而岩溶高地中较薄。由于各类岩溶砾岩砂泥质和碳质等基质组分含量较高、可塑性强、压实和胶结作用强烈, 因而岩性较致密。

### 2) 下部溶蚀段

可识别出两期(早期的 II 期和晚期的 I 期)岩溶旋回, 主体由 II 期岩溶旋回组成, 属中晚期岩溶作用产物, 叠加有 I 期岩溶旋回渗流带的强烈溶蚀改造(图 2)。区域上, 该溶蚀段于各岩溶地貌单元普遍发育, 为古岩溶储层主要发育段。垂向剖面上, 由活跃潜流扩蚀形成的水平洞穴和各类洞穴岩溶角砾岩充填体主要为 II 期岩溶旋回的产物, 自上而下垂直渗流对基岩的溶蚀由 I 期和 II 期旋回的一次叠加过度为 I 期

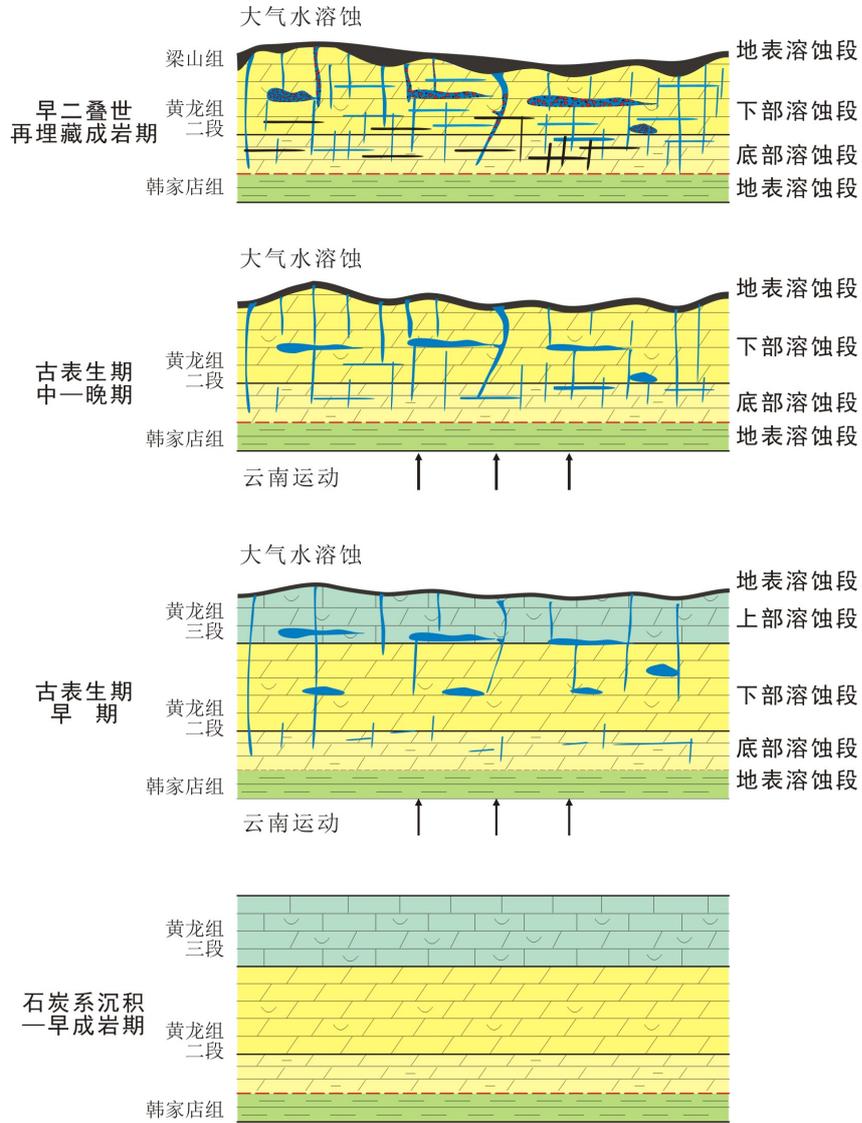


Figure 5. The evolution maps of karstified model in the Huanglong Formation of Carboniferous in Xikou Section

图 5. 华蓥溪口石炭系剖面岩溶演化模式图

旋回的单一溶蚀为主，致使基岩中的给类溶蚀孔缝的发育也自上而下逐渐减弱，物性也相应的由好变差。古岩溶好储层主要产于溶蚀强度较大的中上部，层位相当于被 I 期岩溶旋回渗流带叠加改造的 II 期岩溶旋回渗流带下部及潜流带。

### 3) 底部溶蚀段

该溶蚀带发育于残余黄龙组底部，属 I、II 期两个岩溶旋回发育时期的地下水共同排泄带，也为区域上汇水量最大、最深的承压水带，由 I 期岩溶旋回潜流带组成，局部包括渗流带下部，属晚期岩溶作用产物。再埋藏期叠加有梁山组碳质泥岩向下排出的压实水的溶蚀充填作用改造，因而又可视为表生期和埋藏期复合岩溶作用的产物。来自梁山组碳质泥岩的压实水对此溶蚀段叠加改造的同时，往往带入大量的富碳泥质物和块状淡水方解石胶结物，对各类溶蚀孔洞缝进行充填，并伴有强烈的黄铁矿化，不利储层形成。

## 5. 结论

1) 川东地区石炭系黄龙组属于典型的古岩溶储层, 位于华蓥山地区的溪口剖面出露完整, 岩溶现象明显, 为川东地区难得的岩溶型露头剖面。剖面实测和薄片鉴定资料表明该剖面岩溶岩系发育, 主要见有网缝镶嵌状、角砾支撑状和基质支撑状岩溶角砾岩, 分别代表不同成因的岩溶改造, 角砾成分均为云质, 角砾间及角砾内的溶蚀孔洞缝发育, 常充填地表水下渗携带的砂质、碳泥质充填物和大气淡水胶结物。

2) 根据溪口剖面岩溶角砾岩类型等古岩溶标志的识别, 结合大量钻井取芯资料观察, 石炭系黄龙组可识别出地表残积岩溶相、洞穴跨塌堆积相、地下暗河搬运充填相、基岩溶蚀破裂相、基岩溶蚀孔洞相和基岩溶蚀交代相 6 种岩溶相类型, 不同岩溶相由不同类型岩溶岩及充填物构成。结合古岩溶储层与岩溶旋回期次和溶蚀特征的关系, 该剖面可划分地表溶蚀段、下部溶蚀段和底部溶蚀段, 其中下部溶蚀段为主要的古岩溶储层发育段。

## 基金项目

国家自然科学基金“台内生物礁储层非均质性形成机制研究”(项目编号: 41402090)、长江青年人才基金和长江青年科技创新团队基金联合资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 强平, 曾伟, 陈景山, 等. 川东碳酸盐岩储层非均质模型[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(3): 205-210.
- [4] 金之钧. 中国海相碳酸盐岩层系油气勘探特殊性问题[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 15-22.
- [5] 刘伟, 罗平, 顾家裕, 等. 塔里木盆地西克尔地区古岩溶储层露头表征[J]. 地质学报, 2010, 84(8): 1215-1222.
- [6] Brian, E.S. and Langhorne, B.S. (2012) Outcrop Analog for Trenton-Black River Hydrothermal Dolomitereservoirs, Mohawk Valley, New York. *AAPG Bulletin*, **96**, 1369-1388.
- [7] 代龙, 胡明毅, 胡忠贵, 等. 四川盆地上石炭统黄龙组沉积相分析[J]. 海相油气地质, 2015, 20(1): 45-52.
- [8] 李南豪. 川东中石炭统碳酸盐潮坪角砾云岩成因及其与油气富集的关系[J]. 石油与天然气地质, 1981, 2(1): 28-36.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 文华国, 郑荣才, 沈忠民, 等. 四川盆地东部黄龙组古岩溶地貌研究[J]. 地质论评, 2009, 55(6): 816-827.
- [12] 张兵, 郑荣才, 王旭本, 等. 四川盆地东部黄龙组古岩溶特征与储集层分布[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(3): 257-267.
- [13] 郑荣才, 党录瑞, 郑超, 等. 川东 - 渝北黄龙组碳酸盐岩储层的成岩系统[J]. 石油学报, 2010, 31(2): 237-245.
- [14] 胡忠贵. 川东 - 渝北地区石炭系白云岩成因与成岩系统研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2009.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)