

文章编号:1000-0550(2001)03-0421-04

# 资阳地区震旦系古岩溶作用及其特征讨论<sup>①</sup>

向芳 陈洪德 张锦泉

(成都理工学院沉积地质研究所 成都 610059)

**摘要** 在资阳地区震旦系灯影组的白云岩地层中发现了四川盆地又一含气区块,通过对地层资料、露头特征及构造史的分析研究,证实该储层为古岩溶作用的产物,在此基础上对古岩溶的分带性、旋回性及岩溶地貌特征进行了讨论,从而为储层特征研究及勘探预测奠定了基础。

**关键词** 资阳地区 灯影组 古岩溶作用 岩溶特征

**第一作者简介** 向芳 女 1974年出生 博士 沉积学

**中图分类号** P642.25 **文献标识码** A

资阳地区位于四川盆地的资阳、资中、威远、井研、仁寿等县(市)之间,区域构造处于威远大型隆起的西北斜坡,与川中古中隆起低缓构造区接壤。地表出露地层主要为中侏罗统沙溪庙组,为一平缓单斜构造,且少见断层。在该区发现了继威远震旦系气田之后的四川盆地又一震旦系气藏。该气藏发现至今,已开展了不少工作,但对气藏的成因却仍存在着不少争论,归纳起来,有这样几种观点<sup>[1-3]</sup>:①风化剥蚀、淡水淋滤、成岩作用及晚期构造作用的综合产物;②重结晶作用基础上深埋藏溶蚀作用的结果;③白云化与溶蚀作用的联合;④古岩溶作用为主控因素。

为了进一步研究储层特征,分析其发育、分布规律,有必要首先分析研究该储层的形成机理,这也是本文的目的之所在。

## 1 古岩溶存在的证据

资阳地区震旦系储层主要发育在震旦系上部的灯影组中,为一套以白云岩为主、富含蓝绿藻的地层。其主要的岩石类型可分为:藻粘结云岩类(如层纹云岩、叠层云岩、核形石粘结云岩、藻团块粘结云岩);藻粒屑云岩类(如砾屑云岩、砂屑云岩);泥—微晶云岩及粉—细晶云岩,其次还可见深灰色、蓝灰色泥岩与泥质白云岩。根据岩性差异、藻含量的不同,并结合电测解释资料,将本区灯影组从下至上划分为灯一( $Z_2dn^1$ )、灯二( $Z_2dn^2$ )、灯三( $Z_2dn^3$ )、灯四( $Z_2dn^4$ )四个段。区内7口钻井资料显示,灯四段只在资2井附近有残余,其它大部分区域均被剥蚀殆尽。

有关古岩溶的定义很多<sup>[4-6]</sup>,本文将其定义为:特指沉积物成岩以后暴露地表,在表生风化期受地表

水、地下水作用而发生的溶蚀充填,而不包括(准)同生期、埋藏期的溶蚀及充填作用。根据这一观点,结合区内钻井资料、区域上的露头特征以及构造演化史分析结果,认为本区灯影组中存在古岩溶作用,其发生的时间主要是震旦纪末的桐湾运动期,证据为:

(1) 通过本区七口取芯井资料可知,灯四段只在局部地区有残留(如资2井及其附近),灯三段在不同地区存在程度不同的剥蚀现象。

(2) 灯影组上部地层中发育有大量溶孔、溶洞、溶缝,并出现反映洞穴存在的溶塌角砾岩段。这些孔、洞、缝主要分布在震顶以下的地层中,发育深度为10~100 m。

(3) 钻井过程中出现井漏、放空等现象,说明地层中存在着较大规模的空洞,而这种规模是准同生溶蚀、埋藏溶蚀所不能形成的。

(4) 剖面上,溶蚀特征出现一定的分带性,反映出与地表水、地下水的分带性相一致的特点。

(5) 溶蚀作用不受组构控制,为非组构选择溶蚀,从而区别于以组构选择性溶蚀为特征的(准)同生溶蚀作用。

(6) 在溶蚀孔、洞、缝中发现与淡水作用有关的白云石充填物,并出现特征的葡萄花边状构造。这些“花边”多沿斜交穿层的溶缝、溶洞充填,有时可出现分叉复合现象。同时,在溶蚀孔、洞、缝中也发现上覆寒武系磷质、陆源碎屑、生物屑等渗流充填物。并且,岩层中还可见与地下暗河搬运有关的角砾岩、砾岩等。

(7) 区域上,震旦纪末的桐湾运动造成灯影组与上覆地层呈不整合或假整合接触关系,并且有自西向东剥蚀程度逐渐增大的趋势,如东部剥蚀至灯四段,而

① 国家九五攻关二级专题“四川盆地加里东古隆起震旦、寒武系储层研究及横向预测”资助项目

收稿日期:2000-07-18 收修改稿日期:2000-09-12

表 1 岩溶形态类型  
Table 1 Types of karst forms

地表岩溶形态	地下岩溶形态						
	溶缝	溶孔	溶洞(按断面形态细分)				洞 穴
			水平状	屈孔形, 似圆形, 椭圆形	倾斜或直立状	峡谷形, 裂隙形, 似圆形, 椭圆形	
溶沟, 溶芽, 溶蚀洼地, 落水洞, 岩溶漏斗, 峰丛洼地, 峰岭平原等多种形态	长: 宽 > 10 : 1 沿风化裂隙, 构造裂隙, 层面溶蚀而成	长: 宽为 1 : 1 ~ 10 : 1, 直径 < 2 mm	长: 宽 = 1 : 1 ~ 10 : 1 高 = 2 ~ 500 mm				长: 宽 = 1 : 1 ~ 10 : 1 高 > 500 mm 多为矩形或梯形断面

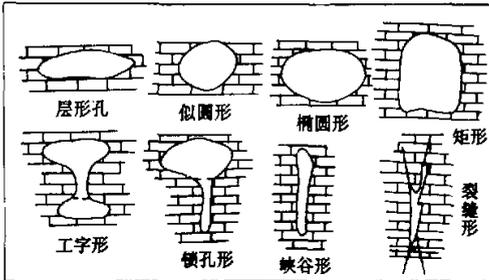


图 1 常见的几种溶洞及洞穴断面形态(据朱学稳等, 1988)

Fig. 1 Several kinds of common section forms of dissolved hollow and cave (according to Zhu Xuewen *et al.*, 1988)

西部剥蚀至灯三段。在资阳以南的威远地区及西部的金口河剖面、乐山范店剖面中于灯影组顶部均发现了 0.2~0.3 m 厚的风化壳。

(8) 资阳地区存在 500 余米下寒武统砂砾岩及泥岩地层; 同时, 本区下寒武统底部还存在厚度变化为 7~204 m 的致密硅磷层, 所以发生在志留纪中期的加里东构造抬升运动不可能造成本区震旦系顶部直接遭受岩溶作用。

## 2 古岩溶特征

### 2.1 古岩溶形态与岩溶分带性

岩溶形态与岩溶水的流动状态、流动部位密切相关。岩溶水可分为地表和地下水两类, 而地下水又可分为渗流带、潜流带和深部滞流带三个带。处于不同带中的地下水具有不同的流动状态及溶蚀能力, 从而在岩层的不同部位形成不同的溶蚀组合形态(表 1、图 1)。

由于不同形态的孔、洞、缝是不同流动状态岩溶水的产物, 所以可以利用钻井资料所揭示的溶蚀组合形态来对地层中的岩溶带进行划分。利用这一原理, 在本区灯影组地层中划分出三个岩溶带: 地表岩溶带、渗流岩溶带及潜流岩溶带。每一带具如下特征:

(1) 地表岩溶带: 由于本区古岩溶形成以后, 被后期沉积物所覆盖, 其形态难以用钻井资料直接揭露,

且在漫长的地质历史中, 较微观的形态难以保存, 因而对该区地表岩溶的研究主要侧重于规模较大的岩溶高地、斜坡、洼地及一些高低起伏的次级地形, 这将在下面的古岩溶地貌特征中进一步讨论。

(2) 渗流岩溶带: 和地下水的渗流带相对应, 形成与岩层斜交或近于垂直的溶缝、溶孔及直立或倾斜的椭圆形、似圆形、近圆形、峡谷形、裂隙形溶洞。本带以溶蚀为主, 化学充填物较少, 但可见渗流粉砂、粘土、白云石碎屑等机械充填物。相对于潜流带, 此带由于水流流速快、孔洞发育程度要差一些。

(3) 潜流岩溶带: 主要位于地下水潜流带的上部, 可形成水平状溶缝, 水平状屈孔形、似圆形、椭圆形溶洞以及大型洞穴。化学沉淀形成的白云石充填物常见, 同时还可可见暗河搬运所形成的机械碎屑充填。本区此带的洞穴常被岩溶垮塌角砾及少量暗河搬运来的砾岩所充填, 但从钻井过程中发生井漏、放空等现象来看, 岩层应仍保留有较大的空间, 或洞穴充填物间仍具有较好的空隙性。和渗流岩溶带相比, 此带是形成岩溶空洞最主要的部位。

### 2.2 古岩溶旋回

在垂向岩溶剖面中, 一个完整的岩溶序列应包括地表岩溶带、渗流岩溶带和潜流岩溶带三个部分。但由于地貌的差异, 后期剥蚀及地下水作用的不同, 常造成岩溶序列不完整。另一方面, 由于地壳的抬升, 使得潜水位相对下降, 可形成早期的潜流带和后期渗流带相叠加的现象。每一次潜水面的相对变动所引发的岩溶作用, 都可称为是一个岩溶旋回。

在本区灯影组地层中可发现多个岩溶角砾岩段。对于岩溶角砾的成因, 一般认为是潜水面附近的洞穴发生垮塌的结果。因而岩溶角砾的出现, 可以指示过去潜水面的位置。在有些角砾岩段中间又可见倾斜状、直立状的溶缝和溶洞的存在, 并且还可见早期溶蚀充填形成的“葡萄花边”被再次溶蚀破碎而成的角砾、角砾间又有溶蚀产生的溶洞等多期溶蚀充填现象。结合本区构造演化史, 认为本区存在岩层抬升而形成的多期岩溶作用。根据岩溶角砾的特点, 角砾层间溶缝、

溶洞的形态及匹配关系,将本区的岩溶作用划分为两个旋回(图 2)。研究发现,第 I 岩溶旋回的潜流带与第 II 岩溶旋回的渗流带相叠加处是岩溶作用进行得最为充分,最有利孔洞发育的部位,第 I 岩溶旋回的溶洞率最小为 0.3%,最大为 27.7%,平均为 5.6%。而两个岩溶旋回的叠加部位溶洞率最小为 0.9%,最大为 42.5%,平均也可达 10.35%。同时这也可由 7 口钻井中溶洞层的主要发育位置及已获工业气流的资 1、3、7 井的气层分布位置加以证实。

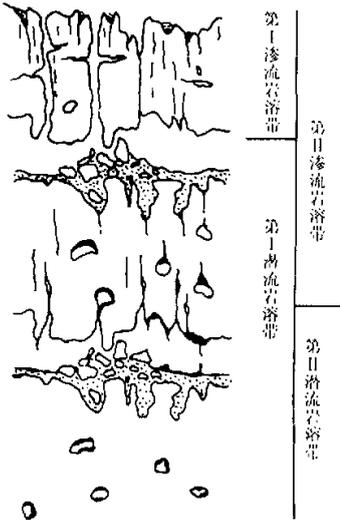


图 2 岩溶旋回示意图  
Fig. 2 Sketch map of karst cycles

### 2.3 古岩溶地貌

岩溶地貌是岩层在风化期遭受溶蚀、剥蚀所形成的各种地表景观,是地形、构造、岩性、气候、地表水和地下水运动特点等因素综合控制的产物。对于古岩溶地貌的恢复,常用的方法是根据对古构造图、古地质图、古风化壳上下岩层厚度等地质资料进行分析而得出,在有条件的情况下,还可借用高分辨率地震资料进行分析。四川盆地震旦末期的桐湾运动首先奠定了古岩溶地貌的基础,在整体上表现为西北隆、中部高、东南洼地格局。在此格局基础上,进一步发育形成了局部区域的次级古岩溶地貌。

研究发现,资阳地区震顶之上有一套呈平行不整合接触、厚度变化为 7~204 m 的硅磷段,其厚度变化与下伏灯三段及灯四段的残厚有着明显的负相关关系。即在灯四段与灯三段残厚大的地方,硅磷段薄;而残厚小的地方,硅磷段厚,说明硅磷段具有补偿性沉积特征。将硅磷段等厚图中,厚度小于 25 m 的地带划为溶丘高地、25~100 m 的地带划为溶丘缓坡、大于 100

m 带定为岩溶洼地,从而发现在资阳地区次级古岩溶地貌具有西南高、中部为斜坡、东北洼,整体由西南向东北倾斜的特点(图 3)。在溶丘缓坡上,分布有已获工业气流的资 1、3、7 井。

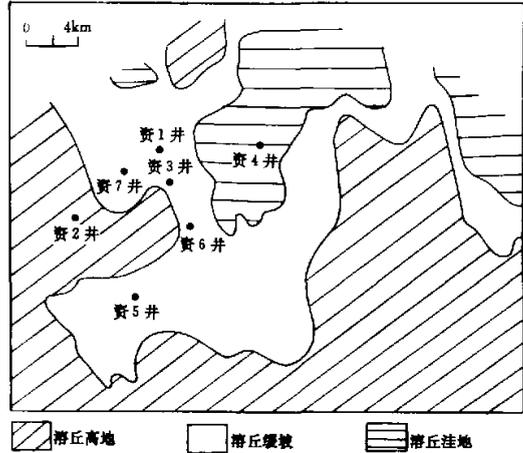


图 3 资阳地区震旦末期古岩溶地貌图  
Fig. 3 Paleokarst topography in Ziyang area at the end of Sinian

### 3 结论

(1) 通过钻井资料、露头特征及区域构造史分析证明,资阳地区灯影组遭受过古岩溶作用,其发生时间为震旦末的桐湾运动期。

(2) 本区岩溶形态以溶缝、溶孔、溶洞为主,可划分为地表、渗流、潜流三个岩溶带,潜流岩溶带为形成溶蚀孔洞最主要的部位。

(3) 受构造作用的影响,该区古岩溶作用形成两个岩溶旋回,在第 I 旋回的潜流带与第 II 旋回的渗流带相叠加的部位为岩溶作用进行最充分、孔洞最发育的位置。

(4) 在平面上,地表岩溶带形成溶丘高地、溶丘缓坡和岩溶洼地三个岩溶地貌单元,其中溶丘缓坡是最有利岩溶作用发生的地貌位置。

资阳地区灯影组所遭受的古岩溶作用,为该区震旦系储层的形成奠定了基础。虽然储层的最终定型还要受后期的埋藏溶蚀充填、构造破碎等作用的影响,但古岩溶作用作为一种主控因素的地位却不是这些后期作用所能代替的,因此该储层应该被定名为古岩溶型储层。

### 参 考 文 献

1 王兴志,侯方浩,刘仲宜等. 资阳地区灯影组层状白云岩储层研究

- [J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(2): 37~40
- 2 朱莲芳. 中国天然气碳酸盐岩储层形成的成岩模式[J]. 沉积学报, 1995, 13(2): 140~149
- 3 苟光汉, 袁玉衡, 麦刚健. 岩溶与碳酸盐岩油气储层[J]. 中国岩溶, 1988(增刊, 下)
- 4 张锦泉, 陈洪德, 刘文均等. 鄂尔多斯盆地奥陶系沉积、古岩溶及储层特征[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993
- 5 任美镔, 刘振中. 岩溶学概论[M]. 商务印书馆, 1989
- 6 Mazzullo S J, Harris P M. Metagenetic dissolution: its role in porosity development in Carbonate reservoirs[J]. AAPG Bulletin, 1992, 76(5): 607~620

## Paleokarst and Its Characteristics of Dengying Formation in Ziyang Area

XIANG Fang      CHENG Hong-de      ZHANG Jing-quan

(Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

### Abstract

In Ziyang area, another gas-bearing block in Sichuan Basin has been found in Sinian Dengying Formation. Dengying Formation is a set of carbonate sediments, which includes algal granula dolostone, algal cementation dolostone, micrite dolostone and crystal powder-cryptomere dolostone. To the origin of the gas-bearing block, there are some different explanations: 1) the result of weathering, meteoric water leaching and later tectonic process; 2) formed by recrystallization and later burial dissolution; 3) generated by dolomitization and dissolution; 4) main control factor being paleokarst. According to the study of seven drills, regional exposure characteristic and tectonic evolution history, it can be concluded that paleokarst existed in Dengying Formation in this area and it took place during Tongwan Movement at the end of Sinian. Paleokarst profile can be divided into three zones: surface, vadose and phreatic dissolution zones. In the vadose and phreatic dissolution zones, four karst forms can be found: dissolved fissure, spelaeum, dissolved hollow and cave. In this area, two karst cycles can be identified in Dengying Formation. The layer which formed by superposition of phreatic dissolution zone in first cycle and vadose zone in second cycle is the position where karst is the most developed, and the maximum vugular pore space is 42.5%. According to study, it can be found that Cambrian silicon-phosphorus sediments have the characteristics of compensation sedimentation, which lie on the relic Dengsan and Dengsi section. On the basis of thickness of silicon-phosphorus sediments, the paleokarst topography can be reconstructed, i. e.: in south-west, it is mosor highland; in north-east, it is mosor bottom; between them there is a mosor slope. All topography shows from higher in south-west to lower in north-east. All of these provide the necessary information for the research on reservoir characteristics and forecast prospecting targets.

**Key words** Ziyang area Dengying Formation paleokarst karst characteristics