

鄂西渝东地区震旦系灯影组古岩溶作用特征

盛贤才, 郭战峰, 胡晓凤

(中国石化江汉油田分公司勘探开发研究院)

摘要 鄂西渝东地区中寒武统蒸发岩类盖层之下的震旦系灯影组海相岩溶地层是我国南方的重要勘探目的层。基于野外地质调查、系统薄片观察以及地球化学资料,认为这一地区存在桐湾运动两个幕次的隆升过程以及相关的古岩溶作用。在灯影组上部和中部分别形成了1个和2个洞缝带,其充填作用规律性强,以化学沉淀充填为主。上部洞缝带依次被泥晶白云石、微晶白云石以及粉晶至粗晶白云石三期充填,而中部的两个洞缝带依次被泥晶白云石、微晶白云石、纤状白云石以及粒状白云石四期充填。初步认为这些充填物发育与否主要受下渗的饱和碳酸盐流体的流动路径、流速等因素控制,残存孔隙是现今储集层的主要储集空间。灯影组古岩溶型储层应是今后这一地区油气勘探中需要关注的重点之一。

关键词 上震旦统; 灯影组; 岩溶作用; 鄂西地区; 渝东地区

中图分类号: TE122.23

文献标识码: A

1 概况

四川盆地资阳、威远、高石梯等地区的震旦系灯影组是已知天然气工业气流发现层系,其中威远、资阳、川东南以及南江一带的灯影组均见风化壳岩溶^[1-4],与之有关的溶蚀孔缝尽管遭受晚期充填等成岩改造,但残留部分经过进一步埋藏溶蚀改造后形成相对孤立的溶蚀孔洞缝,构成灯影组重要的储集空间。鄂西渝东地区地处四川盆地东缘,是探索下古生界尤其是震旦系灯影组含油气性的重要地区之一,由于与桐湾运动有关的表生期古岩溶不仅可以在该区形成与之相关的储层,而且还可能形成油气早期侧向运移的主要通道,因此这一地区灯影组的古岩溶作用一直是石油地质工作者关注的主要方面之一。该区绝大部分地区灯影组深埋地腹,仅彭水县廖家槽有灯影组出露,钻井资料较少,钻达(穿)灯影组的探井仅廖廖几口(利1井、李2井、鄂参1井等)(图1),有关桐湾运动及其对灯影组影响的研究较少涉及。郭战峰等^[5]认为研究区利1井震旦系灯影组四段、二段上部的两套溶蚀孔洞层与古岩溶作用有关;

张林等^[6]认为研究区彭水廖家槽震旦系灯影组与寒武系之间存在起伏不平的沉积间断面,且见与暴露有关的溶蚀孔洞;包汉勇等^[7]亦认为研究区存在古岩溶作用,但改造的深度和规模有限。

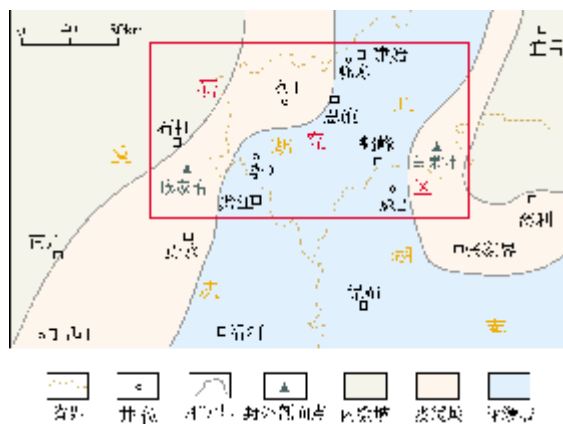


图1 研究区位置与晚震旦世灯影期沉积相带划分示意图

本次基于彭水廖家槽、鹤峰白果坪等剖面的野外地质调查,彭水廖家槽、鹤峰白果坪、利1井的大量薄片观察,以及彭水廖家槽地球化学分析资料

收稿日期: 2013-02-18; 改回日期: 2013-06-27

本文受国家科技重大专项专题“中扬子地区海相层系油气成藏条件与勘探评价(二期)”(编号:2011ZX05005-003-004)资助

盛贤才: 1965年生,硕士,高级工程师,主要从事沉积储层以及石油地质综合研究。通信地址: 430223 湖北省武汉市东湖高新区大学园路18号; 电话: (027)52307260; E-mail: 315609025@qq.com

等认为,桐湾运动对这一地区的上震旦统灯影组影响较大,发生过较强的溶蚀作用,这对该区灯影组储层特征的深化研究以及油气的勘探具有重要意义。

2 古岩溶形成的地质背景

鄂西渝东地区隶属扬子板块,中元古代晚期的晋宁运动形成板块基底,在南华纪至中三叠世以克拉通盆地沉积充填为主,晚三叠世至侏罗纪为前陆盆地充填演化阶段,早燕山期后至今为隆升剥蚀阶段。研究区及周缘重要区域构造运动及不整合包括:震旦纪的桐湾运动造成震旦系内部及寒武系与震旦系之间的不整合;志留纪晚期的广西运动造成志留系与上覆石炭系之间的不整合;石炭纪末的云南运动造成石炭系与上覆二叠系之间的不整合;中二叠世末的东吴运动形成了中二叠统与上二叠统之间的不整合;中三叠世晚期的印支运动造成中三叠统与上三叠统之间的不整合;侏罗纪晚期的宁镇运动致使研究区及周缘褶皱隆升,且奠定了现今区域构造的格架。

研究区上震旦统灯影组的下伏地层为下震旦统陡山沱组,上覆地层为下寒武统水井沱组,主要见于少量钻井以及燕山期以来强烈隆起与剥蚀区。灯影组以晶粒白云岩、残余砂屑、鲕粒白云岩和藻纹层白云岩为主,属潮坪和小型浅滩相沉积。上扬子地区震旦纪古地理背景研究^[8]表明这一时期为缓坡碳酸盐台地,结合研究区钻井、露头综合分析,笔者认为研究区利川—彭水一线的灯影组应属碳酸盐浅缓坡沉积,该线以西属内缓坡沉积(图1),两个沉积相带均处于古地理高部位,易受桐湾运动影响而产生暴露剥蚀与古岩溶作用,该线以东的李2井—咸2井—鄂参1井区为深缓坡台地沉积,处于古地理相对较低部位。

3 古岩溶作用的确定

本文将“古岩溶作用”特指为:沉积物成岩后较长时间暴露地表,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;其产物主要包括风化残积物、(充填的)孔洞层等,常表现出特有的岩石学特征以及地球化学特征。古岩溶研究一般采用岩心(露头)观察、岩石(铸体)薄片、扫描电镜等方法,地球化

学中的稳定同位素方法已得到普遍应用。研究区灯影组古岩溶作用的确定主要基于如下几方面的证据。

3.1 证据1——溶蚀洞缝带集中发育

对鄂西渝东地区利1井薄片的观察表明,在灯影组上部和中一下部,溶蚀洞、溶蚀缝等集中发育于三个层段(分别为4 470~4 516 m、4 686~4 824 m和4 915~5 043 m井段),钻厚分别为46 m、138 m和128 m。基于岩石学观察,上部的1个洞缝发育带与中部的2个洞缝发育带充填物差别明显,因此应分属于两期溶蚀作用。此外,彭水廖家槽剖面(位置见图1)灯影组中部亦发育溶蚀洞缝层,大致相当于利1井中部的溶蚀洞、溶蚀缝。溶蚀作用多不受组构控制,为非组构选择性溶蚀,从而区别于以组构选择性溶蚀为特征的(准)同生溶蚀作用。

此次露头与系统薄片观察结果显示,溶蚀洞、缝出现在一定部位,即距灯影组顶部暴露面不远(35 m内)或距灯影组中部含泥白云岩段(风化壳)不远,暗示了这具有与地表水、地下水溶蚀分带性相一致的特征。

3.2 证据2——碳氧同位素值负偏移

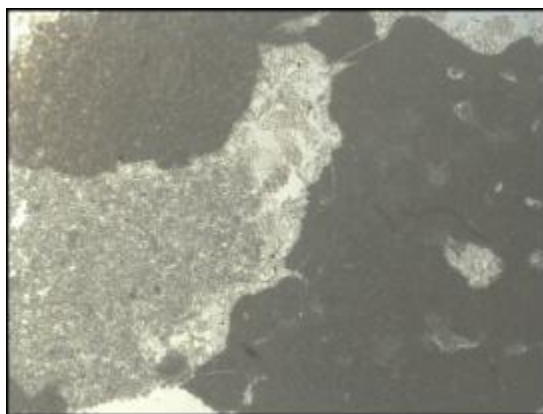
大气淡水与岩石的相互作用,会使不整合面之下碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}$ 及 $\delta^{18}\text{O}$ 值具有较背景值负偏的变化趋势,并具有 $\delta^{13}\text{C}$ 负偏移变化范围较小而 $\delta^{18}\text{O}$ 负偏移变化范围较大的特点^[9]。彭水廖家槽剖面灯影组顶部2块白云岩的碳、氧同位素分析结果表明: $\delta^{13}\text{C}$ 值在0.710‰~1.227‰(PDB,下同),平均0.969‰; $\delta^{18}\text{O}$ 值在-7.405‰~-6.203‰,平均值-6.804‰。这些区间值和平均值与高科1井(川中地区)^[10]、丁山1井(川东南地区)^[11]的相似;与邻区宜昌四溪剖面灯影组上部(即白马沱段)^[12]比较,碳氧稳定同位素负向偏移明显,反映了岩溶面之下富含轻同位素的大气淡水与碳酸盐岩进行水-岩作用的地球化学响应。而对同一剖面灯影组中部洞缝带中3块白云岩样品碳氧同位素分析结果显示: $\delta^{13}\text{C}$ 值在1.625‰~4.535‰, $\delta^{18}\text{O}$ 值在-8.783‰~-4.065‰,与高科1井的相似;与邻区宜昌棺材崖剖面中同层系(即蛤蟆井段^[12])相比, $\delta^{18}\text{O}$ 稳定同位素负向偏移极为明显,这同样反映了与古岩溶有关的稳定同位素的地球化学响应特征。

3.3 证据3——洞缝充填具规律性

鄂西渝东一带(利1井)灯影组上部的1层溶蚀洞、溶蚀缝集中发育带与灯影组中下部的2层溶蚀洞、溶蚀缝集中发育带均被不同结晶程度的白云石等充填物所充填,充填物差别明显。灯影组上部洞缝带有三期充填物,由早期到晚期依次为泥晶白云石、微晶白云石、粉细晶白云石。而灯影组中部的两个洞缝带可见四期充填物,依次为泥晶白云石、微晶白云石、纤状白云石以及粉细晶白云石。彭水廖家槽剖面灯影组中部的溶蚀洞穴中白云石充填物与四川威远—资阳等地的相似,共同特点是纤状白云石充填物(构成葡萄状花边)发育,这类充填物一般认为与淡水作用有关^[13]。

3.4 证据4——存在渗流粉砂

在利1井上震旦统灯影组三个洞缝发育层上部,少量样品中可见渗流粉砂(图2),有时隐约可见层理,其成因与桐湾运动导致灯影组暴露剥蚀以及淡水淋滤形成的非溶解性细粒物质顺溶蚀改造的孔、洞、缝下渗有关,在孔洞缝之间连接部位,下渗速率相对变缓,导致细粒物质发生机械堆积,可形成波状起伏外形以及流水层理。



泥晶白云岩。溶蚀缝见渗流粉砂。利1井4692m, 灯影组中部。岩心薄片(-), $\times 10$

图2 研究区灯影组溶缝中充填的渗流粉砂

3.5 证据5——岩溶风化壳

在鄂西渝东地区东缘鹤峰白果坪(位置见图1),可见震旦系灯影组顶面起伏不平,并出现铁铝质风化壳。利1井钻达灯影组近顶部时未取心,测井资料显示距震旦系顶0~4m以及距震旦系顶8~18m处自然伽马(GR)呈现出相对高值,显示为含泥的特征(图3),而系统的岩屑薄片观察显示两个井段的白云岩较纯,主要为泥晶白云岩、粉晶白云岩。

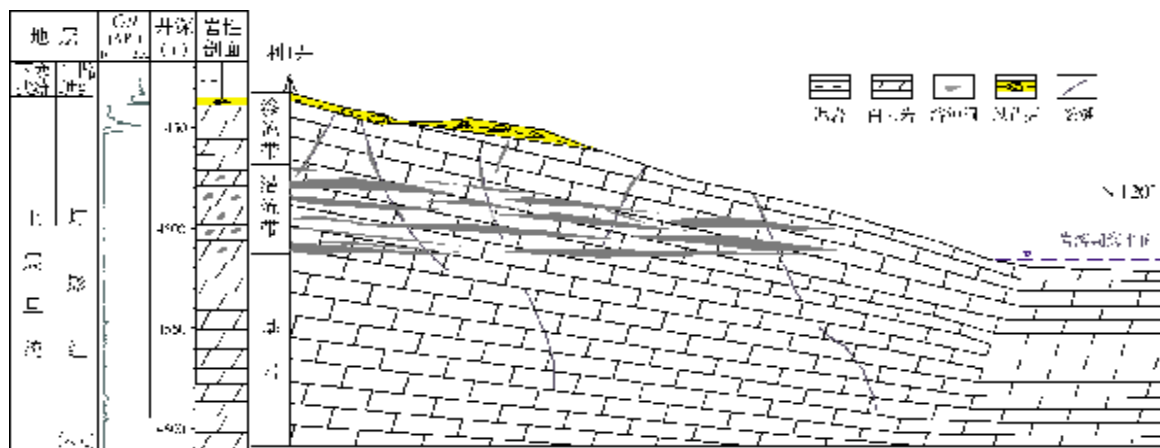


图3 研究区震旦系灯影组顶部桐湾第Ⅱ幕岩溶模式图

测井资料与岩屑薄片观察不太一致,这一现象如果用古岩溶作用产物解释则较为合理,即灯影组顶部4m为古岩溶作用改造后白云岩砾石与铁铝质风化残积物等的混合物,而井段8~18m处则可能是白云岩溶洞中出现上覆地层的泥质充填物所致。岩

屑薄片观察所见仅代表了灯影组顶部古岩溶改造后的残留岩块或基岩,自然伽马测井结果则是古岩溶改造后的综合效应,高伽马值段之下18.5m即是灯影组最上部的溶蚀洞缝发育段,暗示风化壳与表生岩溶潜流带存在关系。利1井震旦系灯影组顶部古

风化壳特征大体可以与其邻区鹤峰白果坪或资阳一带灯四段顶部对比^[2],它们与桐湾运动第Ⅱ幕有关。

此外,研究区利1井测井资料显示:井深4 644.5 m(距震旦系顶206.5 m)~4 651.5 m段亦为一相对高伽马值段,亦显示出含泥的特征。而岩屑薄片观察表明这一井段以不含泥质的粉晶白云岩、细晶白云岩为主。两者的不一致,仍然可以用古岩溶作用的产物来解释,即代表了古岩溶作用形成的铁铝质残积物与基岩的混合物,大体可以与上扬子地区资阳一带资2井、资4井中风化残积角砾岩相比较^[2],古岩溶作用与桐湾运动第Ⅰ幕有关,该高伽马值段之下34.5 m即为洞缝发育段,亦暗示了风化壳与表生岩溶潜流带的关系。相似的高伽马值段还见于与鄂西渝东地区相邻的江汉平原簪深1井,该井高伽马值段厚约3 m^①,稍有不同的是簪深1井高伽马值段之下即为溶蚀洞、溶蚀缝发育段。

4 古岩溶作用特点讨论

上扬子地区上震旦统灯影组大体可分为四段,其中二段多为“葡萄状”或“雪花状”构造发育的白云岩,三段为贫藻段,四段为富硅段。研究区利1井、廖家槽剖面灯影组中下部溶蚀洞、溶蚀缝中纤状白云石充填物发育,形成“葡萄状花边”构造,应与上扬子地区灯影组二段相当。研究区灯影组上部硅质条带发育,大致相当于上扬子地区的灯影组四段;研究区灯影组上部“富硅段”与“葡萄状花边”构造发育之间的白云岩,则应与上扬子地区的灯影组三段(即贫藻段)相当。

桐湾运动在上扬子地区可分为两幕,形成了灯影组二段与三段之间以及灯影组四段与寒武系之间的两个岩溶暴露面^[10,14],研究区利1井、廖家槽剖面资料表明:桐湾运动对灯影组的影响大致也可以和上扬子区对比。经历了早期胶结、压实等早期成岩作用之后,晚震旦世中期桐湾运动第Ⅰ幕导致早期地层的剥蚀,形成了以利1井、廖家槽为代表的中部古岩溶面以及之下的两层洞缝发育层。相似的古岩溶作用面以及洞缝发育层,还见于研究区以东的江汉平原簪深1井一带。

从研究区及周缘相当层位的洞缝发育特点来看,岩溶作用主要沿早期裂缝进行,因此影响深度较大,且伴随潜水面的变化,可形成多个与潜流带有关的洞缝集中发育带。晚震旦世末,受桐湾运动第Ⅱ幕的影响,研究区再一次抬升,导致灯影组遭受区域性

剥蚀以及淡水溶蚀,距震旦系顶约100 m内再一次出现了与潜流带有关的洞缝发育层(图3),从邻区与古岩溶有关洞缝发育特点来看,这应是具有区域性的,由于出现了较多具有和溶蚀洞穴相同充填物的溶缝,可以认为这期岩溶作用发生前应有裂缝存在。地表淡水沿裂缝等下渗并在潜流带形成具有一定分布范围的洞缝层后,近地表以及浅埋藏阶段的化学沉淀为主的充填作用导致了洞缝带的储集空间有较大幅度的丧失。

5 溶蚀孔洞缝中化学充填物的特征

溶蚀洞缝的储集性能取决于是否被充填,只有半充填或未充填的溶蚀洞缝才可能是有效储层。识别洞缝充填物,进而揭示其充填规律是研究古岩溶储层的关键。基于鄂西渝东地区钻井、野外露头的薄片观察,灯影组中与古岩溶有关的溶蚀孔、洞、缝中,充填物主体以化学沉淀充填为主,充填期次性明显,每一期之间呈现充填结构的特征。其中,灯影组上部的溶蚀洞缝带中的充填物与灯影组中下部的充填物有所不同。主要差别在于上部洞缝带的充填物主要为不同粒级的结晶白云石,而灯影组中下部的两层洞缝带充填物除不同粒级的结晶白云石外,还出现纤状白云石。

5.1 灯影组上部溶蚀洞缝带中的三期充填物

利1井震旦系灯影组的化学充填物主要出现在距灯影组顶部35~81 m的溶蚀洞缝带中,可分为三期:即第1期为泥晶白云石,第2期为微晶白云石,第3期为粉晶—粗晶的亮晶白云石。

第1期 泥晶白云石充填物 主要沿溶孔、溶洞或溶缝的基岩边缘分布,近等厚状(图4a)或不均匀状,厚度较大时该期充填物呈现出多孔状特征(图4b),局部可以填满整个孔、洞,在较大的洞穴或溶缝中发育时可呈游离状分布。从产状、成分以及充填次序来看,该期充填物应该是在灯影组顶部的溶蚀孔、洞、缝形成之后,由于地表水下渗过程中逐渐达到碳酸盐过饱和,从而在潜流带附近溶洞、溶缝物理条件(如压力)发生变化的情形下,泥晶白云石快速沉淀下来,而大型洞穴中游离状分布的多孔状泥晶白云石,其形成可能相似于现代洞穴中石钟乳、石笋,泥晶白云石发育与否受碳酸钙饱和和流体的流动路径控制。

① 张柏桥,郭战峰,盛贤才,等. 中扬子地区地质综合评价与选区[R]. 中石化江汉油田分公司,2012.

第 2 期 微晶白云石充填物 在第 1 期泥晶白云石发育之后形成, 结晶相对较粗, 颜色相对较浅, 有少部分微晶白云石则直接围绕溶蚀洞(缝)边缘的基岩上向洞(缝)内生长。该期充填物在溶蚀洞缝中可呈环状分布(图 4c), 但绝大部分洞缝中见其发育于洞穴的一侧, 且洞缝之间的连通部位厚度通常较大(图 4d), 向洞、缝中央方向充填时一般呈波状起伏或圆弧状外貌。从充填物产状、成分、外形分析, 微晶白云石是流动的碳酸盐过饱和地下水在潜流带中晶出所致, 充填物的波状外形正是潜流带流体流动时白云石晶出的结果, 而其发育程度受潜流带流速影响显著, 溶蚀洞缝之间的连通部位流体受阻, 流速慢, 充填物则相对发育。此外, 微晶白云石发育与否受重力的影响也极为明显: 垂直或斜交水平面的溶洞(缝)的断面上该期充填物多见于洞(缝)的一侧; 而在平行于水平面的洞(缝)断面上, 微晶白云石则大致呈环状分布。另外, 微晶白云石发育与否无疑还受流动路径的影响, 即在第 2 期充填物形成期间, 流体流动路径中晶出白云石后经常得到补充导致充填物相对发育, 而非流体流动路径中由于无饱和碳酸盐流体的补充, 必定导致微晶白云石化学沉淀物不发育。

第 3 期 粉晶—粗晶白云石充填物 广泛分布溶蚀孔、洞、缝中, 晶体洁净明亮, 可见其形成于第 2 期微晶白云石之后, 但亦见其直接形成于基岩或第 1 期充填物之上, 具明显的充填结构(图 4a、4b、4c、4d)。部分样品中可见有 1 期白云石脉体晚于第 1、2 期充填物, 但明显早于 3 期充填物, 显示第 3 期粉细晶白云石形成之前有构造运动的影响。由于粉—细晶白云石或者充填于早期化学充填物形成之后的残余空间, 或者完全充填溶蚀孔、洞、缝, 因此是储集空间难以最终保存下来的主要原因之一。

5.2 灯影组中下部溶蚀孔洞缝中的四期充填物

利 1 井以及彭水廖家槽剖面震旦系灯影组中, 充填物主要见于中下部洞缝带中溶蚀孔、洞、缝内, 依据充填物特征则可以将充填期次划分为四期。

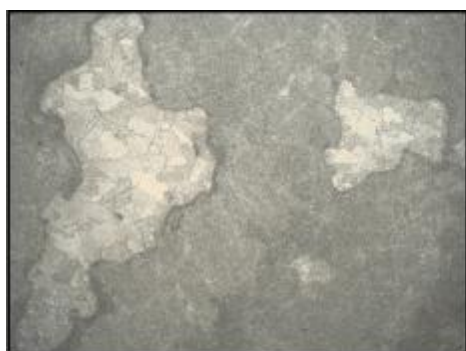
第 1 期 泥晶白云石充填物 此类充填仅在少部分样品中见到, 且主要见于洞缝发育带下部, 一般多呈等厚状环绕溶蚀洞穴或溶缝边缘充填(图 4e、4f), 其间可夹一层或数层颜色稍浅的泥晶白云石, 形成微细圈层构造(图 4f), 一般厚度不大。从成分及其在洞

缝带的发育位置分析, 该期充填物可能是溶蚀洞、缝形成后, 流经渗流带的下渗淡水达到饱和导致白云石在洞缝带快速晶出的结果, 其发育与否与饱和碳酸盐流体流动路径有关。

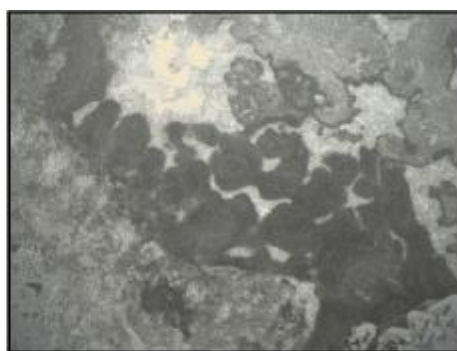
第 2 期 微晶白云石充填物 此类充填物也仅在少部分样品中看到, 一般围绕第 1 期泥晶白云石充填, 但厚度变化较大, 在洞穴变窄处的厚度相对较大。从成分以及分布来看, 微晶白云石的成因, 推测与第 1 期泥晶白云石相似, 即洞缝带淡水下渗过程中碳酸盐逐渐过饱和, 随着压力减小和 CO_2 的释放, 导致微晶白云石的晶出。与第 1 期不同的是, 白云石晶出速度稍缓, 从而导致晶出晶体较第 1 期稍大。

第 3 期 纤状白云石充填物 即葡萄花边纤状白云石, 因其立体形态似葡萄、剖面形态似花边而得名, 可以在第 2 期微晶白云石充填物之后形成(图 4f), 但大部分样品中此类充填则直接围绕溶孔、溶洞及溶缝的边缘发育, 且厚度变化较大, 有较多样品中的溶蚀洞缝几乎全为此类充填物。此外, 纤状白云石充填物可以呈现多期次充填特点, 因而表现为多圈层的纤状白云石沿溶孔、溶洞及溶缝中分布, 这是储层孔隙减小的重要化学结晶充填作用, 充填后的残余空间是现今震旦系灯影组储层内的主要储集空间之一。纤状白云石充填广泛见于威远—资阳等地的灯影组洞缝充填物中, 具有低 Fe^{2+} 、低 Mn^{2+} 、低 Sr^{2+} 的特征, 以及 $\delta^{13}\text{C}$ 在 0‰ 值附近和 $\delta^{18}\text{O}$ 偏负值的特征, 这些现象均与淡水作用有密切关系^[9]。研究区应与之相似, 在洞缝带淡水下渗过程中, 碳酸盐逐渐过饱和, 随着压力减小以及 CO_2 的释放, 导致微晶白云石的晶出, 在充填物形成过程中可能有海水的参与, 其发育与否与渗流带、潜流带流体流动路径有关。

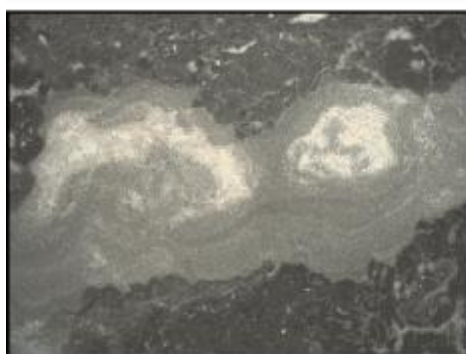
第 4 期 粒状白云石充填物 广泛分布于各种次生孔隙中, 具明显的充填组构, 晶体干净明亮, 半自形为主, 一般在第 3 期纤状白云石充填之后充填残余孔隙, 部分洞缝中可全为粉细晶白云石, 这也是洞缝带储集空间减小的一种重要化学结晶充填作用。一般认为, 粒状白云石与纤状白云石常常相伴出现, 具有低 Fe^{2+} 、低 Mn^{2+} 、低 Sr^{2+} 、以及 $\delta^{13}\text{C}$ 在 0‰ 值附近和 $\delta^{18}\text{O}$ 偏负值的特征, 它也与淡水作用密切^[9], 其形成与富含 ^{12}C 和 ^{16}O 地表下渗淡水有关, 但形成时期较晚。



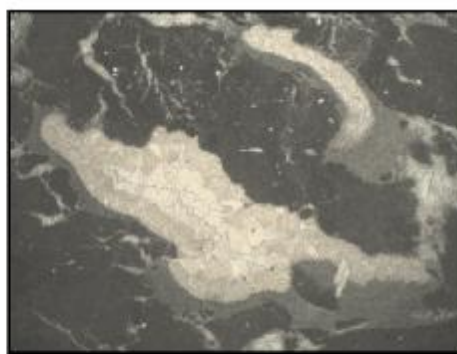
(a) 泥晶白云岩。溶洞发育, 见第1、3期充填物。第1期为泥晶白云石, 较薄, 色较深; 第3期以细晶白云石为主, 色浅。利1井4481m, 灯影组上部。岩心薄片(-), $\times 4.25$



(b) 泥晶白云岩。溶洞发育, 见第1、3期充填物。第1期为泥晶白云石, 色深, 较发育; 第3期以细晶白云石为主, 色浅。利1井4488.7m, 灯影组上部。岩心薄片(-), $\times 4.25$



(c) 溶洞充填物。充填物分三期: 第1期为泥晶白云石, 色深; 第2期为微晶白云石, 呈环状充填, 色稍浅; 第3期以细晶白云石为主, 色浅。利1井4483.9m, 灯影组上部。岩心薄片(-), $\times 4.25$



(d) 溶洞充填物。充填物分三期: 第1期为泥晶白云石, 色深; 第2期为微晶白云石, 分布在洞穴一侧, 色稍浅; 3期以细晶白云石充填为主。利1井4496.9m, 灯影组上部。岩心薄片(-), $\times 4.25$



(e) 粉晶白云岩。发育溶洞, 见第1、3期充填物: 第1期为泥晶白云石, 较薄, 色深; 第3期为纤状白云石, 沿溶洞呈同心环状生长。利1井4786m, 灯影组中下部。岩屑薄片(-), $\times 8.5$



(f) 粉晶白云岩。溶缝见四期充填物: 第1期为泥晶白云石, 较深, 略呈圈层状; 第2期为微晶白云石; 第3期为纤状白云石, 极为发育; 第4期为粒状微晶白云石。利1井5040m, 灯影组中下部。岩屑薄片(-), $\times 17$

图4 利1井灯影组溶蚀洞缝中化学沉淀充填物

a, b, c, d 为灯影组上部洞缝带充填物, e, f 为中下部洞缝带充填物

6 石油地质意义

研究区震旦系灯影组之上发育下寒武统泥岩直接盖层以及中寒武统较厚蒸发岩类间接盖层, 而印支

期以来的构造改造较弱, 因而具较好的保存条件。此外, 钻井及露头还揭示研究区灯影组见较多沥青, 表明该区发生过规模性油气聚集。正因如此, 震旦系灯影组作为勘探目的层一直备受关注。四川盆地威远、

资阳等地的油气勘探实践表明:与古岩溶有关的洞缝带是气层赋存的主要层段,一般在距震旦系顶 100m 的范围内,此次通过对研究区灯影组储层的进一步研究,发现与震旦纪桐湾运动有关的两期古岩溶作用以及与之相关的洞缝发育带,尽管遭受较强的后期化学沉淀充填作用,但经测井解释,部分洞缝带仍为储层段。此外,研究区烃源供给主要来自其东南的湘鄂西烃源岩发育区,与桐湾运动有关的不整合面及储层还可能是油气早期侧向运移的主要通道之一,因此它们对研究区成藏的影响是今后勘探评价的重要关注内容之一。

7 结语与讨论

(1)晚震旦世中期和末期的桐湾运动使研究区发生了两次抬升作用,导致震旦系灯影组发生了暴露、剥蚀以及淡水淋滤,形成了与潜流带有关的三个洞缝发育带以及两个风化壳层。

(2)现有的钻井、露头资料显示,与古岩溶有关的洞缝发育带以化学沉淀充填为主,规律性明显:上部洞缝带依次为泥晶白云石、微晶白云石以及粉晶至粗晶白云石充填;中部的两个洞缝带依次为泥晶白云石、微晶白云石、纤状白云石以及粒状白云石充填。充填物总体形成于潜流带。

(3)现有资料显示,尽管与古岩溶有关的洞缝带充填作用较强,但测井解释仍为储集层,与灯影组古岩溶有关的洞缝发育带是研究区油气勘探需要关注的主要储层类型之一。

参考文献

- [1] 罗啸泉,郭东晓,蓝江华. 威远气田震旦系灯影组古岩溶与成藏探讨[J]. 沉积与特提斯地质, 2001, 21(4): 54-60.
- [2] 王兴志,黄继祥,侯方浩,等. 四川资阳及邻区灯影组古岩溶特征与储集空间[J]. 矿物岩石, 1996, 16(2): 47-54.
- [3] 施泽进,彭俊,王勇. 川东南地区灯影组储层特征及其控制因素研究[J]. 成都理工大学学报, 2010, 37(1): 1-8.
- [4] 王东,王国芝. 四川南江地区灯影组白云岩优质储层的形成与演化[J]. 现代地质, 2011, 25(4): 660-667.
- [5] 郭战峰,陈绵琨,付宜兴,等. 鄂西渝东地区震旦、寒武系天然气成藏条件[J]. 西南石油大学学报, 2008, 30(4): 39-42.
- [6] 张林,李建明. 渝东彭水廖家槽上震旦统灯影组储层特征研究[J]. 油气地球物理, 2010, 8(1): 48-51.
- [7] 包汉勇,陈绵琨. 鄂西渝东地区古岩溶发育特征及其主控因素[J]. 江汉石油科技, 2012, 22(3): 1-8.
- [8] 梅冥相,周鹏,张海,等. 上扬子区震旦系层序地层格架及其形成的古地理背景[J]. 古地理学报, 2006, 8(2): 219-231.
- [9] 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.
- [10] 黄文明,刘树根,张长俊,等. 四川盆地震旦系储层孔洞形成机理与胶结充填物特征研究[J]. 石油实验地质, 2009, 31(5): 449-461.
- [11] 黄文明,刘树根,马文辛,等. 四川盆地东南缘震旦系—下古生界储层特征及形成机制[J]. 石油天然气学报, 2011, 33(7): 7-12.
- [12] 陈孝红,李华芹,陈立德,等. 三峡地区震旦系碳酸盐岩碳氧同位素特征[J]. 地质论评, 2003, 49(1): 66-73.
- [13] 刘树根,马永生,黄文明,等. 四川盆地上震旦统灯影组储集层致密化过程研究[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(4): 485-496.
- [14] 许海龙,魏国齐,贾承造,等. 乐山—龙女寺古隆起构造演化及对震旦系成藏的控制[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(4): 406-416.

编辑:赵国宪

Paleokarstification Characteristics of Sinian Dengying Formation in Western Hubei-Eastern Chongqing Area

Sheng Xiancai, Guo Zhanfeng, Hu Xiaofeng

Abstract: The thick Sinian Dengying marine dolostone karst reservoir overlaid by Middle Cambrian evaporate rock is the important target of exploration in the western Hubei-eastern Chongqing area. Two episodes of tectonic uplifting and karstification related with Tongwan movement occurred in this area, which brought in one and two fracture-cave zones respectively in the upper and middle parts of Dengying Formation. These fracture-cave zones are dominantly filled with regular chemical precipitation, including the fillings of micritic dolomite, dolomicrite, fine-coarse crystalline dolomite in the upper part and the fillings of micritic dolomite, dolomicrite, nematodolomite and granular dolomite in the middle part. It is indicated that the development of fillings is influenced by flowing paths and rates of the leaking saturated carbonate fluid, and the residual secondary pores provide space for the present reservoirs.

Key words: Upper Sinian; Dengying Formation; Karstification; Western Hubei; Eastern Chongqing

Sheng Xiancai; male, MSc, Senior Geology Engineer. Add: Research Institute of Exploration and Development, SINOPEC Jiangnan Oilfield Branch Company, Wuhan, Hubei, 430223, China