

文章编号:1672-9854(2009)-04-0001-09

塔里木盆地古生界白云岩储层类型及特征

沈安江^{1,3}, 郑剑锋¹, 潘文庆², 张丽娟², 郑兴平^{1,3}, 罗宪婴¹

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 塔里木油田分公司勘探开发研究院; 3 中国石油集团碳酸盐岩储层重点实验室)



摘要 根据60口井岩心及薄片的观察,塔里木盆地寒武系—奥陶系白云岩储层可划分为五种类型。萨布哈白云岩储层发育于潮间—潮上坪蒸发环境,以泥晶白云岩为特征,孔隙类型有膏溶孔及白云岩砾间孔。渗透回流白云岩储层发育于潟湖蒸发环境,以礁滩体组构造选择性白云石化为特征,孔隙类型有铸模孔、膏溶孔、残留粒间孔。埋藏白云岩储层以白云石交代灰质或白云石重结晶形成的结晶白云岩为特征,孔隙类型有晶间孔及晶间溶孔。热液白云岩储层以受热液改造的结晶白云岩为特征,往往与热液矿物伴生,受断层、不整合面等热液通道控制。构造裂缝型白云岩储层储集空间除裂缝外,常见沿裂缝发育的溶孔。不同类型白云岩储层的主控因素和分布规律各不相同。

关键词 塔里木盆地; 白云石化作用; 白云岩储层; 储层类型; 储层特征

中图分类号: TE112.23 **文献标识码**: A

沈安江 1965年出生,博士,高级工程师。长期从事碳酸盐岩沉积储层研究工作,发表论文20余篇,专著4本,译著2本。通讯地址: 310023 杭州市西溪路920号; 电话: (0571)85224983

塔里木盆地中西部台地区寒武系—奥陶系发育较为完整,地层序列自下而上为:下寒武统的玉尔吐斯组、肖布布拉克组、吾松格尔组,中寒武统的沙依里克组、阿瓦塔格组,上寒武统的丘里塔格组,下奥陶统的蓬莱坝组(O_{1p})和中—下奥陶统的鹰山组(O_{1-2y}),以整合或层间平行不整合接触为特征。寒武系至下奥陶统蓬莱坝组岩性以白云岩为主,夹少量的石灰岩及灰质白云岩,中—下奥陶统鹰山组下段为灰质白云岩或白云质灰岩,白云质组分呈斑块状、花朵状分布于石灰岩中,据露头观察,白云石化率达30%,上段以石灰岩为主,白云质组分明显减少。寒武系至中—下奥陶统鹰山组主体为广阔的陆表海沉积,并有由早期的碳酸盐缓坡向晚期的镶边碳酸盐台地演化的趋势,台内发生台洼(台槽、台沟)及台坪的分异,礁滩相沉积发育。早中寒武世总体为干旱气候条件下的蒸发潮坪和蒸发潟湖环境,发育石膏。石膏以两种形式产出,一是与白云岩互层或夹层,二是石膏

呈斑块状分布于白云岩中。进入晚寒武世及早奥陶世,气候开始变得潮湿。复杂的埋藏史使寒武纪—奥陶纪地层普遍经历了海水、早表生大气淡水、蒸发和埋藏成岩环境,以及再埋藏和多期次的亚抬升成岩环境,潜山区还经历了多期次叠合的晚表生成岩环境。地层、古地理、古气候特征及埋藏史控制了塔里木盆地古生界白云岩储层的类型和特征。

1 萨布哈白云岩储层

古代萨布哈地层序列是重要的油气储层,潮间—潮上坪沉积物的白云石化形成储层,而伴生的蒸发岩常常形成盖层。大气淡水对萨布哈地层序列的影响是由萨布哈环境的过渡属性(处于陆地和海洋环境之间,以陆上为主的沉积环境)所决定的。Roehl^[1]提出了“成岩地形”术语,指的就是长期受陆地雨水影响的暴露的向陆一侧的萨布哈边缘。在高频旋回的末期,或三级层序开端的低水位期,可以

收稿日期:2009-07-09

本文受国家科技重大专项—“大型油气田及煤层气开发专项”(编号2008ZX05004-002)、国家973项目—“中低丰度大气田的储层特征、形成机理与分布预测研究”(编号2007CB209502)资助

形成成岩地形,并对边缘海萨布哈进行成岩改造。淡水的回流和成岩地形的发育通常出现在每个萨布哈旋回的末期,并且可能是萨布哈地层序列内形成具重要经济价值孔隙的主要控制因素。

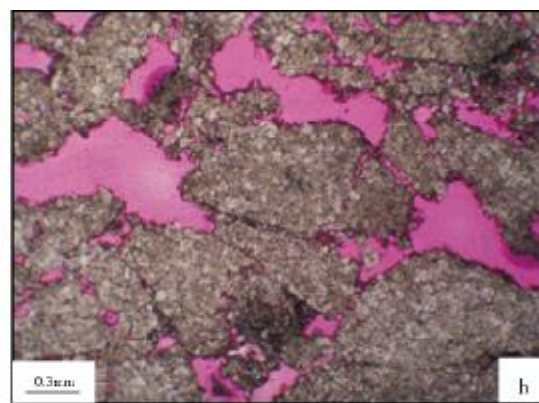
塔里木盆地岩心和薄片所见最典型的萨布哈白云岩储层见于牙哈10井第4筒心6 210.10~6 213.20 m井段,位于萨布哈向上变浅序列的中上部,下部以致密泥晶白云岩为特征,储层的载体为一套含石膏的潮间—潮上坪泥晶白云岩。孔隙类型主要有溶孔(包括石膏溶孔、未白云石化灰泥或文石的溶孔)、砾间孔(石膏层溶解导致白云岩层的垮塌造成的)(图1a,

1b)。储层在后期的埋藏过程中受到叠加改造,还可见白云石重结晶作用形成的晶间孔,埋藏岩溶作用形成晶间溶孔,构造应力作用形成裂缝。

从孔隙的类型及成因可以得出萨布哈白云岩储层的成因机理和主控因素。储层形成于干旱气候条件下的潮间—潮上坪蒸发成岩环境,对储层发育起控制作用的有萨布哈白云石化作用、石膏的沉淀作用、大气淡水导致的石膏溶解作用、白云岩的垮塌作用、白云石重结晶作用、埋藏岩溶作用和构造裂缝作用,但主控因素是萨布哈白云石化导致的石膏沉淀作用和大气淡水导致的石膏溶解作用。



泥晶白云岩中发育的石膏溶孔。牙哈10井, 6210.76m, E₁



粉细晶白云岩中发育的砾间孔,是膏岩层溶解导致白云岩层垮塌所致。牙哈10井, 6210.40m, E₁

图1 塔里木盆地地下古生界萨布哈白云岩储层孔隙发育特征

在萨布哈向上变浅的地层序列中,石膏主要分布在中上部,并有两种产状。中部石膏以斑块状散布于泥晶白云岩中为特征,形成膏质白云岩,上部以膏

岩层和膏质白云岩或泥晶白云岩互层为特征。由下至上构成气候逐渐干旱和石膏含量逐渐增多的序列(图2)。

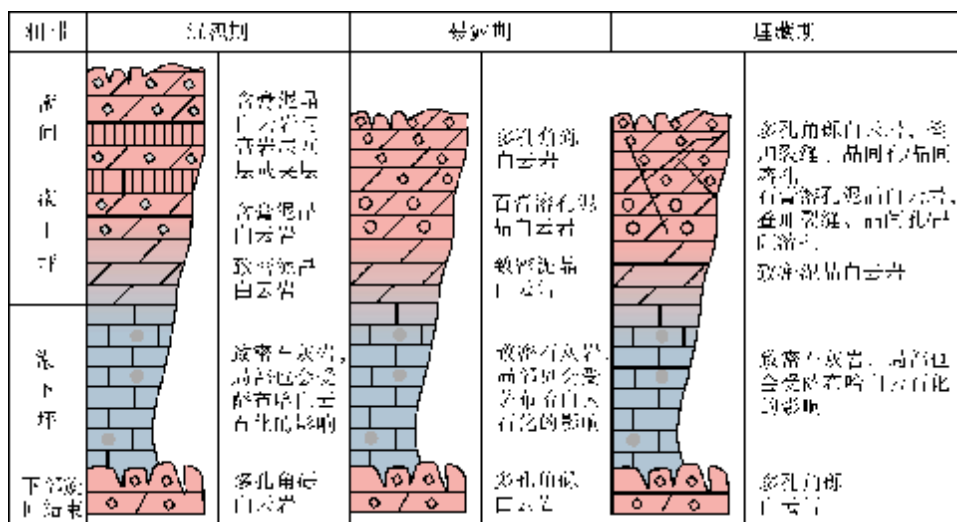


图2 塔里木盆地地下古生界萨布哈白云岩储层发育模式

石膏的存在非常重要,它为石膏的溶解和石膏溶孔的形成、白云岩地层的垮塌和砾间孔的形成奠定了物质基础,而萨布哈环境的过渡属性又为频繁的大气淡水作用提供了保障。这也很好地解释了萨布哈白云岩储层为什么主要发育于萨布哈地层序列的中上部,而下部的纯泥晶白云岩反而不能发育成储层的原因(图2)。事实上,塔里木盆地寒武系—奥陶系泥晶白云岩是非常发育的,但不含石膏的泥晶白云岩是不可能发育成储层的,石膏为膏溶孔的形成提供了物质基础。从古气候分析,塔里木盆地萨布哈白云岩储层主要发育于早中寒武世干旱气候期的潮间—潮上坪,与石膏或膏岩层伴生。

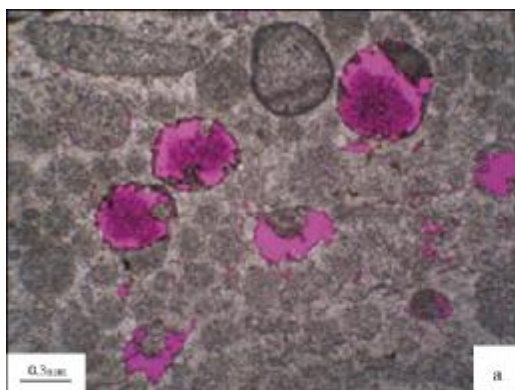
2 渗透回流白云岩储层

渗透回流白云石化作用可以形成优质的白云岩储层,而上覆蒸发岩常常形成盖层,通常所说的盐下白云岩储层就赋存在这类储盖组合中。其储层的载体可以是台内的礁丘、礁滩、泥晶白云岩,也可以是

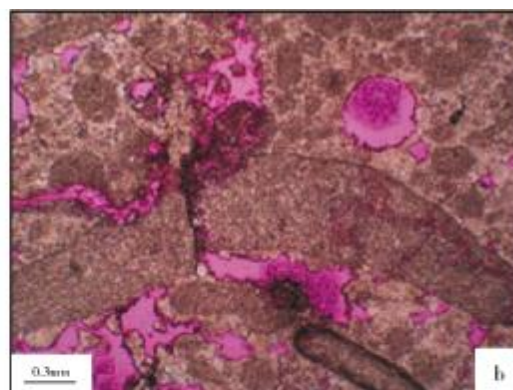
台缘的礁滩复合体。白云石化往往具有组构选择性,保留原岩结构。储层发育于干旱气候背景,又经常受大气淡水淋溶作用的改造,往往位于高频旋回或三级旋回向上变浅序列的上部,侧向上与膏岩层相接触,垂向上为膏岩层覆盖。

塔里木盆地岩心和薄片所见最典型的渗透回流白云岩储层见于牙哈7X-1井第9筒心5827.61~5833.68m井段(图3a,3b)和方1井第19筒心4598.20~4606.80m井段(图3c,3d),前者的原岩为颗粒灰岩,后者的原岩为礁(丘)灰岩。这类储层与干旱气候有关,并往往伴生蒸发岩的沉淀,因此,塔里木盆地的分布层位也主要见于中—下寒武统。

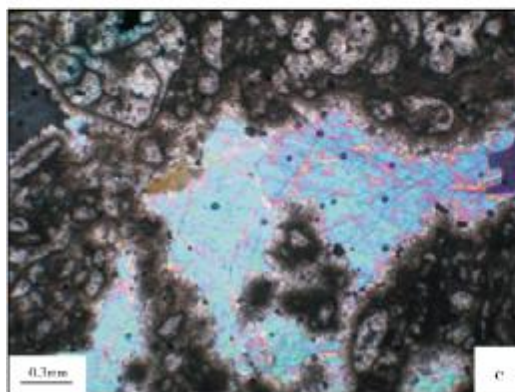
孔隙类型主要有颗粒铸模孔、粒间溶孔、石膏溶孔、未白云石化灰泥或文石的溶孔、残留粒间孔及格架孔。如果储层在后期的埋藏过程中受到叠加改造,还可因白云石的重结晶作用形成晶间孔,埋藏岩溶作用形成晶间溶孔,构造应力作用形成裂缝。



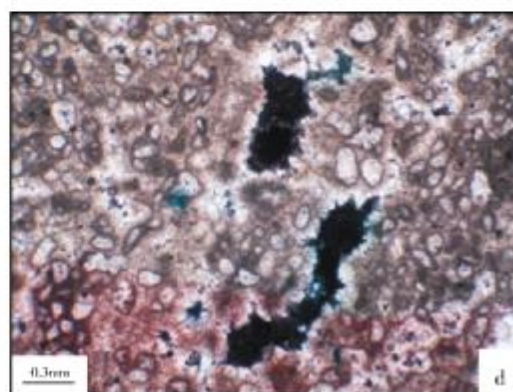
颗粒白云岩中发育的铸模孔。牙哈7X-1井, 5833.00m, E_2



颗粒白云岩中发育的铸模孔和粒间溶孔。牙哈7X-1井, 5833.00m, E_2



礁丘灰岩格架孔中充填的石膏。方1井, 4602.85m, E_2



礁丘灰岩格架孔。方1井, 4604.65m, E_2

图3 塔里木盆地地下古生界渗透回流白云岩储层孔隙发育特征

从孔隙类型及成因可以得出渗透回流白云岩储层的成因机理和主控因素。储层形成于干旱气候条件下的陆棚潟湖蒸发环境,这是与萨布哈白云岩储层的最大区别,前者形成于水下,后者形成于水上。对储层发育起控制作用的有渗透回流白云石化作用、石膏的沉淀作用、大气淡水导致的石膏—文石颗粒—未白云石化灰泥的溶解作用、白云石重结晶作用、埋藏岩溶作用和构造裂缝作用,但主控因素是大气淡水导致的石膏—文石颗粒—未白云石化灰泥的溶解作用。

侧向上,蒸发潟湖由陆向障壁方向,蒸发盐沉积是逐渐减少的,向陆的一侧可以是成层的膏岩沉积,

向海一侧形成的储层序列也依次为石膏溶孔型泥晶白云岩储层(原岩为含石膏的潟湖相泥晶灰岩)、颗粒白云岩储层(石膏溶孔型和残留粒间孔型)、礁丘白云岩储层(格架孔可为石膏充填)、未白云石化礁滩复合体储层^[2](图4)。蒸发环境亮晶方解石胶结物的缺乏是大量原生粒间孔得以残留的重要原因。目前,塔里木盆地钻遇的井发现有礁丘白云岩储层(格架孔可为石膏充填,方1井)、颗粒白云岩储层(牙哈7X-1井),而石膏溶孔型泥晶白云岩储层、石膏溶孔型颗粒白云岩储层未见到,但在四川盆地的雷口坡组见到了这两类储层^[3],推测塔里木盆地在膏岩层和颗粒白云岩储层之间应该发育这两类储层。

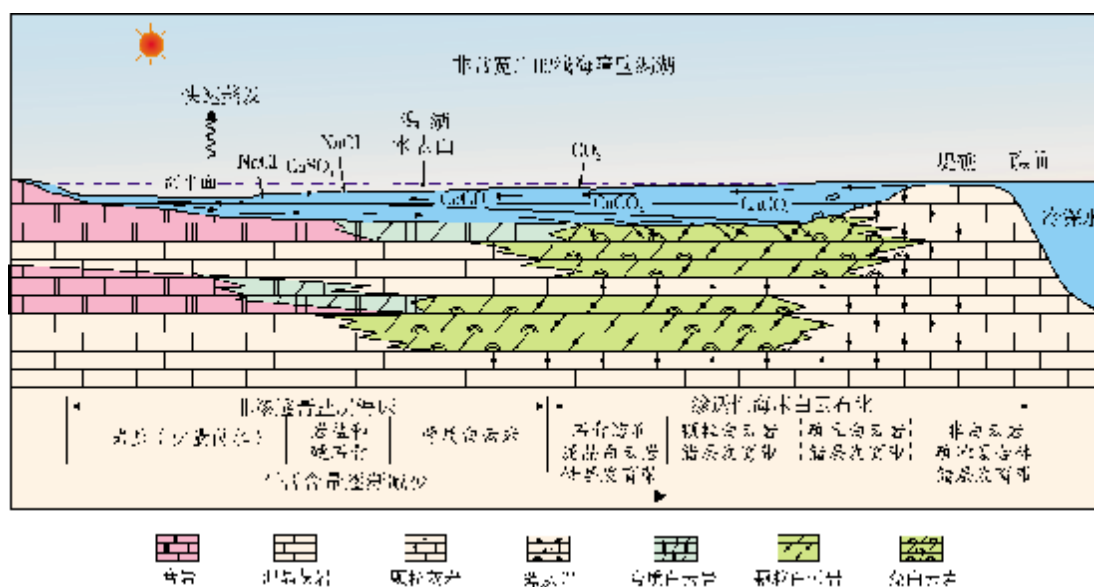


图4 渗透回流白云岩储层发育模式图(据Adams和Rhodes,修改^[3])

垂向上,随着气候的进一步干旱,膏岩层将向海一侧迁移,逐渐覆盖于下伏各类白云岩储层之上。这就导致了潟湖靠陆一侧,膏岩层下伏的碳酸盐岩往往未发生白云石化或仅发生弱白云石化作用(如和4井),而潟湖靠海一侧,膏岩层下伏的为渗透回流白云岩储层(如方1井),或者没有膏岩层的覆盖(如牙哈7X-1井)。

由于渗透回流白云石化作用主要发生在水下,大规模石膏层的溶解和上覆白云岩层的垮塌现象并不多见,这也是与萨布哈成岩环境的最大区别。前者往往仍保留大量的膏岩层,如和4井、方1井、康2井及山1井,而后者石膏层大多被溶解而消失。

3 埋藏白云岩储层

埋藏白云石化作用可以发生于埋藏成岩环境的各个阶段,并形成优质储层,总体上具非构造选择性和晶粒较粗大的特点,而且随埋藏深度的加大、作用时间的加长,晶粒有变粗的趋势。埋藏白云岩储层的载体是各种晶粒大小的结晶白云岩,以中、粗晶白云岩为主,原岩可以是各种石灰岩被白云石化成岩介质交代的产物,并进一步重结晶,使晶粒变粗变大,也可以是形成于同生期或准同生期的白云岩重结晶的产物。虽然埋藏成岩相控制储层的发育和分布,但大量案例揭示埋藏白云岩主要沿陆棚边缘分布,如

西加拿大沉积盆地泥盆纪 Nisku 陆棚、Cooking Lake 台地、Swan Hills 台地和 Presquile 障壁等^[4],可能与埋藏流体的运动主要集中在沉积期或沉积后不久建立起来的高孔隙度—渗透率带有关^[5]。

塔里木盆地大量薄片观察揭示,发生埋藏白云石化作用的门限深度不需要很大。早埋藏期的白云石化的产物是白云石呈零星状散布于石灰岩中,泥晶结构的石灰岩比颗粒结构的石灰岩更容易发生白云石化,随着压溶作用的进行和灰质组分的溶解,这些零星状散布的白云石可以沿着缝合线富集。Dunnington^[6]指出 600 m 是压溶作用开始发生的最小埋藏深度,Buxton 和 Sibley^[7]从地层重建中导出美国密歇根盆地泥盆系的压溶作用发生在约 1500 m 深处,这说明埋藏白云石化作用在埋深达到 600~1500 m 时就可以发生。毫无疑问,埋藏环境下温度和压力的升高有利于白云石化作用的发生^[8-9]。

关于白云石化在孔隙的形成和破坏中的作用,长期以来都是个争论的话题^[10-11]。Murray^[12]研究了加拿大萨斯喀彻温省 Charles 组 Midale 层白云石含量与孔隙度的密切关系。在这个实例中,最初,随着白云石含量的增加孔隙度下降,直到白云石含量达到 50%。在这之后,随着白云石含量的增加,孔隙度增加。Murray^[12]解释白云石化之所以可以影响孔隙度,是通过方解石的同时溶解并为白云石化提供碳酸盐物源的缘故。Midale 层最初是灰泥,对于白云石少于 50% 的样品,未白云石化的灰泥在埋藏过程中被压实,“漂浮”的白云石菱面体占据了孔隙,随着白云石化程度的增强,孔隙度下降。但当白云石含量达到 50% 时,白云石菱面体开始担当支撑格架的作用,阻

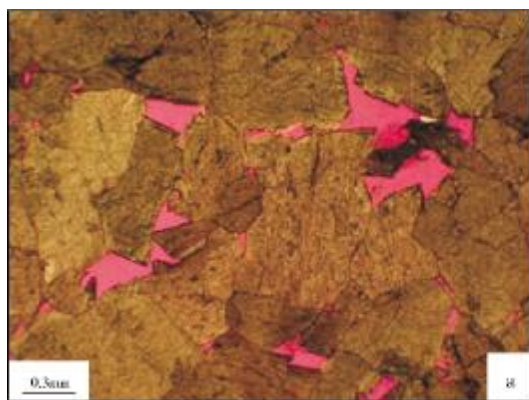
止了压实,并随白云石含量的增加,孔隙度也增加。

白云石菱面体之间方解石的消失是理解与白云石相关的孔隙的关键。如果白云石菱面体间方解石的消失是由于溶解作用,那么,孔隙度的增加是一次特别的成岩事件,该成岩事件只影响具有特定的地质和埋藏背景的白云岩地层,如沿不整合面的暴露并伴有大气淡水潜流带的溶解作用。Weyl^[13]根据质量守恒原理,指出如果白云石化完全是分子对分子的交代,碳酸盐的来源也很局限,那么,方解石向较大比重的白云石转化时,会导致孔隙度增加 13%。

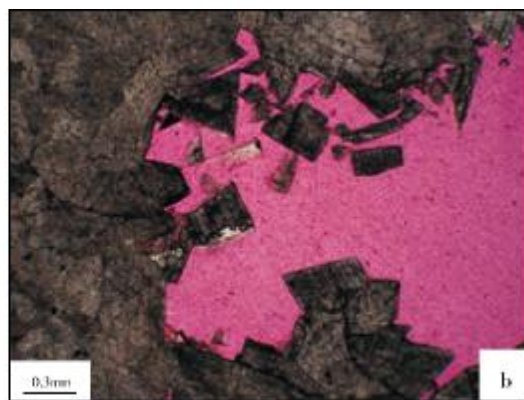
塔里木盆地埋藏白云岩储层非常发育,以中、粗晶白云岩为主,层位主要见于 $\text{C}_3\text{—O}_1\text{p}$, C_{1-2} 也有少量分布。如东河 25 井第 4 筒心 5893.55~5899.17 m 井段、康 2 井第 4 筒心 4137.43~4140.23 m 井段、牙哈 10 井第 2 筒心 6168.05~6172.60 m 井段。

孔隙类型主要有晶间孔和晶间溶孔(图 5a, 5b)。晶间孔是埋藏白云石化的产物,可以是白云石晶体间灰泥溶蚀形成的,也可以是石灰岩被白云石交代后密度增大体积缩小形成的,白云石的重结晶作用也可以形成晶间孔。晶间溶孔是埋藏岩溶作用的产物,是白云石晶体非组构选择性溶解导致晶间孔的溶蚀扩大。

需要指出的是热液可以分为两类:一是埋藏热液,二是深源热液。前者是指正常埋藏背景下岩石—水相互作用形成的卤水、烃类成熟形成的有机酸和硫化氢等介质,随埋深加大,可形成温度很高的热流体;后者是指通过热液通道(如不整合面、断裂及渗透性好的岩石等)从深部运移来的热液,其温度高于成岩环境的背景值。埋藏白云岩储层主要是指埋藏热液作用的产物。下文要讨论的热液白云岩储层主



中粗晶白云岩晶间孔。米兰1井, 5524.50m, C_3



粗晶白云岩晶间孔被溶蚀扩大成晶间溶孔。康2井, 4137.46, O_p

图5 塔里木盆地地下古生界埋藏白云岩储层孔隙发育特征

要是指深源热液作用的产物。

从孔隙的类型及成因可以得出埋藏白云岩储层的成因机理和主控因素。储层形成于埋藏成岩环境开放体系,对储层发育起控制作用的主要有埋藏白云石化作用和埋藏岩溶作用,以及晚期深源热液作用和构造裂缝作用的叠加改造。

4 热液白云岩储层

通过深源热液作用形成的白云岩储层称为热液白云岩储层,但具经济价值的热液白云岩储层并不多见,更多的是对先存储层的叠加改造。因深源热液需要不整合面、断裂作为通道,导致热液白云岩储层分布的局限性。在此,以塔中鹰山组为例加以阐述。就成因而言,塔中鹰山组是一套层间岩溶叠加热液白云石化和热液岩溶作用的产物,但深源热液作用对储集空间的发育具重大的贡献,包括(1)热液作用导致形成斑块状或花朵状白云石化,斑块状或花朵状白云岩是非常优质的储层;(2)热液溶蚀作用导致洞穴的形成。

塔中地区为良里塔格组覆盖的鹰山组顶部最初

被认为是层间岩溶型储层,两者之间代表 11 Ma 的地层缺失和表生岩溶作用。但通过野外和井下的进一步研究,发现有几个现象是不能用层间岩溶储层模式作解释的。

不整合面下所见到的洞穴大都是被充填的(如中古 41 井、塔中 80 井、塔中 12 井等);洞穴的发育与该不整合面可近可远(如塔中 12 井、塔中 162 井),似乎没有直接的因果关系(如塔中 80 井);油气产层与该不整合面可近可远,甚至可以在不整合面之上(如塔中 45 井);热液现象非常丰富(如塔中 45 井)。

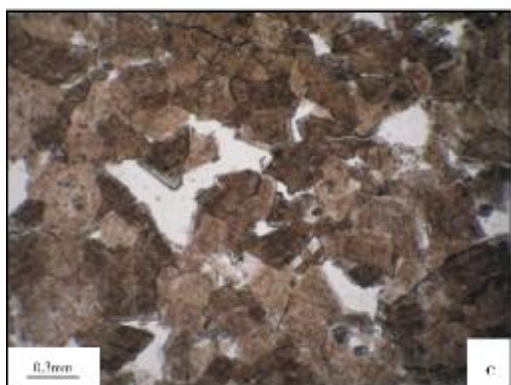
在野外,鹰山组顶部不整合面附近有三类现象是非常值得关注的。一是大量斑块状或花朵状白云岩(图 6a),白云石化弱时表现为石灰岩包裹斑块状白云岩,白云石化强时表现为残留石灰岩被白云岩包裹,白云石化率平均可达 30%,白云岩晶间孔和晶间溶孔发育,孔隙度大于 10%,对全岩孔隙度的贡献率达到 3%~4%;二是顺层分布的洞穴,大多被充填;三是顺不整合面或断层分布的洞穴,大多为热液矿物萤石半充填(图 6b)。



硫磺沟剖面,沿平行不整合面分布的层状矿坑



青松石料厂剖面,灰岩包裹斑块状白云岩(照片由潘文庆提供)



斑块状或花朵状白云岩发育的晶间孔和晶间溶孔。塔中3井, 4066.68m, $O_{1-2}y$



热液溶蚀孔洞为热液矿物半充填。塔中3井, $O_{1-2}y$, 16-31/44

图6 塔里木盆地地下古生界热液白云岩储层特征

在塔中—巴楚隆起,如康2井第3筒心3821.23~3823.83m井段、塔中3井第19筒心3887.20~3893.00m井段,热液作用现象丰富,各种热液矿物分布于鹰山组的上部。热液作用导致斑块状或花朵状白云石化(图6c)和热液溶蚀洞穴(图6d)的形成,热液溶蚀洞穴大多为热液矿物半充填。

这类储层的孔隙类型很复杂(图7),有与表生期溶蚀作用相关的洞穴,有与斑块状或花朵状白云岩相关的晶间孔和晶间溶孔,还有热液溶蚀洞穴。但对储集空间的主要贡献者是热液白云石化形成的晶间孔和晶间溶孔,热液溶蚀洞穴。与表生期溶蚀作用相关的洞穴往往被热液作用再改造或继承性发育,显然,热液优先选择表生期溶蚀多孔带活动。

与表生岩溶作用相关的洞穴主要分布在距不整合面之下0~50m的深度范围内,水平洞穴、异源沉积物和垮塌现象常见,大多被充填。往深处发育与热

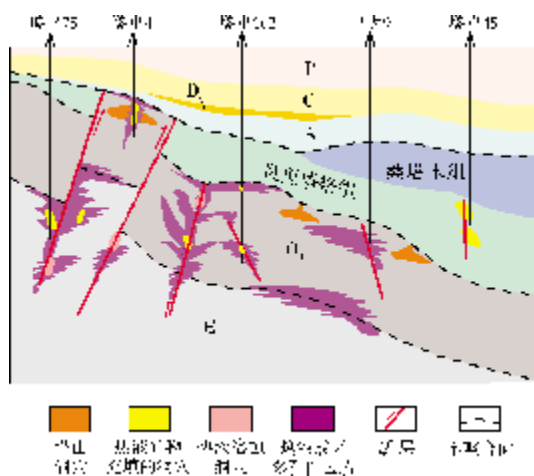
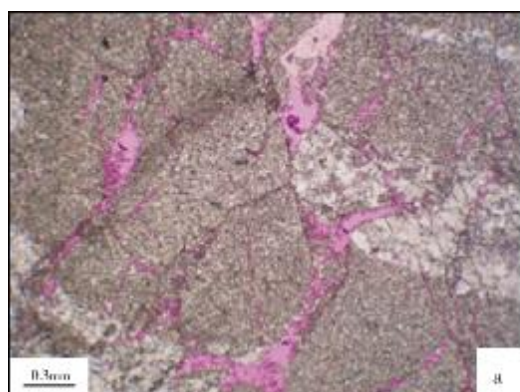
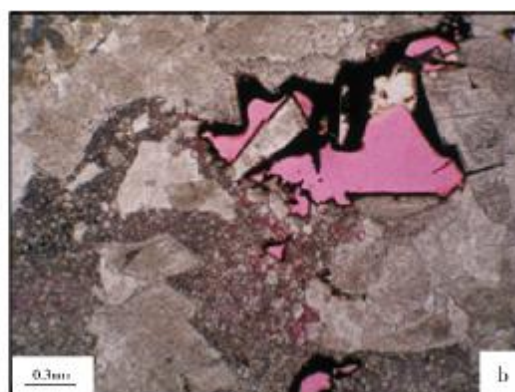


图7 表生期间岩溶叠加深源热液白云石化和热液岩溶型储层发育模式图^①

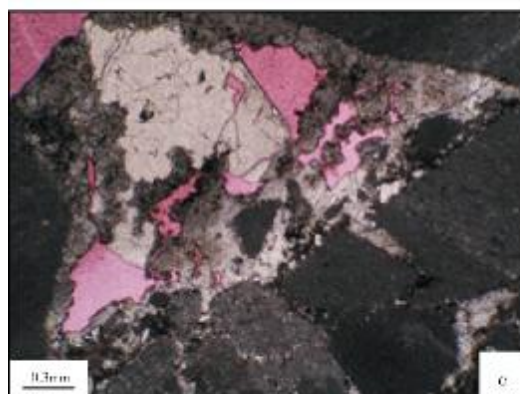
液作用有关的、受断层控制的垂直洞穴,垮塌现象和异源沉积物少见,但与热液有关的巨晶方解石胶结



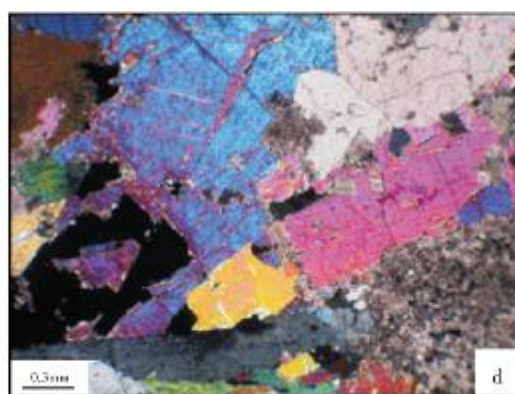
微晶白云岩中发育的裂缝。山1井,4002.47m,Op



粗晶白云岩中发育的裂缝,充填大量的渗流沉积物。塔中43井,5102.80m,Op



角砾状微晶白云岩,晶间孔为亮晶方解石充填,亮晶方解石又被部分溶蚀。牙哈7X-1井,5868.77m,Et



粉细晶白云岩中的裂缝为高温石膏和鞍状白云石充填。塔中43井,5427.80m,Op

图8 塔里木盆地地下古生界构造裂缝型白云岩储层特征

① 编者注:图7中的“潜山洞穴”为习惯用语,指不整合面下或古潜山风化壳下发育的表生期岩溶洞穴

物常见。不整合面附近也可发育与热液作用有关的热液溶蚀洞穴。斑块状或花朵状白云石化受不整合面或断层控制。

5 构造裂缝型白云岩储层

和热液白云岩储层一样,构造裂缝型白云岩储层往往不是以单一成因类型的储层出现,而是叠加改造前期已经形成的储层,进一步改善储层物性。由于白云岩的脆性特征,与石灰岩相比更容易产生裂缝,如塔中43井第23筒心5420.70~5429.15m井段、牙哈7X-1井、山1井和塔中43井等。

裂缝发育于成岩过程的各个阶段。可以形成于早埋藏阶段,如山1井泥晶白云岩中发育的裂缝(图8a);也可以形成于由深埋藏向地表回返的抬升阶段,如塔中43井粗晶白云岩中发育的裂缝,充填大量的渗流沉积物(图8b);有深埋藏期洞穴垮塌在围岩部位形成的裂缝,如牙哈7X-1井角砾状泥晶白

云岩(图8c);更有深埋藏期与热液活动有关的裂缝,如塔中43井粉细晶白云岩中的裂缝(图8d)为高温石膏和鞍状白云石充填。这些裂缝在埋藏期均受到埋藏岩溶作用的叠加改造,形成沿裂缝溶蚀扩大的溶孔。

储集空间的形成显然与构造作用及埋藏岩溶作用有关,孔隙类型有裂缝及沿裂缝发育的扩大的次生溶孔。

6 结 语

前述五类白云岩储层,由于储层的成因机理和主控因素不同,其分布规律也不同(表1)。萨布哈白云岩储层及渗透回流白云岩储层的分布主要受沉积相控制;埋藏白云岩储层受沉积相和成岩相共同控制,沉积相为成岩相的发育和演化提供了物质基础;热液白云岩储层及构造裂缝型白云岩储层则完全受成岩相控制。

表1 塔里木盆地不同类型白云岩储层主控因素和分布规律

储层类型	主控因素	分布规律
萨布哈白云岩储层	(1)萨布哈白云石化及硬石膏沉淀; (2)硬石膏溶解和膏模孔形成; (3)白云岩垮塌和砾间孔缝的形成	气候和沉积相共同控制。 层位:中—下寒武统为主; 相带:潮间—潮上坪
渗透回流白云岩储层	(1)渗透回流白云石化及礁滩白云岩形成,石膏沉淀,残留粒间孔; (2)淡水淋溶及未白云石化文石溶解形成颗粒铸模孔、粒间溶孔; (3)淡水淋溶及石膏溶孔的形成	气候和沉积相共同控制。 层位:中—下寒武统为主; 相带:潮间—潮下坪,潟湖靠海一侧的台缘后侧
埋藏白云岩储层	(1)埋藏交代作用及结晶白云岩的形成,残留灰质溶解形成晶间孔; (2)重结晶作用及中粗晶白云岩的形成,质量守恒及晶间孔的形成; (3)埋藏岩溶作用(包括热液岩溶)及晶间溶孔的形成	沉积相和成岩相共同控制。 层位:以上寒武统—蓬莱坝组为主,中—下寒武统及鹰山组也有少量分布; 相带:以台缘相带为主
热液白云岩储层	(1)热液作用导致的白云石化,形成晶间孔和晶间溶孔; (2)热液作用导致热液溶蚀洞穴的形成	受成岩相控制,预测难度大。 层位:寒武系至中—下奥陶统; 成岩相:临近热源+热液通道
构造裂缝型白云岩储层	(1)构造活动及断层、裂缝的形成; (2)埋藏岩溶导致沿裂缝发育的扩大的次生溶孔的形成	受成岩相控制,预测难度大。 层位:寒武系至中—下奥陶统; 成岩相:张性构造域

参 考 文 献

- [1] Roehl P O, Choquette P W. Carbonate petroleum reservoirs [M]. New York: Springer-Verlag Press, 1985: 622.
- [2] Adams J E, Rhodes M L. Dolomitization by seepage refluxion [J]. AAPG Bulletin, 1961(44): 1912-1920.
- [3] 沈安江, 周进高, 辛勇光等. 四川盆地雷口坡组白云岩储层类型及成因[J]. 海相油气地质[J], 2008, 13(4): 19-28.
- [4] Amthor J E, Mountjoy E W, Michel H G. Subsurface dolomites in Upper Devonian Leduc Formation buildups, central part of Rimbey-Meadowbrook reef trend, Alberta, Canada[J]. Bulletin of Canadian Society of Petroleum Geology, 1993(41): 164-185.
- [5] Moore C H. Carbonate Reservoirs: Porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework [M]. Amsterdam,

- London, New York, Oxford, Paris, Shannon, Tokyo: Elsevier, 2001:62.
- [6] Dunnington H V. Aspects of diagenesis and shape change in stylolitic limestone reservoirs[C]. Proceedings of the seventh world petroleum congress(Mexico City, Mexico), New York: Elsevier, 1967:339-352.
- [7] Buxton T M, Sibley D F. Pressure solution features in a shallow buried limestone [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1981(51):19-26.
- [8] Hardie L A. Dolomitization: A critical view of some current views [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1987(57): 166-183.
- [9] Morse J W, Mackenzie F T. Geochemistry of Sedimentary Carbonates[M]. New York: Elsevier, 1990:696.
- [10] Fairbridge R W. The dolomite question[J]// LeBlanc R J, Breeding J G. Regional aspects of carbonate deposition. Tulsa, OK: SEPM Special Publication, 1957(5): 124-178.
- [11] Lucia F J. Carbonate reservoirs characterization[M]. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Press, 1999:226.
- [12] Murray R C. Origin of porosity in carbonate rocks[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1960(30):59-84.
- [13] Weyl P K. Porosity through dolomitization: Conservation of mass requirements[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1960(30):85-90.

编辑:卢文忠

Types and the Characteristics of Lower Paleozoic Dolostone Reservoirs in Tarim Basin

Shen Anjiang, Zheng Jianfeng, Pan Wenqing, Zhang Lijuan,
Zheng Xingping, Luo Xianying

Abstract: Based on the observations of thin sections and cores from 60 wells, five types of dolostone reservoirs can be recognized from the Cambrian-Ordovician carbonate rocks in Tarim basin. Sabkha dolostone reservoirs developed in intertidal to supratidal flat environment with gypsum-dissolved porospace and collapsed interbreccia porospace scattered in fine dolostone, Seepage reflux dolostone reservoirs that are characterized by fabric selective dolomitization developed in evaporite lagoon environment with moldic, gypsum-dissolved and intergrain porospace. Subsurface dolostone reservoirs that are characterized by replacement of limestone and recrystallization of fine dolomite developed in burial environment with intercrystalline porospace. The development of hydrothermal dolostone reservoirs that are characterized of coarse dolomite and accompanying hydrothermal mineral are controlled by faults and unconformity. Fractures are common in dolostone which is composed of fractured dolostone reservoirs. Different types of dolostone reservoirs have their own different origin and distribution.

Key words: Tarim Basin; Sabkha; Dolomitization; Dolostone Reservoir; Type of reservoir; Characteristics of Reservoir
Shen Anjiang: male, Ph.D., Senior Geologist. Add: PetroChina Hangzhou Institute of Geology, 920 Xixi Rd. Hangzhou, 310023 China