

文章编号:1672-9854(2010)-01-0006-09

# 塔里木盆地寒武系一下奥陶统白云岩成因及识别特征

郑剑锋<sup>1,2</sup>, 沈安江<sup>1,2</sup>, 莫妮亚<sup>1</sup>, 刘永福<sup>3</sup>

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 中国石油天然气集团公司碳酸盐岩储层重点实验室)

(3 中国石油塔里木油田分公司勘探开发研究院)



郑剑锋

**摘要** 对63口井岩心及薄片的观察以及大量阴极发光、碳氧同位素、包裹体及电子探针能谱的分析,认为塔里木盆地寒武系一下奥陶统白云岩主要有四种成因,分别对应四种白云岩类型,即萨布哈白云岩、渗透回流白云岩、埋藏白云岩和热液白云岩。前两者受沉积相控制,后两者受成岩相控制。萨布哈白云岩发育于同生—准同生期蒸发成岩环境的潮间—潮上坪,渗透回流白云岩发育于同生—准同生期蒸发成岩环境的潟湖中,埋藏白云岩发育于埋藏期的深、浅埋藏环境,热液白云岩发育于埋藏期的深埋藏环境。总结了四种不同成因的白云岩的岩石特征及地球化学特征。认识到叠合盆地古老海相地层的白云石化机理复杂,白云岩类型多样,白云岩结构特征不但与沉积密切相关,更受埋藏期白云石化作用的叠加改造。

**关键词** 塔里木盆地;寒武系;下奥陶统;白云岩;成岩作用;岩石特征;地球化学特征

**中图分类号**: TE112.23 **文献标识码**: A

**郑剑锋** 1977年出生,硕士,工程师。从事碳酸盐岩沉积储层方面的研究工作。通讯地址:310023 浙江省杭州市西溪路920号;电话:(0571)85223293

## 1 引言

塔里木盆地白云岩主要发育于塔东、塔北、塔中和巴楚四个隆起区,具有分布面积广,累计厚度大,岩相类型变化大的特点。塔北、塔中、巴楚地区从下寒武统到下奥陶统鹰山组岩石的白云石含量逐渐变少,其岩性总体变化趋势为:白云岩—灰质白云岩—白云质灰岩—含白云质灰岩;塔东地区白云岩主要发育于上寒武统的突尔沙克塔格组。

对于塔里木盆地白云岩成因机理的研究,前人已做了很多工作。顾家裕<sup>[1]</sup>把塔里木盆地下奥陶统白云岩的成因分为准同生、浅埋藏和深埋藏三种类型;何莹等<sup>[2]</sup>把牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系白云岩分为准同生、混合水、深埋藏三种成因类型;郑和荣等<sup>[3]</sup>把塔河油田寒武系—奥陶系白云岩的成因归纳为蒸发泵、混合水、埋藏三种类型;李凌等<sup>[4]</sup>用潮坪蒸发成因和渗透回流成因解释了塔中北部中一下奥陶统鹰

山组白云岩;刘永福<sup>[5]</sup>用渗透回流、埋藏、高温热液三种成因解释了塔东地区白云岩的成因机理;张学丰等<sup>[6]</sup>认为塔中和塔北下奥陶统的白云石化流体主要为正常或浓缩了的海水,白云岩形成于准同生和/或埋藏环境,局部发育与断裂相关的热液白云岩,而前人强调的大气淡水或混合水作用对白云岩的形成并不重要;陈永权<sup>[7]</sup>把全盆地白云岩分为潮坪同生沉积成因、潟湖同生沉积成因、渗透回流交代成因、压实排挤流交代成因、岩溶深埋成因、热液重结晶成因六种类型。

通过对塔里木盆地63口井岩心、薄片的观察及大量地球化学测试资料的分析,并结合前人的研究成果,认为塔里木盆地寒武系一下奥陶统发育的层状白云岩主要可以用萨布哈白云石化、渗透回流白云石化、埋藏白云石化和热液白云石化四种白云石化模式来解释成因<sup>[8]</sup>,从而分别对应四种成因类型的白云岩,即萨布哈白云岩、渗透回流白云岩、埋藏白云岩和热液白云岩(表1)。

收稿日期:2009-09-27

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)资助

表 1 塔里木盆地寒武系—下奥陶统白云岩成因机理

名 称	白云石化流体来源	成 因 机 理
萨布哈白云岩	蒸发环境下的孔隙流体	位于海陆过渡带靠陆地一侧受潮上带蒸发白云石化作用而形成
渗透回流白云岩	海水蒸发形成的重卤水	在蒸发潟湖中由于海水的密度分异作用,使卤水下沉,然后沿着底部向海回流,并渗透到多孔的沉积物中发生白云石化而形成
埋藏白云岩	(1) 埋藏高温高压环境下高矿化度地层水; (2) 黏土矿物脱水作用释放出镁离子流体; (3) 高镁方解石转化为低镁方解石时释放镁离子; (4) 烃源岩生烃过程中形成有机酸	在埋藏环境中白云石交代方解石或早期白云石发生重结晶作用而形成
热液白云岩	(1) 富镁岩浆流体; (2) 深源高温富镁流体	温度和压力都高于主岩地层的富镁热液沿着深大断裂向上运移,侵入到渗透性好的主岩中,使其白云石化而形成

2 岩石特征

(1) 萨布哈白云岩

萨布哈白云石化发生于同生—准同生期的蒸发成岩环境中,在海陆过渡位置靠近陆地环境的一侧。渐进的蒸发作用导致海水和陆地水成分的调整,使得孔隙流体相对于石膏是饱和的,并导致源于潟湖的文石

质萨布哈灰泥中文石和石膏的最终沉淀<sup>[9-10]</sup>,石膏和文石沉淀明显增加了孔隙流体的摩尔Mg/Ca比,白云石或者通过文石质萨布哈灰泥的交代作用<sup>[11-12]</sup>,或者在孔隙中直接沉淀<sup>[13]</sup>。石膏一般集中分布在萨布哈层序之上1m的范围,但是在氯含量最高区域的萨布哈内部,整个层序到处可见大量石膏,但其存在是短暂的,一般被罕见的雨水或海泛所破坏<sup>[9,14-15]</sup>。

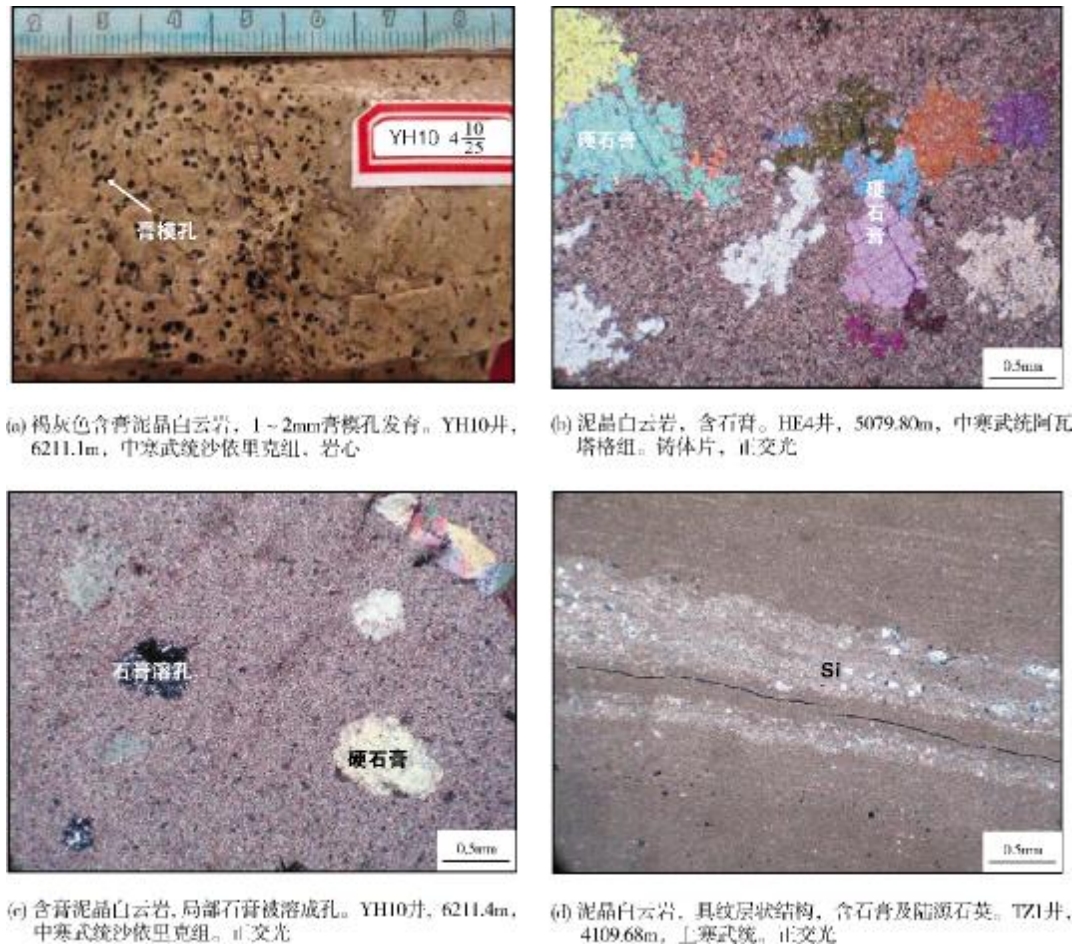


图 1 塔里木盆地萨布哈白云岩岩石特征



从古气候分析,塔里木盆地中西台地区在早—中寒武世时期为干旱气候背景的蒸发环境,而萨布哈白云岩的发育主要受控于沉积相(潮间—潮上坪),故该类型白云岩在中—下寒武统普遍发育,目前钻遇到该类型白云岩的井主要集中在塔北地区(如 YH10 井、YH7X-1 井等)和巴楚地区,塔中地区井较少。

萨布哈白云岩的岩石识别特征如下:

(1)藻纹层、鸟眼、泥裂—干裂等暴露构造,撕裂的碎屑,薄层瘤状硬石膏夹层,还有溶塌角砾岩是最简单也是应用最广泛的标志;

(2)宏观上常呈纹层状,连续性和成层性较好,横向分布较稳定的特征;

(3)岩石长期暴露在氧化环境而呈褐色、暗红色(图 1a);

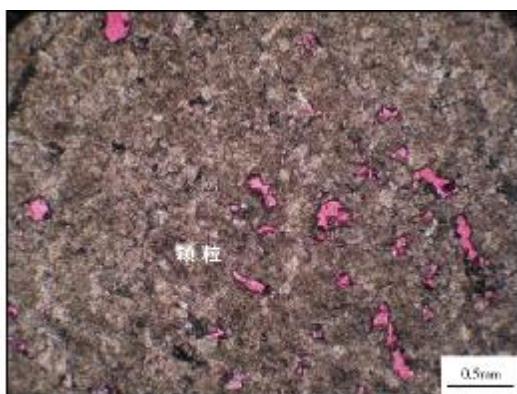
(4)岩性以含膏泥晶白云岩、粉晶白云岩和泥晶隐藻白云岩为主(图 1b, 1c);

(5)由于位于海陆过渡带靠近陆地一侧,故常见

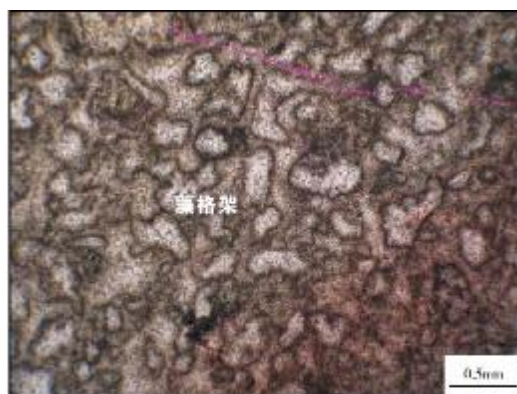
陆源石英碎屑(图 1d)。

## (2) 渗透回流白云岩

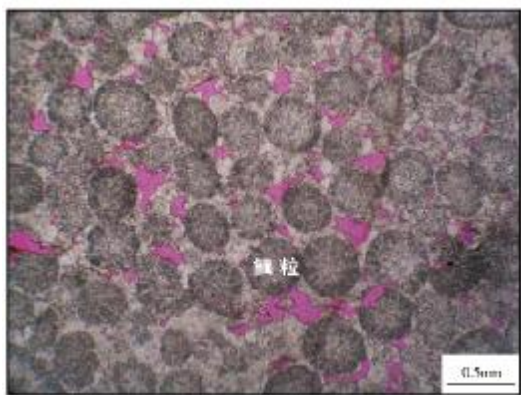
渗透回流白云石化发生于同生—准同生期的蒸发成岩环境中,在海陆过渡位置位于蒸发潟湖中。根据 Adams 等<sup>[16]</sup>的障壁盆地模型,海水从障壁流向滨岸的过程中要穿过相对较浅而宽的障壁陆棚潟湖并导致海水逐渐被蒸发,在潟湖内石膏达到饱和,沿着潟湖向陆的一侧蒸发盐发生沉淀,在蒸发盐开始沉淀处,卤水的密度已高至足以形成受密度驱动的卤水向障壁方向的回流,以及形成向海倾斜的密度跃层为标志的水平密度分层。尽管潟湖底床向陆一侧的边缘被蒸发盐的沉淀而封闭,但是浓的卤水仍能在蒸发岩沉淀作用带向海一侧的潟湖底床向下渗透回流,回流的浓卤水具高的  $Mg/Ca$  值,当它们取代较轻的孔隙流体中的海水时,可以导致潟湖底床和毗邻的多孔石灰岩白云石化,其白云石化规模是较大的。



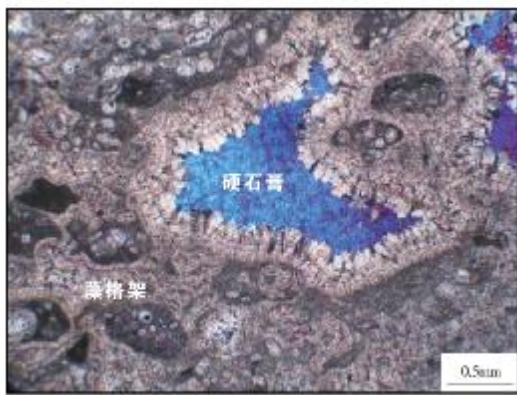
(a) 含残余砂屑粉晶白云岩, 见晶间溶孔。Kang2井, 5496.53m, 下寒武统肖尔布拉克组。铸体片, 单偏光



(b) 粉晶藻白云岩, 藻结结构或网状凝块结构。YH5井, 6396.53m, 下寒武统肖尔布拉克组。铸体片, 单偏光



(c) 粉晶颗粒白云岩, 原岩为颗粒灰岩, 颗粒铸模孔和粒间溶孔。YH7X-1井, 5833.20m, 中寒武统阿瓦塔格组。铸体片, 单偏光



(d) 粉晶藻白云岩, 格架孔及体腔孔中为白云石及石膏充填。Fag1井, 4602.5m, 下寒武统下尔吐斯组。铸体片, 正交光

图2 塔里木盆地渗透回流白云岩岩石特征

与萨布哈白云岩发育背景类似,渗透回流白云岩发育于中—下寒武统,主要受沉积相(蒸发潟湖)控制,故该类白云岩主要发育于塔北、巴楚地区的中—下寒武统中(如YM36井、YH7X-1井、He4井、Fang1井等),在塔中地区有少量发育。

渗透回流白云岩的岩石识别特征如下:

(1)多为颗粒白云岩及藻礁(丘)白云岩,对应的原岩为颗粒灰岩、藻礁(丘)灰岩(图2a~2d);

(2)白云石晶体以粉晶、细粉晶为主,反映浅埋藏白云石化(图2a~2d);

(3)常见石膏充填原生孔(图2d),石膏含量由靠陆一侧向靠海一侧逐渐减少;

(4)垂向上与膏岩层互层,侧向上与膏岩层相变。

### (3)埋藏白云岩

埋藏白云石化发生于埋藏期的深、中、浅埋藏成岩环境中,而该环境必须是一个开放的流体循环体系,即原岩要孔渗好,有裂缝、不整合面等的沟通,这样才能发生大规模白云石化。该模式的重要前提是有充足的 $Mg^{2+}$ 离子源,以及 $Mg^{2+}$ 离子运移驱动机制。当温度在 $100^{\circ}C$ 以上时,在实验室里能从水中沉淀出白云石,说明温度升高有利于白云石的形成;而在地下较深处,温度也较高,故有形成规模化白云岩的条件。

一般认为,形成大量白云石所需的 $Mg^{2+}$ 离子有五个来源:

(1)埋藏压实过程中黏土矿物的脱水作用释放出 $Mg^{2+}$ 离子;

(2)沉积物孔隙中封存的富 $Mg^{2+}$ 海水被排挤进入碳酸钙沉积物;

(3)高镁方解石转化为低镁方解石的过程释放 $Mg^{2+}$ 离子;

(4)烃源岩生烃过程中形成有机酸;

(5)埋藏高温高压环境下高矿化度地层水。高温的埋藏成岩介质是白云石化的驱动力。

埋藏白云石化作用可分为两个阶段:一是浅—中埋藏期沿成岩介质通道(如缝合线及裂缝)的交代方解石白云石化;二是中—深埋藏期白云石的重结晶作用。埋藏成因的白云岩是塔里木盆地分布最为广泛的一种白云岩,从发育地区来看塔北、塔中、巴楚和塔东地区都发育,从发育层位来看寒武系—下奥陶统都普遍发育。

埋藏白云岩主要是在埋藏环境下白云石交代灰质而白云石化或是早期白云石重结晶的产物,与萨

布哈及渗透回流白云岩有明显的区别。其特征如下:

(1)白云石晶体多为细晶以上,宏观上常呈砂糖状结构(图3a);

(2)斑块状、准层状和条带状白云石化,灰岩中的泥质条纹、虫孔充填物往往优先白云石化(图3b, 3c);发生埋藏白云石化的深度并不需要很大,最初的埋藏白云石化往往是白云石晶体零星状散布于灰岩中,而且早于压溶作用,灰质被压溶后导致白云石沿缝合线的富集就是最好的例证;

(3)泥晶灰岩比颗粒灰岩更易白云石化,压溶作用也最易发生于两种岩性的交界面上,故常见沿缝合线一侧的泥晶灰岩先白云石化,另一侧的颗粒和亮晶方解石不易被白云石交代(图3c);

(4)显微镜下常见黄铁矿斑块、沥青质、有机质(图3c, 3d),代表形成于埋藏还原环境;

(5)晶体常见环带状次生加大边(图3e)和雾心亮边结构(图3f)。

埋藏白云石可以形成于浅埋藏—深埋藏的各个阶段,是埋藏成岩环境长期的交代作用和重结晶作用的产物,原岩结构越粗,埋藏深度越大,作用时间越长,白云石化程度越高,白云石晶粒就越粗。

### (4)热液白云岩

热液白云石化发生于埋藏期的深埋藏成岩环境中,围岩被构造断裂沟通,岩浆期后热液或者深源热流体通过该断裂上升,引起碳酸钙沉积物或石灰岩发生白云石化,多与方铅矿、闪锌矿、重晶石及萤石等金属与非金属矿床伴生。刘永福<sup>[5]</sup>总结了塔里木盆地高温热液的要三要素:(1)岩浆提供热源及部分矿物离子,围岩提供流体中绝大部分成矿物质;(2)张性断层和走滑断层是热液运移的重要通道;(3)大气淡水及地层水提供流体。一般裂缝发育的破碎带、有裂缝沟通的高孔渗碳酸盐岩及不整合面附近是热液流体的活跃区,最易发育热液白云岩。根据野外露头的地质建模,热液沿着断裂、裂缝运移对围岩白云石化,白云岩呈花朵状、透镜体状分布。

塔里木盆地经过多期构造运动,大断裂发育,而且二叠纪岩浆活动又是影响中西台地区寒武—奥陶系热液作用的主要岩浆事件,故热液成因的白云岩在塔里木盆地分布广泛,塔北、塔中、巴楚和塔东地区发育的白云岩中都见有热液存在的证据,如TZ75井见热液成因的石膏和萤石,YD2井见天青石和方铅矿等。



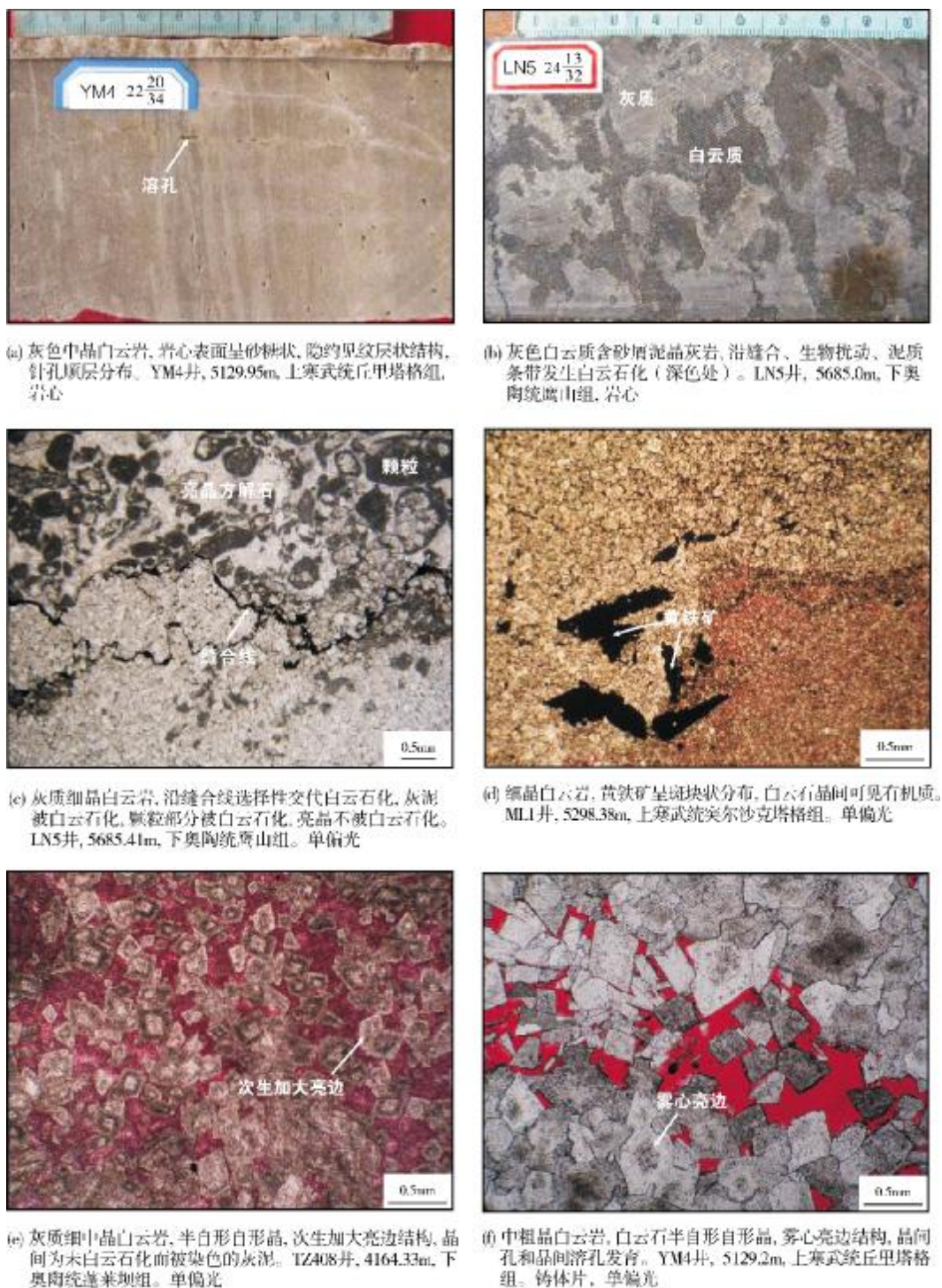


图3 塔里木盆地埋藏白云岩岩石特征

热液白云岩的岩石特征相对其他成因的白云岩更容易识别, 在宏观和微观上都有许多独特的识别标志, 具体特征有:

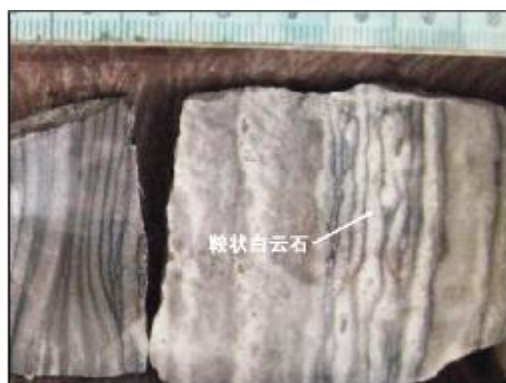
(1)“斑马纹状”热液白云岩, 与西班牙的热液白云岩<sup>[17]</sup>具有相同的特征, 白色条纹为鞍状白云石(图4a);

(2)晶体粗,岩石表面呈砂糖状;

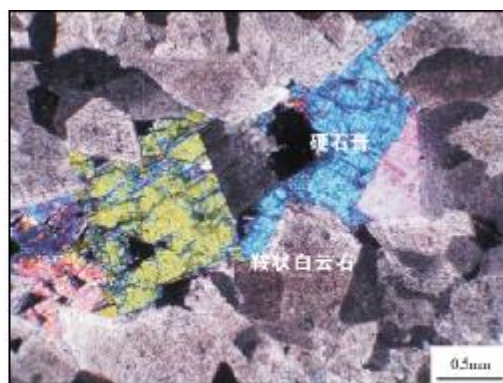
(3)显微镜下常见中粗晶、晶面弯曲且具有波状消光特征的鞍状白云石(图 4b~4d);

(4)常见方铅矿、闪锌矿、重晶石、热液石膏(图 4b)、硅质等热液成因的伴生矿物;

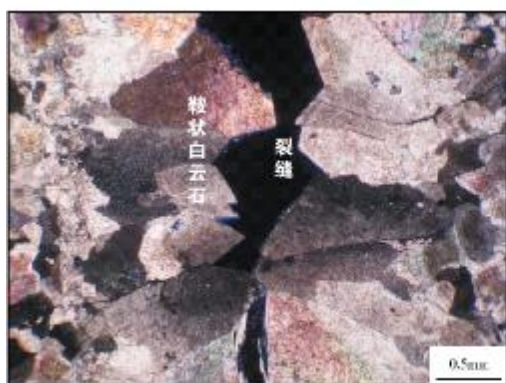
(5)染色状态下能见铁白云石、铁方解石(图 4d)。



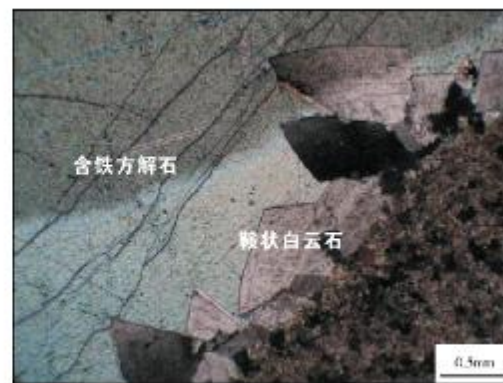
(a) 灰色、浅灰色含泥质条纹状中粗晶白云岩,具斑马纹特征,白色条纹为鞍状白云石,溶孔发育。ML1井,5523.15m,上寒武统突尔沙克塔格组,岩心



(b) 中晶白云岩,裂缝中充填鞍状白云石和重晶石。TZ75井,4814.52m,上寒武统。铸体片,正交光



(c) 中晶白云岩,裂缝被鞍状白云石半充填。LS2井,6854.03m,上寒武统丘里塔格组,正交光



(d) 裂缝中充填的粗晶鞍状白云石及含铁方解石(浅蓝色)。TC1井,4386.00m,下奥陶统鹰山组,正交光

图4 塔里木盆地热液白云岩岩石特征

### 3 白云岩地球化学特征

在不同的成岩环境中,引起白云石化作用和白云石生成的流体显然具有不同的成分与特性,必然或多或少地留下其地球化学的烙印。利用碳氧稳定同位素、包裹体、阴极发光等测试数据进行综合分析,能较好地反映成岩流体的特性。

#### (1) 碳氧稳定同位素

白云石的碳氧稳定同位素组成与引起白云石化的流体介质有关,并主要受到介质盐度和温度的影响。海水蒸发作用使海水的碳氧同位素向偏正方向迁移,所以同生白云岩中的碳、氧同位素值比海水和海

水胶结物的碳、氧同位素更偏正;相反,埋藏条件下地下卤水是海水、地层水,包括有淡水和海水混入的地下流体,再加上高温使氧同位素向偏负的方向迁移,所以埋藏白云石的氧同位素值比海水和海水胶结物偏负,比同生白云岩更要偏负。埋藏条件下,碳同位素由于淡水混入和有机碳的进入变化比较大,但总的来说还是比海水胶结物和准同生白云岩要偏负。

塔里木盆地碳氧稳定同位素的特点基本与上述原理一致。萨布哈白云岩的氧稳定同位素大于 $-6\text{‰}$ (局部小于 $-6\text{‰}$ 的原因是萨布哈白云石化后经历了复杂的成岩作用导致氧稳定同位素偏负),碳稳定同位素一般大于 $-1\text{‰}$ ;渗透回流白云岩的氧稳定同位



素与萨布哈白云岩类似,但碳稳定同位素更偏正;埋藏白云岩的氧稳定同位素一般为 $-10‰ \sim -4‰$ ,深埋藏成岩环境中的碳同位素偏正,浅埋藏成岩环境中

的碳稳定同位素偏负;热液白云岩区别于其他成因的白云岩的最主要特征是氧稳定同位素小于 $-10‰$ (图5a~5d)。

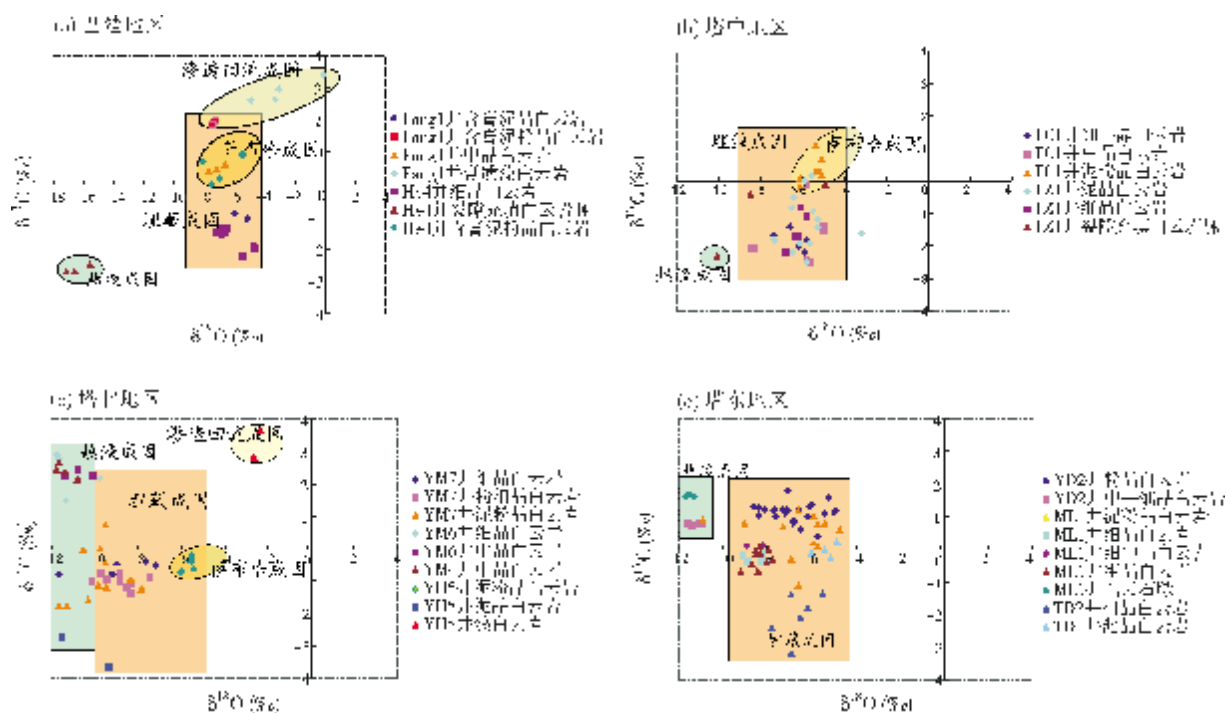


图5 塔里木盆地寒武系白云岩碳氧同位素特征图

## (2) 阴极发光

控制白云石发光的主要因素是  $Mn^{2+}$ (作为激活剂)和  $Fe^{2+}$ (作为猝灭剂)的含量以及它们的比例,而  $Mn^{2+}$  和  $Fe^{2+}$  的含量变化和矿物形成的环境有关。因此,同种矿物发光强度和颜色也存在较大差异。不发光的定性解释为氧化环境的产物,常见于大气淡水成岩环境;明亮发光与晶体中相对高的  $Mn/Fe$  微量元素比值有关,通常在埋藏成岩作用的早期至中期阶段的还原条件下形成的。昏暗发光见于具较低  $Mn/Fe$  微量元素比的碳酸盐晶体中,通常为埋藏成岩作用中期至晚期阶段形成的胶结物或交代物;海水成岩环境可能是氧化环境,也可能是还原环境。

塔里木盆地萨布哈白云岩的阴极发光弱(图6a);渗透回流白云岩的阴极发光发暗褐色—暗红色光(图6b);早期形成的埋藏白云石贫 $Fe$ 的,一般发暗红色光,晚期形成的白云石含受孔隙海水影响的成岩流体而发较弱的暗红色、暗褐色、紫褐色光

(图6c);热液白云岩阴极发光的颜色、强度与热液流体性质相关,一般发光较强(图6d);

## (3) 包裹体均一温度

由于白云石包裹体是在白云石结晶生长时被保存下来的,它完整地记录了白云石形成的条件和历史,反映了白云石化流体的性质。利用包裹体均一温度能较好的区分埋藏白云岩和热液白云岩。埋藏白云岩中的包裹体一般均为两相包裹体,气液比相当一致,均一温度高,且变化幅度非常小,80%左右的包裹体均一温度的变化幅度在  $20^{\circ}C$  之内,同时,其盐度也相当一致;热液白云岩中的包裹体一般显示超过  $100^{\circ}C$  以上均一温度,且温度变化的幅度相对较大。

此外根据微量元素、主量元素、稀土元素及  $Sr$  同位素等资料的分析<sup>①</sup>,对塔里木盆地萨布哈白云岩、渗透回流白云岩、埋藏白云岩及热液白云岩的地球化学特征做了初步的总结,归纳于表2。

① 陈永权. 塔里木盆地寒武系白云岩成因及有利储层展布研究. 中国石油塔里木油田分公司勘探开发研究院, 2008.

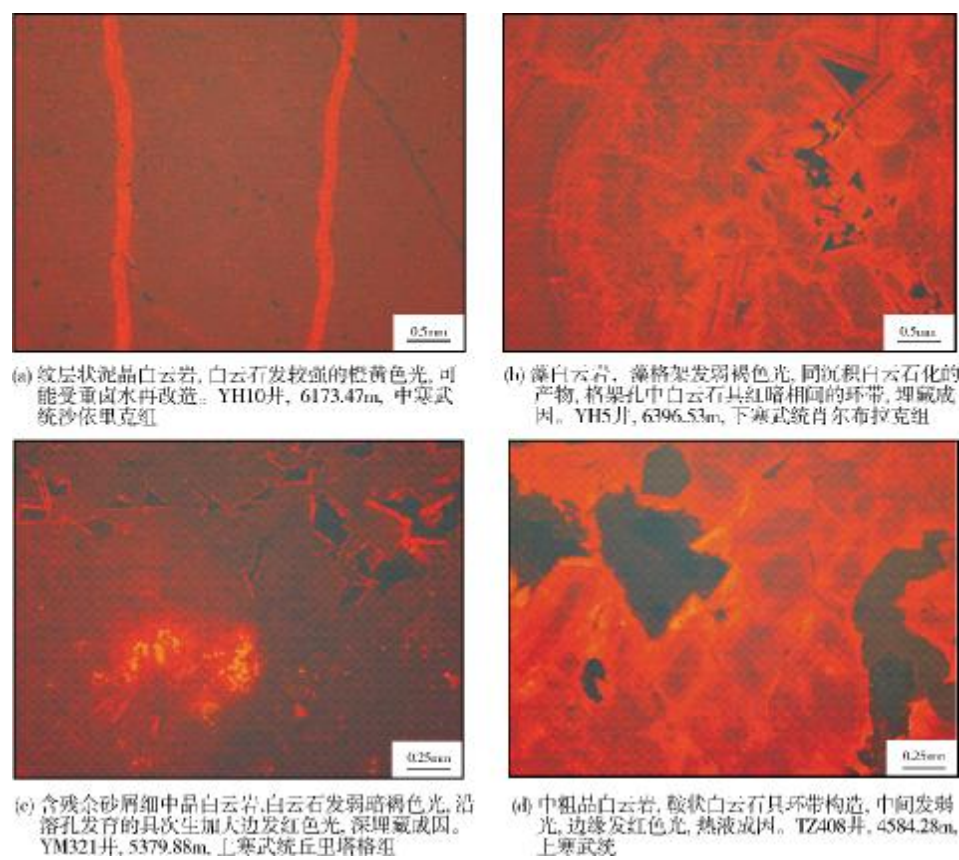


图 6 塔里木盆地白云岩阴极发光特征

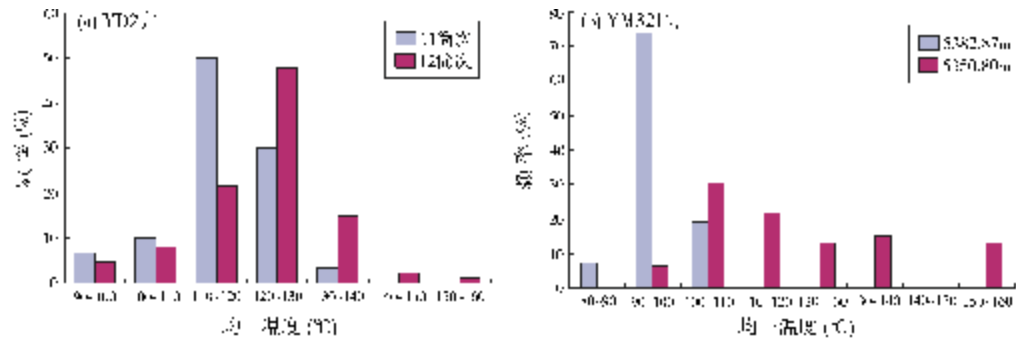


图 7 塔里木盆地上寒武统白云岩包裹体均一温度频率分布图

(a) YD2 井, 11 筒为埋藏白云岩, 12 筒为受热液改造的白云岩, 均一温度区间变化相对较大;  
(b) YM321 井, 5382.87m 为埋藏白云岩, 5350.80m 为热液白云岩, 均一温度区间变化大, 出现异常高温现象

表 2 塔里木盆地寒武系一下奥陶统不同成因白云岩地球化学特征

成因类型	MgO/CaO	微量元素	阴极发光	稀土元素	碳氧同位素	有序度	包裹体均一温度	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr 值
萨布哈白云岩	线性正相关	Fe、Na、P、Mn、Sr 含量高, Mo、U 含量低	发暗色光或不发光	Ce 负异常, Eu 异常不明显	相对较高的 C/O 同位素	低	—	高于海水值
渗透回流白云岩	线性负相关	Fe、Na、Mn、Sr 含量较高, Mo、U 含量低	发暗色光	Ce 负异常, Eu 负异常	高 C/O 同位素	较低	—	接近海水值
埋藏白云岩	线性负相关	一般 Fe、Mn 含量低, Mo 含量高	发暗色光	Eu 负异常	低 O 同位素, C 同位素变化大	高	较高, 变化范围小	高于海水值
热液白云岩	线性负相关	Fe、Mn 含量高	发红光或橙色光	Eu 正异常	更低的 O 同位素, C 同位素变化大	高	异常高温	低于海水值



## 4 结 论

塔里木盆地寒武系—下奥陶统主要发育四种成因的层状白云岩,对应四种白云石化作用。(1)萨布哈白云石化作用主要表现为:在潮间—潮上坪蒸发环境,出现含石膏、陆源石英的褐色纹层状泥晶白云岩;(2)渗透回流白云石化作用主要表现为:台缘后侧或台内高能礁滩相石灰岩的白云石化,原岩结构多被保留,常见石膏充填孔隙;(3)埋藏白云石化作用可分为两个阶段:一是浅—中埋藏期沿成岩介质通道(如缝合线及裂隙)白云石交代方解石的白云石化,二是中—深埋藏期白云石的重结晶作用;(4)热液白云石化作用的主要表现为:沿深大构造断裂发育,伴生萤石、石膏、鞍状白云石等热液矿物。

综合利用岩心、薄片资料及碳氧稳定同位素、锶同位素、包裹体、阴极发光和主量、微量、稀土元素等地球化学分析资料能较好地识别不同成因的白云岩。

### 参 考 文 献

- [1] 顾家裕. 塔里木盆地地下奥陶统白云岩特征及成因[J]. 新疆石油地质, 2000, 1(2):120-122.
- [2] 何莹, 鲍志东, 沈安江, 等. 塔里木盆地牙哈—英买力地区寒武系—下奥陶统白云岩形成机理[J]. 沉积学报, 2006, 24(6): 806-818.
- [3] 郑和荣, 吴茂炳, 郭兴威, 等. 塔里木盆地地下古生界白云岩储层油气勘探前景[J]. 石油学报, 2007, 28(2):1-8.
- [4] 李凌, 谭秀成, 陈景山, 等. 塔中北部中下奥陶统鹰山组白云岩特征及成因[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(1):34-36.
- [5] 刘永福, 殷军, 孙雄伟, 等. 塔里木盆地东部寒武系沉积特征及优质白云岩储层成因[J]. 天然气地质科学, 2008, 19(1):126-132.
- [6] 张学丰, 胡文, 张军涛, 等. 塔里木盆地地下奥陶统白云石化流体来源的地球化学分析[J]. 地学前缘, 2008, 15(2):80-89.
- [7] 陈永权, 周新源, 杨文静. 塔里木盆地寒武系白云岩的主要成因及其储层评价[J]. 海相油气地质, 2009, 14(4):10-17.
- [8] 沈安江, 郑剑峰, 潘文庆, 等. 塔里木盆地地下古生界白云岩储层类型及特征[J]. 海相油气地质, 2009, 14(4):1-9.
- [9] Butler G P. Modern evaporate deposition and geochemistry of coexisting brines, the sabkha, Trucial Coast, Arabian Gulf[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1969, 39:70-89.
- [10] McKenzie J A, Hsu K J, Schneider J E. Movement of sub-surface waters under the sabkha, Abu Dhabi, UAE, and its relation to evaporative dolomite genesis [G]// Zenger D H, Dunham J B, Ethington R L. Concepts and models of dolomitization. SEPM Special Publication, 1980, 28:11-30.
- [11] Patterson R J, Kinsman D J J. Marine and continental groundwater sources in a Persian Gulf coastal sabkha [G]// Frost S H, Weiss M P, Saunders J B. Reefs and related carbonates—ecology and sedimentology. AAPG Studies in Geology, 1977(4):381-399.
- [12] McKenzie J A. Holocene dolomitization of calcium carbonate sediments from the coastal sabkhas of Abu Dhabi, UAE: a stable isotope study[J]. Journal of Geology, 1981, 89:185-198.
- [13] Hardie L A. Dolomitization: a critical view of some current views [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1987, 57:166-183.
- [14] Bush P R. Some aspects of the diagenetic history of the sabkha in Abu Dhabi, Persian Gulf [M]// Pursef B H. The Persian Gulf. New York: Springer-Verlag, 1973:395-407.
- [15] 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.
- [16] Adams J E, Rhodes M L. Dolomitization by seepage refluxion[J]. AAPG Bulletin, 1961, 44: 912-1920.
- [17] Gasparrini, M, et al. Massive hydrothermal dolomites in the southwestern Cantabrian Zone(Spain) and their relation to the Late Variscan evolution[J]. Marine and Petroleum Geology, 2006, 23:543-568.

编辑:赵国宪

## Genesis and Feature Identification of Cambrian-Lower Ordovician Dolostone in Tarim Basin

Zheng Jianfeng, Shen Anjiang, Mo Niya, Liu Yongfu

**Abstract:** According to the observation of cores and thin slices from 63 wells and the analysis of a great many data from cathode luminescence, carbon and oxygen isotope, inclusion enclave test and energy spectrum analysis, Cambrian-Lower Ordovician dolostones are characteristic of four genesis corresponding with four kinds of dolostone including sabakha dolostone, seepage refluxion dolostone, buried dolostone and hydrothermal dolostone. The former two are controlled by sedimentary facies, and the latter two are dominated by lithofacies. Sabkha dolostone developed in intertidal-supratidal flats under synsedimentary-penesedimentary evaporate diagenetic environments while seepage refluxion dolostone formed in lagoon. Buried dolostone developed in deep or shallow burial environments during burial stage while hydrothermal dolostone formed in deep burial environments. Petrologic and geochemical features of these four kinds of dolostone are generalized. It is cognized that the dolomitization mechanism of ancient marine formations in the superimposed basin is complicated and dolostones are characterized by varied types. Texture of dolostones is not only closely related with sedimentary facies but also is reformed by multiple dolomitizations during buried stage.

**Key words:** Cambrian; Lower Ordovician; Dolostone; Dolomitization; Diagenesis; Petrologic features; Geochemical characteristics; Tarim Basin

Zheng Jianfeng: male, Master, Geologist. Add: PetroChina Hangzhou Institute of Geology, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023 China