

文章编号: 1000-0550(2010)01-0017-09

埋藏环境白云石结构类型

王丹^{1,2} 陈代钊¹ 杨长春¹ Hairuo Qing³ 王旭^{1,2} 吴茂炳⁴ 邢秀娟⁴

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049;

3. Department of Geology, University of Regina, Regina, SK, Canada S4S 0A2;

4. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 北京 100083)

摘要 近年来我国在白云岩储层油气勘探方面取得了重大进展,这些白云岩储层绝大多数为埋藏阶段形成的白云岩,同时大量研究也证实地层中大部分白云岩形成于埋藏环境。国际学术界对埋藏环境白云石的成因结构分类比较细致,但在我国这方面的研究还不够深入,因此本文借助国际上对埋藏环境白云石成因结构的分类方法,并结合中国白云岩研究的实际情况尝试提出埋藏环境白云石结构分类方案。该方案首先以白云石在岩石中的产状分为基质白云石和胶结白云石两大类,再以晶粒大小、晶型、晶面特征、接触关系为分类依据,将埋藏环境白云石分为六种结构类型。

关键词 白云石 分类 成因结构 白云岩 储层

第一作者简介 王丹 男 1978 年出生 博士 碳酸盐岩储层 E-mail: wang-dan@139.com

中图分类号 P588.24⁺5 **文献标识码** A

0 绪论

尽管人们对白云石的研究已有 200 多年的历史,但在很多问题上仍然存在争议^[1]。近十多年来,虽然在“原生白云岩”研究中取得了比较大的进展(如生物调节白云岩化作用)^[2,3],但大量研究事实表明地层中的白云岩大部分形成于埋藏阶段^[4],而且在不同埋藏阶段由于温压条件和流体性质的改变,会形成不同结构类型的白云石,因此为了区别这些不同成因结构类型的白云石,国外一些碳酸盐沉积学家提出了白云石结构类型的分类方案^[5,6]。而在国内,对于白云岩的研究往往着重于讨论不同类型白云岩的成因模式,却忽视了不同成因模式下白云石结构类型和特征的深入研究。对白云石的描述仍然沿用“细晶”、“中晶”、“粗晶”等笼统的描述方法,这种方法不能很好的体现不同类型白云石所代表的成因信息,也不能满足当前我国大力勘探开发白云岩储层油气藏的理论需求。为了促进我国白云岩研究进一步深化,对不同类型白云石结构类型的精细划分和描述也是该领域亟待解决的基础问题。

1 白云石结构分类的意义及依据

近年来,中国在海相碳酸盐岩油气勘探领域取得了重大的进展,特别是在白云岩储层中发现了若干个大型(油)气田,如塔里木盆地和田河气田、鄂尔多斯

盆地苏里格气田、四川盆地普光超大型气田等^[7]。在全球范围内,高达 50% 的碳酸盐岩储层是白云岩,有些地区甚至更高,例如北美碳酸盐岩中的油气 80% 以上分布在白云岩储层中。此外,有一些特殊的白云岩类型和油气的运聚以及一些固体矿床的沉积有着密切的关系^[8],例如构造—热液(温度上应该高于围岩 5 ~ 10℃ 的热流体^[9])成因的鞍状白云石(saddle dolomite)不仅有独特的晶体形态和光学性质,而且这种构造—热液作用往往可以通过溶蚀作用把原来孔隙、裂缝不发育的致密白云岩改造成为优质的储层,因此这种鞍形白云石往往与优质的油气藏相伴生^[10,11]。在埋藏阶段,由于温度和压力的升高,白云石形成的动力学障碍不复存在^[12],这也是为什么埋藏型白云岩在地层中比较丰富的主要原因,而不同温压条件和流体性质以及 Mg²⁺ 的供给量将决定白云石在流体中交代、结晶和溶解的速率,相应的形成不同结构类型的白云石。由此可见,不同结构类型的白云石往往反映了不同的形成条件和白云岩孔隙类型及保存机理,因此,对白云石的结构类型进行深入研究,将有利于我们更好的了解白云岩的成因及优质白云岩储层的分布规律,为油气勘探提供更准确、更有效的信息。同时,在白云石的结构分类方法上建立起与国际学术界相近的术语体系,也有助于我国在白云石理论研究和油气勘探领域与国际间的相互交流。

收稿日期: 2008-10-09; 收修改稿日期: 2009-02-23

2 白云石结构分类

本文综合国内外近年来的研究进展,以 Gregg & Sibley (1984)^[5]和 Sibley & Gregg (1987)^[6]对白云石的分类方案为基础,参考国际学术界在白云石研究中所使用的术语体系,结合中国白云岩研究的实际情况和本人在从事白云岩成因研究过程中观察到的现象及遇到的问题,尝试提出了埋藏阶段白云石的结构分类方案,希望该分类方法能够为我国白云岩深入研究提供帮助。本文的分类方案与 Gregg & Sibley (1984)和 Sibley & Gregg (1987)对白云岩的分类方案有所不同,后者是以各种类型的白云岩为研究对象,而本文考虑到同一种白云岩中可能含有多种类型的白云石,所以直接以白云石为分类研究的对象,这样有利于更直接的区分不同类型白云石的形成环境和流体性质,从而能够为多期白云岩化和水-岩相互作用的研究提供基础。另外,众所周知,我国白云岩地层具有年代老,埋藏深的显著特征,有的白云岩地层经历了多次的白云岩化过程,成因相当复杂,这也大大增加了白云岩储层油气勘探的难度,因此对埋藏环境不同类型白云石进行仔细研究是解决以上问题的基础和关键。所以,本文有针对性的选择埋藏环境下形成的白云石作为分类研究的对象,这也是为了更好地服务于我国白云岩成因研究和白云岩储层油气勘探。其次,本文的分类方案首先将埋藏环境白云石分为基质和胶结物两大类,这不同于 Sibley & Gregg (1987)以异化颗粒、基质、填隙物为基础的分类方法。最后,本文在 Gregg & Sibley (1984)和 Sibley & Gregg (1987)的白云石分类方案基础上又增加了鞍形基质白云石的结构类型,因为这种类型白云石在构造-热液白云岩中也具有一定的代表性,而且往往可以成为优质的储层。

本文的白云石分类方法以实用、直观、准确为原则,兼顾白云石的成因信息。该分类方案首先根据产状把白云石分为基质白云石和胶结白云石两大类。这里所提到的基质白云石(matrix dolomite^[4])是国际学术界普遍通用的对交代或重结晶作用形成白云石的统称,基质白云石往往是构成白云岩的主体部分,它可以是隐晶质白云石也可以是细-粗晶白云石,这不同于我们在碎屑岩和灰岩成分分类中所说的粘土和灰泥基质,这种命名主要是为了区别于胶结作用形成的白云石。其次,再以晶粒大小、晶形、晶面、接触关系等特征为依据对白云石进行多重命名,共划分出

六种常见的白云石结构类型(见表1),从这些白云石结构类型就可以大致判断它们的形成背景。

3 常见白云石结构类型

首先常见埋藏环境白云石可依据产状分为两大类:基质白云石和胶结白云石。基质白云石包括四种结构类型:粉-细晶、直面、自形-半自形、漂浮状白云石,细晶、直面、自形-半自形白云石,细-粗晶、曲面、它形白云石,粗晶、曲面、鞍形白云石;胶结白云石包括两种结构类型:细-中晶、直面、自形-半自形白云石,粗晶、曲面、鞍形白云石。

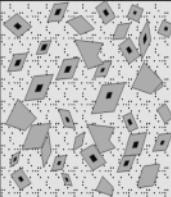
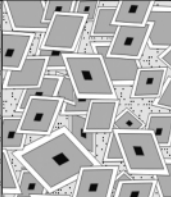
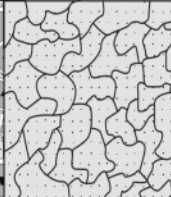
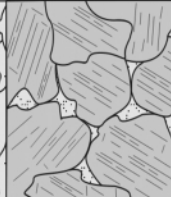
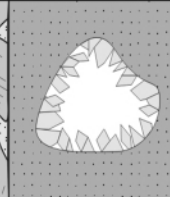

3.1 基质白云石

3.1.1 类型1:粉-细晶、直面、自形-半自形、漂浮状白云石(finely crystalline, planar-e(s), floating dolomite)

该类型白云石一般见于富泥质灰岩中,以粉-细晶为主,自形-半自形,呈漂浮状分布于灰泥基质之中,单偏光下晶面较污浊,常具有亮边浊心结构,这是由于晶体核心部位包含较多方解石矿物包裹体和其它气、液相包裹体所导致^[13](图1-A);正交镜下均匀消光;阴极发光变化范围较大,通常为橙红色(核心部位)-橙色(边缘)^[14]或橘红色^[15]。这种白云石主要出现在部分白云岩化的灰岩中,这种灰岩孔隙类型主要为溶蚀孔,但后期常被方解石胶结所以孔隙度较低。该类型白云石形成于浅埋藏阶段,环境的温度低于晶体它形生长的临界温度(critical roughening temperature)^[5],白云岩化流体对于白云石的过饱和程度也不高。这种白云岩化作用总是优先在灰泥基质中有选择的进行(matrix-selective dolomitization)^[5],这是由于灰泥基质中常常包含一些细小亚稳定态的碳酸盐矿物如高镁方解石、文石,这些矿物比正常方解石更容易溶解,而且比表面较大(相对化石等颗粒而言),因此优先与白云岩化流体发生作用,从而交代形成白云石晶核^[4]。晶核继续生长就形成了直面自形-半自形、漂浮状白云石^[6];而化石等较大的方解石颗粒则不容易被白云岩化。该类型白云石也有可能由于准同生期形成的泥-粉级的白云石晶核继续生长所形成。这种基质中有选择性的白云岩化作用常常发生在低幅的压溶缝附近,因为压实作用常释出少量的 Mg^{2+} 使沿缝合带内流体的 Mg^{2+} 浓度升高,因此常常造成局部白云岩化斑块(图1-B、C)。所以,又把这些白云石称为“调节作用”(cannibalization)白云石。由于压溶缝常出现于埋深大于500 m

表 1 埋藏环境白云岩结构分类

Table 1 Classification of texture in burial dolomite

产状 类型 特征	基质				胶结物	
	1	2	3	4	5	6
	粉—细晶、直面、自形—半自形、漂浮状白云石	细晶、直面、自形—半自形白云石	细—粗晶、曲面、它形白云石	粗晶、曲面、鞍形白云石	细—中晶、直面、自形—半自形白云石胶结物	粗晶、曲面、鞍形白云石胶结物
晶体大小	粉—细晶	细晶	细—粗晶	粗晶	细—中晶	中—粗晶
晶型	自形—半自形	自形—半自形	它形	它形鞍状	自形—半自形	它形鞍状
晶面	直面	直面	曲面	曲面鞍形	直面	曲面鞍形
晶间关系	相互独立不接触	点面接触、直面接触	曲面接触	曲面接触	直面对接触	曲面接触
形成时埋藏深度	浅埋藏	浅—中埋藏	中—深埋藏	一般情况下中—深埋藏	一般情况下中—深埋藏	一般情况下中—深埋藏
孔隙发育	中	中—好	差	中—好	中	中—好
成因	交代	交代为主,胶结增生	交代、重结晶	热液白云岩化流体强烈交代、重结晶	初期胶结	构造—热液作用白云石胶结
结构简图						

的地层中^[16] 因此,常把压溶缝的出现作为浅埋藏阶段的开始^[14] 所以这种浅埋藏环境形成的白云石一般出现在埋深 500 ~ 1 000 m 的地层中。

3.1.2 类型 2: 细晶、直面、自形—半自形基质白云石 (finely crystalline, planar-e(s) matrix dolomite)

该类型白云石以细晶为主,直面自形—半自形,常具有亮边浊心结构^[17],晶体之间直线接触;正交偏光镜下均匀消光;阴极发光变化范围较大,通常为暗红色—橙红色^[14,15]或褐红色^[18],有时显示明暗交替的环带。晶体之间相互连接或部分重叠,常呈晶群或晶簇状产出,一般见于粗—细分布不均的斑状白云岩中相对较粗的斑块中。该类型白云石组成的白云岩晶间孔较发育,但如果孔隙未被烃类流体及时充注,后期常常被白云石或方解石胶结。该类型白云石常常由第一种类型白云石演变而来的,在生成第一种类

型白云石以后,当埋深继续增加,白云岩化流体继续供给时,灰泥基质中的白云石漂晶继续增生,同时灰泥基质中将形成更多的白云石晶体,最终形成直面、自形—半自形白云石相互连接的晶群。如果白云岩化作用比较充分就形成所谓的“糖粒状结构”(图 2-A)。因此这样的白云石具有一个交代成因的晶核和交替增生的晶壳。如果埋深继续增加,白云岩化流体持续供给,这种类型白云石会随着温度的升高、晶体竞争性生长以及局部压溶重结晶作用发生晶面曲面化^[4,19],当压应力较高时晶体内部还会产生花瓣状内核(图 2-B)。这种特殊结构的白云石是第二种类型白云石和下文将介绍的第三种类型白云石之间的一种过渡类型。以上两种类型的白云石均属于浅埋藏阶段白云岩化的产物,其结构演化过程可以简化为图 3。

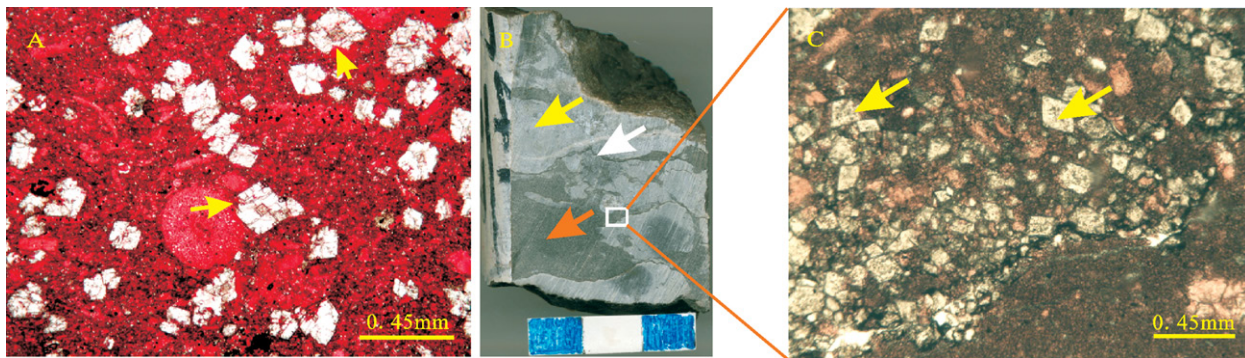


图 1 A: 显微照片显示细晶、直面、自形一半自形白云石漂浮于生物碎屑粒泥灰岩(茜素红染色)基质中,箭头所示较大的晶体可见亮边浊心结构,单偏光 桂林地区泥盆纪唐家湾组; B: 部分白云岩化的灰岩。白云岩斑块(橙色箭头)沿缝合线(白色箭头)不均匀的分布在灰岩(黄色箭头)中,塔北地区奥陶系鹰山组,比例尺 3 cm; C: B 图中沿缝合线局部(白框)在显微镜下的照片可见细晶、自形的交代白云石晶体(如箭头所示)散布在灰泥之中,沿低幅的压溶缝分布,塔北地区奥陶系鹰山组,单偏光

Fig.1 A: Photomicrograph showing finely crystalline, planar-e(s) dolomites floating in the matrix of bioclastic wackestones (red stained with Alizarin Red-S). Note relatively large crystals commonly have a cloudy core (arrows), Tangjiawan Formation Devonian, Tangjiawan Guilin, plane-polarized light. B: Dolomite mottles(orange arrow) along stylolite(white arrow) unevenly occur in the limestone host(yellow arrow), scale is 3cm, Yingshan Formation Ordovician, northern Tarim basin. C: Photomicrograph of the marked square in B. Finely planar-e(s) dolomite floating in the matrix of limestone and occurring along the low-amplitude stylolite, Yingshan Formation Ordovician, northern Tarim basin, plane-polarized light

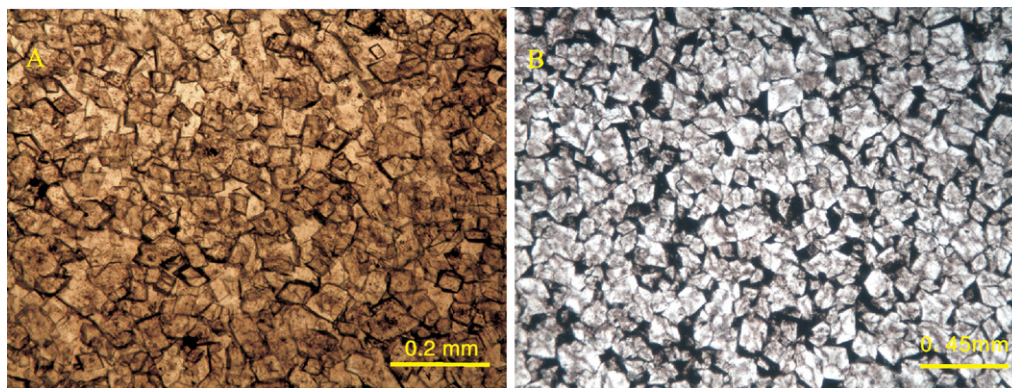


图 2 A: 细晶、直面、自形一半自形基质白云石,单偏光,塔北地区奥陶系鹰山组; B: 细晶、花瓣状内核白云石,部分晶体晶面曲面化,单偏光,塔北地区奥陶系蓬莱坝组。

Fig.2 A: Finely crystalline planar-e(s) matrix dolomite crystals, Yingshan Formation Ordovician, northern Tarim basin, Plane-polarized light. B: Finely crystalline dolomite crystals with petal nucleuse and slightly curved surfaces. Penglaiba Formation Ordovician, northern Tarim basin, plane-polarized light.

3.1.3 类型 3 细—粗晶、曲面、它形基质白云石 (finely-coarsely crystalline, nonplanar-a matrix dolomite)

该类型白云石是分布最广泛的一种白云石结构类型,晶体粒径变化大,细—粗晶均可出现,曲面它形,单偏光镜下晶面较污浊,环带不明显,晶体之间曲线接触,正交偏光镜下均匀消光,阴极发光暗淡—暗

褐色或暗红色^[15,18]。该类白云石可由前两种类型白云石演变而来,也可以由泥晶白云岩或灰岩在深埋阶段遇到高温白云石化流体(温度高于 critical roughening temperature)后发生重结晶或交代作用形成。在上述第二种类型白云石生成以后,若埋深继续增加,环境温度升高至晶体它形生长的临界温度(critical roughening temperature)之上时,在白云岩化流体供给

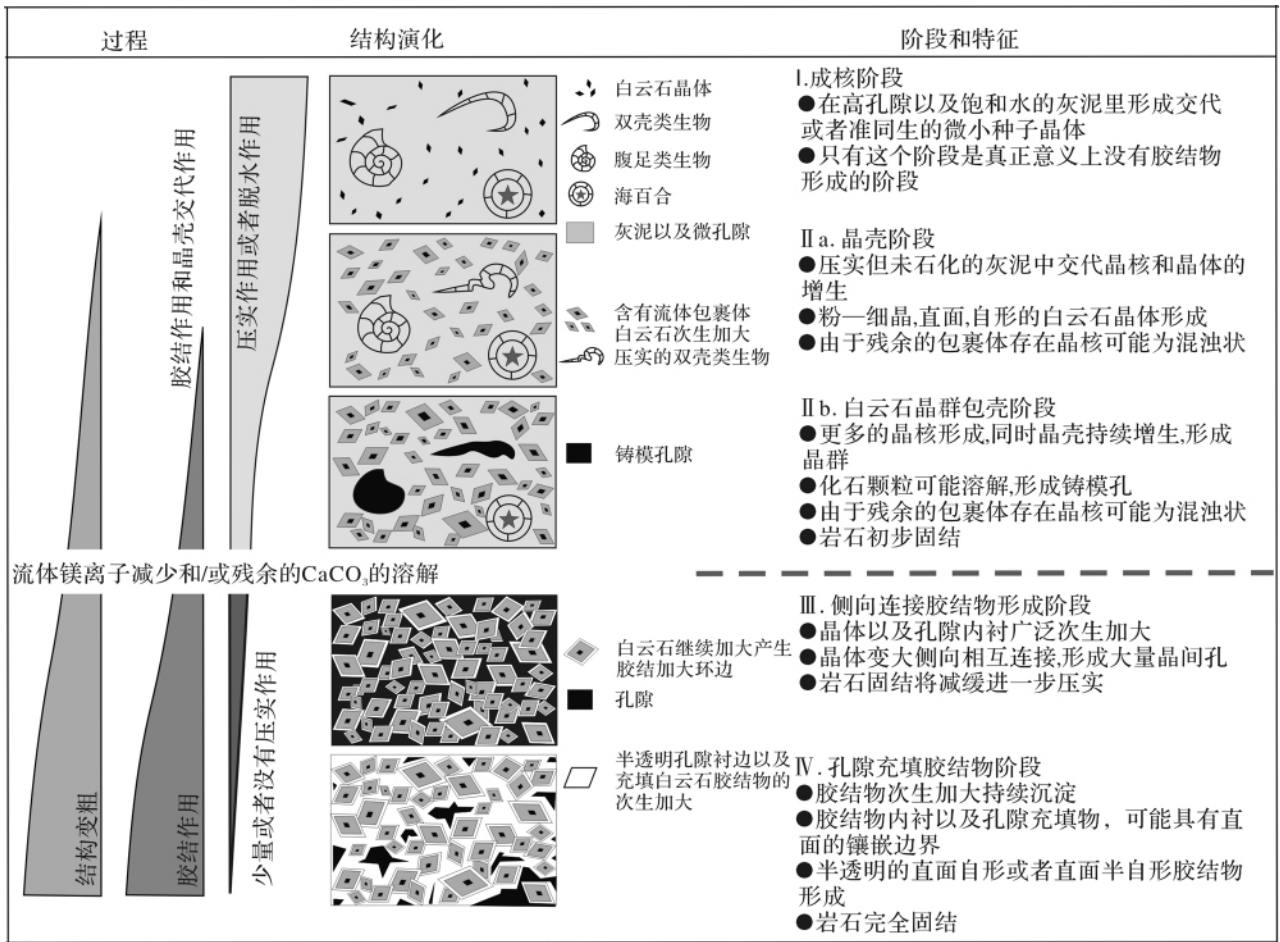


图 3 浅埋藏环境白云岩化作用及白云石结构类型演化模式图(据 Philip W. Choquette ,2008. 有改动)。

Fig. 3 Dolomitization and texture evolution of dolomite in shallow-burial environment(modified from Philip W. Choquette ,2008) .

充足的情况下,白云石晶体快速生长,由于晶体竞争性生长^[19]和晶面的曲面化,加之压溶作用和局部重结晶,或者由于流体对于白云石的过饱和程度升高(或Mg²⁺浓度升高)都会造成过渡白云石化^[19](over-dolomitization),最终形成晶间曲面接触的镶嵌结构,这种白云石晶间孔隙稀少,结构致密^[17](图4-A)。该类型白云石往往是构成白云岩的最普遍类型,因为世界范围内白云岩主要分布于前寒武纪和古生代的碳酸盐岩地层中,因此这些白云岩埋藏很深或曾经埋藏很深,所以在深埋阶段(地温较高)一旦遇到充足的白云岩化流体就常常会演化为这种曲面它形基质白云石。

3.1.4 类型4 粗晶、曲面、鞍形基质白云石 (coarsely crystalline, nonplanar saddle matrix dolomite)

鞍形白云石早在十七世纪就被人们所发现^[21],由于这种白云石完美的晶体形态近似于马鞍形,因此命名为鞍形白云石(saddle dolomite),但是晶形完美

的鞍形白云石晶体实际很少见,通常见到的只是完整鞍形白云石的一部分或晶型不完美的鞍形白云石,而且形态各异,所以也有学者对这些白云石各自命名,例如“晚期胶结铁白云石”^[22],“白色亮晶白云石”^[23],“异形白云石”^[24-25],“热液白云石”^[26],“脉状白云石”^[27]等等。虽然这些白云石形态不同,但是它们同样具有鞍形白云石的特征,如:晶体粗大(可达到厘米级),晶面弯曲或呈阶梯状,正交偏光镜下波状消光,单偏光镜下晶体内部常见丰富的微裂缝。因此,学术界现在将这类白云石晶体统称为鞍形白云石。鞍形白云石分为基质和胶结物两类。鞍形白云石基质一般为粗晶,晶面弯曲,晶间曲面接触,正交偏光镜下波状消光,单偏光镜下晶体内部微裂缝丰富,但与胶结的鞍形白云石相比往往晶面比较污浊(图4-B),气液相包裹体的发育程度不及鞍形白云石胶结物,且包裹体均一温度低于鞍形白云石胶结物中包裹体的均一温度^[14]。阴极发光特征为不发光或斑状暗

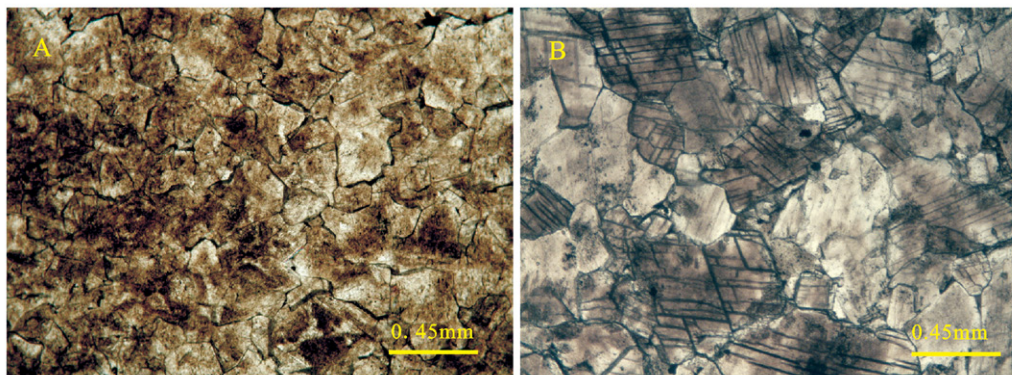


图4 A: 粗晶、它形、曲面基质白云石, 结构致密, 晶间孔稀少, 单偏光, 桂林地区泥盆纪唐家湾组;
B: 粗晶、曲面、鞍状、基质白云石晶体, 单偏光, 塔北地区寒武系白云岩

Fig. 4 A: Coarse-crystalline, nonplanar-a matrix dolomite, tightly packed, with rare intercrystalline porosity. Tangjiawan Formation Devonian, Tangjiawan Guilin, plane-polarized light; B: Coarse-crystalline, nonplanar saddle matrix dolomite, Cambrian, northern Tarim basin, plane-polarized light

红光, 有时见亮环边^[14, 15, 28]。此类白云石往往与鞍形白云石胶结物共生, 因为在裂缝发育, 热液供给充足时, 不仅在孔洞、裂缝内沉积鞍形白云石胶结物, 更重要的是裂缝体系内大量白云岩或灰岩在热液的作用下会发生强烈的重结晶或交代, 从而形成这种曲面鞍形基质白云石。因此这种白云石往往形成于原始孔隙度比较高的碳酸盐岩中, 并且接近流体运输通道(裂缝或断裂系统)。而且在鞍形白云石基质形成的同时, 热液会对围岩产生强烈的溶蚀作用, 这就大大增加了原岩的孔隙度以及孔隙和裂缝之间的连通性,

如果这些孔、洞、缝后期未被胶结物填充就会形成优质的储层。

3.2 胶结白云石

3.2.1 类型5 细—中晶、直面、自形—半自形白云石胶结物 (finely-medium crystalline, planar-e(s) dolomite cement)

该类白云石往往作为溶蚀晶洞和裂缝内首期胶结物内衬, 以细—中晶为主, 直面自形—半自形, 单偏光镜下常见晶体内核比较污浊, 可见亮环边, 晶体之间直线接触。正交镜下均匀消光(图5-A), 阴极发光

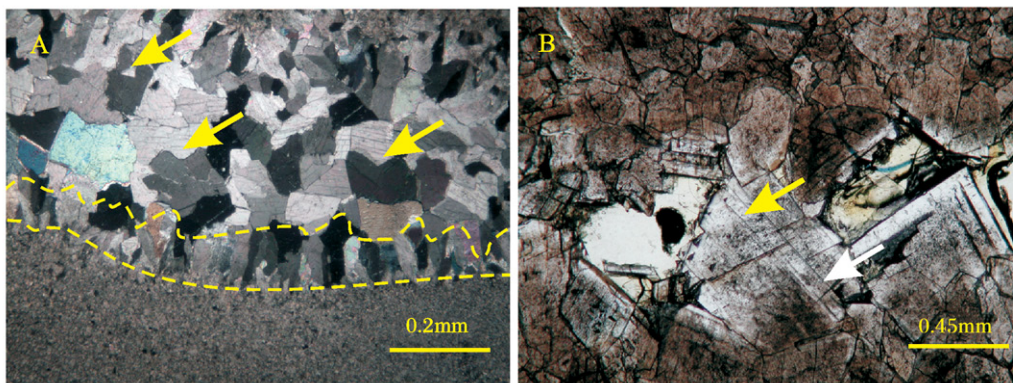


图5 A: 两期胶结白云石。第一期胶结物为中—细晶、直面、自形—半自形白云石(虚线之间), 其上第二期胶结物为中—粗晶、曲面、鞍形白云石(箭头所示), 正交偏光, 塔北地区震旦系奇格布拉克组。B: 粗晶、曲面、鞍形白云石胶结物(黄色箭头), 其核部为早期的自形白云石胶结物(白色箭头), 可见未被完全胶结的残余孔洞, 单偏光, 桂林地区泥盆系唐家湾组

Fig. 5 A: Two generations of cement dolomite. Planar-e(s) dolomite crystals occur as the earliest cement (between two dashes), followed by the nonplanar saddle dolomite cement (arrow), Qigebulake Formation Sinian, northern Tarim basin, cross-polarized light; B: Coarse crystalline, nonplanar saddle dolomite cements (yellow arrow) grow over planar-e(s) dolomite cements (white arrow) locally, both lining a mouldic vug in the nonplanar-a matrix dolomite host with relict pores, Tangjiawan Formation Devonian, Tangjiawan Guilin, plane-polarized light

核部暗淡或暗红光,边缘暗红色光或暗淡无光^[14,18]。这种类型的白云石形成环境温度不太高,白云岩化流体的过饱和度也不高,因此晶体能够缓慢的生长,保持了较好的自形程度^[29],晶体内部气液相包裹体较少见,而且均一温度略低于鞍形白云石胶结物中的包裹体均一温度。如果在白云岩化流体增温或 Mg^{2+} 浓度升高的情况下,这种白云石晶体可能成为后期鞍形白云石胶结物的晶核;但是若流体升温过快(或后期流体温度明显高于前期流体温度),就会使原来的晶体发生重结晶,晶面发生曲面化,最终向鞍形白云石胶结物过渡。因此,在热液白云岩化作用比较强烈的情况下,这种白云石类型较少见。

3.2.2 类型 6 粗晶、曲面、鞍形白云石胶结物 (coarsely crystalline, nonplanar saddle dolomite cement)

鞍形白云石胶结物常发育于孔洞和裂缝之中,常为乳白色,有时为粉红色或肉红色,光泽黯淡,单偏光下常呈弯月或镰刀形晶体,晶面弯曲,晶体内部常见丰富的微裂缝,晶面较污浊,可见宽的亮环边(图 5-B),常含有气液两相包体,正交镜下典型的波状消光,阴极发光下不发光或斑状暗红光,有时可见亮环边^[14,15]。一般认为鞍状白云石胶结物主要是从热流体中结晶形成的,也有少数学者提出存在局部调整和生物调节作用成因的鞍形白云石,然而它们所形成的鞍形白云石规模非常有限。由于形成于高温、高压环境下,鞍形白云石胶结物的生长速度较快,因此常见包裹体,其中气液两相包裹体的均一温度(未经压力校正)范围是 80~250℃,但是最常见的温度范围是 100~180℃;盐度也较高,可达到现今正常海水 3~8 倍^[30];受温压条件的影响白云石生长过程中晶格发生了扭曲,导致鞍形白云石波状消光的光学性质,并且晶体内部出现许多微裂缝。鞍形白云石胶结物常常不能完全胶结孔洞和裂缝从而形成残余孔洞,但这些残余孔洞有时被后期的沥青、黄铁矿、闪锌矿、石英(或玉髓)、方解石、黏土矿物等充填,未被胶结的残余孔洞可为烃类流体提供良好的储集空间。值得重视的是在形成鞍形白云石之前或同时热流体都会对围岩造成一定的溶蚀,使原岩的孔隙度大大增加,因此往往可以形成优质的储层。这也是为什么鞍形白云石常常出现在烃类流体储层中^[23,24]的原因。此外,热液流体一般是通过张性或张扭性的断裂系统从深部向上运移,因此鞍形白云石往往与张性或张扭性的裂缝系统伴生,在地震剖面上显示为负花状构造等

正断层系统,这一点对于油气勘探有明确的指导意义^[30]。

4 小结

以上介绍的白云石类型可以单独构成白云岩,也可以同时出现在同一个白云岩样品内,但是无论哪种情况,这些白云石类型都是最常见、最基本的白云岩组成部分,它们分别代表着不同埋藏阶段和埋藏环境下的成因信息以及各自不同的储层物理特性。此外,这些类型的白云石是埋藏阶段白云石演化过程中阶段性的典型代表,除此之外还存在一些过渡白云石要“类型。值得指出的是在白云石成因结构类型的研究过程中,除了应用传统的沉积学和岩相学的研究方法以外,还需要借助一系列先进的地球化学分析方法和其他分析测试手段对不同成因结构类型的白云石进行研究,例如:碳、氧、锶同位素分析,示踪元素分析,流体包裹体显微测温,扫描电镜,电子探针和激光拉曼光谱等等。但重要的是对于地球化学分析样品的采集,应当采取有针对性的微区定位取样的方法,对不同成因结构类型的白云石分别取样分析,这样才能保证样品有明确的代表性,能够准确的反映它们形成时的温压条件和流体性质。因此,白云石的结构类型是进行白云岩成因研究的基础,就如同进行灰岩成因研究要进行灰岩结构组分分析一样,不弄清楚白云石的基本结构类型,又如何进行白云岩的成因分析呢?综上所述,白云石的成因结构分类主要具有以下优点:(1)实用、直观、准确;(2)在一定程度上能够反映成因信息;(3)更加细致的体现白云岩的特征;(4)为进一步深入研究白云岩成因提供了前提条件;(5)在白云岩研究领域与国际学术界接轨。此外,构造热液成因的鞍形白云石往往是优质白云岩储层的标志,这一点在国际油气勘探领域已经得到了证实,因此值得重视和仔细研究。

参考文献 (References)

- 1 Carozzi A V, Zenger D H. Translation of Dolomieu's paper with notes reporting his discovery of dolomite [J]. *Journal of Geological Education*, 1981, 29: 4-10
- 2 Machel H G. Bacterial and thermochemical sulphate reduction in diagenetic settings [J]. *Sedimentary Geology*, 2001, 140: 143-175
- 3 Mazzullo S J. Organogenic dolomitization in peritidal to deep sea sediments [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2000, 70: 10-23
- 4 Machel H G. Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal [C]// Braithwaite C J R, Rizzi G, Darke G. *The Geometry and*

- Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbon Reservoirs. Special Publications 235. London: Geological Society, 2004: 7-63
- 5 Gregg J M, Sibley D F. Epigenetic dolomitization and the origin of xenotopic dolomite texture [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1984, 54: 908-931
 - 6 Sibley D F, Gregg J M. Classification of dolomite rock textures [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1987, 57(6): 967-975
 - 7 张学丰, 胡文瑄, 张军涛, 等. 白云岩成因相关问题及主要形成模式 [J]. *地质科技情报*, 2006, 25(5): 32-40 [Zhang Xuefeng, Hu Wenxuan, Zhang Juntao, *et al.* Critical problems for dolomite formation and dolomitization models [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2006, 25(5): 32-40]
 - 8 高计元, 王一先, 裘愉卓, 等. 白云鄂博矿床含矿白云岩的成因讨论 [J]. *沉积学报*, 1999, 17(suppl): 676-680 [Gao Jiyuan, Wang Yixian, Qiu Yuzhuo, *et al.* Origin of the ore-bearing dolomite in Baiyun Obo Ore Deposit [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(suppl): 676-680]
 - 9 White D E. Thermal waters of volcanic origin [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1957, 68: 1637-1658
 - 10 Langton J R, Chin G E. Rainbow Member facies and related reservoir properties, Rainbow Lake, Alberta [J]. *Canadian Society of Petroleum Geologists Bulletin*, 1968, 16: 104-143
 - 11 Mccamis J G, Griffith L S. Middle Devonian facies relationships, Zama area, Alberta [J]. *Canadian Society of Petroleum Geologists Bulletin*, 1967, 15: 434-467
 - 12 金振奎, 冯增昭. 滇东—川西下二叠统白云岩的形成机理—玄武岩淋滤白云化 [J]. *沉积学报*, 1999, 17(3): 383-389 [Jin Zhenkui, Feng Zengzhao. Origin of dolostones of the lower Permian in East Yunnan—West Sichuan: dolomitization through leaching of basalts [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(3): 383-389]
 - 13 John W. Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations [J]. *Earth-Science Reviews*, 2000, 52: 1-81
 - 14 Chen Daizhao, Qing Hairuo, Yang Chao. Multistage hydrothermal dolomites in the Middle Devonian (Givetian) carbonates from the Guilin area, South China [J]. *Sedimentology*, 2004, 51: 1029-1051
 - 15 邵龙义, 何宏, 彭苏萍, 等. 塔里木盆地巴楚隆起寒武系及奥陶系白云岩类型及形成机理 [J]. *古地理学报*, 2002, 4(2): 19-30 [Shao Longyi, He Hong, Peng Suping, *et al.* Types and origin of dolostones of the Cambrian and Ordovician of Bachu uplift area in Tarim Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2002, 4(2): 19-30]
 - 16 Lind I. Stylolites in chalks, Ontong Java Plateau [C]//Berger W H, Kroenk J W, Mayer L A, *et al.* Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results. Leg 130. Texas: Ocean Drilling Program, 1993: 445-451
 - 17 杨威, 王清华, 刘效曾. 塔里木盆地和田气田下奥陶统白云岩成因 [J]. *沉积学报*, 2000, 18(4): 544-548 [Yang Wei, Wang Qin-hua, Liu Xiaozhen. Dolomite origin of lower Ordovician in Hetian River Gas Field, Tarim Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18(4): 544-548]
 - 18 Yoo C M, Gregg J M, Shelton K L. Dolomitization and dolomite neomorphism: Trenton and Black River limestones (Middle Ordovician) Northern Indiana, U. S. A. [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2000, 70(1): 265-274
 - 19 Brian J. Dolomite crystal architecture: genetic implications for the origin of the Tertiary dolostones of the Cayman Islands [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2005, 75(2): 177-189
 - 20 Choquette P W, Hiatt E E. Shallow-burial dolomite cement: a major component of many ancient sucrosic dolomites [J]. *Sedimentology*, 2008, 55: 423-460
 - 21 Radke B M, Mathis R L. On the formation and occurrence of saddle dolomite [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1980, 50(4): 1149-1168
 - 22 Choquette P W. Late ferroan dolomite cement, Mississippian carbonates, Illinois Basin, U. S. A. [C]//Bricker O P. Carbonate Cements. Baltimore: The Johns Hopkins Univ. Press, 1971: 339-346
 - 23 Beales F W. Cementation by white sparry dolomite [C]//Bricker O P. Carbonate Cements. Baltimore: The Johns Hopkins Univ. Press, 1971: 330-338
 - 24 Friedman G M, Radke B M. Evidence for Sabkha overprint and conditions of intermittent emergence in Cambrian-Ordovician carbonates of northeastern North America and Queensland Australia [J]. *Northeastern Geology*, 1979, 1: 18-42
 - 25 Mazzullo S J, Cys J M. Marine aragonite sea-floor growths and cements in Permian phylloid algal mounds, Sacramento Mountains, New Mexico [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1979, 49: 917-936
 - 26 Goldberg M, Bogoch R. Dolomitization and hydrothermal mineralization in the Brur Calcarenite (Jurassic), Southern Coastal Plain, Israel [J]. *Israel Journal of Earth Sciences*, 1978, 27: 36-41
 - 27 Ebers M L, Kopp O C. Cathodoluminescent microstratigraphy in gangue dolomite, the Mascot-Jefferson City district, Tennessee [J]. *Econ Geology*, 1979, 74: 908-918
 - 28 Jeff L, Ihsan S A. Dolomitization and fluid evolution in the Middle Devonian Sulphur Point Formation, Rainbow South Field, Alberta: petrographic and geochemical evidence [J]. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 2000, 48(3): 262-283
 - 29 John K, June G. Early diagenetic dolomite cements: examples from the Permian lower magnesian limestone of England and the Pleistocene carbonates of the Bahamas [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1982, 52(4): 1073-1085
 - 30 Davies G R, Smith J B L. Structurally controlled hydrothermal dolomite reservoir facies: an overview [J]. *AAPG Bulletin*, 2006, 90(11): 1641-1690

Classification of Texture in Burial Dolomite

WANG Dan^{1 2} CHEN Dai-zhao¹ YANG Chang-chun¹ Hairuo Qing³

WANG Xu^{1 2} WU Mao-bing⁴ XING Xiu-juan⁴

(1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Science, Beijing 100029;

2. Graduate University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049;

3. Department of Geology, University of Regina, Regina, SK, Canada S4S 0A2;

4. Petroleum Exploration and Production Institute, SINOPEC Beijing 100083)

Abstract In recent years, a great progress in hydrocarbon exploration has been achieved in dolomite reservoirs in which several large scale hydrocarbon pools were discovered in China. In view of which most of these dolomite reservoirs were formed during burial period, together with the high abundance of burial dolostones in stratigraphic columns, this paper aims to focus on classification of genetic texture in burial dolomite without consideration for relatively simple textures of primary or penecontemporaneous micritic dolomite. In international academic community, the classification of genetic texture of burial dolomite were well documented, but were less paid attentions in Chinese academic circle. In order to improve further study in this field, it is necessary to distinguish the different textures of dolomite formed in buried period, so that to understand the different characters of dolomitization liquid. We here introduce a modified classification scheme for genetic texture of burial dolomite with references of classification about this field in international academe and combining the actual situation of dolomite researching in China. First of all, on the basis of dolomite occurrence, the dolomite texture is divided into two types: matrix dolomite and cement dolomite. Then according as crystal size, crystal shape, crystal surface and contact relation, burial dolomite is classified into six types, in which four are matrix: 1) finely crystalline, planar-e(s), floating dolomite; 2) finely crystalline, planar-e(s) dolomite; 3) finely-coarsely crystalline, nonplanar-a dolomite matrix; 4) coarsely crystalline, nonplanar saddle dolomite matrix, and the remanent two are cement: 1) finely-medium crystalline, planar-e(s) dolomite cement; 2) coarsely crystalline, nonplanar saddle dolomite cement. These texture classification provides a basis on which the dolomites formed in different diagenetic stages can be sorted out properly in the context of physical-chemical conditions of dolomitising fluids from which they formed, which provides effective approach of dolomite studying.

Key words dolomite; classification; genetic texture; dolostone; reservoir