上扬子台地三叠系碳酸盐岩中的特形白云石及其指相意义初探

朱井泉

(中国科学院地质研究所)

[内容提要] 在上扬子台地早三叠世嘉陵江组的白云岩中,产有一种呈"针状"、"板柱状"、"麦 粒状"或"树枝状"等形态的不同于常见沉积白云石的特形白云石。本文借鉴国外近年来在特形 方解石方面的研究成果,提出特形白云石是由类似形态的特形方解石经白云石化作用假像交代 而成,因而它同特形方解石一样,可以指示沉积及成岩环境,具有大气渗流、介质溶液过饱和及 微生物强烈参与等特点。

关键词:特形白云石 假像交代 上扬子台地 三叠系 指相意义

上扬子台地早、中三叠世的嘉陵江组和雷口坡组是一套灰岩-白云岩-蒸发岩沉积组合。 在该组合的白云岩(尤其是在嘉陵江组第四段的白云岩)中,经常见到一种具有一个方向延 长特性的特殊类型白云石(本文称为特形白云石)。由于在薄片鉴定中粗看似针状或柱状晶 体,因而前人曾形象地称之为"针状白云石"、"板柱状白云石"或"麦粒状白云石",并认为是 交代石膏或文石的假象单晶(地矿部第二地质大队,1982[®];黄思静,1985^[1];魏建勇, 1986[®])。笔者等在研究华蓥山一带的上述层位碳酸盐岩时,首次揭示这种白云石其实并非 单晶,而是一种平行连生的多晶组合;否定了它为石膏或文石假晶的可能性,推测其可能是 某种相似形态的原生方解石的白云石化产物(朱井泉等,1990)^[2]。

在国外,虽然迄今为止尚未有特形白云石的报道,但与之形态近似的特形方解石(如纤 维状和树枝状方解石)则已在多处发现(Jones *et al.*,1986,1988,1989,1993)^[3-7]。目前国外 学者已就此种方解石的成因机理及发育特定环境条件等取得一系列富有意义的进展 (Jones,1989^[5];Jones *et al.*,1986^[3],1993^[6];Phillips *et al.*,1987^[8])。本文拟借鉴这方面的 研究成果,对于广泛分布于上扬子台地三叠系碳酸盐岩中的特形白云石,由矿物学及成因分 析入手,探讨其可能孕含的特殊指相意义。

1 矿物学特征与对比

在显微镜下观察,特形白云石长 10-130μm,长/宽比 2 · 1-15 · 1。由于这种白云石一

●本文1995年4月25日收稿。

❷地矿部第二地质大队,1982,四川盆地早、中三叠世成盐条件研究及找钾远景评价(阶段地质报告)。

[●]魏建勇,1986,万源一镇巴三叠系含膏盐段岩相和沉积模式。中国地质大学(北京),硕士论文。

般含微尘状杂质较少,因而总是显得比周围正常形态白云石更清澈透亮一些。在正交偏光镜下,特形白云石连生体具有一致的平行消光位(这正是前人将其误作单晶的主要原因),总体显正延性特征。利用扫描电镜对大量样品观察统计表明,连生体的总体外貌不仅有"针状"、 "板柱状"和"麦粒状",而且还发现有呈"枝状"分叉的(图 1)。这些形态特征,与国外文献所



图 1 特形白云石的扫描电镜照片 A.特形白云石的各种形态,箭头所示为一"枝状"分叉连晶, B. "针状"白云石;C. "板柱状"白云石;D. "麦粒状"白云石(箭头所示) Fig. 1 SEM photographs of characteristic dolomite

A. diverse morphologies of characteristic dolomite, and a "dendritic" intergrowth shown by an arrow; B. "needle" intergrowth; C. "tabular-columnar" intergrowth; D. "wheat-like" intergrowth (arrow)

载特征方解石相比,前者的"针状"相当于后者的针纤体(needle fiber),而前者的"枝状"分叉则大体类似于后者的树枝晶(dendrite)(Jones et al.,1993),至于前者的"板柱状"和"麦粒状"外形,虽无现生的特形方解石与之形态相同,但 Jones 等(1986)在研究产于加勒比海Grand Cayman 岛上的更新世特形方解石时曾注意到,一些纤维状和树枝状方解石在生成

稍后的早期成岩阶段,很快就会自身充填或外延生长(epitaxial growth)而成二维的板片状 甚至三维的短柱状。此时的体貌特征完全可以与特形白云石的"板柱状"及"麦粒状"形态类 比。

如果说特形白云石与特形方解石形态学上的相似性 已经初步反映它们在成因上的继承性的话,那么二者在 晶体生长或连生方式上的一致性则进一步说明了这一 点。从图1上可以看出,尽管特形白云石的形态多种多 样,但其外缘总是呈锯齿状凹凸,表明它们并非是细长的 单晶体,而是由若干个菱面体白云石单晶平行连生而成。 特形白云石的整体延性特征表明,连生的方向与每个单 晶的结晶"C"轴相垂直。从大量的扫描电镜照片上分析 判断,其连生的方式可能有两种:(1)依某个二次对称轴 共棱连生(图 2a);(2)沿两个二次对称轴夹角平分线共 顶连生(图 2b)。特形白云石的这两种连生方式完全类似 于现生特形方解石的晶体生长特点,所形成的连生体也 与特征方解石所特有的菱面体链(rhomb chain)相一致 (Jones *et al.*,1993)。

利用电子探针和 X 光衍射分析了特形白云石的化 Fig. 2 Two Possible intergrowth 学组成和有序度特征,并与同层位的正常白云石进行对 patterns for the interlocking crystals 比(表 1、2)。从化学组成上看,虽然特形白云石和正常白 of characteristic dolomite 云石都具有富 Ca²⁺ 贫 Mg²⁺ 特征,但相对而言,前者的 MgCO₃ 克分子含量略高于后者(前者平均为 47.33%,而



后者平均为 46-53%)。由 X 光衍射分析数据中的 Ions/Ino比值计算得到的有序度值表明,尽 管两种白云石都属非完全有序白云石,但相比较而言,特形白云石的有序度要略高于正常白

表 1 部分特形白云石和正常白云石的电子探针分析数据

Table 1	Electron mi	icroprobe	analytical	data on	characteristi	ic and	normal	dolomites
---------	-------------	-----------	------------	---------	---------------	--------	--------	-----------

发型 分析		特形自	云石		, Ē	常白云石		理论白云石
值 测点 组份(%)	1	2	3	4	5	6	7	
MgO	22. 84	22.10	19.79	20.44	22. 17	21.06	20. 85	21.86
CaO	34.05	32.87	32.06	32.98	36. 21	32. 78	34-13	30. 41
K2O	0.05	0.09	0.08	0.04	0.10	0. 08	0.01	
· Na ₂ O	0. 07	0.17	0.10	0.02	0. 02	0. 00	0.17	
FeO	0.50	0. 52	0.10	0.50	0.38	1.04	0.60	
SrO	0. 03	0.13	0.11	0.01	0.00	0.00	0.11	
BaO	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
总计	57.64	55.88	52.24	53.99	58-88	54.96	55.87	52. 27
Mg/Ca	48.28	48.34	46. 22	46.46	46.15	47.34	46.09	<u>50</u>
(摩尔比)	51.72	51.66	53.78	53.54	53.85	52.66	53.91	50
赋存岩相	鲕粒	白云岩	鲕粒)	白云岩	骨屑粒泥白云岩	泥状	白云岩	

赋存岩相 合膏泥状白云岩	含否特形白云石		X光衍射数据及计算有序度值				
		及白云石形态	I.015	I110	有序度(I ₀₁₅ /I ₁₁₀)	
		板柱状、麦粒状	1911	2412	0.79		
鲕 粒白云岩		针状	1837	1645	1.00*	平均 0.91	
骨屑粒泥白云岩	- F	针状、板柱状	1633	1876	0. 87		
鲕粒白云岩		针状,树枝状	1525	1584	0. 98		
泥状白云岩		半自形粒状	1298	1971	0.66	· 平均 - 0.83	
泥状白云岩	ا _ [它形粒状	1579	2147	0.74		
骨屑粒泥白云岩	── 不 ── 含	它形粒状	1966	2094	0.94		
鲕粒白云岩		它形粒状	1754	2140	0.82		
	7 [2139	1985	1.00*		

表 2 部分特形白云石和正常白云石的特征及 X 光衍射数据

* Io15/I110值大于1的均按1处理,因为有序度的最大值只能为1.

云石(前者平均为0.91,而后者平均为0.83)。特形白云石的成分构成和有序度更接近理论 白云石(其 MgCO, 克分子含量为 50%, 有序度为 1)的特点, 可能反映了它是在一种更有利 于白云石晶体生成的过程中形成的,研究认为,这种过程就是白云石对先成的特形方解石进 行假像交代。这也解释了为什么特形白云石较之伴生的正常白云石更加清澈透亮的特性。

产出特征与生成时间 2

对华蓥山地区嘉陵江组第四段在两条剖面上进行了逐层薄片统计,发现特形白云石主 要产于距蒸发岩(由于溶失和坍塌,在地表已成盐溶角砾岩)底板 2.4-7.8m 以下的白云岩 层中(图 3)。含有特形白云石的白云岩累积厚度为 3.59m 和 13.84m,分别占该段白云岩总 厚度的 26.3%和 40.1%。特形白云石可以在下列 6 种白云岩相中出现;鲕粒白云岩、骨屑-内屑粒白云岩、骨屑泥粒白云岩、骨屑粒泥白云岩、泥状白云岩和含膏泥粒白云岩。 但是,在 这 6 种岩相中其出现的频率(即含特形白云石的层数占总层数的百分比)却存在着规律性差 异(表 3)。在鲕粒白云岩和骨屑泥粒白云岩中出现的频率最高(72,7%-100%);在骨屑-内 屑粒白云岩和骨屑粒泥白云岩中次之(42.9%-46.2%);而在泥状白云岩和含膏泥状白云 岩中出现的频率则很低(12.5%—20%)。这种分布特点表明,特形白云石倾向于在富颗粒的 岩相中聚集。究其原因,笔者认为这可能与这些岩相具有较大的初始孔隙有关,这与现生的 特形方解石多出现在各种孔隙甚至某些洞穴环境的特点有相似之处(Jones, et al., 1986, 1993).

特形白云石乃至被其交代的特形方解石的生成时间,可以由如下标志确定:(1)特形白 云石的延伸方向从不受沉积层理的限制,可以见到它切断显微层理,也见到它从颗粒内一直 穿刺到颗粒之外的现象。因而不仅特形白云石,就连初始的特形方解石都是沉积期后的产 物;(2)在一些颗粒白云岩,特别鲕粒白云岩的阴级发光图像上明显看出,尽管特形白云石能 够从颗粒中伸出颗粒外缘,但它从不进入亮晶方解石胶结构,说明形成特形白云石的白云石 化过程发生于主胶结期之前。综合上述两点可以认为,初始的特形方解石的生成及其白云石 化形成特形白云石,这两个过程都发生在沉积期后的早期成岩阶段。

岩相古地理





3 指相意义

如果说特形白云石是由相似形态的方解石经白云石化假像交代而成这一观点成立,那 么特形白云石对沉积环境的指示意义(亦即它的指相意义)就完全类同于特形方解石的相关 意义。

表 3 特形白云岩在不同岩相中的分布特征

Table 3 Distribution of characteristic dolomite in different lithofacies

k				
赋存岩相	统计总层数	特形白云石出现层数		
鲕粒白云岩	11	8	72.7%	
骨屑-内屑粒白云岩	7	3	42.9%	
骨屑泥粒白云岩	2	2	100%	
骨屑粒泥白云岩	13	6	46.2%	
泥状白云岩	20	4	20%	
含膏泥状白云岩	24	3	12.5%	
1				

关于特形方解石的成因和指相意义,Jones 等^[6]在最近的一篇综述性论文中指出:特形 方解石是少见而重要的,少见的主要原因是"特形"的生成依赖于某些特殊的环境条件;它对 特定条件的依存,反过来却赋予它极确定的指相意义,也即它的出现必然指定某种沉积环境 的(曾经)存在。根据 Jones 等的总结,特形方解石生成的基本环境条件是:(1)产出环境为大 气渗流带;(2)介质溶液对方解石是过饱和的;(3)微生物(特别是某些钙藻和真菌)在特形方 解石的生成中起着必不可少的促进作用。

对于上扬子台地三叠系碳酸盐岩中特有的特形白云石而言,其沉积环境指示意义解释 如下:

(1)在特形白云石分布的广大范围内,在嘉四期蒸发岩沉积之前,曾经历过广泛的大气 渗滤作用。关于这一点,许靖华等(1983)^[9]通过对上扬子台地早、中三叠世之间的"绿豆岩" 等时面上、下 10m 内的 C、O 稳定同位素研究,认为包括川东华蓥山北段在内的一个区域, 当时已演化为具有陆相盐湖性质的沉积环境。笔者的研究表明,特形白云石正是在这一区域 极度发育。因而,两种资料所得结论恰可互相验证。

根据笔者的调查并参考其他研究者的资料,目前已知的特形白云石分布区,在上扬子台 地北至陕南的镇巴,纵贯川东的华蓥山南至黔北的遵义,在这绵延 500 余公里的范围内均有 产出(图 4)。实际的分布区域可能还要大得多。这也就是说,由特形白云石分布所指示的一 个更大的区域,在嘉四期曾经演化成受大气渗滤作用广泛影响的沉积环境。这一点,对于区 域上的探盐找钾工作具有重要的启示意义。

(2)在特形白云石分布区内,在嘉四期沉积至早期成岩阶段,环境溶液对特形白云石的 初始被交代物——特形方解石是过饱和的。关于这一点,只要考虑到特形白云石的产位(它 产于厚层的蒸发岩之下),就不难理解当时的水体性质了(比正常海水的盐度要高,当然对方 解石是过饱和的了)。

(3)在特形白云石分布区内,在嘉四期的沉积以至早期成岩阶段,微生物的活动是不容 忽视的。关于这一点,除了已在产有特形白云石的白云岩中鉴定出大量的葛万藻化石和一些 未定名的藻丝体外,更奇特的是在一些特形白云石的连晶端头,常发现留有极细小(直径为 0.3-0.6μm)的圆孔,这被认为是真菌钻孔的遗迹(张昀教授面告)。这些微生物化石或遗 迹,也许可以作为微生物曾参与特形方解石及特形白云石生成的直接或间接证据。当然,关 于微生物成岩作用问题,由于这正是当前国内外沉积学界关注的热点之一,故许多工作将有 待加强。



图 4 上扬子台地早、中三叠世古地理略图及特形白云石分布区 1. 古陆; 2. 海陵; 3. 水下隆起; 4. 台地边缘滩; 5. 已知的特形白云石分布区

Fig. 4 Sketch map of palaeogeography and distribution of characteristic dolomite on the Upper Yangtze platform during the Early and Middle Triassic
1=old land;2=submarine rise;3=subaqueous rise;4=platform-margin shoal;

5=given distribution area of characteristic dolomite

4 几点结论

1. 在上扬子台地三叠系嘉陵江组第四段广泛分布的所谓"针状白云石"、"板柱状白云 石"及"麦粒状白云石",实际上是白云石的一种平行连生多晶组合。

 这种特形白云石是由相似形态的特形方解石经白云石化作用而假像交代形成的,无 论其形态特征、生长(连生)方式还是产出规律都可与现生的特形方解石相类比。

 3. 特形白云石孕含有十分确定的沉积与成岩环境指示意义。它指示环境具有大气渗滤、 介质溶液过饱和以及微生物强烈参与这样三大特征。

参考文献

- 1 黄思静.四川渠县龙门峡三叠系嘉陵江组第三、四段白云石有序度及其形成条件探讨.矿物岩石,1985,第5卷,第4期
- 2 朱井泉、张瑞锡、乐昌硕、平行连晶状白云石的发现及其成因探讨.现代地质,1990,第4卷,第2期
- 3 Jones, B. and Kahle, C. F. Dendritic calcite crystals formed by calcification of algal filaments in a vadose environment. Journal of Sedimentary Petrology, 1986, 56: 217-227

39

- 4 Jones, B. The influence of plants and micro-organisms on diagenesis in calicha, example from the Pleistocene Ironshore Formation on Cayman Brac, British West Indies. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1988, 36, 191-201
- 5 Jones, B. and Macdonald, R. W. Micro-organisms and crystal fabrics in cave pisoliths from Grand Cayman, British West Indies. Journal of Sedimentary Petrology, 1989, 59: 387-396
- 6 Jones, B. and Kahle, C. F. Morphology, relationship, and origin of fiber and dendrite calcite crystals. Jorunal of Sedimentary Petrology, 1993, 63, 1018-1031
- 7 Jones. B. and Ng, K. C. The structure and diagenesis of rhizoliths from Cayman Brac, British West Indies. Journal of Sedimentary Petrology, 1988, 58:457-467
- 8 Phillips, S. E., Milnes, A. R. and Foster, R. C. Calcifted filaments, an example of biological influence in the formation of calcrete in South Australia. Australian Journal of Soil Research, 1987, 25, 405-428
- 9 许靖华、何起祥、吴应林、朱忠发,我国西南早三叠世间"绿豆岩"等时面上、下的碳、氧稳定同位素地球化学,成都地质 矿产研究所所刊,1983,第4号

CHARACTERISTIC DOLOMITE IN THE TRIASSIC CARBONATE ROCKS ON THE UPPER YANGTZE PLATFORM AND ITS SIGNIFICANCE

Zhu Jingquan

Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences

ABSTRACT

A new type of dolomite, which is called characteristic dolomite in this paper owing to its abnormal morphologies of "neelde", "tabular-prismatic", "wheat" or "dendritis" forms, occurs on a wide range of scales in the fourth member of the Trassic Jialinjiang Formation on the Upper Yangtze Platform. Unlike the normal sedimentary dolomite, the dolomite may be formed by pseudomorphous replacement of fibrous and dendritic calcite as a result of the similarity both in morphologies and intergrowth patterns. The occurrence of the characteristic dolomite indicates that sedimentary and/or diagenetic environments are characterized by meteoric vadose, medium fluids supersaturated with respect to calcite, and plentiful micro-organisms, which created some conditions suitable for the growth of characteristic calcite and dolomite.

Key words:characteristic dolomite,pseudomorphic replacement,Upper Yangtze platform,Triassic,facies significance