

青海小柴旦盐湖湖滩岩中原 生白云石的发现及其意义

夏文杰 李秀华

(成都地质学院)

前 言

笔者于1983年8月参加了西北五省盐矿情报交流会组织的青海盐湖地质考察,在小柴旦盐湖开采出来的硼矿石中发现一种属湖滩岩型的硼质细砂岩。经取样分析和研究,从中发现了菌藻成因的原生白云石。此发现为国际上热烈争论的白云石成因提供了新的实际资料和一种新的形成方式,这亦是继海南岛儋县更新世交代白云石的发现之后^[1],在我国又一新发现的近代原生白云石沉积物。

一、湖滩岩特征及白云石的赋存状态

湖滩岩分布在小柴旦盐湖南岸,有两个层位:一是现代湖底,被湖水所覆盖;二是埋藏在暗色卤泥岩之下,埋深16—21米。

湖滩岩呈深灰色,为细粒长石岩屑砂岩,胶结物为柱硼镁石,呈基底胶结(图版 I, 1)。

湖滩岩中白云石的赋存状态有两种。大多数呈砂粒包壳出现,包壳厚度一般为0.01—0.1毫米,在同一砂粒上包壳厚度不匀。包壳边与砂粒之间的接触界线有平直状、波状、锯齿状、港湾状等(图版 I, 1)。白云石包壳在低倍镜下呈泥晶状,而在高倍镜下则呈现蠕虫状集合体(图版 I, 2)。

少数白云石呈藻屑和藻团块存在,其中常粘附有砂粒。藻屑为管状集合体(图版 I, 3),藻丝体清晰可见。藻团块则为细小的团粒状集合体(图版 I, 4)。

二、白云石的鉴定依据

手标本加稀盐酸可见砂粒表面微弱起泡,显微镜下则可观察到连续起泡现象,直至完全分解。在薄片中被茜素红染色。

经红外光谱分析和X-射线粉晶分析证实该矿物为白云石。

红外光谱分析是采用压片法,在PE683型红外分光光度计上测定的,三个样品的红外光谱曲线极为一致(图1), CO_3^{2-} 基团吸收带位置完全相同,只是强度稍有差异,分别为725、879、1440厘米⁻¹。与已知白云石的数值基本上一致。

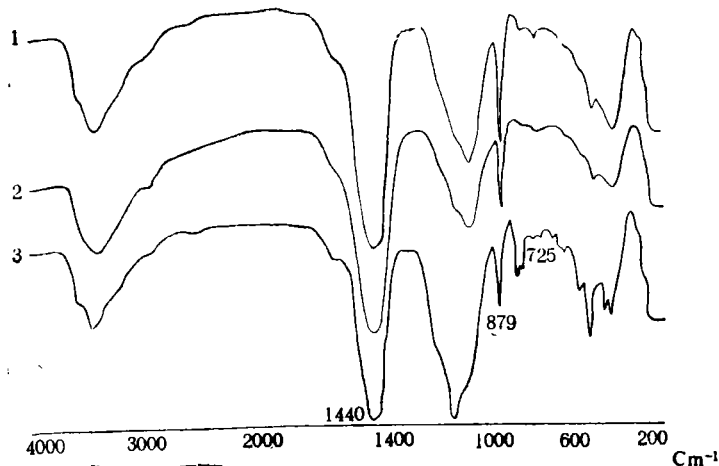


图1 白云石的红外吸收光谱图

(分析者:成都地质学院矿物物理研究室李元芳)

Fig. 1 Infrared absorption spectrum of dolomite

X-射线粉晶分析数据见表1,经计算六方晶胞参数为 $a_0 = 4.812 \text{ \AA}$, $C_0 = 16.102 \text{ \AA}$;菱面体晶胞参数为 $a_{rh} = 6.044 \text{ \AA}$, $\alpha = 46^\circ 92'$ 。与已知白云石的粉晶数据和晶胞参数基本吻合。¹⁾

三、白云石的超微结构特征

在扫描电镜下砂粒表面的白云石泥晶包壳的全貌见图版I, 5,白云石包壳成层叠置,每层厚小于0.5微米。包壳表面则呈莓球状(图版I, 6、7),莓球直径一般为2—3微米,每个莓球则为超微粒状白云石集合体,白云石颗粒不具菱面体晶形,呈圆球形或卵球形,一般大小为0.1—0.3微米。

组成藻屑或藻团块的超微粒状白云石的形态和大小与包壳中的白云石类似(图版I, 8),惟莓球状特征不甚明显。

四、白云石的化学成分及其类型

由于白云石大部分呈砂粒包壳存在,以致无法将样品提纯作化学分析,只做过二个样品的电子探针分析(表2)。可见其CaO和MgO的含量显然属白云石,但与标准化

1) 挑样方法:因白云石富含有机质,故先把标本放在荧光显微镜下照射,将较大的白云石富集团块选出来,再在偏光镜下精选,保证样品有较高的纯度。

表1 白云石的X-射线粉晶数据

Table 1 Data of X-ray diffraction powder method from dolomite

l	d	hkl	l	d	hkl
3	3.69	012	6	1.78	116
10	2.91	104	5	1.55	122
4	2.66	006	2	1.47	214
4	2.42	110	1	1.43	119
6	2.20	113	2	1.38	030
3	2.05	021	4	1.34	0, 0, 12
3	2.01	202	1	1.19	220
1	1.96	116 β	3	1.20	2, 1, 10
1	1.85	024	2	1.114	134
6	1.82	018			

分析条件：Fe靶，电压35kV 电流8mA 相机直径57.3mm 曝光时间8小时。

分析者：成都地质学院X光室林锡锦。

学成分相比则差别甚大，由计算得知其钙原子与镁原子的比值为57.5 : 42.5，应属原白云石。

此外，还对二个样品作了激光光谱分析（表3）。由表2和表3可见湖滩岩中白云石的化学成分甚纯，除CaO和MgO外，Al₂O₃、SiO₂、FeO、MnO等含量均极低、微量元素的种类也很少，仅含极少量的Ti、Sn、Cu等。

表2 由电子探针分析测得的白云石化学成分

Table 2 Chemical composition of dolomite determined by electron probe analysis

样品	化学成分 (%)							Ca/Mg 原子比
	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	MnO	K ₂ O	
1	38.89	20.78	0.06	1.77	0.01	0.27	0.63	Ca57.3 Mg42.7
2	35.22	18.63	0.17	1.01	0.01	0.22	0.10	Ca57.6 Mg42.4
平均值	37.055	19.705	0.115	1.39	0.01	0.245	0.365	Ca57.5 Mg42.5

分析者：中国科学院上海硅酸盐研究所

表3 白云石的激光光谱分析数据

Table 3 Data of laser spectrum analysis of dolomite

样品	元素成分 (%)								
	Al	Si	B	Ca	Mg	Mn	Cu	Sn	Ti
1	1	1.5	10	10	28	0.015	0.005	0.1	0.005
2	0.5	0.15	5	15	25	0.005	<0.001	0.1	0.005

分析者：成都地质学院仪器分析教研室沈映光

五、白云石成因的探讨

白云岩成因是沉积学中讨论的重要课题之一,不仅进行过大量室内外的地质研究,还作了不少人工合成试验。到目前为止,普遍认为多数白云岩是交代成因的,对是否有原生沉淀的白云石,意见不一。一些人持否定和怀疑的态度;另一些人持赞同态度,但还缺乏充分的理论和实践基础,因为至今还没有低温($<120^{\circ}\text{C}$)人工合成白云石的成功记录,也没有找到众所公认的原生沉淀的近代白云石实例。笔者认为本区白云石属原生沉淀无疑,而且还与生物(菌藻)作用有关。

1. 原生沉淀成因的依据

无论是砂粒表面的泥晶包壳还是藻屑和藻团块均由等粒状(0.1—0.3微米)、不具菱面体晶形的超微粒状(<0.5 微米)白云石组成,这足以表明它们决非交代成因。目前已知被确认为交代成因的近代白云石沉积,其大小都在1微米(1—5微米为多)以上,且均呈良好的菱形晶体。

白云石包壳、藻屑和藻团块的结构很均一,大小近似,形态为圆球形或卵球形。成分亦很均一,尤其是泥晶包壳几乎全为原白云石所组成(图版 I, 6、7)。不同部位的三个样品的红外光谱曲线具良好的一致性(图 1),表明它们在矿物成分上的均一性,粉晶分析情况也类似。不同部位所作的电子探针分析和激光光谱分析数据的近似性,可表明它们在化学成分上的均一性。结构和成分如此均一,很难用交代成因来解释,不均一性才是交代成因岩石常见的共性。

泥晶包壳、藻屑和藻团块中的白云石堆积得非常紧密,几乎不见超微孔隙,这与因白云石化而体积缩小出现大量孔隙的交代白云石沉积物呈鲜明对照。

2. 白云石的沉淀与菌藻作用有关

砂粒包壳中的白云石颗粒如此微小,且均为球形,尤其是集合体呈特殊的莓球状,这些特点说明它们不是无机成因的,而是保持了细菌群体外形的生物成因的。因此,白云石包壳并非纯化学沉淀物,而是通过细菌的作用围绕砂粒沉淀下来的。

在(图版 I, 6)中还可见到莓球状白云石集合体中还混杂有空心细管状体,其外径0.1—0.17微米,长度约3—10微米不等,有的为直管状,有的呈弧形。其成分究为矿物质或为有机质尚不清楚。根据外形特征显然应属菌藻一类的生物体,有很大的可能性是菌类(因藻丝体一般宽度达5—10微米)。这种管状生物体的存在可作为白云石菌藻成因的一个佐证。

呈藻屑和藻团块产出的白云石成因无疑与藻的作用有关,在显微镜下可见到藻丝体和藻细胞结构以及在扫描电镜下的超微结构均可得到证实。

湖滩岩标本在荧光显微镜下,白云石集合体发光明显,尤其藻屑和藻团块部分光度更强烈;标本经氯仿浸泡后,氯仿溶液也发出强烈荧光,证明其中确含有机质。由湖滩岩全岩化学分析得知有机质含量为0.18%。有机质的存在可作为白云石属菌藻成因的强有力的证据之一。白云石包壳、藻屑和藻团块在单偏光下均呈浅褐色,也正是由于含有有机质所致。

可以认为：包壳中白云石的沉淀主要与嗜盐细菌作用有关，而白云石藻屑和藻团块的形成显然与蓝绿藻有关。

3. 白云石形成阶段和形成过程的分析

湖滩岩中几乎每一砂粒表面均被一层连续的泥晶白云石所包绕，这一事实说明泥晶包壳是砂粒在湖滩上还处于不断滚动和悬浮状态下形成的，也即同生阶段形成的，另一个证据是：砂粒被柱硼镁石呈基底胶结，表明胶结物的形成不可能晚于同生阶段末期，那么比胶结物早形成的白云石包壳也就只能是同生阶段的早中期产物。

至于细菌的作用促使白云石发生沉淀的机理还不甚清楚，是生物生理作用的结果，还是生物化学作用的结果有待深入研究。但有一点可以肯定，即细菌生活活动的结果，可导致介质pH值的增高，这种碱性微环境则有利于白云石发生沉淀，沉淀出来的白云石就附着于细菌表面或为其自身有机体所吸收，以细菌群体形态保存下来。

4. 白云石形成条件的分析

白云石的人工合成试验和大量近代白云石沉积物的研究表明，多数白云石是形成于强烈蒸发的高盐度（比正常海水高出5—8倍）、高的Mg/Ca比率（5：1—10：1或更大）、较高的pH值（弱碱性—碱性）以及较高温度（28—35°C或更高）条件下。

小柴旦盐湖位于柴达木盆地东北边缘，该区的年蒸发量达3000毫米，降雨量仅100毫米。这种强烈蒸发条件使小柴旦盐湖的矿化度高达350克/公升（表4），换算成含盐度为280‰，比正常海水含盐度高8倍；湖水含氯量达180000毫克/公升，比正常海水（19000毫克/公升）高9.5倍。由湖滩岩分布地区盐喀斯特溶洞卤水的成分得知，Mg/Ca比率高达70：1¹⁾（表4）。该区沙漠气候特征明显，温差很大，最高气温可达36°C，

表4 小柴旦盐湖南部湖水及盐喀斯特溶洞卤水水质分析*

Table 4 Analysis of lake-water and karstic brine from salt bed, southern Xiaochaidan Salt Lake

样品 类型	深度(米)	离子成分 (mg/l)								Mg/Ca 比率	矿化度 (g/l)	比重
		K	Na	Ca	Mg	Cl	SO ₄	B ₂ O ₃	LiCl			
溶 洞 卤 水	0—0.5	4500	105500	226.7	17271.7	176491.7	51087.8	5090.2	284	76.19	348.4	1.255
	7.5—8.4	4450	106300	251	17321.2	176442.6	/	5103.2	284	67.01	354.02	1.255
	15.8—16.3	4400	107100	240.2	17156.3	177670	50388.1	5086.7	284	71.43	352.36	1.250
湖 水	3200				13000		35000	3500	330			
	~	100000	/	~	180000	~	~	~	/	350.0	1.250	
	3400			14000		40000	4000	380				

* 据青海地质局第一地质大队。

最低-28°C。由此可见，小柴旦盐湖完全具备形成白云石的物理化学条件。

早在50年代，就有人用细菌作过试验，研究生物对白云石的形成作用（Lalou, 1957, Nehrer和Rohrer, 1959），以后又同时用细菌和藻类作人工试验（Oppenheimer

1) 由于湖水水质分析没有Ca的含量，故无法计算Mg/Ca比率；溶洞卤水的Mg/Ca比完全能代表湖水的基本特点。

和Master, 1964), 均获得成功。由此拉劳曾总结指出: 在闭塞的泻湖中, 只要有足够的有机质和充足的阳光照射, 以及适当的高温, 细菌作用就可产生白云石沉淀物。小柴旦盐湖湖滩岩中白云石的发现则为菌藻成因的原生白云石提供了一个现代沉积的典例。

结 语

通过薄片鉴定, 染色、微化分析、红外光谱分析、X-射线粉晶分析和电子探针分析证实小柴旦盐湖湖滩岩中存在有原白云石(Ca57.5Mg42.5), 主要呈砂粒包壳存在, 其次成为藻屑和藻团块; 由超微组构特征和含有机质表明它们是通过菌藻作用原生沉淀而成。

鉴于样品数量少, 未能作 ^{14}C 同位素年龄测定。小柴旦盐湖形成于全新世的早期, 而盐类沉积主要出现于其晚期; 由湖滩岩在剖面上的位置可知应属于全新世晚期产物。在所采集的标本中还保存有既未碳化也未腐烂的骆驼草刺, 亦表明该湖滩岩的形成时间为不久。

本区白云石的发现具有重要意义, 不仅为菌藻合成白云石试验提供一个现代的沉积实例, 也为国际上热烈讨论的白云石成因问题开拓了一条新的思路, 即: 藉助于菌藻作用, 在自然界的常温常压条件下完全可以发生原生白云石的沉淀作用。

蒙曾允孚教授和李汉瑜副教授审阅全文, 工作中还得到了王国忠、杨谦、刘集银、林锡锦、程纪玉、耿爱琴等同志的热情帮助, 在此一并致谢!

收稿日期 1984年9月21日

参 考 文 献

- [1] 王国忠, 1982, 同济大学学报, 第4期, 18—26页。
- [2] G. V. 奇林格等主编, 1978, 碳酸盐岩(中译本), 石油化学工业出版社。
- [3] J. D. 米利曼, 1977, 现代碳酸盐 海洋碳酸盐, 第一卷(中译本), 科学出版社。
- [4] Fairbridge, R. W. and Bourgeois, J., 1978, The Encyclopedia of Sedimentology, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.

THE DISCOVERY OF PRIMARY DOLOMITE FROM BEACH ROCK IN THE XIAOCH AidAN SALT LAKE OF QINGHAI AND ITS SIGNIFICANCE

Xia Wenjie Li Xiuhua

(Chengdu College of Geology)

Abstract

The Holocene beach rock of the Xiaochaidan Salt Lake is fine-grained feldspathic litharenite cemented by pinnoite with fundamental cemented form.

Most dolomites in beach rock occur in micritic coatings on the sands. The coatings usually range from 0.01—0.1mm in thickness. The boundaries between coatings and sands may be straight, undulatory or hackly. In addition, some dolomites exist in algal fragments and algal lumps, they may cohere with sands and be rich in organic matter.

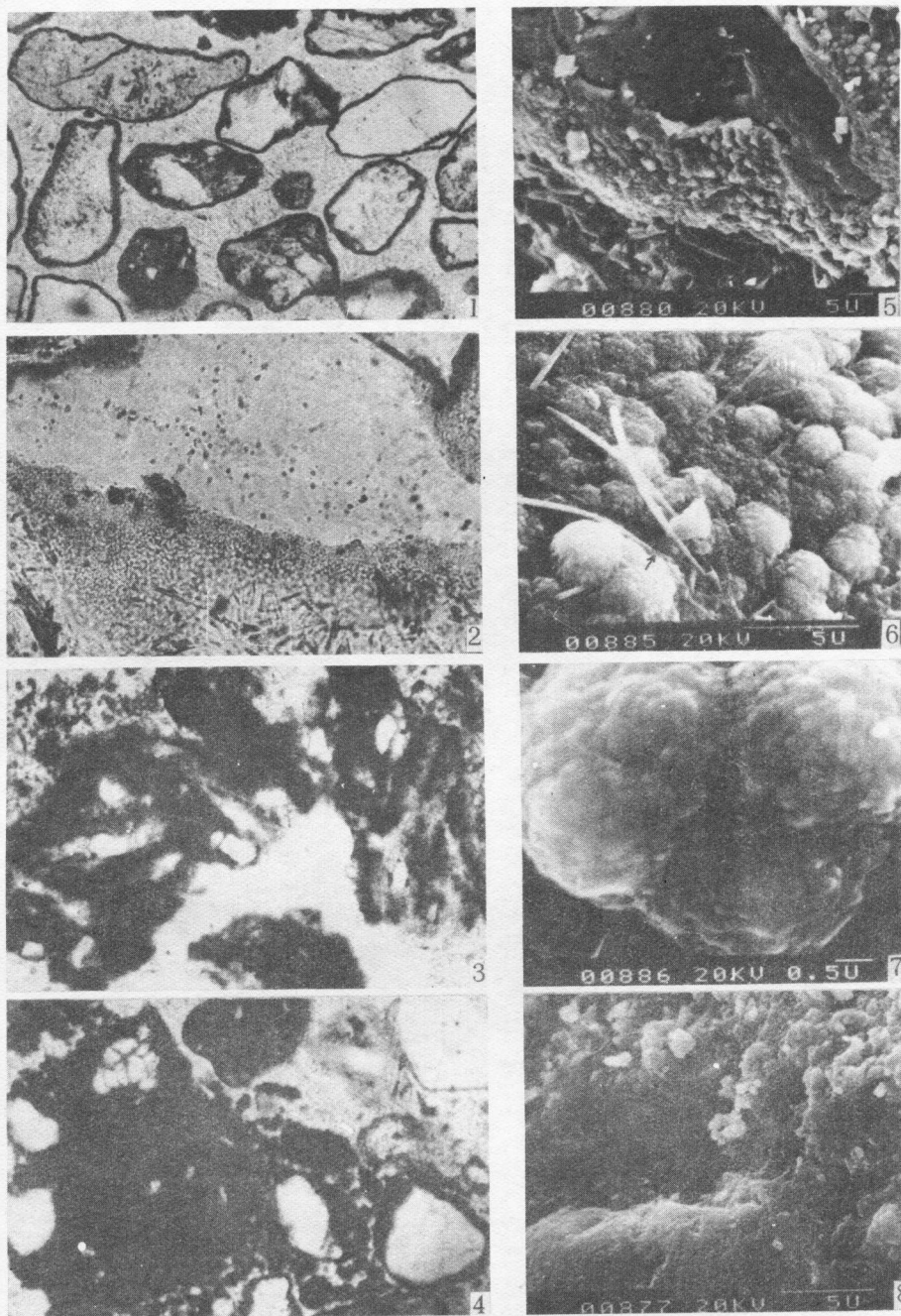
The dolomite is determined by staining techniques, micro-chemical analysis, X-ray diffraction and infrared spectrometry. The absorption bands of infrared spectrometry for dolomite are of 725, 879 and 1440 cm^{-1} . The unit cell parameters are $a_0 = 4.812\text{\AA}$, $c_0 = 16.102\text{\AA}$, $a_{111} = 6.044\text{\AA}$, $\alpha = 46^\circ 92'$.

Under the SEM, the surfaces of coatings of dolomite are shown in framboidal shape which is mostly 2—3 μm in diameter. Each spheroid is composed of ultramicro-grained dolomites and the form of dolomites is not rhombohedron, whereas with spherical or oval configuration and the main sizes are 0.1—0.3 μm .

The chemical composition of dolomite is detected by electron probe analysis as follows: CaO 37.055, MgO 19.705, Al_2O_3 0.115, SiO_2 1.39, FeO 0.01, MnO 0.245, K_2O 0.365. The calculated atomic ratio of Ca/Mg is Ca57.5 Mg42.5. Thus it may belong to protodolomite.

On the basis of the size and form of ultramicro-grained dolomite and the form of its aggregate, the authors do not think that the dolomite is originated from replacement or pure chemical precipitation, whereas from organic "processes" during cyanobacterial activity.

The Xiaochaidan Salt Lake is situated in the region with dry climate and with strongly evaporating. The salinity of that lake-water is 8 times higher than sea water. Its ionic ratio of Mg/Ca approaches to 70:1 and its pH value becomes higher because of cyanobacterial photosynthesis, in other words there are available physico-chemical conditions to form dolomite in this region.



1. 砾质细砂岩具基底胶结, 砂粒表面具暗色白云石包壳边。 $\times 20$ (-)。 2. 高倍镜下白云石包壳具蠕虫状结构。 $\times 64$ (-)。 3. 具管状结构的白云石藻屑。 $\times 20$ (-)。 4. 具团粒结构的白云石藻团块。 $\times 20$ (-)。 5. 石英砂粒及其表面的白云石包壳。扫描电镜 $\times 1000$ 。 6. 白云石包壳表面呈莓球状, 并混杂有管状体。扫描电镜, $\times 5000$ 。 7. 每个莓球体由球形超微粒状白云石组成。扫描电镜, $\times 15000$ 。 8. 藻屑也由球形超微粒状白云石组成。扫描电镜, $\times 4000$ 。