

南极 Bransfield 海峡海冰沉积物 中的自生石膏

黄惠玉 王慧中

(同济大学海洋地质系, 上海, 200092)

摘 要

在本地区正常海盆的表层沉积物中首次发现了微晶与细晶两类自生石膏。根据石膏在沉积物中产出的特征以及沉积物孔隙水中 Ca^{2+} , SO_4^{2-} 离子积明显超过其溶度积的事实表明, 它们的生长是受沉积物粒间孔隙所提供的生长空间控制, 并在孔隙水过饱和的 Ca^{2+} , SO_4^{2-} 的微地球化学条件下结晶出来, 可能是沉积后早期成岩作用的产物。

关键词 自生石膏, 溶度积, 南极

中图法分类号 P 736.582

0 引 言

石膏是一种指相矿物, 通常作为干旱气候和闭塞环境的标志, 是在含盐度较高的溶液或卤水中, 通过蒸发作用产生的化学沉积物^[1]。过去一般认为, 尽管各个大陆以及各个地质时期都可能蒸发岩的沉积, 但在南极却可能是一种例外^[2]。实际上, 南极不仅是世界上最寒冷的地区, 而且也是干旱地区(年降水量 70~100mm)。近年来, 已在远离海洋的南极内陆凹地发现了全新世时期形成的盐湖沉积, 其中有大量的石膏与芒硝存在^[3], 从而改变了传统的认识。然而, 在现代正常海盆中的表层沉积物中存在晶体完好的自生石膏则尚未见有报导。本文试对本海区表层沉积物中的自生石膏作初步的分析与探讨。

样品系“向阳红10号”考察船首次赴南大洋考察时采集的。这些样品分布于南极半岛与南设得兰群岛之间的布兰斯菲尔德(Bransfield)海峡中, 这是一个呈北东—南南向展布的拉张性弧后盆地^[4]。在 $S_2, S_3, S_4, S_{23}, S_{24}, M_2, L_2$ 等站位的水深分别为 200~1100m, 其表层沉积物中都发现了石膏的晶体。

对石膏晶体的研究, 除了显微镜下鉴定外, 我们还进行了染色、X 射线分析、电镜扫描以及电子探针等分析, 分析结果都确定为石膏。

1 石膏的产出状态

根据石膏晶体大小不同, 大体上可分为细晶和微晶石膏。

本文收到日期: 1992 年 9 月 16 日 第一作者: 女, 1935 年生, 副教授。

(1) 细晶石膏：为肉眼和双目镜观察到的石膏晶体。主要产在 S_2 站的沉积物样品中，沉积物中砂、砾含量可达 75%，属残余副冰碛物^[1]。石膏有两种产出状态：1) 散布在沉积物中的石膏单晶和石膏双晶。单晶石膏数量较多，单斜晶形完好，呈柱状、条板状、菱形

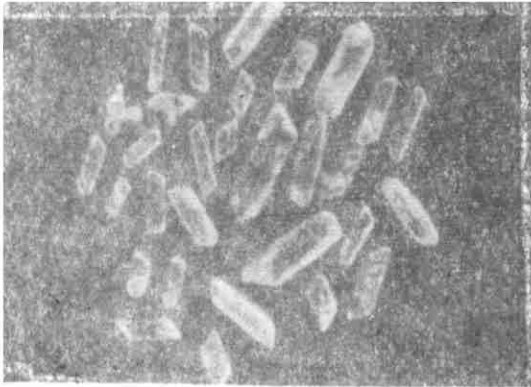


图 1 透明石膏晶体 (立体显微镜照片×4 站位: S_2)

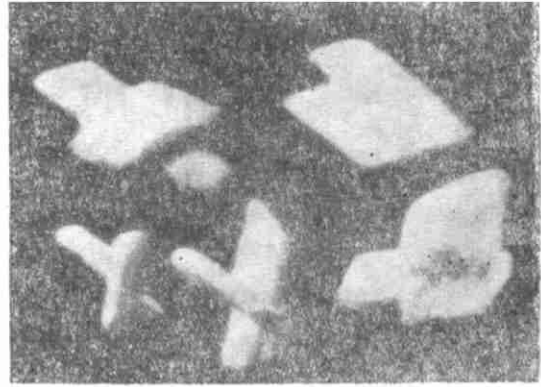


图 2 石膏双晶 (立体显微镜照片×10 站位: S_2)

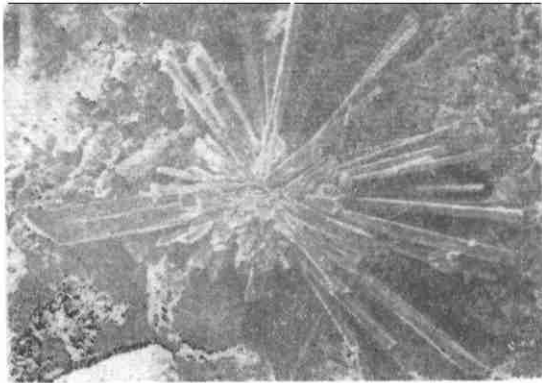


图 3 砾石上的石膏晶簇 (扫描电镜照片×400 站位: S_2)

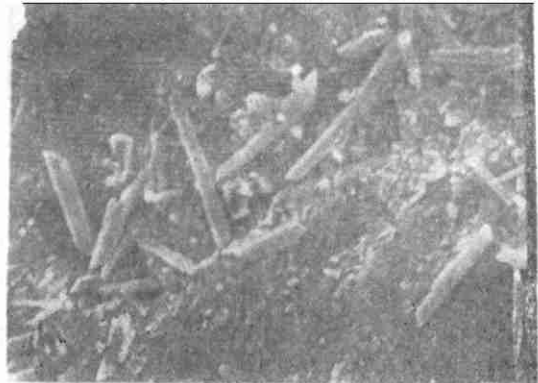


图 4 石英颗粒表面的石膏晶体 (扫描电镜照片×300 站位: S_{23})

板状，晶面有纵纹，晶体较大，直径为 0.5~2mm，{010}解理完全，无色透明(见图 1)，烘干后呈白色。石膏单晶中常包裹有细小的石英砂粒或岩屑。双晶石膏数量较少，呈燕尾双晶和 X 穿插双晶(见图 2)；2) 在若干砾石表面生长有放射状石膏晶簇集合体(见图 3)。单晶长几十 μm ，在双目镜下也清晰可见。石膏在砾石上生长位置有明显的选择性，即仅在扁平砾石的一面生长有较密集的石膏晶簇。有时石膏呈柱状单晶嵌于砾石凹坑中，晶体一端固着于凹坑壁，另一端向孔外生长，且常伸出孔口。

(2) 微晶石膏：是通过电镜扫描才能在石英颗粒表面观察到的石膏晶体。在 $S_3, S_4, S_{23}, S_{24}, M_2, L_2$ 等站位的粉砂质粘土沉积物(混合副冰碛物)中的石英颗粒表面普遍见有石膏微晶体，大小为十几 μm 至几十 μm ，晶形完好，有的呈针状单晶体(见图 4)。有的呈放射状晶簇集合体(见图 5)。

对散布在沉积物中的细晶石膏，我们进行了染色法试验，以及 X 射线分析，均证实为石膏。对生长在砾石表面的石膏晶簇和石英颗粒表面的石膏微晶进行了电镜扫描、电子探针分析，主要成分为钙元素(见图 6)和硫元素(见图 7)组成，确实为石膏无疑。



图 5 石英颗粒表面的石膏晶簇 (扫描电镜照片 $\times 1500$ 站位: L_2)



图 6 Ca 元素的面分析 (电子探针 $\times 400$ 站位: S_2)



图 7 S 元素的面分析 (电子探针 $\times 400$ 站位: S_2)

含有石膏的沉积物主要由陆源碎屑矿物、火山碎屑和粘土矿物组成。其中有石英、黑云母、白云母、斜长石、角闪石、辉石, 还有黄铁矿、磁铁矿等。

2 本区石膏的成因与地球化学环境

石膏的硬度低, 易脆裂, 所以难作长距离的搬运。而本区所见石膏晶体保存极其完好, 无明显磨损现象。从细晶石膏中常包裹有石英砂粒和岩屑以及石膏晶体在砾石上定向选择生长特征都表明这里的石膏是原地自生的。

石膏的形成与海水盐度直接有关, 通常认为当海水盐度达到 $6\% \sim 7\%$ 时, 或海水浓度达 $15\% \sim 17\%$ 时石膏首先析出^[6]。由于南极气候最寒冷且干燥, 有利空气-水界面处的蒸发作用, 从而提高了海水的浓度。同时, 海水在其结冰过程中仅将 30% 的盐份结合进海冰内, 剩余的 70% 被排斥到其下接近冰点的海水中^[7], 从而大大地增加了当地海水的盐度 (34.7%) 与密度, 下沉形成南极底水团, 因而使得沉积界面附近出现较高盐度的环境。此外, 本区有种类繁多的浮游与底栖生物, 特别是磷虾的大量繁殖, 当生物死亡后沉降海底, 通过有机物质的氧化及细菌作用可产生硫酸根离子, 而生物壳体的溶解作用可释放出钙离子, 从而使底层水中的这两种离子更加富集, 但似乎还不足以引起石膏直接从海水中沉淀出来。

根据细晶石膏只出现于砂、砾质粗粒沉积物中, 而微晶石膏见于粉砂质泥质沉积物的产

状特征。石膏晶体包裹砂粒物质以及石膏在砾石表面选择性生长等现象都表明石膏的晶体大小与生长位置直接受沉积颗粒间孔隙提供的生长空间所控制,并在孔隙水过饱和和 Ca^{2+} 与 SO_4^{2-} 的微地球化学环境下结晶出来。根据王成厚、程先豪对本区三个箱式取样样品间隙水的 Ca^{2+} , SO_4^{2-} 等地球化学参数测定表明(附表),这里确实已达到了有利石膏生长的地球化学环境。众所周知,可溶物质的沉淀遵循着溶度积规则,当溶液中某物质的离子积达到或超过其溶度积时即可析出。在沉淀序列中石膏先于硬石膏沉淀,硬石膏的溶度积为 $6.1 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ ^[6],从附表中可看出,本区 M_1 和 R_2 两站位间隙水中石膏的溶度积在 $19.51 \times 10^{-5} \sim 25.39 \times 10^{-5} \text{mol/L}$,大大超过硬石膏的溶度积,因此,该溶度积足以能使石膏析出。从附表还可看出, M_1 和 R_2 两站位石膏溶度积随深度由下向上逐渐增大,至沉积界面附近达到最大值,说明石膏很可能形成于沉积界面附近,它们很可能是沉积作用后的早期成岩作用的产物。

附表 M_1, R_2 站位石膏的溶度积*

站号	层次/cm	SO_4^{2-} 的浓度值*/(mol/L)	Ca^{2+} 的浓度值/(mol/L)	石膏的溶度积/(mol/L)
M_1	0~2	27.9×10^{-3}	8.825×10^{-3}	24.62×10^{-5}
	2~5	27.8×10^{-3}	8.350×10^{-3}	23.21×10^{-5}
	5~10	27.8×10^{-3}	8.250×10^{-3}	22.94×10^{-5}
	10~15	27.1×10^{-3}		
	15~20	27.0×10^{-3}	7.750×10^{-3}	20.93×10^{-5}
	20~22	26.1×10^{-3}	7.725×10^{-3}	20.16×10^{-5}
R_2	0~2	27.3×10^{-3}	9.300×10^{-3}	25.39×10^{-5}
	2~5	27.2×10^{-3}	8.725×10^{-3}	23.73×10^{-5}
	5~10	26.6×10^{-3}	8.500×10^{-3}	22.61×10^{-5}
	10~15	26.0×10^{-3}	8.450×10^{-3}	21.97×10^{-5}
	15~20	25.5×10^{-3}	7.650×10^{-3}	19.51×10^{-5}
	20~25	25.1×10^{-3}	8.150×10^{-3}	20.46×10^{-5}

* 表中 $\text{Ca}^{2+}, \text{SO}_4^{2-}$ 浓度值摘自王成厚等的报告

此外,造成本区有利于石膏生成的地球化学环境也许与本区大地构造位置不无关系。近年来,在洋底构造活动区的沉积物中发现了特殊的自生矿物组合,如在太平洋东北部距墨西哥海岸大约 800km 的克拉里昂断裂带的某站位,在深 35cm 以下的沉积物中发现了石膏、重晶石与铁锰氢氧化物的微结核和铁蒙脱石等自生矿物。其中,石膏亦呈粒状和放射状集合体,晶体直径 0.2~0.5mm,不均匀地散布在粘土质软泥中,从它们产出的形态以及缺乏再沉积的痕迹,证明它们是原地自生的^[8],被认为与喷气和热液作用有关,其物质来源可能是火山成因的。从大地构造位置看,本海峡属南极大陆边缘沟—弧—一盆体系中一部分,即拉张性弧后盆地。海峡底地形崎岖,海底发育了串珠状等深的小高点,这些海底高地是火山活动的产物,欺骗岛就是至今仍在活动的现代火山^[9]。因此,本区石膏的成因是否与海底火山活动有关,是值得进一步研究的问题。

东海分局张兆祥、吴振南、葛建同志提供了样品,同济大学吴邦毓副教授曾参加过研究工作,周福根副教授提出了宝贵的意见,在此一并致谢。

参考文献

- 1 孙永传, 李蕙生. 碎屑岩沉积相和沉积环境. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1982. 1—201
- 2 佩蒂庄 F J 著. 沉积岩. 李汉瑜等译. 北京: 石油工业出版社, 1989. 468
- 3 谢文予. 南极 Davis 站地区晚更新世以来沉积环境的演变. 中国科学 B 辑, 1985(2): 176—184
- 4 Craddock C, Hollister C D. Geologic evolution of the southeast Pacific Easin. Vol35, Initial Report of The DSDP, Washington: U S Government Printing Office, 1976
- 5 黄惠玉, 王慧中. 南极南设得兰群岛边缘的海冰沉积特征. 南极科学考察论文集: 第6集, 上海: 上海科学技术出版社, 1989. 366—377
- 6 刘宝珺. 沉积岩石学. 北京: 地质出版社, 1980. 50
- 7 同济大学海洋地质系. 古海洋学概论. 上海: 同济大学出版社, 1989. 49
- 8 Лисицына Н 世界大洋沉积物中的自生矿物. 朱成文译. 海洋地质译丛, 1981(2): 49—55
- 9 王匡海, 张兆祥. 南极半岛西北缘海底地貌. 南极科学考察论文集: 第6集. 上海: 上海科学技术出版社, 1989. 417—423

Autogenetic Gypsum in Marine Glacial Sediments in Bransfield Strait Antarctica

Huang Huiyu Wang Huizhong

(Department of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, 200092)

Abstract

Fine-crystalline and micro-crystalline gypsums with good preservation found in surface sediments in this study area are characteristic of the auto-genetic origin in situ. Based on the characters of gypsum occurrence in sediments and the fact that the ion-products of Ca^{2+} and SO_4^{2-} in interstitial water exceed obviously its solubility product, it is shown that the appearance of gypsum results mainly from conditions of growing space in sediments and micro-geochemical environment with the supersaturated Ca^{2+} and SO_4^{2-} in interstitial water.

Keywords Autogenetic gypsum, Solubility product, Antarctica