第 13 卷 第 3 期　　海　洋　学　报　　Vol.13 No.3
1991年 5 月　　ACTA OCEANOLOGICA SINICA　　May, 1991

中国近海细粒级沉积物中的方解石分布、成因及其地质意义

李国刚*　　秦蕴珊

（中国科学院海洋研究所，青岛）

摘　要

近年来的中国近海陆架沉积学研究中，方解石在粘土级（<2μm）沉积物中的存在引起了许多学者的注意。它已被用做指示黄河沉积物运移的标志性矿物。本文使用X射线衍射的方法分析了中国近海295个表层样品，并探索了方解石矿物的X射线衍射定量分析方法。结果表明：（1）中国近海沉积物中除少数样品外，几乎普遍存在方解石矿物；（2）黄河物质富含方解石，其输运与沉积基本上控制着渤海和南黄海的方解石分布；（3）东海和南海的方解石分布趋势呈沿岸低、向外

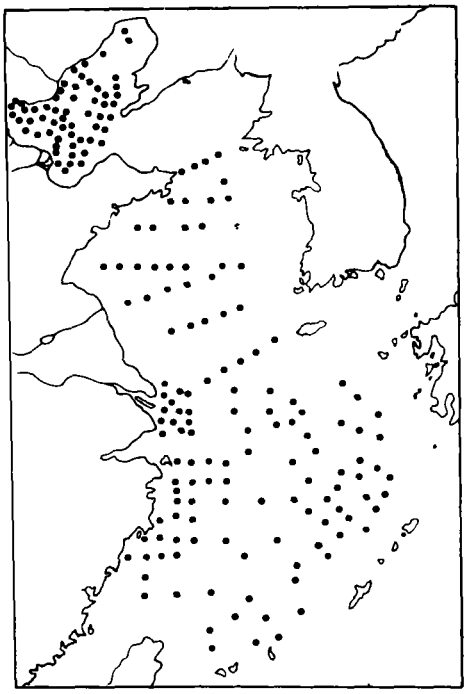

图 1　渤海、黄海及东海取样站位图

本文于1989年 7 月24日收到，修改稿于1990年 9 月11日收到。

* 现工作单位为海洋出版社。

海方向增高，与钙质超微浮游生物的总量分布一致；（4）黄河物质中的方解石是陆源的，而东海和南海远离海岸地区的大量的方解石则是现代海洋生物沉积作用的产物；（5）由于方解石矿物在中国近海沉积物中广泛存在并且具有两种成因类型，在中国近海陆架上使用方解石矿物作为来源的标志应引起很大注意。

80年代以前，海洋细粒沉积物中的非粘土矿物组成之一——方解石的研究往往被忽视。自杨作升[1]和Milliman等人[2,3]相继报道方解石在黄河、长江入海物质的运移与鉴别中的明显意义以来，方解石的研究就被人们重视起来。但是在中国近海陆架上，方解石是否真的可以作为黄河物质的标志性矿物？这需要在对整个陆架区域的方解石分布、成因有一个全面的了解之后方能做去回答。

本文使用X射线衍射的方法分析了中国近海295个样品中的粘土级（<2μm）方解石的百分含量，并对方解石的X射线衍射定量分析方法进行了探索。分析区域包括渤海全区、黄海大部、东海及冲绳海槽全区、南海北部陆架及北部湾全区。站位设置如图1和图2所示。

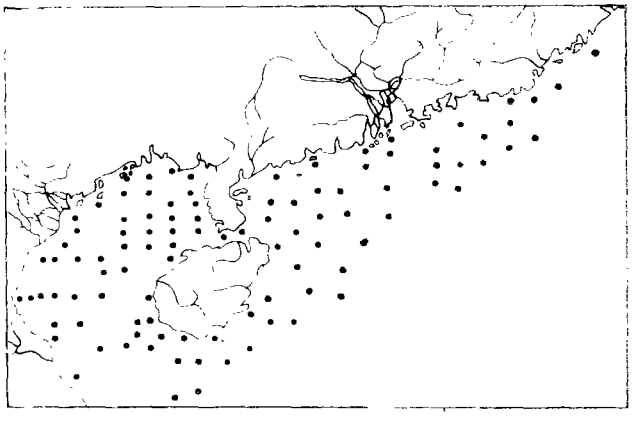

图 2 南海及北部湾取样站位图

一、定量分析方法

细粒级中方解石矿物的定量分析是一项有待进一步探索的工作。有关中国近海方解石的文献中，尚未见有关绝对定量分析内容的报道。本文所使用的定量分析方法，是作者的一次尝试，现简述如下。

众所周知，方解石在X射线衍射图谱上的特征反映是29.4 2θ的衍射峰。此峰的高低（或强度）与样片的厚度、方解石的含量、结晶程度及其中的阳离子类质同象程度等诸因素有关。从理论上找出峰强度与以上诸因素的相关关系已经非常困难，而要把这些理论上的相关关系应用于实际分析工作中则更加困难。这意味着我们必须寻找其他途径。工作中，我们首先设计了控制样片厚度的方法[4]，其次，把在同样仪器条件（一般为电压40kV，

管流50mA，扫描速度为2°2θ/min，扫描范围为15°—40°2θ)下得到的衍射峰的强度与样品的其他分析项目的数据相对比，进行统计分析，以求找到某种新的方法．

通过相关分析我们发现，中国近海295个样品中的方解石峰高（29.4°2θ)与元素Ca的含量的相关数高达0.999 5，几乎呈直线型关系．二者的回归方程为：

$$Ca\% = 0.136H + 0.068 \quad (1)$$

式（1）中，Ca%为X萤光元素分析得到的样品中Ca的百分含量值，H为方解石特征峰（29.4°2θ）的峰高值（以mm计）.从Ca%与H的近乎直线型的相关关系可以推知：（1）峰高H与方解石的含量直接相关；（2）小于2μm粒级中Ca的存在形式基本上是单一的方解石矿物形式，其他存在方式可以忽略不计．这样，我们自然可以由式（1）推导出下式：

$$CaCO_3\% = 0.34H + 0.17 \quad (2)$$

式（2）即是我们要得到的方解石百分含量（$CaCO_3$%）与其特征峰峰高H的关系式．实际上，在描述方解石在海洋沉积物中的分布时，是否对峰高与含量进行换算对于分析结果已无大影响，这主要是因为二者呈几乎是直线型的关系．需指出的是，使用上述方法计算方解石的百分含量，一定要控制样片厚度和保持衡定的仪器条件[4]．不同的海区和制样厚度将得出不同的关系式．本次工作的制样厚度设定为50μm．

二、分析结果及讨论

非粘土矿物方解石在中国近海细粒级沉积物中的分布比较普遍．除部分近岸站位未出现29.4°2θ方解石衍射峰外，其他区域基本上皆有大小不同的衍射峰，说明其含量变化较大．值得注意的是，南黄海中部部分站位未发现29.4°2θ的衍射峰，这说明这一地区的方解石含量甚微．

由表1可看出，冲绳海槽、南海北部陆架区和东海陆架区都含有相对于黄河影响较强烈的渤海及南黄海更高的方解石．显然，使用方解石作为黄河物质的指示性矿物以区别长江物质的方法[1—3]应引起广泛注意．黄河物质即使能被搬运到整个中国近海陆架，也很难出现上述远离黄河入海口的东海陆架、冲绳海槽和南海北部陆架的高含量的来自黄河的方解石．这些方解石矿物应与黄河物质无关，而是另一种成因的矿物．分析一下方解石在中国近海的分布情况则很容易证明这一点．

表1　各海区方解石的含量平均值

海　区	分析样品数	峰高值（mm）	含量（%）
渤海	61	18.7	6.5
南黄海	38	12.2	4.3
东海陆架区	62	19.6	6.8
冲绳海槽	35	64.3	22.0
南海北部陆架区	50	27.4	9.5
北部湾	49	11.0	3.9

由图3和图4可看出：（1）在黄河口、长江口和珠江口三大河口区中，以黄河口方解石的含量最高（达15.5%，峰高为45mm)，长江口次之（介于2%—5%之间，峰高介于5—15mm)，珠江口最低（在0—3.5%之间，峰高为0—10mm)．南黄海废黄河口区方解石的含量亦高达12%（峰高为35mm)．而且在三大河口区中，方解

石的分布均呈明显的向外海方向增高(长江口和珠江口)或减低(黄河口和废黄河口)的趋势，这说明以方解石来区别黄河和长江沉积物是有一定合理性的.(2) 在河口区近海方解石的分布反映了河流入海物质的影响范围．在渤海中，黄河的影响可达渤海中部；在南黄海中，废黄河口区再悬浮物质的影响则仅局限于黄海西部，对南黄海的槽底及东部海区则影响甚微或无影响．南黄海中部泥块区的极低含量的方解石说明，这块细粒沉积物的物质来源应与黄河无关．传统的解释认为，这一细粒沉积区来源于现代黄海物质绕过胶东半岛东端进入该区沉积[5]或属现代黄海暖流沉积[6]；而最近的研究则认为，该区或者是末次冰期前的某一条与黄河物质成分差异很大的河流的河口细粒沉积物的残留物，称之为“残留泥”1)、[7]，或者是陆架沙漠化的衍生沉积物[9,10]，其实也是一种形式的细粒残留沉积物．与渤海和黄海相似，长江口近岸南下的低方解石分布带和长江口外东部海区的大面积含量在5%—9%(峰高为15—25mm)的区域，均可作为低含量方解石的长江物质的影响范围，而珠江口沿岸向西偏转南下的含量在0—3.5%的区域又反映了珠江物质的影响范围.以上均为方解石矿物作为河流入海物的标志的有效的范例.(3) 然而与渤海和南黄海的情况相反，东海陆架至冲绳海槽、南海北部陆架和北部湾均出现明显而相似的分布趋势，即近岸方解石含量较低，向外海方向明显地增高，外海许多区域方解石的含量已明显高于黄河口方解石的含量．很明显，这种完全相反的分布预示着一种与陆源物质输入可能完全无关的沉积作用机制．为了搞清楚这种看起来是异常的分布的成因，我们把黄河口区的样品和冲绳海槽、东海外陆架及南海外陆架的样品做了扫描电子显微镜观察．结果表明，黄河口区样品几乎未发现颗石藻壳体，而在研究的其他海区的样品中则观察到了大量的颗石藻壳体或碎片，但未见有完整的球体．事实上，自80年代初以来，许多研究者相继报道了东海表层沉积物的钙质超微浮游生物的研究成果．汪品先等人[11—12]及章纪军等[13,14]的研究成果表明，许多钙质超微浮游生物的种属含量及超微浮游生物在表层沉积物中的总含量在东海及冲绳海槽中都随着离岸距离加大水深变深而增加(图5)，这与本文的结果是相一致的.由此可知，东海和南海的高含量方解石应与现代海洋生物沉积作用密切相关，这些方解石大多是以钙质超微浮游生

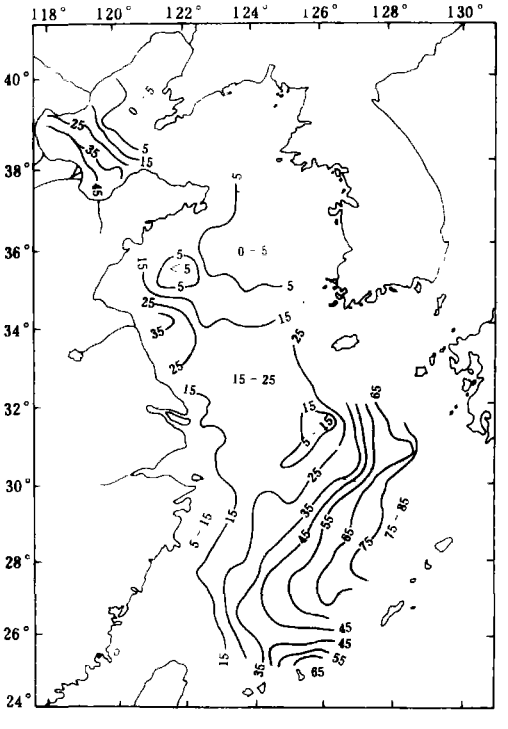

图3 渤海、黄海和东海细粒级沉积物中中的方解石的峰高 (mm)

1) 李国刚，中国近海细粒沉积的矿物和化学组成及其来源和运移的研究，中国科学院海洋研究所博士论文，1988，97—100.

物沉积的形式存在于表层沉积物之中的，它与来源于黄河的陆源方解石有明显的成因差别.因此，在东海和南海海区使用方解石矿物作为河流物质的标志物[1—3]时，首先要区别两种不同成因的方解石．而就目前的研究水平所限，定量地区分这两种成因的方解石是困难的．

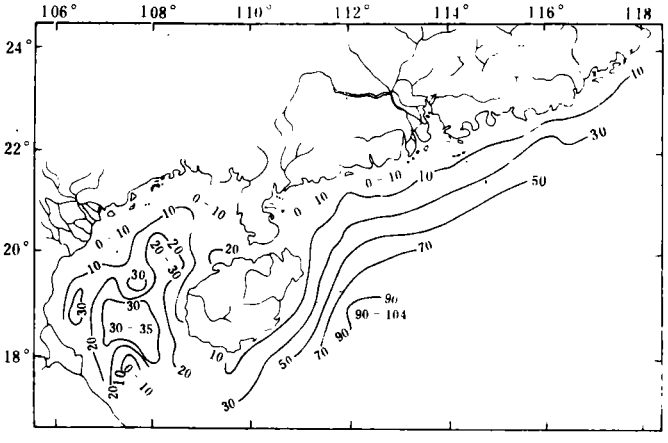

图 4　南海及北部湾细粒级沉积物中方解石的峰高（mm）

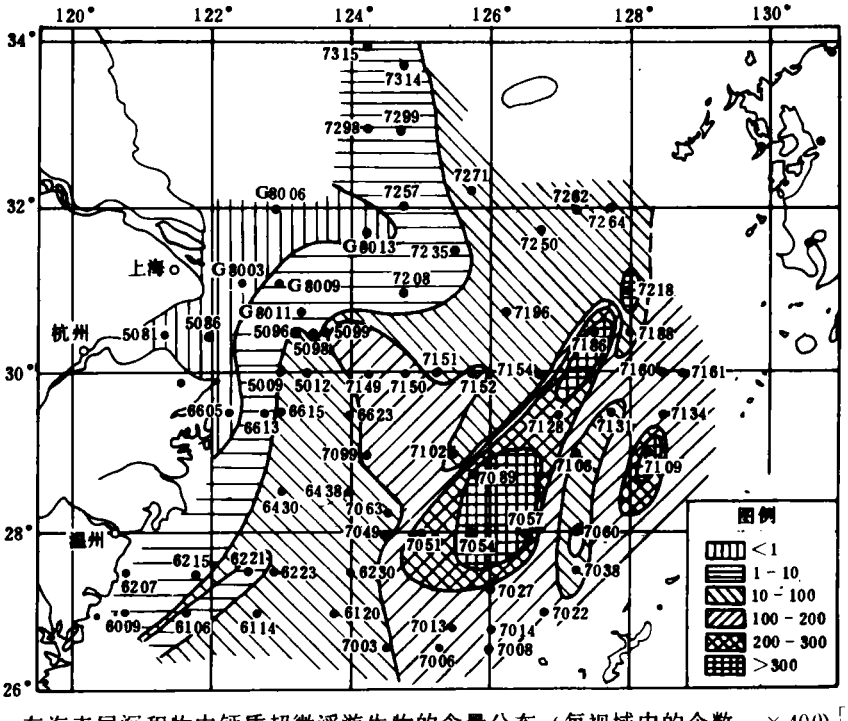

图 5　东海表层沉积物中钙质超微浮游生物的含量分布（每视域中的个数，×400）[11]

三、几点结论

1．使用统计学的方法，进行如本文所述的方解石矿物X射线衍射定量分析是有效的．

2．中国近海细粒级沉积物中的方解石基本上是两种成因的．一种是以黄河物质输入

为代表的陆源型成因类型，另一种是以颗石藻等生物沉积为代表的海洋生物沉积型．

3．在渤海与黄海海区中，使用方解石作为黄河物质的指示性矿物是有效的；而在东海和南海中使用同样的指标则要区分开生物成因与陆源方解石，这在目前是困难的．

4．在渤海和黄海中，方解石含量随离岸距离加大而减少，说明黄河物质影响逐渐微弱；而在南海和东海，分布情况则相反，离岸越远，方解石含量越大，说明其海洋生物沉积作用逐渐增强．

5．鉴于方解石矿物分布有明显的规律性，细粒级沉积物中的方解石矿物可望成为研究海洋沉积物的成因、来源、运移等的有效手段，在今后的海洋沉积学研究中将会有越来越明显的地质意义．

参 考 文 献

1 Yang, Z. S.（杨作升）and J. D. Milliman, Fine-grained sediments of the Changjiang and Huanghe rivers and sediment sources of the East China Sea. *Proc. Int. Sym. on Sedimentation on the Continental Shelf, with Spec. Ref. to the East China Sea*. China Ocean Press, Beijing, 1983, 405－415.

2 Milliman, J. D., *et al.*, Transport and deposition of river sediment in the Changjiang estuary and adjacent continental shelf. *Continental Shelf Research*, **4**（1985 a）：37－45.

3 Milliman, J. D., *et al.*, Modern Huanghe derived muds on the outer shelf of the East China Sea: identification and potential transport mechanisms. *Continental Shelf Research*, **4**（1985 b）：175－188.

4 李国刚，X射线衍射粘土矿物分析制样方法，海洋科学，**10**（1986），2：43－48.

5 Qin, Y. S.（秦蕴珊）and Li Fan（李凡）, Study of influence of sediment loads from Huanghe River on sedimentation in Bohai Sea and Huanghai Sea. *Proc. Int. Sym. Sedimentation on the Continental Shelf, with Spec. Ref. to the East China Sea*. China Ocean Press, Beijing, 1983, 82－92.

6 刘敏厚、吴世迎、王永吉，黄海晚第四纪沉积，海洋出版社，1987，31－36.

7 李国刚，中国近海表层沉积物中粘土矿物的组成、分布及其地质意义，海洋学报，**12**（1990），4：470－479.

8 Zhao Songling（赵松龄）and Li Guogang（李国刚）, Desertization on the shelves adjacent to China in the later Late Pleistocene. *Chin. J. Oceanol. Limnol.* English Version, **8**（1990），4（forthcoming）.

9 Zhao Songling（赵松龄）and Li Guogang（李国刚）, Origin and shallow-layer structure of the sediments in the Yellow Sea trough. *Acta Oceanologica Sinica*, **10**（1991），1：107－115.

10 汪品先等，东海表层沉积物中钙质超微浮游生物的初步研究，海洋学报，**3**（1981）：188－192.

11 Wang P.（汪品先）, Zhang C., Samtleben, Calcareous nannoplankton in surface sediments of the East China Sea. *Marine Micropaleontology*, **7**（1983）：169－183.

12 Wang P.（汪品先）, *et al.*, Distribution of calcareous nannoplankton in the East China Sea. *Marine Micropaleontology*. China Ocean Press, Beijing, 1985, 218－228.

13 Zhang, J.（章纪军）and W. G. Siesser, Calcareous nannoplankton in continental shelf sediments, East China Sea. *Micropaleontology*, **23**（1986）：273－281.

14 Zhang Jijun（章纪军）, Calcareous nannoplankton in the surface sediments of the East China Sea and its environmental implications. *Acta Oceanologica Sinica*（English version）, **7**（1988），2：266－285.