

北部湾 x_1 钻孔岩芯沉积物的 X 射线 衍射分析研究*

段伟民 李坤业 杨惠兰 陈丽蓉
(中国科学院海洋研究所)

X 射线技术在结晶矿物学上已得到广泛的应用, 它测量精度较高, 快速简便, 对样品无破坏作用, 是地质研究中的重要手段之一, 它还广泛地用于大陆架地区的沉积物研究(俞旭等, 1982; Devine, 1972)。本文将对北部湾东北部 x_1 钻孔近百米的沉积物岩芯全样进行 X 射线衍射定量分析研究, 并根据矿物组合特征, 探讨北部湾沉积区的沉积环境及演化过程。

一、实验方法

将全岩样品烘干、研磨、制成小于 200 目的粉末, 用压片法衍射。然后根据衍射图谱上不同矿物的特征衍射峰及强度因子(表 1)作定量计算, 求得不同矿物的含量。

表 1 矿物特征衍射峰及强度因子

	石英	10 Å 云母类矿物	正长石	斜长石	方解石	绿泥石	高岭石
特征衍射峰(Å)	4.26	4.98	3.21—3.26	3.16—3.21	3.04	4.72	3.57
强度因子	5.00	12.00	4.30	2.80	1.65	5.00	3.00

实验用 DMAX-A 型强力转靶衍射仪, Cu 靶, 扫描速度为 $2^\circ (2\theta)/\text{min}$, 扫描范围为 $17^\circ - 32^\circ (2\theta)$, $D_s = 1^\circ$, $ss = 1^\circ$, $R_s = 0.15\text{mm}$ 。

二、沉积物的矿物组合

北部湾 x_1 钻孔岩芯沉积物主要由陆源碎屑组成。由表 2 可知, 石英含量在 27—100%, 大部分层次含量大于 50%, 是沉积物中主要的组成部分。其次是长石(正长石+斜长石)和具有 10 Å 衍射特征的云母类矿物(如白云母、黑云母、伊利石等), 含量均在

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2143 号。本课题系国家自然科学基金资助项目, 4880235 号。袁巍同志绘图, 特此志谢。

收稿日期: 1991 年 10 月 10 日。

表2 各层位矿物含量(%)及比值

样品	层位(m)	石英	正长石	斜长石	云母	绿泥石	高岭石	方解石	TF/Q	Mc/Q	P/K
2-2	0.85—1.32	63.87	14.65	5.17	13.63	0.71	1.28	0.70	0.31	0.21	0.35
2-3	1.40—1.60	46.08	14.41	16.89	18.10	2.51	2.01	0.00	0.68	0.39	1.17
2-4	1.60—1.80	57.46	5.88	19.15	13.13	2.74	1.64	0.00	0.44	0.23	3.26
3-2	2.25—2.45	47.65	10.41	16.94	18.15	4.54	1.82	0.50	0.57	0.38	1.63
4-1	3.98—4.20	41.05	6.95	14.68	27.17	5.66	3.88	1.60	0.53	0.66	2.11
5-2	4.61—4.80	27.56	10.85	12.30	37.00	7.94	2.80	1.54	0.84	1.34	1.13
6-2	5.81—5.99	74.73	7.32	4.42	9.08	0.95	0.57	3.12	0.15	0.12	0.58
6-4	6.30—6.50	78.65	5.88	1.44	8.21	0.85	1.03	3.97	0.09	0.10	0.24
7-4	7.00—7.40	89.69	2.75	1.79	5.57	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.65
10-1	9.50—9.70	91.13	7.55	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00
10-2	9.70—9.90	96.92	2.65	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.16
11-1	10.50—10.70	98.31	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
13-2	12.70—12.90	92.56	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	6.11	0.01	0.00	0.00
14-1	13.50—13.70	97.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.84	0.00	0.00	—
16-2	15.70—15.90	99.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
17-1	16.50—16.90	99.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
20-3	19.75—19.95	52.41	15.60	15.05	14.51	2.02	0.40	0.00	0.58	0.28	0.96
21-1	20.00—20.20	57.33	12.81	14.59	12.51	1.86	0.89	0.00	0.48	0.22	1.14
21-3	20.40—20.60	49.61	11.06	12.86	22.05	2.76	1.65	0.00	0.48	0.44	1.16
22-2	23.20—23.40	54.55	11.89	7.74	22.13	2.30	1.38	0.00	0.36	0.41	0.65
23-2	26.20—26.40	53.64	6.77	4.41	30.90	0.00	4.29	0.00	0.21	0.58	0.65
24-2	29.20—29.40	56.41	5.34	4.74	28.43	1.69	3.38	0.00	0.18	0.50	0.89
24-3	29.40—29.60	39.44	29.17	6.63	20.82	1.58	2.37	0.00	0.91	0.53	0.23
25-1	32.00—32.20	43.60	30.70	11.55	13.35	0.79	0.00	0.00	0.97	0.31	0.38
25-2	32.20—32.40	53.48	30.37	11.30	4.84	0.00	0.00	0.00	0.78	0.09	0.37
28-1	41.00—41.50	57.06	11.73	18.06	11.91	1.24	0.00	0.00	0.52	0.21	1.54
30-1	47.00—47.20	45.11	9.08	9.14	29.95	3.84	2.88	0.00	0.40	0.66	1.01
31-1	50.00—50.20	65.53	3.07	18.43	10.77	1.50	0.90	0.00	0.33	0.16	6.00
32-1	53.00—53.20	91.37	1.03	4.71	2.89	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	4.57
33-1	56.00—56.20	96.07	3.54	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.11
35-1	62.00—62.80	83.99	10.48	2.28	3.25	0.00	0.00	0.00	0.15	0.04	0.22
36-2	65.20—65.40	59.93	29.45	7.19	3.42	0.00	0.00	0.00	0.61	0.06	0.24
37-1	68.00—68.20	87.19	7.76	5.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.65
38-2	71.20—71.40	85.53	9.02	2.15	2.30	0.00	0.00	0.00	0.13	0.03	0.24
44-2	89.10—89.30	46.21	28.05	5.71	9.78	2.04	0.82	7.40	0.73	0.21	0.20
45-1	92.00—92.20	48.38	5.94	9.95	28.43	3.95	2.37	0.98	0.33	0.59	1.68
45-2	92.20—92.40	36.88	11.29	13.48	29.76	3.65	2.19	0.96	0.64	0.77	1.19
46-1	95.00—95.20	42.86	14.23	16.00	19.85	3.76	1.86	1.49	0.71	0.46	1.12
46-2	95.20—95.40	36.21	20.91	15.06	22.35	2.59	1.86	1.02	0.99	0.62	0.72

0—40% 左右。部分层位还发现少量绿泥石和高岭石(<10%)以及方解石类矿物。

根据矿物含量和组合特征,结合生物地层学划分和沉积相类型划分,沉积物岩芯可分为8个组段。

(1) 1.4—5.5m 层：杂色硬粘土与青灰色粉砂质粘土。这套细粒沉积中的石英含量相对较少,在 60—30% 之间。云母类矿物自上而下逐渐增加。最高可达 37%,长石总量(正长石+斜长石)含量较多,在 20—30% 之间,而且斜长石含量大于正长石。矿物组合为斜长石-正长石-云母型,3m 以下过渡为云母-斜长石-正长石型。

(2) 5.5—18.5m: 含砾中粗砂。石英含量为 75—100%。7m 以上含有 5—10% 的云母类矿物和长石,向下石英含量急增,可达 100%。长石类型以正长石为主,上部为石英-正长石型组合,下部为纯净石英型。

(3) 18.5—21.5m: 青灰色粘土质粉砂。由于粒度变细,石英含量减少,云母和长石的含量有所增加,长石总量在 20—30% 左右,高于云母含量。两种长石的含量相近,为长石-云母型组合。

(4) 21.5—29.4m: 青灰色硬粘土。云母类矿物明显增加,含量在 20—30% 之间。长石类型变为正长石多于斜长石。为云母-正长石组合型。

(5) 29.4—45.0m: 灰绿色(粉)细砂为主。长石总量高达 30—40%,而且正长石明显多于斜长石,成为正长石-斜长石型组合。

(6) 45.0—57.0m: 51.5m 以上粒度较细的粉细砂沉积为云母-长石型,下部石英含量大于 90%,为粗粒石英砂砾沉积。

(7) 57.0—89.0m: 此层的沉积物类型变化较大,取样间隔较疏,所以代表性不太全面,基本上反映了砂质沉积的特征。石英含量为 60—90%,长石类型以正长石为主(10—30%),远大于斜长石(小于 8%)的含量。为石英-正长石型组合。

(8) 89.0—98.23m: 青灰色硬粘土与粘土质粉砂。石英含量少于 50%,富含云母类矿物(10—30%),长石总量也较高(15—35%),为云母-斜长石-正长石型组合。

由上述可见,X 射线衍射分析结果所反映的全岩矿物组成规律性较好,不同层位具有独特的矿物组合类型,差异相当明显(图 1)。

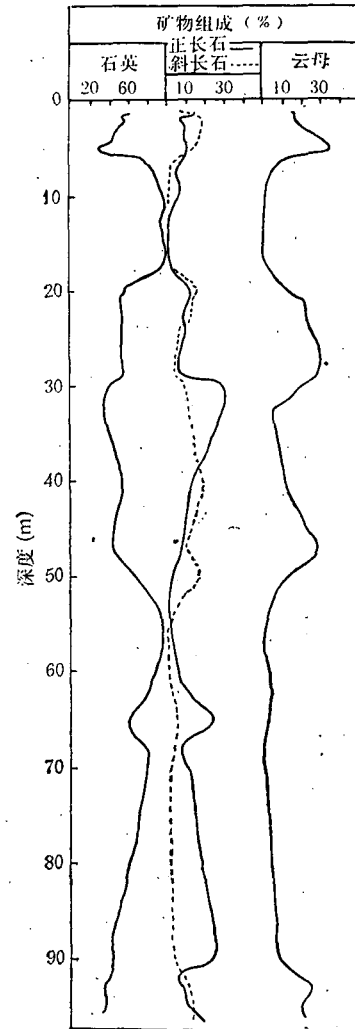


图 1 π_1 钻孔全样矿物组合柱状图

三、沉积环境

沉积物的矿物组成及组合特征反映了当时的沉积水动力条件与沉降颗粒之间的平衡关系,根据这种组合关系及其矿物之间的相互消长(即相对比值的大小),不仅能研究沉积

环境及其演化,而且可以推断沉积物的来源情况或风化,以及搬运过程中的变化。我们选择了三个比值进行分析。

(1) 云母类矿物/石英 (Mc/Q): 石英是十分稳定的陆源组分,它抗风化、耐侵蚀,还可经受长距离搬运过程中的磨蚀或波浪作用。它大量富集,是持续稳定的强动力条件下产物的代表,具有较高的矿物成熟度。云母类矿物代表细粒物质的含量,只有在水动力很弱的情况下才能沉积 (Doyle, *et. al.*, 1968)。所以 Mc/Q 比值越大,细粒物质含量较高,其沉积水动力环境就越弱。

(2) 长石总量/石英 (TF/Q): 各类长石矿物的化学和物理性质决定了其抗风化剥蚀的能力比石英弱,尤其受化学风化因素的影响很大。在大陆风化条件下或在沉积物运移过程中,长石很容易破碎为细粒级沉积物,或化学分解为其他矿物,乃至溶解为液相。因此,只有在地形差异大,以物理风化作用为主或快速剥蚀、搬运堆积的环境中,长石类矿物才能存在。所以, TF/Q 值的大小基本上可以反映搬运沉积环境的差异情况。

(3) 斜长石/正长石 (P/K): 斜长石往往比正长石更易遭受风化或在搬运中破碎、分解。因此, P/K 值在判断物源性质和搬运、沉积环境中也是一个十分重要的指标。在陆源母岩供应差异不大的情况下,如果 P/K 值较大,则沉积陆源物质以物理风化剥蚀为主,而且搬运沉积的水动力较弱;反之,则化学风化作用较强,或者沉积水动力条件较强。

依据以上三个比值参数,并结合其它方面的综合信息,我们按时间序列由下至上描述 α_1 岩芯沉积物反映的沉积环境的变化。

层 VIII: 89—98.23m, 第三纪上新世。为细粒的海相沉积,富云母、长石,贫石英, Mc/Q , TF/Q 与 P/K 的平均值分别为 0.53、0.68 和 0.98。据推测此层是在远离海滨的开放浅海环境中沉积的。当时的气候条件可能不太热,以物理风化为主。物源组分中有较多的斜长石在风化搬运过程中变细,与云母一起被带入远离海岸的浅海沉积下来。

层 VII: 57.0—89.0m, 第三纪上新世末期。 Mc/Q 比值小于 0.06, TF/Q 值也比较小 (<0.65), $P/K < 0.65$, 为较纯的石英砂粗粒沉积,反映了具较强水动力条件的浅海环境特征。

层 VI: 45.0—57.0m, 早更新世。由于第三纪与第四纪之间的新构造运动,地壳抬升,海水渐渐退出本区,所以这套地层由下部强水动力海滩砂砾沉积(富石英,贫长石和云母类矿物)向上过渡为较细粒的陆相沉积;反映在矿物参数上则是 TF/Q 和 Mc/Q 值分别由 0.04 升为 0.4 和 0.00 升为 0.66,表明上部沉积环境的水动力条件减弱。 P/K 平均值为 2.92,说明沉积物质的磨损分选不充分,可能是河流相或泛洪冲积平原相。

层 V: 29.4—45.0m, 中更新世早期。该层的特点是长石总量非常高,几乎与石英的含量相当, TF/Q 值最高达 0.97。 Mc/Q 值较小(一般小于 0.53),系中等水动力条件下的河流冲积相沉积。是一种构造抬升或海退之后,地形差大、气候干燥,陆源沉积物质主要受机械风化作用而快速剥蚀、搬运、堆积的河流沉积环境。

层 IV: 21.5—29.4m, 中更新世晚期。此层位的云母类矿物明显增加,大于长石总量 ($Mc/Q > TF/Q$),而且 $P/K < 1$,表明陆源沉积物在长期的风化搬运过程中分选较好,为在静水环境中的湖相沉积。

层 III: 18.5—21.5m, 晚更新世初期。地层由中更新世进入晚更新世,虽然都是细

粒沉积, 但矿物组合与下伏地层有所不同。长石总量大于云母类矿物, P/K 平均值为 1.08, 可能是由于当时的大陆气候比较寒冷, 风化作用较弱且不彻底的结果。由大量粉砂粒径的长石类矿物在较弱的水动力条件下快速沉积而成, 如泛洪冲积平原等。

层 II: 5.5—18.5m, 晚更新世中期。这套地层与下伏地层截然不同, 显示了沉积环境的显著差异。TF/Q 和 Mc/Q 值都很小, 均为 0.0—0.15 左右, 富石英, 贫长石和云母类矿物, 代表了风化分解和磨蚀作用强烈的强水动力环境。下半部 (15.7m 以下) 为纯净的石英砂砾堆积, 成分单一, 系强水动力长期作用下的产物, 是海侵初期的海滩砂砾沉积。在 15.7m 以上, 随着海侵作用的加强, 水深增大, 水动力减弱。矿物组合中石英减少, 长石有所增加, 但斜长石较少, P/K 值始终小于 1, 鉴于部分层位有海滩岩存在, 这套粗粒砂质沉积反映了晚更新世的海侵处于离岸不远的滨海相环境。

层 I: 1.4—5.5m, 晚更新世末期。沉积物又变为细粒沉积。4m 以下云母类矿物含量剧增, 甚至超过石英含量。Mc/Q 值可高达 1.34, 是典型的静水沉积环境, 为晚更新世末期玉木冰期海退后的遗留泻湖相沉积。4m 以上 Mc/Q 值变小, 但仍为水动力较弱的陆相泛滥平原或沼泽相。由于气候寒冷, 风化作用较差, 长石总量较高, 其中斜长石大于正长石 ($P/K > 1$)。矿物成熟度较低, 代表了晚更新世末低海面时期的陆相沉积。

1.4m 以上为全新世海侵后的现代陆架海沉积。TF/Q, Mc/Q 与 P/K 分别为 0.31, 0.21 与 0.35。

综上所述, 应用 X 射线衍射方法对沉积物做矿物定量分析和组合特征的对比, 能够较好地解释沉积环境, 对研究沉积物岩性所反映的沉积历史和古地理环境的变迁提供了依据。但由于沉积物组成的复杂性和沉积环境的短期变化 (如形成夹层或交互层等), 因而对资料的解释不够准确, 还需结合沉积结构、构造和古生物学等资料进行综合分析和深入研究。

四、结 语

(1) α_1 钻孔沉积物岩芯样品的 X 射线衍射分析表明, 样品主要由石英、正长石、斜长石和云母类矿物组成, 并有少量绿泥石、高岭石和碳酸盐。它们的相对含量与沉积物的粒度结构有良好的相关性。砂砾沉积中富含石英, 粉砂质沉积中富集长石, 粘土质沉积则富云母类矿物。

(2) 不同时代地层有特定的矿物组合, 差异明显, 其地层划分不仅与生物地层基本一致, 而且可用于无生物存在的“哑地层”, 共分 8 个层位。

(3) 给出 3 个判别参数, 其地质含义如下。

Mc/Q: 反映沉积水动力条件的强弱和持续的时间。

TF/Q: 反映陆源沉积物在风化剥蚀的程度和搬运过程中的分异情况。

P/K : 进一步反映陆源沉积物质的风化剥蚀性质和强度。

(4) 通过综合分析、对比不同层位的矿物组合特征和参数, 可以对陆源沉积物在风化剥蚀和运移过程中的变化及各种沉积水动力环境作出合理的解释。自上新世以来, 本区的沉积相变化比较频繁, 上新世前期本区曾发育了开阔的浅海相沉积, 后期则变为滨海相沉

积或海陆过渡相。进入更新世,海水退出本区,早、中更新世发育有各种陆相沉积,依次为河流-泛洪平原相、河流-冲积相和湖泊沉积相。在晚更新世中期曾发生过一次明显的海侵过程,形成岸滩-滨岸相沉积,海退后形成沼泽相或泛洪平原相沉积。到全新世海侵后,海水再次侵入本区,成为现代海湾沉积。

参 考 文 献

- 俞 旭、郑开云、黄雅文, 1982, 黄东海地质, 科学出版社, 124—140。
Devine S.B., 1972, A Quantitative X-Ray diffraction technique applied to fine-grained sediments of the deep of Mexico, *Jour. Sedimentary Petrology*, 42 (2):468—475.
Doyle, L.J. *et al.*, 1968, Mica: Its use in determining shelf-depositional regimes, *Mar. Geol.*, 6(5): 381—389.

STUDY ON THE BEIBU GULF CORE- x_1 SEDIMENT SAMPLES BY X-RAY DIFFRACTION*

Duan Weimin, Li Kunye, Yang Huilan and Chen Lirong

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Mineral compositions of x_1 core sediment samples from Beibu Gulf were studied by the X-ray diffraction method. The parameters Mc/Q , TF/Q and P/K revealed the sedimentary environment changes from Pliocene to Holocene, and showed that the studied area was shallow sea facies environment during Pliocene and Holocene, and that the land facies sediments were mainly distributed during Pleistocene, but that the transgression sequence was formed in the middle stage of Late Pleistocene.

* Contribution No. 2143 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.