

黄、东海陆架砂岩砾石的地质意义*

申顺喜 陈丽蓉 李安春 袁 巍

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

摘要 1987 年以来中国科学院海洋研究所多次对黄、东海陆架进行了调查, 利用薄片分析、数理统计、化学分析及古生物鉴定等多种方法, 分别对所捕获的砂岩砾石的结构、组成等作了研究。结果表明这些砂岩砾石不但分布广泛、数量丰富, 而且大小不一, 从 $<1\text{cm}$ 到最大 60cm 不等, 形态细长、扁平, 成因类型属于风成石类。此外, 砾石中普遍含有海绿石及海相有孔虫、介形虫等, 证明黄、东海陆架上大面积出露以砂岩砾石为代表的第三系海相地层, 经过长期复杂的风化作用后, 其破碎产物成为海底沉积物的重要来源。

关键词 黄东海陆架 第三系 砂岩 砾石

早在 30 年代, 日本学者 Niino (1934) 曾在黄海陆架发现第三系砂岩砾石; 60—70 年代, 美国学者 Emery 等(1968)又对黄、东海陆架的砂岩砾石进行了研究并与日本、台湾等地的地层进行了对比; 1987 年以来, 中国科学院海洋研究所进一步对上述海区第三系海相砂、页岩砾石进行了多次的调查。本文利用所采集的样品进行了综合性的分析研究, 为解决该区的古环境和沉积物来源, 提供了可靠的依据。

1 研究方法

利用海底取样和底栖拖网, 获得了大量的砾石样品, 通过砾石的产状、结构、组成等的详细观察和研究, 对所取砾石进行初步的命名和分类。其中各类砂岩砾石的数量最多, 还有少量的页岩、浮岩及石英岩等。在此基础上, 选取大量的砂岩砾石进行薄片鉴定、物质组成的分析及相应的数理统计。应用较流行的砾石扁平系数 $((a+b)/2c)$ 统计法, 计算了 60 块砾石的扁平系数, 并依此对砂岩砾石进行了形态分类, 明确了它的成因类型。砂岩砾石除薄片鉴定外, 还采用了 X-射线粉末衍射法, 以及有孔虫、介形虫等多种古生物学研究方法。

2 结果与讨论

2.1 砂岩砾石的一般特征及其成因

黄、东海陆架各种类型的钙质砂岩、粉砂岩、泥岩、页岩等岩石砾石, 种类繁多, 数量很大, 据不完全统计已有 300 多个测站捕获砾石样品(图 1)。其一般 $<10\text{cm}$, 其次为 $10—20\text{cm}$, 此外, 还有 $>20\text{cm}$ 者数块(表 1)。因此, 被认为是原地基岩风化的产物或海底基岩直接出露(Niino et al., 1961; Emery, 1968; 孙嘉诗, 1987)(图 2)。砾石多数为青灰-浅灰色、黄-浅黄色, 块状构造, 有的具明显的层理, 扁平状, 长条形, 表面有大量生物孔

* 国家自然科学基金资助项目, 49376263 号。申顺喜, 男, 出生于 1941 年 9 月, 副研究员。

收稿日期: 1993 年 12 月 10 日, 接受日期: 1994 年 3 月 14 日。

洞,含大量有孔虫 (*Pseudora talia gaimardii*, *Ammonia annectens* 等)、介形虫 (*Aurilacymba*, *Bicornuc ychere* sp. *Pistocythereis* sp.) 和软体动物 (*Martesia* sp.) 等化石。

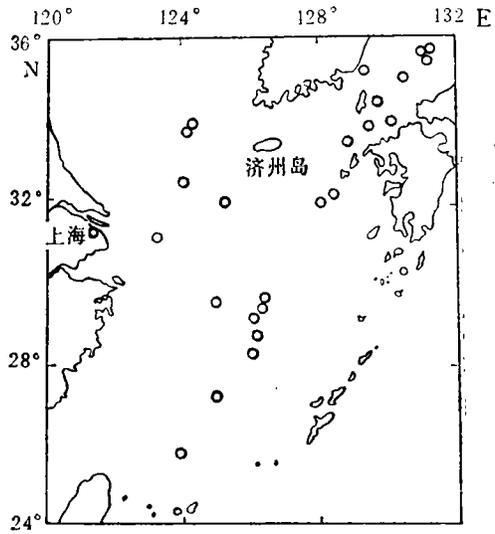
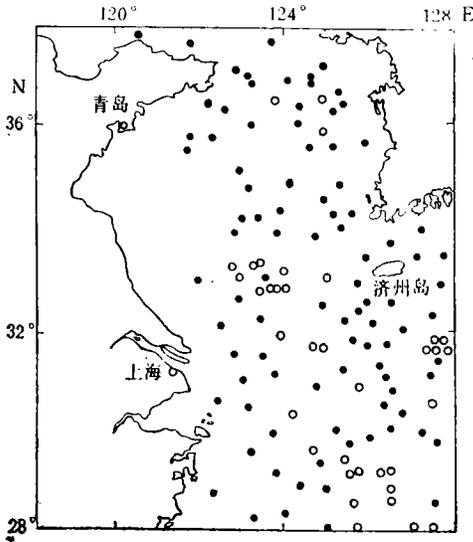


图 1 黄、东海陆架砾石分布图

Fig. 1 The distribution of gravel on the shelves of the Yellow Sea and East China Sea

● Niino et al., 1961 年资料; ○ 本文资料。

图 2 黄、东海陆架第三纪基岩出露图

Fig. 2 The bedrock outcrops on the shelves of the Yellow Sea and East China Sea

表 1 砂岩砾石 (>20cm) 的产地和一般特征

Tab. 1 The locations and character of the sandstone gravel (>20cm)

测站	站位	水深(m)	岩性	大小(cm)	特征
C934	32° 35'N	43	钙质砂岩	61×34×10	灰色,具孔洞,底部有新鲜裂纹
	124° 12'E				
C204	32° 41'N	41	钙质砂岩	40×35×3.5	灰色,具孔洞,含海绿石,有孔虫
	123° 58'E				
J9	30° 00'N	-	砂质灰岩	58×45×5	青灰色,含有孔虫
	128° 00'E				
D10	31° 45'N	42	钙质砂岩	29×11×3.5	灰色,具虫孔
	123° 40'E				
Z15	26° 58'N	135	钙质砂岩	37×19×8	具孔洞
	124° 29'E				
Z42	26° 47'N	180	砂岩	24×16×3	青灰色,板状,含海绿石
	125° 26'E			22×12×4	
	123° 39'E			2×2×1.5	
Z31	26° 32'N	142	砂岩	2×2×1.5	青灰色含海绿石
	123° 39'E				
Z43	26° 42'N	-	砂岩	21×13.5×9	青灰色含海绿石
	125° 30'E				
Z47	26° 23'N	201	钙质砂岩	16×10×6	不规则状
	125° 16'E				

由表1、图1和图2证实,南黄海中部和南部、钓鱼岛以北等地海底有多处基岩出露,其岩性主要为砂岩。赵松龄(1991)在南黄海进行浅地层剖面测量时,发现该区海底大面积基岩出露或浅埋藏,此外,扬子庚(1985)也有类似的结论,指出黄海南部海底有基岩岛山。

根据砾石的统计分析,算出它们的扁平系数 $((a+b)/2c)$ 为 2.2—11.0,其中大于 4.0 的占 71.6%。因一般风成砾石该系数大于 4.0,而河流、海浪等形成的砾石,该系数小于 4.0,故它们应属于风成石(于洪军,1993)。由于长期的海底磨蚀,原来比较细长的砾石可能已被分成数块,因此,其原来的扁平系数可能更大。它们的形态也具有风成石的典型特征。

上述砾石乃至基岩的发现表明,当年黄、东海陆架有大面积的砂岩体出露,在长期的暴露过程中,逐渐被风化、夷平,由大到小。特别是在晚更新世末期随着气候转冷,盛行偏北风、东北风等恶劣环境的到来,在黄、东海陆架发生了沙漠化,在以风力为主的外动力作用下,形成大小不等的风成石,它们成为沧桑巨变的鉴证者。

2.2 砂、页岩的时代

上述砂岩及页岩中含大量第三纪软体动物化石。早在 30 年代,日本学者 Niino (1934)就在采到的砂岩砾石中,发现有老第三纪软体动物化石,后来 Emery (1968)等又多次证实黄、东海陆架存在大量的第三纪砂页岩砾石,并且认为南黄海南部 ($33^{\circ}47'N$, $124^{\circ}11'E$ 附近)有基岩出露,其岩性可与日本九州下第三系砂岩对比。

在东海陆架 ($27^{\circ}0'N$, $124^{\circ}50'E$ 附近)的砂、页岩砾石中,发现第三纪早中新世软体动物化石普希拉厚杯蛤 (*Crassatina pauxilla*) 及水管螺 (*Siphonalia* sp.); 同时含有海相有孔虫和介形虫等,如:假车轮虫 (*Pseudorotalia* sp.), 箭头虫 (*Bolivina* sp.), (秦蕴珊等,1982)。这些化石在日本第三系秩父盆地砂岩地层和台湾北部中新世五指山组黑色页岩中都有发现,此外,朝鲜海峡、朝鲜南部海岸、钓鱼岛以北海底的第三纪砂岩中也相当丰富(Emery, 1968; Niino, 1970), 并且与南黄海陆架发现的砂岩砾石中所含的化石均可对比。

2.3 砂岩砾石的物质组成

2.3.1 砂岩砾石的化学成分 本区砂岩砾石及砂质灰岩砾石的主要化学成分分析结果见表 2。由表 2 可以看出砂岩砾石 CaO 的含量较高,属钙质砂岩类,与乌拉尔地区的长石砂岩相比, SiO_2 的含量较低, Fe_2O_3 和 CaO 的含量则相反(鲁欣,1964)。

表 2 砂岩砾石的主要化学成分

Tab. 2 Comparison of the chemical composition of sandstone gravel

样号	SiO_2	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	烧减
g01 ¹⁾	44.12	5.99	1.25	2.47	22.66	1.08	1.32	1.36	0.43	0.18	0.04	18.42
802 ²⁾	47.35	6.07	0.57	4.54	20.02	1.01	1.16	1.24	0.36	0.23	0.51	16.55
824 ³⁾	42.67	6.11	0.90	2.07	24.47	1.01	1.25	1.20	0.33	0.18	0.16	19.63
11 ⁴⁾	51.78	6.57	2.27	(全铁)	19.04	1.27	1.12	(+Na ₂ O)	0.21		0.75	16.57

1) 钙质长石石英砂岩; 2) 砂质灰岩; 3) 钙质砂岩(孙嘉诗,1987); 4) 长石砂岩(鲁欣,1964)。

2.3.2 砾石的岩性特征 黄、东海陆架上第三纪海相砂岩砾石的种类很多,现将主要者分述如下。

钙质长石石英砂岩 岩石呈灰色,加稀冷盐酸激烈起泡,砂状结构,基底式胶结,碎屑粒径为 0.063—0.4mm,棱角状为主,次棱角状者少,有的呈尖棱角状。胶结物为无色透明的方解石晶体,方解石为它形粒状,粒径为 0.05—0.3mm,碎屑稍有沿长轴定向排列的现象。碎屑以石英为主,长石为次,含少量黑云母、绿帘石、角闪石、金属矿物、海绿石、磷灰石、楣石等。

钙质粉砂岩 粉砂结构,基底式胶结,灰色,有大量生物形成的孔洞。遇稀冷盐酸激烈起泡。碎屑占 50%,棱角状、次棱角状,粒径 <0.3mm,其中石英占 28%、长石占 17%,黑云母和绿泥石占 2%,含有少量角闪石、绿帘石、白云母和金属矿物等。胶结物为方解石,无色透明,它形粒状,粒径为 0.01—0.15mm。

砂质灰岩 灰色,加稀冷盐酸激烈起泡,有定向排列的孔洞。砂状结构。岩石由方解石和陆源碎屑组成。方解石无色透明,它形,粒状,粒径 <0.15mm,碎屑呈棱角状、次棱角状散布在岩石中,有定向排列的现象。胶结物方解石占 60%,碎屑矿物占 40%,粒径以 0.063—0.14mm 为主,其中石英占 27%,长石占 9%,黑云母占 2%,角闪石、绿帘石、白云母、绿泥石、金属矿物、海绿石(浑圆粒状,粒径 <0.15mm,绿色-黄绿色)少量。

粉砂质灰岩 带绿色调的灰色,加稀冷盐酸激烈起泡,砾石上有大量生物形成的孔洞,其直径为 3—4mm,粉砂结构。胶结物方解石,占 55%,方解石无色透明,它形,粒状,粒径为 0.03mm,碎屑矿物占 45%,呈棱角状散布在岩石中,粒径为 0.01—0.063mm。其中石英占 36%,长石占 5%,黑云母占 1%,角闪石、绿帘石、白云母、绿泥石、金属矿物、海绿石(浑圆粒状,绿色,粒径 <0.15mm)少量。

含粉砂钙质粘土岩 含粉砂泥质结构,黄棕色-浅黄色,遇稀冷盐酸激烈起泡。粘土物质占 85%,主要是显微隐晶质方解石,铁染呈棕褐色。碎屑占 15%,粒径 <0.1mm,棱角状,分布均匀,稍有定向排列,成分为石英、长石,有少量白云母和金属矿物。

2.3.3 砂岩砾石与海底沉积物的矿物组成 砂岩出露地区海底表层沉积物的矿物组成与砂岩的组成及其特征十分相近(表 3)。由表 3 可以看出,海底沉积物中石英的含量比砂岩要高,方解石的含量大为减少,长石的百分含量相对增加。重矿物的含量变化也有相同的规律,易风化的绿帘石、角闪石类矿物在沉积物中明显减少,而白云母则相应增加。这

表 3 砂岩砾石与表层沉积物的矿物成分(%)

Tab. 3 Comparison of the mineral content of sandstone gravel with surface sediments (%)

	砂岩砾石	黄海东南部	东海西部
石英	34.8	51.6	45.2
长石	12.9	36.5	35.4
方解石	48.1	2.0	3.4
海绿石	0.2	2.0	1.2
岩屑	1.7	3.1	2.3
重矿物	2.1	4.8	4.0

些都是长期风化的结果,从另一方面证实了黄、东海陆架,在全新世海侵以前经历了漫长的风化剥蚀作用。

2.4 周边地区第三系海相地层的分布特征

黄、东海陆架周边地区海相第三系分布广泛,各类砂岩、粉砂岩、灰岩、泥岩和页岩均有出露。首先,中国东部苏北-南黄海盆地第三纪为统一的拗陷构造(朱夏,1990),海侵(海泛)从东南向西北方向逐渐扩展,因此,海相或海陆交互相地层不断出现,形成含海绿石的砂岩、粉砂岩等一套沉积岩层(江苏省地质矿产局,1984)。如苏北金湖-高邮一带的阜宁组地层中,见有浅海相砂岩、粉砂岩,青灰-黄色,含海绿石及海相介形虫等化石¹⁾。

日本、台湾及其周围岛屿,第三纪发育较全,下第三纪为变质的黑色板岩、千枚岩等,上第三纪有各类砂岩、页岩,夹煤层,含丰富的海相有孔虫化石: *Lepidocyclus taiwanensis*, *Miogyopsina satoi*, *Globorotalia mayeri*, *Textularia indoasiana* 等(李云通,1984)。它们之间可以对比,如:钓鱼岛附近的砂岩、粉砂岩、泥岩等第三系地层,含海绿石,可与台湾新第三系对比,钓鱼岛上见有石英砂岩等,夹煤层,同西表岛、宫古岛的第三系砂岩相似,与台湾中新统地层及日本九州附近的第三系地层均可对比²⁾。对马岛的砂岩、页岩中,含中新世海相化石,济州岛有新第三系海相地层,琉球群岛的第三系砂、页岩中含有深水海相化石(Emery, 1968)。

上述地区第三系海相地层的分布表明,南黄海陆架和周边的广大地区在第三纪早期广泛接受了海侵沉积,始新世海侵以达到南黄海陆架中部的 $33^{\circ}47'N$, $124^{\circ}11'E$ 附近地区。向西海水通过南黄海陆架达到苏北金湖-高邮一带,形成以阜宁组为代表的海相地层,普遍含有指相矿物海绿石,以及其他海相生物化石。

3 结语

黄、东海陆架大面积第三系海相地层的出露,为解决中国东部和邻近陆架区第三系海相地层的分布及其他疑难问题,提供了重要依据,是研究中国东部第三纪古地理的宝贵材料。同时,它的发现为我们展示了黄、东海陆架上新的物质源地。它的风化产物,是黄、东海陆架的重要物质来源。研究表明,全新世海侵以前,黄、东海陆架上曾有大面积的这类砂岩出露,它们或呈山脉,或呈丘陵,随着世代沧桑的变化,逐渐风化、夷平,基岩表面受到严重破坏,巨大的岩体风化成大小不一的砾石,砂土。在晚更新世末期,由于气候转冷,盛行北-东北风,气候条件越来越恶劣,使黄、东海陆架上发生了沙漠化。已经被风化的这些砂岩体,进一步受到强烈改造,形成大面积的沙漠及其衍生体,全新世海侵将其淹没于海底。黄、东海陆架上的这些变化,为我们研究古海洋、古环境提供了广阔的前景。

参 考 文 献

- 于洪军,1993,南黄海风成砾石的发现,海洋与湖沼,24(4): 440—441。
 孙嘉诗、崔一录,1987,南黄海晚更新世钙质砂岩及其地质意义,海洋地质与第四纪地质,7(3): 6—31。
 江苏省地质矿产局,1984,江苏省及上海市区域地质志,地质出版社(北京),302—345。
 朱夏、张渝昌,1990,中国中生代沉积盆地,石油出版社(北京),111—128。
 李云通,1984,中国第三系,地质出版社(北京),5—9。
- 1) 黄仰洲等,1978,苏北高邮凹陷下第三系阜宁组三段的泻湖-潮坪沉积,中国矿物岩石地球化学学会论文摘要汇编,145—153。
 2) 日本东海大学,1980,钓鱼岛等岛屿周边海底地质调查报告书,海洋地质调查,1: 130—148。

- 扬子庚, 1985, 南黄海陆架晚更新世以来的沉积与环境, 海洋地质与第四纪地质, 5(4): 1—19。
- 赵松龄、李国刚, 1991, 黄海南部黄海槽沉积的成因及其浅地层结构, 海洋学报, 13(5): 672—678。
- 秦蕴珊等, 1982, 冲绳海槽海底中新世化石的发现及其地层意义, 海洋地质研究, 2(1): 79—83。
- 鲁欣, J. B., 1964, 沉积岩石学手册下, 中国工业出版社(北京), 85—95。
- Emery, K. O. and Niino, H., 1968, Stratum and prospect of oil in the East China Sea and Korea strait, *CCOP Technical Bulletin*, 1:13—27.
- Niino, H. 1934, On the fossil locality at the sea bottom of Korean Strait, *J. Geog. Soc. Tokyo*, 9 (12):33—34.
- Niino, H., 1970, Probe the treasure-house of East China Sea, *Ocean Age*, 11:40—48.
- Niino, H. and Emery, K. O., 1961, Sediments of shallow Portions of East China Sea and South China Sea, *Bull. Geolog. Soc. Amer.*, 72 (5):731—762.

GEOLOGICAL SIGNIFICANCE OF SANDSTONE GRAVEL FROM THE SHELVES OF THE YELLOW SEA AND EAST CHINA SEA

Shen Shunxi, Chen Lirong, Li Anchun, Yuan Wei
(*Institute of Oceanology, Academia sinica, Qingdao 266071*)

ABSTRACT

Sandstone gravel is abundant and extensively distributes in the Yellow Sea and East China Sea as shown by their presence at 300 stations. Three hundred kilograms' gravel were sampled once at Station C933 with a drag net in June of 1989. Two hundred kilograms' gravel were collected once at Station C204 with the same method. The graver's structure, mineral and chemical compositions and seismic profiles, have been extensively studied. Data confirm that Tertiary system marine facies stratum (mainly sandstone) is exposed on the floor extensively. It seems possible that the bottom sediments are mainly derived from it. The sandstone and shale contain a large number of Tertiary mollusc fossils. Sandstone gravel and sandy limestone gravel are rich in CaO but poor in SiO₂, and mainly are calcareous feldspar quartz sandstone and calcareous sandstone, and to a lesser degree are silty limestone and siltpelite, etc. The composition and characteristics of the sandstone are similar to those of the sediment on the nearby ocean floor except for higher quartz content but lower calcite content, which presumably reflect a long weathering process of the sandstones. Consequently, they become an important source of the sediments of the Yellow Sea and East china Sea shelves.

Key words Yellow Sea and East China Sea Shelves Tertiary system
Sandstone Gravel