

东太平洋1787站柱芯碎屑组分的 分布及其古海洋学意义

韩喜球 沈华悌 张富元 金翔龙 杨树锋

摘要 对太平洋1787站柱状沉积物进行了碎屑组分分布和来源的研究,并根据碎屑组分的分布特征对火山活动和南极底流活动状况进行探讨。结果表明,沉积物中的碎屑组分主要是生物来源、海洋自生来源和火山源,并推测本柱芯沉积期曾有11次火山活动期和9次南极底流入侵。在火山活动期,沉积物中火山来源矿物含量显著增加;在南极底流活动期,沉积物中褐铁矿和微结核等形成于氧化环境的矿物含量较高,生物扰动构造发育。所推测的底流活动期在氧同位素曲线上均有明显反映,并与古地磁资料得出的沉积间断基本吻合,表明沉积物的碎屑组分分布特征能间接指示古海洋事件。

关键词 太平洋 碎屑组分 古海洋学

中图分类号 P714.6 文献标识码 A

Clastic Components in Core 1787 from the East Pacific Ocean and Their Paleooceanic Significance

HAN Xi-qu¹ SHEN Hua-ti² ZHANG Fu-yuan²

JIN Xiang-long² YANG Shu-feng¹

1 (Zhejiang University Hangzhou 310027)

2 (Second Institute of Oceanography State Oceanic Administration Hangzhou 310012)

Abstract

The sediment samples of Core 1787, which is 810 cm in the length was collected from the East Pacific Ocean. The present water depth is 5073 m. Their clastic components, distributions and sources were studied, and an attempt was made to extract paleoceanographic information from the clastic components in late Cenozoic era.

For the mineral analyses, the 0.063 ~ 0.25 mm fraction was separated from the sediment samples by wet sieving, heavy components were extracted using tribromomethane (density 2.89). All the minerals were identified using a petrographic microscope, when necessary, immersion oils. The results show that the heavy components are mainly micro-manganese nodules, biogenous apatite, limonite, magnetite and pyroxene; and the light components are mainly biogenous opal (the tests of siliceous organisms, such as radiolaria and sponge spicule), clay aggregates and volcanic glass. With the depth increasing, the abundance of

these components varies regularly. It is revealed that, in Cenozoic era, there are 11 times of

led to at least 8 times of hiatuses. In the periods of volcanic eruption, the abundance of volcanic clasts are apparently increased. In the periods of AABW, the abundance of limonite, micro-manganese nodules are high, bioturbation in sediments are strong, and the oxygen isotope values are lighter. AABW is the main factor to lead to hiatuses and oxidative environment. The supposed periods of AABW coincided well with the hiatuses inferred by magnetostratigraphy, sediments structure and DSDP data. It is suggested that clastic components and their assemblages can provide mineral evidences to reconstruct sedimentary environment.

Key words clastic components paleo-oceanography Pacific ocean

1 样品及方法

1787柱位于东太平洋，西经 $142^{\circ}52.24'$ ，北纬 $8^{\circ}22.59'$ ，水深5073 m，柱长810 cm，由国家海洋局第二海洋研究所于1994年在太平洋进行锰结核资源调查时取得，本柱芯为晚新生代层序，位于CCD(碳酸盐补偿深度)以下(CCD约为4900 m)，从上到下，岩性由棕褐色含硅质粘土逐渐过渡到红褐色硅质软泥。

按5 cm间距分层称取50克沉积物样品，筛取0.25~0.063 mm粒级的碎屑用密度为 2.89 g/cm^3 的三溴甲烷分离成轻重组分。经实体显微镜和偏光显微镜鉴定，确定矿物种类并作颗粒百分含量统计。重组分全部统计，轻组分一般统计400颗粒以上。

2 结果与讨论

2.1 重组分含量、组成、来源与分布

1787柱重组分一般占碎屑总量的0.9%~0.01%，表层含量最高，往下有降低趋势。经鉴定，本柱的重碎屑组分以铁锰微结核、生物磷灰岩、磁铁矿、褐铁矿、辉石类为主，闪石类、黑云母、重晶石、帘石、橄榄石、锆石、石榴子石、铬铁矿、宇宙球粒、钛铁矿、赤铁矿次之，其它如硅灰石、磷灰石、金红石、斧石等偶见，各主要重组份含量随深度变化见图1。

铁锰微结核为海洋自生的多金属氧化物，在沉积物浅表层中广泛分布，一般呈黑色、黑褐色，有球状、葡萄状、棒状等多种形态，经X射线衍射分析， 0.7156 ， 0.3575 ， 0.2484 ， 0.2328 nm峰强而尖锐，表明微结核矿物成分以纳水锰矿为主。图1可见，微结核的含量分布曲线呈现锯齿状跳跃，总趋势是自上而下含量逐渐降低，600 cm以深微结核基本消失。说明地史时期存在形成微结核的有利时期与不利时期，其影响因素主要有南极底流活动状况、沉积速率和成岩后生作用。南极底流活动造成海底富氧环境及低的沉积速率，有利于微结核的形成，而随着埋藏加深，沉积物中的地化环境逐渐由氧化转变为还原，以及溶解-溶蚀作用等成岩后生变化均不利于微结核的形成与保存。

生物磷灰石为生源矿物，呈白色、无色、浅黄白色，具鱼齿状、棱柱状、不规则状等多种形态，是生物骨骼的构成物质。表层沉积物里含量较低，往柱状样下部，其含量呈现5个变化旋回，以270~570 cm和690~810 cm最丰富，平均分别为71.8%和

53.3%。

质岩中铁镁矿物风化后的产物〔1〕，一般占重组分的10%左右，在0~2.5 cm处，含量最高，达重组分的81.5%，向下其含量曲线呈锯齿状跳跃，变化范围为27.7%~53.8%。

辉石类、角闪石类、磁铁矿、黑云母等矿物为基性、超基性岩中常见的矿物组合。本柱较普遍出现的岩源矿物是普通辉石与磁铁矿，两者呈正相关，黑云母与角闪石其次，其它几种矿物为偶见。常见辉石与磁铁矿晶体穿插共生，并见磁铁矿边缘具玻璃衬套。辉石晶体呈完好的锯齿形，反映未经搬运，为海底火山喷发提供。辉石的含量为0.3%~11.8%，磁铁矿的含量为0.3%~17.1%，黑云母的含量为0.2%~13.7%。

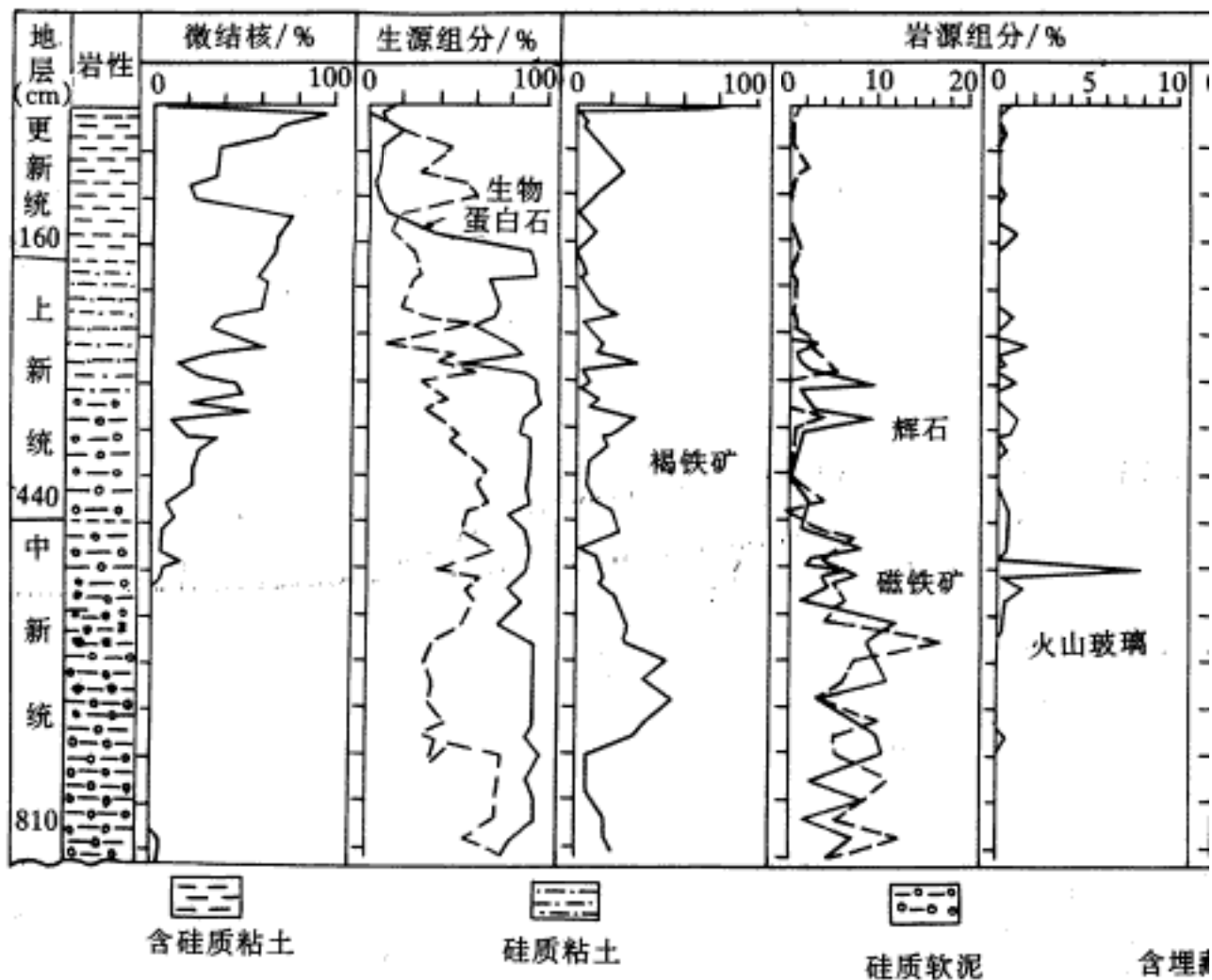
2.2 轻组分的组成、来源与分布

轻组分主要为生物蛋白石和粘土团集物，火山玻璃、长石、沸石次之，其它偶见。

生物蛋白石的化学成分是非晶质的二氧化硅($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)，主要是硅质浮游生物的壳体。100 cm以浅的轻组分中生物蛋白石的含量约为10%~30%，100 cm以深，生物蛋白石大量出现，特别是270 cm以下，其含量占轻组分的90%~100%(图1)，随着深度的增加，硅质生物壳体含量越多越纯净，这与相应层位沉积物中硅质生物含量和沉积物类型相一致，反映由于海底扩张和板块运动，本站位逐渐偏离赤道高生物生产力带。

粘土团集物一般呈黄色、黄褐色，土状、不规则状、椭球状等，轻压即碎，其成分主要是一些粘土矿物和生物碎片，系沉积物沉积过程中通过某种机制如吸附、凝聚或生物作用等形成的矿物集合体。它在沉积物的浅表层大量分布，含量可高达轻组分的78.1%，往深部含量减少，如1787柱150 cm以深粘土团集物含量骤降为38%~0。

火山玻璃在沉积物中含量很少，一般占轻组分的0.2%~1%，少数层位大于1%(图1)。它包括酸性的无色玻璃和基性的棕褐色玻璃以无色火山玻璃为较多见，其中，420~590 cm各层位分布较集中，尤以490~500 cm处含量最高，占轻组分的8%，由于火山玻璃性脆，易破损，经不起海流的长途搬运，Kennett〔2〕认为90%以上的火山玻璃是从大气中降落，而只有来自岛孤的十分富硅的爆发型火山活动才具有世界性影响，其极细物质(0.3~1 μm)的传播具全球性，来自扩张中心和热点的玄武岩质的喷发物的分布范围有限〔3〕。本柱芯火山玻璃含量较高的层位可能对应附近有海底基性火山喷发。



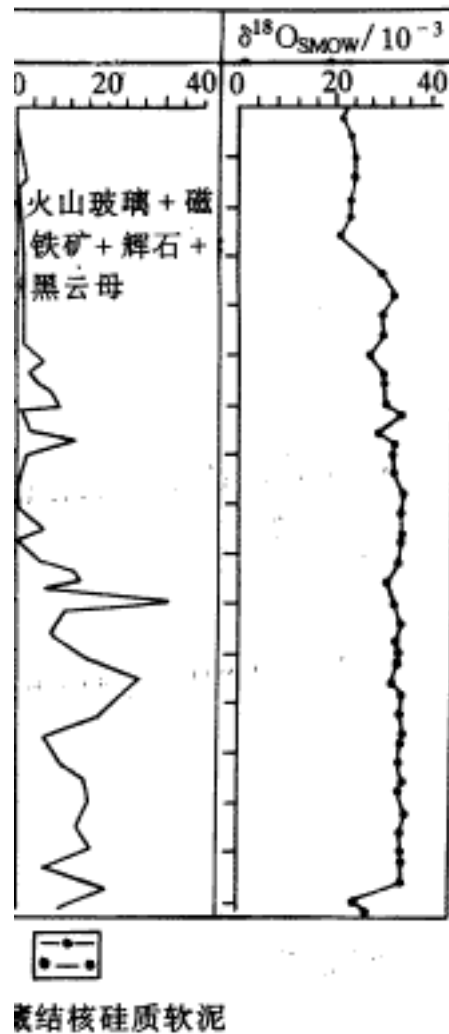


图1 1787站柱芯碎屑组分百分含量与 ^{18}O 值随深度变化图
(*氧同位素数据来自文献〔4〕)

Fig.1 Abundance variation of the main components and oxygen isotope values with the depth increasing in Core 1787 (oxygen isotope values come from reference〔4〕)

2.3 碎屑组分分布的古海洋学意义

综合岩性、生物和磁性地层资料〔4〕, 1787柱为早中新世至更新世层序, 0~160 cm属更新世, 为棕褐色含硅质粘土, 160~440 cm属上新世, 为红褐色硅质粘土, 440~810 cm(未到底)属中新世, 为红褐色硅质软泥。

碎屑组分在层序中的分布与含量变化的分析可以获得许多能反映沉积时期火山活动历史与南极底流活动历史的重要信息, 具有重要的古海洋学意义。

2.3.1 火山活动期的推测

辉石、磁铁矿、火山玻璃和黑云母是基性、超基性岩中常见的矿物组合, 根据它们在显微镜下具有完好的形态, 未见搬运磨蚀现象, 因此认为它们来源于海底基性火山喷发, 它们的含量变化能大致反映沉积期海底火山活动的期次与强度。

图1可见, 在480~790 cm和260~340 cm两层位, 磁铁矿与辉石的含量存在明显高峰, 其中, 中新世存在480、510、580、700、750、790 cm六个次级峰, 在上新世存在260、300、340、430 cm四个次级峰。火山玻璃主要分布在420~590 cm处, 其中490~

500 cm最集中，含量占轻组分的8%；黑云母的含量也在490~500 cm处最高，达重组分

10.2 Ma^[4]，火山活动最强烈，该处火山玻璃与黑云母最集中，辉石与磁铁矿的含量较高；上新世可能有四次火山活动期，大致在260、300、340、420 cm处；更新世火山活动比较弱，在火山来源碎屑组分含量曲线上70 cm处有一个弱峰。上述迹象表明，晚新生代以来，1787柱的碎屑矿物共有11次火山记录，中新世火山活动频繁而强烈，上新世次之，更新世最弱。根据DSDP钻孔记录，中中新世、晚中新世、中新世末至上新世和更新世均有强烈的火山活动期^[3]，本柱芯500 cm处的火山活动可能相当于晚中新世的安第斯幕(Andean Episode)。

2.3.2 底层流活动期的推测

南极底层流为高盐、高密、低温和富氧的冷水团，它形成于始新世，并于中新世得到加强。早中新世的几期富氧事件及气温冷化趋势与南极底层流的活动息息相关^[5]。

本柱较普遍出现的褐铁矿与微结核的形成与富氧的南极底流密切相关。褐铁矿往往是由磁铁矿或赤铁矿氧化水化转变而来，微结核的形成也需要一个氧化环境，此外，微结核的丰度还受溶解溶蚀等成岩作用影响。在中新世，褐铁矿的总体含量较高，其中，460 cm、600~640 cm、810 cm处为峰值所在(图1)，微结核由于成岩作用的影响，在中新世基本消失，但在490 cm、580 cm、790 cm处仍有弱峰存在(图1)，¹⁸O曲线上(图1)，480 cm、580 cm和800 cm处，值明显偏轻，指示有南极底层流入侵。上述界面基本吻合，偏差很小。在沉积物中，上述界面附近生物扰动构造发育，并在585 cm、625 cm处各发现一埋藏结核。具埋藏结核的层位或微结核相对富集的层位，其上界面可能是一个间断面^[6]。因此，推测中新世可能有三次底流入侵。古地磁资料^[4]证实，610 cm和480 cm是明显的沉积间断面，与DSDP资料^[7]对比，分别大致相当于NH4和NH5-NH6，前者大约发生于11.5 Ma，后者发生间断的时间大约为6.5~10 Ma，这两次沉积间断是太平洋东部海盆影响最广、经历时间最长、侵蚀最强烈的区域性沉积间断。综合上述，推测中新世的三次底流侵入，至少导致了两次沉积间断。

在上新世，褐铁矿分别在230、280、340 cm处含量丰富，微结核在260、330、360 cm处含量相对较高，¹⁸O曲线在250、330 cm处明显偏轻，360 cm处轻微变轻，古地磁资料^[4]表明200、250 cm和380 cm处存在沉积间断。其中380 cm处的沉积间断相当于DSDP资料的NH7，大约发生于5 Ma前。因此，推测上新世有三次底流入侵，并且均造成沉积间断。

在更新世，褐铁矿在5 cm、70 cm、140 cm处含量较高，微结核在10 cm、120 cm处相对富集。¹⁸O曲线上也均有反映，130 cm处是一个转折点，代表末次冰期最盛期，可以和全球各大洋对比，此时南极底流活动强盛。古地磁资料^[4]表明10 cm、50 cm、160 cm处存在沉积间断，据此推测更新世有三次底流入侵。

综上所述，根据铁锰微结核和褐铁矿分布所推测的底流活动期在¹⁸O曲线上均有反映，并与据磁性地层资料判断的沉积间断期基本吻合。因此，推测晚新生代以来，1787柱存在9次较强的南极底流活动期，并导致至少8次沉积间断。南极底流是导致沉积间断的主要因素。由于富氧的南极底流入侵，使洋底呈现明显的氧化环境，形成褐铁矿和铁锰微结核等金属氧化物，褐铁矿和铁锰微结核等金属氧化物的富集为南极底层流的存在提供了矿物学方面的证据。

3 结语

碎屑组分在沉积剖面上的组合分布规律一定程度上反映了地质历史时期古环境的气候、氧化还原条件、火山活动特点、底层流活动状况及成岩后生变化。通过对1787站柱状沉积物中碎屑组分的研究,得出如下结论:

本柱的碎屑组分主要是生物来源、自生来源和火山来源。

火山来源组分的含量变化曲线显示,晚新生代以来,1787柱的碎屑矿物共有11次火山记录,中新世火山活动频繁而强烈,上新世次之,更新世最弱。

褐铁矿和铁锰结核相对富集层位指示南极底流活动期,晚新生代以来,1787柱存在9次底流活动期,并至少导致8次沉积间断。所推测的底流活动期与据磁性地质资料和DSDP钻孔资料得出的沉积间断基本吻合,在氧同位素曲线上也有明显反映,表明底流活动是导致东太平洋沉积间断的主要因素。

中国大洋协会深海地质研究项目资助

第一作者简介 韩喜球 女 1969年出生 助研/博士生 沉积学

作者单位:韩喜球 杨树锋(浙江大学地球科学系 杭州 310027)

沈华悌 张富元 金翔龙(国家海洋局第二海洋研究所 杭州 310012)

参考文献

- [1] 王德滋.光性矿物学 [M].上海:上海人民出版社,1974,41~42
- [2] Kennett J P,Marine tephrochronology [J],In:Emiliani C,ed.The Sea [C],7.1981,1373~1436
- [3] 同济大学海洋地质系编著.古海洋学概论 [M].上海:同济大学出版社,1989.10~12
- [4] 金翔龙主编.东太平洋多金属结核矿带海洋地质与矿床特征 [M].北京:海洋出版社,1997.110~156
- [5] 许东禹,金庆焕,梁德华主编.太平洋中部多金属结核及其形成环境 [M].北京:地质出版社,1997.31~120
- [6] Akira Usui,Takashi Ito,Fossil manganese deposits within DSDP/ODP cores,Legs 1-126 [J].Marine Geology,1994,119:111~136
- [7] Keller G,Barron J A. Paleooceanographic implication of Miocene deep-sea hiatuses [J].Geological Society of American Bulletin,1983,94:590~613

收稿日期:1998-03-04 收修改稿日期:1998-07-27