

东太平洋海隆 (EPR) 13°N 热液区附近沉积物粒度特征

殷学博^{1,2}, 刘长华^{1,2}, 曾志刚¹, 余少雄^{1,2}, 王晓媛^{1,2}

(1.中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2.中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 2003年中国海底热液硫化物调查航段在EPR西侧取得了E271与E272站位的小箱体柱状样品,通过对这些样品采用酸化和未酸化两种前处理方法的粒度分析,结果表明样品受热液活动影响不强烈;粒度分布曲线表现为多峰分布,为多种物源共同叠加沉积的结果,其中以生物源与火山源为主。因此该地区的沉积物源虽然有热液活动的贡献,但是较其它来源的沉积物所占的比例较小。

关键词: 东太平洋海隆 (EPR); 热液活动; 沉积物; 粒度

中图分类号: P736.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2007)01-0049-06

东太平洋海隆 (East Pacific Rise, EPR) 属洋中脊扩张隆起区,扩张速度为 10~12 cm/a^[1],隆起区主要由玄武岩组成,沉积物覆盖很少。洋脊轴呈轴向地堑结构产出,走向为 345°,地堑宽度 200~600 m,深度 20~50 m,地堑底部平均水深 2 630 m,分布有许多裂隙,近中轴的断层与裂隙填充了大量熔岩流^[1,2]。EPR 的 12°40'~12°53'N 之间存在明显的热液活动^[1,3]。自 1981 年的 Clipperton 航次在该地区首次拖得硫化物以来,迄今对该区已进行了多次调查研究工作,已有 100 多次深潜取样。2003 年中国海底热液硫化物调查航段在 EPR 12°~13°N 海隆两侧进行沉积物取样,本实验样本为该航段中在海隆西侧获得的 E271, E272 站位小箱体样。E271 站位小箱体样采样站位位于 12°39'52"N, 104°08'12"W, 距离海隆中轴 25 km, 水深 3 085 m。E272 站位小箱体样采样站位位于 12°36'39"N, 104°19'28", 距离海隆中轴 45 km, 水深 3 191 m (图 1)。

1 分析方法

对 E271 与 E272 站位的小箱体样分样并进行粒度测试。为了分样方便,在海上工作时当小箱体样品上甲板后我们用柱子在每个箱式样中插取了一段柱状样品,实验室分析的是所插取的柱子样品。沉积物样品长度较短, E271 整样长为 48 cm, E272 整样长为

46 cm, 取样间隔为 1 cm。采用两种不同的预处理方法对样品进行处理,其步骤分别为^[4]: (1) 取 0.2 g 样品放入 15 mL 的离心管中,加 5 mL 蒸馏水,用超声波清洗机震荡 10 min,密封浸泡 6 h,离心机离心 10 min 后,再用超声波清洗机震荡 10 min,使得样品充分分散,继续浸泡 18 h,上机测试前所有样品进行震荡,沉积物颗粒充分分散,待机测试。(2) 取 0.5 g 样品放入 15 mL 的离心管中,加入 5 mL 蒸馏水,超声波清洗机震荡 10 min,加 2 mL 1 mol/L 的 HCl,水浴加热 50 °C,保持恒温 2 h; 4 h 后,震荡,离心 3 次,废弃离心后的上层清液,加入 1:4 的 H₂O₂ 2 mL,静置浸泡 18 h 后,震荡,离心 3 次,上层清液废弃,待机测试。

所有样品均在中国科学院海洋研究所地质过程与古环境开放实验室粒度测试室进行测试,仪器是法国激光工业公司 (CILAS) 生产的 Colas 940L 型激光粒度分析仪。

收稿日期: 2006-08-08; 修回日期: 2006-11-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40376020,40176020); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-223)

作者简介: 殷学博(1977-),男,山东胶州人,硕士,研究方向为海洋地球化学, E-mail: re_hero@163.com

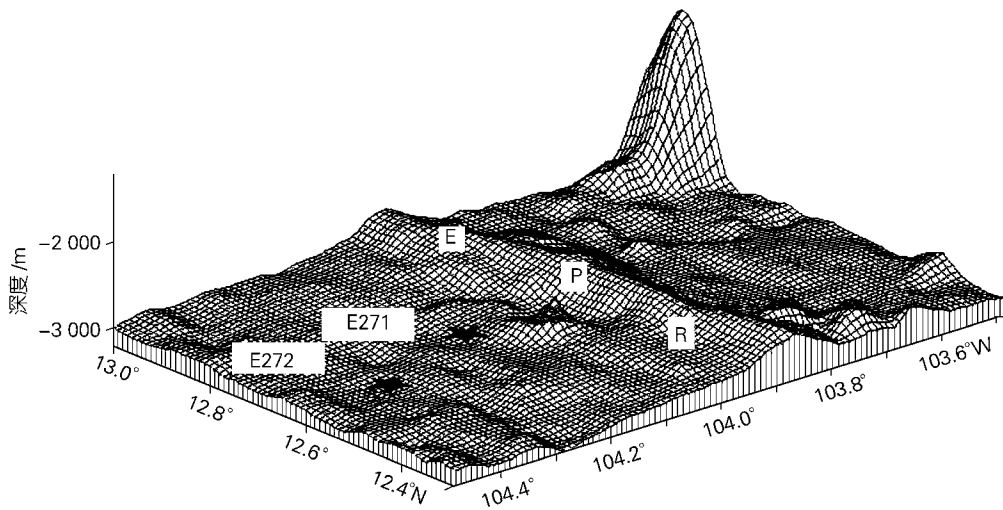


图1 E271, E272 小箱体取样站位分布
Fig.1 The sampling distribution charts of E271 and E272 by casket

2 粒度特征

远洋沉积物来源以陆源碎屑沉积、生物沉积、火山碎屑沉积和自生沉积为主^[5]。热液区沉积物以火山碎屑沉积为主要特征,对其它热液区研究表明自热液区向外,沉积物的粒度逐渐变细^[6],EPR13°N 热液活动比较活跃,研究点距离洋中脊 25~45 km,容易受热液活动影响。

分数为 0~0.27%, 粉沙质量分数为 53.55%~74.54%, 粘土质量分数为 25.46%~46.45%。粒度中间值分布在 6.4~7.7 之间,平均值在 6.9~7.9 之间,分选度变化范围 1.3~1.6, 偏度变化范围 0.76~1.5, 峰度变化范围 1.6~2.0(图 2)。从粒度的累积曲线上来看,粒度表现出多峰分布,或者是近矩形分布,表明沉积物有多种来源。

测试分析表明: E271 站位小箱体柱状样沙质量

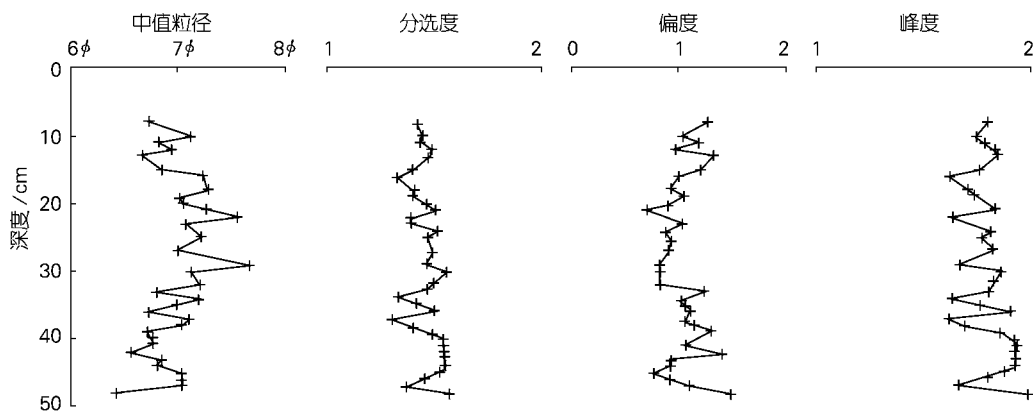


图 2 E271 样品粒度中值、分选度、偏度与峰度曲线
Fig.2 The curves of granularity median, degree of sorting, skew and kurtosis about sample E271

经稀盐酸和双氧水处理后，沙质量分数为 0 ~ 9.98%，粉沙质量分数为 54.78% ~ 92.43%，粘土质量分数为 4.49% ~ 45.22%。粒度中间值分布在 4.8 ~ 7.8 之间，平均值在 5.1 ~ 7.8 之间，分选度变化范围 1.2 ~ 1.6，偏度变化范围 0.7 ~ 1.7，峰度变化范围 1.6 ~ 2.1 (图 3)。粒度更多的表现为单峰与马鞍峰。

E272 站位小箱体柱状样沙质量分数为 0 ~ 0.26%，粉沙质量分数为 60.1% ~ 74.6%，粘土质量分数为 25.4% ~ 39.9%。粒度中间值分布在 6.7 ~ 7.4 之间，平均值在 6.9 ~ 7.6 之间，分选度变化范围 1.4 ~ 1.7，偏度变化范围 0.5 ~ 1.1，峰度变化范围 1.6 ~ 2.0 (图 4)。粒度的累积曲线上看，粒度表现多峰分布，与 E271 粒度分布十分相似。

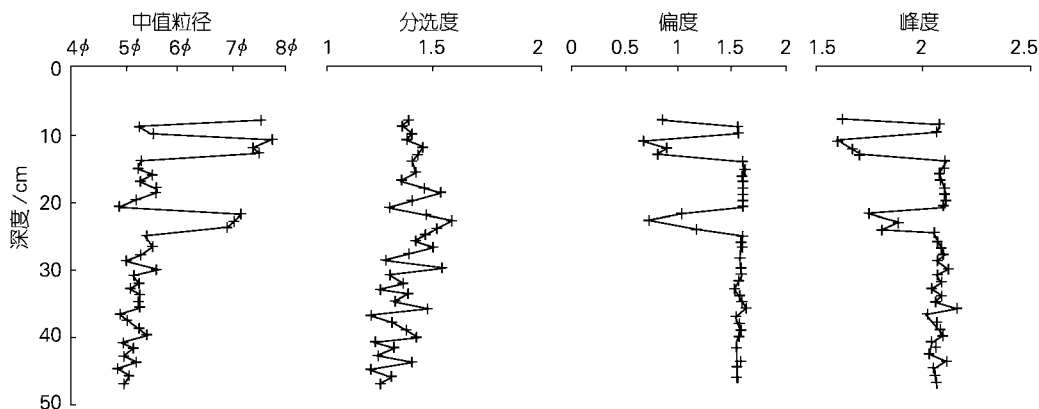


图 3 E271 样品经稀盐酸和双氧水处理后粒度中值、分选度、偏度与峰度曲线

Fig.3 The curves of granularity median, degree of sorting, skew and kurtosis about sample E271 disposed by diluted HCl and H₂O₂

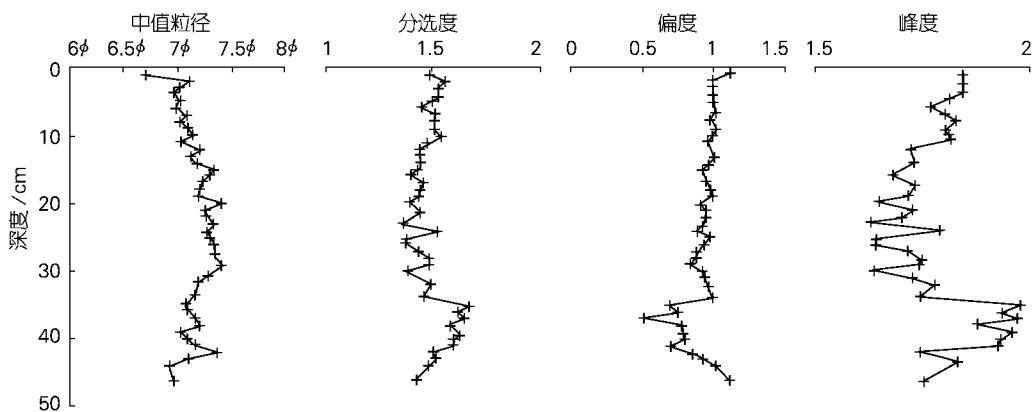


图 4 E272 样品粒度中值、分选度、偏度与峰度曲线

Fig.4 The curves of granularity median, degree of sorting, skew, kurtosis about sample E272

经过稀盐酸以及双氧水处理后，沙质量分数为 0 ~ 7.12%，粉沙质量分数为 78.28% ~ 93.15%，粘土质量分数为 6.06% ~ 21.72%。粒度中间值分布在

4.9 ~ 6.2 之间，平均值在 5.5 ~ 6.7，分选度变化范围 1.2 ~ 1.6，偏度变化范围 1.5 ~ 1.6，峰度变化范围 2.0 ~ 2.1 (图 5)。累积曲线来看，表现双峰，

一个峰表现微弱。

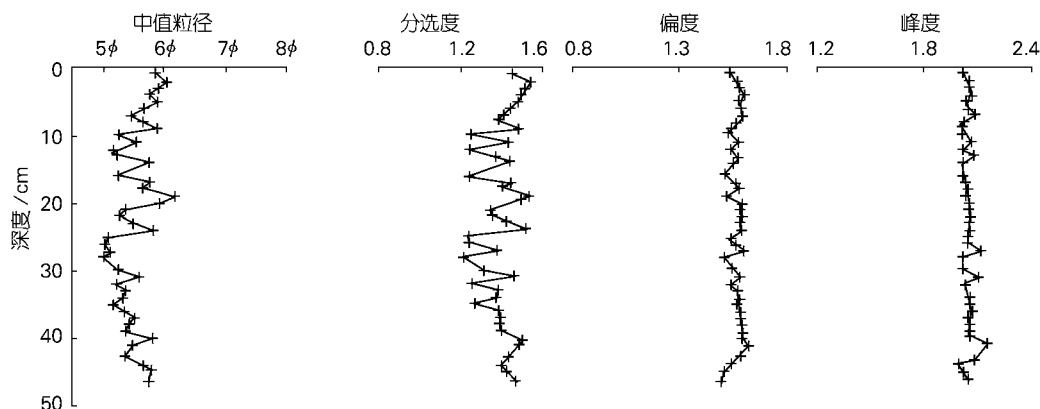


图 5 E272 站位经稀盐酸以及双氧水处理后粒度中值、分选度、偏度与峰度曲线

Fig.5 The curves of granularity median, degree of sorting, skew, kurtosis about sample E272 disposed by diluted HCl and H₂O₂

3 讨论

Spencer^[7,8]认为平均粒径、分选系数、偏态及峰态的变化反映砾、砂、粘土三个粒度总体的相对重要性，其中每一个都呈对数正态分布。E271 与 E272 小箱体柱状样粒度分析都表现出多峰分布。沉积物有多种来源，由于本区远离大陆，受风成成因的影响比较小，更多的是来自大洋沉积，生物成因、碳酸岩成因、火山碎屑沉积和自生沉积。海隆西侧受海底洋流影响，底流方向总体向西，平均流速为 5 cm/s，最大可达 10 cm/s^[1]。本样品可能受到洋流影响。从取得的沉积物来看，其沉积物的粒度特征基本相似，没有大的波动变化，沉积比较稳定。粒度的多峰特征表明该沉积是多种物源叠加共同沉积的结果。E271 站粒度曲线（图 2 粒度中值）结合柱状样分样色度特征可分两层：上层为红褐色沉积层，长约 35 cm，下部出现花斑，红褐色夹杂黄褐色，可见有孔虫，形态各异，*Cyclogyra mvolvens* 与 *Mduterrei* 种有孔虫最为常见，多呈白色，褐色、灰色等颜色。粒径波动比较大，波动范围 6.6 ~ 7.8。经 HCl 与 H₂O₂ 处理后，大多数层位的粒度特征都发生了很大的变化，粒度明显变小，真粒径明显偏大（图 6b），并且其偏度与峰度值几乎无变化（图 3）。根据赵一阳等^[9,10]沉积物赋存状态研究，经酸化及氧化处理后，可去除碳酸

盐、有机质、硫化物以及氧化物，剩余硅酸盐相。假设沉积物是由这些相态的物质混合而成的，则碳酸盐、有机质、硫化物以及氧化物粒度主要分布在大于 5.5 范围内，而硅酸盐相粒度分布在小于 6 范围内。

另外从粒度数据可以看出，上层还存在 3 个值变化波动大的层位：0~8 cm（混合取样）、10~13 cm 与 21~24 cm 处。值明显偏大，粒度偏细，经酸化与氧化处理的粒度一般比未经处理的粒度要偏粗，值偏小（图 6），而这三个层位经酸化处理后的粒度比未经酸化处理的粒度较细，值偏大。为了更直观地观察到三个波动层位的粒度变化，采用粒度真实粒径分布曲线，如图 7a 是未处理粒度分布曲线，图 7b 为用 HCl 与 H₂O₂ 处理后的粒度分布曲线，可以明显观察到样品处理后，细颗粒粒度含量明显增高。

E271 样品的下层为黄褐色沉积层，长 13 cm，粒度均匀，可见有孔虫，有孔虫形态各异，多呈扁圆状、海螺状，以 *Uvigerina Senticosa*, *Uvigerina hispida* 与 *Mduterrei* 种最为常见，有时也可见到 *Gyroidina neosoldanid* 与 *Oridorsadis orbicularb* 种。粒径波动比较大，波动范围 6.4 ~ 7.4。经 HCl 与 H₂O₂ 处理后，其偏度与峰度趋向一致。粒径小于 6，为硅酸盐相，此层位热液影响不强烈。

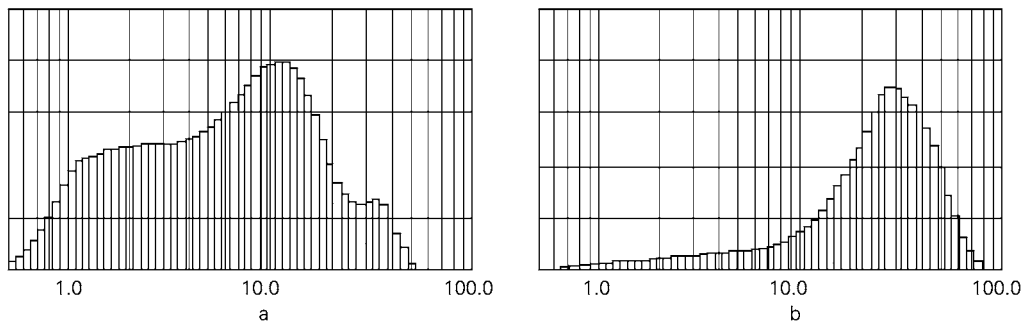


图 6 E271 站粒度分布曲线

Fig.6 The granularity distribution curve of E271

a. 未用 HCl, H₂O₂ 处理的粒度分布曲线; b. 用 HCl, H₂O₂ 处理后的粒度分布曲线

a. natural state; b. after dispose by HCl, H₂O₂

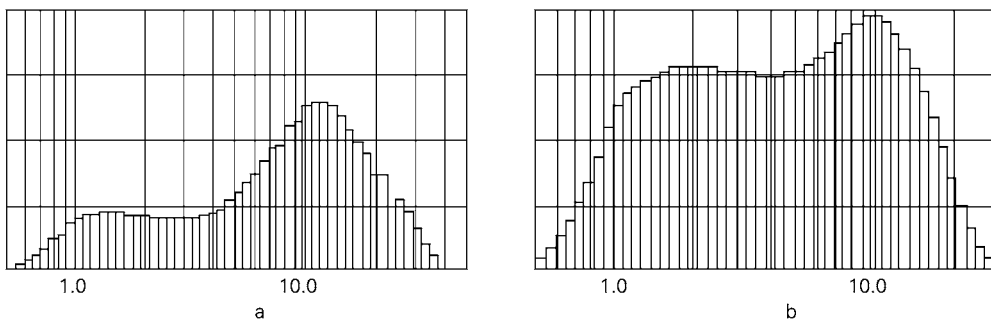


Fig. 7 The granularity distribution curves of three fluctuated layers of E271;

a. 未用 HCl, H₂O₂ 处理的分布曲线; b. 用 HCl, H₂O₂ 处理后的分布曲线

a. natural state; b. after dispose by HCl, H₂O

E272 站粒度曲线 (图 4 Median) 结合柱状样分样色度特征同样可分为两层。

上层为红褐色沉积层, 长约 15 cm, 见有孔虫, 形态各异, 多呈白色, 褐色、灰色等颜色, 以 *Cyclogyramvolvans* 与 *Mdutertrei* 种为常见。沉积物粒径波动范围 6.6 ~ 7.3。经 HCl 与 H₂O₂ 处理后, 粒度特征发生很大变化, 粒度明显变小, 真粒径明显偏大, 与 E271 站一般粒度变化相似 (见图 6), 其偏度与峰度趋向一致, 碳酸盐、有机质、硫化物以及氧化物粒度分布一般大于 6, 硅酸盐粒度一般小于 6, 没有明显的异常变化。

下层为黄褐色沉积层, 长 35cm, 粒度均匀, 见有孔虫, 以 *Uvigerina Senticosa*, *Uvigerina hispida* 与 *Mdutertrei* 种最为常见, 也可见 *Gyroidina neosoldanid*

与 *Oridorsadis orbicularb* 种。沉积物粒径波动比较大, 波动范围 6.7 ~ 7.4。经 HCl 与 H₂O₂ 处理后, 其偏度与峰度趋向一致。粒径小于 6, 为硅酸盐相。碳酸盐、有机质、硫化物以及氧化物粒度分布一般大于 5.5。

4 结论

关于热液活动区附近的沉积物研究, 重点是讨论热液活动对沉积物的影响, 包括颜色、粒度、矿物成分等, 但是遗憾的是迄今为止没有找到合适的参数来说明热液活动影响程度的大小。我们通过对 EPR13°N 获得的 E271 与 E272 两个站位的沉积物样品进行的粒度研究分析, 试图建立两者之间的联系, 结果表明: E271 样品的上层沉积物粒度波动较大, 存

在三个明显的粒度波动层；沉积物的碳酸盐相、有机质、硫化物以及氧化物粒径大于 5.5 μm ，硅酸盐粒径小于 6 μm ，峰度很一致；两个样品的粒度分布曲线表现为多峰分布，多种物源共同叠加沉积的结果，其中以生物源与火山源为主。因此该地区的沉积物源虽然有热液活动的贡献，但是较其它来源的沉积物所占的比例较小。

参考文献：

- [1] Hekinian R, Fevier M, Avedik F, *et al.* East Pacific Rise near 13°N: Geology of New Hydrothermal Field [J]. **Science**, 1983, 219: 1 321-1 324.
- [2] Lalou C, Bricchet E, Hekinian R. Age dating of sulfide deposits from axial and off-axial structures on the East Pacific Rise near 12°50'N [J]. **Earth and Planetary Science Letters**, 1985, 75(1): 59-71.
- [3] Antrim J C S, Macdonald K C. Fine scale study of a small overlapping spreading center system at 12°54'N on the Pacific rise [J]. **Mar Geophys Res**, 1988, 9:115-130.
- [4] 鹿化煜,苗晓东,孙有斌.前处理步骤与方法对风成红粘土粒度测量的影响[J].**海洋地质与第四纪地质**, 2002, 22(3): 129-135.
- [5] 杨子庚,海洋地质学[M].青岛:青岛出版社, 2000.175.
- [6] Thompson G, Humphris S E, Schreder B, *et al.* Active vent and massive sulfides at 26°N (TAG) and 23°N (Snakepit) on the Mid-Atlantic Ridge [J]. **Can Mineral**, 1988, 26: 697-711.
- [7] 张富元,章伟艳,杨群慧,南海东部海域沉积物粒度分布特征[J].**沉积学报**, 2003, 21(3): 452- 460.
- [8] Spencer D W. The interpretation of grain-size distribution curves of classic sediment [J]. **Jour Sed Petrology**, 1963, 33: 180-190.
- [9] Tessler A. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals [J]. **Analytical Chemistry**, 1979, 51(7): 844-851.
- [10] 赵一阳,鄢明才.中国浅海沉积物地球化学[M].北京:科学出版社, 1994.13.

Grain-size characteristics of sediments near hydrothermal fields at East Pacific Rise 13°N

YIN Xue-bo^{1,2}, LIU Chang-hua^{1,2}, ZENG Zhi-gang¹, YU Shao-xiong^{1,2}, WANG Xiao-yuan^{1,2}

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Science, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China)

Received: Aug., 8, 2006

Key words: East Pacific Rise(EPR); hydrothermal activity; sediment; grain-size

Abstract: We decided the grain-size of sediments, which was got with boxing during Chinese hydrothermal sulfide investigation cruise at East Pacific Rise in 2003, and achieved the study of Grain-size characteristics of sediments. The results show that the sediments were affected weakly by hydrothermal activities. The curves of grain-size exhibited multi-apex distributions which were an outcome by multi-origins folding. Among the origins, the biological and volcanic resources are main components. The local sedimental origin was the hydrothermal activities' contributions, but the contributions from other sedimental origins were more than that of hydrothermal activities.

(本文编辑：刘珊珊)