东海内陆架 EC2005 孔沉积物粒度分形特征

徐方建^{1,2,3)},李安春¹⁾,李铁刚¹⁾,陈世悦²⁾,邱隆伟²⁾,操应长²⁾,林承焰^{2,3)} 1)中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室,山东青岛,266071;

2) 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院,山东青岛,266555;

3) 山东省油藏地质重点实验室,山东东营,257061

内容提要:对位于浙-闽沿岸泥质带的 EC2005 孔沉积物粒度分形特征以及与平均粒径和分选系数的关系进行 了探讨。EC2005 孔沉积物粒度在累积含量 5%~95%的无标度区间内,统计自相似程度高,具有分形特征。沉积 物平均粒径与分维值既存在正相关,也有负相关关系。二者正、负相关关系的分界点表现为平均粒径 7.0 Φ 左右, <7.0 Φ 时,平均粒径越大,分维值越小;>7.0 Φ 时,平均粒径越大,分维值越大。该孔沉积物粒度分选系数与分 维值呈正相关关系,>7.0 Φ 较细粒沉积物中二者表现为高度正相关。这是由于沉积物分选系数越小,粒径相对越 集中,其形成背景相对简单,自组织程度越高,导致分维值越小。作为重要分界点的平均粒径 7.0 Φ,实际上主要对 应了 EC2005 孔泥质沉积段和非泥质沉积段的划分点。该孔 28.06~0 m 较均一泥质沉积物具有较小的平均粒径、 较低的分选系数以及相对较低的分维值,说明该沉积段自组织程度较高,形成背景相对简单。本文揭示的沉积物 粒度分维值与平均粒径存在的正、负相关关系,与以往的研究结果存在不同,该方面研究有待于进一步开展。

关键词:粒度;分形;东海;内陆架;EC2005孔

沉积物粒度是衡量沉积介质能量的一种参数, 其分布特征与沉积时的动力环境密切相关,常作为 判断陆源沉积岩成因及沉积环境的指标(温小浩等, 2005;徐方建等,2009)。自 20 世纪 60 年代 Mandelbrot (1967)提出分形理论,用来研究自然界 中没有特征长度但有自相似性的图形与现象,众多 学者将该理论在不同领域进行了广泛的研究。目 前,虽然分形自身还存在着很大缺陷,甚至还没有严 格的数学定义,但是近年来该理论仍然在地学界得 到了广泛应用(Turcotte, 1986; Hooke and Iverson, 1995; 胡道功和吴淦国, 2000; Billi and Storti,2004;武强和陈佩佩,2005;刘传正等,2006; 汪劲草等,2008; Liu et al.,2009),许多研究者将该 方法引入到多种物质的粒度分析中,如对黄土-古土 壤(侯春梅等,2005; Liu et al.,2009)、泥石流堆积 物(倪化勇和刘希林,2006)、湖泊沉积物(柏春广等, 2002)、海洋沉积物(章伟艳等,2005)、大洋结核及结 壳(韩喜球等,2004)、冻土(刘晓东等,2003)等的研 究发现,不同成因的沉积物粒度均具有分形特征,其 分维值可以作为一个描述沉积物粒度特征的参数, 对沉积物的形成环境演化具有良好的指示意义(金 强和曾怡,1995;柏春广等,2002;陈冬梅和穆桂金, 2004;章伟艳等,2005)。纵然如此,分形在地学中的 应用也尚不成熟,分形理论也有待于进一步完善,分 维值和沉积地质环境参数的严格定量关系也有待进 一步研究(余继峰等,2004)。本文以位于浙-闽沿岸 泥质带的 EC2005 孔沉积物为研究对象,探讨了其 粒度分形特征,对其与平均粒径和分选系数的关系 进行了探讨。

1 研究材料与数据处理

1.1 材料及测试方法

研究所用沉积物岩芯样品为 2005 年 11 月在东 海内陆架钻探获取,长 60. 20 m,取芯率 94.4%,站

注:本文为中国科学院海洋地质与环境重点实验室开放基金(编号 MGE2010KG02)、国家自然科学基金(编号 40776030)、山东省自然科学基金(编号 ZR2010DL009)、中央高校基本科研业务费专项资金(编号 10CX04004A)和中国石油大学博士基金(编号 Y0901036)资助的成果。 收稿日期:2010-10-29;改回日期:2011-04-18;责任编辑:周健。

作者简介:徐方建,男,1982年生。博士,主要从事海洋沉积与矿物学研究。Email: xufangjiangg@163.com。通讯作者:李安春,Email: acli@ms.qdio.ac.cn。

DOI:CNKI:11-1951/P.20110517.1012.007 网络出版时间:2011-5-17 10:12

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1951.P.20110517.1012.007.html

号 EC2005,在室内对该岩芯进行了详细描述和分样(徐方建等,2009)。

粒度分析样品间隔约为 20 cm,经 10%双氧水 去除有机质后,在中国科学院海洋研究所用法国产 Cilas 940L 激光粒度分析仪进行了粒度测量,测量 范围为 0.5~2000 μ m,重复测量的相对误差<2%。 分析样品数量为 297 个。

1.2 数据处理

运用矩法(McManus,1988)计算出沉积物平均 粒径和分选系数,采用常用的幂指数法求取沉积物 分维值 D。

根据分形理论,如果分形存在,则有关系式(以下推导原文引自柏春广等,2002):

$$N(r) \propto r^{-D}$$

式中 r 定义为颗粒体积的立方根, N(r)表示粒径大于 r 的颗粒数目, D 为分维值。

对上式求导,可得:

 $\mathrm{d}N(r) \propto r^{-D-1} \mathrm{d}r$

在常规粒度分析中,常用质量百分含量累积曲线来 反映沉积物的粒度构成。由破碎物颗粒大小与频度 的经验关系-Weibull分布,可得:

$$m(r)/m \propto r^b$$

式中 m(r)为直径小于 r 的颗粒累积质量,m 为总质量,b 为幂指数。对此式求导则有:

 $\mathrm{d}m(r) \propto r^{b-1} \mathrm{d}r$

在假定沉积物颗粒密度不变的情况下,颗粒的 质量与其直径的立方成正比,即频度的增量与质量 的增量满足以下关系:

 $\mathrm{d}m(r) \propto r^3 \mathrm{d}N(r)$

经过变量代换,得:

 $r^{b-1}\mathrm{d}r \infty r^3 imes r^{D-1}\mathrm{d}r$

所以,粒度的分维值 D=3-b。

对于每个样品而言,若选定的无标度区(即r值 上、下限,是分形关系成立的尺度范围)不同,求得的 分维值 D 也会有差异。研究认为,虽然选取的粒径 区间一直在变化,而且对每个样品进行的分维计算 也对应着不同的相关系数 R 值,然而,累积含量 5% ~95%的区间可以保证有足够的统计样本点,又能 代表样品的主要粒度分维特征(陈冬梅和穆桂金, 2004),因此,本文将样品无标度区定在该区间。

如图 1 所示,在累积含量 5%~95%区间内, lg[m(r)/m]与 lg(r)呈线性关系,并且相关系数 R 达到 0.95 以上,说明在该区间沉积物粒度的统计自 相似程度很高,具有分形特征。在 m(r)/m 与 r 的



双对数坐标图上通过最小二乘法拟合计算,得到直 线段的斜率 b、对应的相关系数 R,并求得粒度的分 维值 D。其中,相关系数 R 代表沉积物粒度统计自 相似程度的高低,R 值越大,统计自相似程度越高; 分维值 D 代表沉积物粒度组成的复杂程度,D 值越 大,代表沉积物的粒度组成越复杂。

2 岩性及沉积物平均粒径

岩芯 60.20~36.80 m,多为灰褐色、青灰色砂 层、砂质粉砂层、粉砂层以及粘土质粉砂层,平行层 理,偶见波状层理,常见粉砂质透镜体。该段上部层 位中,粉砂与粘土质粉砂层呈侵蚀构造,表现为冲刷 痕,岩性变化非常大。36.80 m 至顶部为泥质沉积, 36.80~28.06 m 以青灰色粘土质粉砂为主,含少量 青灰色、黄褐色粉砂透镜体,局部见贝壳;28.06~0 m 为较均一的泥质沉积物,以黄褐色、青灰色粘土 质粉砂为主,其中 26.36~26.24 m 和 27.26~ 27.16 m 两层为有孔虫砂层,含大量破碎贝壳(本文 中将该二层位剔除)。

沉积物平均粒径波动剧烈,其变化范围为 2.57 ~7.56 Φ。根据平均粒径的变化趋势,可大致将该 孔分为 6 个层段(图 2)。

层段 f~d,平均粒径在层段 f 较小而且变化也 较小,在层段 e 达到了最大而且波动幅度最大,至层



图 2 EC2005 孔岩性剖面、沉积物平均粒径、分选系数及分维值 D 的垂向分布 Fig. 2 Vertical distribution of mean grain-size, sorting coefficient, fractal dimension and lithology of core EC2005

段 d 突然减小,但是表现出一定的波动。

自 41.00 m 至顶部,平均粒径在此层段也发生 了 3 次大的变化。平均粒径在层段 c 较层段 d 总体 偏粗。36.80 m 以上发生了突变,总体较细而且较 为稳定,层段 b 底部平均粒径较小而且变化较小,至 上部先逐渐变粗后迅速变细,层段 a 由 28.06 m 至 顶部平均粒径达到了最小而且波动最小,只是10.74 m 以上层位略有变粗而且波动稍大。

3 沉积物分维值与平均粒径

以往众多研究认为,组成物质越细,其对应的分 维值 D 越大;组成物质越粗,对应的分维值 D 越小。 金强和曾怡(1995)对金湖凹陷阜宁组下部砂岩储层 粒度分布特征的研究认为,砂岩粒度分维值与粘土 含量成正比,与粒度中值成反比。与此相仿,辽河坳 陷冷家地区古近系沙河街组三段的碎屑岩粒度分维 值与粒度中值也呈负相关关系(隋少强等,2001)。 对深海沉积物柱状样研究认为,氧同位素 1 期粒度 分维值大,粒径相对较细;氧同位素 2 期粒度分维值 小、粒径相对较粗(章伟艳等,2005)。对红土的研究 认为,红土中粘粒和粉砂的体积百分含量是影响其 体积分维值大小的重要因素,粘粒含量越高,体积分 维值越大;粉砂含量越高,体积分维值越小(姜永见 等,2008)。对黄土的研究认为,在空间区域上自西 北向东南,随着距物源区距离的增加,黄土中粘粒含 量逐渐增加,分维值增大(侯春梅等,2005)。土壤分 维值表征了颗粒的粒径大小和数量,其粒径愈小、细 粒含量愈高,分维值就愈大(张季如等,2004; Liu et al.,2009),通过对广西英罗港红树林区木榄群落土 壤粒径分布研究也认为,分维值大小与土壤中的细 粘粒含量呈显著正相关,与砂粒的含量呈显著负相 关(梁士楚和王伯荪,2003)。对大气中可吸入颗粒 物研究表明,分维值越大反映颗粒物中细颗粒越多, 相反,分维值越小,颗粒物越粗(邵龙义等,2008)。 泥石流中,小于 0.005 mm 的粘粒含量越高,粒度分 维值也越大(倪化勇和刘希林,2006)。对纳尔逊冰 盖前缘沉积物分维值与粒度参数的关系研究也表 明,沉积物中所含细粒物质越多,平均粒径越小,粒 度分维值越高(刘晓东等,2003)。

然而,对长江口泥质区沉积物柱状样的研究则 认为,沉积物粒度粗化会引起粒度分维值变大,沉积 物粒径变细,细组分增加,粒度分维值变小(张瑞等, 2008)。

对东海内陆架泥质区 EC2005 孔沉积物粒度分 维值进行分析,可见分维值波动程度相对较弱,其平 均值为 2.30,变化范围为 2.10~2.48,仅 52.60 m 处表现为一极低值,约为 1.87(图 2)。有学者认为, 在三维欧几里德空间,碎形的分维值取值范围为 2

1041

~3,超出这个范围,分形结构不具有实际的物理意 义(易惟熙等,1995)。然而,不管利用幂指数法求出 的 D 值是否具有实际的物理意义,仅将其作为一种 粒度分析参数,也同样具有实用性,<2 的分维值仍 然能保持与部分传统粒度参数的对应关系(陈冬梅 和穆桂金,2004)。

将沉积物平均粒径与分维值分层段进行相关性 分析(图 3),层段 a 平均粒径约为 7.0~7.6 Φ,分维 值与其表现为负相关;层段 c、e、f 平均粒径多<7.0 Φ,分维值与其表现为正相关,层段 b、d 平均粒径分 布于 7.0 Φ 左右,与分维值的相关性大概可以分为 2 种:一种为平均粒径<7.0 Φ 二者表现的正相关, 另一种为平均粒径>7.0 Φ 二者表现的负相关。

综合岩芯 6 个层段的 297 组平均粒径和分维值 数据,将<7.0 Φ(112 组)和>7.0 Φ(185 组)的平均 粒径分别与其对应层位的分维值进行相关性分析, 可见,<7.0 Φ 时,平均粒径与分维值表现为显著线 性正相关(图 4a),只是较小的 Φ 值(平均粒径较大) 表现的较为离散; >7.0 Φ 时二者表现为高度线性 负相关(图 4b)。对 6 个层段平均粒径与其对应的 分维值分别进行相关性分析,分别得到 6 个层段二 者的相关系数 R^* ,将其与 6 个层段平均粒径的平 均值进行对比,如图 4c 所示,除了层段 e,其他 5 个 层段呈线性负相关,在平均粒径 7.0 Φ 左右,二者相 关系数由正变负。

综上所述,对东海内陆架泥质区 EC2005 孔沉 积物粒度分维值与平均粒径的相关性分析结果,与 以往众多研究有所不同,即沉积物平均粒径与分维 值二者关系既有正相关,也有负相关。平均粒径约 7.0 Φ值大概表现为二者正、负相关关系的分界点, <7.0 Φ时,平均粒径越大,分维值越小;>7.0 Φ 时,平均粒径越大,分维值越大。

4 沉积物分维值与分选系数

张季如等(2004)研究表明,土壤颗粒在单一粒 级分布的集中程度对分维值会产生重要影响,单一



图 3 EC2005 孔沉积物平均粒径与分维值分层段相关性分析(Mz 代表平均粒径) Fig. 3 Relationships between fractal dimension and mean grain-size of sediments in different stages of core EC2005 (Mz represents the mean grain-size of sediments)





mean grain-size of sediments in core EC2005 (a)—平均粒径<7.0 Φ;(b)—平均粒径>7.0 Φ;(c)—6 层段平 均粒径平均值与 R^{*} 相关性分析;Mz—平均粒径;五角星符号代

(a)—Mean grain-size less than 7.0 Φ ; (b)—mean grain-size larger than 7.0 Φ ; (c)—correlation of R^* and average value of mean grain-size in different stages; Mz—the mean grain-size of sediments; The black star shows stage "e"

粒级的颗粒含量愈高,分维值愈大。对泥石流的研 究则认为,颗粒比较均匀者粒度分维值较大,被搬运 的颗粒粗大且不均匀者粒度分维值较小(倪化勇和 刘希林,2006)。

然而,更多的研究认为,粒度分维值代表沉积物 粒度组成的复杂程度,并且分维值与分选系数有较 好的正相关关系,即分维值越大,代表粒度组成越复 杂,分选性越差;分维值变小分选性则变好(侯春梅 等,2005;张瑞等,2008)。对砂岩的研究认为,分维 值大小能够反映砂岩形成背景的复杂性,分维值越 大,背景复杂性越高,即分维值越大,砂岩的结构成 熟度越低,反之亦然,砂岩粒度组成的分维值与分选 系数成正比(金强和曾怡,1995;余继峰等,2004)。 对红土的研究认为,分选系数越小,粒径相对越集 中,分选性越好,体积分维值也越小;分选系数越大, 不同粒级的混合度越高,其分选性越差,体积分维值 也越大(姜永见等,2008)。对下蜀黄土剖面的研究 同样认为,黄土堆积时,分选系数偏小,分选性较好, 自组织程度偏高,分维值偏低;古土壤发育时,沉积 物分选性较差,分选系数增大,自组织程度偏低,分 维值偏高(毛龙江等,2006)。

将 EC2005 孔 297 组沉积物样品分选系数与分 维值进行的相关性分析显示,二者呈正相关关系,相 关系数较小(图 5a,R=0.54);沉积物平均粒径 < 7.0 $\Phi(较粗粒)$ 层位的分选系数与分维值仅表现为 低度正相关(图 5b,R=0.44);沉积物平均粒径 > 7.0 $\Phi(较细粒)$ 层位的分选系数与分维值则表现为 高度正相关(图 5c,R=0.94)。该点与多数学者研 究结果相同,只是 >7.0 Φ 的较细粒沉积物分选系 数与分维值具有更高的相关性。这应该是由于沉积 物分选系数越小,粒径相对越集中,其形成背景相对 简单,自组织程度越高,导致分维值越小。

以上分析中,平均粒径 7.0 Φ 作为一个分界点 的实际意义如何?如图 2 所示,>7.0 Φ 的较细粒 沉积物主要集中于层段 a、b,特别是层段 a 中,而层 段 a 对应于岩芯 28.06~0 m 较均一的泥质沉积物, 该层段较小的平均粒径、较小的分选系数以及相对 较低的分维值说明,该沉积段自组织程度较高,形成 背景相对简单,这与以往研究认为,该段为海侵结束 后高海平面以来主要受沿岸流控制的浅海沉积,其 对应的沉积动力条件较弱较为一致(Liu et al., 2007; Xu et al.,2009; 徐方建等,2009)。

5 结论

(1)东海内陆架泥质区 EC2005 孔沉积物平均 粒径与分维值二者关系既有正相关,也有负相关。 平均粒径 7.0 Φ 值大概表现为二者正、负相关关系 的分界点,<7.0 Φ 时,平均粒径越大,分维值越小; >7.0 Φ 时,平均粒径越大,分维值越大。

(2)除层段 e 外的 5 个沉积阶段平均粒径与分 维值二者的相关系数 R*,与各层段平均粒径的平 均值存在负相关关系,在 7.0 Φ 附近相关系数 R* 由正变负。

(3)EC2005 孔沉积物粒度分选系数与分维值 呈正相关关系,<7.0 Φ 较粗粒层位的分选系数与

表层段 e





Fig. 5 Relationship between fractal dimension and sorting coefficient of sediments in core EC2005
(a)一岩芯 297 组数据;(b)一平均粒径<7.0 Φ 的 112 组数据;
(c)一平均粒径>7.0 Φ 的 185 组数据

(a)—Data of the whole core; (b)—mean grain-size less than 7.0 Φ ; (c)—mean grain-size larger than 7.0 Φ

分维值仅表现为低度正相关, 而>7.0 Φ 较细粒层 位二者表现为高度正相关。这应该是由于沉积物分 选系数越小, 粒径相对越集中, 其形成背景相对简 单, 自组织程度越高,导致分维值越小。

(4)平均粒径 7.0 Φ 作为重要的分界点,实际上 主要是 EC2005 孔泥质沉积段和非泥质沉积段的划 分点,层段 a 对应了岩芯 28.06~0 m 较均一的泥质 沉积物,该层段较小的平均粒径、较小的分选系数以 及相对较低的分维值说明,该沉积段自组织程度较 高,形成背景相对简单,这与以往的研究结果具有良 好的对应。

致谢:感谢上海海洋石油局第一海洋地质调查 大队勘 407 轮全体船员、中国科学院海洋研究所黄 朋、李传顺博士在 EC2005 孔钻探取芯中的大力支 持;感谢参与 EC2005 孔分样的全体人员;感谢王红 莉女士在粒度分析中给予的帮助;中国科学院海洋研究所王宏娜博士在数据处理方面给予了极大帮助;中国石油大学(华东)王健博士帮助绘制了岩性 剖面图;审稿专家和编辑老师的修改意见使得本文 得以很大提高,谨此一并致以真诚的谢意。

参考文献

- 柏春广,穆桂金,王建.2002.艾比湖湖相沉积物粒度的分维特征与环境意义.干旱区地理,25(4):336~341.
- 陈冬梅,穆桂金.2004.不同沉积环境下沉积物的粒度分形特征的对 比研究.干旱区地理,27(1):47~51.
- 韩喜球,李家彪,王英,章伟艳,马维林,何高文.2004.东太平洋多金 属结核中铁、锰元素的分形演化及其意义.海洋学报,26(4):65 ~70.
- 侯春梅,刘小伟,李明,迟秀丽.2005.甘肃黄土的粒度分维特征及意 义.地质科学,40(4):539~546.
- 胡道功,吴淦国.2000.活断层中断层泥分形与断裂活动关系.地质论 证,46(5):507~511.
- 姜永见,朱丽东,叶玮,李凤全,李建武.2008. 庐山 JL 剖面红土粒度 体积分形特征及其环境意义.山地学报,26(1):36~44.
- 金强,曾怡.1995.储集性砂岩粒度组成的分形结构.石油大学学报 (自然科学版),19(3):12~16.
- 梁士楚,王伯荪.2003.广西英罗港红树林区木榄群落土壤粒径分布 的分形特征.热带海洋学报,22(1):17~22.
- 刘传正,刘艳辉,连建发.2006.长江三峡巴东复杂斜坡系统成因研 究.地质论评,52(4):510~521.
- 刘晓东,孙立广,谢周清,尹雪斌.2003. 南极松散沉积物粒度分形研 究.冰川冻土,25(4):394~400.
- 毛龙江,刘晓燕,许叶华.2006.南京江北地区下蜀黄土粒度分形与全 新世环境演变.中国沙漠,26(2):264~267.
- 倪化勇,刘希林.2006. 泥石流粒度分维值的初步研究.水土保持研 究,13(1):89~91.
- 邵龙义,沈蓉蓉,杨书申,孙珍全.2008.北京市 PM₁₀粒度分布分形 维数特征.中国矿业大学学报,37(3):407~411.
- 隋少强,宋丽红,赖生华.2001. 沉积环境对碎屑岩自组织程度的影响. 石油勘探与开发,28(4): 36~37,52.
- 汪劲草,韦龙明,朱文凤,万方良,莫志明.2008. 南岭钨矿"五层楼模 式"的结构与构式——以粤北始兴县梅子窝钨矿为例.地质学 报,82(7):894~899.
- 温小浩,李保生,李森,欧先交,姚春霞,罗开利,曾兰华.2005.2.5 ka BP 以来额济纳绿洲沙丘的粒度特征及其反映的沉积过程.地质 学报,79(5):710~718.
- 武强,陈佩佩.2005. 地裂缝灾害发生机理与"三图法"评价方法研究——以山西榆次地裂缝研究为例. 地质学报,79(6):774~783.
- 徐方建,李安春,肖尚斌,万世明,刘建国,张永超.2009.末次冰消期 以来东海内陆架古环境演化.沉积学报,27(1):118~127.
- 易惟熙,沈承德,刘东生.1995.洛川黄土微米级至纳米级物质颗粒度 分布规律.地球化学,24(4):327~333.
- 余继峰,刘焕杰,李增学.2004.砂岩粒度分布分形特征研究方法探 讨.中国矿业大学学报,33(4):480~485.

- 张季如,朱瑞赓,祝文化.2004. 用粒径的数量分布表征的土壤分形特征.水利学报,4:67~71,79.
- 张瑞,汪亚平,高建华,潘少明,张志林.2008.长江口泥质区垂向沉积 结构及其环境指示意义.海洋学报,30(2):80~91.
- 章伟艳,张富元,章伟德,卢冰,杨克红,赵国军.2005.南海东部 69 柱 粒度分维指标与气候代用指标的分形比较及其意义.沉积学报, 23(4):696~701.
- Billi A, Storti F. 2004. Fractal distribution of particle size in carbonate cataclastic rocks from the core of a regional strike-slip fault zone. Tectonophysics, 384: 115~128.
- Hooke R L, Iverson N R. 1995. Grain-size distribution in deforming subglacial tills: Role of grain fracture. Geology, 23(1): 57~ 60.
- Liu J P, Xu K H, Li A C, Milliman J D, Velozzi D M, Xiao S B, Yang Z S. 2007. Flux and fate of Yangtze River sediment delivered to the East China Sea. Geomorphology, 85: 208 ~ 224.

- Liu Xia, Zhang Guangcan, Heathman G C, Wang Yaqin, Huang C-h. 2009. Fractal features of soil particle-size distribution as affected by plant communities in the forested region of Mountain Yimeng, China. Geoderma, 154: 123~130.
- Mandelbrot B. 1967. How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. Science, $156:636 \sim 638$.
- McManus J. 1988. Grain size determination and interpretation. Oxford: Blackwell.
- Turcotte D L. 1986. Fractals and fragmentation. Journal of Geophysical Research, 91(B2): 1921~1926.
- Xu Fangjian, Li Anchun, Xu Kehui, Li Tiegang, Chen Shiyue, Wan Shiming, Liu Jianguo. 2009. Cold event at 5500 a BP recorded in mud sediments on the inner shelf of the East China Sea. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 27(4): 975 ~984.

Grain-Size Fractal Features of the Core EC2005 Sediments in the Inner Shelf of East China Sea

XU Fangjian^{1,2,3)}, LI Anchun¹⁾, LI Tiegang¹⁾, CHEN Shiyue²⁾,

QIU Longwei²⁾, CAO Yingchang²⁾, LIN Chengyan^{2,3)}

1) Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, CAS, Qingdao, Shandong, 266071;

2) School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong, 266555;

3) Shandong Key Laboratory of Reservoir Geology, China University of Petroleum, Dongying, Shandong, 257061

Abstract

This study discussed the fractal features of grain size distribution of the core sediments from the depocenter of the Zhejiang-Fujian mud wedge on the inner shelf of the East China Sea (ECS), and the correlation between mean grain size and sorting coefficient. The EC2005 sediment grains falls within the fractal scaleless zone of cumulative percentage between 5% and 95%. The core sediment is characterized with high self similarity and (or fractal) grain-size distribution. The mean grain sizes of the sediments are in both positive and negative proportion to fractal dimension. The point dividing negative and positive relationship exhibits a mean grain diameter of 7.0 Φ ; if the mean grain size is less than 7.0 Φ , the greater the mean grain sizes that correspond to the smaller the fractal dimension. Meanwhile, if the mean grain size is larger than 7.0 Φ , the greater the former and the larger the fractal dimension. The sediment grain size and fractal dimension exist not only positive but also negative relationships. The sorting coefficients are positively related to the fractal dimension, especially in the finer sediments (larger than 7.0 Φ). This is because the smaller sorting coefficient of sediments indicates the accumulation of particles with same sizes in a relatively simple environment. Therefore, the sediments have a high self-organization degree, resulting in lower fractal dimension value. The mean grain-size value of 7.0 Φ , an important boundary point, actually corresponds to the boundary between upper muddy section and lower coarser sediment of core EC2005. The muddy sediments at the depth of 28.06 \sim 0 m have small mean grain sizes, low sorting coefficient and relatively low fractal values, indicating that this sedimentary section is of high degree of self-organization and deposited in a relatively stable environment. This study reveals the positive and negative correlations between mean grain-size and fractal dimension, and this is different from the previous studies to some extent. Therefore, much research needs to be further carried out.

Key words: grain size; fractal feature; East China Sea; inner shelf; core EC2005