

# 江苏淤泥质海岸海岸线分形机理研究\*

朱晓华 查 勇

(南京师范大学地理科学学院 210097)

**摘要** 结合国内外分形研究进展,系统探讨了江苏淤泥质海岸海岸线的分形机理问题。指出:江苏海岸的形成受到了构造和河流泥沙淤积的双重作用,而海岸线的走向则受到了构造、河流淤积、滩面物质组成与沿海黄海沿岸流的共同作用;另外,江苏海岸线分维的变化与海岸的淤积和侵蚀有着必然的联系;再者,江苏海岸物质组成具有分形性质,这是江苏海岸线具有分形性质的物质基础。

**关键词** 分形,分维,淤泥质海岸,海岸线,机理,江苏

自1967年 Mandelbrot 在国际权威杂志《Science》上发表的“英国海岸线究竟有多长?”的论文中系统提出分形与分维的概念以来<sup>[1]</sup>,分形理论便在诸多学科得到了极为广泛的应用,为人们从局部认识整体、从有限认识无限提供了全新的方法论和思维方式。

在分形理论的创始之初, Richardson 与 Mandelbrot 这两个创始人都是从海岸线长度的变化里得到了启示<sup>[1,2]</sup>,所以说海岸线研究是分形领域里最为传统的课题。关于海岸线的分形研究, Mandelbrot 在1967年计算出英国海岸线的分维<sup>[1]</sup>,此后 Jiang 等<sup>[2]</sup>、Cheng 等<sup>[3]</sup>、Zhu 等<sup>[4]</sup>等,先后计算出其它部分海域的海岸线分维,但是到目前为止,海岸线分形研究总体上仍停留在海岸线分维计算的水平上,尚未见到有对海岸线分形性质存在机理的研究。本文即是探讨了江苏淤泥质海岸海岸线的分形机理问题,以期在此方面抛砖引玉。

## 1 研究方法 with 资料来源

### 1.1 分维计算方法

用于海岸线分维的计算方法有两种,一是量规法,二是网格法,比较而言,网格法较为常用。本文使用网格法计算海岸线的分维。

网格法的基本思路是使用不同长度的正方形网格去覆盖海岸线,当正方形网格长度  $\epsilon$  出现变化,则覆盖有海岸线的网格数目  $N_k(\epsilon)$  必然会出现相应的变化。根据分形理论有下式成立

$$N_k(\epsilon) \propto \epsilon^{-D}$$

对该式两边同取双对数可得(2)式

$$\lg N_k(\epsilon) = -D \lg \epsilon + A$$

式中,  $A$  为待定常数,  $D$  为海岸线的分维。

在对江苏海岸滩面物质粒度分形分析的过程中,对于粒度分维的计算,一般通过各级粒径颗粒质量的测定,来计算粒度分布与其质量之间的分维。

设  $m(r)$  为直径小于  $r$  的颗粒累积质量,  $m$  为总质量,如果有

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

成立。此式中,  $b$  为系数。对此式求导则有

$$dm(r) \propto r^{b-1} dr,$$

根据分形理论,有分形基本定义式  $N(r) \propto r^{-D}$  存在(式中,  $N$  为具有大于标度  $r$  的客体数目,  $r$  为标度),对此式求导,可得  $dN(r) \propto r^{-D-1} dr$ ,

由于颗粒的质量与其直径的立方成正比,所以有  $r^{b-1} dr \propto r^3 * r^{-D-1} dr$ ,

所以,粒度的分维为  $D = 3 - b$ ,

$b$  可以通过  $m(r) / m \propto r^b$  的系列关系来求得。

### 1.2 海岸线选取原则

目前关于海岸线选取的原则有很多,本文根据江苏省测绘局90年代初进行全国国土资源调查时所拟定的测定海岸线原则<sup>[4]</sup>,确定了文中对江苏省海岸

\* 教育部“教育振兴计划”青年教师奖励基金项目 212088 A892 号;江苏省自然科学基金项目 01 KJBI 70004 号。第一作者:朱晓华,出生于1972年,博士后,主要从事综合自然地理学研究。

收稿日期:2001-06-25;修回日期:2001-12-28

线的选取原则。概括而言,有以下2点:(1)沿海河口海陆分界线的划分原则:保留大型河口的港湾特征;反映河口处沙咀、沙洲和泻湖地貌;表现河口的喇叭状形态;不对称河渠视河口形态择定,河口分界线一般定在河流缩窄或两岬曲率最大处。(2)岛屿处理原则:基岩海岸与淤泥质海岸的外部岛屿岸线不计在内;淤泥质海岸潮滩上的陆地(高潮时不被淹没)也作为岛屿处理,该岛屿岸线亦不计算在内。

### 1.3 资料来源

文中选取资料来自于《陆地卫星影象中国地学分析图集》、《江苏省海岸带自然资源地图集》与《中国自然地理图集》。

## 2 数据分析

### 2.1 江苏海岸线的形成与断裂系的关系(图1)

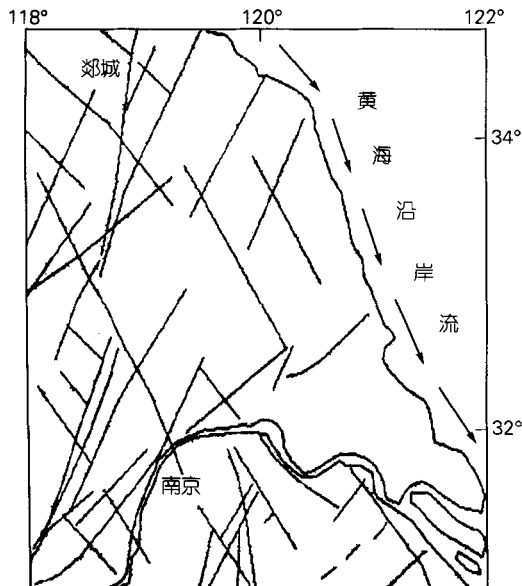


图1 江苏海岸断裂系空间分布  
Fig.1 Distribution map of faults in Jiangsu coast

从图1中可见,可以称得上是太平洋西岸一条深大断裂的郟城-庐江大断裂呈北东向穿过江苏西部,其和一些北西向的断裂共同控制着江苏新生代以来的构造运动。所以,江苏省淤泥质海岸形成的基本原因在构造上来说是源于江苏地处地质构造上的沉降带;进一步而言,江苏中部与北部受到断裂系的控制作用相对来说更为明显或是更为强烈。从图1中可见,江苏北部海岸线的走向受到了两条北东向断裂的影响,而江苏中部海岸线的走向则基本上与北西向的

断裂保持大致的平行状态。再者,以长江、黄河为主的河流则起到了携带泥沙填海造陆的作用。图2为1760年江苏海岸带略图。

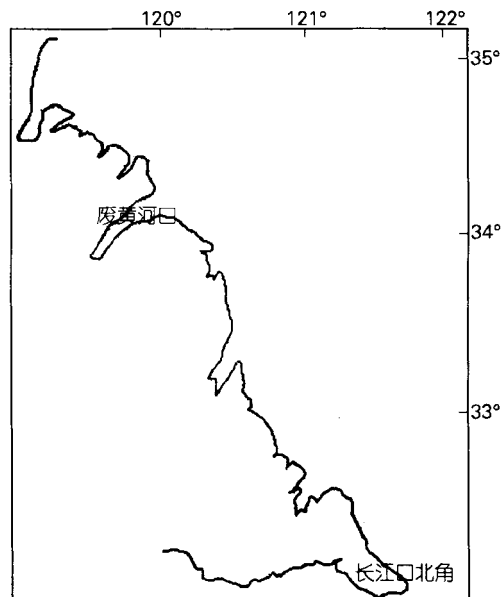


图2 江苏1760年海岸线  
Fig.2 Map of Jiangsu coastline in 1760

由图2可见,废黄河口在1760年尚未完全淤积,到1855年已淤积接近现代水平,长江口则到1890年淤积接近现代水平。而且,从图1中可见,长江口的填海造陆过程也受到了长江口北侧北东向断裂和南侧北西向断裂的控制作用;同时,由于江苏沿岸滩面的物质组成为泥砂、粉砂和细砂,所以,江苏沿海由北至南的黄海沿岸流对江苏海岸(包括海岸线)走向的塑造也起到了重要的作用。这一点在图1中清楚可见。

从上述分析可以得出,江苏海岸的形成受到了构造和河流泥沙淤积的双重作用,而海岸线的走向则受到了构造、河流淤积、滩面物质组成与沿海黄海沿岸流的共同作用。

### 2.2 江苏海岸线的分维计算

基于网格法,在 MplInfo, Arc View GIS 等地理信息系统等技术的支持下,文中计算了江苏省1760年、1855年、1890年、1921年、1958年海岸线分维的计算,分维计算结果见表1。

由表1可知,江苏不同历史时期海岸线分维的相关系数均在0.999以上,或是等于1,所以,江苏各个历史时期海岸线的分形性质是客观存在的。

表 1 江苏不同历史时期海岸线分维计算结果

Tab.1 Fractal dimensions of Jiangsu coastline in different periods

时间	分维	相关系数
1760 年	1.016 2	0.999 8
1855 年	1.004	1
1890 年	1.021 6	0.999 7
1921 年	1.012 8	0.999 9
1958 年	1.013 4	0.999 9

那么,江苏 5 个不同时期海岸线分维为什么会发生变化呢?对照江苏省 5 个历史时期海岸线的具体形状和各自海岸线的分维值状况,首先可以认识到的是,江苏 1855 年海岸线分维值相对最小到江苏 1890 年海岸线分维值相对最大的变化过程,从表象上看起来是海岸线形状在复杂程度上的变化,江苏 1890 年海岸线形状在被研究的五个时段内其海岸线复杂程度是相对最高的,而以 1855 年海岸线复杂程度为相对最低。显然,这至少反映了对分维的一种基本的认知。江苏 1760 年海岸线分维较 1855 年海岸线分维大,前者海岸线的复杂程度高于后者,其内在原因在于 1760~1855 年内废黄河口与江苏中部地区的淤积所致;从江苏 1850 年海岸线分维相对最小到 1890 年海岸线分维的相对最大,其原因在于废黄河口地区的侵蚀与江苏中部地区的差异淤积(不同地区,淤积的面积与速率不同);而 1921 年与 1958 年海岸线分维与复杂程度的差异,其原因在于不同区域淤积或侵蚀情况的不同,即有些地区发生了侵蚀,而有些地区则发生了淤积,当然,互有变化,导致二者分维值差异不大。所以,通过对江苏 5 个历史时期海岸线分维及其形状变化的分析中可以看出,江苏海岸线分维的变化与海岸的淤积和侵蚀有着必然的联系。

### 2.3 江苏海岸线的分形机理

为了深入揭示海岸线分形性质的内在机理问题,文中对江苏沿海滩面物质是否具有分形性质进行了探讨。在江苏盐城的滩面上,在 2000 年初在滩面上共采集了 65 个样品,应用粒度分形分析的方法,对采集到的样品的粒度分维进行了计算。计算结果显示,65 个样品的  $m(r)/m \propto r^D$  的相关系数均在 0.82 以上,而相关系数在 0.9 以上的样品数占样品数的 88%,所以,对这些样品进行粒度分形分析,其结果说明了江苏滩面物质的分形性质是客观存在的,当然,这种分形并不是完全数学意义上的分形,而是一种统计意义

上的分形。

由于 65 个样品采集深度不同,且各自所含有的具体组成物质有一定的差异,所以,65 个样品的粒度分维也必然存在着一定的差异,分维计算结果显示,最小分维值为 2.11,最大分维值为 2.56,分维均值为 2.39。当然,沿海滩面物质的粒度分维与其它区域物质的粒度分维存在着必然的差异,至于具体的差异及其原因,鉴于主题将在另文别述。

滩面物质具有分形性质,这就揭示出了一个重要的事实,那就是滩面具有分形性质的物质组成是海岸线具有分形性质的物质基础。在文献[7]中,笔者曾揭示出了江苏潮滩不同地带分界线的分形性质,并初步探讨了滩面物质组成对海岸线分形性质所起到的影响,结合本文的分析,可以进一步地说,一方面具有分形性质的物质组成是海岸线具有分形性质的物质基础,另一方面潮滩不同地带具体物质组成的差异或是其分维的差异又在一定程度上导致了各条潮滩分界线分维的差异。

## 3 结论

3.1 江苏海岸的形成受到了构造和河流泥沙淤积的双重作用,而海岸线的走向则受到了构造、河流淤积、滩面物质组成与沿海黄海沿岸流的共同作用。

3.2 江苏省各个历史时期海岸线的分形性质是客观存在的,分维是其表征其特征的良好参数。

3.3 江苏 1855 年海岸线分维值相对最小,仅为 1.004,而江苏 1890 年海岸线分维相对最大,为 1.021 6,1921 年、1958 年海岸线分维则又有所下降,大致保持到了 1760 年海岸线的分维水平,江苏 1921 年与 1958 年海岸线分维分别为 1.012 8 和 1.013 4。

3.4 江苏海岸线分维的变化与海岸的淤积和侵蚀有着必然的联系。

3.5 盐城滩面物质粒度分维计算结果显示,滩面物质组成是具有分形性质的;在计算的 65 个样品中,最小分维值为 2.11,最大分维值为 2.56,分维均值为 2.39;滩面物质组成具有分形性质这一方面是海岸线具有分形性质的物质基础,另一方面潮滩不同地带具体物质组成的差异或是其分维的差异又在一定程度上导致了潮滩各条分界线分维的差异。

### 参考文献

- Paar V., Cvitan M., Oelic N., Josipovic M. . Fractal dimension of coastline of the Croatian island Cres, *Acta Geographica Croatica*, 1997, 32: 21 ~ 34
- Jiang J. W. and Plotnick R. E. . Fractal analysis of the complexity of United States coastlines, *Mathematical*

- Geology*, 1998, **30**( 5) :535 ~ 546
- 3 Cheng Y. C. , Lee P. J. and Lee T. Y. . Self- similarity dimensions of the Taiwan island landscape , *Computers and Geosciences* ,1999 ,**25**( 9) :1 043 ~ 1 050
- 4 Zhu X. H. and Yang X. C. and Xie W. J and Wang J. . On spatial fractal character of coastline ——A case study of Jiangsu province , *China Ocean Engineering* ,2000,**14**( 4) : 533 ~ 540

## ON FRACTAL MECHANISM OF JIANGSU COASTLINE

ZHU Xiao-hua ZHA Yong

( College of Geographical Science , Nanjing Normal University 210097)

Received : Jun. , 25 , 2001

**Key Words :** Fractal , Fractal dimension , Silt coast , Coastline , Mechanism , Jiangsu province

### Abstract

Coastline is a traditional domain in the field of fractal research . Mandelbrot formulated the uncertainty of its length in his paper , " How long is the coastline of British ? " , published on " Science " in 1967 . The fractal concept was presented for the first time in that paper and has been applied to many fields ever since . The fractal dimensions of different coastlines have been calculated by many researchers , such as Richardson L. F , Mandelbrot B. B , Philips J. D , Paar V. *et al.* , Jiang J. W. *et al.* , Cheng Y. C. *et al.* , and Zhu X. H. *et al.* . Generally , the present researches are still in the stage on the calculation of fractal dimensions for different coastline . Till now , the related references and further researches on both the fractal mechanism of coastline and the silt coast are seldom seen . The above issue is preliminarily discussed in this paper .

( 本文编辑 : 李本川 )