

分流水道类型特征及意义^①

董宇 路秀琴

(淮南矿业学院资环系, 淮南 232001)

提 要 研究总结了三角洲平原中五种主要类型的分流水道沉积特征、分形几何特征及其形成条件。所度量的河控、潮控和波控三角洲的五种主要分流水道体系的分维值变化范围为 1.046至 1.763。以分流水道类型或分流格式为基础,划分了相应五种常见的三角洲平原类型,并阐述了分流水道组合式及其演化与三角洲体制的关系。

关键词 分流水道 水系 分形几何 三角洲平原

第一作者简介 董宇 男 36岁 副教授 硕士 煤田地质及岩相古地理

引 言

三角洲形成过程中最重要和最有代表性的作用之一是分流水道的向海推进及分叉作用。在环境物理条件的控制下,分流水道体系形成一定的几何结构特征并具有相应的分形特性。这些条件同时也是控制三角洲体制的重要条件。许多现代的和古代的三角洲沉积研究均反映出不同类型的三角洲具有不同的分流水道类型及组合形式。因此,分流水道类型及组合形式对判定三角洲体制和划分三角洲平原类型具有特殊的意义。

1 分流水道类型及沉积特征

分流水道从成因上可分为河控与潮控两大类。前者以河流作用为主,后者以潮汐作用为主。笔者据水道充填内部沉积构成和砂分散格式或水道体系几何结构的差异,将河控类进一步划分为湾曲状分流河道、网状分流河道和树枝状分流河道。潮控者进一步划分为潮枝状分流水道和潮网状分流水道。

1.1 河控分流水道

据两淮二叠系地层中分流水道内部构成和砂分散格式研究河控分流水道具下列主要特征。

1.1.1 湾曲状分流河道充填

垂向层序为底部冲刷面上滞留沉积(GS)→点坝(LA)→越岸泛滥沉积(OE)。以点坝发

^① 本文为煤炭科学基金的研究成果
收修改稿日期: 1995-06-20

育,正韵律明显为特征。横剖面上砂体呈底部波状起伏的似层状或长透镜状,砂体厚度大(常为 20—40 m),宽厚比大,为 200—250,反映水道侧向迁移相对较大。砂分散格式区域上呈侧向受限制的简单分叉的弯曲带状或串珠状,反映古水系不甚发育。

1.1.2 网状分流河道充填

垂向层序为 GS→砂质底形和砂坝(FSB)或 LA→OF,其 OF 相当发育,除在水道弯曲处局部形成粒度向上变细的 LA 外,主要是垂向上粒度变化不明显的层序。砂体宽厚比值较小,为 50—150,砂分散格式呈网状状,走向和弯度多变。在水道总体倾向剖面上,以煤层为等时线,可发现此类分流水道体系同期活动的分流河道十分发育。表明地势平缓,水系发达,水道侧向迁移不大,位置较固定。

1.1.3 树枝状分流河道

垂向层序为 GS→FSB(或 LA)→OF,近河口处可为 GS→受潮汐影响的砂质底形和砂坝 TSB→潮坪砂泥互层 TL。砂体宽厚为 55—160,表明水道侧向迁移不大。砂分散格式呈频繁分叉状,水系发达。

上述水道的沉积构成和砂体特征所反映的基本规律也可适于其它时代和地区的河控分流水道体系。

1.2 潮控分流水道

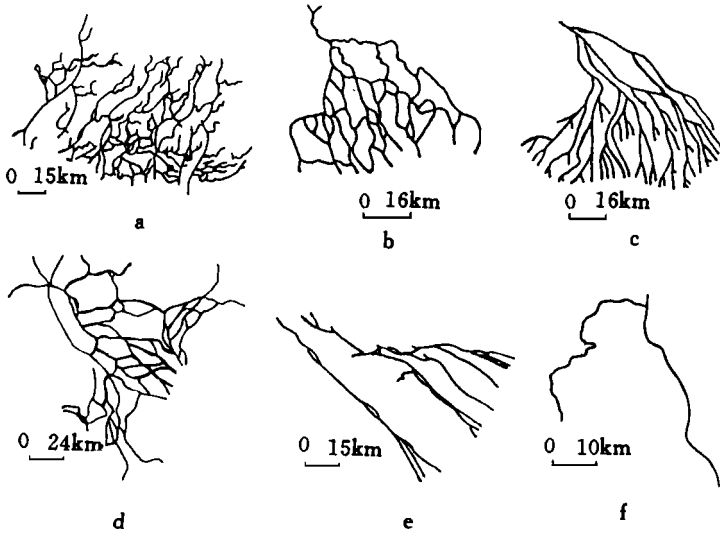
综合前人研究此类分流水道充填主要特征为具底冲刷面,粒度向上变细,潮汐沉积构造发育,包括双向交错层理、粘土披盖及潮汐层理等。由于水道侧向迁移或在河口处呈开阔喇叭形,因此砂体宽厚较大。潮枝状分流水道穿越三角洲平原简单分叉的潮汐水道,水道弯曲或较顺直潮海张开的喇叭形,并有一系列长形潮道沙坝发育。水道体系几何结构有时类似弯曲状分流河道体系,但前者的内部构成及与潮坪共生而有别之。如湄公河三角洲分流水道体系即属此类型。潮网状分流水道是在潮控三角洲平原中发育密集交织成网的潮汐分流水道,其水道体系结构类似网状分流者,但水道内部沉积构成,水道稳定性差并与潮坪共生等特征可区别于后者。巴布亚湾下三角洲平原的水道体系即属此类型。

2 分流水道体系分形几何特征

R. S. Snow 和 T. S. Berquist 等应用不同的方法分别对曲流河的分形弯度、河流平面图分形分析以及主干河流与流域盆地面积的分形特性进行了研究^[1,2]。本文据研究目的和条件,选用实验测定法的覆盖法对 6 个三角洲的五种分流水道体系的几何结构(图 1)进行了分维度量,用最小二乘法确定 $N(d) \sim d^{-D}$ 关系式中的分维 D 。取 d 等于测区单位面积的 $\frac{1}{2^n}$ ($n=1, 2, 3, \dots$), 则有 $N(d) \sim d^{-D}$ 。度量结果见图 2。

2.1 潮网状分流水道体系分维特征

伊洛瓦底江和巴布亚湾下三角洲平原中的潮网状分流水道体系的几何结构如图 1-a, b 示,其分维值分别为 1.763 和 1.672(图 2-b, a)。分维值高,表明几何结构复杂。由于伊洛瓦底江三角洲的分流水道体系是目前所发现的最复杂的结构之一,因此其分维值基本代表了或接近分流水道体系分维值的上限。

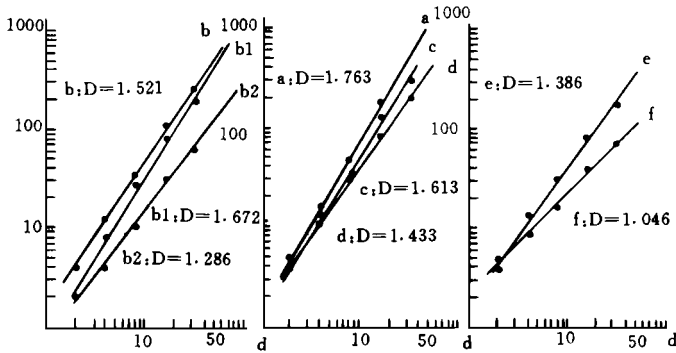


a. 伊洛瓦底江三角洲潮网状分流水道体系 b. 巴布亚湾三角洲弯曲状及潮网状分流水道体系 c. 拉福切朵体树枝状分流水道体系 d. 珠江三角洲网状分流水道体系 e. 湄公河三角洲潮枝状分流水道体系 f. 罗讷河三角洲弯曲状分流水道体系

注: d和f以文献^[7]和^[6]资料,其它以 fisker等(1969)资料为底图

图 1 三角洲分流水道体系几何结构

Fig. 1 Geometrical structure of distributary channel systems on deltas



a-f为与图 1对应的分流水道体系的分维特征,其中 b为巴布亚湾三角洲的整体分流水道体系分维特征 b1为其下三角洲平原中潮网状分流水道体系分为特征 b2为其上三角洲平原中弯曲状分流水道体系分维特征

图 2 河控、潮控和波控三角洲中各类分流水道体系 $\log N(d) - \log(d)$ 图

Fig. 2 $\log N(d) - \log(d)$ map of types of distributary

Channel systems on river-, tide- and wave- dominated delta

2.2 树枝状和网状分流水道体系分维特征

拉福切朵体的树枝状分流水道体系(图 1-c)的分维值高, $D= 1.613$ (图 2-b), 珠江三角

洲的网状分流水道体系(图 1-d)也具较高的分维值, $D=1.433$ (图 2-b), 表明此两种体系的几何结构复杂和较复杂。

2.3 潮枝状分流水道体系分维特征

湄公河三角洲的潮枝状分流水道体系(图 1-e)的 $D=1.386$, 分维值较低(图 2-c), 说明该体系几何结构较简单。

2.4 弯曲状分流水道体系分维特征

罗讷河三角的弯曲状分流水道体系(图 1-f)的分维值相当低, $D=1.046$ (图 2-c), 巴布亚湾三角洲其上三角洲平原的弯曲状分流水道体系的 $D=1.286$, 其它(如圣弗兰西斯科河、塞内加尔河三角洲)弯曲状分流水道体系的分维值也处于 1.0 至 1.1 之间, 说明该体系的几何结构十分简单。由于最简单的分流水道体系可以是类似直线元的一条较顺直的水道, 因此分流水道体系的分维下限为 1。

综上所述, 分维能较好地定量刻划分流水道体系的几何结构, 所度量的几个河控、潮控和波控三角洲的五种分流水道体系的分维值变化范围为 1.046 至 1.763。分流水道体系分维值上、下限为小于 2 和大于等于 1。几何结构简单的弯曲状分流水道体系具低的分维值 ($D < 1.30$)。几何结构复杂的潮网状、树枝状和网状分流水道体系具高的分维值 ($D > 1.40$)。典型的潮枝状分流水道体系具中等分维值。

3 分流水道体系及分维特征的主要形成条件

上三角洲平原中的弯曲状分流水道体系其形成条件类似曲流河, 不再赘述。存在多条径流动力较强的主干河流^[3], 地势平缓、水道坡降小且流量大, 则有利于形成高分维的网状分流水道体系。表 1 反映出下三角洲平原区所形成的不同分维特征的分流水道体系主要受流

表 1 分流水道体系类型及其分维与环境参数关系

Table 1 Different types of distributal channel systems and their fractal dimensions vs. environmental parameters

分流水道体系	分维值	流量 (m^3/s)	洪峰指数	滨外坡度 (%)	平均波浪功率 (g/s)	潮差 m	河口数	备注
弯曲状分流水道体系	低 < 1.30	3316.95	2.14	18.1	89.8	1.15	1.3	1
树枝状分流水道体系	高 > 1.40	6419.5	1.65	5.3	0.468	0.5	17	2
潮枝状分流水道体系	中 1.30-1.40	4936.6	2.14	5.8	3.737	3.5	3.7	3
潮网状分流水道体系	高 > 1.40	23529	1.64	1.45	0.390	3.15	9	4

注: 3-8 栏参数数据 Coleman 等 (1975), 1 为马格达雷那河、圣弗兰西斯科河、尼罗河和塞内加尔河 5 个三角洲的平均值, 2 为密西西比河、巴拉那河、科尔维尔河、哥达瓦里河和第聂伯河 5 个三角洲的平均值, 3 为伯德金河、奥德河和湄公河 3 个三角洲的平均值, 4 为伊洛瓦底江和垣河—布拉马普特拉河三角洲的平均值。

量、洪峰指数、滨外坡度、平均波浪功率和潮差等环境参数的控制。一般情况下, 流量较小、洪峰指数较大且滨外坡度大—中等, 则易形成分流不甚发育的几何结构简单的低至中等分维的分流水道体系。若再配合中—大潮差的条件就易形成潮枝状分流水道体系, 若潮差小而平

均波浪功率大就易形成弯曲状分流河道体系。反之,流量大、中等、洪峰指数较小、滨外坡度中、小且平均波浪功率小,则易形成分流极为发育的几何结构十分复杂的高分维的分流水道体系,包括在中潮差条件下形成的潮网状分流水道体系和在小潮差条件下形成的树枝状分流水道体系。

4 分流水道组合及演化与三角洲体制的关系

4.1 组合形式与三角洲体制关系

如前述,控制分流水道类型和组合型式的主要因素也是控制三角洲体制的重要因素,因而分流组合形式反映了三角洲体制。至少存在表 2 的五种组合形式。

A 和 B 型为河控三角洲的分流水道组合形式, B 型尤为常见。皖北二叠系地层发育 A 型,而密西西比河三角洲为 B 型。C 和 D 型为潮控三角洲的两种分流水道组合形式,巴布亚湾和湄公河三角洲分别属 C 和 D 型。E 型为波控三角洲的分流水道组合形式,如尼罗河和罗讷河等三角洲即属此型。上述分流组合形式与三角洲体制的关系可归纳于表 2。

表 2 分流水道类型组合与三角洲体制关系
Table 2 Relationship Between Combination of distributary channels and delta systems

	上三角洲平原		下三角洲平原
河控	A 弯曲状	→ 网状	→ 树枝状
	B 弯曲状		→ 树枝状
潮控	C 弯曲状		→ 潮网状
	D 弯曲状		→ 潮枝状
波控	E 弯曲状		→ 弯曲状

4.2 分流水道类型演化

分流水道类型及其组合形式的演化反映三角洲体制的演变。在河流作用强烈的三角洲中,其分流组合形式为 A 和 B 型,当河口潮汐作用强烈时,网状和树枝状分流体系不发育或被潮汐改造而形成潮枝状或潮网状分流体系,形成潮控三角洲。当滨外坡度变陡、波浪作用强烈时,高、中分维的分流体系不发育或被波浪冲刷殆尽,仅形成或仅残留低分维的弯曲状分流体系,形成波控三角洲。反之对于早先为波控的三角洲,仅发育弯曲状分流,后期若河流作用相对增强,则可由单一类型的弯曲状分流向弯曲状→树枝状分流组合演化,如多河三角洲,南部的苏利纳和格鲁普夫分流为弯曲状分流,北部的基利亚分流的流量最高,河流作用较强烈,发育有树枝状分流体系。据曾科维奇(1966)所恢复的北部朵体进积作用阶段表明^[4],早期为弯曲状分流的波控朵体,现阶段为弯曲状→树枝状分流组合,相应地该朵体也演化为具河控性质的三角洲朵体。南部朵体仍为波控性质之朵体。

5 据分流格式划分三角洲平原类型

由于分流水道体系受上述一些重要环境参数和形成条件的控制,因此据分流水道体系(或水系、分流格式)所占据的区域划分相应类型的三角洲平原,不但类型划分明确直观,而且反映了主要环境参数和沉积特征的差异。为此本文划分出以下与前述分流水道体系相应的五种主要三角洲平原类型。I 弯曲状分流三角洲平原, II 网状分流三角洲平原, III 树枝状

分流三角洲平原^[5]、IV潮网状分流三角洲平原 V潮枝状分流三角洲平原 I至V型三角洲平原具有与其相应的分流水道体系的沉积特征、分维特征以及特定的共生相组合特征。表2为分流水道组合形式与三角洲体制的关系,也同样反映了三角洲平原类型分布及组合规律与三角洲体制的关系。皖北二叠系地层发育I、II和III型三角洲平原。在河控和潮控三角洲中,I型主要分布在上三角洲平原中,如密西西比河和巴布亚湾三角洲的上三角洲平原。在波控三角洲中,I型可从上三角洲平原一直延伸至下三角洲平原,如罗讷河三角洲,据Oomkens^[6]研究现代罗讷河三角洲平原上分布着具有中等弯度、侧向迁移较强烈而在整个三角洲平原上形成宽5 km的曲流带的混合负载分流河道,应属弯曲状分流三角洲平原。珠江三角洲的主体部分发育纵横交织的水道网,地势较平缓,水道坡度极小,平均为0.023%—0.037%。网间以淡水湿地为主,形成众多的积水洼塘^[3,7],应属II型三角洲平原。III型在河控三角洲中十分常见,拉福切朵体为典型的一例。湄公河三角洲和巴布亚湾及伊洛瓦底江三角洲分别发育有IV和V型三角洲平原。

参 考 文 献

- [1] Berquist T S and Snow R S. Fractal analysis of the planforms of rivers in Indiana and Kentucky [abs]. Geol. Soc. America Abstracts with Programs, 1985, 17, 280.
- [2] Snow R S. 河道的分形弯度. 见:地球科学中的分形研究, C H Scholz和 B B Mandelbrot等著,刘祖荫、皇甫岗等译,中国科学技术出版社,1991.
- [3] 彭苏萍等. 复合型三角洲沉积作用展布格局. 煤炭学报, 1994, 19(1).
- [4] 陈景山,陈昌明译. 三角洲沉积与油气勘探. 石油工业出版社, 1981.
- [5] 董宇. 皖北二叠系主要含煤段三角洲平原类型及其沉积构成. 煤炭学报, 1995, 20(1).
- [6] Oomkens E. Depositional sequences and sand distribution in the post-glacial Rhone delta Complex. In Deltaic Sedimentation Modern and Ancient (Ed. by J. P. Morgan and R. H. Shaver), Spec. Publ. Soc. econ. Palaeont. Miner., 15, Tulsa, 1970, 198—212.
- [7] 黄镇国,李平等. 珠江三角洲形成发育演变. 科学普及出版社广州分社, 1982.

Types, Characteristics and Significance of Distributary Channel Systems

Dong Yu and Lu Xiuqin

(Huainan Mining Institute, Huainan 232001)

Abstract

Based on genesis, distributary channel systems (DCS) are subdivided into river and tide-dominated DCS. Taking into consideration the internal sedimentary architecture of channel fill and sand distribution patterns or geometric structure of drainage systems, the former is further divided into sinuous, branched and anastomotic systems, and the latter

into tide- branched and tide- anastomotic DCS.

Controlled by physical factors of environment, DCS reveal a certain characteristics of geometric structure and fractal geometry. Fractal dimensions of five types of DCS are calculated by means of fractal geometry. Results show that there is self- similarity in a distributary channel system, and fractal dimensions calculated vary from 1. 046 to 1. 763. In general the sinuous has simple geometric structure and low fractal dimension that is below 1. 30; the anastomotic, the branched and the tide- anastomotic have complex geometric structures and high fractal dimensions that are above 1. 40. Fractal dimension of the tide- branched is between above tow groups. In low delta plain, fractal dimensions of DCS are closely related to physical parameters of environment, especially to the gradient of off- shore and average power of wave. Low fractal dimension corresponds to the great gradient of offshore and high average power of wave.

Since characteristics of DCS reflect environmental parameter, types of delta plains can be defined by types of DCS. The paper has defined five types of delta plains, including delta plains with sinuous, anastomotic, branched, tide- branched and tide- anastomotic distributaries. Delta plains of Rhone, Zhujiang and Mekong belong respectively to delta plain with sinuous, anastomotic and tide- branched distributaries.

At least five types of combination modes of delta plains are found type 1 delta plains with sinuous→ anastomotic→ branched distributaries; type 2 delta plains with sinuous→ branched distributaries; type 3 delta plains with sinuous→ tide- anastomotic distributaries; type 4 delta plains with sinuous→ tide- branched distributaries; type 5 delta plains with single sinuous distributaries. Type 1 is found in Permian Coal Measures of North Anhui. Mississippi delta plain is a typical example of type 2.

Key words distributary channel drainage system fractal geometry delta plain