

中国人海河口分类刍议

金元欢 沈焕庭 陈吉余

(华东师范大学河口海岸研究所, 上海)

提要 本文在回顾国内外各家河口分类基础上, 进一步从流域状况、河流情势、海洋情势和人为作用诸方面, 分析了影响河口形态及其冲淤演变的主要因子, 得到 3 个形态分类指标和 6 个水沙分类指标。运用模糊聚类分析方法进行综合定量分类, 得到中国河口的四个基本类型, 并首次提出潮径流量比 (QF/QR) 和潮径流输沙比 (SF/SR) 两指标作为各类河口的分类判别指标, 最后对分类指标作了初步验证, 且简述了各类河口的相互关系。

一、历史与现状

对于河口的分类, 最早可追溯到 19 世纪中叶的李戴尔, 他曾把河口分成具有汉道三

表 1 国外各家河口分类法比较

Tab.1 Classifications of the foreign estuaries

作者及年代	分类依据或原则	河口类型
И.В. Сатойчов, 1952	河口平面形态	1. 三角港河口 2. 三角洲河口
D.W. Pritchard, 1952	地形分类法	1. 沉溺河谷(海岸平原河口) 2. 峡湾 3. 砂坝河口 4. 其它: 如断层、地滑、火山喷发等产生的河口
D.W. Pritchard, 1955; Cameron & Pritchard, 1963	盐度结构分类法	1. A 型: 高度分层型河口 A ₁ : 盐水楔型 A ₂ : 峡湾型 2. B 型: 部分混合型(缓混合型)河口 3. 垂直均匀混合型河口 C 型: 侧向非均匀混合型河口 D 型: 侧向均匀(断面均匀)型河口
Daries, 1973; Hayes, 1975	潮差分类法	1. 弱潮河口: 大潮潮差 $\Delta H < 2$ 2. 中潮河口: 大潮潮差 $2m \leq \Delta H \leq 4m$ 3. 强潮河口: 大潮潮差 $\Delta H > 4m$
R.W. Fairbridge, 1980	自然地理学类型	1. 高度起伏河口, 如峡湾型 2. 中等起伏河口, 如里亚式 3. 低度起伏河口, 如海岸平原型河口、砂坝河口、隐蔽河口 4. 三角洲前沿河口 5. 复合河口, 如构造河口

收稿日期: 1987 年 3 月 16 日。

表 2 国内各家河口分类法比较
Tab. 2 Classifications of Chinese estuaries

作者及年代	分类依据或原则	河口类型
黄陆、葛志瑾 ^[4] , 1963	河口水流特性、泥沙动态、来源以及河口冲淤演变的主要因素	1. 强调海相河口, 如钱塘江河口等 2. 弱潮陆相河口, 如黄河口等 3. 潮源海相河口, 如黄浦江河口、射阳河口等 4. 陆海双相河口, 又可分两个亚类: 一是冲积平原上的河口, 如长江口、珠江口等; 一是与山区毗邻的河口, 如甌江口、闽江口等
王恺忱, 1980 ^[1]	海洋与河流两者力量强弱对比	
周志德、乔彭年, 1982 ^[2]	从河床演变学的角度出发, 根据形态与成因相结合的原则	I. 河口湾型河口: $a \leq 0.02$, $\rho_a < 0.4$ ^① , 如钱塘江口; II. 过渡型河口: $0.02 < a \leq 0.6$, $\rho_a < 0.4$, 如甌江口、射阳河口 III. 三角洲型河口, 又可分三个亚类: III ₁ . 三角洲-少淤型河口 $0.02 < a \leq 0.6$, $\rho_a > 0.4$, 如长江口、海河口 III ₂ . 三角洲-网状型河口 $a > 0.6$, $\rho_a < 0.4$, 如珠江口、韩江口 III ₃ . 三角洲-摆动型河口 $a > 0.6$, $\rho_a > 0.4$, 如黄河口

① a 为山潮水比值; ρ_a 为山水年平均含沙量, 单位: kg/m^3 。

三角洲河口和漏斗状河口两类。1938 年,舒金将河口分成三角洲和三角港两类。至 50 年代初,随着河口学理论体系的渐渐形成,对河口分类问题才有较深入的研究。50 年代以来,国内外主要河口分类法大致如表 1,2 所示。

上述河口分类法的主要不足是分类指标较单一,或缺少形态与水动力条件的有机结合,或缺少具体的判别指标及其对指标的验证。为此,需要选择适当的定量的分类指标,对河口进行更为合理的分类。

二、分类指标的选择

河口作为一个复杂的自然系统,其内部各个因子间是互相联系的,仅考虑一个因子,结果往往易产生偏颇。为体现分类的综合性,一般可选择多个指标,运用一定的统计方法来进行分类。

1. 水动力和泥沙指标的选择

由于河口处于河流与海洋的交接地带,影响河口过程的因子很多。但影响河口形态和河槽冲淤的主要因子,大致可归纳为流域状况、河流情势、海洋情势和人为作用以及其间的交互作用,各因子又含次一级的因子,其间又有复杂的交互作用,其大致如图 1 所示。

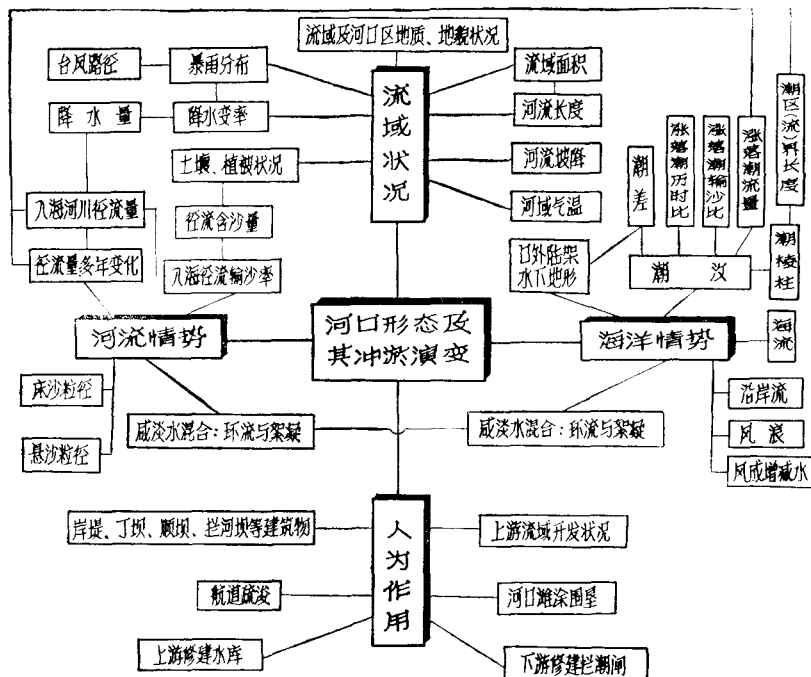


图 1 影响河口形态及其冲淤演变因子示意

Fig. 1 Sketch of factors influencing estuarine topography and its evolution

流域状况诸多因子中,对河口过程影响较大的主要有两个:一为流域内降水、植被、土壤等自然地理因子,它已较综合地反映在河流情势中;另一个是流域河口区的地质地貌状况(可称为边界条件),它也包括河口区河床底沙的平均粒径 (D_b),在某种程度上,它

主要控制了河口形态和水下地形影响水动力等要素的变化。边界条件对河口发育过程有重要作用,由于难以量化,故仅选择 D_b 作为分类指标。

河流情势主要反映在径流和泥沙两个方面。衡量河口入海径流量大小的基本指标是多年平均入海径流量 (QR), 它的特性可用丰、枯水径流量比值 ($QR_{\max \cdot a} / QR_{\min \cdot a}$) 及流量变幅 ($\frac{QR_{\max \cdot a} - QR_{\min \cdot a}}{QR}$) 来进一步描述; 河口多年平均入海输沙率 (SR), 可作为河口区内径流携带的泥沙数量的指标(仅指悬移质泥沙)。

海洋情势诸因素中,以潮汐作用最显著,它也反映在水、沙两个方面,相应地采用涨潮平均流量 (QF) 和涨潮平均输沙量 (SF)。另外,潮差 (ΔH) 也是一个常用指标。人为作用对河口的影响已愈来愈大,但也难以量化,故本文在分类时,基本只考虑河口的天然属性。

河口的基本特性往往取决于河海两者力量的强弱对比状况。为此,采用潮径流量比 (QF/QR) 来表示海河两者水动力的强弱对比; 用潮径流输沙比 (SF/SR) 来表示河口区海陆两向泥沙的动态与来源。

2. 河口平面形态指标的选择

一个河口的基本平面形态大致可从弯曲、分汊和展宽三个方面来描述。本文采用潮区界至口门间河道的实际长度 L_a 和相应的轴线长度 L 的比值, 作为河口河道的弯曲系数 λ , 即 $\lambda = L_a/L$ 。

分汊系数定义为: 若河口存在多级分汊, 以其各分汊点至口门的直线距离 l_i 之和 $\sum_{i=1}^n l_i$, 除以第一汊道分汊点至口门的直线距离 l , 得到分汊系数 θ , 即 $\theta = \sum_{i=1}^n l_i/l$, $\theta \geq 1$ 。

河口开始展宽一般有一个上界, 它应在河口的某一个节点处, 或在上游河道进入河口区内开始顺直并明显拓宽处。因此, 由于选择了较顺直段河口河道, 河口的展宽系数 $\pi = (B_0 - B_x)/L_x$ 。这里 B_0 为河口口门宽度, B_x 为展宽上界处的河宽, L_x 为两者间的实际距离。

3. 河口分类指标及其相互关系

通过上述分析, 可得到下列分类指标。

动力指标: $QF/QR, QR_{\max \cdot a} / QR_{\min \cdot a}$,

$$\frac{QR_{\max \cdot a} - QR_{\min \cdot a}}{QR}, \Delta H;$$

泥沙指标: $SF/SR, D_b$;

形态指标: λ, θ, π 。

表 3 给出了中国主要河口的一些基本指标。

三、中国河口的分类

1. 分类方法与类型

基于综合性的分类原则, 考虑到各个主要因子间的复杂关系, 本文采用模糊聚类分析

表 3 中国河口的基本指标

Tab.3 Basic classification indexes of Chinese estuaries

河名	多年平均入海 径流量 $QR(m^3/s)$	涨潮平均流量 $QF(m^3/s)$	多年平均入 海输沙量 $SR(kg/s)$	涨潮平均输 沙量 $SF(kg/s)$	$\frac{QF}{QR}$	$\frac{SF}{SR}$	河口展览 系数	河口平均 潮差 (m)	
钱塘江	988	188 500	192.66	725 725.0	190.79	3 766.80	0.583	5.35	
飞云江	75	6 871.3	13.01	15 057.85	91.62	1 159.00	0.480	4.25	
鳌江	17.5	1 470	2.31	10 300.0	84.00	4 468.50	0.386	4.16	
椒江	永宁江	13.1	1 366	1.18	1 727.87	78.24	1 464.79	0.472	3.95
	灵江	122	7 171.7	26.11	30 192.8	58.78	1 156.46	0.472	4.01
瓯江	457	18 574.2	73.58	27 311.0	40.64	371.19	0.223	4.51	
榕江	198.2	3 978.8	52.26	10 479.6	20.07	162.49	0.044	1.01	
灌河	110.9	2 182.4	22.19	2 532.0	19.66	114.10	0.240	2.80	
甬江	90.7	1 600	7.93	1 249.25	17.64	157.50	0.040	1.58	
大辽河	218	3 745.3	54.30	1 600.22	17.18	29.47	0.220	2.68	
新洋港	95	1 204	9.55	768.49	12.67	80.47	0.200	2.08	
小清河	29.5	361.1	26.52	360.67	12.24	13.60	0.054	1.96	
马颊河	7.7	86	2.22	147.14	11.18	66.75	0.015	1.67	
射阳河	97	1 060	9.74	450.57	10.92	46.26	0.210	2.08	
辽河	133.5	1 345.7	855.00	11 441.80	10.08	13.38	0.205	2.35	
曹娥江	88.9	858.5	27.03	7 215.0	9.66	266.90	0.121	1.06	
长江	29 400	266 300	15 464.40	243 664.0	9.05	15.76	0.180	2.67	
闽江	1 713	14 123	234.00	4 236.9	8.24	18.11	0.003	4.50	
鸭绿江	1 100	9 820	64.49	1 895.4	8.93	28.39	0.004	4.60	
大沽河	26.8	174.0	60.66	212.30	6.48	3.49	0.050	2.63	
黄浦江	420	2 700	42.00	2 997.0	6.42	71.36	0.140	2.27	
海河	310.7	1 409	190.00	1 406.0	4.53	7.40	0.114	2.15	
珠江	东江	814	1 920	109.89	280.32	2.35	2.55	0.080	1.69
	西北江	8 680	21 640	2 409.90	2 510.80	2.49	1.04	0.050	1.05
韩江	787	930	228.00	557.70	1.18	2.45	0.013	1.06	
黄河	1 370	575	34 900	174.50	0.42	0.005	0.008	1.02	

方法,探讨中国河口的分类问题。

(1) 模糊聚类谱系图 根据模糊聚类分析的基本原理^[3], 本文选取前述九个分类指标, 经过适当调试后, 得到中国河口的模糊聚类谱系图(图 2)。

由图 2 可以看出, 钱塘江口、瓯江口及飞云江口等几个河口的相关性较好, 组成一类, 明显地区别于其它河口, 这显然是反映了这些河口具有潮差大、混合强、径流小及喇叭状外形的基本特点; 珠江口与韩江口亦以其极好的相关性另成一类, 这是由其具有的潮径流特性及特有的河网状河口汉道体系所决定的; 性质独特的黄河口, 与其它所有河口均有较大的差异而单独成类, 这与它特有的水少沙丰、河口汉道频繁摆动等性质分不开的。除此之外的其它河口, 大致可归成一大类, 但其内部尚有分异, 如射阳河口、黄浦江口等一些河口相关较好, 基本反映了它们所具有的平原湖源河口特性; 小清河口、马颊河口和徒骇河口, 虽资料不太全, 但初步计算后, 其与灌河口性质比较相近; 大辽河口、海河口和长江口等一些河口, 基本反映了中等的潮汐强度和较丰的径流特性, 属平原性河口; 而鸭绿江口、闽江口等则属于山溪性河口, 且具有较丰的径流量。

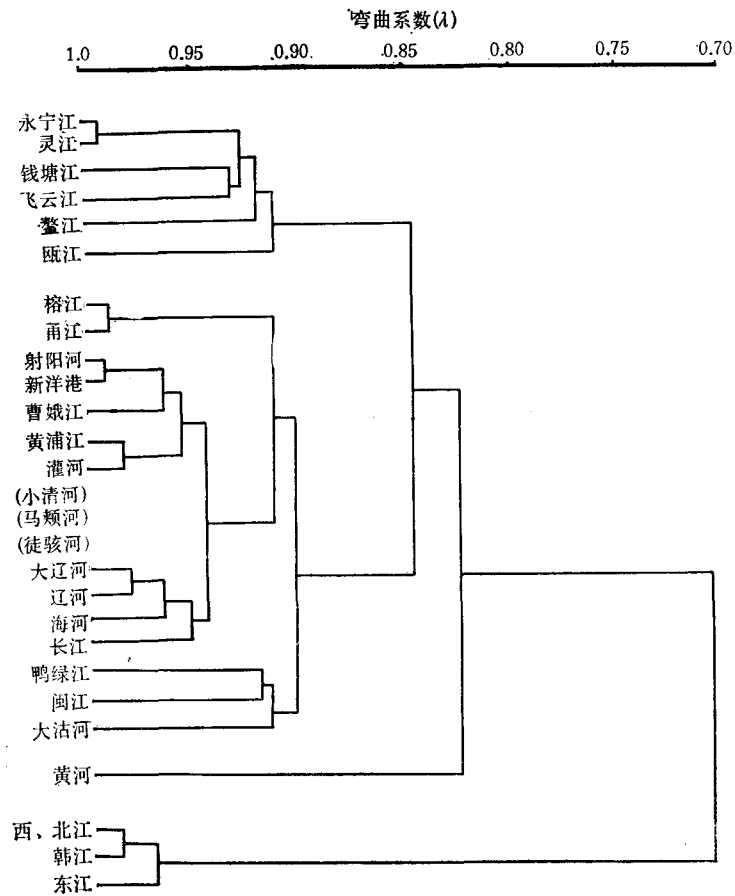


图2 中国河口的模糊聚类谱系

Fig.2 Fuzzy cluster analytical diagram of Chinese estuaries

(2) 中国河口的类型 在模糊聚类谱系图上,若取 $\lambda = 0.87$, 可得到中国河口的四个基本类型,再选取适当的 λ 值,并考虑河口平面形态特性,可进一步划分亚类。这样初步得到中国河口的分类方案(表 4)。

模糊聚类分析的结果,体现了分类所依据的各个河口的九个指标间的相关程度。从钱塘江口型河口依次过渡到黄河口型河口,反映了径流作用逐渐增强,潮汐作用逐渐减弱,河口盐淡水混合类型从强混合变为缓混合型到高度分层型,河口平面形态也由单一的喇叭状向弯曲、分汊、河网及游荡性过渡。

河口类型具体命名时,主要依据河口的盐淡水混合类型、泥沙动态和平面形态三个方面。河口的盐淡水混合类型、泥沙动态与基本形态,大致可从其 QF/QR , SF/SR 和 λ , θ , π 等指标中得到反映: QF/QR 值大于 35 时,河口盐淡水呈强混合型,如钱塘江口型河口; QF/QR 值为 5—35 时,呈缓混合型,如过渡型河口; QF/QR 值为 1—5,一般呈缓混合型或分层型,如珠江口型河口; QF/QR 值小于 1 时,一般属高度分层型,如黄河口型河口。当然,河口盐淡水混合还受到河口地形等其它诸多因子的影响, QF/QR 则是

表 4 中国河口分类方案

Tab. 4 Comprehensive classification of the Chinese estuaries

河口类型及名称		基本特征			具体河口举例
		QF/QR	SF/SR	主要平面形态特征	
I. 钱塘江口型	强混合海相喇叭型 (CM 喇叭型)	>35	>300	表现河口展宽成喇叭型, 展宽系数一般 >0.2	钱塘江口 椒江口 { 永宁江 灵江 甌江口 飞云江口 鳌江口等
II. 过渡型	II ₁ 射阳河口型	$5-35$	$50-300$	当弯曲系数 >1.4 时, 表现为弯曲型(河曲型)	射阳河口、新洋港口、黄浦江口、曹娥江口、榕江口、甬江口等
	II ₂ 长江口型			当弯曲系数稳定在 1.2 左右, 为微弯型	灌河口、马颊河口、徒骇河口、小清河口等
	缓混合海陆双向分汉型 (BM-R 分汉型)	$5-50$		表现为单股或分汉河口, 分汉系数在 1-4 之间	长江口、辽河口、大辽河口、海河口、鸭绿江口、闽江口、大沽河口等
III. 珠江口型	缓混合陆相为主河网型 (BR _d 河网型)	$1-5$	$1-5$	表现为汉道众多的河网型, 分汉系数一般 >4	
IV. 黄河口型	高度分层陆相游荡型 (AR 游荡型)	<1	<1	表现为单股游荡性河口河道, 一般以一条入海河道为主, 余则衰亡	黄河口等

其主要的因子之一。上述分析结果与分层-环流图上得到的中国河口的混合类型是基本一致的(图 3)。

河口泥沙动态主要取决于 SF/SR 值的大小: 当 SF/SR 值大于 300 时, 河口泥沙以海域来沙占绝对优势, 如钱塘江口型河口; SF/SR 值为 50—300, 以海域来沙为主, 径流来沙较少, 如射阳河口型河口; SF/SR 值为 5—50, 海陆双向来沙都有相当数量, 如长江口型河口; SF/SR 值为 1—5, 以径流来沙为主, 海域来沙为次, 如珠江口型河口; SF/SR 值小于 1 时, 径流来沙占绝对优势, 如黄河口型河口。

河口平面形态, 一般依据其主要的形态特征。当 $\pi > 0.2$ 时, 河口呈喇叭状展宽, 如钱塘江口型河口; $\lambda = 1.2$ 左右时, 河口河道呈顺直微弯状, 如灌河口等; $\theta > 1$ 时, 河口开始分汉; $\theta > 4$ 时, 河口汉道体系呈网状, 如珠江口、韩江口等; 河口河道横向摆动频繁, 则称其为游荡性河口, 如黄河口等。

2. 分类判别指标及其初步验证

本文从实用性的角度出发, 考虑到指标间的主次关系, 初拟用下列分类判别指标来判别中国河口的基本类型。

I. 钱塘江口型 (CM 喇叭型) $QF/QR \geq 35, SF/SR \geq 300$ 。

II. 过渡型 $5 \leq QF/QR < 35$, 又可分成两个亚类:

II₁. 射阳河口型 (BM_d 弯曲型) $50 \leq SF/SR < 300$;

II₂. 长江口型 (BM-R 分汉型) $5 \leq SF/SR < 50$ 。

III. 珠江口型 (BR_d 河网型) $1 < QF/QR < 5, 1 < SF/SR < 5$ 。

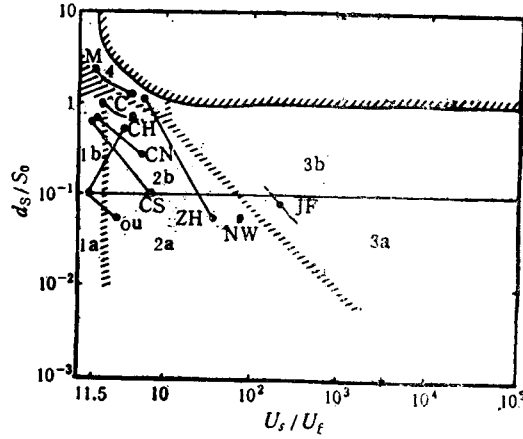


图 3 分层-环流图上中国河口的混合类型

Fig.3 Mixing types of Chinese estuaries in the stratification-circulation diagram (据 Hansea and Rattray Jr., 1966)

CS 长江南槽；CN 长江北槽；CH 长江北港；ou 瓯江；ZH 珠江；M Mississippi 河口；NW Mersey 河口；JF Juan de Fuca 海峡；C Columbia 河口；1a 轻微分层且侧向均匀混合型河口；1b 明显分层型河口；2a 和 2b 型为部分混合型河口，表示水流净流向某层出现逆转；3a 和 3b 型为峡湾型河口，盐量基本上靠平流输送；4 型为高度分层，

盐水楔型河口； $\frac{d_s}{S_0}$ 为分层参数， $\frac{U_s}{U_f}$ 为环流参数。

IV. 黄河口型 (AR 游荡型) $QF/QR \leq 1, SF/SR \leq 1$ 。

根据以上分类判别指标，用一些已知类型的国外河口资料，对其作了初步验证 (表 5)。结果与实际情况十分相符。

表 5 国外河口分类判别指标的验证

Tab. 5 Verification of the classification discriminant indexes of foreign estuaries

河名	QF/QR	平面形态	已知类型	本文所归类型
默西河	324.5	喇叭状	河口湾型	CM 喇叭型
泰晤士河	321.1	喇叭状	河口湾型	CM 喇叭型
塞纳河	120.6	喇叭状	河口湾型	CM 喇叭型
韦沙河	55.2	喇叭状	河口湾型	CM 喇叭型
呼格里河	34.3	—	三角洲型	过渡型
勃尔巴斯河	8.61	—	三角洲-少汉型	过渡型
德麦拉拉河	19.36	—	—	过渡型
密西西比河	<1.04	摆动型	三角洲-摆动型	AR 游荡型

某些河口，虽缺少一定的水沙资料，但有潮差资料或多年径流量资料，这样可结合河口平面形态指标，就能大致求得其所属于的河口类型。具体可采用下列分类判别指标：

- I. 钱塘江口型 (CM 喇叭型) $\Delta H > 4m, \pi > 0.2$;
- II. 过渡型 (BM_d 弯曲型或 BM-R 分汉型)，不属于 I, III, IV 型的其它河口；
- III. 珠江口型 (BR_d 河网型) $\Delta H < 2m, \theta > 4$;
- IV. 黄河口型 (AR 游荡型) $\Delta H < 2m, QR_{max \cdot a} / QR_{min \cdot a} > 7$ 。

运用上述分类判别指标对滦河口等一些资料较少的中国河口,可作如下归类(表6)。

表6 一些中国河口的基本指标及其归类

Tab. 6 Basic classification indexes and types of some Chinese estuaries

河口名称	河口平均潮差 $\Delta H(m)$	丰、枯水年径流比值 $QR_{max.a}/QR_{min.a}$	形态指标	本文归类
滦河口	1.36	7.97	游荡性河口	IV. 黄河口型
弥河口	<4	3.25	分汊系数<4	II. 过渡型
五龙河口	<4	—	分汊系数<4	II. 过渡型
晋江口	4.5	1.64	展宽系数>0.2	I. 钱塘江口型
谭江(崖门)	1.2	2.92	分汊系数<4	II. 过渡型
漠阳江口	<2	2.71	分汊系数<4	II. 过渡型
南流江口	<2	4.62	分汊系数<4	II. 过渡型

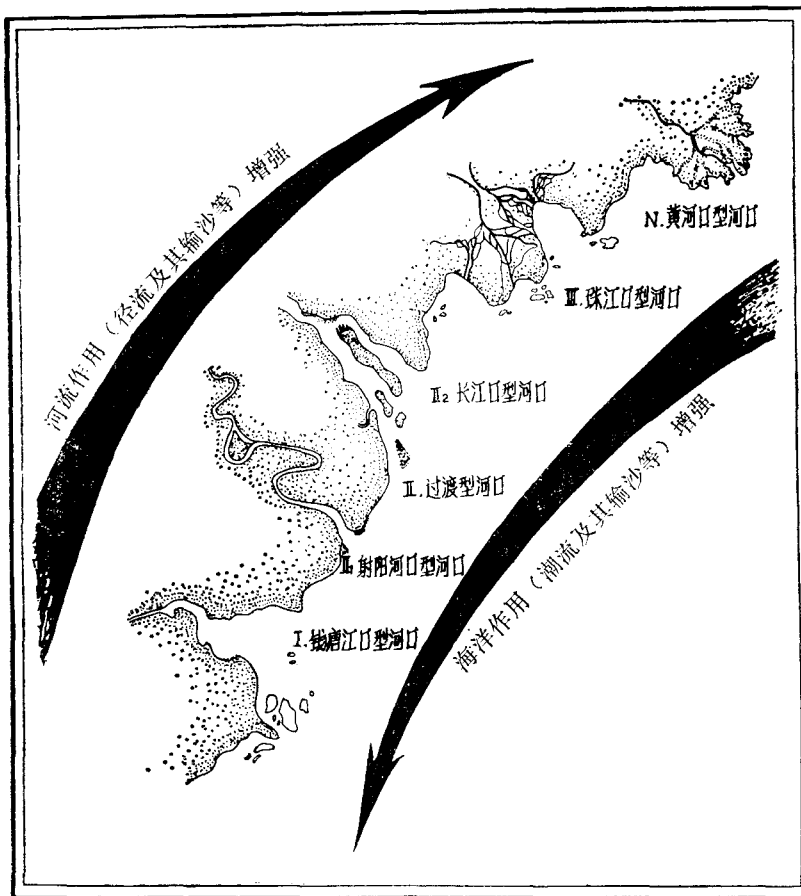


图4 河口与海洋作用的相对变化对河口类型的影响

Fig.4 Effect of relative change between fluvial and marine actions on estuarine types

3. 各类河口间的相互关系

各类河口的划分不是绝对的,这一点可以从模糊聚类谱系图上得到反映(图2),只要

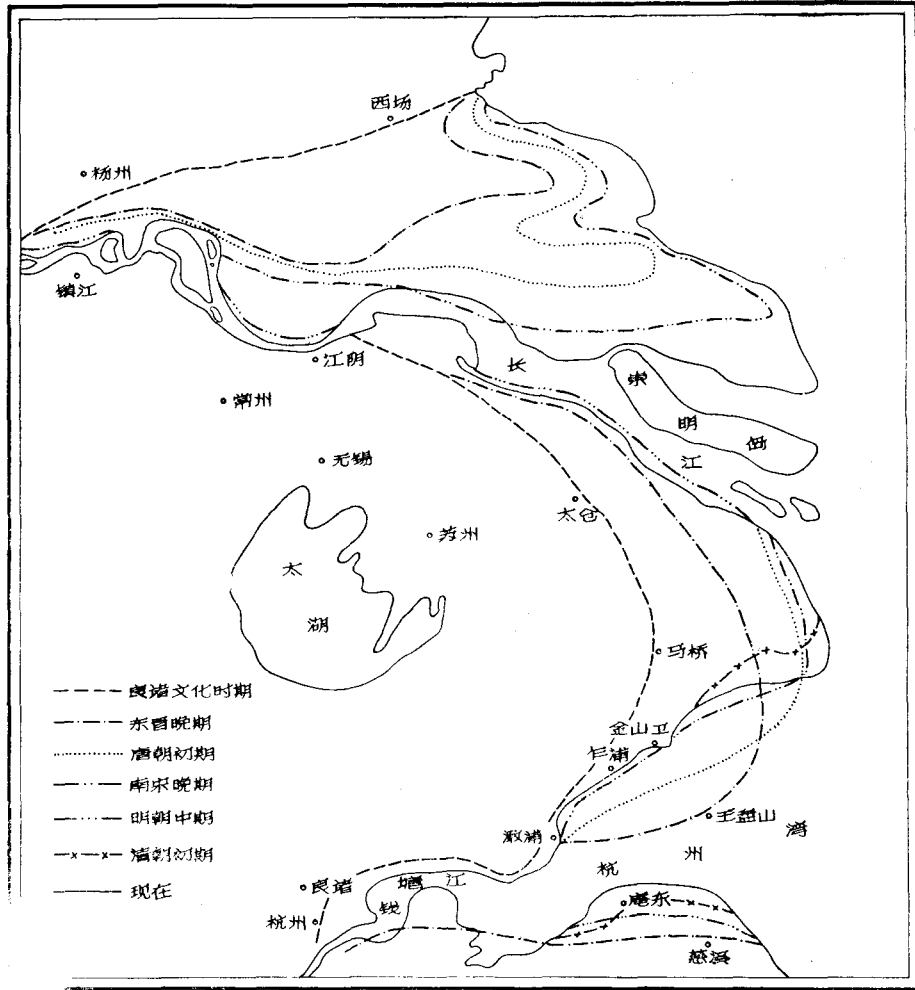


图 5 长江口与钱塘江口历史演变

Fig. 5 Historical evolution of Changjiang River and Qiantang River estuaries

截取不同的 λ 值,河口类型的划分也随之而变。若把钱塘江口作为强潮海相河口的典型,将黄河口视为弱潮陆相河口的代表,那么,中国的其它河口的性质只是介于这两个河口之间。换句话说,从河口发育演化的时间序列来看,每类河口可视为河口发育的某一阶段,它可以随着水沙等条件的变化,进一步发育成另一个阶段即另一类型。因此,各个河口虽自有特性(当 $\lambda = 1.0$ 时,每个河口可各自成类),但其间也有不同程度的相关关系。同样,各类河口虽有共性,它们之间仍有疏密关系。划分河口类型,依据的是河口水动力、泥沙及形态等指标,而当河海作用两者之间的力量对比发生变化时,即可引起上述指标的变化,河口类型随之也有相应的变化。图 4 较形象地表示了河海作用相对变化和河口类型的关系。河口类型的转化条件,并非仅仅就是动力与泥沙条件的改变,但动力与泥沙条件的改变,显然能对河口类型的改变起很大作用。

据有关资料可知,在距今 6 000 年以前的冰后期高海面时,几乎所有河口均是喇叭状

的沉溺河谷,而今则发育成各种类型的河口,这显然是与各个河口的水沙条件不同有很大关系。如钱塘江口与长江口,据考证,至少在距今 2 000 年前还是喇叭状的河口湾。当时,长江口北起小洋口附近,南至王盘山附近,口门宽达 180km,而今则已束窄为 90km,并发育成典型的分汊型河口;而钱塘江口则相反得到进一步拓宽,发育成为现在的典型喇叭状河口。究其原因,显然与长江口和钱塘江口的动力、泥沙特性密切相关。长江口水丰沙巨($QR = 29\ 400\text{m}^3/\text{s}$, $SR_t = 4.68$ 亿吨; $QF = 266\ 300\text{m}^3/\text{s}$, $SF_t = 34.58$ 亿吨),在口门附近潮径流相汇消能而使泥沙淤落下来渐成沙岛,受科氏力等因素的影响,使沙岛不断地向北岸靠并,结果使长江口相应地向东南方向伸展并束窄,最终发育成现状;而钱塘江口径流水清、沙少($QR = 988\text{m}^3/\text{s}$, $SR_t = 0.89$ 亿吨,包括下游浦阳江、曹娥江、天目溪等支流),涨潮流则量大、沙多($QF = 188\ 500\text{m}^3/\text{s}$, $SF_t = 108.08$ 亿吨),可见潮流作用远远大于径流作用,河口受潮流作用控制,泥沙以海域来沙占绝对优势。因此,在长江口北岸淤长,河口束窄并向东南方向伸展时,作为钱塘江口外海滨的杭州湾,其北岸则不断崩塌后退,河口展宽并向东北方向偏转(图 5),还发育了口内沙坎,形成宽浅河槽,成为典型的喇叭状河口。

参 考 文 献

- [1] 王恺忱,1982。潮汐河口的分类探讨。1980 年全国海岸带和海涂资源综合调查、海岸工程学术会议论文集。海洋出版社,113—117 页。
- [2] 周志德、乔彭年,1982。潮汐河口分类的探讨。泥沙研究 2: 52—59。
- [3] 贺仲雄,1983。模糊数学及其应用。天津科学技术出版社,152—187 页。
- [4] 黄胜、葛志瑾,1963。潮汐河口类型商榷。研究报告汇编 1958—1962 (第 29 号,河港研究第二分册)。南京水利科学研究所,1—15 页。
- [5] 萨莫依洛夫,1958。河口演变过程的理论及其研究方法(中译本),谢金赞等译。科学出版社,1—50 页。
- [6] Dyer, K. R., 1977. A Physical Introduction. Estuaries, ed., by John Wiley & Sons, pp. 4—17.
- [7] Olausson, E. and I. Cato, 1980. Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries, ed., by John Wiley & Sons, pp. 1—35.
- [8] Pritchard, D. W., 1967. What is an estuary: Physical viewpoint. In: Estuaries, Ed., by G. F. Lauff. American Association for the Advancement of Science, pp. 3—5.

CLASSIFICATION OF ESTUARIES IN CHINA

Jin Yuanhuan, Shen Huanting and Chen JiYu

(East China Normal University, Shanghai)

ABSTRACT

By analysing the main factors influencing the deformation, erosion-accumulation and evolution of an estuary and by using the method of fuzzy cluster analysis on the data collected from estuaries of 27 main rivers in China, this paper classifies the estuaries of China into four basic types in accordance with the comprehensive classification principle which treats an estuary as a complex physiographic system including estuarine hydraulic behaviour, sediments concentration and sources and plane feature.

I. Qiantang River Estuary type (CM funnel-shaped type): laterally inhomogeneous, sedim-

ent from the sea.

II. Transitional estuary type: which can be divided into two sub-types;

II₁. Sheyang River Estuary type (*BM_a* meander type): partially mixed, sediment supplied from the sea dominantly;

II₂. Changjiang River Estuary type (*BM-R* branchy type): partially mixed, sediment from both the sea and land.

III. Zhujiang River Estuary type (*BR_a* network type): partially mixed, sediment from land dominantly.

IV. Huanghe River Estuary type (*AR* wandering type): highly stratified, sediment supplied from land.

From the hydraulic and the mixing behaviours of saltwater and freshwater, sediment sources and plane feature of an estuary, this paper analyses the basic characteristics of the estuarine types mentioned above and presents the classification indexes of the four types:

I. Qiantang River Estuary type: $QF/QR \geq 35$, $SF/SR \geq 300$.

II. Transitional Estuary type: $5 \leq QF/QR < 35$.

II₁. Sheyang River Estuary type: $50 \leq SF/SR < 300$;

II₂. Changjiang River Estuary type: $5 < SF/SR < 50$.

III. Zhujiang River Estuary type: $1 < QF/QR < 5$, $1 < SF/SR < 5$.

IV. Huanghe River Estuary type: $QF/QR \leq 1$, $SF/SR \leq 1$.

Here QF/QR is the ratio of the mean flood tidal discharge (QF) to the mean river discharge into the sea (QR); SF/SR is the ratio of the rate of the mean flood tidal sediment transportation (SF) to the rate of the mean river sediment transportation (SR).

The present paper suggests that the tidal range and plane feature of an estuary are the primary classification indexes for lack of such basic data as QR , QF , SR , SF etc. The indexes are verified and applied preliminarily to some estuaries in China and abroad. The results are satisfactory.

Finally, this paper also points out the relation among the various types of the estuaries and their transformations caused by the changes of the estuarine hydraulic behaviour and sediment sources.