

管 理 专 业 教 材

港口与航道工程

李学聃 褚广成 胡世英编

上 海 海 运 学 院

一九八五年七月

管 理 专 业 教 材

港 口 与 航 道 工 程

李学聃 褚广成 胡世英编

上 海 海 运 学 院

1985年7月

前 言

我国现代水运事业的开发方兴未艾，众所周知，港口与航道工程在这一开发事业中具有十分重要的地位。因此，它成为一切从事水运管理工作的高级专门人才所应有的知识链中必不可少的环节。这样，《港口与航道工程》就成为水运管理专业教学中的一本重要教材。

本教材是在参考了建国以来我院曾采用的历届教材、吸收了多届毕业于水运管理专业的校友的意见，并经过近几年新编教材的试用修改后编写而成。港口与航道工程的内容极为丰富，但从水运管理类专业教学的实际需要出发，本教材在编写中，一是注意其必备性，二是注意与其他专业课程的相关性。

本教材共分八章，第一、二、三章由褚广成编写，第四、七、八章由胡世英编写，第五第六章由李学聘编写，全书由李学聘总编。

鉴于港航工程内容浩瀚，编写人员水平有限，本教材内容取舍难免失当。欢迎使用本教材的读者，对其中的错误与不足，提出批评指正，以便今后进一步修改补充。

水运管理系港口与航道教研室

一九八五年七月

目 录

第一章	河流	(1)
第一节	河流的一般知识.....	(1)
第二节	河口.....	(12)
第三节	优良河段.....	(19)
第二章	航道	(21)
第一节	概述.....	(21)
第二节	内河航道的航行条件.....	(22)
第三节	通航运河.....	(32)
第四节	航道规划.....	(36)
第三章	航道工程	(38)
第一节	整治工程.....	(38)
第二节	疏浚工程.....	(52)
第三节	渠化工程与流量调节.....	(57)
第四节	航道上的通航建筑物.....	(66)
第五节	航标.....	(75)
第四章	港口工程设施的使用条件及自然环境	(83)
第一节	现代港口的功能及其对港口工程设施提出的要求.....	(83)
第二节	港口接纳的运输船舶.....	(85)
第三节	港口及其工程设施的自然环境.....	(87)
第四节	港口自然环境的污染.....	(114)
第五节	港口的工程与环境分类.....	(120)
第五章	港口水工建筑物	(121)
第一节	水工建筑材料.....	(121)
第二节	码头建筑.....	(131)
第三节	防波堤.....	(155)
第四节	护岸建筑物.....	(160)
第六章	港口库场、道路及其他设施	(163)
第一节	仓库建筑.....	(163)
第二节	货场.....	(170)
第三节	港口道路.....	(172)
第四节	轨道建筑.....	(172)
第五节	港口辅助房屋.....	(173)
第六节	港区给、排水与供电.....	(174)
第七章	港口规划与港址选择	(175)
第一节	港口开发建设的程序.....	(175)

第二节 港口规划的主要内容与方法..... (179)

第三节 港址选择..... (188)

第八章 港口的总体设计..... (198)

第一节 港口总体设计的基本内容..... (198)

第二节 港口主要规模的确定..... (199)

第三节 港口水域各项主要工程设施的规模与布置..... (212)

第四节 港口陆域各项主要工程设施的规模与布置..... (228)

第五节 水上客运设施的规模与布置..... (244)

第六节 港口整体模型试验与港口总平面图..... (248)

附主要参考书刊文献种类表

第一章 河流

第一节 河流的一般知识

河流是指陆地表面上容泄水流的凹槽。每条河流都应具有二个要素：一是经常不断流动着的水，二是容纳流水的凹槽。河中水流淹没河底的部分称为河床。河水有涨有落，在洪水以下的称洪水河床，在枯水位以下的称枯水河床或低水河床。介于二者或者在平均水位以下的称中水河床。一般较大河流沿河长按其不同自然特性可分为河源、上游、中游、下游和河口五部分。

河源是河流的起点，即河流最初具有地表水流形态的地方，冰川、泉水、沼泽和湖泊都可成为河流的源头。如长江的河源发生在唐古拉山主峰、各拉丹冬雪山西南侧，姜根迪如南支冰川源头分水岭的起始点。松花江发源于火山口形成的天池。

河流的上游是指接近河源的河段，如长江在宜昌南津关以上称为上游。沿河多高山峡谷，河床比降陡，水流湍急，航行困难。

河流的中游多在丘陵地区，河床比降较上游平缓，流速也较上游小，河床上有沉积，也有冲刷，河道经常改变方向，迂回曲折，这就是中游河段。如长江在南津关以下至江西境内湖口为中游河段。

河流进入广阔的冲积平原地区，接近河口的一段就是下游河段。河底纵坡更加平缓，流速小，河床较宽，多泥沙淤积，河道曲折很多，有汉道、沙洲和浅滩，河岸较低，如长江从湖口以下至河口为下游河段。

河流的终点称为河口。大的河流入海，小的河流入湖或流入其他河流，也有的河流消失在沙漠中，这样的河口不明显也不固定。

河流的特征是以流域面积，河流的长度、宽度、深度，落差，比降，河床的纵断面的特性，横断面(过水断面)的面积，以及水位、流速、流量和含沙量来表示的。

根据地形的特点，河流可分为山区河流和平原河流两大类型。对于较大的河流，其上游多为山区河流，而其下游多为平原河流，而位于上游段和下游段之间的中游段，则往往兼有山区河流和平原河流的特性。对于较小的河流，可能整个河段(上、中、下游)均位于山区或均位于平原区。

山区河流和平原河流由于所处的自然地理、地质地貌和气象条件的不同，其形成过程显然不同，一般特性及演变规律也各有自己的特点

一、山区河流的一般特性

山区河流，一般都是沿着山谷走向决定其流向，由于山区地形复杂，河床是不规则的，河岸是曲折的，这是因为山区河流的平面形态除受地质构造和岩石性质的影响外，还受水流侵蚀作用的影响，不论是水流对河床的动力磨损作用，还是侵蚀作用，两者都进行得极为缓

慢，而山区河流的河床就是这样在漫长的历史过程中，由于水流不断纵向切割和横向拓宽而逐步发展形成的。

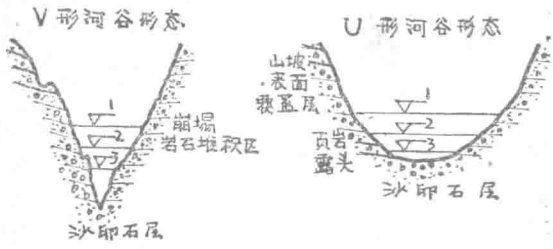


图 1-1 河谷断面形态图
1—洪水位；2—中水位，3—枯水位

山区河流在发育过程中，一般均以下切为主，因此使河谷横断面往往呈“V”字形或“U”字形，如图1—1所示。两岸谷坡陡峻，坡面成直线形或曲线形，谷底与谷坡之间无明显界限，中水河床和枯水河床之间无明显界线。

由于山区坡面陡峻、岩石裸露、径流系数大、汇流时间短，因而山区河流洪水猛涨猛落是重要的水文特点。山区河流一般洪水

持续时间不长，无明显的中水期，而且洪、枯水期有时也难以截然划分，洪水期久晴不雨，也可能出现枯水；反之，枯水期如遇大雨，也可能出现洪水。如图1—2所示，为某山区河流的水位过程线图。

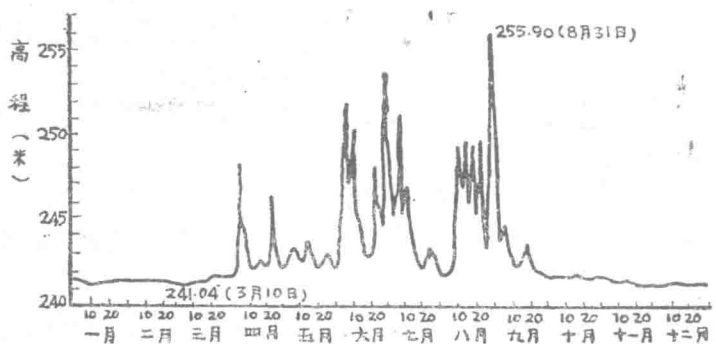


图 1-2 山区河流水位过程线

受地理及气象条件影响，山区河流的流量与水位变幅极大，最大流量与最小流量之比值可达几百倍。洪枯水位差可达数十米。

山区河流水面比降一般都是比较大的，绝大多数都超过1%。与比降大相应的山区河流流速一般都比较大，通常都在2米/秒以上。流速沿程变化也较大，在某些急流河段，流速高达7~8米/秒以上，而在一些缓流河段上，流速也有小于1米/秒的。此外，由于河床上存在着急弯、石梁、卡口等局部障碍物，这些地方往往产生较大的横比降，引起较强的横流，对航行威胁很大。由于河床形态极不规则，山区河流流态十分紊乱，常有回流、泡水、漩涡、跌水、水跃、横流等出现，流象极为险恶。

山区河流的含沙量视地区而异。在岩石风化不严重和植被较好的地区，含沙量较小。相反，在岩石风化严重和植被甚差的地区，不但含沙量大，而且在山洪暴发时甚至能形成含沙浓度极大并携带大量石块的泥石流。

山区河流河床多为基岩构成，仅在宽谷段有局部淤积的物质，多系块石或卵石。因颗粒较粗，只有在较大洪水时才能起动，加上流速沿程变化不连续性，因而推移质运动具有间歇性。枯水时淤积的物质自宽谷段搬到狭谷段，并在那里堆积起来，到下次洪水，又自狭谷段搬到下一个宽谷段去，从而产生以年为周期的冲淤变化。有时，大水年淤积下来的泥沙量较

多，在汛期不能全部被冲走，一直要等到下一个大水年才能完全冲去，从而使河床产生以多年为周期的冲淤变化。宽谷处大洪水时主流仍有一定摆动，甚至有裁弯现象。

此外，山区河流还常常由于某些特殊的外部因素的突然作用，使河床产生剧烈的冲淤变形。例如，由地震、山崩、滑坡等地质作用，能在极短时期内将大量物质推入河中，堵塞河槽，在上下游形成壅水和跌水，剧烈地改变了上下游水流情况，从而引起河床的急剧变形。又如山洪暴发时，从支流溪沟冲出强大的泥石流，挟带大量泥沙石块，堆积在沟口，形成冲积扇，挤压主流流路，从而引起河床剧烈的变化。

二.平原河流的一般特性

平原河流流经地势平坦、土质疏松的平原地区。降雨后径流系数小、汇流时间长、洪水的起涨和回落都比较平缓、持续的时间也比较长。流量的变幅和水位的变幅都比较小，流量在年内分配比较均匀，有稳定的中水期。

平原河流的来沙主要是流域表面的土壤侵蚀。一年中的沙量，大部分集中在汛期几个月内，特别是来自几次较大的洪水过程。对不同年份而言，一般水量较丰的年份带来的沙量也较大。图1—3是典型的平原河流流量及含沙量过程线。

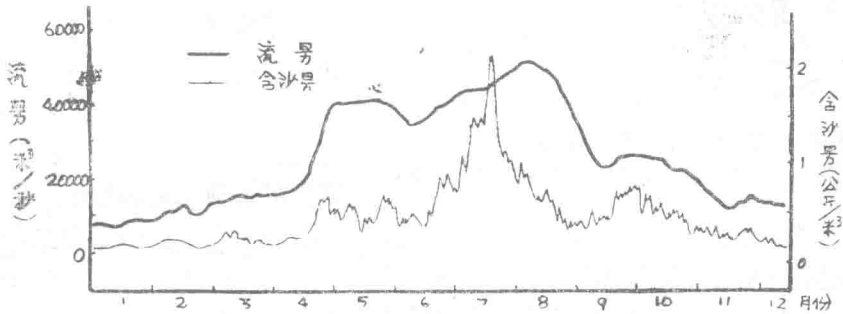


图1-3 平原河流的流量及含沙量过程线（长江大通站）

在平原河流的形成过程中，水流的堆积作用占有极其重要的作用。在水流的堆积作用下，在河谷形成了深厚的冲积层，水流就在自身堆积的冲积层中流过，塑造自己的河床形态。平原河流的冲积层一般都比较厚，往往深达数十米甚至数百米以上。平原河流横断面形态如图1—4所示。其显著特点为具有宽广的河漫滩。河漫滩在洪水时被淹没，而中枯水时，则露出水面以上。洪水漫滩后，由于过水断面增大，流速降低，泥沙首先沿主槽（中水河槽）岸边落淤，随着水流向下游及河漫滩边缘地带流动，淤积的泥沙数量便逐渐减少，粒径也逐渐

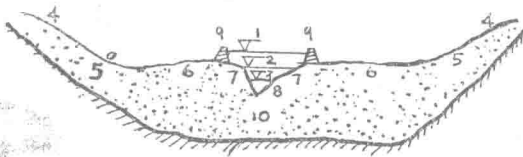


图1-4 平原河流的河谷形态

1、2、3—洪水、中水、枯水位；4—谷坡；5—谷坡与谷底交界处（坡脚）；6—河漫滩；7—冲积层；8—边滩；9—堤防；10—冲积层；11—原生基岩。

变细。经过漫长的年代，沿主槽两岸泥沙淤积而形成较高的自然堤，河漫滩边缘地带则形成一些湖泊洼地，使河漫滩具有明显的横比降。同时，河漫滩的纵比降也较主槽水流的平均比降为大。在天然河流的上游段，滩唇往往高出枯水位数

米，而在下游段，则几乎与枯水位齐平。

河漫滩和人类生活的关系极为密切。河漫滩由于土壤肥沃，交通便利，很早以来人们就加以开发利用。一般都采用修筑堤防的办法来防止洪水漫溢，使河漫滩成为居住生活的场所和工农业建设的基地。

中水位以下的河流主槽中，在水流与河床不断相互作用下，常形成一系列泥沙堆积体，如图1—5所示。该图示广东东江某段河道，图中成交错状态分布在两岸的沙滩称为边滩。这些边滩中水时被淹没，只在枯水时才露出水面。上下两边滩之间往往有沙埂分布，沙埂上水深较浅，当不能满足通航要求时，称为浅滩。沙滩不断向下游延伸，由此形成的伸入江中的狭长部分，称为沙嘴。位于江心的沙滩，低于中水位以下的称为江心滩，高于中水位以上的称为江心洲。这些沙滩，统称为泥沙成型堆积体。它们在水流作用下，不断运动变化，相应地使得整个河床也处于不断运动变化之中。

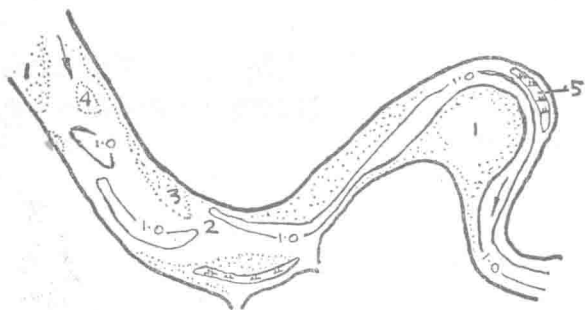


图1—5 河道中泥沙成型堆积体
1—边滩；2—浅滩；3—沙咀；4—江心滩；5—江心洲；

平原河流的纵剖面多为下凹的曲线，纵剖面上没有显著的台阶状的变化，但由于水流与河床相互作用，常出现波浪形的起伏状态，沿程深槽与浅槽相间。如图1—6所示。

平原河流由于河床纵坡平缓，水面比降也比较小，一般均在1%以下，甚至有不到万分之一的。水面比降沿程分布也比较均匀，只有在较大支流、湖泊入汇处或河床局部地形急剧变化处，水面比降才会有明显变化。

由于水面比降较小，水流平均流速也不大，一般均在2~3米/秒以下。平均流速沿程变化也比较和缓。水流的流态也比较平稳，一般情况下没有跌水、水跃等流态，在一些局部地区会出现回流横流等流态，但速度通常都不大。

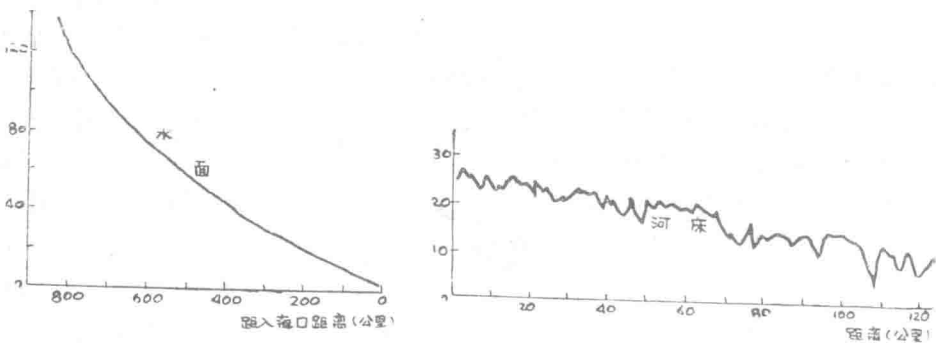


图1—6 平原河流的纵剖面(黄河下游)

平原河流的横断面形态视不同河段而异，在顺直过渡段多为对称抛物线形或矩形，在弯曲河段弯顶多为不对称三角形或抛物线形，在分汊河段中则为W形，而散乱河段则极不规则，如图1—7所示。

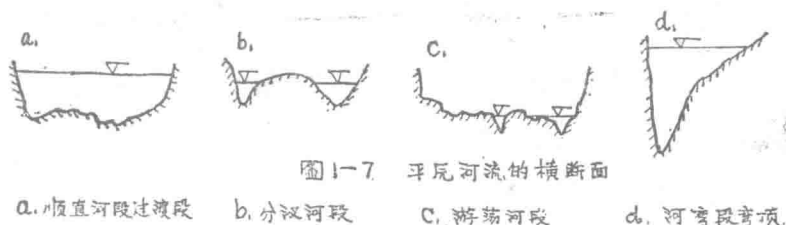


图1-7 平原河流的横断面

a. 顺直河段过渡段

b. 分汊河段

c. 游荡河段

d. 河弯段弯顶

三. 局部河段的水流泥沙运动与河床演变

在天然通航河段中的个别河弯、汉道、浅滩等对建港选址和船舶航行具有重要意义，对水运管理工作有必要掌握其特性和规律。

(一) 河弯

河弯是平原河流中最普遍、最典型的大地貌形态。弯曲型河流就是由一个个反向河弯与直段连接而成的，分汉型河流的个别汉道也常常发展为弯道，甚至顺直型河流在枯水季节的河槽也具有弯曲的外形。

河弯凹入的一岸称凹岸，凸出的一岸称凸岸；中心线的曲率半径称弯曲半径，其倒数称曲率，曲率最大的地方称弯顶；进出口间包围的圆心角称中心角；与弯段连接的直线段称过渡段；包含两个弯段和过渡段的相应点之间的直线距离称弯矩；相邻两反向弯顶间的横向距离称摆幅；上下两过渡段中点沿弯段中心线的长度与两点之间直线长度的比值称为弯段的曲折系数；弯顶水深最大处称深槽，过渡段水深最小处称浅滩；沿河各横断面深点的连线称深泓线；凸岸沙滩称边滩或河漫滩。

河弯的形成是水流与河床互相作用的结果。在河弯河床塑造过程中，水流的横向运动——环流，起着决定性的作用。但最初的水流弯曲又是如何形成的？这一问题至今并不十分清楚，提出的假设很多，主要有：

1. 由于直线河槽中存在着环流(已得到实验证明)，由于环流速度可达纵向流速的1~2.5%，在河岸糙率越大，环流越强的情况下，逐渐发展为河弯
2. 由于水流特性与河床地形不协调，即水流比降与河床比降不相等时，则水流将开始弯曲，直至其弯曲长度达到使两者比降相等为止。
3. 由于水流受到局部侧向扰动，产生弯曲，激起环流，从而形成河弯。

河弯的横向环流是由于弯段水流受重力与离心力的作用，所形成的表层水流流向凹岸，底层水流流向凸岸的封闭水流。这种封闭水流与纵向水流结合在一起即形成螺旋流。

洪水期间漫江而下的大量漂浮物，在弯段内逐渐汇集在一起，紧靠凹岸流动，就说明弯段内表流并非与河道中心线平行，而是斜向凹岸的；由于水流必须维持连续流动，底流也不可能与河道中心线平行，而必然斜向凸岸。这就是在弯段内存在螺旋流的证明。这个螺旋流在横断面内的投影，即为横向环流。河流观测证实和揭示了河弯水流的这种运动特点。图1—8为下荆江来家铺弯段实测三个断面的横向流速分布图。由图可知，弯段横断面内，尽管存在大小不一，方向不同的若干环流，但其中主体部分表流指向凹岸，底流指向凸岸，即弯段横向环流。横断面中附有箭头的较大的环形封闭曲线，表示该横向环流的旋转方向。在横断面图中还有一些较小的环形封闭曲线，系受局部地形等因素影响而形成的次生环流。

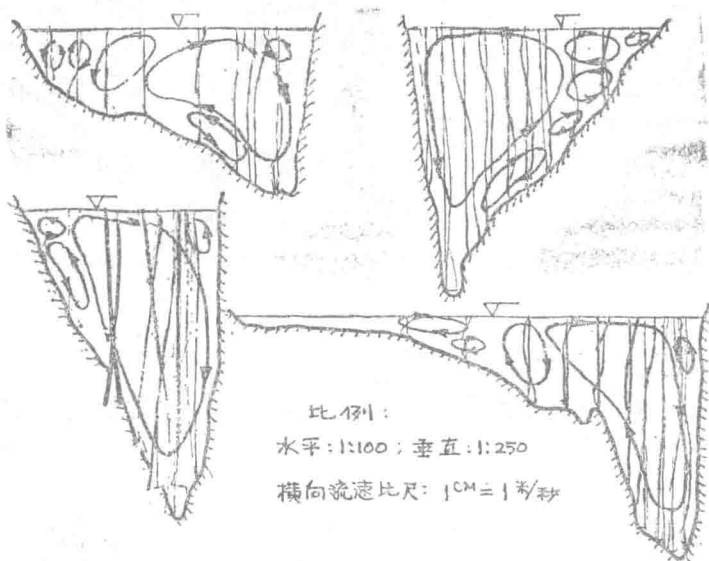


图 1-8 长江某河段实测横向流速分布图

河弯水流输沙特性，在弯道泥沙运动与螺旋流关系极为密切。在横向环流的作用下，表层含沙量较小的水流不断流向凹岸并插下河底，而底层含沙量较大的水流不断流向凸岸并爬上边滩，形成横向输沙不平衡，再加上纵向水流对凹岸的顶冲作用，使凹岸岸坡崩坍，崩坍下来的泥沙也被底部横向水流带向凸岸。这样，就形成凹岸不断坍塌后退，凸岸边滩不断淤长延伸的弯段演变现象，如图1—9所示。

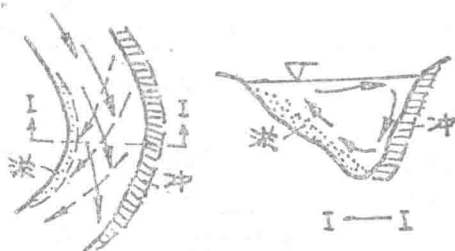


图 1-9 弯段横向输沙图

凹岸崩退和凸岸淤长使得弯段在平面上发生位移，这个位移在整个弯道上并不是均匀分布的，而是比较集中在弯段下半部。产生这种现象是与水流动力轴线经常在弯段的下半部靠近凹岸，且这一部分河段的环流较大分不开的。其结果将使得弯段曲率变小，中心角增大，河身加长，使整个弯段呈现向下游蠕动的趋势。

当上下游河弯的这种演变过程由于某种原因(例如河岸组成不均匀)而发展很不一致时，同一岸相邻两个弯顶之间距离往往逐渐缩短，形成很大的河环。河环的起点和终点相距很近，称为狭颈(图1—10)。狭颈两端水位高差较大时，一遇漫滩水流，即可能冲开并发展新河，这就是自然裁弯。裁弯取直后形成新河，随着新河的扩展和冲刷，如果不在凹岸及时护岸，则新河将继续向弯曲发展。此后，上述过程又开始重演。

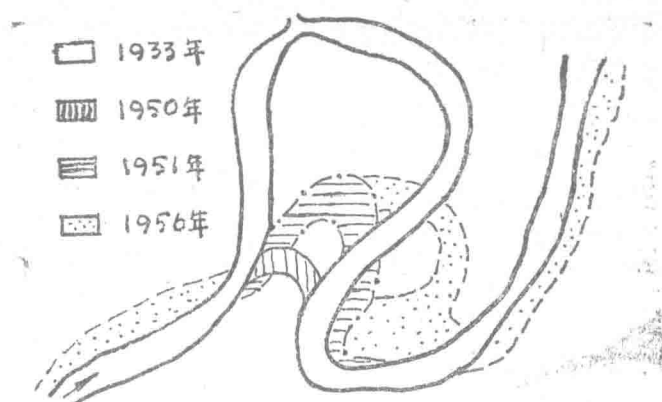


图 1—10 自然裁弯实例(下荆江磁子湾)

但是，也应指出，弯道的发展和消亡过程并不是弯曲河段的唯一演变过程。在天然河流上也存在着河弯的长期稳定。这主要是由于河岸土壤较难冲刷，限制了河弯的发展，使其不能形成很长的河环，则自然裁弯的水力条件也就不可能具备。

另外，当凹岸土质很不均匀时，河弯发展受到限制，会形成曲率较大的锐弯。此时，在适宜条件下，水流会产生凹岸撇弯和凸岸切滩，凹岸逐渐淤积，主流改趋凸岸。河道通过撇弯和切滩使主流取直，也能使河长缩短和河道曲率减小，这对船舶航行是有利的。

天然稳定的河弯，其平面形态是接近于正弦曲线的平滑曲线。作为粗略近似值，可以用一系列方向相反的圆弧和直线段来代替这一曲线如图1—11所示。

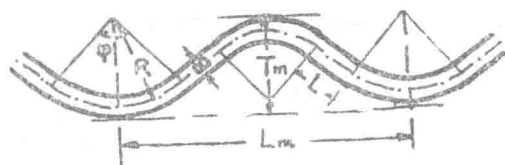


图 1—11 河弯平面形态特征

一些研究者建立了河湾平面形态特征与河流尺度的关系，一般形式为：

$$R = K_R B$$

$$L_m = K_L B$$

$$T_m = K_T B$$

式中：

B—直段河宽；

K_R 、 K_L 、 K_T ——皆为系数。

根据实验室及野外资料的分析，这些系数不是常数，而有一个变动范围，对大多数稳定河弯 $K_R = 3 \sim 5$ ， $K_L = 12 \sim 14$ ， $K_T = 4 \sim 5$ 。

(二)分汉型河段

分汉型河段是冲积平原河流中常见的一种河型，分布甚广。例如长江自城陵矶至江阴段，全长1120公里，内有分汉河段41个，全长817公里，占全长的73%。我国其他河流如广东的北江、东江，东北的松花江、黑龙江等也分布有很多分汉型河段。

分汉型河段的两汉或多汉总是处于变化发展之中，常常给港口码头和航道带来一系列不利影响。当汉道趋向萎缩时，将遭受严重淤积，甚至会使汉道的衰亡而完全淤废；当汉道趋向发展时，将遭受严重冲刷，而必须采取防护措施。此外，汉道交替发展所产生的河势变化，还会给本河段及邻近河段，带来一些防洪护岸和航运方面的问题。因此，研究分汉型河段的演变规律，以便进行港址选择和通航整治，是非常必要的。

分汊河段的平面形态不同,其特征自然各异,下面介绍一些共同性的特征。

典型汊道河床形态如图1—12所示。

位于江心只有在洪水期才被淹没的泥沙堆积体称为江心洲。被江心洲隔开的水道称汊道。其中分流量较大的一支称主汊,其余称支汊。水流动力轴线开始分歧的地方称为分流点;从分流点到江心洲头部的地段称分流区;其水流动力轴线与几何轴线的交角称分流角;水流动力轴线开始汇合的地方称汇流点;从江心洲尾到汇流点的地段称汇流区;汇流区内水流动力轴线与几何轴线的交角称汇流角;从分流点到汇流点的河线长度称汊道长度。

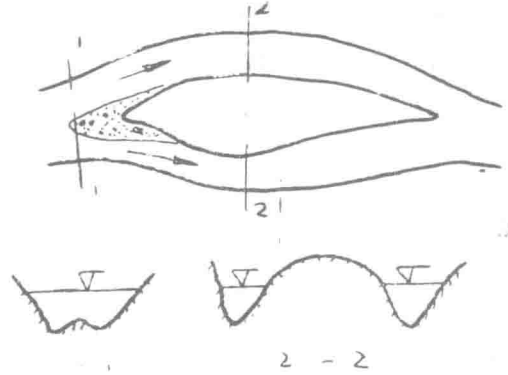


图1—12 汊道河床形态

水流进入分流区后,断面扩大,水流分散,而水深则较小。与此相应,河床比分汊前也有不同程度的抬高,在汊道入口处,河床往往呈倒坡和上游河床相衔接。图1—13为长江镇江扬河段纵剖面图,由图可看出上述特点。

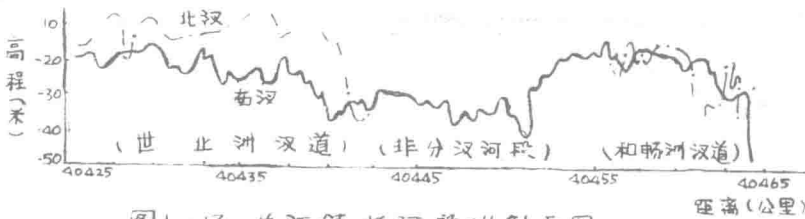
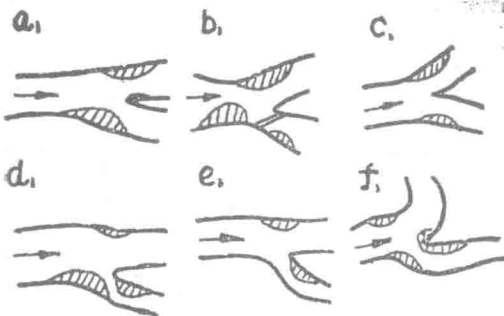


图1—13 长江镇江扬河段纵剖面图

在分汊河段的入口部分(江心洲前),由于江心洲的壅水作用和两个汊道阻力的差异,以及分流因流线弯曲而产生的离心力作用,往往形成水面横比降及环流。一般说来,阻力较大的汊道入口处水面较高;位于水流弯曲处法线方向的汊道,入口处水面也较高。当这两个因素的作用方向一致时,如在弯曲分汊河段,位于凹岸一侧汊道入口处的水面应较高,横比降和环流的方向是易于判断的。但当这两个因素的作用方向相反时,例如弓形分汊河段,根据

汊道阻力的作用,弯曲汊道入口处的水面应较高,而根据水流弯曲的情况,则弯曲汊道入口处的水面应较低,显然,这种情况下的横比降方向,将依两个因素的对比关系而定。由于横向环流的影响,使接近河床底部的泥沙向着横比降指向的汊道运动。另外,在汊道入口处,常常由于水流的离解作用,形成回流区,从而使泥沙大量落淤形成边滩。回流区的位置与各种因素有关。如图1—14所示为因入口处平面形态不同而产生回流区位置示意图。



回流区 = 溢流堰
图1—14 回流区位置示意图

在分汊河段尾部的汇流部分，由于两股水流汇合时相互冲击、摩擦与挤压的作用，水流结构极为复杂，一方面在汇流区形成一系列小的漩涡，造成一低流速区，易于泥沙堆积；同时汇流区水面高于两岸，形成一对方向相反的环流，其表流指向河心，底流分别指向两岸，为两岸形成边滩造成有利条件。如图1—15所示。

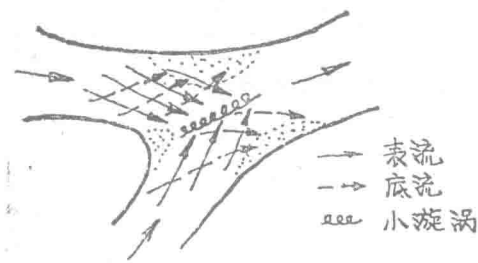


图1—15 汊道出口汇流区水流

(三)浅滩

在冲积平原河流上，通常存在着各种各样的浅滩，由于这些浅滩经常不断的变化，枯水期往往造成航深不足，航道不稳定，严重地阻碍航运事业的发展。作为水运工作者有必要正确认识和掌握其演变规律，并运用这些规律来满足航运要求。

在冲积平原河流上，由于挟沙水流与可动性河床的相互作用，造成泥沙堆积，形成

各种形式的成型堆积体，如边滩、江心滩、江心洲、沙埂等。沙埂是联结边滩与边滩、边滩与江心滩(或江心洲)，而隔断上下深槽的泥沙堆积物，如果其水深不满足航行要求，便称之为浅滩。

浅滩一般由上边滩、上深槽、沙埂、下边滩、下深槽等五部分组成，如图1—16所示。位于浅滩上游一岸的边滩称为上边滩，其尾部向沙埂延伸的部分称为上沙嘴。位于浅滩下游一岸的边滩称为下边滩，其首部向沙埂延伸的部分称为下沙嘴。与边滩相对而水深较大部分称为深槽，位于浅滩上游的深槽称为上深槽，位于浅滩下游的深槽称为下深槽。若上下深槽相互交错时，上深槽下部的尖端部分称为尖潭，下深槽上部的尖端部分称为倒套，又称沱口。沙埂的剖面图如图1—16b.c.所示，在1—1剖面上，其最高处的连线1—8—4称为浅滩脊。脊线上的最低部分，即沙埂顺水流方向的最高部分，称为鞍凹或浅滩槽。沙埂迎流面的斜坡，称为迎流坡或上坡；背流面的斜坡，称为背流坡或下坡。

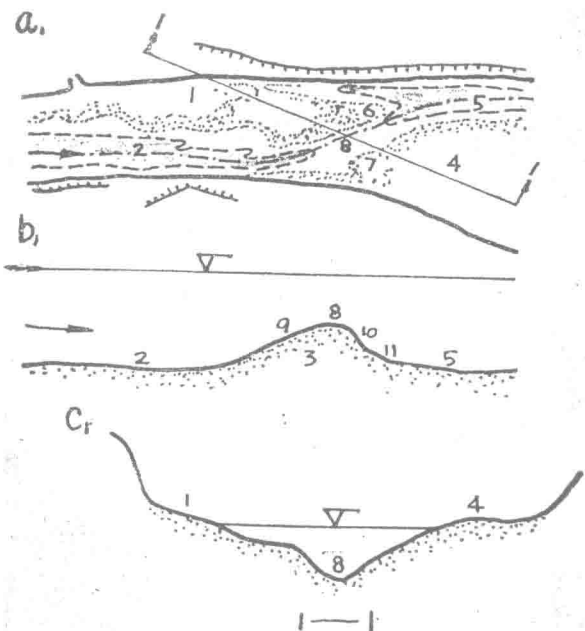


图1—16 浅滩的组成

- 1—上边滩；2—上深槽；3—沙埂；4—下边滩
- 5—下深槽；6—上沙咀；7—下沙咀；8—鞍凹
- 9—沙埂迎流坡；10—沙埂背流坡；11—坡脚。

按着浅滩河床地形特征的不同，可将常见的浅滩分为下列四种基本类型：

1. 正常浅滩

正常浅滩的主要特点是：边滩和深槽相互对应分布，上、下深槽相互对峙而不交错，两岸边滩较高，浅滩的动力轴线与鞍凹基本一致，流路集中，水流平顺，鞍凹明显，顺直且深，冲淤变化不大。这类浅滩一般对航行妨碍较小，故又称为平滩或过渡性良好的浅滩。图1—17为长江中游某正常浅滩。正常浅滩多出现于河槽较窄的微弯河段，或弯曲半径较大的蜿蜒型河段的两个反向弯道之间的长度和宽深比较适宜的过渡段。

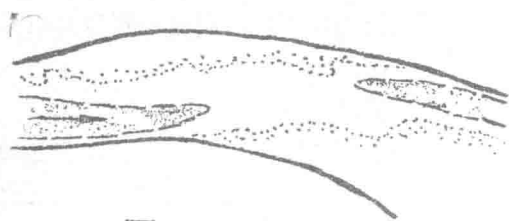


图1—17 正常浅滩

2. 交错浅滩

交错浅滩的主要特点是：上、下深槽相互交错，下深槽首部形成窄而深的倒套，横向漫滩水流比较强烈；浅滩脊宽浅，鞍凹斜窄，或无明显鞍凹；浅滩冲淤变化较大，航道极不稳定，航行条件不良。这类浅滩又称坏滩或过渡性不良的浅滩。图1—18为长江中游某交错浅滩。

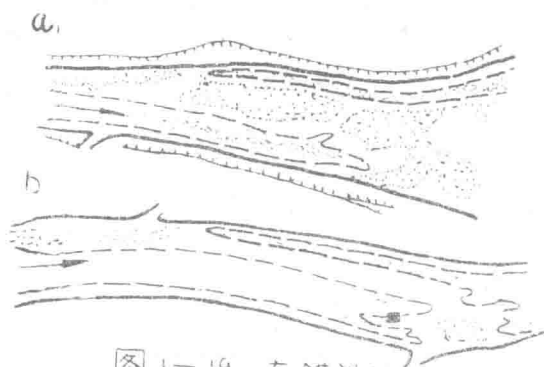


图1—18 交错浅滩

宽沙埂形 b 窄沙埂形

交错浅滩的横向漫滩水流如图1—19所示。这种水流是由于倒套的存在而形成的。因为倒套内水很深，水流阻力相对较小，水面比降也较小，而上深槽由于沙埂的壅水作用，水面较下深槽为高，这样就形成上、下深槽之间的横比降，因而也产生横向漫滩水流。由于横比降是沿流程减小的，横向漫滩水流的强度也相应地沿流程减弱，故漫滩水流成扇形扩散，流速减缓，泥沙易于沉积。水位愈枯，沙埂的壅水作用愈大，则横向的漫滩水流愈强烈，由此而引起的浅滩变化也愈大，碍航也愈严重。

交错浅滩多出现于河身较宽、边滩较发展的微弯河段或弯曲半径很小的两反向弯道间的短过渡段。

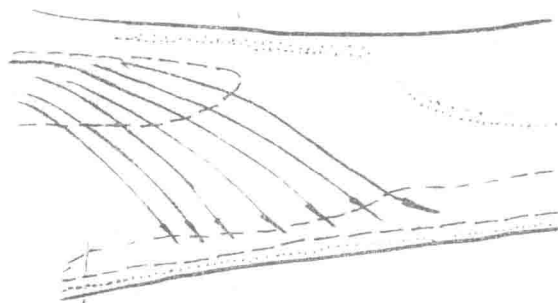


图1—19 交错浅滩的漫滩水流

3. 复式浅滩

复式浅滩是由两个或两个以上相距较近的浅滩所组成的浅滩群。其主要特点是：两岸的边滩和深槽相互交替地分布，边滩与边滩之间形成浅滩，上、下浅滩之间有共同的边滩和深

槽，上浅滩的下边滩和下深槽就是下浅滩的上边滩和上深槽。这类浅滩冲淤变化大，航道弯曲、狭窄、不稳定，严重碍航。一般多出现于比较长的顺直河段或两反向弯道之间的长直过渡段。图1—20为长江中游的复式浅滩。



图1—20 复式浅滩

为长江中游在切割上边滩后所形成的散乱浅滩。

4. 散乱浅滩

散乱浅滩的主要特点是：在整个河段上，极不规则地散布着各种不同形式和大小的江心滩和潜洲，没有明显的边滩、浅滩脊和鞍凹，水流分散，流路曲折，航道弯曲和极不稳定，水深很小，严重碍航。图1—21



图1—21 散乱浅滩

在天然河流上产生浅滩的原因是错综复杂的，概括起来主要有流速的减小，环流的作用，洪枯水流向的不一致，以及上游来沙与河段输沙不平衡等四个方面的因素。

流速的减小，将使水流输沙能力降低，造成输沙不平衡，引起泥沙淤积，河床抬高，水深减小，因而形成浅滩。导致流速减小的原因很多，例如河槽过水断面的显著增大，下游卡口的壅水作用以及因分流而使流量减小等皆是。

环流是冲积平原河流形成泥沙成型堆积体的重要因素之一。在两反向河弯之间过渡段的环流，一般是由两个方向相反的环流构成，它促使泥沙在过渡段落淤，因而形成过渡段浅滩。随着水流动力轴线(主流线)的摆动，过渡段浅滩的冲淤变化也因而复杂多变。

洪枯水流向的不一致，退水期由主流逐渐向枯水主流方向摆移，因而河床受冲刷的部位也随之改变，这样往往形成多缺口的浅滩。有的情况是由于主流摆至枯水主流方向时，流量已大为减小，水流输沙能力也因而大为降低，以致洪水期淤积在枯水航道上的泥沙，不能全部被冲刷而形成浅滩。一般来说，在弯曲河段上，水流具有高水取直，低水坐弯的规律，这种特征常易导致洪、枯水主流方向的不一致；在河槽展宽或分流河段上，由于流量的变化或洲滩的消长，也常易形成洪、枯水主流方向的左右摆移或上提下挫而出现不一致的现象。正因如此，弯段浅滩，河槽放宽的浅滩，以及分流河段的浅滩，其成因除流速减小因素外，洪、枯水主流方向的不一致往往也是重要因素。

上游来沙过多，河段水流输沙能力不足，也是形成浅滩的一种常见的原因。来沙过多常是由于大量的局部来沙，如河岸的大量坍塌，河床的强烈冲刷以及支流因山洪暴发或水库中大量泄水而带来的大量泥沙等。这些大量的局部来沙，由于河段水流的输沙能力不足，不能完全为水流所输送，因而在一定地点淤积下来形成浅滩。

以上所述，只是冲积平原河流上浅滩形成的几种比较普遍的原因，对于某一具体浅滩来

说,其形成往往是异常复杂的,它可能是由于上述某一种原因形成的,也可能是由于上述多种原因综合形成的,因此对具体的浅滩应作具体的分析。

第 二 节 河 口

河口按其流入的场所不同有入海河口、入湖或入库河口和支流河口。由于所处的自然条件有别,各有其发展变化规律。其中以入海河口最为复杂。入海河口往往是人口稠密、工农业生产特别发达的地区,是内外交通运输枢纽。因此,学习掌握入海河口的特点及其演变规律是很有必要。

一. 入海河口的分类

按通常的分类法是将河口分为三角洲河口和三角港河口,前者是大陆突出于海洋而形成三角形的沙洲,后者是海洋伸入大陆内部形成一个漏斗(或喇叭口)。

根据我国入海河口的情况,考虑到河床演变特点,主要取决于径流的大小、潮流的强弱和含沙量的高低,将入海河口又可分为以下四种类型:

(一)强潮海相河口,这类河口以钱塘江为代表。其特点是潮流强、泥沙来自口外海滨、平面外形呈喇叭口形、盐淡水混合对泥沙运动的影响较小。

(二)弱潮陆相河口,这类河口以黄河口为代表。其特点是潮流弱、河流来沙很丰富、河口区河道容易改道、常形成园弧状三角洲、口门附近常有拦门沙。

(三)湖源海相河口,黄浦江、浏河等河口属于这种类型。这类河口的上游有湖泊,故径流经过湖泊的调节作用后变幅较小。泥沙来自沿岸流,口门处有拦门沙,河道形态沿程变化小,并且比较弯曲。

(四)陆海双向河口,属于这类河口有长江、辽河、瓯江、闽江及鸭绿江等河的河口。其特点是,陆相和海相的泥沙都较丰富,径流和潮流的力量相当,口门处常形成拦门沙,而口门内也会形成隆起的沙坎。这种隆起在平原河口常是盐淡水交混的产物,在山区河口则多为径流所带来的粗颗粒的泥沙在过渡段造成的集中淤积。

此外,还有许多种河口的分类法,可阅有关参考书。

二. 入海河口的水流特点

入海河口地区的水流泥沙运动,不仅受内陆径流影响,而且还受潮汐、海流、波浪、盐楔异重流等海洋水文因素的影响,是非常复杂的。

入海河口的水体在引潮力的作用下,作周期性涨落的同时,必然会有周期性的水平流动,这种流动称为潮流。潮流和潮汐的周期一般是相同的。在海外或大洋里,潮流是周期性的回转式运动;在河口则是周期性的往复流形式运动。涨潮时,海水流向河口的潮流,称为涨潮流;退潮时则以相反的方向流动,称为落潮流。在改变潮流方向时,出现流速近于零的憩流。

当涨潮流速度恰好与河水下泄的流速相等,潮水即停止倒灌,此处称为潮流界。在潮流界以上,潮水虽停止倒灌,但河水被阻仍有壅高现象,潮汐的波形传播仍继续上溯,潮差急剧降低,潮差为零的地点便称为潮区界。潮流界和潮区界的位置随潮汐的强弱及河水流量的大小而变化(图1—22)。然而潮流界总是位于潮区界的下游。

在潮流界和潮区界之间,水位受潮汐涨落的影响而经常变动。但是水流的流向在任何时