

铁路工程设计技术手册

桥 渡 水 文

铁道部第三勘测设计院 主编

中国铁道出版社

1983年·北京

前 言

铁道部以铁基〔1986〕1243号文发布《铁路桥渡勘测设计规范》(TBJ17—86)于1987年7月1日起施行,使铁路桥渡勘测设计工作有了遵循,对提高勘测设计质量起到保证作用。为了有助于对规范的理解与应用,铁道部指示第三勘测设计院编写《桥渡水文》手册,以便铁路桥渡勘测设计人员在工作中参考与查用。

本书是根据规范的规定和建国40年来广大水文工作者在桥渡勘测设计中的经验教训、当前我国的技术经济政策以及水文科研领域中的有关科研成果编写而成。对规范尚未涉及的一些课题,也提出了设计方法,为勘测设计者提供了参考资料。本书由高级工程师钮泽湘同志负责编写,全书分上篇一般情况水文计算和下篇特殊情况水文计算共二十三章,并有附录十八个。由于编写时间仓促,水平有限,书中定有不少错误和缺点,恳请读者批评指正。

铁道部第三勘测设计院

1989年12月

(京)新登字063号

内 容 简 介

本书是根据《铁路桥渡勘测设计规范》(TBJ17—86)的规定和建国40年来广大水文工作者在桥渡勘测设计中的经验教训及当前我国的技术经济政策以及水文科研领域中的有关成果编写而成。全书分为上篇一般情况水文计算和下篇特殊情况水文计算共二十三章以及附录三大部分。

本书可供桥渡工程科研、设计、施工技术人员使用,可供有关专业大专院校师生及各部门水工水文人员参考。

铁路工程设计技术手册

桥渡水文

铁道部第三勘测设计院 主编

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 刘启山 封面设计 刘景山

各地新华书店经售

北京顺义燕华印刷厂印

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 36.5 插页: 1 字数: 1215千

1993年8月 第1版 第1次印刷

印数: 1—3000册

ISBN7-113-01198-6/TU·263 定价: 28.60元

目 录

上篇 一般情况水文计算

第一章 我国河流分类与其特性	1	第三章 水文统计法概念	20
第一节 河道演变	1	第一节 机率和频率	20
一、河道演变的基本概念	1	一、随机事件	20
二、影响河道演变的主要因素	1	二、频率的含义	20
第二节 我国河流分类	2	三、重现期	21
第三节 河流的特性	2	四、总体和样本	21
一、一般概念	2	五、频率分布	21
二、各类河流的特性	2	第二节 经验频率曲线	22
第四节 河段的稳定程度	7	一、连序系列经验频率计算	22
一、分析河段稳定程度的几项		二、不连序系列经验频率计算	23
依据	7	三、经验频率曲线绘制	24
二、我国各类河段的稳定程度	8	第三节 统计参数	25
三、河段的稳定程度与桥渡设计		一、统计参数的特性	25
的关系	8	二、统计参数与频率密度曲线的	
第二章 铁路沿线桥涵布设	10	关系	27
第一节 布设原则	10	三、统计参数与频率分布曲线的	
一、一般规定	10	关系	27
二、山区桥涵布设	10	四、统计参数的误差计算	28
三、山前区桥涵布设	10	第四节 “理论”频率曲线	28
四、平原区桥涵布设	11	一、频率曲线线型	28
五、通航河流上的布设	11	二、“理论”频率曲线绘制	30
六、车站范围内的布设	11	第四章 设计洪峰流量计算	31
七、增建第二线上的布设	11	第一节 历史洪水的调查与分析	31
八、改建既有线上的布设	11	一、调查河段的选择	31
第二节 桥位选择	12	二、洪水发生年份的调查	31
一、一般要求	12	三、洪水痕迹的调查	31
二、山区河流	12	四、洪水过程的调查	33
三、山前河流	12	五、河道及流域情况的调查	33
四、平原河流	13	六、历史洪水分析	33
五、滨海地区河流	15	第二节 洪水资料的查考	35
六、通航河流	15	一、水文资料的审查	35
第三节 小桥涵类型选择	16	二、历史资料的考证	35
一、一般原则	16	三、资料的选择	36
二、小桥选用条件	16	四、资料的还原	36
三、涵洞选用条件	16	第三节 洪水实测资料的插补延长	36
第四节 桥涵定位	16	一、流域面积比拟法	36
一、大中桥定位	16	二、水位流量关系曲线法	36
二、小桥涵定位	16	三、过程线叠加法	37
第五节 方案比选	17	四、直线相关法	37
一、一般原则	17	第四节 桥涵洪水频率标准	40
二、经济比较	17	一、铁路桥涵洪水频率标准	40
三、技术比较	17	二、公路桥涵洪水频率标准	40
四、方案比选实例	18	第五节 根据历史洪水调查资料	

推算洪峰流量	41
一、比降法	41
二、水面曲线法	43
三、水位流量关系曲线延长法	47
四、控制断面法	50
五、洪峰流量可靠程度评定	54
第六节 有流量观测资料时洪峰流量 的推求	54
一、频率曲线的图解适线法	54
二、各类频率曲线线型推求流量 的应用	55
第七节 流量观测资料缺乏时洪峰流 量的推求	66
一、根据调查历史洪水资料推求	66
二、根据地区洪水经验公式推求	67
第八节 可能最大洪水	67
一、暴雨特性及气象成因分析	68
二、典型暴雨法	69
三、可能最大洪水推算	72
四、纯经验暴雨粗估法	74
第五章 小流域暴雨径流计算	75
第一节 暴雨分析和计算	75
一、降雨标准	75
二、雨量资料的记录和整理	75
三、选样方法	76
四、暴雨强度公式制定	76
五、资料短缺地区制定短历时暴 雨强度公式	79
六、设计暴雨的确定	82
第二节 铁路部门暴雨径流计算	82
一、铁道部第一勘测设计院公式	83
二、铁道部第二勘测设计院公式	86
三、铁道部第三勘测设计院公式	89
四、铁道部第四勘测设计院公式	91
第三节 水利部门暴雨径流计算	95
一、推理公式法	95
二、单位线法	101
第四节 公路部门暴雨径流计算	113
第五节 计算流量验证	119
一、洪水调查验证法	119
二、调查既有桥涵通过历史最大 流量验证法	119
第六节 桥涵合并的流量计算	120
一、简易法	120
二、铁研院法	121
三、过程线叠加法	122
第六章 大中桥孔径设计	123
第一节 概 述	123
第二节 一般规定	123
第三节 各类河段上桥孔布设	124
第四节 过水桥下净空	124
一、不通航亦无筏运的桥孔下的 净空	124

二、有流冰、流木河流的桥下 净空	125
三、通航河流的通航桥孔下净空	125
四、有筏运的桥孔下的净空	130
第五节 立交桥上净空	131
一、跨越铁路的立交桥	131
二、跨越公路的立交桥	131
三、跨越城市道路的立交桥	131
第六节 孔径计算	131
一、桥渡水流分析	131
二、桥下过水面积计算	132
三、桥下设计水位的确定	134
四、影响设计水位的其他因素	134
第七节 冲刷计算	135
一、河槽的天然演变冲刷	135
二、桥下一般冲刷	136
三、桥台一般冲刷	142
四、桥墩局部冲刷	145
五、大漂石河床桥基冲刷	154
六、岩石河床桥基冲刷	156
第八节 基础埋置深度	158
第九节 既有大中桥水文检查	158
一、水文调查	158
二、水位流量检算	159
三、孔径检算	159
四、冲刷检算	159
五、桥头河滩路堤及导流建筑物 的检查	160
第七章 小桥涵孔径设计	161
第一节 一般要求	161
第二节 桥涵净空	161
一、排洪小桥涵	161
二、立交小桥涵	161
第三节 小桥涵水流状态	162
一、水流类型	162
二、临界流的性质	163
三、水面曲线	164
第四节 孔径计算	166
一、小桥孔径计算	166
二、涵洞孔径计算	167
三、考虑桥涵前蓄水的孔径计算	176
第五节 既有小桥涵孔径检算	178
一、临界流状态	178
二、缓流状态	179
三、有压状态	179
第八章 桥头河滩路堤与滨河路堤 水文	180
第一节 一般要求	180
一、路堤平面布设	180
二、洪水调查	180
第二节 桥渡线路设计要点	180
一、浸水路堤在设计中应注意的 几点	180

二、计算路肩、路基面标高的规定	181
第三节 水位计算	181
一、一般规定	181
二、沿河洪水水位水面曲线推算	182
三、用高水位推算设计水位	182
四、桥头河滩路堤沿堤水位	182
第四节 波浪高度及侵袭爬高计算	184
一、影响波浪大小的因素	184
二、波浪高度计算方法	189
三、河滩上树木对波浪高度的影响	199
四、波浪侵袭爬高计算	200
第五节 斜水流局部冲高计算	202
第六节 路肩标高的确定	202
一、桥头河滩路堤	202
二、滨河路堤	203
第七节 沿堤流速计算	203
一、桥头河滩路堤沿堤流速	203
二、滨河路堤沿堤流速	203
第九章 导治工程	204
第一节 概 述	204
一、导流工程	204
二、整治工程	204
第二节 导流布设	204
一、导流堤的布设	204
二、坝的布设	205

三、防护林的布设	205
第三节 堤坝形状和尺寸	205
一、一般规定	205
二、导流堤的形状和尺寸	207
三、坝的形状和尺寸	213
第四节 堤坝的冲刷计算	215
一、导流堤坝的一般冲刷	215
二、导流堤坝的局部冲刷	216
第五节 改河改沟	217
一、改河改沟的作用	217
二、平面布置	217
三、纵横断面设计	219
四、改河改沟段的防护	219
第十章 防护设计	220
第一节 桥涵锥体防护	220
第二节 导流堤、坝防护	221
第三节 小桥涵出入口沟床铺砌防护	227
一、标准铺砌	227
二、其他铺砌办法	230
第四节 河岸防护	231
一、直接防护	231
二、间接防护	232
第五节 既有桥浅基防护	232
一、整孔防护	233
二、局部防护	233

下篇 特殊情况水文计算

第十一章 一河多桥	235
第一节 一河多桥布设	235
一、应注意事项	235
二、河滩桥的布设	235
第二节 水文计算	235
一、流量分配计算	235
二、孔径计算	237
第十二章 泥石流	240
第一节 概 述	240
第二节 泥石流的特征	240
一、形成泥石流的条件	240
二、泥石流的类型	241
第三节 泥石流计算	242
一、流量计算	242
二、淤积计算	243
第四节 桥涵设计	244
一、桥渡布置	244
二、桥涵类型	244
三、桥梁孔径	244
四、桥下净空高度	245
五、桥头河滩路堤路肩高程	245
六、基底埋深	245
第五节 泥石流防治	246

一、排导措施	246
二、拦挡措施	248
三、综合应用排导、拦挡措施	251
四、停淤场	251
第十三章 岩 溶	252
第一节 概 述	252
第二节 水文、地质测绘与调查	252
一、洪水形成条件调查	252
二、洪水调查	252
三、地质勘查	252
四、搜集水文资料及其它	252
第三节 桥位选择	253
第四节 水文计算	253
一、径流分配系数的确定	253
二、设计流量计算	253
三、设计洪水总量计算	253
四、设计流量过程线	254
五、溶洞的消水能力计算	254
第五节 最高积水位	254
一、设计洪水时最高积水位计算	254
二、降低积水位的措施	255
第六节 桥涵设计	261
一、桥涵类型与孔径	261

二、桥涵工程措施	261	第十七章 水库地区	296
第十四章 防洪地区	264	第一节 概 述	296
第一节 概 述	264	一、水库类型	296
一、防洪措施	264	二、洪水标准	297
二、防洪标准	264	三、水库的各种特征水位和相应	
第二节 蓄水防洪	266	的特征库容	297
一、水土保持	266	四、水库枢纽的水工建筑物布置	299
二、蓄 洪	266	五、勘测资料	299
三、滞 洪	267	第二节 水库淤积与回水	300
第三节 排水防洪	267	一、库区泥沙运动	300
一、泄 洪	267	二、影响库区淤积的因素	302
二、分 洪	267	三、水库泥沙淤积形态	303
第四节 桥渡勘测	267	四、库区淤积计算	305
一、水文测量	267	五、水库的设计洪水位和下泄流	
二、桥位选择	268	量计算	318
三、水文分析	268	六、回水曲线计算	325
第五节 防洪堤防	269	第三节 水库蓄水范围内的桥涵	329
一、河道安全泄量计算	269	一、大中桥设计	329
二、堤防防洪水位计算	271	二、小桥涵设计	330
三、堤防调查	271	第四节 水坝下游的桥	333
第六节 桥涵设计	272	一、水坝下游河床变形的特点	333
一、流量计算	272	二、坝下局部冲刷	333
二、孔径设计	273	三、河床粗化	335
第十五章 农灌地区	274	四、水坝下游河床冲刷计算	336
第一节 灌溉设计标准	274	五、坝桥区间的流量计算	343
第二节 灌溉用水量	274	六、桥渡设计中应注意的问题	351
第三节 灌溉渠道	276	第五节 小型水库防洪检算和溃坝	
一、渠系组成	276	流量计算	352
二、渠道设计	277	一、水库现状调查	353
第四节 灌区铁路	279	二、水库抗洪能力检算	354
一、桥渡选线	279	三、防洪限制水位的确定	358
二、桥涵布设	279	四、溃坝流量计算	360
第五节 灌溉流量计算	280	第十八章 水泡、沼泽地区	365
一、蓄水灌溉	280	第一节 概 述	365
二、引水灌溉	280	第二节 水位调查与计算	365
三、提水灌溉	281	一、水位调查	365
第六节 渠道配水建筑物	281	二、水位计算	366
一、开敞式分水闸	281	第三节 设计流量	366
二、涵管式分水闸	281	一、流量计算办法	366
第七节 交叉建筑物	282	二、泡沼调蓄洪峰计算	366
一、桥 涵	282	第四节 桥涵孔径	366
二、带闸门桥涵	282	一、按桥前蓄水的孔径计算法	366
三、渡 槽	283	二、按逐时段水量平衡的孔径计	
四、倒虹吸管	284	算法	367
五、联接建筑物	286	第十九章 大河倒灌	370
第十六章 治涝地区	287	第一节 概 述	370
第一节 治涝设计标准	287	第二节 流量计算	370
第二节 排水沟设计	288	一、大河涨水倒灌，支流为常水	
第三节 河网化	290	位时	370
第四节 治涝地区桥涵设计	291	二、大河开始退水，支流发生设	
一、内涝设计积水位计算	291	计洪水时	371
二、设计流量的确定	293	第三节 桥孔计算	372
三、桥涵设计	295		

第二十章 感潮河段水文	377
第一节 感潮河段水文特性	377
一、感潮河段的划分	377
二、河段冲淤变化特性	377
第二节 潮水位频率计算	378
一、资料的审查和插补延长	378
二、频率计算	378
第三节 桥址水文分析与计算	380
一、概 述	380
二、两向来水的组合计算	381
三、桥址水文特征值的推求	382
四、推求桥址水文特征值算例	383
第四节 桥渡设计	398
一、桥位选择	398
二、桥孔设计	399
三、冲刷计算	400
四、受挡潮闸或围垦影响的桥渡	401
五、梁底标高和路肩标高的确定	401
第二十一章 陡坡桥涵	402
第一节 一般规定	402
一、布置原则	402
二、类型选择	402
三、孔径选择	402
四、构造要求	402
第二节 急流槽	403
一、水力计算	403
二、水面曲线计算	410
第三节 跌水及缓流井	412
一、跌水水力计算	412
二、缓流井水力计算	418
第四节 下游冲刷计算和设施	424
一、冲刷计算	424
二、下游设施	425
第二十二章 地道排水	429
第一节 地面雨水流量计算	429
一、暴雨强度公式的基本型式	429
二、地面雨水流量公式	429
三、设计重现期的选择	432
四、设计降雨历时的确定	433
第二节 地下水流量计算	433
一、明槽集水井排水法	433
二、井点排水法	435
第三节 集水池	436
第二十三章 水工模型试验	438
第一节 模型试验种类及其应用范围	438
一、定床模型	438
二、动床模型	438
三、气流模型	438
第二节 模型设计	439
一、需要的勘测资料	439
二、模型设计理论	439
三、模型比尺的确定	440

第三节 模型制造	442
一、模型制造的内业工作	442
二、模型制造的外业工作	443
第四节 模型试验	443
一、模型检验	443
二、正式试验	444
三、资料的整理与分析	444
附录一 水文频率计算常用图表	446
1. 经验频率 $P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$ 值	
(附表1—1)	446
2. P -Ⅱ型曲线 ϕ_p 值 (附表1—2)	447
3. P -Ⅱ型曲线 K_p 值 (附表1—3~1—10)	451
4. 当 C_s 为平均数时 P -Ⅱ型曲线纵坐标 K_p 值 (附表1—11)	463
5. 当 $C_s = 1$, C_s 为负值时 P -Ⅱ型曲线 ϕ_p 值 (附表1—12)	464
6. K - M 曲线 K_p 值 (附表1—13~1—19)	464
7. 耿贝尔曲线 \bar{y} 及 σ_y 值 (附表1—20)	469
8. 第Ⅰ型极值分布律的 $\lambda_{p,1}$ 值 (附表1—21)	470
9. P -Ⅲ型曲线 $K = f(P)$ 图 (附图1—1~1—17)	471
10. K - M 曲线 $K = f(P)$ 图 (附图1—18~1—28)	488
附录二 年历换算表	499
1. 公元、阴历、生肖、年号换算 (附表2—1)	499
2. 明代以来主要的奴隶、农民起义及一些特殊年号——公元对照 (附表2—2)	503
附录三 中国历代尺度 (附表3—1)	503
附录四 土类野外鉴别方法	504
1. 碎石类土及砂类土野外鉴别 (附表4—1)	504
2. 粘性土野外鉴别 (附表4—2)	504
3. 最新沉积粘性土野外鉴别 (附表4—3)	505
附录五 糙率表	505
1. 《桥渡规范》天然河道糙率表 (附表5—1、5—2)	505
2. 水电部东北勘测设计院所编天然河道糙率表 (附表5—3、5—4)	506
3. 渠道糙率表 (附表5—5)	507
附录六 两次不同重现期流量推求设计流量换算系数 $X_{(T_1/T_2)}$ 值表 (附表6—1~6—11)	509
附录七 我国各主要河流实测或调	

查所得最大流量记录	520
1. 东北地区 (包括黑龙江流域、鸭绿江图们江流域、辽河流域及黄渤海海岸诸河)(附表7-1).....	520
2. 海滦河流域 (附表7-2).....	521
3. 黄河流域 (附表7-3).....	522
4. 淮河沂沭河流域及山东沿海诸河 (附表7-4).....	523
5. 西北内陆诸河及额尔齐斯河流域 (附表7-5).....	524
6. 长江流域 (附表7-6).....	524
7. 浙闽台沿海诸河 (台湾省资料暂缺) (附表7-7).....	527
8. 珠江流域及广东沿海诸河 (附表7-8).....	528
9. 西南国际河流 (附表7-9).....	529
附录八 $S(t)$ 曲线查用表(附表8-1)	530
附录九 上海市与浙江省内河通航桥下净空尺度表	536
附录十 铁路、公路、城市道路设置立体交叉的暂行规定	536

附录十一 铁路桥梁建筑限界	537
附录十二 公路建筑限界	538
附录十三 壅水公式	539
附录十四 容许(不冲刷)流速表	540
1. 粘性土的容许(不冲刷)平均流速 (附表14-1)	540
2. 非粘性土的容许(不冲刷)平均流速 (附表14-2)	541
3. 石质土的容许(不冲刷)平均流速 (附表14-3)	542
4. 渠道容许不冲流速 (附表14-4~14-6)	542
5. 桥梁浅基各种防护类型容许最大流速 (附表14-7)	543
6. 各种铺砌类型的容许流速 (附表14-8)	543
附录十五 墩形系数	543
附录十六 常用涵洞水力特征表	547
附录十七 小桥涵 H 及 Q 关系曲线图	553
附录十八 桥梁式样及主要尺寸	563
主要参考资料及文献	574

上篇 一般情况水文计算

第一章 我国河流分类与其特性

铁路跨越河流，需要修建桥涵建筑物，同时为了引导水流顺畅地通过桥涵，需要设置一些必要的导流堤。坝及与桥涵连在一起受水流冲击而起到束流作用的路堤，是一个整体，谓之桥渡。它们之间相互牵连，关系至密。设计时应全面考虑、总体布设，不可稍有偏废。桥渡的布设必须要符合河流的自然特性，顺乎水流的流势，要具有一定的抗洪强

度，达到现行的《铁路桥渡勘测设计规范》(TBJ 17—86) (以下简称《桥渡规范》) 规定的设计洪水标准，保证列车在遭遇到设计洪水时能正常安全运营。由于我国幅员辽阔，全国各地河流的自然特性相差悬殊，情况十分复杂，因此，勘测时在现场应做好调查研究，对河流的自然特性要认识清楚，才能做好桥渡的设计。

第一节 河道演变

一、河道演变的基本概念

河道在自然情况下或在河道中修建工程建筑物后，受建筑物的干扰，河道在垂直方向和水平方向上产生形态和尺寸的改变，称之为河道演变。例如，在自然情况下，河道因冲刷而下切，因淤积而抬高；一岸冲刷，另一岸淤积；边滩的位移等都是河道演变的结果。又如河道上修建水库后，水坝上游壅水区，河道逐年淤积；而坝址下游，又由于清水冲刷，河道逐年下切。再如河道上修建桥渡后，天然水流受到桥头河滩路堤的挤压，迫使河道过水断面缩减，流速相应提高，挟沙能力相应增强，桥渡就会出现冲刷，导致河道的演变。所以河道演变是水流与河道相互作用的结果。水流作用于河道，使河道发生变化，河道也反过来作用于水流，影响水流结构的改变，二者相互依存、相互影响和相互制约。这些相互作用是通过泥沙运动来实现的。水流中所有的泥沙颗粒，不管是翻滚和跳跃前进的推移质，还是浮游在水中前进的悬移质；不管颗粒是粗的还是细的，都将参加这种运动。任一河段水流挟带泥沙的能力，如与上游来沙量相适应，则泥沙运动是平衡的，不会发生冲淤，河道处于稳定状态。如来沙量小于或大于水流挟沙能力，则运动不能达到平衡，河道将发生冲淤。在河道发生冲刷后，过水断面随之增大，同时床面粗化，增加粗糙程度，减小流速，降低挟沙能力，减缓冲刷，泥沙运动逐渐趋向平衡。在河道发生淤积后，过水断面缩小，水深变浅，比降增大，挟沙能力增强，同时其上游河段产生壅水，水深增大，比降和流速都变小，挟沙能力随之降低，这样，上游来沙量将逐渐减少，因此，河段淤积也就逐渐减少，河道变形减缓并逐渐趋于停止状态。随着上游发生洪水，又产生一次新的泥沙运动，这种平衡状态便被打破。总之，水

流与河道的相互作用总是这样不断地在自动调整，这是演变中一个十分重要的现象。因此，来水来沙总是在变化着的，平衡是暂时的、相对的，不平衡是经常的、绝对的。

关于演变的表现形式，有纵向和横向两种。纵向变形是指河道沿流程上的改变，表现为河道在深泓河底高程的变化。如上游河道的下切，下游河道的淤高等。横向变形也称平面变形，表现为河道在横断面上的冲淤变化，如河湾的发展、河槽的拓宽、汉道的兴衰等，都是横向输沙不平衡所引起的。这两种演变形式，在河道演变中是错综复杂的，是交织在一起的。有些河道演变的发展时间较长，在很长的年代后才能明显地表现出来，在这种河道上修建桥渡建筑物是最安全的。有的河道在短时期内就有明显变化，甚至一次洪水河道就会改观，因此，在河道上修建桥渡建筑物，必须对河道演变规律予以充分注意。

二、影响河道演变的主要因素

影响河道演变的主要因素有三个方面，一方面是流量在年际和季节性的变化。因为，泥沙运动和流量的大小关系至密，流量的大小直接影响着泥沙运动，从而导致河道演变的强烈与缓慢。一方面是流域供给泥沙量的大小与组成，如上游流域的松散物质颗粒细而量多，则水流来沙量就大。另一方面是组成河床土质的影响，如河床土质(包括河底与河岸的土质)较密实，抗冲能力就较强，河道演变发展就会相对缓慢。此外，人类活动对河道演变的影响也是很大的，所以这也是一个重要因素。例如水土保持、种树植林、兴修水利、建造水库等，在很大程度上会影响或改变天然河道演变的发展规律。

第二节 我国河流分类

根据我国各地区河流的来水、来沙、边界条件和河道演变均有所不同的特点,可按地区和流域地形划分成山区河流、山前河流、平原河流和河口等

四种基本类型。根据河流平面形态,四种河流又可分成若干种河段,如表1-1所示。

河流分类与河段类别表

表 1-1

河类	流型	河 段 类 别	河类	流型	河 段 类 别
山 河	区 流	峡 谷 河 段	平 河	原 流	弯 曲 河 段
		开 阔 河 段			
山 河	前 流	山 前 变 迁 河 段	河 口	河 口	自 由 弯 曲 (蜿 蜒)
		山 麓 冲 积 扇			游 荡 河 段 (包 括 游 荡 弯 曲)
平 河	原 流	顺 直 微 弯 河 段			三 角 港 河 口
		分 叉 河 段 (主 要 指 分 两 叉)			三 角 洲 河 口

第三节 河流的特性

一、一般概念

(一) 流域

流域是河流的集水区域。流域的边界叫分水界、分水线或分水岭。分水岭通常位于流域四周的山脊线上。但也有可能两条河流的分水地方不是山岭,而是一片平坦的地方,是为分水界。例如,黄河和淮河的分水地方比较平坦,是以黄河南岸大堤为分水界。注入河流的水量,除地面水外,还有地下水,地面水和地下水往往具有不同的分水线,地下水由于地质构造的影响,分水线不易确定,一般都以地面水的分水线为准。流域以分水线和河流断面所包围的面积称流域面积或称汇水面积,流域面积对流量计算是一个重要因素。

(二) 河道断面

垂直水流方向的河道断面称为河道横断面。一般情况下,河道横断面在洪水水位以下的河床,由河槽与河滩两部分组成(见图1-1)。河槽为洪水期有推移质翻滚和跳跃前进的部分,即所谓有底沙运动部分,是渲泄洪水和输送泥沙的主要通道,植物不易生长。河滩则无明显的底沙运动,常有灌木丛、荒草、芦苇,有的还种植农作物。河槽中深水部分为主槽,在主槽的边缘部位,高出低水位的那部分可移动的沙堆称为边滩,边滩部分在洪水时也有底沙运动,故属主槽的一部分,不同于河滩。边滩与河滩二者不能混淆。河道横断面根据有无河滩分为单式与复式两类,无河滩的为单式断面,有河滩的为复式断面(见图1-1)。河道横断面能表明河道的横向变化。横断面内通过水流的部分称为过水断面,过水断面面积的大小,随断面形状和水位而变动,是计算流量的主要依据。河流中沿水流方向各横断面最大水深点的连线,称为深泓线或谿线(谿线即一般的航线)。沿河流深泓线的断面称为河道纵断面。河道纵断面能表明河道的沿程变化,是推算水

流特性的主要依据。

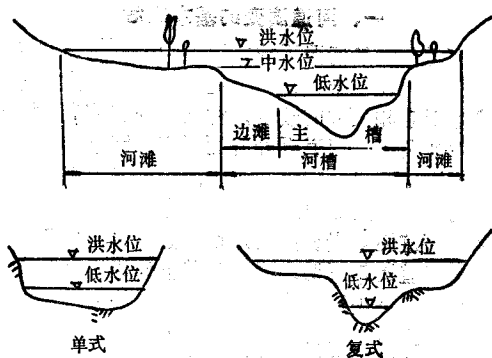


图 1-1 河道横断面图

(三) 河长

河流自河源沿河道至河口的距离称为河长。通常根据实测的河道地形图,沿着河流的深泓线用曲线仪或小分规从河源沿河道量达河口。量取的数值是一个近似值,比真实的河长要短。这是因为,测绘时经过若干简化,没有把弯弯曲曲的真实情况反映在图上,同时在丈量时,往往以弦长代替弧长,结果要短一些,因此,需要加以修正。

(四) 河道比降

任意河段两端(水面或河底)的高差称为落差,深泓线上单位长度内的落差称为比降,河流比降有水面比降及河底比降,河底比降相对水面比降来说比较稳定,水面比降还将随不同的水位而变化。河口受海洋潮汐的影响,比降变化更大,发生海水倒灌现象时会出现负值。河道比降一般自河源向河口逐渐减小,沿程各河段的比降都不相同。

二、各类河流的特性

(一) 山区河流

山区河流流经地势高峻、地形复杂的山区。岩石裸露、径流系数大、汇流时间短，洪水暴涨陡落，在雨后数天甚至几个小时就会出现洪峰，随着降雨终止，洪水迅速消逝。与此相应，流量变幅很大，最大流量与最小流量的比值可达几百倍。由于流量变幅大，加以河谷断面较窄，调蓄能力低，水位变幅也很大，洪枯水位差可达数米至数十米不等。山区河流平面形态多宽窄相间，故有峡谷河段与开阔河段之分。随着平面上的宽窄相间，纵向比降亦陡缓相接。峪谷河段，河床纵断面比较陡峻，流速一般都比较大，通常都在 2m/s 以上，在某些急流处，流速有高达 $6\sim 8\text{m/s}$ 以上的。狭带的泥沙多为细砂、粉砂和粘土，而河床质的组成多系卵石、块石和基岩，两者性质迥然不同，因此，悬移质含沙量一般处于不饱和状态，挟运的泥沙均可视为冲泻质，河流中水流输沙能力远大于其实际的输沙量，属于侵蚀性河床，河道变形以下切为主。但是，由于河床质抗冲能力很强，因此，河床下切速度极其缓慢，以致在短期内几乎看不出有什么变化。因而在桥渡设计时，可认为基本上是不变的，即可当成固定河床看待。峡谷河段两岸谷坡陡峻，岸壁稳定，河谷一般窄深无滩，河身随着峡谷弯曲，多急弯、卡口，河床形态不规则，断面多呈发育不全的V字形或U字形，如图1-2所示。开阔河段，水流一段

水年才能完全冲去，从而使得河床产生以多年为周期的冲淤变化。

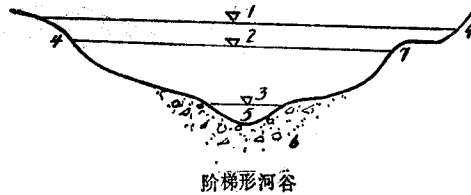


图 1-3 山区河流开阔段河谷断面形态

1——洪水位；2——中水位；3——枯水位；
4——谷坡；5——谷底；6——边滩；7——河滩。

(二) 山前河流

山前河流系指河流流出山区谷口进入平原或沼泽、湖泊、戈壁前的过渡河段。这一过渡河段基本上有两种类型，即山前变迁河段与山麓冲积扇河段两类，另我国西南地区经常遇到的山间宽谷漫流，具有山前河流的一般特性，故一并在此简介。

1. 山前变迁河段

我国华北有些河流出口后，流入地面平缓较开阔的大平原前沿地带，其下即为平原河流。由于水流出山口后得以展宽，流速渐缓，泥沙沿程沉积，河岸逐渐消失，河槽变为平浅。这类河流的特征是河道极不稳定，一经泥沙阻塞或受人类活动的影响，洪水即任意奔流，泛滥成灾，河流经常改道，旧河道淤高后不起流水作用。如京广线滹沱河、南沙河等即属此类河流。历史上多次改道，对铁路与村镇农田危害甚大。

2. 山麓冲积扇河段

(1) 山前宽河

我国西北地区的甘、宁、青、新和内蒙等省、自治区的铁路，走行在山前冲积洪积倾斜地带，常遇到山前区宽河，这是山区河流向内陆湖泊或沼泽盆地的过渡性河段。由高山山麓到盆地之间，河床的平面形状多是上游狭窄，中游扩散，下游收缩，即两头小中间大或头部小中间大，下游漫流消失或下游形成几股比较稳定的分支（见图1-4）。各河段的特征可分述如下：

1) 上游狭窄河段

是山区河流向谷口外的延伸段，河段两岸为壁立陡坎，河床纵坡较陡，流速较大，尚具有山区河流的一般特点。水流把古老的冲积锥上冲切出明显的河槽的同时，一般均伴随着严重的侧向侵蚀。处于发展阶段的山麓河谷，河岸冲刷坍塌更较严重。河床地质多为卵石或圆砾覆盖层，冲淤变化不大，基本稳定，是山前区桥渡水文和地质条件最优越的河段。

2) 中游扩散河段

上游狭窄河段末端水流扩散颈口以下为中游扩散河段，一般所谓山前宽河通常是指中游扩散河段

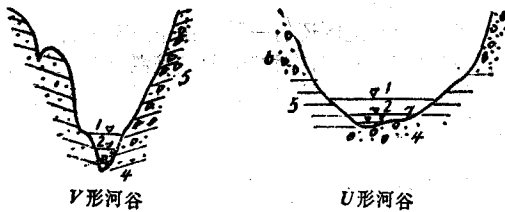


图 1-2 山区河流峡谷段河谷段面形态

1——洪水位； 1——洪水位；
2——中水位； 2——中水位；
3——枯水位； 3——枯水位；
4——砂卵石层； 4——砂卵石层；
5——崩坍岩石堆积区； 5——页岩露头；
6——山坡表面覆盖层；
7——边滩。

较平缓，具有平原河流特征，但较平原河流稳定，河身多微弯，断面呈阶梯形，如图1-3所示。有一定宽度的河滩，滩槽分明，并有不甚发达的边滩，边滩稳定，下移缓慢。大洪水时主流有一些摆动，甚至有裁弯现象。在峡谷段进口处，洪水期有较强的壅水作用，引起上游开阔段内比降变缓，流速降低，从而使推移的卵石甚至悬浮的泥沙在床面落淤。淤积厚度有时可达几米甚至几十米。汛末水位回落，壅水作用消除，滩上比降和流速增大，淤积的泥沙又被冲刷到下游去，河床刷深，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，在汛末不能全部被冲走，一直要等到下一个大

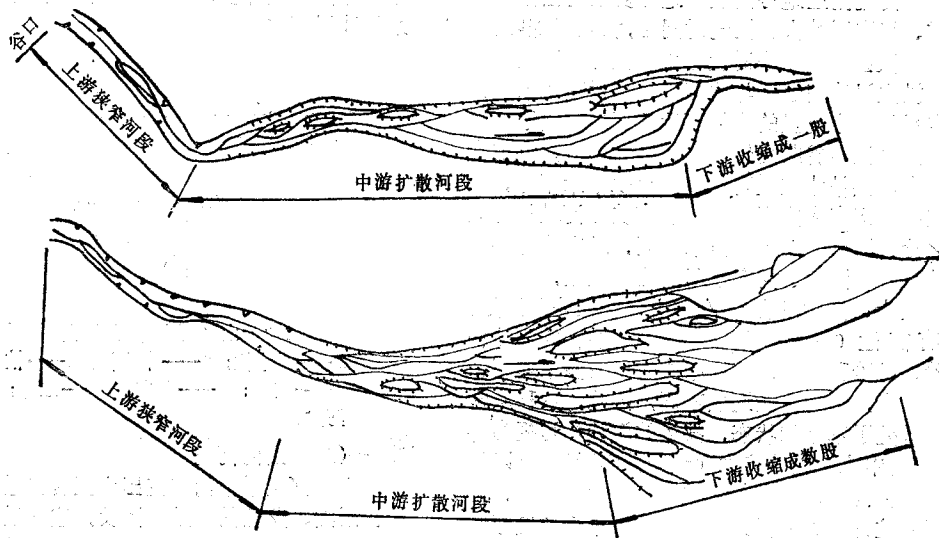


图 1-4 山前宽河形态图

而言。由于河岸逐渐降低和消失，水流呈喇叭口状散开，河床变成宽浅和不稳定，摆动幅度宽阔，河床坡度往往比上游更陡，河床横断面中间隆起、两侧低下、呈弧形，在弧形河床上遍布沟槽。洪水时水流紊乱湍急，挟带大量推移质泥沙、圆砾、粗粒卵石和漂石等，局部冲淤变化剧烈，在整个河段上具有河床淤积抬高的趋势。

3) 下游收缩河段

宽河的下游河段，除汇水区较小的河流可能形

成漫流逐渐消失于平原或盆地者外，一般较大河流则随地形条件又汇集成一或数股河道，水流平稳，河床稳定，变形一般较小，是设置桥位条件较好的河段。

(2) 山前漫流

我国西北地区还有一种“山前连续冲积锥漫流”的山前区河流，亦称“山前戈壁漫流”。兰新线上的高台漫流区就是较典型的实例（见图1-5，高台是地名）。

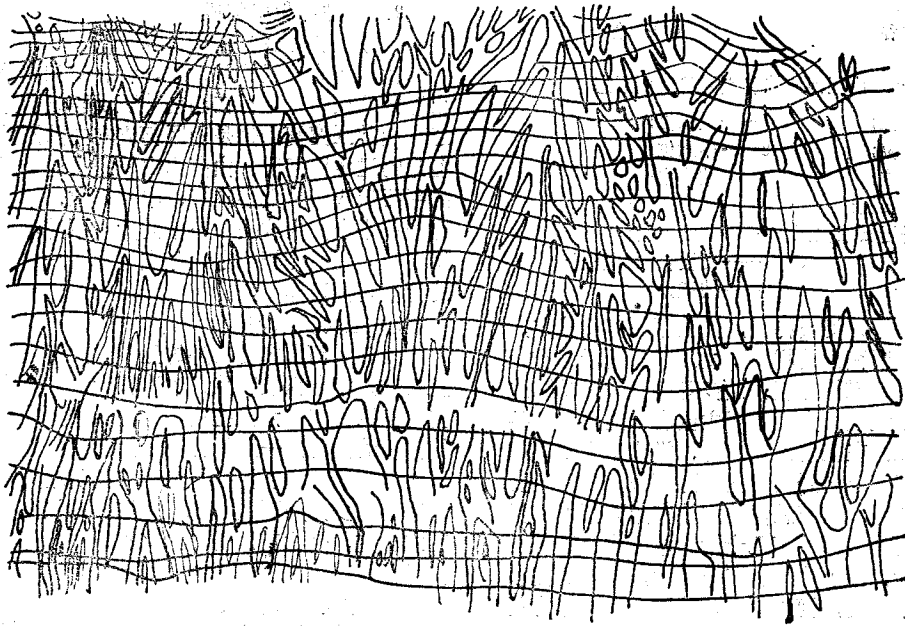


图 1-5 高台漫流水系图

此类漫流的特征是在山麓地带存在毗连着的许多中小山口,在各山口积成连续成群的冲积锥群。在冲积锥群上开始还未切割出固定的沟槽,形成分支漫溢摆动不定,河床为较粗粒的卵石或碎石,纵坡较陡。在连续冲积锥以下,由于沟槽相互交错成网状交织,水系错综复杂,水流紊乱,以下明显沟坎逐渐消失;形成长大宽展的漫流地带。地质多为圆砾及细粒卵石,地面纵坡稍缓,水流中挟有大量泥沙和细颗粒石块。再往下游地面纵坡变缓,泥沙逐渐沉积,形成荒漠或草原,有的已辟为耕地,这种地带往往无明显的沟槽及水流痕迹,平时无水,呈干旱景象,容易被误认为不受山洪影响,但一遇较大暴雨,山洪骤至,则遍地漫流。在漫流末端地形极为平坦,漫流洪水有的被阻滞于农田、沙漠上游边缘地带,形成一片洼地滞洪区;有的尾水逐渐潜入地下,于下游低洼盆地处流出,地面形成沼泽或碱地。

(3) 山间宽谷漫流

我国西南地区的山间宽谷漫流(亦称平坝漫流)一般可分为上游扇形河段和下游树枝形河段。当河谷比较狭长时,常有介于两种河段之间的纹索状过渡河段。这些河段除具有河槽浅小、基本稳定,河滩辽阔,且全为耕地(即西南所称“坝田”或“平坝”),洪峰持续时间不长,洪水涨落快,两岸农田村镇经常受洪水淹没等共同特点外,还各有某些不同特点,兹分述如下:

1) 上游扇形河段

扇形河段位于峡谷以下的冲积扇上。河流出峡谷口后,随着地形的扩散,水流也急剧扩散,从上游携带下来的泥沙,四散落淤,形成冲积扇,洪水水面等高线也和地面一样呈扇状,从垂直于主河槽的断面看,主槽的水面高地形高,两侧河滩或河汉的水面低地形低,洪水时水面呈凸形。河谷内分布着主槽和较大的河汉,在一般洪水时形成河汉分流,遇有较大洪水时则漫槽串通,淹没整个河谷,形成一片漫流,各河汉泄洪起着重要的作用,整个河道具有分散泄洪的自然趋势。在天然情况下,河滩漫水深度不大,流速平缓,历时不长,对农田房舍危害较小。扇形河段上的主槽与河汉均已切入地表细粒土以下的卵石层内,一般趋于稳定,河床冲淤变化甚微。

2) 下游树枝形河段

树枝形河段出现在山间盆地的缩窄处,其地形一般中间低两侧高,干流河槽位在河道地形最低之处,河床稳定,所有支流随地势倾向逐渐向干流汇集单一河槽,然后注入下游狭窄河谷,洪水逐渐收敛。但由于河谷仍较辽阔,故河滩的溢洪比重也不小。河滩上河汉冲沟不发育,其水流总的趋势是归向河槽。

3) 中间过渡河段

这种河段出现在宽谷平原中,随着河谷地形的缩窄或拓宽,干支流河汉时合时散,或一侧汇合一侧分散,形如纹索。其断面可能是主槽高两侧低或

主槽低两侧高,也有可能是一侧高,一侧低。在一定的地形地质条件下,局部河段也往往形成洪水基本归槽的“节点”(见图2-1)。

(三) 平原河流

平原河流流经地势平坦、广阔、土质疏松的平原地区,径流系数小,集水面积大,降雨分布不均匀,汇流时间长,洪水起涨和回落都比较平缓,持续时间比较长,无猛涨猛落现象。一般流量较大,流量变幅很小,洪枯水流量比值小,水位变幅也较小。来沙量主要是流域表面的侵蚀,来沙量的大小视流域土质、植被和水土保持情况而有很大差别。

平原河流由于河床纵坡平缓,水面比降小,一般均在千分之一以下,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 $2\sim 3\text{m/s}$ 以下,滩流流速则更小。河流中悬移质以砂、粉砂和粘土颗粒为主,其中较粗的颗粒沉降下来变为床沙质,较细的颗粒随着水流一并下泻为冲泻质。一般冲泻质所占比重很大,床沙质的含量多呈饱和状态,稍有变化,即可产生冲刷和淤积。平原河流河道演变主要表现为河床循环性的往复变形,特别是河道的平面变迁和河道中泥沙堆积体的运动变化。由于平原河流的河道均由中、细砂等松散物质构成,在水流作用下很容易发生运动。因此,平原河流冲淤变化的速度比较快,冲淤变化的幅度也比较大。

平原河流可分为四类河段,其特性分述如下:

1. 顺直微弯河段

当河岸土质比较坚固密实,不易被冲刷,河湾不易发展时,就会形成顺直微弯河段(见图1-6)。



图 1-6 顺直微弯河段示意

1——边滩; 2——浅滩; 3——深槽;
4——深泓线。

这类河段一般都出现在河流的中、上游河谷中。河段两岸有犬牙交错状的边滩,边滩对侧为深槽,上下游两深槽之间为过渡段,河底较高,水深较浅,航运部门称之为“浅滩”。深泓线是连续弯曲的。深槽和浅滩冲淤交替,枯水时浅滩水面比降大,发生冲刷,冲刷下来的泥沙在下一个深槽中淤积下来,洪水期深槽水面比降大,发生冲刷,泥沙又从深槽搬运到下一个浅滩上淤积。边滩在水流作用下,迎水坡不断冲刷,背水坡不断淤积,整个边滩不断向下游移动。随着边滩的下移,深槽、浅滩和深泓线也不断变换位置。由于边滩的发展,对岸将发生冲刷,因而枯水位以上的河槽展宽了,当边滩发展过宽,水流绕过边滩时阻力加大,在洪水期就可能

发生切滩现象，被切割的边滩留在河心成为心滩，而河槽则被心滩分成汉道。但由于新汉道短而直，易于冲刷扩大，而旧河道则相应逐渐淤塞，河槽又恢复为单股河床，河宽又狭了，如此循环往复，不断变化发展。这类河段是平原河流中的稳定河段，泥沙基本平衡，天然冲淤不大，流向稳定，河槽形态、位置均较稳定。

2. 分汉河段

分汉河段多存在于较大河流中、下游河谷宽阔处，流量变幅不大，含沙量不高。其中水河槽，平面呈宽窄相间的莲藕状。窄段为一单一河槽，水深较大。水流流出窄段进入宽段，由于河身比较宽广，有条件使边滩充分发育，在水流作用下，边滩被切割成江心滩，滩顶不断淤高并生长植物，就形成江心洲，将水流分成二股或多股（见图1-7）。汉道中水深较浅，在分汉口和汇流口处会形成浅滩。江心洲在水流作用下，洲头不断后退，洲尾不断延伸，因此整个江心洲在不断缓慢下移，并由于此冲彼淤而产生横向摆动。在移动过程中，江心洲产生合并或分解。随着江心洲的冲淤变化，两岸将发生相应



图 1-7 分汉河段示意

的崩塌和淤涨，同时岸线不断向弯曲发展。由于分沙情况的变化，各股汉道发生周期性的兴衰交替现象，一汉道的发展常伴随着另一汉道的衰退。

3. 弯曲河段

弯曲河段有自由弯曲和强制弯曲两类。自由弯曲河段一般都称它为蜿蜒河段，多存在于河谷比较宽广，水流有回旋余地的地段。在这种河段上，当河床质颗粒较大，抗冲能力较强，而遇河岸较低，土质易被冲时，就会侵蚀河岸，造成蛇曲，比降因此逐渐变缓，流速与挟沙能力也逐渐变小，达到平衡，蜿蜒河段也就此形成。这是一种常见的河型，一般都出现在河流的中下游。

蜿蜒河段主要特征是河身由正反相间的曲率达到一定程度的弯道和介于其间的长短不等的过渡段连接而成，如图1-8所示。蜿蜒河段常以弯曲系数即沿河长度与直线距离之比值，来说明河段的弯曲程度。我国长江的荆江段就是典型的蜿蜒河段。蜿蜒河段由于河湾产生环流，表层水流流向凹岸，河底水流则从凹岸流向凸岸，因而逐渐使凹岸冲成深槽，凸岸淤成边滩。弯道在平面上逐渐向外侧发展，出现S型，在这种S型河湾中，同一岸相邻两个湾顶之间的距离逐渐缩短，一遇漫滩水流就有可能冲开，自然裁弯取直，坡度又变陡，流速又加大，挟沙能力又大于含沙量，产生新的不平衡，侵蚀河岸的现

象又将重复发生并逐渐向新的河湾发展。裁弯形成新河，老河断流后，老河河口很快被淤死，留下未被淤死的下游段，逐渐变成与新河隔离的牛轭湖。这样蜿蜒蠕动永远处于不停的运动之中。蜿蜒河段是平原区河流的次稳定河段。我国东北地区松花江、嫩江平原上的河流的蜿蜒河段，河槽较窄，河滩辽阔，漫滩流量较大，往往占总流量的40%以上，流向不稳定，高低水位时流向差别很大，是一种典型的宽滩性河段。

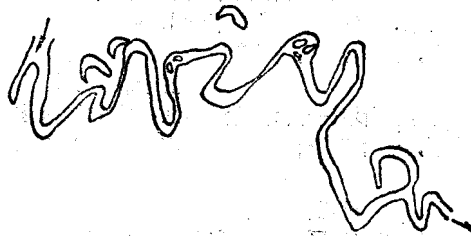


图 1-8 蜿蜒河段示意

强制弯曲河段多产生在凹岸侧边界全部或主要部位坚不可冲，无侵蚀蜿蜒作用发生，河段上水流流向基本稳定，平面形状多年无明显变化。

4. 游荡河段

游荡河段多存在于河岸组成的土质较细，极易冲刷展宽，比降、流速和河底输沙强度都相当大，洪水猛涨猛落的地段。游荡河段河槽宽浅，江心多沙洲（见图1-9），多年平均情况下，河床不断淤高，一般多成为“地上河”的趋势。边滩、沙洲移动迅速，河道外形经常改变，冲淤变化幅度极大。主槽、支汉经常变动，摆动速度和幅度都很大。水流散乱，无稳定深槽，是一种不稳定河段。当游荡河段上有一岸或两岸存有较坚固的依托处，例如河岸有突出不易冲动的崖坎，或有建筑物和护滩工程等，都将促使河槽宽度缩小，主流摆动范围变小，形成河段的“节点”，“节点”处是在此类河段上修建桥渡较理想的场地。

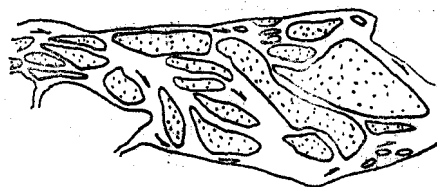


图 1-9 游荡河段示意

(四) 河口

河口指河流汇入海洋的地段，也就是平原河流进入海洋的过渡地带。受河川径流和海洋潮汐的影响，兼有平原河流和海洋的动力因素，故称之为感潮河段，详见第二十章所述。由于河川径流有洪水和枯水季节的变化，不同年份又有丰水和少水之别，

而海洋潮汐却有涨潮和落潮的周期变化和大、中、小潮的区别，这两种因素在河口地区相遇便产生不同的组合。河口地区的泥沙来源有海域来沙和陆域来沙两类。一般而言，河口地区的泥沙粒径较细，特别是陆域来沙，更以细砂为多，而细颗粒泥沙进入盐水区后就会发生絮凝现象。絮凝体的沉降规律与非絮凝体的沉降规律是不同的。由于来水、来沙条件的复杂，导致河口地区河床演变的复杂。根据河口的平面形态（见图1-10）可分为以下两类。

1. 三角港河口

当河流的含沙量较小，如有较强的潮汐和沿岸流可把泥沙带走时，则会逐渐形成单一的、河道逐渐放宽的、水深逐渐增大的漏斗式喇叭口，即三角港河口。我国的钱塘江河口即为三角港河口。

2. 三角洲河口

当河流的含沙量较大，河口地区的盐淡水异重流较强，如潮汐弱，潮流和沿岸流不能将河流送来的泥沙带走时，在河口就淤积成沙堆。沙堆逐渐淤高又被冲积成许多放射形的汉道，在每一条汉道的口外，又会形成沙堆，如此逐渐发展下去，从大陆突出于海洋形成扇形的分叉式河口，即三角洲河口，我国的长江、珠江、黄河等的河口都属于三角洲河口。

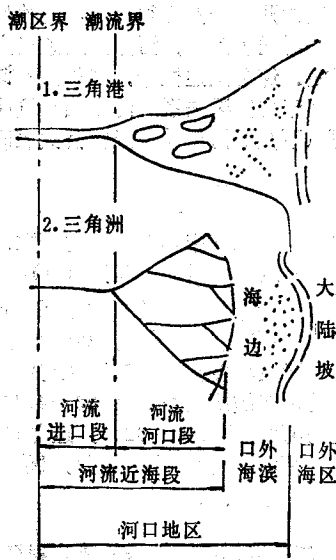


图 1-10 河口平面形态示意

第四节 河段的稳定程度

一、分析河段稳定程度的几项依据

(一) 造床流量

在分析河段的稳定程度的时候，往往需要使用某些有代表性的数值作为分析的依据。“造床流量”及其相应的水深与河宽，都是所需要使用的数据。造床流量是对塑造河床形态所起的作用最大的流量，它不等于最大洪水流量，因为尽管最大洪水流量的造床作用剧烈，但时间过短，所起的造床作用并不是最大；它也不等于枯水流量，因为尽管枯水流量作用时间较长，但流量过小，所起的造床作用也不是最大。因此，造床流量应该是一个比较大但又并非最大的洪水流量。在桥渡设计中，是采用“平滩流量”作为造床流量。所谓“平滩流量”就是水位达到河滩滩缘时的流量。水位达到这一高度时，水流充满了河槽，在河槽内流动，造床的作用最大，若水位再升高，水流漫溢上滩，分散后的水流，造床作用反而降低；水位低于河滩时，流速较小，造床作用也不强。在实际工作中，由于滩地高程不易确定，一般都是选用一个较长河段作为依据，在此河段内实测几个断面，建立水位与流量的关系，若某一流量的各断面的水位基本上与河滩齐平，那末这个流量就是造床流量。

(二) 河相关系

在水流与河床长期相互作用下，河床将形成与水力条件相适应的水深、河宽、比降等几何形态。这种几何形态与水力和泥沙因素（如流量和床沙粒

径等）之间的关系称为河相关系。在工程上都是根据观测资料经过统计分析建立起来的经验公式来加以判断的。以河相关系作为指标，可以反映出河流的稳定程度。由于河相关系表示在一定来水、来沙和河床边界条件下最适宜的河床形态，因此它对预测河床变形方面有着重要的意义。

(三) 河床的纵向稳定程度

河床纵向稳定与否，决定于水流对组成河床泥沙的作用情况，如果水流较急，床沙较细，则河床纵向不稳定；如果水流较缓，床沙较粗，则河床纵向稳定。所以，河床纵向的稳定程度可以从河底泥沙抵抗运动的摩阻力与水流对泥沙颗粒的作用力之间的比值关系来表示，由于作用力与河床比降成正比，引入比降的关系后可得出如下的河相关系。

$$\phi = \frac{\bar{d}}{I} \quad (1-1)$$

式中 ϕ ——表示河床纵向稳定的系数；

\bar{d} ——床沙平均粒径 (mm)；

I ——比降 (mm/m)，或以千分数计。

纵向稳定系数 ϕ 值愈大，则泥沙运动愈弱，河床愈不易变形，河床纵向愈稳定。与此相反， ϕ 值愈小，则泥沙运动愈强，河床愈易变形，河床纵向愈不稳定。

(四) 河床的横向稳定程度

河床的横向稳定程度与河岸土的抗冲能力密切相关，当河岸土抗冲能力愈强，则河岸愈稳定，河