

- 中国水利教育协会
- 高等学校水利类专业教学指导委员会 共同组织编审
- 中国水利水电出版社

全国水利行业“十三五”规划教材

河流工程

谈广鸣 余明辉 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国水利教育协会
高等学校水利类专业教学指导委员会
中国水利水电出版社

共同组织编审

全国水利行业“十三五”规划教材

河流工程

谈广鸣 余明辉 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本教材在原《治河防洪工程》教材基础上作了较大扩展,旨在介绍河流工程的规划、基本方法和设计思路,尤其强调河流与工程的关系,教材中“人水和谐”的理念也有所体现。内容包括:河流工程规划、河流工程建筑物,分述各专项河流工程(河道整治工程、河流防洪工程、河流航道工程、河流取水工程、河流桥渡工程、河流景观工程和河流生态工程),以及河流工程建设、河流工程管理等方面的基本知识。其中河流景观工程和河流生态工程是第一次纳入正式教材。

本教材可作为水利类专业本科生教材,亦可供广大水利专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

河流工程 / 谈广鸣, 余明辉编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2016.8
全国水利行业“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5170-4776-6

I. ①河… II. ①谈… ②余… III. ①治河工程—高等学校—教材 IV. ①TV8

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第241880号

书 名	全国水利行业“十三五”规划教材 河流工程 HELIU GONGCHENG
作 者	谈广鸣 余明辉 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 19.5印张 462千字
版 次	2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	42.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

1958年,为满足国家需求,武汉水利学院(现武汉大学水利水电学院)成立了全国唯一的治河防洪工程专业,其专业课程为“河流动力学”“河道整治”“治河、防洪和航运”等,同时设立了治河系。其后,专业名称多次变化,至20世纪80年代,治河系更名为河流工程系,专业课程调整为“河流泥沙动力学”“河床演变及整治”“河流模拟”以及“防洪工程”等。1997年,教育部将该专业与港航、海岸专业合并后,其专业课程又调整为“河流动力学”“河流管理学”“治河防洪工程”“河流模拟”“港口航道工程”以及“海岸工程”等。

随着社会经济的发展,我国正从传统水利向现代水利转变,“人水和谐”的理念也在逐步实践。原有的“治河防洪工程”课程已不适应时代需求,内容也偏窄。该专业的教授们一直想将此课程重组为与河流工程系名称相同的“河流工程”课程,作为核心专业课。经过多年努力,现终于得以实现。新的《河流工程》教材在原《治河防洪工程》的基础上有新的扩展,主旨在于介绍河流工程的规划、基本方法和设计思路,尤其强调河流与工程的关系,教材中“人水和谐”的理念也有所体现。编排顺序从河流工程的规划到河流工程建筑物,再分述各专项河流工程(河道整治工程、河流防洪工程、河流航道工程、河流取水工程、河流桥渡工程、河流景观工程和河流生态工程),考虑到该专业学生较少选修“水利水电工程施工”“水利水电工程管理”等课程,最后专门增加两章“河流工程建设”和“河流工程管理”。第三章“河道整治工程”的一些基本方法在第四章至第九章中也有体现和应用。详细的工程结构设计方法除本教材介绍内容外,还可参阅相关专业书籍,如《水工建筑物》,《渠化工程》以及《桥梁工程》等。

本教材由谈广鸣组织策划和修改,余明辉执笔撰写,易巧巧、卢婧、陈曦、甘甜、肖阳、刘玉娇等研究生参与了部分文字编辑工作,长江水利委员会防汛抗旱办公室、长江勘测规划设计研究院、长江航道规划设计研究院、黄河水利科学研究院、河南省黄河河务局、湖北省水利水电规划勘测设计院、武汉

市城市防洪勘测设计院、中工武大设计研究有限公司（原武汉大学设计研究总院）提供了部分工程设计案例作为参考资料；本教材作为讲义已经在武汉大学水利水电学院河流工程系本科生中使用四届，教材在编写过程中除体现了编者的学术思想外，还参考了原有教材和他人的研究成果，尽量利用参考文献给予引证，如有不慎遗漏的，恳请谅解；黄河水利委员会胡一三教授级高工、武汉大学陈立教授和湖北省水利水电勘测设计院翁朝晖教授级高工审阅了全书，提出了宝贵的修改意见。在此，一并表示感谢！

编 者

2015 年 12 月

目 录

前言

第一章 河流工程规划	1
第一节 河势规划	1
第二节 河道整治工程规划	4
第三节 河流防洪减灾规划	11
第四节 河流水资源规划	17
第五节 河流水能开发规划	24
第六节 河流渠化工程规划	27
第七节 河流工程规划与生态环境	29
第二章 河流工程建筑物	33
第一节 河流工程建筑物分类	33
第二节 河流工程建筑材料	34
第三章 河道整治工程	40
第一节 整治建筑物	40
第二节 防护工程	54
第三节 控导工程	76
第四节 裁弯工程	78
第五节 不同类型河段的整治措施及工程布局	85
第四章 河流防洪工程	95
第一节 水库防洪工程	96
第二节 堤防工程	104
第三节 分蓄洪工程	122
第四节 防洪非工程措施	132
第五章 河流航道工程	142
第一节 航道整治工程	142
第二节 航道疏浚工程	150
第三节 航道渠化工程	171

第四节	引航道工程	174
第六章	河流取水工程	178
第一节	无坝取水工程	178
第二节	有坝取水工程	182
第三节	泵站取水工程	185
第四节	渠道引水防沙工程	192
第七章	河流桥渡工程	214
第一节	桥渡工程	214
第二节	其他跨河工程	229
第八章	河流景观工程	234
第一节	河流景观	234
第二节	河流堤岸景观工程	238
第三节	河流壅水景观工程	246
第九章	河流生态工程	249
第一节	河流生态水配置工程	249
第二节	河流生态修复工程	256
第十章	河流工程建设	266
第一节	河流工程建设程序	266
第二节	河流工程施工	269
第十一章	河流工程管理	280
第一节	河流工程运行管理	280
第二节	河流工程安全管理	288
参考文献		304

第一章 河流工程规划

河流两岸自古以来为人类繁衍生息之所，其中下游又往往是经济与文化发达地区。河流功能是河流中发生各种物理、化学和生物学过程及其外在特征，以及与河流相关的人类活动的反映。随着经济社会的发展，河流功能呈现了多样性，归纳起来主要包括水利功能、水害功能、航运功能、生态功能、游憩休闲功能、历史文化功能、纳污功能、景观功能等。广义上讲，河流工程就是人类为兴利除害或维持上述功能的工程措施。

河流工程按其功能可分为河流开发利用工程及河流治理工程。本书所提及的河流工程，是河流开发利用及治理中除水利枢纽工程以外的所有涉水建筑物，包括河道整治工程、河流防洪工程、河流航道工程、河流取水工程、河流桥渡工程、河流景观工程和河流生态工程。

由于沿河国民经济各部门对河流的要求不尽相同，为了充分发挥现有工程设施与水土资源效益，河流工程必须根据河道防洪、航运、排涝、引水、防盐、防潮、土地利用及沿岸工矿企业与城市发展规划、生态环境等方面的要求，在认真研究河道演变规律的基础上，做好相关河流工程规划，诸如河势规划、河道整治规划、防洪减灾规划、水资源规划、水能开发规划和渠化工程规划等。

第一节 河势规划

河势具有很广的含义，一切标志河槽水流总体倾向的现象，都被纳入这一概念之中。从某种意义上说，河势主要是指某一河段的水流和河槽的态势，包括格局和走向，其中最重要的是基本流路，或称主流路，它对河道总的状态及发展趋势起着决定性的作用。河势规划的主要任务就是在分析研究本河段河床演变规律及水流泥沙运动基本特性的基础上，综合考虑国民经济各部门的不同要求，按照国家有关法规和政策，因势利导，拟定出比较合理的基本流路。当然，这种流路的形成与稳定，必须通过河道两岸所布设的河流工程措施来整治实现。

一、河势规划基本要求

(一) 防洪对河道要求

在我国主要江河的治理中，均以防洪安全作为首要目标，无论南方或北方、山区或平原，防洪任务都十分繁重。河势规划及整治工程措施，一方面要满足防御大洪水时的泛滥漫溢，另一方面，还要解决中小水时，因河势改变而造成的岸线崩退危及堤防安全等问题。防洪对河道的基本要求有以下几点：

(1) 每一河段必须有足够的泄洪断面，能安全通过该河段的设计洪水流量，即承受相应的洪水水位。设计洪水流量的大小，既取决于该河段洪水特性，又决定于被保护地区的

重要程度,一般应根据防洪标准确定。

(2) 河道应比较通畅,无过分弯曲或过分束窄的河段,以免汛期泄洪不畅,使洪水位抬高,或者在凌汛中,形成冰塞冰坝,造成漫溢等险情。

(3) 为了增加泄洪断面而修筑的堤防工程,应达到设计质量标准,抵御设计标准洪水。

(4) 在河道中的某些地段,因水流顶冲,造成河岸崩塌,危及堤防、农田、村镇、交通道路、厂矿或港埠安全时应积极采取措施,稳定岸线,控制河势。

(二) 航运对河道要求

内河航运因具有成本低廉,运载量大等优点,在国内外交通运输中占有重要位置。世界上许多城镇和重要企业均沿江河而建,同时也促进了水运事业的发展。如 2009 年我国交通部批准的《长江干线航道总体规划纲要》预计在以后十几年中,投资 430 亿元人民币对航道进行治理,使长江“黄金水道”在我国东西部经济发展中发挥更大作用。从提高航道通航保证率及航行安全出发,航运对河道的基本要求,可简要归纳为以下几点:

(1) 应满足通航规定的航道尺度,包括航深、航宽及弯曲半径等。

(2) 河道平顺稳定,流速不能过大,流态不能太乱。

(3) 码头作业区深槽稳定,水流平顺。

(4) 跨河建筑物应满足船舶的水上净空要求。

上述要求的指标,视航道等级及通航船队的吨位、尺寸而定,具体可参阅有关规范标准。

(三) 其他部门对河道要求

其他的河流工程最常遇到的有取水口及桥渡等。

取水口对河道的主要要求如下:

(1) 取水口所在河段的河势必须稳定,既不能脱溜淤积无法取水,也不能大溜顶冲危及取水建筑物的安全。有时因河势变化,大溜冲顶难以避免,则需采取防护措施。

(2) 取水口附近必须有足够的水位,以保证按设计要求取水,这点对无坝取水及大型泵站取水尤为重要。

(3) 取水口附近的河道水流泥沙运动,应尽可能使进入取水口的水流含沙量较低、泥沙粒径较细,避免渠道严重淤积,减少泵站机械的磨蚀。

桥渡工程对河道的要求,主要是桥渡附近的河势应该稳定,防止因河道摆动造成主通航孔航道淤积,或桥头引堤冲毁而中断运输。同时,桥渡附近水流必须平缓过渡,主流向与桥轴线法向交角不能过大,以免造成船舶撞击桥墩酿成海事。

上述各部门对河道的基本要求,有其共同的一面,也有相互矛盾的地方。例如,在稳定河道,控制河势变化方面,各部门都相对一致,无根本性矛盾,但是具体到河势走向上,也可能不尽相同。防洪部门要求有足够的泄洪断面,控制洪水位不得抬升,而桥渡工程从经济观点出发,则希望跨越河段越窄越好,但这样又会引起上游洪水位的抬高。特别是随着我国人口的增长和沿河工农业经济的发展,土地资源日益珍贵,城建部门总希望开发滩地,构造城市景观或进行房地产开发,农业部门希望围垦河道洲滩土地,经营农牧业生产,若不进行全面的河势规划,各行其是,减少泄洪断面,将给防洪带来严重后果。全国开展的河道清障任务,就是为了这个目的。另外,为控制河势或保证取水,不恰当修建

的一些挑流工程，往往会影响到船舶航行的安全和河势的变化；不恰当的修建枯水航道整治建筑物，也会引起洪水位的抬升或河势改变。总之，在进行河势规划时，既要充分听取沿河各部门的意见和要求，又要分清主次，协调矛盾，分析研究满足这些要求的可能性，通过技术经济论证和生态环境评价，提出一个能被各方面都可以接受的总体规划。规划不但要着眼于河道现状，也要考虑今后的发展变化，留有适当余地。

二、河势规划原则

河势规划总的原则应该是“全面规划，因势利导，远近结合，分期实施”。

（一）全面规划，综合治理

规划中一方面要兼顾各部门、上下游、左右岸的利益和要求，充分发挥现有工程设施与水土资源效益；另一方面要根据国民经济近期和远期发展需求，分清主次，权衡利弊，保证首要任务的实现。规划中，应考虑各种工程与非工程措施的密切配合、相互为用。

（二）因势利导，重点整治

因势利导是治理江河的一条很重要的基本原则，“因势”就是遵循河流总的规律性、总的趋势，“利导”就是朝着有利于建设要求的方向、目标加以治导。在实际工作中，可能遇到下面三种情况：

（1）河道目前形势基本符合所规划的流路，或者仅需要对局部河段做一些改善，此时，应抓住时机，采取工程措施，稳定河势。

（2）目前河势尚不符合所规定的流路，但通过对河床演变分析论证，河势正向有利方面发展，此时可略为等待或采取一些简单的临时工程措施，促使其发展，然后再进行固定。

（3）目前河势正向相反方向发展，并有进一步恶化的趋势，此时应选择关键地段，修建控导工程，控制其变化，人为地引导河势向有利方向转化，待到一定时机，再进行全河段控制。

河势规划要求对整段河道全线控制，而整治工程则很难同时也没有必要做到沿全河布设，在规划中选择好一些重点部位。这些部位应是靠溜几率大，对下游河势变化起重要控制作用并对经济生产有重大影响的部位，可以利用和改善天然节点，但多数是通过修筑整治工程来控制河槽。需要指出的是，这些整治工程必须上下呼应，左右配合，工程布设的范围、尺寸，一定要符合河势规划中总的控导意图。

（三）远近结合，分期实施

河流一直处于冲淤变化过程中，上游来水来沙条件又有很大的随机性，因此河势规划一般不能一劳永逸。在规划中应充分考虑，留有余地，远近结合，分期实施。在工程施工和运行中，应根据观测资料、水沙模型预测以及以往经验做出判断，并加以修正和补充，实施动态管理。

三、河势规划内容

河势规划应该包括对整条河流或某个较长河段的河势控导规划和一些重点部位的局部河段的整治工程规划。二者相辅相成，前者指导后者，而后者又具体保证前者的实现。在内容上，前者主要从宏观上进行可行性研究论证，提出对上下游、左右岸通盘考虑的整治线，把有利于各个方面的河势稳定下来。而后者则要求更为具体和详细，包括对河势控导及改造调整的整治工程设计。河势规划内容某种程度上基本等同于河流治理规划内容。特

别强调以下几部分。

（一）河道特性分析

河道整治的难点不在于建筑物本身，而在于建筑物所引起的河床演变是否朝着预期的方向发展。因此，要想制定出比较符合客观实际的河势规划和工程布局，首先，必须对所要规划河流或河段的基本特性进行深入的分析研究。河道特性分析包括分析河流地貌特征及沿河地质构成、水文泥沙、河道演变规律等，同时要综合研究它们之间的内在联系，从中找出影响本河段河势变化的关键因素。需要强调的是，在分析中要特别注意大洪水的造床作用。其次，要注意河道两岸边界（特别是天然节点和人工节点）及其变化对流路的影响。再次，支流入汇、河湖关系、河道侵蚀基准面的升降以及上游大型水利枢纽工程对泥沙的调节等，对河道特性及演变均有较大影响，亦应根据实际情况，进行深入分析。

（二）河势规划的总体布局 and 开发程序

根据规划河段社会经济发展要求，特别是防洪、航运和沿河两岸城镇发展、工矿企业布局要求，结合江河除害兴利的目的，并考虑河段特点，论证对本河段进行河势规划的必要性和可行性，提出本河段河势规划的基本原则；分清主次，安排近期和远期治理目标，拟定控制、调整河势和稳定河槽的主要措施；通过方案比较，合理确定整治工程的总体布局 and 开发程序。

（三）对生态环境的影响评价

整治规划和工程建设必须遵守与我国环境保护有关的法律法规，对生态环境可能带来的影响应作出评价。对需要保护的地区的生态与环境，应有相应对策措施和参与比选的方案。

（四）经济效益评价

依据国家各部委颁发的有关评价方法和规范，一般采用影子价格法，对河流工程的投入费用（工程建设费和年运行费）和产出效益（工程可减免的洪灾损失费、减少的航道维护费和因航道改善增加的航运效益、水产效益、土地开发利用效益等）进行动态计算，以便评价工程的经济合理性和可行性。在规划设计阶段，对某些比较特殊，尚无十分把握的重要问题，往往还需要进行河工模型试验或现场试验。

第二节 河道整治工程规划

河道整治工程规划是根据河道演变规律，改善调整河道形态，稳定河势，使之适应防洪、航运、引水等要求所采取的措施安排。

一、河道整治工程规划原则

河道整治工程规划顺应河势规划的原则，即全面规划、综合利用、因势利导、因地制宜、远近结合、分期实施。在工程布置上，一般可根据河势特点，采取一些工程措施，修建控制性工程，稳定有利河势。

河道总是处在不断发展变化的过程中，河道整治工程规划必须顺乎河势，只有这样，在完成了关键性控导工程之后，就可以利用河道自身的演变规律，借助水流的力量，通过自然的冲淤调整，逐步实现规划意图，收到事半功倍之效。否则，强堵硬挑，违背河道演

变的自然规律,将会引起河势进一步恶化,造成人力物力的极大浪费和不必要的治河纠纷。因此,在进行河道整治工程规划之前,应对河道演变规律和发展趋势进行认真分析,特别是大洪水对河势走向的影响,拟定出既符合河道演变规律,又能基本满足各方面要求的基本流路,并通过工程措施,将这种有利的流路控制和稳定下来。

值得强调的是,河道整治工程常年经受水流巨大的冲击,并且作为工程基础的河床和河岸又都存在着冲淤变化,上游来水来沙条件又有很大的随机性,这就要求工程应具有一定的可靠程度和适当的控导长度,适应顶冲点上提下挫的变化,发挥整体导流作用。大量的工程实践证明,对局部河段进行孤立的挑流护岸是无益的,且河工建筑物本身,也必须具备足够的强度和柔韧性能,才能适应河床的变化。

另外,河道整治工程一般不能一劳永逸,主体工程完成后,由于受来水来沙条件变化的影响,绝大多数要进行加固和续建,实施动态管理。因此,在规划中应充分考虑,留有余地,在施工中和工程运行中,应根据经验和观测资料做出判断,并加以修正和补充。

二、河道整治工程规划内容

河道整治工程规划按河道特性可分为山区河道整治工程规划、平原河道整治工程规划和河口整治工程规划。山区河道两岸多为基岩,河底多由粗沙、卵石或基岩组成,坡度较陡,流速较大,水位涨落较快,但河床变形强度较小,整治一般只对局部河段产生影响。整治措施多为实施渠化工程、爆破、疏浚和修建局部整治建筑物等。平原河道发育于冲积平原,由于河道来水、来沙和河岸河床土质的差异,常形成顺直、弯曲、分汊和游荡等四种基本河型,各具不同演变特性。对顺直型河道,多通过修建河道整治建筑物,以稳定河势;对弯曲型河道(亦称蜿蜒型河道),多采取人工裁弯等措施,整治成平顺微弯的河段;对分汊型河道,多采取塞支强干等措施,以稳定、改善汊道;对游荡型河道,多采取控导工程、淤滩堵汊等措施,整治成较为稳定的河床。河口段受径流和潮流的共同作用,泥沙冲淤变化复杂,整治措施多采取固滩护岸、堵汊并流、疏浚导流等。本文重点讲述平原河道整治工程规划。

平原河道整治工程规划一般包括洪水、中水、枯水三个不同的整治方案。洪水整治的目的是为了防御洪水泛滥,确保沿河人民生命财产安全;中水整治对稳定河道,控制河势具有十分重要的意义;枯水整治则主要是为了保障通航和引水。从河床演变的基本理论和长期的生产实践可以知道,强烈的造床作用总是在洪水和中水时进行。中水河槽的摆动,将直接危及堤岸和防洪的安全。枯水河槽之所以产生浅滩碍航现象,也往往是由中水、洪水时泥沙运动所造成。因此,如能稳定住中水河槽,就能基本控制整个河道的演变过程,大致上决定河道总的格局。

河道整治工程规划最重要的几个参数是设计流量、设计水位、治导线和河道断面等。这些参数的确定,与河流治理工程的目的有直接关系。

三、河道整治工程规划方法

(一) 设计流量和设计水位

整治洪水河槽的设计流量,应根据保护地区的重要性采用不同频率洪水流量。整治中水河槽的设计流量多采用造床流量或平滩流量。与这两种流量相应的水位为设计水位。整治枯水河槽的设计水位多根据通航等级或其他整治要求,采用不同保证率的最低水位,其

相应的流量为设计流量。分述如下。

1. 洪水河槽整治设计流量和水位

以防洪为目的的洪水河槽整治设计流量和水位的确定,一般按照当地防洪标准,选择与之相应的洪峰流量或水位,作为设计河流治理工程建筑物(堤防等)高程的依据,同时,也可用来校核各种建筑物的安全,如结构强度和局部冲刷坑的深度等。

2. 中水河槽整治设计流量和水位

中水河槽是与造床流量相应的河槽,故中水河槽整治设计流量和水位的确定,实际上是要确定造床流量和水位。在一般情况下,平河漫滩的流量接近于造床流量,故也常用平滩流量及相应水位作为设计流量和设计水位。

3. 枯水河槽整治设计流量和水位

治理枯水河槽主要是为了解决航运问题,特别是保证枯水航深问题。设计枯水位一般应根据长系列日均水位的某一保证率即通航保证率来确定。通航保证率应根据河流实际可能通航的条件和航运的要求,以及技术的可能性和经济的合理性来确定,设计枯水位确定之后,再求其相应设计流量。

此外,枯水位也是护根护脚和无坝取水建筑物设计的重要控制参数。

(二) 治导线

治导线也称整治线,是指河道整治后通过设计流量时的平面轮廓线。制定治导线的原则与前述河势规划的原则基本相同,必须使水流沿着规划的整治线流动时,尽量能满足国民经济各部门的要求。治导线规划的任务,主要是确定其位置、宽度和线型。治导线的位置,应根据整治的目的和要求,遵循因势利导的原则,除考虑本河段的演变发展趋势外,还要考虑上游河势,现有整治工程和天然节点的位置、方向,以及下游河道对送溜的要求,力求整治后水流平顺、河势稳定,并能适应水沙变化规律,满足各方面要求。

山区河道整治的任务相对较单纯。一般仅需要规划其枯水河槽整治线。整治线尺度以满足通航要求为主。河口整治线的确定取决于河口类型与整治目的。对多沙河流的河口,要留足沉沙范围,考虑河口改道。对有通航要求的分汊型三角洲河口,宜选择相对稳定的主槽作为通航河汊。对于喇叭形河口,整治线的平面形式宜自上而下逐渐放宽呈喇叭形,放宽率应能满足涨落潮时保持一定的水深和流速,使河床达到冲淤相对平衡。对有垦殖要求的河口,应使口门整治与滩涂围垦相结合,合理开发利用滩涂资源。下面着重介绍一下平原河流整治线的制定方法和关键点。

平原河道整治线有洪水河槽整治线、中水河槽整治线和枯水河槽整治线。其中对河势起控制作用的是中水河槽整治线。随着设计流量的不同,整治线也有所不同。洪水河槽整治线,仅在设计堤防时,对堤线与中水河槽岸边线的相关位置做一些考虑;合适的中水河槽整治线能有效控制中水和枯水河床的演变,不但有利于防洪和河岸的稳定,而且有利于获得优良的枯水航道;枯水河槽整治线,则限于控制枯水河床的发展,使其有利于航运和灌溉引水。具体如下:

(1) 洪水河槽一般以两岸堤防的平面轮廓线为其设计整治线。两岸堤防的间距应经分析,使其能满足宣泄设计洪水和防止洪水期水流冲刷堤岸的要求。

(2) 中水河槽一般以曲率适度的连续曲线和两曲线间适当长度的直线段为其设计整治

线。对不宜整治成单一河槽的分汊型河道或游荡型河道则应控制其主流的整治线成为曲率适度的连续曲线。整治线的弯曲半径和曲线间的直线段长度，可参照邻近的优良河段确定。曲线段最小弯曲半径一般为河道直线段平滩河宽的4~9倍。两曲线间的直线段长度一般为该段平滩河宽的1~3倍。

(3) 枯水河槽整治线多是在已确定的中水河槽整治线的基础上，利用河段内相对稳定的深槽、边滩和江心洲进行设计。对通航河道，其枯水河槽流向与中水、洪水河槽流向的交角一般不宜过大，以保持航道相对稳定。枯水河槽的弯曲半径和曲线段间直线段的长度，可参照邻近的优良河段选定，其数值可比中水河槽整治线的数值略小（图1-1）。

整治线线型的确定。在冲积河流中，顺直型河段并不稳定，特别是游荡型河段更不稳定，其次为蜿蜒型河段，分汊型河段虽因其上下游有节点控制，河势相对稳定，但主支汊常常交替发展，制约两岸国民经济的发展。实践证明，适度弯曲的单一型河段较为稳定，一般具有河道归顺，水流平稳，主流和深泓线的方位变化都较小，水深沿程变化也不大等特点。能达到这种情况的弯曲河段，其弯道的曲率半径、中心角和过渡段的长度，常常是尺度适中且配合良好的。这样的河段对国民经济各个方面，如防洪、航运、港口、取水、桥梁、农田和城市建设等，都是比较有利的，一般不需要整治或容易整治。因此，河流治导线一般为曲线，在曲线和曲线之间连以适当长度的直线过渡段。

整治线的平面尺度即弯道要素的确定，应从分析本河段河流平面外形入手，找出其出现几率较大且能保持较长时间的一些弯道形态，以此来作为河势规划的重要参考依据。参考表1-1列出的一些经验公式，公式反映了河弯尺度与流量的函数关系，有些虽无流量 Q 因子，但河槽宽度 B 本身仍和流量大小有关，这些均为经验公式，相互之间有差异，仅供参考。

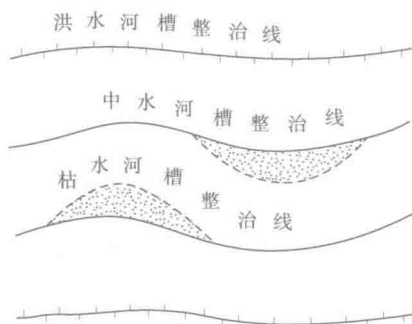


图1-1 平原河道洪水、中水、枯水河槽整治线示意图

表1-1 弯道半径计算公式

类别	作者	公 式	备 注
I	米洛维奇	$R > 2.23B$	R 为弯道半径； B 为过渡段平滩河宽
	钱宁	$R = 3B$	
	阿尔图宁	$R_1 = (7 \sim 3)B$, $R_2 = (5 \sim 6)B$, $R_3 = 3.5B$	R_1 为紧接过渡段处； R_2 为中间部分； R_3 为弯顶处
	阿甘蒂斯柯尼斯	$R = (8 \sim 13)B$	
	加布列希特	$R = (4 \sim 7)B$	
	黄河水利委员会	$R = (3 \sim 5)B$	
	里普莱	$R = 40\Omega^{0.5}$	Ω 为河床过水面积
II	黄河水利委员会	$R = 165Q^{0.33} / \phi$	Q 为造床流量； ϕ 为弯道中心角以弧度计
	长江科学院	$R = 48.1(QJ^{1/2})^{0.83}$	J 为水面比降

有的学者如阿尔图宁认为稳定河湾应该是一个变半径的复合弧线, 曲率半径 R 自进口至弯顶逐渐减小, 然后自弯顶至出口又逐渐加大。黄河上总结出“上平、下缓、中间陡”

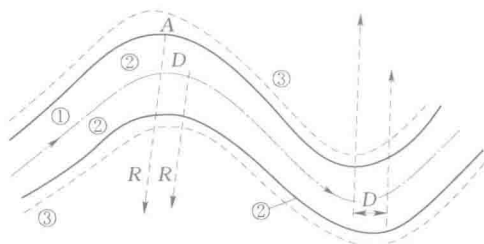


图 1-2 尼罗河河湾整治线

①—尼罗河主流线；②—河岸；③—河堤

的线形, 这种河湾有利于进口迎流与出口送流, 对主流线变化的适应性较强。埃及共和国在尼罗河整治中亦采用了这种做法, 认为弯道应是一个曲率沿程变化的抛物线形, 且凸凹岸的最大曲率点不应相互对应, 即不在同一径向线上, 凸岸弯道的顶点应在凹岸弯顶的下游, 距离为 D (图 1-2), 且得出如下经验关系:

上埃及 $D=550\sim 15R^a$; $R=7000\text{m}$

赖希德河 $D=450\sim 15R^a$; $R=6000\text{m}$

杜姆亚特河 $D=260\sim 15R^a$; $R=4000\text{m}$

式中: R 为沿凸岸弯道中心线量测的凹岸与凸岸顶点间的距离, m ; D 若为负数, 表示不需移动, 两岸为同心圆。 a 为指数, 可用实测资料率定。如在尼罗河河湾整治规划中取 $a=0.2$ 。

(三) 河槽横断面

河槽横断面主要是选定中水河槽和枯水河槽的断面尺度。通常可参考邻近优良河段的断面选定, 也可根据整治前后泄流和输沙能力不变的原则采用有关公式计算选定。

整治线宽度 B , 河槽平均深度 h , 即横断面尺度, 不能任意给定, 必须与河流自然条件相适应。经常采用的方法是选择本河道的模范河段, 求出其在设计流量下的断面河相关系, 并依此控制规划河段的断面形式。所谓模范河段, 是指在河床形态方面, 应该是河岸略呈弯曲, 深槽较长而浅滩较短, 水深沿流程变化不大, 过渡段沙埂方向与水流接近垂直, 枯水时无分汊现象等; 在水流方面, 应该是主流比较稳定, 流态平顺, 流速适中, 洪水、中水、枯水流向交角较小。必要时亦可借鉴邻近相似河段的资料。

经过对模范河段的上述分析, 就可通过联解下面三个方程, 进行断面设计。

$$\text{河相关系式} \quad \frac{\sqrt{B}}{h} = \zeta \quad (1-1)$$

$$\text{阻力公式} \quad u = \frac{1}{n} h^{2/3} J^{1/2} \quad (1-2)$$

$$\text{连续方程} \quad Q = uBh \quad (1-3)$$

从以上公式可以得出

$$h = \left(\frac{Qn}{\zeta^2 J^{1/2}} \right)^{3/11} \quad (1-4)$$

$$B = h^2 \zeta^2$$

式中符号如图 1-3 所示。

河槽平均水深 h 与最大水深 $h_{\max}$ 的关系, 可由下式确定

$$h_{\max} = \phi h \quad (1-5)$$

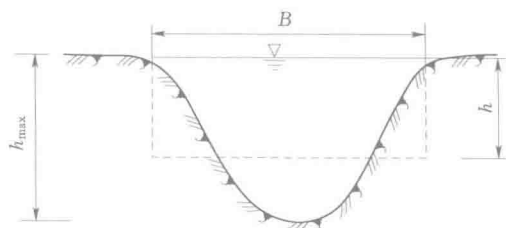


图 1-3 河槽横断面形态示意图

公式中 ζ 和 ϕ 的值, 均由模范河段实测资料定出。有了 h 、 $h_{\max}$ 、 B , 即可按断面积相等的原则, 考虑河岸土质的稳定性, 确定出设计断面的图形。

需要说明的是, 上述计算所得的河槽宽度 B , 严格地讲仅适用于顺直河段, 对于弯道段, 两岸之间的间距应该是河槽曲率的函数, 其宽度在弯道的顶部应该达到最大, 并随曲率的减小而减少。弯曲河段最大宽度的确定, 通常是在上述计算所得 B 值中增加一修正值 ΔB , 不同的河流有不同的 ΔB , 应通过对规划河道实测资料的对比分析, 找出其关系。

(四) 河道整治工程布置

在进行了上述中水整治线及河槽断面设计之后, 就应该根据水流顶冲点上提下挫的范围, 并预估弯道今后的变化, 定出守护位置及长度, 布置控导工程。黄河下游弯道守护长度的经验是 60% 在弯顶以下, 40% 在弯顶以上。在工程型式及施工顺序上, 应遵循如何有利于实现所规划的整治线为原则。例如, 对于河槽较窄的河段, 应以平顺护岸工程为主, 不宜修建丁坝一类的挑水建筑物, 防止水流条件恶化, 特别是通航河段, 更应慎重。再如弯道弯顶下移, 将导致河弯更接近所拟定的整治线时, 可待发展到有利形势时再进行守护。一个河段的改善, 也往往需要自上而下的调整, 控制好上游河势, 下游河弯才能稳定, 因此在施工顺序上以自上而下为好。当然在特殊情况下, 如下游快速坍塌的河弯, 根据需要也可采取临时性守护措施。对于放宽河道或者岸线远离整治线, 以及局部急弯, 亦可采用一些较低较短的丁坝群, 进行逐步改善调整。例如, 长江张家洲南港水道, 由于新洲附近河道沿程放宽, 水流分散, 加上鄱阳湖出流的影响, 常在此形成浅滩, 影响枯季通航。为此, 20 世纪 80 年代长江航道局在新洲上下修建 6 条丁坝, 在官洲尾部及梅家洲尾部修建护岸工程和护滩带工程 (图 1-4)。工程完成后, 浅区深泓右摆, 丁坝坝间普遍淤积, 浅滩冲刷, 枯水航深增大, 航行条件明显得到改善。长江水利委员会于 1997 年制订了九江河段张家洲水道的总体治理规划如图 1-5 所示。

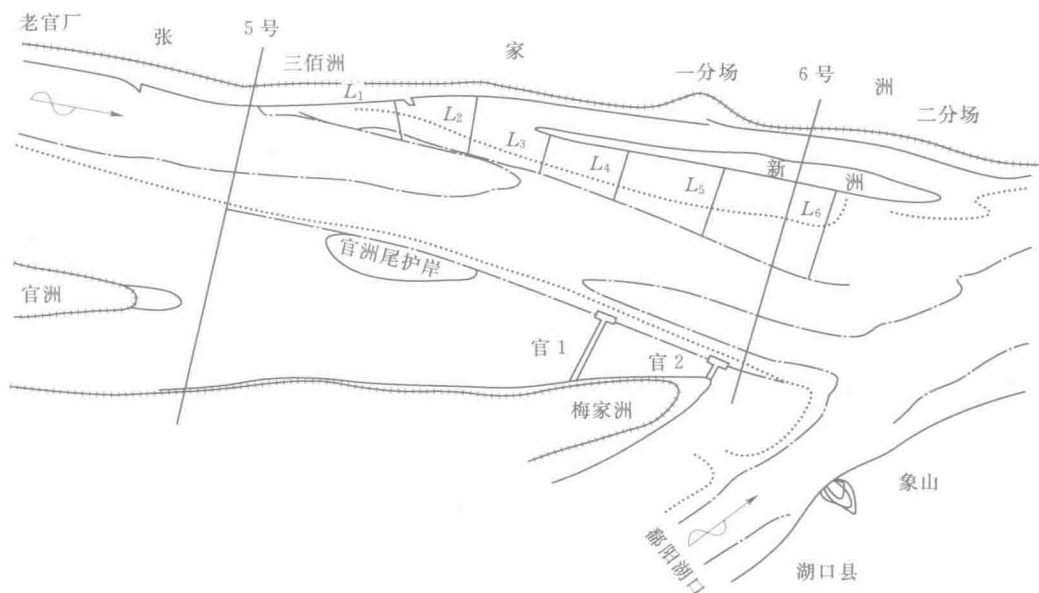


图 1-4 长江中游末端张家洲南港航道整治工程布置示意图

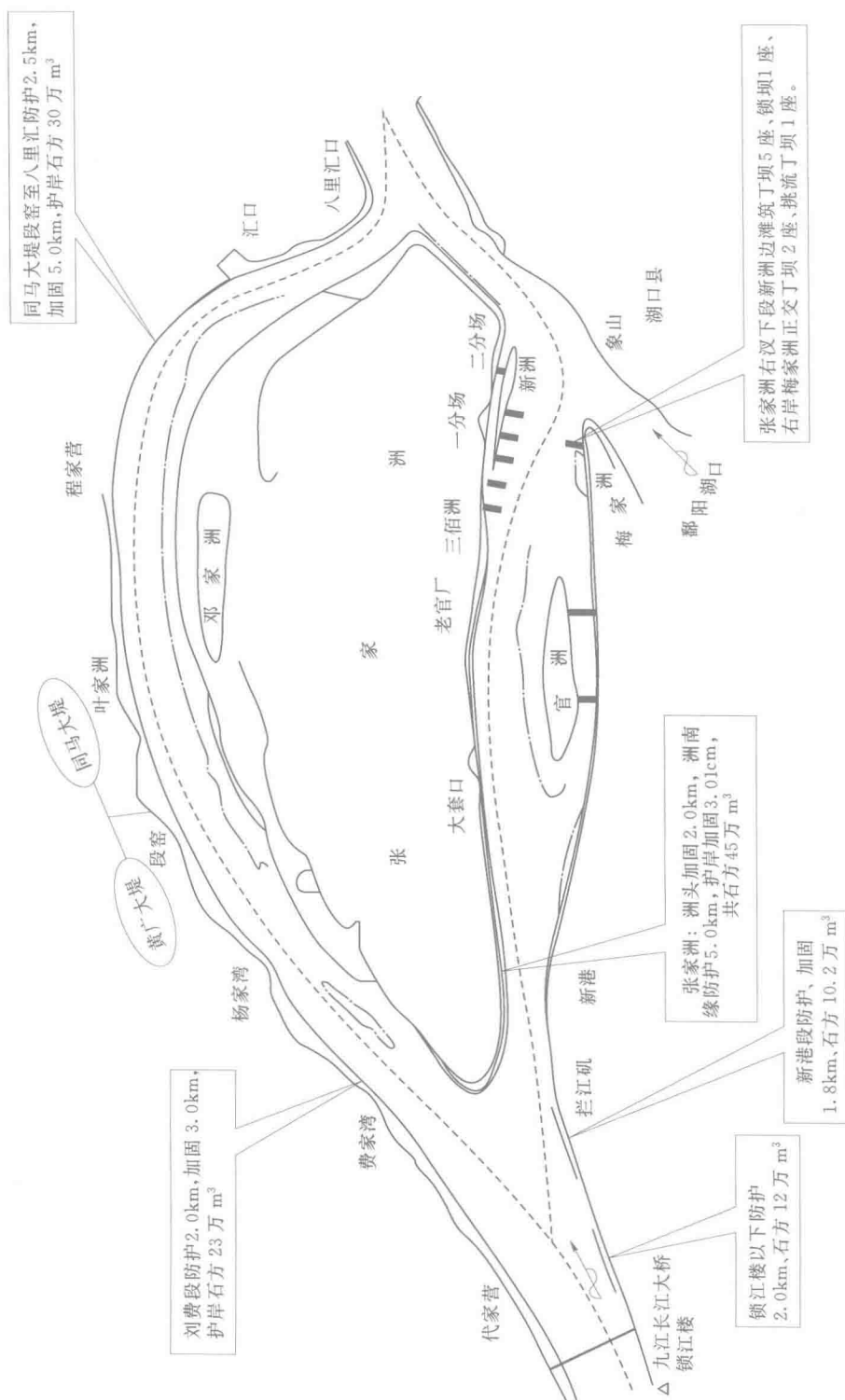


图 1-5 九江河段张家洲水道的总体治理规划示意图
(长江水利委员会 1997 年制)