

河道渠化治理研究

徐国宾¹, 任晓枫²

(1. 天津大学建筑工程学院, 天津 300072; 2. 水利部天津水利水电勘测设计研究院, 天津 300222)

摘要: 阐述人工裁弯、缩窄河床和固化河岸等河道渠化治理措施对河流的有利和不利影响以及控制渠化河床冲刷下切的措施(修建拦挡坝、抛石护底、衬砌护底和人工加沙), 提出渠化河道设计的两个重要参数——渠化河宽和平衡比降的确定方法, 介绍美国密西西比河与密苏里河、德国莱茵河和中国涝河的渠化治理。

关键词: 河道渠化; 人工裁弯; 缩窄河床; 固化河岸; 渠化河宽; 平衡比降

中图分类号: TV85

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2002)05-0017-04

河道渠化治理是通过采取一些工程措施, 将天然河流改造成两岸近乎平行、较为规则的渠道。渠化治理由来已久, 但由于治理费用高昂, 在欧美、日本等一些经济发达国家较多实施, 很多河流已经全河段渠化。随着我国经济实力增强, 国内一些河流也开始大规模渠化治理。因此, 对河道渠化治理进行研究探讨具有现实意义。

1 渠化工程对河流的影响

渠化工程实施后, 改变了河流的边界条件, 势必对河流上下游、左右岸产生一定影响。渠化治理具体工程措施包括人工裁弯、缩窄河床和固化河岸等, 这些工程措施对河流的影响分别阐述如下。

1.1 人工裁弯

河道裁弯后, 由于河道长度缩短, 比降变陡, 其上下游河段要进行调整。主要表现为: 上游河段水面比降变陡, 流速增加, 水流挟沙能力增大, 导致河床冲刷, 水位下降。下游河段来沙量增大, 洪峰出现的时间提前。这些调整又会给河道防洪、航运和周围环境带来一些有利和不利影响。有利影响主要是: 泄洪顺畅, 航程缩短, 增加可供利用滩地面积。不利影响主要是: 河势不稳, 河流改道造成两岸群众利益重新分配容易引起纠纷, 破坏了河流自然弯曲的美丽景观。鉴于河道裁弯后所带来的种种不利影响, 在欧洲甚至有人建议将已经渠化顺直河道的护岸拆除, 使河流恢复自然弯曲轮廓。在美国也有将已经裁弯取直的河道重新恢复弯曲外形的先例。所以, 对裁弯工程一定要慎重。

1.2 缩窄河床

缩窄河床目的是为了束缚宽浅散乱、主流左右摆动的水流, 增加河道水深、流速, 以利于河道输水输沙和航运, 同时增加可供开发利用的滩地。河床缩窄之后, 由于流速和水流挟沙能力增大, 河床将冲刷下切。河床严重下切可能会危及护岸、桥基、取水工程和航运等建筑物安全, 并降低地下水位。因此, 为控制河床下切有时不得不采取一些工程措施。河床缩窄之后, 河道槽蓄作用还会减少, 将加快洪水传播速度并可能增大下游河道洪峰流量。另外, 宽广的河滩地上常分布着许多湿地, 这些湿地是某些生物的栖息地, 湿地的消失会造成这些生物种群的减少。河床缩窄之后, 由于两岸群众利益的重新分配, 还容易引起纠纷。

1.3 固化河岸

河岸固化后, 限制了河道的横向冲刷变形, 抑制了崩岸, 稳定了河势。因此, 大大减少了险情的发生, 提高了防洪标准, 同时也减少了由于崩岸引起的大量土地损失。河岸固化后, 尽管横向冲刷变形受到抑制, 但河床冲刷下切则会进一步加剧。

2 控制河床冲刷下切的措施

河道渠化缩窄之后, 流速增加, 再因河岸固化, 只能冲刷下切河床。为控制河床下切幅度, 常常需要采取一些措施。主要措施如下。

2.1 修建固定河床的拦挡坝

拦挡坝是一种横断河床的建筑物, 其作用是抬高河床局部侵蚀基准面, 减小河床冲刷下切幅度。拦

挡坝只有成系列地修建,形成一个有机的整体,才能有效地发挥作用.拦挡坝可以修建成潜没式(即坝顶与原天然河床齐平),也可以为非潜没式.如果为潜没式拦挡坝,其上游床面将以坝顶为轴心,呈扇形冲刷下切,愈向上游冲刷下切幅度愈大,冲刷长度等于坝间距离,见图1中①.对于非潜没式拦挡坝,如果具有足够的坝高,其上游床面将全部回淤,见图1中②.如果坝高不足以使其上游床面全部回淤,那么紧靠坝上游的一段床面回淤,再往上游将会发生冲刷,见图1中③.随着河床冲刷或淤积,河床变成阶梯状.拦挡坝的高程、间距与渠化河道平衡比降有关,各坝之间床面设计比降应等于渠化河道平衡比降^[1].否则,将导致拦挡坝及护岸等建筑物基础埋深不够而被冲毁^[2].此外,拦挡坝下游要设置完善的消能设施.一般说来,拦挡坝用于控制比降较大的上中游河床冲刷下切效果较好.对于有通航要求的河道,拦挡坝的修建不利于船只航行,需要考虑修建船闸.

拦挡坝高度与坝间距离密切相关,通常情况下坝高与坝间距离成正比.拦挡坝一般高2~5m.两相邻拦挡坝的间距可按式计算:

$$L = \Delta H / i$$

式中: i 为渠化河道平衡比降; ΔH 为下游拦挡坝的顶部到紧靠其上游的拦挡坝的底部高度.

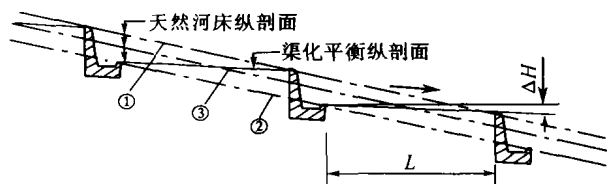


图1 控制河床冲刷下切的拦挡坝布置示意图

2.2 抛石护底

在河床上散抛较大粒径的块石或卵石,构筑河床保护层,能遏制河床冲刷下切.块石的粒径取决于河道流速,以不被水流冲走为原则.抛石厚度应能对河床质进行有效蔽护,保护河床质不被水流带走.抛石护底紧贴河底,适应河床变形,而且可以就地取材,施工简易灵活,但由于系水下施工,质量不易控制.

2.3 衬砌护底

常用的衬砌护底材料有混凝土和块石,按施工方法又分为现浇混凝土、预制混凝土面板衬砌、干砌石衬砌和浆砌石衬砌.衬砌护底后,可以避免河床冲刷下切,减小河床糙率,加大流速,增加输水输沙能力,减少渗漏损失.但衬砌护底造价高,一般只用于局部河段,如汾河太原市区河段渠化治理曾考虑采用现浇混凝土衬砌护底^[3].

2.4 人工加沙

人工加沙是通过人为补充渠化河道推移质沙

量,维持渠化河道推移质输沙平衡,达到控制河床冲刷下切的目的.人工加沙需要解决加沙量、加沙级配、加沙位置和加沙时机几个问题.加沙量应与渠化河道水流挟带推移质能力相适应,保持输沙平衡.加沙级配应与推移质级配相同,这样在一处加沙就能保护整个河段不被冲刷.加沙位置选择在断面流速分布较均匀的地方.加沙时机选择在水流流速大于推移质起动流速时,这样不会造成沙石料局部堆积.加沙任务可由特制的底部能自动开启的驳船完成.德国莱茵河依佛兹海姆大坝下游河段,自1978年开始实施人工加沙,每年加沙量约为20万t.人工加沙以来,河床不再冲刷下切.加沙期间,不会影响航运,生态环境也维持得较好^[4].

3 渠化河宽和平衡比降

渠化河宽和平衡比降是设计渠化河道的两个重要参数.

3.1 渠化河宽

渠化河宽是指相应于设计流量的河宽.河道渠化束窄之后,河床将冲刷下切,当冲深达到渠化平衡比降床面高程时,冲刷停止.渠化河宽要选择合理.过度缩窄河床,会造成河床冲刷下切幅度过大,不仅使护岸等建筑物基础埋置很深才不被淘刷,而且河床变形,长期不能稳定下来.而过宽的河床,起不到束缚水流作用,主流在河床内左右摆动,容易形成斜河、横河顶冲护岸造成险情,并且也不利于航运.

河宽的确定取决于渠化河道设计流量.河道治理目的不同,选择的流量也不同.设计流量分洪水流量、中水流量和枯水流量.对于较小河流,以防洪为主要治理目的,可根据一定频率的洪水流量确定渠化河宽.对于较大河流,由于两岸均设有防洪大堤,所以渠化治理主要是归顺中水河槽,以中水流量(造床流量)为依据确定渠化河宽,该河宽应满足横断面河相关系.对有通航要求的河道还应考虑枯水流量时最小水深和河宽是否满足通航要求.此外,在确定渠化河宽时,还应考虑河流特性.对于堆积性河道,可适当选择较小的河宽,以增大挟沙能力,使泥沙冲淤平衡.为了满足不同治理目的的要求,河床横断面可设计成复式断面.枯水流量在深槽通过,中水或洪水流量时全河槽过流.复式断面的滩地平台可以种草绿化,既美化了环境,又可以作为人们休闲娱乐的地方,这一点对于流经城市的河流尤为适用.

3.2 平衡比降

渠化平衡比降是指河道渠化后,床面经过自动调整,达到新的相对平衡时的河道纵比降.渠化河道护岸及其它控制工程基础埋深需要依据平衡比降来

确定.影响平衡比降的主要因素是河床边界条件和来水来沙条件.河道渠化缩窄之后,沿程水沙条件发生变化.中上游河段,流速增加,水流挟沙能力处于欠饱和状态,除足以挟带走从上游进入该河段的泥沙外,还具有富余挟沙能力,从河床上冲起泥沙.随着河床冲刷下切,纵比降减缓,流速降低,河床质粗化,河床冲刷停止.相对于这种极限状态的比降为冲刷平衡比降,通过联解水流连续公式、阻力公式及泥沙起动公式可估算该平衡比降^[1],在计算中应考虑河床质粗化的影响.从中上游河段冲起的泥沙进入中下游河段,使中下游河段来沙量大大增加,水流挟沙能力处于超饱和状态,造成泥沙淤积.随着中上游河段床面冲刷减弱直至停止,进入中下游河段的沙量逐渐减少,而通过淤积又使得中下游河段水流挟沙能力增大,最终水流挟沙能力与来沙量相适应,河床变形趋于稳定,形成新的平衡比降,相对于这种极限状态的比降为淤积平衡比降,该比降可通过联解水流连续公式、阻力公式和挟沙能力公式求得.

若河床上修建拦挡坝,对于潜没式拦挡坝,坝间床面设计比降等于冲刷平衡比降.对于全部回淤的非潜没式拦挡坝,坝间床面设计比降等于淤积平衡比降.

4 渠化治理若干实例

4.1 密西西比河

美国密西西比河是北美洲最长的河流,如果从其支流密苏里河源头算起,全长达 6 020 km.流域面积 322 万 km²,占美国本土面积 41%.密西西比河历史上是美国洪灾最严重的河流,其河道治理已有 100 多年历史,但大规模的综合治理始于 1927 年密西西比河大洪水后.经过治理,密西西比河及其支流工程已经控制了大部分洪水.

密西西比河干流上游无修建大型控制水库条件,以修建梯级闸坝为主,增加航道水深,改善航运条件.中下游河道进行渠化治理,通过修建密集丁坝、顺坝群,以护岸固滩、束窄河道,并在两岸易冲刷部位设置平顺护岸.由于中下游缺乏石料,平顺护岸多采用混凝土连锁板.混凝土连锁板连续铺放在岸坡处并延伸至河底,延伸至河底长度一般为 15.2 ~ 30.5 m.经多年实践,认为采用混凝土连锁板防护河岸及河底效果最好^[5].在治理过程中,下游河道还进行了多处人工裁弯(图 2),使下流河段长度缩短了 30%.但有些河段裁弯后,变得极不稳定,不得不又修建了大量控导工程稳定河势.

4.2 密苏里河

密苏里河是密西西比河的最大支流,河流全长 3 720 km.该河是美国的多沙河流,年平均输沙量为

2.18 亿 t,年平均含沙量为 3.1 kg/m³.

密苏里河治理,上游以修建控制性大型水库为主,中下游河道实施渠化.渠化工程于 1954 年开始进行,20 世纪 60 年代基本完成.治理工程措施主要为护岸固滩和人工裁弯.丁坝、顺坝群用以束窄散乱水流,淤滩护岸,通过淤滩获得设计河岸线和河宽(图 3).丁坝、顺坝多采用轻型透水结构,如透水木桩、废旧汽车等.平顺护岸以堆石或混凝土块体为主.密苏里河人工裁弯时,吸取了密西西比河人工裁弯的经验教训,只对过度弯曲的河段进行有计划的裁弯.在裁弯同时进行护岸及上下游河势控制工程.渠化工程实施后,河长基本没有多大变化.为控制由于渠化缩窄而引起的河床下切,在一些河段的床面上散抛了较大的卵石和块石.经过渠化治理,将一个游荡性分汊多变的河道转变成单一弯曲的稳定河流,并极大地改善了航道条件.两岸腾出的河滩地也已经开发利用,如修建电站、工厂和旅游设施.因此,美国人认为密苏里河的渠化治理是一个成功的典范^[6].

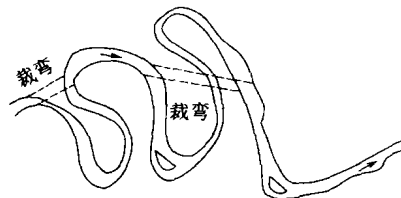


图2 密西西比河格林维尔河段裁弯取直

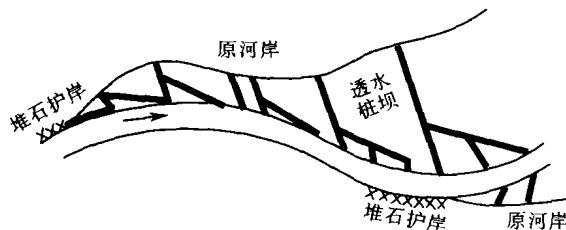


图3 密苏里河某河段治导工程布置示意图

4.3 莱茵河

莱茵河是德国第一大河,也是中欧和西欧的第二大河,发源于瑞士阿尔卑斯山,流经法国、德国,于荷兰的鹿特丹汇入北海,全长 1 320 km,其中有 900 km 长的河段位于德国境内.流域面积为 22.4 万 km².莱茵河是欧洲最大的水运动脉,凭借其发达的运河系统,与中、西欧大部分重要河流都能通航,是最繁忙的航道之一.

莱茵河治理始于 19 世纪中叶,目前从位于德国边境处的博登湖至北海整个河段已全部渠化.具体工程措施是用丁坝缩窄河道,用块石护岸,沿河修建了 10 座大坝,并进行了多处人工裁弯,使莱茵河变成了一条完全人工控制的渠化河道,大大提高了航运和防洪能力.河道完全渠化后,河床冲刷下切加

剧,两岸地下水位下降,航道恶化并危及护岸等建筑物安全.为控制河床冲刷下切,实施了人工加沙.多年实践表明,人工加沙达到了预期效果,经济上也较合算^[7].

4.4 涝河

涝河位于我国陕西省境内,系渭河支流.河道全长 80.4 km,其中山区段长达 43.8 km,平原段长 36.6 km.流域面积 528.8 km².

为减轻洪水灾害,1973 年至 1978 年分期对涝河进行了渠化治理.渠化工程包括河道改线、取直、缩窄、砌石护岸和修建控制河床下切的梯级拦挡坝等.渠化工程实施后,下游河势较为稳定.而位于山前冲积扇地带的中上游河势极不稳定,尽管该河段设有 12 座固定河床的拦挡坝,但由于各坝之间床面设计比降远大于平衡比降,河床冲刷下切严重,大多数拦挡坝及护岸均被水流淘空,引起坍塌^[2].后通过河工模型试验研究,对该河段渠化工程修复提出了改进意见^[1].

5 结 语

河道渠化治理常常从修建局部重点险工防护工程开始,然后继以较大范围的治理,最终实现渠化治理.所以,河道渠化治理是人类改造天然河流的最后一步.渠化治理可以分期实施,但一定要全面规划,对上下游、左右岸要统筹兼顾.根据河势,因势利导

规划治导线,尽可能保留天然河流自然弯曲的轮廓,不宜盲目裁弯取直.此外,要合理选择渠化河道各项设计参数.

参考文献:

- [1] 徐国宾.涝河渠化河道治理[J].人民黄河,1992(8):5~8.
- [2] 徐国宾.涝河渠化工程水毁原因及启示[J].水利水电技术,1993(5):50~52.
- [3] 徐国宾,张力忠,梁永立.太原市汾河河道治理工程泥沙模型试验研究[J].水利水电工程设计,1998(3):26~28.
- [4] Kuhl D. 14 years artificial grain feeding in the Rhein Downstream the Barrage Iffezheim[A]. In: The Organizing Committee of the 5th International Symposium on River Sedimentation. Proceeding of 5th International Symposium on River Sedimentation [C]. Karlsruhe, Germany, 1992, 3: 1121~1129.
- [5] 郭瑞璋,高伟刚.美国河口问题的研究概况[A].见:中国水利学会.国外水利水电考察报告选编(下册)[C].北京:水利电力出版社,1993:380~388.
- [6] 黄伯明,庞午昌.美国密苏里河的治理开发[A].见:中国水利学会.国外水利水电考察报告选编(上册)[C].北京:水利电力出版社,1993:221~231.
- [7] Nestmann F. Improvement of the Upper Rhein, Tail Water Iffezheim[A]. In: The Organizing Committee of the 5th International Symposium on River Sedimentation. Proceeding of 5th International Symposium on River Sedimentation [C]. Karlsruhe, Germany, 1992, 3: 1130~1152.

(收稿日期:2001-09-04 编辑:傅伟群)

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊,主要刊登河海大学在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、计算机科学、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、管理工程、水利经济、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考.

《河海大学学报(自然科学版)》创办于 1957 年,是我国中文核心期刊,在国内工程技术界和学术界有较大影响.刊载的文章中,有不少国家科技攻关(重点)项目和各种科学基金资助项目的研究成果,部分达到了国内领先和国际先进水平,为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议,发挥了较大的社会效益和经济效益,深受工程界和科技界赞许,并获得全国优秀高校自然科学学报二等奖,以及全国水利系统优秀期刊、江苏省优秀期刊称号.

《河海大学学报(自然科学版)》每逢单月出版,国内外公开发行人,邮发代号:28-63,每期定价:8.00 元,全年订费 48.00 元.欢迎广大读者在全国各地邮局订阅或直接与编辑部联系.

地址:南京市西康路 1 号《河海大学学报(自然科学版)》编辑部

邮政编码:210098

电话:(025)3786343

传真:(025)3787381

E-mail:xb@hhu.edu.cn