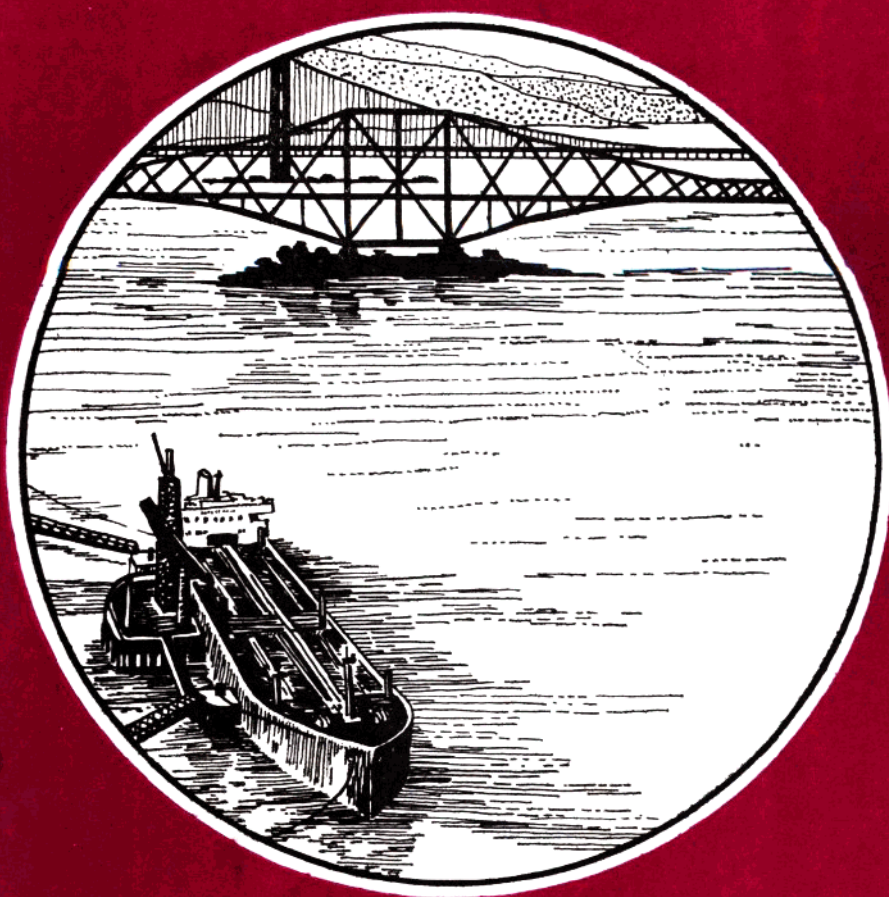


0656
9600064

第25届国际航运会议论文选

第四分册 冲积性航道整治与航深维护



交通部水运工程科技情报站

1982

第25届国际航运会议论文选

第四分册

冲积性航道整治与航深维护

本论文选译自第25届国际航运会议论文集SI—3

局规划设计研究所编译

前 言

本论文选是选译自1981年第25届国际航运会议论文集中的部分论文,由我站邀请部分成员单位分别编辑成六个分册。论文选各分册的题目和编辑单位为:

第一分册《软基上码头设计和施工》,第三航务工程局勘察设计院编辑;

第二分册《装卸技术和港口规划设计》,水运规划设计院编辑;

第三分册《港口建设与海岸防护》,南京水利科学研究所编辑;

第四分册《冲积航道整治与航深维护》,长江航道局设计研究所编辑;

第五分册《疏浚作业的最优化》,上海航道局科研所编辑;

第六分册《航道护坡和护底》,水运规划设计院编辑。

本论文选在翻译及编辑上如有错误及不妥之处,请读者批评指正。

交通部水运工程科技情报站

一九八二年十二月

编 辑 说 明

本分册计十一篇文章，分别来自欧美水运发达的十一个国家。文中涉及近一个多世纪以来欧美各国采用各种有效的航道工程措施，提高航道尺度，促进航运事业发展的成功经验。其中包括采用自动化测绘手段及时分析掌握河道的演变规律与致浅原因的经验；采用洪、中、枯的整治措施分别解决防洪、堵汉、束水增深的经验；沙垄、沙波的演变与疏浚预留超深的经验；疏浚整治与河道梯级渠化相结合建立深水航道的经验；利用闸坝枢纽控制、调节入海分汊河道流量分配的经验；渠化河道迴水末段和船闸的引航道与前港解决泥沙淤积的经验；运河穿越天然河道的交叉口或与干流航道相接的运河船闸前港减免淤积的设计经验；采用数学模型在相当程度上代替定床比尺模型并用以拟定各港最佳运输组织方案以及随时算出各种航道条件下各类船舶的运输成本变化等的经验；采用动床比尺模型来验证河道整治和渠化工程设计方案的成功经验；以及由于整治、裁弯或其他河流工程引起河床下降、水位相应下落的经验。这些经验对于发展我国的内河航运事业、建设水运网等有借鉴作用。

本分册除第二篇法文外，均由黄运昌审校。其中遗留问题由责任编辑协助解决。

目 录

- 1、多瑙河淤积严重河段改善通航条件的成效〔捷克〕……………(1)
- 2、在冲积性河道内采取控制流量和整治工程措施,以减少淤积、改善和维护
航深〔法〕……………(8)
- 3、对为维护航道水深,用水力模型和数学模型确定河床变化的贡献〔东德〕…………(24)
- 4、控制几何形态以改善和维持冲积河道的航深〔西德〕……………(36)
- 5、来因河下游及其入海支汊的管理——在整治措施、河性模型研究及运输经济
方面〔荷兰〕……………(59)
- 6、一条整治了的平原河流的河床演变过程及其对航行条件的影响〔波兰〕…………(82)
- 7、瓜达尔基维尔河河口的海洋水文研究〔西班牙〕……………(90)
- 8、以最小干扰自然状况的方式改进内河航行〔英〕……………(106)
- 9、密西西比河中游冲积河床采取控制流量和适当几何形态以减少淤积、改善
并维护航深〔美〕……………(119)
- 10、通过调节水流与修整河槽几何形态以减少冲积性河床的淤积、改善并维护
航深〔苏联〕……………(129)
- 11、多瑙河航道的防淤导治工程和用地形分析法的效果观察〔南斯拉夫〕…………(144)

多瑙河淤积严重河段改善通航条件的成效

J. Vincent 著

捷克斯洛伐克布拉迪斯拉发水运研究所

前 言

输沙河流航运的畅通主要是受水面比降变化急剧河段的危害和阻碍。多瑙河在长2400公里的通航河区内，有三个碍航河段：其一是河口三角洲地区；其二是南奥斯拉瓦(Jugoslav)——罗马尼亚河段，多瑙河在此段穿经喀尔巴阡山；其三是捷克斯洛伐克——匈牙利段，长60公里，是所谓的“浅滩段”，其范围是从1850里程的拉杰卡(Rajka)向下到1790里程的贡优(Gonyu)。前两个河段，已作了必要的防护治理，例如在多瑙河三角洲的苏利纳运河以及943里程处“铁闸1号”(Iron Gate 1.)拦河坝。然而第三段在今天仍然是航行的严重障碍。由于“浅滩段”内纵比降的急剧变化，形成了一系列的分汊并在其间形成洲岛和浅滩。从奥地利的阿尔卑斯山脉输送下来的大量沙砾每年淤积在这个河段中。淤积物主要是淤积在主河槽上，这样就形成浅滩段，减小着航道的深度和宽度。最大流量与最小流量之间的起伏变动也给航行以不利影响，水位变幅在布拉迪斯拉发达到8米。布拉迪斯拉发下游水面比降的急剧变化，也反映在流速的变化上。水面比降突变处的上游流速为12公里/小时；而同时，其下游流速则降至6公里/小时。河道分成许多支汊和为数众多的浅滩，因而造成对冰流的不利。发生于本河段的冰流阻塞，使年度的通航期显著减少。

多瑙河浅滩段为改善航行条件的整治措施

多瑙河浅滩段描述

多瑙河在布拉迪斯拉发下游流经宽广的冲积平原，从第三纪时期以来，该平原一直在沉陷着。随着时间的推移，泥沙终于淤积在这个平原里，形成巨大的锥形淤积体，其上端靠近省会布拉迪斯拉发，下界在贡优。由于地质发展的结果，多瑙河从布拉迪斯拉发至贡优段保持着同奥地利的山区河段相似的水面比降，约为37厘米/公里。在其下游方向的次一河段减小到10厘米/公里。长期的观测及调查表明：沉积形成的巨大锥形体以及支汊河系可以看作是多瑙河特殊的自然特征，它对许多水工建筑物，不仅是直接建造在河里的，也包括建在其周围较广环境里的，都具有重大意义。由于这些现象的存在，危害到安全可靠、持续不断的航行。在上世纪的后期，就已经由于河道水浅，每年有3—4个月以上时间航运中断。频繁的船舶事故和不方便的航运致使迫切要求对整个多瑙河浅滩段以水利工程措施来改善航道。(图1)

为改善航行条件的基本整治分为洪水、中水、以及枯水位的整治，不过，这样整治的严重而长期的缺点是要在相当长的时限内才能完成。

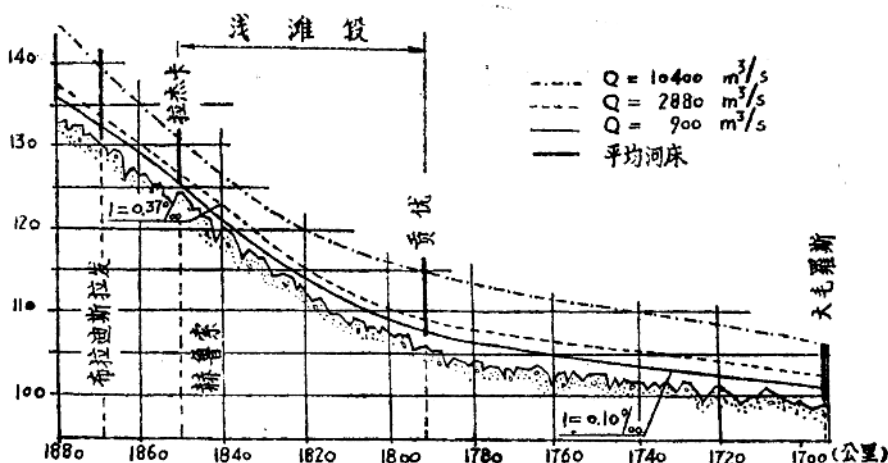


图1 多瑙河淤积严重河段纵剖面图

洪、中、枯水位的整治

在多瑙河以防洪为目的进行导治期间，主要追求的是为两岸毗连地区的防洪。在13与19世纪已经建有了防洪建筑物，防洪堤从一开始就不是根据共同的概念，以统一的方式来建造的，因此，几乎每一次较大洪水后，堤坝溃决或损坏，必须重建。

中水整治已于上一世纪实现，目的是为了在拉杰卡——贡优间的浅滩段形成一条固定的且能适应最枯水位期间通航的航道，同时能防止冰塞以及洪氾的发生。中水整治的标准流量在布拉迪斯拉发附近定为2886立方米/秒，平均水深为3米，河槽宽度为300—380米，最小弯曲半径800米。河岸的防护是以抛石方式来完成。航道建成宽80—100米，河汉口门予以堵塞到纵向建筑物的高度。（图2）

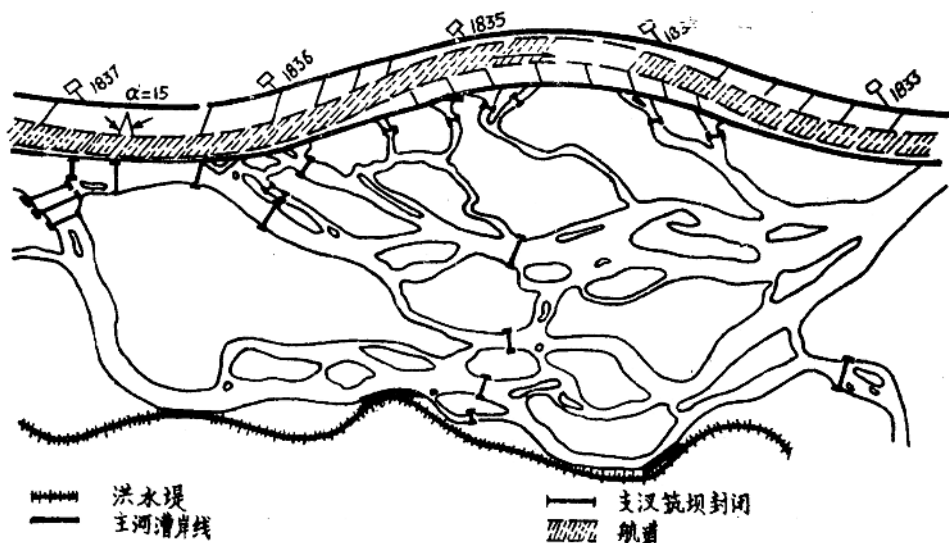


图2 多瑙河浅滩段内的航道整治

自1837直到1963年进行了枯水整治。第一期整治的目的是改善一般航行条件,达到在流量 $Q=900$ 立方米/秒时航道有100—150米宽,2.25米深,为了实现这些条件,曾采用丁坝进行水工改造,丁坝建成最小间距为150米,与流线成 15° 倾角。丁坝与整治水位*的关系是:丁坝顶高在岸边低 -0.75 米,在航道边缘处低 -2.25 米。为了提高丁坝的效能,浅汰段内航槽曾还进行了疏挖,在两反向河港拐弯点处,固定的河床横断面是一个 $B=300$ 米的抛物线,其断面顶点经常深度为 -3.0 米(图3A)。

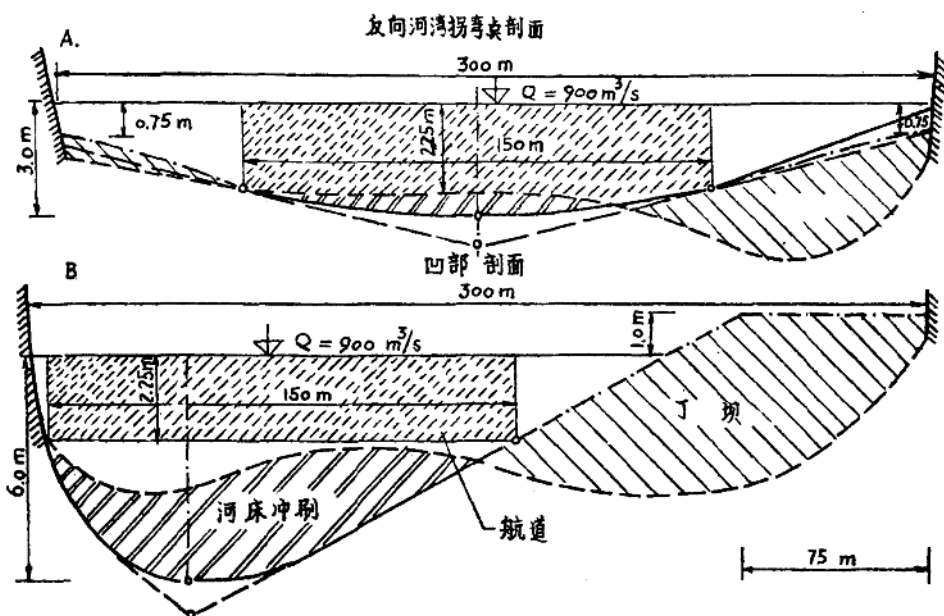


图3 用丁坝作横断面的治理

这些整治和导流工程取得的成果并没有达到预想。强烈的河道变形,航道的不稳定,以及河床和水位的永久性抬高,导致了对整个浅汰段工程措施的重新估价。1936年建立了一种可适应于原有工程的新的方法理论,它强调了提高横断面在纵断面演变上具有的效能的思想。在河段的凹部,要缩窄横断面,例如在 $B=300$ 米的情况下缩窄75米,河床抛物线顶点降至高程 -6.0 米。两反向河弯间拐点处丁坝顶高在河岸边保持 -0.75 米不变,在航道边缘降至高程 -2.25 米。在河弯顶点断面上,丁坝顶高在岸边为 $+1.0$ 米,保持这个高程直延至缩窄的整治线,然后下倾降到航道边缘高程为 -2.25 米(图3B)。

根据这新的整治措施方案,对大部分已建丁坝进行了改建。在改建及修理中水工程范围内,对有些支汊也作了治理,在那里建了低的堰坝。第二次世界大战后,多瑙河导治工程部分停顿了,航行条件是靠在浅汰段大量疏浚来改善的。

已完成的中、枯水河槽整治在一定程度上也促进了多瑙河航运的发展,自沿多瑙河各国陆续更新其船队以来,货运量增加,载重1500—2000吨、吃水深2.3~2.5米的船舶,取代了载重750吨、吃水2.0米的船舶,同时顶推运输也迅速引进来了。

* 译注:意指设计水位

即使疏浚工程达到每年1,000,000立方米,当时原有通航水道的整治和维护亦还是不够,和不能适应多瑙河航运的迅速增长的。

1963年多瑙河委员会提出了把多瑙河改造成一条大尺度通航水道的新方案,规定了航道新的极限尺度,要求在多瑙河渠化完成以前的时期内,水深达到2.5米;渠化后达到3.5米。建议的宽度为150米,航道曲度半径为1000米。这些目的在于改善航行条件的新要求,需要对整个浅汰段更详细的测量和调查研究。

测量、调查及实验室试验的成果

测量和调查工作

根据对一系列回声测深图的分析,再次证实:有关河道演变、航运和水管理投资活动方面最严重的问题均包括在拉杰卡——贡优河段内。沿着河槽以及在选定的支汉河系断面上所作详细的流量测量使得有可能作同时测验以取得数学——水力学——地形计算所需的输入数据。流入主河道和支汉的流量予以分隔的重要性得到了说明。证实了各个支汉河系相继集水,使主河槽枯竭,最后水流回到一个密集的浅滩,或输送到另一个支汉河系,这个过程交替发生于经5—8公里流程以后。多瑙河主槽的流量由一个断面到另一个断面是有变动的,例如在布拉迪斯拉发集中的流量有3,000立方米/秒,而流到帕尔科维科沃(Palkovicovo)仅剩下了62%。然而,详细的研究并没有能使相连几公里内的各个主要水力参数有办法取得平衡。这进一步证实:甚至河道水力学亦不能与原整治设计中所考虑的设想相符合。地形测量及推移质输沙总平衡计算都已表明:随水文特性的不同,每年约有600,000立方米的推移质从上游奥地利输入杰温(Devin)断面。这些推移质常常淤积在浅汰段内。这个淤积强度是通过每年疏浚达600,000—1,000,000立方米程度的推移质来达到部分平衡的。

河道淤积的水力研究

在多瑙河上,除了浅汰段外,纵向水面比降的急剧变化也发生在每个拦河坝处。这样,为了更好地理解水位抬高的原因,我们已试在水工模型上论证河道地形变化的规律。在长70米宽0.6米水槽内,已经研究了推移质淤积的过程,河槽淤积的详细描述另见文献[1]。

图4表示在某一固定流量和固定蓄水高程情况下的水位,以及河槽地形和水力的变化,它是长期实验成果之一。实验揭示了在比降急剧变化的河段内,河床淤积发生得相当快,形成大的砾石台梗,不断增长,并同时向下游移动。砾石台梗的发展也影响所蓄的水位,既使上游方向的保持逐步抬高,也使下游方向的有同样情况。研究表明如果不作水利工程,泥沙淤积的过程就不会停止,河床与水位就终将抬高。河道淤积不但对航行、而且对防洪均有很不利的影响。在河道分汉的情况下,这种现象对航行有特别不利的影响,因为所淤泥沙滞留在航槽内,河底升高,水就会由另侧汉道流走。限制通航水道河槽泥沙淤积的最有效方法是对所淤积的底质予以常年疏浚,这在布拉迪斯拉发下游的浅汰段也就是这么实行的,施工过程本身和需挖砂砾量的确定,一方面是根据从水力研究得出的预测,另一方面是根据实测的多瑙河河槽地形的变化。

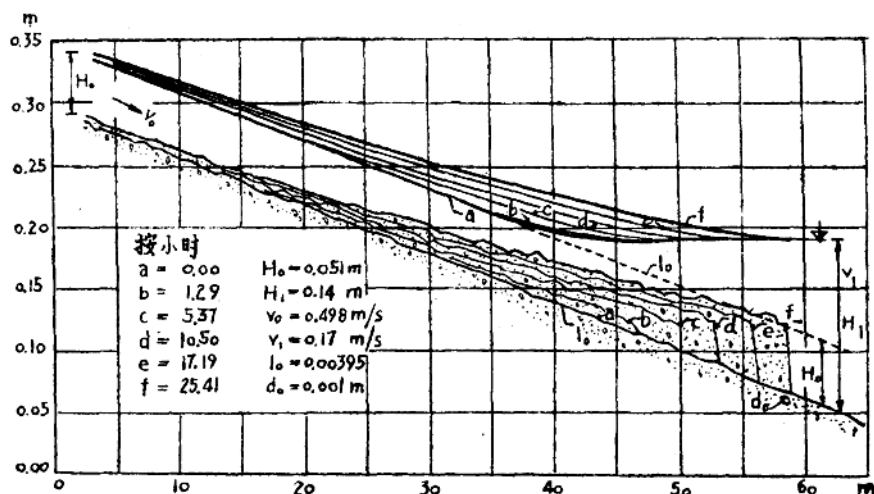


图4 水面比降急剧减小小时的泥沙淤积及其对水位增高的影响

对已完成整治工程的评价和对浅汰段的最终解决措施方案

综合评价已取得的各项成果，可导致这样的结论：采取通过把河岸伸出，以整治河道的办法，只能在一定程度上控制淤积过程。因而，所做的一些工程不能最终解决好河流的适航问题，或终于解决好所需的河槽稳定。据对河岸整治建筑物所作实验研究表明：丁坝结构系列仅是局部影响河槽的发展，在整个浅汰段内，河床和水位有永久性的抬高，这是有记载的。据一项细致的水位调研表明：尽管据1921—1967年期间的记录，每年水深小于2.5米的持续天数在近几年已从180天减到了90天，而这段河道迄今仍然是最不够安全和最不好的浅汰段，它危害航运，枯水期仍需船舶减载。捷克斯洛伐克——匈牙利技术委员会在对已完成的整治工程进行评价后，曾指出：在这河段，整治建筑物的建造和维护化费非常昂贵。1公里长的建造和维护费用要比多瑙河的其它河段平均高出七~八倍。尽管如此，仍只能取得2.0~2.2米深的航道。多瑙河委员会建议的航深2.5米，不是用传统的整治方法所能实现，因此，惟一可导致航行条件永久性改善的解决，看来将是在多瑙——加布奇科沃 (Gacikovo)——大毛罗斯兴建水利工程系统。

多瑙河水利枢纽工程的建设

建筑物描述

自1978年以来，水利枢纽工程已在兴建，位置在多瑙河1873.3里程起向下至1675里程的河段上。对这项水利工程的技术细节已有叙说文章发表，故本文仅就与航运有关的最重要的建筑物予以报道。凭靠水库、引航道、加布奇科沃工程的船闸闸室，和本工程系统的尾水渠等形成了新的通航水道，从而绕过多瑙河的浅汰段。在拉杰卡尾水渠流量进入老的多瑙河

处，航道又回到老河道内。并继续取道于已在大毛罗斯水利枢纽工程蓄水范围的原来河道上。航道要通过大毛罗斯水利枢纽的船闸闸室，和原来加深了的航道向下一直到布达佩斯。大毛罗斯下游1696.25—1657.00里程内，经疏浚现有河床之后，最小水深可达到3.0米。

引航道与尾水渠之间最大23.6米的水位差，是借助于加布奇科沃枢纽的闸室来克服的，通过该枢纽工程的航行时间要40—50分钟。尾水渠是按流量4000立方米/秒设计的，其最大平均流速为1.5米/秒。河床宽185米，保证航深3.5米。

借助于大毛罗斯水利枢纽工程的船闸闸室，克服上下游水位之间9.5米的最大水位差，通过该枢纽工程的航行时间，根据船型的不同，要30—50分钟。在大毛罗斯枢纽下游已加深的多瑙河段内，航深可达到3.0米。主河道挖槽宽度在180—300米范围内。

达到的航道参数

下表供更好地对工程完成以后的与目前状况下的通航水道参数作对比之用。
表列参数表明：多瑙河委员会有关航道参数的所有建议都已被照办〔3〕。

航 道 参 数		现 况	完 工 后	多瑙河委员会建议值
最小水深 (分米)	在 1860—1696 里程河段内	14—25	35	35
	在 1696—1657 里程河段内	25	30	25
最 小 宽 度 (米)		60	180	180
弯 道 最 小 半 径 (米)		700	1,000	1,000
通 航 期 间 平 均 流 速(米/秒)		2.0	1.0~1.3	—
闸 室 尺 寸 (米)	宽		34	34
	长		275	275
	在闸槛以上水深		4.5	4.5

水利工程建设对航运的影响

工程系统的主要建筑物，即：多瑙基利蒂 (Dunakiliti) 拦河坝、旁侧引河及加布奇科沃水利枢纽工程，现均正在中水河槽以外施工，因此这些建设工程不影响航行。大毛罗斯水利枢纽工程则将建在现行河槽内，在其施工期间，将以在右岸开挖的宽300—320米的临时通航线路来供维持五年时间的通航用。缩窄施工区域内的河槽将使该河段的流速增达3.0—3.2米/秒，因此上水航行要借助于拖轮。在水利枢纽工程要投入运转的时期，航行要中断3—5天。假若旁侧引河的航道或者通航设施遭到破坏，将利用多瑙河老河道中多瑙基利蒂拦河坝的备用闸室来维护通航。

结 束 语

多瑙河水利工程枢纽的建设，会显著改善多瑙河这一河段的航行条件。多瑙河委员会建

议的、为了满足将来航行需要的航道参数会最终得到维护。可以说：由于赫鲁索夫——多瑙基利蒂水库和大毛罗斯水库的蓄水，河流比降降低，流速也因而减小，这样就增加了航行安全性。模型水力研究表明：在上游遇水末端比降的交替变动，将引起通航水道强烈淤积，因此，一个常年疏浚由多瑙河上游河段输送下来的推移质的规划，现正在编拟。估计航行速度提高10%，并可节约燃料。良好的航道条件，即增大了的航深，将会减小阻力，因而亦减小驱动船舶用的轮机的功率，据计算，现每吨货物消耗0.328千瓦将会减到只0.147千瓦。所建议的、令人满意的航深也会有助于更好地利用船舶的装载能力，和有助于先进的顶推运输技术的常年应用。

新航道的开发，使有可能常年采用24小时航行作业。在这个河段内充分利用整夜航行，将可每年延长航行时间80天，相当于运输能力提高40%，从这条新航道得到的效益表明：该枢纽工程会有利地影响水运的发展，新航道不仅使有重大意义的水路能运输通畅，而且也将为水道网的进一步发展创造条件。

参 考 文 献

- [1] Vincent, J.: Bed and water-surface deformations at the mouth of a sediment transporting river feeding a reservoir, Symp. on Hydrology of Lakes and Reservoirs-AIHS, Garda, 1966
- [2] Danisovic, P. -Gabriel, P. -Sikora, A.: Construction of multipurpose water schemes for improving conditions within the section of fords on the Danube, 23rd International Navigation Congress Ottawa
- [3] Commission du Danube, Recommendations relatives a l'établissement des gabarites du chenal, des ouvrages hydrotechniques et autres du Danube, Budapest 1975

西南水运科学研究所 李春华译
长江航道研究所 邓敏修校

在冲积性河道内采取控制流量和整治工程措施，以减少淤积、改善和维护航深

P. Savey 著

法国里昂、罗讷河国家航运公司

前 言

本文在第一部分第三个题目中所提出的问题，与在1969年巴黎会议上曾讨论过的关于在部分或全部渠化了的河流（第五个题目）中仍出现泥沙输移问题很相似。

因此有必要回顾一下这两次会议之间相隔的十二年，并探索一下是否还有什么新的设想。

在法国，工程师和研究人員好像对泥沙输移问题的兴趣略有改变。显然，用来解决泥沙输移问题的成套理论并没有大的改进，但仍有必要进行以严肃认真的、大量的和十分可靠的测量数据为基础的经验性研究。

由于适当地应用了理论和经验进行研究，因此我们现在能相当有把握地处理好泥沙输移的问题。

然而，在1969年就决定将主要的注意力放在通过采用某些适宜工程以减少维护性疏浚工程上，但时至今日，出现的问题则完全相反：即在冲积河床内却进行了大量的疏浚工程，挖掘出了很多供建筑工程用的沙和砾石，因而产生一系列影响。但在渠化河道上进行这种疏浚工程则更有利于航运，因为，它实际上中止了固体径流。（指导方针适当）和改善了船舶有效吃水的条件。与此相反，在自由水流的河道上这样做，就会降低水面线高程和减少在浅滩上的船舶吃水深度，同时还会影响河岸和桥梁的稳定性，从而带来极其严重的后果。此外，在这两种情况下，对鱼类养殖都有一种消极作用。

但由于经济活动的日益衰退和意识到过分地疏浚会带来不良后果等原因，这种情况可能只是暂时性的，而水路使用者们则担忧在今后几年内将又会重新出现过量的固体沉积物。为此，下面介绍法国几条主要内河航道的情况，包括有：罗讷河、塞纳河和来因河。

1969年曾涉及到的一个小范畴：这就是细颗粒物质的沉积问题。用于解决这一问题所使用的理论和经验方面的措施远不如解决粗颗粒物质沉积问题的那么齐全多样。然而这却是一个涉及到航道管理和维护的重要问题。因此，拟在这篇报告中着重谈谈这方面的问题，并列举几个关于浅滩淤塞或泥沙淤积的调查研究及其有关成果的例子。

A. 粗颗粒物质（沙、砾石、卵石）组成的冲积河床

1. 里昂以下罗讷河渠化段（罗讷河的下游）

在罗讷河的下游，通过在这段河床上，修建十二座遇水相互联接的拦河坝，组成一系列

梯级蓄水库化段。它们是一种低水头（7米至25米）的活动坝。从这条河的流量来看，拦河坝的蓄水容量很小（几百万立方米），当平均流量时的河水在几小时内便可灌满。每一座蓄水库的下游方，一条导流渠可接纳罗纳河从上游泄向下游逐渐增大的分流量〔皮埃尔—贝尼特(Pierre—Benite) 1400 立方米/秒；瓦拉布雷吉 (Vallabrigues) 2500立方米/秒〕。流量经水电站中呈陀螺形，平均每年每个电站发电量在3.3 亿度（沃格里斯 (Vaugris) 水电站）至20亿度（栋泽尔—蒙德拉贡 (Donzere—Mondragon) 水电站）。

每个电站均建有一座长195 米，宽12 米，可通过大型船队的船闸。在整个船闸的下游方，一条位于罗纳河原河床内的溢洪道将水引入下一座联接梯级水库中。

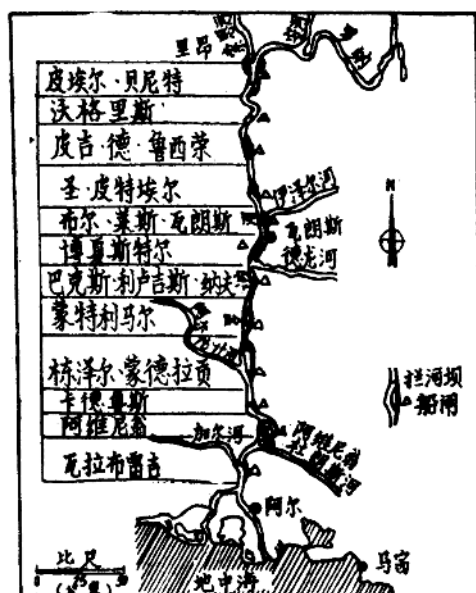


图1 罗纳河渠化工程的总体规划

导流渠的水面宽度为100 米到200 米，渠深为7 米到12 米。将导流渠进水口设计成可避免泥沙进入渠内，并使其朝着拦水坝方向流出。

迴水河段的宽度为200 米到500 米，靠近大坝处的水深一般达10 多米，每个迴水河段的长度为7 公里到20 公里。迴水河段的通过流量为300 立方米/秒（上游枯水季节）至14,000 立方米/秒（下游，千年一遇洪峰流量）。在平均流量时，大坝附近的正常水面线一般加高4 米到8 米左右。相应地来说，水流速度则很明显地减缓。

由于有了导流渠，在每座蓄水库的下游方，增加一个罗纳河分流河段，人们称这种河段为“罗纳河短路区段”。当河水流入电站时，此短路区段内基本无水。因此，当蓄水流量为5 到20 立方米/秒时，一年约有九个月时间此区段内水流很小；而在另三个月中它便成为泄洪道，因为在这期间，活动坝已部分开闸。然而，洪峰流量的相当大部分通过分洪的方法而降低了。

这样一来，罗纳河的水流状况便有了根本的变化。

当其仍处于自然状态时，这条河的比降很大（每公里从0.40 米到1 米），其流速也局限

在2米/秒到3米/秒的较小范围内。河床内可保持有水流,而且枯水流量、中水流量(历时频率50%的)和年有10日超过的流量(见报告1—2, 5—7, 2)之间的差别很小。

经过治理的罗纳河情况就完全相反,其水流状况被分割为非常不同的三种类型。

在迴水段中,比降和流速均受到严格的限制,但水流量仍保持其自然分布状况。

在渠道中,比降很小,每公里只有几个厘米,流速大约为0.50米/秒到1.70米/秒,装机流量和枯水期流量变化在一较小范围。

在“罗纳河短路区段”中,即在下游治理工程迴水的上游,一年有九个月时间既无水面比降,又无流速;在其余三个月中,“短路区段”才能起到它应起的作用。由于采用了分流措施,故河流中的流量便受到严格的限制,以致这条河流没有平均流量和中水流量,而这些流量对河工模型的制作以很大的影响。

2. 来因河上的康布斯—洛泰布尔格(Kembs—Lanterbourg)之间的渠化段

来因河也象罗纳河一样经过了渠化治理,但来因河只是部分河段渠化,仅仅限于法—德航线的康布斯—洛泰布尔格段,全长180公里,而来因河的下游仍保持着其自由水流状态。

在经过渠化的这一河段内,河流的水文特性与下罗纳河中部区段的水文特性相似,因此,这一段的外观和大部分统计数据均与罗纳河的相似(渠道和迴水段的尺度,水深,流速,流量)。

但应该指出这段渠化航道的一个最明显的差异是:在来因河渠化河段的上段部分只有一个迴水段,即Kembs迴水段和一条长引水渠,此渠上建有四个联接的梯级落差。但在此渠化段的下段部分,情况就完全相反:河道的治理方式与罗纳河的很相似,在河道的同一段河床上,每个梯级只有一个迴水段和一条引水渠,并在其上建有水力发电站和船闸,但这段的引水渠比罗纳河的引水渠要短些。

3. 塞纳河

里昂以下的罗纳河和来因河的水流都很湍急,其河道的比降也大,两条河的渠化工程均是新近才完成的。而塞纳河的水流则较平稳,比降也很小,其渠化工程也是在早年进行的。尤其是:在塞纳河下游(巴黎到鲁昂)的245公里航道上,其平均比降每公里10厘米。塞纳河的渠化工程为六个低水头(3~5米之间)的梯级迴水河段,其水流速度较慢,一般在0.1米/秒以下。

由于在塞纳河流域上游修建了一些大坝水库(塞纳、马恩和荣纳),因此,在枯水期能保持有水;在洪水期,河水也可受到部分控制。修建其它一些水坝的意图是为了改善河流状态,从而便于维护航道。但应该注意到,塞纳河的枯水流量和平均流量间的差别比罗纳河和来因河的要明显得多。

塞纳河的比降减小,使得其落差也不大,而且在该河上至今尚未修建水电站,因此也没有引水入电站的“短路河段”。此外,要用大坝来提高塞纳河的水位高度同样是力不从心的。象罗纳河和来因河那样,当洪水位增高时,将大坝的闸完全打开,但这种现象在塞纳河上仅出现在百年一遇的大洪水时。其实,塞纳河上并没有修建分流渠,船闸通常与大坝相连。

主要特征参数			单位	瓦朗河 罗纳期	来因河 施特拉斯堡	塞纳河 巴黎
流域面积			Km ²	66,500	36,000	43,800
单位迳流量			l/S/km ²	21	29	6.3
流 量	最 枯 水		m ³ /S	300	350	37
	月 平 均	最 小	m ³ /S	350	350	51
		最 大	m ³ /S	3,850	2,400	589
	年 平 均		m ³ /S	1,392	1,050	315
	百年一遇洪水		m ³ /S	7,600	4,800	2,280
				里昂至博凯 尔的	肯布斯至劳 特布尔的	巴黎至鲁昂的
渠 化 长 度			Km	310	179	245
平 均 比 降			Cm/Km	52	80	—10
梯级渠化河段数量				12	10	6
每个梯级渠化河段的平均长度			Km	25.8	17.9	41
船 闸 的 平 均 落 差			m	13	12.15	3.50

图2 罗纳河、来因河及塞纳河渠化河段比较表

因此，塞纳河的渠化工程远不如来因河和罗纳河那么彻底，而且此项工程在塞纳河上所起的作用也不大明显。

4. 渠化工程对固体径流量的影响

从这三条渠化河流的实例来看，所表现出来的差异是很明显的，尽管这三条河流的河床均属冲积性河床，但各自河床的稳定程度则很不相似。

罗纳河的河床是由沙和砾石构成的很厚的冲积层（一个 D_{50} 为 15 毫米），上个世纪在天然河道（Girardon）上进行了重点整治工程，尽管罗纳河每年有 300 立方米～500,000 立方米的固体径流量输移，却仍然使我们获得了一条在最低水位可达航深 1.6 米的航道。

与此相反，来因河在渠化之前的状况很不稳定。为了使河床稳定，并导制洪水而在上个世纪进行了一项整治工程（Tulla），因而使其上游河段出现了强烈的冲刷现象。这样一来，从 1850 年到 1950 年间，夏拉姆佩（Chalampe）区段（靠近米尔乌瑟（Mulhouse）的基准面下降了 7 米左右。

在二十世纪上半叶进行了一项修整河床的新工程，这项工程能部分地制止通航河流的有害冲刷作用，但仍不能阻止其基准面下降。

至于塞纳河，由于它有着悠久的航运历史，因此对其自然状态方面的情况了解得不够确切，但只要分析一下河岸居民点的位置，便可断定出塞纳河河床实际上是稳定的，其固体径流量也比较小。

尽管三条河流的情况如此不相同，但由此所得出的总结论则一样，即：河流梯级渠化能解决沙砾等固体径流的移输而给船舶航行所带来的一系列问题，实际上也不需为清除这些粗粒冲积层而进行维护性疏浚工程了。

不过，在此结论中还有着细微的差别，分别叙述如下：

——在来因河的渠化区段内，不再明显出现河床不稳定的现象，但在渠化段下游天然状态河段内，则仍不断地出现这种侵蚀现象，继续破坏着河床，虽说它不象上游区段那样频繁出现，但仍然令人担忧；

——为了获得建筑材料而在罗纳河上进行的疏浚工程有助于保持河床的稳定性，假如要中止此种疏浚工程，那么也应定期进行航道冲刷作业，以降低遇水段的基准面，保证固体径流量的通过。从观察的结果来看，此种航道冲刷作业的周期性很长，一般为10年一次；

——关于细粒淤积物的情况则不那么令人满意，只能简化渠化工程的作用。由于对河流进行渠化工程，便可用解决粗粒沉积物问题的方法来解决在天然河流中观测细粒沉积物的难题，但在其他问题方面则是受到限制的。因此，1969年到1972年间在塞纳河下游实现了一项现代化工程，使此航道的水深达到四米。人们可能要担心像这样做将会导致出现严重的浪费，不过，在长200公里的航段上，每年为维护航道而疏浚出的泥沙达50,000立方米。当然此数字是一个偏大的限定数，因为其中还包括有趁维护作业之机而进行的某些航道改进工程所挖掘出的泥沙数量。

河流渠化的情况比较令人满意，但泥沙的淤积则要求随时监测航道水深。事实上，船主们一般都喜欢尽可能地充分利用航道的有利条件，和采用格外容易驾驶的航道。

在这种情况下，较小的局部障碍物：如沙丘，沉船，乱石等，对船舶航行来说都具有危险威胁性。因此，应该很准确地扫测航道内河床的情况，并高度重视在航道上设置航标。为了完成这一特定的工作，当罗纳河下游的治理工程竣工时，罗纳河国家航运公司决定配备一艘能维修航标装置的航道测量船。

这艘船长33.40米，宽9.00米，船两边有两根长15米的折迭臂，即使折迭臂伸展开来，这艘船仍然可以在宽38.50米的航道上航行。船上还安装有超声波发射——接收台（即回声测深仪，译者注）。折迭臂与中心控制装置相联，中心控制装置中还包括有能直接显示航道地形图的荧光屏。此测量船上配备有一套超声波方位定位装置，这套定位装置可根据地面约500米地段上设置的固定方位标点，采用激光射线的方式来调整方位。

这艘航道测量船在里昂下游属于罗纳河航运公司管辖范围的一条长300公里，宽60米的航段上工作一个月，便能对此段的航道地形进行一次完整的和连续性的测量。

塞纳河航运局自从1976年以来，配备一艘长了28.50米的航道测量艇。这艘艇的工作原理略有不同；其推进装置可使测量艇向两边移动，这样便能横向地放入河中，完成一段20米宽的航道地形的测绘图，艇上设置的一套无线电定位系统装置，同样可以不断地测定艇的位置。

B. 小罗纳河由细颗粒（沙和淤泥）构成的冲积性河床

1. 地理位置

小罗纳河是罗纳河三角洲西部的一条支流，位于罗纳河最后一个治理段的下游。这条水道