

长江航道建设新的机遇和挑战及对策

李义天, 邓金运, 甘福万

武汉大学水资源与水电工程国家重点实验室, 武汉 430072

[摘要] 上游水电工程开发, 将极大地促进航运事业的发展, 为改善下游通航条件、提高航道等级和尺度提供了良好的条件。在对长江航道现状及问题分析的基础上, 探讨了水电开发带来的航道整治的机遇与挑战, 提出了相应的航道整治对策。

[关键词] 长江; 航道建设

[中图分类号] U611, U617

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)03-0039-06

Opportunity, Challenge and Our Strategy in Navigable Channel Constructions in the Yangtze River

LI Yitian, DENG Jinyun, GAN Fuwan

State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China

Abstract: The hydroelectric development in the upper basin of the Yangtze River will greatly promote the development of navigation. Based on the analysis of current status and the existing problems of the navigation, the opportunity and challenge of the navigable channel constructions related to the hydroelectric development is analyzed, and our strategy is proposed in this paper.

Key Words: Yangtze River; navigable channel construction

CLC Number: U611, U617

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)03-0039-06

0 引言

长江是贯通我国东西的交通大动脉, 具有优越的通航条件和巨大的航运潜力。由于长江上游地质及山地灾害的制约, 铁路、公路运输很难实现东西直达, 且货运量有限, 造价和维护费用较高。航运在长江上游具有不可替代的作用。对长江中下游而言, 航运运量较大, 不占用土地, 无污染, 节约能源, 符合我国经济社会可持续发展的要求, 在中下游流域经济发展中也扮演了极其重要的角色。目前长江流域共有大小通航河道 3 600 余条, 1990 年通航里程已达 5.7 万 km, 约占全国内河通航里程的 52.6%^[1]。长江水系完成的货物周转量占流域货物周转总量的 30% 以上, 长江沿线的石化、冶

金、能源、机械等大型企业的原材料运输 80% 是由水路运输完成的。长江上游的重庆、中游的武汉、下游的南京、河口的上海等均已发展成为西南、华中、华东、沿海地区最重要的水陆交通枢纽和经济中心。因此, 保持长江航道畅通和安全对我国的社会发展具有非常重要的作用。

随着我国能源和水资源需求的不断增加, 为了应对可能出现的能源危机, 实现经济的可持续发展, 水电开发成为我国能源与水资源利用的重要方向。长江是我国第一大河, 其水能蕴藏量巨大, 长江上游可开发水能资源装机容量 1.7 亿 kW, 占流域可开发总量 89%。大型水电站主要分布在上游干流及主要支流, 装机容量

25 万 kW 以上的 103 座大型水电站有 87 座分布在上游。大规模水电工程开发将极大地促进航运事业的发展, 尤其是梯级水库库区航道条件将大大改善, 原有急流险滩大部分由于水位抬高而被淹没, 航道水深增加, 航道等级提高。2003 年, 三峡水库蓄水运用, 库区航道条件的根本改善使川江航道等级提升, 航运运量飞速增长, 川江港口货运吞吐量同比增长 39.6%, 跨省汽车滚装船运输载货车同比增长 67.6%; 对于长江中下游航道, 一方面由于枯水流量增加, 给局部浅滩的碍航状况改善提供了机遇, 另一方面由于水电工程建成后下游水沙条件由随机转变为可控, 也给下游航道的治理和深入研究提供了

收稿日期: 2006-11-15

基金项目: 国家科学技术部 973 计划项目 (2003CB415203), 国家自然科学基金项目 (05050920)

作者简介: 李义天, 男, 湖北武汉东湖南路 8 号武汉大学水利水电学院, 教授, 主要研究方向为河流泥沙、航道治理; E-mail: ytl@whu.edu.cn

良好的条件。当然,由于河床冲刷发展,水库下游河床为适应水沙过程改变而进行的调整并不总是朝向有利于通航条件改善的方向,也会出现涉及航道治理的新问题。权衡利弊可知,水电开发带来的巨大的航运效益及治理机遇占主导地位。上述新问题可以通过进一步的研究、治理加以解决。

本文在对长江航道现状及存在问题分析的基础上,探讨了水电工程开发带来的航道建设的机遇和挑战,并有针对性地提出了未来航道整治对策,可为三峡以及上游梯级建成后下游航道治理提供参考。

1 长江航道现状及存在的问题

根据长江航道维护尺度情况,目前万吨级的海轮仅能直达南京,难以继续上行,航道承载能力与流域经济发展要求不协调,远不能满足经济发展的需求,与发达国家航道利用程度相比还存在较大差距。而且目前长江航道基本上处于天然状态,自上而下的众多滩险限制了航运的进一步发展^[2]。长江上游川江属于山区河流,峡谷与宽谷相间,地势陡峭,航道弯曲,素以滩多、礁险、流急、水乱而著称,共分布碍航滩险 210 余处,通航条件差,部分河段只能单向航行;中下游超过 1 600 km 的河段内有主要碍航浅滩 30 余处,枯水期航深不足,船只无法通行,每年 11 月到次年 4 月长江枯水季节,造成中下游航道内无数船舶搁浅。遇有特殊水文年,碍航事件更加频繁,2001 年长江水位持续下降,在不到 5 个月时间里,长江主航道先后改道 47 次。由于浅滩水深不足,尽管年年战枯水,但航深要达到一定尺度仍十分困难。

航道整治工程是长江航道建设和维护的重要手段,国家对长江航道的治理给予了高度的重视。1950 年以来,长江干线宜宾至浏河口段航道建设共投资 43.69 亿元,航道建设取得了较为显著的成绩,积累了不少成功的经验。如长江上游航道整治使得

川江全线航道尺度获得较大幅度的提高,急、险滩的水流条件得到很大改善,航道通过能力提高了 8 倍以上,其成果得到了国外同行的高度赞誉;长江中下游河段,成功治理了张南、碾子湾、长江下游马当水道沉船打捞工程、长江下游太子矶水道航道整治工程等重点碍航河段以及长江航道清淤应急工程,有效缓解了中下游航道年年‘战枯水’的紧张局面。

由于航道整治工程造价大,一旦整治不当,效果将会适得其反,必须重新拆毁,甚至造成难以挽回的后果。虽然长江航道治理取得了巨大的成绩,但目前航道整治研究和建设中仍存在一些问題,值得进一步深入研究。

1.1 水沙系列的选择问题

如何选取具有代表性的水沙系列一直是河床演变研究的重要课题,也是一个从根本上制约着航道整治研究成果合理与否的关键。浅滩演变与来水来沙过程以及河道形态密切相关,具有一定的周期性。如陆溪口、罗湖洲等鹅头型分汊河段遵循新汊的产生、扩大、平移、衰亡的周期性过程,界牌、东流等顺直分汊段表现为左右汊的交替发展,伴随过渡段周期性地上提下移,其周期为 10~16 a。浅滩之所以出浅,是由于之前该周期中所有年份的水沙过程与河床地形综合作用的结果,体现了浅滩演变的累积性。而出浅当年的水沙过程本身可能是该周期中最不利的水沙条件,也可能是利于浅滩冲刷的水沙条件,后者只是由于河床地形累积变化的影响而呈现出碍航的特性而已。目前航道整治工程研究中水沙系列的选择多凭经验确定,往往较短,为 2~3 a,或直接取为出浅当年的水沙过程,很少考虑浅滩演变的周期性及累积性的特点,对选择如此短的水沙系列是否合理,以及能否代表该河段的水沙特性研究较少。此外,在资料受限时,航道整治工程研究中采用的河床地形与水沙系列可能分属不同年份,又进一步引入两者的匹配性问题。由于

目前对上述问题的研究不足,航道整治研究中容易造成原有出浅现象模拟不出来或不能正确模拟,甚至会造成原有不出浅的年份出现出浅现象。这直接制约了航道整治工程的设计、布局以及整治的效果、寿命等研究的进展。

1.2 整治工程参数确定的理论和方法研究不足

目前,整治参数确定方法经验性较强而理论性不足,如设计水位两种确定方法不统一,使航道等级确定较为混乱;整治线布置、整治水位、整治线宽度三者之间的具体关系仍不明确等。同时,目前整治参数确定时,未考虑其与河床演变、水沙输移、浅滩类型、航道等级、通航保证率等的关系,容易造成具体浅滩整治时演变分析与参数确定脱节,对不同类型的浅滩、不同的航道等级,采用相同的参数,不能满足不同类型整治工程的要求;同时也使得整治工程缺乏标准,难以明确整治后的保证率较整治前改善的程度等。

1.3 整治工程效果研究不够

目前,整治工程参数确定及设计过程中,重点考虑了整治后的情况,而缺乏对无工程情况下的分析预测。这一方面体现了目前整治工程设计内容和步骤的不足,另一方面也反映了对浅滩演变的定量预测研究的困难。由于上述研究的不足,对研究河段有无整治工程状况的对比难以进行,不能体现整治工程的效果。而且,如前所述,由于水沙系列选择问题的研究不足,在整治工程效果研究中,往往是针对所谓不利年(出浅年份)进行工程整治后的研究,而上述年份可能不是真正的对浅滩冲刷不利年份,因此以其进行分析可能会引起较大的偏差。

1.4 整治工程寿命问题研究不足

工程寿命是建立在工程效果的基础之上的,如果整治工程无效果,甚至变成碍航工程,则工程寿命无从谈起。在保证工程发挥效用的前提下,随着水沙条件的改变及工程河段

浅滩演变的发展,工程寿命也应随之变化,但目前这方面研究较少。对工程寿命的研究不仅涉及工程河段的演变分析和预测,还包括工程本身结构稳定性等,亟待更为深入的研究。

2 长江航道整治面临的机遇和挑战

2.1 长江航道整治的机遇

2.1.1 库区航道条件改善

水电工程修建后,水库上游河道被分为常年回水区、变动回水区和不受回水影响的天然河道 3 段。一般来讲,常年回水区是指水库最低库水位以下直至坝前的库段,变动回水区是指水库最高和最低库水位的两个回水末端范围内的库段,而最高库水位的回水末端以上为不受回水影响的天然河道。以三峡工程为例,水库 175 m 运用方案的变动回水区为兰家沱至涪陵,干流长约 130 km,主要支流嘉陵江长约 4 km,而常年回水区从涪陵至三峡大坝,约 470 km,江津以上为天然河道^[3]。

天然情况下,常年回水区范围内的河段属于川江下段,两岸为丘陵山地,河道峡谷与宽谷相间,素以滩多、礁险、流急、水乱而著称。峡谷段多出现急流滩和险滩,宽谷段常出现心滩、江心洲,中枯水时或常年水流分为两汉,个别为三汉或多汉。尤其以万州至宜昌河段,两岸地势陡峻,河谷渐窄,多溪口急流滩,如油炸碛、庙基子、观音滩等,而且该段存在一定数量的单向航道及绞滩站,航道条件较差,航道维护尺度仅为 2.9 m×60 m×50 m。三峡工程修建后,涪陵—宜昌成为常年回水区,水深较天然情况增加较多,原有河道急、险、浅滩大都被淹没,可提高航道水深,极大地改善航道条件。三峡论证研究表明^[2],在航道允许通航流量(56 700 m³/s 宜昌站)以下,建库后常年回水区的航道尺度和水流条件均可满足大型船队(万吨级)运行的要求。

由于回水上延、水位壅高,三峡水库变动回水区的水深较建库前天

然情况变化如图 1 所示。由图可知,从浅滩平均水深变化来看,野土地及以下河段较建库前天然情况增加,且越往下游增加较多,表明水库修建后,变动回水区大部分浅滩条件也有所改善,只是由于泥沙淤积,变动回水区上段部分浅滩水深减少,可能对航运带来负面影响。从改善的航道里程来看,野土地至大坝约 600 km,重庆至天然河道的下端江津约 65 km,两相比较,可见水库建成后,库区航道条件总体是改善的。

2.1.2 水电梯级开发后,下游梯级的变动回水区淤积问题得到进一步改善

单库建成后,虽然水库发电效益大大增加,对水资源的利用程度提高,但如前所述,由于水库泥沙的淤积可能造成变动回水区局部浅滩河段的碍航问题加重,影响航运发展。但水电梯级开发后,上述问题将得以改善,水库的发电和变动回水区的航运问题可能不再存在矛盾,而转为统一。这主要是由于上下水库联合运用,由于上游水库拦截水沙的作用,下库入库水沙过程改变,其中径流过程变化可使下库发电效益进一步增加,沙量过程变化可使下游梯级水库的变动回水区河段发生冲刷,因此在较长时期内,航运条件将较单库情况下大为改善。

以三峡水库为例,如前所述,三峡水库正常蓄水运用过程中,变动回

水区的航运问题重点集中在变动回水区的上段,即重庆河段是淤沙浅滩的碍航问题,如朝天门、九龙坡等河段。随着 2014 年上游金沙江溪洛渡、向家坝水库投入运用,由于上游水库的蓄水拦沙作用,将对三峡水库的淤积过程及航运状况产生重要影响。根据文献^[3]的研究成果,上游溪洛渡、向家坝梯级水库建成后,由于拦沙作用,初期下泄水流含沙量较小,三峡水库变动回水区上段产生冲刷,寸滩以上河段 100 a 后仍不会产生淤积(图 2)。上游建库后三峡水库变动回水区的浅滩水深增量变化如图 1 所示。由图可知,由于上游梯级水库建成后的冲刷作用,三峡水库变动回水区的浅滩水深增量较上游无库情况增加。而上游无库时可能发生碍航的重庆河段浅滩,在上游建库后水深增加,航道条件改善,将不会出现碍航现象。

上游建库后,由于上游水库在枯水期的调节作用,三峡水库枯水期的来流量增大,从而导致三峡水库枯水期的发电量增加。虽然由于上游水库 9~10 月蓄水,以及 6 月份由于溪洛渡水库从死水位向汛期限制水位抬升会拦截上游来水,导致三峡水库来流减少,造成该时期的发电量减少;但全年综合来看,上游建库使三峡水库的年发电量增加了 12.18 亿 kW·h。表 1 给出了上游建库后三峡水库发电量的变化,其中发电变化量为上游

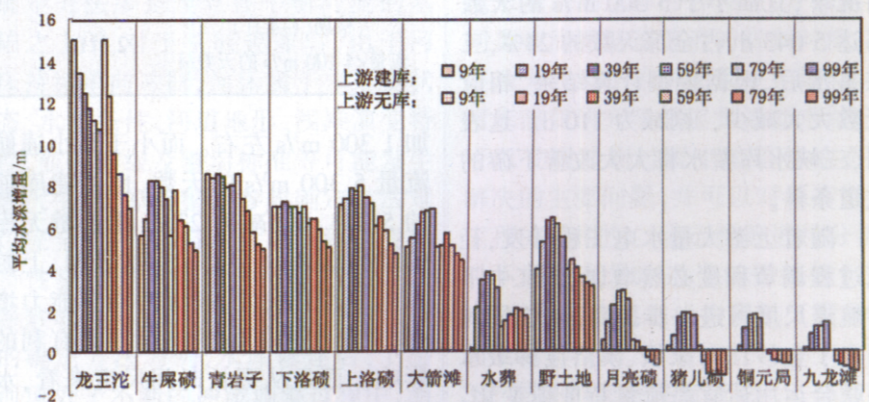


图 1 三峡建成后变动回水区浅滩平均水深增量(建库后-建库前)

Fig.1 Average water level increment at the shoals in the back water area after the construction of the Three Gorges Project

建库发电量与上游不建库发电量之差。

2.1.3 长江中下游的枯水流量增加

长江上游水电工程修建后,改变了下游河道的水沙过程。从径流过程来看,除特大洪水年之外汛期流量改变不大,而中水期延长,枯期流量增加。从10月份到次年4月长达7个月的时间里,流量变化幅度较小,枯水期流量增加,为改善长江中下游河段通航条件提供了良好的条件^[4]。根据三峡水库的设计运用方式(175 m-155 m-145 m运用),对宜昌1946-2002年水文系列进行了调洪发电计算,并与建库前该系列的自然情况进行了对比分析。计算中根据水库调度原则,枯水期尽量保证上游库区最低通航水位155 m,即当水位下降到枯水期消落低水位155 m时,尽量保持155 m的消落低水位,按来水流量发电。

表2列出了三峡建库前实测和建库后175 m蓄水运用后计算的枯期平均流量,以及小于某级流量的天数对比。由表2可知,自然情况下,1946-2002年系列的枯期(1-4月)平均流量为4 776 m³/s,三峡蓄水后,枯期平均流量大幅度增加,增加了1 000 m³/s。根据三峡论证资料^[2],三峡建成后,应保证葛洲坝下游引航道设计通航水位39 m,宜昌最小通航流量应保持在5 300 m³/s以上。从对宜昌的最小通航流量影响来看,自然情况下,宜昌小于5 300 m³/s的天数高达5 043 d,占全部天数的24%,三峡蓄水后,根据模型计算结果,相应天数大大减少,剧减为110 d。这表明,三峡水库蓄水将大大改善下游的航道条件。

随着上游大量水电工程开发,径流过程调节程度必然增加,长江中下游航道尺度可进一步提高。表2同时列出了金沙江向家坝、溪洛渡梯级水库联合运用后宜昌流量特征值变化。由表2可知,根据1946-2002年系列的计算结果,上游建库后,宜昌枯期平均流量大幅度增加,较天然情况增

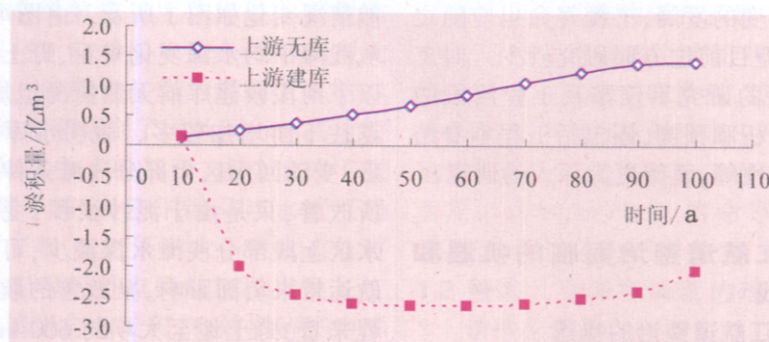


图2 上游建库与上游无库情况下寸滩以上河段冲淤比较

Fig.2 Comparison of the sediment deposition at the upper reach of Cuntan

表1 上游建库后三峡水库发电量变化

Table1 Variations of the power generation after the construction of reservoirs in the upper basin

水库运用方式	9-10月发电变化量/亿 kW·h	枯水期发电变化量/亿 kW·h	6月发电变化量/亿 kW·h	全年发电变化量/亿 kW·h
正常蓄水位-175 m				
枯期消落水位-155 m	-6.26	20.73	-2.23	12.18
汛期限制水位-145 m				

表2 三峡建成前后枯期下泄流量特征值的变化

Table 2 Discharge characteristics in the dry seasons before and after the construction of the Three Gorges Project

项目	自然情况	建库后计算 (水库运用方式为 175 m 155 m 145 m)	向家坝、溪洛渡梯级开发后计算 (水库运用方式为 175 m 155 m 145 m)
枯期(1-4月)			
平均流量/m ³ ·s ⁻¹	4 776	5 763	6 068
枯期(1-4月)			
流量<5 300 m ³ /s的天数/d	5 043	110	27
枯期(1-4月)			
流量<5 000 m ³ /s的天数/d	4 721	97	24
枯期(1-4月)			
流量<4 100 m ³ /s的天数/d	2 811	23	0

加1 300 m³/s左右。而小于最小通航流量5 300 m³/s的天数,也由建库前的5 043 d剧减为27 d,比上游无库的情况也减少了83 d。这表明,上游水电工程开发后,径流的调节能力增强,对长江中下游的航运具有有利的影响。而且从更长时间尺度来看,水库对径流过程的调节和控制将长期存在,水电工程开发为改善通航条件、提高航道等级及尺度提供了良好

的机遇。

2.2 长江航道整治的挑战

大量水电工程开发,不仅改变了水沙过程,而且造成下游河床持续单向冲刷,对下游河段的河势、浅滩演变特性等均带来了重要影响,给长江航道的整治提出了新的挑战。

2.2.1 水沙输移过程变化

三峡水库蓄水运用后,由于水库的调节作用,水沙过程发生改变^[5]。从

前面分析可知,从径流过程看,三峡水库汛期流量改变不大,枯水期增加,汛末 10 月份退水期流量减少幅度较大;从泥沙过程看,出库泥沙大幅度消减。下泄沙量的减少以及退水期流量的减小,两种影响相互叠加,将对下游浅滩演变及航道条件产生重要的影响。建库后由于水库泥沙的淤积,下泄沙量较少,根据已有计算结果,三峡建库后 20 a,沙市、监利、汉口的年平均输沙量约为蓄水前的 50%^[6]。但由于建库初期基本为清水下泄,从近坝段开始造成大量的河床冲刷,含沙量沿程恢复,而由于河床上的泥沙较粗,沿程悬沙变粗,中值粒径增大,重点浅滩尤其是低滩仍有可能产生淤积。根据浅滩冲淤特征,长江中下游浅滩可分为“洪淤枯冲”及“洪冲枯淤”两种类型。对“洪冲枯淤”类型的浅滩,汛期冲刷加大,而退水期流量、沙量同时减小,浅滩状况进一步好转,甚至转变为优良河段;而对于长江中下游占绝对优势的“洪淤枯冲”类型的浅滩,退水期流量的减小较大,退水加快,洪水期低滩淤积的泥沙难以在退水期冲刷,从而使得“洪淤枯冲”浅滩变成“洪淤枯不冲”,冲刷不及时可能导致泥沙的累积性淤积,造成枯水流路摆动、航槽出浅,从而加剧原有的碍航状况。

2.2.2 局部河势调整

三峡建成后,下游河床将会发生长时间和长距离的冲刷。多家单位对下游河床冲刷进行了模拟计算,计算结果定性基本一致^[6]。水库运用初期冲刷主要集中在宜昌至城陵矶河段。武汉以下河段与自然情况类似。根据目前研究成果,一般认为,三峡建库后下游河段大的河型不会出现明显的变化,但局部河段的河势可能出现剧烈的调整^[7-9],主要表现在顺直(微弯)放宽段能出现主流摆动加大、航槽冲刷移位;较宽的弯道段可能出现小的心洲和边滩,也可能发生撇弯和切滩;分叉河道洲头冲刷切割,分流比变化,可能出现支汊发展、主支易位,还可能出现支汊萎缩,并洲并岸;

沙卵石河段出现坡陡流急现象。局部河段河势明显变化,不仅可能造成水深减少,主流及航槽可能发生摆动,碍航现象加剧,而且还可能对已有及规划的航道整治工程产生重要影响。已有航道整治工程的设计和实施多是针对三峡建库前天然水沙条件及河道边界,在三峡建库后局部河势变化剧烈的河段可能不再适用,甚至会产生相反的效果,变成建库后的碍航工程。从空间分布看,对水库运用初期不受河床冲刷影响的武汉以下河段影响更大,其浅滩碍航状况可能较上游冲刷段更为恶劣^[6]。由于相邻浅滩演变相关程度增加,航道治理河段研究范围扩大,也将对规划的整治工程的设计和上马产生重要的影响。

上游干支流梯级水库开发后,拦沙幅度更大,长江中下游河段清水冲刷可能持续几十年甚至数百年,将引起河床剧烈冲刷,河势的调整又可能与天然状况以及三峡单库作用时存在差别,因此对下游河床的极限冲刷状态以及局部河势的调整趋向性等值得进一步深入研究。

2.2.3 整治理论的滞后性

长江上游大量水电工程开发后,将不可避免地引起水沙过程变化,进而对工程上下游的河床演变带来巨大的影响。目前的航道整治、设计参数确定方法难以适应非平衡状态下河床调整过程中出现的新问题,出现整治理论滞后的问题。现有整治参数确定方法多是建立在平衡河流的基础之上^[10],对于三峡建库后,由于河床持续单向冲刷,河床属于非平衡状态,水沙条件、河道地形、浅滩演变特性、航道等级及整治标准等可能发生较大变化,原有整治参数确定方法难以完全适用。因此,针对浅滩演变新特性提出非平衡条件下适用的整治参数确定方法极为必要。以设计水位的确定方法为例,水库修建后,下游河床处于不断的冲淤调整过程中,测量获得的水文资料失去了河床形态变化不大的前提,设计水位确定所需的长系列水文资料存在标准不统一

的问题,而且由于水库对径流过程的调节,出库流量过程与区间入流的频率组合与建库前存在较大差别,上述因素均可能对建库后设计水位的确定造成重要影响,甚至产生较大误差。

3 长江航道的整治对策

上游水电工程的开发,给长江航道的整治带来巨大机遇的同时,也提出了挑战。为了更好地把握机遇迎接挑战,未来航道整治对策如下。

3.1 加强河床演变及浅滩特性研究

河床演变研究是航道治理的基础。为了更好地进行未来水电工程大量开发后航道的整治和建设,必须首先加强河床演变研究,尤其注重河床冲刷过程中的浅滩演变特性研究。由于水库下游冲刷演变现象的普遍出现,国内外不同领域的学者对此已经开展了大量的研究,积累了丰富的经验^[7-9],但目前尚难以直接用于指导航道整治实践,仍需进一步的总结和继续研究。通过加强河床演变及浅滩特性变化的研究,首先可以完善河床演变理论,并将已有河床演变的普遍理论与长江中下游特性结合,获得具有针对性的规律性认识,并运用于指导水库下游水沙输移变化、河床冲刷,以及局部河势调整趋势的模拟和预测;其次,通过对平衡和非平衡情况下浅滩演变特性(如浅滩演变的周期性、累积性等)的研究,可以进一步研究水沙系列选择的合理性,并探索不同类型浅滩航道整治的有利时机,更好地为航道整治研究服务;最后,将河床演变研究与航道整治要求结合,可以发现冲刷过程中航道整治必须解决的主要问题,并可以对原有整治工程的适用性、稳定性等进行分析,对不利情况采取适当的措施进行解决,避免整治工程成为碍航工程局面的出现。

3.2 发展和完善整治理论

如前所述,目前的航道整治理论仍不完善,各种参数确定方法在中小型河流整治中效果较好,但对于长江

而言很多假设不成立,而且计算结果偏差较大需要凭经验取舍^[9]。同时,原有整治理论及参数确定方法主要针对的是平衡河流,对于水电工程开发后非平衡情况不再适用。水电工程开发后,长江中下游河床冲刷、枯水流量增加、浅滩演变特性变化等都将导致航道尺度发生变化,为了满足指导河床非平衡状态下的航道治理的要求,急需对整治理论进行发展和完善。整治参数确定方法应建立在普遍的河床演变规律之上,并与浅滩河段具体特性相结合。不能撇开演变规律和碍航特性,千篇一律地使用相同方法,使得原本关系密切的演变分析与整治参数彼此孤立开来。如何更好地体现河床演变特性与浅滩冲淤特点,在共性的基础上体现个性;将不同整治工程类型、不同浅滩类型的整治线宽度加以区分,使其更具有针对性,以便适应水沙变化后的航道工程,是航道整治理论迫切需要解决的重要课题。

3.3 加强河流模拟技术在航道整治中的应用研究

国内学者在浅滩演变与航道工程数学模型方面开展了富有成效的工作,国外学者在局部河段水沙输移特性模拟方面也进行了深入研究^[10]。河流模拟技术能够对不同水沙组合及不同边界条件下的水沙输移及河床变形进行预测,但在航道整治工程效果、寿命研究中的应用仍存在不足,应对已有研究方法进一步改进并加强应用。可以通过深入分析整治工程前后碍航程度分析的资料要求,以及通航保证率、整治效果、工程稳定计算对数模与物模冲淤趋势预测研究的要求等,反馈给方法的研究,以利于方法的改进和应用。

3.4 补充完善航道整治规范

为了保障整治工程的可行性及实施的效果,有必要进一步对航道整治规范进行补充和完善,如明确航道整治工程寿命的概念、定义、研究方法等。同时,对航道整治研究应严格

按照资料收集、工程可行性分析、设计、施工的流程进行,并对各环节的研究报告编制导则进行完善。

4 结语

长江是我国的黄金水道,其战略地位和开发利用价值十分显著。但目前长江航道仍存在不少问题,难以适应大规模经济发展的要求。上游水电工程的开发,将极大地促进航运事业的发展,为改善下游通航条件、提高航道等级及尺度提供了良好的机遇。同时由于河床冲刷、河势调整等,也给长江航道的治理提出了新的挑战。为了更好地应对未来的航道整治要求,需加强河床演变及浅滩特性研究,发展和完善整治理论,加强河流模拟技术的应用研究,完善航道整治规范。

参考文献 (References)

- [1] 郑守仁. 三峡工程与长江开发及保护[J]. 科技导报. 2005, 23(10): 4-7.
ZHENG Shou-ren. Three Gorges Project and development, protection of Yangtze River [J]. Sci Tech Rev, 2005, 23(10): 4-7.
- [2] 长江水利委员会. 三峡工程综合利用与水库调度研究[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997.
Changjiang Water Resource Committee. Integrated utilization and regulation of the Three Gorges Project[M]. Wuhan: Press of Science and Technology of Hubei Province, 1997.
- [3] 李义天, 邓金运, 陈建, 等. 三峡水库汛后提前蓄水研究[R]. 武汉大学, 2005.
LI Yitian, DENG Jinyun, CHEN Jian, et al. Study on impounding water ahead of schedule of the Three Gorges Reservoir[R]. Wuhan University, 2005.
- [4] 谢葆玲, 陈立. 三峡工程蓄水位与长江航道[J]. 中国三峡建设, 2005(5): 56-60.
XIE Baolin, CHEN Li. The impounding water level of TGP and the navigable channel of Yangtze River[J]. China Three Gorges Const, 2005(5):

56-60.

- [5] 卢金友, 黄悦, 宫平. 三峡工程运用后长江中下游冲淤变化[J]. 人民长江, 2006, 37(9): 55-57.
LU Jin-you, HUANG Yue, GONG Ping. Scouring and silting variation in middle and lower channel of the Yangtze River after TGP operation[J]. Yangtze River, 2006, 37(9): 55-57.
- [6] 李义天, 邓金运, 葛华, 等. 长江中下游长河段一维水沙数值模拟及其关键技术研究[R]. 武汉大学科研报告, 2005.
LI Yitian, DENG Jinyun, GE Hua, et al. 1D modeling of water and sediment transportation in the middle and lower Yangtze River and its key technology [R]. Report of Wuhan University, 2005.
- [7] 余文畴, 卢金友. 长江河道演变与治理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
YU Wenchou, LU Jinyou. Evolution of the Yangtze River and its regulation [M]. Beijing: China Hydraulic and Hydropower Press, 2005.
- [8] 韩其为, 何明民. 三峡水库建成后长江中、下游河道演变趋势[J]. 长江科学院院报, 1997, 14(1): 12-15.
HAN Qiwei, HE Mingmin. Tendency of river channel evolution in Yangtze River's middle and lower reaches after Three Gorges Project being completed [J]. J Yangtze River Scientific Research Institute, 1997, 14(1): 12-15.
- [9] 周建军. 三峡工程建成后长江中游应该关注的问题[J]. 科技导报, 2006, 24(5): 49-54.
ZHOU Jian-jun. Problems in the middle- Yangtze River after the commencement of the Three Gorges Project[J]. Sci Tech Rev, 2006, 24(5): 49-54.
- [10] 王秀英. 冲积河流航道整治设计参数确定方法研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2006.
WANG Xiuying. Calculation methods of channel regulation design parameters in alluvial river [D]. Wuhan: Wuhan University, 2006.

(责任编辑 赵佳)