

城市防洪与环境综合治理 ——龙王庙堤防整治工程河工模型试验研究

汪明娜

(水利部长江水利委员会长江科学院河流研究所 武汉 430010)

〔摘要〕 武汉市龙王庙堤防是著名的历史险工段。为了验证整治方案的可行性及其效果,以及方案实施前后汉江河口段河势、流速、流态、水位、通航条件及河床冲淤变化等,为工程设计决策提供可靠的科学依据,而进行了河工模型试验研究工作。

〔关键词〕 裁弯 过度段 蜿蜒性河道 模型设计与验证 [中图分类号] TV X4

〔文献标识码〕 A

[文章编号] 1000-7857(2004)11-0032-03

THE COMPREHENSIVE REGULATION OF FLOOD CONTROL AND ENVIRONMENT PROTECTION IN CITIES

WANG Ming-na

(Scientific Research Institute of the Yangtze River, Wuhan 430010, China)

Abstract: Longwanmiao has been a major dangerous section of flood control in Wuhan over years. In order to verify reliability and effect, we have conducted river model tests. The change of the flow, velocity, level, the river regime, the channel change of scour and sedimentation provide the scientific groundwork for the scheme choice and decision-making of the project.

Key Words: cut-off; transitional reach; meandering river; model design and verification

CLC Numbers: TV X4

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2004)11-0032-03

汉江河口段是武汉市辖三镇中的汉口市区和汉阳市区的分界线,堤防十分重要。特别是著名的龙王庙险段关系到汉口市区几百万人民生命财产安全,从“以人为本”的可持续发展的观点来看,属人居环境保护的重大问题。汉江河口段航道狭窄、船舶拥挤,航行与停泊无序;岸上船上任意排污,江水污染严重,江面自上而下发生大面积“水华”;汉阳市区湖泊群也多污染而呈富营养化,因此该险段的整治就是武汉市防洪和环境治理的重点。该险段整治与“武汉市汉阳地区水环境质量改善技术与综合示范”项目(国家重大科技专项),可一同视为全国第一个城市水环境治理科技项目。长江科学院进行了整治方案河工模型试验研究工作。

1 龙王庙险段概况

1.1 历史变迁

汉江在历史上曾称夏水、汉水,自古以来,汉江河口水深流急。北魏(公元 386~534 年)《水经注》记载:“夏水来同,渺若沧海,洪潭巨浪,萦连江沔……”。明宪宗成化三年(1467 年),汉江下游发生自然裁弯,排沙口至郭师口一段被冲开,水流舍弃绕牯牛洲的大弯道径直东下,再弃黑山南侧的汉水故道,改道经黑山、梅子山及鲁山(龟山)以北,而成就现在的汉江。其流程缩短、比降变大,流速加快^[1,2]。(见图 1)

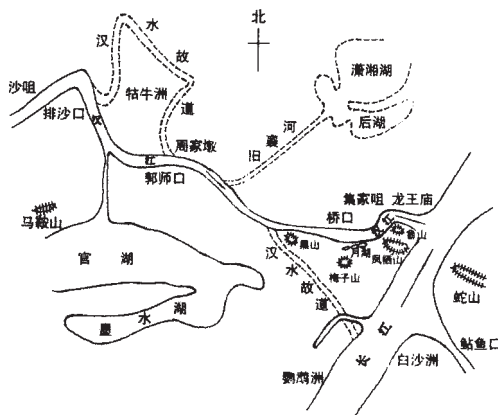


图 1 汉江河口故道示意图

汉江发源于秦岭南麓,为长江最长支流(1 577km),洪峰流量在 12 300~23 400m³/s 之间,洪水频繁。汉口龙王庙河段处在汉江河口段“S”形蜿蜒性河道左边凹岸(右边凸岸是龟山山脚及原汉阳兵工厂的废料渣堆,形成隐蔽的水下挑流矶头)汉口一侧、长江汉江汇流、受长江顶冲之处。是著名的重要历史险工段。

1.2 成因分析

收稿日期:2004-06-17。

作者简介:汪明娜,女,1955~,湖北武汉长江科学院(430010),从事河流泥沙及环境保护研究,参加本项目试验研究的人员还有沈惠瀚、罗恒凯、曹洪济、张文二、黎礼刚、孙贵洲等。

龙王庙堤防险工段从集家嘴码头至鄂四码头(见图2),全长1 080m。因河口段由两个曲率半径偏小的反向弯道组成,弯道相连无过渡段,河势不顺,汛期水流紊乱,旋涡、涡流、流态恶劣。当汉江流量较大,遇长江流量较小、水位偏低时,汉江出口段河床则受严重冲刷,导致险工段岸坡陡峻,直接威胁堤防安全。

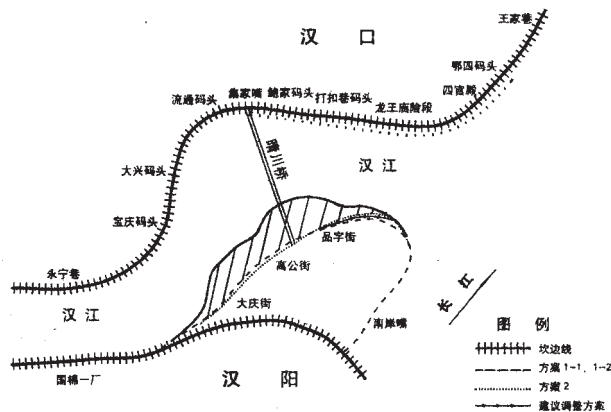


图2 武汉市龙王庙险段综合整治工程方案布置示意图

汉江新沟至龙王庙长约54km,属下游河口段,迂回曲折,是古云梦泽冲积平原、蜿蜒性河道。地质属第四纪冲积层,自地面而下可分粉质壤土、细砂与粉砂层,系二元相结构,上实下弱,极易受水流淘刷。

汉江下游河口段两岸街道及永久性建筑物星罗棋布;岸线长100余km内,原有重大险段险工数十处;历年发生的险情有崩坍、滑坡、沉陷等,而以崩坍为主。

险工段的主要成因可概括为4点。(1)水文因素。河口段河床断面窄深,不能满足洪水安全泄量需求,水流湍急。当两江来水出现不同遭遇时,河床也发生不同变化。(2)河道蜿蜒的地形因素。(3)流态水力因素。(4)地质因素。总之,龙王庙至鄂四码头河段近岸河床、水流和泥沙等条件复杂,影响河床河势变化的因素很多,季节性冲淤变迁很大,经常出现形成堤基淘空的危险。

1.3 水文特征变化

1973年,汉江丹江口水库初期工程(坝顶高程162m)建成后,下水文特征发生了以下大的变化。

(1)流量及水位变化。建库前,流量变幅大(180~23 400m³/s);洪峰持续时间短,多发生在7月份;径流量分配不均,多集中在汛期(7~9月);水位变幅大。建库后,运行调度,水位变幅小;洪峰削减调平(259~12 700m³/s),持续时间长,高峰期推迟至9月份,因此促成汉江大流量与长江小流量碰撞的机遇。

(2)输沙量及河床纵向变化。汉江含沙量较大,建库前下游仙桃站多年平均输沙量8 300万t,集中在汛期;建库后大量泥沙被拦蓄在库内,在水库蓄水期基本属于清水下泄。下游河床自上而下发生冲刷并向下游发展,含沙量沿程恢复,即输沙量沿程递增。

(3)河床横向变化。建库后,下游河道河床以下切为主,伴有横向展宽。随着河床质的不断粗化,河床纵向下切作用减弱,而横向旁蚀作用则有所增强。

从上述变化情况可见,汉江丹江口建库后,河口段水沙条件变得对险工段更加不利。

2 整治工程

中央对武汉市防洪极为重视,拨专款整治龙王庙堤防险工段。1995年武汉市防汛指挥部提出在汉江口南岸(汉阳市区)进行扩展河宽、调整河口段局部河势的治理方针。遵照“扩展口门,改善河势,除险加固,综合整治”的原则,采用汉阳岸平均削坡后退60m(水位在1985年国家标准基面以上25m时,河宽达280m)的工程方案,改善河势;同时,美化环境,重点改造并固守汉口岸。

2.1 汉口岸整治

要解决驳岸墙抗滑稳定、岸坡整治稳定及防渗问题,并新建护坡防冲、护岸固脚。措施是:采用“钻孔灌注桩”和“L”型挡土墙,以求岸坡整体稳定,并对老驳岸墙进行加固;对驳岸平台和码头用“复合土工膜”防渗处理,在堤后设导渗沟排渗,降低渗透压力;在水上岸坡修护坡防冲;水下抛石,结合混凝土铰链沉排,稳固岸脚。

2.2 汉阳岸整治

南岸嘴拓宽整治方案包括2条整治线(方案1-1、1-2及方案2);2种开挖高程(黄海基面4.5m、-7m);并考虑到晴川桥的影响。方案1-1与1-2在平面布置上整治线相同,但是开挖高程及开挖断面不同。方案2在平面布置上整治线与方案1-1、1-2不相同,开挖高程及开挖断面与方案1-2相同。可考虑推荐方案,即南岸嘴开挖线的以上部分采用方案2整治线,以下部分采用方案1-2调整修改线(见图2)。

汉阳岸经削坡后退,主流向汉阳岸南移,近岸流速增加较多,须对开挖后的岸坡抛石固脚和护坡,以稳定新的岸线,并改善环境;沿新岸线修筑驳岸平台防护。

3 模型设计与验证

试验的目的是验证和分析整治方案的可行性及其效果,研究方案实施前后汉江河口段的河势、流速、流态、水位、通航条件(定床)及河床冲淤变化(动床)等,并为工程设计决策提供可靠的科学依据。

3.1 定床模型试验

定床模型试验河段的范围:国棉一厂—武汉关,长3km,考虑到汉江、长江水流交汇的影响,长江段取汉江汇流口上下2.5km,模型平面比尺 $\alpha_L=150$ 。垂直比尺的确定要求满足模型与原型具有相同流态、模型雷诺数大于明渠临界雷诺数。模型最小水深要考虑表面张力的影响,水深不小于1.5cm。根据以上要求,按本河段断面水文要素进行计算,确定垂直比尺 $\alpha_H=100$,模型变率 $\eta=1.5$ 。水流运动相似满足:(1)重力相似,即 $\alpha_V=\alpha_H^{1/2}=10$; (2)阻力相似,即 $\alpha_n=\alpha_H^{2/3}/\alpha_L^{1/2}=1.759$; (3)水流运动连续相似,即 $\alpha_Q=\alpha_V\alpha_L\alpha_H=150\ 000$ 。上述各式中, α_V 、 α_n 、 α_Q 分别为流速比尺、糙率比尺和流量比尺(以下同)。同时,用模型对3个流量级水面线及2个断面流速分布进行了验证,验证结果均在误差范围内。

3.2 动床模型试验

动床模型试验模拟河段范围:江汉一桥—汉江入汇口,长1.56km;长江段从长江大桥上—武汉关,长1.5km;模型平面比尺 $\alpha_L=150$ 、垂直比尺 $\alpha_H=120$ 、模型变率 $\eta=1.25$ 。模型满足以下水流运动相似:(1)水流运动连续相似,即 $\alpha_Q=\alpha_L\alpha_V\alpha_H$; (2)重力相似,即 $\alpha_V=\alpha_H^{1/2}$; (3)阻力相似,即 $\alpha_n=\alpha_H^{1/6}$ (α_n

$/\alpha_L)^{1/2}$ 。

宜选用塑料沙作为模型沙。由实测资料分析,河段床沙 $d_{50}=0.180\text{mm}$,塑料沙重率 $\gamma_s=1.05\text{t/m}^3$,干容重 $\gamma_o=0.667\text{t/m}^3$,原型沙的重率 $\gamma_s=2.65\text{t/m}^3$,干容重 $\gamma_o=1.3\text{t/m}^3$;取 $\gamma_k=1$,求得 $\gamma_d=0.633$,则所选模型沙的中值粒径 $d_{50}=0.285\text{mm}$ 。模型同时需满足:(1)泥沙起动相似,即 $\alpha_v=\alpha_v$;(2)泥沙扬动相似,即 $\alpha_v=\alpha_v$;(3)沉降相似,即 $\alpha_w=\alpha_v=\frac{\alpha_h}{\alpha_L}$ 。

模型验证试验时以 1995 年 7 月实测的水道地形为起始地形,施放 1995 年 7 月至 1998 年 5 月的水沙过程,以复演 1998 年 5 月的实测地形。通过验证试验,模型较好地复演了原型地形,表明模型设计、选沙及各项比尺的确定合理。经验证试验确定单宽输沙率比尺 153、时间比尺 440。(详见表 1)

表 1 模型比尺汇总表

相似条件	比尺名称	比尺符号	比尺数值
几何相似	平面比尺	α_L	150
	垂直比尺	α_h	120
水流运动相似	流速比尺	α_v	10.95
	流量比尺	α_Q	197 200
	糙率比尺	α_n	1.986
	粒径比尺	α_d	0.633
	起动流速比尺	α_{v_c}	10.95
泥沙运动相似	沉速比尺	α_w	8.76
	输沙率比尺	α_{q_b}	153
	河床变形时间比尺	α_t	440

4 试验成果分析

(1)模型试验成果表明,南岸嘴(汉阳)人工拓宽各方案实施后,汉口龙王庙段的河势都有不同程度的改善,流速分布更趋均匀,主流线右移,冲刷坑缩小,险工段河床冲刷强度减弱,为龙王庙岸线稳定提供了有利条件。同时改善了汉江河口段的平面形态,增大了汉江出口段的泄洪能力。汉江出口段的航道无累积淤积,对航运基本无影响。①汉江流量 $7\,800\text{m}^3/\text{s}$,长江流量 $38\,300\text{m}^3/\text{s}$ 条件时,大庆街至品字街主流线右移 30~90m,北岸鲍家码头至龙王庙主流线右移 90~35m。②汉江流量 $4\,670\text{m}^3/\text{s}$ 、长江流量 $41\,400\text{m}^3/\text{s}$ 条件时,主流在龙王庙大幅向右偏移,大庆街至品字街主流线右移 30~130m,鲍家码头至龙王庙主流右移 130~100m。

(2)方案比较。①方案 1-1:南岸嘴削除并控制在高程 4.5m,对水流仍起到挑流作用,遏制高公街至品字街一线深槽右移,但龙王庙险工段冲刷减少的幅度较小,故工程效果较差。②方案 1-2:南岸嘴开挖加上水流冲刷至-7.0m,河床调整更为充分,使高公街至品字街一线深槽右移成为完整

的右向弯道;龙王庙冲刷缩小,右移更明显,工程效果较好,但由于汉江出口处岸线后退较大,反而产生一定的回淤。③方案 2:主流线较方案 1-2 右移更大,流速分布更趋合理,但由于在品字街处岸线后退不够,约束了水流。另外,品字街处岸线与主流线交角偏大,使龙王庙处近岸流速减小的幅度较小,改善龙王庙迎流冲刷程度不及方案 1-2。

从有利于改善龙王庙险工段的冲刷程度,及考虑到南岸嘴出口处开挖过大后产生回流等因素出发,建议南岸嘴开挖线的以上部分按方案 2 整治线,以下部分采用方案 1-2 调整修改线。

(3)受汉江出口段整体河势的限制,南岸嘴拓宽工程并不能彻底改变汉江出口段的平面态势,汛期龙王庙险段流速仍相对较大,该险工段仍需适当加固。主流线右移后,国棉一厂至品字街近岸流速增加较大,河床冲刷加剧,此处岸线应加强守护。

(4)南岸嘴修建防洪墙后,遇大洪水时,与不设防洪墙相比,对过流仍有一定的约束影响;但与整治工程实施前相比,过洪能力仍有一定提高。

(5)汉江口晴川桥桥墩周围出现回流和绕流,对主流影响不明显,但需加强桥墩周围的防护。

(6)治理工程中水下抛石结合混凝土铰链沉排,可使抛石经过自动调整形成能适应水流情况的人工防冲层,以限制岸边河床横向的进一步刷深,成效显著。但仍不能改变河床的纵向冲淤变化。

5 工程效果

工程完工后(1999 年汛前全部竣工,验收合格)已经过几年大小洪水考验,特别是 1999 年汛期,武汉关水位达到 28.89m,仅次于 1954 年和 1998 年的水位,居历史第 3 位。经过综合整治脱胎换骨后的龙王庙江堤经受住了这次特大洪水的严峻考验,达到设计要求,由原来险象环生、岌岌可危的“险点”,建成环境优美、赏心悦目的“景点”。这项试验研究工作为武汉市防洪安全和环境治理做出了重大贡献。武汉市龙王庙堤防险段的治理取得的防洪和环保的双胜利,意义重大。它表明:基于以人为本的、可持续发展的科学发展观,滨江城市防洪应当是城市环境建设的重要一环。合理地应用水利工程措施,可以保护水环境和生态环境,促进人与自然的和谐相处。

参考文献(References)

- [1] 李昌誉编.夏口县志[M].
- [2] 武汉市建制沿革[M]. 武汉:湖北人民出版社,1956
- [3] 汪明娜,汪达.论长江汉口边滩防洪及环境综合治理[J].水资源保护,2003(2)

(责任编辑 王宏章)

·科技动态·

印度发射世界上首颗教育卫星

据英国“新科学家”网站报道,2004 年 9 月 20 日,随着印度一颗专用于远程教育卫星的成功发射,那些地处偏远乡村的数百万印度文盲不久将获得接受教育的机会。据印度空间研究组织(ISRO)称,这颗卫星是世界上首颗专用于教育的卫星。该卫星重 2 吨,耗资 2 000 万美元,是由位于孟加拉湾印度一个小岛上的 Satish Dhawan 卫星发射中心

发射升空的。该卫星是印度迄今为止发射的最重的一颗卫星,由印度自产的价值 3 300 万美元的运载火箭——一种新型的同步卫星发射装置(GSLV)发射。截至目前,印度已经利用其两颗多用途国家卫星在提供远程教育信息的同时,还发挥了通讯、广播和天气预报的功能。

(胡春华)