

长江南京河段护岸新技术探讨

徐锡荣¹, 唐洪武¹, 宗 竞², 叶 松²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 南京市长江河道管理处, 江苏 南京 210011)

摘要: 对不同护岸结构型式的护岸机理进行分析, 结合南京河段护岸整治现状, 选用抛石、四面六边体框架群、混凝土铰链排等护岸型式进行模拟比较试验。试验结果表明, 在南京河段水沙条件下, 四面六边体框架群护岸结构型式透水、稳定, 减速促淤作用明显。

关键词: 护岸; 抛石; 四面六边体框架群; 混凝土铰链排; 长江南京河段

中图分类号: TV861

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2004)04-0026-03

护岸工程是河道整治的重要组成部分, 护岸工程结构型式的应用涉及河道的河势、演变及河流水沙特性等诸多因素, 不同河道有不同河道的特点, 同一河道不同河段其特性也有差异, 因此, 同一护岸结构型式, 因河道及水流特性等不同, 护岸效果也不同。随着科技的发展、新材料的出现, 人们对护岸技术也一直在进行探索创新。四面六边体框架群护岸结构是近年来出现的一种新的护岸技术, 在长江九江等局部河段进行过工程试验及应用。研究表明^[1], 该护岸结构能降低岸坡流速, 改岸边局部冲势为不冲或淤势, 防冲促淤效果良好。

南京是长江流域乃至全国经济、科技、文化最发达的地区之一, 数十年来, 为进行河道治理, 国家投入了大量人力物力, 在南京河段两岸建造了许多的护岸工程, 并尝试采用先进的护岸技术。本文结合南京河段河道特性及护岸现状, 选取不同护岸型式进行模拟比较试验, 为四面六边体框架群护岸技术在南京河段的应用进行探讨。

1 护岸技术及应用概况

在国内外河道整治护岸中, 传统的抛石虽然仍被广泛采用, 但随着科技的发展, 技术水平的不断提高, 新材料、新工艺所构成的新型护岸型式不断出现, 有的已取得明显的效果。综合主要护岸型式及特征见表1。

长江中下游河道护岸工程普遍采用的是抛石护岸。抛石护岸具有取材容易、施工简单、投资省、维护管理方便等特点。南京河段数十年来的护岸工程实

践表明, 抛石护岸效果良好, 对于洲头鱼嘴工程, 采用抛石裹头(如梅子洲、八卦洲裹头)也是一种行之有效的整治型式。

表1 主要护岸型式及特征

名 称	结构组成	特 点	作用
平顺抛石	具有一定厚度、粒径及级配要求的块石	就地取材, 施工难度小, 造价适中	防冲刷
混凝土铰链排	混凝土板用环连接成排	整体性好, 能适应河岸起伏, 基本不需要维护	防冲刷
混凝土块排	混凝土块由联锁连接成排	柔性强, 施工难度大(国内很少采用)	防冲刷
四面六边体框架群	六根杆件连接成四面体	透水, 稳定, 施工简单, 造价适中	减 速
软体排	土工布软体排, 上压块石等	料源充足, 施工难度较大, 适用于流速较小、水深不大的河岸	防冲刷
柴 排	树梢排体上抛压块石等	施工难度大, 维修工作量大(目前很少应用)	防冲刷
模 袋	混凝土或砂浆压入纤维袋内	整体性好, 施工方便, 但易损坏, 易老化	防冲刷
混凝土网格排	混凝土组成网格	整体性好, 施工较复杂	减 速
水泥土	水泥与土混合护坡	使用寿命长, 造价低, 但排水要求高	防冲刷
石 笼	石块灌入金属丝或竹料笼内	柔韧性好, 施工简单, 适用于较陡的河岸	防冲刷
土 枕	编织布作枕垫, 上压袋装土料	造价低, 适用于流速不大的河岸	防冲刷

但抛石护岸也有其明显的不足: 首先, 由于块石是一种散粒结构, 没有整体性, 在河床随水流的调整过程中, 块石随河床的变形发生滚动移位, 部分块石会散失, 影响护岸工程的稳定和整体护岸的效果, 所以抛石护岸需经常维护加固; 其次, 对某些堤外无滩、深泓逼岸、迎流顶冲的岸段, 防洪堤(墙)紧邻河岸, 岸线的任何崩退都有可能带来灾难性的后果, 要

基金项目: 江苏省水利科技推广项目(2003No.2)

作者简介: 徐锡荣(1961—), 男, 江苏丹徒人, 副研究员, 博士研究生, 主要从事水力学及河流动力学研究。

求护岸工程做到一次稳定,此时抛石往往达不到预期的效果。

试验研究和工程实践表明^[1],混凝土铰链排具有工程整体性好、适应河床变形、抗淘刷能力强、维护工程量小等优点,武汉天兴洲等工程的应用^[1],运行情况良好,证明该护岸型式在护岸工程中有较好的应用价值。

四面六边体框架群结构透水稳定,施工简单,造价较低,与其他护岸型式相比,取利去弊。国内1995年开始了原型工程的试验研究,如长江九江赤心河段及陕西渭河下游和江西赣江等河段已有应用。多年的实践,尤其是经历了“98”大洪水的考验,使得该护岸技术日趋完善。资料表明^[2],四面六边体框架群不仅适用于顺直、坡缓河段的促淤护岸,对水深大、岸坡顶冲淘刷的弯道凹岸,同样具有护岸防冲作用,并对治理崩岸有明显效果。

2 护岸机理分析

2.1 抗冲护岸

抗冲护岸主要以实体抗冲材料如块石、砌石、混凝土模袋等加固岸坡,顶住水流冲刷,强迫水流转向绕过一段江岸以保护岸坡。该类护岸型式当水流遇实体受阻时,水流的动能瞬时减小,按能量法则,即转变成其他能量,形成螺旋流、回流等。因此,实体护岸技术往往使水流条件在局部发生急剧的改变,淘刷基础,造成块石滑动翻滚、坍塌,以致护岸工程本身失稳。该类护岸往往存在基础被淘刷而影响护岸工程自身稳定的问题,因而费时费工,维护费用高。

2.2 减速护岸

减速护岸是利用透水构件分散水流,改变局部水流流态,使断面流速分布发生变化,将岸边底部流速降低至岸坡泥沙少量起动甚至不起动流速以下,如钢筋混凝土四面六边体框架群。

从理论分析来看,河道水流阻力可通过周界的阻力系数反映,谢才系数可看作河道阻力系数的反映。由谢才公式有:

$$V = C \sqrt{RJ} \quad (1)$$

式中: V 为水流平均流速; C 为谢才系数; R 为水力半径; J 为水力坡降。而摩阻流速

$$V_* = \sqrt{gRJ} \quad (2)$$

由式(1)和式(2)得:

$$C = \sqrt{g} \frac{V}{V_*} \quad (3)$$

由式(3)可见,河道阻力系数是水流平均流速和摩阻流速比值(V/V_*)的函数,而 V/V_* 可以通过流速分布积分得到。因此,可以说阻力问题实质上也就是流

速分布问题,河道流速分布调整,阻力也相应调整。减速护岸利用透水构件分散水流,改变局部水流流态,使河道断面流速分布发生变化,从而使河道局部阻力发生改变。

3 护岸结构模拟设计

南京河段的现有护岸结构型式主要为抛石护岸,对混凝土铰链排结构也作过局部应用。本模拟选择抛石、铰链排及四面六边体透水框架群等护岸型式进行对比试验。模拟试验在长25 m,宽2.5 m水槽中进行。结合河段河岸情况,水槽一侧制成坡岸,模拟岸滩。试验按水流运动、输沙运动相似准则设计,模拟比尺1:60。

a. 南京河段抛石护岸块石粒径设计值一般为20~40 cm,抛石厚度取1.5 m。模拟试验中按几何比尺缩小,选用中值粒径为5 mm的小石子模拟块石。

b. 四面六边体框架群型式采用长江九江赤心堤段现场护岸采用的型式。原型框架由长1 m、截面为10 cm×10 cm的正方形钢筋混凝土杆件组成。模型按每个框架相当于1 m³抛石设计,材料采用塑料加铜粉的混合物,杆长1.7 cm,杆件截面为1.7 mm×1.7 mm的正方形,密度2.5 g/cm³,与原型钢筋混凝土接近。

c. 混凝土铰链排模拟扬州第二发电厂灰坝护岸采用的混凝土铰链排型式,原型混凝土板长80 cm,宽50 cm,厚8 cm,间隔10 cm。模型试验采用厚1.5 mm的铝板,剪切成13.3 mm×8.3 mm的块体,按间距2 mm粘结于塑料窗纱上,构成长2 m、宽0.9 m的排体。铝板密度2.7 g/cm³,与原型钢筋混凝土板接近。

为了解不同护岸型式对推移质的冲淤影响,试验除进行水流影响模拟外,还对不同护岸型式进行推移质输沙试验,比较不同护岸型式对推移质泥沙的作用效果。长江南京河段汛期断面平均流速1.43 m/s,断面平均含沙量0.708 kg/m³,推移质输沙量按长江下游河道推悬比经验,取推悬比8%,试验以此资料为依据,作为推移质输沙的控制条件。

4 试验成果与分析

4.1 水流试验

试验在岸滩区(120 m×54 m)范围,分别布设平顺抛石、四面六边体框架群和混凝土铰链排等护岸型式,进行一定水深不同断面垂线平均流速的系列试验。

在断面垂线平均流速2.5 m/s工况下,试验实测工程区测点垂线流速分布见图1,工程区下游附近(12 m)测点垂线流速分布见图2,工程区横断面垂线平均流速分布见图3。图中 h/H 为相对水深, V 为流速, B 为河宽。

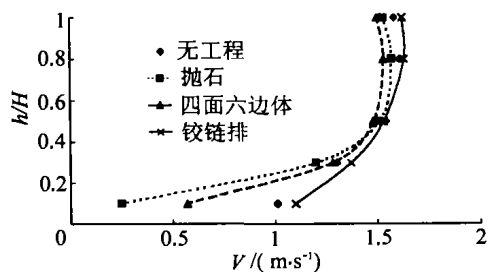


图1 工程区测点垂线流速分布

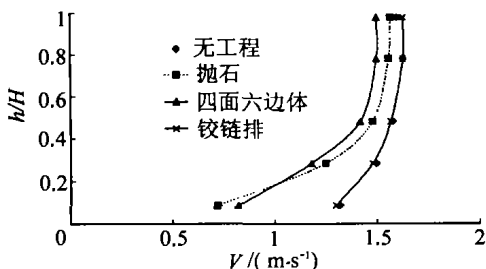


图2 工程区下游(12 m)测点垂线流速分布

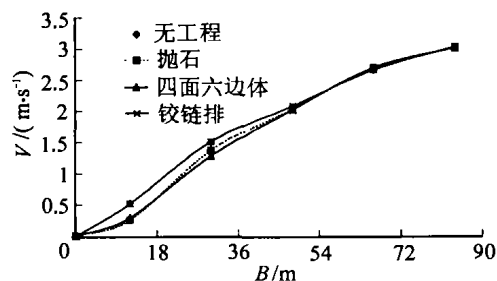


图3 工程区横断面垂线平均流速分布

图1和图2表明,在工程区范围内,平顺抛石护岸和四面六边体框架群护岸工程实施后,河底流速有明显减小,垂线平均流速亦有减小,且平顺抛石护岸引起流场变化的幅度略大于四面六边体框架群引起的变化幅度;在护岸工程区下游,平顺抛石护岸和四面六边体框架群护岸河底流速有明显减小,垂线平均流速亦略有减小。由图3可见,水流在水平方向分布上,平顺抛石护岸和四面六边体框架群护岸,工程区横断面垂线平均流速明显减小;工程区外侧附近横断面垂线平均流速稍有所增大。混凝土铰链排护岸型式对流场无明显影响。

试验成果统计表明,四面六边体框架群护岸,工程区内各垂线河底流速比工程前平均减小57%,边缘处河底垂线流速平均减小15%。平顺抛石护岸型式和四面六边体框架群护岸型式对工程区下游12 m处的流速仍有明显影响,平顺抛石护岸河底流速平均减小44%,四面六边体框架群护岸河底流速平均减小41%。混凝土铰链排护岸型式,工程区及附近流速与工程前接近。

总体来看,四面六边体框架群护岸,水流在垂向的调整,在水流近底区形成阻力区,流速降低,从而水流结构在垂向有明显调整;水流在水平方向的调

整,由于岸坡工程区阻力加大,水流趋向主槽,岸坡流量减小,流速降低。

4.2 输沙试验

对无护岸、抛石护岸、四面六边体框架群护岸、铰链排护岸型式,分别进行推移质输沙试验。试验时间1 h(相当于原型107 h),试验结束后,将工程区内的模型沙收集、烘干、称重,结果列于表2。

表2 不同护岸型式工程区落淤沙量

工 况	落淤沙量		变化百分比 /%
	模型/g	原型/t	
无 护 岸	375	234	
抛 石 护 岸	246	154	- 80
四面六边体 框架群护岸	578	361	+ 127
铰链排护岸	396	247	+ 13

由表2可见,不同护岸型式对工程区附近推移质的影响亦不相同。与无护岸工程相比,抛石护岸工程区收集的沙量减少34.1%;四面六边体框架群护岸工程区收集的沙量增加54.3%;铰链排护岸工程区收集的沙量与护岸前相差不大。

试验成果表明,铰链排护岸对水流影响小,对工程区附近推移质的影响与护岸前相近;抛石护岸在边界及堤脚处有明显的水流淘刷现象,加上工程区块石的局部水流淘刷,泥沙落淤量小于工程前;四面六边体框架群护岸后,减速促淤,有明显的泥沙落淤。

5 经济效益比较

近期原型观测资料表明^[3],某些抛石护岸工程段经过一个汛期,块石损失量达40%~50%,而四面六边体框架群护岸产生了大量的泥沙淤积,1个框架甚至可以淤积1 m³以上。南京河段采用抛石、四面六边体框架群、混凝土铰链排三种护岸型式的费用分别为70元/m³、60元/架、95元/m²,其中混凝土铰链排护岸工程费用最高,四面六边体框架群工程费用最低。按照1个框架的固岸效果可以与1 m³抛石相当,四面六边体框架群工程费用稍低,而且四面六边体框架群具有其特有的稳定性和耐久性,避免了块石年年流失、逐年补抛的后续问题。可见,四面六边体框架群护岸固脚技术长期效果优于抛石护岸,维护费用明显降低。

6 结 语

a. 护岸结构型式的应用涉及河道的河势、演变及河流水沙特性等诸多因素,护岸型式多种多样,同一护岸型式,因河道及水流特性等不同,护岸效果也不同。河道护岸型式的选择,应分析并结合具体的河道特征、经济条件及自然资源等因素综合考虑。

(下转第39页)



图5 原始实验图像



图6 预处理图像



图7 等浓度线分布



图8 框架中心

图5为在实验中采集到的一幅原始图像,图像中除了污染物以外,还可以观察到地形网格线、支撑浪高测量设备的框架、波峰线等信息.利用小波降噪算法对图5进行滤波处理后,与没有排放污染物时的静水图像进行逐点异或操作,就可以去除与污染物无关的其他信息,图6即为去除背景信息和环境干扰后的预处理图像.根据图像中各像素点的灰度大小,对图6中的像素进行逐点比较,可以得到如图7所示的等浓度线分布,对应的浓度分布由里到外依

次减小.根据数学形态学的算法理论,利用击中击中变换^[8],对图6进行细化处理后,得到如图8所示的浓度中心线,即污染物框架,可以表征污染物扩散过程中污染物主干部分的形状变化.显而易见,仅依靠传统的测试方法,是得不到上述这些结果的.

3 结 论

计算机技术与图像处理技术的快速发展,使得在海洋工程实验中实现非接触、大范围的测量成为可能,本文介绍了两种在海洋工程实验中采用的基于图像处理技术的测量方法,并通过分析数据说明了两种方法应用的可靠性和实用性.

参考文献:

- [1] Westerweel J. Fundamentals of digital particle image velocimetry [J]. Measurement Science and Technology, 1997, 8(12): 1379 ~ 1392.
- [2] 孙鹤泉,康海贵. DPIV 流场测试技术中的数据处理[J]. 大连理工大学学报, 2000, 40(3): 364 ~ 367.
- [3] 孙仲康. 快速富立叶变换及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社, 1982. 26.
- [4] 宗孔德,胡广书. 数字信号处理[M]. 北京:清华大学出版社, 1997. 123.
- [5] Sun Hequan. The hartley transform applied to particle image velocimetry [J]. Measurement Science and Technology, 2002, 13(12): 1996 ~ 2000.
- [6] 孙鹤泉,孙延维,王平让. 基于雷达海冰图像互相关的冰漂流场测量[J]. 海洋学报, 2003, 25(4): 135 ~ 141.
- [7] Sun Hequan, Wang Fenglong. Experimental study of offshore pollution with image processing [A]. Muller A, Chen Bingxin. Proceeding of Special Seminar in 29th Congress of IAHR-Instrumentation for Hydraulic Measurements [C]. 北京:清华大学出版社, 2001. 102 ~ 105.
- [8] 崔屹. 图像处理与分析-数学形态学方法与应用[M]. 北京:科学出版社, 2000. 47 ~ 51.

(收稿日期:2003-11-25 编辑:熊水斌)

(上接第28页)

b. 四面六边体框架群护岸结构利用透水构件分散水流,改变局部水流流态,使河道断面流速分布发生变化,从而使河道局部阻力发生改变.

c. 结合南京河段整治现状,对抛石、四面六边体框架群及混凝土铰链排等护岸型式进行模拟比较试验,为四面六边体框架群护岸技术在南京河段应用进行探讨.试验表明,在南京河段水沙条件下,四面六边体结构透水、稳定,减速促淤作用明显,是一种值得尝试的固脚护岸型式.

参考文献:

- [1] 董哲仁. 堤防除险加固实用技术[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1998. 107 ~ 113.
- [2] 徐国宾,张耀哲,徐秋宁,等. 多沙河流河道整治新型工程措施试验研究[J]. 西北水资源及水工程, 1994, 5(3): 1 ~ 8.
- [3] 王南海,张文捷,王盼. 新型护岸技术——四面六边体透水框架在长江护岸工程中的应用[J]. 长江科学院院报, 1999, 16(2): 17 ~ 12.

(收稿日期:2003-10-16 编辑:熊水斌)