

西部交通建设科技项目

合同号：2006 328 000 128

长江航道整治边滩守护及护底工程关键技术研究
总 报 告
(简本)

长江航道局
2009年6月

中文题名	长江航道整治边滩守护及护底工程关键技术研究		
英文题名	Study on the waterway regulation's key technologies of the side shoal conservation and the river bottom protection project in the Yangtze River		
交通编号		项目来源	交通部
单位编号	HD—06	合同号	2006 328 000 128
分类号		项目起止年限	2006-2008
第一完成单位	长江航道局	密 级	
项目负责人	李文全	报告撰写人	李文全
	刘怀汉		郑惊涛
	付中敏		
主要研究人员	王平义（教授、博导）		
	曹民雄（教授级高工）		
	谭伦武（高级工程师）		
	蔡国正（高级工程师）		
	杨成渝（副研究员）		
	崔承章（教 授）		
	周华君（教授、博士）		
	杨中超（副教授、博士）		
	赵德玉（高级工程师）		
	王秀红（工程师）		
	赵凤亚（工程师）		
	马爱兴（硕 士）		
	郑惊涛（硕 士）		
	郑 英（工程师）		
	雷国平（工程师）		
	刘晓菲（硕士生）		
	周良平（高级工程师）		
	盛佳珺（硕士生）		
主题词	长江，航道整治，护滩建筑物		
关键词	边滩，水沙特性，模拟技术，破坏机理，平面布置，结构		

报告摘要

本项目依托长江中游航道系统整治护滩工程，通过调研与实测资料分析、理论研究、二维水流数学模型计算、水槽概化模型试验、现场试验等多途径、多技术手段相结合，对长江航道整治边滩守护及护底工程关键技术进行了研究。专题一“边滩水沙运动特点及护滩（底）建筑物破坏机理研究”，通过数值计算和水槽定床模型研究了不同边滩形态下滩体附近的水位、流速、流场等水力特性，以及泥沙输移特性；利用水槽动床模型研究了边滩在不同水流条件、不同滩型，在有护滩建筑物（护滩带、四面透水框架）防护下的滩槽冲淤特性。通过护滩带受力试验及受力分析，研究了护滩带破坏的机理问题。专题二“长江航道整治护滩（底）建筑物模拟技术研究”，选定 X 型系砣块软体排作为模拟的护滩建筑物，选取两种比尺（1：60 和 1：10），从几何相似、重力相似、平面布置相似以及变形相似等几个方面进行了护滩建筑物的相似模拟，经过试验不断改进，选择了较好的护滩材料及制作方式，基本解决了护滩建筑物模拟技术问题，较好地模拟出软体排护滩带边缘塌陷、排中部鼓包、排中部塌陷及边缘排体悬挂等几种主要破坏形式。专题三“边滩护滩（底）建筑物布置与结构研究”，通过调查分析、理论研究、水槽概化模型试验和现场试验等手段，对边滩护滩（底）建筑物平面布置与结构型式进行了较全面的研究；对不同的护滩（底）建筑物适用条件、优缺点分析以及工程应用中存在的问题，结合水槽模型试验，进行了护滩（底）工程总体效果研究。对已有工程的平面布置进行了总结分析；结合依托工程对软体排进行了大量的现场试验，并对试验资料进行了分析，提出了结构优化措施。

本项目的创新点：首次系统研究了不同水流条件下，有、无护滩建筑物防护的不同滩型边滩的水沙运动特点及冲淤特性，并对护滩建筑物破坏机理进行了系统深入研究；解决了护滩（底）建筑物概化模型相似性设计和护滩建筑物的模拟技术问题，建立了边滩附近水流紊动及压力脉动频率、能量、流速与冲刷之间的关系；首次对透水框架的结构型式在长江航道整治工程中的应用进行了研究。

本项目成果在长江中游马家咀水道航道整治一期工程、周天河段航道整治控导工程设计中得到应用，取得了明显成效。本项目研究成果还可在长江及其它河流航道整治工程中推广应用，具有广阔的应用前景。

Abstract

The item relies on the side shoal conservation project in the middle reaches of the Yangtze River's waterway system regulation, through multi-channel and multi-technology combination's method, such as investigate and survey, analysis of measured data, theoretical study, Two-dimensional mathematical model calculate, generalize flume model experiment and field test to study the waterway regulation's key technologies of the side shoal conservation and river bottom protection project in the Yangtze River.

The first topic "Study on the side shoal's water and sediment movement character and the river bottom protection building's failure mechanism", by numerical calculation and flume fixed-bed model experiment, studied hydraulic characteristics, such as water level, flow rate, flow field and sediment transport characteristics near the shoal in different side shoal shape; by flume bed model experiment, studied the side shoal's erosion and deposition characteristics in different flow conditions, different shoal shape, existence and nonexistence side shoal conservation building. Through shoal conservation belt's force test and force analysis, study the damage mechanism in the shoal conservation belt. The second topic "Study on the waterway regulation's shoal conservation building's simulation technology in the Yangtze River", selected the tied X-Concrete block soft body row to simulate shoal conservation's building, select two scale, from a variety of similarity criteria, such as geometry similarity, gravity similarity, layout similarity, deformation similarity, to carried out similar simulation about the shoal conservation buildings, after continuous improvement through the test, choose a better shoal conservation materials and the way to make it, basically solved the problem of the shoal conservation building simulation techniques, better simulate the main failure modes of the soft body row conservation belt, such as the collapse of the edge, central bulge, central collapse, the edge of soft body row suspension, compared with the prototype, basically reflect the deformation of the prototype river bed and the shoal conservation belt, give further evidence for this paper, shoal conservation building's simulation and testing of control technology, can be used to solve the problem of the shoal conservation building damage mechanism and the entity simulation techniques. The third topic "Study on the shoal conservation building's layout and structure", analyses the application condition of the different shoal conservation buildings, such as the random blocks, the dam and the soft body row, used the generalize flume model experiment, under the premise of the shoal conservation building was stability, studied the erosion of the shore face during the shoal conservation belt, how to impact the riverbed resistance, how to impact water and sediment movement in the river cross-section, then to determine the overall effectiveness of the shoal conservation project criterion. This topic studied the layout of shoal conservation buildings, and then put forward a measure to strengthen the structural stability of the shoal conservation buildings.

Innovation of this project: System studied the flow structure (the water level, flow rate, flow field), sediment characteristics near the shoal under different shoal shape (compression ratio, aspect ratio); system studied the shoal's erosion and deposition characteristics in different water conditions, different shoal shape, existence and nonexistence shoal conservation building; through shoal conservation belt's force test and force analysis, study the damage mechanism in the shoal conservation belt; solved the problem of the generalize model's similar design and the simulation techniques of the shoal conservation building.

The project results are applied in the design of the middle reaches of Yangtze River's Majiazui waterway first-stage construction, the Zhoutian waterway regulation and the river control works, achieving remarkable results. Research results of this project can be used in the Yangtze River and other river's waterway regulation project, and this has broad application prospects.

目 录

1 概述	1
2 主要研究内容及成果	1
2.1 主要研究内容.....	1
2.2 项目研究取得的主要成果.....	2
3 依托工程	8
4 项目突破的关键技术	9
5 项目的经济、社会、环境效益及推广应用前景	10
5.1 经济效益.....	10
5.2 社会效益.....	10
5.3 环境效益.....	11
5.4 推广应用情况及前景.....	11

1 概述

长江作为我国第一大河流，是全国内河航运最重要的水运主通道，水运条件十分优越。长江干线航运是连接我国东、中、西部地区的重要纽带，是实施西部大开发战略的重要依托，也是长江沿江经济持续、快速发展的重要支撑。

为保障长江干流航道的畅通，从根本上解决浅滩碍航问题，特别是三峡水库蓄水运用后，上游来沙量逐渐减少，受其影响，长江中下游河道内的洲、滩受到不同程度的冲刷，水流特性更加复杂，从而对护滩建筑物的稳定性提出了更高、更新的技术要求。在新的形势下，要求积极探索新结构、新材料、新工艺的研究思路，确保整治工程效果以及全寿命成本最低。因此，为适应长江中下游不同类型滩体的冲刷变形特点，保证整治工程的质量和整治效果，不仅需要已有护边滩（底）建筑物的平面布置、结构型式进行总结、优化，更需要对不同种类的新结构、新材料、新工艺的创新和提高。本项目针对长江航道整治边滩护滩（底）工程关键技术问题，开展以下三个专题研究：

专题一“边滩水沙运动特点及护滩（底）建筑物破坏机理研究”；

专题二“长江航道整治护滩（底）建筑物模拟技术研究”；

专题三“边滩护滩（底）建筑物布置与结构研究”。

2 主要研究内容及成果

2.1 主要研究内容

2.1.1 专题一

（1）在专题二对长江中下游各类边滩形态、演变特征、护滩建筑物损毁类别、特征及原因等分析的基础上，选择具有代表性的一种边滩形态进行水槽概化模型设计、制作及验证；

（2）通过水槽概化模型的定、动床试验，研究无护滩建筑物条件时边滩上的水流结构与泥沙运动特性；

(3) 通过水槽概化模型的定、动床试验, 研究有护滩建筑物条件下的边滩上水流结构、泥沙运动特性及滩面受力特点;

(4) 护滩建筑物的冲刷变形及破坏过程与水力要素、滩体形态、组成的相互关系;

(5) 进行护滩建筑物保沙护滩及损毁机理研究。

2.1.2 专题二

(1) 分析长江中下游各类边滩的成因、河床组成和水流分布特性等, 研究滩体和护滩建筑物的分类特点;

(2) 通过收集整理长江中下游航道整治护滩工程河段的基本资料, 分析护滩建筑物的破坏情况及影响护滩建筑物稳定性的主要因素;

(3) 研究护滩建筑物概化模型的模拟技术, 包括: 护滩建筑物模拟的相似条件、模拟材料的选择与特性、模型沙的选择以及模型操作控制技术等方面。

2.1.3 专题三

(1) 收集国内外, 特别是长江中下游已有边滩护滩(底) 建筑物的应用现状及研究成果;

(2) 结合工程运行后的实际情况, 通过典型案例对散抛块体、坝体、软体排等护滩(底) 建筑物的适用条件、优缺点进行分析;

(3) 通过水槽试验, 进行软体排和四面六边透水框架护滩效果研究;

(4) 结合专题一研究成果, 从护滩(底) 建筑物结构和功能破坏两方面进行护滩(底) 工程总体效果判别标准探讨;

(5) 根据专题一、二研究成果确定护滩带守护部位、重点, 采用水槽概化模型试验手段, 研究护滩(底) 带的平面布置;

(6) 采用现场调研、水槽概化模型试验、现场试验等手段, 对四面六边透水框架、SX 型排和三维植被网草皮护滩结构进行研究, 提出加强结构稳定性的措施。

2.2 项目研究取得的主要成果

2.2.1 专题一主要成果

(1) 根据边滩的形态特征进行水槽概化，滩体形态采用边滩压缩比 20%、30%、45%，长宽比 5:1、6:1、8:1，滩顶高 15cm；采用正态模型比尺 1:60，河床质泥沙采用 $d_{50}=0.14\text{mm}$ 和 $r_s=1.15\text{t}/\text{m}^3$ 的木屑进行模拟，选用专题二研制的护滩带、四面透水框架，基本满足各项相似性要求。

(2) 试验结果揭示了边滩水沙运动具有以下主要特点：

①一般滩体侧的纵比降较大，流速越大、或者滩体压缩比越大，纵比降越大；随着水深的增加，或者滩体长宽比增大时，纵比降趋缓。非淹没时边滩上下游的横向比降方向相反；淹没时，在压缩比较大才出现上下游横比降相反方向；边滩附近的横比降随水深增加、压缩比增加、或者长宽比增大而减小；流速越大，横比降越大，各因素引起的比降变化也越明显。

②滩体上游流速较小、水流行近滩体时，受滩体挤压影响使得流速沿程快速增加，滩脚附近横向流速梯度达到最大，在滩体的中下游滩唇处纵向流速达到峰值，而后逐渐减小，最终在离开滩体下游一定距离趋于平稳。淹没时滩体下游出现回流，滩体顶部为滩面流速峰值区，非淹没时滩体下游、边滩顺直段滩唇附近出现回流，滩体迎流面与顺直段交界处为滩面流速峰值区。流速高值区一般对应水位低值区。滩体压缩比、或者长宽比越大，滩唇流速越大；水深越大，流速峰值位置靠向滩体中心；流速越大、水深越小，流速变化愈明显。

③上游泥沙向下输移接近滩体时，泥沙绕滩体侧缘呈带状下行。滩体的上、下游部位有泥沙淤积。水深越大，泥沙输移带趋直、靠近滩体更高部位而下，滩体附近泥沙输移愈分散。

④边滩在无防护状态下，滩体变化以滩槽的重新塑造为主，滩体上、下游端均出现淤积，滩体冲淤部位及冲淤量与水流条件、滩型等有关，滩体总体向下游移动。非淹没情况时滩体迎流面与顺直段交界处为主要冲刷部位，滩脚附近形成深而陡的冲刷坑，滩体瘦长、高大；淹没时水流漫滩，滩体顶部遭受冲刷，滩体宽长、低矮。流速较大时，滩槽变化较明显，滩体上、下游端淤积程度也较明显；流速越大、或者水深越大、或者滩体长宽比越大，滩体冲刷量越大。

(3) 根据大量已建护滩建筑物的效果观测资料分析, 认为:

①护滩带护滩后, 滩体冲刷量大部分得到控制。四面透水框架护滩后滩体冲刷量明显减小, 护滩效果较护滩带好。

②影响护滩带破坏的主要因素包括水流条件、河床组成、护滩带平面布置、自身结构及施工工艺等。流速大小是护滩带破坏的动力因素, 局部冲刷坑的形成是护滩带破坏的诱发原因, 编织布、系结条、及接缝部位的抗拉强度不够是护滩带破坏的直接原因。

③边滩在有防护状态下, 滩体下移速度减缓, 受护滩面难以冲刷, 而未护滩面受水流作用逐渐冲刷下切, 护滩带边缘蛰陷, 凸起部位的周边水流局部紊动强烈, 加速护滩带边缘冲刷坑的形成, 随着冲刷坑的发展, 因护滩带具有一定延展性而逐渐下降覆盖冲刷坑, 护滩带边缘出现“悬挂、架空”现象。护滩带与滩面间出现空隙, 水流从护滩带下部穿过, 直接作用于受护滩面; 此外, 护滩带表面不同部位的流速差造成护滩带底下不同位置的压差, 使得护滩带底下泥沙发生运动, 促使护滩带出现鼓包或者塌陷现象。

(4) 护滩建筑物受力试验表明: 冲刷初始阶段, 块体间脉动拉力迅速增大, 冲刷至某一阶段达到最大值, 之后冲刷坑逐渐达到冲刷平衡, 脉动拉力逐渐趋于稳定; 流速越大、或者水深越小, 脉动拉力就越大。

(5) 经试验研究, 护滩带的破坏机理为: 水流冲刷未护滩面后, 护滩带边缘冲刷坑形成, 水流紊动加剧, 护块与护块之间的脉动力迅速增加, 排体下降贴合受冲滩面继续护滩, 当坡度较陡时, 系结条可能出现紧绷或撕断, 块体移动或脱落, 护滩效果减弱; 随着冲刷坑的发展, 边缘排垫出现“悬挂、架空”等变形, 原受护滩面受水流淘刷, 当冲刷坑发展到一定阶段, 变形的护滩带受力达到一定值或排体脉动压力瞬时增大, 护滩带变形一侧或两侧的排垫受力大于其抗拉强度, 排垫撕裂, 系结条断裂、块体脱落, 护滩带破坏, 撕裂处滩面失去保护, 直接受水流冲刷, 冲刷坑向护滩带内部发展。

2.2.2 专题二主要成果

(1) 通过收集整理长江中下游边滩滩体冲刷破坏的实例等基本资料结合理论分析, 给出影响滩体破坏的主要因素为河段特性、水流特性、泥沙特性、冲刷时间和有无护滩建筑物等。

(2) 研究解决了护滩建筑物概化模型试验模拟关键技术, 包括模型沙选择、边滩附近的水流结构模拟、护滩建筑物变形及破坏模拟、护滩建筑物受力模拟等。这些模拟技术能较好的应用于整治建筑物破坏机理研究和整治方案的物理模型试验研究。

①选定 X 型系砣块软体排(简称 X 型排)作为进行模拟的护滩建筑物, 选取两种比尺(1:60 和 1:10), 从几何相似、重力相似、平面布置相似以及变形相似等方面进行相似模拟, 解决了护滩建筑物概化模型相似性设计技术。

②系统模拟了滩体周围有无护滩建筑物守护时滩体冲刷破坏情况。无护滩建筑物守护的冲刷主要表现为滩面冲刷, 而且滩面冲刷幅度有随流量的增大而加大的趋势; 有护滩建筑物守护的左岸滩面基本不动, 滩槽交界处受到严重冲刷, 而且冲刷力度和冲刷坑的深度随流量的增大而加大, 随水深的增加而减弱。

③较好地模拟出软体排型护滩带边缘塌陷、排中部鼓包、排中部塌陷及边缘排体悬挂等主要破坏形式, 基本反映了原型河床与护滩带的变形特征, 进一步证明本文提出的护滩建筑物的模拟和试验控制技术, 能够用于试验解决护滩建筑物的破坏机理和实体模拟技术问题。



原型护滩带边缘塌陷照片



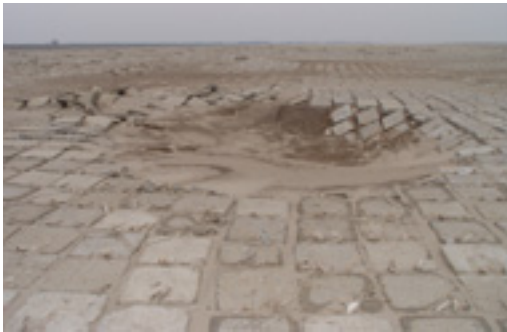
模型护滩带边缘塌陷照片



原型护滩带中部鼓包照片



模型护滩带中部塌陷照片



原型护滩带中部塌陷照片



模型护滩带中部塌陷照片



原型护滩带边缘排体悬挂照片



模型护滩带边缘排体悬挂照片

(3) 通过定床试验和清水冲刷试验，分析研究了边滩附近的水流结构及水流紊动规律，建立了边滩附近水流紊动及压力脉动频率、能量、流速与冲刷之间的关系。脉动动能的变化趋势为：靠近左岸的滩面处脉动动能较小，滩槽交界处的脉动动能变化很大，深槽处脉动动能较小变化也比较平稳。脉动动能较强的地方位于滩头和滩尾

处，随着流量的增加，滩尾紊动区的分布范围越来越广泛，其值也越来越大，随着水深的增大，边滩头部和滩尾处的水流紊动动能逐渐变小。

(4) 通过试验研究分析了边滩护滩带头部冲刷坑深度的主要影响因素，提出了冲刷坑范围的确定方法和冲刷坑深度的计算公式。

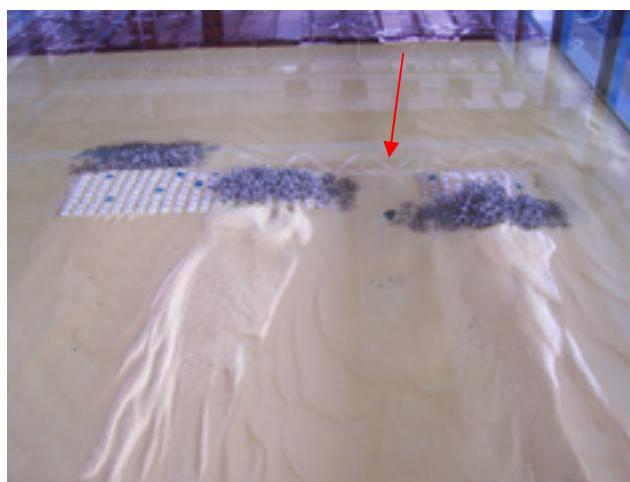
2.2.3 专题三主要成果

(1) 根据对国内外主要河流上已建护滩建筑物的调研分析，将护滩建筑物分为实体建筑物和透水建筑物结构两类。实体建筑物结构不允许水流透过坝体，导流能力强，建筑物前冲刷坑深，多用于重型永久性工程。透水结构允许水流穿越坝体，导流能力较实体建筑物小，建筑物前冲刷坑浅，有缓流落淤作用。

(2) 提出了四种护滩（底）结构的使用条件：①适用于水深大，流速大恶劣条件的散抛块体或袋装沙；②适用于水深较小的坝体护底结构；③适用于河床岸坡较缓的软体排；④施工前不需要进行地基处理、不易下沉、适用于任何地形的新型四面六边透水框架结构。

(3) 提出四面六边透水框架是一种值得大力推广的新型护滩结构。

①水槽试验结果表明：四面六边透水框架防护后，减速促淤作用十分明显。与传统护滩工程相比，四面六边透水框架具有能有效地避免实体护岸工程基础容易被淘刷而影响自身稳定问题，且适应河床地形变化能力强，不需要地基处理，不易下沉，自身稳定，施工简单，成本低等优点。



软体排结合框架群护滩效果图

②结合现场试验，透水框架群用于预留变形区护滩（底）、软体排接缝处理及边缘预埋中效果较好。



东流水道透水框架现场试验 2 个水文年后效果

(4) 通过水槽试验，从功能和结构两方面探讨了护滩（底）工程总体效果判别标准。

(5) 提出三维植被网护滩新技术。根据植被保持水土的原理，以三维土工网垫作为加筋材料，利用三维植被网垫护滩具有固土性能优良、网络加筋作用突出、消能作用明显及保温功能良好的特点，能很好地应用于长江航道系统整治工程建设中。

3 依托工程

随着西部大开发战略的实施和长江航运事业的发展，长江航道建设步伐开始加快。根据长江干流航道治理总体规划，到 2020 年，长江中下游自中游宜都到河口白茆沙等一大批浅滩水道将进行重点治理。“十五”期间，长江中游陆续实施了长江航道清淤应急工程、碾子湾水道、陆溪口水道、嘉鱼—燕窝水道、罗湖洲水道、张家洲南港下浅区、东流水道等航道整治工程；“十一五”期间，长江中游瓦口子水道、马家咀水道、周天河段等航道整治工程率先实施，另有一批滩险如窑监、戴家洲、牯牛沙、张家洲南港上浅区、马当、安庆、土桥、口岸直等河段（水道）航道整治工程前期工作正在按计划进行。

本项目主要以长江中游马家咀水道航道整治一期工程，长江中游周天河段航道整

治控导工程作为依托工程，采集相关数据资料，进行试验分析研究。

4 项目突破的关键技术

4.1 专题一突破的关键技术

(1) 通过数值计算与水槽概化试验，揭示了不同边滩形态及不同来流条件下，边滩河段的水位、流速及比降的变化规律，以及推移质泥沙的输移特性。

(2) 首次系统研究了不同水流条件下，有、无护滩建筑物防护的不同边滩形态的冲淤特性。

(3) 通过对护滩带破坏的影响因素分析、护滩带脉动拉力试验及受力分析，提出了护滩带常见的边缘塌陷、悬挂，排体中部“鼓包”、塌陷等破坏类型的破坏机理。

4.2 专题二突破的关键技术

(1) 选定 X 型系砼块软体排(简称 X 型排)作为进行模拟的护滩建筑物，选取两种比尺(1:60 和 1:10)，从几何相似、重力相似、平面布置相似以及变形相似等方面进行相似模拟，解决了护滩建筑物概化模型相似性设计技术。

(2) 研究解决了护滩建筑物概化模型试验模拟关键技术，包括模型沙选择、边滩附近的水流结构模拟，特别是首次研究了护滩建筑物变形及破坏模拟、护滩建筑物受力模拟等。

(3) 通过定床试验和清水冲刷试验，分析研究了边滩附近的水流结构及水流紊动规律，建立了边滩附近水流紊动及压力脉动频率、能量、流速与冲刷之间的关系。

(4) 通过试验较好地模拟出软体排的主要破坏形式，给出了护滩带边缘冲刷坑范围的确定方法和冲刷坑的计算公式。

4.3 专题三突破的关键技术

(1) 总结了长江航道护滩(底)建筑物多种结构型式以及护滩带平面布置主要型式(整体守护、集中守护和条状间断守护)及其适用条件。

(2) 通过现场试验，将透水框架应用于护底排边缘防冲促淤，取得了较好的效果。

(3) 结合依托工程对软体排进行了接缝处理、边缘预埋等大量的现场试验，提出了结构优化措施。

5 项目的经济、社会、环境效益及推广应用前景

5.1 经济效益

(1) 为长江航道系统整治工程中最为常见的护滩工程提供合理可行的平面布置形式，为整治工程立项和顺利实施提供决策依据，这对于保证整治工程的质量和效果具有十分重要的作用。

(2) 项目研究成果推广应用到长江航道系统治理工程中，有利于增强整治建筑物稳定性，延长整治建筑物寿命，减少日常维修量和大洪水水毁维修量，减少维修费用约 20%左右。

(3) 为长江中下游航道治理提供基础资料和技术支持，加快前期工作进度，提高设计工作效率和质量，缩短约 15%左右的设计周期。

(4) 为河流模拟与航道整治理论发展提供新素材和新经验，有利于科研成果及时转化为现实生产力，推动航道治理技术创新和技术进步。

5.2 社会效益

长江中游航道整治工程属国民经济公用性的基础设施项目，整治工程实施后将产生广泛的社会效益。

(1) 可以确保长江中游航道畅通，避免出现阻碍航行的局面，确保工农业生产的正常顺利进行，为经济发展提供可靠的物质保证。

(2) 长江中游航道作为承东启西和联系上下游经济腹地的重要通道，随着长江经济带的发展的国家对西部大开发战略决策的实施，长江运输量将有较大提高，工程实施后，能够保证东西部物质交流与经济交流，为西部经济发展提供水上交通便利。

(3) 工程实施后,能够更好地发挥长江三峡工程的航运效益以及满足日益发展的干支直达运输、江海运输和海轮进江的需要。

(4) 工程实施后,改善航道条件,同时也改善了港口航行条件可以扩大港口吞吐能力,有助于沿江地区人民生活水平和经济发展水平的提高。

(5) 航道治理的经验和方法不仅可以用于长江航道,也可以用于其他河流、海岸工程;还可应用于水利、堤防、水电、港口等众多领域。社会效益显著。

5.3 环境效益

长江中游航道整治工程具有巨大的生态与环境效益。生态、环境保护与经济发展应同步进行,在经济发展的同时必须保护和改善环境。人类社会不能停滞不前。1972年6月在斯德哥尔摩召开的联合国会议,颁布了《斯德哥尔摩人类环境宣言》,会议提出的环境保护的概念,不是着眼于停止发展而是鼓励发展,认为不能因为发展带来某些危害而停滞不前。长江中游航道整治工程是综合治理长江的关键性工程,可以防治洪涝灾害,并为国民经济发展提供有利的航运条件。此外它还是一项巨大的生态工程,其改善生态与环境的效益是明显的。因此,本项目研究可以为今后的国民经济发展带来巨大的环境效益。

5.4 推广应用情况及前景

5.4.1 成果应用情况

随着三峡工程的蓄水运用,长江中游河床将会出现一些新的变化,航道条件也将产生一些不利的影晌。为了减弱三峡工程对长江中游航道带来的不利变化,需要对目前较为有利的滩型进行守护,因此,护滩带这种新型航道整治建筑物必将得到大规模采用。

本项目研究成果已有部分在工程实际中得到应用,另有部分成果在工程设计中采用,丰富了长江中下游航道整治学科内容,为“十一五、十二五”期大规模航道整治工程的实施奠定了坚实的基础。主要研究成果应用情况如下:

(1) 本项目提出的四面六边透水框架间隔守护措施,已在东流水道 2006~2007、

2007~2008 届枯季修复工程、周天河段航道整治控导工程、监利河段航道整治一期工程等工程中广泛采用，均取得了较好的效果。

(2) 本项目研究的经 X 型排改进的 SX 型排已用于东流水道老虎滩 2007~2008 届枯季修复工程中。

(3) 本项目研究的经 X 型排改进的 SX 型排、边缘预埋、四面六边透水框架压载即将用于中游窑监河段航道整治一期工程当中。

5.4.2 推广应用前景

(1) 目前对边滩水沙运动特点的理论及试验研究较少，对护滩建筑物（护滩带等）的破坏机理研究也不够深入透彻，本项目主要研究了边滩的水流结构、输沙特性，护滩前后滩槽的冲淤变化，以及护滩带的破坏机理，研究成果不仅可以直接应用于长江中下游航道系统整治工程中，而且可推广应用到其它类似河段的航道整治工程中，还将丰富航道整治学科的内容。

(2) 国务院及交通部对长江航道的建设十分重视，长江航道大规模的系统整治势在必行，本项目的研究成果将在系统整治工程中发挥重要的作用。

(3) 根据本项目研究得出的护滩建筑物的适用性，结合不同守护河段的实际特点，选取最适宜的守护结构。

(4) 根据不同的水流、泥沙条件和滩型基本特征选取不同的护滩（底）建筑物平面布置型式，以确保护滩建筑物的损毁程度最小。

(5) 根据本项目研究得出的加强护滩建筑物稳定性的措施，可提高护滩建筑物的使用寿命。

(6) 结合现场试验验证了有效防止护滩建筑物破坏的方法，丰富了设计理念。

(7) 本项目提出的几种结构型式可以推广应用于长江中下游航道的系统治理。

(8) 本项目研究成果可推广于国内其它河流的航道工程和水利及码头工程中。