

江西省长江干流江岸堤防加固整治工程

江新洲洲头北崩岸治理试验

(编号) 基救灾-015

IWHR



江新洲崩岸治理 试验工程总报告

中国水利水电科学研究院

江新洲试验工程部

二〇〇一年三月一日

项 目 名 称：江河堤防病险处理和水毁工程修复与重建
技术的开发及推广应用

子 项 目 名 称：江西省长江干流江岸堤防加固整治工程
江新洲洲头北崩岸治理试验

承 担 单 位：中国水利水电科学研究院江新洲试验工程部

协 作 单 位：江西省长江干流江岸堤防加固整治工程
建设指挥部

江西省水利厅科技处

无锡新海浪工业用布有限公司

子项目负责人：孙玉生 黄永健

主要参加人：黄国兴 陈祖煜 周 胜 黄丽清 孙立清 魏迎奇

徐永年 陈改新 吕小斌 李良卫 邓 艳

李文武 杜英奇 王林富 李磊 杨德忠 陈秋萍

报告编写人：黄永健 孙玉生

报告审核人：朱耀泉

报告审批人：高季章 贾金生

目 录

江新洲崩岸治理试验工程总报告	1
一、 河流崩岸问题概述 ^{[1][2]}	1
二、 国内外崩岸治理概况 ^[2]	1
三、 研究崩岸治理问题的目的意义 ^{[1][2]}	2
四、 崩岸治理试验工程选点与立项 ^[1]	3
五、 试验工程治理方案的确立与相应研究内容 ^[3]	3
1. 试验方案的调整过程	3
2. 调整后的治理方案	4
3. 配合江新洲试验工程开展的子课题	4
六、 江新洲地质条件、河床演变与崩岸概况 ^[1]	5
七、 实施过程 ^[3]	5
1. 试验工程的进度	5
2. 主要工程量	5
3. 质量控制与检测	5
4. 施工管理	5
5. 施工组织	6
八、 模袋混凝土的研究与应用 ^[1]	7
1. 模袋混凝土在试验工程中应用的情况	7
2. 模袋充填混凝土的配合比设计	7
九、 模袋固化沙浆的研究与应用 ^[5]	8
十、 框格型充沙模袋护坡与充沙管袋压坡脚的应用 ^[9]	8
1. 工程概况	8
2. 设计要求	9
十一、 垫土工布抛石护坡的研究与应用 ^[3]	9
十二、 土工试验研究 ^[6]	10
十三、 现场监测分析研究 ^[7]	10
十四、 堤坡稳定分析研究 ^[8]	11
十五、 崩岸治理工程机械设备的研究与开发问题	11
1. 水下铺排机械设备	11
2. 水下整坡机械设备	11
3. 解决水下排体搭接问题的机械设备	12
4. 水下排体充灌机械设备	12
5. 固化土护坡施工机械设备	12

十六、	江新洲顺岸治理试验工程的实施经验与体会 ^[3]	12
1.	施工单位的选择非常重要.....	12
2.	水下拖拉铺的重点之一是整坡.....	13
3.	水下拖拉铺排的重点之二是搭接.....	13
4.	模袋混凝土充灌长度问题.....	13
5.	试验工程的汛后维护与修补.....	13
6.	充灌设备的安置与移位问题.....	14
7.	窝崩抢险的一种新工艺.....	14
8.	8. 关于在护岸工程前沿非法采沙的问题.....	15
十七、	经济分析评价.....	15
十八、	顺岸治理工程设计导则.....	16
十九、	顺岸治理试验工程的难点、技术关键和创新.....	18
1.	试验工程的难点.....	18
2.	试验工程的技术关键.....	19
3.	试验工程的技术创新.....	19
附件		21

江新洲崩岸治理试验工程总报告

一、 河流崩岸问题概述^{[1][2]}

崩岸是指河岸的大体积崩塌现象，是河床演变过程中水流对河岸的冲刷、侵蚀作用产生累积后的突发事件。崩岸从破坏形式上可分为滑落式和倾倒式。滑落式崩岸的破坏过程是以剪切力破坏为主，分为主流顶冲产生的窝崩和高水位状态下水位快速下降过程中产生的溜崩。倾倒式崩岸的破坏过程主要是拉裂破坏，可分为主流顺岸贴流造成的条崩和表面流入渗产生的洗崩。四种崩岸形式中，窝崩强度最大，一些主要崩岸段大都属于窝崩，主要分布于弯道顶部和下部；溜崩也多处于弯道水流段；条崩多位于深泓近岸，且平行于岸线不直接顶冲的河段；洗崩主要位于江面开阔河段，特别是河口段，受风浪洗刷而崩塌的较多。

崩岸的原因是复杂的，经常是多种因素组合造成的后果。地质条件差是崩岸的基本因素，而水流因素（主流顶冲、弯道环流、高低水位突变等）是造成崩岸的重要外在原因。另外，土壤中孔隙水压力增大，会使土壤抗剪强度降低甚至丧失，当承受瞬时冲击荷载时，土壤即发生液化，这是土力学因素；还有人为因素（河道非法采沙、堤边取土成塘、船行波浪等）则加剧了崩岸的强度和频率，有时近岸过度采沙是导致崩岸的重要原因。

二、 国内外崩岸治理概况^[2]

由于崩岸的机理比较复杂，对不同的河段，应根据崩岸成因、现场施工条件、堤防运行要求及综合经济效益等因素综合考虑，选择最优的治理措施。目前，崩岸治理的方法和形式很多，如采用抛石护坡、各种沉排护底等平顺式护坡或采用木桩、钢板桩等垂直护岸方法，在河床宽阔、水流较缓的地方还可以修建丁坝、顺坝等间断性护岸方法。近年来，随着土工合成材料在堤防除险加固工程中的应用，各种复合式护岸方法不断被采用和推广。常用的崩岸治理方案包括水下护脚工程和水上护坡工程两部分。

护脚工程常年位于水下，经常受水流的冲击和淘刷，需要适应水下岸坡和河床的变化，所以需采用具有柔性结构的防护形式，常采用的有抛石护坡、石

笼护脚、沉枕护脚、铰链混凝土板沉排、铰链混凝土板-聚酯纤维布沉排、铰链式模袋混凝土沉排、各种土工织物软体沉排等。

护坡工程是堤防或河岸坡面的防护工程，护坡工程的型式很多，主要有块石护坡、混凝土护坡、模袋混凝土护坡、水泥土护坡、天然植被护坡等几类。

护坡工程与护脚工程应是一个完整的防护体系。但是，岸坡防护工程不同于一般水利工程，若保证在旱地施工，则将耗费大量的人力物力填筑围堰、进行施工排水。因此，如何将必须在水下施工的护脚工程和水上施工的护坡工程有机地结合在一起，构成完整的防护体系，目前尚未发现工程实例。

三、研究崩岸治理问题的目的意义^{[1][2]}

我国河流中下游两岸的滩地大都是天然泥沙经多年沉积而成，不耐冲刷，大部分堤防也是经历年不断培修加高而成，随着人类活动和自然界的破坏，这些滩地和堤防均存在各种险情和隐患，因此各流域每年都有崩岸险情发生。仅1998年大洪水期间，长江中下游就发生崩岸险情达327处。

在枯水季节也常发生特大崩岸事例，如江西省彭泽县长江马湖段1996年1月3日与8日连续发生崩岸，毁坏防洪大堤1.2km、电排灌站一座、耕地272亩、民房92间、死亡24人，直接经济损失五千多万元。同样，在水位上升期或水位下降期也常出现崩塌，如湖北省咸宁大堤北门口在1994年6月11日，~~近百公里堤段后退400m，最大崩塌速率为55m/h~~，1998年10月14日又再次发生3小时内崩塌100m的险情。

崩岸造成堤外无滩将直接导致堤防溃决，严重威胁堤防安全。如湖北省黄冈地区巴铺大堤的外滩自1959年到1989年一共后退1.3km。目前外滩仅存100m，严重威胁着大堤的安全。又如长江荆江门河段每年以30-50m的速度后退，而此河段距洞庭湖仅1.2km，如不及时防护，长江有改道切入洞庭湖的危险。

由于，崩岸给江岸堤防工程、两岸工农业生产及人民生命财产带来严重的威胁。因此，开展对河道崩岸治理问题的研究，具有重要的现实与长远意义。

经过历代工程技术人员努力和探索，积累了一些治理崩岸险工的经验和教训，随着新材料的问世，治理崩岸的技术有了长足的发展。但是，仍然存在一些尚未解决的技术难题，如：在深水、有一定流速情况下，各种软体排的定位、铺设和搭接，防止抛石下面的河床淘刷及抛石下沉，等等。通过试验研究探讨出一套切实可行的水下护坡施工方法，是当前推广护坡新技术的重要任务。开发崩岸治理技术，不仅在水利工程中，在交通运输、国土保护等其它领域都有广泛的实用加之和深远意义。

四、 崩岸治理试验工程选点与立项^[3]

中国水科院根据国家计委“水利科技救灾实用技术推广项目”的要求，多次派出有关专家随同江西省长江干流堤防整治工程指挥部（简称“长指”）及江西省水利厅科技处的领导和技术人员到江西长江干堤现场进行考察，经过讨论商定在长江九江河段的江新洲洲头北侧选一段崩岸严重的岸坡为试验段，进行崩岸治理试验。后“长指”提出报告，由江西省水利厅转呈水利部，经水利部建管司同意，确定在江新洲开展崩岸治理试验工程。

试验工程位于长江中游末端，江新洲洲头北侧堤岸加固工程的中段，江堤桩号 15+500~16+500 间，试验段全长 1000m。

本项目兼有试验和工程特性，尽管在开工前完成了大量的室内研究工作，但是无法避免在工程实施过程中根据实际情况进行局部调整。综合考虑试验项目的调整因素和必须保证工程的可靠性，确定本试验工程为总价承包项目。合同总额为 988.98 万元。合同工期为 1999 年 12 月 9 日至 2000 年 5 月 31 日。中国水利水电科学研究院为责任单位，负责试验方案论证和施工组织实施，按部位和工艺的不同，委托相应单位实施，并签定了委托协议。

五、 试验工程治理方案的确立与相应研究内容^[3]

1. 试验方案的调整过程

1999 年 11 月 17 日在南昌由江西省水利厅组织有关专家，召开了崩岸治理试验工程初步方案的审查会，会后中国水科院根据审查意见对试验工程的初步方案进行了修改，并于 12 月下旬提出了试验工程的实施方案。

2000 年 1 月 23 日承担水下铺排施工任务的中港一航局二公司擅自将“铺排二号”撤离施工现场，给试验工程的实施造成巨大影响。同时将铰链混凝土块软体排也带走，剩余工期已有限，不可能浇筑新的铰链混凝土块，故将这部分改成模袋混凝土。

另外，江新洲北汉江中沙洲附近的淤沙比较均匀，而且粒径很细，制成固化砂浆需用的固化剂比例较大，单价与混凝土也差不多，但强度却相差甚远。为此，将模袋固化砂浆也换成模袋混凝土，对增加护坡工程的抗冲强度有利。施工中减少一种充灌工艺，对加快进度亦有利。

鉴于上述原因，我试验工程部报经中国水科院领导的批准后，于 2 月 12 日向“长指”提交了关于调整试验工程实施方案与铺排方法的报告，将铰链混凝土块软体排及模袋固化砂浆换成模袋混凝土，实施方案的整体布置形式并未有大的变化。调整后的方案不仅有利于增加护坡工程的抗冲强度，而且对加快施工进度亦会有利。但为了达到试验的目的，我们并未放弃对模袋固化砂浆的研究，在进一步开展试验研究后，找到了不仅强度满足要求，而且经济合理的配

比方案，还在现场灌注了 560m^2 的模袋固化砂浆。为今后进一步开发此项护坡新技术积累了经验。

施工至3月中旬后期时，长江水位骤涨，最快时每日上涨 0.5m 左右，下游有 200 多米的底梁淹没水中，这时要在梁内嵌混凝土锁块下垫土工布施工已相当困难。另一方面这部分岸坡土质松软，含水量较高。为了确保江新洲崩岸治理试验工程的可靠性，加快施工进度，按照原试验方案基本不变的原则，经请示中国水科院领导后，于3月19日向“长指”提交了“关于加快施工进度的请示报告”，建议将水上分部工程中混凝土预制块改为模袋混凝土。为了使后续生产的混凝土预制块在运到现场铺设前具有足够的养护时间，以保证其强度要求，我们于3月22日下达了停止各混凝土块预制厂水泥的进货。混凝土预制块不够处用现浇混凝土，这样不仅可多一种试验工程效果的对比参照物，而且还能加快施工进度。

2. 调整后的治理方案

本试验工程分为五个分部工程，共 22 个单元，试验项目主要包括以下形式：

(1) 水上钢筋混凝土框架梁，内铺混凝土预制块或模袋混凝土等护坡：

高程 $17.0\sim 10.0\text{m}$ 采用钢筋混凝土框架中填砌预制块（含部分现浇混凝土面板）或模袋混凝土护坡结构，框架梁下埋钢筋混凝土桩，桩长 2m ，间距 4m ，预制块及现浇混凝土面板分缝下面垫土工布，护坡结构下设排水盲沟与锚定沟内的排水相连，盲沟间距 5m （长度 1000m ，平均宽度 22m ）；

(2) 模袋混凝土护岸：

高程 $10.0\sim 2.0\text{m}$ 采用模袋混凝土护岸（长 850m ，宽度 20m ），其中 560m^2 为模袋固化砂浆；

(3) 框格型充沙模袋护岸：

高程 2.0m 左右 $\sim -5.0\text{m}$ 采用框格型充沙模袋及沙袋压脚。

(4) 垫土工布抛石护岸：

上游有 130m 的水下边坡陡于 $1:2$ ，不宜采用软体排护坡，选用了垫土工布抛石措施。同时，下游 20m 也选用垫土工布抛石，防止排体下游冲刷，起到保护排体安全与稳定的作用。

(5) 充沙管袋：

本项目中大量采用充沙管袋，主要用来垫坡、压脚、防冲、防风浪淘刷和治理窝崩等。

上述方案体现了按需防护、顺势防护，尽可能降低造价及多方法对比试验研究的原则。

3. 配合江新洲试验工程开展的子课题

为了配合江新洲试验工程，在江河堤防病险处理和水毁工程修复与重建技术的开发及推广应用课题中，中国水科院还进行了一系列子课题研究：

(1) 长江九江河段河床演变与崩岸问题研究

a、长江九江河段河床演变与崩岸问题概述（阶段报告）

b、长江九江河段河床演变初步报告（阶段报告）

- (2) 崩岸治理的国内外概况
- (3) 江新洲洲头北侧崩岸治理试验工程模袋混凝土的研究与应用
- (4) 九江江新洲崩岸治理试验工程模袋固化沙浆的研究与应用
- (5) 土工试验研究报告
- (6) 堤坡稳定分析研究报告
- (7) 现场监测分析研究报告

六、江新洲地质条件、河床演变与崩岸概况^[1]

江新洲的组成物全部为全新世松散沉积物。江心洲组成物上部为亚沙土、亚粘土层中夹有沙、粘土、淤泥，下部为粉细沙，抗冲能力较差。

江新洲河段为分汊型河道，河道逐渐放宽，左右两汊环抱着江新洲，左右两汊均有一定程度的弯曲，左汊河道长 22km，汊内有邓洲；右汊河道长 19km，汊内沿上而下交错分布着官洲和新洲，右汊下端有鄱阳湖入汇。

江新洲河段左汊主流在汊道入口处紧贴江新洲的洲头段；段窑以下，深槽贴靠左岸，常常造成江岸崩塌，以靠近汊道出口的汇口附近最为剧烈；在江新洲出口处主流也紧靠洲尾段。洲头和洲尾段主流逼近，崩塌严重，洲堤多次退建。目前崩岸严重的江新洲洲头北缘，1995 年与 1993 年地形图相比，深泓南移 7 到 8m，河槽冲深 5m 左右；特别是 1998 年大洪水以来，江新洲洲头北缘深泓进一步逼近洲头北缘，5m 等高线普遍南移，洲头下游 2km 范围内最大南移 250m，并且存在明显的南移趋势，已经危及洲堤的安全。右汊上段顺直，下段微弯，进口狭窄，宽约 1.2km；进入右汊的主流偏靠右岸，逐渐向左过渡，冲刷江新洲右缘上中段，形成较长的崩岸段。

七、实施过程^[3]

1. 试验工程的进度

试验工程项目部人员于 1999 年 12 月初进场，监理总部于 1999 年 12 月 24 日签发开工许可证。2000 年 1 月 23 日原水下护岸工程协作单位中港一航局擅自将大型铺排撤离施工现场，试验工程被迫调整方案并立即提出不用大型铺排船的拖拉铺排可行性报告，2 月 28 日第一块排拖拉试验成功。工程于 2000 年 5 月 26 日按期完工。9 月 7 日通过了由“长指”组织的完工验收。

2. 主要工程量

序号	项目名称	单位	设计工程量	实际完成工程量
1	土方开挖	m ³	35000	36384
2	钢筋混凝土框架梁	m ³	400	400
3	混凝土预制块下垫土工布 (混凝土现浇面板)	m ²	17200	17113
4	12cm 模袋混凝土	m ²	4452	4495
5	20cm 模袋混凝土 (模袋固化砂浆)	m ²	19360	19760
6	框格型充沙模袋	m ²	36000	35568
7	水下抛石	m ³	8500	8710
8	充沙管袋垫坡、压脚	m ³	15000	15800

3. 质量控制与检测

(1) 工程质量控制

施工中按照质量监督检查程序，严格执行工程质量的自检、互检和专检。

(2) 工程材料质量检验

a、原材料：对进场的水泥、钢筋、模袋及土工布必须有厂家的质量检测单，只允许合格材料进场，而且对原材料还需进行抽检，各项指标均需符合设计要求。

b、模袋混凝土：模袋混凝土设计强度为 C20，对现场拌和的混凝土每天取一组样，并按实际施工条件养护，送国家计量认可的试验室检测 28 天抗压强度。应达到设计要求。

c、现浇混凝土：混凝土面板、框架梁采用现浇混凝土，设计强度为 C20。经检测强度均达到设计要求。

d、预制件：混凝土预制桩、预制块的设计强度为 C20，在预制现场进行取样，送国家计量认可的试验室检测，抗压强度亦达到设计要求。

4. 施工管理

(1) 试验项目管理机构

江新洲试验工程部在中国水科院领导下，具体负责组织、管理本试验工程实施。

(2) 主要施工设备

大小施工船舶 13 艘，卷扬机 12 台，发电机 3 台，各种泵 14 台，混凝土搅拌机 4 台，皮带输送机 2 台，空压机 3 台，电焊机 3 台，气割设备 2 套，经纬仪 4 台，潜水装备 3 套，测深仪 1 台，挖掘机 1 台。

(3) 现场施工人力投入

项目名称	现场管理人员数量	现场工人数量	施工负责人
水上混凝土预制块护坡	5 人	60 人	徐仲兴、袁乐群
水下混凝土模袋护坡	5 人	45 人	袁乐群
水下充沙模袋护坡	10	60	倪福生
水下抛石	4 人	10 人	王林富

5. 施工组织

(1) 工程测量

基准点由九江水电设计院提供。四等三角，北京坐标系，黄海高程。测量方法中，距离用检验过的钢尺进行放线，高程用江光 SD-3 水准仪进行水准测量，水下测量采用 A3 回声测深仪。先后完成了原始地形测量；施工放线测量；竣工地形测量。并绘制竣工平面图、断面图。

(2) 水上护岸工程施工

包括：清基、削坡；打入钢筋混凝土锚桩、绑扎钢筋、浇筑钢筋混凝土框架梁；开挖排水盲沟，回填洁净碎石；铺设土工布；在土工布上由下而上整齐铺放混凝土预制块。混凝土预制块不够处，用现浇面板或水上模袋混凝土嵌入框架梁内。

(3) 水下护岸工程施工

a、水下埋坡、清障：根据测量资料，对需垫坡部位进行抛填沙袋；需削坡部位进行挖除，挖掘机布置在工程驳上。

b、复合型模袋铺放：模袋长 56m，平均宽 15.3m，上部 20m 灌注混凝土，下部 36m 充灌细沙。先在斜坡上铺油布，减少拖排阻力，再在油布上铺放模袋，模袋布上端需要加以控制。

c、模袋充灌按自上而下的顺序依次进行。充灌时应保持模袋平整顺直。

d、拖拉铺排：用拖排工程驳实施，具体步骤如下：铺油布→铺模袋→拖拉钢桁架安装→分节充沙→分节拖排。在铺油布同时进行船舶定位。采用岸上经纬仪定位，保持每块排体中轴线与船舶上两台卷扬机中线重合，使排体按搭接要求就位。

e、浇筑锚定沟：拖排到位后，将水下护坡的复合排体锚固在钢筋混凝土框架下沿的锚定沟内，再回填混凝土。

f、压脚：在充灌、铺排完成后，抛长沙袋压脚。

g、抛石：上游有 120m、下游有 20m 垫复合土工布抛石的水下护岸工程。

八、模袋混凝土的研究与应用^[4]

1. 模袋混凝土在试验工程中应用的情况

模袋混凝土护坡是整个治理工程的中间部分，其下与 36m 长的框格型充沙模袋软体排连结在一起，其上通过锚定沟与水上的钢筋混凝土框架梁等护坡工程相连。水下模袋混凝土厚 20cm，每条模袋长 20m，宽 15.3m，为满足拖排施工要求，模袋纵向每隔 1.1-1.2m 设 7cm 双层加筋带。护坡范围全长 850m。另外水上护坡工程中，高程 10-14m 的框架梁内还有 12cm 厚模袋混凝土，长度约 440m。

2. 模袋充填混凝土的配合比设计

模袋混凝土的配合比设计不同于常态混凝土，也有别于泵送混凝土。模袋混凝土不仅要满足可泵性，使其能顺利地由搅拌地点通过泵车和输送管道到达

充灌口，而且还要满足其在模袋内自由流淌，直至充满整个模袋。充灌时模袋起模板作用，同时它还具有透水性，混凝土中多余的水在泵送压力和混凝土自重的作用下排出模袋，使水灰比降低，从而获得较高的强度。模袋混凝土的配合比设计还要考虑混凝土的耐久性，使其在设计使用条件下能长期满足使用要求，减少维修费用。经研究本次工程的模袋充填混凝土设计强度等级为 C20，根据模袋混凝土的特性和工程所用原材料的性能，确定模袋混凝土配合比的胶凝材料用量为 $450\text{kg}/\text{m}^3$ （水泥 $360\text{kg}/\text{m}^3$ 、粉煤灰 $90\text{kg}/\text{m}^3$ ），水胶比 0.50，沙率 50%，泵送剂掺量为胶凝材料用量的 0.5%，塌落度 25cm。

九、模袋固化沙浆的研究与应用^[5]

虽然试验工程中模袋固化沙浆的用量并不多，但对固化沙浆的试验研究不能少。本项目中采用的模袋固化沙浆为水泥基的复合材料。

优点是成本低，虽然采用了品质较差的三级粉煤灰，但固化沙浆的强度仍然能够达到设计要求。缺点是对于不同细度模数的沙料，单方胶凝材料的用量相差较大。如在试验室内，由于采用细度模数很小的从长江中浅滩上开采的粉细沙，在满足泵送性和强度要求的前提下，单方胶凝材料用量竟然达到 $750\text{kg}/\text{m}^3$ 左右（水泥用量约 $370\text{kg}/\text{m}^3$ ）；而在施工现场由于沙料细度模数的改善，使得单方胶凝材料降至 $500\text{kg}/\text{m}^3$ （水泥用量约 $200\text{kg}/\text{m}^3$ ）。虽然固化沙浆在强度性能上不及混凝土，但它在单方成本上占有一定优势。如果混凝土成本为 $172.6\text{元}/\text{m}^3$ ，则固化沙浆的成本为 $122.7\text{元}/\text{m}^3$ 。

十、框格型充沙模袋护坡与充沙管袋压坡脚的应用^[3]

模袋除填充混凝土外，还可以充沙，直接用江中的泥沙注入特制的模袋中，作为护坡材料，其最大的优点是材料费比混凝土低，另外，充沙模袋具有柔性特点，在护坡时能较好地适应河床及坡面的变形。

1. 工程概况

水下护坡试验工程中，模袋排布上部 20m 为充混凝土的模袋。高程 2.0m 左右～-5.0m 为 36m 框格型充沙模袋软体排及充沙管袋压脚。沿岸线长 850m。在生产厂家加工成 56m 长 15.3m 一整块，在每块排布上缝制纵横向加筋带。每个充沙管袋长度为 10m，直径为 0.65m，长充沙管袋在崩岸治理中有多种用途，如垫坡、堵窝崩口、护坡压脚等。当排体铺完后，需要在坡脚增加压重时，可在坡脚抛投这种充沙管袋。沿水流方向每 10m 抛 10 个，即 850m 护坡排体的坡脚，至少得抛 850 个充沙管袋。

2. 设计要求

框格型模袋排布采用 $410\text{g}/\text{m}^2$ 的高强机织丙纶长丝土工布制成, 有效孔径由充灌泥沙的粒径确定。框格型模袋尺寸的设计需考虑抗漂浮能力, 不过本试验工程在模袋铺完后, 要在坡脚处抛长沙袋, 既抗滑又抗漂。框格型充沙模袋在垂直水流方向有主管袋, 充沙后直径达到 $34\text{cm}\sim 38\text{cm}$, 每隔 25cm 布设一条。为了防止铺设时两条主管袋之间不能展平, 每隔 0.64m 布设一条肋袋, 肋袋顺水流方向, 充沙后直径为 27cm 。这种充沙模袋可均匀加糙, 减缓水流对坡面的冲刷。为了不致某处破损后管内泥沙都漏出, 在横向每 6m 缝合为一段, 而沿纵向每 1.1m 左右又缝有 1 条 7cm 宽的双层加筋带, 使其互相隔开。这些加筋带除隔仓外, 主要功能是传递拉力。充沙管袋可用一块 $176\text{g}/\text{m}^2$ 的机织丙纶长丝土工布对折后缝合制成, 两头各缝一个直径 20cm 、长 30cm 的袖口, 一个为灌沙口, 一个为沉沙后的溢水口。当管袋充满泥沙后需用绳子将袖口困紧。

十一、 垫土工布抛石护坡的研究与应用^[3]

在中国抛石护脚是护岸工程中采用最为普遍的方法, 虽然暂时效果明显, 但由于抛石不设反滤垫层, 经过一段时间水流的淘刷后, 抛石将逐渐下沉流失。因此造成护坡工程的稳定性较差。如果抛石前铺设了土工布反滤垫层, 则抛石护坡工程的效果能大大提高。问题是在流动的水下铺设土工布反滤层, 有相当难度。以往在长江上很少使用这种护坡技术。

在本次试验工程中由于我们成功地创造了框格型充沙模袋与水下拖拉铺排方法, 使先在水下铺放复合土工布, 等待抛石的困难迎刃而解。我们在工厂缝制出只在周边与中间有充沙管道的框格很大的排布, 充沙管袋在纵向有三条、横向有五条, 直径 40cm 。每块排 56m 长、 12m 宽。因为有充沙管袋压在土工布排体上, 所以当排体贴岸坡被拉入水下并铺到位后, 就不会被水流立即冲走。尤其是许多排布相互扣压成一大遍后更不易被冲动。抛石时要注意船舶定位, 严格按设计抛石量抛投。由于垫了土工布, 抛石不会流失, 抛石厚度可适当降低, 即减少了抛石量, 同时也放宽了对抛石块径的要求。因此垫土工布抛石护坡工程的成本并不比一般抛石护岸工程增加许多。

垫复合土工布抛石护岸工程的优点是能适应岸坡的沉降变形; 工程造价比模袋混凝土、铰链混凝土块软体排等都低得多; 便于施工、便于维修; 不怕船只碰撞; 抛石使岸坡加糙, 对减低流速而促淤及消浪等均有利。

十二、土工试验研究^[6]

堤岸加固后是否稳定，主要取决于组成堤岸的各种材料在不同水位条件下的性质，如枯水期、涨水期及水位降落期等。为了确定它们的性质，在现场钻孔选取有代表性的原状土样，进行现场和室内试验。如比重试验、颗粒分析试验、液限和塑限试验、压实特性试验、试样制备密度和含水量、渗透特性试验、压缩试验、抗剪强度试验等。结论如下：

- 1、试验工程区内主要含有两种不同类型的土层，粉细沙或细沙层和淤泥质粘土层。堤身土层的密实度变化范围较大，粉细沙层部分土体处于较疏松状态。淤泥质粉质粘土层上界面有水流出现，表明其具有较大的隔水性。
- 2、试验段在试验条件下的压缩性属于低至中等，堤岸在施工完成后发生较大沉降的可能性较小。
- 3、堤身材料在选定的干密度范围内，粉细沙扰动土样的渗透系数为 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 到 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 量级，属半透水至不透水材料；而淤泥质粉质粘土的渗透系数则在 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 到 $1 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ 量级之间，属不透水材料。
- 4、因筑堤材料的主要颗粒组成为粉粒和细沙，抗冲刷侵蚀能力均较弱，所以对堤顶及边坡应采取工程措施予以保护。
- 5、土料的有效强度指标较高，内摩擦角 ϕ' 均接近或高于 30° ，而不排水强度指标较低，有的土料的内摩擦角 ϕ' 仅在 $19-20^\circ$ 之间，表明堤身在江水位骤降时的强度指标不高，此时的堤岸稳定应加以关注。

十三、现场监测分析研究^[7]

为了研究和探讨崩岸破坏的机理，在试验工程上布设了两个孔压观测断面，每个断面上有两个测孔。还对 1000m 试验段护坡进行了水平位移控制点的布设，均进行定期观测。经过半年多的观测资料分析得知：

- 1、孔压计观测时程线与江水位时程线表现出良好的一致性，表明堤坡具有较好的透水性。
- 2、不同位置的孔压计观测结果很好地反映了江水位的涨落起伏变化，表明孔压计的埋设是成功的。
- 3、如果江水位降落 4m 并保持稳定，则堤坡内的孔隙水降落至该江水位大约需要 2 个月左右的时间，在此期间堤坡内将保持较高孔压水平，其渗流方向顺坡向下，堤坡处于最不稳定的状态。
- 4、整个坡体顺坡向下的位移不大，表明工程竣工至今的半年中整个护坡是稳定的。
- 5、水平位移观测结果表明，汛前各个测点的顺坡向水平变形很小。汛期各个测点发生了明显的程度不同的水平位移，指向水侧的最大水平位移为 31mm。汛后

的观测结果显示, 指向水侧的最大水平位移趋于稳定, 变形速率也明显降低亦趋稳定。

十四、堤坡稳定分析研究^[8]

经过稳定分析的计算结果得知:

- 1、由于施工期处于枯水期和雨季来临前, 江水位和堤坡内的浸润线都较低, 大约在 10m 高程左右。两个典型断面的最小稳定安全系数均不低于 1.5, 具有较高的安全储备, 表明施工期堤坡的整体稳定是有保证。
- 2、工程竣工后, 当水位达到 23.25m 的设计洪水位并形成稳定渗流时, 两个典型断面的最小稳定安全系数分别为 1.831 和 1.704, 满足规范要求。
- 3、计算结果表明, 水位骤降期是堤坡整体稳定的控制工况。当一次性骤降, 其骤降后水位高程不低于 14m 高程时, 两个断面的最小稳定安全系数均刚满足规范要求的 1.165, 处于临界状态。但长期的水文资料和本次现场孔隙水压力观测结果表明, 大幅度的水位骤降历时均较长, 一般在一个月以上, 由于堤基中沙土层的良好排水性 ($2.0 \times 10^{-4} - 3.8 \times 10^{-4} \text{cm/s}$), 骤降过程中堤坡内的水位有将近一半降幅的降低。因此虽然两个断面骤降至 14m 高程时的稳定安全系数均处于临界状态, 但实际上其安全仍有一定的储备, 计算结果偏于安全。
- 4、枯水期两个断面的稳定安全系数最小为 1.454, 相应的临界滑裂面均处于枯水位以下的较陡坡体部分, 满足稳定要求。

十五、崩岸治理工程机械设备的研究与开发问题

在崩岸治理试验工程中应用了多种新工艺、新材料, 通过工程实践我们深感: 为了提高施工工效和质量对相应的机械设备进行研究开发是很有必要的。如:

1. 水下铺排机械设备

在堤岸整治工程中, 采用排体护坡是一种较新的技术。这些排体在静水及浅水中施工比较好做, 有沉排及水下充灌模袋等。但在长江这样水深、流急的大河中进行铺排, 其难度就相当大。我们在试验工程中创造了一套水下拖拉铺排的新方法, 无须大型铺排船, 只用了一条 600t 的工程驳船、6 台卷扬机来拖排。施工成本比用大型铺排船要低, 但如果研制一套简便的铺排设备而不用船, 则铺排成本会更低, 铺排效果与质量也能得到提高。

2. 水下整坡机械设备

崩岸严重的河岸一般都很不平整, 有的坡度很陡或成台阶状, 在这种岸坡上铺排是很难的。为了达到设计坡度必须先进行整坡。水上整坡比较容易, 但水下整坡很难, 因为看不见。因此研究开发中小型水下削坡机是解决这个难题的重要手段。

3. 解决水下排体搭接问题的机械设备

(1) 水下排体位置显示设备

如何使水下排体搭接达到设计要求是铺排的重要问题，我们在水下拖拉铺排时是靠岸上的经纬仪控制拖船中轴线运动使排体定位的。由于拖船在水流冲击下很难走成直线，加之岸坡不平整，排体是否铺得到位，我们只能靠潜水员摸索。如果有一种测视仪能显示水下排体的位置，不仅可指导拖拉铺排，而且可为施工验收提供方便。

(2) 水下排体缝合机械设备

水下排体搭接宽度一般需要 1-2m，上游排搭在下游排上。如果水下两块排体可用一种机械设备缝合在一起，则不仅可克服铺排搭接定位的困难，而且可节省搭接处的材料。

4. 水下排体充灌机械设备

排布在水下缝合后，如何在水下进行充灌，则是另一个关键问题。因水下压力大，充灌材料在模袋内不易流动，使充灌的范围与饱满程度受到限制。充灌泵压力大了模袋的灌口又容易崩裂，因此水下排体充灌机械设备、充填材料、排体结构、充灌方法等都是值得注意的。

5. 固化土护坡施工机械设备

我们使用的固化材料是粉状的，必须与沙土及其它添加材料均匀混合后压实。施工时如果有一种机械设备能将材料的拌合及压实连贯起来，则可以大大提高施工质量与施工进度。

十六、江新洲崩岸治理试验工程的实施经验与体会^[3]

江新洲崩岸治理试验工程自 1999 年 12 月 26 日开工以来，工程项目部在院领导的关怀和指导下，经过艰苦奋斗，克服了重重困难，终于在合同规定期限 5 月 30 日之前完成了试验工程的实施任务。并于 9 月 7 日通过了由江西省长江干流江岸堤防加固整治工程指挥部组织的完工验收，经过 9 个月汛期和非汛期的考验，崩岸现象得以制止，近岸水流平缓，治理工程已初见成效。但试验工程中有不少经验与教训是值得好好思考的。

1. 施工单位的选择非常重要

由于本试验工程的实施是议标，因此我们请的水上工程施工单位是经有关部门推荐，也是最了解江新洲岸坡整治情况的单位；而水下工程因需要铺排设备，联系了有大型铺排船并在长江口有铺排经验的施工单位。而且两家都表示要与我们密切配合，把试验工程做好。谁会想到，开工不久问题就逐渐暴露出来。水上工程施工单位先把施工任务转给其下属公司；而这个下属公司既缺人员，又缺设备，只会压价后将施工任务转包给别人干。现场土方开挖为了省钱，尽量使用人力或便宜的机械，使施工进度一拖再拖。由于水上整坡进展太慢，水下施工单位干等着无法铺排，大方量的崩岸却接连发生，他们对试验工

程已失去信心，加上春节将近，人心思归，终于在 2000 年 1 月 23 日将大型铺排船擅自撤离施工现场，给崩岸治理试验工程的实施带来巨大影响，几乎将整个试验工作逼上绝路。紧接着水上施工队伍也撤走，理由是农民工要回家过年，他们置“长指”不让放假的通知于不顾，直至过了正月十五才陆续有人来上工，浪费了大好的枯水时间。他们之所以能擅自撤离，因为我们还来不及与他们签署正式合同。说明我们的市场经济观念还很缺乏。这是一次最深刻地教训。好在我们并未在困难面前吓倒，立即调整了施工方案，并创造了不用大型铺排船的水下拖拉铺排施工方法。同时，我们把水上施工任务分出一半，由我们再组织一家施工单位让他们比着干。最终虽把时间赶回来了，但经历了这些曲折，后期又受到水位不断上涨的影响，不能使试验工程各分部单元的质量都达到优良，也许是必然的结果。

2. 水下拖拉铺排的重点之一是整坡

水下拖拉铺排的成败，与多种因素有关。如船舶的拖拉能力、机械设备、排体本身的抗拉性能等，但排体能被拖入水下，并不等于就能铺好，因为如果整坡任务没有完成好，排布就很难铺平，排布在动水中本来就难以铺平，加上坡不平，使充灌后的模袋混凝土更难平整。由于在前期耽误许多大好时间，使后期施工任务吃紧，特别是水位涨上来之后，水下整坡更困难，这就给模袋混凝土的外观带来影响。

3. 水下拖拉铺排的重点之二是搭接

水下拖拉铺排每块排体有 15.3m 宽，上游排搭在下游排上，搭接量要求 1~2m，搭接是否能符合要求于排体的定位有关，定位准确是必须的，但如果河岸不平，即使定位没问题搭接也可能达不到要求，甚至出现开叉。这次护坡共铺了 82 块排，结果大小分叉有 13 处。虽然事后做了修补，质量评定只能算合格。当然铺排与整坡也有关系，但整坡不可能把水下河岸都搞平。因此，搭接是个难题。最好的办法是不需要搭接，即上、下游两块排体可以缝合在一起。

4. 模袋混凝土充灌长度问题

在原设计方案中充灌混凝土的模袋每 4m 要缝一条横向加筋带，以适应床面变形；纵向则每 1m 缝一条双层加筋带，以承受铺排拉力。每 4m×1m 为一模袋混凝土单元并设有一个灌口。而每块排有 15.3m 宽，其中模袋混凝土有 20m 长，大约有 60 多个单元和灌口，充灌混凝土的时间是相当长的。由于前期施工拖沓，使铺排时间相当紧张，只好根据充灌施工单位的要求，将模袋横向加筋带改为 10m 缝一条。特别是后期水位不断上涨，连 10m 充灌一次也做不到，只能将 10m 处的横向加筋带也撤除，变成 20m 长一次充灌。这就带来两个问题，其一：有可能在底端不易充满；其二：由于床面变形较大而引起模袋混凝土断裂。其实这两点在汛后枯水期在护坡工程上都得到了证实。

5. 试验工程的汛后维护与修补

今年 2 月份试验工程处最低水位约 7.7m，经枯水期现场检查知，水上护坡工程除有一处约 5m² 大小、最大陷落 30cm 的塌陷外，其它部分无显著变化。而