

江河护岸新技术

——四面六边透水框架群

张文捷 王玢 麻夏 王南海 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑 王熙瑜



ISBN 7-5084-1241-9



9 787508 412412 >

ISBN 7-5084-1241-9 / TV · 266

定价：15.00 元

90030610

江河护岸新技术

——四面六边透水框架群

张文捷 王玢 麻夏 王南海 编著



90030610



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

江河护岸新技术：四面六边透水框架群 / 张文捷等编著 . - 北京：中国水利水电出版社，2002

ISBN 7 - 5084 - 1241 - 9

I . 江… II . 张… III . 护岸-新技术 IV . TV861

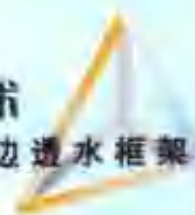
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 083016 号

书 名	江河护岸新技术——四面六边透水框架群
作 者	张文捷 王玢 麻夏 王南海 编著
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京密云红光印刷厂
规 格	850×1168 毫米 32 开本 4 印张 108 千字 4 插页
版 次	2002 年 12 月第一版 2002 年 12 月第一次印刷
印 数	0001—5100 册
定 价	15.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

江河护岸新技术

——四面六边透水框架群



钢筋混凝土框架



毛竹充沙框架



长江牛角芜堤崩实况



再生塑料充沙框架



长江马湖堤崩岸实况



江河护岸新技术

——四面六边透水框架群



长江九江段赤心堤框架群护岸效果(1)



新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州阿克陶县盖孜河马场大弯道四面六边透水框架护岸工程及效果图

江河护岸新技术

——四面六边透水框架群



江西抚西堤楼下段框架群护岸
1998年汛后效果



瑞昌市狗头矶下腮框架群护脚效果



长江九江段赤心堤框架群护岸效果(2)



江河护岸新技术

——四面六边透水框架群



长江九江段东升堤框架群护岸效果



长江九江段江新洲堤框架群护岸效果



长江钢筋混凝土框架群护岸施工现场



长江九江段赤心堤框架群护岸施工现场



山东长清县黄河大堤框架群护岸施工现场



江西南昌赣江南新联圩框架群护岸施工现场

江河护岸新技术

——四面六边透水框架群



南昌大桥桥头框架护岸



框架群治理崩岸水工模型试验(浑水)



抛投区内外水流流态



框架群护岸水工模型试验(清水)



江河护岸新技术

——四面六边透水框架群



块石近区冲坑



间隔抛投区冲刷形态



杆件绕流流态

平面流态



立面流态



框架群间隔内示踪液分布图

序

洪水灾害是世界上大多数国家的主要自然灾害之一。新中国成立以来，全国开展了规模空前的江河治理和防洪体系建设，水患得到了有效的控制。但是，我国人多地少，随着社会、经济的发展、城市化进程的加快和土地利用规模的扩大，洪水灾害依然是影响社会、经济、人民群众生存发展和生态环境的心腹大患。1998年长江、松花江全流域大水给国民经济发展造成了巨大损失，广大军民与洪水搏斗的惊心动魄的场景至今印象尤深、令人难忘。

“科技是第一生产力”。新中国成立50多年来，在防洪减灾工作中，从洪水发生的规律、洪水预报与报警、水库防洪调度、江河治理到抗洪抢险等各方面都采用了大量的先进技术。1998年大洪水后，全国开展了大规模的江河整治和防洪体系建设，目标是建成以防洪工程为基础、工程与非工程措施相结合的完善的防洪减灾体系。很多科技新成果、新技术和新工艺在这一体系建设中得到应用和推广。四面六边透水框架对江河护岸固脚技术就是其中一项。

四面六边透水框架护岸固脚技术，机理新颖，结构简单，造价较低，效果良好，适用面广，不仅可用于河道整治的护岸固脚，也可以用于桥墩或其他水下建筑物的基础保护等方面。四面六边透水框架群的工作特点是：自身稳定、减速促淤，减少水流速率可达40%~70%，能够将岸边局部流速降到不冲刷河岸甚至泥沙淤积的程度，以此保护岸脚。常用的实体护岸技术，如抛石、混凝土模袋、钢筋混凝土铰

链排等，往往因基脚淘刷，导致下抛块体大量流失或工程失稳崩塌。从这个角度看，四面六边透水框架在护岸固脚方面有难以取代的优点。

江西省水利科学研究所推广四面六边透水框架技术已有8年之久，他们以科学的态度，持之以恒的精神，坚持科研—实践—科研—实践的路线，先后在西北水利科学研究所、江西省水利科学研究所、河海大学水力学试验所反复进行了水工模型实验研究，又经过包括长江、黄河在内的20多项实验工程的实践检验，使该技术趋于完善和成熟。为使这一技术得到全面推广，又总结出一套设计、施工、监理的方法。根据多年的知识与经验积累，写成了这本专著。这是一件很有意义的工作，我相信本书的出版将有力地促进这项先进技术的应用与推广。

胡振鹏

2002年8月

前 言

护岸工程是河道整治工程的重要内容，也是堤防工程的重要部分。工程看似简单，但是由于护岸工程涉及诸多因素，例如河道的河势与演变，水流的三要素：流量、流速、水深的变化，河岸及河床的地质构成，以及水土保持、气象等的变化，都使护岸工程具有其特殊性与复杂性。不同河道有不同河道的特点，同一河道的上、中、下游也各不相同，由于影响因素是不断变化的，因而护岸工程也是一种动态工程，不是一劳永逸的。广大水利工作者长期以来对护岸工程不断探索、实践，对护岸工程的认识逐步加深，护岸工程形式也越来越多，越来越符合河道演变的规律，越发实用和有效。

本书介绍的四面六边透水框架群护岸固脚技术，是对10多年来众多的工程技术人员的研究成果、实践经验的一个总结。四面六边透水框架群能降低岸边流速，改岸边局部冲势为不冲或淤势，从而达到稳定河道，保护堤岸的目的，多年的研究成果和实践效果证实，这是一项十分有效的护岸新技术。推广这项护岸固脚技术是大家的共同愿望。特别是首先研究这项技术的水利部西北水利科学研究所的韩瀛观先生，他领衔研究此项技术时已近70高龄了，为推进此项技术的研究与推广，他不顾年迈体弱，跑立项，跑推广，极力推荐此项技术。韩老这种献身水利科技事业的精神、坚忍不拔的意志力，对我们是激励、鼓舞，更是一种鞭策。韩老1999年不幸去世了，本书的编辑出版，是对韩老的最好告

慰与纪念。

本书共分5章，第一章由张文捷编写，介绍了江河崩岸险情和护岸固脚各种技术；第二章由王南海编写，介绍了四面六边透水框架群护岸固脚的机理及水力特性；第三章由王玢编写，介绍了江西、新疆的几个工程实例；第四、五章由麻夏编写，介绍了工程设计及工程监理及质量评定。

在研究、推广框架群护岸技术的过程中，得到了水利界各级领导的大力支持与各水利部门的通力协作，没有他们的支持与协作，就不可能在较短的时间内积累这么多成功的工程实践经验，框架群护岸技术就难以推广。我们特别感激江西省水利厅、江西省长江干流江岸堤防加固整治工程建设指挥部、西北水利科研所、河海大学水力学研究所以及孙晓山同志、周春天同志、张耀哲同志和很多其他单位与同志，他们给我们的研究工作给予了鼎力相助，在此表示深深的谢意。

本书蒙江西省副省长胡振鹏博士题写序言，在此，一并表示深切的感谢。

希望本书能给河道整治和堤岸防护提供技术上的一种新选择。

编 者

2002年8月

目 录

序

前 言

第一章 概述	1
§ 1-1 江河护岸险情简述	1
§ 1-2 护岸固脚技术的分类	4
第二章 四面六边透水框架群护岸固脚机理及水力特性	18
§ 2-1 减速护岸固脚机理	20
§ 2-2 杆件截面形式对减速率的影响	24
§ 2-3 框架群架空率对减速作用的影响	26
§ 2-4 杆件长宽比与减速率的关系	27
§ 2-5 框架群平面布置对近底流速的影响	29
§ 2-6 框架群的长度和间隔长度对近底流速的影响	33
§ 2-7 框架群的高度对减速率影响	35
§ 2-8 框架群的宽度对减速率的影响	36
§ 2-9 近岸流速对框架群减速效果的影响	36
§ 2-10 顶冲水流及弯道对框架群减速效果的影响	37
§ 2-11 结论	39
第三章 工程实例	40
§ 3-1 江西省九江长江大堤赤心堤固岸工程	40
§ 3-2 江西省九江长江江新洲堤洲头北岸固岸工程	54
§ 3-3 新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州阿克陶县盖孜河马场大弯道 河道整治工程	70

第四章 工程设计	82
§ 4-1 设计原则和要求	82
§ 4-2 减速范围的确定	83
§ 4-3 横断面设计	84
§ 4-4 平面布置	86
§ 4-5 结构尺寸及选材	87
§ 4-6 施工组织设计	89
第五章 工程监理与工程质量评定	96
§ 5-1 工程施工监理	96
§ 5-2 工程施工质量评定与验收	100
附录 A 框架制作质量标准	104
附录 B 施工质量评定表	108
参考文献	120

第一章 概 述

§ 1-1 江河护岸险情简述

洪涝灾害是我国危害最大,造成损失最严重的自然灾害。长江、黄河等七大江河的中下游及沿海平原地区,其面积占国土总面积的 8%,拥有全国人口的 40% 和 35% 的耕地,其工农业总产值占全国的 75%,是中国人口最密集、经济最发达的地区。这些地区严重的洪涝灾害,极大地影响到国计民生、社会稳定,是中华民族世世代代的心腹之患。

江河堤防是我国防洪工程最重要的组成部分,特别在各河道中下游较平坦的地域,堤防是防御洪水的最后屏障,对堤防工程而言,危害性最大的险情莫过于堤基渗流破坏和迎流顶冲的崩岸,这两种险情都有其突发性、灾难性,如不预先防治,可导致大堤的突然溃决,因此,必须给予高度的重视。

长江的崩岸,主流的摆动对岸坡的冲刷引起种种险情,黄河河势的游荡性,年年威胁堤岸的稳定和堤身的安全。在毛昶熙、段祥宝、毛佩郁同志的交流论文《江河崩岸治理的认识及其初步研究成果》中提到下列数据:长江中下游 3600km 江岸,崩岸长度就有 450km,在“98.8”洪水中沿江崩岸险情就发生了 300 余起,可见长江崩岸的严重性。黄河泥沙高的主要原因是晋陕峡谷两侧的黄土滑塌所产生,由于黄土的直立性,在水力风力作用下,淘刷悬空后,重力塌岸所致。游荡性河道水流形态的最大特点是宽、浅、散、乱,在河道内最易形成斜河、横河。斜河横河一旦发生,水流将首先漫出主槽直冲滩地。由于滩地土质多为散状沙质土料组成,抗水流冲刷能力非常弱,造成滩地大量坍塌,随之斜横河会直冲两岸大

堤,造成大堤脚淘刷,水流将冲刷土体带走,堤身土体将会成批坍塌,如抢护速度不快,则会造成大堤冲决,历史上黄河下游发生过多次斜、横河冲决大堤而导致大堤决口。

广东省围堤总长 6700km,其中崩岸险情段近 1400km (均为 1998 年资料),江西省长江堤段仅 150km,除 1996 年 1 月 8 日发生震惊全国的彭泽马湖大崩岸(长 1000 余 m、宽 200m),造成人民生命财产的重大损失外,1997 年和 1998 年两年崩岸发生 20 多起,总长度逾 6km,令人触目心惊。

江西省彭泽县马湖段长江堤是 20 世纪 60 年代围建的,当时堤外有 300~2000m 宽的外滩,至 1995 年底,马湖堤外滩宽度不足 20m,60 年代以来,马湖堤共发生过 4 次较大的崩岸,时间分别为 1973 年、1988 年、1996 年 1 月 3 日和 1 月 8 日,各次崩岸发生前基本都没有明显的先兆,崩岸发生的过程短促,1996 年 1 月 3 日 14 时,长江彭泽马湖堤突发崩岸,缺口长 150m 宽达 80m,其中 80m 的大堤堤身连同堤脚全部滑入江中,1996 年 1 月 8 日 18 时 10 分左右,该段 960m 大堤岸近 100 万 m^3 土石方和紧临大堤的数十间民房顷刻间全部骤然崩塌江中,大堤上出现长 960m 宽 200m 的缺口,死亡 24 人,损失惨重(见图 1-1)。



图 1-1 长江马湖堤崩岸实况

1998 年春湖口县长江牛角荒堤大崩岸、九江县永安堤大崩岸（见图 1-2）。1998 年 10 月，彭泽县棉船长江大堤突发崩岸；1998 年 8 月 21 日，安徽同马大堤外垸的跃进圩，在 7 月 24 日与 8 月 10 日发生窝崩之后，又再次发生窝崩，不到 1h，窝崩发展至堤肩，堤顶崩破而溃垸。



图 1-2 长江牛角荒堤崩岸实况

1994 年湖北咸宁大堤北门口近百公里堤段崩退 400m，最大崩退速度 55m/h。

1998 年 10 月 14 日咸宁又发生了 3h 内崩退 100m 的险情。

湖北黄冈巴铺长江大堤，自 1959～1989 年共后退 1324m，目前只剩下 100m 的外滩，洞庭湖入口荆江门河岸每年以 30～50m 左右的速率后退。

1803 年，黄河封丘大宫决口，1843 年，黄河中牟九堡决口等都是横河直冲大堤造成堤防冲垮决口的。

新中国成立后，黄河河南游荡性河段也发生过多多次斜横河决堤，如 1952 年 9 月在大河流量 $1000 \sim 2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 时，郑州保合寨险工出现横河、滩地塌退。保合寨险工出险，在有采用铁路支线运送石料等防汛物料的条件下，4000 人奋力抢险，最严重时堤

防坍塌长度 45m, 堤顶最大塌宽 6m, 经 10 昼夜全力抢险方化险为夷。

1996 年 9 月 6 日, 洪水流量 $1600\text{m}^3/\text{s}$, 水流从荥阳孤柏嘴山弯后横直向北直冲武陟驾部工程上首的防护堤形成横河, 随即防护堤出现冲刷坍塌重大险情, 险情发生后, 焦作市组织了 1500 人抢险, 黄委会、河南局专家现场指挥。驻焦部队, 武警部队昼夜作业, 奋力拼抢, 大小车辆穿梭不断, 送料车队绵如长蛇, 但由于横河冲刷剧烈, 河势上堤速度加快, 大堤冲刷坍塌速度大于抢护速度, 防护堤终于于 9 月 7 日溃口, 决口门宽 255m。

由以上的险情事例可以看出, 黄河即使在较小流量的水流条件下, 一旦形成横河, 水流直接冲刷堤防土体, 所造成的险情都是非常严重的。

由上述典型崩岸事例看出崩岸对大堤威胁是相当严重的, 除了对堤身及堤基加固外, 对江岸的整治, 保持江岸的稳定, 防止崩岸的发生, 这在治河工程中是重大课题。对崩岸机理的研究, 对护岸技术的研究和应用, 一直是历代水利工作者不断探求的课题。特别是 1998 年长江、松花江全流域大洪水发生后, 国家在江河治理、防洪减灾方面投入了巨资, 使堤防建设、江河治理工作进入了一个高潮时期, 各种新技术、新方法、新工艺得到开发推广应用, 四面六边透水框架群护岸固脚技术就是在这个大潮中得到大范围推广应用的, 经实践检验, 这是一项效果好、施工简便、费用较省的一项新型实用技术, 值得在江河堤防护岸固脚工程中推广。

§ 1-2 护岸固脚技术的分类

护岸工程按其平面布置形式分类, 可分为平顺式护岸、矶头和丁坝护岸。按护岸机理分类, 可分为实体抗冲护岸和减速不冲护岸。在此, 重点研究的是不同机理的防冲护岸固脚技术。

实体防冲护岸技术, 是以实体工程遮挡住散粒结构组成的可

冲动的河床，隔离和抗住水流的冲刷以保护岸坡。例如传统的抛石护岸、砌石护岸、沉排护岸、上工枕护岸、混凝土模袋护岸、钢筋混凝土铰链排护岸等，实体材料构成丁坝和矶头等也属此类，但是实体护岸工程往往存在基础被淘刷影响工程自身稳定的问题。例如抛石护岸，水流遇石块受阻，水流方向的动能 mv^2 瞬时减为零（如图 1-3 所示），依照能量法则，它即转变为其它方向能量，形成螺旋流、回流等，淘刷石块的基础，使沙石等细颗粒流失，形成巨大的冲坑，造成石块翻滚、滑动、坍塌，以致护岸工程自身失稳，从水力模型实验中可以很清楚地观察到这种现象。丁坝也是如此，以丁坝强使水流转向，水流在丁坝上下腮各形成一个回流，见图 1-4。在坝头形成向下钻的螺旋流，螺旋流将基础砂石及细颗粒淤出流失，淘刷基础形成巨大的冲坑引起自身失稳，甚至导致护岸工程的失稳破坏。在水力学实验研究中可以发现，由于边界条件的骤变，在动定床边界必定存在水体剧烈的紊动和能量交换，导致基础冲刷，这就是实体护岸基脚不稳的原因。混凝土模袋护岸及钢筋混凝土护岸工程亦有类似问题，在 1998 年大洪水后长江堤防江岸整治加固工程中某几种实体护岸方式的原型观测实例，可见实体护岸工程的最大弊端是工程基础被淘刷，造成工程自身失稳的问题。

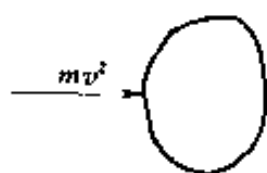


图 1-3



图 1-4

抛石护岸是传统的护岸技术，对维护岸坡的稳定是有效的，在实际护岸工程中常采用的块石粒径较大，规范对抛石的厚度、粒径、坡度都有规定，通常在长江上采用不小于 30cm，由于块石护岸固脚存在根石不稳的现象，有的管理单位误认为是块石粒

径过小的原因所致,故而常采用抛投大块石以求稳定的做法,有的直径达1m左右,其实这是不必要的,也是无效的。这是一种认识误区,根石不稳的现象是石块脚下的泥沙走失造成石块翻滚,下陷等等原因所致,长科院水工所室内试验和安徽巢湖地区水电局1986年在大拐崩岸段进行了长300m、宽70m、厚0.7m的工程试验,采用粒径为1~10cm, d_{50} 为4cm的小颗粒石料抛护,该护岸线岸线稳定,结果证明,小颗粒石料比块石护岸更好。经1988年秋汛考验,该护岸段岸线稳定,达到了预期的目的(2001年1月水利水电快报,长江中下游护岸工程新材料新技术的应用,夏细禾等)。

另据1986年江苏省镇江水利局经过试验研究和参照大量的文献资料,采用砾石、石渣代替块石进行护岸,取得了较好的效果,与块石护岸相比,节约投资40%,充分证明,在水流条件容许的情况下,小颗粒石料取代块石是可行的。

土工模袋及钢筋混凝土铰链排护岸整体性好,抗冲性强,便于机械化施工,但均存在淘脚冲刷的问题,据浙江河口海岸研究所在海塘防冲中应用可以证明,模袋的前端没有埋设到预计的可能最低冲刷高程以下(目前模袋混凝土护岸设计很少考虑末端淘刷的问题),工程施工完成后,经检查,部分位置因滩地刷深而使刚性模袋前端部分悬空,在水流和自重作用下,无筋的模袋承受拉应力最后可导致折断,而钢筋混凝土铰链排护岸,适应地形能力较刚性混凝土模袋更好,但由于底端泥沙淤走流失,会导致底部过大的塌陷,这往往在设计中是未考虑的,有可能导致系排桩破坏而使工程失效,这在实际工程中已有实例,见表1-1。软体排沉排护岸技术,在原理上与钢筋混凝土铰链排是一致的,但在造价上要节约得多,类似这种整体护岸型式,从理论上来说,要护过河床断面的深泓区或可能最低冲刷高程以下才不致被破坏。

另一类护岸方法,即局部改变水流流态,降低岸边流速,将其降到不冲流速以下,甚至可以降到落淤的程度,使岸边的冲淤态势发生变化,改岸边的冲势为不冲或淤势,以保住河岸稳住岸

表 1-1 几种实体护岸工程的原型观测资料

护岸方式	位置与工程量	护岸原观效果
抛石护岸	某段设计 8765m^3	2000 年 4 月验收实抛 14461m^3 2000 年 7 月 26 日复测 6095m^3 2000 年 10 月 12 日复测 3823m^3
	某段设计 9544m^3	2000 年 5 月验收测量 11776m^3 2000 年 7 月 26 日复测 6475m^3 2000 年 10 月 12 日复测 6156m^3
混凝土模袋	某段按 1:3 铺设	现部分底部淘刷, 模袋混凝土下陷断裂
钢筋混凝土 网格排	某段 $14+200\sim 14+800$ 按 1:3 铺设	2000 年 6 月竣工测量合格 2000 年 10 月复测 $14+200\sim 14+600$ 段淘脚, 网格排末端 下沉, 最深处下沉 $6\sim 8\text{m}$

坡。例如传统的杓槎、挂柳、钢筋混凝土网格桩均属此类。钢筋混凝土网格桩见图 1-5, 护岸效果好, 但基础水下施工较复杂, 基础需要足够的埋深, 才能保住基础不被冲刷, 桩排架不致破坏。

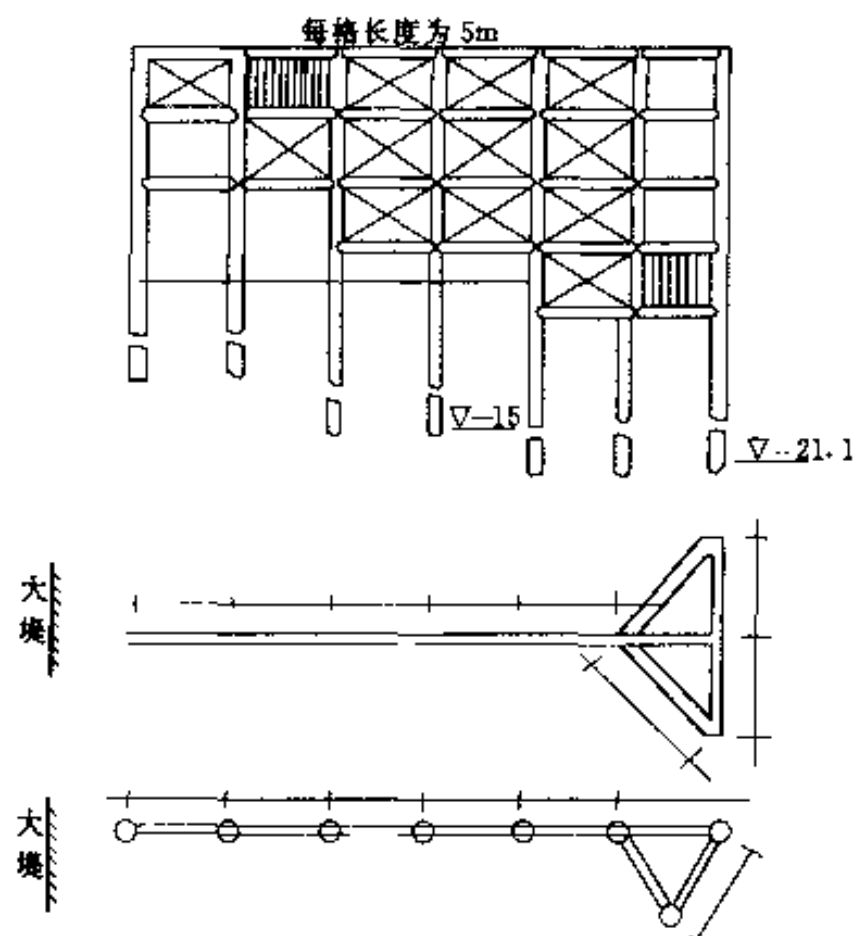


图 1-5 钢筋混凝土网格排示意图

近年来,在大江大河及海堤堤防整治工程中,类似这种原理的护岸技术又有了新的发展和应用。例如透水桩坝、四脚锥体、扭王字异型块体、扭工字异型块体等,见图1-6~图1-9。

透水桩坝是利用桩坝的滞流减速作用,促使含沙水流在其坝后落淤造滩,营造新的水流边界条件,从而达到控导河势固滩保



图1-6 郑州花园口东大坝透水桩坝



图1-7 四脚锥体护岸



图 1-8 扭王字异形块



图 1-9 扭工字异形块体

堤的作用，其基础需埋深大而稳固，坝后可缓流落淤，大洪水可漫顶行洪，结构简单，施工快，安全可靠，但一次投资大，技术要求高，黄委会至 2000 年已修建桩坝 5 座，图 1-6 为郑州花园口东大坝透水桩坝，从 1988 年修建至今完好，其问题仍是桩的埋深问题。

混凝土四脚锥重心低，自身稳定性好，利用四脚锥对根石进

行加固,以防根石走失,经过工程试验,加固段根石走失得到有效控制,在黄河花园口堤段进行了工程试验,块体高 98.3cm,锥顶直径 30cm,重量 648kg,见图 1-7。

在黄河下游坝岸工程中,“八五”期间“堤防工程新技术”研究被列为国家重点科技攻关计划,重点研究了筑坝新技术和防止根石走失技术,修建了各种型式的试验工程,如长管袋沉排坝、铰链式混凝土模袋沉排,透水桩坝、插板桩坝、铅丝笼排坝。护根技术有混凝土四脚锥及网罩护根技术。值得指出的是,修建后还没有出险的是混凝土透水桩坝和混凝土插板桩坝(均为透水坝)、四脚锥及网罩护根技术效果都很好。

特别值得提出的是由西北水利科学研究所韩瀛观先生在整治多沙游荡型河道试验研究中首次提出采用四面六边透水框架群治河护岸技术,框架形状见图 1-10。经西北水利科学研究所率先研究,后又经江西省水利科学研究所、河海大学工程水力学及泥沙研究所多次进行机理研究,结合工程进行水工、河工、清水、浑水模型试验研究,以及江西省水利科学研究所的大量工程实验(见表 1-2),充分证实,利用四面六边透水框架群防冲护岸固脚,效果相当理想,减速率可达 40%~70%,可达到设计要求。况且框架自身具有型体优势,重心低、不易翻滚,框架杆件具有消能减速的作用,过程是缓慢的,没有水流要素的骤变现象。江



图 1-10 四面六边透水框架

表 1-2 四面六边透水框架群实验工程一览表

序号	实施地点	保护长度 或面积	工程投资 (万元)	框架数 (个)	材 料	原 观 效 果	实施时间 (年、月)	实 施 单 位
1	九江长江益公堤 东升段	70m	7.4	1160	钢筋混凝土	实测减速率 47% ~ 75%, 淤积 1250m ³	1996.4	江西省水利科学研 究所、庐山区水利局
2	彭泽县长江堤金 鸡岭段	50m × 20m	7.0	2000	毛竹	潜水探摸淤积, 水下 测量有 1:1 的断面 淤为 1:5	1997.6	江西省水利科学研 究所、彭泽县水利局
3	赣江南昌八一大 桥桥头顶冲段	200m	30.0	5000	钢筋混凝土	产生淤积厚 80cm 左右	1997.12	南昌市水电局、江 西省水利科学研究所
4	长江永安堤滨江 厂坝后腰	150m	70.0	18324	毛竹	汛后测量、探摸已淤 积, 沿每米堤长淤 300m ³ 左右	1998.5	江西省水利科学研 究所、九江长江堤防 管理指挥部
5	益公堤东升段二 期工程	365m, 抛 50m, 间 20m	30.0	4324	钢筋混凝土	汛后发现已淤成一片	1998.5	江西省水利科学研 究所、庐山区水电局
6	彭泽县长江堤金 鸡岭段	100m × 30m	20.0	4500	毛竹	潜水探摸淤积	1998.5	江西省水利科学研 究所、彭泽县水利局
7	赣江南昌市赣东 大堤南木段顶冲处	60m	12.0	3300	毛竹	潜水探摸淤积厚 20 ~ 30cm	1998.5	江西省水利科学研 究所、南昌水利局

续表

序号	实施地点	保护长度 或面积	工程投资 (万元)	框架数 (个)	材 料	原 观 效 果	实施时间 (年、月)	实 施 单 位
8	赣江南昌县南新 联圩垄胆嘴崩岸段	90m	16.0	5200	毛竹	汛后潜水探摸已产生 淤积, 有的框架全部淤 没	1998.5	江西省水利科学研 究所、南昌市水利局
9	抚河丰城市抚西 堤楼下段崩岸	140m	36.5	6000	钢筋混凝土	止住崩岸框架群内静 水主流漩涡外移	1998.5	江西省水利科学研 究所、丰城市水利局
10	抚河进贤县抚东 大堤老管家弯道顶 冲处	50m	7.5	2400	毛竹	由于绑扎铅丝不足 设计要求而散架, 设计 要求 8 号铅丝, 施工采 用 12 号铅丝	1998.5	江西省水利科学研 究所、进贤县水利局
11	九江长江大堤赤 心堤 8+000~10+ 688	2688m	1000.00	196300	钢筋混凝土	汛后实测淤积 39.6 万 m ³	1999.5	江西省水利科学研 究所、九江长江堤岸 整治工程指挥部
12	彭泽县长江堤 0+000~1+200	1200m		50000	钢筋混凝土	平均每架产生淤积 2m ³	1999	九江长江堤岸工程 指挥部
13	瑞昌市长江堤狗 头矶后侧固脚			10000	钢筋混凝土	淤积明显	1999	
14	九江长江堤江新 洲 14+000~14+ 800 保护钢筋混凝 土网格排末端	800m	200.00	40125	钢筋混凝土	淤积明显	2001	江西省水利科学研 究所、九江长江堤岸 整治工程指挥部

续表

序号	实施地点	保护长度 或面积	工程投资 (万元)	框架数 (个)	材 料	原 观 效 果	实施时间 (年.月)	实 施 单 位
15	新疆阿图什市盖孜河马场大弯道顶冲崩岸段	1207m	59.0	19000	钢筋混凝土	淤积明显	2001	江西省水利科学研究所、阿图什市水利局
16	长滑县黄河大堤许道口—姚河门之间					未过水	2001	山东济南黄河河务局
17	渭河下游吊桥河段塌岸整治	528m		11354	钢筋混凝土	减速落淤效果明显,塌岸已控制	1999	西北水利研究所、三门峡水库工程局
18	湖南长江城陵河段护岸 2 + 500 ~ 2 + 800	300m			钢筋混凝土	平均淤深 1.2m	1999	湖南水利厅岳阳长江修防处
19	长江永安堤固脚	12956m	3275.0	654920	钢筋混凝土	比传统的木竹笼护岸节约 60%, 促淤效果好	2002	九江长江堤岸整治工程指挥部
20	江西省鹰潭市龙虎山上清电站坝固脚	300m		1500	钢筋混凝土	比传统的木竹笼护岸节约 60%, 促淤效果好	1998	江西省鹰潭市水利局
21	彭泽彭郎矶崩岸			60000	钢筋混凝土			江西长江堤岸工程指挥部

西省水利科学研究所曾在室内动床模型试验中，以电木屑为床料，比较四面体、块石和四面六边透水框架的护岸效果（见图 1-11），分别以上述三种材料构成水中矶头，可见水流顶冲石块和四面体，在实体块体前产生激烈的漩滚，并将电木屑不断漩出带走，很快在块石前和旁侧形成巨大的冲刷坑，块石翻滚、四面体下挫，导致矶头失稳。而四面六边透水框架构筑矶头时，水流平顺通过框架群，不带走电木屑，不扰动床沙。因此，与抛石等实体护岸技术和某些异型块体技术相比，四面六边透水框架群护岸技术具有相当明显的性能和造价优势，能降低岸边流速，能改变岸边局部冲势为不冲或淤势，经济、方便、灵活、施工简单、不需要开挖基础，可以适应多种不同类型的河道，防冲护岸固脚效果十分良好，值得总结、提炼及大力推广。

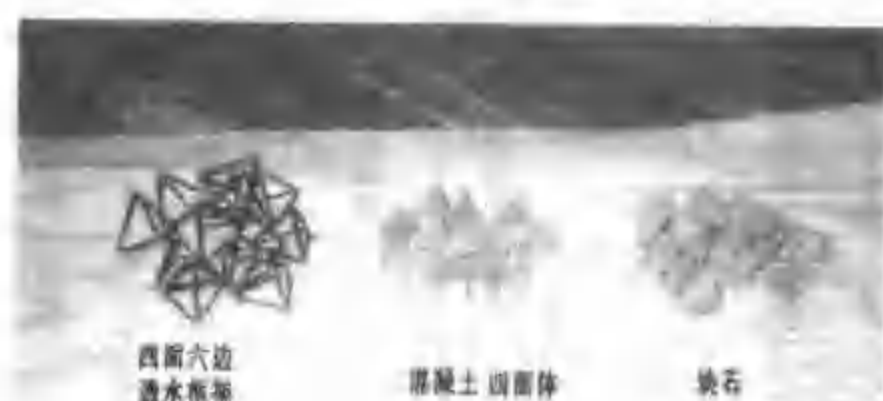


图 1-11 实体与框架比较实验材料

在美国河道整治工程委员会、河道稳定工程工作委员会进度报告《冲积河道的河槽稳定工程》（长江水利科学研究院，李德邵译，余文畴校对整理）一文中提到“透水的间断性结构，在具有高含沙浓度的河流中，要比其相对澄清的水流中更为成功些。例如，在比降陡、大量泥沙输移使河流具有游荡特性或适于游荡的地方，钢和木制的权架防护堤，似乎获得了主要成功。在这种

情况下,防护堤仅构成附加粗糙度以减缓堤区以内的水流速达到发生泥沙淤积的程度,其结果是使此后的水流在很大程度上局限于堤区之间或堤区的对岸之间。这类透水丁坝还可能在泥沙运动强烈的地方起到最良好的作用,并能用于此防护堤成功采用的地方的坡降有显著的降低和泥沙运动有显著减少的地方,这类透水丁坝在哥伦比亚河道上获得成功。透水丁坝的目的是减缓水流,促成淤积,并迫使更多的水体归槽”。

由于江西长江江堤3年堤岸整治时运用框架群护岸固脚已取得成功的经验与共识的效果,2002年在江西长江堤岸整治上大规模采用四面六边透水框架群技术固脚。

2002年1月彭泽马湖堤彭郎矶上游堤滩地发生崩岸,采用了框架群治理,已扼止了崩岸的发展。

2002年3~4月,对永安5+910~6+230段(320m)、永安堤7+694~7+790(96m)、永安滨江段应急处理7+610~7+660(50m)、永安1+660~3+960(2300m)、永安堤9+510~10+850(1340m)、12+210~13+000(790m)、永安13+000~15+360(2360m)、赤心5+870~8+050(2180m),采用了框架群固脚,总计堤长12956m,框架数654920架。

值得特别说明的是四面六边透水框架在崩岸抢险中的成功实例。

1998年5月,江西省抚河抚西堤楼下段发生崩岸,漩涡水流贴紧岸壁,危及堤脚,采用钢筋混凝土框架群护岸,一边崩一边抛投,终于使框架群内水流几乎变为静水,漩涡水流外移,止住了崩岸,保护了大堤,经1998年大汛考验,无丝毫改变(见彩页图片)。

1999年7月23日,湖南资水民主垸溃口,口门宽度248m,溃口流量 $4300\text{m}^3/\text{s}$ 。由于溃口口门流态十分复杂,溃口附近产生大的水力坡降,流速达 $4\sim 5\text{m/s}$,位于民主垸溃口对岸的长春垸过鹿坪段迎流顶冲,在24h内产生快速崩堤堤外脚刷空,外坡下挫,堤外侧已成直立陡坎,崩至堤外肩线,形势十分险恶。当

时采用抛预制板、沉车、沉船都无法制止崩堤，危在旦夕，后连夜赶制铁框架 1000 多个，杆长 2~3m 的角钢，用扁钢焊成间隔 20cm 的网格，内装块石约 30%。沿 100 多 m 的崩岸坡下抛，露出水面 1m 多，将流速从 3~4m/s 降低到 0.5m/s 以下，迅速控制了大堤的崩塌，抢险取得了成功，保住了长春垸的安全。

除了上述两类治理江岸技术外，河海大学岩土工程研究所王保田等提出用水泥碎石桩治理河堤崩岸的构想。其基本理论是，河堤崩岸问题的发生，外因是由于水流对凹岸的冲刷，内因是岸坡土体抗冲能力较差，用水泥碎石桩法加固时，土体由经水泥胶结的碎石桩加固，抗冲能力大大增强，岸堤由桩体连成体的水泥碎石桩或混凝土护坡组成。采用这样的标本兼治后，岸坡成为整体结构，稳定性得到保证。其加固机理是：

(1) 置换作用：一般碎石桩采用置换率为 20%~40% 的范围较多。

(2) 排水作用：碎石桩是透水材料，碎石桩复合地基在上部荷载作用下排水路径大大缩短，固结速率较天然地基快，使复合地基中天然土的抗剪强度提高较快。

(3) 联合作用：碎石桩抗剪强度较高，压缩性较低，在上覆荷载或剪应力作用下，大部分荷载或剪力由碎石桩承担。从而提高地基抵抗剪力破坏的能力和减小地基的沉降量。

《冲积河道的河槽稳定工程》一文中提到：“由于冲积河流性质复杂的原因，河槽稳定工程的设计大部分是以经验为依据。丁坝、短丁坝和防护堤的间距、高程、长度和透水性能，仍不断地取决于工程人员的判断，对河流特性的认识。”

一项新的护岸及河道整治技术的成功，取决于不断地实践，不断地总结提高，自 20 世纪 90 年代开始，西北水利科学研究所开始在室内研究四面六边透水框架群在整治多沙游荡型河道中的作用机理。1995 年开始，江西省水利科学研究所率先在长江九江河段使用，继后又有 20 多处工程应用获得成功。并进行了河工模型试验及系列室内研究，通过研究—实践—系统研究的过

程，获得了大量的实验与设计、施工成功的经验，本项技术的推广应用已趋向成熟。根据框架群有减速落淤的功能，框架群技术还可用于保护桥墩，输电铁塔等过江建筑物的基础等方面。因面对这项技术进行总结，提供给全国的水利工作者及其它部门参考，是一项积极的有意义的工作。

第二章 四面六边透水框架群 护岸固脚机理及水力特性

对四面六边透水框架群护岸固脚技术的室内研究，是由水利部西北水利科研所韩瀛观先生首先开展的，在水利部专项基金资助下，室内研究工作分两个阶段，历时5年多，于1995年结束。主要技术成果有：研究了利用四面六边透水框架群淤滩刷槽治理多沙游荡性河流的可能性；研究了利用透水框架群构筑多沙河流河道整治工程的平面布置形式；研究了框架群减速落淤效果等，提出钢筋混凝土四面六边透水框架是一种新型河道整治工程措施。它具有透水 and 改变水流结构双重作用。试验结果表明“四面体透水框架具有十分明显的减速落淤作用，用它来代替传统的实体材料构筑治导工程，整治多沙河流河道是完全可行的和有效的”，在《西北水资源与水工程》1994年第三期发表了《多沙河流河道整治新型工程措施试验研究》的署名论文，首次研究工作为本技术的推广應用和深入研究奠定了基础。

江西省水利科研所的试验研究自1995年开始，针对长江河道水深、流量大、流速大、少沙、河道堤岸冲刷严重的状况，通过历时8年的室内模型试验研究和工程试验原型观测，摸清了四面六边透水框架群用于长江堤岸工程护岸固脚的机理和规律，从框架群的运用条件、布置方案、抛投方式、框架材料、施工方法，到流速流态变化、设计方法等进行了卓有成效的研究工作，并从1995年开始至今，结合长江江堤整治工程不断地推广该技术在护岸固脚工程中的应用，室内试验研究与工程实践同时并重，本项技术不仅应用于江西长江堤岸、赣江、抚河等河堤堤岸，也推广到新疆、山东（黄河）、湖南等地区的河道上，开展

实验工程与应用,已有 20 余项工程应用(情况参见表 1-2),应用效果均十分成功。先后列为江西省科委重点攻关课题,水利部重点推广课题,编写了《钢筋混凝土四面六边透水框架护岸效果室内模型试验研究报告》(江西省水利科学研究所,1995.10);《钢筋混凝土四面六边透水框架护岸效果室内模型补充试验报告》(江西省水利科学研究所,1996.4);《四面六边透水框架保护丁坝(矶头)、江心洲头模型试验研究报告》(江西省水利科学研究所,1997.4);《应用回收塑料制作四面六边透水框架护岸试验报告》(江西省水利科学研究所,1999.8);《四面六边透水框架群护岸技术浑水模型试验研究》(江西省水利科学研究所,西北水科所,1998)。1999~2002 年江西省水利科学研究所与河海大学共同进行九江长江大堤赤心堤 8+000~10+688 段用四面六边透水框架群护岸固脚的河工模型试验,以及系列水力学实验研究,除针对赤心岸的护岸提出了《江西省九江赤心堤框架群固岸工程数学与物理模型研究综合报告》,《长江(武穴—九江)河段水流数学模型计算报告》,《江西省九江赤心堤框架群固岸工程近岸整体泥沙模型试验报告》,《江西省九江赤心堤框架群固岸工程框架群水力特性试验研究报告》,还对框架群的护岸机理进行了系统的研究,2002 年 4 月共同提出《四面六边透水框架群水力特性试验研究报告》,对如下问题进行了深入研究。

- ✱ 研究河道水流条件对框架群减速防冲效果的影响:河道近岸流速和相应水深对减速率的影响,流向对减速率的影响,河道断面尺寸及型式对减速效果的影响;

- ✱ 研究框架群特征对流场和减速效果的影响:包括框架群架空率对减速率的影响、施工方法与架空率关系、框架群相对高度对减速率的影响及减速区域、框架群相对宽度对减速率的影响及河宽方向的影响范围、框架群长度和间隔长度对减速率的影响;

- ✱ 研究框架体型对减速率的影响:杆件截面型式对减速率的影响、杆长截面比与减速率的关系;

- ✱ 研究各种平面布置型式的综合效果;

- 典型工程方案比选；
- 框架群引起流场改变的主要特点等等；
- 框架减速机理研究。

为推广本项新技术，为工程应用提出科学、合理的设计依据，总结以上先后 10 余年的研究—实践—研究的成果，确定四面六边透水框架群护岸固脚的适用范围，设计方法及设计参数等是十分必要的，也是有充分依据的。

§ 2-1 减速护岸固脚机理

在河海大学与江西省水科所共同进行的水力学系列研究中，按实验目的与要求，实验主要在宽 4.8m、2.5m、1.2m 三条水槽中进行，水槽底坡根据试验要求进行变动，模拟试验所需水深、流速及水面坡降，以获得接近均匀流的流态，顶冲和弯道试验在其它河道模型上进行，以便模拟相应的流态，根据试验需要分别以 4、10、16.7、25、30、33.3 六种几何比尺模拟四面六边框架，见图 2-1。



图 2-1 各种模型比尺试验框架

在试验水槽中研究四面六边透水框架减速机理与抛石根石走失的机理，采用了光电流速仪、超声多普勒（ADV）测流仪及

激光粒子测速系统量测。

将单个框架放入水槽中,水流通过四面六边透水框架时,受内侧杆件挤压,中部流速略有增加,杆件附近水流受杆件阻挡,在杆后形成绕流尾涡,见图 2-2。能消耗一定的能量,相当于给水体附加一个局部阻力,水体受框架作用,有少量向两侧推开,但不形成大尺度集中绕流,因而四面体后流速有所降低。多个框架联合作用的结果使框架群抛投范围内流速和间隔区内流速明显降低,同时也不形成实体抛投物难以避免的集中绕流现象。从实验抛投示踪物可清晰地见到框架群间隔区内和近底示踪物滞留的现象,见图 2-3。显示了框架群间隔区内及近底流速明显的降低现象。



图 2-2 杆件绕流流态

将四面六边透水框架群间隔抛投在动床上,逐步加大流速,使得远岸侧床沙产生运动。此时,框架群部位流速较低。间隔区及其外缘附近床沙稳定,当流速进一步加大,外侧冲刷坑明显加深扩大,四面体间隔内沙床仍保持稳定。外侧冲坑逼近至抛投区边缘时,其间隔内沙床仍无明显冲刷,见图 2-4。

在模型中也研究了块石固脚根石走失的机理,试验中采用石子模拟块石,相当于原型粒径为 40~60cm 的块石。由于块石的尺寸明显大于四面六边透水框架的杆件且不透水,水流受石块的

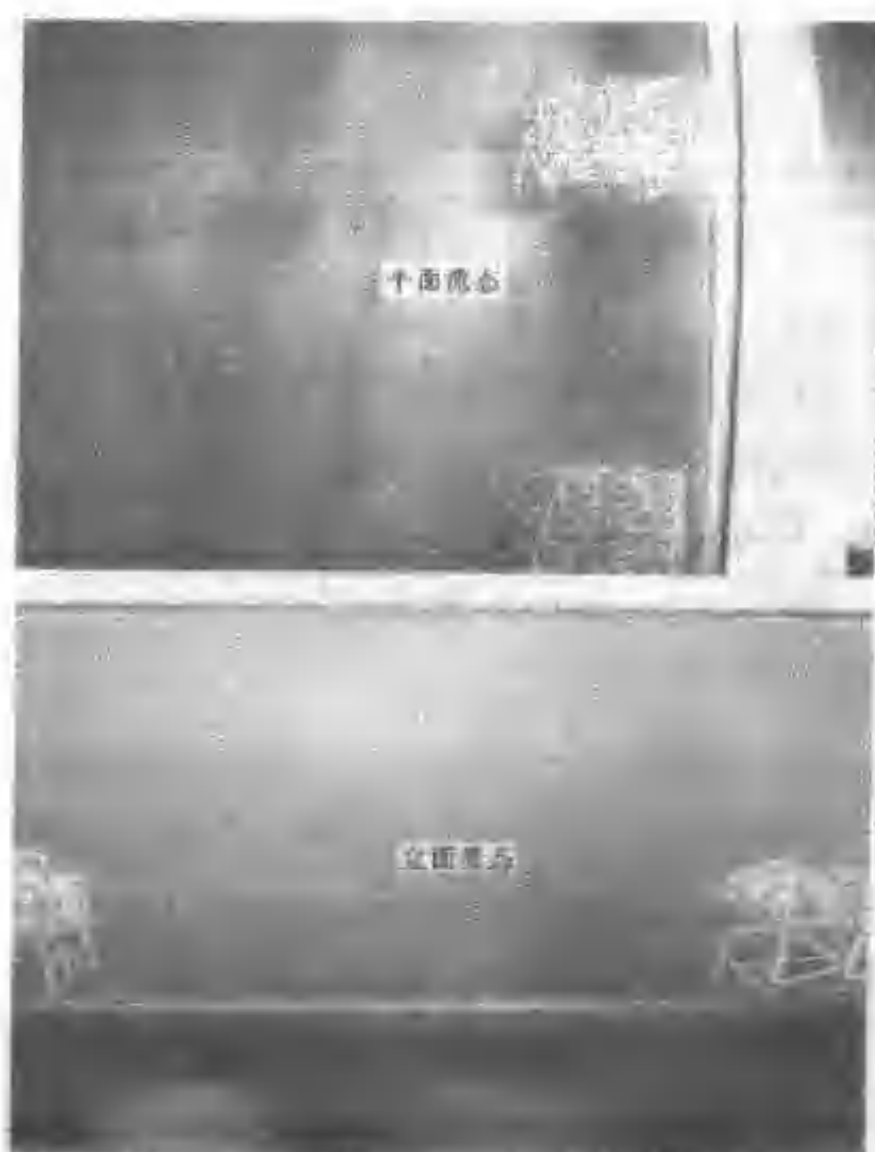


图 2-3 框架群间隔内示踪液分布图

阻挡绕过两侧和顶部，因而在其周边产生明显的集中绕流现象，局部流速加大。又由于其形状不规则，与河床结合部空隙绕流较强且伴有螺旋流，流速脉动明显加强，见超声多普勒测速仪的图形显示，如图 2-5 所示。特别是 z 轴方向，有负脉动产生，这就极易导致底沙浮起，引起局部冲刷。水力学试验中可以观察到块石附近的沙粒首先起动运动，沿块石上游两侧发生冲刷，并迅速形成冲沟。而冲沟的形成又加强了绕流和螺旋流，见图 2-6。螺旋流强度不断加大，使得冲沟扩大、加深，最终使块石翻滚，块石滚动后又在新的位置上形成新的冲沟，在抛石体边缘会产生巨大的冲坑，大量泥沙走失导致石块下陷、翻滚或移动，这就是

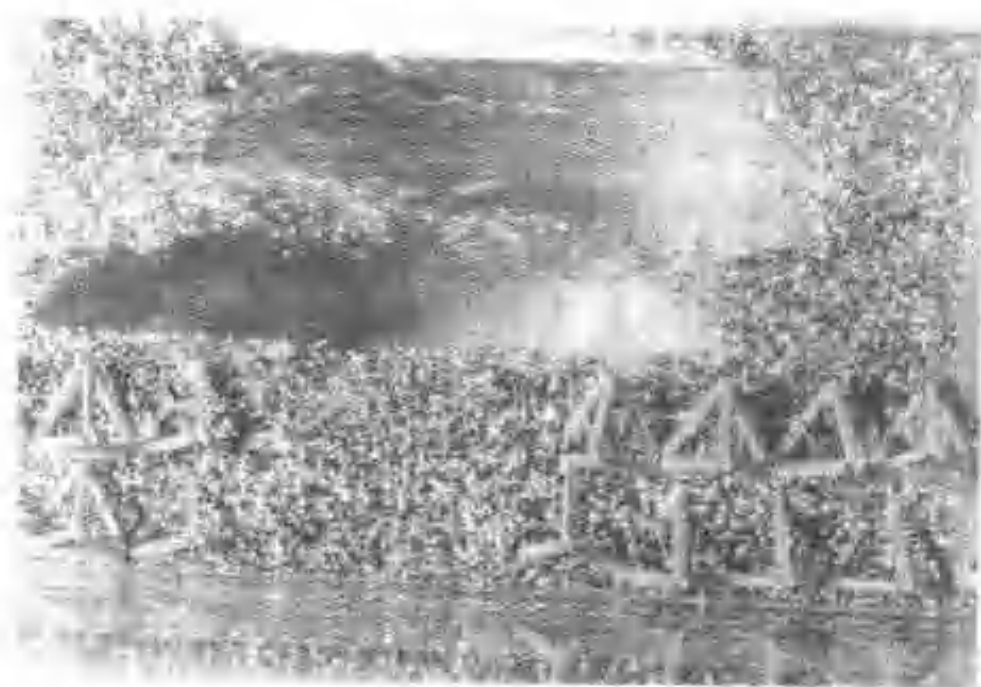


图 2-4 间隔抛投区冲刷形态

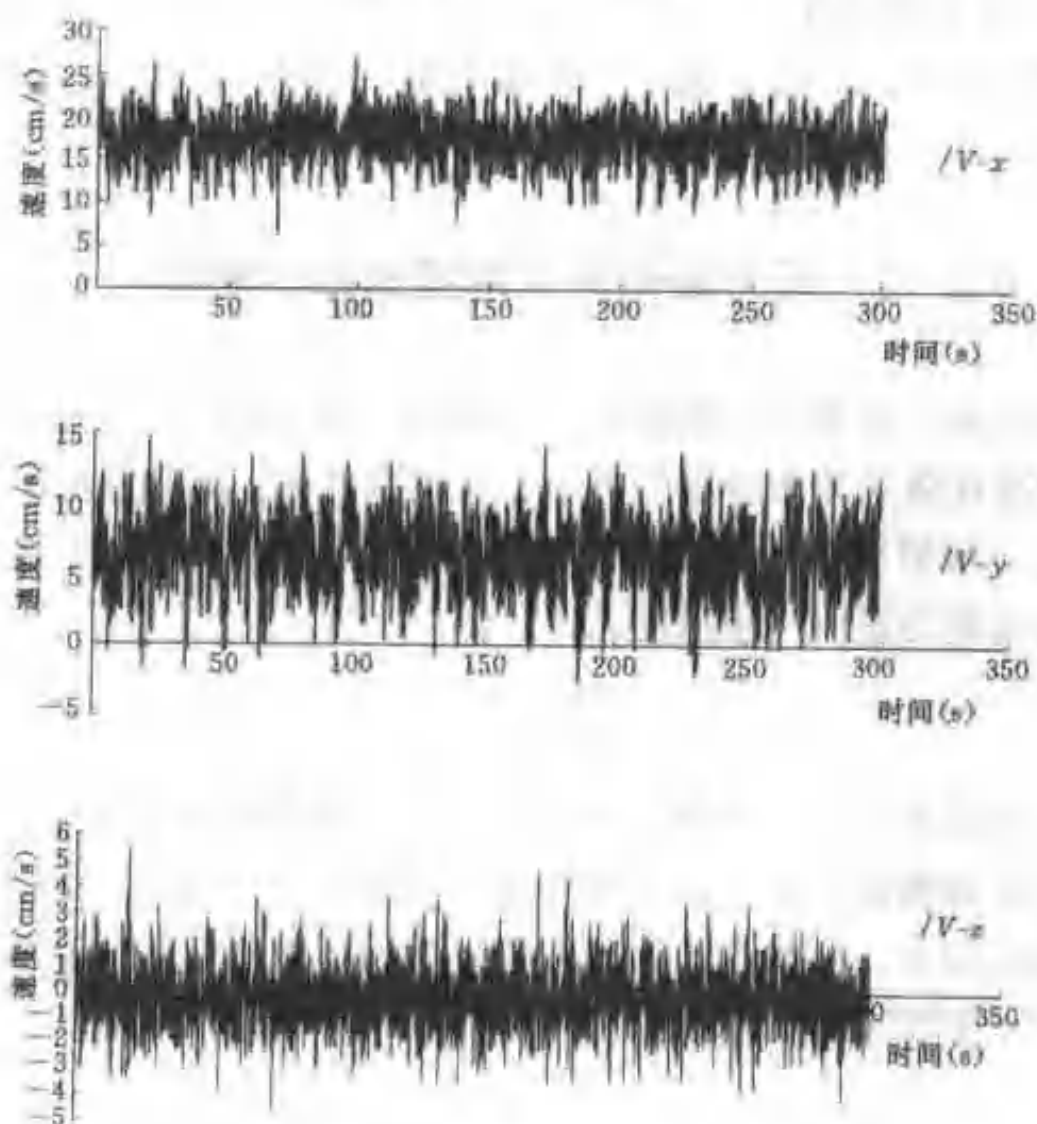


图 2-5 块石附近流速脉动



图 2-6 块石近区冲坑

抛石走失的主要原因。

在实际工程中，曾有抛石工程验收后一年抛石就走失 40% 的例子。

§ 2-2 杆件截面形式对减速率的影响

研究四面六边透水框架群护岸固脚的机理与规律，首先必须提出衡量减速效果的减速率的概念，所谓减速率，即是原河床流速（即无工程措施）减去框架群末端的河床流速（即有工程措施）前后流速的差值与原流速之比。即

$$\eta = \frac{v_1 - v_2}{v_1}$$

式中： η 为减速率； v_1 为原河床流速； v_2 为框架群末端流速。

在恒定流的条件下，在玻璃水槽中对圆形、三角形、正方形三种截面积相等，形状不同的三种杆件进行试验研究，试验布置见图 2-7，研究成果见表 2-1。

以上试验成果表明：

(1) 不同截面型式的四面六边透水框架均有明显的减速效果，即使在距框架群体 65cm（即 5.2 倍杆长处）的下游仍有一

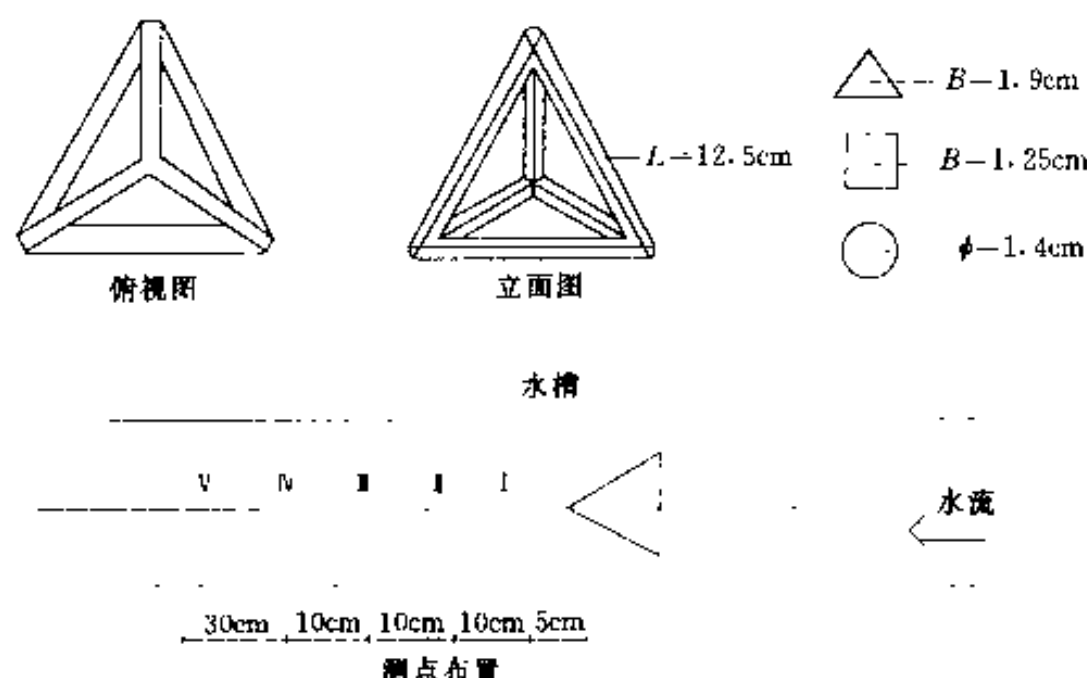


图 2-7 杆件截面形式及试验布置示意图

表 2-1 不同杆件截面形状各垂线平均流速及减速率

流速 截面 型式	第 I 垂线		第 II 垂线		第 III 垂线		第 IV 垂线		第 V 垂线	
	平均 流速 (cm/s)	减速率 (%)	平均 流速 (cm/s)	减速率 (%)	平均 流速 (cm/s)	减速率 (%)	平均 流速 (cm/s)	减速率 (%)	平均 流速 (cm/s)	减速率 (%)
无框架	19.89		20.12		19.56		19.29		18.71	
正方形	4.15	79.23	7.78	61.33	12.64	36.59	13.65	29.24	15.16	18.97
三角形	3.56	82.18	7.09	64.76	11.61	40.92	12.75	33.90	14.94	20.15
圆形	10.32	48.35	13.03	35.24	15.05	23.41	15.8	19.09	16.53	11.65

定的减速效果。

(2) 框架杆件为正方形截面和三角形截面型式的减速效果均明显优于圆形截面型式。

(3) 三种型式的框架体内部流速（距床面 8cm）各不相同，圆形截面较无框架时约衰减 36%，三角形截面较无框架时速度衰减约 62%，正方形截面较无框架时衰减约 71%。

(4) 实际应用时，考虑制作方便、抛投可靠，减速效果好，建议根据工程要求采用正方形截面杆件和圆形截面。

§ 2-3 框架群架空率对减速作用的影响

由室内试验与工程实践得出结论，一个框架逐个单独抛投所组成的框架群与多个框架捆扎在一起抛投所组成的框架群减速效果是不同的，究其原因是不同抛投方式组成的框架群具有不同的架空率，在此采用一个架空率 ε 的概念说明这个问题：

$$\varepsilon = \frac{V}{V_{\text{单}} \cdot N}$$

式中： N 为框架个数； V 为框架群的空间总体积； $V_{\text{单}}$ 为单个四面六边框架空间的体积。

由于长江河段水深，施工时不可能是一个一个有序地摆放，而是采用抛投法施工，四面六边框架有可能彼此楔入，有可能发生套叠，有可能发生架空，故而在实际工程中 $V \neq N \cdot V_{\text{单}}$ ，由于抛投的随机性，难以采用理论方法计算不同抛投组合框架群的架空率，而是采取多次试验的均值。在试验中，取一个 $10\text{m} \times 6\text{m} \times 3.3\text{m}$ 的长方盒（模型比尺 $\alpha_L = \alpha_H = 30$ ， $\alpha_V = 5.48$ ），投放方式为单个投放，二个框架一联投放，三个框架一联投放，四个框架一联投放，按理论规则排列投放，共 6 组，将长方体投满后，取出框架计算其个数，为避免人为因素的干扰，取 10 次投放个数平均，计算出架空率 ε ，在实验中采用的是工程中实际采用的正方形截面杆件的框架。

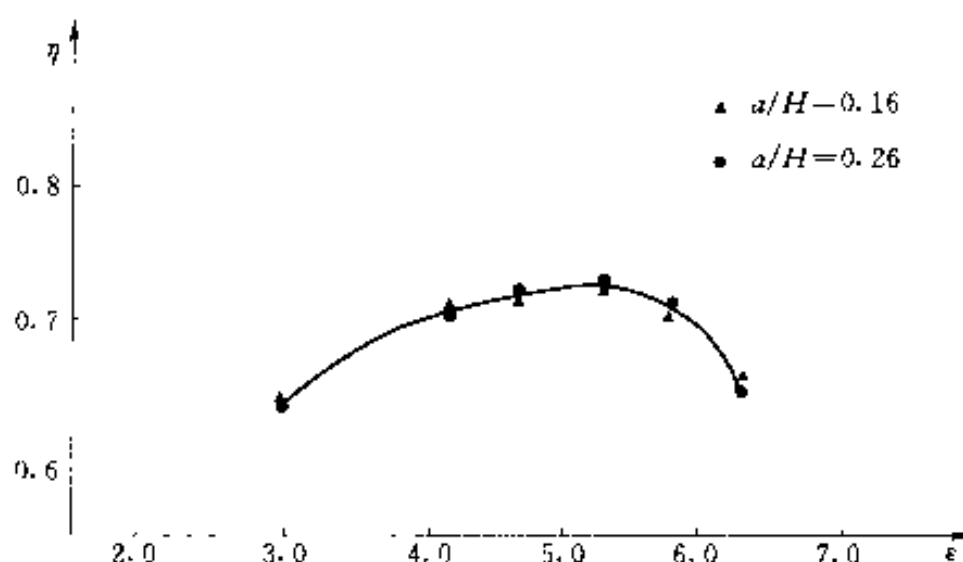
试验过程中水深变幅为 $5.5 \sim 15.5\text{m}$ ，近岸垂线平均流速范围为 $1.16 \sim 5.6\text{m/s}$ 。

试验成果见图 2-8。

由试验中可以有以下认识：

(1) 不同的架空率，对流速场的影响不同，特别是近底流速的衰减影响较大。

(2) 四面六边透水框架群的减速效果，与透水框架群的构成有关，试验资料可以看出，透水框架群的减速效果并非通常人们

图 2-8 减速率 η 与架空率 ϵ 关系曲线 a —架高; H —水深

认为架空率越小越好, 也非越大越好。由图 2-8 可以看出, 架空率 $\epsilon = 4.7 \sim 5.3$ 之间减速率较大, 该段曲线平缓, 因此工程设计中应尽可能使架空率落在该区域内, 由随机抛投框架组成的架空率可参考如下实验数据, 见表 2-2。

表 2-2 不同抛投方式架空率试验实测值抛投层数

抛投方式 \ 架空率	抛 投 层 数			
	一层	二层	三层	四层
单个	6.90	3.76	3.82	3.84
二个一联	6.78	4.15	4.41	4.50
三个一联	6.64	4.76	4.92	5.13
四个一联	6.64	4.88	5.15	5.20

因此, 在实际工程设计时, 可采用四个一联的抛投方式, 抛投层数不少于 2 层, 避免采用单个抛投的方式, 这样既节约原材料, 又有较高的减速率, 是一种优化的组合。

§ 2-4 杆件长宽比与减速率的关系

水力学试验研究选择杆截面为 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ (原型值), 按不同

的长宽比确定透水框架的边长,制作出模型四面六边透水框架。试验中根据杆件长宽比为 10 的架空率与减速率的关系,选择不同的架空率观测杆件长宽比对减速率的影响,杆件长宽比与减速率关系见图 2-9。

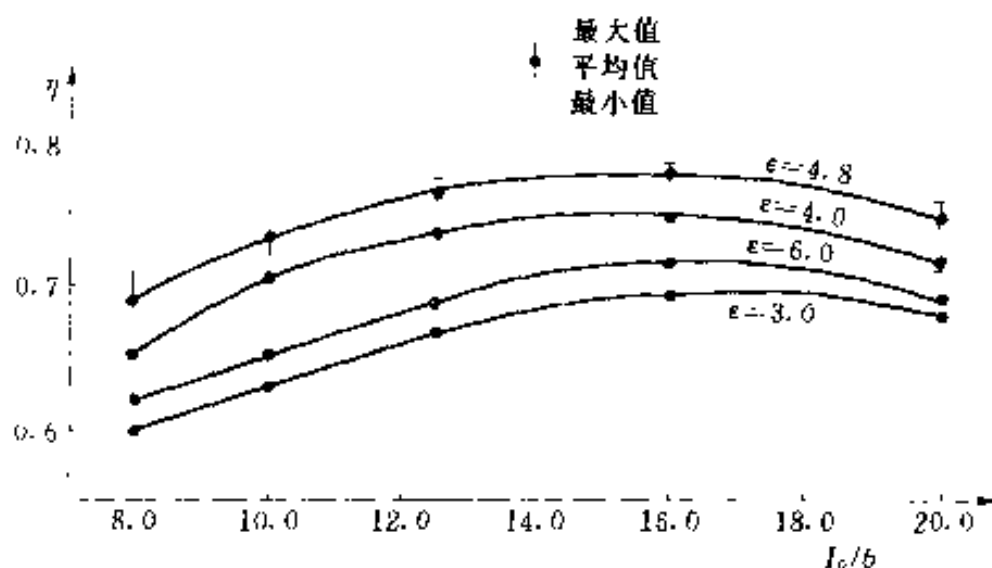


图 2-9 杆件长宽比与减速率关系

由试验研究成果可以看出,在架空率一定的情况下,随着杆件长宽比增加,减速率也开始增加,杆件长宽比为 16 时减速率最高,当杆件长宽比进一步增加,减速率则逐步降低,成果表明杆件长宽比在 10~20 范围内减速效果都较好。在试验研究中观测到,框架的四个节点附近杆件间距小,其分割碰撞水流的效果降低,因而杆件两端的减速作用低于中部。杆件长宽比加大,受节点影响的两端长度相对减小,杆件对水流作用的效率提高,减速率增加。杆件长宽比过大,则水体中杆件体积显著减小,因而对水流的作用也减弱。架空率和最优细长比的研究都说明框架群在具有恰当的透水性时减速效果较好,过密或过疏都会影响其减速效果。因此,四面六边透水框架群的减速效果同时受架空率和杆件长宽比的控制。曾对不同细长比杆件进行材料力学试验,以 $\phi 10$ 钢筋, C15 混凝土构成断面 $6\text{cm} \times 6\text{cm}$ 、 $8\text{cm} \times 8\text{cm}$ 、 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的杆件进行抗折荷载试验,其结果见表 2-3。

在工程实践中要根据施工条件,如运输能力,抛投条件及杆件的自身强度等合理地选择杆件长度,以达到优化目的,据材料

试验研究结果及实践经验, 建议取值范围为 10~15 为宜。

表 2-3 杆件抗折试验结果

试样尺寸 (cm×cm×cm)	细长比	抗折强度 (kN)	备注
6×6×100	16.7	2.4	
8×8×100	12.5	4.38	
10×10×100	10.0	6.61	

§ 2-5 框架群平面布置对近底流速的影响

研究框架群在平面上的优化布置, 以求得到在减速效果好的前提下最经济最合理的平面布置, 针对长江水情工情和黄河水情工情江西省水利科研所和河海大学水电学院水力试验室以及水利部西北水科所进行了研究。

西北水利科研所进行利用框架群减速促淤, 治理多沙游荡性河道的研究中, 在平面布置上采用了由顺堤与隔堤组成的各种梳状布置, 见图 2-10~图 2-13。

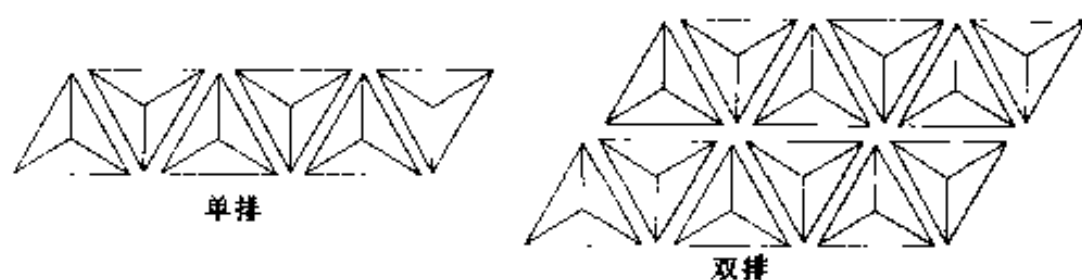


图 2-10 框架平面排列示意

西北所的试验成果表明:

(1) 在不同的边界水流条件下, 四面六边透水框架具有十分明显的减速落淤效果, 利用它落淤造滩冲槽整治多沙河道是完全可能的。

(2) 四面六边透水框架单体重心较低, 具有良好的稳定平衡性, 即使在水流冲击下发生了位移、滚动, 仍能保持其高度不

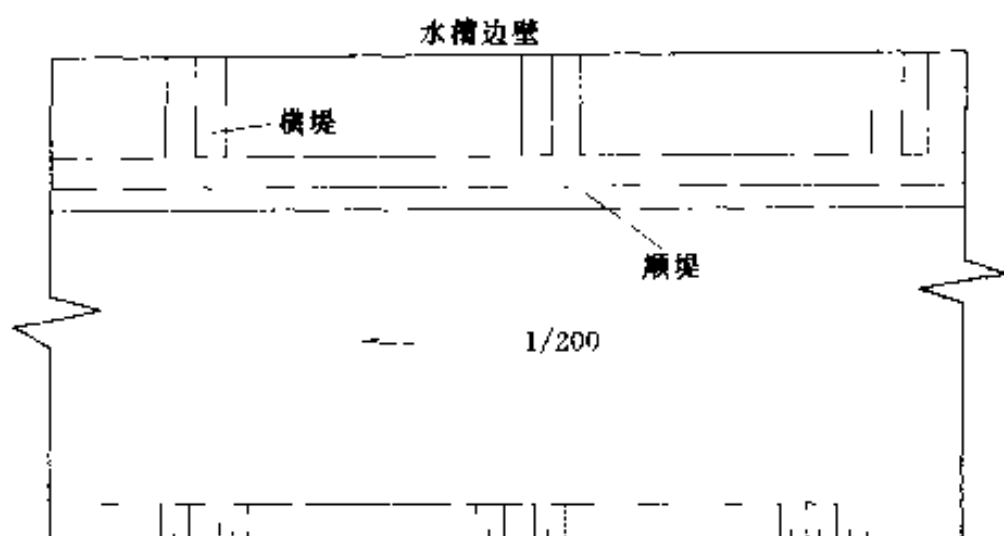


图 2-11 梳状布置示意

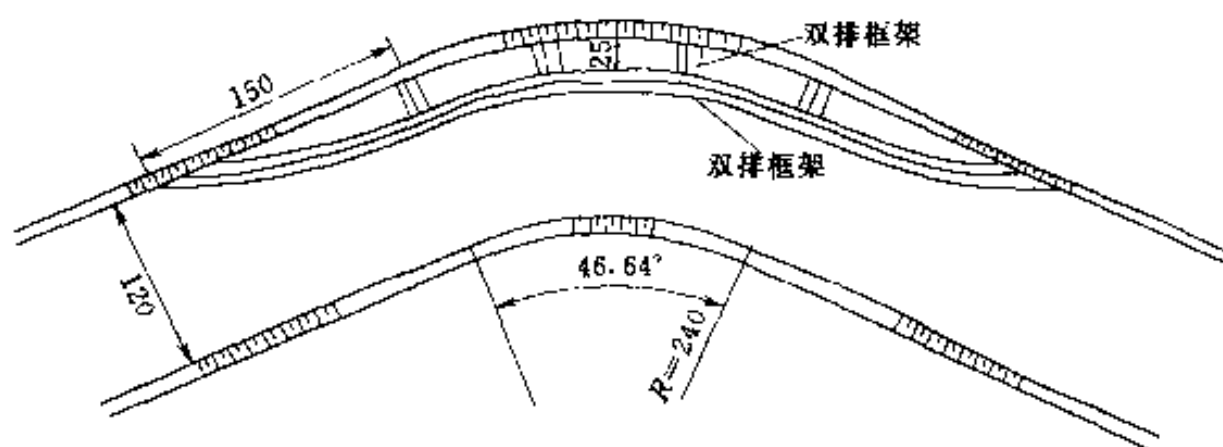


图 2-12 梳状布置示意 (单位: cm)

变, 继续发挥作用。

(3) 四面六边透水框架减速效果, 除了与水沙条件等有关外, 与透水框架布置梳齿的密疏程度有很大关系, 梳齿布设密度越大、减速落淤效果就越好。

江西省水利科学研究所对长江的水情工情, 进行了四面六边透水框架群平面布置形式的研究, 对梳式布置与平顺式布置进行了比较, 其方案比较见图 2-14。

按图 2-14 三种型式进行测验, 测速断面布置见图 2-15 (图中尺寸均为模型值), 测得其 v_1 、 v_2 的变化如表 2-4 所示。

远岸侧顺水流方向布置一条宽度为二个框架组成的连续埂 (相当于梳背), 埂和岸之间垂直流向布置一系列梳齿。齿宽也为二个框架, 埂至岸边的净间距为梳齿长度, 以 b 表示。齿宽 (顺流向长度) 以 L 表示, 梳齿净间距以 ΔL 表示, 试验中采用

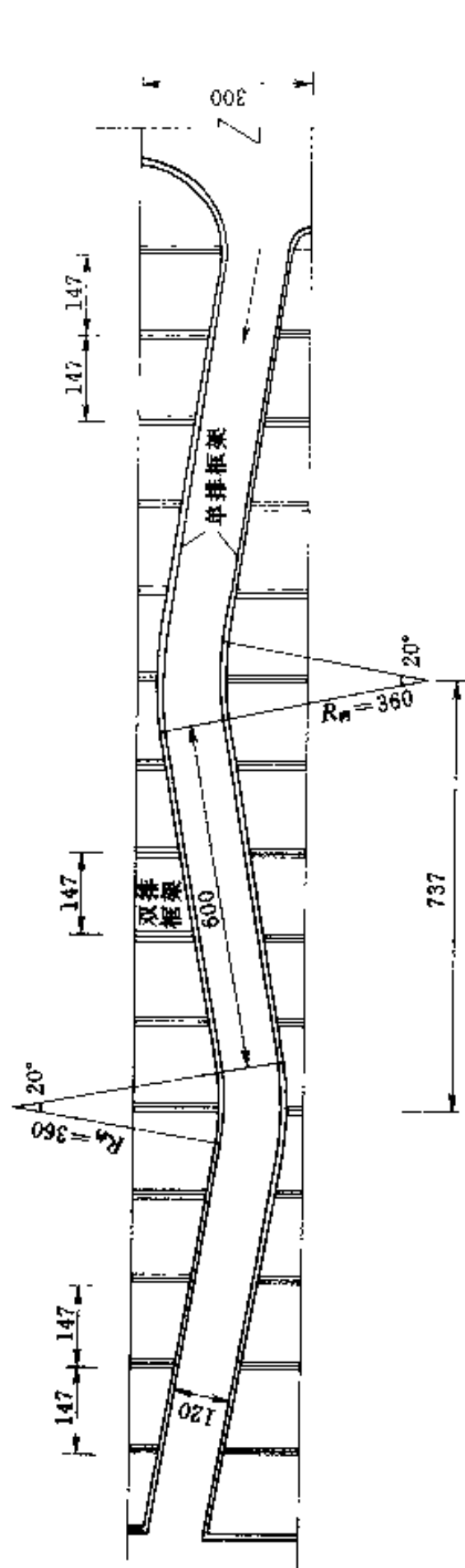
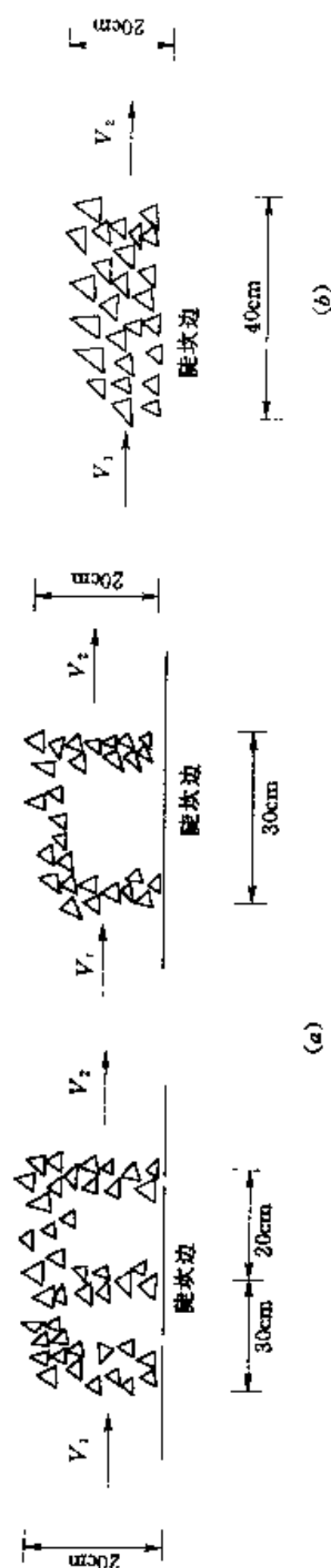


图 2-13 梳状布置示意图 (单位: cm)



(a)

(b)

图 2-14 框架群平面布置方式示意图
(a)梳式布置; (b)平顺式布置

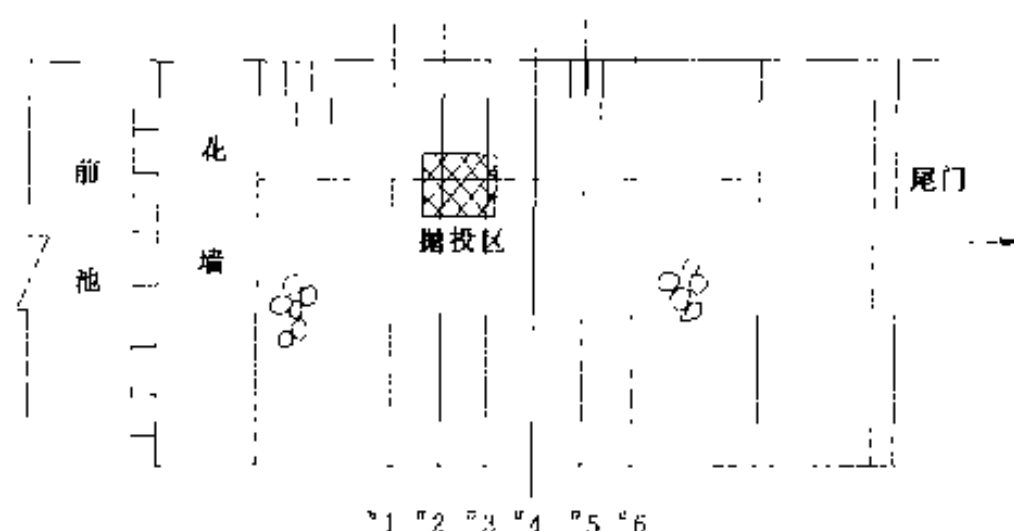


图 2-15 模型测速断面示意图

表 2-4 平顺式布置与梳式布置减速率比较

位 置		原河床流速	梳式流速	流速缩减 减速率	平顺式流速	流速缩减 减速率
#2	底	9.1	4.5	51	4.9	46
	坎上	14.0	11.5	18	10.6	24
#3	底	8.9	2.1	76	2.6	71
	坎上	15.4	11.8	23	5.3	66
#4	底	11.2	4.4	61	4.6	59
	坎上	14.3	14.2	0.7	12.8	11
#5	底	10.3	7.5	27	8.2	20
	坎上	15.5	12.5	19	11.5	26
#6	底	12.3	9.9	20	10.7	13
	坎上	17.5	12.5	29	14.7	16

$\Delta L/L$ 为 3、7、15 和 b/L 为 2、4、6 的几组布置研究梳齿布置对减速率的影响,试验架空率采用 6。实验表明,减速率与齿距关系明显,而与齿长的关系不明显,减速率与齿距宽比关系曲线见图 2-17。

但由于考虑长江护岸、施工条件,水深,流速大,有时水深超过十多米,施工时难以达到梳式的布置形式,只能采用平顺护岸方式。

梳式布置在季节性河道中应用较方便,利用枯水期可以人工

摆放, 布置形式能得到施工保证。



图 2-16 梳齿形布置方案

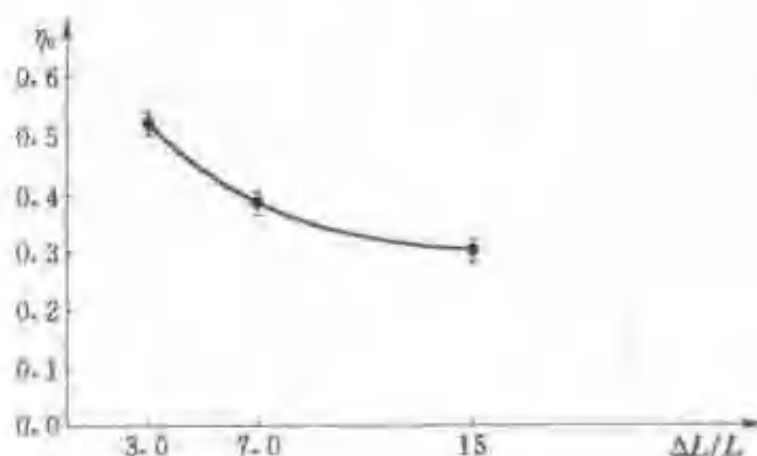


图 2-17 梳齿形布置的减速率
与距齿宽比的关系曲线

§ 2-6 框架群的长度和间隔长度 对近底流速的影响

为尽量利用框架群的减速效果, 节省护岸材料, 因此采用平顺抛一段间隔一段的布置形式, 在江西河道工程实践中几乎全部采用这种形式, 在实验室内也对抛投段的长度, 间隔段的长度进行了研究。

试验中对框架群的抛投长度、宽度和高度进行对比研究。结果见图 2-18~图 2-20。



图 2-18 平顺抛护间隔布置方案

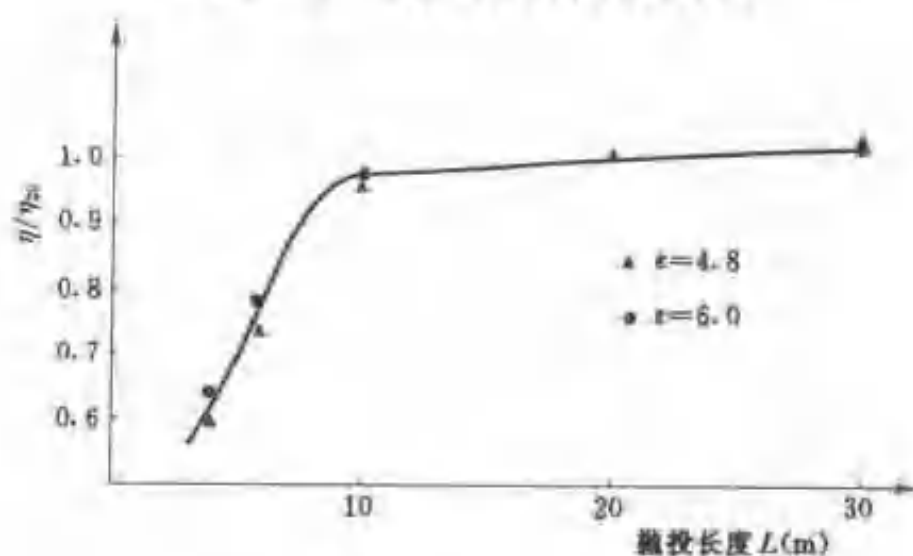


图 2-19 减速率比与框架体长度关系曲线

试验表明:

(1) 框架群长度与减速率的关系: 当抛投长度大于等于 10m 时, 增加抛投长度对间隔区近底流速影响不明显, 以不同抛投长度的减速率与抛投长度在 10m 的减速率之比 η/η_2 进行比较, 试验数据见图。从图中可以看出, 抛投长度大于 10m 后, 减速率变化仅 1~2 个百分点。

(2) 框架群间隔与减速率的关系: 试验中采用不同的抛投间隔, 实测间隔内的近底流速, 以不同间隔长度的减速率与间隔

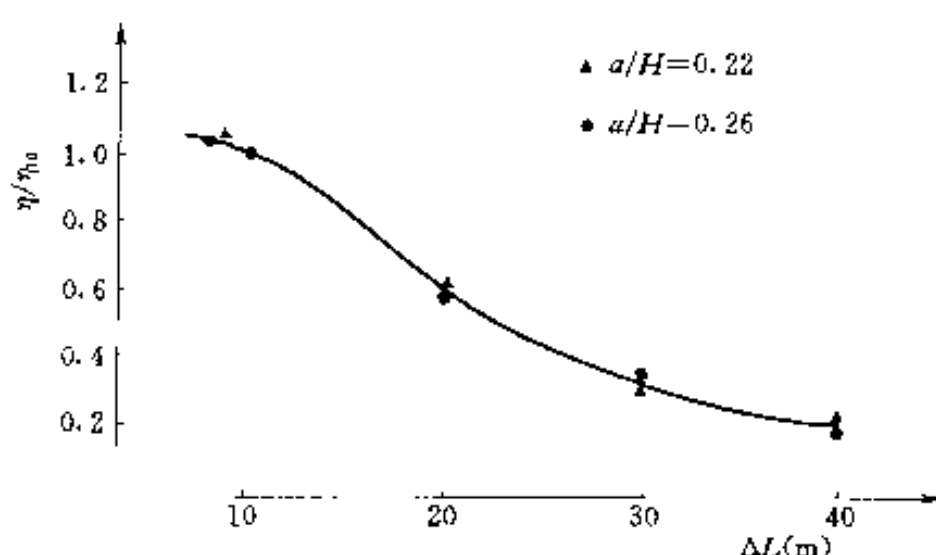


图 2-20 减速率与框架间隔长度关系曲线

10m 的减速率之比 η/η_1 。实验数据见图 2-20。

试验表明, 间隔小于 10m 时, 减速率变化不大, 间隔内减速率相近; 当间隔大于 10m 时, 流速明显降低。因此, 当工程要求减速率较高时, 间隔应不大于 10m。

§ 2-7 框架群的高度对减速率影响

从试验研究中观测到, 框架群高度 a 对减速率影响较小, 当水深 H 不变, 增加框架群高度, 减速效果主要表现在减速区高度增加 (减速区高度约为 $0.8a$), 近底流速度化不显著, 试验数据表明, 当 a/H (H —水深, a —框架群高度) 在 $0.16 \sim$

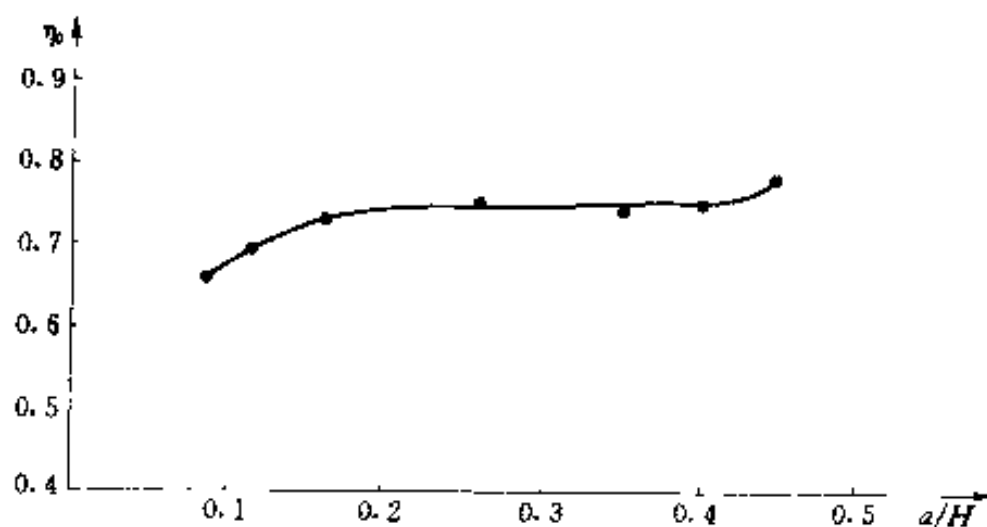


图 2-21 减速率比与框架相对高度关系曲线

0.35 范围内, 减速率变化甚微, 见图 2-21。

在框架群顶部附近, 流速梯度较大, 流速脉动增强, 水流紊乱, 减速率显著降低且不稳定, 这是由于水流边界条件骤变所致。

§ 2-8 框架群的宽度对减速率的影响

四面六边透水框架群宽度增加对近底流速的衰减无显著影响, 主要表现为减速区宽度增加。试验宽度变幅为 4.8~21.6m。

框架群对框架外侧(远岸侧)河底也有一定的减速作用, 其影响范围 B 主要与水深 H 、框架体高度 a , 宽度 b 及河宽有关。当河道宽深比大于 10, 且河宽大于 10 倍框架群宽度时, 另一侧河岸对框架群减速作用无明显影响。在不受另一侧河岸影响的条件下, 四面六边透水框架群对远岸侧河底的减速影响宽度 B (从框架外侧算起) 约为 1.2~2.6 倍水深, 在框架外侧 3~5m 范围内, 减速率可达 12%~20%, 见图 2-22。

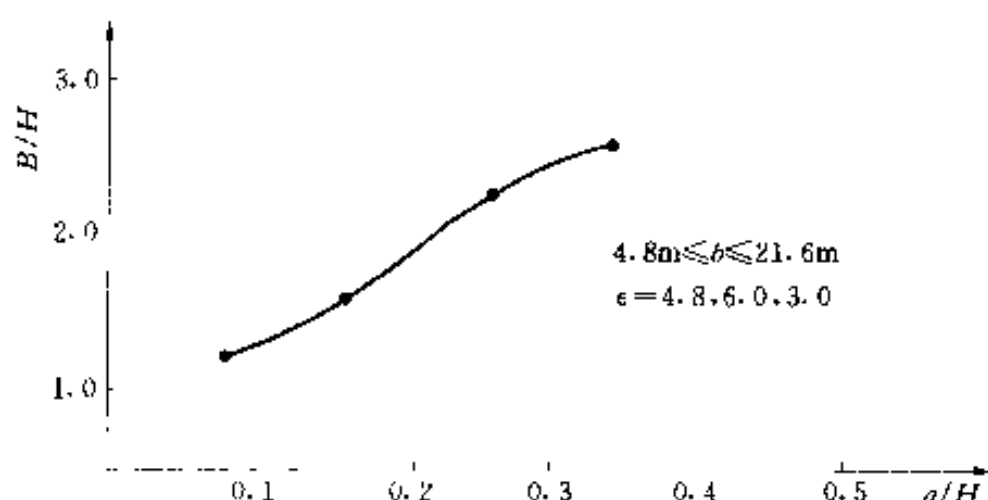


图 2-22 河底减速影响宽度与框架群相对高度关系曲线

§ 2-9 近岸流速对框架群减速效果的影响

试验近岸流速范围在 1.16~5.61m (原型值) 范围内。试验成果表明, 原河道近岸流速的大小对四面六边透水框架群的减速

率影响不显著, 成果见表 2-5。

表 2-5 近岸底流速对减速率的影响

H (m)	a (m)	v_n (cm/s)	v_0 (m/s)	η	几何比尺
7.35	1.92	1.16	0.32	0.72	30
7.35	1.92	1.97	0.47	0.74	30
6.0	0.96	3.08	0.86	0.72	30
12.0	1.92	2.55	0.69	0.73	30
7.38	1.92	4.25	1.11	0.74	30
7.38	1.92	3.95	1.07	0.73	30
7.38	1.92	5.61	1.46	0.74	60
10.98	3.84	4.65	1.21	0.74	60
10.98	3.84	4.65	1.16	0.75	60
10.98	3.84	4.65	1.30	0.72	60
12.00	1.92	5.24	1.26	0.76	60

§ 2-10 顶冲水流及弯道对框架群 减速效果的影响

当水流顶冲河岸时, 框架群间隔段减速作用有所降低, 包括减速率与减速范围 (即减速宽度)。其流态见图 2-23。研究成果表明, 在顶冲部位, 框架群间隔段减速率降低 4%~20%, 减速率随水流顶冲角 (水流主流与河岸交角) 增大而降低, 顶冲水流减速率 η' 与平顺水流减速率 η 之比, η'/η 与顶冲角的关系见图 2-24。

成果表明, 位于顶冲区的框架群间隔段宽度也有所减小, 顶冲角增大, 减速宽度减小, 顶冲角为 45°左右时, 减速区宽度缩小 50%左右, 试验数据点绘于图 2-25, b 为框架群宽度, b' 为缩小后的减速区宽度, α 为顶冲角。

不形成较强环流的弯道 (凹岸) 水流, 对框架群的减速效果无明显影响。



图 2-23 顶冲区水流态

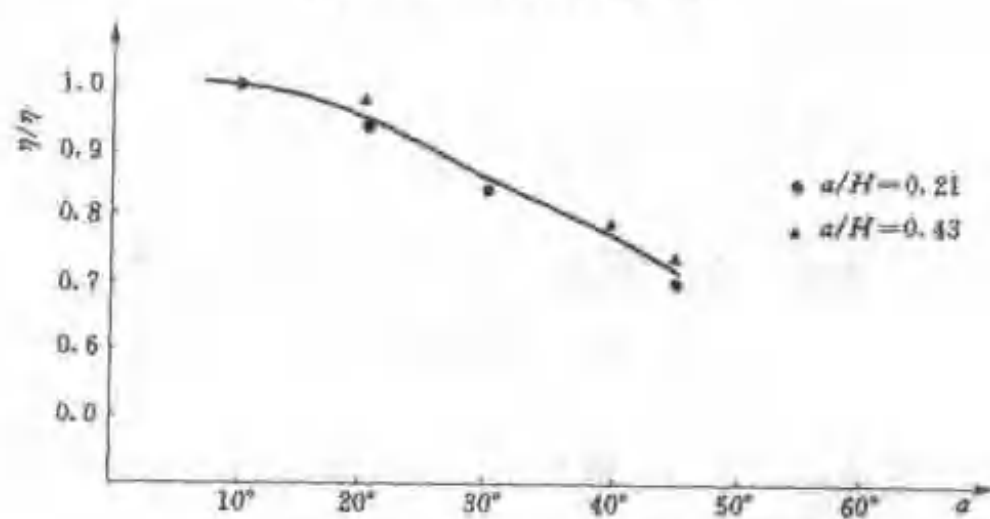


图 2-24 减速率比与顶冲角关系曲线

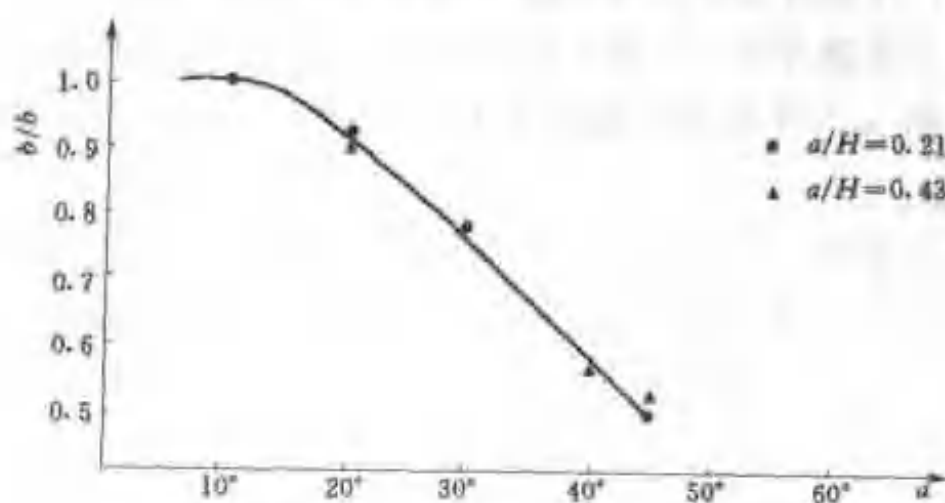


图 2-25 减速宽度与顶冲角关系曲线

§ 2-11 结 论

(1) 四面六边透水框架群具有显著的降低岸坡及河道近底流速的功能, 框架截面以正方形为实用, 若选择适当的长宽比和架空率, 近底流速减速率可达 0.7 以上, 江西工程常用的 $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 100\text{cm}$ 的杆件, 框架三个一串或四个一串联结抛投方案, 近底流速减速率可达 0.63~0.73。

(2) 四面六边透水框架群具有较强的抗冲刷能力和自我保护能力。在有效保护工程区河床免受冲刷的同时, 对工程以外一定范围的河床也具有保护作用, 从而提高了自身的稳定性。当流速过大冲刷严重时, 工程区边缘出现因外侧冲深而崩塌时, 最外侧的四面六边透水框架会随之塌落, 保护工程区免受进一步冲刷。

(3) 平顺抛护时, 四面六边透水框架的减速效果还受抛投长度和抛投间隔长度的影响。当抛投长度大于 10m, 间隔长度不超过 10m, 可得到较大的减速率; 当工程对减速率的要求不太高时, 可适当增加间隔长度或采取梳形布置。

(4) 四面六边透水框架群的高度对减速率影响不大, a/H 在 0.16~0.35 范围内减速率变化不明显; 当 $a/H < 0.16$ 时, 减速率稍有下降, $a/H > 0.35$ 时, 减速率略有增加。四面六边透水框架群宽度对减速率无明显影响, 仅是影响减速区的宽度。

(5) 近岸流速大小对四面六边透水框架群的减速率无明显影响。

(6) 水流顶冲部位减速率有所下降, 减缩宽度有所缩小。不产生强烈环流的弯道, 对框架群的减速率无明显影响。

(7) 梳齿布置的四面六边透水框架, 也具有明显的减速效果。这种布置方式适用于施工方便的枯水露床的河道上。

(8) 工程中可根据施工条件, 采取 3~4 个一联抛投方式, 抛投层数不少于两层, 可得到较优的架空率, 其相应的减速率较高。

第三章 工程实例

四面六边透水框架群技术应用于江河护岸固脚河道整治工程始于 1996 年,由江西省水利科学研究所组织实施或指导实施,分别在九江长江大堤、赣江大堤、黄河、新疆等河道 20 多个工程点进行了应用,均取得了比较满意的效果。

为便于比较完整地了解工程的具体实施情况,本章列举较有代表性的三处工程实例,以资参考。

§ 3 1 江西省九江长江大堤赤心堤固岸工程

一、工程概况

赤心堤位于江西省九江长江堤岸上游的九江县境内,属江西省长江干流堤岸的上段,与上游的梁公堤、下游的永安堤共同保护耕地面积 22.24 万亩,保护人口 36 万人,保障京九铁路、昌九公路的畅通。

赤心堤江堤置于长江 I 级阶地上,河流冲积平原堆积的 I 级阶地宽 0.5~3.5km,坡度平缓,略微南倾。地面高程 16~20m,最低处高程 12.8m。长江九江段南岸呈弓形,为江流冲刷岸段。九江地区的地震烈度为 6 度。大堤江岸位于第四纪全新统冲积层上,冲积层一般为 30~50m 厚,较完整的地质剖面自上而下分为 6 层,即粉质粘土、壤土、砂壤土、粉细砂、中细砂和圆砾砂,以下为基岩。其中粉细砂呈灰白色,厚度 10~15m,分布高程为 8~11m,该层常处于长江枯水的变化带和岸坡脚。

长江南岸江西九江段沿岸粉质细砂层厚度大,结构疏松,抗冲能力差,受江水淘刷常常产生崩岸,成为长江堤岸的主要工程

问题。如何切实有效地防止该粉细砂层被江水淘刷,是稳定岸线防止崩岸发生的关键,因此对赤心堤江岸崩岸险情的发生进行堤脚加固整治,是非常必要的。

二、试验工程任务

九江县赤心堤江岸整治工程为长江干流江岸堤防加固整治工程诸多项目的分段项目之一。赤心堤江岸加固整治工程原设计(江西省水利规划设计院设计)系采用实体抗冲护岸形式,即设计枯水位以上采用块石护岸或修复,设计枯水位以下进行抛石固岸,其中桩号为 $8+000\sim 10+688$ 赤心堤段江岸抛石总方量为 19.63万 m^3 。经技术经济比较,决定在赤心岸 $8+000\sim 10+688$ 改为实施钢筋混凝土四面六边透水框架群固岸技术,作为新型的护岸技术推广应用试验工程。

根据此前在长江堤上进行的多次小型试验工程的经验数据表明:抛投1架边长为 1m 的钢筋混凝土框架与抛投 1m^3 的块石相比较,一个框架可淤沙 1m^3 以上。由此,按原江西省水利规划设计院的抛石护岸设计原则设计钢筋混凝土框架群护岸方案,在赤心岸 $8+000\sim 10+688$ 范围内需抛投钢筋混凝土框架,以达到不少于抛石工程方量 19.63万 m^3 的泥沙淤积方量,起到等同的固岸效果。

三、护岸工程设计

1. 基本资料

(1) 近岸流速。赤心堤河段高水位时,实测近岸测点最大流速 2.0m/s ,垂线平均流速 1.37m/s ,实测近岸流速 $1.25\sim 1.59\text{m/s}$ (江西省水文局1998年8月测),表明近岸流速大于河段江岸不冲流速 1.2m/s 的极限值。

(2) 设计枯水位。设计枯水位原则上取护岸河段12月至次年3月水位的多年平均值。赤心段设计枯水位取为黄河高程 9.11m 。

2. 护岸型式的选择

赤心段江岸加固整治工程原设计系采用实体抗冲护岸型式,

即采用块石护岸,对于设计枯水位以上进行原坡修复,对于设计枯水位以下进行抛石固岸,其中赤心岸 $8+000\sim 10+688$ 段抛石总量 19.63万 m^3 。经技术经济比较,建议在赤心岸 $8+000\sim 10+688$ 段,实施钢筋混凝土四面六边透水框架群固岸技术。作为新技术推广项目,其优点如下:

(1) 改岸边局部冲势为不冲或淤势,起到护住河岸、稳住岸坡的作用。四面六边透水框架群护岸属减速不冲护岸类型,该护岸方式有明显的分散水流消杀能量和降低流速的作用,减速率可达 $40\%\sim 70\%$ 。在以往长江永安、马湖、东升等堤段护岸试验工程中,证明该技术落淤固岸效果十分明显。与抛石固岸的实体抗冲护岸型式相比,该技术能解决抛石固岸根石不稳,以致护岸工程本身失稳的问题,避免年年抛石年年被冲的现象发生。

(2) 投资省,效果好。在九江长江堤段上几处四面六边透水框架抛投试验表明:经过一个汛期,平均 1 个框架可淤积 1m^3 以上,抛投一个钢筋混凝土四面六边透水框架的直接工程费,较抛投 1m^3 块石的直接工程费相当,抛框架具有特殊的稳定性和耐久性,避免了块石年年冲失,逐年补抛的现象,长期护岸固脚费用明显低于抛石,护岸效果更优。

(3) 应用混凝土预制构件,可实现工厂化生产,避免过多开采块石,保护了环境。

综上所述,在赤心岸 $8+000\sim 10+688$ 段采用四面六边透水框架群固岸技术上可行,经济上合理。考虑到本工程的重要性,四面六边透水框架采用钢筋混凝土杆件组成。

3. 护岸工程设计及技术要求

(1) 框架技术指标。钢筋混凝土四面六边透水框架是由 6 根长 1m 、断面 $0.1\text{m}\times 0.1\text{m}$ 的混凝土杆件焊接拼装面成,杆件中央预埋 1 根长 1.3m 的 $\phi 10$ 钢筋,混凝土设计强度为 R150 (C14),外露钢筋段以沥青涂刷作防锈处理。

(2) 抛护设计原则:

1) 四面六边透水框架群固岸工程在南方深水位河道基本按

照平顺间隔方式布置,由于本工程当时最佳平面布置的系列模型试验尚未进行,故采取经验布置,即顺水流方向抛 40m,间隔 10m 的布置方式。

2) 矶头以及地形复杂的江岸段,连续抛护。

3) 抛护最高点高出设计枯水位 0.5m,即 9.61m(黄海高程);岸坡抛护普遍厚度不小于 1.5m,坡脚抛护形成宽为 6m 的平台,且平均厚度不小于 2.5m;岸坡抛护坡度以岸坡陡于 1:2.5 的江岸抛至 1:2.5,岸坡在 1:2.5~1:4 之间的按原坡抛护原则确定,抛护形成的 6m 宽平台以下以 1:3 坡度控制(见图 3-1)。

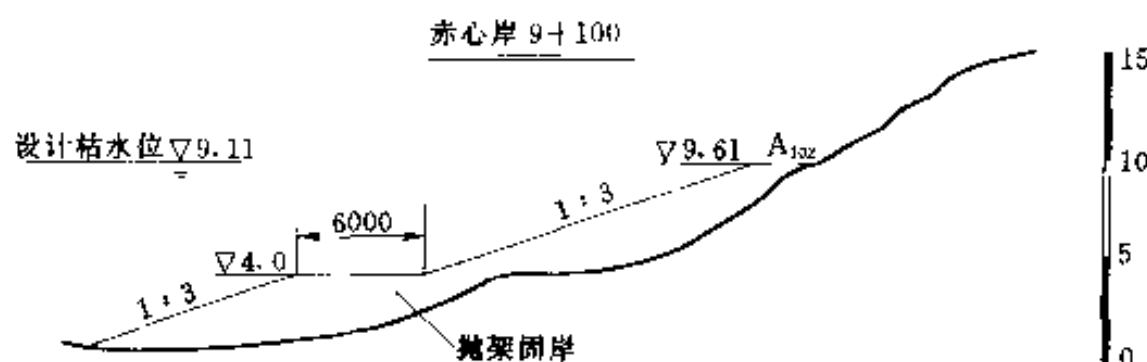


图 3-1 典型断面框架抛护示意图

4) 抛护厚度与抛投层数的折算按架空率 $\epsilon = 6$ 推算,即每 m^2 抛护面积中以每米抛护厚度抛 1.3 架计。

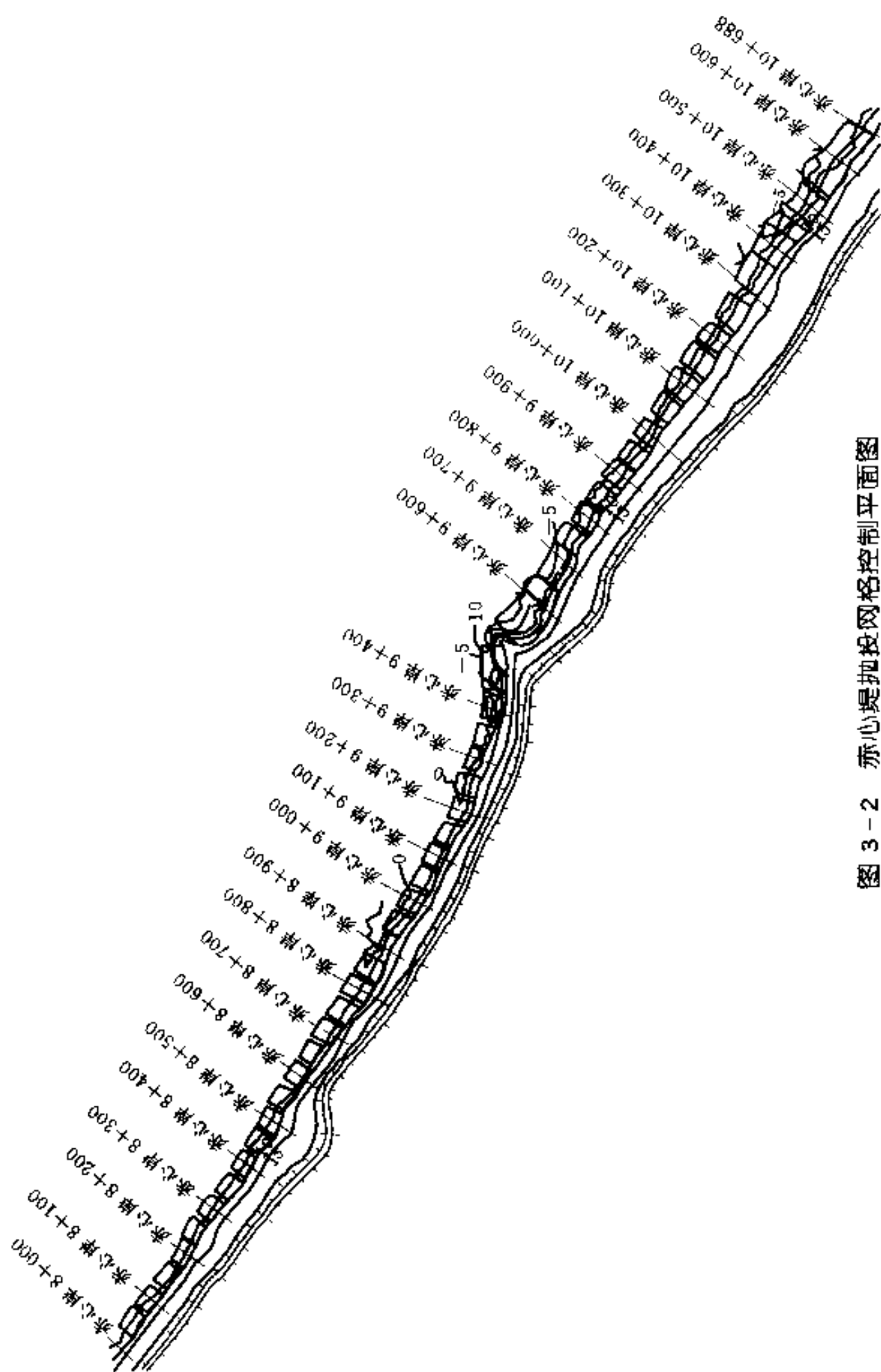
(3) 抛投网格划分及施工测量放样:

1) 抛投以经纬仪、定位船和测绳控制定位,划分网格进行抛投,网格基准线放样于江岸。

2) 网格垂直于水流方向的划分均以原设计的控制断面为基础,分别向上下游平移一定距离(一般为 20m)划分,以形成网格上下游垂直线。顺水流方向的网格线,按抛护坡脚和抛护岸坡两大段划分,坡脚抛护细分为抛护平台以下的 1:3 斜坡网格和 6m 宽的平台网格,岸坡按每 6m 为间隔划分,形成顺水流方向网格线(见图 3-2)。

(4) 框架抛投及计量控制:

1) 抛投选在中低水位期进行,抛投从下游向上游逆流进行,



抛投由远岸边渐向近岸进行。

2) 抛护定位经测量放样、测绳测距后, 将定位船抛锚定位于抛投网格内, 框架运输船按测绳标定的网格和设计抛投数量抛投。

3) 按网格设计的框架抛投数进行抛投, 每一组划的网格内框架抛投数误差不大于正负 5%, 大网格内抛投数误差不大于正负 5%。

4) 网格内框架个数以该网格所需抛投的体积除以单个框架的外轮廓体积再除以架空率数即为所得。正三棱体的体积为 $0.1179a^3$, 其中 a 为棱体边长。

(5) 抛投工程量计算: 根据江西省水利厅九江市水文分局 1998 年 12 月经纬仪测图资料, 按上述抛投原则, 经计算共需抛投框架 19.60 万架 (见表 3-1)。最终工程量以九江长江堤防整治工程指挥部、设计单位、监理单位经量测核定、承包方认可的工程量为准。

表 3-1 赤心堤 8+000~10+688 堤段设计抛投工程量表

断面号	桩 号	抛护长度 (m)	区间抛投框架数 (架)	
			断面上游	断面下游
80	8+000			
81	8+050	40	1098	1098
82	8+100	40	1350	1350
83	8+150	40	1077	1077
84	8+200	40	1112	1112
85	8+250	40	1184	1184
86	8+300	40	1099	1099
87	8+350	40	1186	1186
88	8+400	40	1228	1228
89	8+450	40	1438	1438
90	8+500	40	1329	1329

续表

断面号	桩 号	抛护长度 (m)	区间抛投框架数 (架)	
			断面上游	断面下游
91	8 + 550	40	1542	1542
92	8 + 600	40	1538	1538
93	8 + 650	40	1571	1571
94	8 + 700	40	2202	2202
95	8 + 750	40	1718	1718
96	8 + 800	40	1810	1810
97	8 + 850	40	2057	2057
98	8 + 900	40		
99	8 + 950	40	1856	1856
100	9 + 000	40	1656	1656
101	9 + 050	40	1572	1572
102	9 + 100	40	1349	1349
103	9 + 150	40	1253	1253
104	9 + 200	40	980	980
105	9 + 250	40	2207	2207
106	9 + 300	40	1292	1292
107	9 + 350	40	2284	2284
108	9 + 400	40	1777	2576
109	9 + 468	42	5757	2518
110	9 + 494	36	3028	5358
111	9 + 540	53	4370	5701
112	9 + 600	74	4199	6159
113	9 + 674	33	2896	1882
114	9 + 700	38	2163	2404
115	9 + 750	40	2513	2513
116	9 + 800	40	1517	1517

续表

断面号	桩 号	抛护长度 (m)	区间抛投框架数 (架)	
			断面上游	断面下游
117	9+850	40	1814	1814
118	9+900	40	1573	1573
119	9+950	40	1703	1703
120	10+000	40	1698	1698
121	10+050			
122	10+100			
123	10+150			
124	10+200			
125	10+254			
126	10+300	41	2439	1908
127	10+336	45	2153	3229
128	10+400	41	2585	1340
129	10+428	45	2206	4886
130	10+500	55	3426	2652
131	10+558	45	3526	3085
132	10+600	65	2540	5322
133	10+688	44	4154	

四、施工组织

1. 工程条件

(1) 对外交通条件。本工程施工时对外交通有公路运输和水路运输。公路有九江至瑞昌、九江至湖口、湖口至彭泽等干线公路,路线与堤线基本平行,且有多乡间公路或农用机耕道连接干线公路与堤身。堤顶为泥结碎石路面,工程施工时堤顶可通汽车,水路有长江及鄱阳湖航线,可行驶 2000t 级以上船只,沿线有码头镇、城子镇、市区、新港、湖口、红光、彭泽、马挡及江新洲等大小码头。

赤心段江岸应用四面六边透水框架群技术整治固岸工程所在地距九江市公路距离约 30km,距码头镇水路约 20km。

(2) 施工特点。本工程主要施工特点: ①施工交通条件较好, 施工干扰较少; ②施工工程量大, 由于框架抛下后, 框架抛护堤段难以抛锚停船, 锚可能被框架挂住, 要求施工一次到位, 大汛期抛投结束, 故施工工期紧, 强度高; ③水下抛投框架, 抛投断面控制难度大; ④抛投地段无大面积杆件预制场地, 只有少量滩地可供框架拼装时使用。

(3) 施工工期。本工程 1999 年 2 月 17 日开工, 1999 年 5 月 30 日 (汛前) 完成全部的框架抛投, 施工工期 103 天。

2. 自然条件

(1) 水位、气象。长江江西段水位全年以 7~9 月份为高水位期, 水位超过 19m (吴淞高程, 下同) 的持续时间 1~2 个月; 12 月至次年 3 月, 多年平均水位 11m。长江流量主要集中在汛期 5~10 月, 占年流量的 73%。本工程施工期水位按多年平均水位 11m 进行施工组织, 施工期间的 4~6 月降水量约占年降水量的 48%。

工程地处亚热带向北亚热带的过渡区, 气候温和, 四季分明。年平均气温 16~17℃, 年降水量为 1300~1600mm。年无霜期为 239~266 天, 年平均湿度 75%~80%。风向冬季偏北, 夏季偏南。

(2) 地形条件。岸坡与江堤之间有宽度不等的滩地, 滩地高程 19m 左右, 枯水期露出水面, 可作为施工场地。

(3) 建筑材料。距江岸码头约 1km 处有瑞昌码头镇石料场, 碎石料 (石料场加工破碎) 经水路运达各预制件场, 平均运距 20km, 砂料购进, 砂驳运至岸边, 传送带输送至预制场。

3. 工程施工

四面六边透水框架群护岸工程施工程序见图 3-3。

框架抛投选择在中低水位时施工。施工前要求做好抛投段的测量工作, 用经纬仪定位, 控制网格内抛投架数 (见图 3-4)。抛投从下游往上游逆江进行, 由近岸向远岸抛投。

4. 施工总布置

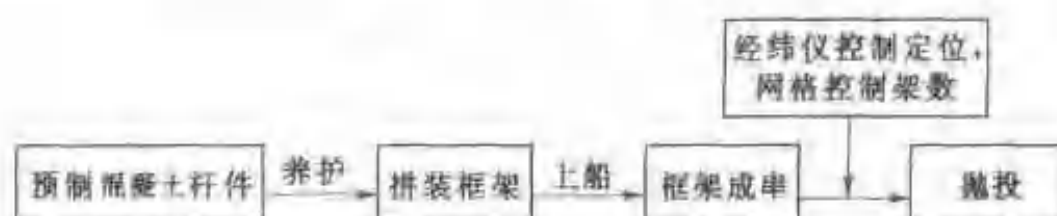


图 3-3 施工程序框图



图 3-4 赤心堤施工现场

本工程施工总布置分为主体工程施工区、杆件预制场、施工管理中心。

主体工程施工区也是框架抛投现场，位于赤心段 8+000~10+688 段；杆件预制场基本情况见表 3-2；施工管理中心设在九江县白华乡，距抛投堤段中心距离约 1km。

表 3-2 杆件预制场基本情况

施工工区	预制场地点	场地面积 (万 m ²)	距抛投地 中心距离 (km)	框架拼装 地点	计划制作 框架 (万架)
1 工区	赛湖闸	约 1.6	约 15.6	预制场拼装	5
2 工区	官湖巷	约 1.5	约 10.9	徐家湾电排站	5
3 工区	赛湖闸	约 2.0	约 17.0	预制场拼装	4.6
4 工区	城子镇	约 1.0	约 7.8	预制场拼装	5

5. 施工总进度

(1) 施工总进度计划（见表 3-3）：

- 1) 1999 年 2 月 17 日至 2 月 19 日为施工准备阶段;
- 2) 1999 年 2 月 20 日浇筑第一批混凝土杆件, 1999 年 5 月 3 日浇筑最后一批混凝土杆件;
- 3) 1999 年 3 月 21 日开始第一批框架抛投, 1999 年 5 月 30 日为最后一次框架抛投。

(2) 施工主要指标:

1) 施工主要材料用量:

水泥 3549.4t
 钢筋 961.6t
 碎石 0.89 万 m³
 粗砂 0.77 万 m³

2) 施工强度:

杆件预制平均强度——16110 根/d
 框架拼装平均强度——2280 架/d
 框架抛投平均强度——2760 架/d

3) 施工劳动力指标:

施工总工日 7.65 万工日

6. 主要施工机构设备

施工所需的主要机械设备详见表 3-4。

表 3-4 主要施工机械设备表

施工机械名称	单位	数量	施工机械名称	单位	数量
0.4m ³ 混凝土搅拌机	台	4	16kW 电焊机	台	40
0.25m ³ 混凝土搅拌机	台	8	胶轮架子车	辆	52
平板振捣器	台	20	120m ³ 石驳	艘	18
钢筋调直机	台	4	钢质趸船	艘	1
钢筋切断机	台	4			

7. 管理组织机构

本工程施工管理组织机构设置如图 3-5 所示。

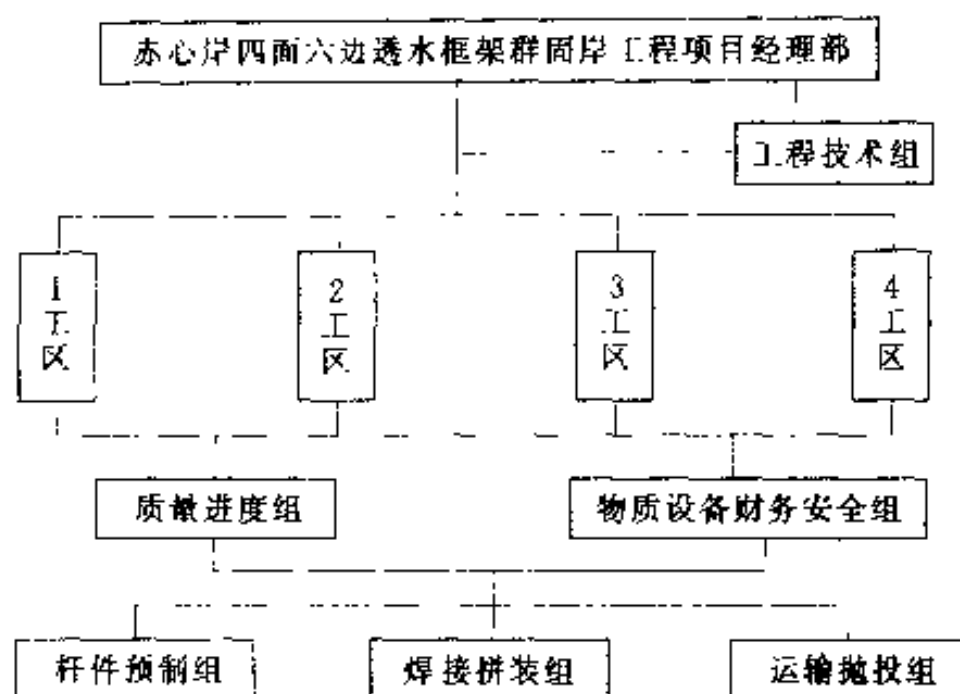


图 3-5 组织机构设置图

8. 质量控制

本工程施工质量包括两方面内容：一是制作质量；二是抛投质量。

质量保证体系结构框图如图 3-6。

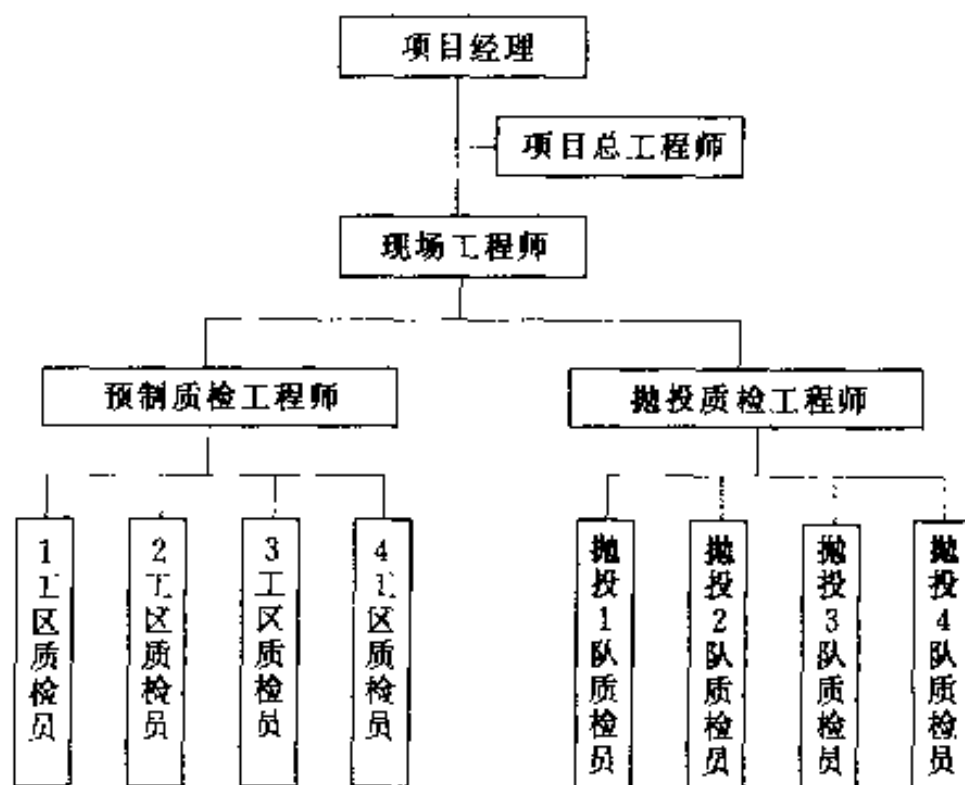


图 3-6 质量体系结构框图

五、汛后观测

本试验工程自 1999 年 2 月 17 日开工, 于 6 月 15 日完成现场施工, 在汛前结束了抛护工程, H 抛投框架数最高达 6161 架, 实际抛投框架数为 19.53 万架, 为长江干堤赤心堤段 1999 年特大洪水安全度汛提供了保障, 汛后 11 月由江西省九江水文分局进行了水下地形测量。从桩号 8+000~10+688 共 2688m 的堤段进行了 170 个断面的测量, 断面间距多为 5~15m 左右, 泥砂总淤方量达到 395768m^3 。见图 3-7。

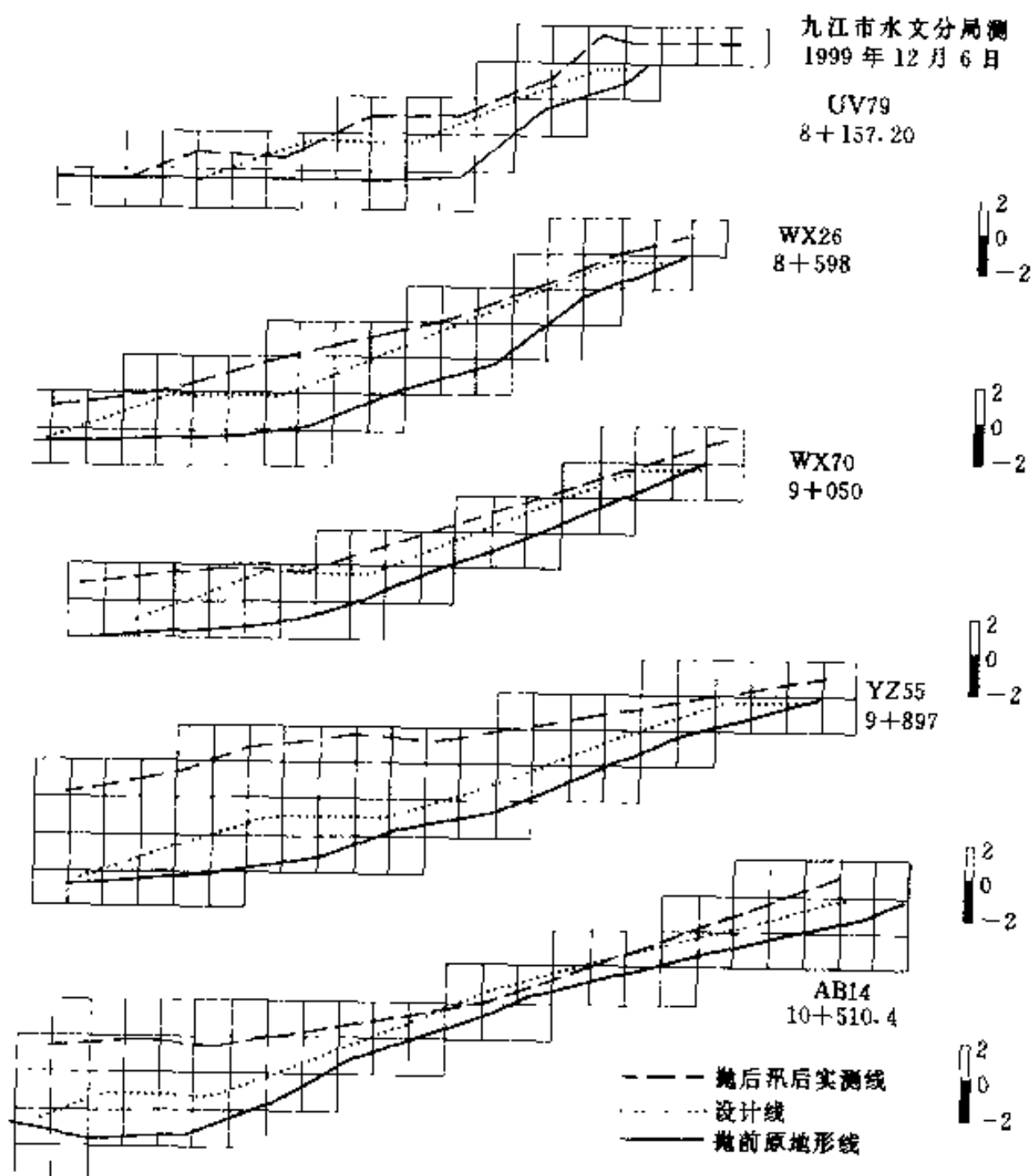


图 3-7 赤心堤汛后典型断面实测图

六、工程小结

赤心岸江岸整治工程原设计系采用块石护岸,即对设计枯水位以上进行原护岸修复,对于设计枯水位以下进行抛石固岸。该段抛石总量为 19.63 万 m^3 。由于框架护岸效果更好,因此,改用框架群护岸,由于工期紧,布置方案无法根据水力模型试验结果进行设计,故根据长江其它试验点的工程经验,确认一个框架淤积量与抛石一方等效的结果,采用框架抛投断面按抛石断面控制,即岸坡陡于 1:2.5,坡度在 1:2.5~1:4 的按原坡抛护,根据室内试验结果和九江长江大堤东升段护岸试验经验分析,为节省框架,充分利用框架群的消能结果,赤心岸该段平面上采用平顺抛护的形式,在较平顺的河段,采用抛护 40m 间隔 10m 的布置形式,在丁坝与码头前后腮或地形较复杂的江岸,适当增加抛护框架数量。抛投时采用经纬仪控制定位,划分网格进行抛投,严格控制网格内框架个数,足额抛投,框架以 3~4 架为一串进行抛投,共抛投框架 19.53 万架,工程总概算为 1082.116 万元。从测量情况来看,平均每个框架促淤量达到约 2m^3 ,本工程的实施达到了预期的工程效果。

§ 3-2 江西省九江长江江新洲堤洲头北岸固岸工程

一、工程概况

江新洲位于江西省九江县境内的长江江中,是长江中下游的一块冲积洲地,四面环水,它东临湖口县,西南面为九江市庐山区新港镇,北与湖北浏佐、安徽程营隔江相望,为东南走向的平缓洲地,堤内地面最高点为吴淞高程 20.0m,最低点为 14.5m,西高东低,自西向东倾斜,是长江江心洲的典型形状。江新洲大堤由原江洲大堤、新洲大堤、九洲大堤联圩而成,全长 41.6km,圩内有一镇一场,共 15 个行政村,人口 4.1 万,耕地 7.5 万亩,总面积 11.5 万亩。

江新洲地势低洼,历史上多次遭受洪水灾害,是江西省洪灾

的频发区和重灾区,严重影响了洲内工农业生产的发展和人民群众生活紧密相关的乡镇基础建设。江新洲洪灾形成的主要原因,一是持续高水位导致大堤溃决。二是由于主流逼岸岸线失稳,水位降落时窝崩条崩大面积发生而导致江堤的崩塌。由于长江水流变化,洲头江水顶冲,南叉主流北移等多方面因素,从20世纪80年代末起,沿江江岸多次发生大面积条崩,部分岸段发生窝崩,岸坡下沉深泓逼近,岸滩逐年消失,通过几年的水情地形变化的情况来看,江岸崩塌有愈演愈烈之势,洲头险情尤其严重。

由于长江在江新洲河段呈一个向北凸进的弧弯状,南岸岸滩有冲有淤,北岸河道主流靠近岸脚,崩岸比较严重的洲头段自1995年以来已崩退岸滩17.0~30.0m,近岸河槽最深处已达高程-12.0m,最陡坡度1:0.5,有近2km堤段已无岸滩。

因此,江西省长江堤防整治工程指挥部决定在江新洲洲头北岸堤线桩号为14+200~14+800的原已采用钢筋混凝土铰链排护岸,而铰链排排尾已发生掏刷下沉的600m堤段,利用本项技术进行压排护岸固脚。

二、固岸工程任务

江新洲洲头北岸岸坡处于长江迎流顶冲段,受长江北汉主流深泓向右逼近的影响,该岸段崩塌十分严重,岸线变化巨大,致使岸坡坡度陡至1:0.7~1:1.5,大堤前河滩覆盖段多已不复存在,严重危及大堤安全。

江新洲洲头14+200~14+800堤段于2000年采用钢筋混凝土铰链沉排的防护工程处理,铰链沉排实施后,经过当年汛后地形断面复测,发现14+200~14+600沉排工程段,沉排远岸端排脚部位出现新的严重崩塌,下沉6~8m,如不及时采取措施,将严重影响沉排工程的安全稳定性。经江西省长江干堤加固整治工程指挥部同意,采用四面六边透水框架群技术对沉排末端崩塌区进行固脚治理,作为本项技术的又一试验工程。

应用四面六边透水框架群技术进行治疗的堤线桩号与原沉排堤段相同,为14+200~14+800,共600m,预计抛投4万架

框架。

三、固脚工程设计

1. 基本资料

(1) 水文气象。江新洲内无水文测站,有关资料均采用洲对岸的九江水文站的资料推算。

本区域属亚热带湿润季风气候,气候温和,雨量充沛,主要特征春夏多雨,秋冬少雨多旱;年降雨量一般在 1300 ~ 1600mm。长江水位在 7~9 月份为高水位期,多年平均高水位为 19.44m,1~3 月份为枯水位期,多年平均枯水位为 9.7m,最高洪水位为 1998 年的 23.03m,江新洲堤的设计洪水位 23.25m。

(2) 工程地质。工程区内为长江冲积江心洲地貌,洲地地势平坦,洲头段地势稍高,地面高程约 17.5m,洲尾地势较低,地面高程约 16.5~15.5m,洲头及北岸深泓紧临岸脚,岸坡陡,水流急,南岸水流较缓,洲尾部潜滩长。洲区覆盖层为第四系全新统冲积层组成,具体成分为粉质粘土、砂壤土、细砂、粉砂岩、砾石等。

由于洲堤江岸属河流冲刷凹岸,近岸为深泓区,岸坡土为粉质粘土、壤土、粉细砂等,抗冲性差,容易发生大面积条崩和窝崩。

2. 固脚工程设计及技术要求

(1) 框架技术要求。钢筋混凝土四面六边透水框架由六根长 1m 的断面 $0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$ 的钢筋混凝土杆件焊接拼装而成,混凝土标号为 C15,每根混凝土杆件中埋入一根长 1.25m 的 $\phi 10$ 钢筋,框架按混凝土预制构件的要求进行养护搬运,框架拼装好后,外露钢筋部分用防锈油漆或沥青涂刷作防锈处理。

(2) 抛护设计原则:

1) 四面六边透水框架群固脚工程基本上按照平顺抛护、间隔布置的原则抛投框架群,即顺水流方向每抛 30m,间隔 10m 不抛的形式。

2) 框架抛护的顺水流方向的带状中心线基本上以原混凝土

沉排体末端连线相重合,抛护的近岸起高程一般在 5~10m 之间,抛护宽度视水下地形情况而定,一般控制在 30~60m 范围内,而且由于上游沉排下沉较严重,上游抛量多于下游。

3) 在岸线折点堤段连续抛投。

4) 布置方案设计可见框架布置及抛投数量图(见图 3-8)。

(3) 抛投网格划分及施工放样:

1) 抛投以经纬仪、定位船和测绳控制定位,划分网格进行船运抛投,网格基准线放样于江岸。

2) 网格的垂直水流流向的断面线的划分是以设计的控制断面为准,并在每一个 30m 宽的抛投区的中间增设一断面,形成断面线间隔大部分为 15m 的网格垂向线,顺水流方向的网格线,是依据相应的断面划分的,大部分间距为 6m,这是与抛投装运船在水面移动一个船体横向宽度大致为 6m 而确定的,如表 3-5 所示。

3) 定位船垂直水流方向定位于设计抛投网格的上游,抛投船顺水流方向挂靠于定位船上进行抛投。

4) 抛投船的移动根据定位船上的测绳距离控制,以便准确地将框架抛投于设计网格区内。

5) 按设计的抛投数的 $\pm 5\%$ 控制小网格内的框架抛投量。

6) 抛投时要求将 3~4 个框架用 10 号铁丝两两对角绑扎在一起,以提高框架的架空率,减小框架在水中的漂距,提高抛位准确性。

四、施工组织

1. 工程条件

(1) 对外交通条件。本工程施工时对外交通有公路运输和水路运输,杆件预制场地设在九江县赛城湖码头,砂石料的运输由水路解决,钢筋水泥的供应通过公路运输,四面六边框架焊接好后经船只由水路运至抛投现场,预制场地距抛投现场约 20km 的水路。

(2) 工程特点:①交通条件较好,施工干扰少;②施工工期

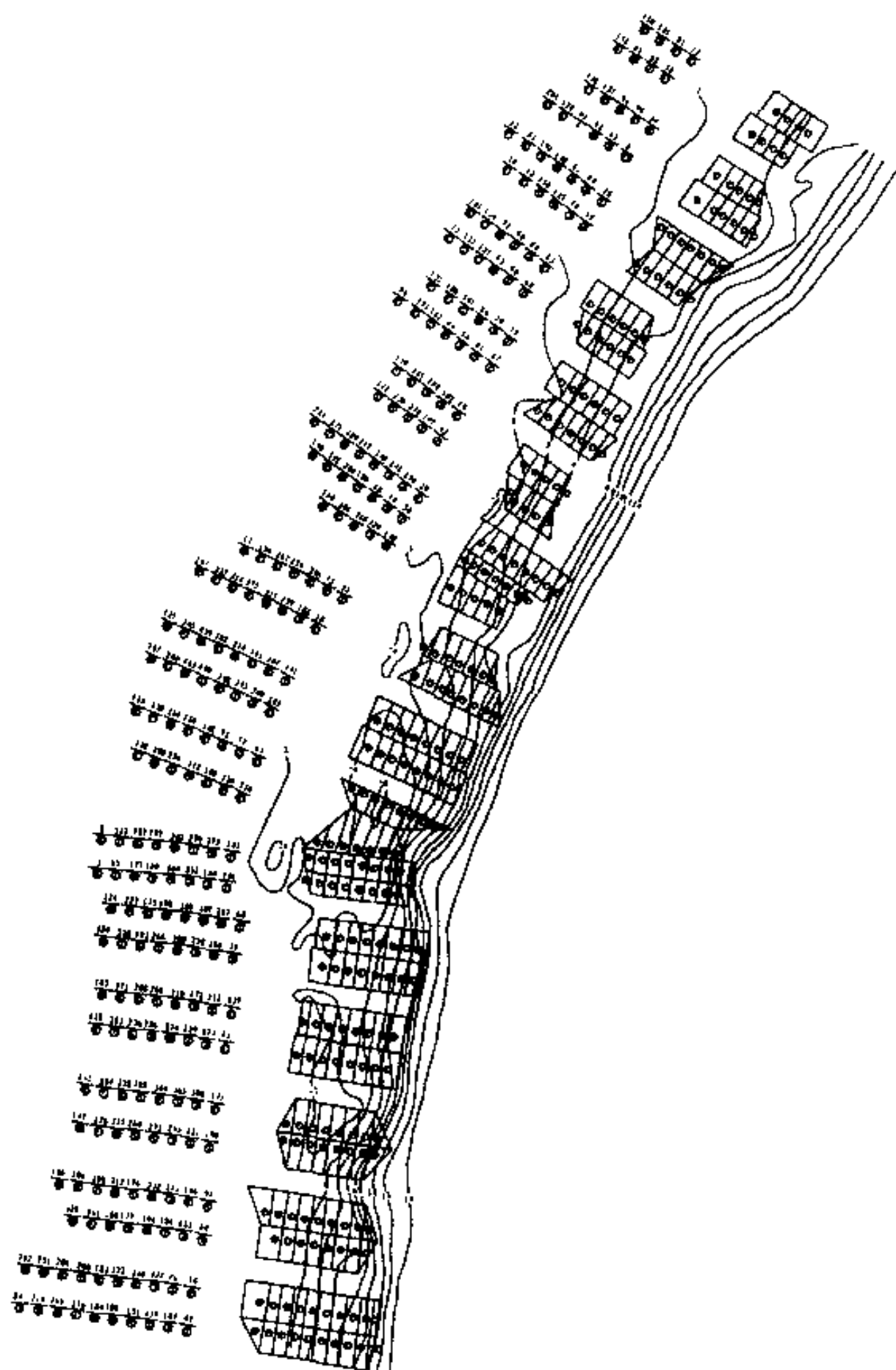


图 3-8 江新洲抛护段框架布置及抛投数量图

表 3 5 网格划分及框架抛护量

桩号范围	抛护范围	网 格 内 抛 护 量										备注
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
14+790~ 14+775	抛护量(架) 网格尺寸(m×m)	72	91	124	157							58.3m
14+775~ 14+760	抛护量(架) 网格尺寸(m×m)	32	88	95	152							60.4m
14+750~ 14+735	抛护量(架) 网格尺寸(m×m)	0	34	90	94	137	138					57.5m
14+735~ 14+720	抛护量(架) 网格尺寸(m×m)	6	63	92	92	120	205					50.9m
14+710~ 14+695	抛护量(架) 网格尺寸(m×m)	20	69	86	140	192	81	52				54.0m
14+695~ 14+680	抛护量(架) 网格尺寸(m×m)	0	19	78	125	150	52	18				6.0m
14+670~ 14+655	抛护量(架) 网格尺寸(m×m)	23	82	90	92	154	101					66.7m
		4.5×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	7.2×15					

续表

桩号范围	抛护范围	网 格 内 抛 护 量										备注
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
14+655~ 14+640	抛护量(架)	68	88	93	125	155	53					66.5m
	网格尺寸(m×m)	7.2×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	5.2×15					▲
14+630~ 14+615	抛护量(架)	0	59	79	86	161	188	135				58.1m
	网格尺寸(m×m)		6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	9.2×15				
14+615~ 14+600	抛护量(架)	67	91	56	64	152	197	96				54.0m
	网格尺寸(m×m)	4.4×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	8.6×15				▲
14+590~ 14+575	抛护量(架)	10	103	260	265	159						58.6m
	网格尺寸(m×m)	2.5×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	8.8×15						▲
14+575~ 14+560	抛护量(架)	42	197	272	239	127						57.2m
	网格尺寸(m×m)	6.6×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	7.9×15						▲
14+550~ 14+535	抛护量(架)	29	194	242	148	217	289	271	214			35.6m
	网格尺寸(m×m)	4.9×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	8.8×15			▲
14+535~ 14+526.5	抛护量(架)	0	30	40	40	100	200	192	140			46.0m
	网格尺寸(m×m)		1.7×8.5	6.0×8.5	6.0×8.5	6.0×8.5	6.0×8.5	6.0×8.5	8.3×8.5			▲

续表

桩号范围	抛护范围	网 格 内 抛 护 量										备注
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
14+526.5~ 14+520	抛护量(架)	0	0	0	105	320	310	305	180			55.4m
	网格尺寸(m×m)				5.6×21.5	6.0×21.5	6.0×21.5	6.0×21.5	6.0×21.5	6.0×21.5		
14+510~ 14+495	抛护量(架)	0	32	72	201	250	267	194	17			44.0m
	网格尺寸(m×m)		4.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15		▲▲
14+495~ 14+480	抛护量(架)	58	182	259	325	375	314	255	147			36.0m
	网格尺寸(m×m)	5.4×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15		▲▲
14+470~ 14+455	抛护量(架)	141	307	343	214	203	239	245	125			45.0m
	网格尺寸(m×m)	8.4×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15		
14+455~ 14+440	抛护量(架)	181	340	353	208	209	261	260	287			
	网格尺寸(m×m)	7.8×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15		
14+430~ 14+420	抛护量(架)	63	72	75	101	150	161	158	123			
	网格尺寸(m×m)	10.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15		▲▲
14+420~ 14+420.1	抛护量(架)	150	226	168	212	294	280	228				57.0m
	网格尺寸(m×m)	9.9×19	6.0×19	6.0×19	6.0×19	6.0×19	6.0×19	6.0×19	8.2×19			▲▲

续表

桩号范围	抛护范围	网 格 内 抛 护 量										备注
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
14+420.1 ~14+410	抛护量(架)	143	272	239	207	192	187	112	8			54.0m
	网格尺寸(m×m)	6.9×10	6.0×10	6.0×10	6.0×10	6.0×10	6.0×10	6.0×10	5.2×10			▲
14+410~ 14+400	抛护量(架)	101	188	252	204	180	177	97	3			53.6m
	网格尺寸(m×m)	8.8×10	6.0×10	6.0×10	6.0×10	6.0×10	6.0×10	6.0×10	2.0×10			▲
14+390~ 14+375	抛护量(架)	60	217	307	309	198	175	227	224			40.1m
	网格尺寸(m×m)	6.6×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	8.8×15			
14+375~ 14+360	抛护量(架)	31	161	250	289	266	193	228	324			39.6m
	网格尺寸(m×m)	6.1×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	9.2×15			
14+350~ 14+335	抛护量(架)	127	212	272	310	268	208	270	163			45.0m
	网格尺寸(m×m)	7.2×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	4.5×15			
14+335~ 14+320	抛护量(架)	85	173	229	274	256	236	283	118			45.0m
	网格尺寸(m×m)	7.6×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	5.0×15			
14+310~ 14+295	抛护量(架)	123	300	365	349	305	278	254	131			45.8m
	网格尺寸(m×m)	9.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	7.3×15			▲

续表

桩号范围	抛护范围	网 格 内 抛 护 量										备注
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
14+295~ 14+280	抛护量(架)	190	221	255	291	260	227	276	147			45.8m
	网格尺寸(m×m)	9.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	7.3×15			▲
14+270~ 14+255	抛护量(架)	98	166	211	323	176	212	228	206	106		43.0m
	网格尺寸(m×m)	6.8×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	11.8×15		▲
14+255~ 14+240	抛护量(架)	44	133	184	194	177	186	251	328			43.0m
	网格尺寸(m×m)	6.8×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	9.9×15			▲
14+230~ 14+215	抛护量(架)	14	75	121	146	172	178	205	206	251	386	33.6m
	网格尺寸(m×m)	4.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	10×15	▲
14+215~ 14+200	抛护量(架)	42	157	139	151	187	185	270	265	214	84	33.6m
	网格尺寸(m×m)	3.6×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	6.0×15	10×15	▲

说明

1. 备注栏中的数据为从堤岸基线至该抛护桩号范围内第一个网格的最远距离;
2. 符号▲, ▲为该桩号范围内第一个网格的大致形状, 是抛投船平行岸边基线时所面对的网格形状;
3. 符号▼, ▼为该桩号范围内最后一个网格的大致形状, 是抛投船平行岸边基线时所面对的网格形状。

较紧，须在汛前完成工程量；③水面作业抛投框架其抛投断面控制和水上船定位难度大；④预制场地小，框架拼装与抛投采用流水作业。

(3) 施工工期。本工程 2000 年 12 月 15 日开工，4 月 30 日前完成全部框架抛投，工期 137 天。

2. 自然条件

(1) 地形条件：

1) 杆件预制场地经平整后有一约 6000m^2 的平地，用于预制杆件、堆放养护、拼装焊接，及搬运上船。

2) 框架抛投区属江新洲北岸长江迎流顶冲段，岸坡下沉，冲刷严重，坡度较陡，桩号 $14+200\sim 14+600$ 段，坡脚部位崩塌尤其严重，是本工程治理的重点区段。

(2) 建筑材料。预制场地在江边码头位置，码头内有砂石料场，砂石料均由水路运至码头，由皮带机直接输送至预制现场，钢筋、水泥由业主指定供应商由公路运至预制现场。

3. 工程施工

框架抛投选择在中低水位进行，抛投前须做好抛投段的测量定位工作，控制大小网格内的抛投数量，抛投顺序按照从下游向上游从远岸至近岸的方向逐个网格进行。

4. 施工总布置

本工程施工布置分为抛投施工区，杆件预制框架拼装区和施工管理中心。

抛投施工区即江新洲北岸 $14+200\sim 14+800$ 堤段，杆件预制框架拼装区设在江边码头，施工管理中心设在抛投施工区附近的堤内。

5. 施工总进度

(1) 施工总进度计划。本工程施工分三个阶段：①施工准备阶段；②工程施工阶段；③工程完工期。施工准备阶段和施工阶段实际工期 119 天。

施工准备阶段的主要任务是：①杆件预制场地的平整和场内

交通建设、临时码头建设及施工用水、用电准备；②抛投现场的施工放样和定位船落实到位。

工程施工阶段的主要任务是混凝土杆件的浇筑与框架的拼装、运输和抛投。

施工完建期的主要任务是汛后水下的地形测量，确定工程实施效果。

各施工工序进度表如表 3-6 所示。

(2) 施工主要指标：

1) 施工主要材料用量：

水泥 724.4t

钢筋 188.7t

碎石 1816.4m³

粗砂 1561.8m³

2) 施工强度：

总预制框架数——40125 架

杆件预制平均强度——3750 根/d

框架拼装平均强度——616 根/d

框架抛投平均强度——625 根/d

3) 施工劳动力指标：

施工总工日 1.56 万工日

6. 主要施工机械设备

表 3-7 主要施工机械设备表

施工机械名称	单位	数量	施工机械名称	单位	数量
0.3m ³ 混凝土搅拌机	台	1	16kW 电焊机	台	22
0.25m ³ 混凝土搅拌机	台	4	胶轮架子车	辆	22
平板振捣器	台	10	120m ³ 石驳	艘	4
钢筋切断机	台	2	钢质趸船	艘	1

五、汛后观测

2001 年 11 月，九江市水文分局按业主监理要求对本工程抛

护堤段进行了水下地形测量，共测定了 60 个断面，经与 2001 年 2 月所测相同断面的水下地形资料对比，结果表明，断面淤积效果十分明显，多数断面淤积厚度 6~8m，如图 3-9 所示，其抛护前原始地形图和促淤后的汛后地形图见图 3-10 和图 3-11。完全改变了江新洲洲头北岸区域的水流流态，达到了本工程实施的目的。

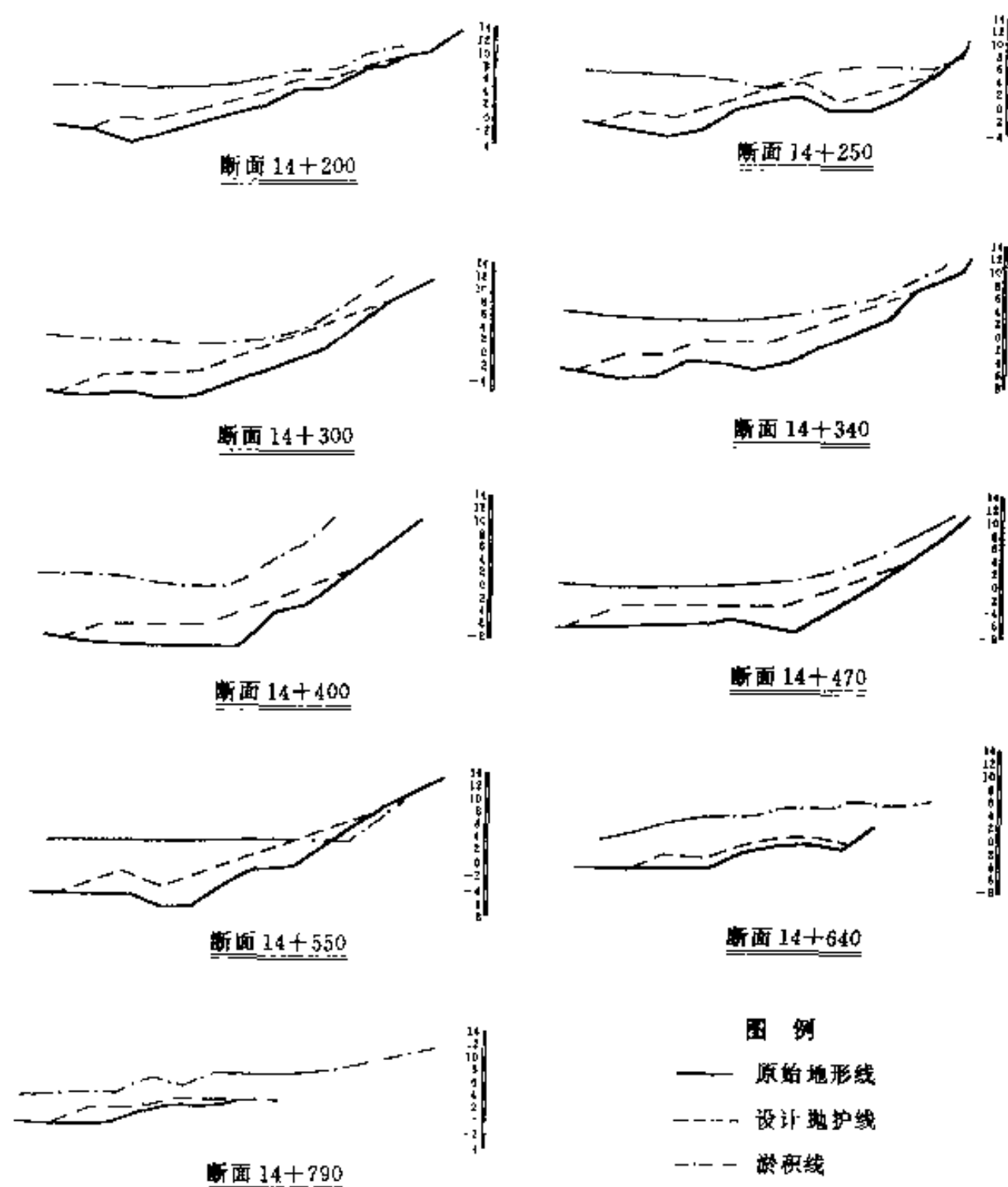


图 3-9 江新洲汛后促淤典型断面图

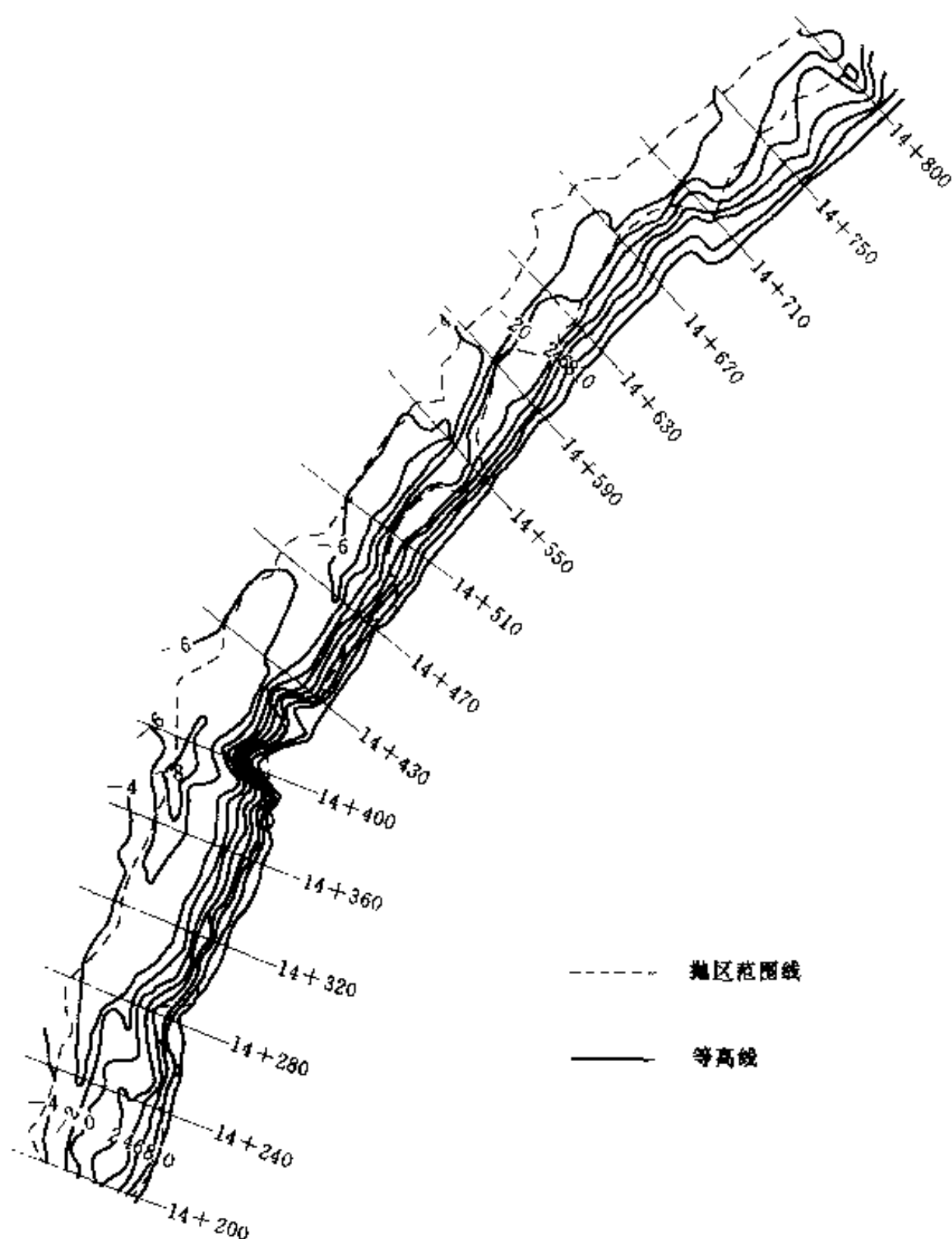


图 3·10 江新洲 14+200~14+800 原始地形图

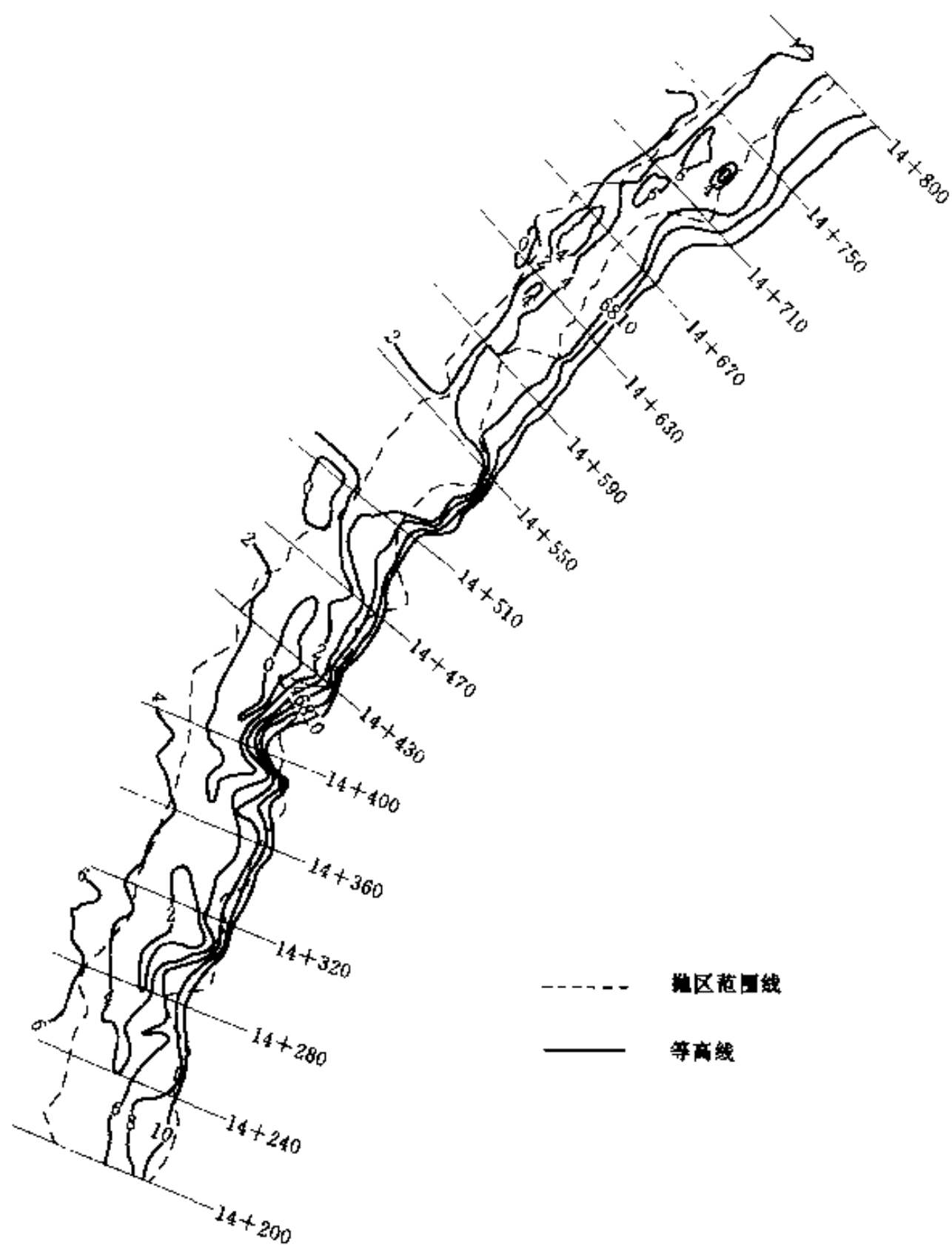


图 3-11 江新洲 14+200~14+800 汛后地形图

§ 3-3 新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州阿克陶县 盖孜河马场大弯道河道整治工程

一、概况

新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州阿克陶县喀拉克其克乡两面环河，呈洲状。由于盖孜河属游荡性河道，主流不定，河势不稳，导致岸坡崩塌，1978年耕地面积1.5万亩，2000年减少至0.8万亩，耕地受洪水冲刷面积不断减少，稳定河势任务紧迫。

应用钢筋混凝土四面六边透水框架群技术进行河道整治的试验工程位于盖孜河出山口后上游及吐木休克分水闸以下20km的水流散失区喀拉克其克的马场大弯道处，该工程地理位置东经 $75^{\circ}38'50''$ ，北纬 $39^{\circ}17'30''$ ，工程距阿图什市137km，距314国道7km。

盖孜河流域在塔里木盆地的西部边缘，深居内陆，远离海洋，因受塔里木盆地的地形影响，暖湿气流难以侵入，降水量少，蒸发量大，因流域区内几乎无植被，盖孜河成为典型的散失游荡性河道。

本试验工程区在盖孜河流域散失区北支流内，区域内流量变化不定，因上游段尚有维他克河和乌帕尔、亚尔塞大洪沟，这些河沟属于季节性洪沟，只有在特大暴雨山洪时，才有水量汇入该工程区的盖孜河北支流，通常情况在冲积扇上部，河水全部渗入地下，河道干涸。

盖孜河水属典型的融冰型洪水，与气温、气象密切相关，盖孜河克勒克水文站测年最大径流量14.3亿 m^3 ，最小年径流量6.53亿 m^3 ，最大洪峰流量 $295\text{m}^3/\text{s}$ ，最小流量 $4.38\text{m}^3/\text{s}$ ，维他克河水为暴雨融雪混合型，洪峰陡涨陡落，有现测资料表明，8小时内可由流量 $14.2\text{m}^3/\text{s}$ 涨到 $403\text{m}^3/\text{s}$ ，对河床冲刷危害性大，其实测最大洪峰流量为 $414\text{m}^3/\text{s}$ ，乌帕尔洪沟有时也有暴雨山洪发生，实测资料记载有 $532\text{m}^3/\text{s}$ 的洪峰，据资料考证，盖孜河北

支流的历史上最大洪峰量 $882\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均流量为 $21\text{m}^3/\text{s}$ 。

盖孜河克勒克水文站测得悬移质多年平均含沙量为 $3.22\text{kg}/\text{m}^3$ ，最大含沙量为 $50.3\text{kg}/\text{m}^3$ ，年平均输沙量为 318 万 t，推移质输沙量为悬移质输沙量的 20%。维他克河维他克水文站测得悬移质多年平均含沙量为 $6.43\text{kg}/\text{m}^3$ ，最大含沙量为 $125\text{kg}/\text{m}^3$ ，年平均输沙量为 112 万 t。

试验区河床纵坡约 $1/350$ ，河床宽度 $120\sim 200\text{m}$ ，两岸河势呈 S 形，河床为戈壁沙砾沙土，河床主流有卵砾石成分。

二、试验工程任务

盖孜河塔什米力克渠道以下形成宽达 14km 的散失区，在该试验工程区域分成南北两地，将喀拉克其克乡围成洲地，南北两支于喀拉克其克乡的托万克买里处汇合。盖孜河在喀拉克其克乡段南支流长 18.5km ，西北支流长 26.8km ，本试验工程的位置处在阿克陶县喀拉克其克乡的北侧 3km ，盖孜河北支流的南岸，工程段上游是河叉并将该北支流划成分二股水流，一股水流顺南岸河道顺流向中游段的大弯道，另一股水流向北与乌帕尔的洪沟水流汇合行进 200m 与南岸河道顺流汇合于 250m 的直线内向东流入大弯道，从 20 年来的调查资料显示，该弯道向岸边侧侵蚀约 50m 左右，平均每年约 2.5m ，年均冲毁耕地约 100 亩，林地约 5 亩，直接经济损失 25 万元。经实地勘察分析决定，将盖孜河在克拉其克乡的北支马场大弯道险段列为应用钢筋混凝土四面六边透水框架群技术河道整治的试验工程。

三、护岸工程方案设计

1. 基本资料

(1) 近岸流速。喀拉克其克乡马场大弯道在洪水期平均近岸流速是 $2.06\text{m}/\text{s}$ ，平均水深是 1.64m 。根据弯道河床取样颗分结果表明河床表面冲积物为砂土。

(2) 设计水位。考虑到盖孜河、维他克河和乌帕尔洪沟的来水，大弯道段设计枯水位水深取 0.7m ，设计洪水位水深取 3.0m 。

2. 护岸形式的选择

盖孜河是一条由雪山融水汇流而成的河床宽浅、水流散乱、主流变化摆动、河水挟沙较多的河流，在流经喀拉克其克乡马场大弯道时，形成两大连续的S形弯道，造成河道堤岸崩塌，河水顶冲堤岸的严重局面，已经剥蚀了大片土地。目前游荡性河道的整治工程措施主要是一些实体坝、垛等构成的护导工程，既费时费工，耐久性能又差，又不经济，而且遇到大洪水时往往被冲毁，难以形成稳定的中水位河床。整治游荡性河道的关键是采取工程措施控制河道主流摆动范围，并逐步形成一条中水位河槽。

采用预制四面六边透水框架群构筑河道整治工程，可以避免实体材料的主要缺点，使流经框架群的含沙水流降低流速，促沙落淤改善流势，主流归槽，保护河堤。

由于本试验工程包含了割裂岛屿、凸岸、凹岸、平顺岸及迎流顶冲大回流等典型河道的治理，又是宽浅式多沙河道，具有显著的代表性。并且由于其河势相当复杂，洪枯水位流量流速相差悬殊，其治理难度是较大的，本技术在此进行工程试验，具有典型意义。

3. 整治工程设计及技术要求

(1) 钢筋混凝土四面六边透水框架结构。由于近岸水流考虑流速较大，本次钢筋混凝土四面六边透水框架采用6根0.8m长，断面为0.1m×0.1m的钢筋混凝土杆件焊接拼装而成，混凝土采用C20，每根混凝土杆件埋入1根1.1m长的 $\phi 10$ 螺纹钢筋。

(2) 框架制作技术要求：

1) 杆件制作：①钢筋混凝土四面六边框架的杆件断面尺寸允许偏差 $\pm 5 \sim -2\text{mm}$ ，杆件负偏差总量不得大于杆件总量的5%，杆件长度允许偏差正负2mm，杆件施工及验收应符合GB50204—92《混凝土结构工程施工及验收规范》。②杆件混凝土标号为C20，混凝土采用I级级配，卵石最大粒径小于30mm。配合比以试验为准，符合JGJ/T55—96《普通混凝土配合比设计

规程》。③水泥采用普通硅酸盐水泥，标号 425R，水泥技术参数及检验方法必须符合 JGJ52—92《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》和 JGJ53—92《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》的规定。④钢筋采用热轧带肋钢筋，直径 $\phi 10\text{mm}$ ，钢筋性能应符合 GB1499《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》规定。⑤预制杆件模板拆除时的混凝土应能保证杆件不变形，棱角完整无裂缝。杆件搬动时混凝土强度达到混凝土设计标准值的 60% 方可搬动。

2) 框架的拼装：①框架拼装见图 4-3 所示；②框架拼装时的杆件混凝土强度不小于设计标准值的 75%；③钢筋焊接用电弧焊接，三根钢筋两两搭接单面焊，焊缝长度不小于 30mm。焊接性能应符合 GB5117《碳钢焊条》的规定，焊缝质量符合 JGJ18—96《钢筋焊接及验收规程》的规定；④框架钢筋外露部分，均用沥青刷涂一遍作防锈处理。

框架下河时的混凝土强度应达到设计的混凝土强度标准要求。

(3) 框架布置原则。本试验工程河道属宽浅漫流局部发生河岸迎流顶冲的河道，框架的布置将采用以下控制原则：

1) 治理河段的顺水流段采用 3 排框架顺水流方向平顺布置，并在局部河段采用梳型布置，框架排内侧按每隔 10~15m 做一 3 排框架组成的梳齿。

2) 迎流顶冲河段等地形比较复杂，水深较大的河段，框架按分层堆砌布置，适量增加框架数量的方式布置。

3) 为改变局部河水主流方向，在相应位置将框架布置成丁坝形式，以规整河势，减低近岸流速。

4) 框架布设高程以基本满足河道中水位形成稳定的中水位河槽为目的。

5) 框架布置位置，按设计布置图的要求，以经纬仪放样布线定位，框架数量按设计图纸所示分断面计量。

(4) 抛数工程量的计算。根据克州水利设计院 2000 年 9 月

25日所测马场大弯道 1/1000 地形图，依设计布置各河段工程量见表 3-8。

表 3-8 工 程 量 表

位 置	布 置 形 式	布线长度范围 (m)	框架数	备注
1. ABCDEF 顺流段	三排框架紧密排放贴岸线布置	740	3700	岸线
2. ABC 横隔段、(T ₁ ~ T ₂ , T ₄ ~ T ₅ , T ₆ ~ T ₁₂)	三排框架紧密排放，横隔间隔 10m 垂直岸线布置	(92)	460	
3. EF 横隔段 (T ₁₃ ~ T ₁₆)	间隔 15m	(74)	370	
4. FGH 顺流段	多层堆砌	422	13340	岸线
5. FGH 坝线 (K ₁ ~ K ₂₃)	二至四排紧密排放做成 5m 长与岸线下游夹角 60° 的丁坝	(5×23)	805	
6. HI 顺流段	二排框架紧密排放贴岸线布置	45	225	岸线
总 计		护岸线长 1207	19000	

框架的布置详见框架平面布置图 3-12 所示，框架布置数量及形式详见图 3-13 所示。

(5) 框架摆放技术要求：

1) 框架混凝土须达到设计要求强度，无缺损无断裂，焊缝长度达到要求，焊接牢固，外露钢筋须涂刷防锈沥青。

2) 框架布设位置按框架平面布置图和断面图指定位置，经现场测量放样后进行人工摆放。

3) 框架摆放数量需要按河段区段满足设计布置数量要求。

4) 顺水流方向布设的线状框架和横隔框架摆放时，应顺序套压摆放。顶冲区平面分层布置的框架，应 3~4 个用 10 号铁丝在框架顶角处相互绑扎，以利尽量避免框架嵌套，提高框架架空率和抗冲移能力，使减速效果更佳。

5) 各布置区段内摆放框架数量按施工图表中要求控制，

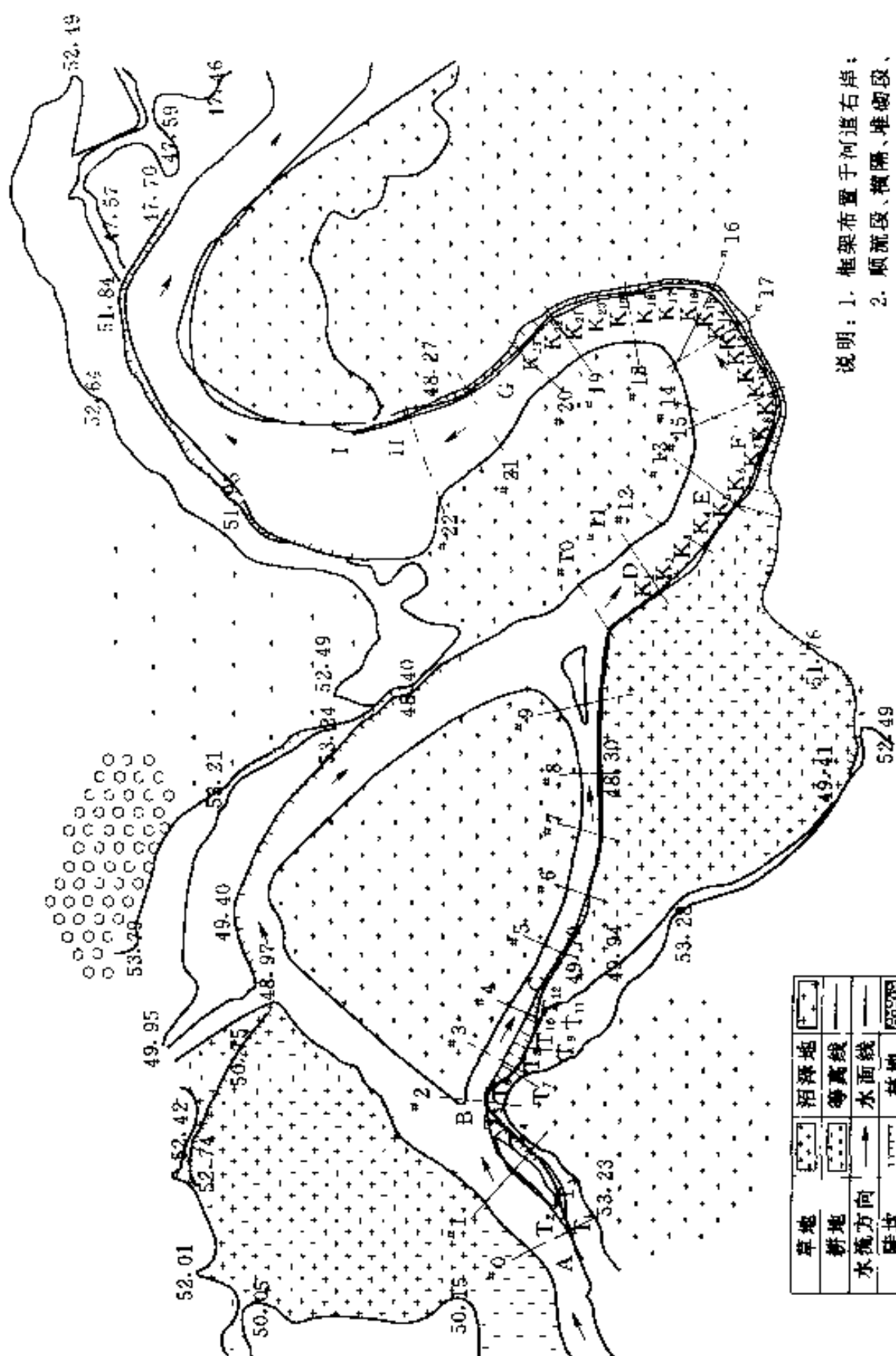


图 3-12 马场大弯河道整治工程平面布置图

设计总说明

1. 本例为阿克陶县喀拉克其克乡马场大弯道采用四面六边透水框架群技术进行河道整治的试验工程;
2. 地形图系克孜勒苏柯尔克孜自治州水利水电勘测设计院 2000 年 9 月所测,采用黄海高程,高程以米计;
3. 本试验工程中顺水流河段框架布置 AF、HI 段,横隔框架布置 $T_i (i=1, 2 \cdots 16)$ 、堆砌框架布置 FI 段、丁坝框架布置 $K_i (i=1, 2 \cdots 23)$ 的中线位置见图 1/3, 框架在断面上的位置见图 2/3
4. (1)顺水流河段框架布置 AF、HI 段以三排框架紧密排列横接顺水流框架人工摆放见图(a)所示。(2)横隔框架布置 $T_i (i=1, 2 \cdots 16)$ 以三排框架紧密排列贴岸人工摆放,见图(b)所示,其中 T_1-T_3 、 T_4-T_5 、 T_6-T_{12} 横隔的中线间距 10m, $T_{13}-T_{16}$ 横隔的中线间距 15m。(3)堆砌框架布置 FI 段将框架贴岸逐层堆砌成边坡比为 1:2~1:3 的边坡状,边坡顶高程超出图 2/3 (二)所示对应断面水面高程约 1.5~1.0m,堆砌框架的边坡控制以相邻断面区内框架数量而定,如图(c)所示。(4)丁坝框架布置 $K_i (i=1, 2 \cdots 23)$ 。每一丁坝由 35 个框架组成,丁坝轴线与顺岸布置或堆砌布置的框架带下游方向夹角 60° ,丁坝长 5m,与岸边框架带相接,由人工紧密摆放,如图(d)所示,相邻丁坝间距 20m。
5. 顺水流河段框架 AF、HI 段,横隔 $T_i (i=1, 2 \cdots 16)$ 、丁坝 $K_i (i=1, 2 \cdots 23)$ 、堆砌框架 FI 段及 F0[#]22 断面位置须经现场测量放样后作为施工布置的依据。
6. 本试验工程整治河岸线长 1207m,框架总数 19000 架,各断面或位置框架数见下表所示。

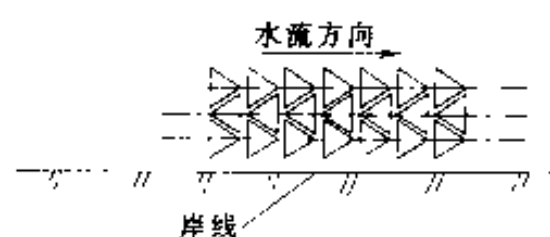
断面控制位置及工程量表

位置	长度(m)	框架数	布置方式	位置	长度(m)	框架数	布置方式
A0 断面	18	90	本图(a)	T9	10	50	本图(b)
0 号~1 号	72	360	本图(a)	T10	9	45	本图(b)
1 号~2 号	50	250	本图(a)	T11	8	40	本图(b)
2 号~3 号	35	175	本图(a)	T12	5	25	本图(b)
3 号~4 号	42	210	本图(a)	T13	37	185	本图(b)
4 号~5 号	55	275	本图(a)	T14	20	100	本图(b)
5 号~6 号	50	250	本图(a)	T15	9	45	本图(b)
6 号~7 号	50	250	本图(a)	T16	8	40	本图(b)
7 号~8 号	50	250	本图(a)	K1	5	35	本图(d)
8 号~9 号	50	250	本图(a)	K2	5	35	本图(d)
9 号~10 号	66	330	本图(a)	K3	5	35	本图(d)
10 号~11 号	50	250	本图(a)	K4	5	35	本图(d)
11 号~12 号	50	250	本图(a)	K5	5	35	本图(d)
12 号~13 号	43	215	本图(a)	K6	5	35	本图(d)
13 号~14 号(F)	59	295	本图(a)	K7	5	35	本图(d)
14 号(F)~15 号	54	1745	本图(c)	K8	5	35	本图(d)
15 号~16 号	52	1680	本图(c)	K9	5	35	本图(d)
16 号~17 号	59	1955	本图(c)	K10	5	35	本图(d)
17 号~18 号	52	1850	本图(c)	K11	5	35	本图(d)
18 号~19 号	64	2220	本图(c)	K12	5	35	本图(d)
19 号~20 号	40	1295	本图(c)	K13	5	35	本图(d)
20 号~21 号	51	1562	本图(c)	K14	5	35	本图(d)
21 号~22 号	50	1133	本图(c)	K15	5	35	本图(d)
22 号~I	45	225	本图(a)	K16	5	35	本图(d)
T1	2	10	本图(b)	K17	5	35	本图(d)
T2	3	15	本图(b)	K18	5	35	本图(d)
T3	9	45	本图(b)	K19	5	35	本图(d)
T4	12	60	本图(b)	K20	5	35	本图(d)
T5	7	35	本图(b)	K21	5	35	本图(d)
T6	5	25	本图(b)	K22	5	35	本图(d)
T7	10	50	本图(b)	K23	5	35	本图(d)
T8	12	60	本图(b)				

框架总数 19000 架

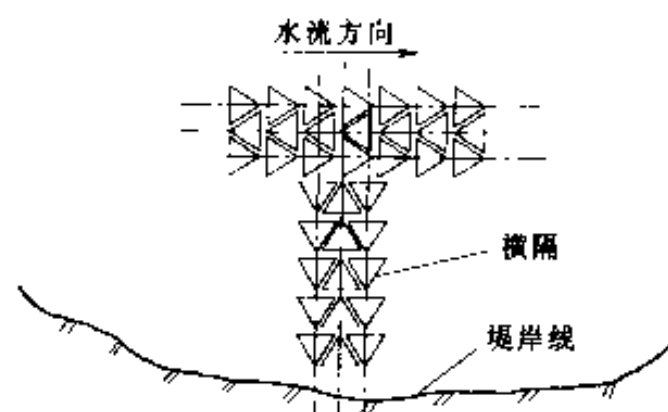
7. 本试验工程是应用四面六边透水框架群技术治理浅滩漫流的游荡性河道,其中包括河水割裂岛屿河段、凸岸河段、凹岸河段、二叉口汇流河段、迎流顶冲河段和大回流河段,河势相当复杂,并且河道洪、枯水期流量流速变化大,洪水呈山洪暴发型,治理难度是较大的,本试验工程具有显著的试验代表性。四面六边透水框架群河道整治技术属减速促淤固岸技术,首次在新疆地区应用,有必要在工程试验过程中加强观测,收集资料,认真总结分析,积累经验,以利于本项技术进一步完善,在治理游荡性河道中发挥较大的作用

图 3-13 马场大弯道河道



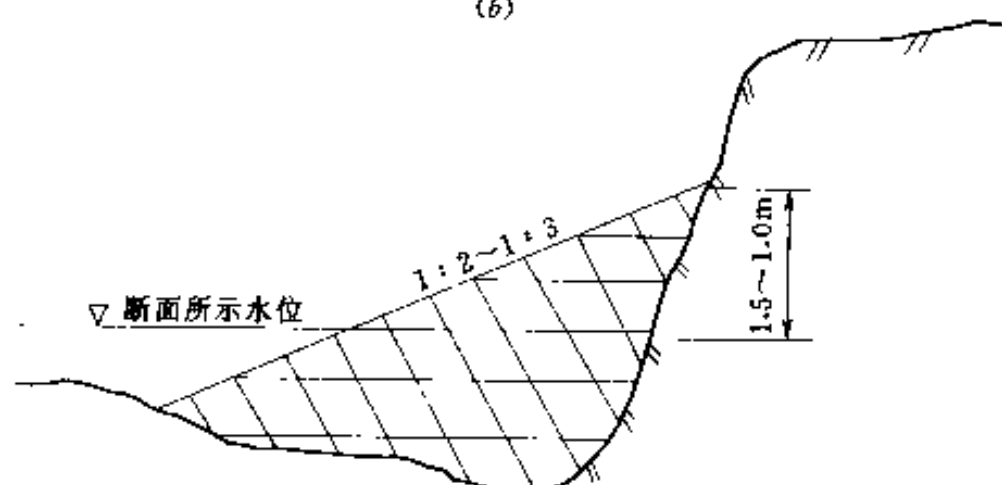
顺岸线框架人工摆放示意图

(a)



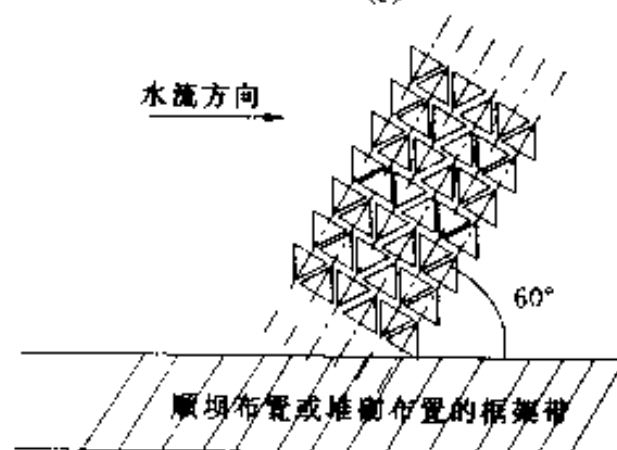
横隔 Ti 框架人工摆放示意图 (i=1...16)

(b)



FGH 段框架堆砌断面示意图

(c)



丁坝 K: 框架人工摆放图 (i=1...23)

(d)

整治工程断面工程量及布置方式

允许正负 5% 的数量误差。本工程框架总数应满足设计要求。

四、施工组织设计

1. 施工条件

1) 本工程施工地点距离阿图什市 137km, 距离 314 国道 7km, 314 国道至喀拉克其克乡政府有 6km 的沥青铺面的乡间公路, 乡政府至马场大弯道有 3km 的农用耕道, 基本可作施工用料和机械设备的进场道路, 交通基本通畅, 施工现场有一 4000m² 左右的草地, 平整后稍作处理可做杆件预制现场, 另有 2000m² 左右的坡林地可作杆件堆放和框架焊接场地。现场没有电力, 施工时自备电源。施工用水抽取河道水经沉淀后使用。

2) 距喀拉克其克乡 12km 的 314 国道旁有一砂卵石料场, 砂石料购进后可用汽车运至现场。

3) 本工程主要施工特点是施工干扰较少, 施工期紧、强度高, 在部分河道区段框架须下水摆放。

4) 本工程计划 2001 年 3 月 15 日开工, 2001 年 5 月 20 日前完成全部框架摆放布置工作, 工期 61 天。

2. 工程施工

四面六边透水框架群护岸工程施工工序见图 3-14:

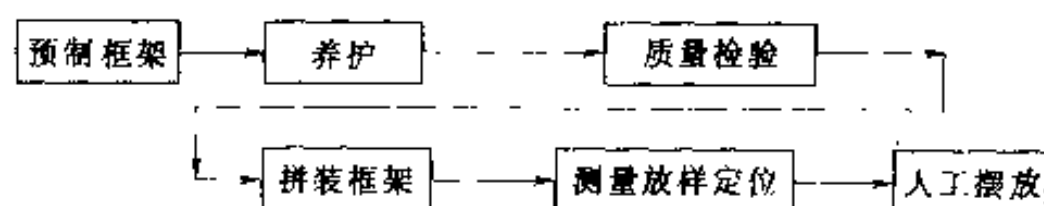


图 3-14 施工工序图

3. 施工布置

本工程施工布置分为主体工程施工区, 即马场大弯道河床整治现场; 杆件预制场, 即河岸约 4000m² 草地; 杆件堆放和框架拼装区, 即河岸上坡约 2000m² 的一坡林地。施工用临时设施可建在坡林地带。

4. 施工总进度

(1) 进度计划:

- 1) 2001 年 3 月 15 日至 20 日, 施工进场准备阶段。
- 2) 2001 年 3 月 21 日, 开始浇筑第一批杆件, 4 月 30 日预制完最后一批杆件。
- 3) 2001 年 4 月 11 日至 4 月 20 日施工现场测量定位放样。
- 4) 2001 年 4 月 11 日开始焊接拼装第一批框架并下河人工摆放, 2001 年 5 月 20 日前全部框架摆放结束 (见表 3-9)。

表 3-9 施工总进度计划表

序号	项目	月份	3		4			5	
		日期	15 ~ 20 日 (6 天)	21 ~ 31 日 (10 天)	1 ~ 10 日 (10 天)	11 ~ 21 日 (10 天)	21 ~ 31 日 (10 天)	1 ~ 10 日 (10 天)	11 ~ 20 日 (10 天)
1	预制场准备								
2	杆件预制								
3	框架拼装								
4	抛投准备								
5	框架抛投								

(2) 施工主要指标:

1) 施工主要材料用量:

425 号水泥	310.0t
Φ10 螺纹钢筋	81.24t
卵石	693.0m ³
精粗砂	527.0m ³

2) 施工强度:

杆件预制平均强度	——4072 根/d (共 28d)
框架拼装平均强度	——576 根/d (共 33d)
框架摆放平均强度	——576 架/d (共 33d)

3) 施工总工日: 4852 工日

人工工资——18.12 元/工日

施工总工期——61d

五、汛期观测

1. 汛期观测开始及结束时间

2001年5月20日全部框架摆放完毕,经5月29~30日验收达到优良工程标准,6月1日进入汛期,第一次观测是在6月17日,整个工程平均淤积厚度0.5m,第二次观测是在6月21日,整个工程平均淤积厚度0.8m,第三次观测是在8月13日,整个工程平均淤积厚度1.0m,第四次观测是在10月12日,整个工程处于冲淤平衡,观测结束(见图3-15)。



图3-15 马场大雪道护岸工程汛后淤积状态

2. 堤岸变化情况

因盖孜河泥砂含量大,工程岸段第一次洪水就淤泥积了50%,第二、第三两次淤积达50%,第四、第五次观测已处于冲淤平衡。三次淤积总量为 13240m^3 。经过淤积岸线向河道推进平均6m,1200多m抛护堤岸线受到严密的保护,没有受到洪水的冲刷,保护住了这片耕地,原先住在岸边搬走了的农民看到护堤的效果,重又搬了回来,而且有的农民在岸边盖房种地(见图3-16)。

六、工程小结

本试验工程通过整个夏季的洪水过流验证表明,四面六边透

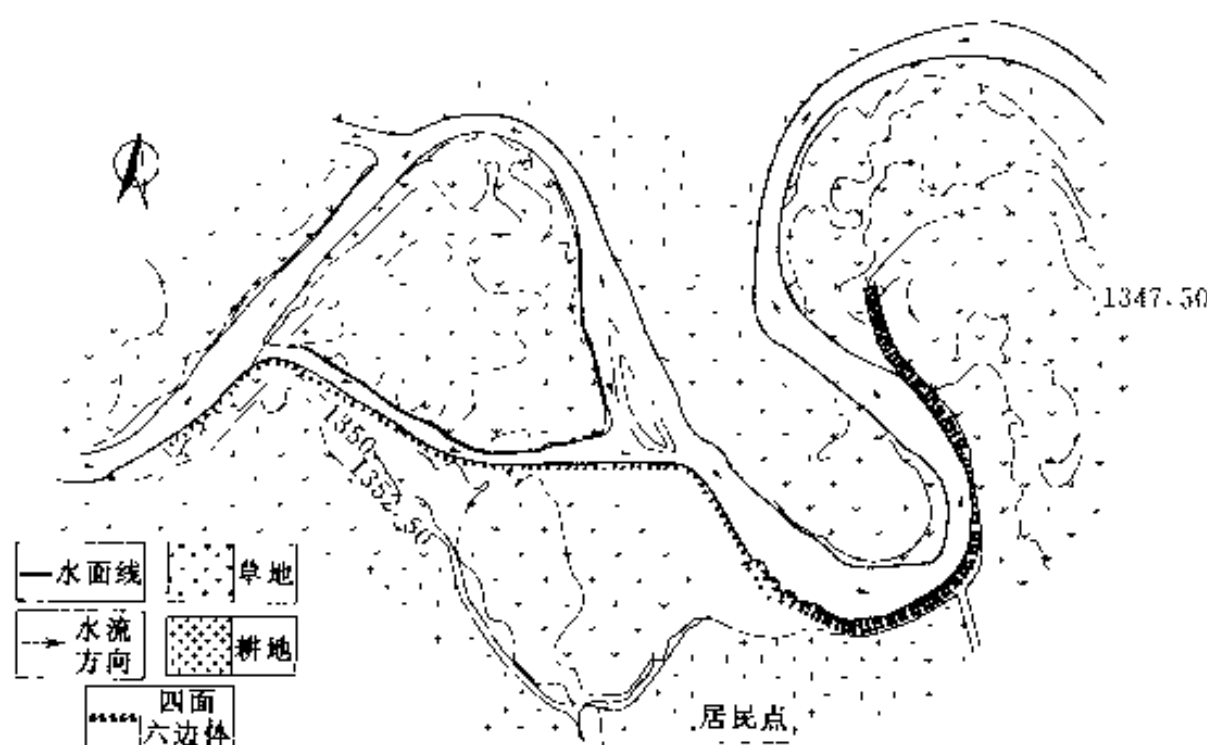


图 3 16 马场大弯道河道整治工程汛后工程图

水框架群护岸技术与实体抗冲护岸技术相比，避免了构筑物基础不稳，护岸工程本身失稳损毁等问题。经过一个汛期，框架抛投布置区的促淤达到了平均一个框架促淤 0.7m^3 泥沙的良好效果。同时，由于框架群固岸堤线的透水性，使规整后堤线内的大片滩深地可成为季节性湿地，对滩涂地的植被生长起到了一定的生态保护作用，改善了局部的牧业生产条件。

本地区的工程经验表明此项防护工程若采用碾压土石坝体混凝土面板堤或浆砌石护坡堤，每公里造价至少在 100 万元左右，而本工程只用了 59 万元，节省投资近 40%。

本试验工程是四面六边透水框架群技术在新疆首次用于淤荡性河道的治理，需要在整个试验工程期内加强观测，收集冲淤等方面的技术资料，认真总结分析，积累经验，加以完善，使本项技术在新疆广泛存在的游荡性河道的治理工作中起到较大的作用。

第四章 工 程 设 计

§ 4-1 设计原则和要求

堤岸长期遭受水流、风浪、潮汐等大自然外力的作用和近岸采砂、加载等人为因素破坏的影响，致使岸坡破坏和失稳，甚至导致堤防工程破坏。人类在长期的生产实践中，逐渐地认识到堤岸的破坏因素和岸坡不同的破坏形式，相应地运用了多种多样的护岸办法加以保护，传统的护岸方式有抛石、砌石、石笼、沉枕、沉排、混凝土块体、杓槎等，这些工程技术在护岸工程中都发挥了显著的作用。

四面六边透水框架群护岸技术，是一种新型的护岸工程技术，由于它具有护岸机理科学、适用范围广泛、护岸效果明显、施工工艺简单、投资费用较低、环保优势突出等优点，已成为一种值得推广使用的新技术。

我们要掌握框架群护岸工程的设计和施工方法，就必须了解它的工作特点、设计原则和要求。

一、四面六边透水框架群的工作特点

当采用框架群护岸时，水流原有的边界条件发生了变化，即框架群保护范围内的近岸和近底流速有大幅度降低。这一变化可使水流原来对堤岸的冲刷作用，改变为不冲或者落淤；这一变化与水流含沙量及泥沙粒径有关，更与河势密切相关，这就是框架群护岸的工作特点。因此，对于水流流速、堤岸边界条件和水流泥沙等因素在设计中应予以重视。

二、设计原则和要求

(1) 设计前应充分掌握所在河段的地质、地形、气象、水

文、泥沙等资料；通过实地调查，做好河床演变分析，查清河道变化规律；在吸取和总结已有工程实践经验的基础上，经多方案比较后，再确定实施方案。

(2) 应掌握工程所在河段已有护岸工程建设情况，以及临江、跨江、跨堤或穿堤设施的布局及其工程规模等资料，协调好已建工程与新建护岸工程之间的关系。

(3) 应根据工程所在河段的重要性，采用相应的设计标准。

(4) 截取代表性横断面，经过岸坡的稳定分析，提出岸坡保护设计方案，并进行设计方案比较。

(5) 当确定采用框架群护岸工程技术对岸坡进行保护时，应根据已有的室内试验成果，并参照已建和条件相近的有关工程资料，通过确定减速范围，来选择框架群护坡设计横断面和平面布置的形式，以及框架的结构尺寸。

(6) 应精心做好施工组织设计。

§ 4-2 减速范围的确定

减速范围是指在一定的设计标准条件下，采取框架群护岸工程，使岸坡不被冲刷、或使泥砂淤积保护岸坡所要求达到的流速界限，用 V 表示。减速范围应根据工程所需要达到的目的来确定：

(1) 从理论上来说，对于稳定的天然岸坡，欲使岸坡不因水流的冲刷而破坏失稳，框架群减速范围应满足：

$$V < V_{\text{启动}} \quad (4-1)$$

式中： V 为框架群后的流速； $V_{\text{启动}}$ 为岸坡泥砂启动流速。

(2) 当对岸坡的保护需要通过一定的泥砂淤积来实现时，框架群减速范围应满足：

$$V < V_{\text{沉降}} \quad (4-2)$$

式中： $V_{\text{沉降}}$ 为泥沙沉降流速。

§ 4-3 横 断 面 设 计

框架群护岸工程所采用的设计横断面型式很多,目前常采用的有贴坡型和固脚型,如图 4-1。选择横断面型式时要根据实地具体情况,并参照已建工程的成功经验进行综合分析后来选定最适合的横断面型式。

一、贴坡型横断面设计

贴坡型横断面类似于坡式抛石护坡、护脚工程的设计横断

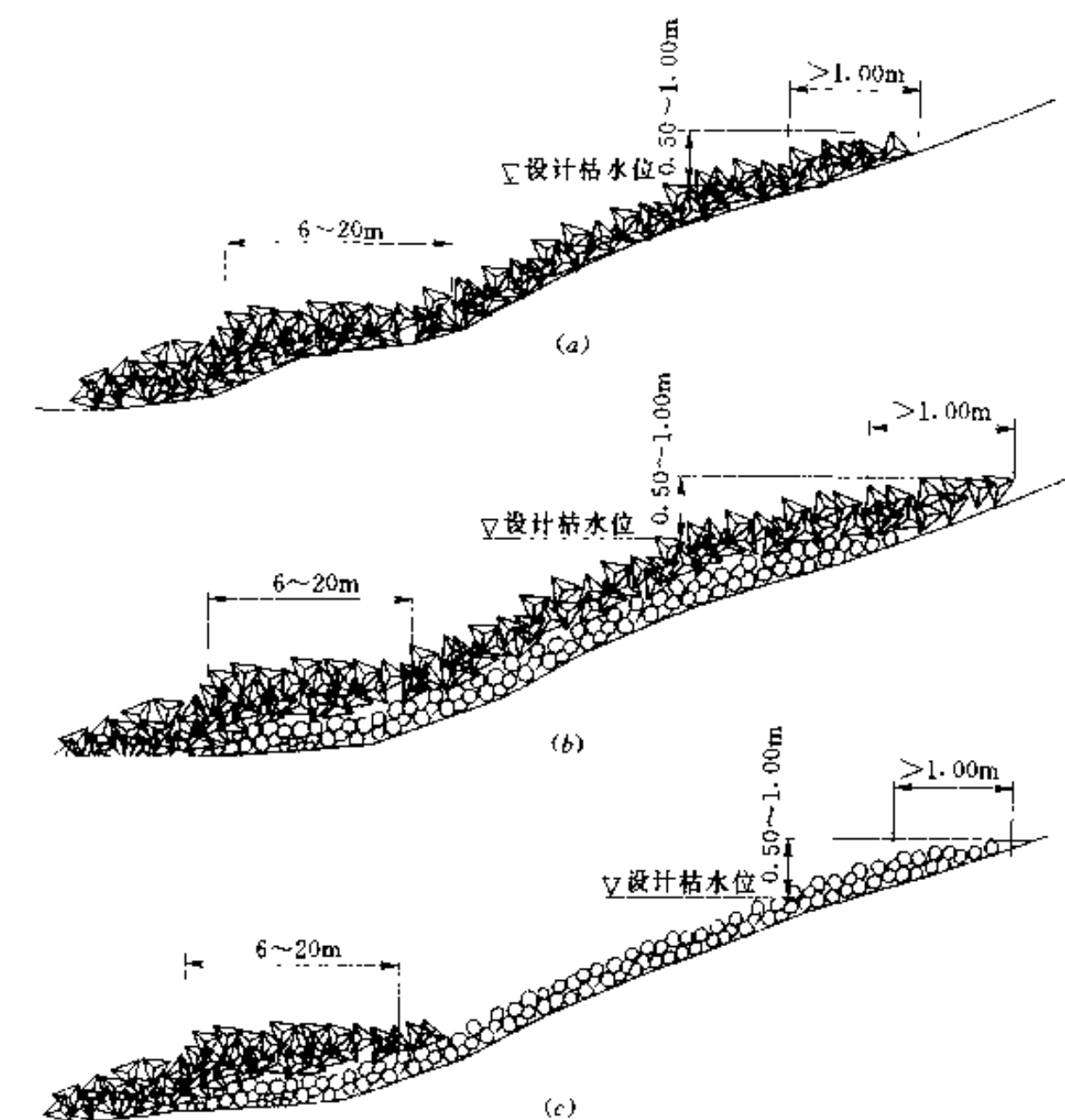


图 4-1 框架群护岸横断面

(a) 贴坡型横断面; (b) 贴坡型横断面; (c) 固脚型横断面

面，即顺岸坡以一定坡度、一定厚度抛投框架群（见图 4-1）。

贴坡型横断面多在护脚工程中采用，亦就是在枯水位以下抛投框架群；也可在护坡工程中采用。

贴坡型横断面，其断面坡度比（1:m）、抛护厚度和抛护范围（抛投最高点和抛投最远点）等参数的确定，可根据下列具体情况分析选定。

1. 设计横断面坡度

从理论上分析，当要求框架群的减速范围达到使原岸坡不被冲刷也不产生淤积，此时水流处于输沙平衡状态，即要求：

$$V_{\text{起动}} > V > V_{\text{沉降}} \quad (4-3)$$

当要求框架群的减速范围达到使河流泥沙产生淤积的效果时，则必须满足：

$$V < V_{\text{淤积}} \quad (4-4)$$

但由于设计单位很难找到各河段精确的泥沙起动流速及泥沙沉降流速值，而使泥沙起动流速往往不是断面的平均流速，或近底流速，而是由于局部流态紊乱而产生的脉动流速值，这就给设计带来一定的困难。因此，设计单位往往根据实验成果和工程经验设计断面。

框架群自身在水中的稳定坡度，由于其单体体形的稳定性及相互间的嵌入、套叠等的约束，可以构筑成很陡的坡度，在实验室内可达 1:0.5 的坡度，但考虑其产生淤积后的整体性，建议采用块石护坡所要求的坡度。当原岸坡没有达到稳定要求的坡度时，可采用抛石补坡，抛石应根据 GB50286—98《堤防工程设计规范》要求选择不小于 1:1.5 的坡度比，而框架群的设计横断面坡度比可等于或略缓于抛石坡度比。即：

$$m = m_{\text{石}} \quad \text{或} \quad m \text{ 略缓于 } m_{\text{石}} \quad (4-5)$$

式中： $m_{\text{石}}$ 为抛石边坡系数。

2. 抛护厚度

据实验成果，岸坡顶部抛护的最小厚度应不小于两层抛投框架所能达到的最小厚度；岸坡底部抛护的最小厚度一般不应小于

三层抛投框架所能达到的最小厚度。

3. 抛护范围

护脚工程顶部平台应高出枯水位 0.5~1.0m 在水流平顺段抛护应护至坡度为 1:3~1:4 的缓坡河床处。

二、固脚型横断面设计

固脚型横断面是在岸坡坡脚或在其它护岸工程的坡脚处，以一定坡度、一定厚度抛投框架群，见图 4-1 (c)。

固脚型横断面坡度比同被保护的坡脚坡度比或被保护的护岸工程坡度比；抛护厚度不小于三层框架抛投所能达到的最小厚度；抛护范围以能保护坡脚不被冲刷为原则布置，一般为 6~20m。

§ 4-4 平面布置

框架群的平面布置型式有多种多样，概括起来有：平顺连续布置、平顺间隔布置和梳式布置（如图 4-2）。各种平面布置形式有不同的适用范围和相应的优缺点，应根据工程实际情况选择合理的平面布置形式。

一、平顺式连续布置

框架群的连续布置是在堤岸岸坡上，顺水流流向连续不间断地抛投框架群，如图 4-2 (a) 所示。连续布置形式常用于丁坝和矶头的前后腮、流态、地形较复杂的堤岸段，其抛投施工质量易控制，框架用量较多。

二、平顺式间隔布置

间隔布置的框架群在平面上呈完全间断，如图 4-2 (b)。间隔布置其间断尺度 ΔL 在 10m 范围内选择，连续抛投尺度应大于 10m。即：

$$\begin{aligned}\Delta L &\leqslant 10\text{m} \\ L &> 10\text{m}\end{aligned}\quad (4-6)$$

间隔布置形式适用于岸线较顺直的堤岸段。抛投施工质量较易控

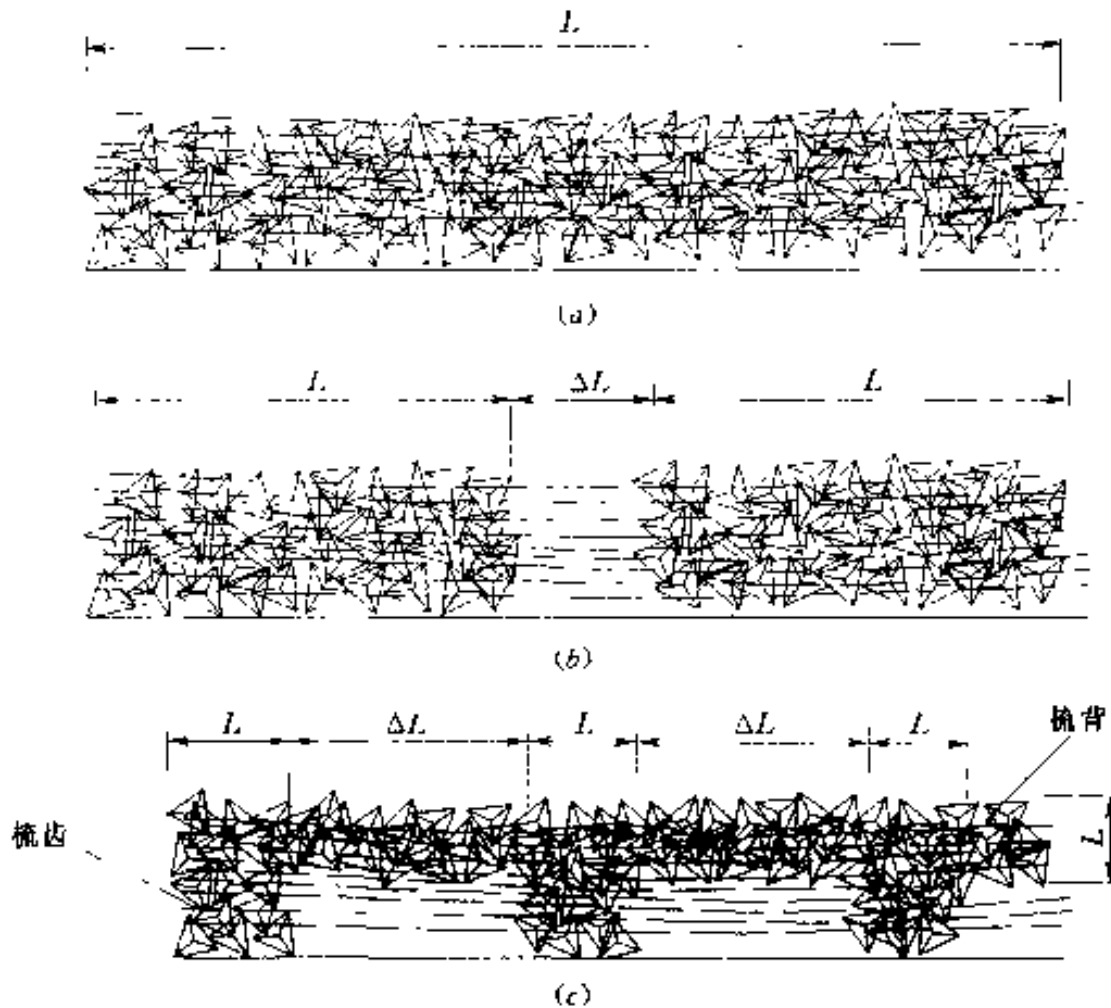


图 4-2 框架群平面布置

(a) 平顺连续布置; (b) 平顺间隔布置; (c) 梳式布置

制, 可节省较多的框架。

三、梳式布置

梳式布置的框架群在平面上呈不完全间断布置, 由梳齿和梳背组成, 如图 4-2 (c)。

梳式布置的梳齿间隔尺度 ΔL 在 10~15m 范围内选择, 梳齿、梳背宽度 L 取 2~3m。

§ 4-5 结构尺寸及选材

四面六边透水框架是由六根杆件拼装而成的空间框架 (见图 4-3), 众多个这样的框架堆垒成群, 则为四面六边透水框架群。组成框架的杆件为等直杆, 断面一般为正方形和圆形。

组成框架的杆件一般用混凝土材料制成，也可采用在竹筒内充填砂土制成，或在塑料筒内充填砂土制成。

室内试验和工程实践表明：①杆件尺寸应满足结构受力要求，杆件长细比与框架群减速率有关，杆件尺寸还决定施工难易程度；②杆件材料及杆件联结方式影响工程造价。因此，设计时应注重选择杆件尺寸、杆件材料和杆件联结方式。

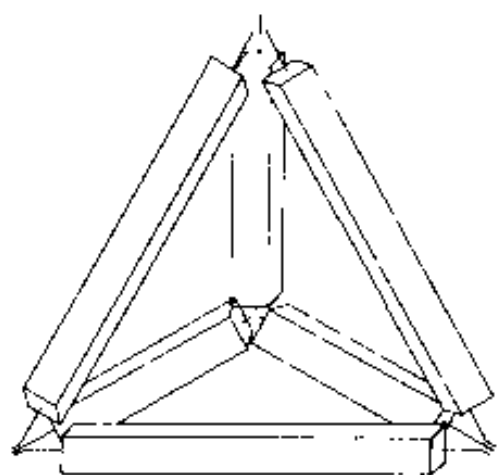


图 4-3 四面六边透水框架

1. 杆件尺寸

我们将杆件长度 (l_0) 与杆件边长 (b_0) 之比称为杆件长细比。根据室内试验成果可知，当框架群架空率 $\varepsilon = 4.8 \sim 5.0$ ，杆件的长细比 $l_0/b_0 = 16$ (或 $l_0/d_0 = 16$) 时，减速率最高。设计时一般取值范围为 $l_0/b_0 = 10 \sim 20$ 。

为保证施工质量，杆件断面最小尺寸不得小于 0.06m；为方便施工搬运和抛投，杆件的长度以 $l_0 = 1.00\text{m}$ 为宜。

值得注意的是，当长细比取值太大，一方面框架自重和尺度加大，不便抛投施工；另一方面杆件结构强度不易满足。因此， l_0/b_0 较大的框架，仅适合于框架摆放施工的护岸工程，如：西北所曾在渭河岸滩上摆放 $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 150\text{cm}$ 和 $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 200\text{cm}$ 规格的框架群。

2. 杆件材料及联结方式

当框架杆件为混凝土材料时，杆件之间一般通过钢筋两两相焊联结构成框架。混凝土设计强度值一般取 C15，长细比较大时混凝土设计强度值可取 C20。钢筋起构造和连接作用，可用 1 根 $\phi 10$ 的钢筋，亦可用两根 $\phi 6$ 的钢筋，其杆件结构如图 4-4。

当框架杆件为竹砂筒时，竹筒两端用混凝土封堵，杆件之间采用铁丝绑扎联结构成框架。铁丝规格 8 号，

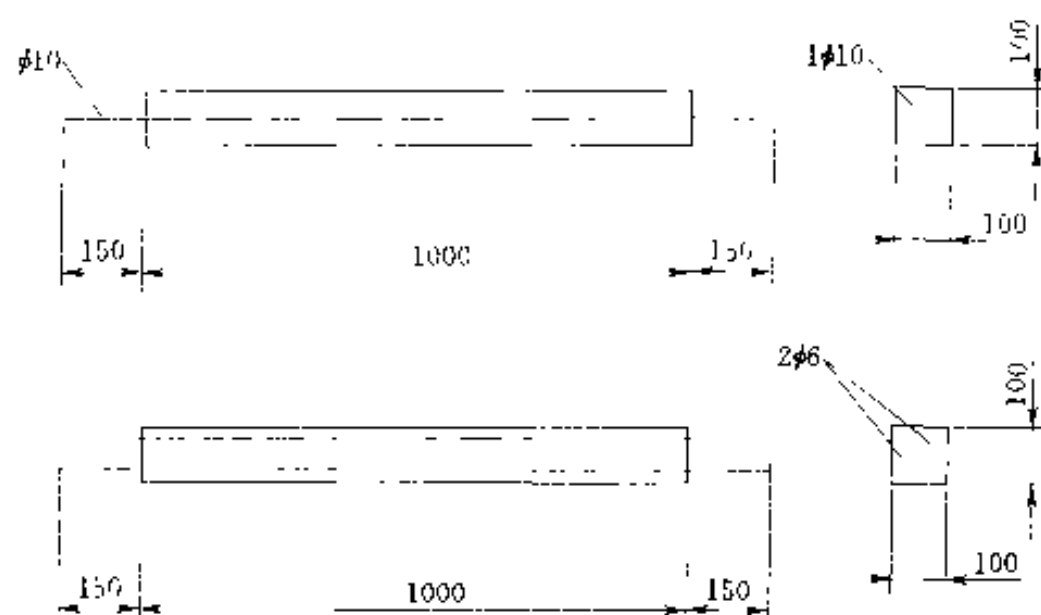


图 4-4 杆件结构图

当框架杆件为塑料砂筒时，塑料筒两端可用混凝土封堵，杆件之间用铁丝绑扎联结；也可用特制套筒封堵筒口并粘结。

§ 4-6 施工组织设计

一、施工组织设计编制要求

堤岸防护工程是堤防工程的一项主要内容，施工组织设计中重视此项内容，对正确选定工程布置及优化工程设计，对合理组织工程施工、保证工程质量、缩短建设工期、降低工程造价及提高工程效益等都有着十分重要的意义。

1. 施工组织设计的基本内容

与其它工程项目一样，堤岸防护工程施工组织设计包括施工总进度、施工总布置、技术供应等三部分。

施工总进度主要研究合理的施工期限和施工程序，在时间安排上使各施工环节协调一致；施工总体布置是根据选定的施工总进度，研究施工区的空间组织问题，保证施工总进度的实施；技术供应的总量及分批供应量，由既定的总进度和总体布置来确定，是实现既定总进度、总体布置的物质保证。

上述三部分内容互相牵制，需要从多方面反复比较论证，选

择较优方案。为此,应积极研究、推广、应用系统工程,解决定量分析比较的问题。

2. 施工组织设计编制依据

(1) 工程所在地区的施工条件(包括自然条件、水电供应条件、交通条件和环保条件等)。

(2) 可能达到的施工水平、施工设备及材料供应情况。

(3) 业主单位对工程施工的要求、指令、协议和规定。

(4) 国家有关法规。

3. 施工组织设计编制原则及文件参考目录

施工组织设计编制主要遵循的原则有:

(1) 严格执行国家基建程序和遵循有关技术标准、规程规范。

(2) 根据工程特点,因地制宜提出施工方案。

(3) 统筹安排,综合平衡,协调各分部工程均衡施工。

施工组织设计文件编制内容见下列目录:

一、施工条件

(1) 工程条件

(2) 自然条件

(3) 社会经济条件

(4) 工程合同情况

二、工程施工

(1) 工程施工方案

(2) 施工参数确定

(3) 主要施工设备和生产定额选定

三、施工总布置

(1) 施工场地选择

(2) 场内外交通布置、施工场地布置

(3) 供水、供电、通讯布置

四、施工总进度

(1) 时间计划

(2) 资源计划

五、拟定施工措施

(1) 施工管理组织措施

(2) 施工质量保证措施

(3) 施工安全措施

二、施工方案选择

选择合理的施工方案是施工组织设计的核心，它包括施工方法和施工机械的选择，施工段的划分，工程开展的顺序和流水施工的安排等。

(1) 施工方法和施工机械的选择是紧密联系的，在技术上它是解决各主要施工过程的施工手段和工艺问题。在框架群护岸工程施工中，杆件预制施工多采用半机械施工方法，框架抛投施工常采用人工抛投方法，这就决定了各施工过程相应的施工机械和施工工艺。

(2) 施工方案的选择，除了技术方法以外，还必须对组织方法作出合理的选择。如框架抛投是否分段进行，施工流动方向等问题，都必须合理选择。一般框架抛投施工都分段进行，各施工流向遵循先下游后上游、先远岸后近岸的原则。

(3) 确定各施工过程的先后顺序应考虑：①施工工艺的要求；②施工方法和施工机械的要求；③施工组织的要求；④施工质量的要求；⑤气候条件；⑥安全技术的要求。框架制作及抛投施工先后顺序如图 4-5 所示。

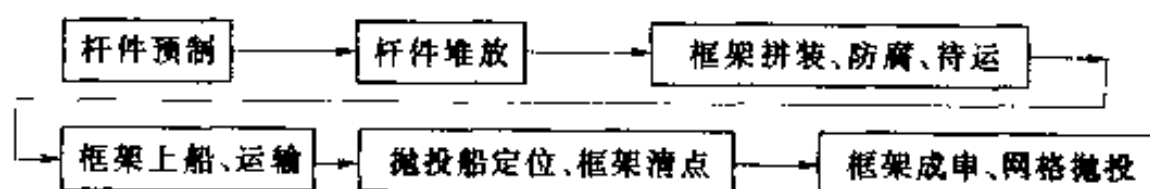


图 4-5 施工顺序框图

三、施工总进度

1. 施工进度影响因素

影响框架群护岸工程施工进度主要因素有：①框架制作受降

雨和气候条件影响较大,在雨季和严寒季节,施工有效工日显著减少;②框架抛投受水位、江面风力和风向影响,在低水位(水位低于最高抛投高程)、洪水期和江面风力较大的季节,施工无法进行,施工有效工日减少;③框架抛投受夜黑的影响,一般天黑不允许施工,日施工有效时间减少;④框架抛投受框架制作龄期的控制,未达设计强度的框架不得抛投。

2. 施工总进度计划的编制

施工总进度计划是以施工方案为基础,根据规定工期和技术物质供应条件,遵循合理的施工程序,统筹安排各项施工活动进行编制的。它的任务是确定各施工过程的施工日期,即时间计划,并以此确定劳动力供应计划、施工机械需要量计划和主要材料需要量计划,统称为资源计划。

(1) 时间计划。施工总进度计划可用横道图表示,也可以用网络图表达。对于单一的框架群护岸工程项目,因施工项目少,一般用横道线图表示进度计划即可;对于非单一的框架群护岸工程项目,如施工项目较多,用网络图表示进度计划更具体、直观、明了。

当用横道图表达时,进度计划中施工项目按工程展开的先后顺序排列,要表示出各施工项目的开始时间及其施工的持续时间。

(2) 资源计划。施工总进度计划确定之后,可据此编制各主要劳动力需要量计划、施工机械和模具需要量计划、主要材料需要量计划,以便及时组织劳动力和技术物质供应,保证施工进度计划的顺利执行。

1) 主要劳动力需要量计划。将各施工过程所需要的主要工种劳动力,根据施工进度安排进行叠加,就可编制出主要工种劳动力需要量计划。框架群护岸工程主要劳动力需要量计划表的格式如表 4-1 所示。

2) 施工机械需要量计划。根据施工方案和施工进度确定施工机械的类型、数量、进场时间。一般是将施工进度表中每一个

施工过程、每天所需的机械类型、数量和施工日期进行汇总,得出施工机械需要量计划。框架群护岸工程施工机械需要量计划表的格式如表 4-2 所示。

表 4-1 主要劳动力需要量计划表

序号	工种名称	总劳动量 (工日)	每月需要量(工日)			
			×年×月	×年×月	×年×月	×年×月
1	钢筋工					
2	混凝土工					
3	电焊工					
4	普 工					

表 4-2 主要施工及运输机械需要量计划表

序号	机械名称	机械类型 (规格)	需 要 量		来 源	适用起讫时间	备注
			单位	数量			
1	混凝土搅拌机						
2	振捣器						
3	电焊机						
4	胶轮车						
5	运输车						
6	运输抛投船						
7	定位船						

3) 主要材料需要量计划。材料需要量计划,主要为组织备料,确定仓库及堆场面积、组织运输之用。其编制方法是將施工预算中或进度表中施工过程的工程量,按材料名称、使用时间并考虑到各种材料消耗定额进行计算汇总,得出材料需要量计划。框架群护岸工程所需的材料包括原材料(水泥、砂、石、钢筋、焊条)和构件(杆件、框架),其需要量计划表的格式如表 4-3 所示。

表 4-3 主要原材料、构件需要量计划表

序号	机械名称	规格	需 要 量		使用单位	供应日期	备注
			单位	数量			
1	水 泥						
2	细骨料						
3	粗骨料						
4	钢 筋						
5	焊 条						
6	预制杆件						
7	框 架						

四、施工总布置

1. 施工场地选择

施工场地选择应根据工程项目特点来确定。大量而集中的框架预制是框架群护岸工程施工的主要特点，因此，预制场地的选择非常重要。

框架预制场地一般包括杆件预制场地、杆件堆放场地、框架拼装场地、框架摆放场地以及原材料堆放场地等等，预制场地的选择一般考虑以下因素：

(1) 预制场可选择在框架抛投地的上游或下游岸滩位置。当预制场选择在抛投地的上游时，运输船是重船下行、空船上行，可节省动力、缩短运输时间；反之，增加动力、增加运输时间，这时应避免选择运距太远的预制场。

(2) 可选择多个预制场地。当一个预制场地面积很难满足工程施工需要时，应考虑选择多个预制场地，并根据运距合理分配各预制场的施工工程量。

(3) 利用滩地作为预制场地。岸滩是较理想地预制场地，它有沟通水路和陆路交通的便利条件，有可供杆件和框架制作、放置的场地面积，供水、供电也较方便。

2. 施工平面布置

施工平面布置是施工设计的主要组成部分,合理的施工平面布置对于顺利执行施工进度计划非常重要。相反,如果施工平面设计不当,将导致施工现场混乱,直接影响施工进度、劳动生产率和工程成本。因此应重视施工平面布置。

施工平面布置主要内容有:①各种材料的仓库和堆场布置;②为施工服务的临时设施的布置;③水平、垂直运输设施的布置;④场内外交通的连接;⑤供水、供电、通讯系统的布置等。

结合框架群护岸工程项目的特点,在施工平面布置时应注意:①原材料仓库和堆场尽量靠近混凝土搅拌机布置,并考虑运输和装卸料的方便;②框架拼装场依杆件堆放场周边并靠近码头侧布置;③场内交通布置要保证道路畅通,并与场外交通顺畅连接;④工程项目部设在抛投施工现场中心位置为宜。

五、施工措施拟定

1. 施工管理组织措施

施工单位应建立健全工程项目施工组织机构,完善职责分工及有关制度,落实施工、管理责任。施工管理组织机构的设置应根据工程项目特点确定。

2. 施工质量保证措施

施工质量保证措施包括组织措施和技术措施。组织措施即建立健全施工质量保证体系,明确职责分工即有关质量监督制度,落实质量控制责任。技术措施即明确材料的质量标准、检验制度、保管方法和使用要求,明确主要施工过程的技术要求、质量标准 and 检验评定方法,制定可能出现的技术问题或质量通病的改进办法和防范措施。

3. 施工安全措施

施工安全事故可通过制定相应的组织措施和技术措施来预防。除一般混凝土预制件施工需要注意的安全生产事项外,框架群护岸工程最主要的生产安全问题是:①焊接用电安全;②抛投水上作业安全。应制定防触电、防溺水等安全措施。

第五章 工程监理与工程质量评定

§ 5-1 工程施工监理

随着四面六边透水框架群护岸工程技术研究的不断深入，技术应用也在不断地发展，框架群护岸工程技术越来越多地被应用于堤岸防护，仅江西省长江干流河段就有七段堤岸应用该项护岸技术，总工程量约达 100 万架，并取得了明显的效果。不断的工程实践，也丰富了工程施工监理的经验，总结监理实践经验，有利于更好地实现投资者的意图，有利于更好地实现监理控制目标。以下分监理管理模式、监理制度和监理实施等内容加以阐述。

一、监理组织形式

监理组织形式是监理管理模式的具体体现。常用的监理组织形式有直线制监理组织、职能制监理组织、直线职能监理组织、矩阵监理组织等。监理单位应根据工程项目的特点、工程项目承发包模式、业主委托的任务以及监理单位自身情况确定与之相适应的组织形式。

框架群护岸工程的特点是：施工工序较简单，框架制作与框架抛投施工技术较独立；施工工期具时间性和季节性，框架制作能白昼进行，而洪水期和水位较枯季不能进行。工程的承发包模式一般多采用单价控制、总价承包。业主委托任务时，往往将框架制作和抛投任务一并委托，同时还带有其它的护岸工程任务。监理单位自身的情况主要表现在监理取费标准低、监理人员少。由于有上述原因，监理单位在确定监理组织形式时，可将框架制作和框架抛投两部分，分别与其它混凝土工程项目和其它护岸工

程项目（如抛石护岸）组成子项目监理组，这有利于资源利用，有利于统一监控。也可将框架制作和框架抛投组成两个独立子项目组或组成一个独立子项目组。

二、监理制度

施工阶段监理工作的实施，必须依靠一系列制度来规范、约束和保证。框架群护岸工程施工监理制定的工作制度内容应包括：施工图纸会审及设计交底制度、施工组织设计审核制度、工程开工申请制度、工程材料及半成品质量检验制度、监理旁站和巡视制度、工程质量验收制度、设计变更处理制度、施工备忘录签发制度、工程款支付签审制度、监理日记月报制度等等。监理制度主要通过监理规划和监理实施细则等文件明确。

三、监理实施

1. 进度控制

施工阶段工程建设监理进度控制的任务主要是通过完善项目控制性进度计划、审查施工单位施工进度计划、做好各项动态控制工作、协调各单位关系、预防并处理好工期索赔，以求实际施工进度达到计划施工进度的要求。框架群护岸工程一般工期短，日工作强度大，监理工程师应随时收集进度资料，进行计划进度与实际进度的对比，发现偏离及时采取措施纠正，以动态管理控制施工进度。

2. 工程质量控制

影响工程实体质量的因素主要有“人、材料、机械、方法 and 环境”等五大因素，监理对这五大因素严格加以控制，是保证建设项目工程质量的关键。

（1）人的控制。人是施工的主体，是工程产品形成的直接创造者，施工人员的思想素质、质量意识、业务水平和身体状况直接影响工程产品质量，监理工程师的重要任务是把好施工人员质量关，主要抓好管理者和操作者的素质考核和资质审查工作。管理者的素质考核包括：决策能力、组织机构、管理制度、经营作风、技术措施、社会信誉、实际经验等项内容。操作者应具有相

应的资质，如框架拼装焊接电焊工和框架运输轮船驾驶员等必须持证上岗。

(2) 材料的质量控制。材料是工程施工的物质条件，它包括原材料、成品、半成品、构配件等。材料的质量是工程质量的基础，它为工程质量提供重要保证。在工程监理中，监理工程师应对材料质量严格控制，主要控制材料的质量标准、材料的性能、材料取样及试验方法、材料适用范围和施工要求等内容。监理工程师应全过程控制，即从材料的采购、运输、装卸、进场、存放直到使用等全过程进行系统监控。

框架群护岸工程使用的主要原材料有水泥、粗细骨料、钢筋和焊条等，施工过程中的半成品和成品有混凝土、混凝土杆件和框架。主要原材料的质量标准及试验项目见表 5-1，混凝土及混凝土杆件质量标准参照 SDJ2491—88《水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准》（水工建筑工程）规定执行，框架质量标准见表 5-1。

表 5-1 主要原材料试验项目及质量标准

序号	名 称	试 验 项 目	质 量 标 准
1	水 泥	标准稠度、凝结时间、抗压和抗折强度、安定性	GB175《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》
2	混凝土 用砂、石	颗粒级配、密度、堆积密度、空隙率、含水率、含泥量。砂的有机物含量，石的针状和片状颗粒、软弱颗粒含量	JGJ52《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》。 JGJ53《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》
3	钢 筋	拉力、冷弯	GB13013《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》
4	焊 条		GB5117《碳钢焊条》

(3) 施工机械设备的质量控制。施工机械设备是实现施工机械化的重要物质基础，对工程项目的施工质量有直接影响，监理工程师应从机械设备的选型、机械设备的主要性能参数和机械设

备的使用操作要求等方面予以控制。

例如,从保证质量出发,选择框架抛投施工使用的定位船和运输抛投船时,应考虑船的长度必须与抛投网格划分相适应。

(4) 方法的控制。施工阶段监理对方法的控制主要是对施工方案的控制,施工方案正确与否不仅影响工程项目的质量,还影响工程进度和投资。监理工程师在审核施工方案时,必须结合工程实际、全面分析、综合考虑,避免因施工方案考虑不周,导致工期拖延,质量下降,投资增加。

例如,在审核杆件制作方案时,保证杆件外形尺寸;应考虑模板一次浇注的杆件数是否方便施工,从而确定模板的规格。在审核框架运输方案时,应注意框架在船上的摆放方向,以确定较高的运输效率,更重要的是能保证框架抛投准确到位、准确计量。在审核框架抛投方案时,应重视抛投船的定位控制方式,以保证框架抛投施工抛准、抛足。

(5) 环境因素的控制。环境因素对工程质量的影响具有复杂而多变的特点,环境因素包括工程技术环境、工程管理环境和劳动环境,监理工程师应采取有效措施严加控制。

例如,水位、雨季、大风等水文气象条件是影响框架群护岸工程施工质量的主要工程技术环境因素;施工单位的质量保证体系和质量管理制度是影响质量的工程管理环境因素;水上作业是影响质量最突出的劳动环境因素。监理工程师对以上环境因素的有效控制非常重要。

总之,监理工程师必须在工程实体质量的形成过程中,通过对影响质量的五方面因素的控制,保证工程施工质量。

3. 投资控制

施工阶段工程、建设监理投资控制的主要任务是通过工程付款控制、新增工程费控制、预防并处理好费用索赔、挖掘节约投资潜力来努力实现实际发生的费用不超过计划投资。工程付款控制,监理工程师应注意准确计量、按程序支付工程款,如框架抛投量应在抛投前逐船清点,未达质量标准的框架和未抛入指定位

置的框架不予计量,经审核后后方可付款。

§ 5-2 工程施工质量评定与验收

目前,四面六边透水框架群固岸工程技术尚未有统一的工程施工的质量标准和质量评定办法。为正确地进行工程质量评定和验收,逐步建立和完善工程验收规程,特推荐在已建工程中采用的施工质量评定与验收办法,以及质量评定常用表格,共参照使用。

一、质量评定

1. 总则

(1) 框架护脚工程施工质量等级分为“合格”和“优良”两级。

(2) 框架护脚工程质量评定和验收应以相关法律、法规、技术标准、批准的设计文件、施工合同、施工图纸等为依据。

(3) 框架护脚工程施工质量评定和验收还应复核国家现行其它有关标准和规定的要求。

2. 工程项目划分

(1) 单位工程划分。堤防工程划分为单位工程、分部工程和单位工程。堤岸防护工程可以单独划分为一个单位工程。

(2) 分部工程划分。堤岸防护单位工程可划分为护坡和护脚等分部工程。

(3) 单元工程划分。按抛投网格划分单元工程,即以抛投网格基准线为中心、由上、下游网格垂向线形成的大网格,按每一个大网格划分为一个单元工程。

工程项目划分见表 5-2。

表 5-2 工程项目划分

单位工程	分部工程	单元工程
堤岸防护	框架群护脚工程	每一大网格划分为一个单元工程

3. 单元工程质量等级标准

单元工程的质量标准由定位控制和抛投控制的质量标准

组成。

(1) 定位控制:

1) 质量检查内容和质量标准见表 5-3。

表 5-3 质 量 标 准

项 次	项 目	质 量 标 准
1	△网格基准线放样	基准线桩点点位
2	网格垂向线放样	垂向线桩点点位
3	定位船定位线放样	定位桩点点位
4	顺水流方向网格线标定	网格线标定

注 △为主要检查项目,下同。

2) 质量评定。在主要检查项目符合标准的前提下,凡其它检查基本项目符合上述标准的,即评为合格;凡其它检查项目符合上述标准的,即评为优良。

(2) 抛投控制:

1) 质量检查内容和质量标准见表 5-4。

表 5-4 质 量 标 准

项 次	项 目	质 量 标 准
1	框架杆件碰损掉角	轻微、少量
2	小网格内抛投架数	允许偏差 $\pm 5\%$
3	△大网格内抛投架数	允许偏差 $\pm 5\%$

2) 质量评定。在主要检查项目符合标准的前提下,凡各小网格中 70% 及其以上符合上述标准的,即评为合格;凡有 90% 及其以上符合上述标准的,即评为优良。

(3) 单元工程、质量评定。在定位控制和抛投控制达到合格的基础上,凡抛投控制达到优良,则该框架抛投单元工程评定为优良,否则评定为合格。

单元工程质量评定表见附表 B-2。

4. 分部工程质量评定标准

(1) 合格标准:

- 1) 单元工程质量全部合格。
- 2) 中间产品质量及原材料质量全部合格。

(2) 优良标准:

- 1) 单元工程质量全部合格, 其中有 50% 以上达到优良, 且未发生过质量事故。
- 2) 中间产品质量全部合格, 其中混凝土拌和质量达到优良, 原材料质量合格。

(3) 分部工程质量评定表见附表 B-1。

5. 工程验收

(1) 工程验收按照 SL223—1999《水利水电建设工程验收规程》相应要求执行。本工程验收工作可分两个阶段进行, 即分部工程验收和竣工验收。

(2) 由于四面六边透水框架群护岸属减速促淤护岸类型, 其减速落淤固岸效果至少需要经过一个汛期才能显现, 且减速效果和淤积方量与当年的水沙条件相关, 因此, 竣工验收应在汛后进行。

(3) 工程竣工验收需由有关单位提供的观测资料是: 针对减速、落淤情况, 对抛护的岸坡进行汛后断面观测, 要求每 10m 测一断面。

二、验收应具备的资料

验收应提供的资料目录见表 5-5。

表 5-5

资 料 目 录

序 号	资 料 名 称	提 供 单 位
1	工程建设管理工作报告	项目法人
2	工程建设大事记	项目法人
3	验收鉴定书(草稿)	项目法人

续表

序 号	资 料 名 称	提 供 单 位
4	工程建设监理工作报告	监理单位
5	工程设计工作报告	设计单位
6	水利水电工程质量评定报告	质量监督部门
7	工程施工管理工作报告	施工单位
8	重大技术问题专题报告	项目法人
9	工程案资料自检报告	项目法人

附录 A 框架制作质量标准

框架制作的质量标准由模板、钢筋、混凝土浇筑、框架焊接和防腐质量标准组成。

1. 一般原则和要求

(1) 预制框架杆件的场地平整坚实,以保证构件质量。模板结构应具有一定的稳定性、刚度和强度,以保证浇筑混凝土时的结构形状尺寸符合设计要求。

(2) 钢筋规格、型式应按设计要求进行加工,混凝土配料应按实验配料单及设计要求进行。

(3) 混凝土应振捣密实,不得露筋和不应有蜂窝。

(4) 框架抛投前混凝土强度必须满足设计要求。

2. 质量检查内容和质量标准

(1) 模板质量检查项目和标准见表 A-1。

(2) 钢筋质量检查项目和标准见表 A-2。

表 A-1

项次	项 目	质量标准
1	稳定性、刚度和强度	符合设计要求
2	模板表面	光洁、无污物

表 A-2

项次	项 目	质量标准
1	钢筋的规格尺寸	符合设计要求
2	钢筋安装位置	符合设计要求

(3) 混凝土浇筑质量检查项目和标准:

1) 混凝土浇筑质量检查项目和标准见表 A-3。

2) 混凝土杆件表面和内部质量缺陷检查项目、标准见表 A-4。

(4) 框架焊接及防腐质量检查内容和质量标准见表 A-5。

3. 质量检测项目和标准

(1) 模板质量检测项目和标准见表 A-6。

表 A-3

项次	项 目	质 量 标 准	
		优 良	合 格
1	混凝土料	无不合格料	少量不合格料, 经处理尚能满足设计要求
2	混凝土振捣	无漏振	无漏振
3	混凝土养护	混凝土表面保持湿润, 无时干时湿现象	混凝土表面保持湿润, 但少数短时间有时干时湿现象

表 A-4

项 次	项 目	质 量 标 准	
		优 良	合 格
1	蜂 窝	无	轻微、少量不连续、深度不超过骨料最大粒径
2	碰损掉角	无	轻微少量碰损掉角
3	表面裂缝	无	有短小、不贯穿缝
4	贯穿裂缝	无	无

表 A-5

项次	项 目	质 量 标 准	
		优 良	合 格
1	框架拼装符合尺寸	符合设计要求	少量偏位,但不影响使用
2	焊缝长度	符合设计要求	-2mm
3	杆件缺角掉块	无	轻微、少量
4	抛投前框架混凝土强度	混凝土强度达到设计的混凝土强度	混凝土强度达到设计的混凝土强度
5	漏涂	无	$\leq 1\%$
6	涂抹均匀性	均匀	较均匀

表 A-6

项次	项 目	允许偏差 (mm)
1	模板平整度	2
2	模板长度	± 20
3	断面尺寸	+5、-2

(2) 钢筋质量检测项目和标准见表 A-7。

表 A-7

项次	项 目	允许偏差 (mm)
1	钢筋长度	± 20
2	接头弯折长度	± 5

4. 检测数量

模板抽查 100% 检测; 钢筋按杆件数抽查 5% 检测; 混凝土

浇筑质量检查按浇筑时和拆模后分别进行，按杆件数抽查 5% 检测；框架焊接和防腐按 10% 检测。

5. 工序质量评定

对于混凝土模板工序和钢筋工序，在主要检查项目符合标准的前提下，凡检测点数中 70% 及其以上符合标准的，即评为合格；凡有 90% 及其以上条件符合上述标准的，即评为优良。

对于混凝土浇筑工序和框架焊接工序，主要检查项目全部符合合格标准，其它检查项目具备符合合格标准的，即评为合格；凡主要检查项目全部符合优良标准，其它检查项目符合优良或合格标准的，即评为优良。

6. 框架制作质量评定

在模板、钢筋、混凝土浇筑和框架焊接防腐等四项工序质量全部达到合格的基础上，凡混凝土浇筑和框架焊接两项达优良的，该框架制作可评为优良，否则评为合格。

附录 B 施工质量评定表

表 B 1 分部工程质量评定表

编号:

合同编号				工程编码			
单位工程名称				施工单位			
分部工程名称				监理单位			
开工日期				竣工日期			
项次	单元工程项目	单元工程个数	质量等级				
			优 良	合 格			
单元工程共 个，其中优良 个，优良率 %。							
施工单位自评意见		质量 等级	项目法人 (监理单位) 复核意见		核定 质量 等级		
施工单 位名称		项目负责人 (监理单位)		名 称			
测量员	初检 负责人	终检 负责人	核 定 人				

表 B-2 单元工程质量评定表

编号:

合同编号				工程编码	
单位工程名称				施工单位	
分部工程名称				监理单位	
单元工程名称、部位				检验日期	
项次	检 查 项 目		质 量 标 准		检验记录
1	定位控制	△网格基准线放样	基准线桩点点位中误差限值 $\pm 17\text{mm}$		
2		网格垂向线放样	垂向线桩点点位中误差限值 $\pm 17\text{mm}$		
3		定位船定位线放样	定位桩点点位误差值 $\pm 30\text{mm}$		
4		顺水流方向网格线标定	网络线标定误差 $\pm 500\text{mm}$		
5	抛投控制	框架杆件碰损掉角	轻微、少量		
6		水网络内抛投架数	允许偏差 $\pm 5\%$		
7		△大网络内抛投架数	允许偏差 $\pm 5\%$		
施工单位自评意见			质量等级	项目法人 (监理单位) 复核意见	核定质量等级
本单元定位控制和抛投控制均达标准, 其中抛投控制达标准。					
施工单位名称				项目法人 (监理单位) 名 称	
测量员	初检负责人	终检负责人			
				核定人	

表 B-3 框架制作质量评定表

编号:

合同编号				工程编码	
单位工程名称				施工单位	
分部工程名称				监理单位	
单元工程 名称、部位				检验日期	
项次	项 目		项目质量等级		
1	模 板				
2	钢 筋				
3	混凝土浇筑				
4	框架焊接和防腐				
施工单位自评意见		质量等级	项目法人 (监理单位) 复核意见		核定 质量 等级
四项质量均达合格标准, 其中混凝土浇筑质量。框架焊接防腐质量					
施工单位名称				项目法人 (监理单位) 名 称	
测量员	初检 负责人	终检 负责人			
			核定人		

表 B-4 混凝土模板工序质量评定表

编号:

合同编号				工程编码		
单位工程名称				施工单位		
分部工程名称				监理单位		
单元工程 名称、部位				检验日期		
项次	检查项目	质量标准		检 验 记 录		
1	△稳定性、 刚度和强度	符合设计要求				
2	模板表面	光洁、无污物				
项次	检测项目	设计值	允许偏差 (mm)	实测值	合格数 (点)	合格率 (%)
1	模板平整度		2			
2	模板长度		±20			
3	构件尺寸		+5、-2			
检测结果		共检测 点, 其中合格 点, 合格率 %。				
施工单位自评意见			质量 等级	项目法人 (监理单位) 复核意见		核定 质量 等级
主要检查项目全部符合质量标准。一般检查项目。检测实测点合格率 (%)						
施工单位名称				项目法人 (监理单位) 名 称		
测量员	初检 负责人	终检 负责人				
				核定人		

表 B-5 钢筋工序质量评定表

编号:

合同编号				工程编码			
单位工程名称				施工单位			
分部工程名称				监理单位			
单元工程 名称、部位				检验日期			
项次	检 查 项 目		质量标准		检 验 记 录		
1	△钢筋的规格尺寸		符合设计要求				
2	钢筋安装位置		符合设计要求				
项次	检测项目	设计值	允许偏差 (mm)	实 测 值	合格数 (点)	合格率 (%)	
1	钢筋长度		±20				
2	接头弯折 长度		±5				
检测结果		其检测 点, 其中合格 点, 合格率 %					
施工单位自评意见			质量等级		项目法人 (监理单位) 复核意见		核定 质量 等级
主要检查项目全部 符合质量标准, 一般 检查项目, 项目实测 点合格率 (%)							
施工单位名称					项目法人 (监理单位) 名称		
测量员			初检 负责人	终检 负责人			
					核定人		

表 B-6 混凝土浇筑工序质量评定表

编号:

合同编号		工程编码		
单位工程名称		施工单位		
分部工程名称		监理单位		
单元工程名称、部位		检验日期		
项次	检查项目	质 量 标 准		检验记录
		优 良	合 格	
1	△混凝土料	无不合格料	少量不合格料,经处理尚能满足设计要求	
2	△混凝土振捣	无漏振	无漏振	
3	混凝土养护	混凝土表面保持湿润无时干时湿现象	混凝土表面保持湿润,但少数短时间有时干时湿现象	
4	蜂 窝	无	轻微、少量、不连续、深度不超过骨料最大料径	
5	△碰损掉角	无	轻微少量碰损掉角	
6	表面裂缝	无	有短少,不贯穿的裂缝	
7	△贯穿裂缝	无	无	
施工单位自评意见		质量等级	项目法人(监理单位)复核意见	核定质量等级
主要检查项目全部符合质量标准,一般检查项目				
施工单位名称		项目法人(监理单位)名称		
测量员	初检负责人	终检负责人		
			核定人	

表 B-7 框架焊接和防腐工序质量评定表

编号:

合同编号		工程编码		
单位工程名称		施工单位		
分部工程名称		监理单位		
单元工程 名称、部位		检验日期		
项次	检查项目	质 量 标 准		检验记录
		优 良	合 格	
1	框架拼装尺寸	符合设计要求	少量偏位, 但不影响使用	
2	焊缝长度	符合设计要求	2mm	
△3	框架杆件缺角掉块	无	轻微、少量	
△4	抛投前框架混凝土强度	混凝土强度达到设计的混凝土强度	混凝土强度达到设计的混凝土强度	
5	漏涂	无	≤1%	
6	涂抹均匀性	均匀	较均匀	
检测结果		共检验 点, 其中合格 点, 合格率 %		
施工单位自评意见		质量等级	项目法人 (监理单位) 复核意见	核定 质量 等级
施工单位名称		项目法人 (监理单位) 名 称		
测量员	初检 负责人	终检 负责人		
			核定人	

表 B-8 混凝土拌和质量评定表

编号:

合同编号				工程编码			
单位工程名称				施工单位			
分部工程名称				监理单位			
单元工程 名称、部位				检验日期			
项次	项 目			项 目 质 量 等 级			
1	混凝土拌和物						
2	混凝土试块						
施工单位自评意见				质量等级		项目法人 (监理单位) 复核意见	
核定 质量 等级							
两项质量均达合格标准, 其中混凝土试块质量							
施工单位		项目法人 (监理单位)		质量 监督 部门			

表 B-9 混凝土拌和物质量评定表

编号:

合同编号		工程编码		
单位工程名称		施工单位		
分部工程名称		监理单位		
单元工程名称、部位		检验日期		
项次	检 查 项 目	质 量 标 准		检 验 记 录
		优 良	合 格	
1	△原材料称量偏差符合要求的频率	≥90%	70%	
2	砂子含水量大于6%的频率	≥90%	≥70%	
3	△拌和时间符合规定的频率	100%	100%	
4	混凝土坍落度符合要求的频率	≥80%	≥70%	
5	△混凝土水灰比符合设计要求的频率	≥90%	≥80%	
6	混凝土出机口温度符合设计要求的频率	≥80% (高 1~2℃)	≥70% (高 2~3℃)	
施工单位自评意见		质量等级	项目法人 (监理单位) 复核意见	核定质量等级
施工单位		项目法人 (监理单位)	质量 监督 部门	

表 B-10 混凝土试块质量评定表

编号:

合同编号				工程编码			
单位工程名称				施工单位			
分部工程名称				监理单位			
单元工程名称、部位				检验日期			
项次	检 查 项 目		质 量 标 准		检验记录		
			优 良	合 格			
1	任何一组试块抗压强度最低不得低于设计标号的		90%	85%			
2	△无筋（或少筋）混凝土强度保证率		85%	80%			
3	△配筋混凝土强度保证率		90%	85%			
4	混凝土抗拉、抗渗、抗冻指标		不低于设计标号	不低于设计标号			
5	混凝土强度抗压强度的离差系数	<200 号	<0.18	<0.22			
		≥200 号	<0.14	<0.18			
施工单位自评意见		质量等级		项目法人（监理单位）复核意见		核定质量等级	
施工单位		项目法人（监理单位）			质量监督部门		

表 B-11 砂料质量评定表

编号:

合同编号				工程编码			
单位工程名称				施工单位			
分部工程名称				监理单位			
单元工程名称、部位				检验日期			
项次	检 查 项 目		质 量 标 准		检验记录		
1	天然砂中含泥量		<3%, 其中粘土含量 <1%				
2	△天然砂中含泥团量		不允许				
3	△人工砂中的石粉量		6%~12% (指颗粒小 于0.15mm)				
4	坚固性		<10%				
5	△云母含量		<2%				
6	密度		>2.5t/m ³				
7	轻物质含量		<1%				
8	硫化物及硫酸盐含量, 按重量折算成 SO ₃		<1%				
9	△有机质含量		浅于标准色				
施工单位自评意见			质量 等级	项目法人 (监理单位) 复核意见		核定 质量 等级	
施工单位		项目法人 (监理单位)		质量 监督 部门			

表 B-12 粗骨料质量评定表

编号:

合同编号				工程编码			
单位工程名称				施工单位			
分部工程名称				监理单位			
单元工程名称、部位				检验日期			
项次	检查项目		质量标准		检验记录		
1	超径		原孔筛检验 $<5\%$ 超逊径筛检验 0				
2	逊径		原孔筛检验 $<10\%$ 超逊径检验 $<2\%$				
3	含泥量		D_{20} 、 D_{40} 粒径级 $<1\%$, D_{80} 、 D_{150} 或 (D_{120}) 粒径 级 $<0.5\%$				
4	Δ 泥团		不允许				
5	Δ 软弱颗粒含量		$<5\%$				
6	硫化物及硫酸盐含量, 按重量折算成 SO_3		$<0.5\%$				
7	Δ 有机质含量		浅于标准色				
8	密度		$>2.55\text{t/m}^3$				
9	吸水率		D_{20} 、 $D_{40} < 2.5\%$, D_{80} 、 $D_{150} < 1.5\%$				
10	Δ 针片状颗粒含量		15%, 有试验论证, 可 以放宽至 25%				
施工单位自评意见		质量 等级		项目法人 (监理单位) 复核意见		核定 质量 等级	
施工单位			项目法人 (监理单位)		质量 监督 部门		

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 江河护岸新技术：四面六边透水框架群

作者 =

页数 = 1 1 9

S S 号 = 1 1 2 6 0 7 9 1

出版日期 =