

长江干流崩岸治理格宾石笼抛投 工艺研究与应用

汤文君¹, 马泽华¹, 巫 炜²

(1. 如皋市水利建筑安装工程有限公司, 江苏 南通 226500; 2. 南通市水利局, 江苏 南通 226017)

摘要:结合长江干流如皋段崩岸应急治理工程和长青沙西南缘深坑抛护应急抢险工程中的实践经验, 针对格宾石笼抛投工艺流程及适用条件进行总结、分析, 为类似工程施工提供有益借鉴。

关键词:长江; 崩岸治理; 格宾石笼; 抛投工艺

中图分类号: TV8

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2021)S2-0057-05

Research and application of gabion throwing technology for bank – caving treatment in the main stream of the Yangtze River

TANG Wenjun¹, MA Zehua¹, WU Wei²

(1. Rugao Water Conservancy Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Nantong 226500, China;
2. Nantong Water Conservancy Bureau, Nantong 226017, China)

Abstract: Combined with the practical experience of the emergency treatment project of bank – caving in Rugao reach of the main stream of the Yangtze River and the emergency rescue project of deep pit throwing protection at the southwest edge of Changqingsha. The process and applicable conditions of gabion throwing technology are summarized and analyzed, which provides beneficial reference for the construction of similar projects.

Key words: the Yangtze River; bank – caving treatment; gabion; throwing technology

相较于传统散抛石, 由于重量较轻的单粒径块石在大水深、高流速水情条件下会产生较大漂距^[1], 难以满足“抛准、抛足、抛匀”的要求, 因而采用格宾石笼抛石护岸的项目逐渐增多。

格宾石笼由格宾笼和填入笼内满足一定规格、要求的石料组成。格宾笼是由高抗腐蚀、高强度、具有延展性的低碳钢丝或者包覆 PVC 的以上钢丝使用机械编织而成的具有六角网孔的金属网制成的网箱。

格宾石笼具有单体自重大、柔性好、制备简单等优点, 能够有效地减少抛石漂距、适应河床地形、提高抛投强度, 有利于实现机械化抛投施工和形成不同工况下的抛投施工工艺。格宾石笼抛投工艺

在 2018 年长江如皋段崩岸应急治理工程、2020 年长青沙西南缘深坑抛护应急抢险工程中均得到了实践验证, 工程实施防护效果较好。

1 项目背景

长江干流如皋段长青沙西南缘江岸位于如皋中汊顶冲点, 水流紊乱, 深泓逼岸, 是省 II 级预警险段, 最险处滩面逼近堤脚, 江底深泓达 -48 m, 最陡处水下坡比 1:1.4, 存在较大崩岸隐患。国家、省、市高度重视该江段的治理工作, 继 2011 年整治加固后, 于 2018、2020 年分别实施了长江如皋段崩岸应急治理工程、长青沙西南缘深坑抛护应急抢险工程, 崩岸险情得以缓解。

收稿日期: 2021-09-11

作者简介: 汤文君 (1971—), 男, 工程师, 主要从事水利工程建设。E-mail: 909550468@qq.com

由于项目实施期间为长江主汛期,特殊的地理位置造成了该江段水深、坡陡、流急。为了防止大小不一且重量较轻的单粒径块石漂距太大无法控制,难以满足“抛准、抛足、抛匀”要求,上述 2 个崩岸治理项目均采用了格宾石笼抛护形式,其中 2018 年抛石加固护岸长 1 600 m,抛护面积 70 494 m²,抛厚 1 m 2 层覆盖,抛投块石 67 494 m³; 2020 年抛石抢险加固护岸长 300 m,抛护面积 12 000 m²,抛厚 1.5 m 3 层覆盖,抛投块石 18 000 m³。

2 施工前期准备

在正式抛投施工前,须根据设计文件对施工区域的河道地质、水下地形、水文气象及航行条件等进行考察,编制适合工程施工的组织设计及专项方案并报批,制定相应的质量控制和安全、环保管理措施,进行抛前水下地形、断面测量和抛区划分、船舶定位放样,组织作业人员和手续完备的作业船只、合格的石料、格宾网箱进场。

3 抛投方式选择

格宾石笼抛投方式的选择,直接关系到作业船舶的选型和工程的质量、进度、安全,须根据抛区水域的水深、流速、流向、抛区大小、抛石厚度、数量、抛投强度以及工期等要求进行合理选择。一般可采用沉箱式水下抛投、浮吊船水面吊装抛投和开底船水面抛投。

根据上述原则,结合长青沙西南缘抛区处于水深流急、冲淤急剧变化区和抛区狭长、航道繁忙、抛区近岸等特点,2018 年长江如皋段崩岸治理工程采用了沉箱式水下抛投和浮吊船水面吊装抛投方式; 2020 年应急抢险工程由于处于主汛期,水面流速很大,加上抛区长度只有 300 m,无法使用多条浮吊船同时施工作业,为满足抢险进度要求,采用了一条浮吊船水面吊装抛投和开底船水面抛投相结合的方式。

4 抛投船选型、锚位设置与定位

4.1 选型

抛投船选型须根据不同的水情工况和抛投方式进行选择。抛投船除了用于靠泊运石船和吊运抛投作业外,还应具备精准定位、锚泊平稳、移动灵活的功能,因此,抛投船必须配备有 GPS 定位系统、水深、流速测量设备、大吨位浮吊和确保安全的锚

泊设备(大吨位铁锚、钢丝绳缆)。此外,在抛投船选型时还应考虑浮吊驾驶室的高度,以便驾驶员能看到石料船舱底,确保吊装安全。同时,浮吊吊臂回转半径须满足抛投点距离要求。目前市场上可选用的抛投船型有“沉箱船”和“浮吊船”。“开底船”用于格宾石笼运输和抛投作业,须依靠定位船定位。

4.2 锚位设置

合理设置抛投船锚位既能确保施工安全,又能快速准确定位和移位,是提高抛投效率和工程质量的根本保障。锚位设置须根据抛护区域的地形条件合理选择,一般采用“顺水流向四锚八字交叉法”设置。设置在上游的 2 个锚位为“落水锚”,下游的 2 个锚位为“涨水锚”,近岸侧的上下游 2 只锚为“里锚”,远岸侧的上下游 2 只锚为“外锚”。锚缆长度、锚具吨位须根据抛区范围、移船频次和确保不发生“走锚”事故选择,一般锚缆长度不小于 6 倍水深,锚具吨位随船型选定。如果抛区离岸较近、流速较快,可设置“岸锚”,确保河道内“水锚”走锚时保证抛投船不随水漂移,造成碰撞、倾覆事故。

抛锚顺序:外落水锚→里落水锚→里涨水锚→外涨水锚。抛锚时注意将上、下游锚缆抛成“八字”形,以利于定位船移动。

4.3 定位

在抛投船上配备电脑,安装 GPS 水上施工导航定位软件,施工前将预先划分好抛区的 CAD 电子平面图导入软件,然后通过“GPS 坐标定位系统”对抛投船进行数据建模,在船模一侧固定位置做好起抛点定位标记,抛投时打开导航定位软件,将 CAD 抛区平面图和抛投船模型同时显示在电脑桌面上,通过绞锚机移动抛投船,将船模起抛点定位标记和 CAD 抛区平面图边线调整至重合或预先设定的提前量(漂距),此时完成抛投船定位。

抛投船定位是否准确、稳定以及移船后位置调整是否便捷,直接影响到石料抛投是否准确到位、抛投效率能否提高和抛投均匀度是否达到要求。抛投船定位见图 1。

5 抛投提前量测定

石料从江面落到江底的过程中,受水流带动作用,会产生沿水流方向的水平位移,该水平位移(距离)称为漂距(落距)。为了将石料准确投放到事先划定好的抛区内,抛投前须通过漂距试验测定实际漂距,以此作为抛投提前量。

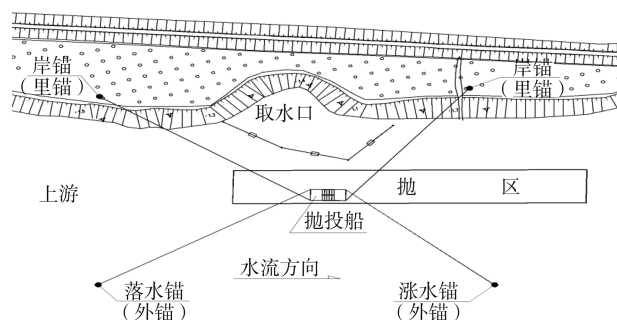


图1 抛投船定位示意

5.1 漂距试验

试验前事先在抛投船边做好抛投点标记,用浮吊将固定重量、系有水下追踪绳索的单个格宾石笼从抛投点抛落,石笼落至江底后,将水下追踪绳索垂直吊起,并据此测量漂距,结合流速仪、测深仪的测量结果,做好相应的记录,最后用专用水下割绳器将追踪绳索从水底割断拉出水面。漂距试验见图2。

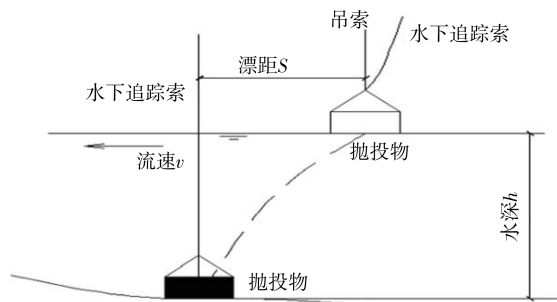


图2 漂距试验示意

5.2 理论漂距计算

采用《长江中下游护岸工程技术要求》中的漂距公式进行理论漂距计算(因适用条件变化作为估算参考),计算公式为

$$S = 0.8 \frac{VH}{W^{\frac{1}{6}}}$$

式中: S 为漂距,m; V 为水面流速,m/s; H 为抛投点水深,m; W 为抛投物质量,kg。

本河段汛期流速随涨落潮变化较大,而施工中定位船不可能随流速的变化而频繁移动,必须选取相应的流速区间,抛投时根据流速变化规律,选择适当时机实测水面流速作为漂距计算的流速。漂距与水面流速、水深成正比,与抛投物重量成反比。

2018年崩岸治理工程中,根据实测的水下地形图,选取若干有代表性的水深、流速进行了漂距试验。在流速小于1 m/s情况下,将试验实测漂距数据代入上述公式(单个石笼重6 800 kg),求得 S 值为2.45 m。

2020年应急抢险工程施工区域实测流速区间为1.1~2.4 m/s,水深流急,无法准确测出漂落距数值,只能按照 $S=2.45$ m来估算流速大于1.0 m/s不同水深情况下的漂距理论推导值,以此控制抛投提前量。漂距预测见表1。

6 抛投工艺流程

6.1 沉箱式水下抛投

沉箱式水下抛石工艺^[2]是江苏省推广使用的新工艺,该工艺在南通市境内长江崩岸治理项目中首次使用,丰富了抛石护岸工程抛投工艺实践案例。

在沉箱式水下抛石施工前,通过GPS施工导航定位软件提示,将沉箱抛投船定位于抛区网格内。利用挖掘机,在运石船上将块石装填入具有开底功能的4 m×2 m×0.5 m的钢箱体(模具)格宾网箱内,采用沉箱船上的吊车,将装填好块石的5个格宾石笼吊放至沉箱船的钢沉箱中。根据当前测得的不同水深,在沉放锚链机链轮上设置标记,按链轮每转一圈下沉2.5 m计算需要沉放的链轮圈数,当沉箱沉至距江底3~5 m时,打开沉箱箱底,格宾石笼落入指定的抛区网格内,提升沉箱至水面,此时5个石笼同时抛投的施工过程完成。每完成一次沉箱抛投后,由项目部和监理人员共同见证做好抛投记录并录像存档。沉箱式抛石船作业见图3。

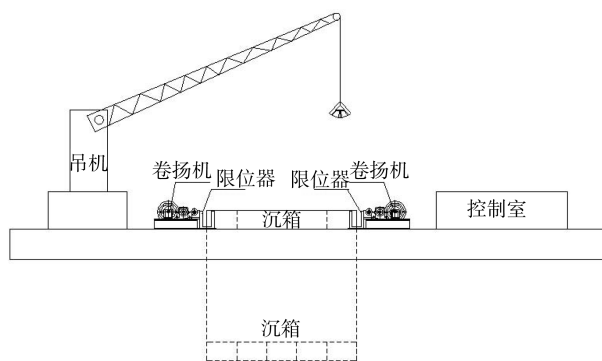


图3 沉箱式抛石船作业示意

沉箱抛投施工受潮汐转换、流速变化(流速小于1 m/s)等不利因素影响较小,具有全天可作业时间长、抛投定位精确度高、有利于提高抛石均匀度、更易于控制漂距(落距)等优点,有效地加快了施工进度、保证了工程质量。

但在主汛期施工,施工区域水深湍急(流速大于1 m/s、水深超过50 m)工况下,下沉的箱体和铰链会产生巨大水阻,抛投船锚缆负荷将会激增,容易发生走锚和锚缆断裂事故。同时,在紊流作用

表 1 漂距预测

项目	流速 $V/$ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	水深 H/m									
		39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0
实测验证值	0.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7
	0.2	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4
	0.3	6.6	6.8	6.9	7.1	7.3	7.4	7.6	7.8	7.9	8.1
	0.4	8.8	9.0	9.2	9.5	9.7	9.9	10.1	10.4	10.6	10.8
	0.5	11.0	11.3	11.5	11.8	12.1	12.4	12.7	12.9	13.2	13.5
	0.6	13.2	13.5	13.8	14.2	14.5	14.9	15.2	15.5	15.9	16.2
	0.7	15.4	15.8	16.2	16.5	16.9	17.3	17.7	18.1	18.5	18.9
	0.8	17.6	18.0	18.5	18.9	19.4	19.8	20.3	20.7	21.2	21.6
	0.9	19.8	20.3	20.8	21.3	21.8	22.3	22.8	23.3	23.8	24.3
	1.0	22.0	22.5	23.1	23.6	24.2	24.8	25.3	25.9	26.5	27.0
理论推导值	1.1	24.1	24.8	25.4	26.0	26.6	27.2	27.9	28.5	29.1	29.7
	1.2	26.3	27.0	27.7	28.4	29.0	29.7	30.4	31.1	31.7	32.4
	1.3	28.5	29.3	30.0	30.7	31.5	32.2	32.9	33.7	34.4	35.1
	1.4	30.7	31.5	32.3	33.1	33.9	34.7	35.5	36.2	37.0	37.8
	1.5	32.9	33.8	34.6	35.5	36.3	37.1	38.0	38.8	39.7	40.5
	1.6	35.1	36.0	36.9	37.8	38.7	39.6	40.5	41.4	42.3	43.2
	1.7	37.3	38.3	39.2	40.2	41.1	42.1	43.1	44.0	45.0	45.9
	1.8	39.5	40.5	41.5	42.6	43.6	44.6	45.6	46.6	47.6	48.6
	1.9	41.7	42.8	43.8	44.9	46.0	47.1	48.1	49.2	50.3	51.3
	2.0	43.9	45.0	46.2	47.3	48.4	49.5	50.7	51.8	52.9	54.0
	2.1	46.1	47.3	48.5	49.6	50.8	52.0	53.2	54.4	55.6	56.7
	2.2	48.3	49.5	50.8	52.0	53.2	54.5	55.7	57.0	58.2	59.4
	2.3	50.5	51.8	53.1	54.4	55.7	57.0	58.3	59.6	60.8	62.1
	2.4	52.7	54.0	55.4	56.7	58.1	59.4	60.8	62.1	63.5	64.8
	2.5	54.9	56.3	57.7	59.1	60.5	61.9	63.3	64.7	66.1	67.5

下,沉箱下沉过深时极易发生旋转,使得较长的铰链相互绞缠,对船舶安全极为不利。

6.2 浮吊船水面吊装抛投

格宾石笼水面吊装抛投前,必须先进行漂距试

验,根据漂距试验形成的漂距预测表进行浮吊船定位和控制抛投提前量。

格宾石笼制备采用 $4\text{ m} \times 2\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 的钢模具装填块石,该方法同时保证了石笼尺寸和块石装

填数量。装填块石前,先将格宾网箱展开放入定制的具有开底功能的钢模具内,利用挖掘机装填块石,装满后盖上网箱顶盖并根据设计要求用绑丝封口闭合,确保封口质量,防止块石散落出网箱。在石料船上装填好块石后,利用抛投船上浮吊,将钢模具连同格宾网箱一起吊运至浮吊船边指定抛投点(近岸内档船头向后每2 m用红漆划线并按序编号),然后打开钢模具底板,格宾石笼滑落入水,形成水面抛投作业。浮吊船水面吊装抛投作业见图4。

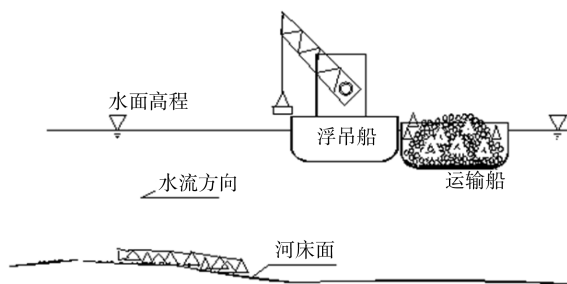


图4 浮吊船水面吊装抛投示意

水面吊装抛投工艺适用于顺水流抛投,水流流向稳定、表面流速小于1.0 m/s的情况,以达到“抛准”的质量要求,安排的施工区域为抛区边线与岸线基本平行、水流顺直的区段,施工时间段是涨潮接近平水前后7 h左右,涨急和落急时不施工。

针对不同工况,2018年长江如皋段崩岸治理工程采取了沉箱式与水面吊装抛投相结合的抛投工艺,既保证了工程质量,又加快了工程施工进度。

6.3 开底船水面抛投

首先在石料码头岸上采用4 m×2 m×0.5 m的定制钢模具制备格宾石笼,利用吊车将成品格宾石笼按抛投顺序分层吊运至开底船舱内,听从抛投现场指挥员指令,将开底船行驶至定位船内档靠泊。现场技术人员测量靠泊时的水深、流速,根据试验数据推算的漂距预测表抛投提前量,移动定位船连同开底船到达抛投位置,打开船底,格宾石笼自动滑入水中,完成抛投。开底船水面抛投作业见图5。

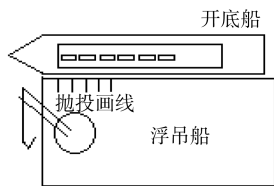


图5 开底船水面抛投示意

在码头岸上制备格宾石笼相对于抛投现场船

舱内工作面大,施工作业环境好,而且抛投现场不需要配置浮吊(但需要配置定位船)即可完成抛投作业,安全不确定性因素少。

开底船是一种集运输、抛投于一体的工程作业船,一次航程装运、抛投石笼数量较多,可多艘开底船穿插抛投施工,日抛投强度大,施工效率较高。

7 成果验证

抛石护岸是长江崩岸治理行之有效的工程措施之一,能否通过抛石覆盖被冲刷的河床,起到防冲促淤、稳固河势、保护堤岸、缓解险情的效果,是检验工程实施成败的关键。

经水下“多波束”扫测和分析计算,2018年长江如皋段崩岸应急治理工程和2020年长青沙西南缘深坑抛护应急抢险工程抛石范围与设计范围基本一致,测点及断面增厚值符合设计及规范要求。其中2018年崩岸应急治理工程检测的46条断面共412个测点中,测点增厚值达到设计要求的测点数为346个,测点合格率84.0%,断面合格率97.8%;2020年长青沙西南缘深坑抛护应急抢险工程检测的9条断面共108个测点中,测点增厚值达到设计要求的测点数为103个,测点合格率95.4%,断面合格率100%。

8 结 语

格宾石笼抛投工艺具有施工机械化程度高、抛投定位精确度好、有利于提高抛石均匀度、更易于控制漂距、全天可作业时间长、日抛投量大、效率高等优点,能有效加快施工进度、保证工程质量。在实际工程施工中采用何种抛投工艺,必须根据相应适用条件(抛区水域的水深、流速、流向、抛区大小、抛石厚度、数量、抛投强度以及工期等要求)进行合理选择。格宾石笼抛投工艺在护岸工程中的成功应用,充分验证了该工艺在长江崩岸治理工程中实施的可行性,弥补了传统散抛石工艺的不足,进一步拓展丰富了抛石护岸工程块石抛投工艺案例。

参考文献:

- [1] 长江水下平顺抛石护岸施工规范:DB 32/T 2947 - 2016[S]. 南京:江苏人民出版社,2016(8):3.
- [2] 翟二生. 沉箱式深水抛石新工艺应用研究——以长江澄通河段老海坝节点综合整治工程为例[J]. 中国水利, 2018(8):35-36, 48.