

单向格栅软体排的拼接及沉排工艺设计

吴 杰¹, 孙祥志¹, 罗京蕾¹, 杨 樾¹, 诸裕良², 冯兴国²

(1. 南京市长江河道管理处, 江苏 南京 210011; 2. 河海大学 港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210024)

摘要:介绍了单向格栅软体排结构, 设计了单元排体结构连接方法, 以及排体结构宽度方向和长度方向的拼接工艺。针对单向格栅软体排结构特征, 设计了沉排的施工流程, 即宽度方向初步拼接与现场拼接相结合以提高施工效率。结合长江中下游护岸工程的水文资料, 对比了单向格栅软体排与连锁排的综合成本, 结果表明单向格栅软体排结构具有明显的经济性优势, 但其沉排效率不及连锁排结构。

关键词:单向格栅排; 拼排; 沉排施工; 连锁排

中图分类号: U617

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2023)05-0021-0005

Design technology for the flexible mattress composed of unidirectional grille

WU Jie¹, SUN Xiangzhi¹, LUO Jinglei¹, YANG Yue¹, ZHU Yuliang², FENG Xingguo²

(1. Nanjing Yangtze River Management Office, Nanjing 210011, China;

2. College of Harbour, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210024, China)

Abstract: The unidirectional grating flexible row structure is introduced, and the unit row structure connection method is designed, as well as the splicing process in the width direction and length direction of the row structure. Moreover, the construction technology is introduced for the flexible mattress composed of unidirectional grille, according to its structural features. That is combining application of the initial splicing with the field splicing in width direction, which is beneficial for improving the construction efficiency. Combined with the hydrological data of the shore protection engineering in the middle and lower reaches of the Yangtze River, the flexible mattress composed of unidirectional grille is compared to the traditional cable-reinforced concrete mattresses. The results show that the former mattresses structure has obvious economic advantages, but its construction efficiency was less than that of the latter mattresses structure.

Key words: unidirectional grille mattresses; connection of mattresses; construction of mattress; cable-reinforced concrete mattresses

1 概 述

长江作为贯穿我国东西的水运大动脉, 素有“黄金水道”之称。长江在江苏省境内总长432.5 km,

流域面积达386万 km²。江苏段长江沿线有大量重要城市, 工矿企业密集; 同时长江中下游岸坡抗冲刷能力较弱, 河岸岸坡冲蚀明显, 容易演变为崩塌, 因此长江江苏段每年开展大量护岸工程以维持河

收稿日期: 2023-01-23

基金项目: 江苏省水利厅科技项目(2021014)

作者简介: 吴杰(1977—), 男, 高级工程师, 主要从事河道整治与水利工程项目管理工作。E-mail: jie_wu@163.com

通信作者: 冯兴国(1983—), 男, 教授, 主要从事水工新材料、疏浚土减量及资源化研究。E-mail: fengxingguo@hhu.edu.cn

势稳定和确保防洪安全。

软体排结构广泛应用于长江中下游的护岸工程并取得了良好的防护效果。现有的软体排主要有铰链排、沙肋软体排、系结压载块软体排等结构形式,上述软体排结构是以加筋带强化的针刺土工布为基础,将冲沙管带、压载块等固定在加筋带上进行软体排施工。为保证加筋土工布在沉排施工时受力均匀,需将布筒、止排梁等大型构件布置在沉排船上,因此铰链排、沙肋软体排等现有软体排的施工均依赖于大型专用沉排船,其设备专业化程度高,对施工人员要求高。同时,采用加筋带强化的土工布在沉排过程中常发生软体排撕排、充沙管袋易破裂等问题。随着长江南京段以下12.5 m深水航道工程的建成,迫切需研发工艺简单、对船舶要求低、施工效率高的新型软体排结构,以满足后续长江江苏段的护岸工程需要。

南京市长江河道管理处和河海大学的科研人员利用高强度的单向格栅为软体排受力构件,研发了单向格栅软体排结构,并通过规范和数值模拟验证了单向格栅软体排结构在长江中下游的水文条件下具有良好的适应性^[1]。本文着重介绍单向格栅软体排的拼排和沉排工艺,指导单向格栅软体排的工程应用。

2 单向格栅软体排简介

单向格栅软体排采用纵向抗拉强度大于200 kN/m的高强度单向格栅为软体排受力构件,以土工布作为反滤层,采用混凝土块或砂浆块作为压载块,单向格栅软体排自上而下分别是混凝土压载块、高强度单向格栅和土工布,如图1所示。单向格栅软体排纵肋方向与河道岸线垂直布置,横肋与岸线平行布置,利用单向格栅的高强度纵肋承受软体排施工荷载和下沉到河床后的悬挂作用。

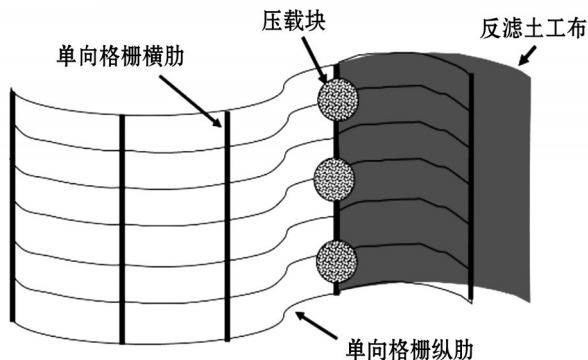


图1 单向格栅软体排的结构布置

3 单向格栅软体排的拼接设计

3.1 单元排体连接

市场上主要有3 m和1 m两种宽度的单向格栅,长度可根据护岸工程需求进行调整,为提高护岸工程的施工效率,单向格栅软体排采用3 m宽的单向格栅。此外,厂家在生产时将土工布与单向格栅热熔复合为一体,并根据设计要求的单位面积压载重量和每个压载块重量在单向格栅横肋处热熔系结扣,如图2所示,将系结扣热熔在土工布与单向格栅横肋之间。采用丙纶加筋带制作系结扣确保其强度,通过高强度尼龙自锁绑扎带将连锁压载块与系结扣固定。

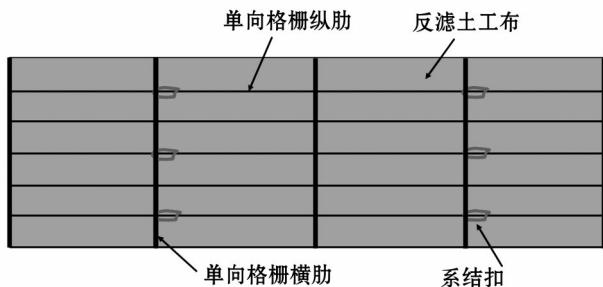


图2 反滤土工布、单向格栅、系结扣的热熔复合示意

软体排所使用的压载块在浇筑成型时,通过尼龙绳网状串联成3×3的连锁压载块体单元,如图3所示。沉排施工时将尼龙绳直接固定在单向格栅横肋上的系结扣上,如图4所示,形成单向格栅软体排单元。

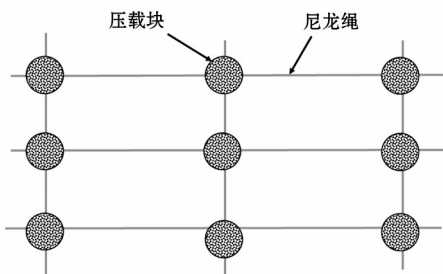


图3 尼龙绳连接的连锁压载块示意

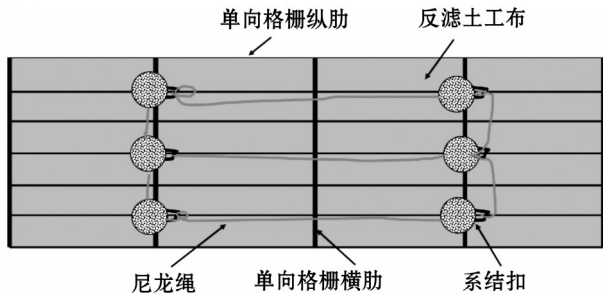


图4 连锁压载块与单向格栅的连接示意

3.2 单向格栅软体排宽度方向的拼接

单向格栅软体排的单元排体宽度仅为3 m,通过宽度方向(平行于单向格栅横肋方向)的拼接,增加单向格栅软体排的排体宽度,提高沉排效率。将软体排的宽度拼接在22~23 m宽,便于适应各种类型的沉排施工船舶。

通过尼龙绳将单向格栅横肋上的系结扣穿插+搭接固定,如图5所示。通过上述方式横向拼接时,系结扣设置在最外侧横肋处时,可选择横肋上从外侧开始第二个横肋上的系结扣进行固定,以确保单向格栅软体排有足够的搭接宽度,建议搭接宽度在20~30 cm。

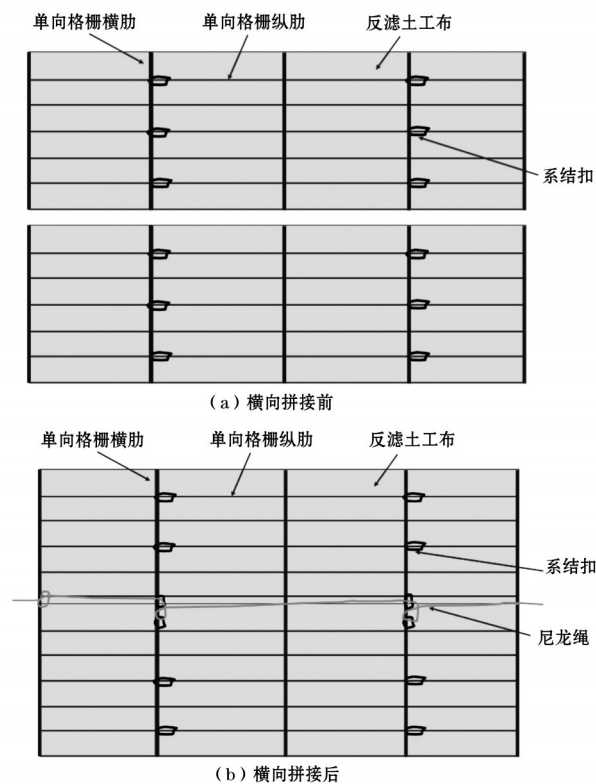


图5 单向格栅软体排的横向拼接示意

3.3 单向格栅软体排长度方向的拼接

为提高施工效率,在设计单向格栅软体排时,尽可能设计单幅的单向格栅排体长度满足护岸工程长度要求,减少沉排施工时的拼排工作量。如护岸工程长度较长,单幅单向格栅软体排难以满足长度要求时,可采用厂家提供的卡条穿插在单向格栅端头处交错形成的空隙中,并利用具有自锁功能的绑扎带进行固定,如图6所示,从而形成卡条穿插+绑扎带固定的方式进行单向格栅软体排长度方向的拼接。

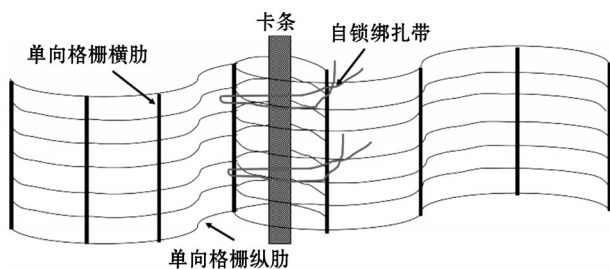


图6 单向格栅软体排的纵向拼接示意

4 单向格栅软体排的沉排工艺设计

4.1 单向格栅软体排的施工程序

单向格栅软体排的施工程序如图7所示。为提高单向格栅软体排的沉排效率,单向格栅软体排的沉排分为前期准备和现场施工两部分,前期准备主要将3 m宽热熔复合单向格栅软体排进行初步横向拼接,拼接为5.7~5.8 m宽的软体排结构,减少现场软体排的拼接工作量,提高现场施工效率。

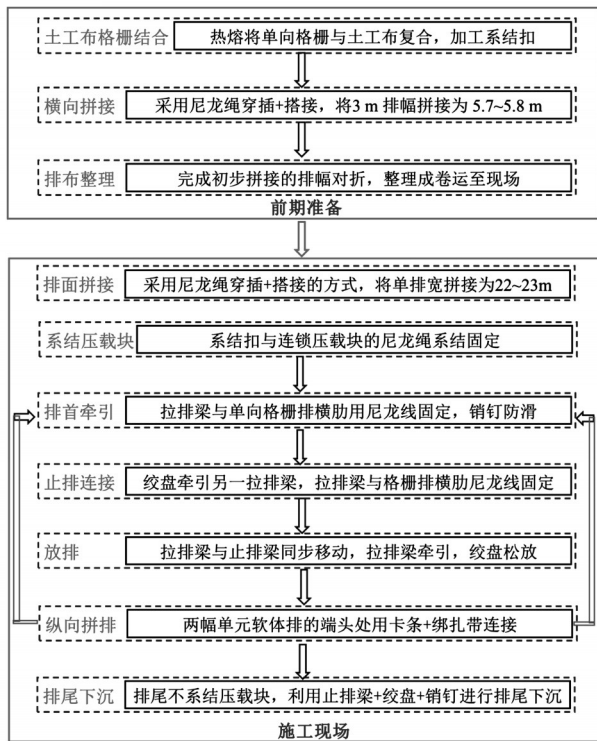


图7 单向格栅软体排的施工程序

单向格栅软体排采用配备沉排翻板及夹持臂、牵排支架、桁架、拉排梁和绞盘的平板船进行沉排施工。沉排翻板及夹持臂将单向格栅软体排夹持送至河底,减少紊流对软体排的掀动作用,防止翻排现象;同时应用沉排翻板及夹持臂来减少压载重量,降低工程造价。在施工现场,将初步拼接的宽

度为5.7~5.8 m的4幅单向格栅软体排按照宽度方向拼接的方式进一步进行拼接,同时保证相应的搭接宽度,将单向格栅软体排的宽度拼接至22~23 m。在此基础上进行连锁压载块的固定,然后依次进行排首下沉、止排、放排、长度方向拼排等,最后进行排尾下沉。后续将针对单向格栅软体排沉排施工的关键步骤进行详细论述。

4.2 单向格栅软体排的排首牵引

将单向格栅软体排横肋与拉排梁肋板上的孔洞进行绑扎固定,通过尼龙绳将拉排梁与单向格栅的横肋通过系活扣固定,每个系结扣用销钉锁定,用绳索穿过销钉上的孔洞便于销钉的回收,利用图8所示的牵引拉排桁架和电动葫芦匀速牵引单向格栅软体排。待拉排桁架将排首牵引上岸后,通过绳索拔出销钉,再牵引尼龙绳解开拉排梁和单向格栅软体排的固定,回收拉排梁。将牵引上岸的单向格栅软体排排首与嵌固在护岸上的系排梁进行固定,通过铰链将单向格栅软体排排首的格栅横肋与系排梁上扣环进行固定,并将多年平均最低水位以上部分单向格栅软排进行覆盖保护,覆盖时首先采用30 cm碎石子层然后再用50 cm厚的块石进行防护。

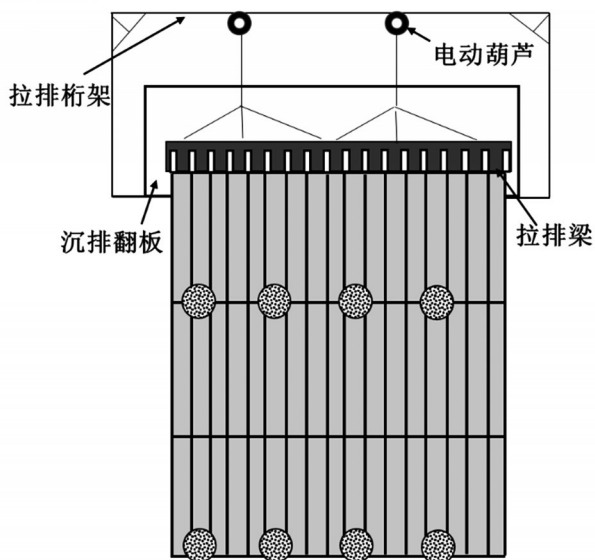


图8 单向格栅软体排的排首牵引示意

4.3 单向格栅软体排的止排与放排

在平板船沉排翻板的另一侧,在单向格栅软体排的宽度方向对称设置两个绞盘,绞盘由两台同步控制电机牵引。通过图8所示的拉排梁与后端单向格栅软体排的横肋进行固定,固定方式同样通过尼

龙绳串联系活扣与拉排梁孔洞进行系结,并采用销钉进行锁定。拉排桁架上的电动葫芦牵引排首下沉时,后端通过绞盘牵引的单向格栅软体排同步进行放排,且保证拉排速度与放排速度相同,在单向格栅软体排自重和电动葫芦的牵引作用下确保单向格栅软体排进行稳定放排。当单向格栅软体排放排结束,需停止放排时,牵引桁架上的电动葫芦停止牵引,同时后端牵引单向格栅软体排的绞盘制动,实现单向格栅软体排的止排。此时再进行压载块固定、软体排横向和纵向拼接等操作,同时另一组拉排梁固定平板船靠护岸侧的单向格栅软体排横肋,直至下一次放排,如此往复以实现单向格栅软体排的沉排作业。

4.4 单向格栅软体排的排尾下沉

单向格栅软体排的排尾设置4~6 m长的单向格栅尾段,该尾段不设置土工布和压载块。当单向格栅软体排放至设计长度后,继续使用尼龙绳将单向格栅尾端横肋与拉排梁和绞盘进行固定,同样采用串联活扣和销钉进行锁定,当带着拉排梁的单向格栅尾端完全下沉至河底后,依次牵引回收销钉,解开活扣系结的尼龙绳,回收拉排梁,至此完成单向格栅软体排的排尾下沉。

5 单向格栅软体排的经济性分析

连锁软体排是当前使用最为广泛的软体排结构,本文结合长江中下游典型整治工程,对比分析铰链排与单向格栅软体排的经济性。假定软体排的铺排长度为50 m,总铺排面积为10 000 m²,对这样的护岸工程进行分析。

以长江中下游的黑沙洲整治工程为例,根据实测资料^[2-3],河段枯水季该水域不同部位水流流速分布在0.7~2.06 m/s,流域水深分布在8.5~26 m。该整治工程采用混凝土连锁块软体排结构,采用单位面积质量500 g/m²的长丝机织布与无纺布的复合布为排垫,沿软体排宽度方向每隔50 cm设置1根5 cm宽的丙纶加筋条,用于固定系结条和增加排垫抗拉强度,在加筋条上每隔1 m设1个绑扎环,绑扎环采用Φ5 mm钢筋,绑扎环直径为80 mm^[4]。压载块采用C20混凝土,根据计算需采用48 cm×48 cm×20 cm的压载块才能满足抗掀稳定性要求^[4]。铺设10 000 m²连锁排的主要材料如表1所示。

单向格栅排采用与连锁排相同的反滤土工布和压载块结构形式,在单向格栅软体排沉排施工时,沉排翻板及夹持臂可将单向格栅软体排夹持送

表1 连锁排材料明细

材料种类	规格	数量
复合布(m ²)	500 g/m ²	10 000
丙纶加筋条(m)	5 cm	20 000
绑扎环(个)	Φ5 mm×D80 mm	20 000
尼龙绳(压载块)(m)	φ5 mm	11 200
混凝土(m ³)	C20	460.8

至河床,等效于降低了沉排的施工水深,根据软体排抗掀稳定性校核,采用48 cm×48 cm×12 cm的C20压载块即可满足要求。铺设10 000 m²单向格栅软体排所需主要材料如表2所示。

表2 单向格栅软体排材料明细

材料种类	规格	数量
复合布(m ²)	500 g/m ²	10 000
单向格栅(m ²)	TGDG200	10 800
尼龙绳(压载块)(m)	φ5 mm	11 200
尼龙绳(拼排)(m)	φ14 mm	3 500
丙纶加筋环(系结扣)(m)	Φ5 mm×D80 mm	5 024
尼龙绑扎带(条)	KKS-9×760	20 000
混凝土(m ³)	C20	276.5

参考《沿海港口工程船舶机械艘(台)班费用定额》JTS/T276-2—2019,《水运工程定额材料基价单》(2019年版)、《水运工程混凝土和砂浆材料用量定额》JTS/T277—2019等,连锁排施工采用40 m铺排船,配套起吊30 t方驳船,其基价分别为14 421.41元/台班和2 022.36元/台班,分别定员15人和3人,按照每台班铺设2 000 m²,单向格栅软体排施工时采用改造的平板船,配套起吊30 t方驳船,改造平板船无参考定额中2 000 t驳船基价进行估算,其定额按照17人设计,每台班铺设单向格栅软体排1 000 m²。根据上述定额,假定整治面积为10 000 m²的护岸工程,经计算采用连锁排的综合费用约为

109.68万元,而单向格栅软体排的综合费用约为78.48万元,综合而言,单向格栅软体排具有一定的经济性,相对于铰链排可降低28.44%的综合成本。进一步分析可发现,单向格栅软体排的综合成本降低主要源于压载块所用混凝土材料的减少以及施工船机费的降低,但单向格栅软体排的施工效率不及连锁排的施工效率。

6 结 语

(1)单向格栅软体排采用热熔方式将土工布与单向格栅进行复合构成基排,并在横肋上热熔固定系结扣,以方便其与连锁压载块进行连接,构成自下而上依次为土工布、单向格栅、压载块的单向格栅软体排结构。

(2)单向格栅软体排通过尼龙绳在横肋处上穿插系结扣+搭接的方式进行宽度方向的拼排,采用卡条穿插+绑扎带固定的方式进行单向格栅软体排长度方向的拼接。

(3)通过配备沉排翻板及夹持臂、牵排支架、桁架、拉排梁和绞盘的平板船可进行单向格栅软体排的沉排施工,单向格栅软体排可将3 m宽的单元排初步拼接为5.7~5.8 m宽的排幅,然后在施工船上进行拼接为22~23 m的排幅,以提高沉排效率。

(4)相对于连锁排,单向格栅软体排可大量节省压载块原材料成本和施工船机费用,单位面积的护岸工程单向格栅软体排可节省超过25%的综合成本,但沉排效率相对连锁排施工有所降低。

参考文献:

- [1] 卢潇. 单向格栅软体排的结构设计及受理特性分析[D]. 南京:河海大学,2022.
- [2] 孙峙华. 航道整治工程中软体排沉排力学特性的研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2015.
- [3] 袁立莎,马燕. 连锁块软体排深水沉排受力的线性有限元分析[J]. 水运工程,2013,477(3):11-14,55.
- [4] 刘林双. 长江中下游河道护底沉排工程中D型排破坏机理研究[J]. 中国水运,2018(1):13-21.