

# 浅议新型 D 型联锁块软体排施工工艺

吕文婷<sup>1</sup>, 刘永光<sup>2</sup>

(1. 长江武汉航道工程局, 湖北 武汉 430014; 2. 长江航道工程局有限责任公司, 湖北 武汉 430000)

**摘要:** 本文在对比分析、实践研究的基础上, 通过改进 D 型系结块软体排及混凝土联锁块软体排施工结构形式, 创新设计出了新型 D 型联锁块软体排结构, 并配套形成了一整套完整的施工工法。该工法较传统软体排结构形式在施工质量、进度、安全、成本等各方面均有了有效改进, 具有显著的社会经济效益。

**关键词:** 新型 D 型联锁块软体排; 航道整治; 施工工艺; 效益

中图分类号: U61

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2020) 05—0037—03

## 1 前言

我国江河湖泊众多, 水运资源丰富, 航道整治工程是内河综合治理的一个重要部分。长期以来, 航道整治通过水下沉软体排, 利用排体隔离和反滤功能, 防止水流直接冲刷河床、避免因水流渗透作用而造成河床的局部变形破坏, 实现对沙质河床保护的目。2017 年以前, 我国航道整治建筑物的护底结构多采用的 D 型系结软体排结构形式, 如长江下游马当航道整治工程、长江中游武桥水道航道整治工程等; 以及采用混凝土联锁块软体排结构形式, 如长江下游东北水道航道整治工程、长江下游安庆河段航道整治二期工程。

## 2 研究过程

### 2.1 原护底结构形式的不足

从 D 型系结块软体排在长江中下游航道整治工程应用情况来看, D 型系结块软体排压载砣块间的间距较大, 排体柔性较好, 能适应河床变形, 但也存在以下几个方面的问题: 抗冲刷能力较弱, 施工机械化程度低, 质量控制难度大, 安全隐患较大, 材料消耗量大。

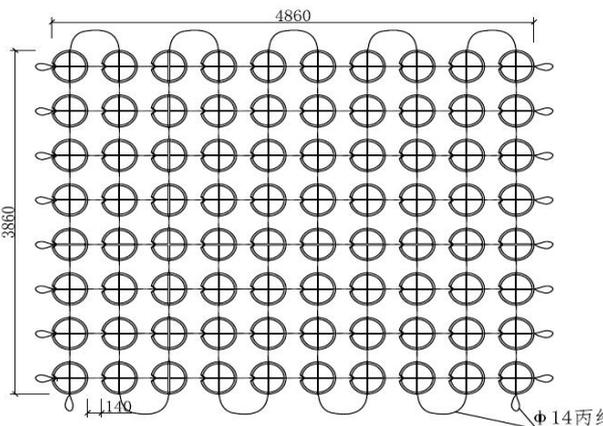
混凝土联锁块软体排结构虽然解决了 D 型系结块软体排抗冲刷能力较弱、沉排施工机械化程度低、漏绑漏系的缺点, 但因混凝土联锁块软体排压载片体重量过大、柔性差, 存在一些自身的不足, 主要表现在: 适应变形能力差; 压载体预制成本高; 对进度管理控制不利。

### 2.2 新型 D 型联锁块软体排结构的研究

经研究论证, 长江武汉航道工程局探索采用新型 D 型联锁块软体排的结构形式, 较好地解决了以上常规 D 型系结软体排及混凝土联锁块软体排在施工及守护效果中的不足。新的工艺主要有如下特点:

#### 2.2.1 结构稳定, 抗冲刷能力强

砣块由单块优化为单片  $4\text{m} \times 5\text{m}$  (由 80 个单块组成), 其良好的整体性可保证使排体压载稳固。同时, 其单块体积减小、间距增大, 提高了连锁排柔性, 使排体能紧贴河床, 提高抗冲刷能力。



D 型联锁软体排单元连接示意图 1:50

图 1

#### 2.2.2 节能降耗、降低劳动强度、施工成本低

新型 D 型联锁块软体排单个砣块直径为 36cm, 厚 10cm, 每个砣块重 21.9kg, 相比混凝土联锁块的正方体压载体, 块体积更小, 减少了材料成本。同时, 新型 D 型联锁排采用丙纶绳串联成片, 每个单元尺寸为  $4\text{m} \times 5\text{m}$ , 系绑时只需将每个单元四周的丙纶绳绑系牢固即可, 减少了劳动用工量, 降低了人工成本。

#### 2.2.3 施工工序简化, 施工质量显著提升

新型 D 型联锁块软体排安装简单, 由吊车直接吊运至排体上, 减少了人工搬运环节, 同时简化系结方式, 避免了人工绑系不牢或漏绑以及人工搬运的质量问题, 施工的质量得到显著提升。

#### 2.2.4 施工效率高, 施工安全有保障

新型 D 型联锁块软体排安装吊具一次性可吊装 2 片, 可直接吊装至排体上安装, 加上系结简化, 施工效率较 D 型系结砣块施工提高 200%。且由于工效提高, 施工占用航道的的时间大大缩短, 缓解了施工与通航的安全矛盾, 降低了安全风险。

#### 2.2.5 优化施工工艺、降低成本

通过对模具的研制和改进, 在使用加强型模具后, 预制

时的破损率降低了2%，转运途中的破损率下降了2.5%，施工过程中的破损率下降了8.5%。由于转运过程中大量使用了机械运输代替了人工搬运，大大降低了施工成本。经项目财务统计测算，较D型系结软体排相比，成本降低30%左右。

### 3 施工工艺流程及操作要点

#### 3.1 施工工艺流程

新型D型联锁块预制施工工艺流程如下：

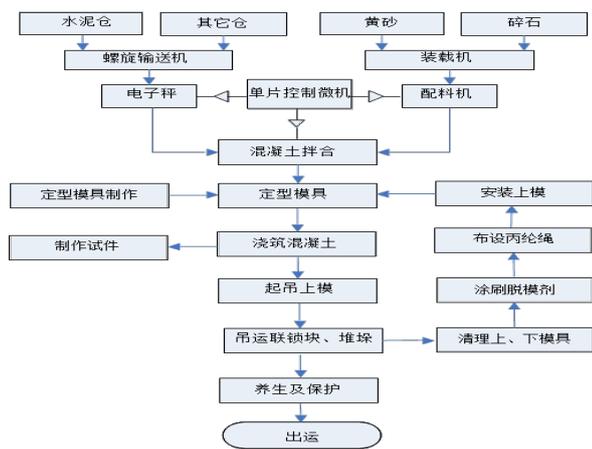


图2

#### 3.2 操作要点

##### 3.2.1 模具制作

(1) 模具设计与制作：本定型组合钢模板系统设计采用多层结构，保证模具及支架满足强度、刚度和稳定性要求，能承受所浇筑混凝土的重力及施工荷载；使用的材料质量、模具的焊接质量符合设计和施工规范要求。

联锁片模具在生产制作过程中，采用先进技术团队绘制CAD工艺软件设计；德国雷射激光切割；国内大流量500T液压拉伸机压铸成型；及专业铆工焊接技术组装而成。

(2) 激光切割：为了保证模具质量的精确度，最大化降低误差。在生产工艺上，并未采用原始的人工下料或裁剪冲压式。

(3) 压铸成型：在压铸过程中，为了控制钢材的韧性、反弹性及物理反应性。在通过涂油防涩压铸，油浸降温开模，和液压稳定性能较好的拉伸保压设备压铸成型。从而保证所加工的母件外径片体尺寸一致，以保证浇筑联锁块质量保证、外观轮廓清晰美观。

(4) 焊接组装：此连锁片模具是由多个上下模盒拼装焊接组合而成。相对对焊接技术要求比较高，长度及宽度至大，再加上在焊接过程时发生的焊接变形的客观规律，都是不可控的，以此先铆后焊。通过主方管（高100×宽60×厚4）作主梁，绘制成网状方格式焊接。利用方管的四面韧性来进行自身抗扭曲的强度，来减少、控制焊接中的变形。同时为整片模具的水平度、平整起到了至关重要的作用。为了在浇筑过程中操作简单，降低劳动强度，充分发挥优质、高效的效能，最大限度延长模具使用寿命。为了最大限度减小预制振捣时漏浆，在上层模具与下层模具对应的凹槽下部增加一

条圆形2cm铁片，使之重合紧密，最大限度减小漏浆发生。

(5) 模具安装：施工场地应硬化以符合模具安装工艺要求，下模应与场地安装紧密、牢固、平整。安装上模时应平稳进行，避免碰撞下模。



图3 新型混凝土的D型联锁块预制模板

##### 3.2.2 新型D型联锁块预制

经多次试验研究，对压载砣块进行调整，为取得防护效果与砣块体积之间的最佳平衡，经测算及现场试验最大直径由试验时300mm调整增大到360mm，上下面直径320mm，上下对称均匀，如圆饼状，形成了新型D型联锁块软体排，大大提高了稳定性。

单元块的预制过程主要包括立模、混凝土浇筑、振捣密实、表面收光、拆模等环节。每个砣块之间用直径14mm的丙纶绳纵横十字交叉进行联接，浇筑时将丙纶绳浇筑到砣块体内，最终形成4m×5m的单元排压载砣块体。混凝土浇筑前，先在模板上刷脱模剂，再铺设丙纶绳，以上工序完成后，将按要求配合比配料并搅拌好的混凝土熟料倒入模具中，经过震动密实，抹平收光，养护48小时后脱模。砣压载块与丙纶绳浇筑为整体，串联成片。

##### 3.2.3 新型D型联锁块养护

砣压载块采用自然养护方法，养护期为28天。自然养护属露天养护，受天气气候的影响较大，早期强度所需的时间较长，当遇到雨、雪天气和露天气温下降至5℃以下时，露天养护将对砣块的养护极为不利，甚至出现受冻和砣面层遭损的情况发生而引起报废。因此，当采用自然养护时，应根据不同的季节采用塑料薄膜覆盖（不透气）或芦苇、草覆盖、浇水等不同的方法进行养护。当气温和天气较好时可采用洒水养护，其洒水养护的每天洒水次数的多少，将根据气温的高低来决定，当平均气温低于5℃以下时，用薄膜覆盖养护，以保证砣块的养护质量。

##### 3.2.4 新型D型联锁块储存、堆放

当砣块达到设计强度的70%以上时，方可挪动到储存区进行储存，并继续养护。储存区必须平整，具有一定强度，以保证块体的储存质量。储存区应按不同龄期划分不同的场区，并做好标识，避免错用强度不够的砣块。混凝土单元片养护达到出运强度后，采用配备多点吊钩的专用吊具放至堆存场地，同一区内块体应分层堆码整齐，最大堆码高度不得超过混凝土施工技术规范要求。

##### 3.2.5 新型D型联锁块转运及安放

用25T吊机转运至驳船，拖运至沉排船现场。在沉排过

程中采用 GPS 进行定位，确保排体按设计要求的位置入水，并保证符合排体搭接要求。事先把软体排布卷上卷筒，在滑板上展开一段，然后将新型 D 型单元压载块软体排用桁架吊装于铺排船软体排排布上，将其与排布上的绑扎环进行绑扎，最后新型 D 型单元压载块与排体连成整体。

沉排先把预先加工好的排布卷入卷筒，排头固定：在沉放过程中每通条排头通过绑系排梁进行固定。排头固定后，排布通过卡排梁平铺于沉排船工作平台上，然后在平台上将新型 D 型单元压载块系结于相应的排布上。为了避免排布强度不够引起排体损坏，排垫上系结一定量的单元块后即可松开卷筒和卡排梁，绞动铺排船，让排体沉入河底，当卷筒上排布剩下 3m 左右时，卡紧卡排梁，将卷筒上的排布退出，卷入下一段排布，两排布进行对接缝合，然后，卷紧排布，松开卡排梁，继续下一段排布沉放，如此反复进行排体沉放，直至达到设计的排长为止。

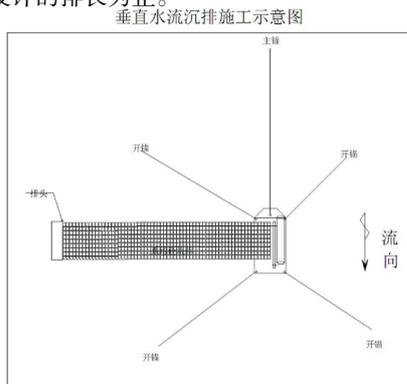


图4 新型D型联锁块软体排施工示意图

### 3.2.6 排体检测

在沉排施工过程中通过声呐等技术手段对搭接情况进行实时监控，确定搭接质量是否满足要求。必要时按总通条数的 5% 对重点区域水下排体搭接情况进行水下探摸自检。通条长度在 200m 以内的探摸 2 个点，超过 200m 增加一个探摸检测点。主要对排头、排中及排尾的搭接宽度进行检测，潜水探摸时由监理工程师确认。

## 4 效益分析

### 4.1 经济效益

#### 4.1.1 施工效率较传统 D 型系结块软体排大幅度提高（进度）

由预制到铺排施工，全程机械化作业，与传统 D 型系结块预制相比，新型 D 型联锁块水上沉排施工效率较高，效率提高约 1 倍。

表① D 型系结软体排与沉新型 D 型联锁块软体排施工比较

单位工程名称：三八滩中下段中防护工程			单位：1000m <sup>2</sup>	
序号	项目	单位	沉 D 型系结软体排	新型 D 型联锁块软体排
1	人工	工日	7.26	5.24
2	沉排船	艘班	0.37	0.19
3	350t 运输船	艘班	0.32	0.2
4	绞锚艇	艘班	0.06	0.06

#### 4.1.2 施工安全性较传统 D 型系结块软体排明显提高（安全）

新型 D 型联锁块吊运简单，一次 2 张，整张片体的安放绑系只需要 6 个人左右，人工大大减少；人工劳动强度的减小，很大程度上降低安全风险；同时新型 D 型联锁块为一个整体，在吊运过程中由 8 连勾装置吊起，不易掉落，安全系数高，新型 D 型联锁块施工效率较传统 D 型系结软体排提高了 1 倍，使得沉排占据航道的的时间大大缩短施工进度有保障，较好地解决施工与通航的矛盾。

#### 4.1.3 施工标准化水平较 D 型系结块排增强，施工质量明显提升（质量）

新型 D 型联锁块绑系安装较为简单，只需将整张片体四周预留丙纶绳绑系牢固即可，不存在砣块漏绑问题，质量控制管理难度大大降低，施工质量明显提升；

#### 4.1.4 施工成本较混凝土联锁块软体排大幅度降低（成本）

根据现场新型 D 型联锁块软体排施工统计知，与混凝土联锁块软体排相比，施工材料成本大幅降低，经测算同一块排体，新型 D 型联锁块软体排的压载体体积为 0.728 立方米，混凝土联锁块软体排压载体体积为 1.858 立方米，材料成本降低约 60%，根据市场价格，预计每 100 平面节约预制材料成本约 2000 元，整体造价节约约 1420 元。

### 4.2 社会效益

新型 D 型联锁块软体排施工工法较以往施工方法比较，融合了混凝土联锁块软体排及 D 型混凝土系结块软体排的优点，同时有效地避免了传统方法的施工及守护能力的不足，大大改善了航道整治中护底施工的的施工效果。

新型 D 型联锁块软体排较传统 D 型混凝土系结块软体排来说，联锁块整体预制，整体性好，砣块由单块优化为单片 4m × 5m（由 80 个单块组成），其良好的整体性使排体抗水流冲刷能力增强。排体守护效果大大提升。

新型 D 型联锁块软体排较混凝土联锁块软体排来说，360mm 直径，100mm 厚度的圆盘形状，形成的 4m × 5m 单元块，使得单元块上压载砣块间距较混凝土联锁块软体排偏大，排体的柔软性得到有效提升，能更加紧密地贴合河床表面，适应河床变形能力增强，对河床底部河沙的保护能力大幅提升。

在我国内河航道整治中，通过护滩、加固护岸、护底、填槽等工程措施，守护有利的洲滩形态，遏制河道的不利变化，适当调整局部水流，进一步改善航道条件。新型 D 型联锁块软体排护底施工工法较以往施工方法，经济效益社会意义提升非常显著，在节能环保方面也取得了较好的效益，大大促进了航道整治事业的发展，未来将在航道整治工程中大力推广应用。

#### 参考文献：

- [1] 袁达全，潘美元等，长江中游蕲春水道航道整治工程施工图设计 [R]. 武汉：长江航道规划设计研究院，2017.
- [2] 刘林双，柴华锋等，新型混凝土单元块 D 型软体排结构计算及稳定性分析 [J]. 水运工程，2018(09):10-17.