

# 铰链式模袋混凝土沉排技术在北杜控导工程中的应用

张庆彬, 张升光

(淄博市黄河河务局, 山东 高青 256300)

**摘要:** 黄河北杜控导护岸工程, 改变了传统的结构形式, 采用了模袋混凝土沉排护底。确定冲刷坑深度为 9 m, 根据结构和稳定性分析计算, 确定护底宽度为 18.0 m, 其中锚固长度为 4.0 m。这种新材料、新结构用于黄河控导工程中, 可适应河床冲刷变形, 运用中不抢险或少抢险, 减轻了抗洪抢险的负担。

**关键词:** 混凝土沉排 控导工程 设计 施工

**文献标识码:** B **文章编号:** 1000-288X(2000)01-0042-03 **中图分类号:** TV 871.2

## Application of Hinge Constitution Composed of Bags Filled with Concrete in Beidu Control Project

ZHANG Qing-bin, ZHANG Sheng-guang

(The Yellow River Management Bureau of Zibo City, Gaoqing County 256300, Shandong Province, PRC)

**Abstract** Beidu control project in the lower reaches of the Yellow river changed traditional constitution into the one, which composed of hinge bags filled with concrete to cover riverbed and slope. By calculating and analyzing the steady of the constitution quantified the depth of scour is 9.0 meters, the width of the constitution is 18.0 meters, therein the length of immobile is 4.0 meters. The application for the new material and new constitution can adopt the scored transfiguration in channel. It can be less damaged or not damaged, and will be release the burden of resisting the flood. The projects will impulsion the new material applied in the Yellow river.

**Keywords** constitution composed of bags filled with concrete control project design the Yellow river

在多年的黄河治理实践中,黄河下游河道整治工程已由原来的秸埽改为土石结构。这种用传统结构修建的坝垛护岸工程,一般基础较浅,需经过多年的靠溜运用,并经过多次抢险加深加固基础才能达到比较稳定的状态。为了适应黄河抗洪抢险的需要,改变河道整治工程汛期频繁被动抢险的局面,减少工程出险次数,减轻抗洪抢险的负担,我们结合北杜控导工程的实际进行了一些有益的探索

### 1 工程概述

#### 1.1 兴建缘由

北杜控导工程位于黄河下游右岸,薛王邵断面以上 2 km 处。该河段自 1947 年黄河归故后,河势不断右移,至 20 世纪 60 年代后期左岸的薛王邵险工脱河,右岸持续坍塌,先后有清河、李家集、北杜等村被迫迁移,原村台已全部塌入河中。60 年代末在薛王邵断面以下先后修建了段王、新徐 2 处控导工程,稳定了新徐以下的河道河势。但薛王邵断面以上的北杜滩岸仍继续向右岸滚动发展,在北杜村上下形成坐弯,

弯道挑溜作用逐步加强,并对以下河道工程产生不利影响。如果北杜坐弯进一步发展,将会引起以下河道诸河弯的连锁恶化反应,后果不堪设想。经多方论证,北杜控导工程于 1998 年 10 月开始实施,计划修建 20 道简化抛物线垛,即一段长 242 m 的护岸

#### 1.2 方案选择

为推动新材料、新结构在黄河防洪工程中的应用,结合北杜控导工程实际,选定 6-9 号坝垛之间长 242 m 护岸,采用铰链式模袋混凝土沉排结构。

传统的结构型式,虽然施工简便,技术要求低,抢修抢护快速灵活,但需备大量石料,根据水流、护岸基础情况随时抢护。由于基础较浅,在较长时间内才能使护岸逐渐达到较为稳定的状态,并且汛期被动抢险频繁,防守抢护任务重。而铰链式模袋混凝土沉排结构对黄河河床有较好的适应性,设计足够的铺设宽度,可随河底冲刷变形而逐步起到护根的作用,并且便于机械化施工,一次施工成型后即可达到稳定要求,投资较省。

收稿日期: 1999-10-19

作者简介: 张庆彬,男,汉族,1962 年生,山东省滨州市人,工程师。主要从事河道堤防工程及维修方面的研究工作。电话: (0533) 9662751-2103, 13906431562

## 2 工程设计

### 2.1 模袋形式

模袋混凝土是使用新型机织化纤布作模袋,内充具有一定流动度的混凝土,在灌注压力的作用下,混凝土中多余的水分被从模袋内挤出,形成高密度、高强度的固结体。根据模袋布间的联结方式不同,它分为两种形式,一是混凝土充填凝固后成为整体式模袋混凝土;二是混凝土充填后形成一个个相互关联的小块分离式混凝土模袋,固结体与块体间由模袋内预设好的高强度绳索连接,类似铰链,故称铰链式模袋混凝土。由于整体式模袋混凝土,适应河床冲刷变形的能力差,故采用铰链式模袋混凝土。

### 2.2 沉排宽度确定

为保证护岸底部河床达到极限冲刷状态时排体仍能维持稳定,按最大冲刷坑深度 9 m 计算排体总宽度,考虑铰链式模袋混凝土的材料特性及结构特点,沉排最终稳定坡度取 1:2。沉排宽度按下式计算:

$$B = B_0 + \frac{1}{1+m^2}(h_m - h_1)$$

式中:  $B$ ——护岸沉排宽度;  $B_0$ ——排体锚固宽度,取 4 m;  $m$ ——稳定坡度系数,取 2;  $h_m$ ——最大冲刷坑深度,取 9 m;  $h_1$ ——排体底部距造床流量相应水位的水深。计算宽度  $B=17.9$  m,设计宽度取 18 m(见图 1)。

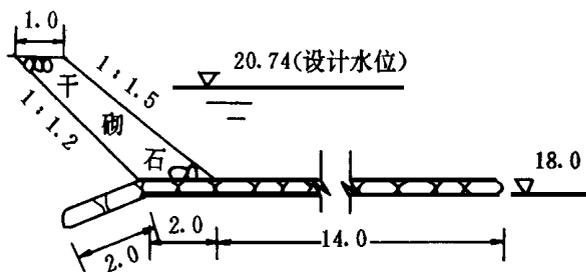


图 1 护底沉排结构图(m)

### 2.3 排体结构设计

铰链式模袋混凝土沉排排体由反滤布、沉排压载、模袋布、铰链绳、混凝土组成。

2.3.1 反滤布的选择 反滤布即要满足保土性、透水性和防淤堵性,又要有一定的强度。根据工程实际,选用高强度涤纶反滤布,其主要性能指标见表 1。

2.3.2 沉排压载 沉排压载决定了排体的抗浮稳定性,压载的大小主要取决于模袋单个块体的尺寸。按照尼克龙公司铰链式模袋混凝土标准块的流速和厚度关系推算,模袋混凝土块体水下浮压强为  $180 \text{ kN/m}^2$ ,可抗  $4.5 \text{ m/s}$  流速的冲击。冻口站是位于北杜控

导工程上游最近的一个水文站,其实测最大流速  $3.85 \text{ m/s}$ ,因此压载按浮压强  $200 \text{ kN/m}^2$  考虑完全满足稳定性要求。取单个块体平面尺寸为  $91 \text{ cm} \times 46 \text{ cm}$ ,块间距为  $10 \text{ cm}$ 。经计算模袋混凝土块体厚度应为  $23.5 \text{ cm}$ 。考虑施工中不确定因素影响,最后选定为  $25 \text{ cm}$ 。

表 1 反滤布基本特性

测试项目	测试结果	
重量 $/(g \cdot m^{-2})$	179	
厚度 $/\text{mm}$	0.328	
抗拉强力 $/(N \cdot 50^{-1} \cdot \text{mm}^{-1})$	纵向	2 047
	横向	1 651
延伸率 $/\%$	纵向	18
	横向	14.5
梯形撕裂强力 $/N$	纵向	329
	横向	360
顶破强力 $/N$	4 328	
刺破强力 $/N$	629	
落锥穿透直径 $/\text{mm}$	8.7	
有效孔径 $/\text{mm}$	0.089	
垂直渗透系数 $/(cm^2 \cdot s^{-1})$	$3.55 \times 10^{-4}$	

2.3.3 模袋布 模袋布的选择即要保证混凝土砂浆中的水分能迅速排出,又使细骨料砂不能穿过,水泥颗粒流失较少为好。经过分析比较,选用的模袋布其主要性能见表 2。模袋的尺寸取决于模袋的收缩率、缝制模袋的布幅、施工场地和施工能力。

表 2 模袋布基本特性表

物理性能	单层重量 $/(g \cdot m^{-2})$	340.1	
	单层厚度 $/\text{mm}$	0.55	
力学特性	抗拉强度 $/(N \cdot 3^{-1} \cdot \text{cm}^{-1})$	经	1 893~2 188
		纬	1 786~2 003
	伸长率 $/\%$	经	14.5~21
		纬	16.9~18.5
	顶破强度 $/N$	1 618.7	
水力特性	有效孔径 $/\text{mm}$	0.084	
	渗透系数 $/(cm^2 \cdot s^{-1})$	$8.60 \times 10^{-4}$	

考虑单元之间的搭接及施工复杂因素,纵横向收缩率分别为 5.5% 和 8%,充填后模袋实际宽度为  $10.5 \text{ m}$ ,模袋之间搭接宽  $1 \text{ m}$ ,排体宽  $18 \text{ m}$ ,则每块模袋布尺寸为  $11.4 \text{ m}^2 \times 19 \text{ m}^2$ 。

(1) 灌浆通道。每个模袋布纵向设 4 个灌浆通道,通道在河道变形时能及时断裂,保证排体及时下沉,受灌浆条件限制,通道直径取  $12 \text{ cm}$ 。

(2) 灌注孔。每个单元排体上布设若干个混凝土灌注孔。灌注孔布设不得影响模袋布整体结构。孔的布设考虑混凝土的泵送面积,每个灌注孔控制  $4 \text{ m}^2$  的充填面积,灌注孔由厂家按模袋布特性设计加工并

直接缝制在模袋布上层。

2.3.4 混凝土 根据模袋充填要求,混凝土必须具有一定的流动度,配合比按照一级配设计,水泥用 42.5# 普通硅酸盐水泥,碎石粒径小于 1cm,模袋混凝土最终标号为 150。为提高混凝土的和易性和抗冻性,选用普通减水剂木钙作为添加剂。

2.3.5 铰链绳 铰链绳的好坏直接关系到排体的寿命和安全运行。因此,我们充分考虑了块体水下脉动、悬挂和排体滑动等因素。每个块体内横向布设一根最低断裂强度为 1090 kN 的 H8 mm 的铰链绳,纵向布设 2 根最低断裂强度为 1670 kN 的 H10 mm 的铰链绳。

2.3.6 稳定分析 护岸整体稳定分析应包括坦石稳定和排体稳定。《黄河下游 1996 至 2000 年防洪工程建设可行性研究报告》中设计坦石外坡 1:1.5,内坡 1:1.2,已考虑了稳定因素,不再校核。护底沉排主要进行了抗浮稳定、抗滑稳定和抗水流冲击稳定校核。通过分析,模袋混凝土沉排设计尺寸满足要求。

### 3 沉排施工

科学、合理的施工工艺是确保模袋混凝土沉排施工质量的关键。根据模袋混凝土施工机械化程度高,施工期黄河一直不断流,需水下作业的实际,建设各方进行了认真的讨论和研究,从机械设备和人力、物力等各方面做了充分的准备。按照国家泵送混凝土施工规程的有关规定,顺利完成了施工任务。

#### 3.1 反滤布、模袋布的铺设

(1) 首先严格检查反滤布和模袋布的质量及规格尺寸,凡属不合格者一律不准使用。

(2) 由于水流速度较大,将反滤布缝合对接,并将反滤布和模袋布上下缝合连接在一起,保证不开不断,便于在水中铺设,保证了工程的整体性。

(3) 在反滤布和模袋布铺设时,首先由潜水员潜入水中,人工打桩,锚固定位,用钢丝绳铺设,拉紧,保持布的顺直无皱,并留有锚固部分和收缩余量。每个模袋灌注口处设一浮漂,以便灌注时寻找。

#### 3.2 混凝土的充灌

混凝土的充灌是模袋混凝土施工中最复杂而又关键的一道工序,充灌效果的好坏直接影响着混凝土的质量。(1) 首先按国家泵送混凝土技术规程确定混凝土配合比。(2) 用高压水泵加放清洁球冲洗和润滑管道,使管道光滑、畅通无阻。(3) 泵送 1:2 水泥砂浆 1.5 m<sup>3</sup> 进行 2 次管道润滑,与此同时检查管道接头,防止水泥砂浆外渗。(4) 混凝土充灌时,从上游往下游,按照灌注口左、中、右的顺序进行均衡充灌,以防模袋布在充灌过程中发生不均匀收缩现象,确保混凝土饱满密实。(5) 在两块模袋布接缝处,采用连续充灌方法,杜绝混凝土施工缝,保持了模袋混凝土的整体性。(6) 模袋混凝土充灌时,随时探摸观察成型后模袋混凝土表面的饱满度和输送泵的压力,既要保证混凝土排水后的密实度,又要防止充灌压力过大使模袋爆裂。(7) 在模袋混凝土充灌过程中,设专人进行巡回检查,主要是检查混凝土的和易性、坍落度和输送管道,及时发现问题,进行处理,保证了模袋混凝土的充灌质量。

### 4 结 语

模袋混凝土沉排是一种新型的结构型式,不仅可以用于河道整治工程,还可以用于护坡、护底等多种工程建设,具有机械化施工程度高,整体性强,柔性好等特点。

(1) 这种新材料、新结构虽然一次性投资较大,但可以减小工程出险机遇,减轻了防汛抢险压力。

(2) 随着社会的发展,新材料、新技术及新施工工艺,在工程建设中不断应用。模袋布这种新型材料已经在全国多个厂家批量生产,模袋混凝土全部采用机械化施工,快捷简便,使施工工期大为缩短。

(3) 模袋混凝土用于河道工程水下施工,对人员、机械及施工组织都提出了更高的要求,本文虽在北杜控导工程中进行了一些探索,但在水深溜急的险工、控导工程施工中,如何保证模袋混凝土水下施工的质量,仍需要进一步研究和探讨。

(上接第 4 页)

#### 参 考 文 献

- [1] 陈栋生,等. 西部经济崛起之路 [M]. 上海:上海远东出版社,1996:276-283.
- [2] 赵令勋. 西部地区未来发展走向. 见:中国科协学会工作部编. 中国西部地区经济发展战略研究 [M]. 北京:测绘出版社,1996:420-429.
- [3] 李晓东,李同升,等. 中国地区发展回顾与展望 (陕西

卷) [M]. 北京:中国物价出版社,1999:44-53.

- [4] 陆大道. 区域发展及其空间结构 [M]. 北京:科学出版社,1995:137-141.
- [5] 李同升. 迈向 21 世纪的新亚欧大陆桥 [J]. 经济地理,1997,17(2):49-53.
- [6] 李同升. 新亚欧大陆桥开放开发与陕西经济发展问题 [J]. 国土开发与整治,1996,6(3):25-30.