

# 透水框架制作工艺的改进 与工程经济适用性分析

汤光新

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

**摘要:** 透水框架因其本身具有的消能、固滩和促淤的特点在长江中下游航道整治工程中得到了广泛应用。针对传统的杆件焊接式透水框架和改进制作工艺后的一次成型透水框架在预制所需堆场面积、模具费用和施工工艺等在工程经济方面进行比较, 分析其工程经济适用性, 并对其适用条件和范围提出建议。

**关键词:** 透水框架; 制作工艺; 改进; 工程经济; 适用性分析

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)12-0201-04

## Improvement of permeable framework production process and analysis of project economic adaptability

TANG Guang-xin

(Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China)

**Abstract:** Characterized by energy dissipation, beach solid and siltation promotion, the permeable framework has been widely used in waterway renovation project in the middle and downstream of the Yangtze River. This paper compares the traditional rod welded permeable frame and the improved permeable framework process on the requirement of yard area, tooling costs and construction technology, analyzes the engineering economic adaptability, and puts forward suggestions on the adaptable conditions and scope.

**Keywords:** permeable framework; production process; improvement; project economy; adaptability analysis

### 1 透水框架的作用和特点

自20世纪90年代初原水利部西北水利科学研究院研究出四面六边透水框架的新型护岸结构以来, 透水框架在护岸工程中尽显身手, 取得了良好的工程效果。近几年, 透水框架作为一种消能、促淤结构在长江航道整治工程中得到了广泛的推广和应用。与传统的护岸、固滩工程防护技术相比, 利用透水框架群的减速消能和促淤作用进行护岸、固滩具有以下特点<sup>[1]</sup>:

1) 透水框架具有透水与阻水的双重特性, 能使流经的水流消能, 水流挟沙力减小,

水流中的泥沙沉降淤积, 同时衰减后的流速小于泥沙起动流速时, 从而达到减速促淤的目的, 能有效地避免实体防护工程局部水流流速增加, 其基础容易被水流淘刷而自身失稳的问题;

2) 透水框架适应河床地形变化能力强, 不需要地基处理, 不易下沉, 自身稳定, 避免了复杂的水下基础施工, 施工简单;

3) 透水框架由六根长度相等的预制钢筋混凝土杆件相互连接组成一个三棱锥式的四面体结构(图1), 组成结构的杆件单一, 便于工厂化大批量、标准化生产, 生产制作简便易行;

收稿日期: 2014-10-06

作者简介: 汤光新(1965—), 高级工程师, 从事工程造价工作。

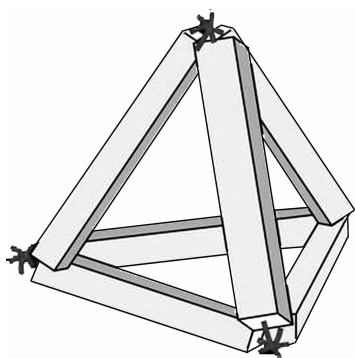


图1 透水框架结构示意图

4) 与其他透水结构如木杓槎、混凝土网格坝等相比,透水框架具有明显的优越性。木杓槎耐久性和适应河床变形能力差,且自身质量小、不稳定,容易被水流冲走,使用时须加压块石等重物;混凝土网格坝对基础的要求高,适应变形能力差,而水下基础施工复杂,且须埋置一定深度,成本高。

## 2 透水框架制作工艺须改进的问题及解决方案

透水框架在促淤固滩方面的作用和特点已经得到了实践的检验,正是透水框架所具有的这些特点使得其在长江航道整治工程中的得到了广泛的应用。从目前已建航道整治工程中透水框架的应用范围看,透水框架的作用主要在以下几个方面<sup>[2]</sup>。

### 1) 已建护滩带边缘冲刷破坏部位修复和维护。

长江下游东流水道航道整治工程老虎滩护滩带守护工程中,护滩带建成初期,其护滩带边缘发生了比较严重的冲刷崩塌,工程建设维护期,对冲刷崩塌严重的7#、8#护滩带边缘抛设透水框架,经过1个水文年,护滩带边缘普遍淤积1~2 m,显示了良好的促淤效果。

### 2) 丁坝坝头护底排边缘的防护。

长江中游周天河段航道整治控导工程中,在丁坝护底排边缘迎流顶冲部位,布置了20 m宽的透水框架带,经过2个水文年,坝头护底排结构稳定,施工区普遍淤积2~3 m,透水框架对坝头护底排边缘的防护效果十分显著。

### 3) 促进淤积,稳定、巩固滩体。

长江中游沙市河段河道变化剧烈,主流摆动频繁,造成洲滩互为消长、主支汉兴衰交替,航

道非常不稳定,在沙市河段航道整治一期工程中,在该工程三八滩滩头顶冲部位以及滩体两侧,采用软体排护底加20 m宽透水框架带进行防护,并在滩体尾部衔接段布设了1条433 m的透水框架封闭段和2条守护带,经过1个水文年,水下透水框架施工区域淤积在1 m以上,而陆上区域,大部分框架被淤沙掩埋,稳定、巩固滩体的效果十分明显。

透水框架已在长江航道整治工程中得到了广泛的推广应用,但在实际应用中,由杆件焊接连接成的透水框架使用起来存在一定的局限性,传统的透水框架由6根长度、大小一样的四棱柱型杆件采用钢筋焊接的方式连接起来,组成一个三棱锥式的四面体结构(图1),焊接点进行防锈处理。工程使用中发现,当其工程部位全年位于水下时,其功能和作用能够得到长期保持;当其工程部位在中、枯水期露出水面时,框架的焊接点暴露在空气中易锈蚀,致使焊点脱落、框架解体、透水框架的功能失效,虽然焊点涂刷防锈漆进行处理,但实际效果依然不理想。究其原因在于透水框架的制作工艺存在缺陷,致使其解体失效。因此设计单位对解决方案进行了研究,决定采用一次成型的制作工艺制作的透水框架(图2)替代杆件焊接的制作工艺制作的透水框架。一次成型透水框架钢筋骨架被整体浇筑的混凝土所保护,从而避免了透水框架自行解体的可能,与杆件焊接工艺的透水框架相比,一次成型透水框架既具有透水框架的作用和特点,又消除了杆件焊接点暴露在外,容易造成焊接点锈蚀、脱落引起框架解体的问题。



图2 一次成型透水框架

### 3 在工程中的应用及经济适用性分析

如前所述，透水框架根据制作工艺的不同分为杆件焊接式和一次成型式。两种形式的透水框架在工程中的功能和作用是一样的，但杆件焊接式的透水框架在露水的工程部位使用时存在一定的缺陷，而一次成型的透水框架则克服了上述缺点，适用于任何需要使用的工程部位，无论是水上或是水下，从功能上来讲，一次成型的透水框架很好地弥补了杆件焊接式的透水框架的缺陷，完全可以替代其在工程中大力推广，但是从工程经济的角度来看，两种制作工艺还是有明显差异的，主要表现在：

1) 预制所需的堆场面积有差别。

① 预制 1 件透水框架所需的堆场面积。

杆件焊接式透水框架由 6 根长方形杆件组成 (图 3)，杆件长度为 0.6 m 加上两端各 0.13 m 出露钢筋的长度，总长度为 0.86 m，杆件断面为边长 0.1 m 的正方形，每个杆件之间堆放间距为 0.01 m，2 个堆场之间的间距为 0.4 m (虚线为堆场之间的边线)，则预制 1 件透水框架所需的堆场面积为 0.831 6 m<sup>2</sup>。

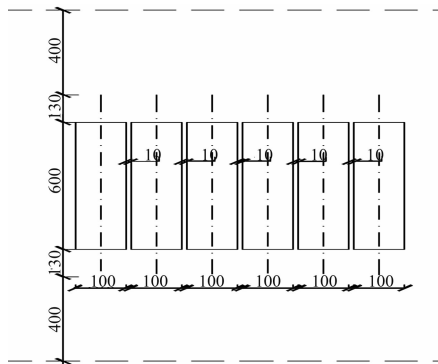


图 3 杆件式透水框架预制堆放示意 (单位: mm)

如图 4，一次成型透水框架底面所占面积为 0.44 m<sup>2</sup>，底面三角形的高度为 0.866 m，框架之间的堆放间距为 0.05 m，2 个堆场之间的间距为 0.4 m (虚线为堆场之间的边线)，则预制 1 件透水框架所需的堆场面积为：0.695 3 m<sup>2</sup>。

② 达到规定强度后，堆放 1 件透水框架所需的堆场面积。

杆件焊接式透水框架由 6 根长方形杆件组成，杆件总长度为 0.86 m，杆件断面为边长 0.1 m 的正方形，根据实际施工情况，杆件一般堆高为

1.5 m，2 个堆场之间的间距为 0.4 m，则堆放 1 件透水框架所需的堆场面积为：0.050 4 m<sup>2</sup>。

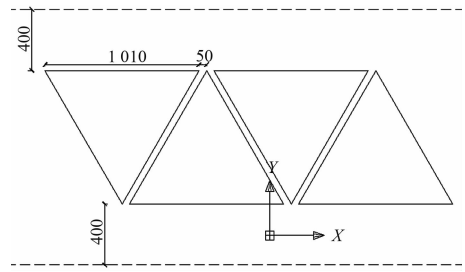


图 4 一次成型透水框架预制堆放示意 (单位: mm)

一次成型透水框架底面所占面积为 0.44 m<sup>2</sup>，底面三角形的高度为 0.866 m，框架之间的堆放间距为 0.05 m，成型框架堆放层数为 4 层，2 个堆场之间的间距为 0.4 m，则堆放 1 件透水框架所需的堆场面积为：0.173 8 m<sup>2</sup>。

③ 透水框架出场龄期按 28 d 为一个周期，1 件透水框架从预制到出场所需的堆场面积。

根据施工情况，杆件焊接式透水框架的杆件在强度 ≥ 50% 时进行堆放，一次成型透水框架在强度 ≥ 75% 时进行堆放，2 种透水框架出场龄期均按 28 d 为一个周期，分别对环境温度为 20、10、1 ℃ (加早强剂<sup>[3]</sup>，提高混凝土的早期强度) 时，1 件透水框架从预制到出场所需的堆场面积进行比较 (表 1)。

由表 1 可以看出：在不同的温度条件下，一次成型透水框架预制堆放所需的堆场面积均比杆件焊接式所需的堆场面积大。一般情况下，一次成型透水框架所需的堆场面积约为杆件焊接式透水框架的 2 倍左右，一次成型透水框架所需堆场面积平均每件比杆件式透水框架所需堆场面积多出 0.278 1 m<sup>2</sup>，征用预制场地的费用按照年产值 17 520 元/hm<sup>2</sup> (1 168 元/亩) 的 3 倍计算，土地征用 1 a，复垦费按 1.35 元/m<sup>2</sup> 计算，则预制 1 件一次成型透水框架需多付出占地费为 0.14 元，而预制 1 件透水框架的费用约为 25.3 元，相当于提高了透水框架的预制成本 0.56%，虽然理论上增加的成本不大，但对于当今社会寸土寸金的情况下，土地征用本身就比较困难，征地矛盾很多，因此，征地越多，对工程本身影响越大，从工程经济的角度来说，征地面积增加约 1 倍是不经济的。

表1 制作完成1件透水框架所需的堆场面积对比

施工环境 温度/℃	透水 框架形式	预制1件框架的 堆放面积/(m <sup>2</sup> ·件 <sup>-1</sup> )	可堆放强度 百分比/%	龄期/d	达到强度后,堆放1件框架 所需堆场面积/(m <sup>2</sup> ·件 <sup>-1</sup> )	28d龄期内预制1件框架所需 周转的堆放面积/(m <sup>2</sup> ·件 <sup>-1</sup> )	堆场周转 面积对比/倍
20	杆件焊接 (0.6 m)	0.831 6	≥50	5	0.050 4	0.198 9	1.00
	一次成型	0.695 3	≥75	10	0.173 8	0.422 1	2.12
10	杆件焊接 (0.6 m)	0.831 6	≥50	8	0.050 4	0.288 0	1.00
	一次成型	0.695 3	≥75	18	0.173 8	0.620 8	2.16
1	杆件焊接 (0.6 m)	0.831 6	≥50	9	0.050 4	0.317 7	1.00
	一次成型	0.695 3	≥75	17	0.173 8	0.595 9	1.88

2) 预制1件框架所需的模具费用有较大差别。

杆件焊接式透水框架由6根杆件组成,1套模具1次可预制2根杆件,预制1件透水框架需3套模具,

脱模时间为1~2 d;一次成型透水框架预制1件需1套模具,脱模时间为2~3 d,2种透水框架的脱模时间分别按2 d和3 d计,其所需模具费用见表2。

表2 模具费用对比

透水 框架形式	1件框架所需 模具套数/套	模具 单价/元	模具周转 次数/次	预制1件透水框架所需 模具摊销费/(元·件 <sup>-1</sup> )	脱模 龄期/d	满足相同工期需一次性 投入模具的倍数/倍	实际预制1件透水框架 所需模具摊销费/(元·件 <sup>-1</sup> )
杆件焊接(0.6 m)	3.00	200.00	150	4.00	2	1.0	4.00
一次成型	1.00	800.00	150	5.33	3	1.5	8.00

由表2可以看出,在不要求工期相同的情况下,实际预制1件透水框架所需模具摊销费一次成型的比杆件焊接式的多1.33元,而预制1件透水框架的费用约为25.3元,相当于提高了透水框架的预制成本5.26%;而在要求工期相同的情况下,需多投入数量50%的模具,实际预制1件透水框架所需模具摊销费一次成型的比杆件焊接式的多4元,而预制1件透水框架的费用约为25.3元,相当于提高了透水框架的预制成本15.79%,大大提高了预制成本。

3) 两种透水框架的施工难易程度不同。

杆件焊接式透水框架是由6根杆件焊接而成,杆件预制使用钢模,钢模制作简单,使用方便,杆件的预制、焊接拼装工艺简单易行,脱模后的模具清洗也很简单;而一次成型透水框架的模具是由几个钢构件拼装而成,模具结构较为复杂,拼接处还存在漏浆的问题,脱模后模具的清洗整理较为困难,所需人力较多,施工工艺较为复杂,施工效率较低,难度较大,从工程经济的角度看,一次成型透水框架的经济性不如杆件焊接式透水框架。

#### 4 结语

一次成型透水框架和杆件焊接式透水框架在

功能作用上是一样的,但前者所需预制堆场较大、模具费用较高,施工难度较大,其工程经济性不如杆件焊接式透水框架,所以,一般情况下,在水下部分宜尽量使用杆件焊接式透水框架。但一次成型透水框架整体性好、外观漂亮、整齐划一,克服了杆件焊接式透水框架焊接点易锈蚀、结构稍显松散的缺点,具有更广泛的适应性,特别是露水部分的工程宜采用一次成型透水框架。随着一次成型透水框架的施工工艺逐渐成熟,在工程条件需要和施工条件允许的情况下,可以推广使用一次成型透水框架。

#### 参考文献:

- [1] 徐国宾,张耀哲.混凝土四面六边透水框架群技术在河道整治、护岸及抢险中的应用[J].天津大学学报,2006,39(1):1465-1469.
- [2] 周生利,刘长全,张俊.混凝土四面六边透水框架结构在长江航道整治中的应用[J].水运工程,2012(10):102-106.
- [3] 要秉文,丁庆军,梅世刚.新型早强剂对混凝土性能的影响研究[J].混凝土,2005(9):49-54.

(本文编辑 郭雪珍)