

# 透水丁坝局部冲淤规律试验研究

周银军<sup>1,2</sup>, 刘焕芳<sup>2</sup>, 何春光<sup>2</sup>, 宗全利<sup>2</sup>

(1. 武汉大学 水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072; 2. 石河子大学 水利建筑工程学院, 新疆 石河子 832003)

**摘要:** 试验研究了透水丁坝附近河床的冲淤特性, 绘制了这一区域的等高线图, 分别对不同透水率的透水丁坝附近河床冲淤后的纵向断面、横向断面以及坝轴断面各点高程变化进行了比较. 结果表明, 透水丁坝的最大冲刷深度小于不透水丁坝, 但其下游侧有冲刷槽, 其深度从坝根到坝头差距不大, 且该冲刷槽宽度随透水率的增大而增大; 透水丁坝对河床的有效影响长度比同样坝长的不透水丁坝略长, 最大淤积高程则更高, 透水率为 30% 时的影响长度最大. 说明透水丁坝在自身防护和保护范围两方面均优于不透水丁坝.

**关键词:** 透水丁坝; 透水率; 冲刷; 淤积

中图分类号: U656.352

文献标识码: A

文章编号: 1009-640X(2008)01-0057-04

## Experimental study on local scour and silting around permeable spur

ZHOU Yin-jun<sup>1,2</sup>, LIU Huan-fang<sup>2</sup>, HE Chun-guang<sup>2</sup>, ZONG Quan-li<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. College of Hydraulic and Constructional Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

**Abstract:** Based on an experiment, the local scour and silting characteristics near the permeable spur are studied preliminarily, an actual measured geographical map of this district is drawn, and the maps of the permeable spur with different pervious rates are compared in this thesis, especially in cross-section, lengthwise direction section and the section of permeable spur axial line. By this way, the experiment's result is analyzed. It is shown that the scour depth of the permeable spur is less than that of the solid spur. But there is a scour ditch in the downstream side. Its depth is approximately equal from the permeable spur's root to the head, and its width increases with the increase of the pervious rate. The influence district of the permeable spur is little longer than that of the solid spur, and the silting altitude of the permeable spur is higher, and when the pervious rate is 30%, the length of the influence district is the longest. The result of this experiment study can be summarized: both the self-prevention and conservation extents of the permeable spur are better than those of the solid spur, and the local scour and silting characteristics in this study can offer reference to further researches on permeable spurs.

**Key words:** permeable spur; pervious rate; scour; silting

收稿日期: 2007-05-09

基金项目: 石河子大学科学技术研究发展计划资助项目(ZRKY200719)

作者简介: 周银军(1983-), 男, 河南信阳人, 博士研究生, 主要从事水力学及河流动力学研究工作.

E-mail: zhouyinjun1114@126.com

透水丁坝作为一种河工建筑物,其主要作用是缓流落淤、护滩保塘<sup>[1]</sup>.相对于传统实体丁坝,由于透水坝体具有一定的透水率(透水率<sup>[1]</sup>:即桩间净空距与中心距之比,反映透水丁坝结构的阻水特性),其附近水流结构变化很大.据实际工程观测<sup>[2,3]</sup>,其坝头的冲刷深度小于实体丁坝,并且使通过空隙的水流与导出去的主流在透水丁坝后产生的回流互相作用,在透水丁坝后面形成相对静水区.此外,它结构简单,运用安全可靠,可适应各种洪水标准,在安全和投资方面具有很大的优势.目前,全国各大流域河道治理及主要河口治理工程中均有透水丁坝<sup>[3,4]</sup>,尤其是钢筋混凝土桩柱透水丁坝,早在 20 世纪 70 年代就开始在黄河中下游河段治理中试用并逐步推广,东起钱塘江海塘防护工程,西到塔里木河河道治理等许多治理工程中都有所应用.但由于透水丁坝的水流条件较实体丁坝有较大差异,其冲淤效果尚待研究<sup>[5]</sup>,同时由于对其局部促淤规律仍缺乏足够认识,也限制了透水丁坝的推广应用.为此,本文通过对不同透水率的透水丁坝进行清水冲刷动床试验结果比较分析,探讨透水丁坝的局部冲淤规律.

## 1 模型试验

### 1.1 试验概况

试验在一矩形水槽内进行,长 10 m,宽 1 m,深 0.5 m,底坡为 1/5 000,为了更好地反映透水丁坝对水流及河床的影响,试验具体布置见图 1.

试验为清水冲刷,即  $v/v_c < 1$ ,其中,  $v_c$  为试验用泥沙起冲流速.每组试验流量均为  $0.015 \text{ m}^3/\text{s}$ ,流速为  $0.25 \text{ m/s}$ .试验用透水丁坝为圆截面钢筋桩柱坝.丁坝立于槽底,其迎水面、背水面和坝头都垂直于底面.为便于固定,丁坝高度与槽深一致,即处于非淹没状态.考虑到目前工程上的实用范围<sup>[2,3]</sup>,试验选用丁坝透水率为 20%、25%、30% 和 40%,以了解不同工况下透水丁坝局部冲淤效果的变化规律.所用泥沙为均匀河沙,其密度与水的密度的比值为 2.63,中值粒径为  $0.5 \text{ mm}$ .

### 1.2 试验过程

将水槽分为 10 段,用水准仪逐点测量确定出一条坡度为 1/5 000 的直线,然后在槽内铺满试验用沙,保证水槽内沙层厚度均匀,平整表面与该直线齐平,然后安置透水丁坝,并再次对沙层表面进行找平,确认符合预定坡度后,开始放水试验,历时 7 h 后停水,因为历时 7 h 冲刷基本稳定<sup>[6]</sup>.然后通过槽底排水阀迅速将槽内余水放干,进行各特征数据的测量.每组试验开始前,均对水槽沙层坡度进行重新校正,以保证每组试验前的边界条件一致.为了反应透水丁坝的局部冲淤效果,取如图 2 所示的网格区域,对各网格点进行高程变化值的测量(即冲刷后高程减去初始高程值).

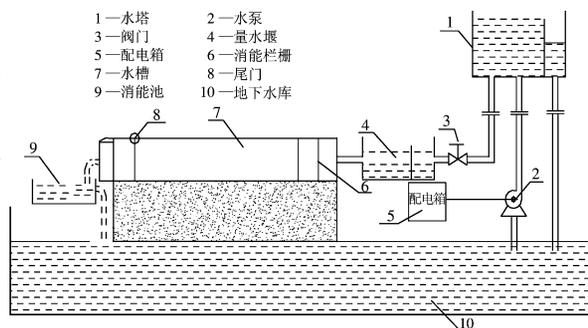


图 1 试验模型示意图

Fig. 1 Arrangement of the model system

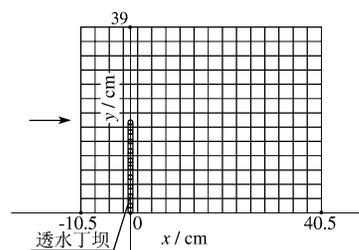


图 2 透水丁坝附近区域高程测量网格

Fig. 2 Altimetry measurement mesh of the district near permeable spur

## 2 透水丁坝局部冲淤效果试验分析

相同工况下试验数据所生成的透水丁坝附近区域实测的等高线图(基准高程均为 6 cm)见图 3.

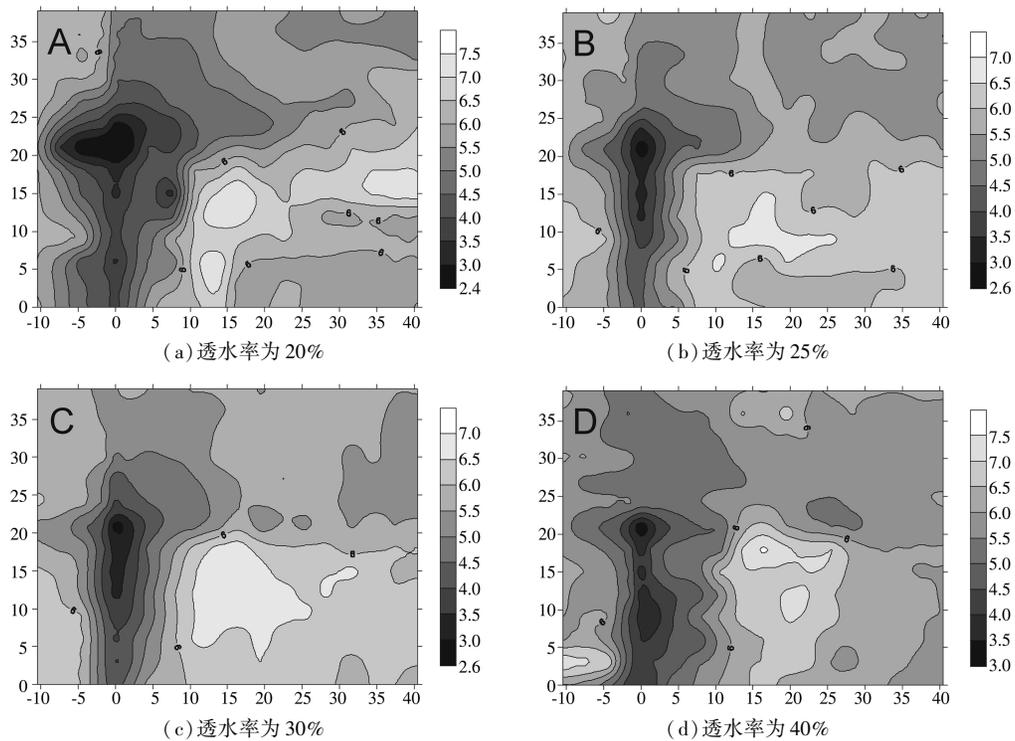


图3 不同透水率透水丁坝附近区域冲淤后实测等值线图  
 Fig. 3 Actual measured isoline map of the district near permeable spur for experimental runs

由图3可见,透水率越小的丁坝对局部河床的影响越大,既加大了坝身附近及主河槽的冲刷,也促进了坝后淤积(或因上游冲刷而导致的堆积体).取各纵向断面(平行于 $x$ 轴的断面)中0.5倍坝长处断面为特征断面,以反应坝田冲淤后沿纵向的高程变化规律;取位于下游10.5 cm处的横向断面(平行于 $y$ 轴的断面)为特征断面,以反应坝田冲淤后沿横向的变化规律.

2.1 透水丁坝附近横向高程变化

坝长为20 cm,不同透水率透水丁坝的坝后横向断面高程变化见图4.可见,透水丁坝坝后区域在坝头及外侧断面处有冲刷,尤其是坝头断面处冲刷深度最大,说明透水丁坝坝头后有明显的冲槽,且这一冲槽深度和长度(见图3)随丁坝透水率的增大而减小.

2.2 透水丁坝附近纵向高程变化

坝长为20 cm,不同透水率透水丁坝的坝后横向断面高程变化见图5.由图5可见:

(1) 丁坝(包括不透水丁坝)坝前均有V形冲槽,透水率为20%~40%时,各透水丁坝的冲槽深度均小于不透水丁坝.说明透水丁坝相对不透水丁坝具有更好的自身防护效果<sup>[3]</sup>;

(2) 相对于不透水丁坝,透水丁坝除坝前有冲槽外,坝后也有较深的冲槽,这在减小坝后土压力的同时,

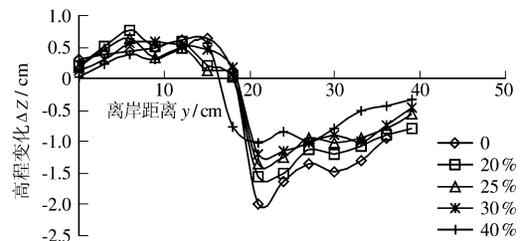


图4 不同透水率透水丁坝坝后横向断面高程变化  
 Fig. 4 Altitude versions in cross-section behind permeable spur with different permeable percentages

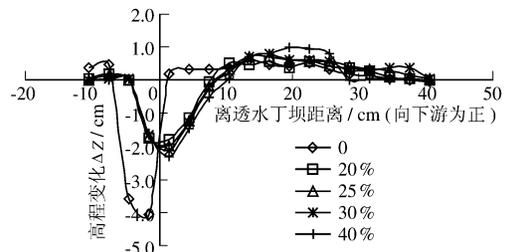


图5 不同透水率透水丁坝附近区域纵向断面高程变化比较  
 Fig. 5 Altitude versions of lengthwise direction section in district near the spur with different permeable percentages

也威胁着透水丁坝的桩基. 因此, 透水丁坝的坝头和上游侧需防护, 下游侧同样需要防护;

(3) 透水丁坝的坝后冲槽深度略大于其坝前冲槽, 在其他条件不变的情况下, 随着透水率的增大, 透水丁坝坝前冲刷的深度逐渐减小. 同时, 由于透坝水流流量的加大使得坝后冲槽的宽度在增大, 也就是说坝后开始淤积的部位随着透水率的加大而推后(见图 3 中坝后 6 cm 等值线, 即标注线);

(4) 经过坝后的冲刷, 透水丁坝下游开始出现淤积. 在试验所取范围内, 透水率越大其淤积的高度越大, 淤积地形的坡度也越大, 淤积区(冲淤后高程大于原高程的区域)的长度也越小, 但由于下游冲刷槽宽度随着透水率的增加而逐渐加大, 因此, 淤积区末端至透水丁坝的距离(即丁坝对河床的有效影响长度)随着透水率的增大逐步加大到峰值后开始减小. 本试验中, 透水率为 30% 时的有效影响长度最大.

### 2.3 透水丁坝附近 V 形冲槽

文献[7]认为桩柱的深度从坝根(与渠岸接触部分)到渠中应逐渐加深, 从而减少桩材用料, 但建议采用统一埋深, 以保证安全. 本文亦通过试验对这一问题进行了探讨, 不同透水率丁坝坝轴线断面各点高程见图 6, 其中离岸 20 cm 处即为各透水丁坝坝头.

由图 6 可见, 不透水丁坝坝轴线冲槽深度从坝根到坝头逐渐加深, 并且增加幅度很大, 这就是实际丁坝工程中格外重视坝头防护的原因. 透水率在 20% ~ 40% 范围内, 透水丁坝坝轴线冲槽深度虽然也是从坝根到坝头有所加深, 但变化不大, 且随着透水率的加大, 增幅变缓, 这说明引起透水丁坝坝轴线处(坝头除外)冲刷的主要原因不是坝前的横向水流, 而是从透水丁坝空隙处穿坝而过的水流.

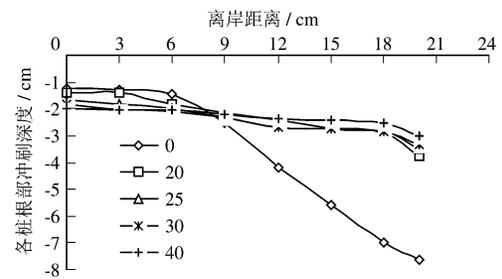


图 6 透水丁坝坝轴断面各点高程

Fig. 6 Every point altitude in the section of permeable spur axial line

## 3 结 语

(1) 透水丁坝的最大冲刷深度小于不透水丁坝;

(2) 透水丁坝除在上游侧有冲刷槽外, 下游侧也有冲刷槽. 因此, 坝根的上、下游侧均需防护, 同时, 透水丁坝不要建在不透水丁坝的上游侧, 以免影响临近岸坡的稳定;

(3) 透水丁坝对河床的有效影响长度与透水率并不成简单比例关系, 本试验中, 透水率为 30% 时的影响长度最大.

(4) 透水丁坝坝轴线处冲刷深度从坝根到坝头有所增加, 但变化不大, 实际工程中整个透水丁坝各处桩柱的埋深应一致.

### 参 考 文 献:

- [1] 陈效国, 李丕武, 谢向文, 等. 堤防工程新技术[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1998: 109-115.
- [2] 李西平. 井柱网格透水丁坝技术[J]. 水利水电技术, 1997, (2): 24-26.
- [3] 李玉建, 侍克斌, 周 峰. 游荡型河道透水整治建筑物研究综述[J]. 人民黄河, 2002, 24(11): 15-17.
- [4] 赵渭军, 严 盛, 宣伟丽, 等. 涌潮河口桩式丁坝的护滩保塘效果分析[J]. 水利学报, 2006, 37(6): 699-703.
- [5] 周银军, 刘焕芳. 透水丁坝设计探讨[J]. 人民黄河, 2007, (1): 65-66.
- [6] 苏德慧. 丁坝冲刷过程试验研究[J]. 水动力学研究与进展(A辑), 1993, 8(增刊): 631-635.
- [7] 苗 华, 路锦绣. 桩柱式透水丁坝的设计与施工[J]. 内蒙古水利, 2001, (2): 36, 51.