

# 纤维滤料过滤海岛雨水的试验研究

赵 瑾, 姜天翔, 王树勋, 王 静, 张雨山  
(国家海洋局 天津海水淡化与综合利用研究所, 天津 300192)

**摘 要:** 以长纤维束为滤料过滤海岛雨水,探索纤维滤料过滤雨水技术的可行性。结果表明,纤维滤料对雨水中的大颗粒悬浮物有显著的吸附截留作用;当滤速为 20 m/h、进水浊度为 5 NTU 时,经纤维滤料过滤的出水浊度在 1 NTU 左右,运行时间达 80 h 以上;滤速和进水浊度的增加对浊度的去除影响不大,但对过滤周期有影响。纤维束的孔隙分布使其具有良好的过滤效果,且无需投加絮凝剂,更适合雨水的高速、高效过滤。

**关键词:** 纤维滤料; 过滤; 雨水; 浊度

**中图分类号:** X55 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)03-0066-04

## Evaluation of Fiber Filter Material for Treatment of Island Rainwater

ZHAO Jin, JIANG Tian-xiang, WANG Shu-xun, WANG Jing, ZHANG Yu-shan  
(Institute of Seawater Desalination and Multipurpose Utilization, SOA <Tianjin>, Tianjin 300192, China)

**Abstract:** The feasibility of long fiber filter material for filtration of island rainwater was investigated. The experimental results showed that fiber filter material had obvious adsorption and rejection of large suspended matter in rainwater. When the filtration velocity was 20 m/h and influent turbidity was 5 NTU, the turbidity of effluent was about 1 NTU, and the operation period was over 80 h. Increasing of filtration velocity and influent turbidity had influence on the operation period, but had no evident effect on the turbidity removal efficiency. It was found that fiber bundle had favorable filtration effect due to the distribution of pore. Fiber filter could operate with high filtration velocity and high efficiency in rainwater purification without flocculant.

**Key words:** fiber filter material; filtration; rainwater; turbidity

目前,我国开发的岛屿多为近岸海岛,淡水资源严重缺乏,主要依靠内陆供水。因此充分开发海岛雨水资源是缓解海岛地区淡水资源不足、提高水资源利用率的有效方法。海岛雨水水质受气候因素影响较大,且初期雨水污染比较严重,因此需要对其进行净化处理。过滤是水处理净化工艺的重要工序,传统滤料虽然具有机械强度高、可滤除悬浮物等性能<sup>[1]</sup>,但其吸附容量低、过滤周期短、滤速慢、反冲

洗易流失<sup>[2~4]</sup>。近年来,纤维材质滤料因其质量轻、孔隙率高、滤速快、运行周期长等优点逐渐成为研究热点<sup>[5~7]</sup>。为此,笔者以纤维束为过滤材料,开展海岛雨水纤维过滤技术研究,以期纤维滤料在雨水净化工艺中的应用提供参考。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 过滤装置

雨水纤维过滤装置是高为 1 700 mm、直径为

400 mm 的不锈钢柱体,采用自上而下方式过滤。装置进水和出水处分别设压力表,用于测定过滤时的压力损失同时控制过滤终点。过滤装置见图 1。

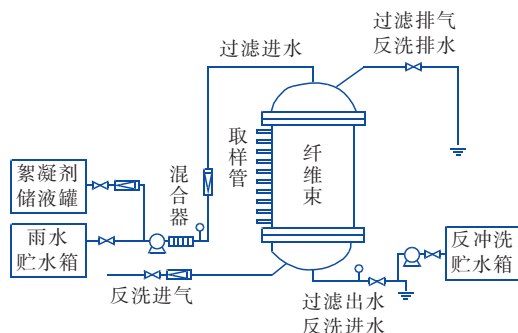


图 1 试验装置示意

Fig. 1 Schematic diagram of experimental device

## 1.2 试验用水与滤料

从雨水贮水箱中获取泥沙沉积物,以配制模拟雨水。水质指标如下:pH 值为 5.52 ~ 6.58,浊度为 3.87 ~ 13.5 NTU,电导率为 41.7 ~ 45.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

试验滤料采用聚丙烯长纤维丝束,其密度为 0.75  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,直径为 0.05 mm,长度为 1 000 mm,垂直悬挂于过滤柱内。

## 2 结果与讨论

### 2.1 过滤前后粒度体积分布曲线

以长纤维束为滤料,分析过滤前后模拟雨水的粒度分布,结果如图 2 所示。

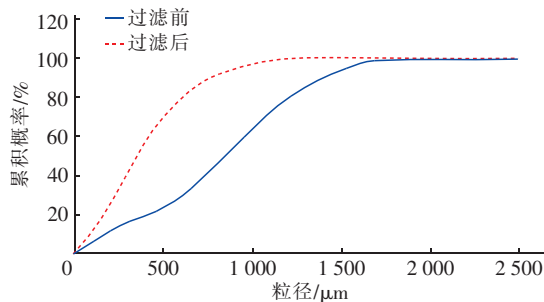


图 2 过滤前后模拟雨水的概率累积曲线

Fig. 2 Probability cumulative curve of simulated rainwater before and after filtering

由图 2 可知,当雨水经纤维滤料过滤后,不同百分含量下的悬浮颗粒粒径均变小,当粒度累积分布百分含量分别为 10%、50%、90% 时,模拟雨水的平均粒径由 194.165、968.650、1 571.547  $\mu\text{m}$  分别减小到 91.687、395.434、889.295  $\mu\text{m}$ ,说明纤维滤料吸附截留了大颗粒物质,对粒径较大的悬浮颗粒具有一定的过滤作用。

### 2.2 滤速对过滤效果的影响

试验过程中进水浊度约为 5 NTU,运行时间为 80 h,调节滤速分别为 20、25、30  $\text{m}/\text{h}$ ,分析滤速对纤维束过滤模拟雨水效果的影响,结果如图 3 所示。

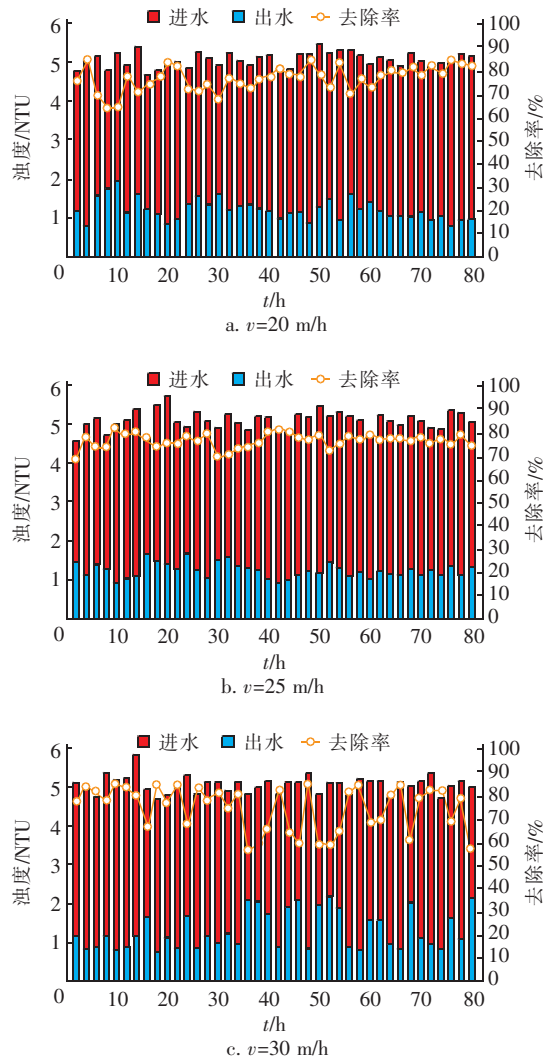


图 3 滤速对纤维束过滤效果的影响

Fig. 3 Effect of filtration velocity on fiber filtering

由图 3 可知,纤维滤料对模拟雨水有显著的除浊效果。当进水浊度为 5 NTU 左右时,不同滤速下滤后水浊度最低为 0.76 NTU,最高为 2.17 NTU,且大部分集中在 1 NTU 左右。分析原因,纤维滤料具有较大的比表面积,因此增加了滤料表面的自由能和吸附能力,加大了滤料与雨水中悬浮物的接触碰撞。整个过滤过程的压力损失较小,过滤周期较长。

当滤速由 20  $\text{m}/\text{h}$  提高到 25  $\text{m}/\text{h}$  时,出水浊度并没有显著增加,仍能保持较好的出水效果;由于纤维滤料的孔隙率高、渗透能力强,因此即使过滤速度

增加,仍能保持良好的出水水质和较高的产水率。当滤速增加至 30 m/h 时,随着过滤时间的延长,出水浊度明显增大,且出现出水浊度 > 2 NTU 的现象,过滤效果下降,过滤周期结束较早。说明增加滤速对出水浊度的影响不明显,但对过滤周期影响较大。

### 2.3 进水浊度对过滤效果的影响

当滤速为 20 m/h、运行时间为 80 h 时,考察进水浊度分别为 5、10 NTU 条件下对纤维滤料过滤模拟雨水效果的影响。结果表明,对于不同进水浊度的雨水,纤维滤料都能保持较好的过滤效果。当进水浊度为 5 NTU 左右时,过滤后的出水浊度基本在 1.5 NTU 以下,在整个过滤周期内出水浊度稳定,对浊度的平均去除率在 70% 以上。

当进水浊度提高到 10 NTU 时,在开始运行阶段,出水浊度基本能保持在 2 NTU 以内,且随着过滤时间的延长,纤维束的纳污能力趋于饱和,出水浊度有所增大。因此进水浊度的增加对过滤效果影响不大,但会缩短过滤周期。

### 2.4 出水浊度随滤层深度的变化情况

当进水浊度为 5 NTU 左右、滤速为 20 m/h、运行时间为 80 h 时,每隔 10 cm 的滤层高度测定一次出水浊度,考察不同滤层深度对模拟雨水的过滤效果,结果如图 4 所示。

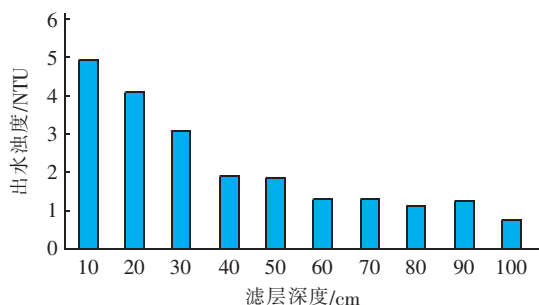


图4 出水浊度随滤层深度的变化

Fig. 4 Change of effluent turbidity along with filter depth

由图 4 可知,当滤层深度为 100 cm 时,不同深度的滤层均具有纳污能力,且随着滤层深度的增大,出水浊度逐渐减小。过滤时,纤维束滤层的孔隙率自上而下逐渐变小,当水流经过纤维滤料时,纤维束在重力及水力作用下不断被压实,由于所受压力沿水流方向逐渐增大,其被压缩程度也逐渐增加,因此纤维束滤层的孔隙率和过滤孔径逐渐变小。这种近乎理想的孔隙分布,使纤维滤料实现了高效过滤。

### 2.5 絮凝剂对过滤效果的影响

当进水浊度为 10 NTU 左右、滤速为 20 m/h 时,投加 1 mg/L 的三氯化铁,考察絮凝剂对过滤效果的影响,结果如图 5 所示。

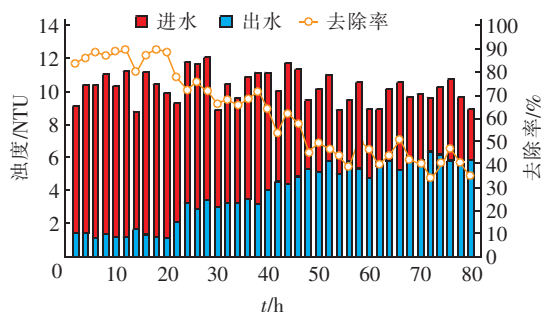


图5 絮凝剂对纤维过滤效果的影响

Fig. 5 Effects of  $\text{FeCl}_3$  flocculant on fiber filtering

由图 5 可知,在过滤开始阶段,投加三氯化铁后过滤效果较好,出水浊度基本在 2 NTU 以下。分析原因,由于三氯化铁与雨水中的胶体和悬浮物产生反应,形成的絮体能被滤料截留和吸附;另外,絮体颗粒直径大于滤料的过滤精度,纤维束滤料能有效截留絮体,因而出水水质较好。而过滤周期超过 20 h 后,出水浊度有所增加,基本在 3 NTU 以上;过滤周期超过 40 h 后,出水浊度超过 4 NTU,可观察到出水中大量细小絮体,过滤效果并不理想。这是由于三氯化铁水解反应形成的絮体密实程度不够,在过滤过程中易受到水流和滤料的剪切作用而破碎,变成更为细小的颗粒随水流出滤层。

## 3 结论

① 在雨水过滤工艺中,纤维滤料对大颗粒悬浮物具有显著的吸附截留作用;在本试验条件下,滤速的增加和进水浊度的增大,对浊度的去除效果影响均不大,但对过滤周期影响较大。

② 纤维过滤属于深层过滤,当雨水经过滤层时,滤层的孔隙率在过滤过程中随滤层深度逐渐变小,这种理想的孔隙分布使纤维滤料过滤效果显著。

③ 纤维滤料在质量、比表面积、孔隙率、滤层通水性、过滤周期等方面具有优势,且在雨水过滤工艺中无需投加絮凝剂,因而更适合雨水的高速、高效过滤。

### 参考文献:

- [1] 李景海,刘清霞,黄修桥,等. 微灌石英砂滤层流态特 (下转第 72 页)