

均质石英砂滤料过滤性能的试验研究*

王利平^① 张世华^② 王峰慧^② 金伟如^③ 金同轨^③

(^①包头钢铁学院, 包头, 014010; ^②西安市黑河引水工程建设指挥部, 西安, 710000;

^③西安建筑科技大学环境工程系, 西安, 710055; 第一作者男, 36岁, 讲师)

摘 要 均质石英砂滤料是当前国内水厂过滤技术应用的主要填料之一。均质石英砂滤料过滤能较好地克服滤层表面堵塞, 充分发挥整个滤床的截污作用, 提高过滤效率。本文通过模型试验成果, 讨论了均质石英砂滤料的过滤性能和应用效果。

关键词 均质滤料; 模型试验; 过滤性能; 过滤效率

中图分类号 TU991.24

Study on the performance of filtration by uniform quartz sand media

Wang Liping^① Zhang Shihua^② Wang Fenghui^② Jin Weiru^③ Jin Tonggui^③

(^①Baotou Institute of Iron and Steel Technology, Baotou, 014010; Xi'an Headquarter of Construction of Heihe Water Supply System, Xi'an, 710000; ^③Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, 710055)

Abstract Uniform quartz sand media is one of the main media in present filtration technology application. The application of uniform quartz sand in a filter makes it possible that the trouble of filtering surface clogging is prevented and the impurity removal capacity of the filtration bed is fully developed, so the operation of the filter is much improved in better efficiency. By a large amount of experiment, some problems on the performance of filtration and filtration efficiency related to the adoption of uniform quartz sand media are discussed in this paper.

Key words uniform medium, model test, performance of filtration, filtration efficiency

快滤池的发展和对快滤池的研究, 一直是为提高滤池的含污能力——增大单位体积内滤料截留杂质(絮粒、粘土、藻类、细菌、病毒及其它胶体颗粒)的含量而努力。从70年代开始, 人们对滤料截留杂质的机理有了新的认识。为提高滤池的工作效率, 减少传统滤池过滤的不合理性, 在滤池滤料研究上做了大量工作, 开发了多种优质净水滤料。均质滤料就是其中之一。

均质滤料, 并非均粒滤料。当石英砂新装入滤池时, 这种滤层称为均质滤层, 滤料则称为均质滤料^[1]。这就是说, 均质滤料并不要求所有的滤料粒径相同, 而是要求整个滤料层自上

收稿日期: 1995-06-20

* 参加本试验工作的还有西安市曲江池水厂倪曙明

至下的组成条件都相同,这就要求均质滤料反冲洗时不出现水力分级现象。

近年来,我国许多水厂选用的V型滤池采用均质石英砂滤料作为滤池的填料。国内这项技术正处于刚开始进行科学研究和生产应用的探索阶段,为使我国尽早熟悉和掌握这种新型净水技术,为水厂提供可靠、合理的技术参数,我们对西安市曲江池水厂V型滤池进行了均质石英砂滤料过滤性能的试验研究。

1 试验装置流程

1.1 模型滤柱的设计

水流在多孔介质滤层中流动,主要受水力条件的影响,故滤层中的流动只要满足水力相似条件,而不必考虑它的几何相似,就可以用模型滤柱来确定实际运行滤池指标^[2]。根据这一原则,本次试验设计为两种规格试验滤柱。1[#]滤柱为 $\varnothing 100$ mm,高3 m;2[#]滤柱为 $\varnothing 250$ mm,高3 m,均为有机玻璃滤柱,滤柱轴线的两侧分别设有取样器和测压管。滤料选用福建晋江鲁滨石英砂厂生产的均质石英砂。滤柱主要参数见表1,滤柱构造见图1。

表1 试验滤柱主要参数

试验滤柱	1 [#]	2 [#]
粒径 d_{10} /mm	0.95	1.3~1.4
密度 /($\text{g}\cdot\text{cm}^3$)	2.64	2.64
厚度 L /mm	1 000	1 000
K_{40}	1.35	1.6
滤头 D /mm	20 $\times$ 1	20 $\times$ 3

1.2 试验装置流程

试验流程是在生产水厂水处理工艺流程的基础上设计的,试验滤柱待滤水直接取自生产沉淀池出水。其试验装置流程见图2。

试验滤速范围为8~20 m/h,滤柱的进水浊度控制在10度以下,当滤后水浊度开始超过3度时试验即告结束,以控制过滤周期^[3]。

2 试验结果及讨论

2.1 滤速对滤层水头损失增长的影响

滤速 v 与单位小时滤层水头损失增长 $\Delta h/t$ 关系见图3,基本呈线性增加。滤速小于12 m/h时,单位小时滤层水头损失增长量较小。这是由于充分发挥了滤层截留浊质的作用,克服了水力分级滤料表层阻力增长过快的缺点,减缓了砂层水头损失增速率,达到了深层过滤的目的。

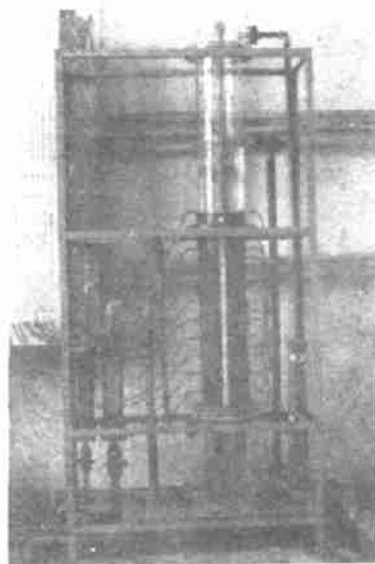


图1 滤柱装置图

2.2 水头损失沿滤层深度的变化规律

在同一滤速下,测试了沿滤层不同的深度单位滤层(取10 cm为一单位滤层)水头损失随时间的变化规律,见图4。

水头损失变化基本呈线性关系。滤层顶层10 cm的单位滤层中,水头损失线斜率稍大,而滤层顶部10 cm以下的滤层中,各单位滤层水头损失线斜率变化较小,且较均匀,说明各单位滤层的水头损失变化较小,滤层中截留浊质物较均匀,更好地发挥了整个滤料层留浊质物的能力,体现均质滤料的优越性。

2.3 沿滤层深度浊度的变化

在一个过滤周期内,分别对某一过滤时间时,从滤层不同深度处取样,测其浊度,其变化规律见图5。随着过滤时间延长,滤层中截留浊质不断积累,且向下层迁移,当过滤到一定时间时,发生穿透现象,停止过滤。在某一过滤时间时,由滤层进水端沿水流方向悬浊液被澄清,且每一相同单位滤层去除大致相同分率的悬浊质,这正体现了均质滤料的特征。

2.4 含污量沿滤层深度的分布

本试验滤柱设计为解剖式滤柱。试验经一个过滤周期结束后,对滤柱进行解剖,测其各单位滤层的含污量,见图6。

可以看出,沿滤层深度,含污量在缓慢减小,除滤层顶部10 cm内含污量稍大外,在其它各单位滤层中含污量比较均匀,说明各单位滤层除去相同分率的浊质物,只是由于悬浊液的浊度浓度一层一层地减少,所以愈往下边的单位滤层截留的浊质数量愈小。这与前面试验结果相一致。

2.5 滤速对去除率的影响

在滤层总表面积相同的条件下,对不同滤速试验,取各单位滤层水样求解整个滤层的去除率,见图7。随着滤速的提高,去除率减小。这是由于低浊度水过滤时,阻截和沉淀起主要作用。当滤速提高时,阻截效率 $I = dp/dc^{[4]}$ 不变,而沉淀作用 $G = (\rho_p - \rho_L)d_p^2g/18\mu$ 将减小,截留效率降低,这就导致滤层出水浊度上升。对每一层滤料,当滤速提高时,截留效率都会降低。而从滤池的实用角度考虑,滤速适当大些更有利,适当大的滤速也可以提高整个滤层的截污量,充分发挥其作用,这正是均质滤料特点。

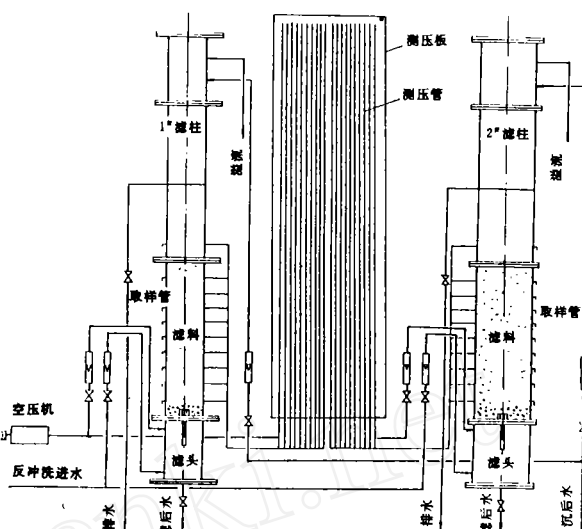


图2 试验装置流程图

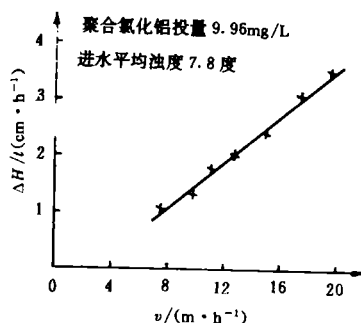


图3 滤速与水头损失增长率关系

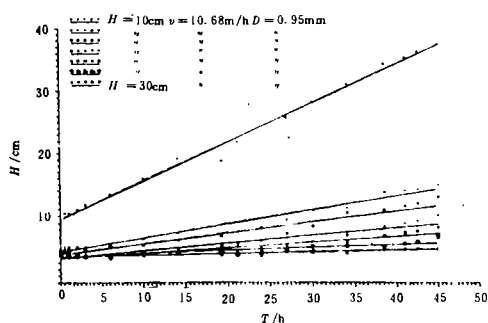


图4 水头损失与过滤时间的关系

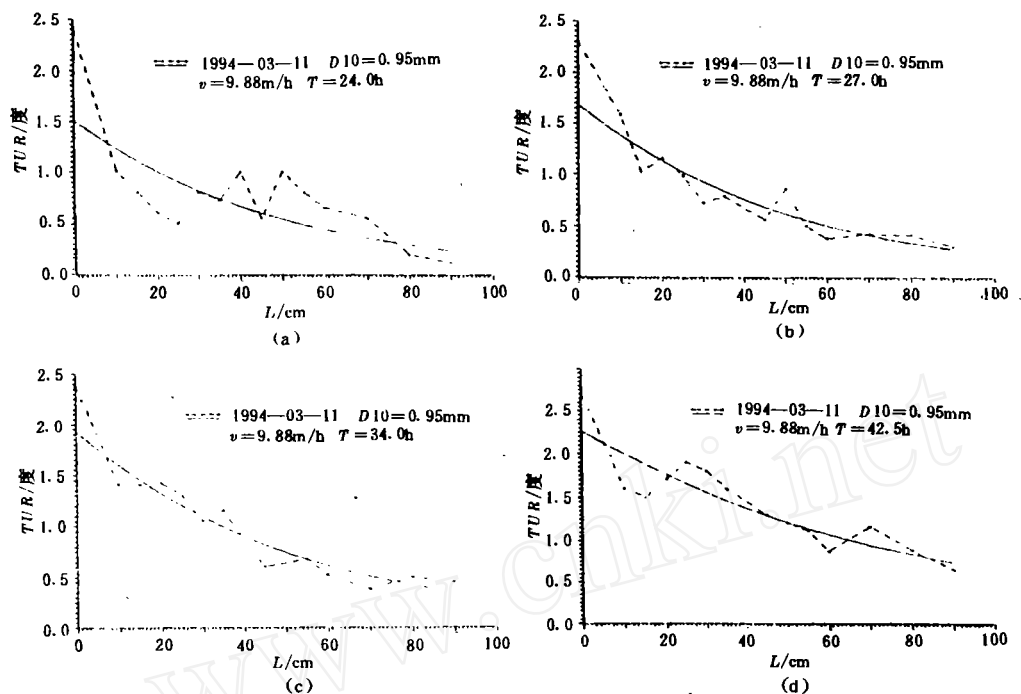


图5 沿滤层深度浊度的变化

3 过滤性能的综合评价

以上仅从试验结果单纯对某一过滤指标进行分析,不可能从整体上对滤料层过滤性能作出全面评价。因而有必要引进具有代表性过滤能力指标来综合评价滤料的过滤性能。

描述滤料层性能的指标应是滤池的进水浊度、出水浊度、过滤周期、滤速和过滤周期内水头损失的多元函数。

Gamt、Rademacher 提出下面过滤性能指标^[5]:

$$FPI = VT/H_t \quad (1)$$

式中 V ——过滤速度; T ——过滤周期; H_t ——过滤周期末的水头损失。

上式没有考虑水质变化对滤料性能的影响。 FPI 值越大,表明滤池过滤性能越好。

Ives 提出的过滤性能指标为^[5]: $F = \frac{H_t C}{C_0 VT}$, 其中 C_0 ——滤池的平均进水浓度; C ——滤池的平均出水浓度; 其余符号同前。

该式在(1)式基础上,考虑了水质变化对滤料性能的影响。

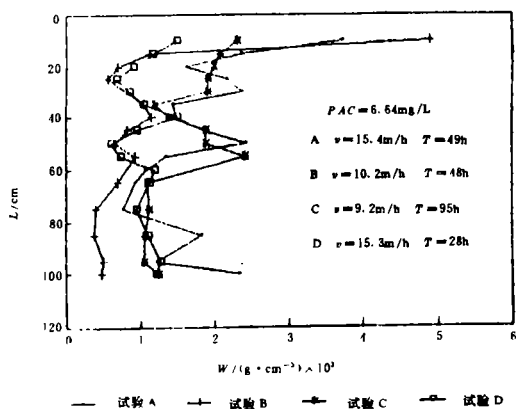


图6 均质滤料层的含污量

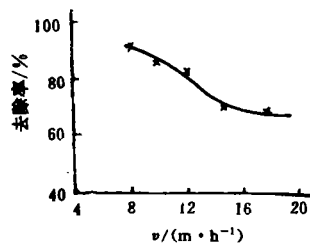


图7 滤速与去除率的关系

F 值越小,表明滤池过滤性能越好。

本试验过程中,滤池进出水浊度差值变化较小,浊度的影响不计,则试验滤柱过滤性能指标用 $FI = \bar{V} T / \Delta H$ 来评价,其中 $\bar{V}$ —— 过滤周期内平均滤速; T —— 过滤周期; ΔH —— 过滤周期内水头损失增长量。可见, FI 值越大,表明滤柱过滤性能越好,即耗掉单位能量所做的有用功就越大。不同滤速过滤性能指标计算见表 2。

表 2 不同滤速过滤性能指标计算

$V/(\text{m} \cdot \text{h}^{-1})$	9.2	10.2	12.2	15.0	18.0	19.6
FI	1 349	2 331	2 723	1 678	596	505

在较高滤速下,滤层 ΔH 增大,但另一方面,由于滤速的提高,杂质穿透深度加大,减少了局部阻塞,从而又导致 ΔH 的减小。因而,对于均质滤料,从单位时间产水量来看,宜采用较高滤速,这与前面试验结果一致。对于试验滤料最佳的滤速控制为 10 ~ 12 m/h。

4 结 论

(1)均质石英砂滤料过滤周期长、出水水质好、水头损失增长小。

(2)均质石英砂滤料较好地克服了表面堵塞,充分发挥了整个滤料层截留浊质的能力,体现了滤料深层过滤的特点,从而提高了过滤效率。

(3)控制滤前水浊度在10度以下,滤速为8~12 m/h 时,过滤周期达40 h 以上,出水水质为1度以下。

(4)对 $d_{10} = 0.95 \text{ mm}$ 均质石英砂滤料,最佳滤速为10~12 m/h。

(5)均质石英砂滤料运行控制因素为出水水质、水头损失及过滤周期,且过滤周期不宜大于40 h。

参 考 文 献

- 1 许保玖,安鼎年. 给水处理理论与设计. 北京:中国建筑工业出版社,1992
- 2 Ives K J. Progress in Filtration. JAWWA Sept. 1964
- 3 [法]德格雷蒙公司. 水处理手册. 北京:中国建筑工业出版社,1983
- 4 曹 翀. 水的过滤. 西安冶金建筑学院,1987
- 5 Lekkes T D. A Modified Filtrability Index for Granular Bed Water Filter. Filtration and separation, 1981