

射流泵抽气进行滤池气水反冲洗试验研究

李圭白 郑庭林 刘俊新
(哈尔滨建筑工程学院)

张大川、罗先贵、赵正伦、王燕平、赵庆秋、罗锦思、张培根等
(重庆市自来水公司)

摘要: 用射流泵代替空压机或鼓风机进行滤池气水反冲洗、能大大降低设备扣运行费用。半生产性试验表明,这种工艺效果良好,在技术上可行。本文阐述了这种新工艺在设备组成、工艺参数、冲洗效果等方面的试验研究成果。

滤池是水处理工程中最常用的设备。滤层冲洗得好坏,对滤池的过滤效果以及工作的经济性有重大影响。气水反冲洗滤池比单独用水反冲洗效果好,但需设置大容量空气压缩机或鼓风机,由于设备费用高、操作复杂,且工作时震动大,噪声强,推广缓慢。用射流泵进行滤池气水反冲洗,则能大大降低设备和运行费用,简化操作,减小噪声,有利于推广。该项技术已申请专利。本文重点介绍半生产性试验研究的成果。

1. 半生产性试验装置

射流泵抽气进行滤池气水反冲洗的半生产性试验,是在室内小型试验的基础上进行的。试验滤池设在重庆市打枪坝水厂。试验滤池有两个,过滤面积都是 1m^2 ,为正方形。一个滤池用长柄滤头作配水配气系统。如图1(1)。滤头安装在滤池下部的隔板上;滤头呈棋盘状布置,间距为 0.14m 。隔板下配水室高度为 0.45m 。隔板上设厚度为 0.05m 的粗砂(粒径 $2\sim 4\text{mm}$),其上为 0.3m 厚的石英砂滤层(粒径 $0.5\sim 1.0\text{mm}$)和 0.4m 厚的无烟煤滤层(粒径 $0.7\sim 1.7\text{mm}$)。排水槽,槽顶距砂面 0.68m 。排水槽顶设有40目尼龙防砂网,以防气水反冲洗时滤料流失。滤池总高度为 3.5m 。射流泵垂直安装在滤池的反冲洗水管上。射流泵以水厂出厂水为压力水源。滤池反冲洗时,压力水经射流泵的喷嘴喷出,将空气吸入,形成气水混合液,送入滤池下部配水室;气水分离后,经长柄滤头均匀分布于滤池平面上,自下而上地对滤层进行气水同时反冲洗;气水反冲洗后,再单独用水反冲洗,以排除滤层中积存的气泡,并使双层滤料分层。反冲洗后的废水,由上部排水槽收集并排出池外。

另一个试验滤池用穿孔管作配水和配气系统,如图1(2)。穿孔配水管设于池底部,其上设卵石承托层(粒径: $32\sim 16\text{mm}$, $16\sim 8\text{mm}$, $8\sim 4\text{mm}$, $4\sim 2\text{mm}$)。各层厚度为 0.15m , 0.10m , 0.10m 和 0.13m)。穿孔配气管设于粒径为 $4\sim 2\text{mm}$ 的承托层中。承托层上设双层滤料层,粒径和厚度同前。排水槽顶距砂面为 0.45m 。滤池总高度及其它尺寸同前。该滤池与前述滤池共用一台射流泵。并在射流泵后设置一个气水分离箱,将分离后的水和气分别送入穿孔管配水和配气系统,自下而上对滤层进行气水同时反冲洗。用穿孔管进行配水和配气,不仅可用于新建滤池,并且特别适于普通快滤池的改造。

2. 试验结果及分析

本试验自1987年7月开始,至12月结束,历时5个多月,经历了嘉陵江的洪水期及平水期。流进滤池的沉淀水浊度最低为3度,最高为25度,平均为13度;水温为 $17.5\sim 26.5^\circ\text{C}$ 。试验结果分述如下:

2.1 气水反冲洗最佳工艺参数的试验研究

为了确定半生产性试验的工艺参数,先用10根滤柱进行了两批正交试验。滤柱内径为 150mm ,长 4m ,下部安装长柄滤头作为配水配气系统,滤头上部设粒径为 $0.5\sim 1.2\text{mm}$ 石英砂滤料,厚为 0.4m ,及 $0.8\sim 1.8\text{mm}$ 的无烟煤滤料,厚为 0.3m 。试验也在打枪坝水厂进行,试验条件与半生产试验相同。滤柱以等速过滤方式工作,滤速控制在 $13\sim 16\text{m/h}$ 。当滤层水头损失达到 1.7m 时,进行反冲洗。反冲洗水由出厂压力水供给,反冲洗空气由空气压缩机供给。先用气水同时反冲洗若干分钟,再单独用水反冲洗 2min 。第一批正交试验选择

了气水同时反冲洗的气水比、气水反冲洗总强度和气水同时反冲洗时间，以及单独水反冲洗强度四个因素进行考察，以过滤周期作为考察指标。每个因素选择3个水平。试验结果如图2。由正交试验结果分析及图2可知，影响过滤周期的主要因素是单独水反冲洗强度，其次是气水比和气水同时反冲洗时间，而气水反冲洗总强度在试验范围内对过滤周期影响较小。这是因为在气水同时反冲洗时，无烟煤与石英砂几乎完全混杂，增大单独水反冲洗强度可使煤砂很好分层，增大过滤周期。

第2批正交试验，气水比为2:1固定不变，选择气水反冲洗总强度和反冲洗时间、单独水反冲洗强度和反冲洗时间四个因素进行考察，每个因素选择3个水平。试验结果如图2。由分析可知，影响过滤周期的主要因素仍是单独水反冲洗强度；其它因素依次是单独水反冲洗时间、气水同时反冲洗时间和气水反冲洗总强度。

综合第1批和第2批试验，可知工艺参数宜选气水比为1.5:1~2:1，气水反冲洗总强度为12 L/(s·m²)左右，气水同时反冲洗时间为5~7min，单独水反冲洗强度为15 L/(s·m²)左右，单独水反冲洗时间以2min为佳。

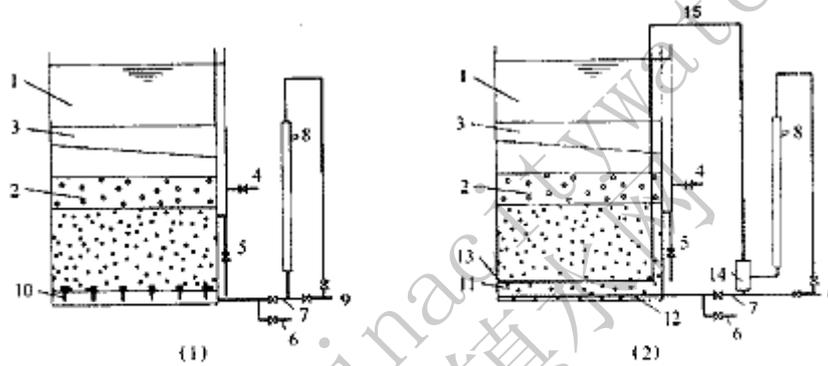


图1 射流泵抽气进行滤池气水反冲洗半生产性试验滤池

- 1—滤池；2—煤、砂双层滤料滤层；3—排水槽；4—进水管；5—排水管；6—出水管；
7—反冲洗水管；8—射流泵；9—压力水管；10—长柄滤头配水配气系统；11—承托层；
12—穿孔管配水系统；13—穿孔管配气系统；14—气水分离箱；15—空气管

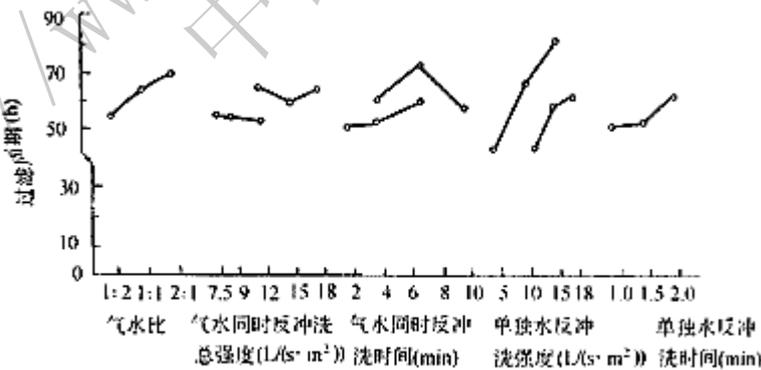


图2 气水反冲洗最佳工艺参数试验

白点——第一批试验数据；黑点——第二批试验数据

2.2 半生产性滤池的运行方式和运行条件

试验滤池按恒水头减速过滤方式工作。滤前水位始终保持在砂面以上1.7m左右。初滤速控制在14~17m/h。滤池每2d反冲洗一次，过滤周期平均为47h。周期结束时，末滤速仅较初滤速减少3~4m/h。滤池的平均滤速，对穿孔管配水配气滤池为13.4m/h，对滤头配水配气滤池为14.5m/h。

由于出厂水的压力经常变动，所以滤池每次反冲洗时，射流泵前的水压力都是不相同的，一般变化于



2.2~3.5 大气压之间。气水同时反冲洗时，水的反冲洗强度为 4.8~5.7L/(s.m²)，平均为 5.3 L/(s.m²)；气的反冲洗强度为 4~10.6 L/(s.m²)，平均为 7.2 L/(s.m²)；气水比为 0.83:1~2:1，平均为 1.36:1；气水反冲洗总强度为 8.8~16.3 L/(s.m²)，平均为 12.6 L/(s.m²)；

气水同时反冲洗时间为 5min；单独水反冲洗强度为 12~17 L/(s.m²)，平均为 15 L/(s.m²)；单独水反冲洗时间为 2min。反冲洗耗水率，对穿孔管配水配气滤池为 0.6%，对滤头配水配气滤池为 0.59%。

滤池反冲洗时，射流泵工作正常，气水分离箱分离效果良好；不论长柄滤头或穿孔管，配水配气都较均匀；单独水反冲洗后，煤砂滤层分层情况良好，砂面平整干净。

2.3 试验滤池的排水浊度、排污率和滤层含泥量

滤池的排水浊度、排污率及滤层含泥量均从不同侧面反映了滤池的冲洗效果。

试验表明，滤池气水反冲洗一开始，排水浊度就急剧升高，在 0.5min 前后出现最大值，浊度可达 8000~10000 度，随后排水浊度迅速减小，于反冲洗结束时可降至 30~120 度。污物的排除率，在气水同时反冲洗结束时可达 80~88%；再经单独水反冲洗 2min，排除率可达 97.5~99.6%。表 1 为在试验期间进行的 3 次滤层含泥量的测定结果，由表可知，滤池经数月运行后，滤层的含泥量仍很低。此外，肉眼观察，滤料冲洗后具有与新滤料同样的光泽，没有发现滤料有泥膜，煤砂界面也无泥球产生，表明冲洗效果良好。

滤层平均含泥量(%) 表 1

取样日期	穿孔管配水滤池	滤头配水滤池
8 月 12 日	0.1	0
9 月 29 日	1.42	1.38
11 月 10 日	0.5S	0.2

2.4 滤池的过滤水头损失和出水水质

滤池的初期水头损失是衡量滤层反冲洗效果的一个指标。图 3 中绘出了滤池初期水头损失随过滤周期数的变化情况。为了避免水头损失受初滤速的影响。图 3 中以初期水头损失对初滤速的比值 H_0/V_0 为纵坐标。由图可见，滤层初期水头损失只在很小范围内波动没有随周期数而增大的趋势，这表明滤层冲洗效果良好。

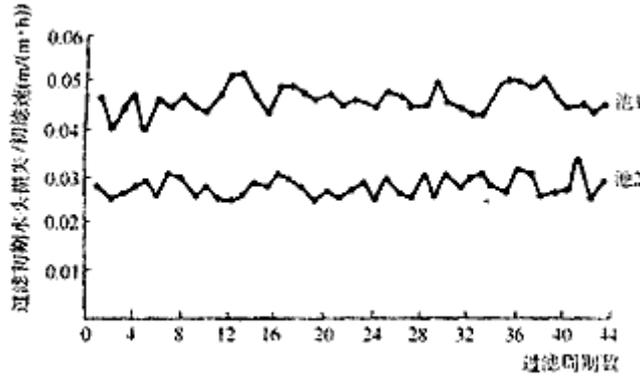


图3 滤池初期水头损失随过滤周期数的变化

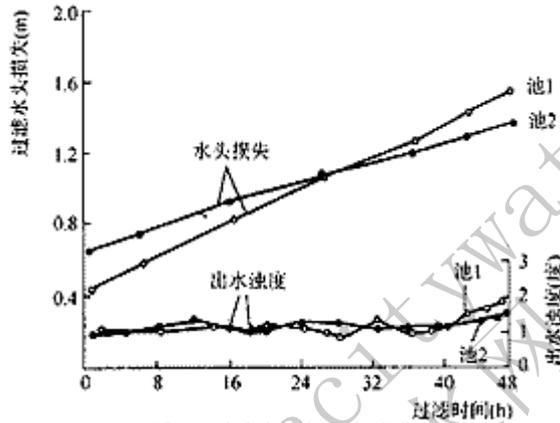


图4 过滤水头损失的变化

滤池过滤过程中，水头损失的变化，也一定程度反映出滤池反冲洗效果的好坏。图4是两个试验滤池平均过滤水头损失变化的情况。由图可见，滤层水头损失在过滤过程中增加缓慢，在较高的滤速条件下，滤池期终水头损失不到1.60m，远较滤池所能提供的极限水头损失值要小，事实表明滤池的过滤周期可大大超过试验值。试验表明，滤池过滤水头损失没有随过滤周期数而增加的趋势，这也反映出滤池冲洗效果良好。

图4还给出了两个试验滤池出水浊度的变化情况(多次试验的平均值)。由图可见，滤池出水浊度在整个过滤周期里稳定少变，并且一般都小于2度，出水水质良好。图5绘出了试验滤池进水浊度和出水浊度的频率分布曲线。由图可见，进水浊度的中值(50%)约为13度，出水浊度的中值约为1度，表明滤层截污能力始终是很强的。

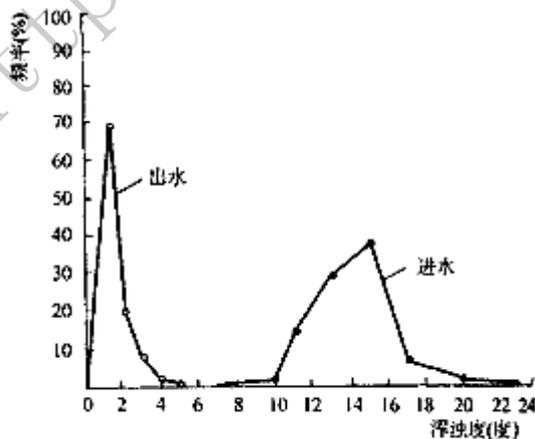


图5 滤池进出水浊度的频率的分布曲线

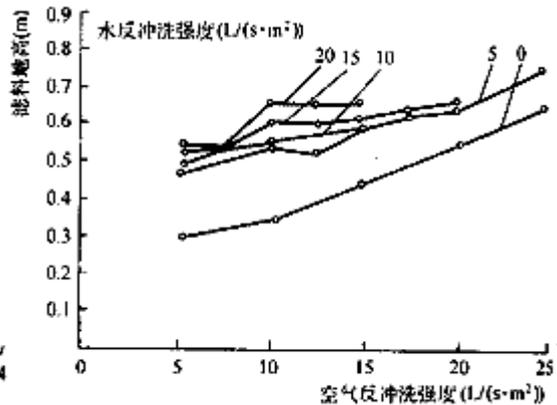


图6 气水反冲洗时滤料的抛升高度



2.5 防止滤料流失的措施

气水同时反冲洗滤层时，滤料能被上浮气泡携带至水面而随水流失。为了解滤料携升的高度，在滤柱内进行了专门试验。滤柱内装填粒径为 0.5~1.0mm 的石英砂滤料，滤层厚 0.7m，滤层下部设长柄滤头配水配气。向滤柱下部送入不同流量的空气和水，进行滤层的气水反冲洗。并观察滤料的最大携升高度。图 6 为试验结果。图中纵轴为携升滤料至膨胀滤层表面的高度，横轴为气反冲洗强度。由图可见，当水的反冲洗强度不变时，滤料的最大携升高度随气反冲洗强度增加而增大。气水同时冲洗时，滤料的携升高度要比单独气反冲洗时（即水反冲洗强度为零）明显增大。但在试验的水反冲洗强度范围内（5~20L/(s.m²)), 水的反冲洗强度对滤料的携升高度影响不很大。由图中滤料的最大携升高度数值可知，对常规的排水槽安设高度而言，气水同时反冲洗时，滤料的流失是不可避免的，这也正是气水同时反冲洗有待解决的问题。

在半生产性试验中，采用了安设尼龙网拦截的方法防止滤料流失。尼龙网孔径为 40 目，网高为 250mm，倾斜安装在排水槽外侧，网顶高出排水槽顶 50~100 mm。为了观察尼龙网的拦截效果，两个试验滤池的排水槽采用了不同的安设高度，一个为 0.68m 接近常规值，另一个为 0.45m 远低于常规值。经过近半年的运行观察，尼龙网防止滤料流失的效果良好，表明这种方法在生产中是完全可行的。

3. 几点结论

1. 半生产性试验表明，用射流泵进行滤池气水反冲洗是可行的，它能大大降低设备和运行费用，且易于推广。

2. 在近半年的运行时间里，半生产性试验滤池，在平均进水浊度约为 13 度，平均滤速达 13.4~14.5m/h，平均过滤周期 47h，气水同时反冲洗时水反冲洗强度为 5.3 L/(s.m²), 气反冲洗强度为 7.2 L/(s.m²), 反冲洗时间为 5min，单独水反冲洗强度为 15 L/(s.m²), 反冲洗时间为 2min 条件下，滤池冲洗效果良好，滤池初期水头损失和过滤水头变化皆无随周期数增大的趋势，滤后水平均浊度约为 1 度，出水水质良好。

3. 半生产性试验采用 40 目尼龙网拦截以防止滤料流失的方法，经近半年试验表明，效果良好，在生产上是可行的。