

农村饮用水供给一体化样机开发试验研究

李 伟¹, 李 建², 刘凡清¹, 申立堂³

(1.同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092; 2.中国石化集团上海工程有限公司, 上海 200120; 3.泰安市自来水公司, 山东泰安 271000)

摘 要: 以混凝、沉淀、过滤为主要工艺开发了一种农村饮用水供给一体化样机, 以聚合氯化铝为混凝剂, 考察了进水量和加药量对处理效果的影响, 其出水水质(以浊度为主要分析指标)可满足国家规定的要求, 且该装置的建造费用较传统的工艺组合低, 吨水处理费用只有 0.31 元。该装置采用的工艺可以用于以地表水为水源的农村地区供水处理, 对于与本试验所采用水源水质差别较大的地区或以地下水为水源的地区的给水处理, 尚需做相关的适应性研究。

关键词: 微涡球絮凝; 沉淀墙; 纤维束过滤; 农村供水

中图分类号: TU991.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-0679(2007)03-0052-04

据国家发改委、水利部、卫生部编制的《2005-2006 年农村饮水安全应急工程规划》初步统计, 目前, 我国尚有 3 亿多农村居民的饮用水水质不安全。供水水质的主要卫生问题是有机物和无机物污染、微生物污染和受自然地理环境的影响氟化物、砷含量超标及水质苦咸等。

农村集中式供水工程中, 供水规模在 1 000 m³/d 以上的较大规模的工程约占工程总数量的 2%。绝大部分的村级集中式供水工程, 总体来讲水质净化工艺简陋或缺失, 供水水量、水质都很难达到安全饮用水的标准要求^[1]。

农村供水的特点是规模小、用户分散、技术力量薄弱, 与城镇的大规模集中式供水相比, 还需要更高的发展力度。为了提高农村供水的质量, 笔者进行了小型一体化给水样机的开发试验。试验表明, 将几种先进的水处理工艺进行有机组合, 开发出的一体化样机具有处理效果好、运行管理方便等特点, 比较适合农村供水的要求。

1 试验装置和方法

1.1 试验工艺组成

样机包括混合絮凝、沉淀和过滤 3 个单元, 每小时处理水量为 5 m³。工艺组成结构如图 1 所示。采用静态管道混合器混合, 微涡球絮凝器絮凝, 沉淀墙沉淀和纤维束滤池过滤。絮凝池的有效停留时间为 8 min, 沉淀池的有效沉淀时间为 5 min, 纤维滤池的表面负荷为 20 m³/(m²·h)。

沉淀池采用间歇排泥的方式, 每隔 2 h 排泥一次, 排泥时间为 1 min。过滤周期为 24 h, 即 24 h 反洗一次。

1.1.1 微涡球絮凝技术

微涡球絮凝工艺的核心是球形涡流反应器, 其构造特点如下: (1) 空心球形结构, 直径根据工艺需要确定, 内外表面均打毛; (2) 表面开有小孔, 孔径和开孔率根据工艺需要确定; (3) 采用塑料材料, 添加少量增强吸附性的原料, 容重略大于水, 壁厚由结构强度设计确定。

涡流反应器的构造特点决定它具有以下特性: (1) 无方向性, 直接投入水中使用, 相互堆积不堵塞壁孔, 不需要固定安装; (2) 工厂化批量生产, 便于推广应用; (3) 水流过孔流速、流向变化, 加之内外壁面的摩擦阻

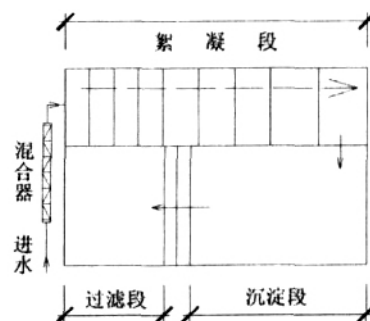


图 1 试验工艺流程图

[收稿日期] 2007-06-08

[作者简介] 李 伟(1984-), 男, 江苏宿迁人, 硕士研究生。

力,使水流产生微涡旋流动;(4)材料强度好,无毒性,耐腐蚀,抗老化,使用寿命数 10 a;(5)在上向水流中会浮动和旋转,不会漂浮水面,也不易被漂浮物堵塞^[2]。

1.1.2 沉淀墙技术 沉淀墙是相当于把以前与水平面成 30° 倾角的异向流斜管组逆时针旋转 90° 后的沉淀装置,这样沉淀墙斜管组与水平面的倾角还是 60°;水流也是沿斜管向上流动,斜管长度和直径与一般的异向流斜管组一样,新型沉淀墙的优点是处理负荷高,在同样的占地面积下,可以随着沉淀墙斜管组的高度增加来增加处理负荷。与一般异向流斜管沉淀池深度相当时,表面负荷可以达到 $15\sim 20 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

沉淀墙主要有三部分组成,包括进出水区、沉淀墙斜管组和积泥区。水流自进水渠水平进入斜管沉淀墙并沿斜管向上流动,在此过程中颗粒下沉到斜管上,沉淀到聚积在斜管上的泥沿斜管下滑到沉淀墙进水区侧的积泥区,水流出沉淀墙斜管组后进入出水渠。沉淀墙克服了异向流斜管沉淀上部积泥和青苔容易孳生的问题,并且能够提高处理负荷,从而降低工程造价,节省投资^[3]。

就排泥方式来说,沉淀墙技术和原先的斜管沉淀池相同,可采取间歇排泥和连续排泥两种方式。具体的排泥方式与方法可根据原水水质,按照普通斜管沉淀池的计算方法来确定。

1.1.3 高效纤维过滤技术 高效纤维过滤技术是利用纤维材料作为过滤介质取代原有的颗粒过滤介质进行过滤的新型过滤技术。纤维束滤料相对于石英砂或其他颗粒滤料具有更大的比表面积和空隙率,因此,由纤维束构成的滤床具有比常规颗粒过滤具有更高的过滤速度和更大的截污容量^[4]。

本样机的纤维过滤器具有以下优点:(1)采用专用的纤维材料,无毒无残留,适合饮用水处理;(2)纤维束经特殊处理,具有高吸附性高洗脱性均衡结构;(3)采用新的清洗方法及装置,强化清洗效果;(4)采用特殊设计的滤层密度调节装置,强调滤速、阻力、截污容量、过滤精度的协调均衡。

纤维过滤器采用了孔隙率更高的纤维滤料,其设计滤速比相同条件下的均质石英砂滤池高将近 1 倍。但是,反冲洗的周期方面与原有的滤池基本相同。根据不同的水质情况一般为 24~36 h。反洗的方式,采用气水反冲洗的方式。先用气洗 5 min,然后,气水反冲洗 10 min,最后用水冲洗 5 min。其中,气洗强度为 $10 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$,水洗强度为 $15 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ 。

1.2 试验水源情况

试验采用某地表水源,试验期间的水质情况见表 1,该水源基本为 III 类水体。

表 1 试验水源水质情况

浊度 /NTU	色度 /C.U.	$\text{NH}_3\text{-N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	高锰酸盐指数 / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	水温 / $^{\circ}\text{C}$	pH
112	40	0.6	4.5	29.0	7.4

1.3 试验方法

考察样机在不同的进水流量及不同加药量的条件下,对浊度的去除效果,同时以色度、 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等指标的去除效果作参考。取沉淀出水 and 过滤出水为分析水样,各种参数通过以下方法测定:浊度采用 HACH-2100P 便携式浊度仪进行测定;色度采用铂-钴比色法测定; COD_{Mn} 采用 KMnO_4 滴定法测定; $\text{NH}_3\text{-N}$ 采用纳氏试剂比色法测定;pH 值采用 pH 溴麝香酚蓝比色法测定。

2 结果与分析

根据给水处理理论,水中的悬浮物为细菌的黏附体。水中悬浮物的去除,可以有效地去除水中的腐殖质和细菌。相对于其他几项指标来说,浊度指标存在每天变化大和原水与国家标准差距大的特点。因此,选取浊度作为控制指标,重点进行考察,而对于其他的指标,在选定最佳浊度去除条件下,对其进行监测。

2.1 对于浊度控制指标的去除效果

(1) 将进水流量固定在 $5 \text{ m}^3/\text{h}$,考察絮凝剂投加量对原水浊度的去除效果。在原水中分别投加 10、20、30 和 40 ng/L 的混凝剂聚合氯化铝(简称 PAC),每种加药条件下进行一周的试验。实验结果见图 2(a)。

(2) 将进水流量固定在 $3 \text{ m}^3/\text{h}$,考察絮凝剂投加量对原水浊度的去除效果。在原水中分别投加 10、20、30 和 40 ng/L 的混凝剂聚合氯化铝(简称 PAC),每种加药条件下进行一周的试验。实验结果见图 2(b)。

(3) 考虑处理效果及经济因素, 从(1)、(2)的结果中选取絮凝剂的最佳投加量, 考察在最佳投加量下不同进水流量对原水的处理情况, 结果如图 3 所示。

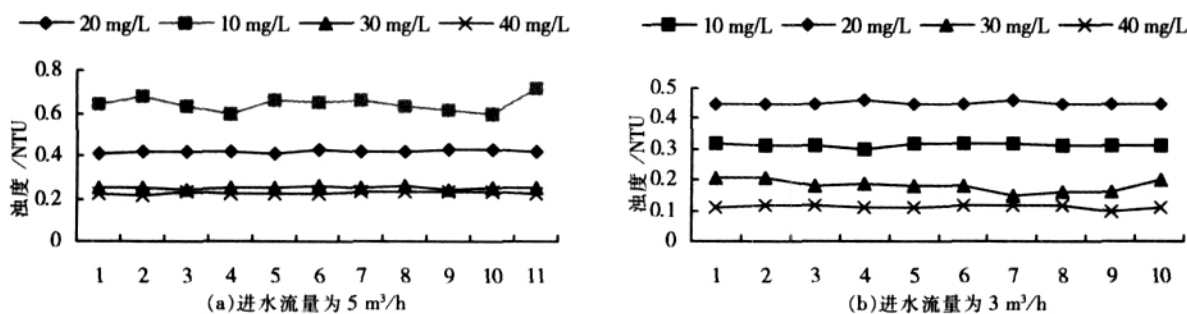


图 2 絮凝剂投加量对原水浊度的去除效果

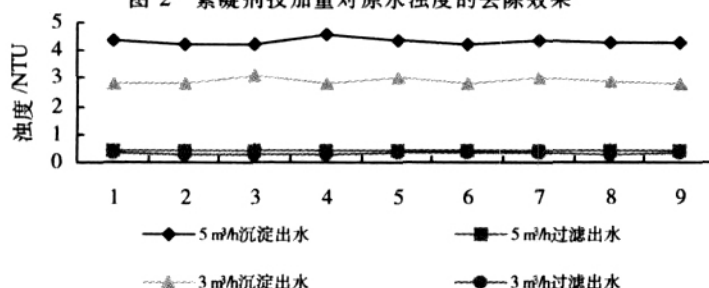


图 3 进水流量对原水浊度的去除效果

由图 2、3 可知, 在进水流量一定的情况下, 随着絮凝剂投加量的增加, 对浊度的去除效果增强; 而在絮凝剂投加量相同的条件下, 随着进水流量的降低, 对浊度的去除效果增强。当进水流量为 5 m³/h 时, 混凝剂投加量超过 20 mg/L, 滤后水浊度低于 0.5 NTU; 进水流量为 3 m³/h 时, 在试验所采用的几种混凝剂投加量情况下, 滤后水浊度都低于 0.5 NTU。

根据国家最新的卫生标准, 出水浊度指标为小于 1.0 NTU。通过数据分析可以看出, 这几种技术组合而成的一体化供水样机可以有效地对原水中的悬浮物进行处理。考虑样机系统稳定性和经济性的因素, 选择进水流量 0.5 m³/h, 混凝剂投加量为 20 mg/L, 作为样机的最佳运行条件。

2.2 最佳运行条件下对于其他参考指标的处理效果

在选定了最佳运行条件之后, 考察样机对原水色度、氨氮和高锰酸钾指数以及水温和 pH 值的影响。实验结果表明, 样机对氨氮的去除效果不明显, 对水温和 pH 值的影响较小。但可以有效地去除色度和高锰酸钾指数(见图 4、图 5)。最终的出水色度 < 15 C.U., 高锰酸钾指数 < 3 mg/L(以 O₂ 记), 均达到了国家标准。对于其他的参考指标, 由于原水本身已经达到了国家的标准要求, 可以不考虑处理效果。

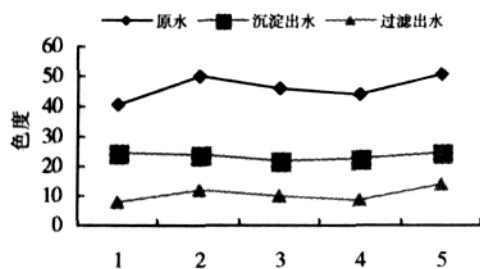


图 4 色度的去除效果

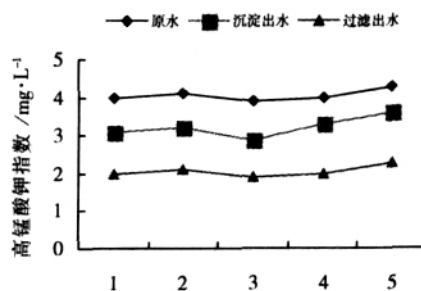


图 5 高锰酸钾指数的去除效果

2.3 技术经济分析

本样机所采用的几种工艺都具有较高的负荷, 其建造费用比传统的处理工艺低, 其运行费用包括:

(1) 药剂费: 混凝药剂为 PAC, 加药量 20 mg/L, PAC 按 2 000 元/t 计算, 则药剂费为 0.04 元/m³。

(2) 动力费: 日耗电量 21.6 kW·h, 电价按 0.8 元 / kW·h 计算, 电费为 0.17 元 / m³。

(3) 人工费: 本项目劳动定员为 1 人, 人员工资按 300 元 / 月, 则人工费为 0.10 元 / m³。

最终的直接运行费用为: $0.04+0.17+0.10=0.31$ 元 / m³。

由于样机是在农村地区进行推广应用, 其运行费用变得比较重要, 计算结果表明, 其处理成本比较合理。同时样机本身已经将反应、沉淀和过滤区域封装在一个容器之中, 只需定期对装置进行加药和滤池的反冲洗。而且, 本样机可以采取电动控制其加药和反冲洗。仅仅在间隔一定时间对装置进行检查即可。无论从操作还是管理上都比较方便。尤其是, 对于缺乏一定的专业知识的农村地区, 更是值得推广和应用的。

3 结语

(1) 混凝、沉淀、过滤过程的工艺选取合理, 通过试验条件的改变能够达到良好的出水效果; 出水的各项指标都达到了国家标准。

(2) 如果配套加氯等消毒工艺, 可以作为小规模的处理装置使用。

(3) 通过经济分析, 所采用的工艺比传统工艺建造费用更低, 直接运行费用只有 0.31 元 / m³。

根据农村供水的特点, 可以作进一步的开发应用研究。农村水源水质复杂, 有的地区以地下水为水源, 有的地区以地表水为水源, 本样机所采用的工艺适用于与试验水源水质相近的地表水处理, 对于以地下水为水源的农村地区或与本试验水源水质差别较大的地表水处理, 需做相关的适应性研究。同时, 对于利用一体化装置进行污水的回收利用上面的可行性, 也是急需解决的问题。

参考文献:

- [1] 孟树臣, 洪源, 曹德全. 我国农村给水发展和建议[J]. 中国水利, 2005, (15): 49-50.
- [2] 童祯恭, 方永忠. 微涡流混凝技术在西桥水厂中的应用[J]. 给水排水, 2004, 30(6): 19-22.
- [3] 王佃友, 夏玉龙, 刘凡清, 等. 斜管沉淀墙高效性的理论分析[J]. 中国给水排水, 2006, 22(7): 66-68.
- [4] 吕淑清, 侯勇, 李俊文. 纤维过滤技术的研究进展[J]. 工业水处理, 2006, 26(10): 6-9.

A Study on an Organized Model of Machine for Village Water Supply

LI Wei¹, LI Jian², LIU Fan-qing¹, SHEN Li-tang³

(1.School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2.Shanghai Engineering Limited Company, Chinese Petrochemistry Group, Shanghai 200120, China; 3.Tai'an Water Plant, Tai'an 271000, China)

Abstract: An organized model of machine which mainly depends on technologies of flocculation, sediment and filtration is designed. Using PAC as flocculate, the paper examines the effect of the effluent quantity and PAC amount on water treatment, the effluent quality satisfies the national requirement even when the turbidness is analyzed. The cost of this machine is lower than that of the traditional one: the treatment cost for one ton of water only 0.31 Yuan. This technology can be used to treat water supply in villages where the groundwater is used as source. As to the regions where the quality of the source presents great difference from that in this study or the treatment of water supply in the regions where the underground water is the only source, related applicable research should be done.

Key words: micro-eddy ball flocculate; sediment wall; fiber bundle filtration; village water supply