

多并联、大流量水过滤器的自动反洗新方法

闻瑞梅

(同济大学电子信息工程学院, 上海 200092)

摘要: 本文涉及水处理过程所用的过滤器成组反洗自动控制技术. 设定自动反洗四个条件: 浓水量、分流水量、源水的污染指数和多并联过滤器的台数. 通过控制器进行在线检测, 及时获得上述数据. 通过控制器内预先设定的软件数学模型进行处理, 获得过滤器堵塞状况, 发出反洗控制信号, 开启反洗阀门, 用浓水进行反洗. 结束反洗后, 控制器自动切换回到运行状态. 本方法克服了传统方法(定时反洗、压差反洗和定容反洗)的弊端, 提供的检测手段简单、直观, 不需要压力表, 切换准确, 且“反洗”切换次数减少, 确保中间产品水水质指标稳定, 延长设备寿命, 节水、节电、系统运行稳定可靠. 市售单片机等组成控制器, 能自主灵活实现其软件数学模型. 适用于水处理过程中多并联、大通量的过滤器自动反洗.

关键词: 大通量的水过滤器; 自动反洗; 定时反洗; 压差反洗; 定容反洗

中图分类号: TN3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112(2008)11-2243-04

A New Automatic Backwashing Method for Water Filters with Multiparallel Connection and High Flux

WEN Rui mei

(Institute of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A new automatic backwashing method for water filters with multiparallel connection and high flux was proposed. First, four variables, i. e. concentrated water flux, shunt water flux, pollution index of source water and the number of multiparallel filters, for automatic back wash were assumed and through the controller above mentioned data were obtained by on line inspection. The through the treatment of software mathematic model the jamming condition of the filters was detected and a backwashing signal was given to open the back washing valve and carry out back wash. Finally, back wash was ended and the controller automatically switched to run. The proposed detection method is simple and reliable, do not require manometer, switches precisely and decreases the switch number of back washing, assures the stability of intermediate product water quality, the life time of equipments and saves energy and water. The controller was consisted of a single chip Micoyo and a software mathematic model was built.

Key words: high flux water filters; time backwashing; automatic backwashing; difference pressure backwashing; constant volume backwashing

1 引言

随着社会进步、经济发展, 用于生活、医学、电力、电子、冶金、化工等领域的纯水或高纯水的需求量也不断提高. 任何一个水处理系统在预处理部分, 都需要将水中的各种杂质去掉^[1], 如悬浮物颗粒^[2]、微生物^[1]、胶体硅^[3,4]、溶解气体^[5]、有机物^[6,7]和无机杂质^[8,9]等. 高纯水的质量是影响超大规模集成电路(ULSI)成品率的重要因素^[10]. 当然仅靠过滤是不能完全去除以上杂质, 但过滤工序不好是会对高纯水的质量有重大影响的. 因此研究水处理过程所用过滤器的成组反洗自动控制技术是很有必要的. 对无论采用多介质过滤器; 砂滤过滤器; 活性炭过滤器还是其他类型如废水前处理的过

滤器等; 也不管是设置单个或多个并联. 业内人员都知道, 所有的过滤器, 在运行一定时间后, 由于杂质的不断积累, 会造成过滤器被污染、堵塞, 都必须进行反洗, 去除吸附截留在介质表面的污染物, 使过滤器恢复过滤性能. 此时若不对过滤器进行反洗, 就会影响系统的正常运行, 过滤器有时需要用多组并联、大通量的过滤器. 如果是单个的过滤器, 那么, 反洗可采用定时、压差和定容三种传统的方法. 但是对多组并联、大通量的过滤器, 上述方法产生的效果却不理想. 其原因如下:

定时反洗 是人为确定一个时间段进行反洗, 并实施包括反洗、清洗和刷洗等的切换控制. 定时反洗是在过滤器运行一定时间后就对过滤器进行反洗. 由于源水的水质时常会变化, 其污染指数 SDI 不是固定不变的,

对于不同的水质, 过滤器的堵塞时间也不同, 同时还与投入运行的过滤器台数有关. 用户用水需求量以及后处理条件改变所造成的变化需求, 也就是说, “定时反洗”程序无法实施反洗控制的准确性, 因此定时反洗时间设置得短, 会造成水的浪费; 时间设置得长, 则会使过滤器效率下降, 影响出水水质.

压差反洗 是根据过滤器进水和出水的压力差来决定何时反洗, 但因忽略了过滤器压差同时还是用水量的函数这层关系, 特别是对于多并联过滤器系统, 由于各分支过滤器的出口压力“均压”, 因此这种方式没有实际使用价值.

这对于串联系统可以用, 对于并联系统则不适合. 因为多台并联的过滤器有一个“均压效应”, 即入口及出口母管的压力检测并不因为某个过滤器受堵而有明显改变(即使为每台单独设立压力检测). 因此, 这种方法也不是很理想.

定容反洗 是根据源水的耗量或产水量来确定反洗的时间, 但由于源水的耗量与中途分流作为它用的分流系数 k 等相关, 而分流系数 k 值的变化和系统的间断运行使得检测手段变得复杂. 定容反洗在理论上是较优的, 因为它是取决于检测每台过滤器流过的总水量(当源水污染指数 SDI 一定时, 被堵挡的杂质总数, 应该代表过滤器被堵状况), 但在检测手段上, 有一定的实际困难. 这是由于并联过滤器存在“均流效应”, 被堵的过滤器流量变小, 未堵的过滤器流量就相应变大, 最后流过滤器的水量与时间呈指数关系(饱和指数), 并联过滤器, 各台被堵情况会趋于“同时”达到. 此外流量的累积检测也会增加控制设备的投资和技术难度.

2 目的和原理

本文的目的是一种能真实反应多并联、大通量过滤器的堵塞情况, 从而及时对其进行自动反洗的方法. 为了达到上述目的.

首先, 设定与过滤器堵塞相关的四个条件, 即自动反洗条件:

- (1) 过滤器出来经过反渗透器后产生的浓水收集在浓水罐内的浓水水位.
- (2) 过滤器出来分流到其它地方使用的水量.
- (3) 进入过滤器前的源水的污染指数.
- (4) 多并联过滤器的台数.

接着, 将上述设定的四个反洗条件通过控制器进行在线检测, 及时获得计量数据. 然后, 由预先输入控制器内设定的计算公式、运行参数以及经验设定值, 对收集到的上述四个数据进行计算和比较, 即可得到过滤器堵塞状况. 当达到设定的堵塞极限时, 即发出反洗信号, 同时通过控制器开启与浓水罐相连接的过滤器反洗阀门.

用浓水进行自动反洗. 如果被分流的水量较多, 反渗透产生的浓水量不能满足反洗所需时, 则控制器发出补给水阀门开启信号, 用自来水补充反洗水, 满足反洗所需后再进行反洗.

最后, 达到设定的反洗时间, 结束反洗, 控制器自动切换阀门, 过滤器回到运行状态. 如此反复进行.

3 本方法的具体操作:

(1) 设定与过滤器堵塞相关的四个部分的参数. 其中由于过滤器出来的水大部分进入反渗透器, 小部分拿作它用, 因此过滤器出来的水设定为两部分进行计量.

第一部分是引入装有反渗透膜的反渗透器内, 透过反渗透膜的产品水进入下一工序继续净化, 留下的浓水收集在浓水罐内进行计量. 第二部分是对从过滤器出来分流到其他地方使用的水量进行计量, 本文是以用掉的占所有处理的水的百分比计算. 第三、四部分是对进入过滤器前的源水的污染指数, 及多并联过滤器的台数进行计量.

(2) 在控制器内预先输入设定的软件数学模型包括代数解析式, 运行参数值(开关量和模拟量)以及经验设定值(以表格形式修正).

(3) 将上述设定计量的四个部分与控制器相连接, 以便及时获得计量数据. 对收集到的上述四个数据进行处理, 得到过滤器即时堵塞状况. 当达到设定的堵塞极限时, 即发出反洗信号, 同时由控制器开启浓水罐与过滤器相连接的管道上的反洗阀门, 用浓水进行自动反洗. 如果被分流的水量较多, 反渗透产生的浓水量不能满足反洗所需时, 则控制器发出信号开启补给水阀门, 用自来水补充反洗水, 满足反洗所需后再进行反洗.

(4) 达到设定的反洗时间并在控制器上读到消除堵塞信号, 结束反洗, 控制器自动切换阀门, 过滤器回到运行状态, 如此反复进行.

参见图 1 本方法的流程图.

控制器由市售单片机、A/D 转换电路、电源和时钟

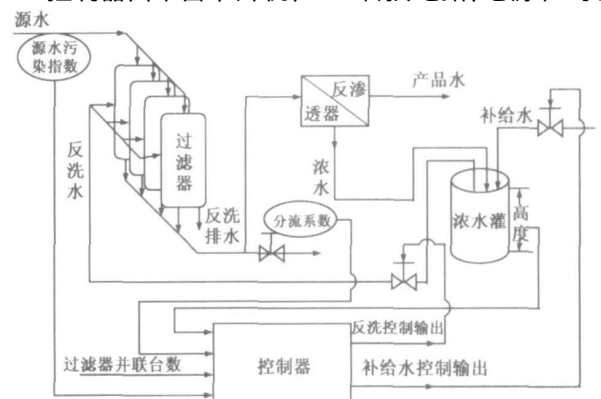


图1 本方法的流程图

电路组成, 组装时将反洗条件值、数学模型、运行参数等编入单片机内. 将源水污染指数 SDI、过滤器并联台数 n 和时钟电路直接接入单片机. 浓水罐的水位高 H 和分流系数 k 通过 A/D 转换电路接入单片机. 接通电源, 控制器开始在线检测、运算、显示反洗和反洗所需时间, 输出反洗控制信号, 若浓水量不够, 则输出补给水信号. 完成反洗后, 控制器自动切换阀门, 过滤器回到运行状态.

4 反洗条件及计算方法:

4.1 反洗的条件

反洗过程的用水既不是自来水, 也不是产品水, 是反渗透的浓水. 自来水会对高纯水制备的后处理过程造成污染, 而产品水则比较浪费. 反洗用水若是源水的 10%, 浓水又是源水的 10%, 把这两股水都排放, 就等于浪费了 20% 的源水. 实际上, 浓水是经过滤的盐水, 完全可以利用 10% 的浓水取代 10% 的源水或产品水作为反洗水. 由于反洗的用水量一般都超过 10%, 是运行成本中的重要组成部分, 因此用反渗透的浓水来反洗过滤器可以解决上述弊端, 降低了成本.

4.2 浓水罐、源水量、浓水量的计算

过滤器后的水进入反渗透器(RO), 把 RO 产生的浓水收集进浓水罐. 假设浓水罐设计成圆柱形(其它形式也类似), 底面积 S 一定, 如果知道了水的高度 H , 那么就可以知道浓水罐里的水量($V = SH$). 而浓水罐的水量可以用简单、经济的线性连续水位计来检测, 浓水罐里的水一般可以满足反洗用水量, 浓水罐的水位又反应了实际流过 RO 的水量(比例换算). 因为浓水和源水是有一定比例的, 按照经验浓水是流过 RO 水量的 10%, 产品水是流过 RO 水量的 90%, 因此知道了浓水量也就知道了 RO 的水量, 再根据分流系数 k (指过滤器产水量与 RO 进水量之比), 可以知道源水量. 根据上述各种因素(过滤器并联的台数 n 、分流系数 k 、源水的污染指数 SDI 值 μ), 计算出要对过滤器反洗时所产生的浓水量 $V = f(n, k, \mu)$, 即知道了浓水罐的水位 $H = g(n, k, \mu, S)$. 所以当浓水罐的水位到一定程度后, 就可以对过滤器成组反洗.

4.3 举例说明计算过程

假定有 n 台过滤器的系统对于 SDI 值等于 μ 的源水, 单个过滤器每通过 T 吨时就要反洗一次, 过滤器出水的四分之三直接进入 RO, 四分之一被用于其他地方, 那么我们就可以知道要反洗时所产生的浓水量 $V = T \times n \times 3/4 \times 10\%$, 即 $H = V/S = T \times n \times 3/4 \times 10\%/S$, 也就是说当浓水罐的水位到 $H = T \times n \times 3/4 \times 10\%/S$ 时对过滤器进行成组反洗. 本方法把反渗透后的浓水罐水位与反渗透浓水结合起来解决反洗用水及反洗条件, 适用于水处理过程中的多并联、大通量过滤器自动反洗.

5 本方法的优点

(1) 由于本方法提出了过滤器的四个相关参数的反洗条件, 从而克服了定时、压差和定容反洗三种方法的弊端, 解决了多并联、大通量过滤器成组反洗的问题.

(2) 本方法所提供的检测手段简单、直观, 仅需要一个计量分流用的流量计, 不需要压力表, 就能准确获得过滤器的堵塞状况, 从而最大限度地减少“反洗”切换次数, 确保中间产品水水质指标稳定, 延长设备使用寿命, 既节约用水、用电, 又能使系统稳定可靠地运行.

(3) 由于本方法的反洗的水源采用了反渗透的浓水, 解决了用产品水进行反洗造成的浪费和采用自来水反洗可能带来的对后处理过程造成污染的弊端.

(4) 由于本方法的控制器是由市售的单片机等组成, 所以能自主灵活实现其软件数学模型, 包括代数解析式、运行参数(开关量和模拟量)、以及经验设定值, 能满足各种不同的水处理控制系统, 自动化程度高.

6 结论

本方法克服了传统过滤器反洗方法的弊端, 提供的检测手段简单、直观, 不需要压力表, 切换准确, 且“反洗”切换次数减少, 确保中间产品水水质指标稳定, 延长设备寿命, 节水节电, 系统运行稳定可靠. 本文介绍的方法适用于任何水处理过程中的过滤器, 特别对多并联、大通量的过滤器自动反洗效果好.

“水过滤器的自动反洗新方法及去除水中气相杂质和有机物方法”已获 2005 年上海市科技进步奖(发明类)三等奖. 证书号: 2005170018 3 01. “多并联、大通量的过滤器自动反洗”发明专利, 已获 2005 年上海市发明专利三等奖, 发明专利证书号 184351

参考文献:

[1] 闻瑞梅, 王在忠. 高纯水的制备及检测技术[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 1-13.

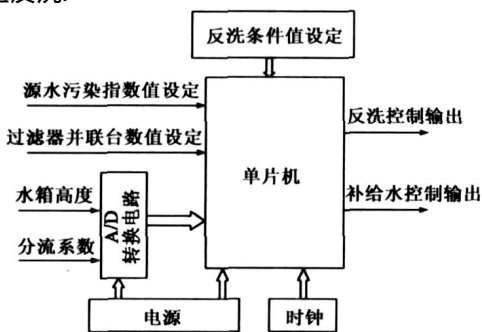


图2 本方法的控制器框图

technology of the high purity water and high purity water technology[M]. Academic Press, Beijing, 1997. 1-13. (in Chinese)

- [2] S J Poirier, K J Ultr Pure water[J]. 1987. 4(5): 42.
- [3] Benoit Paré, Roy A. Hango. Electrodeionization Replaces Aging Mixed Beds Serving Semiconductor Manufacturing[J]. UPW, JULY/AUGUST 2000, 36-39.
- [4] Y Motomura. Kurita Water Industries Ltd., Membrane Journal (Korea)[J]. 1996, 6(3): 141-156.
- [5] Brian Hernon, Hilda Zanapalidou, Ted Prato, and Li Zhang. Removal of Weakly Ionized Species by EDI[J]. UPW, DECEMBER 1999. 45-49.
- [6] 闻瑞梅, 陈胜利, 控制超大规模集成电路用水中的溶解氧和总有机碳浓度的研究[J]. 电子学报, 2001, 29(8): 1009-1012.
- Wen Ruimei, Chen Shengli. Study on Controlling the Concentrations of Dissolved Oxygen and Total Organic in Water Used for ULSI[J]. Acta Electronica Sinica, 2001, 29(8): 1009-

1012. (in Chinese)

- [7] Y Motomura. Kurita Water Industries Ltd., Ultrapure Water Quality Target Values for Semiconductor Manufacturing in Japan[J]. Membrane Journal(Korea), 1996, 6(3): 141-156.
- [8] D Auerswald. Optimizing the Performance of a Reverse Osmosis/Continuous Electrodeionization System[J]. Ultrapure Water 1996, 13(4): 34-52.
- [9] Chris Edmonds, Eli Salem. Demineralization An Economic Comparison Between EDI and Mixed Bed on Exchange[J]. Ultrapure water, 1998, 11: 43-47.
- [10] Ron Isoff. The Challenge for Ultrapure Water[J]. Semiconductor International, 1986, 2: 74-82.

作者简介:

闻瑞梅 女, 1933 年生于湖北, 现为同济大学电子信息学院教授、博士生导师. 长期从事高纯水新技术及痕量分析检测、废水废气处理及表征技术的研究. 先后获国家级、省部级各种科技奖 16 次, 专利 27 项, 发表中英文论文 130 余篇.

E-mail: ruimeiw@163.com

(上接第 2242 页)

- [3] Kazuhiko Takaishi, Yukihiro Uematsu, Tomoyoshi Yamada et al. Hard disk drive servo technology for MediaLevel servo track writing[J]. IEEE Trans. Magn., 2003, 39(2): 851-856.
- [4] Timothy J. Chainer, Mark D. Schultz, Bucknell C. Webb, et al. Radial self propagation pattern generation for disk file servowriting[P]. US Patent: 6476989, 2002.
- [5] Chunling Du, Jingliang Zhang, Guoxiao Guo. Vibration analysis and optimal control in self-servo track writer[A]. In Seventh International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision[C]. Singapore, 2002. 156-161.
- [6] J. N. Teoh, C. Du, G. Guo et al. R/W gap delay estimation for self-servo track writing[A]. In Ninth IEEE International Workshop on Advance Motion Control[C]. Istanbul, Turkey, 2006. 149-152.

- [7] Hemant Melkote, Bob Cloke, Vinay Agarwal. Modeling and compensator design for self servowriting in disk drives[A]. In Proceeding of the American Control Conference[C]. Denver, Colorado, USA, 2003. 737-742.
- [8] Hemant Melkote, Robert J. McNab. Modeling and control for self servowriting in hard disk drives: A repetitive process approach[A]. In Proceeding of the American Control Conference[C]. Minneapolis, Minnesota, USA, 2006. 2005-2010.
- [9] Haibei Ye, Vincent Sng, Chunling Du et al. Radial error propagation issues in self servo track writing technology[J]. IEEE Trans. Magn., 2002, 38(5): 2180-2182.
- [10] Timothy J. Chainer, Mark D. Schultz, Bucknell C. Webb, et al. Methods and systems for self servowriting include maintaining a reference level within a usable dynamic range[P]. US Patent: 5757574, 1998.