

浅析我国家用饮水净化器的技术现状及开发

纪任旺 范瑾初

(同济大学 41^{*} 上海 200092)

摘要 在简要论述了饮水供应水质不佳基础上,对目前市场净水器作了技术现状分析,对有机物污染等提出“活性炭+膜法”与“光氧化法”是将来发展的实用技术的观点,最后对未来城市供水做了一些设想。

关键词 饮水深度处理 净水器 现状 开发

1 概述

随着城市化与工业化的迅猛发展,不可避免地引起水源的污染。越来越多的卫生健康方面报导表明,水源的有机物污染,特别是常规处理方法难以去除的微量有机物,将影响人体健康。已被世界卫生组织列入黑名单的优先控制污染物达 50 多种。正是这些物质的“三致(致癌、致畸、致突变)作用引起了人们的广泛关注。

城市自来水厂提供的水是满足城市各种社会功能的,其中与人体接触并进入到体内的水量仅占 0.5~2%,以上海市为例,日供水 538 万 t,供人食用的不到 10 万 t。为将该部分水量区别开,我们且称之为“食水”(drinkable water),如何使这部分水成为卫生、安全的食水,是近年来给水工作者的热门课题之一。

一些城市为寻找未受污染水源,不惜投下巨大人力、物力远距离调水,这已对城市构成巨大经济压力,甚至有悖于经济规律,因为 100 多年来传统的给水处理工艺对于水中有机物非但不能有效去除,同时还可能因投氯

消毒而产生其它有害的副产物,而一味地往上游取水,只能是一种消极的逃避作法。

在水厂内将水全部进行深度处理是不经济的,也是不必要的。另外铺设一套食水供应管道在目前亦是难以实现的,而在管网供水点——用户水龙头进行补救处理则是可以接受且易于实现的,这就是采用家用饮水净化器,发展这种技术是解决目前水质不佳的有效途径。

国外家用净水器普及率很高,日本拥有 250 万只,美国拥有 600 万只,人口仅 2 500 万的加拿大,亦拥有每年 10 万只的销售量。国内的净水器发展较晚,技术上也不够成熟,造成质量良莠不齐。1979 年同济大学为解决因黄浦江水质恶劣而进行了活性炭净水的研究,一定程度上改善了居民的用水水质问题。中国的市场庞大,不少生产单位见有利可图,蜂涌而上,生产各种类型的净水器。1986 年上海市对 16 种家用净水器检验合格率仅 44%,集团净水器合格率更低,仅 10%,导致消费者产生怀疑、否定心理,一度引起市场的萎缩,但随着技术的成熟及消费者使用的迫切性,净水器走向家庭是必然的。

2 市场上净水器的技术现状

为便于分析,我们先对目前多数自来水公司出水水质与我国饮用水水质进行比较,发现:

(1) 悬浮物、氯味、臭味等感观性状上超标.

水厂操作不当,恶劣原水的冲击,庞大输配水管网的中途污染,用户楼内水池水箱未及时清洗,管网老化或抽吸倒流等一系列因素,均可能造成用户龙头出水的水质不佳.

(2) 输配水管网余氯不足造成微生物滋长.

(3) 水中溶解性有机物含量过高

目前水厂对此项指标的控制不力,故它是净水器的主要处理对象.

(4) 水的质素调节

对水进行适当的矿化、磁化、电解、软化,使其满足不同的口味与要求.

对于特定地区特殊水质如高砷水、高氟水暂不讨论.

由以上四项针对性地开发出各式各样的净水装置.本文着重对于它的技术现状做一概括分析.

2.1 以活性炭为主的介质过滤法

活性炭,尤其是孔隙小,比表面积大、强度高的果壳炭,能相当有效地吸附截滤各种杂质,如悬浮物、臭味、氯味以及病菌,较大分子有机物等.特别是近年来对它的作用原理探索的深入,其应用范围大大地扩展了.它是国内外水处理行业中使用最为广泛的净水介质.如目前一些水厂为对付恶劣水质而采取过大的投氯消毒,导致出水的漂白粉味道严重,难以入口,经活性炭过滤后,氯味可以得到很好的去除.

但是活性炭过滤法对于低分子有机物如

卤代甲烷、酚类仍无法尽数去除,且其微孔被悬浮物质堵塞而老化、失效.据日本报导^[1],活性炭上极易滋长细菌,可高达 10^5 个/mL.虽然经煮沸后可以杀灭,但用于洗涤器皿则不卫生.活性炭过滤对于 NO_2^- 的去除是令人费解的,不但无法去除,反而随着过滤时间加长,出水的 NO_2^- 反而升高,这种 NO_2^- 对人体是有害物质,所幸,尚未超过饮水标准,不构成威胁,使用活性炭净水器的用户常常会发现:如果停止使用几天后,出水会发臭、发黑,这是因为有机物厌氧发酵的结果,给用户带来不便.

为了克服活性炭过滤的缺点,国内开发了 XAD 大孔树脂等吸附能力大,不易堵塞的介质.这些介质的物化性能尚待进一步考证,所以市面上的产品较少见.

除了以多孔介质吸附截滤外,市场上还有一种硅藻土过滤器^[2].这种过滤器的体积远小于其它介质过滤器且介质便宜,它还因为介质定期冲出体外循环使用,克服了活性炭过滤柱的细菌滋长问题.主要用于集团供水,如在同济大学生活区内使用,可供 1 万多人口饮用清洁安全的水.

此外还有一种 PE 过滤法,即以烧结陶磁中的微孔为过滤通道.同时还可在 PE 棒内粘附粉末活性炭,达到吸附功效.只是清洗较为困难.

每一种过滤介质均各有利弊,需调整不同条件而取长补短,这就要求生产商将使用的条件告诉消费者,如使用条限、流量控制、清洗方式等.否则易导致消费者在使用、维护上的盲目性,出现活性炭超期使用,出水反而恶化的现象.

2.2 膜法

利用一种具有选择透过性的膜进行超滤或反渗透,去除水中分子量大于 120 的有机物、无机杂质、细菌、病毒、热源是相当有效的

办法,高分子材料经处理使其带有正电荷以吸附带负电荷的微生物及其它有机质^[3]。膜孔为0.4~0.02 mm,膜孔较小,能截留住活性炭所不能吸附的有机物分子,故常置于活性炭过滤之后,以获得高纯的饮水。国内已有厂家生产,国外亦广泛使用。反渗透处理时膜可做成中空、螺旋、平板型。

但由于膜孔易堵塞且易受余氯污染,须20倍的水量进行定期冲洗,造成浪费,目前使用多为醋酸纤维素膜,其本身是有机物,极易被细菌做为营养物消耗而老化,须要严格的预处理。

膜的生产要求较严格,故其造价昂贵,提高了净水器成本与运行费用。尽管膜法有缺点,如果膜的生产批量化后,将成为未来净水设施广为采用的技术。

2.3 消毒法

为消除水中肠道致病菌须对水进行消毒。活性炭虽能去除杂质,但也极易滋长细菌,于是人们采用了AgCl(氯化银)浸泡活性炭的方法,使AgCl沉积于孔隙内以杀灭过水挟带细菌。活性炭选型对氯化银的附着影响很大,如果AgCl冲失,不仅会降低灭菌能力,而且它在体内富集将造成潜在的威胁。三碘树脂亦是用得较广的消毒剂,但碘亦溶出而经久失效。臭氧消毒较难以使用在家用净水器中,因其发生装置庞大、尾气回收繁复,多在水厂或大型集团净水器中。利用紫外线是一种简易、有效的办法,其能量可破坏细菌的DNA、RNA而获得消毒功效,波长范围为240~280 nm,紫外线还能够去除水中微量有机物,因此它将具有广阔应用前景。但紫外线与臭氧一样,无持续消毒能力,只宜短距离输送或同其它药剂联用。

2.4 水的调质方法

对水进行磁化、酸化、矿化、软化等,我们且称之为水的质素调节,因为它不是基于有

害物质的去除,而旨在改变水的质素来满足不同使用者的要求。

磁化水的功效已是有目共睹,尤其对于结石病的治疗,它可以溶解结石,抑制沉积,甚至滋润皮肤等。市场的磁化杯使用较多。磁化水作用原理是水在磁力线的切割下,氢键被扭曲、断裂,水由高聚合度降为低聚合度,因此饮用时口感好。

矿化的功效争议较多。目前多数矿泉水厂家也采用人工矿化,即用不同配方的麦饭石溶解于水中。美国一家医学杂志称:人体只能吸收有机矿物质,即通过植物吸收的矿物质,而对于直接人工矿化的无机质无吸收能力,反而富集于体内,造成长期危害。天然矿泉水的产量毕竟少,而且市场上真假难辨,人工矿化处理还应得到进一步验证后,再做定论。

美国还有一种利用水的电解得出酸碱两种水的装置,认为酸水具有美容、消毒作用,而碱水对于高血压、消化不良等病症颇有疗效。为满足不同口味而对水进行调质,也是水处理的一项有意义的课题,国内尚未有此开发报导。

硬度过高的水饮用颇涩,同时煮沸后常有黄色沉淀物,即CaCO₃、MgCO₃等,因此对于一些高硬水区,设软水器是必要的。常用的是离子交换树脂软化,也有采用电子处理器,它利用静电对Ca³⁺、Mg³⁺的吸引而分离出来。适用于集团集水器。

2.5 利用相变去除杂质

水发生相的变化时,溶于水中的杂质便被浓缩于蒸汽或晶体之外,获得净化分离。常用的是蒸馏法和冰冻法。前者是利用蒸汽凝结,而得到高纯度的水,即现在流行的太空水。但由于其味无甘甜的感觉,遭到很多消费者的抵触。水纯则纯矣,如无适当的质素调节,便很难令人接受。利用凝结冰块去除杂质

是美国一家公司的技术,整个净化过程 2 个 h,每天产水 3 加仑。它的优点是仅在相变过程中即完成了杂质的去除,不需复杂的过滤、消毒等工序,但传热装置较为庞大,电耗也大,在我国似乎难以推广使用。

以上五种净水方式是国内外较为广泛使用的净水方法,显而易见,单一的技术难以完美地完成水的净化,需要多种工序优化组合,各自发挥其优点而获得扬长避短的效果。

3 净水器技术开发

开发高效净水装置,去除水中的有机物是净水器的主要任务。目前较为成熟的技术是活性炭+膜过滤的组合。如前所述,它们组合可以获得较高质量的水,是未来净水器发展的一个趋势。目前膜的制作尚未有经济的方法,给该法的推广带来一定的困难。随着膜制作技术的发展,它的应用范围将更加广泛。

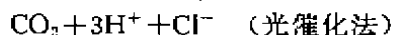
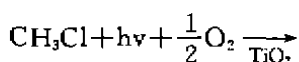
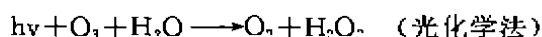
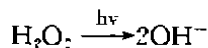
随着饮用水质的标准逐步提高,人们对于水中的致癌物质,甚至于诱癌物质十分关注,这些主要是低分子量有机物造成的,而常见的净水器对此去除率不高。为了有效把除去低分子量有机物,即分子量小于 120 的有机物,近 20 年来发展起来的光化学氧化法具有良好的去除能力。

下面主要介绍光化学氧化在净水器中的应用前景。

光催化氧化^[4]是在水中投入 TiO_2 等 n 型半导体物质,利用紫外线照射,激发出其表面自由电子并产生空穴,空穴具有相当高氧化能力,氧化其周围的水分子为 $\text{OH}^\cdot$, $\text{OH}^\cdot$ 可以在任何无选择竞争的条件下,氧化水中各种有机物,如酚类、三卤甲烷等活性炭难以去除的低分子有机物。据报导,140 $\mu\text{g/L}$ 的 CH_3Cl 可以在 120 min 内降为 60 $\mu\text{g/L}$ 以下,无任何中间产物。

光化学氧化法^[5]是利用紫外线照射投入水中的 H_2O_2 或 O_3 ,使其分解为强氧化性的 $\text{OH}^\cdot$, $\text{OH}^\cdot$ 的氧化有机物也是无选择性的,故能得到很好的处理效果。

据报导,如果两法联用,去除率可以提高 5~12 倍^[6]。作用原理为:



选择一定波长可使水中原有的溶解氧被氧化为臭氧,从而免去臭氧投入工序。

光氧化已广泛使用于国外的水处理,尤其是在控制水中挥发性有机物(VOC)排放时,美国对此做了大量研究,认为紫外线氧化具有良好的去除率,特别是低浓度有机物的去除^[7]。

我们完全可以认为低浓度有机物的去除与消毒杀菌可以在同一过程中完成,但需要准确定出两者同时适用的波长范围。

光氧化法的效果优于其它处理方法,但它还存在如下问题:

(1) TiO_2 悬浮颗粒即须与水充分接触,又需得到充分的表面照射,同时出水时又需将其截留,这三者矛盾如何在一个小小的净水器内得到统一,是迈向市场的关键。日本有将其固定在反渗透膜上,但这给清洗带来一定困难,同时减少了表面积。须探索更科学的处理改进方法。

(2) UV 紫外线对入射深度有大的关系,故水中悬浮物须要预先处理以减少它对紫外线照射影响。

(3) 进一步研究与消毒共同作用的波长范围, H_2O_2 的投量,利用水中溶解氧的光谱输出等最优工况点。

光化学氧化具有设备简单,投资低的优

势,只要不同领域的工程师共同解决尚存的问题,它将是优质饮水供应的最实用、有效的方法。

4 未来饮水供应的设想

未来城市分质给水的可能是存在的,我们根据社区功能,粗略地划分供水对象为生活小区供水、人员集中处供水及人员流动处供水。

(1) 对于小区家庭用户,已建成的,宜广泛宣传使用家庭龙头挂式净水装置。对于规划在建小区,则应由自来水公司牵头,设一饮水处理站,集中处理、短距离输送,并设循环管。其管径小,投资亦不高,而且可以保证水质,免去用户管理家用净水器的麻烦。条件再差一些,可以设饮水供应站,实行瓶装、罐装,定期由用户来换或送上门,如同供应煤气罐一样。每户每日10~20 L水左右,工作量较小,易于推广。价格亦远低于矿泉水。

(2) 对于厂矿、写字楼、学校等,宜专设开水站。在现有的锅炉软化装置前加设集团用净水器,集中输送热水。这是目前较可行的方式。

(3) 在游客多的地方如风景点,也可设一精密处理净化装置供应直接饮用的自然水,而不是让游客饮用各种饮料、矿泉水,既可为游客着想,又可以使公园有所收益,减少垃圾产量。上海有些学校内已有实践,购买者

十分踊跃。

5 结语

大力宣传使用饮水净化器是解决目前饮水水质不佳的最有效方法,需得到全社会的共同关心,同时也迫切要求工程师们发展最优最简化高效的技术以满足社会需要。除此以外,对净水器市场的监督、引导、管理亦是必要的,只有这样才能把中国的净水器市场引上一个健康、成熟的道路,人们才能真正饮用到安全、卫生的食水。

参考文献

- 1 许景文译.关于家用净水器细菌污染考察.净水技术,1993.3
- 2 叶翠莲.活性炭吸附——硅藻土过滤联用技术用于饮用水深度处理的研究:[硕士论文].上海:同济大学,1993
- 3 井上哲夫.水处理工程理论与应用.北京:中国建筑出版社
- 4 李田.光催化氧化法饮用水深度处理研究.上海给水排水,1991.2
- 5 吕锡武,严煦世.光化学氧化法去除饮用水中有机优先污染物.上海给水排水,1990.2
- 6 有机氯化物处理方法.国外环境科学技术,1993.1
- 7 紫外线氧化技术处理污染地面水方面应用.国外环境科学技术,1993.4

(收稿日期:1995.4.17)