

⑥

18-20

# 集团用净水器 及优质水之我见

同济大学环境工程学院 纪任旺 范瑾初

摘要 评述集团用净水器的几种典型工艺,并指出适宜的饮水应是合乎天然性质的纯净水,而不是过分人工化和失去本性的超纯水。

关键词: 净水器 工艺流程 水质

本文对集团用净水装置的几种典型工艺流程进行评述。

## 1 典型工艺

### 1.1 瓶装地下水工艺流程

1993年上海市给水管理处对开发上海优质地下水进行瓶装零售作了可行性研究,根据规划上海可供开采的地下水为1.2亿t,以每人每日用5L计,可满足1300万人口食用优质地下水的需要。但目前地下水作为资源不宜大量开采,只可小量开发使用。其选用工艺流程如下:

```

优质地下水 → 沉淀贮存水箱 → 过滤 →
臭氧接触塔 → 消毒 → 平衡水塔 →
过滤 → { 槽车散装 → 用户容器
          { 瓶装 → 外送
          { 紫外消毒 → 贮存
  
```

### 1.2 江苏某“太空水”生产厂工艺流程

自来水 → 多介质过滤器 → 过滤(活性炭) → 5μm精滤 → 软化或电渗析 → 反渗透 → 紫外线杀菌 → 0.2μm微滤或超滤 → 太空水外卖

### 1.3 某矿泉水厂工艺流程

地下矿泉水 → <10μm精滤 → 活性炭吸附 → <2μm精滤 → 臭氧消毒 → 超滤 → 灌装外卖

矿泉水系来自地下深层的石脉径流水系,多未受污染,感观良好,含一些对人体有益物质,矿化度达1000mg/L以上,其处理以去除悬浮物、细菌、少量有机物为主,比利用地下水处理的工艺简单些,因为地下水受污染可能性大于矿泉水,同时矿泉水处理需考虑保持有益成份。

## 2 生产工艺评述

为获得洁净的食水,须以安全、美味为原则,前者指去除水中存在的对人体健康有害的物质如浊度、合成有机物、农药、重金属、三卤甲烷等三致物质、致病细菌;确保出水Ames试验呈阴性。后者则指努力恢复水的天然本性,美味可口,有益健康。上述三种工艺流程,均可在不同程度上达到此要求。

对上述三种工艺流程的观察,可以粗略分为三个步骤,即:前处理、主处理、后处理。现分述如下:

### 2.1 前处理

与水厂工艺类似,为保证后续负荷的降低,提高净水效率,都需设置必要的预处理以去除水中的干扰物质,如浊度物质、色度、大分子有机物、胶体物质等。颗粒活性炭以其巨大比表面积及表面特性决定了它成为一种优良的净水剂,它不但对上述物质具有良好截留,还可有效吸附农药物质、重金属、异味、余氯等。利用微孔对杂质进行物理截留的微孔滤芯精密机械过滤也是广为采用的处理工艺。微孔的孔径小于被截留的杂质粒径,如20μm微孔可去除粗杂质、泥砂、毛发、铁屑、花粉等,5μm可去除细微颗粒、部分酵母菌、细菌、煤尘、灰尘、红血球,使水达到纯净。

单项处理工艺具有局限性,如微孔过滤对于溶解有机物、色、味的去除率低、易堵塞,如反冲不当,微孔易消耗而降低寿命。活性炭虽有良好的吸附能力,但对于小分子有机物如THMs的吸附较差,且易滋长细菌,不宜直接用在膜处理前,否则膜易受细菌污染而老化。活性炭过滤易产生2.5μm~25μm大小的粉末,故炭损较大,1~2年或更短时间需更换。它还易产生内毒素等物质,其对人体健康的影响尚未明了。欲获得良好的前处理,须多种工艺有机组合,多级串联,以共同去除浊质,如流

程 1.2, 前处理达 4 级。选用时还需充分考虑主处理的适应性, 如膜处理前须尽最大可能去除细菌、硬度、铁锰氧化物等。

## 2.2 主处理

这是净水的核心工序, 可进一步去除常规处理与前处理难以去除的小分子有机物, 例如 THMs 等致癌物质, 使水的 Ames 试验呈阴性。目前使用较多的是反渗透、精密微孔过滤、超滤、硅藻土过滤、活性炭过滤等。

活性炭利用其吸附功能可以去除很多有害物质。除颗粒炭外, 还有粉末状、球状、浸透型(渗银)、纤维炭等。渗银活性炭用于饮水处理, 可抑制细菌滋长, 但银易冲失。粉末炭优势在于吸附速度快, 如保持一定停留时间, 可成为理想的净水剂。同济大学范瑾初教授将粉末炭与硅藻土混合使用, 使过滤与吸附同时进行, 停留时间在 8h 以上(以自来水为进水), 出水新鲜可口, 可生饮。还未见有其他炭种的成熟使用报导。综上所述, 活性炭如作为主处理工艺, 还需进一步对出水进行处理。

反渗透是最广泛使用的深度处理方法之一, 可去除 98% 以上的无机盐、有机物、胶体、浊度物质以及三致有机物。醋酸纤维素膜的孔径为  $1/5\,000 \sim 1/10\,000\mu\text{m}$ , 大肠杆菌比该孔径大 5 000 倍, 可 100% 去除。此外, 极细物质如农药、病毒、细菌、重金属离子砷、镉、汞等可极好地去除。上海市自来水公司陆在宏等人实验表明, 反渗透处理自来水效果良好, 出水 100% 去除含氯有机物, 氨氮去除率为 87.5%, COD 去除率达 91.5%, 但目前膜的价格较高, 且对前处理要求高, 设备复杂, 操作压力高。即便如此, 活性炭与膜联用, 仍是一项极具市场价值的净水技术, 两者可各自发挥其吸附与截滤功能, 且颗粒炭无法去除的小分子可被膜截留, 而易污染膜的大分子有机物通过活性炭去除。目前上海交通大学与复旦大学净水站均采用此工艺, 用户反应良好。

精密微孔过滤除作为前处理外, 具有细小孔隙的滤芯还可作为主处理单元, 如孔隙达到  $0.5 \sim 2\mu\text{m}$ 。滤芯采用超高分子材料聚乙烯烧结而成, 在一定压力下进行截滤, 采用气水反冲洗。但烧结时孔隙分布难以控制, 深层过滤所需的孔隙分布是沿水流方向孔隙逐渐减小, 以最大程度截留颗粒物且水头损失增长缓慢。国外已见有该种滤芯成品, 国内未见使

用。

超滤技术是由一种具有半透性的膜在动态压力下截留分子量约为几百的有机分子, 采用较多的是 PS(聚苯乙烯)中空纤维聚砜, 其孔隙可达  $0.01 \sim 0.1\mu\text{m}$ , 在截留细菌、热源等杂质的同时, 保证有益离子状矿物质通过。其精度稍逊于反渗透, 但操作压力低, 较易被采纳。与反渗透膜类似, PS 膜易受污染而老化, 抗氧化性差。一些矿泉水厂家因间歇操作, 常常出现膜的脱落, 影响水质。

硅藻土过滤也是极具推广意义的精密过滤工艺, 其粒间孔隙为 50nm, 可筛除大于 50nm 的杂质, 即胶体物质可完全去除, 出水浊度为零, 全部去除导致痢疾的阿米巴孢囊, 如与粉末活性炭混合使用或与颗粒活性炭串联使用, 还可完成有机物的去除。该工艺与前述各工艺的区别在于硅藻土可将浊质周期性地排出体外, 避免了堵塞带来的一系列问题, 且可保证出水新鲜, 无细菌滋长之虞。

以吸附与截滤为机理的物理或物理化学方法对于一些小分子如芳香化合物、三卤甲烷等去除率是有限的, 要彻底去除这些有害物质, 须采用氧化方法。目前研究较多的是光化学氧化与光催化氧化。利用紫外线的能量, 借助催化剂  $\text{TiO}_2$  所产生活性  $\cdot\text{OH}$  基(氢氧自由基), 可对有机物无选择氧化, 甚至矿化。但仍停留在实验室阶段, 需进一步研究以求商品化、工业化。

此外, 还有一些介质过滤法如分子筛、纤维活性炭等的应用, 但为数不多。对水进行蒸馏获得纯水, 已见有市售饮用蒸馏水但仍不能防止一些低沸点有机物带入, 同时蒸馏水饮用时口感如何, 尚须进一步调查。

除了去除水中一些有害物质, 目前市场上各种净水器还以对水的质素进行调整作为特色以招揽消费者, 如磁化、矿化、电解, 其对健康的长期影响尚未有卫生健康方面的评价报导。

## 2.3 后处理

其主要功效为消毒、杀菌, 同时保证水在一定的贮存时间内保持新鲜美味。使用较多的是紫外线消毒等非氯系氧化。紫外线杀菌工作波长为  $200 \sim 300\text{nm}$ , 接触时间短, 操作管理方便, 投资少, 无中间产物, 但在低温下效果不佳, 而地下水、矿泉水均为低温水, 故紫外

线消毒多被臭氧氧化取代。臭氧具有极高氧化性及高溶解度,可杀灭细菌,去除残余有机物,消除泥土味、腥味,口感良好,但其发生设备繁复。超滤与微滤也可作为筛除细菌的方法,置于化学灭菌之后,可筛除细菌尸体与热源物质。微电解消毒是近年来研究较多的方法,它的设备简单,运行费用低,但发生原理尚待揭示。

一种工艺很难使水达到尽善尽美,故在流程选择时,除需考虑前、主、后处理工艺有机配合,共同去除,层层设防外,在后处理工序也需多种工艺配合,如紫外超滤结合,静电紫外结合,臭氧超滤结合,以杜绝细菌侵入,保证水在一定贮存时间内保持合格。

集团用净水器的出水须运送,决定了它与家用净水器及常规处理工艺对消毒要求的不同。家用净水器即产即用,无需贮存,常规工艺出水需在配水系统内停留很长时间,故须使用具有持续消毒能力的氯系消毒剂,而集团用净水器出水因对水质要求高,不可用氯系消毒剂却又需贮存一定时间而水质不变,这是一个极关键的技术难题。除研究如何使水具有活性以保持新鲜外,预防在生产过程中侵入细菌是保证水质的唯一方法。在生产过程中保证“三无菌”,即:

- a.出厂水无菌;
- b.生产环境无菌:避免人体接触,净化车间空气;
- c.容器无菌:在外流通的盛水容器最易沾染细菌,具有数量多,清洗工作量大,稍有疏忽便导致水质恶化或残留洗涤剂而影响口感。

### 3 优质饮用水水质之我见

随着人们健康意识的加强,人们越来越意识到饮用安全、美味的食水是提高生活品质的关键,净水器市场无疑是巨大的。市场上应运而出现了大量净水装置,生产如太空水、蒸馏水、超纯水、活化水、各种矿泉水。一些单位也利用净水设备生产少量供家庭使用的纯净水。一时令人目不暇接,不知如何选用,以为可饮入人体的水一定要超纯超净,不容许有任何其它物质。一些人甚至以日常饮用这种水为时尚。

笔者认为此风气不可提倡。作为可饮入

人体的水,应当以安全与美味为原则。前者指去除因人类活动而带入水中的对人体有害物质,后者则指使处理后的水回复到自然本来面貌,易被人体吸收,甘醇可口,保持一些有益成分,以维持体内各营养元素的平衡,如:铜、氟、铁在一定浓度范围内对人体是有益的。这些元素在人体内呈一定比例,无法量化控制,因为元素之间存在有协同或拮抗作用。目前市面上走了两个极端,并以此为特色招徕消费者,一是处理后的水纯之又纯,不含任何其它物质,二是对水进行调整,如电解、人工矿化、磁化等,以期调整人体内的物质平衡。

矿泉水的饮泉疗法因矿泉水的特性不同,对人体作用亦不同,因此需了解其中有效矿物质、微量元素种类,方可选择饮用。如心脏病、高血压病人不宜饮用含  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaHCO}_3$  的矿泉水,腹泻者以及光线过敏皮肤病患者不宜饮用  $\text{H}_2\text{S}$  矿泉水,硬度过高过低都对人体不利。

人体本是自然界的一部分,饮用卫生、美味的食水,保证健康乃天性使然。长期饮用超纯净水或人工处理的水,对人体已建立起来的营养元素平衡是否带来消极影响,尚不明了,已有报导天津某医院连续收治过 9 名肌肉哆嗦、眼皮发抖的患儿,专家疑为其长期饮用大量超纯净水所致,因为超纯净水的强溶解性,破坏了体内物质平衡,降低了免疫力。

卫生健康部门应尽快对饮水水质作出科学评价,广泛进行对比人群试验,长期观察,以研究饮用水质对人体健康的各方面影响和引导人们对优质水的选择使用。在目前未有科学评价之前,笔者认为不宜过多饮用过份人工化的处理水,各类净水器也应以保证水的安全性、美味为主要目标,而不宜过多追求超纯超净或者各种人工调整。

在当今社会,人们越来越多以人工食品果腹,不得不呼唤食用天然绿色食品,同样人们亦需要饮用洁净的优质天然水。(本文作者纪任旺系同济大学环境工程学院工学硕士,范瑾初同校教授,博士生导师)

欢迎来稿 欢迎订阅