

第三代城市饮用水 净化工艺初探

李圭白 杨艳玲 李星

本站所有演讲稿归作者本人所有 请勿转载
水世界-中国城镇水网 www.waterworld.org.cn

第一代城市饮用水净化工艺

- 过去城市居民饮用水卫生安全性得不到保障, 致使水介烈性细菌性传染病(如霍乱、痢疾、伤寒等) 流行。

在这个背景下, 20世纪初, 研发出了混凝—沉淀—过滤—氯消毒净水工艺, 可称为第一代饮用水净化工艺。

- 20世纪中叶, 出现了城市水介病毒性传染病的流行。研究表明, 为控制其流行, 需将水的浊度降至0.5NTU以下, 从而推动了第一代工艺的发展。

第二代城市饮用水净化工艺

- 20世纪70年代, 由于水环境污染, 在城市饮用水中发现了种类众多的对人体有害的微量有机污染物和氯化消毒副产物, 而第一代工艺又不能对其有效地去除和控制。
- 在这个背景下研发出了第二代饮用水净化工艺, 即在第一代工艺后面增加臭氧—颗粒活性炭深度处理工艺。
- 第二代饮用水净化工艺, 在一定程度上解决了上述问题。

城市饮用水水质面临的新问题

- 20世纪末, 由于水环境污染的加剧, 以及水质检测技术的发展, 又发现了许多新的水质问题。
- 贾第虫和隐孢子虫（两虫）问题；水蚤、红虫问题；藻类污染加剧及臭味、藻毒素问题；水的生物稳定性问题；高氨氮含量问题；内分泌干扰物和持久性有机物问题等等。
- 臭氧、二氧化氯消毒副产物问题。
- 颗粒活性炭出水中生物及微生物增多及控制问题。

新的更严格的饮用水卫生标准

- 1985年国家标准《生活饮用水卫生标准》
水质指标 35项
- 2001年卫生部颁布《生活饮用水卫生规范》
水质指标 96项
- 2005年建设部颁布《城市供水水质标准》
水质指标 103项
- 即将颁布的国家标准《生活饮用水卫生标准》
水质指标 106项
- 世界卫生组织、美国的饮用水卫生标准
水质指标 > 100项
- 新国标将使我国城市饮用水水质达到世界水平，但也是严峻挑战。

第三代城市饮用水 净化工艺的提出

- 第二代工艺对新的水质问题作用有限，特别是臭氧氧化副产物及生物炭出水问题，使其合理性和优越性不再被充分认可。
- 第三代工艺应该体现有效、经济和绿色工艺理念。
- 绿色净水工艺所使用的原材料及其制造过程不产生有毒有害污染物；
- 绿色净水工艺要降低能耗、物耗；
- 绿色净水工艺不产生有毒害的副产物。
- 绿色净水工艺的产物，不增加外环境的污染负荷。

第三代城市饮用水 净化工艺初探

- 在我国城市绝大多数以Ⅲ类水体为水源的前提下，工艺组成如下：

Ⅲ类水源水 → 安全预氧化/强化混凝沉淀
生物活性炭/超滤 → 安全消毒 → 饮用水

- 对于未受污染的水源水，上述工艺可得到简化；
- 对于低浊度源水，仅用超滤就可取代第一代工艺：

低浊度源水 → 超滤 → 安全消毒 → 饮用水

- 用超滤替代砂滤池，简化了流程。

第三代工艺对水中致病微生物的去除作用

- 饮用水的微生物安全性无疑是首要的，是需要特别关注的。
- 本工艺对于致病微生物、藻类、以及水蚤、红虫等，具有预氧化杀灭、强化混凝、活性炭吸附、生物吸附、超滤截留及安全消毒等多级屏障。
- 超滤几乎100%地对微生物截留，是最有效地去除“两虫”、除菌及病毒、除藻、除水蚤红虫等方法。
- 超滤能截留生物活性炭出水中的细微炭粒，防止其对微生物的保护作用，增加微生物安全性。

对预氧化剂和消毒 剂的选择

- 可供选择的有氯、氯氨、二氧化氯、臭氧、高锰酸钾及高锰酸盐复合剂。
- 氯用作预氧化剂，能生成大量氯化消毒副产物。
- 氯氨生成的消毒副产物比氯要低得多，THM或HAA一般不超过 $10\mu\text{g/l}$ 。
- 二氧化氯还原产物——亚氯酸盐和氯酸盐对人体有毒害作用，WHO和我国卫生部标准规定亚氯酸盐的浓度限值为 0.2mg/l ，建设部标准放宽至 0.8mg/l ，所以不能认为是足够安全的。
- 臭氧的消毒副产物——溴酸盐是强致癌物，趋势是将其降至检不出。

- 高锰酸钾尚未发现能生成对人体有毒害的氧化副产物，是最安全的预氧化剂。
- 氯、臭氧、二氧化氯杀藻、会使藻内容物外泄，造成二次污染。高锰酸钾杀藻，藻内容物不外泄，也是最安全的。
- 如采用生物活性炭，则有持续消毒能力的预氧化剂不宜采用，如氯、氯氨、二氧化氯。可选用臭氧和高锰酸钾及其复合剂
- 对滤后消毒，由于超滤后的水已达到微生物安全性标准，所以消毒的目的不是杀菌，而是保持持续消毒能力，可选用氯、氯氨、二氧化氯，但以氯氨最佳。

第三代工艺除浊

- 超滤出水浊度为0.1NTU左右，与滤前浊度无关。
- 对高至数十NTU的进水，一般不会对超滤通量有大的影响。
- 对于更高浊度的源水，本工艺依靠滤前强化混凝沉淀，可使水的浊度降到数NTU至数十NTU，以满足超滤对滤前水的要求，所以本工艺对高至数百NTU的源水是适用的。
- 对高至数千至数万NTU的源水，可在本工艺前再增加预沉处理单元。

第三代工艺除有机物

- 对去除天然有机物，本工艺有化学预氧化、强化混凝、活性炭吸附、生物炭生物降解、超滤等多级屏障。
- 粉末活性炭与超滤联用，可以大大延长粉末活性炭在反应器内的停留时间，大大提高在反应器内的浓度，从而可以充分利用粉末活性炭的吸附容量；同时也使以粉末炭为载体的生物膜大大增加，从而显著提高生物降解效果。

- 强化混凝可去除大分子天然有机物，而活性炭吸附及生物降解则可去除中、小分子有机物，化学预氧化则将部分大分子有机物氧化降解为中、小分子有机物，有利于后续活性炭吸附和生物降解，从而提高对有机物的去除效率。
- 采用高锰酸盐为预氧化剂，氧化生成的新生态水合二氧化锰表面有丰富的羟基，可吸附水中有机物，从而使去除率进一步提高。

第三代工艺对微量有机 污染物的去除

- 本工艺对水中微量有机污染物的去除，有化学预氧化、强化混凝、活性炭吸附、生物降解等多级屏障。
- 臭氧与高锰酸钾及其复合剂预氧化能显著提高除污染效果；活性炭是良好的除微污染剂；生物炭则有生物降解作用。
- 大量用作城市水源的湖、库水体，由于藻类大量繁殖，常使水具有臭味。
- 化学预氧化、活性炭吸附和生物降解，是去除水中臭味的多级屏障，特别是臭氧和高锰酸钾及其复合剂，都是优良的除臭味剂，后续的活性炭除臭也很有效。本工艺除臭十分有效。

第三代工艺对水中 氨氮的去除

- 第一代工艺基本没有除氨氮的能力。
- 在第二代工艺中，氨氮主要在生物颗粒活性炭层中被去除，但由于水中溶解氧浓度有限，所以只能去除有限的氨氮。
- 在第三代工艺中，可在生物粉末活性炭反应器中通入空气进行曝气，从而不断向水中供应溶解氧，再加上反应器中有高浓度生物膜量，从而能去除水中很高浓度的氨氮。

第三代工艺的通用性和局限性

- 本工艺是以III类水体为水源，试图与第二代工艺对比的一个通用工艺。
- 针对目前提出的饮用水主要水质问题，本工艺是在第一代工艺和第二代工艺的基础上发展起来的。
- 对于许多特殊水质问题，则有待在工艺系统中增加某些特殊处理环节
- 本工艺的提出，只是一个探索，有待于在今后的实践中不断地得到完善和发展。

超滤膜的优越性及其价格

- 21世纪的水处理是膜的时代。
- 膜技术是绿色工艺。
- 第一代工艺（混凝—沉淀—过滤）建设费~300元/m³/d
- 第二代工艺深度处理（臭氧—颗粒活性炭）建设费250~300元/m³/d。
- 第三代工艺超滤单元建设费250~300/m³/d，与第一代工艺相当。运行费0.08元/m³也与第一代相当。
- 本工艺与第二代工艺比较，省去了过滤和臭氧，增加了超滤单元，总建设费与第二代相当。
- 城市饮用水净化工艺的膜时代已经到来。

谢 谢！