

Views & Comments

建设生产健康饮用水的智慧水厂

侯立安

School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

水是生命之源、健康之本。随着生活水平的提升，人们日益关注与身体健康息息相关的饮用水安全问题。作为保障饮用水安全的关键环节，公共自来水水厂的设计理念和运行效果对于促进人民生活和社会健康发展至关重要[1]。目前，饮用水安全总体存在如下问题：

(1) 饮用水源微污染现象突出，增加了饮用水水质安全保障的难度，地下水水质状况不容乐观[2]。

(2) 饮用水呈现污染物复合、污染过程复合以及污染效应复合的复合污染特征。

(3) 传统净水工艺有局限，水厂设备及工位设计与新技术、新工艺难以兼容[3]。微塑料、内分泌干扰物质(EDC)、药品和个人护理用品(PPCP)[4]、氟化物(PFAS)[5]和消毒副产物等新兴污染物在水循环系统中被频繁检出[6]，产水水质难以完全达标。

(4) 突发性水污染事故、自然灾害等带来的水污染问题，对饮用水安全构成了严重威胁[7]，应急保障系统不完备。

(5) 饮用水输配流程上的对应环节发展不均衡，尚未完全改善水源地水质在线监测系统，输配水管网超期服役、能耗高且易二次污染[8]。因此，需要在实践中重新思考和优化供水系统，用更具创新性、整体性的理念打造一个未来水厂。

未来水厂的建设目标，是在保证供水水质的基础上，进一步提升水厂运行的安全水平及可靠程度，同时实现节能降耗。相应的前沿设计理念应该具有净化单元模块化、净化过程绿色化、回收物质资源化、控制方式

智能化四个关键特质。

(1) 未来水厂的模块化设计，应充分分析水源地水质特点，优选适宜的设备或工艺组合，并确保主工艺及辅助工艺流程中各个模块之间的衔接顺畅[9]。各个模块之间能互为备用，方便维护，提高整体工艺的应变应急能力。着眼于未来，提高流程的灵活性、拓展性，便于水厂的分阶段投资建设，在水厂改扩建时尽可能减少重复投资。

(2) 净化过程绿色化，一方面体现在水厂的设计阶段尽可能地选用绿色化的净水装备和技术。充分利用厂区地理环境范围内可用的风能、太阳能等可再生能源，并在生产过程中实现能源的回收再利用，减少生产过程中的能源消耗和环境污染。另一方面，体现在水厂处理过程应尽可能多地采用物理净化工艺，尽量少投加或者不投加药剂，在保证出水水质稳定达标的同时，减少水厂出水二次污染的风险。例如，核心处理单元采用新膜分离技术，可对自来水进行深度处理并且对新兴污染物有很好的去除效果[10]。

(3) 未来水厂应在减少化学药剂投加量、实现源头控制污泥等副产物产生的基础上，注重工艺流程中各节点及净化单元生产废水、废料等的回流、回用，对膜处理过程中产生的浓水进行再处理，实现处理过程近零排放，降低环境影响的风险。并进一步拓展可回收资源利用的范围和领域，尽可能实现回收副产物的资源化利用。水厂污泥的最终出路，应是无害化利用或能源回收，将水厂污泥和城镇污水处理厂污泥进行联合处理处置，也是水厂污泥有效处置的途径之一[11,12]，可实现污泥

资源回收、能耗自给与碳中和的未来可持续发展[13]。

(4) 基于大数据、物联网、机器人的综合利用和污水处理技术的创新突破, 通过大数据对用户水质、水量需求的预测, 针对不同水源配置合理的处理工艺, 通过智能化管理将不同等级的水质配置到需求不同的用户, 实现水厂满足水源多样化、工艺灵活化、水质多级化、管理智能化、核心装备国产化等目标, 成为真正与社会融合、互利共生的城市基础设施。

打造前瞻性的未来智慧水厂是保障民众饮用水安全的重要任务和方向, 是加快推进生态文明建设的重要保障, 是实现美丽中国建设的重要组成部分。构建面向未来的深度处理智慧水厂是一项复杂的系统工程, 不但涉及众多专业领域, 同时涵盖多种应用技术, 未来水厂的设计和建造需要在绿色发展理念的指导下统筹规划, 紧跟万物互联、智慧高效的时代特色, 力争满足现代社会的用水需求和人们的健康饮水要求。

References

- [1] Quansah R, Armah FA, Essumang DK, Luginaah I, Clarke E, Marfoh K, et al. Association of arsenic with adverse pregnancy outcomes/infant mortality: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2015;123(5):412–21.
- [2] Wilkinson J, Hooda PS, Barker J, Barton S, Swiden J. Occurrence, fate and transformation of emerging contaminants in water: an overarching review of the field. *Environ Pollut* 2017;231:954–70.
- [3] Yang D, Kao WTM, Huang N, Wang R, Zhang X, Zhou W. Process-based environmental communication and conflict mitigation during sudden pollution accidents. *J Clean Prod* 2014;66:1–9.
- [4] Gomes J, Costa R, Quinta-Ferreira RM, Martins RC. Application of ozonation for pharmaceuticals and personal care products removal from water. *Sci Total Environ* 2017;586:265–83.
- [5] Kaboré AH, Duy SV, Munoz G, Meite L, Desrosiers M, Liu J, et al. Worldwide drinking water occurrence and levels of newly-identified perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances. *Sci Total Environ* 2017;616–617:1089–100.
- [6] Bui XT, Vo TPT, Ngo HH, Guo WS, Nguyen TT. Multicriteria assessment of advanced treatment technologies for micropollutants removal at largescale applications. *Sci Total Environ* 2016;563:1050–67.
- [7] Kot M, Castleden H, Gagnon GA. The human dimension of water safety plans: a critical review of literature and information gaps. *Environ Rev* 2015;23(1):1–6.
- [8] Qu XL, Brame J, Li QL, Pedro JJA. Nanotechnology for a safe and sustainable water supply: enabling integrated water treatment and reuse. *Acc Chem Res* 2013;46(3):834–43.
- [9] Meng F, Zhang S, Oh Y, Zhou Z, Shin HS, Chae SR. Fouling in membrane bioreactors: an updated review. *Water Res* 2017;114:151–80.
- [10] Tröger R, Klöckner P, Ahrens L, Wiberg K. Micropollutants in drinking water from source to tap-method development and application of a multiresidue screening method. *Sci Total Environ* 2018;627:1404–32.
- [11] Dai W, Xu X, Liu B, Yang F. Toward energy-neutral wastewater treatment: a membrane combined process of anaerobic digestion and nitrification-anammox for biogas recovery and nitrogen removal. *Chem Eng J* 2015;279:725–34.
- [12] Hao XD, Batstone D, Guest JS. Carbon neutrality: an ultimate goal towards sustainable wastewater treatment plants. *Water Res* 2015;87:413–5.
- [13] Schaubroeck T, De Clippeleir H, Weissenbacher N, Dewulf J, Boeckx P, Vlaeminck SE, et al. Environmental sustainability of an energy self-sufficient sewage treatment plant: improvements through DEMON and co-digestion. *Water Res* 2015;74:166–79.

[1] Quansah R, Armah FA, Essumang DK, Luginaah I, Clarke E, Marfoh K, et al.