

几种生活饮用水深度处理技术及工程应用实例

杨敦

江西省建筑设计研究总院

摘要: 本文结合当前饮用净水的处理要求,对几种常用的生活饮用水深度处理工艺进行了综述,最后对某迎宾馆净水处理工程进行了介绍。

关键词: 饮用水;活性炭;臭氧;膜分离

一、前言

近几十年来,工业的迅速发展、人工合成化合物的种类已达几千万种,大量含有各种有毒、有害物质的工业废水、生活污水未经处理或只经简单处理便排入天然水体,造成了饮用水水源的污染。其中以有机污染最为严重,现在饮用水水质问题已成为当今世界面临的普遍性问题。污染物成分的复杂,使得常规的净化工艺已不能完全有效地净化水质。因此,以去除饮用水中有机污染及有毒有害物质为目标的饮用水深度净化技术得到发展和普及。

二、饮用净水的处理要求

传统意义上采用的“混凝—沉淀—过滤—消毒”等处理工艺是以去除水中的悬浮物、胶体颗粒物为主,对水源中溶解性

有机物的去除能力则明显不足,特别是加氯消毒后形成的三致物质及其前驱物更是常规处理方法所难以解决的。

我国2006年实施的《生活饮用水卫生标准GB5749-2006》,水质指标由GB 5749-85的35项增加至106项,增加了71项,修订了8项。其中微生物指标、饮用水消毒剂、毒理指标、感官性状等指标,都作了较大的调整。2005年,我国出版“城市供水行业2010年技术进步发展规划及2020年远景目标”,提出技术发展的主攻方向、2010年要达到的主要目标和2020年远景目标。我国建设部为了规范饮用水市场,于2005年发布并实施了《饮用净水水质标准(CJ 94-2005)》。

由于源水的污染及现有自来水处理工艺的局限性,我国城市自来水不同程度的存在有机污染物、总硬度、铁锰含量高、氨氮含量高等问题。对比国家现行的城市自来水水质标准和饮用净水水质标准中的某些指标(表1),可以看出目前的城市自来水水质并不能满足人们直接饮用的需要,因此饮用净水对水处理提出了更高的要求。

表1 《生活饮用水卫生标准GB5749-2006》和《饮用净水水质标准(CJ 94-2005)》中某些水质指标的比较

| 水质指标 | 色度 | 总硬度(mg/L) | 阴离子合成洗涤剂(mg/L) | 溶解性总固体(mg/L) | 余氯(mg/L) | 总大肠菌群(个/L) |
|-------|------|-----------|----------------|--------------|----------|------------|
| 生活饮用水 | ≤15度 | 450 | 0.3 | 1000 | ≥0.3 | 不得检出 |
| 饮用净水 | ≤5度 | 300 | 0.2 | 500 | ≥0.01 | 不得检出 |

国内外医学专家通过科学论证,明确了“优质饮用水”的概念,即“优质饮用水”应是最大程度地去除原水中的有毒有害物质,同时又保留原水中对人体有益的微量元素和矿物质的饮用水。因此,采用合理的饮用水深度处理工艺,是决定饮用水水质的关键因素。

三、饮用水的深度处理技术

在饮用水常规处理工艺基础上出现的深度处理技术以去除水中溶解性有机物和消毒副产物为目的,有效提高和保证了饮用水水质。目前饮用水深度处理技术已取得了长足的进步,各种经济实用的处理技术正逐渐得到较广泛应用。

(一) 活性炭吸附技术

在各种深度处理技术中,活性炭吸附技术是完善常规处理工艺以去除水中有机物最成熟有效的方法之一。活性炭是一种多孔性物质,内部具有发达的孔隙结构和巨大的比表面积,其中微孔构成的内表面积占总面积的95%以上。研究表明,活性炭对有机物的去除主要是微孔吸附作用。因而活性炭的孔径特点决定了它对不同分子大小有机物的去除效果。

除了孔隙特征以外,活性炭对有机物的去除也受有机物特性的影响,主要是有机物的极性和分子大小的影响。同样大小的有机物,溶解度越大、亲水性越强,活性炭对其的吸附性能就越差;反之对溶解度小、亲水性差、极性弱的有机物却具有较强的吸附能力。

(二) 臭氧+活性炭联用技术

臭氧(O₃)具有强氧化性,通过利用臭氧的强氧化能力,若进水先经臭氧氧化,使水中大分子有机物分解为小分子状态,这就提高了有机物进入活性炭微孔内部的可能性,充分发挥了活性炭的吸附表面,延长了使用周期。同时后续的活性炭又能吸附臭氧氧化过程中产生的大量中间产物,包括解决了臭氧无法去除的三卤甲烷及其前驱物质,并保证了最后出水的生物稳定性。

臭氧+活性炭联用技术从一定意义上可以认为,臭氧氧化

提高了活性炭的处理效率。而该工艺之所以有稳定、高效的有机物去除效率,有很大一部分原因在于臭氧氧化导致活性炭进水有机物分子量的减小、可吸附性的提高并使有机物尺寸等特性与活性炭孔径分布协调一致的结果。

(三) 膜分离技术

在水处理方面,膜分离技术脱离了传统的化学处理范畴,转入到物理固液处理领域。与常规饮用水处理工艺相比,膜技术具有少投甚至不投加化学药剂、占地面积小、便于实现自动化等优点,并已大量应用于城镇自来水的深度处理上。

常用的以压力为推动力的膜分离技术有微滤(MF)、超滤(UF)、纳滤(NF)以及反渗透(RO)等。膜分离技术的特点是能够提供稳定可靠的水质,这是由于膜分离水中杂质的主要机理是机械筛滤作用,因而出水水质在很大程度上取决于膜孔径的大小。

(1) 微滤、超滤

微滤和超滤在水处理中最主要的作用是固液分离,如何将水中杂质特别是溶解性的有机物转化为固相成为充分发挥膜分离作用的关键。实际中,常采用混凝或活性炭使水中有机物被吸附,转化为固相,使膜可以截留去除,同时又能减缓膜污染程度。

(2) 纳滤

纳滤介于超滤和反渗透之间,可在较低压力下实现较高的水通量,纳滤膜不仅可以进行水质软化和适度脱盐,而且可以去除色度、细菌、溶解性有机物和一些金属离子等。目前,饮用水深度处理中应用较多的主要为卷式芳香族聚酰胺类复合纳滤膜。

(3) 反渗透

反渗透,其膜孔径仅约1~10埃,操作压力为1~10MPa,能耗大,但反渗透膜几乎可以去除水中一切物质,包括各种悬浮物、胶体、溶解性有机物、无机盐、细菌、微生物等。近年来,反渗透技术已大量应用于饮用水的深度处理上,成为制备

纯水的主要技术之一。

四、常用的饮用水深度处理技术的相互比较

虽然深度处理技术对控制饮用水污染和提高水质发挥了较好的作用，但它们均存在局限性。同时运行成本也是应考虑的重要因素。目前较为常用的饮用水深度处理技术主要有活性炭吸附技术、臭氧氧化技术以及膜技术。

各种深度处理方法的基本作用原理，大体上都是利用吸附剂的吸附能力可去除水中溶解性有机物（如活性炭技术）；利用氧化剂的强氧化能力可分解水中有机物（如臭氧技术）；利用滤膜的筛分作用滤除有机物（如膜分离技术）。有时两种作用又能同时发挥，共同去除有机物，如臭氧活性炭联用技术即发挥了氧化和吸附两种作用。

采用活性炭吸附技术，出水水质虽好，但对有机物的吸附去除受其自身吸附特性和吸附容量的限制，不能保证对所有的有机化合物有稳定和长久的去除效果；同时，活性炭对有毒的重金属、一般的盐类、致癌的亚硝酸盐和放射性物质、细菌、病毒等达不到去除效果，有些物质（如细菌）在处理时间长时甚至会略有增加。再者活性炭的价格也较高，使其使用受到了一定的限制。

臭氧的消毒能力强，能氧化有机物，去除水中的色、味，溶解性的铁、锰及酚等。但在水中不稳定，容易失效，在管网中杀菌效力不能持久；臭氧在氧化有机物的过程中可能会同时产生一些中间污染物，而且也有部分有机物是不易被氧化的；臭氧氧化后的水由于新生了小分子有机化合物，使水的生物稳定性变差；另外，臭氧氧化设备复杂，投资大，能耗也大，目前在我国应用较少。

膜分离技术是一门新兴的高效分离、浓缩、提纯、净化技术，其主要特点是节能（因为膜分离过程不发生相变化）、分离对象广（有机物和无机物、病毒、细菌、微粒）、装置简单、易操作、易于自控、易维修（因为只是用压力作为膜分离的推动力），特别适用于对热敏感物质的分离、分级、浓缩与富集（因为分离过程只需在常温下进行）。但该技术基建投资和运转费用高，同时膜易受污染造成水通量下降，这就使得对膜的清洗和预处理要求较高。

针对这些局限因素的存在，考虑饮用水深度处理工艺如何选

择就很关键。因为各地的原水水质和控制目标要求各不相同，所以深度处理应通过优化组合各种工艺，寻找总费用最低且可行的方案。图1所示为某组合工艺的饮用水深度处理设备工艺流程。

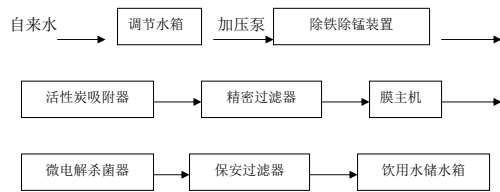


图1 饮用水深度处理设备工艺流程

五、工程实例

（一）某市迎宾馆净水工程

某迎宾馆位于某市风景区，为满足该市的高规格国宾馆接待任务，该项目定位为园林式迎宾馆，其服务对象是国家元首与副元首级。

为保证整个宾馆的用水水质，除一般设备用房采用市政自来水直接供水外，其余用水点（卫生间、餐厅厨房、休闲娱乐用房、客房等）的用水均经深度处理后出水进入净水池，由设置在水泵房内的生活给水恒压变频加压泵组加压供给。

本工艺处理水量为30m³/h饮用净水，设置盘式过滤器1套处理水量46m³/h。20m³/h超滤装置2组，二氧化氯发生器和余氯测控仪各1套。所选用的超滤膜组件是一种中空纤维内压式超滤膜组件，超滤膜中空丝内径为1.0mm，超滤膜平均截留分子量为100,000道尔顿。超滤膜的材料为改性PVC，经过改性后的PVC具有亲水性好、耐有机污染、耐酸碱、不易脏堵等特点。超滤膜组件的端头采用环氧树脂浇铸的方法封装。

该项目采用复合二氧化氯消毒。复合二氧化氯在水中残留亚氯酸根量少；采用亚氯酸钠为原料的纯二氧化氯发生器在饮用水处理中水中亚氯酸根残留量较高，生活饮用水卫生规范规定亚氯酸根须小于0.7mg/L。

二氧化氯同氯气混合使用时，具有协同消毒作用，二氧化氯较氯气活泼，优先于氯气与有机物发生氧化分解反应，可有效抑制处理后水中三卤甲烷等氯化致癌物的生成。

图2所示为该项目的工艺流程。

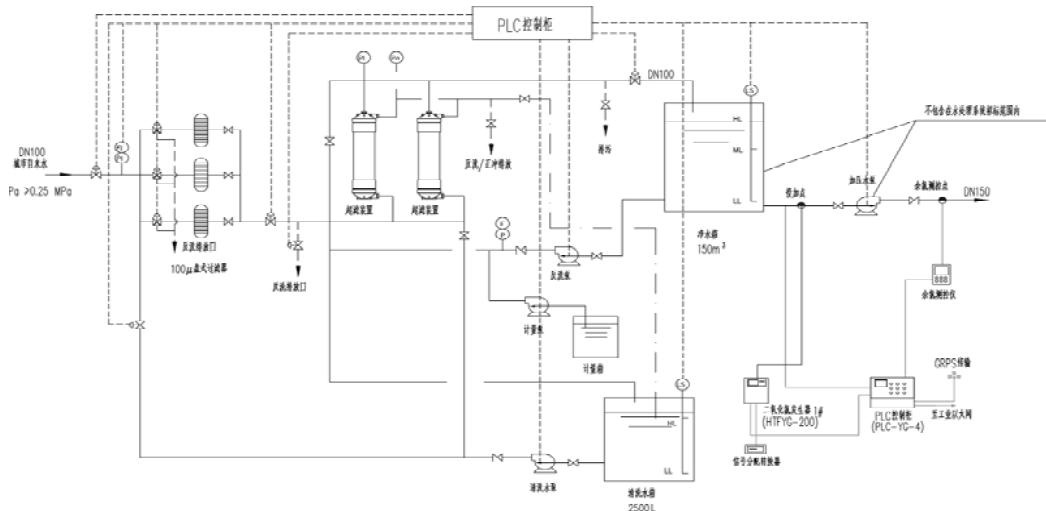


图2 迎宾馆净水处理工艺流程图

经该套设备处理之后，出水水质达到《城市供水水质标准（CJ/T206-2005）》，符合该宾馆的规格定位，满足宾馆内今后的餐饮、卫生、娱乐等多方面的水质需求。

六、结束语

随着技术的进步和人们对饮用水实质的要求提高，优质饮用

水供应正逐步普及，饮用水深度处理技术正日益得到广泛的应用，相信在不远的将来，人们可以喝到更加卫生，更加健康的水。

参考文献

[1]赵园.生活饮用水的深度处理技术现状[J].科技信息,2010,(12).337-338