

海水淡化对环境及人体健康影响的研究进展

张永利¹, 倪惠君², 陈阿苟², 姜智海³, 袁东³, 张昀³, 张泓³, 毛君娜²

摘要: 海水淡化是解决淡水资源不足的重要途径, 反渗透膜淡化技术是首选的海水淡化方法。随着淡化技术的广泛应用, 海水淡化对环境与人群健康的影响越来越需要受到关注。

关键词: 海水淡化; 环境; 人体健康

Progress in the Research on Effects of Desalinated Seawater on Environment and Human Health

ZHANG Yong-li¹, NI Hui-jun², CHEN A-gou², JIANG Zhi-hai³, YUAN Dong³, ZHANG Yun³, ZHANG Hong³, MAO Jun-na² (1. Zhoushan Municipal Center for Disease Control and Prevention, Zhoushan, Zhejiang 316021, China; 2. Shengsi County Center for Disease Control and Prevention, Shengsi, Zhejiang 202450, China; 3. Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)

Abstract: Seawater desalination is an important way to solve the shortage of fresh water resource. Seawater Reverse Osmosis technology is the best method of desalination. With the extensive application of desalination technology, more attention should be paid to the effects of desalinated seawater on environment and human health.

Key Words: desalinated seawater; environment; human health

地球上淡水占水总体比例不足 3%, 而淡水中人类能够利用的, 以河、湖及地表的淡水仅占其中 0.23%, 大部分以冰的形式分布地球两极和高山上, 随着经济发展和人口增长, 全球淡水资源缺乏状况日益严重。中国水资源总量为 2.8 万亿 m³, 居世界第 6 位, 但人均占有量非常低, 占世界第 109 位, 仅相当于世界人均数的 1/4。淡水资源的匮乏已成为制约我国社会进步和发展的瓶颈问题。淡化并利用海水是解决淡水资源不足问题的重要途径, 并且越来越得到一些沿海国家和地区的高度重视。尤其在 中东地区和一些岛屿地区, 淡化水在当地经济和社会发展中发挥了重要作用。因此加快海水淡化技术的产业化, 对缓解当代水资源短缺、供需矛盾日益突出和环境污染日益严重等一系列重大问题具有深远的战略意义。

1 海水淡化技术

将海水转化为淡水成为解决淡水资源缺乏问题的主要途径之一, 目前世界许多淡水缺乏的地区都已普遍大规模使用海水淡化技术。海水淡化技术大体上可以分为两大类: 一类是从海水中分离出淡水, 如蒸馏法、冷冻法、水合物法、溶剂萃取法和反渗透法等; 另外一类是从海水中析出各种化学元素, 从而达到获取淡水的目的, 如电渗析法、离子交换法等。而目前适用于大型的海水淡化的方法只有反渗透法 (seawater reverse

osmosis, SWRO)、多级闪蒸法 (multi-stage flash desalination, MSF) 和多效蒸发法 (multi-effect distillation, MED)。对于 MSF 法, 通常采取水电联产工程, 建造大规模的海水淡化工程, 但近几年并无重大进展, 而且造水成本约为 SWRO 法的 3 倍, 其市场份额处于逐渐下降趋势; 对于 MED 法, 由于结垢和腐蚀等问题, 更由于 MSF 和 SWRO 法的出现, 其推广应用受阻, 目前尚不适用于大规模应用。而 SWRO 技术是目前使用最普遍的方法, 其原理是水分子在操作压力的作用下通过反渗透膜, 盐分等物质通不过膜而实现水的淡化, 其特点是整个过程中无水相变化, 故无须热源, 且耗电量比蒸馏法少, 因此它是一种低能耗海水淡化方法。并且与其他几种淡化技术相比具有占地少、建造周期短、操作简单、投资比小、能耗相对较低和启动运行快等特点, 已成为首选的海水淡化方法。

为了防止反渗透膜淡化性能降低, 避免造成产水量和脱盐率的下降、组件压差的增大等问题, 必须对海水进行严格的预处理^[1]。海水浊度一般高于 5 度, 预处理包括灭菌杀藻, 添加混凝剂、助凝剂混凝沉降除浊, 过滤除浊, 电渗析除铁、锰, 去除有机物、异臭、异味、悬浮物、胶体、溶解气体、氯化剂剂等, 软化水质, 保证海水淡化系统正常运行。反渗透膜有醋酸纤维素膜 (醋酸纤维素-三醋酸纤维素共混不对称膜、三醋酸纤维素中空纤维膜) 和芳香族聚酰胺膜 (芳香族聚酰胺复合膜、芳香族聚酰胺中空纤维膜) 等。采用反渗透法淡化的海水, 盐类成分大大降低, 同时对微生物、有机物和金属等也有过滤作用而有不同程度的减少。

2 海水淡化技术对环境的影响

海水淡化产业是实现水资源可持续利用、长远解决我国水

[基金项目] 浙江省科技计划项目 (编号: 2006C23043)

[作者简介] 张永利 (1963-) 男, 主任药师; 研究方向: 公共卫生和药学;
E-mail: 13706800338@139.com

[作者单位] 1. 舟山市疾病预防控制中心, 浙江 舟山 316021; 2. 嵊泗县疾病预防控制中心, 浙江 嵊泗 202450; 3. 上海市疾病预防控制中心, 上海 200336

资源短缺问题的重要战略举措。但是,在大力发展海水淡化产业的同时,我们也应注意到大规模海水淡化所产生的海洋环境污染问题。

2.1 固体废物的排放

部分海洋水体污染严重并有日益增加的趋势,尤其是铅、汞、砷等重金属显著超标。受重金属污染的海水在淡化生产过程中,会产生含有高浓度重金属的固体废弃物,处理不当会对区域海域造成非常大的污染。

2.2 海水淡化后浓盐水的排放

海水淡化排出大量的浓盐水,其含盐量远远高于源水,如果直接排入附近区域,必将影响海洋生态环境。一些先进国家的海水淡化厂排放浓盐水时,通常将浓盐水引入大海深处,让浓盐水与天然海水自然混合,以解决浓盐水区域性污染问题。

2.3 排放废水的温度问题

海水淡化排放的废水中温度较高,直接排放会使局部海域水温升高,导致某些浮游生物急剧繁殖和高度密集,从而产生“赤潮”,造成海洋生物大量死亡。海水水温的升高还会使海水中溶解氧的含量降低,影响生物的新陈代谢,甚至使生物群落发生改变,破坏海洋生物的栖息环境。

3 海水淡化的卫生学危害及与人群健康关系

虽然从目前的水质监测资料来看,淡化水能基本满足现有饮用水卫生标准中的常规监测指标,但海水淡化水作为饮用水长期使用,可能还存在一定的健康影响。

海水中硼含量高,而膜渗透除硼率低,淡化水中硼含量仍然过高。硼是一种较弱的环境雌激素,长期接触高剂量的硼,将降低男性生殖能力,增加其配偶发生自然流产、宫外孕、死胎死产和子女先天性缺陷等的概率,所以世界卫生组织(WHO)规定饮用水中硼含量不得高于 0.5 mg/L ^[2];其次,硼在土壤中富集会对土壤造成危害,因为它可以和重金属,如Pb、Cd、Cu、Ni等络合,络合之后的物质毒性增强,对土壤造成更大危害^[3]。因此海水及反渗透出水的除硼问题引起了广泛关注。世界各地海水中的硼含量平均在 5 mg/L ,经过反渗透法脱盐处理后的硼含量在 $2\sim 3\text{ mg/L}$ ^[4],如果用它作为饮用水,硼浓度远远超过WHO的标准,将影响到人及动物的生长发育;作为灌溉水,将对植物产生危害^[5]。

淡化海水通过反渗透方法,可以有效地去除水中微生物、有机物等有毒有害物质,同时也去除了钾、钙、镁、铁等矿物质。一方面,长期饮用海水淡化水,不仅对人群健康有益的矿物质和营养成分的摄入大大减少,由于体内某种矿物质元素的减少,可使另外的相关元素起替代作用而被消耗,而某些矿物质的不足又会加速一些有毒物质的吸收,从而造成人体的健康危害。同时,低矿化度水质在管道运输中可能更容易腐蚀管道,使管道材料中的有毒有害物质溶解到水中,从而危害人体健康。另一方面,海水淡化水属于软水,长期饮用硬度小于 75 mg/L 的软水对体液矿物质平衡有不利影响,而且水的硬度与心血管疾病发病率之间有统计学负相关^[6],原因可能是钙、镁离子对维持心肌的离子平衡、保证心肌酶系统正常功能有重要作用。另外,淡化水的pH值一般呈弱酸性,但由于人体的体

液呈弱碱性,长期饮用有可能破坏体内的酸碱平衡,进而影响神经、肌肉和多种酶的活动,对健康造成危害。

在膜淡化脱盐中,常因聚合材料合成膜的老化脱落、产生单体进入淡化水中,有的单体本身具有一定的致癌性或者与海水淡化过程中的各种添加剂相互作用从而产生有毒物质。原水的微生物及化学污染程度都可影响海水的淡化除菌效果,对病毒等致病微生物的灭活不理想,以一般的指示菌作为评价淡化水的卫生细菌学指标并不安全。

4 建议

加强海水淡化过程中三废治理问题的技术研发工作,针对性的采取科学、合理的治理措施,采用循环经济的方式对海水淡化中的排放物进行综合利用。积极推进开展海水淡化工程对周围环境影响评价。尽快制定统一标准和相应的规范,使海水淡化产业发展有法可依。海水淡化是新兴产业,相关法律法规尚未制订。国家有关部门应尽快制订相关标准,特别是在海水淡化生产过程中三废的排放标准。进一步补充生活饮用水卫生评价标准,对涉及人体必需营养元素的水质指标,在现有最高限值的基础上,制定最低限值。加快完善海水淡化生产工艺,发展淡化水除硼的可行技术,并将硼列入淡化水的常规监测指标。发展淡化水的后处理工艺技术,调节pH、增加矿物质、增加水硬度。另外,在海水进入反渗透工艺之前进行了原水脱气工艺,水中缺乏溶解氧,长期饮用对人体健康不利,因此,建议在海水淡化水后处理系统中,还须增加溶解氧补充工艺。优化输配水管的材质,避免在淡化水输送过程中被污染,并制定相应的淡化水输配管材的卫生要求。

参考文献:

- [1]潘献辉,赵亮.反渗透海水淡化膜法预处理技术研究进展[J].工业水处理,2007,27(6):13-15.
- [2]WHO. WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, third edition[M]. Geneva: WHO Publications Centre USA, 2004: 186.
- [3]YILMAZ AE, BONCUKCUOGLU R, KOCAKERM MM, et al. An empirical model for kinetics of boron removal from boron-containing wastewaters by the electrocoagulation method in a batch reactor[J]. Desalination, 2008, 230(1-3): 288-297.
- [4]MELNIK L, VYSOTSKAJA O, KORNILOVICH B. Boron behavior during desalination of sea and underground water by electrodialysis[J]. Desalination, 1999, 124: 125-130.
- [5]MURTHY KS, HOWES JE, NACK H, et al. Emissions from pressurized fluidized-bed combustion processes[J]. Environ Sci Technol, 1979, 13(2): 197-204.
- [6]NERBRAND C, AGRÉUS L, LENNER RA, et al. The influence of calcium and magnesium in drinking water and diet on cardiovascular risk factors in individuals living in hard and soft water areas with differences in cardiovascular mortality[J]. BMC Public Health, 2003, 18(3): 21.

(收稿日期: 2009-08-28)

(编辑: 洪琪; 校对: 吴德才)