

从战略高度看待我国的海水淡化

文/钟晓红 赵喜亮 黎莹 孔德艳

海水淡化意义重大,有助于促进水源多样化、改善生态环境、形成新的经济增长点。2012年,为指导推动我国海水淡化产业发展、培育新的经济增长点、推动发展方式转变、保障水资源可持续利用,国家发展改革委正式印发了《海水淡化产业发展“十二五”规划》,明确了“十二五”期间海水淡化产业的发展目标。当前,海水淡化产业在我国已具备可行性,并且其发展对我国经济社会有着重要意义。

我国的水资源危机

地球的总储水量为13860亿立方米,其中海洋水量约占96.5%,而淡水资源仅占2.53%。随着世界工业的发展、人口的增长、城镇化的扩张,已有的淡水资源量不能满足人类日益增长的用水需求,同时污水和垃圾处理能力偏低,水环境和水质不断恶化,使稀缺的淡水资源更加紧缺,因此加强非传统水源的开发已经成为各个国家的战略目标。

我国是世界上缺水最严重的国家之一,水资源总量28124亿立方米,约占世界水资源量的7%,居世界第6位,人均水资源量2200立方米,约是世界平均水平的1/4,被联合国列入13个水资源严重短缺的国家之列。同时,水资源时空分布不均匀,资源型缺水和水质型缺水并存。

我国的环渤海湾有河北、山东、辽宁和天津四省市,以占全国1.8%的土地养育了6.1%的人口,创造了全国

30%的GDP,人均水资源量分别为202立方米、155立方米、213立方米、240立方米,仅为全国平均水平的19%。实际上,从地理概念上讲,北京也属环渤海区域。河北、山东、辽宁、天津、北京是我国非常重要的经济热点区域,在这个地区,水资源相当匮乏,已成为严重影响经济社会可持续发展的瓶颈。

为破解水资源匮乏的瓶颈问题,中央政府和地方政府、行业管理部门给出了各种答案,节水、水资源再生利用、南水北调、海水淡化等。笔者认为,海水淡化不仅可行,而且具有重要的战略意义。

海水淡化产业化的可行性

海水淡化的经济可行性

海水淡化产业涵盖淡水生产、设备制造、工程安装、技术服务等内容,需求前景巨大。世界上通过海水淡化每日的产水量将近4000万吨,并正在以10%~30%的年增长率攀升,其中80%用于饮用水,解决了1亿多人的饮水问题。由此带动了海水淡化产业的整体发展,包括淡水、设备制造、工程安装、技术服务,世界海水淡化市场年成交额已达数十亿美元。BBC Research进行的一项名为“海水和苦咸水淡化(MST052B)”的技术市场研究报告表明,全球海水和苦咸水淡化的市场价值到2015年将增至55亿美元,对各国海水淡化企业来讲是一个机遇。

随着海水淡化装置在设计、工

艺、选材、热效率、规模、运营维护等方面的不断改进和提高,海水淡化的制水成本也越来越低。我国海水淡化产业近年来也取得了一些成绩,国内市场也正在逐步扩大。2005年发改委制定了《海水利用专项规划》,2012年发布《海水淡化产业发展“十二五”规划》,海水淡化逐渐受到重视。渤海地区近两年新建或筹建多座规模化的海水淡化厂,日处理能力基本都在万吨以上。同时青岛、唐山等地正在与境外或者国内投资商签署合同,着眼于投资更大规模的海水淡化装置,规模经济可以降低生产成本。

目前,我国海水淡化吨水成本已经降到5元/立方米(未进入管网),具备了规模化应用和产业化发展的基础。2011年初,天津北疆电厂一期海水淡化装置率先试验将淡化水成规模输配到城市供水管网,以供民用。天津现行的民用自来水价为4.9元/立方米,海水淡化价格为8.15元/立方米。一方面从全球来看,世界各国水费占居民收入比例一般为2.5%~3%之间,原建设部及一些研究机构也曾提出我国城市居民生活用水水费支出占家庭平均收入的2%~3%是比较适宜的。可见,我国的居民水价仍有相当的上涨空间。另一方面海水淡化成本会随着规模化和技术的进步逐步降低,这为海水淡化创造了新的市场机遇。

海水淡化的技术可行性

目前海水淡化的三大主流技术是多级闪蒸、低温多效和反渗透,设备

制造业主要生产化学设备、海水淡化运营设备、能量回收设备。

学者指出,我国在超滤膜在污水处理和中水回用领域取得了良好的业绩,但在海水淡化市场上,超滤膜100%依赖进口;反渗透膜方面,进口膜占据国内海水淡化市场90%的份额,目前国内生产的反渗透膜的最高脱盐率99.6%,低于国际最高标准99.8%。

国内约37%的海水淡化工程采用低温多效蒸馏海水淡化技术,该技术具有进水水质要求低、可靠、经济及出水水质高等特点。但是目前国内日产10万吨以上的大型海水淡化项目基本都是由国外企业承担建设工作。

近几年,我国先后建成3000吨/日低温多效海水淡化、5000吨/日反渗透海水淡化等具有自主知识产权的海水淡化和综合利用示范工程,初步构建了海水淡化的技术体系。专家指出“目前我国的反渗透海水淡化工艺已基本成熟,具备单机规模万吨级以上反渗透海水淡化工程的设计和建设能力”。但是,缺乏大规模反渗透海水淡化成套工程技术和实践,这就需要通过规模示范形成成套技术,提高

我国海水淡化技术的国际竞争力。据统计,渤海湾大规模淡化设备主要依赖于进口,如表1所示。

国际上提倡实行核能海水淡化和太阳能海水淡化,利用可再生能源生产淡水,可以降低污染,节约世界上的非可再生能源。海水淡化是能源密集型产业,据估计,每天生产2600万吨淡水,蒸馏法和膜法技术将消耗原油量约为2.60亿吨,因此在增加淡水资源量的同时,给世界能源和环境带来了新的挑战。从世界能源利用趋势来讲,应开发清洁的可再生能源,如风能、太阳能、地热能、海洋能、核能等。就世界范围来讲,还有很长的路要走。

海水淡化的政策可行性

首先,政策和法规扶持是海水淡化产业化不断推进的动力和保障。其次,由于海水淡化的成本偏高,其淡水价格完全按照市场经济来确定,而自来水则属于社会公益事业,很大程度上受到国家的补助,因此海水淡化在价格上并没有任何优势可言,因此很多国家对海水淡化进行价格补贴,从而推动海水淡化市场的顺利发展。

最后,海水淡化的投资巨大,需要政府融资手段的扶持,如日本将海水淡化供水工程作为公益工程,因此支持力度很大,冲绳岛的日本最大的民用海水淡化厂85%都是由日本中央政府补助。

我国政府高度重视海水淡化及综合利用技术的开发,国务院发布的《国家中长期科技发展规划》中将海水淡化和海水化学资源利用技术列为重点课题,2005年8月发改委发布了第一个《海水利用专项规划》,综合分析了我海水利用所面临的形势,提出了海水利用的指导思想、原则和发展目标,并且具体制定了加快发展海水利用业的政策和措施。2005年,《国务院关于做好建设节约型社会近期重点工作的通知》(国发[2005]21号)中指出要“推进沿海缺水城市海水淡化和海水直接利用”。环渤海地区各省市分别制定了海水利用专项规划。2012年,《海水淡化产业发展“十二五”规划》提出了坚持政府引导和市场机制相结合、坚持积极开发与合理利用相结合、坚持海水淡化与资源综合利用相结合、坚持原始创新、集成创新与引进消化吸收再创新相结合的原则。

我国海水淡化的战略意义

有效开源,促进水源多样化

我国目前面临水资源短缺的危机,开源节流成为一项基本举措。在节约用水、提高用水效率的同时,应大力开发非传统水源,如雨水收集利用、中水回用、远程调水及海水(微咸水)淡化等。但是相比较而言,其他形式都是可用水资源的时空转移,并不能增加总量。南水北调在实践当中已经出现各种相关问题,其根本原因在于水资源转移及其保护涉及的因

表1 国内万吨级海水淡化工程

淡化厂名称	淡化工艺	淡化规模(吨/日)	建成年份	制造商
河北唐山大唐王滩电厂海水淡化装置	RO	1万	2005	欧美公司OMEX, 2006年被美国陶氏收购
天津开发区新水源海水淡化装置	MED	1万	2006	法国ENTROPIE
河北国华沧东黄骅电厂海水淡化装置	MED	2万	2006	法国SIDEM
华能玉环电厂海水淡化装置	RO	3.5万	2006	美国CNC
山东黄岛电厂海水淡化装置	RO	1万	2007	新加坡凯发
河北曹妃甸首钢京唐铁厂海水淡化装置	MED	1.25万	2009	法国SIDEM
天津大港新泉海水淡化装置	RO	2万	2009	新加坡凯发
大连大孤山热电厂海水淡化装置	RO	2万	2009	美国CNC
天津北疆电厂海水淡化装置	MED	10万	2009	以色列IDE
河北国华沧东黄骅电厂海水淡化装置	MED	1.25万	2009	大连理工、上海电气
合计		25万		

来源:国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所

素远非资金投入大、成本高昂。唯有海水淡化能够增加淡水总量，成为传统水源的有效补充。

海水淡化最主要的两个特征就是不受时空限制和无限性。海水不受时空的影响，并且水质稳定，因此海水淡化的发展可以为当地经济和社会发展提供各种水质用水，应对工业发展、城镇化加快带来的用水压力。虽然目前海水淡化的成本在国内还相对较高，但却为保证水安全提供了可靠的补充水源，相对于传统水源，海水淡化更具战略意义。

海水淡化可以提供比较方便的水源地，近海缺水地区可以通过采用淡化水填补传统水源供水量的缺口，可作为供水备选方案。淡化水根据需求分为不同的水质标准，用于工业、电厂、清洗、灌溉或者饮用水等用途，目前我国大多数淡化水用于电厂和工业淡水。天津市作为海水淡化的示范城市，首次将达到直饮标准的淡化水纳入市政管网，通过管道与城市供水管网相连接，与自来水相混合，做饮用水提供给用户。

此外，北京也将视线转向渤海湾的淡化水。由于近几年长江流域的干旱状况，我国的南水北调工程能否达到设计规模成为未知数，原定2010年完工的中线工程推迟。因此，从根本上来讲，增加淡水总量才是最有效的解决方案。目前增加淡水量的途径就是开发丰富的海水资源，向海洋要资源，将海水淡化作为一项战略性方案。

沿渤海湾生态环境恶化的趋势有可能逆转

河北、山东、辽宁和天津的工业、农业、居民生活长期以来一直因为干旱缺水而陷于困惑甚至困境之中。据统计，河北省平原区浅层地下

水位2011年底较2010年同期下降0.34米，其中省会石家庄平均降幅超过1.0米，邯郸、邢台平均降幅超过0.5米，全省有近12万眼机井出水不足或抽不上水，形势十分严峻。由于缺水，陆地生态恶化趋势自不待言。此外，渤海湾作为这四个省市的“纳污水体”连年的生态监测区域都呈现亚健康或不健康的状态。造成这种局面有两个根本原因，一是渤海湾与全球海洋洋流相对隔绝，海流交换十分缓慢，二是长期不断地接受沿岸排污。

如果沿岸大规模、持之以恒地开展海水淡化，那么以上情况可能有根本性的扭转。首先，渤海湾即将成为一个巨大的水源地，环渤海湾人民可以不用或少用地下水，海水淡化后的水用来满足生产和生活用途。更进一步，这些淡化后经生产生活使用过的水，经再生处理，可以给河湖湿地作为水源补充，这样环渤海湾生态缺水的状态可以得到显著改观。再者，通过强化经济结构调整、加强环境保护执法，流入渤海湾的污染负荷逐渐降低，持之以恒的结果就是渤海湾水质得到改善，水体生态环境得到修复。

促进核聚变科研和事业发展

核聚变的原料是海水中的氘（重氢）。海水里的氘只占0.015%，但由于地球上大量海水，每升海水中所含的氘通过核聚变反应产生相当于300升汽油燃烧所放出的能量，因此可以利用的核聚变材料极为丰富。据估计，海水中的氘通过核聚变释放的聚变能可供人类在高消费水平的基础上使用50亿年。当前各核大国科学家们正在积极研究，一些国家已取得重要进展。美国在1999年4月报道，建在美国中部新泽西州郊区普林斯顿大学等离子体物理实验室的“国家球形核聚变实验装置（NSTX）”，缩短了

期望与实际应用聚变能之间的距离。日本从20世纪70年代开始进行核聚变研究，目前已研究开发出五种核聚变反应方式。中国也十分重视核能的开发利用，主要研制开发快中子堆、高温气冷堆和聚变—裂变混合堆三种先进反应堆。如果海水淡化与核聚变原材料提炼与纯化结合起来考虑，那么势必对于核聚变从理想走向现实发挥重要作用。

开发经济可靠的海水淡化技术，加强海岛管理，促进海岛经济发展

我国是海洋大国，海域面积辽阔，其中海岛众多。不少海岛由于缺少淡水资源而疏于管理，并对海岛经济发展构成障碍。应该加强技术研发，开发出兼顾可靠性、经济性的中小规模海水淡化技术。在这种技术支持下，我国广阔海域上大小岛屿的管理和开发必将得到极大的促进，我国海岛经济必将迎来大发展。此外，南海海防也会因此而得到加强和促进。

海水淡化的产业化发展将创造新的经济增长点

目前，海水淡化的国际市场容量很大，对于产业来讲是一个机遇，因此应把握机会大力发展海水淡化技术、设备及相关服务，以强有力的姿态参与到国际竞争中去，扩大出口，逐步实现海水淡化设备的国产化，降低对进口设备和技术的依赖性，提高自身的竞争能力，推动我国海水淡化产业化进程，完善产业化链条，有效补偿淡水资源，支持国家经济建设的发展，从而达到可持续发展。HB

（钟晓红系清华大学环境学院环保产业研究所高级工程师，赵喜亮、黎莹、孔德艳，清华大学环境学院环保产业研究所）