

# 天津市滨海新区海水淡化产业发展前景浅析

屈 涵

(南开大学环境科学与工程学院,天津 300071)

**摘要:**随着天津市滨海新区纳入国家发展战略,滨海新区将迎来快速发展的新阶段,对水资源的需求也将继续增大。该文指出,天津市是中国水资源重度缺乏地区,大力发展海水淡化产业,不仅可有效地缓解滨海新区淡水资源的不足,还可以按照发展循环经济的要求拓展海水淡化利用产业链,形成新的经济增长点。但同时滨海新区大规模发展海水淡化利用产业仍面临若干限制条件,海水淡化所带来的一系列问题亦不容忽视。

**关键词:** 滨海新区;海水淡化;水资源

**中图分类号:** TV213.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-2404(2009)32-0019-04

## 引言

水是关系社会经济发展和国家安全的重要战略资源。世界淡水资源不足,已成为人们日益关切的问题。海水资源是水资源的重要组成部分,开发利用海水资源,实现水资源的优化配置、合理使用、有效保护与安全供给,对于促进经济社会发展、提高人民生活水平和保障国家安全均具有重要的战略意义。作为水资源的开源增量技术,海水淡化已经成为解决全球水资源危机的重要途径,随着水资源短缺形势日益严峻,海水淡化水在一些沿海缺水国家和地区的经济和社会发展中发挥了重要作用。到2006年,世界上已有120多个国家和地区应用海水淡化技术,全球海水淡化日产量约3 775万吨,其中80%用于饮用水,解决了1亿多人口的供水问题。最大的蒸馏法和反渗透法海水淡化厂规模已分别达到日产水45万吨和33万吨,造水成本已接近0.5美元/吨。“向海洋要淡水”已经成为了公认的朝阳产业。

天津市是中国水资源重度缺乏地区,而随着天津滨海新区纳入国家发展战略,滨海新区将迎来快速发展的新阶段,对水资源的需求也将迅速增大。滨海新区东临渤海,海水资源量巨大,输水距离短,具有海水资源直接利用与海水淡化的优越条件。充

分发挥濒临海洋的优势,走开发利用海水之路,是解决天津市淡水资源紧缺的有效途径。

## 1 主流海水淡化技术简介

多级闪蒸(MSF)、低温多效蒸馏(MED)和反渗透(SWRO)是当今海水淡化三大主流技术。

多级闪蒸技术是指加热后的海水,依次通过多个温度、压力逐级降低的闪蒸室进行蒸发冷凝的蒸馏淡化方法。多级闪蒸技术上成熟可靠,运行成本适中,特点是适合大规模生产。主要发展趋势为单机容量进一步扩大,采用聚羧酸酯等新型防垢、抑垢和分散剂,可提升运行温度;采用新型奥氏不锈钢代替镍基合金,进一步提高运行可靠性、稳定性;目前MSF法能耗通常为10kwh-14kwh/m<sup>3</sup>淡水。此法虽有能耗较高的缺点,但仍将在未来海水淡化领域中继续发挥重要的作用。

低温多效蒸馏海水淡化技术是指盐水的最高蒸发温度不超过70℃的海水淡化技术,其特征是将一系列的水平管降膜蒸发器或垂直管降膜蒸发器串联起来并被分成若干组,输入一定量的蒸汽,通过多次蒸发和冷凝,得到多倍于加热蒸汽量的蒸馏水的海水淡化技术。由于节能的因素,近年发展迅速,装置的规模日益扩大,成本日益降低。主要发展趋势为提高装置单机造水能力,改进操作技术,以减少结垢、腐蚀,降低成本,提高操作温度,提高传热效率等。MED法能耗通常为6.0kwh-8.0kwh/m<sup>3</sup>淡水。

反渗透海水淡化技术是指在压力驱动下,溶剂(水)通过半透膜进入膜的低压侧,而溶液中的其他

收稿日期:2009-04-11

作者简介:屈涵(1982-),在读硕士研究生,主要从事环境影响评价与环境规划等方面的研究。

E-mail: nicolas@mail.nankai.edu.cn

组分(如盐)被阻挡在膜的高压侧并随浓缩水排出,从而达到有效分离的过程。海水淡化时,于海水一侧施加一大于海水渗透压的外压,海水中的纯水将反渗透至海水中。为了取得必要的淡化速率,实际操作压力大于 2.5MPa,操作压力与海水渗透压之差,即为过程的推动力。反渗透技术发展很快,工程造价和运行成本持续降低。主要发展趋势为降低反渗透膜的操作压力,提高反渗透系统回收率,提高预处理效率,增强系统抗污染能力等。SWRO 法能耗已降至 3.8kwh-4.3kwh/m<sup>3</sup> 淡水。

目前全球海水淡化设备的市场年销售额已达到近百亿美元,且每年都有较大增长,大规模海水淡化的关键设备主要由发达国家提供,美国和日本分别占市场份额的 30%,韩国占 10%。以色列 70% 的饮用水源来自于海水淡化水,2005 年日产海水淡化水量达 73.8 万吨;阿联酋饮用水主要依赖海水淡化水,2003 年日产海水淡化水量达 546.6 万吨;意大利西西里岛 500 万居民,2005 年日产海水淡化水量为 13.5 万吨,约占全部可饮用水源的 15%-20%。各国在发展海水淡化业的同时,对海水的综合利用也十分重视。直接利用海水作为电力、冶金、石化等高耗水行业冷却水、工艺用水和沿海城市生活用水,利用量已达 5 000 多亿 m<sup>3</sup>/a。在海水化学资源提取方面,除制盐外,海水提取钾、溴、镁等元素及其深加工技术已取得突破,世界年产海盐已达 5 000 万吨,镁及氧化镁 260 多万吨、溴 10 万吨。海水淡化技术与海水化学资源提取技术结合,基本具备了形成海水淡化、海水化学资源提取产业链的发展条件。

## 2 中国海水淡化技术发展现状

中国于 1958 年开始开展电渗析海水淡化的研究。经多年来的不断发展,中国已在海水淡化技术(反渗透法和低温多效蒸馏法)方面取得长足的进步,成为世界上少数几个掌握海水淡化先进技术的国家之一。1981 年西沙建成 200m<sup>3</sup>/d 电渗析海水淡化装置;1997 年,浙江省重大科技攻关项目“500m<sup>3</sup>/d 反渗透海水淡化示范工程”在浙江省嵊泗县嵊山岛建成投产;2000 年,在国家科技部重点科技攻关项目“日产千吨级反渗透海水淡化系统及工程技术开发”的支持下,先后在山东长岛、浙江嵊泗建成了 1 000m<sup>3</sup>/d 反渗透海水淡化示范工程;2003 年,国家发改委高技术产业化项目“山东荣成

日产 10 000 吨级反渗透海水淡化示范工程”一期 5 000m<sup>3</sup>/d 机组在荣成市石岛建成投产;2004 年,国家科技部科技攻关项目“低温多效海水淡化示范工程”3 000m<sup>3</sup>/d 低温多效海水淡化装置在青岛市黄岛电厂建成。

经过近 40 年的研发和示范,中国海水淡化技术已日趋成熟,为大规模应用打下了良好基础。截至 2006 年底,中国日淡化海水能力接近 15 万吨。根据 2005 年发布的《全国海水利用专项规划》,到 2010 年,中国海水淡化规模将达到每日 80 万至 100 万吨,2020 年中国海水淡化能力达到每日 250 万至 300 万吨。国家积极支持海水淡化产业,自 2008 年 1 月 1 日起,企业的海水淡化工程所得免征所得税。中国海水淡化产业发展的前景无疑是广阔的。

## 3 滨海新区水资源现状

天津市淡水资源不足是不争的事实,人均水资源占有量仅为 160m<sup>3</sup>,是全国平均水平的 1/15,远低于国际人均占有水资源量 1 000m<sup>3</sup> 的严重缺水警戒线,属重度缺水地区。近年来滨海新区经济建设迅猛发展,目前国家对滨海新区的发展给予高度重视,优惠政策不断出台,滨海新区的发展将会再上一个新台阶。滨海新区的经济发展和人口的增长,必将使供水需求量大增。预计到 2010 年,年需水量将达到 67 082 万 m<sup>3</sup>,2020 年将达到 105 102 万 m<sup>3</sup>,2030 年将达到 185 267 万 m<sup>3</sup>。而由于滨海新区可供水资源贫乏,供需矛盾十分突出,2010 年缺水 1 312.07 万 m<sup>3</sup>,2020 年缺水 18 125.86 万 m<sup>3</sup>,2030 年缺水 48 981.95 万 m<sup>3</sup>,供水保证率分别为 98%、83% 和 74%。因此,必须多渠道解决滨海新区供水不足的矛盾,才能保障滨海新区的可持续发展。

## 4 滨海新区海水淡化产业现状与前景

目前,天津每年的海水淡化能力达到 500 万吨,在建项目海水淡化能力达到 6 000 万吨,直接利用海水 14 亿吨。目前投入运行的海水淡化项目包括:天津大港电厂两台 3 000 t/d 的多级闪蒸海水淡化装置、天津开发区新水源公司 10 000t/d 的低温多效蒸馏海水淡化装置以及天津市科委 1 000 t/d 反渗透海水淡化示范工程。在建项目包括天津北疆电厂项目、大港海水淡化项目和天津临港海水综合利用一体化项目。北疆电厂规划建设日产 40 万吨的海

水淡化装置,工程总投资 260 亿元。其中一期工程总投资 124 亿元,2010 年全面竣工后可日产 20 万吨淡化海水。大港海水淡化项目总投资 9 000 万美元,选用反渗透法技术,厂房主体施工已基本完工,进入设备安装调试阶段,待设备调试完成后,每天可向中石化 100 万吨大乙烯工程供水 2 万吨。一期建设 10 万 t/d 海水淡化装置,计划今年 7 月建成。临港海水综合利用一体化项目总投资 32.9 亿元,项目海水淡化能力 10 万 t/d。

水资源存量不足是对滨海新区发展的一个重大威胁和挑战,但同时也为海水淡化利用产业提供了广阔的发展空间,会进一步促进海水利用事业的发展。《天津市海水淡化产业发展规划》指出:南水北调实现后,在将海水淡化列入供水计划的情况下,天津城市生产生活用水将全面得到保证,农村用水可以基本保证,还可基本保证城市河湖用水。到 2010 年,天津市海水日淡化量将达到 50 万立方米,海水淡化年生产能力达 1.5 亿吨以上,年海水直接利用量达 40 亿立方米以上。届时,天津将成为中国海水淡化和海水直接利用规模最大的城市。

## 5 制约因素探讨

毋庸置疑,发展海水淡化利用产业是解决滨海新区水资源短缺问题的重要手段。但是大规模发展滨海新区海水淡化利用产业仍然面临一系列的问题。

### 5.1 天津近岸海域海水水质问题

渤海与外海的自然交换、自净能力很弱,天津近岸海域坡缓且多属泥滩,加之子牙新河、大沽排污河等内河排污量大,水质日趋恶化。

根据《2008 年天津市海洋环境质量公报》,2008 年,天津近岸海域海水环境污染状况较去年有所加重,受污染海域主要为汉沽-北塘-塘沽附近海域、大港部分海域及大沽锚地,主要污染物仍然为无机氮和活性磷酸盐。2008 年天津近岸海域中未达到清洁海域水质标准的面积约 2 650 平方公里,占天津市所辖海域的 88.3%,严重污染海域较去年有所增加。

天津近岸海水泥沙含量大,海水含砂量一般在 0.8% - 1.0% (ww);海水中悬浮物含量高,一般在 30mg/L 以上;有机物含量高,海水中 COD 含量一般 COD<sub>Cr</sub> 在 5mg/L 以上;海水浊度 (NTU) 一般在 20

以上。

天津近岸海水水质较差是滨海新区发展海水淡化利用,尤其是发展反渗透法海水淡化利用所面临的首要问题,因此必须重视海水的预处理。针对天津近岸海水水质特点,在海水进入海水淡化装置前,需要通过各种净化处理工艺,将污染严重的海水处理成满足淡化工艺进水水质要求的海水。参考国内已投运海水淡化系统(如大唐王滩电厂海水淡化系统、黄骅港海水淡化系统等)的运行经验,采用混凝+过滤+超滤装置进行预处理,出水的 SDI (Silt Density Index, 污染指数/污染密度指数) 基本可以控制在 3 以下,能够满足后续海水淡化工艺进水的要求。

### 5.2 天津近岸海水温度年际差异问题

北方沿海地区海域冬春季水温低,天津近岸水温一年有 5 个月左右在 10℃ 以下。这意味着每年中约有 4-5 个月的时间,海水的温度不适于海水淡化生产。因此为了提高海水淡化装置的产水效率,需要对海水进行额外的加热处理,这将增加产水的能耗以及成本。当近岸海域水温较低时将电厂凝汽器冷却水排水与海水混合后再引入海水淡化装置,是一种简单有效的解决方案,既可有效利用电厂冷却水的剩余热能,亦降低了海水淡化系统的能耗。可以考虑联建电厂与海水淡化厂,就近引入冷却排放水,达到节能降耗、提高海水淡化装置产水效率的目的。

### 5.3 海水淡化厂本身对环境的影响问题

海水淡化厂排水对环境的影响是不容忽视的。淡化厂排放的浓盐水的盐度一般是取用海水的 2 倍,若直接排海将会造成局部区域的盐度升高,影响该区域的狭盐性生物,密度较高的浓盐水还会阻隔该区域海水的垂直交换,破坏原有的海洋生态环境。采用蒸馏法的海水淡化厂排水温度也较高,会造成排放区域海水中溶解氧含量的降低,甚至导致赤潮的发生。此外还应当注意预处理等工艺中使用的各种化学药剂的处理问题。

国外海水淡化厂排放浓盐水时,通常是把浓盐水引入深海,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。但渤海近海海滩地势平缓,水深较浅,且渤海海水交换缓慢,不可能采取这种方法。根据发展循环经济和海洋环境保护的要求,拓展海水淡化利用产业链,依托天津滨海新区原有的海洋化工产业,将浓盐水变为海洋化工产业的



原料是合理的选择。应当按照可持续发展和循环经济的要求,打破项目界限,整合资源,实现海水净化-净化海水直接利用-海水淡化-淡化水与工业高纯水利用-海水化学资源提取-工业制盐等完整的生态环保、循环经济产业链,切实做到减排降耗,综合利用海水资源。同时不应忽略对排水水质的监测以及各类絮凝剂、微生物杀灭剂等的回收、处置。

发展海水淡化利用产业是扩大滨海新区水资源供应量的有效方式,是解决滨海新区水资源短缺问题的重要手段。南水北调实现后,在将海水淡化列入供水计划的情况下,天津城市生产生活用水将全面得到保证,农村用水可以基本保证,还可基本保证城市河湖用水。天津将成为全国海水淡化关键技术的研发中心、海水淡化设备的制造基地和海水淡化及利用示范城市。但同时应当注意到,滨海新区大规模发展海水淡化利用产业仍面临诸多限制条件,海水淡化所带来的一系列问题亦不容忽视。应通过

加强管理、技术改进、拓展海水淡化产业链等方式降低海水淡化的成本和能耗,减少海水淡化对渤海海洋环境的影响。如此方能扬长避短,发挥海水淡化在水质及保证率方面的优势,解决滨海新区的水资源短缺问题。

#### 参考文献

- [1] 谭永文,谭斌,王琪. 中国海水淡化工程进展[J]. 水处理技术,2007,(1).
- [2] 李晓峰,张宏业等. 天津市不同后备水资源对比评价研究[J]. 自然资源学报,2006,(1).
- [3] 初庆伟,赵敏佳,李思吉等. 大唐王滩电厂海水淡化系统两年运行经验[J]. 中国建设信息(水工业市场), 2008,(6).
- [4] 苏尧,叶春松. 黄骅港海水淡化预处理工艺试验研究[J]. 电力设备,2007,(3).
- [5] 王保栋. 海水淡化厂排水对海洋生态环境的影响[J]. 海洋开发与管理,2007,(4).

## Desalination Industry in Tianjin Binhai New Area

Qu Han

(College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin300071, China)

**Abstract:** While the construction of Tianjin Binhai New Area has been included into the national development strategy, Binhai New Area is to be entering a new stage of rapid development, which makes the need for water resource more and more significant. Tianjin municipality is located in one of the severely water-deficient regions in China and the development of desalination industry can effectively alleviate such a critical situation. Meanwhile according to the principle of Circular Economy, the extended industry chain of seawater desalination can also create new economic growth area. However the current extension of seawater desalination industry still faces several restrictions and the environmental impacts of large-scale seawater desalination are yet to be solved.

**Key words:** Binhai New Area; seawater desalination; water resource