

基于 SWOT 分析的海水淡化补给京津冀水资源供给战略研究

刘淑静,张拂坤,王静,邢淑颖,陈爱慧,李磊

(自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所,天津 300192)

摘要:海水淡化作为稳定、优质的增量水源,是解决京津冀水资源短缺的重要途径和战略选择,是保障区域水资源安全供给的重要举措。紧密围绕京津冀水资源安全战略,针对京津冀地区水资源短缺现状及未来发展需求,客观分析京津冀海水淡化现状,使用 SWOT 矩阵分析方法对海水淡化补给京津冀水资源供给进行了战略分析和选择,并从加大海水淡化科普宣传教育、加强京津冀水资源的统一调配和管理、充分释放已有海水淡化产能、建立海水淡化区域供水工程、突破大型海水淡化装备制造瓶颈、构建自主海水淡化产业链条等六方面提出对策建议。

关键词:京津冀;海水淡化;水资源;安全;SWOT

中图分类号:P747

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2021)03-0052-04

推动京津冀协同发展是国家重大战略,随着人口、产业的集聚和京津冀一体化进程的加快,水资源短缺问题日益加剧,现已成为制约京津冀经济社会可持续发展的瓶颈。海水淡化是水资源开源增量技术,是从根本上解决水短缺问题的有效途径^[1-2]。为保障京津冀协同发展国家战略的深入实施,有必要深挖海水淡化补给京津冀水资源供给的潜力。然而,现阶段的海水淡化技术在国内大规模应用还存在一定阻碍,亟须开展海水淡化在补给京津冀水资源安全供给中的战略分析和对策研究。

1 京津冀地区水资源短缺现状分析

水是基础性自然资源和战略性经济资源,人口密集、经济发达的京津冀地区是我国缺水最严重的地区之一。其中,京津冀地区的水资源总量为

217.2 亿 m³^[3],占全国总量的 0.8%;人均淡水资源量为 161 m³,为全国平均水平的 7.7%,远低于国际公认的年人均水资源警戒线 1700 m³^[4],属极度缺水地区之一。资源性缺水和水质性缺水并存,水生态环境长期处于严重超载状态,水资源短缺严重。表 1 为京津冀地区水资源量及供水情况^[5-7]。

目前,解决京津冀水资源短缺问题主要靠节水、利用本地水和远距离调水以及海水淡化水、可再生水等非常规水资源利用。随着节水型社会建设的深入推进,京津冀地区工业用水效率在全国处于领先水平^[8],在缓解区域水短缺问题上发挥了重要作用。分析表 1 可知,由于本地水资源量有限,京津冀地区现主要依赖南水北调水、引黄水等客水和超采地下水来支撑经济社会发展。由于大量超采地下水,现华北地区地下水超采累计亏空 1800 亿 m³ 左

表 1 京津冀三地水资源量及供水情况

省市	水资源总量/亿 m ³	人均水资源量/m ³	缺水状况	总供水量/亿 m ³	本地地表水源供水量/亿 m ³	地下水源供水量/亿 m ³	南水北调等引调水量/亿 m ³	其他水源供水量/亿 m ³
北京市	35.46	165	极度缺水	39.3	3	16.2	9.3	10.8
天津市	17.58	113	极度缺水	28.4235	4.2166	4.4065	15.2467	4.5537
河北省	164.04	217	极度缺水	182.42	42.06	106.15	28.38	5.83

注:北京市其他水源供水量指再生水量,天津市其他水源供水量包括污水处理回用量、海水淡化量,河北省其他水源供水量包括污水处理回用量、雨水利用量及海水淡化量。

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC0403502);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(K-JBYWF-2018-T05)

作者简介:刘淑静(1975—),女,教授级高级工程师,主要从事海水利用发展战略研究。E-mail: liushujing18@163.com

右,超采面积达到 18 万 km²,已导致部分区域出现地面沉降、海水入侵等一系列环境灾害问题。可见,调水并未从根本上解决京津冀协同发展面临的水危机,水资源短缺和水环境恶化依然是制约京津冀地区经济社会可持续发展的瓶颈和“短板”,迫切需要开发新水源,弥补水缺口。

海水淡化是水资源开源增量技术,既可用于饮用又可用于工业、生态等用水。与长距离调水相比,海水淡化具有占地少、投资小、技术灵活、不受气候影响等优势,是解决沿海水资源短缺的有效途径。再生水是指将生活污水、工业废水等经适当再生工艺处理后使水质达到一定标准^[9],并在与标准相适应的范围内重复使用的水,成本低,主要用于农业灌溉、景观水体、城市绿化和工业用水等,一般不做饮用水。为从根本上破解京津冀面临的水危机问题,有必要在继续加大节水力度、适度跨流域调水及加快发展再生水的同时大规模发展海水淡化,一方面可以解决沿海一线用水问题,另一方面也可向北京、雄安新区等供水,保障区域水资源安全供给和可持续利用。

2 京津冀海水淡化发展现状

国际上海水淡化技术成熟、应用广泛。海水淡化水作为主要增量水源应用范围遍及 160 多个国家和地区,有 3 亿多人因此受益。截至 2018 年 6 月,全球淡化(海水及咸水)工程规模为 9 820 万 t/d^[10],约 60% 淡化水作为市政供水。经过多年发展,我国海水淡化已经攻克反渗透和低温多效主流海水淡化技术,是世界上少数几个同时掌握热、膜两种主流海水淡化技术的国家之一。截至 2018 年底,全国已建成海水淡化工程规模 120.17 万 t/d^[11]。

京津冀地区是我国海水淡化发展应用先进地区之一,海水淡化水作为补充水源,已在天津、河北两地发挥了重要作用。截至 2018 年底,京津冀地区现有海水淡化装机规模已达到 49.07 万 t/d^[11],占全国总规模的 40.83%,并以大型海水淡化工程为主。工程规模及全国占比如表 2 所示。其中,天津海水淡化装机规模 31.72 万 t/d、河北海水淡化装机规模 17.35 万 t/d。天津北疆电厂 20 万 t/d 低温多效海水淡化工程和天津大港新泉 10 万 t/d 反渗透海水

表 2 京津冀海水淡化工程规模

省市	所有规模		万吨级及以上	
	数量/个	规模/(万 t·d ⁻¹)	数量/个	规模/(万 t·d ⁻¹)
全国	142	120.17	36	105.96
京津冀	15	49.07	10	47.75
京津冀占比/%	10.56	40.83	27.78	45.06

淡化工程分别是全国最大的低温多效和反渗透海水淡化工程。

3 海水淡化补给京津冀水资源供给的 SWOT 矩阵分析

3.1 基于 SWOT 矩阵的战略分析

3.1.1 优势(S-Strengths)

a. 发展海水淡化需求迫切。作为全国经济最具活力、开放程度最高、创新能力最强、吸纳人口最多的区域之一,京津冀地区水资源匮乏,水资源情况与生产力布局不相适应的矛盾十分突出。该区域以全国 2.3% 的国土面积,承载了全国 8% 的人口和 10% 的 GDP,但水资源量的占比不足 1%^[12]。随着人口、产业的集聚和京津冀一体化进程的加快,水资源短缺问题日益加剧,发展海水淡化需求迫切。

b. 区位条件优良。京津冀地区位于华北平原北部,东邻渤海湾,海陆兼备,拥有 600 多公里海岸线^[13],海水利用条件便利。而且,长芦盐场、南堡盐场分布在天津、河北两地,具有综合利用海水淡化排放浓海水的地理区位条件。

c. 技术创新能力强。京津冀地区是我国最早开展海水淡化技术研发及应用的地区,是我国海水淡化科技创新资源最富集的区域之一,拥有一批从事海水淡化及综合利用研究、应用与装备制造的科研院所、高校和企业,整体研发实力全国领先,掌握热、膜两种海水淡化技术。

d. 地方政府支持。天津、河北两地积极推进海水淡化水在当地的的应用。如:为鼓励企业供水,天津市采用了“提高上网电价”的方式对天津国投北疆电厂 20 万 t/d 海水淡化工程的产水成本进行补贴;河北省以“每年增加发电量 100 小时”的形式,对国华沧东发电有限公司 5.75 万 t/d 海水淡化工程的产水成本予以补贴。

3.1.2 劣势(W-Weaknesses)

a. 海水淡化水大规模进入市政供水管网存在困难。由于淡化水出口不畅、缺少接收用户,已建海水淡化工程产能闲置严重^[14],如:天津北疆电厂 20 万 t/d 低温多效海水淡化工程是目前国内最大规模工程,其实际产能仅为 3 万~5 万 t/d,不足设计产能的 25%,大规模海水淡化水进入市政管网存在困难。

b. 自主技术工程化应用能力不足。区域内大型海水淡化厂的装备技术几乎都是国外技术,自主技术应用少,协同创新和集聚度不够,自主技术装备的创新能力和成果转化水平有待提升,全产业链条尚未形成。

c. 海水淡化排放的浓海水接纳海区为半封闭

海湾。区域内海水淡化浓海水排海的主要接纳海域为渤海湾海域。该海域属于半封闭海湾,湾内海水与外海海水交换周期长,扩散条件不佳。根据《渤海综合治理攻坚战行动计划》和有关要求,在渤海,特别是渤海湾海域增设浓海水排放口将会受到较为严格的限制。

3.1.3 机遇(O-Opportunities)

a. 京津冀协同发展战略深入实施需要安全的水资源供给。当前,京津冀协同发展正在向纵深推进,水资源供给的安全保障至关重要。从长远看,京津冀水资源现有存量已不能解决现有问题,地下水压采、限采日益严格,只能通过寻找增量,即应用海水淡化水来解决。

b. 华北地区地下水超采综合治理迫切需要多渠道增加水源补给。2019年1月,水利部、财政部、国家发展改革委、农业农村部联合印发了《华北地区地下水超采综合治理行动方案》,明确提出要加大当地水和非常规水利用,在有条件的沿海城镇,将淡化海水作为市政新增供水及应急备用水源。

c. 自主海水淡化技术经济可行。经过多年发展,我国已攻克低温多效和反渗透海水淡化技术,物耗能耗等技术指标与国际接轨,技术成熟度较好,工程建设投资和造水成本与国际水平基本持平,具备了规模化发展的条件。

d. 海水淡化产生的浓海水直接排海是国际通用做法^[15]。一般采取混合排放、扩散排放以及科学选址等措施降低影响^[16-18],通过多年监测,尚未发现浓海水排海对海洋生态环境有不利影响。

3.1.4 威胁(T-Threats)

a. 社会公众对海水淡化的认知存在误区。对海水淡化水是否适合饮用、浓海水排放是否会影响海洋环境等仍存在疑虑。

b. 现有规划政策的约束性不强。虽然国家及天津、河北出台了一些规划意见政策,但由于非强制性要求,一些规划政策仍难以真正落地实施。

c. 海水淡化成本仍然偏高。目前,我国海水淡化水的吨水成本约4.5~8元/t,与沿海自来水2~5元/t的水价相比,全成本核算的海水淡化成本仍然偏高。

d. 关键核心部件依赖进口。反渗透膜、能量回收装置、高压泵等关键核心部件材料仍需要进口,自主关键技术、核心部件亟须熟化与验证。

3.2 基于SWOT分析的战略选择

根据对海水淡化补给京津冀水资源供给的现状条件分析,梳理海水淡化在补给京津冀水资源供给中的优劣势和机遇挑战,建立SWOT分析矩阵,开展战略选择研究(表3)。

当前,京津冀协同发展正在向纵深发展,水资源供给的安全保障至关重要。根据SWOT矩阵分析结果,海水淡化补给京津冀水资源供给的战略选择应以SO战略为主,即在京津冀地区大规模发展海水淡化,充分释放现有产能,应用海水淡化水置换出大量生活工业用水,提高区域内海水淡化水配置比例,全面补给京津冀水资源供给。同时,集聚产业发展,以科技创新引领发展自主海水淡化装备制造,突破关键核心技术装备,构建完整产业链条,形成新的海洋经济增长点。

表3 海水淡化补给京津冀水资源供给SWOT矩阵分析和战略选择

		内部条件	
		优势(S)	劣势(W)
外部条件		1. 发展海水淡化需求迫切 2. 区位条件优良 3. 技术创新能力强 4. 地方政府支持	1. 海水淡化水大规模进入市政供水管网存在困难 2. 自主技术工程化应用能力不足 3. 海水淡化排放的浓海水接纳海区为半封闭海湾
机遇(O)	增长性战略(SO-战略)	扭转性战略(WO-战略)	
1. 京津冀协同发展战略深入实施需要安全的水资源供给 2. 华北地区地下水超采综合治理迫切需要多渠道增加水源补给 3. 自主海水淡化技术经济可行 4. 海水淡化产生的浓海水直接排海是国际通用做法	1. 大规模发展海水淡化,海水淡化水全面补给京津冀水资源供给 2. 应用海水淡化水置换出大量生活工业用水,补给京津冀地下水水源 3. 集聚产业发展,构建集研发设计、整机制造、装备制造、设备加工、关键材料部件与药剂生产、工程总包于一体的海水淡化产业链	1. 突破体制机制制约,建立自主大型海水淡化技术示范工程 2. 发展海水淡化自主装备制造业,培育新的海洋经济增长点 3. 加强协同创新,就海水淡化核心技术开展联合攻关,突破“卡脖子”技术	
威胁(T)	多元化战略(ST-战略)	防御性战略(WT-战略)	
1. 社会公众对海水淡化的认知存在误区 2. 现有规划政策多约束性不强 3. 海水淡化成本仍然偏高 4. 关键核心部件依赖进口	1. 允许海水淡化水进入市政供水管网,充分释放现有海水淡化产能,提高区域内海水淡化水配置比例 2. 海水淡化技术拓展应用于苦咸水、中水/污水处理、废水资源化利用、黑臭水体治理等领域 3. 依托附近盐场,将海水淡化产生的浓海水排入盐场进行综合利用,大力发展海水淡化循环经济	1. 做大做强本土膜产品、海水水处理药剂等产品,依托品牌产品向外发展 2. 升级改造传统产业,加大产品开发力度,集中力量开发淡化后浓海水化学资源利用的高端产品 3. 加大对海水淡化的宣传教育与引导	

4 海水淡化在补给京津冀水资源供给中的对策建议

综合分析可知,海水淡化在补给京津冀水资源供给中所面临的形势是机遇与挑战并存,但机遇大于挑战。为进一步提高区域水资源承载力、促进海水淡化规模化应用、保障水资源安全供给,结合SWOT矩阵分析结果,研究提出海水淡化在补给京津冀水资源供给中的对策建议。

4.1 加大海水淡化科普宣传教育

通过电视、网络、报纸等多种媒体宣传报道、举办科普展览和组织参观示范工程等多种方式,加大海水淡化宣传力度,引导民众科学对待海水淡化,推广海水淡化水使用安全性、稳定性的应用理念,走出“海水淡化水不宜长期饮用”等认识误区。

4.2 加强京津冀水资源的统一调配和管理

合理配置区域内地表水与地下水、本地水与外调水、再生水与海水淡化水等非常规水源供水,将海水淡化水作为京津冀地区的主要增量水源,提高其在区域水资源供给中的配置比例,构建多水源供水保障体系。

4.3 充分释放京津冀已有海水淡化产能

进一步加大体制机制政策创新,通过工业“点对点”供水、政府建设公共输水管道、沿海新增高耗水企业必须使用海水淡化水等措施,充分释放已有海水淡化产能,海水淡化水主要供给京津冀沿海一线的工业、市政用水,弥补地下水超采水资源缺口。

4.4 建立海水淡化京津冀区域供水工程

依托天津滨海新区、沧州渤海新区和唐山曹妃甸等沿海一线工业园区,建设自主大型海水淡化项目,开展自主首台(套)海水淡化装备的应用和为园区供水的技术、政策、模式示范,为解决区域水资源短缺提供样板。

4.5 突破大型海水淡化装备制造瓶颈

整合优势资源,依托京津冀海水淡化科技力量,开展协同联合攻关,重点开展“高效、节能、低成本、高可靠、生态化”的海水淡化关键技术和装备研究以及浓海水综合利用,突破大型海水淡化装备制造技术瓶颈,形成定型产品。

4.6 构建自主海水淡化产业链条

海水淡化产业链条长,涉及材料、设备、零部件制造、药剂生产等多领域,市场规模巨大。依托京津冀已有技术产业优势,构建集研发设计、整机制造、装备集成、设备加工、关键材料部件与药剂生产、工程总包于一体的海水淡化产业链,培育具有国际竞

争力的领军企业,提高区域竞争力。

参考文献:

- [1] 张玲玲,何梦婷,王宗志,等.滨海缺水城市海水淡化全成本分析:以华能威海电厂为例[J].水利经济,2021,39(1):31-35
- [2] 王静,刘淑静,陈爱慧,等.基于层次分析法的我国海水淡化开发利用潜力评价方法研究[J].水利经济,2020,38(6):12-14.
- [3] 水利部.2018年中国水资源公报[R].北京:水利部,2019.
- [4] 黄立叶,李莎,史筱飞,等.山东省海水淡化产业发展对策研究[J].工业水处理,2019,39(8):5-8.
- [5] 北京市水务局.2018年北京市水资源公报[R].北京:北京市水务局,2019.
- [6] 天津市水务局.2018年天津市水资源公报[R].天津:天津市水务局,2019.
- [7] 河北省水利厅.2018年河北省水资源公报[R].河北:河北省水利厅,2019.
- [8] 工业和信息化部节能与综合利用司.《京津冀工业节水行动计划》解读[J].中国信息化,2019(10):25-27.
- [9] 住房和城乡建设部.城市污水再生利用城市杂用水水质:GBT 18920-2002[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [10] GWI. IDA desalination yearbook 2017-2018[M]. United Kingdom: Media Analytics Ltd., 2018.
- [11] 自然资源部.2018年全国海水利用报告[R].北京:自然资源部海洋战略规划与经济司,2020.
- [12] 杜朝阳,于静洁.京津冀地区适水发展问题与战略对策[J].南水北调与水利科技,2018,16(4):17-21.
- [13] 魏丽华.津冀港口群一体化在京津冀协同发展中的定位、困境与路径选择[J].中国流通经济,2016,30(4):72-77.
- [14] 王锐浩,黄鹏飞,王生辉.我国大型海水淡化工程建设运营现状及制约因素分析[J].盐科学与化工,2019,48(11):1-5.
- [15] EDWARD J, MANZOOR Q, MICHELLE T H, et al. The state of desalination and brine production: a global outlook [J]. Science of the Total Environment, 2019 (657): 1343-1356.
- [16] VEERA G G. Sustainable desalination handbook—plant selection, design and implementation [R]. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2018.
- [17] HILA F, KATARINA E F, EYAL R, et al. Chronic effects of brine discharge from large-scale seawater reverse osmosis desalination facilities on benthic bacteria [J]. Water Research, 2019(151):478-487.
- [18] THOMAS M M, ROBERT G M. Environmental issues in seawater reverse osmosis desalination: Intakes and outfalls [J]. Desalination, 2018(434):198-215.

(收稿日期:2020-03-26 编辑:高虹)