

山东省海水利用业发展对策研究^{*}

赵玉杰, 郝艳萍

(山东社会科学院海洋经济研究所 青岛 266071)

摘 要: 山东尤其是胶东沿海地区, 淡水资源严重短缺, 海水利用已成为解决山东沿海地区水资源短缺的现实选择。文章在阐明山东海水利用产业发展现状的基础上, 分析山东海水利用业的产业结构, 剖析产业发展存在的问题, 认为山东海水利用技术已基本成熟, 海水利用产业已有一定的基础和规模, 但产业规模仍较小、发展速度较慢、综合配套弱, 需要政府给予进一步的引导和扶持。

关 键 词: 山东; 海水综合利用; 发展对策

山东省海岸线长达 3 121 km, 占全国海岸线的 1/6, 海水资源非常丰富; 但淡水资源严重短缺, 人均水资源量仅有 328 m³, 尚不到全国人均水资源量的 1/6。尤其是胶东沿海地区, 淡水资源更是极度匮乏, 青岛、烟台、威海等城市的人均生活用水量多年来徘徊在每年仅数十立方米。水资源已经成为制约社会进步和经济发展的瓶颈。海水利用已成为解决山东沿海地区水资源短缺的现实选择。

1 山东省海水利用产业发展现状

海水利用主要有 3 个方面: 一是海水代替淡水直接作为工业用水和生活杂用水, 用量最大的是做工业冷却用水, 其次还可用在洗涤、除尘、冲灰、冲渣、化盐制碱和印染等; 二是海水经淡化后, 提供高质淡水, 供高压锅炉用, 淡化水经矿化后作饮用水; 三是海水综合利用, 即提取化工原料等。

1.1 海水直接利用

海水冷却指用海水取代淡水作为工业冷却水, 是海水直接利用的主要方式之一。在海水冷却技术方面, 海水直流技术已得到广泛的应用推广。海水循环冷却技术进入 1 万 m³/h 级产业化示范阶段。山东省鼓励电力、石化、化工、钢铁等高用水行业利用海水替代淡水发展生产, 并对海水淡化、水电联产、海水冷却和海水冲

洗等项目, 优先立项, 重点支持。目前, 火电厂和核电厂直接利用海水作为工业冷却水已有一定规模, 沿海一些火电厂开始应用海水脱硫。目前主要应用于沿海城市和苦咸水地区的电力、石化、钢铁和化工等行业。

为进一步推广海水直接利用, 山东省沿海各市具备海水利用条件的化工等行业以解决冷却用水为重点, 分期分批推广应用海水直流冷却和循环冷却技术, 鼓励应用海水循环冷却技术, 建设海水循环冷却示范工程。威海市主要有华能电厂和新力热电两家企业利用海水进行循环冷却, 华能电厂循环冷却每年利用海水 2 500 万 m³, 新力热电每年利用海水 5.5 亿 m³。烟台市从 1998 年起, 开始把海水用作工业冷却水。目前, 山东百年电力发展股份有限公司、蓬莱东海热电有限公司和烟台西部热电有限公司等, 每年用海水冷却水用量达 10 亿 t。其中, 山东百年电力发展股份有限公司全年用海水冷却水约 8.76 亿 t, 可节约淡水 660 万 t; 烟台西部热电有限公司的海水冷却系统日节约淡水 2 000 t, 均获得巨大的经济效益。

山东在生活用水方面, 利用海水灌溉蔬菜、冲厕等方面也取得了成功。2009 年胶南市海之韵小区“海水冲厕”项目通过了科技部的验收, 目前该小区的冲厕用水占到居民全部生活用水

^{*} 基金项目: 2011 年省软科学重大项目《山东战略性海洋新兴产业发展对策研究》(2011RKMA005) 的阶段性成果之一。

的30%,日节约生活用水量近300 t,年节水量超过10万t。公厕用海水价格低廉,仅为2元/ m^3 ,比普通生活用水还便宜0.3元。海之韵小区已正式成为我国内地首家将海水引入大生活用水的示范小区。

2004年全国首个海水空调项目在青岛建成,该项目是利用少量电能从海水中提取热量和冷量,达到制热和制冷的效果。据预测,使用海水源热泵技术制冷供热的成本比使用燃气锅炉每年要节约成本40%左右,运行费用每年要节约一半,使用年限要高于燃气锅炉10年以上。

1.2 海水淡化

山东是全国海水淡化应用最广泛的省份。海水淡化技术日渐成熟,主要以反渗透和低温多效蒸馏为主,海水淡化量占全国的一半以上。截至2006年年底海水直接利用量超过20亿 m^3 。建成海水淡化工程17处,日淡化海水3.5万t,占全国淡化水量的25%。目前,山东省海水淡化利用的进程不断加快。在未来几年,预计投资36.12亿元,兴建21处海水淡化工程,日淡化能力达到41万 m^3 ,年供水量达13 969万 m^3 以上。目前,大型的海水淡化项目主要分布在青岛、烟台和威海3个城市。

1.2.1 青岛海水淡化现状

青岛的海水淡化产业走在全国前列,海水淡化日生产总规模已超过3 200 t。海水淡化技术逐渐成熟,海水淡化的吨成本包括设备折旧与投资回报已降至5元左右,而且海水淡化水的水质已达到瓶装饮用纯净水标准。海水变淡水优势日益凸显,产业化前景十分可观。

青岛黄岛发电厂是山东省淡化海水利用的一个成功典型。黄岛发电厂近年与天津海水淡化与综合利用研究所合作,启动了低温多效海水淡化工程,生产出高标准的锅炉用水和优质的纯净饮用水。其中,海水淡化的锅炉用水已占到整个锅炉供水比例的100%,节约自来水173万t,为企业节约水费支出567万元;纯净饮用水水质高于国家颁布的饮用纯净水水质要求,目前日产纯净水60 t。黄岛发电厂已拥有两条日产3 000 t、一条日产10 000 t反渗透海水淡化装置,日淡化水能力达1.6万t,不仅满足了开

发区企业工业用水需求,还可作为市政用水。青岛百发海水淡化项目是我国目前最大的海水淡化项目,总规模为10万t/d,目前已基本完工,投产后淡化水将直接进入自来水市政管网供市民饮用,每天提供的淡水将占目前市内4区淡水量的1/6。此外,青岛3个日产水7 000 m^3 以上的海水淡化项目正在加紧建设。在不久的将来,胶州湾将成为青岛市居民日常淡水供应的“水源地”,届时居民规模利用淡化海水真正成为现实。

未来的5~10年内,青岛市还将陆续建设或扩建11处滨海海水淡化厂、4处海岛型小型淡化装置和1处内陆苦咸水淡化厂。预计2015年,海水淡化能力达38万t/d,海水淡化产业年总产值达到120亿元,带动机械制造、高分子材料和技术服务等行业产值增加400亿元。

1.2.2 威海

威海市华能威海电厂是威海市主要的海水淡化企业,年淡化海水237万 m^3 ,日产淡水2 500 t。截至2005年7月刘公岛海水淡化项目投产,威海在建和已建成的海水淡化工程总处理能力可达到1.8万t/d,接近目前市区日用水量的1/5。威海市的海水淡化应用范围已经从工业领域扩展到民用领域,初步形成了产业化。

总体来看,威海市海水利用业开发规模不大,层次不高。目前,海水利用企业仅有2家,全年海水利用量仅为5.75亿 m^3 ,适用范围局限在海水冷却和海水淡化两个方面。

1.2.3 烟台

烟台的海水淡化业主要分布在部分海岛上。由于独特的地理环境,海岛上淡水极度匮乏。为解决岛上居民的生活用水,2000年长岛县投资1 200万,在南长山岛建成首座1 000 t海水淡化装置;此后又在长岛县建立了5座海水淡化站,总规模达到日产淡水1 850 t,使10个有人居住海岛中6个用上海水淡化水,直接受益人口达3.6万人,占全县总人口的81%^[1]。

崆峒岛的海水淡化工程,日淡化海水能力达500 m^3 ,基本满足岛上军民需要。此外,烟台核能海水淡化示范工程已获批准,进入可行性研究阶段,工程建成后,可以日产淡化海水

14.5万 m³, 将大大缓解烟台水资源的紧张状况。

山东鲁北反渗透海水淡化产业化示范工程项目已进入可行性研究阶段, 建成后日产淡化海水2万 m³, 将缓解滨州的水资源紧张状况。

1.3 海水化学资源的综合利用

近年来, 山东省海水综合利用取得新突破。其中, 以海化集团和鲁北集团为代表的“一水多用”模式, 不仅可以丰富水产养殖的品种, 还降低了制盐和化工生产的能源消耗, 实现了在现有技术经济条件下海水资源的最大化利用。据不完全统计, 全省海水资源综合利用产值已达26亿元。目前, 山东沿海地区已将海水“一水多用”技术作为发展重点, 加大从海水中提取盐、溴、镁等系列产品的研发和推广力度, 建设大规模海水提溴、提镁示范项目。将海水淡化与发展新型制盐业相结合, 利用海水淡化产生的浓海水制盐。

山东鲁北企业集团在海水综合利用方面, 已建成了“初级卤水(浓缩海水)养殖、中级卤水提溴、饱和卤水制盐、苦卤提取钾镁、盐田废渣盐石膏制硫酸联产水泥、海水送热电冷却、精制卤水送到氯碱装置制取烧碱”的海水“一水多用”产业链^[2], 极大地降低了生产成本。检测表明, 鲁北生态工业园的科技、经济、社会、生态等综合贡献率, 高出丹麦卡伦堡生态工业园1倍。山东海化集团以发展海洋化工新兴产业为主导。主要产品有40多种, 其中纯碱、原盐、溴素、三聚氰胺和氯化钙等10种产品产量及市场占有率均居全国首位, 成为全国最大的海洋化工生产基地和出口创汇基地。

东营市、滨州市沿海地区也大力发展以原盐生产为基础、盐化工与养殖为两翼的“一水多用”循环发展模式, 将海水先用于鱼、虾、贝、蟹混养, 等养殖品种出池后, 再将海水放养卤虫, 待卤虫出池后, 再将海水提溴, 提溴后的海水晒盐, 最后将晒盐后排出的苦卤加工成氯化镁等化工产品。大大提高了海水的综合利用率, 并获得了可观的经济收益。2008年, 东营市河口区新户乡滩涂养殖面积已发展到1.1万 hm², 海产品总产量达到5万 t, 实现产值

2.6亿元; 盐田开发面积已达1.33万 hm², 结晶区面积600万 m², 全乡生产原盐35万 t、溴素2600 t, 实现财政收入1400万元。

青岛利用海水淡化剩余的浓盐水制盐, 既减少晒盐时间、晒盐池占地面积, 又大大降低盐田制盐成本。经初步估算, 制盐成本将减少1/3左右。同时, 从剩余的浓盐水中提取钾、镁等元素, 作为化学肥料的原料应用于农业。

2 山东海水利用业的结构分析

2.1 产业结构

(1) 海水淡化以解决海岛军民、沿海城市居民生活用水和作为锅炉补水等工业用水为重点, 使海水淡化水成为海岛的第一水源、沿海城市的重要水源。海水淡化技术主要以低温多效蒸馏和反渗透为主。

(2) 海水直接利用主要在电力、化工等行业用作冷却用水, 鼓励应用海水循环冷却技术, 建设海水循环冷却示范工程。如, 利用热电厂海水冷却排放的温排水开展海水养殖, 实现资源的循环利用和综合利用, 建立封闭型循环海水养殖示范项目, 避免或减少养殖排水对海域的污染。扩大海水直接利用领域, 推广海水源热泵技术, 鼓励电力、钢铁、石化、化工等行业利用海水脱硫、冲灰、冲渣。建设一批海水抽水站、配水库、输送管道等设施, 逐步扩大生活用海水的使用范围。

(3) 在海水化学资源综合利用方面, 发展重点是海水“一水多用”模式, 把海水循环冷却、余热海水利用、海水淡化以及化学资源利用有机结合起来, 延伸海水利用产业链, 实现资源综合利用。

(4) 利用新能源发展海水淡化。海水淡化技术所需能源主要来自石油、煤炭等化石燃料。传统的化石燃料是不可再生能源, 随着海水淡化规模的不断扩大, 势必给环境带来新的压力。从世界能源利用趋势看, 传统化石燃料的替代型能源主要有风能、波浪能、太阳能、地热能、海洋能和寄生物质能等^[3]。山东拥有丰富的风能、波浪能和潮汐能, 可将这些可再生资源与海水淡化相结合的工艺与技术, 实现环境零

污染。

2.2 空间布局

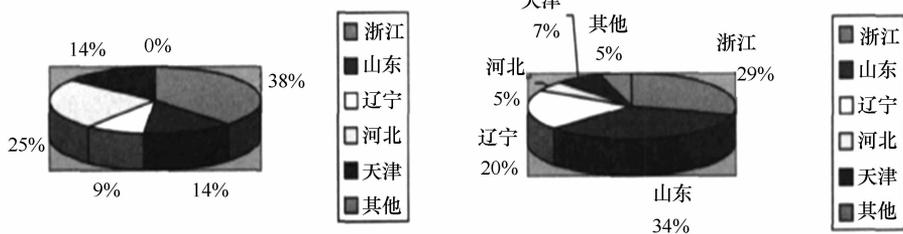
山东海水利用业在空间结构上呈现出以青岛为中心, 沿海岸呈带状分布的特点。山东省正在努力打造 1 个海水利用综合区: 青岛海水利用业几乎涵盖了海水冲厕、工业冷却、海水采暖和制冷、海水淡化、海水加工等各个方面, 作为集科研、应用、产业化示范于一体的海水利用中心发展区, 为沿海其他地区提供海水利用咨询、设备设计加工等服务。建设 3 个产业带, 包括烟台、威海建设海水淡化产业带、潍坊、滨州、东营建设海水化学资源综合利用产业带, 环山东半岛沿海工厂化海水养殖产业带; 实施 4 个示范工程 (烟台牟平区养马岛 16 万 m^3/d 低温核能海水淡化工程、青岛黄岛电厂 8 万 m^3/d 海水淡化工程、青岛百发 10 万

m^3/d 反渗透海水淡化工程、沿海高耗水企业海水直接利用示范工程)。

2.3 山东海水利用业在全国的地位

山东海水利用业中, 海水淡化业相对发展得比较成熟。下面以海水淡化业为例, 分析山东海水利用业在全国的地位。

我国海水淡化技术已日趋成熟。据统计, 截止 2006 年 6 月底, 我国已建成投产的海水淡化装置总数为 41 套, 合计产水能力 12.039 4 万 m^3/d (图 1)。在已建成的 41 套海水淡化装置中, 山东省占 14 套, 合计产水能力 1.661 万 m^3/d ; 浙江省占 12 套, 合计产水能力 4.561 万 m^3/d ; 辽宁省占 8 套, 合计产水能力 1.094 4 万 m^3/d ; 河北省占 2 套, 合计产水能力 3.0 万 m^3/d ; 天津市占 3 套, 合计产水能力 1.7 万 m^3/d ; 其他省市占 2 套, 合计产水能力 0.023 万 m^3/d 。



(a) 沿海省、市、自治区所占海水淡化产量的比例 (b) 沿海省、市、自治区所占海水淡化装置数比例

图 1 沿海省、市、自治区所占海水淡化产量和装置数量的比例

由图 1 可以看出, 北方地区的技术发展领先全国。山东省海水淡化装置数量全国最多, 占到 34%; 而海水淡化产量仅占 14%; 浙江省海水淡化产量居全国第一位, 占到 38%; 河北省海水淡化装置仅有 2 套, 其海水淡化能力却超过山东, 占到全国的 25%。这说明, 山东省海水淡化业虽位居全国前列, 但与浙江省和河北省相比仍有一定差距。

山东海水淡化业在经历了初期的飞速发展和产业扩张之后, 发展受到了制约; 究其原因, 仍是产业规模小层次低、技术水平不高, 难以实现产业化。

3 山东省海水利用产业发展存在的问题

(1) 海水淡化成本较高, 海水淡化的吨水

成本已降到 5 元左右, 但相对于偏低的自来水价格仍然偏高^[4]。以青岛市为例, 水库自来水制水成本价为 3.8 元/ m^3 , 南水北调制水成本价为 5.5 元/ m^3 , 水电联产海水淡化成本为 4.3~5.1 元/ m^3 , 独立海水淡化厂为 6.0 元~6.7 元/ m^3 。海水淡化水最低的成本价也比普通自来水价高 0.5 元, 很难形成居民规模用水。

(2) 海水淡化技术支撑不足。2006 年, 浙江省海水淡化占据了全国海水淡化市场 60% 以上的份额, 年产值超过 20 亿元。浙江省海水淡化业的快速发展与海水利用领域雄厚的科研技术实力密切相关。杭州水处理技术开发中心是从事海水淡化及膜法水处理技术研究和产业化的专门机构, 承担了国家千吨级到万吨级的全部反渗透海水淡化示范工程, 国内市场占有率

超过60%。可见,只有加大相关领域的科技创新,提高产业效率,提升海水淡化业的产业层次,才能给新兴的海水淡化业注入持续发展的后劲。

(3) 海水淡化资金投入不足。目前,山东的部分海水淡化工程的运营情况并不理想,很大程度是经济的原因。威海新力热电的海水淡化项目资金来源问题至今尚未妥善解决。石岛水产集团海水淡化工程在试运行结束后,在相当长的一段时间里一直未正式运行。石岛水产集团的淡化成本是5元/t,因为远高于市场价格,不得不在刚建成还未正式运行就被迫停产,原定的第二台机组建设计划也被迫搁浅。要解决资金不足问题,必须多企业、社会渠道筹措资金,引入BOT融资模式。

(4) 海水淡化目前仍然没有形成良好的政策环境,亟须具体的扶持政策。海水淡化的建设和运行成本仍然过高,没有政府的资金和政策引导,很难形成规模。刘公岛海水淡化工程之所以能够坚持运行,是因为为解决岛上饮水问题,财政对每吨淡化水予以3.15元的补贴。为增强海水利用企业的市场竞争能力,对进入城市供水管网的淡化水,政府应给予适当的补贴。此外,对以供应居民生活用水为主要目的的海水淡化水厂和以海水作为锅炉软化水、冷却用水的工业企业,在电价、税收等方面应给予优惠,对其供水管网建设给予一定的资金支持。

(5) 海水淡化与产业结合不紧密,缺乏有力的科技投入。海水资源开发利用正处于技术

迅速成长、需要规模示范和催化培育产业形成的关键时期。然而,目前对海水资源开发利用的投入主要为科研领域,对示范工程的资金投入不足。而科研机构与产业界的结合又不够紧密。如,镁系产品的开发停留在低水平的主要原因是对其在苦卤化学资源综合利用中的作用认识不足、投入不够,致使镁系产品的开发与国外的差距越来越大。

4 结束语

海水利用业作为新兴产业,与传统产业相比,成长时间短、产业发展不足、投资大、风险高;但低消耗、零污染,能够从根本上解决沿海地区水资源匮乏制约社会经济发展的问题,同时也是传统产业的重要支撑。海水利用业的发展前景十分广阔。山东海水利用技术已基本成熟,海水利用产业已有一定的基础和规模,但产业规模仍较小、发展速度较慢、综合配套弱,需要政府给予进一步的引导和扶持。

参考文献

- [1] 张润庆,吴晨立,黄晰. 烟台市海水资源利用的实践与思考[J]. 山东水利,2008(4):55-56.
- [2] 王强. 威海市海水产业现状分析与发展规划探讨[J]. 山东水利,2008(4):36-38.
- [3] 林斯青. 国外海水反渗透淡化技术现状及未来[J]. 水处理技术,1998(2):1-6.
- [4] 李毓林,勒国厚. 海水淡化现状及应用前景[J]. 水利科技与经济,2001(12):166-167.