

# 加快山东海水利用产业发展的对策探讨

郝艳萍 谭小岚

我国水资源人均占有量仅为世界人均占有量的 3/10, 世界排名第 109 位, 是联合国列出的世界上水资源严重紧缺的 21 个国家之一。全国近 600 个城市中, 有半数以上缺水, 严重缺水的城市就有 100 余个, 尤其是北方沿海大中城市和众多岛屿均普遍缺水, 水资源短缺已成为制约我国沿海地区经济和社会发展的主要因素。山东省是我国淡水资源极为匮乏的省份之一, 人均淡水资源占有量不足全国的 1/6, 沿海地区尤为突出。根据有关部门和专家的预测, 随着经济和社会的发展, 山东沿海地区的缺水问题将成为影响和制约山东沿海地区经济可持续发展的重大问题。为了解决山东沿海地区的缺水问题, 中央和地方政府近年来采取了一系列有效措施, 如兴建大型蓄水工程, 加大节约用水和废水回收利用的力度, 并投巨资建设了引黄济青工程, 使山东沿海地区的淡水紧缺的局面在一定程度上得以缓解。然而, 河流水源也是有限的, 随着上游地区用水量的增加, 近年来多次出现的黄河断流以及历次的黄河“干枯教训”, 迫使我们重新认识西水东调、南水北调等调水工程的作用。我们认为, 要从根本上解决山东沿海地区的淡水紧缺问题, 除了国家正在实施的各种调水和节水等工程外, 还需要发挥山东的临海优势, 利用丰富的海水资源, 走海水利用之路。

## 一、山东海水资源利用产业发展的基本条件分析

### 1. 国内外海水淡化和海水直接利用的发展状况

海水利用包括海水淡化、海水直接利用以及海水中化学资源的开发利用等。海水不但总量巨大而且不受季节气候影响, 是一种稳定可靠的淡水来源。海水直接利用主要是用海水取代工业冷却用水和生活杂用与清扫用水等。海水中含有丰富的化学元素, 有的元素对提供人类能源和发展近代工农业等方面, 均有潜在的重大战略意义。因此, 加快海水利用产业的发

展, 不仅能在一定程度上缓解山东沿海地区的缺水压力, 还将为山东经济发展提供重要的资源, 为山东沿海地区经济的可持续发展提供保障。

海水淡化是开辟新水源、解决全球性水资源危机的基本途径之一。目前, 海水淡化已成为中东地区以及许多岛屿淡水供应的主要来源。截止到 2001 年底, 全世界海水淡化日产水量已达 3 250 万  $m^3$ , 其中 80% 用于饮用水, 其余用作优质锅炉补水或优质生产工艺用水。在严重缺乏淡水的国家, 解决了 1 亿多人的供水问题。十余年的运行实践证明海水淡化技术的成熟及其作为供水手段的高度安全可靠。

海水淡化对解决沿海地区缺水问题具有明显的优势。第一, 海水淡化可以增加淡水资源的总量, 达到科学开源的目的。第二, 海水淡化比跨流域调水成本低。据国外测算, 当调水距离大于 40km 时, 其成本将超过海水淡化。第三, 海水淡化有利于解决沿海城市超采地下水所造成的环境问题。第四, 海水淡化可以形成产业, 形成新的经济增长点。

我国海水资源开发利用技术研究起步于 20 世纪 60 年代。40 余年来取得了长足的发展, 逐步形成了一门综合性的技术学科和水处理技术产业。蒸馏法、电渗析法、反渗透法、太阳能法等淡化技术在不同程度上得到较广泛的开发和应用, 取得了良好的社会效益、环境效益和经济效益。尤其是经过国家“六五”、“七五”、“八五”和“九五”科技攻关计划的支持, 在海水淡化、海水冷却和海水冲厕等关键技术和配套设备(产品)等方面取得了重大突破和进展, 形成了以国家海洋局海水淡化与综合利用研究所、国家液体分离膜工程技术研究中心和相关的高等院校、设计单位为龙头的科研机构, 为海水淡化技术的开发形成了较为完备的专家群体, 技术和装置都有了较大提高, 基本具备了产业化条件, 并进入工程示范阶

段。在海水淡化技术方面,我国已全面掌握国际上已经商业化的蒸馏法和反渗透(膜)法海水淡化主流技术。具有自主知识产权的 $3\,000\text{m}^3/\text{d}$ 低温多效海水淡化示范工程已在青岛开始建设,目前已建成日产 $60\text{t}$ 的海水淡化生产线,产出高标准的锅炉用水和优质的瓶装饮用纯净水。各项指标均通过生活饮用水、瓶装饮用纯净水、饮用天然矿泉水等国家标准,含盐量、菌落总数等14项检测项目全部合格。已在辽宁、山东、浙江、河北、甘肃等地建成规模在 $500\sim 18\,000\text{m}^3/\text{d}$ 海水和苦咸水反渗透淡化装置。目前全国各类海水淡化装置日产淡水 $1.66\text{万t}$ ,而其中山东省海水淡化装置日产淡水就达 $9\,500\text{t}$ ,海水淡化日产量占全国总量的57%,设备装置总量和技术水平居全国前列。如烟台长岛、芝罘岛日产 $1\,000\text{t}$ 的海水淡化厂,威海华能电厂日产 $2\,000\text{t}$ 、黄岛电厂日产 $3\,000\text{t}$ 海水淡化设施等。其中山东省长岛县日产千吨级海水淡化装置,是我国首座用于居民供水的反渗透海水淡化装置,标志着我国海水淡化事业开始走向产业化和民用化。而最近荣成市石岛万吨级海水淡化项目的投产,则表明我国反渗透海水淡化的工程技术水平已达到了国际先进水平。

在海水直接利用方面,世界许多拥有海水资源的国家,均大量采用海水替代淡水直接作为工业冷却水,其用量占工业总用水量的40%~50%。日本每年用海水冷却量已达 $3\,000\text{亿m}^3$ 余。我国海水冷却已有60余年的历史,青岛、大连、天津、上海、宁波、厦门、深圳等沿海城市的近百家单位均有利用海水作为工业冷却用水的实践。但目前海水年取用量为 $140\text{亿m}^3$ 左右,尚有较大的开发潜力。海水直流冷却技术存在取水量大、工程一次性投资大、排污量大和对海洋污染明显等问题。随着国际、国内有关海洋环境保护(无公害)法规的相继出台,对海水直流冷却技术提出了更高的环保要求,原有技术尚需进一步改进和完善,并逐渐向无公害方向发展。海水循环冷却技术,作为海水直接利用领域一项新技术,具有海水取水量小、工程投资和运行费用低及排污量小等优点,可广泛用于沿海城市和苦咸水地区的电力、钢铁、化工、能源(石油、煤炭)、建材、有色金属和食品等行业,应用前景十分

广阔。在国外,经过近30年的发展,海水循环冷却技术正朝着应用领域广泛化、规模大型化和环保友好化的方向发展。我国海水循环冷却技术尚处于研究和示范工程阶段。由国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所承担的“八五”国家、“九五”国家和天津市重点科技攻关项目“海水循环冷却技术”,已研制出适用不同海水浓缩倍数条件下使用的高效缓蚀剂、阻垢分散剂及海水专用冷却塔。完成了 $100\text{m}^3/\text{h}$ 海水循环冷却工业实验。有效地控制了海水循环系统有关海水腐蚀、结垢、生物附着和海水冷却塔的盐沉积、盐雾飞溅等问题,首次实现了以海水代替淡水作为工业循环冷却水、在海水冷却水系统使用普通碳钢和比海水直流冷却排污量降低95%以上利于环保等三项创新。有关技术填补了国内空白,达到国际先进水平。在碳钢腐蚀控制方面居国际领先水平。此外,海水作为大生活用水,我国香港地区也有成熟的海水利用经验。香港于20世纪50年代末开始采用海水冲刷,发展至今,冲刷海水的用量已达 $35\text{万m}^3/\text{d}$ ,占冲刷用水的 $2/3$ 以上。采用海水作为大生活用水(主要是利用海水冲刷),可节约城市生活用水的30%,是缓解沿海城市淡水紧缺局面的有效措施。全国沿海地区有2亿居民,若全部采用海水作为大生活用水,则每年可节约淡水50亿 $\text{t}$ 。因此,大生活用海水技术具有重要的社会效益和经济效益,推广前景极为广阔。山东的海水直接利用已有了一定的规模。据初步统计,目前山东省利用海水的企业达20余家,年利用海水量达 $10\text{亿m}^3$ 。其中,青岛市由于利用海水替代了大量淡水资源,全市的万元产值淡水消耗量保持了较低的水平,仅为 $10.28\text{m}^3$ ,是山东省最低的。

综上所述,海水淡化对于解决沿海地区和岛屿缺水是行之有效的手段,海水的直接利用对于缓解沿海地区淡水资源的不足,也有很好的效果。显然,随着海水利用技术的进步,在水资源短缺日益严重的今天,海水利用正变得愈来愈重要。

## 2. 市场需求和社会经济效益分析

随着技术进步、创新和水价的进一步提高,使得海水利用已成为一个可以预期的大市场,具有巨大的国内外需求市场。从国际市场

方面来看,20世纪70年代以来,大多数沿海国家由于水资源问题日益突出,均直接卷入了海水淡化的发展潮流。无论是中东的产油国还是西方的发达国家,都建设有相当规模的海水淡化厂或海水淡化示范装置,北欧、南美和东亚地区每年海水淡化设备进口和工程安装市场有近100亿美元,且仍在高速增长之中,南亚、中亚和非洲也有众多的海水淡化潜在用户,海水淡化的国际市场规模巨大。从国内市场方面来看,针对我国的国情,海水淡化可定位于市政用水的补充,以缓解供水紧张状况;同时也可用于废水资源化,达到废水回用的目的。我国是一个海洋大国,海水资源极其丰富,西部地区则有相对丰富的苦咸水资源,这为我国发展海水淡化产业提供了前提和基础。另一方面,我国淡水资源的紧缺已众所周知,据预测到2010年,我国年缺水量将达到1000亿 $\text{m}^3$ ,相当于南水北调总水量的2倍余,缺水状况日益严峻。每年全国缺水数百亿 $\text{m}^3$ ,因缺水影响的国民产值达数千亿元。由此可见,工程设计、设备制造、淡水提供、技术服务等海水淡化产业具有广阔的国内市场空间。

目前国内已经能达到的水平是:投资一座万吨级海水淡化厂,其吨水投资不超过5000元,其产水成本低于5元/t,基本具备了产业化条件。我国的机械制造业(如船厂等),完全具有海水淡化设备的制造能力。国内沿海城市的淡水资源紧缺形势同样呼唤海水淡化技术产业化。我国近年来对海水淡化的需求已呈明显的增长势头,仅舟山和长岛近年内将逐步建成容量近2000 $\text{m}^3/\text{d}$ 的数个海水淡化站,滨海电厂和缺水城镇也在考虑海水淡化。我国第一套自行设计、单机处理量达5000t/d的万吨级反渗透海水淡化示范工程也已在荣成开工。除海水淡化外,沿海地区以及华北和西北地区的苦咸水淡化也有很大的需求。海水淡化整套设备产业化的成功实施,可以形成新的经济增长点,并将有力带动机械加工、有色金属材料、特种高分子材料、非金属材料、腐蚀与防护技术、计算机与控制技术等相关产业的发展,而且同样的国产化设备成本在国际上比发达国家亦具有极强的竞争力。随着海水淡化技术的不断进步,近年来能耗明显降低,吨水投资和成本大幅度下降,在一定条件下,海水淡化水的

成本已经具备了市场竞争力。目前,海水淡化成本一般为4~5元/ $\text{m}^3$ ,苦咸水淡化的成本则降至2~4元/ $\text{m}^3$ 。如果热电水联产,海水淡化成本可降到4元/ $\text{m}^3$ 以下;如果再发展海水综合利用,把浓缩海水用来提取化学元素,其淡化成本还要降低。海水淡化的成本已为岛屿用淡水和沿海发电厂用淡水及纯水所接受。国际海水淡化水的价格已从20世纪60年代、70年代的2美元以上降到目前不足0.7美元的水平,接近或低于国际上一些城市的自来水价格。随着技术进步导致的成本进一步降低,海水淡化的经济合理性将更加明显。另一方面,消费水价的不断提高,为海水淡化提供了发展的空间。国外的消费水价约在0.3~1.9美元之间,一些国家的海水淡化吨水成本已与自来水相当或低于自来水价。在我国,由于受计划经济的影响,长期以来一直没有良性的水价形成机制,自来水的价格与价值严重背离,政府负担着巨额补贴,自来水的价格普遍偏低。随着淡水资源的日趋缺乏,各个城市节水措施已经出台,实行自来水限量使用,超标加价。由此可以预见,在不久的将来,一方面海水淡化成本不断降低,另一方面消费水价不断提高,两者将越来越接近,海水淡化的成本问题将得以解决。成本问题的解决将会对海水淡化的广泛应用及产业化进程产生极大的促进作用。

综上所述,海水淡化技术可行、经济合理,具备为解决我国水资源短缺问题作出贡献的产业化发展条件。海水淡化与海水直接利用在我国将拥有广阔的发展空间和应用前景。

海水淡化产业市场规模大、收入相对稳定和具有高成长性的特点,使得它拥有高于其他行业的平均利润率。该行业正处于成长阶段初期,同行业竞争较少而需求巨大,有利于有实力的先行涉足者形成寡头垄断,获取超额利润。

## 二、发展对策

目前山东的海水利用产业正处于起步阶段,其发展过程中尚面临着不少制约因素,如对海水利用的认识不足,缺乏有效引导海水利用的法规政策,宏观调控力度不够等。如何解决这些问题,是加快海水利用产业发展的前提条件,也是摆在我们面前的一项重要课题。为了推动山东海水利用事业的发展,从根本上解

决山东水资源短缺问题特提出如下建议。

#### 1. 更新观念, 强化海水利用意识

我国长期以来是重陆轻海的国家, 对海水资源的开发利用一直重视不够。如解决沿海城市缺水问题时, 多考虑建引水工程, 缺乏利用海水缓解滨海城市缺水的思路和政策引导。而从长远来看, 蓄水、跨流域调水等传统措施, 只能实现水资源的时空位移, 不能增加水资源总量, 已不可能解决我国 2010 年以后的缺水问题。将目光投向海洋, 开辟新水源, 向大海要淡水, 通过海水淡化和海水直接利用开源节流, 将是解决沿海城市淡水缺乏的战略选择和根本措施之一。我国海水利用技术已经成熟, 海水淡化的成本已经具备了市场竞争力。如果与利用海水的经济成本比较, 则会发现利用海水比长距离引水要大大节约成本。况且调水工程除了投资巨大和工程浩大外, 有时对生态的破坏也是极其严重的。沿海工业用海水在发达国家已达 90% 以上, 如果我国也能大力推广海水利用, 则可以大大缓解滨海城市缺水问题。另外, 对综合利用海水也欠研究, 就滨海发电厂来说, 不仅可以发展海水直接的冷却利用, 而且可以发展海水淡化和海水化学物质的综合利用。因此, 发展海水利用事业, 首先要进行观念更新, 树立海水是宝贵资源的观念, 强化海水利用意识。

#### 2. 加强领导和规划

海水利用产业是一个系统工程, 涉及方方面面, 必须加强领导、统筹兼顾、全面规划。将海水利用纳入“全省国民经济规划”和“全省海洋经济发展规划”以及“全省水资源综合规划”给予应有的重视。制定山东省海水资源开发利用的规划, 并纳入到沿海城市的总体规划 and 城市供水专业规划中, 明确海水资源开发利用的总体目标和阶段目标, 以及每个阶段的开发利用重点和保障措施, 确定优先发展的重点地区、重点工程, 制定政策措施, 并将其纳入全省的经济和社会发展规划, 分步组织实施, 以确保既定目标的实现。

#### 3. 赋予必要的政策优惠, 促进海水利用产业的形成

在海水利用产业发展的起步阶段, 由政府适当投入并进行政策引导, 培育市场, 逐步实现产业化是十分必要的。为此要制定和出台关

于海水资源开发利用的宏观指导政策和必要的地方性法规, 推广海水利用项目。综合运用经济手段、法律手段和必要的行政手段, 加强对海水利用产业的扶持。如鼓励海水淡化关键技术的研究开发和引进、消化、吸收, 组织科研单位、大专院校和生产企业共同攻关, 并给予经费保障; 对海水淡化设备制造企业在一定时期实行减免税, 努力提高国产化、成套化、系列化水平; 对海水淡化生产企业购置设备和技术改造给予贴息贷款, 并适当降低营业税; 培育淡化水市场, 企业生产的淡化水应比照自来水给予同等补贴, 除企业自行销售以外的部分, 经检测合格, 可以直接进入城市自来水管网。通过这些优惠政策, 一方面可以逐步做到投资的多元化, 实现海水淡化生产与设备制造的企业化经营; 另一方面可以促进发展具有自主知识产权的专利技术, 并以此为依托, 使海水淡化产业发展壮大, 使海水淡化设备制造产业不仅满足国内需要, 而且走出国门, 打入国际市场。对沿海企业利用海水实行鼓励政策。对全省沿海工业企业冷却用水应规定使用海水的比例定额, 以缩减其淡水的供应量, 最终由海水完全代替淡水。还可考虑利用水价和用水定额等经济杠杆与技术指标。如对利用海水的企业和单位, 可借鉴香港利用海水的成功经验, 免费使用海水; 也可适当增加城市自来水的价格, 以鼓励多用海水。并对发展海水利用企业从资金投入、税收、价格等方面给予支持和优惠。鼓励企业介入海水直接利用和海水淡化的技术引进和消化, 推进山东省海水利用的产业化进程。

#### 4. 成立海水利用专家委员会

加强对海水利用的研究和技术经济分析, 对海水利用工程进行认真的可行性论证, 并加强与其他传统措施(如调水工程)的对比分析。

#### 5. 设立专项基金

加大海水资源开发利用科技和相关工程的投入力度, 构筑我国自主知识产权保护壁垒, 建立相关的技术规范和标准体系, 保证海水利用技术持续创新和产业发展的需要, 引导培育产业发展。

(作者单位 山东社会科学院海洋经济研究所)