

## 向海洋“要水喝”

## ——青岛海水淡化产业调查

本报记者 刘成

水资源短缺问题一直制约着我国经济社会的可持续发展。即便是在一些沿海城市，也同样面临缺水难题，开发利用非常规水源意义重大。

近年来，缺水城市青岛开出“处方”，走上了“向海洋要水”的海水淡化产业发展之路。不过，基础技术薄弱、创新能力欠缺、核心部件依赖进口等也制约着海水淡化的规模化应用。且看青岛如何破题。



工人正在清洗预过滤器。

袁钰栋摄

11月末，青岛百发海水淡化项目二期正式通过综合竣工验收。“百发二期运行后，再加上一期和董家口海水淡化项目，青岛的海水淡化能力将突破30万立方米/日。”青岛海水淡化有限公司总经理张所新说。

尽管毗邻大海，青岛却是一座严重缺水的城市。近年来，青岛提出创建海水淡化示范城市的构想，就是要通过发展海水淡化提供增量水源，保障城市用水安全。

随着技术的完善以及国产自研设备的升级，青岛海水淡化产业发展开始提速，并在厂网运营一体化、产业发展链条化等方面，逐渐形成了一套成熟模式。当前，青岛海水淡化发展现状如何？是否能向其他城市推广应用？未来的海水淡化市场又有多大？对此，记者展开了调查。

的参数都超过了设备实际运行工况，长此以往，就会造成严重的能耗浪费。

“电耗和药耗是影响海水淡化成本高低的关键因素。通过多种创新，我们目前制水电耗比外方运营时降低了6%，药耗降低20%以上，吨水制水成本降低了2元多，这为海水淡化规模化应用奠定了基础。”张所新说。

在自主运营下，百发海水淡化项目于2014年取得了卫生许可证，2017年单日产水量达到了10.5万立方米，成为实现满负荷运行的10万吨级海水淡化项目。

## 自主创新推进国产化

自主运营的成功，为青岛海水淡化的进一步发展带来了契机。

2015年，青岛诸多钢铁和化工企业迁往位于青岛西海岸新区的董家口，水源短缺成为影响搬迁的最大制约因素。当年11月，青岛市委、市政府决定在董家口建设10万吨级海水淡化工厂，破解钢铁化工等用水大户企业的水源短缺问题。“我们的目标是要建设一个运行可靠、成本更低的海水淡化厂。”张所新说。

摆在大家面前的是重重的困难。“影响海水淡化制水成本的一个关键因素是前期建设成本。包括超滤膜、反渗透膜、能量回收装置等都严重依赖进口，价格昂贵。百发一期95%以上设备都是进口的，产水成本特别高。”张所新告诉记者，“要想搬掉降低成本的‘绊脚石’，唯有实现国产化。”

不过，国产海水淡化设备发展起步较晚，存在原创性不足、可靠性不高等问题，反映在市场上，就是客户不敢贸然使用。这也是遏制中国海水淡化产业发展的原因之一。

没有使用，就没有反馈，更不会有迭代。在这种生态下，国产装备更难达到国外同类产品水平。意识到这一点后，青岛水务集团联合制膜龙头企业北京碧水源科技股份有限公司，成立了青岛水务碧水源科技发展有限公司，共同设计、开发、建设董家口海水淡化项目，以期国内装备提供更多应用场景，加速实现设备国产化。

在设计建设董家口海水淡化项目的过程中，我们采用了碧水源自主研发的‘超滤膜—反渗透膜’海水淡化双膜法先进工艺。”张所新告诉记者，“脱盐率是衡量反渗透膜性能的主要指标之一。对比这一指标，自主研发的反渗透膜和进口产品的衰减曲线相差不多。”

这次联手，也打破了长期以来中国海水淡化项目所用反渗透膜被国外企业垄断的局面，缩短了海水淡化产业的国产化进程，大大降低了海水淡化成本。“对企业而言，产品能在10万吨级的海水淡化项目得以应用，是市场接纳与技术创新的良性互动，这对于激励企业创新、推动产业迈向中高端具有深远意义。”青岛水务碧水源科技发展有限公司副总经理刘骁智说。

“双膜法”的应用，只是董家口海水淡化项目国产化的一个缩影。随着国产化替代的深入，竣工时该项目的国产化率达到了82%，药剂实现了100%国产化。国产化率的提高，带来了成本的骤减。张所新掰着手指头细算，“董家口海水淡化项目主要用于工业，建设成本只用了百发一期的一半，吨水售价仅为4.25元，比百发一期便宜近3元”。

▲ 11月末，青岛百发海水淡化项目二期正式通过综合竣工验收。二期运行后，青岛的海水淡化能力将突破30万立方米/日。

图为百发二期车间外景。本报记者 刘成摄

青岛海水淡化有限公司副总工程师杨兴涛告诉记者，国产化替代带来的另一个好处，是大幅缩短了工期。以往进口设备从采买到使用要长达几个月甚至半年时间，而国产设备的应用缩短了这一周期。

杨兴涛回忆说，2015年前后，董家口区域的旱情形势严峻。当时，董家口经济区希望海水淡化项目能够尽早竣工，从而缓解周边工业用水压力。面对紧迫的形势，项目组重新调整了施工总进度计划，通过科学安排施工工序、穿插作业，确保了工程有序推进。这其中，国产设备也凸显出“随买随到随安装”的强大优势。

有了自主研发、自主设计、自主建设大型海水淡化工程的经验后，百发二期在一期和董家口海水淡化项目的基础上又进行了升级。百发二期项目负责人郭俊告诉记者，“原先海水淡化项目的自动化程度低，设备都是通过参数机械式执行任务，设备巡检也是靠人工逐一查验，工作量大，效率也低。升级改造后，实现了系统智能化，设备效率、产能提高不少”。

智能化的实现，离不开数字孪生技术。为百发二期提供智能化支持的北京金控数据技术股份有限公司董事长杨斌解释说，“譬如，我们专门为百发二期建立了一套AI膜系统，它可以通过大数据分析指标、建立模型，具有自我学习、自我执行能力。它能预测反渗透膜的污染程度，包括什么时候需要清洗、更换等。基于这些智能预测，反渗透膜可以得到更好的保护，使用寿命比自动化时期延长了30%”。

通过自主创新推进国产化，青岛的海水淡化产业逐渐找到了自己的赛道，跑出了加速度。

## 谋篇布局打造产业链

“这14组超滤膜我们用的都是国产品牌。”

在百发二期海水淡化车间里，青岛海水淡化有限公司副总经理于崇涛指着一组排列整齐的管道说，“不过，目前国内具有自主知识产权的技术较少，一些关键基础材料、核心零部件依然依赖进口。”

于崇涛介绍，整体而言，“洋面孔”垄断国内海水淡化装备市场的冰层正逐渐被打破，不过单从设备生产端来讲，却阵痛不断。

青岛青水津膜高新材料科技有限公司副总经理冯晓强告诉记者，聚偏二氟乙烯(PVDF)是生产超滤膜的关键原料，但国产产品性能一直跟不上，进口产品则是价格始终居高不下。青岛凤生海水淡化研究院有限公司董事长顾为东也面临相似的难题，“海水淡化产业的关键部件——能量回收装置严重依赖进口，价格十分昂贵，约占工程总投资的10%至15%”。

只有产业链自主可控，我国的海水淡化产业才能真正实现“独立行走”。经过多年发展，我国已形成了一批从事海水淡化材料设备生产、装备制造、配套部件加工、工程咨询设计、工程集成总包等的企业和机构，为自主产业链发展创造了基础条件。去年，国家发展改革委、自然资源部联合印发了《海水淡化利用发展行动计划(2021—2025年)》，支持海水淡化产业发展，重点支持突破反渗透膜组件、高压泵、能量回收装置等关键技术。

青岛也早已开始在产业链自主可控方面谋篇布局。青岛海水淡化有限公司规划发展部负责人杨鑫告诉记者，这几年，青岛陆续实现了“厂网一体化”运营机制，为海水淡化规模化应用奠定了良好基础；推动形成政府与用户共同付费模式，保障了海水淡化项目的健康可持续发展；推动成立10亿元产业基金，为海水淡化产业发展提供了金融保障。“依托海水淡化先发优势，青岛水务集团目前正在推动建设海水淡化特色产业园，吸引更多上中下游企业集聚，打造百亿级产业链。”杨鑫说。

在设备制造方面，青岛已涌现出多家从事膜产品研发、装备制造、淡化水及盐化工产品生产的企业，技术装备水平得到较大提升。青岛水务集团与行业领军企业合作组建了青水津膜高新材料科技有限公司，建设了年产200万平方米的海淡超滤膜项目，还依托该公司开展海淡膜技术应用研发，不断提升海淡装备核心竞争力。

除此之外，青岛也在积极拓展、延长产业链，通过下游附加产品提高经济效益。杨鑫介绍，目前海水淡化浓盐水可用于制盐，提取溴、镁等有价值元素，该项技术在国内多个地市都有工程应用实例。

未来，通过龙头企业带动和优势资源导入，青岛有望形成自主可控的海水淡化产业链条，推动我国海水淡化产业向更深层次迈进。

## 差距仍存但前景广阔

放眼世界，海水淡化已呈规模化发展趋势。全球已建成海水淡化工程近2万个，产能规模超过1亿立方米/日，解决了3亿多人的用水问题。海水淡化已经在沙特、以色列、西班牙、澳大利亚等国家及地区大规模应用。纵观国内，我国海水淡化利用规模小，关键技术及设备多被国外垄断，与世界先进水平相比仍有差距。

不过换个角度看，中国海水淡化产业拥有广阔的发展前景。从国内环境来看，人多水少、水资源时空分布不均基本国情，不少城市严重缺水。而作为水资源的重要补充和战略储备，海水利用是未来解决水资源短缺的重要途径。或许在不久的将来，缺水城市都将成为海水淡化的受益者。

杨鑫告诉记者，通过成本核算，目前海水淡化项目成本呈下降趋势。在国家高度重视海水淡化产业发展的背景下，未来随着技术的进步，叠加更多扶持政策，海水淡化制水成本将进一步降低，这一产业有望出现爆发式增长。

对于海水淡化产业来讲，解决缺水问题蕴藏着巨大的发展空间。资料显示，山东省人均水资源占有量为344立方米，仅为全国人均占有量的13%，水资源短缺形势非常严峻。“我们设想过建立海水淡化规模化应用基地，通过铺设管网的方式，将海水淡化辐射至青岛以外的缺水城市。”青岛海水淡化有限公司副总经理张东说。

对企业而言，“走出去”意味着更大的市场空间。国际上许多严重缺水国家开始“向海洋要水喝”，例如埃及计划投资25亿美元，建设17座由可再生能源供电的海水淡化厂，并面向全球招标。面对这块诱人的蛋糕，海水淡化企业纷纷摩拳擦掌。

杨鑫告诉记者，埃及项目投标必须满足多个条件，其中“规模15万吨/日以上、3年以上运营经验”等要求就难倒了很多竞标企业，“我们有着百发一期、二期和董家口海水淡化项目的成功经验，为参与国际项目增添了更多底气。现在，很多大型企业主动联系我们寻求合作，想要组成‘联合体’抱团出海，参与竞标”。

虽然我国企业初步具备了参与国际竞争的条件和能力，但面对巨大的市场空间，更应看到自身与世界先进水平之间的距离，奋起直追、迎头赶上，尽快弥补底子薄、基础差、缺乏核心技术和拳头产品、产业链高端环节薄弱等差距。我国海水淡化产业仍需苦练内功，从整个产业链出发，通过技术研发和产品开发，生产出“中国造”的高品质原材料、设备，进一步降低海水淡化成本，在世界范围内获得更多发展机遇。

本版编辑 王薇薇 刘辛未

## 自主可控须破解三个痛点

我国是缺水国家，水资源时空分布不均匀，即便是在沿海地区，水资源短缺问题依然制约着经济社会的发展。海水淡化的规模化应用对于缓解水资源短缺压力，打破可持续发展瓶颈具有十分重要的意义。当前，海水淡化领域的核心基础材料、核心零部件等仍大多依赖进口，要想实现产业链自主可控，还须破解3个痛点。

破解核心技术研发不足的痛点。我国海水淡化行业起步较晚，在核心技术方面与世界先进水平存在较大差距。要破解这一痛点，应加大对海水淡化技术研发的支持力度，重视提升海水淡化基础技术创新能力，鼓励技术研发和产品开发，同时通过建设一

批示范工程，让企业、高校、科研院所等形成科研联合体，推动自主创新，加强技术储备。

破解国产化设备应用不畅的痛点。目前，部分海水淡化企业不愿意用国产设备，一个重要原因是稳定性不够，易给企业运营带来潜在风险。而应用机会越少，就越缺少迭代机会，国产化设备就越难实现规模化应用。青岛在探索海水淡化自主创新之路上，给国产设备留出足够空间，让其在实际应用中改进升级。这不仅有助于国产化设备的不断进步，也为实现海水淡化产业链的自主可控创造了条件。

破解产业发展滞后的痛点。我国海水淡

化产业发展尚未成熟，大多数地区对海水淡化的重视程度仍显不足。加快产业化发展步伐，一方面，要加强对海水淡化行业的政策扶持和资金支持，通过建立专项基金、提高项目建设进程等方式，助力淡化海水等顺利打开市场；另一方面，要通过技术创新和运营创新降本增效，逐步降低海水淡化成本，拉长产业链条，吸引更多地区应用海水淡化，形成良好发展循环。

相信随着这些痛点被一一破解，我国海水淡化行业也将逐步缩短与世界先进水平的差距，在国际竞争中站稳脚跟。

## 调查手记