

海水淡化

我们关于海水淡化和全球水危机的核
心指南



海水淡化：为全球日渐火热的缺水问题降温

目前世界范围内有22000个合同化的海水淡化工厂，在气候问题日益严重的情况下，海水淡化使各国能够为子孙后代提供用水保障。通过转化盐水，海水淡化过程可以为缺乏天然地下水或地表水供应的地区提供淡水。

海水淡化与水回用相结合，可以为缺水问题提供强有力的解决方案，在一些国家，海水淡化提供的水占总供水量的90%以上。水的再利用，特别是城市污水的直接和间接饮用再利用，利用海水淡化膜技术，正在迅速发展。目前，全球有超过1350家水回用工厂。

海水淡化涉及哪些过程和技术？MED和MSF热处理有什么区别？海水淡化有哪些利弊？我们的核心指南将深入介绍海水淡化和相关工艺。



什么是海水淡化?

海水淡化是通过去除盐分使水可饮用的过程，包括在海水淡化工厂使用从预处理到泵和膜的各种技术处理海水或苦咸水。

根据国际开发协会《水安全手册》，全球海水淡化装机容量为 9740 万立方米/天，累计合同容量为 1.047 亿立方米/天。

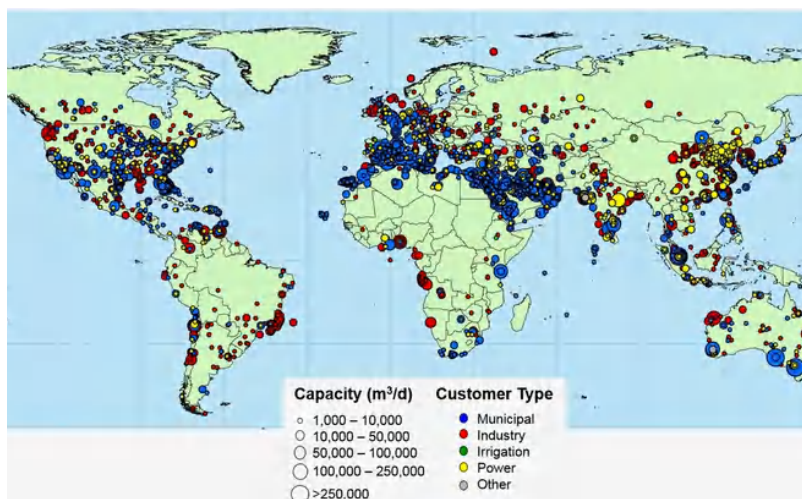
截至 2018 年 6 月，全球有超过 2 万个海水淡化厂合同，仅供应全球饮用水的百分之一，但每年都在增长。海水淡化的优势在于海洋，它包含了地球上 97.2% 以上的水资源，“旱涝保收，几乎无限”。

海水淡化针对的是咸水（含盐量小于 10,000 毫克/升）或海水（含盐量范围：30,000 至 44,000 毫克/升）。

据美国膜技术协会称，除咸水和海水外，水源还包括井水、地表水（河流和溪流）、废水和工业给水/工艺水

全球约 44% 的海水淡化能力在中东和北美，预计年增长率为 7-9%。美国膜技术协会称，亚洲、美国和拉丁美洲等“热点地区”的海水淡化活动有望加速。

据国际脱盐协会（IDA）报告，2016-2017 年间，工业海水淡化市场增长了 21%，这主要得益于石油和天然气活动的巨大贡献。2018 年上半年，采矿业新签约产能超过 20 万立方米/日，而微电子行业的签约产能在 2016-2017 年间翻了一番，为海水淡化技术创造了新的机遇。



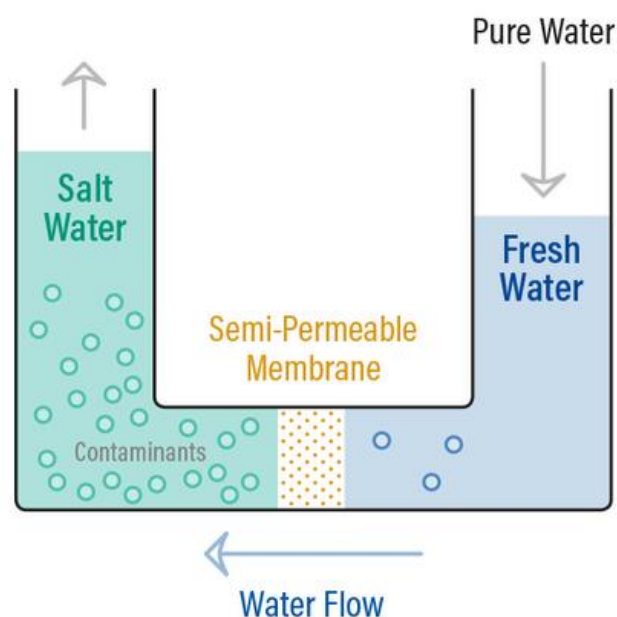


海水淡化工艺有哪些？

海水淡化工艺主要有两种：膜法（反渗透（RO）和纳滤（NF））和热法（包括多效蒸馏（MED）、多级闪蒸（MSF）和机械蒸汽压缩（MVC））。其他技术和工艺包括电渗析（ED）、正渗透（FO）和膜蒸馏（MD）。

膜法海水淡化仍占海水淡化装机容量的绝大部分。从这个角度来看，2017 年，膜技术占年度合同容量的 95.6%，而热工艺仅占 4.4%。

Osmosis



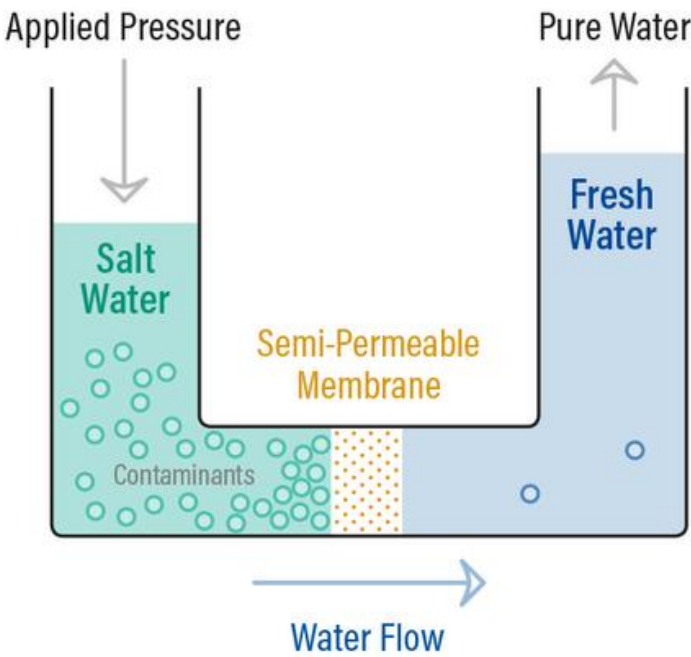
膜法海水淡化

AMTA 报告称，反渗透（RO）和纳滤（NF）是主要的压力驱动膜工艺。在膜配置方面，可选择的膜包括螺旋缠绕膜、中空纤维膜和薄片膜，其中螺旋缠绕膜的应用最为广泛。

现代膜主要包括聚合物材料，醋酸纤维素的使用仍然较少。一个显著的例子是薄膜复合膜（TFC），它包括聚酰胺作为活性层。

根据进水盐度的不同，反渗透和纳滤的操作压力在 50 至 1000 PSIG（3.4 至 68 巴，345 至 6896 千帕）之间。海水反渗透需要 3.0 至 3.5 千瓦时/立方米的电力。

Reverse Osmosis



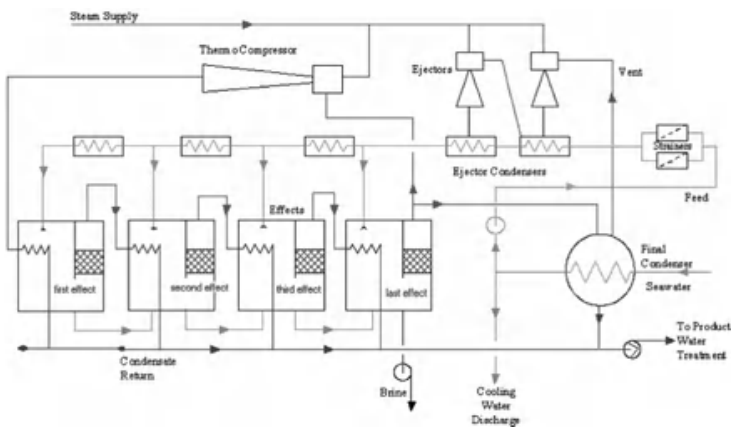
多效蒸馏（MED）

多效蒸馏（MED）是一种低温热能工艺，通过在一系列容器（称为多“效”）中回收沸腾海水的蒸气来获得淡水。

一个容器中沸腾的蒸汽可以用来加热下一个容器，因为在压力降低的同时，水的沸点也在降低。

总之，在 MED 工艺中，从初始容器到最终容器，压力和温度都会从热到冷逐渐降低。

MED 工艺需要 0.9 至 1.5 千瓦时/立方米的输入和电力。



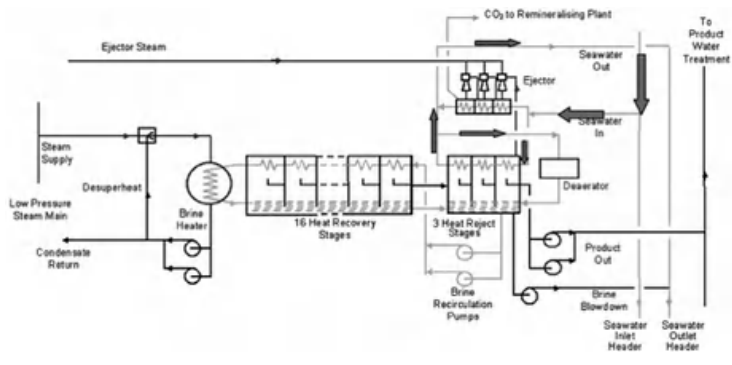
多级闪蒸 (MSF)

多级闪蒸 (MSF) 海水淡化技术自 20 世纪 50 年代开始投入商业应用，包括多个阶段。

海水或回收盐水在盐水加热器中被蒸汽加热。加热后的海水流经各级蒸发器，闪蒸产生水蒸气。水蒸气在管道上冷凝，收集为蒸馏水。

热回收级在 MSF 工艺中起着至关重要的作用。它们对海水盐水进行预热并回收热量。在最后几个阶段，盐水排出物和蒸馏物被冷却，多余的热量被排出。

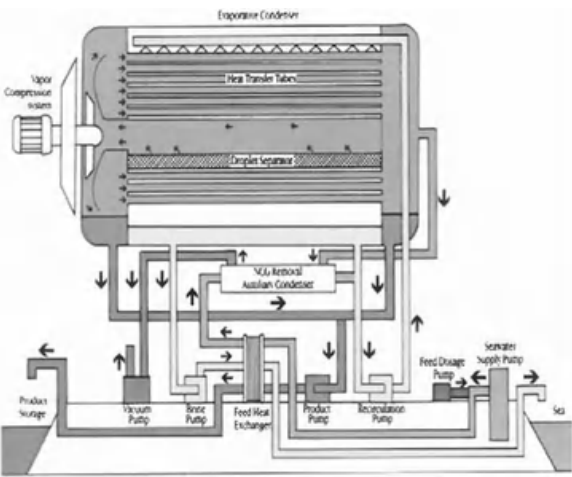
总体而言，MSF 工艺需要 3.5 至 4.5 千瓦时/立方米的热输入和电力。



机械蒸汽压缩 (MVC)

在 MVC 工艺中，海水进入预热器装置，与浓缩物和产品水废水进行热能交换。预热后的海水喷洒在热交换管束上，热交换管束的温度高于海水，从而导致部分蒸发。

产生的水蒸气通过机械压缩机进行压缩，压缩后的水蒸气被泵送到热交换管束内。被压缩的水蒸气在管道内凝结，释放出的能量传递给喷洒在管道上的海水，使其蒸发。

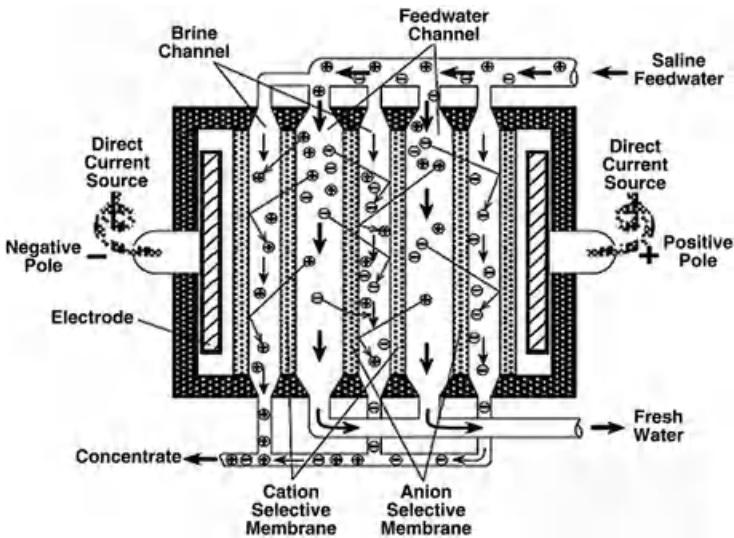


电渗析 (ED)

电渗析 (ED) 和电渗析逆转 (EDR) 过程依赖于直流电 (DC)。在这些过程中，离子通过离子选择膜流向带相反电荷的电极，正如 AMTA 所规定的那样。这与前面提到的压力驱动过程中水的流动形成鲜明对比。

在 EDR 系统中，电极的极性会定期反转。离子转移（过选择性）阴阳离子膜可有效分离进水中的离子。

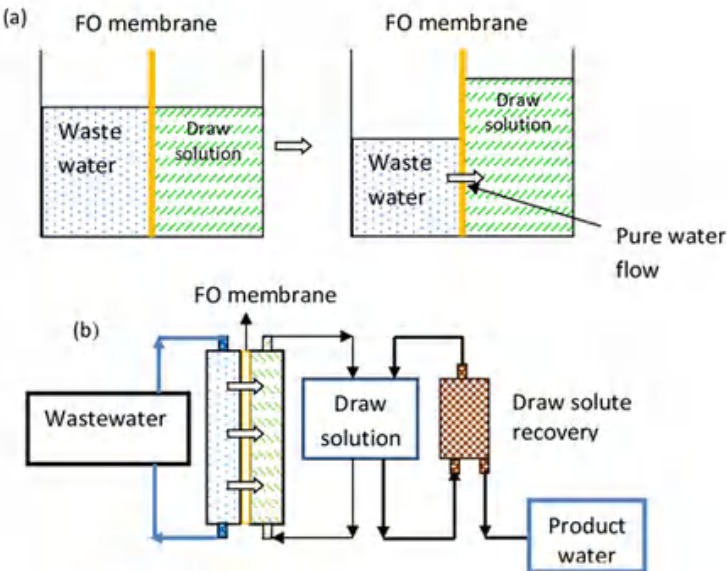
这些系统主要应用于溶解固体总量 (TDS) 较低的水域。



正渗透 (FO)

与反渗透 (RO) 相比，正渗透 (FO) 采用了一种不同的方法，反渗透是将盐水推过膜。前向渗透利用自然盐浓度梯度产生的渗透压作为推动力通过膜。在这一过程中，进水（通常是海水）在一边，然后是膜，接着是另一边的汲取溶液。

根据 AMTA 的说法，在不施加任何外部压力的情况下，给水溶液中的水会通过膜自然迁移到汲取溶液中。这就形成了稀释溶液。随后，稀释后的溶液经过处理，从可重复使用的汲取溶液中分离出产品。



海水淡化成本

海水淡化成本由多种因素构成：固定成本（37%）、劳动力（4%）、维护和零件（7%）、膜更换（5%）、消耗品（3%）和电能（44%）。

海水淡化的成本一直被认为比传统的地表水或地下水处理成本高，约为每立方米 1 美元，但最近海水淡化技术取得了突破性进展。在过去的 20 年中，技术和设备的进步使总体成本降低了 80%，包括运营成本 (OPEX) 和初始资本支出 (CAPEX)。

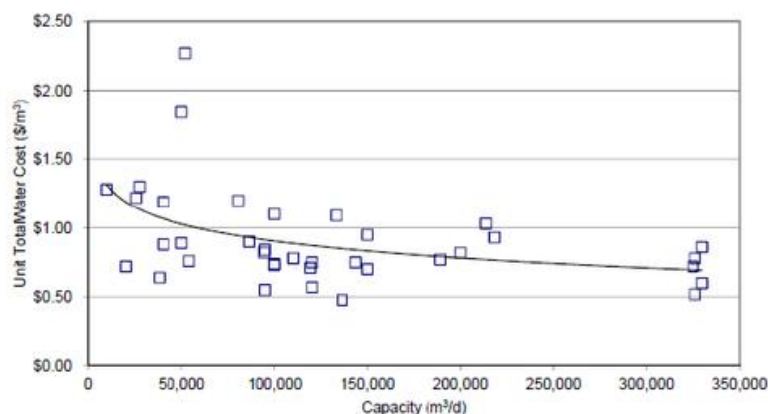
阿布扎比、沙特阿拉伯和以色列近期招标的海水淡化价格首次跌破 0.50 美元/立方米。GWI 出版商克里斯托弗-加森预计，2019 年将是海水淡化市场最好的一年，以应对十年来因材料和能源成本高企而导致的价格上涨。

根据《国际开发协会水安全手册》(IDA Water Security Handbook)，海水淡化成本为 0.40 美元/立方米，接近间接饮用水回用成本 0.30 美元至 0.40 美元的范围。

这就需要根据承包商在大型项目方面的经验，“以具有成本效益的方式优化施工流程”。除了新的合同和财务模式以及降低利率外，这些措施还旨在“降低水价”。

此外，受石油价格下降的影响，海水淡化设备组件的成本也在下降，这也有助于降低价格。

“阿尔玛水务解决方案公司首席执行官兼 IDA 卡洛斯-科辛 (Carlos Cosín) 补充说：“此外，由于膜技术的进步，所需的进水压力更低、回收装置更节能、反渗透装置更大、水泵和电机更大、效率更高，从而实现了节能。”



世界上最大的海水淡化厂有哪些？

据 Aquatech Global Events 报道，沙特阿拉伯最近获得的 Rabigh 3 项目被认为是世界上最大的海水淡化厂之一，日处理能力达 600,000 立方米。然而，世界各地还有更大规模的海水淡化厂在运行。下面列出了世界上最大的五个项目

1 | 沙特阿拉伯，Ras Al Khair：1,036,000 立方米/天

Ras Al-Khair 海水淡化项目通常被认为是世界上重量级的海水淡化项目，它是一个混合项目，同时采用热力多级闪蒸 (MSF) 和反渗透 (RO) 技术。该项目位于朱拜勒西北 75 公里处，为利雅得提供服务，同时还包括一个发电厂，发电能力达 2,400 兆瓦。工厂建设的主要承包商是斗山及其财团合作伙伴 Saudi Archirodon，Poyry 担任该项目的顾问



2 | 阿联酋 Taweelah – 909,200 立方米/日

阿联酋水电公司（Emirates Water and Electricity Company）与 ACWA Power 签署了全球最大海水反渗透淡化厂的购水协议。该厂位于阿布扎比以北 50 公里处的 Taweelah 水电综合体，造价为 8.47 亿美元，淡化水价为 49.05 美分/立方米。

占股 40% 的主要开发商 ACWA Power 已确认成功完成财务结算。该项目于 2019 年 5 月开工，预计于 2022 年 10 月完工，日供水量为 90.92 万立方米。预计到 2022 年，Taweelah 开发项目将把阿布扎比反渗透生产水的比例从 13% 提高到 30%。

3 | 沙特阿拉伯 Shuaiba 3 - 880,000 立方米/天

ACWA 电力公司选择西门子和斗山组成联合体，建造发电厂和热海水淡化厂。发电厂的扩建工程已经完成。

另一项扩建工程目前正处于最后施工阶段，据 ACWA Power 称，它将增加总计 400,000 立方米/天的反渗透 (RO) 能力。

这些扩建工程完工后，Shuaiba 工厂将超越 Ras Al Khair，成为最大的海水淡化设施。预计该厂的总产能将达到 1,282,000 立方米/天。

4 | 以色列索雷克 - 624,000 立方米/天

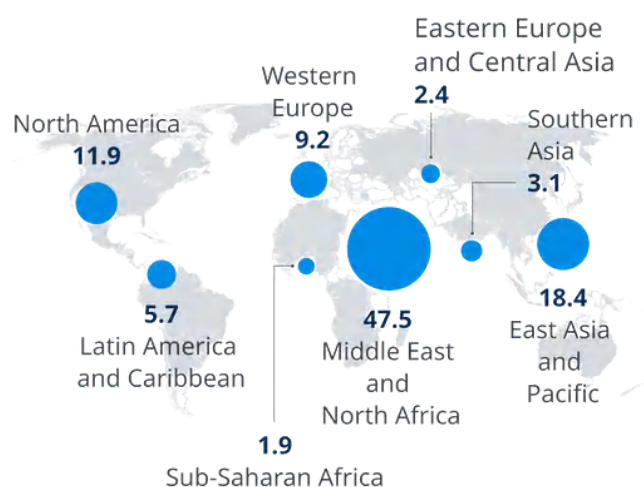
索雷克（Sorek）是全球著名的膜厂，拥有 624,000 立方米/天的巨大产能。该厂位于以色列特拉维夫以南 15 公里处，由 IDE 技术公司开发，其独特之处在于采用 16 英寸海水反渗透膜，以独特的垂直排列方式布置。

IDE 技术公司与莱米银行合作，成功中标索雷克 2 号海水淡化厂的公私伙伴关系项目，这是他们在以色列海水淡化厂的五次招标中第四次中标。该项目以每立方米 0.41 美元的空前高价中标，年产水量达 2 亿立方米，标称产能为 54.8 万立方米/天。

索雷克 2 号海水淡化厂竣工后，将与哈代拉、阿什凯隆、索雷克第一海水淡化厂、帕尔马奇姆和阿什杜德海水淡化厂一起，跻身以色列海水淡化厂的杰出行列。

Desalination capacity by region

in percent



Source: researchgate.net

©DW



5 | 朱拜勒 3A 水电站 - 600,000 立方米/日

2020 年 4 月，由 ACWA 电力公司牵头，包括海湾投资公司 (GIC) 和 Al Bawani 水电公司 (AWP) 在内的一个财团与沙特水务合作公司 (SWPC) 签署了一份为期 25 年的重要购水协议。

根据合作条款，ACWA 电力牵头的财团将承担各种责任，包括设计、建设、调试、运营和维护沙特阿拉伯朱拜勒 3A 独立水厂 (IWP)。这不仅包括海水淡化厂，还包括相关的饮用水存储和电力专用设施。

ACWA 联合体取得了一个重要的里程碑，确保了每立方米 0.41 美元的最低平准水成本。在整个项目投资高达 6.5 亿美元的背景下，这一成就尤其值得一提。

朱拜勒 3A IWP 预计将极大地促进饮用水的生产，目标是每天生产 600,000 立方米的饮用水。这个全新的海水反渗透淡化项目位于沙特阿拉伯王国的朱拜勒，地理位置优越。

由中国电力、SEPCO-III 和 Abengoa 组成的财团已获得工程采购施工合同。

海水淡化的利弊



海水淡化的弊端

与海水淡化相关的更广泛的环境挑战之一是管理盐水副产品--在海水淡化过程中产生的高盐度废物。

2019 年，联合国（UN）批准了一份题为 "海水淡化和盐水生产现状：全球展望" 的文件：《全球展望》的文件，承认盐水是一种 "含盐困境"。在全球范围内，海水淡化厂每天总共排放 1.42 亿立方米的盐水。

沙特阿拉伯、科威特、阿联酋和卡塔尔这四个中东国家的盐水产量占全球产量的一半以上。报告强调，与使用河水膜工艺的工厂相比，中东工厂 "每立方米净水产生的盐水量是后者的四倍"。值得注意的是，河水的含盐量低于海水，因此比较的基础并不均衡。

海水淡化厂公海取水口运行的另一个问题是撞击和夹带（I&E）的潜在影响。

根据美国环保局的解释，撞击是指生物体大到足以避免通过滤网，但由于原水流动的力量而被困在滤网上。

而夹带则是指海洋生物进入海水淡化厂的进水口，通过进水口系统，并经过处理设施。

水回用协会指出，海水取水口的撞击和夹带对海洋生物造成的环境影响因地而异。不同的项目受到的影响可能会有很大不同，符合环保标准的现代化工厂通常会受到极低程度的撞击和夹带影响。

海水淡化的优点

全世界有 3 亿多人依靠海水淡化满足日常需求。这种做法遍及 150 个国家，全球共有 22 757 家合同海水淡化厂。

未来，全球对淡水的需求不断增加，而淡水供应分布不均且有限，这对淡水供应构成了挑战。气候变化加剧了干旱和洪水，从而进一步加剧了这一问题。海水淡化是一个重要的解决方案，它能从海水中提供可靠的饮用水源，满足日益增长的用水需求。

海水淡化与水的再利用一起，为各国提供了一种可靠的战略来补充其现有的水资源，并作为一种“保险单”来应对潜在的水资源短缺。据国际开发协会称，这些非常规和无害环境的解决方案符合循环水经济，可解决水资源短缺问题。

与此同时，将海水淡化工艺与太阳能光伏发电等可再生能源结合起来的进展也在不断加快。可再生能源与海水淡化技术的结合旨在在短期内减少海水淡化的碳足迹。

电池技术的不断发展被认为是实现全天候独立供电海水淡化厂的关键。全球清洁水淡化联盟设定的目标是，在 2020 年至 2025 年期间，20% 的新工厂由可再生能源驱动。



About Aquatech

Aquatech is the platform for professionals in the world of water technology. On this platform we offer you: Aquatech events with information on the leading worldwide water technology tradeshows.

Products & Services: The online catalogue where you meet your manufacturers, suppliers and distributors. News and press releases: The latest 'need to know' in the water industry.

Contact us

Europaplein 24
1078 GZ Amsterdam
The Netherlands

✉ aquatech@rai.nl

Stay connected

