



An EconoPure™ White Paper

EconoPure™
Water Systems

2024 N. Broadway
Santa Ana, CA 92706 USA
1 + (714) 258-8559
www.EconoPure.com

Depth Exposed Membrane for Water Extraction (DEMWAX™) for seawater desalination

技术白皮书

By: Curt Roth

Vice President, Engineering
EconoPure™ Water Systems, LLC.
curt@econopure.com

May 14, 2010



导言

用于提取水的深度暴露膜（DEM WAX™）是一种新型的技术，该技术将系统直接部署在水源体里，既可应用于地表水的处理，也可以应用于海水淡化。DEM WAX™的系统配置可以充分利用水源体的自然压力来驱动膜过程。相比现有的技术，这种配置有许多优势。本文详细介绍DEM WAX™系统及其优势。

基本理论

DEM WAX™系统利用自然水体压力来驱动反渗透过程，而通常的反渗透过程需人为的创造这种压力。膜系统部署在自然压力存在的地方，充分利用天然水体流动，这样就无需机械操作腐蚀性很强的给水。DEM WAX™系统可以应用于许多过程（见下文的讨论），但两个主要的应用是海水淡化和地表水处理。

对于初级应用，这一技术的五个基本前提或设计特征如下：

1. 自然水体压力：这种压力是免费的，稳定的而且是取之不尽的。使用这种免费的压力意味着如果应用DEM WAX™系统，只需抽取产品水。
2. 大气压力的输送：输送大气压力到膜的产品水一侧可以自然地创造膜过程所需要的压力差。
3. 天然水体流动：所有膜过程需要给水流动到膜表面，也需要去除盐水。DEM WAX™系统的膜片设计，可以应用重力来去除盐水，同时也把更多的给水移动到膜表面。膜之间的间距是通常螺旋缠绕型系统的10倍，这种设计可以让水自然流动，并可避免表面张力“锁定”住水的流动。
4. 低回收：水体可以被认为是一个无限供应高压水的源泉，类似于“散热器”的概念。因此，高回收(增加了渗透压的要求)并没有必要。这样，设计压力就只需刚刚大于源水的渗透压(渗透压+跨膜压)。
5. 低通量：在传统系统中，膜通量（单位膜面积的产品水流量）通常关系到系统的效率。也就是说，高通量意味着降低预处理成本和减少膜和压力容器等，但高通量也意味着更高的跨膜压力和膜表速度。而低通量则降低了对驱动压和膜表速度的要求。低通量也意味着减少了施加在膜表的应力从而增加了膜的有效寿命，减少了颗粒污垢。

新模式

大多数海水淡化的研究集中在降低能源需求，因为能源需求迄今仍然是海水淡化厂最大的费用支出。但是把溶解的离子从水中分离出来所需的能量是受物理限制的，而这些限制就制约了可能的效率提高。对于任何用膜脱盐过程，回收率（渗透水和给水之间的比例）决定了能源需求，因为回收率决定着给水的浓度，而分离所需要的能源是和浓度成比例的。

传统的一些系统已经找到可以平衡给水压力和水量的最佳工作点。具体来说，低回收意味着低浓度的给水，因为压力是和浓度成正比的，因此，低回收所需的压力也低。然而，低回收同时也意味着需要处理更多的水量。这一限制可以通过描绘能源与回收的成本曲线来表示。最佳工作点就是成本曲线最低点所相应的回收率。



下图 (图一)展示了一系列此类成本曲线。最上面的一条曲线是简单的反渗透系统的成本曲线。从这条曲线上可以看出,成本最低的回收率是在 60% 左右,增加或降低回收率都会增加能源成本。如果一个过程能够降低回收率从而降低所需压力,那么,根据定义,它必须处理更多的水量。相反,一个高回收率的过程可以减少处理水量,但是因为高回收率意味着给水浓度的增加,而浓度增加则意味着单位水量所需能源会增加。通常简单的反渗透过程能源最低的回收率在50至65 %之间。

随着能量回收设备的发展,最佳的操作点开始向较低的回收率转移。从图一的第二条曲线可以看出,最佳回收率在30到40 %之间。因为能量回收设备可以有效地利用剩余盐水的压力,如果不把这些剩余盐水进一步处理成产品水而是应用于能源回收,这样可以减少能量的浪费。

利用海水中的自然压力可以更进一步降低能耗。研究人员已经把螺旋缠绕型系统埋在深海中,从而成功地测试了这一理念。自然压力替代了传统海岸系统中的泵来做功。然而,产品水需要克服与传统系统中同样的水头压力被抽至岸上,这样好像深海系统中的优势被抵消了。但是,必需注意到,产品水量远远低于给水水量,因此能量还是被节省了。

过去的自然压力系统的设计运用专为传统的海岸系统设计的膜配置。因为是应用于使用泵来移动水的系统中,水是被泵移动而通过膜单元的。在这种情况下,最佳的回收率(和能源需求)虽然低于传统海岸系统,但这一降低只限于成本曲线的低端,因为这些系统仍然需要泵来抽水。在这一过程中,抽水只是用来移动为达到相关回收率的给水量,而不是为了克服海中的静压,因为海中的静压是无限的。这一现象被反映在图一中的第三条曲线中低回收率中急剧增长的能量成本。

最后一条成本曲线代表了DEMWAX™系统,这一系统利用海中的自然静压,同时也利用给水的自然移动。DEMWAX™系统采用自然重力和水流来移动给水。在这种情况下,所需能量的最低点是在回收率为零时。

要做到这一点,DEMWAX™膜盒的配置,运用重力移动盐水,因为盐水的浓度比周围的海水高,重力会自然移动这些盐水远离系统。膜盒是由众多的垂直和平行的平板膜组成的,通过合理设计膜之间的间隔,水头损失被减小到最小。就象悬浮的散热器翅片一样,膜片直接暴露在海水中。膜片顶部和底部的间隔是开通的,从而可以让水自然流动。采用较低的回收率,并从而降低压力的要求,也相应的降低了对于系统深度的要求。DEMWAX™系统在海洋中所需深度只有大约二百六十米(过去的自然压力系统为了达到高回收率必须克服很高的渗透压,这样系统所需的深度远远高于DEMWAX™。参见: Paolo Pacetti, et al, (1999) "Submarine seawater reverse osmosis desalination systems", *Desalination* 126 : 213-218.)。



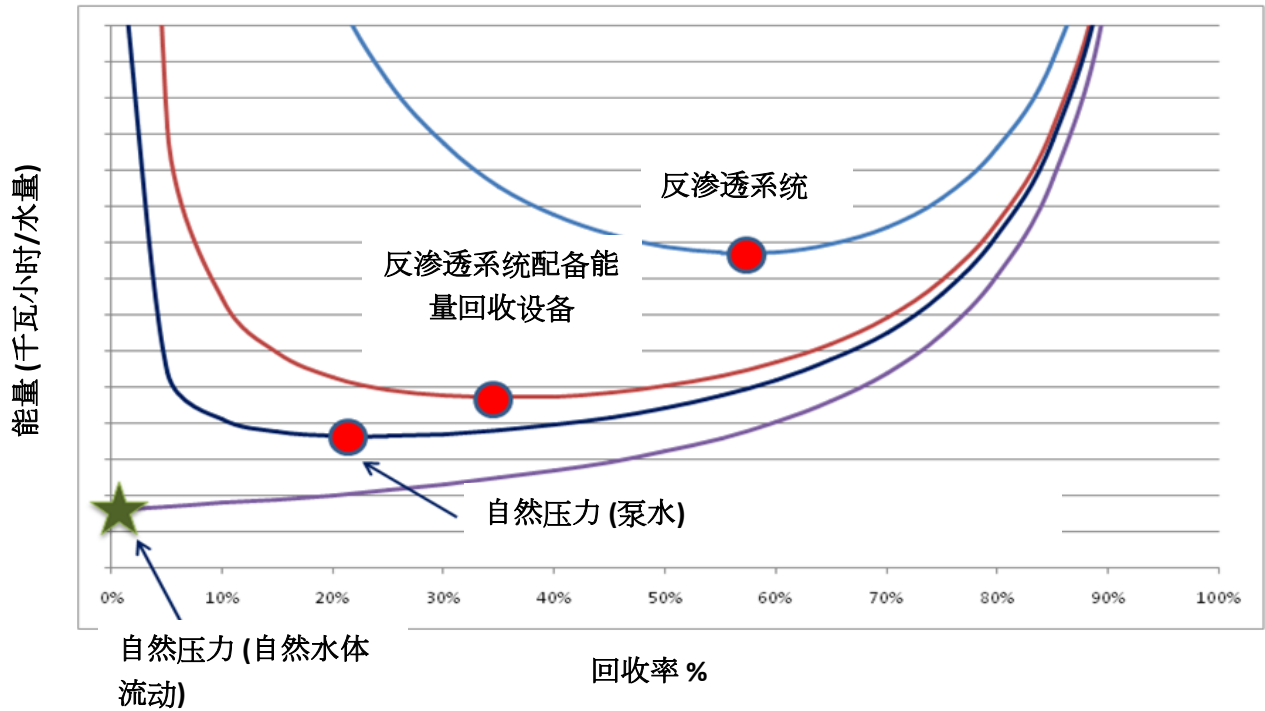


图1 - 能源与回收

能源效率

DEMWAX™设计是一种有效利用自然力量的低能量系统。对于海水，DEMWAX™的能耗只有一流的传统反渗透海水脱盐的70%。总体而言，节能是通过以一半的流量一半的压力来达到的。一个典型的配备有能量回收装置的大型反渗透海水脱盐厂的耗能量大约为4.2千瓦时/米³。一个回收率为50%的反渗透海水脱盐厂每生产1立方米水必须预处理和加压2立方米水。而相比传统的反渗透海水脱盐厂，DEMWAX™系统只需要加压抽取1立方米产品水或约一半的流量。

为了实现50%的回收率，传统反渗透海水脱盐系统必须运用压力近800到1000 psi（55至69 bar）。由于典型太平洋海水的渗透压为大约320到350 psi（22至24 bar），反渗透系统所需的压力是渗透压的两倍以上。而DEMWAX™系统是在极低的回收率下运行；所需要的压力仅略高于渗透压-约350至400 psi（24-28 bar），即只有传统的海岸反渗透系统一半左右的压力。而这一压力是由水源体免费提供的。DEMWAX™系统只需使用能量把产品水泵上海面。最终能耗是传统的海岸反渗透系统的70%左右。

水流量和膜间距

对于所有膜过程，如何有效地输送给水到膜表面，同时有效地把盐水从膜表面去除是至关重要的。在螺旋缠绕型系统中，给水和盐水的输送是通过在膜间设置间隔段从而形成一个渠道来达到的。然而，这一间隔断是非常小的，只有大约0.76毫米。在一个静态的海水环境中，即使在高压（深海）状态下，如果不使用人工机械方法，给水和盐水就不能有效地流动以达到所需的流通量，而



且膜表面的浓度容易过高。如果没有使用机械手段,传统螺旋型缠绕系统所使用的密切间距将会抑制流动。

DEMWAX™系统有效地解决了这个问题。DEMWAX™系统通过增加膜间距,增大渠道来减少摩擦损失,而不是试图迫使水通过一个小通道。此外,膜是垂直列向的,这样就可以借助重力来协助给水和盐水的流动。随着膜的高压测海水浓度的增加,海水的密度也因为纯净水被慢慢抽取而逐渐增加。由于密度高的水相应的也略重,重力(g)将会使高密度的水从顶端流动到底部。

图2显示了在4个膜单元之间发生的这一现象。自然水流可以协助给水从膜顶部流向底部,而DEMWAX™系统可以在没有自然水流的情况下完成这一过程。

要了解这一过程必须了解溶解固体的浓度变化,如果不仔细理解这一变化,人们可能会认为不断沉积的固体会附着在膜表面而逐渐阻止水通过膜,而事实并非如此。自然的混合效应会把高固体浓度的水往远离膜表面的方向移动,如下图3所示。当产品水通过膜时,在膜表面的给水(p)浓度会暂时增加。由于自然系统中所有的物质都试图寻求平衡,高浓度的水(p)会倾向于'逃'离膜表面和渠道中低浓度的水(m)混合。

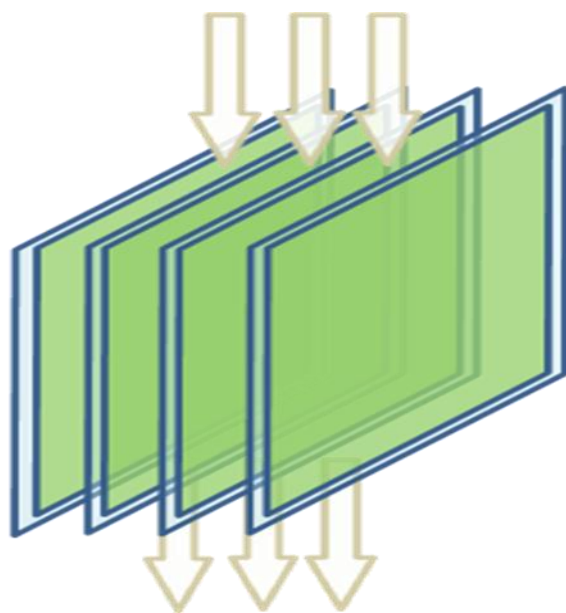


图2-膜产品



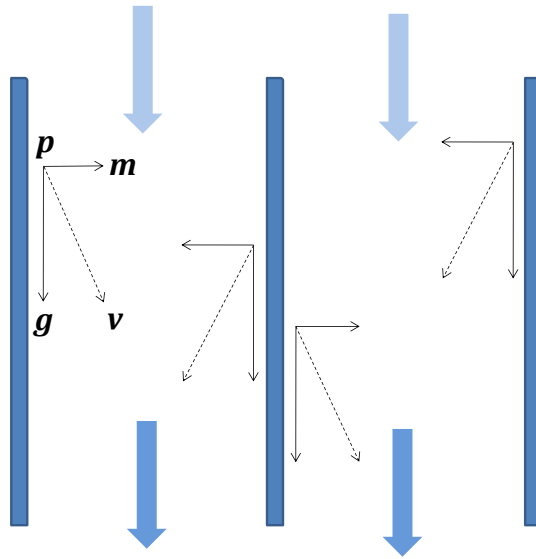


图3 -水中的浓度移动

将上述两种过程有效结合，即运用重力把高密度的水往下移动,同时运用混合效应把水往中间的渠道移动，最终结果就是高浓度的水会往下同时往远离膜表的方向移动,也就是方向 v 。随着水的移动，更多的给水可以从上方流入。

如果运用小通量（典型反渗透海水脱盐系统通量的25%），相对于膜间的水量，被提取的产品水量很小,所以膜间底部通道的固体浓度也只是略高一些（估计1至3%）。

这一过程可以从图3看出,图3显示了三个膜单元和它们中间两个通道的放大的截面。DEM WAX™的膜盒的设计使这一流动在完全静止的水中发生，而通常情况下,当水的浓度短暂增加时,水流会协助混合（ m ）,重力（ g ）协助补充新的给水。

这种浓度移动在淡水中没有海水明显,但是考虑到淡水中的浓度增加和渗透压增加没有海水明显,这一系统同样可以应用于淡水中。

间距算法

如上文所讨论，DEM WAX™系统的关键一点是增加膜间距。然而，为了最大限度地提高单位面积的水产量，膜间距越小越好。EconoPure™考虑了以下几个参数,从而确定了计算最佳膜间距的算法。



确定最佳膜间距的参数如下：

- 膜单元高度-膜顶部和底部之间的距离将决定盐水在和海水混合之前的移动距离。如果水流速度，通量或回收率不发生改变的话，膜单元高，就必须增加膜间距。
- 盐水流速-当饮用水从膜中渗透出来时，留下的盐水因为具有较高的含盐量而重一些。重力会将较重的盐水往下拉，同时更多的给水从顶部留下。天然水流可以增加速度，但膜间距的设计只允许重力来施加足够的拉力把盐水移走。
- 通量-单位膜表面的产品水通量是由整个系统产品水通量来决定的。通量越高，单位产品水所需的膜就越少。对于给定的给水的流速和膜高度，高通量意味着流入底部渠道的水的浓度越高。如果通量太高，而给水流速不增加的话，回收率和所需要的压力会增加。不同的膜材料和高度，通量会有所不同。
- 回收率-实际渗透过膜的水量与和膜接触的水量之间的百分比是所谓的“回收率”。回收率越高，需要和膜接触的水就越少。

膜间隔算法，详述如下：
$$S = \frac{FH}{kRV}$$

其中：

S 是膜单元之间的空间，英寸

F 是通量，加仑/(平方英尺膜表面积·天)

H 是膜单元的高度，英寸

R 是回收率，% 产品水/接触到膜表的水

V 是盐水的下落速度，英尺/分钟

k 是常数，如果通量单位是加仑/(平方英尺·天)，膜单元高度单位是英寸，盐水下落速度单位是英尺/分钟， $k=5,385.6$ 。

这一公式的主要未知数是源水在膜间的流速。理论值表明，在一个静止的水体(没有水流)中，这一速度在大约4-8英尺/分钟。EconoPure™ 的实验室测试结果和理论速度相近。如果有水流的话，水在膜间流速应该更高。做保守估计，我们的分析中采用二点五英尺/分钟（0.04英尺每秒）。

因此，对于一个40英寸高（约1米）膜元件，2%的回收率和一点五加仑每平方英尺每天的通量，盐水以二点五英尺每分钟的速度下落，我们计算出的最佳膜间距在0.223英寸（约6毫米）。

$$0.223 = \frac{1.5 \times 40}{5,386 \times 0.02 \times 3}$$

必须指出，膜表面的张力是决定最小膜间距的限定因素。也就是说，即使理论计算出一个较小的膜间距，由于膜施加在水上的表面张力，实际膜间距要更小。



压力和流量

如前所述，决定DEMWAX™系统所需的压力（深度）的主要因素是源水的渗透压。渗透的定义是溶剂分子（例如水）通过半透膜由低浓度一侧向高浓度一侧移动来平衡两侧之间的浓度。渗透压力是为防止渗透的发生而施加于半透膜高浓度一侧的压力。换言之，渗透压在两种溶液之间创造了一个没有膜间移动的稳定状态。如果施加压力小于渗透压，自然渗透就会发生。如果施加压力大于渗透压，溶剂会由高度浓度向低浓度流动，这就是反渗透。

理论计算的渗透压是考虑在某一温度下不同分子的摩尔浓度的总和。摩尔浓度的定义是溶液的摩尔数（分子的数量）除以体积。一般来说，渗透压可以近似为总溶解固体（TDS，单位mg/L）除以100（例如，35,000 mg/L TDS的溶液渗透压约为350psi（24bar））。

必须指出的是，实际所需压力是随着膜除盐量而变的。如果膜除盐量为100%，那么所需的压力就是源水的渗透压。如果膜除盐量为50%，那么所需压力是源水渗透压的50%，因为产品水也有渗透压。举例来说，如果海水的渗透压为350psi（24bar），通过除盐率为50%的膜，渗透液（产品水）的渗透压约为175psi（12bar）。因此，所需的渗透压是175磅。这一点在将纳滤膜用于海水脱盐中的研究是非常重要的。

除渗透压外，决定所需的深度的另一重要因素是跨膜压（TMP）。跨膜压可以被认为是为生产所需产品水流量而产生的在渗透压之上的跨膜“摩擦损失”。就像任何一种“渠道”，把一定流量的水通过膜需要一定量的能量。为了把某一流量的水通过膜，所需压力必须大于在那一流量下的渗透压和跨膜压的总和。对于反渗透海水脱盐系统，在通常的高通量运行下，跨膜压可高达120至150psi（8.3 to 10.3 bar）。然而，在DEMWAX™低通量运行下，跨膜压只有20至40psi（1.4 to 2.8 bar）。如果使用纳滤膜的话，渗透压甚至更低，大约10到20psi（0.7至1.4bar）。

对于一特定的源水，渗透压是固定不变的，只能通过改善（降低）跨膜压来提高膜的效率。由于DEMWAX™系统可以应用于任何一种膜（反渗透或者纳滤膜），跨膜压上的进步可以被轻易的应用。然而，由于在海水应用中，跨膜压只占整体压力需要的一小部分，因此，系统实际上已经接近理论上所需的最低能量。

因此，对于海水脱盐（应用于典型的太平洋盐度），DEMWAX™系统所需压力大约是370至390psi（850-900英尺的深度或259至274米）。这样，系统将会被放置在远远低于表面风暴，没有或很少有光线，低氧的深度。

但是，如果某一地方在接近海岸的地方没有达到海水渗透压的深度，你还可以使用纳滤膜DEMWAX™系统来生产较低盐度的水，这一产品水之后可以直接用反渗透海水脱盐系统来进一步处理，但是这时所需的总能量就远远低于传统反渗透海水脱盐。如果把纳滤膜埋在约450-770英尺（137至235米）的深度，DEMWAX™系统可产生含盐量被降低50至90%的淡盐水。

这一淡盐水就可以在岸上由一个传统的膜过程以更低的能量来进一步处理为饮用水。这将允许客户以低风险的方式来验证DEMWAX™的效果，因为用DEMWAX™系统处理过的水可以绕过现有的预处理系统。此外，非常重要的一点是，DEMWAX™系统生产的淡盐水可以扩大现有的海水淡化厂，因为给水盐度的降低，通量和回收率将大大增加。因此，DEMWAX™系统可以在不增加运营成本或占地面积下有效地扩大现有的淡化厂。



地表水通常含有较低溶解固体（通常少于 1000 mg/L），因此并不需要很高的渗透压（约10 psi）。对于中等除盐率（50%去除），中等通量，使用纳滤膜所需的驱动压力大约是25psi（55英尺或十六点八米深度）。对于不同水源，不同预计处理程度，不同通量要求，所需深度非常不同。

对于许多地表水体，特别是在山区，水源非常干净，生产饮用水只需将较大的生物污染从源水中过滤调即可。在这种情况下，可以将一个松散的纳滤膜DEMWAX™系统埋在大约30英尺（9.1米）的地方。如果一个水源含钙量较高，比如美国科罗拉多河下游，把系统埋在约75至100英尺（22.9-30.5米）的深度可以去掉大部分的钙。然而，由于碳酸钙是相对无害的（虽然会在装置或热水器上结渣），DEMWAX™系统可以放置在较小深度下用来只处理水中的较大的污染物。

虚拟调峰能力

在上一节中，我们提到通量，即单位膜面积生产的水量，是与施加的压力成正比的。一旦施加压力超过了渗透压和跨膜压，那么任何额外施加的压力都将会增加通量。尽管DEMWAX™系统的基本理念是通过降低通量来减小对于压力的要求，然而在某些情况下增加通量可能是有益的。

其中一种应用是提供调峰能力。DEMWAX™系统的独特配置可以轻易地提高膜处理系统的额定最大流量。基本思路是，DEMWAX™系统的设计和建造是以达到每日平均流量所需的最低深度和通量为准，而实际上系统可以被安装在一个更深的地方。正常运行期间，出水井内的水位被增加到压差刚达到最低压力要求。在高峰需求情况下，出水井内的水位被降低，从而增加了压差而提高通量。这一应用只需在DEMWAX™系统上另外增加一个泵来处理高峰流量。

举例来说，如果一个配有松散的纳滤膜装置的地表水处理系统需要将膜装置埋在大约55英尺（16.8米）的深度来满足水量需求，那么只需将深度额外增加20英尺（6.1米）就可增加50%的水量来满足高峰需求。水量增长的程度将随着不同应用和水源而改变，但通常情况，很小的深度增加可以极大地增加流量。DEMWAX™系统提供的这一满足高峰需求的优势，可以降低客户对于大量的并不美观的储水罐的需求。

DEMWAX™系统实现调峰能力的非常重要的一个优势是它同时也保证基础运行的高效率。拥有额定最大容量的电厂通常运行效率低，成本也较低，但是DEMWAX™的调峰能力虽然意味着高峰流量期间的成本增加（从更深的地方将产品水抽出），但在常规运行期间它不降低运行效率。因此，它可有效地增加额定最大流量而同时确保正常运行地高效率。

系统基本描述

系统的基本组成部分对于两种主要的应用(地表水和海水)是相同的, 包括以下组成部分：

- DEMWAX™模块-由膜盒，出水井，以及水下泵组成。
- 系泊或支持结构- DEMWAX™模块既可以用安置在水底的结构来支持，也可用锚系住浮动在水中
- 产品输水管道-处理过的产品水需通过管道输送到目的地
- 呼吸管-这个过程需要一个压差。水柱提供高压，但大气压力必须输送到设备以产生压差。这就是呼吸管的功能。
- 电气和控制接合缆-为泵和仪表控制电缆供电，从而监测和控制泵和系统。



- 辅助系统-这些系统包括电源（岸上，漂浮的或其他）， SCADA系统，监测仪器，清洁/污染预防系统等

除膜盒以外，其他所有主要组成部分都是行业中的标准产品，或是由标准产品组成，或是可以根据现有的技术搭建。因此，大部分的系统不需或只需很少的研制。

图4是一个基本的DEMWAX™系统的示意图，显示了其中的一种应用。其它的一些应用将会在后文中详细讨论。

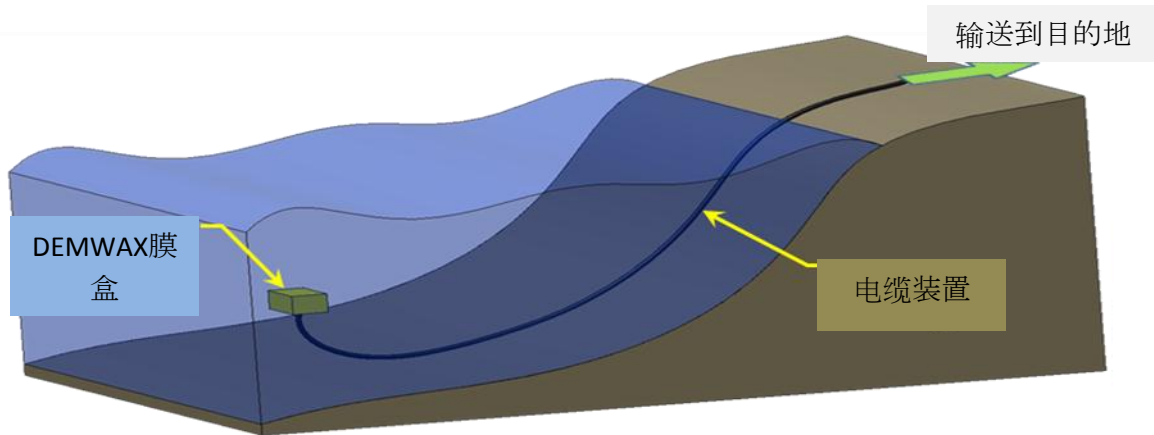


图4 -一般DEMWAX™植物布局

图5显示了DEMWAX™模块的概念展示。此图像中，膜盒是由深绿色框架将膜片固定。在上方和膜片垂直的渠道用来收集从膜中渗透出的水并传送到水井（灰色圆柱型管道）。收集渠道是将一系列垫片组成的间隔段压缩而成从而将周围的给水密封在膜片之间。



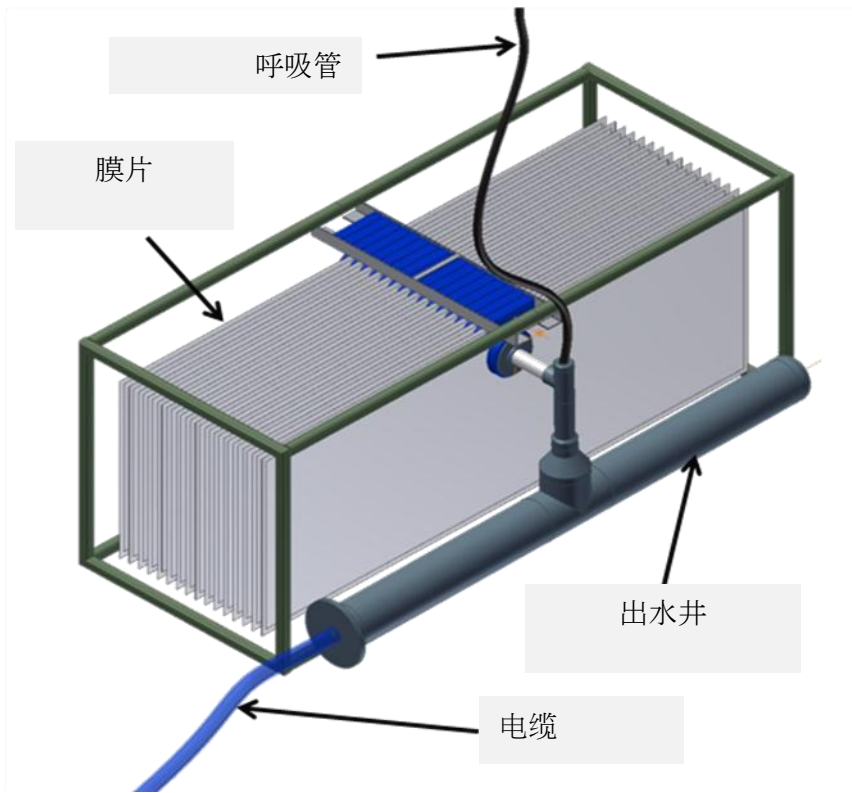


图5 - DEMWAX™系统

图中底部所显示的出水井中有一个或多个水下泵来输送产品的水到岸边。呼吸管和出水井连接并延伸到水面以上, 这样可以将大气压力输送到膜的产品水一侧。在此图中用于输送产品水的管道是和海底接触并沿着海底输送到岸边。此图只显示了这一技术的核心部分, 并没有包括附属部件, 比如用来把装置固定在海底以上的系绳, 用来提供浮力的浮标和装置上方用来阻挡灰尘降落的筛网。

图6展示了一个海水淡化的基本流程, 地表水的应用和海水应用相似, 只是深度和到岸边的距离有所不同。



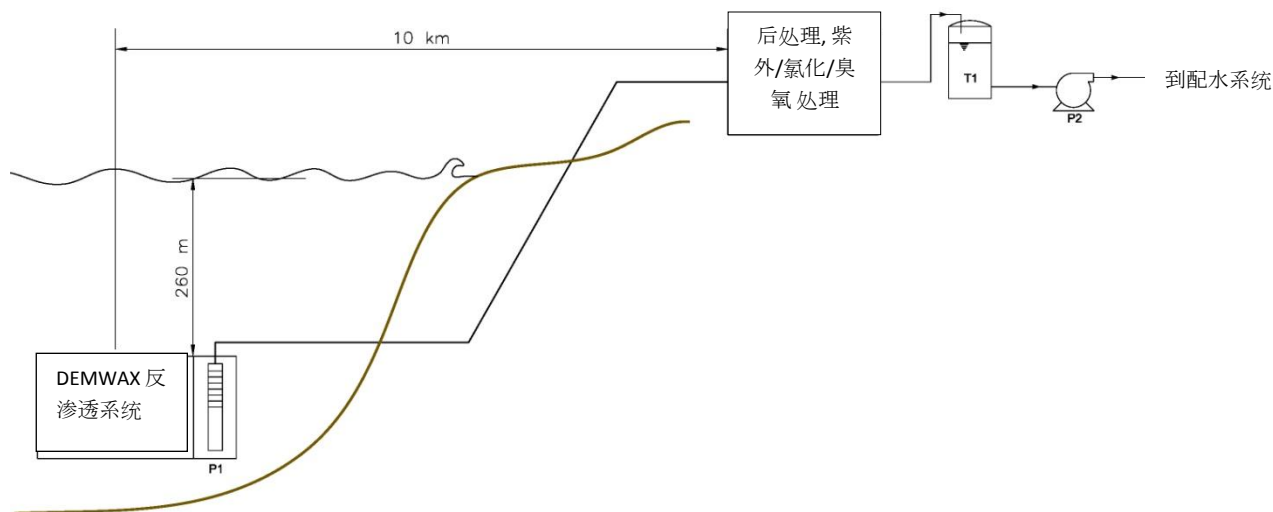


图6 - DEMWAX™过程流程图

膜盒

系统的基本组成部分是膜盒。膜盒的基本组成部分有：膜片（垂直排列），支撑结构和收集渗透液（产品水）的途径。通过组装多个膜盒并配备适当的辅助设备和电缆就可以建造一个水处理厂。

膜盒的尺寸可以根据具体情况变化。典型平板膜的尺寸是1米（40英寸）宽的卷，因此，大多数的装置将使用这个尺寸，或者是其中的一部分，以最大限度地利用膜材料。EconoPure™ 将会把膜盒设计优化以提供一个标准，特定的市场可以以这个标准为基础再进一步研制。

膜块

将一系列膜盒有序安排并配以中央集水系统就是一个膜块。在规模较小的处理厂，模块包含泵和电缆。这样一个装置被认为是最小的可以独立用于处理厂的模块。在大规模处理厂，可以将多个模块连接到中央抽水系统以最大限度地提高效率。

模块中的膜盒数在不同情况下会有所不同。通常情况下，以下因素共同决定了模块的大小，包括：

- 处理厂的总供水量-因为要考虑停止运行系统以进行维护，一个水厂的总供水量不太可能全部由一条生产线完成。因此，即使是由一个或两个模块可以达到水量要求，实际可能应该分为三个或四个模块，这样如果需要停止运行其中一个模块以进行维护，总水量的减少就会被最小化。
- 便于包装和运输-不同的装置需要不同的安装和维护设备。因此模块的大小可能会受到这些限制。
- 泵大小-通常来说，泵越大，整体效率越高。因此，泵的效率决定最优化的模块尺寸。

竞争优势



相比传统的海水淡化和地表水处理系统, DEMWAX™系统可以提供许多竞争优势。这一技术的价值来自于这些竞争优势。上文已经详细叙述了许多优势。本节的目的是为这一技术理念提供一个简洁的摘要, 并对每一优点结合其主要应用 (海水淡化和地表水处理) 加以讨论。

DEMWAX™系统的主要竞争优势是和现有水处理方法相比极大地降低了成本。本节详细地讨论了这一优势。

能源效率

海水 - DEMWAX™系统的效率可以被总结描述为“一半的水, 一半的压力”。 和一个典型的回收率为50 %的岸边反渗透海水脱盐厂相比, 由于DEMWAX™系统只需输送产品水而不是给水, 因此能耗相比传统系统节约了一半。 此外, 由于盐水浓度被增加到给水的两倍, 岸上系统需要向给水施加超过渗透压两倍的压力, 而低回收率的DEMWAX™系统只需要克服把产品水输送到海面以上深度带来的压力 (约相当于渗透压的海水) 。

地表水 -和微滤膜系统相比, 地表水DEMWAX™系统可以省掉反洗和预处理系统, 因此可以极大地节能, 同时只需抽取产品水而不是给水也极大地节约了能源。

不需预处理

海水 -岸上处理厂使用高压高速迫使给水通过间隔非常紧密的膜来处理水。在高压高速下, 源水中的悬浮颗粒物就像磨损力很强的子弹一样损害膜。因此, 传统的反渗透海水淡化必须对所有的给水 (约两倍的产品水) 进行昂贵的预处理以去除这些有机物和沉积物。在DEMWAX™系统中, 悬浮物可以对膜毫无损害地通过, 这样任何预处理都没有必要。

更优质的产品水

地表水 - DEMWAX™系统使用纳滤膜来处理地表水, 可以比如今使用越来越广的超滤或微滤膜去除更多的污染物。由于水中人造污染物如溶解药品浓度的增加, 水厂需要一个更强有力的过程来处理, 而且规章上对水质的要求也越来越高。传统的螺旋缠绕型纳滤膜也可以达到相似的水质, 但是需要预处理给水, 对给水进行加压和处理污泥, 因而DEMWAX™系统相比传统的螺旋缠绕型纳滤膜结构更有经济优势。

减少“盐水”处理

海水 -传统的反渗透海水脱盐厂必须处理盐水, 而DEMWAX™系统由于其低回收率, 只会产生比周围海水浓度高大约1至2 % 的“盐水”。这些低浓度的盐水会在系统几英尺范围内和周围的海水混合。此外, 盐水是在海面850至900英尺 (259至275米) 以下, 而不是象传统反渗透厂盐水排放在生命旺盛的浅水生态环境中。

消除对海洋生物可能造成的冲击和卷吸

海水 -对海洋生物可能造成的冲击和卷吸是另一个纠缠许多电厂和海水淡化厂的环境危害。海水通过DEMWAX™系统“进水口” (膜) 的速度比传统海水淡化厂低两个数量级。此外, 海洋生物的数目在DEMWAX™系统所在的深度要远远小于在岸上处理厂进水口所在的深度。



地表水 - 虽然在地表水的应用中, DEMWAX™系统是放置在有很多生物的深度, 但是相比传统的水处理厂, DEMWAX™系统的极低速度减轻了对生物可能的冲击。

工厂集中装备,减少当地施工

除了管道和需延伸到岸上的电缆, 使用DEMWAX™系统只需很少的当地施工。DEMWAX™模块和膜盒的大部分组装可以在工厂完成, 水厂当地只需很少的施工。工厂集中装备还可以消除不必要的施工危险。

虚拟调峰能力

通过把DEMWAX™系统埋在比实际需要更深的深度可以提供在高峰期生产更多水的能力而不增加常规运行的每单位水的能耗。增加深度而保持抽水率将在膜产品水一侧形成自然的背压, 可以限制更多的水从膜中渗透, 并协助产品水到达表面。如果以更高的频率抽水将会更快的降低呼吸管的水位而腾空膜的产品水一侧, 这样压差就会增加, 从而增加了在高峰时期的膜通量(单位膜面积的水流量)。

无接触腐蚀型强的给水的移动部件

由于需要输送腐蚀性极强的海水和浓度为海水两倍的盐水, 传统的海水淡化厂承担巨大的资本和维修费用。DEMWAX™系统只有聚酰胺(塑料)膜的外部暴露于给水, 因而消除了对于泵的腐蚀。同样, 所有表面暴露于海水的部件将由非腐蚀性材料组成或涂有这种材料。

使用工业标准零件

由于DEMWAX™系统是对已有部件的创新搭配, 组装该系统所承担的风险非常小。DEMWAX™膜盒使用广泛普及的螺旋缠绕型薄膜中的平板膜。在水井中有着长久使用历史的水下泵被用来输送渗透液(产品水), 而海底管道同样广泛用于输送多种液体和气体。

减少土地需求

DEMWAX™系统不需要建在岸上(节省下的土地用来进行必要的后处理和储存), 这样可以腾出宝贵的土地作其他用途。在人口稠密的地方,海边的土地往往是最抢手的, 因此节省土地而用作它用是非常有价值的。

有效经济地恢复天然地表水体

世界上的一些地表水输送系统比DEMWAX™处理海水所需的能量还高。举例来说, 美国加利福尼亚州水利工程将未经处理的水从萨克拉门托河三角洲输送到南加州需要能量大约为每立方米2.5千瓦小时。同样, 科罗拉多河渡槽将未经处理的水输送到南加州地沿海城市需要大约每立方米1.6千瓦小时。而DEMWAX™系统只需要每平方米1.2千瓦小时能量来输送饮用水到岸上, 而且输送的水不像其它水源一样需要进一步处理(额外的能量和化学品)。除考虑能源效率的优势, 恢复内陆自然水体或只在内陆使用内陆水也是非常有环境价值的。



无需化学品/操作简单

海水 –就像传统的水井一样， DEMWAX™系统只有一个机械系统，泵。这一简单性有助于降低运营和维护成本。由于其复杂的自动阀系统，进水的过滤系统以及高压都要和给水和盐水接触，因此传统的海水淡化厂极其复杂而且维修多。此外， DEMWAX™系统不需要预处理化学品。

地表水 -DEMWAX™系统只有少数几个移动部件。这种缺乏移动部件和简洁性使得操作和维护非常简单。地表水的应用可能需要一些原地清理（曝气，超声或其它）来减少常规维护中间的生污，而这些清理系统和方法已经发展地很完善，成本很低了。DEMWAX™系统应用于地表水处理可以去除传统水处理厂中的化学品的使用。

移动水厂

由DEMWAX™系统建造的水厂可以移动，而不是固定在一处地基上。这对于暂时安装以支付短缺及应付自然灾害很有价值。这种流动性对于长久性使用也很有价值。虽然最优的方式是将系统固定，但系统所具备的流动性可以影响其信用风险状况。也就是说，项目主办人应该意识到，拖欠流动系统的付款会比拖欠固定建筑招致更积极的付款索取。因此，违约风险或政治风险比岸上的海水淡化厂可以被评估地更有利。

这些竞争优势对于不同的客户价值不同，而且有些难以量化。对环境的好处，虽然更难以量化，但是可以促进这一技术的应用和市场的扩大。

应用

虽然EconoPure™打算将应用重点放在海水淡化和地表水处理，这一创新性的膜结构和技术还可以有许多其他的可能应用。本节概述了主要应用以及一些其他应用领域。

海水反渗透

如上所述， DEMWAX™系统将能耗减少到接近将溶解固体从源水中分离的理论极限。在海水中的应用仅限于在距离岸边不远的海中有足够深度的地方。这一技术的经济限定因素主要是管道施工技术。即使在很远的距离使用昂贵的用于石油和天然气工业的钢管，大型水厂仍然是经济的，如果使用其他较便宜的材料（如高密度聚乙烯或灌溉软管）将进一步提高经济性。这一经济价值使这一技术超越了原有应用范围从而打开了一个巨大的市场。目前，我们看到了这一技术在干旱人口稠密地区的巨大市场，如整个北美和南美的西海岸，地中海，红海，日本和南太平洋，东印度洋和非洲大部分地区。

预处理改进

如果在现有的海水淡化厂附近没有足够的深度，该技术也可以应用于预处理的改进。这种情况下，以纳滤膜DEMWAX™系统建造的水厂比反渗透系统所需的深度小，但可以将盐度降低50 ~ 90 %。这水就可以传送给现有的反渗透处理厂以更低能源而获得同样流量的水。另外，以现有的高压可以处理更多的给水，从而有效地提高水厂的容量并降低环境危害。



地表水处理

该技术也可以作为现有的地表水处理技术如媒介过滤和超滤膜系统的一个补充。应用这一技术的最好的水体是深度约50英尺（15.3米）的湖泊和水库，但对于其它水体可以有一些方法来解决深度问题。地表水处理主要用配备纳滤膜的DEMWAX™系统，这样可以提供更高质量的产品水，而且不需要化学品或污泥处理。

近洋石油生产中的硫酸盐去除

在一些生产中，有时会将水注入地下岩层以提高井中压力。近海石油生产利用海水来升压。海水中的高硫酸盐含量可能会和岩层中的物质反应而造成结垢问题。结构会阻碍注水，从而阻碍石油生产。硫酸盐通常会在水被注入岩层之前被去除掉，但这一步非常昂贵，而且需要大量的平台空间。通过使用纳滤膜装备的DEMWAX™系统，石油生产企业可以去除硫酸盐，节省平台空间，并降低能耗。这一应用可能会很早被采用，因为它并不需要很长的连接岸上的电缆(长度只需达到系统所在深度)。

工业冷却水

工业加工中使用大量的水，而其中发电是用水量最密集的。海水DEMWAX™系统可以产生比通常这些过程中使用的表面水要冷的多的产品水（5至6摄氏度）。纳滤膜和反渗透膜都可以生产硬度非常低的水，从而减少工厂中的结垢。对同样水量，这可以提高冷却能力。此外，凡工业冷却过程中，如发电，都是在人口较多的地方，用于冷却过的水还可以用于市政其次饮水供应。这种双重使用进一步提高了DEMWAX™系统的价值。目前在干旱地区一个日益增长的趋势就是将电厂和海水淡化厂结合建造。用DEMWAX™系统可以将传统的进水系统去除，从而消除对海洋生物的缠绕。

工业过程水

在很多没有清洁水来源的地方，工业过程使用的水量很大。许多过程都需要水被具体处理到符合特定用途的标准。DEMWAX™系统可以配置任何平板膜，因此具有很大的灵活性，从而提供量身定制的处理水的办法。这一应用的一个具体例子就是在石油和天然气回收和炼油业，在DEMWAX™系统可以以大约相同的成本，更少的维护，空间和能源提供非常干净的水。

快速反应/救灾

DEMWAX™系统的快速组成版本可在自然和人为灾害后提供饮用水。该系统可以被迅速预组装来应对灾害。此应用可以用于海水（反渗透）或地表水处理（纳滤膜）。系统的简单性只需最少的劳力而且不需要将化学品输送到灾区。

暴雨水处理

水文循环的基本原则是淡水来源于降水填充河流和地下水。许多城市正在寻找途径在降水流失到大海前拦截而作为一个新的地表水来源。其中一些城市，以洛杉矶市为例，正在寻找将暴雨用于旱季的途径。建设大型地下水库吸收和储存雨水来替代饮用水来灌溉的项目已经被确立。但是，



地方性法规禁止任何有可能与人类接触的雨水灌溉，除非水已被过滤和消毒。这意味着必须安装昂贵的过滤系统，并培训操作人员来操作。和传统系统相比，DEMWAX™的基本地表水处理系统在水质，操作简单性具有明显的优势，而且它可以直接被安放在这些地下水储藏室。

结论

在过去几十年内，寻求节能和环保的海水淡化方法取得了一系列进展。许多该领域的专家认为，我们在提高海水淡化效率的道路上已经接近终点。然而，DEMWAX™系统所代表的新模式在测试物理极限的同时极大地提高效率。做到这两点的同时又可通过减少盐水排放和对海洋生物的撞击而改善环境。

