

13. 转子式能量回收技术与装备

能量回收技术是反渗透海水淡化系统（SWRO）中的关键技术之一，其最大的贡献是将被反渗透膜截留的 60%左右的高压浓盐水的能量回收利用，直接给原海水增压，从而使反渗透海水淡化能耗降低了约三分之二（能耗由 8 kWh/m³ 降到 3.5kWh/m³ 左右），对反渗透海水淡化系统的大规模工业应用具有不可替代的重要价值。而且，海水淡化系统的整体流程工艺也要因能量回收原理、技术与结构的不同而随之调整，能量回收技术与装置无论在构成作用抑或建设成本中都已成为反渗透海水淡化系统中的核心技术。液体压力能量回收技术自 20 世纪 80 年代起在反渗透淡化装置上开始引入应用研究，经过近 40 年的不断发展，液体压力能回收技术和装置已经成为一个完整而独立的技术体系及产业，是反渗透淡化系统内必不可少的组成部分。液体能量回收利用技术按照是否需要机械动力传递而分为两大类：第一类采用离心泵原理，利用机械动力转换在高低压液体间实现能量传递；第二类应用正位移原理，高低压液体直接接触进行能量交换。在每一大类中，根据具体实现方式的不同，又可以分成几种不同的形式。机械动力传递型主要分为佩尔顿泵(Pelton Wheel)和水力透平(Turbo Charger)两种类型；正位移式功交换器型按照核心部件的不同，可以分为活塞式(也称固定式)功交换器和旋转式(也称转子式)压力能交换器。其中，美国 ERI 公司研发的 PX 系列旋转式压力交换器因其巧妙利用流体驱动和流体直接接触的压力传递方式，具有能量回收效率高、装置体积小、运行安全可靠和无需外置控制或驱动元件等特点，逐渐成为反渗透海水淡化能量回收的主流技术，在我国投产运营的成规模海水淡化系统中主要都采用该结构的能量回收装置。

我国反渗透海水淡化能量回收技术方面的研究从上世纪 90 年代末开始，主要集中于双液压缸功交换式能量回收器，天津大学对“反渗透淡化系统阀控余压回收装置”进行了实验研究，该装置由两个水平放置的水压缸以及水压缸海水端和盐水端的三通电磁阀构成，研究成果已经成功应用于小型海水淡化系统中。对于旋转式压力能交换器，国内有几家单位进行探索性研究，主要包括杭州水处理技术研究开发中心有限公司、中科院宁波材料所、浙江大学和南方泵业股份有限公司等，目前该类技术的研究一方面在陶瓷转子转速匹配控制技术和高精度加工装配技术方面确实与美国产品存在差距，另一方面很难突破美国技术形成的专利

壁垒。浙江大学与南方泵业股份有限公司发挥各自优势，经过两年多的研究，已经在旋转式压力能换热器能量回收转子驱动转速与掺混匹配控制设计技术、转子端盖间微隙润滑与密封集成设计技术、端盖三维流道的动力学设计技术、能量回收转子压力交换通道制备成型技术和转子整体高精度加工控制技术等关键技术环节实现了突破，研制的模型能量回收装置在自制试验台测试表明其密封保压能力、能量回收效率和掺混控制水平已逼近美国 ERI 公司同类产品水平。而且在端盖流道结构和转子通道形状设计方面有创新，具有自己的设计特色和结构特点。

模型试验的主要性能参数为，回收处理流量为 10 m³/h，最高回收压力为 5.9MPa，平均泄漏率为 3%~4.5%，能量回收效率为 94%，掺混率为 5%。

典型案例

目前，旋转式压力能交换器的研发尚处于中试阶段，10 m³/h 的小型能量回收装置将在浙江大学摘箬山科技示范岛进行应用示范，50 m³/h 的能量回收装置目前已经完成了零部件的加工，将进行装配调试和整机性能试验阶段，试验测试完成后，将在六横万吨级反渗透海水淡化示范工程中进行应用放大试验。该技术现阶段尚没有工程应用案例。

【技术信息咨询单位及联系方式】

联系单位：浙江大学海洋学院 南方泵业股份有限公司

联系人：焦磊

地址：杭州西湖区余杭塘路 866 号

邮政编码：310058

电话：0571-88141027

E-mail: jiaolei@zju.edu.cn