

11. 中开式海水淡化高压泵

目前世界上最先进和应用最广泛的海水淡化技术是反渗透法 (SWRO)，反渗透系统包括三大关键部件：膜组件、高压泵和能量回收装置。高压泵是反渗透系统的核心，它的作用是提供膜系统所需的高压。从国际上近年来大型反渗透海水淡化工程中的反渗透单机、高压泵、能量回收装置的配置情况来看：占 53% 的高压泵单机规模在 1 万~2 万 m^3/d 之间。

目前国外在该流量段的高压泵主要采用两种结构形式：节段式多级结构和水平中开式多级结构。节段式多级结构的特点是体积小、重量轻，造价便宜，但效率不高，维修相对麻烦。而水平中开式多级结构的特点是质量可靠、维修方便、效率较高，但缺点是整体体积大，内部流道结构复杂，铸造困难，价格较高。在反渗透海水淡化装置中，电费占造水成本的 $1/2\sim 2/3$ ，设备投资占造水成本的 $1/4$ 左右。反渗透海水淡化系统的能耗指标主要取决于高压泵、提升泵和能量回收装置，而高压泵是主要耗能设备，其电耗约占系统运行费用的 35%，是影响产水成本的主要因素之一。因此，在保证高可靠性的前提下，高效率应该作为选择不同规模下反渗透海水淡化用高压泵的主要指标。所以目前国际上单机流量大于 1 万 m^3/d 的反渗透海水淡化系统中，高压泵大多数是采用水平中开式多级离心泵，流量越大，泵的效率越高，最高效率可达 80%~85%。

另外，由于我国没有专用于反渗透海水淡化的高压泵，因此市场被国外大公司所垄断，售价高昂，使反渗透海水淡化装置的造价难于下降。进口高压泵一旦发生故障，维修时间长，往往造成海水淡化装置停产，这会对装置所在地的生活和生产造成不利影响，在水资源紧缺时期甚至会影响社会稳定，因此高压泵被国外垄断，极不利于我国的供水安全。利用国产高压泵替代进口是我国沿海地区社会与经济之发展的迫切要求。

该设备主要特点：

- (1) 通常适用流量大于 $400\text{m}^3/\text{h}$ 的场合。
- (2) 泵的最高效率可达 80%~85%，流量可达 $850\text{m}^3/\text{h}$ 。
- (3) 叶轮背靠背安装，水力自动平衡，没有轴向推力。
- (4) 采用双蜗壳结构，径向力自动平衡，使叶轮和轴不受径向力影响。
- (5) 维护保养非常方便，检修时不需要拆动进出管路。

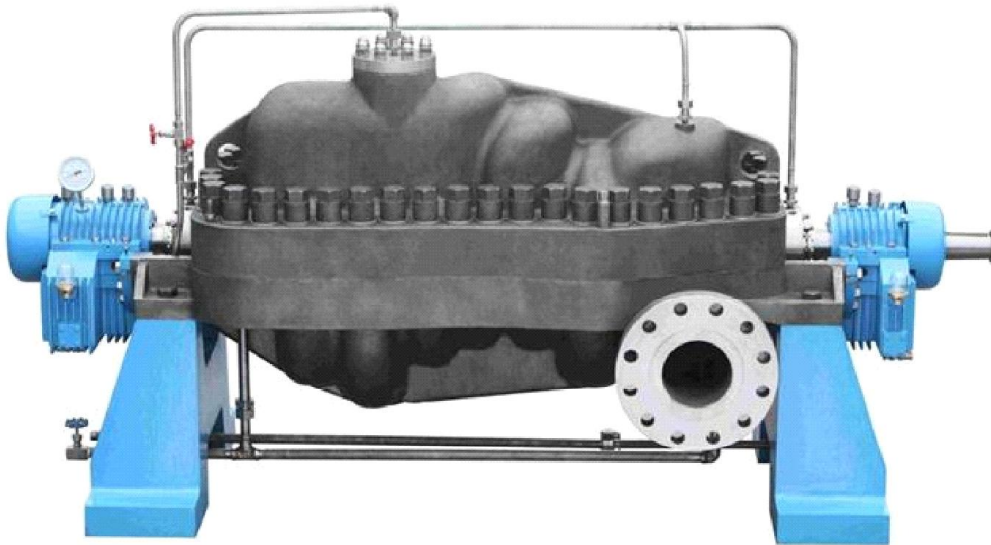


图 1.11.1 高压泵外形照片

典型案例

【案例名称】

1.25 万 m³/d 海水淡化系统配套高压泵

【项目概况】

该设备属于国家科技支撑计划项目“日产 10 万吨级膜法海水淡化国产化关键技术开发与示范”中的课题三“海水淡化高压泵的开发”所产生的成果。2012 年完成首台样机的试制工作，2013 年应用于六横 1.25 万吨级反渗透海水淡化示范工程，目前已在试运行。

【原理与结构】

根据国家标准 GB/T13007《离心泵 效率》指标，综合水力效率、转子系统临界转速、制造成本、制造难度等几个方面，该设备按照兼顾效率与制造成本两个方面，确定泵的叶轮总级数为 5 级。

首级叶轮为双吸结构，其优点是可以提高泵的气蚀性能、水力平衡轴向力。后面 4 级叶轮采用单吸式，并分成 2 组背靠背安装，使轴向力自身达到水力平衡。具体见下图：

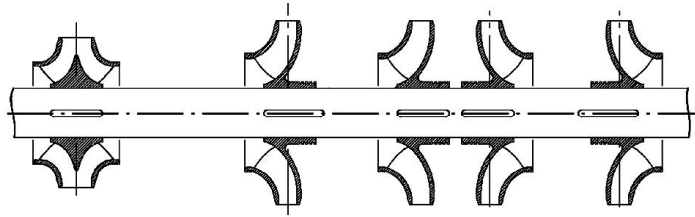


图 1.11.2 叶轮在轴上布置示意图

由于万吨级高压泵的流量较大，流道比较宽，故具备把每级蜗壳设计成圆周方向 180 度对称的双蜗壳水力结构的条件，以消除叶轮所产生的绝大部分径向力，剩余径向力则由布置在两侧的滑动轴承来承受。

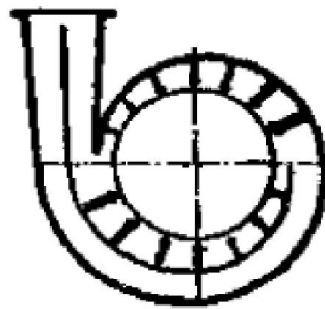


图 1.11.3 双蜗壳结构原理示意图

关键技术或设计创新特色

(1) 水平中开式多级离心泵的总级数达到5级

从理论上来说，扬程一定，流量越大比转速就越大，泵的效率就越高。所以相同的性能参数，多级泵的效率比单级泵的效率要高。但级数越高制造成本就高，更主要的是制造难度越来越高。尤其是对于水平中开式多级离心泵，更是如此。目前国内的水平中开式多级泵大多不超过3级。

(2) 水平中开多级泵中的首级叶轮采用双吸式结构

目的是改善泵的吸入性能，降低汽蚀余量，平衡轴向力，而后面几级采用单吸叶轮，背靠背安装。目的是平衡巨大的轴向力。

(3) 主轴两端的支撑轴承采用油室润滑和冷却

泵的两端支撑轴承各设有一个专用的油室，优点是改善轴承的润滑条件和冷却条件，从而大大提高两端支撑轴承的使用寿命，提高高压泵的整机可靠性。

(4) 主轴支撑轴承外侧采用风扇冷却

在两端支撑轴承的外侧各设计一个风扇，风扇安装在主轴上，随主轴一起旋转，就像电机的风叶，实践证明对轴承的冷却效果非常好。

(5) 采用便拆式机械密封（集装式机械密封）

采用集装式机械密封的突出优点是维修、更换非常方便，可大大缩短维修周期。而国内目前的水平中开泵还是采用填料式密封，不但泄漏难以避免，更主要的是功率损耗较大。虽也有采用机械密封形式，但都是散装式结构，安装和更换非常不方便。

(6) 蜗壳采用圆周方向对称的双流道结构

绝大部分离心泵都是采用单蜗壳，这种结构如在非设计工况使用时就会产生一定的径向力，偏离设计点越多，径向力越大，对水泵整机运转的可靠性就越不利。而本设备采用双蜗壳结构，在圆周方向180度对称，产生的径向力相互抵消，可大大降低泵的振动，延长泵的使用寿命。

【主要技术经济指标】

单机流量：Q=540m³/h，扬程：H=600m，泵效率：80%。

【应用情况】

已生产 3 台高压泵，其中一台已安装在六横 1.25 万吨级反渗透海水淡化示范工程，并应用该技术开发了日产淡水 1 万吨、1.5 万吨海水淡化系统高压泵。

【技术信息咨询单位及联系方式】

联系单位：南方泵业股份有限公司

联系人：赵才甫

地址：浙江省杭州市余杭区仁和镇

邮政编码：311107

电话：0571-86301515

E-mail: tech@nanfang-pump.com