



向海洋要资源

——华能大连电厂海水淡化经济技术分析



■ 华能大连电厂 林治国 何文斌 许振东 王 倩

华能大连电厂（以下简称大连电厂）的海水淡化项目，2001年年底建成投入运行。5年来，已累计制取淡化水260万吨，取得了较好的社会效益和经济效益。现从安全、经济、技术等方面作简要分析。

海水淡化项目的必要性

大连电厂海水淡化项目的可行性研究，早在上个世纪90年代末就开始了。二期机组的投产使企业的生产能力倍增，原来并不突出的水源问题变得非常紧迫。综合分析辽南地区的气候特点、资源配置，深切地感到大连电厂所担负的社会责任与所面临的环境存在着日益尖锐的矛盾，其中尤以水源为重。

水源的安全隐患

众所周知，我国是一个水资源十分匮乏的国家，淡水资源人均占有量不足世界平均水平的四分之一。至2005年全国已有300多个城市缺水、50多个严重缺水，大连是其中之一。20年来，城市水源已由市郊逐步外延至离城市200公里以远。多级加压、长途调水，特别是由于城市用水负荷的快速增长，再加上周期性的干旱，政府设立各类限水预案每年都要启动。火电厂的水源安全问题已经迫在眉睫。

原水的成本压力

随着市场化程度的不断提高，火电厂水处理的各类原材料价格都在持续增

长，城市供水价格以及一些相关的收费更是节节攀升，发电用水的成本日趋凸显。

大海的诱惑

目前，海水淡化技术的应用已经相当普及，发达国家海水淡化已经形成产业。我国自上世纪90年代以来，不同规模的海水淡化装置在天津大港电厂、华能威海电厂以及浙江舟山市、大连长海县均有成功运行。而大连湾海域水温适宜、水质清澈、水环境得天独厚，是实施海水淡化的理想选择。是大型火电厂实施科学发展、持续发展的战略选择之一。

大连电厂的海水淡化工程

工程概况

大连电厂海水淡化系统，采用二级反渗透技术，设计处理能力为日产淡化水2000吨。工程因地制宜、充分利用了原有海水养殖厂厂房、海水取水系统和粗滤设备，其反渗透装置、能量回收装置、高压泵、变频器、主要阀门和表计则全部采用进口。工程总投资1910万元，其中设备费用1590万元，于2001年开工当年投产。

技术特点

为了保证入口海水温度的规范要求，大连电厂海水淡化系统入口海水，根据季节的不同分别取自汽轮机凝汽器入口、出口以及出、入口混合后的温海水。系统的预处理设置了多介子过滤器、活

性炭过滤器和加药系统。考虑到与原有除盐系统的配套和锅炉补给水水质的要求，在一级反渗透后又增加了二级反渗透系统。一级反渗出水脱盐率 $>99\%$ 、回收率40%、含盐量 <350 毫克/吨、海水淡化出力2500立方米/天。

二级反渗透脱盐率 $>97\%$ 、回收率80%、含盐量 <7 毫克/吨、出水流量则为：2000立方米/天。

预期成本

在项目可研的过程中，海水淡化的成本一直是关注的重点。根据厂商提供的资料，结合2000年的实际价格，大连电厂测算的海水淡化预期成本两倍于过滤水的运行成本（当年过滤水成本为2.60元/吨水），为此必须把海水淡化系统放在全厂汽水系统的大环境下综合考察，尽可能降低淡化水的综合成本以追求效益的最大化。

海水淡化的经济技术分析

可靠性分析

由于海水淡化系统与原水处理系统完全兼容，在正常运行情况下，原除盐系统全部使用淡化水生产除盐水作为机组的补给水，若有剩余则进入工业水和饮用水系统。一般情况下，大连电厂日耗用淡水3500吨，淡化水可以替代2000吨，不足部分仍用城市供水管网的原水补充。至此，海水淡化系统与原城市供水系统已成互补态势，华能大连电厂的水源



安全问题不再是后顾之忧。

海水淡化在客观上要求系统必须具备与之相适应的耐腐蚀性和严密性,但大量的工作还是集中在日常的维护与管理上。统计资料表明:系统的故障点均集中在高压泵、变频器和管路的腐蚀与泄漏上。其中 2003 年因海域发生赤潮停运 168 小时,2005 年设备计划检修停运 816 小时。显见平均 80% 的利用率远不能满足大型火电企业的可靠性要求。因此,海水淡化系统与原供水系统的互补就显得十分重要。

经济性分析

1. 显形成本

海水淡化系统的投产使大连电厂除盐水的生产有了两种水源,即原过滤水和二级淡化水。为了分析方便,本文截取除盐系统入口,借用显形成本的概念,根据相关部门提供的成本资料,对过滤水和淡化水的直接成本加以比较。

过滤水的生产成本是由原水价格、单位水量分摊的运行费用以及按比例分摊的折旧费用构成。自 2001 年以来,大连电厂过滤水的成本在 3.80~4.96 元/吨的水平上。

淡化水的生产成本如下表所示。其中:固定成本主要指投资的折旧费,变动成本则包括自耗水电费、材料费、维护修理费、人工费和分摊的管理费。

项 目	一级淡化水	二级淡化水
固定成本(元/吨)	2.747	3.854
变动成本(元/吨)	1.307	1.884
单位成本(元/吨)	4.054	5.738

由表可见:淡化水的实际成本略低于其预期成本,高出过滤水的成本(4.96 元/吨)。这说明火电企业若实施海水淡化必须统筹考虑与原水系统的配套改造。

2. 隐形成本

淡化水的隐形成本则表示海水淡化系统投产后对电厂原汽、水系统带来的间接影响,使运行方式、检修方式以及管理方式的改变而引起相应费用的变化,

其中有些是容易定量而有些则难以量化。比如:

●原除盐系统的进水全部改用二级淡化水,原用于水处理的酸、碱年耗量从 417 吨减少到 94.5 吨,仅酸、碱一项可减少费用 40 万元。

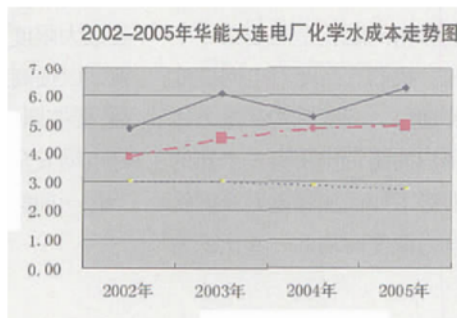
●用淡化水制的除盐水电导度更低、水质更纯,机组的汽水品质进一步提高,使锅炉的排污由原来的两天一次、每次排污量 60 吨到目前的接近零排放。每年减少排污水量 36400 吨,相当于节省等量的除盐水;其降低的热量损失折标准煤约 2000 吨,使年发电标准煤耗降低 0.23 克/千瓦时;如标煤单价按 550 元/吨、除盐水单价按 5 元/吨计算(上年实际价格),年节省的煤、水费用为 128.2 万元。

●由于除盐系统再生次数减少,除盐设备的检修周期由原来的 4 年延长到目前的 6 年。

●汽水品质的提高减轻了热力系统的结垢和积盐、延长了锅炉酸洗周期、提高了设备的健康水平、保证了机组运行效率,体现了海水淡化系统的间接效益。

B. 成本的比较

海水淡化系统的投产使大连电厂除盐水的生产由于其除盐系统入口水质的不同而具有不同的生产成本。下图是 2002~2005 年淡化水和原过滤水的成本走势。



其中: C1 为淡化水的成本线, C2 为过滤水的成本线, C3 为淡化水的综合成本线。由成本走势图可以看出: C2 逐年高走已呈定势、而 C1 则呈稳定下滑的趋

势(2005 年 C1 上扬的主要原因是海水淡化系统检修产水量降低所致)。若综合考虑淡化水的隐形成本即:淡化水的间接效益(仅计算可以准确量化部分)每年至少 168.2 万元,淡化水产量按 56.0 万吨计算,其单位淡化水量的年平均效益额为 3.004 元/吨。其淡化水的综合成本则变为 2.734 (元/吨)。即直接成本与部分隐形成本的代数和。于是形成淡化水的综合成本曲线 C3, C3 不仅远低于过滤水的成本线 C2,而且随着资源节约型企业的建立, C3 亦呈稳定下滑的趋势。

可见,沿海火电企业若实施海水淡化项目,综合考虑汽、水系统的配套改造问题,将是规避成本风险的有效选择。

环境分析

工作环境——采用淡化水制取除盐水,除盐系列再生次数的降低,减少了废水排放,更使酸、碱的年平均消耗量减少,相应减少了酸、碱的采购、运输与储存,现场的生产环境有了较大幅度地改善。

大气环境——淡化水制取的除盐水,使机组的汽水品质进一步提高,在正常状态下即可以完全关闭锅炉的排污。海水淡化系统的利用率若按 80% 计算,每年可减少污水排放 36400 吨,其热量相当于 2000 吨标准煤,大气环境进一步改善。

水环境——海水淡化的回收率一般在 35%~45%,排出的海水只相当于单位容量的海水盐分增加了 40%,不会对海洋环境造成不良影响。

随着水资源的日趋短缺,海水淡化已经成为沿海电厂获取淡水的主要来源。虽然,海水淡化的成本还略显偏高,但是随着新技术、新材料的涌现和市场的开发,淡化水的成本正在逐渐降低。若将海水淡化系统和原水处理系统配套改造使之互补兼容,企业的综合效益亦将明显提高。■