

# 节能型海水淡化以及建造海上蓄水库的设想

## PRELIMINARY SCHEME FOR ENERGY-SAVING SEA WATER DESALINATION AND CONSTRUCTION OF FRESH WATER RESERVOIR IN THE SEA

何义朝

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

海水淡化方法很多,有蒸馏法、过滤法、冷却法等<sup>[5]</sup>。蒸馏法是用加热海水产生蒸汽再使之冷凝成水。过滤法是利用电渗析、反渗透技术进行海水淡化。该方法淡化海水耗能较大,理论能耗(最小值)为1.4 kW·h/t,实际能耗大于10 kW·h/t。尽管随着反渗透膜性能的提高和海水淡化工艺的进步,使从海水中获取1 m<sup>3</sup>的淡水能耗下降到5.9 kW·h电,但是生产淡水的成本仍然高达1.6~2.2美元/t<sup>[3]</sup>。因投资大和生产成本太高,这种技术尚难以大规模推广应用。我国中小型压汽蒸馏技术已进入成熟期,日产20~50 m<sup>3</sup>的淡水设备已进入市场<sup>[3]</sup>。

我国在西沙的永兴岛建设了日产400 m<sup>3</sup>的淡化站,新近又在浙江省的嵊山岛建设起日产500 m<sup>3</sup>淡水的反渗透海水淡化站,投资6.3×10<sup>9</sup>元,据初步匡算,每立方米淡水费用为人民币10元<sup>[5]</sup>。成本大约是普通淡水价格的4倍以上。这种价格在发展中国家无疑是难以承受的经济负担。在我国的许多海岛,如西沙、长山岛、舟山等海岛严重缺水,同时能源供应又十分困难,利用电渗析法或反渗透法或蒸馏法进行海水淡化难以扩大规模或推广。广东省近海有700多个海岛由于严重缺水而成为无人居住的荒岛<sup>[3]</sup>。解决淡水供应是急不可待的事情。若推广应用海水淡化,必须首先考虑降低成本。用太阳能蒸馏法淡化海水是比较古老的方法,老方法最大淡化能力为2 kg/m<sup>2</sup>·h。本设想是利用太阳能的辐射热和风力相结合作能源,加设Y型管道以增加蒸发量,获得更好的淡化效果。也可利用工厂冷却用的海水余热,特别是电热厂的余热,获得饱和蒸汽,遇冷凝结成水,进行海水淡化。厂房建设简易,废弃的鱼、虾、贝育苗厂房,经过改造即可利用,投资少,可减少能源消耗,降低海水淡化成本。

另一方面,降雨季节,大量淡水因缺少蓄水库而白白流入大海,浪费淡水资源,海上软性袋式水库的设计尤其独特,既可作海水淡化的淡水储水库,又可

供作雨季天然降水时的蓄水库,并且造价低廉,具有较为广阔的应用前景。

### 1 基本原理

如图1,2所示,饱和暖湿空气流入冷却管道时,因冷却达到过饱和而凝结成水滴。当空气中的饱和水汽气压减小时,超饱和量的水蒸汽就凝结成水。暖湿空气从蒸发室流向冷却管道的过程也是湿微物理过程,其作用使水滴或冰晶变大,类似于降雨过程<sup>[6]</sup>。软性浮体水袋(图3)在海水中因内外水压力互相抵消,无需用坚固的材料建造浮体水库。

温度为22℃的饱和空气的比湿约为17 g/kg,当温度为10℃时此量减为8 g/kg,当温度为0℃时,减至4 g/kg,即,22℃的暖湿空气冷却到0℃时,每公斤饱和湿气就有13 g水形成。因此,利用电热厂余热水,加上本设计装置,获得大量饱和湿气是有可能的。

### 2 能源

#### 2.1 太阳辐射热

太阳平均辐射热为8.2 J/m<sup>2</sup>,它与纬度、地形、冬、夏、空气的透明度等有关,同时又有年日的变化。

#### 2.2 风力

2.2.1 利用风车抽取海水。

2.2.2 风力发电 为制冷机和充气机提供电源。一套5 000 W 风力发电装置价格最高达100 000 马克,现在在中国可生产50%的零部件,价格已下降,因此,用风力发电提供能源是可行的。

2.2.3 太阳能发电 为制冷机和充气机提供能源。在西北旷野或海岛建筑物的屋顶上可建设太阳能

收稿日期:1998-10-27;修回日期:1998-11-10

平板集热器,用以加热苦咸水或海水。

2.2.4 气流动力 (1)蒸发室内因太阳辐射热而升温,空气膨胀,冷凝管道因冷却而降温,二者产生压力差,迫使暖湿气会自动流向管道。(2)高竖的气筒起抽水气作用。(3)充气机给海水充气,增加蒸发室内的气压,促使空气向管道流动。

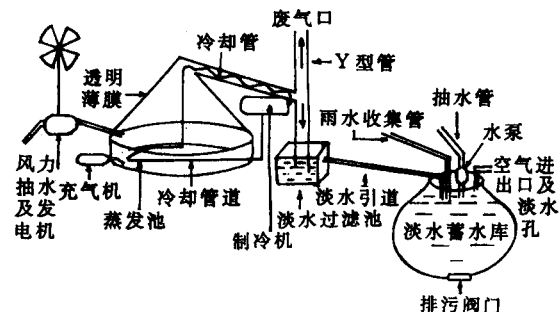


图1 海水淡化系统结构示意图

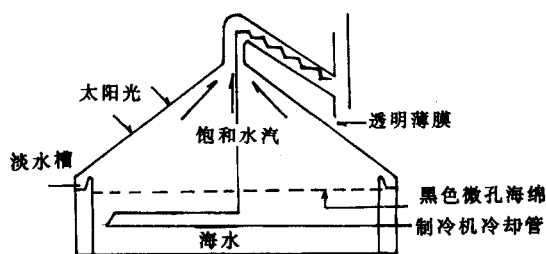


图2 太阳能蒸发池结构示意图

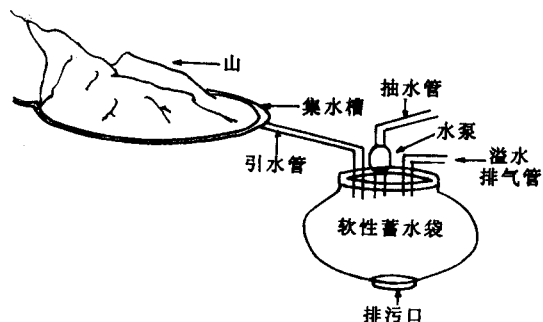


图3 海上软性蓄水库示意

### 3 蒸发

3.1 海水受太阳辐射热加温促进蒸发作用。

3.2 蒸发室内与冷却管间的温差、气流都加大蒸发作用。

3.3 向海水充气(通过散气石)增加蒸发量。

3.4 空气的热容量为 $1.2 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K}$ ,水的热容量为

$4.2 \times 10^3 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K}$ ,因此,在夜间气温下降快,冷却管道及蒸发池上的薄膜外周围温度下降,而蒸发池水温下降慢,夜间仍然能起着一定的淡化作用。

### 4 充气

向蒸发池海水充气起着如下作用:(1)增加蒸发量;(2)补充空气流动的气源;(3)在蒸发池下层设置散气石,上层铺设带有小气孔的塑料海绵,小气孔起着边缘效应,类似中纬度蒸腾作用。气孔的直径应小于10倍的气孔间隙,可避免蒸汽互相干扰作用而影响蒸发量。

### 5 Y型管道

管道内有冷却管,降低温度并增加水蒸汽碰撞湿微的物理过程。靠管道的自然斜度把水引向蓄水池。高竖管道的上端把废气排向空中,下端浸没在水底,防止空气倒流迫使气流从蒸发室流向冷却管道。蒸发池上方的圆锥形的透明薄膜能最大限度接收太阳辐射热,温室效应使池内海水升温、蒸发,达到饱和湿气,白天气温升高时,饱和湿气流向Y型管道,遇冷凝结成水,顺管道流向淡水蓄水池,夜间气温下降,蒸发池中水温下降慢,仍然有水蒸气蒸发,在锥形透明薄膜冷却成水,顺薄膜流到下缘的淡水槽,引向蓄水池。

### 6 过渡小水槽

在Y形管下部设一小型水槽,从Y形管流入的淡化水在此过渡一下。因Y形管下端浸没在水中,可确保饱和湿气从蒸发池通过冷却管从排气孔排出,起到抽吸作用。淡水再经引水管排到蓄水袋中。

### 7 海上软性浮体储水库

在海岛或陆地上建造水库不但造价高而且占用土地或找不到合适的场地,本设计的特点是在海上建造水库,而且工程结构简单,造价低,不占用土地。

笔者在进行贝类育苗实验时,为了防止加热棒接触海水,将加热棒安在装满淡水的圆柱型塑料袋内,然后置于海水中,发现塑料袋倾倒浮于海水上部。由此启发,自己动手制作一个直径80 cm,高60 cm的圆

柱型塑料袋,袋口固定在泡沫塑料上,利用中国科学院海洋研究所贝类实验室高1.3 m、容积8 t海水的水池进行实验。结果证明,装满淡水的塑料水袋能够稳定悬浮于海水上层,两天后用水泵从水袋中抽水,随着淡水的减少,海水把淡水袋塑料薄膜向内压挤,再次用水管向水袋灌注淡水,塑料水袋完好如初,悬浮于水面。

由此设想,如果用涂有防水材料的尼龙布或聚乙烯等塑胶材料(如制作热气球材料或降落伞材料)制造蓄水袋是可行的。基本结构如图3所示。

尽管淡水和海水比重不同,分别为1.000和1.020左右,比重小的淡水会使部分淡水高于海面,但是高出的部分将会使这种水库内的淡水和外部的海水的压力互相抵销,从而简化水库的结构,不必用钢板之类的坚固材料建造,只需用简单的软性尼龙布等防水材料做成袋式即可用作蓄水袋。将储水库作成球形,上部用中间夹有硬质泡沫塑料木料圆盖,水袋上端固定在圆盖边缘,圆盖中间放置抽水水泵,并设有进水口和溢水口、排气口。当进水时,水袋内的空气从设置的排气口排出,当储水袋中淡水装满时,多余的淡水也从溢水口排出,同时可以缓冲海浪对蓄水袋的压力。储水库下部设有可活动的排污口,当水库下部有泥沙等沉淀物时,打开排污口,排除污物。由于淡水比重小于海水,蓄水袋高度小于横截面直径,则避免水袋倾倒,球形也可减少海流和海浪的冲击,同时节省材料。另外,排污口可用比重大于海水的材料造成,

起稳定水袋作用。排污口处设置3根锚绳,用锚固定蓄水袋,避免海浪、海流引起漂移。

围绕山的低处挖建集水沟槽,在降雨季节,可以收集陆地或建筑物屋顶的雨水,通过进水管进入水库,因此,这种海上软性浮体水库可兼做淡化海水和收集雨水两重作用。

## 8 特点

利用自然能源和工厂余热,海水、太阳能和风能都是取之不尽,工厂冷却水的余热(尤其是电热厂)、水产系统育苗室车间暖湿气的利用及废弃育苗室车间的利用,和一般太阳能淡化设计比较,本设计独特,具有厂房简易、节约能源、无污染,投资少、一次投资长期受益。

## 参考文献

- 1 刘启恒.中国海洋报.1997-04-22 第3版。
- 2 杨耀中等.中国海洋报.1997-01-20 第1版。
- 3 刘海龄等.中国海洋报.1997-09-19 第1版。
- 4 王俊鹤、李鸿瑞等编.海水淡化.北京:科学出版社.1978。
- 5 青岛生活导报.1997-08-22 第3版。
- 6 顾震潮著.云雾降水物理基础.北京:科学出版社.1980。