

編 号: (75) 013

內 部

出国参观考察报告

日 本 淡 化 技 术

(P2)

科学技术文献出版社

P747

9.8-2

出国参观考察报告

日本淡化技术

(内部发行)

编辑者: 中国科学技术情报研究所

出版者: 科学技术文献出版社

印刷者: 中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 4印张 102千字

统一书号: 17176·54 定价: 0.36元

1975年11月出版

目 录

一、电渗析技术考察总结	(1)
(一) 概述	(1)
(二) 离子交换膜	(2)
(三) 离子交换膜电渗析淡化装置	(10)
(四) 总体及操作运行设计	(16)
(五) 离子交换膜电渗析海水浓缩制盐	(20)
(六) 电渗析脱盐装置运行实例	(22)
(七) 几种脱盐方法比较	(25)
二、反渗透技术考察总结	(31)
前言	(31)
(一) 日本反渗透法的研究及应用概况	(31)
(二) 日本反渗透膜的研制及其特点	(33)
(三) 淡化器结构及密封形式	(40)
(四) 大型反渗透系统流程布置及前处理	(43)
三、蒸馏法技术考察总结	(48)
(一) 概况	(48)
(二) 蒸馏淡化法的运行方式	(48)
(三) 日本海水淡化研制规划、研究题目及近几年研究的 主要成绩	(50)
(四) 多级闪蒸装置设计的有关问题	(54)
(五) 各部件所用的材料	(58)
(六) 防垢的方法	(59)

一、电渗析技术考察总结

(一) 概 述

海水淡化技术考察组于1975年3月28日至4月27日在日本进行了一个月的参观考察。其中有关离子交换膜电渗析技术的,共参观了旭硝子公司的制膜工場、淨水場和制盐厂;德山曹达的制膜工場、淨水場以及旭化成公司的淨化場。并与小田原专卖公社、鄂尔嘎诺、神钢法乌都拉、荏原等公司以及东京大学生产技术研究所进行了座谈。

现将这次参观座谈的情况汇报如下。

1. 日本离子交换膜电渗析技术的研究和使用概况

日本从1950年就开始了离子交换膜的研究制造工作,主要公司是旭化成、德山曹达、旭硝子等。此外,还有很多大学、研究所、商社等也从事这方面的研究工作。研究的面较广,发展较快,技术也比较先进。

在欧洲与美国,离子交换膜电渗析技术,是用于地下苦咸水或河水脱盐以生产饮用水的。而在日本,这项技术则首先用在海水浓缩制取食盐方面,并且获得相当成功。到1973年,全面地废除盐田法代之以离子交换膜电渗析法。目前年产量已达一百多万吨。

日本因为雨水较丰富,水源也较充足,因此除了用于制盐的电渗析装置外,工业规模的脱盐装置就比较少。然而近年来,由于工业发展,人口集中,城市用水量急剧增加,水的供应不足,水质的恶化正在变成一个严重的问题,因此促进了电渗析造水装置的发展。

早在1961年,旭化成公司就在美国韦伯斯特建造了一座由美国政府投资(由科罗拉多州丹伟市垦殖局建筑设计)的日产淡水950吨的淡化试验工厂。以后又在日本国内式根岛、大岛等地,陆续建造了中小型淡化厂。到1972年又为意大利国立研究所在布林台基建立实验性的淡化装置,与美国Ionics公司在现场进行平行运转比较,旭化成的效果比较好。据说,该公司于1974年为美国建造日产30万吨淡水的大型淡化厂,并且在1974年6月,又在日本防府市野岛建造了一台日产淡水120吨的电渗析海水淡化装置,还有小型船用海水淡化装置。

另外德山曹达公司,通过英国William Boby公司,从1964年到1972年向欧洲和非洲提供了七座脱盐设备,共约2万平方米的离子交换膜。在日本国内,为鄂尔嘎诺公司的电渗析装置提供300平方米的膜,并在初岛建立了脱盐淨水場。

旭硝子公司在日本东京电力鹿岛火力发电厂,建造了日产2,000吨的脱盐淨水设备,于1975年4月1日开始运转。并为鹿岛南共同发电厂建造日产12,000吨的脱盐淨水设备,预计在1975年12月投入运转。该公司还有小型船用淡化装置,并向国外推销膜的产品,如荷兰的啤酒公司、美国的韦伯斯特、利比亚的班加西淡化厂等。

除上述应用技术外,还用于电镀废液的处理回收、污水的回收利用、食品医药工业中的氨基酸纯化、糖浆脱盐以及果汁脱酸等,并且利用离子交换膜代替石棉隔膜法制得高品位的荷性钠,如果这一技术能够得到普遍推广,将可取代水银电解法制碱,以消除公害,对此技术,各家公司都在竞相研究中。

2. 发展趋势

如上所述,离子交换膜电渗析技术在日本是比较成熟的,已经进行过大量的基础理论研究。目前已进入使用、推广阶段,离子交换膜电渗析海水浓缩制盐技术已经工业化,因考虑今后淡水水源的供应不足,脱盐装置也在积极推广使用中。并且正在向工业的各个领域推广,如食品、制药、化工、冶金等特殊用途的电渗析装置也在积极研究开发中。

在离子交换膜方面,目前除了对已经商品化的各种膜性能进行改进研究外,还大力从事各种特殊膜的研究制造,如抗污染、耐腐蚀、抗高热、耐药品等以及分离不同价离子的离子交换膜。

在工艺方面,主要研究提高电渗析装置的效率,目前正在搞高温电渗析以及进一步减薄隔板厚度的研究。前者主要考虑加热能源的经济性以及设备材料的耐高温性。而隔板过于减薄的困难是,加工成型误差大,水的预处理要求特别严格,否则难以保证长期正常运转。

(二) 离子交换膜

日本旭化成、德山曹达和旭硝子三家公司于1950年先后从事离子交换膜的研究。如上所述,目的是为了采用电渗析法浓缩海水制盐,后来由于咸水(或海水)淡化的需要,又研制脱盐用膜。随着工业的发展,电渗析和渗析技术受到更多行业的欢迎,所以膜的质量也要提高,品种也要增加。从日方产品目录来看,大约有20种。

旭化成公司以研制均相离子交换膜著称,曾报导采用本体聚合、切割成片制得基膜的工艺,然后再经化学处理而成离子交换膜。近年来,又用单体注入夹套,内衬聚乙烯或聚丙烯网布,制得增强的基膜。由于制膜工艺未能连续化,所以产量较低。在今年该公司的产品目录中,已删去无网布增强膜的牌号,可见提高膜的强度是很必要的。值得一提的是,这家公司从来单独出售离子交换膜,我们这次到日本去,也未拿到样品。不过在到另一家应用单位参观时,看到旭化成的浓缩海水膜,无增强网,外观平整,色淡、性脆。

德山曹达公司以生产膜的工艺连续化、产量大而行銷国内外,又旭硝子公司因以丁苯乳胶为基本原料制得富有弹性的离子交换膜,也有一些名气。这次我们主要参观了德山曹达的制膜工厂,也浏览了一下旭硝子的制膜部分。可以看出,这两个公司在制膜的工艺方面是很相似的。正象他们所说的,两家已经有了合作关系,不过在配方和品种方面,还是各有特色和牌号的(见表1—6)。

目前我国有些单位正在采用类似德山曹达刮浆制膜法的工艺。其中有一个关键问题,就是基膜的制备,因为它直接关系着离子交换膜的质量,要把基膜制好就牵涉到设备和材料等问题。所以这次到现场参观,就特别抓住基膜制备这个重点,取得了较大的收获。

1. 德山曹达公司离子交换膜的制备

(1) 原材料和设备

制糊原料:根据介绍,系采用苯乙烯、二乙烯苯或加入氯甲基苯乙烯,其它为聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯或丁苯橡胶等,把上述原料调制成糊状。

增强塑料网布:采用聚氯乙烯、聚丙烯或其它。我们远远地看到三种,据说有三种以上,网布外观平整,挺刮,好象经过热定型。

复盖薄膜：玻璃纸或维尼龙薄膜，根据不粘树脂来选定。

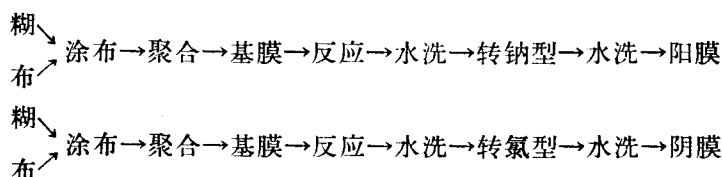
设备：刮膜机，带保护罩，卧式，产品滚筒为空心，壁厚20~30毫米，直径600毫米以上，（是非常大的直径！）而资料报导为21.5厘米，看来这样的设施，易制得平整均一的膜，卷绕200米长的膜之后，仅有一吋厚，所以受热容易均匀。

聚合釜为卧式，如压力锅。

其他设备，如调糊、剥复盖膜、磺化和胺化等均未具体看到。

2. 工艺流程简述

制膜工序（简图）如下：



基膜的制备：

将聚氯乙烯网布（或其他合成纤维布）浸入配好的浆糊中，在刮膜之后，用玻璃纸（或维尼龙薄膜）复盖，卷在产品滚筒上，压力2公斤/厘米²，速度~200米/时，然后用吊车吊离刮浆机，两端用弧形夹子（大约6段），上螺丝夹紧，以防收缩。送入压力釜，充以氮气，于表压7公斤/厘米²，~100℃聚合5小时。再送入剥膜机，剥取复盖膜，即得基膜。我们拿到基膜的样品，外观平整，均一，半透明，白色。

制膜工序示意图1。

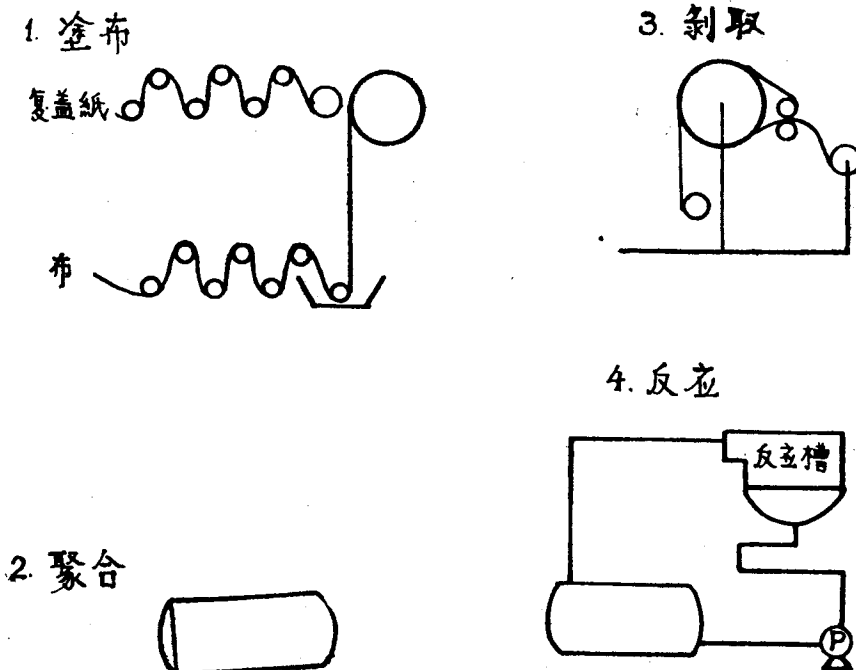


图1 制膜工序示意图

磺化：用硫酸进行磺化，为防止磺化后的膜遇水受热变脆，应该用稀酸逐步稀释，然后转成钠型，储存于水中备用。（见图2）。

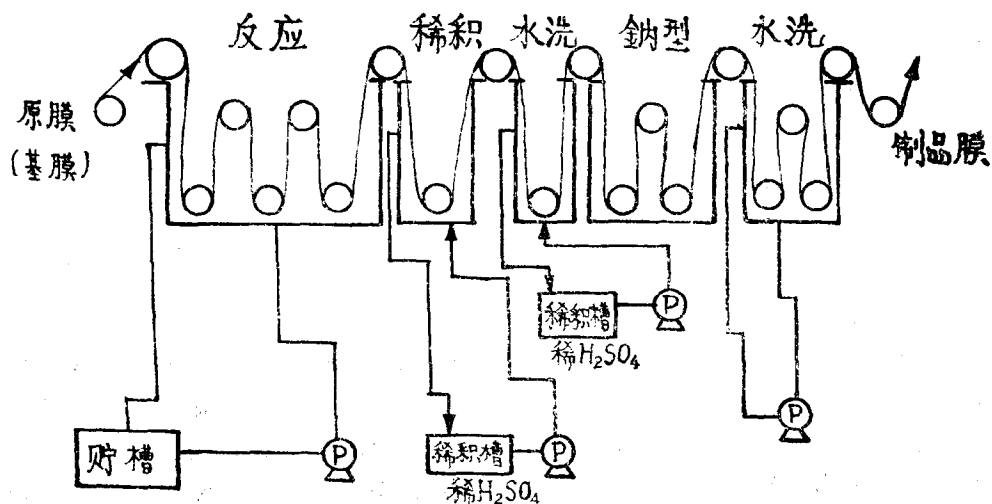


图2 磺化工艺流程图

胺化：如果采用氯甲基苯乙烯为单体原料，制得的基膜经过胺化，即得阴膜，否则就要经过氯甲基化和胺化。据说，这两种方法都在使用。转为氯型的膜储存于水中备用。

产品：阳膜成卷浸于水中，另有一张乳白色阴膜（ 0.5×1 米），略有波浪纹，据说用大设备生产，可防止起皱。

赠送的样为 Neosepta CL-25T 阳膜

Neosepta ACH-45T 阴膜

可把这两种膜配对，用于脱盐，使用的增强网布为聚氯乙烯（生产厂家是大日本塑料公司和东京聚合物公司），厚度1毫米，复盖材料采用维尼龙膜。

劳动保护：进料和出料时戴口罩，因刮膜机有保护罩，药品的气味不大。

2. 三家公司离子交换膜的性能简要综述

根据旭化成、德山曹达和旭硝子三家公司膜的性能指标来看，能够满足浓缩海水或脱盐的要求。如果在特殊场合下应用，就要选用特殊产品膜。这三家公司都着重提出，对于他们的产品要湿态保存，使用时也应仔细，以免破损。但是在旭硝子公司的膜规格中，未记明交换容量，选择透过性偏低，这可能与他们加入改性材料有关。由于他们在膜中加入增强网布，所以膜的尺寸稳定性较好，不因电解质溶液的浓差带来影响。旭化成公司特别强调他们的膜热稳定性好，浸入 100°C 的中性盐溶液中，不会受损。又称，除强氧化剂、强还原剂及碱以外，膜不会变质，寿命达10年以上。而旭硝子和德山曹达特别列出耐药性的指标，也表明膜的性能略差。旭硝子只保膜寿命大于三年。

3. 其他类型的膜

(1) 电极室隔膜

在阳极室由于新生态氯(Cl_2)的侵蚀, 离子交换膜受害严重, 因此阳极室的保护膜是引人注意的。这三家公司都说采用惰性多孔膜, 而早期资料和上海技术座谈会中, 日方旭化成介绍为涤纶布, 布的厚度根据电阻来选定。这次旭硝子送给一小张保护膜样品, 外观很象涤纶帆布, 再联系到该公司采用 Na_2SO_3 还原剂加入阳极水, 可能活性氯的问题并不十分严重。如果象我们有些单位, 采用调换电极的办法, 涤纶布并不一定适宜, 因为布在碱中, 容易发生水解。所以, 阳极室保护膜也要和工艺互相配合。

另外旭硝子公司, 为了保护膜堆, 又在膜堆两侧装入厚一些的离子交换膜, 送了一些样品。据说, 与普通离子交换膜化学结构相同, 不过里面的增强网布是与一般膜不同的。膜的强度还可以, 在湿态未被折断。

(2) 关于提高膜的强度问题

日方认为, 可以用增加衬网的厚度的办法来提高膜的强度, 但又会增加膜电阻。也可以加入改性材料, 但又会影响膜的电化性能, 所以应该权衡利弊, 慎重对待。他们也非常重视树脂与布的粘着问题, 对粘着能力差的布, 应该进行处理, 化学处理法较方便。

(3) 关于抗有机物污染膜的问题

德山曹达的Neosepta ACH-45T是季胺型阴膜, 可用于脱盐, 但是抗污性能差, 现在生产一种新牌号AX-5T, 为表面涂层膜(未列入商品目录), 外观和普通膜差不多, 未测定表面涂层的厚度, 是靠实验确定效果的。这种膜连同设备一起出售。当处理污水时, 可与CL-25T配对。

4. 其它特殊性膜和发展方向

如耐高温、抗氧化, 耐酸、碱、仿生膜和用于压渗析的两性膜都在研究中。并竞相研究电解食盐用的离子交换膜, 以代替水银法消除汞害, 东京大学生产技术研究所山边武郎正在研究压渗析用的两性膜, 认为如能获得成功, 将可节约电能, 并且研究特殊用途的离子交换膜。关于苯乙烯含浸聚乙烯膜在十年前搞过, 现在开辟其它途径。东京工业技术院正开展仿生膜的研究, 看来, 提高膜的质量, 扩大膜的品种是发展电渗析技术的重要一环。

表1 旭化成公司Aciplex膜的品种和性能

		标 准 膜	
牌 号		K-101	A-101
种 类		阳离子交换膜	阴离子交换膜
结 构		均相膜(补强型)	
化 学 组 成		苯乙烯-二乙烯苯共聚物引入活性基团	

续表 1

	标 准 膜	
最大膜尺寸 (mm)	1,300×1,300	1,300×1,300
活性基团	磺 酸 型	强 碱 型
交换容量 (meq/克)	2.8	1.5
水 分 (%)	38	24
面电阻 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)		
25°C 0.5N海水	4.0	2.1
爆破强度 (kg/mm)	3.2	3.2
膜厚度 (mm)	0.21	0.21
拉伸断裂强度 (%)	25	27
电导度 (姆欧/厘米)		
25°C 0.5N海水	5.3×10^{-3}	10×10^{-3}
迁 移 数*	0.91	0.98

* 按0.5~0.25N NaCl溶液的膜电位测定值计算。

注：此表系根据1975年1月所印的资料和去年资料。明显不同的是，删去无补强膜。

表 2 德 山 曹 达 公 司 Neosepta

名 称		CL-25T	CH-45T	C66-5T'
种 类		强 酸 阳 膜 Na 型	强 酸 阳 膜 Na 型	强 酸 阳 膜 Na 型
特 性		阳离子选择透过	阳离子选择透过中电阻型	阳离子选择透过低电阻型
面 电 阻		2.7~3.2	1.8~2.5	1.3~1.8
迁 移 率	阳(阴)离子	0.98<	0.98<	0.98<
	Na ⁺ + K ⁺	0.70	0.70	0.70
	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	0.28	0.28	0.28
	Cl ⁻	} 0.02>	} 0.02>	} 0.02
	SO ₄ ⁻			
爆 破 强 度		3~5	3~5	2~4
水 分		0.30~0.40	0.30~0.45	0.30~0.45
交 换 容 量		1.5~1.8	1.8~2.3	2.2~2.6
补 强 材 料		有	有	有
厚 度		0.15~0.17	0.15~0.17	0.15~0.20
尺 寸 (M)		1.00×1.50	1.00×1.50	1.00×1.50

表中：

膜 电 阻：在0.5N NaCl溶液中平衡

迁 移 率：用海水于25℃电渗析法测定，电流密度2A/dm²

爆破强度：Kg/cm²

表3 德山曹达Neosepta特殊膜

名 称	性 质
CLE-E	强酸性阳离子交换膜 耐有机溶剂。机械强度大 可在60℃连续使用。电阻大
ACP	强碱性离子交换膜 碱性中安定, 适于处理pH高的溶液 耐热性好。适于处理混有极性的有机溶剂
ACH-45T	强碱性阴离子交换膜 适于处理pH高的溶液 抗有机物污染能力强
ACLE-5P	强碱性阴离子交换膜 适于处理pH高的溶液 抗有机物污染能力强。机械强度大。

膜的品种和性能

AV-4T	AF-4T	AVS-4T	AFS-4
强 碱 阴 膜 Cl 型	强 碱 阴 膜 Cl 型	强 碱 阴 膜 Cl 型	强 碱 阴 膜 Cl 型
阴离子选择透过	阴离子选择透过低电阻型	一价离子选择透过	一价离子选择透过低电阻型
2.7~3.5	1.8~2.5	3.7~4.7	2.5~3.2
0.98< 0.2>	0.98< 0.02>	0.98< 0.02>	0.98< 0.02>
0.98<	0.98<	0.98< 0.005>	0.98< 0.005>
6~7	6~7	4~6	3~5
0.20~0.30	0.25~0.35	0.25~0.30	0.30~0.40
1.5~2.0	1.8~2.5	1.5~2.0	1.8~2.5
有	有	有	有
0.14~0.16	0.15~0.20	0.15~0.17	0.15~0.20
1.00×1.50	1.00×1.50	1.00×1.50	1.00×1.50

水分: 0.5N NaCl溶液中平衡 $g \cdot H_2O/g \cdot$ 干燥阳膜Na型 (阴膜Cl型)

交换容量: meq/g·Na型阳膜 (Cl型阴膜)

厚度: mm。

续表 3

名 称	性 质
CSV	两性膜 H ⁺ 离子优先透过, 适于酸与盐的分离
DFM	扩散透析用膜 适于酸与盐的分离、酸的回收
AX-5T (口头介绍)	表面涂层膜 适于污水处理 (和CL-25T配对)

表 4 Neosepta膜的耐药性能

	CL-25T	CH-45T	AV-4T	ACH-45T
食 盐 水 (3%)	○	○	○	○
(20%)	○	○	○	○
硫 酸 (10%)	○	○	○	○
(40%)	○	○	○	○
盐 酸 (10%)	○	○	○	○
硝 酸 (20%)	○	○	○	○
苛 性 钠 (5%)	○	○	×	△
氢氧化钠 (4%)	○	○	×	△
乙 二 醇 (50%)	○	○	○	○
苯 酚 (7%)	×	×	○	○
丙 酮 (30%)	△	○	△	○
ジオキサン(30%)	△	△	△	△
甲 醇 (50%)	○	○	○	○
乙 醇 (50%)	○	○	○	○
醋 酸 (50%)	○	○	○	○
チオ硫酸钠(3%)	○	○	○	○
柠 檬 酸 (50%)	○	○	○	○
强 氧 化 剂	×	×	×	×

上表符号: ○ 好

△ 较好

× 差

表5 旭硝子公司Selemion膜的品种和性能

名 称	CMV	CSV	AMV	ASV	DMV
类 型	强酸阳离子透过性膜		强碱阴离子透过性膜		强碱阴离子透过性膜
	(Na ⁺ 型)	一价阳离子 选择透过	(Cl ⁻ 型)	一价阴离子 选择透过	
厚度 (mm)	0.12~0.15	0.26~0.31	0.11~0.14	0.11~0.15	0.15~0.23
爆破强度 (kg/cm ²)	6—8	6—8	4—7	4—7	4—7
比电阻 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	190—230	—	280—320	—	—
面电阻 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	2.5—3.5	8.0—12.0	3.0—4.5	3.5—5.0	—
迁移数 T Na ⁺	0.91—0.93	超过0.92	—	—	—
迁移数 T Ce ⁻	—	—	0.94—0.96	超过0.95	UH ₂ SO ₄ = 3.0—3.5
迁移数 T Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	—	超过0.12	—	—	R = 0.005—0.01
迁移数 T SO ₄ ⁻	—	—	—	0.008以下	—
尺寸变化	<0.1%	0	<0.2%	<0.2%	<0.2%

● Selemion CMV和AMV作为一般用途。

● Selemion CSV和ASV分别为一价阳离子和一价阴离子选择性透过膜，阻止高价离子通过。

● Selemion DMV为不用电的渗析膜，不透过阳离子（H⁺除外），也不透过非电解质。

● 膜的耐药性能参看表6。

● 电阻：25℃ 0.5M NaCl溶液于1000CPS AC测定。

● 迁移数25℃：

TNa⁺和TCl⁻，由膜两侧浓度为0.5和1.0M NaCl溶液的电位计算。

TCa⁺⁺，TMg⁺⁺和TSO₄⁻，当电渗析中的电流密度为2A/dm²时测定。

● 渗析系数：

UH₂SO₄ (mol/hr·m²·M)

$R = \frac{UNiSO_4}{UH_2SO_4}$ (mol/hr·m²·M)

● 尺寸变化：于70℃ 0.5N NaCl溶液中测定。

表6 Selemion 膜的耐药性能

药品名称	CMV	CSV	AMV	ASV	DMV	药品名称	CMV	CSV	AMV	ASV	DMV
H ₂ SO ₄ (10%)	○	○	*	*	*	酒石酸 (15%)	*	*	*	*	○
H ₂ SO ₄ (30%)	○	○	*	*	*	酒石酸 (50%)	*	*	*	*	○
H ₂ SO ₄ (60%)					○	三乙胺 (15%) ×	□	□	○	○	□
HCl (7%)	○	○	*	*	*	三乙胺 (50%) ×	□	□	○	○	□
HCl (35%)	□	□	*	*	*	苯胺 (40%)	□	□	*	*	□
HCl (7%) + HNO ₃ (7%)					▲	吡啶 (15%)	□	□	*	*	○
HCl (5%) + AlCl ₃ (5%)					*	吡啶 (50%)	□	□	*	*	○
HCl (35%) + 氧化剂(450ppm)					□	乙腈 (30%)					○
HNO ₃ (10%)					▲	乙醇 (15%)	○	○	*	*	○
乙二醇 (15%) (HOCH ₂ CH ₂ OH)	*	*	*	*	*	乙醇 (50%)	○	○	○	○	○
乙二醇 (30%)	*	*	*	*	○	丙二醇 (50%)	□	□	□	□	○
乙醛 (15%)	○	○	*	*	○	甲基“溶纤剂” (50%)	□	□	○	○	*
乙醛 (30%)	□	□	*	*	○	乙基“溶纤剂” (50%)	□	□	○	○	*
醋酸 (15%)	○	○	*	*	□	丙酮 (15%)	□	□	□	□	□
醋酸 (50%)	○	○	*	*	○	丁酮 (15%)	○	○	□	□	□
草酸 (10%)	○	○	*	*	○	苯酚 (6%)	▲	▲	□	□	□
丁酸 (15%)	□	□	○	○	○	甲酚 (26%)	▲	▲	○	○	□
						对苯二酚(5.8%)	○	○	□	□	□

*: 很好 ○: 好 □: 可以 ▲: 差 ×: 迁移数下降, 电阻上升。

(三) 离子交换膜电渗析淡化装置

众所周知, 利用电渗析法脱盐装置, 对于解决低浓度苦咸水淡化, 是最经济的方法。与其它方法比较, 电渗析法有如下几个特点:

表7 几个主要厂家的电渗析

完成日期	生产厂家	型 号	膜 尺 寸 (mm)	膜 间 距 (mm)	隔 板 材 料		离子交换膜
					隔板框	隔板网	
74年5月	旭化成	SV-O	1,115×1,115	0.75	橡 胶	聚 乙 烯	Aciplex
75年4月	旭硝子	DW-IV	1,120×1,120	1.9	改性聚乙烯 或 橡 胶		Selemion CMV/AMV
73年3月	德山曹达		1,000×1,350	1.0	氯丁橡胶	聚 乙 烯	NeoseptaCL-25T /ACH-45T
73年4月	鄂尔嘎诺*	WD15-5	1,500×500	1.3	橡 胶	聚 丙 烯	NeoseptaCL-25T /ACH-45T

*原为英国Boby电渗析装置, 由该公司引进, 对装置结构本身和隔板加工的工艺加以改进。并使

- (1) 只需要电源;
- (2) 容易实现自动化无人运转;
- (3) 药品用量少;
- (4) 能机动地调节产量;
- (5) 设计紧凑, 占地面积小;
- (6) 原水利用率高 (可达80~90%);
- (7) 当原水浓度在1,000~10,000 ppm时, 产水成本最低。

1. 流程形式

一般的电渗析装置流程形式有循环式, 部分循环多级连续式和多级连续式。日本使用较多的是部分循环多级连续式。这种流程形式的适应性较大, 容易满足各种水质的要求, 产水水质稳定, 装置容易标准化。

在我们参观的三家公司的脱盐净水装置中, 旭化成、旭硝子属于部分循环多级连续式, 德山曹达则是多级循环式。现分别简述如下。

浓水的流程为:

旭化成是循环部分排放, 补充的原水量等于浓水部分排放量加阳极水排放量。循环液为中性。

旭硝子是把浓缩水分成第一级、第二级, 均加35% HCl酸化, $\text{pH} \approx 3$, 循环使用。补充原水进入第二级, 由第二级补充第一级。再由第一级补充极水。

德山曹达是三级分别循环, 由第一级部分排放, 第二级补充第一级, 第三级补充第二级, 原水补充第三级。

极水的流程为:

旭化成: 阴极水和配水室的水用硫酸酸化, 至 $\text{pH} \approx 2$, 循环使用, 部分排放, 补充的原水加硫酸。阳极水由部分浓缩水流经阳极后排放。

旭硝子: 阴、阳极水均用酸化的第一级浓缩水 ($\text{pH} \approx 3$), 并加 Na_2SO_3 循环使用, 部分排放 (加25% NaOH中和后排放)。

苦咸水脱盐装置比较表

电 极 阳、阴	用 户	隔板形式	隔板布水槽	放置形式	运转方式
石墨 不锈钢	东京都大岛波浮 港脱盐净水场	无 回 路	网 式	竖 放	部分循环 全自动运转
钛镀铂不锈钢	东京电力鹿岛火 力发电所	无 回 路	网 式	竖 放	部分循环 全自动运转
钛镀铂不锈钢	热海市初岛脱盐 净水厂	无 回 路	网 式	竖 放	循 环 式 全自动运转
钛 镀 铂	日本旅行中央研究 所、千叶九十九里町	无 回 路	道 式 暗	平 放	部分循环 全自动操作

用德山曹达离子交换膜 (也用旭硝子的)。

德山曹达：阴、阳极水均用硫酸酸化至 $\text{pH} \approx 3$ 以下（根据现场介绍是 $\text{pH} = 1.8 \sim 2.2$ ）循环使用，流经阳极的极水通过脱氯塔后返回极水槽。

2. 几个主要厂家的电渗析苦咸水脱盐装置比较（见表7）

3. 淡化器本体设计

（1）隔板结构的设计及其材料

日本电渗析器的隔板一般分为隔板框（gasket），隔板网（spacer）及布水槽（Distributor），兹分述如下。

①隔板框：

旭化成以天然橡胶为主，加入少量的合成橡胶，截成四条边框，用胶水粘结而成。（这样做，材料很节省）。橡胶富有弹性，不易漏水。同时也说明该公司的膜硬度较大。其他公司也有用氯丁橡胶和改性聚乙烯的。隔板框的厚度为0.75至1.9毫米不等。旭化成的浓淡水隔板构型不同，如图3所示。淡水隔板的布水槽的洞大，浓水隔板布水槽的洞小。（直径大约相差一倍）。采用控制浓水出口阀，以达压力平衡。（但认为阀门控制并不理想），认为这样可以节省动力和减少无效电流。

②隔板网

在过去的资料中，曾经介绍过隔板网。这次参观和座谈也证实，旭化成曾经采用过编织网。这种网有利于流体分布均匀。但现在多改为注塑*成型网，主要是从实用上来考虑的。认为编织网不易伸展，容易变形，组装不便，故改用注塑网，不仅安装方便，而且寿命延长。

目前这种隔板网，为聚乙烯或聚丙烯的菱形框格网，其中以聚乙烯较多见。结构比较简单，且平整性好，网格的大小和单丝的直径各家略有不同，主要根据框的厚度来确定。

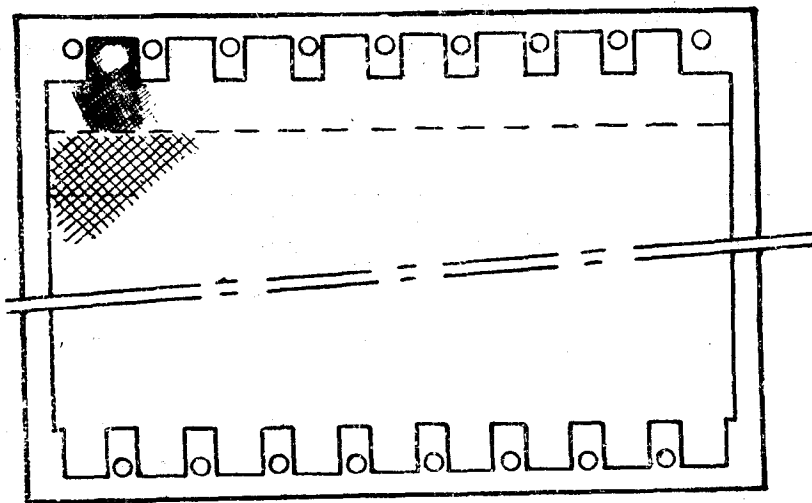


图3 旭化成隔板示意图
SV-0型（1115×1115mm）

* 暂定名，待查。

③布水槽

多为网式布水槽，也有用暗道式布水槽的。根据参观时的印象，布水槽部分的网略比中间部分的网緻密一些，又稍硬一些。参观波浮港的装置时，看到有两种颜色的网相连结，布水槽部分的网是绿色的，中间部分的网是蓝色，据说，是为了安装时容易辨别，不致于将浓淡水隔板装错。估计在网材的硬度、厚度上均有文章。这种布水槽结构简单，且又平整，故可避免布水槽部分网的卷缩（如鱼鳞网）和单丝的脱落（如编织网）。

④隔板框与隔板网的厚度配比

日本多数制造电渗析装置的厂家认为，隔板框与隔板网的厚度应相一致。旭化成与鄂尔嘎诺均介绍其隔板与网的厚度一致。旭化成为，厚度一致，这只是要求指标，实际上，误差是难免的。

而德山曹达与荏原Infilco公司介绍，隔板网应稍厚于隔板框，其厚度配比为：

隔板网厚度 = 隔板框厚度 $\times 1.05 \sim 1.2$ 。

⑤隔板网的加工成型

日本加工隔板网的设备是从英国进口的。生产厂家为东京聚合物（Polima）和大日本塑料公司。

东京聚合物（Polima）公司是延伸法生产，旭化成的隔板网大概是用此法生产的。德山曹达的隔板网是大日本塑料公司生产的，称圆筒法，产品名称为“Netlon”，制品为圆筒形。切开成平板状。产品的宽度尺寸取决于圆筒的直径。圆筒结构示意图如图4所示。

两个铁筒反向转动，树脂原料由一头的小孔送进，在另一头出来为圆筒状网。两个小孔的孔距就是网丝的间距。

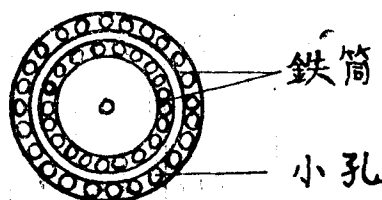


图 4

（2）配水形式

旭化成的淡化装置配水形式与其他公司不同，配水部分占去很大体积，估计一台250对膜堆组装的淡化器，电极加配水部分，约占

1/3 宽度（有电极、极水框、配水框以及压紧框等）。每个膜堆（级），都有独立的一套配水管道。这样管道不需很大，且在压机上要增减膜堆很方便，不受管道等的限制（图5）。而旭硝子和德山曹达的设备是在一级间分很多组，由一级中的总配水管，将水配到各组。这样，随组数的增加总配水管要很大，且增减膜堆不易，但配水部分所占体积较小。配水结构示意图如图6所示。

（3）层间布水均匀性问题

为了提高电渗析效果，设计中的一个重要问题之一，就是要考虑层间布水的均匀性。如能适当增加布水槽部分的阻力，就会使层间布水均匀性提高，但是这又容易引起堵塞现象。为此，可用减少水流在隔板过水洞中的流速，即减少其水流阻力（ R ），以达到增大水流在层间的阻力（ R' ）与在隔板过水洞中的阻力（ R ）之比，（即增大 $\frac{R'}{R}$ 之值）达到层间布水更加均匀的目的。例如旭化成的淡水隔板采用大的过水洞是一个较好的办法。

（4）电极与装置组装压紧形式

①电极

脱盐用淡化器电极，日本一般是：

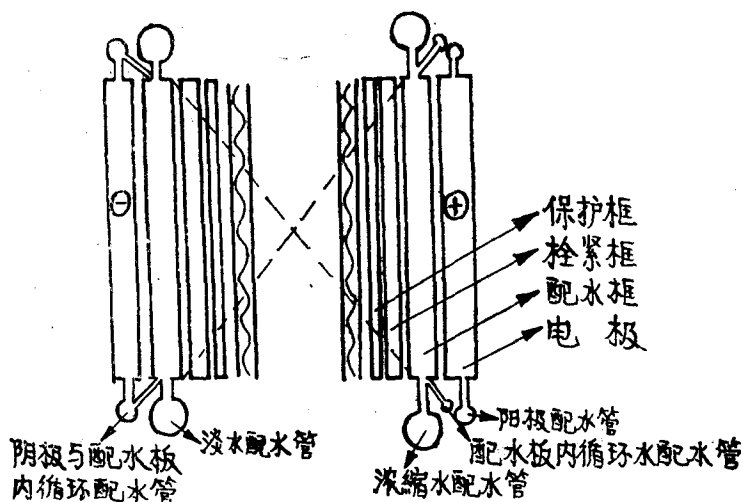


图5 旭化成装置配水系统示意图

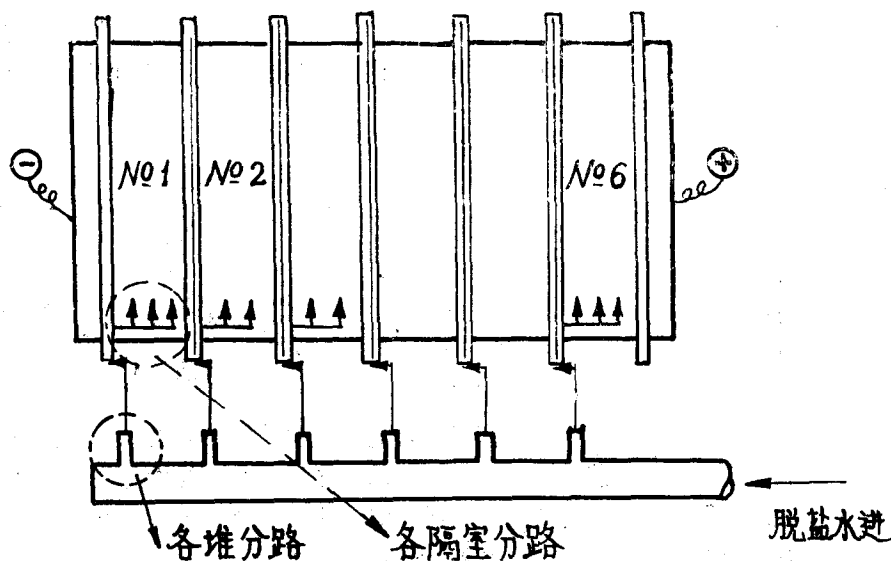


图6 旭硝子 DW IV 型配水系统示意图

阳极：石墨——旭化成公司（大岛波浮港脱盐装置）。

钛镀铂——旭硝子、德山曹达、鄂尔嘎诺公司。

阴极：不锈钢（成分为Ni18，Cr8）。

鄂尔嘎诺公司也用钛镀铂电极作为阴极。

②装置组装压紧形式

日本用于苦咸水淡化厂的日产100吨以上的淡化装置均采用压机式（一般为油压机）压紧。一般采用小单元组装，将几个单元并联组合为一级，然后将几级组合装在一个压机内压紧（如旭硝子、德山曹达装置单元较小，旭化成的单元较大）。这样，装拆方便，容易检查故