

反渗透技术文摘

中国科学院
大连化学物理研究所

1974.12

编者的话

反渗透技术是60年代发展起来的一门应用科学。由于它的应用很广泛。最近几年，发展非常迅速，国内不少单位正在从事这方面的研究工作。在批林批孔运动的推动下，根据毛主席“洋为中用”的教导，为了迎接全国反渗透规划会的召开，我们把国外反渗透方面的文献进行了整理，汇编成《反渗透技术文摘》，以便国内有关同志查阅这方面的资料，为“抓革命、促生产”和赶超世界先进水平服务。

《反渗透技术文摘》的来源主要是1970至1974年上半年美国化学文摘(OA 72~80卷)，对于其中过分详细的文摘我们作了删节，也有一部分是从其他文献中直接摘译的。

由于水平有限，加上时间比较仓促，这份文摘无论是收集范围、内容分类、翻译质量、计量单位及名词统一、出版印刷等方面是有不少错误、遗漏和不妥之处，尚望读者批评指正。

《反渗透技术文摘》编译组

1974年12月

目 次

1	概述	1
2	反渗透脱盐机理	6
3	膜结构与膜形成机理	16
4	反渗透膜及制备工艺	22
	(1)醋酸纤维膜及其改性	24
	(2)聚酰胺聚酰胺肼	41
	(3)聚苯並咪唑	51
	(4)含硫膜	53
	(5)聚乙烯醇和聚丙烯酸膜以及其它含烯膜	55
	(6)接枝镶嵌及等离子聚合分子膜	64
	(7)其它膜材料	67
	(8)支撑体	71
	(9)制膜技术及其它	74
5	膜寿命、再生和贮存	77
6	反渗透器工艺参数及设计	85
	(1)参数测定	85
	(2)浓度极化现象	87
	(3)流动特性	89
	(4)设计及经济评价	91
7	反渗透器组装及系统	94
	(1)板式装置	94
	(2)管式装置	96

(3)卷式装置.....	1 0 1
(4)空心纤维素反渗透器.....	1 0 3
(5)其它反渗透器装置.....	1 0 6
8 反渗透的应用.....	1 1 1
(1)海水和苦咸水的淡化.....	1 1 3
(2)工业中提纯和浓缩.....	1 1 9
(3)工业废水处理.....	1 2 5
9 超过滤.....	1 4 0
1 0 超薄膜.....	1 4 5
1 1 其它.....	1 4 9

一、概

①清华大学建工系

国外反渗透新技术研究和应用概况

一九七三年淡化技术交流会资料

② Cruver, J. E.

水和废水的反渗透处理

Mar. Technol. 1972, 9(2)
216-22. CA 77, 24639.

本文对反渗透的应用, 设备、理论、膜装置以及经济等作了简述。

③ Cruver, J. E.

反渗透

Water Sewage Works 1973,
120(10), 74-8. CA 80 112318

综述了反渗透膜和它在水脱盐中的应用。

④ Debussy, R.P.

反渗透, 工业水和废水的处理

Nat. Eng. 1972, 70(2), 10-14. CA 76 144615

反渗透的原理、应用、工程问题

述

及价格等都进行了讨论。对杜邦

Permasep 反渗透器和铝壳反渗透器也作了说明。

⑤ Dejmek, P.

超过滤和反渗透。

发展中的有希望的技术工

Chem. Tidskr. 1973, 85(1-2)
36-8, 41. CA 78 140603

讨论了膜技术的理论, 膜组成和上述过程的机械性能方面。

⑥ Gillam, W.S.

反渗透脱盐过程的最近发展

Desalination 1971, 9(3) 201
11. CA 76 17655.

有关系系统设计、制造方法, 拉伸膜材料以及进一步了解浓度假极化、膜皱叠、压紧和化学稳定性等问题都作了叙述。

⑦ Henderyckx, Y.

反渗透和超过滤

Tech. Eau. Assainissement
1972, (304) 29-37. (305) 39

45. CA. 77 156160.

評論了两种方法的利弊，並討論了膜的类别、容量、皱叠以及膜冲洗等对两者的影响。

⑧ Hochscherf, E.

半透膜的制造及其在反渗透和超过滤装置中的应用。

Chem- Ing-Tech. 1972, 44
(20), 1152-60.

CA 78 7666

⑨ Ishizaka Seich

反渗透过程的最近发展

纖維と工業. 1972, 5(1)3 ~
8(日)

本評論附有参考文献 4 3 篇

⑩ Kang, Suk Ho

反渗透脱盐

Hwahak Konghak 1972, 10
(3) 93- 100. CA 78 75647

广泛評論了反渗透脱盐的原理，应用及經濟评价等。参考文献 38篇。

⑪ Kremen, S.S.

反渗透在化学工业中的应用

Appl. Polym. Symp. 1969
(Pub. 1970) NO 13, 1-15.

CA 75 80335

綜述性文章，首先阐述了反渗透的原理，然后报导了其应用于工业上提供高純度水及工业污水的浓缩等。参考文献 3 篇。

⑫ Lacey, R.E.

膜分离过程

Chem. Eng. (N.Y.) 1972,
79(19), 56-74. CA 77
143684.

一般評論各种选择性膜以及它們在电渗析、反渗透、超过滤、微滤渗析 Donnan 渗析离子交换渗析和气体渗透中的用途。

⑬ 反渗透分离溶液中的物质

染料と藥品 1971, 16(11)
419-26(日)

CA. 77 22126

这是一篇关于膜结构，离子和有机物的分离以及膜寿命和膜稳定性的評論。

14 Merten, U.

反渗透废水处理

Air Water Pollut, Proc.

Summer Workshop 1970

(Pub 1972) 155-75. CA.

77 105337.

詳細討論了废水处理为可用水的反渗透流程。还討論了有关设备构型、膜特性、膜传递、边界层效应、膜結垢以及动态膜等。

15 反渗透和超过滤。在这方面可用装置的总结

Chem. Tech. (Leipzig) 1973,

25(10), 601-4. CA. 80

28760.

总结包括原理、膜、板式、管式、螺旋式和毛细纤维膜的装置, 以及应用。无参考文献。

16 Nomura, Danji.

反渗透及其在处理柑橙加工工业污水中的应用

水处理技术 1972, 13(2),

21-7(日)

CA 77 52057

文章論述了反渗透的理論及其在处理食品工业和柑桔加工工业污水中的应用。

17. Peri, C.

反渗透基本原理

Ind. Aliment. Agr. 1971.

88(9-10), 1323-8 .

CA 76, 101632

本評論附参考文献 9 篇。

18 Robertson, J.D.

单元膜理論的實驗基础

Ann. N.Y. Acad. Sci. 1972,

195, 356-65. CA 77 84509

本文是一篇一般性的評論。

19 Sharples, A.

反渗透导論

Chem. & Ind. 1970, NO. 10,

322-324 CA 76 37280

扼要介紹反渗透的历史进展一般过程特点, 机理, 膜结构, 浓度极化, 其他非醋酸纤维材料的新膜的发展以及应用。

20 Slaude, E.

反渗透膜的性质与制备

Chem.-ztg.1972, 96(1-2)
27-30. CA 77 66038

19 篇文献的评论, 讨论了通过膜的渗透理论和膜的制备, 成形和工业应用, 指出了用醋酸纤维膜反渗透进行污水和海水脱盐以及超过滤的应用。

21 Smith, B.R.

反渗透膜

Proc. Roy. Aust. Chem.
Inst. 1973, 40(9), 257
-60. CA 80 30474

总结包括脱盐, 不对称醋酸纤维膜、聚酰胺膜、复合膜, 等离子-聚合物膜及膜组件的结构, 有 33 篇参考文献。

22 Staude, E.

反渗透膜的性质与制备。

Chem.-ztg. 1972, 96(1-2), 27-32. CA 77 66038.

19 篇文献的评论。结合膜制

备、性能和工艺应用讨论了通过膜的渗透理论。醋酸纤维膜用于苦咸水和海水反渗透脱盐跟它们在超滤中应用一样正在引起人们更多的兴趣。

23 Steiner, R.

反渗透作为单元操作过程

Verfahrens Technik(Mainr)
1973, 7(11), 337-42.

CA 80 85051

有 45 篇文献的一个总结, 内容包括反渗透的操作, 设备及在脱盐、废水处理, 获得高纯水和对烈敏感的溶液的浓缩等方面的应用。

25 石坂誠一

反渗透法的最近的进展

纖維と工業 1972, 5(1)
3~8(日)

日本化学总覽 46(1),

9601417

26 山边武郎

反渗透咸水脱盐

表面 1971, 9(2)65-77(日)

CA 77 79350

关于反渗透的原理，反渗透用醋酸纤维膜的制备和特征，反渗透装置和操作，其他的膜和反渗透应用等作了评论，参考文献53篇。

27 山边武郎

反渗透Ⅱ、反渗透膜及其功能

生产研究1972 24(10)415-20(日)

CA 78 75646

关于膜制备，结构、特性、反渗透操作及其应用的总结。参考文献38篇。

28 铃木彰

日本反渗透法研究及其应用的现状

日本海水学会誌1972

25(5)357-363(日)

29. Kesting, R. E.

合成的聚合物膜

N.Y. McCraw-Hill, 1971,

300pp. CA 75 6806.

30 McDermott, J.

反渗透脱盐, 1970

N.J. Noyes Data Corp.

1970,

209PP (书)

本书收集1962-1970年4月公布的70项美国专利的主要内容，介绍反渗透法(着重论述制膜工艺和装备设计)。

31 Lonsdale, H.K.

反渗透膜研究

N.Y. Plenum 1972. 503pp

本书为美国化学学会聚合物化学部于1971年举行的“脱盐聚合物”报告会论文文集。其中包括基本理论、醋酸纤维膜，非醋酸纤维膜，空心纤维膜与小管膜、复合膜、总结及展望共六部分。该书基本上总结了美国及某些资本主义国家到70年代初期为止的反渗透膜的科研工作情况，提出了进一步研究反渗透膜和反渗透器的发展方向为：高的脱盐率和导水量；长的使用寿命；能抵抗化学侵蚀和生物侵蚀；机械性能和热稳定性合格；降低操作费用成本便于清洗甚至做到就地再生。

二、反渗透机理研究

①兰州铁道学院, 中国科学院甘肃省冰川冻土沙漠研究所季胺盐的合成及其在反渗透中应用效果的初步研究。

一九七三年淡化技术交流会资料

② Abron, L.A.,

空心尼龙纤维反渗透膜用于除水中 DDT 和艾氏剂时的传递机理

Water Res. 1973.7(3) 461

-477. CA. 78 101741

考察了 Du Pont 空心尼龙纤维反渗透膜对脱除水中 DDT 和艾氏剂的应用。因为这些膜是为了苦咸水脱盐而发展的, 所以对农药脱除的性能和对苦咸水及硬水中常见的离子的脱除性能进行了比较。这些膜对苦咸水的离子脱盐率为 85~95%。这些无机离子就膜来说是膜-非相互作用溶质。DDT 和艾氏剂则是膜-相互作用溶质, 因此被膜阻透溶质的概念不同于对无机离子可提出的概念。

③ Anderson, J.E.

影响从水溶液中有机溶质的反渗透脱除率的因素

J. Phys. Chem. 1972 76(26)

4006-11. CA 78 34483

考察了影响从水溶液中有机溶质的反渗透脱除的因素, 研究了对于“緻密”醋酸纤维膜和醋酸丁酸纤维膜, 12种有机溶质的分配系数, 扩散常数和反渗透脱除率在水和膜之间的溶质分配系数和在水和有机液体之间的分配系数是平行的非离子化的和疏水的溶质被膜强烈地吸附, 这种溶质的反渗透脱除率低。离子化的和亲水的溶质在膜中的溶解度低, 因而呈现较高的脱除率, 通过PH的调整, 随着溶质的离子化, 在吸附和脱除上有显著的变化, (例如, 对硝基酚在非离子化状态时, 为-0.4脱除; 而当离子化时, 脱除为+0.84, 是

現在擴散常數和分配系數之間有一種反比關係；這可以用在膜內“結合”和“自由”溶質分子的概念來解釋。）

④ Anderson, J.L.

質量和電荷傳遞特性，典型膜的發展

Avail. univ. Microfilms,
Ann Arbor, Mich. Order
NO. 72-12067. CA ^{225pp} 77 50742.

⑤ Aris, R.

由擴散和反應產生的不對稱現象及其在滲透膜有效傳遞中的意義。

Proc. Nat. Acad. Sci.

1972, 69(4)777-9.

CA 77 1915

⑥ Bailey, J.E.

由於傳質—反應間的耦合引起膜對外來推力的反傳遞作用

Proc. Nat. Acad. Sci.

1972, 69(6), 1460-3

CA 77 50728

在化學反應和傳遞現象之間的耦合能引起膜表面基質濃度富—基質

一邊低於貧—基質一邊。因此膜內擴散量可以與外面總梯度推力相對應，本文還給出了這種膜各種定態的圖解法。

⑦ Cadotte, J.E.

在纖維醚及酯的衍生物混合製成超薄膜上水的傳遞

Appl. Polym. Symp. 1969

(Pub. 1970). NO. 13, 73-83

CA 73 69680

超薄膜~2000Å厚，1%

進料，800psig引入高極性。離子基團後可使流量增加2~3倍。仍可保持96-98%脫鹽效率。

⑧ Chem, C.T.

聚合物中兩種形式的水及其擴散能力

J. Chem. Inst. Chem. Eng., 1973.

4(1), 65-8

CA 79 80826

高分子膜內存在兩種形式的水，一種結合狀態，一種游離狀態。結合水比游離水較少流動，而且同膜過程中（如用反滲透脫鹽）的有效

脱盐有关。一种评定结合水和游离水两者的水扩散系数的方法可以应用于任何类型高分子内的水迁移。

⑨ Colton, C.K.

纤维膜渗透性的研究

J. Biomed. Mater. Res. 1971, 5(5)459-88

CA 26 35371

⑩ Daoss, K.S.G.

脱盐的反渗透过程

Chem. Age India 1971 22(7) 453-9

CA 75 121248

研究了反渗透中溶质—溶剂传递的去耦合机理。在通过孔的颈口前和后，流动是完全成对的。在进到孔和离开孔时，由于孔中的结构构成而发生很快的去耦合现象。在孔内，流动很大程度上是成对的，虽然溶质从较高浓度到较低浓度有某些扩散。提出了表明在自然界地下水流动发生反渗透现象的证据。

⑪ Drioli, E.

研究反渗透中脱盐变化的数学

模型

Chim. Ind. (Milan), 1971, 53(7), 674-5 (意义)

CA 75 122392

⑫ Dytneriskii, Yu. I.

醋酸纤维膜脱盐机理

Теор. Основ. Хим. Технол. 1972, 6(4), 628-31

CA 77 118064

对醋酸纤维膜的选择渗透按毛细管模型加以解释，并指出阴离子穿透能力与 $Za^2 / (ra - a.25)$ 成正比。 Za 阴离子电荷， ra —阴离子半径 (埃)

⑬ Frommer, M.A.

醋酸纤维膜中的冻结与非冻结水

J. Appl. Polym. Sci. 1972, 16(5)1293-303

CA 77 9478

⑭ Frommer, M.A.

高分子膜中水的性质

AD NO. 751605, 1972,

CA. 78 112029

測定了一種芳香聚酰胺膜的滲透性能，並和醋酸纖維（I）膜進行了比較。用NMR測定了（I）中凍結水和非凍結水的相對數量。得到了濕的（I）膜的第一脫附—吸附周期數據。測定了在聚酰胺膜內水—NaCl 的溶解度和擴散系數。

15 Frommer, M.A.

在芳香聚酰胺膜內水和鹽的溶解度和擴散系數 Eur. Polym

Eur. Polym. J. 1973, 9(4) 367-73

CA 79 19572

間苯二甲酰氯和間苯二胺共聚物（I）的脫鹽性能比醋酸纖維（II）膜好，因為水通過（I）的滲透性大於通過（II）的2.8倍以上，而通過（I）的NaCl 滲透性僅為通過（II）的1/3。通過（I）膜的水滲透是 $\geq 73 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{sec}$ ，通過（I）的NaCl 滲透是 $(0.19-0.35) \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{sec}$ ，而通過II是 $12 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{sec}$

16 Furuta, T.

在反滲透用的醋酸纖維膜上的水蒸汽吸附

东北大学工学院报告

1973 38 (1) 207-12(日)

CA 80 19323

在50压力下，用0.5 N

水溶液試驗了反滲透用的醋酸纖維膜。最初隨着 $t^{0.5}/l$ 線性增加，然後偏離線性關係。Qt 和 Q_{∞} 分別是在時間t 和平衡時常壓吸附量，是膜的厚度。

17 Garbarini, G.R.

通過聚合物膜的擴散和反滲透

J. Chem. Educ. 1971, 48(4) 226-30

CA 74 134882

簡要評述了擴散和滲透的理論

概貌。

18 Hendricks, T.J.

反滲透溝流中的擴散層結構

Desalination 1971, 9(2)

155-180

CA 75 67699

用微量样品的电导分析法研究了靠近反渗透膜表面的溶液的盐浓度范围。

19 Ho, Win-Sow

通过毛细管的诺森

(Knudsen) 流动模型膜

Avail. Univ. Microfilms,

Ann Arbor. Mich. Order

NO. 72-12, 212. CA 7750741.

20 Johnston, W.V.

典型膜系统的组成特性对水结构的影响。

OSW RDPR NO. 707. 1971

CA 76 49743

21 Kopeček, J.

聚合物的亲水性对膜渗透的影响

Collect. Czech. Chem.

Commun., 1973, 38(3), 854-

60. CA 79 32358

甲基丙烯酸, 引入极性离子基团能改变亲水性。引入离子基团后对水和 NaCl 的渗透性变化很大。

22 Kmizawa, Chiyosi

反渗透。氨基酸溶液通过醋酸纤维膜的渗透行为。

Bull. Chem. Soc. Japan 1972,

42(10) 2964-6.

CA 77, 169152

研究了60-80°C热处理过的膜上, 某些脂族氨基酸和氨基苯甲酸的传递现象。并且观察了膜渗透率与氨基酸离解的关系。

23 Krishnamoorthy, B.

在卷式膜中的水传递

Indian J. Technol. 1972

10(2)59-62

CA 77 166383

测定了醋酸纤维膜和聚砜膜的扩散系数值和传递系数值。采用Fatt 和Goldstick

发展的传递系数与渗透率关系理论计算了渗透率。

24 Kuiper, P.J.C.

通过膜的水传递

Annu. Rev. Plant Physiol.

1972, 23, 157-72

CA 77 85507

热力学和动力学反应扩散参数
间的联系

Chem.Eng.Sci. 1972, 27(5)

1190-1192

CA 77 50750

③⑩ Re, M.F.

改性醋酸纤维膜中碱阳离子的
相对迁移

I & EC, Fundam. 1973, 12

(1) 69-75

CA 78 99308

③⑪ Reid, C.E.

水和离子通过纤维素膜

J. Appl. Polym. Sci., 1959,

1(2) 133-43

有评价装置说明及图, 对于醋
酸纤维半透性的理论解释及实验数
据

③⑫ Riley, R.L.

海水脱盐用复合反渗透膜的制
备, 形态学及传递性质

Reverse Osmosis Membrane

Res. 1972, 437-56, Edited
by Lonsdale, H.K. Plenum,
N.Y.

③⑬ Shah, Y.T.

在变化的扩散系数情况下反渗透
的传质过程

Int. J. Heat Mass Transfer

1971, 14(7)921-30

CA 75 65612

作者分析了浓度依赖于扩散系
数的情况下反渗透的浓度极化问题。
扩散系数~浓度关系的三种类型是:
线性的, 指数的和抛物线的。并研
究了溶质脱除的二个值。

③⑭ Stana, R.R.

用洗涤剂添加物改进半透性反渗
透膜的脱盐率

U.S.P. 3721623

CA 78 163905

试用过磷酸钠, 烷基磺酸钠和
烷基苯磺酸钠及它们的混合物。

③⑮ Stancell, A.F.

通过聚合物的扩散作用

Polym.Sci.Mater.1971,247

74 CA 76 127446

26 篇文献的评论, 涉及渗透性能, 扩散作用和聚合物的溶解性能跟它们的形态学和聚合物膜在水淡化, 生物学和超滤中应用的关系。

③⑥ Steiner, G.R.G.

通过聚合物膜的扩散和反渗透

AD No. 714899 1970

CA 75 53621

测量了水和 NaCl 压醋酸纤维膜和尼龙6膜中的扩散常数和渗透常数。并总结了反渗透和扩散。

③⑦ Strathmann, H.

在极性聚合物中, 水分子配位与反渗透脱盐率的关系

OSW RDPR No. 726, 1971.

CA 76 158125

③⑧ Tang, T.L.

铅和汞化合物在杜邦Permassep

反渗透尼龙膜中的运动

Arail Univ. Microfilms, 生成

Ann Arbor, Mich., Order

No. 72-26747 125pp.

③⑨ Veith, W.

聚甲基丙烯酸酯和聚氨酯作为反渗透膜的研究。

在迁移性质方面水聚结的影响

U.S. Research and Development

Report No. 352 (Aug. 1968)

④⑩ Wakakuwa, K.

反渗透脱盐醋酸纤维膜的膜电位
东北大学工学部 1973. 38(1)

181-6(日)

CA 80 30521

在 25°C 下用甘汞电极测定了

NaCl, KCl, NH₄Cl,

MgCl₂ 和 Na₂SO₄ 的膜势。

用电位测定的渗透比的次序和用反渗透得到的脱盐率的次序是一致的。随着价数增加脱盐率增大, 随离子的水化半径的减小脱盐率增大。

④⑪ Walch, A.

反渗透, 过程, 反应机制和膜

CZ-chem.Tech., 1973, 2(1),

7-11