

高新技术科普丛书

异彩纷呈的 功能膜

YICAIFENCHENG DE
GONGNENGMO

莫尊理◎丛书总主编

王喜存 张 彰 权正军◎编著



读者出版集团

DUZHE CHUBAN JITUAN

甘肃科学技术出版社

• 高新技术科普丛书 •

异彩纷呈的功能膜

徐 军 田 泽 编著



甘肃科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

异彩纷呈的功能膜 / 王喜存, 张彭明, 牛贵平编著.

— 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2012. 1

(高新技术科普丛书 / 莫尊理主编)

ISBN 978 - 7 - 5424 - 1627 - 8

I. ①异… II. ①王…②张…③牛… III. ①薄膜技术—普及读物 IV. ①TB43 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 281125 号

责任编辑 毕 伟

装帧设计 林静文化

出 版 甘肃科学技术出版社 (兰州市读者大道 568 号 0931-8773237)

发 行 甘肃科学技术出版社 (联系电话: 010-61536005 010-61536213)

印 刷 北京飞达印刷有限责任公司

开 本 710mm × 1020mm 1/16

印 张 12

字 数 150 千

版 次 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

印 数 1 ~ 10 000

书 号 ISBN 978 - 7 - 5424 - 1627 - 8

定 价 23.80 元

目 录

第一章 膜的峥嵘岁月

第一节 洋膜的成长	001
第二节 襁褓中沉睡千年的中国膜	010
第三节 光明的未来	012

第二章 细胞膜

第一节 细胞的发现及结构研究	013
第二节 细胞膜	015
一、认识过程	015
二、细胞膜的组成	016
三、细胞膜的功能	019
第三节 细胞膜电位	023
一、静息电位	024
二、动作电位	026
第四节 细胞膜与生活的联系	029



第三章 人身最大的膜器官——皮肤的自述

第一节 我的特殊功能	031
第二节 我的家庭成员及分工	033
第三节 我的毛病	036
第四节 让我越变越好的习惯	037
第五节 唇亡齿寒	039

第四章 心灵的百叶窗

第一节 结膜	042
第二节 角膜	043
第三节 巩膜	047
第四节 虹膜	048
一、虹膜的结构和功能	048
二、虹膜是健康的晴雨表	048
三、虹膜是个体的身份证	050
四、虹膜识别技术	051
五、虹膜学的发展历史	052
第五节 脉络膜	054
一、脉络膜结构	054
二、脉络膜的生理特点	055
三、警惕脉络膜重大疾病	055
第六节 视网膜	058



一、视网膜结构	058
二、视网膜的功能	060
三、视网膜脱落	062

第五章 医用功能膜

第一节 人工膜的意义	066
第二节 人工膜在医疗卫生领域的应用	067
第三节 医用功能膜	069

第六章 分离功能膜

第一节 膜分离的特点	075
第二节 分离膜的分类	077
第三节 渗析	078
第四节 微滤	080
第五节 超滤	080
第六节 纳滤	081
一、纳滤	081
二、变废为宝功能膜	082
第七节 反渗透膜	082
第八节 亲和膜	083
第九节 致密膜	084
第十节 电渗析	084
第十一节 膜的神来之笔——海水的淡化	086



一、海水淡化技术简史	086
二、电渗析法淡化海水	088
三、反渗透法淡化海水	090
第十二节 膜的梦想——新型膜法淡化海水	094
一、非加压渗透吸附法	094
二、碳纳米管薄膜法	095
三、活细胞的蛋白质膜法	098
第十三节 气体分离	099
一、原子弹的助产士	099
二、低品位天然气矿开采	104
三、未来石油开发新技术——膜制氮	104

第七章 建筑功能膜

第一节 充气膜结构	109
第二节 张拉膜结构	114
第三节 玻璃表面功能膜	117

第八章 光电功能膜

第一节 色彩纷呈光学薄膜	119
第二节 光伏薄膜	123
第三节 锂电池隔膜	128
第四节 燃料电池功能膜	131
一、燃料电池膜	131



二、质子交换膜燃料电池在军事上的应用	134
--------------------------	-----

第九章 冶金功能膜

第一节 湿法炼铜	139
一、湿法炼铜的美中不足	139
二、膜技术在解决湿法炼铜工艺问题中的作用	140
第二节 反渗透技术浓缩含锂溶液。	144
第三节 石煤钠化焙烧提钒。	145
第四节 偏扩散合金膜过滤 TiCl_4 。	145
第五节 简化风化壳淋积型稀土矿提取工艺	146
第六节 利用双极膜电渗析劈裂盐为酸和碱	146

第十章 农用功能膜

第一节 农用功能膜的发展	148
第二节 地膜	150
第三节 棚膜	151
第四节 异彩纷呈农用膜	155
第五节 农膜展望	157

第十一章 Langmuir - Blodgett 膜

第一节 Langmuir - Blodgett 膜及其发展过程	159
第二节 LB 膜技术在科学研究中的应用	162

第十二章 日常生活中的功能膜

第一节	保鲜膜	170
第二节	太阳膜	171
第三节	手机贴膜	178
第四节	数码屏幕保护膜	179
第五节	膜技术与生活	181
第六节	《膜科学与技术》杂志简介	181





第一章 膜的峥嵘岁月

膜，在大自然中，特别在生物体内是广泛存在的，如人的眼、耳、口、鼻、胃、肠、肝、肾、血管、皮肤及其他组织中，膜比比皆是，但是，人类对它的认识、利用、模拟直至实现人工合成的历史过程却是漫长而曲折的。

膜从出现于人类的视野，它就在人文的关怀下按部就班的成长，并给人类以可观的回报，这体现了科技发生、发展的本来面目，总是一步一个脚印，才能走稳、走长。在中国，它却几经沉浮，近乎一位命途多舛的少年。

第一节 洋膜的成长

1748 年，Abble Nellet 通过试验，发现水可以自然地扩散进入装有酒精溶液的猪膀胱内，首次揭示了膜的渗透现象；

1831 年，P. Mitchell 第一次利用天然膜对气体进行透过试验，从而确认膜具有对气体的可渗透性，提出了化学浸透压学说；



1833 年, Fuchs 在用石灰将黏膜处理后, 从溶解出 K^+ 和 Na^+ 的过程中偶然发现了离子交换现象。此后, 又通过硅酸盐和铝合成了无机交换体, 更进一步发现了当量的离子交换和选择性的离子交换现象;

1850 年, Graham 首次提出了气体膜透过的机理, 至今仍被充分肯定;

1850 年前后, 英国人 Thompsom 和 Way 系统地报告了土壤中钙、镁离子与水中的钾、铵离子的交换现象, 引起人们对离子交换现象的注意。后来, Eichorn 等人继续研究指出, 土壤中可逆的离子交换以及等当量的关系是基于泡沸石的作用;

1854 年 Graham 通过对动物膀胱的一系列实验, 发表了第一篇证实存在膜渗透现象方面的论文;

1855 年 Carl Nageli 开始对细胞的边界膜进行研究, 第一次指出细胞在渗透特征上是异常敏感的, 而渗透特性的关键就在质膜上;

1861 年, Graham 等人通过进一步试验, 又提出了物质可分为膜透过性和膜非透过性两类, 前者叫晶质, 后者称胶体。而透过与非透过的机理在于膜的孔径, 首次提出了膜孔径的理论;

1861 年, A. Schmidt 首次发现了膜超滤现象, 并公开了第一个超滤实验, 证明牛心包膜能部分截留溶解的阿拉伯树胶;

1863 年, Dubrunfaut 研制成功第一个渗析装置, 并首次在糖业生产上以羊皮纸作为渗透膜除去糖蜜中的盐;

1864 年, Traube 用亚铁氰化钾在陶瓷上制成第一张具有选择透过性的半透膜;



1866 年, Graham 第一次提出了透过膜的机理, 至今仍具有实用价值;

1877 年, Pfeffer 用 Traube 制成的半透膜进行糖液的渗透试验, 第一次测定了溶液的渗透压, 并发现渗透压与溶液的温度和浓度有密切关系;

同年, Vant Hoff 根据 Pfeffer 的工作和理想气体方程, 经推导而提出了渗透压理论;

同年, Wilhelm Pfeffer 根据对植物细胞渗透性的多年研究, 发表了自己的论著, 其主要的论点是; 第一, 细胞是被质膜所包被着的, 第二, 质膜是水和溶质得以透过的“屏障”, 但是, 有些物质可以透过它, 而有些物质却不能透过它。换言之, 质膜对物质具有选择透过性;

1891 年; Agnes Poekels 发表了一种测量脂质膜表面张力的方法, 对膜状结构形成的热力学研究起有重要作用;

1892 年, Hargreaves, James 利用隔膜电解食盐制备氯碱获得成功;

1896 年, C. J. Martin 把明胶和 Chamberland 蜡烛浸涂到多孔壁上, 第一次以人工方法制备了超滤膜, 并用于蛇毒的分馏上;

1898 年, Beyfinck 首先发现了过滤性病毒, 同时开始了对能过滤比细菌还小的病原体的过滤膜和超过滤膜的研究;

1899 年, Charles Overton 发表了他关于一系列化合物进入细胞的观察结果, 他发现分子的极性越大, 进入细胞的速度越低, 当增加非极性基团, 例如烷基链时, 化合物进入细胞的速度随之提高。他的结



论是，控制物质进入细胞的速度在于细胞膜，细胞膜的本质属脂溶性，其中含有固醇和其他类酯。于是，由此确定了有一层脂质的膜包围着细胞的概念。这种膜正是后来所通称的细胞膜。

1902 年，Bernstein 根据 Nernst - Planck 扩散电位学说，提出并解释了生物膜电位的理论；

1903 年，Harms 和 Rumlper 报道了硅酸铝盐离子交换剂的合成，接着 Gans 首先把硅酸盐应用于工业软水和糖的净化。由于泡沸石等无机离子交换剂在应用上的缺点导致了磺化煤阳离子交换剂的出现；

1905 年 Nerve Sheaths 通过偏光显微镜的观察提出了关于脂膜的配位状态，并获得了证明，同时，紫外线显微镜对细胞膜的研究也开始被确定；

1906 年，A. F. Hertz 用各种动物脏器管膜研究了对蛋白质的截留率，并提出了详细的报告；

1907 年，H. Bechhold 发表了第一篇系统研究微孔滤膜性质的报告，并首先提出了用气泡法测定滤膜的孔径。而且他第一次使用了超滤一词。它还发现加强胶棉膜的毛细孔大小与制备过程中硝酸纤维素的含量成正比；

1911 年，Donnan 提出了膜平衡的概念，后称为 Donnan 理论，至今仍被用于解释半透膜和离子交换膜的选择透过性；

1918 年 Zsigmondy 等人最初提出商品规模生产硝化纤维滤膜的方法，并于 1921 年获得专利；

1920 年，Enstein 提出细胞膜电位理论，以说明生物电现象。

1925 年，世界上第一个微孔滤膜公司 Sartorius 在德国哥丁根市成



立，专门生产和经销滤膜；

1925 年，Gorfer 和 Grendel 用丙酮抽提出哺乳动物红细胞膜的脂质，并将其铺成单分子层，结果发现了它的面积为原有红细胞的两倍，从而提出了脂质膜是一双分子层的理论模型；

1927 年，为了分离生物胶体，欧美地区首先开始使用非离子膜，如动物皮、织物和再生纤维素薄膜等，并着手于电渗析的研究；

1930 年，美国、瑞典同时活跃地开展对界面化学中单分子层的研究，而且对生物膜赋予新的解释；

1931 年，Zernick 位相显微镜和 Ardenne Ruska 电子显微镜开始出现，并用于对细胞膜的观察研究，从此细胞膜的存在得到了确认；

1932 年，Sollner 首次预言 Somaic 膜是由阴离子和阳离子选择单元组成的电荷膜，它具有优异的渗透性和理想的动纳性，而且主要作用发生在阴、阳区域的界面上；

1933 年，英国 Adams 和 Holms 首先用人工方法制造酚醛类型的阳、阴离子交换树脂；

1934 年，Daniell 和 Davson 发表 Bilbyer 理论，在双分子层理论基础上提出了双分子层的排列，即蛋白质 - 脂肪 - 蛋白质的“三夹板”模型，这种模型学说统治了膜结构领域几乎长达三十年；

1935 年，Groy 提出了离子主动迁移的概念，一直沿用至今；

1936 年，Teorell 等通过实验表明荷电型膜既体现 Donnan 膜平衡理论，又体现了扩散电位学说。他们认为膜对离子具有选择透过性正是 Donnan 理论和 Nernst - Planck 学说的相互补充；

同年；Ferry 总结了当时的超滤技术，并发表了综合性的报告；



1940 年, Meyer 等首先提出了选择透过性膜的电渗析和可组成多层电渗析器的设想;

1942 年, Goldman 定电位学说问世, 进一步补充和发展了膜学说;

同年, Spedding 等用离子交换法分离得到 2 吨纯铀, 用于制备世界上第一颗原子弹;

1945 年, 美国人 D'Alelio 发表了关于聚苯乙烯型强酸性阳离子交换树脂及聚丙烯酸型弱酸性阳离子交换树脂的制备方法;

1945 年, G. E. 公司成功地用放射线痕迹腐蚀法制得核孔性超滤膜;

1949 年, Sollner 等人进行了与膜中间电荷符号离子间的选择透过性有关的双离子电位现象的研究, 并首先提出了双电层的理论, 使对膜的选择透过性又有了进一步的解释;

同年, Hodgkin 研究并提出了离子在溶液和膜之间的分配理论, 根据这一理论对生物膜电位的产生和结构做了解释;

1950 年, Juda 论证了从电解质水溶液中分离水和电解质的可能性, 并用人工合成的方法制得了第一张离子交换膜, 促进了电渗析技术的发展;

同年, 加利福尼亚大学的 Reid 和 Hassler 第一次提出了关于海水渗透膜的设想;

同年, 日本大面积开始对离子交换膜和电渗析技术的研究;

1952 年, 美国研制成功实用性离子交换膜, 并组装成功第一台电渗析苦咸水淡化装置, 同时在波士顿作首次公展;



1953 年，美国 Ionics 公司异相离子交换膜正式投入商品化生产，欧美同时出现了为数较多的离子交换膜电渗析苦咸水淡化的小型试验装置；

同年，Reid 向美国国会提交脱盐报告，首次建议把反渗透膜用于脱盐，并列入政府水脱盐的计划中；

1954 年，世界上第一台离子交换膜电渗析的工业装置在美国诞生；

同年，沙特阿拉伯开始使用离子交换膜电渗析装置进行地下水除盐，装备于汽车上供石油勘探人员饮用；

同年，Hassler 用多孔黏土和赛璐粉成膜，进行了海水渗透的演示试验；

同年，Brubake, Kammermeyer 用聚乙烯和聚氯乙烯等聚烯烃类薄膜研究，并实现了二氧化碳、氢气、氧气、氮气混合气体以及氢、氮和氨混合气体的分离；

1955 年，离子交换膜电渗析法开始引入巴林群岛，每天生产淡水 109 吨；

1956 年，英国 Permutit 公司的 Permuplex 异相离子交换膜实现商品化，并投放市场；

1957 年，Reid 等在首次发现市售醋酸纤维素膜具有良好的脱盐性能以后，又通过大量试验，报道了各种市售塑料薄膜的反渗透脱盐结果；

同年，日本开始了膜法海水浓缩的小型试验研究；

1958 年，埃及开始使用离子交换膜电渗析技术淡化苦咸水；



1959 年；根据电子显微镜和 X - 光衍射试验的结果，在 Davson - Danielli 模型的基础上提出了膜结构的单位膜的理论，确定了为现代所接受的 D - D - R 结构模型，表明无论是植物、动物或微生物，一切生物膜都有一个共同的结构模型，即以脂类的双分子层为基础，两面都和蛋白质结合，其横切面呈三层状结构；

1960 年，Loeb 和 Sourirajan 研制成功第一张高通量、不对称的实用醋酸纤维素反渗透膜；

同年，Loeb 和 Milstein 用它们研制成功的醋酸纤维素反渗透膜研究并组装成功第一个实验室规模的板框式反渗透装置；

同年，日本旭硝子株式会社为日本首先研制成功，并实现工业化连续生产的第一张均相离子交换膜；

同年，日本离子交换膜电渗析海水浓缩制盐的装置开始运行试验，并取得成功，年产食盐一万吨；

1961 年，日本旭化成工业株式会社 Aciplex 均相离子交换膜开始商品化出售；

1961 年，A. S. Michalis 首先研制成功第一张高分子电解质复合膜；

1962 年，在美国亚利桑那州的 Buckeye 市安装了一套日产 2460 吨淡水的装置，它是世界上第一个采用膜法提供整个城市用水的设备；

1963 年，Loeb 和 Manjikian 又以醋酸纤维素为膜材料研制成功第一代反渗透管式组件并取得为期半年现场试验的授权；

同年，道乌化学公司的 Mahan 提出并开始研制第一个中空纤维型