

反渗透膜

在农村饮用水处理的应用

APPLICATION OF REVERSE OSMOSIS MEMBRANE TO
DRINKING WATER TREATMENT IN RURAL AREAS

韩国（株）迪恩普尔

中国环境保护部南京环境科学研究所

编

中国环境科学出版社



数据加载失败，请稍后重试！

反渗透膜在农村饮用水处理的应用

韩国(株)迪恩普尔 编
中国环境保护部南京环境科学研究所

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

反渗透膜在农村饮用水处理的应用/韩国(株)迪恩普尔, 中国环境保护部南京环境科学研究所编. —北京: 中国环境科学出版社, 2008.9

ISBN 978-7-80209-783-4

I. 反… II. ①韩…②中… III. 反渗透膜—应用—农村给水—饮用水—水处理 IV. TU991.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第120065号

责任编辑 沈建
责任校对 杨洁 尹芳
封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街16号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2008年9月第1版
印 次 2008年9月第1次印刷
开 本 880×1230 1/32
印 张 3.75
字 数 90千字
定 价 16.00元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

在中韩环境合作框架协议下，由韩国环境部和技术振兴院资助，针对中国农村饮用水现状，中国环境保护部南京环境科学研究所与韩国（株）迪恩普尔合作，于 2005 年 8 月至 2007 年 11 月在太湖农村地区开展了“反渗透膜处理技术开发——农村饮用水处理”研究课题。该课题在江苏省宜兴市大浦镇选点，研制以反渗透膜为主，超滤、微滤膜等处理技术组合的饮用水深度处理试验设备（pilot plant），分别在井水、河水、自来水取水点安装、调试、运行。设备连续运行状态良好，井水、河水、自来水厂出水经过深度处理后，产品水达到优质饮用水。2007 年春季太湖蓝藻暴发，为课题提出新的研究目标。为了解决富营养化有机复合污染水源的深度净化，在前期研究的基础上，设计了日处理 10 t 的曝气生物滤池与反渗透膜组合设备，安装在中国科学院太湖研究站。进行为期 10 个月运行，出水水质基本达到直饮水标准。研发的 4 套工艺与设备，为解决分散型农村饮用水安全问题，提出了可行的技术方案。

为了总结这些技术，编写了《反渗透膜在农村饮用水处理的应用》一书，以简明扼要的文字图表，介绍工艺流程、设备结构及运行管理。材料既是课题总结，又可以作为农村基层技术干部应用手册，还可供从事这方面工作的

科研、教学人员参考。

参加“反渗透膜处理技术开发——农村饮用水处理”研究的韩方人员是：权五贤、权五源、宋準相、Hyeong Geuk Moon、裴泰龙、李昊俊、何莎、Hyeng Geuk Moon、Young Sil Lee。中方人员是：张永春、胡孟春、唐晓燕、沈海风、王文林。

本书编写执笔人员：胡孟春、唐晓燕、沈海风、王文林，胡孟春统稿，张永春审定全文。

感谢韩国环境部和技术振兴院资助。感谢中国环境保护部科技标准司产业处王开宇处长、钱玲女士的支持。感谢韩-中产业协会对项目的指导。感谢中国科学院太湖研究站、宜兴市大浦镇水厂大力支持。

编 者

2008年7月于南京

目 录

第一章 农村饮用水现状	1
第一节 中国农村饮用水现状	1
第二节 研究地点饮用水基本情况	5
第二章 反渗透膜在井水处理的应用	9
第一节 井水膜处理工艺	9
第二节 膜设备结构	10
第三节 出水水质	11
第四节 运行与管理	13
第三章 反渗透膜在河水处理的应用	17
第一节 河水膜处理工艺	17
第二节 膜设备结构	18
第三节 出水水质	19
第四节 运行与管理	21
第四章 反渗透膜在小水厂出水深度处理的应用	24
第一节 小水厂传统水处理工艺	24
第二节 膜处理工艺与设备	25
第三节 出水水质	27
第四节 运行与管理	28
第五章 反渗透膜在太湖源水深度处理的应用	32
第一节 太湖源水水质分析	32

第二节	太湖源水深度处理工艺	35
第三节	出水水质分析	38
第四节	运行与管理	41
第五节	运行记录表	44
附图 1	处理间内景	46
附图 2	处理间外景	46
附图 3	太湖取水口源水	46

第一章 农村饮用水现状

第一节 中国农村饮用水现状

一、中国农村饮用水源类型

中国农村地区幅员辽阔，南北纵跨热带、亚热带、温带三大气候带，地形变化复杂。因此水文地质条件差异性很大，从而决定了饮用水水源类型多种多样。中国饮用水源类型，主要有江河水、水库湖泊水、坑塘窖水、井水及泉水五种类型。

江河水不仅是城市集中供水的取水水源地，还是小城镇及分散型农村饮用水水源地。水库湖泊是城市的取水水源地，在山区也是农村饮用水水源地。在中国北方，利用坑塘及人工挖的水窖收集雨水，作为饮用水水源。井水是古老的人工水源，在农村比较普遍。泉水是山区农民一种饮用水源。

中国部分省农村饮用水水源类型以及饮用人口比例如表 1-1 所示。

表 1-1 中国部分省农村饮用水水源类型以及饮用人口比例 单位：%

省份\类型	江河	湖库	坑塘窖	浅井水	深井水
河北	0.7	0.15	0.85	54.3	44.0
辽宁	2.8	6.8	3.0	85.5	1.9
河南	4.7	0.3	2.1	76.4	16.5
江苏	41.5	0.8	9.4	43.0	5.3
湖南	20.8	1.9	11.8	52.5	13.0
四川	28.4	3.4	4.4	54.0	9.8
甘肃	14.7	0.7	11.8	22.3	50.5

注：引自《中国农村饮用水水源保护与村镇饮用水水源保护规划研究》（1995 年）。

二、中国农村饮用水存在的问题

中国农村饮用水存在的主要问题是：农村供水总体水平不高，严重影响群众的身体健康与正常生活；局部地区饮用水水源不足，保证率低；农村饮用水质量不高。

1. 农村供水总体水平不高

中国国家水利部提出了《农村饮用水安全评价指标体系》，按照水质、水量、方便程度、保证率四项指标，进行综合评价。水质评价按照国家《饮用水卫生标准》，符合的为安全，不符合的为不安全。供水量，以每人每天获得水不低于 40~60 L 为安全，不低于 20~40 L 为基本安全。人力取水往返时间不超过 10 min 为安全，往返时间不超过 20 min 为基本安全。四项指标综合评价时，有一项低于基本安全，就为不安全。对全国农村综合评价的结果，有 3 亿多农村人口饮用水属于不安全状态。

2. 局部地区饮用水保证率低

根据中国气候区域差异，地形、水资源状况，水利部将全国划分五个类型区，每个区域农村生活饮用水量指标，拟订如表 1-2 所示。

表 1-2 中国不同类型区生活饮用水量指标 单位：L/(人·d)

类型区		一区	二区	三区	四区	五区
包括的省、自治区、直辖市		新疆、西藏、青海、甘肃、内蒙古西北、陕西北部	黑龙江、吉林、辽宁、河北北部	北京、天津、山东、河南、陕西关中、安徽、江苏北部	重庆、湖北、湖南西部、广西北部	上海、浙江、福建、江西、广东、海南
饮用水量指标	安全	40	45	50	55	60
	基本安全	20	25	30	35	40

中国有一些农村，特别是北方以及山区，缺水或者严重缺水，达不到表 1-2 中所列每人每天的饮用水量指标。有些地方仍然从河

道、坑塘、水窖取水，供水水源严重不足。在北方有些地方季节性缺水，在旱季供水不足。近些年，由于气候干旱化，导致地下水位下降，饮水水源减少。

3. 农村饮用水质量不高

2003 年 7 月，中国各个省的水利部门与卫生部门，联合进行各省的饮用水水质调查，3 亿人口饮用水不安全。卫生部 2000 年对 14 个省 122 个县 1 165 个监测点 3 471 万人，进行抽样调查，调查结果饮用水不合格占 37.9%。

农村饮用水质不合格主要表现在以下 3 个方面。

(1) 高氟水。中国饮用水标准规定，氟含量不得超过 1.0 mg/L。中国华北、西北、东北，共有 6 000 万人饮用高氟水。由于饮用高氟水，造成氟骨病，高氟牙病。

(2) 苦咸水。中国饮用水标准规定，含盐量不得超过 1.0 mg/L，如果超过 1.0 mg/L，水味苦。中国西北地区，一些群众饮用苦水。目前农村饮用苦咸水的群众达 3 800 万人。长期饮用苦咸水，会造成心脑血管疾病。

(3) 饮用水有机污染严重。随着中国工业化、城市化的发展，污水排放量越来越大，农药、化肥使用量越来越大，造成地表水、地下水污染。农村直接从河道、湖泊、水库、坑塘取水的饮用水源地，有机污染严重，卫生条件难以保障。根据各省调查结果，目前农村饮用污染水的占总人口的 25%。

三、一些典型省、市农村的饮用水状况

1. 浙江

浙江省 2004 年进行了农村饮用水全面调查。全省 11 个市 71 个县（市、区）抽取 222 个使用自来水的村、镇，还抽取了 187 个未使用自来水的村镇。调查结果表明：

(1) 自来水出厂合格水样 31 个，合格率 53.4%；不合格的水样 27 个，不合格率 46.6%。

(2) 未饮自来水饮用天然水源水样，合格 19 个，合格率 10%；

不合格水样 168 个, 占 90%。超标指标分别是: 大肠菌、细菌总数、浑浊度、锰、pH、色度、耗氧量、铁等。

(3) 入户水合格样 54 个, 合格率 26%; 不合格水样 156 个, 占 74%。

2. 广西

广西壮族自治区 2004 年进行了全省 9 个县农村饮用水调查, 调查结果表明:

(1) 在被调查 9 个县 431 万人口中, 饮用地面水的 156 万人, 占 37%。饮用地下水 27 万人, 占 63%。在饮用地表水人中, 饮用河水的 10 万人, 占 66%; 饮用沟塘水 5 万人, 占 3%; 饮用其他类型水的 48 万人, 占 31%。

(2) 在被调查 9 个县 431 万人口中, 饮用自来水 202 万人, 占 47%。饮用非自来水 229 万人, 占 53%。在饮用非自来水的人中, 饮用经过沉淀、消毒处理水的人占 18%, 饮用经过简单处理水的人占 14%, 饮用未经处理水的人占 68%。

(3) 在采集 168 个水样中, 大肠杆菌超标样 97 个, 超标率 59%。细菌总数超标样 32 个, 超标率 19%。其他 12 项检测指标均有不同程度超标。

3. 山西

山西省对农村饮水安全调查结果表明:

(1) 全省农业人口近 2 400 万人, 饮水安全和基本安全人口为 1 200 多万人, 占全省农业人口 50%; 饮水不安全人口为 1 000 多万人, 占全省农业人口的 41%。

(2) 饮用氟、砷超标和苦咸水人口 500 多万人, 占全省农业人口的 20%。饮用有其他水质问题的人口 200 多万人, 占全省农业人口的 8%。

第二节 研究地点饮用水基本情况

一、研究地点自然社会特征

研究区域位于宜兴市的大浦镇。大浦地形以湖荡低洼圩田为主，大浦以北以高平田为主。大浦镇以湖相沉积为主，大浦以北的东氿、西氿沿岸带以河相沉积为主。土壤区划属于太湖平原水稻土区和宜粟低山棕红壤土区。主要土壤类型：水稻土类的青泥土、黄泥土属；红壤土类的棕红壤属。由于太湖滨湖带向湖微倾斜的地形特征，以及长期的人类耕作、兴修水利，形成格状水系特征。研究区域属亚热带气候，年降水量 2 500 mm，夏季平均气温 25℃，冬季气温-2~15℃。

大浦镇分为厚和村、浦南村、林庄港村三个自然村，总人口 4 100 人。农户居住比较分散。大部分农民以种田为生，少量农户以池塘养鱼为生。大部分家庭经营紫砂陶器制作。

二、群众对改善饮用水质迫切需求

利用膜技术进行分散型农村饮用水深度处理、净化技术示范，是一项涉及广大农户的新技术应用研究项目。要做好该项研究工作，群众的积极参与是非常必要的。使群众对新技术有所认识，积极配合科学研究人员，将会取得很好的效果。另外在开展该项研究工作之前，也必须对当地群众饮用水的现状，有一个基本的了解，以便有针对性地开展研究工作。为此，2006 年 4 月在研究地点——宜兴市大浦镇，进行了有关饮用水的社会调查。

调查工作是在江苏省宜兴市大浦镇进行的。调查表 100 份，发到浦南村、浦北村、厚和村、汤庄村四个自然村，调查表回收 100 份。

被调查群众的职业：9 名职员，2 名教师，13 名工人，1 名个体职业，其余为种田。被调查群众男性 92%，女性 8%。被调查的

群众年龄构成：青年（18~35岁）13%，中年（35~50岁）33%，老年（50岁以上）54%。被调查群众文化程度：大学1人，高中19人，初中48人，小学17人。

根据调查表统计，结果如下。

（1）90%的家庭喝自来水，5%的家庭喝井水，1%的家庭喝池塘水，4%的家庭喝桶装水。

（2）对饮用水的水质，4%的群众认为好，10%的群众认为比较好，74%的群众认为一般，6%的群众认为比较差。

（3）对改善水质的态度，89%的群众希望改善，2%的群众无所谓，不希望改善的群众为零。

（4）所调查家庭人口结构：1人占1%，2人占25%，3人占32%，4人占6%，5人占36%。加权平均该区域家庭平均人口为4.71人。

（5）所调查区域家庭每月饮用桶装水：3桶及3桶以下家庭占50%；4桶的家庭占12%；5桶的家庭占6%；6桶的家庭占3%；7桶的家庭占1%；8桶的家庭占3%；不喝桶装水占18%。加权平均每月每家饮用2.81桶桶装水。

（6）所调查区域每月每个家庭生活用水的开支：10元以下的家庭占45%；10~20元的家庭占34%；20~30元的家庭占9%；30~40元的家庭占7%；40元以上的家庭占4%；不花钱的家庭占1%。加权平均每月每家生活用水开支15.8元。

（7）所调查区域每月每个家庭生活用水量：1~2 m³的家庭占8%；3~4 m³的家庭占38%；4~5 m³的家庭占24%；5~6 m³的家庭占9%；6~7 m³的家庭占5%；7 m³以上的家庭占16%。平均每月每个家庭生活用水量4.59 m³。

（8）经过膜处理后优质饮用水，88%的家庭愿意饮用，9%的家庭基本愿意饮用，3%的家庭不愿意饮用。

通过以上调查表的统计结果，可以得出如下结论。

（1）所调查区域群众主要饮用简易自来水厂供给的自来水，群众对自来水的水质不满意，认为水质一般。

（2）所调查区域群众非常希望对饮用水深度净化处理，提高饮

用水质量。

(3) 所调查区域群众对经过膜处理后达标合格水是愿意接受的。

(4) 所调查区域每月人均饮用 0.59 桶桶装水，每月人均生活用水开支 3.35 元，每月人均生活用水量 0.98 m³。

三、研究地点饮用水源的水质现状

在江苏省宜兴市大浦镇，小水厂出水、井水、河水是三种不同的饮用水源。按照饮用水标准，对三种水源的水质进行了检测。检测的 34 项指标中：小水厂出水超标 3 项；井水超标 3 项，2 项指标偏高；河水超标 8 项。超标状况如表 1-3 所示。

表 1-3 不同水源超标状况

编号	超标项目	单位	卫生部饮用水标准	源水类型及超标状态
水厂出水				
1	臭和味		无异臭，无异味	蓝藻味
2	浑浊度	度（NTU）	≤1	1
3	游离余氯	mg/L	≥0.05	0.30
井水				
1	浑浊度	度（NTU）	≤1	<1
2	溶解性总固体	mg/L	≤1 000	486
3	细菌总数	CFU/mL	≤100	1 300
4	总大肠菌群		每 100 mL 水样中不得检出	23
5	总硬度（以 CaCO ₃ 计）	mg/L	≤450	202
河水				
1	臭和味		无异臭，无异味	土腥味
2	耗氧量（以 O ₂ 计）	mg/L	≤3	3.4
3	挥发酚类（以苯酚计）	mg/L	≤0.002	0.017
4	浑浊度	度（NTU）	≤1	5

编号	超标项目	单位	卫生部饮用水标准	源水类型及超标状态
5	肉眼可见物		不得含有肉眼可见物	中等量棕色絮状物沉淀
6	色	度	≤15, 并不得呈现其他异色	35
7	细菌总数	CFU/mL	≤100	1 200
8	总大肠菌群		每 100 mL 水样中不得检出	920

从超标指标可以看出, 三种水源存在的主要问题是: 自来水厂出水余氯含量严重超标, 出厂水的余氯含量是国家饮用水标准的 6 倍, 出厂水有很浓的蓝藻味; 河水有机污染严重, 色、味、浑浊度等感官指标严重超标, 细菌数量高, 细菌总数、总大肠菌群分别是国家饮用水标准的 12 倍、920 倍; 井水矿物质含量高、水的硬度大, 细菌数量严重超标, 细菌总数、总大肠菌群分别是国家饮用水标准的 13 倍、23 倍。

第二章 反渗透膜在井水处理的应用

第一节 井水膜处理工艺

根据井水水质，井水反渗透膜深度处理的水质目标是：消除浅层地下水复合微污染；去除过量矿物质；软化水质；深度处理后的水质达到直饮水标准。根据这一水质目标，主要采用离子交换、反渗透技术，设计井水深度处理工艺。设备安装在太浦镇一农户家中，工艺流程如图 2-1 所示。

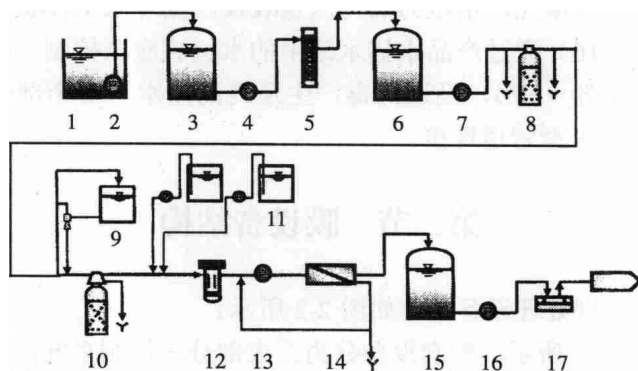


图 2-1 井水深度处理设备工艺流程

- 1 源水；2 源水泵；3 储水罐；4 加压泵；5 超滤膜；6 储水罐；
7 加压泵；8 活性炭过滤；9 加药箱；10 离子交换器；11 加药箱；
12 微滤膜过滤器；13 高压泵；14 反渗透膜；15 产品水储水罐；
16 出水泵；17 紫外线杀菌器