

# 反渗透在水处理技术中的应用

余春燕, 周华珍

(龙游县环境监测站, 浙江龙游 324400)

**摘要:** 简要介绍了反渗透的原理和常见流程, 着重论述了反渗透在水处理技术中的应用, 就其存在的问题和发展趋势作了初步的归纳和展望。

**关键词:** 反渗透; 水处理技术; 应用; 发展趋势

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2010)04-0011-02

## APPLICATION ON REVERSE OSMOSIS IN WATER TREATMENT TECHNOLOGY

YU Chun-yan, ZHOU Hua-zhen

(Longyou County Environmental Monitoring Station, Longyou 324400, China)

**Abstract:** The paper briefly introduces the principle and the common process of reverse osmosis, then emphatically discusses the application of reverse osmosis in water treatment technology. Finally it makes the summarization and prospect about the existing problems and the development trend of reverse osmosis.

**Keywords:** reverse osmosis; water treatment technology; application; development trend

近年来, 物理化学处理技术、光照射技术及膜过滤技术已形成三大水处理技术。在这些技术中引人注目的是膜分离法污水处理技术。膜分离是通过膜对混合物中各组分的选择渗透作用的差异, 以外界能量或化学位差为推动力对双组分或多组分混合物的气体或液体进行分离、分级、提纯和富集的方法。而反渗透膜分离技术作为当今世界水处理先进的技术, 具有清洁、高效、无污染等优点, 已在海水淡化、城市给水处理、纯水和超纯水制备、城市污水处理及利用、工业废水处理、放射性废水处理等方面得到广泛的应用。

### 1 反渗透的原理

在相同的外压下, 用一张半透膜<sup>[1]</sup>将纯水和某种盐溶液隔开, 由于该膜只让溶剂通过, 而不让溶质通过, 纯水侧的水分子就会自动地透过半透膜进入到盐水侧去, 这种现象叫做渗透。随着渗透过程的进行, 纯水一侧的液面不断下降, 盐水一侧的液面则不断上升。当液面不再变化时, 渗透便达

到了平衡状态。此时, 两侧液面的高度差称为该种溶液的渗透压<sup>[2]</sup>。通常溶液愈浓, 溶液的渗透压愈大。如果加在溶液上的压力超过了渗透压, 则反而使溶液中的溶剂向纯溶剂方向流动, 这个过程叫做反渗透。

### 2 反渗透的常用工艺流程

反渗透的流程是由反渗透的设计依据确定的。常见的流程有如下几种:

#### 2.1 一级一段法

这种方式是料液进入膜组件后, 浓缩和产水被连续引出, 这种方式水的回收率不高, 工业应用较少。另一种形式是一级一段循环式工艺, 它是浓水一部分返回料液槽, 这样浓缩液的浓度不断提高, 因此产水量大, 但产水水质下降。

#### 2.2 一级多段法

当用反渗透作为浓缩过程时, 一次浓缩达不到要求, 可以采用多步浓缩方式, 这种方式浓缩液体体积可减少而浓度提高, 产水量相应加大。

### 2.3 两级一段法

当一级达不到要求时,可分为两步进行。若膜的除盐率低,而水的渗透性又高时,采用两步法比较经济,同时在低压低浓度下运行时,可提高膜的使用寿命。

### 2.4 多级反渗透流程

在此流程中,将第一级透过液作为第二级料液,第二级渗透液再作为下一级料液,这样经几级淡化可制出较纯的淡水。在选择该流程时,对装置的整体寿命、设备费、维护管理、技术可靠性也必须考虑。例如,需将高压的一级流程改成两级时,那么就有可能在低压下运行,因而对膜、装置、密封、水泵等方面均有益处<sup>[3]</sup>。

## 3 反渗透在水处理中的应用

### 3.1 海水、苦咸水淡化

我国对反渗透技术的研究始于1965年,1967后到1969年在国家科委和国家海洋局组织的海水淡化会战中为醋酸纤维素不对称膜的开发打下了良好的基础。在反渗透海水淡化方面,1997年,浙江省重大科技攻关项目“500 t/d 反渗透海水淡化示范工程”在浙江省嵊泗县嵊山岛建成投产。首次采用了透平式能量回收装置,使海水淡化工程单位产水能耗降至5.5 kWh/t以下,填补了我国反渗透海水淡化工程的空白。2000年,在国家科技部重点科技攻关项目“日产千吨级反渗透海水淡化系统及工程技术开发”的支持下,先后在山东长岛、浙江嵊泗建成了1 000 t/d级的反渗透海水淡化示范工程,各项技术经济指标达到国际先进水平。我国已建成百吨级以上反渗透海水淡化工程十余个,合计日产水近30 kt。但总体来讲,我国反渗透海水淡化技术和产业与美国、日本等发达国家相比尚有一定差距。苦咸水是指水中的总溶解固体含量(TDS)为1 000~10 000 mg/L的天然水。由于苦咸水中的TDS,溶解离子的种类与浓度以及悬浮固体(SS)的种类与浓度等的千差万别,所以不可能对苦咸水作一个准确的定义。由于苦咸水一般含有较高的钙、镁、重碳酸根、硫酸根等微溶无机盐离子,在反渗透苦咸水淡化工程中,抑制和控制微溶盐的结垢沉淀是十分重要的。目前常用的方法有添加阻垢剂、离子交换软化、加酸去除进水中的碳酸根和重碳酸根以及降低水回收率,避免超过溶度积。反渗透是苦咸水淡化工程最具

竞争力的方法,技术相对成熟。目前,我国已有上千套规模不等的反渗透苦咸水淡化装置应用在了国民经济各个领域。

### 3.2 纯水、超纯水制备

纯水、超纯水是现代工业中一种十分重要的原材料,已被广泛应用于半导体、微电子、电力、化工、医药等领域。我国从20世纪80年代起在纯水、超纯水制备系统中,采用以反渗透—离子交换为主导工艺,比单一离子交换工艺,其造水成本约下降30%,节省酸、碱耗量约90%,提高树脂再生周期造水量约20倍。反渗透膜法分离技术的先进性,经济效益和环保社会效益已被大量反渗透工程实际运行结果所证实。目前纯水、超纯水制备系统反渗透膜工艺的市场占有率高达95%以上。

### 3.3 废水资源化

近年来我国废水、污水排放量以每年18亿t的速度增加,全国工业废水和生活污水每天的排放量近1.64亿t,其中约80%未经处理直接排入水域。废水资源化具有开发淡水资源与保护环境双重目的。废水处理与海水淡化采用同类装置并具有较多共性工艺技术。反渗透可使废液中的铜、铅、汞、镍、砷、铬、银、硒、锌等离子脱除90%~99%。

## 4 存在问题及发展趋势

反渗透膜分离技术要在水处理中获得大规模应用还需解决一些基本问题,如如何衡量允许进入反渗透膜组件的进水水质,SDI值是否同样适用于废水处理;开发适用于不同废水处理的抗污染、预处理要求低的反渗透膜组件;解决实验室研究和实际规模应用的放大问题。最初反渗透是以脱盐为目的开发的,对膜的要求也只是为分离无机盐和水,随着反渗透用途的扩大,目前已达到根据用途对膜的构造进行设计的阶段;随着水污染控制形势的日益紧迫,反渗透膜分离在国内各种工业部门的清洁生产、缺水地区的废水处理回用、农村做污染原水饮用水处理、难生物降解有机废水处理领域将获得突破。

目前将传统的中压膜改为低压膜或超低压膜的动向非常活跃,其发展趋势概括如下:在脱盐领域中,对于海水淡化由高压向超高压;对于咸水淡化将向脱盐、废水处理和超纯水等三方面发展;对处理压强将由中压向低压甚至超低压;同时在

[1]郭仁东,吴昊,张晓颖.高浓度含铜废水处理方法的研究[J].当代化工,2004,35(5):280~282.

[2]徐新阳,尚·阿嘎布(赞比亚).矿山酸性含铜废水的处理研究[J].金属矿山,2006,(11):76~78.

[3]周正国,徐龙君,陈红冲.锰渣处理含铜废水的研究[J].水处理技术,2009,35(4):48~50.

[4]黄自力,胡岳华,邓春华.涂铁石英砂吸附 Cr( )的研究[J].武汉科技大学学报(自然科学版),2006,29(5):465~468.

[5]易小萍,邓慧萍.改性滤料在水处理中的应用及机理探讨[J].净水技术,2000,18(1):25~27.

[6]王琳,施永生.改性滤料表面结构特性的研究[J].有色金属设计,2005,32(3):53~57.

[7]高乃云,李富生,汤浅晶.铁和铝氧化物涂层砂的过滤与吸附性能评价[J].环境污染与防治,2004,26(2):3~5.

[8]J.A. Coston, C. C. Fuller, and J. A. Davis. Pb<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> adsorption by a natural aluminum and iron-bearing surface coating on an aquifer sand[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1995,159(17):3535~3547.

[9]N. Boujelben, et al. Adsorption of nickel and copper onto natural

iron oxide-coated sand from aqueous solutions: Study in single and binary systems[J]. *Hazard Mater*, 2008.

[10]高乃云,徐迪民,范瑾初,等.氧化铁涂层砂改性滤料除氟性能研究[J].中国给水排水,2000,16(1):1~4.

[11]高乃云,严敏,林生.饮用水强化处理技术[M].北京:化学工业出版社,2005.

[12]K.Anoop, Krishnan, T.S.Anirudhan. Removal of cadmium (II) from aqueous solutions by steam-Activated sulphurised carbon prepared from sugar-cane bagasse pith: kinetics and equilibrium studies [J]. *Water Res*,2003,29(2):147~156.

[13]Shyam S. S, Li J Y, Kenneth L. D, et al. Removal of nickel from aqueous solutions by sawdust [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2005,B121:243~246.

[14]B.S.Krishna.,D.S.R.Murty.,B.S.JaiPrakash.Surfactant modified clay as adsorbent for chromate [J]. *Applied Clay Science*,2001,20:65~71.

[15]Mier M.V.,Callejas R L,GehrR,etal.Heavy metal removal with Mexican clinoptilolite: multi-component ion exchange [J]. *Water Research*,2001,35(2):373~378.

(上接第 12 页)

有用物质浓缩回收领域会有更大的发展。目前,在海水淡化方面,利用复合膜成功的达到了高脱盐率。在咸水淡化方面,目前将传统地中压膜改为低压膜或超低压膜,并保持脱盐率不变(或提高),可以说是必然的趋势。反渗透工程应用的另一个发展方向是反渗透膜组器与超滤、微滤、纳滤、EDI等组器的有机地组合应用,充分发挥各种膜分离技术的特性,形成一个完整的系统工程,从而达到浓缩、分离、提纯的目的。随着膜分离技术的迅速发展,其潜在应用领域将会不断扩大,反渗透技术

也将在水处理方面有更广泛的用途,前景十分广阔。

[参考文献]

[1]任建新.膜分离技术及其应用[M].北京:化学工业出版社,2003:161~169.

[2]王湛文编.膜分离技术基础[M].北京:化学工业出版社,2000:2~8.

[3]许振良编.膜法水处理技术[M].北京:化学工业出版社,2001:103~109.

(上接第 19 页)

(2) 不同性质的粉煤灰对氨氮的去除效果不同:相同处理条件下,用盐酸和硫酸改性后再用氢氧化钠改性的粉煤灰对氨氮的去除率最高,可达84%;其次是用盐酸和硫酸改性的粉煤灰,氨氮去除率最高为70.5%;原状粉煤灰对氨氮的去除率最低,去除率只有64.7%。

参考文献

[1]杨久俊,卢育英,宁彩珍,等.粉煤灰资源特性及其高附加值综合利用研究分析[J].天津城市建设学院学报,2006,12(2):139~143.

[2]付桂珍,龚文琪,陈治.蒙脱石/粉煤灰复合材料吸附含锌废水的研究[J].武汉理工大学学报,2010,32(4):173~176.

[3]郭常颖,杨爽,赵鹏程.粉煤灰-SBR 和 SBR 处理染料废水对比研究[J].环境科学与管理,2010,35(1):106~109.

[4]杨茜,李风亭,何艳,等.改性粉煤灰吸附性混凝剂处理太湖藻浆的特性研究[J].2010,42(2):52~54.

[5]姚淑华,刘丹,石中亮.粉煤灰/水合氧化铁复合吸附剂取出水中磷(V)[J].2010,29(1):151~154.

[6]Belgin Bayat. Comparative study of adsorption properties Turkish fly ashes[J]. *Journal of Hazardous Materials*,2002, B95:275~290.

[7]郑小聪.磨细矿渣粉及粉煤灰双掺技术在大体积混凝土中的应用[J].公路交通技术,2010,(1):31~34.

[8]李方文,魏先勋,马淞江,等.粉煤灰改性吸附材料的研究[J].重庆环境科学,2003,25(6):25~28.

[9]滕宗焕,陈建中.改性粉煤灰的吸附机理及其在废水处理中的应用[J].2007,29(4):23~27.