

膜分离实验装置的研制

王月伶, 段凤魁, 胡洪营, 席劲璇, 杨宏伟

(清华大学 环境学院, 北京 100084)

摘要: 膜分离实验装置可以单独进行超滤、纳滤和反渗透实验, 也可以使原水依次通过超滤膜、纳滤膜和反渗透膜进行分离。装置可以对水温、电导、流量、压力自动监测。

关键词: 膜分离; 超滤; 纳滤; 反渗透; 实验装置

中图分类号: G484 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-4956(2015)9-0009-02



Research and development of experimental device for membrane separation

Wang Yueling, Duan Fengkui, Hu Hongying, Xi Jinying, Yang Hongwei

(School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis can be operated alone by experimental device for the membrane separation. The raw water can run through ultrafiltration membrane, nanofiltration membrane, reverse osmosis membrane in sequence. The experimental device can monitor the water temperature, conductivity, flow and pressure automatically.

Key words: membrane separation; ultrafiltration; nanofiltration; reverse osmosis; experimental device

膜分离是以具有选择透过功能的薄膜为分离介质, 通过在膜两侧施加一种或多种推动力, 使原料中的某组分选择性的优先透过膜, 从而达到混合物分离和产物的提取、浓缩、纯化等目的。膜分离过程有多种, 不同的分离过程所采用的膜及施加的推动力不同。微滤、超滤、纳滤与反渗透都是以压力差为推动力的膜分离过程。这4种膜分离过程的主要区别在于被分离物质的大小和所采用膜的结构和性能的不同。微滤的孔径范围为 $0.05\sim 10\ \mu\text{m}$, 压力差为 $0.015\sim 0.2\ \text{MPa}$; 超滤的孔径范围为 $0.001\sim 0.05\ \mu\text{m}$, 压力差为 $0.1\sim 1\ \text{MPa}$; 反渗透常用于截留溶液中的盐或其他小分子物质, 压力差与溶液中的溶质浓度有关, 一般为 $2\sim 10\ \text{MPa}$; 纳滤介于反渗透和超滤之间, 脱盐率及操作压力通常比反渗透低, 一般用于分离溶液中相对分子量为几百至几千单位的物质^[1]。与传统的分离技术相比, 膜分离过程一般较简单、设备体积小、经济性较好、分离系数较大, 一般没有相变、在常温下可连续操作, 节能、高效、无二次污染^[2]。由于膜分离技术具备的诸多优点, 使膜分离技术在饮用水、废水处理、食品工业、生

物医药工业等领域得到了广泛的应用^[3-12]。

膜分离技术在实际的生产生活中发挥着重要作用, 是水质净化与水污染控制的重要技术。环境工程专业通过膜分离的实验教学工作, 加深学生对膜分离理论的理解, 让学生更加直观地了解不同的膜组件的构造及分离特性, 了解膜分离的工艺流程及影响膜分离效果的影响因素, 为今后应用膜分离技术解决实际问题奠定基础。

1 膜分离实验装置的研制

在研制新的膜分离实验装置之前, 对现有的膜分离实验装置进行了调研, 发现目前环境工程实验中使用的膜分离实验装置功能简单, 可进行的实验内容单一^[13-15]。结合理论课的教学内容, 考虑到实验教学的目的和实验场地等条件, 研制了一套膜分离实验装置。膜分离实验装置示意图见图1, 主要由高压泵、原水箱、产水箱、超滤膜组件、纳滤膜组件、反渗透膜组件、精密过滤器、碳滤罐、砂滤罐、仪表柜等组成。装置配有温度传感器、压力传感器、电导仪、压力表、流量传感器。膜组件均为卷式。

与以往的膜分离实验装置相比, 新研制的膜分离实验装置功能完备, 可以为学生提供多种可行的实验方案, 操作简单。膜分离实验装置可以对水温、膜前后压、进水与出水的电导、流量自动监测。通过控制相应

收稿日期: 2015-07-10

基金项目: 清华大学实验室创新基金

作者简介: 王月伶(1977—), 女, 北京, 博士, 高级工程师, 主要从事实验教学。

E-mail: wangyuel@mail. tsinghua. edu. cn

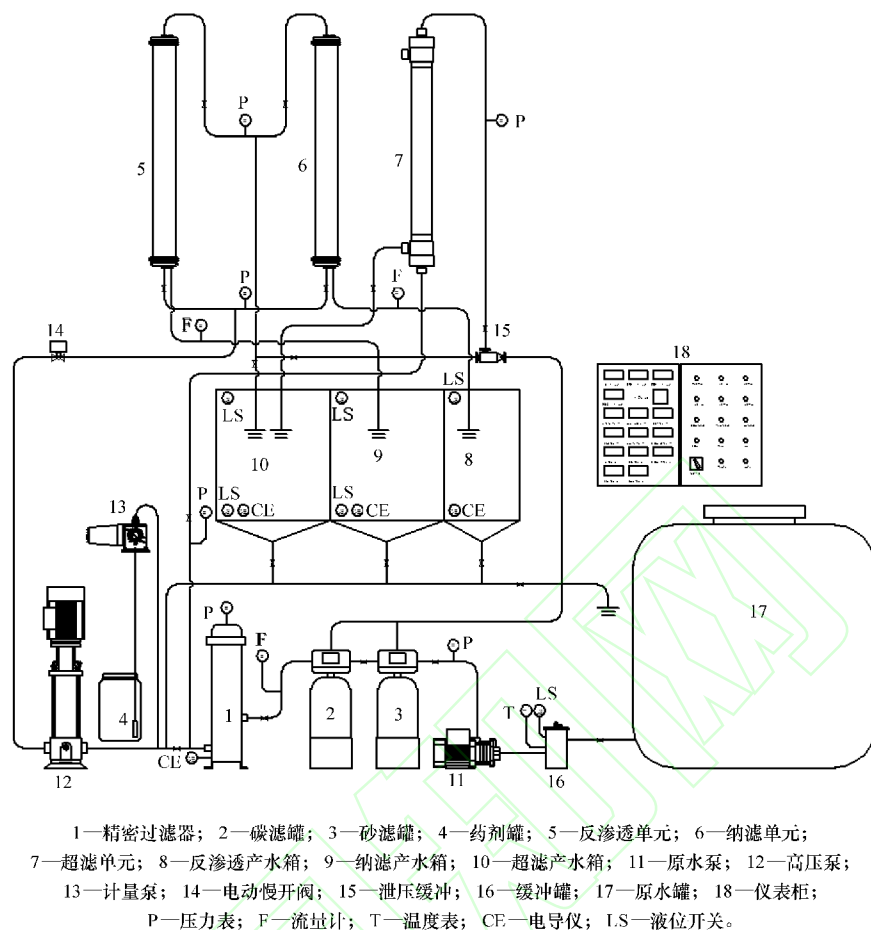


图 1 膜分离实验装置示意图

阀门的开关,膜分离实验装置可以分别进行纳滤膜分离、超滤膜分离和反渗透膜分离实验操作,可以通过实验考察不同因素对膜分离效果的影响。膜分离实验装置配有超滤产水箱、纳滤产水箱和反渗透产水箱,可以将原水依次通过超滤膜、纳滤膜和反渗透膜,监测水质的变化情况,可以让学生更加直观地了解不同膜组件的分离特性,了解不同膜组件的应用领域。

2 实际教学效果

膜分离实验装置设计加工完成后,经过多次的预实验,顺利应用到实验教学中。膜分离实验的开设,丰富了实验教学内容,也是环境工程原理实验课程建设的重要内容。清华大学环境科学与工程实验教学中心(下称中心)自成立以来,一直致力于提高本科生和研究生的实验教学质量。考虑到环境学院的人才培养目标,以及社会对环境保护及污染防治人才的需求,中心开设的实验项目既保证学生能掌握基本的实验原理和实验技能,又为学生提供广阔的自由发挥空间,激发学生的创造力。膜分离实验装置功能较完善,结合中心现有的分析测试设备,学生可以根据自己的兴趣选择

多种实验方案。实验前全班学生自愿组合,分成几大组,每组4~6人,自行设计实验方案,也可以几个大组联合设计一个较大的实验方案,每组完成其中的一部分实验内容,实验结束后将实验数据共享。学生自主设计实验方案,使学生的实验积极性大为提高,每个学生都能积极主动地参与实验,激发了学生的实验兴趣。

通过实验课的学习和训练,不仅加深了学生对理论知识的理解和掌握,训练了学生的基本实验技能,培养了学生良好的实验习惯和基本的科学素养,更重要的是培养了学生的创新思维、团队合作精神和分析解决问题的能力。通过实验教学在课堂理论学习与实际应用之间搭建一座桥梁,为学生日后从事相关的科研或解决具体实际问题奠定良好的基础。

膜分离实验装置除了用于中心的实验教学工作外,还为学院的相关科研工作提供服务。科研实验的成果可以为实验教学提供素材和借鉴,不仅提高了设备的使用效益,同时实现了科研与实验教学的相互促进,丰富了实验教学素材。通过实验教学使学生了解到相关领域的最新研究进展及技术的实际应用情况,

(下转第25页)

教学改革、创新基地建设和学生科技创新活动的开展,培养了大学生的创新意识、增强了团队合作精神,掌握了科学研究方法,为学生提供了施展才华的平台和空间。近3年来,仅本科生就在各种期刊和会议上发表论文50余篇,其中10篇论文被EI检索。成功获批东北电力大学大学生“综合性、设计性、研究性、自主开放型”实验项目55项,吉林省大学生创新创业训练计划20项,其中2项被推为国家大学生创新创业训练计划项目。在中心教师的指导下,通过学生自身努力和刻苦钻研,在国家级竞赛上获得一等奖1项,三等奖5项,省部级一等奖6项,二等奖8项,三等奖20项,8次获评优秀组织单位奖。中心自成立以来,学生人数由最初的几人发展到今天的200余人,经过中心培训的学生就业率达95%,而且就业情况好于一般本科生。实践表明,中心的成立对学生实践能力和创新精神的培养非常有效,可以推广到其他高校,让更多的学生从中受益。

参考文献(References)

- [1] 周合兵,黄晓波,沈文淮,等.建立大学生创新性实验计划长效机制的实践与探索[J].实验室研究与探索,2009,28(8):4-7.
- [2] 尹仕,肖肖,张雁明,等.依托大学生创新基地开展大学生创新项目

(上接第10页)

拓宽学生的视野,开阔学生的思维。

环境科学与工程实验实践教学中心需要多种不同类型的实验设备,以满足不同课程的教学需要,但很难在市场上买到完全满足需要的成型产品,多数都需要中心负责实验教学的教师与理论课的教师共同研究设计。膜分离实验装置的研制为中心今后实验设备的改造、研制、加工提供了借鉴,提高了中心的实验技术水平,取得了良好的实验教学效果。

3 结束语

实验教学设备的研制要综合考虑课程教学大纲、实验室场地、资金等因素,设备要功能完备、性能稳定、美观、安全、耐用、操作方便。膜分离实验装置在实际教学中取得了良好的教学效果,但也有需要进一步改进的细节,比如管路的布局不够美观整齐,有的阀门位置操作不方便等。在今后的教学工作中,需要不断总结经验,针对问题在细节方面进行不断完善改进,使设备更好地服务于教学和科研工作。

参考文献(References)

- [1] 胡洪营,张旭,黄霞,等.环境工程原理[M].2版.北京:高等教育出版社,2011.

的培育、管理及综合效应的研究[J].实验技术与管理,2012,29(11):18-21.

- [3] 楼程富,颜洽茂,陆国栋,等.构建研究性学习平台培养学生实践和创新能力[J].中国大学教育,2009(3):20-22.
- [4] 刘允,张雅芳,于华.构筑课外创新教育体系 培养大学生创新能力[J].南京邮电大学学报:社会科学版,2009,11(4):70-73.
- [5] 辛丽艳.论大学生科技创新能力的培养[J].东北电力大学学报,2009,29(5):66-68.
- [6] 滕鑫,张悦,唐颂超,等.高校实验室在各类学科竞赛中管理模式的研究[J].实验技术与管理,2014,31(1):211-214.
- [7] 高云鹏,滕召胜,黎福海,等.开放实验室与学科竞赛平台相结合的创新人才培养模式[J].实验技术与管理,2012,29(4):360-366.
- [8] 鄢志丹,王宇红,廖明燕.立足竞赛的创新实验室建设模式探讨[J].高校实验室工作研究,2012,113(3):79-80.
- [9] 李忠刚,王兴芬,彭书华,等.基于应用型人才培养的学科竞赛管理机制改革初探[J].实验技术与管理,2013,30(12):34-40.
- [10] 李虹.经管类专业“教、赛、学一体化”创新实验区建设与实践[J].现代教育技术,2013,23(12):118-122.
- [11] 刘月轩.项目管理在大学生挑战杯竞赛中的应用[J].北京航天工业学院学报,2013,23(2):53-55.
- [12] 张兰河,徐恒铎,郭静波,等.污染控制微生物学教、学、研新型互动平台的构建[J].东北电力大学学报,2013,33(1/2):165-167.
- [13] 方宝富,王浩,胡学钢,等.基于教学竞赛一体化的大学生实践创新能力培养模式研究[J].计算机教育,2010(24):5-8.

- [2] 王湛,周翀.膜分离技术基础[M].2版.北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 冯磊.膜分离的工程与应用[M].北京:中国轻工业出版社,2006.
- [4] 肖长发,刘振.膜分离材料应用基础[M].北京:化学工业出版社,2014.
- [5] 黄维菊,魏星.膜分离技术概论[M].北京:国防工业出版社,2008.
- [6] 傅金祥,卢善文,曲明,等.超滤膜直接过滤处理低温低浊水的试验[J].净水技术,2014,33(5):68-72.
- [7] 韩伟,蒋一帅,魏雨恬.超滤:纳滤技术在金毛狗脊黄酮分离纯化中的应用[J].南京工业大学学报:自然科学版,2015,37(1):1-7.
- [8] 张川,褚良银.膜分离技术在抗生素提取中的应用[J].过滤与分离,2014,24(3):20-24.
- [9] 陈莉芳,陆晓峰,卞晓锴,等.纳滤法去除模拟放射性废水中 Sr^{2+} 的研究[J].膜科学与技术,2014,34(5):44-48.
- [10] 廖浩然,徐徽,李贵,等.纳滤法提锂氢氧化镁废渣制取碳酸锂的研究[J].材料导报B:研究篇,2015,29(2):90-94.
- [11] 黄延平,靖大为.纳滤及反渗透系统脱除有机物的试验研究[J].供水技术,2015,9(1):7-10.
- [12] 王志远,王艳霞,李峰,等.微滤:反渗透在印染废水深度处理回用工程中的应用[J].工业用水与废水,2015,46(1):70-72.
- [13] 章非娟,徐竞成.环境工程实验[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [14] 银玉蓉,朱能武.环境工程实验[M].广州:华南理工大学出版社,2014.
- [15] 尹奇德,王利平,王琼.环境工程实验[M].武汉:华中科技大学出版社,2009.