

膜分离技术的现状及其在染料化工中的应用分析

荆钰¹ 陈晓晓²

(浙江龙盛集团股份有限公司 浙江 绍兴 212300)

摘要:相比于传统分离技术,膜分离技术具有无污染、效率高、能耗少、经济性好、过程简单等优点,使其在染料化工、食品加工、生物技术、医疗、环保等诸多领域中有良好的应用前景,因此膜分离技术也被称为当前世界最有前途的高新技术。本文从反渗透、纳滤膜、超过滤、微孔过滤等角度分析,阐述当前膜分离技术的现状及在染料化工中的应用,希望能对相关工作人员有所助益。

关键词:膜分离技术;染料化工;现状;应用

中图分类号:TQ610 文献标识码:A

【DOI】10.12293/j.issn.1671-2226.2022.18.012

膜分离技术的研发与利用,在很大程度上推动了现代工业的发展,并在环境保护和水资源利用等方面取得较好成效。特别是当今世界经济发展迅速,人类对各种资源的需求越来越大,环境污染和能源紧缺问题接踵而来,使得膜分离技术依托其自身优势快速发展成重要的产业,获得了良好的应用前景。膜分离现象广泛存在于大自然之中,甚至生物体内每天都在进行着,直到两百多年以前,才被人类发现。后伴随着工业革命的深入推进,膜分离现象被广泛研究,并经历了一段漫长而又曲折的发展进程。关于我国膜分离技术的发展,可以追溯至1958年开展的离子交换膜研究,后国家加大人力、物力及财力的投入,在60年代进入起步阶段,70年代进入开发阶段,80年代进入推广应用阶段,以及2000年后进入上升发展阶段。

一、膜分离技术及其现状分析

顾名思义,膜分离技术就是一种利用分离膜分离物质的技术,能够用于浓缩和提纯物质,具有操作简单、绿色清洁等特点。以压差为推动力,主要有反渗透、纳滤、超滤、微孔渗透四种技术类型。

(一)反渗透

反渗透又称逆渗透,它是以压力差为推动力,让溶液透过膜来分离溶液中所需要的物质的技术。其基本原理是在膜的一侧对料液施加压力,当所施加的压超过渗透压时,溶剂会沿着自然渗透的方向进行反向渗透,那么就可以在膜的低压侧获取渗透后的溶剂,在膜的高压侧获取浓缩的溶液。在整个操作过程中,反渗透膜发挥重要作用。特别是它能截留水中无机离子、胶体物质和大分子溶质,在提取纯净水的同时,也能对有机溶液进行预浓缩。正是基于这种原理,人们设计出各种不同形式的反渗透淡化器,实现了对海水的淡化处理,对锅炉用水的软化处理,以及对工业废水的再处理。随着理论内容的不断拓展,机理模型构建的成熟,反渗透分离技术呈现出低能耗、成本少、工程设计和操作简单、净化率高及对环境友好等优势特点,使其能够在日常生活和工业废水处理中“大展拳脚”。

(二)纳滤膜

纳滤膜是膜分离的一种升级技术,性能高于反渗透,低于超过滤。它具有截留纳米大小的物质的功能,所以常应用于去除地表水的有机物和色度,脱除地表水的硬度,去除部分溶解性盐,以及浓缩分离品中的有用物质。在整个纳滤的过程中,纳滤膜所发挥的功用水平取决于膜结构性能的高低。一般来说,在选择使用纳滤膜的时候,大多要求其具有较好的热稳定性、较高的机械强度,以及能够抵抗住微生物的侵蚀和酸碱的腐蚀等性能。当前,价格相对便宜的纳滤膜多采用芳香族及聚酸氢类复合的纳滤膜。这种膜体是由具有筛分功能的多孔膜和分离作用的致密膜组成。其膜组件的形式有中空纤维、卷式、板框式和管式等,每种形式各有优缺点。其中,中空纤维和卷式膜组件具有简单易实现、造价成本低的优点,但是对料液预处理的要求高,防污染能力较差。板框式和管式的膜组件具有低填充密度,耐污染性能好,但造价非常昂贵。目前,随着经济的发展,科研力量的壮大,我国对纳滤过程的研究逐步深入,相关理论日益成熟,但纳滤膜的开发尚处于初级阶段,未能达到商品化发展程度,仍与美国、日本等发达国家有较大的差距。

(三)超过滤

如果说纳滤是反渗透的一种升级,那么超过滤就是纳滤的又一次升级。超过滤主要是以筛孔作用及表面孔的化学性质为主的薄膜对溶液进行过滤,在一定的压力条件下,按照粒径选择分离溶液中所含的微粒和大分子。超过滤的工作机理是发挥膜表面的筛分和膜孔阻滞与吸附的作用,能够达到更加充分的净化分离作用。超过滤膜具有超级“筛分”分离功能的多孔膜,每一个孔径的大小为几纳米到几十纳米,只是一根头发直径的千分之一左右。按照结构形式的不同,超过滤膜分为对称和非对称两类。对称结构的超过滤膜没有皮层,所有方向上的孔隙都是相同的,能进行深层过滤;非对称结构的超过滤膜具有致密的表层和指状结构的低层,微孔排列井然有序,能进行表层过滤。当前,工业生产中使用的超过滤技术大多采用的是非对称结构的超过滤膜。

(四)微孔过滤

微孔过滤是膜分离技术中研发最早,应用最广的一个技

科学技术

术。它主要是以筛孔原理为主的薄膜过滤,在施加一定压力的条件下,微孔过滤可以从气相和液相中截留微粒、细菌、污染物等。正是基于这种工作机理,微孔过滤技术成为了现代工业制造不可或缺的技术,用以保证产品的质量。微孔过滤的孔径非常均匀,孔隙率在80%上下,每平方厘米上可由100多个孔数。早期的微孔过滤膜的材料,主要采用的是硝基纤维素,包括再生纤维素、聚氯乙烯、聚四氟乙烯等。常见的微孔过滤膜主要有曲孔和直孔两大类。由于结构形式的不同,所以二者对颗粒的截留方式不同。经过对微孔滤膜多年的研究,我国微孔滤膜及相关滤膜产品已经有了一定的工业化水平。特别是折叠筒式滤芯的生产能够代替同类的进口产品,而且也在国际市场上有较强的竞争力。

(五)反渗透、纳滤、超过滤及微孔过滤的区别与联系

反渗透、纳滤、超过滤及微孔过滤都是一种高质效性的膜分离技术。四者是以压力为驱动力,对溶质进行截留,所以能在某些范围内进行交叉使用。比如交叉大孔径的反渗透膜与小孔径的纳滤膜,交叉大孔径的纳滤膜和小孔径的超过滤膜,交叉大孔径的超过滤膜与小孔径的微孔过滤膜。虽然这种方法能够提升过滤的性能,但是在某些特性上的差别还是十分明显的。膜分离技术是基于膜分离机理“筛子”理论而发展来的。它主要是将膜的表面看成无数个微孔,根据不同方向、不同孔径的孔截留溶质颗粒。通过掌握溶液溶质的物理和化学性能,在适用范围内采用相应的分离方法,就可以截留和筛选出所需要的溶质。膜作为分离技术的核心要件,其质量好坏直接决定装置过滤效果。反渗透、纳滤、超过滤和微孔过滤的膜体作用的发挥,只不过反渗透技术中的溶质是小分子,渗透压比较高,所以在溶剂通过膜的时候,需要在膜的一侧施加压力。相反,高分子溶质通过膜的时候,渗透压比较低,可以在较低压力下进行过滤。而基于膜性能的差异,装置结构的不同及操作条件的变化,在分离中等和高分子有机物的时候,可以采用超过滤的方式。当前世界针对以压力差为推动力的膜分离技术的研究日益广泛,各种装置设计逐步完善,其功能和效用的发挥在持续进步,在化工、医药、环保、能源工程等领域中有越来越大的应用空间。特别是膜作为过滤技术的聚焦点,其种类的增多,品质的提高、性能的加强,势必使过滤技术迎来新的发展楚天,能够将技术优势辐射到更多领域。

二、膜分离技术在染料化工中的应用分析

近些年来,我国高度重视膜分离技术的研究,给予相关研究单位提供政策和资金扶持,使膜分离技术研发有了突破性的进展,并在诸多领域中取得良好的应用成果。特别是在染料行业,膜分离技术的应用取得了阶段性的成果。但由于染料品类丰富,染料分子结构不同、性能各异,实现统一的工艺流程及采用同一种膜分离技术依然十分困难,仍需要相关人员加

强探索与研究,争取研发出成本更低、实用性更强的膜分离技术。

(一)染料污水的处理

纵观当前我国已经取得的研究成果和投入使用的染料污水处理机构,可以了解到符合染料污水处理标准要求的设施占比较低,难以支撑染料工业迅猛发展背景下的废水处理工作。特别是不能及时有效处理染料化工产生的大量废水,这无疑加剧了环境污染问题。因此,如何提高染料化工废水处理能力成为重要的课题,相关技术研究工作到了刻不容缓的地步。膜分离技术作为一种应用性强的高新技术,它能够作为染料化工领域的废水处理提供理论支持和技术基础。也就是说,将染料化工废水处理技术研究需要聚焦于膜分离技术,加强膜分离技术研究和加强膜分离技术应用是当务之急。

膜分离技术能够应用在诸多医疗、生物技术、能源工程等多个领域之中,而其在染料化工领域中的一个重要应用,主要集中在对盐分含量比较高,难生物降解,且污染程度大的染料废水的处理上。也就是说,相关单位应当构建以膜分离技术为核心应用的废水处理工作流程,对盐分含量高、生物降解难度大、污染性强的废水进行有针对性和实效性的处理。依托高水平的废水提取和染料回收性能,减轻对环境的污染,减少染料的浪费,以及降低染料化工生产成本。当然,要达到理想的染料废水处理成效,仅仅依靠一种技术是远远不够的,需要保证多种技术应用的协同性,提高混合使用的综合效益。在这一过程中,膜分离技术作为关键性的技术应用环节,企装置应用应当充分呈现自身的功能和效用,发挥自身的作用价值。特别是能对不同染料成分的废水进行高质效性的处理,从中提取染料,避免染料因提取不到位造成相应的环境污染。此外,膜分离技术应用作为关键性的操作步骤,对整个染料废水处理工作起到保护作用。特别是能在很大程度上缓解其他废水处理的压力与负担,减少不必要的操作环节和步骤及相应的人力与物力的投入,这无疑对提高染料化工废水处理质量和效率有积极的现实意义。需要注意的是,染料化工废水不同于日常生活污水,常常有较高的酸性或碱性及热量,所以在开展处理工作之前,需要进行常规的预处理。在此过程中,工作人员需要中和这些废水的酸碱性,以及降低这些废水的温度。若不进行预处理,直接处理这些废水,势必对半透膜造成损害,降低其使用寿命和回收效率。染料化工废水比日常生活污水对环境的污染更大,特别是它具有较多有害生命健康的物质,而且这些物质的物理性质和化学性质不同,受多种因素的影响,所以实施分类处理比较麻烦,这对工艺流程和技术操作有更高的要求。因此,为了提高废水处理质量,达到理想的处理效果,相关技术人员仍需要加强技术研究和流程设计。就当前染料化工废水处理能力发展来说,随着膜分离技术研究水平的节

节攀升,我国部分地区已开展了膜技术处理染料污水的试用工作,相信在不久的将来,随着膜技术在染料化工废水处理应用中的进一步突破,染料化工废水必定能得到更好的治理,不会给生态环境带来压力。

(二)染料的提纯

膜分离技术应用的最大优势在于在整个分离过程中实现了高效性和环保性。其中,膜作为具有选择性分离功能的材料,能依托自身这一性质特点,实现对料液不同成分的分离、纯化及浓缩。相比于传统的过滤方法,膜可以在分子单位范畴下进行分离活动,筛选所需溶剂颗粒。整个过程属于物理过程,不需添加助剂和进行相态变化,没有任何不良后果。正是基于这种优势,其在染料提取方面有着较好的应用前景。

染料化工是我国现代化经济建设与发展必不可少的行业,人们的衣食住行都离不开染料的应用。在整个染料加工过程中,染料提纯是重中之重的工作,其操作流程之复杂,操作难度之高,所耗费的人力及物力是我们难以想象的。染料化工所使用的原材料来源于自然,但其含盐量较高,甚至部分材料的含盐量超过40%,而且通常以多种杂质相混合的方式存在。若不进行相应的提纯处理,或者提纯处理效果不好,就会给染色效果和着色度带来巨大影响,直接拉低染布的印染质量。因此,染料化工行业需要不断加强先进技术应用,依托优质的工艺技术手段提纯染料,才能有效提高染布的印染质量和效果。

膜分离技术作为一种可用于染料提纯的新兴技术,其工艺整体温和,不仅不需要耗费过多的能源,也不会给环境带来二次污染,而且分离效果好,对于提高染料纯度具有极强的应用性。就现实来说,我国膜分离技术在染料提纯工作中的应用,主要集中粗制染料的盐分去除与杂质物剥离中,虽然随着该技术的进一步发展,已逐步拓展至酸性及活性染料的制作环节中,但膜的制作及功能的发挥仍需加大研究力度。相对来说,在膜技术应用尚不成熟的时候,工业染料去盐处理主要采用的是盐析法,依托沉淀、过滤及溶解等方式分离染料中的盐分。虽然此种方法在当时被广泛应用,但其对盐量要求较大,盐分回收效率较差,而且无法回收的盐类不仅污染水质,还会使一部分染料流失。但随着膜分离技术研究水平的提高,用膜分离提纯染料的技术应用的加强,有效解决了染料提纯工作的缺陷与不足。特别是改用膜分离之后,通过合理选用过滤膜,借助推动力的作用,能够结合实际所需分离出各种高纯度的染料。而且膜分离提纯法的应用不仅具备分离质效性强的优势,还能避免对环境的污染。

在2000年以后,我国进入了膜技术研发的新阶段,纳滤法和超过滤法逐步成为工业领域中常用的技术手段。针对提纯水溶性较强的染料,纳滤法有着良好的应用效果。由于纳滤膜的孔径对小分子的透过率极高,大部分的小分子都可以轻

松透过膜,而且还能截留一些大分子。这与染料分子分离要求相契合,特别是还能让脱盐水平达到八成以上。这大大提高了染料的提纯度,有效减少了染料的损失。在具体的操作中,为了进一步提高染料提纯度,技术人员重视优化工艺程序,通常先对料液进行脱盐处理,再对分离水分子后的溶液进行浓缩。针对水溶性较低的染料提纯,超过滤法有着较为明显的应用优势。超过滤法作为纳滤法应用的一种拓展与延伸,它是指在外力的作用下,让被分离的溶液以一定流速沿着超过滤膜表面流动,使溶液中的溶剂相对分子质量较低的物质、无机离子从高压的一侧透过过滤膜进入到低压的一侧,并作为滤液排出;而溶液中相对分子质量较高的物质、胶体物质及微生物等被过滤膜拦截,可以溶液以浓缩的形式排出。这种操作方式与染料分子分离要求相契合,利用事先制定的超过滤膜截留所需要的染料分子。

总之,无论是纳滤法还是超过滤法,都是在常温常态下进行的,没有发生任何化学反应,能在最大限度上保存染料的性能,而且也能在分离膜的另一侧的混合液中回收所需要的物质成分。但随着染料生产需求的日益多样化,染料化工领域中所使用的染料品种日益繁杂,这就给染料的提纯及相应的污染处理工作带来极大的挑战。而要想减少染料的流失,减少对环境的污染,相关科研人员仍需加大对膜分离技术的研究力度,快速突破技术难题,才能更好地助力于染料化工产业发展。

结语

综上所述,膜分离技术作为具有现实应用价值的高新技术,随着研究的不断深入和应用的不断加强,其必定会带动当代化学工业的发展,并使其迈向一个新的台阶。特别是在染料化工领域中,膜分离技术代替原有的浓缩、分离、提纯及治污技术,不仅能减少对能源的消耗,还能避免对环境的污染。所以我们相信,随着膜技术水平的提高和应用的普及,染料化工工艺必定更新换代,染料行业也必将得到迅猛发展,从而更好地服务于社会。

参考文献:

- [1]陈浩兵,汪建,潘洪良.谈膜分离技术的现状及其在染料化工中的应用[J].化工管理,2015,(24):60.
- [2]陈一鸣,蔡惠如,刘玉荣.膜分离技术的现状及其在染料化工中的应用研究[J].染料工业,2001,(02):28-33.
- [3]陈一鸣,蔡惠如,刘玉荣.膜分离技术的现状及其在染料化工中的应用[J].化工装备技术,2001,(01):6-12.