

关于膜材料应用于化工废水回用的探讨

赵敏子 (广东银洋环保新材料有限公司, 广东 佛山 528138)

摘要: 伴随社会经济的持续、迅猛化发展, 科学技术水平的不断提升, 许多新技术、新方式被应用于化工业生产当中, 而化工废水作为一种有回收利用价值的资源, 其回收利用越发受到重视。本文针对膜材料在化工废水回用工程中的应用实例进行了调查研究, 在此基础上, 对膜材料化工废水回用工程的经验教训进行了总结。为了切实有效的实现回收利用化工废水的目标, 还需完成以下几方面要求: 认真严谨的展开试验, 以试验为依据; 依照科学规律, 对废水回用全过程开发相应技术; 落实岗位职责, 切实管理装置的日常操作; 加强对相应清洗药剂的研发; 加强对现有废水处理技术的大力应用。最后指出了膜材料的具体应用建议: 确定废水处理的目标不仅仅为达到排放标准, 而应实现回用; 规范膜材料和废水回用技术术语及标准, 针对废水在循环冷却补充水、锅炉补充水及杂用水方面的回用, 制定相应的水质标准, 望能为此领域应用研究提供一些参考。

关键词: 化工; 废水回用; 膜材料; 循环经济

我国的水资源总量及人均占有量分别为 $2.8 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 2220m^3 , 在全世界排名 121 位, 为世界平均水平的 1/4, 且每年以 $1.0 \times 10^{10} \text{m}^3$ 的量增加。经预测, 随着我国人口数量的持续上涨, 预计 21 世纪中期, 我国的人均用水量将下降至 1750m^3 , 水资源短缺问题的存在, 将会极大的阻碍我国经济的可持续发展进程。化工企业在用水和排水方面都占据着重要地位, 其废水排放量为 $3.5 \times 10^9 \text{t}$ 每年, 石化企业的废水排放量为每年 $4.0 \times 10^8 \text{t}$ 。形势的严峻, 促使多个企业纷纷投入到膜处理装置的建设中来, 从而实现废水的回收利用, 然而, 膜装置在实际运行方面还存在较多问题。据相关报道, 约 80% 的废水处理装置无法正常运行, 如套膜处理装置等, 若承包单位未全面有效的了解水质的成分, 将会导致膜处理装置的使用年限大大缩短, 且一段时间后, 无法正常出水。笔者在相关部门的领导下, 考察了多个厂采取膜材料处理石化废水的装置, 发现仅有三套装置稳定运行, 大部分装置的设计都未达标, 一些膜出现了堵塞和结垢, 致使出水率大大降低; 而一些工程未实现膜在全过程的分离作用。为有效规避以上问题, 需在深刻反思教训的基础上, 总结出相应的经验和道理。

1 经验教训

1.1 认真严谨的展开试验, 以试验为依据

首先依据试验运行开车, 总结其成功经验。某工厂根据化工达标废水, 安装好与其相应的回用工程设备后, 废水中的一些污染物堵塞住了膜材料, 技术人员迅速展开攻关研究, 并及时清洗膜丝, 除去其中的污垢和废水中的生物胶体, 选择适用的清洗药剂和絮凝剂, 最终保障了装置的运转正常。某公司的炼油达标废水为 500t/h , 经过一系列工艺处理, 如生物滤池、活性炭吸附、折点加氯及两级过滤, 最后的回收水与循环冷却水补充水的水质相符合, 为 450t/h , 且在循环水系统中有 150t/h 被回用。某膜工程公司亲临现场进行了为期 3 个月的试验, 并依据试验成果, 创建了反渗透膜和超滤膜的“双膜”工程, 最大程度的回用了剩余废水, 并将其用于锅炉补

充水中。此外, 还有开车未取得成功的例子。某公司投资了 1000 多万元, 用于开展其化工废水的回用工程, 针对达标化工废水, 也创建了“双膜”工艺, 然而受到多种因素的影响, 导致其运行无法正常进行。为达到设计标准, 需重新试验开车。

结合以上的正面和反面实例, 可以总结出: 只有经过切实实践和操作, 才能对真理进行检验, 人们只有将心中的想法, 付诸于实践, 并在实践过程中取得了预期的结果, 才能真正证实其认知。而为了切实实现预期结果, 需在遵循客观规律的基础上, 提出思想认知, 如若违背了客观规律, 将无法取得相应结果。针对化工废水回用工程, 为了确保开车成功, 必须以大量的试验为基础。

1.2 依照科学规律, 对废水回用全过程开发相应技术

1.2.1 围绕水质分析小、中试及工业化试验的全过程

首先, 需全面分析回用过程的目标水。对目标水的各组分有所了解, 从而选择相应的处理方式。需对一些综合性指标进行分析, 如 COD、BOD₅, 此外, 还需对特征污染物进行了解, 如: 对苯二甲酸废水中含有的对苯二甲酸、芳烃废水和腈纶废水中的苯系物或苯烯腈等。再者, 采取小试装置开展实验, 在确保成本最低的基础上, 选取恰当的处理单元, 并对流程进行疏通。流程打通后, 为了对最佳工艺条件进行确定, 还需针对各个单元, 开展相应的条件实验。在开发相关技术时, 可能会经过大量的探索和研究过程, 并会淘汰大量的不成熟思路, 小试优势为掉头容易, 试验具有较少的时间和资源消耗, 而中试则会消耗大量的时间和资源。因此, 大多数时候, 都会采取小试、中试和工业化试验的科研流程。对于某些废水生化处理工程, 也会直接跳过中试而进行工业化试验, 该规律同样也适用于开发废水回用技术的过程中。

1.2.2 依据前处理技术为废水回用的关键技术

生化处理单元在废水处理流程中, 被称为二级处理, 处于其之前的处理单元为前处理或一级处理, 采取前处

理技术。若两级处理过后，废水仍未达到排放标准，还需增加三级处理过程。若二级处理包含超滤或反渗透等膜工艺处理单元，则位于膜单元之前的单元为前处理。经膜处理后，废水能否被各个用水单位使用，取决于前处理技术。

膜材料大多被用在纯净水的制备过程中，或是啤酒、生化等工艺流程，此外，钢铁废水回用中也会使用膜材料，如蓝星清洗公司创建的钢铁生产和生活混合废水回用工程。成功实例的存在，也使人们对“双膜”工艺的认知产生了偏差，认为其应用必定会使废水得到回用。然而，不同于自来水和钢铁废水，化工废水中还存在有多种污染物，包含无机物和有机物，可生物降解和不易生物降解等。一些废水具有较高的污染物浓度，COD的数量每升具有成千上万毫克，且产品不同，组成废水的成分和性质也存在差异，水量也不固定。来自生产过程的废水，经膜材料处理后并不能直接回用。即使废水处理厂排出的废水，COD达标，经膜处理后，仍无法轻易的回用。超滤膜和反渗透膜的孔径小于 $1.0 \times 10^{-9} \text{m}$ ，而化工废水中的污染物颗粒较大，无法使用膜工艺进行处理。

1.2.3 结合回用水的用途，选取相应的技术、流程和设备

针对不同种类的废水，我们无法采取单一的工艺模式进行处理，也不能使用相同的技术，获取目标一致的水。对于浇花和卫生间使用的杂用水，其对水质要求较低，原水处理工艺也较简单；而对于循环冷却水的补充水，则具有严格要求，需深度处理原水；锅炉补充水和去离子水，需更加深度的处理原水，并加强对膜材料的使用。一般情况下，杂用水可不使用膜材料，循环冷却水的补充水结合特定情况进行选择。循环冷却水的补充水采取回用废水时，并不一定要使用单膜或双膜工艺。

依据经济消耗最低的要求，来选择合适的流程和设备。若经济有保障，任何废水都能得到处理，并达到相应的处理目标。但需考虑经济消耗是否合理，企业能否承担。设备和材料消耗，随着流程的延长而增加。科研人员在研究过程中，确保研发的技术具有较大的实用性，且消耗最低，即采用最短的流程，最节省的设备和材料损耗。

1.2.4 鉴于废水水质的不同，需参考外国经验而不能照搬

不同的原料、工艺和管理标准，对于同一种产品，产生的废水也具有不同的水质和数量。相比于国外的炼油厂，我国的炼油厂具有多倍的废水水量，且具有更高的污染物浓度、更深的颜色、及更长的流程。在实际处理过程中，还需着力解决“三泥”和恶臭气体问题。国外的炼油厂具有相对较少的废水量，且污染物较少，为使排放达标，可简单采取生物处理即可。因此，只能参考其废水处理经验，而不可完全照搬。同样，国外相关

专家也不能将其使用的炼油装置废水回用方案，不加改善的应用到我国的炼油厂废水处理工艺中，需在反复试验的基础上，考虑到其可行性问题。

1.3 落实岗位职责，切实管理装置的日常操作

对于试车和开车任务，由技术开发、转让及所有权单位共同承担，因此，需确保完整的装置满足设计要求，且稳定运行一段时间后，方可由使用单位接收。此外，技术开发单位需加强对操作人员的培训，确保其对操作技术熟练掌握，且能够独立操作；最后，技术开发单位需将污染物的分析方式、装置操作流程等文件交给使用单位。

技术使用单位在接收到装置后，需加强管理和维护。并依照操作流程，加强对原水和处理单元及装置进出水的监测，严密观察其水质指标，若指标在控制范围外波动时，需及时查找出原因，并提出解决对策。依据操作规程，清洗、反冲和化学药剂清洗装置，从而确保装置的长期稳定运行。

1.4 加强对相应清洗药剂的研发

废水回用工程中采取膜技术具有较好的使用效果，膜片包含着较大的技术含量和价值，使用时间越长，膜片就越好，清洗间隔较长，则效果较好。为提高膜片的出水率，在使用一段时间后，需及时采取反冲和化学清洗措施。结合目标水的水质情况，配置与其相应的清洗药剂。

1.5 加强对现有废水处理技术的大力应用

自20世纪80年代以来，我国加大了对环境保护的力度，且为了更彻底的防治污染，化工行业的环保技术人员研发了多种技术，来处理化工废水，大部分大中型企业更是围绕生化技术，创建了相应的废水处理厂，确保排放的废水达标，不仅极大的提高了国民经济产值，还有效降低了污染物的数量。

废水处理其根本上即是对排放的废水进行继续处理或深度处理，而废水回用技术，实际上则是深度处理废水的技术。当前，在处理废水回用问题时，需采取大量的实践验证，并在此基础上总结出较为成熟和先进的废水回用技术。此外，还需依据当前现有的处理技术，在环保科研人员的带领下，总结出相应的废水处理经验，充分发挥其领导作用，并加强对有废水处理经验技术人员的吸纳和引进。

2 相关建议

为了切实保障废水回用工程项目的成功开车，不仅需要总结以上经验教训，还需综合分析和采纳以下建议：

①对于新建项目，其废水处理的最终是为了实现回用，而并非达到排放标准。以往我国的配套废水处理装置等建设项目，最终的目标只是为了实现排放达标。后来一段时间，我国面临的形势为水资源严重短缺、且水价持续上涨，鉴于此，一方面需再次处理达标废水，

使其实现回用目的；另一方面针对新建项目，需将回用作为废水处理的目標，并对产生的废水进行深化处理，使处理流程大大延长，从而使其与回用水质的要求相一致。因此，环保科研人员需加强探索，研发出相应的全流程技术，并在设计人员的配合下，将与工程相关的设计思路 and 软件进行提交，然后，在安装人员和施工人员的合作下，完成装置的安装工作，使其切实投入生产和使用；

②规范膜材料和废水回用技术的术语和应用标准，针对锅炉补充水、杂用水及循环冷却补充水，对废水回用的水质标准进行修订和制定，从而使其更加规范。废水回用能够有效解决当前的水资源短缺问题，当前水价持续上涨，采取废水回用措施具有更大的现实意义。在深度处理废水后，使用膜材料将其在生产工艺中进行回用，具有较好的前景和价值。然而，在废水回用工艺中，还没有制定适用于废水的膜材料标准，其使用标准也未得到统一，且没有制定统一的术语，来描绘废水继续深度处理的相关话题，从而在实际研发和投入使用该技术的过程中，导致其遭遇了较大的阻碍作用。为了有效解决该问题，主管科研开发的相关部门或行业协会，需组织相关力量，采取有效措施，尽量早日完成以上工作，从而确保废水回用工程项目的开车顺畅；

③反渗透膜与超滤膜所需注意事项。针对系统水源来分析，其实际就是通过深度处理之后而得到的工业废水，为了能够最大程度预防污染物于膜表面积累而造成污染，当相关系统处于运行状态时，需要将如下事项考虑在内：其一，对于超滤系统来讲，如果其连续运行时间在 20~30min 之间，那么便可开展一次加强反洗，借此促进超滤膜相对应的过滤通量的恢复。而对于加强反洗来分析，可采取加碱与盐酸相联合的方式来开展。其二，超滤的运行方式以错流方式为宜，打开超滤装置的错流阀，使其处于恰当的位置。其三，围绕反渗透系统，对其相对应的回收率进行严格控制，在实际操作中，可以在实现设定好的回收率范围内来运行。其四，对于反渗透系统来考量，如果其连续运行时间超过 2h，那么需要进行停机处理，并且还需要使用反渗透产水来冲洗反渗透膜 1 次，时间为 10min，以此促进反渗透浓水侧难溶金属盐相应浓度的降低，最终实现其在膜表面结垢情况的减轻；

④注重系统运行问题。需要指出的是，当反渗透膜压与超滤膜之间的差值达到一定程度后，便需要采用盐酸实施化学清洗，膜通量能够较好的恢复至设计通量的范围内。当系统处于运行状态时，从中发现 5 μm 保安过滤器压差有着比较快的上升速度，影响到了系统的连续运行。此时，可以拆下保安过滤器滤芯，从中证实是由金属盐（如钙盐等）沉淀所引起，通过盐酸浸泡之后，压差恢复正常。从中可知，系统中含盐量过高是造成保安过滤器滤芯被污染的主要原因。为了能够将保安过滤

器运行压差过快上升的问题有效解决到，可以选择较大过滤孔径的保安过滤器滤芯。

3 结语

综上，在我国回收处理化工废水方面，对于膜材料工艺的使用，仍处于最初的阶段，仅有少数的实例取得了成功，大多数工程还存在着各种各样的问题，且与最开始的设计指标相差甚远。在膜材料工艺的应用下，使处理后的化工废水可在各个用水单元被回用，是一种不切实际的想法，与客观规律相违背。

我国要在化学工业方面，实现废水回用、节水减污的目标，需从长期出发，结合由易至难的顺序，进行有序推广。针对废水回用这个未知领域，需加强开发，并结合不同产品的水质，开发相应的工艺流程。由于膜材料为进口物资，价格昂贵，为降低资金消耗，需减少对膜材料的使用。此外，还需加强对技术团队的培养，从而研发出更加先进的技术。为确保废水回用技术的安全有效，需结合生产装置的具体运行情况，考虑系统排水和生产周期受废水回用的影响。并采取有效论据，论证流程中各个单元工艺及设备的可靠性，或者依据小试和中试的技术成果为支撑。截止到目前为止，膜法脱盐工艺虽然较为先进，但其可靠性和经济性仍不太理想，无法将其大规模的适用到废水深度处理方面，应在积累大量工程经验的基础上，进行试点操作和运行。

参考文献：

- [1] 王秋华, 李素芹, 刘素青. 利用生化处理和膜分离技术处理回用化工废水的设计 [J]. 工业水处理, 2006, 26(8): 73-76.
- [2] 刘艳军, 周艳. 双膜法处理化工废水及回用工程应用研究 [J]. 工业水处理, 2019, 39(12): 107-109.
- [3] 阮慧敏, 褚红, 阮水晶, 等. 膜集成技术在印染废水回用中的应用研究 [J]. 现代化工, 2009, 29(10): 73-75.
- [4] 刘建林, 谢杰. 膜芬顿技术在污水深度处理中的应用 [J]. 中国给水排水, 2020, 36(22): 145-151.
- [5] 阮慧敏, 沈江南, 阮水晶, 等. 集成膜分离技术处理印染废水工程实例及技术探讨 [J]. 水处理技术, 2011, 37(8): 127-129.
- [6] 丛纬, 项海, 张国亮, 等. 超滤 / 纳滤双膜技术资源化处理印染废水 [J]. 水处理技术, 2008, 34(10): 75-78.
- [7] 费建建, 孙桂花, 葛方明. 膜技术在煤化工污水回用中的应用 [J]. 商品与质量, 2015(42): 50.
- [8] 董雄文. 采用双膜法作为炼油及化工污水回用系统工艺的应用分析 [J]. 当代化工研究, 2020(8): 103-104.

作者简介：

赵敏子, 男, 民族: 汉族, 籍贯: 广东省高要市, 学历: 全日制本科, 职称: 助理工程师, 研究方向: 本科专业是材料化工, 目前工作是丙烯酸乳液的合成研发工程师, 产品用于生产无纺布, 喷胶棉, 织物涂层, 窗帘布涂层, 植绒等纺织品。