

对脱盐水处理工艺技术的比较与选择分析

侯英才(阳煤集团太原化工新材料有限公司, 山西 太原 030021)

摘要:在我国环境保护和资源节约的背景下, 化工生产需要大量的水资源, 而其中也会回收相当多的中水, 就工业用水来看, 原水和中水里含有一定量杂质和盐类, 需要进一步处理。本文将简述脱盐水处理工艺技术比较与选择的意义, 分析脱盐水处理工艺技术的比较与选择, 以期为企业选用脱盐水方案提供一些参考。

关键词:脱盐水处理工艺; 离子交换; 反渗透; EDI

0 引言

选择适宜的化学制水工艺, 对生态环境、社会发展和企业效益都有积极的影响, 脱盐水处理工艺具有多种类型, 其技术配置和设备类型也有区别, 企业需对不同工艺技术有着深入了解, 才能选择合适的脱盐水处理方法。

1 脱盐水处理工艺技术比较与选择的意义

脱盐水处理工艺是指将水中易于去除的强导电质去除, 以及将水中难以去除的二氧化碳、硅酸等弱电解质去除至一定程度的技术。目前化工行业的脱盐水处理系统中主要有电渗析法、离子交换法、反渗透法、EDI法, 这几种工艺都存在着不同的优缺点, 化工企业需要结合自身实际情况来选择处理方法。若选用不适宜当地水质或不利于工厂设备的处理方案, 就会造成不可避免的损失。另外, 化工企业还需考虑脱盐水处理工艺技术的经济效益, 在保证生态环境的同时, 获取更多的经济效益和生态效益。

2 脱盐水处理工艺技术的比较

2.1 离子交换与混床工艺

离子交换是指通过一类带有可交换离子的不溶性固体与溶液中的离子进行交换, 从而去除溶液中某些离子的水处理技术, 主要用于带电离子的去除。在工业制备脱盐水中常用到的设备有固定床、双层床、浮动床和混床。其中混床是将阴、阳离子按比例装在同一交换器内的设备, 处理效果较好, 多用于经过脱盐处理后的水精细处理。

原水在经过双介质过滤器, 处理后浊度应小于5NTU, 此时杂质不会在床层聚集, 不会影响后续树脂离子的交换能力。原水首先要经过阳床交换, 其中98%的阳离子会被去除掉, 成为软水, 这时阳床出水就会呈现弱酸性。通常来说阳床需运作24h~48h。在运行过程中也应启用小反洗, 避免水流直接压实树脂层, 而影响到树脂离子的交换能力。阳床树脂在失效后可回收再利用, 选择盐酸或硫酸等再生剂进行处理。然后, 水经过脱盐塔, 阴离子将转变为相对应的酸, 其中 HCO_3^- 将转变为 CO_2 , 连同原水中游离的 CO_2 一起去除, 使其中弱电解质达到要求, 以 CO_2 为例, 其经脱碳塔处理后, 水中含量应降到5mg/L左右。最后经过阴床, 阴床的工作原理与阳床类似, 其去除的是 OH^- 以外的阴离子。而阴离子树脂在

失效后也可以用工业氢氧化钠作为再生剂处理, 重复运用。此步骤出水为一级除盐水, 电导率小于 $10\mu\text{s}/\text{cm}$, 其中 SiO_2 应小于0.2mg/L, 需满足小于5.4MPa的中亚锅炉给水要求, 而高压锅炉需要进一步脱盐处理, 使出水水质达到二级^[1]。

混床除盐是经济有效的工艺方法, 混床需要应用特制的混床树脂, 混床除盐后的除盐水电导率小于 $0.2\mu\text{s}/\text{cm}$, 其中 SiO_2 小于0.02mg/L, 符合高压锅炉的给水要求。在阳床、阴床与混床再生过程中会产生一些酸碱废水, 如果不经处理外排将造成环境污染, 需集中收集经中和处理后才能排放。

2.2 反渗透与混床工艺

反渗透过滤是通过膜内外压力差所产生的动力, 使滤膜对废水中污染物进行阻挡, 从而出现选择性分离作用。反渗透过滤可以去除水中各种离子、分子、有机物, 也包含细菌、病毒等物质。其原理就是运用容许水分子透过而不容许其他溶质通过的膜片, 在膜片一边放置清水而另一边放置中水, 清水就会通过膜使废水得到稀释, 产生渗透作用。当在中水这边施加压力便会使中水中的水分子压向滤膜的另一边, 以此让清水回流, 便是反渗透作用。不过这种技术中膜的污染风险较高, 微生物、有机物等物质会污染膜系统性能, 影响处理成本。

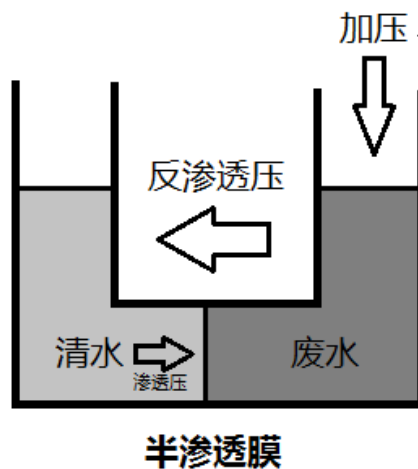


图1 渗透和反渗透作用原理

反渗透法中的原水需经石英砂过滤器降低浊度, 再通过活性炭过滤器降低有机大分子、胶体、COD含量, 使原水污染指数小于5mg/L, 满足反渗透设备的进水要求。之后将经过处理的水由高压泵送到反渗透设备中进

行脱盐处理。其中反渗透膜上截留下的有机物、胶体和无机盐将直接由废水侧排出，而脱盐水从清水侧导出。其中反渗透设备是较为关键的环境，在反渗透装置运行中，性设置间断自动快冲冲洗，而停运时应用产品水自动冲洗，排挤膜以及管道中 TDS（溶解性总固体），可以有效延长膜渗透的使用寿命，也能有效去除污垢。反渗透处理后原水中大部分杂质都会被截留，处理后的脱盐水电导率小于 $10\mu\text{s/cm}$ ， SiO_2 小于 0.2mg/L 。

当生产中对水质要求较高时，可以使用混床进行精处理，使用阴阳树脂进一步脱盐，去除其中残留的离子，出水水质电导率可达到 $0.2\mu\text{s/cm}$ ， SiO_2 小于 0.01mg/L 。

2.3 连续电脱盐工艺

连续电脱盐处理水工艺是将电渗析技术与离子交换技术相互组合而形成的新技术，即 EDI 技术。EDI 结构与电渗析相似，由隔室内交替排列阴性、阳性离子交换膜构成，两者结构的区别在于 EDI 在淡水室会增加离子交换树脂。当淡水室原水中阴离子和阳离子在电场力的作用下分别向阳极和阴极迁移时，EDI 设施中树脂的导电性要高于原水的导电性，绝大多数离子便会通过树脂。其原理是利用膜的选择透过作用以及离子的交换作用，在电场力的加持下进行定向迁移，从而达到脱盐的目的。并且 EDI 在制水过程中可连续制取，无需停机对树脂进行再生，只需加入处理液便可对树脂进行连续再生。

EDI 电导率一般在 $6\mu\text{s/cm}$ 以内，在原水流过浓水室和淡水室时，离子在淡水室被去除并在相邻的浓水室中距离，由水流将其从设备中带走，而在淡水室中的离子交换树脂会在电势差高的局部区域产生电化学反应分解水产生大量的 H^+ 和 OH^- ，而当这两种离子透过交换膜进入浓水室时又会成水，这也是混床离子交换树脂无需停机再生的基本原理^[2]。

3 脱盐水处理工艺技术的选择

3.1 离子交换法的优缺点

离子交换法处理技术，工艺成熟，出水水质稳定，设备前期投资成本低。阴、阳离子置换的交换反应与酸碱置换类似，即便在原水含盐量较低的情况下，其运行成本也较为低廉，除盐率更是能达到 99.9%，设计合理的离子交换法其水资源利用率也能够达到 90% 以上。虽然离子交换法处理工艺成熟，但其应用也存在一定的局限性，这是由离子交换本身所决定的。离子交换设备繁多，会占用大量的生产空间，多种设备需要操作与维护，而最为关键的离子交换树脂也需要及时进行检测，必要时必须进行更换。并且离子交换会产生一定量的废水，还要对废水进行处理，避免造成环境污染。离子交换法较为传统，而其繁杂的操作也使得自动化难以拓展，虽然投资成本较低，但运行生产成本较高，尤其是在原水含盐量较高的情况下，离子交换树脂的损耗量会急剧增加。

3.2 反渗透法的优缺点

反渗透法与离子交换处理相比，可以与其他工艺技

术配合使用，例如石英砂、活性炭、脱气等。反渗透法的工艺较为简单，操作方便也易于自动化控制，产生的污染小，运行成本较低，在原水含盐量较高时也不会对运行成本造成较大影响。不过反渗透法的预处理设备较多，包含换热器、多介质过滤器、活性炭过滤器、软化器、保安过滤器等，造成前期投资较大。而反渗透法本身的除盐率只能达到 99%，低于离子交换法，无法作为生产超纯水的脱盐手段。并且在生产运行过程中，反渗透法必须要排出一部分浓水，致使其水资源的利用率只有 75% 左右，即便是反渗透与混床工艺配合也只能达到 90% 左右。

3.3 EDI 处理法的优缺点

EDI 处理技术可以替代传统的离子交换设施，其操作也较为简单，其无需再生停机、无需酸碱配料、无污水排风的特点使其很容易便能实现全自动控制，而且 EDI 处理工艺制水稳定，出水水质高，有着显著的环保效益，运行成本较低。但是 EDI 对进水条件有一定要求，初期投资较高，受到原水水源、产水要求的约束，难以推广应用^[3]。

表 1 脱盐水处理工艺比较

比较内容	离子交换	反渗透	EDI
投资运行成本	初期投入低，运行成本高	初期投入高，运行成本较低	初期投入较高，运行成本低
水利用率	利用率可达 95%	利用率可达 92%	利用率可达 95%
自动化程度	设备多、操作及维护量大，自动化程度低	工艺简单、操作方便，易于自动控制	可实现全自动控制
运行要求	原水水质与树脂消耗量有关系，水质需保持稳定	对原水含盐量适应性较强	原水水质需保持稳定

4 结论

综上所述，伴随着节能降耗、环境保护理念的推广，离子交换、反渗透和 EDI 技术各有优势和劣势，企业需结合自身科学合理的选用，不仅能够降低运行成本，使企业获得更多经济效益，而且能够减少对环境的污染。为化工企业可持续发展提供支撑。

参考文献：

- [1] 刘艳丽. 双膜法预脱盐水处理系统设计 [J]. 中小企业管理与科技 (中旬刊), 2019(10):189-190.
- [2] 李瀚潇. 煤化工脱盐水处理工艺设计 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019.
- [3] 闫晓霖, 牛仲良, 马延光, 等. 反渗透制脱盐水处理装置预防性杀菌工艺研究 [J]. 工业水处理, 2018, 38(12):109-112.