

离子交换树脂工艺设计与应用

水处理中主要采用离子交换树脂和磺化煤用于离子交换。其中离子交换树脂应用广泛，种类多，而磺化煤为兼有强酸型和弱酸型交换基团的阳离子交换剂。

离子交换树脂按结构特征，分为：凝胶型、大孔型和等孔型；

按树脂母体种类，分为：苯乙烯系、酚醛系和丙烯酸系等；

按其交换基团性质，分为：强酸型、弱酸型、强碱型和弱碱型。

离子交换树脂的构造

是由空间网状结构骨架（即母体）与附属在骨架上的许多活性基团所构成的不溶性高分子化合物。活性基团遇水电离，分成两部分：固定部分，仍与骨架牢固结合，不能自由移动，构成所谓固定离子，活动部分，能在一定范围内自由移动，并与其周围溶液中的其他同性离子进行交换反应，称为可交换离子。

基本性能

外观

呈透明或半透明球形，颜色有乳白色、淡黄色、黄色、褐色、棕褐色等

交联度

指交联剂占树脂原料总重量的百分数。对树脂的许多性能例如交换容量、含水率、溶胀性、机械强度等有决定性影响，一般水处理中树脂的交联度为7%~10%。

含水率

指每克湿树脂所含水分的百分率，一般为50%，交联度越大，孔隙越小，含水率越少。

溶胀性

指干树脂用水浸泡而体积变大的现象。一般来说，交联度越小，活性基团越容易电离，可交换离子的水合离子半径越大，则溶胀度越大；树脂周围溶液电解质浓度越高，树脂溶胀率就越小。

在生产中应尽量保证离子交换器有长的工作周期，减少再生次数，以延长树脂的使用寿命。

密度

分为干真密度、湿真密度和湿视密度

交换容量

是树脂最重要的性能，是设计离子交换过程装置时所必须的数据，定量地表示树脂交换能力的大小。分为全交换容量和工作交换容量。

有效PH范围

由于树脂的交换基团分为强酸强碱和弱酸弱碱，所以水的PH值对其电离会产生影响，影响其工作交换容量。弱碱只能在酸性溶液中以及弱酸在碱性溶液中有较高的交换能力。

选择性

即离子交换树脂对水中某种离子能优先交换的性能。除与树脂类型有关外，还与水中湿度和离子浓度有关。

离子交换平衡

离子交换反应是可逆反应，服从质量作用定律和当量定律。经过一定时间，离子交换体系中固态的树脂相和溶液相之间的离子交换反应达到平衡，其平衡常数也称为离子交换选择系数。降低反应生成物的浓度有利于交换反应的进行。

离子交换速率

主要受离子交换过程中离子扩散过程的影响。

其他性能：如溶解性、机械强度和耐冷热性等。离子交换树脂理论上不溶于水，机械强度用年损耗百分数表示，一般要求小于3%~7%/年。另外，温度对树脂机械强度和交换能力有影响。温度低则树脂的机械强度下降，阳离子比阴离子耐热性能好，盐型比酸碱型耐热好。

树脂层离子交换过程

以离子交换柱中装填钠型树脂，从上而下通以含有一定浓度钙离子的硬水为例，以交换柱的深度为横坐标，以树脂的饱和度为纵坐标，可绘得某一时刻的饱和度曲线。就整个交换过程而言，树脂层的变化可分为三个阶段。

离子交换装置运行方式

离子交换装置按运行方式不同，分为固定床和连续床

固定床的构造与压力滤罐相似，是离子交换装置中最基本的也是最常用的一种型式，其特点是交换与再生两个过程均在交换器中进行，根据交换器内装填树脂种类及交换时树脂在交换器中的位置的不同，可分为单层床、双层床和混合床。

单层床是在离子交换器中只装填一种树脂，如果装填的是阳树脂，称为阳床；如果装填的是阴树脂，称为阴床。

双层床是离子交换器内按比例装填强、弱两种同性树脂，由于强、弱两种树脂密度的不同，密度小的弱型树脂在上，密度大的强型树脂在下，在交换器内形成上下两层。

混合床则是在交换器内均匀混杂的装填阴、阳两种树脂，由于阴、阳树脂混杂，因此原水流经树脂层时，阴、阳两种离子同时被树脂所吸附，其产物氢离子和氢氧根离子又因反应生成水而得以降低，有利于交换反应进行的彻底，使得出水水质大大提高。但其缺点是再生的阴、阳树脂很难彻底分层。于是又发明了三层混床新技术，保证在反洗时将阴、阳树脂分隔开来。

根据固定床原水与再生液的流动方向，又分为两种形式，原水与再生液分别从上而下以同一方向流经离子交换器的，称为顺流再生固定床，原水与再生液流向相反的，称为逆流再生固定床。

顺流再生固定床的构造简单，运行方便，但存在几个缺点：在通常生产条件下，即使再生剂单位耗量二至三倍于理论值，再生效果也不太理想；树脂层上部再生程度高，而下部再生程度差；工作期间，原水中被去除的离子首先被上层树脂所吸附，置换出来的反离子随水流流经底层时，与未再生好的树脂起逆交换反应，上一周期再生时未被洗脱出来的被去除的离子，作为泄漏离子出现在本周期的出水中，所以出水剩余被去除的离子较大；而到了工作后期，由于树脂层下半部原先再生不好，交换能力低，难以吸附原水中所有被去除的离子，出水提前超出规定，导致交换器过早地失效，降低了工作效率。因此，顺流再生固定床只选用于设备出水较小，原水被去除的离子和含盐量较低的情况。

逆流再生固定床的再生有两种操作方式：一是水流向下流的方式，一是水流向上流的方式，逆流再生可以弥补顺流再生的缺点，而且出水质量显著提高，原水水质适用范围扩大，对于硬度较高的水，仍能保证出水水质，所以目前采用该法较多。

总起来说，固定床有出水水质好等优点，但固定床离子交换器存在三个缺点：一是树脂交换容量利用率低，二是在

同设备中进行产水和再生工序，生产不连续，三是树脂中的树脂交换能力使用不均匀，上层的饱和程度高，下层的低。

为克服固定床的缺点，开发出了连续式离子交换设备，即连续床。

连续床又分为移动床和流动床

移动床的特点是树脂颗粒不是固定在交换器内，而是处于一种连续的循环运动过程中，树脂用量可减少三分之一至二分之一，设备单位容积的处理水量还可得到提高，如双塔移动床系统和三塔移动床系统。

流动床是运行完全连续的离子交换系统，但其操作管理复杂，废水处理中较少应用。

离子交换工艺的设计

进水预处理

废水成分复杂，应进行预处理，目的是保障反应器中离子交换树脂交换容量充分得以发挥，并有效延长使用寿命。预处理的对象包括进水的水温、PH值、悬浮物、油类、有机物、引起树脂中毒的高价离子和氧化剂等。

树脂的选用

选择树脂时应考虑交换容量、进水水质和离子交换器的运行方式等，选择合适的树脂。

例如考虑进水水质时，对于只需去除进水中吸附交换能力较强的阳离子，可选用弱酸型树脂，若需去除的阳离子的吸附交换能力较弱，只能选用强酸型阳离子树脂。考虑离子交换器的运行方式时，移动床和流动床要选用耐磨、高机械强度的树脂。对于混床，要选用湿真密度相差较大的阴、阳树脂。另外，不同树脂的交换容量有差异，而同一种树脂的交换容量还受所处理废水的悬浮物、油类、高价金属离子等影响。

掌握工艺设计参数

离子交换法在水处理中的应用

离子交换法目前废水处理中得到了广泛应用，例如

用于含铬废水的处理

对于废水，经预处理后，可用阳树脂去除三价铬和其他阳离子，用阳树脂去除六价铬，并可回收铬酸，实现废水在生产中的循环使用。

含锌废水的处理

化纤厂纺丝车间的酸性废水主要含有硫酸锌、硫酸和硫酸钠等，用钠离子型阳树脂交换其中的锌离子，用芒硝再生失效的树脂，即可得到硫酸锌的浓缩液。

电镀含氰废水的处理

阴树脂对络合氰（即氰与金属离子的络合物）的结合力大，所以利用阴离子交换树脂能消除氰化物以及重金属离子的污染，并将其回收利用。

有机废水的处理

如洗涤烟草的过程中产生的含有烟碱的废水，可以用阳树脂回收后作为杀虫剂。

用于水的软化处理

例如利用钠离子交换软化法可以去除水中的硬度。

水的除盐

分复床除盐和混合床除盐等系统。

复床是指阳、离子交换器串联使用，常用的系统有强酸-脱气-强碱系统，强酸-弱碱-脱气系统以及强酸-脱气-弱碱-强碱系统等。

混合床除盐具有水质稳定、间断运行影响小、失效终点分明等特点。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/baike/1641.html>