

科学用水技术专题 210626

活性炭

什么是活性炭？

活性炭是一种颗粒状材料，主要是通过将椰子壳或煤中的木炭在 800 至 1000°C 下烘烤以“活化”它而产生的。通过酸洗去除杂质。通常，它的孔径范围为 500 至 1000 纳米，表面积约为 1000 平方米/克。通过热解聚合物珠粒可以生产更纯净的活性炭。

活性炭从水中去除什么？

在实验室水净化中，活性炭用于预处理以去除反渗透膜进水中的游离氯和氯胺，并去除纯净水中的微量有机杂质。在较大的系统中，活性炭圆柱体也可用于吸附大量有机杂质。

活性炭是如何工作的？

活性炭将游离氯还原为氯化物和二氧化碳。它还通过相对缓慢的催化反应分解氯胺，产生氨、氮和氯化物。有机化合物吸附在碳基质的孔隙中。活性炭的大表面积使大量有机材料能够通过离子、极性和范德华力吸附。

活性炭非常大的表面积为细菌提供了理想的生长区域。添加杀菌剂（如银）已被用于最大限度地减少这种影响，但需要定期更换碳盒以控制细菌的积聚和脱落。

活性炭有什么好处？

它在预处理中的主要用途是在反渗透前去除游离氯和氯胺，以防止膜因氧化而损坏。活性炭与水中的游离氯反应非常迅速，生成氯化物；相对少量的碳就有效。需要超过 5 倍体积的碳来催化氯胺的去除。

高纯活性炭是一种高效的有机化合物吸附剂，用于去除纯净水中残留的有机化合物。这些可能来自给水或从系统或离子交换树脂中浸出。它有助于维持低 TOC 值，补充紫外线氧化。

活性炭对有机物的亲和力也可用于排气过滤器，以保护纯净水的水库。

亚微米过滤

什么是亚微米过滤？

过滤器的工作方式基本上与筛子相同，并根据孔径为颗粒通过提供物理屏障，同时允许水通过。预处理可能包括一个或多个孔径范围为 1 至 100 微米的过滤器，以去除粗颗粒，但在净化系统内，亚微米过滤用于去除污染物，包括细颗粒、胶体和细菌——微孔过滤器（0.05 至 0.22 微米）或超滤器（0.001 至 0.01 微米）。

亚微米过滤从水中去除什么？

微孔筛网过滤器可去除所有大于指定孔径的颗粒。孔径为 0.22 微米或更小的过滤器会捕获细菌。带正电的膜也会去除内毒素。超滤器可以去除微生物和大有有机分子，包括核酸酶和内毒素。

亚微米过滤如何工作？

微孔筛网过滤器为净化水系统中的颗粒和微生物提供了物理屏障。以绝对粒度等级为特征的筛网过滤器可将所有大于受控孔径的颗粒保留在其表面上。被截留的材料会积聚在表面并通过过滤器浸出，因此需要定期对过滤器进行消毒或高压灭菌或更换。它们通常作为纯化链末端的使用点设备安装，以确保没有细菌并保护系统免受回污染。

带正电的微孔过滤器可额外高效去除带负电的物质，例如内毒素。

超滤器是孔径通常为 1 至 50 nm 的膜过滤器，可去除小至蛋白质大分子的颗粒。它们比微孔过滤器产生更大的背压，并且通常以中空纤维的形式使用以最大化表面积。超滤器用于精制纯化回路。

亚微米过滤有什么好处？

事实证明，低于 0.2 微米的过滤对于保持纯净水不含细菌和其他颗粒至关重要。更精细的过滤可去除大分子和内毒素等生物活性物质。使用点过滤器广泛用于保护净化系统免受回污染，并且易于高压灭菌或更换。

反渗透

反渗透是一种通过使用半透膜去除水中杂质的经济高效的方法。

什么是反渗透 (RO)？

反渗透是一种过滤技术，它利用反渗透膜的特殊特性，在很大程度上阻止各种杂质的通过，大大净化了给水。

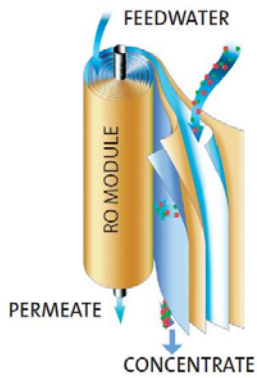
反渗透从水中去除什么？

RO 膜可防止水中有效直径超过 0.1 纳米的污染物通过。通常，它们可以去除超过 90% 的离子污染物、大多数有机化合物和有效的所有微粒。对分子量 (MW) <100 道尔顿的非离子污染物的

RO 去除率可能很低。它在更高的 MW 下增加，理论上，MW > 300 道尔顿的分子，包括颗粒、胶体、微生物和大的生物活性分子，将被完全排斥。溶解的气体不会被去除。

反渗透如何工作？

在反渗透过程中，进水在压力（通常为 4-15 巴，60-220 磅/平方英寸）下以错流方式泵送通过反渗透膜的输入侧。通常，15-30% 的进水以渗透液的形式通过膜，其余的留在入口侧并作为含有大部分盐类、有机物和基本上所有颗粒的浓缩液流出。



RO 膜通常是薄膜聚酰胺，在很宽的 pH 范围内稳定，但是，它们可能会被氯等氧化剂损坏，并会被有机物或胶体污染，因此通常需要进行预处理以保护膜。膜需要相对较高的压力来克服背压；为了最大化表面积，膜通常以螺旋状缠绕在一系列层中，如图所示。如果水的回收率太高，增加难溶性硬度盐的浓度会导致膜堵塞。

反渗透有什么好处？

RO 的一大优势是它去除的杂质范围非常广泛。除了减少后续净化技术的负荷外，它还可以保护它们免受大有机分子（例如腐殖酸和富里酸）的污染和污染，并完全排斥进水中存在的微生物和病毒。

离子交换

什么是离子交换？

实验室水净化中的离子交换 (IX) 是一种去离子过程，其中水通过一个或多个离子交换珠床，其中水中的杂质离子被珠子吸收并被氢和氢氧根离子取代，从而净化水。

离子交换从水中去除什么？

IX 从水中去除杂质离子。它非常有效，可以将产品水中的离子水平降低到亚 ppt 水平。然而，床的容量是有限的，当它们几乎被完全使用时，它们开始释放微弱的离子。IX 床也可用于将水暴露于短波长紫外线后，去除产生的带电有机分子并将总有机碳 (TOC) 水平降低至低 ppb 浓度。

离子交换如何工作？

用于水净化的 IX 树脂是高度交联的不溶性聚合物的亚毫米多孔珠，具有大量强离子交换位点。当水通过树脂床时，溶液中的离子迁移到珠子中，在那里它们竞争交换位点。去离子珠是阳离子或阴离子的，分别用氢离子交换阳离子或羟基离子交换阴离子。产生的离子结合产生水。为了达到最低

水平的离子杂质，阴离子和阳离子混合在一起。当树脂的大部分离子交换能力用完时，必须更换树脂（或者，在大型系统中，就地再生）。

离子交换有什么好处？

混合床 IX 是迄今为止去除水中最后痕量离子污染物（包括带电物质）的最有效方法，可实现最高水平的纯度（和水电阻率）。现代高纯度树脂在使用中可以快速冲洗，以实现低有机污染物的背景水平。

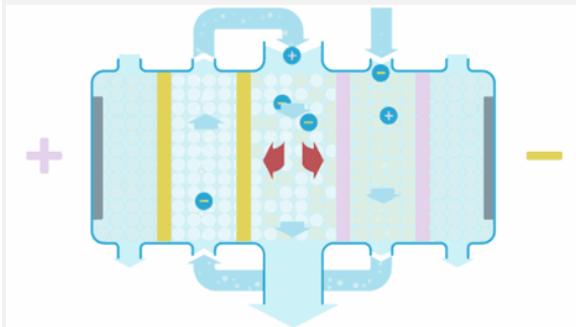
电去离子 (EDI)

电去离子 (EDI) 是一种电力驱动的水处理技术, 它使用电、离子交换膜和树脂从水中去除离子物质。

电去离子从水中去除什么？

EDI 从水中去除离子和其他带电物质，例如盐和有机酸。

电去离子是如何工作的？



EDI 模块由一组充满离子交换树脂并由离子交换膜隔开的腔室组成。水进入模块，其中与流动成直角的外加电场迫使离子穿过树脂并穿过膜。这些杂质离子不会永久地与介质结合，而是被收集到可以被排放或回收的浓缩液流中。去离子产品水可直接使用或进一步处理以提高水的纯度。

EDI 模块实际上起到了一个离子交换床的作用，它可以不断地进行电再生。当离子穿过树脂并在阳离子或阴离子选择性膜之间移动时，它们会交换为 H^+ 和 OH^- 离子。在外加电场的影响下，与离子交换树脂结合的离子最终会迁移到单独的腔室；这也会产生保持树脂处于再生状态所必需的 H^+ 和 OH^- 离子。分离室中的离子被冲洗为废液。

EDI 的局限性不同于传统的离子交换。在后一种情况下，产品水离子纯度基本上受树脂吸收的离子总数限制。EDI 受离子最大到达速率的限制。离子负载过高会使模块过载。因此，通常在反渗透之后使用 EDI，如果水很硬，则通过脱气来去除二氧化碳。

电去离子有什么好处？

EDI 系统中的离子交换床不断再生，因此它们不会像以间歇模式运行的离子交换床那样耗尽。由于杂质是通过浓缩物去除的，它们不会堆积并耗尽树脂。在需要更换之前，EDI 装置可能会运行多年。通常，使用此过程可始终实现 $>15\text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$ 的产品水电阻率。该技术可用作一次性净化筒的替代品。除了避免更换滤芯的实际优势和减少停机时间之外，EDI 还可以提供比单床离子交换系统更一致的纯度，单床离子交换系统可能会在介质耗尽时释放弱结合离子。EDI 模块中较小体积的树脂（与离子交换床相比）也减少了有机杂质的释放。

紫外线

什么是紫外线？

紫外线 (UV) 是一种波长为 10 到 400 nm 的电磁辐射，比可见光短，但比 X 射线长。可以使用添加汞的荧光灯管制造低压紫外线灯。由于灯内的汞，这些灯发出的紫外线在 UVC 波段中具有两个主要峰值，波长分别为 253.7 nm 和 185 nm，以及一些可见光。这些灯产生的 85% 到 90% 的紫外线在 253.7 nm 处，大约 5-10% 在 185 nm 处。为了用于水净化，合成石英外壳用于最大限度地减少从灯进入水中的 185nm 光的吸收。

紫外线能从水中去除什么？

紫外线可防止微生物生长，并通过将有机化合物氧化为酸性物质并最终氧化为二氧化碳来去除有机化合物。这些离子物质通过下游离子交换树脂去除。紫外线也可用于去除水中的氯和氯胺。

紫外线灯是如何工作的？

紫外线室通常由安装在不锈钢管中心的石英管中的紫外线灯组成；水流过石英管和钢管之间的区域。紫外线以两种不同的方式影响水中的杂质。253.7nm 的紫外线具有很强的杀菌作用，因为它在低剂量下会破坏 DNA 和 RNA 聚合酶，从而阻止复制；更高的剂量是杀菌的。185nm 的光具有很强的氧化作用，可将大有机分子分解成较小的电离成分，并最终分解为二氧化碳。然后通过高纯度离子交换树脂床将这些组分移出下游。

紫外线灯有什么好处？

将水暴露在亚 200 纳米波长的紫外线下，然后进行离子交换，是去除水中最后一丝有机污染物的最有效方法；大约 254nm 的紫外线也是一种非常有效的杀菌剂。它的主要优点是除每年更换灯泡外基本上无需维护，并且水仅接触灯泡周围的石英套管，从而最大限度地减少污染。

