



图片来源：Exyte; ©Krafla - stock.adobe.com

制药废水处理技术

确定制药废水处理的最佳解决方案——制药废水处理工作颇具挑战性，因为其技术特点呈多样化且各不相同。相比于进行全新技术的开发，围绕现有技术方案寻找最优解或许是一种更为有效的策略。

文 / Maheswaran Nair

PROCESS-Tip

* 更多信息请登录：
pharm.vogel.com.cn
* 反馈编码：**200638**

自20世纪90年代末药物污染的潜在风险被提出以来，环境主管部门一直在着力解决这一问题，并出台和更新了一系列需严格执行的相关政策。然而，由于一般的处理技术无法去除废水中痕量的药物成分，导致这些物质残留在被排放的污水当

—— 本文作者系 Exyte（益科德）中国工程工艺经理。

中。因此，对于制药行业而言，正确处理制药企业生产运行过程中产生的废水仍然是一项挑战。

自然环境中水生生物持续地暴露在水体环境中，使其受到水体污染物负面影响的风险更高：一些消炎药已被证实会损害鱼类的鳃和肺，还有一些激素药物或类似激素的化合物也会造成鱼类雌/雄性化，从而对其种群构成威胁。另外，在一些水资源稀缺的地区，

废水再利用已成为一种惯例，而这也使得人类能够接触到被痕量药物污染的水体。

如今，制药行业已充分意识到水污染的负面影响，并承诺保护环境，遵守法规标准。然而，用于处理各种潜在污染物的一般性方法难以满足制药业的特殊需求。制药废水（PWW）常被混合

在其他类型的污染物之中，不同的制药设施生产的药品的类型和数量也各不相同，这些都导致制药废水具有多样化和水质波动大的特性。如需处理如废水中的生物需氧量（BOD）、特定药物残留和 pH 值等，都需采用针对特定污染物的方法。

制药废水现有处理方案

相比于开发全新的废水处理技术，基于现有技术寻求合适方案或许是更为高效和节省的选择。我们可以通过研究已运行的工厂，为类似项目找到最适合的处理技术。一些传统处理方法（如物理、化学、生物和热处理）均能去除某些特定药物品种，而这或将满足某些废水处理的需求。

例如，活性污泥法就是一种利用微生物降解废水中有机化合物的常用方法（生物处理）。但是，其对各种污染物的分解能力各有不同。例如，磺胺甲恶唑（抗生素）、布洛芬和乙酰水杨酸（阿司匹林分解产物）等药物在 2 ~ 5 天内可最多降解 98%；抗癫痫药物（如加巴喷丁）则能够部分降解。另外，罗红霉素（抗生素）需要 5 ~ 10 天才能降解，而卡马西平（抗癫痫药）和地西泮（精神活性药物）等药物即使在 20 天后也没有明显降解。这种情况下，则需采用其他方法来去除废水中的痕量有毒药物。

制药废水（PWW）处理的另一个可行方案是采用先进的膜法水处理工艺从废水中滤除或提取药物。其中两种广泛应用的膜技术为纳滤和反渗透技术。同样，这两种技术的处理效果也随所处理的废水特性的差异而有所不同。典型纳滤膜的孔径为 0.002 μm （2 nm），能够滤除绝大部分有机物、几乎所有

病毒、其他有机分子和一系列盐类，但却无法去除分子量更低的污染物。而这些低分子量污染物可以通过使用压力驱动反渗透膜过滤（典型过滤器的孔径为 0.1 nm）来解决。膜处理系统占地面积小，且能使用标准化的即装即用系统快速建成，因此更容易安装到现有的建筑设施内。然而，此类设备自身及其高运行能耗的特点会产生高昂的成本。而且这种处理方法只能分离和富集污染物，却无法彻底消解它们。因此，在采取这种处理措施后，还需要采用某种破坏污染物结构的方法（热处理/化学分解/好氧氧化降解）将其清除，富集物需要被取出或蒸发处理以实现零排放。

高级氧化技术（AOP）是一种既能破坏污染物，又能将不可生物降解的物质转化为可生物降解物质的方法。AOP 对于绝大多数无法通过生物好氧化、化学氧化或膜过滤去除的药物来说是一种不错的解决方案。

根据废水中药物残留物的特性，有多种处理方案可供选择。这些方案各有其利弊：有些方案只能处理某些特定类型的污染物，有时还可能需要联合运用才能有效防止水污染。另外，有些方案的实施和运行成本高昂——尽管通过回用这些水到一些非关键过程可以减少部分投资。尤其是在升级现有设施时，还必须考虑到空间方面的限制。

从确定方案到测试和实施

由于不存在适用于所有类型制药生产设施的一站式解决方案，因此我们必须寻求“最佳解决方案”以实现环境保护和投资回报比的平衡。从技术和经济角度来看，在实施商业化系统运行之前，



制药废水经常被成品药物污染

必须考虑众多变量。因此，我们需要采取分阶段执行计划，并在真实运行环境中进行试验。从 Exyte（益科德）的角度来看，每个生产设施的开发路径必须包括以下两方面的评估——即对现有系统和制药废水水质特性的评估，并且必须包括一套中试规模的试验系统，用于估算成本和性能，查找识别潜在的运行问题，以及评估全面自动化方案的要求。

Exyte 是设计、工程和施工领域的全球先锋，在受控环境和洁净室领域拥有独特专长。Exyte 有能力提供从分析环境状况和开展过程研究，编制概念设计方案和随后的详细设计方案，承接必要的施工和安装工作，到调试和认证整套系统在内的项目所需的全部服务。

全球部署的工程师和技术人员网络

Exyte 凭借其全球工程师和技术专家网络，以及与设备制造商和技术供应商建立的良好合作关系，有能力为每个项目确定、试验和实施最佳解决方案。在监管法规下，我们希望环保措施可以符合各方的最大利益。Exyte 已经准备充分，随时可以通过全面的服务和全球工程经验，为客户的环保需求提供有力的支持。 ●