

通过可靠的有机物监测来实现饮用水再利用

简介

回收与再利用水能够提高运营效率、节约成本，但目前企业和城市只是偶尔实施水的再利用。气候变化、城市化加剧、人口增长等因素要求发展水的再利用技术、发掘更多更安全的可用水源。为此，监管机构致力于提高批量水处理的可靠性、制定充分的分析标准来确保安全运营。有机物监测就是满足高水质要求、保障公众健康、保证污染物去除的最优处理效率的重要部分。

挑战

间接饮用水再利用（IPR，Indirect Potable Reuse）事业发展迅猛，各种项目遍布美国和世界各地。但水资源的日益短缺迫使研究和监管机构制定直接饮用水再利用（DPR，Direct Potable Reuse）的规则框架。在回收水时，水处理厂将污水处理和饮用水处理结合起来，设置多道安全屏障，以保障公众健康。这些工作包括：

- 降低生物需氧量（BOD）
- 控制养分
- 去除病菌/病毒
- 确保正确的消毒
- 控制味道/气味
- 消除微量有机污染物

正确的消毒要求在杀灭活性病菌/病毒和产生致癌消毒副产物（DBP，Disinfection Byproduct）之间取得合理平衡。致癌消毒副产物产生于消毒剂和天然有机物（NOM，Natural Organic Matter）的反应。为了进行监测和平衡，处理厂必须更好地了解各个回收阶段的进、出水水质和工艺水水质。总有机碳（TOC）分析是确定水质的可靠方法。同其它标准（详见表 1）相比，TOC 测量具有诸多优点。TOC 包括 NOM、味道和气味化合物、微生物和细菌、微量有机污染物、有机工业废水等。

表 1：TOC 与其他可替代参数的比较

TOC	浊度
<ul style="list-style-type: none"> • 测量有机物总量 • 包括悬浮颗粒、胶体、溶解有机物 • 不包括沉淀固体、无机物沉淀、有机颗粒 	<ul style="list-style-type: none"> • 测量水的清晰度，即水中的悬浮物减少水中的光通量的程度 • 没有健康标准 • 无法区分有机物、无机物、颜色等
DOC	SUVA (UV 254 纳米时的特定吸收率)
<ul style="list-style-type: none"> • 测量可溶性和胶状有机物，即可经过 0.45 微米过滤的部分 	<ul style="list-style-type: none"> • 测量 DOC 芳香族化合物，由 DOC 和 UV 吸光度（UV 254 nm 时）计算，作为可替代的 EPA 合规标准 • 254nm 时有多种干扰 • 需要 DOC 和 UV 254 组件
BOD	COD
<ul style="list-style-type: none"> • 测量生物活性有机物 • 用于测量水污染程度 • 可用于评估污水处理厂的效率 • 测试通常需要 5 天，精确度较差 • 各种有机化合物有不同的 BOD 	<ul style="list-style-type: none"> • 测量有机物的化学氧化作用 • 测量工业和城市污水的处理效果，但精确度较差 • 测试通常需要 2 小时，需要强力危险化学品 • 各种有机化合物有不同的 COD

解决方案

TOC 监测可以改善污水处理工艺，提高目标污染物的去除效率。TOC 监测的优势在于：

- 控制污水处理工艺
- 根据实际数据作出决策
- 维护系统的整体健康
- 使出水水质达到要求

在设计水再利用处理系统时，关键在于找出关键控制点（CCP，Critical Control Point）和质量控制点（QCP，Quality Control Point），才能监视系统性能、确保工艺水质。除了监测水源变化和最终出水

水质之外，表 2 还列出了得益于有机物监测的水处理工艺应用实例。

表 2：有机物监测解决方案

应用	解决方案
安全监控	• 检测水质变化
化学品剂量投放	• 选择正确的化学品和剂量投放
颗粒活性炭	• 控制再生频率
离子交换	• 优化出水水质
膜 (MF/UF)	• 避免污染适当的预处理 • 延长寿命
反渗透	• 管理反冲洗程序
臭氧剂量投放	• 基于 O ₃ /TOC 比例的 O ₃ 剂量投放
正确消毒	• 限制消毒副产物的形成，但确保杀灭活性微生物

实例

加州地下水回灌的回收水量 (RWC, Recycled Water Contribution) 由 TOC 量来决定，加州用 TOC 量作为替代参数，表征未被规定的有机污染物的量。美国其他州也将 TOC 标准，作为回灌水法规标准，如表 3 所列。

表 3：各州的回灌与回收水的 TOC 水平

州	TOC 的回灌架构
加州	≤0.5mg/L
华盛顿州	≤1mg/L
佛罗里达州	≤3mg/L
马萨诸塞州	≤1-3mg/L
新墨西哥州	≤3mg/L

<http://www.reno.gov/home/showdocument?id=30769>

回收水处理厂以 TOC 监测为分析手段，用于改进工艺控制、满足补充水规则、改善处理工艺，如表 4 所列。



扫二维码，
关注 Sievers 分析仪官方微信。

表 4：回收处理和 TOC 监测实例

地点和回收处理	TOC 的应用
加州奥兰治县 MF + RO + UV AOP	• 测试膜完整性 • 防止 RO 污染
新加坡 NEWater MF/UF + RO + UV	• 测试 RO 膜的完整性 • 监测水源污染
加州圣地亚哥 O ₃ + BAC + MF + RO + UV/H ₂ O ₂ AOP	• 监测第三级出水 • 测量 O ₃ /BAC 的 TOC 去除率 • 测量 MF/RO 出水中的 TOC
弗吉尼亚州费尔法克斯 石灰+ GMF + GAC 或 O ₃ /BAC + Cl ₂	• 优化 O ₃ 剂量，监测 GAC 的 TOC 去除率
德克萨斯州埃尔帕索 MF/UF + NF/RO + UV/H ₂ O ₂ AOP + GAC/O ₃ + Cl ₂	• 监测从水源到饮用水水质出水的各处理单元

BAC-Biological Activated Carbon, 生物活性炭过滤; GAC-Granulated Activated Carbon, 颗粒活性炭; GMF-Granular Media Filtration, 颗粒介质过滤; MF-Microfiltration, 微过滤; O₃-Ozone, 臭氧; RO-Reverse Osmosis, 反渗透; UF-Ultrafiltration, 超滤; UV AOP-Ultraviolet Disinfection Advanced Oxidation, 紫外线消毒高级氧化

在为回灌地下水提供可靠的高品质再生水方面，以及在防止海水浸入地下水方面，奥兰治县水区 (OCWD) 是领先者。从二级污水到 MF、RO、UV 高级氧化，OCWD 的处理工艺生产了满足或超过再生水标准以及州、联邦饮用水标准的高质水。OCWD 采用 TOC 分析来测试膜完整性、监测去除效率、防止膜污染。对 MF、UF、RO 进行不当的预处理，都可能导致高昂的能源成本和昂贵的清洁费用，并可能被迫更换膜。了解有关膜过滤前后的 TOC 浓度，有助于帮助优化有机物去除效率，以及监控入厂水质的变化。

总结

监测 TOC，能使操作人员根据实际数据作出实时决策以优化工艺，还能使处理厂监控整个处理系统的功效，并达到出水质量目标。对再生水的日益增长的需求，以及新兴的污水处理技术，推动着直接饮用水再利用 (DPR) 的架构发展。该架构将依赖于 TOC 分析等可靠的实时监控，以保障公众健康、确保高效运行。