

臭氧-生物活性炭深度水处理工艺的智慧水厂仪表配置方案

一、臭氧活性炭处理工艺概述

臭氧-生物活性炭深度水处理技术被称为饮用水净化的第二代净水技术。臭氧-生物活性炭技术采用臭氧氧化和生物活性炭滤池联用的方法。将臭氧化学氧化、臭氧灭菌消毒、活性炭物理化学吸附和生物氧化降解四种技术合为一体。其主要目的是在常规处理之后进一步去除水中有机污染物、氯消毒副产物的前体物以及氨氮等。降低出水中的BDOC 和AOC。保证净水工艺出水的化学稳定性和生物稳定性。该工艺已经普遍用于自来水厂的深度处理。

臭氧是氧的同素异型体，分子式为O₃，常态呈气体，淡蓝色，有特殊气味；臭氧是自然界最强的氧化剂之一，具有广谱杀灭微生物作用。其杀菌速度高于氯气。臭氧投加在水中以后主要有三个作用，一方面直接降解有机物减少进入活性炭池中的有机负荷；一方面把大分子有机物降解为小分子有机物，改变水中有机物的分子量分布，提高水中有机物的可生化性，从而有利于强化后续活性炭工艺对于中小分子量有机物的吸附降解；最后一个作用就是为后续活性炭工艺充氧有利于活性炭好氧微生物的生长。

活性炭作为一种多孔物质能够吸附水中浓度较低、其它方法难以去除的物质。同时还可以去除水中的浊度、臭味、色度，改善水的口感，而且能够有效地吸附合成洗涤剂、阴离子表面活性剂等活性物质；活性炭还具有催化作用，催化氧化臭氧为羟基自由基。最终生成氧气，增加水中的溶解氧(DO)的浓度。活性炭空隙多、比表面积大，能够迅速吸附水中的溶解性有机物，同时也能富集水中的微生物。粒状活性炭吸附水中溶解性有机物，但对一些挥发性较低，难以生物降解。高分子有机物不易吸附去除。而且吸附性能还受有机物所带官能团及分子结构的影响。利用臭氧电位高的特点，易将许多不易生物降解的有机物分解成许多更易生物降解的较小的或含氧较多的低分子有机物，从而改变了有机物的结构形态和极性。使其易被活性炭吸附去除，然而被吸附的溶解性有机物也为维持炭床中微生物的生命活动提供营养源。

同时，由于臭氧供氧充分炭床中大量生长繁殖好氧菌，有足够时间来生物降解所吸附的低分子有机物，这样也就在炭床中形成生物膜。该生物膜具有生物氧化降解和生物吸附的双重作用。然而活性炭孔隙中的有机物被分解后，经过反冲洗，活性炭孔隙腾出吸附位置，恢复了对有机物与溶解氧的吸附能力。

活性炭对水中有机物的吸附和微生物的氧化分解是相继发生的。微生物的氧化分解作用使活性炭的吸附能力得到恢复，而活性炭的吸附作用又使微生物获得丰富的养料和氧气，两者相互促进形成相对稳定状态，得到稳定的处理效果，从而大大地延长了活性炭的再生周期。活性炭附着硝化菌还可以转化水中的氨氮化合物，降低水中NH₄⁺-N 的浓度。

二、在线监测方案

对水中有机污染物、氯消毒副产物的前体物以及氨氮进行全过程的实时精准监测，可以为水厂的精细化管理提供决策依据，进而为最终实现智慧水厂打下坚实基础。

奥地利是能的仪表应用在臭氧活性炭工艺中，可以在预臭氧环节非常迅速、准确的检测浊度、色度、COD_{mn}、DOC、UV₂₅₄、硝酸盐氮、余臭氧、叶绿素等参数。这些参数可以较全面的了解原水的进水情况，为预臭氧阶段的臭氧的投加量提供前馈和反馈控制信息。

在后臭氧环节可以检测余臭氧、浊度、色度、COD_{mn}、DOC、UV₂₅₄、叶绿素等参数为后臭氧的投加提供反馈控制信息，并且对进入生物活性炭滤池的进水进行浊度、色度、COD_{mn}、DOC、UV₂₅₄、叶绿素等参数进行全面的实时检测。

在炭池的出水可以检测浊度、色度、COD_{mn}、DOC、UV₂₅₄、SUVA 等参数。

其中SUVA（比紫外吸收率），通常被作为替代参数来评估天然有机物（NOM）的浓度和类型以及形成消毒物副产物（THMS）的倾向性。

$$\text{SUVA as L/mg-m} = \frac{(\text{UVA}_{254} \text{ in cm}^{-1}) \times 100}{\text{DOC in mg/L}}$$

SUVA 值 < 2: 通常表示亲水性非腐殖物质的高比例，具有低紫外吸收率、低氯需求和低 THMS 形成潜力。

SUVA 值 = 2 - 4 之间: 表明疏水性腐殖质和亲水性非腐殖质的混合物，具有中等的紫外吸收率、较高的氯需求量（CLD）和较高的消毒物副产物 THMS 形成潜力。

SUVA 值 > 4: 表示存在与高紫外吸收率、高氯需求（CLD）和高 THMS 形成潜力相关的腐殖高度芳香疏水物质。

可以对炭池的进出水对上述参数进行实时监测，并且实时计算对上述参数的去除率，实时监控生物活性炭滤池的性能，为活性炭滤池的反冲洗频次、强度提供理论依据和控制依据。通过检测炭池的进出水实时的光谱图，甚至可以为今后炭池的更换活性炭提供理论和决策依据。

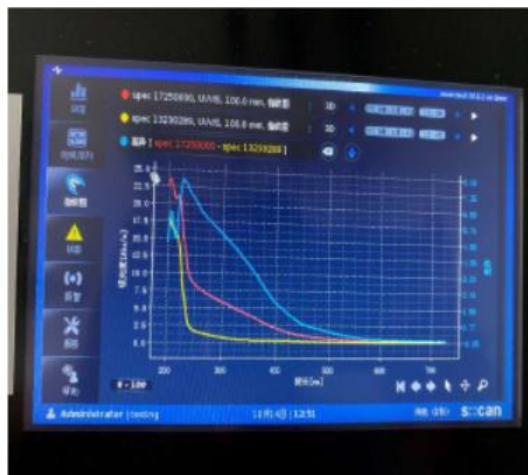


图1：炭池进出水全光谱指纹图变化

在加氯环节可以使用该仪器检测一氯胺参数，结合现有的余氯、总氯、氨氮检测仪，可以用一种快速且经济的实时监控手段，来动态监控水厂的氯、氨投加比例控制是否合理匹配。

在出厂水环节可以检测浊度、色度、CODmn、TOC、一氯胺、UV254、连续光谱等参数，为自来水出厂水提供更为全面、快捷、准确的水质监测数据。

经过大量数据的比对测试，我们发现在自来水厂中S::CAN 全光谱产品对余臭氧、DOC/CODmn、UV254、色度测值准确可靠，可以为今后实现智慧水厂、智慧水务提供坚实的水质大数据基础。上海艾晟特推荐智慧水厂的仪表配置方案如下：

（其中黄色字体部分的参数可以通过全光谱进行快速经济的精准测量。）

工艺点	监测参数	作用
进厂原水	CODmn、硝酸盐氮、浊度、叶绿素、氨氮、亚硝酸盐、PH、电导率、溶解氧、余氯等	了解进水原水水质状况
原水预臭氧	余臭氧	监测余臭氧为预臭氧加注提供反馈信号
沉淀池出水/砂滤池进水	浊度、颗粒物计数器、pH、铝离子	动态监测浊度及颗粒物的分布，实时絮凝沉淀的效果，监控絮凝沉淀效果，为絮凝剂的种类选择及投加量提供决策依据
砂滤池出水	浊度、颗粒物计数器	动态监测浊度及颗粒物的分布，指导砂滤池的反冲洗强度及周期
后臭氧/炭池进口	余臭氧、CODmn、浊度、光谱指纹图、颗粒物计数器	监测余臭氧为后臭氧加注提供反馈信号，监测炭池进水的有机物、颗粒物的构成情况
炭池出口	CODmn、SUVA、CLD、硝酸盐、色度、光谱指纹图、氨氮、颗粒物计数器	监测炭池出水的有机物构成情况，计算炭池对有机物和颗粒物的去除率可以指导炭池的反冲洗强度及周期，并有效预警生物泄露的风

		险；对需氧量（COD）和SUVA 进行在线监测，可以有效防范消毒物副产物超标的风险；结合出厂水的总氯或余氯要求可以指导水厂的加氯量。
加氨点后	余氯、总氯、氨氮、一氯胺	对氯及氨的形态进行实时监测、监控氯氨比的动态变化
出厂水	COD _{mn} 、色度、一氯胺、浊度、余氯、总氯、氨氮、铝离子等	监测出厂水水质

三、智能仪表功能介绍

s::can 在线水质监测仪器利用UV-Vis（紫外-可见光）光谱连续扫描技术为客户提供关于水体水质系统实际变化的大量数据，这种数据是通过间断性采样无法获得的。它提供了连续的光谱信息，不会漏过任何水质变化，而间断采样仅能根据有限的时间节点上的水体组成得到静态信息。

从20世纪90年代开始，单波长和双波长仪器就已经在水质监测中得到广泛应用，通过光谱吸收系数（SAC254）来测量化学需氧量和浊度。但是这些仪器只限于测量一个参数，并且对非目标物质具有交叉敏感性。使用全光谱扫描技术取代单波长，降低交叉敏感度，并获得更多的关于介质信息。比如通过光谱扫描可以获得水体的特征谱线。利用该谱线计算得到一些参数为：浊度、硝酸盐及有机物（如：BOD，COD，TOC，DOC，AOC）。此外还可以对浊度、气泡和悬浮固体引起的散射进行补偿。通过主成分分析（PCA）和偏最小二乘回归（PLS）方法，根据参数的紫外-可见光吸收波长，参考已经建立的实验室技术进行测量，这样就建立起以上参数与某些波长下的吸收特征和定量关系。

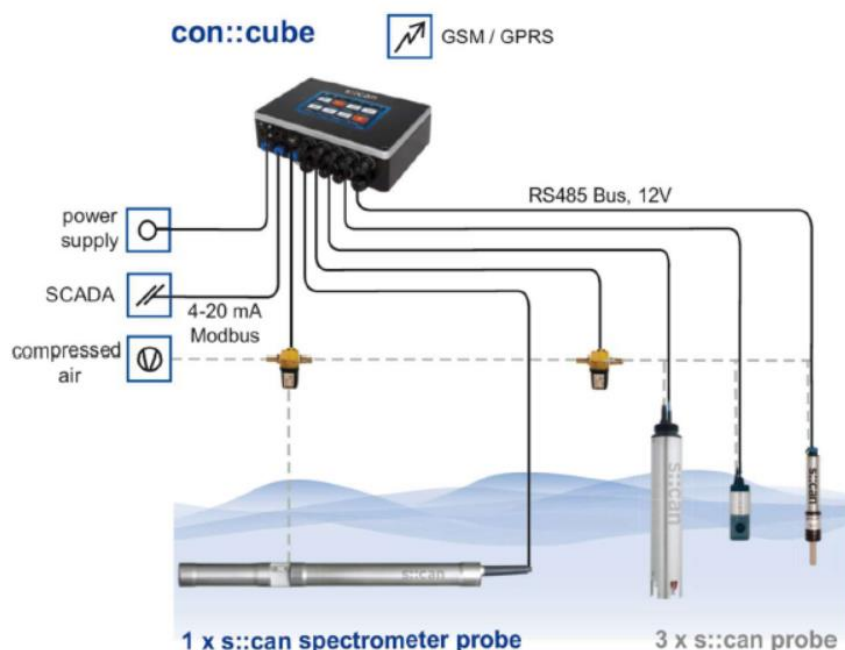


图2：s::can 监测系统配置图

集成的自动清洗系统，可以使用压缩空气或机械转刷对电极进行有效的清洗，使仪器可以实现免维护的长期稳定运行。

分析仪器特点：

UV-Vis 光谱仪小巧，测量稳定，配置简单，即插即测。一个控制器可同时最多显示八个参数。并且可以在恶劣的环境条件下发挥作用，具有自清洗功能只需要很少的维护甚至零维护，并且无需消耗品，不会产生二次污染。