

·科技工作大家谈·  
文/茆云汉,陈海杰

# 生化需氧量快速测定仪的研究进展

自然界以及人类的活动使得各种有机物质排入水体形成有机污染物,由于水体中有机污染物种类繁多,我们难以分析出每一种有机物质及其含量。作为评价水质有机污染状况的生化需氧量(biochemical oxygen demand, BOD)能够综合反应出水体中有机物质含量,说明水体中由于微生物的生化反应对有机物质进行氧化分解,使其无机化时消耗水体中溶解氧的量。

早在1936年,BOD就作为水污染控制领域最广泛采用的测定方法被列入美国《水和废水标准检验法》中,并为世界所共识。在我国,BOD作为一项重要指标,出现在水环境质量标准和水污染物排放标准中。目前,国外和国内(GB7488-87)主要采用5天培养法测量BOD值,其测量过程为:将水样密封于接种微生物试验瓶中,置于暗处在20℃的环境下培养5天,测量样品培养前后试验瓶中的溶解氧,这两者之差即为BOD<sub>5</sub>的值。传统测量方法需要5天,测定周期长,过程复杂,干扰性大、不能及时反映出水体中可生物降解的有机物质的量等。因此,急需开发出一种操作简单、准确性高、适用范围广的方法快速测定BOD。

## 1. 传统BOD传感器

BOD传感器是以微生物为敏感材料,根据生物传感器的原理制成的。当含有一定浓度缓冲液的样品进入测量室时,水中的有机物就会与微生物接触进而被微生物分解,而微生物在分解水中有机物的过程中就会消耗水中的溶解氧,使其溶解氧浓度降低,利用相应换能器可以检测到溶解氧浓度的变化,产生相应的信号。这一信号变化与测量室样品中BOD浓度存在一定的线性关系,分析处理得到的信号,可以得到水中的BOD值。

近年来,BOD的快速测定方法以及仪器化的研究受到广泛关注。BOD的其他测量方法主要有:瓦勃呼吸法、检压式库仑计法、短时日法、平台值法和相关估算法等。但这些操作过程较为复杂,准确性不高,因此,没有得到广泛应用。1956年,Clark发表了有关氧电极的论文,生物传感器作为一种生物分析仪出现,为BOD快速测定的研究开辟了一条新的道路。

1977年,Karube等首次利用微生物传感器的原理成功研制了BOD测定仪,首次研发的该种仪器是由固定化土壤菌群与氧电极构成的,可以在15min内检测到废水中的BOD值,但是由于微生物酶对固定化微生物膜的破坏,10天后这种BOD传感器就会失去活性,其生命周期非常短。近年来,利用生物传感器快速测定BOD掀起了研究热潮。然而,目前现有的测量方法均是采用生物膜作为敏感元件。这就会在应用过程中产生致命的矛盾,即利用生物膜作为敏感元件时,生物量和生物膜厚度之间存在不可调和的矛盾。这主要是从检测灵敏度考虑,需要较多的生物量;而从传感器的角度考虑,却希望生物膜较薄。因此,导致了传统传感器测量结果不稳定、重现性差,进而未能得到广泛的应用。

## 2. BOD快速测定仪

与普通的生物传感器类似,BOD生物传感器就是利用微生物作为生物识别元件,当含有一定浓度BOD的溶液进入反应器

中,水体中的有机物便会与微生物接触,发生生化反应,对有机物质进行氧化分解。微生物在生化反应的过程中会消耗水体中的溶解氧,导致溶液内溶解氧浓度的下降。利用相应的换能器便可以检测出溶液内溶解氧的变化,产生响应信号。响应信号的大小与溶液中BOD的浓度存在一定的线性关系。通过拟合已知BOD的浓度与响应信号之间的关系,建立响应信号与BOD之间的标准方程,在测定实际水样时,将响应信号带回标准方程,就可得到待测水样的BOD值。由于在测定过程中,生化反应在较适宜的温度(20-30℃)下进行,同时对水样曝气使得溶解氧饱和,因此,微生物与水样中有机物质的反应速率大大增加,缩短了BOD的测量时间。这就是BOD生物传感器的基本原理。目前,国内外现有的BOD生物传感器的组成包括:生物识别元件、反应器和换能器。生化需氧量(BOD)是一种表征水体有机污染的重要指标,传统测量方法需要5天,不能及时反映水质状况,因此,BOD快速测定仪的研发得到广泛重视。作为BOD快速测定仪的核心部件——生物识别元件,其性能很大程度上决定了仪器的性能和测定结果的精密度和稳定性。

目前,国内外研究者在BOD传感器识别元件上做了大量的研究,主要集中在微生物选择方面。但在一定程度上,其发展还是受限制。例如:微生物培养的不稳定性使传感器不能保持稳定运行;不同菌种对不同有机物的降解能力不同,因此响应和重现性不同,只能适合于定点水系的测量;微生物膜电极的响应时间较长,为缩短响应时间,需要选用新的更有效的微生物固定化材料;微生物的活性会逐步降低,每次测量后需要进行活化处理;在检测一些含有毒有害有机物的样品时,微生物缺乏抵抗性,测量结果有偏差等。以上的不足在一定程度上限制了BOD生物传感器的工业化应用,需要迫切开发适合实际情况、性能优异以及价格合理的BOD快速测定仪。

纵观BOD传感器的研究历史、现状和实际使用的需求,建议未来对它的研究主要集中在以下几个方面:(1)完善微生物选择,拓宽对多种废水的测定范围,满足更多行业的使用需求;(2)制作活性高、选择性强的生物敏感元件,提高仪器稳定性;(3)简化生物敏感元件更新和设计,提高仪器重现性;(4)开发更合理、更先进的换能器和信号处理设备。生物传感器BOD快速测定仪可以及时为管理部门和决策部门提供科学决策的依据,便于掌握水体污染情况,了解工业废水和生活污水排放现状(尤其是事故的发生)。同时也可以为工业企业的污水治理、污水处理厂的运行管理及时提供参考。可以预见,这种仪器将成为水污染控制领域中最最为重要的监测工具,其推广应用具有较大的环境效益和社会效益。

**作者简介** 茆云汉,中国大唐集团科技工程有限公司,工程师;  
陈海杰,中国大唐集团科技工程有限公司,工程师。  
本栏目专门刊登就促进科学技术发展提出的意见和建议,欢迎国内外科技工作者投稿。

(编辑 祝叶华)