

我国污水处理市场潜力巨大,对新技术、新工艺的需求很迫切,但采用与西方发达国家相同的技术恐怕并不适合我国国情,开发经济效益好、资源消耗低、环境污染少的城市污水处理技术才是可行之路。

可持续发展的新型高效废水处理技术

■ 王凯军 / 北京市环境保护科学研究院

我国对污水处理新技术开发有巨大的需求和动力,据估算“十五”期间城市污水的投资超过2000亿。最近一个时期内我国城市污水厂的建设主要以延时曝气的氧化沟和SBR等20世纪西方发达国家所采用的工艺为主。我国的国民生产总值远远低于西方发达国家,那么采用以上技术是否符合国情?

国外采用的低负荷处理工艺,其池容和设备是中、高负荷工艺的几倍,在建材和土地上的投资就要高数倍;延时曝气系统能耗比中、高负荷活性污泥要高40%~50%左右。我国能源日益短缺,高能耗的方式是对不可再生的化石能源消耗为代价,同时能耗增加会带来直接运行费的增加,能耗增加也会增加间接污染和投资,我国主要的能源来自燃煤,还会造成严重的大气污染问题。所以,结合我国国情,从可持续发展角度看,采用延时曝气这种高资源占用和能源消耗的低负荷工艺,并以耗能的方式取得污泥的稳定工艺是不符合可持续发展的基本原则

的,也是不适合中国国情的。我国应该开发经济效益好、资源消耗低、环境污染少的城市污水处理技术。

高效污水处理技术的发展趋势

城市污水处理新工艺和新技术开发的内在原因是人们不断追求高效率、低能耗、低成本和低占地面积等高性能指标的实践结果。不同反应器的应用受到了技术、经济和理论条件的限制。这些限制体现在对于好氧生物反应器研究和开发,受到了生物生长特性(生物量和活性)、反应器的形式(固定床、悬浮床和流化床)、传质条件(氧的供给)和固液分离(沉淀、过滤)等诸多因素的限制。长期以来人们围绕这些限制因素根据各个时期的理论、技术、材料等进展,进行了长期不懈的研究和开发工作。

高效反应器的发展趋势 生物膜反应器和活性污泥工艺的处理负荷在 $1.0 \sim 2.0 \text{ kgBOD/m}^3 \cdot \text{d}$ 之间,而以三相内循环流

化床反应器为代表的移动床反应器的负荷可以达到 $5 \sim 10 \text{ kgBOD/m}^3 \cdot \text{d}$ 。现代曝气生物滤池(简称BAF)工艺容积负荷可高达 $3 \sim 6 \text{ kgBOD/m}^3 \cdot \text{d}$,出水达到或接近生活杂用水标准。所以,从反应器发展趋势角度来看,生活污染处理是从生物膜反应器、活性污泥工艺向高效的移动床和流化床发展。

沉淀与反应、反应与分离等技术的融合趋势 随着高效反应器的开发,沉淀功能对于反应器功能扩展的限制。沉淀功能是通过沉淀作用提高反应器的功能,不同时期人们对沉淀功能的限制越发凸显,进行了大量的研究和开发。例如,20世纪70年代对斜板沉淀池、80年代末对周边进水周边出水沉淀池、90年代对于高效气浮池(涡流气浮、浅池气浮)等工艺进行了研究和开发。在20世纪90年代人们逐渐从这种单一功能的研究和开发转化为对不同功能的综合。例如,对生物反应和沉淀功能的组合,导致三沟式氧化沟、SBR反应器和UNITANK等新工艺的开发和

应用,特别是集接触氧化反应和过滤为一体的曝气生物滤池,以及利用高科技形成反应和分离的膜生物反应器。这一系列工作体现了对反应器固液分离、沉淀功能限制(极限)的探索和突破。

固定床和悬浮生长系统融合的趋势 城市污水(生活污水)处理技术起源于生物滴滤池,填料粒径较大,比表面积较小,生物量较少。20世纪80年代初,我国和日本同时开发了接触氧化工艺,这一时期开发了蜂窝填料、软性填料、半软性填料和弹性填料等等,通过提高比表面积达到提高生物量的目的(生物量5~8g/L),从而使负荷提高一倍以上,反应器池容(占地)减少50%以上。但是投资没有本质的变化,因为填料费用的增加抵消了池容投资的节约。接触氧化没有解决填料使用寿命、放大和堵塞等一系列问题,这催生了移动床和流化床反应器的开发。这种反应器生物外在形态上是悬浮状态,而生长方式是生物膜生长。这是固定床生物膜技术与悬浮生长系统更高一个层次的技术融合。流化床中载体比表面积从接触氧化工艺的200~300m²/m³提高到2000~3000m²/m³,生物量可达到20~30g/L,使负荷可达到5~10kgBOD/m³·d。从固定床、悬浮生长系统到流化床的发展,反映人们对于高效率、高负荷和高生物量的追求,也是对于反应器负荷极限的挑战,构成了生活污水处理发展趋势之一。

高性能充氧设备的发展 人们首先对曝气充氧器材进行了大量的研究和开发。20世纪70年代末仍在采用简单的穿孔管曝气,其后一个时期的技术进展表现为我国对于射流曝气的开发和掌握,到20世纪80年代初,国内第一个大型城市污水处理厂引进中刚玉盘的微孔曝气,90年代开发出橡胶材料的可变孔微孔曝气装置。另外,人们根据充氧理论采用提高氧浓度分压方式,对纯

氧曝气、富氧曝气和深井曝气工艺进行了开发。

工业污水处理新技术的发展

新技术、新工艺的开发

各种类型有机污染物的厌氧(缺氧)、好氧降解反应过程汇总如下。

以上反应为新工艺开发的化学反应基础,是新工艺开发的基础和生长点。人们过去对于好氧微生物和专性厌氧微生物研究十分充分,而对兼氧性微生物的研究不够。反应式、和为传统厌氧和好氧工艺,其他均为兼性菌的反应。事实上,去除N、P的A²O或A⁰O工艺(反应、)就是利用兼性菌的工艺。某些细菌在硝化、反硝化应用中能利用NO₂⁻或NO₃⁻作电子受体将NH₄⁺氧化为N₂和气态氮化物(反应式);在这些反应的基础上,正在开发短程反硝化、反硝化除磷、ANAMMOX和OLAND等符合可持续发展的新工艺。可以很好的与氧化沟、生物膜、SBR反应器和间歇曝气等工艺结合。

成功利用兼性微生物的典型工艺是北京环保所在20世纪80年代开发的水解——好氧处理工艺。水解池利用水解和产酸微生物将污水中的固体、大分子和不易生物降解的有机物降解为易于生物降解的小分子有机物,使得污水在后续的好氧单元以较少的能耗和较短的停留时间下得到处理。从大量实践来看,采用水解-活性污泥法与传统活性污泥相

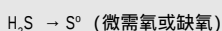
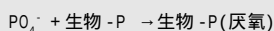
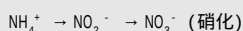
比,基建投资、能耗和运行费均可节省30%以上。

一级强化化学处理与絮凝剂的发展密切相关。现在由于高效、廉价絮凝剂的出现,国外在城市污水处理中已经应用。瑞典的城市污水处理厂大部分都采用了化学处理与生物处理联用。瑞典有关部门曾对生物处理和化学处理中所需能量进行了比较,生物处理每降解1 kgBOD₇需1.3kW·h,絮凝剂生产的原料、运输和形成最终产品所需能耗为每千克产品约0.3 kW·h,通常絮凝剂的投加量平均约为150g/m³。可见化学处理的药耗能耗远低于生物处理。

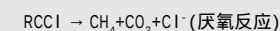
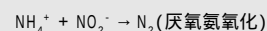
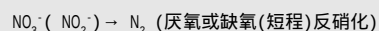
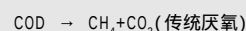
第三代高效厌氧生物反应器

第三代厌氧反应器包括如下反应器的类型:厌氧流化床;厌氧接触膜膨胀床(AAFEB)反应器;厌氧颗粒污泥膨胀床(EGSB)反应器;多级厌氧工艺等。Nicollella等人根据厌氧和好氧反应器的进展,提出颗粒型生物膜反应器的概念。颗粒型生物膜反应器强调了载体颗粒(或污泥颗粒)和悬浮(或流化)的概念。Nicollella等人认为颗粒型生物膜和颗粒污泥的物理和结构特性,如它们的水力特性、传质和反应特性均类似。因此,颗粒型生物膜和颗粒污泥可认为属于同一个种类颗粒型生物膜。在反应器的类型上是与Nicollella等人提出的颗粒型生物膜反应器包括UASB反应器、生物膜流化床、颗粒污泥膨胀床(EGSB)、气提生物膜反应器和内循环反

好氧(缺氧)过程



厌氧(缺氧)过程



应器(IC)基本一致。

在对升流式厌氧污泥床(UASB)反应器的特性系统分析的基础上,升流式反应器型式、污泥颗粒化和相分离器被提出,这些在厌氧UASB反应器中发现的基本构造型式和新出现的生物反应现象,可以扩大到好氧、缺氧生物处理领域。进而提出了广义升流式污泥床反应器和相分离反应器,这一反应器的概念包括了升流式反应器、相分离和颗粒污泥这三个基本要素。可以包括UASB反应器、流化床、缺氧升流式反应器、三相内循环流化床(气提反应器)等不同形式的厌氧和好氧反应器。

污泥处理和利用技术进步

我国城市污水污泥处理和处置还刚刚起步,与国外先进国家相比尚有较大差距。随着大量污水处理厂的投产,污泥产量将会有大幅度的增加。污泥厌氧消化的投资约占污水处理厂投资的20%~40%。在我国仅有的十几座污泥消化池中,能够正常运行的为数不多,有些池子根本就没有运行。这也是导致我国近年大量采用延时曝气的氧化沟等技术的原因。采用高效(高负荷)、低耗污水处理工艺的关键之一是解决城市污水厂污泥处理技术和问题,可以讲我国城镇污水工艺的进步,将在很大程度上取决于污泥处理和利用技术的进步。

从生态平衡角度考虑在一个小区域内的物质、能量(粮食、蔬菜等)是从周边地区流向城镇,污水处理产生的污泥是这种流动的结果,从生态平衡角度讲这些物质是需要回到周边的生态系统中,否则长期发展会造成一个区域内土壤生态的失衡。因此从污泥最终处置的出路来看,中小城镇产生的污泥经过好氧堆肥处理后,再应用于农业是可以解决低负荷曝气系统问题的技术途径,是污泥最为可行和现实的处置方案。

小城镇污水处理 新材料和新施工方法的应用

水污染控制技术涉及到处理技术的研究开发、工程设计、工程实施、设备加工和运营管理等各方面。以往人们着重于工艺技术的开发和研究,工艺开发无疑是很重要,但是当工艺确定以后,应该更加注重工程和制造环节,提倡新材料、新技术、新设备和新的施工方法的改进和革新。这一方面过去没有引起足够的重视,事实上,过去不乏这样的实例,例如:高效曝气装置的应用可以大幅度降低能耗;如Biolock、Lipp等新的建筑材料和施工方法的应用,形成了新的工艺。

设备化的小型污水处理厂

国外发达国家的工业废水处理工程大多已采用新设备、新材料和新工艺来设计和建造,如德国利浦(Lipp)公司的双折边咬口技术和Farmetic公司的拼装制罐技术。这些技术应用金属塑性加工中的加工硬化原理和薄壳结构原理,通过专用技术和设备将2~4mm镀锌钢板建造成体积为100~2000m³的反应器。具有施工周期短、造价较低、质量高等优点,其施工周期比同样规模的混凝土罐缩短60%,比普通钢板罐节省材料达50%以上,而且耐腐蚀,不需保养维修,使用寿命达20年以上。例如Lipp制罐技术是一种具有世界先进水平的制罐工艺与技术,但是需要特殊机械。80年代国内粮食系统引进多套加工机械,并且在粮仓上有大量的应用。目前也逐步应用于城市污水处理。

新型防渗施工材料应用

根据调查,我国废水处理设施资金的54%用于土建工程设施,而只有36%用于设备,造成这种投资分配格局的主要原因是工艺池大都采用价格昂贵的钢筋混凝土池。大的钢筋混凝土池不仅价格昂贵,而且施工难度大。但对

于小城镇许多种污水处理工艺而言,都可考虑采用土池。为了减少投资,很多公司在研究土池结构的曝气池上做了大量工作,首先是使用HDPE防渗膜隔绝污水和地下水,其次是解决避免了在池底池壁穿孔的曝气方式的安装。例如,百乐卡技术采用悬挂在浮管上的微孔曝气头、氧化沟技术采用表面转刷或转碟曝气以及采用表面曝气的其他曝气池等等。

百乐卡工艺是一种多级活性污泥污水处理系统。它是由最初采用天然土池作反应池而发展起来的污水处理系统。经多年研究形成的采用土池结构、利用浮在水面的移动式曝气链、底部挂有微孔曝气头的一种具有一定特色的活性污泥处理系统。这种敷设HDPE防渗膜的土池不仅易于开挖、投资低廉,而且完全能满足污水处理池功能上的要求,并能因地制宜,极好地适应现场的地形,存某些特殊的地质条件下,如地震多发地区、土质疏松地区,其优点得到更充分的体现。敷设HDPE防渗膜的土池使用寿命远远超过钢筋混凝土池。

生态处理技术

所谓生态处理技术并不是什么全新的技术,而是在农村和小县城可以根据当地社会、经济和自然条件,而适当采用的土地处理技术、氧化塘处理技术和人工湿地处理技术等等。土地快速渗滤或慢速渗滤污水处理系统,是利用天然或人工砂土,在一定水力负荷条件下,通过土地处理系统产生综合的物理、化学和生物反应使污染物得以去除,其中主要是生物化学反应。满足出水的处理目标。该技术建设和运行费用低、管理简单和出水效果好,适合于我国国情。而污水人工湿地处理技术,将污水有控制地投配到经人工改造的湿地上,利用土壤、植物和微生物等对污水进行处理。近年来,该技术研究和应用较为广泛。^⑩