

分散点源污水处理的最佳技术方案

——高负荷地下渗滤污水处理复合技术

文 / 陈繁荣 杨永强
(中国科学院广州地球化学研究所
中国科学院珠江三角洲污染与控制研究中心)

一、引言

我国是13个贫水国之一。由于人口增长和经济的高速发展,水污染问题已非常严重,这不仅危害人们的居住环境,形成黑臭河涌,使生态环境受到很大破坏,而且导致水质性缺水,从而进一步加剧了水资源的短缺,严重威胁着我国的用水安全和社会、经济的可持续发展。

水环境治理应该以污水处理为主,以环境修复为辅。我国的污水基本上依靠集中处理,主要在大中型城市实施。然而,我国的农村人口多达8亿,按人均每天排放生活污水50升计算,农村生活污水排放量高达4000万吨/天,加上远离大型污水处理厂的小城镇、学校园区、住宅小区、景区及交通沿线服务区等人群聚居地生活污水,我国的分散点源污水排放量超过5000万吨/天,但处理率很低。

我国的基本国情是人口密度大,经济欠发达,缺少污水分散处理设施的运行保障机制,自然

地理和气候条件变化大,只有占地面积小,建设和运行成本低,管理维护简便,受气候条件影响小的污水分散处理技术才能推广应用。本文在分析国内外污水处理技术在实际应用中的限制条件的基础上,展示了高负荷地下渗滤污水处理复合技术的综合优势。

二、生活污水处理技术现状

生活污水的主要污染物是化学需氧量(COD)、生物需氧量(BOD)、氨氮、悬浮物(SS)和大肠杆菌等。为了避免受纳水体富营养化,还需要脱氮和除磷。COD、BOD和氨氮的氧化去除都需要消耗大量氧气,一般来说,完全氧化1升生活污水中的还原性物质大约需要消耗2升空气中所含的氧气量,因此,充足、高效的氧气供给是生活污水处理的必要前提。

1、污水生化处理技术

生化处理是城镇污水处理厂的常用技术,在污水分散处理

中主要采用接触氧化法和序批式生物反应器(SBR)法,由于规模小,多采用地埋式,有的加工成一体化设备。这类技术采用强动力曝气,运行费用高,维护复杂。由于我国缺少污水分散处理设施的运行保障机制,运行费用高且维护复杂的污水分散处理设施往往变成“摆设”,在农村的情况尤其如此。此外,在生化法污水分散处理系统中,一般都没有脱氮除磷过程(如较常用的SBR一体化设备),其出水即使感官效果较好,也不能减轻受纳水体的富营养化。

2、污水生态处理技术

主要技术包括地下渗滤、人工湿地、快速渗滤、慢速渗滤等。其中快速渗滤和地表漫流严重危害周围环境,系统运行也受气候影响很大,因此很少使用。

地下渗滤:其基本方法和原理是将污水通过埋在地下的散水管散布于一定面积的土层中,污水在重力作用下向下渗滤的同

时，其中的污染物被土壤拦截、吸附和微生物分解转化而去除。其地表经覆盖后可绿化，经济和环境效益好，是欧美等发达国家污水分散处理的首选技术。然而，由于传统技术日处理1吨污水占地约30m²，在我国难以应用。为了减少占地面积，人们采用人工土填料替代原生土壤，使日处理1吨污水的占地面积减少到10—15m²，其占地面积仍然很大，且大幅度增加了工程建设成本。

人工湿地：在发达国家多用于污染水体的水质改善和环境修复，在我国常用于污水处理。人工湿地利用植物根系复氧，国内外大量研究和实践证明，植物根系的复氧能力很有限，日处理1吨污水至少需要10m²的湿地面积，占地面积大，建设成本高。国内的人工湿地污水处理系统多数在1—3年内失效（变成污水潭），主要原因是为了减少占地面积和降低投资，所建湿地规模太小，后因氧气供给不足导致厌氧菌大量繁殖而变黑变臭。人工湿地在冬季低温条件下不能正常运行（在黄河流域及其以北地区冬季完全失效），夏季可能孳生

蚊虫。

通过分析认为，限制土地生态处理技术（如人工湿地、地下渗滤）在我国推广应用的主要问题是污水负荷小，并建议通过强化预处理降低进水污染物浓度，以提高污水负荷。近年来，我国研发人员提出了各种以强化预处理+人工湿地为主的污水处理组合技术，其中以预曝气+人工湿地的效果较好，但其预处理本身就是一个生化处理系统，大大提高了运行费用和管理难度。多级跌水复氧+人工湿地不仅危害周围环境，而且受气候影响很大；滴滤池的建设投资大，接触反应时间太短，需要大比例回流，因此运行成本高。

由此可见，经济和环境效益好、适用范围广、维护管理简便的污水分散处理技术是我国所急需。为此，我们从2001年开始，研发了高负荷地下渗滤污水处理复合技术。

三、高负荷地下渗滤污水处理复合技术

1、基本原理

高负荷地下渗滤污水处理复合技术的工艺流程如图1所示，

其中的高负荷地下渗滤单元是技术的核心所在。污水经过隔油沉淀预处理后进入水量调节池，然后通过埋在地下的散水管网投配到高负荷地下渗滤单元，使污水在人工滤料中横向运移和竖向渗滤，其中的污染物被不同功能一结构层的滤料拦截、吸附，并最终通过微生物分解转化，其出水经过人工湿地滤池进行脱氮除磷深度处理后，各项指标均可优于城镇污水处理厂一级A类排放标准（GB18918—2002）。

高负荷地下渗滤单元由不同的功能一结构层组合而成（图2），各种功能一结构层合理布局，每个功能一结构层有特定配方，辅以合理优化的运行模式，以控制污染物的迁移和微生物群落分带，并通过加入特定功能的高效微生物菌剂，以提高出水水质。高负荷地下渗滤单元间歇性进水，落干时适量通风（采用普通风机，附加低温自动控温装置），以好氧为主，主要去除COD、BOD、氨氮和总磷等；人工湿地滤池为缺氧环境，主要用于反硝化脱氮和深度除磷。此外，本技术将高负荷地下渗滤单元与人工湿地单元有机结合，使污染物负荷在不同子系统之间自动调节分配，实现了系统的自动反馈调整，使高负荷地下渗滤单元具有稳定的干/湿比，从而保障系统的长期稳定运行（见图1、2）。

有关技术获3项中国发明

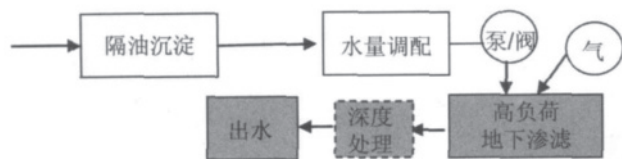


图1 污水处理流程图

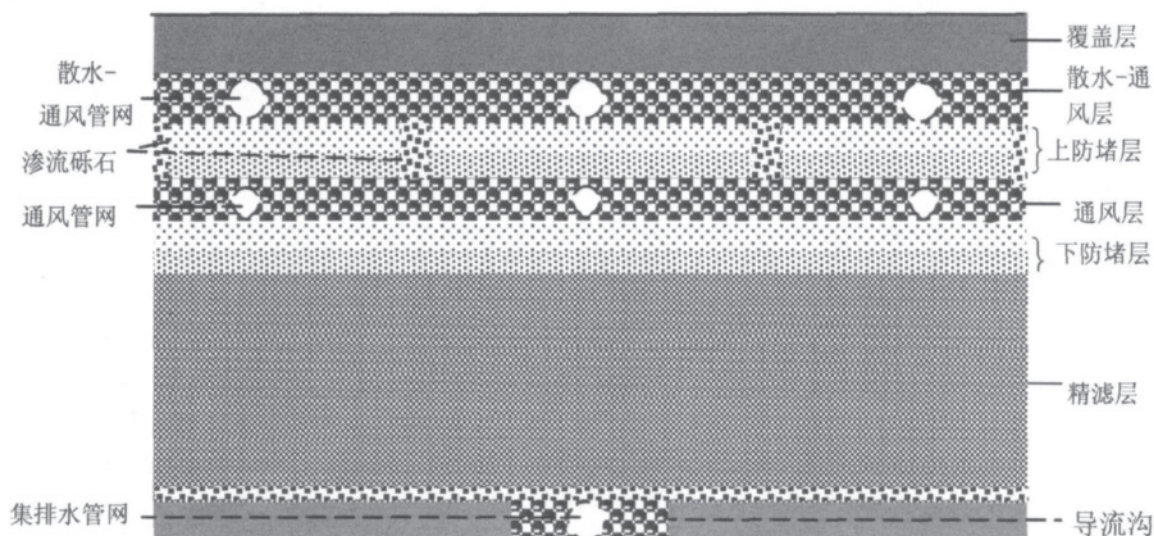


图2 地下湿地与高负荷地下渗滤单元示意剖面图

专利授权，2009年入选住建部“全国农村生活污水处理优秀案例”，2010年入选住房和城乡建设部“村镇宜居型住宅技术推广目录”以及环保部2010年度“国家鼓励发展的环境保护技术目录”。

2、主要优点和技术经济指标

(1) 占地小且不需要专用土地：日处理1吨污水占地约 2.5m^2 ，地表可用作花园绿地、旱地、停车场、休闲场地等。

(2) 一次性投资小：由于系统规模大幅度减小，其建设成本较低。

(3) 运行费用低：每吨污水处理成本仅 $0.06-0.08$ 元。

(4) 操作维护简便易行：无复杂设备，几乎不需要日常管理。

(5) 处理效果好，运行

稳定：出水达到国家城镇污水处理厂一级A类排放标准（GB18918-2002）。

(6) 不危害周围环境和景观，无二次污染。

(7) 受气候条件影响小：在北方、冬季均可正常运行。

(8) 使用灵活：单个系统的日处理能力从数吨至数千吨。

与常规污水处理厂相比（一级A类排放标准），采用本技术每处理1万吨污水可节约10000元，节约电力5000度以上，且不排放污泥，便于中水回用。因此具有经济、环保、节能、节水等多重功效。

3、示范和应用情况

(1) 中试工程运行情况：于2005年6月在中科院广州地球化学研究所生活小区建成了一个试验系统，其渗滤面积为 20m^2 ，污水处理量约8吨/天，系统出水

TSS、COD、BOD、氨氮等指标低于国家城镇污水处理厂一级A类排放标准（GB18918-2002）限值，系统运行6年，稳定正常。与2005年的技术相比，现有技术的污染物负荷能力提高50%以上。

(2) 示范和应用工程：2008年以来，先后在江苏、广东、福建、安徽、浙江、山西等地，采用高负荷地下渗滤污水处理复合技术建成了50多个示范和应用工程，展示了该技术节约土地资源、运行成本很低、处理效果好、维护管理简便、生态景观效果好、无二次污染、几乎不受气候条件影响等多方面的技术优势，深受当地政府部门和用户的欢迎，也得到有关专家的高度评价。