

成都市乡镇污水处理厂工艺方案探讨与选择

陈 科

(四川中物科技集团有限公司, 绵阳 621000)

摘要 乡镇污水处理厂地理位置分散, 经济条件较差, 进水水质和水量波动较大, 直接套用大型污水处理厂的工艺难以满足要求。介绍了几种适用于小城镇的污水处理工艺, 并对其进行了适用性和经济性分析, 在此基础上提出成都市乡镇污水处理厂的工艺方案选择建议。

关键词 乡镇污水处理厂 人工快速渗滤系统 流化床生物膜 CASS 工艺 微动力分散式污水处理系统 成都市

1 项目概况

目前, 小型乡镇污水处理厂的建设与运行得到越来越广泛的关注, 乡镇污水的排水体制多为合流制, 进水水质、水量波动较大。成都市 2009~2010 年建设的乡镇污水处理厂共 108 座, 处理规模为 100~10 000 m³/d, 污水处理厂规模及数量见表 1。

表 1 成都市乡镇污水处理厂规模统计

规模 / m ³ /d	100	200	300	400	500	600	700	800	1 000	1 500	2 000	3 000	10 000
数量/座	4	18	24	9	19	7	1	2	10	6	6	1	1

经调研, 以 500 m³/d 为限(500 m³/d 以上规模的平均进水水质按照城镇生活污水处理厂进水水质设计), 乡镇污水处理厂平均进水水质如表 2 所示。此外, 根据不同乡镇及村落的人口和居住模式不同, 进水水质有不同变化, 需经过现场取样分析后才能以实际的水质作为设计依据。

表 2 不同规模的乡镇污水处理厂平均进水水质

规模 / m ³ /d	COD _{Cr} / mg/L	BOD ₅ / mg/L	SS / mg/L	TN / mg/L	NH ₃ -N / mg/L	TP / mg/L	pH
< 500	≤150	≤80	≤100	≤45	≤25	≤3	6~9
≥500	≤350	≤180	≤200			≤3	6~9

根据成都市水务局和环保局的要求: 进水量 ≥1 000 m³/d 的污水处理厂出水 COD_{Cr} 和 NH₃-N 必须达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准, 进水量 < 1 000 m³/d 的污水处理厂出水 COD_{Cr} 和 NH₃-N 达到 GB 18918—2002 一级 B 标准, 其他污染物减量排放即可。

2 乡镇污水处理厂技术方案选择中应注意的问题

乡镇污水处理工程具有不同于城市污水处理工

程的特点, 主要在于其处理规模小, 水量、水质变化大, 维护管理专业人员较缺乏。目前, 我国乡镇污水处理工程刚刚起步, 已建项目多集中在三峡库区、南水北调沿线或其他重点流域, 大部分乡镇污水处理工程均采用常规工艺。通过对已建小城镇污水处理工程的调查发现, 有些常规处理工艺并不适用于小型污水处理厂, 尤其是对于小规模(进水量 < 500 m³/d) 的污水处理厂, 主要问题在于建设投资大、运行成本高、管理复杂等。因此在选择污水处理工艺时, 不能盲目照搬大城市的经验, 应考虑乡镇自身的特点。选择的工艺在技术合理的前提下, 应做到经济节能、管理简单。主要应考虑以下因素:

(1) 选择的处理工艺应具有较强适应冲击的能力, 保证出水水质达标。

(2) 工艺成熟、稳定、可靠, 并具有除磷脱氮功能。

(3) 由于乡镇经济条件有限, 资金筹措渠道较少, 国家短期内在污染治理上的投入力度不大。因此, 选择工艺时应考虑工艺流程短、投资小、运行费用低的处理技术。有必要对一次性投资和运行费用进行详细的经济分析与评估。投资水平应在 2 000 元/m³ 以下, 运行成本应不超过 0.5 元/m³, 最好低于 0.3 元/m³。

(4) 由于乡镇的污水量少, 应尽量减少污泥的处理费用, 推荐采用污泥产量低的污水处理工艺。

(5) 乡镇的管理水平较低、专业技术人员较少, 工艺流程应力求简短, 污水处理厂运行时管理方便、设备维护量少, 操作简便。

3 乡镇污水处理厂适用工艺探讨

3.1 人工快速渗污水处理技术

3.1.1 工艺原理

人工快速渗滤系统(CRI)是在快速渗滤系统的基础上发展起来的,采用渗透性能良好的天然材料,并掺入一定量的活性矿物质填料,采用干湿交替的运转方式。滤料表面生长着生物膜,污水在通过快渗池时产生综合的物理、化学和生物反应使污染物得以去除,其过程主要有过滤与吸附、化学转化、生物氧化与生化还原作用。CRI系统采用干湿交替的运转方式,即在各渗池里淹水和落干相互交替,一次淹水加一次落干为一个水力负荷周期,落干期快渗池多为好氧环境,淹水期为厌氧环境,所以渗池内经常是好氧和厌氧相互交替,通过硝化/反硝化反应实现氮的去除。

3.1.2 工艺流程

CRI系统工艺流程见图1。

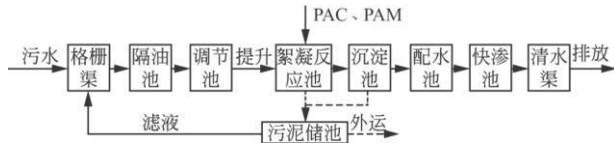


图1 CRI系统工艺流程

3.1.3 工艺适用范围及特点

CRI工艺主要适用于城市污水处理,微污染原水的深度处理,并对受污染的河流水处理具有很好的效果。在适用区域方面,主要适用于冰冻期较短的地区。

与常规的活性污泥法相比,CRI系统具有非常明显的经济优势:①投资、运行费用低,其投资费用比一般活性污泥法低10%~20%,运行费仅为一般活性污泥法的50%左右。②便于操作,易于管理和维护。③抗冲击负荷能力强,在污水系统停止运行后,CRI系统在3~5d即可恢复正常运行,其对污染物的平均去除率为:COD_{Cr}>90%,BOD₅>95%,SS>90%,NH₃-N>90%,TP>70%。

根据对已建工程的分析发现,现有CRI技术存在以下弊端:①该工艺尚不能有效去除TN,原水中TN含量高时将导致出水TN>20mg/L,达不到GB18918—2002一级A标准要求。②适用于污染物浓度较低的情况,当进水COD_{Cr}≤150mg/L时,CRI工艺是完全能处理的且投资较小,当进水COD_{Cr}>300mg/L时将可能导致出水不能达标或投资运行成本高。③占地面积较大。

3.2 流化床生物膜工艺

3.2.1 工艺原理

流动床生物膜工艺属于三相生物流化床处理方法,其技术核心为具有独特结构的生物反应池,有利于载体和污泥中微生物循环。载体的循环有效防止了气泡在反应池内的合并,提高了氧利用率,反应池的独特构造能有效防止载体流失。

该工艺生物反应池容积的10%~20%被∅5~10的载体颗粒所填充,载体的有效比表面积超过4500m²/m³,并具有很好的弹性、耐磨损和化学稳定性,由于其密度较小,所以流化床能耗较小。

3.2.2 工艺流程

流动床生物膜处理工艺流程如图2所示。

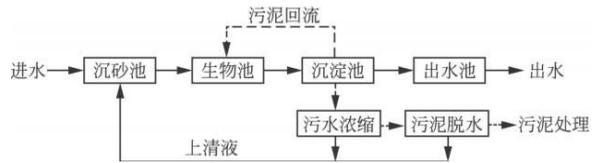


图2 流动床生物膜处理工艺流程

3.2.3 工艺特点

流动床生物膜处理工艺主要具有以下特点:

(1) 独特的生物载体。载体由废轮胎粉和粘合剂等加工而成,使用寿命长,只需一次添加,载体表面经过处理,易于挂膜。其有效比表面积大(>4500m²/m³),孔隙率高,密度小。

(2) 生物反应器内设有导流装置和防止填料流失的装置,载体、污泥和污水在池内循环流动,老化的生物膜得以脱落,保持生物膜的高活性。另外流化状态使氧的利用率得以提高。

(3) 水力停留时间短,占地面积小。由于混合液中的微生物污泥和载体表面的生物膜MLSS可达20g/L以上,BOD₅去除量可达到4~20kg/(m³·d)远远大于普通的活性污泥工艺。由于处理效率高,生物反应设备的占地面积仅为传统活性污泥法的1/4~1/8,从而也节省了基建投资。

(4) 基本不需要预处理,进水SS可以达到5000mg/L,油浓度可以达到50mg/L。

(5) 生物反应池内好氧、厌氧和兼氧微生物共同存在分解有机物,提高污染物处理效率,并且耐负荷冲击的性能特别好。

(6) 污泥龄长,剩余污泥排放量小,减小了污泥处理系统的投资和占地面积。

(7) 硝化反应能在短时间内完成, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率 > 95%。

3.3 CASS 工艺

CASS 是在 SBR 基础上发展起来的, 由生物选择器和变容反应器所组成的, 采用单一反应池和用单一污泥进行生物处理和固液分离, 工艺特别设计了控制丝状菌, 防止污泥膨胀的功能, 采用简单的周期工艺实现好氧、缺氧、厌氧的交替。

CASS 最大的特点在于其推流式初始反应区和完全混合反应池。每个 CASS 反应池由隔墙分为三个区(第一区: 选择区, 第二区: 次曝气区, 第三区: 主曝气区), 污泥不断地从第三区回流到第一区的选择器, 去除极易分解的溶解性基质, 并有利于微生物的生长繁殖。通过第一区内的机制和污泥回流, 可不必使用进水比选择法, 也无需在反应中加入缺氧周期和厌氧搅拌周期, 选择器可自行控制负荷状况。在生物除磷时, 进一步反硝化和所有基质的酶转化也是在选择区进行的。主反应器的完全混合作用, 提供了一定的水流和负荷平衡作用, 也可以承受冲击负荷或毒性负荷, 同时防止污泥在进水高峰期或大雨时, 因激流而流失。

3.4 微动力分散式污水处理系统(DEWATS)

分散式污水处理系统工艺(DEWATS), 是相对于大型集中式污水处理系统而定义的一种小型污水处理系统, 目前该技术已在德国、中国、印度和东南亚的居民区、工厂、学校、医院、企业等广泛采用。

与传统的集中式处理模式不同, DEWATS 是一种多学科交叉整合而成的技术, 其特点主要表现在分散性、简化性和资源保护、循环利用这几个方面。通常 DEWATS 包括以下模块: 沉降池、兼性塘、折流反应器、厌氧生物滤池、水生植物处理系统、人工湿地处理系统、土地处理系统和污泥干燥床。将这些模块进行优化组合是 DEWATS 成功运行的保证。

我国对于分散式废水处理研究, 没有国外那么系统化。较多的是对(建筑)小区污水的处理, 而且, 工艺仍然是传统方法的简单组合, 是城市污水处理厂的小型化。目前, 随着环保压力的剧增及面源污染的难控制性, 开展因地制宜的小型分散式污水处理工艺是非常适合我国目前污水治理现状的一套切实可行的技术方案。分散式污水处理系统在我国

深圳、上海、温州等地已建立了多个样板案例。

DEWATS 工艺具有以下特点:

(1) 分散性。废水处理模块设在废水的产生地, 减少了污水管线、收集器和污水泵站的建设, 经过处理后的废水可以就地用来灌溉农田, 园林, 还可补充地下水; 该系统非常适合居民区、公共建筑区、商业区、社区等相对来说流量小、不能纳入城市污水收集系统的区域。尤其适合经济基础较差、排水管网尚不完善、无污水处理设施的乡村。

(2) 简化性。系统根据不同来源的废水采取不同的处理方法, 如将来自于浴室、厨房、洗衣房的废水经过滤、生物处理和深度处理后用于灌溉和补充地下水; 将含粪便的废水经厌氧处理、干燥、混合有机物残渣并堆肥后可用于产沼气和土壤改良剂; 将含尿素的废水经储藏并干燥后可作为液体或固体肥料。

(3) 低耗性。充分利用处理位置的地形、地势, 处理模块单元基本是厌氧、兼氧生物处理工序, 系统运行基本不需外部能源供应, 同时还可以从中获取一定的经济效益(如沼气、水禽等)。因此系统只需定期简单维护即可, 运行费用很低。

4 工艺方案投资及运行费用对比分析

以处理规模 $1\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$, 排放标准满足 GB 18918—2002 一级 A 标准为例, 分析比较了 CRI、流化床生物膜、CASS、DEWATS 四种工艺的占地、投资和运行成本, 结果见表 3。

表 3 各工艺经济分析对比

工艺类型	单位占地面积/ m^2	直接投资/万元	运行成本/元/ m^3
CRI	1 540	92	0.23
流化床生物膜	330	185	0.52
CASS	350	195	0.46
DEWATS	1 400	55	0.15

注: 在实际运行过程中, CRI 工艺的 TN 难以达到一级 A 标准。

5 成都市乡镇污水处理厂工艺选择

成都市乡镇污水处理厂排水体制大部分为合流制, 水质和水量冲击负荷较大, 在工艺选择上比较困难, 各种工艺都有其优缺点, 笔者认为只有最合适某个工程的工艺, 并不存在最先进的工艺。根据成都市水务局和环保局的要求, 要选择投资省、运营管理简便、运行费用低、主要污染物指标达标排放的工艺, 通过对各种处理工艺技术、经济对比分析, 与成

城市水系统的发展规律及建立健康水系统的构思

吴兆申 陈宏伟

(杭州市城市规划设计研究院, 杭州 310012)

摘要 反思现行城市大集中水系统的利弊, 提出城市水系统发展的三个阶段, 其最终目标是实现水的健康循环。从加强水源保护和给水深度处理、污水再生利用和零排放着手, 形成分区集中式与分块式污水收集处理相结合的健康城市水系统布局模式。结合实际, 重点提出在城市规划、建设及管理落实水健康循环的对策。

关键词 城市水系统 水健康循环 再生利用 零排放

0 前言

改革开放 30 年来, 我国城市水系统(本文仅指城市给水系统和污水系统)得到快速发展, 全国 655 座城市, 已基本建成较完善的城市给水系统, 并初步形成城市污水系统。据统计资料, 至 2008 年底, 全国城市总供水能力已达 26 604 万 m^3/d , 供水普及率达 94.7%; 至 2009 年底, 全国已建成城市污水处理厂 1 993 座, 总设计规模 1 亿 m^3/d , 处理率达到了 73%。

在取得成绩的同时, 必须认识到目前我国水环境依然十分严峻, 与发达国家相比仍存在的巨大差距, 为此对过去 30 年城市水系统作回顾和反思, 了解存在的问题, 研究发展的目标及规律, 建成符合科学发展观的城市水系统, 在当前转变时期是十分紧迫的任务。本文拟提出一些观点供同行讨论。

1 城市大集中水系统存在的问题

目前城市普遍采用大集中水系统。即从水源

取水后, 经过给水系统净化和配水, 供给居民及工厂用水, 使用后的水大部分汇入城市污水系统, 经管道收集后, 由污水处理厂处理达到排放标准后排入水体, 形成一种“单向直流、末端处理”的大集中水系统。该系统由城市(即政府或下属部门)承担全市水系统的建设和管理, 它能集中力量较快实施, 对城市的社会经济发展和居民生活需要提供保障, 对减少水污染排放量, 保护水环境起到积极的作用。

城市大集中水系统在实施过程中也产生众多问题, 主要是:

(1) 城市水资源紧缺, 未能将污水再生利用作为非常规水源。我国淡水资源缺乏, 而大集中水系统对取水水量缺少制约, 系统内又未将污水再生利用作为补充水源, 是造成全国半数城市存在不同程度缺水的原因之一, 很多城市只能修建高价的跨区域、省域的引水工程。

表 4 成都市乡镇污水处理厂工艺选择

污水处理厂规模/ m^3/d	推荐工艺
100~ 800	CRI
600~ 1 000	CRI 或流化床生物膜
1 000~ 5 000	流化床生物膜或 CASS
6 000~ 10 000	CASS 或氧化沟

都市水务局及环保局的共同探讨, 对不同规模的乡镇污水处理厂提出建议工艺, 见表 4。

参考文献

- GB 18918—2002 城镇污水处理厂污染物排放标准
- GB 8978—1996 污水综合排放标准

- 王家廉. 小城镇污水处理技术装备实用指南. 北京: 化学工业出版社, 2007
- 阮文权. 废水生物处理工程设计实例. 北京: 化学工业出版社, 2006
- 韩剑宏. 水工艺处理技术与设计. 北京: 化学工业出版社, 2007
- 化学工业出版社组织编写. 水处理工程典型设计实例. 北京: 化学工业出版社, 2005

& 电话: (0816)8023896

E-mail: chen92@163.com

收稿日期: 2009-11-23

修回日期: 2010-05-05