

中国城市污水处理工艺现状比较与分析

王 涛 楼上游

摘 要 通过定性和定量分析方法,对中国 1999 年以前投产的 94 家污水处理厂的工艺现状进行了比较分析。分析集中在污染物去除效果、运行稳定性、自控要求、劳动强度、维修难易、二次污染、能耗、投资、运行费用、占地面积等方面。

关键词 城市污水处理 工艺现状 定性分析 定量分析

我国城市污水年排放量大约在 400 亿立方米左右,但城市污水处理率、二级处理率、污水回用率比例都较低。根据“十五”计划纲要的要求,到 2005 年,我国城市污水集中处理率要达到 45%。根据《城市污水处理及污染防治技术政策》:2010 年全国设市城市和建制镇的污水平均处理率不低于 50%,设市城市的污水处理率不低于 60%,重点城市的污水处理率不低于 70%。全国设市城市和建制镇均应规划建设城市污水集中处理设施。达标排放的工业废水应纳入城市污水收集系统并与生活污水合并处理。根据我国国情,在不影响经济建设的前提下,提高污水处理率、解决污水处理问题的关键在于污水处理工艺的选择。

1 分析对象

我们选择了 1999 年以前投产运行的 94 家城市污水处理厂作为分析对象,日处理规模总计 1036.04 万立方米,占全国城市污水处理厂处理能力的 30%。其中直接抽样调查了 36 家城市污水处理厂的工艺处理效果、运行管理、二次污染、能耗、投资、运行费用、占地面积等方面的数据,从技术角度和经济角度对调查数据加以分析和整理。

2 分析方法

工艺评价主要分为定性评价和定量评价。

2.1 定性评价方法

定性评价方法主要采用专家意见和数据分析相结合的办法。针对污水处理工艺评价我们邀请了工艺研究、工程设计、工程经济分析、厂用户、设备生产制造等方面的专家、学者和工程技术人员作为定性评价的咨询对象,通过专家意见,结合文献查阅和现场调研所取得的直接数据或用户使用意见,得出最终的定性评价结论。评价方法具体讲,可分

为专家定性打分、专家问卷评价、污水处理厂数据分析、数据汇总分析等步骤。

首先针对每一污水处理工艺,以专家定性打分为核心,计算出的分项数据得分并与该项目其它被评价工艺的平均分得出比值,作为该工艺在该项目上的定性评价指标。例如:A 工艺在“处理效果”项目上,第一位专家给定分值是 a_1 ($0 < a_1 < 10$),第二位专家给定分值是 a_2 ($0 < a_2 < 10$),……,第 n 位专家给定分值是 a_n ($0 < a_n < 10$);同理,对于 B 工艺第一位专家给定分值是 b_1 ($0 < b_1 < 10$),第二位专家给定分值是 b_2 ($0 < b_2 < 10$),……,第 n 位专家给定分值是 b_n ($0 < b_n < 10$);依此类推;对于 M 工艺第一位专家给定分值是 m_1 ($0 < m_1 < 10$),第二位专家给定分值是 m_2 ($0 < m_2 < 10$),……,第 n 位专家给定分值是 m_n ($0 < m_n < 10$)。

那么,该项目(处理效果)的评价标准

$$Y = [(a_1 + a_2 + \dots + a_n) / n + (b_1 + b_2 + \dots + b_n) / n + \dots + (m_1 + m_2 + \dots + m_n) / n] / m$$

$$\text{对于 A 工艺评价指标 } Z_a = (a_1 + a_2 + \dots + a_n) / (n \times Y)$$

$$\text{对于 B 工艺评价指标 } Z_b = (b_1 + b_2 + \dots + b_n) / (n \times Y)$$

……

$$\text{对于 M 工艺评价指标 } Z_m = (m_1 + m_2 + \dots + m_n) / (n \times Y)$$

在得到各个工艺的评价指标后,进行分析,指标值大于 1 越多,则说明该工艺在此项目方面具有优势;指标值小于 1 越多,则说明该工艺在此项目方面具有缺陷;指标值等于 1,则说明该工艺在此

项目方面表现一般。

在分析专家定性打分结果后, 比照专家问卷、相关工艺污水处理厂数据, 结果完全吻合则认为专家定性打分结果有效且完全准确; 如个别结果与意见或数据出现偏差, 但大部分结果与意见或数据吻合, 则认为专家定性打分结果有效; 若结果与意见或数据出现明显偏差, 则需针对该工艺的此项目进行二次咨询, 重新打分。

最后, 在确定所有定性打分结果的有效性后, 总结针对每一工艺的定性评价结果, 按照优势、一般、缺陷进行描述, 并根据优势项目得出该工艺的适用条件。

2.2 定量评价方法

污水处理工艺定量评价方法共分为四个步骤:

第一步: 为增加可比性, 将采集的原始数据经处理换算成单位指标值 Z 。

例如: A 城市处理厂日处理规模 10 万吨, 总装机功率 4000kW, 那么 A 厂总装机功率单位指标值为 $4000/10=400\text{kW/万吨}$ 。

第二步: 计算出同一工艺所有污水处理厂的单位指标值的平均值 Z_p 。

$$Z_p = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n) / n$$

例如: 甲工艺被统计评价的有 A、B、C 三个城市污水处理厂, 总装机功率单位指标值分别为 400kW/万吨 、 300kW/万吨 、 500kW/万吨 , 那么该工艺在总装机功率项目上单位指标平均值 $Z_p = (400 + 300 + 500) / 3 = 400\text{kW/万吨}$ 。

第三步: 计算出被调查评价所有工艺的单位指标平均值之和, 再求平均值作为该项目定量评价标准。

例如: 甲工艺总装机功率单位指标平均值为 400kW/万吨 , 乙工艺总装机功率单位指标平均值为 280kW/万吨 , 丙工艺总装机功率单位指标平均值为 220kW/万吨 , 丁工艺总装机功率单位指标平均值为 450kW/万吨 。那么总装机功率定量评价标准 $M = (400 + 280 + 220 + 450) / 4 = 337.5\text{kW/万吨}$ 。

第四步: 采用间接对比法, 计算不同工艺的在各方面的单位指标平均值 Z_p 与该项目的评价标准 M 间的比值, 即该工艺在此项目上的定量评价指标值 N 。 N 值的绝对值大于 1 越多, 则说明与其它工艺的平均值相差越多, 根据项目不同, 可能优于

平均水平, 如在“出水 COD 达标率”项目中 N 值大于 1 越多, 说明该工艺对 COD 的处理效果越好; 也可能劣于平均水平再如在“占地面积”项目中 N 值大于 1 越多, 说明该工艺占地面积越大。

例如: 接上面例子, 甲工艺在总装机功率指标上定量评价指标值 $N = 400\text{kW/万吨} / 337.5\text{kW/万吨} = 1.19$ 。

最后与定性评价结果对比, 如出现较大误差, 需核实调查数据的真实准确性后, 分析原因, 修正误差。

3 分析结果

污水处理工艺多种多样, 但目前适用于城市污水的二级处理工艺, 也是被广为采用的二级工艺主要有普通曝气工艺及改良工艺、AB 工艺、A/O 工艺、A²/O 工艺、氧化沟工艺、SBR 工艺及改良工艺等。从全国污水处理厂建设总的趋势来看, 80 年代建设的市政污水处理厂主要采用普通曝气工艺及改良工艺, 期间引入了 AB 工艺作为城市污水处理选择工艺之一, 并被应用; 80 年代末 90 年代初随着除磷脱氮要求的提出, A/O 工艺、A²/O 工艺因其卓越的除磷脱氮效果而逐渐应用于城市污水处理之中, 并且成为主流; 90 年代中期氧化沟工艺因其良好的脱氮效果而且无需沉淀池开始被推广, 90 年代中后期上马的大型市政污水处理项目基本上采用氧化沟工艺; 近些年 SBR 工艺因其占地节省、运行控制高度自动化而开始被广为采用。从技术角度分析, 这几种工艺核心机理都是建立在活性污泥理论的基础之上, 在处理效果、出水稳定性等方面都是经过了实践的考验, 只是在除磷脱氮性能存在一定差异。但在运行管理、维护维修、自控要求等方面存在着较明显差异, 而且每种工艺都有自己的弱点。由于以上原因, 可以说技术上没有完美的处理工艺。

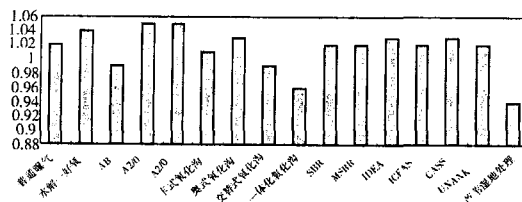


图1 COD处理效率定性评价对比图

单就普通污染物指标的去除效率来看, 从图1、图2、图3可以看出: 普通曝气工艺、水解—

好氧工艺、A/O 工艺、A²/O 工艺、氧化沟类工艺、SBR 类工艺相差不多, AB 工艺略低, 芦苇湿地工艺最低。

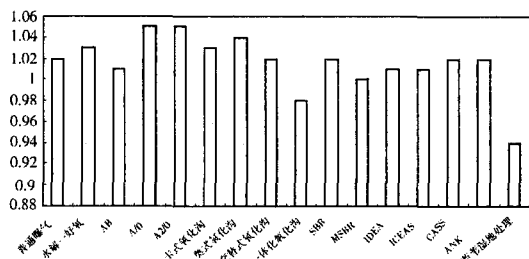


图2 BOD处理效率定性评价对比图

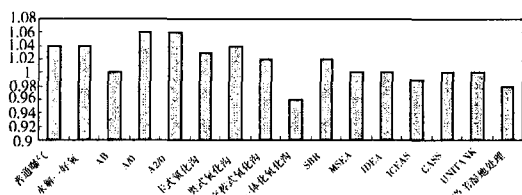


图3 SS去除效果定性评价指标对比图

分析图4、图5, 就除磷脱氮效果来看: A/C 工艺、A²/O 工艺明显具有优势, 氧化沟类工艺、SBR 类工艺、水解-好氧工艺、芦苇湿地工艺相对来讲也可以根据实际情况选择采用, AB 工艺和普通曝气工艺在这方面显得相对不足。

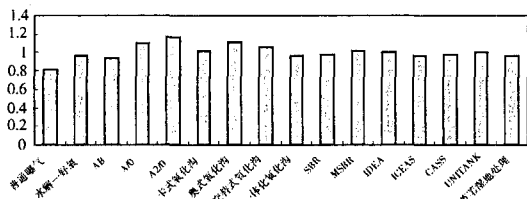


图4 脱氮效果定性评价对比图

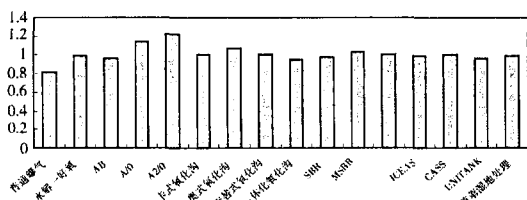


图5 脱磷效果定性评价对比图

就运行稳定性来看, 分析图6可以判断出: 普通曝气工艺由于出现最早的, 应用最多, 经验积累也最为丰富, 运行稳定性最高; A/O 工艺、A²/O 工艺、氧化沟类工艺 (除一体化氧化沟)、SBR 类

工艺 (除 UNITANK 工艺)、芦苇湿地工艺运行稳定性良好; 相对来讲应用经验较少的水解-好氧工艺与 AB 工艺和最近出现的新改型工艺 (一体化氧化沟工艺、UNITANK 工艺) 运行稳定性尚无确切保证。

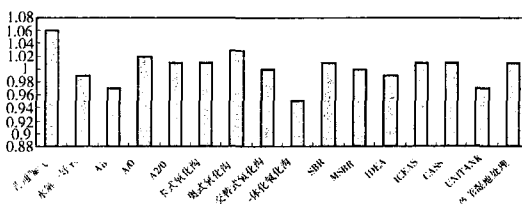


图6 运行稳定性定性评价对比图

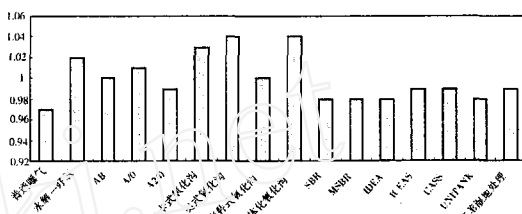


图7 自控要求定性评价对比图

工艺对于自控要求高低, 影响稳定性、投资、员工素质等多方面因素, 自控要求低 (定性评价分值高) 相对工艺来讲稳定性高, 投资省, 员工素质要求降低。从对图7的分析中可以看出: 氧化沟类工艺自控水平要求相对低, 而 SBR 类工艺无一例外自控水平要求最高; 普通曝气工艺自控水平要求非常高, 主要因为目前普通曝气工艺主要应用于大型和超大型污水处理项目中的缘故。

劳动强度定性评价分值越高, 强度越小。从图8中很容易看出氧化沟类工艺劳动强度最小, 这也是机械曝气的特点; SBR 类工艺的劳动强度也较小, 这与该工艺自控水平比较高直接相关; 普通曝气工艺劳动强度最大, 这与该工艺出现最早, 自控水平较低, 而且主要被应用于大型或超大型污水处理项目的缘故。

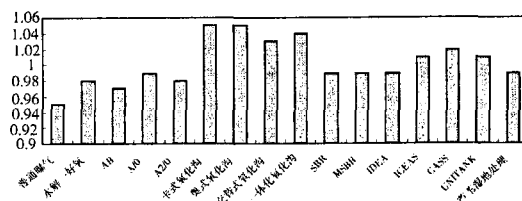


图8 劳动强度定性评价对比图

维修难易是困扰污水处理企业的难题之一,90年代氧化沟工艺代替普通曝气工艺而大量应用,主要是因为微孔曝气器的寿命较短且维修十分不便的原因。从图9中可以看出:氧化沟工艺维修最容易,芦苇湿地工艺由于设备十分简单,维修量很小且容易。由于SBR工艺自控要求高,维修也十分困难。

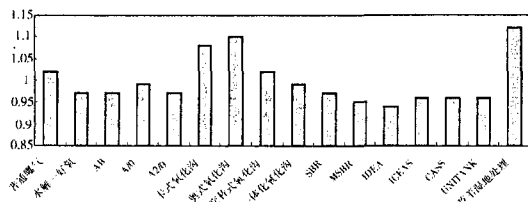


图9 维修难易定性评价对比图

对于二次污染,除芦苇湿地工艺与自然水体直接相通,容易造成二次污染外,其它工艺基本相差不多,主要是注意污泥处理即可。

从经济角度分析,总投资、装机功率、吨水投资、运行费用、占地面积等等每种工艺都有其特点,有的节省投资,有的节省占地,有的节约运行费用……

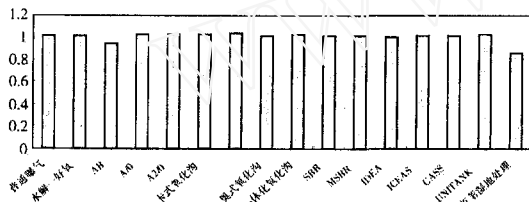


图10 二次污染定性评价对比图

从能耗上,各个工艺本身相差不多,这是因为能耗很大部分在于提升泵房和鼓风机房的电耗,而提升泵房的电耗主要取决于接纳水体水面高程、进水管底标高以及工艺水力损失、鼓风机房的电耗主要取决于进出水水质情况。

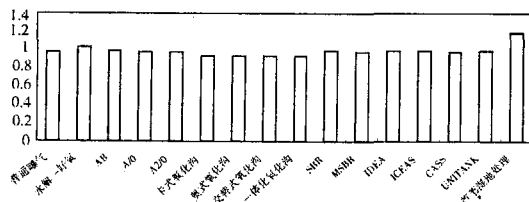


图11 能耗定性评价对比图

在投资上,各种工艺除芦苇湿地工艺以及 Biolak 工艺和多级 A/O 工艺采用土工构筑物较小外,

其它工艺相差不多,这是因为工艺研究伊始,经济性是决定其能否被广泛使用最根本也是最关键的因素之一,因此一些污水处理工程方案“投资节省 20~30%”之类的表述都是不科学,也是不准确的,除非象芦苇湿地工艺以及 Biolak 工艺和多级 A/O 工艺一样采用土工构筑物,土建费用可以大幅度降低。

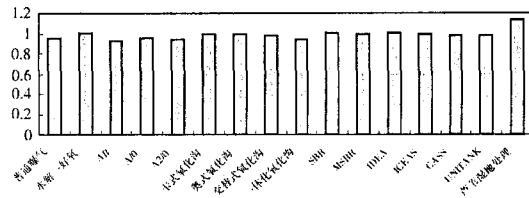


图12 投资定性评价对比图

运行费用与投资一样,是决定该工艺能否被广泛使用最根本也是最关键的因素之一,除芦苇湿地工艺外,其它工艺运行费用相差不多。由此可知,工艺机理没有大的相异,运行费用相差不多不会很大。

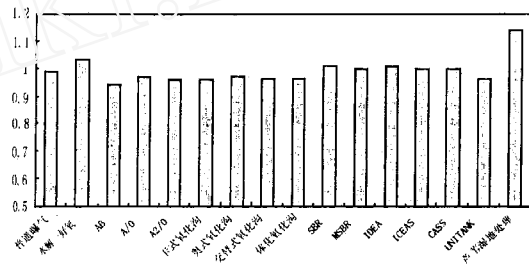


图13 运行费用定性评价对比图

占地面积是制约工艺适用范围的关键因素之一,尤其是对于城市用地紧张的特点,占地面积对于城市污水处理工艺的选择至关重要。SBR 类工艺也正是因为占地面积节省的突出特点,在近几年被广为采用。从图14中可以看出:除 SBR 类工艺外,水解-好氧工艺、A/O 工艺、A²/O 工艺、一体化氧化沟工艺等占地面积较小,而芦苇湿地工艺占地面积最大。

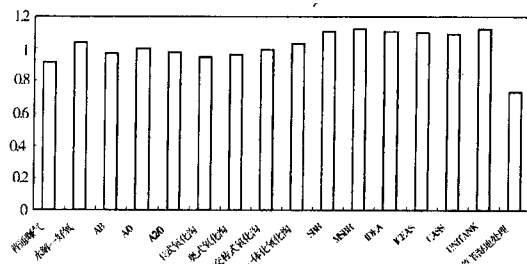


图14 占地面积定性评价对比图

谈中小城市污水处理厂污泥处置规划的编制

郝 锐

摘 要 介绍了中山市污泥处置规划的编制情况及成功经验。结合城市垃圾处理基地的规划建设布局污泥处置厂,较好的实现了污泥的“减量化、无害化、稳定化处理以及综合利用”。

关键词 污泥处置 规划

1 污泥处置问题的提出

随着改革开放的深入,在“工业立市,工业强市”的发展战略指导下,中山市的经济发展取得了令人瞩目的成就,在经济高速增长,城市化进程加快的同时,工业企业急剧增多,人口膨胀。城市中产生了大量的工业废水和生活污水,由于水处理设施建设的滞后,生活污水未经处理直接排放,工业废水处理状况不容乐观,导致城市水体发黑发臭,影响了城市环境及可持续发展。为解决这个问题,省委省政府提出了“珠江整治计划”,目标为“一年初见成效,三年不黑不臭,八年江水变清”,于2002年与广东省各市签定了珠江整治责任书以实现上述目标。中山市提出的污水处理目标为:2005年全市生活污水处理率达到50%,2008年达到80%,远期2020年达到100%。同年,委托市规划设计院等设计单位,编制《中山市污水工程建设规划》,对全市的污水厂及管网进行统一规划,并编制了首期工程可行性研究报告,大大加快了全市污水工程建设的步伐。

根据该规划,中山市区共建设污水处理厂21座,总规模为235万吨/日,总投资估算45.8亿元。近期建设82万吨/日,投资12.3亿元,计划在2006-2008年间建成投入使用。

现多座污水处理厂正在紧张设计、建设中,城区污水处理厂二期、小榄污水处理厂一期已建成投

产,随着污水处理厂的建成,每天产生大量的污泥,污泥处置成了各污水处理厂的难题之一,迫切需要解决。

2 污泥处置规划编制的必要性

中山市已建成两座污水处理厂,其总规模25万吨/日,近期还将建设的污水厂规模为90.5万吨/日。已建及将建成的污水处理厂均采用生化处理工艺,污水生化处理是将水中污染物氧化分解,同时形成污泥,把污泥从水中分离出来,从而使出水变干净。因此,污水处理过程必然会产生一定量的污泥。按市内2010年处理水量 $115.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 计算,其干污泥量接近150 tDS/d。一方面,污泥中含有大量的有机质、N、P、K等营养物;另一方面,污泥中又含有病原微生物、蛔虫卵、重金属及有毒有害物质。未经处理的污泥随便弃置,将散发臭味和有害气体,污染环境。污泥的“减量化、无害化、稳定化处理以及综合利用”是目前迫切需要解决的问题。

中山市各污水处理厂的最终规模在5-20万吨/日之间,规模小,分散在厂内进行污泥处置经济上不合理。目前已建污水厂脱水泥饼均直接运至填埋场填埋。由于污泥含水率高,经常陷车,使填埋作业困难,填埋污泥还堵塞渗滤液收集系统,同时填埋场空间十分有限。中山市未来污水处理量大,污泥产量大,随着污水厂的不断建设,污泥产生量

需求,选择适合自身特点的工艺类型。

4 结语

综合技术和经济两方面看,在不同的自然条件下、不同的经济条件下、不同的社会条件下以及不同的建设规模适用的污水处理工艺也是不相同的。选择工艺类型不应该仅仅依靠经验或者人云亦云,应提倡科学地分析论证,根据不同条件,针对不同

△作者通讯处:100044 北京市海淀区首体南路2号 机械科学研究院环境保护技术与装备研究所
电话:(010) 88301312
E-mail:wwangttao@sohu.com