

• 城市给排水 •

中国城市污水处理工艺现状调查与技术经济指标评价

王 涛 楼上游

(机械科学研究院环境保护技术与装备研究所, 北京 100044)

摘要 通过对我国城市污水处理厂处理工艺和运行效果的抽样调查、分析与评价, 针对我国国情, 分析比较了当前我国污水处理厂主要使用工艺的处理效果(普通污染物去除、除磷脱氮)、运行稳定性、自控要求、二次污染等技术指标以及能耗、投资、运行费用、占地面积等经济指标, 评价出城市污水处理主体工艺在不同情况的适用性。并就合理确定建设规模, 选择城市污水处理厂工艺, 科学地进行工艺方案比较等问题作了初步探讨。

关键词 城市污水 处理工艺 调查 技术评价 经济评价

2000~2002年, 由原国家经贸委、建设部、原国家机械工业局、机械科学研究院、中国通用机械工程总公司共同组织了对中国城市污水处理国产设备和工艺运行的现状进行跟踪调研。为了全方位地反映真实情况, 在全国建成的400余家城市污水处理厂中, 选择正常运行一年以上的36家污水处理厂作为具备抽样调查条件的用户, 按规模、工艺、城市经济类型进行了抽样调查。根据采集到的数据和全国范围内污水处理工艺和设备领域技术专家以及用户的意见, 经过分析研究, 实现了既定研究目标。

1 我国城市污水处理工艺现状调查

1.1 工艺发展概况和现状

我国城市污水处理技术的形成是自主开发和引进消化相结合的产物。从“六五”、“七五”、“八五”到“九五”期间, 在高浓度工业有机废水和城市污水及其再生利用等技术装备领域, 分阶段地开展了全面的研究, 基本上解决了我国水污染治理工作的技术需求和装备保障。

20世纪80年代初期, 原国家科委、国家环保局联合组织水污染治理技术的国家环保项目科技重点攻关。在这一时期, 许多国外的环保技术公司和环保技术研究开发机构也纷纷进入我国水污染治理技术市场。他们采取合资、合作、转让、代理等多种方式, 将许多具有世界先进水平的水污染治理技术带入我国。国际上一些经济技术组织也为我国引进了大量的水污染治理技术, 促进了国际技术合作。特别是20世纪80年代到90年代期间, 大批城市污水

处理厂利用外资兴建, 同时也将国外技术引入我国, 成为借鉴国外技术的最好途径。

目前我国城市污水处理厂设计采用的工艺, 基本涵盖世界各国的先进工艺, 工艺技术水平与国外同类技术水平比较接近, 基本满足我国不同地区不同水平的需求。抽样调查的污水处理厂涉及的工艺有8大类: 普通活性污泥工艺、水解-好氧工艺、AB工艺、A/O工艺、A²/O工艺、氧化沟工艺、SBR及其改进工艺、土地处理工艺。其中采用普通活性污泥工艺的占抽样总数的30.6%, 采用氧化沟工艺的占13.9%, 其他工艺占55.5%。以上结果基本上反映了目前我国城市污水处理工艺的使用分布情况。

1.2 污泥处理处置情况

抽样结果显示, 采用污泥中温厌氧消化的厂家占被统计污水处理厂的31%, 处理污水规模大多数在10万m³/d以上, 其中采用一级中温厌氧消化约占45%, 采用二级中温厌氧消化约占55%。在污泥浓缩方面, 有35个厂采用不同的污泥浓缩工艺, 占被调查采用污泥处理工艺的97%; 污泥浓缩形式以重力浓缩为主, 约占被调查对象的94%; 采用机械浓缩的约占被调查对象的6%。在污泥脱水方面, 有35个厂采用了不同的污泥脱水工艺, 占被调查采用污泥处理工艺污水处理厂的97%; 污泥脱水的主要方式是压滤脱水, 有27座污水处理厂采用; 使用离心脱水系统有7座; 还有1座采用压滤及离心脱水。

污水处理厂污泥的处置方式主要是填埋、堆肥和直接农用, 分别占被调查对象的67%, 14%,

22%, 有一些厂采用上述三种方式的组合。

1.3 处理水再生利用情况

抽样调查结果表明, 污水处理厂出水直接排入河道占统计数量的 56%, 用于农田灌溉和其他占 38.89%。其中出水得到部分利用的调查对象占 36%, 主要是经过深度处理后作为厂区杂用水, 景观绿化和污泥处理车间滤带冲洗水等用途。目前北京高碑店污水处理厂已建成 1 万 m^3/d 中水回用车间 (作为厂内杂用水), 并已将二级处理出水 3 万 m^3/d 就近供给华能发电厂, 经进一步深度处理后用作电厂冷却用水。高碑店污水处理厂对处理水的再生利用已完成近期 30 万 m^3/d , 远期 47 万 m^3/d 的规划方案; 青岛海泊河污水处理厂已建成的出水再生利用工程 4 万 m^3/d , 主要用于工业冷却、电厂冲灰、市区景观和生活杂用水等; 成都市三瓦窑污水处理厂已经建成 2 万 m^3/d 的再生利用工程; 天津市对各污水处理厂亦提出了建设污水再生利用工程的要求, 并正进行新的处理工艺试验。

2 我国城市污水处理工艺分析评价

从全国污水处理厂建设总的趋势来看, 20 世纪 80 年代建设的市政污水处理厂主要采用普通活性污泥工艺及其改良工艺, 期间引入了 AB 工艺作为城市污水处理选择工艺之一, 并得到一定范围应用; 20 世纪 80 年代末 90 年代初随着除磷脱氮要求的提出, A/O 工艺、 A^2/O 工艺因其较好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; 20 世纪 90 年代中期氧化沟工艺因其良好的脱氮效果且无需沉淀池开始被推广, 此时期上马的大型市政污水处理项目基本上采用氧化沟工艺; 近几年 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。

2.1 技术指标评价

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, 除了除磷脱氮性能存在一定差异外, 在处理效果, 出水稳定性等方面都经过了实践的考验。但在运行管理、维护维修、自控要求等方面各有特色, 而且都存在着相对的弱点。

2.1.1 普通污染物去除效率

本次对抽样对象的 COD, BOD, SS 的去除效率进行了调查。从结果来看, 普通曝气工艺、水解-好

氧工艺、A/O 工艺、 A^2/O 工艺、氧化沟系列工艺、SBR 系列工艺、AB 工艺相差不多, 土地处理效率最低, 但各工艺在合理的设计下都能够达到出水达标排放要求。以 BOD 去除为例, 各工艺对比情况见图 1 (纵坐标为各工艺该项目的评价相对分值, 分值越高, 该指标越优良。下同)。

为作图方便, 以字母代表各工艺, 即: A 为普通曝气工艺; B 为水解-好氧工艺; C 为 AB 工艺; D 为 A/O 工艺; E 为 A^2/O 工艺; F 为卡式氧化沟; G 为奥式氧化沟; H 为交替式氧化沟; I 为一体化氧化沟; J 为 SBR 工艺; K 为 MSBR 工艺; L 为 IDEA 工艺; M 为 ICEAS 工艺; N 为 CASS 工艺; O 为 UNITANK 工艺; P 为芦苇湿地处理。

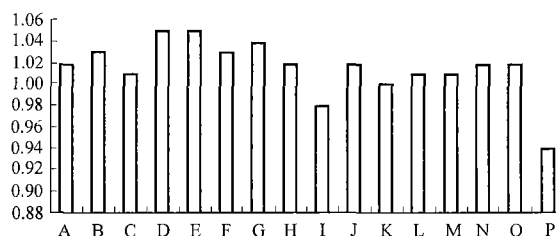


图 1 各工艺 BOD 去除效率评价对比

2.1.2 除磷脱氮效果

各工艺脱氮效果对比情况见图 2。可以看出, A/O 工艺、 A^2/O 工艺明显具有优势; 氧化沟系列工艺、SBR 系列工艺、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。

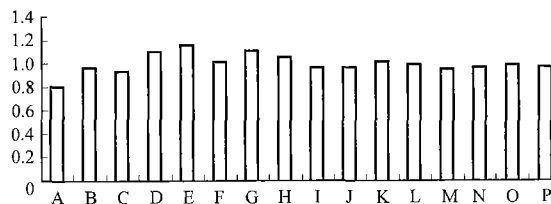


图 2 各工艺脱氮效果评价对比

2.1.3 运行稳定性

图 3 为各运行稳定性对比。分析可知, 普通曝气工艺由于出现最早, 应用最多, 经验积累也最为丰富, 运行稳定性最高; A/O 工艺、 A^2/O 工艺、氧化沟系列工艺 (除一体化氧化沟)、SBR 系列工艺 (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

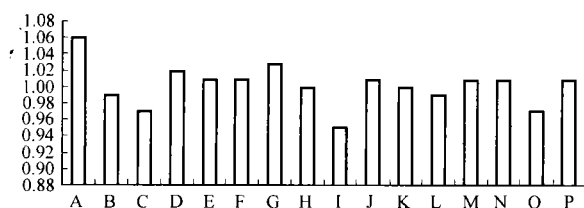


图3 各工艺运行稳定性评价对比

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。

2.1.4 自控要求

工艺对于自控要求的高低直接影响工艺运行的稳定性、工程投资、员工素质等。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,员工素质要求较低,反之亦然。图4为各工艺自控要求对比情况,可见氧化沟系列工艺自控水平要求相对低,而SBR系列工艺无一例外自控水平要求高;普通曝气工艺自控水平要求非常高,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。

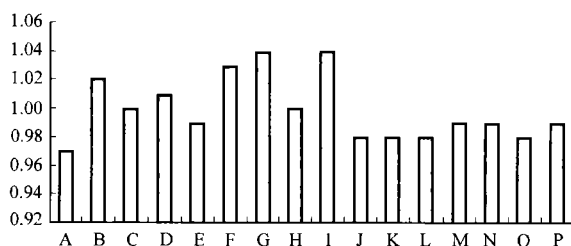


图4 各工艺自控要求定性评价对比

2.1.5 二次污染

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,其他工艺基本相差不多,主要是注意污泥处理即可。

2.2 经济指标评价

经济指标分析涉及总投资、装机功率、处理单位水量投资、运行费用、占地面积等。每种工艺都有其特点,在节省投资、占地、运行费用等方面各有优势。

2.2.1 能耗

各工艺能耗本身相差不多,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。相对而言,土地处理工艺能耗较低。

2.2.2 投资

在投资方面,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,其他工艺相差不多。这是因为工艺研究伊始,经济性是决定其能否被广泛使用的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的,也是不准确的,除非像芦苇湿地工艺以及 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。

2.2.3 运行费用

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,其他工艺运行费用相差不多。工艺机理没有大的差异,运行费用相差不多不会很大。

2.2.4 占地面积

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 系列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。图5是各工艺占地面积情况对比。从图5中可以看出,除SBR系列工艺外,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。

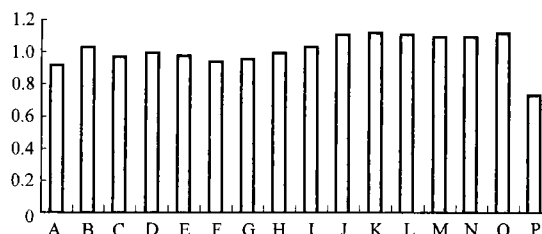


图5 各工艺占地面积定性评价对比

3 结论

城市污水处理厂按处理能力分为小型(小于 4 万 m³/d),中型(4 万~10 万 m³/d),大型(10 万~20 万 m³/d),超大型(20 万 m³/d 以上)。在我国已建成的 400 余座城市污水处理厂中,超大型的占 13%,大型占 15%,中型占 51%,小型占 21%。本次抽样中,工程规模大于 20 万 m³/d 的有 6 座,一般建在大城市;10 万~20 万 m³/d 的有 16 座,一般建在大中城市,或者是大城市污水处理厂的分期建设

工程;1万~10万 m^3/d 的有14座,一般建在中小城镇。由于处理规模、背景条件、受纳水体要求等的不同,上述工艺对比难免存在一定误差。

据评价结果,结合专家意见,笔者认为污水处理工艺选择及污水处理厂建设时应注意以下问题。

3.1 合理确定建设规模

对一个城市来说,需根据城市总体规划和排水规划,分期分批地建设污水管网和污水处理厂。要根据水环境保护的目标,总体规划,分期实施,逐步到位。城市排水工程建设是一项系统工程,涉及城区管渠改造,污水的收集、输送(包括泵站),污水处理和排放利用以及污泥处置等问题;在河网城市,还需考虑上游、下游和水体自净问题。

3.2 城市污水处理厂的工艺选择

污水处理厂的工艺选择应根据原水水质、出水要求、污水处理厂规模,污泥处置方法及当地温度、工程地质、征地费用、电价等因素作慎重考虑。同样的工艺,在不同的进水和出水条件下,取用不同的设计参数,设备的选型并不是一成不变的。

具体工艺的选择要求包括:

(1)技术的合理性。要求技术先进而成熟,对水质变化适应性强,出水达标且稳定性高,污泥易于处理。出水有回用要求的要选用深度处理工艺,对有氮磷去除要求的要考虑具有除磷脱氮效果的工艺。

(2)经济节能。“运行费低,造价低,占地少”是经济节能的基本要求。对于城市污水处理,运行费用主要在两个方面:一是提升泵房电耗,一般占运行费用的20%~30%,主要与出水水位标高,进水管底高程,工艺流程水头损失有关;二是鼓风机房电耗,一般占运行费用的50%~60%,主要与进出水BOD或 NH_3-N 等的要求有关。因此不同工艺本身对电耗影响较小,即工艺对运行费用的影响相对较小。但造价和占地则不然,例如SBR工艺池深可达到8m,因此占地较少;Biolog工艺主体工艺构筑物可以采用土池结构,因此节省了大量的工程土建投资。总之,在比较工艺的经济性方面主要是投资和占地的因素间的比较。

(3)易于管理。操作管理方便,设备可靠且维修简单是基本要求。目前城市污水处理工艺所采用工艺机理基本上是基于活性污泥理论的,因此曝气设

备的选择就是运行管理的关键。

(4)重视环境。厂区平面布置与周围环境相协调,注意厂内噪声控制和臭气的治理,绿化、道路与分期建设结合好。最大程度消除二次污染是进行工艺选择时必须考虑的。

3.3 科学地进行工艺方案比较

为了降低投资和运行成本,因地制宜地进行工艺方案比较是必要的。应该看到,同样的工艺,采用的设计参数不同,其结果也是不同的。对工艺方案的比较力求客观全面,在同等进水、出水条件下,其设计参数应包括对各种污染物的去除率、曝气时间、污泥负荷和容积负荷、曝气量和氧的利用率(即动力效率)、污泥产量(即污泥指数)等作全面分析,数据丰富就可以集思广益,扬长避短,根据技术合理,经济合算,管理方便,运行可靠且有利于近、远期结合的原则,进行工艺方案的优化选择。

总之,污水处理工艺多种多样,目前存在且仍被采用即说明有其特点和适用性,当评价污水处理工艺的“好”与“不好”的时候,应当考虑诸多因素的制约和限制,切不可盲听盲从,应该实事求是,运用科学、有效的方法分析评价,得出正确的结论。

□电话:(010)88301947

E-mail: wwtangtao@sohu.com

收稿日期:2003-10-22

《武汉市建筑工程施工图 设计文件审查要点》开始实施

《武汉市建筑工程施工图设计文件审查要点》(简称“审查要点”)于2003年10月1日开始实施。该书涉及建筑、结构、给水排水、建筑电气、暖通空调及动力、岩土工程勘察6个专业。有关给水排水内容分为建筑给水排水64条,多层建筑灭火设施23条,高层建筑灭火设施38条,固定灭火设施75条,引用了现行国家设计规范17本,共编成200条审查要点(含相关的强制性条文)。

“审查要点”依据工程建设标准强制性条文,建设部施工图设计文件审查要点以及国家、行业及地方标准,针对武汉市实际情况及常见的各类建筑工程,纳入了适用该市自然情况的有关标准的内容。全书采用表格和编码方式按专业分册编制,简洁明了,并为将来施工图审查的计算机信息化打下了基础。

(通讯员 闵子皓)