

城市污水污染控制技术和发展重点

王凯军

(北京市环境保护科学研究院,北京 100037)

摘要 文章分析了我国城市污水污染和处理现状,论述了我国城市污水处理应从工艺技术、工程和设备产业化、设施运营产业化三方面重点发展,以解决城市污水污染问题。

关键词 城市污水 污水处理 产业化 技术和政策

中图分类号 X703 **文献标识码** A **文章编号** 1006-5377(2001)01-0025-03

Urban Sewage Water Pollution Control Techniques and Development Priority

WANG Kai-jun

(Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037)

Abstract: This paper analyzes urban sewage water pollution and its treatment states. In order to settle urban sewage water pollution in our country, the author thinks we should develop technology and engineering, facility, establishment carrying industrialization in emphasis.

Keywords: urban sewage water; sewage water treatment; industrialization; technology and policy

一、城市污水污染成为水污染控制的首要问题

1. 城市污水污染和处理现状

自 1985 年以来,我国废水年排放总量一直维持在 350~400 亿 m^3/a 左右。1997 年废水排放量最高值达到 416 亿 m^3 ,其中工业废水排放量 227 亿 t,市政污水排放量 189 亿 t。1999 年城市污水污染负荷首次超过了工业废水污染负荷,我国水污染的重点已经从工业点源为主的控制,逐步转变为以城市污水污染为主的控制。根据建设部估计,2000 年废水排放量为 480 亿 m^3 。

2. 城市污水排放量的预测

目前,全国有设市城市 640 多个,建制镇 1.6 万多个,人口约 2.7 亿人。污水量增加按 5% 的速率考虑,到 2010 年将增加污水量 300 亿 m^3 。按照我国政府有关部门新制定的小城镇发展规划,到 2010 年,全国城镇人口达到 5.6 亿左右,城市化水平达到 40% 左右。全国设市城市约 1200 个,建制镇达到 2.5~3 万个,小城镇人均日用水量 180 升、村庄 110 升,依此计算村镇年废水量可能达到 270 亿吨。

3. 污水处理率与投资估算

考虑现状污水量、污水增量和建制镇污水量,到 2010 年污水排放总量为 1050 亿 m^3/a 。根据《国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》的要求,到 2010 年城市污水处理率要达到 50%,则需增加 500 亿 m^3/a (1.4 亿 m^3/d) 的处理规模。城市污水量和投资按增长速率预测见表 1。

表 1 城市污水量预测和 2010 年达到 50% 处理量投资预测

年份	2000 年	2010 年(5% 增长)
城市污水量(亿 m^3/a)	480	780
静态投资(亿元)	-	2500
城镇污水量(亿 m^3/a)	-	270
静态投资(亿元)	-	1500
城市污水投资总计(亿元)		3000~4000

达到 50% 的污水处理率,按静态投资(考虑配套管网)处理每立方米污水投资为 2000~3000 元,则需投资 3000~4000 亿元。根据对污水处理程度和污水量的增长,对于城市污水处理厂的主要技术设备(特别是二级处理相关设备)的市场份额分析见表 2。

表 2 城市水污染控制投资的构成和各个部分的比例

项目	咨询服务	土建工程	通用设备	专用设备	自控仪表	其他
投资比例	3%~5%	35%~45%	5%~15%	10%~15%	5%~10%	20%~30%
投资额(亿元)	200	1600	400	500	300	1000

为扩大内需,带动经济发展,1998 年以来,国家加大了基础设施的投入,城市基础设施成为其中重要的一部分,目前发行的 1000 亿国债中将有 300 亿用于城市基础设施建设。在地方上报建设部的给水排水建设项目中,供水项目 322 个、污水项目 208 个,总投资将达 1100 亿元。1999 年国家增发 650 亿国债,其中一部分主要用于 1998 年的在建项目和一些新建项目。如此巨大的投资 and 市场份额,这对我国水工业的发展既是机遇又是挑战。

在以上份额中机械加工等传统产业(机电产品:如水泵、风机等)约占 15%~30% 的份额,建筑业占 35%~45% 的份额,这两者之和占总投资的 60% 以上,在今后 10 年内存在每年 240 亿左右的市场份额。从事以上行业的主体为国家大中型企业。从而可见,对于城市污水和城市给水这种大规模的基础建设项目,国家投资将带动大批如机电行业、机械制造和加工行业和建筑行业等传统行业的发展,这与国家目前的搞活大中型企业的政策是一致的。在水污染治理中自控仪表和技术服务所占的比例虽然不高,在 8%~15% 左右,但是相对的产值较高。这一部分市场额定大约在 40~60 亿元/年。另外,一般污水处理的运行管理费用约占投资的 10%,运营服务业的份额约 40 亿/年。

面对中国环境污染治理的如此巨大的市场,外国公司已经开始进入。目前许多城市污水处理厂利用外资建设,如 1996~1998

年有数十个外资贷款项目建设城市大型污水处理厂,其中的不少关键设备和配套产品从国外进口。由于国外的水处理产品技术成熟、质量较好、服务上乘,对我国水处理产业提出了严峻挑战。

二、城市污水处理技术发展

1. 我国城市污水处理工艺的发展

我国城市污水处理技术从“七五”国家科技攻关开始逐步进行研究,“七五”和“八五”攻关项目在氧化塘、土地处理和复合生态系统等自然处理技术方面的研究较多。以这些成果为设计依据,建立了一些氧化塘、土地处理城市污水示范工程。在人工处理技术方面,“八五”对高负荷活性污泥、高负荷生物膜、一体化氧化沟技术进行了深入研究,引进、开发了A/B、A/A/O、A/O、B/C、SBR等处理工艺,研究成果已被应用于大批污水处理厂。城市污水厂污泥处置问题在“九五”科技攻关中受到重视,并配套开发成套的污泥处理技术。“九五”期间工艺技术研究重点为中小城镇简易、高效污水处理实用的成套技术,解决人工处理能耗高、自然处理占地大等问题。就工艺技术的广度而言,与国际上的差距已经缩小。目前在水污染治理技术上,已能提供下列技术的工艺参数:传统活性污泥法技术包括传统法、延时法、吸附再生法和各种新型活性污泥工艺,如:SBR、AB法和氧化沟技术等等;A-O法和A²-O技术;酸化(水解)-好氧技术;多种类型的稳定塘技术;土地处理技术等等,已经可以满足大多数城市污水治理的要求。

2. 城市污水处理技术问题讨论

从20世纪60~70年代,氧化沟和SBR工艺发展迅速,近年来成为我国城市污水处理厂占主导性的工艺。而曝气生物滤池和一级强化工艺是国际上20世纪80年代末、90年代初新开发的、具有发展潜力的高效城市污水处理工艺。城市污水处理新工艺—水解—好氧生物处理工艺是我国自主知识产权的工艺。我国在近年引进了很多国外的新工艺,建立了相当多的工程,这些工作是我国在城市污水处理领域的宝贵财富,应该对此进行系统的总结。但我国的污水处理技术研究以单项研究为主,且偏重于工艺研究,缺乏系统性、完整性,也缺乏综合性的比较研究和技术经济评价体系。这也是近年来,首先流行AB工艺,然后流行三沟氧化沟,以及其他形式的氧化沟,目前又在流行SBR工艺的原因所在。缺乏全面和综合比较能力,在很长的一段时间内国外的新技术和新产品就不断冲击国内市场,国产技术总是无法在市场上占有一席之地。从另一方面讲,目前我国城市污水处理厂普遍采用的工艺为普通活性污泥法、氧化沟法、SBR(间歇式活性污泥)法、AB法等,这与美国、德国等发达国家所采用的技术与工艺几乎处在同一水平上,被证明是行之有效的技术,但并不一定是先进的技术,特别不一定都适合我国的国情。

例如:目前国内大多采用国外引进的氧化沟、延时曝气的SBR等工艺。延时曝气是一种低负荷工艺,对于我国这样一个资源不足、人口众多的发展中国家,是否适合推广这种低负荷的活性污泥工艺是值得推敲的问题。低负荷的曝气池的池容和设备是中、高负荷活性污泥工艺的几倍,所以相应的投资要高数倍;延时曝气对污泥是采用好氧稳定的方法,其能耗比中、高负荷活性污泥要高40%~50%左右;能耗增加固然带来了直接运行费的增加,同时还要增加间接投资。据资料报道,目前每kW发电能力脱硫需要投资1000美元,则每万吨污水增加的脱硫投资需要70万元。如果按脱硫投资为电站投资的10%计,则增加的电厂投资为700万

元,这接近污水处理单位投资的50%。从可持续发展角度讲,采用延时曝气的低负荷工艺,如氧化沟工艺等等是不适合中国国情的。

城市污水污泥处理和处置方面,随着大量污水处理厂的投产,污泥产量将会大幅度增加。污泥厌氧消化的投资高,污泥处理费用约占污水处理厂投资和运行费用的20%~45%,并且污泥厌氧消化处理技术较复杂。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,有些根本就没有运行,这也是导致我国近年大量采用带有延时曝气功能的氧化沟等技术的原因。所以,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,今后我国城市污水工艺的进步在很大程度上取决于污泥处理和利用技术的进步。能否解决好污泥问题是污水净化成功与否的决定性因素之一。污泥最终处置,从我国具体情况来说,农用最为可行和现实的处置方案,考虑污泥堆肥和利用,是技术上可行、经济上有利的途径。

由于我国经济发展水平还较低,资金匮乏,投资力度不足等诸多因素,导致目前发达国家大批水处理环保企业以贷款方式,大举进入我国水处理环保市场。1988年以来,我国开放了城市基础设施的建设,给水排水利用外资建设项目共约200个,总金额达78亿美元。由于外资的利用,特别是利用了欧洲发达国家的政府贷款(只能用于购买贷款国的设备),虽然推动了一批现代化污水处理厂的建设,但是增加了工程投资(国外设备的价格一般是国内设备的4~6倍)和今后的日常维护费用(需要外汇更新配件),同时严重抑制了国内污水处理设备制造业的发展。在总体上,我国机电设备制造业经过适当重组、调整和改造是能够制造所需的污水处理成套设备的。目前,我国城市污水处理约90%来自于国际各种贷款,市场基本被国际各大公司所占领。

三、我国城市污水处理发展重点

水污染控制技术涉及到有关水处理技术研究开发、工程设计、工程实施、设备加工和运营管理等各个方面。从市场化和产业化的观点,水处理技术产业可以分为:1)工艺技术;2)工程和设备产业化;3)设施运营产业化等三个部分。我国下一步主要任务是在这三个方面进行重点发展。

1. 大力发展先进的水处理工艺技术

各类效率高、投入低、可达到一定治理深度的城市污水处理新技术,对于污染严重、资源短缺、经济尚不够发达的我国,尤其是绝大多数没有污水处理设施的17000多个建制镇,在一段时期内具有重要意义。因此,国家环保总局提出需要建立与我国现阶段国情相适应的、经济实用的先进工艺技术的示范工程。示范工程应该满足:吨水投资低,吨水造价控制在800元以下;吨水运行费控制在0.3元以下;在工程中采用国产化的设备,并且采用总承包和实施运营的机制。

为达到上述目标,需要在新工艺、新材料和高新技术的应用和示范上加大力度。众所周知,高效工艺可以大幅度降低污水处理的基建投资,比如目前国内延时曝气的氧化沟和SBR工艺一般在0.05~0.07kgBOD/m³·d,与中、高曝气池负荷(0.3~0.5kgBOD/m³·d)相差几倍甚至十倍,这样曝气池的投资也相应增加几倍甚至十倍。从新工艺角度讲,现有的物化-生化工艺、水解-好氧工艺、曝气生物滤池和高、中负荷的好氧工艺,以及厌氧-好氧处理技术等工艺都是有希望的新工艺,但需进一步完善。要在短期内

提高污水处理率,除了制定合理可行的产业技术经济政策、加大建设城市污水处理厂的投资力度外,必须依赖技术进步,尽快开展一些先进的污水处理工艺示范推广工作。

同样,新材料和新施工方法的利用可以降低工程造价。比如德国百乐卡(Biolack)技术,采用高密度聚乙烯作水处理的构筑物的防渗材料,降低了水处理构筑物的造价。在污水处理构筑物方面可以推广国外先进的制罐技术,如拼装式反应器。将处理构筑物设备化,以快速低耗的设备型式,提供成套城市污水处理的单元反应器设备;提高水处理设备的成套化和设备化,将完整工艺技术、成熟自控技术,以及严格的制造技术结合为一体,设计生产具有高科技含量的废水处理成套设备;

另外,高新技术特别是高度自动控制系统,使电气控制、仪表、计算机一体化,即监、控、管一体化是环保厂生产过程自动化的必然要求和发展趋势。污水处理厂自控程度的提高,给运行管理机制改变、基建费用的降低和运行成本减少带来一系列好处。根据国际上发展的趋势,大力发展我国的环保自控技术和设备,是提高我国的环保工程管理水平 and 处理设施稳定运行的根本保障。

2. 大力推进水处理技术和设备的产业化

水污染控制的实施要通过工程设施和技术装备来实现。当前水处理工程有以下特点:工程中设备和施工技术含量及投资比例不断提高,从而反映了水处理工程技术的设备化、产业化和市场化的趋势;工程市场已由传统的承包方式引入了国际通用的“Turnkey”总承包的运作方式。参与这种工程和设备总承包的“工程公司”在国际已是一个跨行业的产业。工程公司一般是具有系统设计、工程管理、设备集成、安装调试和运行培训的综合能力的大型公司,我国目前还缺乏这样具有综合能力的大型专业工程公司。

我国需要建立污水处理成套设备产业基地。对于不同规模和类型的城市污水处理厂,产业化发展目标是不一样的。

1) 超大型城市污水处理厂建设

污水量 ≥ 20 万 m^3/d 这一类的城市污水处理厂在全国总共不超过100个,但是占污水排放总量的30%~50%。虽然在90年代初期和目前正在建设的超大型项目已有一部分,由于项目的重要性和资金来源有保障,近期建设的重点仍然是这类污水处理厂。根据国内外的经验,对于超大型城市污水处理厂采用的工艺大多是比较成熟的传统活性污泥工艺,因此相关设备发展重点是大型污水处理厂的单项技术设备(特别是二级处理相关设备)。其中包括:

- (1) 大型自动格栅除污设备;
- (2) 各种成套除砂、洗砂设备;
- (3) 大型沉淀池刮吸泥设备;
- (4) 高效曝气设备;
- (5) 大型污水通用机械设备,如离心风机、污水泵等;
- (6) 大型浓缩、脱水一体化设备;
- (7) 污泥消化成套设备;
- (8) 沼气利用成套设备;
- (9) 配套的自控系统和仪器仪表等;
- (10) 污泥处理和处置成套设备,如堆肥、造粒装置等。

2) 大、中型城市污水处理厂建设

由于城市污水厂污泥采用厌氧消化处理技术,污泥厌氧消化的投资占污水处理厂投资的30%~40%,并且污泥厌氧消化处理

技术较复杂,这一问题一直没有能很好的解决。我国的污泥处理处置与利用起步晚,不论是科研开发,还是工程实践,均远远落后于发达国家和国内需求。因此根据大、中型城市污水处理厂的特点,近期众多城市采用低负荷氧化沟和SBR工艺,采用好氧稳定污泥的方法。对于中型污水处理厂的发展重点是对已基本掌握的氧化沟法和SBR等处理工艺技术加速推广,同时要加快这几种工艺的专用设备的国产化、规模化生产,形成从设计、设备制造、项目建设到运行管理的总体能力。要形成如下设备的生产能力:

- (1) 氧化沟的曝气设备 如转刷、转盘和表曝机;
- (2) 污泥浓缩、脱水一体化设备;
- (3) SBR工艺中的滗水器;
- (4) SBR专用曝气设备;
- (5) SBR自控设备。

3) 中、小城镇污水处理厂建设

对于我国大量的中、小城镇产生的污水量 ≤ 5 万 m^3/d 的小型城市污水处理厂,是我国水污染控制的重点和难点,是我国下一阶段三湖三河治理的重点。根据这一特点必须开发中小城镇适用的简易高效污水处理成套技术,重点要解决城市污水处理厂的三高问题,即投资高、电耗高和运行费用高。以水解-好氧生物处理工艺、曝气生物滤池等为代表的低耗、高效工艺可以满足这一需求。因此对于小型城市污水处理厂需要作如下工作:

- (1) 适用的简易、高效城市污水处理装置成套化;
- (2) 简易、高效城市污水处理装置的全自动化;
- (3) 污泥堆肥、造粒制肥技术成套化。

3. 大力鼓励水处理设施运营产业化

根据污水处理厂建设投资估算,今后城市污水处理厂的运营费用逐年增加,到2010年可以达到40亿元/年。污水处理设施的运营产业化涉及两个层次的问题,一是传统的技術服务的范围不断扩展。由于环境法规健全和执法力度的加强,对于水处理设备运行的达标率和完好率要求更高,因此技术要求的时效性不断加强,同时随着社会主义市场经济的发展,BOT方式的引入在水处理领域也会逐步打破传统甲、乙方概念,产生甲、乙方角色互换,导致了类似于物业管理型的技术服务需求,这对技术服务提出了更高层次的要求。因此,技术服务范围的扩展、要求的加强和形式的更新等一系列变化,导致技术服务市场内涵的扩大。二是随着甲、乙方角色互换,资金筹措的方式发生了改变。计划经济导致目前绝大多数污水处理厂的现状是:由政府投入巨额资金或利用外国政府贷款建设,建成后多为事业单位编制,运行经费由政府有关部门核定拨给,相当一部分污水处理厂运行费用严重不足。这使污水处理厂的良好运行、投资回收、资金还贷等没有保证,甚至出现了即使“有钱建”也“无钱养”的局面。

采用BOT投资方式有利于降低工程投资、提高污水处理厂的运行管理水平,同时还能大大减轻地方政府的经济压力,并加快基础设施建设步伐,满足全社会对公共工程和基础设施的需求。金融业也进入了水污染控制市场,今后各种基金、上市公司、投资公司和银行的加速投入,将加剧这一市场的竞争,但无疑会促进水污染控制市场的成熟和发展。因此,水污染控制市场具有设备化、专业化、资本化和开放性的特点,从事水污染控制的研究、设计和生产部门要适应这种产业化形式。

参考文献:(略)