

研究报告

论我国城市污水厂建设和处理技术的发展方向

Trends of Municipal Sewage Plant Construction and Treatment Technology in China

沈耀良 (苏州城建环保学院环保系, 苏州 215008)

王宝贞 (哈尔滨建筑大学环境工程系, 哈尔滨 150001)

摘要 在分析我国城市污水处理厂建设和发展现状的基础上, 结合目前城市建设和经济发展的现状及趋势, 提出了我国今后城市污水处理厂建设和处理技术的几点主要发展方向: 一是合理规划、分期建设以二级处理为目标的集中型城市污水处理厂; 二是因地制宜推广应用低投资、低能耗、与生态处理相结合的具有深度处理功能的半自然化及新型处理工艺; 三是积极开展中水道技术的研究和应用。

关键词 城市污水厂 建设 处理技术 发展方向

Abstract Based on the analysis of the municipal sewage plant construction status and according to the present economical development situation in China, this paper put forward several main trends in municipal sewage plant construction and wastewater treatment technology development of this country, i. e. The construction of centralized sewage plant aiming at secondary biological treatment by stages through reasonable planning; Application of half-natural ecological treatment systems which possessing tertiary treatment capacity of low investment and low energy consumption; Carrying out research and application of wastewater regeneration technology actively.

Key words Municipal sewage plant Construction Treatment technology Development trends

1 前言

城市污水处理设施的建设是现代化城市经济发展和水资源保护不可缺少的组成部分。目前, 我国面临的水污染问题十分严重。据统计, 截止 1993 年, 我国有各类城市污水处理厂 117 座, 其中一级污水处理厂占 28.15%, 二级污水处理厂占 71.85%, 设计日处理能力为 544 万 m^3/d 左右, 其实际处理能力不足我国目前城市污水日排放量 (350~360 亿 m^3) 的 5%^{[1][2]}。我国现有工业废水处理装置 5500 多套, 其有效投资仅占总投资的

31.3%, 废水处理率仅为 20%~30%, 其中处理达标率为 38%。实际上绝大部分废水未经适当处理或不加任何处理而直接排入各类水体, 使我国 82% 的江河湖泊受到了不同程度的污染, 不仅破坏了水体的使用价值, 加剧了我国水资源的短缺, 而

沈耀良 副教授, 学院环保系系主任, 在职博士, 本刊编委
王宝贞 教授, IAWPRC 理事, 美国土木工程师学会客座顾问, 本刊编委

(收稿日期 1996-02-01)

表1 我国城市污水厂的处理规模及所占比例^{*}

处理规模(万 m ³ /d)		0.3~1.0	1.0~5.0	5.0~10.0	>10.0 [*]
所占	~1984年	34.8	43.5	11.2	10.5
比例	1985年后	22.6	34.2	26.6	16.6
(%)	平均值	28.7	38.85	18.9	13.55

* 1985年以前污水处理厂为38座 1985年以后污水处理厂为79座

表2 我国城市污水二级处理工艺的类型及其数量

处理工艺类型		AS [*]	BF [*]	CO [*]	OP [*]	OD [*]	其它 ^{**}
数	~1984年	16	1	1	—	—	—
量	1985年后	58	—	—	4	4	8

* AS—活性污泥法 BF—生物滤池 CO—接触氧化法 OP—氧化塘 OD—氧化沟

** 包括A/O A²/O AB及人工湿地等处理工艺

且造成了400亿元/年的直接经济损失。近十年来我国在水污染控制方面采用了一定的措施,加快了城市污水处理设施的建设步伐,使水污染在某些方面得到了一定程度的控制和缓解^[2]。随着我国城市化率的不断提高,全国的污水排放量仍在以每年6.5%左右的速度增长。预计到2000年,城市污水年排放量将达700亿m³以上^[3]。

2 我国城市污水处理厂建设和发展的基本情况

城市污水二级生物处理是我国目前和今后相当长时间内城市污水处理的一种主体方法。近十年来,我国城市污水处理设施建设的速度明显加快,处理规模趋于大中型化,工艺类型不断增多,处理等级更是向普及二级化发展。例如,1985年以前,我国仅有城市污水处理厂38座,处理规模为0.4~26万m³/d,其中一级处理和二级处理各占50%;1985年以后,污水处理厂增加了近80座,处理规模为0.3~50万m³/d,一级处理和二级处理分别占6.3%和93.7%。表1列出了1985年前后污水处理厂规模的比例,表2列出了1985年前后二级污水处理工艺类型及污水厂的数量。

由表1和表2可以看出,活性污泥法仍是我国城市污水处理的主体工艺。城市污水厂的建设不仅在向处理规模的大中型化和处理等级的二级化方向发展,而且在向处理工艺的多样化和自然化方向发展。近年来不少污水处理厂还引进国外技术采用先进的处理工艺(如山东泰安污水处理厂和青岛海泊河污水处理厂等采用的AB工艺、广州大坦沙污水处理厂和广州从化县污水处理厂等采用的A/O及A²/O工艺等),使我国的城市污水处理有向深

度化(脱氮除磷)和自动化方向发展的趋势。80年代中期后,我国还开始了对人工湿地等污水土地处理系统的应用研究,并已有如深圳白泥坑人工湿地处理系统等工程实例。

3 我国城市污水厂建设和处理技术的发展方向

近十年来我国城市污水处理厂的建设无论在数量、规模,还是在等级、工艺类型等方面都有了明显的发展,但随着我国城市化率的不断提高(目前我国的城市化率为14.16%,预计到2000年将提高到20%以上,到2010年将达到35%^[4])及城市污水排放量的不断增加,污水的总体处理能力仍在5%~6%左右徘徊,某些地区出现了较为严重的水体富营养化问题,因而水污染的控制,尤其是城市水污染控制仍是我国的当务之急。90年代初,我国政府制定了到2000年使城市污水处理率达20%~30%、工业废水处理率达84%、城市排污设施普及率达70%的水污染控制总体规划目标^[5]。这一目标的实现,无疑将大大缓解水污染对环境造成的巨大压力,缓解我国的水资源短缺问题,有利于国民经济的可持续发展。

3.1 合理规划、分期建设以二级处理为目标的城市污水处理厂

城市污水处理厂是防止城市水环境污染和保证经济可持续发展的重要基础设施,而污水的生物处理则是解决水污染的有效途径。美国每10 000人有一座污水处理厂,瑞典和法国每5 000人有一座污水处理厂,英国和德国每7 000~8 000人有一座污水处理厂,所采用的污水处理工艺80%以上是以传统或阶段曝气方式运行的活性污泥法。目

前,我国城市每 150 万人左右才有一座污水处理厂,且存在污水处理厂建设有效投资利用率及处理出水达标率低的问题。因此,加快城市污水处理厂建设的步伐、提高治污投资的使用效益,是我国目前急需解决的问题。

城市污水处理厂的建设必须合理规划。国内外对城市污水是集中处理还是分散处理的问题已经形成共识,即污水的集中处理应是城市污水处理厂建设的长期规划目标。结合不同的城市布局、发展规划、地理水文等具体情况,对城市污水厂的建设进行合理规划、集中处理,不仅能保证建设资金的有效利用率、降低处理能耗,而且利于区域或流域水污染控制的协调管理及水体自净容量的充分利用。长期以来,我国许多地方采用分散或单项处理的方式,造成了人力物力的极大浪费,而且治理效果得不到保证。例如,目前上海市有污水处理厂 25 座,处理规模为 $0.44 \sim 13.4$ 万 m^3/d ,日处理总量占全市污水排放总量的 3%,并没有达到有效治理的目的。

城市污水处理厂的大型化,不仅可降低处理单位水量的基建投资、便于管理,同时还可以降低单位水量的处理成本。图 1 所示为污水厂规模与处理

合评判,合理地确定污水厂的规模及其位置,不宜片面地强调大型化。我国目前的城市污水处理厂正朝大中型化的方向发展,应加以严格管理,统筹兼顾,以充分发挥大中型污水厂的优势。

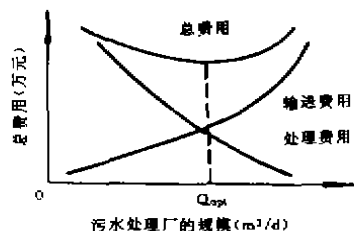


图 2 污水厂规模与总费用的关系

城市污水处理厂的分期建设是适合我国现阶段发展和城市水污染控制的有效途径。国外如美国、日本、英国等,70 年代和 80 年代在污水处理方面的投资分别占国民生产总值(GNP)的 0.29%~0.55%和 0.53%~0.88%,我国则仅为 0.002%~0.003%^[1],差距甚大。建设二级污水处理厂是我国水污染控制的主导方向,但要在短期内建设一大批二级生物污水集中处理厂是不现实的。资料和有关运行的实际经验表明,城市污水一级处理的建设费用和运转费用一般分别为二级处理厂的 30%左右和 50%左右,通过一级处理后的 BOD_5 和 SS 去除率分别为 20%~40%和 50%~70%。因而在近期内先进行一级处理,到时机成熟后建设二级处理工艺符合国情。国外的有益经验是值得借鉴的。如美国许多城市的污水处理在 70 年代前有 90%~99%采用的是一级处理(其投入的建设资金仅为二级处理的 25%~33%),进入 70 年代后才逐步完善了二级处理,收到了很好的社会环境效益。以我国目前的 117 座城市污水厂为例,若先建设一级处理工艺,则在投入基建经费相同的情况下,污水处理能力可达目前的 3~4 倍。 BOD_5 的总去除量可与目前持平,SS 的去除量则将大大超出目前的水平。环境效益是十分明显的,运转费用的节省也是显而易见的。

从长远看,我国城市污水处理厂建设的主导方向是污水的二级生物处理。随着水体富营养化问题的出现及日趋严重,对处理出水中氮、磷的要求越来越严。资料表明^[1],目前我国大淡水湖泊中,洞庭湖、镜泊湖、博斯腾湖、太湖、洪泽湖、巢湖及滇池等

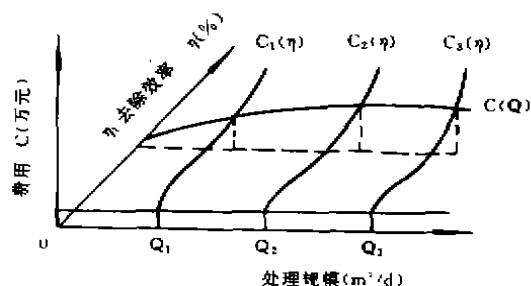


图 1 污水厂规模与处理费用的关系

费用之间的关系曲线。由图可知,随处理规模(Q)的增加,单位污水处理的费用将降低(即图中的 $C(Q)$ 曲线的斜率随 Q 的增加而变小)。也就是说,在污水处理总量相同的情况下,建造较大规模的污水厂进行集中处理的费用要比建造多个小规模污水厂进行分散处理的费用低。但污水处理厂建设的规模还须结合污水输送费用加以考虑。因为集中处理和分散处理在费用方面是相互制约的,若污水厂的规模过大过于集中,下水道系统的建设费用将急剧增加(如图 2 所示)。因而应通过技术经济指标的综

表3 深圳白泥坑人工湿地系统与其它污水处理厂的经济比较

工程名称	深圳某厂	蛇口某厂	珠海某厂	海南某厂	人工湿地系统
总投资(万元)	3 300	—	1 500	574	42.9
单位污水投资额(元/m ³)	660	—	833	574	138
单位污水处理费用(元/m ³)	>0.20	>0.20	>0.20	0.20	≈0.02
年运转费用(万元)	>100	>100	>100	36.5	≈2.0

均已受到氮、磷等营养物的普遍污染,城市内湖如玄武湖、淀山湖和大明湖等也发生了富营养化问题。因而国内也越来越重视城市污水的三级处理。由于污水的三级处理所需的费用较为昂贵,去除单位数量污染物的运转费用随去除要求的提高而直线上升,远高于二级处理(如图3所示),使得在近期内普遍实施三级处理是不可能的。进行城市污水的三级处理应因地制宜,并结合当地的财政能力、城市性质、水体功能和污染现状加以综合考虑,有条件 and 必需的地区可适当建设城市污水三级处理厂。我国的大部分地区在今后相当长的时间内,都应当以二级处理为主要目标,可不必考虑三级处理。

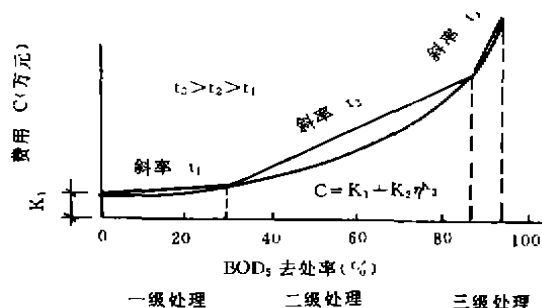


图3 污水处理费用与处理等级的关系

3.2 因地制宜推广应用低投资、低能耗、与生态处理相结合的具有深度处理功能的半自然化及新型处理工艺

我国目前的城市污水处理工艺与80年代中期以前相比,已发生明显的变化。近年来,除传统的活性污泥法仍将作为一种主体处理工艺得到应用外,一批低投资、低能耗与生态处理相结合的具有深度处理功能的半自然化及新型处理工艺如氧化塘、人工湿地及AB等工艺也在不断地得到应用。应该说因地制宜地应用这些工艺是比较符合我国目前国情的。我国目前经济基础比较薄弱,技术管理人员的总体素质还不高,另一方面随着城市建设速度的

不断加快,城市用地将越来越紧张,在城市内部建设大规模的污水处理厂已变得十分困难。而氧化塘、人工湿地等半自然化的生物处理工艺由于其较低的运行管理要求和较低的基建运转费用,在国外得到了广泛的应用。若不考虑征地费用,氧化塘和人工湿地的基建费用分别为其它人工二级处理工艺的10%~25%和10%~50%,而运转费用均为人工二级处理的10%左右。表3所列深圳白泥坑人工湿地处理系统与其它污水处理厂的经济比较^[7]。此外,通过综合利用,还可使氧化塘和人工湿地处理系统具有良好的除磷脱氮和难降解有机污染物的处理功能,具有良好的缓冲和耐冲击负荷的能力。

氧化塘在国外的应用相当广泛,目前已有数以千计座在运行之中。我国在氧化塘的研究和应用方面也已有了成功的经验,如齐齐哈尔氧化塘、鸭儿湖氧化塘等,业已为城市混合污水的处理发挥了较好的作用。在氧化塘的应用过程中,须结合各地的不同情况,在具有使用价值不大的旧河道、洼地、河滩、沼泽、山谷等地的地区,可优先考虑采用此处理技术。在对水质要求较为严格的地区还应考虑将氧化塘与植物塘等结合应用,通过食物链的作用对污水进行较为高级的处理,使其既获得一定的经济显效益,又获得良好的环境潜效益。此外,在氧化塘的应用过程中,还应注意气候条件对其净化功能的影响。在寒冷地区,可采用冬季贮存夏季处理的方法以保证处理效果。

自80年代中期以来,我国在人工湿地处理技术的研究和应用方面取得了一定的进展。这种以植物种植(以芦苇为主)和填料床相结合的处理工艺,不仅具有良好的BOD₅、SS去除效果,而且还有较高的N、P去除效果(对TN和TP的去除效果分别可达60%和90%^[8]),因而具有三级处理的功能。这种处理工艺尤其适合于我国目前广大中小城镇的城市污水处理。

我国一些城市已开始应用新型的AB污水生

物处理工艺,这是一种运转灵活、效果稳定、具有除磷脱氮功能、并在基建投资和运转费用方面与传统生物处理工艺具有竞争力的处理技术。对此工艺的应用和分析研究表明,AB工艺的基建投资可比传统工艺节省15%~25%,运转费用可节省15%~25%。对我国某地的一座规模为20 000 m³/d的AB法污水处理厂的投资和运转费用的综合分析表明,基建投资节省15.72%,运转费用节省16.8%^[8]。此外,AB工艺运转灵活,可以通过不同运行方式的组合达到不同的处理要求,便于污水厂的分期建设。主要表现在A段对BOD₅的去除率可高达60%~70%,对SS的去除率可达85%以上。由于AB工艺中B段曝气池的容积要比传统工艺中的曝气池容积节省45%左右,因而具有更强的处理能力。国外许多污水处理厂均采用AB工艺对超负荷运行的老厂进行改造,国内也有这方面的实际例子。因此,在我国近期内发展以传统活性污泥法为主体处理工艺的同时,应结合具体情况,在一定范围内研究和应用诸如AB等新工艺。国外城市污水的BOD₅(300~450 mg/L)与我国(150~250 mg/L)存在一定的差异,因而在AB工艺的应用中,应结合我国城市污水的水质及超负荷运行老厂的实际情况,进行合理的工艺设计和对老厂改造。王宝贞教授在对德国众多AB法污水厂考察的基础上指出,低有机物浓度下AB工艺的特性是我国应用AB工艺中的主要研究方向之一。

3.3 积极开展中水道技术的研究和应用

随着我国城市化率的不断提高及大中型基础设施的建设,用水的供需矛盾日益突出,城市污水的排放量与日俱增,因而为控制城市污水对受纳水体的污染,不能仅依靠增加污水处理厂的数量和扩大处理规模,为保护有限的水资源、防止水体水质的进一步恶化,我们必须采取控制与节流并举的方法。中水道技术即是节流的一种有效的方法。实际经验表明,每人每天直接用于饮用的水量一般不超过5升,人均日用水量在300~350升之间,甚至更高,而饮用水仅占其1/70~1/60。绝大部分用水消耗在食物和衣物的洗涤、厕所冲洗、地面冲洗、冷却和公共绿地及道路的喷洒等方面,其中不直接接触人体的各种杂用水占总用水量的50%以上,这些杂用水对水质的要求较低。若采用中水道系统对杂用水进行适当的处理后加以回用,可节省30%

~50%左右的用水量,减轻对城市污水处理厂的压力。中水道技术在日本的应用十分广泛。90年代初,日本已有中水道设施844套,每日回用水量达11.3万m³,美国在1975年的中水利用量就已占总取水量的38.7%,此后以每年4%~5%的速度递增^[11]。目前我国对中水道技术的研究和应用尚处于起步阶段,深圳、北京和广州等地已有应用实例,但发展速度较慢。采用中水道技术对大型公共建筑物或居民区的杂用水进行简易的处理后加以回用,将产生良好的社会环境效益。污水资源化工程已被列入我国“九·五”水工业的示范工程之一^[11]。

4 结语

污水厂的建设须根据不同城市的总体规划目标、水污染及水资源的现状,合理确定规模及其位置。应首先考虑污水的集中处理,尽量避免小而全的分散处理方式,以便于运行管理和水污染防止的统一规划,使水污染的控制由点源控制向面源控制方向发展,另一方面应根据不同地区的经济状况合理确定污水厂建设的分期问题。在资金尚较缺乏而污染又较重的地区,可考虑先建具有一定规模的一级处理或建设AB工艺中的A段处理设施,以缩短建设周期、提高投资的有效利用率,经济状况好转后再上二级处理。污水处理技术仍应以活性污泥二级生物处理为主导方向,同时因地制宜地应用高效低耗、与生态处理相结合且具有深度处理功能的半自然化处理技术,注意引进国外新的污水处理技术,积极开展中水道技术的研究和应用工作,使我国城市水污染的防治走上控制与节流并举的轨道。

5 参考文献

- 1 周国成. 给水排水, 1995, 21(2): 46
- 2 刊物编辑部. 给水排水, 1994, 20(8): 46
- 3 袁铭道. 工业节水减污, 中国环境科学出版社, 1992
- 4 刘维成. 给水排水, 1994, 20(6): 45
- 5 中国环境报, 1992. 8. 4(第三版)
- 6 钱 易等. 现代废水处理新技术, 中国科学技术出版社, 1993
- 7 胡康萍等. 上海环境科学, 1991, 10(9): 41
- 8 吴晓磊. 环境科学, 1995, 16(3): 83
- 9 龚 辉等. 环境科学与技术, 1992, (3): 32
- 10 纪任旺. 西南给排水, 1995, (5): 10
- 11 建设部科技司. 给水排水, 1995, 21(5): 31