

我国城市污水处理的有效措施

王 琳¹, 杨鲁豫², 王宝贞¹

(1. 哈尔滨工业大学, 哈尔滨 150006; 2. 建设部, 北京 100835)

摘要:我国水环境污染和水资源短缺,促进了污水处理厂的建设。而污水处理工艺在很大程度上决定了污水处理厂的投资、基建费用、用地和运行管理费用。文章介绍了我国现有污水处理厂的工艺、投资和运行费用。结合我国的基本国情,提出了建立经济有效的处理工艺的措施。

关键词:污水处理; 基建投资; 运行费用; 处理工艺

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-1264(2001)01-0050-03

Effective Strategy of Municipal Wastewater Treatment in China

WANG Lin¹, YANG Lu-yu², WANG Bao-zhen¹

(1. Harbin Institute of Technology, Harbin 15006, China; 2. Ministry of Construction, Beijing 100835, China)

Abstract: Water environmental pollution and water resource shortage in China promote the construction of wastewater treatment plants. In the most extend, the treatment processes play a very important role on total investment, such as capital cost, land area occupation, operation and management cost. Based on the processes employed in the present wastewater treatment plants, the operation cost and capital cost, the strategy on economic and effective treatment processes are provided according to situation in China.

Key words: wastewater treatment; capital cost; operation cost; treatment processes

我国未经处理直接排的污水造成水环境污染,已经威胁了人民的生存。截止到 1999 年 5 月,全国建成污水处理厂 398 座,处理率为 29.65%。城建系统内 187 座,处理率 16.18%。根据预测到 2050 年城市需水量将达到 2 070 亿 m³,同时城市将增加 850 亿 m³ 的污水排放量,污水排放量将高达 1 200 亿 m³[1]。需新建污水处理厂 1000 余座,每座污水处理厂的处理能力为 50000-60000 m³/d,约需投资 750-900 亿元,运行管理费 75-90 亿元/年(污水处理厂二级处理程度的投资 2 925 元/(m³·d))开发能有效处理污水,并且投资省,运行费用低的工艺已经成为国内外水处理界急需解决的问题。如每座污水处理厂的投资能减少 20%-30%,则每座污水处理厂的投资减少 585-877.5 元/(m³·d)。总投资减少 165-247.5 亿元。

1 现有污水处理厂的工艺与费用

在 1999 年 5 月统计的 205 座污水处理厂的工艺情况如表 1 所示。

表 1 二级污水处理厂工艺统计

工艺	活性污泥法	A/O	A ² /O	氧化沟	接触氧化	AB	氧化塘
数目	43	13	12	17	2	4	3

从 205 座污水厂的资料分析,污水处理部分

占总投资的 60%,占总用地的 25%,污泥处理部分占总投资约 20%,占总用地 17%,辅助建筑及其它占总投资的 16%,占总用地 53%左右。其中各单元情况如表 2 所示:

表 2 各项建筑占总投资及用地的比例[2]

项目	粗格栅及进水泵房	沉砂池	初沉池	曝气池	二沉池	污泥消化系统	综合楼	总平面布置
占总投资%	6.61	1.22	6.27	15	12.55	20	6.86	11
占总用地%	1.14	0.59	3.43	8.5	8.6	17-20	3.7	40以上

城市污水处理厂规模大于 10 万 t/d,建设投资在 1994 年以前少于 1000 元/m³·d,而 1994 年以后大于 1000 元/(m³·d),用地为 0.5-1.9 hm²/(m³·d)(平均 0.887)。不同类型的污水处理厂差别较大,其统计情况如表 3 所示。

从污水处理厂投资和占地来看,工艺型式对投资和造价的影响很大。美国 EPA 对不同生物处理工艺的基建和运行费用的分析比较结果表明,当处理规模分别为:3 785 m³/d 和 37 850 m³/d 时,氧化沟建设投资分别为传统活性污泥法的 60%-80%。运行费用超出活性污泥法的 40%。表 4 为我国采用氧化沟工艺的污水处理厂的费用情况。

从氧化沟的费用和投资情况看,除去 1994 年前的费用较低外。1994 年后的 5 万 t 以上的水厂吨水的投资为:1 100-1 300 元/t。而小于 5 万 t

的水厂的投资在 1 700—5 000 元/t。可见,氧化沟工艺以大于 5 万 t 的费用更经济。

表 3 不同类型的污水处理厂的投资和用地(10 万 m³/d 以上)

厂名、工艺、处理能力和投产日期	单位投资额	单位用地面积
南宁琅东 AS 10, 1999	1 820	1.4
青岛团岛 A ² O 10, 1998	3 200	1
沈阳北部 AS & A/O 40, 1998	1 492.5	0.825
合肥王小郢 OD 15, 1998	1 222.80	1
深圳罗芳 AB 10, 1998	2 500	
中山污水厂 A ² /O 10, 1998	3 200	1
西安北石桥 DE 15, 1998	1 190.44	1.27
济南污水厂 AS 22, 1998	1 386.36	0.735
唐山东郊 OD 15, 1997	1 200	0.456
昆明第 3 污水厂 ICEAS 15, 1997	1 258	0.822
桂林第 4A ² /O 10, 1996	840	0.288
保定污水厂 A ² /O 10, 1996	1 481.25	1
昆明第 2 污水厂 A ² /O 10, 1996	1 338.17	1.173
佛山镇安 A/O 10, 1995	2 355.27	1.953
徐州污水厂 AS 10, 1994	1495.46	1.44
西安污水厂 AS 12, 1958	225	0.865
天津纪庄子 AS 26, 1984	333.53	1.06
深圳滨河 AS & AB 30, 1984	1 110	0.46
上海龙华 AS 10.5, 1986	390.47	0.53
太原杨家堡 AS 16.64, 1986	335.33	0.92
广州大坦沙 A ² /O 30, 1989	1 273.33	0.51
邯郸市东 OD 10, 1991	545	0.54
成都污水厂 AS 14, 1991	1 013	1.02
淄博污水厂 AB 14, 1992	1 364.29	1.143
青岛海泊河 AB 12, 1993	1 158.33	1.083
石家庄桥西 AS 16, 1993	956.25	1.062 5
高碑店 AS 50, 1993	1 048	1.36
天津东郊 AS 40, 1993	550	0.75
长沙第 2 污水厂 OD 14, 1994	355.7	0.212

表 4 采用氧化沟工艺的污水处理厂

处理厂	投产日期	处理规模(万 m ³ /d)	投资总额(万元)	占地面积(hm ² /万 t)	电耗(KWH/m ³)	处理费用(元/m ³)
唐山东郊	1997	15	1 200	0.456	0.23	0.32
合肥王小郢	1998	15	1 223	1	0.3	0.35
西安北石桥	1998	15	1 190	1.27	0.39	0.41
邯郸市东	1991	10	545	0.54	0.24	0.28
枣庄市污水厂	1997	7	1 145	0.96	0.28	0.543
昆明滇池	1991	5.5	600	1.64	0.3	0.3
南通市污水厂	1992	5	1 327	1.34	0.3	0.5
苏州新区污水厂	1993	4	1 296	1.95	0.28	1.18
常熟城北污水厂	1998	3	5000	1.06	0.13	1.5
福州开发区	1998	3	2 023	1.533	0.35	0.65
深圳蛇口	1999	3	1 667	1	0.33	0.8
珠海香洲	1994	3	2 418	1.2	0.223	0.37
南海市桂成	1989	2.5	1 400	0.8	0.33	0.41
浙江慈溪	1993	1	2 620	2.67	0.65	1.055
合肥琥珀山庄	1993	0.4	1000	1.825	0.3	0.6

2 污水处理流程的主要改进措施

在污水处理工艺流程上,要尽量缩短流程,减少处理构筑物数量,既能减少基建费用,占地面积和费用,也能减少运行费用。

2.1 取消初沉池

我国大多数城市因多种原因(如设置化粪池,污水管道内渗严重,给水浪费等)使污水有机物浓度低, BOD₅ ≤ 100 mg/L。设置初沉池,一般能削减 BOD₅ 负荷 30% 左右,使其后的曝气池难以维持正常运行;由于有机碳源的亏缺,更难于进行生物脱氮除磷。对于有机物浓度低的污水处理厂,取消初沉池能充分利用有限的碳源,提高出水水质,简化处理流程,节省基建投资和运行管理费用。广州大坦沙污水处理厂,利用超越管,取消了初次沉淀池,将曝气池内的曝气量由原设计的 8:1 改为 2:1。改造后,电耗仅为:0.19 kW·h/m³ 运行成本为:0.349 元/m³,完全成本为:0.4 元/m³ 污水。

2.2 曝气池中宜于采用节能的工艺

在曝气池中采用如 A/O(厌氧/好氧或缺氧/好氧)或 A/A/O(厌/缺/好氧工艺),在节省部分能耗的同时,还能达到部分去除氮、磷和改善活性污泥沉淀效果。

2.3 不同形式的强化一级处理,以采用不加化学沉淀的工艺为宜^[2]

目前采用一级处理工艺的污水处理厂大都建厂较早,例如:北京市八仙桥污水处理厂,建于 1958 年,处理规模 1.2 万 m³/d,主要处理工艺为:沉砂池和双层沉淀池。呼和浩特市辛辛板污水处理厂,1988 年 7 月投入运行。处理能力 5 万 m³/d,工艺为:曝气沉砂池和平流沉淀池(沉淀时间 1.5 h)出水达不到二级排放标准。也有一些新建的一级处理厂,考虑到出水不达标,采用排入深海的办法。例如:青岛市麦岛污水处理厂,处理能力 10 万 m³/d,1997 年 6 月建成,经一级沉砂池后经提升泵排入深海。深圳市南山水质净化厂,处理能力 73.2 万 m³/d,1989 年 11 月建成,经一级处理后通过排海管,排入 -10.0 m 深海。对于一级处理出水尤其是预处理出水排入深海的方式应采取审慎的态度,因为我国近海为大陆架构造,海水浅,稀释能力差;长期排入海的废水中的各种毒害物质在海水的食物链中富集,最终危害人体。

采用化学沉淀的强化一级处理,不仅能将 BOD₅ 和 COD 的去除率从普通一级处理的 30% 左右提高到 50%—60%,而且能将磷减少至 1 mg/L 以下,缺点是化学沉淀污泥脱水性能不好,体积大,难以处理和处置。

最好采用不加化学沉淀的强化一级处理技术。例如:在曝气沉砂池之后(合建或分建)加设

短水力停留时间($HRT \leq 30 \text{ min}$)曝气池,初沉池污泥回流至曝气池。回流到曝气池中的沉池污泥在好氧条件下进行活化,对污水中的有机物有较强的生物吸附能力和良好的沉淀性能,混合液进入沉淀池后能达到较高的固/液分离效率,可使 BOD_5 的去除率达到50%–60%,SS去除率达到80%以上。

2.4 短HRT(0.5–1 h)的接触氧化处理工艺^[3]

山西省一些采用二级串联接触氧化法污水处理厂的设计与运行成功经验值得推广。太原市杨家堡污水净化厂,采用二级接触氧化法,1975年投产。服务面积 21 hm^2 ,投资总额322万元,占地面积 2 hm^2 。电耗为: $0.2 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 污水,运行成本为: $0.544 \text{ 元}/\text{m}^3$ 污水,完全成本 $0.544 \text{ 元}/\text{m}^3$ 污水。而1984年建成的大同市污水处理厂,采用常规活性污泥法,处理规模 $3 \text{ m}^3/\text{d}$ 。服务面积 25 hm^2 ,投资总额560万元,占地面积 6.43 hm^2 。电耗为: $0.79 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 污水,运行成本为: $0.44 \text{ 元}/\text{m}^3$ 污水,完全成本 $0.66 \text{ 元}/\text{m}^3$ 污水。前者曝气池的体积比接触氧化池大10几倍。采用这种工艺的污水处理厂,其基建费要比相同规模的活性污泥法节省一倍以上,电耗仅为活性污泥法的30%–40%,这种处理工艺值得在中小型污水处理厂中推广应用。

2.5 采用AB法中的A段处理工艺^[3]

在预处理之后设置短HRT的曝气池($HRT \text{ 30–40 min}$),在适宜的高负荷($F/M = 0.5–2.0 \text{ kgBOD}_5/\text{kgMLSS}$)工作,后接沉淀池,其去除 BOD_5 的效率可达50%–60%,去除SS达80%–85%。

2.6 采用HRT短的淹没式生物膜法工艺^[3]

淹没式生物膜法,包括固定式载体生物膜和悬浮载体生物膜,如:Linpor, Biostyr等,在80年代中期随着新型填料和载体的出现,由于优势的性能被广泛用于污水处理中。在与常规的活性污泥法相比,淹没式生物膜法的水力停留时间短,二沉池出水水质好,SS、 BOD_5 、COD和 $\text{NH}_3\text{–N}$ 的去除效率高,剩余污泥量相当少,大大降低了处理、处置及运行维护费用。

2.7 取消氯化消毒

二级出水仍含有较多的SS和 BOD_5 、COD,投氯并不能有效杀灭病原菌,杀来病毒和病原原生动植物,反而会形成大量的有机氯化物,排放水体后会造成污染。因此德国许多污水处理厂,如鲁尔河协会的100余座污水处理厂,均不采用出水投

氯消毒的方法,而采用最后净化塘进行杀菌,多级串联塘的细菌总数去除率高达99.99%–99.9999%。加拿大、瑞士等一些污水处理厂,为了保护受纳水体的生态环境,用紫外线灭菌技术。

3 采用新技术和新工艺

膜生物反应器是生物反应器(如活性污泥法曝气池)与膜分离设备的组合,形成一元化设备,同时对污水进行生物处理和固/液分离^[4,5]。在这些膜生物反应器中一般使用微滤膜(MF)和超滤膜(UF)来阻留生物反应器中的生物体(污泥)取代二沉池,实行固/液分离。这一处理系统的主要运行优点是,出水水质不依靠混合液的沉淀性能,不会因任何运行失误而使出水中含有悬浮固体。由于活性污泥不必沉淀,使得这种生物反应器可在高的生物体浓度($MLSS \text{ 20000–30000 mg/L}$)和长的污泥逗留时间($SRT \text{ 50–360 d}$)等特定条件下运行。

在长的SRT下运行,可使污泥中增殖硝化细菌对污水进行硝化和部分反硝化处理,使污泥本身发生好氧消化,而使剩余污泥产量比常规活性污泥法减少50%–80%。装有中空纤维微滤膜装置的生物反应器,可以由此取代二次沉淀池和污泥消化池。在高的生物量水平下运行,生物反应器比具有相同处理能力的普通生物反应器小4–7倍,或者已有的普通生物反应器(如活性污泥法曝气池),使用膜工艺后可提高处理能力4–7倍,而不必增加基建投资,使运行更为简便。

参考文献

- [1] Baozhen Wang, Lin Wang and Luyu Yang, Case studies on pond eco-systems for wastewater treatment and utilization in China, World marketing series, Global Water And Wastewater Technology, 1999: 64–71.
- [2] 赵恩海,朱文亭,我国污水处理的发展趋势[J],城市环境与城市生态,2000,13(4):39–41
- [3] 王宝贞,李高奇,王琳,淹没式生物膜法的运行实验研究[J],中国给水排水,2000,13(6):55–59
- [4] T. Stephenson and K. Briendle, Membrane bioreactors – dual processing in one unit operation, World marketing series, Business briefing, 1999: 164–169;
- [5] Zenon Municipal International, Advanced Membrane systems for municipal wastewater treatment, ISO 9002 – 87, Sept. 002946, CANADA, 1996;

作者简介:王琳(1966–),女,哈尔滨市人,博士,哈尔滨工业大学市政环境工程学院副教授,发表论文30余篇,专著2部。