

○ XIAOCHENGZHEN

○ WUSHUI CHULI

○ SHEJI JI GONGCHENG SHILI

小城镇污水处理 设计及工程实例

李亚峰 夏怡 曹文平 等编著

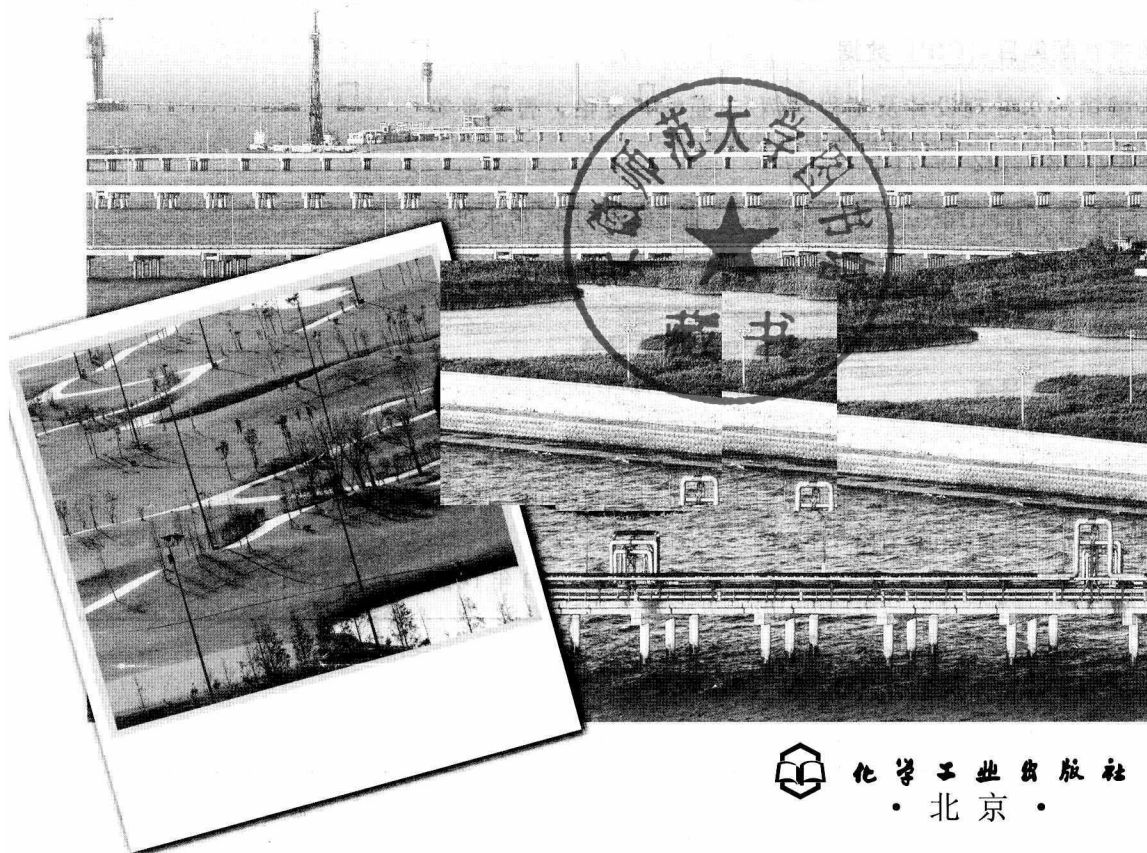


化学工业出版社

○ XIAOCHENGZHEN
○ WUSHUI CHULI
○ SHEJI JI GONGCHENG SHILI

小城镇污水处理 设计及工程实例

李亚峰 夏怡 曹文平 等编著



化学工业出版社
· 北京 ·

本书是一本专门针对小城镇污水介绍其处理工艺与工程的图书，主要介绍了小城镇污水的特点、小城镇污水处理常用的工艺系统、小城镇污水处理构筑物的设计计算、小城镇污水处理厂的设计及计算例题、小城镇污水处理厂工程实例。本书可作为从事给水排水工程建设、设计、施工、管理和研究人员的参考书，也可以作为高等学校给水排水工程专业、环境工程专业及相关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

小城镇污水处理设计及工程实例/李亚峰, 夏怡, 曹文平等
编著. —北京: 化学工业出版社, 2010.12
ISBN 978-7-122-09771-2

I. 小… II. ①李…②夏…③曹… III. 城市污水-污水处理
IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 207382 号

责任编辑: 左晨燕
责任校对: 战河红

文字编辑: 汲永臻
装帧设计: 杨 北

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 12 1/2 字数 308 千字 2011 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

前 言

随着我国小城镇数量和人口数量迅速增加，小城镇的污水排放量也不断增长。目前小城镇生活污水排放量已经达到约 2 亿吨，约占全国生活污水排放总量的 70%。但小城镇污水处理设施建设却远远落后于城镇建设的发展，小城镇生活污水处理率很低。小城镇污水的任意排放，严重地污染了周围的水环境，也阻碍了小城镇经济的快速发展。因此，小城镇的污水治理已成为我国水污染控制的重点。

小城镇污水水量小、水量变化剧烈、水质复杂、波动大，同时小城镇基础设施条件差、建设与运行资金短缺、自然环境差别较大，因此，小城镇污水处理不能完全照搬城市的污水处理技术。而我国小城镇污水处理工作起步较晚，尚无成熟的经验，移植、借鉴、开发适合小城镇的经济、高效、节能和简便易行的小城镇污水处理技术是当务之急。

本书以小城镇污水工艺选择、处理构筑物的设计计算、工程实例为重点，介绍适用于小城镇污水处理的技术与工艺，包括近几年污水处理厂采用较多的新技术和新工艺，并结合例题介绍各种工艺及处理构筑物的计算方法，同时介绍 20 余种不同工艺的小城镇污水处理工程实例。本书可作为从事给水排水工程建设、设计、施工、管理和研究人员的参考书，也可以作为高等学校给水排水工程专业、环境工程专业及相关专业教师 and 学生的教学参考书。

本书第 1 章至第 5 章由李亚峰、夏怡编著；第 6 章、第 7 章由曹文平、李亚峰编著；第 8 章的工程实例由（按姓氏笔画）王文光、刘佳、冯成军、吕春华、李旭东、李亚峰、张婷、武娇一、赵艳红、蒋岚岚、薛军、魏忠庆编著。全书最后由李亚峰统编定稿。

由于编者知识水平有限，对于书中缺点和不妥之处，请读者不吝指教。

编著者

2010 年 7 月

目 录

第 1 章 总论	1	2.3.1 初沉池设计的一般规定	34
1.1 小城镇污水处理的现状	1	2.3.2 平流式沉淀池的设计与计算	34
1.1.1 小城镇污水的特点	1	2.3.3 竖流式沉淀池的设计与计算	38
1.1.2 小城镇污水的处理现状及面临的问题	2	第 3 章 小城镇污水二级生物处理工艺及其设计计算	42
1.2 小城镇污水的排放标准	3	3.1 A_1/O 污水生物处理技术	42
1.2.1 污水的主要污染指标	3	3.1.1 A_1/O 法的基本原理及工艺流程	42
1.2.2 水污染物排放标准	6	3.1.2 A_1/O 法的工艺设计	42
1.3 适用于小城镇污水处理的工艺系统	9	3.2 A_2/O 污水生物处理技术	46
1.3.1 一级及一级强化处理工艺系统	9	3.2.1 A_2/O 法的基本原理及工艺流程	46
1.3.2 二级生物处理工艺系统	9	3.2.2 A_2/O 法的工艺设计	47
1.3.3 氧化塘	12	3.3 A^2/O 污水生物处理技术	49
1.3.4 人工湿地	13	3.3.1 A^2/O 法的基本原理及工艺流程	49
1.4 小城镇污水的再生利用	13	3.3.2 A^2/O 法的工艺设计	49
1.4.1 小城镇污水再生利用的用途	13	3.4 氧化沟活性污泥法	51
1.4.2 污水再生利用水质标准	14	3.4.1 氧化沟的基本工艺流程及基本原理	51
1.4.3 小城镇污水再生利用及深度处理工艺系统	16	3.4.2 氧化沟的类型及原理	52
1.5 小城镇污水处理厂污泥的处理与处置	17	3.4.3 氧化沟的工艺设计	56
1.5.1 污泥的减量化、稳定化和无害化处理	17	3.5 序批式活性污泥法及变形工艺	64
1.5.2 污泥的最终处置和利用	17	3.5.1 序批式活性污泥法的工艺流程及基本原理	64
第 2 章 小城镇污水一级处理构筑物的设计与计算	20	3.5.2 序批式活性污泥法的变形工艺	65
2.1 格栅的设计计算	20	3.5.3 序批式活性污泥法的工艺设计	66
2.1.1 格栅的分类与构造	20	3.6 生物接触氧化法	71
2.1.2 格栅的选择	21	3.6.1 生物接触氧化法的基本原理及工艺流程	71
2.1.3 格栅的设计与计算	21	3.6.2 生物接触氧化法的工艺设计	71
2.2 沉砂池的设计计算	24	3.7 二次沉淀池的设计	73
2.2.1 沉砂池的作用与分类	24	3.7.1 二次沉淀池的两项负荷	73
2.2.2 沉砂池设计的一般规定	24	3.7.2 二次沉淀池的设计流量	73
2.2.3 平流式沉砂池的设计与计算	25	3.7.3 池边水深的建议值	74
2.2.4 竖流式沉砂池的设计与计算	27	3.7.4 二次沉淀池的污泥区容积	74
2.2.5 圆形涡流式沉砂池的设计与计算	29	第 4 章 氧化塘处理技术	75
2.2.6 多尔沉砂池的设计与计算	30	4.1 氧化塘的类型与结构	75
2.2.7 曝气沉砂池的设计与计算	32	4.1.1 概述	75
2.3 初沉池的设计计算	33	4.1.2 类型	75
		4.1.3 构造	76

4.2 氧化塘的净化原理及工艺流程	76	7.3.1 污水处理厂的平面布置	126
4.2.1 氧化塘的净化原理	76	7.3.2 污水处理厂的高程布置	126
4.2.2 氧化塘处理系统工艺流程	78	第8章 工程实例	128
4.3 氧化塘的工艺设计	79	8.1 宜兴市徐舍污水处理厂(“改良型 C- AAO+D 型滤池”工艺)	128
4.3.1 好氧塘的设计	79	8.1.1 工程概况	128
4.3.2 兼性塘的设计	81	8.1.2 设计进出水水质	128
4.3.3 厌氧塘的设计	84	8.1.3 工艺流程	128
4.3.4 曝气塘的设计	85	8.1.4 主要构筑物及设计参数	129
第5章 人工湿地污水处理技术	90	8.1.5 运行效果及讨论	131
5.1 人工湿地的类型与构造	90	8.2 宜兴市丁蜀镇尹家村生活污水处理工程 (膜生物反应器-生态处理工艺)	131
5.1.1 人工湿地的基本结构	90	8.2.1 工程概况	131
5.1.2 人工湿地的类型	91	8.2.2 设计进出水水质	131
5.2 人工湿地的净化机理	93	8.2.3 工艺流程	132
5.2.1 悬浮固体物质的去除	93	8.2.4 主要构筑物及设计参数	132
5.2.2 有机物的去除与转化	93	8.2.5 运行效果及讨论	133
5.2.3 氮的去除与转化	94	8.3 内蒙古阿荣旗那吉镇污水处理厂 (Orbel 氧化沟工艺)	134
5.2.4 磷的去除与转化	94	8.3.1 工程概况	134
5.2.5 难降解有机化合物的去除	94	8.3.2 设计水质	134
5.2.6 病原菌的去除与转化	94	8.3.3 工艺流程	134
5.2.7 金属的去除与转化	94	8.3.4 主要构筑物及设计参数	135
5.2.8 其他有机化合物的去除与转化	94	8.4 本溪市南芬区污水处理厂(折流 淹没式生物膜法)	139
5.3 人工湿地的工艺设计	95	8.4.1 工程概况	139
5.3.1 工艺设计参数	95	8.4.2 设计水质	139
5.3.2 工艺设计	95	8.4.3 工艺流程	139
5.3.3 人工湿地设计的其他问题	97	8.4.4 主要构筑物及设计参数	139
第6章 污泥处理与处置系统的设计 计算	100	8.5 黑山县污水处理厂(A ₁ /O-人工 湿地工艺)	142
6.1 污泥浓缩	100	8.5.1 工程概况	142
6.1.1 重力浓缩池的设计与计算	100	8.5.2 设计水质	142
6.1.2 气浮浓缩池的设计与计算	103	8.5.3 工艺流程	142
6.2 污泥厌氧消化	106	8.5.4 主要构筑物及设计参数	143
6.2.1 消化池的结构形式与配套设备	107	8.6 于洪沙岭污水处理厂(A ² O+高密度 沉淀池+滤池工艺)	144
6.2.2 消化池的容积计算	108	8.6.1 工程概况	144
6.2.3 加热设备及计算	109	8.6.2 设计水质	144
6.3 污泥脱水	113	8.6.3 工艺流程	145
6.3.1 机械脱水	113	8.6.4 主要构筑物及设计参数	145
6.3.2 污泥干化场	119	8.7 内蒙古牙克石污水处理厂[百乐克 (BIOLAK)工艺]	148
第7章 小城镇污水处理厂的设计	122	8.7.1 工程概况	148
7.1 小城镇污水厂设计内容与深度要求	122		
7.1.1 初步设计文件内容与深度	122		
7.1.2 施工图设计文件内容与深度	124		
7.2 小城镇污水处理厂厂址选择	125		
7.3 小城镇污水厂的总体布置	126		

8.7.2	设计水质	148	8.14	沈阳化学工业园污水处理厂（厌氧-好氧生物接触氧化工艺）	173
8.7.3	工艺流程	148	8.14.1	工程概况	173
8.7.4	主要构筑物及设计参数	149	8.14.2	设计水质	174
8.7.5	运行效果及讨论	150	8.14.3	工艺流程	174
8.8	欧陆风情小镇污水处理厂工程（带填料的 A^2/O 工艺）	150	8.14.4	主要构筑物及设计参数	174
8.8.1	工程概况	150	8.15	抚顺新宾镇污水处理厂（CAST 工艺）	176
8.8.2	设计水质	150	8.15.1	工程概况	176
8.8.3	工艺流程	151	8.15.2	设计水质	176
8.8.4	主要构筑物及设计参数	151	8.15.3	工艺流程	176
8.8.5	运行效果及讨论	153	8.15.4	主要构筑物及设计参数	176
8.9	泰宁县污水处理厂（改良氧化沟工艺）	154	8.16	阜新市清河门区污水处理厂（ A^2/O +砂滤罐深度工艺）	179
8.9.1	工程概况	154	8.16.1	工程概况	179
8.9.2	设计水质	154	8.16.2	设计水质	179
8.9.3	工艺流程	154	8.16.3	工艺流程	179
8.9.4	主要构筑物及设计参数	155	8.16.4	主要构筑物及设计参数	180
8.9.5	运行效果及讨论	157	8.17	清原镇污水处理厂（CAST 工艺）	181
8.10	沈北新区新城子污水处理厂（改良 A^2/O +深度处理工艺）	158	8.17.1	工程概况	181
8.10.1	工程概况	158	8.17.2	设计水质	181
8.10.2	设计水质	158	8.17.3	工艺流程	181
8.10.3	工艺流程	158	8.17.4	主要构筑物及设计参数	182
8.10.4	主要构筑物及设计参数	159	8.18	盘锦市盘山县污水处理厂（缺氧-好氧-人工湿地工艺）	184
8.10.5	运行效果及讨论	162	8.18.1	工程概况	184
8.11	沈阳造化污水处理厂（氧化沟型的 A^2/O +深度处理工艺）	162	8.18.2	设计水质	184
8.11.1	工程概况	162	8.18.3	工艺流程	184
8.11.2	设计水质	162	8.18.4	主要构筑物及设计参数	185
8.11.3	工艺流程	162	8.19	沈阳市浑南人工湿地示范工程（垂直流人工湿地）	186
8.11.4	主要构筑物及设计参数	163	8.19.1	工程概况	186
8.11.5	运行效果及讨论	166	8.19.2	设计水质	186
8.12	抚顺永陵镇污水处理厂（二级生物接触氧化工艺）	166	8.19.3	工艺流程	187
8.12.1	工程概况	166	8.19.4	主要构筑物及设计参数	187
8.12.2	设计水质	166	8.19.5	运行效果	188
8.12.3	工艺流程	167	8.20	沈阳市满堂河污水生态处理工程（一级强化-水平潜流人工湿地）	190
8.12.4	主要构筑物及设计参数	167	8.20.1	工程概况	190
8.13	北镇污水处理厂（ A_1/O 脱氮工艺）	171	8.20.2	设计水质	190
8.13.1	工程概况	171	8.20.3	工艺流程	190
8.13.2	设计水质	171	8.20.4	主要构筑物及主要设备	191
8.13.3	工艺流程	171	8.20.5	运行效果及讨论	192
8.13.4	主要构筑物及设计参数	171	参考文献	193	

第 1 章 总 论

1.1 小城镇污水处理的现状

小城镇一般是指建制镇政府所在地，具有一定的人口、工业、商业的聚集规模，是当地农村、社区的政治、经济和文化中心，并具有较强的辐射能力。由于小城镇与周围村庄关系密切，所以也常简称“村镇”。

改革开放以来，我国城镇化进程加快，1978~2000 年建制镇由 2178 个增至 20312 个，目前各种规模和性质的小城镇已近 48000 个。目前我国的城镇化率已达 30.4%。有关专家预测，未来 10 年我国将有 1.5 亿~2 亿农村人口转移到城市，2020 年城市化率将达到 50%。目前我国建制镇人口大多在 0.3 万~1 万人，污水量大多集中在 2000~5000t/d。

随着小城镇城市化进程的加快，村镇人口不断集中，乡镇企业迅速发展，城镇污水排放量也不断增加。然而，由于过去“重建设，轻环保”的旧观念，城镇基础设施建设远远落后于城镇建设的发展，缺乏必要的污水收集系统和污水处理设施，污水无序乱流，不仅严重污染了水环境，而且给小城镇饮用水安全和居民生存环境构成严重威胁，制约了经济发展及城镇可持续发展。近年来在国家逐步解决了大中城市以及部分县城污水处理问题以后，小城镇污水处理的重要性开始引起人们广泛的关注。小城镇污水能否处理好，能否找到高效、低投入的城镇污水处理新技术，将直接关系到我国小城镇人民生活水平的提高，关系到我国环境状况和可持续发展的战略。

1.1.1 小城镇污水的特点

小城镇排放的污水一般由居民日常生活、小型餐饮服务、小型轻工业和手工业生产以及公共卫生服务设施排放的污水组成；污染物质主要有 SS、COD、BOD、总氮、总磷、动植物油和粪大肠菌群。小城镇排放的污水水质和水量受地区生活习惯、经济发展水平及设施完善程度的不同而有一定差异。

小城镇排放的污水有以下几个特点。

(1) 人口少，用水量标准较低，污水处理规模小。小城镇污水处理规模多集中在 2000~5000m³/d，一般不超过 20000m³/d。

(2) 排水纳污面积小，污水量少，因此变化系数大，进水水质、水量波动都较大，在选择污水处理工艺时需要选择耐冲击的污水处理工艺。

(3) 多数小城镇的工业废水、生活污水合流排放，且由于受到小城镇经济条件的制约，部分工业企业超标排放，给水质造成一定冲击。

(4) 所在城市的发展可能出现跳跃式的发展，近期污水量比较少，规划远期污水量较大。

(5) 粪便水占排放污水比例大，生活污水中尽管含的粪便量不大，但却是严重的污染源。目前粪便污水的去向：一是清运到郊区或蔬菜基地作肥料，二是经城市下水管道排放。

对于小城镇家庭厕所分为老式旱厕和新式水厕。新式水厕对于粪便污水采取全部排放方式。老式旱厕比较复杂：有排放的，有清运的，而有的则有时排放有时清运。而旱厕中清运的只占 30%，其余 70%的旱厕粪便则以污水引入下水道排走。这样每天数十吨乃至数百吨粪便污水由下水道排入江河，严重地污染了江河的水质，给人民的健康造成了很大的影响。

(6) 污水、雨水没有完全分流，收集的污水还带有一定的雨水入流和地下水的入渗，水质浓度偏低。表 1-1 是一些中小城镇的污水水质情况。

表 1-1 部分中小城镇的污水水质特性 单位：mg/L

中小城镇		SS	BOD ₅	COD	TN	NH ₄ ⁺ -N	TP
黑龙江	大庆乘风庄	78.1~168.5	46.3~89.4	112.1~205.6	23.2~28.6	15.6~23.4	4.5~7.3
	绥化城关镇	118.2~213.4	86.2~102.1	207.3~235.6	25.7~32.5	21.2~28.9	5.1~8.4
	安达城关镇	103.2~185.3	112.6~36.5	234.6~311.8	35.6~48.7	30.2~36.9	5.6~9.1
山东	广饶城关镇	158.6~290.3	86.3~125.1	183.1~313.2	39.6~36.8	18.4~24.5	3.2~6.8
	东营西城	56.4~89.5	36.4~74.5	83.5~154.3	26.5~31.4	16.4~24.2	3.9~7.2
	胶州城关镇	268.5~389.5	223.4~356.7	458.3~693.1	50.3~62.4	32.5~43.1	4.9~10.5
广东	番禺石桥镇	61.4~142.6	43.2~80.1	89.4~135.2	8.4~38.3	22.5~31.2	3.8~7.8
	佛山镇安	55.4~96.5	38.6~73.2	78.5~146.8	27.5~32.3	20.6~28.4	4.5~7.2
内蒙古	集宁市城关镇	180.5~255.3	78.4~110.2	486.3~210.5	29.2~36.4	21.2~26.5	4.6~8.2
河南	嵩山城关镇	121.5~156.3	68.2~102.1	150.1~232.4	—	18.6~23.2	4.5~7.5

1.1.2 小城镇污水的处理现状及面临的问题

1.1.2.1 小城镇污水的处理现状

由于经济条件、技术水平、管理模式等因素的限制，截止到“十一五”规划之前，我国的水污染控制工作重点放在了城市生活污水和工业废水处理上，而针对小城镇和农村污水处理工作的进程十分缓慢。2007 年末，全国县城只有不到 1/4 建设了污水处理厂，生活污水处理率低于 25%。这两年我国针对县城地区污水处理基础设施的建设已经全面启动，生活污水处理率有望大幅度提高。但我国小城镇污水处理设施严重滞后，约 95%以上的小城镇未建设污水处理设施，生活污水处理率不足 10%。

在污水设施建设滞后的同时，污水收集情况也非常差，排水管网面积普及率只有 40%~60%，不少小城镇没有系统的排污管道，只有明渠或简单的排水设施。

由于我国小城镇生活污水得不到有效的处理，因此，给小城镇自身的水体环境造成严重的污染。目前，我国 90%以上小城镇的水体环境均受到不同程度的污染，78%的城镇河段不宜作饮用水源，50%的城镇地下水受到污染。

1.1.2.2 小城镇污水处理面临的问题

(1) 我国小城镇大部分没有污水治理专项规划，部分城镇仅仅在总体规划上简单地进行描述或在总体规划上有个污水处理厂位置的选择，一般没有污水收集系统规划，导致污水处理规模存在一定程度的不确定性。

(2) 小城镇污水处理工艺设计标准、规范不配套。我国现有的《污水处理工程项目建设标准》最小规模在 1 万~5 万 m³/天，而部分小城镇污水处理规模在 1 万 m³/天以下，所以现有设计规范标准不配套，给设计带来了一定的不确定性。

(3) 小城镇污水水质受工业污水的冲击大，部分工业企业以已交纳污水处理费为由超标、超总量排污，而小城镇污水处理厂难以接纳。据全国城市污水处理厂运行调查 COD 浓度超标的占 40%，总磷、总氮超标占 60%，已成为主要污染因素。这给小城镇污水处理厂

的设计运行带来了一定难度。

(4) 污水收集管网建设滞后, 雨污不分, 生活与工业污水不分, 使污水处理厂系统的整体效率低下, 处理难以达标。

(5) 没有针对小城镇特点认真研究和采用相适应的处理工艺和设计参数, 而是延用和照搬大、中型规模城市污水处理工艺及设计参数, 造成工程投资和运行费用过高。

(6) 建设运行经验不足, 技术力量薄弱, 导致部分污水处理厂建成后难以正常运行。

(7) 小城镇污水处理缺乏资金来源。小城镇污水处理工程建设往往使当地主管部门“望而生畏”, 因为小城镇污水处理工程建设缺乏资金来源。个别地方存在污水处理厂建成后, 没有资金维持运行的情况, 导致虽建有污水处理厂但污水仍未经处理直接排放。

(8) 污水处理厂污泥处理问题严重。小城镇污水处理厂的污泥最终处理往往不落实, 一些污水处理厂随意堆放污泥, 无害化处理能力不足, 使污水处理厂本身成为污染区。

1.2 小城镇污水的排放标准

1.2.1 污水的主要污染指标

污水的污染指标是用来衡量水在使用过程中被污染的程度, 也称污水的水质指标。下面介绍最常用的几项主要水质指标。

1.2.1.1 生物化学需氧量 (BOD)

生物化学需氧量 (BOD) 是一个反映水中可生物降解的含碳有机物的含量及排到水体后所产生的耗氧影响的指标。它表示在温度为 20°C 和有氧的条件下, 由于好氧微生物分解水中有机物的生物化学氧化过程中消耗的溶解氧量, 也就是水中可生物降解有机物物稳定化所需要的氧量, 单位为 mg/L 。BOD 不仅包括水中好氧微生物的增长繁殖或呼吸作用所消耗的氧量。还包括了硫化物、亚铁等还原性无机物所耗用的氧量, 但这一部分的所占比例通常很小。BOD 越高, 表示污水中可生物降解的有机物越多。

污水中可降解有机物的转化与温度、时间有关。在 20°C 的自然条件下, 有机物氧化到硝化阶段、即实现全部分解稳定所需时间在 100d 以上, 但实际上常用 20°C 时 20d 的生化需氧量 BOD_{20} 近似地代表完全生化需氧量。生产应用中仍嫌 20d 的时间太长, 一般采用 20°C 时 5d 的生化需氧量 BOD_5 作为衡量污水有机物含量的指标。

1.2.1.2 化学需氧量 (COD)

尽管 BOD_5 是城市污水中常用的有机物浓度指标, 但是存在分析上的缺陷: ①5d 的测定时间过长, 难以及时指导实践; ②污水中难生物降解的物质含量高时, BOD_5 测定误差较大; ③工业废水中往往含有抑制微生物生长繁殖的物质, 影响测定结果。因此有必要采用 COD 这一指标作为补充或替代。化学需氧量 (COD) 是指在酸性条件下, 用强氧化剂重铬酸钾将污水中有机物氧化为 CO_2 、 H_2O 所消耗的氧量, 用 COD_{Cr} 表示, 一般写成 COD, 单位为 mg/L 。重铬酸钾的氧化性极强, 水中有机物绝大部分 (约 $90\%\sim 95\%$) 被氧化。化学需氧量的优点是能够更精确地表示污水中有机物的含量, 并且测定的时间短, 不受水质的限制。缺点是不能像 BOD 那样表示出微生物氧化的有机物量。另外还有部分无机物也被氧化, 并非全部代表有机物含量。

城市污水的 COD 一般大于 BOD_5 , 两者的差值可反映废水中存在难以被微生物降解的有机物。在城市污水处理分析中, 常用 BOD_5/COD 的比值来分析污水的可生化性。当

$BOD_5/COD > 0.3$ 时, 可生化性较好, 适宜采用生化处理工艺。

1.2.1.3 悬浮物 SS

悬浮固体是水中未溶解的非胶态的固体物质, 在条件适宜时可以沉淀。悬浮固体可分为有机性和无机性两类, 反映污水汇入水体后将发生的淤积情况, 其含量的单位为 mg/L 。因悬浮固体在污水中肉眼可见, 能使水浑浊, 属于感官性指标。

悬浮固体代表了可以用沉淀、混凝沉淀或过滤等物化方法去除的污染物, 也是影响感观性状的水质指标。

1.2.1.4 pH 值

酸度和碱度是污水的重要污染指标, 用 pH 值来表示。它对保护环境、污水处理及水工构筑物都有影响, 一般生活污水呈中性或弱碱性, 工业污水多呈强酸或强碱性。城市污水的 pH 呈中性, 一般为 $6.5 \sim 7.5$ 。pH 值的微小降低可能是由于城市污水输送管道中的厌氧发酵; 雨季时较大的 pH 值降低往往是城市酸雨造成的, 这种情况在合流制系统尤其突出。pH 值的突然大幅度变化不论是升高还是降低, 通常是由于工业废水的大量排入造成的。

1.2.1.5 总氮 TN、氨氮 NH_3-N 、凯氏氮 TKN

(1) 总氮 TN 为水中有机氮、氨氮和总氧化氮(亚硝酸氮及硝酸氮之和)的总和。有机污染物分为植物性和动物性两类: 城市污水中植物性有机污染物如果皮、蔬菜叶等, 其主要化学成分是碳(C), 由 BOD_5 表征; 动物性有机污染物包括人畜粪便、动物组织碎块等, 其化学成分以氮(N)为主。氮属植物性营养物质, 是导致湖泊、海湾、水库等缓流水体富营养化的主要物质, 成为废水处理的重要控制指标。

(2) 氨氮 NH_3-N 氨氮是水中以 NH_3 和 NH_4^+ 形式存在的氮, 它是有机氮化物氧化分解的第一步产物。氨氮不仅会促使水体中藻类的繁殖, 而且游离的 NH_3 对鱼类有很强的毒性, 致死鱼类的浓度在 $0.2 \sim 2.0 mg/L$ 之间。氨也是污水中重要的耗氧物质, 在硝化细菌的作用下, 氨被氧化成 NO_2^- 和 NO_3^- , 所消耗的氧量称硝化需氧量。

(3) 凯氏氮 TKN 是氨氮和有机氮的总和。测定 TKN 及 NH_3-N , 两者之差即为有机氮。

1.2.1.6 总磷 TP

总磷是污水中各类有机磷和无机磷的总和。与总氮类似, 磷也属植物性营养物质, 是导致缓流水体富营养化的主要物质。受到人们的关注, 成为一项重要的水质指标。

1.2.1.7 非重金属无机物质有毒化合物和重金属

(1) 氰化物(CN) 氰化物是剧毒物质, 急性中毒时抑制细胞呼吸, 造成人体组织严重缺氧, 对人的经口致死量为 $0.05 \sim 0.12 g$ 。

排放含氰废水的工业主要有电镀、焦炉和高炉的煤气洗涤, 金、银选矿和某些化工企业等, 含氰浓度约 $20 \sim 70 mg/L$ 之间。

氰化物在水中的存在形式有无机氰(如氢氰酸 HCN、氰酸盐 CN^-)及有机氰化物(称为腈, 如丙烯腈 C_2H_3CN)。

我国饮用水标准规定, 氰化物含量不得超过 $0.05 mg/L$, 农业灌溉水质标准规定为不大于 $0.5 mg/L$ 。

(2) 砷(As) 砷是对人体毒性作用比较严重的有毒物质之一。砷化物在污水中存在形式有无机砷化物(如亚砷酸盐 AsO_2^- 、砷酸盐 AsO_4^{3-})以及有机砷(如三甲基胂)。三价砷的毒性远高于五价砷, 对人体来说, 亚砷酸盐的毒性作用比砷酸盐大 60 倍, 因为亚砷酸盐

能够和蛋白质中的硫反应，而三甲基砷的毒性比亚砷酸盐更大。

砷也是累积性中毒的毒物，当饮水中砷含量大于 0.05mg/L 时就会导致累积。近年来发现砷还是致癌元素（主要是皮肤癌）。工业中排放含砷废水的有化工、有色冶金、炼焦、火电、造纸、皮革等行业，其中以冶金、化工排放砷量较高。

我国饮用水标准规定，砷含量不应大于 0.04mg/L ，农田灌溉标准是不高于 0.05mg/L ，渔业用水不超过 0.1mg/L 。

1.2.1.8 重金属

重金属指原子序数在 21~83 之间的金属或相对密度大于 4 的金属。其中汞（Hg）、镉（Cd）、铬（Cr）、铅（Pb）毒性最大，危害也最大。

（1）汞（Hg）汞是重要的污染物质，也是对人体毒害作用比较严重的物质。汞是累积性毒物，无机汞进入人体后随血液分布于全身组织，在血液中遇氯化钠生成二价汞盐累积在肝、肾和脑中，在达到一定浓度后毒性发作，其毒理主要是汞离子与酶蛋白的硫结合，抑制多种酶的活性，使细胞的正常代谢发生障碍。

甲基汞是无机汞在厌氧微生物的作用下转化而成的。甲基汞在体内约有 15% 累积在脑内，侵入中枢神经系统，破坏神经系统功能。

含汞废水排放量较大的是氯碱工业，因其在工艺上以金属汞作流动阴电极，以制成氯气和苛性钠，有大量的汞残留在废盐水中。聚氯乙烯、乙醛、醋酸乙烯的合成工业均以汞作催化剂，因此上述工业废水中含有一定数量的汞。此外，在仪表和电气工业中也常使用金属汞，因此也排放含汞废水。

我国饮用水、农田灌溉水都要求汞的含量不得超过 0.001mg/L ，渔业用水要求更为严格，不得超过 0.0005mg/L 。

（2）镉（Cd）镉是一种典型的累积富集型毒物，主要累积在肾脏和骨骼中，引起肾功能失调，骨质中钙被镉所取代，使骨骼软化，造成自然骨折，疼痛难忍。这种病潜伏期长，短则 10 年，长则 30 年，发病后很难治疗。

每人每日允许摄入的镉量为 $0.057\sim 0.071\text{mg}$ 。我国饮用水标准规定，镉的含量不得大于 0.01mg/L ，农业用水与渔业用水标准则规定要小于 0.005mg/L 。

镉主要来自采矿、冶金、电镀、玻璃、陶瓷、塑料等生产部门排出的废水。

（3）铬（Cr）铬也是一种较普遍的污染物。铬在水中以六价和三价 2 种形态存在，三价铬的毒性低，作为污染物质所指的是六价铬。人体大量摄入能够引起急性中毒，长期少量摄入也能引起慢性中毒。

六价铬是卫生标准中的重要指标，饮用水中的浓度不得超过 0.05mg/L ，农业灌溉用水与渔业用水应小于 0.1mg/L 。

排放含铬废水的工业企业主要有电镀、制革、铬酸盐生产以及铬矿石开采等。电镀车间是产生六价铬的主要来源，电镀废水中铬的浓度一般在 $50\sim 100\text{mg/L}$ 。生产铬酸盐的工厂，其废水中六价铬的含量一般在 $100\sim 200\text{mg/L}$ 之间。皮革鞣制工业排放的废水中六价铬的含量约为 40mg/L 。

（4）铅（Pb）铅对人体也是累积性毒物。据美国资料报道，成年人每日摄取铅低于 0.32mg 时，人体可将其排除而不产生积累作用；摄取 $0.5\sim 0.6\text{mg}$ ，可能有少量的累积，但尚不至于危及健康；如每日摄取量超过 1.0mg ，即将在体内产生明显的累积作用，长期摄入会引起慢性中毒。其毒理是铅离子与人体内多种酶络合，从而扰乱了机体多方面的生理

功能,可危及神经系统、造血系统、循环系统和消化系统。

我国饮用水、渔业用水及农田灌溉水都要求铅的含量小于 0.1mg/L。

铅主要含于采矿、冶炼、化学、蓄电池、颜料工业等排放的废水中。

1.2.1.9 微生物指标

污水生物性质的检测指标有大肠菌群数(或称大肠菌群值)、大肠菌群指数、病毒及细菌总数。

(1) 大肠菌群数(大肠菌群值)与大肠菌群指数 大肠菌群数(大肠菌群值)是每升水样中所含有的大肠菌群的数目,以个/L计;大肠菌群指数是查出 1 个大肠菌群所需的最少水量,以毫升(mL)计。可见大肠菌群数与大肠菌群指数是互为倒数,即

$$\text{大肠菌群指数} = \frac{1000}{\text{大肠菌群数}} (\text{mL}) \quad (1-1)$$

若大肠菌群数为 500 个/L,则大肠菌群指数为 $1000/500=2\text{mL}$ 。

大肠菌群数作为污水被粪便污染程度的卫生指标,原因有两个:①大肠菌与病原菌都存在于人类肠道系统内,它们的生活习性及在外界环境中的存活时间都基本相同,每人每日排泄的粪便中含有大肠菌约 $10^{11} \sim 4 \times 10^{11}$ 个,数量大大多于病原菌,但对人体无害;②由于大肠菌的数量多,且容易培养检验,但病原菌的培养检验十分复杂与困难。故此,常采用大肠菌群数作为卫生指标。水中存在大肠菌,就表明受到粪便的污染,并可能存在病原菌。

(2) 病毒 污水中已被检出的病毒有 100 多种。检出大肠菌群,可以表明肠道病原菌的存在,但不能表明是否存在病毒及其他病原菌(如炭疽杆菌)。因此还需要检验病毒指标。病毒的检验方法目前主要有数量测定法与蚀斑测定法两种。

(3) 细菌总数 细菌总数是大肠菌群数,病原菌,病毒及其他细菌数的总和,以每毫升水样中的细菌菌落总数表示。细菌总数愈多,表示病原菌与病毒存在的可能性愈大。因此用大肠菌群数、病毒及细菌总数 3 个卫生指标来评价污水受生物污染的严重程度就比较全面。

1.2.2 水污染物排放标准

小城镇污水处理的水质目标和污水处理程度是选择污水处理方法、流程的依据。

目前,我国城镇污水处理厂污染物的排放均执行由原国家环境保护总局和国家技术监督检验总局批准发布的《污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)。该标准是专门针对城镇污水处理厂污水、废气、污泥污染物排放制定的国家专业污染物排放标准,适用于城镇污水处理厂污水排放、废气的排放和污泥处置的排放与控制管理。根据国家综合排放标准与国家专业排放标准不交的原则,该标准实施后,城镇污水处理厂污水、废气和污泥的排放不再执行综合排放标准。

该标准将城镇污水污染物控制项目分为两类:

第一类为基本控制项目,主要是对环境产生较短期影响的污染物,也是城镇污水处理厂常规处理工艺能去除的主要污染物,包括 BOD、COD、SS、动植物油、石油类、LAS、总氮、氨氮、总磷、色度、pH 和粪大肠菌群数共 12 项,一类重金属汞、烷基汞、镉、铬、六价铬、砷、铅共 7 项。

第二类为选择控制项目,主要是对环境有较长期影响或毒性较大的污染物,或是影响生物处理、在城市污水处理厂又不易去除的有毒有害化学物质和微量有机污染物如酚、氰、硫化物、甲醛、苯胺类、硝基苯类、三氯乙烯、四氯化碳等 43 项。

该标准制定的技术依据主要是处理工艺和排放去向,根据不同工艺对污水处理程度和受纳水体功能,对常规污染物排放标准分为三级:一级标准、二级标准、三级标准。一级标准分为A标准和B标准。一级标准是为了实现城镇污水资源化利用和重点保护饮用水源的目的,适用于补充河湖景观用水和再生利用,应采用深度处理或二级强化处理工艺。二级标准主要是以常规或改进的二级处理为主的处理工艺为基础制定的。三级标准是为了在一些经济欠发达的特定地区,根据当地的水环境功能要求和技术经济条件,可先进行一级半处理,适当放宽的过渡性标准。一类重金属污染物和选择控制项目不分级。

一级标准的A标准是城镇污水处理厂出水作为回用水的基本要求。当污水处理厂出水引入稀释能力较小的河湖作为城镇景观用水和一般回用水等用途时,执行一级标准的A标准。

城镇污水处理厂出水排入GB 3838地表水Ⅲ类功能水域(划定的饮用水水源保护区和游泳区除外)、GB 3097海水二类功能水域和湖、库等封闭或半封闭水域时,执行一级标准的B标准。

城镇污水处理厂出水排入GB 3838地表水Ⅳ、Ⅴ类功能水域或GB 3097海水三、四类功能海域,执行二级标准。

非重点控制流域和非水源保护区的建制镇的污水处理厂,根据当地经济条件和水污染控制要求,采用一级强化处理工艺时,执行三级标准。但必须预留二级处理设施的位置,分期达到二级标准。

城镇污水处理厂水污染物排放基本控制项目,执行表1-2和表1-3的规定。选择控制项目按表1-4的规定执行。

表 1-2 基本控制项目最高允许排放浓度(日均值)

单位: mg/L

序号	基本控制项目		一级标准		二级标准	三级标准
			A 标准	B 标准		
1	化学需氧量(COD)		50	60	100	120 ^①
2	生化需氧量(BOD ₅)		10	20	30	60 ^①
3	悬浮物(SS)		10	20	30	50
4	动植物油		1	3	5	20
5	石油类		1	3	5	15
6	阴离子表面活性剂		0.5	1	2	
7	总氮(以N计)		15	20		
8	氨氮(以N计) ^②		5(8)	8(15)	25(30)	
9	总磷(以P计)	2005年12月31日前建设的	1	1.5	3	5
		2006年1月1日起建设的	0.5	1	3	5
10	色度(稀释倍数)		30	30	40	50
11	pH 值		6,9			
12	粪大肠菌群数/(个/L)		10 ³	10 ⁴	10 ⁴	

① 下列情况下按去除率指标执行:当进水 COD>350mg/L 时,去除率应大于 60%;BOD>160mg/L 时,去除率应大于 50%。

② 括号外数值为水温>12℃时的控制指标,括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

表 1-3 部分一类污染物最高允许排放浓度（日均值） 单位：mg/L

序 号	项 目	标 准 值
1	总汞	0.001
2	烷基汞	不得检出
3	总镉	0.01
4	总铬	0.1
5	六价铬	0.05
6	总砷	0.1
7	总铅	0.1

表 1-4 选择控制项目最高允许排放浓度（日均值） 单位：mg/L

序号	选择控制项目	标准值	序号	选择控制项目	标准值
1	总镍	0.05	23	三氯乙烯	0.3
2	总铍	0.002	24	四氯乙烯	0.1
3	总银	0.1	25	苯	0.1
4	总铜	0.5	26	甲苯	0.1
5	总锌	1.0	27	邻二甲苯	0.4
6	总锰	2.0	28	对二甲苯	0.4
7	总硒	0.1	29	间二甲苯	0.4
8	苯并[a]芘	0.00003	30	乙苯	0.4
9	挥发酚	0.5	31	氯苯	0.3
10	总氰化物	0.5	32	1,4-二氯苯	0.4
11	硫化物	1.0	33	1,2-二氯苯	1.0
12	甲醛	1.0	34	对硝基氯苯	0.5
13	苯胺类	0.5	35	2,4-二硝基氯苯	0.5
14	总硝基化合物	2.0	36	苯酚	0.3
15	有机磷农药(以 P 计)	0.5	37	间-甲酚	0.1
16	马拉硫磷	1.0	38	2,4-二氯酚	0.6
17	乐果	0.5	39	2,4,6-三氯酚	0.6
18	对硫磷	0.05	40	邻苯二甲酸二丁酯	0.1
19	甲基对硫磷	0.2	41	邻苯二甲酸二辛酯	0.1
20	五氯酚	0.5	42	丙烯腈	2.0
21	三氯甲烷	0.3	43	可吸附有机卤化物 (AOX 以 Cl 计)	1.0
22	四氯化碳	0.03			

在确定小城镇污水处理厂排放标准时，应根据污水处理厂出水的利用情况、受纳水体水域使用功能的环境保护要求以及当地的技术经济条件综合考虑。

对于一些城镇化发展中的地区而言，建设及运营资金短缺，土地资源紧张，有限的投资与较高的排放标准存在一定的矛盾。但我国目前尚无小城镇的污水排放标准，能否将小城镇的污水排放标准进行调整或放宽，也是目前大家十分关心的问题。

1.3 适用于小城镇污水处理的工艺系统

1.3.1 一级及一级强化处理工艺系统

一级处理主要去除污水中呈悬浮状态的固体污染物质，物理处理法大部分只能完成一级处理的要求。城市污水一级处理的主要构筑物有格栅、沉砂池和初沉池。经过一级处理后的污水，SS一般可去除40%~55%，BOD一般可去除30%左右，达不到排放标准。

一级处理去除效果较差，一般很少单独使用，多作为二级处理工艺预处理。但由于小城镇经济发展水平不高，资金来源不足，因此，在一些经济尚欠发达的地区，小城镇污水可以采用一级强化处理工艺。

一级强化处理增加较少的投资采取强化处理措施，能较大程度地提高污染物的去除率，削减总污染负荷，降低去除单位污染物的费用。

一级强化处理是在普通一级处理的基础上，通过采用物理化学方法或生物处理方法强化预处理和一级处理的效果，使污水达到一定的处理标准，同时节省投资和运行费用。物化法可采用混凝沉淀、过滤技术；生物法可采用不完全生物处理，如高负荷活性污泥法、水解酸化法等。应用结果表明，通过一级强化处理，COD的去除率可达70%，BOD去除率可达60%。一级强化处理适应于水环境状况亟待改善而经济尚欠发达的地区，是一种高效而低投入的新型技术，有着较高的实用价值和良好的应用前景。

我国《城市污水处理及污染防治技术政策》建议非重点流域和非水源保护区的建制镇根据当地经济条件和水污染控制要求，可先行一级强化处理，分期实现二级处理。一级强化处理是用较少的投资削减当前严重的污染负荷，部分解决污染问题，待有能力时再续建二级处理，实现达标排放。这在我国开展一级强化处理工艺提供了政策依据，对全面实现我国水环境彻底改善的目标具有重大意义。

一级强化处理工艺运行虽然投资省，但处理效果差、运行费用高、污泥量大且后续处理有难度，因此采用较少。一般仅用于生化性较差的污水处理或当作二级生化处理的补充。一级处理和一级强化处理也可以作为污水排海、土地处理或氧化塘处理的预处理。

1.3.2 二级生物处理工艺系统

二级生物处理是一级处理的基础之上增加生化处理方法，其目的主要去除污水中呈胶体和溶解状态的有机污染物质（即BOD、COD物质）。二级处理采用的生化方法主要有活性污泥法和生物膜法，其中采用较多的是活性污泥法。经过二级处理，小城镇污水有机物的去除率可达90%以上，出水中的BOD、SS等指标能够达到排放标准。

适用于小城镇污水处理的二级生物处理工艺系统主要有以下几种。

1.3.2.1 A_1/O 法

A_1/O 法是缺氧/好氧工艺的简称，具有同时去除有机物和脱氮的功能。具体做法是在常规的好氧活性污泥法处理系统前，增加一段缺氧生物处理过程，经过预处理的污水先进入缺氧段，然后再进入好氧段。好氧段的一部分硝化液通过内循环管道回流到缺氧段。

A_1/O 法的A段在缺氧条件下运行，溶解氧应控制在0.5mg/L以下。缺氧段的作用是脱氮。在这里反硝化细菌以原水中的有机物作为碳源，以好氧段回流液中硝酸盐作为受体，进行反硝化反应，将硝态氮还原为气态氮（ N_2 ），使污水中的氮去除。

A_1/O 法是生物脱氮工艺中流程比较简单的一种工艺,而且装置少,不必外加碳源,基建费用和运行费用都较低。但本工艺的出水来自反硝化曝气池,因此,出水中含有一定浓度的硝酸盐,如果沉淀池运行不当,在沉淀池内也会发生反硝化反应,使污泥上浮,使出水水质恶化。

另外,该工艺的脱氮效率取决于内循环量的大小,从理论上讲,内循环量越大,脱氮效果越好,但内循环量越大,运行费用就越高,而且缺氧段的缺氧条件也不好控制。因此,本工艺的脱氮效率很难达到90%。

1.3.2.2 A_n/O 法

A_n/O 法是厌氧/好氧工艺的简称,具有同时去除有机物和除磷的功能。具体做法是在常规的好氧活性污泥法处理系统前,增加一段厌氧生物处理过程,经过预处理的污水与回流污泥(含磷污泥)一起进入厌氧段,然后再进入好氧段。回流污泥在厌氧段吸收一部分有机物,并释放出大量磷,进入好氧段后,污水中的有机物得到好氧降解,同时污泥将大量摄取污水中的磷,部分富磷污泥以剩余污泥的形式排出,实现磷的去除。

A_n/O 工艺除磷流程简单,不需投加化学药品,也不需要考虑内循环,因此建设费用及运行费用都较低。另外,厌氧段在好氧段之前,不仅可以抑制丝状菌的生长、防止污泥膨胀,而且有利于聚磷菌的选择性增殖。

本工艺存在的问题是除磷效率较低,处理城镇污水时的除磷效率只有75%左右。另外,工艺设备复杂、运行管理要求高,对于资金短缺和运行管理水平落后的小城镇来说不适合采用。

1.3.2.3 A^2/O 法

A^2/O 法是厌氧/缺氧/好氧工艺的简称,本工艺不仅能够去除有机物,同时还具有脱氮和除磷的功能。具体做法是在 A/O 前增加一段厌氧生物处理过程,经过预处理的污水与回流污泥(含磷污泥)一起进入厌氧段,再进入缺氧段,最后再进入好氧段。

本工艺具有以下几项特点:①运行中无需投药,两个A段只用轻缓搅拌,以不增加溶解氧为度,运行费用低;②在厌氧、缺氧、好氧交替运行条件下,丝状菌不能大量增殖,避免了污泥膨胀的问题,SVI值一般均小于100;③工艺简单,总停留时间短,建设投资少。

本法也存在如下各项待解决的问题:①除磷效果难于再行提高,污泥增长有一定的限度,不易提高,特别是当P/BOD值高时更是如此;②脱氮效果也难于进一步提高,内循环量一般以 $2Q$ 为限,不宜太高。

1.3.2.4 间歇式活性污泥法(SBR法)及其变形工艺

间歇式活性污泥法又称序批式活性污泥法,简称SBR法。SBR法原本是最早的一种活性污泥法运行方式,由于管理操作复杂,未被广泛应用。近些年来,自控技术的迅速发展重新为其注入了生机,使其发展成为简单可靠、经济有效和多功能的SBR技术。SBR工艺的核心构筑物是集有机污染物降解与混合液沉淀于一体的反应器——间歇曝气曝气池。

SBR法主要特征是反应池一批一批地处理污水,采用间歇式运行的方式,每一个反应池都兼有曝气池和二沉池作用,因此不再设置二沉池和污泥回流设备,而且一般也可以不建水质或水量调节池。

SBR法具有以下几个特点:

(1)对水质水量变化的适应性强,运行稳定,适于水质水量变化较大的中小城镇污水处理;也适应高浓度污水处理。