

环境工程治理技术丛书

氧化塘污水处理技术

国家环境保护局 科技标准司 主持
环境工程科技协调委员会

中国环境科学出版社



环境工程治理技术丛书

氧化塘污水处理技术

国家环境保护局 科技标准司 主持
环境工程科技协调委员会

李穗中 编著

彭志良 审校

中国环境科学出版社

1991

内 容 简 介

本书主要介绍氧化塘污水处理技术导论、氧化塘的生态系统、各类塘的净化过程及设计、氧化塘的研究与应用实例、氧化塘的技术经济分析等五大部分。

该书可供环境工程科研人员及技术、管理人员参考。

环境工程治理技术丛书 氧化塘污水处理技术

国家环境保护局 科技标准司 主持
环境工程科技协调委员会

李穗中 编著
彭志良 审校
责任编辑 陈菁华

中国环境科学出版社出版
北京崇文区北岗子街8号
三河县艺苑印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1991年3月第一版 开本 787×1092 1/32
1991年3月第一次印刷 印张 6 1/4
印数 1—2 250 字数 140千字

ISBN 7-80010-738-8/X·398

定价：3.50元

《环境工程治理技术丛书》编辑委员会

主 编 张崇华

副主编 顾国维 沈光范 刘秀茹 臧玉祥

编 委 魏 平 朱耀华 程岩法 彭志良 黄文国

蒋如质 曹凤中 宫 伟 蒋琪瑛

序

解决我国的环境问题，一靠政策，二靠管理，三靠科学技术。在政策上，我国已把环境保护列为一项基本国策并制定了一系列方针政策；在管理上，我们不断总结经验，加强制度建设，强化监督管理，正在建立环境保护工作的新秩序；在科学技术上，关键是要抓好两头，一头是集中财力物力和人力，围绕解决经济建设和社会发展中迫切需要解决的环境问题的关键性技术课题，认真开展科研攻关；另一头是大力开发和普遍推广效益好、见效快、适用性强的治理污染的技术成果，提高广大环境保护工作人员的业务水平和业务素质，帮助广大企业包括乡镇企业加速实现环境保护的技术进步。这是密切科技和生产的结合，迅速提高我国防治污染水平的重要途径。

十多年来，我国各科研院所、高等院校、设计单位以及工业地区的专业部门在污染防治、环境工程技术等方面取得了许多科技成果，积累了不少经验。把这些科技成果和经验加以归纳总结使多数人掌握，可以避免环保科研工作在一般水平上的重复劳动。把国内科技研究同引进先进技术有效地结合起来，有利于加速对引进技术的消化、吸收和创新。

鉴于科学技术的重要性和交流、总结经验的迫切性，国家环境保护局科技司和国家环境保护局环境工程协调委员会组织编写了这套《环境工程治理技术丛书》，在编写的体例上既不同于一般的科研成果报告，又不同于一般的教科书，而

是突出应用性和经验的总结。

本套丛书的编辑委员会承担了组织选题、编写和审稿等具体工作。丛书的内容有单元技术和设备、处理工艺技术和环境污染区域综合防治；废水、废气、废渣的处理与利用和环境影响评价等。在治理技术的编写中，一般包括国内外的技术进展，工艺技术的特点和原理，设计计算和实例介绍与分析，其中有的还包括作者对一些技术问题的讨论和看法。承担编写和审稿的同志大都是多年在第一线上从事这方面工作的专家。本套丛书共几十本，计划分批付印出版。

虽然我们力图使本套丛书深入浅出，图文并茂，具有科学性、实用性和先进性，但由于篇幅所限，每个问题的论述不可能面面俱到，加之从编写到编辑出版时间较紧，而科学技术本身又在不断发展，所以丛书中的缺点和错误在所难免，希望得到读者批评指正。

张崇华

1990年4月

目 录

第一章 氧化塘污水处理技术导论	(1)
第一节 氧化塘的发展概况	(1)
第二节 氧化塘的净化机理	(15)
第三节 氧化塘的类型及性能	(19)
第四节 氧化塘的控制因素	(26)
第五节 氧化塘的设计准则	(28)
第二章 氧化塘的生态系统	(39)
第一节 自然与环境因素	(39)
第二节 藻类及水生植物	(42)
第三节 水生动物	(54)
第四节 细菌	(60)
第五节 氧化塘中的生物化学反应	(75)
第三章 各类塘的净化过程及设计	(78)
第一节 藻类塘	(78)
第二节 兼性塘	(96)
第三节 厌气塘	(113)
第四节 水生植物塘	(122)
第五节 曝气塘	(133)
第四章 氧化塘的研究与应用实例	(139)
第一节 氧化塘的试验研究	(139)
第二节 氧化塘的应用实例	(157)
第五章 氧化塘的技术经济分析	(183)
参考资料	(192)

第一章 氧化塘污水处理技术导论

氧化塘 (Oxidation pond) 是各式处理塘的俗称, 最初它只指用来接纳经过局部处理后的废水的池塘, 而贮存原始废水的池塘称为污水塘 (Sewage lagoon)。在美国, 作为通过物理的和生物的过程处理有机废水的池塘总称为“废水稳定塘”(Waste stabilization pond)。美国环保局把废水稳定塘分为四种基本类型:

1. 兼性塘 (Facultative ponds);
2. 曝气塘 (Aerated ponds);
3. 好气塘 (Aerobic ponds);
4. 厌气塘 (Anaerobic ponds)。

本书也将采用上述的四种分类, 并把近一二十年来旨在改善兼性塘出水质量而发展起来的水生植物塘列为第五类。无论是在哪一类塘中, 废水中的有机质被分解, 本质上均属氧化还原过程, 故本书仍沿用习惯的称呼“氧化塘”为各类塘的总称。

第一节 氧化塘的发展概况

氧化塘被用于处理废水已有3000年以上的历史。美国第一个有记录的塘系统, 是1901年得克萨斯州的圣安东尼奥市修建的。当时, 该市的圣安东尼奥灌溉公司利用城市污水灌溉近郊4440公顷农田, 为了调节城市污水排放量和农田灌溉

用水量的不平衡，修建了一条长 228.6m 的堤坝，形成了一个面积为 2134 公顷、深 1.4m 的污水库（后称米切尔湖），总容量达 31 万 m^3 。以后，比达科州、加利福尼亚州也相继兴建了氧化塘污水处理系统。欧洲最早而且至今仍在运行的塘，大概是 1920 年在西德巴伐利亚州慕尼黑市建造的塘。该塘占地 233 公顷，划分为若干面积为 7 公顷的塘，处理该市生化处理厂的出水，即作为三级处理用，废水处理量为 $3\text{m}^3/\text{s}$ ，为塘系统总进水量的一半，另一半为河水以及经一级处理后的雨水，其作用是稀释废水；塘内养殖鲤鱼并按时收获之。丹麦自 1940 年起，按具体的净化标准把塘发展为处理生活污水或工业污水用。然而，真正具有实际意义的还是本世纪 50 年代到 60 年代期间，氧化塘污水处理技术获得了迅速发展之后。

1957 年，美国有 631 座处理城市污水的氧化塘，1968 年发展到 2500 座，1983 年达 7000 座以上。1964 年，欧洲仅芬兰、联邦德国、民主德国、荷兰、罗马尼亚、瑞典和苏联七国有氧化塘，1986 年发展到 16 个欧洲国家，其中，法国有 1500 座、联邦德国有 2000 座、丹麦有 66 座、葡萄牙有 30 余座、西班牙有 10 座以上。苏联于本世纪 20 年代开始采用氧化塘处理污水，如今，它已成为镇和小县城污水处理的主要方法。印度于 1957 年建设了第一座氧化塘，1966 年发展到 35 座，1975 年达 60 余座。本世纪 70 年代以来，中东的以色列、约旦、沙特阿拉伯、也门民主人民共和国，科威特，非洲的肯尼亚、南非，拉丁美洲的巴西、委内瑞拉、特立尼达，东南亚的印度，泰国以及中国等国对氧化塘的应用也做了大量的工作，氧化塘的规模，也越来越大。1975 年美国西南诸州如阿肯萨州、路易斯安娜州、俄克拉荷州以及得克萨斯州

共有 689 座氧化塘，其中 90% 建在人口少于 5000 的小城镇，设计处理水量小于 $7570\text{m}^3/\text{日}$ 。近年来，欧洲已出现为 1 万人口以上服务的大塘，委内瑞拉一个为 100 万人口服务的特大型塘系统已于 1987 年投入使用；澳大利亚墨尔本市日处理污水量 35 万 t 的氧化塘也是特大型的。大型氧化塘的普遍使用，说明人类对氧化塘处理污水的技术掌握得愈来愈多，愈来愈完善。这还可以通过所采用的塘型多样化加以证明。美国、法国都是以兼性塘型为主的，在以大型水生植物改进塘效能方面堪称代表；高速率藻类塘则以联邦德国、葡萄牙、以色列为代表；厌氧塘愈来愈多地被采用，委内瑞拉已有三个特大型的厌气塘、兼性塘和好气塘组合的塘系统投入了使用，分别为 22.5 万、75 万和 100 万人口服务，最大的一个塘系统占地仅 130 公顷。

氧化塘在处理工业废水方面也发展很快。据不完全统计，美国有 1000 余座处理工业废水的氧化塘，其中一半用于处理食品工业废水。美国目前已有处理工业废水氧化塘的标准设计。加拿大采用氧化塘处理肉类加工、罐头食品、制浆造纸、煤气发生站、油脂精炼和石油化工等工业废水，也取得了良好的处理效果。

我国古代劳动人民早就懂得利用塘、泊水体的自净能力。桑基鱼塘所构成的良性生态循环就是一例：桑叶→养蚕→蚕屎→养鱼→塘泥→桑树肥料→……。这个循环为人们的生活提供了丝织品原料和副食品。鱼塘本身可以看作是一个氧化塘，它不但使蚕的排泄物转变为鱼的养料，把鱼的排泄物转化为二氧化碳、水和塘泥，还接纳人畜粪便，并使之也变成鱼类及其它水生物的养料而分解掉，构成了人类基本生活的一条食物链。由于我国人口众多，平原

面积小，人均土地占有面积较世界上大多数国家为低，使氧化塘污水处理技术在我国的发展较为缓慢。

早在50年代初期，我国一些城市就开展了应用氧化塘处理城市污水和工业废水的研究。西安市利用古运河处理部分城市污水就是一例。该污水库建于50年代。漕运河总长8000m，宽100~120m，水面积56公顷，库容量200万m³，日处理17万t未经任何处理的城市污水。经检测，进口污水：

$$\begin{aligned} \text{SS} &= 197 \sim 303 \text{mg/L}, \\ \text{BOD}_5 &= 122 \sim 156 \text{mg/L}, \\ \text{COD} &= 265 \sim 468 \text{mg/L}, \\ \text{处理后出水:} \\ \text{SS} &= 45 \text{mg/L}, \\ \text{BOD}_5 &= 34.8 \text{mg/L}, \\ \text{COD} &= 113 \text{mg/L}. \end{aligned}$$

出水用于农田灌溉，产量有所提高。又如1972年中国科学院水生生物研究所，对受化学工业废水污染的武汉市郊的鸭儿湖进行了化学和生物学调查，提出了充分利用和强化水体自净能力的治理方案。1977年国家拨款653万元修建鸭儿湖氧化塘。于1979年建成一个包括有渠道、水闸和五个串连塘组成的氧化塘系统，水面面积400公顷，处理污水量8万t/日。每日处理COD总量为9.4~14t，相当于单位塘面积负荷为5.4~8.6gCOD/(m²·d)。污水在塘中停留72天，COD平均去除率为77.3%，六六六去除率86.2%，对硝基酚去除率99.3%。在取得废水治理效果的同时，4号、5号湖完全改变了过去水草不长、螺蚌不生、经济鱼类濒临绝迹、鲫鱼畸变等状况，鱼体六六六残留量由治理前的15~

表1-1 全国氧化塘基本情况

编号	名称	地点	处理水量 (万m ³ /日)	自然背景	污水特征	工艺流程	出水用途	备注
1	鸭儿湖 氧化塘	湖北 鄂城县	8.0	从污染严重的 严家湖分割 2800亩水面建 氧化塘	多种农药、 合成脂防酸、 聚氯乙稀综 合化工废水	五塘串联式	①养鱼 ②灌溉	管理较好
2	唐河 污水库	河北 保定地区	8.0	在泄洪河道 上占河滩地 6552亩，筑堤 而成南北两库	轻化工为 主的保定市 城市污水	渠道净化 (24公里)→ 单塘净化(长 17.5公里)	④贮存, ② 调水灌溉, ③ 补充白洋淀 用水	管理职责 不清, 工程 失修
3	湘湖 渔场	湖南 长沙市	8.0	利用取土坑, 低洼地, 废旧 河道修建渔场	低浓度城 市污水(生 活水占70%) 印染、橡胶 化工机械等 工业废水 30%	土沉淀池→ 并联鱼塘→ 部分串联鱼 塘	①养鱼③ 灌溉⑤排入 浏阳河	渔场管理
4	西湖 渔场	湖南 长沙市	0.1	利用河港洼 地改造为渔场	酒精废水和 部分生活污水	土沉淀池 →并联鱼塘	①养鱼② 排入湘江	渔场管理

30mg/kg下降到1.57~2.15mg/kg,禽畜中毒现象也明显减少。

据初步调查统计,我国目前有40余座氧化塘。表1-1列举全国部分氧化塘的基本情况。

由表1-1可见,我国生物塘基本上可分成三种类型:第一种是以处理工业废水为主的,第二种是以处理城市污水(含工业废水与生活污水)为主的,第三种是以污水养鱼为主的污水渔场。从地理分布来看,北至黑龙江的嫩江,南至海南省,东至上海的金山,西至新疆的克拉玛依,遍布全国。但从数量和质量上看都是很不够的,多数还比较原始、落后,存在占地面积大、环境卫生差、设计运行不够科学合理以及淤积严重等问题。

随着社会的繁荣和经济的发展,工业废水和城市污水在质和量方面也发生了很大的变化。“经典式”氧化塘有限的自然净化能力已不堪负担愈来愈沉重的污染负荷,为了解决水污染问题,出现了以生物滤池、活性污泥法、生物转盘为代表的高效率人工净化技术,有20世纪50年代起,逐步成为控制水体有机污染的主要手段。氧化塘技术的应用与研究一度处于停滞发展的阶段。20世纪70年代,有机合成、石油冶炼、石油化工、农药、化肥等工业迅速兴起和发展,排出的废水中难以生物降解的有机物和有毒有害物质,影响了生化法污水处理厂的正常运行。尤其是当时出现了严重的世界性能源危机,使追求更高效率的人工净化技术即三级污水处理技术遇到的困难,迫使人们又转而研究可节省能源、资源和投资的处理方法。氧化塘因有造价低廉、运行管理方便,节省能源,并能有效地去除多种污染物,包括难以生化降解的有机物以及氮磷营养物等优点,被重新受到重视。近十几年

续表

编号	名称	地点	处理水量 (万m ³ /日)	自然背景	污水特征	工艺流程	出水用途	备注
5	渭运河 污水库	陕西 西安市	17.0	古城运粮 河旧道改建而 成	城市生活 污水和工业 废水的混和 物	沉淀→兼性塘	①农田灌溉 ②养鱼	由县管理 局统管
6	大托 渔场	湖南 长沙市	0.45	利用铁路取 土坑、河港注 地修建渔场	屠宰废水	沉淀→调 节池→提升 →并联鱼塘	①养鱼② 灌溉后排入 湘江	渔场管理
7	株洲 渔场	湖南 株洲市	1.8	利用溪港洼地	城市污水 屠宰废水	明渠→并联 鱼塘→部分 串联鱼塘	①养鱼② 排入湘江	渔场管理
8	硝酸厂 氧化塘	广西南宁 地区扶绥县	3.5	利用废山塘 整修为氧化塘	氮肥厂废水	沉淀→兼 氧→好氧→ 渠道净化→ 蓄水	①养鱼 ②灌溉	工厂管理
9	西三教 氧化塘	河北 石家庄市	1.0	利用农田扩 建为氧化塘	城市污水	渠道沉淀 →兼氧→水 生植物净化→	①灌溉	农民管理

续表

编号	名称	地点	处理水量 (万m ³ /日)	自然背景	污水特征	工艺流程	出水用途	备注
10	齐齐哈尔 污水库	黑龙江 齐齐哈尔市	20.0	利用嫩江左 岸17.5公里旧 河道改建为氧 化塘	城市混合污水	明渠→单 塘净化	①灌溉② 排入嫩江	城建局管理
11	汉沽 污水库	天津市 汉沽区	2.0	利用废弃苇塘 及盐碱地	天津化工 厂废水	暗渠→单 塘净化	①育苗 ②排入渤海	汉沽监测站
12	东风氮肥 厂氧化塘	广西 桂林市	1.16	利用荒弃山 谷地	合成氨废 水(煤气 洗涤塔水)	沉淀→兼 氧→好氧	①灌溉② 流入漓江	工厂管理
13	上海石化 总厂氧化塘	上海市 金山	8.4	利用海滩地 159.8亩,筑堤 修成氧化塘	石油化工废水	二级污水 厂出水→曝 气塘	①排海	工厂管理 (去除有机 物、悬浮物、 氨磷)
14	西联农场 氧化塘	广东 海南岛	0.01	水塘	橡胶加工废水	预处理→厌 氧→沉淀→水 道	①制沼气 ②排入水道	农民管理

续表

编号	名称	地点	处理水量 (万吨/日)	自然背景	水质特征	工艺流程	出水用途	备注
15	水产加工 厂生物塘	广东 海口市	0.02	利用水塘	水产加工废水	水葫芦塘	排河	工厂管理
16	南溪山医 院生物塘	广西 桂林市	0.03	原污水处理 设施改建为多 级生物塘	医院废水 和生活废水	一级处理 →多级生物 塘	①排入下水道	医院管理
17	安达镇 氧化塘	黑龙江 安达县	2.0	利用富来泡 子建成	城镇生活 污水, 纺 织、印染、 乳品加工等 废水	兼性塘→ 好氧塘	①养鱼 ②养鸭	县城建环 保局管理
18	中山温泉 氧化塘	中山市	0.1	利用丘陵沟 洼地修建	低浓度生 活污水	集水池→ 泵→沉砂池 →厌氧塘→ 兼性塘→好 氧塘	农灌	宾馆管理
19	肉联厂	黑龙江	0.06	沼泽地	屠宰废水	沉淀→厌	①排入齐	工厂管理

续表

编号	名称	地点	处理水量 (万吨/日)	自然背景	水质特征	工艺流程	出水用途	备注
19	氧化塘	齐齐哈尔市				气→兼气沉淀 →灰气→兼 气	齐齐哈尔污水 库②灌溉	工厂管理
20	拉哈糖厂 氧化塘	黑龙江 河县	1.0	荒草甸	制糖废水	沉淀→灰 气→兼气	排入嫩江灌溉	工厂管理
21	甘南 氧化塘	黑龙江 嫩江地区	0.1	河套沼泽	城镇污水	单塘		
22	秦来氧化塘	黑龙江嫩江 地区	0.1	沼泽地	城镇污水 工业废水	灰气→兼 气→好气	①灌溉草 原沙包地	
23	瓦楞纸厂 氧化塘	广东 深圳市	0.40	水塘	再生纸废水	沉淀→兼性塘	排河	工厂管理
24	鹿溪糖厂 氧化塘	福建 漳浦县	0.20	废河道改建	制糖废水	灰气塘→ 兼气塘→曝 气塘(四塘 串联)	①排河 ②灌溉	工厂管理
25	花溪公园	贵州	0.10	臭水塘	城镇污水	水葫芦塘	排河	公园管理