

环境工程治理技术丛书

生物接触氧化 处理废水技术

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



866
环境工程技术丛书

生物接触氧化处理 废水技术

国家环境保护局 科技标准司 主持
环境工程技术协调委员会

余淦申 编著
沈光范 审校

中国建筑工业出版社

内 容 简 介

该书主要从生物接触氧化技术的概述、处理机理及基本工艺、处理系统及装置、设计计算、应用实例及问题讨论等五大部分。

本书可供环境工程科研人员和技术、管理人员参考。

环境工程治理技术丛书 生物接触氧化处理废水技术

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

余淦申 编著

沈光范 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 5 1/8 插页 1

印数 1—2 900 字数 115千字

ISBN 7-80010-736-1/X·396

定价：3.00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

41799

i

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

前 言

生物接触氧化法是生物膜法的一种形式，早在19世纪末就有人试验研究接触氧化法处理污水，并在1912年获得了德国的专利登记，之后在德国和美国逐渐发展成为正规污水处理法。但是，当时在接触填料、氧化池构造与设计、运行管理等方面存在着缺陷，限制了它的进一步推广应用。本世纪70年代初，日本的小岛贞男在受污染的给水水源处理研究中，采用所谓“管式接触氧化”净化方法，在填料和供氧方式上有了较大的突破。随后，国外又不断地研制与开发各种技术性能良好的接触填料和氧化池型式，逐渐扩大了生物接触氧化法的应用范围，使之得到了较为迅速地发展。

国内，1975年北京市环境保护科学研究所首先试验研究了生物接触氧化法处理城市污水，取得良好的效果。之后，逐渐在生活污水以及纺织印染、粘胶纤维、造纸、石油化工、食品加工与酿造等工业废水的处理中推广应用。实践表明，生物接触氧化法具有BOD负荷高，处理时间短，占地面积小，不需要污泥回流，不产生污泥膨胀，运转比较灵活，维护管理方便等一系列优点，因此，是一种有发展前途的处理方法。近几年来，国内的有关单位和学者对接触填料、氧化池型式、曝气充氧方式与设备等进行了大量的试验研究和生产实践，取得较大成果，积累了很多有益的经验，使生物接触氧化处理废水技术在我国得到更进一步发展。

本书从实用出发，比较系统地介绍与总结国内生物接触

氧化处理废水技术，力求反映当前国内外技术发展的新动向。适合于给水排水工程、环境工程和废水处理专业人员阅读与参考。

本书编著过程中得到了北京市环境保护科学研究所沈光范总工程师的支持和审校，书中引用了从事接触氧化技术研究和生产实践的各位专家与同行的成果，在此表示深深的谢意。

由于水平有限，书中的缺点和不足之处，欢迎批评指正。

编著者

1989年7月

目 录

第一章	概 述	(1)
第一节	生物接触氧化技术的来由与演变过程	(1)
第二节	国外生物接触氧化技术的进展	(3)
第三节	国内生物接触氧化技术的进展	(12)
第二章	处理机理及基本工艺	(21)
第一节	处理机理	(21)
第二节	基本工艺	(34)
第三章	处理系统及装置	(39)
第一节	生物接触氧化池	(39)
第二节	泥水分离设施	(69)
第四章	设计计算	(84)
第一节	主要设计参数	(84)
第二节	设计计算实例	(90)
第五章	应用实例及问题讨论	(108)
第一节	应用实例	(108)
第二节	问题讨论	(147)
参考资料	(153)

第一章 概 述

第一节 生物接触氧化技术的来由与演变过程

生物接触氧化法是生物膜的一种形式，是在生物滤池的基础上，从接触曝气法改良演变而来的，因此有人称为“浸没式滤池法”、“接触曝气法”等等。

早在19世纪末韦林，(Waring)、迪特 (Dittler) 等人就试验研究了生物接触氧化处理污水。1912年克洛斯 (Closs) 获得了德国的专利登记。但是，发展为正规的污水处理法，还是德国的贝奇 (Bach) 和美国的布斯维尔 (Buswell) 分别在埃姆兴 (Emscher)、阿尔巴纳 (Albana) 处理场实现的。这一方法不仅用于生活污水处理，而且还用于除酚、去除洗毛废水中的油脂和制浆废水处理。1938年，在日本的岐阜市亦进行过试验研究。

当时的接触氧化池是在不透水的槽中放入填料，然后从下侧曝气。这种池型在生物膜固定与污水流动方面和生物滤池相同，而污水充满池内，用人工曝气方面又和活性污泥法相似。在德国，按照江河的自净作用带原理，将氧化池分为2~3段，即从高污带—→中污带—→寡污带，每段为0.5~1.0h。在第一段处理中，复杂的有机物氧化分解为较简单的有机物，然后顺次进行无机化。

本世纪20年代末，克·殷霍夫 (K.Imhoff)、马尔 (Mahr)、西普 (Sierp) 等人经过试验和应用，对生物接触氧化法处理生活污水提出如下参数：

初次沉淀0.7~1.0h;
 接触氧化池长3.05m, 宽小于1.52m, 深0.6~3.0m,
 接触停留时间10~80min;
 进气量为1~3m³/m³池积,
 二次沉淀0.5~1.0h。
 填料为碎石、焦炭、软木塞、木片、木板、波形铝板、
 合成有机板等。

曝气装置一般为每隔30cm设置穿孔曝气管, 孔径为
 5mm左右, 曝气管呈交叉往复布置。

表1-1 在美国的处理效果(1929年)

项 目	进水浓度 (mg/L)	出水浓度 (mg/L)	去除率 (%)
BOD	112.0	65.9	41.4
悬浮物	101.4	49.2	51.4

表1-2 在德国的处理效果(1928年)

项 目	处理场名称			
	哈根	弗尔伯特	布兰肯斯 泰 因	门 登
污水量(m ³ /d)	2585	4315	606	4315
表面积(m ²)	24.5	64.8	22.2	47.6
停留时间(min)	10	32	80	40
容 积(m ³)	18.4	96.3	33.4	124.6
进水BOD(mg/L)	134	219	362	240
出水BOD(mg/L)	97	139	228	74
BOD去除率(%)	28	37	37	69

美国的布斯维尔、皮尔逊 (Pearson) 以栅网胶合板为
 填料, 在容积为7.72m³, 水温12°~15℃, 日平均处理水量

为 74m^3 的条件下进行试验，所得结果如表1-1。1928年，马尔、西普在德国所取得的结果如表1-2。

从表1-1和表1-2可以看出，那时候的接触氧化处理效果都不大理想，BOD去除率低。主要原因是：

(1)停留时间短，一般只有 0.5h 左右。这样，有机物质氧化分解不彻底，致使BOD去除率低，出水BOD值高。

(2)填料表面积过小，固定生物膜量不大，使BOD负荷过高。若按表1-2计算，则BOD容积负荷为 $7\sim 19\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，面积负荷为 $10\sim 22\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，在过大的负荷下，BOD去除率自然是很低了。

(3)填料构造不尽合理，易于堵塞，清扫困难，管理不方便。

由于接触氧化技术存在着上述问题，尽管在二、三十年代已经形成为正规的污水处理方法，却未能进一步推广应用。

第二节 国外生物接触氧化技术的进展

国外，生物接触氧化技术经历了初期的试验研究和实际应用后，为了取得良好的处理效果，首先在BOD负荷方面加以改进，采用了同其它生物处理法同样的方法计算面积和BOD负荷。美国新泽西的11座污水处理厂采用了二级生物接触氧化处理法。这些处理厂的氧化池是以石棉水泥板为填料，平行排列在 2.4m 深处，板间隔 3.8cm ，厚 0.64cm ，底部设曝气管，设计进水BOD为 $200\text{mg}/\text{L}$ ，供气量 $11.2\text{m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{污水})$ ，采用了同其他生物处理同样的计算方法，应用了低BOD负荷值。据威尔福德(Wilford)、康伦(Conlon)的调查，处理效果如表1-3所示。从表中可以看出，

BOD的降解效果是良好的，平均去除率为87.5%。但是，由于填料表面积小，BOD负荷过低，增大了氧化池体积，经济上不合理。

70年代初，日本的小岛贞男从河流自净作用出发，设想了一种蜂窝管式接触填料。这种填料的比表面和孔隙率较大，重量轻，强度大，脱膜容易，东京都玉川给水厂采用这种填料的接触氧化装置（图1-1）用以处理受污染的给水水源，处理效果良好。夏季停留1.0~2.0h，BOD去除75~91%，氨氮去除97~100%；冬季停留2.0~3.0h，BOD去除64~79%，氨氮去除50~70%，具体如表1-4。

表1-3 新泽西11个污水厂BOD负荷与去除率

处理厂	BOD负荷 [g/(m ² ·d)]	BOD去除率 (%)	处理厂	BOD负荷 [g/(m ² ·d)]	BOD去除率 (%)
1	6.4	98	7	35.3	74
2	16.2	83	8	38.7	82
3	20.1	90	9	45.6	93
4	22.5	82	10	65.2	90
5	24.0	98	11	69.6	89
6	24.0	83			

表1-4 东京都玉川给水厂受污染水体接触氧化处理效果

停留时间 (h)	氨氮去除率 (%)		BOD去除率 (%)		ABS去除率 (%)		COD _{Mn} 去除率 (%)	
	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
0.75	92				61		29	
1.0	97		75		62		21	
2.0	100	50	91	64	79	60	38	40
3.0		70		79		68		44
4.0		80		68		78		45

注：夏季水温26~30℃；冬季5~10℃。

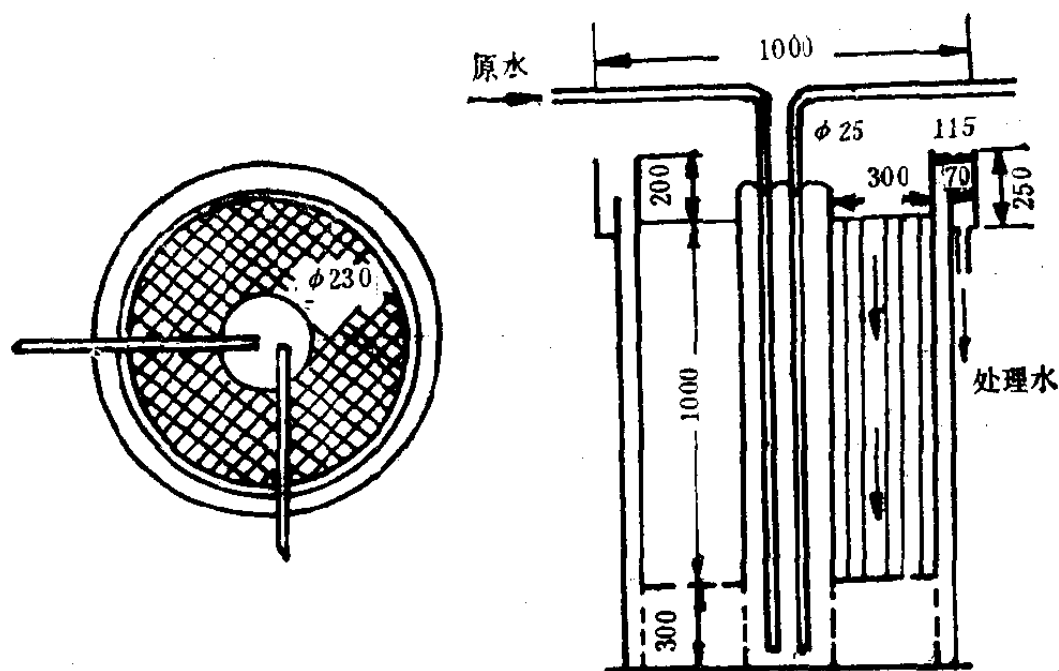


图1-1 蜂窝管式接触氧化装置构造

苏联，70年代中期在接触曝气池的基础上，研究以砂为填料的接触氧化池（曝气颗粒滤池），用于污水的深度处理。为强化生化过程，最有效地去除低浓度污水中胶体有机物和已溶解的有机物，使处理水最终被氧所饱和，在滤料层内通入压缩空气，图1-2是一种综合的生物接触氧化池（双层曝气颗粒滤池）。这种滤池用穿孔隔板将填料分成上下两层（上填料层和下填料层）。原水沿输水管进入配水系统，在下填料层中从下往上流动，然后经过穿孔隔板进入上填料层。在上层填料中沿空气管道供给压缩空气，最后经净化了的水从排出槽和集水管排出。这种氧化池采用了颗粒填料，故有较大的接触面积（比通常生物滤池大50倍）和表面生物活性，促进了生物吸附过程。对微生物分析结果表明，在整个曝气层中可观察到微生物的活动，其形态和成份与曝气池活性污泥相同，处理出水水质是：BOD去除率75~80%，COD去除率30~40%，悬浮物去除率80~90%，效果良好。

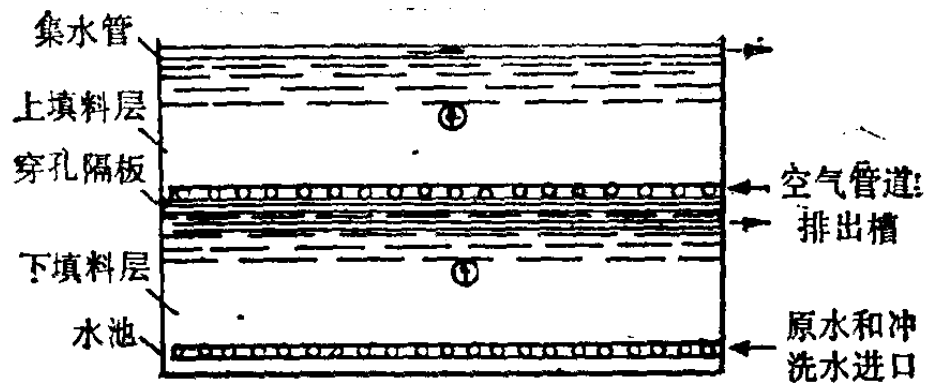


图1-2 双层曝气生物接触氧化池

美国，应用接触氧化技术处理污水，用于降解BOD和氨氮。图1-3为西斯万浦河污水处理厂所采用的接触氧化池。整个系统用两段法处理，即由一段接触氧化池、中间沉淀池、二段接触氧化池和二次沉淀池组成。接触氧化池内装有垂直的浸没在水中的生物板。这种生物板提供了菌体生长所需要的固定表面积。生物氧化所需的空气，通过生物板下面的多孔陶土管扩散成细小气泡。整个系统的BOD去除率达到95%，

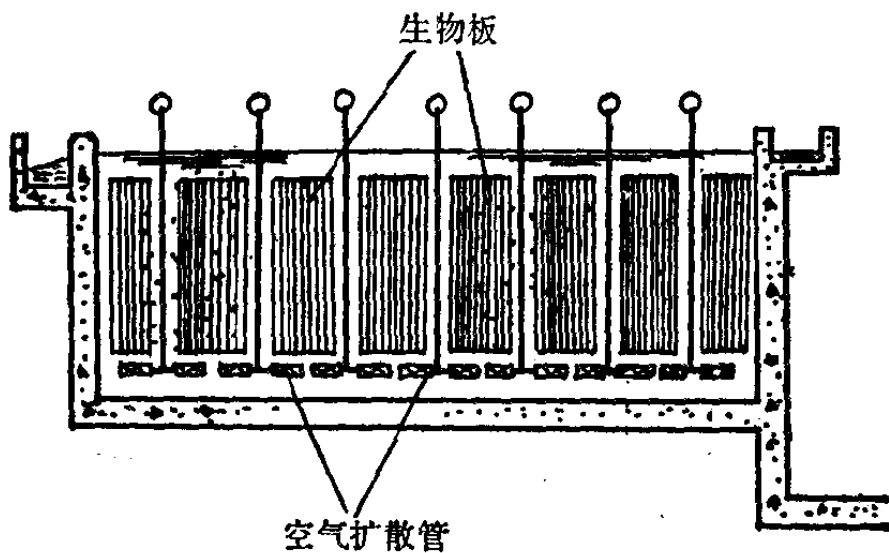


图1-3 西斯万浦河污水处理场接触氧化池

生物硝化程度亦很高，如表1-5，处理水中的大部分氨氮已转化为硝酸盐。

表1-5 西斯万浦河污水处理厂的硝化结果(mg/L)

项 目	进 水	出 水
氨 氮	16.2	0.5
亚硝酸盐	1.8	0.5
硝 酸 盐	7.0	21.3

近十多年来，国外特别是日本，生物接触氧化技术得到了迅速的发展。首先，在使用范围上，不仅用于水体富营养化处理，而且广泛地用于生活污水、生活杂排水和食品加工、水果蔬菜罐头、鱼肉制品、酿造等工业废水处理中。1980年，日本政府建设省发表通告，将接触氧化法列入在小型污水处理中首先推荐采用的处理工艺。并且公布了构造准则，使接触氧化技术更加通用化、规范化和系列化。据调查，1981~1985年的5年间，日本新设置的小型污水处理槽为154万台左右，而接触氧化法处理槽为81万余台，占全部装置的52.5%。由此可见，接触氧化处理技术在日本的污水处理领域中应用的广泛性，表1-6为调查70台接触氧化小型污水处理装置的处理水水质结果。1987年桥本奖等人发表了二段法接触氧化处理生活污水试验成果。第一段氧化槽容积23.49m³。填料容积13.01m³；第二段氧化槽容积15.67m³，填料容积8.97m³。采用间歇性曝气的方法以改善脱氮效果，试验结果如表1-7。从表中可以看出：

(1)在各种试验条件下，COD_{Mn}和BOD的去除效果良好，出水水质较好。

(2)在连续曝气的情况下，总氮去除率为59.6%。若将

部分原水不经第一段氧化槽而直接进入第二段氧化槽处理时，去除率可达70%以上。由此可见，间歇性曝气能提高脱氮的去除效果。

(3) 为了提高脱氮效果，在第一段氧化槽连续曝气的同时，第二段氧化槽曝气时间同间断时间之比宜在0.2~0.3之间，流入第二段氧化槽的污水量同第一段氧化槽的进水量之比宜在0.2~0.4之间。

表1-6 处理水水质分析结果(70台接触氧化装置)

项目	单位	最小值	最大值	平均值	标准偏差
pH		4.9	8.1	7.0	0.73
透明度	度	2	小于30	19.2	9.9
BOD	mg/L	4	675	60	98
COD _{Cr}	mg/L	17	219	63	39
悬浮物	mg/L	1	300	41	58
氨氮	mg/L	11.8	146.2	53.0	27.5
亚硝酸盐	mg/L	ND	119.2	13.6	18.8
硝酸盐	mg/L	ND	92.3	17.9	22.5
总氮 ^①	mg/L	42.0	161.6	98.4	39.8
总磷 ^①	mg/L	7.8	27.0	16.2	5.8
氯化物	mg/L	35	212	105	39
大肠菌群	个/(mL)	0	2200	490	640

注：①系根据13台设备分析结果。

近年来，随着城市的进一步发展，为了保护东京湾、伊势湾、濑户内海等主要水域，保证这些水域的水质不致于恶化并且有所改善，要求削减由于生活污水的排入而引起的污染负荷，1988年3月，日本政府建设省又发出补充通告，在原有的基础上提出了加以改进与完善的接触氧化处理污水工艺，使之能进一步适应除氮和减少污泥生成量的要求。这就