



“十三五”江苏省高等学校重点教材

工业废水 处理工艺与设计

GONGYE FEISHUI CHULI GONGYI YU SHEJI

高永 朱炳龙 宋伟 等编著



化学工业出版社

工业废水 处理工艺与设计

GONGYE FEISHUI CHULI GONGYI YU SHEJI

ISBN 978-7-122-33193-9



9 787122 331939 >

定价: 78.00元





“十三五”江苏省高等学校重点教材

工业废水 处理工艺与设计

GONGYE FEISHUI CHULI GONGYI YU SHEJI

高永 朱炳龙 宋伟 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书对工业废水处理的理论及技术进行了全面、系统的阐述,主要介绍了工业废水的分类和来源、水质特征和调查,工业废水处理技术,工业废水处理设计,工业废水处理的运行管理,工业废水处理工程实例等。本书还配有相关标准及工艺设计实例的数字资源,供读者扫码参考。

本书具有较强的技术性和针对性,可供从事工业废水处理的工程技术人员、科研人员和管理人员参考,也可供高等学校环境工程、市政工程及相关专业的师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

工业废水处理工艺与设计/高永等编著. —北京:化学工业出版社, 2019. 1

ISBN 978-7-122-33193-9

I. ①工… II. ①高… III. ①工业废水处理-研究
IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 238802 号

责任编辑:刘兴春 刘婧
责任校对:王素芹

文字编辑:汲永臻
装帧设计:韩飞

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)

印刷:三河市航远印刷有限公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张15 $\frac{3}{4}$ 字数334千字 2020年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888

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。

定 价: 78.00 元

版权所有 违者必究

随着工业的迅速发展,工业废水的种类和数量也迅猛增加,对水体的污染也日趋广泛和严重,威胁人类的健康和安全,也进一步加剧了我国水资源短缺。提高废水的排放标准,满足中水回用和废水“零排放”正成为工业废水治理的主要方向。同时,工业废水由于成分复杂,性质多变,治理难度大,对环保工作者提出了更高的技术要求。目前,虽然关于工业废水处理的书籍和资料很多,但大多只是基本处理技术介绍、各行业废水处理技术介绍以及一些设计手册,很少从废水处理技术、设计方法到工程实例等方面来系统介绍工业废水处理。为此,笔者总结了现有工业废水治理技术知识及工程实践,组织相关高校一线教师和具有丰富工程经验的工程师编著了《工业废水治理工艺与设计》这本书。

本书从工业废水的分类、特点、基本处理工艺、工程设计和概预算以及工程实例分析等方面进行阐述,为广大环保工作者和相关专业师生提供系统、全面的工业废水处理技术及工艺设计方面的知识。

全书共分5章。第1章绪论,主要介绍工业废水的来源、类别、水质特征等内容,由高永编著;第2章工业废水处理技术,主要包括工业废水的物理处理、化学处理、物理化学处理和生物处理等内容,由张曼莹编著;第3章工业废水处理设计,主要包括设计资料确认、设计前的试验验证、设计工艺路线选择、工艺方案设计、施工图纸设计、工程设计常用标准和规范、投资估算等内容,由傅小飞编著;第4章工业废水处理的运行管理,主要包括工业废水处理系统的调试、试运行、运行管理等内容,由朱炳龙编著;第5章工业废水处理工程实例,由宋伟编著。另外,刘姿钲、邬艳君、李婷婷、周俊我、周桢、成程等也参与本书部分内容的编著。全书最后由高永、朱炳龙、宋伟负责统稿和定稿,高永、张曼莹、傅小飞负责校对。

限于编著者时间和编著水平,书中难免有疏漏和不足之处,请广大读者批评指正。

编著者

2019年1月

第 1 章 绪论

1.1 工业废水的分类和来源	1
1.1.1 工业废水的分类	1
1.1.2 工业废水中的污染物及来源	1
1.2 工业废水的水质特征	2
1.2.1 主要水质指标	2
1.2.2 工业废水的可生化性	5
1.3 工业废水调查	8
1.3.1 调查的前期准备	8
1.3.2 工业废水的水质监测	8
思考题与习题	10
参考文献	10

第 2 章 工业废水处理技术

2.1 概述	11
2.2 工业废水的物理处理	12
2.2.1 调节	12
2.2.2 离心	22
2.2.3 过滤	25
2.3 工业废水的化学处理	48
2.3.1 中和	48
2.3.2 化学沉淀	58
2.3.3 臭氧氧化	64

2.3.4	电解	70
2.4	工业废水的物理化学处理	82
2.4.1	混凝	82
2.4.2	气浮	96
2.4.3	吸附	106
2.4.4	离子交换	117
2.4.5	膜处理技术	126
2.5	工业废水的生物处理	135
2.5.1	活性污泥法	135
2.5.2	生物膜法	145
2.5.3	厌氧生物法	173

第3章 工业废水处理设计

3.1	工业污水处理厂(站)工程设计过程简介	184
3.1.1	排水工程专项规划	184
3.1.2	排水工程的建设	185
3.1.3	城市污水、工业污水处理厂(站)的工程 设计	186
3.2	设计资料收集与评价	191
3.2.1	原始资料及自然条件资料	191
3.2.2	城市社会经济概况及规划资料	194
3.2.3	其他资料	195
3.2.4	废水水质、水量的确定与评价	195
3.3	设计前的试验和研究	197
3.3.1	小型试验	197
3.3.2	试验过程及数据分析	198
3.4	设计工艺方案选择	198
3.4.1	工业废水处理的基本原则	198
3.4.2	工艺方案选择	199
3.4.3	常见处理方案及构筑物设计	200
3.4.4	工业废水处理基本构筑物设计	201

3.5 污水处理厂(站)总体布置	214
3.5.1 污水处理厂(站)总体布置概要	214
3.5.2 平面布置	215
3.5.3 高程布置及纵断面图	216
3.5.4 布水、配水与计量	217
3.5.5 管渠(线)布置	217
3.5.6 辅助建筑及道路绿化	218
思考题与习题	219
参考文献	219

第4章 工业废水处理的运行管理

4.1 工业废水处理系统的调试	220
4.1.1 调试前的准备工作	220
4.1.2 单机调试	221
4.1.3 联动调试与维修	223
4.1.4 活性污泥培养与驯化	225
4.2 工业废水处理系统的试运行	226
4.2.1 水质分析项目及频率	226
4.2.2 自控系统的调试	226
4.2.3 污泥脱水系统运行	227
4.2.4 化验分析工作	227
4.2.5 运行数据统计分析	227
4.3 工业废水处理系统的运行管理	228
4.3.1 活性污泥处理系统的运行管理	228
4.3.2 建(构)筑物的管理	231
思考题与习题	232
参考文献	232

第5章 工业废水处理工程实例

5.1 生物制药废水处理技术及应用	233
-------------------------	-----

5.1.1	生物制药废水的来源及特性	233
5.1.2	生物制药废水处理工艺比较	238
5.2	啤酒工业废水处理技术及工程应用	238
5.2.1	概述	238
5.2.2	啤酒废水的水质水量分析	239
5.2.3	废水处理工艺	240
	参考文献	243

附录 配套数字资源

1.1 工业废水的分类和来源

水是宝贵的自然资源，是人类赖以生存的必要条件。人类的生活和生产活动从自然界取用了水资源，经生活和生产活动后受到污染的水又向自然界排出。这些改变了原来的组成，甚至丧失了使用价值而废弃外排的水称为废水。由于废水中混进了各种污染物，排放到自然界水体中，日积月累，最终将导致自然界的水系丧失使用价值。

工业废水是指工业生产过程中产生的废水、污水和废液，其中含有随水流失的工业生产用料、中间产物和产品以及生产过程中产生的污染物。工业废水主要来源于化工业、纺织业、造纸业、钢铁、电力等行业。

1.1.1 工业废水的分类

废水根据来源分为生活污水和工业废水，工业废水又根据废水的污染程度分为生产污水及生产废水。

(1) 生产污水 (production sewage)

生产污水指在生产过程中所形成的，被有机或无机性生产废料所污染的废水（包括温度过高而造成热污染的工业废水）。生产污水与原料直接接触，危害性较大，所含有的毒物、病原体和有机物等对水资源的利用有不良影响，有时甚至使水资源丧失使用价值，对居民身体造成危害。

(2) 生产废水 (production wastewater)

生产废水指在生产过程中形成的，但未直接参与生产工艺，只起辅助作用，未被污染物污染或污染很轻的水。生产废水与原料不直接接触，只要回收热量或稍加处理就可以循环利用。

1.1.2 工业废水中的污染物及来源

由于工业类型繁多，而每种工业又由多段工艺组成，故产生的废水性质完全不同，成分也非常复杂。根据废水对环境污染所造成的危害的不同，大致可划分为固体污染物、有机污染物、油类污染物、有毒污染物、生物污染物、酸碱污染物、需氧污染物、营养性污染物、感官污染物和热污染等。虽然部分污染指标与城市污水相同，但其浓度或数值常常与城市污水相差非常大。例如，某些工业废水中 COD 浓度高达几千甚至上

万毫克/升，而城市污水一般多为几百毫克/升左右。另外，工业废水的可生化性一般来说要比城市污水差得多，重金属和其他有毒有害物质的浓度也常常比城市污水高很多，这些都加大了工业废水的处理难度。

工业废水中的某种污染物可以由以下单方面原因或多方面原因引起：a. 该污染物是生产过程中的一种原料；b. 该污染物是生产原料中的杂质；c. 该污染物是生产的产品；d. 该污染物是生产过程中的副产品；e. 该污染物是废水排放前预处理或处理过程中因输送、投加药剂等原因或其他偶然因素造成的。

1.2 工业废水的水质特征

工业废水对环境造成的污染危害以及应采取的防治对策取决于工业废水的特性、污染物的种类、性质和浓度。工业废水的水质特征不单因废水类别而异，往往因时因地而变。工业废水的特点主要表现为排放量大、组成复杂、污染严重。不同的工业废水，其水质差异很大。

1.2.1 主要水质指标

主要的水质指标包括悬浮物（SS）、生化需氧量（BOD）、化学需氧量（COD）、总有机碳（TOC）、N、P、pH值、油、重金属离子和其他有毒物质等。常用的两项最主要的污染指标是悬浮物和化学需氧量。

1.2.1.1 总固体含量

废水中的杂质分为无机物和有机物两大类。物质在水中有3种分散状态，即溶解态（直径 $<1\text{nm}$ ）、胶体态（直径介于 $1\sim 100\text{nm}$ ）、悬浮态（直径 $>100\text{nm}$ ）。水中所有残渣的综合称为总固体（total solid, TS），包括溶解性固体（dissolved solid, DS）和悬浮物（suspended solid, SS）。能透过滤膜或滤纸（孔径 $3\sim 10\mu\text{m}$ ）的残渣为溶解性固体（DS），表示水中盐类的含量。水中固体是指在一定的温度下将水样蒸发至干时所残余的那部分物质，因此也曾被称为“蒸发残渣”。固体残渣根据挥发性能可分为挥发性固体（VS）和固定性固体（FS）。将固体在 600°C 的温度下灼烧，挥发掉的即是挥发性固体（VS），灼烧残渣则是固定性固体（FS）。溶解性固体一般表示盐类的含量，悬浮物表示水中不溶解的固态物质含量，挥发性固体反映固体的有机成分含量。

悬浮物（SS）是废水的一项重要水质指标，排入水体后会在很大程度上影响水体外观，除了会增加水体的浑浊度、妨碍水中植物的光合作用、对水生生物的生长不利外，还会造成管渠和抽水设备的堵塞、淤积和磨损等。此外，悬浮物还有吸附和凝聚重金属及有毒物质的能力。悬浮物可分为细分散悬浮物（ $0.1\sim 1.0\mu\text{m}$ ）、粗分散悬浮物（ $>1.0\mu\text{m}$ ）、挥发性悬浮物（VSS）、非挥发性悬浮物（NVSS）。

1.2.1.2 生化需氧量 (BOD)

在有氧的条件下，由于微生物的活动而降解有机物所需的氧量称为生化需氧量 (mg/L)。废水中有机物降解一般分为两个阶段 (图 1-1)：第一阶段，又称碳化阶段，是有机物中的碳氧化为二氧化碳、氮氧化为氨的过程，这一阶段消耗的氧量称为碳化需氧量，用 L_a 或 BOD_u 表示；第二阶段，又称硝化阶段，是氨在硝化细菌的作用下被氧化为亚硝酸盐和硝酸盐，这一阶段的需氧量称为硝化需氧量，用 L_N 或 NOD_u 来表示。

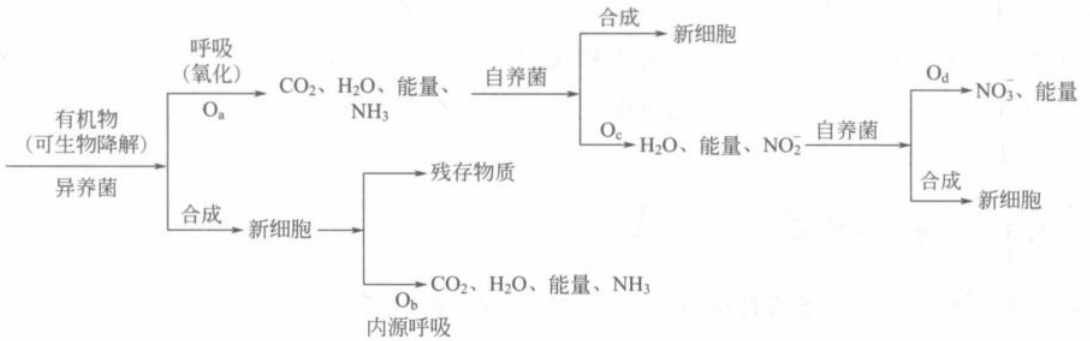


图 1-1 好氧生物降解机理

O_a —异养菌好氧分解有机物所需氧量； O_b —异养菌内源呼吸分解自身细胞内有机物所需氧量；

O_c —自养菌亚硝化所需氧量； O_d —自养菌硝化所需氧量

有机物的生化需氧量与温度、生化培养时间有关。在一定范围内，水温越高，微生物活力越强，有机物因降解而消耗得越快，需氧量越大；时间越长，微生物降解有机物的数量越大，深度越深，需氧也越多。为保证测定结果有可比性，实测生化需氧量时，规定温度为 20°C 。在 20°C 环境中，有机物基本完成第一阶段的氧化降解过程一般需要 20d 左右，其需氧量用 BOD_{20} 表示，被视为完全生化需氧量 (L_a)。实际测定时，20d 分析周期太长，一般采用 5 日生化需氧量 (BOD_5)。对于不同废水来说，其 BOD_{20} 与 BOD_5 数值差异很大，但对同一种废水来说，比值相对固定，如生活污水的 BOD_5 与 BOD_{20} 比值为 0.7 左右。因此，多数国家规定 20°C 时 5d 生化培养测定的 BOD_5 作为废水的有机物浓度指标。

BOD_5 基本上能反映废水中可被微生物氧化降解的有机物的量，但当废水中含大量难生物降解的有机物时，或废水中存在抑制微生物生长繁殖的物质时，测定误差较大，而且每次测定需 5d，不能迅速及时地指导实际工作。

1.2.1.3 化学需氧量 (COD)

在酸性条件下，用强氧化剂将有机物氧化为 CO_2 、 H_2O 所消耗的氧量称为化学需氧量 (mg/L)。这些氧化剂的氧化能力很强，能较完全地氧化水中绝大部分有机物和无机还原性物质 (但不包括硝化所需的氧量)。氧化剂为重铬酸钾时，称为 COD_{Cr} ；氧化剂为高锰酸钾时，称为 COD_{Mn} 。通常情况下： $\text{COD}_{\text{Cr}} > \text{BOD}_{20} > \text{BOD}_5 > \text{COD}_{\text{Mn}}$ 。

COD能在较短时间内精确测出,能较为客观地反映废水被有机物和无机还原性物质污染的状况与危害程度,但无法说明废水中可被微生物氧化降解的有机物污染的状况。

1.2.1.4 营养性污染物

废水中所含的氮、磷是植物和微生物的主要营养物质。如果这类营养性污染物大量进入湖泊、河口、海湾等缓流水体,就会引起水体富营养化。水体富营养化是指藻类及其他浮游生物迅速繁殖,水体溶解氧量下降,水质恶化,鱼类及其他生物突然大量死亡的现象。水体出现富营养化时,浮游生物猛增,由于占优势的浮游生物颜色不同,水面常呈现蓝色、红色、棕色、乳白色等颜色。这种现象发生在江河湖泊中称为水华,发生在海中则叫作赤潮。

1.2.1.5 有毒有害物质

废水中对生物体引起毒性反应的化学物质都是有毒污染物。有毒污染物会引起水体突发性与累积性的污染,毒害人类与其他生物体,危害极大,而且往往短期内难以消除污染,所以被列为污染评价中的重要水质指标。各类水质标准都对主要的毒物规定了严格的限量指标。废水中有毒污染物分为无机化学毒物、有机化学毒物和放射性物质3类。

(1) 无机化学毒物

无机化学毒物包括金属和非金属及其化合物两类。金属毒物主要是汞、铬、铝、铅、锌、镍、铜、钴、锰、铁、钒、锡、镁等元素的离子或化合物。众所周知,前四种金属的危害极大。如汞进入人体后转化为甲基汞,在脑组织中累积,破坏神经功能,无药可治,直至严重发作而死亡等。金属毒物不被微生物降解,只能在不同形态间相互转化、分散。其毒性以离子态存在时最为严重,又易被配位体配合或被带负电荷的物体吸附,随波逐流而四处迁移,并不一定都富集于排污口下游的底泥中。金属毒物常被生物富集于体内,富集倍数可达几百至上千倍,又通过饮水与食物链,最终毒害人体。重金属进入人体后,能与生理高分子物质作用而使之失去活性;也可能积累在某些器官中,导致人体慢性中毒,有时造成的危害长达10~20年才显露,严重的会突发致病,导致死亡。

非金属毒物主要有砷、硒、氰、氟、硫、亚硝酸根等。如砷中毒时引起中枢神经紊乱,诱发皮肤癌。水产品都或多或少地从海水与海底淤泥污染了砷。亚硝酸盐在人体内能与仲胺生成亚硝胺,亚硝胺是强烈的致癌物质。许多毒物元素往往又是生物体必需的微量营养元素。因此,控制水体中非金属元素的限量至关重要。

(2) 有机化学毒物

有机化学毒物主要是指酚、苯、硝基物、氨基物、有机农药、多氯联苯、多环芳烃等有机化合物。这些物质中有些物质具有较强的毒性,如多氯联苯与多环芳烃都具亲脂性,易溶于脂肪与油类中,都是致病物质。又如有机氯农药具有很好的化学稳定性,在自然界中的半定期长达十几年以上,又会通过食物链在人体中富集,严重危害人体健

康。再如 DDT 蓄积于鱼脂中，其浓度可比水体中的高 12500 倍左右。

(3) 放射性物质

放射性物质是指具有放射性核素的物质。这类物质通过自身衰变放射出 X、 α 、 β 、 γ 射线及质子束等。废水中的放射性物质主要来自铀、镭等放射性物质和稀土的提纯生产与使用过程。如以核能为动力的企业、稀土冶炼厂、矿物冶炼厂等都会产生一定量的放射性污染的废水，浓度一般较低，主要引起慢性辐射和后期效应。放射性物质进入人体后会继续放出射线，危害机体，诱发癌症和贫血，还对孕妇和婴儿产生遗传性伤害。

1.2.2 工业废水的可生化性

1.2.2.1 有机废水处理的生化性

废水的可生化性 (biodegradability) 也称废水的生物可降解性，即废水中有机污染物被生物降解的难易程度，其实质是指废水中所含的污染物通过微生物的生命活动来改变污染物的化学结构，从而改变污染物的化学和物理性能所能达到的程度。可生化性是废水的重要特征指标之一。

废水的可生化性主要取决于废水所含的有机物，一些易被微生物分解、利用，还有一些不易被微生物降解，甚至对微生物的生长产生抑制作用，这些有机物质的生物降解性质以及在废水中的相对含量决定了该种废水采用生物法处理的可行性及难易程度，还反映了处理过程中微生物对有机污染物的利用速度。

废水的可生化性受到多种因素的影响。一些有机物在低浓度时毒性较小，可以被微生物所降解，但在浓度较高时，则表现出对微生物的强烈毒性，常见的酚、氰、苯等物质即是如此。废水中常含有多种污染物，这些污染物在废水中混合后可能出现复合、聚合等现象，从而增大其抗降解性。有毒物质之间的混合往往会增大毒性作用，因此，对水质成分复杂的废水不能简单地以某种化合物的存在来判断废水生化处理的难易程度，所接种的微生物的种属是极为重要的影响因素。pH 值、水温、溶解氧、重金属离子等环境因素对微生物的生长繁殖及污染物的存在形式有影响，因此，这些环境因素也间接地影响废水中有机污染物的可降解程度。

确定处理对象废水的可生化性，对于废水处理方法的选择和确定生化处理工段进水量、有机负荷等重要工艺参数具有重要的意义，对于处理工艺的设计十分重要。

1.2.2.2 可生化性的评价方法

可生化性的判定方法可以分为好氧呼吸参量法、微生物生理指标法、模拟实验法等。

(1) 好氧呼吸参量法

在微生物对有机污染物的好氧降解过程中，除化学需氧量 (chemical oxygen demand, COD)、生化需氧量 (biological oxygen demand, BOD) 等水质指标的变化外，

同时伴随着 O_2 的消耗和 CO_2 的生成。好氧呼吸参量法就是利用上述事实，通过测定 COD、BOD 等水质指标的变化以及呼吸代谢过程中的 O_2 或 CO_2 含量（或消耗、生成速率）的变化来确定某种有机污染物（或废水）可生化性的判定方法。根据所采用的水质指标，主要可分为水质指标评价法、微生物呼吸曲线法。

1) 水质指标评价法 BOD_5 与 COD_{Cr} 比值法是最经典也是目前最为常用的一种评价废水可生化性的水质指标评价法。 BOD_5 直接代表废水中可生物降解的有机物， COD_{Cr} 代表废水中有机污染物的总量， BOD_5 与 COD_{Cr} （或简写为 B/C）的比值体现了废水中可生物降解有机物占总有机物的比例，可作为废水是否采用生化法处理的重要衡量指标，比值越大，废水越容易被生化处理，效果也越好。

一般认为， $BOD_5/COD_{Cr} < 0.3$ 的废水属于难生物降解废水，在进行必要的预处理之前不宜采用好氧生物处理；而 $BOD_5/COD_{Cr} > 0.3$ 的废水属于可生物降解废水。

在各种有机污染指标中，总有机碳（TOC）、总需氧量（TOD）等指标与 COD 相比，能够更为快速地通过仪器测定，且测定过程更加可靠，可以更加准确地反映出废水中有机污染物的含量。近年来，国外多采用 BOD/TOD 及 BOD/TOC 的值作为废水可生化性的判定指标。

2) 微生物呼吸曲线法 微生物呼吸曲线（图 1-2）是以时间为横坐标，以生化反应过程中的耗氧量为纵坐标作图得到的一条曲线，曲线特征主要取决于废水中有机物的性质。测定耗氧速度的仪器有瓦勃氏呼吸仪和电极式溶解氧测定仪。当微生物进入内源呼吸期时，耗氧速率恒定，耗氧量与时间呈正比，在微生物呼吸曲线上表现为一条过坐标原点的直线，其斜率即表示内源呼吸时的耗氧速率。

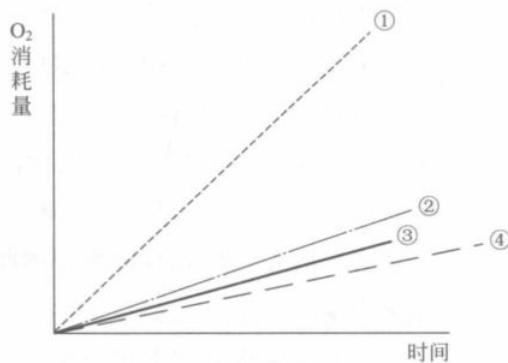


图 1-2 微生物呼吸曲线

图 1-2 中曲线③为不加呼吸基质（被测废水）的呼吸反应，即属微生物的内源呼吸反应。当被测废水得到了如①那样的曲线时，说明该废水中含有较多的有机物质并且能被微生物作为呼吸基质来利用，故得到了一条较高于曲线③的曲线。当被测废水得到的曲线是类似②的曲线时，说明废水中能被微生物利用的物质不多，故只是得到了一条稍高于曲线③的曲线，说明该废水不宜做生化处理。当被测废水得到的是一条低于曲线③的曲线时（曲线④），则说明该废水中含有一些能对微生物进行抑制或毒害的物质，从而抑制了微生物的正常呼吸作用，故得到一条低于曲线③的曲线，这种废水当然不能做

生化处理。因此,通过微生物对废水的呼吸反应的测定,就能快速、简便地测出某种废水的可生化性程度。

该判定方法与其他方法相比,操作简单、实验周期短,可以满足大批量数据的测定。但用该法评价废水的可生化性时,必须对微生物的来源、浓度、驯化和有机污染物的浓度及反应时间等条件做严格的规定。

(2) 微生物生理指标法

微生物与废水接触后,利用废水中的有机物作为碳源和能源进行新陈代谢,微生物生理指标法就是通过观察微生物新陈代谢过程中重要的生理生化指标的变化来判定该种废水的可生化性。目前可以作为判定依据的生理生化指标主要有脱氢酶活性、三磷酸腺苷(ATP)。

1) 脱氢酶活性指标法 微生物对有机物的氧化分解是在各种酶的参与下完成的,其中脱氢酶起着重要的作用,即催化氢从被氧化的物质转移到另一物质。由于脱氢酶对毒物的作用非常敏感,当有毒物存在时,它的活性(单位时间内活化氢的能力)下降。因此,可以将脱氢酶活性作为评价微生物分解污染物能力的指标。如果在以某种废水(有机污染物)为基质的培养液中生长的微生物脱氢酶的活性增加,则表明微生物能够降解该种废水(有机污染物)。

2) 三磷酸腺苷(ATP)指标法 微生物对污染物的氧化降解过程实际上是能量代谢过程,微生物产能能力的大小直接反映其活性的高低。三磷酸腺苷(ATP)是微生物细胞中储存能量的物质,因此,可通过测定细胞中ATP的水平来反映微生物的活性程度,并作为评价微生物降解有机污染物能力的指标。如果在以某种废水(有机污染物)为基质的培养液中生长的微生物ATP的活性增加,则表明微生物能够降解该种废水(有机污染物)。

此外,微生物生理指标法还有细菌标准平板计数法、DNA测定法、INT测定法、发光细菌光强测定法等。

虽然目前脱氢酶活性、ATP等测定都已有较成熟的方法,但由于这些参数的测定对仪器和药品的要求较高,操作也较复杂,因此,目前微生物生理指标法主要还是用于单一有机污染物的生物可降解性和生态毒性的判定。

(3) 模拟实验法

模拟实验法是指直接通过模拟实际废水处理过程来判断废水生物处理可行性的方法。根据模拟过程与实际过程的近似程度,可以大致分为培养液测定法和模拟生化反应器法。

1) 培养液测定法 又称摇床试验法,具体操作方法是:在一系列锥形瓶内装入以某种污染物(或废水)为碳源的培养液,加入适当N、P等营养物质,调节pH值,然后向瓶内接种一种或多种微生物(或经驯化的活性污泥),将锥形瓶置于摇床上进行振荡,模拟实际好氧处理过程,在一定阶段内连续监测锥形瓶内培养液物理外观(浓度、颜色、臭和味等)上的变化、微生物(菌种、生物量及生物相等)的变化以及培养液各

项指标（pH 值、COD 或某污染物浓度）的变化。

2) 模拟生化反应器法 模拟生化反应器法是在模型生化反应器（如曝气池模型）中进行的，通过在生化模型中模拟实际污水处理设施（如曝气池）的反应条件，如 MLSS 浓度、温度、DO、F/M 的值等，来预测各种废水在污水处理设施中的去除效果及各种因素对生物处理的影响。由于模拟实验法采用的微生物、废水与实际过程相同，而且生化反应条件也接近实际值，从水处理研究的角度来说，相当于实际处理工艺的小试研究，各种实际出现的影响因素都可以在实验过程中体现，避免了其他判定方法在实验过程中出现的误差。

1.3 工业废水调查

一般来说，一个废水处理厂（站）所需的基本设计信息如下。

- ① 废水的来源和组成。
- ② 废水的水质水量。
- ③ 废水本身及其中所含有用物质的回收利用的可能性，节约用水的措施。
- ④ 由于开工停工、事故性溢流或者其他冲击性负荷而导致废水处理系统出现过负荷情况发生的概率和严重程度。
- ⑤ 由于处理（生产）工艺的改进而引起水质水量的变化。
- ⑥ 涉及不易控制事件例如暴雨时水质水量的变化。

1.3.1 调查的前期准备

在工业废水前期准备中，首先要明确目标，有明确方向的调查可以提高工程方案的可实践性。一般情况下，工业废水前期调查的目的是确定废水的各种组成和成分，取得有代表性的样品，同时考虑未来可能存在的污染源和可能存在的潜在问题，具体如下。

- ① 确定主要的污染源，有机的和无机的，并加以分类。
- ② 了解各车间废水的排放情况和流量变化，对主要的收集系统进行分类。
- ③ 在以下 2 种情况下，确定废水的排放情况：a. 考虑到处理系统中可能含有的高浓度毒物；b. 考虑到产品回收利用的潜在可能性。

同时，还需深入了解类似工业废水的特性和类似工业废水的实践工程，使得对所要调查的工业废水具有一定的感性认识，为以后开展的调查工作打下良好的基础。

1.3.2 工业废水的水质监测

1.3.2.1 样品的采集

(1) 采样点的定位

采样点的定位是建立在取得各适用范畴的特征数据的基础上的，没有特定的规律可