

张芳西 周淑芬 等 编著



实用废水处理技术



黑龙江科学技术出版社

实用废水处理技术

张芳西 周淑芬等 编著

黑龙江科学技术出版社

（哈尔滨）

内 容 提 要

进行废水处理是控制污染、保护环境的一项重要措施。本书着重阐明废水处理的实用技术,全书共分十四章。对于主要工业废水,如炼油、电镀、造纸、钢铁冶炼、石油化工生产、食品加工、制革、农药、放射性物质等生产过程产生的废水以及医院污水等的水质特征、处理方法、工艺流程、技术参数、净化效果、经济分析、运行经验等分别进行了论述,并列举了许多生产实例。

本书可供环境保护、给水排水、劳动卫生等有关专业和部门的科技人员、干部、工人以及高等院校师生学习和参考。

责任编辑: 王天青

封面设计: 岳大地

实用废水处理技术

张芳西 周淑芬等 编著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区分部街28号)

86001印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

开本787×1092毫米1/32·印张17 8/16·字数377千

1983年12月第一版·1983年12月第一次印刷

印数: 1—8,000

书号: 15217·068 定价: 2.20元

前 言

保护环境、控制污染已成为世界人民普遍关注的重大问题。当前我国的环境污染已经相当严重，大部分的废水均未适当处理就向外排放，致使很多水体受到污染。

自从1979年颁布《中华人民共和国环境保护法(试行)》以来，许多省市已实行排污收费的办法，有力地推动了各工矿企业治理工业“三废”的积极性。工业废水的量面广，危害严重，因此各工矿企业、各有关部门都在积极寻求废水处理的实用技术，但是可供借鉴的书籍十分缺乏。

为了适应我国治理工业废水日益增长的需要，我们编著了“实用废水处理技术”一书。书中对于炼油、电镀、造纸、钢铁、煤气、印染、石油化工、食品加工等工业废水，分别介绍了水质特征、处理方法、工艺流程、技术参数、净化效果以及操作经验等情况。阐明了比较成熟的处理方法与技术，也介绍了一些处于研究与发展阶段的新处理技术。

本书由张芳西、周淑芬主编，范玉强、温锦泉等参加了部分编写工作。在编写过程中曾得到有关单位的大力支持，对此深表感谢。由于我们的水平有限，书中错误之处，欢迎读者批评指正。

38014

目 录

第一章 概论

- 第一节 水污染概况..... (1)
- 第二节 主要的污染物及其指标..... (5)
- 第三节 水质污染控制标准..... (12)
- 第四节 废水处理的主要原则..... (23)
- 第五节 废水处理的基本方法..... (27)

第二章 炼油废水

- 第一节 废水的来源与性质..... (46)
- 第二节 处理流程与方法..... (49)
- 第三节 废水的深度处理..... (66)
- 第四节 氧化法与汽提法脱硫..... (71)

第三章 电镀废水

- 第一节 电镀废水的来源与性质..... (81)
- 第二节 电镀工艺的改进..... (83)
- 第三节 含铬废水的回收利用与处理..... (90)
- 第四节 含氰电镀废水的回收与处理..... (107)
- 第五节 含镉电镀废水的回收与处理..... (115)
- 第六节 含镍、铜电镀废水的回收与处理..... (127)
- 第七节 含酸、碱及金属离子等电镀废水的处理..... (132)

第四章 造纸废水

- 第一节 造纸废水的来源与性质..... (139)
- 第二节 蒸煮废液的回收利用..... (142)

第三节	从黑液中回收碱·····	(146)
第四节	生物转盘法处理中段废水·····	(152)
第五节	加速曝气法综合处理中段废水·····	(169)
第六节	生物接触氧化法处理中段废水·····	(179)
第七节	射流曝气法以及其它方法·····	(185)
第八节	白水的循环使用·····	(195)
第五章 钢铁废水		
第一节	废水的来源与性质·····	(202)
第二节	炼铁废水的净化与利用·····	(208)
第三节	转炉炼钢废水的处理·····	(212)
第四节	轧钢废水的处理·····	(219)
第五节	酸洗废水、废液的处理·····	(222)
第六节	煤气站废水的处理与循环使用·····	(239)
第六章 煤气与焦化废水		
第一节	废水的来源与性质·····	(246)
第二节	酚、氰废水的治理途径与方法·····	(249)
第三节	萃取法脱酚·····	(258)
第四节	生化法处理酚、氰废水·····	(269)
第七章 印染废水		
第一节	废水的来源与性质·····	(290)
第二节	染料与碱液的回收利用·····	(296)
第三节	印染废水的净化处理与脱色·····	(302)
第四节	应用实例与运行经验·····	(318)
第八章 石油化工废水		
第一节	维尼纶废水的处理·····	(340)
第二节	丙烯腈生产废水的处理·····	(348)

第三节	氯丁橡胶废水的处理·····	(357)
第四节	顺丁橡胶生产废水的处理·····	(364)
第五节	石油化工混合废水的处理·····	(366)

第九章 制革废水

第一节	制革废水的来源与性质·····	(382)
第二节	减少制革废水产生的途径·····	(386)
第三节	制革废水的回收利用·····	(390)
第四节	制革废水的处理·····	(396)
第五节	制革污泥的处理·····	(410)

第十章 农药废水

第一节	农药废水的水质特性·····	(416)
第二节	农药废水的污染控制·····	(418)
第三节	农药废水的回收与处理实例·····	(423)

第十一章 食品工业废水

第一节	屠宰场及肉类加工场·····	(436)
第二节	制糖工厂·····	(446)
第三节	罐头厂·····	(452)
第四节	酒厂与酒精厂·····	(455)
第五节	乳制品加工厂·····	(459)

第十二章 放射性废水

第一节	废水的来源与性质·····	(464)
第二节	中低水平废水的化学处理·····	(466)
第三节	离子交换处理·····	(470)
第四节	蒸发浓缩处理·····	(474)
第五节	高水平废液的处理·····	(479)

第十三章 医院污水

- 第一节 医院污水的来源及水质水量……………(481)
- 第二节 医院污水处理规划与流程……………(483)
- 第三节 医院污水的处理实例……………(486)
- 第四节 医院污水的消毒方法…………… 497)
- 第五节 污泥的消毒处理……………(512)

第十四章 其它废水

- 第一节 粘胶纤维含锌废水……………(517)
- 第二节 电泳涂漆废水……………(525)
- 第三节 医药工业废水……………(529)
- 第四节 梯恩梯废水……………(539)

第一章 概 论

第一节 水污染概况

随着人类生产活动与生活需要的不断扩大，工业废水和生活污水日渐增多。这些废水和污水经过部分处理，或未经任何处理便向外排放，使环境受到了严重污染。据统计，目前世界每年排放的废水、污水量约6000亿吨，我国排入水体的废水量约300亿吨。

在美国、苏联、日本、西德等国，主要的河流、湖泊都曾受到不同程度的污染。美国每年排出的废水、污水总量为1500亿吨，其中工业废水约占一半。由于没有妥善处理，使著名的密西西比河与美国五大湖（安大略湖、伊利湖、休伦湖、密执安湖及苏必利尔湖）均遭氰化物、酚、氨、汞、砷、镉、铬等污染。

苏联每年排放的废水、污水量也有数百亿吨以上，伏尔加、乌拉尔、第聂泊等河流因排入大量毒物与石油制品，鱼类成批死亡。贝尔加湖每年有6000万吨工业废水和城市污水排入，水质已严重恶化，水生物已减少三分之一以上，名贵的鲑鱼产量减少了55%。仅在水污染方面，苏联每年经济损失达60亿美元以上。

日本的环境污染也很严重，在47条主要河流中污染严重的达23条。由于水质污染而引起的鱼类死亡、农作物减产，甚至危害人体健康的事件经常发生，震惊世界的日本“公害病”——水俣病、骨痛病就是由于排放未经处理的含汞废水、

含镉废水而造成的。

我国是发展中国家，由于工农业生产的逐步现代化，环境污染问题业已提上日程。从1973年以来，在各级政府领导下，环境保护工作取得了一定成绩。例如设立了专门的环保机构，开展了一些污染防治项目的研究，提出了一系列控制污染的新工艺、新方法，兴建了一些废水处理装置。但是由于经济建设中“左”倾思想的长期影响，不少人对治理污染的重要性认识不足，目前我国环境的污染仍然相当严重，成为国民经济发展中的一个突出问题，例如国内有24条主要江河，被严重污染的有15条。我国最大的河流长江，流经渡口、重庆、武汉、南京、上海等干流的21个监测点，有13个点检出水中含酚，最高含量超标305倍，有12段江段检出水中含汞，最高超标40倍。松花江的吉林段，由于纸厂、染料厂等废水排入，江水呈黑褐色，江面泡沫达数十里，不仅江中鱼虾基本绝迹，且因受到汞污染，通过在水体中的甲基化过程以及在水中食物链的逐级富集，使沿江一些渔民患了慢性甲基汞中毒症，已发现有近似“水俣病”的患者。松花江的哈尔滨江段，在冰封枯水期，废水占江水总流量的三分之一，对于此期间取用松花江水的哈尔滨市自来水进行监测表明，在20多个项目中有8项不合标准。

嫩江是黑龙江省的重要河流，干流长925公里，它除供给沿途工业建设、农业灌溉、人民生活用水外，水产资源也很丰富，年产鱼量曾高达3~4万吨。但因沿途排入废水、污水，特别是齐齐哈尔市每天排入的废、污水量就达25万吨，曾使嫩江遭受过严重污染。1957~1960年期间出现的酚污染，直接影响了下游的用水和渔业生产。1957年从嫩江捕捞

出的鱼有酚味，1958年捕捞的鱼类大多处于半死状态，10%为死鱼。齐齐哈尔市鱼产量1957年为2559吨，1959年降为1900吨。据化验资料，每100克鱼肉中含酚量在0.001~2.88⁶毫克的范围，酚味很大。有人食用这种鱼后，产生恶心、呕吐，直接影响人体健康。含酚废水实现封闭循环后，基本上制止了酚类毒物对嫩江的污染。

但是在1965年到1970年期间，嫩江又受到以有机物污染为主的严重污染。冰封季节发生连年大量死鱼现象，特点是死鱼量大、范围广、死鱼种类多（有鲤鱼、鳌花、草鱼、白鱼等20多种）。死鱼的表现是先浮头，进而失去平衡顺流漂下，最后沉于江底。解剖化验死鱼，仅发现少量线虫与吸虫胞囊，未发现有毒物质、中毒病变和鱼病。由于江鱼大批死亡，齐齐哈尔市1969年产鱼量降为1000吨。

污染的另一个标志是，1965年以来，嫩江江水中大量繁殖有俗称的“黄粘絮状物”，经鉴定这种“黄粘絮状物”是由水节霉（图1—1）、缺刻丝细菌（图1—2）、白地霉（图1—3）等菌类所组成，白地霉占的比例小。水节霉、缺刻丝细菌是污染江域中的优势微生物，在江域中分布广、数量多、延续的距离长，是引起一些工厂泵房滤网与管道堵塞的主要原因。

为了查明嫩江冰封期大量死鱼以及大量繁殖“黄粘絮状物”的原因，曾把嫩江分成为若干个江段，进行污染状况与污染源的调查与监测，并建立了区域环境监测系统。

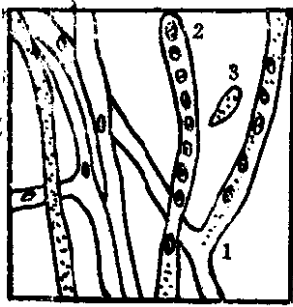


图1—1 水节霉

- 1—水节霉的分生状态；
- 2—游动孢子囊和游动孢子；
- 3—游动孢子游动后静止再萌生芽管



图1—2 缺刻丝细菌

图中黑色物
为小铁盘

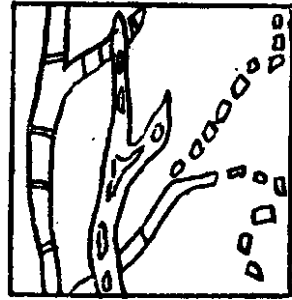


图1—3 白地霉

经过对嫩江沿途的污染源以及各江段的污染状况进行考察后表明，嫩江的有机污染以齐齐哈尔市大量排放废水、污水最为严重，使嫩江流经济齐哈尔北市区后，江水的 BOD_5 值急剧增加，而溶解氧则迅速下降。例如，1968年春季的分析结果为：齐齐哈尔上、下游江段断面的 BOD_5 值分别为0.8~39毫克/升、21.4~30.0毫克/升，而溶解氧含量分别为6~7毫克/升、1~1.6毫克/升。由于大量纸浆、糖质、菜丝、生活粪便等有机污染物入江后分解，消耗江水溶解氧，同时产生低炭糖、氨基酸、有机酸等中间产物，为水生微生物水节霉、缺刻丝细菌等菌类生殖提供了丰富的营养来源，使水节霉、缺刻丝细菌等大量繁殖，这些菌类的耗氧能力又很高（为正常水体的10倍以上），进一步降低了江水的溶解氧。加上冰封期间水体流量小，稀释与自净能力低，且水面冰封阻碍复氧，致使江水溶解氧迅速下降，有的江段甚至低于1毫克/升，而大多数鱼类正常生活所需的溶解氧

浓度不得少于3毫克/升，故造成鱼类缺氧而死亡。

上面介绍的是有关地表水受到污染的一些情况，关于世界各国的一些地区地下水受到污染的报道也是屡见不鲜的。以我国为例，许多城市的地下水已遭到污染，如北京的西郊、东南郊地区的地下水，存在着较重的有机污染与盐污染；沈阳的一些地区地下水，含有较高的酚、油及重金属污染物；对哈尔滨太平区地下水进行检验的结果表明，以酚、硫化氢污染最为突出，约有三分之一的检样超标。

值得特别注意的是，我国当前的环境污染还有继续恶化的趋势。以上海为例，1979年通过对废水的治理，使污染减少1%，但由于工业的发展，污染却增加了3.5%，污染物净增2.5%；北京市现有废水、污水近200万吨/日，地下水的硬度和硝酸盐逐年升高，水位逐年下降，整个城市的环境仍在继续恶化。上述情况说明，我国的环境污染已经到了非抓紧治理不可的地步了。

第二节 主要的污染物及其指标

一、废水中的主要污染物质

水体污染的最主要原因是工业废水的排放。废水中的污染物种类极多，现在根据废水对环境造成污染危害的不同，可把污染物划分为固体污染物、有机污染物、有毒污染物、生物污染物、酸碱污染物、感官污染物等。

1. 固体污染物

水中固体物质的存在形态有悬浮状态、胶体状态和溶解

状态三种。它们的颗粒大小一般是：悬浮状态的粒子直径大于100毫微米，胶体状态的粒子直径介于1~100毫微米之间，溶解状态的粒子直径小于1毫微米。但在水质分析中，通常把固体物质分为悬浮物与溶解物两部分，即把能截留在过滤材料（如滤纸）上的固体物质称为悬浮物（或悬浮固体），而不能被截留的固体物质称为溶解物（或溶解固体）。

在各种废水中几乎都含有数量不等的悬浮物与溶解物。悬浮物的主要危害是可造成沟渠、管道的堵塞与磨损，引起排放水体的淤积，以及土壤孔隙的阻塞。

2. 有机污染物

工业废水中的有机物有动植物纤维、油脂、糖类、有机酸、酚、苯、染料，以及各种有机原料、有机合成制品等。生活污水中含有大量有机物，主要是人体排泄物和垃圾废物。

绝大多数的有机物具有一个共同的特性，即可进行生物氧化分解，需要消耗水中溶解氧，而在缺氧条件下就发生腐败发酵，产生臭气，污染水体，以及影响水生生物的生长繁殖，甚至引起鱼类大批死亡。

由于有机物的组成复杂，种类繁多，除在一些场合对某些有机物进行单项定量外，通常采用生化需氧量、化学耗氧量、总需氧量等综合性指标来反映水中有机物的含量。

组成有机物的基本元素是C、H、O三种。当有机物只含这三种元素时，称之为不含氮有机物；某些有机物（如蛋白质等）还含有N、P、S等元素，称为含氮有机物。含氮有机物具有更强的污染性，也更难去除。

在含氮有机物的好氧分解过程中，具有明显的阶段性，在第一阶段，异养型微生物把含氮有机物转化为氨，实现了有机物的无机化，称此过程为氨化；在第二阶段，自养型微生物再使氨转化为亚硝酸盐，进而使之转化为硝酸盐，称此过程为硝化。氨化过程进行得比较迅速，而硝化过程只在溶解氧含量较高时才能开始，且速度缓慢，需要经历较长的时间。一般的生物处理任务，是使有机物完成氨化过程。

3. 有毒污染物

这类物质可以直接地或间接地对人体或生物体产生毒性效应。废水中的有毒污染物主要有无机化学毒物、有机化学毒物和放射性物质。

在无机化学毒物中，最重要的是重金属离子、氰化物、氟化物等。所谓重金属，通常是指比重大于4~5的金属，由于砷、硒的性质与金属相近，一般也把它们列入重金属毒物之中。主要的重金属毒物有汞、铬、镉、铅、镍、铜、锌、铍、砷等。重金属污染物可在环境中迁移、转化与积累，且能通过食物链有害人体健康，因此需严格控制。

在有机化学毒物中，常见的是酚、苯、硝基化合物、有机农药、多氯联苯、稠环芳烃、合成洗涤剂等。有机农药主要包括杀虫剂、杀菌剂，除草剂等，按化学结构的不同可分为有机氯、有机磷、有机汞三类。有机氯包括DDT、六六六、艾氏剂、狄氏剂等；有机磷包括对硫磷（E-605）、内吸磷（1059）、敌敌畏等，这些物质均有较强的毒性。多氯联苯（PCB）是氯取代的联苯化合物，它具有亲脂性，易溶于脂肪与油中，可在人体与水生物中蓄积，富集倍数很高。据研究，多氯联苯可能有致癌作用。稠环芳烃（PAH）是一种

致癌物质，其中较主要的是 3、4 苯并芘等，也可经过食物链富集浓缩。

放射性物质是指具有放射性核素的物质，它们通过自己的衰变可放射出 α 、 β 、 γ 等射线。放射性物质进入人体后，会继续放出射线，危害肌体，使人患贫血、恶性肿瘤等各种放射性病症。

4. 生物污染物

这主要是指废水中含有的致病性微生物。某些工业废水和生活污水中含有许多微生物，大部分是无害的，但其中也可能含有对人体与牲畜有害的病原菌，例如，制革厂废水中常含有炭疽菌；医院废水中含有病原菌、病毒等；生活污水中含有能引起肠道系统疾病的细菌与寄生虫卵等。

5. 酸碱污染物

这是指废水中含有的酸性污染物或碱性污染物。酸性废水对混凝土、金属等具有腐蚀作用。碱性废水易产生泡沫，且可使土壤盐碱化。酸性、碱性污染物对于废水生化处理过程以及水体的自净过程也都有不良影响。

6. 感官污染物

是指废水中能引起人们感官上不愉快的污染现象，如出现浑浊、颜色、泡沫等。当接纳废水的水体是供游览与娱乐用时，或者是属于渔业水域时，则要求对感官污染物进行更严格的控制。

7. 其它污染

有些废水中含有较多的油类物质，可使水体出现油污染。也有些废水的温度过高，可引起热污染等。

二、水质指标

用以表征废水污染程度的水质指标，可以概括为物理指标、化学指标和生物指标。

1. 物理指标

主要有总固体、悬浮物、溶解物、浊度、温度、臭与味、色度、放射性、电导率等。

总固体，是水样在一定温度下蒸干后所残余的固体物质总量，也称为蒸发残余物。

悬浮物，是把水样过滤后，截留物蒸干后的残余固体量，是反映水中固体物质含量的一个常用水质指标。

溶解物，是水样过滤后，滤过液蒸干的残余固体量。溶解物含量与悬浮物含量二者之和即为总固体量。

浊度是在外观上判断水是否遭受污染的主要特征之一，水的浊度越高，表示水中所含杂质量越多。浊度的标准单位规定为 $1 \text{ 毫克 SiO}_2/\text{升}$ 所构成的浑浊度为 1 度 。

色度的基本单位采用铂钴标准，即规定一升水中含有 $2.491 \text{ 毫克 K}_2\text{PtCl}_6$ 及 $2.00 \text{ 毫克 CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 时，也就是 Pt 的浓度为 1 毫克/升 时所产生的颜色深浅为 $1 \text{ 度} (1^\circ)$ 。

放射性物质的强弱，一般以放射性强度表示，按照比放射性的高低分别以居里/升、毫居里/升、微居里/升计算。

电导率是指一定体积溶液的电导，可以间接表示水中溶解盐的含量。电导率的单位为姆欧/厘米。

2. 化学指标

主要有生化需氧量、化学耗氧量、总需氧量、总有机