

高等学校给水排水工程专业规划教材

特种废水处理工程

李家科 李亚娇 主编
王社平 主审



中国建筑工业出版社

高等学校给水排水工程专业规划教材

特种废水处理工程

李家科 李亚娇 主编
王社平 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

特种废水处理工程/李家科, 李亚娇主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 1

(高等学校给水排水工程专业规划教材)

ISBN 978-7-112-12501-2

I: ①特… II. ①李…②李… III. ①废水处理 IV. ①X703.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 188267 号

特种废水是工业产品生产加工、医疗机构日常运营以及垃圾处理过程中产生的废水的总称。由于水量水质较为特殊, 致使其处理流程和处理工艺与城市污水大相径庭。本书讲述了特种废水处理的基本理论和十二种比较常见的特殊废水(包括发酵工业废水、肉类加工废水、制革工业废水、印染工业废水、制浆造纸工业废水、精细化工废水、石油化工废水、焦化废水、重金属工业废水、集成电路废水、医院污水和垃圾渗滤液等)的来源、水量与水质特征, 着重介绍了各种特种废水处理技术的国内外发展现状和最新研究成果, 并列举了大量工程实例。全书分为 17 章, 各章相互独立, 自成体系, 内容详尽, 系统全面, 具有较强的针对性和实用性。

本书可作为高等学校给水排水工程、环境工程、环境科学和市政工程等专业的教学用书, 也可供从事废水处理和环境保护的研究、设计与运行管理人员以及其他与环境工程、环境科学有关的专业技术人员参考使用。

* * *

责任编辑: 张文胜 姚荣华

责任设计: 肖 剑

责任校对: 马 赛 刘 钰

高等学校给水排水工程专业规划教材

特种废水处理工程

李家科 李亚娇 主编

王社平 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京盈盛恒通印刷有限公司印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21 字数: 518 千字

2011 年 1 月第一版 2011 年 1 月第一次印刷

定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-12501-2
(19762)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

特种废水主要包括工业企业生产过程中产生的工业废水、含有大量病原微生物（寄生虫卵、病原菌、病毒等）的医院污水以及固体废弃物在卫生填埋过程中产生的垃圾渗滤液等。不同的废水来源，其水量、成分和性质也各不相同。仅就工业废水而言，据 2009 年《中国环境状况公报》，2009 年，全国废水排放总量为 589.2 亿 t，化学需氧量排放总量为 1277.5 万 t，氨氮排放总量为 122.6 万 t，其中工业废水排放量为 234.4 亿 t，工业废水化学需氧量排放量为 439.7 万 t，工业废水氨氮排放量为 27.3 万 t。特种废水的排放不仅量大面广，而且含有氰化物、重金属、苯、酚等多种有害无机物和有机物，毒性极大，并且不易在水中降解，极易对人体和生态系统造成严重的污染和破坏。

鉴于特种废水的特殊性，并根据国家环保总局与国家技术监督局于 1996 年联合颁发的《污水综合排放标准》GB 8978—1996 对 69 种水污染物最高允许排放浓度、部分行业污染物最高允许排放浓度和污水排放定额等的要求，对于特种废水，需要一套特殊处理技术先对其进行处理，以减轻城市污水处理厂的工作负荷以及对环境的危害。本书即对当前的特种废水处理技术做了全面的介绍，以推进特种废水处理工作的进一步发展。

本书分为上、下两篇，上篇简要介绍了特种废水处理的物理、化学、物化、生物处理技术，下篇针对发酵工业废水、肉类加工废水、制革工业废水、印染工业废水、制浆造纸工业废水、精细化工废水、石油化工废水、焦化废水、重金属工业废水、集成电路废水、医院废水、垃圾渗滤液等 12 种特殊废水，详细介绍了其废水来源、水量水质特征、主要处理技术及其最新研究成果，并且配以详细的工程实例，以利于读者对各类特种废水处理技术的了解。

本书内容成熟、取材广泛、体系完整、层次清晰，阐述简明扼要，适用于给水排水工程及环境工程本科教学使用，也可供从事给水排水、环境及相关领域的工程技术人员和管理人员参考。

本书由西安理工大学李家科、西安科技大学李亚娇主编，西安建筑科技大学王旭东，西安工业大学吴小宁，辽宁科技大学鞠兴华，西安理工大学徐志嫻、杜光斐、李文英、黄池钧等参加了编写。全书共分 17 章，第 1、4、6、9、11、13、14、17 章及第 8.3 节由李家科编写；第 2、10、12、16 章及第 8.1 节由李亚娇编写；第 7 章由王旭东编写；第 3.1~3.3 节及第 3.5、3.6 节由吴小宁编写；第 15 章由鞠兴华编写；第 5.2 节及 8.4 节由徐志嫻编写；第 3.4 节及 5.3 节由杜光斐编写；第 8.2 节由李文英编写；第 5.1 节由黄池钧编写。西安理工大学研究生于婕、黄文菁、王华等参与了书稿的校对工作。

本书由西安市市政设计研究院副院长王社平教授级高工主审，主审人对书稿进行了认真审校，并提出了建设性的修改意见，提高了本书的质量，编者对此深表谢意。

本书的出版得到了陕西省重点学科建设专项资金资助，在编写和出版过程中得到了西安理工大学、西安科技大学、西安建筑科技大学、西安工业大学、辽宁科技大学的大力支持，在此表示衷心的感谢。

限于编写者水平，书中不妥或谬误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2010年8月

目 录

上篇 特种废水处理基本理论

1 特种废水处理概论	1
1.1 概述	1
1.2 特种废水污染源调查及控制途径	4
1.3 特种废水处理方法概述	5
2 特种废水的物理处理	7
2.1 调节	7
2.2 离心分离	10
2.3 除油	12
2.4 过滤	14
3 特种废水的化学处理	19
3.1 中和	19
3.2 化学沉淀	24
3.3 药剂氧化还原	27
3.4 臭氧氧化	30
3.5 电解	33
3.6 其他氧化还原法	35
4 特种废水的物理化学处理	37
4.1 混凝	37
4.2 气浮法	41
4.3 吸附	44
4.4 离子交换	49
4.5 膜处理技术	52
5 特种废水的生物处理	59
5.1 特种废水的可生化性评价	59
5.2 特种废水好氧生物处理	61
5.3 特种废水厌氧生物处理	70

下篇 特种废水处理技术

6 发酵工业废水处理技术	79
6.1 发酵工业废水的来源	79
6.2 发酵工业废水的水量水质特征	80
6.3 发酵工业废水的处理技术	86

6.4	工程实例	99
7	肉类加工废水处理技术	106
7.1	肉类加工废水的来源	106
7.2	肉类加工废水的水量水质特征	107
7.3	肉类加工废水的处理技术	110
7.4	工程实例	118
8	制革工业废水处理技术	122
8.1	制革工业废水的来源	122
8.2	制革工业废水的水量水质特征	124
8.3	制革工业废水的处理技术	127
8.4	工程实例	138
9	印染工业废水处理技术	141
9.1	印染废水的来源	141
9.2	印染废水的水量水质特征	143
9.3	印染废水的处理技术	146
9.4	工程实例	155
10	制浆造纸业工业废水处理技术	160
10.1	制浆造纸工业废水的来源及特征	160
10.2	制浆造纸工业废水的处理技术	168
10.3	工程实例	172
11	精细化工废水处理技术	178
11.1	精细化工废水的来源	178
11.2	精细化工废水的水量水质特征	180
11.3	精细化工废水的处理技术	181
11.4	工程实例	197
12	石油化工废水处理技术	201
12.1	石油化工废水的来源	201
12.2	石油化工废水的水量水质特征	204
12.3	石油化工废水的处理技术	205
12.4	工程实例	213
13	焦化废水处理技术	217
13.1	焦化废水的来源	217
13.2	焦化废水的水质水量特征	224
13.3	焦化废水的处理技术	231
13.4	工程实例	240
14	重金属工业废水处理技术	245
14.1	重金属废水的来源	245
14.2	重金属废水的污染特点	247
14.3	重金属废水的处理技术	248

14.4	工程实例	264
15	集成电路废水处理技术	269
15.1	集成电路废水的来源	269
15.2	集成电路废水的水量水质特征	270
15.3	集成电路废水的处理与回收技术	272
15.4	工程实例	283
16	医院污水处理技术	287
16.1	医院污水的来源	287
16.2	医院污水的水量水质特征	288
16.3	医院污水的处理技术	293
16.4	医院污水的污泥处理	299
16.5	工程实例	301
17	垃圾渗滤液处理技术	305
17.1	垃圾渗滤液的产生和特点	305
17.2	垃圾渗滤液的处理方式	307
17.3	垃圾渗滤液的处理技术	310
17.4	工程实例	317
	参考文献	322

上篇 特种废水处理基本理论

1 特种废水处理概论

1.1 概 述

1.1.1 特种废水的分类

特种废水主要包括工业企业生产过程中产生的工业废水、含有大量病原微生物(寄生虫卵、病原菌、病毒等)的医院污水以及固体废弃物在卫生填埋过程中产生的垃圾渗滤液等。

其中,工业废水是区别于生活污水而言的,含义很广。每一种工业废水都是多种杂质和若干项指标表征的综合体系,人们往往只能以起主导作用的一、两项污染因素来对工业废水进行描述和分类。

第一种是按行业和产业加工分类,如冶金废水、炼焦煤气废水、纺织印染废水、金属酸洗废水、制革废水、农药废水、化学肥料废水等。这种分类方法主要用于对各工业部门、各行业的工业废水污染防治进行研究和管理工作。

第二种是按工业废水中所含主要污染物的性质分类,以无机污染物为主的称无机废水,以有机污染物为主的称有机废水。这种分类方法比较简单,对考虑治理对策有利。如对无机废水一般采用物理化学的处理方式;有机废水一般采用生物法处理。不过在工业生产中,一种废水可能既含有有机成分又含无机成分,这样在考虑处理工艺时必须有针对性地采用综合治理方法。

第三种是按废水中所含污染物的主要成分分类,如酸性废水、碱性废水、含氟废水、含酚废水、含铬废水、含有机磷废水、含放射性元素废水等。这种分类方法的优点是突出了废水的主要污染成分。根据其中所含的主要成分,可以有针对性地考虑处理手段,或者进行有效的回收或利用。

1.1.2 特种废水对环境的污染

特种废水因工艺、设备条件与管理水平等的不同,在水质、水量与排放规律等方面差异很大。即使同行业所排放的废水,其水质、水量与排放规律也有所不同。废水中含有大量的有毒有害物质,这些污染物大量排入江、河、湖、水库、河口、海湾和近海海域,造成了水环境的严重污染。

特种废水对水环境的污染主要表现为水质恶化、降低水体功能、污染饮用水源、危及人体健康。兹举数例，以见一斑。

随着现代有机化学工业的高速发展，难生物降解有机化合物排入水体，其中有些毒性很大，有致癌的潜在危险，如多氯联苯、多环芳烃和有机磷农药等；有的有机化合物能与氯反应生成有机卤化物，如氯仿、溴仿、碘仿、氯二溴甲烷、二氯溴甲烷、二碘氯甲烷等，其总量以三卤甲烷(THMs)表示。卤代烃能使人的肝脏肿大、变异，使细胞坏死并致癌，已成为当前饮用水的主要污染物。据统计，目前已有十万余种化合物进入环境，造成严重污染。如德国鲁尔河的污染，致使一家以河水为水源的自来水厂出水含大量有机卤化物；我国北京的官厅水库因受河北省宣化和下花园等地区工业废水的污染，已不适宜作饮用水源。

随工业废水排入水体的重金属，可通过食物链富集后危及人体健康。如日本曾发生两次震惊世界的由于水污染引起的公害病——“水俣病”和“痛痛病”。1953年，日本九州熊本县的水俣镇发现的“水俣病”，是由于日本氮肥公司生产氯乙烯和醋酸乙烯时采用低成本的汞催化剂(氯化汞和硫酸汞)工艺，把含有大量甲基汞废水、废渣排入水俣湾，使汞在鱼体内富集，人吃毒鱼慢性中毒而得病。1955年，日本神通川两岸的群马县等地区发现的“骨痛病”(又名“痛痛病”)，是由于日本神通川上游三井金属矿业公司的神岗矿业炼铅、炼锌排放的含镉废水，顺灌渠流入两岸农田，使大米的含镉量超过1mg/L，居民因长期吃这种大米引起骨骼软化萎缩，骨折疼痛而死。

工业废水对水体的污染还表现为降低捕鱼量、鱼种减少和鱼品质量下降，造成渔业损失。如美国五大湖曾受多氯联苯污染，使鱼肉中多氯联苯的含量超标，失去食用价值，经十年的治理，才使湖中的多氯联苯、DDT和其他污染物的浓度明显降低。

同时，医院污水中含有的大量致病菌也对人体健康构成了严重的威胁。

此外，水体受到严重污染还将增加水处理成本，如需从远距离取水；难降解有机污染物和植物的大量排入水体，使处理技术复杂化，增大工程投资和运行费用，等等。

1.1.3 废水的排放标准

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》(1989年)、《中华人民共和国水污染防治法》(1996年)和《中华人民共和国海洋环境保护法》(1982年)，控制水污染，保护水环境，保障人民身体健康，维护生态平衡，促进国民经济和城乡建设的发展，国家环境保护部(原国家环保总局)与国家技术监督局于1996年联合颁发了新的《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)，并于1998年1月1日起正式实施。该标准按照污水排放去向，分年限规定了69种水污染物最高允许排放浓度、部分行业污染物最高允许排放浓度和污水排放定额以及污水分析采样方法。

该标准根据污染物的毒性及对人体、动植物、水环境的影响和控制方式，将工矿企业和事业单位排放的污染物分为两类。

第一类污染物，系指会在环境或动植物体内积累、对人体健康产生长期不良影响的污染物，如重金属、类金属砷、苯并(a)芘、放射性物质等，共13项。这一类污染物不分行业和污水排放方式，也不分受纳水体的功能类别，一律在车间或车间处理设施排放口采样，其最高允许排放浓度必须达到标准要求。

第二类污染物，其长远影响小于第一类污染物，如pH值、SS、BOD₅、COD等，共

26 项。按其排放水域的使用功能以及企业性质(如新、扩、改建企业或现有企业),分为一级标准值和二级标准值。这一类污染物在排污单位总排放口采样,其最高允许排放浓度必须达到标准要求。

该标准还对部分行业最高允许排放量作了规定,以控制工业企业用水量和工业废水排放量。

此外,该标准对混合污水排放标准的计算方法、工业废水污染物的最高允许排放负荷量的计算方法、污染物最高允许年排放总量的计算方法和 69 种污染物的测定方法做了规定。

为控制工业废水污染,我国还制定了皮革、钢铁、磷肥等 30 个行业水污染排放标准。按照国家综合排放标准与国家行业排放标准不交叉执行的原则,有行业排放标准的工业部门应执行国家水污染行业排放标准,如纺织染整工业执行《纺织染整工业水污染物排放标准》(GB 4287—1992)、造纸工业执行《造纸工业水污染物排放标准》(GB 3544—2008)等,其他排放水污染物的行业均执行国家《污水综合排放标准》。表 1-1 为我国部分行业排放标准名录。

我国部分行业排放标准名录

表 1-1

国标编号	标准名称
GB 3544—2008	《造纸工业水污染物排放标准》
GB 4287—1992	《纺织染整工业水污染物排放标准》
GB 3552—83	《船舶污染物排放标准》
GB 4286—84	《船舶工业污染物排放标准》
GB 4914—85	《海洋石油开发工业含油污水排放标准》
GB 13457—1992	《肉类加工工业水污染物排放标准》
GB 13458—2001	《合成氨工业水污染物排放标准》
GB 13456—1992	《钢铁工业水污染物排放标准》
GB 14374—93	《航天推进剂工业水污染物排放标准》
GB 14470.1~14470.3, GB 4274~4279—84	《兵器工业水污染物排放标准》
GB 15580—1995	《磷肥工业水污染物排放标准》
GB 15581—1995	《烧碱、聚氯乙烯工业水污染物排放标准》
GB 3545—83	《甜菜制糖工业水污染物排放标准》
GB 3546—83	《甘蔗工业水污染物排放标准》
GB 3547—83	《合成脂肪酸工业污染物排放标准》
GB 3548—83	《合成洗涤剂工业污染物排放标准》
GB 3549—83	《制革工业水污染物排放标准》
GB 19430—2004	《柠檬酸工业污染物排放标准》
GB 19431—2004	《味精工业污染物排放标准》
GB 19821—2005	《啤酒工业污染物排放标准》
GB 20425—2006	《皂素工业污染物排放标准》
GB 20426—2006	《煤炭工业污染物排放标准》

续表

国标编号	标准名称
GB 3550—83	《石油开发工业水污染物排放标准》
GB 3551—83	《石油炼制工业水污染物排放标准》
GB 3553—83	《电影洗片水污染物排放标准》
GB 18596—2001	《畜禽养殖业污染物排放标准》
GB 18466—2005	《医疗机构水污染物排放标准》
GB 18918—2002	《城镇污水处理厂污染物排放标准》

制定这些标准的基本原则如下：

(1) 按行业、产品的生产工艺、生产规模、原材料来制定排放标准，以单位产品的主要污染物的排放负荷来表示(如“kg 污染物/单位产品”)；

(2) 按新老污染源定制不同的排放标准，对新建、扩建、改建企业要求严格，对现有企业标准略低，限期治理；

(3) 考虑了当前我国可行的治理技术水平与国民经济可持续发展的需要，使之相互适应；

(4) 不仅限制污染物的排放量或排放浓度，还限制单位产品的排水量，体现了污染物总量控制的含义；

(5) 重视资源与能源的合理利用，考虑工业的水重复利用率与某些工业重点污染物的回收率(如造纸工业的黑液回收率)；

(6) 限定含有毒有害污染物质与一般污染物的检测取样地点；

(7) 规定了污染物的分析检测方法，便于监测、考核、确保标准实施。

总之，提高我国工业企业的环保管理水平，使工业废水排放标准能有效实施，将大大提高我国资源与能源的综合利用水平与水污染控制水平，并对经济建设与人民健康带来巨大利益。

1.2 特种废水污染源调查及控制途径

1.2.1 污染源调查

特种废水的三个主要来源中，工业废水所含种类最多，污染也最广，因此本节仅就工业废水的来源加以叙述。

工业废水的数量和浓度一般按产品的产量来表示(例如，对于纸浆造纸废水，就表示成每吨纸浆排水多少立方米，每吨纸浆产 BOD 多少千克)，其性质的变化按统计分布决定。任何一个工厂，其废水流量特性统计下来都会有所变化，而变化的大小则取决于产品品种的多少、排污的工艺操作以及生产是连续进行还是间歇进行。采取良好措施、控制跑冒滴漏，将会减小流量的统计差异。类似的工业，如纸板工业，由于各自的操作规程、水的回用以及生产工艺的改革等都有差别，故废水的流量和水质变化都很大。各厂生产工艺、操作规程很少有完全相同的，因此通常都必须进行废水监测以确定其排污负荷及其变化状况。

进行污染源调查，可分为以下两个方面。

1. 现场调查

(1)查明工厂在正常和高负荷操作条件下的水平衡状况；(2)记下所有用水工序，并编制每个工序的水平衡明细表；(3)从各排水工序和总排水口取样进行水质分析；(4)确定排放标准。

2. 资料分析

(1)能否通过改进工艺或设备减少废水量和降低浓度；(2)有无回收有用物质的可能性；(3)有无可能将需处理废水和不需处理就可排放或利用的废水进行分流。

1.2.2 控制特种废水污染源的基本途径

控制特种废水污染源的基本途径是减少废水排出量和降低废水中污染物浓度。

1. 减少废水排出量

减少废水排出量就是减小处理装置规模的前提，必须充分注意，可采取以下措施：(1)废水进行分流；(2)节约用水；(3)改革生产工艺；(4)避免间断排出特殊废水。

2. 降低废水中污染物的浓度

通常，某一行业产生的污染物质是一定的，若减少排水量，就会提高废水污染物的浓度，但采取各种措施也可以降低废水的浓度。一般情况下，可采取以下措施降低废水中污染物的浓度：(1)改革生产工艺，尽量采用不产生污染物的工艺；(2)改进装置的结构和性能；(3)废水进行分流；(4)废水进行均和；(5)回收有用物质；(6)排出系统的控制。

1.3 特种废水处理方法概述

1.3.1 废水处理方法

废水处理过程是将废水中所含的各种污染物与水分离或加以分解，使其净化的过程。

现代废水处理技术，习惯上按作用原理，可分为物理法、化学法、物理化学法和生物法4大类。

物理法是利用物理作用来分离废水中的悬浮物或乳浊物，常见的有格栅、筛滤、离心、澄清、过滤、隔油等方法。

化学法是利用化学反应的作用来去除废水中的溶解物质或胶体物质，常见的有中和、沉淀、氧化还原、催化氧化、光催化氧化、微电解、电解絮凝、焚烧等方法。

物理化学法是利用物理化学作用来去除水中溶解物质或胶体物质，常见的有混凝、浮选、吸附、离子交换、膜分离、萃取、气提、吹脱、蒸发、结晶、焚烧等方法。

生物处理法是利用微生物代谢作用，使废水中的有机污染物和无机微生物营养物质转换为稳定、无害的物质。常见的有活性污泥法、生物膜法、厌氧生物消化法、稳定塘与湿地处理等。生物处理法也可按是否供氧而分为好氧处理和厌氧处理两大类，前者主要有活性污泥法和生物膜法两种，后者包括各种厌氧消化法。

特种废水中的污染物质是多种多样的，不能设想只用一种处理方法就能把所有污染物质去除殆尽。一种废水往往要采用多种方法组合成的处理工艺系统，才能达到预期要求的处理效果。

1.3.2 废水处理方法的选择

1. 污染物在废水中的存在状态

选择废水处理方法前，必须了解废水中污染物的形态。一般污染物在废水中处于悬浮、胶体和溶解 3 种形态，通常根据其粒径的大小来划分。悬浮物粒径为 $1\sim 100\mu\text{m}$ ，胶体粒径为 $1\mu\text{m}\sim 1\text{nm}$ ，溶解物粒径小于 1nm 。一般来说，易处理的污染物是悬浮物，而胶体和溶解物则较难处理。悬浮物可通过沉淀、过滤等与水分离，而胶体和溶解物则必须利用特殊的物质使之凝聚或通过化学反应使其粒径增大到悬浮物的程度，或利用微生物或特殊的膜等将其分解或分离。

2. 废水处理方法的确定

可参考已有的相同行业的处理工艺流程确定。如无资料可参考时，可通过试验确定。

(1) 有机废水

1) 含悬浮物时，用滤纸过滤，测定滤液的 BOD_5 、 COD 。若滤液中的 BOD_5 、 COD 均在要求值以下，这种废水可采取物理处理方法，在去除悬浮物的同时，也能将 BOD_5 、 COD 去除。

2) 若滤液中的 BOD_5 、 COD 高于要求值，则需考虑采用生物处理法。进行生物处理实验时，确定能否将 BOD 与 COD 同时去除。

好氧生物处理法去除废水中的 BOD_5 和 COD ，由于工艺成熟，效率高且稳定，所以获得十分广泛的应用，但由于需供氧，故耗电较高。为了节能并回收沼气，常采用厌氧法去除 BOD_5 和 COD ，特别是处理高浓度 BOD_5 和 COD 废水比较适用 ($\text{BOD}_5 > 1000\text{mg/L}$)。现在将厌氧法用于低 BOD_5 、 COD 废水的处理，亦获得成功，但是，从去除效率看， BOD_5 的去除率不一定高，而 COD 的去除率反而高些。这是由于难降解的 COD 经厌氧处理后转化为容易生物降解的 COD ，使高分子有机物转化为低分子有机物。对于某些工业废水也存在这种现象。如仅用好氧生物处理法处理焦化厂含酚废水，出水 COD 往往保持在 $400\sim 500\text{mg/L}$ ，很难继续降低。如果采用厌氧作为第一级，再串以第二级好氧法，就可使出水 COD 下降到 $100\sim 150\text{mg/L}$ 。因此，厌氧法常常用于含难降解 COD 工业废水的处理。

3) 若经生物处理后 COD 不能降低到排放标准，就要考虑采用深度处理。

(2) 无机废水

1) 含悬浮物时，需进行沉淀试验，若在常规的静置时间内达到排放标准时，这种废水可采用自然沉淀法进行处理。

2) 若在规定的静置时间内达不到要求值，则需进行混凝沉淀试验。

3) 当悬浮物去除后，废水中仍含有有害物质时，可考虑采用调节 pH 值、化学沉淀、氧化还原等化学方法。

4) 对上述方法仍不能去除的溶解性物质，为了进一步去除，可考虑采用吸附、离子交换等深度处理方法。

(3) 含油废水

首先做静置上浮试验分离浮油，再进行分离乳化油的试验。

2 特种废水的物理处理

2.1 调 节

无论是工业废水，还是城市污水或生活污水，水质和水量在一天内均会波动。一般来说，工业废水的波动比城市污水大，中小型工厂的波动就更大。废水的水质水量变化对排水设施及废水处理设备，特别是对生物处理设备正常发挥其净化功能是不利的，甚至还可能破坏这些设备。为此，经常采取的措施是在废水处理系统之前，设均和调节池，简称调节池，用以尽可能减小或控制废水的波动，为后续处理过程提供一个稳定的处理条件。调节池的大小和形式随废水量及来水变化情况而不同。调节池池容应足够大，以便能消除因厂内生产过程的变化而引起的废水增减，并能容纳间歇生产中定期集中排水。

工业废水处理进行调节的目的是：

- (1) 提供有机负荷的缓冲能力，防止生物处理系统负荷的急剧变化；
- (2) 控制 pH 值，以减少中和作用中化学药剂的用量；
- (3) 减小对物理化学处理系统的流量波动，使化学品添加速率适合加料设备的额定条件；
- (4) 当工厂停产时，仍能对生物处理系统继续输入废水；
- (5) 控制向市政系统的废水排放，以缓解废水负荷分布的变化；
- (6) 防止高浓度有毒物质进入生物处理系统。

根据调节池的功能，调节池可分为均量池、均质池、均化池和事故池。

2.1.1 均量池

均量池的主要作用是均化水量。常用的均量池有两种。一种为线内调节，实际是一座变水位的贮水池，来水为重力流，出水用泵抽。池中最高水位不高于来水管的设计水位，水深一般为 2m 左右，最低水位为死水位，详见图 2-1。

另一种为线外调节(见图 2-2)。调节池设在旁路上，当废水流量过高时，多余废水用泵打入调节池；当流量低于设计流量时，再从调节池回流到集水井，并送去后续处理。线外调节与线内调节相比，其调节池不受进水管高度限制，但被调节水量需要两次提升，消耗动力大。

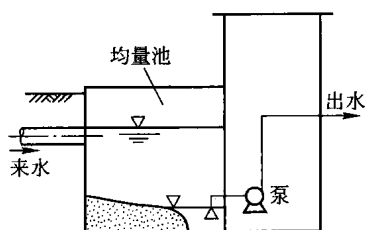


图 2-1 均量池线内调节方式

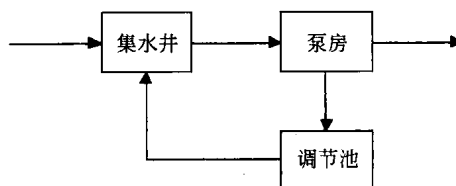


图 2-2 均量池线外调节方式

如在均量池中加上搅拌设施(机械搅拌或曝气),也能起到一定的均质作用,但因均量池的容积占周期内总水量的比例一般只有 10%~20%,所以即使搅拌,均质作用也不大。

均量池的废水平均流量可用式(2-1)计算:

$$Q = \frac{W}{T} = \frac{\sum_0^T qt}{T} \quad (2-1)$$

式中 Q ——在周期 T 内的平均废水流量, m^3/h ;

W ——在周期 T 内的废水总量, m^3 ;

T ——废水流量变化周期, h ;

q ——在 t 时段内废水的平均流量, m^3/h ;

t ——任一时段, h 。

均量池体积的设计,可用累积流量对时间在整个调节期间(即 24h)作图,再绘出一条按固定流量出流的直线,两线垂直距离最大处的体积就是所要求的调节池体积。

2.1.2 均质池

均质池的任务是对不同时间或不同来源的废水进行混合,使流出水质比较均匀,均质池又称水质调节池,也称均和池或匀质池。通过混合与曝气,能防止可沉降的固体物质在池中沉降下来,又可使废水中的还原性物质氧化,而 BOD 则会因空气气提而减少。水质调节的基本方法有两种:

(1) 利用外加动力(如叶轮搅拌、空气搅拌、水泵循环)而进行的强制调节,它设备较简单,效果较好,但运行费用高。

(2) 利用差流方式使不同时间和不同浓度的废水进行自身水力混合,基本没有运行费,但设备结构较复杂。

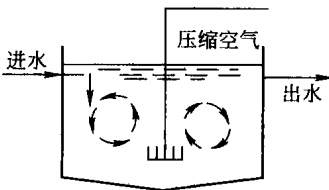


图 2-3 曝气搅拌的均质池

图 2-3 为一种外加动力的均质池,采用压缩空气搅拌,在池底设有曝气管。在空气搅拌作用下,使不同时间进入池内的废水得以混合。这种调节池构造简单,效果较好,并可防止悬浮物沉积于池内。最适宜在废水流量不大、处理工艺中需要预曝气以及有现成压缩空气的情况下使用。如废水中存在易挥发的有害物质,则不宜采用该类调节池,此时可使用叶轮搅拌。

差流式调节池也称异程式均质池,为常水位,重力流,与沉淀池的主要不同之处在于沉淀池中水流每一质点流程都相同;而均质池中水流每一质点的流程则由短到长,都不相同,再结合进出水槽的配合布置,使不同时刻进入的水得以相互混合,取得随机均质的效果。实践证明,这种均质池的效果是可以肯定的,但这种均质池只能均质,不能均量。

调节池的容积可根据废水浓度、流量变化的规律以及要求的调节均和程度来确定。废水经过一定的调节时间后平均浓度为:

$$c = \frac{\sum q_i c_i t_i}{\sum q_i t_i} \quad (2-2)$$

式中 q_i —— t_i 时段内的废水流量;

c_i —— t_i 时段内的废水平均浓度。

均质池所需体积 $V = \sum q_i t_i$, 它取决于采用的调节时间 $\sum t_i$ 。当废水水质变化具有周期

性时，采用的调节时间应等于变化周期。如一工作班排浓液，一工作班排稀液，调节时间应为两个工作班。如需控制出流废水在某一合适的浓度内，可以根据废水浓度的变化曲线试算的方法确定所需的调节时间。

设各时段的流量和浓度分别为 q_1 和 c_1 ， q_2 和 c_2 ，……，则各相邻时段内的平均浓度分别为 $(q_1c_1 + q_2c_2)/(q_1 + q_2)$ ， $(q_2c_2 + q_3c_3)/(q_2 + q_3)$ ，以此类推。如果设计要求达到的平均浓度 c' 与任意相邻的两时段内的平均浓度相比，均大于各平均值，则需要的调节时间即为 $2t_i$ ；反之，则再比较 c' 与任意相邻三时段的平均浓度，若 c' 均大于各平均值，则调节时间为 $3t_i$ ；以此类推，直至符合要求为止。

最后，还应考虑把均质池放在废水处理流程的什么位置。在某些情况下，将均质池设在一级处理后和二级处理之前可能是适宜的，这样污泥和浮渣的问题就会少一些。假如将均质池设计在一级处理之前，在设计中就必须考虑设置足够的混合设备，以防止悬浮物沉淀和废水浓度的变化，有时还应曝气，以防止产生气味。

在计算均质池的体积时，应考虑控制出水污染物的浓度，以保证后续处理设施出水的污染物浓度不超过其最大允许值。例如，若活性污泥池出水的最大 BOD 是 50mg/L，则由此可计算均质池的最大出水 BOD 值，并以此为根据来计算均质池的体积。

若出水流量接近恒定，废水组成又符合正常的统计分布，则废水在调节池的停留时间为：

$$t = \frac{\Delta t (S_i^2)}{2(S_e^2)} \quad (2-3)$$

式中 Δt ——样品混合的时间间隔，h；

t ——停留时间，h；

S_i^2 ——进水浓度的方差(标准差的平方)；

S_e^2 ——在某一概率值(如 99%)时，出水浓度的方差。

2.1.3 均化池

均化池既能均量，又能均质，出水泵的流量用仪表控制。在池中设置搅拌装置，如采用表面曝气或鼓风曝气时，除可使悬浮物不致沉淀和不致出现厌氧情况外，还可以有预曝气的作用，能改进初沉效果，减轻曝气池负荷。

当废水水量规模较小时，可设间歇贮水池，即间隙贮水、间歇运行的均化池，池可分为两格或三格，交替使用，池中设搅拌装置。这种池型效果最好。

Patterson 和 Menez 提出一种方法，用以确定当废水流量与强度均作随机变化时均化池的参数。池内物料平衡为：

$$c_iQT + c_0V = c_2QT + c_2V \quad (2-4a)$$

式中 c_i ——在采样时间间隔 T 内进入调节池的废水浓度；

c_0 ——采样时间间隔开始时调节池内的废水浓度；

T ——采样时间间隔，即 1h；

Q ——在采样时间间隔内废水平均流量；

V ——调节池体积；

c_2 ——在采样时间间隔末尾离开调节池的废水浓度。由于时间间隔可以假定为大致划分的，因而可以认为在一个时间间隔内调节池出水浓度大致不变。