



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

水处理工程设计指南及案例

郭亚丹 王学刚 李鹏 陈井影 王光辉 编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

水处理工程设计指南及案例

郭亚丹 王学刚 李 鹏 陈井影 王光辉 编

北 京

冶金工业出版社

2017

内 容 提 要

本书是作者结合多年科研和教学实践并参考有关资料编写而成的。全书共7章,内容包括:水处理工程设计准备;水处理工程方法的选择与评价;城市污水处理厂设计;自来水厂工程设计;生产废水处理设施设计;工程概算的编制;案例。本书内容翔实,理论联系实际。

本书可作为高等院校给排水工程、环境工程专业本科生教学用书,也可供从事环境工程设计、市政工程设计等技术和科研人员以及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水处理工程设计指南及案例/郭亚丹等编. —北京:冶金工业出版社, 2017. 4

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7430-0

I. ①水… II. ①郭… III. ①水处理—高等学校—教材 IV. ①TU991.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第016175号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 卢 敏 美术编辑 吕欣童 版式设计 彭子赫

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7430-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2017年4月第1版,2017年4月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;11.5印张;276千字;174页

32.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

水资源是现代经济可持续发展的基本保证。近年来我国工业化推进速度较快,污水的随意排放或处理不彻底的排放,给水资源环境带来了较为严重的污染问题,同时对人体健康和生态安全形成了威胁。近年来国内外水处理工程设计从理论到应用都有了很大的进展。水处理工程设计的目标其实是非常明确的,就是针对不同类型的废水的水质,选用经济、高效的水处理技术手段,得出工艺设计图纸供施工使用,最终改善水环境质量或实现废水的资源化利用。本书按照废水类型进行分类,结合各行业废水的特点,给出了各种水处理工艺及其案例,既有理论上的系统论述,又有实际应用价值。

本书是在参考国内外有关资料并结合多年科研和教学实践的基础上编写而成的。全书共分7章,内容包括:水处理工程设计准备;水处理工程方法的选择与评价;城市污水处理厂设计;自来水厂工程设计;生产废水处理设施设计;工程概算的编制;案例。本书具有简明、方便和实用的特点,可供从事环境工程设计、市政工程设计等技术人员、科研人员以及管理人员参考,也可作为高等院校给水排水工程、环境工程等专业的本科生实践教学用书。

本书第7章由郭亚丹编写,第1章、第2章由王学刚编写,第3章由李鹏编写,第4章、第5章由陈井影编写,第6章由王光辉编写。全书由郭亚丹负责统稿。

在本书编写过程中,得到了东华理工大学环境工程专业老师的大力支持和帮助,同时参阅了有关专家学者的相关文献资料。李文娟、王东亮、郭怡秦、黄正根等参与了文字编辑工作。本书得到了江西省“水处理工程精品课程”、“水处理工程精品资源共享课程”、“环境工程特色专业”和“环境工程专业综合改革试点专业”等质量工程建设项目的资助。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

2016年9月30日

目 录

第一章 水处理工程设计准备	1
第一节 设计前期工作	1
一、预可行性研究	1
二、可行性研究	1
三、关于引进设备和利用外资问题	1
四、可行性研究的主要内容	2
第二节 设计内容	2
一、现场调研	2
二、方案比选	2
三、推荐方案工程设计要点	4
第三节 初步设计的依据和原则	4
一、基础数据可靠	4
二、针对水质特点	4
三、避免二次污染	4
四、运行管理方便	4
第二章 水处理工程方法的选择与评价	5
第一节 影响废水处理方法、流程的各种因素	5
一、废水的性质	5
二、处理的目标	6
第二节 废水处理方法的选择标准	7
一、物理法、化学法与生物法处理	7
二、好氧生物处理法与厌氧生物处理法	8
三、天然净化与人工净化	8
第三节 废水处理方法和流程的综合评价	9
第四节 工程制图相关知识	14
一、设计图纸	14
二、制图方法及常用表达方法	17
第三章 城市污水处理厂设计	21
第一节 城市污水的特点	21
一、城市污水的组成	21

二、城市污水的水质	22
第二节 城市污水处理设计的水质水量及处理程度	23
一、设计水质的确定	23
二、设计水量的确定	24
三、城市污水处理程度的确定	26
第三节 城市污水处理工艺流程的选择	26
一、选择城市污水处理工艺流程应考虑的因素	26
二、城市污水二级处理工艺的典型流程	27
第四节 城市污水处理构筑物的选型	29
一、一级处理构筑物的选型	29
二、二级处理构筑物的选型	32
第四章 自来水厂工程设计	36
第一节 自来水厂水源的特征	36
第二节 自来水厂设计的水质水量及处理程度	38
一、自来水厂的设计水质	38
二、自来水厂的设计水量	38
三、自来水厂的水处理程度要求	39
第三节 自来水厂工艺流程的设计	42
一、选定处理工艺流程应考虑的因素	42
二、自来水厂处理工艺的典型流程	43
第四节 自来水厂设计构筑物的选型	45
一、蓄水池	45
二、混凝池（反应池）	45
三、沉淀池	45
四、滤池	52
五、清水池	53
第五章 生产废水处理设施设计	54
第一节 生产废水的分类和特点	54
一、生产废水的定义	54
二、生产废水的分类	55
三、生产废水的特点	56
第二节 生产废水的水质特点和处理工艺	56
一、冶金废水	57
二、造纸废水	59
三、印染废水	60
四、制革废水	61
五、农药废水	62

六、化学工业废水	65
七、食品加工业废水	67
第三节 生产废水常规处理设施的设计和计算	69
一、工程概述	69
二、处理流程选择	69
三、污水处理工程设计计算	71
第四节 生产废水处理设计计算实例	86
一、某日用化工厂生产废水处理工程实例	86
二、某生物制品公司废水处理设计计算实例	91
三、某制糖废水处理工程设计实例	93
第六章 工程概算的编制	97
第一节 基本概念	97
一、概算	97
二、预算	98
第二节 概算的内容及编制方法	98
一、概算文件的组成	98
二、概算的编制方法	99
第三节 用概算定额编制单位工程概算书	100
一、概算定额的内容	100
二、编制步骤和方法	100
第四节 污水处理厂经济评价与分析	103
一、污水处理厂经济评价与分析的基本原理	103
二、费用最小法	103
三、效益最大法	106
四、综合经济评价说明	108
第五节 实例分析	109
一、费用最小法实例	109
二、效益最大法计算实例	112
第七章 案例	114
案例一 啤酒厂工业废水处理设计	114
一、工程项目概况	114
二、工艺流程	114
三、啤酒废水处理构筑物设计与计算	115
四、经济效益	123
案例二 豆制品废水处理	124
一、项目概况	124
二、工艺流程图	124

三、设计计算	124
四、经济效益	132
案例三 纺织废水处理	133
一、项目概况	133
二、工艺流程图	133
三、主要构筑物计算	133
四、投资概算	145
案例四 某污水处理厂工艺设计	145
一、工程概况	145
二、工艺流程图	146
三、主要构筑物工艺设计与说明	146
四、经济效益	161
案例五 医院废水处理设计	161
一、工程概况	161
二、工艺流程图	161
三、主要构筑物设计计算	162
四、经济损益分析	171
参考文献	172

第一章 水处理工程设计准备

第一节 设计前期工作

设计前期工作包括预可行性研究（项目建议书）和可行性研究（设计任务书）。设计前期工作非常重要，它比设计本身复杂得多，不仅要求设计人员有很宽的知识面，而且要求具有丰富的实际经验和公共关系的知识及能力。

一、预可行性研究

我国规定，比较大（投资在 3000 万元以上）的工程项目，需进行预可行性研究，作为建设单位（亦称甲方，英美国家称为业主、俄罗斯称为甲方）向上级机关申报“项目建议书”的技术附件，预可行性研究报告需经专家评审，并将评审意见附在报告书后面送上级机关审批，我国的审批机关属科学委员会系统。经审批以后就可以“立项”，然后才能进行可行性研究和其他正式设计工作。

二、可行性研究

可行性研究报告往往可以代替设计任务书，其经济性很强，它是国家控制投资的重要决策依据。可行性研究报告批准以后，甲方就可以委托设计单位进行设计。但是，从 1989 年初开始，国家和省市建委成立了设计招标办公室，对大型项目要求进行招标，增强竞争性，使设计搞得更好，以便从中选择最优设计。由甲方准备好设计标书（英美国家设计标书详细程度介于初步设计和施工图之间），发给（或售给）各有设计执照的单位（至少 3 个），让设计单位编写设计方案（可行性研究可以作为设计方案）。建委制定了一套评审办法，对各设计方案进行评选。中标（被选）后就可以进入初步设计。

三、关于引进设备和利用外资问题

在污水处理厂工程中，有时需引进国外设备和利用国外资金。

引进设备一般指用自由外汇向国际市场购买所需设备。这种引进一般比较简单，只要有自由外汇即可，在引进前可以向任何国家的厂商寄发“询价书”。这种询价书发给多家厂商，让他们报价后，可以择优选购。但这种引进往往受国家或省市进出口公司控制，由他们代理进出口业务，询价书也由他们代发。虽然引进设备比贷款简单，但由于我国自由外汇有限，所以，我国在污水处理方面利用贷款较普遍。

国外贷款一般通过政府间谈判获得。这种贷款都是附带条件的。例如，某国同意贷款 5 亿美元给我国，其条件是：全部购买他的设备；归还期 20 ~ 30 年；年利率 2% ~ 4%。

目前，我国获得的国外贷款一般有 3 个来源，即日本、欧洲和北美。日本贷款的条件

比较优惠,即利率比较低,不要求一定买日本货,但日本的污水处理设备质量差。欧洲贷款的条件较苛刻,一般要求绝大部分贷款需购买他的设备(5%可以买第三国的设备)。他们设备的价格非常高(性能相似设备的价格比国内高4~10倍),但欧洲设备质量高、技术先进。特别是联邦德国及其影响的国家(奥地利、丹麦等)。美国贷款条件介于欧洲和日本之间,贷款的40%可以购买第三国产品。

四、可行性研究的主要内容

可行性研究是一门运用多种科学成果保证实现工程建设最佳社会、经济和环境效益的综合性科学,它对与工程有关的所有方面进行调查研究和综合论证,为拟建项目提供科学依据,从而保证所建项目技术上先进,经济上合理有利,社会及环境效果皆优。其主要内容包括:

- (1) 项目的背景和历史;
- (2) 工程规模;
- (3) 污水收集系统;
- (4) 厂址选择;
- (5) 多技术方案比较及推荐方案;
- (6) 管理机构及人员配备;
- (7) 工程费用估算;
- (8) 项目实施时间安排;
- (9) 项目的经济及环境评价。

第二节 设计内容

一、现场调研

资料的收集分析是可行性研究阶段的工作重点之一,但现场调研同样是不可或缺的。资料的收集分析是现场调研的基础,而现场调研可以印证收集到的资料,通过现场踏勘,可以增加对城市和工程现场的直观了解,掌握一些文字资料上反映出来的问题。通常,对于污水处理厂工程(包括厂外配套收集管网),需要沿拟铺设管道的道路进行现场踏勘,印证现状管线资料、了解是否有铺管条件、对交通的影响等等;需要到拟建厂址进行现场踏勘,了解厂址现状和周边情况。有时,可以对当地城市污水进行采样分析,以指导工程设计。对于重大工程,还需要进行一系列的试验,以选取合适的处理工艺。

二、方案比选

在资料收集分析和现场调研过程中,污水处理厂的近远期规模、厂外管网的走向、厂址接纳水体、排放标准等已经初步得到解决。接下来,就是选择处理工艺。由于推荐工艺方案直接影响到投资、运行维护费用、操作管理是否简单可靠,所以,需要进行多方案比选,选择最适合该工程的处理工艺。影响处理工艺选择的因素很多,通常有以下几点:

- (1) 污水水质。污水水质是设计污水处理厂的基本资料,可以参照类似城市水质资料

进行估算,也可以通过实测资料进行验证。依据污水水质以及排放标准,选择处理工艺。例如,对于同时需要除碳和脱氮除磷时,首先,需要对进水的可生化性进行分析,BOD/COD 值评价污水的可生化性是广泛采用的一种最为简易的方法。一般情况下,BOD/COD 值越大,说明污水可生物处理性越好。通常认为, $BOD/COD > 0.45$,表明污水可生化性好,在 $0.3 \sim 0.45$ 之间,可生化性较好,在 $0.2 \sim 0.3$ 之间,较难生化处理,小于 0.2 ,不宜采用生化处理;其次,分析生物脱氮的可能性。通常, BOD_5/TN 是鉴别能否采用生物脱氮的主要指标,由于反硝化细菌是在分解有机物的过程中进行反硝化脱氮的,所以,污水中必须有足够的有机物(碳源),才能保证反硝化的顺利进行。一般认为, $BOD_5/TN > 3 \sim 5$,即可认为污水有足够的碳源供反硝化菌利用。再次,分析生物除磷的可能性。 BOD_5/TP 是鉴别能否采用生物除磷的主要指标,一般认为,较高的 BOD_5 负荷可以取得较好的除磷效果,进行生物除磷的低限是 $BOD_5/TP = 20$,有机基质不同对除磷也有影响。一般低分子易降解的有机物诱导磷释放的能力较强,高分子难降解的有机物诱导磷释放的能力较弱,而磷释放得越充分,其摄取量也就越大。通常情况下,生物除磷的极限为 $75\% \sim 80\%$,如果出水磷的要求比较高,单纯依靠生物除磷满足不了出水水质要求,此时需要辅助以化学除磷手段,以确保出水水质达标排放。

(2) 排放标准。依据排放标准来确定处理程度。上文已经提到,排放标准通常经过环境影响评价之后,由环保部门提供。但是在很多情况下,环评与科研是同步进行的,此时可以参照受纳水体的功能要求和分类,暂定处理水排放标准,待环评批复之后,再作调整。需要引起注意的是,我国某些地区根据本地区的实际情况,制定了地方性的排放标准。一般来说,地方性的排放标准要严于国家标准。也就是说,对于同样的水体功能和分类,地方标准要求的出水指标要高于国家标准时,应执行两种标准中较严格的指标。根据排放标准,可以相应地在一级处理工艺(包括一级加强)或二级处理工艺中进行比选。

(3) 用地条件。用地条件是方案选择的一个限制条件,如果地价比较便宜,用地不受限制,则可供选择的工艺方案范围也就比较广。如果地价较高,用地范围限制得比较小,则需要从紧凑型污水处理工艺中进行比选。可以加深水池深度减少占地面积,甚至采用两层水池,以满足用地限制条件。另外,也可以采用合建式一体化布置。

(4) 当地运行管理水平、经验及业主意见。需要和拟建污水处理厂的运行管理部门多交流意见,了解其污水处理厂的管理经验和管理水平。设计行业作为服务性行业,设计人员应该时刻想着如何服务好业主,要多征求业主的意见。

(5) 方案比选及方案设计。可行性研究阶段要进行多方案比选。这些方案要有可比性,不是仅仅作为陪衬。在严格的方案比选后,根据工程投资、运行维护费用、运行的可靠性、劳动强度、占地面积、业主管理经验等综合考虑后,提出推荐工艺方案,随后进行推荐方案的工程设计。

(6) 污泥处理方案。在推荐污水处理工艺方案的同时,需要提出污泥处理方案。污泥处理方案的推荐,需要同污水处理方案结合考虑,有时需要在厂内考虑污泥稳定措施。对于比较大型的污水处理厂,由于产泥量比较大,污泥中温消化是不错的选择。一方面,污泥经过消化,减少了污泥中的有机物含量和污泥的体积;另一方面,大量杀灭污泥中的病原体。此外,产生的沼气还可以综合利用,体现了污泥处理减量化、无害化和资源化的原则。近几年,污泥用于制肥的事例越来越多。但是,污泥制肥并不仅仅是技术问题,还需

要考虑市场问题。污泥肥料作为一种商品，有多大的市场，人们对污泥肥料是否接受，与其他肥料的竞争，污泥肥料的季节性销售问题以及肥料的储存，均需慎重考虑。

三、推荐方案工程设计要点

推荐工程方案设计时，在总图布置、高程设计和单体构筑物设计时，需要注意：

(1) 总图布置分区合理、功能明确，厂前区、污水处理区、污泥处理区条块分割清楚。沿流程方向依次布置处理构筑物，水流通畅。厂前区布置在上风向，并用绿化隔离带与生产区分隔开来，以尽量减少对厂前区的影响，改善厂前区的工作条件。

(2) 构筑物的布置应为厂区工艺管线和其他管线的铺设留有余地，一般情况下，构筑物外墙距道路边线距离不宜小于6m。

(3) 厂区设计地坪标高尽量考虑土方平衡，以减少工程造价，同时满足防洪排涝要求，厂区设计地坪标高一般需高出周围地面标高50cm以上。

(4) 水力高程设计一般考虑进水一次提升，借重力依次流经各处理构筑物。配水管渠的设计需优化，以尽量减少水头损失，节约运行费用。但是，水力高程设计中需考虑施工质量、构筑物不均匀沉降、管渠老化等因素，避免建成后产生水流不畅等问题。

(5) 对于生物除磷工艺，由于生物除磷是依靠摄磷菌过量摄取污水中的磷，生物除磷的实质是磷由污水中转移至污泥中，以剩余污泥的形式排出系统外。设计中应避免磷再次释放出来，一般不主张采用。

第三节 初步设计的依据和原则

一、基础数据可靠

认真研究基础资料、基本数据，全面分析各项影响因素，充分掌握水质特点和地域特性，合理选择好设计参数，为工程设计提供可靠的依据。

二、针对水质特点

选择技术先进、运行稳定、投资和处理成本合理的处理工艺，积极慎重的采用经过实践证明行之有效的新技术、新工艺、新材料和新设备，使处理工艺先进，运行可靠，处理后水质稳定的达标排放。

三、避免二次污染

尽量避免或减少对环境的负面影响，妥善处置处理渗滤液工程中产生的栅渣、污泥、臭气等，避免对环境的二次污染。

四、运行管理方便

建筑构筑物布置合理，处理过程中的自动控制，力求安全可靠、经济适用，以提高管理水平，降低劳动强度和运行费用。严格执行国家环境保护有关规定，使处理后的水能够达标排放。

第二章 水处理工程方法的选择与评价

在水处理课上已经介绍了各种类型的废水处理单元或方法，这些单元或方法对处理废水中所含的某些污染物是有效的。但是，对于废水处理，首先要弄清它所含有的污染物的性质与数量，并考虑其可处理性，在此基础上选择最佳处理方法与流程。

第一节 影响废水处理方法、流程的各种因素

影响废水处理方法、流程的主要因素是：原废水的特性、其可处理性；处理目标，要求出水的水质标准；基建投资费用；运行维护费用；能耗、物耗、能否回收有用物料，是否会产生二次污染；流程的稳定性等。此外，气候条件、场址可用地等因素也有影响。因此，必须综合考虑以上因素，结合当地情况、条件，因地制宜地选择废水的处理方法及其工艺组合与流程，使之达到既定的水质目标，而且在技术上可行，经济上适宜，具有明显良好的环境效益、经济效益和社会效益。

一、废水的性质

根据废水中污染物类型选择处理方法（单元操作及其组合即流程），表 2-1 为废水中污染物及其处理方法的选择。

表 2-1 废水中污染物及其处理方法的选择

污水中的污染物	处理方法（单元操作或其组合）的选择
悬浮物	格栅、磨碎、筛滤、沉淀、气浮、离心分离、混凝沉淀（如加混凝剂、聚合电解质等药剂）
可生物降解有机污染物	活性污泥法（悬浮生长型生物处理系统）、生物膜法、稳定塘处理系统、土地处理系统
难降解有机污染物	物理-化学处理系统：活性炭吸附、臭氧氧化或其他强氧化剂氧化；土地处理系统
病原体	消毒处理：加氯、臭氧、二氧化碳、紫外线、加溴或碘、辐射以及超声波-紫外线-臭氧复合消毒；土地处理系统
植物营养素	生物硝化与脱氮、氨吹脱解析、离子交换法、土地处理系统
氮	投加药剂：铝盐、铁盐、石灰或复合盐、生物-化学法除磷、A/A/O 生物法除磷脱氮、
磷	土地处理系统
重金属	化学混凝沉淀或浮除法、离子浮除、离子交换法、电渗析、反渗透、活性炭吸附、铁氧化法
溶解性无机固体	离子交换法、反渗透、活性炭吸附、铁氧化法
油	隔油、气浮、混凝过滤、粗粒化、过滤、电解-絮凝、浮除
热	冷却池、冷却塔
酸、碱	中和、渗析分离、热力学回收
放射性污染	化学混凝沉淀、离子交换、蒸发、储存等

若要正确地选择适用的处理方法需要对废水中的成分做详尽分析与测定。以废水中的有机物为例，它可分为不同的组分，其可处理性也各不相同，如图 2-1 所示。

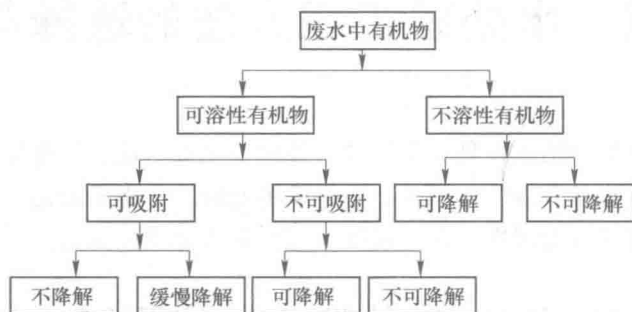


图 2-1 废水中的有机成分及其可处理性

此外，有机污染物的可处理性，还可包含以下特性：

(1) 可吹脱性。即在常温高压（或减压）或升温减压等条件下对低沸点、易吹脱的有机污染物进行吹脱回收或处理，以避免污染大气或燃烧爆炸。

(2) 可化学氧化性。即在强化学氧化剂（如臭氧剂等）作用下对有机污染物进行氧化分解。

(3) 可吸附性。即在恒温条件下测定单位重量活性炭吸附量或通过一系列定量的活性炭来吸附恒定体积的有机污染物，以求得其吸附等温线，并判断该污染物的可吸附性。

(4) 生物毒性。把有机污染物引入生物系统，促使生物进行生化反应的过程，即是对生物的繁殖生长、细胞分裂、呼吸速度与特性、代谢速度与特性等方面表现出的影响与作用，其反应程度取决于污染物的结构、理化性质和生物对其的适应能力、降解能力等。

(5) 生物降解性。由于微生物的作用，更确切地由于其酶系统的作用而产生的对有机污染物的分解，同时消耗了水中的溶解氧，其过程可用微生物呼吸特性曲线来表示。除测定其好氧生物降解性外，近年来还发展测定其厌氧生物降解性。

(6) 可燃烧性和爆炸性。有机污染物在热和火焰的作用下表现出的若干特性，如热值（MJ）、闪点、爆炸极限等。有机污染物在不同温度、压力下会产生各种热力学方面的现象。

当含有机物的废水拟选用生物法处理时可遵照如图 2-2 所示程序。

二、处理的目标

处理的目标对选择处理方法是十分重要的。根据废水排放的去向、国家或地方各类废水的排放标准，确定废水应去除的主要污染物，以及其处理的程度，而后选择能达到该目标的处理方法，如单元操作及流程等。例如，生物法处理系统的主要目标是去除可生物降解的有机物，使出水达到排放标准规定的浓度。对于难生物降解的有机物的去除，有时生物法无能为力，要选用化学法、物化法或与生物法相结合的流程。对于不能降解的污染物只有采取物理法或化学法处理。

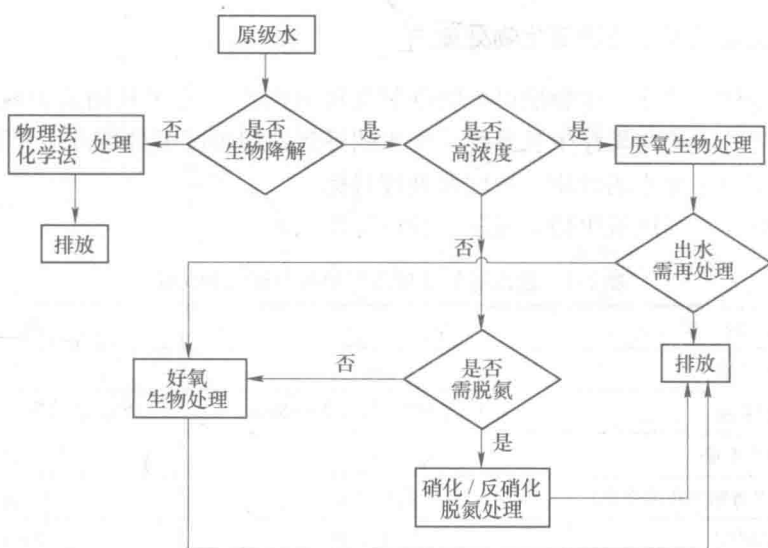


图 2-2 选择生物法处理的程序

第二节 废水处理方法的选择标准

确定了废水的特性和处理目标后，就可进行方法或单元操作及流程的筛选和选择，选择的标准简要介绍如下。

一、物理法、化学法与生物法处理

(1) 物理法。主要利用物理作用来分离或回收废水中的悬浮物。它既可用于废水的预处理或初步处理，也可用于一级处理，但在二级处理及三级处理或深度处理中，只是为了配合其他主要处理单元。

(2) 化学法。主要利用化学反应的作用来处理或回收废水中的溶解物或胶体物。如酸碱中和，某些有用物质的萃取、有害溶解气体的吹脱等。化学法既可单独使用，也可用于二级处理或三级处理（深度处理）。

(3) 生物法。是利用微生物的作用处理废水的方法。有机物通过生物法处理最后转化为 CO_2 与无机盐类，但它不能回收废水中有用物质。它可用来进行二级处理或三级处理（脱氮除磷）。

以上各种处理方法都有它的特点和适用条件。一般来说，化学法往往消耗的物料（如药剂）及能耗（燃料、电能）比其他两类方法要大，有时大很多，有时污泥产生量也大，所以运行费用较贵。但是，处理设备较简单，占地面积较小，也可以连续运行。有的废水采用化学处理后能回收一些副产品，补偿较高的支付费用，其优点就比较突出。

生物法处理废水具有净化能力强，费用低廉，支付可靠性好等优点，是废水处理的主要方法。对于某种污染物若化学法与生物法都能净化时，一般选用生物法为宜。

二、好氧生物处理法与厌氧生物处理法

根据电子受体的性质，生物法可分为好氧和厌氧两类（介于其间的为缺氧），这两类又可分为固着生长系统与悬浮生长系统。废水的好氧处理与厌氧处理既可单独使用，亦可组合使用，这取决于废水的性质、浓度及处理目标。

好氧生物处理法与厌氧生物处理法的特性比较见表 2-2。

表 2-2 废水好氧处理法与厌氧处理法的比较

比 较 因 素	厌 氧 处 理	好 氧 处 理
能源要求	低	高
处理程度	BOD ₅ 去除率可达 60%~90%	BOD ₅ 去除率可达 90%~95%
污泥产生量	少	多
过程的稳定性（对毒物和负荷变化）	低至中等	中至高等
启动时间	2~4 个月	2~4 周
对营养物的要求	低	对某些工业废水较高
臭气	可能有臭气问题	较少
对碱度的要求	对某些工业废水要求高	低
沼气产生	有	无

厌氧处理法的局限性在于它的净化出水的水质不能达到很高的水平（如 BOD₅ 20 ~ 30mg/L，去除率最高达 90%~95%）。但它作为高浓度有机废水在好氧处理前的预处理是经济有效的。厌氧处理法能耗省，且可回收沼气补偿处理过程的能耗，因此，引起目前科技界的瞩目。通过对两种方法的费用比较，一般认为进水 BOD₅1000mg/L 为其交叉点，即认为 BOD₅≤1000mg/L，采用好氧法在费用上是适宜的，而 BOD₅≥1000mg/L 时，采用厌氧法较适宜。但是，国内外一些学者还在进行低 BOD₅废水采用厌氧法处理的可行性探索，并且已有一些科研成果产出，如北京市环境保护科学研究院推出酸化池（水解池）作为低浓度城市废水的预处理单元操作，获得成功。它既可免除初次沉淀池，使污泥量减少，又可使一些难生物降解物转化为较易生物降解的物质，提高后续好氧处理的净化能力和效果。荷兰亦将酸化（水解）与污泥消化串接成复合流程，有成功的希望。总之，厌氧处理应用到低浓度废水是当前水处理研究的热点之一。

三、天然净化与人工净化

目前，世界上普遍推广废水的二级生物处理以控制水污染，改善水质，这需要大量的基本建设投资与运行维护费用。实践表明，即使全部采用二级生物处理，也未必能解决水体的污染问题，如富营养化问题日益严重。因此，国外有些国家为消除大量生活污水和工业废水对受纳水体的污染，维护其良好水质，提出三级处理的要求。但是，废水三级处理设施，其基建投资和运行维护费用比二级处理设施普遍高 3 倍。而且要消耗大量的能耗与物耗，并产生一些二次污染，整体上得不偿失。在这种情况下，开发、开展了既能改善水质，又经济、节能、节省物耗的有效处理技术，即所谓革新和代用技术（Innovative and Alternative Technology），即简称 IA 技术。这种 IA 技术包括废水土地处理、稳定塘处理、

废水养殖、污泥回收用于农田等。美国对采用此类技术优先给予补助。我国在水污染防治技术政策(1968年)也做出明文规定,优先采用天然净化技术。国家在“六五”、“七五”及“八五”科技攻关项目均列有这方面的课题,并在选用不同处理方法、流程时,若当地条件许可,应尽量优先考虑采用天然净化系统。这既符合国情,也符合世界潮流,是一种保护生态环境的明智之举。

天然处理技术具有许多明显的优点:

(1) 它们是一些生态工程,符合当前“绿化地球”、“恢复环境生态”的目的。在系统内,藻类、微生物、浮游动物、底栖动物、水生植物和农作物、水生动物等的多层次多功能的代谢过程(生物的、物理的、化学的),使废水中的污染物进行多级转换、利用和去除。从而实现了废水的无害化、资源化和再利用。

(2) 有利于创造优美环境,使环境舒适,增添秀色,为人类增添佳境胜地。

(3) 基建投资费约为传统二级处理的 $1/3 \sim 1/2$ 。

(4) 运行管理费低廉,约为传统二级处理的 $1/3 \sim 1/5$ 。

(5) 能耗省,相当于传统二级处理的 $1/3 \sim 1/5$ 。

(6) 出水水质好,一般能达到一级处理水平,如 SS 、 $BOD_5 \leq 30\text{mg/L}$,且有些过程的出水优于二级水平,相当于二级甚至三级水平,如慢速渗滤、渗滤、湿地等。

(7) 物耗省,不需人为地投加药剂。

(8) 能回收利用水资源,产出鱼、牧草、农作物,可以喂养鸡、鸭、牛、羊等,可用来发展生态农场,经济效益显著。

(9) 天然处理系统作用机制复杂、功能多层次,因此,能去除一些一般二级处理难以降解的化合物,使出水清澈透明。

(10) 能消除污染的排放、污染物基本上能在系统内部转化、去除,不排入外环境。

(11) 系统稳定性好,当组成塘——土地处理复合系统后,能解决系统的终年运行问题。

(12) 不需要好地,只需要废地、坑洼塘池即可利用,并可将它们改造成好地肥田。

当然,天然处理系统也有其局限性。它受气候因素的制约,且所需土地面积较大,对于人口密集、土地紧缺,或气候恶劣地区,它的使用就会受到限制。

由于我国当前全面推广传统二级处理,而财政能力尚嫌不足,因此,在选择废水处理方法、流程时,更应考虑天然净化系统。

第三节 废水处理方法和流程的综合评价

以上阐述了废水处理方法、流程的选择。但是,所选用的方法、流程是否是最佳方案,有待对它进行全面地综合评价。虽然当前新的废水处理技术不断涌现,工艺不断完善,但是由于废水的多样性和复杂性以及在实际应用上不尽完美,而且每种技术都有其特点,适用条件和存在问题。因此,如果根据当地的实际情况,根据需要处理废水的特性及处理目标,选择其经济效益上统一的最佳技术方案,则需对多种处理方法、流程进行综合评价,通过评价、比较和论证,确定出最佳方案。

国外从20世纪70年代就开始对废水处理技术的评价问题进行探讨、研究,他们探讨