

高等学校实践教学教材

污水处理工程实践

朱静平 王中琪 主 编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

前 言

近年来，污（废）水处理方面的教材、专著较多，但这些教材及专著主要针对基础实验展开，如实验基本知识与操作技术、实验设计、实验数据分析处理、水质监测分析方法等。结合实际污（废）水处理工程，探讨工程操作运行过程中涉及的实验及工程运行过程中可能出现问题的诊断方面的教材或专著较少。

编者结合多年的教学及工程实践经验，从水污染控制课程的教学内容、实践环节的思考，以及环境工程专业毕业生对教学的反馈建议，形成了编写本书的思路和大纲。本书是对实践教学内容的补充，通过本书的学习，旨在培养学生在污水处理技术应用方面思考问题及分析问题的能力，通过实践经验的不断积累，提高学生解决实际工程问题的能力。

本书主要从污（废）水处理工程的实际出发，对物理化学法、活性污泥法、人工湿地、生物膜法、高级氧化技术等在实际工程应用过程中涉及的工程性实验，以及污水处理工程运行中可能出现问题的相关内容进行了阐述分析，目的明确、方法具体、针对性强。本书可作为高等学校环境工程专业本科生、研究生的实验和实践教学教材，也可供从事水处理的科研人员与工程技术人员参考。

本书共分为六章，由朱静平、王中琪主编。各章节编写人员分别为：谭江月（第一章）、康军利（第二章、第三章）、朱静平（第四章、第五章）、王中琪（第六章）。

本书编写中引用了一些文献、资料及其图、表和数据，在此向相关作者致以衷心的感谢。在本书的编写过程中，得到了西南科技大学环境与资源学院及环境工程系领导及同事的大力支持和帮助，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2009 年 12 月于西南科技大学

目 录

第一章 物理化学法处理工业废水工程实践	1
第一节 混凝沉淀法概述	1
第二节 气浮分离法概述	4
第三节 吸附分离法概述	9
第四节 离子交换法概述	11
第五节 物理化学处理方法涉及的主要实验	14
第六节 工程运行过程中的问题诊断	26
第二章 活性污泥法处理城市生活污水工程实践	40
第一节 好氧活性污泥法概述	40
第二节 主要处理工艺及实践	51
第三节 工程运行过程中的问题诊断	74
第三章 人工湿地处理城市生活污水工程实践	85
第一节 人工湿地概述	85
第二节 主要处理工艺及实践	92
第三节 工程运行过程中的问题诊断	111
第四章 活性污泥法处理工业废水工程实践	124
第一节 厌氧活性污泥法概述	124
第二节 主要处理工艺及实践	133
第三节 工程运行过程中的问题诊断	153
第五章 生物膜法处理工业废水工程实践	158
第一节 生物膜法概述	158
第二节 主要处理工艺及实践	168
第三节 工程运行过程中的问题诊断	172

第六章 高级氧化技术处理工业废水的研究与应用	182
第一节 臭氧氧化法在废水处理中的研究与应用	182
第二节 Fenton 催化氧化法在废水处理中的研究与应用	188
第三节 电催化氧化法在废水处理中的研究与应用	196
第四节 光催化氧化法在废水处理中的研究与应用	201
第五节 高级氧化技术的联合应用	207
参考文献	214

第一章 物理化学法处理工业废水工程实践

物理化学法是工业废水处理中常用的方法，其实质是运用物理和化学的综合作用去除废水中的污染物。物理化学法主要有混凝沉淀法、吸附法、离子交换法、膜分离法、萃取法、气提法和吹脱法等。目前，在这些方法中混凝沉淀法、气浮分离法、吸附分离法及离子交换法在国内外工业废水处理中运用较多，因而也是本章探讨的重点。

第一节 混凝沉淀法概述

混凝沉淀法是利用混凝剂对废水进行净化处理的一种方法，是水处理过程中的重要单元。下面就混凝法的原理、常用处理工艺及工程应用现状作简要介绍。

一、混凝法的原理

混凝过程是包含混合、凝聚、絮凝三种连续作用的综合过程。混凝的作用主要是通过投加化学药剂（混凝剂）把废水中稳定分散的微细污染物和胶体转化为不稳定状态并聚集成为易于沉淀分离的絮凝体或絮团。

混凝的机理至今仍不完全清楚。因为它涉及的因素很多，如水中杂质的成分和浓度、水温、水的 pH、碱度，以及混凝剂的性质和混凝条件等。归结起来，可以认为主要是以下 4 个方面的作用。

1. 双电层压缩作用

胶粒双电层的构造表明其表面反离子浓度最大，距离胶粒表面越远，反离子浓度越低，最终与溶液浓度相等。当向溶液中投加混凝剂，增加水中反离子，使胶粒扩散层压缩， ξ 电位随之降低，斥势能也下降。混凝剂投加量增加， ξ 电位降到零，胶粒间斥势能消失。此点称为“等电点”，胶体易发生凝聚沉淀。

2. 吸附电中和作用

吸附电中和作用是指胶粒表面对带相反电荷离子有强烈的吸附作用。由于这种作用中和了胶粒部分电荷，降低了其静电斥力， ξ 电位也随之减小，因此容易与其他颗粒接近而相互吸附失去稳定性。但与此相反，带相反电荷离子投加量过大，会使原来带负电荷的胶粒变为带正电荷的胶粒（或与之相反的情况），胶粒间会出现斥力和 ξ 电位增加，此时便发生再稳现象。

3. 吸附架桥作用

吸附架桥作用是离子物质与胶粒的吸附与桥联，也可说是两个带同种电荷胶粒，中间由一个带相反电荷小胶粒电性相吸而连接在一起。高分子絮凝剂具有线性结构，它们带有能与胶粒表面某些部位起化学变化的化学基团。当二者相互接触时，基团能与胶粒表面发生特殊反应而吸附；高聚物的其他部分则伸展到溶液中，可以和另一个胶粒发生吸附，这样高分子聚合物就起到架桥作用，使絮体长大脱稳。若高分子混凝剂量过大，相应的胶粒少，上述高聚物的伸展部分粘连不上第二个胶粒，时间过长就会被原胶粒吸附在其他部位上，这个高聚物便失去架桥功能，使胶粒处于稳定状态。此时，胶粒产生了再稳现象。过量投加药剂使处理效果恶化正是这个原因。此外，还应注意已架桥失稳的胶粒，不可再长时间剧烈搅拌，避免高聚物从另一胶粒表面脱开，重又卷回原胶粒表面，导致再稳现象发生。高聚物被吸附在胶粒表面，是由于理化作用，诸如范德华引力、静电引力、氢键、配位键等，还取决于聚合物和胶粒表面的化学结构特点。

4. 网捕作用

当金属盐类（铁或铝盐）、金属氢氧化物与石灰做混凝剂时，经水解后形成的大量氢氧化物固体从水中析出、下沉，它们可以网捕卷带水中胶粒形成絮状物。这种作用基本是一种机械作用，混凝剂投加量与被除去的胶体杂质量成反比，即胶粒越少，投加絮凝剂越多，反之越少。

在混凝过程中，上述作用往往同时存在，只是在一定情况下可能以某种作用为主。

二、混凝剂的种类

混凝剂的种类很多，主要有无机混凝剂、有机混凝剂和生物混凝剂。无机混凝剂中又分为无机低分子混凝剂（如硫酸铝、三氯化铁等）、无机高分子

混凝剂（如聚合氯化铁、聚合氯化铝及各种复合混凝剂）。有机高分子混凝剂分为合成有机高分子混凝剂和天然高分子混凝剂两大类。合成有机高分子混凝剂中以聚丙烯酰胺系列应用最为广泛。生物混凝剂是利用现代生物技术经过微生物的发酵、提取、精制等工艺从微生物或其分泌物中制备具有凝聚性的代谢产物，目前应用相对较少，但由于其无毒和高效的特点，具有很好的发展前景。

三、混凝沉淀法常用处理工艺

1. 工艺流程

混凝沉淀法主要由混合、反应、沉淀等环节组成，其常用的废水处理工艺如图 1-1 所示。

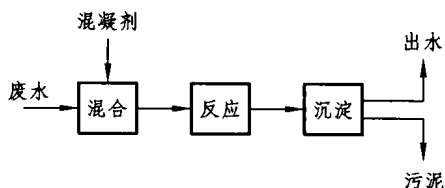


图 1-1 混凝沉淀法的常用工艺流程

2. 工艺说明

混合的目的是使混凝剂尽快与水混合，这一阶段需要短时间高强度搅拌。混凝剂投加方法有干投法和湿投法两种。干投法是把粉末混凝剂直接投入水中，适于混凝剂投加量大的情况。此法优点是占地小，但存在加药设备容易堵塞、劳动强度大等缺点。目前，采用较多的是湿投法，该法需要有混凝剂的溶解、配制、投加等设备。此外，混凝剂的投加必须有计量及定量设备，并能随时调节投加量。常用的计量设备有转子流量计、电磁流量计、苗嘴和计量泵等。混凝剂的投加方式有泵前投加、水射器投加和泵投加。

反应阶段的目的是使混凝剂与水中的细小颗粒或胶体物质作用生成尽可能大的絮体，为沉降分离创造条件，这一阶段需要低强度较长时间搅拌。反应池内水流特点是流速由大到小。在较大的流速时，使水中的胶体颗粒发生碰撞吸附，在较小的流速时，使碰撞吸附后的颗粒结成更大的絮体，同时防止絮体被打碎。反应池的形式有水力搅拌和机械搅拌两大类。常用的有隔板反应池和机械反应池。

沉淀的目的是使所生成的絮体与水分离，完成净化过程。斜板沉淀池因其良好的沉淀效果和沉淀效率，加之占地小，在工业废水的混凝沉淀处理中应用较多。

混合、反应和沉淀三个环节可以在不同的三个设备中分别进行，也可以在一体化反应器（如澄清池）中分阶段完成。

四、工程应用现状

混凝处理技术主要用于废水中的胶体粒子、亲水性污染物的电中和脱稳、凝聚，疏水性有机物和微小悬浮物的絮凝等。在实际废水处理工程中，混凝沉淀法可作为生物处理前的预处理单元或生物处理后的后续强化处理单元，也可作为一个完整、独立的处理系统。混凝沉淀法可用于降低废水的 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS、色度，去除重金属元素以及染料、农药、化工及医药废水中疏水性污染物质等。目前，混凝沉淀法已在石油、化工、造纸、制革、纺织印染、机械加工与涂装、电镀、羊毛洗涤废水处理方面得到广泛应用。

第二节 气浮分离法概述

气浮分离法是通过固-液、液-液分离的一种方法，常用于对颗粒密度接近或小于水的细小颗粒的分离。下面就气浮分离法的原理、常用处理工艺及工程应用现状作一简单介绍。

一、气浮分离法的原理

气浮分离法也称浮上法，它常被用来分离密度小于或接近于水、难以用重力自然沉降法去除的悬浮颗粒。

气浮分离法是将人工产生的微小气泡通入水中，使气泡与水中的悬浮颗粒相黏附，形成固-气或液-气聚合体，黏附颗粒后的气泡相对密度仍小于1，因此可携带颗粒上浮形成浮渣并与水分离，从而达到改善水质、回收水中有用物质的目的。

气浮分离过程包括产生微气泡、气泡与颗粒的黏附以及浮上分离等步骤。因此，气浮处理必须满足以下3个基本条件：①必须向水中提供足够数量的微小气泡；②必须使目的物呈悬浮状态，具有疏水性，能与气泡附着；③气

泡与颗粒的附着具有一定的稳定性。

二、气浮分离法常用处理工艺

按产生微细气泡的方法，气浮分离法分为：电解气浮法、分散空气气浮法和溶解空气气浮法。

1. 电解气浮法

电解气浮法是将正负相间的多组电极浸泡在废水中，当通以直流电时，废水电解，正负两极间产生的氢和氧的细小气泡黏附于悬浮物上，并将其带至水面而达到分离的目的。电解气浮法产生的气泡小于其他方法产生的气泡，故特别适用于脆弱絮状悬浮物。电解气浮法的表面负荷通常低于 $4\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。由于电耗高、操作运行管理复杂及电极结垢等问题，电解气浮法较难用于大型生产。电解气浮法装置如图 1-2 所示。

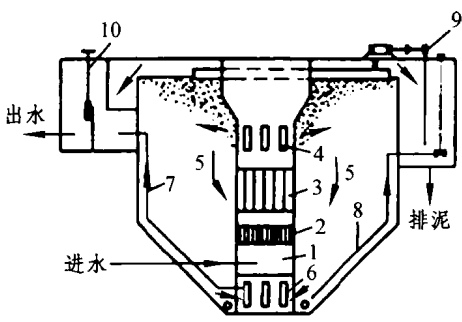


图 1-2 电解气浮法装置示意图

- 1—入流室；2—整流栅；3—电极组；4—出流孔；5—分离室；6—集水孔；
7—出水管；8—排沉淀管；9—刮渣机；10—水位调节器

2. 分散空气气浮法

分散空气气浮法目前应用的有微气泡曝气气浮法和剪切气泡气浮法两种形式。

图 1-3 所示为微气泡曝气气浮法示意图。压缩空气引入到靠近池底处的微孔板，并被微孔板的微孔分散成细小气泡。

图 1-4 所示为剪切气泡气浮法示意图。该法是将空气引入到一个高速旋转混合器或叶轮机的附近，通过高速旋转混合器的高速剪切，将引入的空气切割成细小气泡。

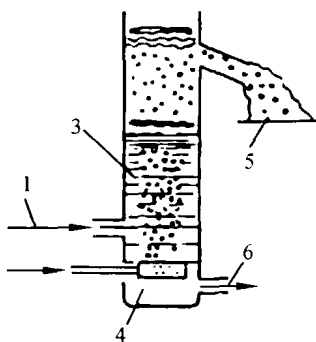


图 1-3 微气泡曝气气浮法

1—入流；2—空气；3—分离区；4—微孔扩散设备；5—浮渣；6—出流

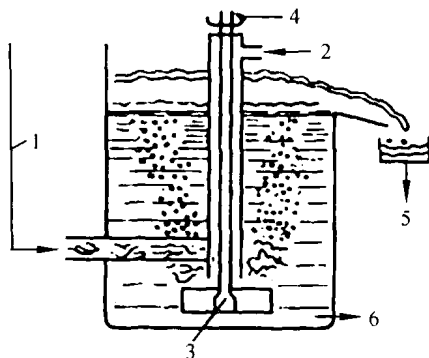


图 1-4 剪切气泡气浮法

1—入流液；2—空气；3—高速旋转混合器；4—电动机；5—浮渣；6—出流

3. 溶解空气气浮法

溶解空气气浮法有真空气浮法和加压溶气气浮法两种形式。

图 1-5 所示为真空气浮法示意图。污水经流量调节器 1 后先进入曝气室，由机械曝气设备 2 预曝气，使污水中的溶气量接近于常压下的饱和值。未溶空气在消气井 3 脱除，然后污水被提升到分离区 4。真空气浮法所用设备为浮上分离池，由于浮上分离池压力低于常压，因此预先溶入水中的空气就以非常细小的气泡溢出来，污水中的悬浮颗粒与从水中溢出的细小气泡相黏附，并上浮至浮渣层。旋转的刮渣板 6 把浮渣刮至集渣槽 7，然后进入出渣室 9。在浮上分离池的底部装有刮泥板 8，用以排除沉到池底的污泥。处理后的出水经环形出水槽 5 收集后排出。

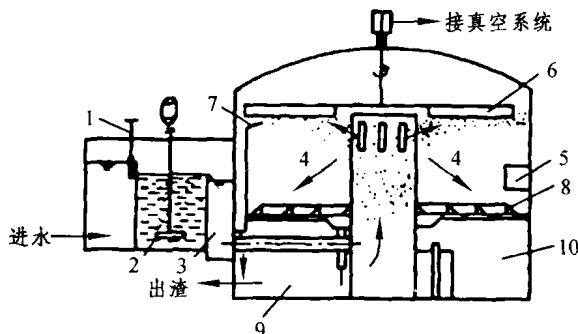


图 1-5 真空气浮法

1—流量调节器；2—曝气器；3—消气井；4—分离区；5—环形出水槽；6—刮渣板；7—集渣槽；8—池底刮泥板；9—出渣室；10—操作室（包括抽真空设备）

加压溶气气浮法是目前最常用的形式，它是使空气在加压的条件下溶解

于水，然后通过将压力降至常压而使过饱和的空气以细微气泡形式释放出来。

加压溶气气浮法的主要设备为水泵、溶气罐、气浮池，如图 1-6 和图 1-7 所示。空气注入溶气罐可用空气压缩机或射流器。

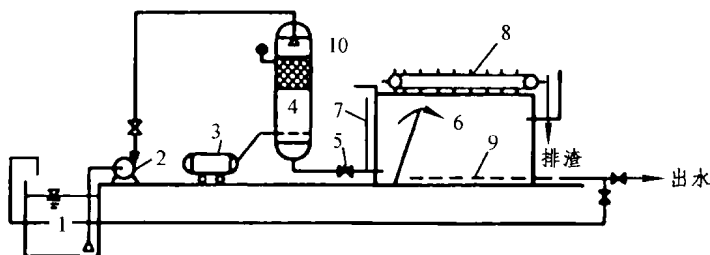


图 1-6 水泵-空压机溶气系统

1—吸水井；2—加压水泵；3—空压机；4—溶气罐；5—减压释放阀；6—气浮池；
7—废水进水管；8—刮渣机；9—集水系统；10—填料层

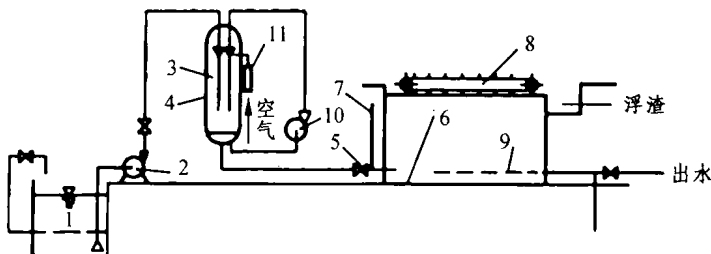


图 1-7 水泵-射流器溶气系统

1—吸水井；2—加压水泵；3—射流器组；4—溶气罐；5—减压释放阀；6—气浮池；
7—废水进水管；8—刮渣机；9—集水系统；10—循环泵；11—吸气阀

加压溶气浮上法有 3 种基本流程：

（1）全溶气流程如图 1-8 所示。该法是将全部入流废水进行加压溶气，再经过减压释放装置进入气浮池进行固液分离的一种流程。

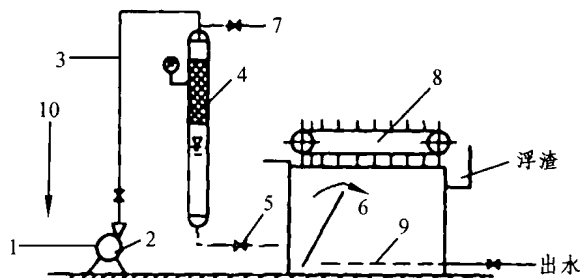


图 1-8 全溶气方式加压溶气气浮法

1—废水进入；2—加压泵；3—空气进入；4—压力溶气罐(含填料层)；5—减压阀；
6—气浮池；7—放气阀；8—刮渣机；9—出水系统；10—化学药液

(2) 部分溶气流程如图 1-9 所示。该法是将部分入流废水进行加压溶气，其余部分直接进入气浮池。

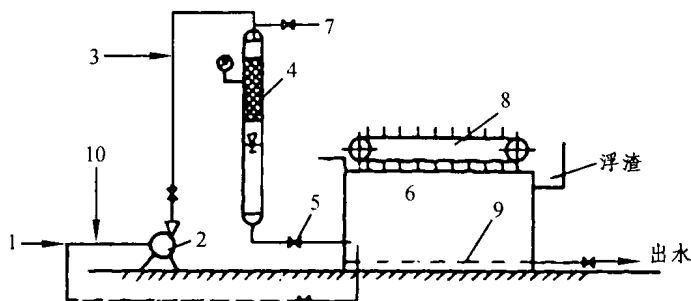


图 1-9 部分溶气方式加压溶气气浮法

1—废水进入；2—加压泵；3—空气进入；4—压力溶气罐(含填料层)；5—减压阀；
6—气浮池；7—放气阀；8—刮渣机；9—出水系统；10—化学药剂

(3) 回流溶气流程如图 1-10 所示。在这个流程中，将部分澄清液进行回流加压，入流废水则直接进入气浮池。

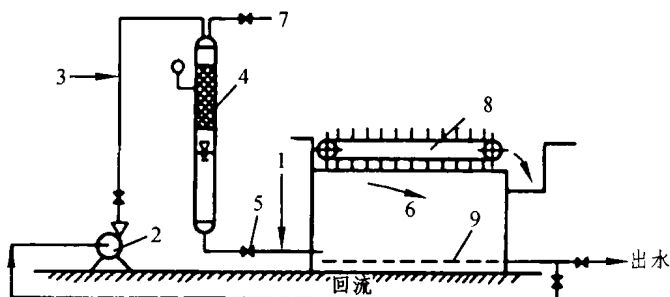


图 1-10 回流加压溶气气浮法

1—废水进入；2—加压泵；3—空气进入；4—压力溶气罐(含填料层)；5—减压阀；
6—气浮池；7—放气阀；8—刮渣机；9—集水管及回流清水管

三、工程应用现状

20 世纪 60 至 70 年代，由于微气泡制造技术的产生和提高，在废水处理领域，气浮分离法得到迅速发展。到 90 年代，气浮分离技术已广泛应用于世界各国。气浮法作为一种快速、高效的固液分离技术，既适用于给水净水，

又适用于多种废水的处理；不仅能代替水处理上的沉淀、澄清，而且可作为废水的预处理及浓缩污泥之用。对一些沉淀法难以取得良好净化效果的微污染源水的处理，气浮法效果更好。目前在工业废水处理技术中，气浮法已广泛地应用于炼油、造纸、化工、化纤、皮革、印染、毛纺、机械加工、电镀表面处理等工业废水的净化处理和废水中有用物质的回收。

第三节 吸附分离法概述

废水处理中的吸附分离法，主要是指利用吸附剂的物理吸附和化学吸附性能，去除废水中多种污染物的过程。本节主要介绍吸附分离法的原理、操作方式及工程应用现状。

一、吸附分离法的原理

吸附分离法是对溶解态污染物的物理化学分离技术。在固体和气体或固体和液体组成的两相体系中，在相界面上出现的气相组分或溶质组分浓度升高（常称为浓缩）的现象，称为固体吸附。这种对溶质有吸附能力的固体称为吸附剂，而被固体吸附的物质称为吸附质。吸附剂对吸附质的作用过程，实际上包括吸附质分子碰撞到吸附剂表面被截留的过程（吸附）和吸附剂表面截留的吸附质分子脱离的过程（解吸）。随着吸附质在吸附剂表面数量的增加，解吸速度逐渐加快，当吸附速度和解吸速度相等，从宏观上看，吸附量不再继续增加时，就达到了吸附平衡。此时的吸附量称为平衡吸附量。

根据吸附剂对吸附质的作用力不同，吸附可以分为物理吸附和化学吸附。物理吸附指吸附剂和吸附质之间通过分子间力（即范德华力）相互吸引。一般说来，物理吸附的过程是可逆的，几乎不需要活化能，吸附和解吸的速度都很快。化学吸附指吸附质的分子和吸附剂表面的原子发生电子转移、原子重排或化学键的破坏与生成等化学作用而形成的吸附。由于在吸附过程中需形成化学键，所以吸附剂对吸附质的选择性比较强。化学吸附需要一定的活化能，在相同的条件下，化学吸附或解吸速度都比物理吸附慢。物理吸附和化学吸附并非不相容，两者随着条件的变化可以相伴发生，只是在一个系统中，可能某一种吸附是主要的。

目前工业废水处理中的吸附分离法，主要是利用固体吸附剂的物理吸附和化学吸附性能去除废水中多种污染物，处理对象主要是废水中的剧毒物质

和生物难降解污染物。

二、吸附剂的种类

吸附剂一般具有以下特点：大的比表面、适宜的孔结构及表面结构；对吸附质有强烈的吸附能力；一般不与吸附质和介质发生化学反应；制造方便，容易再生；有良好的机械强度等。

废水处理中常用的吸附剂有：活性炭、天然有机吸附剂、天然无机吸附剂、合成吸附剂。活性炭的比表面积可达 $800\sim 2\,000\text{ m}^2/\text{g}$ ，吸附能力很强，有颗粒状和粉状两种状态，可以通过解吸再生回收使用。天然有机吸附剂如木纤维、玉米秆、稻草、木屑、树皮、花生皮等，可以从水中除去油类和与油相似的有机物。天然有机吸附剂具有价廉、无毒、易得等优点，但再生困难。天然无机吸附剂是由天然无机材料制成的，常用的天然无机材料有黏土、珍珠岩、蛭石、膨胀页岩和天然沸石。根据制作材料不同分为矿物吸附剂和黏土类吸附剂。常用的合成吸附剂有聚氨酯、聚丙烯和有大量网眼的树脂。对于有极性且在水中能溶解或能与水互溶的物质，不能使用合成吸附剂清除。能再生是合成吸附剂的一大优点。

三、吸附分离法的操作方式及装置

吸附分离的操作方式分为间歇式和连续式。间歇式是将废水和吸附剂放在吸附池内进行搅拌，然后静置沉淀，排除澄清液。间歇式吸附主要用于小量废水的处理和实验研究，在生产上一般要用两个吸附池交换工作。一般情况下，吸附分离都采用连续的方式。

连续吸附可以采用固定床、移动床和流化床。固定床连续吸附方式是废水处理中最常用的。吸附剂固定填放在吸附柱（或塔）中，所以叫固定床。移动床连续吸附是指在操作过程中定期将接近饱和的一部分吸附剂从吸附柱排出，并同时等量的新鲜吸附剂加入柱中。所谓流化床是指吸附剂在吸附柱内处于膨胀状态，悬浮于由下而上的水流中。由于移动床和流化床的操作较复杂，在废水处理中较少使用。

按照固定床中水力流向分为升流式和降流式两种。降流式出水水质好，操作维护方便，但水头损失大，为防止悬浮物堵塞吸附层，需定期反冲洗。升流式因层内水头损失增加慢，故运行时间长，但废水出口处吸附层冲洗较困难。固定床根据处理水量、原水的水质和处理要求，可分为单床、多床串联和多床并联等方式，如图 1-11 所示。

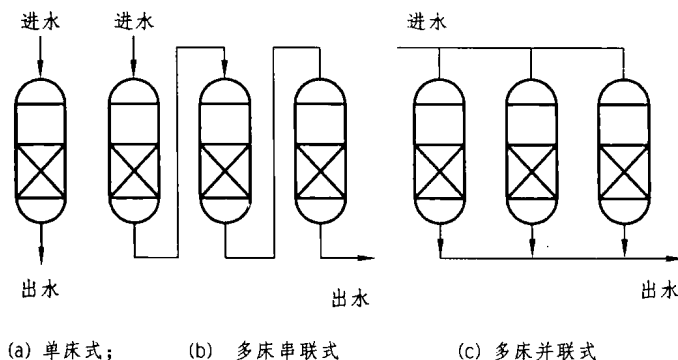


图 1-11 固定床类型示意图

四、工程应用现状

在工业废水处理中，吸附法主要用来脱除废水中的微量污染物，以达到深度净化的目的，应用范围包括脱色、脱臭、去除重金属离子、脱除溶解有机物、去除放射性物质等。由于吸附法对进水的预处理要求高，吸附剂价格较高，过去曾经限制了它的应用范围。近年来随着对废水处理程度要求的提高及活性炭产量与品种的日益增加，吸附法日益受到普通重视，且已成为一种十分重要的废水处理方法。目前，吸附分离法在工业废水的处理中，主要用于废水中少量重金属离子（如汞、铬）的去除、少量有害生物难降解有机物（如酚）的去除和脱色除臭等方面。

第四节 离子交换法概述

离子交换是液相中的离子和固相中离子间所进行的一种可逆性化学反应，离子交换法是水处理中软化和除盐的方法之一。本节对离子交换法的原理、操作方式及工程应用现状介绍如下。

一、离子交换法的原理

离子交换法是以离子交换剂上的可交换离子与废水中其他同性离子间发生交换为基础的分离方法。离子交换是一种特殊的吸附过程，通常是可逆性化学吸附，且等当量进行。

在工业废水处理中，离子交换法主要用于去除废水中的重金属离子及酸

性或碱性的有机物质等。

二、离子交换剂

废水处理中的离子交换剂有磺化煤和离子交换树脂。磺化煤因其交换容量低、化学稳定性差、机械强度低等原因已逐渐被离子交换树脂所代替。离子交换树脂由树脂母体和活性基团两部分组成。根据树脂骨架上的活性基团的不同，可分为阳离子交换树脂、阴离子交换树脂、两性离子交换树脂、螯合树脂和氧化还原树脂等。用于离子交换分离的树脂应具有不溶性、一定的交联度和溶胀作用，而且交换容量和稳定性要高。

由于离子交换过程是可逆的，因此使用过的离子交换树脂经再生液进行淋洗后可恢复到原状态而重复使用，这一过程称为再生。阳离子交换树脂可用稀盐酸、稀硫酸等溶液淋洗，阴离子交换树脂可用氢氧化钠等溶液处理，进行再生。

三、离子交换法的操作方式与工艺过程

离子交换装置，按照操作方式的不同，有固定床、移动床、流动床3种。固定床操作简单，出水水质较好，是应用较广的一种设备。固定床又可分为单层床、双层床和混合床。在废水处理中，单层固定床离子交换装置是最常采用、最基本的一种形式，如图1-12所示。用于废水处理的离子交换系统一般包括预处理设备（用以去除悬浮物，防止离子交换树脂受污染和交换床堵塞，一般采用砂滤器）、离子交换器和再生附属设备（再生液配制设备等）。

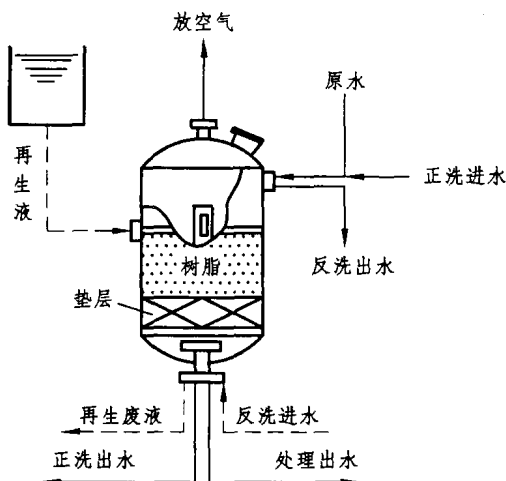


图 1-12 单层固定床离子交换装置示意图

离子交换工艺过程一般包括交换过滤、反洗、再生、清洗（或正洗）四个阶段。各步骤依次进行，形成不断循环的工作周期。

1. 交 换

这是利用交换树脂脱除水中需去除的离子阶段。操作时，开启进出水阀，关闭其他阀（阀门布置见图 1-13）。当运行到出水中的离子浓度达到限定值时，则应停止交换。交换阶段的时间长短与树脂层高度、原水浓度、水流速度、树脂性能以及再生程度等因素有关。

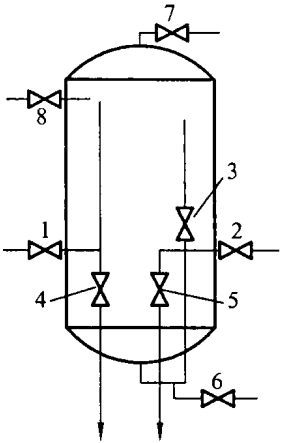


图 1-13 离子交换器阀门布置示意图

1—进水阀；2—出水阀；3—反洗进水阀；4—反洗排水阀；5—清洗排水阀；
6—底部放水阀；7—排气阀；8—进再生液阀

2. 反 洗

反洗的目的在于松动树脂层，以便下一步再生时注入的再生液能分布均匀，及时冲走积存在树脂层的杂质、碎粒和气泡。反洗前，关闭进出水阀门，打开反洗进水、排水阀，反洗用原水。反洗会使树脂层膨胀 40%~60%。

3. 再 生

再生是交换反应的逆过程，借助较高浓度的再生液流过树脂层，把已吸附的离子置换出来，使树脂恢复交换能力。再生前，先关闭反洗进水阀 3、排水阀 4，打开排气阀 7 及排水阀 5，把水放到离树脂层表面 10 cm 左右，再关闭阀门 5，开启进再生液阀门 8，排出交换器内空气后，关闭阀门 7，再适当开启阀门 5，进行再生。