

# 化工园区废水深度处理工艺分析

张永栋（江苏南大华兴环保科技股份有限公司，江苏 盐城 224000）

陈洋洋（江西南新环保科技有限公司，江西 九江 330300）

**摘要：**化学工业生产所产生的废水，由于它成分复杂且多带有化学毒性与污染性，若是处理不当很容易直接对生态环境造成巨大的危害影响。基于此，本文从废水处理的必要性作为切入点，介绍几类主要的化工废水的污染物成分以及危害性，而后是对化工园区废水的深度处理工艺进行剖析阐述，其中包括主要工序的原理要点，以及各个工艺的现今技术难点。希望通过此文能够带给化工行业一点理论帮助，能够重视化工废水的排放治理，控制地区水质，保护地区生态环境。

**关键词：**化工园区；废水处理；深度处理工艺

化工行业是指从事化学工业生产开发的企业工厂的总称，是工业材料制造、农业化肥农药生产、生物科技、涂料燃料制造等多种行业赖以生存的重要基础。化学工业目前是当今世界上多数发达国家的基础支柱产业，对我国的经济的发展来说有着至关重要的作用。但由于化工产品加工、生产、储存过程中涉及的工艺流程、配制方法极其复杂，且会生成大量有害物质，因此化工行业一直以来都是生态污染的“大户”产业。在生态保护观念下，化学工业的可持续发展无论是对于社会进步还是经济发展，都有至关重要的意义。

## 1 废水深度处理的重要性

废水处理（wastewater treatment methods）是指利用物理、化学或其他生物技术，对有剧毒危害性的废水进行净化处理，降低其危害性以及污染范围，以达到低污染排放甚至零污染排放的程度。它并不是一个新兴话题，化工生产的废水污水不仅有数倍甚至数十倍城市污水的 $BOD_2$ （生物需氧量）、 $COD_{c_2}$ （化学需氧量）、TP（总磷）、TN（总氮） $TkN$ （凯氏氮）等污染物，排入自然水体中很容易导致整个水域水体腐败发臭，影响水生生物种群正常繁衍，更会直接导致淡水资源受到污染。我们都知道人类社会淡水资源的重要性，而我国本身也是一个淡水资源较为匮乏的国家，如果说为了短期经济发展而忽视了生态环境发展，那么长久以来淡水污染的环境问题将会引发一系列的生存矛盾问题<sup>[1]</sup>。因此工业污水的深度处理，当前目的是为了净化水资源保护环境效益，长久目的是为了保护人类社会的发展，在满足当前经济需要的同时，不影响到后代人的环境满足能力。

## 2 工业园区废水的主要分类

工业生产中的废水种类多样，其中的主要污染成分和危害性均有明显差异，因此所需要处理的工艺技术以及设备原料等均有所不同，通常情况下工业园区储存的废水主要有以下几类：

### 2.1 电镀废水

电镀工艺在化工生产中颇为常见，它是指利用金属电解原理，将水作为电镀介质，在金属工件的表面附着

一层金属薄膜的表面处理技术。其目的是为了提高金属工件表面的耐磨损性能、导电性、反光性以及抗腐蚀性等，起到保护材料的作用。电镀工艺中通常会将锌或者铜金属浸入拖带液中去去除氧化物，在进行电镀或酸洗时，含锌、铜的化学污染物会随着金属表面的漂洗转移到水中，再加上电解过程中产生的盐酸、高污染性的增光剂成分，就组成了电镀废水中的主要危害成分。这种电镀废水的污染性体现在金属离子与盐酸的致病、致癌、诱导畸变上，其中增光剂和酸洗液的剧毒污染物会直接导致肾脏衰竭，它难以被自然降解，会经过下游渔业产品直接对人体造成危害，因此电镀废水排放前，必须要对其中的金属污染物以及剧毒物质进行处理，避免水体污染带来的连锁污染现象。

### 2.2 重金属废水

重金属废水是在石油化工、矿山冶炼、冶金、农药医药制造行业的生产过程中产生的废水，其主要危害成分中包括了汞（水银）、铅、铬、镉、以及类金属砷等。科学表明重金属污染物能够与人体内的蛋白质与酶产生化学作用，使其完全变性丧失基本功能活性，人体内若是重金属含量到达一定量，会在各个器官中积累导致慢性中毒。我们以一种铅中毒为例，它是重金属中危害性最大的物质，一旦进入人体很难被排除，会直接损伤人体脑中中枢神经，尤其是对胎儿的神经板危害极大，容易导致婴儿先天性脑沟回浅，造成生理性的智力障碍，而成年人在摄入了过量的铅元素后，甚至容易引发脑死亡。重金属物质与电镀废水中的金属物质一样，无法被环境自然降解，反而会在食物链的放大作用下，通过餐桌与淡水环境向人体内进行渗透。经过重金属污染过的水体在自然气候的影响下，会形成污染降雨，使当地无论是土地还是空气中都具有污染性，如引起衰老反应的自由基、对人体表皮产生危害的污染微粒、空气中的灰尘等都有可能成为携带重金属污染物的载体。

### 2.3 其他污染物的化工废水

水体污染的种类和成分是多种多样的，除了电镀废水与重金属废水之外，还有一些其他成分的化工废水，

在这里集中进行讨论。经过水质检测部门的权威报告显示,目前化工园区附近的水体污染物主要种类多达 1180 余种,它按照对人体的危害种类,可以大致分为五类:一是固体颗粒污染物,其中以铁锈、铁屑、泥沙和其他高分子污染物为主,污染程度为轻级,但会导致地区水质严重变异,其中 BOD、COD 等污染物容易致使大量水生生物因局部缺氧而死亡,破坏自然水体生态平衡使其失去自净能力。二是农药、化肥、洗涤剂一类具有中毒危害的物质,容易直接进入食物链危害人体健康。三是化工生产过程中因废水中含有大量有机物而滋生的病毒、细菌,且多数具有传染致病的特性,危害程度无法预测,容易因水体污染暴发地区性的流行传染病。四是具有异色、异味的无机物污染,同样会破坏自然水体的生态平衡,且会导致淡水水质污染,影响城市生活饮用水源。五是放射性粒子污染,如一些科研生产项目中的辐射物质,这种污染物主要成分会因原子核衰变而释放出我们难以用肉眼观察到的射线,在大剂量的放射线照射下,容易直接引起人体或动物的器官损伤。照射强度为 150rad 以上时,就会使人或动物因免疫系统受损或者器官慢性衰竭导致慢性疾病,而强度超过 650rad 时,会直接导致人体死亡<sup>[2]</sup>。

### 3 废水深度处理的工艺流程以及技术问题

化工废水处理工作并没有哪一种方法可以有效地解决所有污染物排放的问题,通常情况下要根据废水污染物具体成分来选择对应的处理工艺,在这里简要分析主要的几种废水处理工艺流程以及技术难题:

#### 3.1 电镀废水处理

根据上文所述,电镀废水的主要污染物成分为锌、铜、铬、镉、镍等离子态金属,以及含氰,含酸根,含碱的离子。这些离子中有些是以简单的阳离子态或阴离子态存在,而有些则是以复杂的络合离子态存在。电镀废水的处理工艺中需要一个混合废水处理设备来进行集中处理,它是由调节池、沉降池、还原池、加药箱、斜管沉降池、压滤机、气浮反应装置以及活性炭过滤装置组合而成的。其中加药箱用于投放能够与对应的金属离子与氰、酸根、碱离子发生化学反应的中和剂,在物理沉降之后,采用氧化法、还原法、制配钡盐法、中和沉降法等化学方法来将废水中的离子污染物分离出来。除此之外,还有一种铁氧化电解置换法,用于处理含有废铁屑的化工污水,利用催化剂来加快水中铁离子的氧化还原反应,再通过设备内的活性炭吸附装置将离子从水体中提取出来,达到净化水质的目的<sup>[2]</sup>。

电镀废水处理工艺无论是物理沉降还是化学氧化还原、置换工序的成本都非常低廉,且易于操作,所以应用较广。但它的主要问题是,加药箱的化学试剂反应后,仍然会留下含有污染物的污泥需要进一步处理与后续集中填埋,若处理不当容易造成二次污染。因此需要相关的化工生产企业做好电解废水的后续处理,避免废水处理工艺产生的废料污染问题。

#### 3.2 重金属废水处理

由于重金属物质无法被分解破坏,且常规药箱使用的置换剂与中和剂都难以与其发生反应,因此我们只能通过转移废水中重金属污染物的存在形式与位置的方式,来达到降低危害的效果。如离子交换树脂法,首先要将重金属废水进行化学沉淀处理,将溶解在水中的重金属离子转化为一种难溶性化合物,而后将其通过过滤装置留在污泥池中。最后是向污泥池内送入离子交换树脂,来将重金属离子转移到再生废液中进行净化分离。

利用离子交换树脂来净化废水中的重金属污染物,其净化效率极高,残留率较低,且不会留下难以处理的其他污染物,但这种制配方法中,由于离子交换树脂材料的制配成本过高,因此除了一些特定排放标准的化工产业,在其他化工生产行业中并未被广泛地普及应用。当前在化工园区中主要采用的是以下两种方法:一是在不改变重金属离子的化学形状条件下,利用一种反渗透膜技术,在高于废水溶液的渗透压作用下,只使水分子穿过反渗透膜的膜孔,从而使重金属污染物离子与溶解盐类、胶体等留在渗透膜另外一端。除了反渗透膜技术之外,一种电渗析法也可以用于重金属废水的处理,该类技术对于分子量大于 100 的重金属废水处理效果极佳,最高脱除率可以达到 98%,但对于分子量低于 100 的废水却难以起到理想的处理效果。二是与离子交换树脂的工艺原理类似,利用硫化物沉淀法、上浮分离法等技术原理,通过添加与重金属缓慢发生反应的中和剂,在催化剂的作用下使溶解的重金属离子转变为难溶或不溶的重金属化合物,使其转变为如碱土金属元素的氢氧化物一类的物质,再将其从废水中提取后集中处理。这一类废水处理技术,还需要根据重金属废水的主要污染物质来选取合适的中和剂,避免生成物质的二次污染。

重金属废水处理中应当遵循两个原则:一是从化工制造工艺上进行优化,尽量不用或者少用毒性与污染性大的重金属元素,从生产源头处控制污染物的产出量;二是优化工序,合理控制重金属废水的产出量,且处理重金属废水时应当与生产过程同步,不能重金属废水与其他种类的废水混合处理,使废水处理过程中因中和置换的试剂互相反应消耗而影响处理效率,不能使工序过于复杂。

#### 3.3 其他污染物废水处理

对于上文中提及的常见五类化工废水,通常采用三种深度处理方法来对废水进行净化处理:

##### 3.3.1 物理处理法

在废水处理设备池的前端设置一处沉淀池,通过油膜、油珠、明矾等分离回收废水中的难溶颗粒与漂浮物。除了沉淀吸附之外,属于物理处理单元的还有沉砂池、隔油池、过滤池、气浮池以及活性炭吸附装置,除以上污水处理设备的功能单元以外,一些化工园区还会采用离心分离、重力分离以及筛滤留浮等方法进行污染物分离。这样的物理处理方法按原理主要分为两类:一是利

用无害材料的吸附特性,来使废水中的污染物残渣、颗粒以及漂浮悬浮物质汇聚呈大颗粒或泥状物质,通过网格过滤筛使其与废水分离;二是利用水旋或离心分离机,通过物理力学的方法使污染物胶质、溶解微粒等与水发生分层,或者是通过砂滤池与微孔滤机,利用热交换原理来使废水蒸发,析出污染物。

物理处理方法的优点是它全过程不会使用其他参与化学反应的试剂,不用担心因中和反应、置换反应的生成物二次污染的问题,且物理处理方法的经济成本远比任何一种其他处理方法要低。但物理处理并不适用于所有的化工废水,可能会受到污染物本身的性质限制,如一些受热挥发的污染物,不适合蒸发析出。另一方面,物理处理方法的去除率明显低于其他处理方法,如活性炭吸附单元,难以观测到活性炭是否还具备活性,很容易因活性炭失去活性而导致净化处理效率大打折扣。此外另一个方面物理处理装置往往对废水处理的场地有所要求,它的沉降池、过滤池、气浮池等无法实现功能集成,所以装置的空间体积极大。对于化工产业生产制造比较密集的区域来说,场地面积难以满足需求。

### 3.3.2 化学处理法

它的主要原理是采用投加化学药剂的方式,与废水中的主要污染物进行混凝、中和与氧化还原反应。化学处理方法实现途径主要有两个:一是通过置换、复分解反应来将有害污染物的金属离子提取出来,生成一种新的无害或低害盐溶液;二是通过化学沉淀,将溶于水的有害污染物转化为一种难溶化合物,再将这种化合物与污泥一同集中进行处理。化学处理方法中常用的几类药剂主要有:絮凝剂,用于初沉池与二沉池的强化固液分离;助凝剂,辅助絮凝剂发挥效用,加强固液分离工序的混凝效果;脱水剂,用于调理废水处理过程产生的污泥;破乳剂,在石油化工行业经常见到,用于处理表面悬浮乳化油的化工废水;pH调整剂,化学处理得到的出水往往呈酸性或碱性,为了避免排放废水影响自然水体环境,会添加特定的酸性或碱性物质来将废水调整成中性水;氧化还原剂,用于处理含有氧化性物质或还原性物质的反应试剂;消毒剂,通常是在出水口前段通入氯气来灭杀废水中的致病细菌。

尽管化学处理方法比较高效,但它的技术问题主要体现在三个方面:一是废水处理环境大多数并不满足中和、氧化反应的理想环境,需要借助催化剂来辅助完成,而额外催化剂的使用增加了废水处理的经济成本;二是需要对废水内的具体污染物成分全面解析,难以处理多种复杂污染物成分混合的废水;三是化学反应生成物质的后续处理较难,稍有不慎容易导致二次污染。

### 3.3.3 生物处理法

生物处理法是指培养特定的好氧微生物或厌氧微生物,利用微生物的代谢作用来将废水中高危害、高污染性质的污染物转化为一种稳定、无危害物质。

其中好氧生物处理法分为生物膜技术与活性污泥技

术,其中生物膜技术的处理装置主要由生物滤池、生物转盘、接触氧化床构成。而活性污泥技术本身就是一个独立的处理单元,通过在池中设置曝气池,以填料的方式来为生物污泥充氧,它有多种运行方式。生物膜技术与活性污泥技术相比各有利弊,生物膜技术不会发生污泥膨胀问题,运作管理比较简便,而活性污泥技术则会因污泥膨胀影响处理效率;生物膜技术采用自然通风供氧,无需设置单独的曝气池。但生物膜技术由于微生物活性难以被人为控制,所以它的运行方式灵活性比活性污泥技术要差许多;生物膜技术在处理出水时,往往会有较大的脱落膜片,使废水出水的澄清度降低,而活性污泥技术在正常运行状态下出水澄清度较高;生物膜技术由于载体材料的接触面积较小,且设备容积有限,往往比活性污泥技术需要更大的占地空间。而厌氧生物处理法又叫做生物还原处理法,利用厌氧菌将废水中的高分子化合物通过酸性消化或者碱性消化,转化为结构较为简单的甲烷、二氧化碳等。生物处理法的好处是COD、BOD去除率较高,且不用担心生成物污染,但它无法处理成分较为复杂的废水,且废水中的一些污染物容易导致微生物种群失去活性,因此生物处理通常情况下作为废水处理的最后一道工序。

### 3.4 放射性污染物废水处理

含有放射性污染物的废水处理也是采用上文提及的方法进行处理,如离子交换法、生物处理法、气浮分离法等,但稍有区别的是,放射性污染物废水的处理必须遵循两个基本原则:一是必须在处理之前将其稀释或扩散处理,达到无害水平后,方可进行净化处理,这个原则适用于放射性物质浓度较低的废水处理场景中;二是必须将放射性废水浓缩后,与人类居住环境隔离,使其自然地发生衰减,直至放射量低于危害水平,这点适用于任何浓度的放射性废水。

综上所述,化工园区的废水种类多样,主要污染物成分构造复杂,多数污染物不仅带有剧毒危害性,还极易进一步通过水体流动或食物链放大污染危害。因此需要化工企业工厂在废水处理工序中,注重先进处理技术的应用,分析废水的具体污染物成分,采取对应的废水处理技术方案。同时还要注重各种污水处理技术的优势劣势分析,取长补短,将多种化工废水处理技术综合起来应用,提高废水排放治理效率的同时,发挥废水处理技术的经济优势。

#### 参考文献:

- [1] 卢珊珊,等.臭氧催化氧化+BAF工艺深度处理化工园区废水实例[J].广东化工,2021,48(12):127-128+104.
- [2] 彭宽军,李鑫.化工园区污水深度处理工艺的选择及可行性分析[J].环境与发展,2020,32(04):43+47.

#### 作者简介:

张永栋(1986-),男,民族:汉,籍贯:山东省潍坊市,学历:硕士,毕业于上海海洋大学,现有职称:中级工程师;研究方向:环境工程。