

# UED 技术在农药废水处理中的应用

## 一、农药废水来源

我国是农药生产和使用大国,已形成了包括科研开发、原药生产和制剂加工、原材料及中间体配套等较为完整的农药工业体系,随着我国农药产量的逐年提高,农药废水的处理形势也日益严重,国家对农药废水处理的关注度也显著提高。就在今年6月11日生态环境部审议通过《农药工业水污染物排放标准》等重要文件。在此之前,2023年6月1日发布的《农药制造工业污染防治可行技术指南》也对农药废水处理有了一定指示,其中把农药按生产工艺可分为化学合成、生物农药;按化学组成可分为有机氯类、磺酰胺类、菊酯类、杂环类、氨基甲酸酯类、有机硫类、酰胺类、苯氧羧酸类、有机磷类和生物类等。在生产这些不同种类的农药过程中会产生各类废水,主要包括:生产工艺废水、地面冲洗废水、设备清洗废水、实验室废水等。

其中废水的来源与水质特征如下表所示。

农药工业废水分类表

农药废水类型	废水来源	水质特征
生产工艺废水	在农药的生产过程中,包括原料制备、合成反应、产品精制等各个环节产生的废水	此类废水有机物含量较高,COD从几万到几十万mg/L不等,根据生产农药的化学组成对应不同的生产工艺,在生产过程中产生不同的农药原药、中间体、反应副产物、溶剂、催化剂等有毒有害物质
地面冲洗废水	在农药生产过程中,地面冲洗产生废水,废水中往往含有农药残留和其他污染物	此类废水的水质、水量与不同企业的不同管理制度与水平相关
设备清洗废水	生产设备在更换批次或定期维护时,使用清洗剂清洗产生的废水	此类废水水质根据生产不同农药使用不同清洗剂而产生变化
实验室废水	研发、质检等部门进行实验、检测等活动产生的含有痕量农药的废水	此类废水可能涉及到企业机密,所含物质信息来源较少,从而带来处理工艺的不确定性

## 二、农药废水特点

总体而言，农药废水具备如下特点：

1、农药生产废水有机物的质量浓度高；农药生产过程中合成废水的 COD 可高达几万 mg/L，有时甚至高达几十万 mg/L。

2、农药废水污染物成分十分复杂；农药生产涉及很多有机化学反应，很多废水中不仅含有原料成分，而且含有很多副产物、中间产物。

3、农药生产废水毒性大，难生物降解，废水中除含有农药和中间体外，还含有苯环类、酚、砷、汞等有毒物质，抑制生物降解。

4、农药废水水质、水量不稳定：由于生产工艺不稳定、操作管理等问题，造成产品废水排放量大，为废水处理带来一定难度。

5、农药废水往往具有刺鼻的恶臭，对人的呼吸道和黏膜有刺激性。

## 三、农药废水常用处理工艺

农药生产废水毒性大，难生物降解，对生化处理有抑制作用，对此类废水要根据具体水质情况选择相应的物化预处理技术，处理后的水与其它生产废水、辅助工序废水、日常维护工序废水和生活废水混合为综合废水，综合废水处理一般采用物化预处理、生化处理、深度处理等组合技术路线，同时可降低出水的综合毒性。物化法主要有混凝/沉淀/气浮/隔油法处理技术、吸附过滤法处理技术、萃取处理技术、树脂吸附处理技术、MVR 处理技术、汽提法/吹脱法处理技术、微电解（Fe-C）法处理技术、臭氧氧化处理技术和芬顿（Fenton）氧化处理技术；生化法主要水解酸化处理技术、升流式厌氧污泥床（UASB）处理技术、厌氧颗粒污泥膨胀床（EGSB）处理技术、活性污泥处理技术、接触氧化处理技术、序批式活性污泥（SBR）处理技术等。通常采用多种工艺联合处理，才能保证稳定的处理效果。

## 四、UED 设备在处理农药废水中的应用

### 1、UED 设备简介

UED(Ultimate Electrocatalytic Decomposer)是目前已知最先进、处理能力最强的清洁环保氧化技术，它采用 FCD 电极(功能导电金刚石)为阳极，在接通低压电(<12V)情况下，可瞬间产生大量强氧化性物质如羟基自由基(OH·)等，将各类复杂的有机分子快速分解并最终转化为无害的 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O，其反应速率较常规

高级氧化技术(AOPs)提高 3-5 倍，且对有机分子的分解更为彻底，是去除高难废水中 COD、TOC、氨氮等指标的最佳工艺选择。

## 2、反应机理

UED 电催化氧化技术降解有机物的途径包括直接氧化和间接氧化。直接氧化是通过有机污染物吸附在阳极表面以电子转移形式实现有机物的氧化去除，有机物可直接转变成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。间接氧化是通过在阳极表面间接产生自由基等活性中间产物或高氧化性的高价态金属氧化物来实现有机污染物的氧化去除。

反应机理： $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH}\cdot + \text{e}^- + \text{H}^+$

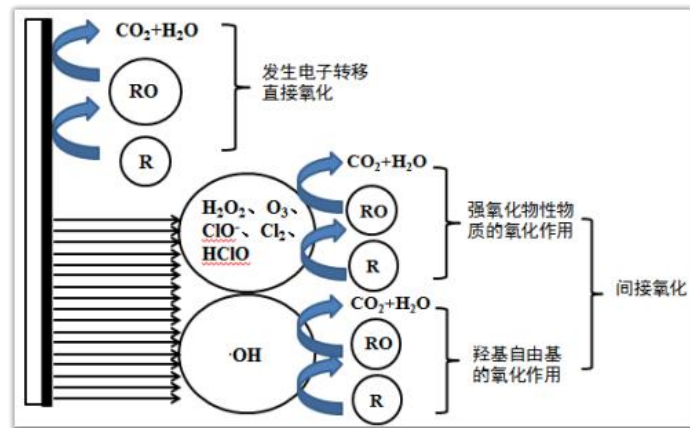
$2\text{OH}\cdot \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$

$\text{Cl}^- + \text{OH}\cdot \rightarrow \text{ClOH}\cdot$

降解污染物方式：

(1) 直接氧化：污染物在电极表面直接被氧化。

(2) 间接氧化：通过电化学反应生成具有强氧化性的中间产物，来间接氧化降解污染物。



机理示意图

## 3、设备优势

(1) 广谱

普遍适用于各行业高难度废水处理，且能耐受极端的原水条件(如高盐、高生物毒性、高浓度)。

(2) 高效

超强的催化氧化分解能力，极短时间内实现有机分子的破坏、断链反应。

(3) 灵活

源头处理、预处理、达标保障，可与常规工艺无缝衔接。

(4) 清洁

只需用电，无二次污染，常温常压运行。

(5) 便捷

标准模块装备，无需土建及其他构筑物，生产、安装、维护极度便捷。

#### 4、UED 设备对农药废水的处理效果

采用 UED 设备对不同类型农药企业的生产废水进行了处理，结果如下表所示。

**表 1 某企业农药废水处理效果表**

反应时间(h)	COD(mg/L)
0	23200
1	6140
2	145

表 1 为某企业农药废水，该农药废水初始 COD 在两万以上，废水降解难度大。如表 1 所示，经 UED 设备处理，在前端除过滤无其他处理工艺的情况下，反应时间 2h，原水 COD 由 23200mg/L 降低至 150mg/L 以下，表明 UED 设备对农药废水具有良好的去除能力。

**表 2 某企业农药废水处理效果表**

反应时间(h)	COD(mg/L)
0	97746
24	37608
28	14410
32	5294
36	2301

表 2 为某企业农药废水，原水 COD 浓度很高，且可生化性极差，采用 UED 设备进行处理，在 24 小时到 28 小时期间 COD 降解到为 85.26%，在 28 小时到 32 小时期间 COD 降解到 94.58%，在 32 小时到 36 小时期间 COD 降解到 97.65%。表明 UED 设备对农药废水具有良好的去除能力。