

# Advanced Treatment of Dyeing Wastewater with Electron Beam Irradiation and Traditional Process

Yuying Xie, Zuliang Chen, Zhaolong Li, Yuehong Zhang, Huaming Wang, Meiling Shen

Zhejiang Institute of Application Energy and Nuclear Technology, Hangzhou Zhejiang  
Email: rgxyy@163.com, czl611@126.com

Received: Jul. 12<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jul. 23<sup>rd</sup>, 2018; published: Jul. 30<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

An advanced treatment of dyeing wastewater with electron beam irradiation and traditional physicochemical-biochemical process is introduced in this paper. By studying the spectral curve of dyeing wastewater while changing the dose of irradiation, it is found that all kinds of pollutants in waste water can be degraded effectively, which leads great decolorization to dyeing wastewater. The colourity data show that, decolorization of dyeing wastewater can reach to 70% at 100 KGy and up to 90% at 200 KGy. The COD data show that, removal rate of COD is about 40% at 50 KGy and can be slowly improved to 60% at 200 KGy. Other targets are also studied while the dose of irradiation is changing. The removal rate of Ammonia Nitrogen and BOD<sub>5</sub> is 30% and 35% while irradiation dose is 50 KGy and 100 KGy respectively. And pH value of dyeing wastewater will not be affected while electron beams irradiating.

## Keywords

Electron Beam Irradiation, Dyeing Wastewater, Decolorization, COD, Ammonia Nitrogen, BOD<sub>5</sub>

---

# 电子束辐照联合传统工艺深度处理印染废水的研究

谢裕颖, 陈祖良, 李兆龙, 章月红, 王华明, 沈美玲

浙江省能源与核技术应用研究院, 浙江 杭州  
Email: rgxyy@163.com, czl611@126.com

收稿日期: 2018年7月12日; 录用日期: 2018年7月23日; 发布日期: 2018年7月30日

**文章引用:** 谢裕颖, 陈祖良, 李兆龙, 章月红, 王华明, 沈美玲. 电子束辐照联合传统工艺深度处理印染废水的研究[J]. 核科学与技术, 2018, 6(3): 78-86. DOI: 10.12677/nst.2018.63010

## 摘要

采用电子束辐照联合传统工艺的方式对印染废水进行处理。通过对不同辐照剂量下印染废水的各项指标进行测定分析后发现,电子束辐照对废水中各类污染物均有有效的降解作用。电子束辐照可显著降低印染废水的色度,在100 KGy时可达到70%左右的脱色率,200 KGy时脱色率可高达90%以上。50 KGy左右时,COD去除率达到约40%,当剂量达到200 KGy时,印染废水COD去除率最高可达约60%。经电子束辐照后水样氨氮、BOD<sub>5</sub>指标均有所下降。其中,氨氮在100 KGy左右时,去除率达到约35%,50 KGy左右时,BOD<sub>5</sub>去除率达到约30%。pH指标无明显变化。

## 关键词

电子束辐照, 印染废水, 脱色, COD, 氨氮, BOD<sub>5</sub>

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

作为纺织品生产大国,我国印染废水排放量占据工业废水总排放量前列[1]。据测算2014年我国工业废水排放量为205.3亿吨,纺织工业废水排放废水量21.6亿吨,占工业废水总量的10.5%,其中大部分为印染废水[2]。印染废水因其废水量大、有机污染物组分复杂且含量高、色度深等特点而成为公认的难处理的工业废水之一[3]。随着近年来化纤织物的发展和印染整理技术的进步,各种新型有机物被大量引入,这些难以降解的有机物的不断使用和积累,使得印染水质发生了很大的变化,也对传统的印染废水处理工艺提出了挑战[4][5]。

随着废水处理方法的不断推陈出新,电子束辐照作为一种操作简单、无二次污染、适用广泛的氧化技术,在处理印染废水方面显示出了巨大的潜力[6]。将辐射技术与传统印染废水处理工艺结合,可有效提高废水处理的效果。欧美一些发达国家、韩国、日本等均已经开展了辐射处理废水的基础研究和工业实践[7][8][9]。国内利用辐照进行废水处理的研究主要集中在对活性染料水溶液的处理[10][11][12][13],而对于实际印染废水的辐射降解研究较少。实际印染废水通常包含的成份更为复杂,不仅包含染料分子,还含有浆料、助剂、油剂、酸碱、纤维杂质、无机盐等各种成份。因此对现有印染废水的辐射研究更贴近实际情况。本文采用电子束辐照与传统工艺相结合的方式,对印染企业产生的废水进行处理,并对处理后的水体指标变化情况进行研究。在电子束辐照下,高能电子可以与废水中有机物分子直接作用,使其发生分解和改性;还可与溶液中的水分子相互作用,使水分子产生激发和电离,形成初级活性自由基[14]。其反应表达式为 $H_2O \rightarrow \cdot OH(2.8) + eaq^-(2.7) + H\cdot(0.6) + H^+(3.2) + H_2O_2(0.7)$ 。式中括号内参量为G值,它的定义是每吸收100 eV射线能量所生成产物的分子数。这些活性自由基具有相当高的活性,能与印染废水中的各种有机污染物发生氧化或者还原作用,使其降解。

## 2. 实验部分

### 2.1. 材料与仪器

用于测定印染废水色度指标的材料:盐酸(HCL)分析纯,杭州化学试剂有限公司;六水合氯化钴

( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )分析纯, 西陇化工股份有限公司; 氯铂酸钾( $\text{K}_2\text{PtCl}_6$ )分析纯, 南京化学试剂股份有限公司; 培养皿 210 mm, 浙江常青化工有限公司; 石英比色皿 10 mm、50 mm、100 mm, 姜堰市康达实验器材厂。

用于测定印染废水化学需氧量(COD)指标的仪器: 四合一水质检测仪 JC-401A, 青岛聚创环保设备有限公司。

用于测定印染废水氨氮指标的材料: 碘化汞( $\text{HgI}_2$ )分析纯, 贵州省铜仁银湖化工有限公司化学试剂厂; 碘化钾(KI)分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 四水合酒石酸钾钠( $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )分析纯, 西陇科学股份有限公司; 盐酸(HCL)分析纯, 杭州化学试剂有限公司; 氧化镁( $\text{MgO}$ )分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 溴百里酚蓝分析纯, 天津市大茂化学试剂厂; 硼酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), 永华化学科技(江苏)有限公司; 氢氧化钠( $\text{NaOH}$ ), 浙江汉诺化工科技有限公司; 硫酸锌( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )分析纯, 西陇科学股份有限公司; 硫代硫酸钠( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )分析纯, 永华化学科技(江苏)有限公司; 淀粉-碘化钾试纸, 上海三爱思试剂有限公司。

用于测定印染废水五日生化需氧量( $\text{BOD}_5$ )指标的材料: 氯化铵( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )分析纯, 永华化学科技(江苏)有限公司; 硫酸亚铁( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )分析纯, 温州市化学用料厂。

印染废水由浙江省桐乡市某印染企业提供。

四合一水质检测仪 JC-401A, 青岛聚创环保设备有限公司; 酸度计 PHS-3C, 上海仪电科学仪器股份有限公司; 臭氧发生器 UV-CY-10, 潍坊鲁瑞环保水处理设备有限公司; 精密型实验室专用超纯水机 FST-II-20(电阻率大于  $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ ), 上海富诗特仪器设备有限公司; 双光束紫外可见分光光度计 TU-1901, 北京普析通用仪器有限责任公司。

## 2.2. 辐照装置

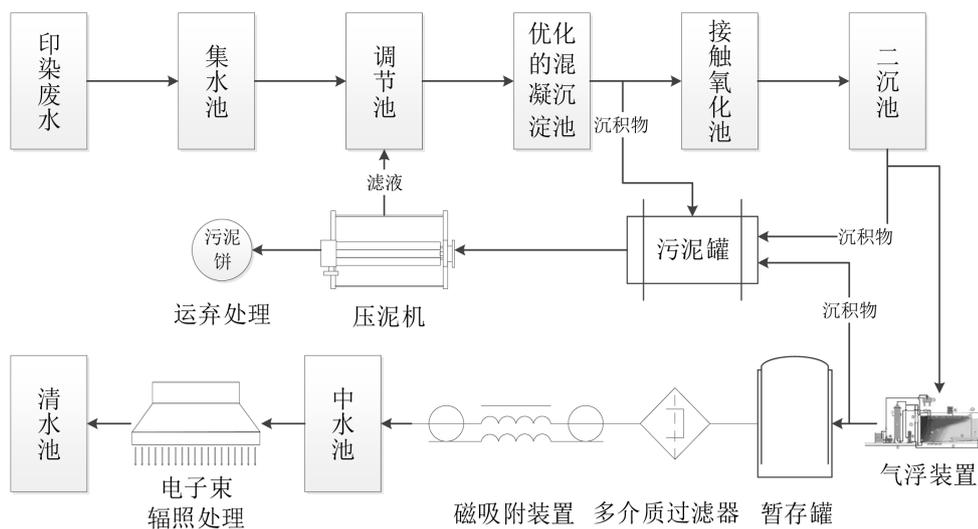
所用辐照装置为浙江省能源与核技术应用研究院 GJ-1.5 型电子加速器, 上海先锋电机厂生产。电子束能量 1.0~1.5 MeV 连续可调, 电子束流量为 0.08~0.45 mA, 束宽为 600 mm, 水样移动速度为 0.11 m/s。实验时固定电子加速器能量为 1.45 MeV, 电子束流量为 0.08 mA。通过在钛窗下往复移动小车的方式, 使印染废水不断叠加吸收剂量。

## 2.3. 辐照协同传统工艺处理流程

辐照协同传统工艺处理印染废水流程(如图 1 所示)为: 先将印染废水引入调节池进行酸碱度调节, 调节至 pH 值约 6~7; 将调节 pH 值后的印染废水流入混凝沉淀池, 在池中加入由硫酸铝、硫酸铁等组成的混合混凝材料进行混凝沉淀, 形成上清液和沉淀物。沉淀物排入污泥罐中等待泥压处理; 混凝后分离出的污水经导流进入接触氧化池, 进一步进行氧化处理, 并在沉积池中慢慢沉淀; 再次分离后的污水流经气浮装置、多介质过滤器、磁吸附装置, 进行物理悬浮、吸附、过滤处理后进入中水池; 将中水池中已经过处理的污水取出, 并放置于电子加速器辐照窗下进行电子束辐照处理。各个工序产生的沉淀物在污泥罐收集, 后经压滤装置泥压后成为污泥饼, 并委托第三方进行运弃处理; 经上述步骤处理后的废水可进行纳管排放或回收利用。

## 2.4. 实验方法

将经传统工艺处理后的印染废水取回, 然后采用孔径较大的定性滤纸进行预过滤处理, 去除废水中的悬浮物, 以防在测量水体色度时造成干扰。取过滤水样 100 ml 倒入 210 mm 直径(内径 204 mm)的培养皿中, 控制液面高度约 3 mm, 并包覆一层薄膜, 确保电子束可以完全穿透水体且无其他污染物干扰。为



**Figure 1.** Processing system of Physicochemical Treatment associated with electron beam irradiation  
**图 1.** 辐照协同传统工艺反应系统处理过程示意图

为了保证水样均匀受照,将水样置于辐照窗下的小车上,并进行往复移动。水样受照射的剂量范围为:10~200 KGy。水样的色度采用基于铂钴比色原理的可见分光光度法和稀释倍数法进行测量,pH值采用玻璃电极法测量,COD指标采用国标规定的重铬酸盐法进行测定、氨氮指标采用纳氏试剂分光光度法进行测定、BOD<sub>5</sub>指标采用稀释与接种法进行测定。

## 2.5. 指标去除率的计算

若采用 A 表示水样相应指标数值,以 COD 指标为例,则 COD 去除率为:

$$\text{去除率} = [(A_{\text{辐照前}} - A_{\text{辐照后}}) / A_{\text{辐照前}}] \times 100\%$$

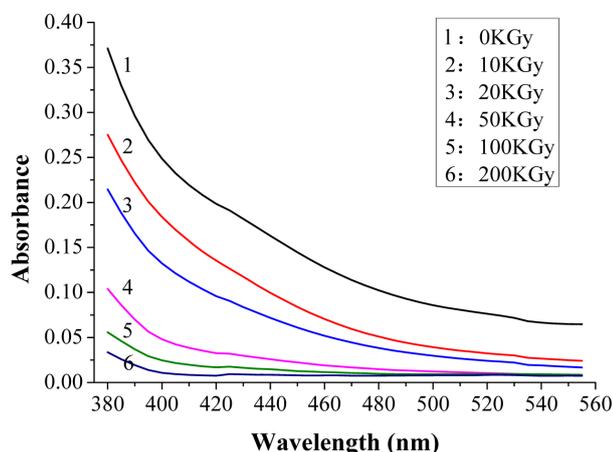
## 3. 结果与讨论

### 3.1. 印染废水吸收光谱的变化

将印染企业经混凝、接触氧化、物理悬浮吸附等工艺处理后的印染中水取回,采用电子束进行辐照,辐照剂量为:10、20、50、100、150、200 Kgy,并对辐照前后水样进行光谱扫描,如图 2 所示。可见,水样因成份较多,在可见光区并无明显特征峰出现。其在短波段吸光度值较之长波段更高,水样更易吸收短波段光谱能量,且对光谱能量的吸收随波长的增加而平滑下降。当采用电子束对其进行照射后,其吸光度整体快速下移,且随着辐照剂量的增大,降幅越来越明显。说明电子束辐照对印染废水中大部分污染物均有明显的降解或改性作用。当辐照剂量超过 50 KGy 后,吸光度下降速率减缓,并逐渐于 200 KGy 处趋于饱和。

### 3.2. 印染废水脱色效果

采用基于色度学原理和铂-钴比色法的分光光度计测色度法,对经不同剂量辐照后的水样进行色度测量。首先根据国标《GB9282.1-88:透明液体以铂-钴等级评定颜色》[15],配制不同色度的铂-钴标准溶液,然后采用紫外-可见分光光度计对其进行光谱扫描,得到 380~560 nm 范围内标样的吸光度值。将吸光度通过光度量公式转换为三刺激值,建立铂-钴标准溶液的三刺激值方差与色度之间的数值关系。因色度学中色度(色差)由三刺激值决定,故将任意水体在可见区的吸光度值转化为三刺激值,代入标准溶



**Figure 2.** Visible absorption spectrum of dyeing wastewater with different irradiation doses

**图 2.** 印染废水在不同辐射剂量下吸收光谱

液三刺激值方差 - 色度关系中, 即可确定水体的色度。根据朗伯 - 比尔(Lambert-Beer)定律, 溶液在单色光下的吸光度与其浓度成正比。而国标 GB/T11903-1989 规定, 在每升溶液中含有 2 mg 六水合氯化钴和 1 mg 铂(以六氯铂酸的形式)时产生的颜色为 1 度, 色度与浓度成正比关系, 故铂 - 钴标准溶液的吸光度与其色度值之间为线性关系。经光度公式转化后得到的三刺激值方差与色度之间存在很好的二项式关系[16]。因此采用基于色度学原理和铂 - 钴比色的分光光度计测色度法可准确有效的测量水体色度。

如图 3 所示, 原始色度较低的印染废水水样 1 经电子束辐照后色度产生较为明显的下降, 仅 10KGy 左右, 色度就由原来的 50 度下降为 25 左右, 降幅达 50%。当剂量增加至 30 KGy 时, 色度出现小幅的上升。这一现象说明在对废水进行低剂量辐照时, 水中的有机物以降解为主, 随着剂量进一步提升至某一临界值时带有发色基团的有机物慢慢开始重新聚合, 导致了水体色度的增加。当剂量超过这一临界值后, 水样的色度开始较为平缓的下降, 直至达到最低值。

原始色度较大的印染废水水样 2 经电子束辐照后色度并没有立即下降。相反, 当辐照剂量为 10 KGy 左右时, 水样色度产生了小幅提升。与前者相似, 废水经 10 KGy 时, 水中的自由基会促使带有发色基团的有机物增多, 从而导致色度增加。当辐照剂量继续增加时, 色度开始急剧下降, 50 KGy 时水样的色度降至原来的 50%左右, 100 KGy 时水样原始色度降至 23%左右, 200 KGy 时水样色度降至原始色度 10% 以下。

对比两组不同浓度水样可以发现, 印染废水的原始浓度越高, 对于色度的处理难度越大, 若想要达到相同的脱色率, 辐照剂量则需相应增加。两组水样经电子束辐照后, 最低色度均可以达到 10 度以下, 目视比色时几乎与饮用水无差别。可见, 采用电子束对印染废水进行辐照处理, 可显著的降低废水的色度, 且仅在 100 KGy 时即可达到 70%左右的脱色率, 最高脱色率可达 90%以上。这一方法配合传统工艺可用于对印染废水的深度处理。

### 3.3. 印染废水 COD 变化

采用国标规定的重铬酸盐法[17]对不同辐照剂量下的印染废水水样进行化学需氧量(COD)测定。如图 4 所示, 两组不同浓度的印染废水均表现出了相同的规律。当采用低剂量电子束对其进行辐照后, 水样 COD 值发生一定幅度的提升, 幅度最大约 15%左右, 产生这一现象的剂量范围为 0~20 KGy 左右。与水样色度表现出的现象一样, 这一阶段水样中有机物应以聚合为主, 有机物数量增多, 导致 COD 指标上升。

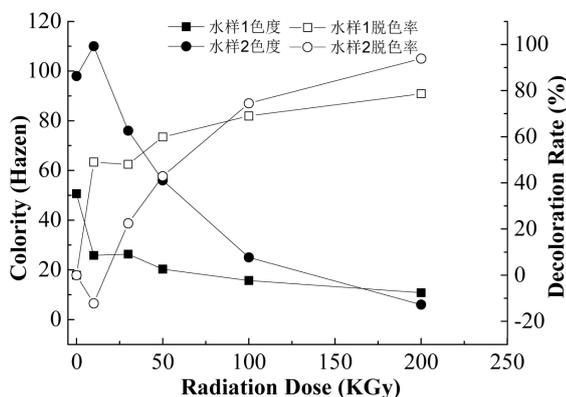


Figure 3. Colority and Decoloration Rate change of printing-dyeing wastewater with radiation dose

图 3. 印染废水色度及脱色率与辐射剂量变化关系

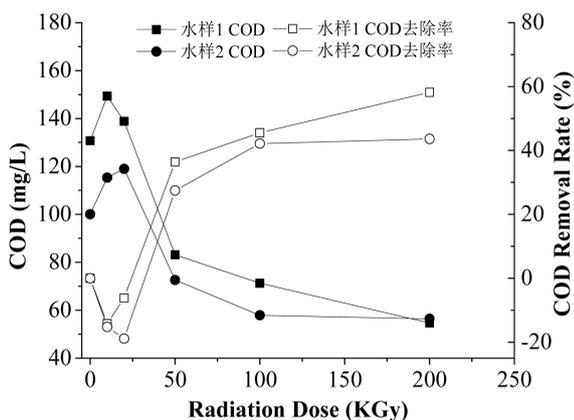


Figure 4. COD and COD Removal Rate change of printing-dyeing wastewater with radiation dose

图 4. 废水 COD 值及 COD 去除率与辐照剂量变化关系

随着辐照剂量的不断增加,水样 COD 值开始显著下降,此时水样中有机物开始大量降解,转化成低分子量低污染的有机物或无机物。50 KGy 左右时, COD 去除率达到约 40%。当辐照剂量大于 50 KGy 时,水样 COD 降幅开始放缓,并于 200 KGy 时达到最低值。

对比两组水样可见,电子束辐照印染废水可有效降低其 COD 值, COD 去除率与原始水样 COD 大小并无关联。辐照剂量为 50 KGy 时, COD 去除率达到拐点,之后辐照剂量对印染废水 COD 的影响逐渐降低,当剂量达到最大值 200 KGy 时,印染废水 COD 去除率最高可达约 60%。采用电子束辐照联合传统工艺处理印染废水可以有效的降低废水的 COD 值,但其对废水的 COD 去除效果弱于其对废水的脱色效果。

### 3.4. 印染废水其他指标的变化

采用国标规定的纳氏试剂分光光度法[18]对印染废水的氨氮指标进行测定,不同辐照剂量时,印染废水的氨氮指标如图 5 所示。

可见,与 COD 指标相似,当采用低剂量电子束对其进行辐照后,水样氨氮值发生一定幅度的提升,辐照剂量为 10 KGy 时,达到最大值约 4%。随着辐照剂量的不断增加,水样氨氮值开始显著下降,100 KGy

左右时, 氨氮去除率达到约 35%。当辐照剂量大于 100 KGy 时, 水样氨氮降幅开始放缓, 并于 200 KGy 时达到最低值, 此时氨氮去除率约 40%。

采用国标规定的稀释与接种法[19]对印染废水的五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)指标进行测定。不同辐照剂量下, 印染废水的 BOD<sub>5</sub> 指标如图 6 所示。

可见, BOD<sub>5</sub> 值在辐照剂量为 30 KGy 时, 有幅度约 5%的提升。随着辐照剂量的不断增加, 水样 BOD<sub>5</sub> 值开始下降, 50 KGy 左右时, BOD<sub>5</sub> 值几乎达到最低, 去除率达到约 30%。当辐照剂量继续增加时, 水样 BOD<sub>5</sub> 值开始波动, 但整体几乎没有下降的趋势。印染废水的 BOD<sub>5</sub> 指标, 受实验环境的影响较大, 测得的数据存在一定的偏差, 但辐照剂量 0~200 KGy 范围内, BOD<sub>5</sub> 值的去除率最高约 30%, 效果不如色度、COD、氨氮等指标明显。

采用国标规定的玻璃电极法[20]对辐照前后的印染废水进行酸碱度测定, 结果如图 7 所示。

可见, 无论剂量高低, 采用电子束辐照对印染废水的 pH 值均不会产生大幅影响。

#### 4. 结论

采用电子束辐照协同传统工艺的方式对印染废水进行处理。

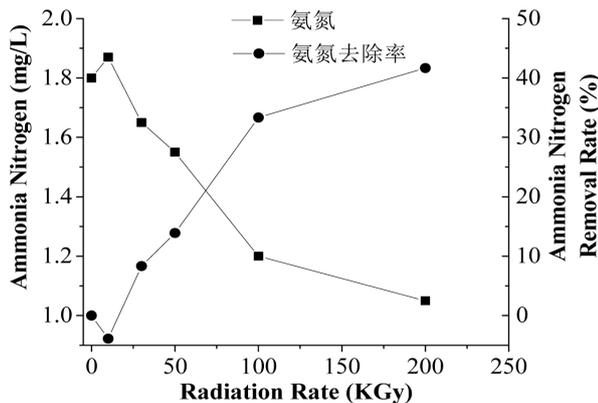


Figure 5. Ammonia Nitrogen and A-N Removal Rate change of printing-dyeing wastewater with radiation dose

图 5. 废水氨氮值及氨氮去除率与辐照剂量变化关系

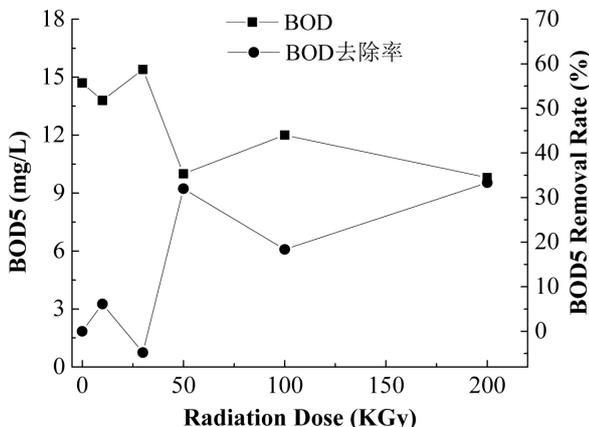
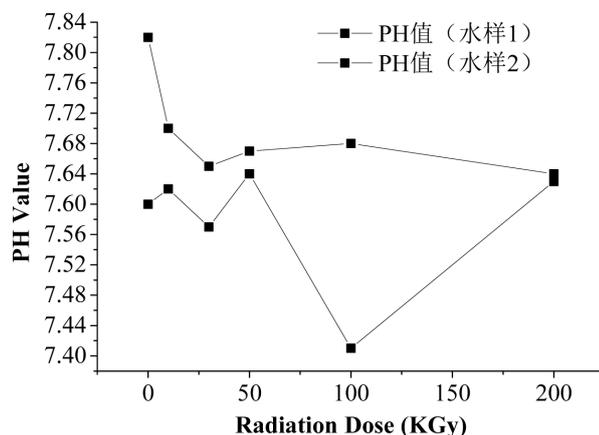


Figure 6. BOD<sub>5</sub> and BOD<sub>5</sub> Removal Rate change of printing-dyeing wastewater with radiation dose

图 6. 废水 BOD<sub>5</sub> 值及 BOD<sub>5</sub> 去除率与辐照剂量变化关系



**Figure 7.** pH value change of printing-dyeing wastewater with radiation dose

**图 7.** 废水 pH 值与辐照剂量变化关系

- 1) 对水样进行光谱扫描后发现，电子束辐照对废水中各类污染物均有有效的降解作用。
  - 2) 通过测定不同辐照剂量下印染废水的色度指标发现，电子束辐照可显著降低印染废水的色度，在 100 KGy 时可达 70% 左右的脱色率，200 KGy 时脱色率可高达 90% 以上。
  - 3) 通过测定不同辐照剂量下印染废水的 COD 指标发现，50 KGy 左右时，COD 去除率达到约 40%，当剂量达到最大值 200 KGy 时，印染废水 COD 去除率最高可达约 60%。
  - 4) 通过测定不同辐照剂量下印染废水的氨氮、BOD5 指标发现，经电子束辐照后水样指标均有所下降。氨氮在 100 KGy 左右时，去除率达到约 35%，50 KGy 左右时，BOD5 去除率达到约 30%。
- 综上，采用电子束辐照联合传统工艺处理印染废水的方法可对印染废水进行深度处理，经 100 KGy 剂量辐照后的水样即可达到较为优质的指标，且工艺简单、无二次污染、具有一定的普适性，面对越来越严苛的环境保护需求，这一方法体现出了较大的优势。

## 基金项目

浙江省科技计划项目(2016F50011)。

## 参考文献

- [1] 董殿波. 印染废水处理技术研究进展[J]. 染料与染色, 2015, 52(4): 56-62.
- [2] 陈晓燕, 何秉宇, 张雯. 印染废水处理研究进展[J]. 纺织导报, 2018(3): 60-62.
- [3] 沈东升, 冯孝善, 沈益民, 等. 我国印染废水处理技术的现状和发展趋势[J]. 环境污染与防治, 1996, 18(1): 26-28.
- [4] 戴日成, 张统, 郭茜, 等. 印染废水水质特征及处理技术综述[J]. 给水排水, 2000, 26(10): 33-37.
- [5] 张宇峰, 滕洁, 张雪英, 等. 印染废水处理技术的研究进展[J]. 工业水处理, 2003, 23(4): 25-27.
- [6] Kim, T.H., Lee, J.K. and Lee, M.J. (2007) Biodegradability Enhancement of Textile Waste-Water by Electron Beam Irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, **76**, 1037-1041. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2006.10.001>
- [7] Botelho, M.L., Branco, J., Freitas, C., et al. (2008) Implementation of Ionising Radiation on Wastewater Treatment: The Portuguese Study Case. *IAEA-TECDOC: Radiation Treatment of Polluted Water and Wastewater*, **1598**, 148-159.
- [8] Borrelly, S.I., Cruz, A.C., Del Mnstm, N.L., et al. (1998) Radiation Process of Sewage and Sludge. *Progress in Nuclear Energy*, **33**, 1/3-21.
- [9] Trojanowicz, M., Drzewicz, P., Bojanowskaczajka, A., et al. (2008) Application of Ionizing Radiation for Removal of Pesticides from Groundwaters and Wastes. *IAEA-TECDOC: Radiation Treatment of Polluted Water and Wastewater*, **1598**, 115-140.

- [10] 杨睿媛, 王敏, 王文峰, 等. 活性红 M-3BE 的辐照降解研究[J]. 环境科学与技术, 2005, 28(增刊): 1-3.
- [11] 王敏, 朱志远, 杨睿媛, 等. 电子束辐照处理水溶液中的活性染料[J]. 核技术, 2005, 28(1): 40-45.
- [12] Dajka, K., Takacs, E., Solpan, D., *et al.* (2003) High-Energy Irradiation Treat-Merit of Aqueous Solutions of C.I. Reactive Black 5 azo dye: Pulse Radiolysis Experiments. *Radiation Physics and Chemistry*, **67**, 535-538. [https://doi.org/10.1016/S0969-806X\(03\)00101-4](https://doi.org/10.1016/S0969-806X(03)00101-4)
- [13] Wang, M., Yang, R., Wang, W., *et al.* (2006) Radiation-Induced Decomposition and Decoloration of Reactive Dyes in the Presence of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Radiation Physics and Chemistry*, **75**, 286-291. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2005.08.012>
- [14] 张曼维. 辐射化学入门[M]. 合肥: 中国科技大学出版社, 1993: 8-11.
- [15] GB 9282.1-88, 透明液体以铂-钴等级评定颜色[S].
- [16] 余潘, 沈为民, 黄杰, 等. 可见区分光光度法测量水体色度[J]. 光学技术, 2011, 37(5): 551-555.
- [17] HJ 828-2017, 水质化学需氧量的测定重铬酸盐法[S].
- [18] HJ 535-2009, 水质氨氮的测定纳氏试剂分光光度法[S].
- [19] HJ 505-2009, 水质五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)的测定稀释与接种法[S].
- [20] GB/T 6920-1986, 水质 pH 值的测定玻璃电极法[S].

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-7111, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [nst@hanspub.org](mailto:nst@hanspub.org)