

The Current Situation and Prospects of Wastewater Treatment in the Printing and Dyeing Industry

Shouhui Tong

Liaoning Urban Construction Design Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract

China is a major printing and dyeing country with a developed textile industry, the demand for printing and dyeing has been increasing rapidly year by year, and the amount of industry wastewater that comes with it every year is also astonishing. With the increasingly severe situation of global warming, countries have successively proposed various policy measures to reduce carbon emissions, and China, as a world power, has also put forward the “dual carbon” goal. To achieve the “dual carbon” goal, for the printing and dyeing industry, it is not only necessary to achieve it from the perspective of technology, material selection, and process, but also to assist in the treatment of a large amount of printing and dyeing wastewater. In recent years, more and more scholars have paid attention to and devoted themselves to studying this direction, and have made certain progress, although printing and dyeing wastewater has the characteristics of large volume and difficult treatment, a new, efficient, and suitable treatment method urgently needs to be discovered in order to provide an environment for human survival and achieve the “dual carbon” goal.

Keywords

“dual carbon” goal; printing and dyeing wastewater; current situation and prospects

印染行业废水处理的现状与展望

佟首辉

辽宁城建设计院有限公司, 中国 · 辽宁 沈阳 110000

摘 要

中国是印染大国, 纺织业发达, 印染的需求量逐年高速攀升, 每年随之而来的行业废水也数量惊人。随着全球变暖的情况日益严峻, 各国均陆续提出了各项减少碳排放的政策措施, 中国作为世界大国也提出了“双碳”目标。为实现“双碳”目标, 对于印染行业而言, 不仅要从业工艺、选材、流程的角度实现, 也要从大量的印染废水的处理的角度去助力。近几年, 越来越多的学者关注并致力于研究这个方向, 并取得了一定的进展, 虽然印染废水有着量大、处理困难的特点, 但为了人类赖以生存的环境, 为了“双碳”目标的实现, 一个新的、高效的、适宜的处理方法亟待被发现。

关键词

“双碳”目标; 印染废水; 现状与展望

1 引言

随着全球变暖的情况日益严峻, 各国均陆续提出了各项减少碳排放的政策措施, 中国作为世界大国也提出了“双碳”目标。实现 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和, “双碳”战略倡导绿色、环保、低碳的生活方式。加快降低碳排放步伐, 有利于引导绿色技术创新, 提高产业和经济的全球竞争力。

中国是印染大国, 纺织业发达, 印染的需求量逐年高速攀升。印染行业属于资源密集型行业, 能耗高、污染严重。据统计, 中国每年产生的印染废水均在 10 亿吨以上, 且呈逐年增长的趋势, 占中国总工业废水的 8% 以上。这部分庞

大的污水很早就获得了关注, 为控制印染废水的排放, 早在 1992 年中国就颁布了《纺织染整工业水污染物排放标准》, 并随着时间发展组织修订。与此同时, 近些年环保政策的罚款也逐渐严格^[1]。中小企业若不寻找新的方向, 必将会因为印染废水的处理难题, 被迫关停, 因而一个新的、高效的、适宜的印染废水处理方法亟待被发现, 不仅是为了“双碳”目标的实现, 也是为了促进印染行业可持续性的发展^[2]。

2 印染行业废水的产生

传统的印染工序分为如下四个步骤, 分别是前期预处理、染色、印花及后处理, 在这四个步骤的实施期间会消耗大量水, 并随之转化为大量的废水。

①预处理: 煮练和漂白是主要的水耗环节。煮练需要大量水来清洗棉织物, 漂白则需要水来稀释漂白剂。改进这些环节的方法包括使用低温煮练、低浓度漂白剂, 或采用连

【作者简介】佟首辉 (1991-), 女, 满族, 中国辽宁抚顺人, 硕士, 工程师, 从事污水处理技术研究。

续式处理工艺,以减少用水量^[3]。

②染色:水主要用于溶解染料和清洗染色后的棉织物。为降低水足迹,可以采用高染色率染料,提高染料浓度,减少清洗次数,或采用低水比染色技术。

③印花:水主要用于调配印花浆料和清洗印花设备。通过采用水性印花浆料、减少浆料调配过程中的水耗,以及优化清洗设备工艺,可以降低印花环节的水足迹^[4]。

④后处理:整理和软化等环节需要大量水。为降低这些环节的水足迹,可以采用低浓度整理剂,优化整理工艺,或采用连续式处理工艺。

废水中的主要污染物为浆料、染料、表面活性剂,还有其他的处理药剂,不仅这些会对环境造成污染,他们反应产生的物质也会破坏生态环境。印染废水如图1所示。



图1 印染废水

3 印染废水的特点及处理难点

印染废水是印染厂、纺织厂等轻工业生产企业排出的染料废水。有人将印染废水分为两类——高浓度废水、低浓度废水。高浓度废水是生产工段预处理(退浆、煮炼、丝光等阶段)产生的废水;而低浓度废水主要包括漂白、整理及冲洗阶段产生的生产废水,还有员工生活办公产生的生活废水。不难理解,在给棉、麻、化纤衣物等染色的过程中,并不一定所有染料都能固定在织物上,会有相当一部分的染料未固定,进而成为印染废水^[5]。即使是极低浓度的染料也会对水体生物造成极大的毒害,高稳定性和高毒性是印染废水的主要矛盾。通常印染车间由烧毛、退浆、煮炼、漂白、丝光、染色、印花、整理等各个工段组成,而在产品加工过程中,需要加入如退浆剂、苛性碱、氧化剂、强碱、染料、糊料、洗涤剂等各种物质。综上印染废水具有成分复杂、色度高、COD含量高而难以去除等特点。

4 处理方法及应用

印染废水的处理方法主要分为三个大方向,即物理处理法、化学处理法及生物处理法。长久以来,业内学者也在这三个方向上取得了相当的研究成果,在全人类处理印染废水的方面取得了长足的进步。

4.1 物理处理法

目前常用的物理处理法有沉淀法、混凝过滤法、吸附法、膜分离法等处理方法。

沉淀法:主要是除去印染废水中的颗粒悬浮物及其他易于沉淀的杂质,常用于处理印染废水的预处理阶段(如图2所示)。曹曼等利用铁屑作为絮凝剂,去除印染废水中的悬浮杂质。结果表明,印染废水TSS去除率可达到90%以上。

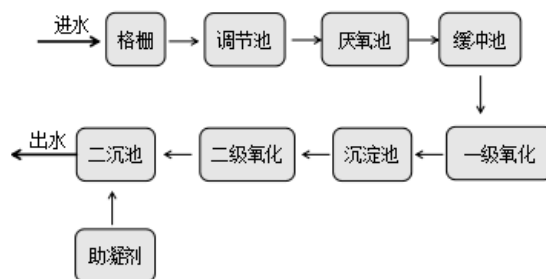


图2 沉淀法处理印染废水

混凝法:是向印染废水中投加一种或多种絮凝剂,使废水中的悬浮颗粒聚集、凝结成沉淀物,进而排出实现净化的目的^[6]。絮凝剂分为无机、有机、生物以及复合絮凝剂几大类。目前市面上比较常用的絮凝剂有铝盐、铁盐还有很多其他复合。

吸附法:主要利用活性炭实现,活性炭具有亲水、孔隙率大、孔径小等特点,是吸附法的上佳原材料,将活性炭投入水中,其能高效地吸附印染废水中的悬浮杂质,但本方法受活性炭的高成本、难分离等原因限制,在实际应用中大多仅用于一些特定的紧急情况,日常使用并不广泛。

膜分离法:具有高效率、操作简便等优点,因而在实际应用中,膜分离法是印染废水处理时最为常见的方法之一^[7]。膜分离法的关键在于膜,通过不同孔径不同类型的膜实现不同的处理效果。现阶段常见的膜有四大类,即超滤膜(针对微粒、细菌、有机质等)、纳滤膜(纳滤膜带电,可以去除纳米级物质和较小的无机带电离子)、反渗透膜(仅靠压力和反渗透膜实现分离达到处理效果)、微滤膜(可以去除印染废水中的大分子杂质,避免废水中结垢的问题)。

4.2 化学处理法

目前常用的化学处理法有氧化法、电化学法、纳米零价铁法等处理方法。

氧化法:其可以分为超临界水氧化法、化学氧化法与光催化氧化法等。其中光催化法是近几年来因其高效、节能等特点而被研究应用于印染废水中的。光催化法的主要氧化物是羟基自由基和超氧自由基,他们会破坏废水中的发色基团进而达到净化的目的。王智等在实验中发现应用该方法处理印染废水,废水中COD的去除率可以达到85%以上。近几年还有些学者致力于研究臭氧氧化法,虽然其能够作用多种染料,但受其高成本,低COD除去率的原因,在实际使用中并没有得到广泛的应用。

电化学法：这是处理印染废水的重要方法之一^[8]。其原理是在直流电的作用下，在装置的两极发生强氧化反应和强还原反应，进而实现杂质的去除，废水的净化。常用的电化学法有 Fenton 法、电化学氧化法、电混凝法等，Fenton 法以过氧化氢为氧化剂， Fe^{2+} 离子为催化剂，研究表明该方法的色度去除率可以达到 90% 以上，COD 去除率可以达到 80% 以上。并且其具有条件温和、设备简单、操作方便、适用范围广等特点。电化学氧化法是利用电极产生的带电离子，通过这些离子与水中杂质的反应来实现处理印染废水中杂质的方法。电化学氧化法受限于电极的选择。因此，近年来越来越多的学者致力于研究发现新型电极材料，提高了处理效果，节约成本，为其在印染废水处理中的广泛应用打下坚实的基础。电混凝法是在传统的电化学基础上，在废水中投入一定的混凝剂，对于处理水质复杂、处理难度大的印染废水作用效果更为显著。混凝剂是电混凝法的关键，目前考虑成本、后期处理等原因^[9]，常用铁盐、铝盐作为混凝剂。

纳米零价铁法：其原理是利用纳米零价铁的强氧化作用将染料杂质氧化，与此同时在反应过程中也会产生铁的氧化物和氢氧化物，这些副产物会与染料杂质发生絮凝沉淀，进一步增强去除效果。研究发现其 CAD 去除率可以达到 95% 以上，TOC 去除率可以达到 55% 以上。

4.3 生物处理法

生物处理法主要分为三大类，分别是好氧法、厌氧法及好氧-厌氧联合处理法。最为常见的好氧法有活性污泥法和生物膜法。活性污泥法的特点是 COD 去除率、高色度去除率，处理后的水质良好，周岩等将污泥加工成生物炭，试验过程中发现温度越高，分解程度越好，最终形成的生物炭的吸附能力越强。将其应用于对印染废水的治理中，COD 去除效果和脱色效果相较于污泥更优。生物膜法最常见的是生物接触氧化池，其特点是高 BOD_5 去除率，可以达到 80%~95%。厌氧法是在无氧条件下，利用微生物的作用分解染料分子。杨洋等研究发现 Anammox 菌种对印染废水有较好的处理效果；杜云涛等学者对在不同 pH 下厌氧菌的活性进行了研究，结果显示 pH 在 6.5~8.8 范围内，适合 AAOB 厌氧菌的生长。好氧-厌氧联合处理法是将传统的好氧法与传统的厌氧法相结合，两者相互作用处理印染废水。厌氧阶段脱色效果明显，而好氧阶段则是微生物将有机物质继续氧化，该阶段 COD 去除效果显著^[10]。好氧-厌氧联合处理法可以充分利用两种方法的优点，进而达到单一的好氧法或者厌氧法均难以达到效果，使印染废水达到更好的处理效果。

5 展望

虽然现存的关于染料废水采用的处理方法很多，除去前文介绍的常见的方法还包括磁分离法、湿式催化氧化法、超临界水氧化法等诸多方法，除此之外，近年还出现了很多中国和其他国家的学者也研究了诸多其他的生物处理法，如投菌法、微生物固定化技术、磁分离法、湿式催化氧化法、超临界水氧化法等，均获得较好的研究成果，为人类攻克印染废水的处理添砖加瓦。然而，单一的处理方法效果往往有其局限性，或者存在处理成本高，或者处理后的废水各项指标有时难以达到国家污水排放标准，或者治理过程复杂操作难度大，或者有二次污染的问题。

未来处理印染废水的研究方向应从将两个或多个方法联合使用的角度出发，以环保高效为主旨，研究更先进的处理技术，采取各类污水处理方法联用的手段，从多个维度入手，实现行业的可持续发展，实现经济发展与生态环保协同发展。

参考文献

- [1] 管国华,徐忠娟.混凝沉淀+水解酸化+预曝气/好氧+脱色工艺处理革基布生产废水工程实例[J].印染助剂,2019,36(10):54-57.
- [2] 程刚,同帆,郭雅妮,等.A/OMBR系统处理印染废水的研究[J].工业水处理,2007,27(2):40-43.
- [3] 计建洪,庄惠生.印染废水处理工程改造实例[J].印染,2020,46(11):59-62.
- [4] 曾祥专,李宝宏,王俊先,等.印染废水反硝化滤池深度脱氮改造工程实例[J].印染,2022,48(5):49-54.
- [5] 蔡芬芬,马振英.高浓度印染废水处理工程实例[J].工业用水与废水,2022(6):28.
- [6] 章诚,郑玉洁,凌红.中国的“双碳”目标与实践:形成逻辑、现实挑战、社会风险及推进进路[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2022,24(6):78-87.
- [7] 陈必林,邱笑笑,朱紫嫔,等.低水足迹纺织产品量化、评价与示范[J].染整技术,2022,44(1):13-16.
- [8] 钱蔚然,刘思思,邱笑笑,等.纺织服装产品化学品足迹核算与评价研究进展[J].染整技术,2021,43(4):1-6.
- [9] 王丹宇,李子程.印染废水处理技术与展望[J].广东化工,2022(7):10-15.
- [10] 白俊跃,曹恺.集中式印染废水处理厂提标改造[J].印染,2023(9):34-35.