环境工程学报
Chinese Journal of Environmental Engineering
第 14 卷 第 11 期 2020 年 11 月
Vol. 14, No.11 Nov. 2020
http://www.cjee.ac.cn E-mail: cjee@rcees.ac.cn (010) 62941074
文章栏目：水污染防治
DOI 10.12030/j.cjee.201912004 中图分类号 X703 文献标识码 A

常全超, 杜玉凤, 戴敏, 等. 太阳能热解制备生物炭及其对水中铜离子的吸附[J]. 环境工程学报，2020, 14(11): 2946-2958.
CHANG Quanchao, DU Yufeng, DAI Min, et al. Biochar prepared by solar pyrolysis and its adsorption of copper ions in water[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(11): 2946-2958.

太阳能热解制备生物炭及其对水中铜离子的吸附

常全超[1], 杜玉凤[1], 戴敏[2], 林帝出[1], 彭昌盛[1,*]

1. 中国海洋大学环境科学与工程学院，青岛 266100
2. 肇庆学院环境与化学工程学院，肇庆 526061

第一作者：常全超 (1995—)，男，硕士研究生。研究方向：水污染控制。E-mail：changquanchao@126.com
*通信作者：彭昌盛 (1972—)，男，博士，副教授。研究方向：环境新材料。E-mail：pcs005@ouc.edu.cn

摘　要　当前生物炭的制备主要依赖以电力为热源的传统热解方式，存在能耗高、污染大等问题，在一定程度上限制了生物炭作为吸附材料在工业水处理领域中的应用。为寻求生物炭制备的新途径，以玉米秸秆、牛粪为原料，采用太阳能热解技术制备生物炭，并与传统热解方式制备的生物炭进行了比较，考察了两者在理化性质和吸附性能上的差异。结果表明，经不同热解工艺所制备的相同生物炭材料的比表面积和微观形貌基本相同，理化性质相似。其中：玉米秸秆生物炭在最佳 pH=6 的条件下对 Cu^{2+}的吸附符合 Langmuir 等温吸附模型，最大吸附容量约为 25.87 $mg \cdot g^{-1}$；牛粪生物炭对 Cu^{2+}的吸附符合 Freundlich 等温吸附模型，两者均符合准二级动力学模型。综合上述结果，太阳能热解技术作为制备生物炭材料的新工艺，其制备的生物炭材料可成功应用于水中重金属离子的去除。

关键词　生物炭；太阳能热解；吸附；重金属污染

重金属污染问题是当今世界面临的主要环境问题之一。近年来，随着我国工业化的逐步发展，矿山开采、电镀工业和金属加工等行业每年产生大量酸性废水，每升废水中铜浓度高达几十至几百毫克，如不加处理排放到水体会造成严重的污染问题。水体中的 Cu^{2+}被普遍认为是铜对水生生物致毒的主要离子形式[1]，水生生物受水体中 Cu^{2+}污染毒害并在体内富集，通过生物放大过程进入食物链，最终威胁到人体健康。为控制天然水体不被铜离子污染，污水综合排放标准 (GB 8978-1996) 规定，工业废水中铜及其化合物最高容许排放浓度为 1 $mg \cdot L^{-1}$(按铜计)，因此，采取合理有效的方式处理重金属废水是当务之急。

目前，常见的重金属废水处理方法包括化学沉淀法、膜分离、电渗析、离子交换、吸附法等，其中吸附法以其操作简单、效率高、成本低和无二次污染等优点已被广泛采用[2]。生物炭由于孔隙结构发达、比表面积大及表面官能团丰富等特点，对水体中污染物有较好的去除效果[3]，且其原料成本低、来源广，被认为是一种新型环保吸附剂。以秸秆及畜禽粪便等农牧业废弃物为原料制备生物炭，不仅将废弃物资源化利用，而且所制备的生物炭能有效地修复污染水体，是一种“双

收稿日期：2019-12-01；**录用日期**：2020-03-01
基金项目：国家自然科学基金-山东省政府联合基金重点项目 (U1806210)；肇庆市 2018 年省科技创新战略专项资金项目 (2018N006)