

# 泡沫镍负载镍钴层状双金属氢氧化物纳米片电催化转化生物质基异丁醇制备异丁酸

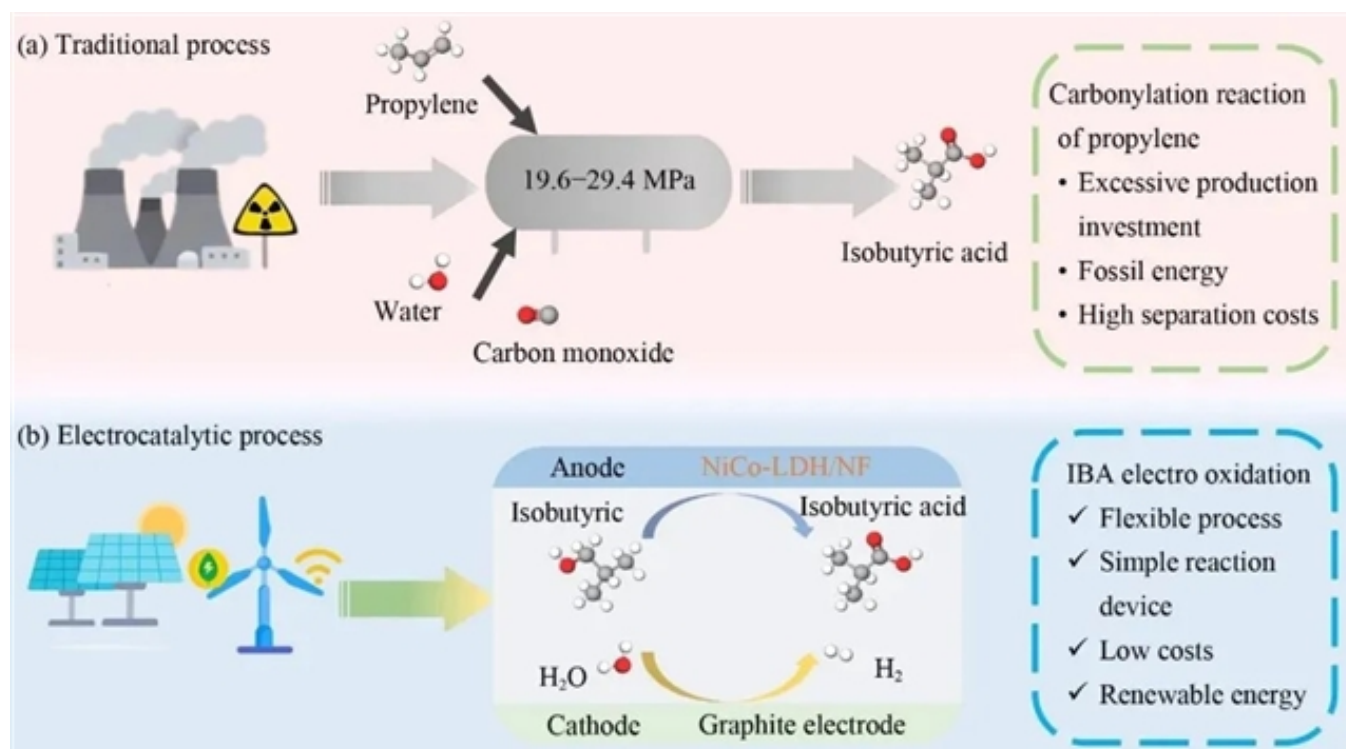
作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42736.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

## 泡沫镍负载镍钴层状双金属氢氧化物纳米片电催化转化生物质基异丁醇制备异丁酸。

山东理工大学资源与环境工程学院孙文博团队在ENG. Chem. Eng.上发表论文，通过简易方法制备了泡沫镍负载镍钴层状双金属氢氧化物纳米片（NiCo-LDH/NF）电催化剂，可在温和条件下将异丁醇（IBA）选择性转化为异丁酸（IBAc）。优化后的催化剂具有三维分级纳米片结构，电化学可接触表面积更大、电荷传输性能优异。得益于相互连通的纳米片网络，以及镍、钴活性位点间调控后的电子结构，在1.52V（相对于可逆氢电极RHE）电位下，NiCo-LDH/NF催化生成异丁酸的法拉第效率达91.3%，产物选择性93.2%。电化学测试表明，相较于单金属氢氧化物催化剂，该双金属催化剂显著提升了异丁醇氧化反应动力学。性能提升源于三维分级纳米片结构与镍钴双金属电子协同效应：多孔纳米网络加速电解液扩散及暴露充足的活性位点；钴掺杂调控金属位点电子分布，优化了界面电荷传输并降低了异丁醇氧化动力学能垒。机理证实，反应遵循分步氧化路径：异丁醇→吸附态异丁醛中间体→异丁酸，仅伴随微量甲酸副产物。初步经济性分析证明，该工艺可同步实现含异丁醇废水资源化治理与高值化学品生产。本工作证明双金属层状双金属氢氧化物在生物质醇电催化提质转化和废弃资源资源化领域具备一定应用潜力。



钴掺杂调控双金属电子结构，构建高活性三维分级纳米片催化剂

采用简易电沉积一步制备了NiCo-LDH/NF，形成了兼具Ni(OH)<sub>2</sub>与Co(OH)<sub>2</sub>形貌特征的互联3D纳米片；BET比表面积21.83 m<sup>2</sup> · g<sup>-1</sup>，远高于单金属氢氧化物，暴露更多活性位点。XPS证实，Co引入使Ni和Co轨道结合能同步负移，晶格发生电荷重分布，降低了Ni<sup>3+</sup>占比，缓解了高电位下催化剂过度氧化，有效抑制了竞争析氧副反应。EDS证明，Ni/Co原子比接近投料比，元素均匀分散，实现了双金属位点协同效应。

NiCo双金属协同大幅优化异丁醇氧化动力学，本征催化活性显著提升

对比单金属催化剂，NiCo-LDH/NF塔菲尔斜率低至75.25 mV · dec<sup>-1</sup>，界面电荷转移阻抗1.10 Ω，电荷传输能力大幅增强；表观活化能E<sub>a</sub>为58.56 kJ · mol<sup>-1</sup>，低于纯Ni(OH)<sub>2</sub>/NF (60.73 kJ · mol<sup>-1</sup>)，Co作为动力学助剂进一步降低了反应能垒；对比Co(OH)<sub>2</sub>/NF、Ni(OH)<sub>2</sub>/NF和纯NF，其双电层电容C<sub>dl</sub>最高，达到2.35 mF · cm<sup>-2</sup>，ECSA归一化后仍具备最优本征活性，多阶电位测试直接证明高价Ni位点参与醇氧化循环。

宽电位区间高选择性产异丁酸，24h长周期电化学与结构稳定性优异

最优电位1.52 V vs. RHE下，异丁酸法拉第效率91.3%、选择性93.2%；全测试电位范围内FE > 84.5%、选择性大于85.2%，微量副产物仅甲酸；24h计时电流测试，5次循环电解后性能衰减微弱，电流保持率超95%；长时电解后SEM/XRD/XPS表征证明3D纳米片骨架、晶相、金属价态无明显破坏，兼具电化学与结构稳定性。

原位红外多维度追踪中间体，明确异丁醇分步氧化完整反应路径

结合LSV、HPLC、NMR佐证了异丁醛为关键吸附中间体，目标产物异丁酸难以深度氧化，仅少

量C-C断裂生成甲酸；原位FTIR二维等高谱检测到吸附异丁醇、羰基异丁醛、羧酸根三类特征振动峰，直观说明了电位调控下反应中间体的动态演变规律；提出4电子分步氧化机理：异丁醇→吸附态异丁醛→异丁酸，揭示了OH-与双金属位点协同作用机制。

电催化体系耦合废水治理，证实废弃物资源化的经济可行性

基于实验法拉第效率和产物收率开展了简化经济性测算，模拟1吨含异丁醇废水处理工况，该电催化工艺同步产出高值异丁酸与氢气燃料，理论每吨废水净收益约278美元。本评估仅为简化模型，未计入产物分离成本、设备能耗、中试工况损耗等变量，但结果反映出耦合含异丁醇废水治理与高附加值化学品联产具备工业化经济可行性。

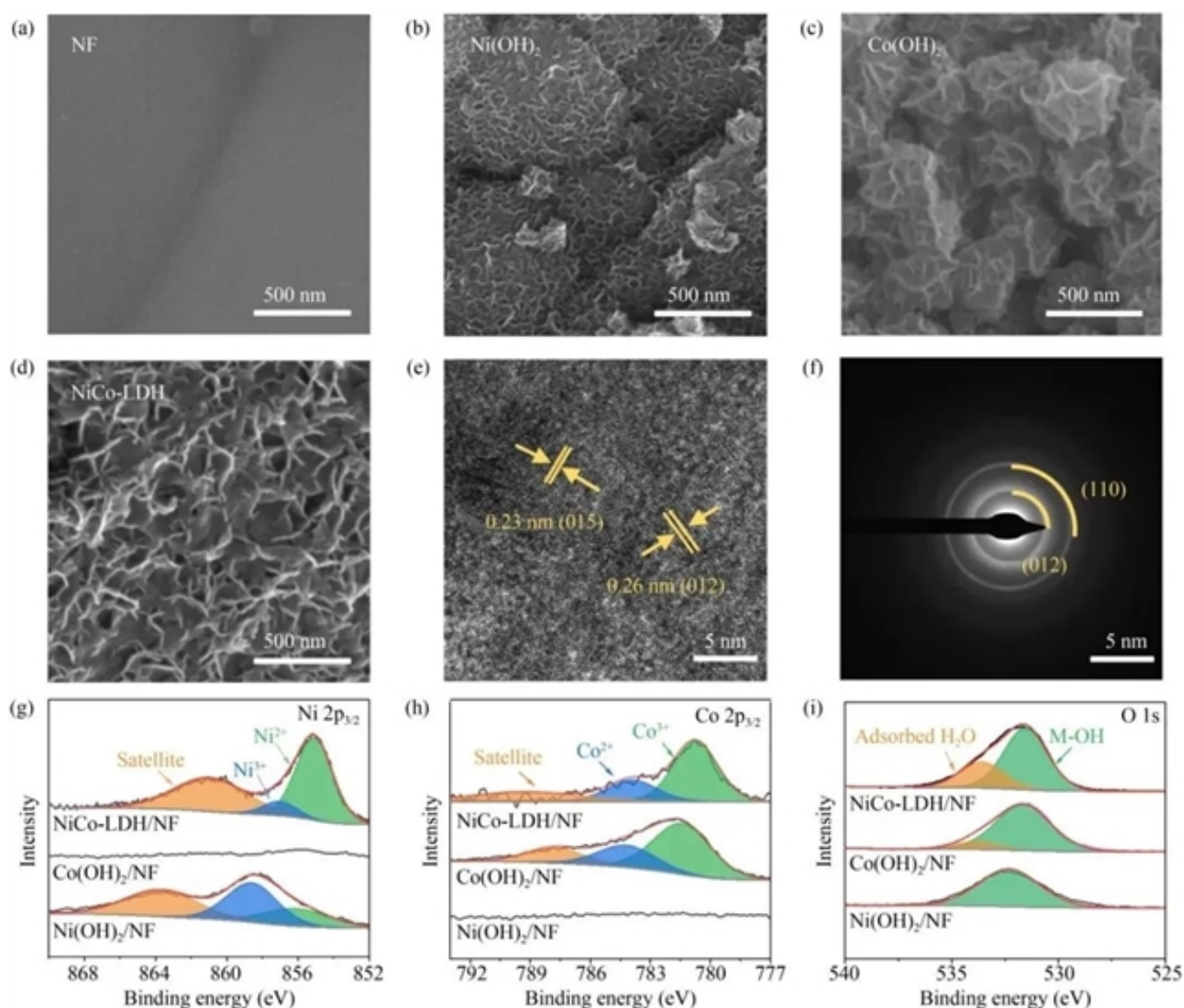


图1.催化剂形貌与结构表征：(a) 空白泡沫镍；(b-d) Ni(OH)<sub>2</sub>/NF, Co(OH)<sub>2</sub>/NF, NiCo-LDH/NF的SEM图；(e) NiCo-LDH/NF高分辨TEM；(f) 选区电子衍射；(g-f) Ni2p<sub>3/2</sub>, Co 2p<sub>3/2</sub>, O1s 高分辨XPS谱图。

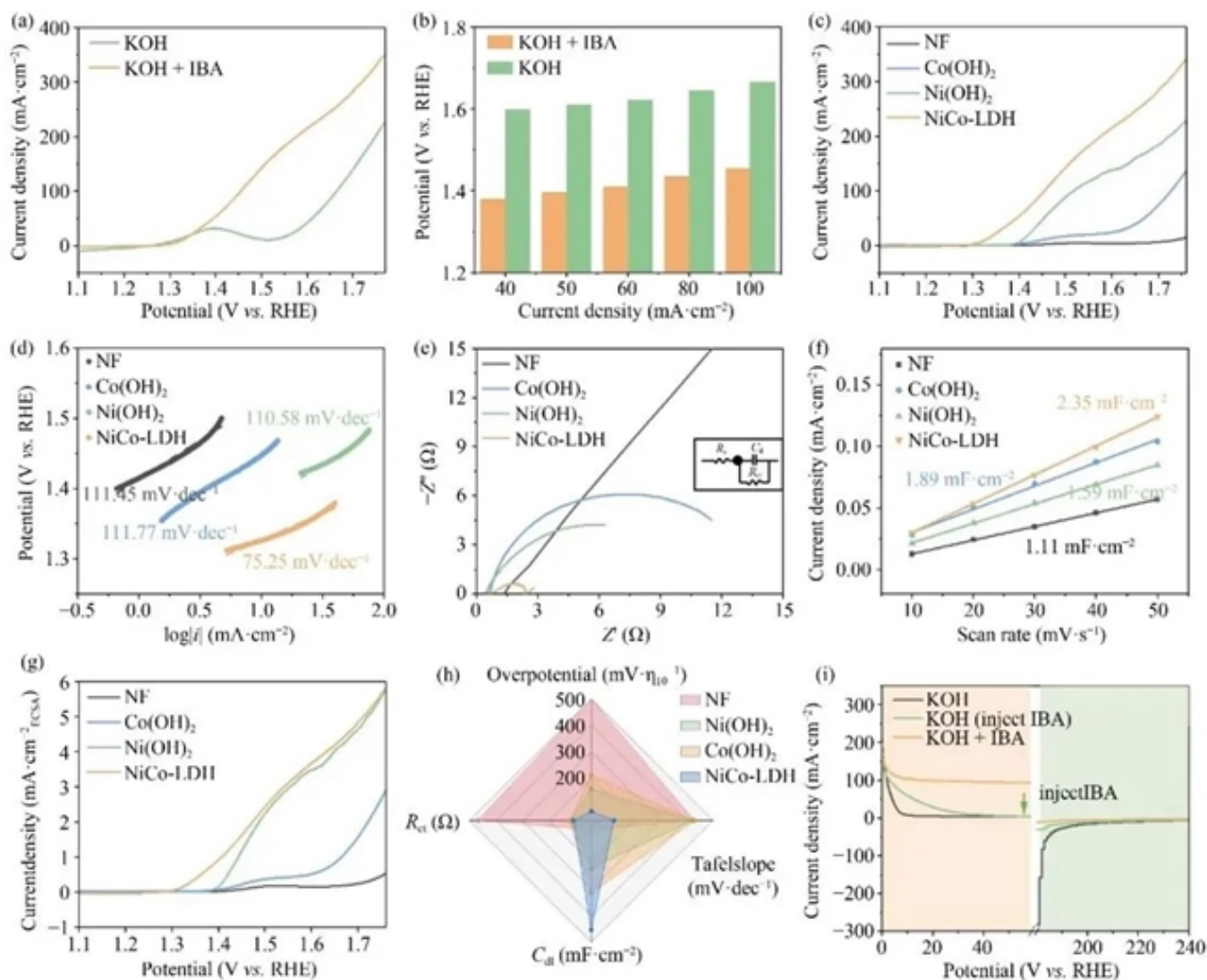


图2.异丁醇氧化电催化性能：(a) NiCo-LDH/NF 在添加/未添加  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  异丁醇的  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  KOH 电解液中的LSV曲线；(b) 不同电流密度下阳极电位对比；(c) 不同催化剂的LSV曲线；(d) 塔菲尔曲线；(e) 电化学阻抗奈奎斯特图；(f) 双电层电容 $C_{dl}$ 测试；(g) 电化学活性面积归一化LSV；(h) 催化剂综合性能雷达图；(i) 多阶电位电化学测试。

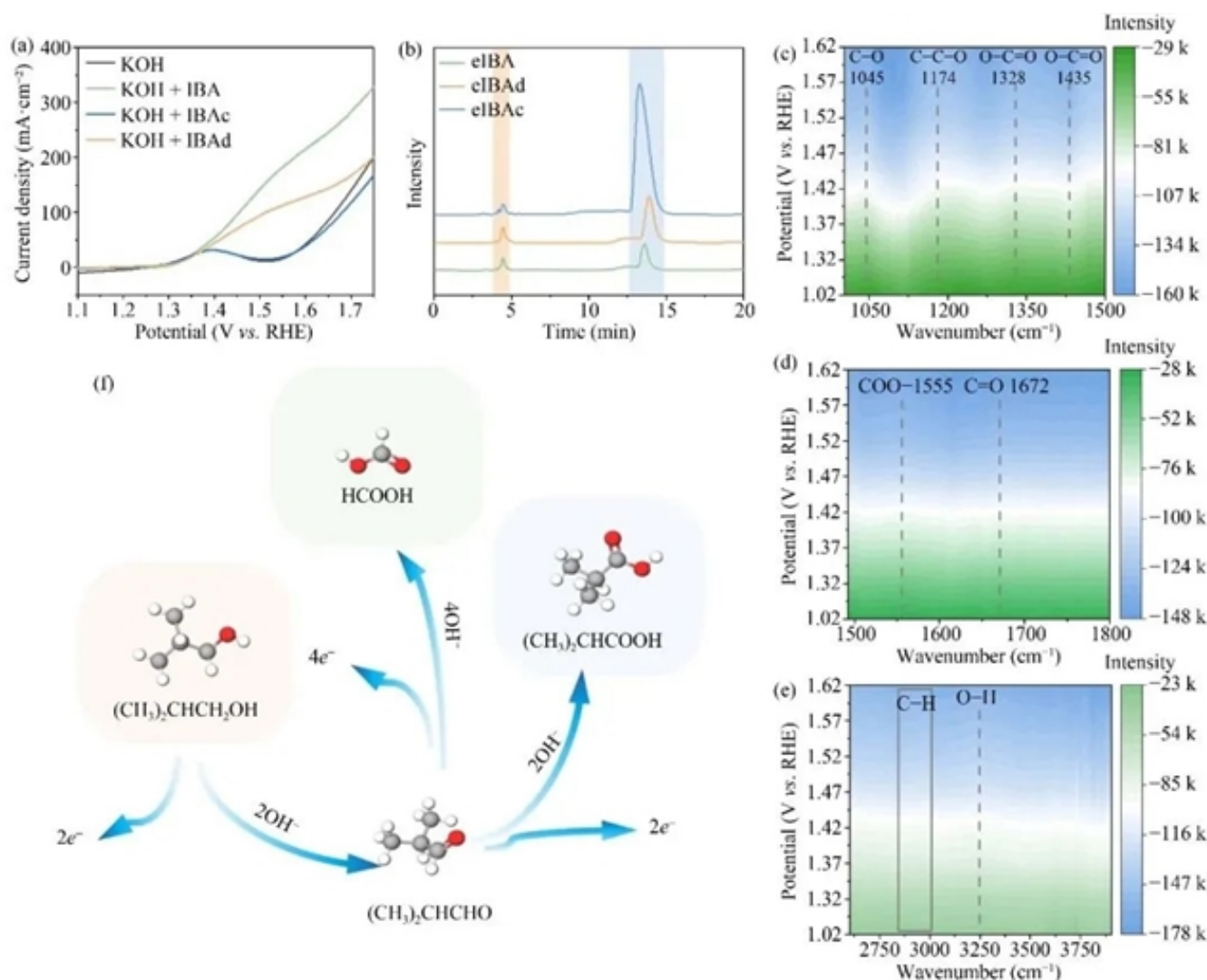


图3.NiCo-LDH/NF异丁醇氧化机理：(a) 不同底物电解液的 LSV；(b) 底物/产物HPLC色谱对照；(c-e) 原位红外二维等高线谱；(f) 异丁醇分步氧化反应路径。

(来源：EngineeringJournals微信公众号)

相关论文信息：<https://journal.hep.com.cn/fcse/EN/10.1007/s11705-026-2692-0>

作者：孙文博等 来源：《工程·化学工程》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发