

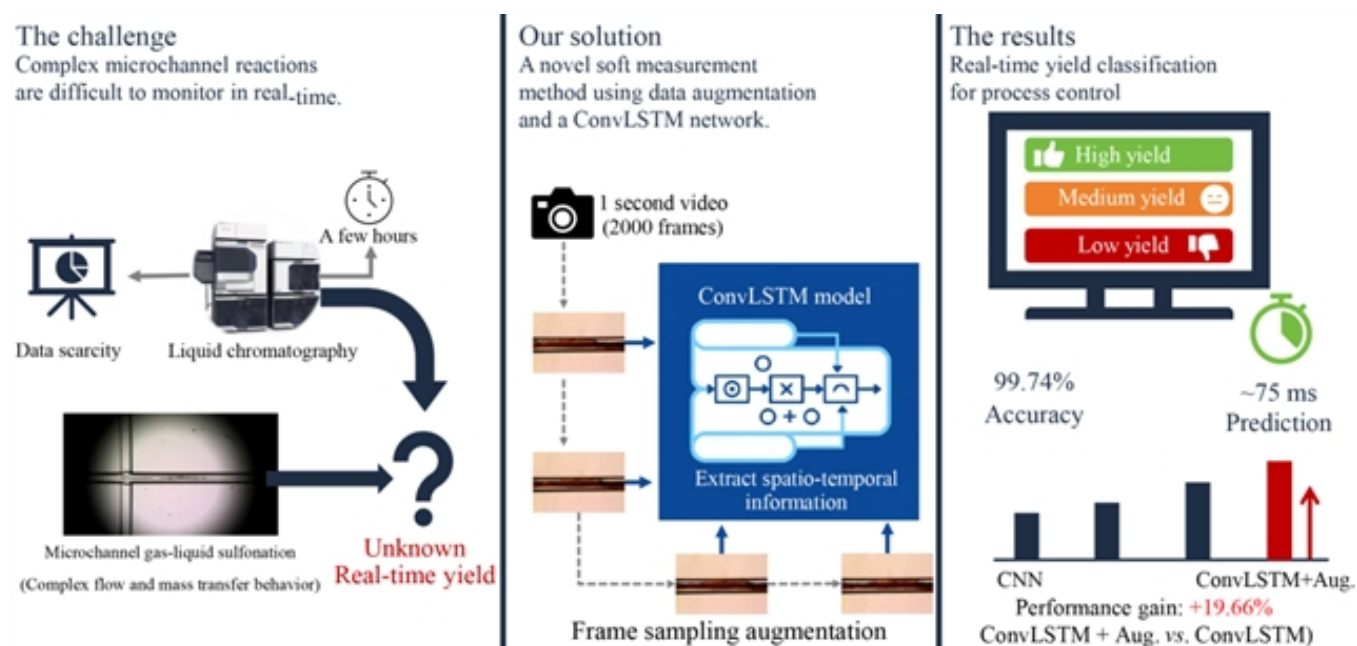
微通道气液磺化产率预测：增强 ConvLSTM 软测量突破实时监测瓶颈

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41713.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！

微通道气液磺化产率预测：增强 ConvLSTM 软测量突破实时监测瓶颈。 微通道气液磺化是高性能表面活性剂高效绿色合成的关键过程强化技术，虽具备优异传热传质性能，但存在反应内部复杂时空动态及实验数据稀缺等问题，导致实时监测与精准调控难以实现。近日，太原理工大学张玮团队在ENG. Chem. Eng.期刊发表的研究成果，提出基于卷积长短期记忆网络（ConvLSTM）的软测量方法，直接从微通道反应图像序列提取关键时空信息，实现了 α -烯基磺酸钠（AOS）产率等级的高精度实时预测。



文章亮点

实时软测量打破传统监测局限

摒弃离线滴定或高效液相色谱等滞后检测方式，基于高速相机实时采集微通道内反应图像序列，无需依赖复杂机理模型，直接建立视觉特征与产率等级的映射关系。

帧采样增强破解实验数据稀缺困境

针对微化工实验成本高和样本量少（仅32组原始数据）的问题，从1s视频（约2000帧）中均匀采样4组关键帧，将原始数据扩增至156组，充分捕捉微流体动态信息，既提升了数据利用率，又有效缓解了小样本下模型过拟合问题。

ConvLSTM实现时空特征协同建模

将卷积运算嵌入LSTM单元，搭配TimeDistributed模块，同步提取反应图像空间视觉特征与时序动态变化，弥补了传统CNN忽略时序信息和纯LSTM丢失空间关联的缺陷，可精准捕捉气液流型演化及界面波动与产率的内在关联。

分类预测+低延迟适配工业实时决策

将产率回归转化为高、中、低三分类任务，平衡样本分布并降低模型复杂度。模型单样本推理仅需75ms，远快于离线分析的小时级延迟，可快速输出工艺状态评估，支撑实时调控与故障预警。

文章结论

本研究成功设计了一种基于帧采样增强与ConvLSTM的时空软测量方法，可实现微通道气液磺化产率等级实时分类预测。增强型ConvLSTM经5折交叉验证，平均准确率达97.44%，高产率类别分类精确率和召回率均为100%；帧采样数据增强策略大幅提升了模型性能，有效解决了微化工实验数据稀疏瓶颈；ConvLSTM时空建模能力显著优于传统CNN，验证了融合时空特征的必要性。该方法可推广至其他微通道多相反应体系，未来可结合机理模型提升可解释性，拓展至连续产率精准回归，推动微化工过程智能监测与低碳数字化转型。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：<https://journal.hep.com.cn/fcse/EN/10.1007/s11705-026-2636-8>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：张玮等 来源：《工程·化学工程》

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

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