

人工智能技术应用于X射线成像 领域中面临的机遇与挑战

张 凯

同步辐射4W1A成像站

报告提纲

一、人工智能技术简介

二、深度学习技术的发展及其在X射线成像领域应用

三、基于深度学习的大数据分析技术及其应用

四、机遇与挑战

人工智能技术简介

一、人工智能技术

人工智能：计算机（机器）实现人的头脑思维，使机器像人一样去决策



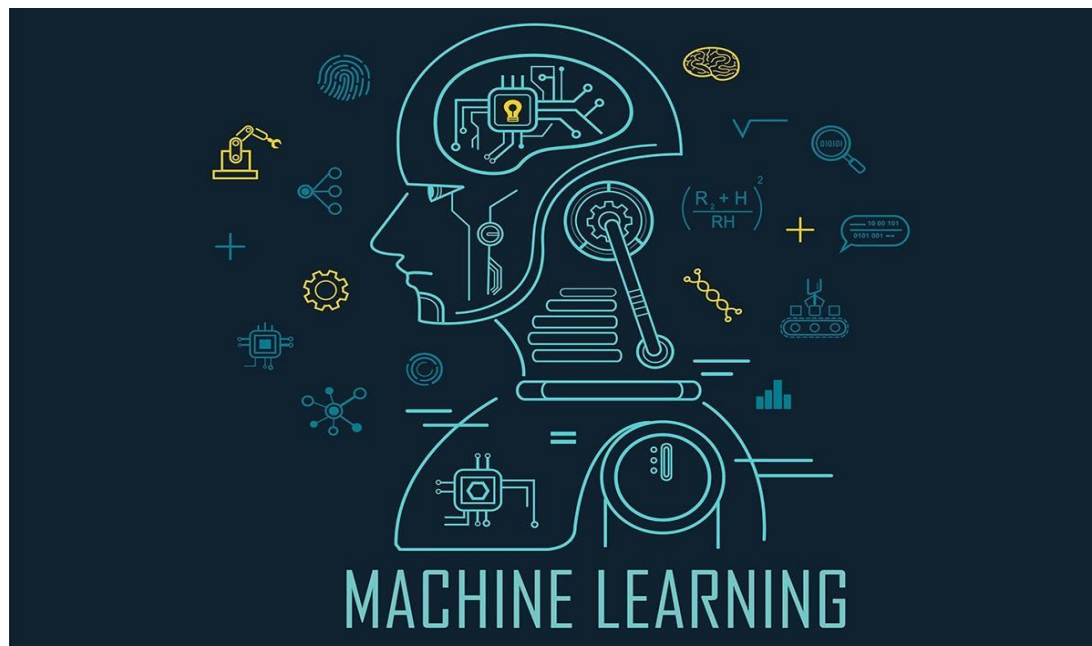
机器学习：实现人工智能的一种技术也是人工智能的核心

传统机器学习

深度学习

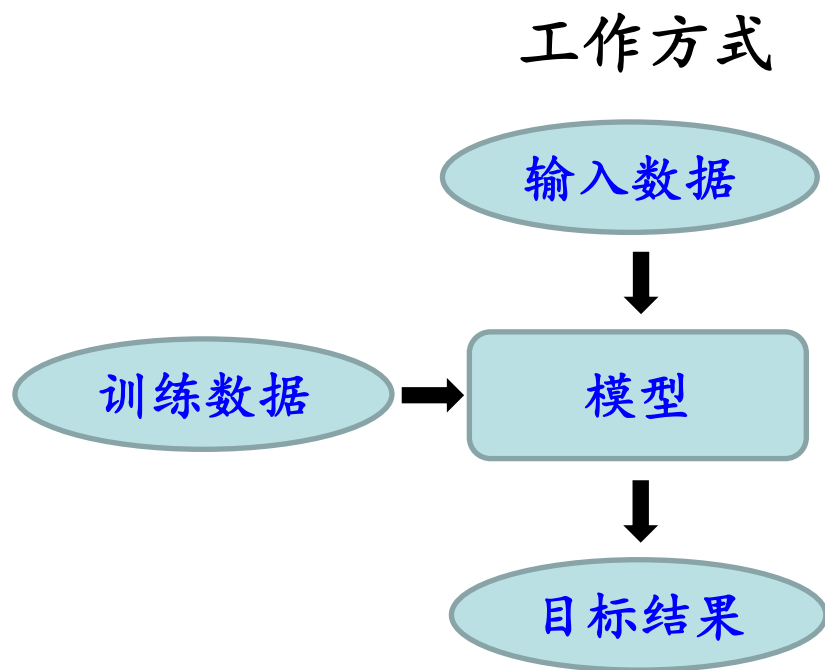
迁移学习

强化学习



一、人工智能技术

■ 传统机器学习



分类与回归

期望最大算法

聚类

支持向量机(SVM)

决策树与随机森林

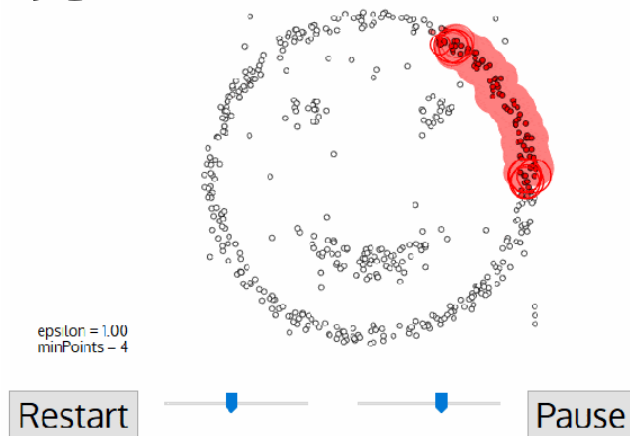
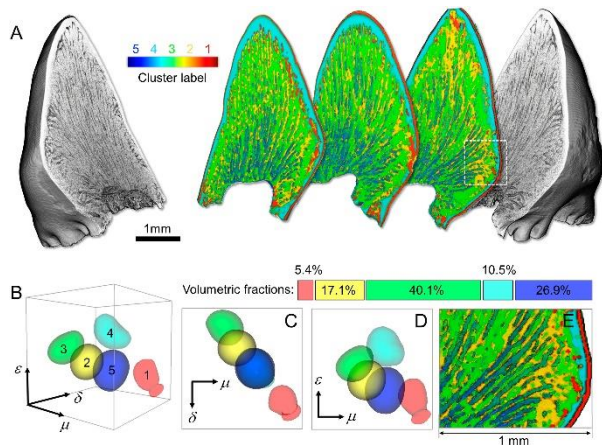
隐马尔可夫模型

训练数据量小，算法精度一般

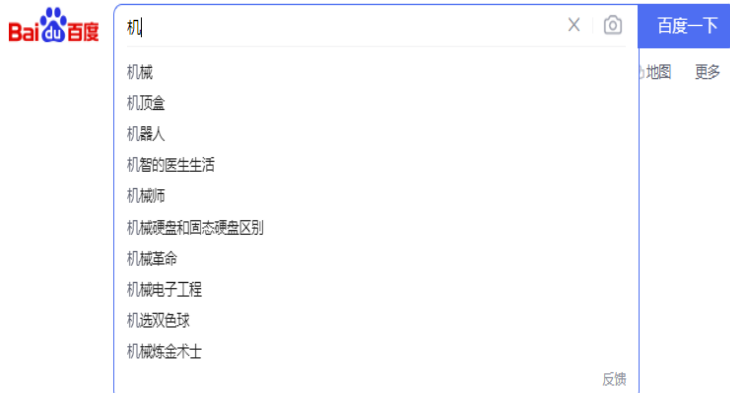
一、人工智能技术

传统机器学习

机器学习聚类



决策树与随机森林



一、人工智能技术

深度学习

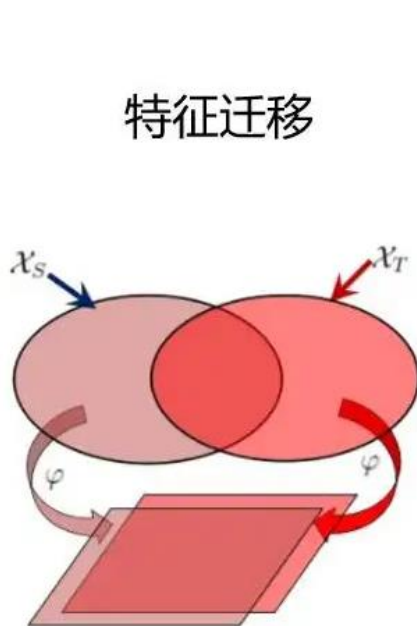
深度学习(神经网络): 受生物大脑神经网络响应机理启发而构建的一种计算结构。



适合处理大数据，算法精度高

一、人工智能技术

迁移学习



源域与目标域仅有一些重叠特征

源域



目标域



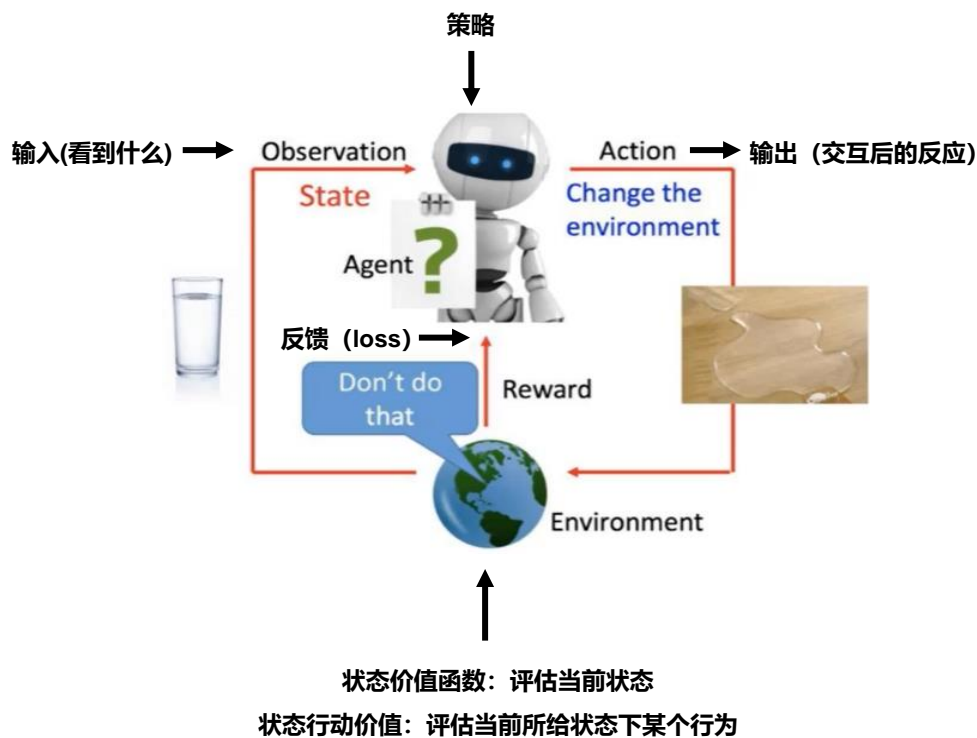
共同特征



一、人工智能技术

■ 强化学习

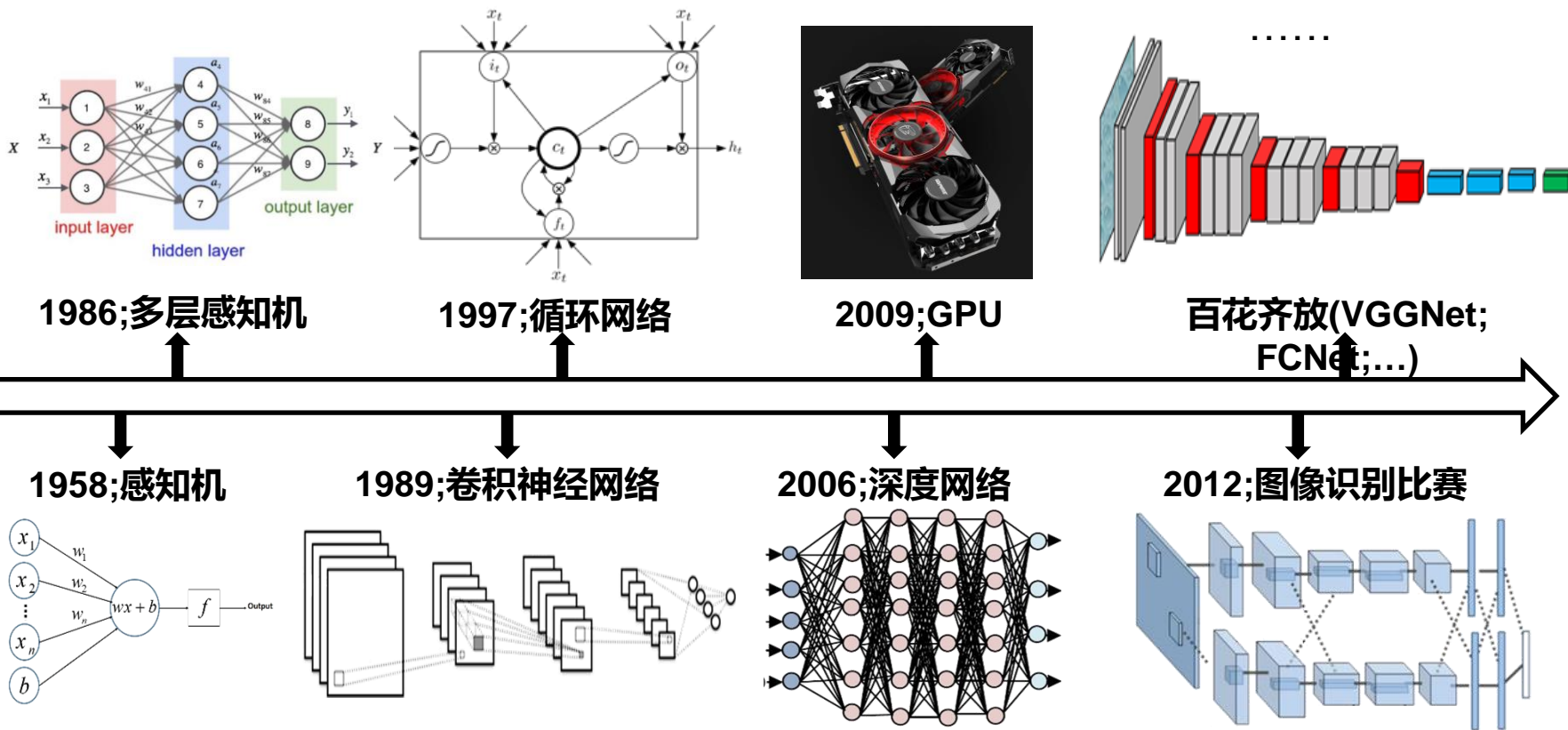
计算机实现从一开始什么都不懂,脑袋里没有一点想法,通过不断地尝试,从错误中学习,得到一个结果,再判断是对还是错,由此调整之前的行为,通过不断地调整,算法持续优化



深度学习技术的发展及其在 X射线成像领域应用

二、深度学习技术的发展

人工智能领域最热门的代表

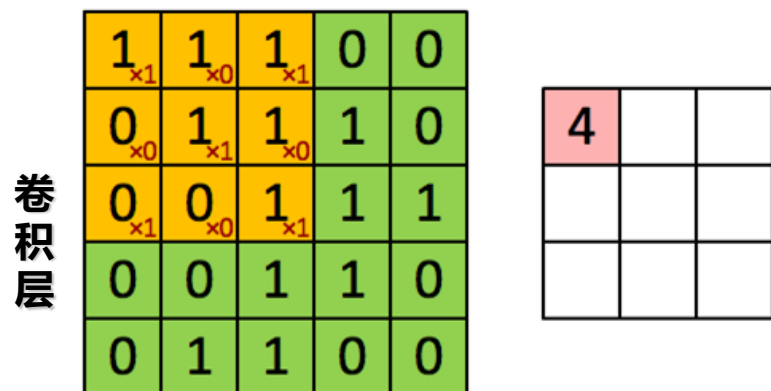


[1] Rumelhart D E , Hinton G E , R J Williams. Learning representations by back propagating errors. Cogn[J]. Nature, 1986.
[2] Hinton, G. E , Salakhutdinov, et al. Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks.[J]. Science, 2006.
[3] Minar M R , Naher J . Recent Advances in Deep Learning: An Overview[J]. 2018.

二、深度学习技术的发展

卷积神经网络 (CNN) : 去噪、特征提取、分割等

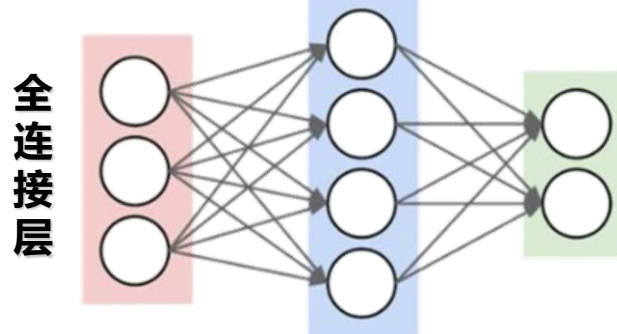
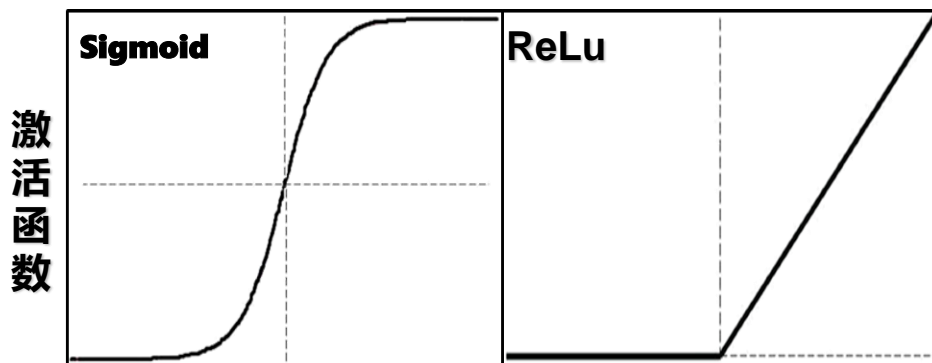
图像处理



使用卷积核进行特征提取和特征映射



进行下采样, 对特征图稀疏处理, 减少数据运算量



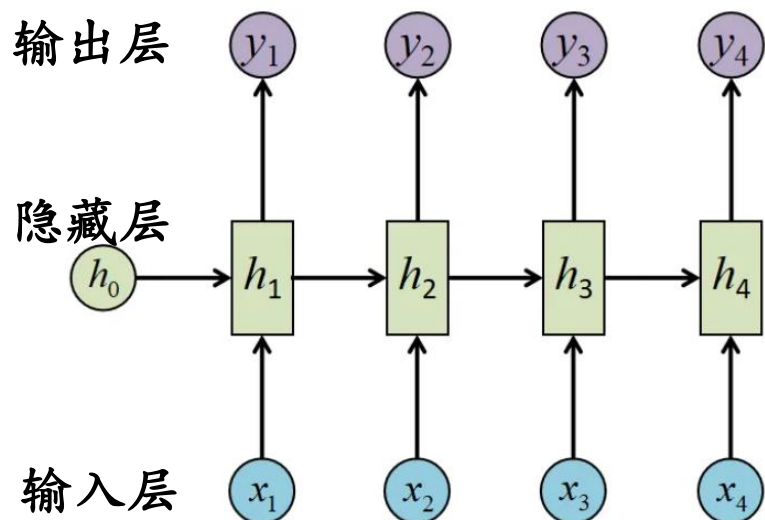
由于卷积也是一种线性运算, 因此需要增加非线性映射 通常在CNN的尾部进行重新拟合, 减少特征信息的损失

二、深度学习技术的发展

■ 循环神经网络 (RNN) : 人机对话、翻译等

某些任务需要能够更好的处理序列的信息，即前面的输入和后面的输入是有关系的

循环神经网络 (自然语言处理)



最好的人工智能科普网站是_____

↓

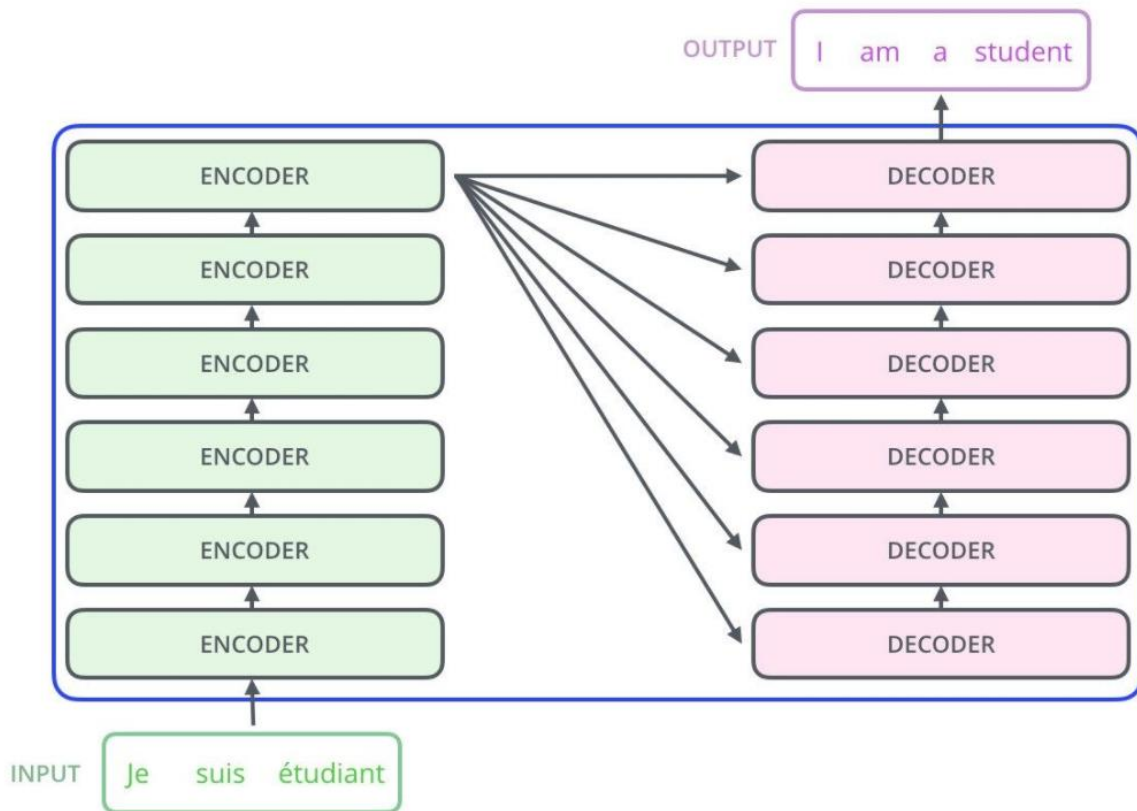
a u nz vn n v
最好 → 的 → 人工智能 → 科普 → 网站 → 是

<https://easyai.tech>

easyai

二、深度学习技术的发展

Transformer (普适网络)



编码器-解码器结构

- 改进了RNN最被人诟病的训练慢这一缺点
- 可以并行训练，训练时间更短
- 图像处理
- 自然语言处理

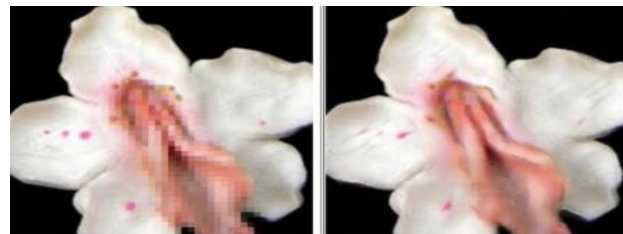
二、深度学习技术的发展

深度学习技术的传统应用

深度学习应用

计算机视觉

- 手机拍照
- 爆炸物检测
- 医疗



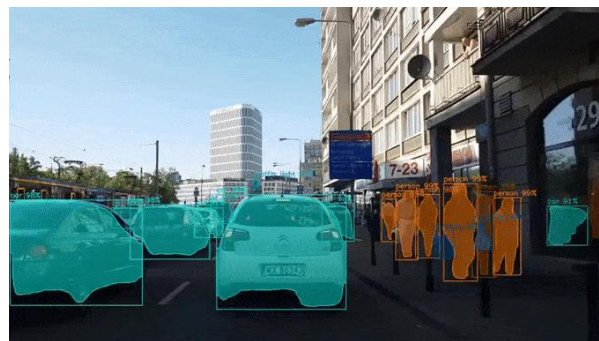
自然语言处理

- 人机交互
- 机器翻译
- 信息提取
-



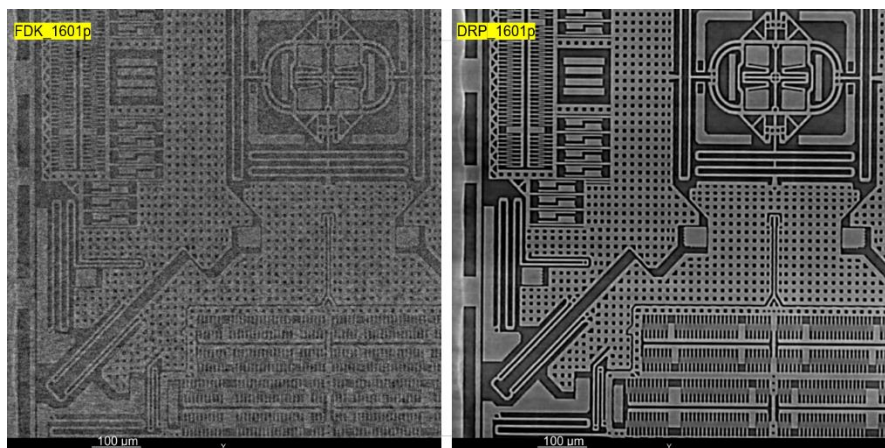
建立物理模型

- 自动驾驶
- 电子竞技
- 智能机器人

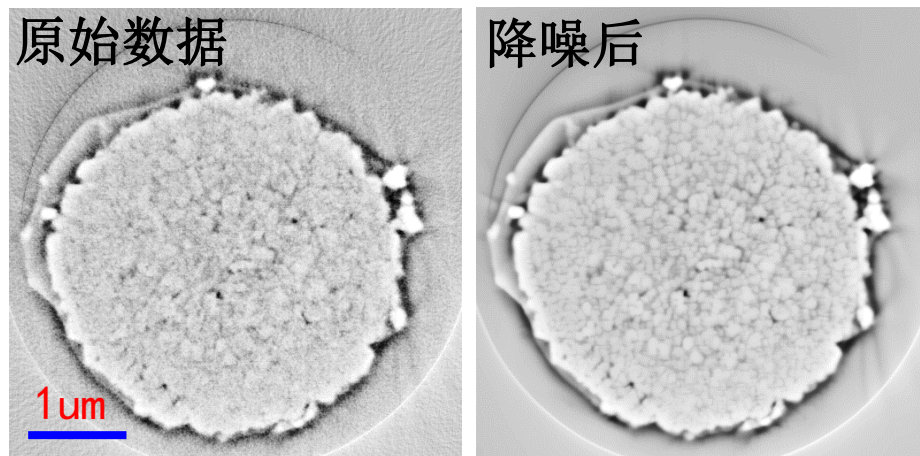


二、深度学习技术在X射线成像领域的应用

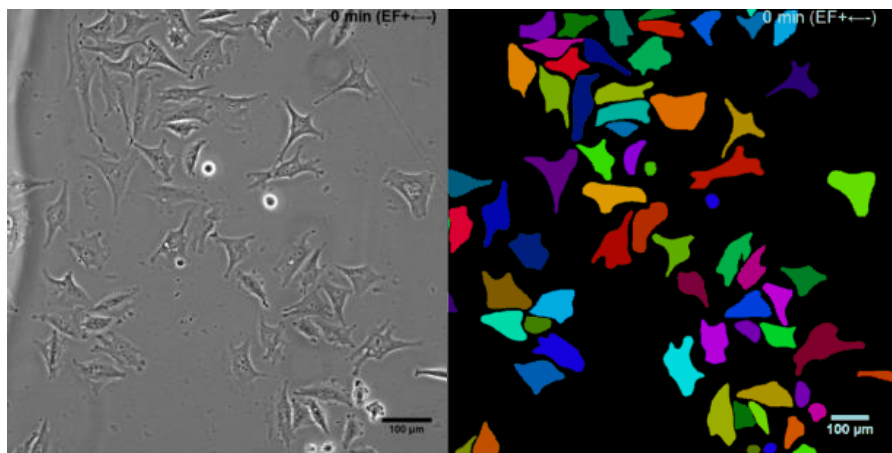
图像预处理：图像增强、分割、识别、配准



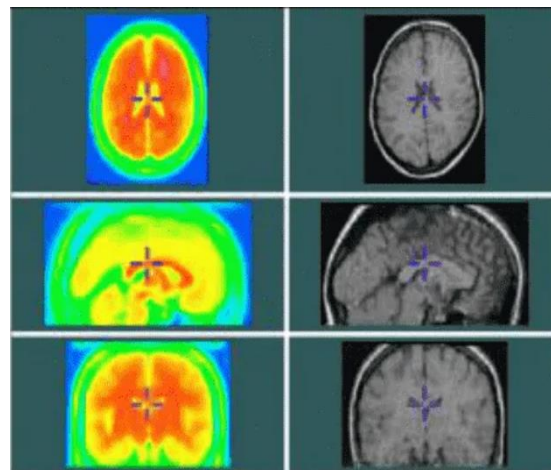
图像增强



图像降噪



图像分割/识别、特征提取



CT/PET多图像配准

二、深度学习技术在X射线成像领域的应用

■ 物理模型的建立

数学关系建立模型



1.部分问题难以建立数学关系.
2.由于知识的局限性,使得模型存在局限性

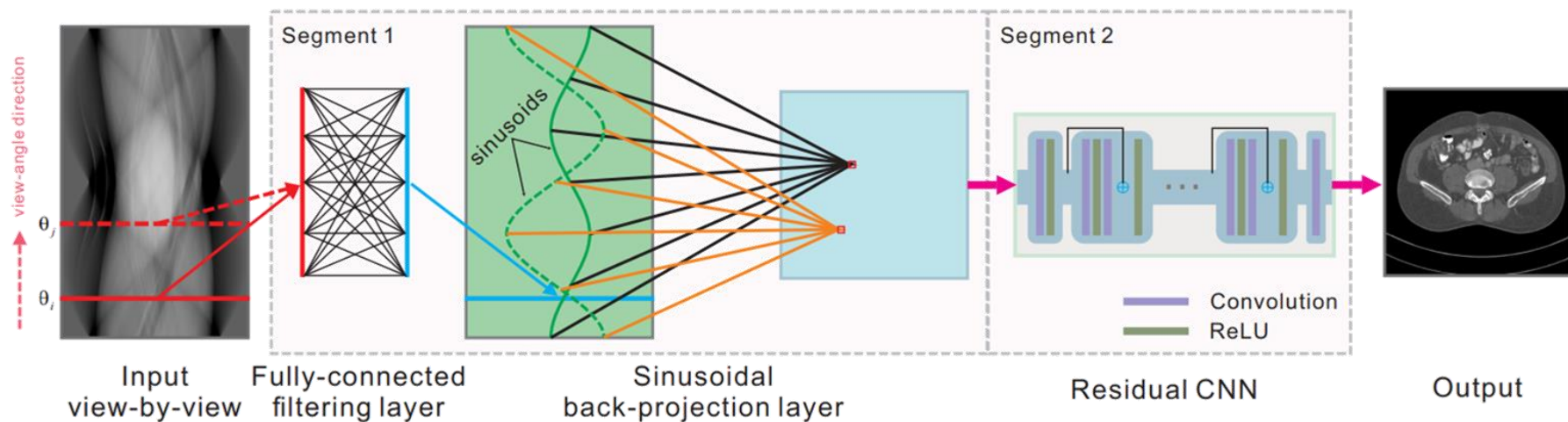
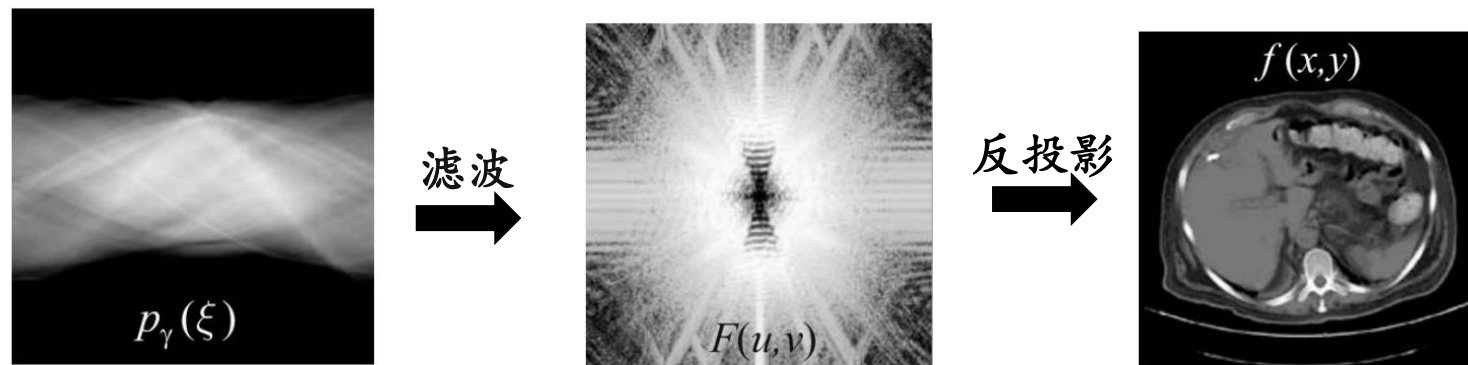
训练数据



1.自动建立模型,与所服务的数据更加贴合。

二、深度学习技术在X射线成像领域的应用

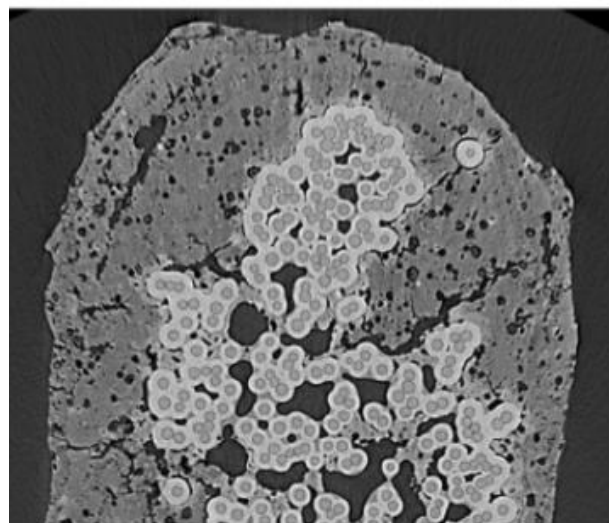
■ 基于深度学习的低剂量CT增强算法研究/伪影校正



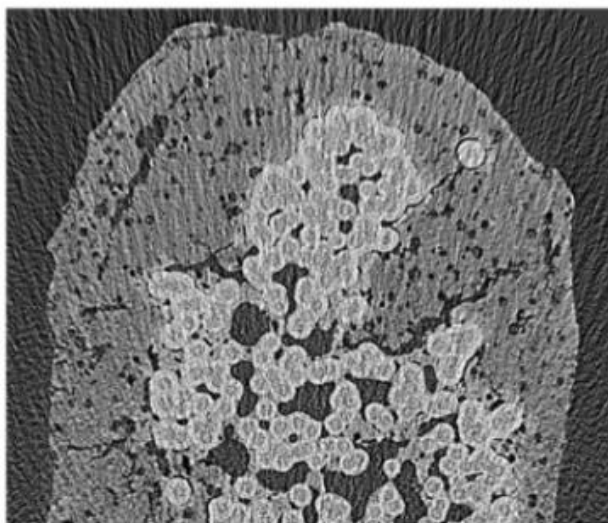
二、深度学习技术在X射线成像领域的应用

■ 基于深度学习的低剂量CT增强算法研究

Standard Reconstruction (FDK) Standard Reconstruction (FDK)

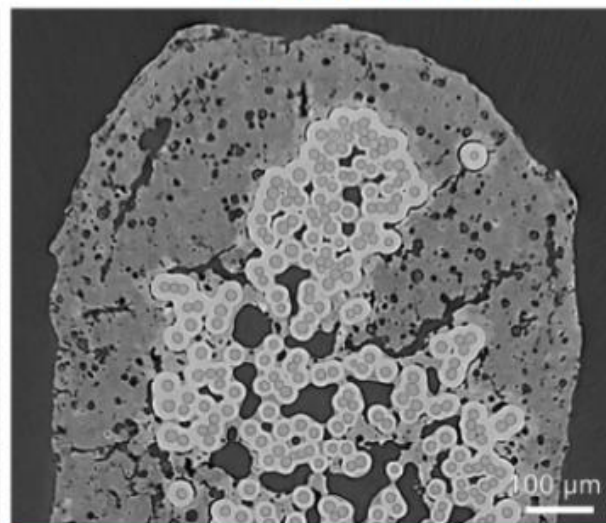


3001 projections



301 projections

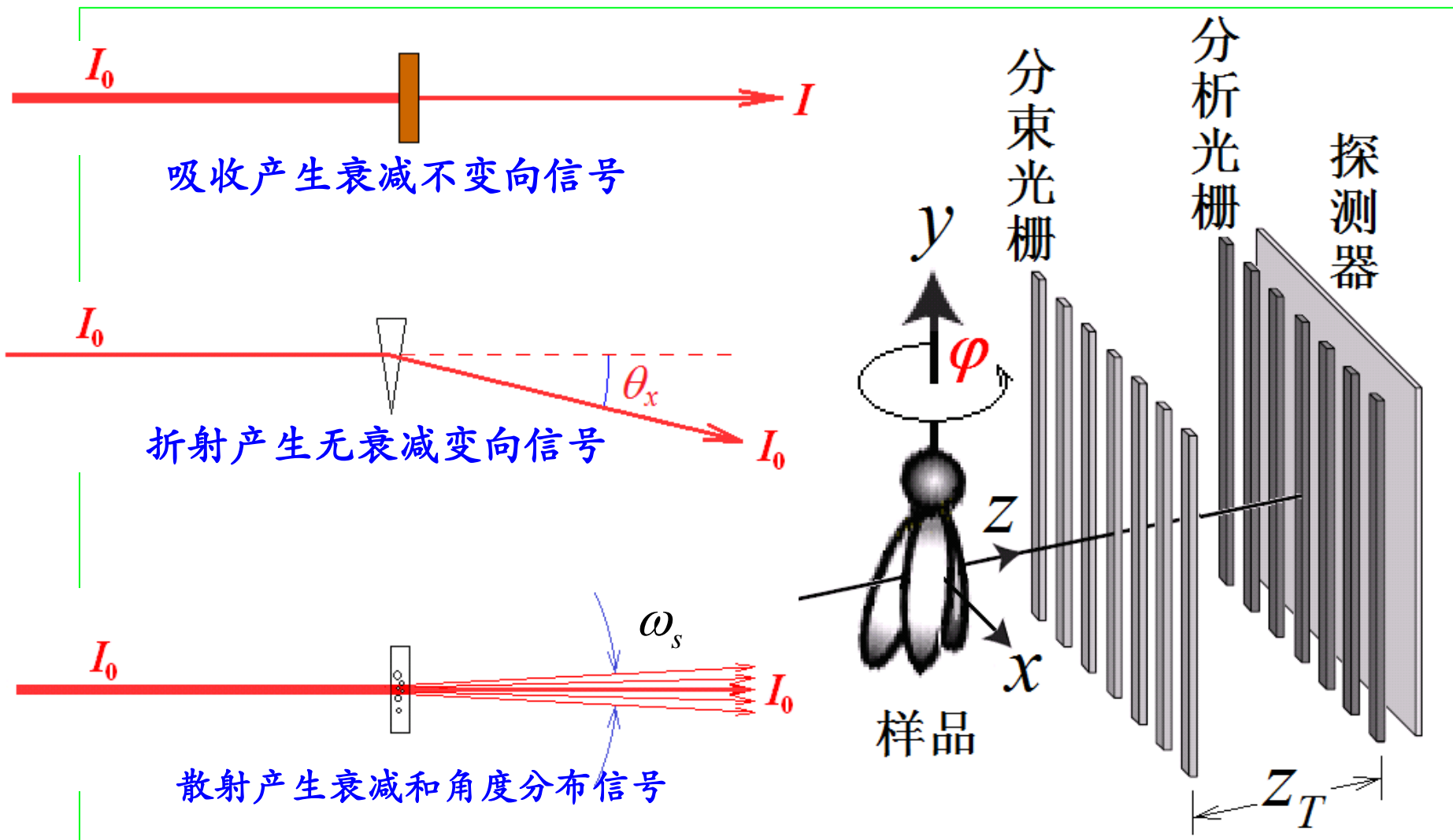
DeepRecon Pro



301 projections

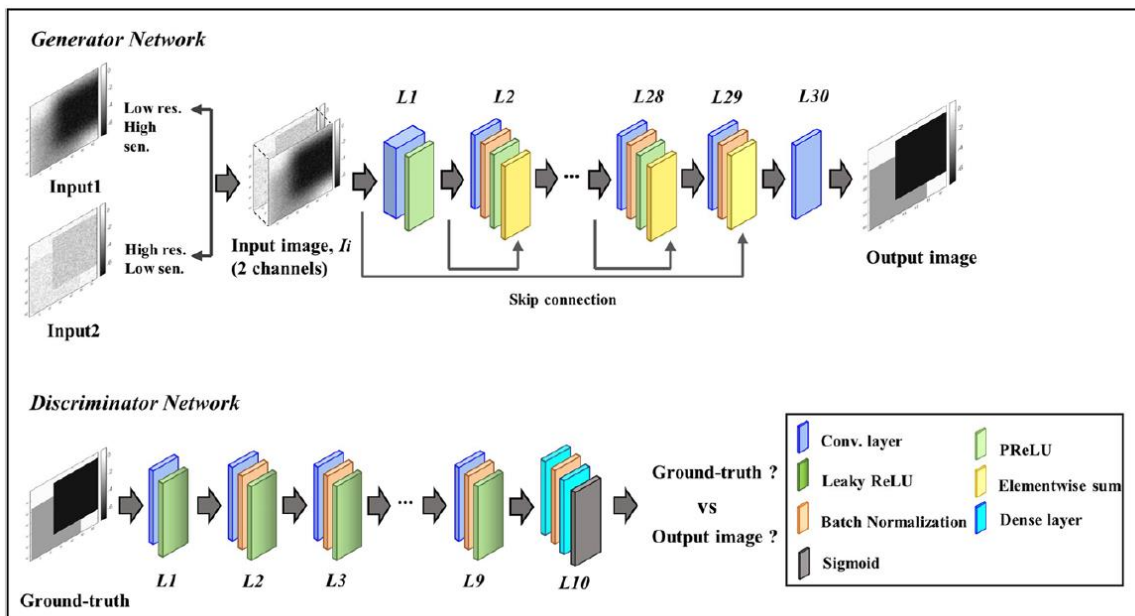
二、深度学习技术在X射线成像领域的应用

■ 基于深度学习的相位衬度成像信息提取算法研究

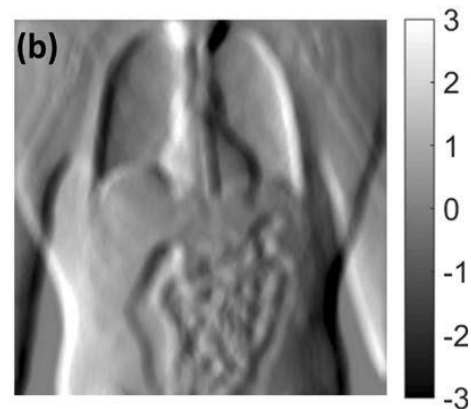


二、深度学习技术在X射线成像领域的应用

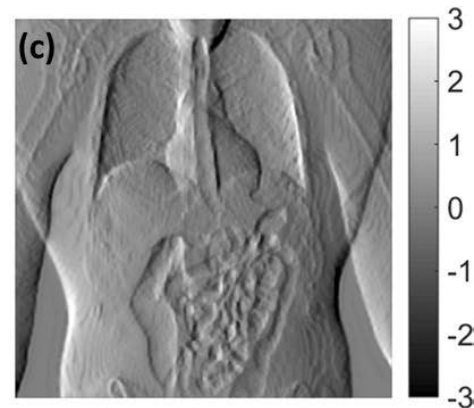
基于深度学习的相位衬度成像信息提取算法研究



基于Gan网络的光栅成像信息提取算法原理



折射图：传统算法



折射图：机器学习

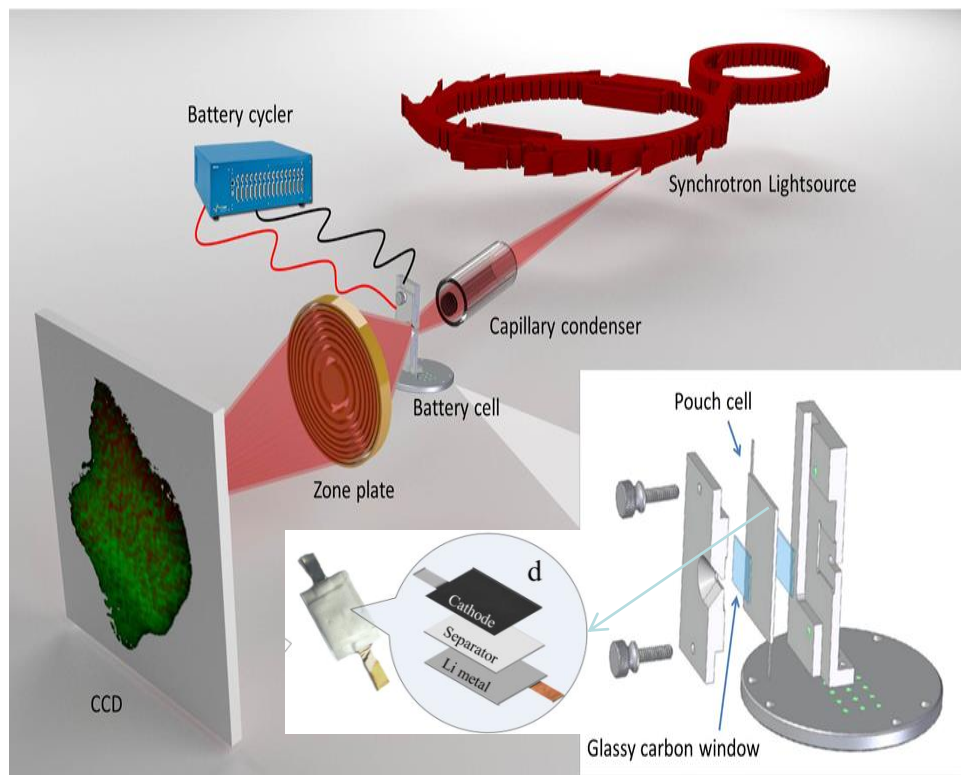
基于深度学习的大数据分析技术及其应用

基于深度学习的大数据分析算法在电池材料中的应用研究

锂电池材料



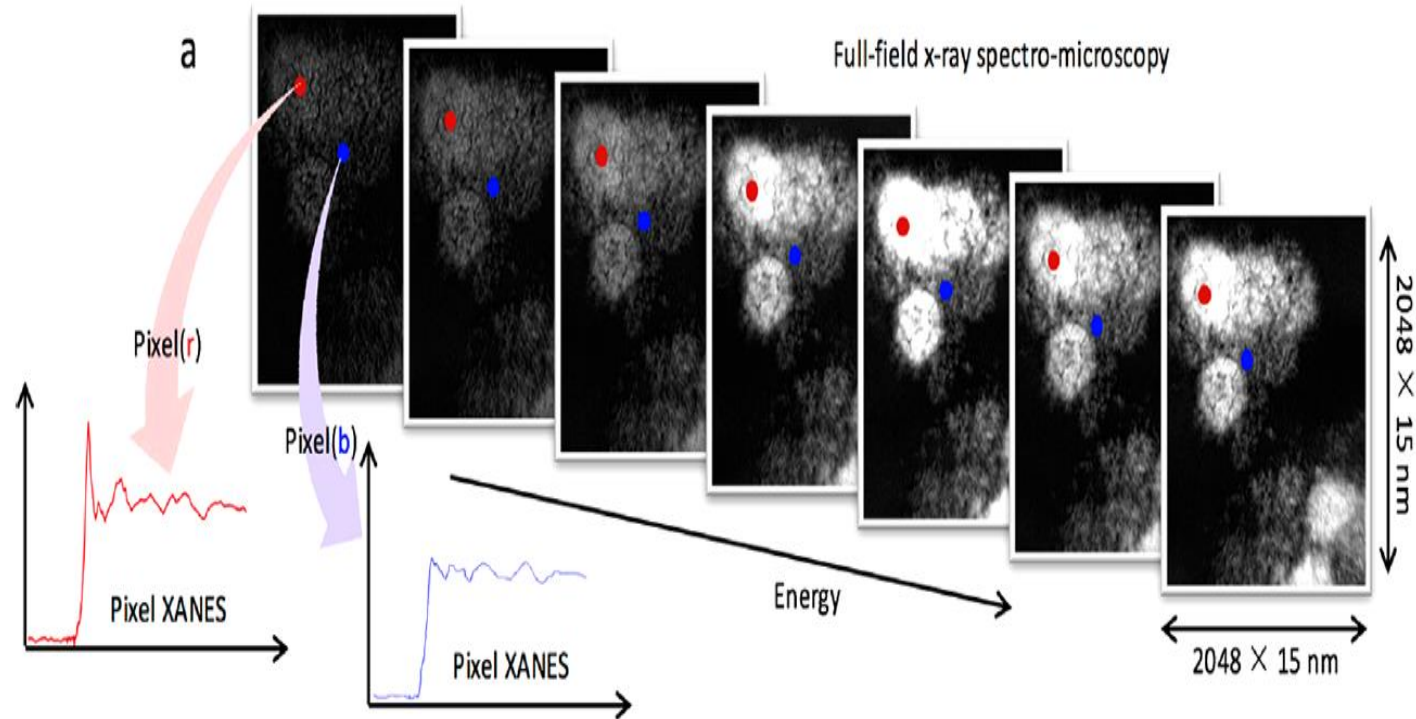
电动汽车



1. 传统的衍射，谱学，和电化学性能测量侧重的是统计信息和平均信息。
2. 对于单颗粒的充放电性能研究，对于了解电池材料的工作机制和失效机制研究具有重要的作用

基于深度学习的大数据分析算法在电池材料中的应用研究

- X射线谱学成像可实现样品结构、价态和元素等多源信息的获得和融合

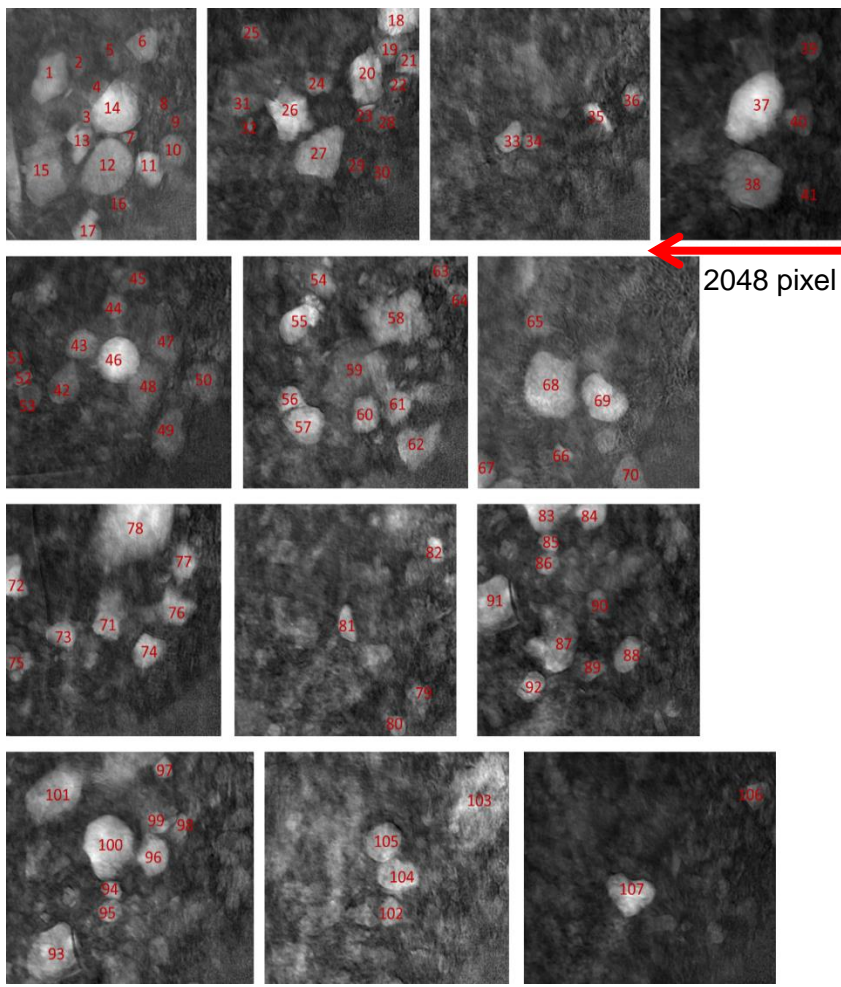


2K*2K探测器：400万条30nm分辨X射线近边吸收谱

基于深度学习的大数据分析算法在电池材料中的应用研究

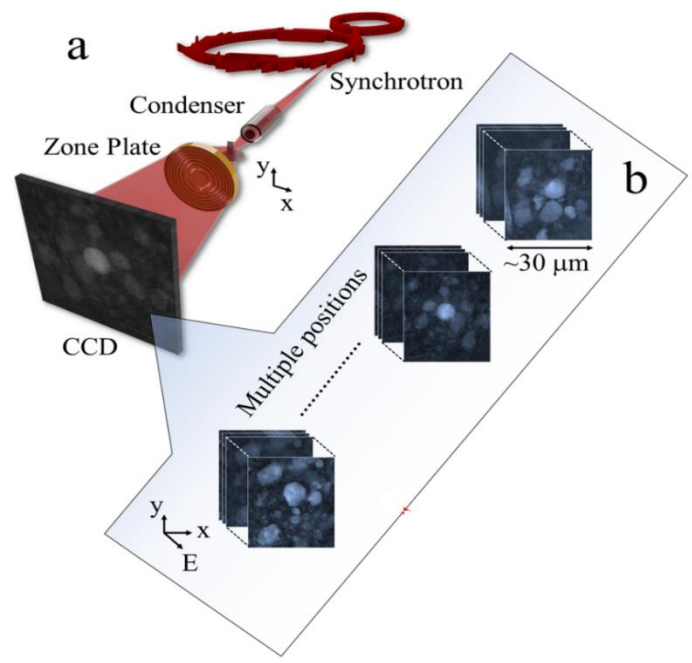
经过一定的充放电次数后，选择了100个LiCoO₂电池颗粒来研究电池材料的反

应过程



2048
pixel * 15nm

2048 pixel * 15nm



利用(2k x 2k) 的像素探测器，10分钟内可以采集400万条吸收谱，采集100个电池颗粒，包含4*13=5200万Co 近边吸收谱，空间分辨率达到30nm

能量范围: 7700ev~7800ev ,120张投影图像

基于深度学习的大数据分析算法在电池材料中的应用研究

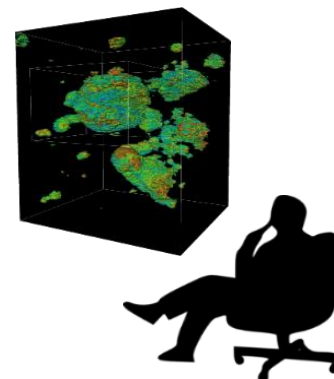
发展快速数据分析算法，解决谱学成像大数据分析是难题



1 大数据获取



2 大数据分析



3 科学问题解决

| 数据类型 | 数据量 (2K*2K探测器) | 单机处理时间 |
|---------|----------------|--------|
| 2D 谱学数据 | 5200万条吸收谱 | 约3个月 |

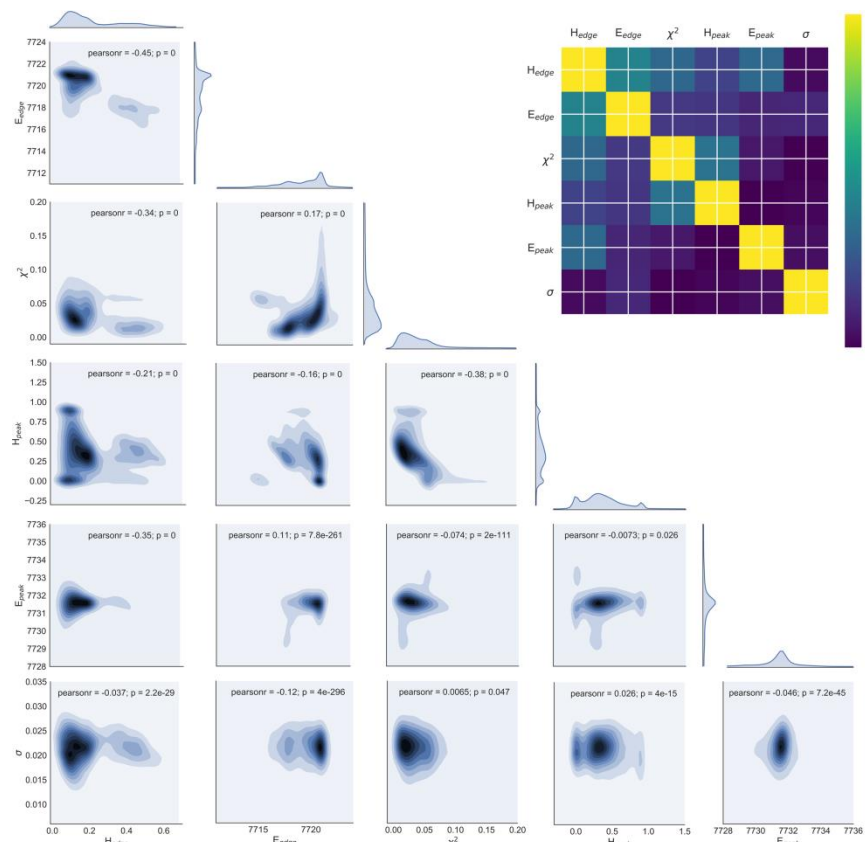
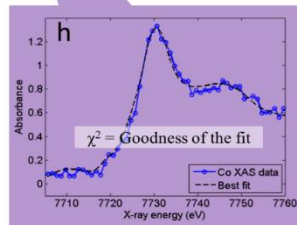
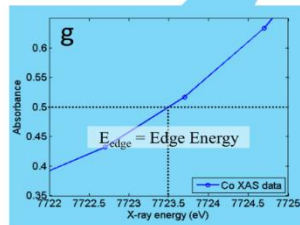
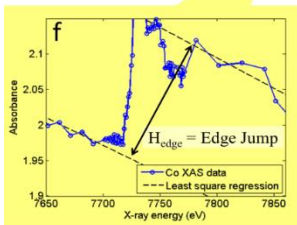
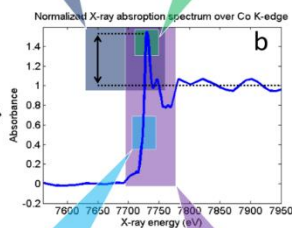
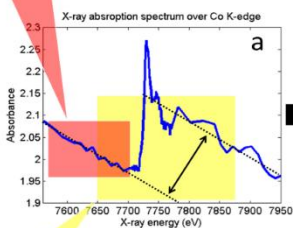
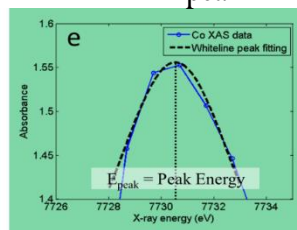
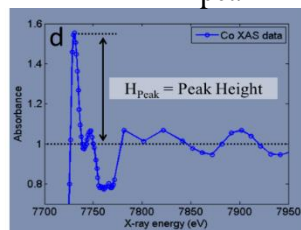
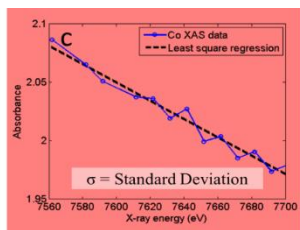
基于深度学习的大数据分析算法在电池材料中的应用研究

噪声分布信息 白线峰高度信息 白线峰能量信息

σ

H_{peak}

E_{peak}



H_{edge}

E_{edge}

χ^2

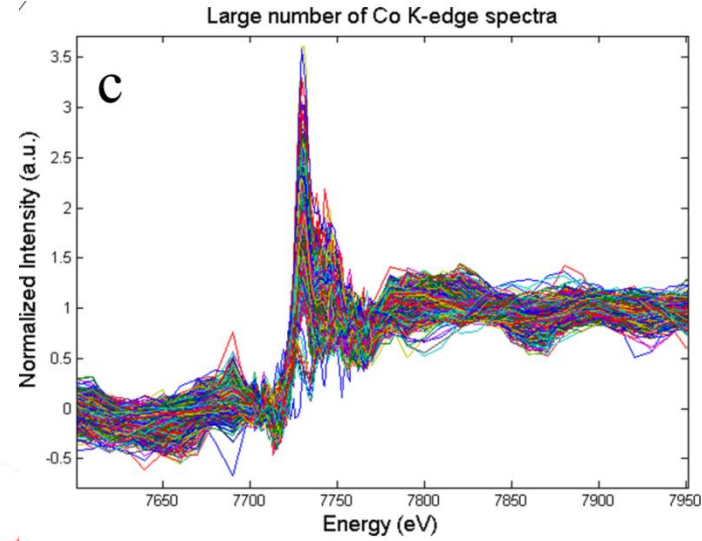
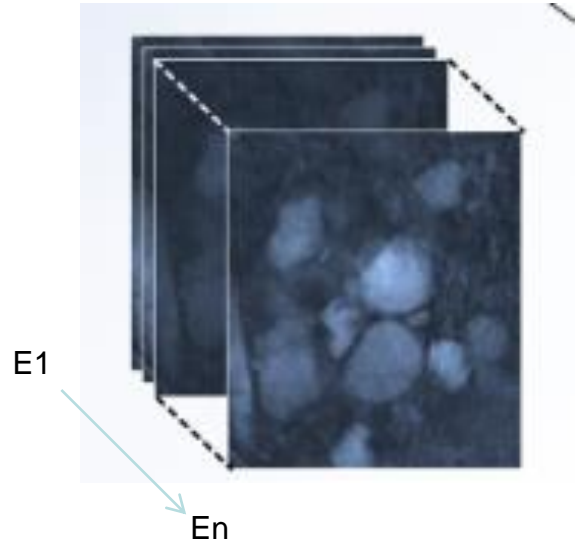
相关性分析

跳高信息

吸收边信息

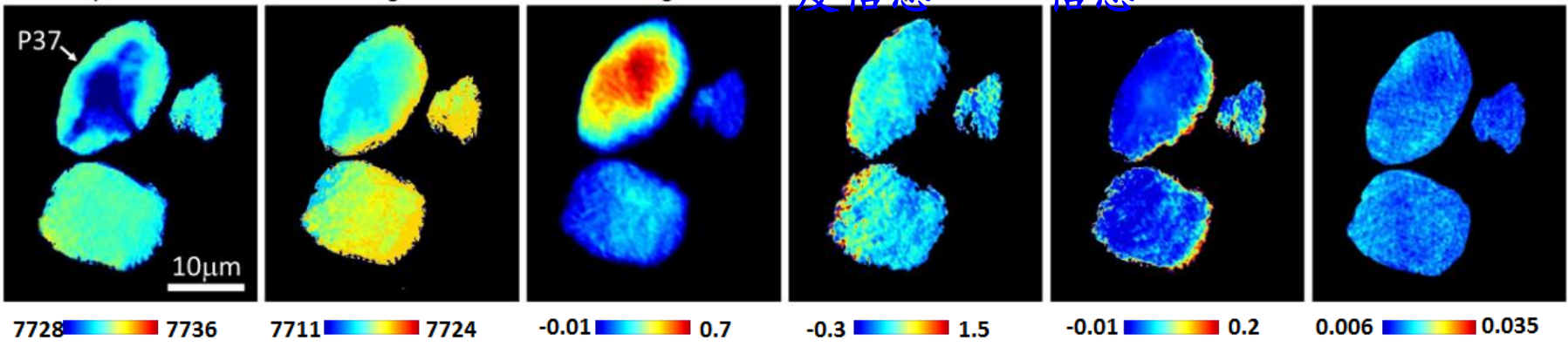
拟合优度信息

基于深度学习的大数据分析算法在电池材料中的应用研究



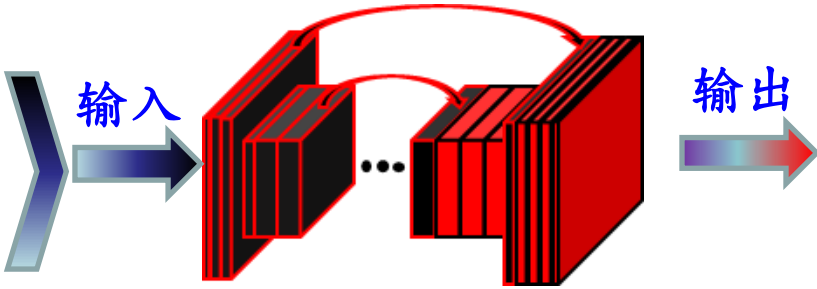
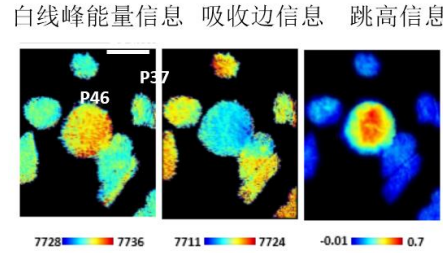
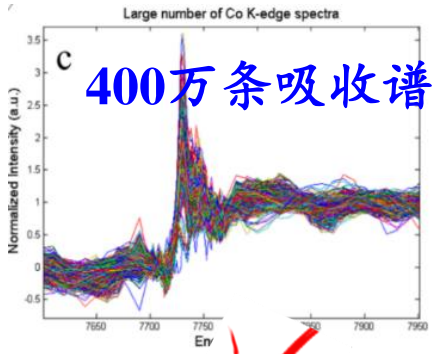
4 million (2k x 2k) XANES spectrums

白线峰能量信息 吸收边信息 跳高信息 白线峰高度信息 拟合优度信息 噪声分布信息

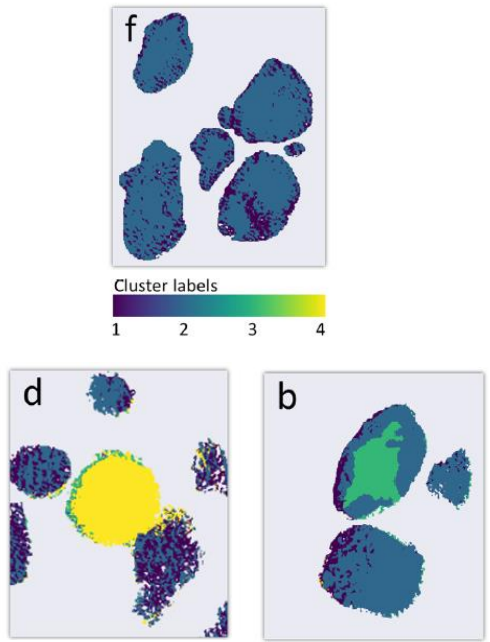


基于深度学习的大数据分析算法在电池材料中的应用研究

■ 提出了基于DBSCAN理论的无监督聚类分析算法



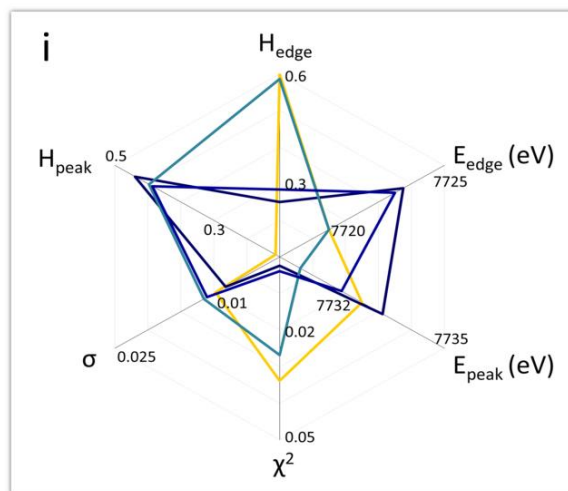
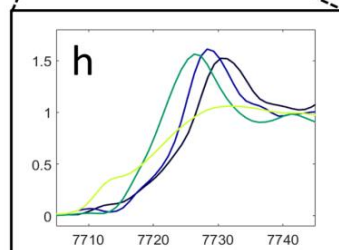
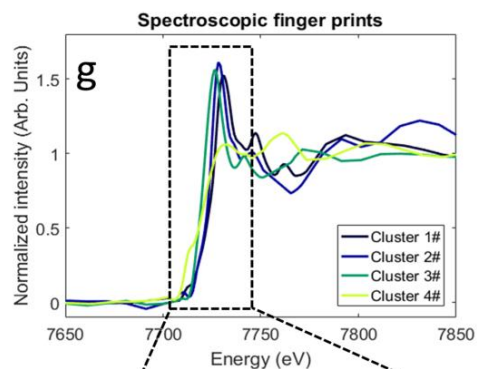
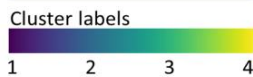
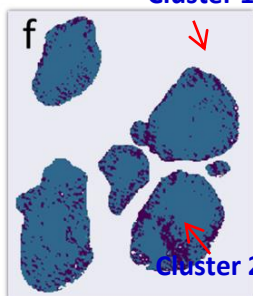
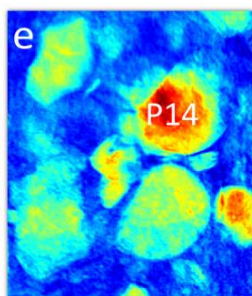
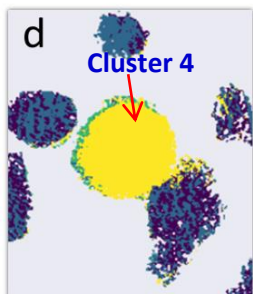
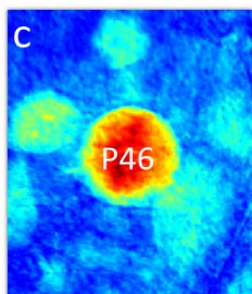
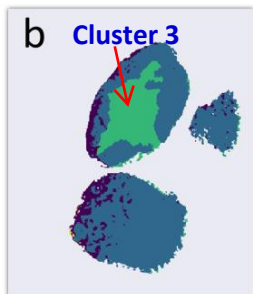
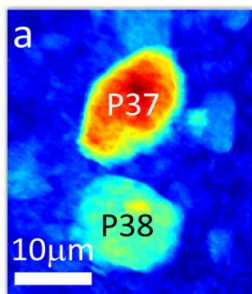
聚类算法



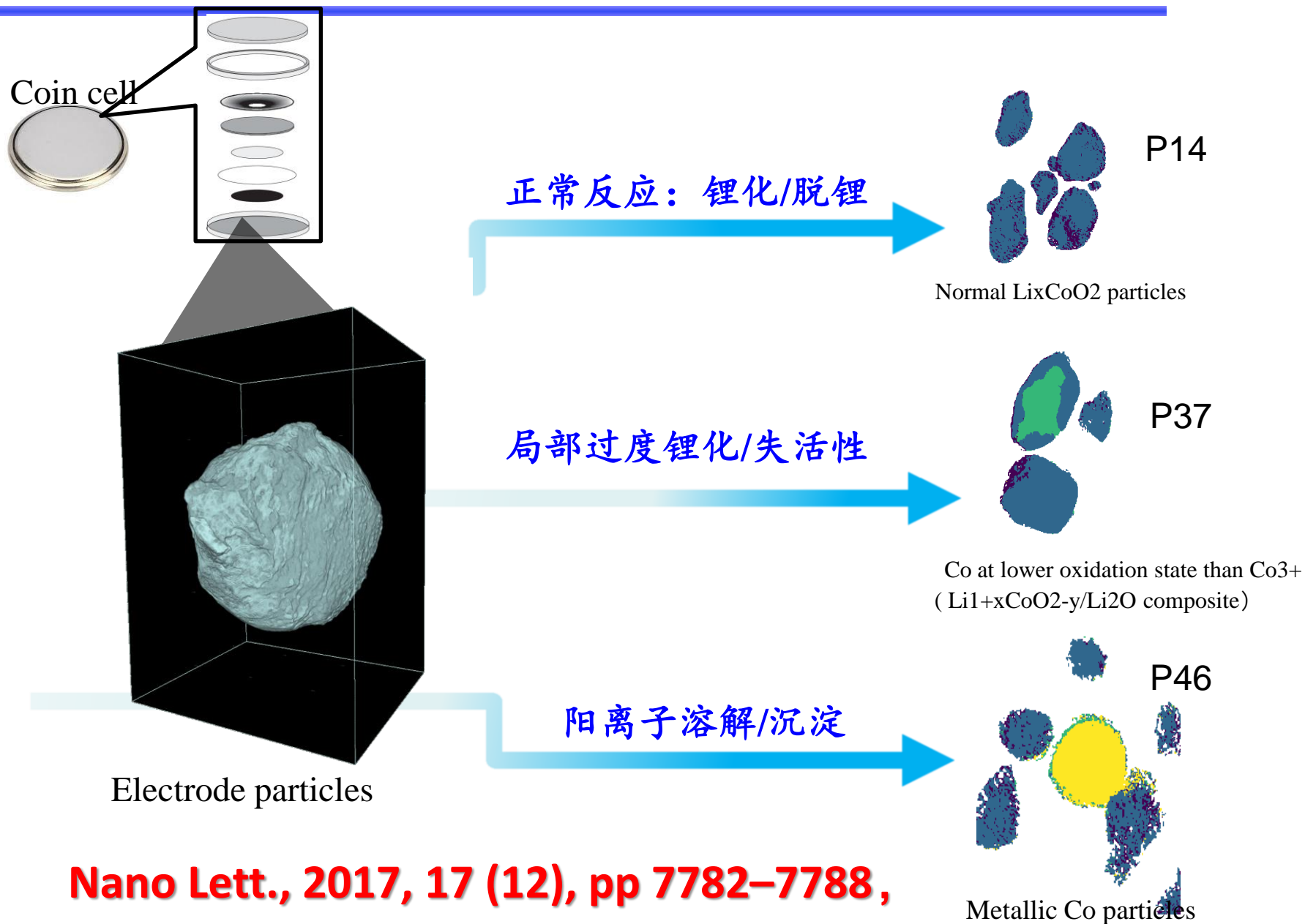
吸收谱分类图

基于深度学习的大数据分析算法在电池材料中的应用研究

X射线投影图
组份分析算法
(K-Means)



基于深度学习的大数据分析算法在电池材料中的应用研究

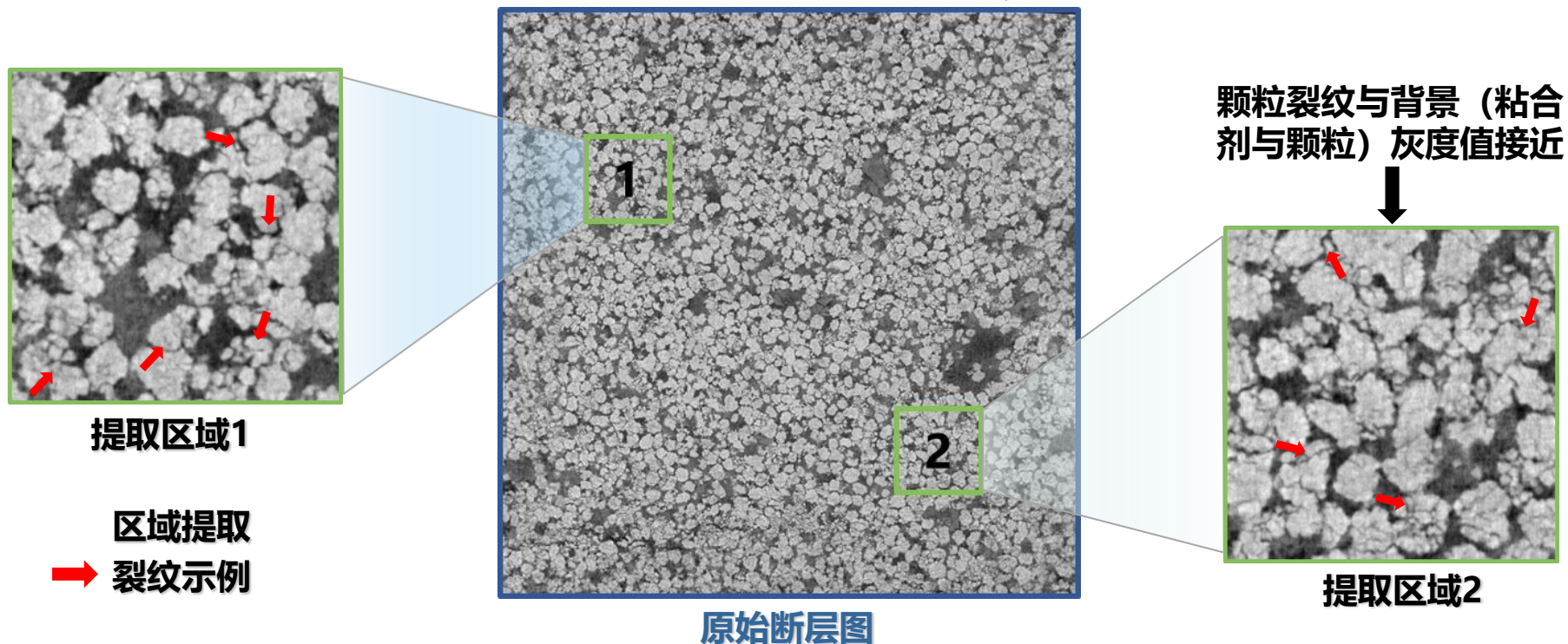


Nano Lett., 2017, 17 (12), pp 7782–7788,

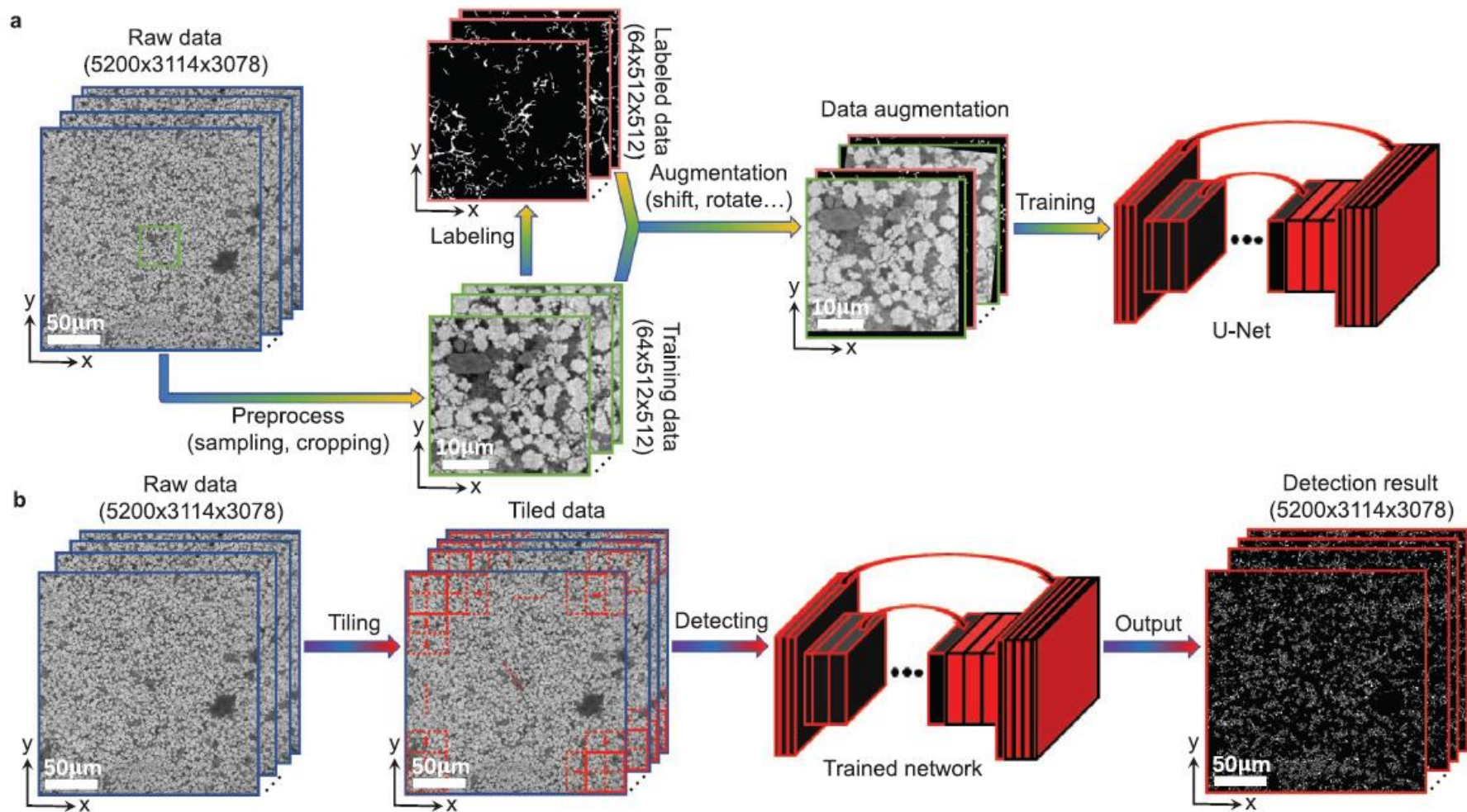
深度学习技术在纳米分辨图像目标检测中的应用

传统阈值分割法无法对低衬度图像精确检测

传统自动分割方法无法进行准确分割，只能通过人工



深度学习技术在纳米分辨图像目标检测中的应用

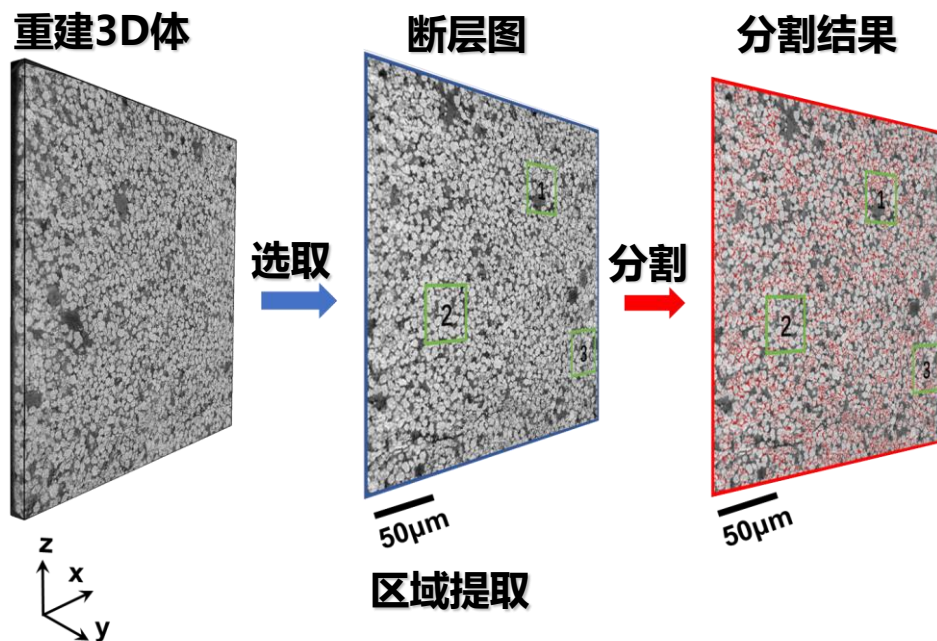


基于U-Net的目标检测网络

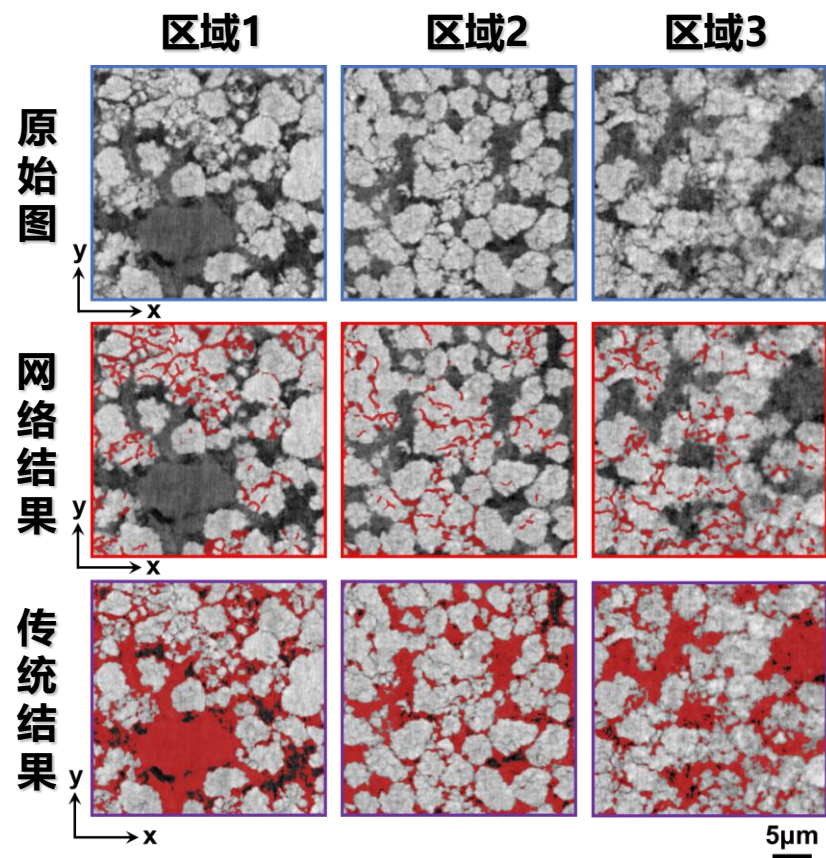
深度学习技术在纳米分辨图像目标检测中的应用

18650电池阴极颗粒的检测结果

对低衬度图像进行精准分割



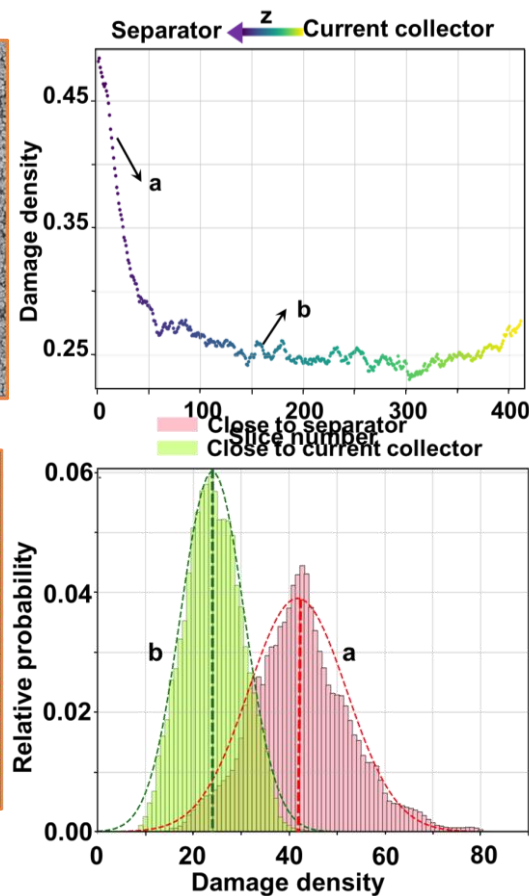
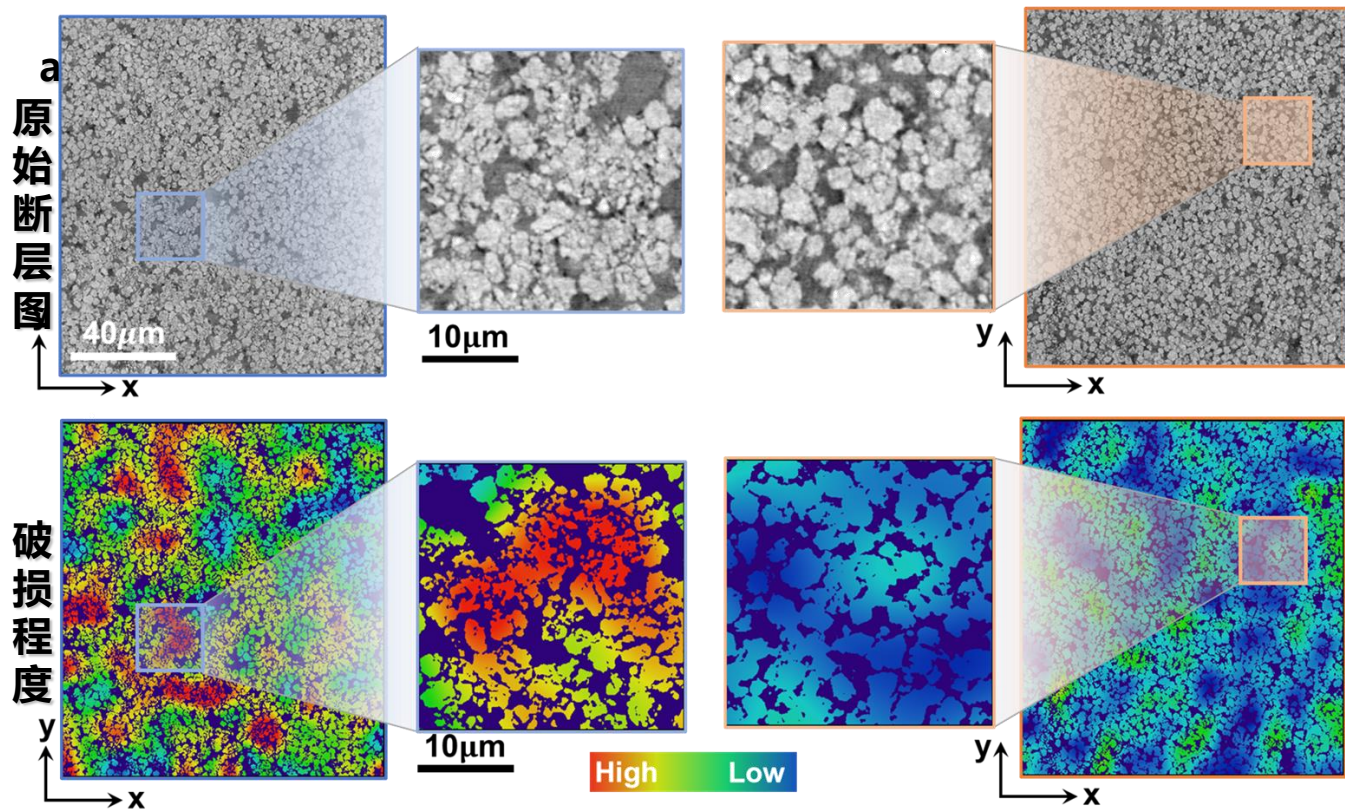
优点: 1. 精度高。2. 鲁棒性强。
3. 能对低衬度图像进行分割。



深度学习技术在纳米分辨图像目标检测中的应用

18650电池阴极颗粒的分割结果分析

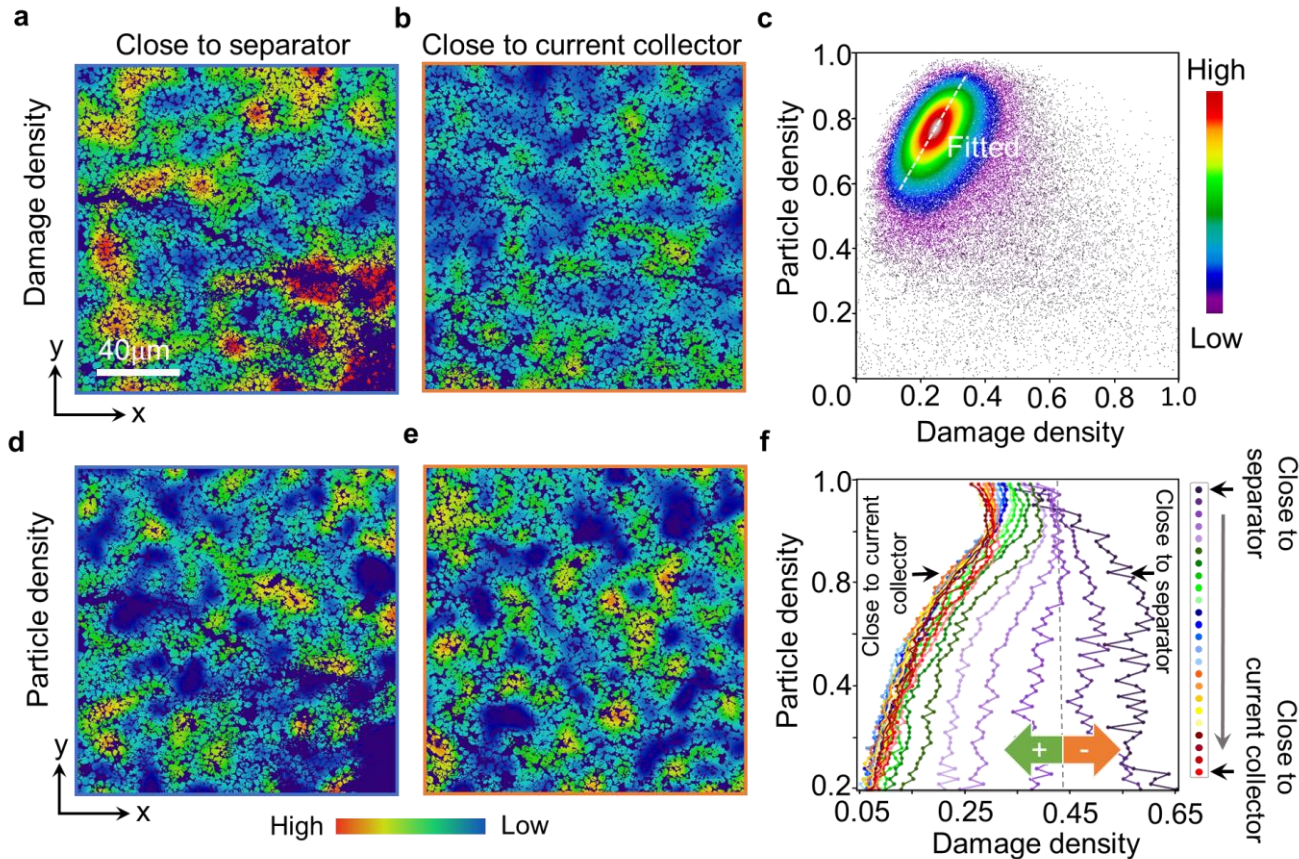
能对大量数据进行统计性分析



越接近隔膜破损程度越高；越接近集流体破损程度越低

深度学习技术在纳米分辨图像目标检测中的应用

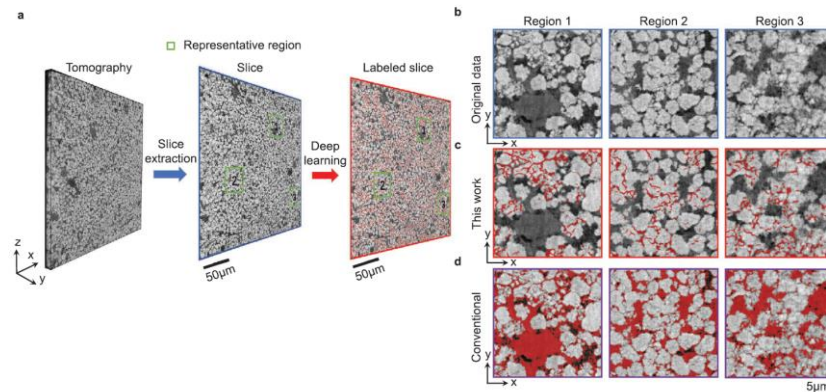
18650电池阴极颗粒的分割结果分析



靠近集流体：颗粒密度与破损密度呈正相关，这与整体趋势一致。
靠近隔膜：颗粒较少的区域显示出较高的损伤。

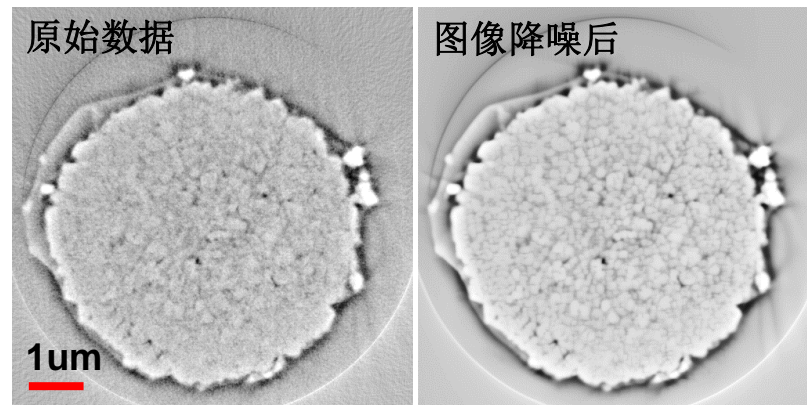
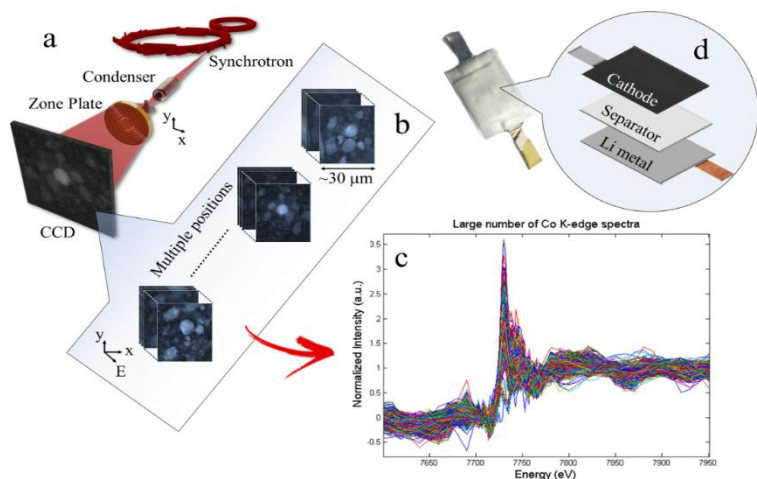
结论：为了减少颗粒裂纹，应考虑不同深度的颗粒堆积密度的自适应策略。

基于AI的HEPSCT数据分析软件开发



“海量” CT数据 (TB级) 的快速重建

弱吸收样品全自动智能分割技术



无监督3D谱学CT数据聚类分析算法开发

纳米分辨CT降噪技术研究

机遇与挑战

机遇与挑战

神经网络方法取得优于传统方法的性能，能够解决传统方法不能解决的问题



- 网络过于复杂，需要大量的算力与训练数据
- 需要很好的数学家



机遇与挑战

- 深度学习的实现过程是一个“黑匣子”，因此存在可信度的问题，即可信AI.
- 深度学习技术，更适合研究单一的/某一类具体的某个问题，对于多变的研究对象，该技术并不适合. 因此应该充分了解研究对象的适用性，集中力量进行发展相关技术.
- 深度学习技术仅仅是个工具，对于科研工作，最重要的还是要提出科学问题，这样才能利用这个工具带给我们更多有用的信息

谢谢!

Thanks for Your Time!