

课题汇报

NCUT

基于空间域图像生成和深度学习的配
电网故障选线方法

汇报人：郭 威



日期：2023.11.27

课题背景及研究现状

挑战 配电网故障分析和诊断新特点

- 配电网规模增大；运行数据和故障数据多样化；采样精度高
- 多影响因素耦合、随机性增强、非线性增多
- 物理建模困难、线性拟合误差大、人工设计存在误差积累

拟解决问题

1. 配电网故障类型辨识

- 现有配网故障类型辨识方法采用人工提取故障特征向量，过程较为复杂，需要较强的研究经验，易受人为因素干扰，难以适应各类容易混淆的故障样本分类。

2. 配电网故障选线

- 稳态量法的稳态特征量微弱，受消弧线圈影响大；
- 注入信号法需要附加信号装置；
- 暂态量法的暂态特征含量少，幅值小，易受噪声影响。

配电网线路故障类型辨识

小波变换提取
信号标准差、
相关系数等参
数局部特征尺度
分解和Hilbert
变换提取奇异
谱分布参数VMD和数理
统计方法相结
合提取特征向
量Clarke和S变
换提取故障特
征向量自适应神经模
糊推理系统
(ANFIS)支持向量机
(SVM)模糊神经网络
(FNN)混合模糊网络
(FHN)

配电网线路故障选线

稳态量选线法

信号注入法

暂态量选线法

课题背景及研究现状

挑战 配电网故障分析和诊断新特点

- 配电网**规模增大**；运行数据和故障数据**多样化**；采样**精度高**
- **多影响因素耦合**、**随机性增强**、**非线性增多**
- 物理建模**困难**、线性拟合误差大、人工设计**误差积累**

拟解决问题

3. 配电网故障区段定位

- **矩阵法**容错性较差，拓扑结构复杂，耗费人力资源；
- **智能算法**易陷入局部最优；
- **深度学习**故障定位算法没有发挥其在图像模式识别领域优势，且故障定位存在小样本问题，易出现过拟合现象。

4. 配电网故障测距

- **故障分析法**需要预先知道系统的中性点运行方式和线路参数；
- **行波法**行波波头难以检测，架空线和电缆线路的行波波速难以确定；
- **S信号注入法**在接地电阻过大时，注入的信号容易被消耗，不易追踪。

配电网故障区段定位

矩阵法

智能算法

深度学习

配电网故障测距

故障分析法

行波法

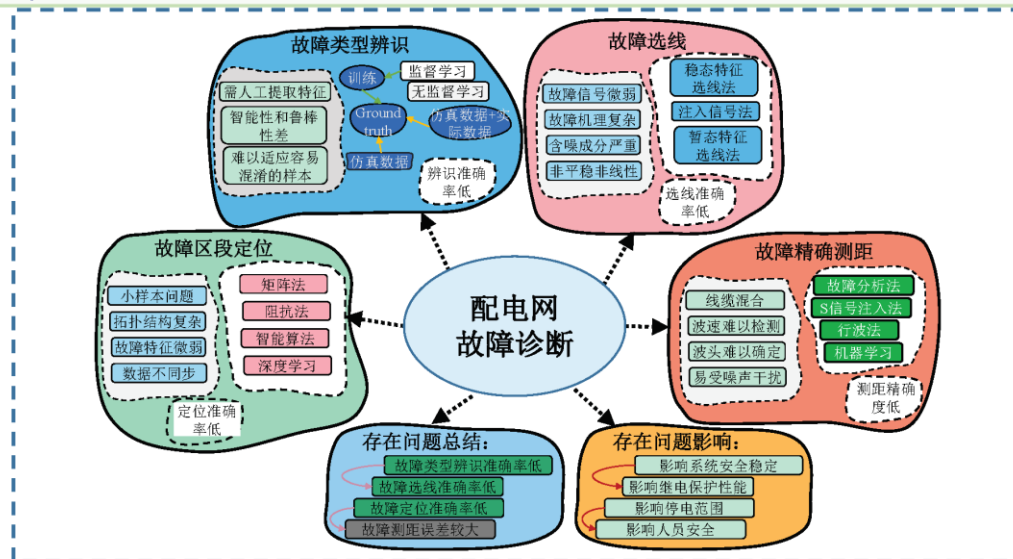
S信号注入法

北方工业大学 电气与控制工程学院

课题背景及研究现状

方法 主要应用的技术方法

- **深度学习**(CNN、CGAN、Transfer Learning)
- **机器学习**(SVM、ELM、RF、PCA等)
- **信号处理**(EEMD、VMD、WT、CEEMDAN等)
- **可视化技术**

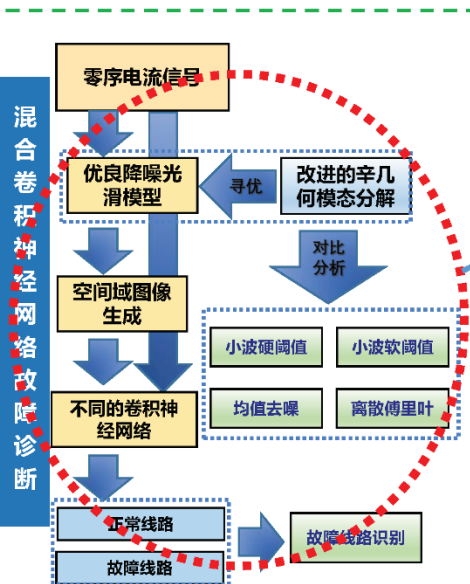


北方工业大学 电气与控制工程学院

创新点

关键难点

- 传统的配电网故障选线方法大多基于**一维零序电流**序列构建故障诊断模型，没有**深度挖掘**的配电网的故障特征。



北方工业大学 电气与控制工程学院

原创性工作

- 本文利用，提出了一种基于**空间域图像生成和深度学习**的配电网故障选线方法。利用SHTP图像转换方法，将一维信号转成二维特征图，配合深度学习方法，可以充分挖掘故障信号的特征向量，实现故障选线。

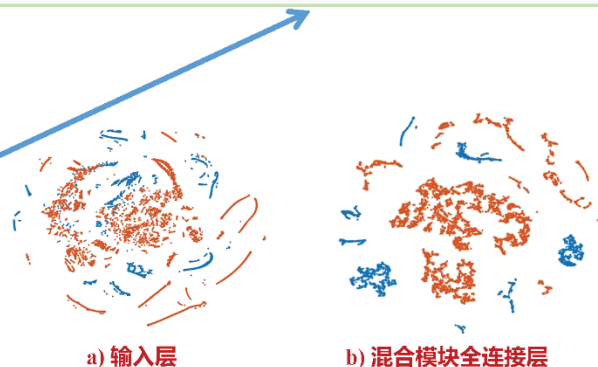
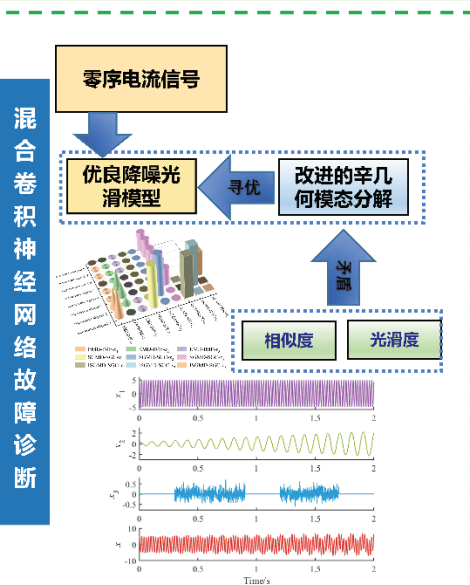


图1：深度学习网络可视化结果

创新点

关键难点

- 传统的配电网故障选线方法大多基于**一维零序电流**序列构建故障诊断模型，没有**深度挖掘**的配电网的故障特征。



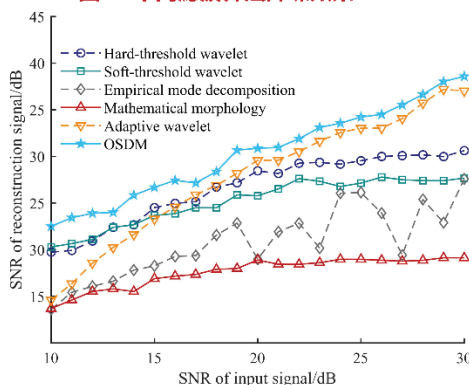
北方工业大学 电气与控制工程学院

优良降噪光滑模型

- 噪声会影响**零序电流信号**故障特征有效提取，因此有必要先进行**降噪处理**。权衡曲线**光滑度**和滤波信号与实测零序电流信号的**相似度**，建立**优良降噪光滑模型**。

分别向理想零序电流信号中加入不同强度的噪声，使用信噪比(signal noise ratio, SNR)评价不同滤波算法的降噪效果，所得结果如图1所示。

图1：不同滤波算法降噪效果

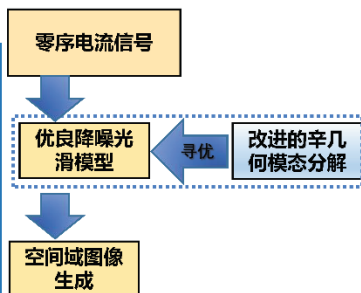


创新点

关键难点

- 传统的配电网故障选线方法大多基于一维零序电流序列构建故障诊断模型，没有深度挖掘的配电网的故障特征。

混合卷积神经网络故障诊断



空间域图像生成

- 配网的电量信号可以综合反映当前系统的运行状况，若采用一种有效的方法将电量信号转成空间域图像形式将为面向图像识别的智能故障诊断方法提供良好的素材。

利用对称希尔伯特变换(symmetrized Hilbert transform pattern, SHTP)可以将一维信号映射到极坐标中。生成的SHTP图像可以提高故障信号的可视化能力。

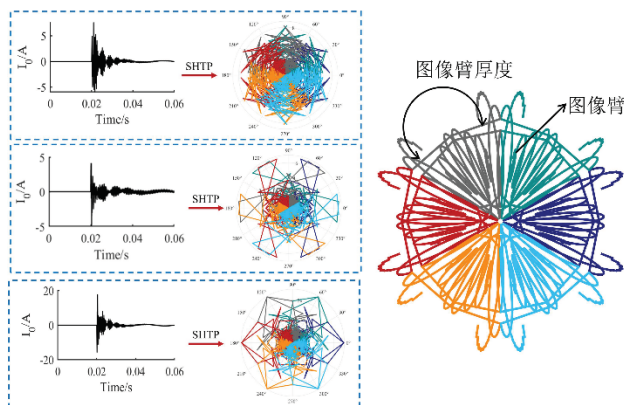


图1：零序电流信号的SHTP变化结果

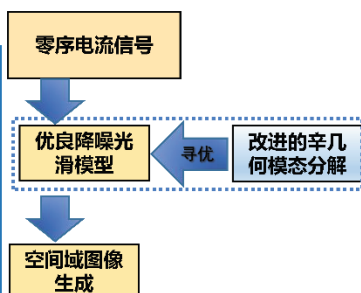
北方工业大学 电气与控制工程学院

创新点

关键难点

- 传统的配电网故障选线方法大多基于一维零序电流序列构建故障诊断模型，单一的诊断模型往往限制了故障特征的深层挖掘。

混合卷积神经网络故障诊断



空间域图像生成

- 配网的电量信号可以综合反映当前系统的运行状况，若采用一种有效的方法将电量信号转成空间域图像形式将为面向图像识别的智能故障诊断方法提供良好的素材。

不同的滞后系数 τ 和偏转角增益 η 会影响SHTP图像的差异程度，提高正常线路与故障线路SHTP图像的差异程度将会提高深度学习故障诊断的准确率。

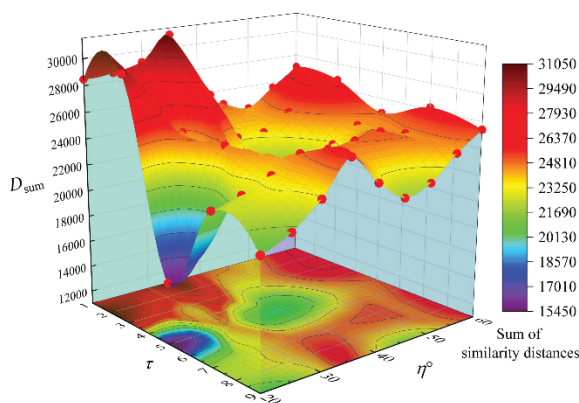


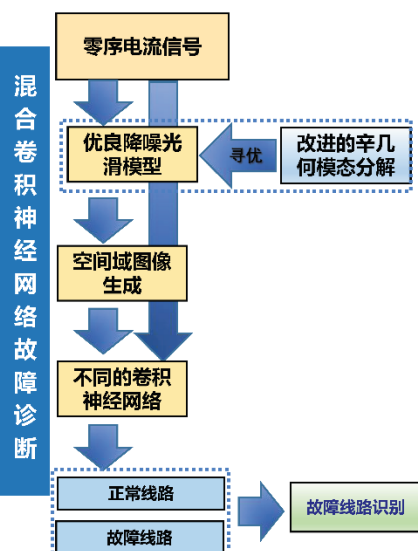
图1：不同 τ 和 η 条件下正常线路和故障线路SHTP图像之间相似距离之和

北方工业大学 电气与控制工程学院

创新点

关键难点

- 传统的配电网故障选线方法大多基于一维零序电流序列构建故障诊断模型，没有深度挖掘的配电网的故障特征。



北方工业大学 电气与控制工程学院

原创性工作

- 利用不同结构的卷积神经网络挖掘SHTP图像的深层特征，将挖掘的特征输入到支持向量机，实现故障选线，具体流程如图1所示。

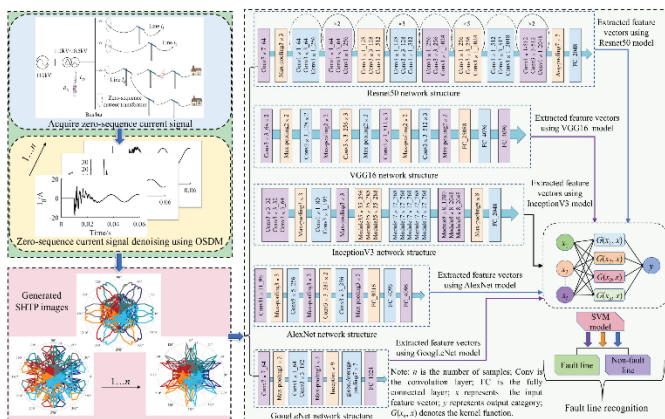
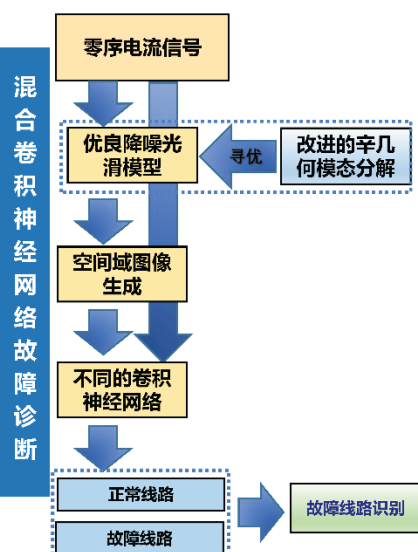


图1：基于SHTP图像和混合卷积神经网络的故障选线框架

创新点

关键难点

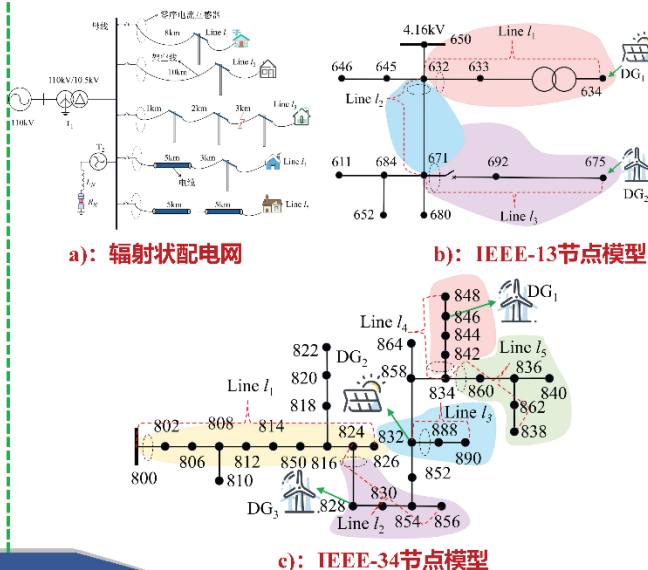
- 传统的配电网故障选线方法大多基于一维零序电流序列构建故障诊断模型，没有深度挖掘的配电网的故障特征。



北方工业大学 电气与控制工程学院

混合样本库

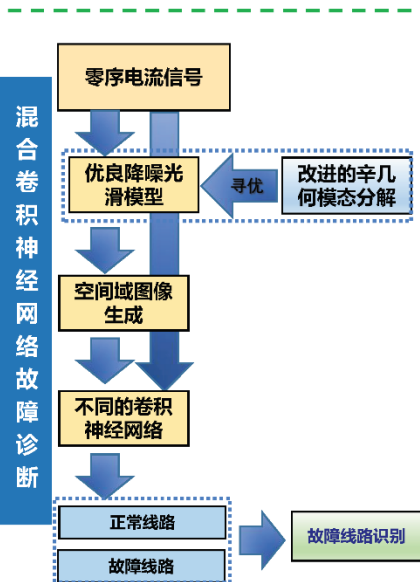
- 为了验证选线方法的通用性，建立了含有三种拓扑结构的混合样本库，包括辐射状配电网模型(radial distribution network model, RDNM)、IEEE-13节点模型、IEEE-34节点模型，其中IEEE-34节点模型是位于亚利桑那州的实际线路。



创新点

关键难点

- 传统的配电网故障选线方法大多基于一维零序电流序列构建故障诊断模型，没有深度挖掘的配电网的故障特征。



北方工业大学 电气与控制工程学院

模型分析

- 通过实验可以发现，本文提出的方法在不同拓扑结构上均具有较高的故障选线准确率。

Faulty line	260 43.3%	0 0.0%	100% 0.0%	150 46.9%	0 0.0%	100% 0.0%	151 38.5%	1 0.3%	99.3% 0.7%
	0 0.0%	340 56.7%	100% 0.0%	0 0.0%	170 53.1%	100% 0.0%	0 0.0%	240 61.2%	100% 0.0%
Healthy line	100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%	99.6% 0.4%	99.7% 0.3%
	Faulty line	Healthy line	Faulty line	Healthy line	Faulty line	Healthy line	Faulty line	Healthy line	

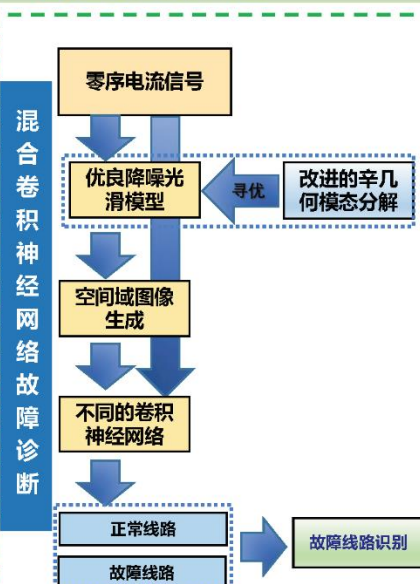
(a) (b) (c)

Fig. 14. Confusion matrix of fault diagnosis
(a) Radial model,
(b) IEEE-13 node model,
(c) IEEE-34 node model

创新点

关键难点

- 传统的配电网故障选线方法大多基于一维零序电流序列构建故障诊断模型，没有深度挖掘的配电网的故障特征。



北方工业大学 电气与控制工程学院

实时仿真

- 在StarSim仿真平台上验证所提方法。首先，在MATLAB/SIMULINK上搭建配电网模型。然后，在实时仿真器上进行动态实时仿真。

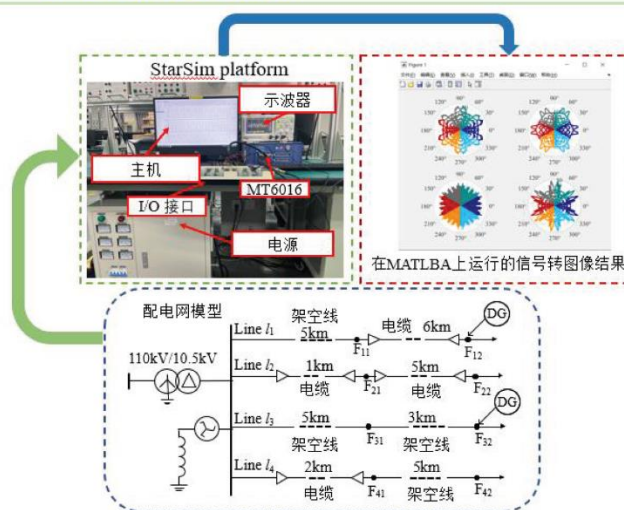
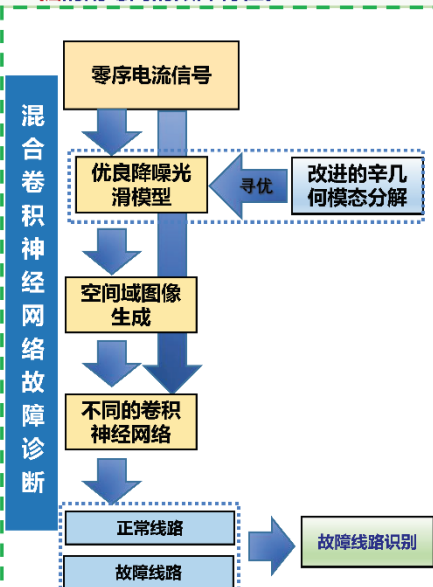


图1: StarSim仿真平台

创新点

关键难点

- 传统的配电网故障选线方法大多基于一维零序电流序列构建故障诊断模型，没有深度挖掘的配电网的故障特征。



实时仿真

- 在StarSim仿真平台上验证所提方法。首先，在MATLAB/SIMULINK上搭建配电网模型。然后，在实时仿真器上进行动态实时仿真。

Faulty line	85 40.5%	0 0.0%	100% 0.0%
	0 0.0%	125 59.5%	100% 0.0%
Healthy line	100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%
	Faulty line	Healthy line	

图1：实时仿真测试平台混淆矩阵

北方工业大学 电气与控制工程学院

结 论

结 论

- SHTP变换可以将一维时间域信号转成二维空间域图像，相比传统的信号转图像方法，所需时间短，且转换后的图像具有明显的形状特征，故障信号可视化效果更好。
- 通过卷积神经网络对SHTP变换获得的二维图像进行深度特征挖掘，可以提高故障诊断的准确率。
- 本文选线方法在不同拓扑结构、系统不平衡、噪声干扰、线路末端高阻接地、采样时间不同步、两点同相接地故障等情况下准确选择出故障线路。相比其他选线方法，效果最佳。

后续研究

- 如何建立数据与知识双轮驱动的人工智能方法，提升故障诊断模型的精确性、鲁棒性、可解释性，是本课题后续研究方向。

北方工业大学 电气与控制工程学院

NCUT



After all this time? ----Always

汇报人：郭威



日期：2023.11.27