

# 基于多源信息融合的配电网故障区段定位方法

付爱晋\*, 谭岳东, 唐伟金, 赵元龙, 李诗洋

重庆科技大学电子与电气工程学院, 重庆

收稿日期: 2026年9月13日; 录用日期: 2026年10月4日; 发布日期: 2026年10月15日

## 摘要

针对单一信息源易受故障类型、测点配置及开关量异常影响, 导致配电网故障区段定位不稳定的问题, 提出一种融合电气量故障路径识别与状态量可信诊断的定位方法。对于大电流故障, 依据测点过流状态和拓扑关系确定故障电流路径; 对于小电流接地故障, 利用零序电流首波方向识别故障路径, 并通过Teager能量算子提取初始暂态能量分布, 计算候选区段的电气量支持度。基于网络拓扑和保护逻辑构建状态量期望动作集合, 综合保护启动、故障指示、开关跳闸及隔离动作等SOE信息, 引入时序可信度, 通过贝叶斯诊断计算候选区段故障概率。将两类诊断结果转换为基本概率分配, 并采用D-S证据理论进行融合。PSCAD/EMTDC仿真结果表明, 该方法能够准确定位不同区段故障, 且在分支点量测不足以及状态量通信丢失、误动作等情况下仍具有较高的定位可靠性。

## 关键词

配电网, 故障区段定位, 零序首波方向, 状态量可信度, 贝叶斯诊断, D-S证据融合

# Distribution Network Fault Section Location Method Based on Multi-Source Information Fusion

Aijin Fu\*, Yuedong Tan, Weijin Tang, Yuanlong Zhao, Shiyang Li

School of Electronic and Electrical Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: September 13, 2026; accepted: October 4, 2026; published: October 15, 2026

## Abstract

To address the instability of fault-section localization in distribution networks caused by the

\*通讯作者。

文章引用: 付爱晋, 谭岳东, 唐伟金, 赵元龙, 李诗洋. 基于多源信息融合的配电网故障区段定位方法[J]. 智能电网, 2026, 16(5): 123-133. DOI: 10.12677/sg.2026.165015

susceptibility of single-source information to fault types, measurement-point configurations, and abnormal switching-status data, a localization method integrating electrical-quantity-based fault-path identification with credibility-aware status-data diagnosis is proposed. For high-current faults, the fault-current path is determined according to the overcurrent states of measurement points and the network topology. For small-current grounding faults, the fault path is identified using the initial-wave directions of zero-sequence currents, while the Teager energy operator is employed to extract the initial transient-energy distribution and calculate the electrical-quantity support degree of each candidate section. Expected status-action sets are constructed based on the network topology and protection logic. Sequence-of-events (SOE) information, including protection pickup, fault indication, circuit-breaker tripping, and isolation actions, is comprehensively considered. Temporal credibility is introduced into Bayesian diagnosis to calculate the fault probability of each candidate section. The two diagnostic results are then converted into basic probability assignments and fused using Dempster-Shafer evidence theory. PSCAD/EMTDC simulation results demonstrate that the proposed method can accurately locate faults in different sections and maintain high localization reliability under insufficient measurements at branching points and status-data anomalies such as communication loss and maloperation.

## Keywords

Distribution Network, Fault-Section Localization, Initial-Wave Direction of Zero-Sequence Current, Status-Data Credibility, Bayesian Diagnosis, Dempster-Shafer Evidence Fusion

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

快速、准确地定位故障区段是配电网故障隔离和供电恢复的基础。现有方法主要利用电气量或保护、开关等状态量进行诊断[1]。然而，电气量特征受故障类型和测点配置影响，大电流短路故障可通过过流信息识别，而小电流接地故障特征较弱；状态量则可能存在通信丢失、误动、拒动及时标偏差。仅依赖单一信息源，难以保证复杂场景下的定位可靠性。

多源信息融合能够发挥电气量与状态量的互补优势，但仍需解决不同故障特征适配及异常状态量可信度评估问题。为此，本文提出一种基于电气量路径识别与状态量可信融合的故障区段定位方法：针对大电流故障，依据过流状态和拓扑关系确定故障路径；针对小电流接地故障，结合零序电流首波方向和Teager能量构造电气量支持度；同时，引入状态量时序可信度，通过贝叶斯诊断计算候选区段故障概率，并采用D-S证据理论融合两类信息。仿真结果验证了该方法在量测不足及状态量异常情况下的故障定位可靠性。

## 2. 基于电气量的故障路径识别

### 2.1. 大电流故障路径识别

辐射状配电网发生大电流短路故障时，故障电流沿电源至故障点的唯一拓扑路径流动。故障点上游测点通常出现明显电流突增，而故障点下游及非故障分支无明显故障电流增量，因此可根据过流与非过流测点的分布确定故障路径及候选区段[2]。

设测点 $i$ 故障前、后的综合电流有效值分别为 $I_i^0$ 和 $I_i^1$ ，其相对电流变化率为

$$R_i = \frac{|I_i^1 - I_i^0|}{I_i^0}$$

首先利用正常负荷变化、负荷转供、电容器投切和测量噪声等非故障样本获得  $R_i$  的统计分布；再利用不同故障类型、故障电阻和运行方式下的样本获得故障分布，设定阈值  $R_{\text{set}}$ ，测点实际过流状态可表示为

$$S_i = \begin{cases} 1, & R_i \geq R_{\text{set}} \\ 0, & R_i < R_{\text{set}} \end{cases}$$

若 FTU 或故障指示器能够直接提供过流信号，则可将其动作状态作为  $S_i$ 。

对于候选区段  $l_k$ ，根据网络拓扑确定电源至该区段首端的路径。位于该路径上的测点理论上应检测到故障电流，当测点  $i$  位于候选区段的上游路径时  $\hat{S}_{ik} = 1$ ，否则为 0。候选区段  $l_k$  的实际过流状态为  $S_i$ ，将实际过流状态与理论过流状态进行比较，定义候选区段  $l_k$  的电气量支持度

$$F(l_k) = 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |S_i - \hat{S}_{ik}|$$

式中， $m$  为有效测点数量， $F(l_k)$  越大，表明候选区段对应的理论故障路径与实际过流分布越一致。支持度最大的区段为电气量侧的最可疑区段，各候选区段的  $F(l_k)$  作为后续 D-S 证据融合的输入。

## 2.2. 小电流接地故障路径识别

中性点不接地配电网发生单相接地故障时，故障电流主要由线路对地电容电流构成，幅值较小，传统过流判据难以可靠识别故障路径[3]。故障初始阶段的零序暂态电流具有明显的方向和能量特征，因此采用零序电流首波方向确定故障路径，并利用 Teager 能量区分路径内的相邻区段。

发生单相接地故障后，故障点前所有监测点的零序电流首波方向是一致的，而非故障分支或故障点下游的零序电流首波方向与前者相反[4]。如图 1 所示，不接地系统在线路 III 末端发生单相接地故障，正常线路 I 和线路 II 的零序电流首波方向与线路 III 相反。

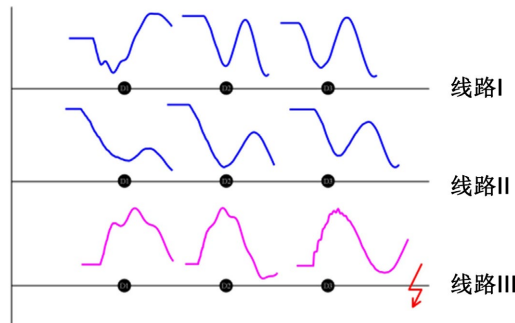


**Figure 1.** Direction of zero-sequence current of each line within short-time window after single-phase-to-ground fault  
**图 1.** 单相接地故障后各线路短时窗内零序电流的方向

在故障后的短时间窗内提取零序电流首波，并规定电源侧指向负荷侧为正方向。选取靠近电源侧且信号有效的测点作为参考点。当测点  $i$  的零序电流首波方向与电源侧有效测点的零序电流首波方向一致时  $\hat{A}_{ik} = 1$ ，表示该测点位于故障主路径上；否则为 0，表示其更可能位于非故障分支或故障点下游。

候选区段  $l_k$  的实际方向状态为  $A_i$ ，将实际方向状态与理论方向状态比较，得到候选区段的方向一致度

$$C_k = 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |A_i - \hat{A}_{ik}|$$

式中,  $m$  为有效测点数量,  $C_k$  越大, 表明候选区段的理论路径与实际零序首波方向越一致。

首波方向能够确定故障所在路径, 但难以区分路径内的相邻区段。因此, 对测点  $i$  的零序暂态序列  $x_i(n)$  计算 Teager 能量[5]

$$E_i = \frac{1}{N-2} \sum_{n=2}^{N-1} |x_i^2(n) - x_i(n-1)x_i(n+1)|$$

式中,  $N$  为暂态数据窗的采样点数。故障点附近的暂态响应通常较强, 因此  $E_i$  可用于评价测点附近区段的故障可能性。

对测点能量进行归一化, 并取区段两端或相邻有效测点能量的平均值:

$$e_i = \frac{E_i}{\max_j E_j}$$

$$E_k = \frac{1}{q_k} \sum_{i \in Q_k} e_i$$

式中,  $Q_k$  为区段  $l_k$  两端或相邻位置的有效测点集合,  $q_k$  为集合中的测点数量。

综合方向一致度和暂态能量, 定义候选区段的电气量支持度为

$$F(l_k) = C_k E_k$$

### 3. 基于状态量的贝叶斯区段定位模型

电网故障导致电气量发生突变后, 与故障元件相关的保护装置动作, 继而令相应的断路器跳闸, 将故障元件从电网中切除出来。根据保护及断路器动作的逻辑, 可以构建用于故障诊断的贝叶斯网络来计算各元件发生故障的概率[6]。

#### 3.1. 状态量期望动作模型

设配电网线路区段集合为  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_k, \dots, l_m\}$ , 状态量集合为  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_j, \dots, d_n\}$ 。状态量可以包括保护动作信号、断路器跳闸信号、分段开关变位信号、故障指示器动作信号以及 FTU 上传的故障告警信号等。

对于任一候选故障区段  $l_k$  若该区段发生故障, 则部分状态量在保护逻辑和拓扑关系约束下应当动作, 与故障无关的设备则不应动作。定义期望动作状态  $a_{jk}$ , 当状态量  $d_j$  在候选区段  $l_k$  故障时应动作记  $a_{jk} = 1$ , 当  $d_j$  在  $l_k$  故障时不应动作记  $a_{jk} = 0$ 。由此可形成基于状态量的期望动作矩阵

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix}$$

实际故障发生后, 主站接收到的 SOE 信息可形成状态量实际动作向量。定义状态量  $d_j$  的实际动作状态  $o_j$ , 当  $d_j$  在诊断时间窗内实际动作, 记  $o_j = 1$ , 否则为 0。

则所有状态量的实际观测向量可表示为  $O = [o_1, o_2, \dots, o_n]^T$ 。将矩阵  $O$  与矩阵  $A$  中各候选区段对应的期望动作列向量进行比较, 即可评价不同候选区段对实际状态量信息的解释能力。若某一区段对应的期望动作状态与实际 SOE 信息高度一致, 则该区段作为故障区段的可能性较大; 反之, 若存在较多应动作

未动作或不应动作误动作的情况, 则该候选区段的可信程度降低。

### 3.2. 状态量时序可信度

在实际配电自动化系统中, 状态量信息并非完全可靠。一方面, 不同终端装置的采样周期、动作判断和时钟同步精度存在差异; 另一方面, 状态量从现场终端上传至主站还会受到通信延迟、报文拥塞、遥信抖动和 SOE 记录误差等因素影响。为此, 有必要在期望动作关系的基础上进一步引入时序约束, 对状态量信息的可信程度进行评估。

设故障起始参考时刻为  $t_0$  对于实际动作的状态量  $i$ , 其相对动作时间定义为  $\Delta t_i = t_i - t_0$ 。由于不同状态量对应的设备类型和动作机理不同, 其合理动作时间范围也不完全相同。因此, 对于候选区段  $l_k$ , 第  $i$  个状态量的合理动作时间窗可表示为  $[T_{ik}^-, T_{ik}^+]$ 。

其中,  $T_{ik}^-$  和  $T_{ik}^+$  分别为该状态量在候选区段  $l_k$  故障条件下允许动作的最早和最晚相对时刻。

定义状态量  $i$  关于候选区段  $l_k$  的时序一致性指标为

$$r_i(l_k) = \begin{cases} 1, & a_{ik} = 1, o_i = 1, \Delta t_i \in [T_{ik}^-, T_{ik}^+] \\ \alpha, & a_{ik} = 1, o_i = 1, \Delta t_i \notin [T_{ik}^-, T_{ik}^+] \\ 0, & a_{ik} \neq o_i \end{cases}$$

当状态量实际动作与期望动作一致, 且动作时刻位于合理时间窗内时, 认为该状态量对候选区段  $l_k$  具有较高可信度, 取  $r_i(l_k) = 1$ ; 当状态量虽然发生动作, 但动作时刻超出合理时间窗时, 说明其动作逻辑与候选区段  $l_k$  具有一定一致性, 但时序可信度降低, 因此赋予较小可信度  $\alpha$ ,  $0 < \alpha < 1$ ; 当状态量出现拒动或误动时, 取  $r_i(l_k) = 0$ 。

定义期望动作矩阵  $A$  中第  $k$  列对应的期望动作集合定义为  $E_k = \{i | a_{ik} = 1\}$ , 于是, 候选区段  $l_k$  的状态量时序可信度可表达为

$$R_s(l_k) = \frac{1}{|E_k|} \sum_{i \in E_k} r_i(l_k)$$

### 3.3. 贝叶斯区段故障概率

由于状态量具有明显的不确定性, 实际上传信息中可能存在误动、拒动、漏报和时标偏差等问题, 若仅依据动作匹配数量进行区段判别, 容易造成诊断结果对单个异常状态量过于敏感。贝叶斯方法能够在已知先验信息的基础上, 根据实际观测证据对候选故障区段的可能性进行更新, 因此适合用于状态量侧的故障度计算[7]。

贝叶斯故障度的本质是计算在实际状态量动作集合  $O$  已知的条件下, 故障位于候选区段  $l_k$  的相对可能性。根据贝叶斯公式, 有

$$P(l_k | O) = \frac{P(O | l_k)P(l_k)}{\sum_{j=1}^n P(O | l_j)P(l_j)}$$

式中,  $P(l_k)$  为区段  $l_k$  的先验故障概率;  $P(O | l_k)$  为当故障位于区段  $l_k$  时, 观测到实际动作集合  $O$  的条件概率;  $P(l_k | O)$  为结合实际状态量信息后得到的后验概率, 本文将该后验概率作为候选区段  $l_k$  的贝叶斯故障度。

各区段先验概率相等, 由于实际系统难以获得完整的状态量误动、拒动和漏报概率, 本文采用状态

量时序可信度  $R_s(l_k)$  近似表征候选区段对应的似然函数  $P(O|l_k)$ ，据此可得到计及时序可信度的贝叶斯故障度

$$B(l_k) = \frac{R_s(l_k)}{\sum_{j=1}^n R_s(l_j)}$$

#### 4. 基于 D-S 证据理论的多源故障度融合

前文分别从电气量和开关量两个角度获得了候选区段的故障支持信息。其中，电气量支持度  $F(l_k)$  反映候选区段  $l_k$  与故障电气特征之间的一致程度；计及时序可信度的贝叶斯故障度  $B(l_k)$  反映实际开关量动作信息对候选区段  $l_k$  的概率化支持程度。由于电气量和开关量具有不同的信息来源和误差机理，单独依靠某一类信息可能受到测点配置、故障类型、通信延迟、误动或拒动等因素影响。因此，本文采用 D-S 证据理论对两类故障度进行融合，以提高故障区段判定的可靠性[8]。

设候选故障区段集合为识别框架  $\Theta = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ 。引入电气量证据可靠系数  $\alpha_e$  和状态量证据可靠系数  $\alpha_s$  构造基本概率分配函数(BPA)。其中， $\alpha_e$  表示电气量证据能够明确分配给具体区段的置信比例， $1-\alpha_e$  表示电气量证据保留的不确定质量； $\alpha_s$  表示开关量证据能够明确分配给具体区段的置信比例， $1-\alpha_s$  表示状态量证据保留的不确定质量。

根据电气量支持度  $F(l_k)$  和贝叶斯故障度  $B(l_k)$ ，两类证据的 BPA 可构造为

$$m_e(l_k) = \alpha_e \frac{F(l_k)}{\sum_{j=1}^n F(l_j)}, \quad m_e(\Theta) = 1 - \alpha_e$$

$$m_s(l_k) = \alpha_s \frac{B(l_k)}{\sum_{j=1}^n B(l_j)}, \quad m_s(\Theta) = 1 - \alpha_s$$

式中， $m_e(l_k)$  为电气量证据对候选区段  $l_k$  的 BPA， $m_s(l_k)$  为开关量证据对候选区段  $l_k$  的 BPA； $m_e(\Theta)$  和  $m_s(\Theta)$  分别为两类证据分配给识别框架  $\Theta$  的不确定质量。

在完成基本概率分配后，定义电气量证据与开关量证据之间的冲突系数为

$$K = \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n m_e(l_i) m_s(l_j)$$

当两类证据主要支持同一候选区段时， $K$  较小，反之  $K$  较大。当  $K$  接近 1 时，说明两类证据存在较强冲突，此时融合结果的稳定性降低。

根据 D-S 组合规则，融合后候选区段  $l_k$  的基本概率分配为

$$m_f(l_k) = \frac{m_e(l_k)m_s(l_k) + m_e(l_k)m_s(\Theta) + m_e(\Theta)m_s(l_k)}{1 - K}$$

融合后保留在识别框架上的不确定质量为

$$m_f(\Theta) = \frac{m_e(\Theta)m_s(\Theta)}{1 - K}$$

由上式得到的  $m_f(l_k)$  即为候选区段  $l_k$  的融合故障度，记  $F_f(l_k) = m_f(l_k)$ ，最终故障区段判定为

$$l^* = \arg \max_{l_k \in \Theta} F_f(l_k)$$

5. 算例验证

为验证本文所提配电网故障区段定位方法的有效性，在 PSCAD/EMTDC 中搭建辐射型配电网仿真模型，对仿真数据进行电气量特征提取、状态量贝叶斯诊断及多源信息融合分析。仿真系统采用单电源辐射型馈线结构，馈线由电源侧向负荷侧依次连接多个分段开关节点、分支节点和末端负荷节点。根据拓扑连接关系，将该馈线划分为 9 个候选故障区段，分别记为 L1~L9。网络拓扑如图 2 所示，其中红点表示现场配置三遥终端的分段开关节点，可采集三相电流及状态量信息；黑点表示未配置量测终端的分支节点或末端节点。

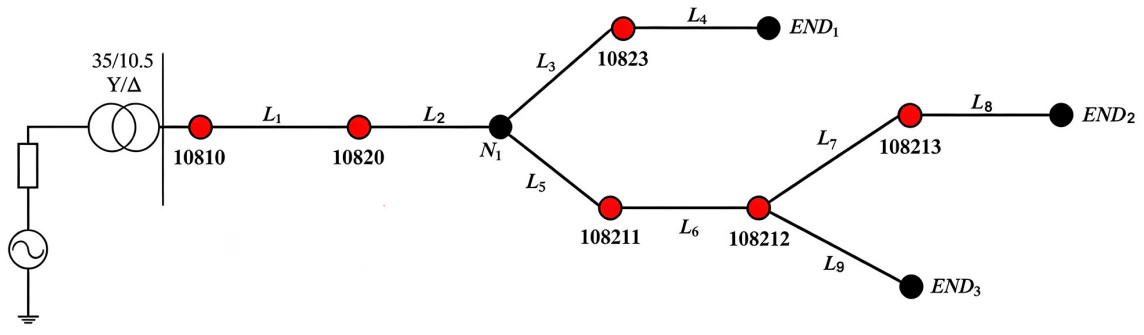


Figure 2. Radial distribution network structure  
图 2. 辐射型配电网结构

为对比不同状态量可靠性条件下的诊断性能，本文设置两类 SOE 场景进行仿真。第一类为 SOE 正常场景，所有状态量均按理论期望动作生成，用于验证所提方法在高可信度状态量条件下的基本定位能力。第二类为异常状态量场景，即引入拒动、误动、通信丢失和时间偏差等异常信息，用于模拟实际配电网自动化系统中状态量不完全可靠的情况。

5.1. 状态量无误时的故障区段定位结果

在状态量无误条件下分别对 L1~L9 各候选区段设置单相接地故障，并对每个故障位置执行完整的故障区段定位流程。该场景不设置拒动、误动、通信丢失及时标异常等干扰因素。

Table 1. Different fault section location results  
表 1. 不同故障区段定位结果

| 故障区段 | 电气量诊断结果及支持度                  | 开关量诊断结果及支持度        | 融合结果及支持度 |
|------|------------------------------|--------------------|----------|
| L1   | L1/0.598                     | L1/0.775           | L1/0.819 |
| L2   | L2/0.256; L3/0.256; L5/0.256 | L2/0.350           | L2/0.323 |
| L3   | L3/0.310; L2/0.310           | L3/0.325; L2/0.322 | L3/0.345 |
| L4   | L4/0.314                     | L4/0.839           | L4/0.683 |
| L5   | L5/0.345                     | L5/0.325, L2/0.322 | L5/0.381 |
| L6   | L6/0.350                     | L6/0.777           | L6/0.684 |
| L7   | L7/0.256                     | L7/0.505           | L7/0.430 |
| L8   | L7/0.256; L9/0.218           | L8/0.887           | L8/0.425 |
| L9   | L7/0.241; L9/0.228           | L7/0.452; L9/0.456 | L9/0.353 |

由表 1 可知, 当故障发生在不同候选区段时, 所提方法均能够将实际故障区段排在首位, 表明电气量诊断、状态量贝叶斯诊断和 D-S 证据融合的组合具有较好的区段定位准确性。对于主干线路或末端区段, 故障路径与非故障路径区分较为明确, 融合诊断结果通常具有较高的确定性; 对于 L2、L3、L5 等靠近 N1 分支点的区段, 由于分支节点未配置量测终端, 仅依靠电气量可能存在相邻区段故障度接近的情况, 但状态量信息能够提供开关动作逻辑约束, 从而进一步削弱非故障分支的支持度, 使融合诊断结果仍能正确指向实际故障区段。

## 5.2. 考虑状态量异常时的故障区段定位结果

由拓扑结构可知, N1 为未配置量测终端的分支节点, 其上游区段为 L2, 下游分别连接 L3 和 L5 两条分支。当故障发生在 L5 区段时, 电源侧测点能够反映故障方向变化, 但由于 N1 处缺少直接量测信息, 仅依靠电气量难以准确判断故障位于分支点上游区段 L2, 还是位于 N1 下游的 L3 或 L5 分支。因此, 该算例不仅能够检验零序首波方向和暂态能量判据对分支故障的识别能力, 也能够进一步验证状态量贝叶斯诊断和多源信息融合方法对分支点模糊区段的修正作用。

设置 L5 发生单相接地故障, 开关 10820 通信丢失, 开关 10823 发生误动作。其中, 10820 位于 L5 故障路径上, 其通信丢失会造成部分故障路径状态量缺失; 10823 位于 N1 的另一条非故障分支上, 其误动作会对 L3 分支产生虚假支持。因此, 该场景可用于检验所提方法在状态量缺失和非故障分支误动条件下的诊断鲁棒性。

零序电流首波方向判别结果见图 3, 电气量故障度见图 4, 电气量诊断计算结果见表 2。

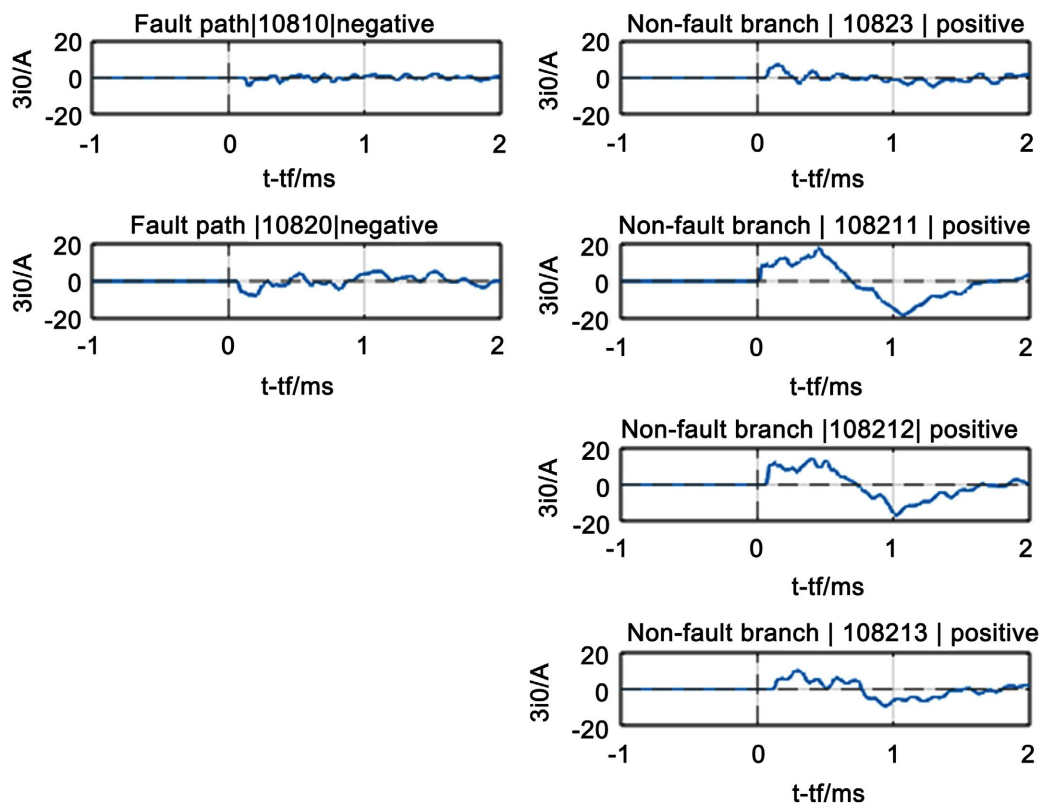


Figure 3. Results for zero-sequence-current first-wave direction

图 3. 零序电流首波方向判别结果

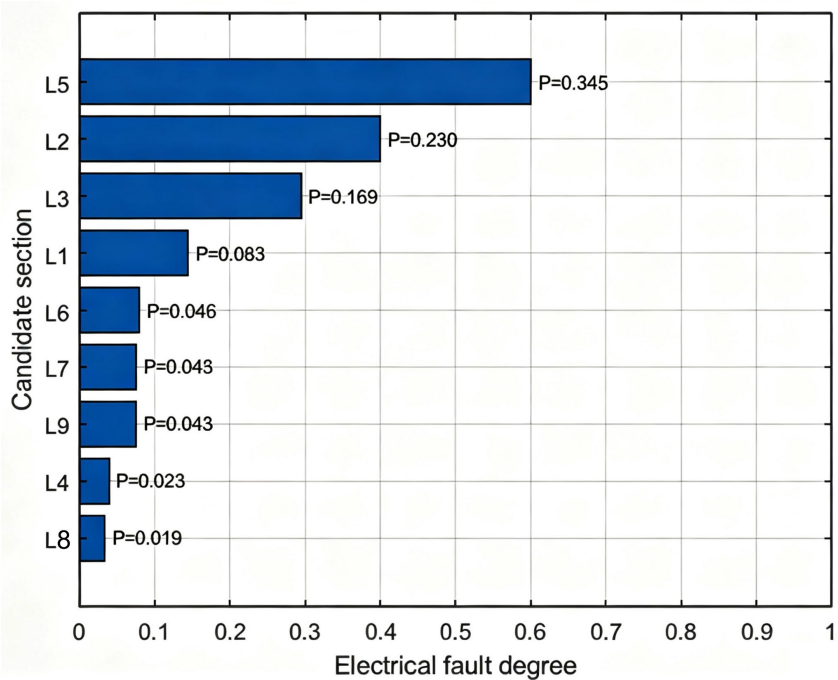


Figure 4. Electrical diagnosis results  
图 4. 电气量判别结果

Table 2. Calculation results of electrical diagnosis  
表 2. 电气量诊断计算结果

| 线路编号 | 路径方向一致度 | TEO 能量支持度 | 电气量故障度 |
|------|---------|-----------|--------|
| L5   | 0.90    | 0.67      | 0.345  |
| L2   | 0.90    | 0.67      | 0.230  |
| L3   | 0.90    | 0.33      | 0.169  |
| L1   | 0.45    | 0.32      | 0.083  |
| L6   | 0.12    | 0.67      | 0.046  |
| L7   | 0.12    | 0.62      | 0.043  |
| L9   | 0.12    | 0.62      | 0.043  |
| L4   | 0.12    | 0.32      | 0.023  |
| L8   | 0.12    | 0.27      | 0.019  |

由电气量诊断结果可知，故障发生后 10810 与 10820 的零序首波方向一致，而 108211、108212、10823 和 108213 的零序首波方向与参考测点相反，说明故障区域位于 10820 下游的 N1 分支附近。进一步结合故障初始暂态能量可知，108211 测点的 TEO 能量最大，表明故障暂态扰动主要集中在 M1-108211 所在支路。因此，电气量诊断将 L5 判定为最可能故障区段，同时 L2、L3 仍具有一定故障支持度。

贝叶斯故障度计算结果见图 5。在状态量诊断中，正常情况下，L5 故障应使电源侧至故障区段上游的相关保护启动、故障指示动作，然而 10820 通信丢失导致故障路径上的部分有效状态量无法被贝叶斯诊断模型利用，削弱了 L5 的状态量证据；同时，10823 误动作会使非故障分支 L3 获得一定虚假支持。

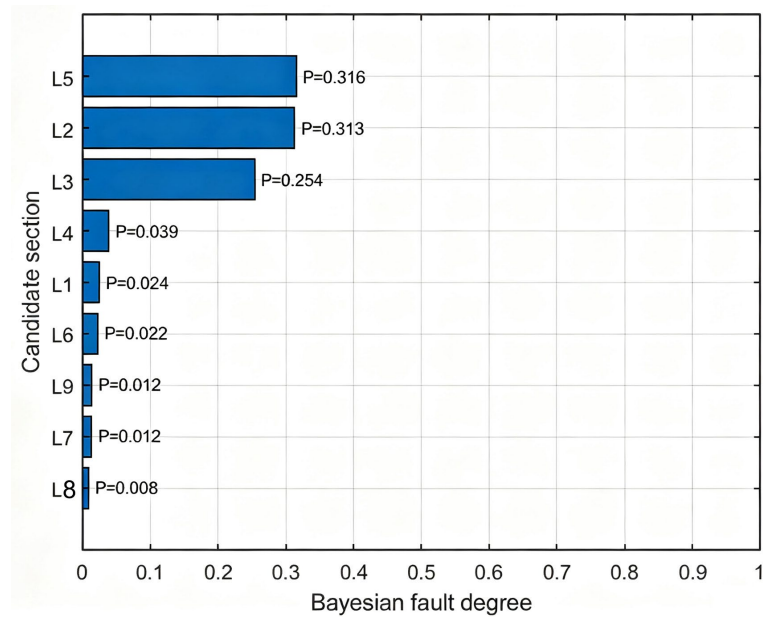


Figure 5. Bayesian fault degree  
图 5. 贝叶斯故障度

进一步将电气量诊断结果与状态量贝叶斯诊断结果进行 D-S 证据融合，融合结果如图 6 所示。融合结果表明，虽然异常状态量使 L2、L3 等分支相邻区段的故障概率有所上升，但 L5 在电气量和状态量两类证据中均保持较高支持度，经融合后仍为最终故障区段。该结果说明，在分支点无直接量测且 SOE 信息存在通信丢失、误动作等不确定因素时，单一信息源容易出现候选区段接近的情况，而多源信息融合能够综合电气量暂态特征与状态量动作逻辑，提高分支区域故障区段定位的可靠性。

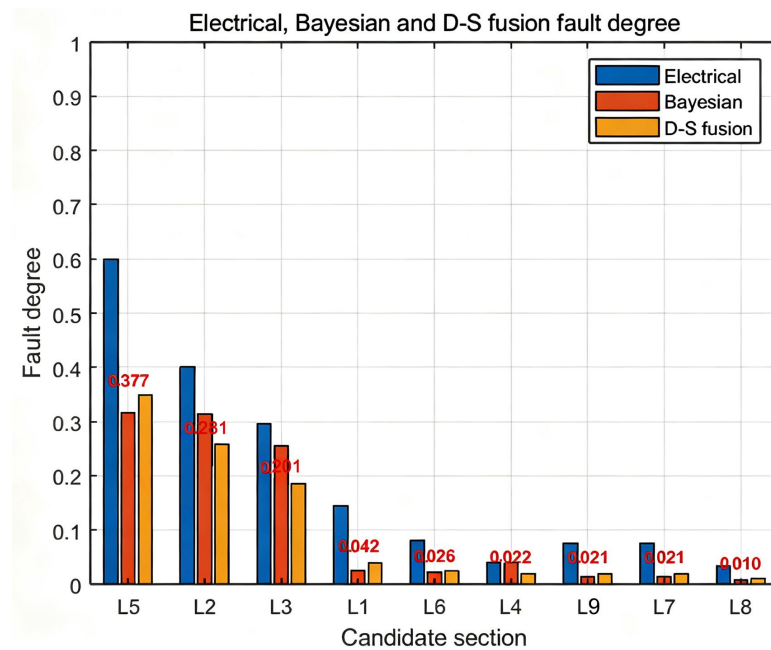


Figure 6. Diagnosis results of multi-source information fusion  
图 6. 多源信息融合诊断结果

## 6. 结论

本文提出一种融合电气量路径识别与状态量可信诊断的配电网故障区段定位方法。该方法针对不同故障类型选取过流特征或零序首波方向与 Teager 能量识别故障路径,并结合状态量时序可信度和贝叶斯方法计算区段故障概率,最终通过 D-S 证据理论实现信息融合。仿真结果表明,该方法能够有效定位不同区段故障,并在分支点量测不足以及通信丢失、误动作等情况下保持较好的定位可靠性。

## 基金项目

重庆市重庆科技大学研究生科技创新计划(YKJCX2520507)资助项目。

## 参考文献

- [1] 郑涛, 马龙, 李博文. 基于馈线终端装置信息畸变校正的有源配电网故障区段定位[J]. 电网技术, 2021, 45(10): 3926-3935.
- [2] 刘健, 张志华, 张小庆. 配电网故障处理若干问题探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(20): 1-6.
- [3] 练寅, 王荣, 刘安苙, 等. 一种基于主站多源信息的配网故障定位方法研究[J]. 电力大数据, 2020, 23(7): 79-85.
- [4] 段丹妮. 基于多源信息融合的配电网故障定位方法研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2020.
- [5] 姚源, 林顺富. 基于变分模态分解和改进型 Teager 能量算子的电缆故障行波定位方法[J]. 上海电力大学学报, 2025, 41(6): 542-550.
- [6] 王雪文, 石访, 张恒旭, 等. 基于暂态能量的小电流接地系统单相接地故障区段定位方法[J]. 电网技术, 2019, 43(3): 818-825.
- [7] 罗孝辉, 童晓阳. 计及可信度的变结构贝叶斯网络电网故障诊断[J]. 电网技术, 2015, 39(9): 2658-2664.
- [8] 游昊, 石恒初, 杨远航, 等. 基于改进 D-S 证据理论的电网故障多源信息智能融合诊断方法[J]. 广东电力, 2020, 33(11): 16-25.