

# 基于在线监测数据的电力电缆局部过热诊断方法研究

张嘉昊

(中海油能源发展装备技术有限公司, 天津 300450)

**摘要** 电力电缆作为电力系统中重要的输电设备, 其运行状态直接影响供电系统的安全与稳定。在长期运行过程中, 受负荷变化、接头接触电阻增大、绝缘老化以及外部环境条件等因素影响, 电缆局部区域可能出现温度异常升高现象。局部过热若未能及时识别与处理, 容易导致绝缘性能下降, 甚至引发电缆故障。随着电力设备状态监测技术的发展, 在线监测系统能够持续获取电缆运行温度、电流以及环境参数等多源数据, 为电缆运行状态分析提供数据基础。在此背景下, 本文围绕电力电缆在线监测数据特征, 对局部过热问题的识别方法进行分析, 通过提取关键监测参数并建立数据关联关系, 构建电缆局部过热诊断思路, 并结合运行数据对诊断过程进行说明, 以期为电力电缆运行维护与故障预警提供技术参考。

**关键词** 电力电缆; 在线监测; 局部过热; 故障诊断; 运行状态分析

中图分类号: TM247

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.14.009

## 0 引言

随着城市电网规模不断扩大以及电力负荷持续增长, 电力电缆在输配电系统中的应用范围逐渐增加。电缆线路通常处于地下或复杂环境中运行, 一旦发生故障, 检修与恢复过程相对复杂, 对供电系统稳定运行产生一定影响。局部过热是电力电缆运行过程中较为常见的异常状态, 其产生原因涉及导体负荷变化、接头接触电阻变化、绝缘材料老化以及外部散热条件变化等多个方面<sup>[1]</sup>。当局部区域温度持续升高时, 电缆绝缘性能可能逐渐下降, 进而影响设备运行安全。近年来, 在线监测技术在电力设备状态管理中的应用逐渐增多, 通过实时采集温度、电流及环境参数等运行数据, 为电缆运行状态评估提供连续信息基础。围绕监测数据开展运行状态分析, 逐步成为电力设备故障识别与预警的重要技术手段。

## 1 电力电缆局部过热问题的形成机理与监测需求

### 1.1 电力电缆局部过热现象及其主要影响因素

电力电缆在长期运行过程中需要承受持续电流负荷及环境条件变化, 当导体电流增大或散热条件受到限制时, 电缆内部温度会随之上升。在部分运行场景中, 电缆接头、终端或局部绝缘结构区域由于结构复杂或接触电阻变化, 容易形成温度集中的部位, 这些

区域一旦散热不均匀, 局部温度升高现象便会逐渐显现。局部过热的形成通常与多种因素共同作用有关, 如电缆长期处于高负荷运行状态, 导体电阻损耗增加; 电缆接头处接触压力变化或连接结构松动, 导致接触电阻增大; 绝缘材料在长期热应力和电应力作用下出现性能退化; 电缆敷设环境散热条件较差等。当这些因素叠加出现时, 局部区域温度变化往往较为明显, 若缺乏及时监测与识别, 容易在运行过程中逐渐发展为更为严重的设备故障。

### 1.2 在线监测技术在电缆运行状态评估中的应用需求

电力电缆多数处于地下或封闭通道中运行, 传统巡检方式难以持续掌握电缆运行状态。随着电网设备状态管理理念的发展, 通过在线监测技术获取运行数据逐渐成为电力设备维护的重要手段。在线监测系统能够对电缆温度、电流以及周围环境状态进行连续记录, 使设备运行状态能够以数据形式进行反映。运行数据的长期积累为分析电缆运行规律提供条件, 也为异常状态识别提供依据。当电缆局部区域出现温度变化趋势时, 监测系统能够在数据层面反映这种变化, 使运维人员能够较早发现潜在风险。围绕在线监测数据开展运行状态分析, 可以在设备故障形成之前识别异常变化, 从而为电缆维护与管理提供更加可靠的信息基础。

**作者简介:** 张嘉昊 (1997-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 电气工程及其自动化。

## 2 电力电缆在线监测数据来源及特征分析

### 2.1 电力电缆在线监测系统的组成结构

电力电缆在线监测系统通常由监测传感设备、数据采集单元、通信模块以及数据管理平台构成。传感设备负责对电缆运行状态进行实时感知,常见监测内容包括电缆表面温度、导体电流以及周围环境温度等参数。数据采集单元负责对传感设备获取的数据进行整理和初步处理,并通过通信模块将信息传输至后台管理平台。在数据管理平台中,系统能够对监测数据进行存储、统计以及运行趋势分析,使电缆运行状态以图形或数据形式呈现。通过多层结构协同运行,在线监测系统能够形成持续的数据记录机制,使电缆运行状态能够被长期跟踪和分析。

表1 电力电缆在线监测主要数据类型及特征

监测参数	数据来源	主要反映内容	对过热诊断的作用
电缆温度	分布式温度传感器、光纤测温装置	电缆表面或内部温度变化情况	直接反映局部区域温度异常
运行电流	电流互感器、在线电流监测装置	电缆负荷变化情况	判断温升是否由负荷变化引起
环境温度	环境温度传感器	电缆周围环境散热条件	分析环境因素对温度变化的影响
土壤或通道温度	地理传感器或通道监测装置	电缆敷设环境热交换条件	辅助判断散热能力变化

通过对上述监测数据进行综合分析,可以识别电缆运行过程中温度变化的规律。当某一监测点温度明显高于相邻区域,并且与电流变化趋势不完全一致时,往往意味着该区域可能存在局部过热现象。对多源监测数据进行对比分析,有助于提高异常识别的准确性,并为后续故障诊断提供数据依据。

### 2.3 在线监测数据在故障诊断中的应用基础

在线监测系统所获取的数据能够反映电缆运行状态的变化过程。当电缆处于稳定运行阶段时,各类监测参数通常呈现较为规律的变化趋势。一旦局部区域出现过热现象,温度数据往往会在短时间内表现出异常变化,并与电流或环境变化形成不同程度的偏离。通过对运行数据进行长期积累和趋势分析,可以识别电缆运行中的异常模式。监测数据不仅能够反映当前运行状态,还能够通过历史数据对比发现温度变化的持续性和发展趋势,从而为故障识别提供数据依据<sup>[3]</sup>。

## 3 基于在线监测数据的电缆局部过热诊断方法构建

### 3.1 电缆局部过热特征参数提取方法

在电缆局部过热诊断过程中,监测数据需要经过一定处理与分析,以提取能够反映设备运行状态的关键特征参数<sup>[4]</sup>。温度变化幅度、温度变化速率以及温度与电流之间的关联关系是常用的分析指标。通过对

### 2.2 温度、电流与环境参数监测数据特征

电力电缆在线监测数据通常具有连续性和周期性特点。温度数据能够反映电缆运行过程中热量变化情况,其变化趋势往往与电流负荷以及环境条件存在一定关联。当电流负荷增加时,导体损耗产生的热量会使电缆温度逐渐升高;在负荷下降或环境散热条件改善时,温度变化趋势会逐渐趋于稳定<sup>[2]</sup>。环境参数同样会对电缆温度产生影响,如土壤温度、通道通风条件以及外部气温变化等因素都会改变电缆散热状态。通过对温度、电流与环境参数数据进行综合观察,可以在一定程度上反映电缆运行状态变化情况。为便于对监测数据进行分类与分析,不同类型监测参数的主要特征可进行归纳整理,如表1所示。

温度数据进行时间序列分析,可以观察温度变化是否存在持续上升趋势;通过比较不同监测点之间的温度差异,可以识别局部区域是否存在明显温度偏高现象。电流数据与温度变化之间通常具有一定对应关系,当电流变化不明显而温度持续升高时,可能意味着局部区域散热条件发生变化或存在接触电阻增大情况。在电缆运行状态分析中,导体温升可通过温升计算关系进行表示:

$$\Delta T = T - T_0 \quad (1)$$

式(1)中: $\Delta T$ 为电缆运行温升, $T$ 为电缆运行状态下测得的温度值, $T_0$ 为电缆环境基准温度或初始温度。通过对温升值进行持续监测,可以反映电缆运行过程中温度变化幅度,当某一监测区域温升值长期高于正常运行范围并呈现持续上升趋势时,往往表明该区域可能存在局部过热风险。在进一步分析电缆温升形成机理时,还可结合电流与导体电阻产生的热效应建立温升关系式,其表达式为:

$$\Delta T = \frac{I^2 R}{K} \quad (2)$$

式(2)中: $I$ 为电缆运行电流, $R$ 为导体电阻, $K$ 为电缆散热系数。该关系式反映了电缆运行电流、导体电阻以及散热条件之间的相互关系,当电流增大或接触电阻升高时,导体产生的热量随之增加,电缆温度也会相应升高;当电缆周围环境散热条件较差时,

产生的热量难以及时散发,温升幅度会进一步扩大。通过对运行电流、温度数据以及环境参数进行综合分析,可以更加准确地识别电缆温升变化的来源。当某一区域温升值持续偏高并与电流变化规律不完全一致时,往往说明该区域可能存在局部接触电阻增大或散热条件恶化等情况,这些特征能够为电力电缆局部过热诊断提供重要依据。

### 3.2 基于数据关联分析的过热识别模型

电缆运行过程中产生的多种监测数据之间存在一定关联关系,通过对这些数据进行综合分析,可以提高局部过热识别的准确性。温度与电流数据之间的变化规律能够反映导体负荷与热量变化之间的联系,而环境参数则能够反映外部条件对温度变化的影响。在数据分析过程中,可以通过建立温度变化与电流负荷之间的关联关系模型,对电缆运行状态进行判断。当监测数据与正常运行模式之间出现明显偏差时,系统能够识别可能存在的局部过热风险。数据关联分析能够减少单一参数判断带来的误差,使过热识别过程更加稳定。

### 3.3 电缆局部过热诊断流程与判断机制

在实际运行管理中,电缆局部过热诊断通常需要按照一定流程进行。监测系统首先对电缆运行数据进行实时采集,并将数据传输至数据管理平台。平台系统通过对监测数据进行统计与趋势分析,识别温度变化是否存在异常情况。当监测数据出现持续升高趋势或温度偏差明显时,系统会对相关数据进行进一步分析,对电流变化及环境因素进行综合判断。通过对多种参数进行综合比对,可以对电缆运行状态形成初步判断。当数据变化趋势持续存在时,运维人员可结合现场运行情况开展进一步检查,从而确定局部过热问题的具体位置及原因。

## 4 电力电缆局部过热诊断方法的应用分析

### 4.1 在线监测数据条件下的过热诊断实施过程

在电力电缆运行管理过程中,在线监测系统能够持续获取设备运行数据,并将相关信息传输至监测平台。平台系统通过数据处理模块对温度、电流及环境参数进行统计分析,使运行状态变化能够以趋势曲线形式呈现<sup>[5]</sup>。当某一监测点温度变化出现异常时,系统能够通过数据对比分析判断异常程度,并对相关监测点进行重点关注。通过持续观察温度变化趋势,可以判断该异常变化是否具有持续性,从而为局部过热诊断提供依据。

### 4.2 典型运行场景下的诊断结果分析

在部分电缆线路运行过程中,当接头区域接触电阻出现变化时,监测数据通常会表现为局部温度逐渐

升高,而电流变化幅度相对较小。通过对历史运行数据进行比对,可以发现温度变化趋势与正常运行阶段存在明显差异。监测系统能够通过这种变化特征识别可能存在的局部过热现象,并将相关信息反馈至运行管理人员。通过对监测数据进行进一步分析,可以判断温度变化是否由负荷变化或环境因素引起,从而提高诊断结果的可靠性。

### 4.3 诊断方法在电缆运行管理中的应用价值

基于在线监测数据开展电缆局部过热诊断,有助于提高电力设备运行管理的科学性。通过对监测数据进行持续分析,可以在设备故障形成之前识别异常变化,使运维人员能够及时采取处理措施。诊断方法的应用使电缆运行状态能够以数据形式进行评价,减少依赖经验判断带来的不确定性。随着监测数据积累不断增加,运行管理系统能够逐步形成更加稳定的状态评估机制,从而提高电缆运行安全水平。

## 5 结束语

电力电缆运行状态直接关系到电力系统的安全与稳定,在电网规模不断扩大与负荷持续增长的背景下,对电缆运行状态进行动态监测和精准识别具有重要意义。依托在线监测技术所形成的连续运行数据,可以更加客观地反映电缆温度变化规律及运行特征,为识别局部过热风险提供可靠依据。通过对监测数据进行综合分析并建立温升变化与运行参数之间的关联关系,能够提升异常状态识别的准确性,使设备管理从被动检修逐渐向状态评估与风险预警转变。随着监测技术和数据分析方法的不断完善,电力电缆运行管理将逐步形成以数据支撑为核心的状态监测体系,在提高设备运行安全性、降低故障风险以及优化运维管理方面发挥更加积极的作用。

## 参考文献:

- [1] 高岭,胡琦,高雪婷,等.电力电缆诊断检测技术综述[J].电线电缆,2025,68(04):1-11.
- [2] 王晓康,丁雷,何嘉斌,等.基于深度学习融合证据理论的电缆接头故障检测方法研究[J].绝缘材料,2025,58(03):125-130.
- [3] 唐琳.基于深度学习的电子电路故障诊断方法研究[J].信息系统工程,2025(07):149-152.
- [4] 任杰,宋钰铭.电力电缆运行状态的在线监测与评估技术研究[J].中国高新科技,2024(14):112-114.
- [5] 周侣,崔昊杨.红外测温技术在电力设备故障诊断中的应用[J].上海电力学院学报,2016,32(06):543-546,569.