

基于人工智能的电力调度自动化系统异常检测方法研究

张 庆 黎家成 刘铁磊 申 涛

国网湖北省电力有限公司随州供电公司 湖北 随州 441300

摘 要：电力调度自动化系统是电网安全稳定运行的核心载体，传统异常检测方式存在识别精度低、适配性差等诸多短板，难以应对复杂动态的电网运行工况。本文结合电网稳态与暂态两类运行场景，依托多特征融合思路搭建智能检测体系，优化数据预处理与工况识别流程。相关技术模式可有效弥补传统检测缺陷，提升电网异常识别的精准度与时效性，为电力调度智能化运维提供技术支撑。

关键词：人工智能；电力调度；异常检测

引言：电网智能化建设推进过程中，调度自动化系统的运行复杂度持续提升，各类隐性、复合型运行异常频发。传统人工判别与固定阈值检测模式，无法适配电网动态运行的管控需求，容易出现故障漏判、误判等问题。智能技术的迭代升级为电网故障检测提供全新路径，适配多场景调度运行工况，能够有效提升电网运行安全管控的精细化水平。

1 电力调度异常检测研究概述

电网运行状态是否平稳可靠，直接决定电力生产与输送环节能否顺畅推进。调度自动化平台作为电网运行管控的重要依托，全程参与工况监视、资源统筹与状态管控等关键工作。近些年电网结构日益复杂，设备运行波动趋于频繁，运行阶段涌现的隐蔽故障与突发偏差，往往成因交错、类型繁杂，沿用已久的异常检测手段，已难以契合现阶段电网调度的运行标准与识别要求。调度系统运行中出现的各类偏差，一旦得不到及时辨识与处置，就会干扰电网调度工作的正常推进，进而危及电力输送与调配的稳定性。以往的异常判别，大多依赖固定参数标准和人工积累的经验，面对复杂运行环境中的细微故障与隐蔽问题，分辨能力明显不足，对系统运行中的动态变化偏差也难以实时捕捉，无论判别精度还是适用场景，都存在较为突出的短板。智能技术的持续演进，恰好为电网调度故障识别打开了新的思路。智能分析模型擅长特征提取与状态分辨，能够穿透运行数据表层的扰动，深入梳理系统运行状态之间的内在关联，把正常运行工况与异常故障状态清晰地区分开来，从容适配各类复杂的调度运行场景^[1]。这种从数据中自主提炼规律、动态逼近真实状态的能力，正是传统人工判断所欠缺的。将智能技术融入调度自动化系统的异常识别流

程，可以对传统检测方式的多处缺陷形成有效弥补，既提升故障判别的精准程度，也加快响应速度，为调度系统的长期稳定运行保驾护航，推动电网运行管控体系不断走向优化升级。

2 电力调度自动化系统与异常检测基础理论

2.1 电力调度自动化系统运行架构

现代电网智能化运维工作，依托分层式自动化调度架构实现全方位运行管控。整套架构依托模块化功能布局模式，实现电网运行状态的动态管控与整体把控。各功能模块拥有独立的工作职能，模块间的数据交互与业务协同，是电网调度各项工作平稳落地的核心保障。整套架构整体分为四大功能模块，分别负责现场信息采集、数据信号传输、后台运行管控与前端设备执行，各层级依次衔接，完成电网运行数据的整套处理流程。现场采集模块主要负责实时捕捉线路与设备的运行状态，为后续系统分析工作提供原始数据支撑。传输模块承担所有运行数据的稳定输送任务，保障现场工况信息完整、及时上传至后台管控平台。后台管控模块作为整套架构的核心枢纽，整合全部采集数据，完成电网运行状态的分析判定，并输出适配现场运行需求的调度指令。前端执行模块根据平台下发指令调整设备运行参数，修正系统运行状态。科学规整的分层架构赋予调度系统稳定的运行性能，满足电网常态化运维工作需求，也为各类运行异常的识别、研判与溯源工作搭建了扎实的结构支撑。

2.2 电力调度自动化系统异常类型划分

电网调度自动化体系在持续运行过程中会出现多种类型的非正常工况，这类工况的诱发诱因和外在表现各

不相同,对电网稳定运行造成的影响也存在区别。开展异常类型的梳理与归类工作,可以有效明确不同非正常工况的基本特征,为智能识别技术的研发和运用奠定扎实的理论依据,提升异常研判的实际效果。依托调度系统的实际运行特征,可将体系内的非正常工况主要划分为硬件设备工况异常、信息传输异常以及整体运行工况异常三类。硬件设备工况异常主要来源于电网终端设备的工作状态偏移,设备长期运行产生的性能衰减、外部工况波动都会造成设备工作状态偏离标准区间,阻碍调度作业的有序开展。信息传输异常产生于系统数据交互环节,信道不稳定、信号干扰等问题会扰乱信息传输秩序,阻碍调度指令的完整传输与落地执行。整体运行工况异常属于系统性运行偏差,体现为电网整体运行状态失衡,造成调度匹配失衡、各运行环节衔接不畅等问题^[2]。科学完整的异常分类体系,能够精准区分不同故障的产生来源与影响范围,为智能检测技术的优化完善提供清晰思路,切实提升电网运行管控的精细程度。

2.3 传统异常检测技术局限性分析

电力调度行业早期采用的异常筛查手段,主要依靠既定判别标准和人工从业经验完成工况甄别,整体运行机制较为僵化,难以适配现阶段电网复杂多变的运行场景。这类常规筛查手段的判别维度较为有限,只可以捕捉特征突出、波动幅度明显的显性故障,对于演变过程缓慢、特征表现不明显的隐性工况偏差难以有效捕捉。电网日常运行始终处于动态波动状态,各运行模块之间的关联交互更加紧密,传统阈值判定模式灵活性不足,无法适配工况持续变动的运行特点,极易产生故障漏判与误判问题。人工参与筛查工作会造成判别尺度不统一,作业节奏相对缓慢,难以跟上电网实时管控的运行节奏。传统检测模式智能化水平偏低,不能根据电网运行状态的变化完成认知更新,面对多因素耦合引发的复合型工况异常,很难实现精准有效的识别筛查。这类检测方式无法适配海量运行数据的分析需求,对复杂电网耦合工况的适配性较差。这些固有缺陷制约着电力调度安全管控水平的提升,也让传统检测模式难以适配电网智能化、复杂化的发展趋势,行业技术革新具备充足的推进空间。

2.4 人工智能异常检测技术基础

电力调度领域引入的智能检测技术,依托机器学习与自主特征挖掘的核心原理,完成电网运行工况的精细化分析与故障判定,适配当下复杂电网场景的故障识别需求。技术运行逻辑依托底层算法架构自主学习电网运行特征,深度挖掘各类运行行为之间的内在关联,摆脱

传统工况判别模式对固定标准和人工经验的高度依赖。这类技术体系可适配调度系统海量、高维度的运行数据流,能够在复杂工况环境下稳定完成特征筛选与状态辨识,有效适配现代电网动态运维的作业需求。算法模型持续学习调度系统正常运行状态下的各类特征规律,逐步建立完善的工况认知体系,精准区分正常运行状态与异常故障状态的差异。针对电网运行过程中出现的细微工况偏移、隐蔽性故障以及多因素耦合产生的复杂运行问题,智能检测技术可实现精细化甄别,弥补传统检测方式识别范围有限、判别精度不足的短板。算法架构具备自主迭代优化的能力,可根据电网运行结构、运行模式的更新持续适配调整,长期贴合调度系统的动态运行规律^[3]。智能技术与电力调度异常筛查工作的深度融合,能够持续提升工况故障识别的整体效能,推动电网调度运维体系向智能化方向转型升级。

3 基于人工智能的调度异常检测核心方法

3.1 调度运行数据预处理方法

电力调度自动化平台在日常运转中会生成大量运行信息,不同采集终端与传输链路产出的内容形式并不统一,原始信息普遍存在内容杂乱、冗余成分较多的问题。未经整理的原始内容直接接入智能分析体系,容易干扰模型对电网运行特征的捕捉效果,降低工况识别的可靠程度。数据整理工作作为智能异常分析的前置基础,能够对原始运行内容进行系统性梳理与优化,为后续特征分析工作创造良好条件。工作人员可通过针对性的清洗方式,剔除体系运行过程中产生的无效内容与干扰成分,统一各类运行信息的展示规范,降低采集环节不稳定因素带来的负面影响。经过清洗的内容会继续开展标准化梳理,整合差异化的信息维度,抹平不同采集设备造成的内容偏差,提升整体信息的规整水平。对于运行信息中出现的内容缺损问题,可依托适配的修补手段完善内容完整性。系统化的前置处理流程能够持续优化调度运行信息品质,规避无效内容对智能分析流程的干扰,为后续异常特征挖掘与工况判断工作筑牢基础,提升整套智能检测体系的运行可靠性。

3.2 稳态运行异常智能检测方法

电网处于稳态运行阶段时,整体工况维持相对平稳的运行态势,设备工作状态与系统运行模式基本保持稳定。这一阶段产生的运行偏差大多进展缓慢、外在表现不明显,常规检测手段很难及时捕捉这类隐性故障,容易造成故障隐患长期留存于系统内部。智能检测模式针对稳态运行场景的运行特点设计适配性判别逻辑,能够对平稳工况下的细微状态偏差进行有效甄别。相关技

术通过对电网稳态运行特征的深度学习, 积累系统正常工作状态的核心特征信息, 以此完成运行工况的动态比对。系统运行过程中出现的轻微性能衰减、工况小幅偏移等隐性问题, 都会被实时捕捉并完成状态判定, 有效弥补传统检测模式敏感度不足的问题。整套判别逻辑不再局限于固定数值范围的机械比对, 以运行特征的整体匹配程度作为判别依据, 更加贴合稳态工况小幅波动的真实运行状态^[4]。依托这类智能化检测模式开展稳态工况监测, 可以有效提升电网常态运维的精细程度, 维持调度系统长期稳定的运行状态。

3.3 暂态过程异常智能检测方法

电网工况在实际运行中始终存在动态切换行为, 短暂的运行状态过渡过程即为暂态过程。这类运行阶段持续时间极短, 工况参数会在短时间内发生剧烈变动, 和长期平稳的稳态工况形成鲜明差异。电网运行中的负荷调节、设备投切等常规操作, 都会催生暂态运行过程。该阶段产生的异常工况往往发作突然、演变迅速, 直接干扰电网短时运行的稳定性。传统检测手段运行机制较为被动, 无法跟上暂态工况的变化节奏, 难以精准捕捉瞬时状态偏差, 识别工作普遍存在滞后现象, 很难完成对暂态故障的有效防控。智能检测体系可以适配暂态工况高速变动的运行特点, 依靠动态特征捕捉机制持续跟踪工况变化细节, 对过渡阶段出现的非正常运行状态完成精准识别。通过深度梳理暂态工况的动态演变规律, 精准区分正常状态切换和故障性波动的特征区别, 减少识别偏差问题。全新的检测机制可以同步跟进电网瞬时工况变化, 快速完成异常状态的甄别反馈, 有效弥补传统检测模式的各类缺陷。智能化检测手段可以有效处理各类工况切换引发的暂态故障问题, 优化电网动态运维水平, 保障调度系统工况切换场景下的运行稳定性。

3.4 多特征融合异常识别方法

现代电网调度体系的故障工况具备多元耦合的形成特点, 依靠单一角度的状态特征开展分析, 很难完整还原故障产生的真实机理, 整体辨识能力无法适配复杂的现场运行场景。仅依托单项运行参数完成状态判断, 只

能掌握局部工况波动情况, 忽略电网各运行模块之间的内在联系, 对多因素叠加引发的复杂故障很难做到完整识别。多特征融合的研判模式能够打破传统单一分析维度的束缚, 将电网时序运行状态、设备工作参数以及工况波动特点等多项核心信息整合起来, 实现对调度运行状态的整体性分析。整套技术模式通过科学的特征筛选与整合机制, 清理无用的特征信息, 留存对故障辨识具备关键作用的核心内容, 构建覆盖面更广、逻辑性更强的状态识别体系。各类运行特征的深度融合运用, 能够更好挖掘复杂故障的演变特点, 理清不同运行参数和异常工况的内在联系, 改善传统检测模式识别精度不足的问题^[5]。全方位的状态研判模式可以更好地适配电网复杂运行环境, 提升故障辨识的完整性与可靠性, 让智能检测技术更好地服务于调度系统稳定运维工作, 实现电网故障识别体系的全方位优化。

结束语: 后续可结合电力调度复杂耦合工况特性, 优化现有智能检测算法, 完善多维度特征融合识别架构, 细化稳态与暂态场景的差异化检测逻辑。通过优化数据预处理机制, 降低工况干扰对识别结果的影响, 提升智能检测体系的适配能力与判别精度。持续推进智能检测技术落地应用, 完善智能化运维体系, 强化电力调度系统的运行安全保障水平。

参考文献

- [1] 李绍龙. 人工智能技术在电力调度自动化系统中的应用研究 [J]. 电气时代, 2026, (5): 114-118.
- [2] 张冬雪. 基于人工智能技术的电气工程自动化调度方法研究 [J]. 电气技术与经济, 2026, (6): 21-23.
- [3] 李明, 吴和雷, 江波, 等. 基于人工智能算法的电力调度数据异常检测系统设计 [J]. 中国新技术新产品, 2025, (18): 19-22.
- [4] 张楠, 林子顺, 潘家满. 基于人工智能算法的新能源电力系统自动化调度方法研究 [J]. 光源与照明, 2025, (9): 184-186.
- [5] 李明, 王文涛, 钟月婷, 等. 电力调度自动化二次系统运行异常诊断技术 [J]. 中国新技术新产品, 2026, (3): 35-37.