

团 体 标 准

T/CES 227—2023

电网调度知识图谱构建及故障处理框架

Power grid dispatch knowledge graph construction and
fault handling framework

2023-10-19 发布

2023-10-20 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 电网调度知识图谱构建技术框架.....	2
4.1 技术框架.....	2
4.2 数据采集和预处理.....	2
4.3 知识图谱建模和存储.....	2
4.4 知识推理和应用.....	3
4.5 可视化和交互.....	3
4.6 知识维护和更新.....	4
5 基于知识图谱的调度故障处理集成应用框架.....	4
5.1 应用框架.....	4
5.2 故障规范表示.....	5
5.3 故障知识提炼.....	5
5.4 故障分析研判.....	5
5.5 故障处置存档.....	5

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会能源智慧化工作组归口。

本文件起草单位：国网信息通信产业集团有限公司、福建亿榕信息技术有限公司、国网思极位置服务有限公司。

本文件主要起草人：李强、庄莉、王秋琳、宋立华、丘志强、郑耀松、伍臣周、梁懿、李炳森、邱镇、苏江文、李建华、李年勇、邢国用、张晓东、陈江海、吕志超、王燕蓉、张维、王婧、赵建伟。

本文件为首次发布。

电网调度知识图谱构建及故障处理框架

1 范围

本文件提供了电网调度知识图谱构建及故障处理的术语与定义、技术处理、集成应用等相关内容的框架指南。

本文件适用于国内电力企业构建电网调度知识图谱、基于知识图谱的调度故障处理集成应用，可作为电网调度知识图谱构建及故障处理的技术依据。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 33607—2017 智能电网调度控制系统总体框架

GB/T 42131—2022 人工智能 知识图谱技术框架

DL/T 516—2017 电力调度自动化运行管理规程

DL/T 1033.9—2006 电力行业词汇 第9部分：电网调度

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电网调度 power dispatching

电网调度是为了保证电网安全稳定运行、对外可靠供电、各类电力生产工作有序进行而采用的一种有效的管理手段。

3.2

知识图谱 knowledge graph

以结构化形式描述的知识元素及其联系的集合。

3.3

故障处理 fault handling

解决电网设备设备、部件或元件不能实现其正常功能的问题的方法和过程。

3.4

故障分析 fault analysis

基于已构建的设备知识图谱诊断设备的故障机理，故障模式及影响，故障发生概率和故障发展变化规律等。

3.5

知识图谱建模 knowledge graph modeling

构建知识图谱的本体及其形式化表达的活动。

3.6

知识推理 knowledge reasoning

基于已构建的知识图谱和算法，发现、获得隐含知识的过程。

3.7

关键断面 key section

关键断面是电力系统区域之间承担功率交互的域主线路集合，断开这种线路系统就会被划分为两个独立的子系统。

3.8

稳定裕度 stability margin

电力系统在扰动或故障发生时，能够保持稳定运行的能力。

4 电网调度知识图谱构建技术框架

4.1 技术框架

基于 GB/T 42131—2022 和 GB/T 33607—2017 的具体要求，提出电网调度知识图谱构建技术框架主要包括：数据采集和预处理、知识图谱建模和存储、知识推理和应用、可视化和交互、知识维护和更新 5 个活动环节，如图 1 所示。

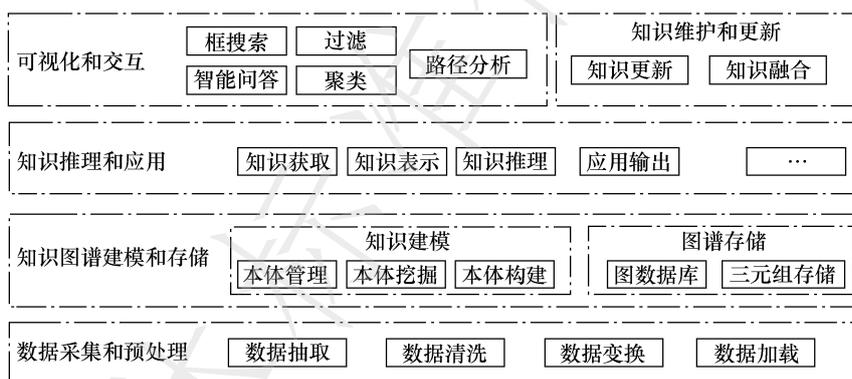


图 1 电网调度知识图谱构建技术框架

4.2 数据采集和预处理

数据采集和预处理技术要求应包括但不限于：

- 应设计数据采集和清洗流程，具备数据抽取、数据探索、数据清洗、数据变换和数据加载等数据处理环节；
- 应实施数据采集和清洗，包括但不限于定义关键数据指标，如数据准确性、完整性、一致性和时效性等，实施异常检测算法，识别数据异常、缺失或不一致的情况，建立自动化的数据监控系统，定期检查数据源和数据流程，确保数据按计划采集、传输和处理，实现对数据质量进行监控和改进；
- 应支持评估采集数据的可用性，包括但不限于需求和资源平衡度、领域复杂度、实际需求和投入产出比，要求数据准确性至少达到 99%，数据完整性要求至少达到 98%，数据一致性和时效性要求至少达到 97%；
- 应提供数据安全性保护，支持国密加密算法加密传输，针对分级数据需要按照阅读等级分组授权、敏感数据达到 100%脱敏。

4.3 知识图谱建模和存储

知识图谱建模和存储技术要求应包括但不限于：

- a) 应明确知识图谱的目标和范围，确定实体和关系类型，并对其进行分类和标注，确保定义清晰、无歧义。
- b) 应具有合适的建模工具和技术路线，综合考虑包括但不限于数据源、数据结构、查询需求、推理等因素，宜支持多人协作和版本控制的建模过程中。
- c) 应设计知识图谱数据格式，宜采用标准格式如 JSON-LD、RDF/XML、Turtle 等，以便在不同系统之间共享和交换数据。
 - 1) 宜使用 OWL 或 RDFS 等本体语言来定义实体的类型、属性和关系；为实体、属性和关系使用清晰、有意义的命名约定，通常使用小写字母、下划线或短横线等命名风格；
 - 2) 应为每个实体分配唯一的标识符，支持使用 URI 或 IRI 来表示标识符；
 - 3) 应明确指定每个属性的数据类型和值约束，确保数据的一致性和有效性；
 - 4) 应为实体、属性和关系提供描述性注释，辅助理解数据的含义和用途；
 - 5) 应创建实体类型的层次结构，实现继承和多态性；
 - 6) 应定义关系的类型，并确保这些关系能够清晰地表示实体之间的连接；
 - 7) 应实施数据版本控制机制，跟踪和管理知识图谱数据的演化；
 - 8) 应使用命名空间来组织实体和属性，避免命名冲突和混淆；
 - 9) 应实施数据质量控制策略，包括但不限于验证、清理、纠错数据，确保数据的准确性和一致性；
 - 10) 应维护知识图谱数据的元数据，包括但不限于数据源、创建日期、更新历史等信息；
 - 11) 应提供知识图谱数据的安全性和隐私支持，包括但不限于访问控制和敏感信息的保护。
- d) 应提供知识图谱存储，基于知识图谱数据格式的规范，包括但不限于定义图谱中的实体、属性和关系在该数据库中的存储结构，选择一种合适的数据库或存储引擎。
 - 1) 应使用常用的查询模式创建适当的索引；
 - 2) 应提供机制来导入、导出知识图谱数据，支持数据的初始化和备份；
 - 3) 应支持事务管理，提供确保数据库提供事务管理功能；
 - 4) 应采用合适的访问控制和认证机制，保护知识图谱数据的安全性；
 - 5) 应定期备份知识图谱数据，确保可以进行有效的数据恢复；
 - 6) 应设置监控和日志记录，实现及时检测和解决潜在问题。

4.4 知识推理和应用

知识推理和应用技术要求应包括但不限于：

- a) 应明确用户需求与应用场景，包括但不限于电力系统调度、故障诊断、在线安全分析等，基于知识推理和应用服务，梳理满足业务场景的客户需求；
- b) 应设计知识推理与应用流程，包括但不限于知识获取、知识表示、知识推理、应用输出等环节；
- c) 应实施场景应用与监控，定义性能指标包括但不限于准确率、召回率、F1 分数等，提供实时监控系統，对知识推理过程进行持续监控、检测异常行为、错误输出或推理偏差；
- d) 应评估模型与知识推理算法的性能，在电网调度数据同分布的测试集上，知识推理算法和模型要求准确率至少达到 98%，支持在单台 8 核 CPU、16G 内存的服务器上，要求性能至少达到 100 次/s，实现在实时或高吞吐量场景下进行快速的知识推理。

4.5 可视化和交互

可视化和交互技术要求包括但不限于：

- a) 应设计界面和交互功能，支持标准化的数据格式和协议，确保可视化和交互功能能够在不同系统和平台之间进行互操作，并采用标准化的搜索、过滤、聚类、路径分析等功能，能够扩展至

多个数据源和不同的数据格式；

- b) 应设计交互方式，包括但不限于可配置、拖放、语音动态交互操作等，允许用户根据需求对界面进行自定义设置。

4.6 知识维护和更新

知识维护更新技术要求包括但不限于：

- a) 应提供知识检测和修正流程，设计自动化工具或脚本，检测知识库中的错误和不足，可通过算法或规则，自动修正或补充知识库中的错和不足，并应明确各个步骤的责任人、专家接入的方式；
- b) 应实施知识维护和更新，包括但不限于制定详细的知识维护和更新流程文档、明确各个步骤的操作方法、开发自动化系统、设定监控机制、收集系统生成的报告和日志，知识更新频率应至少要求每周至少一次，更新内容的有效性要求至少达到 95%以上；
- c) 应考虑知识融合，包括但不限于实体链指、知识合并，并兼容现有电力调度标准（IEC 标准），以确保一致性和互操作性；
- d) 应具备专家接入能力，包括但不限于引入专家的知识 and 意见、专家审查自动化处理后的知识更新结果、专家引导外部知识输入等；
- e) 应具备监控和改进能力，包括但不限于定期监控知识更新的及时性和有效性，可根据系统生成的报告和专家的确认结果，对自动化流程进行改进和优化。

5 基于知识图谱的调度故障处理集成应用框架

5.1 应用框架

基于 GB/T 42131—2022、GB/T 33607—2017、DL/T 516—2017 和 DL/T 1033.9—2006 所述的知识图谱应用要求与电网调度故障处理领域业务特征，提出了基于知识图谱的电网故障处理应用流程，主要包括故障规范表示、故障知识提炼、故障分析研判、故障处置存档 4 个方面的应用过程，如图 2 所示。

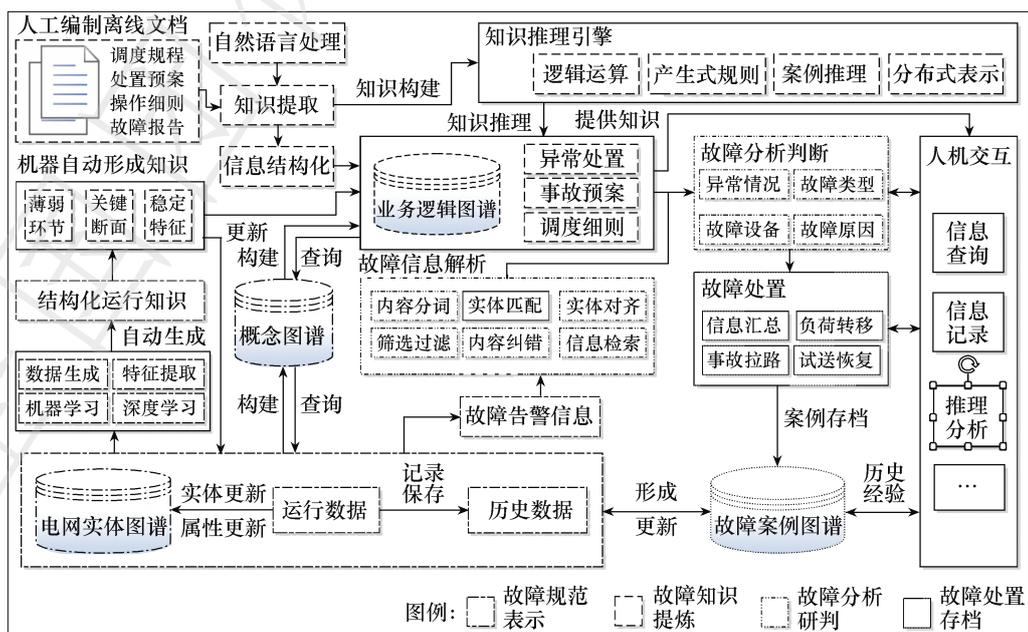


图 2 基于知识图谱的电网故障处理应用流程

5.2 故障规范表示

电网故障处理知识图谱规范应用要求应包括但不限于：

- a) 应构建电网设备实体图谱，具备将调度系统已有的关系型数据库采用某种具体的映射规则和技术方法转化为符合知识图谱表示的图数据库，实现电网设备实体图谱构建，宜选择合适的实时或非实时数据更新方式，对实体、关系和属性值进行更新；
- b) 应构建故障处理概念图谱，具备从设备实体图谱中识别并自动提炼故障处理的关键概念和关系，从而创建初步的故障处理概念图谱，支持人工校验的方式构建故障处理的概念图谱，形成领域本体，用于实现电网故障的抽象概念表达。

5.3 故障知识提炼

电网故障处理知识提炼应用要求应包括但不限于：

- a) 应具备将非结构化文本形式存储的调度规程、处置预案、操作细则、故障报告等内容，支持利用自然语言处理技术进行知识提取的能力，提供优先处理电网调度故障处理业务中的关键知识点能力，包括但不限于故障频繁发生的设备、易引发大面积影响的故障、涉及安全风险的操作等；
- b) 应具备可针对原则、经验等语义信息构建结构化知识网络能力，支持概念图谱中涉及的各类本体，从而形成业务逻辑图谱；
- c) 应提供结构化知识网络中提炼逻辑与规则能力，构建逻辑运算库与规则库，用于对故障进行推理分析；
- d) 应支持机器学习技术自动生成薄弱环节、关键断面、稳定裕度等结构化领域知识，进一步构建或更新实体或业务逻辑图谱。

5.4 故障分析研判

电网故障处理分析研判过程应用要求应包括但不限于：

- a) 宜当故障发生时，知识推理引擎应具备寻找、分析业务逻辑图谱中相匹配的知识路径能力，并向下级查询与故障密切相关的概念与设备实体。
- b) 支持通过故障信息解析、故障分析判断与故障处置模块，具备故障解析、分析与判断能力，其中故障解析应包括但不限于故障特征描述、故障发生影像等；故障分析应包括但不限于故障报告、传感器数据、日志文件等；故障判断应包括但不限于故障因果分析、故障影像评估、故障类型划分、处置方式建议等。
- c) 应基于电网调度故障处理需求，设计和采用数据驱动的故障影响分析模型、数据收集与整合、潜在影响程度等级划分、故障优先级及实时监测和反馈等方式，支持评估故障和缺陷对电网设备和运行的潜在影响程度。应考虑分析模型可支持的故障类型、设备重要性、区域范围、影响范围、电力系统结构、设备运行状态及发生概率等多个维度的因素，以确定故障或缺陷对电网运行的影响程度，从而帮助调度人员优先处理关键问题。

5.5 故障处置存档

电网故障处置存档应用要求应包括但不限于：

- a) 宜在处置过程中，为调度人员提供筛选后的电网故障信息，包括但不限于主要信息、隐含知识、操作原则与特殊要求等，对于关键环节的判断和操作，应进行人工确认，以确保机器决策的安全性。
- b) 宜在故障处置流程结束后，具备以自动化方式提取故障期间相关的结构化知识能力，结构化知识包括但不限于设备基本信息、故障描述信息、故障类型和分类、故障现象和影响、故障原因、

处置措施和结果、历史故障记录等，从而案例知识图谱，用于案例记录、查阅，并同步加入结构化知识网络供知识推理引擎学习。案例知识图谱应重点记录电网调度故障处理过程中涉及的关键判断依据、操作步骤和处理结果，以更新电网设备实体图谱，提升后续故障处理的理解与学习。

团 体 标 准

电网调度知识图谱构建及故障处理框架

T/CES 227—2023

2023 年 12 月第一版

*

北京西城区莲花池东路 102 号天莲大厦 10 层

邮政编码：100055

网址：<http://ces.org.cn/html/category/17060132-1.htm>

电话：010-63256990 63256997

版权专有 侵权必究