

电力应急数字化技术标准体系研究

冯杰 于振 严屹然 罗娜 关城

(国网智能电网研究院有限公司, 信息网络安全重点实验室)

摘要: 随着气候变化和经济社会发展, 电力系统遭受的自然灾害、外破事故等突发事件频发多发, 并呈现复杂化、极端化等特征。借助数字化技术提升电力应急技术智能化、精准化水平已成为技术发展趋势。本文构建了电力应急数字化技术框架, 并为发挥标准对技术发展的推动作用, 围绕电力应急业务、数字化技术以及标准化需求3个维度构建了电力应急数字化技术标准体系, 分析得到16项关键要素, 为电力应急数字化技术标准研制和标准之间协调提供理论依据。

关键词: 电力应急, 数字化技术, 标准体系, 霍尔模型

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2023.12.012

Research on the Standards System of Power Emergency Digital Technology

FENG Jie YU Zhen YAN Yi-ran LUO Na GUAN Cheng

(State Grid Smart Grid Institute Co., Ltd, State Grid Key Laboratory of Information & Network Security)

Abstract: With climate change and economic and social development, the power system is prone to frequent natural disasters, external accidents, and other unexpected events, which has characteristics such as complexity and extremism. The technological development trend is to utilize digital technology to enhance the intelligence and precision of power emergency technology. This paper constructs a digital technology framework for power emergency. By leveraging the driving role of standards in technological development, a digital technology standards system for power emergency has been constructed in three dimensions: power emergency business, digital technology, and standardization needs, and the system includes 16 key elements. The digital technology standards system for power emergency provides theoretical basis for the relevant standards development and the coordination between standards.

Keywords: power emergency, digital technology, standards system, Hall structure

0 引言

电力是重要基础产业, 电力安全事关国计民生和经济发展全局。同时, 我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一, 灾害种类多, 分布地域广、发生频率高, 严重威胁电力安全, 如: 2023年夏季京

津冀特大暴雨洪涝, 灾害对电力、通信、交通等城市生命线系统造成严重影响, 导致“断电、断网、断路”等影响时空耦合且链生传导, 严重制约了灾后恢复, 影响人民生产生活, 电力灾害事故呈现明显的耦合性、极端性、复杂性特征。

面对电力灾害事故的严峻形势, 需要先进的

作者简介: 冯杰, 硕士, 高级工程师, 研究方向为电力应急技术与标准化。

电力应急体系和技术的支撑,相关学者对电力应急体系及相关技术开展了研究:于振^[1]提出了电力应急管理基本理念以及应急体系建设要素;冯杰等^[2]提出了基于任务特征的应急预案体系重构思路,运用情景构建方法,开展了电网企业突发事件影响场景和处置任务分析;徐希源等^[3]基于案例推理以及模糊评价技术,研发了电力应急资源调配系统。现有电力应急技术还存在一些短板和弱项:电力突发事件监测预警技术精度、稳定性和智能化水平不足;极端环境下灾损感知精度不够;应急指挥决策智能化技术支持能力不足;应对复杂多变恶劣现场环境的高适应性、高可靠性电力应急通信缺乏;应急抢修仍以人海和常规工程机械为主,缺少智能化应急救援装备。因此,亟需数字化技术为电力应急技术赋能。

标准化对于技术发展和融合具有引领性和基础性作用,需要充分发挥技术标准的关键作用,推动电力应急数字化技术进步。因此,本文在系统分析了电力应急技术现状和数字化趋势的基础上,提出电力应急数字化技术框架,结合霍尔模型构建电力应急数字化技术标准体系,为电力应急数字化技术发展和相关标准研制提供理论依据。

1 电力应急数字化技术框架研究

1.1 电力应急技术存在不足

电力应急技术聚焦雨雪冰冻、台风、山火、高空坠落,大坝垮塌、电厂火灾、大面积停电等^[4-10]灾害事故场景,研究探索了覆冰监测装置、直流融冰装备、高空救援装置、防台抗台系统、山火预警系统、大坝安全监测系统、电厂智能消防系统、大面积停电推演系统等^[11-18]相关系统和装备,在抵御和应对灾害事故中发挥重要作用。但是,面对复杂化、极端化的电力灾害事故新形势,目前电力应急技术存在以下不足。

(1) 基础理论有待深化。电力灾害事故孕育-发生-发展-演化机理规律探索、预测理论、风险评估方法等应用基础研究不够系统。

(2) 先进技术应用不足。针对电力灾害事故新

形势、新特点的早期识别、系统预警、及时响应、精准防控能力不强,相关技术的数字化、智能化水平,应急处置精准性、科学性还可进一步提升。

(3) 智能化装备亟待研究。应对复杂多变恶劣电力灾害事故现场环境的高适应性、可自组网的应急通信装备缺乏,应急抢修装备仍以常规工程机械为主,智能化水平偏低。

1.2 应急技术发展趋势分析

针对自然灾害和事故灾难的智慧应急发展积累了很多典型案例,美国、欧洲、日本等发达国家和地区都在积极发展智慧应急,不断提高自然灾害和事故灾难的风险识别预警、信息共享、远程响应、协同救援、综合保障能力,成为全球灾害事故智慧应急发展的热点方向^[19, 20]。

将先进数字化技术综合运用在自然灾害和事故灾难的风险评估与预防、监测预测预警、应急处置与救援、综合保障等环节,通过数字化技术赋能,将应急的各个环节连通并集成,全面提升对各类灾害事故应急的智慧化、精准化水平,已成为电力应急技术发展前沿趋势。

先进数字化技术给电力应急技术发展带来了新的契机,主要技术趋势表现如下。

(1) 面向多场景维度的灾害模拟仿真技术。围绕电力突发事件全周期和应急体系全链条,探索成灾机理和评估模型,实现风险评估的定量化、标准化、系统化、综合化,研发基于“数据-计算-推理”融合的系统化风险评估技术,实现电力突发事件全景模拟和仿真。

(2) 面向多灾种耦合的灾损预测预警技术。加强电力多灾种耦合机理与损失定量预测技术研究,开展智能、高精度和高稳定性的监测预警技术研发,充分融合物联网、大数据和智能计算应用技术,提升监测预测预警信息化和智慧化响应能力。

(3) 面向多主体协同的应急救援技术。深度应用物联网、大数据、人工智能等技术,研发全息感知、智能研判、高效调配的电力应急辅助决策技术,高机动、可视化、便携式、云协作和全域覆盖的电力应急通信技术以及无人化、智能化的电力应急救援装备,增进协调有序化、救援自动化和指

挥智能化。

1.3 电力应急数字化技术内涵及框架

电力应急数字化技术的内容是：面向电力灾害事故监测预警、生产安全事故防控、设备设施安全保障、突发事件应急处置等全场景，围绕预防准备、监测预警、救援处置、恢复重建等全链条环境，推进“监管机构-电力企业-电力用户”多元主体应急协同，融合人工智能、物联网、大数据、卫星遥感、无人机感知等新兴技术，以先进数字化技术赋能电力应急，实现电力突发事件全面监测、及时预警、精准防控和高效处置。电力应急数字化技术框架如图1所示。

2 电力应急数字化技术标准化体系构建

2.1 霍尔三维结构模型简介

霍尔三维结构是一种系统工程方法论，是由美国系统工程专家A.D.霍尔于1969年提出的。“霍尔三维结构模型”将系统工程管理过程分为3个维

度、20个要素，充分考虑了系统工程涉及的工作阶段、步骤以及专业技术知识，其模型如图2所示。

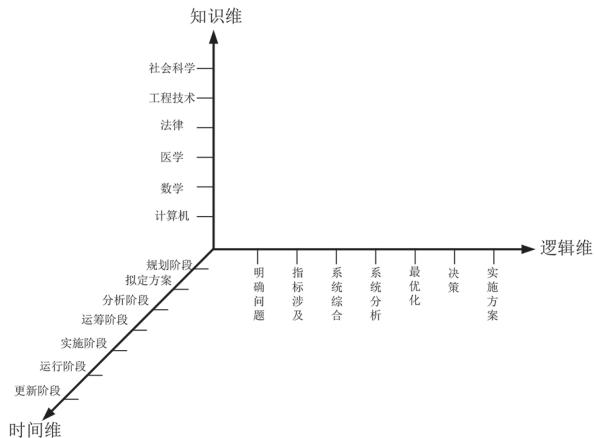


图2 霍尔三维结构模型

霍尔三维结构从时间维、逻辑维和知识维3个维度描述系统工程组成及关系结构。

(1) 时间维：在系统工程的时间进程，各项工作具有很强的关联性，各工作阶段在时间维度上先后有序且相互依赖。

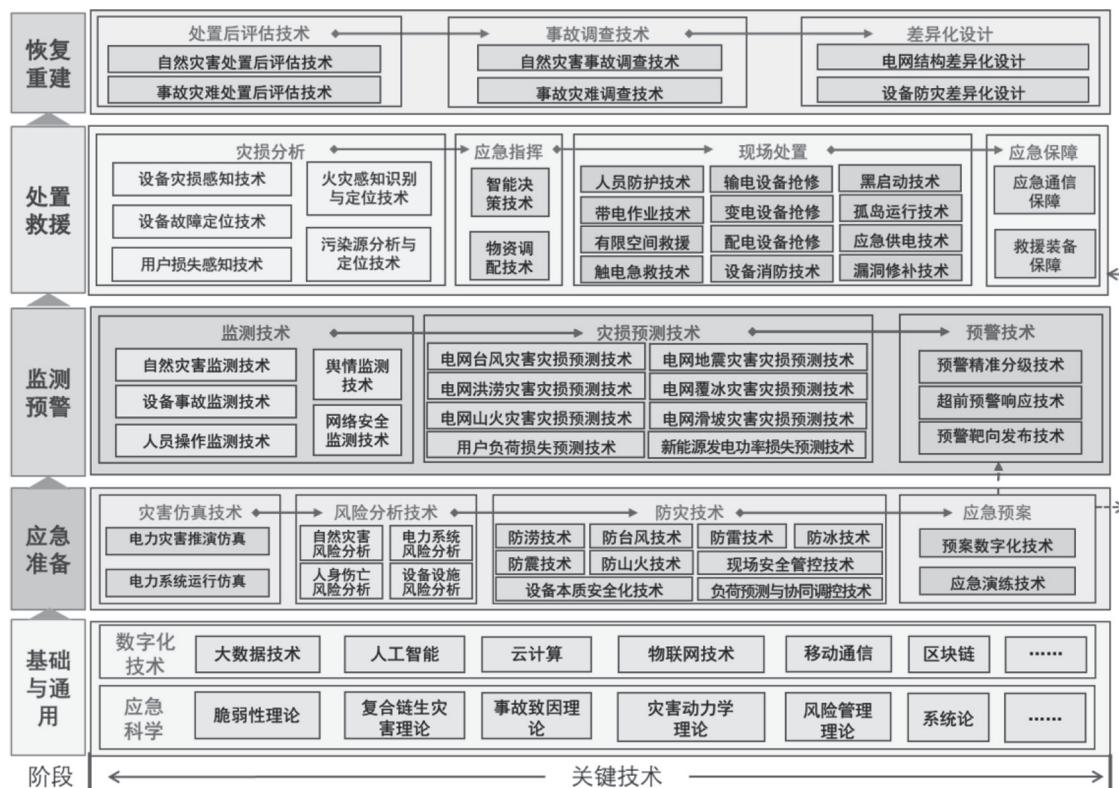


图1 电力应急数字化技术框架

(2) 逻辑维: 在系统工程的逻辑过程, 各决策环节相互依存与顺序展开, 共同形成了完整的决策过程结构。

(3) 知识维: 在系统工程的知识方面, 梳理了各类科学知识对系统工程的支撑作用。

2.2 电力应急数字化技术标准体系要素分析及模型构建

将电力应急数字化技术转化为标准需要考虑电力应急业务、数字化技术以及标准化需求等维度(如图3所示), 下面具体分析每个维度所包含的关键要素。

(1) 电力应急业务: 电力应急数字化技术标准体系的构建应围绕电力应急工作的实际业务需求。根据本文第1节的分析结果, 电力应急业务需求分为应急准备、监测预警、处置救援、恢复重建等方面。其中, 应急准备包括灾害仿真、风险分析、防灾技术、应急预案等方面; 监测预警包括监测技术、预测技术、预警技术等方面; 处置救援包括灾损勘察、应急指挥、现场处置、应急保障等方面; 恢复重建包括处置评估、事件调查、差异化设计等方面。

(2) 数字化技术: 电力应急数字化技术标准体系的构建应结合数字化技术优势, 包括但不限于大数据、云计算、物联网、人工智能、区块链等方面。其中, 大数据技术可以处理海量的电力应急数据资源, 挖掘数据价值, 找出应急工作规律; 云计算可利用电力企业的算力资源, 为海量的电力应急数字处理提供算力支撑; 物联网可以支撑各类电力设备、监测设备、感知装置等建立网络联系, 及时获知设备运行状态和灾害发展形势; 人工智能可以为灾害预测、应急指挥、应急处置、灾损分析等提供技术支持, 提升应急工作效率和准确性; 移动通信技术可以为应急指挥和现场处置提供通信保障, 实现应急信息互联互通; 区块链可以保障应急数据、应急指令等信息准确性。

(3) 标准化需求: 电力应急数字化技术标准体系的构建应满足实际工作对技术标准的需求, 集合电力应急业务需求和数字化技术特点, 标准化需求包括但不限于术语定义、数据管理、信息交互、安全防护、应用指南、验证测试等方面。其中, 术语定义主要明确电力应急业务与数字化技术结合后产生的术语定义, 如: 电力智慧应急预案、智能感知、智能处置评估等; 数据管理主要根据不同的业务需求, 规定数据的内容、质量、更新频次等要求; 信息交互主要是规范不同信息系统或设备装置之间的信息接口、协议要求等; 安全防护主要是根据不同的业务场景, 明确相关的网络安全、信息安全防护要求; 应用指南主要是规范各类电力应急数字化业务数字化系统的建设要求和技术指南; 验证测试主要是规定各类电力应急算法、系统及装置技术性能指标的验证方法和测试参数要求。

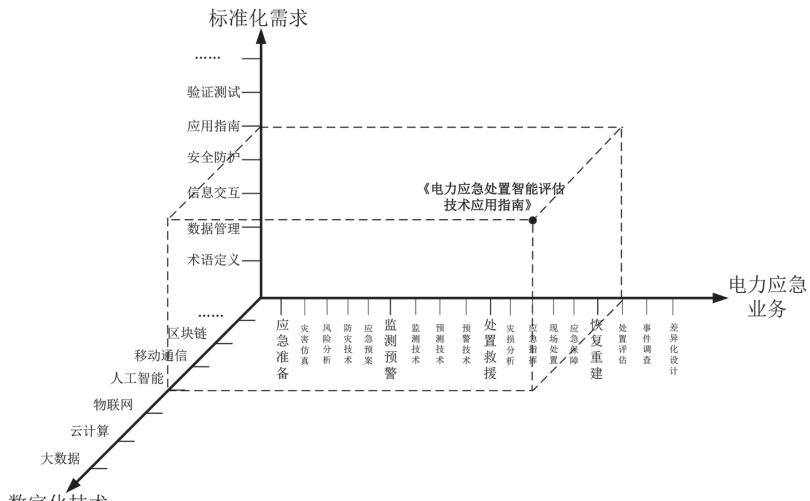


图3 电力应急数字化技术标准体系

电力应急数字化技术标准体系可以直观地获得技术标准的研制需求, 如: 综合电力应急处置评估、人工智能、应用指南3个要素, 可以获得研制《电力应急处置智能评估技术应用指南》的标准需求。同时, 通过该技术标准体系可以清晰掌握不同技术标准之间的关联关系, 为电力应急数字化技术标准有序研发和体系化建设提供支撑。

3 结 论

本文分析、梳理了面向电力应急业务需求的数字化技术体系,结合技术体系,围绕标准化需求,构建了电力应急数字化技术标准体系,为相关标准研制和电力应急标准化工作提供了理论指导,形成结论如下。

(1) 分析了电力应急技术在面对复杂化、极端化的电力灾害事故新形势,存在基础理论有待深化、先进技术应用不足以及智能化装备亟待研究等问题,通过分析国际先进技术研究趋势,得到将先进的数字化技术与应急业务需求相结合是应急技术发展趋势,并总结了技术需求特点,凝练了电力应急数字化技术内涵,构建了围绕预防准备、监测预警、救援处置、恢复重建等全业务场景的电力应急数字化技术框架。

(2) 基于霍尔三维结构模型,分析了电力应

急数字化技术标准体系构成要素,包括电力应急业务、数字化技术以及标准化需求等3个维度关键要素。其中,电力应急业务包含应急准备、监测预警、处置救援、恢复重建等要素;数字化技术包括大数据、云计算、物联网、人工智能、移动通信、区块链等要素;标准化需求包括术语定义、数据管理、信息交互、安全防护、应用指南、验证测试等要素,构建了电力应急数字化技术标准体系,并提出了技术标准体系应用实例,为电力应急数字化技术标准研制提供了理论支撑。

(3) 下一步将通过电力应急数字化技术标准体系的深入应用,不断优化体系构成要素及架构,并结合电力应急业务新场景、数字化技术发展新趋势以及对技术标准的新需求,进一步完善电力应急数字化技术标准体系。

参考文献

- [1] 于振. 电力企业应急体系研究与建设[J]. 标准科学, 2015 (S1):75–78.
- [2] 冯杰, 张鉴燮, 于振, 等. 基于任务特征的电网企业应急预案体系重构[J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(10):146–151.
- [3] 徐希源, 唐诗洋, 于振, 等. 电力应急资源优化调配技术及其在电力企业的应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(09):154–159.
- [4] 樊灵孟, 龚博, 高锡明, 等. 低温雨雪冰冻灾害监测预警技术与业务实践[J]. 中国减灾, 2022(23):30–33.
- [5] 焦嘉凝, 柳璐, 张天宇, 等. 台风灾害下多阶段协同的受端电网弹性提升策略[J]. 电力系统自动化, 2023, 47(12):9–18.
- [6] 杨淳岚, 宁鑫, 徐会凯, 等. 电网山火监测及风险预警技术研究综述[J]. 电网技术, 2023 (11) : 1–13.
- [7] 唐诗洋, 门永生, 于振. 高空作业防坠装置安装辅助机器人研究[J]. 供用电, 2019, 36(02):73–77+83.
- [8] 卢建华, 徐轶, 田金章. 水库大坝水下安全保障技术探讨[J]. 中国水利, 2023(16):35–40.
- [9] 王璐, 杨亚伟. 电厂火灾报警系统线型感温探测器设备选型研究[J]. 电线电缆, 2019(04):1–7.
- [10] 尹昌洁, 王啸宇, 王维, 等. 大面积停电事故防御方法研究综述[J]. 电力安全技术, 2022, 24(11):27–31.
- [11] 蔡光柱, 李军辉, 倪康婷, 等. 基于物联网技术的覆冰舞动综合监测装置设计[J]. 电力安全技术, 2023, 25(08):37–40.
- [12] 刘辉, 漆照, 贾然, 等. 输电线路和电气化铁路接触网交直流融冰技术研究进展[J]. 山东电力技术, 2022, 49(07):32–39+46.
- [13] 辛平野, 郭润凯, 孙登敏, 等. 一种杆塔高空悬挂救援装置研究及应用[J]. 中国应急救援, 2020(01):46–49.
- [14] 荣莉莉, 李群, 于振. 基于电网防台抗台系统的应急主题数据仓库分析与设计[J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(09):18–23.
- [15] 陆佳政, 吴传平, 杨莉, 等. 输电线路山火监测预警系统的研究及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(16):89–95.
- [16] 李秀文, 王建, 赵向波, 等. 大坝安全监测系统研究应用及智慧化提升[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(12):53–57.
- [17] 边福利, 杨建. 火力发电厂消防系统运行管理对策分析[J]. 武警学院学报, 2018, 34(06):65–67.
- [18] 李文广, 吴凯越, 单长顺, 等. 大面积停电事件应急预案桌面推演优化与实践[J]. 电力安全技术, 2021, 23(06):1–3.
- [19] 刘奕, 张宇栋, 张辉, 等. 面向2035年的灾害事故智慧应急科技发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(04):117–125.
- [20] U.S. Geological Survey. 美国国家现代地震监测系统(ANSS)——现状、发展机遇和战略规划(2017~2027)[J]. 邹立晔, 梁姗姗, 杜广宝, 等译. 世界地震译丛, 2018, 49(05): 397–423.