

现代电力输电系统中的智能化技术应用研究

康 杰

国网山西省电力公司忻州供电公司输电运检中心 山西忻州 034000

摘 要: 本文围绕现代电力输电系统智能化技术应用展开深入研究,系统剖析人工智能、物联网、大数据、云计算等关键智能化技术的原理、应用场景、优势、面临挑战及应对策略。通过引入大量实际案例与数据,详细阐述智能化技术在输电设备监测、电网调度控制、电力市场交易等环节的应用成效,揭示其对提升输电系统运行效率、增强安全性、优化资源配置及改善用户体验的重要作用。针对技术标准缺失、数据安全风险、人才短缺和投资成本高等问题,提出完善标准体系、强化数据安全防护、创新人才培养模式和优化投资策略等发展路径,旨在为电力输电系统智能化转型提供全面、深入的理论与实践指导,推动电力行业高质量发展。

关键词: 电力输电系统;智能化技术;人工智能;物联网;大数据;

引言

在全球能源结构加速向清洁化、低碳化转型的大背景下,电力作为核心能源形式,其需求呈现持续增长态势。人工智能、物联网、大数据、云计算等智能化技术的飞速发展,为电力输电系统的变革提供了新机遇。这些技术的深度融合与应用,能够实现输电系统的智能感知、精准决策和高效运行,成为推动电力行业向智能化、数字化转型升级的关键力量。研究现代电力输电系统中的智能化技术应用,对于提升输电系统运行效率、降低运营成本、增强电网安全性和可靠性具有重要意义。智能化技术有助于实现电力资源的优化配置,促进可再生能源的大规模消纳,推动能源结构的绿色转型。此外,还能为用户提供更加优质、便捷、个性化的电力服务,提升用户满意度,对保障国家能源安全和社会可持续发展具有深远的现实意义。

1 智能化技术在现代电力输电系统中的应用场景

1.1 输电设备智能监测与运维

1.1.1 输电线路监测

智能化技术实现了对输电线路的全方位、实时监测。除了传统的温度、弧垂、振动监测外,还引入了无人机巡检和卫星遥感技术。无人机搭载高清摄像头和红外热成像仪,可对输电线路进行快速巡检,及时发现导线断股、绝缘子破损、树障等隐患,并通过图像识别技术自动生成缺陷报告。卫星遥感技术则可对输电线路走廊进行大范围监测,提前发现地质灾害隐患,为线路防护和改造提供依据。

1.1.2 变电站设备运维

在变电站,智能化技术实现了设备的全生命周期管理。智能变压器通过内置传感器实时监测油温、油色谱、绕组温度等参数,并利用大数据分析和人工智能算法进行故障诊断和寿命预测。智能巡检机器人可在变电站内自主导航,对设备进行红外测温、表计读数、局部放电检测等巡检工作,将数据实时上传至监控系统,发现异常及时报警,提高了变电站运维的自动化和智能化水平。

1.2 电网智能调度与控制

智能电网调度系统集成了多源数据,包括实时量测数据、气象数据、负荷预测数据、发电计划数据等。通过大数据分析和人工智能算法,实现对电网运行状态的全面感知和精准预测。在新能源并网方面,系统能够准确预测风电、光伏的出力变化,合理安排常规电源和储能设备的发电计划,提高新能源消纳能力。例如,某地区电网通过智能调度系统,将新能源消纳比例从 30% 提高至 45%。

当电网发生故障时,智能调度系统可在毫秒级时间内完成故障诊断和定位,并自动生成控制策略,通过智能开关设备实现故障的快速隔离和非故障区域的恢复供电。某城市电网在采用智能调度系统后,故障平均恢复时间从原来的 30 分钟缩短至 10 分钟以内,显著提高了供电可靠性。

1.3 电力市场交易与用户服务智能化

在电力市场交易中,智能化技术推动了电力交易的市场化和透明化。电力交易平台利用大数据分析市场供需信

息、发电成本和用户用电需求，为交易双方提供精准的决策支持。用户可通过平台实时查看电力市场价格波动情况，根据实时电价调整用电计划，实现经济用电。发电企业则可根据市场需求和价格信号，合理安排发电计划，提高市场竞争力。

在用户服务方面，智能电表实现了电力消费的实时计量和远程采集。用户通过手机 APP 可实时查看用电量、电费余额、用电曲线等信息，并可进行在线缴费、用电报装等业务办理。电力企业利用大数据分析用户用电行为，为用户提供个性化的节能建议和定制化的电力服务套餐。例如，针对高耗能企业，提供能源管理解决方案，帮助企业降低能耗和用电成本；针对家庭用户，推荐智能家居用电管理方案，实现节能和便捷生活。

2 智能化技术的应用的优势

2.1 提高输电系统运行效率

智能化技术的应用显著提升了输电系统的运行效率。通过设备智能监测和故障预警，减少了设备故障导致的停电时间。据统计，采用智能化监测系统后，输电线路的故障平均修复时间从原来的 4 小时缩短至 1 小时以内，供电可靠性提高了 0.3 个百分点。精准的负荷预测和优化调度，使电力资源得到更合理地配置，降低了输电损耗。某省级电网通过智能化调度系统的应用，输电损耗率从原来的 4.5% 降低至 3.8%，每年可节约大量电能。

2.2 增强输电系统安全性

智能化技术实现了对输电设备运行状态的全面监测和分析，能够提前发现设备潜在的故障隐患。通过对设备运行数据的实时分析和趋势预测，可在故障发生前及时采取措施进行处理，避免故障扩大。在电网运行过程中，实时监测电网运行参数，对电网稳定性进行评估和预警。当出现频率波动、电压异常等不稳定因素时，智能控制系统能够迅速采取切机、切负荷等控制措施，保障电网安全稳定运行。

2.3 实现电力资源优化配置

智能化技术实时监测电力市场供需信息，通过电力交易平台实现发电企业和用户之间的高效交易，促进电力资源的优化配置。在新能源消纳方面，智能化技术能够准确预测新能源发电出力，合理安排储能设备和常规电源的配合，提高新能源在电力供应中的占比。某地区通过智能化调度和交易系统，将风电、光伏等新能源的消纳比例从原来的 25%

提高至 35%，减少了弃风弃光现象。

2.4 提升用户用电体验

智能化技术使电力消费更加透明、便捷，用户可实时了解用电情况，实现自主管理。电力企业根据用户用电数据提供个性化服务，增强用户满意度。据调查，使用智能电表和电力服务 APP 的用户，对电力服务的满意度提升了 20% 以上。此外，智能化技术还能够快速响应用户的用电需求和故障报修，提高了电力服务的响应速度和质量。

3 智能化技术应用面临的挑战

3.1 技术标准与规范不完善

智能化技术在电力输电系统中的应用缺乏统一的技术标准和规范。不同厂家生产的智能设备和系统在通信协议、数据格式、接口标准等方面存在差异，导致设备之间兼容性差，数据共享和系统集成困难。例如，在物联网设备通信协议方面，存在 ZigBee、LoRa、NB-IoT 等多种标准，各标准之间无法直接互联互通，增加了系统建设和运维成本，制约了智能化技术的推广应用。

3.2 数据安全与隐私保护风险

随着智能化技术的广泛应用，电力系统中采集和处理的数据量剧增，数据安全和隐私保护面临严峻挑战。电力数据涉及国家能源安全、企业商业机密和用户个人隐私，一旦泄露或被篡改，将造成严重后果。例如，黑客攻击电力系统的智能设备和数据平台，可能获取电网的运行参数和控制指令，导致电网运行故障；用户用电数据泄露可能侵犯用户隐私，引发用户信任危机。

3.3 专业人才短缺

智能化技术在电力输电系统中的应用需要既懂电力专业知识又熟悉智能化技术的复合型人才。当前，电力行业此类专业人才相对匮乏。高校相关专业的人才培养模式与实际需求存在差距，课程设置中电力专业知识和智能化技术知识相对独立，缺乏两者的融合课程，导致培养出的人才实践能力和创新能力不足。企业内部员工对新技术的掌握程度有限，难以满足智能化技术快速发展的需求。

3.4 投资成本较高

智能化技术应用需要大量资金投入，包括设备采购、系统建设、软件开发、人才培养等。智能传感器、智能电表、云计算平台等设备和系统的采购成本较高，对于部分中小型电力企业来说，难以承担大规模的智能化改造费用。此外，

智能化技术更新换代速度快,企业需要不断投入资金进行技术升级和设备更新,进一步增加了投资成本和运营压力。

4 发展策略

4.1 完善技术标准与规范

政府和行业协会应牵头组织电力企业、设备制造商、科研机构等相关单位,共同制定智能化技术在电力输电系统中应用的统一技术标准和规范。标准应涵盖设备接口、通信协议、数据格式、安全防护等方面。例如,制定统一的物联网设备通信协议标准,实现不同厂家设备之间的互联互通;规范电力数据的格式和接口标准,便于系统集成和数据共享。建立标准评估和更新机制,确保标准的时效性和实用性,促进智能化技术应用的规范化和标准化。

4.2 加强数据安全与隐私保护

电力企业应建立健全数据安全管理制度,采用先进的数据加密、访问控制、入侵检测等技术,加强对数据采集、传输、存储和处理全过程的安全防护。在数据采集环节,采用加密技术对采集的数据进行加密处理;在数据传输环节,采用安全可靠的通信协议,如 SSL/TLS 协议;在数据存储环节,采用分布式存储技术和数据备份策略,防止数据丢失。定期开展数据安全评估和演练,提高应对数据安全威胁的能力。同时,加强用户隐私保护,遵循最小必要原则采集和使用用户数据,对用户敏感信息进行严格加密处理。

4.3 加强专业人才培养

高校应优化相关专业课程设置,加强电力专业知识与智能化技术的融合。在课程体系中增加人工智能、物联网、大数据、云计算等智能化技术课程,并与电力专业课程进行有机结合,开设“电力系统智能化技术”“智能电网数据分析与应用”等综合性课程。加强实践教学环节,与电力企业合作建立实习实训基地,为学生提供实践机会,提高学生的实践能力和创新能力。

电力企业应加强与高校和科研机构的合作,建立产学研用相结合的人才培养模式。通过联合培养、委托培养等方式,为企业培养急需的复合型人才。企业内部应建立完善的培训体系,定期组织员工参加智能化技术培训,更新员工的知识结构。设立奖励机制,鼓励员工自主学习和创新,提高员工对新技术的应用能力。

4.4 合理控制投资成本

电力企业应制定科学的投资规划,根据实际需求分阶

段推进智能化建设。采用集中采购、框架协议采购等方式,与供应商建立长期稳定的合作关系,降低设备采购成本。在系统建设方面,采用模块化设计理念,避免过度设计和重复建设,根据实际需求逐步部署和升级系统功能。积极探索多元化的投资渠道,争取政府专项补贴和扶持资金,引入社会资本参与电力智能化建设。

在智能化系统运维方面,建立全生命周期成本管理理念。通过预测性维护技术,减少设备故障导致的维修成本和停机损失。利用大数据分析设备运行数据,提前预判设备故障,合理安排维护计划。采用远程运维和集中监控模式,减少现场运维人员数量,降低人力成本。

5 结束语

综上所述,随着 5G、量子计算、区块链等新兴技术的不断突破与融合,电力输电系统的智能化水平将迈向新的高度。技术标准将逐步统一,数据安全防护体系会更加完善,复合型人才队伍也将不断壮大,投资模式也会更加多元化。通过产学研用各方协同创新,持续攻克技术难题,优化发展策略,电力输电系统必将实现更高质量的智能化转型,为全球能源革命与社会经济的可持续发展注入强劲动力,开启智能电网新时代。

参考文献

- [1] 晁翠芳.电力系统继电保护输电线路故障检测技术研究[J].电气技术与经济,2025,(06):29-31.
- [2] 韩鹏宇.无人机技术在电力系统输电线路检测中的应用[J].信息记录材料,2025,26(04):108-110.DOI:10.16009/j.cnki.cn13-1295/tq.2025.04.054.
- [3] 薛涵拓,李曼.电力系统输电线路防雷保护技术分析[J].科技资讯,2025,23(02):94-96.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2407-5042-5914.
- [4] 吴布托,董秋军,邹昊凯,等.特高压直流输电系统大角度控制策略研究[J].山东电力高等专科学校学报,2024,27(06):12-15.
- [5] 邓东辉.电力系统中电子电工技术的应用分析[J].仪器仪表用户,2024,31(12):33-35.

作者简介:康杰(1984—),男,汉族,山西忻州市,本科,初级,研究方向:电力输电,电力高压线路方向