

电气工程中配电网自动化与智能化改造探讨

陆新

广西兆泰送变电工程集团有限公司, 广西 柳州 545000

摘要： 本文探讨了配电网自动化与智能化改造的必要性、关键技术、投资效益以及面临的挑战。文章指出, 传统的配电网存在诸多问题, 无法满足现代电力系统的发展需求。自动化与智能化改造是解决这些问题的有效途径, 可以提高供电可靠性、降低线损、促进新能源消纳, 并推动能源转型和经济社会可持续发展。文章重点分析了智能监测与故障诊断、网络重构与优化调度、新能源与储能接入以及信息通信与数据挖掘等关键技术, 并探讨了改造投资估算、效益分析以及面临的挑战和对策。

关键词： 配电网自动化; 配电网智能化; 电力系统改造; 新能源接入; 人工智能

Discussion on Automation and Intelligent Transformation of Distribution Network in Electrical Engineering

Lu Xin

Guangxi Zhaotai Power Transmission and Transformation Engineering Group Co., Ltd. Liuzhou, Guangxi 545000

Abstract: This paper explores the necessity, key technologies, investment benefits, and challenges of automation and intelligent transformation in distribution networks. The article points out that traditional distribution networks have many problems and cannot meet the development needs of modern power systems. Automation and intelligent transformation are effective ways to solve these problems, which can improve power supply reliability, reduce line losses, promote new energy consumption, and drive energy transformation and sustainable economic and social development. The article focuses on analyzing key technologies such as intelligent monitoring and fault diagnosis, network reconstruction and optimal scheduling, new energy and energy storage access, and information communication and data mining. It also discusses investment estimates, benefit analysis, and the challenges and countermeasures faced in the transformation process.

Keywords: distribution network automation; distribution network intelligence; power system transformation; new energy access; artificial intelligence

引言

随着我国经济的持续发展和能源需求的不断增长, 电力系统作为国民经济的重要支柱, 其稳定运行和供电质量对社会生产生活具有至关重要的影响。配电网作为电力系统的末端环节, 直接连接用户, 其运行状态和服务水平直接关系到电力供应的可靠性和经济性。近年来, 我国在电力系统中投入了大量资源进行配电网改造, 以提高供电质量和供电可靠性。

配电网自动化与智能化改造是当前电力系统发展的必然趋势。传统的配电网存在设备老化、线路损耗大、供电可靠性低、运行维护困难等问题, 已无法满足现代电力系统的发展需求。配电网自动化与智能化改造旨在通过应用先进的技术手段, 提高配电网的运行管理水平, 实现配电网的安全、高效、经济运行。

一、配电网现状分析

近年来, 国家电网公司和南方电网公司加大了对配电网的投资力度, 电网结构逐步优化, 装备水平不断提升, 供电可靠性显著提高。特别是在新能源、电动汽车、电力电子设备等新兴技术领域, 配电网的建设和改造取得了显著成效。尽管我国配电网建设取得了长足进步, 但仍然存在一些突出问题:

1. 配电网结构不合理, 部分地区的电网结构薄弱, 难以满足

日益增长的用电需求。

2. 配电网设备老化严重, 部分设备超期服役, 安全隐患较多。

3. 配电网的自动化水平较低, 手动操作环节较多, 导致运维效率低下。

4. 配电网对新能源的接入能力不足, 无法充分消纳分布式电源和电动汽车等新型负荷。

5. 配电网的信息化水平不高, 缺乏有效的数据分析和决策支持系统。

二、配电网改造的必要性

智能配电网采用传感技术、测量技术、通信技术、信息技术、计算机技术、网络技术、自动控制、人工智能技术，在智能电力系统的统一指挥下，以用户为中心，根据用户对用电的需求、用户用电需求的变化及其他各项指标，对配网上的电能进行智能化分配，从而确保长期、安全、高效、平稳供电；并彻底解决“用电低谷期出现大量电能浪费，用电高峰期出现严重电能短缺”这一难题^[1]。配电网的改造升级对于我国电力行业具有深远的影响。一方面，它确保了电力供应的稳定性，提升了供电品质，通过电网结构的优化，增强了供电的可靠性，满足了不断增长的用电需求。另一方面，这一改造是推进能源结构调整和新能源融入的关键步骤，改造后的电网更加适应新能源的接入，推动了清洁能源的广泛应用。同时，配电网的升级改造还扮演着提高电网运行效率、降低运维成本的角色。引入自动化和智能化技术，大幅提升了运维工作的效率，减轻了人力资源的压力。更为重要的是，这一改造是实现国家能源战略、推动经济社会可持续发展的关键行动，对于促进我国电力行业向高质量发展转型具有不可替代的作用。

三、配电网自动化与智能化改造关键技术分析

（一）智能监测与故障诊断技术

智能监测与故障诊断技术是配电网自动化与智能化改造中的关键组成部分，其主要职能在于实时监控配电网的运行状态，迅速识别并精确诊断潜在故障，为故障的快速处理提供强有力的技术支撑。该技术的核心内容涵盖以下几个层面：

传感器与监测设备的先进应用确保了对配电网运行参数的实时采集，包括电压、电流、温度、湿度等关键指标，保障了数据的准确性与实时性。这些数据为实时掌握配电网的运行状态提供了可能，同时也为故障诊断奠定了坚实的数据基础。人工智能算法的引入，使得采集到的数据得以高效处理和分析，从而实现对配电网运行状态的智能化评估^[2]。利用模式识别、聚类分析等技术，系统能够有效区分正常运行与异常状态，为故障的预警和诊断提供了科学依据。在故障发生时，故障诊断技术能够迅速进行定位和原因分析。通过构建精准的故障诊断模型，并结合历史与实时数据，系统能够准确判断故障类型、位置及原因，为运维团队提供针对性的故障处理建议。此外，智能监测与故障诊断技术还支持配电网的远程监控，大大降低了运维成本，提升了运维效率。通过建立统一的监控平台，实现对各级配电网的集中管理，使得调度人员能够及时了解全网运行状况，迅速应对各类故障事件^[3]。

（二）网络重构与优化调度技术

网络重构与优化调度技术在配电网自动化与智能化改造中占据核心地位，该技术通过集成高级监测系统与智能算法，实现对配电网结构的灵活调整和运行策略的优化。它充分考虑了配电网的实时负载情况、线路健康状况，以及供电服务质量，自动生成

网络重构方案，以优化电网运行效率，减少线路损耗，并提升供电可靠性^[4]。在优化调度方面，技术采用基于人工智能的决策支持系统，依据负荷预测、分布式能源的实时出力以及电网设备的工作状态，进行电网运行模式的动态调整，旨在满足用户电力需求的同时，实现能源的高效分配和电网运行成本的最优化。此外，网络重构与优化调度技术的实施，增强了配电网对突发事件和不确定因素的响应能力，提升了电网的弹性和自愈能力，为构建更加智能化、高效化的现代配电网体系提供了坚实的技术保障。

（三）新能源与储能接入技术

新能源与储能接入技术是配电网自动化与智能化改造的关键环节，该技术致力于解决可再生能源的随机性、波动性问题，以及电网与储能系统的无缝对接^[5]。通过集成先进的电力电子转换装置和智能控制策略，实现光伏、风能等新能源的稳定接入和高效利用，同时确保电网的稳定运行。技术核心在于开发多时间尺度下的能量管理系统，该系统能够根据新能源出力预测、负荷需求变化和电网调度指令，动态调整储能单元的充放电策略，优化电网的功率平衡。此外，新能源与储能接入技术还涉及电网侧和用户侧的互动，通过需求响应和虚拟电厂等技术，提升电网的灵活性和互动性。该技术的应用不仅促进了新能源的广泛消纳，降低了碳排放，而且通过储能系统的调峰填谷作用，提高了电网的运行效率，为构建清洁、高效、互动的智能配电网提供了重要支撑^[6]。

（四）信息通信与数据挖掘技术

信息通信与数据挖掘技术在配电网自动化与智能化改造中扮演着桥梁和纽带的作用，是实现配电网状态全面感知、信息高效传输和价值深度挖掘的关键。该技术通过构建高速、可靠的通信网络，确保了监测数据、控制命令和故障信息在配电网中的实时、准确传输。采用光纤通信、无线专网等先进通信技术，提升了通信系统的带宽和抗干扰能力，保障了电网调度和管理的实时性。同时，数据挖掘技术的应用，通过聚类分析、关联规则挖掘、机器学习等算法，对海量电网数据进行深度处理，揭示了配电网的运行规律和潜在风险，为电网的优化调度、故障预测和决策支持提供了数据支撑。信息通信与数据挖掘技术的融合，不仅增强了配电网的透明度和可控性，而且通过智能分析辅助决策，提高了配电网的智能化水平，为构建智能、高效、可靠的配电网提供了强有力的技术保障。

四、改造投资估算与效益分析

在电气工程领域，配电网自动化与智能化改造是提升电网性能、适应未来能源需求的关键行动^[7]。该改造项目的投资估算与效益分析需全面考虑其涉及的广泛领域和深远影响。项目包括设备采购、安装调试、技术研发、人员培训等多个环节，虽然投资规模较大，但与之相伴随的是改造带来的显著效益。

在投资估算方面，自动化与智能化改造涉及高端设备的应用，如智能化监控设备、自动化控制装置、通信网络设施等，以及相应的工程施工和土建改造费用。为确保技术的先进性和适应性，还需投入技术研发与咨询服务费。改造后系统的运维成本，

包括日常维护、软件升级等，也是投资的一部分^[8]。总体而言，这些投资构成了项目的总成本，通常在数千万元至数亿元之间。

效益分析显示，配电网自动化与智能化改造带来的效益广泛。改造提升了供电可靠性，通过自动化监控和智能调度，减少了故障处理时间和停电频率，确保了电力供应的稳定性。同时，电网运营效率的提高使得能源分配和利用更加高效，有效降低了线损，实现了能源节约。此外，改造促进了新能源的接入，减少了对传统化石能源的依赖，推动了绿色可持续发展。

从经济效益角度来看，尽管初期投资较高，但长期来看，改造项目能够降低运营成本、提升供电质量，并增强市场竞争力，为电力企业带来持续的经济收益。在社会效益方面，优质的电力服务提升了用户满意度，为地方经济发展提供了坚强的能源支撑，促进了社会和谐与稳定^[9]。

五、配电网自动化与智能化改造面临的问题与挑战

（一）技术难题

配电网自动化与智能化改造涉及众多技术难题，包括硬件设备的集成、软件系统的兼容性，以及新技术的应用与创新。例如，如何实现智能监测设备与现有系统的无缝对接，如何确保通信网络的稳定性和安全性，以及如何处理大数据分析中的实时性和准确性等问题。

（二）管理与政策支持

在管理和政策支持方面，配电网自动化与智能化改造需要政府和企业共同合作，制定和实施有效的管理策略和政策。这包括制定合理的管理流程，确保项目的顺利进行；提供资金支持和税收优惠，鼓励企业进行技术改造；以及建立相应的监管机制，确保改造工程的质量和进度。

（三）人才培养与队伍建设

在人才培养与队伍建设方面，配电网自动化与智能化改造需要培养和吸引具备相关技术和知识的人才。这包括提供培训和继续教育机会，提高现有员工的技能和知识水平；引进高层次人才，增强技术团队的创新能力；以及建立有效的激励机制，留住关键人才。

六、对策与建议

（一）技术创新与发展

为应对配电网自动化与智能化改造的技术挑战，核心对策是推动技术创新与发展。重点应放在研发高效稳定的智能化设备，以及提升监控、故障处理和自愈技术水平^[10]。建议增加研发资金投入，深化大数据、人工智能等先进技术在电网中的应用，以实现电网运行的高效管理。此外，必须加强产学研合作，促进技术创新与实际应用的紧密结合，加快科技成果的转化速度。通过这些措施，不仅能够确保改造技术的先进性，还能持续提升配电网的自动化与智能化水平，为电力系统的可靠运行和未来发展奠定坚实基础。

（二）管理优化与提升

为确保配电网自动化与智能化改造的高效实施，管理优化与提升至关重要。

1. 需优化管理流程，简化行政手续，提升工作效率，降低运营成本。

2. 建立并实施有效的激励机制，以激发员工的工作热情和创新能力，增强团队凝聚力和执行力。

3. 加强项目风险管理，通过风险评估和预警机制，确保改造项目的平稳推进，降低潜在风险对项目的影响。这些管理层面的改进将有力支撑配电网自动化与智能化改造的顺利进行，保障改造目标的实现。

（三）政策支持与引导

政府应积极推出一系列优惠措施，加大对改造项目的资金支持力度，激发社会资本参与热情，推动项目尽快实施。同时，需健全法规体系，制定具体标准，为改造工程提供清晰指引，保障改造过程规范、高效进行。此举将有力推动城市更新，提升居民生活品质。

七、结束语

配电网自动化与智能化改造是推动电力系统发展的重要举措，也是实现能源转型和促进经济社会可持续发展的必然要求。虽然面临着技术难题、管理挑战和政策支持等问题，但通过技术创新、管理优化和政策引导，我们可以克服这些困难，推动配电网自动化与智能化改造的顺利进行。未来，随着技术的不断进步和应用，配电网将变得更加智能化、高效化和可靠化，为用户提供更加优质的电力服务，为经济社会可持续发展提供强有力的能源保障。

参考文献

- [1] 张黎. 配网自动化及智能化相关问题分析[J]. 智能城市, 2020,6(22):73-74. DOI:10.19301/j.cnki.zncs.2020.22.032.
- [2] 梁社潮, 陈钢, 王坤明. 基于“互联网+”的配电网的智能改造与发展[C]//中国电力企业管理创新实践(2021年). 广东电网有限责任公司江门供电局;2023:4. DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.005485.
- [3] 钱添. 配电网自动化技术在配电网中的应用研究[J]. 产业创新研究, 2022,(20):91-93.
- [4] 陆凡. 10kV配电网的自动化系统优化策略[J]. 集成电路应用, 2022,39(08):192-193. DOI:10.19339/j.issn.1674-2583.2022.08.083.
- [5] 倪佳俊, 周磊. 智能化技术在配电网中的应用[J]. 电子技术, 2022,51(06):292-293.
- [6] 顾伟国. 电力系统配电网自动化技术的应用分析[J]. 冶金管理, 2021,(23):35-36.
- [7] 李立佳. 分布式能源发展与配电网投资效益关联模型研究[D]. 华北电力大学(北京),2023. DOI:10.27140/d.cnki.ghbbu.2023.000940.
- [8] 陈伟华, 郑楚韬, 陈娟, 等. 基于“互联网+”的智能配电网运维管理和智能化改造[C]//中国电力企业管理创新实践(2021年). 广东电网有限责任公司佛山南海供电局;2023:3. DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.005484.
- [9] 沈联哲. 智能化技术在配电网系统中的应用[J]. 集成电路应用, 2023,40(10):136-137. DOI:10.19339/j.issn.1674-2583.2023.10.057.
- [10] 周磊, 倪佳俊. 智能化配电网的运行管理优化分析[J]. 电子技术, 2022,51(06):288-289.