

# Research on the advantages and applications of automation in power transmission, distribution, and electricity utilization engineering

Gaoqi Zhang

Zhejiang Postal and Telecommunications Engineering Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

## Abstract

In the context of global energy structure transformation and the promotion of dual carbon goals, traditional power systems face challenges such as low supply reliability, high energy loss, and insufficient control efficiency. Transmission, distribution, and electricity engineering automation, as core technologies for building smart grids, achieve intelligent upgrades of power systems through the introduction of information technology and automation control technology. This paper deeply explores its technical advantages, including enhancing power supply reliability, reducing energy consumption, and optimizing resource allocation, while analyzing specific applications in scenarios such as distribution network automation, smart meter applications, and demand-side management. At the same time, optimization strategies are proposed for existing issues such as technical bottlenecks and data security. The research shows that transmission, distribution, and electricity engineering automation is a key pathway to promote high-quality development in the electric power industry and has significant implications for ensuring energy security and promoting green transformation.

## Keywords

Power transmission and distribution automation; electricity engineering; energy management; automation technology.

## 输配电及用电工程自动化的优势及应用研究

张高其

浙江省邮电工程建设有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

## 摘要

在全球能源结构转型与“双碳”目标推进的背景下,传统电力系统面临供电可靠性低、能源损耗大、调控效率不足等问题。输配电及用电工程自动化作为智能电网建设的核心技术,通过引入信息技术、自动化控制技术实现电力系统的智能化升级。本文深入探讨其技术优势,包括提升供电可靠性、降低能耗、优化资源配置等,并结合配电网自动化、智能电表应用、用电需求侧管理等场景分析其具体应用。同时,针对当前存在的技术瓶颈、数据安全等问题提出优化策略。研究表明,输配电及用电工程自动化是推动电力行业高质量发展的关键路径,对保障能源安全与促进绿色转型具有重要意义。

## 关键词

输配电自动化; 用电工程; 能源管理; 自动化技术

## 1 引言

随着我国经济社会的飞速发展,对电力需求日益增长,传统电力系统的安全性、稳定性和经济性等弊端日益暴露。据国家能源局透露,近年来我国每年因电力系统发生故障而造成的平均停电损失高达千亿元以上,传统的人工运维管理模式已无法满足当今社会对电力“安全、高效、清洁”的新需求。输配电及用电工程的自动化是计算机技术、通信技术、自动控制技术的综合应用,能提供从电力系统发电、输配电到用电的全过程智能管控,是解决输配电及用电工程中存

在问题的关键因素。

## 2 输配电及用电工程自动化的技术优势

### 2.1 提升供电可靠性

传统电力系统的人力巡视和线路故障排查受距离、时间、人力成本的约束,无法对电力线路和电器设备进行实时的、全面的监测,故障处理往往不够及时,且存在大量监测盲区。而自动化技术的应用彻底改变了这一局面。通过在电力网络中部署智能监测终端,如馈线终端单元(FTU)和配电终端单元(DTU),结合电力系统故障定位系统,实现电力线路和设备的大范围实时监测。这些智能监测终端可以同时采集线路的电流、电压、温度等运行参数高频次数据,

【作者简介】张高其(1982-),男,中国浙江杭州人,本科,高级工程师,从事输配电工程,新能源研究。

并实时反馈给控制系统，当线路中出现故障时，系统在预设的时间范围内，通过特定的算法和逻辑关联，能够在毫秒级内“精准”地找出故障点，同时自动化开关设备在系统的控制下，可以迅速地自动隔离故障设备，防止损失扩大化，对电力系统以外无关区域供电不会受到影响，提高了供电的可靠性和稳定性<sup>[1]</sup>。

## 2.2 降低能源损耗

在输配电过程中，线损是导致电力系统能源利用效率低下的关键因素。自动化技术通过多种手段协同作用，有效降低能源损耗。一方面，无功补偿设备可以及时准确地得出系统的无功功率需求，合理调整无功补偿量，提升系统的功率因数，降低因线路传输无功功率导致的损耗；智能变压器可以根据电力需求自动调节其分头，调整输出电压，从而降低损耗。另一方面，大数据分析可以对用户的用电习惯和用电需求进行分析，确定用户的用电负荷；然后根据负荷预测结果，合理调整电力生产和输电计划，避免电力系统设备长期空闲运转，从而减少损耗。通过一系列自动化技术的应用，可以有效提高电力系统中的能源利用率，降低损耗。

## 2.3 优化资源配置

自动化技术是利用电力需求侧管理系统对用户用电量进行监测分析，结合可再生能源发的波动性，建立“源-网-荷-储”的联合调度系统，根据实时的发电侧、电网侧、负荷侧、储能侧的运行数据对发电、电网、负荷、储能的供需关系进行分析评估，实时优化发电计划，调整电网运行方式，合理分担负荷，并充分发挥储能调节的作用，使得所有环节的用电均得到合理的消纳与调配<sup>[2]</sup>。这种联合调度模式使得可再生能源可以在整个电力系统中灵活调配使用，增强了电力系统的灵活性，使得整个电力系统运行的更加稳定可靠。

## 2.4 提升运维效率

传统的人工巡视方法存在周期长、成本高、风险大等缺点，已经难以满足电力系统高效运维的要求。自动化运维系统是汇集众多先进技术于一身，具有高效运维特点的综合技术体系。其中，无人机巡视技术采用无人机搭载高清摄像头及各类传感设备对电力线路及设备进行巡视，可以快速实现对线路全方位的巡视工作，弥补了人工巡视无法实现某些地理环境复杂区域的巡视工作，缩短巡视周期；机器人操作技术可以实现对变电站等设备的自动操作和运行维护，避免了人工操作带来的安全问题；物联网监测技术将大量传感器部署在设备上，形成设备运行状态的实时感知网，及时发现设备的运行异常，提前预警。通过以上这些自动化运维技术在设备运行中，可以实现远程实时监测设备运行状态、提前预警故障发生及准确判断故障，尽早采取有效措施，解决电力系统运维工作的问题，提高工作效率和质量，减少设备故障及安全隐患。

表 1 自动化运维与传统运维的关键指标对比

指标	传统运维	自动化运维
巡检周期	1-2 个月 / 次	实时监测
故障响应时间	2-4 小时	15 分钟内
单次巡检成本	5000-8000 元 / 次	1000-2000 元 / 次
数据覆盖率	30%-50%	95% 以上

## 3 输配电及用电工程自动化的典型应用场景

### 3.1 配电网自动化

配电网自动化是实现电力末端可靠稳定运行的关键，目前主要以馈线自动化（FA）以及配电管理系统（DMS）为主。其中，FA 是在配电线路中安装分段开关，在分光比、分段开关以及光纤、无线等技术之间组网，专供数据信息快速传输，以便在出现线路短路、接地故障时，能够分段开关终端设备将故障电流、电压值传输到控制系统，控制中心按照设定规则判断故障，并要求分段开关在几秒内隔离故障，复通非故障区<sup>[3]</sup>。

DMS 通过数据采集与监视控制系统（SCADA）获得 30 个电压电流等全网运行数据，通过状态估计、潮流计算等算法，对负荷预测、网络重构、电压无功优化。如：江苏某工业园区通过 DMS 负荷预测，误差率降低 3%；通过网络重构，降低线损 2.3 个百分点；通过电压无功优化，电压合格率提高 99.2，供电质量提高不少。

### 3.2 智能电表与用电信息采集

智能电表是安装在用户端的自动化专业设备，它具备双向计量、远程通信、阶梯电价计费等多种功能，能够实现用电从人工控制到智能管理的转变。双向计量功能可准确记录电量以及用户用电量，能实现电表用户余电上网结算。远程通信功能可利用电力线载波、NB - IoT 等多种通讯方式，实现电表分钟级数据采集和传输。截至 2023 年年底，我国智能电表渗透率已经超过 95%，每天采集的数据超过 10 亿条，形成了全球规模最大的用电数据采集网络。

用电信息采集系统是以智能用电电表作为终端，借助集中器、采集器等设备汇聚数据并实时分析。电力企业能够利用用电信息采集系统获取用户用电习惯和用电负荷，将其作为需求响应和负荷控制决策的依据，在 2024 年夏季用电高峰期的时候，广东电网在用电信息采集系统支持下遴选出 2000 多家耗电大户，通过负荷控制削减这些大户高峰用电负荷 120 万千瓦，同时用电信息采集系统还实现了分时电价政策控制，比如山东某商业用户受峰谷电价影响年用电成本降低 15%，并且电网负荷得到填谷和削峰。

### 3.3 用电需求侧管理（DSM）

DSM 能帮助用户优化能源消费行为，是缓解电力供需压力、节约用电的高效手段。电力公司与工、商用户签订可中断负荷协议，在高峰期采用自动化控制手段远程控制用户

的非关键负荷用电。上海电力公司与200家商业综合体签订协议,2023年夏季使用智能系统将空调温度设定点统一上调2℃,一天内可减少8万多千瓦负荷;江苏某钢铁公司接入DSM系统后,错峰生产,将30%的非核心工序调整至夜间低谷时段生产,一年节约电费500多万元。

DSM的另一内部工具是价格撬动。电力企业根据不同时段供求关系的变化对电价进行动态控制,用户根据电价变化,自主调整用电行为。以浙江某纺织企业为例,通过峰谷电价,将设备预热、清洗等峰谷时段可调节负荷移至谷时,年用电量降低12%,电费支出降低18%。此外,DSM还是通过推广高效电机、LED照明等节能设备,开展能效诊断、节能改造等来帮助用户节能减排<sup>[4]</sup>。

### 3.4 新能源接入与微电网建设

风电、光伏等分布式新能源的迅速发展,如何降低其间歇性、波动性等问题,自动化技术是解决之道。微电网中自动化控制装置将分布式电源、储能系统和负荷进行有机整合可以实现“源-网-荷-储”的协同运行。青海某光伏园区,实时监测光伏出力 and 负荷变动,自动调节储能充放电功率,弃光率由15%降低到3%。

微电网运行模式主要分为孤岛运行模式和并网运行模式。孤岛运行模式是指微电网可以不连接大电网,运行自成体系,比如在2021年河南遭受特大暴雨时,郑州某医院微电网处于孤岛运行状态,仅用微电网供电保证医院ICU等关键科室持续供电72小时。并网运行模式是指微电网接入大电网,通过电力调度指令微电网根据指令调整发电和用电计划,参与大电网调峰调频。如广东某工业园区微电网,在高峰期时向大电网反向送电200千瓦,在低谷期则利用低价电给微电网充电,以最大限度降低企业成本,实现效益最大化。微电网与大电网的无缝连接,实现微电网的自动化,即保证供电不间断,我国能源转型迈出了重要一步,2023年微电网累计消纳新能源超过500亿千瓦。

## 4 输配电及用电工程自动化发展面临的挑战与对策

### 4.1 技术瓶颈与解决方案

数据处理能力和通信稳定性给输配电及用电工程自动化发展造成了制约。随着智能终端数量持续不断地增长,系统需要对海量的实时数据进行处理,然而现有的平台在高并发场景下存在响应延迟,难以满足故障定位以及负荷调度对数据时效性要求,与此同时5G和光纤等通信技术在偏远复杂区域覆盖率较低,这导致数据传输出现中断或者延迟的情况进而影响系统效能。

针对技术的瓶颈加大物联网和边缘计算的投入研发。在终端处设置边缘节点进行数据预处理,减小上传云端的数据量,缓解传输压力和处理压力。同时建设电力专用通信网

络,采用光纤专网、卫星通信进行冗余建设,提高恶劣环境下的可靠性,保证数据传输稳定。

### 4.2 数据安全风险与防护

自动化的系统具有大量的数据交互,且存在黑客入侵、数据泄露等风险。电力设备的运行数据以及用户信息若被篡改和窃取,将给电网运行带来极大的隐患。传统的防护方法无法防范针对电力工控系统的定向攻击,以及针对协议漏洞的攻击,必须采用系统性的防护措施。

防护要贯穿云端、网络、终端。根据威胁、保护对象和场景,云端配合专用防火墙和入侵检测系统监测异常;网络之间采取加密协议确保数据传输安全;终端加强身份认证和访问控制,终端安全利用数字签名等技术来防止非法接入。建立常态化监测和应急机制,扫描漏洞,常态化开展攻防演练,提高系统安全性<sup>[5]</sup>。

### 4.3 标准体系与跨平台协同

自动化设备生产厂商众多,产品通信协议、数据格式等标准不尽相同,系统集成差异性大。设备通信存在不顺畅的“信息孤岛”现象,导致数据共享、功能协同等受到阻碍,也增加了运维成本和故障风险。

要解决这一问题,必须在标准上下功夫。行业部门牵头,科研院所、厂家参与,研究统一技术标准和接口标准,明确通信方式等各类参数和事项。推行认证检测制度,对符合标准的产品发放证书,引导规范市场。鼓励企业打造开放式平台,采用统一的标准和接口,让产品实现平滑对接,提高系统可靠性和运行效率。

## 5 结语

输配电及用电工程自动化是智能电网建设核心驱动力,在提升供电可靠性、降低能耗、优化资源配置等方面优势显著,其应用场景已覆盖电力系统全环节。尽管目前面临技术、安全、标准等方面挑战,但伴随物联网、人工智能等新一代信息技术不断发展,自动化技术会朝着更智能、更安全、更高效方向演进。未来需要进一步加强技术研发、完善标准体系、深化政企合作,推动自动化技术在电力行业深度融合应用,为实现“双碳”目标与能源高质量发展提供有力支撑。

### 参考文献

- [1] 金子惠.输配电及用电工程自动化的优势及应用研究[J].中国设备工程,2025,(06):123-125.
- [2] 赵长浩.输配电及用电工程自动化技术分析[J].仪器仪表用户,2025,32(02):134-136.
- [3] 张寒.输配电及用电工程中的自动化运行技术与智能化研究[J].中国宽带,2024,20(11):100-102.
- [4] 李兆伟.输配电及用电工程中自动化技术的运用研究[J].科技资讯,2024,22(22):81-83.
- [5] 李娜.输配电及用电工程中应用自动化技术的研究[J].仪器仪表用户,2024,31(10):4-6.