

# 分布式电源接入下的用电检查新模式探讨

张雪, 吕国昭, 杨卓

国网武汉市经开区(汉南区)供电公司, 湖北 武汉 430000

DOI:10.61369/ERA.2025070001

**摘要:** 分布式电源在电力系统中应用越来越广泛, 传统用电检查模式已经无法适应新的发展需求。本文对分布式电源接入下的用电检查展开研究, 分析了分布式电源接入给用电检查带来的影响, 包括对电力系统运行特性和检查工作的影响。提出一种新的用电检查模式, 该模式包含数据采集层、数据传输层、数据处理与分析层和应用层。通过实际案例, 分析了新模式的实施步骤和效果, 为提升分布式电源接入下用电检查工作的效率和质量提供参考。

**关键词:** 分布式电源; 用电检查; 新模式; 大数据分析; 物联网技术

## Exploration of A New Mode for Electricity Inspection under Distributed Power Access

Zhang Xue, Lv Guozhao, Yang Zhuo

Wuhan Economic and Technological Development Zone (Hannan District) Power Supply Company of State Grid Corporation of China, Wuhan, Hubei 430000

**Abstract:** Distributed power is increasingly widely used in the power system, and the traditional mode of electricity inspection can no longer adapt to the new development needs. This studies the electricity inspection under the condition of distributed power access, analyzes the impact of distributed power access on electricity inspection, including the impact on the operation characteristics of the power system the inspection work. A new mode of electricity inspection is proposed, which includes the data collection layer, the data transmission layer, the data processing and analysis layer, and the application layer Through actual cases, the implementation steps and effects of the new mode are analyzed, which provides a reference for improving the efficiency and quality of electricity inspection work under the condition of distributed power.

**Keywords:** distributed power; electricity inspection; new mode; big data analysis; Internet of things technology

## 引言

近年来, 全球都在倡导节能减排和可持续发展, 太阳能、风能、生物质能等分布式电源因为清洁环保、灵活高效, 在电力系统中的应用越来越广泛。分布式电源接入后, 改变了传统电力系统单向供电的模式, 让电力系统结构和运行特性发生很大变化, 给电力行业发展带来新的机遇和挑战。

用电检查是保障电力系统安全、稳定、经济运行, 维护电力用户合法权益的重要工作。在分布式电源接入的新情况下, 传统检查模式无法满足实际需求。所以, 探索和构建新的用电检查模式很有必要, 这能解决分布式电源接入带来的问题, 保障电力系统可靠运行。对分布式电源接入下用电检查新模式的探讨, 具有重要的现实意义和理论价值。

## 一、分布式电源接入对用电检查的影响

### (一) 电力系统运行特性的改变

#### 1. 拓扑结构复杂化

传统电力系统中, 电网结构比较固定, 潮流一般从发电厂流

向变电站, 再到电力用户, 具有单向性。分布式电源接入后, 电力系统拓扑结构变得复杂多样。分布式电源可能分布在电网各个节点, 甚至用户侧, 形成多个电源点。不同类型、不同容量的分布式电源接入位置和方式不一样, 导致电网拓扑结构经常变化。这种复杂性增加了电力系统运行状态分析和故障诊断的难度, 对

用电检查人员了解电网结构和运行情况提出更高要求<sup>[1]</sup>。

## 2. 双向潮流的出现

分布式电源接入打破了传统电力系统单向潮流的格局。当分布式电源输出功率大于本地负荷需求时，功率会向电网倒送，形成双向潮流。双向潮流改变了电网原有的电压分布和功率损耗特性。在一些情况下，可能会导致局部电压升高，超出允许范围，影响电力设备正常运行。另外，双向潮流会让继电保护装置动作特性发生变化，增加误动作风险，给用电检查工作中的故障排查和定位带来新难题<sup>[2]</sup>。

## 3. 电能质量问题

分布式电源输出功率受自然条件，比如光照、风速等影响较大，具有间歇性和波动性。这会导致接入点电压波动、闪变，谐波含量增加等电能质量问题。例如，光伏发电系统在云层遮挡时，光伏板输出功率会迅速变化，引起电压波动；一些电力电子设备在分布式电源系统中广泛应用，会产生大量谐波，污染电网。电能质量问题不仅会影响电力设备使用寿命和正常运行，还可能对其他用户用电设备造成损害，是用电检查工作需要重点关注的问题。

## （二）用电检查工作面临的新挑战

### 1. 检查内容与范围的扩大

分布式电源接入后，用电检查对象不再只包括传统电力用户设备，还包括分布式电源设备及其控制系统。检查内容除了设备电气性能、安全性能，还要关注分布式电源接入方式是否符合规范，与电网的兼容性，以及对电网运行的影响等。而且，因为分布式电源分布广泛，甚至深入用户侧，用电检查范围大幅增加，这对电力企业检查资源配置和检查计划安排提出更高要求<sup>[3]</sup>。

### 2. 技术要求的提高

为应对分布式电源接入带来的新问题，用电检查人员需要具备更全面的专业知识和技能。不仅要熟悉传统电力设备检查技术，还要掌握分布式电源工作原理、控制策略，以及电力电子技术、通信技术等相关知识。随着智能电网发展，新型检测设备和不断出现，比如智能电表、在线监测系统，检查人员需要能熟练使用这些设备和技术，准确分析和判断电力系统运行状态。

### 3. 安全风险的增加

分布式电源接入改变了电力系统故障特性，发生故障时，故障电流大小、方向和持续时间都可能变化，增加了故障排查和处理的难度。另外，分布式电源设备可能安装在用户侧，电力企业对其运行维护掌控力相对较弱，用户私自更改设备参数、违规操作等行为可能引发安全事故。而且，分布式电源系统中的一些设备，比如储能装置，在运行过程中存在安全隐患，过充、过放可能导致火灾等事故，给用电检查工作带来更大安全风险<sup>[4]</sup>。

## 二、分布式电源接入下用电检查新模式设计

### （一）总体架构

#### 1. 数据采集层

数据采集层是用电检查新模式的基础，负责采集各类电力设备和系统运行数据。采集对象包括分布式电源设备、电力用户设备、电网节点设备等。采集数据类型包括电气量数据，如电压、电流、功率等；设备状态数据，如开关位置、设备温度等；还有环境数据，如光照强度、风速等。为全面采集数据，采用多种传感器和智能终端设备，比如智能电表、电流互感器、电压互感器、温度传感器等。这些设备对采集到的数据进行初步处理后，通过有线或无线通信方式，传输到数据传输层<sup>[5]</sup>。

#### 2. 数据传输层

数据传输层主要功能是把数据采集层采集到的数据，安全、可靠地传输到数据处理与分析层。根据数据传输特点和需求，采用多种通信技术结合的方式，比如光纤通信、无线通信（4G/5G、Wi-Fi 等）。对于实时性要求高的数据，比如故障信息、重要设备运行状态数据，优先采用光纤通信或高速无线通信技术，确保数据快速传输。对于非实时性数据，比如历史用电数据、设备档案信息等，可以采用成本较低的无线通信技术传输。同时，为保障数据传输安全，采用加密、认证等技术手段，防止数据被窃取或篡改。

#### 3. 数据处理与分析层

数据处理与分析层是用电检查新模式的核心，负责对采集到的数据进行深度处理和分析。首先，对数据进行清洗、去噪、归一化等预处理，去除数据中的异常值和噪声，提高数据质量。然后，运用大数据分析技术，挖掘和分析海量电力数据，提取有价值信息。比如，通过数据分析可以评估电力设备状态、预测故障、预测负荷等。此外，结合人工智能技术，构建智能分析模型，实时监测和分析电力系统运行状态，及时发现潜在安全隐患和问题。

#### 4. 应用层

应用层是用电检查新模式的用户接口，为用电检查人员提供各种功能服务。主要包括用电检查管理、设备状态监测、故障诊断与处理、报表生成等功能模块。用电检查人员通过应用层界面，能实时查看电力设备运行状态，制定检查计划，开展检查工作。当系统检测到异常情况或故障时，应用层会及时发出预警信息，并提供故障诊断和处理建议，帮助检查人员快速定位和解决问题。同时，应用层还能根据用户需求生成各类报表，为电力企业管理决策提供数据支持<sup>[6]</sup>。

### （二）关键技术

#### 1. 大数据分析技术

大数据分析技术在用电检查新模式中很重要。通过分析海量电力数据，可以挖掘数据背后的规律和潜在价值。比如，利用数

据挖掘算法分析用户用电行为数据，建立用户用电行为模型，识别和预警异常用电行为。同时，分析电力设备运行数据，可以预测设备故障发生概率，提前安排维护计划，降低设备故障率。此外，大数据分析技术还能用于电力系统负荷预测、电网规划等方面，为电力企业科学决策提供支持。

## 2. 物联网技术

物联网技术让电力设备实现互联互通，设备之间可以进行数据交互和共享。在用电检查新模式中，通过物联网技术把分布式电源设备、电力用户设备、电网节点设备等接入物联网，实现对设备的远程监控和管理。物联网技术还能大数据分析提供丰富数据来源，通过采集和分析设备实时数据，及时了解设备运行状态，提高用电检查工作效率和准确性。此外，物联网技术应用还能实现设备智能化控制，比如根据电网负荷情况，自动调节分布式电源输出功率。

## 3. 人工智能技术

人工智能技术为用电检查工作提供智能化解决方案。通过构建深度学习模型，比如卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）等，可以分析电力设备的图像、声音等数据，实现设备故障自动诊断。例如，利用图像识别技术监测电力设备外观，及时发现设备损坏、渗漏等问题；利用声音识别技术分析变压器等设备运行声音，判断设备是否异常。此外，人工智能技术还能应用于用电检查智能决策支持系统，为检查人员提供决策建议和优化方案<sup>[7]</sup>。

# 三、用电检查新模式的实施与案例分析

## （一）实施步骤

### 1. 设备改造与升级

要实现用电检查新模式的数据采集和传输功能，对现有电力设备进行改造和升级很关键。一方面，针对分布式电源设备、电力用户设备和电网节点设备，根据它们的特性和运行要求，安装各类传感器和智能终端。比如，在分布式光伏发电设备上安装功率传感器，实时监测发电功率；在电力用户配电箱中安装智能电表，准确采集用户用电数据。这些设备通过内置通信模块，具备数据采集和通信功能。另一方面，考虑数据传输的不同需求，优化和扩容通信网络。为满足实时性要求高的数据传输，铺设专用光纤线路，搭建高速稳定的通信通道；对于一般性数据，采用4G/5G无线通信技术，降低通信成本。此外，升级电力企业信息系统，引入高性能服务器和大数据处理平台，提升系统数据处理和分析能力，满足新模式运行需求<sup>[8]</sup>。

### 2. 人员培训

新模式实施对用电检查人员专业素质和业务能力提出更高要求，所以要开展针对性培训。培训内容包括分布式电源技术、大数据分析技术、物联网技术、人工智能技术等。在分布式电源技

术培训中，通过理论讲解和实地参观，让检查人员了解不同类型分布式电源工作原理和运行特性。大数据分析技术培训，重点教数据挖掘算法、数据分析工具的使用，让检查人员能从海量数据中提取有价值信息。物联网技术培训围绕设备互联互通、远程监控展开。人工智能技术培训引入深度学习模型应用案例。

## 3. 制度建设

为保障用电检查新模式顺利实施，要建立健全相关制度和规范。首先，制定详细的用电检查工作标准和流程，明确检查人员在各个环节的职责和权限，从数据采集、传输到处理和分析，每个步骤都有严格操作规范。比如，规定数据采集时间间隔、数据传输格式要求。同时，建立数据安全管理制度，采用数据加密、访问权限控制等技术手段，保护数据，防止数据泄露和滥用。此外，构建考核评价机制，从检查工作准确性、及时性、效率等方面，评估和考核用电检查工作效果。每月对检查人员工作进行量化打分，把考核结果与绩效挂钩，激励检查人员提高工作质量和效率。

## （二）案例分析

### 1. 案例背景

某地区电力公司响应节能减排政策，在多个区域大规模接入分布式光伏发电系统。随着分布式电源数量增加，传统用电检查模式在应对新的电力系统运行特性时，出现很多问题。在故障排查方面，分布式电源接入后电网拓扑结构复杂，故障电流方向多变，导致故障排查不及时，停电时间延长。在电能质量监测方面，光伏发电的间歇性和波动性，让电网电压波动、谐波含量增加，而传统监测手段不能实时、全面监测，电能质量问题经常发生。为提升用电检查工作水平，改善电力服务质量，该公司决定引入分布式电源接入下的用电检查新模式，解决当前难题<sup>[9]</sup>。

### 2. 新模式实施过程

该公司按既定方案，推进新模式实施。首先，对分布式光伏发电系统及相关电力设备进行改造和升级。给每台光伏逆变器安装智能监测终端，实时采集发电数据；在电力用户侧安装智能电表，实现双向数据传输。同时，优化通信网络，在重要节点部署5G基站，确保数据传输稳定可靠。其次，组织用电检查人员参加多轮培训。邀请行业专家集中授课，通过理论讲解、案例分析和现场实操相结合的方式，提升检查人员对新模式和相关技术的掌握程度。最后，建立一系列制度规范。制定《分布式电源用电检查工作手册》，明确工作流程和考核标准，从制度层面保障新模式顺利运行。

### 3. 实施效果评估

新模式运行一段时间后，取得显著成效。在故障排查方面，借助智能监测系统 and 数据分析技术，故障排查时间大幅缩短，平均故障处理时间从原来数小时缩短到半小时以内，大大提高了电力系统供电可靠性。在电能质量保障方面，通过实时监测和分析电能质量数据，及时发现并解决多个电能质量问题，比如调整光

逆变器输出参数，降低了电压波动和谐波含量，保障了电力用户用电质量。此外，通过深度分析用户用电行为和运行数据，为电网规划和设备维护提供科学依据。比如，根据用户用电峰谷特性，合理调整电网运行方式，降低了运营成本，实现电力系统高效运行<sup>[10]</sup>。

## 四、结语

分布式电源的广泛接入给电力系统带来了深刻变革，也对用电检查工作提出了新的挑战。本文探讨的用电检查新模式，通过

构建涵盖数据采集层、数据传输层、数据处理与分析层和应用层的总体架构，运用大数据分析、物联网、人工智能等关键技术，实现了对分布式电源接入下电力系统的全面、实时、智能监测和检查。通过实际案例分析验证了新模式在提高用电检查工作效率、提升电力系统运行可靠性和保障电能质量等方面的有效性。然而，随着电力技术的不断发展和分布式电源应用的日益普及，用电检查工作仍需持续探索和创新，不断完善和优化用电检查模式，以适应电力行业发展的新需求，为经济社会的可持续发展提供可靠的电力保障。

## 参考文献

- [1] 曹金铭, 范开俊, 徐丙垠, 等. 高比例构网型逆变器分布式电源接入下的微电网就地保护方案 [J/OL]. 电网技术, 1-16[2025-03-24].
- [2] 孙林. 分布式电源接入下的配电网线损计算与降损技术 [J]. 科学技术创新, 2024, (24): 63-66.
- [3] 陈春, 曹伯仲, 曹一家, 等. 高比例分布式电源接入下基于变分模式分解的励磁涌流辨识 [J]. 电力系统保护与控制, 2024, 52(20): 94-104.
- [4] 邓秋根, 艾青伟. 分布式电源接入下配电网运行方式多目标优化 [J]. 电工技术, 2023, (05): 72-74.
- [5] 曾昭伟, 段晓瑞, 李锦. 含分布式电源接入条件下的配网继电保护研究 [J]. 贵州电力技术, 2015, 18(06): 41-42+9.
- [6] 李建杰, 钟文涛, 穆明亮, 等. 考虑不确定性分布式电源的电能质量概率性选址定容策略 [J]. 山东电力技术, 2025, 52(03): 40-48. DOI:10.20097/j.cnki.issn1007-9904.2025.03.005.
- [7] 朱昕昱, 傅家伟. 含分布式电源逆变器的配电网线路故障定位分析 [J]. 电工电气, 2025, (01): 48-53.
- [8] 程海军, 元雅婷, 李玲. 含分布式电源的配电网差动保护研究 [J]. 沈阳工程学院学报 (自然科学版), 2025, 21(01): 35-41.
- [9] 郭耀顺, 张晋. 分布式电源接入机制及微电网的稳定性分析 [J]. 大众用电, 2025, 40(01): 36-38.
- [10] 曾平. 分布式电源配电网故障的检测与定位方法研究 [J]. 家电维修, 2025, (02): 125-127.