

的影响,想要确保晶体粒径适中、具备良好的流动性,就必须加强粒度与形貌调控。在粒度调控上可通过平衡成核与生长达到预期目标,在该环节搅拌起到了十分重要的作用,可通过搅拌来推动传质传热,确保体系均匀。但是需要注意剪切力过高可能会导致正在生长的晶体被打碎产生二次晶核,致使粒度变小。因此需要在结晶初期提高转速,确保溶解和混合效果,在生长阶段则需要降低转速,为晶体生长提供温和稳定的生长环境。若晶体形貌不佳这时则可通过温度循环技术对晶体形状进行优化,即可通过周期性小幅度升降温度,借助奥斯特瓦尔德熟化原理溶解尖锐细小的晶体,使溶质沉积至较大晶体的凹陷处,让晶体更加饱满、规整<sup>[4]</sup>。

### 3.2.4 杂质去除

结晶的目的是为了提纯,保障药品纯度,进而提高药品质量,而在结晶的过程中晶体内也很有可能存在杂质。一般情况下这些杂质会吸附于晶体表面或通过母液包裹的形式影响晶体质量。若杂质在晶体表面吸附,其去除难度是相对较低的,可通过洗涤步骤的适当优化,使用冷溶剂对晶体进行洗涤,置换掉吸附于晶体表面的母液去除杂质。但是母液包裹的杂质在清理上较为困难,这类杂质往往是在晶体生长过程中出现的,如果晶体生长速度过快,母液来不及从晶体表面排开,就会存留于晶格内部难以去除。因此想要更好的去除杂质就需要在晶体生长期间加强生长速率的管控,通过缓慢的降温速率或反溶剂滴加速率的调节,让晶体能够有充足的时间进行有序排列,将杂质分子排斥在晶格之外。此外获得粒度较大、形貌完整的晶体,其表面积更小,也可以减少表面吸附杂质的总量,有利于固液分离,提高产品纯度<sup>[5]</sup>。

### 3.3 新技术应用

就现阶段来看常见的药物合成结晶技术主要包含降温法、蒸发法、盐析法等等,而随着技术研究的不断深化和发展,新型结晶技术不断涌现,为药物合成结晶提供了更多的技术选择,较为常见的主要包含准乳化结晶技术、超临界流

体结晶技术等相应的结晶技术。准乳化结晶技术可以先将药物溶液分散在连续的小液滴内均相成核,为非均匀成核提供了新的技术选择,保障了成核效果。超临界流体结晶技术则是利用超临界药物溶液快速膨胀或气体抗溶剂过程,加速溶液饱和度达到结晶成核的目标。此外微重力结晶技术、超重力结晶技术、高通量结晶技术等相应药物合成结晶技术的应用也可以更好地保障药物生产质量,需根据实际情况进行科学选择<sup>[6]</sup>。

## 4 结语

药物合成结晶技术的合理应用是确保药物生产质量和生产品质的重要基石,必须引起关注和重视,紧抓测定溶解度曲线、测定介稳区宽度、研究结晶动力学完成过程控制,在此基础上合理选择结晶技术,并通过过饱和度控制、多晶型管理、粒度与形貌调控、杂质去除提高结晶质量。

## 参考文献

- [1] Paul, E. L., et al. (2005). "Organic crystallization processes." *Powder technology* 150(2): 133-143.
- [2] Nordstrom, F. L., et al. (2023). "Prevalence of Impurity Retention Mechanisms in Pharmaceutical Crystallizations." *Organic Process Research & Development* 27(4): 723-741.
- [3] Herman, C., et al. (2012). "Use of in Situ Raman, FBRM, and ATR-FTIR Probes for the Understanding of the Solvent-Mediated Polymorphic Transformation of II-I Etiracetam in Methanol." *Organic Process Research & Development* 16(1): 49-56.
- [4] 刘培鸿,丁朝旺,石艳彩,等. 基于连续流微反应-结晶耦合技术的阿托伐他汀钙母核绿色合成工艺研究 [J]. *化学研究与应用*, 2026, 38 (02): 450-455.
- [5] 张苗苗,何惠利,屈撑囤. 碳酸氢钠结晶抑制剂的合成与性能评价 [J]. *石油化工应用*, 2025, 44 (12): 6-9.
- [6] 杨超,刘红宇,钟家春,等. 高分子量结晶性聚芳醚腈的合成与性能 [J]. *塑料工业*, 2025, 53 (10): 13-18+70.

# Research on Application and Development of Power Engineering Technology under the Background of Smart Grid

Lingling Wang

State Grid Henan Electric Power Company Anyang County Power Supply Company, Anyang, Henan, 455000, China

## Abstract

Driven by the dual objectives of carbon peaking and carbon neutrality alongside the development of new power systems, smart grids have emerged as a pivotal direction for the power industry's transformation and upgrading. Power engineering technologies are undergoing profound changes toward digitalization, intelligentization, and greenification. As a key industrial city and energy hub in northern Henan Province, Anyang City has vigorously advanced smart grid-powered power engineering projects by leveraging local industrial characteristics and grid modernization needs. Significant phased achievements have been made in areas such as renewable energy integration, intelligent power transmission and distribution, energy storage applications, and virtual power plant deployment. This paper analyzes typical smart grid application cases in Anyang's power engineering sector based on core technological features, identifies current technical challenges and shortcomings, and forecasts future development trends. The findings provide theoretical references and practical insights for intelligent upgrades of power engineering systems and efficient grid operations in Anyang and similar cities.

## Keywords

smart grid; power engineering technology; Anyang City; new energy grid integration; virtual power plant

## 智能电网背景下电力工程技术应用与发展研究

王玲玲

国网河南省电力公司安阳县供电公司, 中国·河南 安阳 455000

## 摘要

在“双碳”目标与新型电力系统建设的双重驱动下,智能电网成为电力行业转型升级的核心方向,电力工程技术也朝着数字化、智能化、绿色化方向深度变革。安阳市作为豫北地区重要的工业城市与能源枢纽,依托本地产业特色与电网升级需求,大力推进智能电网背景下的电力工程建设,在新能源并网、智能输配电、储能应用、虚拟电厂等领域取得阶段性成果。本文结合智能电网核心技术特征,剖析安阳电力工程典型应用案例,梳理当前技术应用痛点与短板,进而预判未来发展趋势,为安阳及同类城市电力工程智能化升级、电网高效运维提供理论参考与实践思路。

## 关键词

智能电网; 电力工程技术; 安阳市; 新能源并网; 虚拟电厂

## 1 引言

智能电网是以物理电网为基础,融合大数据、人工智能、物联网、柔性输电等先进技术,实现电网发电、输电、变电、配电、用电、调度全环节智能感知、协同调控与高效运行的新型电力系统,具备自愈、兼容、互动、高效等核心优势。电力工程技术作为智能电网建设的核心支撑,贯穿电网规划、建设、运维、改造全流程,直接决定电网智能化水平与供电可靠性<sup>[1]</sup>。

安阳市地处豫晋冀三省交界,既是传统重工业基地,也是豫北能源输送关键节点,近年来电动重卡、分布式光伏、

新型化工产业园等新业态快速发展,对电网供电能力、稳定性、灵活性提出更高要求。为破解负荷激增、新能源消纳、供电瓶颈等难题,安阳持续推进电力工程智能化改造,落地移动式变电站、虚拟电厂、配网自动化升级等一批重点项目,逐步构建适配本地需求的智能电网体系。基于此,本文立足安阳电力工程实践,探究智能电网技术的落地应用与未来发展路径,具有较强的现实意义。

## 2 智能电网核心电力工程技术概述

智能电网依托多学科交叉技术,形成了覆盖全产业链的电力工程技术体系,核心技术可分为四大类,为电网智能化升级提供技术支撑。

### 2.1 智能输变电技术

智能输变电技术以柔性直流输电、装配式/移动式变电

【作者简介】王玲玲(1991-),女,中国河南安阳人,本科,工程师,从事电力工程技术研究。

站、智能监测设备为核心，突破传统输变电工程建设周期长、运维难度大、灵活性不足的短板。其中，柔性直流输电技术可实现新能源高效并网与远距离低损耗输电；装配式、移动式变电站采用模块化设计，大幅缩短建设周期，适配应急供电与负荷激增场景；智能监测设备可实时采集变电设备运行数据，实现故障提前预警<sup>[2]</sup>。

## 2.2 配电自动化与微电网技术

配电自动化技术通过部署智能开关、故障定位装置、配电终端，实现配电网故障快速隔离、自愈恢复，提升供电可靠性；微电网技术整合分布式光伏、储能、负荷等资源，实现局部区域能源自治，既能并网运行也能孤岛运行，有效提升电网抗扰动能力，适配分布式能源大规模接入场景。

## 2.3 新能源并网与储能技术

针对风电、光伏等新能源间歇性、波动性特征，新能源并网技术通过功率预测、虚拟同步机、无功补偿装置，稳定并网电压与频率；储能技术采用电化学储能、共享储能模式，实现电能“削峰填谷”，提升新能源消纳率，缓解电网调峰压力。

## 2.4 电网调度与数字化管控技术

依托大数据、人工智能、数字孪生技术，构建智能调度平台，整合电网运行、气象、负荷、新能源出力等数据，实现负荷精准预测、潮流优化调控；虚拟电厂技术聚合分布式光伏、储能、可控负荷等分散资源，形成统一调控的“云端电厂”，参与电网调峰调频，提升电网资源利用率。

# 3 安阳市智能电网电力工程技术应用实践

近年来，安阳市紧扣产业发展与民生供电需求，聚焦供电瓶颈破解、新能源消纳、电网韧性提升，落地多项智能电网电力工程，形成了一批可复制的本地应用案例。

## 3.1 移动式 / 装配式变电站工程：破解应急供电与负荷激增难题

安阳作为重工业城市，电动重卡、新型化工产业快速发展，充电站、产业园负荷激增导致局部电网主变重过载问题凸显。2025年，安阳在省电力公司支持下，投入专项资金5.95亿元，创新实施移动式变电站工程，仅用1个月完成内黄东庄、林州申家泊、汤阴古贤等5座110kV移动式变电站投运，新增供电能力16万千伏安，创下省内110kV移动变投运新速度。同时，在安阳县铜冶镇新型化工园区投运首座110kV装配式变电站，建设周期仅3个月，远短于传统变电站1-1.5年的工期，精准满足电动重卡充电与产业园供电需求。

该工程采用模块化预制、车载式部署模式，具备机动性强、投运快、占地少的优势，既解决了重卡充电补能瓶颈，也为电网迎峰度夏、应急保供提供了有力支撑。截至2025年7月，安阳已投运重卡充电站161座，充换电服务业售电

量同比增长176.21%，电网供电能力显著提升<sup>[3]</sup>。

## 3.2 虚拟电厂工程：盘活分布式能源资源

为破解分布式光伏分散、调控难、消纳率低的问题，安阳启动虚拟电厂项目建设，由安投格林科技有限公司牵头，整合全市分布式光伏、储能设施、工商业可调节负荷、电动汽车充电网络等分散资源，构建数字化云端管控平台。该工程通过智能终端实时采集各节点能源数据，依托算法优化实现资源统一调度，既能为电网提供调峰调频服务，缓解高峰供电压力，也能帮助企业优化用电策略、降低用电成本。

虚拟电厂工程的落地，标志着安阳从传统集中式供电向“集中+分散”协同供电转型，有效提升了分布式能源利用率，助力全市清洁能源消纳比例稳居全省前列。

## 3.3 配电网智能化升级工程：提升供电可靠性

针对主城区配电网老旧、故障响应慢的问题，安阳实施市区首条10千伏公用电缆智能化升级工程，部署智能故障定位装置、自动化开关与在线监测设备，实现配电网故障秒级响应、快速隔离自愈。同时，优化20个配网改造项目，通过网架结构柔性互联、负荷灵活转移，提升区域配网供电能力15万千伏安，彻底解决了核心城区与产业园区供电瓶颈。此外，在部分台区建设自适应微电网，配置一体化储能柜，破解光伏反向送电导致的线路重载问题，进一步增强配电网韧性<sup>[4]</sup>。

## 3.4 高压输变电骨干工程：强化电网支撑能力

2026年2月，安阳220千伏展鹏变电站及配套线路工程顺利投产，成为河南省当年首座投运的220千伏变电站。该工程作为铜冶新型化工产业园的核心供电保障项目，破解了区域原有变电站供电不足、网架薄弱的难题，提升了豫北区域电网互联能力与输电稳定性，为大型产业项目落地提供了坚强电力支撑。

# 4 安阳市电力工程技术应用现状分析

## 4.1 安阳智能电网电力工程建设成效统计

见表1。

## 4.2 现存问题与短板

尽管安阳智能电网电力工程建设取得阶段性成果，但结合本地实际，仍存在三大突出问题：一是技术融合深度不足，部分智能设备与现有电网调度平台兼容性差，数据孤岛现象明显，大数据、人工智能技术未实现全流程渗透；二是城乡电网智能化不均衡，主城区、产业园区智能化水平较高，县域、农村地区智能终端覆盖率低，配网自动化程度偏弱；三是专业人才缺口较大，兼具电力工程技术与数字化技能的复合型人才稀缺，制约智能电网运维与技术迭代；四是新能源并网配套工程滞后，部分农村分布式光伏并网流程繁琐、无功补偿设备不足，影响消纳效率。