

赋能工业绿色微电网高质量发展，为新型电力系统构建注入创新活力

——《工业绿色微电网建设与应用指南（2026—2030年）》解读

中国电力企业联合会副秘书长、
标准化部主任 刘永东

近日，工业和信息化部、国家发展改革委、国务院国资委、市场监管总局、国家能源局联合印发了《工业绿色微电网建设与应用指南（2026—2030年）》（工信厅联节〔2025〕77号，以下简称《指南》），提出“推动多能互补高效利用、促进可再生能源就近高比例消纳、加强与电网友好互动、具备工业负荷调节能力、提高数智化系统运行管理水平”五个基本原则，并从建设内容、建设模式、应用场景、建设要求等方面作出系统部署，指导工业企业和园区加快工业绿色微电网建设与应用，对促进工业绿色微电网提质增效、支撑新型能源体系和新型电力系统建设具有重要意义。

深刻认识工业绿色微电网建设应用的重要意义

加快工业绿色微电网建设应用，是促进工业用能绿色低碳转型的重要举措。作为工业大国，我国工业领域长期在全社会能源消费结构中占据主体位置，能源消耗规模大、结构偏重的特征仍然突出。2024年，我国全社会用电量达到9.85万亿千瓦时。其中，工业用电量6.30万亿千瓦时，占全社会用电量比重为63.9%。工业绿色微电网统筹考虑工业企业、园区资源禀赋、负荷消纳空间等情况，优选太阳能、风能、氢能等清洁能源作为能源供给，降低对传统化石燃料依赖，是降低工业碳排放、实现绿色低碳发展的重要途径。

加快工业绿色微电网建设应用，是培育绿色增长新动能和塑造产业发展新优势的重要支点。工业绿色微电网依托源、网、荷、储

● 加快工业绿色微电网建设应用，是促进工业用能绿色低碳转型的重要举措。

● 工业绿色微电网的建设模式需适配不同主体需求。

● 工业绿色微电网推动新模式新业态在各类新场景中加快应用。

四要素的协同配置与协调运行，构建多能互补、高效可靠的综合能源系统，可显著提升系统源荷匹配能力、清洁能源就地消纳水平和运行韧性，进而增强企业能源保障能力与市场竞争力。此外，工业绿色微电网贯穿电力生产、输配、转换与消费全流程，涵盖发电、储能、用户、装备制造及系统集成等多类主体，具有链条长、跨界融合、协同性强的鲜明特征。工业绿色微电网的建设应用将有力带动装备制造、系统集成、数智运维等关联产业的协同共进，为培育壮大新质生产力筑牢坚实基础。

加快工业绿色微电网建设应用，是提升电力系统调节能力、主动适应新型电力系统建设的必然选择。当前，我国工业负荷需求响应的灵活性尚未充分释放，蕴藏着可观的挖潜空间。从负荷特性看，工业领域本身具备较强的调节能力：纺织、汽车、电池制造等生产负荷具有离散性和可转移性，可根据生产安排灵活调节，需求侧响应空间十分显著；电解铝、多晶硅、水电解制氢等规模化连续生产负荷，在确保工艺安全前提下能够快速调节运行状

态，可作为优质调节资源参与电力需求侧响应及辅助服务。与此同时，电动汽车、通信基站、用户侧储能、数据中心等新型负荷与用能单元快速发展，持续充实需求侧灵活性调节资源池，为工业负荷参与电力市场调节提供了更丰富的选择。在工业绿色微电网整体架构下，通过对清洁能源、工业负荷、新型负荷及储能资源统一感知、聚合管理与优化调度，可在保障企业生产安全与工艺要求的基础上，实现内部电力电量高效自平衡，并按需向电网提供削峰填谷、调峰调频、需求侧响应等多元化服务，从而有效增强电网调节能力、缓解运行压力。

健全工业绿色微电网建设模式和参与电力交易机制

工业绿色微电网的建设模式需适配不同主体需求。《指南》提出自筹自建和第三方共建两种建设模式。自筹自建由工业企业或园区独立投建运营，适配用能集中、负

荷稳定的单一主体，可自主调控发储设施、优先消纳清洁能源，还能参与电力市场交易，甚至探索源网荷储一体化等新模式，契合高耗能区域的绿电自主保障需求。第三方共建型则是企业联合服务商，以合同能源管理等模式合作，即企业负责配套设施与场地；第三方承担规划、建设及运维，并提供综合能源服务。这两类模式，需兼顾不同主体的运营特性，需因地制宜、因企制宜、因电源和负荷制宜等具体特点，合理选择工业绿色微电网的建设模式。

坚持市场驱动，推动工业绿色微电网从“用能主体”向“资源主体”转变。当前，工业绿色微电网参与电力市场仍面临独立市场主体地位不明确、运行机制不完善等突出问题，主要依赖峰谷价差和需求响应等途径，收益模式相对单一，尚未全面融入辅助服务、容量市场和碳交易等多元化市场体系。《指南》明确提出，探索工业绿色微电网作为新型经营主体参与电力市场交易，合理提升系统运行经济效益，积极拓展辅助服务、绿色电力交易、电能量交易等多元化收益渠道，缩短投资回收期。

工业绿色微电网精准赋能钢铁行业绿色低碳转型

——《工业绿色微电网建设与应用指南（2026—2030年）》解读

冶金工业规划研究院党委书记、院长
肖邦国

为贯彻落实国务院办公厅《制造业绿色低碳发展行动方案（2025—2027年）》等文件要求，加快工业绿色微电网建设与应用，近期，工业和信息化部等五部门联合发布《工业绿色微电网建设与应用指南（2026—2030年）》（以下简称《指南》）。《指南》从建设原则、主要内容、模式、应用场景及要求等五个方面，系统构建了工业绿色微电网的框架体系，旨在全面推进其规划、建设与运营的全链条发展，为包括钢铁在内的重点行业实现绿色转型、提升能源安全与经济效益提供了系统指引。《指南》的出台，为钢铁行业从单一的能源消费侧管理，转向构建“源-网-荷-储”一体化协同的主动式能源系统，提供了清晰、系统且可操作的实施框架。

钢铁行业开展

工业绿色微电网建设势在必行

钢铁行业能源转型需求迫切。目前，我国钢铁行业能源消费高度依赖煤炭、焦炭，未来可再生能源电力消纳或将被纳入强制考核，低碳转型需求迫切。建设工业绿色微电网，通过规模化就地消纳可再生能源、高效利用余能资源，不仅能推动行业深度脱碳，也为完成绿电消纳考核提供了可行方案。

适应新型电力系统与电力市场改革。面对传统钢铁企业作为刚性负荷难以适应新型电力系统灵活调节需求的现实，以及全国电力现货市场加快建设、峰谷电价差预期扩大的趋势，主动构建绿色微电网成为钢铁企业实现角色转型的关键。这不仅有助于企业从“电力被动接受者”转向“系统主动参与者”，更是履行社会责任、适应电力市场化改革的必然选择。

钢铁企业能源降本潜力巨大。钢铁企业通过建设工业绿色微电网，一方面可构建“可再生能源+余能利用+储能”的多元本地能源体系，降低对外部化石能源与电网的依赖，形成“自产自消”的能源缓冲带，平抑成本波动；另一方面可借助数字化碳管理平台，实现对电、热、气等多能流的统一监测与协同调度，从系统全局优化生产与用能，为精细化管理和成本控制拓展新空间。

● 主动构建绿色微电网成为钢铁企业实现角色转型的关键。

● 基于人工智能与大数据分析，动态优化微电网的运行策略。

● 工业绿色微电网建设将推动钢铁企业能源结构的根本转型。

钢铁企业

工业绿色微电网建设路径

“源”侧革命——构建多能互补的绿色能源供给体系。推动多能高效互补利用，统筹太阳能、风能、氢能、余热余压余气等多种能源，构建协同联动的清洁能源供给体系。一是规模化开发可再生能源。系统布局屋顶、料棚及闲置场地，建设分布式或集中式光伏电站，重点推进光伏建筑一体化、源网荷储协同及绿电直连模式；在风资源优良的沿海、山区、高原等厂区，合理布局高效智能的风电机组，与光伏形成时空互补。通过规模化开发，显著提升清洁能源在电源结构中的占比。

二是工业余能深度挖潜与提质利用。《指南》强调建设工业余能分级高效回收利用体系，明确将钢铁行业焦炉、高炉、转炉的副产煤气及其显热、余压等列为重点利用资源。钢铁企业应系统排查全流程余热、余压及副产煤气，建立关键参数动态数据库，充分挖掘中低品位余热利用潜力，实现余能资源梯级高效利用。

三是优化自备发电机组效益。对现有煤气发电及余热发电系统进行全面评估，诊断设备老化、运行不稳、并网困难等问题。突破技术瓶颈、挖掘余热潜力，并通过加装智能控制、部署智慧调度模块，接入企业微网平台，实现基于电价、负荷及新能源预测的自动优化调度，从而完成从人工调度到算法调度的跨越，追求系统整体经济运行最优。

四是开展清洁氢能战略布局。《指南》提出“清洁低碳氢制取与利用”，鼓励在风光资源丰富地区建设制氢与用氢一体化项目，并推进焦炉煤气等工业副产氢的规模化提

纯。钢铁企业可积极利用焦炉煤气提纯制氢，或结合绿电开展电解水制氢，为高炉富氢冶炼、氢基直接还原等前沿技术奠定基础，抢占产业制高点。

“网”侧升级——打造柔性智能的能源互联网络。实现内部多能流高效转换与柔性互联，并与外部电网安全友好互动。

一是构建柔性配电网。在关键节点加装智能传感器与测控装置，将老旧开关柜升级为智能开关柜，实现设备状态在线监测与预警。同时，在轧钢、电弧炉等冲击负荷部署中低压柔性互联装置，实现负荷动态转移与均衡。

二是全面提升电能质量。采取“分散就地补偿与集中综合治理相结合”的策略，严格要求各级变电站进线平均功率因数不低于0.95，杜绝无功倒送。通过负荷优化调配，将有功冲击大的负荷合理分配至不同供电线路，抑制电压波动与闪变。在谐波源集中区域安装有源电力滤波器，主动抑制和滤除特定次谐波，保障关键设备安全与高品质生产用电。

三是建设数字化碳管理“智慧大脑”。建设集“监测、管控、优化、交易”于一体的智能平台，实现能源流与碳流的全景可视化监测与追踪。基于人工智能与大数据分析，动态优化微电网的运行策略，实现多能协同调度、能效分析与碳足迹管理的闭环智能控制。平台需对接电力交易系统，使微电网成为可参与电力市场交易的活跃主体。

四是明确与大电网的协同互动机制。严格执行国家及行业并网技术规范，明确界定微电网在并网运行、孤岛运行、计划性离网及黑启动等模式下的技术边界与安全责任。积极探索与电网的多元化互动模式，将工业绿色微电网作为“虚拟电厂”的聚合单元，规模化参与电网调峰、调频、备用等辅助

服务市场，在支撑电网安全稳定运行的同时获取经济收益。

“荷”侧优化——重塑灵活可调的智慧用能模式。将传统刚性、不可调的工业负荷，转变为可与电网及微电网内部电源柔性互动的“可调节资源”。

一是开展负荷特性诊断与分类管理。对烧结、高炉、转炉、精炼、连铸、轧制等各工序进行分时用能监测与分析。识别与培育可调节负荷，连续可调负荷：如制氧机、循环水泵、除尘风机等，可在一定范围内平滑调节功率。离散可调负荷：如电弧炉、轧机、热处理炉等，具备启停或阶梯式功率调节能力。可转移负荷：如部分原料预处理、废钢破碎、水处理等非连续生产环节，可在数小时内调整作业时间。

二是实施生产流程与用能策略的智能耦合。依托智慧能碳平台，建立生产计划与分时电价、可再生能源出力预测的联动优化模型，实现基于市场信号的智能排程。引导企业在电价低谷或绿电高峰时段提升生产强度，高峰时段适度调节，以达成降本增效。同时，推动电弧炉、轧机等关键负荷设备的柔性化改造，使其成为可响应电网调度指令的快速调节资源，在需要时短时调整功率，为电网提供灵活性支撑。

“储”侧协同——配置多时间尺度的储能缓冲枢纽。储能是平抑波动、保障稳定、实现能量跨时段转移的核心，旨在全面提升系统灵活性、可靠性与经济性。

一是科学配置储能系统。储能系统配置需构建多时间尺度协同的缓冲系统。秒至分钟级宜采用飞轮储能或超级电容器等功率型设备，以提供瞬时频率与电压支撑；小时至数日级则适合部署锂离子电池或钒液流电池等能量型系统，用于平抑波动与实现峰谷套利。在具备余热回收或集中供冷需求的区域，可配置熔盐储热或冰蓄冷等热

（冷）储能系统，实现热能或冷能的“移峰填谷”，提升能源综合利用效率。

二是探索流程工业嵌入式储能。将高温铁水、钢水、红热钢坯所携带的巨量物理显热，视为一种特殊的“嵌入式储能介质”，通过优化生产节奏与调度，间接实现热能的时移与高效利用。将空分装置产生的液氧、液氮储罐，以及副产煤气柜，作为调节系统内气体能源供需平衡的大型缓冲“储能”设施，增强系统运行的弹性。

钢铁企业

工业绿色微电网建设要求

在推进工业绿色微电网建设过程中，钢铁企业也需正视一些核心挑战，如初始投资高、技术难度大以及与电网协同的标准与机制障碍等。为此，需遵循以下要求，系统推进。

规划先行，系统谋划。开展全厂区、全流程诊断与规划，构建基于工艺、能源、碳流数据构建数字孪生模型，科学评估光伏、风电、储能、氢能等设施的容量配比与布局，实现系统成本最优。

技术创新，灵活运用。重点应用《指南》所列清洁高效发电、清洁能源发电电网与组网、先进储能装备与可靠性评价等技术，实现电、热、气、氢等多能统一调度，保障离网、并网多模式安全运行。

模式创新，系统谋划。重点应用《指南》所列清洁高效发电、清洁能源发电电网与组网、先进储能装备与可靠性评价等技术，实现电、热、气、氢等多能统一调度，保障离网、并网多模式安全运行。

执行标准，保障安全。严格执行《指南》规定的接入、储能安全、电磁兼容等标准，强化网络安全防护，并与电网企业建立清晰的责权划分与协同调度机制，确保故障时可快速、安全隔离或切换。

工业绿色微电网建设将推动钢铁企业能源结构的根本转型，从依赖化石能源和外购电转向以内部余能和外部绿电为主的自洽低碳体系。企业角色也将从单一的能源消费者，转变为集能源生产、消费、存储和交易于一体的产消者。这不仅将显著提升能源利用效率与经济效益，更将推动钢铁行业加速迈向低碳冶金时代，为我国实现“双碳”目标和建设制造强国提供坚实支撑。面对挑战，系统规划、技术攻坚与模式创新将成为钢铁企业成功构建绿色微电网、赢得未来竞争优势的关键。