

# 工业绿色微电网建设与应用指南（2026—2030年）

工业绿色微电网是以向工业用户提供绿色电力为主要目的，集成应用光伏、风电、高效热泵、新型储能、氢能、余热余压余气、智慧能源管控等一体化系统，可融合工业生产过程、与电网友好互动并实现协同自治的综合能源系统。推进工业绿色微电网建设应用，是促进工业用能低碳转型、落实工业领域碳达峰目标的重要途径，是培育绿色发展新动能、锻造产业竞争新优势的重要领域，是实现可再生能源就地消纳、适配新型电力系统的主动选择。为贯彻落实《制造业绿色低碳发展行动方案（2025—2027年）》等要求，推进工业绿色微电网建设与应用，制定本指南。

## 一、建设原则

**推动多能高效互补利用。**统筹用好本地太阳能、风能、氢能、余热余压余气等多种能源，构建供电、供氢、供热（冷）、供气等协同联动的清洁能源供给体系，有效保障工业用户多元用能需求。

**促进可再生能源就近高比例消纳。**科学分析研判工业用户负荷情况，合理规划工业绿色微电网的整体规模以及风电、光伏等可再生能源与新型储能的配比，鼓励工业用户使用高比例清洁能源。

**加强与电网友好互动。**具备电力电量自平衡能力，以及实

现电网调峰、调频、需求侧响应等双向服务潜力，有效减轻电网压力，探索作为新型经营主体参与电力市场交易，提升系统运行经济效益。

**具备工业负荷调节能力。**用电量大的工业用户合理安排生产时序、优化工艺流程、培育可调节负荷，提升终端用能灵活性。促进能源供需双向协同管理，通过移峰填谷、需量管理等措施降低用能成本。

**提高数智化系统运行管理水平。**应用人工智能、大数据、物联网等先进数智技术，支撑实现功率预测、优化调度和市场交易等高水平系统管理功能，促进工业绿色微电网高效、经济、低碳运行。

## 二、建设主要内容

工业绿色微电网主要包括可再生能源发电、工业余能利用、清洁低碳氢制取与利用、新型储能应用、电能变换与柔性互联、数字化能碳管理等设施或系统。

**（一）可再生能源发电。**工业企业和园区新建太阳能、风能等可再生能源发电每年就近就地自消纳比例原则上不低于60%；电力现货市场连续运行地区，分布式光伏可通过聚合方式接入用户侧电网或与用户开展专线供电，采用自发自用余电上网模式参与现货市场，上网电量占总可用发电量的比例不超过20%。持续提升可再生能源发电设施接入电网承载力和调控能力，实现“可观、可测、可调、可控”。

1. 光伏发电：依据《光伏电站设计规范》（GB 50797）、

《光伏电站接入电力系统技术规定》(GB/T 19964)、《光伏电站接入电力系统设计规范》(GB/T 50866)等标准,因地制宜建设分布式或集中式光伏发电项目。其中,分布式项目建设应符合《分布式光伏发电开发建设管理办法》等规定,充分利用建筑物及其附属场所,合理布置光伏组件朝向、倾角与高度,鼓励采用建筑光伏一体化的建设模式;集中式项目应充分利用周边未利用地、园地和存量建设用地,做好规划选址、资源测评、建设条件论证、需求分析等各项准备工作。

2. 风力发电:依据《风力发电场设计规范》(GB 51096)、《海上风力发电场设计标准》(GB/T 51308)、《风电场接入电力系统技术规定》(GB/T 19963)等标准,基于长期可靠的气象数据进行精细化风资源评估,在风资源丰富、风向稳定的区域,选择与风资源相适配的风电机组开展项目建设,鼓励采用节地型、低噪声、高效率、智能化的风电机组和技术。

**(二) 工业余能利用。**充分利用钢铁行业焦炉、高炉、转炉副产煤气及其显热、余压,石化化工行业加热炉、裂解炉、合成氨造气、电石炉、硫磺/硫铁矿制酸等工艺环节余热,有色金属行业电解槽烟气、熔铸炉等余热,建材行业水泥窑、玻璃窑、陶瓷窑等窑尾烟气余热,以及其他相关行业炉渣、冷却水等余热,建设工业余能分级高效回收利用体系。其中,中高品位余热资源优先通过管网设施就近供给区域内有用热需求的工业企业,用于驱动蒸汽轮机、预热空气、干燥物料等工艺设备;剩余余热、余压、余气资源用于发电、接入储能或供应暖

(冷)气、热水等。鼓励使用工业热泵回收废水、废气等余热资源制备高温蒸汽,积极推动石化化工、纺织印染、食品加工、造纸、医药等行业用热工艺环节(用热需求低于150°C)热泵应用。

**(三) 清洁低碳氢制取与利用。**在符合产业结构调整的前提下,在风能、太阳能等清洁能源富集地区有序建设“制氢+用氢”一体化项目。因地制宜推进焦炉煤气、氯碱尾气、丙烷脱氢等工业副产氢规模化提纯。结合氢源供应和用氢负荷分布情况,合理部署多元储氢、氢燃料电池、氢内燃机等存储、发电设施。具备条件的工业企业和园区可先行先试打通绿电—绿氢—绿氨/绿醇产业链,探索推进绿氨小型化、分布式制取和应用,开发小型撬装式、模块化生产装置。推动高效电解水制氢装置、高效燃料电池发电设施、一体化风光柔性制氢系统等技术装备开发应用。

**(四) 新型储能应用。**依据《电化学储能电站设计标准》(GB/T 51048)、《电能存储系统用锂离子电池和电池组 安全要求》(GB 44240)、《电力储能用锂离子电池》(GB/T 36276)、《电化学储能电站接入电网技术规定》(GB/T 36547)等标准,按照建设规模以及可再生能源消纳、频率/电压支撑、热/冷负荷调节等功能需求,配置单一或多种方式的新型储能系统。其中,对于可再生能源消纳需求,可根据典型日用电负荷曲线与可再生能源出力特性,选配锂离子电池、液流电池、氢储能、压缩空气等储能方式,实现绿色电力的削峰填谷与跨时段利用;对

于频率/电压支撑需求，可根据频率波动偏差值及支撑时间需求，选配锂离子电池、飞轮储能、超级电容等储能方式，增强系统有功/无功调节能力，提升电能质量与供电可靠性；对于热/冷负荷调节需求，可根据热/冷负荷规模、波动特性及调节时间需求，选配熔盐储热、冰蓄冷等方式。推动钠离子电池、钒钛电池、锂电容、光热储能等在工业绿色微电网的创新应用。

**（五）电能变换与柔性互联。**依据《能源路由器功能规范和技术要求》（GB/T 40097）、《能源互联网能量交换装置功能要求》（DL/T 2937）等标准，按照工业绿色微电网母线/馈线拓扑结构、电压等级以及电能变换与控制需求，配置电能转换装置，具备交/直流电能传输、分配、路径选择以及电压、电流、功率等电气参量的智能控制功能。存在配变重过载问题的，可配置中低压柔性互联装置，实现电力灵活调度、电能质量优化、功率互联互济，提升区域内分布式资源承载力，支撑重过载母线/馈线以及故障或计划停电下的负荷转供。

**（六）数字化能碳管理。**依据《工业企业和园区数字化能碳管理中心建设指南》及相关标准，建设数字化能碳管理中心。应用人工智能、大数据、工业互联网等先进技术，实现对能源供给、传输、消费等精准化计量、精细化管控、智能化决策和可视化呈现。系统具备发电管理、负荷管理、储能管理、功率和电价预测、发用电计划、统计分析与评估、信息发布等模块。其中，负荷管理模块应具备能源消费分析与用能策略推荐、能效对标、能效平衡与优化、碳排放和碳足迹核算等功能；功率

和电价预测模块应对可再生能源发电功率、负荷功率、市场电价等进行合理预测，有效减少运行成本，降低系统网损、非计划停电概率等，快速优化发用电，按需灵活调整工业生产和用能调控策略。工业绿色微电网应与所在地区电网调度平台建立统一的数据接口和通信协议，确保信息实时共享。

### 三、建设模式

工业绿色微电网要按照主配微电网协同发展有关要求开展规划建设，建设模式根据建设主体、运营模式等情况，主要包括自筹自建型和第三方共建型。项目建设和运行过程中，由项目核准或备案机关负责项目建设和运行安全监管，项目涉网运行需满足电力行业涉网安全管理要求，并接受电力监管机构监管。

**（一）自筹自建型。**由工业企业或园区独立投资建设并自主运营，主要目标是提升绿电使用比例、保障安全用电，适用于用能集中、负荷稳定的单一企业或园区。运行过程中，工业企业或园区为责任主体，负责发电、储能等设施的运行调控及日常维护，优先就地消纳清洁能源，科学参与电力中长期、现货、辅助服务等市场交易。如，在工业负荷大、可再生能源条件较好的地区，工业企业或园区可按照《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》等规定，探索建设源网荷储一体化、绿电直连等项目，充分挖掘负荷调节能力，探索虚拟电厂等一体化运行与聚合管理新模式。

**（二）第三方共建型。**由工业企业或园区联合具备资质的

第三方服务企业，以合同能源管理、融资租赁等模式，开展项目规划投资、建设和运营。工业企业或园区保障配套设施建设、接入及场地落实，第三方服务企业负责系统规划设计、工程建设。运行过程中，第三方服务企业承担工业绿色微电网的运行调控及日常维护，并提供节能诊断、融资、改造等服务。可再生能源消纳比例按相关政策执行，市场化收益由双方协商确定。如，出口外向型工业企业和园区，可按照《关于有序推动绿电直连发展有关事项的通知》等规定，联合第三方服务企业、可再生能源发电企业等，利用周边清洁能源资源探索开展存量负荷绿电直连。

#### 四、应用场景

**（一）钢铁、石化化工、建材、有色金属等企业或工业园区高载能应用场景。**该场景下工业负荷以大规模、高能耗为特征，在生产周期内连续高强度运转，且因生产工序较多，导致电、热、气等多能流耦合复杂。工业绿色微电网应利用厂区内余热、余压、余气资源，并提供较大规模的绿色电力。如，钢铁、水泥、铜冶炼等行业企业高效回收利用厂区内焦炉煤气、高炉煤气和炉顶余压、烧结合余热以及高温烟气、炉渣余热等副产能源资源，用于热风炉加热、原料预热、发电或冶炼工序热源补偿等环节，提高能源资源利用效率；充分利用厂区屋顶、边坡等空间，建设光伏发电设施，降低化石能源与外部供电依赖，构建“余能利用+可再生能源发电+新型储能”的多能互补模式；部署智慧能源管控系统，对冶炼、烧结、精馏等主要用

能环节开展能效评估、负荷预测、智能错峰调度，实现电、热、气等多能流综合平衡和智慧化管理。

**（二）机械、轻工、纺织、汽车、电池制造等企业或工业园区灵活性应用场景。**该场景下工业负荷以灵活性、离散性为特征，可随生产计划或订单周期灵活安排用能计划，具有一定的需求侧响应潜力。工业绿色微电网应具备较强的清洁能源出力与负荷预测、资源优化配置能力。如，机械、汽车企业针对涂装、焊接、注塑、热压等特定工序的间歇性用电需求，合理配置可中断负荷管理平台和储能设施，根据不同时间尺度可再生能源出力、峰谷电价等情况，灵活调整排产计划，提升可再生能源消纳比例并降低生产用能成本；纺织、电池制造等具备柔性生产特征的工业企业，可实施智能化生产线改造，结合订单量、物料供应、能源供给情况动态调整生产策略，提高系统整体能效水平。

**（三）电解铝、多晶硅、水电解制氢等企业或工业园区规模化可调节应用场景。**该场景下工业负荷生产流程连续且对短时电力波动耐受性强，可实现功率快速升降。工业绿色微电网应充分发挥负荷灵活性优势，作为规模化的实时调节资源参与电力需求侧响应、辅助服务等，强化与电网的深度友好互动。如，利用水电解制氢系统宽幅调节特性，在保障工艺安全前提下快速降低或提高运行负荷，充分利用可再生能源峰时发电，缓解电网运行压力；利用多晶硅还原炉间歇性运行特性，按需调整启停时间和运行时长，实现生产过程的可控错峰；依托智



慧能源管控系统，根据峰谷电价主动调整电解铝等大容量可调设备的运行策略，高峰时段降负荷运行、低谷时段恢复生产。

**（四）算力设施等企业高可靠应用场景。**该场景下工业负荷以高可靠、不可中断为特征，生产过程依赖长期连续运行的精密设备，对电流谐波等电能质量要求高，对瞬时中断等异常工况较为敏感。工业绿色微电网应具备电能质量治理、故障快速切除和备用电源支撑能力，做好源荷匹配和电能质量分析，构建高效可靠的电力保障体系。如，算力设施企业构建“主网供电+分布式光伏+电化学储能+不间断电源”的多级容错架构，实现电源供应零间隙切换；通过智慧能源管控系统，科学评估不间断电源系统、锂离子电池等多种储能应用特征，实现多元储能的合理配置与灵活调度；持续探索冷源侧余热回收、吸收式制冷等技术，提升能源综合利用效率。

## 五、建设要求

**（一）严格执行标准规范。**工业绿色微电网建设应用应严格执行现行微电网、源网荷储一体化、绿电直连等政策标准要求，明确与大电网的安全责任边界及经济责任。严格遵守规划设计、施工验收、运行控制、设备维护、检修试验、安全管理等标准要求，微电网、清洁能源发电、储能等接入电力系统相关技术规范，以及能源设施建设、安全防护、危险化学品管理等强制性国家标准。

**（二）加快先进技术应用。**推进清洁高效发电、清洁能源发电构网与组网、先进储能装备与可靠性评价、微电网规划设

计仿真、柔性负荷调控、微电网经济运行与优化调度等技术应用。推动人工智能、云计算、大数据、智能传感、5G、工业互联网等新一代信息技术融合应用，带动工业数据集、工业领域专用大模型等创新迭代，提升系统智能化水平。

**（三）确保安全可靠运行。**严格执行涉网安全管理规章制度，建立覆盖全环节、全流程的工业绿色微电网安全管理体系，保障项目安全可靠运行，实现“友好并网”。强化核心装备资料性文件与技术参数核查，确保装备性能与技术要求一致。严格遵循储能系统热失控防护、电力电子装置电磁兼容等要求。在重点场景和关键环节构建网络安全风险预案，加强重要系统网络安全防护、重要数据识别和保护。

**（四）实现经济合理可行。**强化工业绿色微电网成本效益分析，积极引导社会资本参与项目建设，持续优化投资结构和运营模式。积极拓展电力市场辅助服务、绿色电力交易、电能量交易等多元收益渠道，缩短投资回收期，杜绝低效重复建设。