

T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

工业园区综合能源管理系统集成与能效评 估导则

Guidelines for integration and energy efficiency evaluation of integrated energy
management systems in industrial parks

草案版次选择

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业环保促进会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 基本原则	2
4.2 总体目标	2
5 能源需求与供给预测	2
5.1 预测内容	2
5.2 预测方法	3
5.3 预测报告	3
6 系统集成规划与设计	3
6.1 系统规划	3
6.2 系统总体架构设计	4
7 系统技术要求	4
7.1 数据采集与通信要求	4
7.2 软件功能集成要求	4
7.3 多能源协同集成要求	5
7.4 安全要求	5
8 能效评估要求	6
8.1 评估流程	6
8.2 能效指标计算	6
8.3 评估方法	6
8.4 评估报告	7
8.5 评估结果应用	7
参考文献	8

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

工业园区作为工业产业集聚发展的核心载体，其能源系统的清洁化、高效化和智慧化转型，对于推动工业绿色低碳发展、保障能源安全、实现“碳达峰、碳中和”战略目标具有至关重要的意义。当前，工业园区能源系统正从传统单一能源供给模式向电、热、冷、气、储多能耦合的综合管理模式转型，分布式光伏、风电、储能电站、微电网等技术在园区广泛应用，“源网荷储一体化”成为发展主流。

然而，其集成建设普遍存在技术路线不统一、接口标准不一致、数据难以互通、系统协同困难等问题。同时，缺乏统一、科学的能效评估体系和方法，难以准确衡量园区能源系统的整体能效水平，进而无法为园区的能源管理和优化提供有力支撑。因此，为指导和规范工业园区综合能源管理系统的规划、设计、建设与运营，建立科学合理的能效评估体系，特制定本导则。

工业园区综合能源管理系统集成与能效评估导则

1 范围

本文件规定了工业园区综合能源管理系统的集成原则、能源需求与供给预测、系统集成规划与设计、系统技术要求、能效评估要求等内容。

本文件适用于新建、改建和扩建的工业园区综合能源管理系统的规划、设计、建设、运行及能效评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1028 工业余热资源评价方法
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 18603 天然气计量系统技术要求
- GB/T 18710 风电场风能资源评估方法
- GB/T 19963.1 风电场接入电力系统技术规定 第1部分：陆上风电
- GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定
- GB/T 20272 信息安全技术 操作系统安全技术要求
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 24789 用水单位水计量器具配备和管理通则
- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB/T 29328 重要电力用户供电电源及自备应急电源配置技术规范
- GB/T 31155 太阳能资源等级 总辐射风电场风能资源评估方法
- GB/T 31960 电力能效监测系统技术规范
- GB/T 32151 温室气体排放核算与报告要求
- GB/T 33757.2 分布式冷热电能源系统的节能率 第2部分：多能源互补驱动系统
- GB/T 36276 电力储能用锂离子电池
- GB/T 36547 电化学储能电站接入电网技术规定
- GB/T 42766 光伏发电太阳能资源评估规范
- GB/T 44861 工业自动化和控制系统安全 系统设计的安全风险评估
- GB 51131 燃气冷热电联供工程技术规范
- GB/T 51474 城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准
- DL/T 645 多功能电能表通信协议
- DL/T 2127 多能互补分布式能源系统能效评估技术导则
- DL/T 2585 工业园区综合能源系统规划技术导则
- DL/T 2664 工业园区综合能源供能系统规划技术导则
- JGJ 173 供热计量技术规程

3 术语和定义

GB/T 33757.2、DL/T 2664界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业园区综合能源管理系统 industrial park integrated energy management system

面向工业园区场景，融合信息技术、自动化技术和能源技术，以园区的电、热、冷、燃气、可再生能源等多品类能源作为管理对象，覆盖园区能源生产、传输、分配、消耗及回收利用全环节的一体化智能管控系统。

3.2

多能源协同集成 multi-energy coordinated integration

园区内电、热、冷、气等能源子系统间，及源、网、荷、储各环节间的协调配合，实现功率平衡、故障处置、电能质量治理等目标的技术过程。

4 总则

4.1 基本原则

4.1.1 系统性原则

应统筹规划电、热、冷、气等多种能源，打破能源子系统壁垒，实现跨能源品种的协同规划、集成设计与优化运行。

4.1.2 经济性原则

应以全生命周期成本最优为目标，在满足安全、能效和环保要求的前提下，优化投资、运行和维护成本。

4.1.3 安全可靠原则

应确保能源供应的持续与稳定，具备抵御故障和干扰的能力，以满足关键负荷的用能可靠性需求。同时系统须兼顾网络安全与物理安全。

4.1.4 智能协同原则

系统集成应融入物联网、大数据、人工智能等数字化技术，构建统一的智慧能源管理平台，实现能源数据互联互通与智能调度；能效评估需结合数字化监测手段，提升评估数据的精准度与实时性，支撑动态优化决策。

4.1.5 绿色低碳原则

应优先利用可再生能源，提高能源利用效率，从而减少化石能源消耗和温室气体排放。

4.1.6 可扩展性原则

系统设计应当预留充足的接口与扩展空间，以适应工业园区的产业升级、用能需求变化以及新能源技术应用，同时支持系统的分期建设与迭代升级。

4.2 总体目标

构建多能互补、智能高效的综合能源管理体系，提升能源综合利用效率，降低单位产值能耗与碳排放强度；建立科学统一的能效评估体系，为系统全生命周期管理提供支撑；形成可复制、可推广的园区综合能源集成与能效管控模式。

5 能源需求与供给预测

5.1 预测内容

5.1.1 能源需求预测

需求预测范围应覆盖园区内所有用能主体，包括生产用能、公共设施用能、辅助配套用能及应急备用用能等；预测内容需按能源品类分类开展，明确各品类能源的需求量、时序分布特性、负荷特性及影响因素，具体包括：

- 1) 电力需求：区分生产负荷、照明负荷、动力负荷等，预测总用电量、高峰负荷、低谷负荷、峰谷差及负荷率，重点分析敏感负荷的供电可靠性需求及时序变化规律；

- 2) 热力需求：预测工业生产用蒸汽、工艺热水、生活用水及建筑供暖等的需求量、压力/温度等级，以及随时间变化的负荷曲线；
- 3) 冷量需求：预测工艺冷却及建筑空调的冷负荷需求量及随时间变化的曲线；
- 4) 燃气及其他能源需求：预测天然气、煤炭、燃油等其他燃料的消耗量及负荷特性。

5.1.2 能源供给预测

供给预测应覆盖园区内外部能源供给资源，包括传统能源供给、可再生能源供给、余热余压等综合利用资源及储能调节能力，按能源品类明确供给能力、时序特性、互补潜力及约束条件，具体包括：

- 1) 外部能源供给：预测电网、热网、燃气管网等外部管网的可接入容量、供给稳定性、价格波动及调度约束，明确外部能源的保障能力及备用容量；
- 2) 内部传统能源供给：预测园区自备电厂、燃气锅炉房等传统能源设施的出力能力、运行效率及能耗指标，考虑设备检修、燃料供应等因素对供给的影响；
- 3) 可再生能源供给：针对太阳能、风能、地热能、生物质能等可再生能源，应依据 GB/T 31155、GB/T 42766、GB/T 18710 标准及国家、地方相关政策，结合园区资源禀赋，对其出力特性及时序波动进行预测分析；
- 4) 综合利用与储能供给：应依据 GB/T 1028 预测工业余热、余压、余气等资源的回收利用潜力及供给稳定性，结合 GB/T 36547 分析电化学储能、储热、储气等设施的调节容量、充放电特性及响应速度，进而评估其对可再生能源消纳及负荷平抑的支撑能力。

5.2 预测方法

供需预测应结合园区用能历史数据、产业特性、资源禀赋及发展规划，具体方法如下：

- 1) 定量方法：包括趋势分析法、回归分析法、时间序列法、负荷密度法、弹性系数法等。对于历史数据完整、用能规律稳定的园区，优先采用时间序列法、回归分析法；对于产业布局明确的新建园区，可采用负荷密度法、弹性系数法。
- 2) 定性方法：包括专家咨询法、情景分析法、政策解读法等。针对产业升级、技术变革、政策调整等不确定性因素，采用情景分析法设定不同发展情景，预测能源需求与供给的变化范围。
- 3) 组合预测方法：结合定量与定性方法的优势，对预测结果进行修正与优化，降低单一方法的预测误差，提升预测结果的可靠性。

5.3 预测报告

供需预测完成后，应编制能源供需预测报告，明确预测周期、方法、基础数据、结果及不确定性分析。报告需涵盖综合能源消费总量及结构、各能源品种负荷曲线、内外能源供给方案与潜力、可再生能源及储能供给能力评估、供需平衡分析及优化建议。

6 系统集成规划与设计

6.1 系统规划

6.1.1 能源系统总体布局规划

应结合供需预测结果，优化能源供给侧与需求侧布局。供给侧明确可再生能源（光伏、风电等）装机规模与落点、传统能源设施（自备电厂、锅炉房）容量配置、储能设施（电化学、储热、储气）布局及容量匹配；需求侧梳理用能负荷分布，优化管网（电网、热网、冷网、燃气管网）路由规划，实现供需空间精准适配。强化多能互补布局，优先规划余热余压回收利用路径，同时兼顾应急供能需求，预留应急电源、备用管网接口，确保极端工况下能源供应连续性。

6.1.2 管理平台架构规划

应采用“云边端”协同模式，实现分层部署管理。边缘层负责现场设备数据采集、实时控制与本地协同；云端负责数据存储、大数据分析、智能调度与全局优化；平台需预留接口，支持与园区政务系统、企业用能系统、外部能源管网调度系统互联互通；功能模块应涵盖监测、调度、能效分析、运维及安全管控，确保平台可扩展并支持后续升级。

6.1.3 管网与设施协同规划

应按“集约化、低损耗”原则规划能源管网，优化管网管径、压力等级与敷设路径，减少输送损耗；统筹考虑不同能源管网的协同布局，避免交叉冲突，预留管网扩容空间。合理布局能源转换设施（热电联产、热泵、蓄冷蓄热装置），确保效率达标并与供需匹配；明确设备联动控制，实现源网荷储协同响应，提升系统运行效率。

6.2 系统总体架构设计

6.2.1 物理层（能源系统层）

应设计多能互补的实体能源系统，主要包括如下单元：

- 1) 能源生产单元：光伏阵列、风机、燃气轮机/内燃机、余热锅炉、热泵等；
- 2) 能源转换单元：电制氢装置、吸收式制冷机、电锅炉等；
- 3) 能源存储单元：蓄电池、蓄冷（冰/水）设备、储热设备等；
- 4) 能源输配网络：配电网、蒸汽/热水管网、冷水管网、燃气管网等；
- 5) 能源消费单元：各生产车间、办公楼、公共设施等。

6.2.2 信息层（数据与通信层）

应构建“全感知、高可靠、低时延”的数据通信网络，主要包括以下内容：

- 1) 数据采集：应依据 GB 17167 的要求配备智能计量仪表和传感设备；
- 2) 通信网络：应构建融合工业以太网、无线专网、光纤等技术的可靠通信网络；
- 3) 数据平台：应建立统一的数据中台或能源数据仓库，实现多源异构数据的采集、存储、治理与共享。

6.2.3 应用层（功能与服务层）

应开发部署以下核心功能模块：

- 1) 全景监测与可视化：应实现对能源流、信息流的实时监控和图形化展示；
- 2) 能效分析与诊断：应开展多维度能效统计、对标、溯源分析和异常诊断；
- 3) 优化调度与决策支持：应基于预测和实时运行数据，运用科学优化调度算法，生成经济高效的调度方案、需求响应及负荷调控策略；
- 4) 碳资产管理与交易支持：核算碳排放，管理碳资产，为参与碳交易提供数据支撑；
- 5) 运维管理与应急指挥：管理设备台账、巡检、消缺，制定并执行应急预案。

7 系统技术要求

7.1 数据采集与通信要求

- 1) 应依据 GB/T 31960 的要求，实现园区内电、热、冷、气等全品类能源数据，以及光伏、风机、储能、转换设备等核心设备的运行参数、状态信号的全面采集；
- 2) 需支持 Modbus-RTU/TCP、IEC 61850、DL/T 645、MQTT 等主流工业通信协议，具备协议快速适配能力；通信接口需兼容 RS-485、以太网、无线专网、光纤等多种传输方式；
- 3) 实时控制指令传输成功率不低于 99.9%、端到端延迟不大于 100ms，周期性数据传输成功率不低于 99.5%、端到端延迟不大于 500ms；关键测点采集周期不大于 1s、一般测点采集周期不大于 5s、核心指标采集精度不低于 $\pm 0.5\%$ ，确保数据传输的完整性与时效性；
- 4) 电力计量精度应符合 GB 17167 等级要求；
- 5) 天然气计量应符合 GB/T 18603 要求，计量精度符合 GB 17167 等级要求；
- 6) 水计量应符合 GB/T 24789 要求，计量精度符合 GB 17167 等级要求；
- 7) 供热计量应符合 JGJ 173 要求，计量精度符合 GB 17167 等级要求；
- 8) 应建立数据质量管控机制，具备数据清洗、校验、异常报警及补全功能；采用加密传输与存储技术，保障数据安全，符合 GB/T 22239 中第二级要求。

7.2 软件功能集成要求

管理平台需集成以下核心功能模块，且各模块协同联动：

- 1) 数据监测模块：应实现电、热、冷、气等多能源数据及关键碳排放源数据的实时采集与可视化展示，支持数据查询、统计分析及自定义报表生成；
- 2) 智能调度模块：应融入 AI 调度算法，基于供需与碳排放预测，实现多能源协同调度与优化，具备负荷平抑、可再生能源消纳优化、应急调度等功能，调度指令响应时间不超过 10s；
- 3) 能效分析模块：支持单位产值能耗、能源综合利用效率等指标实时计算与分析，具备能效偏差预警及优化建议生成功能；
- 4) 碳排放管控模块：应对园区碳排放数据进行监测、核算、分析与全景管控，实现趋势分析及超排预警；同时支持碳配额、自愿减排量等碳资产的登记、盈亏测算与履约预警管理；并为产品碳足迹核算及第三方碳核查提供完整的数据溯源支撑。
- 5) 设备运维模块：应实现设备全生命周期管理，支持故障预警、维护计划制定及运维记录追溯；
- 6) 安全管控模块：应具备完善的权限分级管理、操作日志审计、网络信息安全及异常工况报警与应急处置指引功能。

7.3 多能源协同集成要求

多能源协同集成应满足以下要求：

- 1) 应配置燃气轮机/内燃机+余热锅炉+吸收式制冷机等多能耦合设备，实现燃气、冷、热、电的联供，联供系统的年平均能源综合利用效率应满足 GB 51131 要求。电锅炉、热泵等备用转换设备应具备快速启停能力，以满足负荷波动时的应急供能需求；
- 2) 光伏、风电等可再生能源发电单元应具备低电压穿越、无功调节能力，符合 GB/T 19963、GB/T 19964 的要求，发电出力数据应实时上传至平台并支持远程调度；
- 3) 储能系统应具备双向调节能力，容量配置满足园区峰谷差调节及可再生能源消纳需求，充放电效率不低于 90%，响应时间不大于 1s；储能电池符合 GB/T 36276 的要求，具备过充、过放、过温保护功能；
- 4) 系统应具备孤岛运行模式，当外部电网中断时，可再生能源与储能系统可协同为园区关键负荷供电，供电持续时不低于 2h；孤岛切换时间不大于 50ms，切换过程无供电中断，保障核心生产与公共设施的连续供能；
- 5) 应基于实时负荷预测与能源价格，动态分配电、热、冷、气的生产与消费比例，优先保障可再生能源消纳，实现园区综合能源利用效率大于 80%；支持峰谷电价响应，通过热/冷储能、燃气轮机调峰等方式降低园区用电成本；
- 6) 应建立多能源转换联动控制逻辑，实现一种能源供需失衡时，其他能源快速补位调节。

7.4 安全要求

7.4.1 供能安全保障

供能安全应满足以下要求：

- 1) 配电网应具备冗余设计，关键馈线采用双回路配置，供电可靠率不低于 99.95%，并具备符合 GB/T 14285 要求的故障保护能力；
- 2) 热/冷网应具备超压保护、温度监测与流量平衡调节功能，关键节点配置备用泵且故障切换时间不大于 30s；
- 3) 燃气管网应具备泄漏监测、紧急切断与压力调节功能，满足 GB/T 51474 的要求；
- 4) 单一能源系统故障时其他能源应快速替代，应急响应时间不大于 10min；
- 5) 配备应急电源，应急启动时间满足 GB/T 29328 要求，确保关键负荷连续供电；
- 6) 应设置过压、过流、泄漏等安全监测装置，具备自动报警与联锁保护功能。

7.4.2 系统运行安全

系统运行安全应满足以下要求：

- 1) 管理平台应具备抗干扰能力，符合 GB/T 20272、GB/T 44861 工业控制系统安全要求；建立系统备份与恢复机制，确保数据不丢失、系统不中断运行。

- 2) 设备联动控制应设置逻辑校验与手动干预接口，避免误操作导致系统故障；每半年开展一次系统安全测试与隐患排查，确保运行安全。

8 能效评估要求

8.1 评估流程

评估流程主要包括以下关键环节：

- 1) 确定评估边界与对象：明确评估的物理边界和系统边界（包含的能源种类、用能环节和主要设备）；
- 2) 构建评估指标体系：根据园区能源系统特点与能效评估目标，构建适用的多层级评估指标体系，见图 1；
- 3) 数据收集与核查：进行基础数据和运行数据的采集、校核与整理，为测算提供可靠输入；
- 4) 指标计算与分析：计算各项评估指标，开展对比分析、对标分析，识别能效短板与节能潜力；
- 5) 评估报告编制：基于计算结果，形成结构完整、数据详实的评估报告，并提出具有针对性的能效提升与优化运行策略建议。



图 1 综合能源系统能效测算指标体系

8.2 能效指标计算

综合能耗的分类与计算方法应依据GB/T 2589进行计算；多能互补系统的能效指标应依据GB/T 33757.2、DL/T 2127进行计算；节能量与节能率应依据GB/T 13234进行计算；碳排放总量与强度应依据GB/T 32151系列标准进行核算与动态监测。

8.3 评估方法

评估过程应按照以下方法开展：

- 1) 指标计算法：根据能效指标计算公式，逐一计算各项指标的实际值；
- 2) 对标分析法：将园区综合能效指标与同类型工业园区先进水平、行业标准、国家标准进行对标，明确园区能效所处水平，分析差距及原因，挖掘节能潜力；
- 3) 能流分析法：通过绘制能源平衡表或桑基图，对园区能源系统的输入、转换、分配及最终利用各环节进行可视化定量分析，直观识别能流路径、损失环节及主要能耗点。

8.4 评估报告

能效评估报告应结构完整、结论清晰、建议可行。报告正文应至少包括：

- 1) 评估概述（目的、范围、边界、周期）；
- 2) 园区能源系统概况；
- 3) 评估指标体系与采用的方法；
- 4) 数据来源与质量说明；
- 5) 各项指标详细计算结果与分析；
- 6) 综合评估结论（能效水平诊断、关键问题识别、节能降碳潜力分析）；
- 7) 针对性的改进措施与优化建议。

8.5 评估结果应用

应运用评估结果对园区综合能源系统开展优化调度、设备升级改造，以及完善能源管理制度。针对能效未达标的指标，制定专项整改方案，明确整改责任、措施以及完成时限。评估报告可作为园区能源管理体系认证、绿色园区申报、节能奖励申请的支撑材料。

参 考 文 献

- [1] DB11/T 2249 园区能效评价指南
 - [2] DB31/T 114 工业园区能耗在线监测系统技术要求
 - [3] DB32/T 4382 综合能源系统能效测算导则
-