

T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

综合能源管理多能互补系统设计与运营规范

Specifications for design and operation of multi-energy complementary systems in integrated energy management

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 总体要求	2
5 能源调研与规划布局	3
6 能源供给系统设计	3
7 能源耦合与转换系统设计	5
8 智慧管控平台设计	5
9 安全设计	6
10 运营管理要求	6
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

在全球能源转型与我国“双碳”目标深入推进的背景下，构建清洁低碳、安全高效的能源体系已成为国家战略重点。国家相关部门相继出台多项政策，明确推动电力源网荷储一体化以及多能互补发展，鼓励构建多能源协同供应体系。综合能源管理多能互补系统通过整合风、光、储、气、热等多种能源形式，实现能源梯级利用与协同优化，是提升能源综合利用效率、增强系统韧性与灵活性的关键路径。

然而，现有标准多针对单一能源类型或孤立环节，缺乏覆盖系统设计、设备耦合、运营调度的技术规范，导致不同项目在规划布局、设备选型、调度运维等环节标准不一，既制约了能源综合利用效率的提升，也存在安全运行隐患。因此，亟需制定本规范，以规定综合能源管理多能互补系统的集成优化、设备配置要求及运营调度规则，推动能源系统向高效、安全、可持续方向演进。

综合能源管理多能互补系统设计与运营规范

1 范围

本文件规定了综合能源管理多能互补系统的总体架构、规划布局、设备配置、集成优化、运营调度及安全环保等方面的技术要求。

本文件适用于新建、改建和扩建的综合能源管理多能互补系统项目，包括但不限于工业园区、商业综合体、数据中心等场景下的多能互补系统设计与运营。

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 工业余能资源评价方法
- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB 13223 火电厂大气污染物排放标准
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 18710 风电场风能资源评估方法
- GB/T 29319 光伏发电系统接入配电网技术规定
- GB/T 31155 太阳能资源等级 总辐射
- 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 38692 用能单位能耗在线监测技术要求
- GB/T 42766 光伏发电太阳能资源评估规范
- GB 50071 小型水力发电站设计规范
- GB 50797 光伏发电站设计标准
- GB/T 51048 电化学储能电站设计标准
- GB 51096 风力发电场设计规范
- GB 51131 燃气冷热电联供工程技术规范
- DL/T 596 电力设备预防性试验规程
- DL/T 2127 多能互补分布式能源系统能效评估技术导则
- DL/T 2202 发电厂监控系统信息安全防护技术规范
- NB/T 11082 风光水火储多能互补发电工程规划报告编制规程
- NB/T 11401 热电厂储热系统设计规范

3 术语和定义

GB/T 1028、DL/T 2127界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

综合能源管理 *integrated energy management*

对多种能源的生产、传输、分配、转换、存储及消费等环节进行统筹规划与协同管理，以实现能源的高效利用、优化配置和可持续发展。

3.2

能源资源禀赋 *energy resource endowment*

项目所在地可开发利用的各类能源资源的自然禀赋与可利用条件，包括资源储量、分布特征、品质等级、开发潜力等核心属性。

3.3

可再生能源消纳率 renewable energy consumption rate

在统计周期内,多能互补系统边界内实际被有效利用的可再生能源电量与同期可再生能源总发电量的比值。

3.4**能源梯级利用 energy cascade utilization**

根据不同能源品质及用户用能需求,按能量品位从高到低的顺序逐级利用能源的过程,通过多能互补系统实现能源的“按质用能、梯级利用”,减少高品位能源的浪费。

3.5**能源耦合 energy coupling**

不同能源形式之间通过物理或化学方式实现能量转换与交互的过程,包括热能、电能、化学能等多种能量的相互转化与协同。

3.6**智慧管控平台 smart control and management platform**

基于数据采集、传输、分析和决策支持技术,对多能互补系统进行实时监控、优化调度、能效分析和智能管理的综合性平台。

3.7**需求响应能力 demand response capability**

多能互补系统或终端用户根据电网调度指令、价格信号或系统运行需求,主动调节用电负荷、出力或储能状态的能力。

3.8**虚拟电厂 virtual power plant; VPP**

通过先进的信息通信技术,智能计量以及优化控制技术,将分布式电、分布式储能、可调负荷等分布式能源进行集成,构成能响应电网要求、参与电力市场运行或接受电网调度的系统。

[来源:GB/T 44241-2024, 3.1]

4 总体要求**4.1 基本原则**

综合能源管理多能互补系统的设计、建设与运营应遵循以下基本原则:

- a) 安全可靠:应优先保障系统运行安全、能源供应稳定,防范电气安全、消防安全、设备故障等风险,满足电力系统、热力系统等专项安全规范;
- b) 因地制宜:应根据当地资源条件、政策及用户需求,选择合理技术路线和系统配置;
- c) 清洁低碳:应优先利用可再生能源,实现化石能源清洁高效利用,最大限度减少污染物和温室气体排放;
- d) 源荷协同:以供需匹配为原则,优化配置“源-网-荷-储”各环节,实现协同调控;
- e) 经济高效:应结合资源禀赋和用能需求,优化系统设计和设备选型,兼顾前期投资、运行成本和节能效益,实现经济性与实用性的平衡。

4.2 系统总体构架

系统构架应包括以下核心单元:

- a) 能源生产单元:包括风力发电、太阳能发电、水力发电、火力发电、生物质发电等设备,应根据当地能源资源条件和需求进行合理配置;
- b) 能源转换与存储单元:如电化学储能、抽水蓄能电站、压缩空气储能装置等,用于平衡能源供需,提高系统稳定性;
- c) 能源传输与分配单元:包括输电线路、变电站、配电网等,确保能源的高效传输和分配;
- d) 智能控制系统:通过数据采集、分析和决策算法,实现对多能互补系统的实时监控、优化调度和故障诊断;
- e) 用户侧管理单元:包括智能电表、需求响应设备等,用于实现用户侧能源的精细化管理和需求侧响应;

- f) 能源交易与市场互动单元（可选项）：用于衔接能源交易市场，实现系统内多余能源并网交易、短缺能源采购补给，具备交易策略优化、价格监测、交易订单管理、收益核算等功能。支持虚拟电厂参与电力市场、辅助服务市场交易，实现聚合资源的市场化互动与收益优化。

5 能源调研与规划布局

5.1 能源资源禀赋调研

5.1.1 可再生能源资源

应根据GB/T 18710、GB/T 31155、GB/T 42766评估太阳能、风能等资源的可开发程度。通过获取长时间序列的太阳辐射、风速等基础数据，分析其时空分布特征与波动特性。同时，结合当地情况勘查地热能、水能、生物质能、环境热源/冷源的储量及其利用条件。

5.1.2 电网资源

应调研电网接入条件、供电可靠性及电能质量。重点分析分时电价、容量电价、需量管理及需求响应等政策条款，评估系统作为可调资源参与电网互动、获取额外收益的潜力与商业模式。

5.1.3 化石燃料资源

应明确以天然气为主燃料的气源、压力、接口及供气稳定性，获取详细气价方案。同时调研柴油等备用燃料的供应保障与成本。

5.1.4 余能资源

应对工业过程、动力设备等产生的余热、余压、可燃性废气等余能资源开展现场勘查与测试，记录其品质、数量及连续性参数。其评价方法可参考GB/T 1028，以评估回收利用的技术经济可行性。

5.2 能源需求分析

5.2.1 数据收集与调研

应收集项目边界内电、热（含供暖和生活热水）、冷、蒸汽、燃气等至少一个完整年的历史逐时数据，并调研各类终端负荷的特性、参数及发展规划。

5.2.2 负荷特性分析

应基于收集的数据，分析绘制典型日、月及年负荷曲线，量化计算年最大/最小负荷、负荷率、峰谷差等关键指标，并分析不同能源负荷间的时序匹配关系。

5.2.3 负荷预测

应基于历史数据，结合区域发展规划、用户生产计划及节能措施等因素，采用情景分析等方法，对规划期内的负荷总量、结构及动态变化进行短期与中长期预测。其中短期预测（如日、周）误差应不大于10%，中长期预测（如年）误差应不大于15%。

5.3 规划布局原则与方案

5.3.1 规划布局应遵循“因地制宜、高效协同、安全可靠、经济合理”的核心原则。

5.3.2 应适配系统架构与用能需求，优化各单元布局以减少能源损耗、提升协同效率，明确各单元定位、管网配置及互联互通要求，预留扩建与技术升级空间。同时落实安全环保要求，划分防火分区与防护距离，完善防雷防爆措施，确保符合安全环保相关标准规范。

6 能源供给系统设计

6.1 可再生能源系统

6.1.1 一般要求

系统配置应优先最大化利用本地可再生能源。其容量设计应通过资源数据与负荷曲线的匹配分析进行优化，并符合GB 50797、GB 51096等相关专项要求。

6.1.2 光伏发电系统

应依据太阳能辐射资源、可用场地面积以及负荷特性，确定光伏组件的安装容量、类型和方阵布局。设计时要优化倾角与方位角，降低遮挡情况，并配置合适的逆变器和并网保护系统，以保障电能质量和电网安全。光伏发电系统接入配电网应符合GB/T 29319要求。

6.1.3 风力发电系

应在风能评估基础上进行微观选址，选择适宜的单机容量与机型。设计需重点考虑机组的切入风速、额定风速、切出风速特性与本地风况的匹配度，以及噪音控制、防雷接地等环境与安全要求。同时，应考虑风能系统的并网问题，确保其与电网的协调运行。风力发电场设计应符合GB 51096要求。

6.1.4 水能利用系统

在具备条件时，可考虑建设小型水电站或利用市政供水管网余压进行发电。设计应进行严格的水文分析，并确保不影响主体供水安全与生态流量，符合GB 50071要求。

6.1.5 生物质能系统

应结合当地生物质资源种类及供应情况，选择适宜的生物质能转化技术，如生物质发电、生物质供热等。配置应充分考虑燃料储运、预处理、灰渣处理及烟气净化等环节，确保达到环保标准并兼顾运行的经济性。

6.1.6 环境热源/冷源利用系统

设计应根据当地气候条件或水体温度全年变化曲线，合理选型并确定辅助热源配置方案，确保系统在极端工况下的性能系数与可靠性。

6.2 传统能源互补系统

6.2.1 一般要求

传统能源系统作为可再生能源的必要补充，设计核心是温度对口、梯级利用。系统应具备良好的调节性和快速需求响应能力，与可再生能源协同运行，优先采用联产技术提高能效。

6.2.2 燃气热电（冷）联产系统

应基于用户侧冷、热、电负荷需求，合理确定装机容量与运行模式。设计应优化燃气轮机、余热锅炉、溴化锂吸收式制冷机等核心设备的选型与匹配，实现能源梯级利用。系统应配置智能调控装置，根据负荷变化自动调整发电与供热（冷）比例，确保燃气冷热电联供系统的年平均能源综合利用率符合GB 51131相关要求。

6.2.3 燃煤锅炉改造系统

针对存量燃煤设施，应优先采用超低排放改造技术，配套建设烟气脱硫、脱硝及除尘装置，确保污染物排放浓度满足GB 13223要求。设计应结合负荷特性，通过增设蒸汽蓄热器或烟气余热回收装置，提升系统调峰能力与热效率。鼓励采用生物质耦合燃烧技术，逐步降低化石能源消费比例。

6.2.4 柴油发电机备用系统

应依据电网供电可靠性及负荷等级，合理配置柴油发电机组容量与启动时间。鼓励采用双电源互投装置与分布式储能协同运行，以减少柴油发电的启停频次。

6.3 储能系统

6.3.1 容量配置

应根据可再生能源消纳、负荷调峰、备用保障等需求，科学计算储能容量，电化学储能、储热、储气等多种储能形式可组合配置，符合GB/T 51048、NB/T 11401要求；可再生能源消纳场景优先选用锂离子

子电池、液流电池等；频率/电压支撑场景可选用飞轮储能、超级电容等；热/冷负荷调节需结合实际应用场景、热媒类型及系统适配性选择储热形式，工业园区、商业综合体、社区等常规民用及中小型工业场景优先选用水储热、固体储热等通用性强、适配性高的形式，熔盐储热多用于火电厂协同改造、大型集中供热等规模化高温储热场景，冰蓄冷、相变储热可按需适配冷负荷调峰需求。

6.3.2 设备选型

应选用安全可靠、寿命长、效率高的储能设备，电化学储能应具备过充、过放、短路保护功能，储热/储冷设备应具备保温/保冷性能，储能设备安装应具备防火、防爆、防泄漏性能，符合GB 44240、GB/T 36276要求。

6.3.3 接入设计

储能系统接入多能互补系统，应具备充放电控制、能量转换功能，与智慧管控平台联动，实现充放电时序优化，提升系统灵活性。

7 能源耦合与转换系统设计

7.1 耦合方式

应结合能源类型与用能需求，设计电-热、电-冷、热-冷、气-电-热等耦合路径，实现能源梯级利用，如利用燃气机组余热驱动吸收式制冷机、余热回收装置回收工业余热用于供热，提升综合能效。

7.2 转换设备选型与配置

针对整流、逆变、换热等关键设备，应根据系统设计需求与能源特性，进行精准选型与优化配置。

7.3 氢能耦合

在可再生能源富集区域，可规划“制氢+用氢”一体化项目，推进工业副产氢规模化提纯，合理部署储氢、氢燃料电池等设施，探索绿电—绿氢—绿氨/绿醇产业链适配。

7.4 互联互通设计

互联互通设计应涵盖硬件接口、通信协议、数据格式等多个层面，确保不同厂商、不同型号的设备能够顺利接入系统，并实现数据的实时传输与处理。同时，需加强网络安全防护，确保系统数据的安全性与完整性。

8 智慧管控平台设计

8.1 核心功能模块

平台应包括以下核心模块：

- a) 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，实时采集各类能源的产量、消耗量、设备工况、电能质量、环境参数等数据，数据准确率不低于 99%，符合 GB/T 38692 要求；
- b) 数据分析：应具备能源消耗统计、能效分析、碳排放核算、负荷预测等功能，生成各类报表，为系统优化与运营决策提供支撑；
- c) 优化调度：应基于实时数据与负荷预测，实现多能源协同调度，优化能源分配与设备运行状态，降低能源成本，提升可再生能源消纳率，具备功率预测、动态调控功能。应支持虚拟电厂运行模式，实现分布式电源、储能、可控负荷的聚合调控与协同响应；
- d) 运维管理：应具备设备台账管理、故障预警、定期巡检提醒、运维记录查询等功能，支撑标准化运维，兼容数字化能碳管理需求；
- e) 安全监控：应具备集中报警管理功能，可实时接收并集成显示来自底层控制系统、智能仪表、安防系统的各类报警与事件信息（如能源泄漏、设备故障、越限告警、安防事件等），提供

声光提示、分级分类、历史追溯与报表分析。同时，该系统能够触发应急联动，具备视频监控、门禁管理等功能，符合 DL/T 2202 要求；

- f) 能效分析与碳管理：平台应自动计算系统及关键设备的实时与历史能效指标（如综合能效、节能率、可再生能源渗透率），开展对标分析与能效诊断，精准定位能耗漏洞，相关计算可依据 GB/T 2589、GB/T 33757.2 等标准；应通过在线监测与核算模型实时计量追溯碳排放强度，生成碳资产报告，为碳交易提供数据支撑。模块相关能效数据、碳排放核算数据、运行分析报表保存期限不少于 3 年，涉及碳交易、合规核查的核心数据需长期留存备查。

8.2 技术要求

平台应采用成熟的数字化技术，具备兼容性、稳定性及扩展性；数据传输采用加密方式，保障数据安全与隐私；支持与电网调度系统、用户用能管理系统、环保监测系统对接，实现信息共享；具备分布式控制与集中监控双重能力，适配多场景运营需求。

9 安全设计

电气设计应配置完整防护装置、规范设备布局与电缆敷设；燃气设备及管道应设置泄漏检测报警与紧急切断装置并保持安全距离；储能设备安装应满足防火防爆防泄漏要求，防范电池热失控风险；热/冷系统应设置压力温度控制装置，做好制冷剂泄漏防护与管道处理；同时划分防火分区、配备灭火器材，对易燃易爆及高压区域强化管控，全面防范各类安全事故。

10 运营管理要求

10.1 组织与人员管理

主要包括以下内容：

- a) 运营管理制度：应包括岗位职责、操作规程、安全管理制度、运维管理制度、数据管理制度等，明确各岗位人员职责；
- b) 运营机构：应明确系统的运营责任主体，设立专职运营团队或委托专业能源服务公司；
- c) 人员要求：关键岗位人员应具备相应资质与技能，并定期接受安全、技术及应急预案培训。

10.2 运行与维护管理

主要包括以下内容：

- a) 日常运行监控：应实行 24h 值班监控制度，通过智慧管控平台监控系统全景状态，记录运行参数，及时发现并处理异常；
- b) 调度优化：依托智慧管控平台，实时监测能源供给与负荷变化，优化调度策略，合理分配各类能源，优先利用可再生能源，充分发挥储能系统调峰作用，确保能源供需平衡，提升系统运行效率。依据平台调度计划或人工指令，执行设备启停、模式切换及负荷调节等操作；
- c) 峰谷调节：针对用电、用热、用冷峰谷负荷差异，调整设备运行状态及储能系统充放电时序，降低峰谷负荷差，减少能源浪费，降低运营成本，响应电网调峰要求；
- d) 维护保养：制定并执行基于设备状态的预防性维护计划与定期检修计划。维护内容、周期与标准应符合设备厂家及 DL/T 596 标准要求；
- e) 故障处理：建立分级分类的故障应急处理流程。发生故障时，应快速隔离故障点，启动备用设备，并按程序报告、诊断与修复。故障处置完成后，做好故障分析及记录，优化运维方案；
- f) 应急预案：应制定完善的应急预案，涵盖能源供应中断、设备故障、燃气泄漏、火灾、触电、电池热失控等各类突发事件，明确应急组织机构、应急响应流程、处置措施、责任分工及应急物资配置；
- g) 安全防护：应严格落实安全防护措施，定期检查更新防雷、接地、报警、灭火等安全设施，确保其正常运行；易燃易爆区域、高压区域设置明显安全警示标识，严禁违规操作。

参 考 文 献

- [1] T/CEC 582 多能互补集成优化技术导则
 - [2] DB32/T 4382 综合能源系统能效测算导则
-