

ICS 27 010

C1499

T/GXDSL

团体标准

T/GXDSL 024—2025

## 食品企业生产车间热能综合利用系统标准

Standard for the Comprehensive Thermal Energy Utilization System in the  
Production Workshop of Food Enterprises

2025 - 4 - 2 发布

2025 - 4 - 5 实施

广西电子商务企业联合会 发布

## 目 次

前言 .....	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
4.1 基本原则 .....	2
4.2 目标指标 .....	2
4.3 设计要求 .....	2
5 热能回收与利用技术要求 .....	3
5.1 余热回收 .....	3
5.2 蓄能技术 .....	3
5.3 能量梯级利用 .....	3
5.4 先进技术应用 .....	4
6 能源管理系统要求 .....	4
6.1 监测与计量 .....	4
6.2 分析与优化 .....	5
6.3 系统集成与扩展 .....	5
7 系统设计与集成 .....	5
7.1 设计规范 .....	5
7.2 集成要求 .....	6
7.3 先进技术应用 .....	6
8 安全与环保要求 .....	7
8.1 安全标准 .....	7
8.2 环保要求 .....	7
9 测试与评估 .....	8
9.1 验收测试 .....	8
9.2 定期评估 .....	8
9.3 系统更新与优化 .....	9

## 前 言

本文件依据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。

本文件由宁波东君智能装备有限公司提出。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：永嘉县祥贵金属材料有限公司，杭州旺桔软件科技有限公司，宁波青柑软件科技有限公司，宁波惟正电子材料有限公司，广西产学研科学研究院。

本文件主要起草人：王航军，祝科超，廖礼勇，廖珂玉，曹珠央，施茜茜，李佳廷，胡中麟，陈健，曹迎辉，曹珠东，罗碧雯，叶健，洪璐，许婧，许伟，许培，包小慧，赵爱军，董琳琳，董伟，李鹏新，张宝成，张驰，马宝帅，董海军，张东华，罗盼盼，刘晓亮。

本文件为首次发布。

# 食品企业生产车间热能综合利用系统标准

## 1 范围

本文件规定了食品企业生产车间热能综合利用系统的设计、建设、运行、管理及技术要求，涵盖热能回收与利用、能源管理系统、系统集成、技术规范、安全环保等内容。

本文件适用于食品行业（如饮料、乳制品、肉制品、烘焙、制糖等）生产车间的热能综合利用系统建设与改造。

## 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 2589 综合能耗计算通则

GB/T 3484 企业能量平衡通则

GB 8978 污水综合排放标准

GB/T 13234 用能单位节能量计算方法

GB 13271 锅炉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 23331 能源管理体系 要求及使用指南

GB 32047 啤酒单位产品能源消耗限额

GB 32044 糖单位产品能源消耗限额

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 热能综合利用系统

通过余热回收、能量梯级利用、蓄能等技术，实现生产车间热能高效利用的系统。

### 3.2

#### 余热锅炉

回收高温废气、蒸汽等余热并转化为可用热能的设备。

### 3.3

#### 热泵技术

通过逆卡诺循环将低温热源转化为高温热源的技术。

### 3.4

#### 综合能源效率

系统有效输出能量与输入总能量的比值（单位：%）。

## 4 总体要求

### 4.1 基本原则

4.1.1 为实现能源高效利用和可持续发展目标，系统设计应遵循以下基本原则：

- a) 减量化：通过优化工艺流程、改进设备性能和提高管理水平，减少能源消耗和废弃物产生。
- b) 再利用：对生产过程中产生的余热、废气、废水等资源进行回收和再利用，最大限度地降低资源浪费。
- c) 资源化：将废弃物转化为可再生资源或有用产品，提升资源综合利用水平。
- d) 梯级利用：按照能量品位高低合理分配能源，优先满足高品位需求，逐步向低品位需求转移，确保能源利用效率最大化。

4.1.2 系统设计需综合考虑技术可行性、经济性和环保性，确保在满足生产工艺需求的同时，兼顾经济效益与环境效益。

## 4.2 目标指标

### 4.2.1 热能综合利用率

系统的热能综合利用率应不低于 80%。具体包括：

- a) 直接利用：如高温蒸汽、热水等直接用于生产过程。
- b) 间接利用：通过余热回收装置（如余热锅炉、热泵等）将低品位热能转化为高品位热能。
- c) 梯级利用：根据能量品位差异，合理分配热能用途，避免高品位热能用于低品位需求。

### 4.2.2 单位产品综合能耗

单位产品综合能耗应符合GB 32047、GB 32044标准的要求。

## 4.3 设计要求

### 4.3.1 工艺优化

- 4.3.1.1 采用先进的生产工艺和技术装备，减少能源消耗和污染物排放。
- 4.3.1.2 鼓励使用智能化控制系统，实时监测和调整能源使用情况，提高运行效率。

### 4.3.2 能源管理

- 4.3.2.1 按照 GB/T 23331 标准要求，建立完善的能源管理体系。
- 4.3.2.2 定期开展能源审计，识别节能潜力，制定并实施改进措施。

### 4.3.3 环保要求

- 4.3.3.1 系统设计应符合国家环保法律法规，确保污染物排放达标。
- 4.3.3.2 推广清洁生产技术，减少生产过程中的废弃物和污染物产生。

### 4.3.4 技术创新

- 4.3.4.1 积极引入太阳能、风能、地热能等新能源技术和节能技术。
- 4.3.4.2 开展技术研发和示范项目，探索新型能源利用模式。

### 4.3.5 经济性与环保性平衡

- 4.3.5.1 在满足生产工艺需求的前提下，充分考虑投资成本和运行费用，确保项目的经济可行性。
- 4.3.5.2 注重环保效益，避免因过度追求经济效益而牺牲环境质量。
- 4.3.5.3 通过全生命周期分析（LCA），评估系统的整体环境影响和经济效益，为决策提供科学依据。

## 5 热能回收与利用技术要求

### 5.1 余热回收

#### 5.1.1 高温废气余热回收

余热锅炉：应设计为高效回收高温废气（温度 $\geq 200^{\circ}\text{C}$ ）中的热量，确保蒸汽转化效率不低于 85%。

具体要求包括：

- a) 锅炉材质需具备良好的耐高温、抗腐蚀性能。
- b) 应配置智能控制系统，实时监测废气流量、温度及压力，优化热交换效率。
- c) 定期进行设备维护和清理，防止积灰或结垢影响传热效果。

#### 5.1.2 热泵系统

5.1.2.1 制热能效比（COP）：热泵系统的制热能效比应达到 3.5 或以上，确保能源利用效率最大化。

5.1.2.2 冷热能双向利用率：通过合理设计和运行管理，确保冷热能的双向利用率不低于 70%。具体措施包括：

- a) 采用水源热泵、地源热泵等先进技术，充分利用自然界的低温热源。
- b) 引入智能调控系统，根据实际需求动态调整热泵运行参数。
- c) 结合储能技术，实现能量的高效存储和释放。

### 5.2 蓄能技术

#### 5.2.1 蓄能设备容量设计

蓄能设备（如蓄热罐、冰蓄冷装置）的容量应满足高峰时段 50% 以上的冷热负荷需求。具体要求如下：

- a) 蓄热罐的设计需考虑储热介质的种类（如水、相变材料等），并确保其热稳定性和安全性。
- b) 冰蓄冷装置应结合制冷系统的特点，优化蓄冷量与放冷速率的匹配。

#### 5.2.2 蓄能效率与响应时间

- a) 蓄能效率：蓄能设备的能量存储和释放效率应不低于 90%，以减少能量损失。
- b) 系统响应时间：蓄能系统在启动或切换工况时，响应时间应控制在 30 分钟以内，确保快速适应负荷变化。

#### 5.2.3 智能化管理

- a) 引入智能化管理系统，对蓄能设备的充放能过程进行实时监控和优化调度。
- b) 借助大数据分析和预测模型，提前预判负荷需求，提高蓄能系统的运行效率。

### 5.3 能量梯级利用

#### 5.3.1 蒸汽系统优化

- a) 多级闪蒸技术：蒸汽系统应优先采用多级闪蒸技术，将高压蒸汽逐步降压并回收其中的热能，用于不同品位的需求。
- b) 背压发电技术：通过背压式汽轮机回收蒸汽的压力能，将其转化为电能，同时保留部分低压蒸汽用于后续工艺环节。

#### 5.3.2 高温蒸汽利用

- a) 高温蒸汽 ( $\geq 150^{\circ}\text{C}$ )：优先用于直接加热工艺，例如反应釜加热、蒸发浓缩等高品质热需求场景。
- b) 中温蒸汽 ( $80\sim 150^{\circ}\text{C}$ )：可用于物料预热、干燥等中品位热需求场景。
- c) 低温余热 ( $< 80^{\circ}\text{C}$ )：可进一步用于生活热水供应、空调供暖等低品位热需求场景。

#### 5.3.3 综合梯级利用策略

- a) 根据生产工艺特点，制定详细的梯级利用方案，确保能量按品位逐级分配，避免高品质热能用于低品位需求。
- b) 引入能量管理系统 (EMS)，实时监控各环节的能量流动情况，及时发现和解决能量浪费问题。

### 5.4 先进技术应用

#### 5.4.1 相变蓄热技术

- a) 利用相变材料 (PCM) 的潜热特性，提高蓄能密度和效率。
- b) 相变材料的选择需综合考虑其熔点、潜热值、循环稳定性等因素。

#### 5.4.2 工业废热发电

- a) 对于高温废热资源 (如烟气的、冷却水等)，可采用有机朗肯循环 (ORC) 发电技术，将其转化为电能。
- b) 发电后的余热仍可继续用于其他工艺环节，实现多重利用。

#### 5.4.3 智能调控与优化

- a) 借助物联网、人工智能等技术，实现热能回收与利用系统的智能化调控。
- b) 构建数字孪生模型，模拟系统运行状态，优化能量分配策略。

## 6 能源管理系统要求

### 6.1 监测与计量

#### 6.1.1 在线监测仪表

6.1.1.1 安装要求：在关键能源使用节点（如蒸汽管道、电力线路、燃气供应点等）安装高精度在线监测仪表，确保对蒸汽、电力、燃气等能源数据的实时采集。

6.1.1.2 计量精度：所有监测仪表的计量精度误差应控制在 2%以内，以保证数据的准确性和可靠性。

6.1.1.3 仪表选型：根据不同的能源类型选择合适的仪表，例如：

- a) 蒸汽流量计应采用涡街流量计或孔板流量计，并配备温度和压力补偿功能。
- b) 电能表需支持分时计量和功率因数监测。
- c) 燃气流量计应具备低泄漏率和高灵敏度。

#### 6.1.2 数据采集与存储

6.1.2.1 数据采集频率：系统应以不超过 5 分钟/次的频率采集能源数据，确保数据的时效性和连续性。

6.1.2.2 历史数据保存：所有采集的历史数据应至少保存 3 年，为长期分析和决策提供依据。

6.1.2.3 数据完整性：建立数据备份机制，防止因设备故障或网络问题导致数据丢失。

#### 6.1.3 数据通信与集成

6.1.3.1 通信协议：监测仪表应支持标准化通信协议（如 Modbus、BACnet 等），便于与能源管理平台无缝集成。

6.1.3.2 网络安全：确保数据传输过程中的安全性，采用加密技术防止数据泄露或篡改。

### 6.2 分析与优化

#### 6.2.1 能源管理平台

##### 6.2.1.1 功能模块

- a) 能耗预测：基于历史数据和机器学习算法，预测未来一定时间内的能源需求，为生产计划和调度提供参考。
- b) 异常报警：设置合理的阈值范围，当能源消耗或设备运行状态超出正常范围时，系统自动发出报警提示。
- c) 能效对标：将企业能耗水平与行业标杆进行对比分析，识别节能潜力。
- d) 可视化展示：通过图表、仪表盘等形式直观展示能源使用情况，方便管理人员快速掌握信息。

#### 6.2.1.2 数据分析方法

- a) 多维度分析：从时间、空间、设备等多个维度对能源数据进行深入分析，挖掘潜在的节能机会。
- b) 趋势分析：通过分析能耗趋势，发现异常波动并及时采取措施。
- c) 关联分析：研究不同能源种类之间的相互关系，优化综合能源利用策略。

#### 6.2.1.3 报告与改进措施

- a) 月度报告：每月生成详细的能源利用报告，内容包括但不限于以下方面：
  - b) 当月能源消耗总量及分类占比。
  - c) 主要耗能设备的运行效率评估。
  - d) 异常情况分析及原因说明。

### 6.3 系统集成与扩展

#### 6.3.1 集成其他管理系统

6.3.1.1 将能源管理系统与企业的生产管理系统（如 MES）、设备管理系统（如 EAM）等进行集成，实现数据共享和协同管理。

6.3.1.2 借助工业互联网平台，推动能源管理向智能化、数字化方向发展。

## 7 系统设计与集成

### 7.1 设计规范

#### 7.1.1 热力管网设计

7.1.1.1 保温层厚度：热力管网的保温层厚度应不小于 50mm，以减少热能损失并提高能源利用效率。保温材料的选择需综合考虑导热系数、耐温性能和环保性。

7.1.1.2 表面温升：在正常运行条件下，热力管网外表面温度升高不得超过 5℃，以确保安全性和节能效果。

7.1.1.3 管道材质：选用耐高温、耐腐蚀的优质材料（如不锈钢或碳钢），并根据介质特性选择合适的内衬涂层。

### 7.1.2 蒸汽管道设计

7.1.2.1 压力损失控制：蒸汽管道的压力损失应严格控制在设计值的 10%以内，以保证蒸汽品质和系统稳定性。

7.1.2.2 管径优化：根据流量和流速要求合理选择管径，避免因管径过小导致压力损失过大或管径过大造成材料浪费。

7.1.2.3 疏水装置：在蒸汽管道的关键节点安装高效疏水器，及时排除冷凝水，防止水击现象发生。

### 7.1.3 设备选型与布局

7.1.3.1 设备选型：所有设备（如余热锅炉、热泵、蓄能设备等）应优先选择高效节能型产品，并符合相关国家或行业标准。

7.1.3.2 布局优化：设备布置应遵循紧凑化、模块化原则，减少管道长度和能量损耗，同时便于后期维护和检修。

## 7.2 集成要求

### 7.2.1 智能控制系统

7.2.1.1 联动运行：余热锅炉、热泵、蓄能设备等关键子系统应通过智能控制系统实现联动运行，确保各环节协同工作。

#### 7.2.1.2 控制策略：

- a) 根据实时负荷需求动态调整各设备的运行参数，例如调节余热锅炉的进气量、热泵的制热量或蓄能设备的充放能速率。
- b) 引入预测控制算法，提前预判负荷变化趋势，优化系统运行状态。

7.2.1.3 数据交互：智能控制系统应支持与其他管理系统（如能源管理平台、生产调度系统）的数据交互，实现信息共享和协同决策。

### 7.2.2 综合能效提升

目标指标：通过系统优化和集成，整体能效提升幅度应达到 15%以上。具体措施包括：

- a) 采用多级闪蒸技术回收蒸汽余热。
- b) 利用热泵系统实现冷热能双向高效转换。
- c) 结合蓄能技术平抑负荷波动，提高能源利用率。
- d) 评估方法：定期对系统能效进行评估，对比改造前后的运行数据，验证节能效果。

### 7.2.3 可靠性与安全性

7.2.3.1 冗余设计：关键设备和控制单元应具备冗余功能，确保在单点故障时系统仍能正常运行。

7.2.3.2 保护措施：设置多重保护机制（如超压保护、过热保护、泄漏检测等），保障设备和人员安全。

7.2.3.3 应急方案：制定详细的应急预案，针对可能发生的异常情况（如断电、设备故障等）提供快速响应措施。

## 7.3 先进技术应用

### 7.3.1 数字孪生技术

7.3.1.1 构建系统的数字孪生模型，模拟实际运行状态，分析潜在问题并优化设计方案。

7.3.1.2 借助数字孪生技术实现远程监控和运维，降低现场操作风险。

### 7.3.2 物联网与大数据

7.3.2.1 在系统中部署物联网传感器，实时采集温度、压力、流量等关键参数。

7.3.2.2 运用大数据分析技术挖掘数据价值，发现节能潜力并优化运行策略。

### 7.3.3 人工智能

7.3.3.1 引入人工智能算法（如深度学习、强化学习）对系统运行状态进行智能诊断和预测。

7.3.3.2 实现自适应控制，使系统能够根据外部环境和内部条件的变化自动调整运行模式。

## 8 安全与环保要求

### 8.1 安全标准

#### 8.1.1 特种设备安全

8.1.1.1 压力容器和管道：所有压力容器、管道等特种设备的设计、制造、安装和使用必须符合 TSG 21 的要求，确保设备的安全性和可靠性。

8.1.1.2 压力容器需定期进行检验，包括耐压试验、无损检测等，并取得相关合格证书。

8.1.1.3 管道系统应采用符合标准的材料和连接方式，避免因材质或施工问题导致泄漏或爆裂。

### 8.1.2 自动保护装置

8.1.2.1 超压保护：在蒸汽管道、锅炉等高压设备上设置超压自动保护装置，当压力超过设定值时，自动开启泄压阀，防止设备损坏或事故发生。

8.1.2.2 超温保护：对高温设备（如余热锅炉、热交换器等）设置超温自动保护装置，当温度超过安全范围时，自动切断热源或启动冷却系统。

8.1.2.3 故障响应时间：所有自动保护装置的故障响应时间不得超过 10 秒，以最大限度降低事故风险。

### 8.1.3 应急预案

8.1.3.1 制定详细的应急预案，针对可能发生的事故（如设备爆炸、管道泄漏等）提供快速有效的应对措施。

8.1.3.2 定期开展应急演练，提高员工的安全意识和应急处理能力。

## 8.2 环保要求

### 8.2.1 废气排放控制

8.2.1.1 排放标准：废气排放浓度应严格遵守 GB 13271 标准，具体要求如下：

- a) 颗粒物排放浓度  $\leq 30 \text{ mg/m}^3$ 。
- b) 二氧化硫排放浓度  $\leq 200 \text{ mg/m}^3$ 。
- c) 氮氧化物排放浓度  $\leq 200 \text{ mg/m}^3$ 。

8.2.1.2 净化措施：根据废气成分选择合适的净化技术，例如：

- a) 采用布袋除尘器或静电除尘器去除颗粒物。
- b) 使用脱硫塔或碱吸收法去除二氧化硫。
- c) 安装 SCR 或 SNCR 脱硝装置降低氮氧化物排放。

### 8.2.2 噪声控制

8.2.2.1 生产车间内噪声：生产车间内的噪声水平不得超过 75 dB(A)，以保障员工的职业健康。

8.2.2.2 厂界噪声：厂界的噪声水平不得超过 55 dB(A)，避免对周边环境造成干扰。

8.2.2.3 降噪措施：

- a) 在设备选型阶段优先选择低噪声产品。
- b) 对高噪声设备加装隔音罩或消声器。
- c) 合理布置设备位置，将高噪声设备远离敏感区域。

8.2.3 废水处理

8.2.3.1 排放标准：废水排放应符合 GB 8978 标准要求。

8.2.3.2 处理工艺：根据废水特性选择适当的处理工艺，例如：

- a) 生化处理法用于去除有机污染物。
- b) 化学沉淀法用于去除重金属离子。
- c) 膜分离技术用于深度净化。

9 测试与评估

9.1 验收测试

9.1.1 连续运行测试

9.1.1.1 测试时长：系统投运后需进行 72 小时连续运行测试，以验证其在实际工况下的稳定性和可靠性。

9.1.1.2 关键指标：

- a) 能效达标率：测试期间，系统的能效水平应达到设计要求，关键指标（如热能综合利用率、单位产品能耗等）的达标率不低于 95%。
- b) 稳定性：系统运行过程中无重大故障或异常停机，各项参数波动范围符合设计规范。

9.1.1.3 测试内容：

- a) 热力管网的压力损失和表面温升测试。
- b) 蒸汽锅炉、余热锅炉、热泵等设备的性能测试。
- c) 蓄能设备的能量存储与释放效率测试。

### 9.1.2 数据记录与分析

9.1.2.1 在测试期间，实时采集并记录系统的关键运行数据（如温度、压力、流量、能耗等），并通过数据分析评估系统性能。

9.1.2.2 对比测试结果与设计目标，识别可能存在的问题，并提出改进措施。

### 9.1.3 文件归档

整理并归档验收测试的全过程资料，包括测试方案、数据记录、分析报告等，为后续运维提供参考依据。

## 9.2 定期评估

### 9.2.1 能源审计

9.2.1.1 频率：每年开展一次全面的能源审计，评估系统的能源利用效率和节能潜力。

9.2.1.2 标准依据：按照 GB/T 13234 标准，计算系统的实际节能量。

9.2.1.3 审计内容：

- a) 分析能源消耗总量及分类占比。
- b) 对比历史数据，评估能耗变化趋势。
- c) 识别高耗能环节，提出具体的节能改进措施。

### 9.2.2 绩效评价

9.2.2.1 建立系统绩效评价体系，从以下方面对系统运行效果进行量化评估：

- a) 经济性：单位产品能耗成本是否降低。
- b) 环保性：污染物排放是否达标，碳排放量是否减少。
- c) 技术性：设备运行效率是否提升，新技术应用效果如何。

### 9.2.3 报告编制

每次能源审计后，编制详细的评估报告，内容包括但不限于：

- a) 当前系统运行状态概述。
- b) 存在的主要问题及原因分析。
- c) 改进建议及预期效益。

## 9.3 系统更新与优化

### 9.3.1 更新周期

9.3.1.1 每三年对系统设计进行全面审查和更新，确保其能够适配最新的技术发展和工艺需求。

9.3.1.2 根据企业发展战略和市场需求，调整系统的设计目标和功能要求。

### 9.3.2 技术升级

9.3.2.1 引入先进的节能技术和装备，例如：

- a) 更高效的热交换器或蒸汽回收装置。
- b) 新型蓄能材料或储能技术。
- c) 智能化控制系统和数据分析平台。

9.3.2.2 探索可再生能源的应用，逐步提高清洁能源的比例。

### 9.3.3 工艺优化

9.3.3.1 结合生产流程的变化，优化系统设计，减少不必要的能源浪费。

9.3.3.2 开展工艺试验，验证新工艺对系统性能的影响。

---