

ICS: 17.020

CCS: T 04

T

团 体 标 准

T/CSMT-XXXX—20xx

冷链物流车厢热工性能与碳排放关联 评价规范

Evaluation specifications for the correlation between thermal performance
and carbon emissions of cold chain logistics vehicles

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国计量测试学会 发布

目 次

前言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	4
4 总体要求	5
5 测试基本条件	5
6 热工性能参数测量方法	6
7 制冷运行能耗测量方法	9
8 碳排放核算方法	10
9 热工性能与碳排放关联评价方法	11
附录 A (资料性) 检测报告模板	12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国计量测试学会提出并归口。

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。

本文件起草单位：湖北省计量测试技术研究院、湖北省计量测试技术研究院鄂州分院、中国计量科学研究院、湖北省计量测试技术研究院仙桃分院、武汉理工大学、武汉达理益克技术有限公司、广东省计量科学研究院、国网湖北省电力有限公司经济技术研究院、碳排放权注册登记结算（武汉）有限责任公司、南京师范大学、中国地质大学（武汉）、江苏中碳绿色转型科技有限公司、湖北省计量测试技术研究院黄冈分院、奥尔劳格武汉科技有限公司、南京明德软件有限公司、华中师范大学。

本文件主要起草人：胡红波、吴晓霖、孟令东、岑楼、熊行创、刘子龙、李琳、周军红、王勇、范安成、汪颖翔、杨光星、曾晓洪、刘珩、赵飞、王帅、杨光、郭琼、李德、张安阳、、杨帆、张钰、梁德风、夏天。

冷链物流车厢热工性能与碳排放关联评价规范

1 范围

本文件规定了冷链物流车厢热工性能与碳排放关联评价的方法及技术要求，适用于冷藏运输车厢、冷冻运输车厢、新能源冷链运输车厢、医药冷链运输车厢、生鲜食品冷链运输车厢等场景，不适用于液氮或干冰等非机械制冷运输系统、铁路冷链集装箱、海运冷藏集装箱、固定式冷库系统。

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 40488 冷藏车、冷藏集装箱隔热性能及气密性试验方法

GB/T 29753 道路运输食品与生物制品冷藏车安全要求及试验方法

ISO 14083:2023 运输链温室气体排放量与报告

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冷链物流车厢 cold chain logistics vehicle compartment
具有隔热结构并采用机械制冷设备维持内部温度的运输车厢。

3.2

热工性能 thermal performance
表征车厢隔热、保温及热量交换能力的性能指标。

3.3

总传热系数（K值） overall heat transfer coefficient (K value)
单位时间内，单位面积车厢围护结构在单位温差条件下传递的热量。

3.4

漏冷量 cooling loss
车厢在规定温差条件下，单位时间内因热交换进入车厢内部的热量。

3.5

温升速率 rate of temperature rise
在停止制冷条件下，车厢内部平均温度单位时间的上升值。

3.6

开门恢复时间 door reopening time

车厢门开启并关闭后，车厢内部温度恢复至设定温度范围所需时间。

3.7

单位货物碳排放 carbon emissions per unit of goods

运输单位质量货物在单位运输距离下产生的温室气体排放量。

3.8

制冷系统运行碳排放 carbon emissions from cooling system operation

制冷系统运行过程中因能源消耗和制冷剂泄漏产生的温室气体排放总量。

4 总体要求

4.1 评价边界

评价边界包括：

- a) 车厢围护结构传热；
- b) 车门开启及密封泄漏造成的冷量损失；
- c) 制冷系统维持设定温度所产生的能源消耗；
- d) 制冷剂泄漏产生的温室气体排放。

评价边界不包括：

- a) 车辆驱动系统燃料消耗；
- b) 道路运行工况影响；
- c) 货物生产及装卸过程排放；
- d) 固定冷库环节排放。

4.2 评价组成

热工性能评价应包括以下内容：

- a) 车厢围护结构总传热系数（K 值）；
- b) 车厢漏冷量；
- c) 车厢温升速率；
- d) 车门开启后的温度恢复时间；
- e) 制冷系统运行能耗；
- f) 单位货物运输碳排放强度。

5 测试基本条件

5.1 车厢状态要求

测试前应满足：

- a) 车厢结构完整；
- b) 保温层无明显损坏；
- c) 门封完好；
- d) 制冷系统正常运行；
- e) 温度传感器经校准。

5.2 仪器精度要求

测量仪器包括但不限于：

- a) 温度传感器：±0.3℃
- b) 电能表：1级及以上
- c) 流量计：±1%
- d) 风速仪：±0.1m/s
- e) 数据采集器：采样周期≤60s。

6 热工性能参数测量方法

6.1 总传热系数（K值）测量

6.1.1 测量目的

测定冷链物流车厢围护结构在稳定温差条件下的整体传热能力，用于评价车厢保温性能与制冷负荷水平。

6.1.2 测量原理

在稳定工况下，车厢内部维持恒定设定温度，测定：

- a) 车厢内外平均温差；
- b) 制冷系统维持温度平衡所需热补偿量；

计算车厢总传热系数。

6.1.3 测试条件

测试条件应满足：

- a) 环境温度：25℃±2℃
- b) 环境湿度：40%~70%
- c) 风速：≤1.5m/s
- d) 车门状态：全部关闭
- e) 车厢状态：空载
- f) 内部设定温度：0℃或-18℃

6.1.4 测点布置

- a) 外部测点：应在以前壁、后门、左侧壁、右侧壁、顶板、底板等位置布置表面温度测点，每个面测点数量不少于3个。
- b) 内部测点：内部空气温度测点应均匀布置于前部、中部、后部，并按上层、中层、下层进行三维布置，总测点数量不应少于9个。

6.1.5 测试步骤

应按以下步骤进行：

- a) 关闭车门；
- b) 启动制冷系统；
- c) 将车厢内部稳定至设定温度；
- d) 连续运行不少于2h；
- e) 当连续30min内内部平均温度波动不超过±0.5℃时，视为达到稳定工况；
- f) 记录：制冷系统输入功率、内外平均温度、环境参数等信息。

6.1.6 K值计算

总传热系数按式（1）计算：

$$K = \frac{Q}{A \times (T_0 - T_i)} \quad (1)$$

式中：

- K —— 总传热系数，单位为 $W/(m^2 \cdot K)$ ；
Q —— 稳态条件下车厢热负荷，单位为 W；
A —— 车厢总传热面积，单位为 m^2 ；
 T_0 —— 车厢外部平均温度，单位为 $^{\circ}C$ ；
 T_i —— 车厢内部平均温度，单位为 $^{\circ}C$ 。

6.1.7 结果要求

同一车辆应重复测试3次，测试结果最大偏差不应超过5%，最终结果取算术平均值。

6.2 漏冷量测量

6.2.1 测量目的

评价车厢因围护结构传热、门封泄漏及结构缺陷造成的冷量损失水平。

6.2.2 测量条件

测试工况应符合：

- a) 环境温度： $25^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ ；
- b) 内部温度： $0^{\circ}C$ 或 $-18^{\circ}C$ ；
- c) 车门状态：全关闭；
- d) 运行状态：稳态运行。

6.2.3 测量步骤

- a) 将车厢降至设定温度；
- b) 维持稳定运行1h以上；
- c) 记录压缩机运行功率及运行时间；
- d) 计算维持热平衡所需制冷量。

6.2.4 漏冷量计算

漏冷量按式（2）计算：

$$Q_L = P \times \eta \quad (2)$$

式中：

- Q_L —— 漏冷量，单位为 W；
P —— 制冷系统平均输入功率，单位为 W；
 η —— 制冷系统制冷效率系数。

注： η 应根据制冷机组标定COP确定。

6.3 温升速率测量

6.3.1 测量目的

评价车厢在停止制冷条件下维持低温环境的能力。

6.3.2 测量步骤

- a) 车厢内部降至设定温度；
- b) 停止制冷系统；
- c) 关闭全部车门；
- d) 每1min记录一次内部平均温度；
- e) 连续测试时间不少于2h。

6.3.3 温升速率计算

温升速率按式（3）计算：

$$R_t = \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

式中：

R_t —— 温升速率，单位为 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ；

T_1 —— 初始平均温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

T_2 —— 终止平均温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

t_1 —— 初始时刻；

t_2 —— 终止时刻。

6.4 开门恢复时间测量

6.4.1 测量目的

评价车厢在配送工况下温控恢复能力。

6.4.2 测试工况：

按照工况类型设定：

a) 低频工况：开门时间 1min，开门频率 1 次/h

b) 中频工况：开门时间 2min，开门频率 4 次/h

c) 高频工况：开门时间 3min，开门频率 8 次/h

6.4.3 测量步骤

a) 车厢内部稳定至设定温度；

b) 开启车门至规定时间；

c) 关闭车门；

d) 记录内部平均温度恢复至设定值所需时间。

6.4.4 恢复时间判定

当内部平均温度恢复至：设定温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 范围内，并持续稳定 5min 以上时，视为恢复完成。

7 制冷运行能耗测量方法

7.1 电驱制冷系统

7.1.1 测量参数

应测量：

a) 累计耗电量；

b) 压缩机运行时间；

c) 风机运行时间；

d) 平均输入功率。

7.1.2 测量要求

a) 测量周期 $\geq 4\text{h}$

b) 采样间隔 $\leq 60\text{s}$

c) 电能表等级：1 级及以上

7.1.3 单位时间能耗

单位时间能耗按式（4）计算：

$$E_t = \frac{E}{t} \quad (4)$$

式中：

E_t —— 单位时间能耗，单位为 kWh/h ；

E —— 累计耗电量，单位为 kWh ；

t —— 测试时间，单位为 h 。

7.2 柴油驱制冷系统

7.2.1 测量参数

应包括：

- a) 燃油消耗量；
- b) 制冷运行时间；
- c) 平均负荷率。

7.2.2 测量方法

燃油消耗量应采用：质量流量计或容积计量法进行测量。测量误差不应超过±2%。

7.2.3 单位时间油耗

单位时间油耗按式（5）计算：

$$F_t = \frac{F}{t} \quad (5)$$

式中：

F_t —— 单位时间燃油消耗量，单位为 L/h；

F —— 燃油总消耗量，单位为 L；

t —— 运行时间，单位为 h。

7.3 单位运输能耗指标

7.3.1 单位容积能耗

单位容积能耗按式（6）计算：

$$E_v = \frac{E}{v} \quad (6)$$

式中：

E_v —— 单位容积能耗，单位为 kWh/(m³·h)；

E —— 测试周期总能耗，单位为 kWh；

V —— 车厢有效容积，单位为 m³。

7.3.2 单位货物运输能耗

单位货物运输能耗按式（7）计算：

$$E_m = \frac{E}{M \times D} \quad (7)$$

式中：

E_m —— 单位货物运输能耗，单位为：kWh/(t·km)；

E —— 测试周期总能耗；

M —— 货物质量，单位为 t；

D —— 运输距离，单位为 km。

8 碳排放核算方法

8.1 核算边界

碳排放核算包括：

- a) 制冷系统能源消耗排放；
- b) 制冷剂泄漏排放。

不包括：整车驱动燃料消耗和货物生产过程排放。

8.2 电力碳排放计算

电力碳排放按式（8）计算：

$$C_e = E \times EF_e \quad (8)$$

式中：

C_e —— 电力碳排放，单位为 kgCO₂ e；

E —— 耗电量，单位为 kWh；

EF_e —— 电网排放因子，单位为 $\text{kgCO}_2 \text{ e/kWh}$ 。

8.3 燃油碳排放计算

燃油碳排放按式（9）计算：

$$C_f = F \times NCV \times EF_f \quad (9)$$

式中：

C_f —— 燃油碳排放，单位为 $\text{kgCO}_2 \text{ e}$ ；

F —— 燃油消耗量；

NCV —— 燃料低位发热量；

EF_f —— 排放因子。

8.4 制冷剂泄漏碳排放

制冷剂泄漏碳排放按式（10）计算：

$$C_r = M_r \times GWP \quad (10)$$

式中：

C_r —— 制冷剂泄漏碳排放；

M_r —— 制冷剂泄漏量；

GWP —— 全球变暖潜值。

8.5 总碳排放

总碳排放按式（11）计算：

$$C_t = C_e + C_f + C_r \quad (11)$$

式中：

C_t —— 总碳排放量，单位为 $\text{kgCO}_2 \text{ e}$ 。

8.6 单位货物碳排放强度

单位货物碳排放强度按式（12）计算：

$$CI = \frac{C_t}{M \times D} \quad (12)$$

式中：

CI —— 单位货物碳排放强度，单位： $\text{kgCO}_2 \text{ e}/(\text{t} \cdot \text{km})$ ；

C_t —— 总碳排放量；

M —— 货物质量；

D —— 运输距离。

9 热工性能与碳排放关联评价方法

9.1 评价指标体系

评价指标应包括：K 值、漏冷量、温升速率、开门恢复时间、单位运输能耗、单位货物碳排放等。

9.2 综合评价方法

综合评价得分按式（13）计算：

$$S = \sum_{i=1}^n w_i \times x_i \quad (13)$$

式中：

S —— 综合评价得分；

w_i —— 指标权重；

x_i —— 指标归一化值。

9.3 指标权重

指标	权重
K 值	0.30

漏冷量	0.20
温升速率	0.15
开门恢复时间	0.10
单位运输能耗	0.10
单位碳排放	0.15

附录 A
(资料性)
检测报告模板

基本信息					
车辆型号:					
车厢尺寸:					
制冷机组型号:					
检测日期:					
环境条件	温度:		湿度:		风速:
热工性能结果					
参数	结果				
K 值					
漏冷量					
温升速率					
开门恢复时间					
能耗与碳排放结果					
参数	结果				
总能耗					
总碳排放					
单位货物碳排放					
综合评价结果					
