ICS 29.220.01
CCS Z 04

团 体 标 准

T/CECA-G 0296—2024

产品碳效比核算方法 家用电冰箱

Accounting method for carbon efficiency ratio of products—
Household refrigerator

2024－07－03 发布 2024－07－04 实施

中 国 节 能 协 会 发布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　基本原则 2
5　碳排放量核算 2
6　总功能量核算 5
7　碳效比核算 6
8　碳效比核算报告 6
附录 A　（资料性）　各类能源排放因子及相关参数推荐值 7
附录 B　（资料性）　产品碳效比报告 10
参考文献 17

表 1　系统边界及过程简述 3
表 2　物料清单 3
表 3　电冰箱的生产过程 4
表 4　电冰箱各间室加权系数 6
表 A.1　电力排放因子推荐值 8
表 A.2　常用化石燃料相关参数推荐值 8
表 A.3　常见温室气体和制冷剂全球变暖潜值（GWP） 9

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。

本文件由中国节能协会和中国技术经济学会提出并归口。

本文件起草单位：青岛海尔特种电冰箱有限公司、长虹美菱股份有限公司、小米智能家电（武汉）有限公司、珠海格力电器股份有限公司、TCL家用电器（合肥）有限公司、广东奥马冰箱有限公司、广东哈士奇股份有限公司、苏州三星电气有限公司、江苏双鹿电器有限公司、安徽万朗磁塑股份有限公司、广州海关技术中心、威凯检测技术有限公司、嘉兴威凯检测技术有限公司、威凯认证检测有限公司。

本文件主要起草人：李伟杰、王文超、姬立胜、曹斐，黄玲、王再旺、周晓东、张岩、陈锐、郑悦峰、刘亚雪、顾志刚、金鑫、汪娟、刘国荣、戴兴学、何冠成、许志钦、揭辉霞、施铖、俞春阳、董文惠、蒋虹、庄晓敏、苏悦盈、江高炎

。

产品碳效比核算方法　家用电冰箱

1　范围

本文件界定了家用电冰箱（以下简称电冰箱）产品碳效比核算的相关术语和定义，规定了基本原则、碳排放量核算、总功能量核算、碳效比核算、碳效比核算报告。

本文件适用于采用电机驱动压缩式的电冰箱、冷柜和葡萄酒储藏柜。

2　规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 8059—2016　家用和类似用途制冷器具

GB 12021.2—2015　家用电冰箱耗电量限定值及能效等级

GB/T 24040　环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T 24044　环境管理 生命周期评价 要求与指南

3　术语和定义

GB/T 8059—2016、GB 12021.2—2015、GB/T 24040、GB/T 24044界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

产品碳排放量　product carbon emissions；PCE

基于生命周期评价方法，单位产品温室气体排放量和清除量之和，以二氧化碳当量（CO_2e）表示。

注：单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

3.2

功能量　functional units；FUS

电冰箱在满足用户需求时所提供的不同类型间室的容积，以1 L调整容积计。

注：用户需求包括但不限于对不同温度、不同使用环境、有无除霜功能等需求。本文件中以调整容积表示电冰箱产品各间室均达到用户需求时所提供的容积。

3.3

调整容积　adjusted volume；V_{adj}

电冰箱不同类型间室容积的加权和。

3.4

总功能量　total functional units；TFU

使用寿命期间提供的功能量之和，位为升·年（L·yr）。

3.5

碳效比　carbon efficiency ratio；CER

基于生命周期评价方法，产品碳排放量与总功能量的比值。

注：电冰箱的碳效比单位为千克二氧化碳当量每升每年（$kgCO_2e/L·yr$）。

4 基本原则

4.1 相关性

在产品碳效比研究中，所选择的数据和方法适用于所研究系统引起的温室气体排放量和清除量的评估。

4.2 完整性

在产品碳效比研究中，所有对产品系统有显著贡献的温室气体排放量和清除量都应包括在内，显著程度取决于取舍准则。

4.3 一致性

产品碳效比核算及评价过程中，假设、方法和数据都以同样的方式应用，以便根据目标和范围定义得出结论。

4.4 连贯性

采用国际上已认可并已应用于具体产品种类的方法、标准和指南，以提高任何特定产品种类中产品碳足迹之间的可比性。

4.5 准确性

产品碳排放的量化是准确的、可核查的、相关的、无误导性的，并尽可能地减少偏差和不确定性。

4.6 透明性

以公开、全面和可理解的信息表述方式处理和记录所有相关假设、方法、数据来源、估算等问题，以使产品碳效比研究报告如实地阐明其内容。

4.7 保守性

产品碳效比核算应确保相关估算和处理方式方法不会低估产品的排放量。

4.8 避免重复计算

相同的温室气体排放量和清除量仅分配一次，以避免温室气体排放量和清除量的重复计算。

5 碳排放量核算

5.1 核算对象及产品系统边界

产品碳排放量（PCE）的核算以“1台电冰箱”作为核算对象。核算系统边界包括产品物料获取阶段、生产阶段、运输阶段、使用阶段、废弃阶段，如表1所示。

表1 系统边界及过程简述

序号	生命周期阶段	包括的过程简述
1	物料获取	用于生产换热器、外壳、内胆、搁架、发泡层、包装等材料的获取；制冷剂、压缩机、电机等零部件的获取。
2	生产	换热器、外壳、 内胆、发泡层的制造；电冰箱的总装。

3	运输	由生产工厂到分销点、由分销点到安装地点的运输。
4	使用	存储与制冷。
5	废弃	废弃产品的运输；可回收物料的拆解破碎；不可回收物料焚烧或填埋等。

5.2 数据收集取舍原则与质量分析

对于物料获取阶段，忽略的单一物料的质量不能超产品总质量的1%，忽略的物料的总质量不超过产品总质量的5%。对于全生命周期，忽略的阶段的碳排放量不超总排放量的1%。

数据质量分析应包括原始数据来源及次级数据来源。

5.3 物料获取阶段碳排放量核算

5.3.1 物料清单

根据5.2的取舍原则，电冰箱的物料清单见表2

表 2 物料清单

序号	物料名称
1	用于生产冷凝器的铜、铝、钢和热镀锌板等；
2	用于生产蒸发器的铜、铝、钢和热镀锌板等；
3	用于生产外壳、内胆、搁架的 HIPS、ABS、钢、热镀锌板、玻璃等；
4	用于生产发泡层的发泡剂、配料等；
5	用于生产包装的纸、木架等；
6	制冷剂；
7	压缩机的获取；
8	电机的获取。

5.3.2 物料获取阶段碳排放量[1)]核算

物料获取阶段碳排放量为物料获取的碳排放量之和，按公式（1）计算：

$$PCE_m = \sum_{i=1}^{g} A_{i,m} * F_{i,\ m} \quad (1)$$

式中：

PCE_m ——物料获取阶段的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$A_{i,\ m}$ ——第i类物料的消耗量，单位为千克（kg）或立方米（m^3）等；

$F_{i,\ m}$ ——第i类物料的排放因子[2)]，见附录A，单位为千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）或千克二氧化碳当量每立方米（$kgCO_2e/m^3$）等；

g ——产品所含物料的种类数，见表1。

5.4 生产阶段碳排放量核算

5.4.1 生产过程

根据5.2的取舍原则，电冰箱的生产过程见表3。

1) 压缩机、电机获取阶段的碳排放量包括压缩机、电机在原材料获取、生产、运输阶段的碳排放，可采用供应商提供的可验证数据。

2) 在供应商提供可验证的关键物料碳排放数据的情况下，可使用经验证的排放因子替代推荐值。

表 3　电冰箱的生产过程

序号	生产过程名称
1	换热器的制造
2	外壳的制造
3	内胆的制造
4	发泡料的填充
5	电冰箱的总装

5.4.2　生产阶段碳排放量，按公式（2）计算：

$$PCE_p = \sum_{h=1}^{k}\left(PCE_{h,\ PP}\right) \quad (2)$$

式中：

PCE_p　——生产阶段的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$PCE_{h,\ PP}$ ——生产阶段第h个过程资源能源消耗产生的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

k　——生产阶段包含的过程的种类数，见表1。

5.4.3　生产过程的碳排放量，按公式（3）计算：

$$PCE_{PP} = B \times \sum_{p=1}^{m}\left(FC_{p,\ PP} \times CEF_{p,\ PP}\right) \quad (3)$$

式中：

PCE_{PP}　——生产过程的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

B　——核算周期内生产核算对象占生产过程总碳排放量的比值，发泡料的填充以质量比例计算，其他生产过程以件数比例计算；

$FC_{p,\ PP}$　——生产过程一个核算周期的第p类能源的消耗量（如电力），单位为千瓦时（kWh）等；

$CEF_{p,\ PP}$ ——生产过程的第p类能源的排放因子（如：电力），单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（$kgCO_2e/kWh$）等；

m　——生产过程一个核算周期所消耗能源的种类数。

5.5　使用阶段碳排放量核算

5.5.1　使用寿命评估

电冰箱的使用寿命以年为计量单位，缺省值为10年。

5.5.2　全年使用时耗电量测量

按照GB 12021.2—2015中附录D规定的方法进行测试，计算电冰箱全年耗电量E_{dbx}。其中，在计算冷藏冷冻箱的全年耗电量时，应当将其综合耗电量代入计算，其他类别产品则以标准耗电量代入计算。再根据该产品的使用寿命，确定其使用阶段的总耗电量。

5.5.3　使用阶段碳排放量

5.5.3.1　使用阶段碳排放量，按公式（4）计算：

$$PCE_u = PC_u \times PEF \quad (4)$$

式中：

PCE_u ——使用阶段的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

PC_u　——使用阶段的耗电量，单位为千瓦时（kWh）；

PEF ——电力排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（$kgCO_2e/kWh$）。

5.5.3.2 电冰箱使用阶段的耗电量，按公式（5）计算：

$$PC_u = E_{dbx} \times A \quad (5)$$

式中：

E_{dbx}——电冰箱年耗电量，按 GB 12021.2—2015 中第 5 章计算的标准耗电量或者综合耗电量乘以 365，单位为千瓦时每年：kW·h/a；

A ——电冰箱年耗电量使用寿命，缺省值见 5.5.1，单位为年（yr）。

5.6 运输阶段碳排放量核算

运输阶段碳排放量占全生命周期碳排放量小于1%，忽略不计。

5.7 废弃阶段碳排放量核算

废弃阶段碳排放量占全生命周期碳排放量小于1%，忽略不计。

5.8 产品碳排放量核算

电冰箱产品产品碳排放量按公式（6）计算：

$$PCE = PCE_m + PCE_p + PCE_u \quad (6)$$

式中：

PCE ——产品碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

6 总功能量核算

按照 GB/T 8059—2016 第 6.2 条、或 GB 12021.2—2015 第附录 A 规定的方法测量容积，GB 12021.2—2015 规定的方法确定其调整容积。

电冰箱的总功能量（TFU）按公式（7）计算：

$$TFU = V_{adj} \times A \quad (7)$$

式中：

TFU ——电冰箱总功能量，单位为升·年（L·yr）；

V_{adj} ——电冰箱的调整容积，单位为升（L）；

A ——电冰箱使用寿命，缺省值见 5.5.1，单位为年(yr)。

电冰箱调整容积按公式（8）计算：

$$V_{adj} = \sum_{c=1}^{n} V_c \times F_c \times W_c \times CC \times BI \quad (8)$$

式中：

V_{adj} ——电冰箱的调整容积，单位为升（L）；

n ——电冰箱不同类型间室的数量；

V_c ——某一类型间室的实测容积，单位为升（L）；

F_c ——常数，无霜制冷器具中采用强制对流的间室等于 1.5，其他类型间室等于 1；

注：无霜制冷器具是指所有的间室均采用自动化霜并能自动排除化霜水，并且至少有一个间室使用无霜系统制冷的器具。

W_c ——各类型间室的加权系数，见表 4；

CC ——气候类型修正系数，当电冰箱气候类型为 SN 或 N 型时等于 1，当气候类型为 ST 型时等于 1.1，当气候类型为 T 型时等于 1.2；对于具有多种气候类型的电冰箱，采用具有最高气候类型修正系数的气候类型来计算调整容积；

BI ——嵌入式制冷器具等于 1.2，其他为 1.0。

表 4 电冰箱各间室加权系数

间室类型	冷藏室	冷却室	冰温室	制冰室/0星级室	1星级室	2星级室	3星级室	4星级室	葡萄酒储藏室
T_c（℃）	4	12	2	0	-6	-12	-18	-18	12
W_c	1	0.65	1.15	1.25	1.55	1.85	2.15	2.15	0.65

表3中未包含的间室类型，其加权系数的按公式（9）计算：

$$W_c = \frac{25-T_c}{20} \quad (9)$$

式中：

T_c ——某一特征间室的设计温度，或制造商所注明的特征温度，单位为：℃。若间室设计温度区间为+4℃～-5℃时，特性温度取 0℃，即W_C值为 1.25。变温室的温度应设定在可变温度范围的中间值附近，并按各间室类型就高取特性温度下进行试验和计算。同时，明确其最高温度、最低温度。

7 碳效比核算

电冰箱碳效比，按公式（10）计算：

$$CER = \frac{PCE}{TFU} \quad (10)$$

式中：

CER ——碳效比，单位为千克二氧化碳当量每升·年（$kgCO_2e/L·yr$）；

PCE ——产品碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

TFU ——总功能量，单位为升·年（L·yr）。

8 碳效比核算报告

电冰箱碳效比核算报告的具体内容至少包括下述的内容：

——报告主体基本信息：包括企业名称、地址和联系人等信息；

——评价对象信息：包括产品名称、型号、品牌、制造商、规格参数等信息；

——碳排放量：包括产品碳排放量，各阶段的碳排放量；

——活动数据：包括物料获取阶段物料的上游排放、生产阶段所使用的不同品种燃料的消耗量和相

应的低位发热量、购入的电力量、热力量等相关数据；

——排放因子数据来源：包括常见温室气体，消耗的各种燃料的排放因子，购入电力、热力的排放因子，需要说明来源。

报告示例见附录B。

附　录　A
（资料性）
各类能源排放因子及相关参数推荐值

A.1　电力排放因子推荐值

见表A.1。

表 A.1　电力排放因子推荐值

参数名称	单位	PEF推荐值
全国电网平均排放因子（2023）	tCO_2/MWh	0.5703 [a]
全国电网平均排放因子（2022）	tCO_2/MWh	0.5810 [b]
全国电网平均排放因子（2021）	tCO_2/MWh	0.5568 [c]

[a] 排放因子推荐值来自生态环境部办公厅《关于做好2023—2025年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知》（环办气候函〔2023〕43号）。可按照国家主管部门发布的全国电网平均碳排放因子确定推荐值。
[b] 排放因子推荐值来自生态环境部办公厅《关于做好2022年企业温室气体排放报告管理相关重点工作的通知》（环办气候函〔2022〕111号）。
[c] 排放因子推荐值来自生态环境部、国家统计局《生态环境部、国家统计局关于发布2021年电力二氧化碳排放因子的公告》(2024年第12号）。

A.2　常用化石燃料相关参数推荐值

见表A.2。

表 A.2　常用化石燃料相关参数推荐值

燃料品种		计量单位	低位发热量 [f] GJ/t，GJ/×10^4Nm^3	单位热值含碳量 (tC/GJ)	燃料碳氧化率 [b]	CEF 推荐值 $kgCO_2e/kg$，$kgCO_2e/m^3$
液体燃料	原油	t	41.816[a]	20.08[b]×10^{-3}	98%	3.017
	燃料油	t	41.816[a]	21.1[b]×10^{-3}	98%	3.170
	汽油	t	43.070[a]	18.9[b]×10^{-3}	98%	2.925
	柴油	t	42.652[a]	20.2[b]×10^{-3}	98%	3.096
	其它石油制品	t	41.031[d]	20.0[b]×10^{-3}	98%	2.949
	液化石油气	t	50.179[a]	17.2[c]×10^{-3}	98%	3.101
	液化天然气	t	51.498[e]	17.2[c]×10^{-3}	98%	3.183

	炼厂干气	t	45.998[a]	18.2[b]×10^{-3}	99%	3.039
气体燃料	天然气	10^4Nm^3	389.31[a]	15.3[b]×10^{-3}	99%	2.162
	焦炉煤气	10^4Nm^3	173.54[d]	12.1[c]×10^{-3}	99%	0.7622
	高炉煤气	10^4Nm^3	33.000[d]	70.8[c]×10^{-3}	99%	0.8481
	转炉煤气	10^4Nm^3	84.000[d]	49.60[c]×10^{-3}	99%	1.512
	其它煤气	10^4Nm^3	52.270[a]	12.2[c]×10^{-3}	99%	0.2315

[a] 数据来源于《中国能源统计年鉴 2021》。
[b] 数据来源于《省级温室气体清单指南（试行）》。
[c] 数据来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》。
[d] 数据来源于《中国温室气体清单研究》。
[e] 数据来源于 GB/T 2589《综合能耗计算通则》。
[f] 根据国际蒸汽表卡换算，本文件热功当量值取 4.1868 kJ/kcal。

A.3 常用温室气体相关参数推荐值

见表A.3。

表 A.3 常见温室气体和制冷剂全球变暖潜值（GWP）

工业名称或通用名称	化学分子式或组成成分	100年GWP $kgCO_2e/kg$
二氧化碳	CO_2	1[g]
甲烷	CH_4	27.9[g]
氧化亚氮	N_2O	273[g]
R22	$CHClF_2$	1 810[h]
R32	CH_2F_2	675[h]
R125	CHF_2CF_3	3 500[h]
R134a	CH_2FCF_3	1 430[h]
R1234yf	$C_3H_2F_4$	0.501[g]
R290	C_3H_8	0.02[g]
R410A	R32/R125（50/50）	2088
R454B	R32/R1234yf（68.9/31.1）	456
R600a	$CH(CH_3)_3$	20
R404A	CH2F2/CHF2CF3/CF3CH2F	3800

[g] 数据来源于联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告（AR6）
[h] 数据来源于《〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉基加利修正案》The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer-The Kigali Amendment (2016): The amendment to the Montreal Protocol agreed by the Twenty-Eighth Meeting of the Parties (Kigali, 10-15 October 2016)。

附　录　B
（资料性）
产品碳效比报告

B.1　产品碳效比报告格式

产品碳效比报告

Report for Product Carbon Efficiency Ratio

产品名称		商　　标	
型号规格		样品等级	
委托单位		生产者	
地　　址		地　　址	
样品数量		抽样人员	
样品识别		抽样地点	
接样方式		抽样方式	
核算类别		抽样日期	
开始日期		完成日期	
核算依据		核算项目	
核算结论			
	核算单位盖章： 签发日期：　　年　　月　　日		

批准：　　审核：　　主检：

目　　录

1　产品信息
2　产品碳排放量（PCE）核算
2.1　核算范围
2.2　取舍原则与数据质量分析
2.3　生命周期清单分析
2.4　碳排放影响评估
2.4.1　生命周期影响因素
2.4.2　物料获取阶段
2.4.3　生产阶段
2.4.4　使用阶段
2.4.5　各阶段碳排放汇总
3　总功能量核算
4　碳效比核算

1 产品信息

产品生产信息及主要技术参数见表1。

表1 产品参数

项目	具体内容
电源类型	
气候类型	
额定电压（V）	
额定频率(Hz)	
额定电流（A）	
输入总功率（W）	
冷藏室容积（L）	
变温室容积（L）	
冷冻室容积（L）	
总容积（L）	
标准耗电量（kW·h/24h）	
综合耗电量（kW·h/24h）	
能效等级	
制冷剂名称	
发泡材料	
外形尺寸(长*宽*高)（mm*mm*mm）	

产品外观照片：

2 产品碳排放量（PCE）核算

2.1 核算范围

产品碳排放量核算的对象为“1台电冰箱”；产品的生命周期包括以下阶段：“物料获取”、“生产”、“使用”。

2.2 取舍原则与数据质量分析

对于物料获取阶段，忽略的单一物料的质量不能超产品总质量的1%，忽略的物料的总质量不超过产品总质量的5%。对于全生命周期，忽略的阶段的碳排放量不超总排放量的1%。

数据质量分析包括原始数据来源及次级数据来源。

2.3 生命周期清单分析

根据企业提供的数据，该产品的“物料获取”、“生产”、“使用”阶段的清单如表2～表5。

表 2 物料清单表

物料名称	单位	数量
蒸发器		
冷凝器		
外壳		
内胆		
搁架		
发泡层		
包装		
压缩机		
电机		
制冷剂		

表 3　物料所用原材料清单

名称	材料描述	材料质量
蒸发器	铜	
	…	
冷凝器	铜	
	…	
外壳		
内胆		
搁架		
发泡层		
包装		
压缩机		
电机		
制冷剂		
合计	/	
注：根据排除原则，如果某个零部件信息无法获得，则重量比小于1%的物料可被排除，但总排除量不超过5%。		

表 4　生产阶段消耗清单

过程名称	能源类型	单位	单位产品消耗量
换热器的制造			
外壳的制造			
内胆的制造			
发泡料的填充			
电冰箱的组装			

表 5　使用阶段消耗清单

名称	单位	值
全年耗电量	kW·h	
使用寿命	年	

2.4　碳排放影响评估

2.4.1　生命周期影响因素

产品碳排放各阶段，原材料消耗、能源消耗、温室气体排放等影响因素如表6所示。

表 6　产品碳排放影响因素

名称	物料获取阶段	生产阶段	使用阶段
原材料消耗			
能源消耗			
温室气体排放			

2.4.2　物料获取阶段

物料获取所排放二氧化碳的数据，根据物料种类、数量计算得出，具体数据见表7。

表 7　物料获取阶段碳排放量

物料名称	单位	数量	碳排放量 $kgCO_2e$
蒸发器			
冷凝器			
外壳			
内胆			
搁架			
发泡层			
包装			
压缩机			
电机			
制冷剂			

2.4.3　生产阶段

电冰箱产品生产阶段中的碳排放来自制造电冰箱的能源消耗，具体数据见表8。

表 8　生产阶段碳排放量

流程名称	能源种类	单位产品消耗量	碳排放量 $kgCO_2e$
换热器的制造			
外壳的制造			
内胆的制造			
发泡料的填充			
电冰箱的组装			

2.4.4　使用阶段

使用阶段的碳排放来源于电能消耗，具体数据见表9。

表 9　使用阶段碳排放量

过程名称	能源类型	使用阶段耗电量 kW·h	碳排放量 $kgCO_2e$
存储与制冷	电		

2.4.5　各阶段碳排放汇总

生命周期各阶段的碳排放汇总见表10。

表 10　产品碳排放量汇总

生命周期阶段	碳排放量 $kgCO_2e$
物料获取	
生产	
使用	
合计	

3　总功能量核算

电冰箱的总功能量为电冰箱使用寿命期间提供的调整容积之和。

4　碳效比核算

电冰箱的碳效比计算。

参 考 文 献

[1] 生态环境部办公厅发布的《关于印发《企业温室气体排放报告核查指南（试行）》的通知》环办气候函〔 2021〕 130号

[2] ISO 14067 Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification