

ICS 53.100

CCS P 97

团 体 标 准

T/CCMA XXXX—XXXX

工程机械 移动式升降工作平台 碳足迹量化方法

Aerial work platform—Method for quantifying product carbon
footprint

（征求意见稿）

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。

202X-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国工程机械工业协会 发布

目 录

引 言 II

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

3.1 术语和定义1

3.2 缩略语3

4 测量准确度 3

5 边界划分 4

5.1 系统边界划分4

5.2 生产制造与使用阶段核算范围4

6 声明单位 4

7 量化单元划分 4

8 量化方法 6

8.1 生产制造阶段碳足迹量化方法6

8.2 使用阶段碳足迹量化方法 83

9 碳足迹核算报告与评价 86

9.1 碳足迹核算报告 87

9.2 碳足迹量化评价 87

附录 A (资料性)外购件清单..... 87

附录 B (资料性)产品碳足迹报告（示例） 91

引 言

为科学、规范地开展移动式升降工作平台产品碳足迹量化工作，推动工程机械行业绿色低碳转型，本文件在研制过程中遵循以下基本原则：

- a) 生命周期导向：以产品生命周期评价（LCA）理论为基础，聚焦生产制造（含原材料消耗）与使用两个阶段的核心排放源；
- b) 工程可操作：结合移动式升降工作平台多系统耦合、多工艺交叉的制造特点，建立“整机-系统-子系统”三级量化单元架构，提升数据采集与核算的工程适用性；
- c) 数据可追溯：明确测量准确度与数据优先级规则，强化现场实测与本土化因子的应用，保障核算结果的可核证性与透明度；
- d) 结果可比对：统一声明单位定义、边界划分与分配程序，支撑不同型号、不同动力类型产品在相同服务功能下的碳足迹横向对比。

移动式升降工作平台碳足迹主要由基础材料和辅料消耗、制造过程、辅助设施等能源消耗所产生的温室气体排放构成。基础材料和辅料消耗基于国家/行业/团体等发布的排放因子宜采用计算法、制造过程应基于适宜的样本量（样本量多少应与测量准确度相适应）采用实测法，辅助设施基于零部件重量、表面积、轮廓长度等采用评估法。

在产品碳足迹量化过程中，可对单一规格物料总质量不超过子系统总质量1%的物料进行取舍，但所有被取舍物料的总质量不应超过整机质量的5%。对于因数据缺失而无法单独核算、但为保持物料平衡需要纳入的少量物料，可按保守原则采用不低于同类物料平均排放水平的替代因子进行估算，并说明依据。取舍情况及依据应在产品碳足迹核算报告中并说明。

本标准适用于自制件碳足迹核算，外购、外协件碳足迹核算按相关标准执行。

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。

本文件依据 GB/T 24067—2024，并结合移动式升降工作平台产品特点制定，与工程机械行业相关碳足迹量化标准配套使用。

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。

本文件由中国工程机械工业协会提出并归口。

本文件由中国工程机械工业协会双碳工作委员会组织制定。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

工程机械 移动式升降工作平台碳足迹量化方法

1 范围

本文件规定了移动式升降工作平台产品碳足迹量化的术语和定义、测量准确度、边界划分、声明单位、量化单元划分、量化方法、产品碳足迹核算报告。

本文件适用于移动式升降工作平台整机产品在生产制造阶段（含原材料消耗）、使用阶段的部分生命周期产品自制件的碳足迹量化；外购、外协件碳足迹核算按相关标准执行。

针对不同动力类型（传统内燃动力、纯电动、混合动力、增程式等），各机型可根据实际能源消耗特征确定适用的核算细则。

本文件未纳入产品分销运输阶段、生命末期阶段，属于部分生命周期碳足迹量化方法。

注：产品分销运输、生命末期阶段的量化方法，待相关行业专项标准发布后另行补充。

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 24044-2008 环境管理 生命周期评价要求与指南

GB/T 24067-2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

GB/T 25849-2024 移动式升降工作平台 设计、计算、安全要求和试验方法

GB/T 32150-2025 工业企业温室气体排放核算和报告通则

3 术语和定义

3.1 术语和定义

3.1.1

移动式升降工作平台 mobile elevating work platform; MEWP

用来运送人员、工具和材料到指定位置进行工作的设备。包括带控制器的工作平台、伸展机构和底盘。

[来源:GB/T 25849-2024,定义 3.19]

3.1.2

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量表示，该结果基于生命周期评价 LCA 计算得出，使用气候变化单一影响类别表征。

注 1：产品碳足迹可分解成一组数字，确定具体的温室气体排放量和清除量，产品碳足迹也可被分解到生命周期的各个阶段，例如各个过程所处的空间范围。

注 2：产品碳足迹研究报告中记录了产品碳足迹的量化结果，以每个声明单位的二氧化碳当量质量表示。

注 3：本文件中产品碳足迹主要包括移动式升降工作平台在生产制造、使用阶段的原材料、辅料、能源等消耗所引起的温室气体排放量和温室气体清除量之和。

[来源:GB/T 24067-2024,定义 3.1.1,有修改]

3.1.3

温室气体 greenhouse gas; GHG

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注：本文件涉及的温室气体包括但不限于二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）以及与核算过程相关的含氟温室气体。

[来源:GB/T 32150-2025,定义 3.1,有修改]

3.1.4

温室气体排放因子 greenhouse gas emission factor; GHG emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源:GB/T 32150-2025,定义 3.13,有修改]

3.1.5

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量，等于给定温室气体的质量乘以其对应的全球变暖潜势。

[来源:GB/T 32150-2025,定义 3.16,有修改]

3.1.6

系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[来源:GB/T 24044-2008,定义 3.32]

3.1.7

单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源:GB/T 24044-2008,定义 3.34]

3.1.8

声明单位 declared unit

移动式升降工作平台型号及其使用寿命。

示例：1 台**型号+使用寿命（小时数）。

3.1.9

使用寿命 service life

产品预期设计寿命的期望值。

3.1.10

取舍准则 cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在研究范围之外所做出的规定。

[来源:GB/T 24044-2008,定义 3.18]

3.1.11

初级数据 primary data

通过直接测量或基于直接测量的计算得到的过程或活动的量化值。

注 1：初级数据并非必须来自所研究的产品系统，因为初级数据可能涉及其他与所研究的产品系统具有可比性的产品系统。

注 2：初级数据可以包括温室气体排放因子和/或温室气体活动数据。

[来源:GB/T 24067-2024,定义 3.6.1]

3.1.12

现场数据 site-specific data

从产品系统中获得的初级数据。

注 1：所有现场数据均为初级数据，但并不是所有初级数据都是现场数据，这是因为这些数据可能是从不同产品系统中获得的。

注 2：现场数据包括场地内一个特定单元过程温室气体排放源的温室气体排放量以及温室气体汇的温室气体清除量。

注 3：现场包含产品系统内单元过程所处的地理范围。

[来源:GB/T 24067-2024,定义 3.6.2,有修改]

3.1.13

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注 1：次级数据是经权威机构验证且具有可信度的数据，可来源于数据库、公开文献、国家排放因子、计算估算数据或其他具有代表性的数据，推荐使用本土化数据库。

注 2：次级数据可包括从代替过程或估计获得的数据。

[来源:GB/T 24067-2024,定义 3.6.3]

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CO₂e——CO₂ equivalent，二氧化碳当量；

GHG——Greenhouse Gas，温室气体；

GWP——Global Warming Potential，全球变暖潜势；

IPCC——The Intergovernmental Panel on Climate Change，政府间气候变化专门委员会；

LCA——Life Cycle Assessment，生命周期评价；

4 测量准确度

各类参数的计算、测量、评估准确度不低于±5%。

5 边界划分

5.1 系统边界划分

本文件规定的移动式升降工作平台产品碳足迹核算系统边界，限定为生产制造（含原材料消耗）、使用两个核心阶段，不包含产品分销运输阶段、生命周期末期阶段（报废回收、拆解、再制造等）。

本文件核算边界，包含与产品生产直接相关的公用工程、辅助设施运行对应的能源消耗与排放，不包含厂房、道路、生产设备、生活设施等固定资产的建造与制造过程排放。

系统边界示意图见图 1。

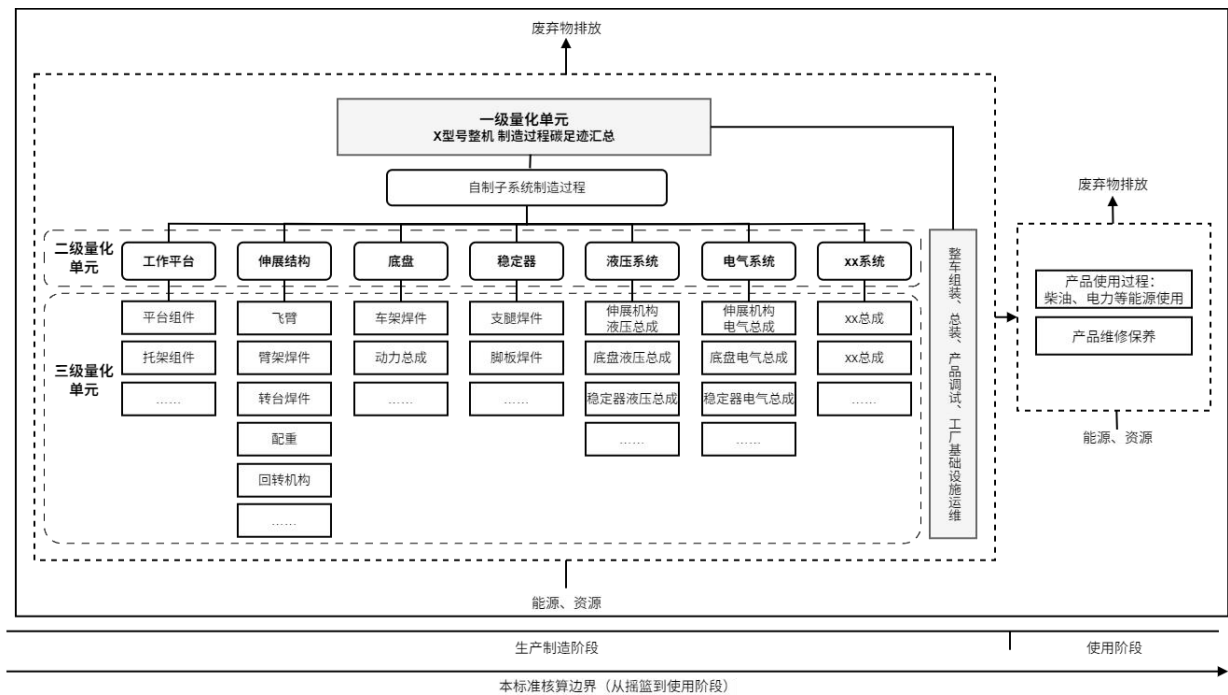


图 1 移动式升降工作平台系统边界

5.2 生产制造与使用阶段核算范围

5.2.1 生产制造阶段

生产制造阶段碳足迹核算指从原材料和外购件、外协件采购入厂，至成品整机出厂前，所产生的全部温室气体排放。应包括但不限于：基础材料和辅料消耗、外购件消耗、自制件加工、零部件涂装、整机装配、调试检验、基础设施运维分摊等过程所产生的排放。

5.2.2 使用阶段

使用阶段碳足迹核算指产品交付后，在其设计使用寿命周期内，因产品作业、维修保养等活动产生的全部温室排放。应包括但不限于：作业/待机能源消耗排放，以及维保更换零部件与耗材的上游生产排放。

6 声明单位

移动式高空作业平台碳足迹量化和发布应基于声明单位，即某一型号的移动式升降工作平台在其设计使用寿命内的温室气体排放量，由两部分组成，第一部分标识的是生产制造阶段（含原材料消耗）温室气体排放量；第二部分标识的是使用阶段（含维修保养）的温室气体排放量。

设计使用寿命为该型号批量产品的预期设计寿命期望值，以小时计。

7 量化单元划分

为提升数据采集的系统性与核算结果的可追溯性，本文件规定产品碳足迹的最小量化单元及层级结构如下：

a) 一级量化单元（整机）：特定型号的移动式升降工作平台整机，作为最终碳足迹核算的声明单位。

b) 二级量化单元（系统）：应至少包括工作平台、伸展机构、底盘、稳定器四个核心系统，且可根据整机实际系统划分，增加其他系统，如液压系统、电气系统等。各系统独立核算后求和形成一级碳足迹值。

c) 三级量化单元（部件总成）：各二级系统下属的最小可核算单元。三级碳足迹值求和形成对应二级系统碳足迹值。

d) 四级量化单元（零件）：各三级系统下属的最小可核算单元。四级碳足迹值求和形成对应三级部件总成碳足迹值。

某型号移动式升降工作平台的一、二、三级量化单元划分示例见表 1。

表 1 一、二、三级量化单元划分表示例

一级量化单元	二级量化单元	三级量化单元	数量, A 个
特定型号的移动式升降工作平台整机	工作平台	平台组件	
		托架组件	
			
	伸展机构	飞臂	
		臂架焊件	
		转台焊件	
		配重	
		回转机构	
			
	底盘	车架焊件	
		动力总成	
			
	稳定器	支腿焊件	
		脚板焊件	
			
	液压系统	伸展机构液压总成	
		底盘液压总成	
		稳定器液压总成	
			
	电气系统	伸展机构电气总成	
		底盘电气总成	
		稳定器电气总成	
			
			

各三级量化单元对应的四级量化单元划分示例见表 2。

表 2 四级量化单元划分表示例

三级量化单元	四级量化单元	零件号	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)
平台组件	折弯板			
	垫块			
	...			
托架组件	管			
	耳板			
	...			
飞臂	轴筒			
	腹板			
	...			

臂架焊件	上盖板			
	连接轴套			
	...			
转台焊件	内轴套			
	法兰板			
	...			
配重	封板			
	中间板			
	...			
回转机构	回转支承			
	回转减速机			
	...			
车架焊件	前桥轴套			
	侧板			
	...			
动力总成	安装板			
	轮胎			
	...			
支腿焊件	贴板			
	轴套			
	...			
脚板焊件	加强板			
	支撑板			
	...			
伸展机构液压总成	限位板			
	伸缩油缸			
	...			
底盘液压总成	安装座			
	回转接头			
	...			
稳定器液压总成	隔板			
	油管			
	...			
伸展机构电气总成	拉绳传感器			
	总线电缆			
	...			
底盘电气总成	显示器			
	电机			
	...			
稳定器电气总成	电线			
	摇杆开关			
	...			
...	...			

8 量化方法

8.1 生产制造阶段碳足迹量化方法

8.1.1 工作平台碳足迹量化方法

8.1.1.1 平台组件碳足迹量化方法

平台组件由板材构成，界定构成平台组件的基础零件清单示例见表 3。

表3 构成平台组件的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	折弯板					
2	垫块					
3	...					

8.1.1.1.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（1）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- C_{1i} ——构成平台组件的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；
- m_i ——构成平台组件的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；
- k_i ——构成平台组件的第 i 种零件基础材料的利用系数；
- EF ——构成平台组件的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.1.1.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材的材质、规格、重量；
- 按公式（2）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- q_{2i} ——第 i 种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为 $[\text{能量单位}]/\text{kg}$ ；
- e_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为 $[\text{能量单位}]$ ；
- m_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理总重量，单位为 千克 (kg) 。

注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式（3）计算第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- C_{2i} ——第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ；
- EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.1.3 板材下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；

- 记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；
- 分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；
- 按公式（4）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (4)$$

式中：
 q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；
 l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（5）计算板材下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (5)$$

式中：
 C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.1.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；
- 按公式（6）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 q_{4i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 e_{4i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 N_{4i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型的数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（7）计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (7)$$

式中：
 C_{4i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.1.5 平台组件加工过程碳足迹量化方法

8.1.1.1.5.1 组焊与焊接工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

平台组件焊接设备处于正常生产状态。

b) 焊接过程能源消耗量测量程序

- 测量数个相同型号平台组件，在同一焊接设备上完成焊接过程的能源消耗量和辅料消耗量；
- 按公式（8）计算各型号平台组件组焊与焊接的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{N_{5i}} \dots\dots\dots (8)$$

式中：
 q_{5i} ——第*i*种型号平台组件组焊与焊接过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{5i} ——数个第*i*种型号平台组件组焊与焊接过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{5i} ——测量周期内，焊接第*i*种型号平台组件的数量。

c) 温室气体量化方法

——按公式(9)计算各型号平台组件组焊与焊接的温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots \dots \dots (9)$$

式中：

C_{5i} ——第*i*种型号平台组件单个组焊与焊接过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——组焊与焊接过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.1.5.2 表面处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

平台组件表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组不同型号平台组件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；

——记录每组平台组件的型号、数量；

——分别测量不同型号平台组件的表面积；

——按公式(10)计算各型号平台组件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{6i} = \frac{e_{6i}}{S_{总}} \times S_{6i} \dots \dots \dots (10)$$

式中：

q_{6i} ——第*i*种型号平台组件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{6i} ——数组不同型号平台组件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{总}$ ——测量周期内，表面处理平台组件的总表面积，单位为平方米(m²)；

S_{6i} ——第*i*种型号平台组件表面积，单位为平方米(m²)。

c) 温室气体量化方法

——按公式(11)计算各型号平台组件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{6i} = q_{6i} \times EF \dots \dots \dots (11)$$

式中：

C_{6i} ——第*i*种型号平台组件表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.1.6 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施(含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施)的能源消耗量。

8.1.1.1.6.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式(12)计算。

$$C_{2i基础} = \frac{e_{2基础}}{m_{2基础}} \times EF \dots \dots \dots (12)$$

式中：

$C_{2i基础}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

$e_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克(kg)；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.1.6.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（13）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots \dots \dots (13)$$

式中：

$C_{3i\text{基础}}$ ——第 i 种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第 i 种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.1.6.3 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（14）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{4\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (14)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.1.6.4 平台组件组焊与焊接的基础辅助设施温室气体排放

平台组件组焊与焊接过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（15）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{N_{5\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (15)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号平台组件组焊与焊接过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，平台组件组焊与焊接过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，平台组件组焊与焊接工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.1.6.5 平台组件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

平台组件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（16）计算。

$$C_{6i\text{基础}} = \frac{e_{6\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times s_{6i} \times EF \dots \dots \dots (16)$$

式中：

$C_{6i\text{基础}}$ ——第 i 种型号平台组件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，平台组件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理平台组件的总表面积，单位为平方米（m²）；

s_{6i} ——第 i 种型号平台组件表面积，单位为平方米（m²）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.1.7 平台组件碳足迹量化方法

平台组件碳足迹量化按公式（17）计算。

C_{平台组件+原材料} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i基础}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i基础}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)C_{4i} + (C_{5i} + C_{5i基础}) + (C_{6i} + C_{6i基础}) \dots\dots\dots (17)

- 式中：
- C_{平台组件+原材料}——单个平台组件的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 - f_{1i}(x)——构成平台组件第 i 种零件的数量，单位为个；
 - f_{2i}(y)——预处理第 i 种规格板材的重量，单位为千克（kg）；
 - f_{3i}(x)——板材下料第 i 种工件的数量，单位为个；
 - f_{4i}(x)——板材成型第 i 种型号工件的数量，单位为个；
 - n₁——平台组件的零件种类数；
 - n₂——平台组件的预处理步骤中板材规格种类数；
 - n₃——平台组件的板材下料步骤中产生工件型号种类数；
 - n₄——平台组件的板材成型步骤中产生工件型号种类数。

8.1.1.1.2 托架组件碳足迹量化方法

托架组件由板材、管材等构成，界定构成托架组件的基础零件清单示例见表 4。

表4 构成托架组件的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, f(x)个	重量, f(y) (kg)	材料利用系数, k	备注
1	管					
2	耳板					
3	• • •					

8.1.1.2.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（18）。

C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (18)

- 式中：
- C_{1i}—— 构成托架组件的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 - m_i——构成托架组件的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；
 - k_i——构成托架组件的第 i 种零件基础材料的利用系数；
 - EF——构成托架组件的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.1.2.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材的材质、规格、重量；
- 按公式（19）计算每千克板材能源消耗量。

q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (19)

- 式中：
- q_{2i}——第 i 种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为 [能量单位]/kg；
 - e_{2i}——数组第 i 种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为 [能量单位]；
 - m_{2i}——数组第 i 种规格板材预处理总重量，单位为 千克（kg）。
- 注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式(20)计算第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (20)$$

式中:

C_{2i} ——第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量, 单位为kgCO₂e/kg;

EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.2.3 下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材、管材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同规格工件, 在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量;

——记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量;

——分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长;

——按公式(21)计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (21)$$

式中:

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长, 单位为毫米(mm);

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度, 单位为毫米(mm)。

c) 管材下料过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同规格管材, 在同一管材下料设备上完成下料过程的能源消耗量;

——记录每组管材的材质、规格、切割面数量(每个工件按1个切割面计算);

——按公式(22)计算每个工件切割的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (22)$$

式中:

q_{4i} ——第*i*种规格管材每个工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{4i} ——数组第*i*种规格管材下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{4i} ——测量周期内, 数组第*i*种规格管材切割面总数量。

d) 温室气体量化方法

——按公式(23), (24)计算下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (23)$$

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (24)$$

式中:

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量, 单位为kgCO₂e;

C_{4i} ——第*i*种规格管材单件切割过程温室气体排放量, 单位为kgCO₂e;

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.2.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号板材工件, 在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量;

——按公式(25)计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{N_{5i}} \dots\dots\dots (25)$$

式中:

q_{5i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{5i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{5i} ——测量周期内, 第*i*种型号工件成型的数量, 单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式(26)计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (26)$$

式中:

C_{5i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量, 单位为kgCO₂e;

EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.2.5 管材粗加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

管材粗加工设备处于正常生产状态。

b) 管材粗加工过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号管材工件, 在同一管材粗加工设备上完成工件组焊前粗加工过程的能源消耗量;

——按公式(27)计算各规格工件能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{6i} = \frac{e_{6i}}{N_{6i}} \dots\dots\dots (27)$$

式中:

q_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{6i} ——数组第*i*种型号工件管材粗加工过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{6i} ——测量周期内, 第*i*种型号工件管材粗加工的数量, 单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式(28)计算管材粗加工工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{6i} = q_{6i} \times EF \dots\dots\dots (28)$$

式中:

C_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中温室气体排放量, 单位为kgCO₂e;

EF ——管材粗加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.2.6 托架组件加工过程碳足迹量化方法

8.1.1.2.6.1 组焊与焊接工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

托架组件焊接设备处于正常生产状态。

b) 焊接过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号托架组件, 在同一焊接设备上完成焊接过程的能源消耗量和辅料消耗量

——按公式(29)计算各型号托架组件组焊与焊接的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{7i} = \frac{e_{7i}}{N_{7i}} \dots\dots\dots (29)$$

式中:

q_{7i} ——第*i*种型号托架组件组焊与焊接过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{7i} ——数个第*i*种型号托架组件组焊与焊接过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{7i} ——测量周期内，焊接第*i*种型号托架组件的数量。

c) 温室气体量化方法

——按公式(30)计算各型号托架组件组焊与焊接的温室气体排放量。

$$C_{7i} = q_{7i} \times EF \dots \dots \dots (30)$$

式中：

C_{7i} ——第*i*种型号托架组件单个组焊与焊接过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——组焊与焊接过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.2.6.2 表面处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

托架组件表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组不同型号托架组件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；

——记录每组托架组件的型号、数量；

——分别测量不同型号托架组件的表面积；

——按公式(31)计算各型号托架组件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{8i} = \frac{e_{8i}}{S_{总}} \times S_{8i} \dots \dots \dots (31)$$

式中：

q_{8i} ——第*i*种型号托架组件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{8i} ——数组不同型号托架组件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{总}$ ——测量周期内，表面处理托架组件的总表面积，单位为平方米(m²)；

S_{8i} ——第*i*种型号托架组件表面积，单位为平方米(m²)。

c) 温室气体量化方法

——按公式(32)计算各型号托架组件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{8i} = q_{8i} \times EF \dots \dots \dots (32)$$

式中：

C_{8i} ——第*i*种型号托架组件表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.2.7 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施(含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施)的能源消耗量。

8.1.1.2.7.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式(33)计算。

$$C_{2i基础} = \frac{e_{2基础}}{m_{2基础}} \times EF \dots \dots \dots (33)$$

式中：

$C_{2i基础}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

$e_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克(kg)；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.2.7.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（34）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots \dots \dots (34)$$

式中：

$C_{3i\text{基础}}$ ——第 i 种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第 i 种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.2.7.3 管材下料的基础辅助设施温室气体排放

管材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（35）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (35)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第 i 种规格管材切割过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割面总数量；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.2.7.4 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（36）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{N_{5\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (36)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.2.7.5 管材粗加工的基础辅助设施温室气体排放

管材粗加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（37）计算。

$$C_{6i\text{基础}} = \frac{e_{6\text{基础}}}{N_{6\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (37)$$

式中：

$C_{6i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件管材粗加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.2.7.6 托架组件组焊与焊接的基础辅助设施温室气体排放

托架组件组焊与焊接过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（38）计算。

$$C_{7i\text{基础}} = \frac{e_{7\text{基础}}}{N_{7\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (38)$$

式中:

$C_{7i\text{基础}}$ ——第 i 种型号托架组件组焊与焊接过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;

$e_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内, 托架组件组焊与焊接过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量, 单位为 [能量单位];

$N_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内, 托架组件组焊与焊接工件总数量, 单位为个;

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.2.7.7 托架组件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

托架组件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式 (39) 计算。

$$C_{8i\text{基础}} = \frac{e_{8\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times s_{8i} \times EF \dots \dots \dots (39)$$

式中:

$C_{8i\text{基础}}$ ——第 i 种型号托架组件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;

$e_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内, 托架组件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能量量, 单位为 [能量单位];

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内, 表面处理托架组件的总表面积, 单位为平方米 (m^2);

s_{8i} ——第 i 种型号托架组件表面积, 单位为平方米 (m^2);

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.2.8 托架组件碳足迹量化方法

托架组件碳足迹量化按公式 (40) 计算。

$$C_{\text{托架组件+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x) C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y) (C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x) (C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x) (C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x) (C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x) (C_{6i} + C_{6i\text{基础}}) + (C_{7i} + C_{7i\text{基础}}) + (C_{8i} + C_{8i\text{基础}}) \dots \dots \dots (40)$$

式中:

$C_{\text{托架组件+原材料}}$ ——单个托架组件的温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;

$f_{1i}(x)$ ——构成托架组件第 i 种零件的数量, 单位为个;

$f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量, 单位为千克 (kg);

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量, 单位为个;

$f_{4i}(x)$ ——管材下料第 i 种规格管材的数量, 单位为个;

$f_{5i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量, 单位为个;

$f_{6i}(x)$ ——管材粗加工第 i 种型号工件的数量, 单位为个。

n_1 ——托架组件的零件种类数;

n_2 ——托架组件的预处理步骤中板材规格种类数;

n_3 ——托架组件的板材下料步骤中产生工件型号种类数;

n_4 ——托架组件的管材下料步骤中产生管材规格种类数;

n_5 ——托架组件的板材成型步骤中产生工件型号种类数;

n_6 ——托架组件的管材粗加工步骤中产生工件型号种类数。

8.1.1.3 工作平台装配碳足迹量化方法

8.1.1.3.1 工作平台装配制造过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

工作平台装配线处于正常生产状态。

b) 工作平台装配过程能源消耗量测量程序

- 测量数个相同型号工作平台，在同一装配线上完成装配过程的能源消耗量和辅料消耗量；
- 按公式（41）计算各型号工作平台能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{1i} = \frac{e_{1i}}{N_{1i}} \dots\dots\dots (41)$$

式中：

q_{1i} ——第*i*种型号工作平台装配过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{1i} ——数个第*i*种型号工作平台装配过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{1i} ——同一测量周期内，第*i*种型号工作平台装配数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（42）计算各型号规格工作平台温室气体排放量。

$$C_{1i} = q_{1i} \times EF \dots\dots\dots (42)$$

式中：

C_{1i} ——第*i*种型号工作平台装配过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.1.3.2 工作平台装配基础辅助设施温室气体排放

工作平台装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（43）计算。

$$C_{1i\text{基础}} = \frac{e_{1\text{基础}}}{N_{1\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (43)$$

式中：

$C_{1i\text{基础}}$ ——第*i*种型号工作平台装配过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内，数个第*i*种型号工作平台装配过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种型号工作平台装配总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.1.3.3 工作平台装配碳足迹量化方法

工作平台装配碳足迹量化按公式（44）计算。

$$C_{\text{工作平台装配}} = C_{1i} + C_{1i\text{基础}} \dots\dots\dots (44)$$

式中：

$C_{\text{工作平台装配}}$ ——工作平台装配的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

8.1.1.4 工作平台碳足迹量化方法

工作平台碳足迹量化按公式（45）计算。

$$C_{\text{工作平台+原材料}} = A_{\text{平台组件}} C_{\text{平台组件+原材料}} + A_{\text{托架组件}} C_{\text{托架组件+原材料}} + C_{\text{工作平台装配}} \dots\dots\dots (45)$$

式中：

$C_{\text{工作平台+原材料}}$ ——工作平台的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$A_{\text{平台组件}}$ ——构成工作平台的平台组件的数量，单位为个；

$A_{\text{托架组件}}$ ——构成工作平台的托架组件的数量，单位为个。

8.1.2 伸展机构碳足迹量化方法

8.1.2.1 飞臂碳足迹量化方法

飞臂由板材、管材等构成，界定构成飞臂的基础零件清单示例见表 5。

表5 构成飞臂的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	轴套					
2	腹板					
3	...					

8.1.2.1.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（46）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (46)$$

式中：

- C_{1i} ——构成飞臂的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
- m_i ——构成飞臂的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；
- k_i ——构成飞臂的第 i 种零件基础材料的利用系数；
- EF ——构成飞臂的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.2.1.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材的材质、规格、重量；
- 按公式（47）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (47)$$

式中：

- q_{2i} ——第 i 种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为 [能量单位]/kg；
- e_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为 [能量单位]；
- m_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理总重量，单位为 千克（kg）。

注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式（48）计算第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (48)$$

式中：

- C_{2i} ——第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为 kgCO₂e/kg；
- EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.1.3 下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材、管材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；
- 分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；

——按公式（49）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (49)$$

式中：

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 管材下料过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同规格管材，在同一管材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；

——记录每组管材的材质、规格、切割面数量（每个工件按1个切割面计算）；

——按公式（50）计算每个工件切割的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (50)$$

式中：

q_{4i} ——第*i*种规格管材每个工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{4i} ——数组第*i*种规格管材下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{4i} ——测量周期内，数组第*i*种规格管材切割面总数量。

d) 温室气体量化方法

——按公式（51），（52）计算下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (51)$$

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (52)$$

式中：

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

C_{4i} ——第*i*种规格管材单件切割过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.1.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；

——按公式（53）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{N_{5i}} \dots\dots\dots (53)$$

式中：

q_{5i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{5i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{5i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型的数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（54）计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (54)$$

式中：

C_{5i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.1.5 管材粗加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

管材粗加工设备处于正常生产状态。

b) 管材粗加工过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号管材工件,在同一管材粗加工设备上完成工件组焊前粗加工过程的能源消耗量;

——按公式(55)计算各规格工件能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{6i} = \frac{e_{6i}}{N_{6i}} \dots\dots\dots (55)$$

式中:

q_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中能源消耗量和辅料消耗量,单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{6i} ——数组第*i*种型号工件管材粗加工过程中总能源消耗量和辅料消耗量,单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{6i} ——测量周期内,第*i*种型号工件管材粗加工的数量,单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式(56)计算管材粗加工工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{6i} = q_{6i} \times EF \dots\dots\dots (56)$$

式中:

C_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中温室气体排放量,单位为kgCO₂e;

EF ——管材粗加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.1.6 飞臂加工过程碳足迹量化方法

8.1.2.1.6.1 组焊与焊接工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

飞臂焊接设备处于正常生产状态。

b) 焊接过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号飞臂,在同一焊接设备上完成焊接过程的能源消耗量和辅料消耗量;

——按公式(57)计算各型号飞臂组焊与焊接的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{7i} = \frac{e_{7i}}{N_{7i}} \dots\dots\dots (57)$$

式中:

q_{7i} ——第*i*种型号飞臂组焊与焊接过程中能源消耗量和辅料消耗量,单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{7i} ——数个第*i*种型号飞臂组焊与焊接过程中总能源消耗量和辅料消耗量,单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{7i} ——测量周期内,焊接第*i*种型号飞臂的数量。

c) 温室气体量化方法

——按公式(58)计算各型号飞臂组焊与焊接的温室气体排放量。

$$C_{7i} = q_{7i} \times EF \dots\dots\dots (58)$$

式中:

C_{7i} ——第*i*种型号飞臂单个组焊与焊接过程中温室气体排放量,单位为kgCO₂e;

EF ——组焊与焊接过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.1.6.2 机加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

飞臂机加工设备处于正常生产状态。

b) 机加工过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号飞臂,在同一机加工设备上完成机加工过程的能源消耗量和辅料消耗量;

——按公式（59）计算各型号飞臂机加工的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{8i} = \frac{e_{8i}}{N_{8i}} \dots\dots\dots (59)$$

式中：

q_{8i} ——第*i*种型号飞臂机加工过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{8i} ——数个第*i*种型号飞臂机加工过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{8i} ——测量周期内，第*i*种型号飞臂机加工数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（60）计算各型号飞臂机加工的温室气体排放量。

$$C_{8i} = q_{8i} \times EF \dots\dots\dots (60)$$

式中：

C_{8i} ——第*i*种型号飞臂单件机加工过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——机加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.1.6.3 表面处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

飞臂表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组不同型号飞臂，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；

——记录每组飞臂的型号、数量；

——分别测量不同型号飞臂的表面积；

——按公式（61）计算各型号飞臂表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{9i} = \frac{e_{9i}}{S_{\text{总}}} \times S_{9i} \dots\dots\dots (61)$$

式中：

q_{9i} ——第*i*种型号飞臂表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{9i} ——数组不同型号飞臂表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{\text{总}}$ ——测量周期内，表面处理飞臂的总表面积，单位为平方米（m²）；

S_{9i} ——第*i*种型号飞臂表面积，单位为平方米（m²）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（62）计算各型号飞臂表面处理的温室气体排放量。

$$C_{9i} = q_{9i} \times EF \dots\dots\dots (62)$$

式中：

C_{9i} ——第*i*种型号飞臂表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.1.7 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.2.1.7.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（63）计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{m_{2\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (63)$$

式中：

$C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（kg）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.1.7.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（64）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots \dots \dots (64)$$

式中：

$C_{3i\text{基础}}$ ——第 i 种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第 i 种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.1.7.3 管材下料的基础辅助设施温室气体排放

管材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（65）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (65)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第 i 种规格管材切割过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割面总数量；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.1.7.4 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（66）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{N_{5\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (66)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.1.7.5 管材粗加工的基础辅助设施温室气体排放

管材粗加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（67）计算。

$$C_{6i\text{基础}} = \frac{e_{6\text{基础}}}{N_{6\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (67)$$

式中：

$C_{6i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件管材粗加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.1.7.6 飞臂组焊与焊接的基础辅助设施温室气体排放

飞臂组焊与焊接过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（68）计算。

$$C_{7i\text{基础}} = \frac{e_{7\text{基础}}}{N_{7\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (68)$$

式中：

$C_{7i\text{基础}}$ ——第 i 种型号飞臂组焊与焊接过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，飞臂组焊与焊接过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，飞臂组焊与焊接工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.1.7.7 飞臂机加工的基础辅助设施温室气体排放

飞臂加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（69）计算。

$$C_{8i\text{基础}} = \frac{e_{8\text{基础}}}{N_{8\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (69)$$

式中：

$C_{8i\text{基础}}$ ——第 i 种型号飞臂机加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内，飞臂机加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内，飞臂机加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.1.7.8 飞臂表面处理的基础辅助设施温室气体排放

飞臂表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（70）计算。

$$C_{9i\text{基础}} = \frac{e_{9\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times s_{9i} \times EF \dots\dots\dots (70)$$

式中：

$C_{9i\text{基础}}$ ——第 i 种型号飞臂表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{9\text{基础}}$ ——在测量周期内，飞臂表面处理过程所消耗基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理飞臂的总表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

s_{9i} ——第 i 种型号飞臂表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.1.8 飞臂碳足迹量化方法

飞臂碳足迹量化按公式（71）计算。

$$C_{\text{飞臂+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x)(C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x)(C_{6i} + C_{6i\text{基础}}) + (C_{7i} + C_{7i\text{基础}}) + (C_{8i} + C_{8i\text{基础}}) + (C_{9i} + C_{9i\text{基础}}) \dots\dots\dots (71)$$

式中：

$C_{\text{飞臂+原材料}}$ ——单个飞臂的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$f_{1i}(x)$ ——构成飞臂第 i 种零件的数量，单位为个；

$f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量，单位为千克（ kg ）；

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量，单位为个；

$f_{4i}(x)$ ——管材下料第 i 种规格管材的数量, 单位为个;
 $f_{5i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量, 单位为个;
 $f_{6i}(x)$ ——管材粗加工第 i 种型号工件的数量, 单位为个。
 n_1 ——飞臂的零件种类数;
 n_2 ——飞臂的预处理步骤中板材规格种类数;
 n_3 ——飞臂的板材下料步骤中产生工件型号种类数;
 n_4 ——飞臂的管材下料步骤中产生管材规格种类数;
 n_5 ——飞臂的板材成型步骤中产生工件型号种类数;
 n_6 ——飞臂的管材粗加工步骤中产生工件型号种类数。

8.1.2.2 臂架焊件碳足迹量化方法

臂架焊件由板材、管材等构成, 界定构成臂架焊件的基础零件清单示例见表 6。

表6 构成臂架焊件的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	上盖板					
2	连接轴套					
3	• • •					

8.1.2.2.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式 (72)。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (72)$$

式中:

C_{1i} —— 构成臂架焊件的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;
 m_i ——构成臂架焊件的第 i 种零件单件重量, 单位根据具体排放源确定;
 k_i ——构成臂架焊件的第 i 种零件基础材料的利用系数;
 EF ——构成臂架焊件的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.2.2.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材, 在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量;
- 记录每组板材的材质、规格、重量;
- 按公式 (73) 计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (73)$$

式中:

q_{2i} ——第 i 种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量, 单位为 $[\text{能量单位}]/\text{kg}$;
 e_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理过程中能源消耗总量, 单位为 $[\text{能量单位}]$;
 m_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理总重量, 单位为千克 (kg)。

注: 预处理过程中需要多种能源时, 单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式 (74) 计算第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (74)$$

式中:

C_{2i} ——第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量, 单位为 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$;
 EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.2.3 下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材、管材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；
- 分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；
- 按公式（75）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (75)$$

式中：

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 管材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格管材，在同一管材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录每组管材的材质、规格、切割面数量（每个工件按1个切割面计算）；
- 按公式（76）计算每个工件切割的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (76)$$

式中：

q_{4i} ——第*i*种规格管材每个工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{4i} ——数组第*i*种规格管材下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{4i} ——测量周期内，数组第*i*种规格管材切割面总数量。

d) 温室气体量化方法

- 按公式（77），（78）计算下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (77)$$

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (78)$$

式中：

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

C_{4i} ——第*i*种规格管材单件切割过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.2.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；
- 按公式（79）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{N_{5i}} \dots\dots\dots (79)$$

式中：

q_{5i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{5i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{5i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型的数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式(80)计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots \dots \dots (80)$$

式中:

C_{5i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量, 单位为kgCO₂e;

EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.2.5 管材粗加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

管材粗加工设备处于正常生产状态。

b) 管材粗加工过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号管材工件, 在同一管材粗加工设备上完成工件组焊前粗加工过程的能源消耗量;

——按公式(81)计算各规格工件能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{6i} = \frac{e_{6i}}{N_{6i}} \dots \dots \dots (81)$$

式中:

q_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{6i} ——数组第*i*种型号工件管材粗加工过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{6i} ——测量周期内, 第*i*种型号工件管材粗加工的数量, 单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式(82)计算管材粗加工工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{6i} = q_{6i} \times EF \dots \dots \dots (82)$$

式中:

C_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中温室气体排放量, 单位为kgCO₂e;

EF ——管材粗加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.2.6 臂架焊件加工过程碳足迹量化方法

8.1.2.2.6.1 组焊与焊接工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

臂架焊件焊接设备处于正常生产状态。

b) 焊接过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号臂架焊件, 在同一焊接设备上完成焊接过程的能源消耗量和辅料消耗量;

——按公式(83)计算各型号臂架焊件组焊与焊接的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{7i} = \frac{e_{7i}}{N_{7i}} \dots \dots \dots (83)$$

式中:

q_{7i} ——第*i*种型号臂架焊件组焊与焊接过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{7i} ——数个第*i*种型号臂架焊件组焊与焊接过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{7i} ——测量周期内, 焊接第*i*种型号臂架焊件的数量。

c) 温室气体量化方法

——按公式(84)计算各型号臂架焊件组焊与焊接的温室气体排放量。

$$C_{7i} = q_{7i} \times EF \dots \dots \dots (84)$$

式中:

C_{7i} ——第*i*种型号臂架焊件单个组焊与焊接过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——组焊与焊接过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.2.6.2 机加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

臂架焊件机加工设备处于正常生产状态。

b) 机加工过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号臂架焊件，在同一机加工设备上完成机加工过程的能源消耗量和辅料消耗量；
 ——按公式（85）计算各型号臂架焊件机加工的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{8i} = \frac{e_{8i}}{N_{8i}} \dots\dots\dots (85)$$

式中：

q_{8i} ——第*i*种型号臂架焊件机加工过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{8i} ——数个第*i*种型号臂架焊件机加工过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{8i} ——测量周期内，第*i*种型号臂架焊件机加工数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（86）计算各型号臂架焊件机加工的温室气体排放量。

$$C_{8i} = q_{8i} \times EF \dots\dots\dots (86)$$

式中：

C_{8i} ——第*i*种型号臂架焊件单件机加工过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——机加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.2.6.3 表面处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

臂架焊件表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组不同型号臂架焊件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；
 ——记录每组臂架焊件的型号、数量；
 ——分别测量不同型号臂架焊件的表面积；
 ——按公式（87）计算各型号臂架焊件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{9i} = \frac{e_{9i}}{S_{总}} \times S_{9i} \dots\dots\dots (87)$$

式中：

q_{9i} ——第*i*种型号臂架焊件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{9i} ——数组不同型号臂架焊件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{总}$ ——测量周期内，表面处理臂架焊件的总表面积，单位为平方米（m²）；

S_{9i} ——第*i*种型号臂架焊件表面积，单位为平方米（m²）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（88）计算各型号臂架焊件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{9i} = q_{9i} \times EF \dots\dots\dots (88)$$

式中：

C_{9i} ——第*i*种型号臂架焊件表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.2.7 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.2.2.7.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（89）计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{m_{2\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (89)$$

式中：

$C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（kg）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.2.7.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（90）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots\dots\dots (90)$$

式中：

$C_{3i\text{基础}}$ ——第*i*种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.2.7.3 管材下料的基础辅助设施温室气体排放

管材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（91）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (91)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第*i*种规格管材切割过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割面总数量；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.2.7.4 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（92）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{N_{5\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (92)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第*i*种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.2.7.5 管材粗加工的基础辅助设施温室气体排放

管材粗加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（93）计算。

$$C_{6i\text{基础}} = \frac{e_{6\text{基础}}}{N_{6\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (93)$$

式中：

$C_{6i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件管材粗加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.2.7.6 臂架焊件组焊与焊接的基础辅助设施温室气体排放

臂架焊件组焊与焊接过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（94）计算。

$$C_{7i\text{基础}} = \frac{e_{7\text{基础}}}{N_{7\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (94)$$

式中：

$C_{7i\text{基础}}$ ——第 i 种型号臂架焊件组焊与焊接过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，臂架焊件臂组焊与焊接过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，臂架焊件组焊与焊接工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.2.7.7 臂架焊件机加工的基础辅助设施温室气体排放

臂架焊件加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（95）计算。

$$C_{8i\text{基础}} = \frac{e_{8\text{基础}}}{N_{8\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (95)$$

式中：

$C_{8i\text{基础}}$ ——第 i 种型号臂架焊件机加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内，臂架焊件机加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内，臂架焊件机加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.2.7.8 臂架焊件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

臂架焊件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（96）计算。

$$C_{9i\text{基础}} = \frac{e_{9\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times s_{9i} \times EF \dots\dots\dots (96)$$

式中：

$C_{9i\text{基础}}$ ——第 i 种型号臂架焊件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{9\text{基础}}$ ——在测量周期内，臂架焊件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理臂架焊件的总表面积，单位为平方米（m²）；

s_{9i} ——第 i 种型号臂架焊件表面积，单位为平方米（m²）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.2.8 臂架焊件碳足迹量化方法

臂架焊件碳足迹量化按公式（97）计算。

$$C_{\text{臂架焊件+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x)(C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x)(C_{6i} + C_{6i\text{基础}}) + (C_{7i} + C_{7i\text{基础}}) + (C_{8i} + C_{8i\text{基础}}) + (C_{9i} + C_{9i\text{基础}}) \dots\dots\dots (97)$$

式中：

- $C_{\text{臂架焊件+原材料}}$ ——单个臂架焊件的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
- $f_{1i}(x)$ ——构成臂架焊件第 i 种零件的数量，单位为个；
- $f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量，单位为千克（kg）；
- $f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量，单位为个；
- $f_{4i}(x)$ ——管材下料第 i 种规格管材的数量，单位为个；
- $f_{5i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量，单位为个；
- $f_{6i}(x)$ ——管材粗加工第 i 种型号工件的数量，单位为个。
- n_1 ——臂架焊件的零件种类数；
- n_2 ——臂架焊件的预处理步骤中板材规格种类数；
- n_3 ——臂架焊件的板材下料步骤中产生工件型号种类数；
- n_4 ——臂架焊件的管材下料步骤中产生管材规格种类数；
- n_5 ——臂架焊件的板材成型步骤中产生工件型号种类数；
- n_6 ——臂架焊件的管材粗加工步骤中产生工件型号种类数。

8.1.2.3 转台焊件碳足迹量化方法

转台焊件由板材、管材等构成，界定构成转台焊件的基础零件清单示例见表 7。

表7 构成转台焊件的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	内轴套					
2	法兰板					
3	...					

8.1.2.3.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（98）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (98)$$

式中：

- C_{1i} —— 构成转台焊件的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
- m_i ——构成转台焊件的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；
- k_i ——构成转台焊件的第 i 种零件基础材料的利用系数；
- EF ——构成转台焊件的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.2.3.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材的材质、规格、重量；

——按公式（99）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (99)$$

式中：

q_{2i} ——第*i*种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为[能量单位]/kg；

e_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为[能量单位]；

m_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理总重量，单位为千克（kg）。

注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式（100）计算第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (100)$$

式中：

C_{2i} ——第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.3.3 下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材、管材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；

——记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；

——分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；

——按公式（101）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (101)$$

式中：

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 管材下料过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同规格管材，在同一管材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；

——记录每组管材的材质、规格、切割面数量（每个工件按1个切割面计算）；

——按公式（102）计算每个工件切割的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (102)$$

式中：

q_{4i} ——第*i*种规格管材每个工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{4i} ——数组第*i*种规格管材下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{4i} ——测量周期内，数组第*i*种规格管材切割面总数量。

d) 温室气体量化方法

——按公式（103），（104）计算下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (103)$$

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (104)$$

式中：

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

C_{4i} ——第*i*种规格管材单件切割过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.3.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；

——按公式（105）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{N_{5i}} \dots\dots\dots (105)$$

式中：

q_{5i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{5i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{5i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型的数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（106）计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (106)$$

式中：

C_{5i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.3.5 管材粗加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

管材粗加工设备处于正常生产状态。

b) 管材粗加工过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号管材工件，在同一管材粗加工设备上完成工件组焊前粗加工过程的能源消耗量；

——按公式（107）计算各规格工件能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{6i} = \frac{e_{6i}}{N_{6i}} \dots\dots\dots (107)$$

式中：

q_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{6i} ——数组第*i*种型号工件管材粗加工过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{6i} ——测量周期内，第*i*种型号工件管材粗加工的数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（108）计算管材粗加工工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{6i} = q_{6i} \times EF \dots\dots\dots (108)$$

式中：

C_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——管材粗加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.3.6 转台焊件加工过程碳足迹量化方法

8.1.2.3.6.1 组焊与焊接工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

转台焊件焊接设备处于正常生产状态。

b) 焊接过程能源消耗量测量程序

- 测量数个相同型号转台焊件，在同一焊接设备上完成焊接过程的能源消耗量和辅料消耗量；
- 按公式（109）计算各型号转台焊件组焊与焊接的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{7i} = \frac{e_{7i}}{N_{7i}} \dots\dots\dots (109)$$

式中：

q_{7i} ——第*i*种型号转台焊件组焊与焊接过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{7i} ——数个第*i*种型号转台焊件组焊与焊接过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{7i} ——测量周期内，焊接第*i*种型号转台焊件的数量。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（110）计算各型号转台焊件组焊与焊接的温室气体排放量。

$$C_{7i} = q_{7i} \times EF \dots\dots\dots (110)$$

式中：

C_{7i} ——第*i*种型号转台焊件单个组焊与焊接过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——组焊与焊接过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.3.6.2 机加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

转台焊件机加工设备处于正常生产状态。

b) 机加工过程能源消耗量测量程序

- 测量数个相同型号转台焊件，在同一机加工设备上完成机加工过程的能源消耗量和辅料消耗量；
- 按公式（111）计算各型号转台焊件机加工的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{8i} = \frac{e_{8i}}{N_{8i}} \dots\dots\dots (111)$$

式中：

q_{8i} ——第*i*种型号转台焊件机加工过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{8i} ——数个第*i*种型号转台焊件机加工过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{8i} ——测量周期内，第*i*种型号转台焊件机加工数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（112）计算各型号转台焊件机加工的温室气体排放量。

$$C_{8i} = q_{8i} \times EF \dots\dots\dots (112)$$

式中：

C_{8i} ——第*i*种型号转台焊件单件机加工过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——机加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.3.6.3 表面处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

转台焊件表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组不同型号转台焊件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；
- 记录每组转台焊件的型号、数量；
- 分别测量不同型号转台焊件的表面积；
- 按公式（113）计算各型号转台焊件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{9i} = \frac{e_{9i}}{S_{总}} \times S_{9i} \dots\dots\dots (113)$$

式中：

q_{9i} ——第*i*种型号转台焊件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{9i} ——数组不同型号转台焊件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{总}$ ——测量周期内，表面处理转台焊件的总表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

s_{9i} ——第*i*种型号转台焊件表面积，单位为平方米（ m^2 ）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（114）计算各型号转台焊件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{9i} = q_{9i} \times EF \dots \dots \dots (114)$$

式中：

C_{9i} ——第*i*种型号转台焊件表面处理过程中温室气体排放量，单位为 $kgCO_2e$ ；

EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.3.7 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.2.3.7.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（115）计算。

$$C_{2i基础} = \frac{e_{2基础}}{m_{2基础}} \times EF \dots \dots \dots (115)$$

式中：

$C_{2i基础}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 $kgCO_2e/kg$ ；

$e_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（ kg ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.3.7.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（116）计算。

$$C_{3i基础} = \frac{e_{3i基础}}{L_{i基础}} \times l_i \times EF \dots \dots \dots (116)$$

式中：

$C_{3i基础}$ ——第*i*种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 $kgCO_2e$ ；

$e_{3i基础}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$L_{i基础}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（ mm ）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（ mm ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.3.7.3 管材下料的基础辅助设施温室气体排放

管材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（117）计算。

$$C_{4i基础} = \frac{e_{4基础}}{N_{基础}} \times EF \dots \dots \dots (117)$$

式中：

$C_{4i基础}$ ——第*i*种规格管材切割过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 $kgCO_2e$ ；

$e_{4基础}$ ——在测量周期内，管材切割过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{基础}$ ——在测量周期内，管材切割面总数量；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.3.7.4 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（118）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{N_{5\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (118)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.3.7.5 管材粗加工的基础辅助设施温室气体排放

管材粗加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（119）计算。

$$C_{6i\text{基础}} = \frac{e_{6\text{基础}}}{N_{6\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (119)$$

式中：

$C_{6i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件管材粗加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.3.7.6 转台焊件组焊与焊接的基础辅助设施温室气体排放

转台焊件组焊与焊接过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（120）计算。

$$C_{7i\text{基础}} = \frac{e_{7\text{基础}}}{N_{7\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (120)$$

式中：

$C_{7i\text{基础}}$ ——第 i 种型号转台焊件组焊与焊接过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，转台焊件臂组焊与焊接过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，转台焊件组焊与焊接工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.3.7.7 转台焊件机加工的基础辅助设施温室气体排放

转台焊件加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（121）计算。

$$C_{8i\text{基础}} = \frac{e_{8\text{基础}}}{N_{8\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (121)$$

式中：

$C_{8i\text{基础}}$ ——第 i 种型号转台焊件机加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内，转台焊件机加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内，转台焊件机加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.3.7.8 转台焊件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

转台焊件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（122）计算。

$$C_{9i\text{基础}} = \frac{e_{9\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times s_{9i} \times EF \dots \dots \dots (122)$$

式中：
 $C_{9i\text{基础}}$ ——第 i 种型号转台焊件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 $e_{9\text{基础}}$ ——在测量周期内，转台焊件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；
 $S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理转台焊件的总表面积，单位为平方米（m²）；
 s_{9i} ——第 i 种型号转台焊件表面积，单位为平方米（m²）；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.3.8 转台焊件碳足迹量化方法

转台焊件碳足迹量化按公式（123）计算。

$$C_{\text{转台焊件+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x)(C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x)(C_{6i} + C_{6i\text{基础}}) + (C_{7i} + C_{7i\text{基础}}) + (C_{8i} + C_{8i\text{基础}}) + (C_{9i} + C_{9i\text{基础}}) \dots \dots \dots (123)$$

式中：
 $C_{\text{转台焊件+原材料}}$ ——单个转台焊件的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 $f_{1i}(x)$ ——构成转台焊件第 i 种零件的数量，单位为个；
 $f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量，单位为千克（kg）；
 $f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量，单位为个；
 $f_{4i}(x)$ ——管材下料第 i 种规格管材的数量，单位为个；
 $f_{5i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量，单位为个；
 $f_{6i}(x)$ ——管材粗加工第 i 种型号工件的数量，单位为个。
 n_1 ——转台焊件的零件种类数；
 n_2 ——转台焊件的预处理步骤中板材规格种类数；
 n_3 ——转台焊件的板材下料步骤中产生工件型号种类数；
 n_4 ——转台焊件的管材下料步骤中产生管材规格种类数；
 n_5 ——转台焊件的板材成型步骤中产生工件型号种类数；
 n_6 ——转台焊件的管材粗加工步骤中产生工件型号种类数。

8.1.2.4 配重碳足迹量化方法

配重由板材构成，界定构成配重的基础零件清单示例见表 8。

表8 构成配重的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	封板					
2	中间板					
3	• • •					

8.1.2.4.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（124）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots \dots \dots (124)$$

式中：
 C_{1i} —— 构成配重的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 m_i ——构成配重的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；

k_i ——构成配重的第*i*种零件基础材料的利用系数；
 EF ——构成配重的第*i*种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.2.4.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材的材质、规格、重量；
- 按公式（125）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (125)$$

式中：

q_{2i} ——第*i*种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为[能量单位]/kg；
 e_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为[能量单位]；
 m_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理总重量，单位为千克（kg）。

注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式（126）计算第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (126)$$

式中：

C_{2i} ——第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；
 EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.4.3 板材下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；
- 分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；
- 按公式（127）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (127)$$

式中：

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长
 l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（128）计算板材下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (128)$$

式中：

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.4.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；
- 按公式（129）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (129)$$

式中：

q_{4i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 e_{4i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单

位]；

N_{4i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（130）计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (130)$$

式中：

C_{4i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.4.5 配重加工过程碳足迹量化方法

8.1.2.4.5.1 组焊与焊接工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

配重焊接设备处于正常生产状态。

b) 焊接过程能源消耗量测量程序

- 测量数个相同型号配重，在同一焊接设备上完成焊接过程的能源消耗量和辅料消耗量；
- 按公式（131）计算各型号配重组焊与焊接的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{N_{5i}} \dots\dots\dots (131)$$

式中：

q_{5i} ——第*i*种型号配重组焊与焊接过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单

位]；

e_{5i} ——数个第*i*种型号配重组焊与焊接过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{5i} ——测量周期内，焊接第*i*种型号配重数量。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（132）计算各型号配重组焊与焊接的温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (132)$$

式中：

C_{5i} ——第*i*种型号配重单个组焊与焊接过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——组焊与焊接过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.4.5.2 表面处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

配重表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组不同型号配重，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；
- 记录每组配重的型号、数量；
- 分别测量不同型号配重的表面积；
- 按公式（133）计算各型号配重表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{6i} = \frac{e_{6i}}{S_{\text{总}}} \times S_{6i} \dots\dots\dots (133)$$

式中：

q_{6i} ——第*i*种型号配重表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{6i} ——数组不同型号配重表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{\text{总}}$ ——测量周期内，表面处理配重的总表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

S_{6i} ——第*i*种型号配重表面积，单位为平方米（ m^2 ）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（134）计算各型号配重表面处理的温室气体排放量。

$$C_{6i} = q_{6i} \times EF \dots\dots\dots (134)$$

式中：

C_{6i} ——第*i*种型号配重表面处理过程中温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

EF ——配重过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.4.6 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.2.4.6.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（135）计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{m_{2\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (135)$$

式中：

$C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ；

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（ kg ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.4.6.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（136）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots\dots\dots (136)$$

式中：

$C_{3i\text{基础}}$ ——第*i*种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（ mm ）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（ mm ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.4.6.3 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（137）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{4\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (137)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.4.6.4 配重组焊与焊接的基础辅助设施温室气体排放

配重组焊与焊接过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（138）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{N_{5\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (138)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号配重组焊与焊接过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，配重组焊与焊接过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，配重组焊与焊接工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.4.6.5 配重表面处理的基础辅助设施温室气体排放

配重表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（139）计算。

$$C_{6i\text{基础}} = \frac{e_{6\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times s_{6i} \times EF \dots\dots\dots (139)$$

式中：

$C_{6i\text{基础}}$ ——第 i 种型号配重表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，配重表面处理过程所消耗基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理配重的总表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

s_{6i} ——第 i 种型号配重表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.4.7 配重碳足迹量化方法

配重碳足迹量化按公式（140）计算。

$$C_{\text{配重+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + (C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + (C_{6i} + C_{6i\text{基础}}) \dots\dots\dots (140)$$

式中：

$C_{\text{配重+原材料}}$ ——单个配重的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$f_{1i}(x)$ ——构成配重第 i 种零件的数量，单位为个；

$f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量，单位为千克（ kg ）；

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量，单位为个；

$f_{4i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量，单位为个。

n_1 ——配重的零件种类数；

n_2 ——配重的预处理步骤中板材规格种类数；

n_3 ——配重的板材下料步骤中产生工件型号种类数；

n_4 ——配重的板材成型步骤中产生工件型号种类数。

8.1.2.5 回转机构碳足迹量化方法

回转机构由外购件构成，随伸展机构一起装配，不单独进行装配，界定构成回转机构的基础零件清单示例见表 9。

表9 构成回转机构的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	回转支承					外购件
2	回转减速机					外购件
3	...					

8.1.2.5.1 外购件碳足迹量化方法

外购件碳足迹量化按照 T/CCMA***-2026 中的方法进行计算,构成回转机构的第 i 种外购件的单件温室气体排放量用 C_{1i} 表示,单位为 kgCO_2e , 详见附录 A。

8.1.2.5.2 回转机构碳足迹量化方法

回转机构碳足迹量化按公式 (141) 计算。

$$C_{\text{回转机构}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x) C_{1i} \dots\dots\dots (141)$$

式中:

$C_{\text{回转机构}}$ ——单个回转机构的温室气体排放量,单位为 kgCO_2e ;

$f_{1i}(x)$ ——构成回转机构第 i 种外购件的数量,单位为个。

n_1 ——回转机构的外购件种类数。

8.1.2.6 伸展机构装配碳足迹量化方法

8.1.2.6.1 伸展机构装配制造过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

伸展机构装配线处于正常生产状态。

b) 伸展机构装配过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号伸展机构,在同一装配线上完成装配过程的能源消耗量和辅料消耗量。

——按公式 (142) 计算各型号伸展机构装配能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{1i} = \frac{e_{1i}}{N_{1i}} \dots\dots\dots (142)$$

式中:

q_{1i} ——第 i 种型号伸展机构装配过程中能源消耗量和辅料消耗量,单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{1i} ——数个第 i 种型号伸展机构装配过程总能源消耗量或辅料消耗量,单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{1i} ——同一测量周期内,第 i 种型号伸展机构装配数量,单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式 (143) 计算各型号规格伸展机构温室气体排放量。

$$C_{1i} = q_{1i} \times EF \dots\dots\dots (143)$$

式中:

C_{1i} ——第 i 种型号伸展机构装配过程温室气体排放量,单位为 kgCO_2e ;

EF ——装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.2.6.2 伸展机构装配基础辅助设施温室气体排放

伸展机构装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式 (144) 计算。

$$C_{1i\text{基础}} = \frac{e_{1\text{基础}}}{N_{1\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (144)$$

式中：
 $C_{1i\text{基础}}$ ——第 i 种型号伸展机构装配过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 $e_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内，数个第 i 种型号伸展机构装配过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；
 $N_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种型号伸展机构装配总数量，单位为个；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.2.6.3 伸展机构装配碳足迹量化方法
伸展机构装配碳足迹量化按公式（145）计算。

$$C_{\text{伸展机构装配}} = C_{1i} + C_{1i\text{基础}} \dots\dots\dots (145)$$

式中：
 $C_{\text{伸展机构装配}}$ ——伸展机构装配的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

8.1.2.7 伸展机构碳足迹量化方法

伸展机构碳足迹量化按公式（146）计算。

$$C_{\text{伸展机构+原材料}} = A_{\text{飞臂}} C_{\text{飞臂+原材料}} + A_{\text{臂架焊件}} C_{\text{臂架焊件+原材料}} + A_{\text{转台焊件}} C_{\text{转台焊件+原材料}} + A_{\text{配重}} C_{\text{配重+原材料}} + A_{\text{回转机构}} C_{\text{回转机构}} + C_{\text{伸展机构装配}} \dots\dots\dots (146)$$

式中：
 $C_{\text{伸展机构+原材料}}$ ——伸展机构的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 $A_{\text{飞臂}}$ ——构成伸展机构的飞臂的数量，单位为个；
 $A_{\text{臂架焊件}}$ ——构成伸展机构的臂架焊件的数量，单位为个；
 $A_{\text{转台焊件}}$ ——构成伸展机构的转台焊件的数量，单位为个；
 $A_{\text{配重}}$ ——构成伸展机构的配重的数量，单位为个；
 $A_{\text{回转机构}}$ ——构成伸展机构的回转机构的数量，单位为个。

8.1.3 底盘碳足迹量化方法

8.1.3.1 车架焊件碳足迹量化方法

车架焊件由板材、管材等构成，界定构成车架焊件的基础零件清单示例见表 10。

表10 构成车架焊件的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	前桥轴套					
2	侧板					
3	• • •					

8.1.3.1.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（147）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (147)$$

式中：
 C_{1i} —— 构成车架焊件的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 m_i ——构成车架焊件的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；
 k_i ——构成车架焊件的第 i 种零件基础材料的利用系数；
 EF ——构成车架焊件的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.3.1.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材的材质、规格、重量；
- 按公式（148）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (148)$$

式中：

q_{2i} ——第*i*种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为[能量单位]/kg；

e_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为[能量单位]；

m_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理总重量，单位为千克（kg）。

注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（149）计算第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (149)$$

式中：

C_{2i} ——第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.1.3 下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材、管材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；
- 分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；
- 按公式（150）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (150)$$

式中：

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 管材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格管材，在同一管材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录每组管材的材质、规格、切割面数量（每个工件按1个切割面计算）；
- 按公式（151）计算每个工件切割的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N} \dots\dots\dots (151)$$

式中：

q_{4i} ——第*i*种规格管材每个工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{4i} ——数组第*i*种规格管材下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N ——测量周期内，数组第*i*种规格管材切割面总数量。

d) 温室气体量化方法

——按公式（152），（153）计算下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (152)$$

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (153)$$

式中：

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

C_{4i} ——第*i*种规格管材单件切割过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.1.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；

——按公式（154）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{N_{5i}} \dots\dots\dots (154)$$

式中：

q_{5i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{5i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{5i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（155）计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (155)$$

式中：

C_{5i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.1.5 管材粗加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

管材粗加工设备处于正常生产状态。

b) 管材粗加工过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号管材工件，在同一管材粗加工设备上完成工件组焊前粗加工过程的能源消耗量；

——按公式（156）计算各规格工件能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{6i} = \frac{e_{6i}}{N_{6i}} \dots\dots\dots (156)$$

式中：

q_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{6i} ——数组第*i*种型号工件管材粗加工过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{6i} ——测量周期内，第*i*种型号工件管材粗加工数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（157）计算管材粗加工工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{6i} = q_{6i} \times EF \dots\dots\dots (157)$$

式中：

C_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——管材粗加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.1.6 车架焊件加工过程碳足迹量化方法

8.1.3.1.6.1 组焊与焊接工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

车架焊件焊接设备处于正常生产状态。

b) 焊接过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号车架焊件，在同一焊接设备上完成焊接过程的能源消耗量和辅料消耗量；

——按公式（158）计算各型号车架焊件组焊与焊接的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{7i} = \frac{e_{7i}}{N_{7i}} \dots\dots\dots (158)$$

式中：

q_{7i} ——第*i*种型号车架焊件组焊与焊接过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{7i} ——数个第*i*种型号车架焊件组焊与焊接过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{7i} ——测量周期内，焊接第*i*种型号车架焊件的数量。

c) 温室气体量化方法

——按公式（159）计算各型号车架焊件组焊与焊接的温室气体排放量。

$$C_{7i} = q_{7i} \times EF \dots\dots\dots (159)$$

式中：

C_{7i} ——第*i*种型号车架焊件单个组焊与焊接过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——组焊与焊接过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.1.6.2 机加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

车架焊件机加工设备处于正常生产状态。

b) 机加工过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号车架焊件，在同一机加工设备上完成机加工过程的能源消耗量和辅料消耗量；

——按公式（160）计算各型号车架焊件机加工的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{8i} = \frac{e_{8i}}{N_{8i}} \dots\dots\dots (160)$$

式中：

q_{8i} ——第*i*种型号车架焊件机加工过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{8i} ——数个第*i*种型号车架焊件机加工过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{8i} ——测量周期内，第*i*种型号车架焊件机加工数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（161）计算各型号车架焊件机加工的温室气体排放量。

$$C_{8i} = q_{8i} \times EF \dots\dots\dots (161)$$

式中：

C_{8i} ——第*i*种型号车架焊件单件机加工过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——机加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.1.6.3 表面处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

车架焊件表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组不同型号车架焊件，在同一表面处理设备完成表面处理过程的能源消耗量；
- 记录每组车架焊件的型号、数量；
- 分别测量不同型号车架焊件的表面积；
- 按公式（162）计算各型号车架焊件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{9i} = \frac{e_{9i}}{S_{总}} \times S_{9i} \dots\dots\dots (162)$$

式中：
 q_{9i} ——第*i*种型号车架焊件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 e_{9i} ——数组不同型号车架焊件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 $S_{总}$ ——测量周期内，表面处理车架焊件的总表面积，单位为平方米（m²）；
 S_{9i} ——第*i*种型号车架焊件表面积，单位为平方米（m²）。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（163）计算各型号车架焊件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{9i} = q_{9i} \times EF \dots\dots\dots (163)$$

式中：
 C_{9i} ——第*i*种型号车架焊件表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.1.7 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.3.1.7.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（164）计算。

$$C_{2i基础} = \frac{e_{2基础}}{m_{2基础}} \times EF \dots\dots\dots (164)$$

式中：
 $C_{2i基础}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；
 $e_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；
 $m_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（kg）；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.1.7.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（165）计算。

$$C_{3i基础} = \frac{e_{3i基础}}{L_{i基础}} \times l_i \times EF \dots\dots\dots (165)$$

式中：
 $C_{3i基础}$ ——第*i*种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 $e_{3i基础}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；
 $L_{i基础}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；
 l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.1.7.3 管材下料的基础辅助设施温室气体排放

管材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（166）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (166)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第 i 种规格管材切割过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割面总数量；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.1.7.4 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（167）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{N_{5\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (167)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.1.7.5 管材粗加工的基础辅助设施温室气体排放

管材粗加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（168）计算。

$$C_{6i\text{基础}} = \frac{e_{6\text{基础}}}{N_{6\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (168)$$

式中：

$C_{6i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件管材粗加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.1.7.6 车架焊件组焊与焊接的基础辅助设施温室气体排放

车架焊件组焊与焊接过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（169）计算。

$$C_{7i\text{基础}} = \frac{e_{7\text{基础}}}{N_{7\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (169)$$

式中：

$C_{7i\text{基础}}$ ——第 i 种型号车架焊件组焊与焊接过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，车架焊件组焊与焊接过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为 [能量单位]；

$N_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，车架焊件组焊与焊接工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.1.7.7 车架焊件机加工的基础辅助设施温室气体排放

车架焊件机加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（170）计算。

$$C_{8i\text{基础}} = \frac{e_{8\text{基础}}}{N_{8\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (170)$$

式中：

$C_{8i\text{基础}}$ ——第 i 种型号车架焊件机加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内，车架焊件机加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内，车架焊件机加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.1.7.8 车架焊件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

车架焊件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（171）计算。

$$C_{9i\text{基础}} = \frac{e_{9\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times S_{9i} \times EF \dots \dots \dots (171)$$

式中：

$C_{9i\text{基础}}$ ——第 i 种型号车架焊件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{9\text{基础}}$ ——在测量周期内，车架焊件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理车架焊件的总表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

S_{9i} ——第 i 种型号车架焊件表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.1.8 车架焊件碳足迹量化方法

车架焊件碳足迹量化按公式（172）计算。

$$C_{\text{车架焊件+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x)(C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x)(C_{6i} + C_{6i\text{基础}}) + (C_{7i} + C_{7i\text{基础}}) + (C_{8i} + C_{8i\text{基础}}) + (C_{9i} + C_{9i\text{基础}}) \dots \dots \dots (172)$$

式中：

$C_{\text{车架焊件+原材料}}$ ——单个车架焊件的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$f_{1i}(x)$ ——构成车架焊件第 i 种零件的数量，单位为个；

$f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量，单位为千克（ kg ）；

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量，单位为个；

$f_{4i}(x)$ ——管材下料第 i 种规格管材的数量，单位为个；

$f_{5i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量，单位为个；

$f_{6i}(x)$ ——管材粗加工第 i 种型号工件的数量，单位为个。

n_1 ——车架焊件的零件种类数；

n_2 ——车架焊件的预处理步骤中板材规格种类数；

n_3 ——车架焊件的板材下料步骤中产生工件型号种类数；

n_4 ——车架焊件的管材下料步骤中产生管材规格种类数；

n_5 ——车架焊件的板材成型步骤中产生工件型号种类数；

n_6 ——车架焊件的管材粗加工步骤中产生工件型号种类数。

8.1.3.2 动力总成碳足迹量化方法

动力总成由板材、外购件等构成，界定构成动力总成的基础零件清单示例见表 11。

表11 构成动力总成的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	安装板					
2	轮胎					外购件
3	...					

8.1.3.2.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（173）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (173)$$

式中：

C_{1i} ——构成动力总成的第*i*种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

m_i ——构成车架焊件的第*i*种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；

k_i ——构成车架焊件的第*i*种零件基础材料的利用系数；

EF ——构成车架焊件的第*i*种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.3.2.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；

——记录每组板材的材质、规格、重量；

——按公式（174）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (174)$$

式中：

q_{2i} ——第*i*种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为[能量单位]/kg；

e_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为[能量单位]；

m_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理总重量，单位为千克（kg）。

注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式（175）计算第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (175)$$

式中：

C_{2i} ——第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.2.3 板材下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；

——记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；

——分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；

——按公式（176）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (176)$$

式中：

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（177）计算板材下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (177)$$

式中：

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.2.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；

——按公式（178）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (178)$$

式中：

q_{4i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{4i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{4i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型的数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（179）计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (179)$$

式中：

C_{4i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.2.5 板材零件表面处理碳足迹量化方法

a) 测量条件

表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组不同型号板材工件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；

——记录每组板材工件的型号、数量；

——分别测量不同型号板材工件的表面积；

——按公式（180）计算各型号板材工件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{S_{总}} \times S_{5i} \dots\dots\dots (180)$$

式中：

q_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{5i} ——数组不同型号板材工件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{总}$ ——测量周期内，表面处理板材工件的总表面积，单位为平方米（m²）；

S_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面积，单位为平方米（m²）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（181）计算各型号板材工件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (181)$$

式中：

C_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.2.6 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.3.2.6.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（182）计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{m_{2\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (182)$$

式中：

$C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（kg）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.2.6.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（183）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots \dots \dots (183)$$

式中：

$C_{3i\text{基础}}$ ——第*i*种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.2.6.3 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（184）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{4\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (184)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第*i*种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.2.6.4 板材工件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

板材工件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（185）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times S_{5i} \times EF \dots \dots \dots (185)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第*i*种型号板材工件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材工件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$S_{总}$ ——在测量周期内，表面处理板材工件的总表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

s_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.2.7 外购件碳足迹量化方法

外购件碳足迹量化按照 T/CCMA ***—2026 中的方法进行计算，构成动力总成的第*i*种外购件的单件温室气体排放量用 C_{6i} 表示，单位为 $kgCO_2e$ ，详见附录 A。

8.1.3.2.8 动力总成碳足迹量化方法

动力总成碳足迹量化按公式（186）计算。

$$C_{\text{动力总成+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x)(C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x)C_{6i} \dots\dots\dots (186)$$

式中：

$C_{\text{动力总成+原材料}}$ ——单个动力总成的温室气体排放量，单位为 $kgCO_2e$ ；

$f_{1i}(x)$ ——构成动力总成第*i*种零件的数量，单位为个；

$f_{2i}(y)$ ——预处理第*i*种规格板材的重量，单位为千克（ kg ）；

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第*i*种工件的数量，单位为个；

$f_{4i}(x)$ ——板材成型第*i*种型号工件的数量，单位为个；

$f_{5i}(x)$ ——表面处理第*i*种型号板材工件的数量，单位为个；

$f_{6i}(x)$ ——构成动力总成第*i*种外购件的数量，单位为个。

n_1 ——动力总成的零件种类数；

n_2 ——动力总成的预处理步骤中板材规格种类数；

n_3 ——动力总成的板材下料步骤中产生工件型号种类数；

n_4 ——动力总成的板材成型步骤中产生工件型号种类数；

n_5 ——动力总成的表面处理步骤中产生板材工件型号种类数；

n_6 ——动力总成的外购件种类数。

8.1.3.3 底盘装配碳足迹量化方法

8.1.3.3.1 底盘装配制造过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

底盘装配线处于正常生产状态。

b) 底盘装配过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号底盘，在同一装配线上完成装配过程的能源消耗量和辅料消耗量；

——按公式（187）计算各型号底盘能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{1i} = \frac{e_{1i}}{N_{1i}} \dots\dots\dots (187)$$

式中：

q_{1i} ——第*i*种型号底盘装配过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{1i} ——数个第*i*种型号底盘装配过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{1i} ——同一测量周期内，第*i*种型号底盘装配数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（188）计算各型号规格底盘温室气体排放量。

$$C_{1i} = q_{1i} \times EF \dots\dots\dots (188)$$

式中：

C_{1i} ——第*i*种型号底盘装配过程温室气体排放量，单位为 $kgCO_2e$ ；

EF ——装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.3.3.2 底盘装配基础辅助设施温室气体排放

底盘装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（189）计算。

$$C_{1i\text{基础}} = \frac{e_{1\text{基础}}}{N_{1\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (189)$$

式中：
 $C_{1i\text{基础}}$ ——第 i 种型号底盘装配过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 $e_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内，数个第 i 种型号底盘装配过程所消耗的公用基础辅助设施总能量，单位为[能量单位]；
 $N_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种型号底盘装配总数量，单位为个；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.3.3.3 底盘装配碳足迹量化方法

底盘装配碳足迹量化按公式（190）计算。

$$C_{\text{底盘装配}} = C_{1i} + C_{1i\text{基础}} \dots\dots\dots (190)$$

式中：
 $C_{\text{底盘装配}}$ ——底盘装配的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

8.1.3.4 底盘碳足迹量化方法

底盘碳足迹量化按公式（191）计算。

$$C_{\text{底盘+原材料}} = A_{\text{车架焊件}} C_{\text{车架焊件+原材料}} + A_{\text{动力总成}} C_{\text{动力总成+原材料}} + C_{\text{底盘装配}} \dots\dots\dots (191)$$

式中：
 $C_{\text{底盘+原材料}}$ ——底盘的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 $A_{\text{车架焊件}}$ ——构成底盘的车架焊件的数量，单位为个；
 $A_{\text{动力总成}}$ ——构成底盘的动力总成的数量，单位为个。

8.1.4 稳定器碳足迹量化方法

8.1.4.1 支腿焊件碳足迹量化方法

支腿焊件由板材、管材构成，界定构成支腿焊件的基础零件清单示例见表 12。

表12 构成支腿焊件的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	贴板					
2	轴套					
3	• • •					

8.1.4.1.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（192）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (192)$$

式中：
 C_{1i} —— 构成支腿焊件的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 m_i ——构成支腿焊件的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；
 k_i ——构成支腿焊件的第 i 种零件基础材料的利用系数；
 EF ——构成支腿焊件的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.4.1.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件
板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材的材质、规格、重量；
- 按公式（193）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (193)$$

式中：

q_{2i} ——第*i*种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为[能量单位]/kg；

e_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为[能量单位]；

m_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理总重量，单位为千克（kg）。

注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（194）计算第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (194)$$

式中：

C_{2i} ——第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.1.3 下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材、管材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；
- 分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；
- 按公式（195）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (195)$$

式中：

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 管材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格管材，在同一管材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录每组管材的材质、规格、切割面数量（每个工件按1个切割面计算）；
- 按公式（196）计算每个工件切割的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N} \dots\dots\dots (196)$$

式中：

q_{4i} ——第*i*种规格管材每个工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{4i} ——数组第*i*种规格管材下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N ——测量周期内，数组第*i*种规格管材切割面总数量。

d) 温室气体量化方法

- 按公式（197），（198）计算下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (197)$$

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (198)$$

式中:

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;

C_{4i} ——第*i*种规格管材单件切割过程温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.1.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号板材工件, 在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量;

——按公式(199)计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{N_{5i}} \dots\dots\dots (199)$$

式中:

q_{5i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{5i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{5i} ——测量周期内, 第*i*种型号工件成型的数量, 单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式(200)计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (200)$$

式中:

C_{5i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;

EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.1.5 管材粗加工工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

管材粗加工设备处于正常生产状态。

b) 管材粗加工过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号管材工件, 在同一管材粗加工设备上完成工件组焊前粗加工过程的能源消耗量;

——按公式(201)计算各规格工件能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{6i} = \frac{e_{6i}}{N_{6i}} \dots\dots\dots (201)$$

式中:

q_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{6i} ——数组第*i*种型号工件管材粗加工过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{6i} ——测量周期内, 第*i*种型号工件管材粗加工的数量, 单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式(202)计算管材粗加工工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{6i} = q_{6i} \times EF \dots\dots\dots (202)$$

式中:

C_{6i} ——第*i*种型号工件管材粗加工过程中温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;

EF ——管材粗加工过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.1.6 支腿焊件加工过程碳足迹量化方法

8.1.4.1.6.1 组焊与焊接工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

支腿焊件焊接设备处于正常生产状态。

b) 焊接过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号支腿焊件，在同一焊接设备上完成焊接过程的能源消耗量和辅料消耗量；

——按公式（203）计算各型号支腿焊件组焊与焊接的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{7i} = \frac{e_{7i}}{N_{7i}} \dots\dots\dots (203)$$

式中：

q_{7i} ——第*i*种型号支腿焊件组焊与焊接过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{7i} ——数个第*i*种型号支腿焊件组焊与焊接过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{7i} ——测量周期内，焊接第*i*种型号支腿焊件的数量。

c) 温室气体量化方法

——按公式（204）计算各型号支腿焊件组焊与焊接的温室气体排放量。

$$C_{7i} = q_{7i} \times EF \dots\dots\dots (204)$$

式中：

C_{7i} ——第*i*种型号支腿焊件单个组焊与焊接过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——组焊与焊接过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.1.6.2 表面处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

支腿焊件表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组不同型号支腿焊件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；

——记录每组支腿焊件的型号、数量；

——分别测量不同型号支腿焊件的表面积；

——按公式（205）计算各型号支腿焊件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{8i} = \frac{e_{8i}}{S_{\text{总}}} \times s_{8i} \dots\dots\dots (205)$$

式中：

q_{8i} ——第*i*种型号支腿焊件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{8i} ——数组不同型号支腿焊件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{\text{总}}$ ——测量周期内，表面处理支腿焊件的总表面积，单位为平方米（m²）；

s_{8i} ——第*i*种型号支腿焊件表面积，单位为平方米（m²）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（206）计算各型号支腿焊件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{8i} = q_{8i} \times EF \dots\dots\dots (206)$$

式中：

C_{8i} ——第*i*种型号支腿焊件表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.1.7 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.4.1.7.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（207）计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{m_{2\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (207)$$

式中：

$C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（kg）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.1.7.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（208）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots \dots \dots (208)$$

式中：

$C_{3i\text{基础}}$ ——第*i*种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.1.7.3 管材下料的基础辅助设施温室气体排放

管材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（209）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (209)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第*i*种规格管材切割过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材切割面总数量；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.1.7.4 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（210）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{N_{5\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (210)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第*i*种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.1.7.5 管材粗加工的基础辅助设施温室气体排放

管材粗加工过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（211）计算。

$$C_{6i\text{基础}} = \frac{e_{6\text{基础}}}{N_{6\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (211)$$

式中：

$C_{6i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件管材粗加工过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，管材粗加工工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.1.7.6 支腿焊件组焊与焊接的基础辅助设施温室气体排放

支腿焊件组焊与焊接过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（212）计算。

$$C_{7i\text{基础}} = \frac{e_{7\text{基础}}}{N_{7\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (212)$$

式中：

$C_{7i\text{基础}}$ ——第 i 种型号支腿焊件组焊与焊接过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，支腿焊件组焊与焊接过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{7\text{基础}}$ ——在测量周期内，支腿焊件组焊与焊接工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.1.7.7 支腿焊件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

支腿焊件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（213）计算。

$$C_{8i\text{基础}} = \frac{e_{8\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times s_{8i} \times EF \dots\dots\dots (213)$$

式中：

$C_{8i\text{基础}}$ ——第 i 种型号支腿焊件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{8\text{基础}}$ ——在测量周期内，支腿焊件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理支腿焊件的总表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

s_{8i} ——第 i 种型号支腿焊件表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.1.8 支腿焊件碳足迹量化方法

支腿焊件碳足迹量化按公式（214）计算。

$$C_{\text{支腿焊件+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x)(C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x)(C_{6i} + C_{6i\text{基础}}) + (C_{7i} + C_{7i\text{基础}}) + (C_{8i} + C_{8i\text{基础}}) \dots\dots\dots (214)$$

式中：

$C_{\text{支腿焊件+原材料}}$ ——单个支腿焊件的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$f_{1i}(x)$ ——构成支腿焊件第 i 种零件的数量，单位为个；

$f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量，单位为千克（ kg ）；

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量，单位为个；

$f_{4i}(x)$ ——管材下料第 i 种规格管材的数量，单位为个；

$f_{5i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量，单位为个；

$f_{6i}(x)$ ——管材粗加工第 i 种型号工件的数量，单位为个。

n_1 ——支腿焊件的零件种类数；

n_2 ——支腿焊件的预处理步骤中板材规格种类数；

- n_3 ——支腿焊件的板材下料步骤中产生工件型号种类数；
- n_4 ——支腿焊件的管材下料步骤中产生管材规格种类数；
- n_5 ——支腿焊件的板材成型步骤中产生工件型号种类数；
- n_6 ——支腿焊件的管材粗加工步骤中产生工件型号种类数。

8.1.4.2 脚板焊件碳足迹量化方法

脚板焊件由板材构成，界定构成脚板焊件的基础零件清单示例见表 13。

表13 构成脚板焊件的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	加强板					
2	支撑板					
3	• • •					

8.1.4.2.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（215）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (215)$$

式中：

- C_{1i} —— 构成脚板焊件的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
- m_i ——构成脚板焊件的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；
- k_i ——构成脚板焊件的第 i 种零件基础材料的利用系数；
- EF ——构成脚板焊件的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.4.2.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材的材质、规格、重量；
- 按公式（216）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (216)$$

式中：

- q_{2i} ——第 i 种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为 [能量单位]/kg；
- e_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为 [能量单位]；
- m_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理总重量，单位为千克（kg）。

注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式（217）计算第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (217)$$

式中：

- C_{2i} ——第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为 kgCO₂e/kg；
- EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.2.3 板材下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；
- 分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；
- 按公式（218）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (218)$$

式中：

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（219）计算板材下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (219)$$

式中：

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.2.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；
- 按公式（220）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (220)$$

式中：

q_{4i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{4i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{4i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型的数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（221）计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (221)$$

式中：

C_{4i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.2.5 脚板焊件加工过程碳足迹量化方法

8.1.4.2.5.1 组焊与焊接工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

脚板焊件焊接设备处于正常生产状态。

b) 焊接过程能源消耗量测量程序

- 测量数个相同型号脚板焊件，在同一焊接设备上完成焊接过程的能源消耗量和辅料消耗量；
- 按公式（222）计算各型号脚板焊件组焊与焊接的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{N_{5i}} \dots\dots\dots (222)$$

式中：

q_{5i} ——第*i*种型号脚板焊件组焊与焊接过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{5i} ——数个第*i*种型号脚板焊件组焊与焊接过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{5i} ——测量周期内，焊接第*i*种型号脚板焊件的数量。

c) 温室气体量化方法

——按公式(223)计算各型号脚板焊件组焊与焊接的温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (223)$$

式中：

C_{5i} ——第*i*种型号脚板焊件单个组焊与焊接过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——组焊与焊接过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.2.5.2 表面处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

脚板焊件表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组不同型号脚板焊件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；

——记录每组脚板焊件的型号、数量；

——分别测量不同型号脚板焊件的表面积；

——按公式(224)计算各型号脚板焊件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{6i} = \frac{e_{6i}}{S_{\text{总}}} \times S_{6i} \dots\dots\dots (224)$$

式中：

q_{6i} ——第*i*种型号脚板焊件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{6i} ——数组不同型号脚板焊件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{\text{总}}$ ——测量周期内，表面处理脚板焊件的总表面积，单位为平方米(m²)；

S_{6i} ——第*i*种型号脚板焊件表面积，单位为平方米(m²)。

c) 温室气体量化方法

——按公式(225)计算各型号脚板焊件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{6i} = q_{6i} \times EF \dots\dots\dots (225)$$

式中：

C_{6i} ——第*i*种型号脚板焊件表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.2.6 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施(含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施)的能源消耗量。

8.1.4.2.6.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式(226)计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{m_{2\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (226)$$

式中：

$C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（kg）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.2.6.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（227）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots \dots \dots (227)$$

式中：

$C_{3i\text{基础}}$ ——第 i 种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第 i 种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.2.6.3 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（228）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{4\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (228)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.2.6.4 脚板焊件组焊与焊接的基础辅助设施温室气体排放

脚板焊件组焊与焊接过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（229）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{N_{5\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (229)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号脚板焊件组焊与焊接过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，脚板焊件组焊与焊接过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，脚板焊件组焊与焊接工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.2.6.5 脚板焊件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

脚板焊件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（230）计算。

$$C_{6i\text{基础}} = \frac{e_{6\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times s_{6i} \times EF \dots \dots \dots (230)$$

式中：

$C_{6i\text{基础}}$ ——第 i 种型号脚板焊件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{6\text{基础}}$ ——在测量周期内，脚板焊件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理脚板焊件的总表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

s_{6i} ——第*i*种型号脚板焊件表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.2.7 脚板焊件碳足迹量化方法

脚板焊件碳足迹量化按公式（231）计算。

$$C_{\text{脚板焊件+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + (C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + (C_{6i} + C_{6i\text{基础}}) \dots \dots \dots (231)$$

式中：

$C_{\text{脚板焊件+原材料}}$ ——单个脚板焊件的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$f_{1i}(x)$ ——构成脚板焊件第*i*种零件的数量，单位为个；

$f_{2i}(y)$ ——预处理第*i*种规格板材的重量，单位为千克（ kg ）；

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第*i*种工件的数量，单位为个；

$f_{4i}(x)$ ——板材成型第*i*种型号工件的数量，单位为个。

n_1 ——脚板焊件的零件种类数；

n_2 ——脚板焊件的预处理步骤中板材规格种类数；

n_3 ——脚板焊件的板材下料步骤中产生工件型号种类数；

n_4 ——脚板焊件的板材成型步骤中产生工件型号种类数。

8.1.4.3 稳定器装配碳足迹量化方法

8.1.4.3.1 稳定器装配制造过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

稳定器装配线处于正常生产状态。

b) 稳定器装配过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同型号稳定器，在同一装配线上完成装配过程的能源消耗量和辅料消耗量；

——按公式（232）计算各型号稳定器能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{1i} = \frac{e_{1i}}{N_{1i}} \dots \dots \dots (232)$$

式中：

q_{1i} ——第*i*种型号稳定器装配过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{1i} ——数个第*i*种型号稳定器装配过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{1i} ——同一测量周期内，第*i*种型号稳定器装配数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（233）计算各型号规格稳定器温室气体排放量。

$$C_{1i} = q_{1i} \times EF \dots \dots \dots (233)$$

式中：

C_{1i} ——第*i*种型号稳定器装配过程温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

EF ——装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.4.3.2 稳定器装配基础辅助设施温室气体排放

稳定器装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（234）计算。

$$C_{1i\text{基础}} = \frac{e_{1\text{基础}}}{N_{1\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (234)$$

式中：

$C_{1i\text{基础}}$ ——第*i*种型号稳定器装配过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内，数个第*i*种型号稳定器装配过程所消耗的公用基础辅助设施总能量，

单位为[能量单位];

$N_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内,第*i*种型号稳定器装配总数量,单位为个;

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.4.3.3 稳定器装配碳足迹量化方法

稳定器装配碳足迹量化按公式(235)计算。

$$C_{\text{稳定器装配}} = C_{1i} + C_{1i\text{基础}} \dots\dots\dots (235)$$

式中:

$C_{\text{稳定器装配}}$ ——稳定器装配的温室气体排放量,单位为 kgCO₂e。

8.1.4.4 稳定器碳足迹量化方法

稳定器碳足迹量化按公式(236)计算。

$$C_{\text{稳定器+原材料}} = A_{\text{支腿焊件}} C_{\text{支腿焊件+原材料}} + A_{\text{脚板焊件}} C_{\text{脚板焊件+原材料}} + C_{\text{稳定器装配}} \dots\dots\dots (236)$$

式中:

$C_{\text{稳定器+原材料}}$ ——稳定器的温室气体排放量,单位为 kgCO₂e;

$A_{\text{支腿焊件}}$ ——构成稳定器的支腿焊件的数量,单位为个;

$A_{\text{脚板焊件}}$ ——构成稳定器的脚板焊件的数量,单位为个。

8.1.5 液压系统碳足迹量化方法

8.1.5.1 伸展机构液压总成碳足迹量化方法

伸展机构液压总成由板材、外购件等构成,界定构成伸展机构液压总成的基础零件清单示例见表14。

表14 构成伸展机构液压总成的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	限位板					
2	伸缩油缸					外购件
3	• • •					

8.1.5.1.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式(237)。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (237)$$

式中:

C_{1i} ——构成伸展机构液压总成的第*i*种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量,单位为 kgCO₂e;

m_i ——构成伸展机构液压总成的第*i*种零件单件重量,单位根据具体排放源确定;

k_i ——构成伸展机构液压总成的第*i*种零件基础材料的利用系数;

EF ——构成伸展机构液压总成的第*i*种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.5.1.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同规格板材,在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量;

——记录每组板材的材质、规格、重量;

——按公式(238)计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (238)$$

式中:

q_{2i} ——第*i*种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量, 单位为[能量单位]/kg;

e_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理过程中能源消耗总量, 单位为[能量单位];

m_{2i} ——数组第*i*种规格板材预处理总重量, 单位为千克(kg)。

注: 预处理过程中需要多种能源时, 单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式(239)计算第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (239)$$

式中:

C_{2i} ——第*i*种规格板材单位重量预处理温室气体排放量, 单位为kgCO₂e/kg;

EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.1.3 板材下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同规格工件, 在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量;

——记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量;

——分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长;

——按公式(240)计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (240)$$

式中:

q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度, 单位为毫米(mm)。

c) 温室气体量化方法

——按公式(241)计算板材下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (241)$$

式中:

C_{3i} ——第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量, 单位为kgCO₂e;

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.1.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号板材工件, 在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量;

——按公式(242)计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (242)$$

式中:

q_{4i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{4i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{4i} ——测量周期内, 第*i*种型号工件成型的数量, 单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式(243)计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots \dots \dots (243)$$

式中：
 C_{4i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.1.5 板材零件表面处理碳足迹量化方法

- a) 测量条件
 表面处理设备处于正常生产状态。
- b) 表面处理过程能源消耗量测量程序
 ——测量数组不同型号板材工件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；
 ——记录每组板材工件的型号、数量；
 ——分别测量不同型号板材工件的表面积；
 ——按公式（244）计算各型号板材工件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{S_{总}} \times S_{5i} \dots \dots \dots (244)$$

式中：
 q_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 e_{5i} ——数组不同型号板材工件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 $S_{总}$ ——测量周期内，表面处理板材工件的总表面积，单位为平方米（m²）；
 S_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面积，单位为平方米（m²）。
 c) 温室气体量化方法
 ——按公式（245）计算各型号板材工件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots \dots \dots (245)$$

式中：
 C_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.1.6 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.5.1.6.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（246）计算。

$$C_{2i基础} = \frac{e_{2基础}}{m_{2基础}} \times EF \dots \dots \dots (246)$$

式中：
 $C_{2i基础}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；
 $e_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；
 $m_{2基础}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（kg）；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.1.6.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（247）计算。

$$C_{3i基础} = \frac{e_{3i基础}}{L_{i基础}} \times l_i \times EF \dots \dots \dots (247)$$

式中：
 $C_{3i基础}$ ——第*i*种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第 i 种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.1.6.3 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（248）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{4\text{基础}}} \times EF \dots \dots \dots (248)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.1.6.4 板材工件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

板材工件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（249）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times S_{5i} \times EF \dots \dots \dots (249)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号板材工件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材工件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理板材工件的总表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

S_{5i} ——第 i 种型号板材工件表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.1.7 外购件碳足迹量化方法

外购件碳足迹量化按照 T/CCMA · · · -2026 中的方法进行计算，构成伸展机构液压总成的第 i 种外购件的单件温室气体排放量用 C_{6i} 表示，单位为 kgCO_2e ，详见附录 A。

8.1.5.1.8 伸展机构液压总成碳足迹量化方法

伸展机构液压总成碳足迹量化按公式（250）计算。

$$C_{\text{伸展机构液压总成+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x)(C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x)C_{6i} \dots \dots \dots (250)$$

式中：

$C_{\text{伸展机构液压总成+原材料}}$ ——单个伸展机构液压总成的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$f_{1i}(x)$ ——构成伸展机构液压总成第 i 种零件的数量，单位为个；

$f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量，单位为千克（kg）；

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量，单位为个；

$f_{4i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量，单位为个；

$f_{5i}(x)$ ——表面处理第 i 种型号板材工件的数量，单位为个；

$f_{6i}(x)$ ——构成伸展机构液压总成第 i 种外购件的数量，单位为个。

n_1 ——伸展机构液压总成的零件种类数；

- n_2 ——伸展机构液压总成的预处理步骤中板材规格种类数；
- n_3 ——伸展机构液压总成的板材下料步骤中产生工件型号种类数；
- n_4 ——伸展机构液压总成的板材成型步骤中产生工件型号种类数；
- n_5 ——伸展机构液压总成的表面处理步骤中产生板材工件型号种类数；
- n_6 ——伸展机构液压总成的外购件种类数。

8.1.5.2 底盘液压总成碳足迹量化方法

底盘液压总成由板材、外购件等构成，界定构成底盘液压总成的基础零件清单示例见表 15。

表15 构成底盘液压总成的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	安装座					
2	回转接头					外购件
3	...					

8.1.5.2.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（251）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (251)$$

式中：

- C_{1i} ——构成底盘液压总成的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；
- m_i ——构成底盘液压总成的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；
- k_i ——构成底盘液压总成的第 i 种零件基础材料的利用系数；
- EF ——构成底盘液压总成的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.5.2.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材预处理设备处于正常生产状态。

b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材的材质、规格、重量；
- 按公式（252）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (252)$$

式中：

- q_{2i} ——第 i 种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为[能量单位]/ kg ；
- e_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为[能量单位]；
- m_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理总重量，单位为千克（ kg ）。

注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

c) 温室气体量化方法

——按公式（253）计算第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (253)$$

式中：

- C_{2i} ——第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ；
- EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.2.3 板材下料工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材下料设备处于正常生产状态。

b) 板材下料过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
- 记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；
- 分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；
- 按公式（254）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (254)$$

式中：

- q_{3i} ——第*i*种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
- e_{3i} ——数组第*i*种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
- L_i ——数组第*i*种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；
- l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（255）计算板材下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (255)$$

式中：

- C_{3i} ——第*n*种规格板材第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
- EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.2.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

- 测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；
- 按公式（256）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (256)$$

式中：

- q_{4i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
- e_{4i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
- N_{4i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型的数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

- 按公式（257）计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (257)$$

式中：

- C_{4i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
- EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.2.5 板材零件表面处理碳足迹量化方法

a) 测量条件

表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

- 测量数组不同型号板材工件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；
- 记录每组板材工件的型号、数量；
- 分别测量不同型号板材工件的表面积；
- 按公式（258）计算各型号板材工件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{S_{\text{总}}} \times S_{5i} \dots\dots\dots (258)$$

式中：
 q_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 e_{5i} ——数组不同型号板材工件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 $S_{\text{总}}$ ——测量周期内，表面处理板材工件的总表面积，单位为平方米（m²）；
 S_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面积，单位为平方米（m²）。
 c) 温室气体量化方法

——按公式（259）计算各型号板材工件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (259)$$

式中：
 C_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面处理过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.2.6 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.5.2.6.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（260）计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{m_{2\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (260)$$

式中：
 $C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e/kg；
 $e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；
 $m_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（kg）；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.2.6.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（261）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots\dots\dots (261)$$

式中：
 $C_{3i\text{基础}}$ ——第*i*种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 $e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；
 $L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；
 l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.2.6.3 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（262）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{4\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (262)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第 i 种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$N_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.2.6.4 板材工件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

板材工件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（263）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times s_{5i} \times EF \dots \dots \dots (263)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号板材工件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材工件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能量量，单位为[能量单位]；

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内，表面处理板材工件的总面积，单位为平方米（ m^2 ）；

s_{5i} ——第 i 种型号板材工件表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.2.7 外购件碳足迹量化方法

外购件碳足迹量化按照 T/CCMA***-2026 中的方法进行计算，构成底盘液压总成的第 i 种外购件的单件温室气体排放量用 C_{6i} 表示，单位为 kgCO_2e ，详见附录 A。

8.1.5.2.8 底盘液压总成碳足迹量化方法

底盘液压总成碳足迹量化按公式（264）计算。

$$C_{\text{底盘液压总成+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x)(C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x)C_{6i} \dots \dots \dots (264)$$

式中：

$C_{\text{底盘液压总成+原材料}}$ ——单个底盘液压总成的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$f_{1i}(x)$ ——构成底盘液压总成第 i 种零件的数量，单位为个；

$f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量，单位为千克（ kg ）；

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量，单位为个；

$f_{4i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量，单位为个；

$f_{5i}(x)$ ——表面处理第 i 种型号板材工件的数量，单位为个；

$f_{6i}(x)$ ——构成底盘液压总成第 i 种外购件的数量，单位为个。

n_1 ——底盘液压总成的零件种类数；

n_2 ——底盘液压总成的预处理步骤中板材规格种类数；

n_3 ——底盘液压总成的板材下料步骤中产生工件型号种类数；

n_4 ——底盘液压总成的板材成型步骤中产生工件型号种类数；

n_5 ——底盘液压总成的表面处理步骤中产生板材工件型号种类数；

n_6 ——底盘液压总成的外购件种类数。

8.1.5.3 稳定器液压总成碳足迹量化方法

稳定器液压总成由板材、外购件等构成，界定构成稳定器液压总成的基础零件清单示例见表 16。

表16 构成稳定器液压总成的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	隔板					

2	油管					外购件
3	...					

8.1.5.3.1 基础材料消耗碳足迹量化方法

基础材料消耗的碳足迹核算方法见公式（265）。

$$C_{1i} = \frac{m_i}{k_i} \times EF \dots\dots\dots (265)$$

式中：
 C_{1i} ——构成稳定器液压总成的第 i 种零件的单件基础材料消耗的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 m_i ——构成稳定器液压总成的第 i 种零件单件重量，单位根据具体排放源确定；
 k_i ——构成稳定器液压总成的第 i 种零件基础材料的利用系数；
 EF ——构成稳定器液压总成的第 i 种零件基础材料对应的排放因子。

8.1.5.3.2 板材预处理工艺碳足迹量化方法

- a) 测量条件
 板材预处理设备处于正常生产状态。
- b) 板材预处理过程能源消耗量测量程序
 ——测量数组相同规格板材，在同一板材预处理设备上完成预处理过程的能源消耗量；
 ——记录每组板材的材质、规格、重量；
 ——按公式（266）计算每千克板材能源消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{m_{2i}} \dots\dots\dots (266)$$

式中：
 q_{2i} ——第 i 种规格板材预处理过程中单位重量板材能源消耗量，单位为[能量单位]/kg；
 e_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理过程中能源消耗总量，单位为[能量单位]；
 m_{2i} ——数组第 i 种规格板材预处理总重量，单位为千克（kg）。
 注：预处理过程中需要多种能源时，单独核算。

- c) 温室气体量化方法
 ——按公式（267）计算第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (267)$$

式中：
 C_{2i} ——第 i 种规格板材单位重量预处理温室气体排放量，单位为 kgCO₂e/kg；
 EF ——板材预处理过程所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.3.3 板材下料工艺碳足迹量化方法

- a) 测量条件
 板材下料设备处于正常生产状态。
- b) 板材下料过程能源消耗量测量程序
 ——测量数组相同规格工件，在同一板材下料设备上完成下料过程的能源消耗量；
 ——记录用于获取该规格工件的每组板材的材质、规格、重量；
 ——分别测量下料后每组板材产生的各规格工件轮廓线周长；
 ——按公式（268）计算各规格工件下料的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{3i} = \frac{e_{3i}}{L_i} \times l_i \dots\dots\dots (268)$$

式中：
 q_{3i} ——第 i 种工件下料过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 e_{3i} ——数组第 i 种工件下料过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；
 L_i ——数组第 i 种工件下料过程中由相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（269）计算板材下料工艺不同规格工件温室气体排放量。

$$C_{3i} = q_{3i} \times EF \dots\dots\dots (269)$$

式中：

C_{3i} ——第*n*种规格板材第*i*种工件单件下料过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——下料过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.3.4 板材成型工艺碳足迹量化方法

a) 测量条件

板材成型设备处于正常生产状态。

b) 板材成型过程能源消耗量测量程序

——测量数组相同型号板材工件，在同一板材成型设备上完成工件成型过程的能源消耗量；

——按公式（270）计算各型号工件成型消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{4i} = \frac{e_{4i}}{N_{4i}} \dots\dots\dots (270)$$

式中：

q_{4i} ——第*i*种型号工件成型过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{4i} ——数组第*i*种型号工件成型过程中总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{4i} ——测量周期内，第*i*种型号工件成型的数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（271）计算成型工艺不同型号工件温室气体排放量。

$$C_{4i} = q_{4i} \times EF \dots\dots\dots (271)$$

式中：

C_{4i} ——第*i*种型号工件单件成型过程中温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——成型过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.3.5 板材零件表面处理碳足迹量化方法

a) 测量条件

表面处理设备处于正常生产状态。

b) 表面处理过程能源消耗量测量程序

——测量数组不同型号板材工件，在同一表面处理设备上完成表面处理过程的能源消耗量；

——记录每组板材工件的型号、数量；

——分别测量不同型号板材工件的表面积；

——按公式（272）计算各型号板材工件表面处理消耗的能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{5i} = \frac{e_{5i}}{S_{总}} \times S_{5i} \dots\dots\dots (272)$$

式中：

q_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面处理过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{5i} ——数组不同型号板材工件表面处理过程中的总能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

$S_{总}$ ——测量周期内，表面处理板材工件的总表面积，单位为平方米（m²）；

S_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面积，单位为平方米（m²）。

c) 温室气体量化方法

——按公式（273）计算各型号板材工件表面处理的温室气体排放量。

$$C_{5i} = q_{5i} \times EF \dots\dots\dots (273)$$

式中：

C_{5i} ——第*i*种型号板材工件表面处理过程中温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

EF ——表面处理过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.3.6 基础辅助设施温室气体排放

评估/核算厂区相对独立封闭空间在生产周期内，各规格型号工件各工艺流程消耗的公用基础辅助设施（含运输、照明、通风、温控、仓储、水等配套设施）的能源消耗量。

8.1.5.3.6.1 板材预处理的基础辅助设施温室气体排放

板材预处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（274）计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{m_{2\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (274)$$

式中：

$C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种规格单位重量板材预处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ；

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材所消耗的基础辅助设施能源量，单位为[能量单位]；

$m_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，预处理板材重量，单位为千克（kg）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.3.6.2 板材下料的基础辅助设施温室气体排放

板材下料过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（275）计算。

$$C_{3i\text{基础}} = \frac{e_{3i\text{基础}}}{L_{i\text{基础}}} \times l_i \times EF \dots\dots\dots (275)$$

式中：

$C_{3i\text{基础}}$ ——第*i*种工件下料过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{3i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$L_{i\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种工件下料过程相应规格板材产生各种工件的轮廓线总长，单位为毫米（mm）；

l_i ——下料过程中由相应规格板材产生第*i*种工件的单件轮廓线长度，单位为毫米（mm）；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.3.6.3 板材成型的基础辅助设施温室气体排放

板材成型过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（276）计算。

$$C_{4i\text{基础}} = \frac{e_{4\text{基础}}}{N_{4\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (276)$$

式中：

$C_{4i\text{基础}}$ ——第*i*种型号工件板材成型过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{4\text{基础}}$ ——在测量周期内，板材成型工件总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.3.6.4 板材工件表面处理的基础辅助设施温室气体排放

板材工件表面处理过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（277）计算。

$$C_{5i\text{基础}} = \frac{e_{5\text{基础}}}{S_{\text{总}}} \times S_{5i} \times EF \dots\dots\dots (277)$$

式中：

$C_{5i\text{基础}}$ ——第 i 种型号板材工件表面处理过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;

$e_{5\text{基础}}$ ——在测量周期内, 板材工件表面处理过程所消耗基础辅助设施总能量, 单位为[能量单位];

$S_{\text{总}}$ ——在测量周期内, 表面处理板材工件的总表面积, 单位为平方米 (m^2);

s_{5i} ——第 i 种型号板材工件表面积, 单位为平方米 (m^2);

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.3.7 外购件碳足迹量化方法

外购件碳足迹量化按照 T/CCMA · · · -2026 中的方法进行计算, 构成稳定器液压总成的第 i 种外购件的单件温室气体排放量用 C_{6i} 表示, 单位为 kgCO_2e , 详见附录 A。

8.1.5.3.8 稳定器液压总成碳足迹量化方法

稳定器液压总成碳足迹量化按公式 (278) 计算。

$$C_{\text{稳定器液压总成+原材料}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + \sum_{i=1}^{n_2} f_{2i}(y)(C_{2i} + C_{2i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_3} f_{3i}(x)(C_{3i} + C_{3i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_4} f_{4i}(x)(C_{4i} + C_{4i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_5} f_{5i}(x)(C_{5i} + C_{5i\text{基础}}) + \sum_{i=1}^{n_6} f_{6i}(x)C_{6i} \dots\dots\dots (278)$$

式中:

$C_{\text{稳定器液压总成+原材料}}$ ——单个稳定器液压总成的温室气体排放量, 单位为 kgCO_2e ;

$f_{1i}(x)$ ——构成稳定器液压总成第 i 种零件的数量, 单位为个;

$f_{2i}(y)$ ——预处理第 i 种规格板材的重量, 单位为千克 (kg);

$f_{3i}(x)$ ——板材下料第 i 种工件的数量, 单位为个;

$f_{4i}(x)$ ——板材成型第 i 种型号工件的数量, 单位为个;

$f_{5i}(x)$ ——表面处理第 i 种型号板材工件的数量, 单位为个;

$f_{6i}(x)$ ——构成稳定器液压总成第 i 种外购件的数量, 单位为个。

n_1 ——稳定器液压总成的零件种类数;

n_2 ——稳定器液压总成的预处理步骤中板材规格种类数;

n_3 ——稳定器液压总成的板材下料步骤中产生工件型号种类数;

n_4 ——稳定器液压总成的板材成型步骤中产生工件型号种类数;

n_5 ——稳定器液压总成的表面处理步骤中产生板材工件型号种类数;

n_6 ——稳定器液压总成的外购件种类数。

8.1.5.4 液压系统装配碳足迹量化方法

8.1.5.4.1 液压系统装配制造过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

液压系统装配线处于正常生产状态。

b) 液压系统装配过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同机型的液压系统, 在同一装配线上完成装配过程的能源消耗量和辅料消耗量;

——按公式 (279) 计算各机型液压系统能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{1i} = \frac{e_{1i}}{N_{1i}} \dots\dots\dots (279)$$

式中:

q_{1i} ——第 i 种机型液压系统装配过程中能源消耗量和辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{1i} ——数个第 i 种机型液压系统装配过程总能源消耗量或辅料消耗量, 单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{1i} ——同一测量周期内, 第 i 种机型液压系统装配数量, 单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式 (280) 计算各机型液压系统温室气体排放量。

$$C_{1i} = q_{1i} \times EF \dots\dots\dots (280)$$

式中：
 C_{1i} ——第*i*种机型液压系统装配过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 EF ——装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.5.4.2 液压系统装配基础辅助设施温室气体排放

液压系统装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（281）计算。

$$C_{1i基础} = \frac{e_{1基础}}{N_{1基础}} \times EF \dots\dots\dots (281)$$

式中：
 $C_{1i基础}$ ——第*i*种机型液压系统装配过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；
 $e_{1基础}$ ——在测量周期内，数个第*i*种机型液压系统装配过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；
 $N_{1基础}$ ——在测量周期内，第*i*种机型液压系统装配总数量，单位为个；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.5.4.3 液压系统装配碳足迹量化方法

液压系统装配碳足迹量化按公式（282）计算。

$$C_{液压系统装配} = C_{1i} + C_{1i基础} \dots\dots\dots (282)$$

式中：
 $C_{液压系统装配}$ ——液压系统装配的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e。

8.1.5.5 液压系统碳足迹量化方法

液压系统碳足迹量化按公式（283）计算。

$$C_{液压系统+原材料} = A_{伸展机构液压总成} C_{伸展机构液压总成+原材料} + A_{底盘液压总成} C_{底盘液压总成+原材料} + A_{稳定器液压总成} C_{稳定器液压总成+原材料} + C_{液压系统装配} \dots\dots\dots (283)$$

式中：
 $C_{液压系统+原材料}$ ——液压系统的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；
 $A_{伸展机构液压总成}$ ——构成液压系统的伸展机构液压总成的数量，单位为个；
 $A_{底盘液压总成}$ ——构成液压系统的底盘液压总成的数量，单位为个；
 $A_{稳定器液压总成}$ ——构成液压系统的稳定器液压总成的数量，单位为个。

8.1.6 电气系统碳足迹量化方法

8.1.6.1 伸展机构电气总成碳足迹量化方法

伸展机构电气总成由外购件装配而成，界定构成伸展机构电气总成的基础零件清单示例见表 17。

表17 构成伸展机构电气总成的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	拉绳传感器					外购件
2	总线电缆					外购件
3	• • •					

8.1.6.1.1 外购件碳足迹量化方法

外购件碳足迹量化按照 T/CCMA • • •-2026 中的方法进行计算，构成伸展机构电气总成的第*i*种外购件的单件温室气体排放量用 C_{1i} 表示，单位为 kgCO₂e，详见附录 A。

8.1.6.1.2 伸展机构电气总成装配碳足迹量化方法

8.1.6.1.2.1 伸展机构电气总成装配制造过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

伸展机构电气总成装配线处于正常生产状态。

b) 伸展机构电气总成装配过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同机型的伸展机构电气总成,在同一装配线上完成装配过程的能源消耗量和辅料消耗量;

——按公式(284)计算各机型伸展机构电气总成能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{N_{2i}} \dots\dots\dots (284)$$

式中:

q_{2i} ——第*i*种机型伸展机构电气总成装配过程中能源消耗量和辅料消耗量,单位为[能量单位+辅料消耗单位];

e_{2i} ——数个第*i*种机型伸展机构电气总成装配过程总能源消耗量或辅料消耗量,单位为[能量单位+辅料消耗单位];

N_{2i} ——同一测量周期内,第*i*种机型伸展机构电气总成装配数量,单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式(285)计算各机型伸展机构电气总成温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (285)$$

式中:

C_{2i} ——第*i*种机型伸展机构电气总成装配过程温室气体排放量,单位为kgCO₂e;

EF ——装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.6.1.2.2 伸展机构电气总成装配基础辅助设施温室气体排放

伸展机构电气总成装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式(286)计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{N_{2\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (286)$$

式中:

$C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种机型伸展机构电气总成装配过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量,单位为kgCO₂e;

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内,数个第*i*种机型伸展机构电气总成装配过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量,单位为[能量单位];

$N_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内,第*i*种机型伸展机构电气总成装配总数量,单位为个;

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.6.1.2.3 伸展机构电气总成装配碳足迹量化方法

伸展机构电气总成装配碳足迹量化按公式(287)计算。

$$C_{\text{伸展机构电气总成装配}} = C_{2i} + C_{2i\text{基础}} \dots\dots\dots (287)$$

式中:

$C_{\text{伸展机构电气总成装配}}$ ——单个伸展机构电气总成装配的温室气体排放量,单位为kgCO₂e。

8.1.6.1.3 伸展机构电气总成碳足迹量化方法

伸展机构电气总成碳足迹量化按公式(288)计算。

$$C_{\text{伸展机构电气总成}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x) C_{1i} + C_{\text{伸展机构电气总成装配}} \dots\dots\dots (288)$$

式中:

$C_{\text{伸展机构电气总成}}$ ——单个伸展机构电气总成的温室气体排放量,单位为kgCO₂e;

$f_{1i}(x)$ ——构成伸展机构电气总成第*i*种外购件的数量,单位为个。

n_1 ——伸展机构电气总成的外购件种类数。

8.1.6.2 底盘电气总成碳足迹量化方法

底盘电气总成由外购件装配而成，界定构成底盘电气总成的基础零件清单示例见表 18。

表18 构成底盘电气总成的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	显示器					外购件
2	电机					外购件
3	...					

8.1.6.2.1 外购件碳足迹量化方法

外购件碳足迹量化按照 T/CCMA · · · -2026 中的方法进行计算，构成底盘电气总成的第 i 种外购件的单件温室气体排放量用 C_{1i} 表示，单位为 kgCO_2e ，详见附录 A。

8.1.6.2.2 底盘电气总成装配碳足迹量化方法

8.1.6.2.2.1 底盘电气总成装配制造过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

底盘电气总成装配线处于正常生产状态。

b) 底盘电气总成装配过程能源消耗量测量程序

- 测量数个相同机型的底盘电气总成，在同一装配线上完成装配过程的能源消耗量和辅料消耗量；
- 按公式（289）计算各机型底盘电气总成能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{N_{2i}} \dots\dots\dots (289)$$

式中：

q_{2i} ——第 i 种机型底盘电气总成装配过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{2i} ——数个第 i 种机型底盘电气总成装配过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{2i} ——同一测量周期内，第 i 种机型底盘电气总成装配数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（290）计算各机型底盘电气总成温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (290)$$

式中：

C_{2i} ——第 i 种机型底盘电气总成装配过程温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

EF ——装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.6.2.2.2 底盘电气总成装配基础辅助设施温室气体排放

底盘电气总成装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（291）计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{N_{2\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (291)$$

式中：

$C_{2i\text{基础}}$ ——第 i 种机型底盘电气总成装配过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，数个第 i 种机型底盘电气总成装配过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，第 i 种机型底盘电气总成装配总数量，单位为个；
 EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.6.2.2.3 底盘电气总成装配碳足迹量化方法

底盘电气总成装配碳足迹量化按公式（292）计算。

$$C_{\text{底盘电气总成装配}} = C_{2i} + C_{2i\text{基础}} \dots\dots\dots (292)$$

式中：

$C_{\text{底盘电气总成装配}}$ ——单个底盘电气总成装配的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e 。

8.1.6.2.3 底盘电气总成碳足迹量化方法

底盘电气总成碳足迹量化按公式（293）计算。

$$C_{\text{底盘电气总成}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x)C_{1i} + C_{\text{底盘电气总成装配}} \dots\dots\dots (293)$$

式中：

$C_{\text{底盘电气总成}}$ ——单个底盘电气总成的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$f_{1i}(x)$ ——构成底盘电气总成第 i 种外购件的数量，单位为个。

n_1 ——底盘电气总成的外购件种类数。

8.1.6.3 稳定器电气总成碳足迹量化方法

稳定器电气总成由外购件装配而成，界定构成稳定器电气总成的基础零件清单示例见表 19。

表19 构成稳定器电气总成的基础零件清单示例

序号	零件名称	材质	数量, $f(x)$ 个	重量, $f(y)$ (kg)	材料利用系数, k	备注
1	电线					外购件
2	摇杆开关					外购件
3	• • •					

8.1.6.3.1 外购件碳足迹量化方法

外购件碳足迹量化按照 T/CCMA • • • -2026 中的方法进行计算，构成稳定器电气总成的第 i 种外购件的单件温室气体排放量用 C_{1i} 表示，单位为 kgCO_2e ，详见附录 A。

8.1.6.3.2 稳定器电气总成装配碳足迹量化方法

8.1.6.3.2.1 稳定器电气总成装配制造过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

稳定器电气总成装配线处于正常生产状态。

b) 稳定器电气总成装配过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同机型的稳定器电气总成，在同一装配线上完成装配过程的能源消耗量和辅料消耗量；

——按公式（294）计算各机型稳定器电气总成能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{2i} = \frac{e_{2i}}{N_{2i}} \dots\dots\dots (294)$$

式中：

q_{2i} ——第 i 种机型稳定器电气总成装配过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{2i} ——数个第 i 种机型稳定器电气总成装配过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{2i} ——同一测量周期内，第 i 种机型稳定器电气总成装配数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（295）计算各机型底盘电气总成温室气体排放量。

$$C_{2i} = q_{2i} \times EF \dots\dots\dots (295)$$

式中：

C_{2i} ——第*i*种机型稳定器电气总成装配过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.6.3.2.2 稳定器电气总成装配基础辅助设施温室气体排放

稳定器电气总成装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（296）计算。

$$C_{2i\text{基础}} = \frac{e_{2\text{基础}}}{N_{2\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (296)$$

式中：

$C_{2i\text{基础}}$ ——第*i*种机型稳定器电气总成装配过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，数个第*i*种机型稳定器电气总成装配过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{2\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种机型稳定器电气总成装配总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.6.3.2.3 稳定器电气总成装配碳足迹量化方法

稳定器电气总成装配碳足迹量化按公式（297）计算。

$$C_{\text{稳定器电气总成装配}} = C_{2i} + C_{2i\text{基础}} \dots\dots\dots (297)$$

式中：

$C_{\text{稳定器电气总成装配}}$ ——单个稳定器电气总成装配的温室气体排放量，单位为kgCO₂e。

8.1.6.3.3 稳定器电气总成碳足迹量化方法

稳定器电气总成碳足迹量化按公式（298）计算。

$$C_{\text{稳定器电气总成}} = \sum_{i=1}^{n_1} f_{1i}(x) C_{1i} + C_{\text{稳定器电气总成装配}} \dots\dots\dots (298)$$

式中：

$C_{\text{稳定器电气总成}}$ ——单个稳定器电气总成的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$f_{1i}(x)$ ——构成稳定器电气总成第*i*种外购件的数量，单位为个。

n_1 ——稳定器电气总成的外购件种类数。

8.1.6.4 电气系统装配碳足迹量化方法

8.1.6.4.1 电气系统装配制造过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

电气系统装配线处于正常生产状态。

b) 电气系统装配过程能源消耗量测量程序

——测量数个相同机型的电气系统，在同一装配线上完成装配过程的能源消耗量和辅料消耗量；

——按公式（299）计算各机型电气系统能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_{1i} = \frac{e_{1i}}{N_{1i}} \dots\dots\dots (299)$$

式中：

q_{1i} ——第*i*种机型电气系统装配过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_{1i} ——数个第*i*种机型电气系统装配过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_{1i} ——同一测量周期内，第*i*种机型电气系统装配数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（300）计算各机型电气系统温室气体排放量。

$$C_{1i} = q_{1i} \times EF \dots\dots\dots (300)$$

式中：

C_{1i} ——第*i*种机型电气系统装配过程温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

EF ——装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.6.4.2 电气系统装配基础辅助设施温室气体排放

电气系统装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（301）计算。

$$C_{1i\text{基础}} = \frac{e_{1\text{基础}}}{N_{1\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (301)$$

式中：

$C_{1i\text{基础}}$ ——第*i*种机型电气系统装配过程中消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量，单位为kgCO₂e；

$e_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内，数个第*i*种机型电气系统装配过程所消耗的公用基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{1\text{基础}}$ ——在测量周期内，第*i*种机型电气系统装配总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.6.4.3 电气系统装配碳足迹量化方法

电气系统装配碳足迹量化按公式（302）计算。

$$C_{\text{电气系统装配}} = C_{1i} + C_{1i\text{基础}} \dots\dots\dots (302)$$

式中：

$C_{\text{电气系统装配}}$ ——电气系统装配的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e。

8.1.6.5 电气系统碳足迹量化方法

电气系统碳足迹量化按公式（303）计算。

$$C_{\text{电气系统}} = A_{\text{伸展机构电气总成}} C_{\text{伸展机构电气总成}} + A_{\text{底盘电气总成}} C_{\text{底盘电气总成}} + A_{\text{稳定器电气总成}} C_{\text{稳定器电气总成}} + C_{\text{电气系统装配}} \dots\dots\dots (303)$$

式中：

$C_{\text{电气系统}}$ ——电气系统的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$A_{\text{伸展机构电气总成}}$ ——构成电气系统的伸展机构电气总成的数量，单位为个；

$A_{\text{底盘电气总成}}$ ——构成电气系统的底盘电气总成的数量，单位为个；

$A_{\text{稳定器电气总成}}$ ——构成电气系统的稳定器电气总成的数量，单位为个。

8.1.7 整机装配调试碳足迹量化方法

8.1.7.1 整机装配过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

整机装配线处于正常生产状态。

b) 整机装配过程能源消耗量测量程序

——测量数台单一型号整机，在同一装配线上完成整机装配过程的能源消耗量和辅料消耗量；

——按公式（304）计算该型号整机装配能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_1 = \frac{e_1}{N_1} \dots\dots\dots (304)$$

式中：

q_1 ——该型号整机装配过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_1 ——数台该型号整机装配过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_1 ——同一测量周期内，该型号整机装配数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（305）计算该型号整机装配过程温室气体排放量。

$$C_1 = q_1 \times EF \dots\dots\dots (305)$$

式中：

C_1 ——该型号整机装配过程温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

EF ——整机装配过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

8.1.7.2 整机装配基础辅助设施温室气体排放

整机装配过程消耗基础辅助设施能源的温室气体排放量按公式（306）计算。

$$C_{1\text{基础}} = \frac{e_{1\text{基础}}}{N_{1\text{基础}}} \times EF \dots\dots\dots (306)$$

式中：

$C_{1\text{基础}}$ ——该型号整机装配过程中消耗基础辅助设施的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

$e_{1\text{基础}}$ ——同一测量周期内，整机装配过程所消耗的基础辅助设施总能源量，单位为[能量单位]；

$N_{1\text{基础}}$ ——同一测量周期内，整机装配总数量，单位为个；

EF ——所消耗能源对应的排放因子。

8.1.7.3 整机调试过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

整机调试线处于正常生产状态。

b) 整机调试过程能源消耗量测量程序

——测量数台单一型号整机，在同一调试线上完成整机调试过程的能源消耗量和辅料消耗量；

——按公式（307）计算该型号整机调试能源消耗量和辅料消耗量。

$$q_2 = \frac{e_2}{N_2} \dots\dots\dots (307)$$

式中：

q_2 ——该型号整机调试过程中能源消耗量和辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

e_2 ——数台该型号整机调试过程总能源消耗量或辅料消耗量，单位为[能量单位+辅料消耗单位]；

N_2 ——同一测量周期内，该型号整机调试数量，单位为个。

c) 温室气体量化方法

——按公式（308）计算该型号整机调试过程温室气体排放量。

$$C_2 = q_2 \times EF \dots\dots\dots (308)$$

式中：

C_2 ——该型号整机调试过程温室气体排放量，单位为 kgCO_2e ；

EF ——整机调试过程所消耗能源和辅料对应的排放因子。

整机调试过程在室外进行，无基础辅助设施能源消耗。

8.1.7.4 整机装配调试碳足迹量化方法

整机装配调试碳足迹量化按公式（309）计算。

$$C_{\text{整机装调}} = C_1 + C_{1\text{基础}} + C_2 \dots\dots\dots (309)$$

式中：

$C_{\text{整机装调}}$ ——单台整机装配调试的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e 。

8.1.8 产品生产制造阶段碳足迹量化方法

声明单位生产制造阶段碳足迹量化按公式（310）计算。

$$C_{\text{生产制造+原材料}} = C_{\text{工作平台+原材料}} + C_{\text{伸展机构+原材料}} + C_{\text{底盘+原材料}} + C_{\text{稳定器+原材料}} + C_{\text{液压系统+原材料}} + C_{\text{电气系统}} + C_{\text{整机装调}} \dots\dots\dots (310)$$

式中：

$C_{\text{生产制造+原材料}}$ ——声明单位生产制造阶段的温室气体排放量，单位为 kgCO_2e 。

8.2 使用阶段碳足迹量化方法

8.2.1 作业过程碳足迹量化方法

8.2.1.1 作业过程能源消耗量的测量方法

a) 试验条件

试验宜在无明显降雨、无强风的场地进，并对试验环境温度、海拔作记录。内燃动力产品应先预热至热机状态后开始试验；电动产品应在电量大于 80%的状态下开始试验。正式测量前，产品应稳定运行不少于 20 min。

b) 工况确定

同一型号移动式升降工作平台通常有多台在役车辆，各台车辆可能在建筑工地、厂房仓储、电力通信等不同的作业场景中工作，运行工况存在显著差异。为量化该型号产品作业过程的能源消耗量，需从其车辆总体中抽取样本进行测量，并以样本统计结果推算该型号产品的综合能耗水平。

本章节按作业场景划分典型工况，各典型工况的作业内容、作业负荷及时间占比如表 20 所示。

表 20 移动式升降工作平台的典型工况

序号	工况	作业内容	作业负荷	时间占比
1	建筑工地	外墙、幕墙、结构施工：升降并伸展臂架，进行高处施工、构件安装与质量验收。	高	40%
2	厂房与仓储	设备检修、高位货架：平整地面垂直举升，开展设备维护、货架拆装。	中	30%
3	市政与商业	道路、场馆、清洁：室外占道或室内精修，跨越障碍的高处检修、保洁	中低	20%
4	电力、通信及专项作业	电杆、铁塔、管廊等专项高处作业	中	10%

表 20 中的时间占比，是对该型号产品全部在役车辆实际作业情况的统计结果，反映各典型工况在产品使用寿命内累计作业时间的构成，应基于产品实际作业统计确定。

本章节所称样本，是指该型号的某一台在役车辆，在某一类典型作业场景（如建筑工地）下，按 8.2.1.1 规定的试验程序完成的单次测量所得到的数据集合。

抽样规模应满足下列要求：

- 样本总数不应少于 15 个；
- 各典型工况的样本数均不应少于 3 个；
- 各典型工况的样本数量占比，应与其在设计寿命中统计学上的时间占比相当（即与表 20 的时间占比保持一致）。

c) 试验程序

试验自产品启动开始，至单次现场作业结束终止。单个样本的测量应满足下列要求：

- 每个工作日连续作业时间不应少于 6 h；
- 连续测量不少于 20 个工作日，且所选取的 20 个工作日应涵盖春、夏、秋、冬四个季节，每季节各 5 天；
- 试验过程中记录该时段内的能源消耗量及对应的作业时长，原始数据应同时记录环境温度与海拔。

每个样本的单位作业时间能耗由该样本能源消耗量除以其作业时长得到，数据采集记录见表 21。

表 21 典型工况能源消耗记录表

工况	样本编号	能源消耗量	作业时长	单位作业时间能耗	环境因素记录 (温度、海拔)
	1				
	2				
	...				

8.2.1.2 作业过程能源消耗数据统计与计算

a) 各工况样本统计

按 8.2.1.1 的规定完成数据采集后,对每种典型工况分别统计其单位作业时间能耗样本。第*i*种工况(*i*=1,2,...,*p*,*p*为典型工况数)第*j*个样本的单位作业时间能耗记为 *q_{ij}*,单位为[能量单位]/h。每种工况的有效样本数*m_i*应不少于 3 个。

b) 各工况单位作业时间能耗平均值

按公式(311)计算第*i*种工况单位作业时间能耗的平均值:

$$\bar{q}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} q_{ij} \dots\dots\dots (311)$$

式中:

q_i——第*i*种工况单位作业时间能耗的平均值,单位为[能量单位]/h;

m_i——第*i*种工况的有效样本数;

q_{ij}——第*i*种工况第*j*个样本的单位作业时间能耗,单位为[能量单位]/h。

c) 综合单位作业时间能耗加权平均

以各工况的时间占比为权重,按公式(312)对各工况单位作业时间能耗的平均值进行加权平均,得到该型号产品单位作业时间的平均能源消耗量:

$$E(q) = \sum_{i=1}^p w_i \bar{q}_i \dots\dots\dots (312)$$

式中:

E(q)——该型号产品单位作业时间的平均能源消耗量,单位为[能量单位]/h;

w_i——第*i*种工况的时间占比,各工况时间占比之和为1;

p——典型工况数。

8.2.1.3 作业过程能源消耗碳足迹量化

按公式(313)计算该型号产品作业过程能源消耗产生的碳排放。

$$C_{\text{作业过程}} = E(q) \times H_{life} \times EF \dots\dots\dots (313)$$

式中:

C_{作业过程}——产品作业过程能源消耗产生的碳排放,单位为kgCO₂e;

H_{life}——产品设计使用寿命内的总作业时长,单位为 h;

EF——产品作业过程所消耗能源对应的排放因子。

注:产品作业过程消耗多种能源时,单独核算并求和。

8.2.2 维修保养过程碳足迹量化方法

8.2.2.1 维修过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

——设备使用期间按照制造商的使用和维保手册正确使用设备、定期维保设备。

b) 测量程序

——选取*n*个有效样本(*n*≥15),在作业 1000h 内,设备发生故障后,按照表 22 记录每次维修所消耗的零部件、辅料的数量,并求和得出各类零部件、辅料的总消耗量*X_j*。

表 22 产品维修过程零部件、辅料消耗表

样本编号:				
序号	维修消耗的零部件、辅料名称	零件 1	辅料 1	...
第 1 次维修	数量			
第 2 次维修				
第 3 次维修				

...			
维修消耗的各类零部件、辅料总数量, X_j			

c) 数据统计与计算

——按照公式 (314) 计算每个样本作业 1000h 内维修过程单位作业时间产生的碳排放。

$$C_{1i} = \frac{1}{1000} \sum_{j=1}^m X_{ij} C_{ij} \dots\dots\dots (314)$$

式中:

C_{1i} ——第 i 个样本维修过程单位作业时间产生的碳排放, 单位为 $\text{kgCO}_2\text{e/h}$;

m ——第 i 个样本维修过程消耗的零部件、辅料的种数;

X_{ij} ——第 i 个样本维修过程第 j 种零部件、辅料的总消耗量;

C_{ij} ——第 i 个样本维修过程第 j 种零部件、辅料的单位碳排放, 单位为 kgCO_2e , 其计算方法见 8.1 生产制造阶段碳足迹量化方法。

——统计 C_{1i} 的最小值、最大值, 选择一个能覆盖其最小值和最大值的区间, 将这一区间分为若干个小区间, 此区间长度 (组距) 可以不相等, 统计 C_{1i} 在各个小区间内出现的频数及频率。

d) 确定分布类型

——将 C_{1i} 频数分布和频率分布选其一绘制成直方图, 样本数 $n \geq 15$, 频率接近于概率, 直方图的外廓曲线接近于总体样本的概率密度曲线, 观察直方图的外廓曲线, 选择分布类型, 在 95% 置信度下, 进行假设检验, 确定总体样本的分布类型及其概率密度函数 $f(C, n)$ 。

e) 计算样本置信区间

——按公式 (315) 计算 C_{1i} 的平均值。

$$\bar{C}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{1i} \dots\dots\dots (315)$$

式中:

$\bar{C}_1$ —— n 个样本维修过程单位作业时间产生的碳排放的平均值, 单位为 $\text{kgCO}_2\text{e/h}$ 。

在 95% 置信度下, 利用该分布类型的分位数表和样本均值计算得到总体样本的置信区间 (C_L, C_U) , 其中 C_L 表示总体样本的置信区间下限, C_U 表示总体样本的置信区间上限。

f) 计算样本数学期望

——按公式 (316) 对该分布类型的概率密度函数进行积分, 计算样本置信区间上的数学期望。

$$E(C) = \int_{C_L}^{C_U} f(C, n) dC \dots\dots\dots (316)$$

式中:

$E(C)$ ——95% 置信度下, 产品维修过程单位作业时间产生的碳排放的数学期望, 单位为 $\text{kgCO}_2\text{e/h}$;

C ——样本在置信区间上对应的值。

g) 温室气体量化方法

——按公式 (317) 计算该型号产品设计使用寿命内, 维修过程产生的碳排放。

$$C_{\text{维修过程}} = E(C) \times H_{\text{life}} \dots\dots\dots (317)$$

式中:

$C_{\text{维修过程}}$ ——产品设计使用寿命内, 维修过程产生的碳排放, 单位为 kgCO_2e ;

H_{life} ——产品设计使用寿命内的总作业时长, 单位为 h。

8.2.2.2 保养过程碳足迹量化方法

a) 测量条件

——设备使用期间按照制造商的保养手册定期对设备进行保养。

b) 测量程序

——选取 n 个有效样本 ($n \geq 15$), 在作业 1000h 内, 按照表 23 记录每次保养所消耗的零部件、辅料的数量, 并求和得出各类零部件、辅料的总消耗量 Y_j 。

表 23 产品保养过程零部件、辅料消耗表

样本编号:				
序号	保养消耗的零部件、	零件 1	辅料 1	...

	辅料名称			
第 1 次保养	数 量			
第 2 次保养				
第 3 次保养				
• • •				
保养消耗的各类零部件、辅料总数量， Y_j				

c) 测量数据计算
——按照公式 (318) 计算每个样本作业 1000h 内保养过程单位作业时间产生的碳排放。

$$C_{2i} = \frac{1}{1000} \sum_{j=1}^m Y_{ij} C_{ij} \dots\dots\dots (318)$$

式中：
 C_{2i} ——第 i 个样本保养过程单位作业时间产生的碳排放，单位为 kgCO₂e/h；
 m ——第 i 个样本保养过程消耗的零部件、辅料的种数；
 Y_j ——第 i 个样本保养过程第 j 种零部件、辅料的总消耗量；
 C_j ——第 i 个样本保养过程第 j 种零部件、辅料的单位碳排放，单位为 kgCO₂e，其计算方法见 8.1 生

产制造阶段碳足迹量化方法。

d) 计算样本算术平均值
——按公式 (319) 计算 C_{2i} 的平均值。

$$\overline{C_2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{2i} \dots\dots\dots (319)$$

式中：
 $\overline{C_2}$ ——n 个样本保养过程单位作业时间产生的碳排放的平均值，单位为 kgCO₂e/h。

e) 温室气体量化方法
——按公式 (320) 计算该型号产品设计使用寿命内，保养过程产生的碳排放。

$$C_{\text{保养过程}} = \overline{C_2} \times H_{\text{life}} \dots\dots\dots (320)$$

式中：
 $C_{\text{保养过程}}$ ——产品设计使用寿命内，保养过程产生的碳排放，即 n 个样本的算术平均值，单位为 kgCO₂e；
 H_{life} ——产品设计使用寿命内的总作业时长，单位为 h。

8.2.2.3 维修保养过程碳足迹量化方法

产品在设计使用寿命内，维修保养过程的碳足迹量化按公式 (321) 计算。

$$C_{\text{维修保养过程}} = C_{\text{维修过程}} + C_{\text{保养过程}} \dots\dots\dots (321)$$

式中：
 $C_{\text{维修保养过程}}$ ——产品设计使用寿命内，维修保养过程产生的碳排放总量，单位为 kgCO₂e；

8.2.3 产品使用阶段碳足迹量化方法

声明单位使用阶段单位时间碳足迹量化按公式 (322) 计算。

$$C_{\text{使用/h}} = C_{\text{使用}} / H_{\text{life}} \dots\dots\dots (322)$$

式中：
 $C_{\text{使用/h}}$ ——声明单位使用阶段单位时间产生的碳排放平均值，单位为 kgCO₂e/h。
 $C_{\text{使用}}$ ——声明单位使用阶段碳足迹量化按公式 (323) 计算。

$$C_{\text{使用}} = C_{\text{作业过程}} + C_{\text{维修保养过程}} \dots\dots\dots (323)$$

式中：
 $C_{\text{使用}}$ ——声明单位使用阶段的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e。

9 碳足迹核算报告与评价

9.1 碳足迹核算报告

9.1.1 报告值

本文件所及声明单位碳足迹量化报告值由两部分构成，第一部分表达的是声明单位原材料消耗和制造过程的碳排放量；第二部分描述的是声明单位在使用过程中的碳排放量，并标识出声明单位预期设计寿命，以及单位时间的碳排放量。

表达式为：

$$C_{\text{生产制造+原材料}} + C_{\text{使用}} \\ C_{\text{使用}} = C_{\text{使用/h}} \times H_{\text{life}}$$

9.1.2 报告格式与内容

参照 GB/T 24067 的规定，报告中至少包含以下内容：

- a) 报告信息，包括评价方、编制依据等；
- b) 产品信息，包括制造商、产品规格型号和技术参数等；
- c) 声明单位；
- d) 核算边界及量化单位划分；
- e) 取舍准则；
- f) 数据来源与参数说明；
- g) 报告值。

9.1.3 报告示例

报告示例参照附录 B。

9.2 碳足迹量化评价

9.2.1 评价主体

声明单位。

9.2.2 评价方法

9.2.2.1 报告值的第一部分主要反映的是原材料选取的种类和数量，以及生产工艺水平和运营管理效率等共同作用下产品在制造阶段的碳排放量，用碳排放质量（kg）评价，数值越小越好；

9.2.2.2 报告值的第二部分主要反映的是产品在预期设计寿命内，作业和维修保养过程中的碳排放量。用单位时间碳排放质量（kg/h）评价，数值越小越好。

附 录 A
(资料性)
外购件清单

表 A. 1 某型号移动式升降工作平台外购件清单

二级量化单元	三级量化单元	四级量化单元中的外购件	单位	数量	单位碳排放, kgCO ₂ e
伸展机构	回转机构	中心回转接头	件	1	69.312
		回转马达	件	1	939.386
		回转减速机	套	1	276.46
		回转支承	件	1	1154.8
		• • •			
底盘	动力总成	机罩	套	1	2061.557
		行走减速机	套	4	570.93
		轮胎	个	4	1020
		蓄电池	件	1	121.1
		锂电池	件	1	2352.3
		驱动器后桥组盘	件	1	1122.3
		驱动器前桥组盘	件	1	1242.4
		充电机	件	1	149.5
		• • •			
液压系统	伸展机构液压总成	飞臂阀组	件	1	26.828
		伸缩平衡阀	件	1	88.124
		变幅平衡阀	件	1	61.856
		液压油	Kg	153	5.62
		摆动油缸	件	1	124.2208
		变幅油缸	件	1	702.665
		伸缩油缸	件	1	792.854
		飞臂油缸	件	1	102.502
		调平油缸	件	1	134.982
		• • •			

表 A.1 (续)

二级量化单元	三级量化单元	四级量化单元中的外购件	单位	数量	单位碳排放, kgCO ₂ e
	底盘液压总成	主阀	件	1	171.55
		马达平衡阀(双)	件	1	65.9
		浮动平衡阀	件	2	31.312
		浮动控制阀	件	1	169.192
		主泵	件	1	1850.257
		转向油缸	件	2	483.1984
		• • •			
	稳定器液压总成	双孔板式双平衡阀	件	2	72.452
		高压过滤器	件	3	886.2748
		接头	套	1	2847.81
		应急泵	件	1	93.85
		液压胶管	套	1	1612
		• • •			
电气系统	伸展机构电气总成	转台电控箱总成	件	1	312.3
		平台电控箱总成	件	1	295.4
		角度传感器	件	1	10.1
		倾角传感器	件	1	13.8
		倾角传感器	件	1	13.8
		倾角传感器	件	1	13.8
		拉绳传感器	件	1	10.8
		• • •			
	底盘电气总成	总线电缆	件	1	105.6
		蜂鸣器	件	1	12.5
		警示灯	件	1	4.6
		脚踏开关	件	1	7.9
		电源总开关	件	1	5.3
		GPS 终端	件	1	15.5
		行走电机	件	4	2315.2

表 A.1（续）

二级量化单元	三级量化单元	四级量化单元中的外购件	单位	数量	单位碳排放，kgCO ₂ e
		导电滑环	件	1	17.8
		报警指示灯面板	件	1	17.5
		称重传感器	件	1	11.1
		• • •			
	稳定器电气总成	线束总成	套	1	21.2
		电缆	套	1	168.3
		接近开关	件	4	7.6
		泵电机	件	1	1243.5
		压力传感器	件	1	3.8
		• • •			

附录 B
(资料性)
产品碳足迹报告 (示例)

产品碳足迹报告模板如下

产品碳足迹报告 (示例)

产 品 名 称： XXX 直臂式移动式升降工作平台
产品规格型号： XXXX
生 产 者 名 称：
报 告 编 号：

出具报告机构： (若有) (盖章)
日期： 年 月 日

一、概况

1. 产品信息

表 1 产品基本信息

项目	参数	项目	参数
产品类别	直臂式移动式升降工作平台	产品型号	XXXX
最大作业高度	14 m（示例值）	额定载重	250 kg（示例值）
动力类型	内燃（柴油）	设计使用寿命	8000h（示例值）

2.编制依据

本报告依据以下标准编制：
GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
.....

二、量化范围

1. 声明单位

本报告声明单位为：1 台 XXX 型直臂式移动式升降工作平台×设计使用寿命 8000h。

2. 系统边界

本报告系统界限定为生产制造（含原材料消耗）与使用两个核心阶段；不包含产品分销运输阶段与生命末期阶段（报废回收、拆解、再制造等）。核算边界包含与产品生产直接相关的公用工程、辅助设施运行对应的能源消耗与排放；不包含厂房、道路、生产设备、生活设施等固定资产的建造与制造过程排放。系统边界图如下：

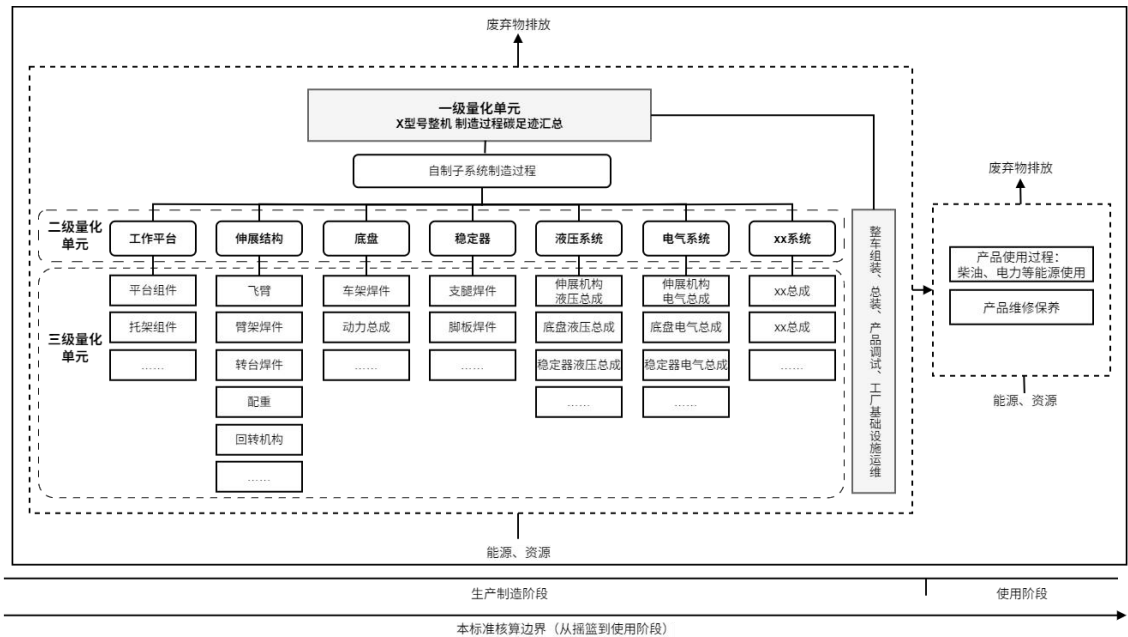


图 1 XXX 产品碳足迹量化系统边界图

3. 取舍准则

采用的取舍准则以 XXXX 为依据，具体规则如下：

- a) 对单一规格物料总质量不超过子系统总质量 1%的物料予以取舍，被取舍物料总质量不超过整机质量的 5%；
- b) 对因数据缺失而无法单独核算的少量物料，按保守原则采用不低于同类物料平均排放水平的替代因子估算。

4. 量化单位划分

按照“整机—系统—子系统—零件”四级量化单元架构，二级系统划分为工作平台、伸展结构、底盘、稳定器、液压系统、电气系统六个系统，量化单位划分见表 2、表 3；各系统碳足迹自下而上逐级累加。

表 2 一、二、三级量化单元划分

一级量化单元	二级量化单元	三级量化单元	数量，A 个
特定型号的移动式升降工作平台整机	工作平台	平台组件	
		托架组件	
			
	伸展机构	飞臂	
		臂架焊件	
		转台焊件	
		配重	
		回转机构	
			
	底盘	车架焊件	
		动力总成	
			
	稳定器	支腿焊件	
		脚板焊件	
			
	液压系统	伸展机构液压总成	
		底盘液压总成	
		稳定器液压总成	
			
	电气系统	伸展机构电气总成	
		底盘电气总成	
		稳定器电气总成	
			
			

表 3 四级量化单元划分表

三级量化单元	四级量化单元	零件号	数量， $f(x)$ 个	重量， $f(y)$ (kg)
平台组件	折弯板			
	垫块			
	...			
托架组件	管			
	耳板			
	...			
飞臂	轴筒			
	腹板			
	...			

臂架焊件	上盖板			
	连接轴套			
	...			
转台焊件	内轴套			
	法兰板			
	...			
配重	封板			
	中间板			
	...			
回转机构	回转支承			
	回转减速机			
	...			
车架焊件	前桥轴套			
	侧板			
	...			
动力总成	安装板			
	轮胎			
	...			
支腿焊件	贴板			
	轴套			
	...			
脚板焊件	加强板			
	支撑板			
	...			
伸展机构液压总成	限位板			
	伸缩油缸			
	...			
底盘液压总成	安装座			
	回转接头			
	...			
稳定器液压总成	隔板			
	油管			
	...			
伸展机构电气总成	拉绳传感器			
	总线电缆			
	...			
底盘电气总成	显示器			
	电机			
	...			
稳定器电气总成	电线			
	摇杆开关			
	...			
...	...			

5. 时间范围

2026 年 7 月~8 月。

三、数据来源与参数说明

1. 数据获取原则

数据遵循初级数据（现场实测）优先原则。

产品生产制造阶段板材预处理、下料、成型、加工、装配、调试过程能源消耗量、材料利用系数，以及使用阶段能源消耗量采用实测数据；基础材料和辅料消耗基于国家/行业/团体等发布的排放因子。

2. 排放因子

本报告中钢材、油、气等材料和能源消耗基于国家/行业/团体等发布的排放因子，取值如表 4 所示。

表 4 主要材料能源消耗碳足迹因子缺省值

材料/能源	因子值	单位	来源
Q235 非合金钢	1.9339	kgCO ₂ e/kg	GB/T XXXXX……
Q345 低合金钢	2.3655	kgCO ₂ e/kg	……
Q460 热轧钢	2.4038	kgCO ₂ e/kg	……
铸铁	1.9266	kgCO ₂ e/kg	……
液压油	1.7779	kgCO ₂ e/kg	……
橡胶（轮胎/胶管）	3.4170	kgCO ₂ e/kg	……
油缸（钢）	1.9339	kgCO ₂ e/kg	……
电子电控	33.326	kgCO ₂ e/kg	……
线束电缆	6.2829	kgCO ₂ e/kg	……
铅酸电池	2.9285	kgCO ₂ e/kg	……
电机/马达类	4.6423	kgCO ₂ e/kg	……
泵类	9.5808	kgCO ₂ e/Unit	……
焊丝	2.4038	kgCO ₂ e/kg	……
电力	1.0170	kgCO ₂ e/kWh	……
天然气	0.68702	kgCO ₂ e/m ³	……
柴油（生产）	0.84212	kgCO ₂ e/kg	……

3. 材料利用系数

材料利用系数通过现场实测确定：统计实际下料排版数据，按“零件净质量合计 / 所消耗毛坯总质量”计算获得。本报告使用的主要材料利用系数见表 5。

表 5 主要材料利用系数取值

材料类别	利用系数 ki	说明
板材（下料排版）	0.85	示例值：实际应实测下料排版利用率获得
管材	0.95	示例值：实际应实测管材下料利用率获得
型钢	0.90	示例值：实际应实测型钢下料利用率获得
铸件（配重块）	1.00	铸造件无下料损耗
外购件	1.00	外购件按成品核算

四、生产制造阶段碳足迹核算

1. 工作平台碳足迹量化

a) 平台组件碳足迹量化

b) 托架组件碳足迹量化

c) 工作平台装配碳足迹量化

d) 工作平台系统碳足迹汇总

2. 伸展机构碳足迹量化

3. 底盘碳足迹量化

4. 稳定器碳足迹量化

.....

7. 整机装配调试碳足迹量化

8. 产品生产制造阶段碳足迹量化汇总

XXX 直臂式移动式升降工作平台生产制造阶段碳足迹量化总量计算：

$$\begin{aligned} C_{\text{生产制造+原材料}} &= C_{\text{工作平台+原材料}} + C_{\text{伸展结构+原材料}} + C_{\text{底盘+原材料}} + C_{\text{稳定器+原材料}} + C_{\text{液压系统+原材料}} + C_{\text{电气系统}} + C_{\text{整机装调}} \\ &= 499.9 + 12560.5 + 6509.4 + 231.0 + 1709.7 + 1487.3 + 107.9 \text{ kgCO}_2\text{e} = 23106 \text{ kgCO}_2\text{e} = 23.11 \text{ tCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

五、使用阶段碳足迹核算

1. 作业过程碳足迹量化

2. 维护保养过程碳足迹量化

3. 产品使用阶段碳足迹量化汇总

XXX 直臂式移动式升降工作平台使用阶段单位时间碳足迹量化计算：

$$C_{\text{使用/h}} = E(q) \times EF + \overline{C_{1i}} + \overline{C_{2i}} = 8.39 + 0.2508 + 0.0590 \text{ kgCO}_2\text{e/h} = 8.70 \text{ kgCO}_2\text{e/h}$$

XXX 直臂式移动式升降工作平台使用阶段碳足迹量化总量计算：

$$C_{使用} = C_{作业过程} + C_{维修保养过程} = 67.09 + 2.48 \text{ tCO}_2\text{e} = 69.57 \text{ tCO}_2\text{e}$$

使用阶段单位时间碳足迹为：8.70 kgCO₂ e/h；按 8000h 预期设计寿命，使用阶段碳足迹量化为：69.57 tCO₂e/台。

六、产品碳足迹核算结果

XXX 公司生产的 XXX 直臂式移动式升降工作平台，在生产制造阶段及使用阶段，单台产品碳足迹报告值为：

$$C_{生产制造+原材料} + C_{使用} = 23.11 + 69.57 \text{ tCO}_2\text{e} = 92.68 \text{ tCO}_2\text{e}$$

其中，单台产品使用阶段单位时间碳足迹为 8.70 kgCO₂e/h；按 8000h 预期使用寿命，单台产品使用阶段碳足迹量化报告值为：

$$C_{使用} = C_{使用/h} \times H_{life} = 8.70 \text{ kgCO}_2\text{e/h} \times 8000\text{h} = 69.57 \text{ tCO}_2\text{e}$$
