

团体标准

T/CNIA 0257—2024

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 工业硅

Greenhouse gas—Quantification method and requirements of product
carbon footprint—Industrial silicon

(此文本仅供个人学习、研究之用,未经授权,禁止复制、发行、汇编、翻译或网络传播等,侵权必究)

2024-11-12 发布

2024-12-31 实施

中国有色金属工业协会 发布
中国有色金属学会

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 量化目的	1
5 量化范围	1
5.1 声明单位	2
5.2 系统边界	3
5.3 取舍准则	3
6 清单分析	3
6.1 数据收集和确认	5
6.2 数据分配	5
6.3 数据取舍原则	5
6.4 清单计算	5
7 影响评价	5
7.1 通则	6
7.2 产品碳足迹计算方法	6
8 产品碳足迹解释	6
9 产品碳足迹报告	7
10 产品碳足迹声明	8
附录 A(资料性) 工业硅生产实物输入、输出数据列表示例	9
附录 B(资料性) 全球变暖潜势	10
附录 C(资料性) 产品碳足迹研究报告(模板)	13
参考文献	

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)提出并归口。

本文件起草单位：有色金属技术经济研究院有限责任公司、四川永祥股份有限公司、云南永昌硅业股份有限公司、昌吉吉盛新型建材有限公司、内蒙古鑫元硅材料科技有限公司、浙江新安化工集团股份有限公司、宁夏荣华缘特种新材料有限公司。

本文件主要起草人：李志刚、谭思宇、张铎、刘松昊、王佩、梁平、朱尔明、郭超宇、邵华、杨贵明、孙国东、张维奇、赵一宝、王宁宇、陈国芳。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 工业硅

1 范围

本文件规定了工业硅产品碳足迹的量化方法和要求,包括量化目的、量化范围、数据和数据质量、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹结果解释与报告和结果声明。

本文件适用于工业硅产品的碳足迹量化。

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 2881 工业硅

GB/T 24025 环境标志和声明 Ⅲ型环境声明 原则和程序

GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南

GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

ISO 14026 环境标签和声明 足迹信息通信的原则、要求和指南 (Environmental labels and declarations—Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information)

3 术语和定义

GB/T 24025、GB/T 24040、GB/T 24044 和 GB/T 24067 界定的术语和定义适用于本文件。

4 量化目的

开展工业硅产品碳足迹量化的总体目的是结合取舍准则(见 5.3),通过量化工业硅产品系统边界内所有显著的温室气体排放量和清除量,计算 1 t 工业硅产品对全球变暖的潜在贡献[以二氧化碳当量(CO₂e)表示]。

开展工业硅产品碳足迹量化研究时,应明确说明以下问题:

- 应用意图;
- 开展该项研究的理由;
- 目标受众(即研究结果的接收者);
- 符合 ISO 14026 要求,提供产品碳足迹交流信息(如有)。

5 量化范围

5.1 声明单位

5.1.1 本文件涉及产品碳足迹的声明单位为符合 GB/T 2881 规定的 1 t 工业硅。

5.1.2 产品描述应使用户能够清晰识别产品,工业硅产品按照 GB/T 2881 的要求进行描述,对其描述包括但不限于:

- a) 产品名称和牌号;
- b) 产品批号;
- c) 产品净重;
- d) 分析检验结果及检验部门印记;
- e) 出厂日期。

5.2 系统边界

5.2.1 边界设定

工业硅产品“从摇篮到大门”的碳足迹量化范围主要包括原料预处理、熔炼、精炼、浇铸、破碎筛分等过程产生的温室气体排放,还包括产品系统内所用的辅助材料和燃料在其生产过程中产生的温室气体排放。工业硅产品生命周期的系统边界如图 1 所示,即从硅石获取到工业硅产品离开制造商厂门为止。

产品碳足迹量化需全部或部分核算产品在原材料获取、制造、存储和销售、使用、废弃等生命周期各阶段温室气体排放。工业硅产品碳足迹量化主要包含原辅材料和能源获取阶段的上游排放和产品生产阶段的过程排放。

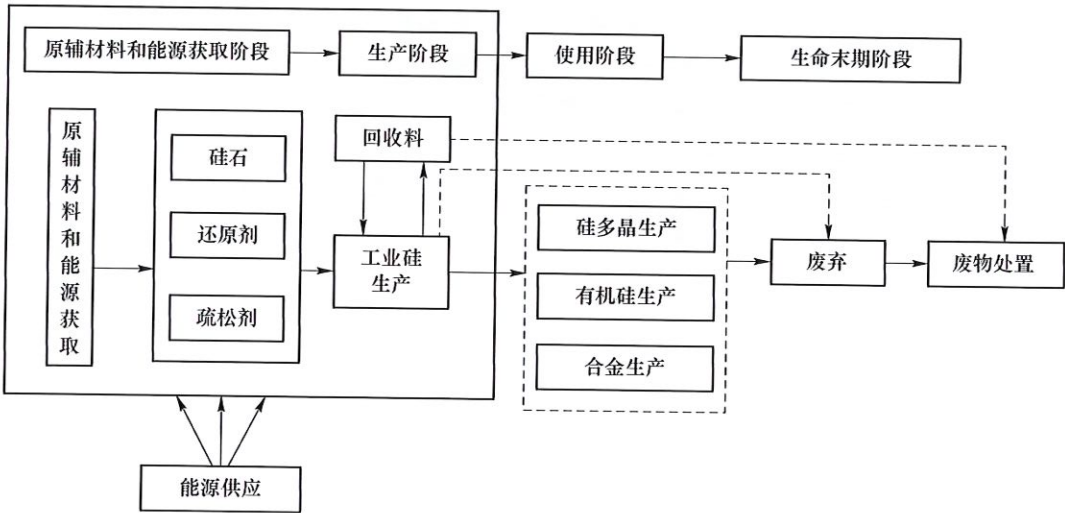


图 1 工业硅产品生命周期系统边界图

5.2.2 原辅材料和能源获取阶段

原辅材料和能源获取阶段从自然界材料提取时开始,在原辅材料和能源到达工业硅生产企业工厂时终止。

原辅材料和能源获取阶段包括但不限于以下过程:

- a) 原辅材料的获取和输送(如硅石、洗精煤、石油焦、半焦、木炭、木片、电极等);
- b) 能源的获取和输送(如汽油、柴油、重油、天然气、煤、电力、热力等)。

5.2.3 产品生产阶段

工业硅生产的基本流程包括原料预处理、入炉熔炼、炉外精炼、浇铸、破碎筛分等。

工业硅生产阶段从硅石等原辅材料进入工厂开始,到工业硅产品进入到下游工厂前终止,包括以下

过程：

- a) 硅石、还原剂等原辅料运输；
- b) 熔炼、精炼、浇铸、破碎筛分；
- c) 电极生产；
- d) 辅助材料生产与运输相关过程；
- e) 燃料及电(热)力等能源消耗相关过程；
- f) 工业硅储运过程；
- g) 废水、废气、废渣处理等。

5.3 取舍准则

在评价目标和范围确定阶段,应确定允许省略次要过程的取舍准则。所选择的取舍准则对评价结果产生的影响应在最终的报告中做出解释。

在工业硅产品碳足迹量化过程中,可舍弃产品碳足迹影响小于1%的环节,但所有舍弃的合计值不应超过产品碳足迹总量的5%。

注:所排除单元过程舍去的温室气体排放与清除有书面记录。

6 清单分析

6.1 数据收集和确认

6.1.1 数据收集

6.1.1.1 工业硅碳足迹各阶段数据收集表见表1。工业硅生产实物输入、输出数据列表示例见附录A。当开展产品碳足迹研究的组织拥有财务或运营控制权时,应收集现场数据。所收集的数据应具有代表性。对产品碳足迹贡献度不低于50%的单元过程,即使不在财务或运营控制下,宜使用现场数据。非现场数据可使用次级数据,次级数据宜经第三方评审,同时数据格式应满足相关标准要求。次级数据可来源于国家数据库、公开文献或其他具有代表性的数据。

表1 各阶段数据收集表

所属阶段	数 据 种 类	数 据
原辅料/能源获取阶段	主要原料硅石、洗精煤、石油焦、半焦、木炭、木片、电极等的碳足迹排放因子	宜使用现场数据,可使用次级数据
	汽油、柴油、重油、天然气、煤、电力、热力等能源的碳足迹排放因子	可使用次级数据
	原料与能源的运输量、运输距离、运输方式	应使用现场数据
	不同运输方式的碳足迹排放因子	可使用次级数据
产品生产阶段	硅石、洗精煤、石油焦、半焦、木炭、木片、电极等原辅材料的消耗量	应使用现场数据
	煤、天然气、柴油(固定源和移动源)等能源的消耗量	应使用现场数据
	煤、天然气、柴油等能源的低位发热量	宜使用现场数据,可使用次级数据
	废(污)水及废弃物处理过程的物料消耗量	应使用现场数据

6.1.1.2 数据采集过程中,应验证数据的有效性,通过物料平衡、能量平衡、与历史数据和相近工艺数据

对比等方式,确认数据的准确性与合理性。对于异常数据,应分析原因,予以替换,替换的数据应满足数据质量要求(6.1.2)。

6.1.2 数据质量要求

产品碳足迹影响评价宜使用现有最高质量数据,数据质量的特征应包括定量和定性两个角度。数据质量的特性描述应涉及以下方面:

- a) 时间覆盖范围:数据的年份和所收集数据的最小时间跨度;
- b) 地理覆盖范围:为实现产品碳足迹研究目的,所收集的单元过程数据的地理区域;
- c) 技术覆盖范围:具体的技术或技术组合;
- d) 精度:对每个数据值的可变性的度量(例如方差);
- e) 完整性:测量或测算的流所占的比例;
- f) 代表性:反映实际关注人群对数据集(即时间覆盖范围、地理覆盖范围和技术覆盖范围等)关注程度的真实情况进行的定性评价;

注:技术上,数据反映实际生产技术情况,即体现实际工艺流程、技术和设备类型、原料与能耗类型、生产规模等因素的影响;时间上,数据反映被评价产品系统单元过程的实际时间;空间上,数据反映具体产品系统边界内单元过程的实际地理位置信息。

- g) 一致性:对研究方法学是否能在敏感性分析的不同组成部分中统一应用而进行的定性评价;
- h) 再现性:对其他独立从业人员采用同一方法学和数值信息重现相同研究结果的定性评价;
- i) 数据来源:现场数据应来源于测量、工程计算、采购记录等,环境排放数据优先采用环境监测报告,所有数据均有相关的数据来源和数据处理算法;
- j) 信息的不确定性。

6.1.3 特定(电力)温室气体排放因子

6.1.3.1 内部发电

当工业硅产品消耗的电能为内部发电(如现场发电),且未向第三方出售,则应将该电力的生命周期数据用于工业硅产品的碳足迹量化。

6.1.3.2 直供电力

如果该组织与发电站之间具有专用输电线路,且所消耗的电未向第三方出售,则使用该电力供应商提供的电力温室气体排放因子。

6.1.3.3 电网电力

当电力供应商通过合同工具的形式保证电力供应,应使用此供应商特定电力生产的生命周期数据,电力产品应:

- 传递电力生产单位相关信息及发电机组特征信息;
- 保证唯一的使用权;
- 由报告实体或报告实体代表追踪、赎回、报废或注销;
- 尽可能接近合同工具的适用期限,并包括相应的时间长度。

当无法获得供应商的具体电力信息时,应使用与电力来源相关的电网 GHG 排放量。相关电网 GHG 排放量应反映相关地区的电力消耗情况,不包括任何之前已声明归属的电力。如果没有电力追踪系统,所选电网 GHG 排放量应反映该地区的电力消费情况。

注 1: 合同工具是指双方之间签订用于出售和购买能源的任意形式的合约。如能源属性证书、电力交易合同等。报

告实体可根据目标用户的需求选择合同工具的类型。

注 2: 发电机组特征信息包括设备的登记名称、所有者和产生的能源性质、发电量和提供的可再生能源等。

注 3: 如果难以获得电力供应系统内某一过程的具体生命周期数据,可使用公认数据库(如来自生态环境部、联合国环境规划署(UNEP)或联合国气候变化框架公约(UNFCCC)等中的数据)。

如果非化石能源电力证书在出售时不直接与电力本身关联,来自非化石能源的部分电力作为非化石电力出售,但没有被排除在电网组合排放因子之外,在这种情况下,应使用电力跟踪系统开展相关消费电网组合分析,并在产品碳足迹报告中单独报告,以此来展示结果的差异。

6.2 数据分配

数据分配的原则是以输入和输出之间的物质平衡为基础,一个单元过程分配的输入和输出总和应与其分配前的输入和输出相等。应根据明确规定的分配程序将输入和输出分配到不同的产品中。工业硅产品系统优先采用的数据分配方法如下:

- 细分法:将拟分配的单元过程进一步划分为两个或更多的子过程,并收集与这些子过程相关的输入和输出数据;
- 扩展法:将产品系统加以扩展,从而抵扣功能单位等同产品生产造成的环境影响;
- 分配法:根据物理属性(如质量、工时)或产品经济价值等参数,按比例将输入输出数据分配到共生产品。

原则上应尽量避免数据分配,当同时有几种备选分配程序时,应通过敏感性分析阐明偏离所选方法产生的影响。

6.3 数据取舍原则

本文件涉及的物质(能量)数据的取舍原则如下:

- 能源的所有输入均需列出;
- 原辅材料的所有输入均需列出;
- 辅助材料若符合 d) 和 e) 要求则可忽略;
- 忽略的单项物质(能量)流对产品碳足迹的贡献均不得超过 1%,如筑炉材料;
- 所有忽略的物质(能量)流对产品碳足迹贡献总和不超过 5%,且应在产品碳足迹报告中予以说明;
- 道路与厂房等基础设施、厂区内人员办公及生活设施的消耗和排放,均忽略。

6.4 清单计算

生命周期清单分析结果通常表现为一系列的数据表,展示每声明单位产品在每个阶段/单元过程中的资源使用量(如原辅材料和能源),以及释放到环境中的排放物(如温室气体、废弃物等)。

7 影响评价

7.1 通则

应通过排放或清除的 GHG 的质量乘以 IPCC 给出的 100 年 GWP(见附录 B),来计算产品系统每种 GHG 排放和清除的潜在气候变化影响,以 $\text{tCO}_2\text{e}/(\text{t 排放量})$ 计。

注 1: 产品碳足迹为所有 GHG 潜在气候变化影响的总和。

若 IPCC 修订了 GWP,应使用最新数值,否则应在报告中说明。

除 GWP100 外,还可以使用 IPCC 提供的其他时间范围的 GWP 和 GTP,但宜单独报告。

注 2: GWP100 代表短期的气候变化影响,可反映变暖速度。100 年 GTP 代表长期的气候变化影响,可反映长期温

升。与其他时间范围相比,选择 100 年的时间范围并无任何科学依据。该时间范围是国际公约的一个价值判断,它权衡了不同时间范围内可能发生的影响。

7.2 产品碳足迹计算方法

工业硅产品碳足迹计算方法见公式(1):

$$CFP_{GHG} = \sum_j [\sum_i (AD_i \times EF_{LCA,i,j}) \times GWP_j] \dots\dots\dots (1)$$

式中:

CFP_{GHG} ——工业硅产品碳足迹,以吨二氧化碳当量每吨(tCO_2e/t)计;

AD_i ——系统边界内,各声明单位中第 i 种活动的 GHG 排放和清除相关数据(包括初级数据和次级数据),单位根据具体排放源确定;

$EF_{LCA,i,j}$ ——第 i 种活动对应的温室气体 j 的排放因子,单位与 GHG 活动数据相匹配;

GWP_j ——温室气体 j 的 GWP 值,按 7.1 中的规定取值。

8 产品碳足迹解释

8.1 产品碳足迹研究的生命周期结果解释阶段应包括以下步骤:

- a) 根据生命周期清单分析和生命周期影响评价的工业硅产品碳足迹的量化结果,识别显著环节(可包括生命周期阶段、单元过程或流);
- b) 完整性、一致性和敏感性分析的评估;
- c) 结论、局限性和建议的编制。

8.2 按照产品碳足迹研究的目的和范围,对产品碳足迹影响评价的量化结果进行解释,解释应包括以下内容:

- a) 说明产品碳足迹和各阶段碳足迹;
- b) 分析不确定性,包括取舍准则的应用或范围;
- c) 详细记录选定的分配程序;
- d) 说明产品碳足迹研究的局限性。

8.3 结果解释宜包括以下内容:

- a) 分析重要输入、输出和方法学选择(包括分配程序),进行敏感性检查,以了解结果的敏感性和不确定性;
- b) 评估建议对结果的影响。

9 产品碳足迹报告

产品碳足迹报告应包括但不仅限于以下内容(参考格式见附录 C):

- a) 基本情况:
 - 1) 委托方与评价方信息;
 - 2) 报告信息;
 - 3) 依据的标准;
 - 4) 使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料(如有)。
- b) 量化目的:
 - 1) 开展研究的目的;
 - 2) 预期用途。
- c) 量化范围:

- 1) 产品说明,包括功能和技术参数;
 - 2) 声明单位及基准流;
 - 3) 系统边界;
 - 4) 取舍准则和取舍点,列出排除在外的单元过程或因素,并说明理由和其合理性;
 - 5) 生命周期各阶段描述。
- d) 清单分析:
- 1) 数据收集信息,包括数据来源;
 - 2) 重要的单元过程清单;
 - 3) 纳入范围的温室气体清单;
 - 4) 分配原则与程序;
 - 5) 数据说明,包括有关数据的决定和数据质量评价。
- e) 影响评价:
- 1) 影响评价方法;
 - 2) 特征化因子;
 - 3) 产品碳足迹计算;
 - 4) 结果图示(可选)。
- f) 结果解释:
- 1) 结论和局限性;
 - 2) 敏感性分析和不确定性分析结果;
 - 3) 电力处理,宜包括关于电网排放因子计算和相关电网的特殊局限信息;
 - 4) 在产品碳足迹研究中披露和证明相关信息项的选择并说明理由。
- g) 研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料。

10 产品碳足迹声明

如需声明时,按照 GB/T 24025 或 ISO 14026 的规定进行,相关声明可用于具有相同功能的不同产品之间的比较。

附 录 A

(资料性)

工业硅生产实物输入、输出数据列表示例

工业硅生产单元过程实物输入、输出数据列表示例见表 A. 1。

表 A. 1 工业硅生产单元过程实物输入、输出数据列表示例

输 入						
序号	物料	用途	年消耗量	单位	填写要求	备注说明
1	电极	原料		t		
2	硅石	原料		t	成分	
3	煤	辅助材料		t	成分、热值	
4	石油焦	辅助材料		t	成分、热值	
5	木炭	辅助材料		t		
6	电力	能源		kW·h		
7	天然气	焙烧、能源		m ³		
8	燃料	运输		t		
9	压缩空气	供风		m ³		
10	润滑油	设备润滑		t		
11	润滑脂	设备润滑		t		
12	脱硫剂	脱硫		t		
13	尿素	脱硝		t		
...						
输 出						
序号	物料	用途	年输出量	单位	填写要求	备注说明
1	工业硅	产品		t		
2	CO ₂	废气		t		
3	硅渣	废渣		t		
4	废水			t		
...						

附 录 B
(资料性)
全球变暖潜势

部分温室气体的全球变暖潜势见表 B.1。

表 B.1 部分温室气体的全球变暖潜势

气体名称	化学分子式	100 年的 GWP(截至出版时)
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
三氟化氮	NF ₃	17400
氢氟碳化物(HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	364
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	5810
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	164
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3600
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8690
全氟碳化物(PFCs)		
全氟甲烷(四氟甲烷)	CF ₄	7380
全氟乙烷(六氟乙烷)	C ₂ F ₆	12400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10000
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8620
六氟化硫	SF ₆	25200

注：部分温室气体的全球变暖潜势来源于政府间气候变化专门委员会(IPCC)《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的贡献》。

附 录 C
(资料性)
产品碳足迹研究报告(模板)

产品碳足迹研究报告(模板)

产 品 名 称:_____

产品规格型号:_____

生产者名称:_____

报 告 编 号:_____

出具报告机构: (盖章)

日期: 年 月 日

一、概况

1. 生产者信息

生产者名称: _____

地 址: _____

法定 代表 人: _____

授权人(联系人): _____

联 系 电 话: _____

公 司 概 况: _____

2. 产品信息

产 品 名 称: _____

产 品 功 能: _____

产 品 介 绍: _____

产 品 图 片: _____

3. 量化方法

依 据 标 准: _____

二、量化目的

三、量化范围

1. 声明单位

2. 系统边界

3. 取舍准则

4. 时间范围

四、清单分析

1. 数据来源说明

初级数据: _____

次级数据: _____

2. 分配原则与程序

分配依据: _____

分配程序: _____

具体分配情况如下:

3. 清单结果及计算

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 1。

表 1 工业硅产品生命周期碳排放清单

生命周期阶段	活动数据	排放因子	碳足迹/(tCO ₂ e/t)
原辅材料和能源获取			

表 1 工业硅产品生命周期碳排放清单(续)

生命周期阶段	活动数据	排放因子	碳足迹/(tCO ₂ e/t)
产品生产			

4. 数据质量评价(可选项)

数据质量可从定性和定量两个方面对报告使用的初级数据和次级数据进行评价,具体评价内容包括:数据来源、完整性、数据代表性(时间、地理、技术)和准确性。

- 五、影响评价
1. 影响类型和特征化因子选择
- 选择政府间气候变化专门委员会(IPCC)给出的 100 年全球变暖潜势(GWP)。
2. 产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1. 结果说明

_____公司(填写产品生产者的全名)生产的_____ (填写所评价的产品名称,每功能单位的产品),从_____ (填写某生命周期阶段)到_____ (填写某生命周期阶段)生命周期碳足迹为_____ tCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 2 和图 1 所示。

表 2 工业硅产品生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹/(tCO ₂ e/t)	百分比/%	备注说明
原辅材料和能源获取			
产品生产			

图 1 工业硅产品各生命周期阶段碳排放分布图(饼状图或柱形图)

2. 假设和局限性说明(可选项)
- 结合量化情况,对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。
3. 改进建议

参考文献

- [1] Good practice guidance for calculation of primary aluminium and precursor product carbon footprints—Aluminium carbon footprint good practice guidance v2.0
- [2] ISO 14026; 2017 Environmental labels and declarations—Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information
- [3] ISO/TS 14027; 2017 Environmental labels and declarations—Development of product category rules
- [4] ISO/TS 14067; 2018 Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification and communication
- [5] The aluminium sector greenhouse gas protocol-greenhouse gas emissions monitoring and reporting by the aluminium industry
- [6] PAS 2050; 2008 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse emissions of goods and services
- [7] ISO 21930; 2017 Sustainability in buildings and civil engineering works—Core rules for environmental product declarations of construction products and services
- [8] IPCC. Climate Change 2021; The Physical Science Basis[R]. Cambridge University Press, 2021;7SM24 – 35.

