



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117876179 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 12

(21) 申请号 202311654847.7

G06F 16/25 (2019.01)

(22) 申请日 2023.12.05

(71) 申请人 天翼云科技有限公司

地址 100007 北京市东城区青龙胡同甲1  
号、3号2幢2层205-32室(72) 发明人 苗子聪 陈丽娜 潘晓东 李明舒  
李伟泽 张贺纯

(74) 专利代理机构 北京轻创知识产权代理有限公司 11212

专利代理师 吴佳

(51) Int. Cl.

G06Q 50/26 (2024.01)

G06Q 10/063 (2023.01)

G06N 5/025 (2023.01)

G06N 5/04 (2023.01)

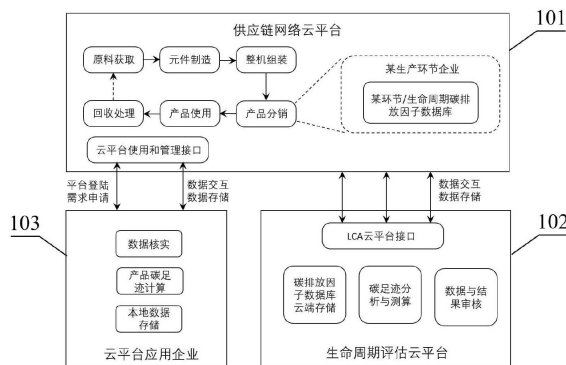
权利要求书4页 说明书11页 附图3页

## (54) 发明名称

基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价  
系统及实施方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统及实施方法,涉及涉及云计算和大数据领域,包括:供应链网络云平台:作为直接与企业用户对接的云平台,涵盖了原料获取、元件制造、整机组装、产品分销、产品使用、回收处理的产品生命周期对应的供应链企业;由前端用户UI、对外API接口、后端数据处理分析单元组成;生命周期评估云平台:实现了数据管理、调取、加载、数据挖掘与分析等功能,进行碳足迹分析与测算、构建产品生命周期清单数据库并实现数据的存取、进行计算数据的结果审核与仲裁;云平台应用企业:通过所述云平台使用和管理接口进去供应链网络云平台用户UI界面,能够进行注册、需求申请、数据交互、数据存储等操作。



1. 一种基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统,其特征在于:包含供应链网络云平台、生命周期评估云平台、云平台应用企业;

其中,供应链网络云平台,用于作为直接与企业用户对接的云平台,涵盖了原料获取、元件制造、整机组装、产品分销、产品使用、回收处理的产品生命周期对应的供应链企业;

生命周期评估云平台,用于实现了数据管理、调取、加载、数据挖掘与分析功能,进行碳足迹分析与测算、构建产品生命周期清单LCI数据库并实现数据的存取、进行计算数据的结果审核与仲裁;

云平台应用企业,用于通过所述云平台使用和管理接口进去供应链网络云平台用户UI界面,能够进行注册、需求申请、数据交互、数据存储操作。

2. 根据权利要求1所述的基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统,其特征在于:所述供应链网络云平台包含前端用户UI、对外API接口、后端数据处理分析单元;

前端用户UI,用于企业用户通过用户UI登陆云平台并进行相应的查询、计算、删除、更改信息操作;

对外API接口,包括云平台使用和管理接口、生命周期评估LCA云平台接口,所述云平台使用和管理接口与前端用户UI连接;所述LCA云平台接口用于链接供应链网络云平台和生命周期评估云平台;

后端数据分析处理单元,包括云数据库组件和云网安全产品组件,以支撑前端用户的动作包含增、删、改、查。

3. 根据权利要求1所述的基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统,其特征在于:所述生命周期评估云平台包含平台用户、供应链网络云平台接入身份认证、生命周期评估云平台接口、生命周期评估云平台计算与分析系统;

平台用户,用于通过供应链网络平台的云平台使用和管理接口;

供应链网络云平台接入身份认证,用于使用基于Web界面的相关技术实现身份认证与提出用户请求,企业用户会根据所处供应链环节按照原材料供应商、生产组装商、运输经销商、资源回收商等类别进行划分,另外平台用户还包括监管部门等其他用户;

生命周期评估云平台接口,用于通过调用LCA云平台接口,实现数据申请与录入、数据检索、数据审核、数据建模、数据计算与分析、数据报表等交互式操作功能,具有多层级网络协同控制体系;基于平台用户的请求,平台用户可以通过LCA云平台接口中的数据申请与录入、数据检索功能从碳排放因子数据库中请求和下载已经处理的LCI数据,数据包括原材料、能源利用、运输分销环节;平台用户也可以选择通过LCA云平台的数据申请与录入功能将本地的LCI数据库导入生命周期云平台的云端数据库,首先平台用户的LCI本地数据库需要经过云平台数据核实模块进行数据验证,包括但不限于对数据字符串名称、存储类型、版本信息因素进行审核,审核通过后的数据经过数据抽取、数据清理,装载到LCA云平台的碳排放因子数据库中;

生命周期评估云平台计算与分析系统,包含碳排放因子数据库、碳足迹分析计算模块、数据核实和影响评估功能模块;所述碳足迹分析计算模块具有弹性伸缩和负载均衡的功能,通过设置弹性伸缩阈值,当并发业务增加并超过阈值时,会自动地增加分析计算所需的云主机、内存及GPU资源;当业务量减少并低于阈值时,也会自动地缩减分析计算所需的云主机、内存及GPU资源。

4. 一种基于权利要求1只3任一项所述的云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法,其特征在于:具体包含如下步骤:

步骤1,企业用户或者其他用户通过终端设备进行用户登陆和身份核验,所述终端设备包括但不限于个人电脑、平板电脑、手机、云电脑;供应链网络云平台对登陆用户的身份和所在供应链的环节进行确认和区分;

步骤2,企业用户申请产品或某过程的碳排放因子数据,企业用户可以选择直接与企业建立沟通,该要求经过供应链网络云平台被反馈到具有相应数据的企业,企业将所需数据从企业内部的数据存储库中提取并返回到供应链云平台,以支持数据请求方的产品碳足迹核算;

步骤3,平台用户选择调用LCA评估云平台,在所述平台上进行数据的查询、数据计算、数据审核、数据云端存储操作;具体如下:

平台用户可以只选择在LCA评估平台上进行数据的查询和检索,然后通过供应链网络平台将数据反馈到平台的数据请求用户;平台用户也可以选择只在LCA评估平台上进行数据的计算和审核,借助LCA评估平台帮助平台用户提供按需服务的算力支持,计算的产品或碳足迹也会经过LCA评估平台的审核和仲裁,最后通过供应链网络平台将数据反馈到平台应用请求方;平台用户同样可以选择应用LCA评估平台的全栈能力,即利用LCA评估平台的计算能力、调用碳排放因子数据库、数据核实和影响评估等能力;

步骤4,判断是否调用LCA评估云平台,平台企业用户的数据或者服务申请都会返回到用户的客户端;平台用户可选择在本地进行进一步的计算、数据审核评估,并将碳排放因子和产品碳足迹进行本地存储;

步骤5,经过LCA评估云平台计算更新后的数据会存储到碳排放因子数据库中,便于其他平台用户调用和分析;而企业经过本地分析计算和更新后的数据,在本地存储的同时,也会同步更新到LCA评估云平台的数据库中。

5. 根据权利要求4所述的基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法,其特征在于:以电子产品的加工制作为例,针对产品的碳足迹生命周期过程进行测算;所述电子产品包括手机、平板电脑、个人电脑、智能音箱、电视家用产品,

其中,电子产品的生命周期评价分为六个阶段:原材料获取阶段、元件制造阶段、整机组装阶段、产品分销阶段、产品使用阶段、回收处理阶段;

在所述原材料获取阶段,包含原材料的开采、提炼、锻造环节;

所述元件制造阶段包括初加工、成型、主要元件和其他零部件制造环节;

所述整机组装阶段包括电子产品的组装、焊接、集成、单元测试、整机测试环节;

所述产品分销阶段包括电子产品的打包、装车、运输和配送;

所述产品使用环节主要是指消费者对电子产品的使用,由于电子产品的能源转换特性,其使用阶段主要是消耗电能;

所述回收处理阶段是指电子产品在更新迭代、达到使用寿命、损毁后的回收处理过程,在所述六个阶段均涉及能源的消耗、资源的输入,还有温室气体的产生和废弃物的排放。

6. 根据权利要求5所述的基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法,其特征在于:结合联合国政府间气候变化专门委员会IPCC提出的碳排放核算标准,结合生命周期法和排放因子法,所述产品的碳足迹生命周期测算方法中的计算公式,具体如下:

所述电子产品全生命周期碳足迹计算公式如下:

$$GHG = G_M + G_E + G_F + G_T + G_U + G_R \quad (1)$$

式中, GHG表示电子产品的全生命周期的碳足迹总量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>M</sub>表示原材料获取阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>E</sub>表示元件制造阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>F</sub>表示整机组装阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>T</sub>表示产品分销阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>U</sub>表示产品使用阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>R</sub>表示回收处理阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e)。

7. 根据权利要求5所述的基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法, 其特征在于: 原材料获取、元件制造和整机组装阶段碳足迹计算, 具体如下:

该阶段主要计算生产某电子产品的原料获取过程、加工制造、组装过程中的温室气体的排放以及消耗能源产生的间接碳排放, 计算公式如下:

$$G_M = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (2)$$

$$G_E = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (3)$$

$$G_F = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (4)$$

式中, G<sub>M</sub>表示原材料获取阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>E</sub>表示元件制造阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>F</sub>表示整机组装阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); n表示在原料获取和加工制造过程中原材料种类; A<sub>i</sub>表示第i种材料的活动数据, 一般指的是材料的质量 (kg); EF<sub>i</sub>表示第i种材料的碳排放因子; Q<sub>j</sub>表示在制造过程中第j种气体的活动数据, 一般指的是气体的质量 (kg); GF<sub>j</sub>表示的是第j种气体的碳排放因子; EF表示的是在原材料获取或生产制造过程中利用电能的电力碳排放因子, W表示原材料获取或生产制造过程中的能耗。

8. 根据权利要求5所述的基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法, 其特征在于: 产品分销阶段碳足迹计算, 具体如下:

该阶段的碳足迹测算包括电子产品的原材料从供应商运输至生产制造厂商、生产成品分发至经销商的过程, 计算公式如下

$$G_T = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^i D_{ij} \times Q_i \times EF_i}{\eta_i} \quad (5)$$

式中, G<sub>T</sub>表示产品分销阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); D<sub>ij</sub>表示采用第i种车辆运输到j地的距离 (km); η<sub>i</sub>表示第i种车辆的平均燃油效率, 为固定值, 通过D<sub>ij</sub>/η<sub>i</sub>计算得到第i种运输车辆运输到j地的燃料消耗量L; Q<sub>i</sub>表示第i种车辆的燃料净热值 (MJ/L); EF<sub>i</sub>表示第i种车辆使用燃料的碳排放因子 (kg/MJ)。

9. 根据权利要求5所述的基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法, 其特征在于: 产品使用阶段碳足迹计算, 具体如下:

产品使用阶段的碳排放主要来源于电子产品的电能消耗, 考虑电子产品每天使用、待机、充电时的电能消耗:

$$G_U = Y \times (T_1 W_1 + T_2 W_2 + T_3 W_3) \times EF \times 365 \quad (6)$$

式中, $G_0$ 表示产品使用阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $Y$ 表示电子产品使用年限; $T_1$ 表示产品每天使用的时间; $W_1$ 表示产品每天使用时的功耗; $T_2$ 表示产品每天待机的时间; $W_2$ 表示产品每天待机时的功耗; $T_3$ 表示产品每天充电的时间; $W_3$ 表示产品每天充电时的功耗; $EF$ 表示的是在产品使用过程中利用电能的电力碳排放因子。

10.根据权利要求5所述的基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法,其特征在于:产品回收处理阶段碳足迹计算,具体如下:

该阶段包括电子产品的分解、元件回收、零部件重用及再制造过程,会消耗能源并产生温室气体,其碳排放计算公式如下:

$$G_R = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (7)$$

式中, $G_R$ 表示回收处理阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $n$ 表示在产品资源回收处理过程中原材料种类; $A_i$ 表示第*i*种材料的活动数据,一般指的是材料的质量( $\text{kg}$ ); $EF_i$ 表示第*i*种材料的碳排放因子; $Q_j$ 表示在产品回收过程中第*j*种气体的活动数据,一般指的是气体的质量( $\text{kg}$ ); $GF_j$ 表示的是第*j*种气体的碳排放因子; $EF$ 表示的是在产品回收过程中利用电能的电力碳排放因子, $W$ 表示产品回收过程中的能耗。

## 基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统及实施方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于云计算和大数据领域,尤其涉及一种基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统及实施方法。

### 背景技术

[0002] 要实现减碳,首先要有准确评价碳足迹的方法,对于加工制造业,产品的碳足迹就是指某个产品的温室气体 (GHG) 的排放,其范畴包括二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)、甲烷气体 (CH<sub>4</sub>)、氮氧化物 (N<sub>2</sub>O) 等。

[0003] 在众多的碳足迹评价方法中,生命周期评估 (Life Cycle Assessment, LCA) 具有精度高、针对性强的优势,因此该方法被广泛应用。

[0004] 但是生命周期评估方法要求参与生产的上下游企业和产品使用、销毁的每个阶段都有详细的碳排放因子,对人力和物力资源需求较大。而以云计算、大数据、5G、物联网、人工智能为代表的数字化技术能够有效地赋能节能减排工作,通过数字化技术能够构建产品从原料提取加工到回收循环利用生命周期环节中碳足迹数据的采集、汇聚、分析、决策系统平台。基于云服务平台的碳评价系统可以实时共享安全可靠的产品信息和服务流程信息,便于提高对资源的利用效率、减少人力物力成本,提高碳足迹评估管理的准确性、便捷性和智能程度。由于供应链活动中不止包含物流、资金等信息流,还包括物流、资金等相对于的碳流,也就是碳足迹,因此构建产品制造生产服务云平台能够将供应链与碳足迹管理进行协同管理,提高碳足迹评价的准确性。

[0005] 随着全国碳排放权交易市场的上线,缺乏产品详细、可靠、实时的碳排放数据,碳资产测算与管理难以实现;另外很多企业碳管理意识不强、技术水平有限,自主构建产品生命周期清单 (LCI) 成本过高,缺乏统一、开源和准确性高的碳足迹管理和测算平台,对监管部门进行碳排放核查也增加了难度。因此,为了提高碳足迹核算的准确性和效率,针对上述问题,亟待采用数字化技术建设基于云平台的产品全生命周期的碳足迹评价系统,以提升资源与能源利用效率,推动产业结构优化转型升级,实现社会经济绿色化、智能化发展,最终降低全社会总能耗。

[0006] 现有的相关专利,仍然没有将云平台、供应链和全生命周期测量方法进行结合的案例,在专利CN 115809951 A[1]中,提出了一个基于区块链的产品碳足迹管理方法,该方案通过给产品添加标示编码,能够通过扫码获取组成该产品的多零部件编码,进而从区块链中获得对应所述不见的碳足迹数据,最终确定目标产品的碳足迹数据。该方案只是聚焦于产品和其组成部件的碳足迹获取,并没有以产品全生命周期为维度进行碳足迹测算;此方案没有给出碳足迹的计算公式和方法;并且此方案并没有搭建起云平台,也没有将产品生产的供应链厂商囊括进来,测算精度低,且碳足迹数据实时性、准确性也难以保证。

[0007] 专利CN 114662781 A中,虽然公开了一种基于云端的智能碳足迹评估管理系统,同样没有采用全生命周期评估方法,没有详细获取产品不同生命周期详细的碳排放数据,也没有构建共建、共享、共存、共用的碳足迹测算云平台,也没有体现产品供应链的作用只

是提出了一个基于云端的简单系统架构和评估流程。

[0008] 专利CN 115150438 A中,主要强调一种获取碳排放关键数据的硬件设备,该设备能够获取碳排放数据,并上报给云平台。不涉及产品生命周期评估方法,也没有构建一套可以共享的云平台,其关注点在于设计碳排放采集的终端设备。

[0009] 目前仍然没有检索到基于云计算和大数据技术进行产品全生命周期评估的碳足迹测算方法,本专利是将云制造、云供应链和生命周期碳足迹测算进行交叉结合的创新型发明成果。

## 发明内容

[0010] 本发明所要解决的技术问题是针对背景技术的不足提供本发明提出一种基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统及实施方法,通过结合云计算和大数据技术,提出基于云平台的产品全生命周期的碳足迹评价体系,以提高碳足迹测算的效率和准确性。

[0011] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

[0012] 一种基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统,包含供应链网络云平台、生命周期评估云平台、云平台应用企业;

[0013] 其中,供应链网络云平台,用于作为直接与企业用户对接的云平台,涵盖了原料获取、元件制造、整机组装、产品分销、产品使用、回收处理的产品生命周期对应的供应链企业;

[0014] 生命周期评估云平台,用于实现了数据管理、调取、加载、数据挖掘与分析功能,进行碳足迹分析与测算、构建产品生命周期清单LCI数据库并实现数据的存取、进行计算数据的结果审核与仲裁;

[0015] 云平台应用企业,用于通过所述云平台使用和管理接口进去供应链网络云平台用户UI界面,能够进行注册、需求申请、数据交互、数据存储操作。

[0016] 作为本发明基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的进一步优化方案,所述供应链网络云平台包含前端用户UI、对外API接口、后端数据处理分析单元;

[0017] 前端用户UI,用于企业用户通过用户UI登陆云平台并进行相应的查询、计算、删除、更改信息操作;

[0018] 对外API接口,包括云平台使用和管理接口、生命周期评估LCA云平台接口,所述云平台使用和管理接口与前端用户UI连接;所述LCA云平台接口用于链接供应链网络云平台和生命周期评估云平台;

[0019] 后端数据分析处理单元,包括云数据库组件和云网安全产品组件,以支撑前端用户的动作包含增、删、改、查。

[0020] 作为本发明基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的进一步优化方案,所述生命周期评估云平台包含平台用户、供应链网络云平台接入身份认证、生命周期评估云平台接口、生命周期评估云平台计算与分析系统;

[0021] 平台用户,用于通过供应链网络平台的云平台使用和管理接口;

[0022] 供应链网络云平台接入身份认证,用于使用基于Web界面的相关技术实现身份认证与提出用户请求,企业用户会根据所处供应链环节按照原材料供应商、生产组装商、运输经销商、资源回收商等类别进行划分,另外平台用户还包括监管部门等其他用户;

[0023] 生命周期评估云平台接口,用于通过调用LCA云平台接口,实现数据申请与录入、数据检索、数据审核、数据建模、数据计算与分析、数据报表等交互式操作功能,具有多层级网络协同控制体系;基于平台用户的请求,平台用户可以通过LCA云平台接口中的数据申请与录入、数据检索功能从碳排放因子数据库中请求和下载已经处理的LCI数据,数据包括原材料、能源利用、运输分销环节;平台用户也可以选择通过LCA云平台的数据申请与录入功能将本地的LCI数据库导入生命周期云平台的云端数据库,首先平台用户的LCI本地数据库需要经过云平台数据核实模块进行数据验证,包括但不限于对数据字符串名称、存储类型、版本信息因素进行审核,审核通过后的数据经过数据抽取、数据清理,装载到LCA云平台的碳排放因子数据库中;

[0024] 生命周期评估云平台计算与分析系统,包含碳排放因子数据库、碳足迹分析计算模块、数据核实和影响评估功能模块;所述碳足迹分析计算模块具有弹性伸缩和负载均衡的功能。通过设置弹性伸缩阈值,当并发业务增加并超过阈值时,会自动地增加分析计算所需的云主机、内存及GPU资源;当业务量减少并低于阈值时,也会自动地缩减分析计算所需的云主机、内存及GPU资源。

[0025] 一种基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法,具体包含如下步骤:

[0026] 步骤1,企业用户或者其他用户通过终端设备进行用户登陆和身份核验,所述终端设备包括但不限于个人电脑、平板电脑、手机、云电脑;供应链网络云平台对登陆用户的身份和所在供应链的环节进行确认和区分;

[0027] 步骤2,企业用户申请产品或某过程的碳排放因子数据,企业用户可以选择直接与企业建立沟通,该要求经过供应链网络云平台被反馈到具有相应数据的企业,企业将所需数据从企业内部的数据存储库中提取并返回到供应链云平台,以支持数据请求方的产品碳足迹核算;

[0028] 步骤3,平台用户选择调用LCA评估云平台,在所述平台上进行数据的查询、数据计算、数据审核、数据云端存储操作;具体如下:

[0029] 平台用户可以只选择在LCA评估平台上进行数据的查询和检索,然后通过供应链网络平台将数据反馈到平台的数据请求用户;平台用户也可以选择只在LCA评估平台上进行数据的计算和审核,借助LCA评估平台帮助平台用户提供按需服务的算力支持,计算的产品或碳足迹也会经过LCA评估平台的审核和仲裁,最后通过供应链网络平台将数据反馈到平台应用请求方;平台用户同样可以选择应用LCA评估平台的全栈能力,即利用LCA评估平台的计算能力、调用碳排放因子数据库、数据核实和影响评估等能力;

[0030] 步骤4,判断是否调用LCA评估云平台,平台企业用户的数据或者服务申请都会返回到用户的客户端;平台用户可选择在本地进行进一步的计算、数据审核评估,并将碳排放因子和产品碳足迹进行本地存储;

[0031] 步骤5,经过LCA评估云平台计算更新后的数据会存储到碳排放因子数据库中,便于其他平台用户调用和分析;而企业经过本地分析计算和更新后的数据,在本地存储的同时,也会同步更新到LCA评估云平台的数据库中。

[0032] 作为本发明基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法的进一步优选方案,以电子产品的加工制作为例,针对产品的碳足迹生命周期过程进行测算;所述电



子产品包括手机、平板电脑、个人电脑、智能音箱、电视家用产品。

[0033] 其中,电子产品的生命周期评价分为六个阶段:原材料获取阶段、元件制造阶段、整机组装阶段、产品分销阶段、产品使用阶段、回收处理阶段;

[0034] 在所述原材料获取阶段,包含原材料的开采、提炼、锻造环节;

[0035] 所述元件制造阶段包括初加工、成型、主要元件和其他零部件制造环节;

[0036] 所述整机组装阶段包括电子产品的组装、焊接、集成、单元测试、整机测试环节;

[0037] 所述产品分销阶段包括电子产品的打包、装车、运输和配送;

[0038] 所述产品使用环节主要是指消费者对电子产品的使用,由于电子产品的能源转换特性,其使用阶段主要是消耗电能;

[0039] 所述回收处理阶段是指电子产品在更新迭代、达到使用寿命、损毁后的回收处理过程。在所述六个阶段均涉及能源的消耗、资源的输入,还有温室气体的产生和废弃物的排放。

[0040] 作为本发明基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法的进一步优选方案,结合联合国政府间气候变化专门委员会IPCC提出的碳排放核算标准,结合生命周期法和排放因子法,所述产品的碳足迹生命周期测算方法中的计算公式,具体如下:

[0041] 所述电子产品全生命周期碳足迹计算公式如下:

$$[0042] \quad GHG = G_M + G_E + G_F + G_T + G_U + G_R \quad (1)$$

[0043] 式中, GHG表示电子产品的全生命周期的碳足迹总量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>M</sub>表示原材料获取阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>E</sub>表示元件制造阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>F</sub>表示整机组装阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>T</sub>表示产品分销阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>U</sub>表示产品使用阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>R</sub>表示回收处理阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e)。

[0044] 作为本发明基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法的进一步优选方案,原材料获取、元件制造和整机组装阶段碳足迹计算,具体如下:

[0045] 该阶段主要计算生产某电子产品的原料获取过程、加工制造、组装过程中的温室气体的排放以及消耗能源产生的间接碳排放,计算公式如下:

$$[0046] \quad G_M = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (2)$$

$$[0047] \quad G_E = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (3)$$

$$[0048] \quad G_F = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (4)$$

[0049] 式中, G<sub>M</sub>表示原材料获取阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>E</sub>表示元件制造阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); G<sub>F</sub>表示整机组装阶段的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e); n表示在原料获取和加工制造过程中原材料种类; A<sub>i</sub>表示第i种材料的活动数据,一般指的是材料的质量 (kg); EF<sub>i</sub>表示第i种材料的碳排放因子; Q<sub>j</sub>表示在制造过程中第j种气体的活动数据,一般指的是气体的质量 (kg); GF<sub>j</sub>表示的是第j种气体的碳排放因子; EF表示的是在原材料获取或生产制造过程中利用电能的电力碳排放因子, W表示原材料获取或生产制造过程中的能耗。

[0050] 作为本发明基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法的进一步

优选方案,产品分销阶段碳足迹计算,具体如下:

[0051] 该阶段的碳足迹测算包括电子产品的原材料从供应商运输至生产制造厂商、生产成品分发至经销商的过程,计算公式如下

$$[0052] \quad G_T = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^i D_{ij} \times Q_i \times EF_i}{\eta_i} \quad (5)$$

[0053] 式中, $G_T$ 表示产品分销阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $D_{ij}$ 表示采用第*i*种车辆运输到*j*地的距离(km); $\eta_i$ 表示第*i*种车辆的平均燃油效率,为固定值,通过 $D_{ij}/\eta_i$ 计算得到第*i*种运输车辆运输到*j*地的燃料消耗量 $L$ ;  $Q_i$ 表示第*i*种车辆的燃料净热值(MJ/L); $EF_i$ 表示第*i*种车辆使用燃料的碳排放因子( $\text{kg/MJ}$ )。

[0054] 作为本发明基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法的进一步优选方案,产品使用阶段碳足迹计算,具体如下:

[0055] 产品使用阶段的碳排放主要来源于电子产品的电能消耗,考虑电子产品每天使用、待机、充电时的电能消耗:

$$[0056] \quad G_U = Y \times (T_1 W_1 + T_2 W_2 + T_3 W_3) \times EF \times 365 \quad (6)$$

[0057] 式中, $G_U$ 表示产品使用阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $Y$ 表示电子产品使用年限; $T_1$ 表示产品每天使用的时间; $W_1$ 表示产品每天使用时的功耗; $T_2$ 表示产品每天待机的时间; $W_2$ 表示产品每天待机时的功耗; $T_3$ 表示产品每天充电的时间; $W_3$ 表示产品每天充电时的功耗; $EF$ 表示的是在产品使用过程中利用电能的电力碳排放因子。

[0058] 作为本发明基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法的进一步优选方案,产品回收处理阶段碳足迹计算,具体如下:

[0059] 该阶段包括电子产品的分解、元件回收、零部件重用及再制造过程,会消耗能源并产生温室气体,其碳排放计算公式如下:

$$[0060] \quad G_R = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (7)$$

[0061] 式中, $G_R$ 表示回收处理阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $n$ 表示在产品资源回收处理过程中原材料种类; $A_i$ 表示第*i*种材料的活动数据,一般指的是材料的质量(kg); $EF_i$ 表示第*i*种材料的碳排放因子; $Q_j$ 表示在产品回收过程中第*j*种气体的活动数据,一般指的是气体的质量(kg); $GF_j$ 表示的是第*j*种气体的碳排放因子; $EF$ 表示的是在产品回收过程中利用电能的电力碳排放因子, $W$ 表示产品回收过程中的能耗。。

[0062] 本发明采用以上技术方案与现有技术相比,具有以下技术效果:

[0063] 1、本发明将云计算、大数据等数字化技术与产品碳足迹管理和供应链碳减排相结合,提出了基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价体系,提高碳足迹测算的准确性和效率;

[0064] 2、本发明通过构建面向市场的统一测算平台,提出具有自适应且能实时更新、纠错的数据库和测算模型,能够对基于云平台的产品碳足迹进行实时的获取、跟踪和测算,提高碳管理的精细化程度,便于监管部门的核查和管理;

[0065] 3、本发明通过打通产品生产制造的产业链上下游,突破传统碳足迹管理主要依据

企业内部碳排放因子数据库和开源碳排放因子数据库进行测算的局限,通过开放、共享的云平台能够获取产品制造各个产业链的全生命周期碳足迹数据,为产品碳足迹测算提供强有力的数据、算力支持;

[0066] 4、本发明由于对于企业来说,进行产品碳足迹评价和碳排放因子收集是费时费力费钱的,通过搭建云平台,降低了中小型企业建立自己的产品生命周期LCI数据库的门槛和成本,使得某一产品的产品碳足迹评价更加便捷、高效和可靠;

[0067] 5、本发明提出一种全新的运营和管理模式,通过搭建基于云平台的碳排放因子管理社区,平衡供应链中不同企业的利益;本发明所述的原材料供应商、生产组装商、运输经销商等为核心利益干系人,主要利益干系人需要更新其对应供应链环节的产品碳排放因子数据和相关信息,以此换取其在云平台上进行数据检索、计算、审核和存储等操作的权利。

### 附图说明

[0068] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅是本申请的一些实施例,对于本领域技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0069] 图1是本发明基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统架构图;

[0070] 图2是本发明本实施例中生命周期评估云平台的计算分析方案图;

[0071] 图3是本发明本实施例中基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价流程图;

[0072] 图4是本发明本实施例中电子产品碳足迹生命周期过程图。

### 具体实施方式

[0073] 下面结合附图对本发明的技术方案做进一步的详细说明:

[0074] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。下面根据附图和优选实施例详细描述本发明,本发明的目的和效果将变得更加明白,应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0075] 一种基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统。产品碳足迹测算涉及到原料获取、元件制造、整机组装、产品分销、产品使用、回收处理等过程,任何企业或单位要计算一款产品的碳足迹,都需要将产品生命周期全过程串联起来,涉及到了产品制造商、零件供应商、运输物流商、经销商、资源再利用企业等多个部门。

[0076] 本发明将云计算、大数据等数字化技术与产品碳足迹管理和供应链碳减排相结合,提出了基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价体系,提高碳足迹测算的准确性和效率。

[0077] 通过构建面向市场的统一测算平台,提出具有自适应且能实时更新、纠错的数据库和测算模型,能够对基于云平台的产品碳足迹进行实时的获取、跟踪和测算,提高碳管理的精细化程度,便于监管部门的核查和管理。

[0078] 通过打通产品生产制造的产业链上下游,突破传统碳足迹管理主要依据企业内部碳排放因子数据库和开源碳排放因子数据库进行测算的局限,通过开放、共享的云平台能够获取产品制造各个产业链的全生命周期碳足迹数据,为产品碳足迹测算提供强有力的数据、算力支持。

[0079] 本发明为了实现产品的碳足迹测算,本发明采用的技术方案是设计了一种基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统,能够为企业用户提供测算服务和所需资源,如图1至2所示,所述系统包括:

[0080] 供应链网络云平台101:该平台作为直接与企业用户对接的云平台,涵盖了原料获取、元件制造、整机组装、产品分销、产品使用、回收处理的产品生命周期对应的供应链企业,该平台可以视为一款SaaS化软件产品。所述供应链网络平台搭建了一个面向用户和企业的平台化社区,产品生命周期所有供应链企业均可注册登陆,并由所有供应链上的企业共同支撑和维护碳排放因子等相关信息。

[0081] 所述供应链网络云平台由前端用户UI、对外API接口、后端数据处理分析单元组成,企业用户通过用户UI登陆云平台并进行相应的查询、计算、删除、更改信息等操作。所述对外API接口包括云平台使用和管理接口、生命周期评估(LCA)云平台接口,所述云平台使用和管理接口与前端用户UI连接;所述LCA云平台接口用以链接供应链网络云平台和生命周期评估云平台。所述后端数据分析处理单元包括云数据库组件和云网络安全产品组件,以支撑前端用户的增、删、改、查等动作。所述供应链网络云平台不涉及数据的存储与碳排放的测算,该平台主要作用是构建起供应链成员之间信息共享和协作分析的虚拟组织,以保证注册供应链企业都能够开源产品碳足迹信息,实现产品生命周期中任意供应链企业都能完成碳足迹测算的目的。

[0082] 政府或相关监管部门也能在所述供应链网络云平台登陆和注册,同样可以获取产品生命周期的数据权限与分析结果等审计要素,以实现对整个云平台的监督和管理。

[0083] 生命周期评估云平台102:该平台实现了数据管理、调取、加载、数据挖掘与分析等功能,进行碳足迹分析与测算、构建产品生命周期清单(LCI)数据库并实现数据的存取、进行计算数据的结果审核与仲裁。产品碳足迹的生命周期过程数据是由每个供应链的成员共同参与收集和上传,企业用户通过供应链网络云平台登陆后进行沟通和交易,通过调用LCA云平台接口,在生命周期评估云平台进行数据存储、数据迁移、数据交换、数据挖掘与分析等操作。产品碳足迹的测算分析、数据结果审核与校准、碳排放因子的云端存储等功能均在本平台实现。

[0084] 产品生命周期流程中对应的供应链企业有责任和义务提供其所对应环节的产品碳排放因子、生产制造、运营状况等关键数据,并将数据存储生命周期评估云平台的LCI数据库中。供应链企业可以选择利用所述生命周期评估云平台已有的数据进行分析和测算,也可以更新数据进行分析 and 测算,输入的数据和分析计算后的产品碳足迹结果都会通过多副本存储的方式存储在生命周期评估云平台的数据库中。供应链企业也可以选择仅进行数据的调用与更新存储。

[0085] 云平台应用企业103:该部分是产品全生命周期碳足迹评价云平台的用户模块,所述云平台应用企业通过所述云平台使用和管理接口进去供应链网络云平台用户UI界面,能够进行注册、需求申请、数据交互、数据存储等操作。云平台应用企业能够通过供应链网络

平台链接到生命周期评估云平台,获取所需碳排放因子数据和进行碳足迹分析测算,所得数据会在云平台应用企业本地进行数据核实,如果需要会进行进一步的分析计算,并在企业用户本地客户端进行存储。同时云平台企业用户也可以仅选择进行数据的调用与更新存储,也支持产品碳足迹分析与测算、数据审核均在本地完成。

[0086] 如图2所示,所述生命周期评估云平台的计算分析方案由平台用户201、供应链网络云平台接入身份认证202、生命周期评估云平台接口203、生命周期评估云平台计算与分析系统204构成。平台用户201通过供应链网络平台的云平台使用和管理接口,使用基于Web界面的相关技术实现身份认证与提出用户请求,企业用户会根据所处供应链环节按照原材料供应商、生产组装商、运输经销商、资源回收商等类别进行划分,另外平台用户还包括监管部门等其他用户。所述供应链网络云平台101通过调用LCA云平台接口,实现数据申请与录入、数据检索、数据审核、数据建模、数据计算与分析、数据报表等交互式操作功能,具有多层级网络协同控制体系。

[0087] 基于平台用户的请求,平台用户可以通过LCA云平台接口203中的数据申请与录入、数据检索功能从碳排放因子数据库中请求和下载已经处理的LCI数据,这些数据包括原材料、能源利用、运输分销等环节;平台用户也可以选择通过LCA云平台的数据申请与录入功能将本地的LCI数据库导入生命周期云平台的云端数据库,首先平台用户的LCI本地数据库需要经过云平台数据核实模块进行数据验证,包括但不限于对数据字符串名称、存储类型、版本信息等因素进行审核,审核通过后的数据经过数据抽取、数据清理,装载到LCA云平台的碳排放因子数据库中。云平台用户申请LCA云平台中已有的碳排放因子数据库的数据,以弥补碳排放测算过程中关键数据的缺失,并调用碳足迹分析计算模块,针对产品和服务进行全生命周期的碳足迹分析建模,根据实际计算情况采用自适应算法选择最优计算方案和路径,实现云端的产品生命周期碳足迹计算。数据的影响评估贯穿生命周期评估云平台计算与分析的全流程,结合碳排放因子数据库中的数据和碳足迹分析测算的结果,影响评估工具对数据进行审计,以检验测算结果的合理性和真实性,并最终通过LCA评估平台接口提供数据审核和数据报表,完成对碳足迹测算结果的最终解释。

[0088] 所述生命周期评估云平台计算与分析系统204主要包含碳排放因子数据库、碳足迹分析计算、数据核实和影响评估功能模块。所述生命周期评估云平台的碳足迹分析计算模块具有弹性伸缩和负载均衡的功能。通过设置弹性伸缩阈值,当并发业务增加并超过阈值时,会自动地增加分析计算所需的云主机、内存或者GPU等资源;当业务量减少并低于阈值时,也会自动地缩减分析计算所需的云主机、内存或者GPU等资源。当分析计算模块某一个或者几个计算单元出现故障时,会将业务自动地分配给其余的计算单元,避免单点计算故障。

[0089] 本发明还提供一种所述的基于云平台的产品全生命周期碳足迹评价系统的实施方法,如图3所示,包括:

[0090] 302,首先企业用户或者其他用户通过终端设备进行用户登陆和身份核验,所述终端设备包括但不限于个人电脑、平板电脑、手机、云电脑等。供应链网络云平台对登陆用户的身份和所在供应链的环节进行确认和区分。

[0091] 303,企业用户申请产品或某过程的碳排放因子数据,企业用户可以选择直接与企业建立沟通,该要求经过供应链网络云平台被反馈到具有相应数据的企业,企业将所需数

据从企业内部的数据存储库中提取并返回到供应链云平台,以支持数据请求方的产品碳足迹核算。企业用户也可以选择调用LCA评估云平台的数据检索功能,在LCA评估云平台的内部数据库中进行相应的数据检索。

[0092] 304,平台用户如果选择调用LCA评估云平台,可以在所述平台上进行数据的查询、数据计算、数据审核、数据云端存储等操作。

[0093] 305,平台用户可以只选择在LCA评估平台上进行数据的查询和检索,然后通过供应链网络平台将数据反馈到平台的数据请求用户;平台用户也可以选择只在LCA评估平台上进行数据的计算和审核,借助LCA评估平台帮助平台用户提供按需服务的算力支持,计算的产品或碳足迹也会经过LCA评估平台的审核和仲裁,最后通过供应链网络平台将数据反馈到平台应用请求方;平台用户同样可以选择应用LCA评估平台的全栈能力,即利用LCA评估平台的计算能力、调用碳排放因子数据库、数据核实和影响评估等能力。

[0094] 306,不论是否调用LCA评估云平台,平台企业用户的数据或者服务申请都会返回到用户的客户端。

[0095] 307,平台用户可选择在本地进行进一步的计算、数据审核评估,并将碳排放因子和产品碳足迹进行本地存储。

[0096] 308,经过LCA评估云平台计算更新后的数据会存储到碳排放因子数据库中,便于其他平台用户调用和分析。而企业经过本地分析计算和更新后的数据,在本地存储的同时,也会同步更新到LCA评估云平台的数据库中。

[0097] 具体地,以电子产品的加工制作为例,针对产品的碳足迹生命周期过程进行测算。所述电子产品包括手机、平板电脑、个人电脑、智能音箱、电视等家用或者常用产品。

[0098] 如图4所示,电子产品的生命周期评价分为六个阶段:原材料获取阶段401、元件制造阶段402、整机组装阶段403、产品分销阶段404、产品使用阶段405、回收处理阶段406。在所述原材料获取阶段401,包含原材料的开采、提炼、锻造等环节;所述元件制造阶段402包括初加工、成型、主要元件和其他零部件制造等环节;所述整机组装阶段403包括电子产品的组装、焊接、集成、单元测试、整机测试等环节;所述产品分销阶段404包括电子产品的打包、装车、运输和配送;所述产品使用环节405主要是指消费者对电子产品的使用,由于电子产品的能源转换特性,其使用阶段主要是消耗电能;所述回收处理阶段406是指电子产品在更新迭代、达到使用寿命、损毁后的回收处理过程。在所述六个阶段均涉及能源的消耗、资源的输入,还有温室气体的产生和废弃物的排放。

[0099] 进一步地,结合联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)提出的碳排放核算标准,结合生命周期法和排放因子法,所述产品的碳足迹生命周期测算方法中的计算公式具体如下:

[0100] 1.电子产品全生命周期碳足迹计算

[0101]  $GHG = G_M + G_E + G_F + G_T + G_U + G_R$  (1)

[0102] 公式中,GHG表示电子产品的全生命周期的碳足迹总量(kgCO<sub>2</sub>e);G<sub>M</sub>表示原材料获取阶段的碳排放量(kgCO<sub>2</sub>e);G<sub>E</sub>表示元件制造阶段的碳排放量(kgCO<sub>2</sub>e);G<sub>F</sub>表示整机组装阶段的碳排放量(kgCO<sub>2</sub>e);G<sub>T</sub>表示产品分销阶段的碳排放量(kgCO<sub>2</sub>e);G<sub>U</sub>表示产品使用阶段的碳排放量(kgCO<sub>2</sub>e);G<sub>R</sub>表示回收处理阶段的碳排放量(kgCO<sub>2</sub>e)。

[0103] 2.原材料获取、元件制造和整机组装阶段碳足迹计算

[0104] 该阶段主要计算生产某电子产品的原料获取过程、加工制造、组装过程中的温室气体的排放以及消耗能源产生的间接碳排放,计算公式如下:

$$[0105] \quad G_M = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (2)$$

$$[0106] \quad G_E = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (3)$$

$$[0107] \quad G_F = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (4)$$

[0108] 公式中, $G_M$ 表示原材料获取阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $G_E$ 表示元件制造阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $G_F$ 表示整机组装阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $n$ 表示在原料获取和加工制造过程中原材料种类; $A_i$ 表示第*i*种材料的活动数据,一般指的是材料的质量( $\text{kg}$ ); $EF_i$ 表示第*i*种材料的碳排放因子; $Q_j$ 表示在制造过程中第*j*种气体的活动数据,一般指的是气体的质量( $\text{kg}$ ); $GF_j$ 表示的是第*j*种气体的碳排放因子; $EF$ 表示的是在原材料获取或生产制造过程中利用电能的电力碳排放因子; $W$ 表示原材料获取或生产制造过程中的能耗。

[0109] 3.产品分销阶段碳足迹计算

[0110] 该阶段的碳足迹测算包括电子产品的原材料从供应商运输至生产制造厂商、生产成品分发至经销商的过程,计算公式如下

$$[0111] \quad G_T = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^i D_{ij} \times Q_i \times EF_i}{\eta_i} \quad (5)$$

[0112] 公式中, $G_T$ 表示产品分销阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $D_{ij}$ 表示采用第*i*种车辆运输到*j*地的距离( $\text{km}$ ); $\eta_i$ 表示第*i*种车辆的平均燃油效率,为固定值,通过 $D_{ij}/\eta_i$ 计算得到第*i*种运输车辆运输到*j*地的燃料消耗量 $L$ ;  $Q_i$ 表示第*i*种车辆的燃料净热值( $\text{MJ/L}$ ); $EF_i$ 表示第*i*种车辆使用燃料的碳排放因子( $\text{kg/MJ}$ )。

[0113] 4.产品使用阶段碳足迹计算

[0114] 产品使用阶段的碳排放主要来源于电子产品的电能消耗,这里主要考虑电子产品每天使用、待机、充电时的电能消耗:

$$[0115] \quad G_U = Y \times (T_1 W_1 + T_2 W_2 + T_3 W_3) \times EF \times 365 \quad (6)$$

[0116] 公式中, $G_U$ 表示产品使用阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $Y$ 表示电子产品使用年限; $T_1$ 表示产品每天使用的时间; $W_1$ 表示产品每天使用时的功耗; $T_2$ 表示产品每天待机的时间; $W_2$ 表示产品每天待机时的功耗; $T_3$ 表示产品每天充电的时间; $W_3$ 表示产品每天充电时的功耗; $EF$ 表示的是在产品使用过程中利用电能的电力碳排放因子。

[0117] 5.产品回收处理阶段碳足迹计算

[0118] 该阶段包括电子产品的分解、元件回收、零部件重用及再制造等过程,会消耗能源并产生温室气体,其碳排放计算公式如下:

$$[0119] \quad G_R = \sum_{i=1}^n A_i \times EF_i + \sum_{j=1}^n Q_j \times GF_j + EF \times W \quad (7)$$

[0120] 公式中, $G_R$ 表示回收处理阶段的碳排放量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ); $n$ 表示在产品资源回收处理过

程中原材料种类; $A_i$ 表示第*i*种材料的活动数据,一般指的是材料的质量(kg); $EF_i$ 表示第*i*种材料的碳排放因子; $Q_j$ 表示在产品回收过程中第*j*种气体的活动数据,一般指的是气体的质量(kg); $GF_j$ 表示的是第*j*种气体的碳排放因子; $EF$ 表示的是在产品回收过程中利用电能的电力碳排放因子, $W$ 表示产品回收过程中的能耗。。

[0121] 本领域普通技术人员可以理解,以上所述仅为发明的优选实例而已,并不用于限制发明,尽管参照前述实例对发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实例记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在发明的精神和原则之内,所做的修改、等同替换等均应包含在发明的保护范围之内本实施例中的所有技术特征均可根据实际需要而进行自由组合。

[0122] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



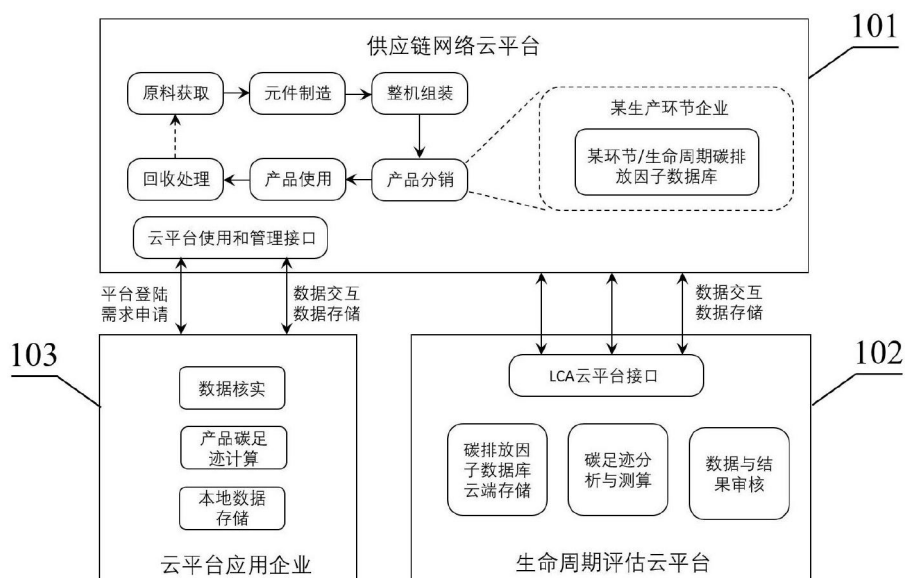


图1

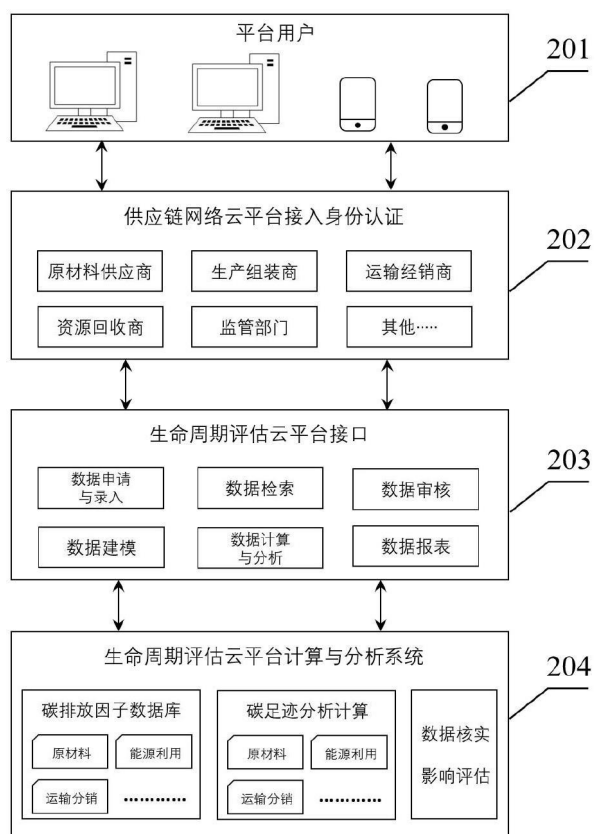


图2

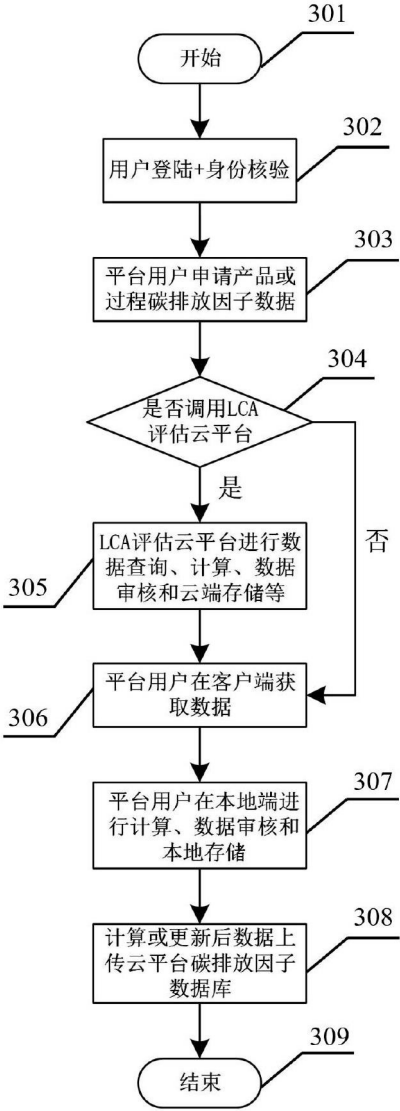


图3

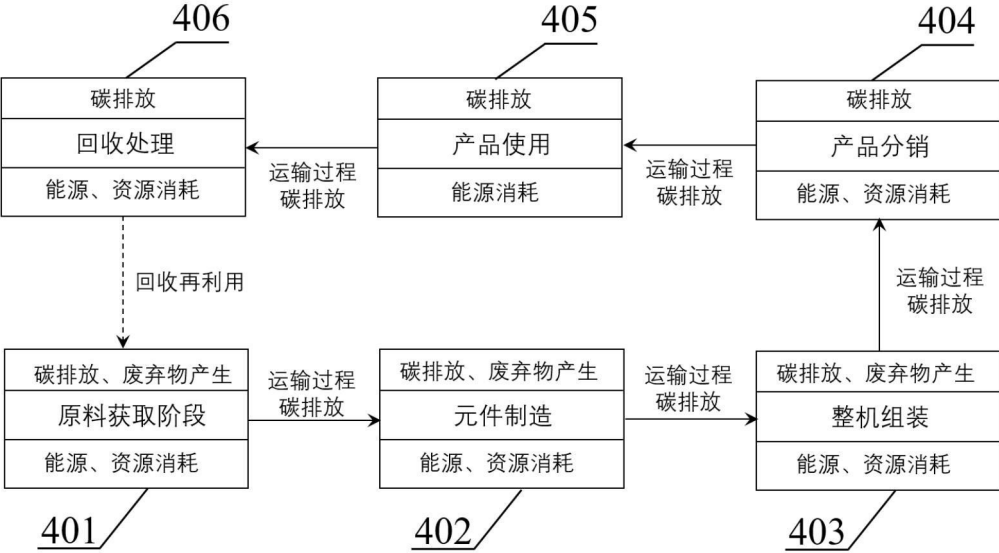


图4