ICS 49.020
CCS V70

团 体 标 准

T/YH 7015-2025

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 液体运载火箭

Greenhouse gas — Quantification method and requirements for carbon footprint of products— Liquid launch vehicle

（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）

2025－06－28 发布　　2025－08－01 实施

中 国 宇 航 学 会
中国宇航学会标准化分会 发布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语、定义和缩略语 1
4 量化目的 3
5 量化范围 3
6 清单分析 5
7 产品碳足迹量化 7
8 结果解释 9
9 报告内容 10
附录 A（资料性）液体运载火箭产品碳足迹量化数据收集表模板 12
附录 B（资料性）常用参数参考值 14
附录 C（资料性）产品碳足迹研究报告模板 18

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这些专利的责任。

本文件由中国宇航学会标准化分会提出并归口。

本文件起草单位：中国运载火箭技术研究院、天津航天长征火箭制造有限公司、中国航天科技集团有限公司、北京精密机电控制设备研究所、首都航天机械有限公司、北京临近空间飞行器系统工程研究所。

本文件主要起草人：崔伟、余昭辉、张文杰、陈俍、邸韫秋、赵文澜、王芸、刘延平、张艳丰、戴立凯、陈思舟、张雷、张亚甜、任晓明。

本文件关键字：产品碳足迹、液体运载火箭

联系方式：

中国宇航学会标准化分会秘书处（中国航天标准化研究所）：010-88108206,tc425@spacechina.com。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 液体运载火箭

1 范围

本文件规定了液体运载火箭碳足迹量化的目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释和产品碳足迹报告。

本文件适用于液体运载火箭产品全生命周期或部分生命周期的温室气体排放量和清除量（以二氧化碳当量表示）的量化，其他类型运载火箭可参照使用。

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 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

GB/T 32455 航天术语 运输系统

3 术语、定义和缩略语

GB/T 24025、GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24067、GB/T 32455界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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，并基于气候变化这一单一影响类型的生命周期评价。

[来源：GB/T 24067—2024，3.1.1]

3.2

液体运载火箭 liquid launch vehicle

采用液体推进剂为主动力工作物质的运载火箭。

[来源：GB/T 32455—2024，3.7]

3.3

温室气体 greenhouse gas；GHG

大气层中自然存在的和由于入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份。

注：本文件涉及的温室气体主要包括二氧化碳（CO2）、甲烷（CH4）、氧化亚氮（N2O）、氢氟碳化合物（HFCs）、全氟碳化合物（PFCs）、六氟化硫（SF6）和三氟化氮（NF3）。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.1]

3.4

生命周期 life cycle

产品系统中前后衔接的一系列阶段，从自然界或自然资源中获取原材料，直至最终处置。

[来源：GB/T 24040—2008，3.1]

3.5

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 24067—2024，3.3.4]

3.6

功能单位 functional unit

用来量化产品系统功能的基准单位。

[来源：GB/T 24067—2024，3.3.7]

3.7

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或温室气体活动数据。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.1]

3.8

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—2024，3.6.3]

3.9

数据质量 data quality

数据在满足所声明的要求方面的能力特性。

[来源：GB/T 24044—2008，3.19]

3.10

分配 allocation

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。

[来源：GB/T 24040—2008，3.17]

4 量化目的

开展液体运载火箭产品碳足迹量化的目的包括但不限于以下方面。

a) 评价产品对气候变化的潜在影响。

b) 用于生产者与上下游供应链或需求者之间的温室气体排放信息沟通。

c) 用于生产者降低产品碳足迹的设计与改进以及同类产品间的对比，其中对比应满足可比性的要求。

5 量化范围

5.1 产品信息

量化液体运载火箭产品碳足迹时，应介绍运载火箭类型、有效载荷及设计轨道位置等信息。产品信息应符合相关产品标准的要求。

5.2 功能单位

液体运载火箭的功能单位为一枚运载火箭产品生命周期内将单位有效载荷运送到指定空间轨道的运载服务。

5.3 系统边界

5.3.1 系统边界设置

液体运载火箭产品碳足迹的系统边界为“从摇篮到坟墓”，包含原材料获取阶段、产品制造阶段、储运阶段、发射阶段和回收及废弃阶段，如图1所示。

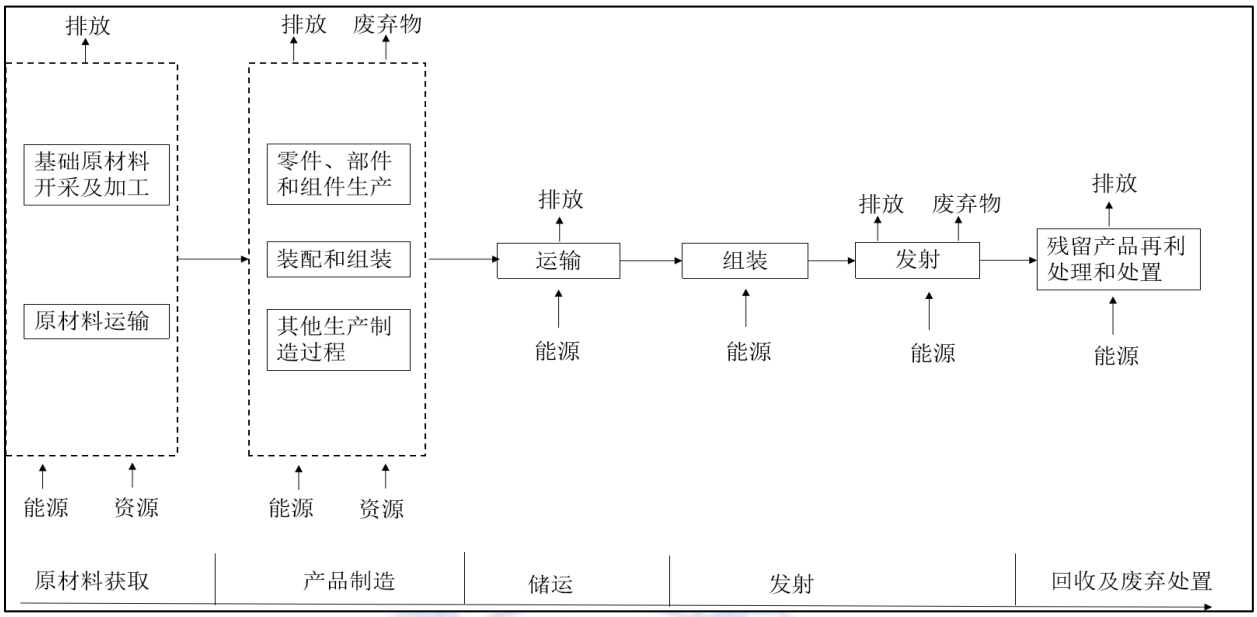


图1　液体运载火箭产品系统边界图

5.3.2　生命周期各阶段描述

5.3.2.1　原材料获取阶段

原材料获取阶段从自然界材料提取时开始，在原材料到达部件生产工厂时终止。除了提取天然材料，还包括再生材料的获取，将原材料进行预处理以及将原材料投入到生产运输设备，以及原材料运输过程。原材料获取阶段的流程包括：

a）铝合金、铁、不锈钢、铜等金属材料的生产和运输过程；

b）碳纤维复合材料、陶瓷等非金属材料的生产和运输过程；

c）液体推进剂的生产和运输过程；

d）其他原材料的生产和运输过程；

e）a）~d）的废弃物处理相关过程。

5.3.2.2　产品制造阶段

产品制造阶段从产品原材料进入工厂开始，到最终产品离开工厂终止。在作为最终产品离开生产阶段之前，产品可能通过许多前端生产过程和相应的中间设施，比如零件、部件和组件的生产。产品的制造阶段的流程包括：

a）零件、部件和组件生产；

b）装配和组装；

c）其他生产制造过程。

5.3.2.3　储运阶段

储运阶段从最终产品离开工厂开始，到运送到发射靶场结束。储运阶段的流程包括：

a)　工厂、仓库间的各类运输，包括空运、船运及陆路运输；

b)　储存。

5.3.2.4 发射阶段

发射阶段从液体运载火箭各系统运送到靶场开始，到发射后送达设计轨道时结束。发射阶段的流程包括：

a）火箭装配测试和推进剂加注过程消耗能源资源；

b）发射过程消耗能源资源。

5.3.2.5 回收及废弃处置阶段

回收及废弃处置阶段从发射完成结束时开始到运输直回收处置点，或产品回归到自然或分配到另一种产品的生命周期结束。该阶段主要考虑对产品和产品包装采取不同的处理处置方式，包括填埋、回收、焚化等。回收及废弃处置阶段的流程包括：

a）收集和运输废弃产品和包装；

b）废弃产品拆解；

c）废弃产品和包装回用；

d）其他回收处理及处置过程。

5.3.3 取舍准则

清单分析和环境影响的贡献均小于0.1%的物质和能量流可以排除在系统边界之外，但总共忽略的部分不应该超过5%。遵循以下准则。

a） 主要的能源输入均列出。

b） 主要的原料及辅料输入均列出。

c） 质量小于原料总消耗0.1%的原材料项目输入可忽略。

d） 道路与厂房等基础设施的建设、各工序设备的制造、厂区内人员及生活设施的消耗和排放、行政办公设施的消耗和排放可忽略。

6 清单分析

6.1 数据的收集和确认

6.1.1 数据收集

6.1.1.1 对于系统边界内的所有单元过程，应收集纳入生命周期清单中的定性和定量数据。这些数据是通过测量、计算或估算得到的，用来量化单元过程的输入和输出（数据收集应参照附录A）。

6.1.1.2 对于可能对研究结论有显著影响的数据，应说明相关数据的收集过程、收集时间以及数据质量的详细信息。如果这些数据不符合数据质量的要求(见6.2)，也应做出说明。

6.1.1.3 活动数据可以通过仪表读数、采购记录、财务报表、直接监测、质量平衡或其他从公司价值链的具体活动中收集数据的方法获取。此外，应了解公司内部系统，包括数据更新频率、单位、格式、预测值的可用性。应预估潜在的变化以及其对核算系统的未来影响，还应考虑年度核算周期内的数据可

用性,确保能够在正确的时间收集高质量数据,用于进一步计算。除了活动数据量化值,还需收集采购商品的相关属性值。原始属性指材料直接属性(如材料名称、型号),而次要属性则进一步说明间接特征(如年份、供应商国家、供应商名称、供应商编号)。使用这些属性参数将活动数据反映到碳排放因子,并对数据进行分析和解释。

6.1.1.4 碳排放因子的核算边界包含生产、运输和使用环节。碳排放因子数据可以通过供应商提供、现场实测、政府主管部门发布的权威数据、国内外权威数据库获取。

6.1.2 数据确认

6.1.2.1 在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查,以确认并提供证据证明数据质量要求符合6.2的规定。

6.1.2.2 数据确认可通过物料平衡、能量平衡、与历史数据和相近工艺数据对比、碳排放因子比较分析等方式，确认数据的准确性与合理性。

6.2 数据质量要求

6.2.1 初级数据

初级数据的质量要求符合下列要求。

a） 代表性：初级数据应按照企业相关单元收集所确定范围内的生产统计数据。

b） 完整性：初级数据的收集应完整覆盖标准中确定的所有需要企业填报的生产初级数据。

c） 准确性：初级数据中的原料、能源、资源消耗数据应来自于相关单元的实际统计记录。所有初级数据应提供相关的原始数据、数据来源、计算过程等信息。数据汇总过程应注意数据单位的转换，各数据应至少保留两位有效数字。

d） 一致性：初级数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

6.2.2 次级数据

次级数据的质量要求符合下列要求。

a） 代表性：次级数据应优先选择企业的主要供应商提供的符合GB/T 2044-2008要求的、经第三方独立验证的产品生命周期评价报告中的数据。若无，应优先选择代表中国国内平均生产水平的公开生命周期评价数据， 数据的参考年限应优先选择近年数据。在没有符合要求的中国国内数据的情况下， 可以选择国外同类工艺技术的数据。

b） 完整性：原辅材料、能源及资源产品相关的次级数据的系统边界应从资源开采到这些原辅材料、 能源及资源产品出厂为止。

c） 一致性：同一第三方机构对同类产品生命周期评价的次级数据选择应保持一致，如果次级数据更新，则生命周期评价报告也应相应更新。

6.3 数据分配

在边界设置或数据收集时，若发现至少有一个过程的输入和输出包含多个产品，则总排放量需要在产品生命周期内进行分，并制定分配方法。分配的原则如下。

a） 尽量避免进行数据分配。

b） 优先使用物理关系参数(包括但不限于生产量、生产工时等)进行分配。

c） 无法找到物理关系时，则依经济价值进行分配。

d） 若使用其他分配方法，须提供所使用参数的基础及计算说明。

7 产品碳足迹量化

7.1 产品碳足迹总量

液体运载火箭碳足迹总量及生命周期内指定空间轨道单位有效载荷碳排放量应分别按公式（1）和公式（2）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位。

$$E_{All} = E_{Mt} + E_{Ma} + E_{St} + E_{La} + E_{Re} \quad \cdots\cdots (1)$$

$$C = E_{All} \div G \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

E_{All} ——液体运载火箭产品碳足迹，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2）；

E_{Mt} ——原材料获取阶段碳足迹，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2）；

E_{Ma} ——产品制造阶段碳足迹，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2）；

E_{St} ——储运阶段碳足迹，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2）；

E_{La} ——发射阶段碳足迹，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2）；

E_{Re} ——回收及废弃阶段碳足迹，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2）；

C ——1枚液体运载火箭产品生命周期内将单位有效载荷运送到指定距离空间轨道的运载服务的碳足迹，单位为吨二氧化碳当量每公斤（tCO_2/kg）；

G ——液体运载火箭运送到空间轨道的载荷，单位为公斤（kg）。

7.2 原材料获取阶段

原材料获取碳排放（E_{Mt}）应按公式（3）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位。

$$E_{Mt} = \sum_i AD_i \times EF_i \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

i:原材料类型；

AD_i——原材料 i 的消耗量，单位为吨（t）；

EF_i——原材料 i 的碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吨（tCO_2/t）；

原材料的碳排放因子优先选用供应商提供的数据。如无法提供，则选用主管部门最新发布的数据或相关计算方法进行计算，可参照附录B中数据。

7.3 产品制造阶段

产品制造阶段碳排放（E_{Ma}）应按公式（4）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位。

$$E_{Ma} = \sum_i （E_{Mai} \times CEF_i \div 1000 + E_{Mai} \times CEF_i'） + E_{other} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots （4）$$

式中:

i——能源或燃料的类型；

E_{Mar} ——生产、装配和组装过程中能源或燃料 *r* 的外购量,单位为千瓦时(kWh)、立方米(m^3)或千克(kg)等；

CEF_i——能源或燃料 *i* 生产的碳排放因子,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时($kgCO_2e/kWh$)、千克二氧化碳当量每立方米($kgCO_2e/m^3$)或千克二氧化碳当量每千克($kgCO_2e/kg$),参见附录 B；

CEF_i'——能源或燃料 *i* 使用的碳排放因子,单位为吨二氧化碳当量每吉焦(tCO2e/GJ),参见附录 B；

E_{other} ——其他过程排放,单位为吨二氧化碳当量(tCO_2e)。

7.4 储运阶段

产品储运阶段碳排放（E_{St}）应按公式（5）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位。

$$E_{St} = E_S + E_T \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots （5）$$

式中：

E_s——产品储运阶段中存储及用于保护过程的碳排放，单位为吨二氧化碳（tCO_2）；

E_r——产品储运阶段中用于周转运输过程的碳排放，单位为吨二氧化碳（tCO2）。

E_s 按公式（6）进行计算。

$$E_S = \sum_i （E_{Si} \times CEF_i \div 1000） \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots （6）$$

式中:

E_{Si}——产品存储过程中能源 i 的外购量,单位为千瓦时(kWh)、立方米(m^3)或千克(kg)等；

CEF_i——能源 i 生产的碳排放因子,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时($kgCO_2e/kWh$)、千克二氧化碳当量每立方米($kgCO_2e/m^3$)或千克二氧化碳当量每千克($kgCO_2e/kg$),参见附录 B。

E_r 按公式（7）进行计算。

$$ET = \sum_i \sum_j W_{ij} \times L_{ij} \times EF_j \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots （7）$$

式中:

i——物料类型;

j——运输方式类型;

Wi_j ——产品 *i* 采用运输方式 *j* 的重量,单位为吨（t）；

L_{ij} ——产品 *i* 采用运输方式 *j* 的运输距离,单位为千米（km）；

EF_j——运输方式 *j* 的碳排放因子,单位为吨二氧化碳每吨每千米 tCO/(t*km)，参见附录 B。

运输距离优先选择实际记录数据。如无法提供，可使用两地之间的最短可行距离。

7.5 发射阶段

产品使用阶段碳排放（E_{ta}）应按公式（8）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位。

$$E_{La}=\sum_i (AD_i \times EF_i \div 1000) \cdots\cdots (8)$$

式中：

AD_i ——发射阶段能源或燃料 i 的消费量,单位为千瓦时(kWh)、立方米(m^3)或千克(kg)等；

EF_i ——能源或燃料 i 生产的碳排放因子,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时($kgCO_2e/kWh$)、千克二氧化碳当量每立方米($kgCO_2e/m^3$)或千克二氧化碳当量每千克($kgCO_2e/kg$),参见附录 B。

发射阶段能源的消费量来自单独计量。

7.6 回收及废弃处置阶段

产品使用阶段碳排放（E_{Re}）应按公式（9）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位。

$$E_{Re}=\sum_i \sum_j W_{ij} \times L_{ij} \times EF_i \cdots\cdots (9)$$

式中：

i——回收或废弃物类型；

j——运输方式类型；

W_{ij} ——回收或废弃物 *i* 采用运输方式 *j* 的重量,单位为吨（t）；

L_{ij} ——回收或废弃物 *i* 采用运输方式 *j* 的运输距离,单位为千米（km）；

EF_j——运输方式 *j* 的碳排放因子,单位为吨二氧化碳每吨每千米 tCO/(t*km)，参见附录 B。

运输距离优先选择实际记录数据。如无法提供，可使用两地之间的最短可行距离。

8 结果解释

8.1 液体运载火箭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 应根据产品碳足迹研究的目的和范围进行结果解释，解释应包括以下内容：

a） 对产品碳足迹和各生命周期阶段碳足迹进行说明 ；

b） 对不确定性分析，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） 对重要输入、输出和方法学选择（包括分配程序）进行的敏感性检查，以理解结果的敏感性和不确定性；

b） 评估替代使用情景对最终结果的影响评价；

c） 评估不同生命末期阶段情景对最终结果的影响评价；

d） 评估建议对结果的影响。

8.4 可比性

产品碳足迹量化结果的对比,应在满足以下所有条件时进行：

a） 产品功能、技术性能和用途是相同的；

b） 功能单位是相同的,系统边界的选取是等同的；

c） 数据的收集与确认是等同的(包括数据的描述、取舍准则、数据质量要求)；

d） 产品碳足迹的量化方法是相同的(包括数据审定、分配和产品碳足迹影响评价)。

9 报告内容

9.1 产品碳足迹研究报告的目的是说明产品碳足迹或部分产品碳足迹符合本文件的规定。

9.2 可将产品碳足迹研究报告中的结果用于足迹信息交流。

9.3 应在产品碳足迹研究报告中完整地、准确地、不带偏向地、透明地、详细地记录和说明结果、数据、方法、假设和生命周期解释，以便相关方能够理解产品碳足迹固有的复杂性和所做出的权衡。

9.4 液体运载火箭产品碳足迹报告应包括但不限于以下内容（报告格式见附录 C）：

a） 基本情况：

1） 委托方和评价方信息 ,包括公司全称、统一社会信用代码、地址、联系人、联系方式等；

2） 报告信息，包括报告编号、编制人员、发布日期等；

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） 目的：

1） 展研究的目的；

2） 预期用途；

c） 范围：

1） 产品说明，包括型号、有效载荷和预计轨道等；

2）功能单位以及基准流；

3）核算边界包括基本流中的系统输入和输出类型，以及有关单元过程处理的决策准则(考虑其对产品碳足迹的重要性）；

4）取舍准则；

5）生命周期各阶段的描述。

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）分配原则与程序；

4）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：

报告中提供按本文件碳足迹的量化方法量化的碳足迹。

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）范围和修改后的范围(如适用)，并说明理由和排除的情况。

g） 其他 :

1）研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料(如有)；

2）产品碳足迹比较(如适用)。

附录 A
（资料性）
液体运载火箭产品碳足迹量化数据收集表模板

A.1 原材料获取阶段

原材料获取阶段清单模板见图 A.1。

材料名称	单位	重量	数据来源	运输距离（km）	运输方式(汽车/火车/船舶/飞机)	备注
材料 1	吨					
……	吨					
……	吨					
……	吨					
材料 n	吨					

图 A.1　原材料获取阶段清单模板

A.2 产品制造阶段

产品制造阶段清单模板见图 A.2。

名称	单位	数量	数据来源	备注
电	千瓦时			
天然气	立方米			
汽油	千克			
……				
……				

图 A.2　产品制造阶段清单模板

A.3 储运阶段

储运阶段清单模板见图 A.3。

过程	名称	单位	数量	数据来源	备注
储存过程	电	千瓦时			
	天然气	立方米			
	汽油	千克			
	……				
运输过程	产品名称	重量（t）	运输距离（km）	运输方式(汽车/火车/船舶/飞机)	备注
	助推				
	……				
	……				

图 A.3　储运阶段清单模板

A.4 发射阶段

发射阶段清单模板见图 A.4。

名称	单位	数量	数据来源	备注
电	千瓦时			
天然气	立方米			
汽油	千克			
航天煤油	千克			
液氢	千克			
液态甲烷	千克			
偏二甲肼	千克			
……				

图 A.4　发射阶段清单模板

A.5 回收及废弃处置阶段

回收及废弃处置阶段清单模板见图 A.5。

名称	重量（t）	运输距离（km）	运输方式(汽车/火车/船舶/飞机)	备注
火箭箭体				
残骸				
……				
……				
……				
……				

图 A.5　回收及废弃处置阶段清单模板

附录 B
（资料性）
常用参数参考值

B.1 能源/燃料生产的碳排放因子

能源/燃料生产的碳排放因子见表 B.1

表 B.1 能源/燃料生产的碳排放因子

能源/燃料名称	生产的碳排放因子	单位	核算边界
全国电网平均供电	0.635	$kgCO_2e/kWh$	包括能源开采、电力生产、电力输送过程
水电	0.035	$kgCO_2e/kWh$	包括能源开采、电力生产、电力输送过程
风电	0.006	$kgCO_2e/kWh$	包括能源开采、电力生产、电力输送过程
核电	0.014	$kgCO_2e/kWh$	包括能源开采、电力生产、电力输送过程
火电	0.971	$kgCO_2e/kWh$	包括能源开采、电力生产、电力输送过程
光伏发电	0.048	$kgCO_2e/kWh$	包括能源开采、电力生产、电力输送过程
生物质发电	0.23	$kgCO_2e/kWh$	包括能源开采、电力生产、电力输送过程
天然气	0.07	$kgCO_2e/m^3$	包括天然气开采、加工、运输等过程，未考虑生产过程溢散排放
汽油	0.487	$kgCO_2e/L$	包括原油开采、加工、运输过程，未考虑生产过程溢散排放
柴油	0.535	$kgCO_2e/L$	包括原油开采、加工、运输过程，未考虑生产过程溢散排放
煤	0.08	$kgCO_2e/kg$	包括原煤开采、洗选过程，未考虑采矿场煤的自燃和瓦斯的溢散排放
航空煤油	0.49	$kgCO_2e/kg$	包括原油开采、加工、运输过程，未考虑生产过程溢散排放
燃料油	0.08	$kgCO_2e/kg$	包括原油开采、加工、运输过程，未考虑生产过程溢散排放
低压蒸汽（0.3MPa）	0.31	$kgCO_2e/kg$	用煤作为能源生产，包括原煤开采、洗选过程、运输及锅炉生产蒸汽过程
中压蒸汽（1MPa）	0.38	$kgCO_2e/kg$	用煤作为能源生产，包括原煤开采、洗选过程、运输及锅炉生产蒸汽过程

注：能源及燃料的碳排放因子未来应根据政府主管部门发布的官方数据进行更新。

B.2 燃料使用过程中的碳排放因子

燃料使用过程中的碳排放量按表 B.2 中参数值及公式（B1）进行计算,材料生产的碳排放因子见表 B.3，运输碳排放因子见表 B.4。

$$CEF_r' = CC \times OF \times {}^{44}\!/_{12} \quad \cdots\cdots（B1）$$

式中：

CC——单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（tC/GJ），采用表 B.2 提供的参数值；

OF——碳氧化率，采用表 B.2 提供的参数值；

${}^{44}\!/_{12}$——二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

表 B.2 常见化石燃料特定参数值

燃料品种		低位发热量 GJ/t，GJ/10^4Nm^3	单位热值含碳量（tC/GJ）	燃料碳氧化率
固体燃料	无烟煤	26.700[a]	27.40×10^{-3}[b]	94%
	烟煤	19.570[c]	26.10×10^{-3}[b]	93%
	褐煤	11.900[a]	28.00×10^{-3}[b]	96%
	洗精煤	26.344[d]	25.41×10^{-3}[b]	90%
	其他洗煤	12.545[d]	25.41×10^{-3}[b]	90%
	型煤	17.460[c]	33.60×10^{-3}[c]	90%
	焦炭	28.435[c]	29.50×10^{-3}[b]	93%
液体燃料	原油	41.816[d]	20.10×10^{-3}[b]	98%
	燃料油	41.816$_d$	21.10×10^{-3}[b]	98%
	汽油	43.070[d]	18.90×10^{-3}[b]	98%
	柴油	42.652[d]	20.20×10^{-3}[b]	98%
	一般煤油	43.070[d]	19.60×10^{-3}[b]	98%
	液化天然气	51.44[d]	15.30×10^{-3}[b]	98%
	液化石油气	50.179[d]	17.20×10^{-3}[b]	98%
	煤焦油	33.453[d]	22.00×10^{-3}[a]	98%
气体燃料	炼厂干气	45.998[d]	18.20×10^{-3}[b]	99%
	焦炉煤气	179.81[d]	13.58×10^{-3}[b]	99%
	高炉煤气	33.000[c]	70.80×10^{-3}[a]	99%
	转炉煤气	84.000[c]	49.60×10^{-3}[c]	99%
	其他煤气	52.270[d]	12.20×10^{-3}[b]	99%
	天然气	389.310[d]	15.30×10^{-3}[b]	99%

[a]：数据取值来源为《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》

[b]：数据取值来源为《省级温室气体清单指南（试行）》

[c]：数据取值来源为《中国温室气体清单研究（2007）》

[d]：数据取值来源为《中国能源统计年鉴（2019）》

表 B.3 材料碳排放因子

材料名称	碳排放因子	单位
钢(平均)型钢	2.54	tCO_2/t
低碳钢钢制品	2.63	tCO_2/t
铁	2.29	tCO_2/t
铜	5.8	tCO_2/t
铝	15.8	tCO_2/t
再生铝	0.72	tCO_2/t
金(平均)	22200	tCO_2/t
银	28.1	tCO_2/t
锡	21.6	tCO_2/t
镍	24.7	tCO_2/t
锰	2.47	tCO_2/t
锌	2.13	tCO_2/t
铅	2.74	tCO_2/t
焊材	55.3	tCO_2/t
电缆	1.116	tCO_2/t
油漆	3.5	tCO_2/t
硅	5.84	tCO_2/t
陶瓷	0.74	tCO_2/t
玻璃	1.3	tCO_2/t
橡胶	2.73	tCO_2/t
塑料	8.21	tCO_2/t
无石棉	2	tCO_2/t
聚四氟乙烯	1.77	tCO_2/t
氧化铝	2.4678	tCO_2/t
氯化钙	1.19	tCO_2/t

表 B.4 运输碳排放因子

运输方式	碳排放因子	单位
道路交通(平均)	0.074	$KgCO_2/(t·km)$
重型货车	0.049	$KgCO_2/(t·km)$
中型货车	0.042	$KgCO_2/(t·km)$
轻型货车	0.083	$KgCO_2/(t·km)$
航空(平均)	1.222	$KgCO_2/(t·km)$
超大型飞机	1.286	$KgCO_2/(t·km)$
大型飞机	0.969	$KgCO_2/(t·km)$
中型飞机	1.164	$KgCO_2/(t·km)$
小型飞机	1.467	$KgCO_2/(t·km)$
铁路(平均)	0.007	$KgCO_2/(t·km)$
内燃机列车	0.007	$KgCO_2/(t·km)$
水运(平均)	0.012	$KgCO_2/(t·km)$
杂货船	0.019	$KgCO_2/(t·km)$
集装箱船	0.01	$KgCO_2/(t·km)$
干散货船	0.007	$KgCO_2/(t·km)$
多用途船	0.012	$KgCO_2/(t·km)$

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如下。

液体运载火箭产品碳足迹报告

（报告编号：_____）

产　品　名　称：_____

产品规格型号：_____

生　产　者　名　称：_____

报　告　编　号：_____

编　制　人　员：_____

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　　：

统一社会信用代码：

法 定 代 表 人 ：

授权人（联系人）：

联 系 电 话 ：

企 业 概 况 ：

2、产品信息

产 品 名 称 ：

产品执行标准：

产 品 功 能 ：

主要性能指标：

产 品 介 绍 ：

产 品 图 片 ：

生产工艺流程：

3、量化方法

依 据 标 准 ：

二、量化目的

三、量化范围

1、功能单位

以 1 枚（火箭类型）为功能单位或声明单位。

2、系统边界

将系统边界界定为“从摇篮到坟墓”并具体描述。

3、取舍准则

采用的取舍准则以_____为依据，具体规则如下：

4、时间范围

目标火箭的制造周期为_____年____月至_____年____月。

四、清单分析

应编制液体运载火箭产品边界内的所有材料/能源输入、输出清单，作为碳排放核算的依据。如果数据清单有特殊情况、异常点或其它问题，应在报告中进行明确说明。

数据收集时间段应予以报告。

清单数据中未包含的过程数据需要予以报告，或者根据取舍准则的规定进行调整。

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：_____

3、清单结果及计算

生命周期各阶段碳排放计算参考附录 A 和附录 B 的表，请根据实际情况填写目标产品的阶段流程内情况，完成碳排放计算。

4、数据质量评价（可选）

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。

5、产品碳足迹计算

五、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/□声明单位的产品），从_____（填写某生命周期阶段）到_____（填写某生命周期阶段）生命周期碳足迹总量为_____tCO_2，生命周期内单位有效载荷碳排放量为_____tCO_2/吨/公里。各生命周期阶段的温室气体排放情况如下表和下图所示。

表　产品生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳排放（t）	百分比（%）
原材料获取		
产品制造		

储运		
发射		
回收及废弃处置		

图X　各生命周期阶段碳排放分布图

注：具体产品生命周期阶段碳排放分布图一般以饼状图或是柱形图表示各生命周期阶段的碳排放情况。

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