



中汽碳(北京)数字技术中心有限公司

---

# 基于 L C A 的 产 品 碳 足 迹 分 析

碳管理咨询室

2023年8月

# 目录

## Contents

- 01 碳足迹是什么
- 02 产品碳有啥用
- 03 产品碳怎么算
- 04 碳核算的应用
- 05 碳核算的工具
- 06 中小企业碳管理援助计划

# 目录

## Contents

- 01 碳足迹是什么
- 02 产品碳有啥用
- 03 产品碳怎么算
- 04 碳核算的应用
- 05 碳核算的工具
- 06 中小企业碳管理援助计划

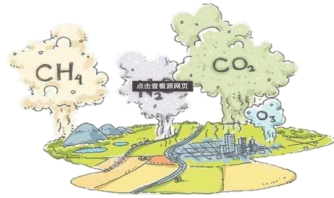
# 1.1 碳足迹的概念

## 碳足迹 (CFP) 概念及类型

### 碳足迹概念

#### ■ 碳 (GHG)

通常: CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>、HFC、PFC



#### ■ 碳足迹 (CFP)

个人、产品、组织/企业直接/间接导致的温室气体排放总量, 是国际上衡量温室气体 (GHG) 排放的重要指标。



#### ■ 产品碳足迹 (PCF)

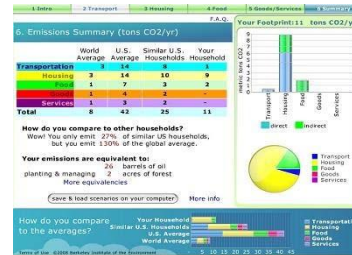
产品碳足迹 (PCF) 产品系统从“摇篮”到“坟墓”的全生命周期温室气体排放总量, 即从原材料开采、产品生产、分销、使用到最终处置/再生利用等各阶段的温室气体排放的累加。



### 碳足迹类型

#### ■ 个人碳

以个人消费结构、能源用量、交通型態等为依据, 评估个人或家庭日常生活的温室气体排放量, 主要用于指导公众自发碳减排。



#### ■ 产品碳

计算产品在原材料开采、运输、产品制造、使用、直至最终废弃等全生命周期的温室气体排放量。

- 英国的Carbon Trust公司在2007年发起了首个碳标识工程“Carbon-Reduction Label”, 要求制造商在包装上明确标识产品的碳足迹与未来两年的减排承诺, PAS2050标准, 目前该标识已经涵盖超过数百种产品。

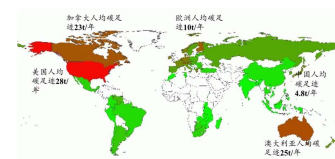
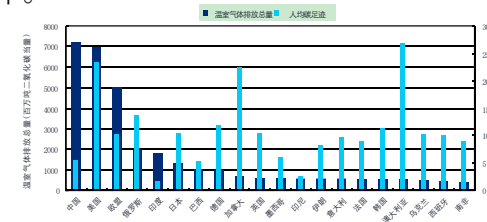


#### ■ 组织/企业碳

企业碳足迹更为复杂, 在产品碳足迹的基础上, 还增加了非生产性的活动, 例如相关投资、企业管理等的碳排放量的计算。

#### ■ 国家碳

整个国家的总体物质与能源的耗用所产生的温室气体排放量, 通常从生产端考虑, 计算一个国家每年实际产生的温室气体总量。

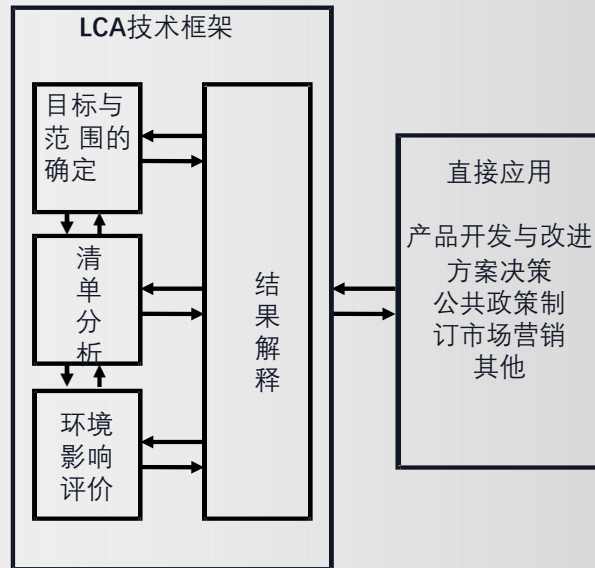


## 1.2 碳足迹的起源

碳足迹起源于生命周期评价 (LCA)，但聚焦于气候变化 (温室效应) 这一特定影响类型，遵守LCA的一般框架

1997年ISO14040标准

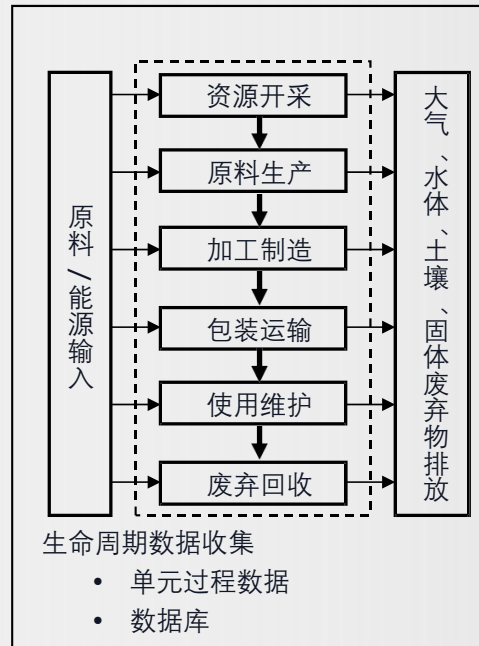
- 目的与范围的确定 (goal and scope definition)
- 清单分析 (inventory analysis)
- 影响评价 (impact assessment)
- 结果解释 (life cycle interpretation)



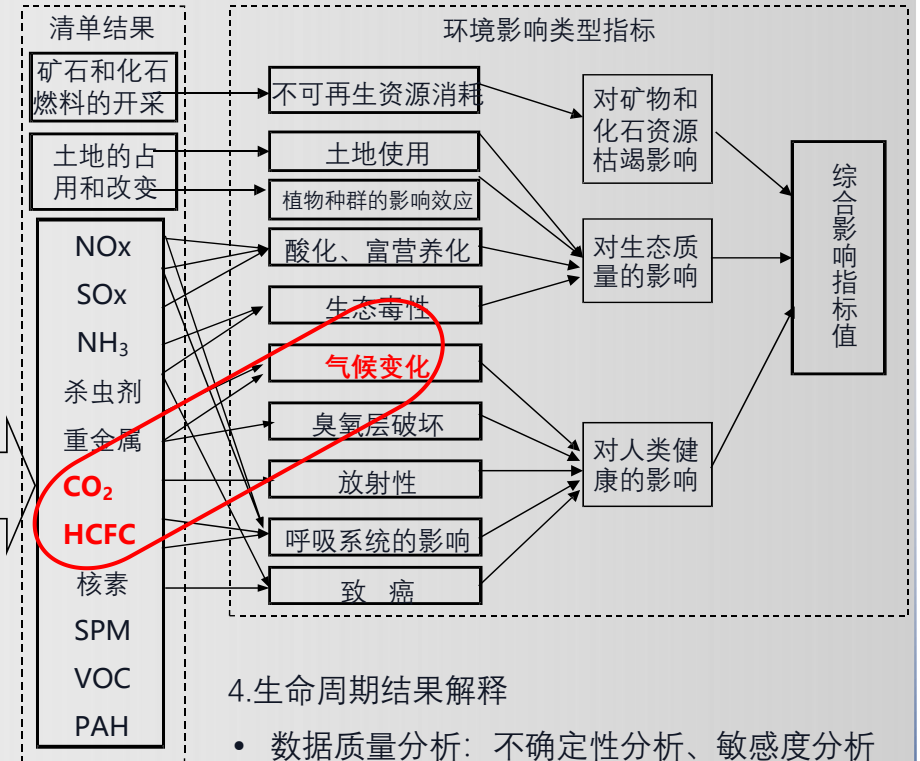
1. 目标与范围的确定

- 产品/功能单位
- 系统边界
- 目标应用

2. 生命周期清单分析(LCI)



3. 生命周期影响评价 (LCIA)



4. 生命周期结果解释

- 数据质量分析：不确定性分析、敏感度分析
- 环境热点辨识
- 对比分析：工艺改进潜力、产品生态设计
- 经济、社会效益分析

# 目录

## Contents

- 01 碳足迹是什么
- 02 产品碳有啥用
- 03 产品碳怎么算
- 04 碳核算的应用
- 05 碳核算的工具
- 06 中小企业碳管理援助计划

## 2 碳足迹有啥用

碳足迹的作用是为解决**碳有多少-哪里碳多-碳怎么减**的问题提供**数据支撑**

### 碳足迹应用思路

- ◆ 基本作用：**碳有多少**
  - 定量核算生命周期过程碳排放总量
- ◆ 碳热点分析：**哪里碳多**
  - 贡献分析与重点过程识别
- ◆ 多方案比较：**碳怎么减**
  - 场景分析--改进潜力、改进方案比较，生态设计、新技术应用、供应链管理等

### 生命周期碳足迹应用示例

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 企业应用                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 制定碳减排目标</li> <li>▪ 碳减排策略与措施</li> <li>▪ 供应链管理</li> <li>▪ 碳信息披露</li> <li>▪ 市场竞争与公共宣传</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Co-ca-Cola: 减少25%, 2015-2030</li> <li>▪ NIKE: 减少46%, 2019-2030</li> <li>▪ Mercedes-Benz: 减少50%, 2018-2030</li> <li>▪ Apple: 清洁电力、铝(水电)、铝工艺零排放</li> <li>▪ Mercedes-Benz: 要求供应链减排3-5%</li> <li>▪ Apple: 碳清除</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 政府应用                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 碳税政策: 碳税、碳边境调节(欧盟、加拿大)、碳交易等</li> <li>▪ 绿色产品统一市场: 欧盟、中国绿色产品评价与认证</li> <li>▪ 环境政策: 生态环境部-碳环境影响评价纳入项目环评</li> </ul> </li> </ul> |
|--|---|--|

## 2 碳足迹有啥用

### 苹果公司碳足迹的核算结果和减碳方案

#### ■ Apple 公司目标

- ✓ 2030 年, 碳中和
- ✓ 2030 年, 净零碳产品

#### ■ CFP核算: 22.6 M-t CO<sub>2</sub>e WRI 方法

- ✓ 直接碳<1%
- ✓ 间接(电力)为0
- ✓ 供应链99%

#### ■ Apple 公司减碳足迹方案:

##### ✓ 低碳设计

材料选择、材料效率和产品能源效率来设计产品和制造工艺, 以减少碳密集度。

##### ✓ 能源效率

提高设施和供应链的能源效率。

##### ✓ 可再生电力

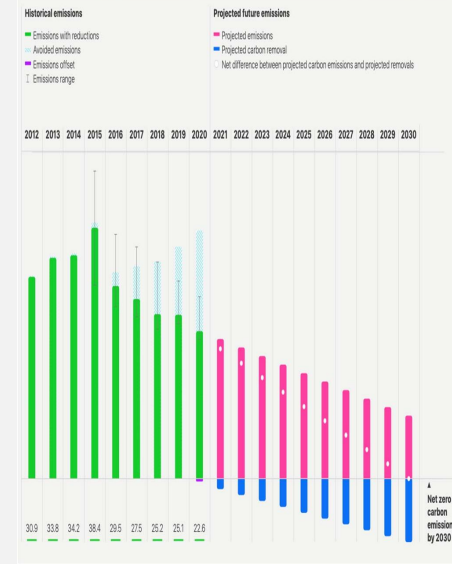
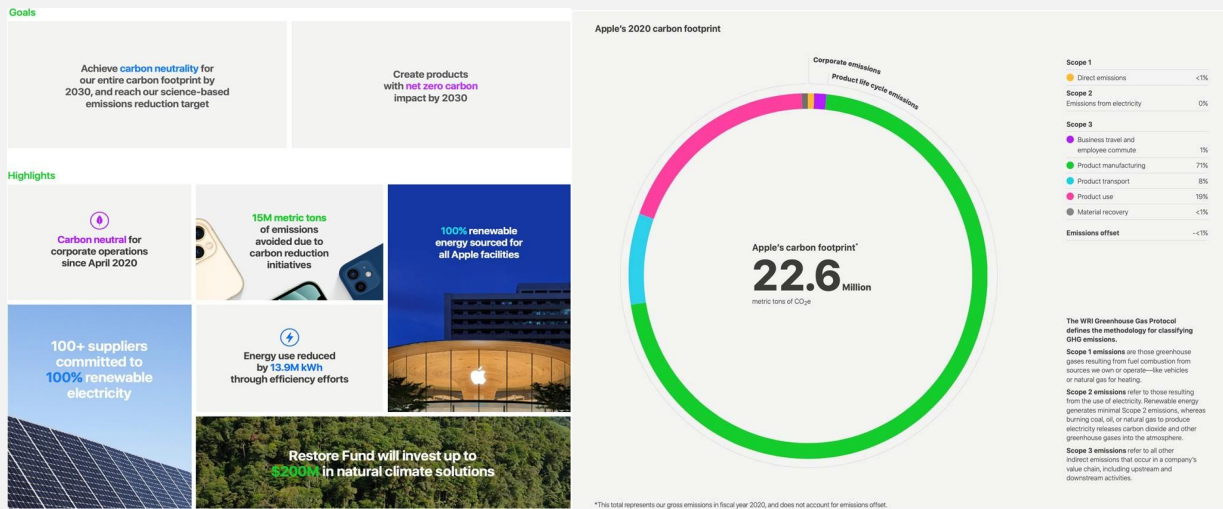
100% 可再生电力, 并将整个供应链过渡到100% 清洁、可再生的电力来源。

##### ✓ 直接减排

工艺创新、减排和使用非化石低碳燃料, 避免自己设施和供应链中直接排放温室气体。

##### ✓ 除碳

将扩大对碳清除项目的投资, 包括保护和恢复世界各地生态系统。





# 目录

## Contents

- 01 碳足迹是什么
- 02 产品碳有啥用
- 03 产品碳怎么算**
- 04 碳核算的应用
- 05 碳核算的工具
- 06 中小企业碳管理援助计划

### 3.1 碳核算基本逻辑

产品碳足迹核算的**基本逻辑**是各过程**量**×**因子**的**累加**，量的数据来自数据收集，因子的数据来自数据库或者数据收集

#### 碳足迹基本计算公式

$$GHG = \sum_{i=1}^n m_i \cdot EF_i$$

式中:

**GHG**: 温室气体排放总量, kgCO<sub>2</sub>-eq

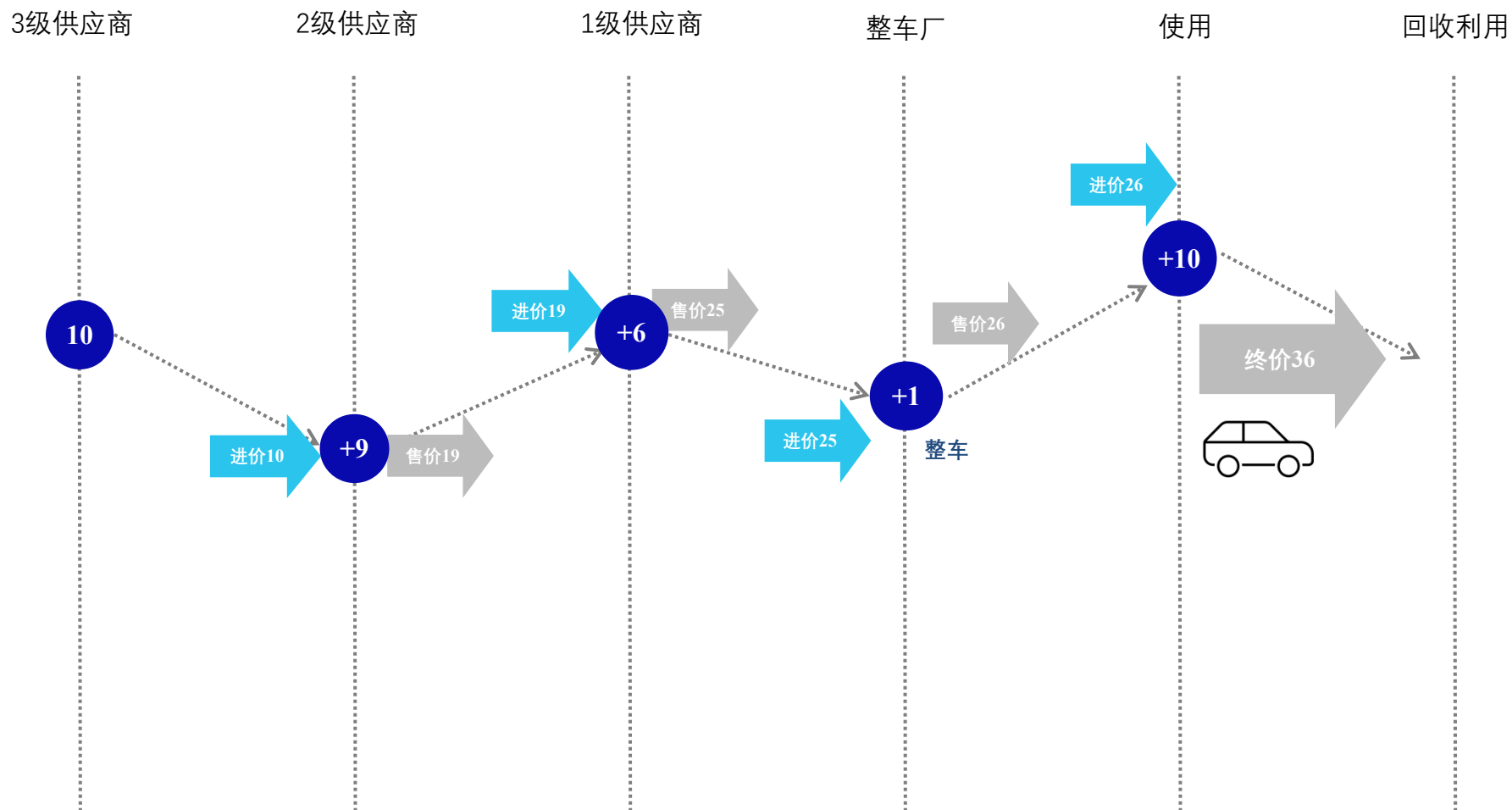
**m**: i类物质或能源的**量**, kg or kWh or...

**EF<sub>i</sub>**: i类物质或能源的碳排放**因子**, kgCO<sub>2</sub>-eq/kg or kWh or...

**n**: 生命周期内的n个过程

### 3.2 碳核算一般思路

产品碳核算：类似于“增值税”，产品碳就是供应链各组织范围的一部分（参与最终产品生产的部分）的加和



### 3.2 碳核算一般思路

产品碳核算：类似于“增值税”，产品碳就是供应链各组织范围的一部分（参与最终产品生产的部分）的加和

#### A工厂2022年碳排放

##### ■ 一次能源

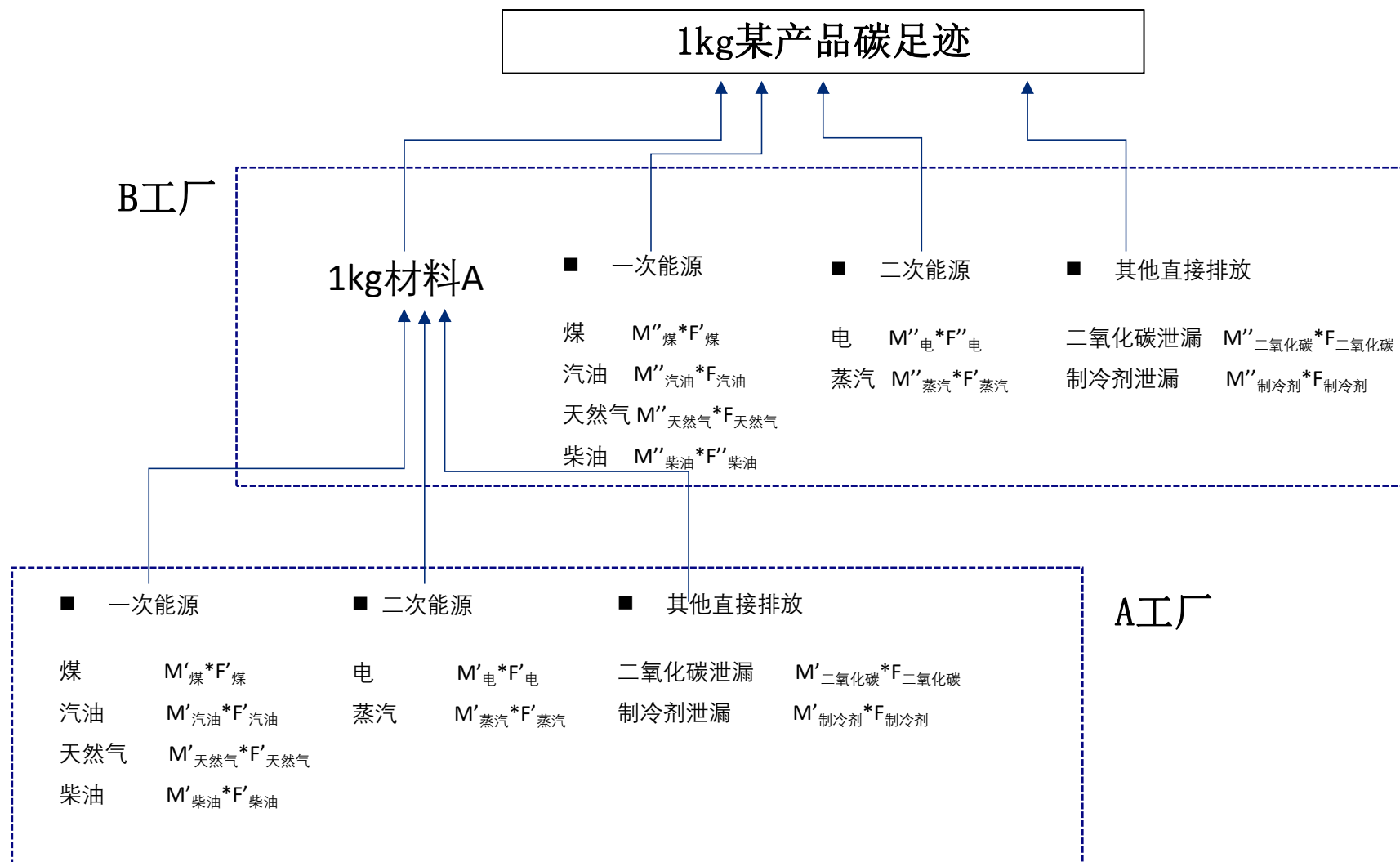
- 煤  $M_{煤} * F_{煤}$
- 汽油  $M_{汽油} * F_{汽油}$
- 天然气  $M_{天然气} * F_{天然气}$
- 柴油  $M_{柴油} * F_{柴油}$

##### ■ 二次能源

- 电  $M_{电} * F_{电}$
- 蒸汽  $M_{蒸汽} * F_{蒸汽}$

##### ■ 其他直接排放

- 二氧化碳泄漏  $M_{二氧化碳} * F_{二氧化碳}$
- 制冷剂泄漏  $M_{制冷剂} * F_{制冷剂}$



### 3.2 碳核算一般思路

产品碳和组织碳因子的**差异**：产品碳因子要考虑上游带来的碳，而组织碳因子不需要

类别	项目	组织碳因子	产品碳因子
一次能源	煤	组织碳的因子普遍小一点，因为不需要考虑上游如能源生产的碳排放，只考虑使用过程的碳排放如燃烧	产品碳的因子普遍大一点，因为不但需要考虑上游如能源生产的碳排放，还考虑使用过程的碳排放如燃烧
	汽油		
	柴油		
	天然气		
二次能源	电力	组织碳的因子普遍小一点，因为不需要考虑上游的碳排放，只考虑二次能源生产过程的碳排放	产品碳的因子普遍大一点，因为不但需要考虑上游的碳排放，还考虑二次能源生产过程的碳排放
	蒸汽		
其他直接排放	二氧化碳	产品碳和组织碳的因子没有差异，都是取自IPCC公布的各温室气体特征化因子GWP值	
	制冷剂		

# 目录

## Contents

- 01 碳足迹是什么
- 02 产品碳有啥用
- 03 产品碳怎么算
- 04 碳核算的应用**
- 05 碳核算的工具
- 06 中小企业碳管理援助计划

## 4 核算应用

轻量化设计是否一定会更低碳，碳足迹核算可以用**定量的数据**来探究

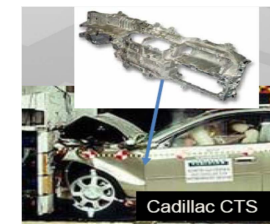
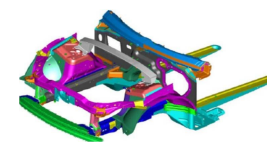
- 近20%的人为温室气体排放是由交通运输部门产生
- 交通工具使用过程中所需的能量超过其生产及回收所消耗能量的4倍
- 超过80%的温室气体排放在交通工具的使用过程中产生



按照现有交通布局，交通运输工具采取轻量化措施后，全球每年将具备 削减6.6亿t温室气体排放的潜力。

### ● 汽车前端部件的碳排放比较研究

- 某轿车前端部件使用钢材的GHG与使用其他材料进行比较。
- 在达到同等安全性能的条件下，设计可选材料包括**镁合金、铝合金**和**先进高强度钢**。



## 4 核算应用

### 系统边界：“摇篮到坟墓”的全生命周期过程

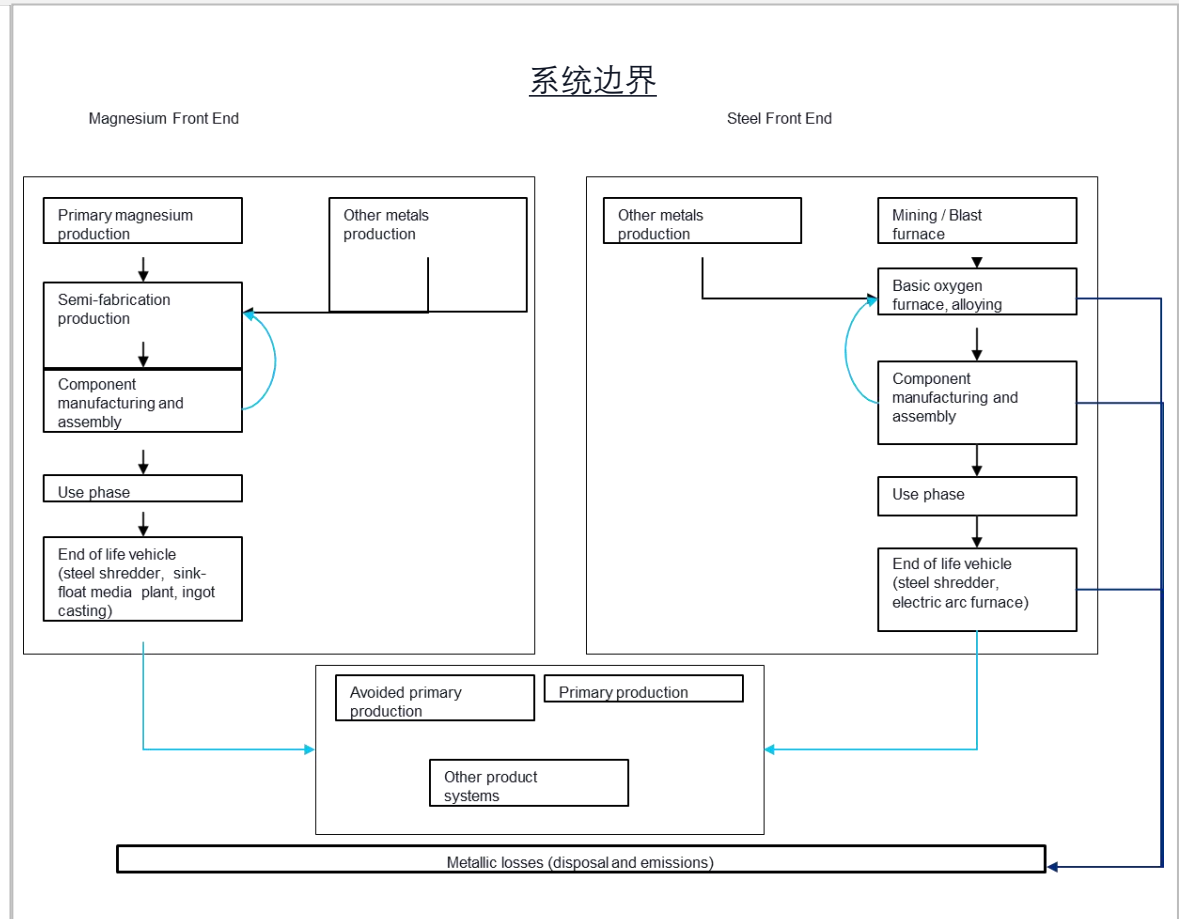
- US-Canada-China Joint Research & Development Project - Magnesium Front End Development (MFED)



功能单位?

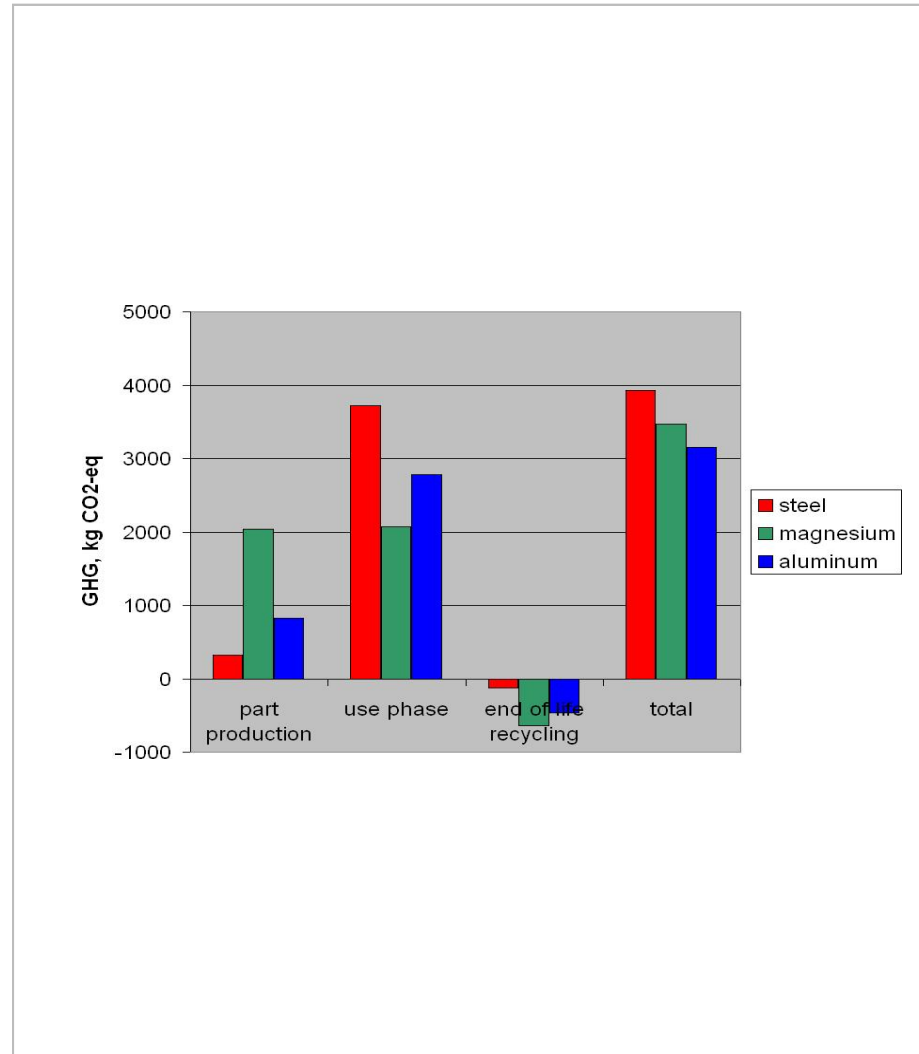
- 轿车: Cadillac
- 前端部件: 82.2kg钢
- 功能单位: 200,000 km

材料	相对于车用钢的减重潜力		
先进高强度钢 (AHSS)	20%~25%	钢部件	82.2 kg
铝	40%~50%	铝合金	61 kg
镁	30%~50%	镁合金	45.2 kg

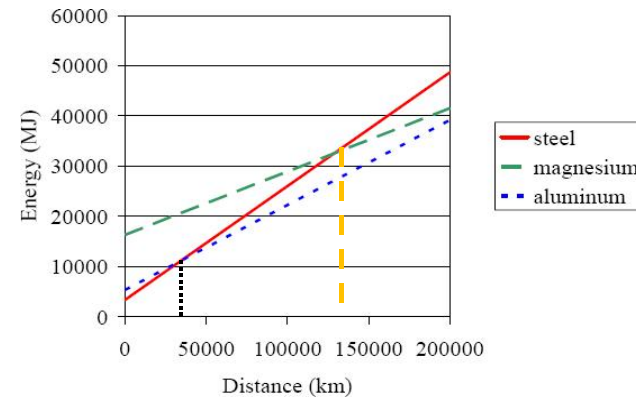




## 碳排放核算结果与分析

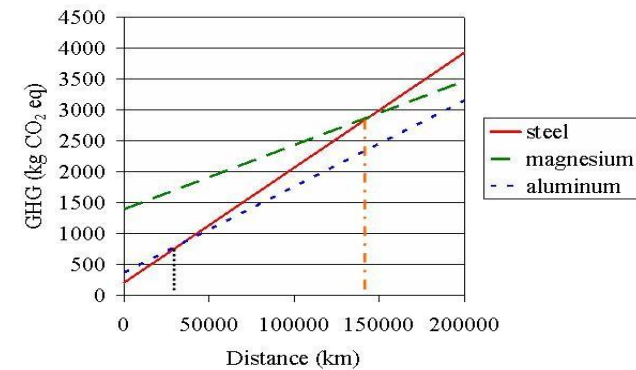


参考Ramakrishnan等和2005年中国镁的环境负荷数据



能耗:

- 铝VS钢, 临界距离3.5万km, 总能耗相等  
即, 在超过这个临界距离后, 铝材质部件的汽车显示出节能效果
- 镁VS钢, 临界距离12.8万km



温室气体排放:

- 铝VS钢, 临界距离3.5万km, 温室气体排放量相等
- 镁VS钢, 临界距离14.4万km

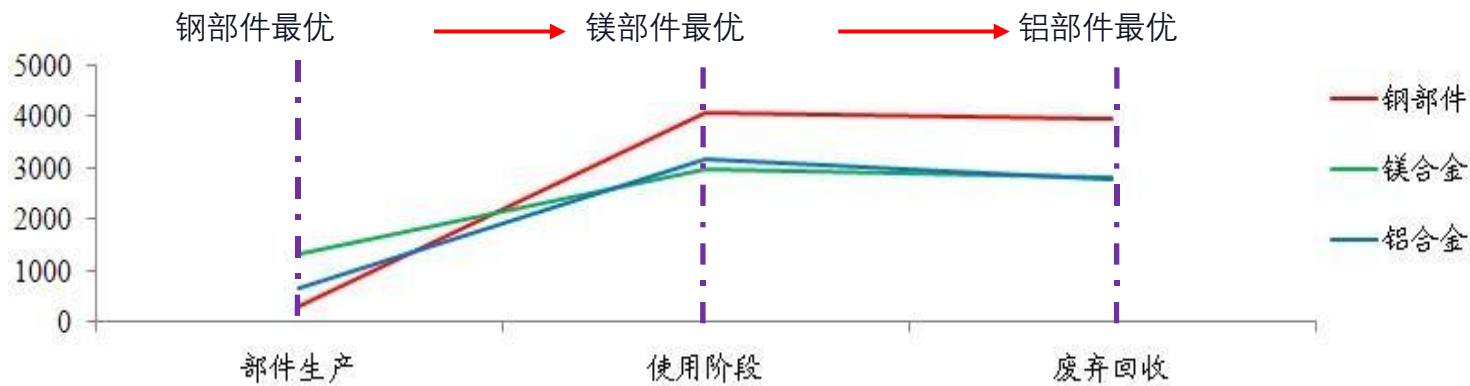
Source: Alain D., Gong X.Z. et al ,SAE International, 2010

## 4 核算应用

### 碳排放核算结果与分析

全生命周期温室气体排放对比 (2005年)

温室气体排放	部件生产	使用阶段	生产+使用	回收处理	全生命周期
钢部件	293	3795	4088	-113	3975
镁合金	1324	1667	2991	-149	2842
铝合金	647	2531	3178	-413	2765



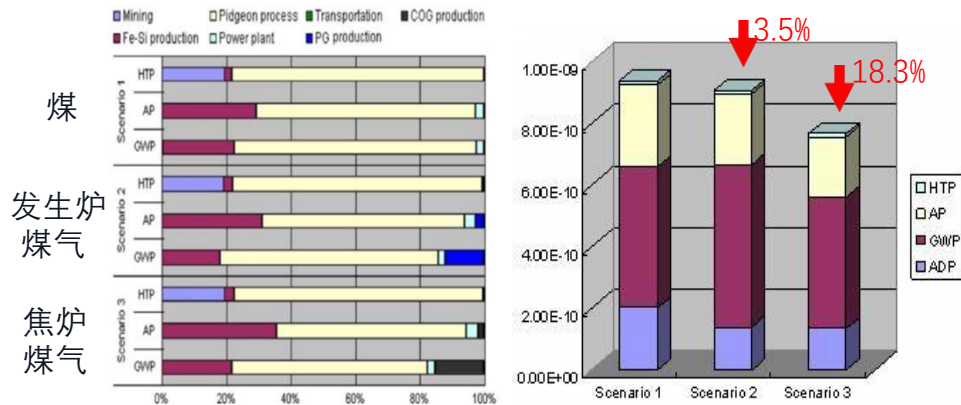
(Source: SAE International, 2010)

结论：最轻 ≠ 最节能 (2005年数据) ???

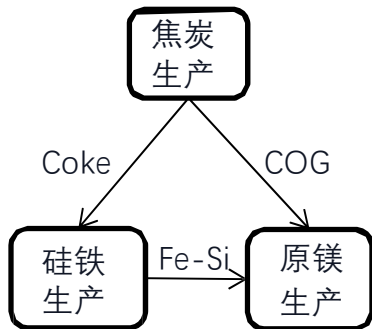
## 4 核算应用

### 原镁生产环境负荷改进场景与措施

#### (1) 原镁生产能源利用方案的优化

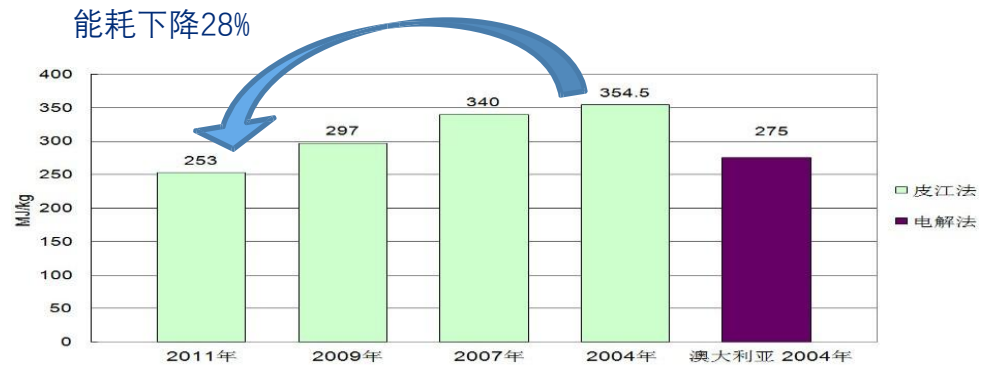


#### (2) 原镁生产共生型产业链构建



- 实现产业链中各成员之间物质传递、供应、副产品交换和能量梯级利用。
- 节约资源、能源，减少焦炭、原镁生产污染物排放，同时降低生产成本。

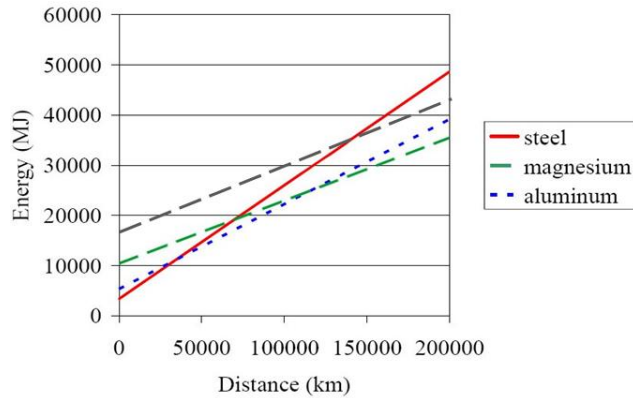
#### 实施效果



Feng Gao, Zuoren Nie, et al. Int J Life Cycle Assess, 2009, 14(5): 480

## 实施效果分析

(采用2011年中国镁环境负荷数据修正)



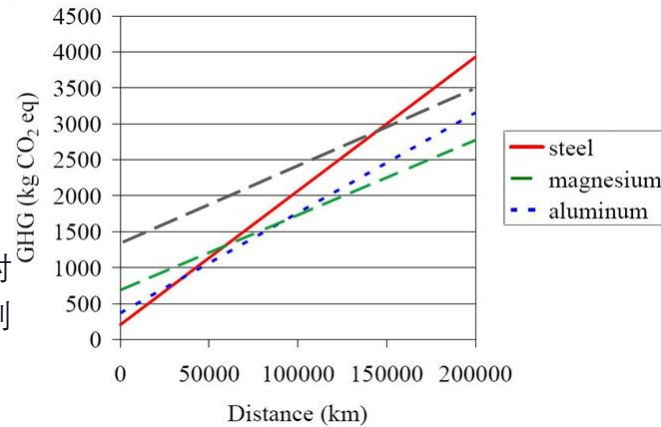
能耗:

镁VS钢, 临界距离12.8→6.7万km

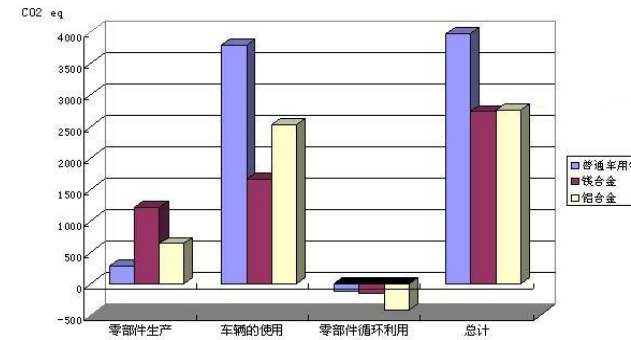
温室气体排放:

镁VS钢, 临界距离14.4→6.3万km

- 原镁生产的能耗和温室气体减排对镁产品全生命周期的环境表现起到了决定性影响。



全生命周期温室气体排放对比 (2011)



行驶20万km, 镁质部件的总体温室气体减排效果与铝质部件基本相当。

# 目录

## Contents

- 01 碳足迹是什么
- 02 产品碳有啥用
- 03 产品碳怎么算
- 04 碳核算的应用
- 05 碳核算的工具**
- 06 中小企业碳管理援助计划

## 5 碳核算工具

### 碳排放核算工具体系

已建立起以企业标准、CALCD数据库、CALCM模型为基础，搭建集供应链碳数据采集、标准化BOM建模、碳排放统计分析、企业双碳统筹管理于一体的自动化“算”碳工具体系



## 5 碳核算工具

中国工业碳排放信息系统(CICES): ①提升供应链碳排放数据采集能力, 加速建立企业自有供应链碳排放数据体系, 实现碳排放数据的可核算、可回溯、可流通、可信任。②避免企业在培训供应商或应对客户需求时, 进行重复工作造成的时间浪费和成本上升。③显著提升各工业企业的碳排放管理水平, 基于具体场地数据优先原则推动国际互认。

### 统一核算方法



共同制定统一的产品碳足迹核算方法, 推动形成标准, 避免标准缺失导致的信息不对称问题。



### 统一报送规范



共同制定统一的碳排放数据报送报表和报送规范, 避免重复工作造成的时间浪费和成本上升, 减轻供应链上游的工作量。

### 统一报送平台



共同建设中国工业碳排放信息系统(CICES), 实现碳排放数据的可核算、可回溯、可流通、可信任。解决行业企业碳排放核算面临的上游数据缺失问题。



### 统一培训体系



共同推动建立使用统一方法, 应用统一报送规范和报送平台的定期培训机制, 解决行业企业和合作伙伴关于碳排放统计核算的培训难题。

- 01 生命周期评价 (LCA) 的起源、概念与方法框架
- 02 LCA方法学关键步骤讲解
- 03 产品碳足迹概念与方法介绍
- 04 汽车生命周期评价工具 (OBS) 培训案例
- 06 产品碳足迹在国际汽车企业的应用
- 07 企业碳排放和产品碳足迹核算方法介绍

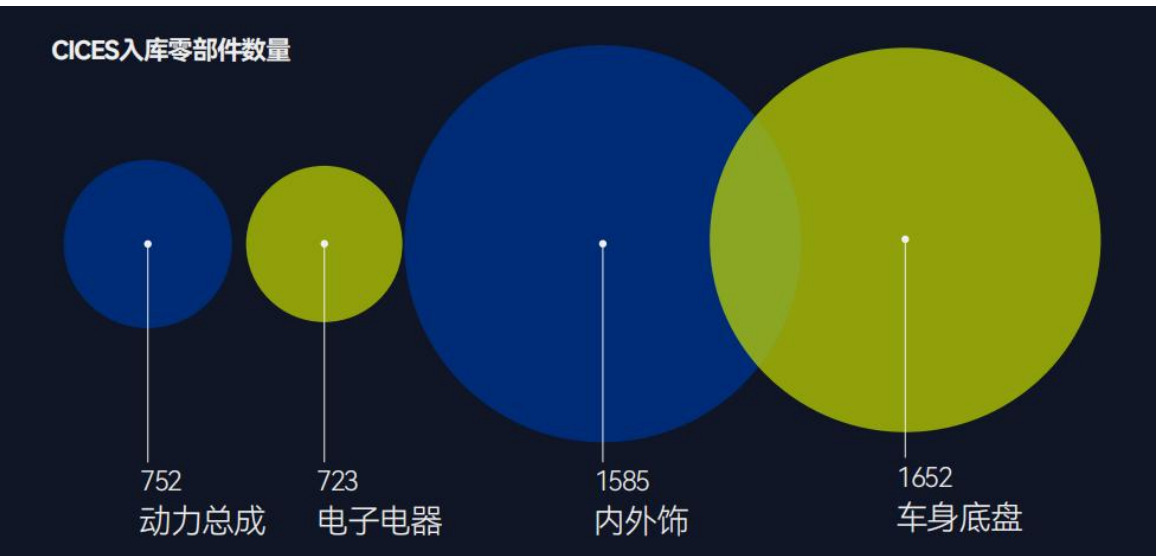
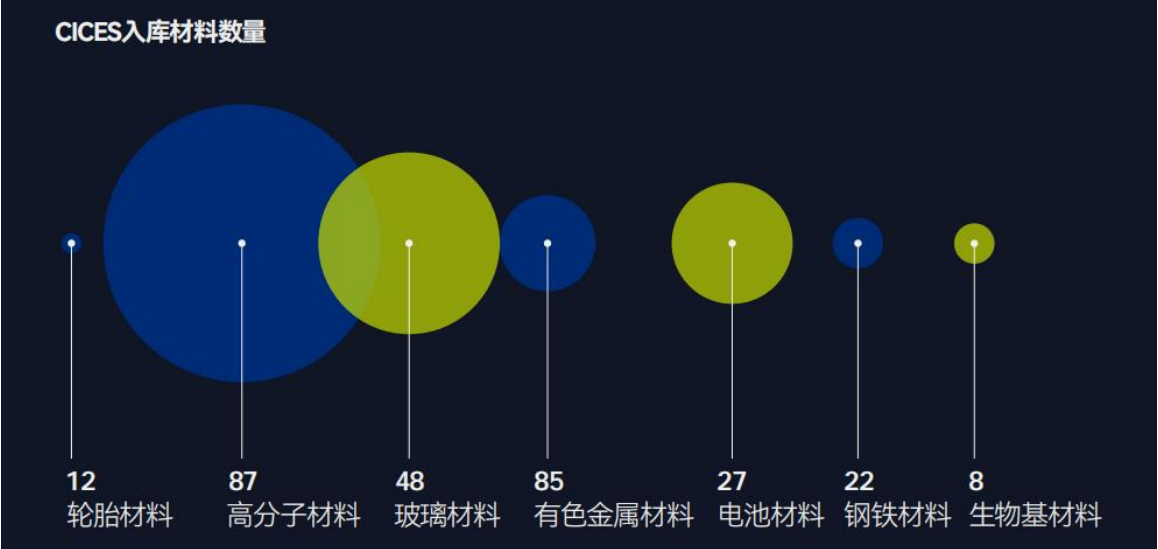
# 5 碳核算工具

中国工业碳排放信息系统 (CICES) : 已入驻16家整车企业, 零部件企业1300余家, 收集产品碳足迹数据5000余条



整车企业

零部件企业

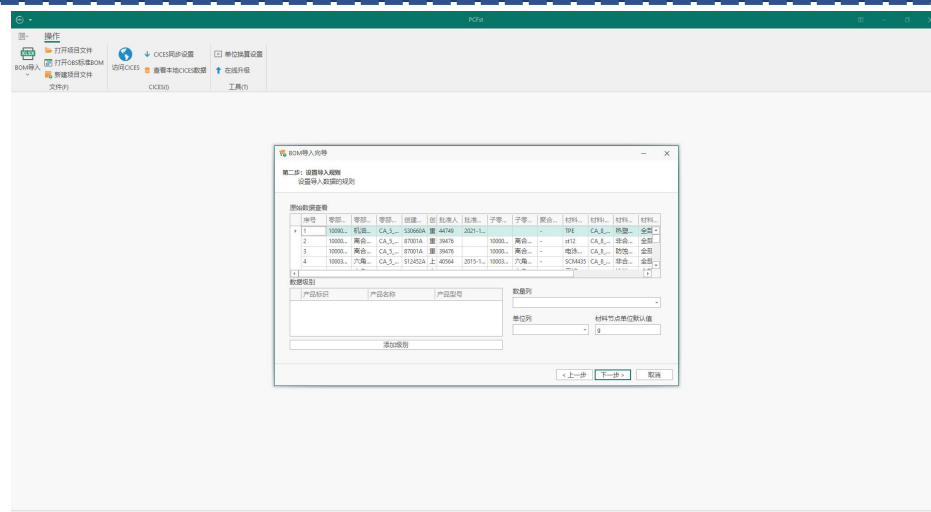




## 5 碳核算工具

产品碳足迹标准管理工具 (PCFst)：对产品碳足迹核算过程进行规范管理，完美解决数据管理三方面的问题，配合生命周期评价工具 (OBS) 完成对产品碳足迹的核算

### 产品碳足迹标准管理工具 (PCFst) 规范管理产品碳足迹数据



✓ 自动整理合并标准BOM      ✓ 自动化匹配碳排数据

产品碳足迹标准管理工具 (PCFst) 不仅能自动化处理BOM信息和匹配碳排数据还将支持自定义合并重复项，帮助用户掌握产品核算分析的颗粒度，将详细分析和方便核算交与用户选择。

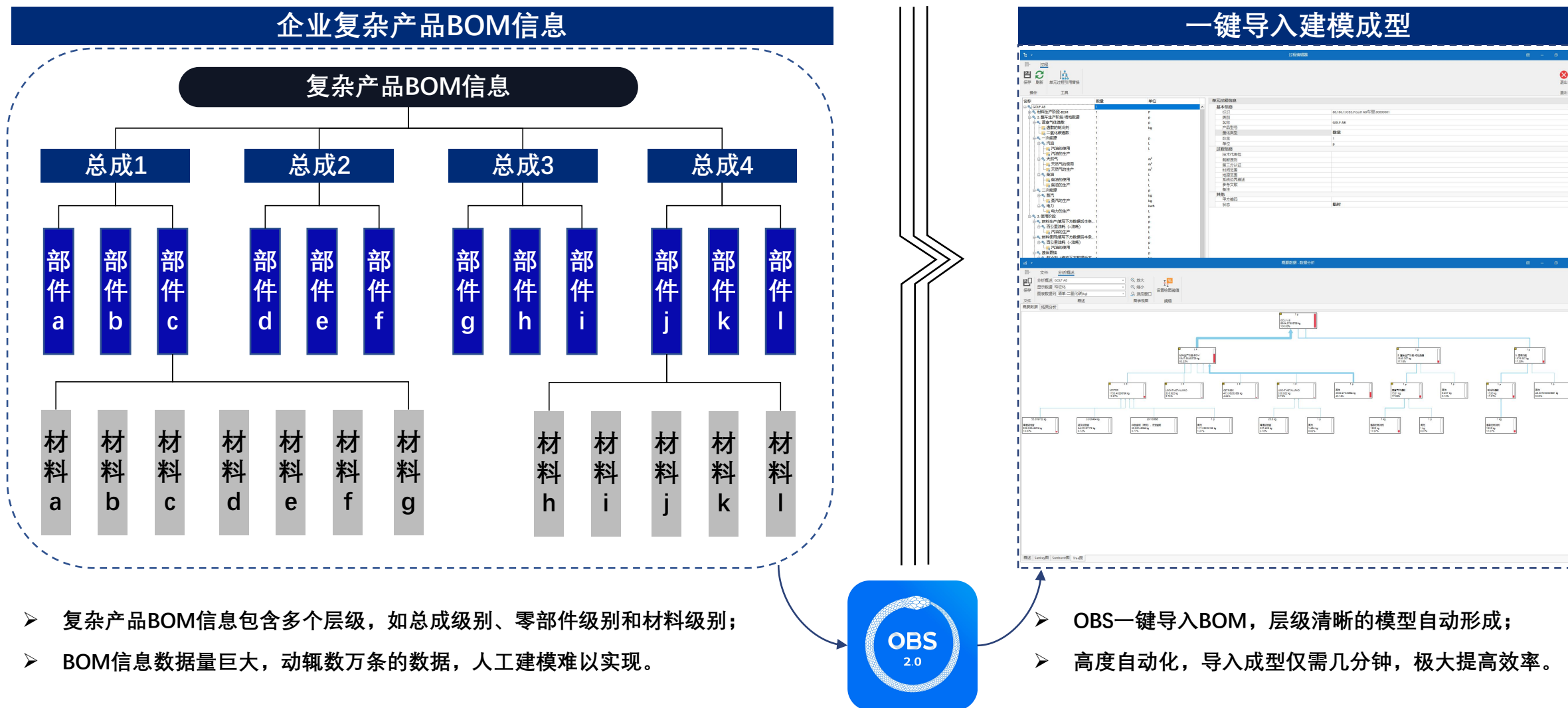
### 生命周期评价工具 (OBS) 快速核算分析产品碳足迹结果



生命周期评价工具 (OBS) 利用产品碳足迹标准管理工具 (PCFst) 处理好的数据，能够实现各类产品或工艺的自动化建模和计算，并支持CICES数据导入和结果可视化分析。

## 5 碳核算工具

生命周期评价工具 (OBS)：内嵌整车BOM导入模块 (OBS Bft) 实现了将复杂产品BOM表格导入工具直接建模成型，极大地简化了核算步骤，将整车等复杂产品的核算高度自动化



- 复杂产品BOM信息包含多个层级，如总成级别、零部件级别和材料级别；
- BOM信息数据量巨大，动辄数万条的数据，人工建模难以实现。

- OBS一键导入BOM，层级清晰的模型自动形成；
- 高度自动化，导入成型仅需几分钟，极大提高效率。

# 目录

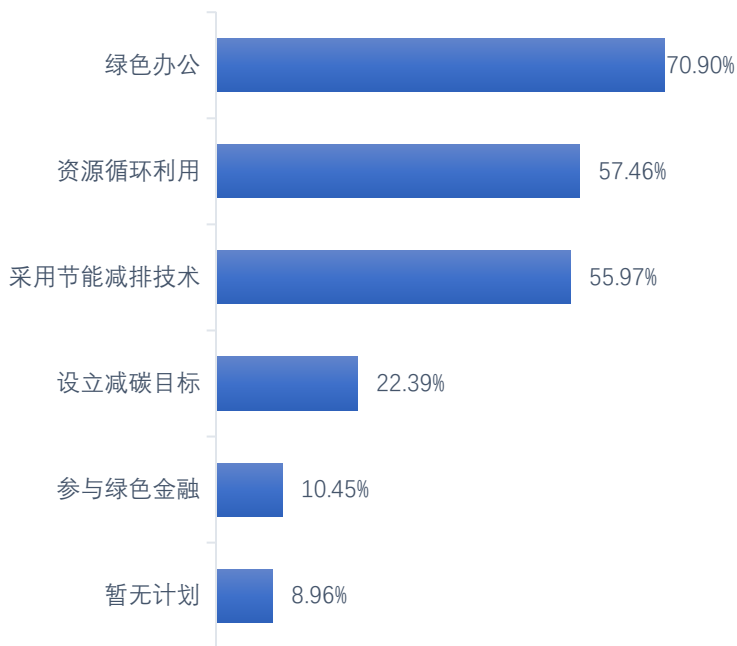
## Contents

- 01 碳足迹是什么
- 02 产品碳有啥用
- 03 产品碳怎么算
- 04 碳核算的应用
- 05 碳核算的工具
- 06 中小企业碳管理援助计划**

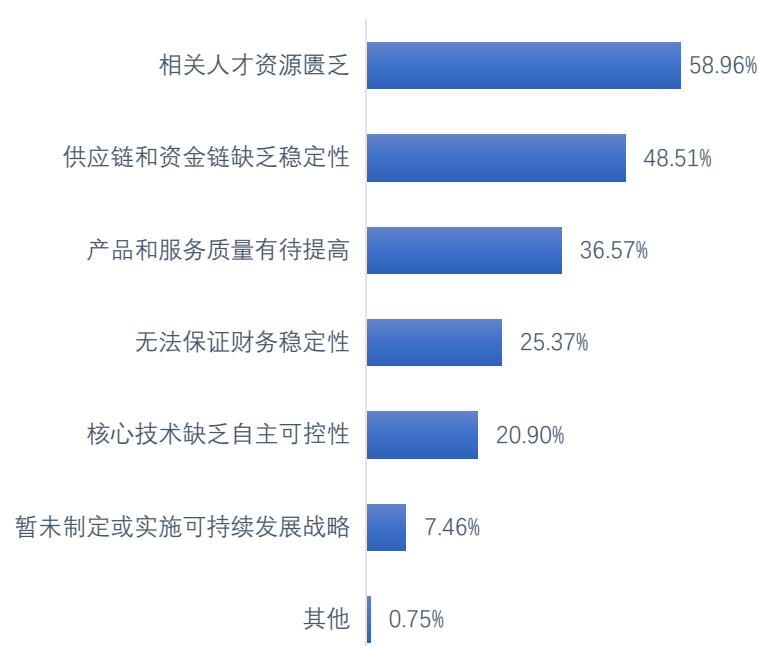
## 6 中小企业减碳意识觉醒但存在畏难情绪

企业是能源消费和工业活动的主体，在节能降碳的行动中相比于大型企业，中小企业面临经营、融资等压力，要实现绿色发展困难重重

### 中小企业践行绿色低碳发展计划路径



### 中小企业实践绿色低碳发展战略挑战



中小企业普遍认同“绿色”“低碳”是未来高质量发展的关键词

困境

没有设立明确的减碳目标

绿色低碳人才招聘难度大

获取政策标准动态途径不畅

从企业侧来看，目前中小企业开展绿色低碳发展意愿较为普遍，但多数中小企业**未设立减碳目标**。所以推动中小企业合理设立碳减排定量目标将能更有效地落实“双碳”战略。同时目前在低碳人才方面的缺口很大，绿色低碳相关**人才资源匮乏**是中小企业实施可持续发展战略的最大挑战

## 6 政策市场双驱动下碳管理成为必经之路

中小企业实行碳排放管理将有助于进入大型企业供应链或在供应链中保持合规。但碳排放管理是一门系统性学科，对从业人员专业度要求高，国内相关专业开设晚，从业人员少，对原理方法的理解不准将对核算结果、管理成效产生直接影响



**困难点：**欧盟、美国等主要国家碳排放管理政策法规要求将对企业产品竞争产生重大影响，引起成本上升和出口风险

**困难点：**碳排放管理作为新兴学科，从业人员知识水平层次不齐，企业在执行碳排放管理时存在知识缺陷，同时供应商也需要耗费大量精力培训

**困难点：**国内政策维度多，范围广，如何处理发展与减排、整体与局部、短期与中长期、政府与市场等关系事关企业发展

### □ 欧洲气候法

### □ 碳边境调节机制

分析碳交易、碳边境调节税等产品出口影响。

### □ 欧洲电池与废电池法

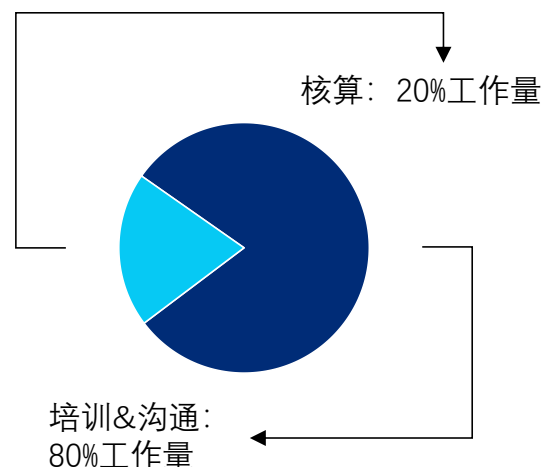
信息披露、碳足迹要求、回收利用要求等。

### □ 应对气候变化一揽子计划

可再生能源指令、能源税指令、替代燃料设施等。

### □ 循环经济2.0

如何准确合规、省时省力的进行碳排放管理？



### □ 行业减排要求：

1+N政策体系对全行业的影响

### □ 区域减排要求：

区域碳减排规划及实施要求对全行业影响

### □ 产业链减排要求：

钢铁、石化化工、有色金属等减排路线

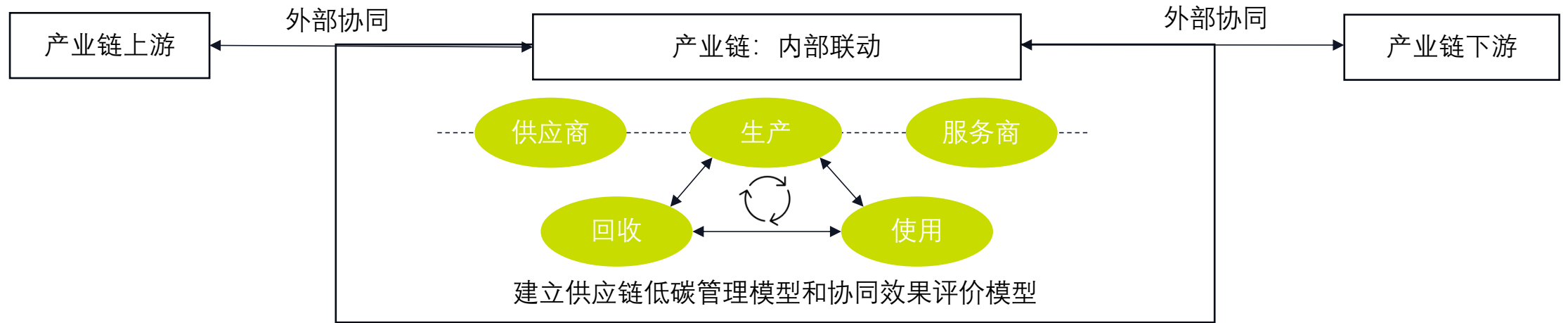
### □ 各行业碳排放管理要求

## 6 产业链上下游协同减碳将更加高效

产业链企业之间充分合作可以实现绿色低碳目标的共赢，援助计划将实行上下游统一碳排放数据管理体系，应用统一的核算标准，为产业链建立安全协同机制

产业内部：上下游联动减碳；行业外部：跨行业、跨领域协同脱碳

产业链联动降碳脱碳 → 解决供应链碳管理中的信息不对称，实现信息共享和资源耦合  
(包括涉及、采购、生产、使用、服务及回收等各个环节)



以碳交易为核心的低碳政策法规体系 → 驱动及保障产业链低碳脱碳转型

支撑

工业体系+社会基础设施+政策环境+文化趋向+科技创新 (根本)


# 6 碳排放管理知识门槛较高需要系统性学习

碳排放核算方法学突破“人为自然定义”，规则种类较多，不适宜采用共同点总结法进行学习，系统性掌握难度大

联合国气候变化公约	京都议定书	清洁发展机制 (CDM)	IPCC国家温室气体排放清单编制指南		
省级温室气体排放清单编制指南	PAS2050	PAS2050标准使用指南	PAS2060		
ISO14064	GHG Protocol	ISO14040	ISO14044	ISO14067	.....

### 原因1

这些方法学是突破人们自然感知的“人为定义规则”，比如你问“1千克为什么等于2斤”




### 原因2

不同组织为了各自目的人为定义了不同规则，有的规则制定时，不同机构间甚至没有互相通气






### 原因3

大家总是习惯性找不同方法学的共同点进行总结学习，这是把学习方向弄反了，越学越晕，因为现有方法学都是管理方基于自身权限和目的把人们生产生活中混在一起的碳给硬掰开的，你又给混回去理解就会越学越晕



如何理解这些核算方法学呢？

 国家层面	 区域或城市层面	 企业层面
<b>组织类</b>		
 产品层面	<ul style="list-style-type: none"><li>• GHG协议：产品核算标准</li><li>• ISO 14067 产品碳足迹量化</li><li>• PEFCR 产品环境足迹</li><li>• PAS 2050 产品/服务碳足迹</li></ul>	 项目层面
<b>产品类</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>• GHG协议：项目核算标准</li><li>• ISO 14064-2 项目层次量化</li></ul> <b>项目类</b>

## 6 启动产业链中小企业碳管理援助计划

在节能降碳的行动中相比于大型企业，中小企业面临经营、融资等压力，要实现绿色发展困难重重，中汽碳数字计划启动汽车产业链中小企业碳管理援助计划

申请条件

申请援助企业需满足：

2011年工信部、统计局、发展改革委、财政部出台的《关于印发中小企业划型标准规定的通知》

援助内容

### 双碳政策解读



- ① 免费提供国内政策标准解读文本
- ② 免费提供国外政策标准解读文本

### 碳管理技术培训



- ① 生命周期评价工具（OBS）培训课程
- ② 中国工业碳排放信息系统(CICES)培训课程

### 工具使用及培训

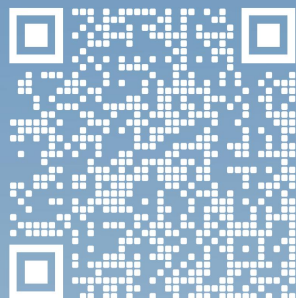


- ① 免费使用生命周期评价工具OBS
- ② 免费使用中国工业碳排放信息系统(CICES)



申请方式

援助计划参与  
申请入口



参与企业及单位 **扫描左侧二维码**，  
请按企业类型，选择一项申请表，并  
**发送联系人邮箱**，如有问题欢迎电  
话咨询。

联系人：

张廷

电话：15300279698

邮箱：zhangting2017@catarc.ac.cn

赵津

电话：18622880586

邮箱：zhaojin@catarc.ac.cn



### 中小企业碳管理援助计划 时间规划

1

**2023年6月19日 计划发布**

发布中小企业碳管理计划整体思路，面向社会各界宣传

2

**2023年9月30日前 招募副委员单位及成员单位**

招募整车企业、行业协会、金融机构、高等院校、公益基金加入援助计划

3

**2023年10月7日 启动中小企业报名审核工作**

与成员单位共同审核申请企业资质，确定援助方案

4

**正式启动碳管理援助 2023年12月19日**

正式开展碳管理援助行动，为中小企业提供一系列服务内容

 中汽中心 | 碳经济

---

中汽碳(北京)数字技术中心有限公司