



上海市环境科学研究院
Shanghai Academy of Environmental Sciences

上海市化工行业温室气体排放核算与报告方法（试行）

中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）

SCIENCE
for a Better Environment
科技让环境更美好



低碳经济研究中心
上海市环境科学研究院



CONTENTS
目 录

- 01 核算体系概述
- 02 化工方法学解析
- 03 案例试算
- 04 减排策略探讨



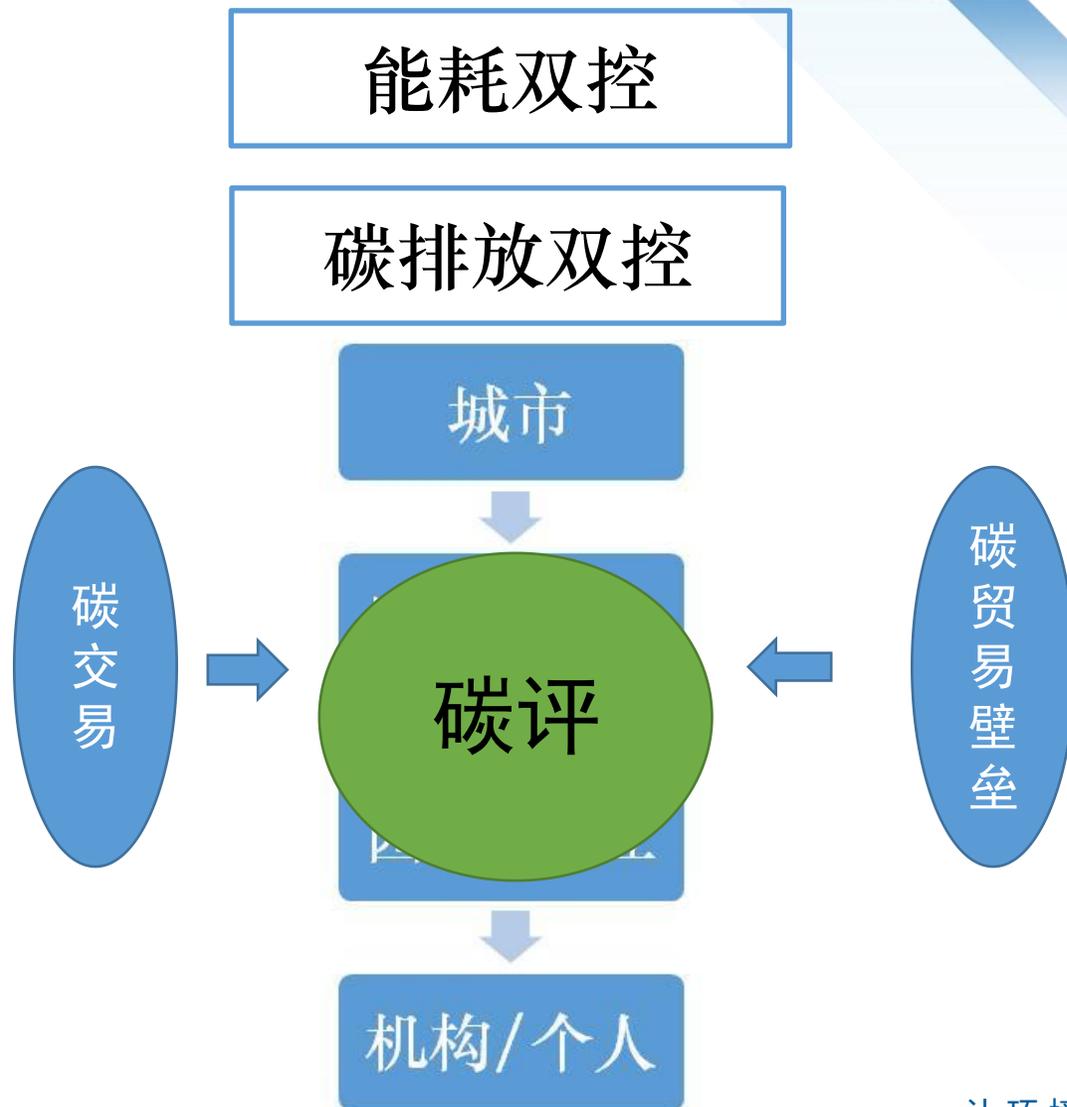
一、核算体系概述



一、核算体系概述

碳排放统计核算是做好碳达峰碳中和工作的重要基础，是制定政策、推动工作、开展考核、谈判履约的重要依据。

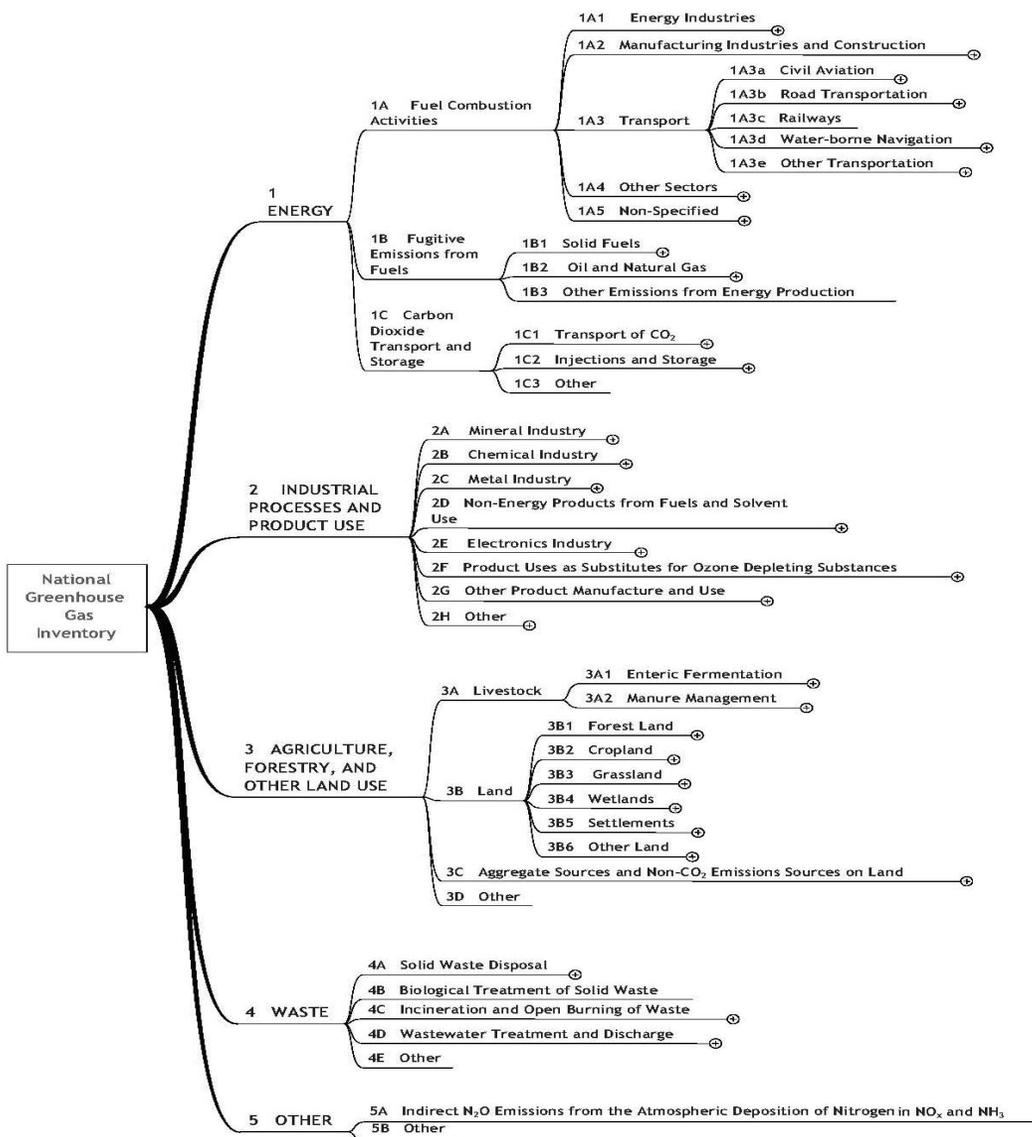
关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案



✓ 如何核算? ——国家/省市层面

国际——《2006IPCC国家温室气体清单指南》

国内——《省级温室气体清单编制指南（试行）》



能源活动排放源类型的划分



1. 水泥生产过程排放
2. 石灰生产过程排放
3. 钢铁生产过程排放
4. 电石生产过程排放
5. 己二酉 农业活动
温室气体排放 放

能源 →

稻田甲烷清单

填埋甲烷

部门	
	森林和其他木质生物质碳储量变化
	林分生物质碳储量
	经济林生物质碳储量
	竹林生物质碳储量
	疏林、散生木和四旁树生物质碳储量
	森林的转化燃烧
	森林转化分解
	总计

甲烷和
清单

里
非放

✓ 如何核算？——企业/项目层面



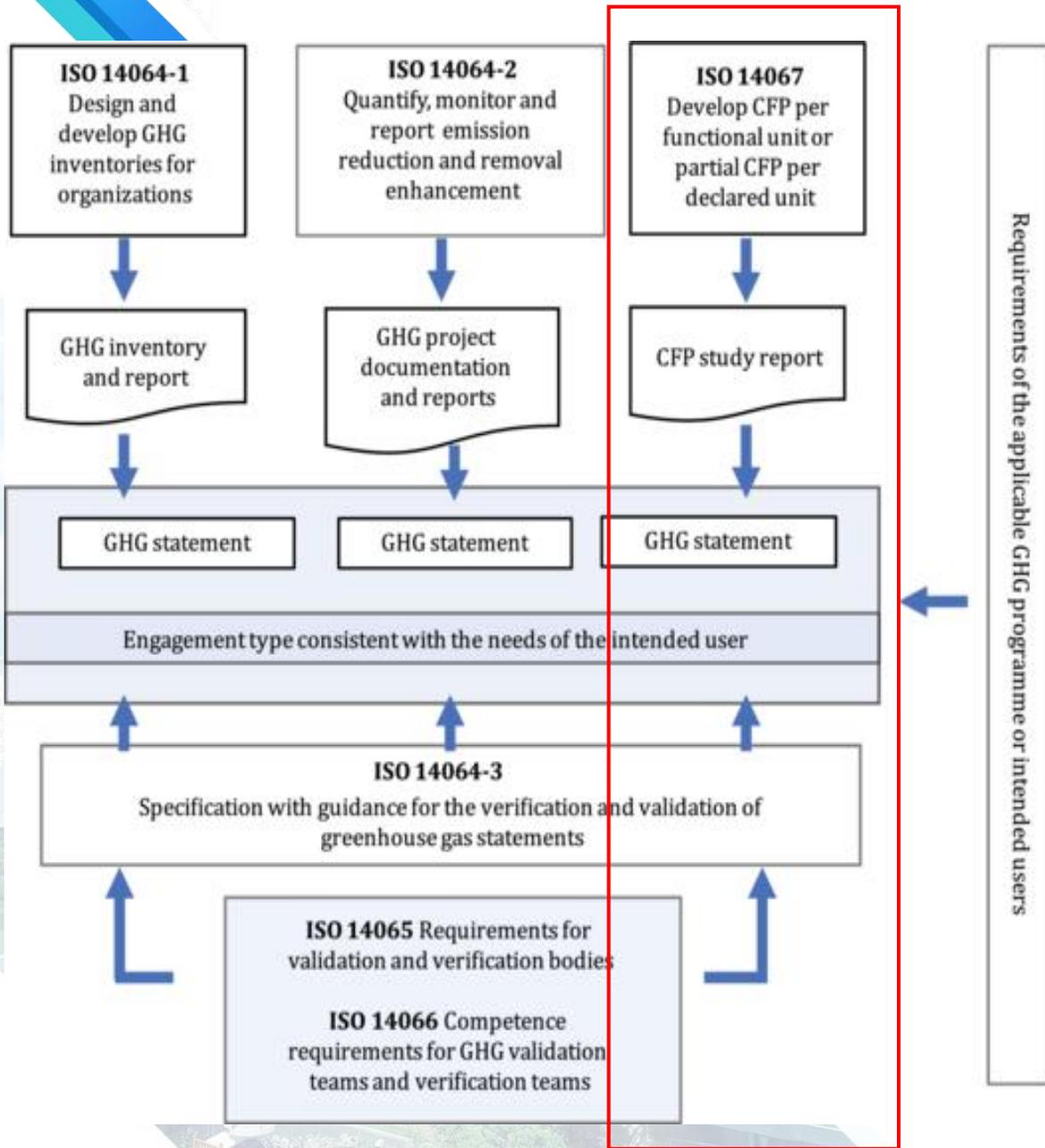
国际——ISO14064-1（组织）、ISO14064-2（项目）、GHG Protocol

国家碳交易——1+23个行业方法学

上海碳交易——1+10个行业方法学

- 上海市温室气体排放核算与报告指南（试行）
- 上海市电力、热力生产业温室气体排放核算与报告方法（试行）
- 上海市钢铁行业温室气体排放核算与报告方法（试行）
- 上海市纺织、造纸行业温室气体排放核算与报告指南（试行）
- 上海市化工行业温室气体排放核算与报告指南（试行）
- 上海市非金属矿物制品业温室气体排放核算与报告指南（试行）
- 上海市有色金属温室气体排放核算与报告指南（试行）
- 上海市运输站点温室气体排放核算与报告指南（试行）
- 上海市旅游饭店、商场、房地产业及金融业办公建筑温室气体排放核算与报告指南（试行）
- 上海市航空运输业温室气体排放核算与报告指南（试行）
- 上海市水运行业温室气体排放核算与报告指南（试行）

✓ 如何核算? ——产品层面



PAS 2050:2011

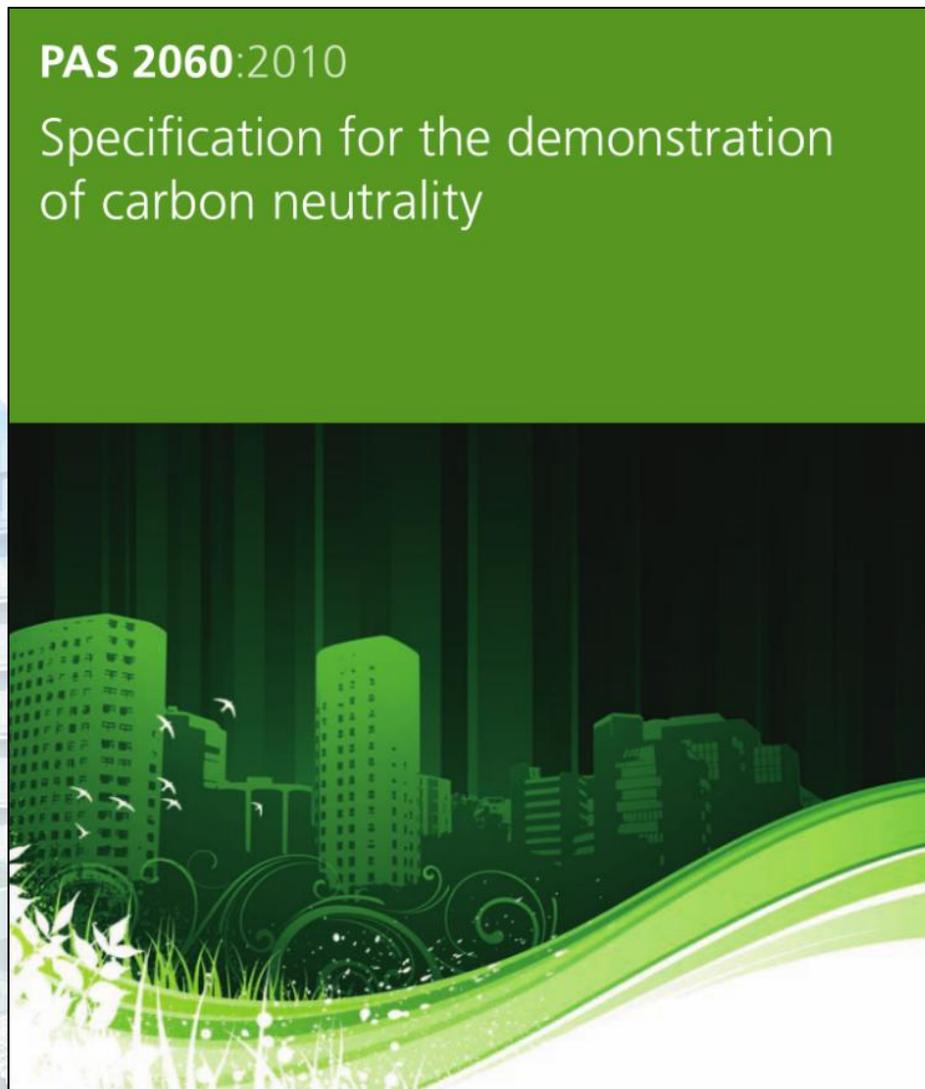
Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services



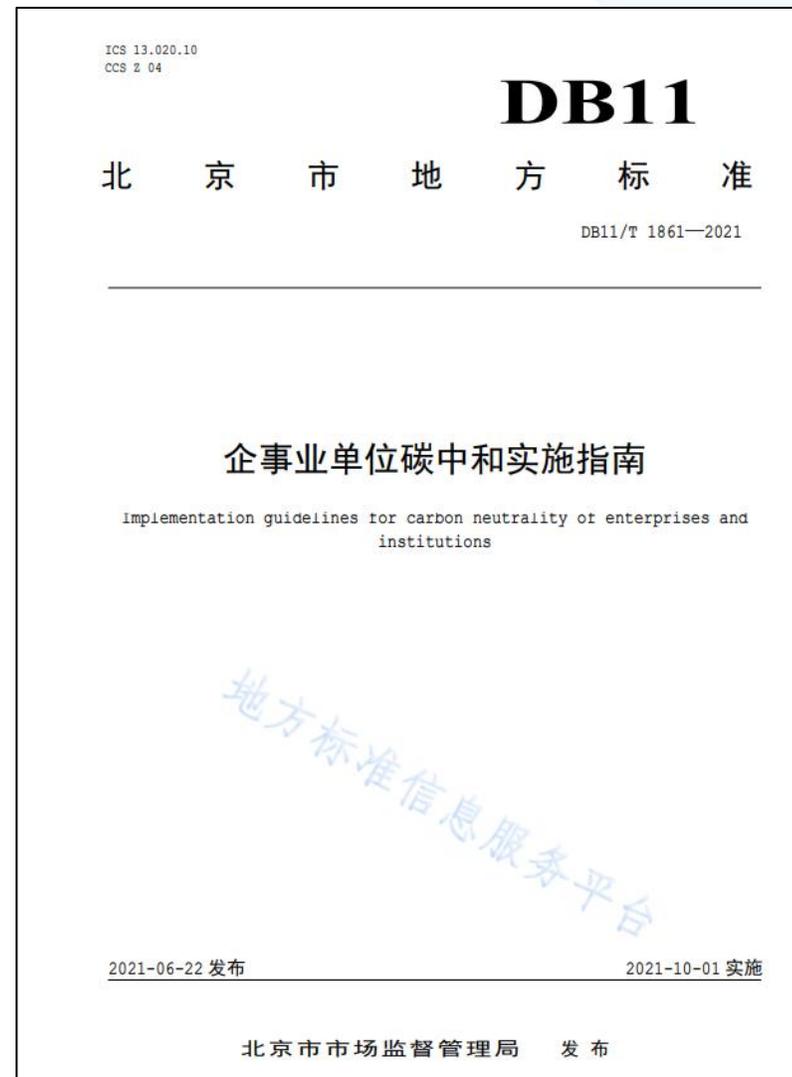
✓ 如何核算? ——碳中和



- PAS 2060:证实碳中和的规范



- 北京《企事业单位碳中和实施指南》



二、化工行业核算方法



二、化工行业核算方法

SH/MRV

上海市温室气体排放核算与报告技术文件

SH/MRV-004-2012

本方法所指的化工行业包括**石油加工和炼焦工业、化学原料和化学制品制造业、化学纤维制造业及橡胶制品业**等。

上海市化工行业温室气体
排放核算与报告指南
(试行)

CO₂核算主要参考

- 上海市化工行业温室气体排放核算与报告指南（试行）

非CO₂（N₂O，来自硝酸、己二酸生产）核算主要参考

- 《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

中国化工生产企业
温室气体排放核算方法与报告指南
(试行)

2013年1月1日实施

5

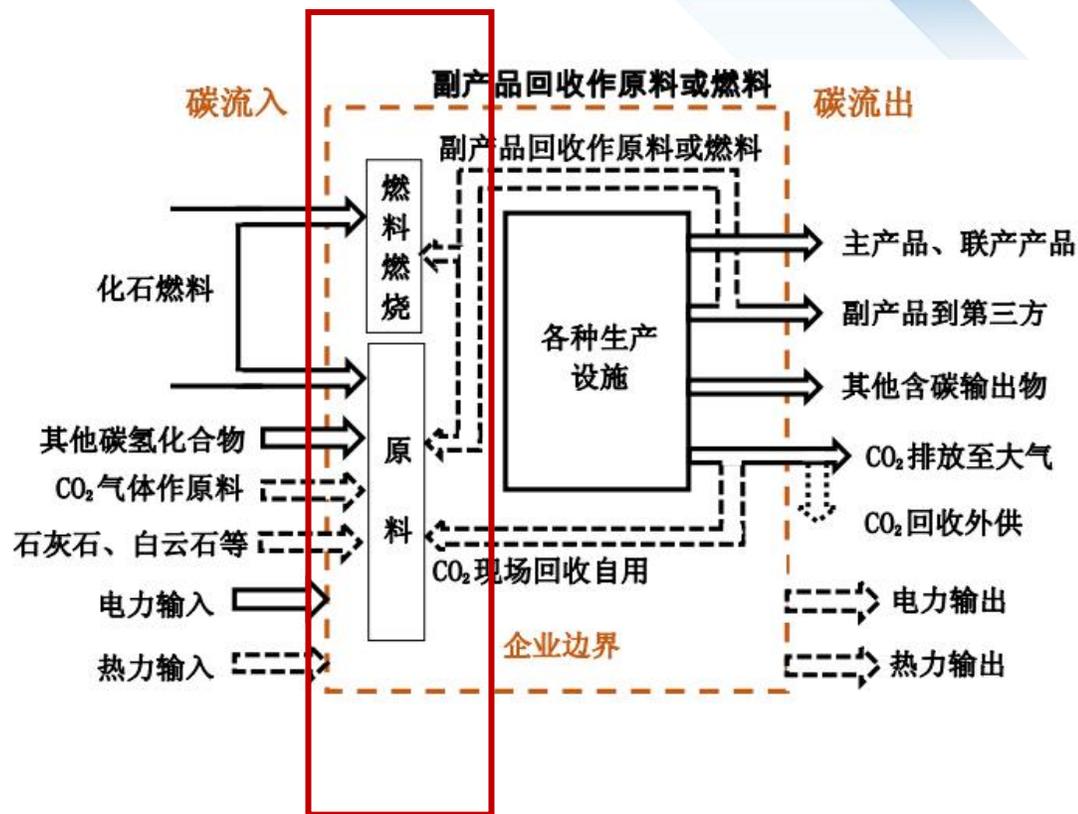
境更美好

Science for a Better Environment

✓ 工作流程



- (1) 确定企业**边界**；
- (2) 确定应核算的**排放源**和**气体种类**；
- (3) 识别流入流出企业边界的**碳源流及其类别**；
- (4) 收集各个碳源流的**活动水平数据**；
- (5) 选择和获取**排放因子**数据；
- (6) 依据相应的公式分排放源核算各种温室气体的**排放量**；
- (7) **汇总**计算企业温室气体排放总量。



✓ 边界确定

边界确定——以环评对象作为核算边界范围（项目概况）。

- 地理边界
- 厂区平面图
- 主要生产运营系统
- 企业户号：电源编号、燃气表号等

其产生的温室气体排放包括**直接排放**和使用外购电力、热力导致的**间接排放**。

生活能耗导致的排放原则上不计入核算范围内。

✓ 排放源识别

具体核算范围包括：

➤ 直接排放

1) **固定燃烧设备使用化石燃料燃烧或其他含碳燃料（包括尾气、尾液等）产生的直接排放**；

厂界内**移动运输等生产辅助设备使用化石燃料燃烧产生的直接排放**，包括排放主体**自有或控制的**运输原料、产品、废弃物的传送工具等；

2) 生产过程中**基质氧化、还原反应、催化裂解**等产生的**直接排放**；

3) **废弃物焚烧产生的直接排放（危废委托第三方焚烧）**；

➤ 间接排放

4) 使用**外购电力、热力**导致的**间接排放**。

排放类型		排放示例
直接排放	化石燃料或其他含碳燃料燃烧排放	锅炉、工艺加热器、燃烧炉、还原炉、氧化装置、火炬、引擎、透平及厂界内运输工具（如叉车、铲车）等使用煤炭、燃油、燃气等化石燃料产生的排放
	生产过程排放	甲醇、乙烯、氨气、纯碱等产品生产过程中因化学反应或物理变化而产生的排放
	废弃物焚烧排放	危险废弃物焚烧产生的排放
间接排放		使用外购电力、热力导致的排放

✓ 核算方法



➤ 基于测量的方法：

通过相关仪器设备对温室气体的浓度或体积等进行连续测量得到温室气体排放量的方法。

➤ 基于计算的方法：

通过数据计算得到温室气体排放量的方法。

1、排放因子法

碳排放量=活动水平数据 X 排放因子

2、物料平衡法

碳排放量=输入碳（原辅料）-输出碳（产品、废弃物等）

✓ 核算方法

$$\text{排放总量} = \text{直接排放量} + \text{间接排放量}$$

➤ 直接排放:

化石燃料或其他含碳燃料燃烧排放:

$$\text{排放量} = \sum \left(\text{燃料消耗量}_i \times \text{低位热值}_i \times \text{单位热值含碳量}_i \times \text{氧化率}_i \times \frac{44}{12} \right)$$

$$\text{排放量} = \sum \left(\text{燃料消耗量}_i \times \text{含碳量}_i \times \text{氧化率}_i \times \frac{44}{12} \right)$$

活动水平数据	排放因子相关
<p>现有项目:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1、基于购买的方法——购产销存记录、能源消费台账、统计报表等; 2、直接计量的方法——抄表记录等。 <p>新改扩建项目: 能评报告、环评报告公用工程消耗等。</p>	<p>化石燃料低位热值、含碳量、单位热值含碳量采用上海方法学所列缺省值; 具备条件的也可自行或委托有资质的专业机构进行检测或采用与相关方结算凭证中提供的检测值。</p>
<p>如排放主体使用化石燃料作为产品原料的, 该部分消耗量不应纳入化石燃料燃烧排放的计算中。</p> <p>若排放主体在化石燃料使用中, 对其用于原料的和用于燃料的消耗量不能分别计量时, 则先将其全部纳入化石燃料燃烧排放进行计算, 然后再按以下方式从其排放总量中予以扣减: ①如排放主体使用化石燃料生产非能源产品的, 从排放总量中扣减其生产的非能源产品的固定碳所对应的排放量; ②如排放主体存在能源加工转换的(如煤制气等, 但发电、供热除外), 从排放总量中扣减其对外售出的二次能源含碳物质所对应的排放量。</p>	<p>对于其他含碳燃料(如尾气、尾液等), 如方法学未提供其低位热值和单位热值含碳量(或含碳量)缺省值且排放主体无法按上述方法提供检测值的, 气体燃料的含碳量按碳四烷烃纯物质计算, 液体燃料的含碳量按碳十六烷烃纯物质计算, 固体燃料的含碳量按纯碳计算。</p>

氧化率



设备	无烟煤	烟煤	褐煤	焦炭	原油	燃料油	柴油	炼厂干气	石脑油	天然气	焦炉煤气	其他气体
自备电站锅炉		99										
大型工业锅炉		95										
小型工业锅炉		93										
燃油锅炉						100						
燃气锅炉										100		
合成氨造气炉	96	99	95	92	100	98	100	99	98	100	99	
单产甲醇炉										100		
黄磷电炉				99								
钙镁磷肥高炉				99								
其他加热炉	98			96	98	98	98	99		99	99	99

- 燃煤设备氧化率相关参数检测应遵循《GB/T10184 电站锅炉性能实验规程》、《GB/T10180 工业锅炉热工性能试验规程》等标准。氧化率检测须每年进行一次，如年度检测后进行技术改造，则应在改造当年再度实施检测。
- 燃料消耗量无法分到具体燃烧设备类型的，其氧化率按100%计。

● 生产过程排放

CO₂排放

产品	计算方法
氨气、电石、二氧化钛、纯碱	分析不同产品的各自化学反应特性，采用相应的排放因子法计算
初级石化产品等（甲醇、乙烯、二氯乙烷、氯乙烯、环氧乙烷、丙烯腈、碳黑等）	根据不同工艺过程和过程类型，采用相应排放因子计算
其他工序排放	物料平衡法

排放因子法

eg. 纯碱生产过程排放

$$\text{排放量} = \text{天然碱矿消耗量或天然纯碱产量} \times \text{排放因子}$$

物料平衡法

$$\text{排放量} = [\sum(\text{投入的含碳物质质量} A_i \times \text{投入的含碳物质碳元素含量} B_i) - \sum(\text{输出的含碳物质质量} C_j \times \text{输出的含碳物质碳元素含量} D_j)] \times 44/12$$

● 生产过程排放

N₂O排放

硝酸生产过程的N₂O排放

硝酸生产技术类型	硝酸产量 AD	某种技术类型的 N ₂ O 生成因子, EF	尾气处理设备的 N ₂ O 去除效率, η_k	尾气处理设备类型的使用率, u_k	排放量(tCO ₂) $G=AD \times EF \times (1 - \eta_k \times u_k) \times 310$
高压法					
中压法					
常压法					
双加压法					
综合法					
低压法					

缺省值或检测值

尾气处理设备使用率等于尾气处理设备运行时间与硝酸生产装置运行时间的比率

己二酸生产过程的N₂O排放

己二酸生产工艺	己二酸产量 AD	某种技术类型的 N ₂ O 生成因子, EF	尾气处理设备的 N ₂ O 去除效率, η_k	尾气处理设备类型的使用率, u_k	排放量(tCO ₂) $G=AD \times EF \times (1 - \eta_k \times u_k) \times 310$
硝酸氧化					
其它					

● 生产过程排放



活动水平数据	排放因子相关
<p>现有项目：统计碳排放相关产品原辅料消耗量、产品产量相关报表等。</p> <p>新改扩建项目：企业提供的MSDS、环评报告主要原辅材料消耗、产品产量等。</p>	<p>过程排放的相关参数采用方法学所列缺省值，具备条件的也可自行或委托有资质的专业机构对相关参数进行检测或认定。</p>
<p>过程排放中原料消耗量、产品产量均需折算成100%纯度的量。</p> <p>电石生产中，发气量为 300L/kg 的电石，含 CaC_2 比例缺省值为 80.6%；</p> <p>纯碱生产中，天然碱矿纯度的缺省值为 90%。</p>	<p>排放主体采用物料衡算法计算排放量时，需要获取中间和最终产品生产过程中的所有输入和输出含碳物质的含碳量，含碳量须自行或委托有资质的专业机构进行检测或采用与相关方结算凭证中提供的检测值。</p> <p>对于部分特殊输入物，如本方法未提供相应的缺省值且排放主体无法通过上述方法进行检测的，气体输入物的含碳量按碳四烷烃纯物质计算，液体输入物的含碳量按碳十六烷烃纯物质计算，固体输入物的含碳量按纯碳计算；对于部分特殊输出物，如本方法未提供相应的缺省值且排放主体无法通过上述方法进行检测的，则其含碳量按 0 计。</p>

● 废弃物焚烧排放

$$\text{排放量} = \text{废弃物焚烧量} \times \text{废弃物中碳含量的比例} \times \text{废弃物中矿物碳在碳总量中的比例} \times \text{废弃物焚烧炉的燃烧效率} \times \frac{44}{12}$$

活动水平数据

废弃物委托第三方进行处理的，只计算其焚烧部分的排放。

现有项目：危废五联单管理系统等；

新改扩建项目：环评报告危险废弃物预估量。

排放因子相关

相关参数可采用检测值或按照化学分子式推算，也可以根据焚烧设备建设时的环评报告中的废气组分进行计算，并对组分进行详细记录。如无法通过上述方法获得的，可以采用委托第三方处理的缺省值。

➤ 间接排放

电力和热力排放

$$\text{排放量} = \text{活动水平数据} \times \text{排放因子}$$

活动水平数据	排放因子相关
<p>外购电力量：现有项目——电力结算账单、抄表记录等；新改扩建项目——能评报告、环评报告公用工程消耗、主要生产设备等；</p>	<p>上海市生态环境局关于调整本市温室气体排放核算指南相关排放因子数值的通知（2022年2月），电力排放因子缺省值由7.88t CO₂/10⁴ kWh调整为4.2t CO₂/10⁴ kWh，热力排放因子缺省值由0.11t CO₂/GJ 调整为0.06t CO₂/GJ。</p>
<p>外购热力量：现有项目——蒸汽结算账单、抄表记录等；新改扩建项目——能评报告、环评报告公用工程消耗、主要生产设备等。</p>	
<p>被核查单位外购电力、热力并转供的：</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 被核查单位存在电力转供的，其对外转供部分所对应的排放可予以扣减（对外转供数据缺失或无法验证的除外），扣减量不得大于其外购量。 ◆ 被核查单位外供热力（包括其自产及外购的）对应的排放原则上不予以扣减。 	

建设项目能源使用中的可再生能源部分，单独统计能源消费量，不纳入碳排放量核算。

被核查单位外购热力单位换算（焓值：吨转换为百万千焦）：

$$\text{蒸汽热量 (GJ)} = \text{蒸汽质量 (吨)} \times \text{焓值 (GJ/吨)}$$

1、**软件查询焓值**，根据合同中提供的表压、温度等（高压、中压、低压蒸汽），通过企业能源利用状况报告软件进行查询。

2、**供应商提供焓值。**

不确定性产生的原因一般包括以下几方面：

- 1) **缺乏完整性**：由于排放机理未被识别，无法获得监测结果及其他相关数据；
- 2) **数据缺失**：在现有条件下无法获得或者非常难以获得相关数据，因而使用替代数据或其他估算、经验数据；
- 3) **数据缺乏代表性**：例如某些设备的检测值是在满负荷运行时获得的，而缺少负荷变化时的数据；
- 4) **测量误差**：如测量仪器、仪器校准或测量标准不精确等。

三、案例试算



某新建化工企业

◆ 主要生产系统

- (1) 硝酸装置
- (2) 制氢装置
- (3) 粗MDI装置

主要产品：包括硝酸、氢气、粗MDI等。

◆ 能耗情况

- (1) 电力主要从电网外购，少量由企业安装太阳能光伏设施提供，不存在转供；
- (2) 蒸汽主要由企业从周边热力厂购买，部分为企业余热回收利用，不存在转供；
- (3) 企业部分设备如蓄热式热氧化器等以天然气为燃料，厂区运输有柴油叉车。

◆ 产生三废

- (1) 废水

废液进TO焚烧炉焚烧。

- (2) 废气

废气进TO焚烧炉焚烧。

- (3) 固废

固体废弃物为废催化剂和精（蒸）馏残渣，委托危险废物专业处理单位进行焚烧处置。

➤ 排放源识别

- 核算边界:

生产装置包括硝酸装置、制氢装置、粗MDI装置，辅助系统包括TO焚烧炉、冷却水塔、变电站、中控楼、维修车间楼和行政楼等。

- 排放源识别:

排放类别	排放源	主要项目	排放设施
直接排放	化石燃料（含碳燃料）燃烧	天然气燃烧产生的CO ₂ 排放	加热燃烧设备
		柴油燃烧产生的CO ₂ 排放	叉车
		有机废液和有机废气燃烧产生的CO ₂ 排放	TO 焚烧炉
	生产过程排放	硝酸生产N ₂ O排放	硝酸装置
	生产过程排放（物料平衡法）	制氢过程产生的CO ₂ 排放	制氢装置
	废弃物委外焚烧	委托本市第三方机构焚烧处理燃烧产生的CO ₂ 排放	委外废弃物焚烧设备
间接排放	外购电力引起的CO ₂ 排放		生产活动、辅助生产、办公照明
	外购热力引起的CO ₂ 排放		生产活动

核算过程

化石燃料（含碳燃料）燃烧

① 天然气燃烧产生的CO₂排放

种类	化石燃料消耗量A,m ³	低位发热值B,TJ/m ³	单位热值含碳量C,tC/TJ	碳氧化率D(%)	排放量 (tCO ₂)G=A×B×C×D×44/12
天然气	1484040	0.000038931	15.3	100%	3241

② 柴油燃烧产生的CO₂排放

种类	化石燃料消耗量A, t	低位发热值B, TJ/t	单位热值含碳量C, tC/TJ	碳氧化率D(%)	排放量 (tCO ₂)G=A×B×C×D×44/12
柴油	25	0.04333	20.2	100%	80

③ 有机废液和有机废气燃烧产生的CO₂排放

种类	化石燃料消耗量A, t 或m ³	含碳量B, tC/t或 tC/m ³	碳氧化率D(%)	排放量(tCO ₂)G=A×B×D×44/12
有机废液1	500	0.75	100%	1375
有机废气1	3000000	0.00004	100%	440

◆ 工艺过程排放

① 硝酸生产N₂O排放

硝酸生产技术类型	硝酸产量AD, t	某种技术类型的N ₂ O生成因子, EF (kgN ₂ O/吨硝酸)	尾气处理设备的N ₂ O去除效率, η_k	尾气处理设备类型的使用率, u_k	排放量 (tCO ₂)G=AD×EF×(1- η_k × u_k) ×310
高压法					
中压法					
常压法					
双加压法	200000	8	85%	100%	74400
综合法					
低压法					

② 制氢过程产生的CO₂排放

种类	投入的含碳物质质量A, 万m ³	投入的含碳物质碳元素含量B, 吨C/万m ³	输出的含碳物质质量C	输出的含碳物质碳元素含量D	排放量 (tCO ₂)G=[(A×B)-(C×D)]×44/12
乙烯氢气	27000	0.22	0	0	40700
苯乙烯氢气	43000	0.12	0	0	

◆ 废弃物委外焚烧

废弃物焚烧量A, t	废弃物中碳含量的比例B (%)	废弃物中矿物碳在碳总量中的比例C (%)	废弃物焚烧炉的燃烧效率D (%)	排放量 (tCO ₂) G=A×B×C×D×44/12
200	100%	90%	97%	640

◆ 外购电力引起的CO₂排放

种类	活动水平数据A (万kWh)	排放因子B (tCO ₂ /万kWh)	排放量 (tCO ₂) G=A×B
外购电力	175000	4.2	735000

注：不含企业光伏发电量。

◆ 外购热力引起的CO₂排放

种类	活动水平数据A (GJ)	排放因子B (tCO ₂ /GJ)	排放量 (tCO ₂) G=A×B
外购热力	200000	0.06	12000

排放类别	排放源	主要项目	排放量, tCO ₂
直接排放	化石燃料（含碳燃料）燃烧	天然气燃烧产生的 CO ₂ 排放	3241
		柴油燃烧产生的 CO ₂ 排放	80
		有机废液和有机废气燃烧产生的CO ₂ 排放	1785
	工艺过程排放	硝酸生产 N ₂ O 排放	74400
	工艺过程排放（物料平衡法）	制氢过程产生的 CO ₂ 排放	40700
	废弃物委外焚烧	委托本市第三方机构焚烧处理燃烧产生的CO ₂ 排放	640
间接排放	外购电力引起的CO ₂ 排放		735000
	外购热力引起的CO ₂ 排放		12000
汇总			867877

四、减排策略探讨



• 化工行业排放特征

1、排放强度较高。

化工行业中各子行业排放强度处于中高水平。2017年，我国石油加工及炼焦业、化学原料及制品制造业、化学纤维制造业的碳排放强度分别为 0.51 吨/万元、0.18 吨/万元、0.05 吨/万元，在除电力部门外的 33 个行业中分别排名第 6 位、第 10 位和第 17 位。

——节能减排。

2、排放源相对复杂。

尤其是工艺过程排放占比相对高。生产原料会使用含碳物质，生产产品会包含含碳物质，从而延伸到消费端。

——循环经济。

行业碳排放强度先进值（北京）

15	电气机械和器材、计算机、通信和其他电子设备制造业	光电子器件及其他电子器件制造	kgCO ₂ /万元	267.93	
		电子元器件及组件制造	kgCO ₂ /万元	319.20	
		其他电子电气产品	kgCO ₂ /万元	182.49	
16	大型医院类		kgCO ₂ /m ²	73.47	
17	信息传输业	通信行业	kgCO ₂ /万元	137.93	
		其他企业	kgCO ₂ /m ²	55.46	
18	食品制造业		kgCO ₂ /万元	73.35	
19	中成药生产		kgCO ₂ /万元	131.95	
20	西药制造业		kgCO ₂ /万元	109.22	
21	化学原料和化学制品制造业		kgCO ₂ /万元	569.31	
22	农副食品加工业		kgCO ₂ /万元	116.21	
23	物业管理类		kgCO ₂ /万元	484.73	

• 减排策略探讨



引领带动

自身减排



• 减排策略探讨

能源结构替代

1、源头减排——能源结构优化

加快能源结构的调整，用低碳替代高碳、可再生能源替代化石能源。

2、过程减排——能资源利用效率提升、优化生产工艺

提升节能减排水平，包括提升资源利用效率、提高热力电力利用效率、数字化智慧化手段等。

优化生产工艺，如绿氢制造、原辅料优化替代、末端处理等。

3、废物循环——提高资源循环利用水平

促进资源回收再利用，打造绿色低碳循环经济体系。

4、末端捕集——CCUS技术等；

降低制造过程碳排放

• 减排策略探讨

降低供应碳排放

1、绿色原料——打造绿色供应链

碳中和背景下原料采购需要综合权衡成本、品质以及对碳排放的影响等。

2、绿色物流——减少交通碳排放

运输环节减少碳足迹，评估物流合作伙伴。

抵消碳排放

1、绿化碳汇——作用较为有限。

2、购买碳减排信用、购买绿电等。

与此同时，**开发绿色产品也是有效应对策略**，如新型催化剂、CO₂作为化工原料等.....



THANKS

FOR WATCHING

谢谢

SCIENCE

for a Better Environment

科技让环境更美好