

# 碳排放核算方法

《上海市温室气体排放核算与报告指南》

《电子设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南》

《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南》

上海市节能减排中心

齐 康

# 目 录

一、碳核算概论

二、《上海市温室气体排放核算与报告指南》介绍

三、《电子设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南》介绍

四、《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南》介绍

# 一、碳核算概论

The background of the slide is a faded, light-colored image of the Shanghai skyline. The Oriental Pearl Tower is a prominent feature on the right side, and various other skyscrapers are visible across the horizon. The image is semi-transparent, allowing the text to be clearly legible.

# 碳核算种类

核算目的不同  
核算方法不同

碳核算

区域

企业

项目

产品

既有企业

新建项目

减排项目

出口产品

供应链要求

欧盟企业

全国企业

上海企业

# 碳核算种类

## 区域碳核算

省级温室气体清单编制指南  
(试行)

国家发展改革委

二〇一一年五月

《IPCC国家温室气体清单指南》 (IPCC 2006)

省级二氧化碳排放达峰行动方案  
编制指南

国家生态环境部

2020年

## 上海市生态环境局文件

沪环气(2021)182号

### 上海市生态环境局关于印发 《上海市低碳示范创建工作方案》的函

各区人民政府,各相关单位:

为贯彻落实本市碳达峰和碳中和目标,引领倡导全社会绿色低碳转型,积极推进本市“十四五”期间低碳示范创建工作,特制定《上海市低碳示范创建工作方案》,现印发给你们,请按照执行。



# 碳核算种类

## 企业碳核算

全国企业

上海企业

欧盟企业

国际标准化组织

附件 2

企业温室气体排放核算方法与报告指南  
发电设施  
(2022 年修订版)

非二氧化碳排放

24

- 13 -

SH/MRV

上海市温室气体排放核算与报告技术文件  
SH/MRV-003-2012

上海市钢铁行业温室气体  
排放核算与报告方法  
(试行)

2012 年 12 月 11 日发布 2013 年 1 月 1 日实施

上海市发展和改革委员会 发布

二氧化碳排放

10

02018R2066—EN—01.01.2021—001.001—1

This text is meant purely as a documentation tool and has no legal effect. The Union's institutions do not assume any liability for its contents. The authentic versions of the relevant acts, including their preambles, are those published in the Official Journal of the European Union and available in EUR-Lex. Those official texts are directly accessible through the links embedded in this document

► B COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2018/2066  
of 19 December 2018  
on the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council and amending Commission Regulation (EU) No 601/2012  
(Text with EEA relevance)  
(OJ L 334, 31.12.2018, p. 1)

《欧盟温室气体排放  
监测和报告指南》

ISO 14064-1:2018

ISO14064-1: 2018

在组织层级温室气体排放和  
移除的量化和报告指南

ISO 14064-1:2018

# 碳核算种类

## 碳核算

### 减排项目



2013.3-2016.11 第一~十二批

### 产品

#### 出口产品



《欧盟产品和组织碳足迹监测和报告指南》

#### 供应链要求



《PAS 2050:2008 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》

## 国家企业温室气体排放核算方法体系

□ 国家发改委印发**24个行业**企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）

1st (2013) :

- 1、《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 2、《中国电网企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 3、《中国钢铁生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 4、《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）》
- 5、《中国电解铝生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 6、《中国镁冶炼企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 7、《中国平板玻璃生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 8、《中国水泥生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 9、《中国陶瓷生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 10、《中国民航企业温室气体排放核算方法与报告格式指南（试行）》



## 国家企业温室气体排放核算方法体系

□ 国家发改委印发**24个行业**企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）

2nd (2014) :

- 1、《**中国石油和天然气生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）**》
- 2、《**中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）**》
- 3、《**中国独立焦化企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）**》
- 4、《**中国煤炭生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）**》

## 国家企业温室气体排放核算方法体系

□ 国家发改委印发**24个行业**企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）

3rd (2015) :

- 1、《造纸和纸制品生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》。
- 2、《其他有色金属冶炼和压延加工业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 3、《**电子设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）**》
- 4、《机械设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 5、《矿山企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 6、《食品、烟草及酒、饮料和精制茶企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 7、《公共建筑运营单位（企业）温室气体排放核算方法和报告指南（试行）》
- 8、《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 9、《氟化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- 10、《**工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）**》

## 上海企业温室气体排放核算方法体系

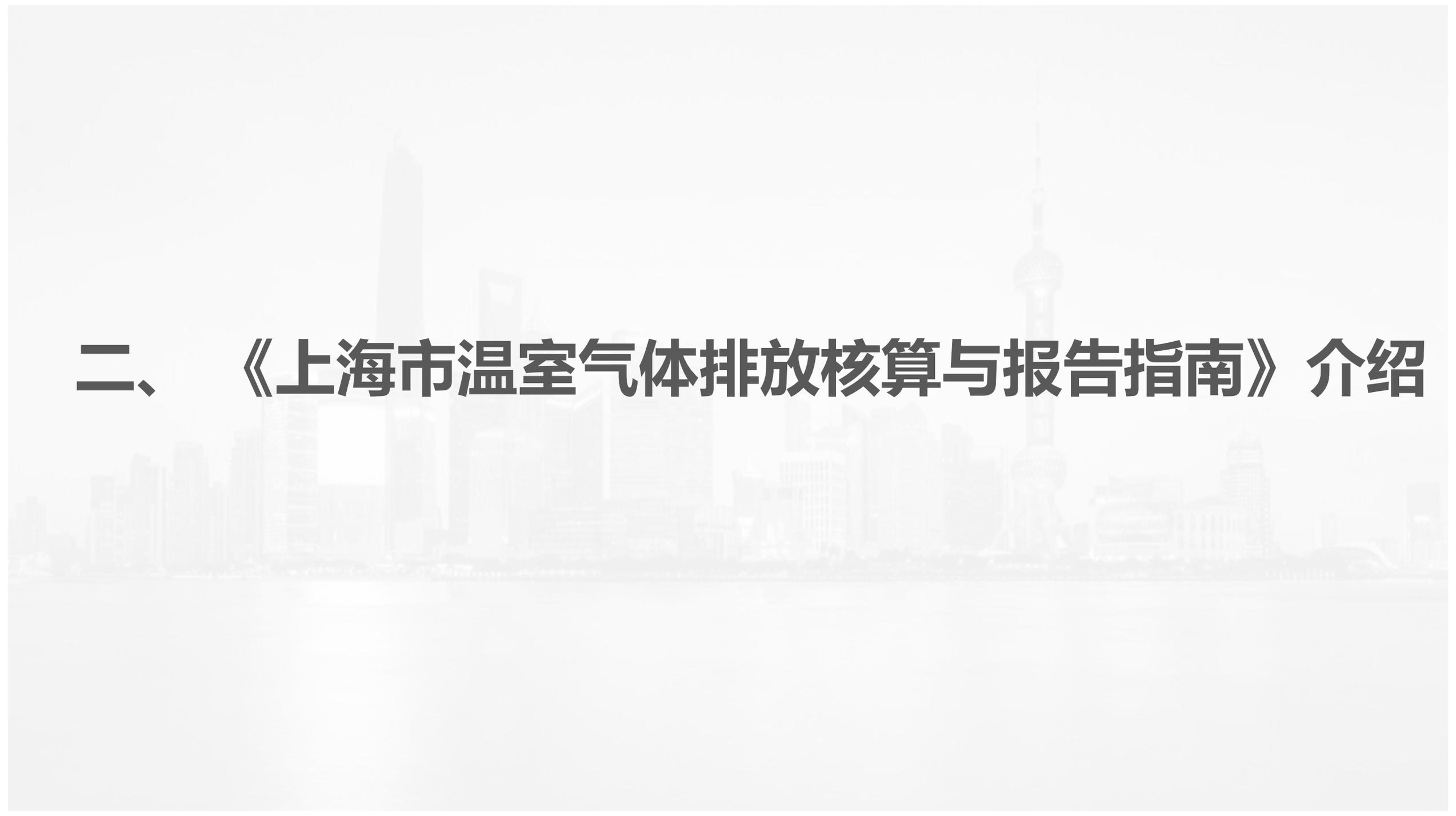
□ 上海发改委2012年印发**10个行业**企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）

- 1、《**上海市温室气体排放核算与报告指南（试行）**》（沪发改环资[2012]180号）
- 2、《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）》（沪发改环资[2012]181号）
- 3、《上海市钢铁行业温室气体排放核算与报告方法（试行）》（沪发改环资[2012]182号）
- 4、《上海市化工行业温室气体排放核算与报告方法（试行）》（沪发改环资[2012]183号）
- 5、《上海市有色金属行业温室气体排放核算与报告方法（试行）》（沪发改环资[2012]184号）
- 6、《上海市纺织、造纸行业温室气体排放核算与报告方法（试行）》（沪发改环资[2012]185号）
- 7、《上海市非金属矿物制品业温室气体排放核算与报告方法（试行）》（沪发改环资[2012]186号）
- 8、《上海市航空运输业温室气体排放核算与报告方法（试行）》（沪发改环资[2012]187号）
- 9、《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方法（试行）》（沪发改环资[2012]188号）
- 10、《上海市运输站点业温室气体排放核算与报告方法（试行）》（沪发改环资[2012]189号）



## 核算工作流程

- (1) 确定核算边界；
- (2) 识别边界内所涵盖的温室气体排放源类别及气体种类；
- (3) 选择相应的温室气体排放量计算公式；
- (4) 收集活动水平和排放因子数据；
- (5) 将收集的数据代入计算公式得到各个排放源的温室气体排放量；
- (6) 汇总计算企业温室气体排放总量。



## 二、《上海市温室气体排放核算与报告指南》介绍

- 0 引言
- 1 范围
- 2 引用文件和参考文献
- 3 术语和定义**
- 4 原则**
- 5 边界确定**
- 6 核算方法**
- 7 监测
- 8 报告

# 3 术语和定义

## 3.1 温室气体

指大气中吸收和重新放出红外辐射的自然的和人为的气态成分，包括水汽、二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等。《京都议定书》中规定了六种主要温室气体，分别为二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）和六氟化硫（SF<sub>6</sub>）。本指南中的温室气体指二氧化碳（CO<sub>2</sub>），其他温室气体暂不纳入。（碳评中其他温室气体核算按照国家相关方法执行）

## 3.2 排放主体

指具有温室气体排放行为并能独立承担民事责任的企业或其他组织。

## 3.3 报告期

指进行温室气体排放核算和报告的周期，一个周期为一年，与自然年一致。

## 3.4 监测计划

指由排放主体所制定的适用于下一个报告期内监测、核算和报告工作的计划性文件，文件包括温室气体排放和边界确定、核算方法选择及数据获取等内容。（翻译过来，监测是指排放主体为获取与自身温室气体排放相关的数据所开展的一系列管理活动，包括监测计划的制订和监测的实施等）

## 3 术语和定义

### 3.5 直接排放

指排放主体拥有或控制的温室气体排放源所产生的温室气体排放，一般包括燃烧排放、过程排放、**散逸排放**。本指南中直接排放仅指燃烧排放和过程排放。燃烧排放指有氧燃烧放热反应中产生的温室气体排放；过程排放指工业生产中除燃烧排放以外的、由化学反应或物理变化而产生的温室气体排放。(其他温室气体在使用过程会存在一定散逸排放)

### 3.6 间接排放

指排放主体因使用外购的电力和热力等所导致的温室气体排放，该部分排放源于上述电力和热力的生产。

### 3.7 CO<sub>2</sub>清除

指由排放主体产生的但被直接作为原材料（或产品）使用或未排入大气中的二氧化碳。**(可能外供或注入地下?)**

### 3.8 活动水平数据

主要包括能源活动中**能源的消耗量**和工业生产中原材料消耗量、产品或半成品产出量等。(能耗消耗量：物质量or热值量?)

# 4 原则

## 核算原则：

**完整性** 排放主体的核算应涵盖与该主体相关的直接和间接排放。

(不能多也不能少，可与项目的能审环节作对照)

**一致性** 同一报告期内，核算方法应与监测计划保持一致。若发生更改，则应与本指南的相关规定保持一致。

(与行业内类似项目核算方法宜保持一致，特别是既有扩建项目)

**透明性** 排放主体应采用主管部门及第三方核查机构可以验证的方式对核算和报告过程中所使用的数据进行记录、整理和分析。

(相关数据的获取尽量使用第三方来源数据)

**真实性** 排放主体所提供的数据应真实、完整。

**经济性** 选择核算方法时应保持精确度的提高与其额外费用的增加相平衡。

在技术可行且成本合理的情况下，应提高排放量核算的准确度达到最高。

(相关参数采用测试数据时要考虑成本。以及对于那些监测成本较高、不确定性较大、且贡献细微(排放量占企业总排放量的比例 $<1\%$ )的排放源，可暂不核算)

## 5 边界确定

排放主体的温室气体排放核算以企业法人为边界，包括与其生产经营活动相关的直接排放和间接排放。其中，直接排放包括燃烧（生物质燃料燃烧除外）和工业生产过程产生的温室气体排放。

具体核算边界按照其所在行业的温室气体排放核算与报告方法确定。

# 碳核算

## 第一要素：确定边界！确定边界！确定边界！

核算边界（范围）：哪些排放源纳入核算

生产设施纳入，外部物流等辅助生产设施纳不纳入？

转供电纳不纳入？

生产运营上下游纳不纳入？

.....

- 排放源相关设施是否属于项目建设内容
- 排放源设施是否由项目投资主体拥有，排放相关生产运营过程是否由投资主体控制
- 排放是临时排放还是长期排放

对于全国碳市场企业的碳排放核算等问题，国家生环部专门设有“百问百答”（620个问题），对于碳评可参考

# 边界确定-以电力、热力行业为例

按照本市行业方法学，核算范围包括其与生产经营活动相关的直接排放和间接排放。

其中，直接排放是指发电机组、热电联产机组和供热机组等生产系统燃烧消耗煤炭、柴油、天然气等化石燃料产生的温室气体排放；

间接排放指排放主体因使用外购的电力和热力等所导致的温室气体排放。

发电和热电联供机组的核算范围仅包括直接排放，供热机组等核算范围包括直接排放和间接排放。

注：化石燃料燃烧不包括应急柴油发电机组、移动源、食堂等其他设施消耗化石燃料产生的排放。

对于掺烧化石燃料的生物质发电机组、垃圾焚烧发电机组等产生的二氧化碳排放，仅统计燃料中化石燃料的二氧化碳排放。

与国家方法学有所差异，国家核算边界包括发电设施（主要包括燃烧系统、汽水系统、电气系统、控制系统和除尘及脱硫脱硝等装置的集合）相关的直接排放和间接排放。但国家对于食堂等环节的排放业不纳入。

# 边界确定-以钢铁行业为例

按照本市行业方法学，核算范围包括其在本市行政区域内与生产经营活动相关的直接排放和间接排放。

其中，

直接排放是指化石燃料使用和生产过程中含碳物质含碳量变化产生的温室气体排放；

间接排放是指因使用外购的电力、热力等所导致的温室气体排放。

生活能耗导致的排放原则上不计入核算范围内。

生产工序		排放活动实例
炼焦		用于持续加热可燃性气体燃烧产生二氧化碳排放
生铁冶炼	造块	化石燃料燃烧及溶剂（如石灰石、白云石等碳酸盐类矿物）高温分解产生二氧化碳排放
	铁还原	还原过程及溶剂高温分解产生二氧化碳排放。
粗钢生产		铁水中的碳在高温下与氧反应产生二氧化碳排放； 钢铁含碳量变化以及添加的焦炭、块煤、废电极、废塑料等含碳物质产生二氧化碳排放。
钢铁加工处理		化石燃料燃烧、含碳添加剂分解、钢铁含碳量变化产生二氧化碳排放，以及用电、用热导致的间接排放。
尾气处理		可燃性其他被收集除回收利用外直接进行燃烧产生的二氧化碳排放。

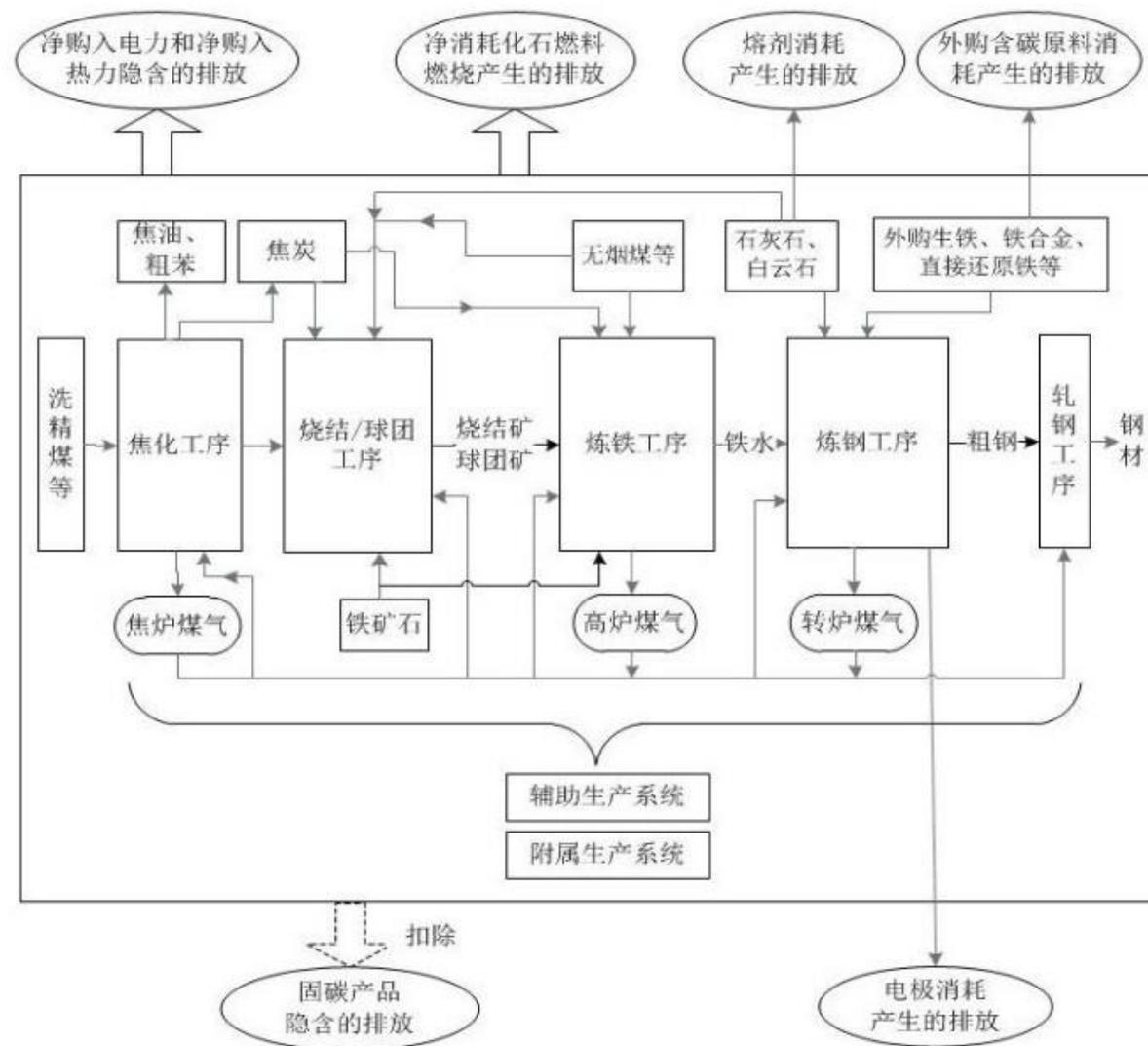
# 边界确定-以钢铁行业为例

按照本市行业方法学，核算范围包括其在本市行政区域内与生产经营活动相关的直接排放和间接排放。其中，

直接排放是指化石燃料使用和生产过程中含碳物质含碳量变化产生的温室气体排放；

间接排放是指因使用外购的电力、热力等所导致的温室气体排放。

生活能耗导致的排放原则上不计入核算范围内。



## 6、核算方法

**基于计算的方法。包括排放因子法和物料平衡法。排放因子法即通过活动水平数据和相关参数之间的计算得到温室气体排放量的方法；物料平衡法是根据质量守恒定律，对投入量和产出量中的含碳量进行平衡计算的方法。**

**基于测量的方法：通过相关仪器设备对温室气体的浓度或梯级等进行持续测量得到温室气体排放的方法。**

**上述方法可以选用。目前主要是采用排放因子法。测量的方式就是持续监测的方法。如采用基于测量的方法，监测系统的技术性能、安装位置和运行管理应符合相关规定，并应通过基于计算的方法对其结果进行验证。**

**(通过监测获取碳排放数据，目前在试点。对于碳评，主要采用计算的方法)**

# 计算逻辑：碳排放量=直接排放+间接排放

化石燃料燃烧、工业过程排放

化石燃料燃烧排放量 =  $\sum$  燃料燃烧产生热量  $\times$  排放因子

热量 = 燃料消耗量  $\times$  低位热值

排放因子 = 单位热值含碳量  $\times$  氧化率  $\times 44 \div 12$

# 化石燃料排放量计算公式

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (FC_i \times C_{\text{ar},i} \times OF_i \times \frac{44}{12}) \quad (1)$$

- 式中： $E_{\text{燃烧}}$  — 化石燃料燃烧的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；
- $FC_i$  — 第*i*种化石燃料的消耗量，对固体或液体燃料，单位为吨（t）；对气体燃料，单位为万标准立方米（10<sup>4</sup>Nm<sup>3</sup>）；
- $C_{\text{ar},i}$  — 第*i*种化石燃料的收到基元素碳含量，对固体和液体燃料，单位为吨碳/吨（tC/t）；对气体燃料，单位为吨碳/万标准立方米（tC/10<sup>4</sup>Nm<sup>3</sup>）；
- $OF_i$  — 第*i*种化石燃料的碳氧化率，以%表示；
- $44/12$  — 二氧化碳与碳的相对分子质量之比；
- $i$  — 化石燃料种类代号。

示例：

A企业燃烧1万立方米天然气的碳排放量是多少？

碳排放量=化石燃料消耗量×低位热值×单位热值含碳量×氧化率×44÷12  
=10000（立方米）×0.000038931（TJ/m<sup>3</sup>）×15.3（t-C/TJ）×100%×44÷12=21.84吨二氧化碳

## 计算逻辑：碳排放量=直接排放+间接排放

化石燃料燃烧、工业过程排放

方法1（物料平衡法）：过程排放= $\Sigma$ （投入物×含碳量-输出物×含碳量）×44÷12  
方法2（排放因子法）：过程排放= $\Sigma$ 投入物料/产生物料量×排放因子

举个例子：

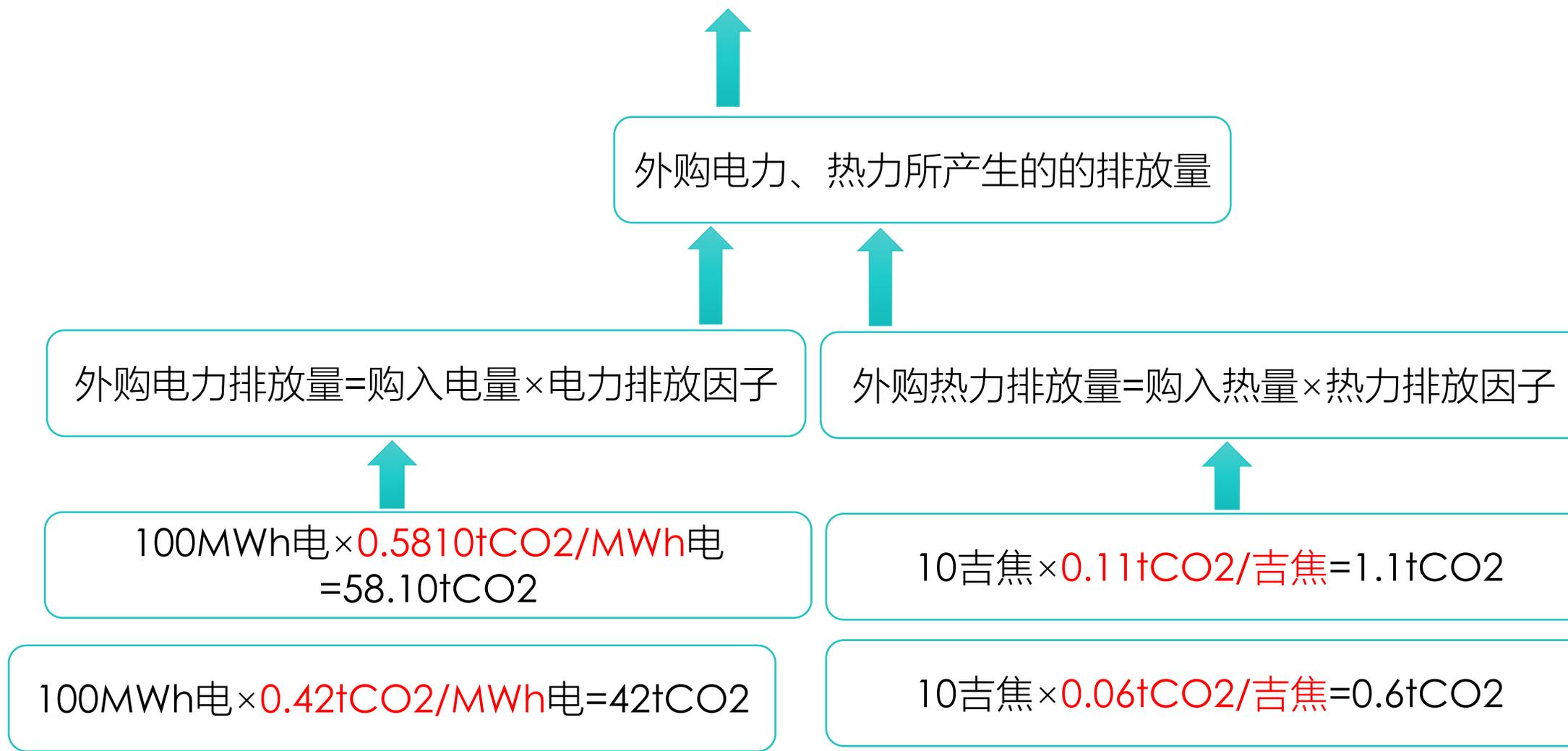
1、某企业用天然气制氢，过程排放怎么算？

过程排放量=（天然气投入量×天然气含碳量-合成气输出量×合成气含碳量）×44÷12

2、某电解铝企业煅烧石灰石产生的过程排放怎么算？

过程排放量=石灰石投入量×石灰石排放因子（0.405）

# 计算逻辑：碳排放量=直接排放+间接排放



# 计算相关数据获取

## 1、燃料、能源消耗量（原材料消耗量、产品或半成品产出量）

- 1) 外购的燃气、电力、热力等消耗量通过相关结算凭证获取
- 2) 通过报告期内存储量的变化获取

消耗量=购买量+（期初存储量-期末存储量）-其他用量 或

产出量=销售量+（期初存储量-期末存储量）+其他用量

（碳评时没有此条件，一般需基于相关规范、类似项目经验估算形成，或在项目节能报告的基础上提出）

# 计算相关数据获取

## 2、低位热值、单位热值含碳量、氧化率、过程排放因子

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (FC_i \times C_{\text{ar},i} \times OF_i \times \frac{44}{12})$$

### 情况一：企业开展检测

可采用检测值。但检测应遵循标准方法（如国家标准、行业标准和地方标准）中对各项内容（如试验室条件、试剂、材料、仪器设备、测定步骤和结果计算等）的规定。

表 1 低位发热量测定方法标准

序号	燃料种类	方法标准名称	方法标准编号
1	燃煤	煤的发热量测定方法	GB/T 213
2	燃油	火力发电厂燃料试验方法第 8 部分：燃油发热量的测定	DL/T 567.8
3	燃气	天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法	GB/T 11062

燃料含碳量测定遵循标准：

煤炭：《GB/T 476 煤中碳和氢的测量方法》

石油：《SH/T 0656 石油产品及润滑剂中碳、氢、氮测定法（元素分析仪法）》

天然气：《GB/T 13610 天然气的组成分析（气相色谱法）》或《GB/T 8984 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定（气相色谱法）》

# 计算相关数据获取

## 2、低位热值、单位热值含碳量、氧化率、过程排放因子

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (FC_i \times C_{\text{ar},i} \times OF_i \times \frac{44}{12}) \quad (1)$$

### 情况一：企业未开展检测

可采用缺省值。

燃料品种	单位热值含碳量	低位热值	氧化率	合计	备注
煤炭（无烟煤）	27.4t-C/TJ	23.21*10 <sup>-3</sup> TJ/t	100%	2.33tCO <sub>2</sub> /t	
煤炭（烟煤）	26.1t-C/TJ	22.35*10 <sup>-3</sup> TJ/t	100%	2.12tCO <sub>2</sub> /t	
天然气	15.3t-C/TJ	38.93*10 <sup>-2</sup> TJ/万m <sup>3</sup>	100%	21.84tCO <sub>2</sub> /万m <sup>3</sup>	
汽油	18.9t-C/TJ	44.8*10 <sup>-3</sup> TJ/t	100%	3.105tCO <sub>2</sub> /t	汽油密度按0.73KG/L
柴油	20.2t-C/TJ	43.33*10 <sup>-3</sup> TJ/t	100%	3.209tCO <sub>2</sub> /t	柴油密度按0.86KG/L

氧化率检测涉及的参数较多、计算取值复杂，对排放结果影响小，一般取默认值100%。

过程排放因子一般取默认值，详见各行业方法学。

# 计算相关数据获取

## 3、电力、热力排放因子

电力、热力排放因子一般取默认值，但由于能源结构在快速低碳化，要按照政府部门最新要求调整。

### 上海市生态环境局文件

电力排放因子:	7.88tCO <sub>2</sub> /万千瓦时	→	4.2 tCO <sub>2</sub> /万千瓦时
热力排放因子	0.11tCO <sub>2</sub> /GJ	→	0.06tCO <sub>2</sub> / GJ

沪环气〔2022〕34号

#### 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

各有关单位:

为加快推进本市碳排放统计核算体系的统一规范建设,经研究,决定将本市温室气体排放核算与报告指南和行业方法中电力、热力的排放因子缺省值进行调整。采用相关行业方法(详见附件),核算使用外购电力、热力所导致的排放时,电力排放因子缺省值由 7.88 t CO<sub>2</sub>/ 10<sup>4</sup>kWh 调整为 4.2t CO<sub>2</sub>/ 10<sup>4</sup>kWh,热力排放因子缺省值由 0.11 t CO<sub>2</sub>/GJ 调整为 0.06 t CO<sub>2</sub>/GJ。

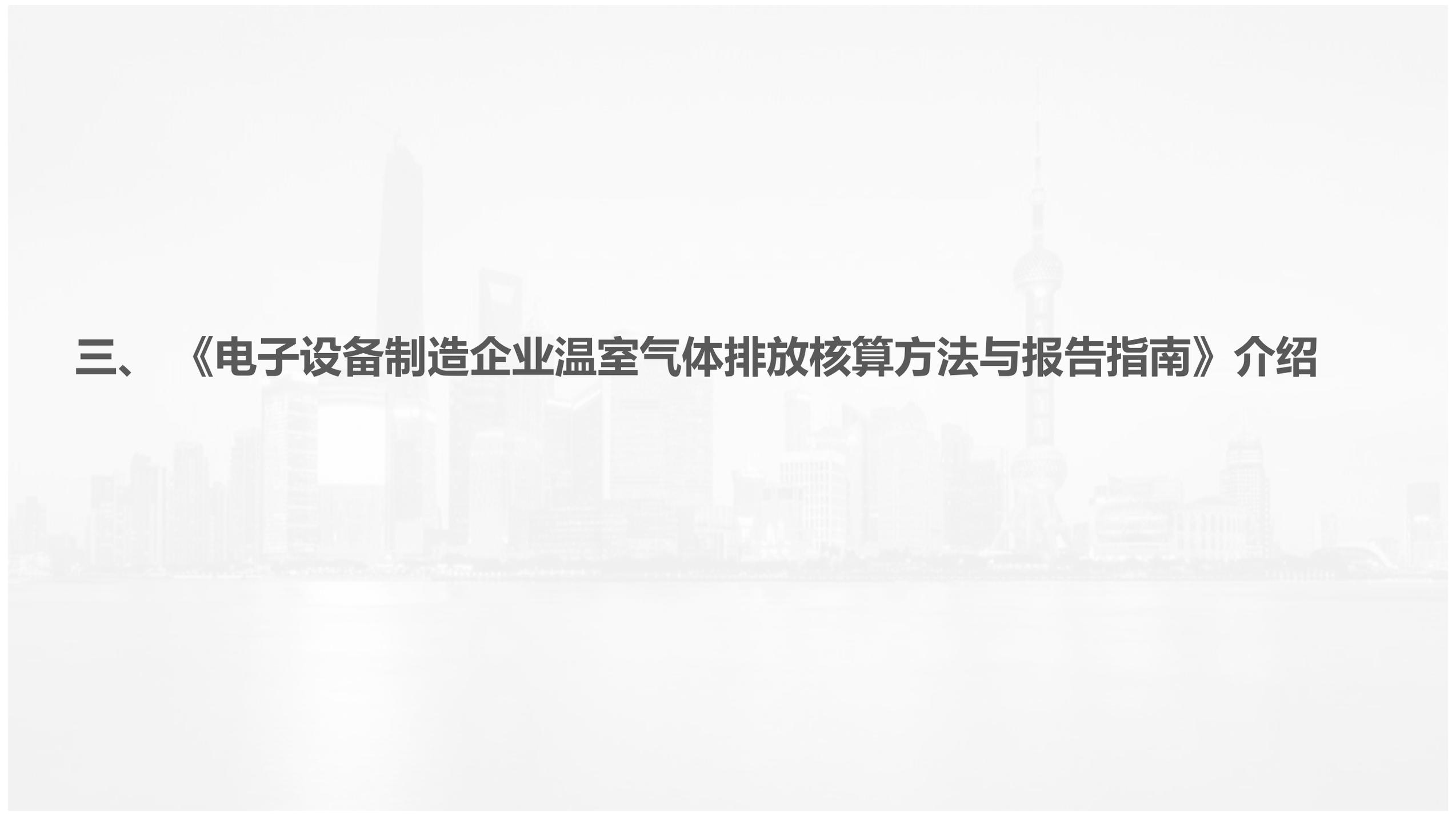
# 不确定性

**相关数据获取时存在不确定性。应对不确定性以及降低不确定性的相关措施进行说明。**

不确定性产生的原因：

- 1) 缺乏完整性：由于排放机理未完全识别，相关数据不完整。
- 2) 数据缺失：在现有条件下无法获得或难以获得相关数据，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：已有数据在一定工况下获得，缺少典型工况数据。
- 4) 测量误差：测量仪器、仪器校准或测量标准不精确等。

**由于不确定性，因此应加强数据质量的控制，包括对数据采用纵向方法和横向方法进行比较（碳评文件可以有），包括应定期对测量仪器进行校准、调整，确保数据准确可靠。**



### 三、《电子设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南》介绍

- 1 适用范围
- 2 引用文件和参考文献
- 3 术语和定义**
- 4 核算边界**
- 5 核算方法
  - (一) 化石燃料燃烧排放
  - (二) 工业生产过程排放**
  - (三) 净购入电力、热力产生的排放
- 6 质量保证和文件存档
- 7 报告内容和格式规范

# 3 术语和定义

## 3.1 温室气体

指大气层中吸收和重新放出红外辐射的自然的和人为的气态成分。本指南的温室气体指《京都议定书》中规定的七种温室气体，分别为二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）、六氟化硫（SF<sub>6</sub>）和三氟化氮（NF<sub>3</sub>）。本指南中的温室气体包括除N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>以外的五种温室气体。

## 3.2 工业生产过程排放

指原材料在工业生产过程中除化石燃料燃烧之外的由于物理或化学反应、工业生产过程中温室气体的泄露、废气处理等导致的温室气体排放。

## 3.3 活动水平

量化导致温室气体排放或清除的生产或消费活动的活动量，如化石燃料的消耗量、生产原料的使用量、购入的电量、蒸汽量等。

## 3.4 排放因子

与活动水平数据相对应的系数，用于量化单位活动水平的温室气体排放量。排放因子通常基于抽样测量或统计分析获得，表示在给定操作条件下某一活动水平的代表性排放率。

# 3 术语和定义

## 3.5 刻蚀

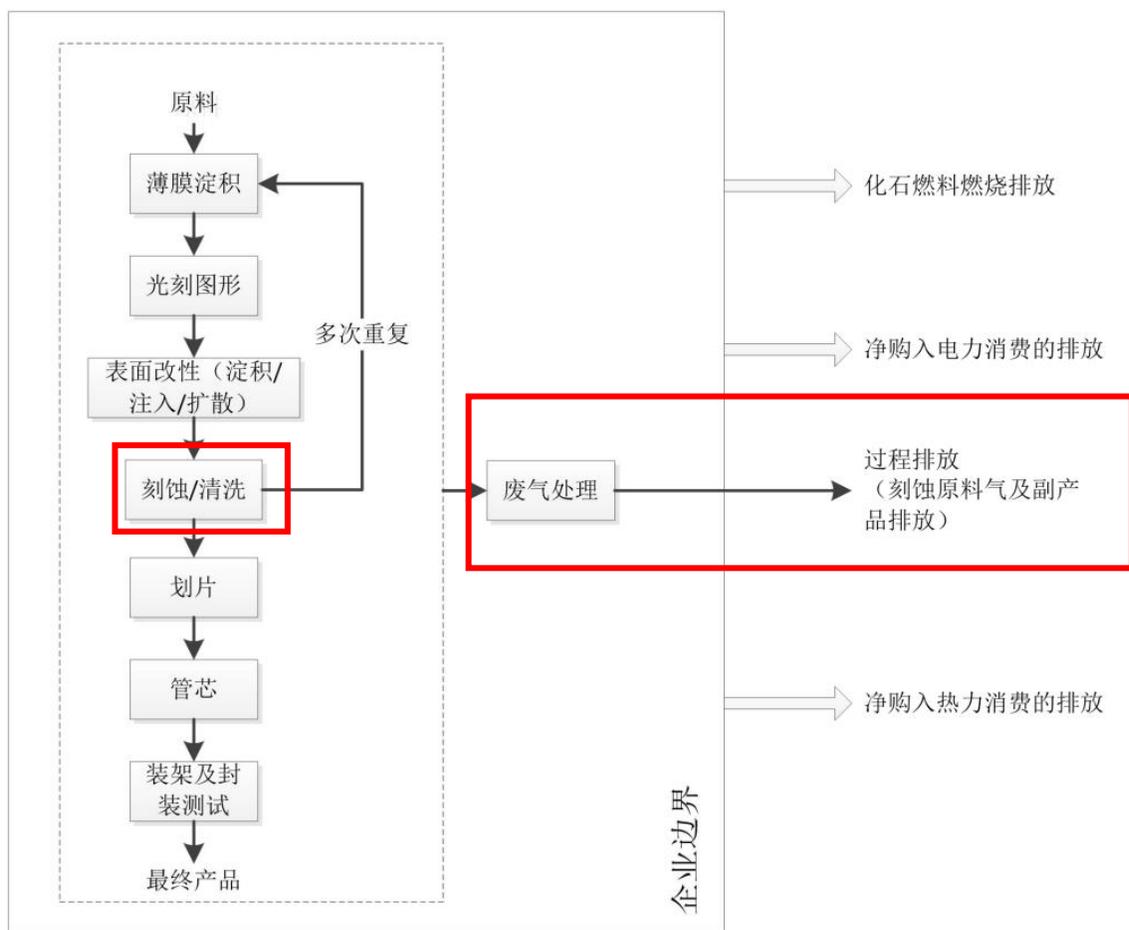
指按照掩膜图形或设计要求对半导体衬底表面或表面覆盖薄膜进行选择性的腐蚀或剥离的过程。

## 3.6 化学气相沉积 (CVD) 腔室清洗

指把含有构成薄膜元素的气态反应剂或液态反应剂的蒸汽及反应所需其他气体引入反应室，在衬底表面发生化学反应生产薄膜的过程。化学气相沉积 (CVD) 腔室清洗指利用化学反应清洗腔室内残留物质的过程。

## 4 核算边界

电子设备制造业的工业生产过程排放主要由刻蚀与 CVD 腔室清洗工序产生，过程中产生的温室气体排放由原料气的泄漏与生产过程中生成的副产品（温室气体）的排放构成。原料气包括但不限于：NF<sub>3</sub>、SF<sub>6</sub>、CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、c-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、c-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>O、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、CHF<sub>3</sub>、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>F。副产品包括但不限于：CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>。



## 5、核算方法

刻蚀工序与 CVD 腔室清洗工序产生的温室气体排放

$$E_{FC} = \sum_i E_{EFC,i} + \sum_{i,j} E_{BP,i,j}$$

其中，

$E_{FC}$  刻蚀工序与 CVD 腔室清洗工序产生的温室气体排放, tCO<sub>2</sub>e

$E_{EFC,i}$  第  $i$  种原料气泄漏产生的排放, tCO<sub>2</sub>e

$E_{BP,i,j}$  第  $i$  种原料气产生的第  $j$  种副产品排放, tCO<sub>2</sub>e

$i$  原料气的种类

$j$  副产品的种类

## 5、核算方法

### 每一种原料气的排放

$$E_{EFC,i} = (1-h) \cdot FC_i \cdot (1-U_i) \cdot (1-a_i \cdot d_i) \cdot GWP_i$$

其中，

$E_{EFC,i}$	第 i 种原料气体泄漏产生的排放, tCO <sub>2</sub> e
$h$	原料气容器的气体残余比例, %
$FC_i$	报告期内第 i 种原料气的使用量, t
$U_i$	第 i 种原料气的利用率, %
$a_i$	废气处理装置对第 i 种原料气的收集效率, %
$d_i$	废气处理装置对第 i 种原料气的去除效率, %
$GWP_i$	第 i 种原料气的全球变暖潜势
$i$	原料气的种类

其中，原料气消耗量的计算

$$FC_i = IB_i + P_i - IE_i - S_i$$

其中，

$FC_i$	报告期内第 i 种原料气的使用量, t
$IB_i$	第 i 种原料气的期初库存量, t
$IE_i$	第 i 种原料气的期末库存量, t
$P_i$	报告期内第 i 种原料气的购入量, t
$S_i$	报告期内第 i 种原料气向外销售/输出量, t

## 5、核算方法

刻蚀工序与 CVD 腔室清洗工序过程中产生的温室气体副产品

$$E_{BP,i,j} = (1-h) \cdot B_{i,j} \cdot FC_i \cdot (1-a_j \cdot d_j) \cdot GWP_j$$

其中，

$E_{BP,i,j}$	第 i 种原料气产生的第 j 种副产品排放, tCO <sub>2</sub> e
$h$	原料气容器的气体残余比例, %
$B_{i,j}$	第 i 种原料气产生第 j 种副产品的转化因子, t 副产品/t
$FC_i$	报告期内第 i 种原料气的使用量, t
$a_j$	废气处理装置对第 j 种副产品的收集效率, %
$d_j$	废气处理装置对第 j 种副产品的去除效率, %
$GWP_j$	第 j 种副产品的全球变暖潜势
$i$	原料气的种类
$j$	副产品的种类

# 数据获取

**原料气的使用量：**以企业台账、统计报表、采购记录、领料记录等为依据确定。

**原料气的利用率、原料气与副产品的收集率和去除率、原料气产生副产品的转化因子：**可按默认值或由设备商提供。

**原料气容器的气体残余比例：**采用默认值10%。

**温室气体的全球变暖潜势：**采用默认值（IPCC第四次评估报告）

氢氟碳化物（HFC<sub>s</sub>）：

HFC-23 14800

HFC-32 675

HFC-125 3500

HFC-134a 1430

HFC-143a 4470

HFC-152a 124

HFC-227ea 3220

HFC-236fa 9810

HFC-245fa 1030

全氟化碳（PFCs）

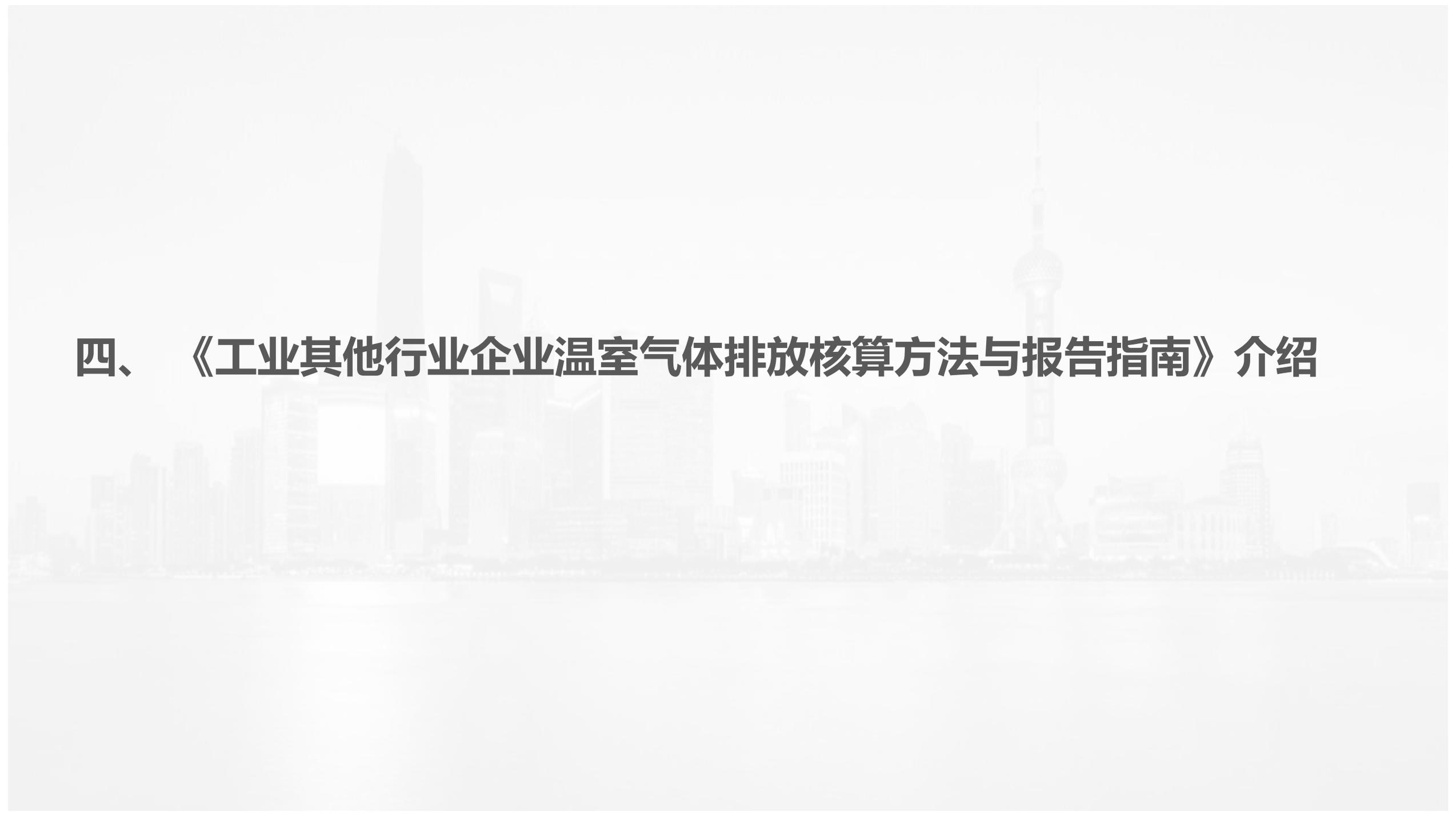
CF<sub>4</sub>: 7390

C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>: 9200

六氟化硫（SF<sub>6</sub>）: 22800

三氟化氮（NF<sub>3</sub>）: 10800

	原料气的利用率	废气处理装置对原料气/副产品的收集率	废气处理装置对原料气/副产品的去除率	原料气产生CF <sub>4</sub> 的转化因子	原料气产生C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> 的转化因子	原料气产生C <sub>3</sub> F <sub>8</sub> 的转化因子
NF <sub>3</sub>	0.8 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.95 <sup>①</sup>	0.09 <sup>①</sup>		
SF <sub>6</sub>	0.8 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>			
CF <sub>4</sub>	0.1 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>			
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	0.4 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.2 <sup>①</sup>		
C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	0.6 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.1 <sup>①</sup>		
C <sub>4</sub> F <sub>6</sub>					0.2 <sup>②</sup>	
c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	0.9 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.1 <sup>①</sup>	0.1 <sup>①</sup>	
c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> O						0.04 <sup>②</sup>
C <sub>5</sub> F <sub>8</sub>					0.04 <sup>②</sup>	
CHF <sub>3</sub>	0.6 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.9 <sup>①</sup>	0.07 <sup>①</sup>		
CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>				0.08 <sup>②</sup>		
CH <sub>3</sub> F						



## 四、《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南》介绍

1 适用范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 温室气体通用核算方法

(一) 核算边界确定

(二) 排放源和气体种类识别

(三) 报告主体温室气体排放总量

(四) 化石燃料燃烧CO<sub>2</sub>排放

(五) 碳酸盐适用CO<sub>2</sub>排放

(六) 工业废水厌氧处理CH<sub>4</sub>排放

(七) CH<sub>4</sub>回收与销售量

(八) CO<sub>2</sub>回收利用量

(九) 净购入电力和热力隐含的CO<sub>2</sub>排放

5 质量保证和文件存档

6 报告内容

# 3 术语和定义

## 3.1 温室气体

指大气层中吸收和重新放出红外辐射的自然的和人为的气态成分。本指南的温室气体指《京都议定书》中规定的六种温室气体，分别为二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）、六氟化硫（SF<sub>6</sub>）。

## 3.2 碳酸盐使用过程 CO<sub>2</sub>排放

碳酸盐作生产原料、助熔剂、脱硫剂或其他用途中发生分解产生的 CO<sub>2</sub> 排放。

## 3.3 废水厌氧处理 CH<sub>4</sub>排放

废水经厌氧处理可能产生二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放，仅要求计算工业废水厌氧处理产生的 CH<sub>4</sub>排放。

## 3.4 CH<sub>4</sub>回收与销毁量

指通过甲烷气回收利用或火炬销毁等措施从而免于排放到大气中的 CH<sub>4</sub>。

## 3.5 CO<sub>2</sub>回收利用量

由报告主体产生的、但又被回收作为生产原料自用或作为产品外供给其它单位从而免于排放到大气中的 CO<sub>2</sub>。

## 4 核算方法

### (一) 边界确定

以法人企业或视同法人的独立核算单位为企业边界，核算和报告处于其运营控制权之下的所有生产场所和生产设施产生的温室气体排放。

设施范围包括直接生产系统工艺装置、辅助生产系统和附属生产系统，其中辅助生产系统包括厂区内的动力、供电、供水、采暖、制冷、机修、化验、仪表、仓库（原料场）、运输等，附属生产系统包括生产指挥管理系统（厂部）以及厂区内为生产服务的部门和单位（如职工食堂、车间浴室、保健站等）。

与本市方法学边界不一致！由于国家方法学主要适用于非二氧化碳排放，因此无影响。

## 4 核算方法

### (二) 排放源和气体种类识别

- 1) 化石燃料燃烧 CO<sub>2</sub>排放，主要指企业用于动力或热力供应的化石燃料燃烧过程产生的 CO<sub>2</sub>排放，包括氧乙炔焊接或切割燃烧乙炔产生的 CO<sub>2</sub>排放量；
- 2) 碳酸盐使用过程 CO<sub>2</sub>排放，指石灰石、白云石等碳酸盐在用作生产原料、助熔剂、脱硫剂或其他用途的使用过程中发生分解产生的 CO<sub>2</sub>排放；
- 3) 工业废水厌氧处理 CH<sub>4</sub>排放，指报告主体通过厌氧工艺处理工业废水产生的 CH<sub>4</sub>排放；
- 4) CH<sub>4</sub> 回收与销毁量，指报告主体通过回收利用或火炬焚毁等措施处理废水处理产生的甲烷气从而免于排放到大气中的 CH<sub>4</sub> 量，其中回收利用包括企业回收自用以及回收作为产品外供给其他单位；
- 5) CO<sub>2</sub> 回收利用量，指报告主体回收燃料燃烧或工业生产过程产生的 CO<sub>2</sub> 作为生产原料自用或作为产品外供给其它单位，从而免于排放到大气中的 CO<sub>2</sub> 量；
- 6) 企业净购入电力和热力隐含的 CO<sub>2</sub>排放，该部分排放实际上发生在生产这些电力或热力的企业，但由报告主体的消费活动引起，也计入报告主体名下。

## 4 核算方法

### (三) 温室气体排放总量

$$E_{GHG} = E_{CO_2\text{-燃烧}} + E_{CO_2\text{-碳酸盐}} + (E_{CH_4\text{-废水}} - R_{CH_4\text{-回收销毁}}) \times GWP_{CH_4} - R_{CO_2\text{-回收}} \\ + E_{CO_2\text{-净电}} + E_{CO_2\text{-净热}}$$

$E_{GHG}$  为温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量 (CO<sub>2</sub>e)；

$E_{CO_2\text{-燃烧}}$  为化石燃料燃烧 CO<sub>2</sub>排放，单位为吨 CO<sub>2</sub>；

$E_{CO_2\text{-碳酸盐}}$  为碳酸盐使用过程分解产生的 CO<sub>2</sub>排放，单位为吨 CO<sub>2</sub>；

$E_{CH_4\text{-废水}}$  为废水厌氧处理产生的 CH<sub>4</sub>排放，单位为吨 CH<sub>4</sub>；

$R_{CH_4\text{-回收销毁}}$  为报告主体的 CH<sub>4</sub>回收与销毁量，单位为吨 CH<sub>4</sub>；

$GWP_{CH_4}$  为 CH<sub>4</sub>相比 CO<sub>2</sub>的全球变暖潜势 (GWP) 值 (IPCC, 取21)；

$R_{CO_2\text{-回收}}$  为CO<sub>2</sub>回收利用量，单位为吨 CO<sub>2</sub>；

## 4 核算方法

### (四) 碳酸盐使用过程 CO<sub>2</sub>排放

$$E_{CO_2\text{-碳酸盐}} = \sum_i (AD_i \times EF_i \times PUR_i)$$

$i$  为碳酸盐的种类。如实际使用的是多种碳酸盐组成的混合物，应考虑每种碳酸盐；

$AD_i$  为碳酸盐  $i$  用于原料、助熔剂、脱硫剂等的总消费量，单位为吨；

$EF_i$  为碳酸盐  $i$  的 CO<sub>2</sub>排放因子，单位为吨 CO<sub>2</sub>/吨碳酸盐  $i$ ；

$PUR_i$  为碳酸盐  $i$  以质量百分比表示的纯度。

## 4 核算方法

### (四) 碳酸盐使用过程 CO<sub>2</sub>排放

数据获取：

活动水平：每种碳酸盐的总消费量等于用作生产原料、助熔剂、脱硫剂等的消费量之和，应分别根据企业台帐或统计报表来确定。对于碳酸盐在使用过程中形成碳酸氢盐或 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>离子发生转移而未生产 CO<sub>2</sub>的情形，这部分对应的碳酸盐使用量不计入。

排放因子：可委托专业机构或自行定期检测碳酸盐的质量百分比纯度或化学组分，并根据化学组分、分子式及 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>离子的数目，采用物质平衡法计算得到碳酸盐的 CO<sub>2</sub> 排放因子。碳酸盐化学组分的检测应遵循 GB/T 3286.1、GB/T 3286.9 等标准。或者采用供应商提供数据。一些常见碳酸盐的 CO<sub>2</sub>排放因子可以采用默认值。

碳酸盐	排放因子 (吨 CO <sub>2</sub> /吨碳酸盐)
CaCO <sub>3</sub>	0.4397
MgCO <sub>3</sub>	0.5220
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.4149
NaHCO <sub>3</sub>	0.5237
FeCO <sub>3</sub>	0.3799
MnCO <sub>3</sub>	0.3829
BaCO <sub>3</sub>	0.2230
Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.5955
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.3184
SrCO <sub>3</sub>	0.2980
CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.4773

## 4 核算方法

### (五) 工业废水厌氧处理 CH<sub>4</sub>排放

$$E_{CH_4\_废水} = (TOW - S) \times EF_{CH_4\_废水} \times 10^{-3}$$

$TOW$  为工业废水中可降解有机物的总量，以化学需氧量（COD）为计量指标，单位为千克 COD；

$S$  为以污泥方式清除掉的有机物总量，以化学需氧量（COD）为计量指标，单位为千克 COD；

$EF_{CH_4\_废水}$  为工业废水厌氧处理的 CH<sub>4</sub> 排放因子，单位为千克 CH<sub>4</sub>/千克 COD；

TOW 可以采用废水处理系统去除的 COD 统计值，或者按下式估算：

$$TOW = W \times (COD_{in} - COD_{out})$$

W 为厌氧处理的工业废水量（m<sup>3</sup>废水/年）：

COD<sub>in</sub> 为进入厌氧处理系统的废水平均 COD 浓度（千克 COD/m<sup>3</sup>废水）；

COD<sub>out</sub> 为厌氧处理系统出口排出废水平均 COD 浓度（千克 COD/m<sup>3</sup>废水）

$$EF_{CH_4\_废水} = B_0 \times MCF$$

B<sub>0</sub> 为工业废水厌氧处理系统的甲烷最大生产能力（千克 CH<sub>4</sub>/千克 COD）

MCF 为甲烷修正因子，表示不同处理系统或排放途径达到甲烷最大产生能力（B<sub>0</sub>）的程度，也反映了处理系统的厌氧程度

# 4 核算方法

## (五) 工业废水厌氧处理 CH<sub>4</sub>排放

数据获取：

活动水平：企业厌氧处理的工业废水量、厌氧处理系统去除的 COD 量、以污泥方式清除掉的 COD 量应根据企业原始记录或统计台账确定，其中以污泥方式清除掉的 COD 量如果没有统计，则应取零。废水中的 COD 浓度应取企业定期测定的平均值，测试方法需满足中华人民共和国环保部水质监测中化学需氧量的标准监测方法，水样采集频率至少为 2 小时一次，取 24 小时混合样进行测定。

排放因子：对废水厌氧处理系统的甲烷最大生产能力，暂取缺省值 0.25 千克 CH<sub>4</sub>/千克 COD，未来应根据主管部门发布的官方数据进行更新；对废水处理系统的甲烷修正因子，具备条件的企业可自行检测或委托专业机构检测，或取默认值。

处理和排放途径或系统类型	MCF	范围	备注
海洋、河流或湖泊排放	0.1	0 - 0.2	高浓度有机污水进入河流可能产生厌氧反应
好氧处理设施	0	0 - 0.1	必须管理完善
好氧处理设施	0.3	0.2 - 0.4	管理不完善，过载
污泥厌氧消化池	0.8	0.8 - 1.0	未考虑 CH <sub>4</sub> 回收
厌氧反应器	0.8	0.8 - 1.0	未考虑 CH <sub>4</sub> 回收
浅厌氧塘	0.2	0 - 0.3	深度不足 2 米
深厌氧塘	0.8	0.8 - 1.0	深度超过 2 米

# 4 核算方法

## (六) CH4回收与销毁量

$$R_{CH_4\_回收销毁} = R_{CH_4\_自用} + R_{CH_4\_外供} + R_{CH_4\_火炬}$$

式中，

$R_{CH_4}$  为报告主体回收自用的 CH<sub>4</sub> 量，单位为吨 CH<sub>4</sub>；

$R_{CH_4}$  为报告主体回收外供给其他单位的 CH<sub>4</sub> 量，单位为吨 CH<sub>4</sub>；

$R_{CH_4}$  为报告主体通过火炬销毁的 CH<sub>4</sub> 量，单位为吨 CH<sub>4</sub>；

$$R_{CH_4\_外供} = Q_{外供} \times PUR_{CH_4} \times 7.17$$

$Q_{外供}$  为外供第三方的 CH<sub>4</sub> 气体体积(万 Nm<sup>3</sup>)

$R_{CH_4\_火炬}$  通过监测进入火炬销毁装置的甲烷气流量、CH<sub>4</sub> 浓度，并考虑销毁效率计算得到，公式如下：

其中，

$$R_{CH_4\_自用} = \eta_{自用} \times Q_{自用} \times PUR_{CH_4} \times 7.17$$

$\eta_{自用}$  为甲烷气在现场自用过程中的氧化系数 (%) ；

$Q_{自用}$  为报告主体回收自用的 CH<sub>4</sub> 气体体积 (万 Nm<sup>3</sup>) ；

$PUR_{CH_4}$  为回收自用的甲烷气体平均 CH<sub>4</sub> 体积浓度；

7.17为CH<sub>4</sub>气体在标准状况下的密度 (吨/万 Nm<sup>3</sup>)

$$R_{CH_4\_火炬} = \bar{\eta} \times \sum_{h=1}^H \left( \frac{FR_h \times V\%_h}{22.4} \times 16 \times 10^{-3} \right)$$

$\bar{\eta}$  为 CH<sub>4</sub>火炬销毁装置的平均销毁效率 (%)

H为火炬销毁装置运行时间，单位为小时；

h为时间序号；

FR<sub>h</sub>为进入火炬销毁装置的甲烷气流量，单位为 Nm<sup>3</sup> /h。非标准状况下的流量需根据温度、压力转化成标准状况 (0℃、101.325 KPa) 下的流量；  
22.4 为标准状况下理想气体摩尔体积，单位为 Nm<sup>3</sup> /kmol；

16为 CH<sub>4</sub>的分子量

## 4 核算方法

### (六) CH<sub>4</sub>回收与销毁量

数据获取:

活动水平: 回收自用或回收外供第三方的甲烷气体积应根据企业台帐或统计报表来确定;

应在火炬销毁装置入口处安装体积流量计连续地或至少每小时一次监测进入火炬销毁装置的甲烷气流量, 并转换成标准状况下的流量。

排放因子: 回收自用、外供第三方以及进入火炬销毁装置的甲烷气的 CH<sub>4</sub>体积浓度应按照 GB/T 8984 定期测定, 至少每周进行一次常规测量, 作为上一次测量以来的 CH<sub>4</sub>平均体积浓度。

CH<sub>4</sub>火炬销毁装置的平均销毁效率应通过质量流量计或其他方式定期测量火炬销毁装置入口气流及出口气流中的 CH<sub>4</sub>质量变化来估算。测试频率至少每月一次, 作为上一次测试以来的 CH<sub>4</sub> 平均销毁效率;

甲烷气在现场自用过程中的氧化系数可采用类似的方法进行测试, 如果是用作燃料燃烧, 可取缺省值 0.9。

## 4 核算方法

### (七) CO<sub>2</sub>回收利用率

$$R_{CO_2\text{-回收}} = (Q_{\text{外供}} \times PUR_{CO_2\text{-外供}} + Q_{\text{自用}} \times PUR_{CO_2\text{-自用}}) \times 19.77$$

$Q_{\text{外供}}$ 为回收且外供给其他单位的 CO<sub>2</sub>气体体积 (万 Nm<sup>3</sup>)

$PUR_{CO_2\text{-外供}}$ 为 CO<sub>2</sub>外供气体的纯度 (CO<sub>2</sub>体积浓度), 取值范围为 0~1;

$Q_{\text{自用}}$ 为回收且自用作生产原料的 CO<sub>2</sub>气体体积 (万 Nm<sup>3</sup>)

$PUR_{CO_2\text{-自用}}$ 为回收自用作原料的CO<sub>2</sub>气体纯度 (CO<sub>2</sub>体积浓度), 取值范围为 0~1;

19.77 为标准状况下 CO<sub>2</sub>气体的密度, 单位为吨 CO<sub>2</sub>/万 Nm<sup>3</sup>。

## 4 核算方法

### (七) CO<sub>2</sub>回收利用量

数据获取：

活动水平：CO<sub>2</sub>回收外供量以及回收自用作生产原料的CO<sub>2</sub>量应根据企业台帐或统计报表来确定。

排放因子：应按照GB/T 8984定期测定回收外供的CO<sub>2</sub>气体的CO<sub>2</sub>体积浓度以及回收自用作生产原料的CO<sub>2</sub>气体的CO<sub>2</sub>体积浓度，至少每周进行一次常规测量，分别作为上一次测量以来的CO<sub>2</sub>气体平均纯度。

**感谢聆听!**

**齐康**

**13918210576**

**kangqi@sicc.sh.cn**