

SH/GHG

上海市区级温室气体清单编制技术文件

SH/GHG-003-2022

上海市区级工业生产过程温室气体清单

编制技术规范

(试 行)

上海市生态环境局 发布

2022 年 9 月

目 录

前 言.....	1
1 总体要求.....	2
2 水泥生产过程.....	2
2.1 核算方法.....	2
2.2 活动水平数据及其来源.....	3
2.3 排放因子数据.....	3
3 石灰生产过程.....	3
3.1 核算方法.....	3
3.2 活动水平数据及其来源.....	4
3.3 排放因子数据.....	4
4 钢铁生产过程.....	4
4.1 核算方法.....	4
4.2 活动水平数据及其来源.....	5
4.3 排放因子数据.....	5
5 电石生产过程.....	5
5.1 核算方法.....	5
5.2 活动水平数据及其来源.....	5
5.3 排放因子数据.....	6
6 己二酸生产过程.....	6
6.1 核算方法.....	6
6.2 活动水平数据及其来源.....	6
6.3 排放因子数据.....	6
7 硝酸生产过程.....	7
7.1 核算方法.....	7
7.2 活动水平数据及其来源.....	7
7.3 排放因子数据.....	7

8 一氯二氟甲烷生产过程.....	8
8.1 核算方法.....	8
8.2 活动水平数据及其来源.....	8
8.3 排放因子数据.....	8
9 铝生产过程.....	9
9.1 核算方法.....	9
9.2 活动水平数据及其来源.....	9
9.3 排放因子数据.....	9
10 镁生产过程.....	10
10.1 核算方法.....	10
10.2 活动水平数据及其来源.....	10
10.3 排放因子数据.....	10
11 电力设备生产过程.....	11
11.1 核算方法.....	11
11.2 活动水平数据及其来源.....	11
11.3 排放因子数据.....	11
12 半导体生产过程.....	11
12.1 核算方法.....	11
12.2 活动水平数据及其来源.....	12
12.3 排放因子数据.....	12
13 氢氟烃生产过程.....	12
13.1 核算方法.....	12
13.2 活动水平数据及其来源.....	13
13.3 排放因子数据.....	13
14 不确定性分析.....	13
14.1 概述.....	13
14.2 不确定性产生的原因及降低不确定性的方法.....	14
14.2.1 不确定性产生的原因.....	14

14.2.2 降低不确定性的方法.....	14
14.3 量化和合并不确定性的方法	14
14.3.1 量化不确定性方法.....	14
14.3.2 合并不确定性方法.....	14
15 报告和质量控制.....	15
附录一：温室气体全球变暖潜势值.....	16
附录二：工业生产过程报告格式及大纲.....	17

前 言

气候变化是全球共同面临的重大挑战，关系到人类的生存和发展。从我国现阶段发展来看，能源结构仍旧以煤为主，经济结构性矛盾仍然突出，随着能源消耗的不断增长，控制温室气体排放面临巨大压力。因此，控制温室气体排放，积极应对气候变化，切实推动绿色低碳发展，已成为我国贯彻新发展理念、实现经济社会高质量发展的重要抓手。

2010年9月，国家正式下发了《关于启动省级温室气体清单编制工作有关事项的通知》并印发了《省级温室气体清单编制指南（试行）》，要求各地制定工作计划和编制方案，组织好温室气体清单编制工作。为贯彻《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030年前碳达峰行动方案》文件精神，推动落实《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》中关于“完善温室气体清单编制机制”的有关要求，指导和规范我市区级温室气体清单编制方法，加强温室气体排放统计工作，促进上海市区级温室气体清单编制工作走向常态化和标准化，特制定本规范。在规范制定过程中，充分参考了国内外相关技术标准、指南和文献资料，广泛听取了生态环境部，国家气候战略中心，江浙皖三省生态环境厅，市统计局、市绿化市容局、市交警总队、市大数据中心，市环境科学研究院、市园林科学规划研究院，电力公司、燃气公司、供水公司等部门和单位的建议，总结了长宁区生态环境局、金山区生态环境局清单编制的试点经验。同时，特别感谢上海交通大学在本规范制定过程中提出的宝贵意见。

本文件为首次发布。

本文件由上海市生态环境局提出并负责解释和修订。

本文件起草单位：上海市经济信息中心。

本文件主要起草人：刘佳、鞠学泉、张东海、王雪媛、沈行。

1 总体要求

工业生产过程温室气体排放清单报告的是工业生产中能源活动温室气体排放之外的其他化学反应过程或物理变化过程的温室气体排放。例如，石灰行业石灰石分解产生的排放属于工业生产过程排放，而石灰窑燃料燃烧产生的排放不属于工业生产过程排放。

工业生产过程温室气体清单范围^①包括：水泥生产过程二氧化碳排放，石灰生产过程二氧化碳排放，钢铁生产过程二氧化碳排放，电石生产过程二氧化碳排放，己二酸生产过程氧化亚氮排放，硝酸生产过程氧化亚氮排放，一氯二氟甲烷（HCFC-22）生产过程三氟甲烷（HFC-23）排放，铝生产过程全氟化碳排放，镁生产过程六氟化硫排放，电力设备生产过程六氟化硫排放，半导体生产过程氢氟烃、全氟化碳和六氟化硫排放，以及氢氟烃生产过程的氢氟烃排放。

有条件的区可计算其他工业生产过程排放，并作为信息项单独报送。

工业生产过程温室气体清单编制应详细说明调研排查过程，并在附录中提供相应的证明凭据。

区级工业生产过程温室气体排放总量计算方法见公式（1）：

$$E_G = E_{SN} + E_{SH} + E_{GT} + E_{DS} + E_{JES} + E_{XS} + E_{HCFC-22} + E_{LG} + E_{MG} + E_{DLS} + E_{BDT} + E_{QFT} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

E_{SN} ——水泥生产过程二氧化碳排放量，单位为 t；

E_{SH} ——石灰生产过程二氧化碳排放量，单位为 t；

E_{GT} ——钢铁生产过程二氧化碳排放量，单位为 t；

E_{DS} ——电石生产过程二氧化碳排放量，单位为 t；

E_{JES} ——己二酸生产过程氧化亚氮排放量，单位为 tCO₂e；

E_{XS} ——硝酸生产过程氧化亚氮排放量，单位为 tCO₂e；

$E_{HCFC-22}$ ——一氯二氟甲烷生产过程三氟甲烷排放量，单位为 tCO₂e；

E_{LG} ——铝生产过程全氟化碳排放量，单位为 tCO₂e；

E_{MG} ——镁生产过程六氟化硫排放量，单位为 tCO₂e；

E_{DLS} ——电力设备生产过程六氟化硫排放量，单位为 tCO₂e；

E_{BDT} ——半导体生产过程氢氟烃、全氟化碳和六氟化硫排放量，单位为 tCO₂e；

E_{QFT} ——氢氟烃生产过程氢氟烃排放量，单位为 tCO₂e。

2 水泥生产过程

2.1 核算方法

^①虽在规范编制时上海市没有以下工业生产过程排放：水泥生产过程 CO₂ 排放、石灰生产过程 CO₂ 排放、电石生产过程 CO₂ 排放、己二酸生产过程 N₂O 排放、一氯二氟甲烷生产过程 HFC 排放、氢氟烃生产过程 HFC 排放、铝生产过程 PFCs 排放、镁生产过程 SF₆ 排放，但为了保证清单规范的完整性，仍编入本规范范围内。

水泥生产过程中的二氧化碳排放来自水泥熟料的生产过程。熟料是水泥生产的中间产品，它是由水泥生料经高温煅烧发生物理化学变化后形成的。水泥生料主要由石灰石及其它配料配制而成。在煅烧过程中，生料中碳酸钙和碳酸镁会分解排放出二氧化碳。

估算水泥生产过程二氧化碳排放量计算公式见式（2），此方法是《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{SN} = AD_{SN} \times EF_{SN} \dots\dots\dots (2)$$

式中：
 AD_{SN} ——各区境内扣除电石渣生产的熟料产量后的水泥熟料产量，单位为 t；
 EF_{SN} ——水泥生产过程平均排放因子，单位为 tCO₂ /t。

2.2 活动水平数据及其来源

估算水泥工业生产过程二氧化碳排放所需要的活动水平数据为各区扣除用电石渣生产的熟料数量之后的水泥熟料产量。水泥熟料产量可调研当地统计部门或水泥协会（建材行业协会）获取；若统计部门无法获取熟料产量，可调研经信等部门获取企业名单，进一步调查企业获取相关数据。水泥工业生产过程活动水平数据见表 2.1。

表 2.1 水泥活动水平数据

类 别	单位	数值
水泥熟料产量	万吨	
电石渣生产的熟料产量	万吨	

2.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.2 推荐的排放因子估算水泥生产过程排放量。

表 2.2 推荐的水泥生产过程排放因子

类 别	单位	数值
水泥生产过程排放因子	吨二氧化碳/吨熟料	0.538

3 石灰生产过程

3.1 核算方法

石灰生产过程的二氧化碳排放来源于石灰石中碳酸钙和碳酸镁的热分解。
估算石灰生产过程二氧化碳排放的计算公式见式（3），这一方法是《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》推荐方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{SH} = AD_{SH} \times EF_{SH} \dots\dots\dots (3)$$

式中：
 AD_{SH} ——各区境内石灰产量，单位为 t；

EF_{SH} ——石灰生产过程平均排放因子，单位为 tCO_2/t 。

3.2 活动水平数据及其来源

估算石灰生产过程二氧化碳排放所需要的活动水平数据为所在区的石灰产量。石灰产量可调研当地统计部门获取，若统计部门不掌握石灰产量，可调研经信部门、重点企业等获取。

表 3.1 石灰生产过程活动水平数据

类 别	单位	数值
石灰产量	万吨	

3.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 3.2 推荐的排放因子估算石灰生产过程排放量。

表 3.2 推荐的石灰生产过程排放因子

类 别	单位	数值
石灰生产过程排放因子	吨二氧化碳/吨石灰	0.683

4 钢铁生产过程

4.1 核算方法

钢铁生产过程二氧化碳排放主要有两个来源：炼铁熔剂高温分解和炼钢降碳过程。熔剂高温分解是指石灰石和白云石等熔剂中的碳酸钙和碳酸镁在高温下会发生分解反应，并排放出二氧化碳。炼钢降碳是指在高温下用氧化剂把生铁里过多的碳和其他杂质氧化成二氧化碳排放或炉渣除去。

估算钢铁生产过程二氧化碳排放量的计算公式见式（4）。

$$E_{GT} = AD_{GT,S} \times EF_{GT,S} + AD_{GT,B} \times EF_{GT,B} + (AD_{GT,T} \times F_{GT,T} - AD_{GT,G} \times F_{GT,G}) \times 44/12 \cdots \cdots (4)$$

式中：

$AD_{GT,S}$ ——各区境内钢铁企业消费的作为熔剂的石灰石的数量，单位为 t；

$EF_{GT,S}$ ——作为熔剂的石灰石消耗的排放因子，单位为 tCO_2/t ；

$AD_{GT,B}$ ——各区境内钢铁企业消费的作为熔剂的白云石的数量，单位为 t；

$EF_{GT,B}$ ——作为熔剂的白云石消耗的排放因子，单位为 tCO_2/t ；

$AD_{GT,T}$ ——各区境内炼钢用生铁的数量，单位为 t；

$F_{GT,B}$ ——炼钢用生铁的平均含碳率；

$AD_{GT,G}$ ——各区境内炼钢的粗钢产量，单位为 t；

$F_{GT,G}$ ——炼钢的粗钢产品的平均含碳率。

钢铁生产中焦炭消耗的二氧化碳排放在能源活动温室气体清单部分报告。

4.2 活动水平数据及其来源

需要收集的活动水平数据为各区境内钢铁企业石灰石和白云石的年消耗量，以及炼钢的生铁投入量和粗钢产量。活动水平数据可通过调研钢铁生产企业或统计部门获得。钢铁工业生产过程活动水平数据见表 4.1。

表 4.1 钢铁生产过程活动水平数据

类 别	单位	数值	类 别	单位	数值
石灰石消耗量	万吨		炼钢用生铁消耗量	万吨	
白云石消耗量	万吨		粗钢产量	万吨	

4.3 排放因子数据

建议采用表 4.2 推荐的排放因子或基本参数估算钢铁生产过程排放量。

表 4.2 推荐的钢铁生产过程排放因子或基本参数

类 别	单位	数值	类 别	单位	数值
石灰石消耗	吨二氧化碳/吨石灰石	0.430	炼钢用生铁平均含碳量	%	4.100
白云石消耗	吨二氧化碳/吨白云石	0.474	粗钢平均含碳量	%	0.248

5 电石生产过程

5.1 核算方法

由于电石的生产要求石灰的活性比较高，多数电石生产厂都自己生产石灰。因此，电石的生产工艺一般包括两个环节，即用石灰石为原料经过煅烧生产石灰；以石灰和碳素原料如焦炭、无烟煤、石油焦等为原料生产电石。电石生产过程的二氧化碳排放只报告第二环节的排放量。第一环节的排放在石灰生产过程部分报告。

估算电石生产过程二氧化碳排放量的计算公式见式（5），此方法是《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{DS} = AD_{DS} \times EF_{DS} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

AD_{DS} ——各区境内电石产量，单位为 t；
 EF_{DS} ——EF 是电石的排放因子，单位为 tCO₂/t。

5.2 活动水平数据及其来源

估算电石生产过程二氧化碳排放需要的活动水平数据是电石产量，可调研当地统计部门获取，若统计部门不掌握电石产量，可调研经信等部门获取企业名单，调研企业获取电石产量。电石工业生产过程活动水平数据见表 5.1。

表 5.1 电石生产过程活动水平数据

类 别	单 位	数 值
电石产量	吨	

5.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 5.2 推荐的排放因子估算电石生产过程排放量。

表 5.2 推荐的电石生产过程排放因子

类 别	单 位	推荐数值
电石生产过程排放因子	千克二氧化碳/吨电石	1154

6 己二酸生产过程

6.1 核算方法

己二酸有多种制备工艺，其中会产生氧化亚氮的主要是传统工艺。

估算己二酸生产过程氧化亚氮排放量的计算公式见式（6），这一方法是《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{JES} = AD_{JES} \times EF_{JES} \times 310 \dots\dots\dots (6)$$

式中：

AD_{JES} ——各区境内己二酸产量，单位为 t；

EF_{JES} ——己二酸的平均排放因子，单位为 tN₂O/t。

6.2 活动水平数据及其来源

己二酸生产过程二氧化碳排放需要的活动水平数据是己二酸产量，可通过调研统计部门、经信部门等获取企业名单，调研企业获取相关数据。己二酸生产过程活动水平数据见表 6.1。

表 6.1 己二酸生产过程活动水平数据

类 别	单 位	数 值
己二酸产量	吨	

6.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 6.2 推荐的排放因子估算己二酸生产过程排放量。

表 6.2 推荐的己二酸生产过程排放因子

类 别	单 位	推荐数值
己二酸生产过程排放因子	吨氧化亚氮/吨己二酸	0.293

7 硝酸生产过程

7.1 核算方法

氧化亚氮是氨催化氧化过程产生的副产品。氧化亚氮的生成量取决于反应压力、温度、设备年代和设备类型等，反应压力对氧化亚氮生产影响最大。

估算硝酸生产过程氧化亚氮排放量的计算公式见式（7），此方法是《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{XS} = \sum (AD_{XS,k} \times EF_{XS,k}) \times 310/1000 \dots\dots\dots (7)$$

式中：

k ——高压法（没有安装非选择性尾气处理装置），高压法（安装非选择性尾气处理装置，NSCR），中压法，常压法，双加压法，综合法，低压法等七种技术类型；

$AD_{XS,k}$ ——各区境内上述七种技术的硝酸产量，单位为 t；

$EF_{XS,k}$ ——七种技术的氧化亚氮排放因子，单位为 kgN₂O/t。

7.2 活动水平数据及其来源

所需的活动水平数据为各区境内七种技术类型的硝酸产量数据。活动水平数据需要通过企业调研得到。可调研相关行业管理部门（经信）获取当地硝酸生产企业名录，进行实地调研。在原始数据收集的基础上，可汇总出各区七种技术的硝酸产量，并按表 7.1 的格式填写活动水平数据表，注意要采用浓硝酸折纯数据。

表 7.1 硝酸生产过程活动水平数据

类 别	单 位	数 值
高压法产量（没有安装非选择性尾气处理装置）	吨	
高压法产量（安装非选择性尾气处理装置）	吨	
中压法产量	吨	
常压法产量	吨	
双加压产量	吨	
综合法产量	吨	
低压法产量	吨	

7.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 7.2 推荐的排放因子估算硝酸生产过程排放量。

表 7.2 推荐的硝酸生产过程排放因子

类 别	单 位	数 值
高压法产量（没有安装非选择性尾气处理装置）	千克氧化亚氮/吨硝酸	13.9

类 别	单 位	数值
高压法产量（安装非选择性尾气处理装置）	千克氧化亚氮/吨硝酸	2.0
中压法产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	11.77
常压法产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	9.72
双加压产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	8.0
综合法产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	7.5
低压法产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	5.0

8 一氯二氟甲烷生产过程

8.1 核算方法

一氯二氟甲烷（HCFC-22）生产会排放三氟甲烷（HFC-23）。HFC-23 是制造过程中副产品的无意释放。

估算 HCFC-22 生产过程 HFC-23 排放量的计算公式见式（8），此方法是《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》推荐的方法，也与我国国家温室气体清单编制所采用的方法一致。

$$E_{\text{HCFC-22}} = AD_{\text{HCFC-22}} \times EF_{\text{HCFC-22}} \times 11700 \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$AD_{\text{HCFC-22}}$ ——各区境内 HCFC-22 产量，单位为 t；

$EF_{\text{HCFC-22}}$ ——HCFC-22 生产的平均排放因子，单位为 tHFC-23/tHCFC-22；

11700——IPCC 第二次评估报告值（1995 年）规定的 HFC-23 全球增温潜势值。

8.2 活动水平数据及其来源

HCFC-22 生产厂家，可调研相关行业管理部门（经信）获取当地 HCFC-22 生产企业名录，进行实地调研。在原始数据收集的基础上，汇总出各区 HCFC-22 的产量，并按照表 8.1 的格式填写活动水平数据表。

表 8.1 一氯二氟甲烷生产过程活动水平数据

类 别	单位	数值
HCFC-22 产量	吨	

8.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 8.2 推荐的排放因子估算 HCFC-22 生产过程排放量。

表 8.2 推荐的 HCFC-22 生产过程排放因子

类 别	单 位	数值
HCFC-22 生产排放因子	吨 HFC-23/吨 HCFC-22	0.0292

9 铝生产过程

9.1 核算方法

原铝熔炼过程中会排放四氟化碳（CF₄，PFC-14）和六氟乙烷（C₂F₆，PFC-116）两种全氟化碳（PFCs）。这两种全氟化碳是在一种称为阳极效应的过程中产生的。我国原铝生产采用的技术类型是点式下料预焙槽技术（PFPB）和侧插阳极棒自焙槽技术（HSS），并以点式下料预焙槽技术为主。点式下料预焙槽技术是中间加工操作预焙槽技术（CWPB）的一种，是目前最先进的技术类型。

估算铝生产过程全氟化碳排放量的计算公式见式（9），此方法是《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{LG} = \sum (AD_{LG,k} \times EF_{CF_4,k}) \times 6500/1000 + \sum (AD_{LG,k} \times EF_{C_2F_6,k}) \times 9200/1000 \dots\dots\dots (9)$$

式中：

k ——分设备或分技术类型，铝生产主要分点式下料预焙槽技术（PFPB）和侧插阳极棒自焙槽技术（HSS）2 种技术类型；

*AD*_{LG,k} ——上述 2 种技术分别对应的原铝产量，单位为 t；

*EF*_{CF₄,k} ——上述 2 种技术分别对应的四氟化碳排放因子，单位为 kgCF₄/t；

6500——IPCC 第二次评估报告值（1995 年）规定的四氟化碳全球增温潜势值；

*EF*_{C₂F₆,k} ——上述 2 种技术分别对应的六氟乙烷排放因子，单位为 kgC₂F₆/t；

9200——IPCC 第二次评估报告值（1995 年）规定的六氟乙烷全球增温潜势值。

9.2 活动水平数据及其来源

所需的活动水平数据为各区境内按照点式下料预焙槽技术和侧插阳极棒自焙槽技术的原铝产量。可通过企业实地调查得到。铝生产过程活动水平数据见表 9.1。

表 9.1 铝生产过程活动水平数据

类 别	单位	数值
点式下料预焙槽技术产量	万吨	
侧插阳极棒自焙槽技术产量	万吨	

9.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 9.2 推荐的排放因子估算铝生产过程排放量。

表 9.2 推荐的铝生产过程排放因子

技术类型	排放气体	单位	推荐数值
点式下料预焙槽技术	CF ₄	千克 CF ₄ /吨铝	0.0888
	C ₂ F ₆	千克 C ₂ F ₆ /吨铝	0.0114

技术类型	排放气体	单位	推荐数值
侧插阳极棒自焙槽技术	CF ₄	千克 CF ₄ /吨铝	0.6
	C ₂ F ₆	千克 C ₂ F ₆ /吨铝	0.06

10 镁生产过程

10.1 核算方法

镁生产过程六氟化硫排放来源于原镁生产中的粗镁精炼环节，以及镁或镁合金加工过程中的熔炼和铸造环节。估算镁生产过程六氟化硫排放量的计算公式见式（10），此方法是《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{MG} = \sum (AD_{YM} \times EF_{YM} + AD_{MJ} \times EF_{MJ}) \times 23900/1000 \dots \dots \dots (10)$$

式中：

- AD_{YM} ——采用六氟化硫作为保护剂的原镁产量，单位为 t；
- EF_{YM} ——采用六氟化硫作为保护剂的原镁生产的 SF₆ 排放因子，单位为 kgSF₆/t；
- AD_{MJ} ——采用六氟化硫作为保护剂的镁加工产量，单位为 t；
- EF_{MJ} ——采用六氟化硫作为保护剂的镁加工的 SF₆ 排放因子，单位为 kgSF₆/t。
- 23900——IPCC 第二次评估报告值（1995 年）规定的六氟化硫全球增温潜势值。

10.2 活动水平数据及其来源

对于原镁生产环节，所需的活动水平数据为各区境内采用六氟化硫作为保护剂的原镁产量。对于镁加工环节，所需的活动水平数据为各区境内镁加工产量，可调研统计部门或相关行业管理部门（经信）获取镁加工企业名录和产量。在原始数据收集的基础上，可汇总出镁生产过程活动水平数据表，见表 10.1。

表 10.1 镁生产过程活动水平数据

类 别	单位	数值
采用六氟化硫作为保护剂的原镁产量	万吨	
镁加工产量	万吨	

10.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 10.2 推荐的排放因子估算镁生产过程排放量。

表 10.2 推荐的镁生产过程排放因子

类 别	单 位	推荐数值
原镁生产	千克 SF ₆ /吨镁	0.490
镁加工	千克 SF ₆ /吨镁	0.114

11 电力设备生产过程

11.1 核算方法

六氟化硫具有优异的绝缘性能和良好的灭弧性能，在高压开关断路器及封闭式气体绝缘组合电器设备（GIS）得到广泛使用。区清单只报告电力设备生产环节和安装环节的六氟化硫排放，暂不报告电力设备使用环节和报废环节的六氟化硫排放。有条件的区可核算使用环节六氟化硫排放，并作为信息项报送。

估算电力设备生产过程六氟化硫排放量的计算公式见式（11），此方法是《IPCC 优良作法指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{DLS} = AD_{DLS} \times EF_{DLS} \times 23900/1000 \dots \dots \dots (11)$$

式中：

AD_{DLS} —— 电力设备生产过程 SF_6 的使用量，单位为吨；
 EF_{DLS} —— 电力设备生产过程 SF_6 的平均排放因子，单位为%。

11.2 活动水平数据及其来源

所需的活动水平数据为各区境内电力设备生产过程六氟化硫使用量，可调研统计部门或相关行业管理部门（经信）获取当地电气企业名录，进行实地调研。在原始数据收集的基础上，可以汇总出电力设备生产过程活动水平数据表见表 11.1。

表 11.1 电力设备生产过程活动水平数据

类 别	单 位	数 值
电力设备生产过程六氟化硫使用量	千克	

11.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 11.2 的排放因子估算电力设备生产过程排放量。

表 11.2 推荐的电力设备生产过程排放因子

类 别	单 位	推荐数值
电力设备生产过程六氟化硫排放因子	%	8.6

12 半导体生产过程

12.1 核算方法

半导体生产过程采用多种含氟气体。含氟气体主要用于半导体制造业的晶圆制作过程中，具体用在等离子刻蚀和化学蒸汽沉积（CVD）反应腔体的电浆清洁和电浆蚀刻。半导体制造的温室气体清单排放报告蚀刻与清洗环节的四氟化碳（ CF_4 ）、三氟甲烷（ CHF_3 或 $HFC-23$ ）、六氟乙烷（ C_2F_6 ）和六氟化硫（ SF_6 ）的排放量。

估算半导体生产过程排放量的方法的计算公式见式（12），此方法是《IPCC 优良作法指南》

推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{BDT} = AD_{BDT,CF_4} \times EF_{BDT,CF_4} \times 6500 + AD_{BDT,CHF_3} \times EF_{BDT,CHF_3} \times 11700 + AD_{BDT,C_2F_6} \times EF_{BDT,C_2F_6} \times 9200 + AD_{BDT,SF_6} \times EF_{BDT,SF_6} \times 23900 \dots\dots\dots(12)$$

式中：

- AD_{BDT,CF_4} ——半导体生产过程 CF_4 的使用量，单位为 t；
- EF_{BDT,CF_4} ——半导体生产过程 CF_4 的平均排放因子，单位为 %；
- AD_{BDT,CHF_3} ——半导体生产过程 CHF_3 的使用量，单位为 t；
- EF_{BDT,CHF_3} ——半导体生产过程 CHF_3 的平均排放因子，单位为 %；
- AD_{BDT,C_2F_6} ——半导体生产过程 C_2F_6 的使用量，单位为 t；
- EF_{BDT,C_2F_6} ——半导体生产过程 C_2F_6 的平均排放因子，单位为 %；
- 11700——IPCC 第二次评估报告值（1995 年）规定的三氟甲烷全球增温潜势值；
- AD_{BDT,SF_6} ——半导体生产过程 SF_6 的使用量，单位为 t；
- EF_{BDT,SF_6} ——半导体生产过程 SF_6 的平均排放因子，单位为 %。

12.2 活动水平数据及其来源

所需的活动水平数据为各区境内的含氟气体的使用量，调研统计部门或相关行业管理部门（经信）获取各区半导体制造企业名录，进行企业实地调研。在原始数据收集的基础上，可以汇总得到半导体生产过程活动水平数据表见表 12.1。

表 12.1 半导体生产过程活动水平数据

CF ₄ 用量（千克）	CHF ₃ 用量（千克）	C ₂ F ₆ 用量（千克）	SF ₆ 用量（千克）

12.3 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 12.2 推荐的系数估算半导体生产过程排放量。

表 12.2 推荐的半导体生产过程排放因子

CF ₄ 排放因子	CHF ₃ 排放因子	C ₂ F ₆ 排放因子	SF ₆ 排放因子
43.56%	20.95%	3.76%	19.51%

13 氢氟烃生产过程

13.1 核算方法

《蒙特利尔议定书》及其修正案使工业界开发并生产了多种臭氧消耗物质（ODS）替代品。一些臭氧消耗物质替代品在生产和使用中会有部分气体排放到大气中，造成温室效应，成为温室气体。氢氟烃是其中排放量比较大的一类。考虑到数据的可获得性，区清单报告氢氟烃生产过程的排放，有条件的可将氢氟烃使用过程的排放作为信息项报送。

估算氢氟烃生产过程排放量的计算公式见式（13），此方法是《2006 年 IPCC 国家温室气体清

单指南》所推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{QFT} = \sum (AD_{QFT,i} \times EF_{QFT,i} \times GWP_i) \dots\dots\dots (13)$$

式中：
i——第 *α* 类氢氟烃生产过程产生的同类氢氟烃排放气体；
AD_{QFT,i}——第 *α* 类氢氟烃产量，单位为 t；
EF_{QFT,i}——第 *α* 类氢氟烃生产过程的同类氢氟烃平均排放因子，单位为%。
GWP_i——IPCC 第二次评估报告值（1995 年）规定的第 *i* 类氢氟烃全球增温潜势值，见附录一。

13.2 活动水平数据及其来源

氢氟烃生产过程所需的 活动水平数据为各区境内的氢氟烃生产企业的产量，可调研统计部门或相关行业管理部门（经信）获取当地氢氟烃生产企业名录，进行实地调研。在原始数据收集的基础上，可以汇总得到氢氟烃生产过程活动水平数据表见表 13.1。

表 13.1 氢氟烃生产过程活动水平数据

HFC 种类	产量（千克）	HFC 种类	产量（千克）
HFC-32		HFC-152a	
HFC-125		HFC-227ea	
HFC-134a		HFC-236fa	
HFC-143a		HFC-245fa	

13.3 排放因子数据

建议采用表 13.2 推荐的排放因子估算氢氟烃生产过程排放量。

表 13.2 推荐的氢氟烃生产过程排放因子

HFC 种类	排放因子
HFC-32，HFC-125，HFC-134a，HFC-143a，HFC-152a，HFC-227ea，HFC-236fa，HFC-245fa	0.5%

14 不确定性分析

14.1 概述

区级温室气体清单的不确定性分析，根据情况可以定性分析为主，兼顾定量分析。采用《省级温室气体清单编制指南（试行）》提供的不确定性分析方法，估算温室气体清单不确定性的流程包括：

- a) 确定清单中单个变量的不确定性（如活动水平数据、排放因子等的不确定性等）；
- b) 将单个变量的不确定性合并为清单的总不确定性；

c) 识别清单不确定性的主要来源,以帮助确定清单数据收集和清单质量改进的优先顺序。同时还要认识到统计方面也可能会存在不确定性,例如漏算、重复计算、概念偏差及模型估算偏差等。

14.2 不确定性产生的原因及降低不确定性的方法

14.2.1 不确定性产生的原因

不确定性产生的原因包括但不限于:

a) 缺乏完整性,由于排放机理未被识别或者该排放测量方法还不存在,无法获得测量结果及其他相关数据;

b) 模型方法,模型是真实系统的简化,因而精确度受到影响;

c) 缺乏数据,在现有条件下无法获得或者非常难以获得某排放源或吸收汇所必需的数据;

d) 样品随机误差,与样本数多少有关,通常可以通过增加样本数来降低这类不确定性;

e) 错误报告或错误分类,与排放源或吸收汇理解不完整、不清晰等造成;

f) 数据缺乏代表性、数据丢失、测量/化验误差等。

14.2.2 降低不确定性的方法

降低不确定性的方法包括但不限于:

a) 改进模型:改进模型结构和参数,以更好地了解 and 描述系统性误差和随机误差,从而降低这些不确定性;

b) 提高数据的代表性:如使用连续排放监测系统来监测排放数据,可得到不同燃烧阶段的数据,从而可以更加准确地描述源的排放属性;

c) 使用更精确的测量方法:包括提高测量方法的准确度以及使用一些校准技术;

d) 大量收集测量数据:增加样本可以降低与随机取样误差相关的不确定性,填补数据漏缺可以减少偏差和随机误差,这对测量和调查均适用;

e) 消除已知的偏差:方法有确保仪器仪表准确地定位和校准,模型或其他估算过程准确且具有代表性,以及系统性地使用专家判断;

f) 提高清单编制人员能力:包括增加对源和汇类别和过程的了解,从而可以发现以及纠正不完整问题。

14.3 量化和合并不确定性的方法

14.3.1 量化不确定性方法

按照《省级温室气体清单编制指南(试行)》6.3节方法量化不确定性。

14.3.2 合并不确定性方法

合并不确定性有两种方法,一是使用简单的误差传递公式,二是使用蒙特卡罗或类似的技术,蒙特卡罗主要适用于模型方法,在此重点介绍误差传递公式方法。在区清单编制中主要应用两个误差传递公式,一是加减运算的误差传递公式,二是乘除运算的误差传递公式。当某一估计值为 n 个估计值之和或差时,该估计值的不确定性采用下式(14)和式(15)计算:

$$U_c = \frac{\sqrt{(U_{s1} \cdot \mu_{s1})^2 + (U_{s2} \cdot \mu_{s2})^2 + \cdots + (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{|\mu_{s1} + \mu_{s2} + \cdots + \mu_{sn}|} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^N (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{\left| \sum_{n=1}^N \mu_{sn} \right|} \dots\dots (14)$$

式中：

U_c ——n 个估计值之和或差的不确定性（%）

$U_{s1} \dots\dots U_{sn}$ ——n 个相加减的估计值的不确定性（%）

$\mu_{s1} \dots\dots \mu_{sn}$ ——n 个相加减的估计值

当某一估计值为 n 个估计值之积时，该估计值的不确定性采用下式计算：

$$U_c = \sqrt{U_{s1}^2 + U_{s2}^2 + \cdots + U_{sn}^2} = \sqrt{\sum_{n=1}^N U_{sn}^2} \dots\dots\dots (15)$$

15 报告和质量控制

报告主体应按照统一格式、统一大纲编制区级温室气体清单总报告和分领域报告（统一格式要求及大纲模板见附录二）。

按照《省级温室气体清单编制指南（试行）》第七章中的方法控制温室气体清单编制质量。

附录一：温室气体全球变暖潜势值

温室气体		IPCC 第二次 评估报告值	IPCC 第四次 评估报告值
二氧化碳 (CO ₂)		1	1
甲烷 (CH ₄)		21	25
氧化亚氮 (N ₂ O)		310	298
氢氟碳化物 (HFC _s)	HFC-23	11700	14800
	HFC-32	650	675
	HFC-125	2800	3500
	HFC-134a	1300	1430
	HFC-143a	3800	4470
	HFC-152a	140	124
	HFC-227ea	2900	3220
	HFC-236fa	6300	9810
	HFC-245fa	560	1030
全氟化碳 (PFC _s)	CF ₄	6500	7390
	C ₂ F ₆	9200	9200
六氟化硫 (SF ₆)		23900	22800

注：建议采用第二次评估报告数值，以便与国家和省级温室气体清单保持一致。

附录二：工业生产过程报告格式及大纲

为实现不同区间的排放对比以及同一区不同年份的对比，统一按照如下大纲报告本区工业生产过程温室气体排放清单。

目 录

第一章 概 述

（简要介绍本地区与清单相关的工业生产基本情况，说明各行业主要产品产量情况、工业生产过程排放量，各主要排放源所占的比例，给出总的排放结果。不涉及的工业生产过程在此章节说明，后续章节中无需编制）

第二章 水泥生产过程

一、排放源界定

二、清单编制方法

三、活动水平数据

（说明活动水平数据来源。如有估算过程，具体说明估算方法及计算所依据的数据来源。如有多方数据，须相互验证，并说明最后取值的依据）

四、排放因子数据

（说明是采用推荐的排放因子或本地化的排放因子，若采用本地化的排放因子，需简要说明具体计算过程或测试工作，并在附录给出所有的原始数据）

五、水泥生产过程温室气体排放清单

（具体说明排放的计算结果，含实物量和折成二氧化碳当量的数量）

六、不确定性分析

（清单的不确定性主要来源，为减少清单的不确定性，今后拟采取的具有可行性的措施）

第三章 石灰生产过程

第四章	钢铁生产过程
第五章	电石生产过程
第六章	己二酸生产过程
第七章	硝酸生产过程
第八章	铝生产过程
第九章	镁生产过程
第十章	电力设备生产过程
第十一章	半导体生产过程
第十二章	一氯二氟甲烷生产过程
第十三章	氢氟烃生产过程
第十四章	XX 年 XX 区工业生产过程排放清单汇总

（按表 14.1 的格式给出排放核算结果，提供 12 个行业折成二氧化碳当量的排放量表，分析 12 个行业占工业生产过程的排放比重、气体构成及与历史年份的比较）

表 14.1 工业生产过程温室气体清单报告格式

部门	CO ₂ (万 t)	N ₂ O (t)	HFC									PFC		SF ₆ (t)	GHG (t)
			HFC-23 (t)	HFC-32 (t)	HFC-125 (t)	HFC-134a (t)	HFC-143a (t)	HFC-152a (t)	HFC-227ea (t)	HFC-236fa (t)	HFC-245fa (t)	CF ₄ (t)	C ₂ F ₆ (t)		
水泥生产过程	×														
石灰生产过程	×														
钢铁生产过程	×														
电石生产过程	×														
己二酸生产过程		×													
硝酸生产过程		×													
铝生产过程												×	×		
镁生产过程														×	
电力设备生产过程														×	
半导体生产过程			×									×	×	×	
HCFC-22 生产过程			×												
HFC 生产过程				×	×	×	×	×	×	×	×				
合计	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

注：“×”表示需要报告的数据。

表 14.2 XX 年 XX 区工业生产过程领域关键性温室气体指标

	XX 年
单位工业增加值工业生产过程温室气体排放强度 (吨 CO ₂ 当量/万元)	
单位工业增加值工业生产过程 CO ₂ 排放 (吨 CO ₂ /万元)	

第十五章 工业生产过程温室气体清单信息项报备

一、信息项报备

(一) 排放源界定

(说明需要做信息项报备的排放源)

(二) 清单编制方法

(介绍本信息项清单编制时所采用的方法、计算公式以及式中各项指标的意义)

(三) 活动水平数据及其来源

(说明本信息项清单编制时所采用的活动水平数据。如有对数据的二次处理过程，具体说明计算步骤、方法及所隐含的假设等)

(四) 排放因子数据及其确定方法

(说明本信息项清单编制时所采用的排放因子。若采用排放因子缺省值，需给出所引用的文献和出处；若采用本地化的实测排放因子，需说明具体计算过程或测试工作，并在附录给出所有的原始数据)

(五) 排放量计算结果

(说明本信息项清单编制的计算结果，含实物量和折成二氧化碳当量的数量)