

附件

SH/MRV

上海市温室气体排放核算与报告技术文件

SH/MRV-003-2025

上海市钢铁行业温室气体 排放核算与报告方法

2026 年 1 月 4 日发布

2026 年 4 月 1 日实施

上海市生态环境局 发布

目 录

前言	1
1 范围	2
2 引用文件和参考文献	2
3 核算边界和排放源确定	3
3.1 核算边界	3
3.2 排放源	5
4 核算方法	5
4.1 企业层级排放核算量化公式	5
4.2 工序层级排放核算量化公式	9
4.3 数据获取	12
4.4 不确定性	14
5 数据质量管理	14
5.1 数据质量控制方案	14
5.2 数据质量管理要求	15
6 定期报告	15
附 录 A	16
附 录 B	18
附 录 C	32
附 录 D	45

前 言

本方法替代《上海市钢铁行业温室气体排放核算与报告方法（试行）》（SH/MRV-003-2012），与 SH/MRV-003-2012 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 1) 调整核算边界和排放源范围；
- 2) 优化排放核算量化公式；
- 3) 更新数据获取要求；
- 4) 更新数据质量控制方案要求；
- 5) 更新数据质量管理要求；
- 6) 更新排放报告要求；
- 7) 调整化石燃料、熔剂、电极、含碳原料等相关参数缺省值。

本方法于 2012 年首次发布，本次为第一次修订。

本方法由上海市生态环境局提出并负责解释和修订。

本方法起草单位：上海市节能减排中心有限公司。

本方法参与单位：上海市经济信息中心、上海市减污降碳管理运行技术中心、上海市环境科学研究院、宝武特种冶金有限公司、上海环境能源交易所股份有限公司、中国质量认证中心。

本方法主要起草人：李亮、齐康、金颖、张汇、贾志慧、徐李全、何淑英。

本方法主要参与人：余星、鞠学泉、蒋文闻、赵敏、卞吉玮、于秀男、沈琳、胡静、周晟吕、崔岩泉、蒋勇、臧奥乾、黄钰、黄丽君、罗伟。

1 范围

本方法适用于纳入本市碳交易管理的钢铁行业排放主体温室气体排放量的核算和报告。
本方法所指的钢铁行业主要指黑色金属冶炼及压延加工业。

本方法所指温室气体为二氧化碳。

2 引用文件和参考文献

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本方法必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本方法；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本方法。

《省级温室气体清单编制指南（试行）》（国家发展和改革委员会应对气候变化司，2011）

《企业温室气体排放核算与报告填报说明 钢铁生产》（生态环境部，2023）

《企业温室气体排放核算与报告指南 钢铁行业（CETS—AG—03.01—V01—2024）》

《上海市温室气体排放核算与报告指南（试行）》（上海市发展和改革委员会，2012）

GB/T 213 煤的发热量测定方法

GB/T 223.69 钢铁及合金碳含量的测定管式炉内燃烧后气体容量法

GB/T 223.86 钢铁及合金总碳含量的测定感应炉燃烧后红外吸收法

GB/T 2589 综合能耗计算通则

GB/T 3102.4 热学的量和单位

GB/T 3286.9 石灰石及白云石化学分析方法第 9 部分：二氧化碳含量的测定烧碱石棉吸收重量法

GB/T 4333.10 硅铁碳含量的测定红外线吸收法

GB/T 4699.4 铬铁和硅铬合金碳含量的测定红外线吸收法和重量法

GB/T 7731.10 钨铁碳含量的测定红外线吸收法

GB/T 8704.1 钒铁碳含量的测定红外线吸收法及气体容量法

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

GB/T 10410 人工煤气和液化石油气常量组分气相色谱分析法

GB/T 12208 人工煤气组分与杂质含量测定方法

GB/T 13610 天然气的组成分析气相色谱法

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 21368 钢铁企业能源计量器具配备和管理要求

GB/T 27025 检测和校准实验室能力的通用要求

YB/T 5339 磷铁碳含量的测定红外线吸收法

YB/T 5340 磷铁碳含量的测定气体容量法

3 核算边界和排放源确定

3.1 核算边界

3.1.1 企业层级核算边界

排放主体应以企业法人或视同法人的独立核算单位为边界（与本市能源统计报表制度中规定的统计边界基本一致），核算和报告其主要生产系统、辅助生产系统、附属生产系统产生的温室气体排放。

其中，主要生产系统包括焦化工序、烧结工序、球团工序、炼铁工序、转炉炼钢工序（不包括精炼、连铸/模铸、精整）、电炉炼钢工序（不包括精炼、连铸/模铸、精整）、精炼连铸工序、钢压延加工工序、石灰工序、发电设施等生产系统。辅助生产系统包括主要生产管理和调度指挥系统、动力、供水、机修、库房、化验、计量、水处理、运输和环保设施等。附属生产系统包括厂区内为生产服务的主要用于办公生活目的的部门、单位和设施（如车间浴室、保健站、办公场所、职工食堂、公务车辆及班车等）。已按照发电行业纳入全国碳排放权交易市场管理的，不纳入本方法核算与报告边界。存在化工板块等其他非钢铁产品生产的，应按照适用的行业方法进行核算与报告，不纳入本方法核算与报告边界。

3.1.2 工序层级核算边界

钢铁生产工序包括炼焦工序、烧结工序、球团工序、炼铁工序、转炉炼钢工序（不包括精炼、连铸/模铸、精整）、电炉炼钢工序（不包括精炼、连铸/模铸、精整）、精炼连铸工序、钢压延加工工序、石灰工序、发电设施等。

1) 主要工序

包括炼焦工序、烧结工序、球团工序、炼铁工序、转炉炼钢工序（不包括精炼、连铸/模铸、精整）、电炉炼钢工序（不包括精炼、连铸/模铸、精整）、精炼连铸工序。上述各工序主要生产设施详见表 3-1。

表 3-1 各主要工序主要生产设施

生产工序	各主要工序主要生产设施
炼焦工序	包括备煤、炼焦、熄焦（含干熄焦、湿熄焦及焦处理）、煤气净化及化工产品回收（含冷凝鼓风、焦油氨水分离、脱硫脱氰、氨回收、苯回收、油库）、循环水、焦化污水处理、烟气净化系统（含 VOCs 收集处理）等，不包括洗煤、煤气储配站、焦油深加工、苯精制及焦炉煤气资源化利用等。
烧结工序	包括燃料和熔剂破碎、配料、混匀制粒、布料、点火、烧结、冷却、整粒筛分、烟气净化和余热回收系统等。
球团工序	包括铁原料预处理、配料混匀、造球、生球筛分、布料、干燥预热、焙烧、冷却、烟气净化系统和余热回收系统等。
炼铁工序	包括高炉炼铁工序、非高炉炼铁工序和火法冶炼镍铁（RKEF）工序。其中，高炉炼铁工序包括高炉本体、热风炉、煤粉制备及喷吹、供上料及装料、出铁场及渣处理（不包括炉渣后处理）、软水密闭循环、净循环、煤气净化、鼓风机站、烟气净化系统、高炉煤气余压透平发电装置（TRT）、高炉余热余压能量回收煤气透平与鼓风机同轴（BPRT）装置等，不包括生铁铸造。

生产工序	各主要工序主要生产设施
转炉炼钢工序	包括铁水预处理（铁水预处理剂的上料、处理过程、铁水扒渣、渣处理、辅助设备、除尘设施等，其中渣处理不包括炉渣后处理）、转炉冶炼（转炉本体、炼钢原料供应系统、煤气净化及回收系统、除尘系统、钢渣处理系统、水处理系统以及钢包、铁包和鱼雷罐烘烤系统、废钢和合金烘烤系统等，其中钢渣处理系统不包括钢渣后处理），不包括精炼、连铸/模铸、精整过程。
电炉炼钢工序	指电弧炉冶炼，包括电弧炉本体、废钢预热及烘烤系统、原料供应系统、烟气净化和余热回收系统、钢渣处理系统（不包括钢渣后处理），水处理系统及钢包烘烤系统、合金烘烤系统等，不包括精炼、连铸/模铸、精整过程。
精炼连铸工序	包括原料供应系统、炉外精炼装置、连铸/模铸设备本体、水处理系统、中间包和水口烘烤系统及除尘系统等。

2) 发电设施

3) 其他

a) 钢压延加工工序：包括热轧生产过程、冷轧生产过程等。其中，热轧生产过程包括原料准备、加热、轧制、冷却、精整及热轧酸洗、烟气净化系统等；冷轧生产过程包括酸轧、退火、平整、重卷、除尘系统等。

b) 石灰工序：包括原料破碎筛分、煤粉制备及喷吹、煅烧、产品破碎筛分、产品入库、烟气净化系统等。

c) 其他生产设施：企业层级核算边界内除上述可明确区分工序边界之外的设施，不包括采矿、选矿、铁合金、耐火材料等配套生产工艺。

3.1.3 核算边界示意图

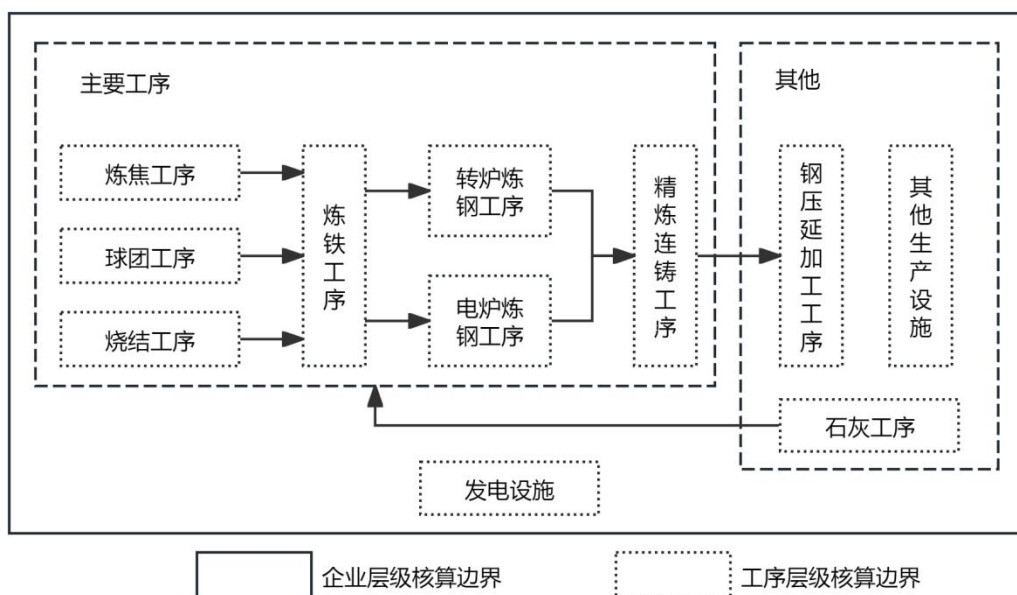


图 3-1 核算边界示意图

3.2 排放源

3.2.1 企业层级排放源

企业层级边界排放核算和报告范围包括：直接排放和间接排放，其中直接排放为化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放、工业生产过程产生的二氧化碳排放、固碳产品隐含的二氧化碳排放，间接排放为净购入使用电力产生的二氧化碳排放、净购入使用热力产生的二氧化碳排放。

1) 化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放包括：主要生产系统、辅助生产系统、附属生产系统净购入使用的化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放，一般包括固定源排放（如焦炉、烧结机、高炉、工业锅炉等固定燃烧设备）以及用于生产的移动源排放（如车辆及厂内搬运设备等）等。

2) 工业生产过程产生的二氧化碳排放包括：烧结、炼铁、炼钢等生产过程中由于使用外购电极、含碳原料（如生铁、铁合金、直接还原铁、废钢等）和熔剂（石灰石、白云石等）产生的二氧化碳排放。

3) 固碳产品隐含的二氧化碳排放：固化在粗钢产品、外销固碳产品（生铁、焦油、粗苯）中的碳所对应产生的二氧化碳排放。

4) 净购入使用电力产生的二氧化碳排放包括：主要生产系统、辅助生产系统、附属生产系统净购入使用电力产生的二氧化碳排放。

5) 净购入使用热力产生的二氧化碳排放包括：主要生产系统、辅助生产系统、附属生产系统净购入使用热力产生的二氧化碳排放。

3.2.2 工序层级排放源

工序层级温室气体排放核算和报告范围包括：直接排放和间接排放，其中直接排放为化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放，间接排放为净消耗电力产生的二氧化碳排放、净消耗热力产生的二氧化碳排放。

1) 化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放包括：工序净消耗的化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放，不包括运输设施消耗的化石燃料燃烧排放。

2) 净消耗电力产生的二氧化碳排放包括：进入工序电量扣除供出工序电量后对应的二氧化碳排放。

3) 净消耗热力产生的二氧化碳排放包括：进入工序热量扣除工序回收并供出工序热量后对应的二氧化碳排放。

4 核算方法

4.1 企业层级排放核算量化公式

排放主体企业层级核算边界内的温室气体排放总量按（1）式计算，具体排放示例见表4-1。

$$E = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{电}} + E_{\text{热}} - R_{\text{固碳}} \quad (1)$$

式中：

E 为排放主体企业层级核算边界内的温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$E_{\text{燃烧}}$ 为净购入使用化石燃料燃烧的排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$E_{\text{过程}}$ 为工业生产过程排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$E_{\text{电}}$ 为净购入使用电力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $E_{\text{热}}$ 为净购入使用热力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $R_{\text{固碳}}$ 为固碳产品隐含的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。

表 4-1 排放主体排放示例

排放类型	排放示例
化石燃料燃烧排放	煤、石油、天然气等化石燃料用于燃烧、炼焦、还原、增碳等产生的排放。
工业生产过程排放	使用外购含碳原料（生铁、铁合金、直接还原铁、废钢等）、电极、熔剂（石灰石、白云石等）产生的排放。
净购入使用电力排放	净购入使用电力产生的排放。
净购入使用热力排放	净购入使用热力产生的排放。
固碳产品隐含排放	固化在生铁、粗钢等产品中的排放（需扣减）。

4.1.1 化石燃料燃烧排放

1) 化石燃料燃烧排放量是统计期内排放主体企业层级核算边界内各种化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量的加和。对于开展元素碳实测的，采用（2）式计算。

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n \left(FC_i \times C_{\text{ar},i} \times OF_i \times \frac{44}{12} \right) \quad (2)$$

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ 为化石燃料燃烧的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 FC_i 为第 i 种化石燃料的净购入使用量（收到基），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（10⁴Nm³）；
 $C_{\text{ar},i}$ 为第 i 种化石燃料的收到基元素碳含量，对固体或液体燃料，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/10⁴Nm³）；
 OF_i 为第 i 种化石燃料的碳氧化率，以%表示；
 $\frac{44}{12}$ 为二氧化碳与碳的相对分子质量之比；
 i 为化石燃料种类代号。

2) 对于开展固体燃料元素碳实测的，其收到基元素碳含量采用（3）式进行计算。

$$C_{\text{ar}} = C_{\text{ad}} \times \frac{100-M_{\text{ar}}}{100-M_{\text{ad}}} \text{ 或 } C_{\text{ar}} = C_{\text{d}} \times \frac{100-M_{\text{ar}}}{100} \quad (3)$$

式中：

C_{ar} 为收到基元素碳含量，单位为吨碳/吨（tC/t）；
 C_{ad} 为空气干燥基元素碳含量，单位为吨碳/吨（tC/t）；
 C_{d} 为干燥基元素碳含量，单位为吨碳/吨（tC/t）；
 M_{ar} 为收到基水分，采用纳管单位测量值，如没有则可采用检测样品数值，以%表示；
 M_{ad} 为空气干燥基水分，采用检测样品数值，以%表示。

3) 对于未开展元素碳实测的或实测不符合本方法要求的化石燃料，其收到基元素碳含量采用（4）式计算。

$$C_{\text{ar},i} = NCV_{\text{ar},i} \times CC_i \quad (4)$$

式中：

$C_{ar,i}$ 为第 i 种化石燃料的收到基元素碳含量，对固体或液体燃料，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/10⁴Nm³）；

$NCV_{ar,i}$ 为第 i 种化石燃料的收到基低位发热量，对固体或液体燃料，单位为吉焦/吨（GJ/t）；对气体燃料，单位为吉焦/万标准立方米（GJ/10⁴Nm³）；

CC_i 为第 i 种化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳/吉焦（tC/GJ）。

如果排放主体存在自发电或产热并且对外转供的情况，转供能源对应的排放原则上在消费端核算（即可从发电或产热的燃烧排放中扣除），但消费主体不在本市或全国碳排放权交易纳管范围内的除外（即对应的排放仍在供应端核算，不从燃烧排放中扣除）。

4.1.2 工业生产过程排放

工业生产过程排放总量按（5）式计算。

$$E_{\text{过程}} = E_{\text{原料}} + E_{\text{电极}} + E_{\text{熔剂}} \quad (5)$$

式中：

$E_{\text{过程}}$ 为工业生产过程排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$E_{\text{原料}}$ 为含碳原料消耗产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$E_{\text{电极}}$ 为电极消耗产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$E_{\text{熔剂}}$ 为熔剂消耗产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。

1) 外购生铁等含碳原料消耗产生的排放

使用外购含碳原料如生铁、铁合金、直接还原铁、废钢等产生的二氧化碳排放，按（6）式计算。

$$E_{\text{原料}} = \sum_{i=1}^n (M_i \times EF_i) \quad (6)$$

式中：

$E_{\text{原料}}$ 为含碳原料消耗产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

M_i 为统计期内第 i 种含碳原料的净购入使用量，单位为吨（t）；

EF_i 为第 i 种购入含碳原料的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳/吨（tCO₂/t）；

i 为外购含碳原料的种类（如生铁、铁合金、直接还原铁、废钢等）。

2) 电极消耗产生的排放

电极消耗产生的二氧化碳排放主要基于电极的消耗量、相应的排放因子计算得到，按（7）式计算。

$$E_{\text{电极}} = P_{\text{电极}} \times EF_{\text{电极}} \quad (7)$$

式中：

$E_{\text{电极}}$ 为电极消耗产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$P_{\text{电极}}$ 为统计期内电极的净购入使用量，单位为吨（t）；

$EF_{\text{电极}}$ 为电极的排放因子，单位为吨二氧化碳/吨（tCO₂/t）。

3) 熔剂消耗产生的排放

熔剂消耗产生的排放主要基于熔剂（石灰石、白云石等）的消耗量、相应的排放因子计算得到，按（8）式计算。

$$E_{\text{熔剂}} = \sum_{i=1}^n (P_i \times EF_i) \quad (8)$$

式中：

$E_{\text{熔剂}}$ 为熔剂消耗产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 P_i 为统计期内第 i 种熔剂的净购入使用量，单位为吨（t）；
 EF_i 为第 i 种熔剂的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳/吨（tCO₂/t）；
 i 为消耗熔剂的种类（如石灰石、白云石等）。

4.1.3 净购入使用电力排放

净购入使用电力的二氧化碳排放按（9）式计算。

$$E_{\text{电}} = AD_{\text{电}} \times EF_{\text{电}} \quad (9)$$

式中：

$E_{\text{电}}$ 为净购入使用电力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $AD_{\text{电}}$ 为净购入使用电量，单位为万千瓦时（10⁴kWh）；
 $EF_{\text{电}}$ 为电力排放因子，单位为吨二氧化碳/万千瓦时（tCO₂/10⁴kWh）。

净购入使用电量，按（10）式计算。

$$AD_{\text{电}} = AD_{\text{购入电}} - AD_{\text{输出电}} \quad (10)$$

式中：

$AD_{\text{电}}$ 为净购入使用电量，单位为万千瓦时（10⁴kWh）；
 $AD_{\text{购入电}}$ 为企业购入的总电量，单位为万千瓦时（10⁴kWh）；
 $AD_{\text{输出电}}$ 为企业输出的总电量，单位为万千瓦时（10⁴kWh）。

4.1.4 净购入使用热力排放

净购入使用热力的二氧化碳排放按（11）式计算。

$$E_{\text{热}} = AD_{\text{热}} \times EF_{\text{热}} \quad (11)$$

式中：

$E_{\text{热}}$ 为净购入使用热力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $AD_{\text{热}}$ 为净购入使用热量，单位为吉焦（GJ）；
 $EF_{\text{热}}$ 为热力排放因子，单位为吨二氧化碳/吉焦（tCO₂/GJ）。

净购入使用热力，按（12）式计算。

$$AD_{\text{热}} = AD_{\text{购入热}} - AD_{\text{输出热}} \quad (12)$$

式中：

$AD_{\text{热}}$ 为净购入使用热量，单位为吉焦（GJ）；
 $AD_{\text{购入热}}$ 为企业购入的总热量，单位为吉焦（GJ）；
 $AD_{\text{输出热}}$ 为企业输出的总热量，单位为吉焦（GJ）。

热量的换算可依据公式（20）或（21）计算。

4.1.5 固碳产品隐含排放

固碳产品隐含的二氧化碳排放按（13）式计算。

$$R_{\text{固碳}} = \sum_{i=1}^n (AD_{\text{固碳}} \times EF_{\text{固碳}}) \quad (13)$$

式中：

$R_{\text{固碳}}$ 为固碳产品隐含的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $AD_{\text{固碳}}$ 为统计期内第 i 种固碳产品的产量，单位为吨（t）；
 $EF_{\text{固碳}}$ 为第 i 种固碳产品的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳/吨（tCO₂/t）；
 i 为固碳产品的种类（如粗钢、粗苯等）。

4.2 工序层级排放核算量化公式

4.2.1 主要工序排放核算

各主要工序的温室气体排放量按（14）式计算，具体排放示例见表 4-2。

$$E_{\text{工序}j} = E_{\text{燃烧}j} + E_{\text{电}j} + E_{\text{热}j} \quad (14)$$

式中：

$E_{\text{工序}j}$ 为各主要工序温室气体排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $E_{\text{燃烧}j}$ 为工序 j 化石燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $E_{\text{电}j}$ 为工序 j 净消耗电力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $E_{\text{热}j}$ 为工序 j 净消耗热力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 j 为工序代号。

表 4-2 钢铁生产工序排放示例

排放类型	排放示例
化石燃料燃烧排放	工序净消耗的煤、石油、天然气等用于燃烧、炼焦、还原、增碳等产生的排放。
净消耗电力排放	净消耗的电力产生的排放。
净消耗热力排放	净消耗的热力产生的排放。

4.2.1.1 主要工序化石燃料燃烧排放

主要工序化石燃料燃烧排放量，是统计期内输入工序与输出工序的各种化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量之差，按（15）式计算。

$$E_{\text{燃烧}j} = \sum_{m=1}^n \left(FC_{m,j} \times C_{\text{ar},m,j} \times OF_{m,j} \times \frac{44}{12} \right) - \sum_{w=1}^n \left(FC_{w,j} \times C_{\text{ar},w,j} \times OF_{w,j} \times \frac{44}{12} \right) \quad (15)$$

式中：

$E_{\text{燃烧}j}$ 为工序 j 化石燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 $FC_{m,j}$ 为工序 j 使用的第 m 种化石燃料的输入量（收到基），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（10⁴Nm³）；
 $C_{\text{ar},m,j}$ 为工序 j 使用的第 m 种化石燃料的收到基元素碳含量，计算参考 4.1.1 章节，对固体或液体燃料，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/10⁴Nm³）；
 $OF_{m,j}$ 为工序 j 使用的第 m 种化石燃料的碳氧化率，以%表示；
 $FC_{w,j}$ 为工序 j 第 w 种化石燃料的输出量（收到基），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（10⁴Nm³）；
 $C_{\text{ar},w,j}$ 为工序 j 第 w 种化石燃料的收到基元素碳含量，计算参考 4.1.1 章节，对固

体或液体燃料，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/10⁴Nm³）；

OF_{w,j}为工序 j 第 w 种化石燃料的碳氧化率，以%表示；

$\frac{44}{12}$ 为二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

4.2.1.2 主要工序净消耗电力排放

主要工序净消耗电力产生的二氧化碳排放按（16）式计算。

$$E_{\text{电},j} = AD_{\text{电},j} \times EF_{\text{电}} \quad (16)$$

式中：

$E_{\text{电},j}$ 为工序 j 净消耗电力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$AD_{\text{电},j}$ 为工序 j 净消耗电量，单位为万千瓦时（10⁴kWh）；

$EF_{\text{电}}$ 为电力排放因子，单位为吨二氧化碳/万千瓦时（tCO₂/10⁴kWh）；

j 为工序代号。

各工序净消耗电量可依据各工序消耗电量统计数据，根据该工序用电平衡按（17）式计算。

$$AD_{\text{电},j} = AD_{\text{耗电},j} - AD_{\text{自产发电},j} \quad (17)$$

式中：

$AD_{\text{电},j}$ 为工序 j 净消耗电量，单位为万千瓦时（10⁴kWh）；

$AD_{\text{耗电},j}$ 为工序 j 总消耗电量，单位为万千瓦时（10⁴kWh）；

$AD_{\text{自产发电},j}$ 为工序 j 核算边界内自产发电量（如高炉炼铁工序的 TRT 发电），单位为万千瓦时（10⁴kWh）；

j 为工序代号。

4.2.1.3 主要工序净消耗热力排放

主要工序净消耗热力产生的二氧化碳排放按（18）式计算。

$$E_{\text{热},j} = AD_{\text{热},j} \times EF_{\text{热}} \quad (18)$$

式中：

$E_{\text{热},j}$ 为工序 j 净消耗热力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$AD_{\text{热},j}$ 为工序 j 净消耗热量，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{\text{热}}$ 为热力排放因子，单位为吨二氧化碳/吉焦（tCO₂/GJ）；

j 为工序代号。

1) 各工序净消耗热量

各工序净消耗热量按（19）式计算。

$$AD_{\text{热},j} = AD_{\text{输入热},j} - AD_{\text{输出热},j} \quad (19)$$

式中：

$AD_{\text{热},j}$ 为工序 j 的净消耗热量，单位为吉焦（GJ）；

$AD_{\text{输入热},j}$ 为输入工序 j 的热量，单位为吉焦（GJ）；

$AD_{\text{输出热},j}$ 为回收并输出工序 j 的热量，单位为吉焦（GJ）；

j 为工序代号。

2) 热量的换算

a) 以质量单位计量的蒸汽可按式 (20) 转换为热量单位。

$$AD_{st} = Ma_{st} \times (En_{st} - 83.74) \times 10^{-3} \quad (20)$$

式中:

AD_{st} 为蒸汽的热量, 单位为吉焦 (GJ);

Ma_{st} 为蒸汽的质量, 单位为吨 (t);

En_{st} 为蒸汽所对应的温度、压力下每千克蒸汽的焓值, 取值参考相关行业标准, 单位为千焦/千克 (kJ/kg);

83.74 为水在 20℃ 时的焓值, 单位为千焦/千克 (kJ/kg)。

b) 以质量单位计量的热水可按式 (21) 转换为热量单位。

$$AD_w = Ma_w \times (T_w - 20) \times 4.1868 \times 10^{-3} \quad (21)$$

式中:

AD_w 为热水的热量, 单位为吉焦 (GJ);

Ma_w 为热水的质量, 单位为吨 (t);

T_w 为热水的温度, 单位为摄氏度 (℃);

20 为常温下水的温度, 单位为摄氏度 (℃);

4.1868 为水在常温常压下的比热容, 单位为千焦/(千克·摄氏度) (kJ/(kg·℃))。

4.2.2 发电设施排放核算

发电设施温室气体排放量按 (22) 式计算。

$$E_{发电} = E_{燃烧,发电} + E_{电,发电} + E_{热,发电} \quad (22)$$

式中:

$E_{发电}$ 为发电设施温室气体排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂);

$E_{燃烧,发电}$ 为发电设施净消耗化石燃料燃烧排放量, 参考 4.1.1 章节计算, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂);

$E_{电,发电}$ 为发电设施净消耗电力产生的排放量, 参考 4.2.1.2 章节计算, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂);

$E_{热,发电}$ 为发电设施净消耗热力产生的排放量, 参考 4.2.1.3 章节计算, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂)。

4.2.3 其他排放核算

其他排放源对应的排放量按 (23) 式计算。

$$E_{其他} = E - \sum_{j=1}^n E_{工序j} - E_{发电} \quad (23)$$

式中:

$E_{其他}$ 为其他排放源对应的排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂);

E 为排放主体企业层级核算边界内的温室气体排放总量, 单位为吨二氧化碳 (tCO₂);

$E_{\text{工序}j}$ 为各主要工序温室气体排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$E_{\text{发电}}$ 为发电设施温室气体排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。

4.3 数据获取

4.3.1 活动数据获取

1) 化石燃料、熔剂、含碳原料消耗量及产品产量数据

a) 化石燃料、熔剂、含碳原料消耗量及产品产量数据获取方法

化石燃料、熔剂、含碳原料消耗量及产品产量数据一般可通过两种方法获得。企业层级核算边界化石燃料、熔剂、含碳原料消耗量及产品产量数据优先采用方法一获取，工序层级核算边界化石燃料消耗量数据优先采用方法二获取。

方法一：根据年度购买量或销售量以及库存的变化来确定实际消耗或产出的数据。购买量或销售量采用采购单或销售单等结算凭证上的数据，库存变化数据采用计量工具读数或其他符合要求的方法来确定。计算公式如下：

$$\text{消耗量} = \text{购买量} + (\text{期初存储量} - \text{期末存储量}) - \text{其他用量} \quad (23)$$

$$\text{产出量} = \text{销售量} + (\text{期末库存量} - \text{期初库存量}) + \text{其他用量} \quad (24)$$

方法二：使用高精度的标度尺或流量计等各种测量工具对实际消耗或产出进行计量。相关计量器具应符合《GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则》《GB/T 21368 钢铁企业能源计量器具配备和管理要求》等国家、行业或地方标准。计量器具应确保检定合格且在有效的检验周期内，若计量器具准确度或检定周期不符合要求，活动数据（不包括产品产量）采用如下方法或更加保守的方式确定：

- 未延迟校准、准确度超过规定要求：检测结果 $\times[1+(\text{校准准确度}-\text{规定准确度})]$ ；

- 未校准：检测结果 $\times(1+\text{规定准确度})$ ；

- 延迟校准：统计期内，校准覆盖时间段按未延迟校准处理，校准未覆盖时间段按未校准处理。

b) 钢铁生产各工序产品产量是指统计期内各工序的合格产品产量。钢铁生产炼焦工序产品为合格焦炭，烧结工序产品为合格烧结铁矿，球团工序产品为合格球团铁矿，炼铁工序产品为合格生铁，转炉炼钢工序和电炉炼钢工序产品为合格粗钢，精炼连铸工序产品为合格连铸坯，钢压延加工工序产品为合格钢材，石灰工序产品为合格生石灰。

2) 电量可采用根据电表记录的读数统计、电费结算凭证、能源平衡表和生产统计台账等记录的数据。企业层级核算边界电量优先采用电费结算凭证数据，工序层级核算边界电量优先采用计量数据。

3) 热量数据应每月进行计量并记录，年度值为每月数据累计之和，可采用直接计量的热量数据、结算凭证上的数据。企业层级核算边界热量优先采用结算凭证数据，工序层级核算边界热量优先采用计量数据。蒸汽及热水温度、压力数据可采用计量或控制系统的实际监测数据，采用月度算术平均值，或运行参数范围内经验值。

4) 对于无法采用计量器具准确计量的工序层级活动数据，可采用适当的分配方法确定。

4.3.2 相关参数获取

1) 低位发热量、单位热值含碳量、元素碳含量可采用缺省值或实测值，缺省值采用附录 A 所列数值，实测值可自行检测、委托检测或由供应商提供。自行检测时，实施标准和规范须按照国家、行业或地方最新标准中对各项内容（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,并建立完善的管理体系,同时保留检测资料,具体要求如下:

a) 固体燃料元素碳含量采样应与对应固体燃料消耗量状态一致,至少每月检测,可自行检测、委托检测或由供应商提供,检测报告应由通过 CMA 认定或 CNAS 认可且检测能力包括上述参数的检测机构/实验室出具,并盖有 CMA 资质认定标志或 CNAS 认可标识章。某月有多于一次实测数据时,可取算术平均值或加权平均值为该月数值。

b) 固体燃料元素碳含量报告值为干燥基或空气干燥基分析结果,应采用公式(3)转换为收到基元素碳含量。纳管单位应保存不同基转换涉及水分等数据的原始记录。

c) 液体燃料、气体燃料的元素碳含量至少每月检测,可自行检测、委托检测或由供应商提供。对于天然气等气体燃料,元素碳含量的测定应遵循 GB/T 13610 和 GB/T 8984 等标准,对于煤气等气体燃料,元素碳含量的测定应遵循 GB/T 12208 和 GB/T 10410 等标准,根据每种气体组分的体积浓度及该组分化学分子式中碳原子的数目计算元素碳含量。某月有多于一次实测数据时,可取算术平均值或加权平均值为该月数值。

d) 未开展元素碳实测或实测不符合 a~c 项要求的,单位热值含碳量采用本方法附录 A 规定的各燃料品种对应的缺省值。

e) 固体燃料低位发热量采用实测值的企业,采样应与对应固体燃料消耗量状态一致,至少每月检测,可自行检测、委托检测或由供应商提供,测定应遵循 GB/T 213 等标准。年度平均低位发热量由月度平均低位发热量加权计算得到,其权重是月度消耗量;月度平均低位发热量由每日或每批次燃料的低位发热量加权计算得到。无实测时采用本方法附录 A 规定的各燃料品种对应的缺省值。

f) 液体燃料、气体燃料的低位发热量采用实测值的企业,应至少每月检测,可自行检测、委托检测或由供应商提供,遵循 GB/T 13610、GB/T 8984、GB/T 12208 和 GB/T 10410 等标准。年度平均低位发热量由月度平均低位发热量加权计算得到,其权重是月度消耗量;月度平均低位发热量由每日或每批次燃料的低位发热量加权计算得到。无实测时采用本方法附录 A 规定的各燃料品种对应的缺省值。

2) 固体燃料、液体燃料和气体燃料的碳氧化率采用缺省值 100%。

3) 石灰石、白云石排放因子采用附录 A 所列缺省值。具备条件的可自行检测、委托检测或由供应商提供,至少每年检测。自行检测应遵循 GB/T 3286.9 标准进行,同种物质每年检测不少于 3 次,且连续两次检测的时间间隔不小于 2 个月,取算术平均值作为该种物质的排放因子。

4) 电极排放因子采用附录 A 所列缺省值。

5) 含碳原料排放因子采用附录 A 所列缺省值。具备条件的可自行检测、委托检测或由供应商提供,至少每年检测。对于采样、制样、检测等建立全流程影像资料记录与留存制度,实施全流程视频监控。含碳原料排放因子可由相对应的含碳量换算得到,含碳量检测应遵循 GB/T 223.69、GB/T 223.86、GB/T 4699.4、GB/T 4333.10、GB/T 7731.10、GB/T 8704.1、YB/T 5339 和 YB/T 5340 等标准。同种物质每年检测不少于 1 次。当年有多于一次实测数据时,可取加权平均值。

6) 固碳产品排放因子采用附录 A 所列缺省值。具备条件的可自行检测、委托检测或由供应商提供,至少每年检测。当年有多于一次实测数据时,可取算术平均值或加权平均值为该年数值。

7) 若排放主体部分投入物质无法从附录 A 或检测中获取其含碳量,则采用排放主体提

交的初始报告中提供的检测值；若排放主体部分输出物质无法从附录 A 或检测中获取其含碳量，则其含碳量为 0。

8) 电力和热力排放因子采用上海市生态环境局公布的数值。

4.4 不确定性

在获取活动数据和相关参数时可能存在不确定性。排放主体应对活动数据和相关参数的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。

排放主体应对核算中使用的每个参数是否存在因上述原因导致的不确定性进行识别和说明，并评估排放水平的总体不确定性。

具体不确定性量化方法参考附录 D，其中排放因子不参与不确定性量化。

5 数据质量管理

5.1 数据质量控制方案

排放主体应按照本方法中各类数据监测与获取要求，结合现有测量能力和条件，制定数据质量控制方案。

5.1.1 数据质量控制方案的内容

排放主体在报告期开始前应制定并向主管部门提交数据质量控制方案。

数据质量控制方案应包含以下内容：

- 1) 排放主体的基本信息，包括排放主体名称、行业代码、统一社会信用代码、法定代表人、经营地址、通讯地址和联系人等；
- 2) 核算边界说明，包括企业层级核算边界及工序层级核算边界；
- 3) 核算方法相关说明，包括对相关活动数据（如能源、含碳原料消耗量及产品产量等）的获取和相关参数（如低位发热量、单位热值含碳量、氧化率等）的选择及获取方式进行说明，若相关参数的获取采用检测的方法，应提供参数的检测说明；
- 4) 可能存在的不确定性及拟采取的措施。

数据质量控制方案在同一报告期内原则上不得更改，若发生更改，应上报主管部门。排放主体应对数据质量控制方案的更改进行完整地记录。

具体数据质量控制方案模板见附录 B。

5.1.2 监测实施要求

排放主体应对活动数据和相关参数等进行监测。活动数据的监测主要指对化石燃料消耗量、含碳原料消耗量、产品产量等的监测。相关参数的监测主要指对低位发热量、单位热值含碳量、氧化率等的监测。若排放主体选择检测的方式获取相关参数，则应遵循上述要求。

5.2 数据质量管理要求

建立温室气体排放核算和报告管理制度和质量保证体系，将数据质量管理工作贯穿于排放核算和报告的全过程。

1) 明确责任部门及其职责、具体工作要求、数据管理程序、工作时间节点等。指定专职人员负责温室气体排放核算和报告工作。

2) 建立排放数据的台账管理制度，规范排放报告和支撑材料的登记、保存和使用。台账应明确数据来源、数据获取时间及填报台账的相关责任人等信息。排放报告所涉及数据的台账及相关原始记录和凭证应至少保存五年，确保排放数据可追溯。

3) 鼓励企业采取技术手段完善相关计量，实现进出工序电力和热力计量的全覆盖，实现物料在多个工序共用及在工序之间传递的计量和统计。

4) 建立关键参数计量器具和检测设备台账，登记计量器具和检测设备的类型及型号、安装位置、测量频次、精度，以及规定的检定/校准频次；定期对计量器具、检测设备和测量仪表进行维护管理，并记录存档。相关记录及原始凭证应至少保存五年。

5) 委托符合资质的机构检测相关参数时，应确保符合 4.3.2 相关要求；检测机构/实验室出具的检测报告应至少保存五年备查。

6) 具备自行检测条件的，鼓励参考 GB/T 27025 开展取样、检测、记录和报告等活动。鼓励有条件的企业加强样品自动采集与分析技术应用，采取创新技术手段，加强原始数据防篡改管理。

7) 建立排放报告内部审核制度，定期对温室气体排放数据进行交叉校验，对可能产生的数据误差风险进行识别，并提出相应的解决方案。

6 定期报告

排放主体应定期编制温室气体排放报告，报告期与自然年一致。排放报告保存时间至少五年。

排放报告包括以下基本内容，报告模板见附录 C。

1) 排放主体的基本信息，如排放主体名称、报告年度、统一社会信用代码、法定代表人、注册地址、经营地址、通讯地址和联系人等。

2) 排放主体的核算边界说明。

3) 排放主体与温室气体排放相关的工艺流程。

4) 监测情况说明，包括数据质量控制方案的制定与更改情况、实际监测与数据质量控制方案的一致性。

5) 企业层级边界温室气体排放核算信息：直接排放应报告分燃料品种的化石燃料消耗量，对应的相关参数的量值及来源；含碳原料、电极、熔剂消耗量，产出的产品量，对应的排放因子及来源。间接排放应报告净购入电力和热力的消耗量。

6) 工序层级温室气体排放核算信息：直接排放应报告各工序燃料品种的化石燃料消耗量，对应的相关参数的量值及来源。间接排放应报告各工序电力和热力的消耗量，对应的排放因子及来源。工序产品应报告其产量及数据来源。

7) 不确定性产生的原因及降低不确定性的方法说明。

8) 其他应说明的情况，如 CO₂ 清除、生物质燃料燃烧排放等内容。

9) 真实性声明。

附录 A

表 A-1 化石燃料低位发热量缺省值、单位热值含碳量缺省值

化石燃料品种		计量单位	低位发热量* ¹ (GJ/t或GJ/10 ⁴ Nm)	单位热值含碳量 (tC/GJ)
固体燃料	无烟煤	t	25.024* ²	0.02749* ³
	烟煤	t	23.736* ²	0.02618* ³
	褐煤	t	15.250* ²	0.02797* ³
	洗精煤* ⁷	t	26.344* ⁶	0.02541* ³
	其他洗煤	t	12.545* ⁶	0.02541* ³
	煤矸石	t	8.374* ⁵	0.02541* ³
	煤泥	t	12.545* ⁶	0.02541* ³
	焦炭* ⁸	t	28.435* ⁶	0.02942* ³
	石油焦	t	32.500* ⁴	0.02750* ³
	其他煤制品	t	17.460* ²	0.03356* ³
液体燃料	原油	t	41.816* ⁶	0.02008* ³
	燃料油	t	41.816* ⁶	0.02110* ³
	汽油	t	43.070* ⁶	0.01890* ³
	柴油	t	42.652* ⁶	0.02020* ³
	煤油	t	43.070* ⁶	0.01960* ³
	其他石油制品	t	41.031* ²	0.02000* ⁴
	液化天然气	t	51.498* ⁵	0.01720* ³
	液化石油气	t	50.179* ⁶	0.01720* ³
	煤焦油	t	33.453* ⁶	0.02200* ⁴
	炼厂干气	t	45.998* ⁶	0.01820* ³
气体燃料	天然气	10 ⁴ Nm ³	389.310* ⁶	0.01532* ³
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³	33.000* ²	0.07080* ⁴
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³	84.000* ²	0.04960* ⁴
	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	173.854* ²	0.01210* ⁴
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.270* ⁶	0.01220* ⁴

*¹根据GB/T 3102.4国际蒸汽表卡换算，1千克标准煤（kgce）低位发热量为29307.6 kJ，即7000 kcal，本指南1 kcal折算为4.1868 kJ。

*²数据取值来源为《2005 中国温室气体清单研究》，其中烟煤、无烟煤和褐煤为钢铁工业数据。

*³数据取值来源为《省级温室气体清单编制指南（试行）》。

*⁴数据取值来源为《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》2019年修订版。

*⁵数据取值来源为 GB/T 2589-2020《综合能耗计算通则》。

*⁶数据取值来源为《中国能源统计年鉴2022》。

*⁷本文件中洗精煤指炼焦煤。

*⁸兰炭作为燃料时，缺省值可参考焦炭。

表 A-2 其他因子缺省值

名称	二氧化碳排放因子 (tCO ₂ /t)
石灰石* ¹	0.440
白云石* ¹	0.476
电极* ¹	3.663
镍铁* ¹	0.037
钼铁* ¹	0.018
硅铁* ²	0.007
锰硅合金* ²	0.092
低碳锰硅合金* ²	0.011
高炉锰铁* ²	0.275
电炉高碳锰铁* ²	0.275
微碳锰铁* ²	0.004
高碳铬铁* ²	0.348
生铁* ¹	0.172
直接还原铁* ¹	0.073
废钢* ³	0.037
粗钢* ³	0.037
焦油* ⁴	2.699
粗苯* ¹	3.382
*¹数据取值来源为《世界钢铁协会二氧化碳排放数据收集指南（第11版）》； *²数据取值来源为中国铁合金工业协会统计的推荐值； *³数据取值来源为《2006年IPCC国家温室气体清单指南》2019年修订版； *⁴由煤焦油的低位发热量乘以单位热值含碳量和44/12计算得到，其中，煤焦油低位发热量数据取值来源为《中国能源统计年鉴2022》，单位热值含碳量数据取值来源为《2006年IPCC国家温室气体清单指南》2019年修订版。	

上海市钢铁行业 温室气体排放数据质量控制方案

排放主体（盖章）：

报告年度：

编制日期： 年 月 日

上海市生态环境局制

表 B-1 排放主体基本信息

排放单位名称						
单位性质						
统一社会信用代码			法定代表人			
所属行业			行业代码			
注册地址	区（县）					
经营地址	区（县）				邮编	
通讯地址	区（县）				邮编	
单位分管领导			电话		传真	
单位管理部门					传真	
部门负责人	姓名		职务		电话	
	传真		手机		电子邮箱	
联系人	姓名		职务		电话	
	传真		手机		电子邮箱	

表 B-2 钢铁生产企业层级核算边界说明

1、直接排放 （1）与生产相关的固定燃烧设备及厂区内运输车辆类型、数量、化石燃料类型等相关说明； （2）生产过程中含碳原料、电极、熔剂使用的相关说明； （3）产出的产品等相关说明。 2、间接排放 外购电力、热力使用的相关说明。	
排放类型	
□直接排放	□化石燃料燃烧排放
	□工业生产过程排放
	□固碳产品隐含排放
□间接排放	□净购入使用电力排放
	□净购入使用热力排放

表 B-3 钢铁生产工序层级核算边界说明

(1) 炼焦工序	
1、直接排放 与生产相关的固定燃烧设备类型、数量、化石燃料类型、产出的产品等相关说明。 2、间接排放 净消耗电力、热力的相关说明。	
排放类型	
☐ 直接排放	☐ 化石燃料燃烧排放
☐ 间接排放	☐ 净消耗电力排放
	☐ 净消耗热力排放
(2) 烧结工序	
1、直接排放 与生产相关的固定燃烧设备类型、数量、化石燃料类型、产出的产品等相关说明。 2、间接排放 净消耗电力、热力的相关说明。	
排放类型	
☐ 直接排放	☐ 化石燃料燃烧排放
☐ 间接排放	☐ 净消耗电力排放
	☐ 净消耗热力排放
(3) 球团工序	
1、直接排放 与生产相关的固定燃烧设备类型、数量、化石燃料类型、产出的产品等相关说明。 2、间接排放 净消耗电力、热力的相关说明。	
排放类型	
☐ 直接排放	☐ 化石燃料燃烧排放
☐ 间接排放	☐ 净消耗电力排放
	☐ 净消耗热力排放
(4) 炼铁工序	
1、直接排放 与生产相关的固定燃烧设备类型、数量、化石燃料类型、产出的产品等相关说明。 2、间接排放	

净消耗电力、热力的相关说明。	
排放类型	
☐ 直接排放	☐ 化石燃料燃烧排放
☐ 间接排放	☐ 净消耗电力排放
	☐ 净消耗热力排放
(5) 转炉炼钢工序	
1、直接排放 与生产相关的固定燃烧设备类型、数量、化石燃料类型、产出的产品等相关说明。	
2、间接排放 净消耗电力、热力的相关说明。	
排放类型	
☐ 直接排放	☐ 化石燃料燃烧排放
☐ 间接排放	☐ 净消耗电力排放
	☐ 净消耗热力排放
(6) 电炉炼钢工序	
1、直接排放 与生产相关的固定燃烧设备类型、数量、化石燃料类型、产出的产品等相关说明。	
2、间接排放 净消耗电力、热力的相关说明。	
排放类型	
☐ 直接排放	☐ 化石燃料燃烧排放
☐ 间接排放	☐ 净消耗电力排放
	☐ 净消耗热力排放
(7) 精炼连铸工序	
1、直接排放 与生产相关的固定燃烧设备类型、数量、化石燃料类型、产出的产品等相关说明。	
2、间接排放 净消耗电力、热力的相关说明。	
排放类型	
☐ 直接排放	☐ 化石燃料燃烧排放
☐ 间接排放	☐ 净消耗电力排放

	☐ 净消耗热力排放
(8) 发电设施	
1、直接排放 与生产相关的固定燃烧设备类型、数量、化石燃料类型、产出的产品等相关说明。	
2、间接排放 净消耗电力、热力的相关说明。	
排放类型	
☐ 直接排放	☐ 化石燃料燃烧排放
☐ 间接排放	☐ 净消耗电力排放
	☐ 净消耗热力排放

表 B-4 钢铁生产企业层级核算边界活动数据获取方式说明

化石燃料、外购电力热力消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
含碳原料、电极、熔剂消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
产品产量数据获取			
产品	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		

	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		

注：如数据获取方式选择其他，需在备注说明具体获取方式。

表 B-5 钢铁生产企业层级核算边界化石燃料相关参数获取方式说明

生产系统/设备	燃料品种	低位发热量		单位热值含碳量		氧化率	
		来源	备注	来源	备注	来源	备注
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	

表 B-6 钢铁生产企业工业生产过程排放相关排放因子获取方式说明

含碳原料、电极、熔剂	排放因子	
	来源	备注
废钢	☐ 检测值 ☐ 缺省值	
直接还原铁	☐ 检测值 ☐ 缺省值	
生铁	☐ 检测值 ☐ 缺省值	
电极	☐ 检测值 ☐ 缺省值	
石灰石	☐ 检测值 ☐ 缺省值	
白云石	☐ 检测值 ☐ 缺省值	
.....	☐ 检测值 ☐ 缺省值	

表 B-7 钢铁生产工序层级核算边界活动数据获取方式说明

(1) 炼焦工序			
化石燃料、电力热力净消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
产品产量数据获取			
产品	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
(2) 烧结工序			
化石燃料、电力热力净消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
产品产量数据获取			
产品	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		

	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
(3) 球团工序			
化石燃料、电力热力净消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
产品产量数据获取			
产品	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
(4) 炼铁工序			
化石燃料、电力热力净消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
产品产量数据获取			

产品	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
(5) 转炉炼钢工序			
化石燃料、电力热力净消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
产品产量数据获取			
产品	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
(6) 电炉炼钢工序			
化石燃料、电力热力净消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		

产品产量数据获取			
产品	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
(7) 精炼连铸工序			
化石燃料、电力热力净消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
产品产量数据获取			
产品	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
(8) 发电设施			
化石燃料、电力热力净消耗数据获取			
品种	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		

	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
产品产量数据获取			
产品	获取方式	获取频次	备注
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 其他		

注：如数据获取方式选择其他，需在备注说明具体获取方式。

表 B-8 钢铁生产工序层级核算边界化石燃料相关参数获取方式说明

钢铁生 产工序	燃料 品种	低位发热量		单位热值含碳量		氧化率	
		来源	备注	来源	备注	来源	备注
炼焦工 序		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
烧结工 序		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
球团工 序		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	
		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值		☐ 检测值 ☐ 缺省值	

表 B-9 不确定性说明

可能存在的不确定性及降低不确定性拟采取的措施

上海市钢铁行业 年度温室气体排放状况报告

排放主体（盖章）：

报告年度：

编制日期： 年 月 日

上海市生态环境局制

(一) 排放主体基本信息

表 C-1 排放主体基本信息

排放单位名称						
单位性质						
统一社会信用代码		法定代表人				
所属行业		行业代码				
注册地址	区（县）					
经营地址	区（县）				邮编	
通讯地址	区（县）				邮编	
单位分管领导		电话		传真		
单位管理部门					传真	
部门负责人	姓名		职务		电话	
	传真		手机		电子邮箱	
联系人	姓名		职务		电话	
	传真		手机		电子邮箱	

表 C-2 排放主体主要生产情况

总产值（万元）（按现价计算）			
主要产品名称	年产能（单位）		年产量（单位）

表 C-3 基本排放情况说明

核算边界说明
1、企业层级核算边界 (1) 直接排放 (a) 与生产相关的固定燃烧设备及厂区内运输车辆类型、数量、化石燃料类型等相关说明； (b) 生产过程中含碳原料、电极、熔剂使用的相关说明； (c) 产出的产品的相关说明。 (2) 间接排放 外购电力、热力使用的相关说明。 2、工序层级核算边界 (1) 直接排放 各工序与生产相关的固定燃烧设备类型、数量、化石燃料类型、产出的产品等相关说明。 (2) 间接排放 各工序外购电力、热力使用的相关说明。
温室气体排放相关工艺流程介绍（可附图）

（二）数据质量控制情况说明

表 C-4 数据质量控制情况说明

是否与数据质量控制方案一致	☐ 是	☐ 否
数据质量控制方案是否更改	☐ 是	☐ 否
数据质量控制方案更改说明与相关附件		

（三）排放主体计量说明

表 C-5 企业层级核算边界计量说明

排放类型	参数名称	计量器具配备情况	监测方法	其他说明
化石燃料燃烧排放				
工业生产过程排放				
净购入使用电力排放				
净购入使用热力排放				
固碳产品隐含排放				

表 C-6 工序层级核算边界计量说明

工序	工艺（生产流程） 说明	主要组成设备	设备规格×数量	使用的燃料	产出的主要产品	计量器具配备情况	监测方法（各种量值、 参数获取方法）	其他说明
炼焦工序								
烧结工序								
球团工序								
炼铁工序								
转炉炼钢 工序								
电炉炼钢 工序								
精炼连铸 工序								
发电设施								

（四）排放量汇总

表 C-7 温室气体排放汇总

企业层级核算边界排放量				
直接排放	化石燃料燃烧排放（单位：tCO ₂ ）			
	工业生产过程排放（单位：tCO ₂ ）			
	固碳产品隐含排放（单位：tCO ₂ ）			
	合计排放量（单位：tCO ₂ ）			
间接排放	净购入使用电力排放（单位：tCO ₂ ）			
	净购入使用热力排放（单位：tCO ₂ ）			
	合计排放量（单位：tCO ₂ ）			
企业层级核算边界排放总量（单位：tCO ₂ ）				
产品产量（单位：t）				
排放强度（单位：tCO ₂ /t）				
工序层级核算边界排放量				
主要工序	工序	化石燃料燃烧排放 （单位：tCO ₂ ）	净消耗电力排放 （单位：tCO ₂ ）	净消耗热力排放 （单位：tCO ₂ ）
	排放总量（单位：tCO ₂ ）			
发电设施	工序	化石燃料燃烧排放 （单位：tCO ₂ ）	净消耗电力排放 （单位：tCO ₂ ）	净消耗热力排放 （单位：tCO ₂ ）
	发电设施			
	排放总量（单位：tCO ₂ ）			
其他排放源排放量 （单位：tCO ₂ ）				

(五) 相关参数

表 C-8 相关参数

化石燃料	名称	低位发热量 (GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³)	单位热值含碳量 (tC/GJ)	氧化率 (%)
	无烟煤			
	烟煤			
	褐煤			
	洗精煤			
	其他洗煤			
	煤矸石			
	煤泥			
	焦炭			
	石油焦			
	其他煤制品			
	原油			
	燃料油			
	汽油			
	柴油			
	煤油			
	其他石油制品			
	液化天然气			
	液化石油气			
	煤焦油			

	炼厂干气			
	天然气			
	高炉煤气			
	转炉煤气			
	焦炉煤气			
	其他煤气			
电力、热力	名称	排放因子 (tCO ₂ /10 ⁴ kWh 或 tCO ₂ /GJ)		
	电力			
	热力			
含碳原料、电极、熔剂	名称	排放因子 (tCO ₂ /t)		
	石灰石			
	白云石			
	电极			
	废钢			
	生铁			
固碳产品	名称	排放因子 (tCO ₂ /t)		
	粗钢			
	生铁			
	焦油			
	粗苯			

(六) 企业层级排放信息

表 C-9 企业层级排放信息

	名称	计量单位	净购入使用量/产量	排放量 (tCO ₂)
化石燃料	无烟煤	t		
	烟煤	t		
	褐煤	t		
	洗精煤	t		
	其他洗煤	t		
	煤矸石	t		
	煤泥	t		
	焦炭	t		
	石油焦	t		
	其他煤制品	t		
	原油	t		
	燃料油	t		
	汽油	t		
	柴油	t		
	煤油	t		
	其他石油制品	t		
	液化天然气	t		
	液化石油气	t		
	煤焦油	t		
	炼厂干气	t		
	天然气	10 ⁴ Nm ³		
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³		
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³		
	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³		
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³		
电力、热力	名称	单位		
	电力	10 ⁴ kWh		
	热力	GJ		
含碳原料、 电极、熔剂	名称	单位		
	石灰石	t		
	白云石	t		
	电极	t		
	废钢	t		
	生铁	t		
固碳产品	名称	单位		
	粗钢	t		
	生铁	t		
	焦油	t		
	粗苯	t		

（七）工序层级排放信息

表 C-10 工序层级排放

工序		用能设备	燃料情况		电力 10 ⁴ kWh	热力 GJ	产品		排放量 (tCO ₂)
			品种	净消耗量			名称	产量	
				t 或 10 ⁴ Nm ³				t	
1									
2									
3									

表 C-11 电力、热力生产利用情况

电力、热力生产情况								直接排 放量
设备名称	燃料燃烧情况					发电量	上网电量	
	品种	燃料使用量	燃料低位发热量	单位热值含碳量	氧化率			
		t 或 10 ⁴ Nm ³	GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³	tC /GJ	%	10 ⁴ kWh	10 ⁴ kWh	
电力、热力供应使用情况								间接排 放量
电力				热力				
本企业用电	对外供应	购自公共电网	购自其他钢铁企业	热力回收	对外供热	购自钢铁企业	购自其他企业	
10 ⁴ kWh	10 ⁴ kWh	10 ⁴ kWh	10 ⁴ kWh	GJ	GJ	GJ	GJ	

(八) 重要参数获得说明文件

表 C-12 重要参数获取方式说明

指标	对象	使用设备	检测方法、标准	检测机构	量值	检测与计算记录 文件档案编号/保 存地	其他说明
低位发热量							
元素碳含量							
氧化率							
其他							

（九）不确定性说明

表 C-13 不确定性说明

列举可能引起不确定性的因素及为降低不确定性所采取的措施

(十) 附件

表 C-14 其他说明

其他应说明的情况
(如二氧化碳清除、生物质燃料排放等)

（十一）真实性声明

表 C-15 真实性说明

声明陈述

本年度排放报告完整、真实、合法。如有不实之处，本单位愿负相应法律责任，并承担由此产生的一切后果。特此声明。

法定代表人（或授权代表）：（签章）

（企业公章）

年 月 日

附录 D

不确定性量化方法

对于核算某排放主体的温室气体排放量,其总的不确定性主要通过单个参数的不确定性累加得到。主要有两种方法:一是使用误差传递公式,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,在此重点介绍传递公式。

误差传递公式主要有两个: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计算:

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

式中:

U_c 为总的不确定性 (%) ;

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

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

如某企业有两种燃料的二氧化碳排放,排放量分别为 $30 \pm 2\%$ 吨和 $40 \pm 10\%$ 吨,根据误差传递公式 (1) 可计算该企业二氧化碳总排放的不确定性为:

$$U_c = \frac{\sqrt{(30 \times 0.02)^2 + (40 \times 0.1)^2}}{|30 + 40|} = \frac{4.04}{70} \approx 5.78\%$$

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:

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

式中:

U_c 为总的不确定性 (%) ;

$U_{s1} \dots U_{sn}$ 为 n 个相乘的估计值的不确定性 (%) 。

如某企业一年内褐煤消费量为 $9000 \pm 5\%$ 吨,褐煤燃烧二氧化碳排放因子为 $2.1 \pm 10\%$ 吨二氧化碳/吨褐煤,则该企业年二氧化碳排放量的不确定性为:

$$U_c = \sqrt{(5\%)^2 + (10\%)^2} = 11.2\%$$