



中国钢铁行业核算指南 工序层级核算边界与核算方法

张杰

生态环境部环境发展中心 中环联合认证中心



2025.7

欧中ETS项目网站下载资料合规声明

以下内容的编制仅限用于支持本项目项下开展的培训与研究活动，且仅用于信息传递及参考目的，未经内容提供方事先书面许可，不得以任何形式、通过任何手段，全部或部分复制、分发或用于商业目的。对于因使用该内容所含信息而导致的任何损失或损害，内容提供方不承担任何责任。



Compliance Statement for Downloading Materials From EU-China ETS Project Website

These materials have been prepared solely for the purpose of supporting training activities conducted under this project. It is provided for informational and reference purposes only. The materials contained herein may not be reproduced, distributed, or utilised for commercial purposes, in whole or in part, in any form or by any means, without the prior written consent of the presenting party. The author accepts no responsibility or liability for any loss or damage arising from the use of the information contained in this presentation.



1

工序层级核算边界

2

工序层级核算方法

1

工序层级核算边界

ETS

EU-China Joint Carbon Trading System
Emissions Trading System
中欧碳市场对接合作项目

核算边界-工序层级

2、工序核算边界：钢铁生产工序主要包括焦化工序、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）、精炼工序、连铸工序、钢压延加工工序、石灰工序、掺烧自产二次能源的化石燃料发电设施等。

a)主要生产工序：包括焦化工序、烧结工序、球团工序、炼铁工序、转炉炼钢工序、电炉炼钢工序。

其中：炼铁工序除了高炉炼铁工序，还包括熔融还原炼铁工序、直接还原炼铁工序、欧冶炉炼铁工序、富氢碳循环氧气高炉工序等非高炉炼铁工序。

b)掺烧自产二次能源的化石燃料发电设施。

c)其他：包括精炼工序、连铸工序、钢压延加工工序、石灰工序和其他设施。

其他设施：除上述可明确区分工序边界及边界内主要生产设施和工序辅助生产设施外之外的设施。

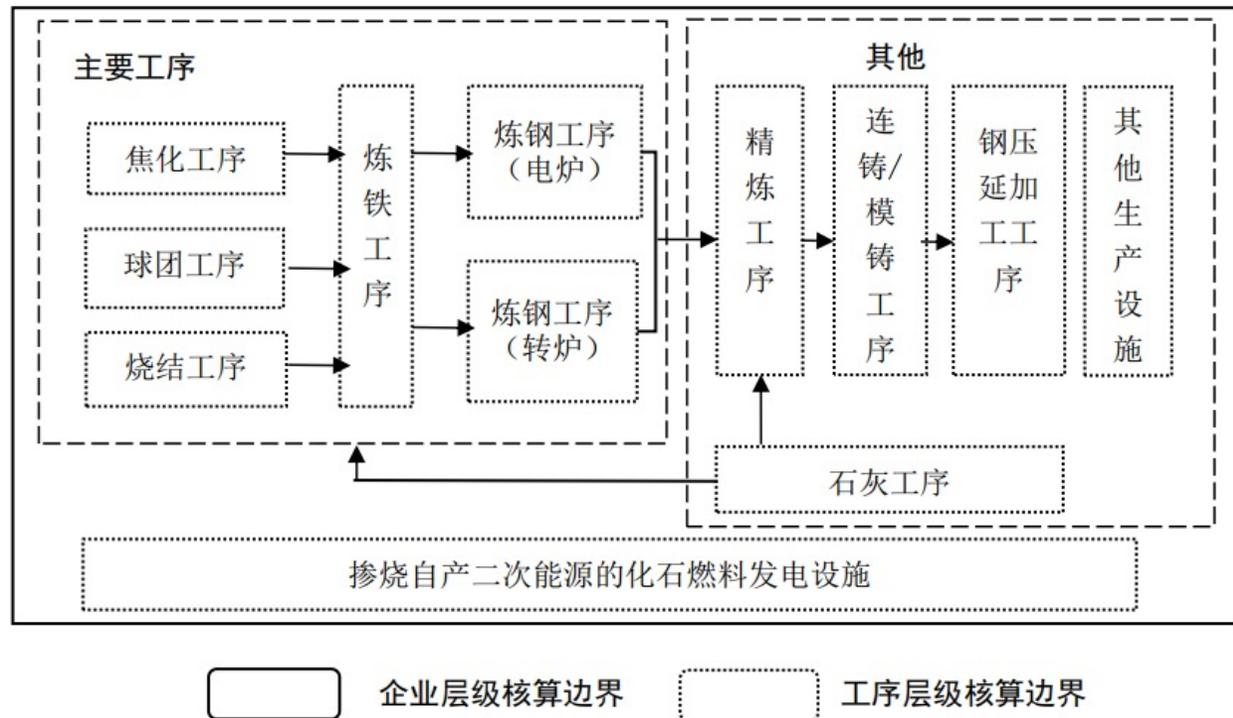


图2 核算边界示意图

工序层级温室气体排放核算和报告范围包括：

a) 焦化、烧结、球团、炼铁、转炉炼钢和电炉炼钢工序：

核算和报告范围为化石燃料净消耗产生的二氧化碳排放，不包括点火助燃、运输设施使用的化石燃料排放。

b) 掺烧自产二次能源的化石燃料发电设施：

核算和报告范围为发电设施消耗外购燃料和自产二次能源的二氧化碳排放，不包括点火助燃、运输设施使用的化石燃料排放。

c) 其他排放源包括上述工序和设施之外的消耗化石燃料排放、及企业核算边界内的过程排放和含碳产品隐含的排放。

2

工序层级核算要求

EETS

EU Emission Trading System
Emission Trading System
中欧碳市场合作项目





核算公式

2、六大工序： 1个计算公式，6个参数；需要实测的仅为活动数据，涉及**4类**：

工序化石燃料输入量、工序化石燃料输出量、输入和输出化石燃料的收到基低位发热量

3、掺烧自产二次能源热量年均占比超过10%的发电设施： 1个计算公式，4个参数；需要实测的仅为活动数据，涉及**2类**：化石燃料的消耗量、收到基低位发热量

4、其他工序： 1个计算公式，0个参数；**无需实测**，采用企业层级减六大工序排放、掺烧发电设施排放即可。

7.1.1 对于焦化、烧结、球团、炼铁、转炉炼钢和电炉炼钢工序，各工序消耗化石燃料产生的二氧化碳排放，按公式（2）计算。

$$E_{\text{工序},j} = \sum_{m=1}^n (FC_{\text{化石燃料},m,j} \times NCV_{ar,m,j} \times CC_{m,j} \times \frac{44}{12}) - \sum_{w=1}^n (FC_{\text{化石燃料},w,j} \times NCV_{ar,w,j} \times CC_{w,j} \times \frac{44}{12}) \quad (2)$$

7.2.1 对于掺烧自产二次能源的化石燃料发电设施，各机组消耗化石燃料产生的二氧化碳排放，按公式（3）计算。

$$E_{\text{掺烧},x} = \sum_{i=1}^n (FC_{i,x} \times NCV_{ar,i,x} \times CC_{i,x} \times OF_{i,x} \times \frac{44}{12}) \quad (3)$$

其他排放源对应的排放量按公式（4）计算。

$$E_{\text{其他}} = E_{\text{企业}} - \sum_{j=1}^n E_{\text{工序},j} - \sum_{x=1}^n E_{\text{掺烧},x} \quad (4)$$



工序层级核算要求- (1) 六大工序

7.1.1 对于焦化、烧结、球团、炼铁、转炉炼钢和电炉炼钢工序，各工序消耗化石燃料产生的二氧化碳排放，按公式（2）计算。

$$E_{\text{工序},j} = \sum_{m=1}^n (FC_{\text{化石燃料},m,j} \times NCV_{ar,m,j} \times CC_{m,j} \times \frac{44}{12}) - \sum_{w=1}^n (FC_{\text{化石燃料},w,j} \times NCV_{ar,w,j} \times CC_{w,j} \times \frac{44}{12}) \quad (2)$$

式中：

- $E_{\text{工序},j}$ — 工序 j 的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
- $FC_{\text{化石燃料},m,j}$ — 工序 j 使用的第 m 种化石燃料的输入量，固体或液体燃料单位为吨（t），气体燃料单位为万标准立方米（10⁴Nm³）；
- $NCV_{ar,m,j}$ — 工序 j 使用的第 m 种化石燃料的收到基低位发热量，固体或液体燃料单位为吉焦/吨（GJ/t），气体燃料单位为吉焦/万标准立方米（GJ/10⁴Nm³）；
- $CC_{m,j}$ — 工序 j 使用的第 m 种化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳/吉焦（tC/GJ）；
- $FC_{\text{化石燃料},w,j}$ — 工序 j 第 w 种化石燃料的输出量，焦化工序为焦炭和焦炉煤气，炼铁工序为高炉煤气，转炉炼钢工序为转炉煤气，单位为吨（t）或万标准立方米（10⁴Nm³）；
- $NCV_{ar,w,j}$ — 工序 j 第 w 种化石燃料的收到基低位发热量，固体或液体燃料单位为吉焦/吨（GJ/t），气体燃料单位为吉焦/万标准立方米（GJ/10⁴Nm³）；
- $CC_{w,j}$ — 工序 j 第 w 种化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳/吉焦（tC/GJ）；
- $44/12$ — 二氧化碳与碳的相对分子质量之比；
- m — 输入工序 j 的化石燃料的种类代号；
- w — 输出工序 j 的化石燃料的种类代号。

7.1.2.1 化石燃料输入量与输出量的计量与监测

7.1.2.1.1 焦化工序输入的化石燃料一般包括洗精煤和高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气等，输出的化石燃料一般包括焦炭（含焦丁、焦粉）和焦炉煤气等；

烧结工序输入的化石燃料一般包括焦炭（一般为焦粉状态）、烟煤、无烟煤等固体化石燃料和高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气（主要用于点火）等，一般无输出的化石燃料；

球团工序输入的化石燃料一般包括烟煤、无烟煤等固体化石燃料和高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气、天然气等，一般无输出的化石燃料；

炼铁工序输入的化石燃料一般包括焦炭（含焦丁）、喷吹煤（一般为烟煤、无烟煤）、兰炭、高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气等，输出的化石燃料一般包括焦炭（焦粉状态）、高炉煤气等；

转炉炼钢工序输入的化石燃料一般包括焦炭（焦丁状态）、兰炭、煤炭（一般为无烟煤）、高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气等，输出的化石燃料一般包括转炉煤气等；电炉炼钢工序输入的化石燃料一般包括天然气等，一般无输出的化石燃料。



工序层级核算要求- (1) 六大工序

◆ 问题:3: 关于冶金渣:

问1: 指南5.2.1小节企业层级排放源中提到“不扣减外销的冶金渣隐含的二氧化碳排放”，冶金渣隐含的碳排放指的是生产过程中部分固化在冶金渣中的碳对应的碳排放吗？不外销的冶金渣隐含的碳排放予以扣减吗？

问2: 利用钢铁企业产生的冶金渣与钢铁企业产生的煤气、烟气中的CO₂反应，将这部分CO₂固化在冶金渣中，该技术属于CCUS中的“S”，即矿化封存。这部分被冶金渣矿化封存的CO₂予以扣减吗？

◆ 讨论1: 是指不将冶金渣作为固碳产品。无论是否外销在指南中都不考虑扣减。冶金渣隐含的碳排放总体来说可以理解为未氧化为CO₂而固定在冶金渣中的部分，可以不用过多解读，不核算即可。

◆ 讨论2: 指南不涉及这部分扣减，仅有粗钢产品和外销的生铁、粗苯、甲醇作为含碳产品口径。作为CCUS技术的一种，可以考虑寻求开发CCER方法学，按CCER规则，CCUS属于第16技术领域。



工序层级核算要求- (1) 六大工序

7.1.2.1 化石燃料输入量与输出量的计量与监测

7.1.2.1.2 各类化石燃料输入量与输出量采用进出工序边界相关计量器具（电子汽车衡、轨道衡、皮带秤、流量计等）直接计量的数据。对于烧结工序和炼铁工序，企业无法获取直接计量的输入量和输出量数据时，可采用生产系统统计台账数据。

7.1.2.1.3 固体化石燃料应统计其收到基状态的计量数据。涉及煤气消耗量的，应区分外购煤气和自产煤气，并分别计量和填报输入量、输出量。

7.1.2.2 化石燃料低位发热量的取值

7.1.2.2.1 对于工序使用的各类固体化石燃料的低位发热量，焦炭低位发热量采用本指南附录 A 附表A.1 规定的缺省值，其他固体化石燃料低位发热量月度采用企业层级数据，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，权重为工序使用的该类化石燃料月度消耗量。

7.1.2.2.2 对于工序使用的液体燃料和气体燃料的低位发热量，同 6.2.2.4 章节要求。

核查要求

- ▶ 对于烧结工序和炼铁工序，直接计量数据的优先序高于生产系统统计台账数据。如果重点排放单位有符合要求的直接计量数据可以获取，但选择了采用生产系统统计台账数据，核查组应开具不符合项，并要求重点排放单位修订数据质量控制方案；如果重点排放单位未配备计量器具或计量器具不符合要求，核查组应开具不符合项，要求配备符合要求的计量器具；
- ▶ 对于烧结工序和炼铁工序以外的工序，如果重点排放单位有符合要求的直接计量数据可以获取，但选择了其他数据获取方式，核查组应开具不符合项；如果重点排放单位未配备计量器具或计量器具不符合要求，核查组应开具不符合项，要求重点排放单位采取保守的数据缺失处理方式，并配备符合要求的计量器具



工序层级核算要求- (1) 六大工序

◆ 问题4：不同层级数据获取

7.1.2.1.2 各类化石燃料输入量与输出量采用进出工序边界相关计量器具（电子汽车衡、轨道衡、皮带秤、流量计等）直接计量的数据。对于烧结工序和炼铁工序，企业无法获取直接计量的输入量和输出量数据时，可采用生产系统统计台账数据。

问1：如果工序层面这条取值有困难，可以取企业层级的数据当做工序的数据吗？比如：焦化的洗精煤，全厂也只有焦化工序使用？

问2：如果从工序层级和企业层级都能取数，比对这两个数据存在偏差合理吗？

◆ 讨论1：可以

◆ 讨论2：当年来煤量的各批次热值检测加权*收到基消耗量，因批次购入量不等于收到基消耗量，有库存等，无论月度数据年度数据，总会有一定偏差的。



工序层级核算要求- (2) 发电设施

7.2.1 对于掺烧自产二次能源的化石燃料发电设施，各机组消耗化石燃料产生的二氧化碳排放，按公式 (3) 计算。

$$E_{\text{掺烧},x} = \sum_{i=1}^n (FC_{i,x} \times NCV_{ar,i,x} \times CC_{i,x} \times OF_{i,x} \times \frac{44}{12}) \quad (3)$$

式中：

- $E_{\text{掺烧},x}$ — 机组 x 掺烧自产二次能源的化石燃料发电设施排放量，单位为吨二氧化碳 (tCO₂)；
- $FC_{i,x}$ — 机组 x 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 (10⁴Nm³)；
- $NCV_{ar,i,x}$ — 机组 x 第 i 种化石燃料的收到基低位发热量，固体或液体燃料单位为吉焦/吨 (GJ/t)，气体燃料单位为吉焦/万标准立方米 (GJ/10⁴Nm³)；
- $CC_{i,x}$ — 机组 x 第 i 种化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳/吉焦 (tC/GJ)；
- $OF_{i,x}$ — 机组 x 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；
- x — 机组代号。

7.2.2.1 各类化石燃料的消耗量采用计量器具的计量数据，同 7.1.2.1 章节要求。

7.2.2.2 对于发电设施使用的各类固体化石燃料的低位发热量，焦炭低位发热量采用本指南附录 A 附表 A.1 规定的缺省值，其他固体化石燃料低位发热量月度采用企业层级数据，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，权重为发电设施使用的该类化石燃料月度消耗量。对于发电设施使用的液体燃料和气体燃料的低位发热量，同 6.2.2.4 章节要求。

7.2.2.3 各燃料品种对应的单位热值含碳量、碳氧化率采用本指南附录 A 附表 A.1 规定的缺省值。

核查要求

注意与按发电行业纳入履约的机组的差异：

- 不要求实测元素碳；
- 不要求采用入炉煤计量消耗量



工序层级核算要求- (3) 其他工序

➤ 主要涉及的固碳产品：

本指南中的固碳产品包括外销的生铁、粗苯和焦油，以及粗钢产品。

7.3 其他排放量核算要求

其他排放源对应的排放量按公式（4）计算。

$$E_{\text{其他}} = E_{\text{企业}} - \sum_{j=1}^n E_{\text{工序},j} - \sum_{x=1}^n E_{\text{掺烧},x} \quad (4)$$

式中：

- $E_{\text{其他}}$ — 其他排放源对应的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
- $E_{\text{企业}}$ — 企业层级总排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
- $E_{\text{工序},j}$ — 主要工序中工序 j 的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
- $E_{\text{掺烧},x}$ — 掺烧自产二次能源的化石燃料发电设施排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。



生产数据核算要求

需求：基于配额分配需求，企业层级和工序层级均需要统计产品产量。

工序	企业层级	焦化	烧结	球团	炼铁	炼钢	电炉
产品产量	粗钢	焦炭	烧结铁矿	球团铁矿	生铁、直接还原铁、熔融还原铁、镍铁合金	粗钢	粗钢

产品产量是指各工序实际产出的合格产品产量，包含入库、销售及用到下一工序的产品产量。

- 产品产量采用生产系统记录的通过计量器具直接计量获取的产量数据。
- 对于粗钢产量（以连铸坯、模铸锭、铸造用液体钢计），连铸坯和模铸锭产量无直接计量数据时，可根据钢坯及钢锭的规格尺寸和密度或其他合理的理论计算方式获取产量数据。企业应配套建立数据台账，记录从连铸坯、模铸锭规格尺寸到连铸坯、模铸锭重量的计算过程。
- 对于烧结工序和炼铁工序产品产量，企业无直接计量数据时，可采用生产系统统计台账数据。
- 掺烧自产二次能源的化石燃料发电设施，其产品产量为发电量和供热量，对应的监测和获取要求参考《企业温室气体排放核算与报告指南 发电设施》9.1和9.2章节的相关要求。
- 企业应使用依法经计量检定合格或者校准的计量器具，计量器具的配备和管理应符合GB 17167、GB/T 21368等标准的要求，并确保在有效的检定/校准周期内，并符合JJG 195、JJG 234、JJG 539、JJG 781、JJG 1118、JJF 1336等规程或规范的要求。



生产数据核算要求

关键参数管理关注点5：关于发电设施发电量、供热量

内容

《发电设施》指南相关条款内容

9.1 发电量

发电量是指统计期内从发电机端输出的总电量，采用计量数据。

9.2 供热量

9.2.1 计算公式

供热量为锅炉不经汽轮机直供蒸汽热量、汽轮机直接供热量与汽轮机间接供热量之和，**不含烟气余热利用供热**，采用公式（7）和（8）计算。其中 Q_{zg} 和 Q_{jg} 计算方法参考 DL/T 904 中相关要求。

9.2.2 数据的监测与获取

9.2.2.1 对外供热是指向除发电设施汽水系统（除氧器、低压加热器、高压加热器等）之外的热用户供出的热量。

9.2.2.2 依据 DL/T 1365，供热量为供热计量点供出工质的焓减去返回工质的焓乘以相应流量。供热存在回水时，计算供热量应扣减回水热量。

9.2.2.3 蒸汽及热水温度、压力数据按以下优先序获取：

- a) 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；
- b) 相关技术文件或运行规程规定的额定值。

9.2.2.4 供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，按以下优先序获取：

- a) 直接计量的热量数据，**优先采用热源侧计量数据**；
- b) 结算凭证上的数据。

供热量数据与标准中获取方式保持一致，通过供出-返回工质的焓乘以流量得到；

因此需要重点关注与焓值和流量相关的计量表计的数据监测、记录情况、校准/检定情况。

对于系统自行换算为热量的，关注后台换算逻辑的准确性、合理性。

如果有热源侧和用户侧不同的计量结果，可以优先采用热源侧数据；

强调计量数据可得性和准确性，不能通过管损数据折算或估算。



生产数据核算要求

关键参数管理关注点5：关于发电设施发电量、供热量

核查要求

验	<p>1. 对供热量计算进行验算。*</p> <p>2. 验算方法可根据具体情况确定：</p> <p>- 对于不经汽轮机的锅炉供热量，以及汽轮机直接供热：供热量=直接供汽流量×直接供汽的供汽焓值-直接供汽的凝结水回水流量×直接供汽的凝结水回水焓值-用于直接供热的补充水量×用于直接供热的补充水焓值。如无法获得凝结水回水流量、回水焓值、补充水量、补充水焓值等数据，可按“供热量=直接供汽量×（供汽焓值-83.74）”简化验算；</p> <p>- 对于汽轮机间接供热：如有蒸汽计量器具，供热量=蒸汽疏水流量×（供汽焓值-疏水焓值）；如无蒸汽计量器具，供热量=（热网循环水供水流量×供水焓值-热网循环水回水量×回水焓值-热网循环水补充水量×补充水焓值）/热网加热器效率，其中热网加热器的效率可按《企业温室气体排放核算与报告指南 发电设施》附录 E 公式（E.9）中换热器效率数值 95%取值；</p> <p>- 如果以热水方式，而非蒸汽方式进行供热，可采用公式“供热量=直接供水量×（供水温度-20）×4.1868×10⁻³”计算；</p> <p>- 相关焓值通过查阅《水和水蒸气热力性质表》获得</p>	合理取值	1. 供热量<锅炉产热量；
	范围或经验数值	2. 机组综合热效率：对热电联产机组，“（发电量×3.6+供热量）/ Σ（燃料消耗量×低位发热量）<1”	
		注意事项	1. 在实际核查过程中，如果发现重点排放单位有较高优先序的数据而使用了较低优先序的数据，应开具不符合项要求重点排放单位修订数据质量控制方案以提
			<p>高数据准确度；</p> <p>2. 核查组需要充分理解不经汽轮机由锅炉直供热、汽轮机直接供热、汽轮机间接供热、疏水、回水（汽）和补充水的概念；</p> <p>3. 一般情况下，供热量计量点在供热联箱出口的供热母管处。正常情况下蒸汽温度、压力稳定。DCS 系统可实时监测蒸汽温度、压力，通过软件抓取瞬时数据后，计算出小时、天和月平均值。取月度平均值即可满足核算指南的要求；</p> <p>4. 一般情况下，自动热量计已经扣除回水的焓值，回水焓值不需要重复扣减；</p> <p>5. 向发电设施汽水系统内供出的热量不计入供热量；</p> <p>6. 烟气余热供热由于不是从汽水系统供出的热量，因此不计入机组供热量</p>

谢谢

