

GB/T 32151.21—2024《温室气体排放核算与报告要求 第21部分：铸造企业》 国家标准解读

刘春霞¹, 王璐¹, 孙阳阳¹, 朱家辉², 尚付成³

(1. 山东省标准化研究院, 山东济南 250014; 2. 全国铸造标准化技术委员会, 辽宁沈阳 110022;

3. 中车戚墅堰机车车辆工艺研究所股份有限公司, 江苏常州 213011)

摘要: GB/T 32151.21—2024《温室气体排放核算与报告要求 第21部分：铸造企业》标准为开展铸造企业温室气体排放核算与报告提供了标准支撑。本文介绍了标准的制定背景, 并对标准进行了解读, 包括铸造企业温室气体排放量的核算边界、核算范围、计量与检测要求、核算方法和数据质量管理等内容。

关键词: 温室气体; 排放核算; 铸造企业, 标准

2024年9月29日, 国家市场监督管理总局(国家标准化管理委员会)批准发布GB/T 32151.21—2024《温室气体排放核算与报告要求 第21部分：铸造企业》^[1], 该标准从企业层面规定了温室气体排放核算与报告的要求, 规定了铸造企业温室气体排放量的核算与报告相关的术语、核算边界、核算步骤与核算方法、计量与检测要求、数据质量管理、报告内容和格式等内容。

该项标准的制定是落实《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》《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》和《关于推动铸造和锻压行业高质量发展的指导意见》等国家相关文件部署的重要举措。该项标准已于2025年4月1日实施, 为铸造企业开展温室气体排放核算与报告提供了标准支撑。

1 制定背景

2020年9月22日, 中国政府在第七十五届联合国大会上提出: “中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和”。2021年9月, 中共中央、国务院发布《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》, 提出要“加快完善地区、行业、企业、产品等碳排放核查核算报告标准, 建立统一规范的碳核算体系”。2021年10月发布的《国家标准化发展纲要》也提出要加快完善地区、行业、企业和产品等碳排放核查核算标准。在当前“碳达峰、碳中和”的要求下, 需要核算清楚各工业行业温室气体排放量的底数, 并通过核查确保数据准确无误, 然后通过评价达到“优胜劣汰”, 推广应用低碳技术减少温室气体排放, 最终实现碳达峰、碳中和, 并取得环境和经济效益的双赢。

铸造是制造业的基础, 铸件广泛应用于航空、航天、兵器、轨道交通、机械、船舶、汽车、石化、核电、电力和医疗器械等领域。我国铸造行业发展迅速, 自2000年起, 中国铸件总产量已连续25年稳居世界首位, 2024年达到5075万吨, 约占全球铸件总量的45%^[2]。铸件生产包括造型、熔炼、浇注和后处理等工序, 熔炼环

作者简介:

刘春霞(1979-), 女, 博士, 正高级工程师, 研究方向绿色低碳标准化。电话: 13573144952, E-mail: liucx@sdis.cn

中图分类号: X701;
X822

文献标识码: A
文章编号: 1001-4977(2025)
10-1417-06

收稿日期:

2025-06-25 收到初稿,
2025-07-28 收到修订稿。

节能耗比较高，而且熔炼和浇注等过程中会产生温室气体，随着国家温室气体排放政策持续向下游产业推进，降低铸造温室气体排放量，实现行业低碳转型刻不容缓。《铸造行业“十四五”发展规划》也提出，将“绿色铸造”发展战略作为六大战略之一，落实贯彻国家“碳达峰、碳中和”发展战略，按照国家最新环保法规和标准要求，加快走绿色可持续发展道路。因此，研究和编制铸造企业温室气体排放核算标准，开展铸造行业温室气体排放量核算和监测，为摸清实际情况，核算温室气体排放底数提供方法依据，为促进铸造行业碳减排具有重要的实际意义。

2 标准主要技术内容

本标准分为8章和4个附录（资料性附录），规定了铸造企业温室气体排放量的核算与报告相关的术语、核算边界、核算步骤与核算方法、计量与监检测要求、数据质量管理、报告内容和格式等内容，适用于铸造企业温室气体排放量的核算与报告，涵盖采用砂型铸造、压力铸造、熔模铸造和消失模铸造等不同铸造工艺以及生产铸铁、铸钢和铸造有色合金等不同类型铸件的企业。

2.1 核算边界

开展铸造企业温室气体排放核算，首先应该根据开展核算和报告工作的目的，确定温室气体排放核算边界。以企业法人或视同法人的独立核算单位为边界，核算和报告其生产系统产生的温室气体排放。按照GB/T 32150、ISO 14064等标准，铸造企业核算边界包括了报告主体边界内所有主要生产系统〔原辅材料准备、冶炼（熔炼）、造型、浇注、开箱、清理、热处理、粗加工、精整与联合验收等〕、辅助生产系统及直接为生产服务的附属生产系统。其中，辅助生产系统包括动力、供电、供水、化验、NDT无损检测、计算机凝固模拟工作站与机房、机修、库房、运输（企业内部之间的运输）等，附属生产系统包括生产指挥系统（企业管理部门）和厂区内为生产服务的部门和单位（如职工食堂、车间浴室、医疗急救站和企业内部消防站等）。

2.2 核算范围

按照GB/T 32150、GHG Protocol以及ISO 14064的规定，铸造企业温室气体排放核算范围包括范围一（直接排放，即生产过程中所有燃烧排放源产生的排放）以及范围二（间接排放，即企业外购电力、热力产生的排放）^[3]，具体包括（1）化石燃料燃烧排放，即化石燃料在各种类型的固定或移动燃烧设备中发生

氧化过程产生的温室气体排放，包括固定源排放（如冲天炉、燃气炉等）以及用于生产的厂内移动源排放（如厂内运输车辆等）；（2）过程排放，即铸造用生铁、废钢、增碳剂等含碳原材料在熔炼过程中及煤粉、树脂和聚苯乙烯等辅助材料在浇注过程中发生物理化学反应时所产生的温室气体排放；（3）购入的电力、热力产生的排放，铸造企业购入的电力、热力（蒸汽、热水）所对应的生产环节产生的温室气体排放；（4）输出的电力、热力产生的排放，铸造企业输出的电力、热力所对应的电力、热力在生产环节所产生的温室气体排放；（5）固碳产品隐含的排放，铸造过程中有少部分碳固化在企业生产的铸铁、铸钢等产品中，这部分固化在产品中的碳所对应的温室气体排放应予扣除。铸造企业温室气体排放核算边界和范围示意图（以铸铁、铸钢为例）如图1所示。

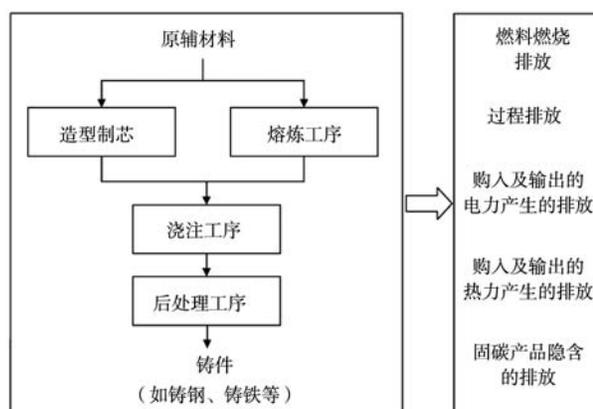


图1 铸造企业温室气体排放核算边界示意图

Fig. 1 Diagram of greenhouse gas emissions accounting boundary for foundry enterprise

2.3 计量与监检测要求

准确计量监检测铸造企业各环节用于计算温室气体排放的活动数据和排放因子，是铸造企业温室气体排放核算的关键所在。为了更好地指导铸造企业进行温室气体排放源的识别，标准给出了企业温室气体排放计量与监检测参数的类型和方法，对于化石燃料燃烧排放、过程排放、购入和输出的电力和热力产生的排放、固碳产品隐含的排放等明确了具体的排放源，确定了相关的计量与监检测参数类型和计量与监检测技术要求，相关要求见表1。

2.4 核算方法

关于铸造企业的温室气体排放核算方法主要有从组织层面出发的实测法^[4]、排放因子法^[5]，排放因子法是应用最广泛的一种方法，计算核心是活动水平与排放因子的乘积。其中，活动水平主要是指生产过程中

表1 铸造企业温室气体排放计量与监测参数类型和方法
Tab. 1 Parameter types and methods of measurement and monitoring for the greenhouse gas emissions

排放源名称	具体的排放源	计量与监测参数类型	计量与监测方法
化石燃料 燃烧排放	生产过程中固定源及厂内移动源消耗的 各类化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放	化石燃料消耗量 低位发热量	衡器、液体流量计、气体流量计等计量器具 GB/T 213、GB/T 384、GB/T 11062
过程排放	包括但不限于外购废钢铁和增碳剂等含 碳原料，在熔炼（化）过程中产生的温 室气体排放；以及煤粉、树脂和聚苯乙 烯等辅助材料，在浇注过程中燃烧而产 生的二氧化碳排放	废钢铁、增碳剂等含碳原料消耗量	衡器 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、YB/T 5340、GB/T 3521
		废钢铁、增碳剂等含碳原料含碳量	衡器
		煤粉、树脂和聚苯乙烯等辅助材料 消耗量	衡器
购入和输出的 电力和热力产 生的排放	购入和输出的电力产生的 二氧化碳温室气体排放	购入和输出电量	电能表
	购入和输出的热力产生 的二氧化碳排放	购入和输出蒸汽量、 蒸汽温度和蒸汽压力	流量仪表、温度仪表、压力仪表
固碳产品隐含 的排放	固碳产品（如铸铁、铸钢等） 所隐含的二氧化碳排放	固碳产品（如铸铁、铸钢等铸件） 的产量	衡器
		固碳产品的含碳量	GB/T 223.69、GB/T 223.86

原料的消耗量，包括化石燃料的消耗量、净购入电力与热力的消耗量、原材料和辅料的用量等。排放因子主要是指与活动水平数据对应的系数，可通过企业实测或参考标准指南提供的默认数据获得。

2.4.1 温室气体排放总量

根据GB/T 32150《工业企业温室气体排放核算和报告通则》相关要求，结合铸造行业特色，铸造企业温室气体排放总量为所有生产系统的化石燃料燃烧所产生的排放量、过程排放量，以及企业购入的电力、热力消费的排放量之和，同时扣除输出的电力、热力所对应的排放量以及固碳产品隐含的排放量，计算单位均按照吨二氧化碳（tCO₂），按公式（1）计算：

$$E = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{购入电}} + E_{\text{购入热}} - E_{\text{固碳}} - E_{\text{输出电}} - E_{\text{输出热}} \quad (1)$$

式中： E 为报告主体温室气体排放总量，吨二氧化碳（tCO₂）； $E_{\text{燃烧}}$ 为报告主体化石燃料燃烧的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）； $E_{\text{过程}}$ 为报告主体生产过程的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）； $E_{\text{购入电}}$ 为报告主体购入的电力消费的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）； $E_{\text{购入热}}$ 为报告主体购入的热力消费的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）； $E_{\text{输出电}}$ 为报告主体输出的电力产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）； $E_{\text{输出热}}$ 为报告主体输出的热力产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）； $E_{\text{固碳}}$ 为报告主体固碳产品隐含的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）。

2.4.2 燃料燃烧排放

燃料燃烧排放主要是企业的锅炉（如燃煤锅炉等）、熔炉（如冲天炉、燃气炉和热处理炉等）、交通工具（如厂内叉车、卡车等）等，因化石燃料（如焦炭、天然气、煤油、柴油和煤等）燃烧产生的温室气体排放，以二氧化碳为主，按公式（2）计算：

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i) \quad (1)$$

式中： $E_{\text{燃烧}}$ 为核算和报告年度内化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）； AD_i 为核算和报告年度内第*i*种化石燃料的活动数据，吉焦（GJ）； EF_i 为第*i*种化石燃料的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂/GJ）； i 为化石燃料品种。

2.4.3 过程排放

除了能源类相关的温室气体排放之外，铸造生产中使用的原辅材料，当含有碳元素时，遇到高温均会产生温室气体排放，铸造过程中原辅材料物理化学反应产生的温室气体排放也属于重要温室气体排放。一部分是铸铁或铸钢生产金属原料，如废钢中含有的少量碳元素，会以二氧化碳的形式排放；另外铸造生产使用的各类粘结剂中，含碳的主要有湿型砂工艺中添加的煤粉和树脂砂工艺使用的树脂（酚醛树脂、呋喃树脂），这些粘结剂在使用中、使用后大部分形成颗粒物（粉尘）或VOCs（挥发性有机污染物），但也有少部分能够完全燃烧生成二氧化碳。消失模铸造等工艺使用的聚苯乙烯材料在浇注时燃烧也能够产生二氧

化碳,结合行业经验上述均以总质量10%完全燃烧生成二氧化碳来估算。铸造企业生产过程中产生的二氧化碳温室气体排放量,按公式(3)计算:

$$E_{\text{过程}}=E_{\text{原材料}}+E_{\text{辅助材料}}=\sum_{i=1}^n(M_{\text{原材料}i}\times EF_{\text{原材料}i})+\sum_{i=1}^n(M_{\text{辅助材料}i}\times EF_{\text{辅助材料}i}) \quad (3)$$

式中: $E_{\text{过程}}$ 为铸造生产过程中产生的二氧化碳排放量,吨二氧化碳(tCO_2); $E_{\text{原材料}}$ 为含碳原料熔炼过程中产生的二氧化碳排放量,吨二氧化碳(tCO_2); $E_{\text{辅助材料}}$ 为含碳辅助料浇注过程中产生的二氧化碳排放量,吨二氧化碳(tCO_2); $M_{\text{原材料}i}$ 为核算和报告年度内第*i*种含碳原料的净消耗量,吨(t); $EF_{\text{原材料}i}$ 为第*i*种含碳原料的二氧化碳排放因子,吨二氧化碳每吨原材料(tCO_2/t); $M_{\text{辅助材料}i}$ 为核算和报告年度内第*i*种辅助材料的净消耗量,吨(t); $EF_{\text{辅助材料}i}$ 为第*i*种辅助材料的二氧化碳排放因子,吨二氧化碳每吨辅助材料(tCO_2/t)。

2.4.4 购入和输出的电力、热力产生的排放

对于购入和输出的电力、热力产生的排放,分为企业购入的电力消费所对应的电力生产环节温室气体排放量、企业购入的热力消费所对应的热力生产环节温室气体排放量、企业输出的电力所对应的电力生产环节温室气体排放量及企业输出的热力消费所对应的热力生产环节温室气体排放量分别进行计算。以购入电为例,电力消费所对应的电力生产环节的温室气体排放量按公式(4)计算:

$$E_{\text{购入电}}=AD_{\text{购入电}}\times EF_{\text{电}} \quad (4)$$

式中: $E_{\text{购入电}}$ 为购入的电力所对应的电力生产环节的二氧化碳排放量,吨二氧化碳(tCO_2); $AD_{\text{购入电}}$ 为核算和报告年度内的外购电量,兆瓦时(MWh); $EF_{\text{电}}$ 为全国电网年平均供电排放因子,吨二氧化碳每兆瓦时(tCO_2/MWh)。

2.4.5 固碳产品隐含的排放

在铸造过程中,会有一部分碳元素以铸铁或铸钢产品的形式存在,对于这部分碳元素,应在进行温室气体排放计算时从总量中予以扣除。关于固碳产品隐含的温室排放量计算公式为式(5):

$$E_{\text{固碳}}=\sum_{i=1}^n(AD_{\text{固碳}i}\times EF_{\text{固碳}i}) \quad (5)$$

式中: $E_{\text{固碳}}$ 为固碳产品所隐含的二氧化碳排放量,吨二氧化碳(tCO_2); $AD_{\text{固碳}i}$ 为第*i*种固碳产品的产量,单位为吨(t); $EF_{\text{固碳}i}$ 为第*i*种固碳产品的二氧化碳排放因子,吨二氧化碳每吨(tCO_2/t); i 为固碳产品品种(如铸铁件、铸钢件等)。

2.5 数据质量管理

数据质量是影响铸造企业温室气体排放核算准确性的关键因素,标准中提出报告主体应加强温室气体排放数据质量管理,建立企业温室气体排放核算与报告的规章制度;根据各种类型的温室气体排放源的重要程度对其进行等级划分,并建立企业温室气体排放源一览表,对于不同等级的排放源的活动数据和排放因子数据的获取提出相应的要求;对现有监测条件进行评估,不断提高自身监测能力,并制定相应的数据质量控制计划;建立健全温室气体排放数据记录管理体系,包括数据来源、数据获取时间及相关负责人等信息的记录管理;建立企业温室气体排放报告内部审核制度等。

3 标准应用

进行铸造企业温室气体排放核算与报告的工作流程包括:(1)确定核算边界,识别排放源;(2)收集活动数据;(3)选择和获取排放因子数据;(4)分别计算化石燃料燃烧排放量、过程排放量、企业购入及输出的电力和热力产生的排放量、固碳产品隐含的排放量;(5)汇总计算企业二氧化碳排放量等。以某铸造企业为例,应用GB/T 32151.21—2024《温室气体排放核算与报告要求 第21部分:铸造企业》国家标准核算企业的温室气体排放情况。

铸造生产工艺流程为:熔炼→造型、制芯→浇注→冷却→落砂→铸件→打磨→抛丸→检验→包装出厂。企业的核查边界包括铸造生产系统(铸造车间)、辅助生产系统包括厂区内动力系统和给水系统等,附属生产系统包括办公楼、食堂等,该铸造企业的温室气体排放种类包括燃料燃烧产生的排放、过程排放、购入的电力产生的排放以及固碳产品隐含的排放,主要排放源如表2所示。

表2 某铸造企业温室气体排放源
Tab. 2 Greenhouse gas emissions sources of a foundry enterprise

排放源名称	具体的排放源	排放设施
化石燃料燃烧排放	柴油	叉车
	天然气	食堂
	生铁	中频炉
	钨铁合金	中频炉
过程排放	铬铁合金	中频炉
	增碳剂	中频炉
	购入的电力和热力产生的排放	电力
固碳产品隐含的排放	—	—

依据公式(2)-公式(4)收集各排放源活动水平数据以及排放因子数据,分别计算化石燃料燃烧排放量、过程排放量、企业购入及输出的电力和热力产生的排放量和固碳产品隐含的排放量等,如表3-表5所

示。

依据公式(1),汇总该铸造企业温室气体排放量为: $E=E_{\text{燃烧}}+E_{\text{过程}}+E_{\text{导入电}}-E_{\text{固碳}}=212.83+1\ 756.09+16\ 121.12-0=18\ 090.04\ \text{tCO}_2$

表3 燃料燃烧排放量
Tab. 3 Fuel combustion emissions

燃料品种	消费量/t 或/ $10^4\ \text{m}^3$	低位发热量 /($\text{GJ}\cdot\text{t}^{-1}$)或/ $(\text{GJ}\cdot 10^4\ \text{m}^{-3})$	单位热值含碳量 /[$\text{tC}\cdot(\text{GJ})^{-1}$]	碳氧 化率/%	折算 因子	排放量 / tCO_2
柴油	23.42	42.652	20.2×10^{-3}	98	44/12	72.50
天然气	6.49	389.31	15.3×10^{-3}	99	44/12	140.33
合计						212.83

表4 过程排放量
Tab. 4 Process emissions

原材料品种	消费量/t	排放因子/ $(\text{tCO}_2\cdot\text{t}^{-1})$	排放量/ tCO_2
生铁	5 957.08	0.172	1 024.62
钨铁合金	39.738	0.275	10.93
铬铁合金	8.61	0.018	0.15
增碳剂	200.48	3.593 3	720.39
合计			1 756.09

表5 购入的电力产生的排放量
Tab. 5 Purchased electricity emissions

类型	电量/MWh	排放因子/[$\text{tCO}_2\cdot(\text{MWh})^{-1}$]	排放量/ tCO_2
电力	27 130.80	0.594 2	16 121.12
合计			16 121.12

4 结束语

减少温室气体排放是铸件企业节约能源、保护环境和应对气候变化的必由之路。温室气体排放作为重要的成本要素纳入企业核算体系,成为影响企业经营决策的一个重要因素。但目前国内暂无关于铸造企业温室气体排放核算方法与标准,造成企业在开展温室气体排放核算时无标可依,仅能参考其他行业温室气体排放核算标准操作,导致核算数据不一致、不精准。

本标准的制定,填补了铸造行业温室气体排放核算方法技术标准的空白,是铸造行业开展绿色低碳工作的内在需求,可为铸造企业内部开展温室气体排放量的核算与报告工作提供技术依据,为提升低碳运行管理水平提供有效指导,帮助铸造企业厘清生产、管理等环节中的温室气体排放情况,并且由此设立合理的减排目标,倒逼企业制定先进、合理的能源使用计划,在实际生产中做到节约资源能源,提高资源能源综合利用率。

参考文献:

- [1] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 温室气体排放核算与报告要求 第21部分: 铸造企业: GB/T 32151.21—2024 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [2] 2024我国铸件产量5075万吨, 轧辊销量101.8万吨 [EB/OL]. (2025-06-25) [2025-06-12]. https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA5MTUzOTYzNQ==&mid=2652176983&idx=6&sn=a4e7838c834fb4078f66f50b335bf35b&chksm=8addc85f2e1e8f335c0c42ff5dcb848c3ed1691677b74578aa3e8574641d6c7cf01b8a3b21&scene=27.
- [3] 庄澳杰, 赵秀翔, 蔡薇, 等. 砂型铸件碳排放定量计算方法及其应用 [J]. 铸造, 2024 (11): 1521–1528.
- [4] 李研妮. 碳核算的统计范畴、测算方法及指标选择 [J]. 金融纵横, 2021 (11): 29–34.
- [5] IPCC.2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories [S/OL]. The Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

Interpretation of GB/T 32151.21—2024: “Requirements of Greenhouse Gas Emissions Accounting and Reporting — Part 21: Foundry Enterprise”

LIU Chun-xia¹, WANG Lu¹, SUN Yang-yang¹, ZHU Jia-hui², SHANG Fu-cheng³

(1. Shandong Institute of Standardization, Jinan 250014, Shandong, China; 2. Technical Committee on Foundry of Standardization Administration of China, Shenyang 110022, Liaoning, China; 3. CRRC Qishuyan Rolling Stock Technology Research Institute Co., Ltd., Changzhou 213011, Jiangsu, China)

Abstract:

GB/T 32151.21-2024 *Requirements for Greenhouse Gas Emission Accounting and Reporting—Part 21: Foundry Enterprises* provides a support for greenhouse gas emission accounting and reporting of foundry enterprises. This document introduces the formulation background of the standard and interprets its key contents, including the accounting boundary, accounting scope, measurement and monitoring requirements, accounting methods, data quality management, etc.

Key words:

greenhouse gas; emissions accounting; foundry enterprise; standard