

国家标准

《温室气体排放核算与报告要求 第 XX 部分：
工业硅生产企业》

编制说明

标准起草组

2024 年 8 月

一、 工作概况

（一）任务来源

2024 年 1 月国家标准委下达了国家标准制定计划《碳排放核算与报告要求 第 XX 部分：工业硅生产企业》（计划号：20232551-T-610），项目由全国有色金属标准化技术委员会（TC243）和全国碳排放管理标准化技术委员会（TC548）共同归口。项目起草过程中，标准名称发生变化，根据《“双碳”重点领域国家标准立项原则》，并与国家“双碳”相关政策文件保持一致，将标准名称由《碳排放核算与报告要求 第 XX 部分：工业硅生产企业》修改为《温室气体排放核算与报告要求 第 XX 部分：工业硅生产企业》。

（二）编制的目的和意义

温室气体排放（主要指： CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、HFCs、PFCs、 SF_6 、 NF_3 ）核算和报告是开展碳达峰碳中和的一项基础工作。温室气体排放统计核算是做好碳达峰碳中和工作的重要基础，是制定政策、推动工作、开展考核、谈判履约的重要依据。温室气体排放核算标准是碳排放统计核算的重要技术基础之一。目前，温室气体排放核算相关 ISO 国际标准和国家标准已为各类企事业单位所广泛应用。企业层面温室气体排放核算系列标准主要规定企业层面温室气体排放量核算的核算边界、核算方法、排放因子等内容。相关标准既为企业开展自身的温室气体排放管理提供工具，也为主管部门开展监管提供有效的技术支撑。

目前，我国已制定并发布实施 30 项温室气体排放核算与报告要求系列国家标准，包括《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T

32150-2015)及 GB/T 32151 系列标准,涵盖发电、电网、钢铁、化工、电解铝、镁冶炼、平板玻璃、水泥、陶瓷、民航、煤炭、纺织服装等行业,对企业温室气体排放“算什么,怎么算”提出了统一要求。标准充分吸纳了我国碳排放权交易试点经验,同时参考了有关国际标准,有效解决了温室气体排放标准缺失、核算方法不统一等问题,实现了我国温室气体管理国家标准从无到有的重大突破,为全国碳排放交易市场的建立提供技术支撑。但是,该系列标准覆盖范围还较为有限,铜、铅、锌、工业硅等其他有色金属行业企业对碳排放核算和报告国家标准也有迫切需求,温室气体排放核算和报告标准覆盖范围急需扩大。

为更好发挥碳排放核算和报告系列标准对碳达峰碳中和工作的支撑作用,《国家标准化发展纲要》提出要“加快完善地区、行业、企业、产品等碳排放核查核算标准。制定重点行业和产品温室气体排放标准”;《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》提出要“完善地区、行业、企业、产品等不同层面碳排放监测、核算、报告、核查标准”;国家发展改革委、国家统计局、生态环境部印发《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》,对建立统一规范的碳排放统计核算体系作出总体部署。

工业硅是有色金属主要品种,也是主要碳排放源之一,涉及化石燃料燃烧排放、能源作为原材料用途的排放、过程排放、购入的电力及热力产生的排放、输出的电力及热力产生的排放等。对工业硅生产企业进行碳排放核算方法的标准化研究,是工业硅开展碳排放管理工作的基础。通过这一标准的实施,可以帮助相关企业加强对企业温室气体排放的了解与管理,

掌握可能的减排机会；参与自愿性温室气体行动；应对强制性温室气体控制要求；参与市场化的温室气体减排行动。这一标准的实施还可为主管部门建立并实施重点企业温室气体排放报告制度、掌握重点企业温室气体排放情况、制定出台相关政策提供技术支撑。

前期我国已制定发布了铝冶炼企业、镁冶炼企业和其他有色金属冶炼和压延加工企业的温室气体排放核算与报告国家标准，但工业硅生产过程中涉及能源作为原料用途的排放较多，电力消耗产生的间接排放也是主要部分，通用的标准不能很好地覆盖工业硅生产的温室气体排放核算内容。因此本标准主要针对工业硅生产企业开展研究，给出适宜的核算方法。

（三）主要工作过程

1 预研阶段

2022 年 12 月～2023 年 3 月，由主编单位有色金属技术经济研究院有限责任公司组织云南永昌硅业股份有限公司、合盛硅业股份有限公司等对工业硅生产温室气体排放标准进行了讨论，确定了标准的研制方案。正式成立了编制组，并对标准研制任务和立项工作进行了详细的分工与安排。

2023 年 3 月，编制组赴永昌硅业现场调研硅石原料、还原剂使用、电耗、绿色电力的使用比例、电极消耗、废弃物处理等内容，详细讨论了核算边界和计算过方法等内容，形成标准草案等相关材料。

2 立项阶段

2023 年 4 月，有色金属技术经济研究院有限责任公司向全体委员会提交了《碳排放核算与报告要求 第 XX 部分：工业硅生产企业》标准

项目建议书、立项论证报告、标准草案及标准编制说明等材料，全体委员会议论证结论为同意国家标准立项。由秘书处组织委员网上投票，投票通过后转报国标委，并挂网向社会公开征求意见。

2023 年 6 月，编制组组织相关人员翻译了 ISO 国际标准文件 ISO 19694-6:2023 Stationary source emissions-Determination of greenhouse gas emissions in energy-intensive industries-Part 6:Ferroalloys and silicon industry，并对标准中工业硅生产部分进行了分析，并与国内其他相关标准进行了对比，为国家标准的研制提供参考。

2024 年 1 月，国家标准化管理委员会下达了制定《碳排放核算与报告要求 第 XX 部分：工业硅生产企业》国家标准的任务，计划号为 20232551-T-610。

3 起草阶段

3.1 讨论会

2024 年 4 月 16 日，由全国有色轻标委主持在南昌召开了《温室气体排放核算与报告要求 第 XX 部分：工业硅生产企业》标准讨论会。对工业硅生产的还原剂和电力的这算原则等进行了讨论。明确核算边界和统计范围。

3.2 现场调研

2024 年 4 月~5 月，编制组组织相关单位赴工业硅生产企业调研，主要开展文献收集分析、企业温室气体排放计量监测现状调研、各类温室气体排放核算方法研究等工作，包括：通过各种途径收集国内外相关标准、文献书籍等多种资料；调研工业硅生产企业碳排放源情况，开展企业碳排

放源占比分析；收集和调研典型企业的生产基本情况；调研分析燃料燃烧二氧化碳排放计算方法，并编写标准中相关技术内容；调研分析其企业过程排放核算方法，并编写标准中相关技术内容；调研企业购入和输出电力、热力等导致的二氧化碳排放的计算方法，并编写标准中相关技术内容；研讨分析相关参数计量和监检测要求、数据质量管理、报告内容和格式；确定相关参数缺省值等技术内容。

4 征求意见阶段

2024年5月20日，由国家标准化管理委员会在全国标准信息公告服务平台中挂网征求意见，截止日期为2024年7月19日。同时，通过邮件、电话等其他方式给行业内相关单位发送征求意见。2024年7月10日，在河北省沧州市召开了征求意见会议，针对标准内容向相关单位进行会议征求意见，并就标准内容进行讨论。

总计发送《征求意见稿》的单位数21个，其中，生产企业5个，占比24%，科研院所4个，占比19%，其他单位12个，占比57%；编制组对征求到的意见和建议，逐一进行了答复，并根据整体的意见完成了送审稿及编制说明等材料。

5 审查阶段

2024年8月22日，全国有色金属标准化技术委员会和全国碳排放管理标准化技术委员会共同在北京组织召开审查会议。

6 报批阶段

（四）参加单位、人员及分工

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

起草单位具体分工见下表：

单 位	工作分工

二、编制原则、主要内容及其确定依据

（一）编制原则

本标准编制首先遵循科学性、先进性的原则；其次，注意与国家有关政策措施相协调，使之尽量具备前瞻性、导向性；最后，在已有国家标准、技术指南、技术规范等基础上，充分考虑到国内工业硅生产企业温室气体排放核算、计量监测以及数据可获得性的实际情况，通过提供各类参数缺省值等方式兼顾可操作性。

（二）编制依据

1、指导文件依据

根据《国家标准化发展纲要》《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》中完善碳排放基础通用标准体系，完善行业、企业碳排放监测核算与报告标准的具体要求，以及《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》最新政策要求等制定本文件。

2、技术文件依据

按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求编写本标准的内容。

与国家标准化委员会已经发布实施的 GB/T 32150《工业企业温室气体排放核算和报告通则》以及 GB/T 32151 系列标准中其他行业温室气体排放核算和报告标准进行协调。

参考了《其他有色金属冶炼和压延加工业温室气体排放核算方法与报告指南》《省级温室气体清单编制指南（试行）》《2005 中国温室气体清单研究》《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》《IPCC 国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理》等技术文件。

三、标准主要技术内容确定依据

1、标准的主要内容及适用范围

为指导工业硅生产企业开展企业层面温室气体排放核算与报告，本标准规定了工业硅生产企业温室气体排放核算和报告相关的核算边界、核算步骤与核算方法、数据质量管理、报告内容和格式等内容，同时也在附录中提供了企业温室气体排放报告模板、相关参数推荐值及补充数据报告。

本标准适用于工业硅生产企业温室气体排放核算和报告，以工业硅生产为主营业务的企业可按照本标准提供的方法核算温室气体排放量，并编制企业温室气体排放报告。如企业除工业硅生产以外还存在其他产品生产活动且存在温室气体排放，则应按照相关行业的企业温室气体排放核算与报告要求进行核算并汇总报告。

本标准涉及的温室气体排放只包含二氧化碳（CO₂）。

2、主要内容的说明

(1) 范围

本文件规定了工业硅生产企业碳排放量的核算与报告相关的核算边界、计量与监检测要求、核算步骤和核算方法、数据质量管理、报告内容和格式等内容。

本文件适用于以工业硅生产为主营业务的企业碳排放量的核算与报告。

考虑到工业硅生产工艺和排放情况差异较大,特制定相应的核算方法标准。

(2) 规范性引用文件

本文件的规范性引用文件涉及发热量、热值测定、能量测试技术要求等相关标准,并按标准文本的编写规则进行引用文件的排序。

(3) 术语和定义

主要参考了国家标准委已经发布的 GB/T 32150-2015、ISO14064-1 及 IPCC 清单编制指南的内容。其中,通用性的术语与 GB/T 32150 中的术语保持一致。

本文件还定义了能源作为原材料用途的排放,并给出说明。

(4) 核算边界和报告范围

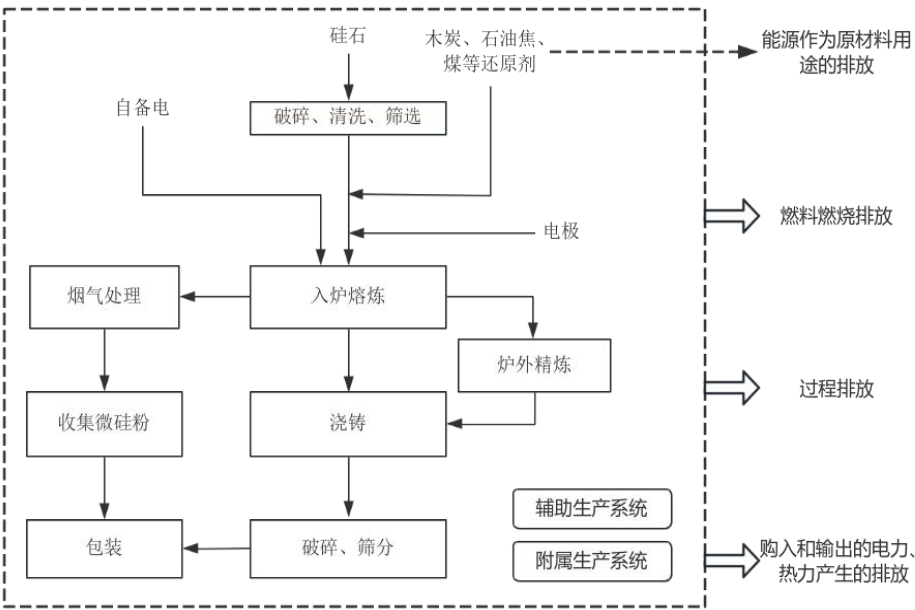
1) 核算边界

本标准明确了报告主体应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。生产系统包括主要生产系统、辅助生产系统、以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、机修、库房、运输等,附属生产系

统包括生产指挥系统（厂部）和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）。如果报告主体涉及使用绿色电力，不应直接扣减，宜单独进行报告。如果报告主体涉及外购耗能工质（氧气、氮气、压缩空气等）、外包生产服务（运输服务、三废处理处置服务等），宜根据有关行业的企业温室气体排放核算与报告要求进行单独核算并视情况进行报告。

工业硅生产企业根据其生产产品及生产过程的异同，其温室气体排放核算和报告范围应根据其生产工艺流程包括以下部分或全部排放：化石燃料燃烧排放、能源作为原材料用途的排放、过程排放、购入及输出的电力和热力产生的排放。

需要说明的是，外购能源工质和外包生产服务对应的排放，不属于工业硅生产企业法人（或视同法人的独立核算单位）边界内的排放，为了给企业明确指引、避免部分企业把这部分排放核算在内，标准要求这部分排放应单独核算并视情况进行报告。具体见下图。



2) 报告范围

具体到报告范围，对应工业硅生产企业而言，除燃料燃烧排放和购入及输出的电力和热力产生的排放外，另外两类行业特有的排放包括能源作为原材料用途的排放和过程排放，如下：

能源作为原材料用途的排放：包括冶金还原剂消耗所导致的二氧化碳排放。常用的冶金还原剂包括石油焦、木炭、煤、半焦等。

过程排放：包括企业消耗的各种碳酸盐以及其他化学品分解或裂解等导致的二氧化碳排放，以及炭素电极在生产过程中消耗产生二氧化碳排放等。

（5）计量与监检测要求

本文件明确了核算碳排放时涉及的化石燃料消耗量和低位发热量、能源作为原材料消耗量、过程排放所涉及的碳酸盐、草酸盐等消耗量和纯度、购入和输出的电力和热力等的计量和监检测要求。

（6）核算步骤与核算方法

1) 核算步骤

报告主体进行企业碳排放核算与报告的工作流程包括以下步骤：

- a) 确定核算边界，识别温室气体排放源；
- b) 制定数据质量控制计划；
- c) 收集活动数据，选择和获取排放因子数据；
- d) 分别计算化石燃料燃烧排放量、能源作为原材料用途的排放量、过程排放量、购入和输出的电力及热力产生的排放量；
- e) 汇总计算报告主体温室气体排放量。

2) 核算方法

工业硅生产企业的碳排放总量应等于边界内所有生产系统的化石燃料燃烧所产生的二氧化碳排放量、能源作为原材料用途所产生的二氧化碳排放量、工业生产过程产生的二氧化碳排放量、以及企业消费的购入电力、热力产生的二氧化碳排放量之和，同时扣除输出的电力、热力所产生的二氧化碳排放量。

(a) 能源作为原材料用途的排放

这类排放源是工业硅生产企业温室气体清单指南中规定的排放源，也是区别于其他行业之处，其核算基本上基于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》提供的方法。

为了便于企业核算，给出了石油焦、洗精煤、木炭作为还原剂的排放因子推荐值。其中：

(1) 石油焦

关于石油焦中含碳量的计算，这通常是通过化学分析或仪器分析来完成的。在实验室中，可以使用多种方法来测定石油焦中的碳含量，如燃烧法、红外光谱法、元素分析仪等。这些方法各有优缺点，但都能提供相对准确的碳含量数据。以燃烧法为例，该方法的基本原理是将石油焦样品在高温下完全燃烧，使其中的碳元素转化为二氧化碳，然后通过测量生成的二氧化碳的量来反推原样品中的碳含量。这种方法操作相对简单，结果也比较可靠，是工业上常用的碳含量测定方法之一。

然而，在实际应用中，我们往往不需要对每一批次的石油焦都进行精确的碳含量测算。石油焦中除碳元素外的其他主要成分为硫、灰分和挥发分（表 1 来源于 NB/SH/T 0527-2019），且硫含量、灰分和挥发分也是日

常生产过程中常规检测项目，得到上下游和供需双方的认可；故含碳量以按 100%减去挥发分、硫含量、灰分的含碳量进行折算。根据 NB/SH/T 0527-2019 中 3B 牌号常用于工业硅电极生产，碳含量为 $100\%-12\%-2.5\%-0.5\%=85\%$ ，折算为 CO₂ 后的碳排放因子为 3.12。

表 1 普通石油焦（生焦）的技术要求和试验方法									
项 目		质量指标							试验方法
		1 号	2A	2B	2C	3A	3B	3C	
硫含量*（质量分数）/%	不大于	0.5	1.0	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0	GB/T 214-2007 中第 4 章
挥发分（质量分数）/%	不大于	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	SH/T 0026 ^b
灰分（质量分数）/%	不大于	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.50	0.50	SH/T 0029 ^c

（2）洗精煤

洗精煤作为还原剂使用，但转换为 CO₂ 与燃烧没有实质性区别，故仍按低位发热量核算。文中给出了折算后的排放因子为 2.45。

（3）木炭

木炭按照 GB/T 17664《木炭和木炭试样方法》中各品种优级品的碳含量折算为 CO₂ 量（实际为惩罚性数值）。木炭产品质量指标见下图。

3.2 木炭质量应符合表 1 要求。

表 1 木炭质量指标

%

项 目		硬阔叶木炭			阔叶木炭			松木炭		
		优级	一级	合格品	优级	一级	合格品	优级	一级	合格品
全水分	≤	7	7	10	7	10	12	7	10	12
灰 分	≤	2.5	3.0	3.5	3.0	4.0	5.0	2.0	2.5	3.0
固定碳	≥	85	80	75	78	73	65	75	70	65
小于 10 mm 的颗粒	≤	5	5	6	6	8	10	6	8	10
炭头及夹杂物	≤	1	3	3	1	3	5	1	3	5

注：如需指定混合材种或单一材种时，可由双方另行协议决定。

（4）木片

木片等其他材料的排放因子参照国际标准中的缺省值，按 0 计算。实际生产中涉及的主要的生物质材料还有玉米须、木棒等。

Table A.1 (continued)

Fuel type description	Emission factor	Net calorific value
	tCO ₂ /TJ	TJ/Gg
Oil shale and tar sands	107,0	8,9
Patent fuel	97,5	20,7
Coke oven coke and lignite coke	107,0	28,2
Gas coke	107,0	28,2
Coal tar	80,7	28,0
Gas works gas	44,4	38,7
Coke oven gas	44,4	38,7
Blast furnace gas	260,0	2,5
Oxygen steel furnace gas	182	7,1
Natural gas	56,1	48,0
Industrial wastes	143,0	n.a
Waste oils	73,3	40,2
Peat	106,0	9,8
Wood/wood waste	0	15,6
Other primary solid biomass	0	11,6
Charcoal	0	29,5
Biogasoline	0	27,0
Biodiesels	0	27,0
Other liquid biofuels	0	27,4
Landfill gas	0	50,4
Sludge gas	0	50,4
Other biogas	0	50,4
Other sources		
Waste tyres	85,0	n.a
Carbon monoxide	155,2	10,1
Methane	54,9	50,0

SOURCE: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3: Industrial Processes and Product Use - Chapter 4: Metal Industry Emissions.^[6]

(5) 半焦

半焦，即兰炭。参考了 GB/T 32151.14-2023 中给出的相关排放因子缺省值。

(b) 过程排放

此类排放源是工业硅生产企业温室气体清单指南中规定的排放源，也是区别于其他行业之处，其核算基本上基于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》提供的方法。

电极是矿热炉生产工业硅过程中关键设施，平均每吨工业硅生产消耗电极 100kg，产生了主要的 CO₂ 排放；另还涉及烟气脱硫等处理过程消耗碳酸盐、尿素等材料产生的直接 CO₂ 排放。

为了便于企业核算，给出了电极消耗和碳酸盐、尿素等分解和反应的

二氧化碳排放因子的推荐值。其中电极为行业经验数据。

(c) 化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放、购入或输出的电力和热力产生的二氧化碳排放

为保证与其他行业核算和报告方法的一致性,这三类排放源的核算方法借鉴国家标准委已发布工业企业温室气体排放核算与报告要求的标准,核算方法和计算公式与上述标准完全一致,附录中常见化石燃料特征参数推荐值与现行标准也完全一致。

(7) 数据质量管理

与 GB/T 32150—2015、GB/T 32151 系列等工业企业温室气体排放核算与报告要求国家标准进行了统一。

报告主体宜加强碳排放数据质量管理工作,包括但不限于:

- a) 建立企业温室气体排放核算和报告的规章制度,包括负责机构和人员、工作流程和内容、工作周期和时间节点等;指定专职人员负责企业碳排放核算和报告工作;
- b) 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,并建立企业碳排放源一览表,对于不同等级的排放源的活动水平数据和排放因子数据的获取提出相应的要求;
- c) 对现有监测条件进行评估,制定相应的监测计划,包括对活动水平数据的监测和对燃料低位发热量等参数的监测;定期对计量器具、检测设备和在线监测仪表进行维护管理,并记录存档;
- d) 建立健全温室气体排放数据记录管理体系,包括数据来源,数据获取时间以及相关责任人等信息的记录管理;
- e) 建立企业温室气体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。

（8）报告内容和格式

报告内容应包括报告主体基本信息、碳排放量、活动数据及其来源和排放因子及其来源。

（7）附录

a. 附录 A 提供了工业硅生产企业编制碳排放报告的参考格式模板，给出了各排放源的活动数据及排放因子数据表单；

b. 附录 B 为各种排放因子或活动数据相关参数的推荐值。

表 B.1 给出了常见化石燃料特性参数（低位发热量、单位热值含碳量、碳氧化率）推荐值，数据来源为：《中国能源统计年鉴 2021》、《省级温室气体清单指南（试行）》、《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》、《中国温室气体清单研究》（2005）、GB/T 2589《综合能耗计算通则》；

表 B.2 给出了能源作为原材料用途的排放因子，数据来源于行业经验数据；

表 B.3 给出了过程排放因子推荐值，数据来源于行业经验数据。

3 标准主要技术内容的验证

根据标准中给出的核算方法和报告模板等内容，在国内主要生产企业进行了核算或报告编写，具体内容见附件。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本文件未直接引用国际标准，但在编制过程中参考了 ISO 19694-6:2023 Stationary source emissions-Determination of greenhouse gas emissions in energy-intensive industries-Part 6:Ferroalloys and silicon industry 国际标准或文献。本文件参考了《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》《省级温室气体清单编制指南（试行）》，《2005 中国温室气体清单研究》《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》《IPCC 国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理》等技术文件。

本文件与国家标准化委员会已经发布实施的 GB/T 32150《工业企业温室气体排放核算和报告通则》以及其他工业行业温室气体排放核算和报告标准进行了衔接和协调。

本文件的内容具有科学性、先进性。充分考虑到现阶段我国工业硅生产企业碳排放核算与报告的基础条件，同时兼顾可操作性和导向性。在核算边界覆盖范围、给出的核算方法、排放因子、活动数据获取等方面与 ISO 19694-6: 2023 保持一致，同时给出了更多在国内适用的计算公式，也更利于各相关方核算企业温室气体排放。综合评定，本标准达到国内先进水平。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本文件符合我国有关法律、法规的要求，并与国家相关政策、规划等保持一致，与《工业企业温室气体核算报告通则》（GB/T 32150-2015）以及 GB/T 32151 其他已发布以及在研工业行业温室气体排放核算和报告标准相衔接。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本文件在编制和征求意见过程中无重大分歧意见。

七、涉及专利的有关说明

本文件不涉及专利问题。

八、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议；

本文件为首次制定，性质为推荐性国家标准，应加强标准的宣贯培训和技术咨询服务工作，帮助广大企业准确理解标准相关要求、开展核算工作。鉴于工业硅生产企业温室气体核算和报告是一项全新的工作，本标准在实践运用中可能存在不足之处，在标准实施过程中应积极收集相关使用单位的反馈信息。随着国内工业硅生产企业碳排放核算领域相关研究的逐步推进、排放数据的逐步积累和完善，可根据标准实际应用需求 and 应用情况，对标准进行修订完善。

建议本文件发布后 6 个月实施。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其它需要说明的问题

项目起草过程中，根据生态环境部和国家标准化委员会的意见，标准名称由《碳排放核算与报告要求 第 XX 部分：工业硅生产企业》更改为《温室气体排放核算与报告要求 第 XX 部分：工业硅生产企业》。

标准编制组

2024 年 8 月