

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-20XX

化工生产企业温室气体排放计量技术规范

Technical Specification for Metrology of Greenhouse Gas Emissions from
Chemical Production Enterprises

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

化工生产企业温室气体排放计量技 术规范

Technical Specification for Metrology of Greenhouse Gas
Emissions from Chemical Production Enterprises

归口单位：全国碳达峰碳中和计量技术委员会碳排放量分技
术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国碳达峰碳中和计量技术委员会碳排放量分技术委
员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

目 录	I
引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	2
3.1 术语和定义	2
3.2 计量单位	3
4 排放量测算方法	4
5 计量特性	4
6 监测计量方法	4
6.1 监测计量边界	4
6.2 源流和排放源识别	5
6.3 计量要求	6
7 温室气体排放量计算	10
7.1 温室气体排放总量	10
7.2 基于计算方法的排放量计算	10
8 计量结果的表达	16
9 计量时间间隔	16
附录 A	17
附录 B	26
附录 C	31

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规范制定的基础性系列规范。本规范主要参考 GB/T 32151.10-2015《温室气体排放核算与报告要求第 10 部分：化工生产企业》编制而成，与 GB/T 32151.10-2015 的主要区分是本规范侧重温室气体排放量计量方法的要求，以及排放量数据不确定度的评估。

本规范为首次发布。

化工生产企业温室气体排放计量技术规范

1 范围

本规范适用于各类化工生产企业温室气体排放量的计量。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1071 国家计量校准规范编写规则

JJG 195 连续累计自动衡器（皮带秤）检定规程

JJG 225 热能表检定规程

JJG 539 数字指示秤检定规程

JJG 596 电子式交流电能表检定规程

JJG 635 一氧化碳、二氧化碳红外气体分析器检定规程

JJG 640 差压式流量计检定规程

JJG 667 液体容积式流量计检定规程

JJG 968 烟气分析仪检定规程

JJG 1187 直流标准电能表检定规程

GB/T 11062 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法

GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法

GB/T 213 煤的发热量测定方法

GB/T 30733 煤中碳氢氮的测定 仪器法

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 32151.10 温室气体排放核算与报告要求 第10部分：化工生产企业

GB/T 3286.1 石灰石及白云石化学分析方法 第1部分：氧化钙和氧化镁含量的测定
络合滴定法和火焰原子吸收光谱法

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

GB/T 384 石油产品热值测定法

GB/T 476 煤中碳和氢的测定方法

GB/T 5762 建材用石灰石化学分析方法

DL/T 567.6 飞灰和炉渣可燃物测定方法

DL/T 567.8 火力发电厂燃料试验方法 第8部分 燃油发热量的测定

SH/T 0656 石油产品及润滑剂中碳、氢、氮测定法（元素分析仪法）

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，

其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 术语和定义

3.1.1 化工生产企业 chemical production enterprise

主要以化学方法生产基础化学原料、化肥、农药、涂料、染料、合成树脂、化学纤维、橡胶及其制品、专用或日用化学品等产品为主营业务的独立核算单位。

[GB/T32151.10-2015, 定义 3.3]

3.1.2 温室气体 greenhouse gas

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

[GB/T 32150-2015, 定义 3.1]

3.1.3 计量边界 metrology boundary

与**化工生产企业（3.1.1）**的日常生产相关的温室气体排放的范围。

3.1.4 排放源 emission source

设施或设施内过程中，排放相关温室气体的可单独识别的部分。

3.1.5 源流 source stream

由于其消费或生产而在一个或多个排放源产生相关温室气体排放的特定燃料类型、原材料或产品；

或者，

使用质量平衡方法计算温室气体排放量涉及的特定含碳的燃料类型、原材料或产品。

3.1.6 基于计算的方法 calculation-based methodology

基于计算的方法是依据测量系统获得的**活动数据**和从实验室分析或缺省值得到的附加参数来确定**源流（3.1.5）**的排放量。基于计算的方法包含标准方法和质量平衡方法。

3.1.7 燃料燃烧排放 fuel combustion emission

燃料在氧化燃烧过程中产生的温室气体排放。

[GB/T 32150-2015, 定义 3.7]

3.1.8 过程排放 process emission

在生产、废弃物处理处置等过程中除燃料燃烧之外的物理或化学变化造成的温室气体排放。

[GB/T32150-2015, 定义 3.8]

3.1.9 购入的电力、热力产生的排放 emission from purchased electricity and heat

企业消费的购入电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生的二氧化碳排放。

注：热力包括蒸汽、热水等。

[GB/T 32150—2015, 定义 3.9]

3.1.10 输出的电力、热力产生的排放 emission from exported electricity and heat

企业输出的电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生的二氧化碳排放。

[GB/T 32150—2015,定义 3.10]

3.1.11 二氧化碳回收利用 carbon dioxide recycle

由报告主体产生的、但又被回收作为生产原料自用或作为产品外供给其他单位从而免于排放到大气中的二氧化碳。

3.1.12 活动数据 activity data

基于计算的方法 (3.1.6) 中导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

[参照 GB/T 32150-2015, 定义 3.12]

注：如各种化石燃料的消耗量、原材料的使用量、购入的电量、购入的热量等。

3.1.13 排放因子 emission factor

在燃烧完全氧化和所有化学反应完全转化的假设下，温室气体相对于源流活动数据的平均排放率。

3.1.14 碳氧化率 carbon oxidation rate

燃料中的碳在燃烧过程中被完全氧化的百分比。

[GB/T 32150—2015,定义 3.14]

3.1.15 转换系数 conversion factor

以CO₂形式排放的碳与排放过程发生之前源流中所含总碳的比率，考虑到排放到大气中的CO为CO₂的摩尔当量；

3.1.16 计算因子 calculation factor

指净热值、排放因子、碳氧化率、转换系数、碳含量或生物质比例。

3.1.17 次要源流 secondary source stream

温室排放量低于报告期内**化工生产企业 (3.1.1)**温室气体排放总量 10%的**源流 (3.1.5)**。

3.1.18 主要源流 main source stream

除**次要源流 (3.1.19)**之外的其他**源流 (3.1.5)**。

3.1.19 次要排放源 secondary emission source

温室排放量低于报告期内**化工生产企业 (3.1.1)**温室气体排放总量 10%的**排放源 (3.1.4)**。

3.1.20 主要排放源 main emission source

除**次要排放源 (3.1.21)**之外的其他**排放源 (3.1.4)**。

3.1.21 全球变暖潜势 global warming potential

当单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

[GB/T 32150-2015, 定义 3.15]

3.2 计量单位

3.2.1 长度单位：米，符号 m；或毫米，符号 mm。

3.2.2 角度单位：度，符号°。

3.2.3 流速单位：米每秒，符号 m/s。

3.2.4 压力单位：帕[斯卡]，符号 Pa；或千帕，符号 kPa。

3.2.5 温度单位：摄氏度，符号℃；或开尔文，符号 K。

3.2.6 湿度单位：体积比，符号%。

3.2.7 面积单位：平方米，符号 m^2 。

3.2.8 流量单位：立方米每[小]时，符号 m^3/h 。

3.2.9 质量单位：千克，符号 kg ；或吨，符号 t 。

3.2.10 体积单位：升，符号 L ；或立方米，符号 m^3 。

3.2.11 电能单位：千瓦时，符号 kW/h 。

3.2.12 浓度单位：体积比，符号 $\%$ ；或毫克每立方米，符号 mg/m^3 。

3.2.13 热力单位：焦[耳]，符号 J ；或千焦[耳]，符号 kJ 。

3.2.14 温室气体排放量单位：吨二氧化碳当量，符号 tCO_2e 。

4 排放量测算方法

本规范规定化工生产企业温室气体排放量基于计算的方法进行测算：此方法通过测量系统获得的活动数据和实验室分析或默认值的附加参数确定源流的排放量，基于计算的方法包括排放因子法和质量平衡法。

5 计量特性

企业温室气体排放量不确定度。

6 监测计量方法

6.1 监测计量边界

报告主体应以企业法人或视同法人的独立管理单位为计量边界。计量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、检验、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。

化工生产企业根据其生产过程的异同，其温室气体计量范围包括以下部分和全部排放：化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放、生产过程排放产生的二氧化碳排放、企业购入和输出的电力和热力产生的二氧化碳排放。化工生产企业温室气体排放计量边界示意图见图 1。

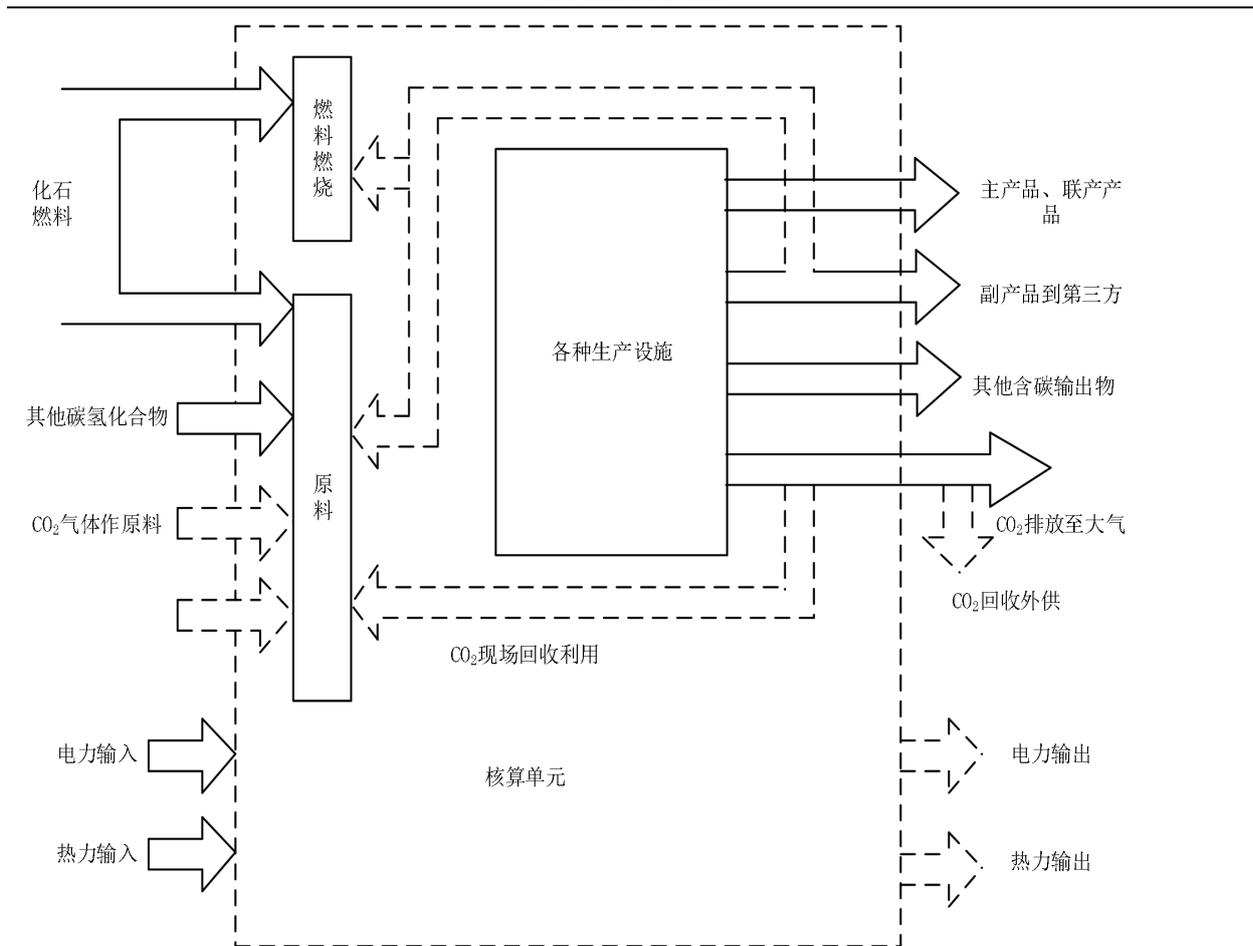


图 1 化工生产企业计量边界示意图

6.2 源流和排放源识别

针对基于计算的方法监测的设施或过程，在计量边界内对温室气体直接排放和间接排放的各类源流逐一进行识别，并通过预评估识别出主要源流和次要源流。化工生产企业宜按表 1 进行识别（但不限于表 1 内容）。

表1 化工生产企业温室气体源流和排放源识别示意表

序号	生产系统	工艺过程	源流	排放源	主要的固定及移动设备
1	主要生产系统	燃料燃烧排放	主要生产系统使用的煤、油、天然气、焦炉气等燃料	锅炉、煅烧炉、窑炉、熔炉等的排放烟囱	锅炉、燃烧器、涡轮机、加热器、内燃机/燃气轮机、炉窑、焦炭煅烧窑、熔炉、烤炉、焚烧炉、焦炉气加热炉、综合加热炉、石灰窑、烘干窑等
		过程排放	化石燃料、碳氢化合物、石灰石、白云石	电石炉、炭化炉等的排放烟囱或煤气化、碳酸盐	过程加热器/处理器、催化和热氧化器、焚烧炉、裂化装置、氢气生产装置、克劳斯工艺装置、催化剂再生装置（来自催化裂

				使用过程无组织排放	化和其它催化过程)、焦化器(灵活焦化,延迟焦化)、脱硫装置等
		购入电力和热力产生的排放	主要生产系统购入电力和热力	分摊排放	使用外购电力和热力的主要生产系统设备(泵、风机、空压机等)
		输出电力和热力扣除的排放	主要生产系统输出电力和热力	分摊排放	输出电力和热力的主要生产系统设备(锅炉等)
		二氧化碳回收利用量	主要生产系统外供给其它单位的燃料中二氧化碳或工业过程产生的二氧化碳	分摊排放	外供回收二氧化碳的主要生产系统设备
2	辅助生产系统	燃料燃烧排放	辅助生产系统使用的煤炭、天然气、燃油、汽油等燃料	锅炉等的排放烟囱或运输车辆等的无组织排放	辅助系统中使用化石燃料燃烧的设备(自有车辆等)
		购入电力和热力产生的排放	辅助生产系统购入电力和热力	分摊排放	辅助系统中使用外购电力和热力的设备(库房设施等)
3	附属生产系统	燃料燃烧排放	附属生产系统使用的煤炭、天然气、燃油、汽油等燃料	附属系统燃气灶等的无组织排放	附属系统中使用化石燃料燃烧的设备(燃气灶等)
		购入电力和热力产生的排放	附属生产系统购入电力和热力	分摊排放	附属系统中使用外购电力和热力的设备(照明设施、空调等)

6.3 计量要求

6.3.1 基于计算的方法计量要求

6.3.1.1 活动数据计量要求

1) 活动数据获取方法

企业应通过下述方式之一确定源流的活动数据:

① 对直接输入或输出企业导致排放的燃料、材料进行连续测量,例如天然气流量计、皮带秤等。

② 基于对单独运送的数量进行测量并汇总,考虑到相关的库存变化,例如汽车衡、轨道衡和煤堆变化测量等。

针对第2种情况,使用物料平衡确定活动数据:

$$Q = P - E + (S_{\text{begin}} - S_{\text{end}}) \quad (1)$$

其中：

Q——在对应期间内使用的燃料和材料量；

P——购买数量；

E——输出数量（例如输送到不包含在碳交易的设施中）

S_{begin} ——年初的库存

S_{end} ——年末的库存

2) 活动数据要求

各源流的活动数据的计量方法频次和最大允许不确定度应满足表 2 的要求。

表 2 活动数据计量要求

源流种类	参数	监测设备	监测频次	计量方法	计量频次	最大允许误差	
						主要源流	次要源流
固体燃料	燃料消耗量与平均低位发热量乘积 (GJ)	非自动衡器、连续累计自动衡器 (皮带秤)	每批、连续	JJG539-2016《数字指示秤检定规程》、JJG195-2019《连续累计自动衡器 (皮带秤) 检定规程》	1次/12个月	2.5%	5%
其它气态和液态燃料	燃料消耗量与平均低位发热量乘积 (GJ)	油流量计、气体流量计	连续	JJG667-2010《液体容积式流量计检定规程》、JJG640-2016《差压式流量计检定规程》	1次/12个月	2%	5%
商业标准燃料	燃料消耗量与平均低位发热量乘积 (GJ)	油流量计、气体流量计	连续	JJG667-2010《液体容积式流量计检定规程》、JJG640-2016《差压式流量计检定规程》	1次/12个月	2.5%	5%
含碳原料	质量或体积	非自动衡器、连续累计自动衡器 (皮带秤)	每批、连续	JJG539-2016《数字指示秤检定规程》 JJG195-2019	1次/12个月	1.5%	3%

		秤)		《连续累计自动衡器(皮带秤)检定规程》			
含碳产品	质量或体积	非自动衡器、连续累计自动衡器(皮带秤)	每批、连续	JJG539-2016 《数字指示秤检定规程》 JJG195-2019 《连续累计自动衡器(皮带秤)检定规程》	1次/12个月	1.5%	3%
含碳副产品	质量或体积	非自动衡器、连续累计自动衡器(皮带秤)	每批、连续	JJG539-2016 《数字指示秤检定规程》 JJG195-2019 《连续累计自动衡器(皮带秤)检定规程》	1次/12个月	2.5%	5%
购入和输出电力	有功交流电能计量(kWh)	电能表	连续	JJG596《电子式交流电能表检定规程》	1次/96个月	2.5%	5%
	直流电能计量(kWh)	电能表	连续	JJG1187-2022 《直流标准电能表检定规程》	1次/12个月	0.5%	1%
购入和输出热力	热水焓值(kJ)	流量计、温度计、压力计	连续	JJG225-2001 《热能表检定规程》	1次/36个月	10%	15%
	蒸汽焓值(kJ)	流量计、温度计、压力计	连续	JJG225-2001 《热能表检定规程》	1次/36个月	10%	15%

6.3.1.2 计算因子计量要求

排放因子法中的燃料燃烧排放(包括燃料作为过程输入材料的排放),计算因子包括:排放因子、低位发热量、氧化率和生物质比例。

排放因子法中的过程排放(特别是碳酸盐分解的排放),计算因子包括:排放因子和转换系数。

质量平衡法中计算因子包括:碳含量、生物质比例和低位发热量。

表3 计算因子确定方法、测量依据及测量频次

序号	计算因子	燃料或材料	主要源流确定	次要源流确定	测量依据	最低测量频次

			方法	方法		
1	燃料排放因子	煤中碳含量	实测	实测或缺省因子	GB/T 476 煤中碳和氢的测定方法	每月一次
2		天然气中碳含量			GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法	每六个月一次
3	低位发热量	煤			GB/T 213 煤的发热量测定方法	/
4		石油			GB/T 384 石油产品热值测定法	/
5		天然气			GB/T 11062 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法	/
6		燃油			DL/T 567.8 燃油发热量的测定	/
7	氧化率	煤			DL/T 567.6 飞灰和炉渣可燃物测定方法	/
8	过程排放因子	石灰石中碳酸盐			GB/T 5762 建材用石灰石化学分析方法	每月一次
9		石灰石和白云石中碳酸钙			GB/T 3286.1 石灰石及白云石化学分析方法 第1部分：氧化钙和氧化镁含量的测定 络合滴定法和火焰原子吸收光谱法 GB/T 3286.9 石灰石及白云石化学分析方法 二氧化碳含量的测定 烧碱石棉吸收重量法	每月一次
10		石油产品及润滑剂中碳含量			SH/T 0656 石油产品及润滑剂中碳、氢、氮测定法（元素分析法）	每三个月一次
11		液化残渣、气化渣等其他含碳产物			GB/T 30733 煤中碳氢氮的测定 仪器法	每旬一次
12	转化因子					
13	电力分摊排放因子	购入和输出电力	缺省因子	缺省因子	国家发展和改革委员会每年发布的数据或《中国电力年鉴》	
14	热力分摊排放因子	购入和输出热力			推荐值0.11 tCO ₂ /GJ 或政府主管部门发布的官方数据	

计算因子的分析实验室计量要求符合 CMA 或 CNAS 认证，其中所需的分析方法在认可范围内。

缺省计算因子见附录 B。

针对生物质排放，企业应使用基于燃料端计算的方法单独确定源自生物质的任何二氧化碳排放量，并从总二氧化碳排放量中减去该量。

7 温室气体排放量计算

7.1 温室气体排放总量

化工生产企业温室气体排放总量等于计量边界内燃料燃烧产生的二氧化碳排放、生产过程中的二氧化碳排放和其它温室气体排放（如果有）、购入电力、热力产生的二氧化碳排放之和，同时扣除回收且外供的二氧化碳的量（如果有）、以及输出的电力、热力所对应的二氧化碳量（如果有），按式（2）计算。

$$E = \sum_i (E_{\text{燃烧},i} + E_{\text{过程},i} + E_{\text{购入电},i} + E_{\text{购入热},i} - R_{\text{CO}_2\text{回收},i} - E_{\text{输出电},i} - E_{\text{输出热},i}) \quad (2)$$

式中：

- E ——化工生产企业的温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{燃烧},i}$ ——计量单元 i 的燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{过程},i}$ ——计量单元 i 的工业生产过程产生的各种温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{购入电},i}$ ——计量单元 i 的购入电力产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{购入热},i}$ ——计量单元 i 的购入热力产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $R_{\text{CO}_2\text{回收},i}$ ——计量单元 i 回收且外供的二氧化碳量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{输出电},i}$ ——计量单元 i 的输出电力产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- $E_{\text{输出热},i}$ ——计量单元 i 的输出热力产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；
- i ——计量单元编号；

7.2 基于计算方法的排放量计算

7.2.1 燃料燃烧排放量

燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，按式（3）计算：

$$E_{\text{燃烧},i} = [\sum_{j=1}^n (AD_j \times CC_j \times OF_j \times 44/12)] \times GWP_{\text{CO}_2} \quad (3)$$

式中：

- AD_j ——第 j 种化石燃料的活动数据，对固体和液体燃料，单位为吨（t）；对气体燃料，单位为万标立方米（10⁴Nm³）；
- CC_j ——第 j 种化石燃料的含碳量，对固体和液体燃料，单位为吨碳每吨（tC/t）；对气体燃料，单位为吨碳每万标立方米（tC/10⁴Nm³）；
- OF_j ——计量年度内第 j 种化石燃料的碳氧化率；
- GWP_{CO_2} ——二氧化碳的全球变暖潜势，取值为 1；
- 44/12 ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比；
- i ——计量单元编号；

j ——化石燃料类型代号。

$$CC_j = \sum_n (12 \times CN_n \times \varphi_n / 22.4 \times 10) \quad (4)$$

式中：

CC_j ——待测气体 j 的含碳量，单位为吨碳每万标立方米（ $tC/10^4Nm^3$ ）；

φ_n ——待测气体每种气体组分 n 的体积分数，取值范围 0~1，例如 95% 的体积分数取值为 0.95；

CN_n ——气体组分 n 化学分子式中碳原子的数目；

12 ——碳的摩尔质量，单位为千克每千摩尔（ $kg/kmol$ ）；

22.4 ——标准状况下理想气体摩尔体积，单位为标立方米每千摩尔（ $Nm^3/kmol$ ）。

$$CC_j = NCV_j \times EF_j \quad (5)$$

式中：

CC_j ——化石燃料品种 j 的碳含量，对固体和液体燃料，单位为吨碳每吨（ tC/t ）；
对气体燃料，单位为吨碳每万标立方米（ $tC/10^4Nm^3$ ）；

NCV_j ——化石燃料品种 j 的低位发热量，对固体和液体燃料，单位为吉焦每吨（ GJ/t ）；
对气体燃料，单位为吉焦每万标立方米（ $GJ/10^4Nm^3$ ）；

EF_j ——化石燃料品种 j 的单位热值碳含量，单位为吨碳每吉焦（ tC/GJ ）；

7.2.2 过程排放量

化工企业过程排放量等于过程中不同种类的温室气体排放二氧化碳当量之和，计算公式见式（6）~式（8）：

$$E_{\text{过程},i} = E_{\text{CO}_2\text{过程},i} \times GWP_{\text{CO}_2} + E_{\text{N}_2\text{O过程},i} \times GWP_{\text{N}_2\text{O}} + E_{\text{其他过程},i} \times GWP_{\text{其他}} \quad (6)$$

其中：

$$E_{\text{CO}_2\text{过程},i} = E_{\text{CO}_2\text{原料},i} + E_{\text{CO}_2\text{碳酸盐},i} \quad (7)$$

$$E_{\text{N}_2\text{O过程},i} = E_{\text{N}_2\text{O硝酸},i} + E_{\text{N}_2\text{O己二酸},i} \quad (8)$$

式中：

$E_{\text{CO}_2\text{过程},i}$ ——计量单元 i 的工业生产过程产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$E_{\text{CO}_2\text{原料},i}$ ——计量单元 i 的用作原料的燃料产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$E_{\text{CO}_2\text{碳酸盐},i}$ —— 计量单元 i 的碳酸盐使用过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$E_{\text{N}_2\text{O过程},i}$ —— 计量单元 i 的工业生产过程的氧化亚氮排放，单位为吨氧化亚氮（ tN_2O ）；

$E_{\text{其他过程},i}$ —— 计量单元 i 的工业生产产生的其他温室气体排放，单位为吨（ t ）；

$E_{\text{N}_2\text{O硝酸},i}$ —— 计量单元 i 的硝酸生产过程中氧化亚氮排放，单位为吨氧化亚氮（ tN_2O ）；

$E_{\text{N}_2\text{O己二酸},i}$ —— 计量单元 i 的己二酸生产过程中氧化亚氮排放，单位为吨氧化亚氮（ tN_2O ）；

$E_{\text{N}_2\text{O己二酸},i}$ —— 计量单元 i 的己二酸生产过程中氧化亚氮排放，单位为吨氧化亚氮（ tN_2O ）；

GWP_{CO_2} —— 二氧化碳的全球变暖潜势，取值为 1；

$GWP_{\text{N}_2\text{O}}$ —— 氧化亚氮的全球变暖潜势，取值为 310；

$GWP_{\text{其他}}$ —— 其他温室气体的全球变暖潜势， CH_4 (甲烷)GWP 取值为 25，HFCS(氢氟碳化物)GWP 取值为 124-14800，PFCS(全氟化碳)GWP 取值为 7390-12200， SF_6 (六氟化硫)GWP 取值为 22800，采用主管部门最新发布数值或 IPCC 最新评估结果（100 年时间尺度数值）。

7.2.3 原材料消耗产生排放量

化石燃料和其它碳氢化合物用作原材料产生的 CO_2 排放，根据原材料输入的碳量以及产品输出的碳量按碳质量平衡法计算：

$$E_{\text{CO}_2\text{原料},i} = \left\{ \sum_r (AD_{i,r} \times CC_{i,r}) - [\sum_p (AD_{i,p} \times CC_{i,p}) + \sum_\omega (AD_{i,\omega} \times CC_{i,\omega})] \right\} \times \frac{44}{12} \quad (9)$$

式中：

$E_{\text{CO}_2\text{原料},i}$ —— 第 i 个计量单元的用作原料的燃料燃烧产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$AD_{i,r}$ —— 第 i 个计量单元的原料 r 的投入量，对固体燃料或者液体燃料，单位为吨（ t ）；对气体燃料，单位为万标立方米（ 10^4Nm^3 ）；

$CC_{i,r}$ —— 第 i 个计量单元的原料 r 的含碳量，对固体燃料或者液体燃料，单位为吨碳每吨（ tC/t ）；对气体燃料，单位为吨碳每万标立方米（ $\text{tC}/10^4\text{Nm}^3$ ）；

r —— 进入计量单元的原料种类；

$AD_{i,p}$ —— 第 i 个计量单元的碳产品 p 的产量，对固体燃料或者液体燃料，单位为吨

(t)；对气体燃料，单位为万标立方米（ 10^4Nm^3 ）；

$CC_{i,p}$ ——第*i*个计量单元的碳产品 *p* 的含碳量，对固体燃料或者液体燃料，单位为吨碳每吨（tC/t）；对气体燃料，单位为吨碳每万标立方米（tC/ 10^4Nm^3 ）；

r ——流出计量单元的含碳产品的种类；

$AD_{i,\omega}$ ——第*i*个计量单元的其他含碳产物 ω 的产量，单位为吨（t）；

$CC_{i,\omega}$ ——第*i*个计量单元的其他含碳产物 ω 的含碳量，单位为吨碳每吨（tC/t）；

44/12 ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比；

7.2.4 碳酸盐使用产生排放量

碳酸盐使用过程产生的 CO_2 排放根据每种碳酸盐的使用量及其 CO_2 排放因子计算：

$$E_{\text{CO}_2\text{碳酸盐},i} = \sum_j (AD_{i,j} \times EF_{i,j} \times PUR_{i,j}) \quad (10)$$

式中：

$E_{\text{CO}_2\text{碳酸盐},i}$ ——第*i*个计量单元的碳酸盐使用过程产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（t CO_2 ）；

j ——单位碳酸盐的种类，如果实际使用多种碳酸盐组成的混合物，应分别考虑每种碳酸盐的种类；

$AD_{i,j}$ ——第*i*个计量单元的碳酸盐 *j* 用于原料、助熔剂、脱硫剂等的总消耗量，单位为吨（t）；

$EF_{i,j}$ ——第*i*个计量单元的碳酸盐 *j* 的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吨碳酸盐（t CO_2 /t 碳酸盐）；

$PUR_{i,j}$ ——第*i*个计量单元的碳酸盐 *j* 以质量分数表示的浓度，以%表示。

7.2.5 硝酸生产过程的 N_2O 排放

硝酸生产过程中氨气高温催化氧化会生成副产品 N_2O ， N_2O 排放量根据硝酸产量、不同生产技术的 N_2O 生成因子、所安装的 $\text{NO}_x/\text{N}_2\text{O}$ 尾气处理设备的 N_2O 去除效率以及尾气处理设备使用率计算：

$$E_{\text{N}_2\text{O}\text{硝酸},i} = \sum_{i,j,k} (AD_{i,j} \times EF_{i,j} \times (1 - \eta_{i,k}) \times \mu_{i,k} \times 10^{-3}) \quad (11)$$

式中：

$E_{\text{N}_2\text{O}\text{硝酸},i}$ ——第*i*个计量单元的硝酸生产过程产生的氧化亚氮排放量，单位为吨氧化亚氮（t N_2O ）；

j ——硝酸生产技术类型；

k —— $\text{NO}_x/\text{N}_2\text{O}$ 尾气处理设备类型；

$AD_{i,j}$ ——第*i*个计量单元的生产技术类型 *j* 的硝酸产量，单位为吨（t）；

$EF_{i,j}$ ——第*i*个计量单元的生产技术类型 *j* 的 N_2O 生成因子，单位为 kg N_2O /t HNO_3 ；

$\eta_{i,k}$ ——第 i 个计量单元的尾气处理设备类型 k 的 N_2O 去除效率，以%表示；

$\mu_{i,k}$ ——第 i 个计量单元的尾气处理设备类型 k 的使用率，等于尾气处理设备运行时间与硝酸生产装置运行时间的比率，以%表示；

7.2.6 己二酸生产过程的 N_2O 排放

环己酮/环己醇混合物经硝酸氧化制取己二酸会生成副产品 N_2O ， N_2O 排放量可根据己二酸产量、不同生产工艺的 N_2O 生成因子、所安装的 NO_x/N_2O 尾气处理设备的 N_2O 去除效率以及尾气处理设备使用率计算：

$$E_{N_2O\text{己二酸},i} = \sum_{j,k} (AD_{ij} \times EF_{ij} \times (1 - \eta_{i,k}) \times \mu_{i,k} \times 10^{-3}) \quad (12)$$

式中：

$E_{N_2O\text{己二酸},i}$ ——第 i 个计量单元的己二酸生产过程产生的氧化亚氮排放量，单位为吨氧化亚氮（ tN_2O ）；

j ——己二酸生产工艺，分为硝酸氧化工艺、其他工艺两类；

k —— NO_x /氧化亚氮尾气处理设备类型；

AD_{ij} ——第 i 个计量单元的生产工艺 j 的己二酸产量，单位为吨（ t ）；

EF_{ij} ——第 i 个计量单元的生产工艺 j 的氧化亚氮生成因子，单位为千克氧化亚氮每吨硝酸（ $kgN_2O/tHNO_3$ ）；

$\eta_{i,k}$ ——第 i 个计量单元的尾气处理设备类型 k 的氧化亚氮去除效率，以%表示；

$\mu_{i,k}$ ——第 i 个计量单元的尾气处理设备类型 k 的使用率，等于尾气处理设备运行时间与硝酸生产装置运行时间的比率，以%表示；

7.2.7 炼焦过程产生的 CO_2 排放

常规机焦炉（半焦炉）放散管和火炬系统的荒煤气流量通常难以监测，推荐用碳质量平衡法来核算炼焦过程的 CO_2 排放。以焦炉炭化室到煤气净化与化工产品回收工段作为一个相对独立的子系统，根据输入该系统的炼焦原料与输出系统的焦炭、焦炉煤气、煤焦油、粗（轻）苯，以及外排的含碳固废等进行碳质量平衡核算出子系统的碳损失，并假定损失的碳全部转化成 CO_2 被排放到大气中。公式如下：

$$E_{CO_2\text{炼焦}} = \left[\sum_r (PM_r \times CC_r) - COK \times CC_{COK} - COG \times CC_{COG} - \sum_p (BY_p \times CC_p) \right] \times \frac{44}{12}$$

(13)

式中，

PM_r ——进入到焦炉炭化室的炼焦原料 r （包括炼焦洗精煤、沥青、石油焦、其它配料等）的质量，单位为吨；

CC_r ——炼焦原料 r 的含碳量，单位为吨碳/吨；

- COK ——焦炉产出的焦炭量，单位为吨；
- CC_{COK} ——焦炭的含碳量，单位为吨碳/吨；
- COG ——净化回收的焦炉煤气量（包括其中回炉燃烧的焦炉煤气部分），单位为 kNm^3 ；
- CC_{COG} ——焦炉煤气的含碳量，单位为吨碳/ kNm^3 ；
- BYp ——煤气净化过程中回收的各类型副产品以及含碳废水、废固等，如煤焦油、粗（轻）苯、蒸氨塔外排的酚氰废水、沥青渣、冷鼓工段的机械化澄清槽的焦油渣（去界外）、洗脱苯工段产生的洗油残渣、终冷排废水等，单位为吨；
- CC_p ——副产品 p 的含碳量，单位为吨碳/吨；

7.2.8 CO₂ 回收利用量

回收且外供的 CO₂ 量按如下式计算

$$R_{CO_2\text{回收},i} = Q_i \times PUR_{CO_2,i} \times 19.77 \quad (14)$$

式中：

Q_i ——第 i 个计量单元回收且外供的二氧化碳气体体积，单位为万标立方米（ 10^4Nm^3 ）；

$PUR_{CO_2,i}$ ——第 i 个计量单元二氧化碳外供气体的纯度，以%表示；

19.77 ——标准状况下二氧化碳气体的密度，单位为吨二氧化碳每万标立方米（ $tCO_2/10^4Nm^3$ ）；

7.2.9 购入和输出的电力、热力产生的排放

购入电力产生的二氧化碳排放量按式（15）计算：

$$E_{\text{购入电}} = AD_{\text{购入电}} \times EF_{\text{电}} \quad (15)$$

式中：

$AD_{\text{购入电}}$ ——核算和报告年度内的购入电量，单位为兆瓦时（MWh）；

$EF_{\text{电}}$ ——区域电网年平均供电排放因子，单位为吨二氧化碳每兆瓦时（ tCO_2/MWh ）。

购入热力产生的二氧化碳排放量按式（16）计算：

$$E_{\text{购入热}} = AD_{\text{购入热}} \times EF_{\text{热}} \quad (16)$$

式中：

$AD_{\text{购入热}}$ ——核算和报告年度内的购入热量，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{\text{热}}$ ——区域热力的年平均二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（ tCO_2/GJ ）。

输出电力产生的二氧化碳排放量按式（17）计算：

$$E_{\text{输出电}} = AD_{\text{输出电}} \times EF_{\text{电}} \quad (17)$$

式中：

$AD_{\text{输出电}}$ ——核算和报告年度内的输出的电量，单位为兆瓦时（MWh）；

$EF_{\text{电}}$ ——区域电网年平均供电排放因子，单位为吨二氧化碳每兆瓦时（tCO₂/MWh）。

输出热力产生的二氧化碳排放量按式（18）计算：

$$E_{\text{输出热}} = AD_{\text{输出热}} \times EF_{\text{热}} \quad (18)$$

式中：

$AD_{\text{输出热}}$ ——核算和报告年度内的输出的热量，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{\text{热}}$ ——区域热力的年平均二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂/GJ）。

8 计量结果的表达

计量报告格式见附录A。

企业温室气体排放量不确定度评估方法见附件C。

9 计量时间间隔

建议间隔12个月或企业温室气体排放量数据存疑时开展。

附录 A
报告格式模板

化工生产企业温室气体排放计量报告

证书编号_____号 第__页/共__页

被测主体: _____

测量年度: _____

任务日期: _____

测量日期: _____

发布日期: _____

建议周期: _____

批准人: _____

证书专用章

核 验: _____

计 量: _____

计量机构信息

说明

1. 本报告所依据的技术文件
2. 本报告所引用的技术报告

表 A.1 监测计量单位信息

单位名称			
单位性质			
统一社会信用代码			
地址			
单位性质	<input type="checkbox"/> 国企 <input type="checkbox"/> 合资企业 <input type="checkbox"/> 民营企业 <input type="checkbox"/> 其他	所属行业	<input type="checkbox"/> 煤化工 <input type="checkbox"/> 石油化工 <input type="checkbox"/> 氯碱化工 <input type="checkbox"/> 其他
主产品		单位产品排放量	
行政区划		联系人	
联系电话		E-mail	

表 A.2 源流和排放源清单

编号	生产系统	计算法填写	
		源流种类	源流类型
1	主要生产系统		<input type="checkbox"/> 主要源流 <input type="checkbox"/> 次要源流
2			
3			
4			
6	辅助生产系统		
7			
8			
9	附属生产系统		
10			

表 A.3 活动数据监测计量要求符合性判定

序号	源流种类	监测参数	监测设备	监测频次	监测方法	不确定度	是否符合监测计量要求
1							<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
2							<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

3							<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
4							<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

表 A.4 计算因子计量要求符合性判定

序号	计算因子	源流	源流类型	是否符合确定方法要求
1			<input type="checkbox"/> 主要源流 <input type="checkbox"/> 次要源流	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
2			<input type="checkbox"/> 主要源流 <input type="checkbox"/> 次要源流	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
3			<input type="checkbox"/> 主要源流 <input type="checkbox"/> 次要源流	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
4			<input type="checkbox"/> 主要源流 <input type="checkbox"/> 次要源流	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

表 A.5 温室气体排放量及不确定度

表 A.5.1 报告主体____年温室气体排放量汇总表

工艺过程	1号计量单元	____号计量单元	报告主体小计
燃料燃烧二氧化碳排放 /tCO ₂ e			
过程二氧化碳排放 /tCO ₂ e			
过程氧化亚氮排放 /tCO ₂ e			
二氧化碳回收利用量			

/tCO ₂ e			
购入电力产生的二氧化碳排放 /tCO ₂ e			
购入热力产生的二氧化碳排放 /tCO ₂ e			
输出电力产生的二氧化碳排放 /tCO ₂ e			
输出热力产生的二氧化碳排放 /tCO ₂ e			
企业温室气体排放总量 /tCO ₂ e			

表 A.5.2 报告主体_____年温室气体排放量不确定度汇总表

工艺过程/排放类型	不确定度分量	不确定度数值	不确定度合成	最终不确定度
燃料燃烧	活动数据			
	含碳量			
	碳氧化率			

生产过程	活动数据			
	含碳量			
			
购入输出电力、热力	活动数据			
			
二氧化碳回收利用	活动数据			
			

表 A.5.3 _____号计量单元化石燃料燃烧温室气体排放量汇总表

源流	活动数据		含碳量			碳氧化率			源流温室气体排放量	源流不确定度
	数据	不确定度	数据	来源	不确定度	数据	来源	不确定度		
填煤/天然气等				<input type="checkbox"/> 检测值 <input type="checkbox"/> 推荐值			<input type="checkbox"/> 检测值 <input type="checkbox"/> 推荐值			
计量单元化石燃料燃烧温室气体排放量总计										
计量单元化石燃料燃烧温室气体排放量不确定度										

表 A.5.4 _____号计量单元工业生产中原材料产生二氧化碳数据表

碳流向	物料名称	活动数据		含碳量		
		数据	不确定度	数据	来源	不确定度
碳输入	填煤、天然气等				<input type="checkbox"/> 检测值 <input type="checkbox"/> 推荐值	
碳输出	填甲醇、乙烯等					
计量单元工业生产中原材料产生二氧化碳排放总量						
计量单元工业生产中原材料产生二氧化碳排放总量不确定度						

表 A.5.5 _____号计量单元工业生产过程中碳酸盐使用产生二氧化碳数据表

碳酸盐种类	活动数据	碳酸盐成分	碳酸盐纯度	二氧化碳排放因子
-------	------	-------	-------	----------

	数据	不确定度			数据	来源	不确定度
						<input type="checkbox"/> 检测值 <input type="checkbox"/> 推荐值	
计量单元工业生产过程中碳酸盐使用产生二氧化碳排放总量							
计量单元工业生产过程中碳酸盐使用产生二氧化碳排放总量不确定度							

表 A.5.6 _____号计量单元己二酸或硝酸生产过程产生氧化亚氮数据表

硝酸/己二酸生产工艺类型	活动数据		氧化亚氮生成因子			氧化亚氮去除率			尾气处理设备使用率
	数据	不确定度	数据	来源	不确定度	数据	来源	不确定度	
				<input type="checkbox"/> 检测值 <input type="checkbox"/> 推荐值			<input type="checkbox"/> 检测值 <input type="checkbox"/> 推荐值		
计量单元己二酸或硝酸生产过程产生氧化亚氮总量									
计量单元己二酸或硝酸生产过程产生氧化亚氮总量不确定度									

表 A.5.7 _____号计量单元炼焦过程产生二氧化碳数据表

碳流向	物料名称	活动数据		含碳量		
		数据	不确定度	数据	来源	不确定度
碳输入	填石油焦等				<input type="checkbox"/> 检测值 <input type="checkbox"/> 推荐值	

碳输出	填焦炭、焦炉煤气等					
计量单元炼焦过程产生二氧化碳排放总量						
计量单元炼焦过程产生二氧化碳排放总量不确定度						

表 A.5.8 _____号计量单元二氧化碳回收利用率数据表

二氧化碳回收利用率	二氧化碳体积分数	二氧化碳密度	不确定度

表 A.5.9 _____号计量单元购入的电力和热力产生的二氧化碳排放数据表

类型	购入量		输出量		二氧化碳排放因子
	数据	不确定度	数据	不确定度	
电力					
蒸汽					
热水					

附录 B 相关参数推荐值

表 B.1 常用化石燃料相关参数推荐值

燃料类型	计量单位	低位热量 GJ/t, 或者 GJ/10 ⁴ Nm ³	单位热值含碳量 tC/GJ	碳氧化率 %
燃煤	t	—	—	98
原油	t	41.816	20.1×10 ⁻³	98
燃料油	t	41.816	21.1×10 ⁻³	98
汽油	t	43.070	18.9×10 ⁻³	98
柴油	t	42.652	20.2×10 ⁻³	98
天然气	10 ⁴ Nm ³	389.31	15.3×10 ⁻³	99
液化石油气	10 ⁴ Nm ³	50.179	17.2×10 ⁻³	98
液化天然气	10 ⁴ Nm ³	44.2	17.2×10 ⁻³	98
其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.27	12.2×10 ⁻³	99

注：数据取值来源为《中国能源统计年鉴》（2022）。

表 B.2 常见化工产品的含碳量推荐值

产品名称	含碳量 tC/t
乙腈	0.5852
丙烯腈	0.6664
丁二烯	0.888
炭黑	0.970
乙炔	0.923
乙烯	0.856
二氯乙烷	0.245
乙二醇	0.387
环氧乙烷	0.545
氰化氢	0.4444
甲醇	0.375
甲烷	0.749
乙烷	0.856
丙烷	0.817
丙烯	0.8563

氯乙烯单体	0.384
尿素	0.200
碳酸氢铵	0.1519
标准电石*	0.314
*需根据电石产品在20℃、101.3 kPa下的实际发气量按300 L/kg折算为标准电石。	

表 B.3 常见碳酸盐排放因子推荐值

碳酸盐	排放因子 (t CO ₂ /t碳酸盐)
CaCO ₃	0.440
MgCO ₃	0.522
Na ₂ CO ₃	0.415
BaCO ₃	0.223
Li ₂ CO ₃	0.596
K ₂ CO ₃	0.318
SrCO ₃	0.298
NaHCO ₃	0.524
FeCO ₃	0.380
CaMg(CO ₃) ₂	0.477
MnCO ₃	0.383

表 B.4 硝酸生产过程氧化亚氮生成因子推荐值

技术类型	生成因子 kgN ₂ O/tHNO ₃	备 注
高压法	13.9	高压法指氨的氧化和NO _x 吸收均在0.71 MPa~1.2 MPa的压力下进行
中压法	11.77	中压法指氨的氧化和NO _x 吸收均在0.35 MPa~0.6 MPa的压力下 进行
常压法	9.72	常压法指氨的氧化与NO _x 吸收均在常压下进行
双加压法	8.0	双加压法指氨的氧化采用中压(0.35 MPa~0.6 MPa), NO _x 吸收采用高压(1.0 MPa~1.5 MPa)
综合法	7.5	综合法指氨的氧化在常压下进行, NO _x 吸收在0.3 MPa~0.35 MPa下进行
注: 数据来源为《省级温室气体清单指南(试行)》。		

表 B.5 硝酸生产中不同尾气处理技术的氧化亚氮去除率

NO _x /氧化亚氮尾气处理技术	氧化亚氮去除率
非选择性催化还原NSCR	85%(80%~90%)
选择性催化还原SCR	0
延长吸收	0

注：数据来源为《IPCC国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理》。

表 B.6 己二酸生产中不同尾气处理技术的氧化亚氮去除率

NO _x /氧化亚氮尾气处理技术	氧化亚氮去除率
催化去除	92.5%(90%~95%)
热去除	98.5%(98%~99%)
回收为硝酸	98.5%(98%~99%)
回收用作己二酸的原料	94%(90%~98%)

注：数据来源为《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》。

表 B.7 电力、热力排放因子和参数推荐值

名称	单位	CO ₂ 排放因子
电力	tCO ₂ /MWh	选用国家主管部门最新公布的相应区域电网排放因子
热力	tCO ₂ /GJ	0.11

表 B.8 饱和蒸汽热焓表

压力 MPa	温度 °C	焓 kJ/kg	压力 MPa	温度 °C	焓 kJ/kg
0.001	6.98	2513.8	1.00	179.88	2777.0
0.002	17.51	2533.2	1.10	184.06	2780.4
0.003	24.10	2545.2	1.20	187.96	2783.4
0.004	28.98	2554.1	1.30	191.6	2786.0
0.005	32.90	2561.2	1.40	195.04	2788.4
0.006	36.18	2567.1	1.50	198.28	2790.4

JJF XXXX-20XX

压力 MPa	温度 °C	焓 kJ/kg	压力 MPa	温度 °C	焓 kJ/kg
0.007	39.02	2572.2	1.60	201.37	2792.2
0.008	41.53	2576.7	1.40	204.3	2793.8
0.009	43.79	2580.8	1.50	207.1	2795.1
0.010	45.83	2584.4	1.90	209.79	2796.4
0.015	54.00	2598.9	2.00	212.37	2797.4
0.020	60.09	2609.6	2.20	217.24	2799.1
0.025	64.99	2618.1	2.40	221.78	2800.4
0.030	69.12	2625.3	2.60	226.03	2801.2
0.040	75.89	2636.8	2.80	230.04	2801.7
0.050	81.35	2645.0	3.00	233.84	2801.9
0.060	85.95	2653.6	3.50	242.54	2801.3
0.070	89.96	2660.2	4.00	250.33	2799.4
0.080	93.51	2666.0	5.00	263.92	2792.8
0.090	96.71	2671.1	6.00	275.56	2783.3
0.10	99.63	2675.7	7.00	285.8	2771.4
0.12	104.81	2683.8	8.00	294.98	2757.5
0.14	109.32	2690.8	9.00	303.31	2741.8
0.16	113.32	2696.8	10.0	310.96	2724.4
0.18	116.93	2702.1	11.0	318.04	2705.4
0.20	120.23	2706.9	12.0	324.64	2684.8
0.25	127.43	2717.2	13.0	330.81	2662.4
0.30	133.54	2725.5	14.0	336.63	2638.3
0.35	138.88	2732.5	15.0	342.12	2611.6
0.40	143.62	2738.5	16.0	347.32	2582.7
0.45	147.92	2743.8	17.0	352.26	2550.8
0.50	151.85	2748.5	18.0	356.96	2514.4
0.60	158.84	2756.4	19.0	361.44	2470.1
0.70	164.96	2762.9	20.0	365.71	2413.9
0.80	170.42	2768.4	21.0	369.79	2340.2
0.90	175.36	2773.0	22.0	373.68	2192.5

表 B.9 过热蒸汽热焓表

单位: kJ/kg

温度 ℃	压力 (MPa)											
	0.01	0.1	0.5	1	3	5	7	10	14	20	25	30
0	0	0.1	0.5	1	3	5	7.1	10.1	14.1	20.1	25.1	30
10	42	42.1	42.5	43	44.9	46.9	48.8	51.7	55.6	61.3	66.1	70.8
20	83.9	84	84.3	84.8	86.7	88.6	90.4	93.2	97	102.5	107.1	111.7
40	167.4	167.5	167.9	168.3	170.1	171.9	173.6	176.3	179.8	185.1	189.4	193.8
60	2611.3	251.2	251.2	251.9	253.6	255.3	256.9	259.4	262.8	267.8	272	276.1
80	2649.3	335	335.3	335.7	337.3	338.8	340.4	342.8	346	350.8	354.8	358.7
100	2687.3	2676.5	419.4	419.7	421.2	422.7	424.2	426.5	429.5	434	437.8	441.6
120	2725.4	2716.8	503.9	504.3	505.7	507.1	508.5	510.6	513.5	517.7	521.3	524.9
140	2763.6	2756.6	589.2	589.5	590.8	592.1	593.4	595.4	598	602	605.4	603.1
160	2802	2796.2	2767.3	675.7	676.9	678	679.2	681	683.4	687.1	690.2	693.3
180	2840.6	2835.7	2812.1	2777.3	764.1	765.2	766.2	767.8	769.9	773.1	775.9	778.7
200	2879.3	2875.2	2855.5	2827.5	853	853.8	854.6	855.9	857.7	860.4	862.8	856.2
220	2918.3	2914.7	2898	2874.9	943.9	944.4	945.0	946	947.2	949.3	951.2	953.1
240	2957.4	2954.3	2939.9	2920.5	2823	1037.8	1038.0	1038.4	1039.1	1040.3	1041.5	1024.8
260	2996.8	2994.1	2981.5	2964.8	2885.5	1135	1134.7	1134.3	1134.1	1134	1134.3	1134.8
280	3036.5	3034	3022.9	3008.3	2941.8	2857	1236.7	1235.2	1233.5	1231.6	1230.5	1229.9
300	3076.3	3074.1	3064.2	3051.3	2994.2	2925.4	2839.2	1343.7	1339.5	1334.6	1331.5	1329
350	3177	3175.3	3167.6	3157.7	3115.7	3069.2	3017.0	2924.2	2753.5	1648.4	1626.4	1611.3
400	3279.4	3278	3217.8	3264	3231.6	3196.9	3159.7	3098.5	3004	2820.1	2583.2	2159.1
420	3320.96	3319.68	3313.8	3306.6	3276.9	3245.4	3211.0	3155.98	3072.72	2917.02	2730.76	2424.7
440	3362.52	3361.36	3355.9	3349.3	3321.9	3293.2	3262.3	3213.46	3141.44	3013.94	2878.32	2690.3
450	3383.3	3382.2	3377.1	3370.7	3344.4	3316.8	3288.0	3242.2	3175.8	3062.4	2952.1	2823.1
460	3404.42	3403.34	3398.3	3392.1	3366.8	3340.4	3312.4	3268.58	3205.24	3097.96	2994.68	2875.26
480	3446.66	3445.62	3440.9	3435.1	3411.6	3387.2	3361.3	3321.34	3264.12	3169.08	3079.84	2979.58
500	3488.9	3487.9	3483.7	3478.3	3456.4	3433.8	3410.2	3374.1	3323	3240.2	3165	3083.9
520	3531.82	3530.9	3526.9	3521.86	3501.28	3480.12	3458.6	3425.1	3378.4	3303.7	3237	3166.1
540	3574.74	3573.9	3570.1	3565.42	3546.16	3526.44	3506.4	3475.4	3432.5	3364.6	3304.7	3241.7
550	3593.2	3595.4	3591.7	3587.2	3568.6	3549.6	3530.2	3500.4	3459.2	3394.3	3337.3	3277.7
560	3618	3617.22	3613.64	3609.24	3591.18	3572.76	3554.1	3525.4	3485.8	3423.6	3369.2	3312.6
580	3661.6	3660.86	3657.52	3653.32	3636.34	3619.08	3601.6	3574.9	3538.2	3480.9	3431.2	3379.8
600	3705.2	3704.5	3701.4	3697.4	3681.5	3665.4	3649.0	3624	3589.8	3536.9	3491.2	3444.2

附录 C

不确定度评估方法及示例

化工生产企业应按 JJF 1059.1 要求对温室气体排放量测算结果进行不确定度评估。

C.1 测量模型

温室气体排放总量按式 (C.1) 计算：

$$E = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{购入电力}} + E_{\text{购入热力}} - R_{\text{回收}} - E_{\text{输出电力}} - E_{\text{输出热力}} \quad (\text{C.1})$$

E ——化工生产企业的温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；

$E_{\text{燃烧}}$ ——燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；

$E_{\text{过程}}$ ——工业生产过程产生的各种温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；

$E_{\text{购入电}}$ ——购入电力产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；

$E_{\text{购入热}}$ ——购入热力产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；

$R_{\text{CO}_2 \text{回收}}$ ——回收且外供的二氧化碳量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)。

$E_{\text{输出电}}$ ——输出电力产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；

$E_{\text{输出热}}$ ——输出热力产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；

C.2 不确定度评估

由测量模型可知，基于计算的温室气体排放量计算不确定度主要由燃烧产生的 CO₂ 排放量计算、生产过程中产生的 CO₂ 排放量计算、购入和输出电力热力 CO₂ 排放量计算和 CO₂ 回收量计算几部分引入。

$$u(E) = \sqrt{u^2(E_{\text{燃烧}}) + u^2(E_{\text{过程}}) + u^2(E_{\text{购入电力}}) + u^2(E_{\text{购入热力}}) + u^2(R_{\text{回收}}) + u^2(E_{\text{输出电力}}) + u^2(E_{\text{输出热力}})} \quad (\text{C.2})$$

其中：

$u(E)$ ——CO₂ 排放总量的标准不确定度；

$u(E_{\text{燃烧}})$ ——燃料燃烧排放量的标准不确定度；

$u(E_{\text{过程}})$ ——过程排放量的标准不确定度；

$u(E_{\text{购入电力}})$ ——购入电力排放量的标准不确定度；

$u(E_{\text{购入热力}})$ ——购入热力排放量的标准不确定度；

$u(R_{\text{回收}})$ ——CO₂回收量的标准不确定度；

$u(E_{\text{输出电力}})$ ——输出电力排放量的标准不确定度；

$u(E_{\text{输出热力}})$ ——输出热力排放量的标准不确定度。

C.3 不确定度分量

以计量边界内某种类型化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放引入的不确定度分量为例。燃料燃烧产生的二氧化碳排放量按式 C.3 计算。

$$E_{\text{燃烧}} = AD \times CC \times OF \times 44/12 \times GWP_{\text{CO}_2} \quad (\text{C.3})$$

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ ——化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

AD ——化石燃料的活动数据，对固体和液体燃料，单位为吨（t）；对气体燃料，单位为万标立方米（10⁴Nm³）；

CC ——化石燃料的含碳量，对固体和液体燃料，单位为吨碳每吨（tC/t）；对气体燃料，单位为吨碳每万标立方米（tC/10⁴Nm³）；

OF ——核算和报告年度内化石燃料的碳氧化率；

GWP_{CO_2} ——二氧化碳的全球变暖潜势，取值为 1；

44/12——二氧化碳与碳的相对分子质量之比；

由式 C.3 可知，燃料燃烧产生的二氧化碳的不确定度分量主要来源于活动数据测量、化石燃料含碳量测量、化石燃料的碳氧化率测量三部分。

$$\frac{u(E_{\text{燃烧}})}{E_{\text{燃烧}}} = \sqrt{\left(\frac{u(AD)}{AD}\right)^2 + \left(\frac{u(CC)}{CC}\right)^2 + \left(\frac{u(OF)}{OF}\right)^2} \quad (\text{C.4})$$

其中：

$u(AD)$ ——化石燃料的活动数据测量的标准不确定度；

$u(CC)$ ——化石燃料的含碳量测量的标准不确定度，由采样过程和含碳量测量两部分引入，其中采样过程引入的相对不确定度按 3.5% 计算，含碳量测量引入的不确定度由仪器校准或检定证书以及测量重复性合成得到；

$u(OF)$ ——化石燃料的碳氧化率测量的标准不确定度，由仪器校准证书和测量重复性

两部分合成得到。

当燃料活动数据通过对直接输入或输出企业导致排放的燃料、材料进行连续测量（例如天然气流量计、皮带秤等）获取时，活动数据测量的不确定度由计量仪表的检定或校准证书得到。

当燃料活动数据基于对单独运送的数量进行测量并汇总获得时，需考虑相关的库存变化，例如汽车衡、轨道衡和煤堆变化测量等引入的不确定度。

$$AD = \sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=1}^n E_i + (S_{begin} - S_{end}) \quad (C.5)$$

式中：

P_i ——第 i 批次燃料购买数量；

E_i ——第 i 批次燃料输出数量（例如输送到不包含在碳交易的设施中）；

S_{begin} ——年初的库存；

S_{end} ——年末的库存；

由式（C.5）可知，由燃料活动数据测量引入的不确定度分量按下式计算。

$$u(AD) = \sqrt{u^2(S_{begin}) + u^2(S_{end}) + \sum_{i=1}^m u^2(P_i) + \sum_{i=1}^n u^2(E_i)} \quad (C.6)$$

式中：

$u(P_i)$ ——第 i 批次燃料购买数量的不确定度；

$u(E_i)$ ——第 i 批次燃料输出数量的不确定度；

$u(S_{begin})$ ——年初燃料库存量的不确定度；

$u(S_{end})$ ——年末燃料库存量的不确定度；

m, n ——分别为燃料购买和输出的批次。

如果用于衡量燃料库存的计量器具和用于测量各批次燃料购买与输出数量的计量器具均保持不变或具有相同的计量不确定度水平，则式（C.6）可作以下简化。

$$u(AD) = \sqrt{2u^2(S) + m \cdot u^2(P) + n \cdot u^2(E)} \quad (C.7)$$

式中：

$u(P)$ ——燃料购买量计量引入的不确定度；

$u(E)$ ——燃料输出量计量引入的不确定度；

$u(S)$ ——燃料库存量计量引入的不确定度。
