

SH/MRV

上海市温室气体排放核算与报告技术文件

SH/MRV-005-2012

上海市有色金属行业温室气体 排放核算与报告方法 (试 行)

2012 年 12 月 12 日发布

2013 年 1 月 1 日实施

上海市发展和改革委员会 发布

目 录

前言	1
1 范围	2
2 引用文件和参考文献	2
3 边界确定	2
4 核算方法	2
4.1 量化公式	2
4.1.1 直接排放	2
4.1.2 间接排放	3
4.2 数据获取	3
4.2.1 活动水平数据获取	3
4.2.2 相关参数获取	3
4.3 不确定性	4
5 监测	4
5.1 监测计划	4
5.2 监测实施要求	5
6 报告	5
6.1 报告编制	5
6.2 数据质量控制	5
6.3 信息管理	6

附 录 A	7
附 录 B.....	9
附 录 C.....	12
附 录 D	19

前 言

2012 年 7 月，上海市人民政府印发了《上海市人民政府关于本市开展碳排放交易试点工作的实施意见》（沪府发[2012]64 号），要求制定出台上海市温室气体排放核算指南和分行业的核算方法等。

本方法以《上海市温室气体排放核算与报告指南（试行）》为依据，旨在指导和规范本市有色金属行业排放主体的温室气体排放核算与报告。制定过程中，按照国家在编制温室气体清单过程中的做法，充分参考了国内外相关技术标准、指南和文献资料，广泛听取了相关部门、行业协会、专家和本行业企业意见和建议，在此基础上，制定形成本方法。

本方法是首次发布，在实际操作中可能还存在不足，希望能够及时得到相关反馈意见。今后将根据实际需要，进一步修订和完善。

本方法由上海市发展和改革委员会提出并负责解释和修订。

本方法起草单位：上海市信息中心。

本方法参与单位：上海市有色金属行业协会、上海环境能源交易所、上海市节能减排中心。

本方法主要起草人：刘佳、彭鹂、臧玲、朱君奕、王延松。

本方法咨询专家：唐宗平、乐嘉方、范宇宙、陈华、杨琳、孙志民、陈国雄、陆云。

1 范围

本市有色金属行业的排放主体主要为压延加工业企业，因此，本方法主要适用于有色金属行业中压延加工业企业的温室气体排放核算与报告。

本方法所指温室气体排放仅指二氧化碳排放。

2 引用文件和参考文献

《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）

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

《中国温室气体清单研究》（国家气候变化对策协调小组办公室、国家发展和改革委员会能源研究所，2007）

《IPCC 国家温室气体清单指南》（政府间气候变化专门委员会，2006）

3 边界确定

排放主体原则上为独立法人，其边界与本市能源统计报表制度中规定的统计边界一致。

排放主体的核算范围原则上仅核算其在本市行政区域内与生产经营活动相关的排放，包括化石燃料燃烧产生的直接排放和使用外购的电力、热力等所导致的间接排放。生活能耗导致的排放原则上不计入核算范围内。

4 核算方法

4.1 量化公式

排放主体的温室气体排放总量按（1）式计算，具体排放示例见表 4-1：

$$\text{排放总量} = \text{直接排放量} + \text{间接排放量} \quad (1)$$

表 4-1 排放主体排放示例

排放类型	排放示例
直接排放	煤炭、天然气、柴油等化石燃料燃烧产生的排放
间接排放	使用外购的电力和热力导致的排放

4.1.1 直接排放

化石燃料燃烧排放主要基于分燃料品种的消耗量、低位热值、单位热值含碳量和氧化率计算得到，按（2）式计算：

$$\text{排放量} = \sum_i \left(\text{燃料消耗量}_i \times \text{燃料低位热值}_i \times \text{燃料单位热值含碳量}_i \times \text{氧化率}_i \times \frac{44}{12} \right) \quad (2)$$

式中：

i 表示不同燃料类型；

燃料消耗量表示各种化石燃料的实物消耗量，单位为吨或立方米（t 或 m³）；

低位热值表示单位燃料消耗量的低位发热量，单位为十亿千焦/吨或十亿千焦/立方米

(TJ/t 或 TJ/m³);

单位热值含碳量表示单位低位发热量燃料所含碳元素的质量, 单位为吨碳/十亿千焦 (t-C/TJ);

氧化率表示燃料中的碳在燃烧中被氧化的比率, 以%表示。

如排放主体存在能源加工转换的(如煤制气等, 但发电、供热除外), 其投入的化石燃料视作燃料燃烧, 该部分排放量应计入其排放总量, 对外售出的二次能源含碳物质所对应的排放量参照(2)式计算, 并从其排放总量中予以扣减。

4.1.2 间接排放

间接排放指排放主体因使用外购的电力、热力所导致的排放, 该部分排放源于前述电力和热力的生产。按(3)式计算:

$$\text{排放量} = \sum (\text{活动水平数据}_k \times \text{排放因子}_k) \quad (3)$$

式中:

k 表示电力或热力;

活动水平数据表示外购电力和热力的消耗量, 单位为万千瓦时 (10⁴kWh) 或百万千焦 (GJ);

排放因子表示消耗单位电力或热力产生的间接排放量, 单位为吨 CO₂/万千瓦时 (tCO₂/10⁴kWh) 或吨 CO₂/百万千焦 (tCO₂/GJ)。

电力/热力排放因子的缺省值见附录 A。

4.2 数据获取

4.2.1 活动水平数据获取

1) 化石燃料消耗量数据可通过两种方法获得。

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:

$$\text{消耗量} = \text{购买量} + (\text{期初存储量} - \text{期末存储量}) - \text{其他用量} \quad (4)$$

方法二: 使用高精确度的标度尺或流量计等各种测量工具对实际消耗进行计量。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》等国家、行业或地方标准。

燃料消耗量原则上应细分到主要生产系统(车间、生产线等)或燃烧设备(窑炉、锅炉等)。

2) 外购的电力、热力活动水平数据可根据供应商出具的结算凭证获取。

3) 对外售出的二次能源销售量等数据可通过相关结算凭证获取。

4.2.2 相关参数获取

1) 化石燃料低位热值采用附录 A 所列缺省值。具备条件的也可委托有资质的专业机构进行检测, 检测应遵循《GB/T213 煤的发热量测定方法》、《GB/T384 石油产品热值测定法》、《GB/T 22723 天然气能量的测定》等国家、行业或地方标准中对各项内容(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，并保留检测数据；使用其他相关方结算凭证中提供的检测值时，应保留相应凭证。低位热值以入厂燃料收到基为检测基础，每批次入厂燃料至少进行 1 次检测，取全年加权平均值作为该燃料品种的低位热值。

2) 化石燃料单位热值含碳量采用附录 A 所列缺省值。具备条件的也可委托有资质的专业机构通过对同一样本的低位热值和含碳量进行检测、计算获得。检测应遵循《GB/T476 煤的元素分析方法》、《SH/T0656 石油产品及润滑剂中碳、氢、氮测定法》、《GB/T13610 天然气的组成分析》等国家、行业或地方标准中对各项内容（如试验室条件、试剂、材料、仪器设备、测定步骤和结果计算等）的规定及 1) 中低位热值检测的相关规定，并保留检测数据；使用其他相关方结算凭证中提供的检测值时，应保留相应凭证。单位热值含碳量以燃料收到基为检测基础，同一燃料品种每年检测不少于 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燃料品种的单位热值含碳量。

3) 燃烧设备的氧化率采用附录 A 所列缺省值（优先采用附录 A 中表 A-2 所列缺省值，若表中无对应设备或对应燃料，则采用表 A-3 所列缺省值）。对于燃煤设备，具备条件的也可委托有资质的专业机构对氧化率的相关参数进行检测后，按（5）式计算获得。检测应遵循《GB/T10180 工业锅炉热工性能试验规程》、窑炉热平衡测试等国家、行业或地方标准中对各项内容（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，并保留检测数据。设备氧化率的相关参数每年应至少检测 1 次，如检测后当年进行技术改造的，则应在改造后再次实施检测。

$$\text{氧化率} = (\text{用煤量} \times \text{煤炭含碳量} - \text{炉渣量} \times \text{炉渣含碳量} - \text{漏煤量} \times \text{漏煤含碳量} - \text{飞灰量} \times \text{飞灰含碳量}) / (\text{用煤量} \times \text{煤炭含碳量}) \times 100\% \quad (5)$$

燃料消耗量无法分到具体燃烧设备类型的，其氧化率按 100%计。

4.3 不确定性

在获取活动水平数据和相关参数时可能存在不确定性。排放主体应对活动水平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，同时说明降低不确定性的措施。

具体不确定性量化方法参考附录 D。

5 监测

监测是指排放主体为获取与自身温室气体排放相关的数据所开展的一系列活动，包括监测计划的制定和监测的实施等。

5.1 监测计划

排放主体在报告期开始前应制定并向主管部门提交监测计划。

监测计划应包含以下内容：

- 1) 排放主体的基本信息，包括排放主体名称、报告年度、行业代码、组织机构代码、法定代表人、经营地址、通讯地址和联系人等；
- 2) 排放主体的排放边界；
- 3) 核算方法相关说明：应对相关活动水平数据（如能源消耗量、外售煤气量等）的获取和相关参数（如低位热值、单位热值含碳量和氧化率等）的选择及获取方式进行说明，若相关参数的获取采用检测方法的，应提供参数的检测说明；
- 4) 可能存在的不确定性及其拟采取的措施。

监测计划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。排放主体应对监测计划的更改进行完整的记录。

监测计划模板见附录 B。

5.2 监测实施要求

排放主体应对活动水平数据和相关参数等进行监测。活动水平数据的监测主要指对化石燃料消耗量、对外售出的煤气销售量等的监测，具体可采用结算凭证及库存量记录或直接计量等方式。相关参数的监测主要指对低位热值、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，则应遵循上述标准方法。

6 报告

年度排放报告由排放主体编制，经第三方核查机构出具核查报告后，提交主管部门。

6.1 报告编制

年度排放报告应包括下列信息：

- 1) 排放主体的基本信息，如排放主体名称、报告年度、组织机构代码、法定代表人、注册地址、经营地址、通讯地址和联系人等；
- 2) 排放主体的排放边界；
- 3) 排放主体与温室气体排放相关的工艺流程（如有）；
- 4) 监测情况说明，包括监测计划的制定与更改情况、实际监测与监测计划的一致性、温室气体排放类型等；
- 5) 温室气体排放核算信息：化石燃料燃烧排放应报告分燃料品种的消耗量，对应的相关参数的量值及来源等；电力和热力排放应报告外购的电力和热力的消耗量；
- 6) 不确定性产生的原因及降低不确定性的方法说明；
- 7) 其他应说明的情况，如 CO₂ 清除、生物质燃料燃烧排放、废弃物处置排放等内容；
- 8) 真实性声明。

具体年度排放报告模板见附录 C。

6.2 数据质量控制

为使年度排放报告准确可信，排放主体可通过以下措施对数据的获取与处理进行质量控制。

- 1) 排放主体应对数据进行复查和验证。

数据复查可采用纵向方法和横向方法：纵向方法即对不同年份的数据进行比较，包括年

度排放数据的比较，生产活动变化的比较和工艺过程变化的比较等。横向方法即对不同来源的数据进行比较，包括采购数据、库存数据（基于报告期内的库存信息）、消耗数据间的比较，不同来源（如排放主体检测、缺省值等）的相关参数间比较等。

2) 排放主体应定期对计量器具进行校准、调整。

当器具不满足监测要求时，排放主体应当及时进行必要的调整。

6.3 信息管理

排放主体应记录并保存下列资料，保存时间不少于 5 年：

1) 核算方法相关信息：获取活动水平数据及相关参数的相关资料（如消耗量的原始凭证、检测数据等相关凭证），不确定性及如何降低不确定性的相关说明；

2) 与温室气体排放监测相关的管理材料；

3) 数据质量控制相关记录文件；

4) 年度排放报告。

附录 A

表 A-1 化石燃料单位热值含碳量、低位热值缺省值

燃料品种	单位热值含碳量	低位热值
无烟煤	26.8 t-C/TJ ^①	23.210×10 ³ KJ/Kg ^②
烟煤	26.6 t-C/TJ ^①	22.350×10 ³ KJ/Kg ^②
褐煤	28.2 t-C/TJ ^①	14.080×10 ³ KJ/Kg ^②
洗精煤	25.4t-C/TJ ^①	26.393×10 ³ KJ/Kg ^④
其他煤制品	33.6 t-C/TJ ^①	17.460×10 ³ KJ/Kg ^②
焦炭	29.4 t-C/TJ ^①	28.447×10 ³ KJ/Kg ^②
原油	20.1 t-C/TJ ^①	42.620×10 ³ KJ/Kg ^②
汽油	18.9 t-C/TJ ^①	44.800×10 ³ KJ/Kg ^②
柴油	20.2 t-C/TJ ^①	43.330×10 ³ KJ/Kg ^②
燃料油	21.1 t-C/TJ ^①	40.190×10 ³ KJ/Kg ^②
一般煤油	19.6 t-C/TJ ^①	44.750×10 ³ KJ/Kg ^②
喷气煤油	19.5 t-C/TJ ^①	44.590×10 ³ KJ/Kg ^②
石脑油	20.0 t-C/TJ ^①	45.010×10 ³ KJ/Kg ^②
石油焦	27.5 t-C/TJ ^①	32.018×10 ³ KJ/Kg ^④
其他石油制品	20.0 t-C/TJ ^①	40.2×10 ³ KJ/Kg ^③
天然气	15.3 t-C/TJ ^①	38.9310×10 ³ KJ/m ^{3②}
液化石油气	17.2 t-C/TJ ^①	47.310×10 ³ KJ/Kg ^②
焦炉煤气	13.6 t-C/TJ ^①	17.3540×10 ³ KJ/m ^{3②}
其他煤气	12.2 t-C/TJ ^②	15.7584×10 ³ KJ/m ^{3②}
炼厂干气	18.2 t-C/TJ ^①	46.050×10 ³ KJ/Kg ^②
液化天然气	17.2 t-C/TJ ^①	41.868×10 ³ KJ/Kg ^②

注：上述数据取值来源①《省级温室气体清单编制指南》（试行）；②《中国温室气体清单研究》（2007）；
③《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006）；④根据本市能源统计报表制度中参考折标系数计算得出。

表 A-2 化石燃料燃烧分设备氧化率缺省值

设备	烟煤	燃料油	天然气	焦炉煤气
蒸汽锅炉	92.37%	97%		
自备发电锅炉	93.72%			
煤气发生炉	90%			
精炼反射炉		97.5%		
燃用天然气			99%	99%

表 A-3 化石燃料燃烧分燃料品种氧化率缺省值

燃料品种	氧化率 (%)
无烟煤	95
烟煤	95
褐煤	95
洗精煤	98
焦炭	95
其他煤制品	95
原油	98
汽油	98
柴油	98
燃料油	98
一般煤油	98
喷气煤油	98
石脑油	98
石油焦	98
其他石油制品	98
天然气	99
液化石油气	98
焦炉煤气	99
其他煤气	99
炼厂干气	98
液化天然气	98

注：如燃烧设备在表 A-2 中没有提供，则可选用表 A-3 相应燃料品种的氧化率缺省值。

表 A-4 电力和热力的排放因子缺省值

名称	缺省值
电力排放因子	7.88 t CO ₂ /10 ⁴ kWh
热力排放因子	0.11 t CO ₂ /GJ

注：电力、热力排放因子根据上海市 2010 年能源平衡表和温室气体清单编制数据计算获得。

上海市有色金属行业 温室气体排放监测计划

排放主体（盖章）：

报告年度：

编制日期： 年 月 日

上海市发展和改革委员会制

表 B-1 排放主体基本信息

排放单位名称						
单位性质			监测年度			
组织机构代码			法定代表人及职务			
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 (职称)		电话	
	传真		手机		电子邮箱	

表 B-2 基本排放情况说明

排放边界说明	
1、直接排放 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、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	☐ 燃烧排放
	☐ 过程排放
☐ 间接排放	

表 B-3 活动水平数据获取方式说明

化石燃料、外购电力热力消耗数据获取	
品种	获取方式
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 估算 ☐ 其他
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 估算 ☐ 其他
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 估算 ☐ 其他
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 估算 ☐ 其他
	☐ 计量 ☐ 贸易结算及库存量变化 ☐ 估算 ☐ 其他
外售二次能源含碳物质销售数据获取	
品种	获取方式
	☐ 计量 ☐ 贸易结算 ☐ 估算 ☐ 其他

表 B-4 相关参数获取方式说明

生产系统 /设备	燃料 品种	低位热值		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	

表 B-5 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

上海市有色金属行业 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

上海市发展和改革委员会制

(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			报告年度			
组织机构代码			法定代表人及职务			
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 (职称)		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

排放边界说明
1、直接排放 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、间接排放 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）监测实施情况说明

表 C-4 监测实施情况说明

是否与监测计划一致	☐ 是 ☐ 否
监测计划是否更改	☐ 是 ☐ 否
监测计划更改说明与相关附件	
排放类型	
☐ 直接排放	☐ 燃烧排放
	☐ 过程排放
☐ 间接排放	

（三）温室气体排放核算—直接排放

表 C-5 化石燃料燃烧

[illegible]

表 C-7 外售二次能源含碳物质对应排放

能源品种	单位	销售量	低位热值(KJ/Kg 或 KJ/m ³)			单位热值含碳量(t-C/TJ)			排放量 (t CO ₂)
			量值	来源	备注	量值	来源	备注	
				☐ 检测值 ☐ 缺省值			☐ 检测值 ☐ 缺省值		

(四) 温室气体排放核算—间接排放

表 C-8 外购电力、热力的间接排放

能源品种	外购量 (10 ⁴ kWh 或 GJ)	排放因子	排放量 (t CO ₂)
电力		7.88 t CO ₂ / 10 ⁴ kWh	
热力		0.11t CO ₂ /GJ	

(五) 温室气体排放总量

表 C-9 温室气体排放汇总 (单位: t CO₂)

排放类型		排放量
直接排放	化石燃料燃烧排放	
间接排放		
总排放量		
上一年度总排放		

（六）不确定性说明

表 C-10 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

(七) 其他说明

表 C-11 其他说明

其他应说明的情况
（如生物质燃料排放、废弃物处置等内容）

（八）真实性声明

表 C-12 真实性声明

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）：（签字）

（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。通过单个参数的不确定性得到总的不确定性主要有两种方法：一是使用误差传播定律，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，在此重点介绍误差传播定律法。对于单个排放主体温室气体排放主要应用两个误差传播公式，一是加减运算的误差传播公式，二是乘除运算的误差传播公式。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：

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

式中：

U_c 是总的不确定性（%）；

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

$\mu_{s1} \cdots \mu_{sn}$ 是 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 1 误差传播公式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：

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

式中：

U_c 是总的不确定性（%）；

$U_{s1} \cdots U_{sn}$ 是 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 $9000 \pm 5\%$ 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：

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