

# 实验报告

以某煤制甲醇生产企业 20XX 年生产数据为例，计算煤制甲醇产品碳足迹及计量评价。

## 一、煤制甲醇产品碳足迹量化

### 1. 确定系统边界

煤制甲醇产品碳足迹量化运用生命周期评价方法，其生命周期系统边界为“从摇篮到大门”，包括原材料和能源获取、运输和煤制甲醇生产阶段。煤制甲醇产品碳足迹量化系统边界见图 1。

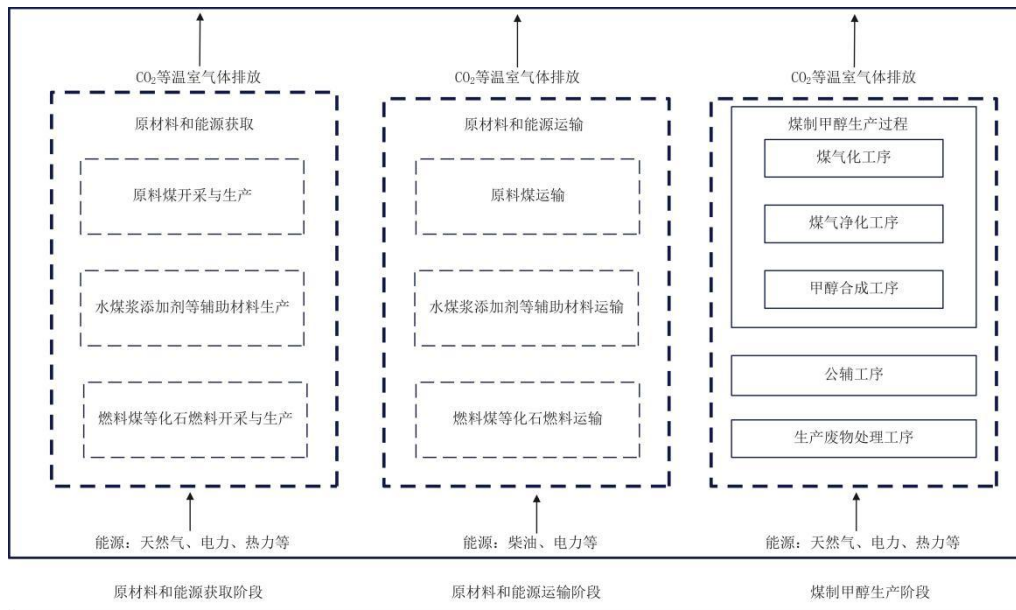


图 1 煤制甲醇产品碳足迹系统边界图

### 2. 清单收集

#### 2.1 原材料和能源获取阶段

根据企业提供的原辅材料分析，结合取舍原则（可舍弃产品碳足迹影响小于 1% 的环节，但舍弃环节总的影响不超过产品碳足迹总量的 5%），原材料获取阶段主要温室气体排放为烟煤获取产生的温室气体排放。原料煤和燃料煤通过电子汽车衡计量，

共计 1525086.48 t，经查煤炭开采排放因子 1.742kgCO<sub>2</sub>e/kg，故原材料和能源获取阶段温室气体排放量为 2656700.65tCO<sub>2</sub>e。

## 2.2 原材料和能源运输阶段

根据原辅材料运输分析，企业原料煤、燃料煤主要通过皮带传送，其他辅助材料温室气体排放计算累计不超过 1kg 二氧化碳，故原材料运输阶段温室气体排放不予考虑。

## 2.3 煤制甲醇生产阶段

### (1) 初级数据获取计量情况

煤制甲醇生产阶段燃料和原料所用烟煤消耗量通过 0.5 级皮带秤进行称重，皮带秤的最大允许误差为±0.5%；甲醇等煤化工产品产量及其他含碳输出物输出量由准确度等级为Ⅲ级的汽车衡获取；电力消耗数据由 0.2s 级的电表计量获取；燃料煤和原料煤的元素碳含量使用元素分析仪进行测量；废弃物处置量用准确度等级为Ⅲ级的汽车衡获取。

### (2) 温室气体排放量计算

该企业煤制甲醇生产阶段根据 GB 32151.10 计算得到化石燃料燃烧排放 703912.53 tCO<sub>2</sub>e，煤制甲醇生产过程排放 1607824.43 tCO<sub>2</sub>e，净购入电力产生的排放为 148645.18 tCO<sub>2</sub>e，废弃物处置产生的温室气体排放 0.04tCO<sub>2</sub>e。根据取舍原则，可忽略废弃物处置产生的温室气体排放，故煤制甲醇生产阶段的温室气体排放量为 2460382.14 tCO<sub>2</sub>e。

## 2.4 煤制甲醇产品碳足迹计算

该企业煤制甲醇产品碳足迹  $CFP_{\text{甲醇}} = (2656700.65\text{tCO}_2\text{e} + 2460382.14\text{tCO}_2\text{e}) / 703714.86\text{t} = 7.27\text{t CO}_2\text{e/t}$

## 二、煤制甲醇产品碳足迹量化计量评价

### 1. 原材料和能源获取阶段温室气体排放量标准不确定度

原材料获取阶段主要温室气体排放为烟煤获取产生的温室气体排放，原材料或化石燃料获取的碳足迹因子引入的不确定度不进行评定，故烟煤测量引入的不确定度即

为原材料和能源获取阶段温室气体排放量标准不确定度。

企业烟煤通过电子汽车衡计量，汽车衡的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ ，则测量仪器引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel,仪器}}(FC) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\%$$

汽车衡重复性引入的不确定度采用A类不确定度评定方法，已知6次测量中皮带秤测量结果间的最大偏差不超过0.5%，根据极差法可得：

$$u_{\text{rel,重复性}}(FC) = s_{\text{测量}} = \frac{0.5\%}{2.53} = 0.198\%$$

则烟煤消耗量引入的相对不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(FC) = \sqrt{u_{\text{rel,仪器}}^2(FC) + u_{\text{rel,重复性}}^2(FC)} = 0.35\%$$

则原材料和能源获取阶段温室气体排放量相对不确定度 $u_{\text{rel}}(E_{\text{获取}})$ 为0.35%，原材料和能源获取阶段温室气体排放量为2656700.65tCO<sub>2</sub>e，其标准不确定度 $u(E_{\text{获取}})$ 为9298.45tCO<sub>2</sub>e。

## 2. 原材料和能源运输阶段温室气体排放量标准不确定度

因原材料运输阶段温室气体排放低于1%，故原材料和能源运输阶段温室气体排放量标准不确定度不进行评定。

## 3. 煤制甲醇生产阶段温室气体排放量标准不确定度

该企业煤制甲醇生产阶段温室气体排放量标准不确定度主要包括燃料燃烧排放量的不确定度、煤制甲醇生产过程排放量的不确定度和净购入电力排放量的标准不确定度。

### (1) 燃料燃烧排放量的不确定度

燃料消耗量引入的不确定度：

$$u_{\text{rel,仪器}}(FC) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\%$$

$$u_{\text{rel,重复性}}(FC) = s_{\text{测量}} = \frac{0.5\%}{2.53} = 0.198\%$$

$$u_{\text{rel}}(FC) = \sqrt{u_{\text{rel,仪器}}^2(FC) + u_{\text{rel,重复性}}^2(FC)} = 0.35\%$$

燃煤元素碳含量的不确定度:

$$u_{\text{rel,误差}}(C_{\text{ar}}) = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.12\%$$

$$u_{\text{rel,重复性}}(C_{\text{ar}}) = 0.11\%$$

$$u_{\text{rel}}(C_{\text{ar}}) = \sqrt{u_{\text{rel,误差}}^2(C_{\text{ar}}) + u_{\text{rel,采样}}^2(C_{\text{ar}})} = 3.60\%$$

燃煤燃烧产生的排放量相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(E_{\text{燃烧}}) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(FC) + u_{\text{rel}}^2(C_{\text{ar}})} = 3.67\%$$

燃煤燃烧排放量标准不确定度为:

$$u_{\text{燃烧}}(E) = E_{\text{燃烧}} \times u_{\text{rel,燃烧}}(E) = 25833.59 \text{ tCO}_2$$

## (2) 煤制甲醇生产过程排放量的不确定度

原料煤消耗量的不确定度:

$$u_{\text{rel,仪器}}(AD) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\%$$

$$u_{\text{rel,重复性}}(AD) = s_{\text{测量}} = \frac{0.5\%}{2.53} = 0.198\%$$

$$u_{\text{rel}}(AD) = \sqrt{u_{\text{rel,仪器}}^2(AD) + u_{\text{rel,重复性}}^2(AD)} = 0.35\%$$

原料煤元素碳含量引入的不确定度:

$$u_{\text{rel}}(C_{\text{ar}}) = \sqrt{u_{\text{rel,误差}}^2(C_{\text{ar}}) + u_{\text{rel,采样}}^2(C_{\text{ar}})} = 3.60\%$$

原料煤使用产生的排放量相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(E_{\text{原料煤}}) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(AD) + u_{\text{rel}}^2(C_{\text{ar}})} = 3.62\%$$

原料煤使用产生的排放量标准不确定度为:

$$u(E_{\text{原料煤}}) = E_{\text{原料煤}} \times u_{\text{rel}}(E_{\text{原料煤}}) = 98839.83 \text{ tCO}_2$$

甲醇产量不确定度为:

$$u_{\text{rel,仪器}}(AD_{\text{甲醇}}) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\%$$

$$u_{\text{rel,重复性}}(AD_{\text{甲醇}}) = s_{\text{测量}} = \frac{0.5\%}{2.53} = 0.198\%$$

$$u_{\text{rel}}(AD_{\text{甲醇}}) = \sqrt{u_{\text{rel,仪器}}^2(AD_{\text{甲醇}}) + u_{\text{rel,重复性}}^2(AD_{\text{甲醇}})} = 0.35\%$$

甲醇产品隐含碳排放量的相对不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(E_{\text{甲醇}}) = u_{\text{rel}}(AD_{\text{甲醇}}) = 0.35\%$$

甲醇产品隐含碳排放量标准不确定度为：

$$u(E_{\text{甲醇}}) = E_{\text{甲醇}} \times u_{\text{rel}}(E_{\text{甲醇}}) = 3386.63 \text{ tCO}_2$$

因甲醇产品隐含排放量不确定度较大，不考虑杂醇油隐含排放量的不确定度，故含碳产品隐含的排放量的标准不确定度即为甲醇产品隐含的排放量的标准不确定度，为 3386.63tCO<sub>2</sub>。

气化渣产量采用汽车衡进行称重，故气化渣产量引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(AD_{\text{气化渣}}) = 0.35\%$$

气化渣碳含量与燃料煤元素碳含量测量方法一致，气化渣碳含量引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(CC_{\text{气化渣}}) = 3.60\%$$

气化渣隐含碳排放量的标准不确定度为：

$$u(E_{\text{气化渣}}) = E_{\text{气化渣}} \times u_{\text{rel}}(E_{\text{气化渣}}) = 5559.81 \text{ tCO}_2$$

煤制甲醇生产过程排放量的标准不确定度为：

$$u(E_{\text{过程}}) = \sqrt{u^2(E_{\text{原料煤}}) + u^2(E_{\text{甲醇产品}}) + u^2(E_{\text{气化渣}})} = 99053.99 \text{ tCO}_2$$

(3) 净购入电力排放量的标准不确定度为：

$$u(E_{\text{电力}}) = E_{\text{电力}} \times u_{\text{rel}}(E_{\text{电力}}) = 429.58 \text{ tCO}_2$$

(4) 废弃物处置产生的温室气体排放的标准不确定度

根据取舍原则，废弃物处置产生的温室气体排放为 0.04tCO<sub>2</sub>e，可忽略废弃物处置产生的温室气体排放，故不考虑废弃物处置产生的温室气体排放引入的不确定度。

故煤制甲醇生产阶段温室气体排放量标准不确定度为：

$$u(E_{\text{生产}}) = \sqrt{u^2(E_{\text{燃烧}}) + u^2(E_{\text{过程}}) + u^2(E_{\text{电力}})} = 102368.22 \text{tCO}_2$$

#### 4.煤制甲醇产品碳足迹标准不确定度计算

煤制甲醇系统边界内温室气体排放量标准不确定度为：

$$u(E) = \sqrt{u^2(E_{\text{获取}}) + u^2(E_{\text{生产}})} = 106734.02 \text{tCO}_2\text{e}$$

煤制甲醇系统边界内温室气体排放量为 5117082.79tCO<sub>2</sub>e，则煤制甲醇系统边界内温室气体排放量相对标准不确定度  $u_{\text{rel}}(E)$  为 2.09%。

甲醇产量相对标准不确定度为 0.35%，煤制甲醇产品碳足迹为 7.27t CO<sub>2</sub>e/t，故煤制甲醇产品碳足迹标准不确定为：

$$u(CFP) = CFP \times \sqrt{u_{\text{rel}}^2(E) + u_{\text{rel}}^2(P)} = 0.15 \text{tCO}_2\text{e/t}$$

取包含因子  $k=2$ ，则煤制甲醇产品碳足迹的扩展不确定度及相对扩展不确定度为：

$$U = 2u(CFP) = 0.30 \text{tCO}_2\text{e/t}$$

$$U_{\text{rel}} = 4.13\%$$

### 三、实验报告

## 煤制甲醇产品碳足迹计量评价报告

证书编号 XX 号 第 X 页/共 X 页

报告主体: XX 煤制甲醇生产企业

报告年度: 20XX 年度

接收日期: 2025 年 XX 月 XX 日

计量日期: 2025 年 XX 月 XX 日

发布日期: 2025 年 XX 月 XX 日

批 准: \_\_\_\_\_

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

JJFXXX-20XX 温室气体 产品碳足迹量化计量评价技术规范 煤制甲醇

2. 本报告所引用的技术报告

表A.1 基本信息

生产者信息	生产者名称	XX
	地址	XX
	授权人（联系人）	XX
	联系电话	XX
产品信息	产品名称	煤制甲醇
	产品功能	XX
	产品介绍	XX
	产品图片	Xx

表A.2 产品碳足迹计量范围

声明单位	1t甲醇
系统边界	<input checked="" type="checkbox"/> 原材料和能源获取阶段 <input checked="" type="checkbox"/> 原材料和能源运输阶段 <input checked="" type="checkbox"/> 煤制甲醇生产阶段
取舍准则	煤制甲醇产品碳足迹量化过程可舍弃产品碳足迹影响小于1%的环节，但舍弃环节总的影响不超过产品碳足迹总量的5%。
时间范围	XX年度

表A.3 生命周期排放清单说明

生命周期阶段	种类	碳足迹/ (tCO <sub>2</sub> e/声明单位)	不确定度/t CO <sub>2</sub>
原材料和能源获取	烟煤获取	2656700.65	9298.45
煤制甲醇生产	化石燃料燃烧	703912.53	25833.59
	煤制甲醇生产过程	1607824.43	99053.99
	净购入电力	148645.18	429.58

表A.4 生命周期各阶段碳足迹及不确定度评价结果

生命周期阶段	碳足迹/ (tCO <sub>2</sub> e/声明单位)	不确定度/t CO <sub>2</sub>
原材料和能源获取	2656700.65	9298.45
煤制甲醇生产	2460382.14	102368.22
煤制甲醇产品碳足迹	7.27	0.15