

建筑垃圾处置过程碳排放计量技术规范

测量不确定度评定报告

建筑垃圾处置过程碳排放总量等于计量边界内所有化石燃料燃烧排放量、过程排放量、净购入能源排放量之和。计量规范中（1）和（2）式规定了碳排放量和碳排放强度的计算方法。在实际应用中，活动数据、排放因子的收集有一定的误差存在，因此有必要对碳排放量数据进行不确定度分析。

在起草本规范的过程中，对某固定式垃圾处置场碳排放量进行了核算，固定式垃圾处置场基本信息见表 1。

表 1 示例固定式垃圾处置场基本信息

建筑面积	28443.74m²	建筑类型	工业
建筑地点	上海市	建造时间	XXXX 年
计量周期	2023 年 8 月 1 日至 2024 年 8 月 1 日		
固定式建筑垃圾处置场能耗数据			
电	5833.52MWh	碳排放因子	0.908tCO₂/MWh
柴油	681384.33L	碳排放因子	0.0727 tCO₂/GJ

采用电能表对购入电力进行计量，年耗电量为 5833.52MWh，电网因子采用 LCA 的电力碳排放因子的推荐值，华东区域电网 0.908tCO₂/MWh，净购入电力产生的碳排放量为 5833.52MWh×0.908tCO₂/MWh=5296.84t。电能表的测量不确定度为 1.0%，则其净购入电力活动数据的相对不确定度为 1.0%，标准不确定度为 5296.84t×1.0%=52.968tCO₂。

该固定式建筑垃圾处置场配备了重型柴油货车、轻型柴油货车与柴油柴油发电机，年消耗柴油 681384.33L，柴油的碳排放因子为 0.0727tCO₂/GJ，热值为 0.0358GJ/L，柴油燃烧产生的排放量为 681384.33L×0.0358GJ/L×0.0727tCO₂/GJ=1773.41t。柴油消耗量是通过加油站的加油机与流量计统计，加油机的测量不确定度为 3%，柴油的低位发热量使用量热仪进行测量，量热仪测量不确定度为 1%。

为评估采样不确定度，对同批次柴油进行了 5 次采样测量，低位发热量结果为：42.649GJ/t、42.651GJ/t、42.653GJ/t、42.655GJ/t、42.652GJ/t，则其低位发热量采样不确定度为：

$$u_{N采} = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0.1\%$$

其低位发热量不确定度为：

$$\frac{u(N)}{N} = \sqrt{\left(u_{N\text{采}}\right)^2 + \left(u_{\text{热测}}\right)^2} = \sqrt{0.001^2 + 0.01^2} = 1.001\%$$

因此该办公楼用柴油活动数据的不确定度为：

$$\frac{u(A)}{A} = \sqrt{\left[\left(\frac{u(F)}{F}\right)^2 + \left(\frac{u(N)}{N}\right)^2\right]} = \sqrt{0.03^2 + 0.001001^2} = 3.002\%$$

由于该固定式建筑垃圾处置场不具备测定柴油碳氧化率的条件，碳氧化率采用了默认值，因此其排放因子的不确定度仅考虑柴油单位发热量含碳量测量不确定度，柴油的含碳量使用元素分析仪进行测量，为评估含碳量采样不确定度，对同批次柴油进行了 5 次采样测量，含碳量结果为：86.15%、86.19%、86.21%、86.22%、86.22%，则其含碳量采样不确定度为：

$$u_{\text{碳采}} = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 1.32\%$$

元素分析仪测量不确定度为 2%，结合采样引起的不确定度，其排放因子不确定度为：

$$\begin{aligned} \frac{u(C)}{C} &= \sqrt{\left(u_{\text{碳采}}\right)^2 + \left(u_{N\text{采}}\right)^2 + \left(u_{\text{碳测}}\right)^2 + \left(u_{\text{热测}}\right)^2} \\ &= \sqrt{0.0132^2 + 0.001^2 + 0.02^2 + 0.01^2} = 2.60\% \end{aligned}$$

柴油燃烧产生的排放量标准不确定度为：

$$\begin{aligned} u(T_{\text{柴油}}) &= \sqrt{T_{\text{柴油}}^2 \cdot \left[\left(\frac{u(A)}{A}\right)^2 + \left(\frac{u(E)}{E}\right)^2\right]} \\ &= \sqrt{1773.41^2(0.03002^2 + 0.026^2)} = 70.429 \text{ tCO}_2 \end{aligned}$$

综合以上分析，该固定式建筑垃圾处置场总碳排放量标准不确定度为

$$\sqrt{52.968^2 + 70.429^2} = 88.124 \text{ tCO}_2$$

相对不确定度为 $88.124/(5296.84+1773.41)=1.25\%$ ，拓展相对不确定度为 2.50%（k=2）。