中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXX

企业温室气体排放核算数据质量计量评价技术规范 发电行业

Technical Specification for Metrological Quality Evaluation of Corporate Greenhouse Gas Emission Accounting Data Power Generation Industry

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布　　202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

企业温室气体排放核算数据质量计量评价技术规范 发电行业

JJF XXXX-XXXX

Technical Specification for Metrological Quality Evaluation of Corporate Greenhouse Gas Emission Accounting Data Power Generation Industry

归 口 单 位：全国碳达峰碳中和计量技术委员会电力计量分技术委员会

主要起草单位：广东省计量科学研究院

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

电力计量分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

XXX（）

XXX（）

XXX（）

参加起草人：

XXX（）

XXX（）

XXX（）

XXX（）

目 录

引　　言.....II
1　范围.....1
2　引用文件.....1
3　术语与定义.....1
4　数据边界与范围.....2
4.1　数据边界.....2
4.2　数据范围.....2
5　二氧化碳排放量不确定度评定.....3
6　碳排放核算数据质量计量评价.....4
7　计量评价结果表达.....4
附录 A 燃煤燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度评定方法.....5
附录 B 燃气燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度评定方法.....12
附录 C 燃油燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度评定方法.....15
附录 D 企业温室气体排放核算数据质量计量评价报告（格式）.....17

引　　言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》共同构成支撑本规范编写工作的基础性系列规范。本规范参考了 GB/T 32151.1《温室气体排放核算与报告要求 第 1 部分：发电企业》、CETS-AG-01.01-V04《企业温室气体排放核算与报告指南 发电设施》的部分内容。

本规范为首次发布。

企业温室气体排放核算数据质量计量评价技术规范 发电行业

1 范围

本规范规定了发电行业重点排放单位（含自备电厂）（以下简称发电企业）温室气体排放核算数据边界与范围、数据计量要求、数据质量评价指标、计量评价结果表达和计量评价周期。

本规范适用于发电企业使用燃煤、燃油、燃气等化石燃料及掺烧化石燃料的纯凝发电机组和热电联产机组等发电设施的温室气体排放核算数据质量计量评价。

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 1059.2 用蒙特卡洛法评定测量不确定度

GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法

GB/T 17747 天然气压缩因子的计算 第 2 部分：用摩尔组成进行计算

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 32151.1 温室气体排放核算与报告要求 第 1 部分：发电企业

GB/T 9110 原油立式金属罐计量 油量计量方法

CETS-AG-01.01-V04 企业温室气体排放核算与报告指南 发电设施

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 术语与定义

GB/T 32150、GB/T 32151.1、CETS-AG-01.01-V04 界定的以及下列术语和定义适用于本规范。

3.1 发电设施 power generation facilities

存在于某一地理边界、属于某一组织单元或生产过程的电力生产装置集合。

[来源：CETS-AG-01.01-V04，定义 3.3]

3.2 核算边界 accounting boundary

与具有温室气体排放行为的法人企业或视同法人的独立核算单位的生产经营活动相关的温室气体排放范围。

[来源：GB/T 32150，定义 3.4]

3.3 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。

[来源：GB/T 32151.1，定义 3.7]

3.4 不确定度 uncertainty

根据所用到的信息，表征赋予被测量值分散性的非负参数。

[来源：JJF 1059.1，定义 3.12]

3.5 蒙特卡洛法 Monte Carlo simulation

简称 MCM，利用对概率分布进行随机抽样而进行分布传播的方法。

[来源：JJF 1059.2，定义 3.19]

4 数据边界与范围

4.1 数据边界

发电企业温室气体排放核算边界为发电设施，主要包括燃烧系统、汽水系统、电气系统、控制系统和除尘及脱硫脱硝等装置集合，不包括厂区内其他辅助生产系统以及附属生产系统。发电企业温室气体排放核算数据质量计量评价边界与上述核算边界保持一致，即针对燃烧系统、汽水系统、电气系统、控制系统和除尘及脱硫脱硝等装置的集合所产生的温室气体排放核算数据进行数据质量评价，如图 1 所示。

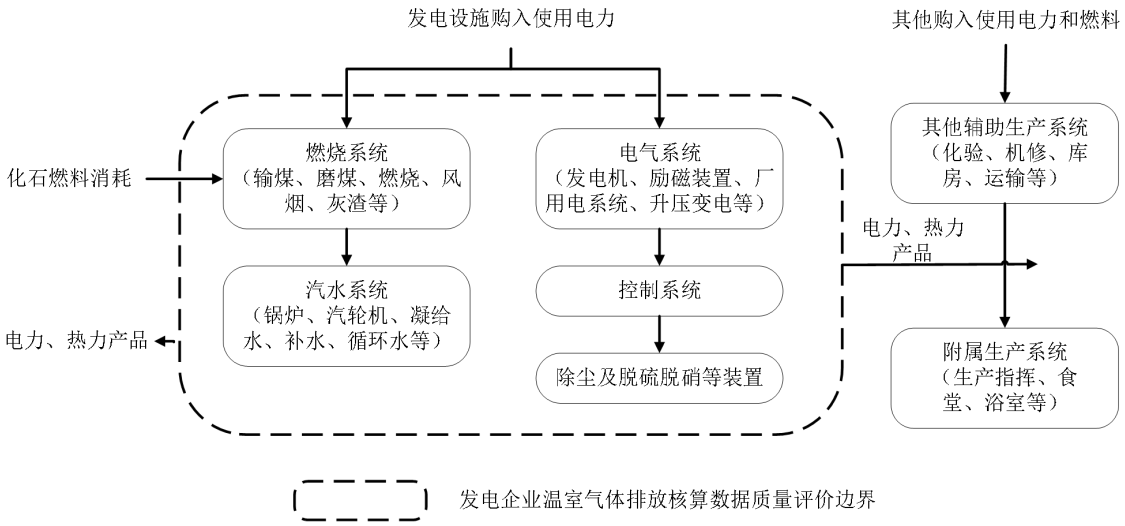

图 1 发电企业温室气体排放核算数据质量评价边界示意图

4.2 数据范围

纳入数据质量计量评价的温室气体排放核算数据仅限于该发电设施运行过程中化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，一般包括发电锅炉（含启动锅炉）、燃气轮机等主要生产系统消耗的化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，以及脱硫脱硝等装置使用化石燃料加热烟气的二氧化碳排放量，不包括应急柴油发电机组、移动源、食堂等其他设施消耗化石燃料产生的排放。对于掺烧化石燃料的生物质发电机组、垃圾（含污泥）焚烧发电机组等产生的二氧化碳排放量，仅统计其中化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量。

5 二氧化碳排放量不确定度评定

5.1 二氧化碳排放量核算公式

发电设施年度二氧化碳排放量等于该设施各月二氧化碳排放量之和，按式（1）计算：

$$E=\sum_{i=1}^{n}E_i \tag{1}$$

式中：

E ——发电设施年度二氧化碳排放量，tCO_2；

E_i ——第 i 月二氧化碳排放量，tCO_2；

i ——月份，i=1~12。

月度二氧化碳排放量为该月各种化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量之和，按式（2）计算；

$$E_i=\sum\nolimits_{j=1}^{n}\left(FC_j\times C_{ar,j}\times OF_j\times\frac{44}{12}\right) \tag{2}$$

式中：

FC_j ——第 j 种化石燃料的消耗量，对固体或液体燃料，单位为吨（t）；对气体燃料，单位为万标准立方米（10^4Nm^3）；

$C_{ar,j}$ ——第 j 种化石燃料的收到基元素碳含量，对固体或液体燃料，单位为吨碳每吨（tC/t）；对气体燃料，单位为吨碳每万标准立方米（$tC/10^4Nm^3$）；

OF_j ——第 j 种化石燃料燃烧的碳氧化率，%；

44/12 ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

5.2 二氧化碳排放量不确定度评定

发电设施年度二氧化碳排放量不确定度由该设施各月二氧化碳排放量不确定度合成，按式（3）计算：

$$u(E)=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left[u(E_i)\right]^2} \tag{3}$$

式中：

$u(E)$ ——发电设施年度二氧化碳排放量不确定度，tCO_2；

$u(E_i)$ ——第 i 月二氧化碳排放量不确定度，tCO_2；

i ——月份，i=1~12。

月度二氧化碳排放量不确定度由该月各种化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度合成，按式（44）计算

$$u(E_i)=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left[u(E_j)\right]^2} \tag{4}$$

式中：

$u(E_j)$ ——该月第 j 种化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度，tCO_2；

j ——燃料种类编号，j=1~n 。

燃煤、燃气、燃油燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度评定方法分别依据附录 A、附录 B、附录 C。

6 碳排放核算数据质量计量评价

发电企业碳排放核算数据质量计量评价指标采用相对扩展不确定度进行表征。单个发电设施二氧化碳气体排放量的相对扩展不确定度应满足表 1 的要求。

表 1 碳排放核算数据质量计量评价

单个发电设施二氧化碳气体排放量 t（万吨/年）	相对扩展不确定度要求（U_{rel}，k=2）
t＜50	≤7.5%
50≤t＜300	≤5%
300≤t＜500	≤4%
t≥500	≤3%

7 计量评价结果表达

经计量评价的企业温室气体排放核算数据出具企业温室气体排放核算数据质量计量评价报告。报告应至少包括以下信息：

a）标题：“企业温室气体排放核算数据质量计量评价报告”；

b）企业名称和地址；

c）报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

d）进行评估的日期；

e）所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

f）企业温室气体排放量及不确定度计量评价结果及说明；

g）对技术规范的偏离的说明；

h）报告签发人的签名、职务或等效标识；

i）评估结果仅对被评估对象有效的说明；

j）未经实验室书面批准，不得部分复制报告的声明。

企业温室气体排放核算数据质量计量评价报告的报告内页可参照附录 D 的格式。

8 计量评价周期

企业可根据实际情况确定温室气体排放核算数据质量计量评价周期。结合温室气体排放核算指南与报告周期，建议计量评价周期为 1 年。

附录 A

燃煤燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度评定方法

A.1 燃煤消耗量不确定度

燃煤消耗量不确定度主要包含两个分量：测量误差引入的不确定度和测量重复性引入的不确定度，按式（A-1）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}(FC)=\sqrt{u_{\mathrm{rel},\Delta}^2(FC)+u_{\mathrm{rel,rep}}^2(FC)} \qquad \text{（A-1）}$$

式中：

$u_{\mathrm{rel},\Delta}(FC)$ ——测量误差引入的不确定度，%；

$u_{\mathrm{rel,rep}}(FC)$ ——测量重复性引入的不确定度，%。

测量误差引入的不确定度按 B 类方法评定。入炉煤消耗量由皮带秤计量，最大允许误差为±Δ，测量误差引入的不确定度按式（A-2）计算：

$$u_{\mathrm{rel},\Delta}(FC)=\frac{\Delta}{\sqrt{3}} \qquad \text{（A-2）}$$

测量重复性引入的不确定度采用 A 类评定方法评定，按式（A-3）计算：

$$u_{\mathrm{rel,rep}}(FC)=\frac{s_{\mathrm{FC}}}{\overline{FC}} \qquad \text{（A-3）}$$

式中：

s_{FC} ——重复性测量结果的标准差，t；

$\overline{FC}$ ——重复性测量结果平均值，t。

A.2 燃煤收到基元素碳含量不确定度

A.2.1 燃煤收到基元素碳含量

燃煤收到基元素碳含量由空气干燥基元素碳含量、收到基水分和空气干燥基水分换算得到，按式（A-4）计算：

$$C_{\mathrm{ar}}=C_{\mathrm{ad}}\times\frac{100-M_{\mathrm{ar}}}{100-M_{\mathrm{ad}}} \qquad \text{（A-4）}$$

式中：

C_{ad} ——空气干燥基元素碳含量，tC/t；

M_{ar} ——收到基水分，采用排放单位测量值，%；

M_{ad} ——空气干燥基水分，采用检测样品数值，%。

燃煤收到基元素碳含量不确定度由采样、制样和化验三个环节引入的不确定度构成。其中，化验环节包括空气干燥基元素碳含量、收到基水分和空气干燥基水分测量引入的不确定度。

以采样、制样和化验各环节引入的输入量为不确定度来源，采用蒙特卡洛法（MCM）进行分布传播，评定燃煤收到基元素碳含量的不确定度。

A.2.2 采样环节引入的不确定度

采样环节引入的不确定度包括采样重复性引入的不确定度及采样偏倚引入的不确定度两个分量，按式（A-5）计算：

$$u_{\mathrm{S}}=\sqrt{u_{\mathrm{S,rep}}^{2}+u_{\mathrm{S,B}}^{2}} \qquad \text{（A-5）}$$

式中：

$u_{\mathrm{S,rep}}$ ——采样重复性引入的标准不确定度，%；

$u_{\mathrm{S,B}}$ ——采样偏倚引入的标准不确定度，%。

采样机采样重复性所引入的不确定度按式（A-7）计算：

$$V_{\mathrm{SPT}}=s_{\mathrm{P}}{}^{2} \qquad \text{（A-6）}$$

$$u_{\mathrm{S,rep}}=\sqrt{V_{\mathrm{S}}}=\sqrt{V_{\mathrm{SPT}}-V_{\mathrm{PT1}}} \qquad \text{（A-7）}$$

式中：

s_{P} ——采样精密度试验结果的标准差；

V_{SPT} ——采样精密度试验过程采样、制样和化验的总方差；

V_{PT1} ——第三方制样化验方差（大颗粒）。

采样偏倚引入的不确定度按式（A-8）计算，若未检测到偏倚，则不考虑此项不确定度分量。

$$u_{\mathrm{S,B}}=\frac{B_{\mathrm{S}}}{k_{p}} \qquad \text{（A-8）}$$

式中：

B_{S} ——采样系统存在的最大偏倚，%；

k_{p} ——95%置信概率下正态分布包含因子。

A.2.3 制样环节引入的不确定度

制样环节引入的不确定度包括制样重复性引入的不确定度、人工制样引入的不确定度及制样偏倚引入的不确定度三个分量，按式（A-9）计算：

$$u_{\mathrm{P}}=\sqrt{u_{\mathrm{EP,rep}}^{2}+u_{\mathrm{MP,rep}}^{2}+u_{\mathrm{P,B}}^{2}} \qquad \text{（A-9）}$$

式中：

$u_{\mathrm{EP,rep}}$ ——制样重复性引入的标准不确定度，%；

$u_{\mathrm{MP,rep}}$ ——人工制样引入的标准不确定度，%；

$u_{\mathrm{P,B}}$ ——制样偏倚引入的标准不确定度，%。

制样机制样重复性所引入的标准不确定度按式（A-11）计算：

$$V_{\mathrm{PT}}=s_{\mathrm{T}}{}^{2} \qquad \text{（A-10）}$$

$$u_{\mathrm{EP,rep}}=\sqrt{V_{\mathrm{P}}}=\sqrt{V_{\mathrm{PT}}-V_{\mathrm{PT2}}} \qquad \text{（A-11）}$$

式中：

s_{P} ——制样精密度试验结果的标准差；

V_{PT} ——制样精密度试验过程制样和化验的总方差；

V_{PT2} ——第三方制样化验方差（小颗粒）。

人工制样重复性引入的不确定度可由实验室按例行制样程序进行实测，也可根据制样阶段、化验阶段的方差比例关系进行估算。以估算法为例，按 1 个缩分阶段的方差为化验方差的 2 倍估算，则人工制样重复性引入的不确定度按式（A-12）计算：

$$u_{\mathrm{MP,rep}}=\sqrt{V_{\mathrm{MP}}}=\sqrt{2V_{\mathrm{T}}}=\sqrt{\frac{r^2}{4}} \qquad \text{（A-12）}$$

式中：

V_{MP} ——缩分阶段人工制样方差；

V_{T} ——化验阶段化验方差；

r ——化验阶段分析试验方法的重复性限。

制样偏倚引入的不确定度按式（A-13）计算；若未检测到偏倚，则不考虑此项不确定度分量。

$$u_{\mathrm{P,B}}=\frac{B_{\mathrm{P}}}{k_p} \qquad \text{（A-13）}$$

式中：

B_{P} ——制样系统存在的最大偏倚，%；

k_p ——95%置信概率下正态分布包含因子，1.96。

A.2.4 空气干燥基元素碳含量测量引入的不确定度

测试结果采用漂移校正后的校正因子进行修正计算，燃煤空气干燥基元素碳含量按式（A-14）计算：

$$C_{\mathrm{ad}}=\frac{C}{m}\times f\times 100\% \qquad \text{（A-14）}$$

式中：

C ——元素分析仪测定出的碳绝对含量，mg；

m ——煤的质量，mg；

f ——元素分析仪的碳元素漂移校正因子。

元素分析仪测定煤中空气干燥基元素碳含量的过程中，不确定度的来源包括：

1）样品称量引入的不确定度

称取质量为A mg的样品时，使用感量为α的电子天平，其最大允许误差为$\pm\Delta_1$。样品称量引入的不确定度按式（A-15）计算：

$$u_{\mathrm{rel,1,m}}=\frac{\Delta_1}{\sqrt{3}\times A} \qquad \text{（A-15）}$$

天平的分度值为γ_1 ，其示值分辨力引入的不确定度按式（A-16）计算：

$$u_{\mathrm{rel,2,m}}=\frac{\gamma_1}{2\sqrt{3}\times A} \qquad \text{（A-16）}$$

上述不确定度分量，样品称量引入的不确定度按式（A-17）计算：

$$u_{\mathrm{rel,m}}=\sqrt{u^2_{\mathrm{rel,1,m}}+u^2_{\mathrm{rel,2,m}}} \qquad \text{（A-17）}$$

2）元素分析仪引入的不确定度

设分析仪最大允许误差为±Δ_2。设空气干燥基元素碳含量实测值为a，则元素分析仪测量引入的不确定度按式（A-18）计算：

$$u_{\mathrm{rel},\Delta}=\frac{\Delta_2}{\sqrt{3}\times \mathrm{a}} \qquad \text{（A-18）}$$

3）测定样品时日漂移校正因子引入的不确定度

测定碳含量时，采用煤物理特性和化学成分标准物质进行日漂移校正。根据煤物理特性和化学成分标准物质GBW11102 证书给出的元素定值X、标准不确定度$u(X)$及日校正因子的计算方法，日漂移校正因子引入的不确定度按式（A-19）计算：

$$u_{\mathrm{rel,d}}=\frac{u(X)}{\sqrt{3}\times X} \qquad \text{（A-19）}$$

4）元素分析仪测量重复性引入的不确定度

采用预评估重复性法计算，预先对类似煤样进行 10 次重复测量，求得测试结果的标准差$s(C_{\mathrm{ad}})$，则测量重复性引入的不确定度按式（A-20）计算：

$$u_{\mathrm{rel,rep}}=\frac{s(C_{\mathrm{ad}})}{\sqrt{2}} \qquad \text{（A-20）}$$

上述各不确定度互相独立，空气干燥基元素碳含量的不确定度按式（A-21）合成：

$$u_{\mathrm{rel}}(C_{\mathrm{ad}})=\sqrt{u^2_{\mathrm{rel,m}}+u^2_{\mathrm{rel},\Delta}+u^2_{\mathrm{rel,d}}+u^2_{\mathrm{rel,rep}}} \qquad \text{（A-21）}$$

A.2.4 空气干燥基水分测量引入的不确定度

空气干燥基水分按式（A-22）计算：

$$M_{\mathrm{ad}}=\frac{m_0+m_1-m_2}{m_1}\times 100\% \qquad \text{（A-22）}$$

式中：

m_0 ——空称量瓶的质量，mg；

m_1 ——煤样的质量，mg；

m_2 ——称量瓶和干燥煤样的质量，mg。

工业分析仪测定煤中空气干燥基水分过程中，不确定度的来源包括：

1）称量瓶称量引入的不确定度

称量引入的不确定度主要由天平误差引起，已知电子天平最大允许误差为$\pm\Delta_3$，假设按均匀分布，则由天平称量误差引入的不确定度按式（A-23）计算：

$$u_1(\mathrm{m}_0)=\frac{\Delta_3}{\sqrt{3}} \tag{A-23}$$

天平的分辨力为γ_2 ，由此引入的不确定度按式（A-24）计算：

$$u_2(\mathrm{m}_0)=\frac{\gamma_2}{2\sqrt{3}} \tag{A-24}$$

称量瓶称量引入的不确定度按式（A-25）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}(\mathrm{m}_0)=\frac{\sqrt{u_1^2(\mathrm{m}_0)+u_2^2(\mathrm{m}_0)}}{\mathrm{m}_0} \tag{A-25}$$

2）煤样称量引入的不确定度

煤样质量与称量瓶质量的称量使用同一台天平，称量方法一致，且不确定度各分量评定方法一致，因此，煤样质量称量引入不确定度按式（A-26）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}(\mathrm{m}_1)=\frac{u(\mathrm{m}_1)}{\mathrm{m}_1}=\frac{u(\mathrm{m}_0)}{\mathrm{m}_1} \tag{A-26}$$

3）称量瓶和干燥煤样称量引入的不确定度

连续两次干燥后煤样的质量变化极差不超过 1 mg，假设按均匀分布，区间半宽为 1 mg，因此检查性干燥引入的不确定度式（A-27）计算：

$$u_3(\mathrm{m}_2)=\frac{1mg}{\sqrt{3}} \tag{A-27}$$

称量瓶和干燥煤样称量使用同一台天平，称量方法一致，且不确定度各分量评定方法一致。因此，称量瓶和干燥煤样质量称量引入不确定度按式（A-28）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}(\mathrm{m}_2)=\frac{u(\mathrm{m}_2)}{\mathrm{m}_2}=\frac{\sqrt{u_1^2(\mathrm{m}_0)+u_2^2(\mathrm{m}_0)+u_3^2(\mathrm{m}_2)}}{\mathrm{m}_2} \tag{A-28}$$

4）工业分析仪测量重复性引入的不确定度

采用预评估重复性法计算，预先对类似煤样进行 10 次重复测量，求得测试结果的标准差$s(M_{\mathrm{ad}})$，则测量重复性引入的不确定度按式（A-29）计算：

$$u_{\mathrm{rel,rep}}=\frac{s\left(M_{\mathrm{ad}}\right)}{\sqrt{2}} \tag{A-29}$$

上述各不确定度互相独立，空气干燥基水分测量引入的不确定度按式（A-30）计

算：

$$u_{\mathrm{rel}}(M_{\mathrm{ad}})=\sqrt{u_{\mathrm{rel,m_0}}^2+u_{\mathrm{rel,m_1}}^2+u_{\mathrm{rel,m_2}}^2+u_{\mathrm{rel,rep}}^2} \tag{A-30}$$

A.2.6 收到基水分测量引入的不确定度

将一定质量的全水分试样在规定温度和气氛条件下加热干燥到质量恒定，根据试样干燥前后的质量变化计算收到基水分，按式（A-31）计算：

$$M_{\mathrm{ar}}=\frac{(m+m_0)-(m_1+m_f)}{m} \tag{A-31}$$

式中：

m ——称取的试样质量，mg；

m_0 ——浅盘的质量，mg；

m_1 ——试样和浅盘干燥条件下热态质量，mg；

m_f ——试样和浅盘在干燥条件下的浮力效应值，mg。

全自动水分测定仪测定煤收到基水分的过程中，不确定度的来源包括：

1）称量过程引入的不确定度

空盘称重引入的不确定度主要由天平的准确度引起，称重时使用天平最大允许误差为±Δ_4。空盘称重引入的不确定度按式（A-32）计算：

$$u_{\mathrm{rel,1,m}}=\frac{\Delta_4}{\mathrm{m_1}\times\sqrt{3}} \tag{A-32}$$

煤样称量引入的不确定度按式（A-33）计算：

$$u_{\mathrm{rel,2,m}}=\frac{\sqrt{2}\times\Delta_4}{\sqrt{3}\times\mathrm{m_2}} \tag{A-33}$$

干燥后称量引入的不确定度按式（A-34）计算：

$$u_{\mathrm{rel,3,m}}=\frac{\sqrt{2}\times\Delta_4}{\sqrt{3}\times(\mathrm{m_1}+\mathrm{m_2})} \tag{A-34}$$

上述各分量相互独立，天平称量引入的不确定度按式（A-35）合成：

$$u_{\mathrm{rel,m}}=\sqrt{u_{\mathrm{rel,1,m}}^2+u_{\mathrm{rel,2,m}}^2+u_{\mathrm{rel,3,m}}^2} \tag{A-35}$$

2）浮力效应值测量引入的不确定度

根据标准要求，浮力效应每季度校验一次，极差应不超过A，并取四次测量值的平均值。浮力效应引入的不确定度按式（A-36）计算：

$$u_{\mathrm{rel,f}}=\frac{\mathrm{A}}{\sqrt{4}\times\mathrm{m_1}} \tag{A-36}$$

3）分析仪示值分辨力引入的不确定度

仪器的示值分辨力为δ，示值分辨力引入的不确定度按式（A-37）计算：

$$u_{\mathrm{rel,d}}=\frac{\delta}{2\sqrt{3}\times \mathrm{m}_1} \tag{A-37}$$

4）分析仪测量重复性引入的不确定度

采用预评估重复性法计算，预先对类似煤样进行 10 次重复测量，求得测试结果的标准差s（M_{ar}），则测量重复性引入的不确定度按式（A-38）计算：

$$u_{\mathrm{rel,rep}}=\frac{s\left(M_{\mathrm{ar}}\right)}{\sqrt{2}} \tag{A-38}$$

上述各不确定度互相独立，燃煤收到基全水的不确定度按式（A-39）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}\left(M_{\mathrm{ar}}\right)=\sqrt{u_{\mathrm{rel,m}}^2+u_{\mathrm{rel},f}^2+u_{\mathrm{rel,d}}^2+u_{\mathrm{rel,rep}}^2} \tag{A-39}$$

A.3 碳氧化率引入的不确定度

根据国家生态环境部最新发布的技术指南，在温室气体排放核算中，碳氧化率统一采用缺省值。由于该缺省值与真实值之间存在偏差，且真实值难以通过直接测量准确获取，因此需对真实值的可能取值范围进行估计。

真实值的最大值与最小值可依据以下途径确定：查阅大量技术资料与相关文献、收集同行业碳氧化率实测数据的统计范围，或基于定期委托送检获得的检测结果。

按照保守原则，缺省值与真实值之间偏差的区间半宽度取两者之间可能出现的最大绝对偏差。假设该偏差服从均匀分布，则因采用缺省值而非实测值所引入的标准不确定度可按式（A-40）计算:

$$u_{\mathrm{rel}}(OF)=\frac{1}{OF}\times\frac{\max\left(\left|OF_{\max}-OF\right|,\left|OF_{\min}-OF\right|\right)}{\sqrt{3}} \tag{A-40}$$

式中：

$u_{\mathrm{rel}}(OF)$ ——使用缺省值引入的不确定度；

OF ——所使用的碳氧化率缺省值；

$OF_{\max}$ ——碳氧化率真实值的最大可能值，可根据实测、资料、文献等方式获得；

$OF_{\min}$ ——碳氧化率真实值的最小可能值，可根据实测、资料、文献等方式获得。

A.4 燃煤燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度评定

燃煤燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度以式（2）为计算模型，采用蒙特卡洛法（MCM）评定。将 FC、C_{ar}、OF 作为输入量，依据上述 A.1～A.3 的评定结果，经 MCM 分布传播，以输出量 E 的标准偏差作为燃煤燃烧产生的二氧化碳排放量标准不确定度 $u(E)$。

附录 B

燃气燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度评定方法

B.1 燃气消耗量不确定度

燃气消耗量采用流量计计量，按式（B-1）计算；燃气体积流量按式（B-2）计算：

$$FC = q \times t \times 10^{-4} \qquad \text{（B-1）}$$

$$q = q_{\mathrm{a}} \frac{p_{\mathrm{a}} T_{\mathrm{z}} Z_z}{p_z T_{\mathrm{a}} Z_{\mathrm{a}}} \qquad \text{（B-2）}$$

式中：

FC ——燃气消耗量，$10^4 Nm^3$；

q ——计量参比条件下体积流量，m^3/h；

t ——运行时间，h；

q_{a} ——工作条件下体积流量，m^3/h；

p_{a} ——工作条件下绝对静压力，MPa；

p_{z} ——计量参比条件下绝对静压力，MPa；

T_{a} ——工作条件下气体热力学温度，K；

T_{z} ——计量参比条件下气体热力学温度，K；

Z_{a} ——工作条件下体积压缩因子；

Z_{z} ——计量参比条件下体积压缩因子。

燃气消耗量通常以标准参比条件下的体积流量表征，其不确定度主要来源于工作条件下流量测量、温度、压力及压缩因子引入的不确定度；参比条件下绝对静压力和热力学温度引入的不确定度较小，可忽略。体积流量测量引入的不确定度按式（B-3）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}(q) = \sqrt{u_{\mathrm{rel}}(q_{\mathrm{a}})^2 + u_{\mathrm{rel}}(T_{\mathrm{a}})^2 + u_{\mathrm{rel}}(p_{\mathrm{a}})^2 + u_{\mathrm{rel}}(Z_{\mathrm{a}})^2 + u_{\mathrm{rel}}(Z_{\mathrm{z}})^2} \qquad \text{（B-3）}$$

式中：

$u_{\mathrm{rel}}(q_{\mathrm{a}})$ ——工作条件下体积流量引入的不确定度；

$u_{\mathrm{rel}}(T_{\mathrm{a}})$ ——工作条件下气体热力学温度引入的不确定度；

$u_{\mathrm{rel}}(p_{\mathrm{a}})$ ——工作条件下绝对静压引入的不确定度；

$u_{\mathrm{rel}}(Z_{\mathrm{a}})$ ——工作条件下体积压缩因子引入的不确定度；

$u_{\mathrm{rel}}(Z_{\mathrm{z}})$ ——计量参比条件下体积压缩因子引入的不确定度。

工作条件下体积流量引入的不确定度主要来自流量计最大允许误差。设流量计准确度等级为a，按均匀分布处理，则工作条件下体积流量引入的不确定度按式（B-4）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}(q_{\mathrm{a}})=\frac{a\ \%}{\sqrt{3}} \qquad \text{（B-4）}$$

工作条件下气体热力学温度引入的不确定度主要来自配套温度变送器的最大允许误差。设温度变送器的最大允许误差为±ΔT，按均匀分布处理，则工作条件下气体热力学温度引入的不确定度按式（B-5）计算：

$$u(T_{\mathrm{a}})=\frac{\Delta T}{T\times\sqrt{3}} \qquad \text{（B-5）}$$

式中：

T ——工作条件下气体热力学温度，K。

工作条件下绝对静压力引入的不确定度主要源于配套的压力变送器，设压力变送器的测量范围为（0~$P_{\max}$）MPa，准确度等级为α。压力变送器的最大允许误差通常按满量程的α%，按均匀分布处理，则工作条件下绝对静压力引入的不确定度按式（B-6）计算：

$$u(P_{\mathrm{a}})=\frac{p_{\max}\times\alpha\%}{p\times\sqrt{3}} \qquad \text{（B-6）}$$

式中：

p ——工作条件下实际绝对压力，MPa。

当采用 GB/T 17747 计算工作条件下压缩因子时，工作条件下压缩因子的相对标准不确定度取 0.05%。

当天然气组成分析使用二级标准气体，且分析重复性满足 GB/T 13610 的要求时，计量参比条件下压缩因子引入的相对标准不确定度取 0.03%。

B.2 燃气收到基元素碳含量不确定度

天然气收到基元素碳含量通常采用气相色谱法测定：利用气相色谱仪定量分析样品中各组分（如甲烷、乙烷等）的体积分数或摩尔分数，依据各组分的碳原子数及相对分子质量换算为碳质量分数，再按各组分含量加权求和，按式（B-7）计算：

$$C_{\mathrm{ar}}=Z\times\sum\left(\frac{\varphi_{\mathrm{i}}\times C_{\mathrm{i}}\times M_{\mathrm{c}}}{V_{\mathrm{m}}}\right) \qquad \text{（B-7）}$$

式中：

Z ——天然气压缩因子；

φ_{i} ——各组分摩尔分数，%；

C_{i} ——各组分分子中含碳数量；

M_{c} ——碳原子摩尔质量，12.01；

V_{m} ——计量参比条件下气体摩尔体积。

燃气收到基元素碳含量由各组分碳含量加权求和确定，其不确定度由各组分碳含量的不确定度合成。各组分碳含量的不确定度主要来源于在线气相色谱仪测量，包括标准气体引入的不确定度、测量重复性引入的不确定度及校准曲线引入的不确定度三个分量，按式（B-8）合成。

$$u_{\mathrm{rel}}(\varphi)=\sqrt{{u_{\mathrm{rel},1}}^{2}+{u_{\mathrm{rel},2}}^{2}+{u_{\mathrm{rel},3}}^{2}} \qquad \text{（B-8）}$$

式中：

$u_{\mathrm{rel},1}$ ——标准气体引入的不确定度；

$u_{\mathrm{rel},2}$ ——测量重复性引入的不确定度；

$u_{\mathrm{rel},3}$ ——校准曲线引入的不确定度。

标准气体引入的不确定度依据所用标准气体证书给出的扩展不确定度计算，按式（B-9）计算：

$$u_{\mathrm{rel},1}=\frac{U_{\mathrm{rel,gas}}}{2} \qquad \text{（B-9）}$$

式中：

$U_{\mathrm{rel,gas}}$ ——标准气体不确定度。

测量重复性引入的不确定度按式（B-10）计算：

$$u_{\mathrm{rel},2}=\frac{s_{\varphi}}{\overline{\varphi}} \qquad \text{（B-10）}$$

式中：

s_{φ} ——重复性测量结果的标准偏差，%；

$\overline{\varphi}$ ——重复性测量结果平均值，%。

在线气相色谱仪采用外标法校准曲线，校准曲线引入的不确定度用曲线个点相对残差的最大值δ计算，按均匀分布估算，按式（B-11）计算：

$$u_{\mathrm{rel},3}=\frac{\delta}{\sqrt{3}} \qquad \text{（B-11）}$$

B.3 碳氧化率不确定度

化石燃料燃烧的碳氧化率采用相关部门发布的缺省值，采用缺省值引入的不确定度可参考附录 A 的方法进行评定。

B.4 燃气燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度评定

燃气燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度以式（2）为计算模型，采用蒙特卡洛法（MCM）评定。将 FC、C_{ar}、OF 作为输入量，依据上述 B.1～B.3 的评定结果，经 MCM 分布传播，以输出量 E 的标准偏差作为燃气燃烧产生的二氧化碳排放量标准不确定度 $u(E)$。

附录 C

燃油燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度评定方法

C.1 燃油消耗量不确定度

燃油消耗量通过标准温度（20 ℃）下的体积V_{20}与标准密度ρ_{20}相乘得到，按式（C-1）计算：

$$FC=\frac{V_{20}\times\rho_{20}}{1000} \tag{C-1}$$

燃油消耗量的不确定度主要来源于体积测量和密度测量两个分量，燃油消耗量不确定度按式（C-2）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}\left(FC\right)=\sqrt{u_{\mathrm{rel}}^{2}\left(V_{20}\right)+u_{\mathrm{rel}}^{2}\left(\rho_{20}\right)} \tag{C-2}$$

标准温度下燃油体积按式（C-3）计算：

$$V_{20}=V_{\mathrm{t}}\times VCF \tag{C-3}$$

式中：

V_{t} ——计量温度下的体积，m^3；

VCF ——体积修正系数。

体积修正系数VCF引入的不确定度较小，可忽略。根据GB/T 9110 规定，燃油体积计算的不确定度不大于 0.25%，因此，燃油体积测量引入的不确定度按式（C-4）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}\left(V_{20}\right)=u_{\mathrm{rel}}\left(V_{t}\right)=0.25\% \tag{C-4}$$

燃油密度通过在计量温度下获得密度计读书换算为标准温度下的密度，换算过程引入的不确定度可忽略。燃油密度测量引入的不确定度主要来源于密度测量重复性和密度计测量误差两个分量，按式（C-5）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}\left(\rho_{20}\right)=\sqrt{u_{\mathrm{rel,rep}}^{2}\left(\rho_{\mathrm{t}}\right)+u_{\mathrm{rel},\Delta}^{2}\left(\rho_{\mathrm{t}}\right)} \tag{C-5}$$

对燃油重复测量 10 次，获得实验标准差 s(ρt)，密度计测量重复性引入不确定度按式（C-6）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}\left(\rho_{t}\right)=\frac{s\left(\rho_{t}\right)}{\rho_{t}} \tag{C-6}$$

密度测量误差引入的不确定度主要来源于密度计最大允许误差，设其最大允许误差为±Δρ，按均匀分布处理，密度测量引入的不确定度按式（C-7）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}\left(\rho_{\mathrm{t}}\right)=\frac{\Delta_{\rho}}{\sqrt{3}\times\rho_{\mathrm{t}}} \tag{C-7}$$

C.2 燃油低位热值不确定度

燃油的低位热值采用国家生态环境部最新发布的技术指南中推荐的缺省值。每月对燃油进行低位发热量测量，则燃油低位热值缺省值引入的不确定度式（C-8）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}(NCF)=\frac{1}{NCF}\times\frac{\max\left(\left|NCF_{\max}-NCF\right|,\left|NCF_{\min}-NCF\right|\right)}{\sqrt{3}} \qquad \text{（C-8）}$$

式中：

$NCV_{\max}$ ——低位热值测量最大值；

$NCV_{\min}$ ——低位热值测量最小值。

C.3 燃油单位热值含碳量不确定度

燃油的单位热值含碳量采用国家生态环境部最新发布的技术指南中推荐的缺省值。每月对燃油进行单位热值含碳量测量，则燃油单位热值含碳量缺省值引入的不确定度按式（C-9）计算：

$$u_{\mathrm{rel}}(CC)=\frac{1}{CC}\times\frac{\max\left(\left|CC_{\max}-CC\right|,\left|CC_{\min}-CC\right|\right)}{\sqrt{3}} \qquad \text{（C-9）}$$

式中：

$CC_{\max}$ ——单位热值含碳量实测最大值；

$CC_{\min}$ ——单位热值含碳量实测最小值。

C.4 碳氧化率不确定度

化石燃料燃烧的碳氧化率采用相关部门发布的缺省值，采用缺省值引入的不确定度可参考附录 A 的方法进行评定。

C.5 燃油燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度

燃油燃烧产生的二氧化碳排放量按式（C-10）计算：

$$E=FC\times NCV\times CC\times OF\times\frac{44}{12} \qquad \text{（C-10）}$$

燃油燃烧产生的二氧化碳排放量不确定度以式（C-10）为计算模型，采用蒙特卡洛法（MCM）评定。将 FC、NCV、CC、OF 作为输入量，依据上述 C.1～C.4 的评定结果，经 MCM 分布传播，以输出量 E 的标准偏差作为燃油燃烧产生的二氧化碳排放量标准不确定度 $u(E)$。

附录 D

企业温室气体排放核算数据质量计量评价报告（格式）

企业温室气体排放核算数据质量计量评价报告

企 业 名 称 ：_____

评 价 单 位 ：_____（盖章）

评 价 日 期 ：_____

报 告 编 号 ：_____

一、评价概述

1.1 评价对象

排放单位名称			
单位注册地址			
单位生产地址			
统一社会信用代码			
法定代表人		联系人	
邮政编码		联系电话	
传真		联系邮箱	
企业概况			

1.2 评价依据

（1）JJF XXXX-XXXX《企业温室气体排放核算数据质量计量评价技术规范 发电行业》

（2）CETS-AG-01.01-V04-2026《企业温室气体排放核算与报告指南 发电设施》

1.3 评价边界与数据范围

说明本次评价的发电设施边界、纳入评价的化石燃料燃烧排放数据范围，以及不纳入评价的设施和排放源。

二、不确定度评定结果

企业温室气体排放核算数据质量计量评价结果如表 D.1，按发电设施年度二氧化碳气体排放当量确定所在档位，将本次评价的相对扩展不确定度与该档位对应的限值（见表 1）比较，仅填列适用档位，结果见表 2。

表 D.1 企业温室气体排放核算数据质量计量评价结果表

项目	数值
年度二氧化碳排放量 E	tCO_2
年度二氧化碳排放量标准不确定度 $u(E)$	tCO_2
年度二氧化碳排放量相对扩展不确定度 $U_{rel}(E)$	%

表 D.2 相对扩展不确定度与限值评价表

发电设施二氧化碳气体排放当量 t/(万吨/年)	相对扩展不确定度（k=2）		评价结果
	限值	实际值	

三、评价结论

经计量评价，XX 企业 XX 发电设施温室气体排放核算数据质量符合 JJF XXXX-XXXX《企业温室气体排放核算数据质量计量评价技术规范 发电行业》的要求：发电设施年度二氧化碳排放量为 XX tCO_2，相对扩展不确定度 $U_{rel}(E)$ 为 XX %（k=2），满足 XX %的限值要求。