

中华人民共和国国家计量技术规范

**JJF XXXX-XXXX**

基于排放直接测量的企业温室气体排放因子校准规范

**Calibration Specification for Greenhouse Gas Emission Factors of Enterprises Based on Direct Emission Measurement**

**（征求意见稿）**

XXXX－XX－XX发布 XXXX－XX－XX实施

**国家市场监督管理总局** 发 布

|  |  |
| --- | --- |
| 基于排放直接测量的企业温室气体排放因子  校准规范  **Calibration Specification for Greenhouse Gas Emission Factors of Enterprises Based on Direct Emission Measurement** | **JJF XXXX-XXXX XXXXXX-XXXX** |

归口单位: 全国碳达峰碳中和计量技术委员会

主要起草单位: 中国计量科学研究院

郑州计量先进技术研究院

中国环境监测总站

参加起草单位: 广东省计量科学研究院

天津水泥工业设计研究院有限公司

北京低碳清洁能源研究院

本规范委托全国碳达峰碳中和计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张亮（中国计量科学研究院）

郭虎林（郑州计量先进技术研究院）

付博亚（中国环境监测总站）

参加起草人：

鲁贵祥（郑州计量先进技术研究院）

赖贵琦（广东省计量科学研究院）

高伟强（天津水泥工业设计研究院有限公司）

李君（北京低碳清洁能源研究院）

目 录

[引 言 II](#_Toc149640104)

[1 范围 1](#_Toc149640105)

[2 引用文件 1](#_Toc149640106)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc149640107)

[3.1 术语和定义 1](#_Toc149640108)

[3.2 计量单位 2](#_Toc149640109)

[4 概述 2](#_Toc149640110)

[5 计量特性 2](#_Toc149640111)

[5.1 排放因子的相对偏差 2](#_Toc149640112)

[6 校准条件 2](#_Toc149640113)

[6.1 环境条件 2](#_Toc149640114)

[6.2 测量标准及其他设备 2](#_Toc149640115)

[7 校准项目和校准方法 4](#_Toc149640116)

[7.1 校准项目 4](#_Toc149640117)

[7.2 校准方法 4](#_Toc149640118)

[8 校准结果表达 7](#_Toc149640119)

[9 复校时间间隔 8](#_Toc149640120)

[附录A 校准原始记录表 9](#_Toc149640121)

[附录B 校准证书（内页）参考格式 10](#_Toc149640122)

[附录C 不确定度评定方法及示例 11](#_Toc149640123)

[C.1 概述 11](#_Toc149640124)

[C.2 测量模型 11](#_Toc149640125)

[C.3 不确定度分量 12](#_Toc149640126)

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GB17167《用能单位能源计量器具配备和管理通则》、GB/T 32150-2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》、国际标准ISO14064-1《温室气体——第一部分：在组织层面温室气体排放和移除的量化和报告指南》（ISO14064-1 Greenhouse gases 一Part 1:Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals）编制而成。

本规范为首次发布。

基于排放直接测量的企业温室气体排放因子校准规范

# 1 范围

本规范适用于企业温室气体排放量核算使用的排放因子的校验和校准。

# 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

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》

GB17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

ISO14064-1 温室气体——第一部分：在组织层面温室气体排放和移除的量化和报告指南（Greenhouse gases -Part 1:Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals）

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规则;凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单) 适用于本规则。

# 3 术语和计量单位

3.1 术语和定义

3.1.1 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。

注:如无特别说明，本标准中的温室气体包括二氧化碳（CO2）、甲烷（CH4）、氧化亚氮（N2O）、碳化物（HFC）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF6）、与三氟化氮（NF3）。

3.1.2 温室气体排放 greenhouse gas emission

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量(以质量单位计算)。

3.1.3 校准边界 calibration boundary

与企业生产经营活动相关的参与校准的温室气体排放的范围。

3.1.4 烟道排放 stack emission

通过烟道或烟囱形式完成的温室气体或大气污染物排放。

3.1.5 无组织排放 fugitive estimation

非密闭式工艺过程中的无组织、间歇式的排放,即大气污染物不经过排气筒的无规则排放,通常包括面源、线源和点源等。

3.1.6 活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

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。

3.1.7 排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

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 流速单位：米每秒，符号m/s。

3.2.3 流量单位：立方米每[小]时，符号m3/h。

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。

3.2.8 排放量单位：吨二氧化碳当量，符号tCO2e。

# 4 概述

4.1排放因子

排放因子是用于量化单位活动水平的温室气体排放量的系数，是企业开展温室气体排放量核算的重要参数。排放因子的确定与排放源的种类密切相关，按照产生排放的生产系统区分，排放因子可以分为主要生产设施排放因子、辅助生产设施排放因子及附属生产设施排放因子；按照产生排放的过程划分，又可分为直接排放因子（如能源活动排放因子、工业生产过程排放因子和废弃物处理排放因子等）和间接排放因子（如电网碳排放因子、热力碳排放因子等）。

表1 排放因子分类（仅列出部分）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 直接排放因子 | 燃料排放因子 | 固体燃料 | 无烟煤 |
| 烟煤 |
| 褐煤 |
|  | … |
| 液体燃料 | 原油 |
| 燃料油 |
| 汽油 |
| 柴油 |
|  | … |
| 气体燃料 | 天然气 |
| 工业过程排放因子 |  | … |
| 产物 | 废弃物 |
| 废水 |
| 原料 | 白云石 |
| 石灰石 |
| 添加剂 |
| … |
| 间接排放因子 | 电网碳排放因子 | / | / |
| 热力碳排放因子 | / | / |
| … | / | / |

4.2 排放因子计算方法

当采用排放因子法进行企业温室气体排放核算时，通过对活动数据和对应排放因子的采集，两者乘积即为企业的温室气体排放量。因此，校准时通过实测的校准边界温室气体排放量与活动数据的商计算得到对应的排放因子。

4.3 排放因子测量方法

排放因子测量过程主要包括温室气体排放量测量边界的确定、排放源（烟道排放和无组织排放）的识别和确认、排放量测量和活动数据测量。

# 5 计量特性

校准结果需给出校准边界内某过程温室气体排放因子的相对偏差和不确定度。

# 6 校准条件

6.1 环境条件

1) 校准使用的标准器及配套设备需满足说明书使用的温湿度条件，当环境条件无法满足时，可采用局部环境控制满足相关设备正常运行;

2) 校准应在周围的污染、振动、电磁干扰对校准结果影响可忽略的环境下进行。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1烟道温室气体排放量测量

开展烟道温室气体排放量测量的主标准器为烟道流量标准装置（以下简称标准装置）和含水标气发生装置。所有用于校准的主标准器及配套设备均应具有有效的检定或校准证书，具体要求见表2、表3。

表2 烟道温室气体排放量测量主标准器一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 技术要求 | 用途 |
| 1 | 烟道流量标准装置 | 1）流速测量技术要求：  测量范围：（1~30）m/s，  俯仰角测量范围：(-45~45)°，  偏航角测量范围：(-45~45)°；  2）截面面积测量技术要求：  水力直径测量范围：（0.3~13m）；  3）流量测量技术要求：  流量准确度等级：（1~5）级； | 用于测量烟道内平均流速、截面面积、并计算流量 |
| 2 | 含水标气发生装置 | 1）含湿量测量范围：（0~40）%MPE：±5%（相对误差）  2）烟气浓度测量范围：  O2: （0~25）%  CO2:（0~50）%  CO: （0~10000）μmol/mol  NO: （0~3000）μmol/mol  NO2: （0~500）μmol/mol  N2O: （0~500）μmol/mol  SO2: （0~3000）μmol/mol  CH4: （0~10000）μmol/mol  浓度MPE：±1%（相对误差） | 用于测量烟气组分及浓度 |

表3 烟道温室气体排放量测量配套一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 技术要求 | 用途 |
| 1 | 差压计 | 分辨率≤1Pa，准确度等级≥1.0级 | 气密性检查 |
| 2 | 烟气湿度仪 | 测量范围：含湿量（0~40）%MPE：±5%（相对误差） | 测量烟气中水蒸气含量 |
| 3 | 烟气气体组分分析仪 | 测量范围：  O2: （0~25）%  CO: （0~10000）μmol/mol  CO2:（0~50）%  NO: （0~3000）μmol/mol  NO2: （0~500）μmol/mol  N2O: （0~500）μmol/mol  SO2: （0~3000）μmol/mol  CH4: （0~10000）μmol/mol  浓度MPE：±5%（相对误差） | 测量烟气密度 |

6.2.2温室气体无组织排放量测量

可根据具体情况采用激光雷达温室气体快速测量系统（以下简称快速测量系统）或小区域反演系统（以下简称反演系统）开展企业温室气体无组织排放量测量。所有用于校准的主标准器及配套设备均应具有有效的检定或校准证书，具体要求见表4、表5。

表4 温室气体无组织排放量测量主标准器一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 技术要求 | 用途 |
| 1 | 激光雷达温室气体快速测量系统（可选） | 1）测量距离: ≥800m；  2）排放量测量范围: ≥50kg/h；  3）排放量测量不确定度≤30% | 用于测量区域内的无组织排放源，确定无组织排放源的位置、量化排放量大小 |
| 小区域反演系统（可选） | 1）空间测量范围：≥100m×100m；  2）测量排放量范围：≥50kg/h；  3）排放量测量不确定度：≤ 30% |

表5 温室气体无组织排放量测量配套设备一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 技术要求 | 用途 |
| 1 | 高精度温室气体移动监测设备 | 精度(1,5秒/ 5分钟/60分钟)  CO2: <50 ppb/20 ppb/10 ppb  CO: <15 ppb/1.5 ppb/1 ppb  CH4: <1 ppb/0.5 ppb/0.3 ppb | 用于对指定区域温室气体浓度分布进行快速测量 |
| 2 | 气象监测系统 | 风速: 测量范围 0.1m/s-·60m/s，分辨率: 0.1m/s；  风向:测量范围 0-·359°，分辨率: 1°。 | 用于获取指定区域气象参数 |

6.2.3其它配套设备

开展活动数据采集的数据采集器等相关仪器设备均应具有有效的检定或校准证书，如有必要也可通过拍照采集的方式获取活动数据。

# 7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准边界内某过程的温室气体排放因子相对偏差，校准过程中需同步采集与温室气体排放量测量处于相同时间段内的活动数据用于排放因子的计算。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 排放源识别

开展校准活动前，应对校准边界内被校排放因子所涉及的排放源进行识别，确认烟道排放口和可能的无组织排放位置进行并记录。

7.2.1.2 烟道检测孔检查

采用烟道流量标准装置对企业烟道温室气体排放量进行现场测量，测量位置和检测孔需满足表6中要求。

表6 测量位置和检测孔要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 截面形状 | 直管段长度 | 检测孔数量 | 布置要求 |
| 圆形 | 上游直管段长度≥4倍直径且下游直管段长度≥2倍 | ≥1 | / |
| 上游直管段长度≥2倍直径且下游直管段长度≥0.5倍 | 2 | 检测孔轴线夹角为80°~100° |
| 矩形 | 上游直管段长度≥2倍直径且下游直管段长度≥0.5倍 | 检测孔所在边边长/等面积块边长（见附录几表几） | 均匀分布 |

7.2.1.3 烟道流量标准装置检查

a）应满足6.1中的工作环境条件。

b）烟道流量标准装置插入烟道中的部分（探头和支撑杆等）在烟道测量截面上的投影面积不得超过烟道测量截面面积的5％。

c） 如所测烟道中气体具有爆炸性，应采用防爆型烟道流量标准装置和配套设备进行测量，并采取必要的安全措施。

d）确定现场烟道的流速范围、俯仰角、偏航角等应在烟道流量标准装置校准证书的有效测量范围内。

e）在进行烟道温室气体排放测量前需进行烟道流量标准装置气密性检查。对三维皮托管一个测压孔加压，直到达到至少750Pa或达到对应差压计量程75%的压力，以较小者为准。堵住该测压孔，压力在15秒内变化要小于25Pa。以相同的方式检查其它测压孔。

f）烟道流量标准装置差压计调零。在每次现场校准前，对每套差压计进行调零。

7.2.1.4 场地确认

用于进行无组织排放测量和气象参数测量的区域周围应无建筑物或其它障碍物遮挡。

7.2.2 温室气体排放因子相对偏差校准

7.2.2.1校准边界

对于存在烟道排放的企业，以温室气体烟道排放和无组织排放之和作为企业的温室气体排放总量；对于不存在烟道排放的企业（如煤矿等），以温室气体无组织排放测量结果为企业的温室气体排放总量。

7.2.2.2 校准时间段选取

校准过程应在规定的时间段内进行，校准时间段应能覆盖温室气体烟道排放和无组织排放测量过程。

7.2.2.3 企业温室气体排放因子

企业需同步提供与温室气体排放测量相同时间段内的温室气体排放因子。

7.2.2.4 烟道温室气体排放测量

a）烟道截面参数测量

1）烟道内校准方法

① 确定烟道截面面积测量位置，应与流速测量截面位置相同。

② 将套管尺或测深钢卷尺插入烟道检测孔中，使标准器插入方向垂直于烟道轴线，将标准器端部接触到烟道壁面最远端，读取检测孔外沿对应长度；对于圆形烟道，在垂直于烟道轴线的平面内，摆动标准器，寻找测量长度最大的方向，重复测量3次；对于矩形烟道垂直于烟道轴线的平面内，摆动标准器，寻找测量长度最小的方向，重复测量3次；矩形烟道需在测量截面相邻两边检测孔上分别进行操作。

③ 测量检测孔外沿到烟道近端内壁面长度。

④ 按照下式计算烟道截面面积。

圆形公式：

 （1）

式中：

*A*——烟道截面面积，m2；

*D*——圆形烟道远端内壁面到检测孔外沿距离，m；

*d*——圆形烟道近端内壁面到检测孔外沿距离，m。

矩形公式：

（2）

式中：

*A*——烟道截面面积，m2；

*L*1*，L*2——矩形烟道远端内壁面到检测孔外沿距离，m；

*e*1*，e*2——矩形烟道近端内壁面到检测孔外沿距离，m。

⑤ 也可使用激光测距仪、三维激光扫描仪等标准器测量烟道内截面面积。

2）烟道外校准方法（仅适用于单层材质烟道）

① 确定烟道截面面积测量位置，应与流速测量截面位置相同。

② 将钢卷尺或皮尺环绕测量截面处烟道外壁，使用水平仪保证标准器位于垂直于烟道轴线的同一平面内，读取烟道外壁周长，重复测量3次。

③ 使用测厚仪测量烟道壁厚；对于圆形烟道，在5个不同位置进行测量后取平均值；对于矩形烟道，在相邻两个边上分别在5个不同位置进行测量后取平均值。

④ 按照下式计算烟道截面面积

圆形公式：

 （3）

式中：

*A*——烟道截面面积，m2；

*L*——圆形烟道外壁周长，m；

*e*——管道壁厚，m。

矩形公式：

（4）

式中：

*A*——烟道截面面积，m2；

*L*1*，L*2——矩形烟道外壁长和宽，m；

*e*1*，e*1*'*——矩形烟道长边两侧壁厚，m；

*e*2*，e*2*'*——矩形烟道宽边两侧壁厚，m。

⑤ 也可使用全站仪、三维激光扫描仪、激光追踪仪等标准器测量烟道外壁周长。

3）如在烟道中使用套管尺、测深钢卷尺进行测量，应考虑温度对标准器测量结果的影响，按式（5）进行修正。如在烟道中使用激光测距仪、三维激光扫描仪等标准器测量时，需考虑烟道内温度对测量结果的影响。

 （5）

式中：

*L*m——标准器读数在烟气温度下对应的实际长度，m；

*L*0——标准器读数在标准温度下的长度，m；

*α*m*——*标准器材质线性膨胀系数，℃-1；

*t*m——烟气中标准器温度，℃；

*t*0——标准参比条件下温度，℃。

4） 如烟道截面面积在停机状态下进行校准，需对所测截面面积进行温度修正，按式（6）计算。

（6）

式中：

*L*h——运行状态下烟道截面特征长度（圆形截面直径或矩形截面边长等），m；

*L*c——停机状态下烟道截面特征长度（圆形截面直径或矩形截面边长等），m；

*α——*烟道材质线性膨胀系数，℃-1；

*t*h——运行状态下烟道温度，℃；

*t*c——停机状态下烟道温度，℃。

注：停机状态是无烟气通过烟道的状态。

b）烟道截面平均轴向流速测量

① 对于每个检测孔，测量前，将标准装置的三维皮托管插入烟道中，开机运行5min后，开始测量。

② 在测量过程中保持烟道流速波动小于5%。

③ 按照附录C的布点方式对测量截面上每条测量线的测量点逐次进行流速测量，读取标准装置上每个测量点的流速、俯仰角和偏航角（计算方法及公式见附录D），每个测量点重复测量3次，在每个测量点的总测量时间不少于1min。

测量点轴向流速按式（7）计算。

 （7）

式中：

*v*a*ij*——标准装置第*i*组测量中第*j*个测量点的烟气轴向流速，m/s；

*vij*——标准装置第*i*组测量中第*j*个测量点的烟气流速，m/s；

——标准装置第*i*组测量中第*j*个测量点的烟气俯仰角，°；

——标准装置第*i*组测量中第*j*个测量点的烟气偏航角，°；

注：一组测量为完成全部检测孔对应测量线上所有测量点的一组测量。

测量截面轴向平均流速按式（8）计算。

 （8）

式中：

——标准装置第*i*组测量的测量截面轴向平均流速，m/s；

*v*a*ij*——标准装置第*i*组测量中第*j*个测量点的烟气轴向流速，m/s；

*wj*——标准装置第*j*个测量点的烟气轴向流速的权重系数（依据附录B确定）；

*n*——测量点数量；

④ 标准装置在每条测量线测量1次烟道静压，并记录。

⑤ 每组测量结束后，读取CEMS在校准期间流速测量数据，计算流速相对标准偏差，相对标准偏差应≤5%，否则该组测量结果无效。

⑥ 重复2~5几个步骤进行不少于3组测量。

烟道温室气体排放速率按式（9）计算。

 （9）

式中：

——第i次测量的烟道温室气体排放速率，tCO2e/h；

烟道温室气体排放速率与该组测量时间段的乘积为该时段内企业的烟道温室气体排放量。

 （10）

式中：

——第i组测量时间段内企业烟道温室气体排放量，tCO2e；

——校准时间段，h。

7.2.2.5 温室气体无组织排放测量

采用快速测量系统或小区域反演系统对企业厂区内温室气体无组织排放进行测量，测量步骤参照系统操作说明。温室气体无组织排放测量与烟道排放测量同步进行，在相同时间段内对校准边界内已识别的无组织排放源进行与烟道排放测量对应次数的温室气体无组织排放测量，测量结果与时间的乘积为该时间段内企业温室气体无组织排放量。

 （11）

式中：

——第i组测量时间段内企业温室气体无组织排放量，tCO2e；

——第i组测量的温室气体无组织排放速率，tCO2e/h；

——校准时间段，h。

7.2.2.6企业温室气体排放量

企业温室气体排放量按式（12）计算。

 （12）

式中：

——第i组测量时间段内企业温室气体排放量，tCO2e；

7.2.2.7 活动数据采集

在开展烟道和无组织排放测量的同时，同步进行活动数据采集。

7.2.2.8 企业温室气体排放因子

企业温室气体排放因子按式（13）计算。

 （13）

式中：

——第i组测量的企业温室气体排放因子，单位与活动数据单位相匹配；

——第i组测量时间段内采集的活动数据，单位根据具体排放源确定。

7.2.2.9 企业温室气体排放因子相对偏差

同步获取测量时间段内企业采用的温室气体排放因子，第i组测量的温室气体排放因子相对偏差按照式（14）计算。

 （14）

式中：

——第i组测量的温室气体排放因子相对偏差，%；

——第i组测量时间段内企业采用的温室气体排放因子，单位与活动数据单位相匹配。

企业温室气体排放因子相对偏差可按式（15）计算。

 （15）

式中：

*n*——测量次数。

7.2.2.10 重复性

企业温室气体排放因子相对偏差的重复性按式（16）计算。

 （16）

式中：

——企业温室气体排放因子相对偏差的重复性，%；

——多次测量结果相对偏差的最大值；

——多次测量结果相对偏差的的最小值。

*dn*——级差系数。

极差系数值见表7。

表7 *dn*数据表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *dn* | 1.13 | 1.69 | 2.06 | 2.33 | 2.53 | 2.70 | 2.85 | 2.97 | 3.08 |

# 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息 :

a) 标题:“校准证书”；

b) 实验室名称和地址；

c) 进行校准的地点(如果与实室的地址不同)；

d) 证书的唯一性标识(如编号)，每页及总页数的标识；

e) 客户的名称和地址；

f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；

h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

k) 校准环境的描述；

I) 校准结果及其测量不确定度的说明；

m) 对校准规范的偏离的说明；

n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

校准记录和校准证书格式见附录A和附录B。

不确定度评定方法及实例见附录E。

# 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过12个月。如果企业温室气体排放源或排放种类发生变化导致温室气体排放因子发生变更，需要及时进行校准。

附录A 校准原始记录表

校准日期： 年 月 日

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准原始数据记录表 | | | | | |
| 送检单位： |  | | | | |
| 送检地址： |  | | | | |
| 温度： |  | 湿度： |  | | |
| 大气压力： |  | 测量地点： | |  | |
| 校准时间段（h） |  | | | | |
| 校准边界 |  | | | | |
| 排放源识别、确认结果 | | | | | |
| 排放源种类 | 排放源 | 温室气体种类 | | | 位置 |
| （如：逸散排放源） | （如：天然气处理设施） | （如：CH4） | | | （如：1#厂房顶） |
|  |  |  | | |  |
| 原始数据 | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 测量时间（h） | 企业采用的排放因子 | 温室气体活动数据测量值 | 烟道温室气体排放速率（tCO2e/h） | 温室气体无组织排放速率（tCO2e/h） |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |  |

附录B 校准证书（内页）参考格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 测量次数 | 烟道温室气体排放量（tCO2e） | 温室气体无组织排放量（tCO2e） | 校准边界内温室气体排放总量（tCO2e） | 活动数据测量结果 | 排放因子测量值 | 排放因子相对偏差（%） | 重复性（%） | 排放因子相对偏差的合成标准不确定度 | | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  | | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 排放因子相对偏差： | |
| 测量重复性： |
| 校准结果的扩展不确定度：*Ur*= % (*k*=2) | |
| 复校时间间隔建议：12个月 | |

附录C 采样点的位置和数目

## C.1 圆形烟道

表C.1 单个检测孔圆形烟道分环及测点数确定

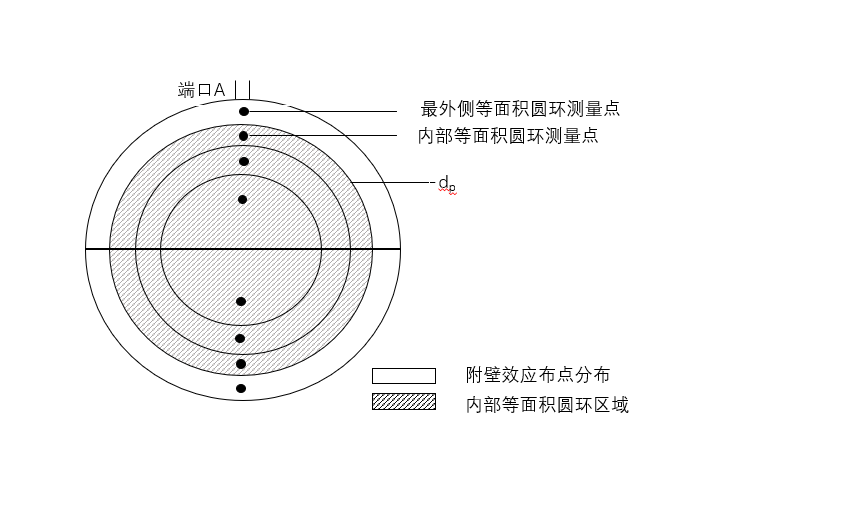
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 烟道直径，m | 等面积圆环数 | 测量直径数 | 测量点个数*p* |
| ＜0.3 | / | / | 1 |
| 0.3~0.6 | 1~2 | 1~2 | 2~8 |
| 0.6~1.0 | 2~3 | 1~2 | 4~12 |
| 1.0~2.0 | 3~4 | 1~2 | 6~16 |
| 2.0~4.0 | 4~5 | 1~2 | 8~20 |
| ＞4.0 | 5 | 1~2 | 10~20 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 烟道直径，m | 等面积圆环数 | 测量直径数 | 测量点个数*p* |
| ＜0.3 | / | / | 1 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

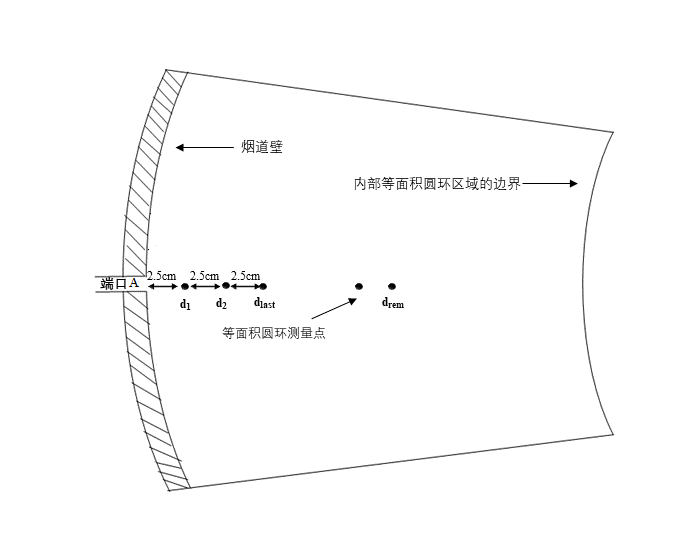
此时烟气轴向流速的权重系数。*p*为测量点个数

C.1.1首先将圆形烟道分成适当数量（参见表C.1）的等面积同心圆环，各测点在各等面积中心线与垂直相交的直线的交点上。

C.1.2 最外侧等面积区域测量点布置



图C.1 等面积圆环测点布置



图C.2 最外侧等面积圆环内测量点布置示意图

从距离墙壁2.5cm（若不能放置探针，以2.5cm的倍数但不大于10cm）处开始布点采样，以2.5cm的增量贯穿整个等面积圆环最外侧的圆环或者达到距离壁面30cm位置处以先到者为准，最后一个2.5cm增量位置处距离墙壁的距离为，是与之间扇形区域的质心位置（计算方法见C.3）。为等面积圆环最外侧圆环的边界距离壁面的距离由公式(C.1)和表(C.2)来确定。

** (C.1)

 (C.2)

 (C.3)

其中，

r——圆形烟道半径，m；

——一条直径上的等面积圆环测量点数；

且，若则。

（） (C.4)

（） (C.5)

其中，

——表示等面积圆环测量法中距离检测孔第个测量点；

——表示等面积圆环测量点到端口的距离，m。

一条直径上考虑近壁效应时，总的测量点数为

此时，烟气轴向流速等面积圆环面积测量点处的权重系数;

近壁效应处测量点的权重系数，即第*j*测量点所在面积与总面积的比值。此时，，n为一侧近壁效应布点个数。

特殊点处的权重系数为。

如表C.2所示为测量点（均以四个等面积圆环计算）距离测量端口内壁面的距离列表。

注：对于直径大于4.47m的烟道,等面积圆环面积最外侧圆环内弧到烟道壁处的距离应大于30cm。

表C.2 半径大于1.12m时测量点数与测量点到测量端口的距离

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量点 |  | 测量点数与测量点到测量端口的距离(cm)（一条直径） | | | | | | | | | |
| 直径/m | 1.12~1.49 | 1.49~1.86 | 1.86~2.24 | 2.24~2.61 | 2.61~2.99 | 2.99~3.35 | 3.35~3.73 | 3.73~4.10 | 4.10~4.47 | ＞4.47 |
| 测量点数 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 32 |
| 1 | | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 2 | | 0.065r | 0.065r | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | | 5 | 5 | 0.065r | 0.065r | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| 4 | | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 0.065r | 0.065r | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 5 | | drem | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.065r | 0.065r | 12.5 | 12.5 |
| 6 | | 0.209r | drem | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 0.065r | 0.065r |
| 7 | | 0.388r | 0.209r | drem | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 8 | | 0.646r | 0.388r | 0.209r | drem | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 17.5 |
| 9 | | 1.354r | 0.646r | 0.388r | 0.209r | drem | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 10 | | 1.612r | 1.354r | 0.646r | 0.388r | 0.209r | drem | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |
| 11 | | 1.791r | 1.612r | 1.354r | 0.646r | 0.388r | 0.209r | drem | 25 | 25 | 25 |
| 12 | | 2r-drem | 1.791r | 1.612r | 1.354r | 0.646r | 0.388r | 0.209r | drem | 27.5 | 27.5 |
| 13 | | 2r-7.5 | 2r-drem | 1.791r | 1.612r | 1.354r | 0.646r | 0.388r | 0.209r | drem | drem |
| 14 | | 2r-5 | 2r-10 | 2r-drem | 1.791r | 1.612r | 1.354r | 0.646r | 0.388r | 0.209r | 0.209r |
| 15 | | 1.935r | 2r-7.5 | 2r-12.5 | 2r-drem | 1.791r | 1.612r | 1.354r | 0.646r | 0.388r | 0.388r |
| 16 | | 2r-2.5 | 2r-5 | 2r-10 | 2r-15 | 2r-drem | 1.791r | 1.612r | 1.354r | 0.646r | 0.646r |
| 17 | |  | 0.935r | 2r-7.5 | 2r-12.5 | 2r-17.5 | 2r-drem | 1.791r | 1.612r | 1.354r | 1.354r |
| 18 | |  | 2r-2.5 | 0.935r | 2r-10 | 2r-15 | 2r-20 | 2r-drem | 1.791r | 1.612r | 1.612r |
| 19 | |  |  | 2r-5 | 2r-7.5 | 2r-12.5 | 2r-17.5 | 2r-22.5 | 2r-drem | 1.791r | 1.791r |
| 20 | |  |  | 2r-2.5 | 0.935r | 2r-10 | 2r-15 | 2r-20 | 2r-25 | 2r-drem | 2r-drem |
| 21 | |  |  |  | 2r-5 | 0.935r | 2r-12.5 | 2r-17.5 | 2r-22.5 | 2r-27.5 | 2r-27.5 |
| 22 | |  |  |  | 2r-2.5 | 2r-7.5 | 2r-10 | 2r-15 | 2r-20 | 2r-25 | 2r-25 |
| 23 | |  |  |  |  | 2r-5 | 0.935r | 2r-12.5 | 2r-17.5 | 2r-22.5 | 2r-22.5 |
| 24 | |  |  |  |  | 2r-2.5 | 2r-7.5 | 0.935r | 2r-15 | 2r-20 | 2r-20 |
| 25 | |  |  |  |  |  | 2r-5 | 2r-10 | 2r-12.5 | 2r-17.5 | 2r-17.5 |
| 26 | |  |  |  |  |  | 2r-2.5 | 2r-7.5 | 0.935r | 2r-15 | 2r-15 |
| 27 | |  |  |  |  |  |  | 2r-5 | 2r-10 | 0.935r | 0.935r |
| 28 | |  |  |  |  |  |  | 2r-2.5 | 2r-7.5 | 2r-12.5 | 2r-12.5 |
| 29 | |  |  |  |  |  |  |  | 2r-5 | 2r-10 | 2r-10 |
| 30 | |  |  |  |  |  |  |  | 2r-2.5 | 2r-7.5 | 2r-7.5 |
| 31 | |  |  |  |  |  |  |  |  | 2r-5 | 2r-5 |
| 32 | |  |  |  |  |  |  |  |  | 2r-2.5 | 2r-2.5 |

当烟道直径大于0.3m且小于1m时，将烟道截面分成两个等面积圆环进行计算，附壁计算近壁效应时，以距壁面2.5cm处为，若值小于时,则用处的测量速度代替处的速度值。测量点数测点到测量端口的距离位置如表C.3所示。

表C.3 半径大于0.3m且小于1.12m时测量点数与测量点到测量端口的距离

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量点 | 测量点数与测量点到测量端口的距离(cm) | | | | |
| 直径/m | 0.3~0.37 | 0.37~0.51 | 0.51~0.74 | 0.74~1.12 |
| 测量点数 | 8 | 10 | 12 | 12 |
| 1 | | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 2 | | 5 | 0.134r | 0.134r | 5 |
| 3 | | drem | 5 | 5 | 0.134r |
| 4 | | 0.5r | drem | 7.5 | 7.5 |
| 5 | | 1.5r | 0.5r | drem | drem |
| 6 | | 2r-drem | 1.5r | 0.5r | 0.5r |
| 7 | | 2r-5 | 2r-drem | 1.5r | 1.5r |
| 8 | | 2r-2.5 | 2r-5 | 2r-drem | 2r-drem |
| 9 | |  | 1.866r | 2r-7.5 | 2r-7.5 |
| 10 | |  | 2r-2.5 | 2r-5 | 1.866r |
| 11 | |  |  | 1.866r | 2r-5 |
| 12 | |  |  | 2r-2.5 | 2r-2.5 |

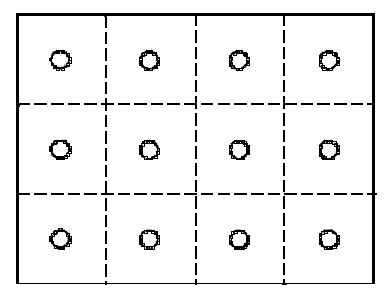
## C.2 矩形或方形烟道

C.2.1 将烟道横截面分成适当数量的等面积小块，以各块中心为测点，如图C.3所示，小块的数量按表C.4的规定选取，原则上测点数量不超过20个。

烟道横截面面积小于0.1m2，流速分布比较均匀、对称并符合7.2.1.3 要求的，可取横截面中心作为测点。

表C.4. 矩形烟道的等面积分块和测点数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 烟道截面积（） | 等面积小块边长度（m） | 测点总数*p* |
| ＜0.1 | ＜0.32 | 1 |
| 0.1~0.5 | ＜0.35 | 1~4 |
| 0.5~1.0 | ＜0.5 | 4~6 |
| 1.0~4.0 | ＜0.67 | 6~9 |
| 4.0~9.0 | ＜0.75 | 9~16 |
| ＞9.0 | ≤1.0 | ≤20 |



图C.3 矩形测点分布图

将矩形边长A,B分别分成m,n份，且

(C.6)

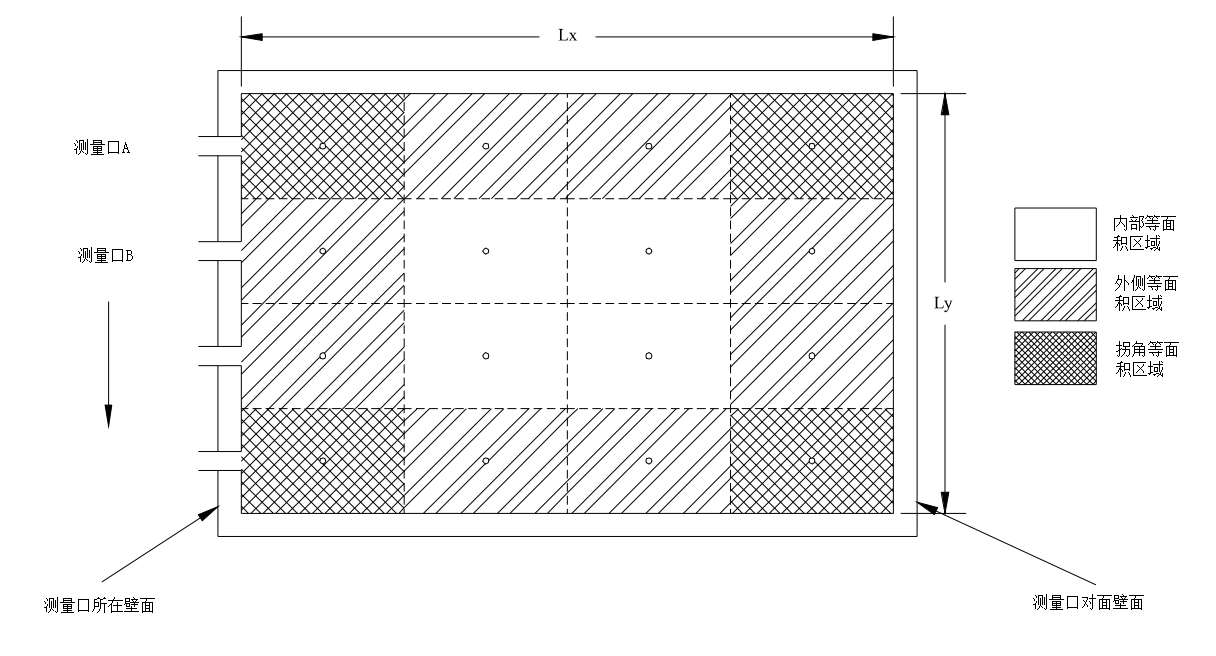
其中，代表从任一角开始边长A上第i个点，边长B上第j个点到该角的A向和B向的距离。

此时烟气轴向流速的权重系数

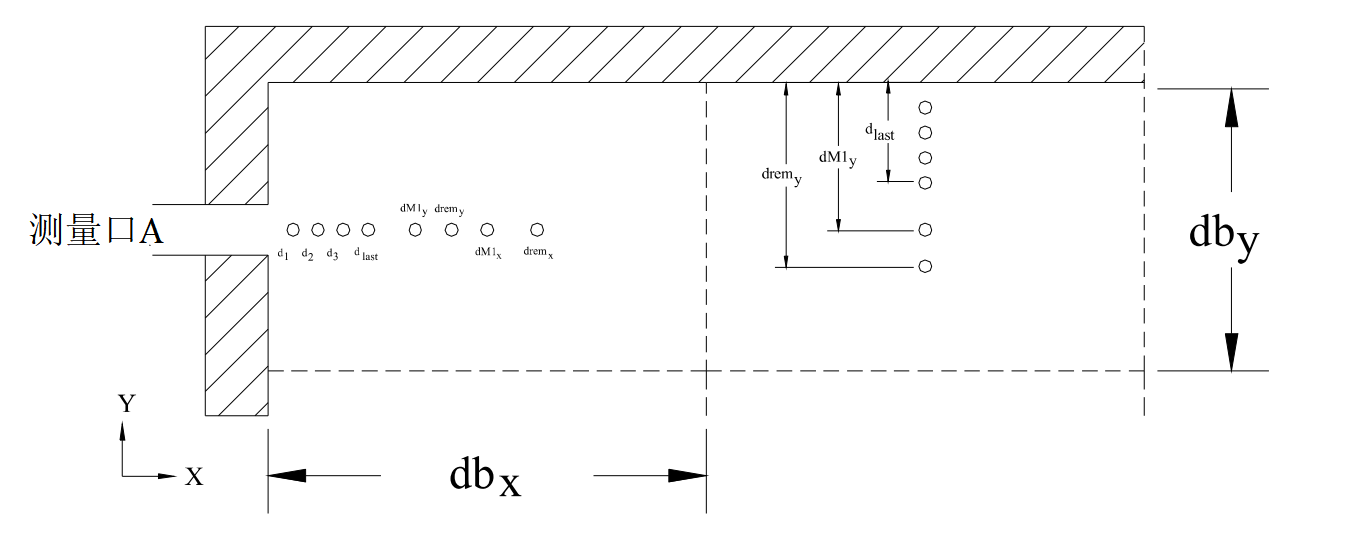
C.2.2 根据与壁面的位置关系将等面积区域分成内部等面积区域，外侧等面积区域以及拐角等面积区域三部分如图B.4所示。

C.2.3 在内部等面积区域，在中心位置进行单点测量代替整个等面积区域的速度值。

C.2.4外侧及拐角等面积区域测量点布置



图C.4 矩形烟道布点分区



图C.5 矩形烟道外侧及拐角壁面区域布点示意图

a）计算方法见(B.7)

 (C.7)

其中：

——检测孔壁面位置到拐角等面积区域另一边界的距离，计算公式见(C.8)，cm；

——依据C.1.2中近壁处的布点方式进行布点，距离检测孔壁面的最远距离，若时，；若时，。

 (C.8)

其中：

—— x方向矩形烟道的内部边长，cm；

——x方向矩形烟道等面积区域的个数。

b）计算公式见(C.9)

 (C.9)

其中：

——垂直检测孔壁面位置到等面积区域另一边界的距离计算公式见(C.10)，cm；

——依据C.1.4中近壁处的布点方式进行布点，距离检测孔壁面的最远距离，若时，；若时，。

 (C.10)

其中：

——y方向矩形烟道的内部边长，cm；

——y方向矩形烟道等面积区域的个数。

c）/ 计算公式见(C.11)

  (C.11)

C.2.5注意事项（当测量点之间的距离≤1.2cm时，需特别注意）

a) 若测量点与等面积区域的中心点位置之间的距离≤1.2cm时，不要求也不推荐两个点都测。如果只测一个点，测距离壁面较远的点处的值，以此位置的速度值代替两个点的值。

b) 若与或之间的距离≤1.2cm，不推荐两个点都测，只需要测位置处的值，用于代替或处的值即可。

c）若与之间的距离≤1.2cm，不推荐两个点都测，只需要测与任一位置处的值，用于代替另一处的值即可。

C.2.6 壁面附近等面积区域平均速度计算

a）沿x方向的外侧等面积区域速度

 (C.12)

其中：

——距离检测孔壁面d位置处的速度，m/s；

——代表2.5cm的长度。

b）沿y方向的外侧等面积区域速度

 (C.13)

c）拐角等面积区域速度

 (C.14)

其中：

——在检测孔位置处的拐角区域，；在非检测孔位置的拐角区域，若，则；若，则

附录D 对向测量偏航角、俯仰角的计算

## D.1 偏航角测定

对向测量时，，得到偏航零点，此时偏航角通过旋转皮托管的测量角圆盘测得。

## D.2 俯仰角测定

通过公式(D.1)计算得到俯仰角的校准系数F1，将俯仰角校准系数和值代入F1校准系数曲线中找到对应的俯仰角。将角度值带入F2校准曲线中，找到对应的F2值。根据公式(D.2)计算得到差压值。

 (D.1)

其中：

——1孔的压力值，Pa；

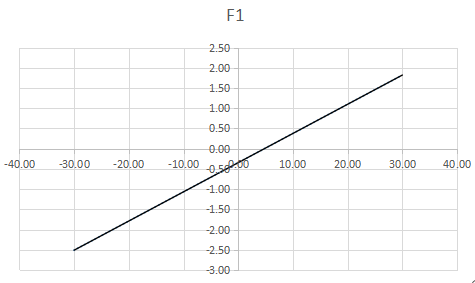
——2孔的压力值，Pa；

——3孔的压力值，Pa；

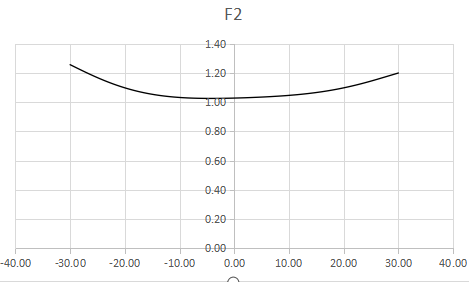
——4孔的压力值，Pa；

——5孔的压力值，Pa。

 (D.2)



图D.1 F1校准曲线



图D.2 F2校准曲线

## D.3 速度

将测得的密度值和计算得到的差压值带入式(D.3)，计算得到速度*v*。

 (D.3)

## D.4轴向速度测定

轴向速度按式(D.4)计算

 (D.4)

附录E 不确定度评定方法及示例

## E.1 概述

在规范规定的校准条件下，对企业温室气体排放因子进行校准。以排放因子测量结果为参考标准，计算企业温室气体排放因子相对偏差并对其进行不确定度评定。具体实验步骤参考本规范第七节中的校准方法，以某大型燃煤电厂校准数据为例。

表E.1 原始数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 测量时间（h） | 企业采用的排放因子（kg.CO2/kg） | 燃煤消耗测量值（t） | 烟道温室气体排放速率（tCO2e/h） | 温室气体无组织排放速率（tCO2e/h） |
| 1 | 3.8 | 1.86 | 346.54 | 165.32 | 3.39 |
| 2 | 3.1 | 1.91 | 276.00 | 163.91 | 3.47 |
| 3 | 3.2 | 1.90 | 270.71 | 159.87 | 3.40 |

## E.2 测量模型

企业温室气体排放因子相对偏差按照式（E.1）计算。

 （E.1）

式中：

——企业温室气体排放因子相对偏差；

——校准时间段内企业采用的温室气体排放因子；

——企业温室气体排放因子测量值。

由表E.1和式（E.1）计算可得企业温室气体排放因子相对偏差。

表E.2 企业温室气体排放因子相对偏差

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 烟道温室气体排放量（tCO2e） | 温室气体无组织排放量（tCO2e） | 校准边界内温室气体排放总量（tCO2e） | 燃煤消耗测量值（t） | 排放因子测量值（kg.CO2/kg） | 排放因子相对偏差（%） | 重复性（%） |
| 1 | 628.22 | 12.89 | 641.11 | 346.54 | 1.85 | 0.54% | 1.86% |
| 2 | 508.12 | 10.76 | 518.88 | 276.00 | 1.88 | 1.60% |
| 3 | 511.58 | 10.89 | 522.48 | 270.71 | 1.93 | -1.55% |

## E.3 不确定度分量

由测量模型可知，企业温室气体排放因子相对偏差不确定度主要由企业提供的温室气体排放因子和温室气体排放因子测量引入。

 （E.2）

式中：

——企业温室气体排放因子相对偏差合成相对标准不确定度；

——由企业提供的温室气体排放因子引入的不确定度分量；

——由温室气体排放因子测量引入的不确定度分量。

E.3.1 由企业提供的温室气体排放因子引入的不确定度

企业提供的温室气体排放因子的不确定度与企业排放源、燃料种类等有关，本次参与校准的企业为电力企业，燃料为标准煤，其温室气体排放因子为2.493 tCO2e/t，相对扩展不确定度为7.6%（k=2）。由此引入的不确定度分量为。

E.3.2 温室气体排放因子测量引入的不确定度

由规范第7节式（12）、（13）和（14）可知，温室气体排放因子测量引入的不确定度主要由烟道温室气体排放量测量、温室气体无组织排放测量和燃煤活动数据三部分组成。

 （E.3）

式中：

——企业温室气体排放量测量值相对不确定度；

——企业燃煤活动数据的相对不确定度；

——烟道温室气体排放测量引入的不确定度分量；

——温室气体无组织排放测量引入的不确定度分量。

E.3.2.1 烟道温室气体排放量测量不确定度分量

烟道温室气体排放量测量不确定度由计量装置校准证书得到。由校准证书可知，烟道排放计量装置测量不确定度为5.0%（k=2），因此可得烟道温室气体排放量测量不确定度分量。

E.3.2.2 温室气体无组织排放量测量不确定度分量

同上，温室气体无组织排放量测量不确定度由快速测量系统校准证书得到。由校准证书可知，快速测量系统测量不确定度为25%（k=2），计算可得烟道温室气体排放量测量不确定度分量12.5%。

E.3.3 温室气体活动数据测量不确定度分量

企业燃煤活动数据的不确定度由测量仪器的有效检定、校准证书或自校准评价结果给出，本次校准过程中由活动数据测量引入的相对标准不确定度为。

E.3.4 企业温室气体排放因子相对偏差不确定度

由上述计算结果，各不确定度分量结果见表E.3。

表E.3 企业温室气体排放因子相对偏差不确定度分量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 不确定度分量 | 符号 | 标准不确定度 | | |
| 1 | 2 | 3 |
| 企业提供的温室气体排放因子引入的不确定度分量 |  | 3.80% | | |
| 烟道温室气体排放测量引入的不确定度分量 |  | 15.71 tCO2e | 13.17tCO2e | 13.19tCO2e |
| 温室气体无组织排放测量不确定度分量 |  | 1.61 tCO2e | 1.34tCO2e | 1.36tCO2e |
| 温室气体排放量测量值 |  | 641.11 tCO2e | 518.88tCO2e | 522.48tCO2e |
| 燃煤活动数据引入的不确定度分量 |  | 1.385% | | |
| 测量重复性引入的不确定度分量 |  | 1.08% | | |
| 温室气体排放因子相对偏差合成不确定度 |  | 4.856% | 4.902% | 4.895% |

由表E.3和式（E.2）计算可得，企业温室气体排放量相对偏差合成不确定度为，扩展不确定度为，（k=2）。