

团 体 标 准

T/CSMT-KJ—XXXX

船舶温室气体排放连续直接测量系统 第 1 部分 技术要求

Continuous Direct Measurement System for Greenhouse Gas Emissions from Ships -
Part 1: Technical Requirements

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)
(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国计量测试学会 发 布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 一般要求	4
4.1 监测内容及边界	4
4.2 监测方法	4
5 监测系统	5
5.1 监测系统组成及功能	5
5.2 环境条件	5
5.3 系统性能及仪器设备	6
5.4 试验方法	7
附录 A（资料性）CO ₂ -CEMS 检测原始记录表	13
参考文献	18

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国计量测试学会碳测量与核算专业委员会提出。

本文件由中国计量测试学会归口。

本文件起草单位：招商局检测技术控股有限公司、北京中计碳汇科技有限公司、中国计量科学研究院、北京雪迪龙科技股份有限公司

本文件主要起草人：

船舶温室气体排放连续直接测量系统 第 1 部分 技术要求

1 范围

本文件规定了船舶温室气体排放连续直接测量系统的一般要求、监测系统组成、监测系统技术要求等内容。

本文件适用于适用于船舶温室气体排放连续直接测量系统设计及设备选型。本文件中温室气体特指二氧化碳。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 6994-1986 船舶电气设备一般规定
- GB/T 7358-1998 船舶电气设备系统设计总则
- GB/T 12519-2010 分析仪器通用技术条件
- GB/T 11606-2007 分析仪器环境试验方法
- HJ/T 212 污染物在线监控(监测)系统数据传输标准
- JJF 1362-2012 烟气分析仪型式评价大纲
- JJG 968-2002 烟气分析仪检定规程
- JT/T 1360-2020 船舶大气污染物排放监测通用要求
- T/CAEPI 47-2022 固定污染源二氧化碳排放连续监测系统技术要求
- T/CIN 18-2023 内河船舶尾气在线监测系统应用规范
- IEC 60092-504-2016 船舶电气装置，第 504 部分：自动化、控制和仪表(Electrical installations in ships – Part 504:Automation, control and instrumentation)
- MEPC.340(77) 2021 年废气清洗系统指南
- MEPC.346(78) 2022 年船舶能效管理计划(SEEMP)制定导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

温室气体 greenhouse gas; GHG

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。主要包括水汽(H₂O)、二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、六氟化硫(SF₆)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟化碳(PFCs)和臭氧(O₃)等。

[来源：GB/T 32150-2015，3.1，有修改]

3.2

船舶温室气体排放 marine greenhouse gas emissions

船舶在运输生产过程中,由于燃烧排放和操作性排放,通过烟道排放到大气中的能够产生温室效应的气体成分，主要包括二氧化碳(CO₂)、氧化亚氮(N₂O)、甲烷(CH₄)等。本标准特指CO₂。

[来源：GB/T 29112-2012，11.1，有修改]

3.3

连续直接测量 continuous direct measurement

对船舶烟气实现连续取样，直接测量烟气成分的测量方式。

[来源: JT/T 1360-2020, 3.5, 有修改]

3.4

温室气体连续直接测量系统 greenhouse gas continuous direct measurement system

连续监测船舶发动机和锅炉等气态污染物，直接测量温室气体排放浓度和排放量所需要的全部软硬件设备。

注：一般包括样品采集和传输装置、预处理设备、样品分析设备、连续采集系统、数据采集、传输与存储设备，以及其它辅助设备。

[来源:T/CIN 18-2023, 有修改]

3.5

数据可信认证 data trustable certification

系统监测数据具有可信度，可采用但不限于时间戳技术、数字签名技术、CA证书技术等可信技术进行可信认证，确保数据的真实、可靠，防篡改、防抵赖、数据可追溯。

3.6

参比方法 reference method

用于与船舶温室气体连续直接测量系统测量结果相比较的国家或行业发布的标准测量方法。

[来源: T/CIN 18-2023, 有修改]

3.7

相对准确度 relative accuracy

采用参比方法与船舶温室气体连续直接测量系统同步测量尾气中二氧化碳浓度、烟气参数，取同一船舶相同发动机运行工况状态下的测量结果组成若干数据对，数据对之差的平均值的绝对值与置信系数的绝对值之和与参比方法测定数据的平均值之比。

[来源: T/CIN 18-2023, 有修改]

3.8

有效数据 valid data

符合本文件技术指标要求，经验收合格的船舶温室气体连续直接测量系统，在船舶排放烟气条件下，船舶温室气体连续直接测量系统正常运行所测得的数据。

[来源: HJ/T 75, 有修改]

4 一般要求

4.1 监测内容及边界

4.1.1 船舶温室气体连续直接测量系统应能监测烟气中的二氧化碳（CO₂）、烟气参数（温度、压力、流速或流量、湿度等），同时计算二氧化碳排放速率和排放量。

4.1.2 船舶温室气体排放集中在船用燃料燃烧。目前燃料主要包含燃料油、LNG、甲醇燃料、氨燃料等，针对船舶运行期间使用燃料燃烧通过烟囱排放的温室气体（CO₂）进行监测。

4.1.3 具有多个排放烟囱的船舶，每个排放烟囱应安装一套 CEMS。发动机尾气通过多个烟道或管道后进入总排气管，可将 CEMS 安装在总排气管上。

4.2 监测方法

4.2.1 CO₂ 浓度监测宜优先采用非分散红外吸收法、可调谐激光吸收法。

4.2.2 湿度监测宜优先采用极限电流法。

4.2.3 O₂ 监测宜优先采用电化学电池法、顺磁法、氧化锆法。

4.2.4 流量监测宜优先采用皮托管、文丘里管或科里奥利等方法。

5 监测系统

5.1 监测系统组成及功能

5.1.1 监测系统由二氧化碳监测单元、烟气参数监测单元、数据采集与处理单元组成，也可在污染源现有的气态污染物排放连续监测系统上增加二氧化碳监测单元，共用一套系统，实现二氧化碳排放连续监测。船舶温室气体连续直接测量系统测量二氧化碳浓度、烟气参数（温度、压力、流速或流量、湿度等），同时计算二氧化碳排放速率和排放量。

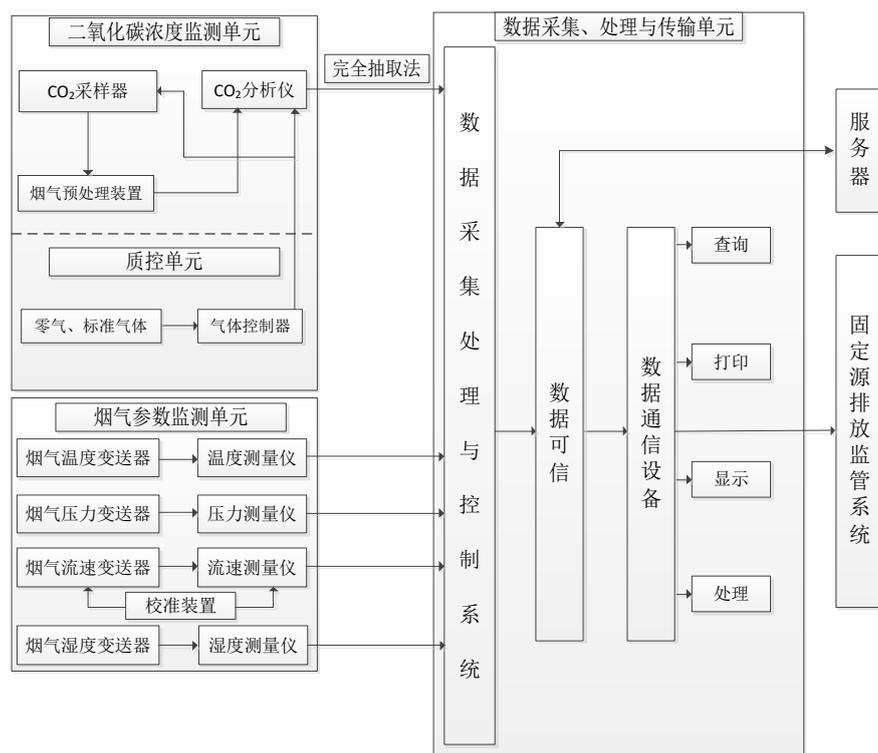


图1 船舶温室气体连续直接测量系统组成示意图

5.1.2 系统功能

5.1.2.1 系统应能测量烟气中的 CO₂ 浓度、烟气参数等。

5.1.2.2 系统应获得船用产品证书或等效证明文件，应满足防护等级系统 IP44 的要求

5.1.2.3 系统应能计算烟气中污染物对应标准状况下干烟气浓度的排放速率、排放浓度和排放量，显示、记录和存储各种数据和参数，形成相关图表。

5.1.2.4 系统应具备质控核查、校准、反吹功能，按照主管部门要求的周期进行手动或自动校准与核查，定期反吹，保障数据质量和系统可靠性。

5.1.2.5 船载连续监测设备应具备防水、防高盐腐蚀、抗颠簸、防高温和防震能力。

5.1.2.6 监测设备应能保存不少于 18 个月的数据，数据应能现场打印、下载或远程传输到指定终端。

5.1.2.7 系统要具备数据可信认证功能，保证实测 CO₂ 排放量在数据采集端和传输过程中放篡改抗抵赖。

5.2 环境条件

船舶温室气体连续直接测量系统在以下环境条件下应能正常使用：

——除样品采集部分外，安装于机舱内的设备部件能适应 0℃~50℃环境温度，安装于船舶甲板的设备部件能适应船舶航行水域环境温度；

——5.0%~95.0%环境湿度；

——80.0kPa~106kPa 大气压；

5.3 系统性能及仪器设备

5.3.1 采样要求

5.3.1.1 样品采集装置应具备加热、过滤、保温和反吹净化功能。其加热温度一般在 120℃以上，且应高于烟气露点温度 10℃以上，其实际温度值应能够在机柜或系统软件中显示查询。采样装置中的滤芯要易于更换，在实际运行过程中，系统要根据流量等信息，给出滤芯更换提醒。

5.3.1.2 样品传输管线应长度适中。当使用伴热管线时应具备稳定、均匀加热和保温的功能：其设置加热温度一般在 120℃以上，且应高于烟气露点温度 10℃以上，其实际温度值应能够在机柜或系统软件中显示查询。

5.3.1.3 样品传输管线内包覆的气体传输管应至少为两根，一根用于样品气体的采集传输，另一根用于标准气体的全系统校准。

5.3.1.4 样品采集装置、样品传输管线的材质应选用耐高温、耐腐蚀和不吸附、不与气态污染物发生反应的材料，应不影响待测组分的正常测量。

5.3.1.5 采样泵应具备克服烟道负压的足够抽气能力，并且保障采样流量准确可靠、相对稳定。

5.3.2 预处理要求

5.3.2.1 预处理设备主要包括样品过滤设备和除湿冷凝设备等，预处理设备的材料和安装应不影响仪器测量。

5.3.2.2 预处理设备及其部件应方便清理和更换。

5.3.2.3 除湿设备的设置温度应保持在 5℃左右，正常波动在±2℃以内。

5.3.2.4 预处理设备的材质应使用不吸附和与气态污染物发生反应的材料。

5.3.2.5 除湿设备除湿过程产生的冷凝液应采用自动方式通过冷凝液收集和排放装置及时、顺畅排出。

5.3.3 烟气参数测量单元要求

5.3.3.1 烟气参数测量单元应尽可能与采样单元集成在一体，小型化，减少船舶开孔的数量。

5.3.3.2 烟气参数应具有反吹净化功能，烟气动压应具备自动零点校准功能。

5.3.3.3 烟气参数测量单元应具备设备故障诊断功能。

5.3.3.4 烟温测量范围为 0~400℃。

5.3.3.5 流速测量范围为 0~40m/s。

5.3.3.6 湿度测量范围为 0~40%。

5.3.3.7 氧气测量范围为 0~25%。

5.3.4 安全要求

5.3.4.1 系统的安装和使用应避免对监测人员和船舶的安全造成危害。

5.3.4.2 系统电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于 100MΩ。

5.3.4.3 系统应具有漏电保护装置，具备良好的接地措施，防止雷击和喷水等对系统造成损坏。

5.3.4.4 系统掉电后，能自动保存数据，并启动系统保护机制。恢复供电后系统可自动启动，恢复运行状态并正常开始工作。系统应该配置 UPS 电源，避免设备异常断掉导致的 CO₂ 数据缺失。

5.3.5 传输要求

5.3.5.1 系统应具备数据可信认证功能，实现数据传输链路上的可信安全传输。

5.3.5.2 系统应具备网络传输的功能，可通过船上卫星网络实现 CO₂ 排放量的输出。

5.3.5.3 系统监测数据输出频率不低于 0.0035Hz。

5.3.5.4 数据记录与处理设备应耐用、只读，以防篡改。

5.3.5.5 系统应具备与船机中控系统进行通讯交互的功能，可输出报警信号，可接收船机运行状态信号。

5.3.6 系统性能

5.3.6.1 系统 CO₂ 示值误差：与标准气体标称值的相对误差不超过 ±3%。（其他标准写的都是 5%）

5.3.6.2 系统响应时间：≤200s。（参考校准规范和其他标准）

5.3.6.3 24h 零点漂移和量程漂移不超过满量程的 ±2.5%（校准规范中写的是 2%FS/2h 漂移）。

5.3.6.4 当采用参比方法测量烟气中二氧化碳浓度的平均值时，参考仪器测量结果平均值 ≤10%时，绝对误差 ≤±1%；参考仪器测量结果平均值 >10%时，相对误差 ≤±10%（参考校准规范）。

5.3.6.5 流速示值误差

a) 流速测量装置测量结果平均值 ≤10m/s 时，相对误差 ≤±10%；

b) 流速测量装置测量结果平均值 >10m/s 时，相对误差 ≤±8%。

5.3.6.6 温度示值误差：绝对误差 ≤±3℃。

5.3.6.7 湿度示值误差：

a) 含湿量测量仪测量结果平均值 ≥1%且 ≤5%时，绝对误差 ≤±0.75%；

b) 含湿量测量仪测量结果平均值 >5%且 ≤40%时，相对误差 ≤±15%（参考校准规范）

5.4 试验方法

5.4.1 二氧化碳技术指标

5.4.1.1 示值误差

a) 通入零气，调节仪器零点。

b) 通入高浓度（80%~100%的满量程值）标准气体，调整仪器显示浓度值与标准气体浓度值一致。

c) 仪器经上述校准后，按照零气、高浓度标准气体、零气、中浓度（50%~60%的满量程值）标准气体、零气、低浓度（20%~30%的满量程值）标准气体的顺序通入标准气体。待显示浓度值稳定后读取测定结果。重复测定 3 次，取平均值。

d) 按公式(1)和公式(2)计算示值绝对误差和示值相对误差，调试检测结果记录格式见附录 A 中表 A.2，结果应满足 5.3.6 的要求。

$$\overline{d_{ei}} = \overline{C_{di}} - C_{si} \quad (1)$$

$$L_{ei} = \frac{\overline{d_{ei}} - C_{si}}{C_{si}} \times 100\% \quad (2)$$

式中： $\overline{d_{ei}}$ ——标准气体的示值绝对误差；

$\overline{C_{di}}$ ——标准气体测定浓度平均值；

C_{si} ——标准气体浓度值；

i ——第 i 种浓度的标准气体。

L_{ei} ——标准气体的示值相对误差。

5.4.1.2 系统响应时间

a) 待测系统运行稳定后，按照系统设定的采样流量通入零点气体，待读数稳定后按照相同流量通入量程校准气体，同时用秒表开始计时。

b) 观察分析仪示值，至读数开始跃变止，记录并计算样气管路传输时间 T1。

c) 继续观察并记录待测分析仪器显示值上升至标准气体浓度标称值 90% 时的仪表响应时间 T2。

d) 系统响应时间为 T1 和 T2 之和。重复测定 3 次，取平均值。

e) 系统响应时间验收测试结果应满足 5.3.6 的要求。

5.4.1.3 零点漂移

a) 待测系统运行稳定后，通入零气，校准仪器至零点，记录零点稳定读数 Z_{0i} 。待测系统连续运行 24h 后，再通入零气，待读数稳定后记录零点读数 Z_i ，按调零键，仪器调零。连续操作 3d。

b) 按公式 (3) 和公式 (4) 计算零点漂移 Z_d ，调试检测结果记录格式见附录 A 中表 A.3，结果应满足 5.3.6 要求。

$$\Delta Z_i = Z_i - Z_{0i} \quad (3)$$

$$Z_d = \frac{\Delta Z_{max}}{R} \times 100\% \quad (4)$$

式中： Z_{0i} ——第 i 次零点读数初始值；

Z_i ——第 i 次零点读数值；

Z_d ——零点漂移；

ΔZ_i ——第 i 次零点测试值的绝对误差；

ΔZ_{max} ——零点测试绝对误差最大值；

R ——仪器满量程值。

5.4.1.4 量程漂移

a) 待测系统运行稳定后，通入高浓度（80%~100%的满量程值）标准气体，校准仪器至该标准气体的浓度值 S_{0i} 。待测系统连续运行 24h 后，再通入同一标准气体，待读数稳定后记录标准气体读数 S_i ，按校准键，校准仪器，连续操作 3 d。

b) 按公式 (5) 和公式 (6) 计算量程漂移 S_d ，调试检测结果记录格式见附录 A 中表 A.3，

结果应满足 5.3.6 的要求。

$$\Delta S_i = S_i - S_{0i} \quad (5)$$

$$S_d = \frac{\Delta S_{max}}{R} \times 100\% \quad (6)$$

式中： S_{0i} ——第 i 次量程读数初始值；

S_i ——第 i 次量程读数值；

S_d ——量程漂移；

ΔS_i ——第 i 次量程测试值的绝对误差；

ΔS_{max} ——量程测绝对误差最大值。

5.4.1.5 准确度

采用参比方法测量烟气中二氧化碳浓度，与船舶温室气体排放连续直接测量系统同时段且相同状态测定结果组成一个数据对，至少获取 9 组数据对，每组数据对取 5min~15min 均值。参比方法测定值与船舶温室气体排放连续直接测量系统测量值均取标态干基浓度。

按公式 (7) 计算相对准确度，调试检测结果记录格式见附录 A 中表 A.4，结果应满足 5.3.4 的要求。

$$RA = \frac{|\bar{d}| + |cc|}{\overline{RM}} \times 100\% \quad (7)$$

式中： RA ——相对准确度；

\overline{RM} ——全部数据对中参比方法测量结果的平均值，计算公式见公式 (8)；

$|\bar{d}|$ ——船舶温室气体排放连续直接测量系统与参比方法测量各数据对之差的平均值，计算公式见公式 (9)；

cc ——置信系数，计算公式见公式 (11)。

$$\overline{RM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n RM_i \quad (8)$$

式中： n ——数据对的个数；

RM_i ——第 i 个数据对中的参比方法测定值。

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (9)$$

式中： d_i ——每个数据对之差，计算公式见公式 (10)。

$$d_i = CEMS_i - RM_i \quad (10)$$

式中： $CEMS_i$ ——第 i 个数据对中的船舶温室气体排放连续直接测量系统测定值。

在计算数据对差的和时，保留差值的正、负号。

$$cc = \pm t_{f,0.95} \frac{S_d}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

式中： $t_{f,0.95}$ ——由 t 表（见表 1）查得， $f=n-1$ ；

S_d ——参比方法与船舶温室气体排放连续直接测量系统测定值数据对之差的的标准偏差，计算公式见公式（12）。

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} \quad (12)$$

表 1 计算置信系数用 t 值表(95%置信水平)

f	$t_{f,0.95}$	f	$t_{f,0.95}$	f	$t_{f,0.95}$
1	12.706	11	2.201	21	2.080
2	4.303	12	2.179	22	2.074
3	3.182	13	2.160	23	2.069
4	2.776	14	2.145	24	2.064
5	2.571	15	2.131	25	2.060
6	2.447	16	2.120	30	2.042
7	2.365	17	2.110	35	2.030
8	2.306	18	2.101	40	2.021
9	2.262	19	2.093	45	2.014
10	2.228	22	2.074	50	2.009

5.4.2 烟气参数技术指标

采用参比方法测量烟气流速、烟温、湿度，与船舶温室气体排放连续直接测量系统的流速、烟温、湿度同时段测定结果组成一个数据对，至少获取 5 组数据对，分别计算烟气流速、烟温、湿度准确度。调试检测结果记录格式见附录 A 中表 A.5。

5.4.2.1 流速准确度

按照公式(13)和(14)计算烟气流速准确度，结果应满足5.3.6的要求。

$$\overline{d_{vi}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{CMS} - V_i) \quad (13)$$

$$R_{ev} = \frac{\overline{d_{vi}}}{V_i} \times 100\% \quad (14)$$

式中： $\overline{d_{vi}}$ ——流速绝对误差，单位为米每秒（m/s）；

n ——测定次数（ ≥ 5 ）；

V_{CMS} ——与参比方法同时段测量的流速连续测量系统测定的烟气平均流速，单位为米每秒（m/s）；

V_i ——参比方法第*i*次测定测试断面的烟气平均流速，单位为米每秒（m/s），参比方法的选择见附录E；

$\overline{V_i}$ ——参比方法*n*次测定测试断面的烟气平均流速的平均值，单位为米每秒（m/s）。

R_{ev} ——流速相对误差，以%表示。

5.4.2.2 烟温准确度

按照公式(15)计算烟温准确度,结果应满足5.3.6的要求。

烟温绝对误差计算方法:

$$\Delta T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (TCEMS_i - T_i) \quad (15)$$

式中: ΔT ——烟温绝对误差, $^{\circ}\text{C}$;

n ——测定次数 (≥ 5);

TCEMS ——烟温连续测量系统与参比方法同时段测定的平均烟温, $^{\circ}\text{C}$;

T_i ——参比方法测定的平均烟温, $^{\circ}\text{C}$

5.4.2.3 湿度准确度

按照公式(16)和(17)计算湿度准确度,结果应满足5.3.6的要求。

湿度准确度计算方法如下:

$$\Delta X_{\text{SW}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{\text{SWCMS}_i} - X_{\text{SW}_i}) \quad (16)$$

$$R_{\text{es}} = \frac{\Delta X_{\text{SW}}}{\overline{X_{\text{SW}_i}}} \quad (17)$$

式中: ΔX_{SW} ——烟气湿度绝对误差, %;

n ——测定次数 (≥ 5);

X_{SWCMS} ——烟气湿度连续测量系统与参比方法同时段测定的平均烟气湿度, %;

X_{SW_i} ——参比方法测定的平均烟气湿度, %;

R_{es} ——烟气湿度相对误差, %。

5.4.3 烟气二氧化碳排放量计算

5.4.3.1 烟气二氧化碳排放浓度计算

1. 标准状态下烟气二氧化碳质量浓度按公式(18)计算。

$$C_{\text{sn}} = C_{\text{S}} \times \frac{44}{22.4} \times 10 \quad (18)$$

式中: C_{sn} ——标准状态下二氧化碳质量浓度, 单位为克每立方米(g/m^3);

C_{S} ——船舶温室气体排放连续直接测量系统测得的二氧化碳体积浓度, 单位为体积百分比(%)。

注: 公式(A. 1)中质量浓度和体积浓度干湿基状态应相同。

2. 标准状态下二氧化碳干基质量浓度和湿基质量浓度转换按公式(19)计算。

$$C_{\text{d}} = \frac{C_{\text{w}}}{1 - X_{\text{sw}}} \quad (19)$$

式中: C_{d} ——标准状态下二氧化碳干基质量浓度, 单位为克每立方米(g/m^3);

C_{w} ——标准状态下二氧化碳湿基质量浓度, 单位为克每立方米(g/m^3);

X_{sw} ——烟气含湿量。

5.4.3.2 烟气体积流量计算

1. 湿烟气平均流速按公式(20)计算。

$$\overline{V}_{\text{S}} = K_{\text{V}} \times \overline{V}_{\text{P}} \quad (20)$$

式中: \overline{V}_{S} ——测定断面的湿烟气平均流速, 单位为米每秒 (m/s);

K_{V} ——速度场系数;

\overline{V}_{P} ——测定断面流速CMS测得的湿烟气平均流速, (m/s)。

2. 实际工况下湿烟气流量按公式(21)计算。

$$Q_S = 3600 \times F \times \bar{V}_S \quad (21)$$

式中： Q_S ——实际工况下湿烟气流流量，单位为立方米每小时(m^3/h)；
 F ——测定断面的面积，单位为平方米(m^2)。

3. 标准状态下干烟气体积流量按公式(22)计算。

$$Q_{Sn} = Q_S \times \frac{273}{273+t_s} \times \frac{B_a+P_s}{101325} \times (1 - X_{SW}) \quad (22)$$

式中： Q_{Sn} ——标准状态下干烟气体积流量，单位为立方米每小时(m^3)；
 t_s ——烟气温度的，单位为摄氏度(°C)；
 B_a ——大气压力，单位为帕斯卡(Pa)；
 P_s ——烟气静压(表压)，单位为帕斯卡(Pa)。

5.4.3.3 二氧化碳排放质量流率计算

二氧化碳排放质量流率按公式(23)计算。

$$G_h = C_d \times Q_{Sn} \times 10^{-6} \quad (23)$$

式中： G_h ——烟气二氧化碳排放质量流率，单位为吨每小时(t/h)。

5.4.3.4 二氧化碳累积排放量计算

二氧化碳的累积排放量按公式(24)~公式(26)计算。

$$G_d = \sum_{i=1}^{24} G_{hi} \quad (24)$$

$$G_m = \sum_{i=1}^{D_m} G_{di} \quad (25)$$

$$G_y = \sum_{i=1}^{D_y} G_{di}' \quad (26)$$

式中： G_d ——二氧化碳天排放量，单位为吨每天(t/d)；
 G_{hi} ——该天中第*i*小时二氧化碳排放量，单位为吨每小时(t/h)；
 G_m ——二氧化碳月排放量，单位为吨每月(t/m)；
 G_{di} ——该中第*i*天二氧化碳排放量，单位为吨每天(t/d)；
 G_y ——二氧化碳年排放量，单位为吨每年(t/a)；
 G_{di}' ——该中第*i*天二氧化碳排放量，单位为吨每天(t/d)；
 D_m ——该月天数；
 D_y ——该年天数。

附录 A

(资料性)

CO₂-CEMS 检测原始记录表表A.1 CO₂-CEMS系统响应时间检测记录测试人员: _____ CO₂-CEMS 生产厂家: _____测试地点: _____ CO₂-CEMS 型号、编号: _____仪器检测量程: _____ CO₂-CEMS 原理: _____

标准气体浓度: _____ 计量单位: _____

日期	标称值	管线传输时间 (T ₁ /2)	显示值达到标称值 90%时的时间 (T ₂)	响应时间 (T)	备注
平均值					

表A.2 CO₂-CEMS示值误差检测记录测试人员：_____ CO₂-CEMS 生产厂家：_____测试地点：_____ CO₂-CEMS 型号、编号：_____仪器检测量程：_____ CO₂-CEMS 原理：_____

标准气体浓度：_____ 计量单位：_____

日期	标准气体	20%~30%满量程 标准气体	50%~60%满量程 标准气体	80%~100%满量程 标准气体	备注
	标称值				
	实 测 值	1			
		2			
		3			
		平均值			
示值误差 (%)					

表A.3 CO₂-CEMS 24h漂移检测记录测试人员：_____ CO₂-CEMS 生产厂家：_____测试地点：_____ CO₂-CEMS 型号、编号：_____仪器检测量程：_____ CO₂-CEMS 原理：_____

标准气体浓度：_____ 计量单位：_____

日期	时间 (时、分)	检测结果 (%)					
		零点读数		零点漂移 绝对误差 $\Delta Z=Z_0-Z_i$	量程点读数		量程漂移 绝对误差 $\Delta S=S_0-S_i$
		起始(Z_0)	最终(Z_i)		起始(S_0)	最终(S_i)	
零点漂移绝对误差最大值					量程漂移绝对误差最大		
零点漂移 (%)					量程漂移 (%)		
备注	是否调节零点						
	是否调节量程						
	是否清洁镜头						

参考文献

- [1] GB/T 213 煤的发热量测定方法
 - [2] GB/T 384 石油产品热值测定法
 - [3] GB 475 商品煤样人工采取方法
 - [4] GB/T 4756 石油液体手工取样法
 - [5] GB/T 13609 天然气取样导则
 - [6] GB 17167-2006 用能单位能源计量器具配备和管理通则
 - [7] GB/T 19494.1 煤炭机械化采样 第1部分： 采样方法
 - [8] GB/T 22723 天然气能量的测定
 - [9] GB/T 27418-2017 测量不确定度评定和表示
 - [10] GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
 - [11] DL/T 2376-2021 火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范
 - [12] RB/T 260-2018水泥企业温室气体排放核查技术规范
 - [13] HJ 870 固定污染源废气二氧化碳的测定非分散红外吸收法
 - [14] JJF 1001-2011通用计量术语及定义
 - [15] JJF 1010-1987 长度计量名词术语及定义
 - [16] JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示
 - [17] DB37/T 3462-2018 固定污染源烟气流速在线监测超声波法
 - [18] 中国能源统计年鉴2013，中国统计出版社
 - [19] 省级温室气体清单编制指南（试行），国家发展和改革委员会办公厅
-