

ICS 27.060.30  
J98

CBWA

# 团 体 标 准

T/CBWA ××××-××××

## 锅炉温室气体排放测试与计算方法

Test and calculation method for greenhouse gas emission of boilers

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国锅炉及锅炉水处理协会发布

# 目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和符号.....	1
4 测试边界和排放源.....	5
5 测试要求.....	6
6 测量项目、仪器仪表及测试方法.....	7
7 温室气体排放及强度计算.....	8
8 测试报告.....	13

# 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。

本文件由中国锅炉与锅炉水处理协会提出、归口管理和负责解释。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次制定。

# 锅炉温室气体排放测试与计算方法

## 1 范围

本文件规定了锅炉温室气体排放测试中的术语和定义、测试过程、排放强度计算和出具报告的要求。

本文件适用于燃烧化石燃料、掺烧/纯烧非化石燃料的锅炉以及电加热锅炉。

本文件不适用于垃圾焚烧锅炉、余热锅炉的温室气体排放测试与计算。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2900.48 电工名词术语 锅炉

GB/T 10180 工业锅炉热工性能试验规程

GB/T 10184 电站锅炉性能试验规程

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 38553 工业锅炉系统节能管理要求

NB/T 47066 冷凝锅炉热工性能试验方法

## 3 术语和符号

### 3.1 术语和定义

GB/T 2900.48 界定以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**锅炉系统 boiler system**

以锅炉本体（含燃烧设备）、风机、泵、燃料制备装置、燃料供给装置、除灰渣装置、烟气净化装置、控制装置等构成的能源加工、转换、净化装置的总和。

注：锅炉本体是由锅筒（壳）、启动（汽水）分离器及储水箱、受热面、集箱及其连接管道，炉膛、燃烧设备、空气预热器、炉墙、烟（风）道、构架等所组成的整体。

#### 3.1.2

**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。

[GB/T 32150-2015, 定义 3.1]

注：本文件涉及的温室气体只包含二氧化碳(CO<sub>2</sub>)。

### 3.1.3

**温室气体直接排放** direct greenhouse gas emission

燃料燃烧和脱硫脱硝过程产生的温室气体排放。

注：生物质为碳中性燃料，燃烧产生的二氧化碳排放不计入锅炉碳排放量，但应在测试报告中予以说明。

### 3.1.4

**温室气体间接排放** indirect greenhouse gas emission

锅炉使用电力产生的温室气体排放。

### 3.1.5

**温室气体排放总量** total greenhouse gas emission from boiler

锅炉稳定运行工况下，在测试周期内每小时直接排放与间接排放的温室气体总量。

### 3.1.6

**温室气体排放强度** greenhouse gas emission intensity

稳定工况下锅炉每单位输出热量对应的温室气体排放总量。

### 3.1.7

**温室气体直接排放强度** direct greenhouse gas emission intensity

稳定工况下锅炉每单位输出热量对应的温室气体直接排放量。

## 3.2 符号和单位

表 1 中所列符号及单位适用于本文件。

表 1 符号和单位

符号	名称	单位
$AD_e$	锅炉系统电力消耗总量	$\text{kW} \cdot \text{h}$
$AD_{ef}$	克服锅炉热平衡系统内烟风阻力所需系统外风机电力消耗量	$\text{kW} \cdot \text{h}$
$AD_{ep}$	克服锅炉热平衡系统内汽水阻力所需系统外水泵电力消耗量	$\text{kW} \cdot \text{h}$
$AD_f$	各风机电力消耗量	$\text{kW} \cdot \text{h}$
$AD_m$	燃料制备装置电力消耗量	$\text{kW} \cdot \text{h}$
$AD_p$	各水泵电力消耗量	$\text{kW} \cdot \text{h}$
$B$	锅炉测试周期内每小时燃料消耗量	$\text{kg/h}$ 或 $\text{m}^3/\text{h}$

$B_{des}$	锅炉测试周期内每小时脱硫剂消耗量	kg/h
$B_{ur}$	锅炉测试周期内每小时尿素消耗量	kg/h
$C_{pc}$	煤粉总消耗量	kg
$E$	锅炉产生温室气体排放总量	kgCO <sub>2</sub> /h
$E_a$	温室气体排放强度	kgCO <sub>2</sub> /GJ
$E_{ad}$	温室气体直接排放强度	kgCO <sub>2</sub> /GJ
$E_d$	锅炉燃料（不包括生物质）燃烧和脱硫脱硝过程直接排放的二氧化碳量	kgCO <sub>2</sub> /h
$E_{dc}$	锅炉产生二氧化碳直接排放计算值	kgCO <sub>2</sub> /h
$E_{dm}$	锅炉产生二氧化碳直接排放测量值	kgCO <sub>2</sub> /h
$E_{dm,b}$	煤与生物质掺混燃烧锅炉产生二氧化碳直接排放测量值	kgCO <sub>2</sub> /h
$EF$	锅炉燃料燃烧的二氧化碳排放因子	kgCO <sub>2</sub> /kg 或 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
$EF_{des}$	脱硫剂中碳酸盐的排放因子	kgCO <sub>2</sub> /kg
$EF_e$	供电碳排放因子	kgCO <sub>2</sub> /(kW·h)
$EF_{ur}$	尿素的排放因子	kgCO <sub>2</sub> /kg
$E_{id}$	锅炉电力消耗间接产生的温室气体排放量	kgCO <sub>2</sub> /h
$I_{CO_3}$	脱硫剂中碳酸盐的含量	%
$M_{CO_3}$	碳酸盐的分子量	/
$OF$	燃料的碳氧化率	%
$Q$	锅炉输出热功率	MW
$T$	测试工况时长	h
$V_{a,d,th}$	理论干空气量	m <sup>3</sup> /kg 或 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
$V'_{fg}$	烟气体积流量	m <sup>3</sup> /h
$V_{fg,d}$	每千克或每立方米燃料燃烧生成的干烟气体积	m <sup>3</sup> /kg 或 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
$V'_{fg,d}$	干烟气体积流量	m <sup>3</sup> /h
$V_{fg,d,th}$	理论干烟气量	m <sup>3</sup> /kg 或 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
$\omega_{as}$	飞灰占燃料总灰量的质量分数	%
$\omega_{as,ar}$	入炉燃料（收到基）中灰分的质量分数	%
$\omega_{as,ar,c}$	煤燃料（收到基）灰分的质量分数	%
$\omega_{C,ar}$	入炉燃料（收到基）中元素碳的质量分数	%
$\omega_{c,b}$	实际燃烧掉的碳占入炉燃料的质量分数	%

$\omega_{cl}$	漏煤占燃料总灰量的质量分数	%
$\omega_{C.ar.b}$	生物质燃料（收到基）中元素碳的质量分数	%
$\omega_{C.ar.c}$	煤燃料（收到基）中元素碳的质量分数	%
$\omega_{c.as}$	飞灰中可燃物的质量分数	%
$\omega_{c.cl}$	漏煤中可燃物的质量分数	%
$\omega_{c.rs.m}$	灰渣平均可燃物的质量分数	%
$\omega_{c.s}$	炉渣中可燃物的质量分数	%
$\omega_{H.ar}$	入炉燃料（收到基）中元素氢的质量分数	%
$\omega_{N.ar}$	入炉燃料（收到基）中元素氮的质量分数	%
$\omega_{O.ar}$	入炉燃料（收到基）中元素氧的质量分数	%
$\omega_s$	炉渣占燃料总灰量的质量分数	%
$\omega_{S.ar}$	入炉燃料（收到基）中元素硫的质量分数	%
$\alpha$	排烟处过量空气系数	/
$\beta$	制粉系统单位制粉电耗	kW · h / kg
$\Delta P_f$	风机压力	kPa
$\Delta P_g$	克服的锅炉热平衡系统内烟风阻力	kPa
$\Delta P_p$	水泵进出口压升	kPa
$\Delta P_w$	克服的锅炉热平衡系统内汽水阻力	kPa
$\eta_{CO_3.dec}$	脱硫剂中碳酸盐的分解率	%
$\eta_{ur.dec}$	尿素的分解率	%
$\rho_{CO_2.d}$	二氧化碳密度	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_f$	风机进出口空气或烟气平均密度	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_g$	锅炉热平衡系统内空气或烟气平均密度	kg/m <sup>3</sup>
$\varphi_b$	生物质在混合燃料中的质量占比	%
$\varphi_c$	煤在混合燃料中的质量占比	%
$\varphi_{C_mH_n.fg.d}$	干烟气中 C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> 的体积分数	%
$\varphi_{C_mH_n.g}$	气体燃料中 C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> 的体积分数	%
$\varphi_{CO.fg.d}$	干烟气中 CO 的体积分数	%
$\varphi_{CO.g}$	气体燃料中 CO 的体积分数	%
$\varphi_{CO_2.fg.d}$	干烟气中 CO <sub>2</sub> 的体积分数	%

$\varphi_{\text{CO}_2.g}$	气体燃料中 $\text{CO}_2$ 的体积分数	%
$\varphi_{\text{H}_2.fg.d}$	干烟气中 $\text{H}_2$ 的体积分数	%
$\varphi_{\text{H}_2.g}$	气体燃料中 $\text{H}_2$ 的体积分数	%
$\varphi_{\text{H}_2\text{O}.fg}$	烟气中的 $\text{H}_2\text{O}$ 的体积分数	%
$\varphi_{\text{H}_2\text{S}.g}$	气体燃料中 $\text{H}_2\text{S}$ 的体积分数	%
$\varphi_{\text{N}_2.fg.d}$	干烟气中 $\text{N}_2$ 的体积分数	%
$\varphi_{\text{N}_2.g}$	气体燃料中 $\text{N}_2$ 的体积分数	%
$\varphi_{\text{O}_2.fg.d}$	干烟气中 $\text{O}_2$ 的体积分数	%
$\varphi_{\text{O}_2.g}$	气体燃料中 $\text{O}_2$ 的体积分数	%
$\varphi_{\text{SO}_2.fg.d}$	干烟气中 $\text{SO}_2$ 的体积分数	%

## 4 测试边界和排放源

### 4.1 测试边界

4.1.1 本文件规定进行锅炉温室气体排放测试的系统边界见图 1，主要包括锅炉本体（含燃烧设备）、风机、泵、燃料制备装置、燃料供给装置、除灰渣装置、烟气净化装置、控制装置等设备。根据测试目的的不同，测试边界可分为 2 类：

a) 边界 1：锅炉热平衡系统边界。锅炉热平衡系统，包括锅炉本体、汽水系统循环泵、直吹式制粉系统磨煤机、脱硝装置、烟气再循环风机及冷渣器（当热量有效利用时）等；

b) 边界 2：锅炉系统边界。锅炉系统，包括锅炉本体、风机、泵、燃料制备装置、燃料供给装置、除灰渣装置、烟气净化装置、控制装置等各类辅机设备，其中工质侧边界采用热平衡边界。

4.1.2 本文件推荐选择边界 1 为锅炉温室气体排放测试边界。当量化目的为了解锅炉系统碳排放总量时，可选择边界 2。

### 4.2 排放源

4.2.1 排放源包括锅炉热平衡系统及锅炉系统边界内各类辅机设备，根据测试边界，确定相应的排放源：

a) 测试边界为边界 1 时，可仅计算锅炉热平衡系统边界内由于燃料（不包括生物质）燃烧和脱硫脱硝产生的直接碳排放；也可计算由于燃料（不包括生物质）燃烧和脱硫脱硝产生的直接碳排放，以及锅炉热平衡系统内电加热设备、辅机设备耗电产生的间接碳排放和克服锅炉热平衡系统内烟风、汽水流动阻力所需系统外辅机设备电力消耗相应的间接碳排放；

b) 测试边界为边界 2 时，计算锅炉系统边界内由于燃料（不包括生物质）燃烧和脱硫脱硝产生的直接碳排放和所有相关电加热设备、辅机设备耗电产生的间接碳排放。

4.2.2 锅炉使用外购煤粉、不配置制粉装置时，应由煤粉供应商提供单位质量煤粉制粉耗电量，无法提供该数据时，可采用推荐值。

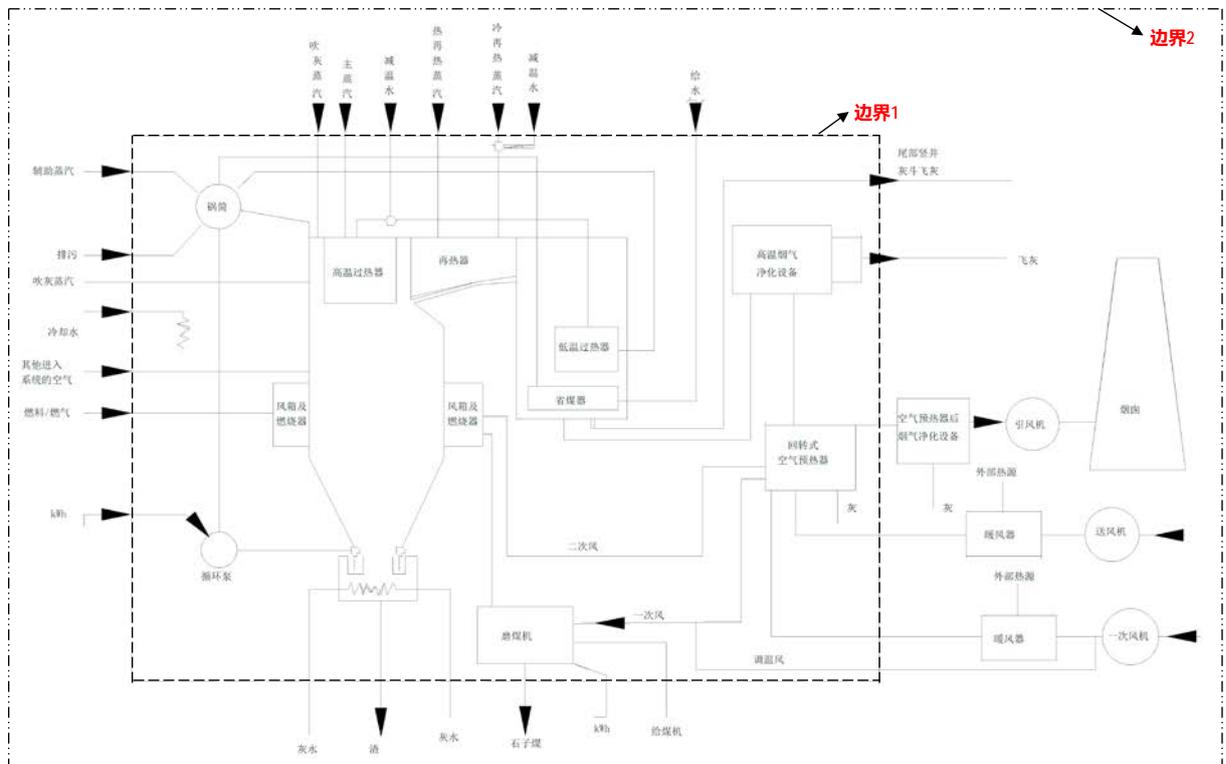


图 1 典型的锅炉温室气体排放测试边界示意图  
(注：其中边界 2 工质侧边界采用热平衡边界)

## 5 测试要求

5.1 锅炉温室气体排放测试宜与锅炉热工性能试验同时进行。

5.2 根据测试目的的不同，一般可分为锅炉产品碳排放测试、锅炉运行碳排放测试以及锅炉验收碳排放测试等。对于锅炉产品碳排放测试，每个工况锅炉平均（折算）负荷应当在额定负荷的 97%~105%；锅炉运行碳排放测试应当在锅炉设计安全运行范围内按照实际运行负荷进行；锅炉验收碳排放测试应由验收相关方协商确定有关试验要求。不同锅炉温室气体排放连续测试时间和测试次数应符合表 2 的规定。

表 2 连续测试时间和测试次数

燃烧方式		锅炉产品和验收碳排放测试	锅炉运行碳排放测试
		测试时间和次数	测试时间和次数
室燃锅炉	固体燃料	4h, $\geq 2$ 次	4h, $\geq 1$ 次
	液体燃料	2h, $\geq 2$ 次	2h, $\geq 1$ 次
	气体燃料	2h, $\geq 2$ 次	2h, $\geq 1$ 次
层燃锅炉	手烧或者下饲	$\geq 5$ h (至少一个完整出渣周期), $\geq 2$ 次	$\geq 5$ h (至少一个完整出渣周期), $\geq 1$ 次

	其他	4h, ≥2 次	4h, ≥1 次
流化床锅炉	固体燃料	4h, ≥2 次	4h, ≥1 次
	其他燃料	4h, ≥2 次	4h, ≥1 次
电加热锅炉	—	1h, ≥2 次	1h, ≥1 次

5.3 测试应在锅炉主要热力参数（工质出口温度、压力、流量）调整到允许范围且工况稳定一段时间后进行，工业锅炉稳定运行时间不少于 1h，电站锅炉稳定运行时间不少于 2h。

5.4 冷凝锅炉测试准备和测试过程的相关要求应满足 NB/T 47066 的规定。除冷凝锅炉以外的其他工业锅炉测试准备和测试过程的相关要求应满足 GB/T 10180 的规定。电站锅炉测试准备和测试过程的相关要求应满足 GB/T 10184 的规定。

5.5 在测试过程中或整理数据时，如出现以下情况之一时，应作废该测试工况：

- a) 测试工况中主要热力参数波动超出测试规定的范围；
- b) 主要测量项目的测试数据有 1/3 以上出现异常或矛盾。

## 6 测量项目、仪器仪表及测试方法

### 6.1 主要测量项目

锅炉热工性能试验主要测量项目见 GB/T 10180、GB/T 10184 或 NB/T 47066，除热工性能试验测量项目外，温室气体排放测试还应进行如下项目的测量：

- 1) 烟气流量，可通过测量烟气流速与烟道截面积获得；
- 2) 烟风道静压，用于计算风烟系统压降；
- 3) 辅机用电量，根据测试边界确定所包含设备。

### 6.2 仪器仪表

6.2.1 测试时所用的仪器、仪表应在检定或校准的合格有效期内。

6.2.2 冷凝锅炉碳排放测试所用仪器、仪表应满足 NB/T 47066 的要求，工业锅炉（除冷凝锅炉外）碳排放测试所用仪器、仪表应满足 GB/T 10180 的要求，，电站锅炉碳排放测试所用仪器、仪表应满足 GB/T 10184 的要求。

6.2.3 仪器、仪表的安装及使用应符合测试要求及仪器、仪表的使用要求。

### 6.3 测试方法

6.3.1 冷凝锅炉测量项目按 NB/T 47066 规定的方法测量。除冷凝锅炉以外的其他工业锅炉测量项目按 GB/T10180 规定的方法测量。电站锅炉测量项目按 GB/T10184 规定的方法测量。

6.3.2 烟气流量可按 GB/T10184 规定的方法测量。

6.3.3 电加热锅炉的用电量、辅机用电量可采用符合要求的仪器仪表在锅炉动力柜中进行测量。

## 7 温室气体排放及强度计算

### 7.1 测试周期内温室气体排放总量

测试周期内每小时温室气体排放总量按式（1）计算：

$$E = E_d + E_{id} \quad (1)$$

$E$ ——锅炉产生温室气体排放总量， $\text{kgCO}_2/\text{h}$ ；

$E_d$ ——锅炉燃料（不包括生物质）燃烧和脱硫脱硝过程直接排放的二氧化碳量， $\text{kgCO}_2/\text{h}$ ；

$E_{id}$ ——锅炉电力消耗间接产生的温室气体排放量， $\text{kgCO}_2/\text{h}$ 。

### 7.2 温室气体直接排放量

温室气体直接排放量采用测量法确定，并由排放因子法校验，二者差值应不大于 5%，即满足式（2）：

$$\frac{|E_{dm} - E_{dc}|}{E_{dm}} \leq 5\% \quad (2)$$

式中：

$E_{dm}$ ——锅炉产生二氧化碳直接排放测量值， $\text{kgCO}_2/\text{h}$ ；

$E_{dc}$ ——锅炉产生二氧化碳直接排放计算值， $\text{kgCO}_2/\text{h}$ 。

#### 7.2.1 测量法

测量法通过测量烟气中的  $\text{CO}_2$  含量及烟气流量，由式（3）计算二氧化碳直接排放量：

$$E_{dm} = \frac{\rho_{\text{CO}_2,d} \cdot \varphi_{\text{CO}_2,\text{fg},d} \cdot V_{\text{fg},d}'}{100} \quad (3)$$

式中：

$\rho_{\text{CO}_2,d}$ ——二氧化碳密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ，可取值 1.9638；

$\varphi_{\text{CO}_2,\text{fg},d}$ ——干烟气中  $\text{CO}_2$  的体积分数，%；

$V_{\text{fg},d}'$ ——干烟气体积流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ，可采用直接测量法或间接计算法确定。

对于煤与生物质掺混燃烧的锅炉，二氧化碳直接排放量按式（4）计算：

$$E_{dm,b} = \frac{\rho_{\text{CO}_2,d} \cdot \varphi_{\text{CO}_2,\text{fg},d} \cdot V_{\text{fg},d}'}{100} \cdot \frac{\varphi_c \left( \omega_{\text{C},\text{ar},c} - \omega_{\text{as},\text{ar},c} \frac{\omega_{\text{c},\text{rs},m}}{100} \right)}{\varphi_b \left( \omega_{\text{C},\text{ar},b} - \omega_{\text{as},\text{ar},b} \frac{\omega_{\text{c},\text{rs},m}}{100} \right) + \varphi_c \left( \omega_{\text{C},\text{ar},c} - \omega_{\text{as},\text{ar},c} \frac{\omega_{\text{c},\text{rs},m}}{100} \right)} \quad (4)$$

式中：

$E_{dm,b}$ ——煤与生物质掺混燃烧锅炉产生二氧化碳直接排放测量值， $\text{kgCO}_2/\text{h}$ ；

$\varphi_b$ 、 $\varphi_c$ ——生物质、煤在混合燃料中的质量占比，%；

$\omega_{C.ar.b}$ 、 $\omega_{C.ar.c}$ ——生物质、煤燃料（收到基）中元素碳的质量分数，%；

$\omega_{as.ar.b}$ 、 $\omega_{as.ar.c}$ ——生物质、煤燃料（收到基）灰分的质量分数，%；

$\omega_{c.rs.m}$ ——灰渣平均可燃物的质量分数，%，按式（5）计算：

$$\omega_{c.rs.m} = \frac{\omega_s \omega_{c.s}}{100 - \omega_{c.s}} + \frac{\omega_{cl} \omega_{c.cl}}{100 - \omega_{c.cl}} + \frac{\omega_{as} \omega_{c.as}}{100 - \omega_{c.as}} \quad (5)$$

式中：

$\omega_s$ 、 $\omega_{cl}$ 、 $\omega_{as}$ ——炉渣、漏煤、飞灰占燃料总灰量的质量分数，%；

$\omega_{c.s}$ 、 $\omega_{c.cl}$ 、 $\omega_{c.as}$ ——炉渣、漏煤、飞灰中可燃物的质量分数，%。

#### （1）干烟气体积流量直接测量法

通过测量烟气体积流量和烟气中的  $H_2O$  含量，按式（6）计算干烟气体积流量：

$$V_{fg,d}' = \frac{V_{fg}' (100 - \varphi_{H_2O,fg})}{100} \quad (6)$$

式中：

$\varphi_{H_2O,fg}$ ——烟气中的  $H_2O$  的体积分数，%；

$V_{fg}'$ ——烟气体积流量， $m^3/h$ 。

#### （2）干烟气体积流量间接计算法

结合锅炉热工性能试验，按式（7）计算干烟气体积流量：

$$V_{fg,d}' = B \cdot V_{fg,d} \quad (7)$$

式中：

$B$ ——锅炉测试周期内每小时燃料消耗量， $kg/h$  或  $m^3/h$ ，可直接测量或通过热工性能试验计算，推荐通过热工性能试验计算；

$V_{fg,d}$ ——每千克或每立方米燃料燃烧生成的干烟气体积， $m^3/kg$  或  $m^3/m^3$ ，按式（8）计算：

$$V_{fg,d} = V_{fg,d,th} + (\alpha - 1)V_{a,d,th} \quad (8)$$

式中：

$V_{fg,d,th}$ ——理论干烟气量， $m^3/kg$  或  $m^3/m^3$ ；

$V_{a,d,th}$ ——理论干空气量， $m^3/kg$  或  $m^3/m^3$ ；

$\alpha$ ——排烟处过量空气系数。

对于固体和液体燃料，理论干空气量和理论干烟气量由实际燃烧的碳计算，按式（9）和（10）计算，添加脱硫剂后的理论干空气量和理论干烟气量按照 GB/T 10184 计算：

$$V_{a.d.th} = 0.0888\omega_{c.b} + 0.0333\omega_{S.ar} + 0.2647\omega_{H.ar} - 0.0334\omega_{O.ar} \quad (9)$$

$$V_{fg.d.th} = 1.8658 \frac{\omega_{c.b}}{100} + 0.6989 \frac{\omega_{S.ar}}{100} + 0.79V_{a.d.th} + 0.8000 \frac{\omega_{N.ar}}{100} \quad (10)$$

式中:

$\omega_{c.b}$  ——实际燃烧掉的碳占入炉燃料的质量分数, %, 按式(11)计算;

$\omega_{S.ar}$ 、 $\omega_{H.ar}$ 、 $\omega_{O.ar}$ 、 $\omega_{N.ar}$  ——分别为入炉燃料(收到基)中元素硫、氢、氧、氮的质量分数, %;

$$\omega_{c.b} = \omega_{C.ar} - \frac{\omega_{as.ar}}{100} \omega_{c.rs.m} \quad (11)$$

式中:

$\omega_{C.ar}$  ——入炉燃料(收到基)中元素碳的质量分数, %;

$\omega_{as.ar}$  ——入炉燃料(收到基)中灰分的质量分数, %。

对于气体燃料, 理论干空气量和理论干烟气量按式(12)和式(13)计算:

$$V_{a.d.th} = \frac{1}{21} \left( 0.5\varphi_{CO.g} + 0.5\varphi_{H_2.g} + 1.5\varphi_{H_2S.g} + \sum \left( m + \frac{n}{4} \right) \varphi_{C_mH_n.g} - \varphi_{O_2.g} \right) \quad (12)$$

$$V_{fg.d.th} = \frac{\varphi_{CO_2.g} + \varphi_{CO.g} + \varphi_{H_2S.g} + \sum m\varphi_{C_mH_n.g}}{100} + 0.79V_{a.d.th} + \frac{\varphi_{N_2.g}}{100} \quad (13)$$

式中:

$\varphi_{CO.g}$ 、 $\varphi_{H_2.g}$ 、 $\varphi_{H_2S.g}$ 、 $\varphi_{C_mH_n.g}$ 、 $\varphi_{O_2.g}$ 、 $\varphi_{CO_2.g}$ 、 $\varphi_{N_2.g}$  ——气体燃料中 CO、H<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S、C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub> 的体积分数, %。

对于固体燃料、液体燃料:

$$\alpha = \frac{21}{21 - 79 \frac{\varphi_{O_2.fg.d} - (0.5\varphi_{CO.fg.d} + 0.5\varphi_{H_2.fg.d} + 2\varphi_{C_mH_n.fg.d})}{100 - (\varphi_{CO_2.fg.d} + \varphi_{SO_2.fg.d} + \varphi_{O_2.fg.d} + \varphi_{CO.fg.d} + \varphi_{H_2.fg.d} + \varphi_{C_mH_n.fg.d})}} \quad (14)$$

式中:

$\varphi_{O_2.fg.d}$ 、 $\varphi_{CO.fg.d}$ 、 $\varphi_{H_2.fg.d}$ 、 $\varphi_{C_mH_n.fg.d}$ 、 $\varphi_{SO_2.fg.d}$  ——干烟气中 O<sub>2</sub>、CO、H<sub>2</sub>、C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>、SO<sub>2</sub> 的体积分数, %。

对于气体燃料:

$$\alpha_{ds} = \frac{21}{21 - 79 \frac{\varphi_{O_2.fg.d} - (0.5\varphi_{CO.fg.d} + 0.5\varphi_{H_2.fg.d} + 2\varphi_{CH_4.fg.d})}{\varphi_{N_2.g} - \frac{\varphi_{CO_2.g} + \varphi_{CO.g} + \varphi_{H_2S.g} + \sum m\varphi_{C_mH_n.g}}{100}}}} \quad (15)$$

式中:

$\varphi_{N_2,fg,d}$ ——干烟气中  $N_2$  的体积分数，%。

### 7.2.2 排放因子法

排放因子法为通过测量/计算燃料、脱硫剂、尿素消耗量以及燃料燃烧和脱硫脱硝过程的碳排放因子，从而计算得到二氧化碳直接排放量，按公式（16）计算：

$$E_{dc} = B \cdot EF + B_{des} \cdot EF_{des} + B_{ur} \cdot EF_{ur} \quad (16)$$

式中：

$B_{des}$ ——锅炉测试周期内每小时脱硫剂消耗量，kg/h；

$B_{ur}$ ——锅炉测试周期内每小时尿素消耗量，kg/h；

$EF_{des}$ ——脱硫剂中碳酸盐的排放因子， $kgCO_2/kg$ ，按式（17）计算：

$$EF_{des} = \frac{44}{10000} \frac{I_{CO_3} \cdot \eta_{CO_3,dec}}{M_{CO_3}} \quad (17)$$

式中：

$I_{CO_3}$ ——脱硫剂中碳酸盐的含量，%；

$\eta_{CO_3,dec}$ ——脱硫剂中碳酸盐的分解率，%；

$M_{CO_3}$ ——碳酸盐的分子量。

$EF_{ur}$ ——尿素的排放因子， $kgCO_2/kg$ ，按式（18）计算：

$$EF_{ur} = \frac{44}{60} \cdot \frac{\eta_{ur,dec}}{100} \quad (18)$$

式中：

$\eta_{ur,dec}$ ——尿素的分解率，%。

$EF$ ——锅炉燃料燃烧的二氧化碳排放因子， $kgCO_2/kg$  或  $kgCO_2/m^3$ ，按式（19）或（20）计算。

对于固体燃料、液体燃料：

$$EF = \frac{\omega_{C,ar}}{100} \cdot \frac{OF}{100} \cdot \frac{44}{12} \quad (19)$$

对于气体燃料：

$$EF = \rho_{CO_2,d} \cdot \frac{\varphi_{CO_2,g} + \varphi_{CO_2,g} + \sum m\varphi_{C_mH_n,g}}{100} \cdot \frac{OF}{100} \quad (20)$$

式中：

$OF$ ——燃料的碳氧化率，%，按式（21）或（22）计算：

对于固体燃料：

$$OF = 100 - \frac{\omega_{as,ar}}{\omega_{C,ar}} \left( \frac{\omega_s \omega_{c,s}}{100 - \omega_{c,s}} + \frac{\omega_{cl} \omega_{c,cl}}{100 - \omega_{c,cl}} + \frac{\omega_{as} \omega_{c,as}}{100 - \omega_{c,as}} \right) \quad (21)$$

对于液体和气体燃料：

$$OF = \frac{100 \varphi_{CO_2,fg,d}}{\varphi_{CO,fg,d} + \varphi_{CO_2,fg,d} + \sum m \varphi_{C_m H_n,fg,d}} \quad (22)$$

### 7.3 温室气体间接排放量

间接碳排放按式（23）计算：

$$E_{id} = \frac{AD_e \cdot EF_e}{T} \quad (23)$$

式中：

$AD_e$ ——锅炉系统电力消耗总量，kW·h；

$EF_e$ ——供电碳排放因子，kgCO<sub>2</sub>/(kW·h)，对于购入电力，为区域电网平均供电碳排放因子，取值宜选用国家主管部门公布的相应区域电网排放因子；对于厂用电力，为机组发电碳排放因子。

$T$ ——测试工况时长，h。

克服锅炉热平衡系统内烟风阻力所需系统外风机电力消耗量按式（24）计算：

$$AD_{ef} = \sum \frac{\Delta P_g}{\Delta P_f} \frac{\rho_f}{\rho_g} AD_f \quad (24)$$

式中：

$AD_{ef}$ ——克服锅炉热平衡系统内烟风阻力所需系统外风机电力消耗量，kW·h；

$AD_f$ ——各风机电力消耗量，kW·h；

$\Delta P_g$ ——克服的锅炉热平衡系统内烟风阻力，kPa；

$\Delta P_f$ ——风机压力，kPa；

$\rho_f$ ——风机进出口空气或烟气平均密度，kg/m<sup>3</sup>；

$\rho_g$ ——锅炉热平衡系统内空气或烟气平均密度，kg/m<sup>3</sup>。

克服锅炉热平衡系统内汽水阻力所需系统外水泵电力消耗量按式（25）计算：

$$AD_{ep} = \sum \frac{\Delta P_w}{\Delta P_p} AD_p \quad (25)$$

式中：

$AD_{ep}$ ——克服锅炉热平衡系统内汽水阻力所需系统外水泵电力消耗量, kW·h;

$AD_p$ ——各水泵电力消耗量, kW·h;

$\Delta P_w$ ——克服的锅炉热平衡系统内汽水阻力, kPa;

$\Delta P_p$ ——水泵进出口压升, kPa。

当煤粉锅炉用煤粉为外购, 且无法提供时, 评定周期内制粉装置电力消耗量可按式(26)确定:

$$AD_m = \beta \cdot C_{pc} \quad (26)$$

式中:

$AD_m$ ——制粉装置电力消耗量, kW·h;

$\beta$ ——制粉系统单位制粉电耗, kW·h/kg (本文件可取  $\beta=0.0085$  kW·h/kg)

$C_{pc}$ ——煤粉总消耗量, kg。

#### 7.4 温室气体排放强度

温室气体排放强度按式(27)计算:

$$E_a = \frac{1}{3.6} \cdot \frac{E}{Q} \quad (27)$$

式中:

$E_a$ ——温室气体排放强度, kgCO<sub>2</sub>/GJ;

$Q$ ——锅炉输出热功率, MW (对于使用汽动给水泵的情况, 消耗热量应从  $Q$  中扣除)。

温室气体直接排放强度按式(28)计算:

$$E_{ad} = \frac{1}{3.6} \cdot \frac{E_d}{Q} \quad (28)$$

式中:

$E_{ad}$ ——温室气体直接排放强度, kgCO<sub>2</sub>/GJ。

#### 7.5 锅炉产品温室气体排放强度测试时燃料偏离设计值的修正

测试燃料特性应当符合原设计值。当测试燃料特性偏离设计值时, 在测试燃料与设计燃料为同一类型燃料的前提下, 将设计燃料的元素分析值及低位发热量设计值替代所有碳排放计算有关公式中的分析值, 即可求得修正后的碳排放值。用修正后的碳排放, 代入温室气体排放强度计算式中计算得到的温室气体排放强度, 就是燃料偏离设计值修正后的温室气体排放强度。

### 8 测试报告

#### 8.1 测试报告封面应至少包括下列内容:

- a) 测试锅炉型号;
- b) 锅炉制造单位;
- c) 测试委托单位;
- d) 测试地点;
- e) 测试日期;
- f) 测试单位;
- g) 测试报告编号。

8.2 测试报告正文应至少包括下列内容:

- a) 测试目的和要求;
- b) 锅炉制造单位;
- c) 测试负责人、参加人员;
- d) 测试项目及测试用仪器仪表说明;
- e) 测试工况说明和结果分析;
- f) 测试结果汇总表。

8.3 测试报告、测试原始数据应由测试单位存档备查。