

团 体 标 准

T/ACEF XXX-2023

燃煤电厂耦合生物质减污降碳效果 评价方法

Evaluation method of coal-fired electric field coupled with biomass for
pollution reduction and carbon reduction

(征求意见稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

中 华 环 保 联 合 会 发 布

目 次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	4
4.1 核算的系统边界	4
4.2 核算说明	4
4.3 核算的大气污染物和温室气体	4
5 评价流程	4
5.1 系统组成	5
5.2 数据收集	5
6 排放量核算方法	6
6.1 项目情景温室气体排放核算	6
6.2 基准情景温室气体排放核算	7
6.3 项目情景大气污染物排放核算	9
6.4 基准情景大气污染物排放核算	11
7 项目减污降碳效果评估	13
7.1 清单法（必选）	13
7.2 特征化法（可选）	13
8 减污降碳评价报告编制	14
附录 A（资料性）企业现场资料收集表	15
附录 B（资料性）燃煤电厂耦合生物质减污降碳效果评价清单汇总表	16
附录 C（资料性）相关参数推荐值	17
附录 D（资料性）火电厂烟气排放量的计算	21
附录 E（资料性）大气污染物污染当量值	23
参考文献	25

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。

本文件由中华环保联合会、中国电力技术市场协会联合提出，由中华环保联合会归口。

本文件主要起草单位：

本文件参编单位：

本文件主要起草人：

燃煤电厂耦合生物质减污降碳效果评价方法

1 范围

本文件规定了燃煤电厂耦合生物质减污降碳效果评价的主要内容、程序、方法及要求。

本文件适用于燃煤电厂采用农业生物质、林业生物质或城市固体废弃物替代部分煤炭发电和/或供热所产生大气污染物及温室气体减排量的核算，以及燃煤电厂的减污降碳效果综合评价。

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 3095	环境空气质量标准
GB 13223	火电厂大气污染物排放标准
GB 13271	锅炉大气污染物排放标准
GB 16297	大气污染物综合排放标准
GB 18485	生活垃圾焚烧污染控制标准
GB/T 18484	危险废物焚烧污染控制标准
GB/T 21923	固体生物质燃料检验通则
GB/T 23484	城镇污水处理厂污泥处置 分类
GB/T 24040	环境管理 生命周期评价 原则与框架
GB/T 24044	环境管理 生命周期评价 要求与指南
GB/T 30366	生物质术语
GB/T 32150	工业企业温室气体排放核算和报告通则
GB/T 32151	温室气体排放核算与报告要求
GB/T 33760	基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求
HJ 888	污染源源强核算技术指南 火电
NY/T 3492	农业生物质原料 样品制备

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生物质 biomass

一切直接或间接利用绿色植物光合作用形成的有机物质,包含除化石燃料外的植物、动物和微生物以及由这些生命体排泄与代谢所产生的有机物质等。可分为农业生物质、林业生物质、城市固体废弃物、动物废弃物等。

[来源: GB/T 30366—2013, 2.1.1]

注: 本文件中的生物质特指可与燃煤耦合发电和/或供热的生物质废弃物,主要包括农业、林业产业的废弃物以及城市固体废弃物。

3.2

农业生物质 agricultural biomass

农业生产、农产品加工、禽畜养殖过程中产生的生物质废弃物和副产品,如玉米秸、高粱秸、麦秸、稻草、豆秸、棉秆和稻壳、畜禽粪便等。

[来源: GB/T 30366—2013, 2.1.2, 有修改]

3.3

林业生物质 forestry biomass

林业生产和加工过程中产生的生物质废弃物和副产品,如枝丫、锯末、木屑、梢头、板皮和截头、果壳和果核等采伐剩余物和加工剩余物、造纸废弃物以及废弃木材等。

[来源: GB/T 30366—2013, 2.1.3, 有修改]

3.4

城市固体废弃物 municipal solid waste

城镇消费者消费后产生的固体、半固体废弃物。主要包括餐厨垃圾、来自城镇污水处理厂的污泥、食品加工废弃物等。

[来源: GB/T 30366—2013, 2.1.4, 有修改]

3.5

耦合生物质的燃煤电厂 coal-fired power plant coupled with biomass

以煤为主要燃料、同时掺烧适量生物质发电和/或供热的电厂。

3.6

项目情景 project scenario

实际发生的情景,本文件的项目情景指耦合生物质的燃煤电厂(包括发电厂和热电联产电厂)通过掺烧生物质发电和/或供热的情景,包括:

- (1) 现有燃煤电厂改建或扩建为掺烧生物质发电和/或供热的情景;
- (2) 新建燃煤电厂掺烧生物质发电和/或供热的情景。

3.7

基准情景 baseline scenario

用来提供参照的、在不实施项目情景的条件下可能发生的假定情景，本文件的基准情景指燃煤电厂在不掺烧生物质的情况下，采用与项目情景煤质相同的燃煤提供等量的电力和/或热力的情景。

3.8

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。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.1]

注：如无特别说明，本文件中的温室气体(简称 GHG)包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)与三氟化氮(NF₃)。

3.9

活动数据 activity data

导致污染物及温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.12]

3.10

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的污染物及温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.13]

3.11

污染当量 pollution equivalent

指根据污染物或者污染排放活动对环境的有害程度以及处理的技术经济性，衡量不同污染物对环境污染的综合性指标或者计量单位。污染物当量数以该污染物的排放量除以该污染物的当量值计算(污染当量的倒数即为权重)。

[来源：《中华人民共和国环境保护税法》]

3.12

全球增温潜势(GWP) global warming potential

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.16]

3.13

大气污染物环境保护税额 environmental protection tax on air pollutants

为了保护和改善环境，减少污染物排放，推进生态文明建设，在中华人民共和国领域和中华人民共和国管辖的其他海域，直接向环境排放应税污染物的企业事业单位和其他生产经营者依照《中华人民共和国环境保护税法》规定缴纳的税款数额。应税大气污染物的具体适用税额是由省、自治区、直辖市人民政府在《中华人民共和国环境保护税法》所附《环境保护税税目税额表》规定的税额幅度内提出。

[来源：《中华人民共和国环境保护税法》]

3.14

全国碳排放配额 (CEA) national carbon allowances

分配给重点排放单位的规定时期内的碳排放额度。

4 总体要求

4.1 核算的系统边界

包括电厂的燃料预处理设备（主要是指生物质的烘干、制粒、粉碎、压块等物理加工过程采用的处理设备）、燃料输送设备、锅炉及汽水循环设备、汽轮机、除尘脱硫脱硝装置、废水处理设备、烟囱、控制系统、发电机及附属设备（如图1所示）。

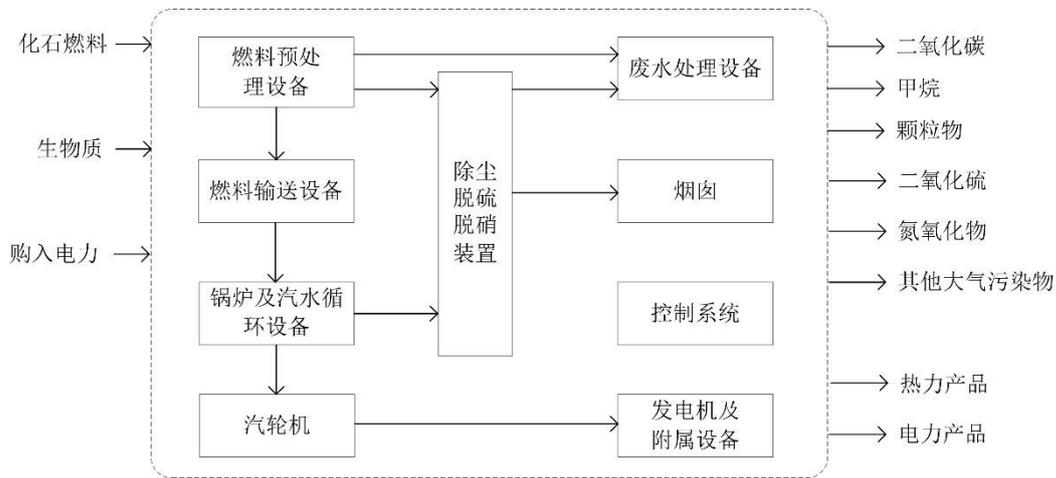


图1 系统边界

4.2 核算说明

4.2.1 项目业主应该证明其与燃煤耦合发电和/或供热的燃料为本文件特指的生物质。

4.2.2 燃煤电厂耦合生物质发电和/或供热项目应符合国家、行业和地方有关环境法律法规，耦合燃烧过程符合国家相关污染物排放环保标准。

4.3 核算的大气污染物和温室气体

4.3.1 本文件核算的大气污染物包括颗粒物（烟尘）、二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）；

4.3.2 本文件核算的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）。

5 评价流程

5.1 系统组成

本文件评价流程包括评价对象确定、系统边界设置、项目情景和基准情景确定、项目情景温室气体和大气污染物排放量核算、基准情景温室气体和大气污染物排放量核算、减污降碳效果评价，以及评价报告编制 7 个步骤（如图 2 所示）

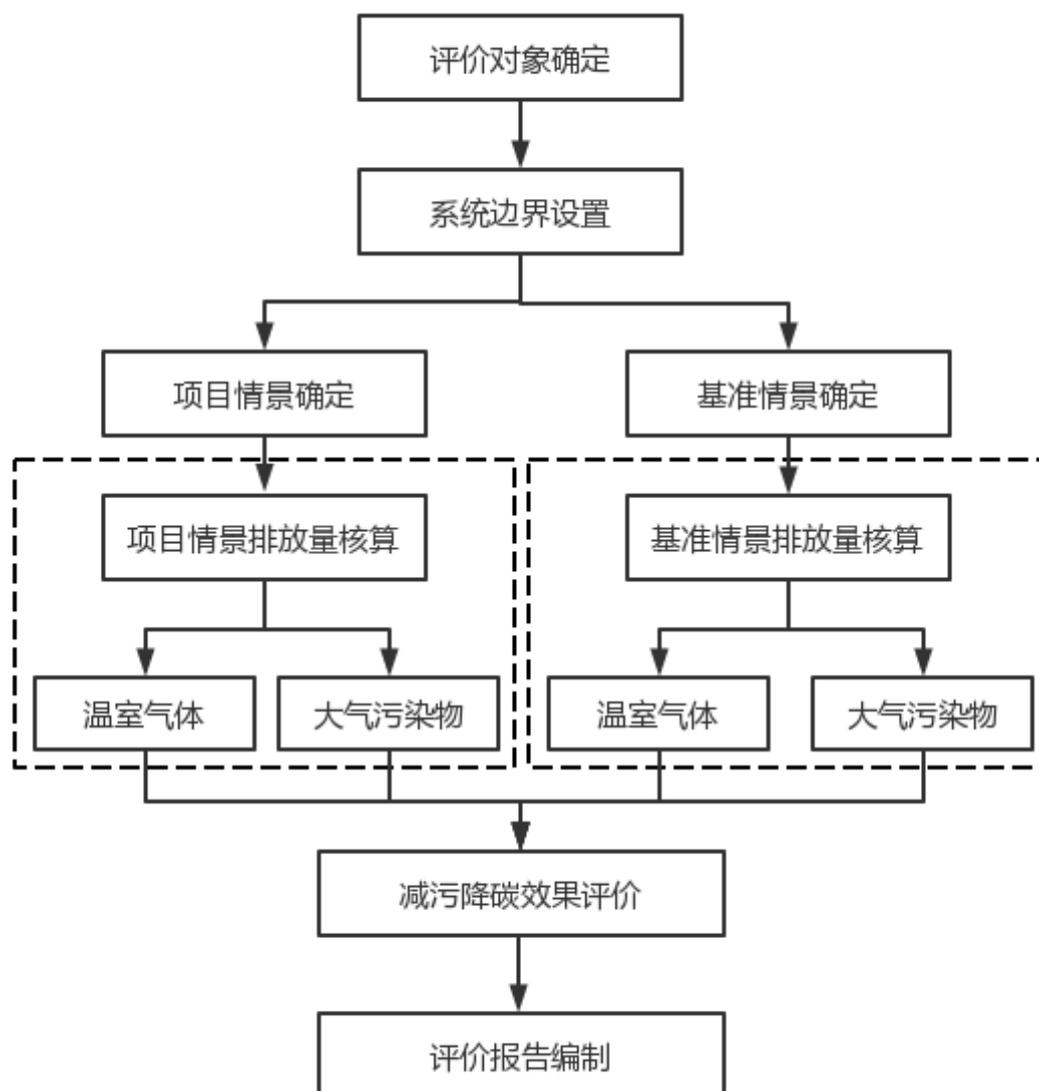


图 2 燃煤电厂耦合生物质减污降碳效果评价流程

5.2 数据收集

项目的活动数据收集边界、来源（优先使用现场数据）、企业生产台账，所有现场数据应转换为单位产品。若数据缺失，优先选择近年数据，同况下国内数据、同况下国外技术数据。

6 排放量核算方法

核算的大气污染物和温室气体应至少包括颗粒物（烟尘）、二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x），以及二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）。对于其他大气污染物和温室气体，可在满足核算条件的基础上纳入核算边界，具体种类如表1所示。

表1 其他污染物种类

污染物分类	污染物种类
大气污染物	汞及其化合物，镉、铊及其化合物，锑、砷、铅、铬、铜、锰、镍及其化合物，锡、钴及其化合物
	氯化氢，二噁英类，一氧化碳，氟化氢
温室气体	氧化亚氮（N ₂ O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF ₆ ）与三氟化氮（NF ₃ ）

6.1 项目情景温室气体排放核算

项目情景温室气体排放按公式（1）进行核算。

$$PE_y = PE_{\text{燃烧},y} + PE_{\text{废水},y} + PE_{\text{电力},y} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

PE_y——第 y 年项目情景温室气体排放总量（tCO₂e）；

PE_{燃烧,y}——第 y 年项目情景化石燃料燃烧排放（tCO₂e）；

PE_{废水,y}——第 y 年项目情景废水厌氧处理排放（tCO₂e）；

PE_{电力,y}——第 y 年项目情景外购电力排放（tCO₂e）。

6.1.1 燃料燃烧 CO₂ 排放

燃料燃烧 CO₂ 排放按公式（2）进行核算。

$$PE_{\text{燃烧},y} = \sum_{i=1}^n (PFC_{i,y} \times PCar_{i,y} \times POF_{i,y} \times \frac{44}{12}) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

PFC_{i,y}——第 y 年项目情景第 i 种化石燃料消耗量，固体和液体燃料单位为 t，气体燃料为万 Nm³，由于生物质燃料燃烧过程排放的二氧化碳属于生物源碳排放，不会引起大气碳库的变化，故不计生物质燃料燃烧过程 CO₂ 排放；

PCar_{i,y}——第 y 年项目情景第 i 种燃料收到基元素碳含量，固体和液体燃料单位为 tC/t，气体燃料为 tC/万 Nm³；

POF_{i,y}——第 y 年项目情景第 i 种燃料的碳氧化率（%）；

$\frac{44}{12}$ ——二氧化碳（CO₂）与碳（C）的相对分子质量之比。

6.1.2 生物质处理过程中产生工业废水的厌氧处理过程 CH₄ 排放

生物质处理过程中产生工业废水的厌氧处理过程 CH₄ 排放按公式（3）进行核算。

$$PE_{\text{废水},y} = (TOW_y - S_y) \times B_{O,y} \times MCF_y \times GWP_{\text{CH}_4,\text{non-fossil}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

TOW_y ——第 y 年项目情景废水厌氧处理系统去除的可降解有机物总量（kgCOD），若无统计，可采用第 y 年进水平均 COD 浓度 $COD_{in,y}$ 与出水平均 COD 浓度 $COD_{out,y}$ 的差值（kgCOD/m³）与工业废水的年处理总量 W_y （m³）的乘积，即： $TOW_y = W_y \times (COD_{in,y} - COD_{out,y})$ ；

S_y ——第 y 年项目情景废水厌氧处理系统以污泥的方式清除掉的有机物总量（kgCOD），若无统计，则取 0；

$B_{O,y}$ ——第 y 年项目情景废水厌氧处理系统的甲烷最大生产能力(kgCH₄/ kgCOD)，采用 0.25 kgCH₄/ kgCOD，并根据主管部门发布的最新数值适时更新；

$GWP_{\text{CH}_4,\text{non-fossil}}$ ——非化石源甲烷排放的全球温升潜势值（tCO₂/tCH₄），根据 IPCC 第六次评估报告， $GWP_{\text{CH}_4,\text{non-fossil}}$ 取值为 27.0，并应根据 IPCC 发布最新数据适时更新；

MCF_y ——第 y 年项目情景废水厌氧处理系统的甲烷修正因子，具备条件的企业可开展实测，或委托有资质的专业机构进行检测，无企业特定的 MCF_y 值时可取缺省值，见附录 C 中的表 C.1。

6.1.3 外购电力 CO₂ 排放

外购电力 CO₂ 排放按公式（4）进行核算。

$$PE_{\text{电力},y} = PAD_{\text{电力},y} \times EF_{\text{电力},y} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$PAD_{\text{电力},y}$ ——第 y 年项目情景发电设施和生物质处理设施使用的外购电量（MWh）；

$EF_{\text{电力},y}$ ——第 y 年项目情景所在区域的电网排放因子（tCO₂/MWh），应采用主管部门发布的最新数值。

6.2 基准情景温室气体排放核算

基准情景温室气体排放按公式（5）进行核算。

$$BE_y = BE_{\text{燃烧},y} + BE_{\text{电力},y} + BE_{\text{生物质处置},y} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

BE_y ——第 y 年基准情景温室气体排放总量（tCO₂e）；

$BE_{\text{燃烧},y}$ ——第 y 年基准情景化石燃料燃烧排放 (tCO₂e)；

$BE_{\text{电力},y}$ ——第 y 年基准情景外购电力排放 (tCO₂e)；

$BE_{\text{生物质处置},y}$ ——第 y 年基准情景生物质最终处置过程产生的除生物源二氧化碳之外的温室气体排放 (tCO₂e)。

6.2.1 化石燃料燃烧 CO₂ 排放

化石燃料燃烧 CO₂ 排放按公式 (6) 进行核算。

$$BE_{\text{燃烧},y} = \sum_{i=1}^n (BFC_{i,y} \times PCar_{i,y} \times POF_{i,y} \times \frac{44}{12}) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$BFC_{i,y}$ ——第 y 年基准情景第 i 种化石燃料消耗量，固体和液体燃料单位为 t，气体燃料为万 Nm³；

$PCar_{i,y}$ ——第 y 年项目情景第 i 种化石燃料收到基元素碳含量，固体和液体燃料单位为 tC/t，气体燃料为 tC/万 Nm³；

$POF_{i,y}$ ——第 y 年项目情景第 i 种化石燃料的碳氧化率 (%)；

$\frac{44}{12}$ ——二氧化碳 (CO₂) 与碳 (C) 的相对分子质量之比。

其中，

$$BFC_{\text{燃煤},y} = \frac{PFC_{\text{燃煤},y} \times NCV_{\text{燃煤},y} + PFC_{\text{生物质},y} \times NCV_{\text{生物质},y}}{NCV_{\text{燃煤},y}}$$

式中：

$PFC_{\text{燃煤},y}$ ——第 y 年项目情景锅炉燃煤消耗总量 (t)

$PFC_{\text{生物质},y}$ ——第 y 年项目情景锅炉生物质消耗总量 (t)

$NCV_{\text{燃煤},y}$ ——第 y 年项目情景燃煤收到基平均低位发热量 (GJ/t)

$NCV_{\text{生物质},y}$ ——第 y 年项目情景生物质收到基平均低位发热量 (GJ/t)

对于其他化石燃料：

若该化石燃料在项目情景中用于生物质的处理过程，则 $BFC_{i,y} = 0$

若该化石燃料在项目情景中用于电力和/或热力的生产过程，则 $BFC_{i,y} = PFC_{i,y}$

6.2.2 发电设施使用的外购电力 CO₂ 排放

发电设施使用的外购电力 CO₂ 排放按公式 (7) 进行核算。

$$BE_{\text{电力},y} = (PAD_{\text{电力},y} - PAD_{\text{生物质用电},y}) \times EF_{\text{电力},y} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$PAD_{\text{生物质用电},y}$ ——第 y 年项目情景生物质预处理过程使用的外购电量 (MWh)，包括生物质烘干、制粒、粉碎、压块等物理加工过程，若企业未单独统计生物质预处理设施外购电使用量，则取 0；

$EF_{\text{电力},y}$ ——第 y 年项目情景所在区域的电网排放因子 (tCO_2/MWh)，应采用主管部门发布的最新数值。

6.2.3 生物质最终处置过程温室气体排放

生物质最终处置过程温室气体排放按公式 (8) 进行核算。

$$BE_{\text{生物质处置},y} = PFC_{\text{生物质},y} \times EF_{\text{GHG,生物质},y} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$EF_{\text{GHG,生物质},y}$ ——第 y 年基准情景生物质最终处置过程的排放因子 (tCO_2/t)，即生物质若不用于燃煤电厂耦合发电，则采用最可能的处置方式处理 1t 生物质产生的温室气体排放。企业宜采用现场调研或文献调研的方式确定生物质在不参与燃煤电厂耦合发电的条件下最可能的处置方式及其排放因子。若企业无开展调研的条件，则 $EF_{\text{GHG,生物质},y}$ 取 0。

6.3 项目情景大气污染物排放核算

6.3.1 颗粒物（烟尘）排放

颗粒物（烟尘）排放按公式 (9) 进行核算。

$$PM_{A,y} = \left[PFC_{\text{燃煤},y} \times \left(\frac{A_{\text{ar,燃煤},y}}{100} + \frac{q_{4,y} \times NCV_{\text{燃煤},y} \times 10^3}{100 \times 33870} \right) + PFC_{\text{生物质},y} \times \left(\frac{A_{\text{ar,生物质},y}}{100} + \frac{q_{4,y} \times NCV_{\text{生物质},y} \times 10^3}{100 \times 33870} \right) \right] \times \left(1 - \frac{\eta_{c,y}}{100} \right) \times \alpha_{fh,y} \dots\dots\dots(9)$$

式中：

$PM_{A,y}$ ——第 y 年项目情景颗粒物（烟尘）排放量 (t)；

$A_{\text{ar,燃煤},y}$ ——第 y 年项目情景锅炉燃煤收到基灰分的质量分数 (%)；

$q_{4,y}$ ——第 y 年项目情景燃煤锅炉机械不完全燃烧热损失 (%)，应按锅炉制造参数取值，或参考附表 D 中的表 D.2；

$A_{\text{ar,生物质},y}$ ——第 y 年项目情景锅炉生物质收到基灰分的质量分数 (%)；

$\eta_{c,y}$ ——第 y 年项目情景除尘效率 (%)，当除尘器下游设有湿法脱硫、湿式电除尘等设备时，应考虑除尘效果。取值可参考附表 D 中的表 D.3；

$\alpha_{fh,y}$ ——第 y 年项目情景锅炉烟气带出的飞灰份额，无量纲。取值可参考附表 D 中表 D.4。

6.3.2 二氧化硫排放

二氧化硫排放按公式（10）进行核算。

$$PM_{SO_2,y} = 2 \times \frac{PFC_{\text{燃煤},y} \times S_{ar,\text{燃煤},y} + PFC_{\text{生物质},y} \times S_{ar,\text{生物质},y}}{100} \times \left(1 - \frac{q_{4,y}}{100}\right) \times \left(1 - \frac{\eta_{S1,y}}{100}\right) \times \left(1 - \frac{\eta_{S2,y}}{100}\right) \times K_y \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$PM_{SO_2,y}$ ——第 y 年项目情景二氧化硫排放量（t）；

$S_{ar,\text{燃煤},y}$ ——第 y 年项目情景燃煤收到基硫含量的质量分数（%）；

$S_{ar,\text{生物质},y}$ ——第 y 年项目情景生物质收到基硫含量的质量分数（%）；

$\eta_{S1,y}$ ——第 y 年项目情景除尘器的脱硫效率（%），电除尘器、袋式除尘器、电袋复合除尘器取 0%；

$\eta_{S2,y}$ ——第 y 年项目情景脱硫系统的脱硫效率（%）；

K_y ——燃料中硫燃烧后氧化成二氧化硫的份额。

6.3.3 氮氧化物排放

氮氧化物排放按公式（11）进行核算。

$$PM_{NO_x,y} = \frac{\rho_{NO_x,y} \times PV_{g,y}}{10^9} \times \left(1 - \frac{\eta_{NO_x1,y}}{100}\right) \times \left(1 - \frac{\eta_{NO_x2,y}}{100}\right) \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$PM_{NO_x,y}$ ——第 y 年项目情景氮氧化物排放量（t）；

$\rho_{NO_x,y}$ ——第 y 年项目情景锅炉炉膛出口氮氧化物控制保证浓度（ mg/m^3 ），采用锅炉生产商提供的参数值或类比同类锅炉浓度值；

$PV_{g,y}$ ——第 y 年项目情景标态干烟气排放量（ m^3 ）；

$\eta_{NO_x1,y}$ ——第 y 年项目情景初级脱硝措施的脱硝效率（%），取值参照附表 D.3；

$\eta_{NO_x2,y}$ ——第 y 年项目情景二级脱硝措施的脱硝效率（%），取值参照附表 D.7。

6.3.4 其他大气污染物排放（可选）

其他大气污染物排放按公式（12）进行核算。

$$PM_{i,y} = \left(PFC_{\text{燃煤},y} \times Pm_{i,\text{燃煤},y} + PFC_{\text{生物质},y} \times Pm_{i,\text{生物质},y}\right) \times \left(1 - \frac{\eta_{i,y}}{100}\right) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

i——第 i 种大气污染物，具体包括汞及其化合物，氯化氢，镉、铊及其化合物，锑、砷、铅、铬、铜、锰、镍及其化合物，二噁英类，一氧化碳，氟化氢，锡、钴及其化合物；

$PM_{i,y}$ ——第 y 年项目情景第 i 种大气污染物排放量（t）；

$Pm_{i,燃煤,y}$ ——第 y 年项目情景锅炉燃煤收到基中污染物 i 含量 ($\mu\text{g/g}$)；

$Pm_{i,生物质,y}$ ——第 y 年项目情景锅炉生物质收到基中污染物 i 含量 ($\mu\text{g/g}$)；

$\eta_{i,y}$ ——第 y 年项目情景污染物 i 的协同脱除效率 (%)。

6.4 基准情景大气污染物排放核算

6.4.1 颗粒物（烟尘）排放

颗粒物（烟尘）排放按公式（13）进行核算。

$$BM_{A,y} = BFC_{燃煤,y} \times \left(\frac{A_{ar,燃煤,y}}{100} + \frac{q_{4,y} \times NCV_{燃煤,y} \times 10^3}{100 \times 33870} \right) \times \left(1 - \frac{\eta_{c,y}}{100} \right) \times \alpha_{fh,y} + PFC_{生物质,y} \times EF_{A,生物质,y} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$BM_{A,y}$ ——第 y 年基准情景颗粒物（烟尘）排放量 (t)；

$BFC_{燃煤,y}$ ——第 y 年基准情景锅炉燃煤消耗总量 (t)；

$A_{ar,燃煤,y}$ ——第 y 年项目情景锅炉燃煤收到基灰分的质量分数 (%)；

$q_{4,y}$ ——第 y 年项目情景燃煤锅炉机械不完全燃烧热损失 (%)；

$\eta_{c,y}$ ——第 y 年项目情景除尘效率 (%)，当除尘器下游设有湿法脱硫、湿式电除尘等设备时，应考虑除尘效果；

$\alpha_{fh,y}$ ——第 y 年项目情景锅炉烟气带出的飞灰份额，无量纲；

$EF_{A,生物质,y}$ ——第 y 年基准情景生物质最终处置过程的颗粒物排放因子 (t/t)，即生物质若不用于燃煤电厂耦合发电，则采用最可能的处置方式处理 1t 生物质产生的颗粒物排放。企业宜采用现场调研或文献调研的方式确定生物质在不参与燃煤电厂耦合发电的条件下最可能的处置方式及其排放因子。若企业无开展调研的条件，则 $EF_{A,生物质,y}$ 取 0。

6.4.2 二氧化硫排放

二氧化硫排放按公式（14）进行核算。

$$BM_{SO_2,y} = 2 \times BFC_{燃煤,y} \times \frac{S_{ar,燃煤,y}}{100} \times \left(1 - \frac{q_{4,y}}{100} \right) \times \left(1 - \frac{\eta_{S1,y}}{100} \right) \times \left(1 - \frac{\eta_{S2,y}}{100} \right) \times K_y + PFC_{生物质,y} \times EF_{SO_2,生物质,y} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$BM_{SO_2,y}$ ——第 y 年基准情景二氧化硫排放量 (t)；

$S_{ar,燃煤,y}$ ——第 y 年项目情景燃煤收到基硫含量的质量分数 (%)；

$\eta_{S1,y}$ ——第 y 年项目情景除尘器的脱硫效率（%），取值可参考附表 D.1；

$\eta_{S2,y}$ ——第 y 年项目情景脱硫系统的脱硫效率（%），取值可参考附表 D.2；

K_y ——燃料中硫燃烧后氧化成二氧化硫的份额；循环流化床炉的参考值为 0.85，煤粉炉的参考值为 0.90，燃油（气）炉的参考值为 1.0；

$EF_{SO_2,生物质,y}$ ——第 y 年基准情景生物质最终处置过程的 SO_2 排放因子（ tSO_2/t ），即生物质若不用于燃煤电厂耦合发电，则采用最可能的处置方式处理 1t 生物质产生的 SO_2 排放。企业宜采用现场调研或文献调研的方式确定生物质在不参与燃煤电厂耦合发电的条件下最可能的处置方式及其排放因子。若企业无开展调研的条件，则 $EF_{SO_2,生物质,y}$ 取 0。

6.4.3 氮氧化物排放

氮氧化物排放按公式（15）进行核算。

$$BM_{NO_x,y} = \frac{\rho_{NO_x,y} \times BV_{g,y}}{10^9} \times \left(1 - \frac{\eta_{NO_x1,y}}{100}\right) \times \left(1 - \frac{\eta_{NO_x2,y}}{100}\right) + PFC_{生物质,y} \times EF_{NO_x,生物质,y} \dots\dots\dots(15)$$

式中：

$BM_{NO_x,y}$ ——第 y 年基准情景氮氧化物排放量（t）；

$\rho_{NO_x,y}$ ——第 y 年项目情景锅炉炉膛出口氮氧化物控制保证浓度（ mg/m^3 ），采用锅炉生产商提供的参数值或类比同类锅炉浓度值；

$BV_{g,y}$ ——第 y 年基准情景标态干烟气排放量（ m^3 ），计算方法参考附录 D；

$EF_{NO_x,生物质,y}$ ——第 y 年基准情景生物质最终处置过程的 NO_x 排放因子（ tNO_x/t ），即生物质若不用于燃煤电厂耦合发电，则采用最可能的处置方式处理 1t 生物质产生的 NO_x 排放。企业宜采用现场调研或文献调研的方式确定生物质在不参与燃煤电厂耦合发电的条件下最可能的处置方式及其排放因子。若企业无开展调研的条件，则 $EF_{NO_x,生物质,y}$ 取 0。

6.4.4 其他大气污染物排放

其他大气污染物排放按公式（16）进行核算。

$$BM_{i,y} = BFC_{燃煤,y} \times Pm_{i,燃煤,y} \times \left(1 - \frac{\eta_{i,y}}{100}\right) \times 10^{-6} + PFC_{生物质,y} \times EF_{i,生物质,y} \dots\dots\dots(16)$$

式中：

i——第 i 种大气污染物，具体包括氯化氢，镉、铊及其化合物，锑、砷、铅、铬、铜、锰、镍及其化合物，二噁英类，一氧化碳，氟化氢，锡、钴及其化合物；

$BM_{i,y}$ ——第 y 年基准情景第 i 种大气污染物排放量（t）；

$Pm_{i,燃煤,y}$ ——第 y 年项目情景锅炉燃煤收到基中污染物 i 含量（ $\mu g/g$ ）；

$Pm_{i,生物质,y}$ ——第 y 年项目情景锅炉燃煤收到基中污染物 i 含量（ $\mu g/g$ ）；

$\eta_{i,y}$ ——第 y 年项目情景污染物 i 的协同脱除效率 (%)；

$EF_{i,生物质,y}$ ——第 y 年基准情景生物质最终处置过程第 i 种大气污染物的排放因子 (t/t)，即生物质若不用于燃煤电厂耦合发电，则采用最可能的处置方式处理 1t 生物质产生的第 i 种大气污染物排放。企业宜采用现场调研或文献调研的方式确定生物质在不参与燃煤电厂耦合发电的条件下最可能的处置方式及其排放因子。若企业无开展调研的条件，则 $EF_{i,生物质,y}$ 取 0。

7 项目减污降碳效果评估

7.1 清单法（必选）

温室气体及大气污染物减排量按公式 (17) 进行核算。

$$\Delta E_{i,y} = BE_{i,y} - PE_{i,y} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

$\Delta E_{i,y}$ ——第 y 年温室气体或大气污染物 i 的减排量 (t)。若 $\Delta E_{i,y} > 0$ ，则表明电厂对温室气体或大气污染物 i 具有减排效果；若 $\Delta E_{i,y} < 0$ ，则表明电厂对温室气体或大气污染物 i 具有增排效果；

$BE_{i,y}$ ——第 y 年基准情景温室气体或大气污染物 i 的排放量 (t)；

$PE_{i,y}$ ——第 y 年项目情景温室气体或大气污染物 i 的排放量 (t)；

燃煤电厂耦合生物质减污降碳效果评价清单汇总表见附录 B。

7.2 特征化法（可选）

$$T_y = \sum_{i=1}^n \Delta WE_{i,y} \times N_{i,y}$$

式中：

T_y ——第 y 年燃煤电厂耦合生物质减污降碳效果 (t)；

$\Delta WE_{i,y}$ ——第 y 年温室气体或大气污染物 i 的加权减排量；

$N_{i,y}$ ——第 y 年温室气体或大气污染物 i 的特征化系数。对于温室气体， $N_{i,y}$ 采用当年度全国碳排放配额 (CEA) 的平均值；对于大气污染物， $N_{i,y}$ 采用燃煤电厂所在地区当年度大气污染物环境保护税额；

对于温室气体：

$$\Delta WE_{i,y} = \Delta E_{i,y} \times GWP_i$$

式中：

$\Delta WE_{i,y}$ ——第 y 年温室气体或大气污染物 i 的加权减排量 (t)；

$\Delta E_{i,y}$ ——第 y 年温室气体或大气污染物 i 的减排量 (t)；

GWP_i ——温室气体 i 的全球增温潜势。

对于大气污染物:

$$\Delta WE_{i,y} = \frac{\Delta E_{i,y}}{W_i}$$

式中:

W_i ——大气污染物 i 的污染当量, 取值见附录 E。

8 减污降碳评价报告编制

燃煤耦合生物质减污降碳评价报告应完整记录对象系统、数据来源、评价过程和评价结果, 报告内容宜包含但不限于:

- a) 所评价的对象系统, 包括生物质原料名称、生产规模、系统边界以及主要的利益相关方等;
- b) 项目业主提供的数据来源以及过程描述、相关假设和重要数据取舍原则;
- c) 项目业主单位的各类污染物及温室气体减排量清单;
- d) 项目业主年度减污降碳特征化评价结果;
- e) 项目业主年度减污降碳总效果评价结果(可选);
- f) 项目业主减污降碳效果提升的举措(可选);
- g) 其他解释说明(可选)。

附录 A
(资料性)
企业现场资料收集表

表 A.1 企业现场资料收集表

填报基本信息	
填报单位名称	
单位地址	
产品及副产品类型	(举例: 热电联产、无其他副产品)
生物质耦合类型	(举例: 木屑、玉米秸)
生物质来源	(举例: 购自 XX 村产出的农业废弃物)
生物质掺烧质量比例	(举例: 5%)
生物质预处理工艺	(举例: 采用离心分离机脱水)
燃煤类型	(举例: 无烟煤)
锅炉设备类型	(举例: 循环流化床锅炉)
脱硫工艺类型	(举例: 采用烟气循环流化床法脱硫)
脱硝工艺类型	(举例: 采用低氮燃烧器+SCR 二级脱硝)
除尘工艺类型	(举例: 采用袋式除尘器除尘)
废水处理工艺类型	(举例: 厌氧消化池)

附录 B
(资料性)

燃煤电厂耦合生物质减污降碳效果评价清单汇总表

表 B.1 燃煤电厂耦合生物质减污降碳效果评价清单汇总表

污染物分类	污染物种类	排放量		减排量 (ΔE_i)	单位
		项目情景 (PE _i)	基准情景 (BE _i)		
温室气体	温室气体总计				tCO ₂ e
大气污染物	颗粒物				t
	SO ₂				tSO ₂
	NO _x				tNO _x

附录 C
(资料性)
相关参数推荐值

表 C.1 废水厌氧处理系统的甲烷修正因子

处理和排放途径或系统类型	MCF缺省值	范围	备注
海洋、河流或湖泊排放	0.1	0-0.2	高浓度有机污水进入河流可能产生厌氧反应
好氧处理设施	0	0-0.1	必须管理完善
好氧处理设施	0.3	0.2-0.4	管理不完善, 过载
污泥厌氧消化池	0.8	0.8-1.0	未考虑 CH ₄ 回收
厌氧反应器	0.8	0.8-1.0	未考虑 CH ₄ 回收
浅厌氧塘	0.2	0-0.3	深度不足 2 米
深厌氧塘	0.8	0.8-1.0	深度超过 2 米

表 C.2 燃煤锅炉机械不完全燃烧热损失 q_4 的一般取值

锅炉型式	煤种	$q_4/\%$
固态排渣煤粉炉	无烟煤	4
	贫煤	2
	烟煤 ($V_{daf} \leq 25\%$)	2
	烟煤 ($V_{daf} > 25\%$)	1.5
	褐煤	0.5
	洗煤 ($V_{daf} \leq 25\%$)	3
	洗煤 ($V_{daf} > 25\%$)	2.5
液态排渣煤粉炉	无烟煤	2~3
	烟煤	1~1.5
	褐煤	0.5
循环流化床锅炉	烟煤	2~2.5
	无烟煤	2.5~3.5
注：燃油、燃气 q_4 取值为 0。		

表 C.3 项目情景除尘效率 (%)

除尘技术	除尘效率
干式电除尘器	99.20%~99.85%
低低温电除尘器	99.20%~99.90%
湿式电除尘器	70%~90%
电袋复合除尘器	99.50%~99.99%
袋式除尘器	99.50%~99.99%

表 C.4 锅炉灰分平衡的推荐值

锅炉类型		飞灰 α_{fh}
固态排渣煤粉炉		0.85~0.95
液态排渣煤粉炉	无烟煤	0.85
	贫煤	0.8
	烟煤	0.8
	褐煤	0.70~0.80
循环流化床锅炉		0.4~0.6

表 C.5 常规烟气脱硫技术的一般性能

措施	SO ₂ 脱除效率/%
石灰石-石膏湿法	50~90
烟气循环流化床法	煤粉炉: 30~40
氨法	循环流化床锅炉: 60~80
海水法	55~85

表 C.6 常规烟气脱硝技术的一般性能

初级措施	NO _x 降低率/%
低氮燃烧器 (LNB)	20~50
空气分级燃烧	20~50
燃料分级燃烧 (再燃)	30~50
低氮燃烧器结合空气分级燃烧	40~60
低氮燃烧器结合燃料分级燃烧 (再燃)	40~60

表 C.7 项目情景二级脱硝措施的脱硝效率 (%)

二级措施	NO _x 脱除效率/%
选择性催化还原法 (SCR)	50~90
选择性非催化还原法 (SNCR)	煤粉炉: 30~40
	循环流化床锅炉: 60~80
SNCR+SCR 联合法	55~85
注: 优化烟气流场、增加催化剂装载量 (提高单层尺寸或层数) 等强化措施可适当提高脱硝总体性能。	

附录 D

(资料性)

火电厂烟气排放量的计算

表 D.1 火电厂烟气排放量的计算

情况	公式	公式序号	式中含义
有实测数据时,标准状态下的干烟气排放量应采用实测值,标准状态下的干烟气排放量用式(1)计算	$V_g = V_s \times \left(1 - \frac{X_{H_2O}}{100}\right)$	(1)	V_g ——每台锅炉干烟气排放量, m^3/s V_s ——每台锅炉湿烟气排放量, m^3/s X_{H_2O} ——烟气含湿量, %
对于固体或液体燃料,有元素成分分析时理论空气量用式(2)计算,没有元素分析时用式(3)近似计算	$V_0 = 0.0889(C_{ar} + 0.375S_{ar}) + 0.265H_{ar} - 0.0333O_{ar}$	(2)	V_0 ——理论空气量, m^3/kg C_{ar} ——收到基碳的质量分数, % S_{ar} ——收到基硫的质量分数, %
	$V_0 = 2.63 \times \frac{Q_{net, ar}}{10000}$	(3)	H_{ar} ——收到基氢的质量分数, % O_{ar} ——收到基氧的质量分数, % $Q_{net, ar}$ ——收到基低位发热量, kJ/kg
对于气体燃料,理论空气量可按其气体组成用式(4)计算	$V_0 = 0.0476 \times \left[0.5 \times \varphi(CO) + 0.5 \times \varphi(H_2) + 1.5 \times \varphi(H_2S) + \sum \left(m + \frac{n}{4}\right) \times \varphi(C_m H_n) \times \varphi(O_2)\right]$	(4)	V_0 ——理论空气量, m^3/m^3 $\varphi(CO)$ ——一氧化碳体积分数, % $q(H_2)$ ——氢体积分数, % $\varphi(H_2S)$ ——硫化氢体积分数, % $q(C_m H_n)$ ——烃类体积分数, %, m 为碳原子数, n 为氢原子数 $\varphi(O_2)$ ——氧体积分数, %

表 D.1 火电厂烟气排放量的计算 (续)

情况	公式	公式序号	式中含义
燃煤电厂烟气排放量可用式 (5) 近似计算	$V_s = \frac{B_g \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \times \left[\frac{Q_{net, ar}}{4026} + 0.77 + 1.0161 \times (\alpha - 1) \times V_0\right]}{3.6}$ $V_{H_2O} = \frac{B_g \times [0.111 \times H_{ar} + 0.0124 \times M_{ar} + 0.0161 \times (\alpha - 1) \times V_0]}{3.6}$ $V_g = V_s - V_{H_2O}$	(5)	V_s ——湿烟气排放量, m^3/s B_g ——锅炉燃料耗量, t/h q_4 ——锅炉机械不完全燃烧的热损失, % $Q_{net, ar}$ ——收到基低位发热量, kJ/kg α ——过量空气系数 V_0 ——理论空气量, m^3/kg V_{H_2O} ——锅炉排放湿烟气中水蒸气量, m^3/s H_{ar} ——收到基氢的质量分数, % M_{ar} ——收到基水分的质量分数, % V_g ——干烟气排放量, m^3/s

附录 E
(资料性)
大气污染物污染当量值

表 E.1 大气污染物污染当量值

污染物	污染当量值 (千克)
二氧化硫	0.95
氮氧化物	0.95
一氧化碳	16.7
氯气	0.34
氯化氢	10.75
氟化物	0.87
氰化氢	0.005
硫酸雾	0.6
铬酸雾	0.007
汞及其化合物	0.001
一般性粉尘	4
石棉尘	0.53
玻璃棉尘	2.13
碳黑尘	0.59
铅及其化合物	0.02
镉及其化合物	0.03
铍及其化合物	0.0004
镍及其化合物	0.13
锡及其化合物	0.27
烟尘	2.18
苯	0.05
甲苯	0.18
二甲苯	0.27
苯并(a)芘	0.000002

表 E.1 大气污染物污染当量值 (续)

污染物	污染当量值 (千克)
甲醛	0.09
乙醛	0.45
丙烯醛	0.06
甲醇	0.67
酚类	0.35
沥青烟	0.19
苯胺类	0.21
氯苯类	0.72
硝基苯	0.17
丙烯腈	0.22
氯乙烯	0.55
光气	0.04
硫化氢	0.29
氨	9.09
三甲胺	0.32
甲硫醇	0.04
甲硫醚	0.28
二甲二硫	0.28
苯乙烯	25
二硫化碳	20

参考文献

- [1] 工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）
- [2] 工业企业污染治理设施污染物去除协同控制温室气体核算技术指南（试行）
- [3] 企业温室气体排放核算方法与报告指南 发电设施（2022年修订版）
- [4] 何峰, 刘峥延, 邢有凯, 等. 中国水泥行业节能减排措施的协同控制效应评估研究[J]. 气候变化研究进展, 2021, 17(4):10.
- [5] IPCC. Climate change 2014: synthesis report [M]. Cambridge:Cambridge University Press, 2014
- [6] IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp.
-