

ICS 13.020.01

CCS Z 04



团 体 标 准

T/ZGZS 0109-2024

废弃风电叶片回收利用碳排放核算方法

Carbon emission accounting methods for the recycling and reuse of waste
wind turbine blades

2024-06-18 发布

2024-06-18 实施

中国再生资源回收利用协会 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 基本原则4

5 核算边界.....4

 5.1 概述.....4

 5.1.1 收集阶段5

 5.1.2 回收再生阶段5

 5.2 核算和报告范围6

 5.2.1 概述6

 5.2.2 机械回收法6

 5.2.3 焚烧热能法7

 5.2.4 热解法8

 5.2.5 化学回收法10

6 核算方法.....11

 6.1 核算步骤.....11

 6.2 核算方法.....11

 6.2.1 概述11

 6.2.2 燃料燃烧排放13

 6.2.3 过程排放15

 6.2.4 购入电力、热力产生的排放16

7 数据质量管理.....18

8 报告内容和格式.....18

 8.1 概述.....18

 8.2 报告主体基本信息18

 8.3 温室气体排放量18

8.4 活动数据及其来源19

8.5 排放因子及其来源19

附 录 A（资料性附录）报告格式模板20

附 录 B（资料性附录）相关参数推荐值24

参考文献.....28

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。

本文件由中国科学院山西煤炭化学研究所、再生资源产业技术创新战略联盟、南通复源新材料科技有限公司联合提出。

本文件由中国再生资源回收利用协会归口。

本文件负责起草单位：中国科学院山西煤炭化学研究所、再生资源产业技术创新战略联盟、中化二建集团有限公司、生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、山西碳中和战略创新研究院有限公司、南通复源新材料科技有限公司、山西峰和环境有限公司、上纬新材料科技股份有限公司、北京众志天工环保科技有限公司、常州瑞赛环保科技有限公司、上海交通大学、上海第二工业大学、国家先进功能纤维创新中心、杭州卡涑复合材料科技有限公司、江苏德晴新材料股份有限公司、上海碳纤维复合材料创新研究院有限公司、青岛武晓集团股份有限公司、温州翔基资源再生有限公司、威海光威能源新材料有限公司、宁波诺丁汉大学、中北大学、江苏理工学院、中国再生资源回收利用协会、北京中再联盟技术服务有限公司。

本文件主要起草人：贾时宇、侯相林、尚辉良、赵宇飞、董军、张静、杨斌、林军、扶庆军、张伟伟、赵其光、许忠兴、张律文、杨阳、孙岩、何鹏、陈钦、张保平、杨青、闫仁理、陈超群、李晓林、刘晓玲、马帅、李迎春、张承龙、张文达、朱炳龙、曹阳。

废弃风电叶片回收利用碳排放核算方法

1 范围

本文件规定了废弃风电叶片回收利用碳排放量的核算和报告、相关的术语和定义、核算边界、核算步骤与核算方法、数据质量管理、报告内容和格式等内容。

本文件适用于废弃风电叶片回收利用碳排放量的核算和报告，以废弃风电叶片回收利用生产活动为主营业务的企业可按照本文件提供的方法核算碳排放量，并编制企业碳排放报告。

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，仅所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 212 煤的工业分析法

GB/T 213 煤的发热量测定方法

GB/T 384 石油产品热值测定法

GB/T 476 煤中碳和氢的测量方法

GB/T 11062 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法

GB/T 13610 天然气的组分分析气相色谱法

GB/T 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 20861 废弃产品回收利用术语

GB/T 22723 天然气能量的测定

GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

SH/T 0656 石油产品及润滑剂中碳、氢、氮测定法（元素分析仪法）

ISO14064-1:2018 温室气体-第 1 部分:组织层级温室气体排放与移除量化及报告

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

碳排放 carbon emission

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量，以二氧化碳当量表示。

[来源：GB/T 32150-2015，3.6]

3.2

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份。

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）、氢氟碳化物（HFC₅）、全氟碳化物（PFC₅）、六氟化硫（SF₆）与三氟化氮（NF₃）

[来源：GB/T 32150-2015，3.1]

3.3

报告主体 reporting entity

具有碳排放行为的法人企业或视同法人的独立核算单位。

[来源：GB/T 32150-2015，3.2]

3.4

核算边界 accounting boundary

与报告主体（3.3）的生产经营活动相关的碳排放的范围。

[来源：GB/T 32150-2015，3.4]

3.5

燃料燃烧排放 fuel combustion emission

燃料在氧化燃烧过程中产生的碳排放。

[来源：GB/T 32150-2015，3.7]

3.6

过程排放 process emission

在生产、废弃物处理处置等除燃料燃烧之外的物理或者化学变化造成的碳排放。

[来源：GB/T 32150-2015，3.8]

3.7

购入电力、热力产生的排放 emission from purchased electricity and heat

企业消费的购入电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生的二氧化碳排放。

[来源：GB/T 32150-2015，3.9]

注：热力包括蒸汽、热水。

3.8

活动数据 activity data

导致碳排放的生产或消费活动量的表征值。

[来源：GB/T 32150-2015，3.12]

注：例如各种化石燃料的消耗量、原材料的使用量、购入的电量等。

3.9

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的碳排放的系数

[来源：GB/T 32150-2015，3.13]

注：例如每单位化石燃料消耗所对应的二氧化碳排放量、购入的每千瓦时电量所对应的二氧化碳排放量等。

3.10

全球变暖潜势值 global warming potential (GWP)

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强度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 32150-2015，3.15]

3.11

碳氧化率 carbon oxidation rate

燃料中的碳在燃烧过程中被完全氧化的百分比。

[来源：GB/T 32150-2015，3.14]

3.12

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

CO₂e

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

[来源：GB/T 32150-2015，3.16]

注：二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

3.13

废弃风电叶片 waste wind turbine blades

废弃风电叶片又称废弃纤维复合材料风电叶片，指风电叶片在其寿命周期结束后，成为不再使用且已经丢弃或放弃的纤维增强树脂基复合材料，以及在风电叶片生产、运输、销售使用过程中产生的不合格品、过期产品及边角废料等。

3.14

回收利用 recycle

指对废弃风电叶片进行处理，使之能够满足原来的使用要求或用于其他用途的过程，包括对能量的回收和利用。

3.15

机械回收法 mechanical recycle

指将废弃风电叶片进行破碎、撕碎、粉碎成块状、纤维状或粉状的机械加工方法。

3.16

焚烧热能法 thermal incineration

指利用高温燃烧废弃风电叶片，将燃烧产生的热量转化为其他能量的一种回收方法。

3.17

热解法 pyrolysis

指有机化合物受热分解和缩合生成相对分子质量不同的产品的过程。热解也可称为裂解或热裂解。

3.18

化学回收法 chemical recycle

指在特定的条件下通过化学方法的作用，将废弃风电叶片中的树脂基体材料分解，实现与纤维分离的过程。

4 基本原则

废弃风电叶片回收利用碳排放核算过程中使用的数据应满足以下要求：

- a) 完整性：应覆盖废弃风电叶片回收利用边界内有实质性贡献（占碳总排放量1%）的所有温室气体的排放；
- b) 代表性：应使用对碳排放核算而言具有时间、地理及技术针对性的数据；
- c) 准确性：应尽可能减少偏差和不确定性；
- d) 相关性：选取确定适宜的核算边界、核算方法、活动数据及排放因子，确保真实反映企业的温室气体排放情况；
- e) 透明性：具有明确的数据收集方法和计算过程，提供计算过程中选择或测算排放因子的依据，并对数据来源及核算方法给予充分说明。

5 核算边界

5.1 概述

本标准的碳排放核算，是以废弃风电叶片回收利用为主营业务的独立法人企业或视同法

人单位为边界。报告主体应以企业法人为边界，核算和报告边界内所有生产设施产生的碳排放。生产系统包括直接生产系统、辅助生产系统以及直接为生产服务的附属生产系统，其中辅助生产系统包括冷冻水、循环水系统、压缩空气站、空分设备、鼓风、机修、库房、运输等，附属生产系统包括生产指挥系统（厂部）和厂区内为生产服务的部门和单位（如职工食堂、车间浴室、保健站等）。如果报告主体涉及使用绿色电力，不应直接扣减，宜单独进行报告。

如果报告主体除废弃风电叶片回收利用外还存在其他产品生产活动，并存在本文件未涵盖的碳排放环节，则应按照相关行业的企业碳排放核算和报告进行核算并汇总报告（参照附录 A）。废弃风电叶片回收利用企业碳排放核算边界示意图见图 1。

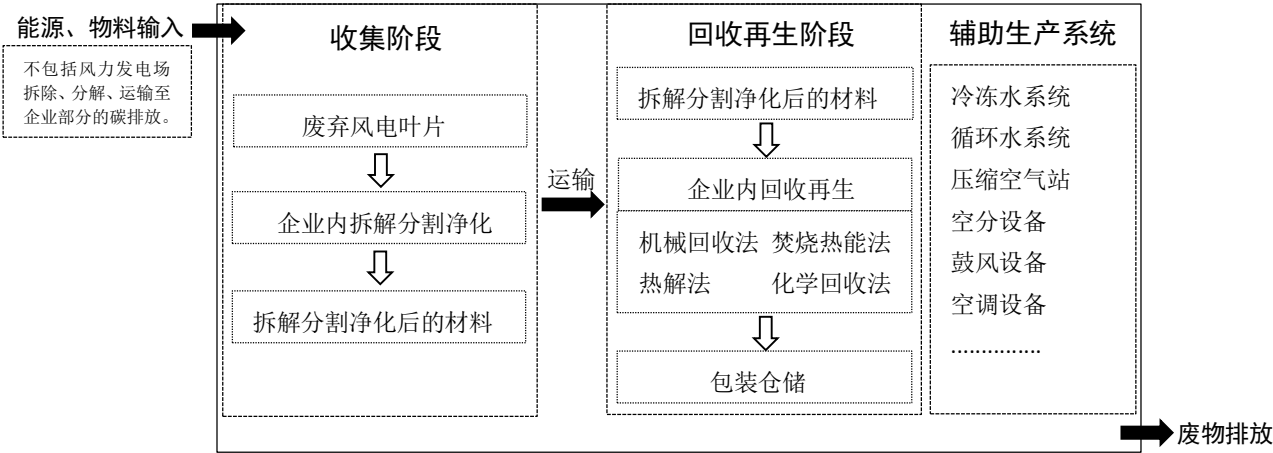


图 1 碳排放核算边界示意图

通常废弃风电叶片回收利用应包含以下 2 个阶段：

- （1）收集阶段：废弃风电叶片的收集过程。
- （2）回收再生阶段：处理后的废弃风电叶片材料回收再生过程。

5.1.1 收集阶段

收集阶段始于废弃风电叶片的运输，结束于废弃风电叶片的净化。这个阶段归属的过程包括，但不限于：废弃风电叶片的拆解、切割、分类收集、智能识别、自动分选、清洁净化、品寿评估等，以及废弃风电叶片、部件、粉碎料等到处理车间的运输。

5.1.2 回收再生阶段

回收再生阶段始于清洁净化后材料的运输，结束于各种再生材料和产品的入库，回收再生阶段涉及的过程包括，但不限于：清洁净化后材料到回收再生车间的运输、再生材料的生

产、化验和包装，以及再生材料在不同仓库之间的运输、物流。

5.2 核算和报告范围

5.2.1 概述

随着风电产业的快速发展，其退役、废弃风电叶片数量持续增加，从目前看，回收利用是废弃风电叶片最好的处理方式，主要有机械回收法、焚烧热能法、热解法和化学回收法。机械回收法是将废弃风电叶片进行破碎、撕碎、粉碎成块状、纤维状或粉状的机械加工方法。焚烧热能法是利用高温燃烧废弃风电叶片，将燃烧产生的热量转化为其他能量的一种回收方法。热解法指有机化合物受热分解和缩合生成相对分子质量不同的产品的过程。化学回收法指在特定的条件下通过化学方法的作用，将废弃风电叶片中的树脂基体材料分解，实现与纤维分离的过程。

下文以机械回收法、焚烧热能法、热解法、化学回收法为主要回收方法进行分类碳排放核算。

5.2.2 机械回收法

5.2.2.1 燃料燃烧排放

废弃风电叶片回收利用企业消耗的化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放，包括固定源排放（如供热用锅炉、自备电厂等固定燃烧设备）以及用于原辅料及产品运输过程中车辆化石燃料燃烧的排放。对于企业外购的化石燃料（如汽油、天然气等），只计算这些化石燃料在本企业燃烧所产生的碳排放量，生产这些化石燃料过程中产生的碳排放不纳入核算范围。

5.2.2.2 购入电力、热力产生的排放

主要包括废弃风电叶片回收利用企业用于生产购入的电力、热力等导致的间接二氧化碳排放。

5.2.2.3 碳排放单元与排放设备识别

废弃风电叶片回收利用企业可在组织边界、碳排放活动识别结果的基础上，根据企业计量仪器配备情况、客观条件，识别和划分企业的碳排放单元，并进一步识别排放单元对应的排放设备以及使用的能源与含碳物料。排放单元应包括废弃风电叶片回收利用流程中所有与碳排放活动直接相关的固定或移动单元，居民生活用能等非生产相关的碳排放信息可不作统计。

废弃风电叶片回收利用企业碳排放活动、排放单元与排放设备等范围要素示例见表 1。

表 1 企业碳排放范围要素示例

核算边界	排放源	排放活动示例	排放单元示例	排放设备示例
燃料燃烧排放	固定源燃烧	原煤、柴油、天然气等化石燃料的燃烧	机组	锅炉、发电厂
	运输车辆燃烧	用于原料及产品运输过程中车辆化石燃料的燃烧	车辆发动机	运输车辆
购入电力、热力产生的排放	购入电力、热力的消耗	各种传动设备的用电、加热、使用蒸汽等	电动机	机床

5.2.3 焚烧热能法

5.2.3.1 燃料燃烧排放

废弃风电叶片回收利用企业消耗的化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放,包括固定源排放(如供热用锅炉、自备电厂等固定燃烧设备)以及用于原辅料及产品运输过程中车辆化石燃料燃烧的排放。对于企业外购的化石燃料(如汽油、天然气等),只计算这些化石燃料在本企业燃烧所产生的碳排放量,生产这些化石燃料过程中产生的碳排放不纳入核算范围。

5.2.3.2 过程排放

a) 过程排放是指在对废弃风电叶片进行焚烧,原料中的一些含碳、含氮基团进行高温分解导致温室气体的排放,基于在废弃风电叶片回收利用过程中原料从加入到形成废料排出过程中碳元素质量守恒原则,根据输入物料及输出物料的质量所计算得到的原料消耗导致的碳排放。

对于二氧化碳而言,在碳质量平衡法下,碳排放由输入碳含量减去非二氧化碳的碳输出量得到:

二氧化碳(CO₂)排放=(原料投入量×原料含碳量-废物输出量×废物含碳量)×44/12

其中,44/12是碳转换成CO₂的转换系数(即CO₂/C的相对原子质量比)。

b) 根据焚烧设备排气处N_xO测定值所得的温室气体排放,碳排放数值可根据N_xO对应的全球变暖潜势值(GWP)计算得到。

5.2.3.3 购入电力、热力产生的排放

主要包括废弃风电叶片回收利用企业用于生产购入的电力、热力等导致的间接二氧化碳排放。

5.2.3.4 碳排放单元与排放设备识别

废弃风电叶片回收利用企业可在组织边界、碳排放活动识别结果的基础上，根据企业计量仪器配备情况、客观条件，识别和划分企业的碳排放单元，并进一步识别排放单元对应的排放设备以及使用的能源与含碳物料。排放单元应包括废弃风电叶片回收利用流程中所有与碳排放活动直接相关的固定或移动单元，居民生活用能等非生产相关的碳排放信息可不作统计。

废弃风电叶片回收利用企业碳排放活动、排放单元与排放设备等范围要素示例见表 2。

表 2 企业碳排放范围要素示例

核算边界	排放源	排放活动示例	排放单元示例	排放设备示例
燃料燃烧排放	固定源燃烧	原煤、柴油、天然气等化石燃料的燃烧	机组	锅炉、发电厂
	运输车辆燃烧	用于原料及产品运输过程中车辆化石燃料的燃烧	车辆发动机	运输车辆
过程排放	原料输入输出碳平衡排放, N _x O 气体排放	原料高温分解	焚烧室	焚烧炉
购入电力、热力产生的排放	购入电力、热力的消耗	各种传动设备的用电、加热、使用蒸汽等	电动机	机床

5.2.4 热解法

5.2.4.1 燃料燃烧排放

废弃风电叶片回收利用企业消耗的化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放,包括固定源排放（如供热用锅炉、自备电厂等固定燃烧设备）以及用于原辅料及产品运输过程中车辆化石燃料燃烧的排放。对于企业外购的化石燃料（如汽油、天然气等），只计算这些化石燃料在本企业燃烧所产生的碳排放量，生产这些化石燃料过程中产生的碳排放不纳入核算范围。

5.2.4.2 过程排放

a) 过程排放是指在对废弃风电叶片进行热解时产生的无氧裂解产物经催化燃烧导致的碳排放，即裂解气燃烧排放（归为含碳原料损耗导致的排放），以及热解法回收再利用过程中主要辅料（上浆剂、表面活性剂、粘结剂等）损耗导致的碳排放（选择对碳排放核算总量影响不小于 1%的活动数据）。

基于在废弃风电叶片回收利用过程中原辅料从加入到形成产品及废料排出过程中碳元

素质量守恒原则，根据输入物料及输出物料的质量所计算得到的原辅料消耗导致的碳排放。

对于二氧化碳而言，在碳质量平衡法下，碳排放由输入碳含量减去非二氧化碳的碳输出量得到：

二氧化碳（CO₂）排放=（原料投入量×原料含碳量+辅料投入量×辅料含碳量-产品产出量×产品含碳量-废物输出量×废物含碳量）×44/12

其中，44/12 是碳转换成 CO₂ 的转换系数（即 CO₂/C 的相对原子质量比）。

b）根据裂解设备排气处 N_xO 测定值所得的温室气体排放，碳排放数值可根据 N_xO 对应的全球变暖潜势值（GWP）计算得到。

5.2.4.3 购入电力、热力产生的排放

主要包括废弃风电叶片回收利用企业用于生产购入的电力、热力等导致的间接二氧化碳排放。

5.2.4.4 碳排放单元与排放设备识别

废弃风电叶片回收利用企业可在组织边界、碳排放活动识别结果的基础上，根据企业计量仪器配备情况、客观条件，识别和划分企业的碳排放单元，并进一步识别排放单元对应的排放设备以及使用的能源与含碳物料。排放单元应包括废弃风电叶片回收利用流程中所有与碳排放活动直接相关的固定或移动单元，居民生活用能等非生产相关的碳排放信息可不作统计。

废弃风电叶片回收利用企业碳排放活动、排放单元与排放设备等范围要素示例见表 3。

表 3 企业碳排放范围要素示例

核算边界	排放源	排放活动示例	排放单元示例	排放设备示例
燃料燃烧排放	固定源燃烧	原煤、柴油、天然气等化石燃料的燃烧	机组	锅炉、发电厂、干燥设备
	运输车辆燃烧	用于原料及产品运输过程中车辆化石燃料的燃烧	车辆发动机	运输车辆
过程排放	裂解气燃烧，热解过程中原料、辅料消耗；N _x O 气体排放	原辅料反应热裂解	裂解炉	裂解设备
购入电力、热力产生的排放	购入电力、热力的消耗	各种传动设备的用电、加热、使用蒸汽等	电动设备	短切颗粒生产设备、切割设备

5.2.5 化学回收法

5.2.5.1 燃料燃烧排放

废弃风电叶片回收利用企业消耗的化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放,包括固定源排放(如供热用锅炉、自备电厂等固定燃烧设备)以及用于原辅料及产品运输过程中车辆化石燃料燃烧的排放。对于企业外购的化石燃料(如汽油、天然气等),只计算这些化石燃料在本企业燃烧所产生的碳排放量,生产这些化石燃料过程中产生的碳排放不纳入核算范围。

5.2.5.2 过程排放

废弃风电叶片回收利用企业在化学回收生产过程原料中含有的碳氧键、碳酸盐以及生产过程中所使用的含碳溶剂、催化剂等含碳助剂通过发生各类化学反应所导致的二氧化碳的排放(选择对碳排放核算总量影响不小于 1%的活动数据)。

基于在废弃风电叶片回收利用过程中原辅料从加入到形成产品及废料排出过程中碳元素质量守恒原则,根据输入物料及输出物料的质量所计算得到的原辅料消耗导致的碳排放。

对于二氧化碳而言,在碳质量平衡法下,碳排放由输入碳含量减去非二氧化碳的碳输出量得到:

二氧化碳(CO₂)排放=(原料投入量×原料含碳量+辅料投入量×辅料含碳量-产品产出量×产品含碳量-废物输出量×废物含碳量)×44/12

其中, 44/12 是碳转换成 CO₂ 的转换系数(即 CO₂/C 的相对原子质量比)。

5.2.5.3 购入电力、热力产生的排放

主要包括废弃风电叶片回收利用企业用于生产购入的电力、热力等导致的间接二氧化碳排放。

5.2.5.4 碳排放单元与排放设备识别

废弃风电叶片回收利用企业可在组织边界、碳排放活动识别结果的基础上,根据企业计量仪器配备情况、客观条件,识别和划分企业的碳排放单元,并进一步识别排放单元对应的排放设备以及使用的能源与含碳物料。排放单元应包括废弃风电叶片回收利用流程中所有与碳排放活动直接相关的固定或移动单元,居民生活用能等非生产相关的碳排放信息可不作统计。

废弃风电叶片回收利用企碳排放活动、排放单元与排放设备等范围要素示例见表 4。

表 4 企业碳排放范围要素示例

核算边界	排放源	排放活动示例	排放单元	排放设备
------	-----	--------	------	------

			示例	示例
燃料燃烧排放	固定源燃烧	原煤、柴油、天然气等化石燃料的燃烧	机组	锅炉、发电厂
	运输车辆燃烧	用于原辅料及产品运输过程中车辆化石燃料的燃烧	车辆发动机	运输车辆
过程排放	含碳物料分解	原辅料分解	反应器、废料处理系统	化工设备
购入电力、热力产生的排放	购入电力、蒸汽的消耗	各种传动设备的用电、加热、使用蒸汽等	电动设备	切割设备、化工设备

6 核算方法

6.1 核算步骤

报告主体进行企业碳排放核算和报告的工作流程包括以下步骤：

- a) 明确核算边界和报告边界，对于企业法人的组织边界调整造成排放变动 1%以上的，都需要在次年的报告边界中明确和澄清；
- b) 识别排放源；
- c) 收集活动数据；
- d) 选择和获取排放因子数据；
- e) 根据回收利用的不同方法，计算所涵盖的碳排放种类，包括：燃料燃烧排放量、过程排放量、购入电力产生的排放量及购入热力产生的排放量中的三种或四种；
- f) 汇总报告企业碳排放量。

6.2 核算方法

6.2.1 概述

废弃风电叶片回收利用企业的碳排放总量等于核算边界内所有的化石燃料燃烧碳排放、过程碳排放、购入电力、热力产生的碳排放之和，按公式（1）计算：

$$E = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{电力}} + E_{\text{热力}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- E ——报告主体的排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
- E_{燃烧} ——报告主体的化石燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
- E_{过程} ——企业边界内工业生产、废弃物处理处置过程碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
- E_{电力} ——企业购入电力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{热力}}$ ——企业购入热力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

6.2.1.1 分类核算碳排放总量

根据机械回收法、焚烧热能法、热解法、化学回收法等方法包含的碳排放来源进行核算，各方法导致的碳排放总量如下：

a) 机械回收法

$$E_{\text{机械}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{电力}} + E_{\text{热力}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_{\text{机械}}$ ——机械回收法导致的碳排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{燃烧}}$ ——报告主体的化石燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{电力}}$ ——企业购入电力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{热力}}$ ——企业购入热力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

b) 焚烧热能法

$$E_{\text{焚烧}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{电力}} + E_{\text{热力}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$E_{\text{焚烧}}$ ——焚烧热能法导致的碳排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{燃烧}}$ ——报告主体的化石燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{过程}}$ ——企业边界内工业生产过程碳排放量以及根据焚烧设备排气处 N_xO 测定值所得的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{电力}}$ ——企业购入电力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{热力}}$ ——企业购入热力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

c) 热解法

$$E_{\text{热解}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{电力}} + E_{\text{热力}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$E_{\text{热解}}$ ——热解法导致的碳排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{燃烧}}$ ——报告主体的化石燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{过程}}$ ——企业边界内工业生产过程碳排放量以及根据裂解设备排气处 N_xO 测定值所得的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{电力}}$ ——企业购入电力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{热力}}$ ——企业购入热力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

d) 化学回收法

$$E_{\text{化学}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{电力}} + E_{\text{热力}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$E_{\text{化学}}$ ——化学回收法导致的碳排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{燃烧}}$ ——报告主体的化石燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{过程}}$ ——企业边界内工业生产过程碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{电力}}$ ——企业购入电力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{热力}}$ ——企业购入热力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

6.2.2 燃料燃烧排放

6.2.2.1 计算公式

燃料燃烧活动产生的碳排放量是企业核算和报告期内各种化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量的加总，按公式（6）计算：

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i) \times GWP \dots\dots\dots$$

(6)

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ ——核算和报告期内消耗燃料燃烧产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

AD_i ——核算和报告期内第*i*种燃料的活动数据，单位为吉焦（GJ）；

EF_i ——第*i*种化石燃料的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂/GJ）；

GWP ——温室气体全球变暖潜势值；

i ——消耗燃料的类型代号。

6.2.2.2 活动数据获取

6.2.2.2.1 概述

燃料燃烧的活动数据是核算和报告年度内各种燃料的消耗量与平均低位发热量的乘积，按公式（7）计算：

$$AD_i = NCV_i \times FC_i \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- AD_i ——核算和报告年度内第*i*种化石燃料的活动数据，单位为吉焦（GJ）；
- NCV_i ——核算和报告期内第*i*种化石燃料的平均低位发热量，对固体或液体燃料，单位为吉焦每吨（GJ/t）；对气体燃料，单位为吉焦每万标立方米（GJ/10⁴Nm³）；
- FC_i ——核算和报告期内第*i*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，单位为万标立方米（10⁴Nm³）。

6.2.2.2.2 燃料消耗量

根据核算和报告期内各种燃料购入量、外销量、库存变化量以及除废弃风电叶片回收利用生产之外的其他消耗量来确定各自的消耗量。燃料购入量、外销量采用采购单或销售单等结算凭证上的数据，库存变化量采用企业计量器具读数或其他符合要求的方法来确定，燃料消耗量的计量应符合 GB/T 17167 的相关规定。废弃风电叶片回收利用生产之外的其他消耗量依据企业能源平衡表获取，采用公式（8）计算：

$$\text{消耗量} = \text{购入量} + (\text{期初库存量} - \text{期末库存量}) - \text{回收利用生产之外的其他消耗量} - \text{外销量} \dots\dots\dots (8)$$

6.2.2.2.3 低位发热量

燃料低位发热量的测定应委托有资质的专业机构进行检测，也可采用与相关方结算凭证中提供的检测值。如采用实测，化石燃料低位发热量检测应遵循 GB/T 213、GB/T 384、GB/T 22723 等相关标准。其中对煤炭应在每批次燃料入厂时或每月至少进行一次检测，以燃料入厂量或月消费量加权平均作为该燃料品种的低位发热量；对油品可在每批次燃料入厂时或每季度进行一次检测，取算术平均值作为该油品的低位发热量；对天然气等气体燃料可在每批次燃料入厂时或每半年进行一次检测，取算术平均值作为低位发热量。

对于不能提供检测报告的企业可采用附录 B 表 B.1 中常见化石燃料低位发热量推荐值。

6.2.2.2.4 排放因子数据获取

燃料燃烧的二氧化碳排放因子按公式（9）计算：

$$EF_i = CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots$$

(9)

式中：

- EF_i ——第*i*种燃料的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂ / GJ）；
- CC_i ——第*i*种燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（tC/GJ）；
- OF_i ——第*i*种燃料的碳氧化率，单位为百分数（%）；
- $\frac{44}{12}$ ——二氧化碳与碳的分子量之比。

企业可采用本标准提供的单位热值含碳量和碳氧化率推荐值，见附录 B 表 B.1。

6.2.3 过程排放

6.2.3.1 计算公式

过程排放即生产过程中的碳排放，对于焚烧热能法为废弃风电叶片回收利用企业在焚烧生产过程中原料中的一些含碳、含氮基团进行高温分解导致的温室气体排放以及根据焚烧设备排气处 N_xO 测定值所得的温室气体排放的总和；对于热解法为废弃风电叶片回收利用企业在热解生产过程中裂解气燃烧（含碳原料损耗）导致的碳排放、主要辅料（上浆剂、表面活性剂、粘结剂）损耗导致的碳排放以及根据裂解设备排气处 N_xO 测定值所得的温室气体排放的总和；对于化学回收法为废弃风电叶片回收利用企业在化学回收生产过程原料中含有的碳氧键、碳酸盐以及生产过程中所使用的含碳溶剂、催化剂等含碳助剂通过发生各类化学反应所导致的二氧化碳的排放总和。

根据物料输入输出碳平衡的排放量包括从收集阶段得到的废弃风电叶片原料到回收再生产品间的碳损失导致的碳排放与回收再生阶段加入的上浆剂、表面活性剂、粘结剂、含碳助剂等消耗导致的碳排放加和，按碳质量平衡法计算：

$$E_{过程} = \left[\left(\sum (C_{原料} \times AD_{原料}) - \sum (C_{产品} \times AD_{产品}) - \sum (C_{废物} \times AD_{废物}) \right) + \sum_{j=1}^n (C_j \times AD_j) \right] \times \frac{44}{12} \times GWP \dots\dots\dots (10)$$

式中：

- $E_{过程}$ ——工业生产、废弃物处理处置过程中产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
- $C_{原料}$ ——废弃风电叶片的碳含量，单位为%；
- $AD_{原料}$ ——废弃风电叶片回收利用企业核算和报告期内投入生产的废弃风电叶片的质量，单位为吨（t）；
- $C_{产品}$ ——回收再生产品的碳含量，单位为%；

$AD_{\text{产品}}$ ——废弃风电叶片回收利用企业核算和报告期内所生产的回收再生产品的质
量，单位为吨（t）；

$C_{\text{废物}}$ ——废弃物碳含量，单位为%；

$AD_{\text{废物}}$ ——废弃风电叶片回收利用企业核算和报告期内所产生的废弃物的质量，单位
为吨（t）；

C_j ——回收再生阶段加入的含碳助剂、上浆剂、表面活性剂、粘结剂等物质的碳含
量，单位为%；

AD_j ——回收再生阶段加入的含碳助剂、上浆剂、表面活性剂、粘结剂等物质的损
耗量，单位为（kg）；

GWP ——温室气体全球变暖潜势值；

$\frac{44}{12}$ ——二氧化碳与碳的分子量之比。

本标准中焚烧设备排气处 N_xO 测定值以裂解设备排气处 N_xO 测定值使用实测法进行确定，有实时监测条件的企业，可自行或委托有资质的专业机构遵照《确定气流中某种温室气体质量流量的工具》定期检测 N_xO 排放；有条件的企业亦可安装 N_xO 气体在线监测系统实时监测设备排气处 N_xO 排放，并采用相关技术文件中要求的方法测量 N_xO 的排放量；亦或者根据企业所在地区环保部门经监测发布的 N_xO 排放值。具体 N_xO 温室气体排放数值可根据 N_xO 温室气体排放的质量乘以 N_xO 对应的全球变暖潜势值（GWP， GWP_{N_2O} 为 310(tCO₂e/t)）计算得到。

6.2.3.2 活动数据获取

企业投入生产的废弃风电叶片原料，含碳助剂、上浆剂、表面活性剂、粘结剂等辅料的活动数据根据核算和报告期内库存变化量来确定原辅料的输入量；库存变化量采用企业计量器具读数或其他符合要求的方法来确定；含碳产品的活动数据根据核算和报告期内销售量、库存变化量来确定其产量；废弃物的活动数据根据核算和报告期内企业废弃物处理处置的量来确定；销售量采用销售单等结算凭证上的数据；库存变化量采用计量工具读数或其他符合要求的方法来确定，采用公式（11）计算获得：

$$\text{产量} = \text{销售量} + (\text{期末库存量} - \text{期初库存量}) \dots\dots\dots (11)$$

6.2.4 购入电力、热力产生的排放

6.2.4.1 计算公式

a) 企业核算和报告期内购入电力产生的二氧化碳排放量，按公式（12）计算：

$$E_{\text{电力}} = AD_{\text{电力}} \times EF_{\text{电力}} \times GWP \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$E_{\text{电力}}$ ——购入电

力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

$AD_{\text{电力}}$ ——活动数据，即购入电力的使用量，单位为兆瓦时（ MWh ）。

$EF_{\text{电力}}$ ——外购电力的排放因子，单位为吨二氧化碳/兆瓦时（ tCO_2/MWh ），该值为企业所在区域电网平均供电排放因子；

GWP ——温室气体全球变暖潜势值。

b) 企业核算和报告期内购入热力产生的二氧化碳排放量，按公式（13）计算：

$$E_{\text{热力}} = AD_{\text{热力}} \times EF_{\text{热力}} \times GWP \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$E_{\text{热力}}$ ——购入热力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

$AD_{\text{热力}}$ ——活动数据，即外购热力的使用量，单位为吉焦（ GJ ）；

$EF_{\text{热力}}$ ——外购热力的排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（ tCO_2/GJ ）；

GWP ——温室气体全球变暖潜势值。

6.2.4.2 活动数据获取

购入电力的活动数据以电表记录的读数为准，如果没有，可采用电费发票或者结算单等结算凭证上的数据。

购入热力的活动数据以企业的热力表记录的读数为准，也可采用供应商提供的热力费发票或者结算单等结算凭证上的数据。

以质量单位计量的热水可按公式（14）转换为热量单位：

$$AD_{\text{热水}} = Ma_w \times (T_w - 20) \times 4.1868 \times 10^{-3} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$AD_{\text{热水}}$ ——热水的热量，单位为吉焦（ GJ ）；

Ma_w ——热水的质量，单位为吨（ t ）；

T_w ——热水温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

4.1868 ——水在常温常压下的比热，单位为千焦每千克摄氏度（ $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ）。

以质量单位计量的蒸汽可分别按公式（15）转换为热量单位：

$$AD_{\text{蒸汽}} = Ma_{\text{st}} \times (En_{\text{st}} - 83.74) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$AD_{\text{蒸汽}}$ ——蒸汽的热量，单位为吉焦（GJ）；

Ma_{st} ——蒸汽的质量，单位为吨（t）；

En_{st} ——蒸汽所对应的温度、压力下每千克蒸汽的热焓，单位为千焦每千克（kJ/kg），
饱和蒸汽和过热蒸汽的热焓可分别查阅附录 B 表 B.3 和表 B.4。

6.2.4.3 排放因子数据获取

电力排放因子应根据企业生产地址及目前的东北、华北、华东、华中、西北、南方电网划分，选用国家主管部门公布的相应区域电网排放因子进行计算；

热力消费的排放因子可取推荐值 $0.11\text{tCO}_2/\text{GJ}$ ，也可采用政府主管部门发布的官方数据。

7 数据质量管理

报告主体宜加强碳数据质量管理工作，包括但不限于：

a)建立企业碳排放核算和报告的规章制度，包括负责机构和人员、工作流程和内容、工作周期和时间节点等；指定专职人员负责企业碳排放核算和报告工作；

b)根据各种类型的碳排放源的重要程度对其进行等级划分，并建立企业碳体排放源一览表，对于不同等级的排放源的活动数据和排放因子数据的获取提出相应的要求；

c)对现有监测条件进行评估，不断提高自身监测能力，并制定相应的监测计划，包括对活动数据的监测和对燃料低位发热量等参数的监测；定期对计量器具、检测设备和在线监测仪表进行维护管理，并记录存档；

d)建立健全碳数据记录管理体系，包括数据来源、数据获取时间以及相关责任人等信息的记录管理，并记录存档；

e)建立企业碳排放报告内部审核制度，定期对温室气体排放数据进行交叉校验，对可能产生的数据误差风险进行识别，并提出相应的解决方案。

8 报告内容和格式

8.1 概述

报告主体应参照附录 A 的格式进行报告。

8.2 报告主体基本信息

报告主体基本信息应包括报告主体名称、单位性质、报告年度、所属行业、统一社会信用代码、法定代表人、填报负责人和联系人信息。

8.3 温室气体排放量

报告主体应报告在核算和报告期内碳排放总量，并分别报告化石燃料燃烧排放量、过程

排放量、购入电力和热力产生的排放量。

8.4 活动数据及其来源

报告主体应报告企业所有产品生产所使用的不同品种化石燃料的消耗量和相应的低位发热量，购入的电力、热力，消耗的废弃风电叶片原料量、消耗的含碳助剂、上浆剂、表面活性剂、粘结剂的外购量。如果企业生产其他产品，则应按照相关行业的企业碳报告的要求报告其活动数据及来源。

8.5 排放因子及其来源

报告主体应报告消耗的各种化石燃料单位热值含碳量和碳氧化率数据，消耗的原料、助剂、溶剂、含碳物质、上浆剂、表面活性剂、粘结剂的排放因子，报告采用的电力排放因子。如果企业生产其他产品，则应按照相关行业的企业碳报告的要求报告其排放因子数据及来源。

附 录 A
(资料性附录)
报告格式模板

废弃风电叶片回收利用企业碳排放报告

报告主体（盖章）：

报告年度：

编制日期： 年 月 日

本报告主体核算了年度碳排放量，并填写了相关数据表格。现将有关情况报告如下：

- 一、 企业基本情况
- 二、 碳排放
- 三、 活动数据及来源说明
- 四、 排放因子数据及来源说明

本企业承诺对本报告的真实性的负责。

法人（签字）：

年 月 日

表 A.1 报告主体年碳排放量汇总表

化石燃料燃烧碳排放（tCO ₂ e）	
工业生产过程碳排放（tCO ₂ e）	
购入电力产生的碳排放（tCO ₂ e）	
购入热力产生的碳排放（tCO ₂ e）	
企业碳排放总量（tCO ₂ e）	

表 A.2 报告主体排放活动数据一览表

单位 排放 源类别		计量 单位	消耗量 (t, 10 ⁴ Nm ³)	低位发热量 (GJ/t, GJ/10 ⁴ Nm ³)
燃料燃烧 ^a	无烟煤	t		
	烟煤	t		
	褐煤	t		
	洗精煤	t		
	其他洗煤	t		
	其他煤制品	t		
	焦炭	t		
	原油	t		
	燃料油	t		
	汽油	t		
	柴油	t		
	一般煤油	t		
	液化天然气	t		
	液化石油气	t		
	焦油	t		
	粗苯	t		
	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³		
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³		
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³		
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³		
	天然气	10 ⁴ Nm ³		
	炼厂干气	t		
过程碳排放 ^b	含碳原料消耗量			t
	含碳产品量			t
	废弃物量			t
	助剂损耗量			kg
	上浆剂消耗量			kg
	粘结剂消耗量			kg
	表面活性剂消耗量			kg

购入电力、热力	数据			单位
	电力购入量			MWh
	热力购入量			GJ
a 企业应自行添加未在表中列出但企业实际消耗的其他能源品种。				
b 企业应自行添加未在表中列出但企业实际消耗的其他原料。				

表 A.3 报告主体排放因子相关数据一览表

	化石燃料种类	单位热值含碳量 (tC/GJ)	碳氧化率 (%)
燃料燃烧 ^a	无烟煤		
	烟煤		
	褐煤		
	洗精煤		
	其他洗煤		
	其他煤制品		
	焦炭		
	原油		
	燃料油		
	汽油		
	柴油		
	一般煤油		
	液化天然气		
	液化石油气		
	焦油		
	粗苯		
	焦炉煤气		
	高炉煤气		
	转炉煤气		
	其他煤气		
	天然气		
	炼厂干气		
过程碳排放 ^b	含碳原料碳含量		%
	含碳产品碳含量		%
	废弃物碳含量		%
	助剂碳含量		%
	上浆剂碳含量		%
	粘结剂碳含量		%
	表面活性剂碳含量		%
购入电力、热力		数据	单位
	电力		tCO ₂ /MWh
	热力		tCO ₂ /GJ
a 企业应自行添加未在表中列出但企业实际消耗的其他能源品种。			
b 企业应自行添加未在表中列出但企业实际消耗的其他原料。			

附录 B
(资料性附录)

相关参数推荐值

相关参数推荐值见表 B.1、表 B.2、表 B.3、表 B.4。

表 B.1 常用化石燃料相关参数推荐值

燃料品种		计量单位	低位发热量 (GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³)	单位热值含碳 量 (tC/GJ)	燃料碳 氧化率
固体 燃料	无烟煤	t	26.7 ^c	27.4×10 ^{-3b}	94%
	烟煤	t	19.570 ^d	26.1×10 ^{-3b}	93%
	褐煤	t	11.9 ^c	28.0×10 ^{-3b}	96%
	洗精煤	t	26.334 ^a	25.41×10 ^{-3b}	93%
	其他洗煤	t	12.545 ^a	25.41×10 ^{-3b}	90%
	型煤	t	17.460 ^d	33.60×10 ^{-3d}	90%
	焦炭	t	28.435 ^a	29.5×10 ^{-3b}	93%
液体 燃料	原油	t	41.816 ^a	20.1×10 ^{-3b}	98%
	燃料油	t	41.816 ^a	21.1×10 ^{-3b}	98%
	汽油	t	43.070 ^a	18.9×10 ^{-3b}	98%
	柴油	t	42.652 ^a	20.2×10 ^{-3b}	98%
	煤油	t	43.070 ^a	19.6×10 ^{-3b}	98%
	石油焦	t	32.5 ^c	27.5×10 ^{-3b}	98%
	其他石油制品	t	40.2 ^c	20.0×10 ^{-3c}	98%
	焦油	t	33.453 ^a	22.0×10 ^{-3c}	98%
	粗苯	t	41.816 ^a	22.7×10 ^{-3d}	98%
气体 燃料	炼厂干气	t	45.998 ^a	18.2×10 ^{-3b}	99%
	液化石油气	t	50.179 ^a	17.2×10 ^{-3b}	98%
	液化天然气	t	44.2 ^c	17.2×10 ^{-3b}	98%
	天然气	10 ⁴ Nm ³	389.31 ^a	15.3×10 ^{-3b}	99%
	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	179.81 ^a	13.58×10 ^{-3b}	99%
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³	33.00 ^d	70.8×10 ^{-3c}	99%
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³	84.00 ^d	49.6×10 ^{-3d}	99%
	密闭电石炉气	10 ⁴ Nm ³	111.190 ^d	39.51×10 ^{-3d}	99%
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.270 ^a	12.2×10 ^{-3b}	99%
资料来源： ^a 数据取值来源为《中国能源统计年鉴 2013》。 ^b 数据取值来源为《省级温室气体清单指南（试行）》。 ^c 数据取值来源为《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》。 ^d 数据取值来源为行业经验值。					

表 B.2 其他排放因子和参数推荐值

名称	单位	CO ₂ 排放因子
电力	tCO ₂ /MWh	国家主管部门公布的相应区域电网排放因子
热力	tCO ₂ /GJ	0.11
企业应自行添加未在表中列出但企业实际消耗的其他含碳物质。		

表 B.3 饱和蒸汽热焓表

压力(MPa)	温度(°C)	焓(kJ/kg)	压力(MPa)	温度(°C)	焓(kJ/kg)
0.001	6.98	2513.8	1.00	179.88	2777.0
0.002	17.51	2533.2	1.10	184.06	2780.4
0.003	24.10	2545.2	1.20	187.96	2783.4
0.004	28.98	2554.1	1.30	191.6	2786.0
0.005	32.90	2561.2	1.40	195.04	2788.4
0.006	36.18	2567.1	1.50	198.28	2790.4
0.007	39.02	2572.2	1.60	201.37	2792.2
0.008	41.53	2576.7	1.40	204.3	2793.8
0.009	43.79	2580.8	1.50	207.1	2795.1
0.010	45.83	2584.4	1.90	209.79	2796.4
0.015	54.00	2598.9	2.00	212.37	2797.4
0.020	60.09	2609.6	2.20	217.24	2799.1
0.025	64.99	2618.1	2.40	221.78	2800.4
0.030	69.12	2625.3	2.60	226.03	2801.2
0.040	75.89	2636.8	2.80	230.04	2801.7
0.050	81.35	2645.0	3.00	233.84	2801.9
0.060	85.95	2653.6	3.50	242.54	2801.3
0.070	89.96	2660.2	4.00	250.33	2799.4
0.080	93.51	2666.0	5.00	263.92	2792.8
0.090	96.71	2671.1	6.00	275.56	2783.3
0.10	99.63	2675.7	7.00	285.8	2771.4
0.12	104.81	2683.8	8.00	294.98	2757.5
0.14	109.32	2690.8	9.00	303.31	2741.8
0.16	113.32	2696.8	10.0	310.96	2724.4
0.18	116.93	2702.1	11.0	318.04	2705.4
0.20	120.23	2706.9	12.0	324.64	2684.8
0.25	127.43	2717.2	13.0	330.81	2662.4
0.30	133.54	2725.5	14.0	336.63	2638.3
0.35	138.88	2732.5	15.0	342.12	2611.6
0.40	143.62	2738.5	16.0	347.32	2582.7
0.45	147.92	2743.8	17.0	352.26	2550.8
0.50	151.85	2748.5	18.0	356.96	2514.4
0.60	158.84	2756.4	19.0	361.44	2470.1
0.70	164.96	2762.9	20.0	365.71	2413.9
0.80	170.42	2768.4	21.0	369.79	2340.2
0.90	175.36	2773.0	22.0	373.68	2192.5

表 B.4 过热蒸汽热焓表

温度	压力											
	0.01 MPa	0.1 MPa	0.5 MPa	1 MPa	3 MPa	5MPa	7 MPa	10MPa	14MPa	20MPa	25 MPa	30MPa
0℃	0	0.1	0.5	1	3	5	7.1	10.1	14.1	20.1	25.1	30
10℃	42	42.1	42.5	43	44.9	46.9	48.8	51.7	55.6	61.3	66.1	70.8
20℃	83.9	84	84.3	84.8	86.7	88.6	90.4	93.2	97	102.5	107.1	111.7
40℃	167.4	167.5	167.9	168.3	170.1	171.9	173.6	176.3	179.8	185.1	189.4	193.8
60℃	2611.3	251.2	251.2	251.9	253.6	255.3	256.9	259.4	262.8	267.8	272	276.1
80℃	2649.3	335	335.3	335.7	337.3	338.8	340.4	342.8	346	350.8	354.8	358.7
100℃	2687.3	2676.5	419.4	419.7	421.2	422.7	424.2	426.5	429.5	434	437.8	441.6
120℃	2725.4	2716.8	503.9	504.3	505.7	507.1	508.5	510.6	513.5	517.7	521.3	524.9
140℃	2763.6	2756.6	589.2	589.5	590.8	592.1	593.4	595.4	598	602	605.4	603.1
160℃	2802	2796.2	2767.3	675.7	676.9	678	679.2	681	683.4	687.1	690.2	693.3
180℃	2840.6	2835.7	2812.1	2777.3	764.1	765.2	766.2	767.8	769.9	773.1	775.9	778.7
200℃	2879.3	2875.2	2855.5	2827.5	853	853.8	854.6	855.9	857.7	860.4	862.8	856.2
220℃	2918.3	2914.7	2898	2874.9	943.9	944.4	945.0	946	947.2	949.3	951.2	953.1
240℃	2957.4	2954.3	2939.9	2920.5	2823	1037.8	1038.0	1038.4	1039.1	1040.3	10415	1024.8
260℃	2996.8	2994.1	2981.5	2964.8	2885.5	1135	1134.7	1134.3	1134.1	1134	1134.3	1134.8
280℃	3036.5	3034	3022.9	3008.3	2941.8	2857	1236.7	1235.2	1233.5	1231.6	1230.5	1229.9
300℃	3076.3	3074.1	3064.2	3051.3	2994.2	2925.4	2839.2	1343.7	1339.5	1334.6	1331.5	1329
350℃	3177	3175.3	3167.6	3157.7	3115.7	3069.2	3017.0	2924.2	2753.5	1648.4	1626.4	1611.3

表 B.4 过热蒸汽热焓表（续表）

温度	压力											
	0.01MPa	0.1MPa	0.5MPa	1MPa	3MPa	5MPa	7MPa	10MPa	14MPa	20MPa	25MPa	30MPa
400℃	3279.4	3278	3217.8	3264	3231.6	3196.9	3159.7	3098.5	3004	2820.1	2583.2	2159.1
420℃	3320.96	3319.68	3313.8	3306.6	3276.9	3245.4	3211.0	3155.98	3072.72	2917.02	2730.76	2424.7
440℃	3362.52	3361.36	3355.9	3349.3	3321.9	3293.2	3262.3	3213.46	3141.44	3013.94	2878.32	2690.3
450℃	3383.3	3382.2	3377.1	3370.7	3344.4	3316.8	3288.0	3242.2	3175.8	3062.4	2952.1	2823.1
460℃	3404.42	3403.34	3398.3	3392.1	3366.8	3340.4	3312.4	3268.58	3205.24	3097.96	2994.68	2875.26
480℃	3446.66	3445.62	3440.9	3435.1	3411.6	3387.2	3361.3	3321.34	3264.12	3169.08	3079.84	2979.58
500℃	3488.9	3487.9	3483.7	3478.3	3456.4	3433.8	3410.2	3374.1	3323	3240.2	3165	3083.9
520℃	3531.82	3530.9	3526.9	3521.86	3501.28	3480.12	3458.6	3425.1	3378.4	3303.7	3237	3166.1
540℃	3574.74	3573.9	3570.1	3565.42	3546.16	3526.44	3506.4	3475.4	3432.5	3364.6	3304.7	3241.7
550℃	3593.2	3595.4	3591.7	3587.2	3568.6	3549.6	3530.2	3500.4	3459.2	3394.3	3337.3	3277.7
560℃	3618	3617.22	3613.64	3609.24	3591.18	3572.76	3554.1	3525.4	3485.8	3423.6	3369.2	3312.6
580℃	3661.6	3660.86	3657.52	3653.32	3636.34	3619.08	3601.6	3574.9	3538.2	3480.9	3431.2	3379.8
600℃	3705.2	3704.5	3701.4	3697.4	3681.5	3665.4	3649.0	3624	3589.8	3536.9	3491.2	3444.2

参考文献

- [1] GB/T 1.1-2020 标准化工导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则
 - [2] IPCC2006 年国家温室气体清单指南（2006），政府间气候变化专门委员会.(IPCC)
 - [3] 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
 - [4] 中国能源统计年鉴 2013，国家统计局能源统计司
 - [5] 2005 中国温室气体清单研究，国家发展和改革委员会应对气候变化司
-