



# 团体标准

T/CECA-G 0316—2024

## 电子工业废水再生回用碳排放计算导则

Guidelines for calculating carbon emissions from wastewater reclamation and reuse in the electronics industry

2024-11-04 发布

2024-11-05 实施

中国节能协会发布



版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构，除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版、影印版，或发布在互联网及内部网络等。使用许可请与发布机构获取。

# 目 录

前言 .....	II
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 .....	2
5 计算边界 .....	2
6 建造阶段碳排放计算 .....	3
7 药剂生产及运输碳排放计算 .....	4
8 化石燃料及电力碳排放计算 .....	4
9 反应阶段碳排放计算 .....	5
10 资源回收阶段碳补偿计算 .....	7
附录 A（资料性附录）常见碳排放因子 .....	9
附录 B（资料性附录）各温室气体全球变暖潜势（GWP） .....	15

## 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。

本文件由中国节能协会提出并归口。

本文件由中国节能协会节能服务产业委员会负责组织起草。

本文件主要起草单位：中国电子系统工程第二建设有限公司、南方泵业股份有限公司、东南大学、广东凌宇能源装备有限公司。

本文件主要起草人：熊江磊、郑赛那、陈明、沈海军、罗嘉豪、孙小亮、秦庆东、吴宏飞、蒋士龙、王珏旻、胡秋霞、陆天一、严文学、刘佳、高康、蔡宏展、田宇鸣、周伟、吴建华、陈义、高亚光、林娜娜、戴文龙、李一鸣、闻语桐、丁鹏、姚维昊、王文静、潘婷。

本文件为首次发布。

# 电子工业废水再生回用碳排放计算导则

## 1 范围

本文件提出了电子工业废水再生回用碳排放计算的基本规定、核算边界、建造阶段、药剂生产及运输阶段、化石燃料及电力、反应阶段碳排放以及资源回收阶段碳补偿的计算。

本文件适用于电子工业废水再生回用碳排放的计算。

## 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/T 32150	工业企业温室气体排放核算和报告通则
GB 39731	电子工业水污染物排放标准
GB/T 51366	建筑碳排放计算标准
GB 51441	电子工业废水处理工程技术设计标准
HJ 1298	电子工业水污染防治可行技术指南

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 电子工业 electric industry

制造电子设备、电子元件、电子器件及其专用原材料的工业部门。包括电子专用材料、电子元件、印制电路板、半导体器件、显示器件及光电子器件、电子终端产品、其他电子设备等电子产品制造业。

[来源：GB 39731，3.1，有修改]

### 3.2

#### 电子工业废水 electric industry wastewater

电子工业废水主要是混合、研磨和清洗、端面处理、图形制作和涂覆等生产单元的工艺废水和辅助生产系统产生的废水。

### 3.3

#### 计算边界 accounting boundary

与电子工业废水材料生产及运输、反应、回收等活动相关的温室气体排放的计算范围。

[来源：GB 51366，2.1.2，有修改]

### 3.4

#### 碳排放因子 carbon emission factor

将能源与材料消耗量与二氧化碳排放相对应的系数，用于量化电子工业废水再生回用不同阶段相关活动的碳排放。

[来源：GB 51366，2.1.3，有修改]

### 3.5

#### 物化处理 physical & chemical treatment

采用物理及化学的方式处理废水。电子工业废水物化处理工艺主要包括化学反应、混凝沉淀、吸附、离子交换、过滤、蒸发浓缩等方法。

[来源：GB 51441，2.1.10]

### 3.6

#### 生化处理 biochemical treatment

利用微生物的代谢作用，使电子工业废水中呈溶解和胶体状态的有机污染物转化为无害物质，以实现净化的方法，包括好氧处理、厌氧处理。

[来源：GB 51441，2.1.11]

### 3.7

#### 全球变暖潜势 global warming potential; GWP

将单位质量的某种温室气体在给定时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 32150，3.15]

### 3.8

#### 回用水 reclaim water

废水直接或经适当处理后，达到一定的水质指标，满足某种使用要求，可以使用的。

[来源：GB 51441，2.1.12]

## 4 总体要求

### 4.1 废水处理

4.1.1 废水处理工程的工艺选择应遵循综合治理、再生利用、节能减排、总量控制的原则。

4.1.2 废水处理深度应根据环境影响评价的要求确定，污染物排放应符合相应的国家、地方或行业的污染物排放标准。

4.1.3 废水处理工程应按照系统运行管理的需要以及项目所在地环境保护管理技术要求安装在线监控系统。

4.1.4 废水处理工程工艺设计应提供必要的措施妥善处理运行过程中可能产生的废水、废气、废渣以及其它污染物，满足国家、行业和地方相关法规和标准，防止二次污染。

### 4.2 碳排放计算

4.2.1 电子工业废水再生回用碳排放计算应根据不同需求按阶段进行计算，并可将分段计算结果累计为电子工业废水再生回用全生命期碳排放。

4.2.2 碳排放计算应包含《IPCC 国家温室气体清单指南》中列出的各类温室气体。

## 5 计算边界

计算边界主要包括：

- a) 反应池、存储装置建造碳排放。为保证反应安全经济进行的反应池、处理池（材质、尺寸），以及确保试剂在现场安全存储，所有涉及装置的修建过程中产生的碳排放；
- b) 购入试剂的生产碳排放。包含对主要污染物进行化学、生物处理中采用的常见试剂生产过程产生的碳排放；
- c) 运输碳排放。建材采购、药剂采购、污泥外运等产生的交通运输碳排放；
- d) 维持运行的电力、化石燃料能源消耗产生的碳排放。维持反应所需环境温度、湿度和生产条件所造成的电力、化石燃料消耗造成的碳排放；
- e) 发生反应过程中产生的碳排放。为实现电子工业废水再生回用的目的，通过初级处理以及深度处理，涉及化学、生物反应时，可能产生的碳排放量；
- f) 反应残渣处理碳排放。对反应残渣进行分类后，根据种类和特点选择相应的处理工艺，处理残渣的碳排放；
- g) 资源回收得到的碳补偿。污泥处置中通过回收甲烷代替电力以及再生水回用得到的能源节约补偿碳排放。

表1 碳排放清单

分类	简称
建造阶段碳排放	$C_{jz}$
药剂生产及运输碳排放	$C_{yj}, C_{ys}$
化石燃料及电力碳排放	$C_{hs}, C_{dl}$
反应阶段碳排放	$C_{fy}$
资源回收碳补偿	$C_R$

## 6 建造阶段碳排放计算

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 对于各种类型的反应池、管道、机械应当满足安全生产的前提，设计前应经过充分论证。
- 6.1.2 现场设计应当保证反应前药剂安全妥善存放，反应后废渣及副产品能妥善处置，避免发生危险。
- 6.1.3 反应池、存储池的设计应当在满足安全的情况下，尽可能确保绿色、经济。
- 6.1.4 每一步骤的管道、机械设置应当确保废水能够满足当前流程安全生产、并且运送到下一环节。

### 6.2 碳排放计算

包括混凝池、水解酸化池、反应池等建造碳排放量，按公式 6-1 计算。

$$C_{jz} = \sum_{i=1}^n N_i C F_i + C_{jzys} + C_{jzjx} \dots \dots \dots (6-1)$$

式中：

- $C_{jz}$ ——建造阶段碳排放量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；
- $N_i$ ——第  $i$  种材料的用量， $\text{kg}$ ；
- $C F_i$ ——第  $i$  种材料的碳排放因子  $\text{kgCO}_2\text{e} / \text{kg}$ ；按 GB/T 51336 中附录 D.0.1 取值；
- $i$ ——材料种类；
- $C_{jzys}$ ——建造阶段材料运输带来的碳排放，可参照 GB/T 51336 计算；
- $C_{jzjx}$ ——建造阶段施工机械能源消耗带来的碳排放，可参照 GB/T 51336 计算。

### 6.3 材料计量

6.3.1 一般的目标材料使用情况计量，采用目标设施建成的材料期初存量减去期末存量计算，见公式 6-2。

$$N_i = N_s - N_e \dots\dots\dots (6-2)$$

式中：

$N_i$ ——材料的量，kg；

$N_e$ ——材料的期末量，kg；

$N_s$ ——材料的期初量，kg。

6.3.2 在每次设备设施安装前，应及时准确记录各种材料的存量。

## 7 药剂生产及运输碳排放计算

### 7.1 药剂生产

7.1.1 投入药剂的碳排放量按照公式 7-1 进行计算。

$$C_{yj} = \sum_{i=1}^n M_i EF_i \dots\dots\dots (7-1)$$

式中：

$C_{yj}$ ——药剂碳排放总量，kgCO<sub>2e</sub>；

$M_i$ ——第 i 种药剂投入的量，kg；

$EF_i$ ——第 i 种药剂的碳排放因子，kgCO<sub>2e</sub>/kg；

$i$ ——药剂种类。

7.1.2 常见药剂的碳排放因子参照附录 A 表 A.1。

### 7.2 药剂运输

7.2.1 药剂运输是将药剂、材料从采购地运输到废水处理厂的碳排放。这部分碳排放按照公式 7-2 计算。

$$C_{ys} = \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i \dots\dots\dots (7-2)$$

式中：

$C_{ys}$ ——运输过程碳排放，kgCO<sub>2e</sub>；

$M_i$ ——第 i 种运输工具使用量，按辆计；

$D_i$ ——运输车运输距离，km；

$T_i$ ——单位运输距离碳排放因子 kgCO<sub>2e</sub>/km；

$i$ ——运输车型号。

7.2.2 药剂采购和集中处理运输距离应当按照实际运输路程结算。

7.2.3 运输车辆碳排放因子参照附录 A 表 A.2。

## 8 化石燃料及电力碳排放计算

### 8.1 化石燃料

电子工业废水处理化石燃料燃烧的碳排放是核算计算期内各种燃料的消耗量与平均碳排放因子的乘积，按公式 8-1 和 8-2 计算。

$$C_{hs} = \sum_{i=1}^n C_i \dots\dots\dots (8-1)$$

$$C_i = EF_i \times FC_i \dots\dots\dots (8-2)$$

式中：

$C_{hs}$ ——化石能源碳排放总量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；

$C_i$ ——计算期内第  $i$  种化石燃料的碳排放量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；

$EF_i$ ——第  $i$  种燃料的碳排放因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{TJ}$ ；参照附录 A.3；

$FC_i$ ——计算期内第  $i$  种燃料的净消耗量，按热值计算， $\text{TJ}$ ；

$i$ ——化石燃料种类。

## 8.2 电力

净购入的电力、热力产生的碳排放量按公式 8-3 和 8-4 计算。

$$C_{dl} = AD_{dl} \times EF_{dl} \dots \dots \dots (8-3)$$

$$C_{rl} = AD_{rl} \times EF_{rl} \dots \dots \dots (8-4)$$

式中：

$C_{dl}$ ——净购入的电力产生的碳排放量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；

$C_{rl}$ ——净购入的热力产生的碳排放量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；

$AD_{dl}$ ——企业的净购入使用的电量， $\text{MWh}$ ；

$AD_{rl}$ ——企业的净购入使用的热量， $\text{GJ}$ ；

$EF_{dl}$ ——区域电网年平均供电排放因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{MWh}$ ；参照附录 A 表 A.4；

$EF_{rl}$ ——热力供应的排放因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{GJ}$ 。

## 9 反应阶段碳排放计算

9.1 物化、生化反应阶段包含了好氧、缺氧、厌氧阶段和污泥处置，涉及的温室气体种类为  $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  和  $\text{CH}_4$ ，体现为去除 COD 产生的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ ；去除 TN 产生的  $\text{N}_2\text{O}$ ；处理污泥产生的  $\text{CH}_4$ 。

9.2  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}$  的排放量按如公式 9-1 汇总。

$$C_{fy} = C_{COD} + C_{TN} + C_{wn} + C_{fqys} \dots \dots \dots (9-1)$$

式中：

$C_{fy}$ ——反应阶段碳排放量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；

$C_{COD}$ ——去除 COD 产生的温室气体排放量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；

$C_{TN}$ ——去除 TN 产生的温室气体排放量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；

$C_{wn}$ ——处理污泥产生的温室气体排放量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ ；

$C_{fqys}$ ——废弃物运输产生的温室气体排放量， $\text{kgCO}_2\text{e}$ 。

### 9.2.1 去除 COD 产生的 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$

9.2.1.1 电子工业废水生化处理过程中，进入系统的碳有进水中有机碳（以 COD 计），排出系统的碳包含出水中有机碳、以气体形式（ $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ ）排入大气的碳、剩余污泥中的碳，以及污泥中有机碳含量减少的量，计算如公式 9-2。

$$C_{COD} = C_{CH_4} + C_{CO_2} \dots \dots \dots (9-2)$$

9.2.1.2 处理废水中有机物过程中，微生物厌氧过程中降解有机物可产生  $\text{CH}_4$ ，在不考虑  $\text{CH}_4$  回收情况下每日产生  $\text{CH}_4$  计算如公式 9-3。

$$C_{CH_4} = [Q \times (COD_{in} - COD_{out}) - S \times COD_d] \times EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} \dots \dots \dots (9-3)$$

$$EF_{CH_4} = B_0 \cdot MCF \dots \dots \dots (9-4)$$

式中：

$C_{CH_4}$ ——去除 COD 产生的  $CH_4$  量转化的二氧化碳排放量,  $kgCO_2e$ ;  
 $Q$ ——反应池总进水量,  $m^3/d$ ;  
 $COD_{in}$ ——反应池进水 COD 浓度,  $kg/m^3$ ;  
 $COD_{out}$ ——反应池出水 COD 浓度,  $kg/m^3$ ;  
 $S$ ——反应池排出剩余污泥干物质量,  $kg/d$ ;  
 $COD_d$ ——剩余污泥干物质有机物含量,  $kg/kg$ ;  
 $EF_{CH_4}$ —— $CH_4$  排放因子,  $kg CH_4/kg COD$ ;  
 $GWP_{CH_4}$ —— $CH_4$  的全球变暖潜势, 参考附录 B。  
 $B_0$ ——最大  $CH_4$  产生潜势, 取值为  $0.25kg CH_4/kg COD$ ;  
 $MCF$ —— $CH_4$  修正因子。

表 2 MCF 取值

处理系统	备注	建议 MCF	取值范围
好氧处理工艺	完善管理的完全好氧工艺	0	0-0.1
	管理不完善的好氧工艺或缺氧工艺	0.3	0.2-0.4
厌氧反应池	不考虑 $CH_4$ 回收	0.8	0.8-1.0

9.2.1.3 电子工业废水处理中  $CO_2$  主要为好氧反应工艺排放, 包括微生物好氧分解有机物和微生物内源呼吸产生的  $CO_2$  排放, 排放量按照公式 9-5 计算。

$$C_{CO_2} = C_{CO_2 \text{ 反应}} + C_{CO_2 \text{ 内源}} \dots \dots \dots (9-5)$$

式中:

$C_{CO_2}$ ——去除 COD 直接产生的二氧化碳排放量,  $kgCO_2$ ;

$C_{CO_2 \text{ 反应}}$ ——微生物好氧分解有机物产生的二氧化碳排放量,  $kgCO_2$ ;

$C_{CO_2 \text{ 内源}}$ ——微生物内源呼吸产生的二氧化碳排放量,  $kgCO_2$ ;

$$C_{CO_2 \text{ 反应}} = 1.1[Q \times (BOD_{5 \text{ in}} - BOD_{5 \text{ out}}) - 1.42 \times y \times Y_t \times Q \times (BOD_{5 \text{ in}} - BOD_{5 \text{ out}})] \dots \dots \dots (9-6)$$

$Q$ ——反应池总进水量,  $m^3/d$ ;

$BOD_{5 \text{ in}}$ ——反应池进水生化需氧量浓度,  $kg/m^3$ ;

$BOD_{5 \text{ out}}$ ——反应池出水生化需氧量浓度,  $kg/m^3$ ;

$y$ ——MLVSS/MLSS, 挥发性悬浮固体浓度/悬浮固体浓度,  $kg/kg$ ;

$Y_t$ ——污泥产率系数,  $kgMLSS/kgBOD_5$ , 0.4-0.8;

$$C_{CO_2 \text{ 内源}} = 1.947 \times Q \times HRT \times MLVSS \times K_0 \dots \dots \dots (9-7)$$

式中:

$Q$ ——反应池总进水量,  $m^3/d$ ;

$HRT$ ——好氧工艺水力停留时间,  $d^{-1}$ ;

$MLVSS$ ——挥发性悬浮固体浓度,  $kg/kg$ ;

$K_0$ ——衰减系数,  $0.05 d^{-1}$ 。

## 9.2.2 去除 TN 产生的 $N_2O$ 排放量

9.2.2.1 生物处理中  $N_2O$  排放量主要与进出水 N 含量有关, 具体排放因子与选取工艺有关, 按照公式 9-8 计算。表 3 根据研究得到的经验系数, 给出了  $N_2O$  排放因子。

$$C_{N_2O} = Q \times (TN_i - TN_e) N_i \times 10^{-3} \times GWP_{N_2O} \dots \dots \dots (9-8)$$

式中：

$C_{N_2O}$ ——电子工业废水处理产生的  $N_2O$  折算为二氧化碳量， $kgCO_2e$ ；

$Q$ ——污水处理厂的总进水量， $m^3/d$ ；

$TN_t$ ——污水处理厂的进水 TN 量， $mg/L$ ；

$TN_e$ ——污水处理厂的出水 TN 量， $mg/L$ ；

$N_i$ ——第  $i$  种脱氮工艺的  $N_2O-N$  排放因子， $kgN_2O-N$  排放因子， $kgN_2O-N/kgN$ ；

$GWP_{N_2O}$ —— $N_2O$  的全球变暖潜势，参考附录 B。

表 3  $N_2O$  排放因子

工艺名称	$N_2O$ 排放因子， $kgN_2O-N/kgN$
传统硝化反硝化	0.035
短程硝化反硝化	0.049
同步硝化反硝化	0.023
厌氧氨氧化	0.0026

### 9.2.3 处理污泥产生的 $CH_4$ 排放量

$$C_{wn} = SR \times \beta \times DOC_f \times MCF \times F \times GWP_{CH_4} \dots\dots\dots (9-9)$$

式中：

$C_{wn}$ ——电子工业废水污泥处理产生的  $CH_4$  折算为二氧化碳量， $kgCO_2e$ ；

$SR$ ——污泥干物质去除量， $kg$ ；

$\beta$ ——污泥干物质中有机质含量， $kg$ ；

$DOC_f$ ——污泥干物质中可降解有机碳比率，取值 50%；

$MCF$ —— $CH_4$  修正因子，完全厌氧取值为 1，完全好氧取值为 0；

$F$ ——可降解有机碳中可产生  $CH_4$  的碳的比例，取值为 50%；

$GWP_{CH_4}$ —— $CH_4$  的全球变暖潜势。

### 9.2.4 废弃物运输

#### 9.2.4.1 包含反应后污泥及残渣运输到下一地点集中或分别处理的碳排放。

运输部分碳排放按照公式 9-10 计算。

$$C_{fqys} = \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i \dots\dots\dots (9-10)$$

式中：

$C_{fqys}$ ——废弃物运输碳排放， $kgCO_2e$ ；

$M_i$ ——第  $i$  种运输工具使用量，按辆计；

$D_i$ ——运输车运输距离， $km$ ；

$T_i$ ——单位运输距离碳排放因子  $kgCO_2e/km$ ；

$i$ ——运输车型号。

#### 9.2.4.2 废弃物运输距离应当按照实际运输路程结算。

#### 9.2.4.3 运输车辆碳排放因子可按照本标准附录 A 表 A.2。

## 10 资源回收阶段碳补偿计算

资源回收阶段碳补偿按照公式 10-1 计算。

$$C_R = C_{RCH_4} + C_{R水} \dots\dots\dots (10-1)$$

## 10.1 甲烷回收

10.1.1 污水处理厂资源回收类碳排放主要为甲烷回收利用这一种情况，回收利用的甲烷可以抵消污水处理厂内的能源消耗。

10.1.2 鼓励企业采用 CH<sub>4</sub> 燃烧实测值及电力碳排放区域值，并按 10.1.3 的方式进行碳补偿的换算。

10.1.3 回收甲烷获得的碳排放补偿按照公式 10-2 折算。

$$C_{RCH_4} = kM_{RCH_4} \dots\dots\dots (10-2)$$

式中：

$C_{RCH_4}$ ——甲烷回收得到的碳排放补偿；

$k$ ——单位甲烷对应的碳排放补偿值，按需折算，如无确切参考资料，推荐值 5.59 kgCO<sub>2</sub>e /kg；

$M_{RCH_4}$ ——回收甲烷的质量，按实际测算。

## 10.2 水资源回用

处理后的水按出水标准及处理单位安排，参与其他生产活动。回用水按照公式 10-3 折算。

$$C_{R水} = kM_{R水} \dots\dots\dots (10-3)$$

式中：

$C_{R水}$ ——回用水得到的碳排放补偿，kgCO<sub>2</sub>e；

$k$ ——生产活动中需涉及水质的生产碳排放因子，按需折算，如无确切参考资料，推荐值 0.6 kgCO<sub>2</sub>e/t；

$M_{R水}$ ——回用水的质量，按实际测算，t。

## 附录 A

(资料性附录)

## 常见碳排放因子

常见药品、运输车辆、化石燃料、电力碳排放因子见表A.1、A.2、A.3、A.4。

表 A.1 常见药品碳排放因子

材料	碳排放因子
盐酸(32%电子级)	1.6kgCO <sub>2</sub> /kg
液碱(45%)	1.12kgCO <sub>2</sub> /kg
天然萤石 (参考生石灰)	1.25kgCO <sub>2</sub> /kg
生石灰	1.25kgCO <sub>2</sub> /kg
亚硫酸氢钠	1.83tCO <sub>2</sub> /t
次氯酸钠	0.92tCO <sub>2</sub> /t
柠檬酸	0.67tCO <sub>2</sub> /t
氯化镁	0.3tCO <sub>2</sub> /t
正己烷	0.927kgCO <sub>2</sub> e/kg
亚硝酸钠	4.07kgCO <sub>2</sub> e/kg
硅藻土	1.02kgCO <sub>2</sub> e/kg
重铬酸钾标准溶液	4.09kgCO <sub>2</sub> e/kg
酒石酸锶钾	1.94kgCO <sub>2</sub> e/kg
丁二烯	12tCO <sub>2</sub> e/t
甲醇	1.63tCO <sub>2</sub> e/t
乙二醇	3.38tCO <sub>2</sub> e/t
福尔马林 (37%甲醛溶液)	2.04tCO <sub>2</sub> e/t
甲缩醛	5.84tCO <sub>2</sub> e/t
对苯二甲酸	2.27tCO <sub>2</sub> e/t
环氧乙烷	5.84tCO <sub>2</sub> e/t
丙烯腈	7.88tCO <sub>2</sub> e/t
丙烯酸甲酯	20.49tCO <sub>2</sub> e/t
聚碳酸亚丙酯	4.52tCO <sub>2</sub> e/t
聚丙烯	5.98tCO <sub>2</sub> e/t
聚乙烯	0.57tCO <sub>2</sub> e/t
聚碳酸酯	1.37tCO <sub>2</sub> e/t
聚酯树脂	72.65tCO <sub>2</sub> e/t
丙酸	0.86tCO <sub>2</sub> e/t
聚氯乙烯	1.72tCO <sub>2</sub> e/t
玉米秸秆基乙酰丙酸乙酯	7.8tCO <sub>2</sub> e/t
乙烯	8.93tCO <sub>2</sub> e/t
石脑油制乙烯	1.98tCO <sub>2</sub> e/t
煤基甲醇制乙烯	7.23tCO <sub>2</sub> e/t

材料	碳排放因子
天然气基乙烷制乙烯	20.11tCO <sub>2</sub> e/t
生物基乙醇制乙烯	6.38tCO <sub>2</sub> e/t
乙醇平均	2.41tCO <sub>2</sub> e/t
玉米燃料乙醇	2.53tCO <sub>2</sub> e/t
木薯燃料乙醇	1.8tCO <sub>2</sub> e/t
玉米芯燃料乙醇	2.9tCO <sub>2</sub> e/t
生物质热解多元醇	51.16tCO <sub>2</sub> e/t
煤制甲醇	3.47tCO <sub>2</sub> e/t
氧化镁平均	2.07tCO <sub>2</sub> e/t
轻质氧化镁 LCM94	1.79tCO <sub>2</sub> e/t
轻质氧化镁 LCM92	1.71tCO <sub>2</sub> e/t
轻质氧化镁 LCM90	1.63tCO <sub>2</sub> e/t
重质氧化镁 SM97	2.6tCO <sub>2</sub> e/t
重质氧化镁 SM94	2.66tCO <sub>2</sub> e/t
重质氧化镁 SM90	2tCO <sub>2</sub> e/t
电熔镁砂 FM980 (I)	9.85tCO <sub>2</sub> e/t
电熔镁砂 FM980 (II)	10.32tCO <sub>2</sub> e/t
硫酸	0.80tCO <sub>2</sub> /t
氢氧化钠	1.59tCO <sub>2</sub> e/t
有机/无机混凝剂	2.35tCO <sub>2</sub> e/t
重金属捕集剂	tCO <sub>2</sub> e/t
次氯酸钠	1.98tCO <sub>2</sub> e/t
氯化钠	3.78tCO <sub>2</sub> e/t
氯气	4.9tCO <sub>2</sub> e/t
滤料	1.08tCO <sub>2</sub> e/t
萃取剂	3.5tCO <sub>2</sub> e/t
硫酸亚铁	12.4tCO <sub>2</sub> e/t
氯化钙	8.9tCO <sub>2</sub> e/t
氯化铁	3.46tCO <sub>2</sub> e/t
氯化镁	4.23tCO <sub>2</sub> e/t
双氧水	1.19tCO <sub>2</sub> e/t
硫酸亚铁	16.08tCO <sub>2</sub> e/t
纯氧	0.8tCO <sub>2</sub> e/t
氧化剂（紫外线氧化）	1.67tCO <sub>2</sub> e/t
铁	2.084tCO <sub>2</sub> e/t
碳	1.08tCO <sub>2</sub> e/t
铝	10.4tCO <sub>2</sub> e/t
吸附剂	4.78tCO <sub>2</sub> e/t
树脂	7.34tCO <sub>2</sub> e/t

材料	碳排放因子
树脂再生液	3.98tCO <sub>2</sub> e/t
次氯酸钠	2.97tCO <sub>2</sub> e/t
二氧化氯	2.34tCO <sub>2</sub> e/t
磷酸氢二钠	7.42tCO <sub>2</sub> e/t

CECA

表 A.2 常见运输车碳排放因子

运输方式类别	碳排放因子[kg CO <sub>2</sub> e/(t·km)]
轻型汽油货车运输（载重 2t）	0.334
中型汽油货车运输（载重 8t）	0.115
重型汽油货车运输（载重 10t）	0.104
重型汽油货车运输（载重 18t）	0.104
轻型柴油货车运输（载重 2t）	0.286
中型柴油货车运输（载重 8t）	0.179
重型柴油货车运输（载重 10t）	0.162
重型柴油货车运输（载重 18t）	0.129
重型柴油货车运输（载重 30t）	0.078
重型柴油货车运输（载重 46t）	0.057
电力机车运输	0.010
内燃机车运输	0.011

注：数据来源于 GB/T 51336-2019。

表 A.3 化石燃料碳排放因子

分类	燃料类型	单位热值含碳量 (tC/TJ)	碳氧化率 (%)	单位热值 CO <sub>2</sub> 排放因子 (tCO <sub>2</sub> /TJ)
固体燃料	无烟煤	27.4	0.94	94.44
	烟煤	26.1	0.93	89.00
	褐煤	28.0	0.96	98.56
	炼焦煤	25.4	0.98	91.27
	型煤	33.6	0.90	110.88
	焦炭	29.5	0.93	100.60
	其他焦化产品	29.5	0.93	100.60
液体燃料	原油	20.1	0.98	72.23
	燃料油	21.1	0.98	75.82
	汽油	18.9	0.98	67.91
	柴油	20.2	0.98	72.59
	喷气煤油	19.5	0.98	70.07
	一般煤油	19.6	0.98	70.43
	NGL 天然气凝液	17.2	0.98	61.81
	LPG 液化石油气	17.2	0.98	61.81
	炼厂干气	18.2	0.98	65.40
	石脑油	20.0	0.98	71.87
	沥青	22.0	0.98	79.05
	润滑油	20.0	0.98	71.87
	石油焦	27.5	0.98	98.82
	石化原料油	20.0	0.98	71.87
其他油品	20.0	0.98	71.87	
气体燃料	天然气	15.3	0.99	55.54

注：数据来源于GB/T 51336-2019。

表 A.4 电力碳排放因子

全国电力平均二氧化碳排放因子 (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	
全国	0.5568
区域电力平均二氧化碳排放因子 (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	
华北	0.7120
东北	0.6012
华东	0.5992
华中	0.5354
西北	0.5951
南方	0.4326
西南	0.2113

注：数据来源于《生态环境部、国家统计局关于发布2021年电力二氧化碳排放因子的公告》附件1。

附 录 B  
(资料性附录)

各温室气体全球变暖潜势 (GWP)

各温室气体全球变暖潜势 (GWP) 见表 B.1。

表 B.1 各温室气体的全球变暖潜势 (GWP)

气体名称	特定时间跨度的全球变暖潜势 (GWP)		
	20 年	100 年	500 年
二氧化碳	1	1	1
甲烷	72	25	7.6
氧化亚氮	289	298	153