

ICS XXXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

油田采出水处理厂碳排放核算指南

Guidelines for carbon emission accounting in
oilfield produced water treatment plants
(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 碳排放核算边界	2
4.1 核算范围	2
4.2 核算边界	2
4.3 排放源和气体种类	2
5 碳排放强度核算	3
5.1 核算方法	3
5.2 直接碳排放强度	3
5.3 间接碳排放强度	5
5.4 油田采出水处理厂碳排放强度	8
附 录 A （资料性） 油田采出水处理厂碳排放强度核算参数缺省值	9
参考文献	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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：中油辽河工程有限公司。

本文件主要起草人：

油田采出水处理厂碳排放核算指南

1 范围

本文件规定了油田采出水处理厂碳排放核算边界和碳排放核算强度核算。

本文件适用于油田采出水处理厂碳排放强度核算方法。

2 规范性引用文件

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

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 474 煤样的制备方法

GB/T 476 煤中碳和氢的测定方法

GB/T 6422 用能设备能量测试导则

GB/T 12206 城镇燃气热值和相对密度测定方法

GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法

GB/T 15316 节能监测技术通则

GB/T 22723 天然气能量的测定

GB/T 30733 煤中碳氢氮的测定 仪器法

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 32151.15 碳排放核算与报告要求 第15部分：石油化工企业

3 术语和定义

3.1

油田采出水 oilfield produced water

油田开采过程中产生的含有原油的水，简称采出水。

3.2

采出水处理 produced water treatment

对油田采出水（包括注水井洗井废水）进行回收和处理，使其符合注水水质标准、其他用途或排放预处理水质要求的过程。

3.3

净化水 raw water

经处理后符合注水水质标准或达到其他用途及排放预处理水质要求的采出水。

3.4

温室气体 greenhouse gases (GHGs)

大气层中吸收和重新放出红外辐射的自然和人为的气态成分。《京都议定书》及其修正案中规定的七种温室气体分别为二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）。

3.5

直接碳排放强度 direct carbon emission intensity

油田采出水处理厂运行过程中，处理单位体积的采出水直接产生的二氧化碳（CO₂）、氧化亚氮（N₂O）、甲烷（CH₄）和燃烧化石燃料产生的二氧化碳（CO₂）碳排放当量之和。

3.6

间接碳排放强度 indirect carbon emission intensity

油田采出水处理厂运行过程中，处理单位体积的采出水消耗的净购入电力、热力、化学药剂和外购清水等对应的碳排放当量之和。

3.7

碳排放强度 carbon emission intensity

直接碳排放强度与间接碳排放强度之和，用于油田采出水处理厂实际碳排放核算。

3.8

排放因子 emission factor

量化单位活动水平温室气体排放量或清除量的系数。

3.9

活动水平 activity data

导致某种温室气体排放或清除的人为活动量，例如各种燃料的消耗量、原料的使用量、产品产量、外购电力量、外购蒸汽量等。

4 碳排放核算边界

4.1 核算范围

4.1.1 碳排放核算包括直接碳排放（范围一）、间接碳排放（范围二、范围三），根据企业碳排放核算范围需求，选择适合的核算范围。

4.1.2 直接碳排放是来自油田采出水处理厂自有的排放源所产生的排放，包括自有锅炉燃烧燃料产生的排放，采出水中石油类有机污染物在微生物处理过程中产生的排放。

4.1.3 间接碳排放是油田采出水处理厂消耗的外购电力、蒸汽、热力、化学药剂在生产过程中产生的排放。

4.2 核算边界

碳排放核算边界包括油田采出水处理厂所有生产设施产生的温室气体排放，包括基本生产系统、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厂区内的动力、供电、供水、采暖、制冷、化验、仪表、储存、运输等，附属生产系统包括生产指挥系统以及为厂区生产提供服务的单位，包括职工食堂、浴室等。

4.3 排放源和气体种类

4.3.1 油田采出水中的有机污染物在微生物处理过程中产生的甲烷和氧化亚氮排放（直接碳排放、范围一），主要包括有机污染物（化石碳）厌氧过程中产生的甲烷排放，以及有机污染物（化石碳）微生物处理过程中产生的氧化亚氮排放。

4.3.2 燃料燃烧产生的二氧化碳排放（直接碳排放，范围一），主要包括生产过程中净购入化石燃料（煤、石油、天然气等）用于热力供应的燃烧过程产生的二氧化碳排放。

4.3.3 电耗隐含的二氧化碳排放（间接碳排放，范围二），生产过程中使用的净购入电力产生的二氧化碳排放。

4.3.4 热耗隐含的二氧化碳排放（间接碳排放，范围二），生产过程中使用的净购入热力产生的二氧化碳排放。

4.3.5 物耗隐含的二氧化碳排放（间接碳排放，范围三），生产过程中使用的净购入化学药剂、活性炭、液氧和催化剂等产生的二氧化碳排放。

4.3.6 二氧化碳回收利用量，油田采出水回收原油作为燃料自用，以及作为产品外供给其它单位的部分，原油隐含的二氧化碳可以从油田采出水处理厂总排放量中予以扣除。

5 碳排放强度核算

5.1 核算方法

5.1.1 识别油田采出水处理厂所涵盖的温室气体排放工艺和装置，确定排放源和温室气体种类。

5.1.2 选择碳排放强度计算公式。

5.1.3 收集碳排放活动水平和排放因子数据。

5.1.4 将收集的数据带入碳排放强度计算公式，计算出碳排放强度结果。

5.1.5 按照规定的格式描述和归纳碳排放强度计算过程和结果。

5.2 直接碳排放强度

5.2.1 微生物处理过程中产生的二氧化碳排放

5.2.1.1 氧化亚氮

油田采出水处理厂运行过程中氧化亚氮直接排放主要发生在微生物处理工艺中，其直接氧化亚氮排放量按公式（1）计算，直接碳排放强度按公式（2）计算。

$$M_{N_2O,i} = \frac{Q_{mtw,i} \times (TN_{in,i} - TN_{out,i}) \times EF_{N_2O}}{1000} \times C_{N_2O/N_2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $M_{N_2O,i}$ —— 第*i*天氧化亚氮直接排放量，kgN₂O；
 $Q_{mtw,i}$ —— 采出水微生物处理单元第*i*天进水水量，m³；
 $TN_{in,i}$ —— 采出水微生物处理单元第*i*天平均进水TN浓度，mg/L；
 $TN_{out,i}$ —— 污水生物处理单元第*i*天平均出水TN浓度，mg/L；
 EF_{N_2O} —— 氧化亚氮排放因子，取值为0.016 kgN₂O-N/kgTN；
 C_{N_2O/N_2} —— N₂O/N₂分子量之比，取值为44/28。

$$E_{N_2O} = \frac{\sum_{i=1}^t (f_{N_2O} \times M_{N_2O,i})}{\sum_{i=1}^t Q_{rw,i}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- E_{N_2O} —— 氧化亚氮折算二氧化碳直接排放强度，kgCO₂e/m³；

- t —— 评价周期内天数, d;
 f_{N_2O} —— 氧化亚氮温室效应指数, 取值为265 kgCO₂e/ kgN₂O;
 $M_{N_2O,i}$ —— 氧化亚氮第*i*天直接排放量, kgN₂O;
 $Q_{rw,i}$ —— 油田采出水处理厂第*i*天生产的净化水量, m³。

5.2.1.2 甲烷

油田采出水处理厂运行过程中甲烷直接排放主要发生在微生物厌氧处理工艺中, 其直接甲烷排放量按公式 (3) 计算, 直接碳排放强度按公式 (4) 计算。

$$M_{CH_4,i} = \left(\frac{Q_{mtw,i} \times (COD_{in,i} - COD_{out,i}) \times EF_{N_2O}}{1000} - SG_i \times P_{v,i} \times \rho_s \right) \times B_0 \times MCF - R_{CH_4,i} \times 0.717 \dots \dots (3)$$

式中:

- $M_{CH_4,i}$ —— 第*i*天甲烷直接排放量, kg CH₄;
 $Q_{mtw,i}$ —— 采出水微生物处理单元第*i*天进水水量, m³;
 $COD_{in,i}$ —— 采出水微生物处理单元第*i*天平均进水TN浓度, mg/L;
 $COD_{out,i}$ —— 污水生物处理单元第*i*天平均出水TN浓度, mg/L;
 SG_i —— 采出水微生物处理单元第*i*天产生的干污泥量, kgDS;
 $P_{v,i}$ —— 采出水微生物处理单元第*i*天污泥的有机分, %;
 ρ_s —— 污泥中的有机物与CODcr的转化系数, 取值为1.42 kgCODcr/kgDS;
 B_0 —— 微生物厌氧工艺降解单位CODcr时产生CH₄的产率系数, 取值为0.25 kgCH₄/kgCODcr;
 MCF —— 采出水微生物处理过程CH₄修正因子。当厌氧区混合搅拌均匀时, 构筑物内无污泥淤积, MCF取值0.003; 当混合搅拌不充分时, 构筑物内存在污泥预计, MCF取值0.03;
 $R_{CH_4,i}$ —— 采出水微生物处理单元第*i*天CH₄回收体积, m³;
0.717 —— 标准状况 (1个标准大气压, 温度0℃) 下CH₄的密度, kgCH₄/m³;

$$E_{CH_4} = \frac{\sum_{i=1}^t (f_{CH_4} \times M_{CH_4,i})}{\sum_{i=1}^t Q_{rw,i}} \dots \dots \dots (4)$$

式中:

- E_{CH_4} —— 甲烷折算二氧化碳直接排放强度, kgCO₂e/m³;
 t —— 评价周期内天数, d;
 f_{CH_4} —— 甲烷温室效应指数, 取值为28 kgCO₂e/kgCH₄;
 $M_{CH_4,i}$ —— 甲烷第*i*天直接排放量, kgCH₄;
 $Q_{rw,i}$ —— 油田采出水处理厂第*i*天生产的净化水量, m³。

5.2.2 化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放

净购入化石燃料燃烧产生的二氧化碳直接排放主要发生在油田采出水原油、含油污泥回收和储存工艺过程, 以及建构筑物采暖工艺过程, 其直接碳排放量按公式 (5) 计算, 直接碳排放强度按公式 (6) 计算。

$$M_{ff,i} = AD_{ff,i} \times NCV_{ff} \times Ef_{ff} \times OF \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$M_{ff,i}$ —— 化石燃料第*i*天燃烧直接碳排放量, kgCO₂e;

$AD_{ff,i}$ —— 化石燃料第*i*天使用量, 固体或液体燃料, t; 气体燃料, 10⁴Nm³;

NCV_{ff} —— 化石燃料的低位发热量, 固体或液体燃料, GJ/t; 气体燃料, GJ/10⁴ Nm³;

Ef_{ff} —— 化石燃料单位热值含碳量, kgC/GJ;

OF —— 化石燃料的氧化率;

$$Ef_{ff} = \frac{\sum_{i=1}^t M_{ff,i}}{\sum_{i=1}^t Q_{rw,i}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

E_{ff} —— 化石燃料燃烧直接碳排放强度, kgCO₂e/m³;

$M_{ff,i}$ —— 化石燃料第*i*天燃烧直接碳排放量, kgCO₂e;

$Q_{rw,i}$ —— 油田采出水处理厂第*i*天生产的净化水量, m³。

5.2.3 直接碳排放强度

直接碳排放强度包括微生物处理过程和化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放, 按公式(7)计算。

$$E_{dce} = E_{N_2O} + E_{CH_4} + E_{ff} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

E_{dce} —— 油田采出水处理厂直接排放强度, kgCO₂e/m³;

E_{N_2O} —— 氧化亚氮折算二氧化碳直接排放强度, kgCO₂e/m³;

E_{CH_4} —— 甲烷折算二氧化碳直接排放强度, kgCO₂e/m³;

E_{ff} —— 化石燃料燃烧直接碳排放强度, kgCO₂e/m³。

5.3 间接碳排放强度

5.3.1 电耗隐含的二氧化碳排放

采出水处理过程中电耗主要发生在机泵、气浮装置、排泥装置、鼓风机、冷却塔、污泥脱水机、过滤器等用电设备运行期间对电力的消耗, 其净购入电力间接碳排放量按公式(8)计算, 间接碳排放强度按公式(9)计算。

$$M_e = \sum_{i=1}^t (AD_{e,i} \times EF_e) \dots\dots\dots (8)$$

式中:

M_e —— 电耗碳排放量, kgCO₂e;

EF_e —— 电耗碳排放因子, kgCO₂e/(kW·h);

$AD_{e,i}$ —— 第*i*天用于生产运行的外购电量, kW·h;

$$E_e = \frac{M_e}{\sum_{i=1}^t Q_{rw,i}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

E_e —— 电耗碳排放强度， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ；

M_e —— 电耗碳排放量， kgCO_2e ；

$Q_{rw,i}$ —— 油田采出水处理厂第*i*天生产的净化水量， m^3 。

5.3.2 热耗隐含的二氧化碳排放

采出水处理过程中热耗主要发生在除油罐收油槽、含油污泥池（罐）、污油池（罐）工艺伴热，目的是保持原油和油泥的流动性，同时包括建（构）筑物采暖用热，其净购入热力间接碳排放量按公式（10）（11）、（13）、（14）计算，间接碳排放强度按公式（12）、（15）计算。

a) 净购入热水隐含的二氧化碳排放

净购入以质量单位计量的热水按公式（10）转换为热量单位。

$$AD_{hw,i} = Ma_{hw,i} \times (T_{h,iw} - 20) \times 4.1868 \times 10^{-3} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$AD_{hw,i}$ —— 第*i*天净购入热水的热量，GJ；

$Ma_{hw,i}$ —— 第*i*天净购入热水的质量，t；

$T_{h,iw}$ —— 第*i*天净购入热水的温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

4.1868 —— 水在常温常压下的比热， $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。

净购入热水间接碳排放量按公式（11）计算。

$$M_{hw} = \sum_{i=1}^t (AD_{hw,i} \times EF_h) \dots\dots\dots (11)$$

式中：

M_{hw} —— 净购入热水间接碳排放量， kgCO_2e ；

$AD_{hw,i}$ —— 第*i*天净购入热水的热量，GJ；

EF_h —— 净购入热力的碳排放因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{GJ}$ 。

净购入热水间接碳排放强度按公式（12）计算。

$$E_{hw} = \frac{M_{hw}}{\sum_{i=1}^t Q_{rw,i}} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

M_{hw} —— 净购入热水间接碳排放量， kgCO_2e ；

$Q_{rw,i}$ —— 油田采出水处理厂第*i*天生产的净化水量， m^3 。

b) 净购入蒸汽隐含的二氧化碳排放

净购入以质量单位计量的蒸汽按公式（13）转换为热量单位。

$$AD_{s,i} = Ma_{s,i} \times (En_s - 83.74) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$AD_{s,i}$ —— 第*i*天净购入蒸汽的热量，GJ；

$Ma_{s,i}$ —— 第*i*天净购入蒸汽的质量，t；

En_s —— 蒸汽对应的温度、压力下每千克蒸汽的热焓, kJ/kg;

83.74 —— 给水温度为20℃时热水的焓值, kJ/kg。

净购入蒸汽间接碳排放量按公式(14)计算。

$$M_s = \sum_{i=1}^t (AD_{s,i} \times EF_h) \dots\dots\dots (14)$$

式中:

M_s —— 净购入蒸汽间接碳排放量, kgCO₂e;

$AD_{s,i}$ —— 第i天净购入蒸汽的热量, GJ;

EF_h —— 净购入热力的碳排放因子, kgCO₂e/GJ。

净购入蒸汽间接碳排放强度按公式(15)计算。

$$E_s = \frac{M_s}{\sum_{i=1}^t Q_{rw,i}} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

M_s —— 净购入蒸汽间接碳排放量, kgCO₂e;

$Q_{rw,i}$ —— 油田采出水处理厂第i天生产的净化水量, m³。

5.3.3 物耗隐含的二氧化碳排放

污水处理过程中物耗主要发生在去除采出水中原油、悬浮物、COD_{Cr}等污染物的过程中, 以及含油污泥、生物污泥脱水过程中, 物耗间接碳排放量按公式(16)计算, 间接碳排放强度按公式(17)计算。

$$M_{c,j} = \sum_{i=1}^t (M_{c,i} \times EF_c) \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$M_{c,j}$ —— 净购入第j种化学药剂、活性炭、液氧或催化剂等的碳排放量, kgCO₂e;

EF_c —— 净购入净购入化学药剂、活性炭、液氧或催化剂等的CO₂排放因子, kgCO₂e/kg

$M_{c,i}$ —— 第i天用于生产运行使用的净购入化学药剂、活性炭、液氧和催化剂等的质量, kg。

$$E_c = \frac{\sum_{j=1}^n (M_{c,j})}{\sum_{i=1}^t Q_{ra,i}} \dots\dots\dots (17)$$

式中:

E_c —— 物耗碳排放强度, kgCO₂e/m³;

$M_{c,j}$ —— 净购入第j种化学药剂、活性炭、液氧或催化剂等的碳排放量, kgCO₂e;

$Q_{rw,i}$ —— 油田采出水处理厂第i天生产的净化水量, m³。

5.3.4 间接碳排放强度

间接碳排放强度包括电耗、热耗和物耗隐含的二氧化碳排放, 按公式(18)计算。

$$E_{ice} = E_e + E_{hw} + E_s + E_c \dots\dots\dots (18)$$

式中:

E_{ice} —— 油田采出水处理厂间接排放强度, kgCO₂e/m³;

E_e —— 净购入电力隐含的二氧化碳排放强度, kgCO₂e/m³;

- E_{hw} —— 净购入热水隐含的二氧化碳排放强度， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ；
- E_s —— 净购入蒸汽隐含的二氧化碳排放强度， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ；
- E_c —— 净购入化学药剂、活性炭、液氧和催化剂等隐含的二氧化碳排放强度， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ；

5.4 油田采出水处理厂碳排放强度

油田采出水处理厂总碳排放强度按公式（19）计算。

$$E = E_{dce} + E_{ice} \cdots \cdots \cdots (19)$$

式中：

- E_{dce} —— 油田采出水处理厂直接排放强度， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ；
- E_{ice} —— 油田采出水处理厂间接排放强度， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ；

附录 A

(资料性)

油田采出水处理厂碳排放强度核算参数缺省值

A.1 油田采出水处理厂生物处理工艺碳排放强度核算主要系数参考值如表 A.1 所示。当官方或权威机构发布最新系数时，以最新系数为准。

表 A.1 生物处理工艺碳排放强度核算主要系数参考值

序号	名称	符号	数值	单位
1	氧化亚氮排放因子	EF_{N_2O}	0.016	kgN ₂ O-N/kgTN
2	氧化亚氮温室效应指数	f_{N_2O}	265	kgCO ₂ e/kgN ₂ O
3	污泥中的有机物与 COD _{cr} 的转化系数	ρ_s	1.42	kgCOD _{cr} /kgDS
4	单位 COD _{cr} 时产生 CH ₄ 的产率系数	B_0	0.25	kgCH ₄ /kgCOD _{cr}
5	甲烷温室效应指数	f_{CH_4}	28	kgCO ₂ e/kgCH ₄

资料来源：中国环境保护产业协会2022年06月06日发布的《污水处理厂低碳运行评价技术规范》（T/CAEPI 49-2022）。

A.2 油田采出水处理厂化石燃料燃烧碳排放强度核算主要系数参考值如表 A.2 所示。有条件的企业可自行或委托有资质的专业机构定期检测燃料的低位发热量和含碳量，当官方或权威机构发布最新系数时，以最新系数为准。

表 A.2 化石燃料燃烧碳排放强度核算主要系数参考值

序号	名称	符号	数值	单位
1	化石燃料的低位发热量（无烟煤）	NCV_{ff}	26.7	GJ/t
2	化石燃料的低位发热量（烟煤）	NCV_{ff}	19.570	GJ/t
3	化石燃料的低位发热量（褐煤）	NCV_{ff}	11.9	GJ/t
4	化石燃料的低位发热量（原油）	NCV_{ff}	41.816	GJ/t
5	化石燃料的低位发热量（燃料油）	NCV_{ff}	41.816	GJ/t
6	化石燃料的低位发热量（汽油）	NCV_{ff}	43.070	GJ/t
7	化石燃料的低位发热量（柴油）	NCV_{ff}	42.652	GJ/t
8	化石燃料的低位发热量（液化天然气）	NCV_{ff}	51.498	GJ/t
9	化石燃料的低位发热量（天然气）	NCV_{ff}	389.31	GJ/10 ⁴ Nm ³
10	化石燃料单位热值含碳量（无烟煤）	$E_{f_{ff}}$	27.4	kg/GJ
11	化石燃料单位热值含碳量（烟煤）	$E_{f_{ff}}$	26.1	kg/GJ
12	化石燃料单位热值含碳量（褐煤）	$E_{f_{ff}}$	28.0	kg/GJ
13	化石燃料单位热值含碳量（原油）	$E_{f_{ff}}$	20.1	kg/GJ
14	化石燃料单位热值含碳量（燃料油）	$E_{f_{ff}}$	21.1	kg/GJ
15	化石燃料单位热值含碳量（汽油）	$E_{f_{ff}}$	18.9	kg/GJ
16	化石燃料单位热值含碳量（柴油）	$E_{f_{ff}}$	20.2	kg/GJ
17	化石燃料单位热值含碳量（液化天然气）	$E_{f_{ff}}$	15.3	kg/GJ
18	化石燃料单位热值含碳量（天然气）	$E_{f_{ff}}$	15.3	kg/GJ
19	化石燃料的氧化率（无烟煤）	OF	94	%
20	化石燃料的氧化率（烟煤）	OF	93	%

序号	名称	符号	数值	单位
21	化石燃料的氧化率（褐煤）	OF	96	%
22	化石燃料的氧化率（原油）	OF	98	%
23	化石燃料的氧化率（燃料油）	OF	98	%
24	化石燃料的氧化率（汽油）	OF	98	%
25	化石燃料的氧化率（柴油）	OF	98	%
26	化石燃料的氧化率（液化天然气）	OF	98	%
27	化石燃料的氧化率（天然气）	OF	99	%

资料来源：国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会2023年12月28日发布的《碳排放核算与报告要求 第15部分：石油化工业企业》（GB/T 32151.15-2023）。

A.3 油田采出水处理厂电耗间接碳排放强度核算主要系数参考值如表 A.3 所示。当官方或权威机构发布最新系数时，以最新系数为准。

表 A.3 电耗间接碳排放强度核算主要系数参考值

序号	名称	符号	数值	单位
1	电耗碳排放因子（全国）	EF_e	0.5306	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})$
2	电耗碳排放因子（华北）	EF_e	0.6361	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})$
3	电耗碳排放因子（东北）	EF_e	0.5122	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})$
4	电耗碳排放因子（华东）	EF_e	0.5500	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})$
5	电耗碳排放因子（华中）	EF_e	0.5271	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})$
6	电耗碳排放因子（西北）	EF_e	0.5543	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})$
7	电耗碳排放因子（南方）	EF_e	0.4042	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})$
8	电耗碳排放因子（西南）	EF_e	0.2472	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})$

资料来源：生态环境部办公厅2025年12月31日印发的“关于发布2023年电力二氧化碳排放因子的公告”，2023年电力二氧化碳排放因子。

A.4 油田采出水处理厂热耗间接碳排放强度核算主要系数参考值如表 A.4、A.5、A.6 所示。热耗碳排放因子应优先采用供热单位提供的碳排放因子。当官方或权威机构发布最新系数时，以最新系数为准。

表 A.4 热耗间接碳排放强度核算主要系数参考值

序号	名称	符号	数值	单位
1	热力的碳排放因子	EF_h	110	$\text{KgCO}_2\text{e}/\text{GJ}$

资料来源：国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会2023年12月28日发布的《碳排放核算与报告要求 第15部分：石油化工业企业》（GB/T 32151.15-2023）。

表 A.5 饱和蒸汽热焓表

压力（MPa）	温度（℃）	焓（kJ/kg）	压力（MPa）	温度（℃）	焓（kJ/kg）
0.001	6.98	2513.8	1.0	179.88	2777
0.002	17.51	2533.2	1.1	184.06	2780.4
0.003	24.10	2545.2	1.2	187.96	2783.4
0.004	28.98	2554.1	1.3	191.6	2786
0.005	32.90	2561.2	1.4	195.04	2788.4
0.006	36.18	2567.1	1.5	198.28	2790.4

0.007	39.02	2572.2	1.6	201.37	2792.2
0.008	41.53	2576.7	1.4	204.3	2793.8
0.009	43.79	2580.8	1.5	207.1	2795.1
0.01	45.83	2584.4	1.9	209.79	2796.4
0.015	54.00	2598.9	2.0	212.37	2797.4
0.02	60.09	2609.6	2.2	217.24	2799.1
0.025	64.99	2618.1	2.4	221.78	2800.4
0.03	69.12	2625.3	2.6	226.03	2801.2
0.04	75.89	2636.8	2.8	230.04	2801.7
0.05	81.35	2645.0	3.0	233.84	2801.9
0.06	85.95	2653.6	3.5	242.54	2801.3
0.07	89.96	2660.2	4.0	250.33	2799.4
0.08	93.51	2666.0	5.0	263.92	2792.8
0.09	96.71	2671.1	6.0	275.56	2783.3
0.1	99.63	2675.7	7.0	285.8	2771.4
0.12	104.81	2683.8	8.0	294.98	2757.5
0.14	109.32	2690.8	9.0	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
0.2	120.23	2706.9	12.0	324.64	2684.8
0.25	127.43	2717.2	13.0	330.81	2662.4
0.3	133.54	2725.5	14.0	336.63	2638.3
0.35	138.88	2732.5	15.0	342.12	2611.6
0.4	143.62	2738.5	16.0	347.32	2582.7
0.45	147.92	2743.8	17.0	352.26	2550.8
0.5	151.85	2748.5	18.0	356.96	2514.4
0.6	158.84	2756.4	19.0	361.44	2470.1
0.7	164.96	2762.9	20.0	365.71	2413.9
0.8	170.42	2768.4	21.0	369.79	2340.2
0.9	175.36	2773.0	22.0	373.68	2192.5

资料来源：国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会2023年12月28日发布的《碳排放核算与报告要求 第15部分：石油化工企业》（GB/T 32151.15-2023）。

表 A.6 过热蒸汽热焓表

温度 (℃)	压力 (MPa)											
	0.01	0.1	0.5	1	3	5	7	10	14	20	25	30
0	0	0.1	0.5	1	3	5	7.1	10.1	14.1	20.1	25.1	30.0
10	42.0	42.1	42.5	43.0	44.9	46.9	48.8	51.7	55.6	61.3	66.1	70.8
20	83.9	84.0	84.3	84.8	86.7	88.6	90.4	93.2	97.0	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	272.0	276.1
80	2649.3	335.0	335.3	335.7	337.3	338.8	340.4	342.8	346.0	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	434.0	437.8	441.6

T/CIECCPA XXX—20XX

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	598.0	602.0	605.4	603.1
160	2802.0	2796.2	2767.3	675.7	676.9	678.0	679.2	681.0	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	853.0	853.8	854.6	855.9	857.7	860.4	862.8	856.2
220	2918.3	2914.7	2898.0	2874.9	943.9	944.4	945.0	946.0	947.2	949.3	951.2	953.1
240	2957.4	2954.3	2939.9	2920.5	2823.0	1037.8	1038.0	1038.4	1039.1	1040.3	1041.5	1024.8
260	2996.8	2994.1	2981.5	2964.8	2885.5	1135.0	1134.7	1134.3	1134.1	1134.0	1134.3	1134.8
280	3036.5	3034.0	3022.9	3008.3	2941.8	2857.0	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	1329.0
350	3177.0	3175.3	3167.6	3157.7	3115.7	3069.2	3017.0	2924.2	2753.5	1648.4	1626.4	1611.3
400	3279.4	3278.0	3217.8	3264.0	3231.6	3196.9	3159.7	3098.5	3004.0	2820.1	2583.2	2159.1
420	3321.0	3319.7	3313.8	3306.6	3276.9	3245.4	3211.0	3156.0	3072.7	2917.0	2730.8	2424.7
440	3362.5	3361.4	3355.9	3349.3	3321.9	3293.2	3262.3	3213.5	3141.4	3013.9	2878.3	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	3404.4	3403.3	3398.3	3392.1	3366.8	3340.4	3312.4	3268.6	3205.2	3098.0	2994.7	2875.3
480	3446.7	3445.6	3440.9	3435.1	3411.6	3387.2	3361.3	3321.3	3264.1	3169.1	3079.8	2979.6
500	3488.9	3487.9	3483.7	3478.3	3456.4	3433.8	3410.2	3374.1	3323.0	3240.2	3165.0	3083.9
520	3531.8	3530.9	3526.9	3521.9	3501.3	3480.1	3458.6	3425.1	3378.4	3303.7	3237.0	3166.1
540	3574.7	3573.9	3570.1	3565.4	3546.2	3526.4	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	3618.0	3617.2	3613.6	3609.2	3591.2	3572.8	3554.1	3525.4	3485.8	3423.6	3369.2	3312.6
580	3661.6	3660.9	3657.5	3653.3	3636.3	3619.1	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	3624.0	3589.8	3536.9	3491.2	3444.2

资料来源：国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会2023年12月28日发布的《碳排放核算与报告要求 第15部分：石油化工企业》（GB/T 32151.15-2023）。

A.5 油田采出水处理厂物耗间接碳排放强度核算主要系数参考值如表 A.7 所示。物耗碳排放因子应优先采用供货单位提供的碳排放因子，未公布碳排放因子的化学药剂，可按表 A.7 中“其他化学药剂”选择排放因子。当官方或权威机构发布最新系数时，以最新系数为准。

表 A.7 物耗间接碳排放强度核算主要系数参考值

序号	名称	符号	数值	单位
1	聚合氯化铝（PAC）	$EF_{c,g}$	1.62	kgCO ₂ e/kg
2	聚丙烯酰胺（PAM）	$EF_{c,g}$	1.50	kgCO ₂ e/kg
3	硫酸铝	$EF_{c,g}$	0.50	kgCO ₂ e/kg
4	六水三氯化铁	$EF_{c,g}$	2.71	kgCO ₂ e/kg
5	其他絮凝剂	$EF_{c,g}$	2.50	kgCO ₂ e/kg
6	臭氧（液体）	$EF_{c,g}$	8.01	kgCO ₂ e/kg
7	其他消毒剂	$EF_{c,g}$	1.40	kgCO ₂ e/kg
8	其他化学药剂	$EF_{c,g}$	1.60	kgCO ₂ e/kg

资料来源：中国环境保护产业协会2022年06月06日发布的《污水处理厂低碳运行评价技术规范》（T/CAEPI 49-2022）。

参考文献

- [1] 2006年 IPCC 国家温室气体清单指南 及2019 修订版, 政府间气候变化专门委员会(IPCC)
 - [2] The GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (revised version, 2015), World Business Council for Sustainable Development, World Resources Institute.
 - [3] T/CAEPI 49-2022 《污水处理厂低碳运行评价技术规范》
-