

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4548—2022

---

二氧化碳驱油封存项目碳减排量核算技术  
规范

Technical specification for carbon emission reduction accounting of carbon dioxide  
flooding and storage project

2022-10-21 发布

2022-11-21 实施

---

## 目 次

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 前言 .....                          | II  |
| 引言 .....                          | III |
| 1 范围 .....                        | 1   |
| 2 规范性引用文件 .....                   | 1   |
| 3 术语和定义 .....                     | 1   |
| 4 核算边界和基准线情景 .....                | 1   |
| 4.1 核算边界 .....                    | 1   |
| 4.2 核算期 .....                     | 1   |
| 4.3 排放源识别 .....                   | 2   |
| 4.4 基准线情景 .....                   | 2   |
| 5 核算工作流程 .....                    | 2   |
| 6 核算方法与数据获取 .....                 | 3   |
| 6.1 选择核算方法 .....                  | 3   |
| 6.2 选择与收集活动数据 .....               | 4   |
| 6.3 排放因子的获取 .....                 | 4   |
| 7 二氧化碳排放量计算 .....                 | 4   |
| 7.1 化石燃料燃烧排放 .....                | 4   |
| 7.2 有组织放空排放 .....                 | 4   |
| 7.3 地上泄漏排放 .....                  | 6   |
| 7.4 地下泄漏排放 .....                  | 7   |
| 7.5 消耗和输出电力、热力产生的二氧化碳排放 .....     | 8   |
| 7.6 外输至核算边界外携带二氧化碳产生的二氧化碳排放 ..... | 8   |
| 7.7 二氧化碳排放总量 .....                | 9   |
| 8 二氧化碳注入总量计算 .....                | 9   |
| 8.1 计算方法 .....                    | 9   |
| 8.2 数据获取要求 .....                  | 10  |
| 9 项目注入期二氧化碳减排量计算 .....            | 10  |
| 10 项目全生命周期二氧化碳减排量计算 .....         | 10  |
| 11 数据质量管理 .....                   | 10  |
| 12 报告内容和格式 .....                  | 11  |
| 附录 A（资料性）核算边界示意图 .....            | 12  |
| 附录 B（资料性）二氧化碳排放源 .....            | 13  |
| 附录 C（资料性）报告格式模板 .....             | 14  |

## 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。

本文件由山东省能源局提出并组织实施。

本文件由山东省能源标准化技术委员会归口。

## 引 言

二氧化碳驱油封存指向油气层注入二氧化碳，通过降低原油粘度、膨胀原油体积、降低界面张力等机理改善驱油效果，并达到补充地层能量、提高原油采收率的目的，以置换、溶解、矿化等途径实现二氧化碳长期封存的过程。

2022年8月，我国最大CCUS全产业链示范基地、国内首个百万吨级CCUS项目——“齐鲁石化—胜利油田百万吨级CCUS项目”正式注气运行，标志着我国CCUS产业开始进入成熟商业化运营阶段。但是目前二氧化碳驱油封存项目涉及的放空量、泄漏量的计算方法及二氧化碳监测方法无相关标准或指南可依，项目二氧化碳减排量无法准确核算。

本文件的发布实施进一步完善了我国二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量核算方法，为项目固化形成碳资产提供了核算依据，可促进山东省CCUS绿色产业链发展，助力构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系。

# 二氧化碳驱油封存项目碳减排量核算技术规范

## 1 范围

本文件规定了二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量核算和报告相关的术语和定义、核算边界、核算工作流程、核算方法与数据获取、二氧化碳减排量计算、数据质量与报告要求等内容。

本文件适用于二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量核算。

## 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 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 20901—2007 石油石化行业能源计量器具配备和管理要求

GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

SY/T 7297—2016 石油天然气开采企业二氧化碳排放计算方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**项目业主** project owner

对项目进行全面控制并负责的组织或个人。

[来源：GB/T 33760—2017，3.10]

### 3.2

**基准线情景** baseline scenario

用来提供参照的，在不实施项目的情景下可能发生的假定情景。

[来源：GB/T 33760—2017，3.4]

### 3.3

**二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量** carbon dioxide emission reduction of carbon dioxide flooding and storage project

考虑基准线情景（3.2）下，统计期内项目二氧化碳注入量与排放量的差值。

## 4 核算边界和基准线情景

### 4.1 核算边界

应以二氧化碳驱油封存项目所涉及的油藏区块、地面生产系统和辅助生产系统为核算边界。油藏区块包括二氧化碳注入地层及发生运移、溶解、矿化所在地层。生产系统包括举升系统、注入系统、集输系统、其他系统等。辅助生产系统包括为项目直接服务的工程车辆等。核算边界示意图见附录A。

### 4.2 核算期

可在项目注入期核算二氧化碳减排量，也可在项目停运后，核算项目全生命周期二氧化碳减排量。项目全生命周期包括注入期、停注期、停运期。

### 4.3 排放源识别

按照GB/T 32150—2015中与项目有关或受项目影响的排放源进行识别。

排放源应包括化石燃料燃烧排放，有组织放空排放，地上泄漏排放，地下泄漏排放，消耗的电力、热力产生的二氧化碳排放，输出的电力、热力产生的二氧化碳排放，外输至核算边界外携带二氧化碳排放等。二氧化碳排放源见附录B。

若除上述生产活动外还存在其他生产活动，并存在本部分未涵盖的二氧化碳排放环节的，则应参考其他相关的二氧化碳排放核算与报告要求进行核算并汇总报告。二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量核算报告模板见附录C。

### 4.4 基准线情景

不同项目类型对应的基准线情景见表1。

表1 项目类型与基准线情景

| 项目类型               | 基准线情景                           |
|--------------------|---------------------------------|
| 新建项目               | 新建前核算边界内的生产技术                   |
| 改造项目<br>(保持现有生产能力) | 改造前核算边界内的生产技术                   |
| 扩建项目<br>(生产能力扩大)   | 应根据目标用户的需求,按照改造项目或新建项目方式确定基准线情景 |

## 5 核算工作流程

二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量核算的工作流程分为以下步骤，如图1所示：

- 识别设施、业务范围及生产工艺；
- 确定核算边界，确定基准线情景；
- 确定项目和基准线情景二氧化碳排放源、二氧化碳注入源；
- 核查监测计划和数据管理制度；
- 选择与收集二氧化碳活动数据，选用合适的核算方法分别计算项目和基准线情景的二氧化碳排放量及注入量；
- 计算项目二氧化碳减排量；
- 编制项目二氧化碳减排量核算报告。

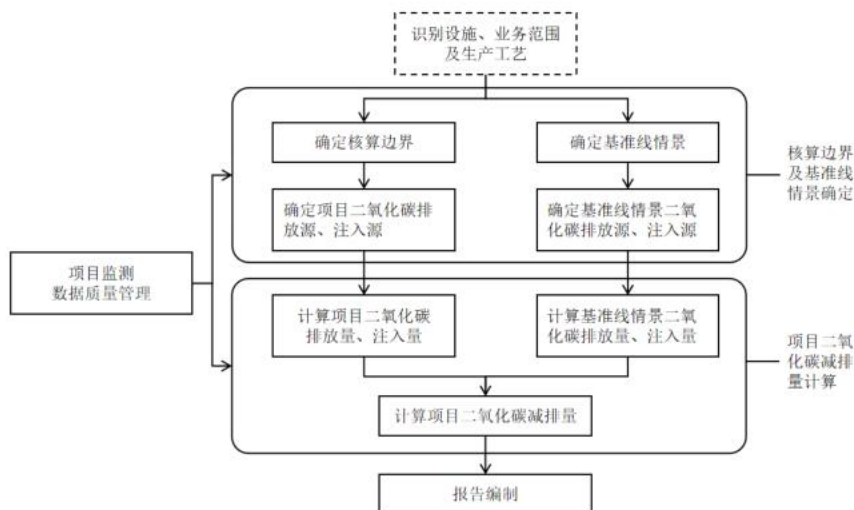


图1 二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量核算工作流程图

## 6 核算方法与数据获取

### 6.1 选择核算方法

#### 6.1.1 概述

应选择能得出准确、一致、可再现结果的核算方法。优先按照国家、行业二氧化碳排放核算标准、指南进行核算；如果国家、行业无确定的核算方法，则在报告中对所采用的核算方法加以说明。如果核算方法有变化，应在报告中对变化进行说明，并解释变化原因。

核算方法包括以下三种类型，按优先级排序：

- 实测法；
- 实测与统计计算相结合法；
- 计算法。

#### 6.1.2 实测法

通过使用监测仪器、设备（如：流量计、浓度计、大气二氧化碳通量监测设备），并采用相关技术文件中要求的方法测量二氧化碳排放源排放到大气中的二氧化碳质量。

#### 6.1.3 实测与统计计算相结合法

宜按一定比例选取点位形成样本集，通过直接测量、统计计算，基于能量平衡、物料平衡等方法建立模型，形成适合项目的排放因子，进而计算二氧化碳排放量。抽测的点位应能充分反映二氧化碳驱油封存项目工艺特点，且能覆盖全部点位类型，使排放因子应具有代表性。二氧化碳排放量按公式（1）计算。

$$E = AD \times EF \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$E$ ——二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$AD$ ——活动数据，单位根据具体排放源确定；

$EF$ ——二氧化碳排放因子，单位与活动数据的单位相匹配。

#### 6.1.4 计算法

根据国家、行业二氧化碳排放核算标准、指南中提供的排放因子计算二氧化碳排放量。二氧化碳排放量为活动数据与排放因子的乘积，按公式（1）计算。

#### 6.2 选择与收集活动数据

应根据所选核算方法的要求来选择和收集活动数据。活动数据的优先级见表2。应按照优先级由高到低的次序选择和收集活动数据。

表2 活动数据优先级

| 数据类型 | 描述                                               | 优先级 |
|------|--------------------------------------------------|-----|
| 原始数据 | 直接计量、监测获得的数据                                     | 高   |
| 二次数据 | 通过原始数据折算获得的数据，如：根据年度购买量及库存量的变化确定的数据；根据财务数据折算的数据等 | 中   |
| 替代数据 | 来自相似过程或活动的的数据，如：计算某个逸散节点的二氧化碳逸散量时，可采用排放因子等       | 低   |

#### 6.3 排放因子的获取

按照如下由高到低的优先级获取二氧化碳排放因子，并记录排放因子形成过程或来源：

- 采用通过直接测量，基于能量平衡、物料平衡等方法建立模型形成的排放因子；
- 如不具备实测条件，可采用国家、行业二氧化碳排放核算标准、指南中提供的排放因子。

### 7 二氧化碳排放量计算

#### 7.1 化石燃料燃烧排放

##### 7.1.1 计算方法

化石燃料燃烧排放的二氧化碳按照SY/T 7297—2016中6.2计算。

##### 7.1.2 数据获取要求

化石燃料燃烧消耗量应根据项目用于生产所消耗的能源实际测量值来确定，不包括非生产使用的、基建和技改等项目建设的、副产品综合利用使用的消耗量。测量仪器的标准应符合GB 17167中的相关规定，准确度应符合GB/T 20901—2007中的相关规定。

#### 7.2 有组织放空排放

##### 7.2.1 实测法

##### 7.2.1.1 计算方法

有组织放空排放实测法按公式（2）计算：

$$E_{\text{放空}} = Q \times t \times w_{\text{放空}} \times \rho_{\text{放空}} \quad (2)$$

式中：

$E_{\text{放空}}$ ——有组织放空二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$Q$ ——有组织放空的气体流量，单位为立方米/秒（m<sup>3</sup>/s）；

$t$ ——有组织放空的时间，单位为秒（s）；

$w_{\text{放空}}$ ——有组织放空气体中二氧化碳体积分数，单位为百分比（%）；

$\rho_{\text{放空}}$ ——有组织放空气体二氧化碳密度，单位为吨/立方米（t/m<sup>3</sup>）。

### 7.2.1.2 数据获取要求

有组织放空排放实测法数据获取要求见表3。

表3 有组织放空排放数据获取要求（实测法）

| 具体排放源                           | 计量参数类型 | 参数来源  | 准确度等级/最大允许误差 | 记录频次                              |
|---------------------------------|--------|-------|--------------|-----------------------------------|
| 二氧化碳注<br>气站、回注<br>站、注入井泄<br>压放空 | 累积流量   | 体积流量计 | 2.0级         | 每次                                |
|                                 | 时间     | 秒表    | ±0.1 s       | 每次                                |
|                                 | 体积分数   | 化验报告  | —            | 每次                                |
|                                 | 温度     | 温度变送器 | 0.2级         | 每次                                |
|                                 | 密度     | 查表    | —            | 根据放空温度和出口压力（取<br>101.325 kPa）查表获取 |

### 7.2.2 实测与统计计算相结合法

#### 7.2.2.1 计算方法

采用实测与统计计算相结合法形成排放因子，计算有组织放空二氧化碳排放量。如不具备测试条件，可采用国家、行业二氧化碳排放核算标准、指南提供的排放因子。有组织放空排放因子可按公式（3）计算：

$$EF_{\text{放空}} = S_{\text{放空}} \times v_i \times t_i \times w_{\text{放空}} \times \rho_{\text{放空}} \times p_i \quad (3)$$

式中：

$EF_{\text{放空}i}$ ——第*i*类有组织放空点位的排放因子，单位为吨/（个·年）（t/（each·a））；

$S_{\text{放空}i}$ ——第*i*类有组织放空点位放空口面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>）；

$v_i$ ——第*i*类有组织放空点位放空气体流速，单位为米/秒（m/s）；

$t_i$ ——第*i*类有组织放空点位放空时间，单位为秒（s）；

$w_{\text{放空}i}$ ——第*i*类有组织放空点位放空气体中二氧化碳体积分数，单位为百分比（%）；

$\rho_{\text{放空}i}$ ——第*i*类有组织放空点位放空气体二氧化碳密度，单位为吨/立方米（t/m<sup>3</sup>）；

$p_i$ ——第*i*类有组织放空点位年放空次数，单位为次/（个·年）（each·a）<sup>-1</sup>。

有组织放空二氧化碳排放量按公式（4）计算：

$$E_{\text{放空}} = \sum_i^a (EF_{\text{放空}i} \times m_i) \times l \quad (4)$$

式中：

$E_{\text{放空}}$ ——有组织放空二氧化碳排放量，单位为吨/年（t/a）；

$EF_{\text{放空}i}$ ——第*i*类有组织放空点位排放因子，单位为吨/（个·年）（t/（each·a））；

$m_i$ ——第  $i$  类有组织放空点位数量，单位为个（each）；

$l$ ——统计期时间跨度，单位为年（a）；

$a$ ——有组织放空点位类型。

### 7.2.2.2 数据获取要求

有组织放空排放实测与统计计算相结合法数据获取要求见表4。

表4 有组织放空排放数据获取要求（实测与统计计算相结合法）

| 具体排放源                                      | 计量参数类型 | 参数来源  | 准确度等级/最大允许误差                                                                                                 | 记录频次                          |
|--------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 二氧化碳注气站、回注站、注入井、油井、分气增压站、采出液处理站、注入管线、集输管线等 | 面积     | 钢卷尺   | $\pm 0.4 \text{ mm}$                                                                                         | 每次                            |
|                                            | 速度     | 速度计   | $\pm 0.3 \text{ m/s}$ ( $v < 35 \text{ m/s}$ ) ;<br>$\pm 5\%$ ( $v \geq 35 \text{ m/s}$ ) ;<br>其中 $v$ 为速度测量值 | 每次                            |
|                                            | 时间     | 秒表    | $\pm 0.1 \text{ s}$                                                                                          | 每次                            |
|                                            | 体积分数   | 化验报告  | —                                                                                                            | 每次                            |
|                                            | 温度     | 温度变送器 | 0.2级                                                                                                         | 每次                            |
|                                            | 密度     | 查表    | —                                                                                                            | 根据放空温度和出口压力（取101.325 kPa）查表获取 |

## 7.3 地上泄漏排放

### 7.3.1 计算方法

采用实测与统计计算相结合法形成排放因子，计算地上泄漏二氧化碳排放量。地上泄漏二氧化碳排放量按公式（5）计算：

$$E_{\text{地上}} = \sum_i^b (EF_{\text{地上}i} \times n_i) \times l \quad (5)$$

式中：

$E_{\text{地上}}$ ——地上泄漏二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$EF_{\text{地上}i}$ ——第  $i$  类地上泄漏点位二氧化碳排放因子，单位为吨/（个·年）（t/（each·a））；

$n_i$ ——第  $i$  类地上泄漏点位数量，单位为个（each）；

$l$ ——统计期时间跨度，单位为年（a）；

$b$ ——地上泄漏点位类型。

### 7.3.2 数据获取要求

地上泄漏排放数据获取要求见表5。

表5 地上泄漏排放数据获取要求

| 具体排放源                                                             | 计量参数类型 | 参数来源  | 准确度等级/最大允许误差                                                          | 记录频次                           |
|-------------------------------------------------------------------|--------|-------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 油井井口、注入井井口、阀门、法兰、注入装置、取样口、地面集输管线、储罐泄漏等；<br>未被定义为有组织放空的其他压力设备泄漏排放源 | 面积     | 钢卷尺   | ±0.4 mm                                                               | 每次                             |
|                                                                   | 速度     | 速度计   | ±0.3 m/s ( $v < 35$ m/s)；<br>±5% ( $v \geq 35$ m/s)；<br>其中 $v$ 为速度测量值 | 每次                             |
|                                                                   | 时间     | 秒表    | ±0.1 s                                                                | 每次                             |
|                                                                   | 体积分数   | 化验报告  | —                                                                     | 每次                             |
|                                                                   | 温度     | 温度变送器 | 0.2 级                                                                 | 每次                             |
|                                                                   | 密度     | 查表    | —                                                                     | 根据泄漏温度和出口压力（取 101.325 kPa）查表获取 |

## 7.4 地下泄漏排放

### 7.4.1 计算方法

宜按一定方法将注入油层所在地表上方以正方形网格平均划分，通过安装二氧化碳通量监测仪测算排放因子，进而计算地下泄漏二氧化碳排放量。可将测试浅层土壤气和浅层地下水中二氧化碳浓度，作为地下泄漏排放的预警措施。

地下泄漏二氧化碳排放量按公式（6）计算：

$$E_{\text{地下}} = \sum_i (EF_{\text{地下}i} \times S_{\text{网格}}) \times l \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$E_{\text{地下}}$ ——地下泄漏二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$EF_{\text{地下}i}$ ——第  $i$  个网格地下泄漏排放因子，单位为吨/（平方千米·年）（t/（km<sup>2</sup>·a））；

$S_{\text{网格}}$ ——单个网格面积，单位为平方千米（km<sup>2</sup>）；

$l$ ——统计期时间跨度，单位为年（a）；

$c$ ——地下泄漏点位类型。

### 7.4.2 数据获取要求

地下泄漏排放数据获取要求见表6。

表6 地下泄漏排放数据获取要求

| 具体排放源       | 测试方法                | 计量参数类型                 | 参数来源                 | 最大允许误差 | 网格划分与监测布点方法                                                                                                                                                        | 检测/记录频次                           |
|-------------|---------------------|------------------------|----------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 井筒外壁、断层、盖层等 | 测试大气二氧化碳通量          | 大气中二氧化碳浓度、风速、风向        | 闭路涡度测量系统或其他二氧化碳通量监测仪 | ±6%    | 在注入油层所在地表上方，视项目地理面积大小，可按照0.5 km×0.5 km、1 km×1 km、2 km×2 km、5 km×5 km或其他大小，将监测区域以正方形网格划分，网格结点即为湍流通量观测仪或其他二氧化碳通量监测仪安装位置。若无法保证每个网格监测布点，应保证沿监测区域主导风向的上风向、下风向各布置不少于2台装置 | 连续监测，监测频次不少于1次/分钟；以日均通量为结果，每天记录一次 |
|             | 测试浅层土壤气和浅层地下水二氧化碳浓度 | 地表土壤气二氧化碳浓度、土壤表面二氧化碳浓度 | 取样化验                 | —      | 在注入油层所在地表上方，视项目地理面积大小，可按照0.5 km×0.5 km、1 km×1 km、2 km×2 km、5 km×5 km或其他大小，将监测区域以正方形网格划分，取样点位均匀布置。宜在油井、注入井、断层、油藏边界处取样                                               | 基准线情景：1次/季度；项目投运后：1次/月            |
|             |                     | 浅层土壤气二氧化碳浓度            | 取样化验                 | —      | 断层、通天断层处                                                                                                                                                           | 基准线情景：1次/季度；项目投运后：1次/月            |
|             |                     | 浅层地下水pH值、总矿化度、氧化还原电位   | 取样化验                 | —      |                                                                                                                                                                    |                                   |

## 7.5 消耗和输出电力、热力产生的二氧化碳排放

### 7.5.1 计算方法

消耗和输出电力、热力产生的二氧化碳排放可按照GB/T 32150—2015中7.5.4、7.5.5进行计算。

### 7.5.2 数据获取要求

#### 7.5.2.1 消耗电力的排放因子

宜使用国家生态环境部最新发布的区域电网排放因子。若消耗、输出的电力全部或部分采用专线供电，则专线供电的电力部分优先使用供电单位提供的数值。

#### 7.5.2.2 消耗和输出热力的排放因子

蒸汽、热水等热力供应的二氧化碳排放因子优先采用供热单位提供的数值，如无法提供，则按0.11 t/GJ计算。

## 7.6 外输至核算边界外携带二氧化碳产生的二氧化碳排放

### 7.6.1 计算方法

外输至核算边界外携带二氧化碳产生的二氧化碳排放量按公式（7）计算：

$$E_{\text{外输}} = \sum_i^d \left( AD_{\text{外输介质}i} \times \varphi_{\text{外输介质}i} \right) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$E_{\text{外输}}$ ——外输至核算边界外二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$AD_{\text{外输介质 } i}$ ——第  $i$  类外输介质质量，单位为吨（t）；

$\varphi_{\text{外输介质 } i}$ ——第  $i$  类外输介质中二氧化碳质量分数，单位为百分比（%）；

$d$ ——外输介质类型。

## 7.6.2 数据获取要求

外输至边界外携带二氧化碳产生的排放数据获取要求见表7。

表7 外输至边界外携带二氧化碳产生的排放数据获取要求

| 具体排放源                         | 计量类别     | 计量器具  | 准确度等级 | 检测频次    |
|-------------------------------|----------|-------|-------|---------|
| 外输介质，包括但不限于原油、采出水、采出气，以及三者混合物 | 累积质量流量   | 质量流量计 | 0.2级  | 连续监测    |
|                               | 二氧化碳质量分数 | 化验报告  | —     | 化验：1次/月 |

## 7.7 二氧化碳排放总量

二氧化碳排放总量为化石燃料燃烧排放，有组织放空排放，地上泄漏排放，地下泄漏排放，消耗电力和热力产生的二氧化碳排放、输出的电力和热力产生的二氧化碳排放与外输至核算边界外携带二氧化碳排放量之和，项目二氧化碳排放量与基准线情景二氧化碳排放量均按公式（8）计算：

$$E = (E_{\text{燃料}} + E_{\text{放空}} + E_{\text{地上}} + E_{\text{地下}} + E_{\text{消耗电}} + E_{\text{消耗热}} - E_{\text{输出电}} - E_{\text{输出热}} + E_{\text{外输}}) \cdots \cdots (8)$$

式中：

$E$ ——二氧化碳排放总量，单位为吨（t）；

$E_{\text{燃料}}$ ——化石燃料燃烧二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{放空}}$ ——有组织放空二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{地上}}$ ——地上泄漏二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{地下}}$ ——地下泄漏二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{消耗电}}$ ——消耗的电力产生的二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{消耗热}}$ ——消耗的热力产生的二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{输出电}}$ ——输出的电力产生的二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{输出热}}$ ——输出的热力产生的二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{外输}}$ ——外输至核算边界外二氧化碳排放量，单位为吨（t）。

## 8 二氧化碳注入总量计算

### 8.1 计算方法

项目二氧化碳注入总量与基准线情景二氧化碳注入总量均按公式（9）计算：

$$I = \sum_i^p (I_i \times \varphi_{\text{注入 } i}) \cdots \cdots (9)$$

式中：

$I$ ——二氧化碳注入总量，单位为吨（t）；

$I_i$ ——第  $i$  台二氧化碳注入装置注入量，单位为吨（t）；

$\varphi_{\text{注入}i}$ ——第*i*台二氧化碳注入装置中二氧化碳质量分数，单位为百分比（%）；

$e$ ——二氧化碳注入装置台数。

注：回注过程应视为注入过程的一部分，回注量应参与计算。

## 8.2 数据获取要求

二氧化碳注入量数据获取要求见表8。

表8 二氧化碳注入量数据获取要求

| 计量类别         | 计量器具 | 最大允许误差 | 检测频次  |
|--------------|------|--------|-------|
| 二氧化碳注入装置累积流量 | 流量计  | ±2.0%  | 连续监测  |
| 二氧化碳质量分数     | 化验报告 | —      | 1次/批次 |

## 9 项目注入期二氧化碳减排量计算

项目注入期二氧化碳减排量按公式（10）计算：

$$R_i = (I_{\text{项目}i} - I_{\text{基准}}) - (E_{\text{项目}i} - E_{\text{基准}}) \quad (10)$$

式中：

$R_i$ ——注入期中第*i*个统计期内项目二氧化碳减排量，单位为吨（t）；

$I_{\text{项目}i}$ ——注入期中第*i*个统计期内项目二氧化碳注入总量，单位为吨（t）；

$I_{\text{基准}i}$ ——注入期中第*i*个统计期基准线情景二氧化碳注入总量，单位为吨（t）；

$E_{\text{项目}i}$ ——注入期中第*i*个统计期内项目二氧化碳排放总量，单位为吨（t）；

$E_{\text{基准}i}$ ——注入期中第*i*个统计期基准线情景二氧化碳排放总量，单位为吨（t）。

## 10 项目全生命周期二氧化碳减排量计算

项目全生命周期二氧化碳减排量按公式（11）计算：

$$R' = \sum_i^f R_i - \sum_j^g (E_{\text{项目-停运}j} - E_{\text{基准-停运}j}) - \sum_k^{10} (E_{\text{项目-停运}k} - E_{\text{基准-停运}k}) \quad (11)$$

式中：

$R'$ ——项目全生命周期二氧化碳减排量，单位为吨（t）；

$E_{\text{项目-停运}j}$ ——停运期中第*j*个统计期内项目二氧化碳排放总量，单位为吨（t）；

$E_{\text{基准-停运}j}$ ——停运期中第*j*个统计期内基准线情景二氧化碳排放总量，单位为吨（t）；

$E_{\text{项目-停运}k}$ ——停运期中第*k*年项目二氧化碳排放总量，单位为吨（t）；

$E_{\text{基准-停运}k}$ ——停运期中第*k*年基准线情景项目二氧化碳排放总量，单位为吨（t）；

$f$ ——注入期统计次数；

$g$ ——停运期统计次数。

## 11 数据质量管理

项目二氧化碳减排量宜归项目业主所有。项目业主应加强数据质量管理工作，包括但不限于以下内容：

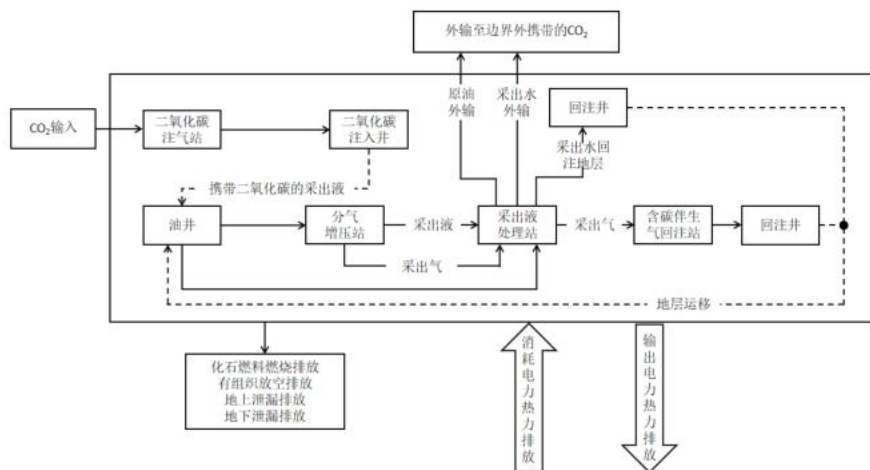
- a) 建立项目二氧化碳减排量核算和报告的规章制度，包括负责机构和人员、工作流程和内容、工作周期和时间节点等，指定专职人员负责二氧化碳减排量核算和报告工作；
- b) 根据各种类型的二氧化碳排放源的重要程度对其进行等级划分，并建立二氧化碳排放源清单，对于不同等级的排放源的活动数据和排放因子数据的获取提出相应的要求；
- c) 依照 GB 17167 对现有监测条件进行评估，不断提高自身监测能力，并制定相应的监测计划，包括对活动数据的监测和对燃料低位发热量等参数的监测，定期对计量器具、监测设备和在线监测仪表进行维护管理，并记录存档；
- d) 建立、健全数据记录管理体系，包括数据来源、数据获取时间及相关责任人等信息的记录管理；
- e) 需化验的样本应交由有资质的机构化验；
- f) 如果不能按照本文件所述方法获取数据，应采取以下补救措施，并在报告中标明：
  - 1) 记录数据缺失的原因、时间段、类型、数量等；
  - 2) 在数据缺失期间，宜使用最近的前一个统计期内的代表性数据估算；
  - 3) 制定为防止下次数据丢失而采取的行动方案。
- g) 建立报告内部审核制度，定期对数据进行交叉校验，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；
- h) 建立培训制度，分管理层、技术层、操作层对项目成员进行相应培训；
- i) 进行二氧化碳减排量核算不确定性评估。

## 12 报告内容和格式

根据二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量核算和报告编制的要求，确定报告的具体内容。报告格式参照附录C。

附录 A  
(资料性)  
核算边界示意图

核算边界见图A.1。



注1：→ 代表通过地上工艺流程建立的物料联系。

注2：--> 代表通过地层建立的物料联系。

图A.1 核算边界示意图

附 录 B  
(资料性)  
二氧化碳排放源

二氧化碳排放源见表B.1。

表B.1 二氧化碳排放源

| 二氧化碳排放源        | 排放源举例                                                                                                                                    |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 化石燃料燃烧         | 化石燃料在氧化燃烧过程中产生的二氧化碳排放。<br>排放点位包括但不限于固定锅炉、撬装式锅炉、加热炉、发电机、工程车辆等。                                                                            |
| 有组织放空          | 在项目运行中,因生产工艺、检修计划、安全要求等原因将设备、设施、生产流程中的介质有意释放到大气中引起的二氧化碳排放。<br>排放点位包括但不限于二氧化碳注入装置、二氧化碳储罐、注气管道、注入井井口、油井井口、分气增压站、采出液处理站等部位的固定放空口,以及其他临时放空口。 |
| 地上泄漏           | 由于地上设备/组件泄漏引起的介质无组织排放到大气中引起的二氧化碳,包括未被定义为有组织放空的其他压力设备泄漏。<br>排放点位包括但不限于油井井口、注入井井口、阀门、法兰、注入装置、取样口、地面集输管线、储罐泄漏,以及未被定义为有组织放空的其他压力设备泄漏排放。      |
| 地下泄漏           | 注入的二氧化碳从地层沿井筒外壁、断层、盖层等泄漏到地表引起的二氧化碳排放。<br>排放点位包括但不限于井筒外壁、断层、盖层。                                                                           |
| 消耗电力、热力        | 项目消耗电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生的二氧化碳排放。<br>排放点位包括但不限于电动机系统、制热设备、制冷设备、交流电焊机、照明设备等。                                                               |
| 输出电力、热力        | 项目输出的电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生的二氧化碳排放。<br>排放点位包括但不限于核算边界内化石燃料燃烧,光伏、风能、地热、余热等发电上网部分;地热、余热等热能外输部分。                                              |
| 外输至核算边界外携带二氧化碳 | 项目将采出气、采出水、原油等介质外输至核算边界外引起介质携带二氧化碳离开核算边界外产生的二氧化碳排放。<br>排放点位包括但不限于采出气、采出水、原油等介质中携带二氧化碳输送至核算边界外的部分。                                        |

附录 C  
(资料性)  
报告格式模板

## 二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量核算报告

项目业主：

编制单位：

报告年度：

编制日期：年 月 日

本报告核算了 项目 年至 年二氧化碳驱油封存项目二氧化碳减排量，并填写了相关数据表格，见表C.1～表C.9。现将有关情况报告如下：

#### 一、项目基本信息

包括但不限于项目名称、编制单位、报告年度、统计期、所属行业、项目规模、地理位置、工艺流程及反映项目主要参数的其他数据。

#### 二、项目二氧化碳减排量

分别报告项目和基准线情景二氧化碳排放量核算结果，分别报告项目和基准线情景二氧化碳注入量核算结果，并最终计算得出项目二氧化碳减排量。

#### 三、活动数据及来源

分别报告各排放源的活动数据，并详细阐述他们的监测计划及实际执行情况，包括但不限于数据来源、监测地点、监测方法、监测仪表及其精度、记录频率、记录人等。

如果项目存在本文件未涵盖的二氧化碳排放环节，参考国家、行业二氧化碳排放核算标准、指南，一并报告其活动数据及来源。

#### 四、排放因子及来源

报告核算使用的排放因子来源。如果源于实测，则应说明取样方法、取样频率、检测方法、检测频率、依据标准等；如果采用推荐值，则应给出推荐值的数据来源、选择理由等。

#### 五、其他需要说明的情况

编制单位负责人（签章）：

项目业主负责人（签章）：

年 月 日

表C.1 项目二氧化碳排放量与减排量汇总表

统计期： 年 月 日 - 年 月 日

| 排放源类别          | 二氧化碳排放 (t) |      |      |      |           | 二氧化碳排放量合计 (t) | 二氧化碳注入量 (t) | 二氧化碳减排量 (t) |
|----------------|------------|------|------|------|-----------|---------------|-------------|-------------|
|                | 举升系统       | 注入系统 | 集输系统 | 其他系统 | 二氧化碳排放量小计 |               |             |             |
| 化石燃料燃烧         |            |      |      |      |           |               |             |             |
| 有组织放空          |            |      |      |      |           |               |             |             |
| 地上泄漏           |            |      |      |      |           |               |             |             |
| 地下泄漏           |            |      |      |      |           |               |             |             |
| 消耗电力           |            |      |      |      |           |               |             |             |
| 消耗热力           |            |      |      |      |           |               |             |             |
| 输出电力           |            |      |      |      |           |               |             |             |
| 输出热力           |            |      |      |      |           |               |             |             |
| 外输至核算边界外携带二氧化碳 |            |      |      |      |           |               |             |             |

表C.2 化石燃料燃烧数据一览表<sup>1</sup>

统计期： 年 月 日 - 年 月 日

生产系统类型：

| 燃料品种 <sup>2</sup>                                                                           | 燃烧量<br>(t 或 10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> ) | 含碳量                                                   |                                                              | 低位发热量 <sup>3</sup>                                    |                                                              | 单位热值<br>含碳量 <sup>3</sup><br>(tC/GJ) | 碳氧化率      |                                                              | 二氧化碳排放量 <sup>2</sup><br>小计 (t) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                                                                             |                                               | 数值<br>(tC/t 或<br>tC/10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> ) | 数据来源                                                         | 数值<br>(GJ/t 或<br>GJ/10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> ) | 数据来源                                                         |                                     | 数值<br>(%) | 数据来源                                                         |                                |
| 无烟煤                                                                                         |                                               |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                     |           | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                |
| 天然气                                                                                         |                                               |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                     |           | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                |
| 原油                                                                                          |                                               |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                     |           | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                |
| 柴油                                                                                          |                                               |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                     |           | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                |
| 其它燃料品种 <sup>3</sup>                                                                         |                                               |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                                       | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                     |           | <input type="checkbox"/> 实测值<br><input type="checkbox"/> 计算值 |                                |
| 二氧化碳排放量合计 (t)                                                                               |                                               |                                                       |                                                              |                                                       |                                                              |                                     |           |                                                              |                                |
| 注1：举升系统、注入系统、集输系统、其他系统均需填写本表。<br>注2：如使用了其它燃料品种，应加行列明。<br>注3：通过燃料低位发热量及单位热值含碳量来计算燃料含碳量的情景填报。 |                                               |                                                       |                                                              |                                                       |                                                              |                                     |           |                                                              |                                |

表C.3 有组织放空排放数据一览表

统计期： 年 月 日 - 年 月 日

生产系统类型：

| 装置类型 <sup>1</sup>                                                                     | 二氧化碳排放量<br>小计 <sup>2</sup> (t) | 排放因子 <sup>3</sup><br>(t/ (each · a)) | 点位数量 <sup>3</sup><br>(each) | 二氧化碳排放量 <sup>3</sup><br>小计 (t) |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 二氧化碳注气站                                                                               |                                |                                      |                             |                                |
| 二氧化碳回注站                                                                               |                                |                                      |                             |                                |
| 注入井                                                                                   |                                |                                      |                             |                                |
| 油井                                                                                    |                                |                                      |                             |                                |
| 地面管线                                                                                  |                                |                                      |                             |                                |
| 其他装置                                                                                  |                                |                                      |                             |                                |
| 二氧化碳排放量合计 (t)                                                                         |                                |                                      |                             |                                |
| 注1：项目装置包括但不限于以上类型，若有其他有组织放空排放装置和点位，可根据实际添加。<br>注2：实测法数据在该列统计。<br>注3：实测与统计计算相结合法在该列统计。 |                                |                                      |                             |                                |

表C.4 地上泄漏排放数据一览表

统计期： 年 月 日 - 年 月 日

生产系统类型：

| 装置类型 <sup>1</sup>                      | 排放因子<br>(t/ (each · a)) | 点位数量<br>(each) | 排放因子数据来源                                                 | 二氧化碳排放量小计<br>(t) |
|----------------------------------------|-------------------------|----------------|----------------------------------------------------------|------------------|
| 原油输送管道                                 |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 油井井口                                   |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 注入井井口                                  |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 阀门                                     |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 法兰                                     |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 注入装置                                   |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 取样口                                    |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 地面集输管线                                 |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 储罐                                     |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 未被定义为有组织放空的其他压力设备                      |                         |                | <input type="checkbox"/> 实测值 <input type="checkbox"/> 其他 |                  |
| 二氧化碳排放量合计 (t)                          |                         |                |                                                          |                  |
| 注：项目装置包括但不限于以上类型，若有其他地上泄漏排放点位，可根据实际添加。 |                         |                |                                                          |                  |

表C.5 地下泄漏排放数据一览表

统计期： 年 月 日 - 年 月 日

生产系统类型：

| 网格划分位置 <sup>1</sup>     | 排放因子<br>(t/(km <sup>2</sup> ·a)) | 网格面积<br>(km <sup>2</sup> ) | 二氧化碳排放量小计<br>(t) |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------|
| 网格 1                    |                                  |                            |                  |
| 网格 2                    |                                  |                            |                  |
| .....                   |                                  |                            |                  |
| 二氧化碳排放量合计 (t)           |                                  |                            |                  |
| 注：项目可重点在井筒外壁、断层及盖层上方测试。 |                                  |                            |                  |

表C.6 消耗和输出电力产生的二氧化碳排放数据一览表

统计期： 年 月 日 - 年 月 日

生产系统类型：

| 项目 <sup>1</sup>                    | 电量<br>(MW·h) | 排放因子<br>(t/MW·h) | 二氧化碳排放量<br>(t) |
|------------------------------------|--------------|------------------|----------------|
| 消耗                                 |              |                  |                |
| 输出                                 |              |                  |                |
| 净消耗                                |              | /                |                |
| 注：若消耗或输出的电力存在一个以上不同排放因子的电力来源，分行列明。 |              |                  |                |

表C.7 消耗和输出热力产生的二氧化碳排放数据一览表

统计期： 年 月 日 - 年 月 日

生产系统类型：

| 项目 <sup>1</sup>                    | 热量<br>(GJ) | 排放因子<br>(t/GJ) | 二氧化碳排放量<br>(t) |
|------------------------------------|------------|----------------|----------------|
| 消耗                                 |            |                |                |
| 输出                                 |            |                |                |
| 净消耗                                |            | /              |                |
| 注：若消耗或输出的热力存在一个以上不同排放因子的热力来源，分行列明。 |            |                |                |

表C.8 外输至核算边界外携带二氧化碳产生的二氧化碳排放

统计期： 年 月 日 - 年 月 日

生产系统类型：

| 外输介质          | 外输介质质量 (t) | 外输介质中二氧化碳质量分数 (%) | 二氧化碳排放量小计 (t) |
|---------------|------------|-------------------|---------------|
| 采出气           |            |                   |               |
| 采出水           |            |                   |               |
| 原油            |            |                   |               |
| 其他介质          |            |                   |               |
| 二氧化碳排放量合计 (t) |            |                   |               |

表C.9 二氧化碳注入量活动数据一览表

统计期： 年 月 日 - 年 月 日

| 注入装置编号        | 注入装置名称 | 注入装置累计注入量<br>(t) | 二氧化碳质量分数 (%) | 二氧化碳累计注入量<br>(t) |
|---------------|--------|------------------|--------------|------------------|
|               |        |                  |              |                  |
|               |        |                  |              |                  |
| 二氧化碳注入量合计 (t) |        |                  |              |                  |