

ICS 01.040.75

CCS E 20

DB 65

新疆维吾尔自治区地方标准

DB65/T 4891—2024

二氧化碳捕集、驱油与封存项目碳减排量核算技术规范

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

2024 - 12 - 24 发布

2025 - 02 - 20 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 发布

目 次

前言.....	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.....	3
5 核算工作要求与工作程序.....	3
6 二氧化碳排放量计算方法与数据获取.....	3
7 项目二氧化碳减排量计算.....	7
8 地下泄漏环境风险监控.....	8
9 数据质量管理.....	8
10 报告内容和要求.....	9
附录 A（资料性）核算边界示意图.....	10
附录 B（资料性）相关参数推荐值.....	11
附录 C（资料性）二氧化碳捕集、驱油与地质封存项目设施设备逸散监测方法.....	12
附录 D（资料性）二氧化碳捕集、驱油与封存项目碳减排量计算表格.....	16
参考文献.....	19

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。

本文件由新疆维吾尔自治区生态环境厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司、新疆维吾尔自治区生态环境厅、招商新疆质量和标准化研究院有限公司、新疆维吾尔自治区质量基础发展研究院、新疆敦华绿碳技术股份有限公司、新疆维吾尔自治区克拉玛依市生态环境局、新疆维吾尔自治区排污权交易储备中心（自治区应对气候变化与低碳发展研究中心）、新疆维吾尔自治区克拉玛依市市场监督管理局。

本文件主要起草人：张琦、滕卫卫、王永斌、王兴华、林莉莉、王雨、宋涛涛、宫兆波、吴永花、孟令俊、周建平、石国新、黄永亮、马平、欧登格力、贺芙蓉、张国宝、黄雪涵、徐玉兵、董开元、曾弋航、赵海龙、苏丽、王意、李东辉、齐磊、胡小明、倪丰平、韩红霞、武生莲、范煜、韩玉凡、希尔克·木拉提。

二氧化碳捕集、驱油与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捕集、驱油与封存项目中二氧化碳减排量核算和报告的核算边界、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。

本文件适用于油气田相关企业在实施二氧化碳捕集、驱油和封存过程中的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/T 213 煤的发热量测定方法

GB 384 石油产品热值测定方法

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 天然气的组成分析 气相色谱法

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定和气态污染物采样方法

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 27025 检测和校准实验室能力的通用要求

GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 32151.16—2023 碳排放核算与报告要求 第16部分：石油天然气生产企业

GB/T 33760—2017 基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求

GB/T 34286 温室气体 二氧化碳测量 离轴积分腔输出光谱法

GB/T 36198 土壤质量 土壤气体采样指南

GB/T 51316 烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准

HJ 1230 工业企业挥发性有机物泄漏检测与修复技术指南

SY/T 5329 碎屑岩油藏注水水质指标技术要求及分析方法

SY/T 7440 CO₂驱油田注入及采出系统设计规范

环办〔2015〕104号 石化行业VOCs污染源排查工作指南、石化企业泄漏检测与修复工作指南

环办科技〔2016〕64号 二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

二氧化碳捕集、驱油与封存 carbon dioxide capture, flooding and storage

将二氧化碳从大气、工业或能源相关的排放源中分离，以液态或超临界状态或注入油层驱油，或直接注入至地下深部咸水层、枯竭油气藏等地质构造中，以实现二氧化碳减排的工业过程。

3.2

项目业主 project owner

对项目进行全面控制并负责的组织或个人,可以根据合同等约定项目业主是控排企业或者利用与封存企业。

[来源: GB/T 33760—2017,3.10]

3.3

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。

注:基准线情景的发生时间段和项目同步。

[来源: GB/T 33760—2017,3.4]

3.4

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

在辐射强迫上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注:二氧化碳当量等于给定气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源: GB/T 33760—2017,3.7]

3.5

二氧化碳减排 CO₂ emission reduction

基准线情景和项目实施后产生的二氧化碳排放净减少量。

3.6

碳源二氧化碳排放 CO₂ emission to be captured

由工业生产过程排放的、最终进入碳捕集装置的二氧化碳量。

3.7

燃料燃烧排放 fuel combustion emission

燃料在氧化燃烧过程中产生的温室气体排放。

[来源: GB/T 32150—2015,3.7]

3.8

净购入电力和净购入热力隐含的二氧化碳排放 emission from purchased electricity and heat

项目业主在减排量核算期内净购入的电力或热力(蒸汽、热水)所对应的生产过程中燃料燃烧产生的二氧化碳排放。

3.9

捕集与运输泄放 emissions during capture and transportation

在捕集环节和运输环节,通过工艺装置泄放口或安全阀释放到大气中的二氧化碳,以及设备泄漏产生的二氧化碳排放。

3.10

油田工艺放空与逸散排放 oilfield process venting and fugitive emissions

油田生产过程中,除燃料燃烧排放之外,因地面工艺要求释放到大气中的废气流携带的温室气体排放,以及由于设施设备本身泄漏引起的无组织排放。

3.11

外输介质携带二氧化碳排放 emission from greenhouse gas carried outside the accounting boundary

项目向核算边界外输送采出水等介质中溶解的二氧化碳排放。

3.12

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150—2015,3.13]

4 核算边界和基准线情景

4.1 核算边界

4.1.1 应以二氧化碳捕集、驱油与封存项目所涉及的所有耗能工艺设备所在的地域和项目所有潜在泄漏路径的预测扩散范围为边界，分为以下3部分：

- a) 捕集环节边界。包括从捕集装置入口到捕集装置外输气源出口的所有地面工艺设施，包含边界内其他耗能装置；
- b) 运输环节边界。包括从罐车或管道入口到油田接收装置的所有地面工艺设施，包含二氧化碳管道、车船、增压和监测设备等所有耗能装置；
- c) 驱油与封存环节边界。起点是注入系统入口，终点是动态分布的地面和大气泄漏监测装置。地面包含注采、集输、回收处理和循环注入的地面密闭工艺装置系统，地下包含二氧化碳自注入井进入地层后在油藏中波及的范围，该范围由地质开发方案中的最大波及边界来确定。

4.1.2 核算边界示意图见附录A。

4.2 排放源识别

4.2.1 应按照GB/T 32150—2015或其他相关方法对与项目有关或受项目影响的排放源进行识别。

4.2.2 对于二氧化碳捕集后直接用于地质封存的项目，排放源应包括碳源二氧化碳排放、燃料燃烧排放、净购入电力和净购入热力隐含的二氧化碳排放、捕集与运输泄放。对于二氧化碳捕集后用于驱油的项目，排放源还包括油田工艺放空与逸散排放、外输介质携带二氧化碳排放。

4.2.3 若除上述生产活动外还存在其他生产活动，并存在本文件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。

4.3 基准线情景的确定

4.3.1 应按照GB/T 33760—2017的规定对所属项目类型所对应的基准线情景进行识别。

4.3.2 需要分别甄别在没有该项目活动时，捕集、运输和驱油封存3个环节的可替代情景，确定各自的基准线情景并加以组合。

5 核算工作要求与工作程序

5.1 应按照GB/T 33760—2017中5.1和5.2的规定开展核算工作。

5.2 项目应同步开展风险监控，按照《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》评估项目在核算周期内对环境风险受体的影响，当影响界定为轻度及以下时才能开展项目碳减排量核算，否则不予核算。

6 二氧化碳排放量计算方法与数据获取

6.1 基准线情景二氧化碳排放总量

对于新建的二氧化碳捕集、驱油与封存项目，其基准线情景的二氧化碳排放总量按公式（1）计算，对于改扩建的二氧化碳捕集、驱油与封存项目，其基准线情景的二氧化碳排放总量按公式（2）计算。

$$E_{\text{基准, 新建}} = E_{\text{碳源}} \cdots \cdots (1)$$

$$E_{\text{基准, 改扩建}} = E_{\text{碳源}} + E_{\text{原项目}} \cdots \cdots (2)$$

式中：

$E_{\text{基准, 新建}}$ ——新建项目基准线情景二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{碳源}}$ ——碳源二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{基准, 改扩建}}$ ——改扩建项目基准线情景二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{原项目}}$ ——在项目改扩建以前，原项目所产生的二氧化碳排放量，按公式（3）计算。

6.2 项目二氧化碳排放总量

二氧化碳捕集、驱油与封存项目的二氧化碳排放总量按公式（3）计算。

$$E_{\text{项目}} = E_{\text{燃料}} + E_{\text{电, 热}} + E_{\text{捕集运输}} + E_{\text{油田}} + E_{\text{外输}} \cdots \cdots (3)$$

式中：

$E_{\text{项目}}$ ——项目二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

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

$E_{\text{电, 热}}$ ——净购入电力和净购入热力隐含的二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{捕集运输}}$ ——捕集与运输泄放二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{\text{油田}}$ ——油田工艺放空与设施设备逸散二氧化碳排放当量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$E_{\text{外输}}$ ——外输介质携带二氧化碳排放量，单位为吨（t），对于地质封存项目， $E_{\text{外输}}=0$ 。

6.3 碳源二氧化碳排放

6.3.1 计算方法

碳源二氧化碳排放量按公式（4）计算。

$$E_{\text{碳源}} = Q_{\text{碳源}} \times w_{\text{CO}_2} \times \rho_{\text{CO}_2} \cdots \cdots (4)$$

式中：

$E_{\text{碳源}}$ ——由工业生产过程排放的、最终进入碳捕集装置的二氧化碳量，单位为吨（t）；

$Q_{\text{碳源}}$ ——进入碳捕集装置的气流量，单位为立方米（m³）；

w_{CO_2} ——进入碳捕集装置的气流中二氧化碳的体积分数，以百分数表示；

ρ_{CO_2} ——进入碳捕集装置的气流中二氧化碳的密度，单位为吨每立方米（t/m³）。

6.3.2 数据获取要求

进入碳捕集装置的气流量、气流中二氧化碳的体积分数应依据GB/T 51316的规定获得。二氧化碳的密度应根据碳源温度和压力（绝对压力）查相应物性数据表获取。

6.4 燃料燃烧排放

6.4.1 计算方法

燃料燃烧排放量按公式（5）计算。

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_i \sum_j (AD_{ij} \times CC_{ij} \times OF_{ij} \times 44/12) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ ——化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

i ——化石燃料的种类；

j ——燃烧设施序号；

AD_{ij} ——燃烧设施j内燃烧的化石燃料品种i消费量，气体燃料的计量单位为万标立方米（ 10^4Nm^3 ），固体或液体燃料的计量单位为吨（t）；

CC_{ij} ——燃烧设施j内燃烧的化石燃料i的含碳量，气体燃料的计量单位为吨每万标立方米（ $\text{t}/10^4\text{m}^3$ ），固体或液体燃料的计量单位为吨每吨（t/t）；

OF_{ij} ——燃烧设施j内燃烧的化石燃料i的碳氧化率，以百分数表示，见表B.1。

6.4.2 数据获取要求

6.4.2.1 化石燃料消耗应每月统计，测量仪器的标准应符合 GB 17167 的规定，并在有效检验周期内。

6.4.2.2 CC_{ij} 按照公式（6）计算。

$$CC_{ij} = NCV_{ij} \times EF_{ij} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

CC_{ij} ——燃烧设施j内燃烧的化石燃料i的含碳量，气体燃料的计量单位为吨每万标立方米（ $\text{t}/10^4\text{Nm}^3$ ），固体和液体燃料的计量单位为吨每吨（t/t）；

NCV_{ij} ——燃烧设施j内燃料i的低位发热量，天然气计量单位为吉焦每万标立方米（ $\text{GJ}/10^4\text{Nm}^3$ ），固体和液体燃料的计量单位为吉焦每吨（ GJ/t ）；

EF_{ij} ——燃烧设施j内燃料i的单位发热量含碳量，单位为吨每吉焦（ t/GJ ），见表B.1。

6.4.2.3 天然气、煤、液体燃料的低位发热量测定分别按照 GB/T 11062、GB/T 213、GB 384 的规定执行，不具备检测能力的应委外检测并出具检测报告，天然气每半年、煤每月、液体燃料每季度进行 1 次检测，电子版检测报告应保存至少 5 年。无实测条件的，通过表 B.1 选取。

6.5 净购入电力和净购入热力隐含的二氧化碳排放

6.5.1 计算方法

净购入电力和净购入热力隐含的二氧化碳排放按照GB/T 32150—2015中7.5.4的规定进行计算。

6.5.2 数据获取要求

消耗电力的排放因子宜使用国家生态环境部、国家统计局最新发布的电力二氧化碳排放因子。若消耗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排放因子实测值或测算值。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排放因子实测值或测算值，不能提供则取0.11 t/GJ。

6.6 捕集与运输泄放

6.6.1 计算方法

捕集与运输泄放二氧化碳排放量按公式(7)计算。

$$E_{\text{捕集运输}} = [E_{\text{碳源}} - P_{\text{捕集}} \times \varphi_{\text{CO}_2}] + [(Q_{\text{进}} - Q_{\text{出}})] \times \varphi_{\text{CO}_2} \quad (7)$$

式中:

- $E_{\text{捕集运输}}$ ——捕集与运输泄放二氧化碳排放量, 单位为吨(t);
- $E_{\text{碳源}}$ ——进入碳捕集装置的二氧化碳总量, 单位为吨(t);
- $P_{\text{捕集}}$ ——二氧化碳捕集量, 单位为吨(t);
- $Q_{\text{进}}$ ——从捕集环节进入运输系统计量装置的二氧化碳量, 单位为吨(t);
- $Q_{\text{出}}$ ——从运输环节交付到油田计量装置的二氧化碳量, 单位为吨(t);
- φ_{CO_2} ——液体二氧化碳中的二氧化碳含量, 以百分数表示。

6.6.2 数据获取要求

二氧化碳捕集量应按照GB/T 51316的规定获取。从捕集环节进入运输系统计量装置的二氧化碳量、从运输环节交付到油田计量装置的二氧化碳量应依据计量仪表获得, 油田计量仪表按照SY/T 7440的要求。

6.7 油田工艺放空与逸散排放

6.7.1 计算方法

油田工艺放空与逸散排放量按公式(8)计算。

$$E_{\text{油田}} = (\sum_i EF_{\text{放空}i} \times n_i + \sum_j EF_{\text{逸散}j} \times n_j) \times l \quad (8)$$

式中:

- $E_{\text{油田}}$ ——油田工艺放空与设施设备逸散二氧化碳排放当量, 单位为吨二氧化碳当量(tCO₂e);
- $EF_{\text{放空}i}$ ——油田第*i*类工艺放空排放强度, 单位为吨二氧化碳当量每个年[tCO₂e/(个·年)];
- $EF_{\text{逸散}j}$ ——油田第*j*类设施设备逸散强度, 单位为吨二氧化碳当量每个年[tCO₂e/(个·年)];
- n_i ——油田第*i*类工艺放空设施/设备数量, 单位为个;
- n_j ——油田第*j*类设施设备逸散设施/设备数量, 单位为个;
- l ——统计期时间跨度, 单位为年。

6.7.2 数据获取要求

6.7.2.1 计算项目驱油与封存环节的基准线情景排放量时, 若基准线情景为油藏未采用二氧化碳驱油, 采用注水等其它开发方式生产, $EF_{\text{放空}i}$ 和 $EF_{\text{逸散}j}$ 应依据 GB/T 32151.16-2023 中表 C.2。否则, $EF_{\text{放空}i}$ 和 $EF_{\text{逸散}j}$ 应按公式(9)和公式(10)计算。

6.7.2.2

$$EF_{\text{放空}i} = \sum_m Q_{i,m} \times (V_{\text{CH}_4,i} \times 7.17 \times GWP_{\text{CH}_4} + V_{\text{CO}_2,i} \times 19.7) \times 10^{-4} \quad (9)$$

$$EF_{\text{逸散}j} = H_j \times (G_{\text{CH}_4,j} \times GWP_{\text{CH}_4} + G_{\text{CO}_2,j}) / 8760 \quad (10)$$

式中：

- $EF_{放空i}$ ——油田第*i*类工艺放空强度，单位为吨二氧化碳当量每个年[tCO₂e/（个·年）]；
 $EF_{逸散j}$ ——油田第*j*类设施设备逸散强度，单位为吨二氧化碳当量每个年[tCO₂e/（个·年）]；
 m ——第*i*类设施/设备在统计期内的工艺放空次数；
 $Q_{i,m}$ ——第*i*类工艺放空设施/设备第*m*次放空的放空流量，单位为立方米（m³）；
 $V_{CH_4,i}$ ——油田第*i*类设施/设备放空气体中的甲烷体积浓度，以百分数表示；
 $V_{CO_2,i}$ ——油田第*i*类设施/设备放空气体中的二氧化碳体积浓度，以百分数表示；
 H_j ——第*j*类设施/设备在统计期内的运行小时数，单位为小时（h）；
 $G_{CH_4,j}$ ——油田第*j*类设施/设备统计周期内的甲烷逸散强度，单位为吨每小时（t/h）；
 $G_{CO_2,j}$ ——油田第*j*类设施/设备统计周期内的二氧化碳逸散强度，单位为吨每小时（t/h）；

GWP_{CH_4} ——甲烷相比二氧化碳的全球变暖潜势值，取值为 28。

6.7.2.3 基于实际现场调查或通过详细的油田地面工艺流程图、管道仪表图、装置平面布置图、设备台账等编制设备组件清单，按照 HJ 1230 进行密封点分类和计数，以确定逸散排放源。

6.7.2.4 排放源的逸散强度监测见附录 C。

6.7.2.5 不同类型设施/设备在统计期内的放空次数、放空流量、平均运行小时数，根据生产原始记录确定；

6.7.2.6 $V_{CH_4,i}$ 、 $V_{CO_2,i}$ 按照 GB/T 13610 检测获取气体组分。

6.8 外输介质携带二氧化碳排放

6.8.1 计算方法

外输介质携带的二氧化碳排放按公式（12）计算。

$$E_{外输} = \sum Q_w S_w \quad (12)$$

式中：

- $E_{外输}$ ——外输介质携带二氧化碳排放量，单位为吨（t）；
 Q_w ——外输净化处理水量，单位为吨（t）；
 S_w ——外输净化处理水中二氧化碳溶解度，单位为克每克（g/g）。

6.8.2 数据获取要求

外输介质携带二氧化碳排放活动数据及其来源见表1。

表1 外输至边界外携带二氧化碳排放数据获取要求

具体排放源	计量类别	参数来源	准确度等级	检测频次
外输净化处理水	累计质量流量	质量流量计	2.0 级及以上	连续监测
	二氧化碳溶解度	化验数据，按照SY/T 5329 执行，查表水中溶解度	—	1 次/季度

7 项目二氧化碳减排量计算

二氧化碳捕集、驱油与封存项目的二氧化碳减排量按公式（13）计算。

$$R_i = E_{\text{基准}i} - E_{\text{项目}i} \cdots \cdots (13)$$

式中：
 R_i ——第*i*个统计期内项目二氧化碳减排当量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
 $E_{\text{基准}i}$ ——第*i*个统计期内基准线情景二氧化碳排放当量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
 $E_{\text{项目}i}$ ——第*i*个统计期项目二氧化碳排放当量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

8 地下泄漏环境风险监控

项目运营期间应按照《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》对二氧化碳驱油与封存项目进行风险监控，监控要求见表2。监测指标超出环境本底值时，及时开展修复工作，避免对所在地环境产生影响。

表 2 地下泄漏环境风险监控要求

泄漏途径	监测对象	监测指标	监测方法
断层、盖层	大气	大气中二氧化碳浓度	按照GB/T 34286的规定执行或其它经验证实后可行的方法
	土壤气	浅层土壤二氧化碳通量	按照GB/T 36198的规定执行
	浅层地下水	侵蚀性二氧化碳含量	按照SY/T 5329的规定执行
	地表水	侵蚀性二氧化碳含量	按照SY/T 5329的规定执行

9 数据质量管理

项目二氧化碳减排量宜归项目业主所有，也可以通过合同、协议等方式约定减排量归属。项目业主应加强数据质量管理工作，包括但不限于：

- a) 建立项目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，指定专职人员负责碳减排量核算和报告工作；
- 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，并建立碳排放源一览表，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，规定了优先级的各参数，应按照规定的优先级顺序选取，在之后各核算年度的获取优先序不应降低；
- c) 按照 GB 17167 的规定对现有监测条件进行评估，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) 建立数据质量内部管理制度和质量保障体系，包括明确碳减排相关计量、检测、核算、报告和管理工作的负责部门及其职责、具体工作要求、工作流程等；
- e) 建立原始凭证和台账记录管理制度，规范核算报告和支撑材料的登记、保存和使用。核算报告所涉及数据的原始记录和管理台账应至少保存五年，确保相关数据可被追溯；
- f) 加强对委托或者自有实验室管理，满足 GB/T 27025 对人员、设施和环境条件、设备、计量溯源性、外部提供的产品和服务等资源要求的规定，确保使用适当的方法和程序开展取样、检测、记录和报告等实验室活动；

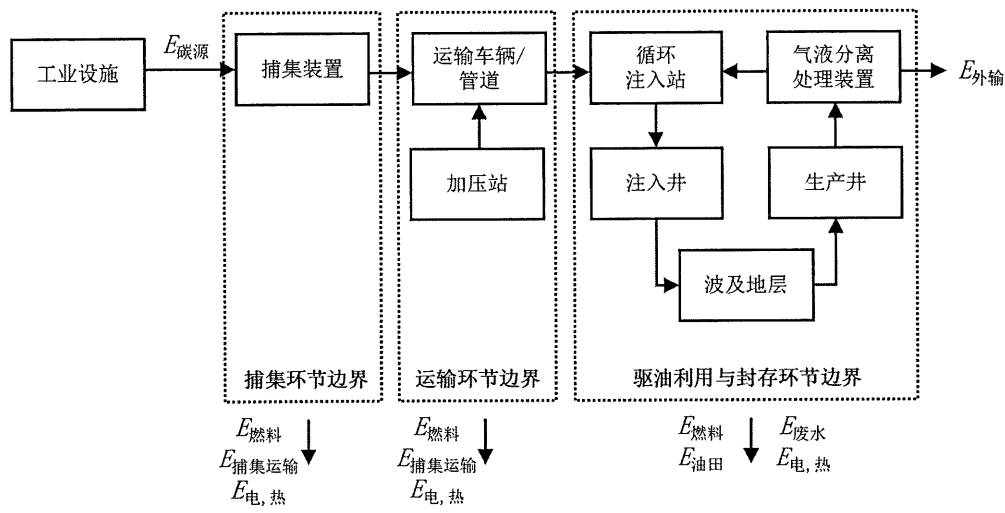
- g) 建立碳减排量核算报告内部审核制度，定期对数据进行交叉校验，对可能产生的数据误差风险进行识别，并提出相应的解决方案；
- h) 鼓励有条件的项目业主加强样品自动采集与分析技术应用。

10 报告内容和要求

减排量核算报告编制内容和要求按照GB/T 33760—2017中5.12的规定执行，减排量计算表格模板见附录D。

附录 A
(资料性)
核算边界示意图

核算边界示意图见图 A.1。



注：→代表二氧化碳流动方向。

图 A.1 核算边界示意图

附 录 B
(资料性)
相关参数推荐值

常见化石燃料特性参数缺省值见表 B.1。

表 B.1 常见化石燃料特性参数缺省值

燃料品种		低位发热量 (GJ/t)	单位发热量含碳量 (t/GJ)	碳氧化率
固体燃料	无烟煤 [*]	20.304	27.49×10^{-3}	94%
	烟煤 [*]	19.570	26.18×10^{-3}	93%
	褐煤 [*]	14.080	28.00×10^{-3}	96%
	洗精煤 [*]	26.334	25.40×10^{-3}	93%
	其他洗煤 [*]	8.363	25.40×10^{-3}	90%
	型煤	17.460	33.60×10^{-3}	90%
	焦炭	28.447	29.40×10^{-3}	93%
液体燃料	原油	42.620	20.10×10^{-3}	98%
	燃料油	40.190	21.10×10^{-3}	98%
	汽油 (油气开采)	43.330	18.90×10^{-3}	98%
	汽油 (发电行业)	43.070	18.90×10^{-3}	98%
	柴油 (油气开采)	43.330	20.20×10^{-3}	98%
	柴油 (发电行业)	42.652	20.20×10^{-3}	98%
	一般煤油	44.750	19.60×10^{-3}	98%
	石油焦	31.998	27.50×10^{-3}	98%
	其他石油制品	41.031	20.00×10^{-3}	98%
	焦油	33.453	22.00×10^{-3}	98%
	粗苯	41.816	22.70×10^{-3}	98%
气体燃料	炼厂干气	46.050	18.20×10^{-3}	99%
	液化石油气	47.310	17.20×10^{-3}	99%
	液化天然气	41.868	17.20×10^{-3}	99%
	天然气	389.310	15.30×10^{-3}	99%
	焦炉煤气	173.540	13.60×10^{-3}	99%
	高炉煤气	33.000	70.80×10^{-3}	99%
	转炉煤气	84.000	49.60×10^{-3}	99%
	密闭电石炉炉气	111.190	39.51×10^{-3}	99%
	其他煤气	52.270	12.20×10^{-3}	99%
注1: 带*的燃料为基于空气干燥基。				
注2: 数据参考GB/T 32151.16—2023 碳排放核算与报告要求 第16部分: 石油天然气生产企业。				

附录 C

(资料性)

二氧化碳捕集、驱油与地质封存项目设施设备逸散监测方法

C.1 试剂

购买市售有证的甲烷和二氧化碳标准气体，以及纯度 $\geq 99.99\%$ 的氮气。

C.2 仪器

C.2.1 仪器宜包含以下6部分：

- 检测器。具备除湿和消除干扰功能；可使用非分散红外检测器检测二氧化碳，测量范围为 $(0\sim 50000)\mu\text{mol/mol}$ ，测量精度为 $\pm 2\%$ ；可使用催化燃烧型传感器检测甲烷，测量范围为 $(0\sim 100)\% \text{ LEL}$ （爆炸下限）；
- 电动采样泵。采样流量宜在 $(0.10\sim 3.0)\text{ L/min}$ 范围内；
- 采样探头。其顶端安装玻璃棉塞或过滤器，其前端外径一般不超过 7 mm 。
- 流量计。可使用浮子流量计、气体罗茨流量计或其它类型流量计，量程范围可选择 $(0.1\sim 15.0)\text{ L/min}$ 、 $(0.1\sim 30.0)\text{ L/min}$ 、 $(0.1\sim 100.0)\text{ L/min}$ 等。
- 电动抽吸泵。抽吸泵可实现不同流量调节，流量宜在 $(0.1\sim 100.0)\text{ L/min}$ 范围内。
- 布袋。布袋本体设有气压平衡孔，宜包含规则和不规则形状，可满足不同形状尺寸的逸散排放口。

C.2.2 仪器示值相对误差不超过 10% ，响应时间不宜超过 30 s ；测定响应时间时，采样泵、稀释探头、采样探头和过滤装置宜安装到位；流量计精度不宜低于 1.5 级；抽吸泵本体不宜有气体泄漏。

C.3 采样和测定

C.3.1 采样准备

C.3.1.1 确认环境条件为无雨雪、无雷电天气，风速为 8 m/s 以下。

C.3.1.2 参照 GB/T 16157 检查仪器的气密性，检查结果符合仪器说明书的要求。

C.3.1.3 用氮气校准仪器的零点后，将含有甲烷、二氧化碳标准气体通入仪器进行测定，示值误差符合 C.2.2 的要求，否则依据仪器使用说明书中规定的步骤校准。

C.3.2 逸散浓度检测

将采样探头放置于可能发生逸散排放的设备或装置的相关部位，沿其外围以小于 10 cm/s 的速度移动，同时关注仪器读数。如果发现读数上升，放慢采样探头移动速度直至测得最大读数，并在最大读数处停住，停留时间约为仪器响应时间的 2 倍，记录最大读数。

C.3.3 逸散强度测定

C.3.3.1 对甲烷、二氧化碳逸散浓度达到 $2000\mu\text{mol/mol}$ 的各类密封点开展逸散强度测定。

C.3.3.2 根据逸散源排放口的实际形状，将排放口用包裹装置包起来，依次连接包裹装置、电动抽吸泵、流量计、采样出口管线、检测仪器等，采样连接参照图 C.1。然后，调节电动抽吸泵

流量，观察流量计和检测仪器示数均处于量程范围内。以电动抽吸泵调节好的采样流量进行取样测定，待检测仪器甲烷和二氧化碳浓度示数稳定后，按分钟记录数据，取至少连续 5 分钟测定数据的平均值作为一次测量值。取得测量结果后，用零气或者洁净空气清洗测定仪器；待其示值回到零点附近后，关机断电，结束测定。

C.3.3.3 检测过程中，开放环境中的每套装置至少每批次进行 1 次环境本底值测试，用于计算逸散源甲烷和二氧化碳排放强度。

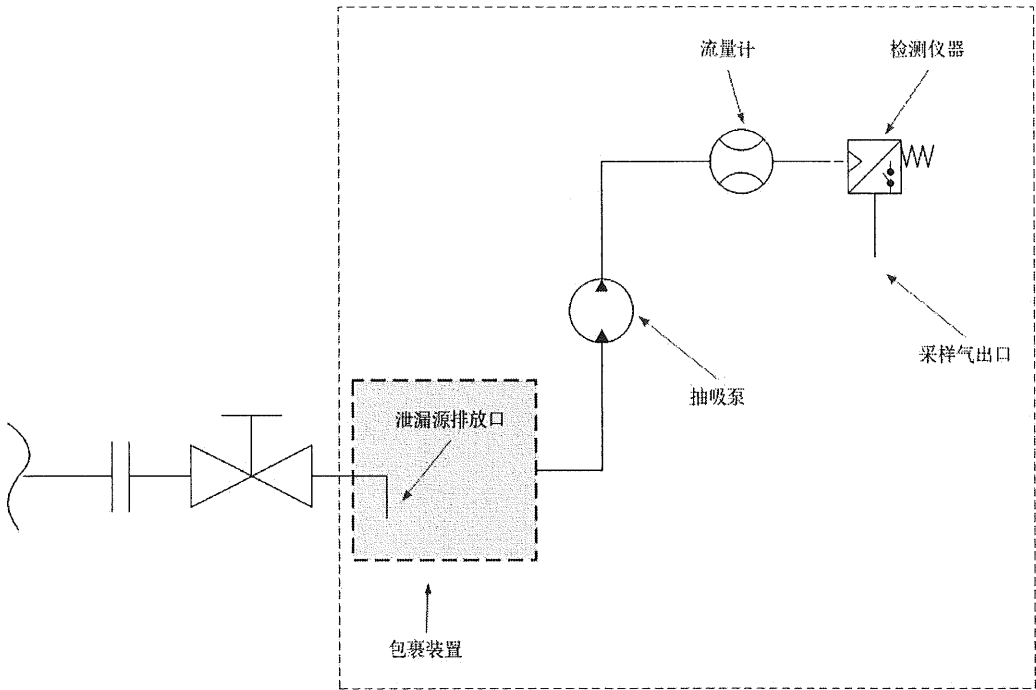


图 C.1 逸散源采样包裹连接示意图

C.4 结果计算与表示

C.4.1 甲烷、二氧化碳浓度计算

逸散源采样气体中甲烷和二氧化碳浓度的计算见公式 (C.1) 和 (C.2)：

$$\rho_{CH_4} = 0.71 \times \omega_{CH_4} \dots\dots\dots (C.1)$$

$$\rho_{CO_2} = 1.97 \times \omega_{CO_2} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

ρ_{CH_4}, ρ_{CO_2} ——标况下逸散源采样气体中甲烷、二氧化碳质量浓度，单位为毫克每标立方米 (mg/Nm³)；
 $\omega_{CH_4}, \omega_{CO_2}$ ——仪器测得的逸散源采样气中甲烷、二氧化碳体积浓度均值，单位为微摩尔每摩尔 (μmol/mol)；

C.4.2 甲烷、二氧化碳逸散强度计算

逸散源采样气体中甲烷和二氧化碳的逸散强度的计算见公式 (C.3) 和 (C.4)：

$$G_{CH_4j} = (\rho_{CH_4} - \rho_{CH_4,0}) \times Q_{sn} \times 10^{-9} \dots\dots\dots (C.3)$$

$$G_{CO_2j} = (\rho_{CO_2} - \rho_{CO_2,0}) \times Q_{sn} \times 10^{-9} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

- G_{CH_4j} ——油田设施/设备j在测试期间甲烷逸散强度，单位为吨每小时 (t/h)；
 G_{CO_2j} ——油田设施/设备j在测试期间二氧化碳逸散强度，单位为吨每小时 (t/h)；
 ρ_{CH_4} ——逸散源采样气体中甲烷质量浓度，单位为毫克每标立方米 (mg/Nm³)；
 ρ_{CO_2} ——逸散源采样气体中二氧化碳质量浓度，单位为毫克每标立方米 (mg/Nm³)；
 $\rho_{CH_4,0}, \rho_{CO_2,0}$ ——环境本底甲烷、二氧化碳质量浓度，单位为毫克每标立方米 (mg/Nm³)；
 Q_{sn} ——标况下气体采样流量，单位为标立方米每小时 (Nm³/h)。

C.4.3 结果表示

体积浓度宜保留到整数位。质量浓度、气体采样流量、二氧化碳排放强度宜保留 3 位有效数字。

C.5 记录与报告要求

宜规范记录检测现场环境本底二氧化碳浓度、相关气象条件、仪器设备校准结果、示值相对误差结果等数据，可参照表 C.1 和表 C.2 进行结果报告。

C.6 注意事项

- C.6.1 流量计的安装位置符合厂家要求，以降低流量计安装误差导致的测量偏差。
 C.6.2 流量计每年至少进行一次校准，以确保流量计的测量精度。
 C.6.3 检测仪器使用前宜进行响应时间测试，如果仪器的采样泵或采样流量调整而导致仪器响应时间发生变化，在使用前宜重新测定响应时间。
 C.6.4 水分对测量有一定干扰，采样测定过程中宜采用除湿装置进行去除，减少其影响。

表 C.1 二氧化碳捕集、驱油与地质封存项目设施设备逸散监测基础信息表

检测仪器型号、编号	仪器量程 (μmol/mol)	仪器示值相对误差 (%)	
流量计类型	流量计量程 (L/min)	电动抽吸泵流量范围(L/min)	
天气情况	风速 (m/s)	环境温度 (°C)	
测试时间地点	测试人员	测试单位	

表 C.2 二氧化碳捕集、驱油与地质封存项目设施设备逸散监测结果报告

测试编号	监测区域	设备/设施名称	密封点类型	参数	环境本底值 μmol/mol	逸散检测筛查 浓度μmol/mol	≥2000 μmol/mol	浓度ω/μmol/mol					采样流量 (L/min)	CH ₄ 排 放 强 度 (t/h)	CO ₂ 排 放 强 度 (t/h)	备 注
								1	2	3	4	5				
				CH ₄			是 否									
				CO ₂			是 否									
				CH ₄			是 否									
				CO ₂			是 否									
				CH ₄			是 否									
				CO ₂			是 否									

附 录 D
(资料性)

二氧化碳捕集、驱油与封存项目碳减排量计算表格

二氧化碳排放量及项目减排量汇总表见表 D.1。

表 D.1 二氧化碳排放量与项目减排量汇总表

统计期： 年 月 日 — 年 月 日

排放源类别	基准线二氧化碳排放 (t)				项目二氧化碳排放 (t)				二氧化碳减排量小计 (t)	二氧化碳减排量合计 (t)
	捕集 环节	运输 环节	封存 环节	二氧化 碳排放 量小计	捕集 环节	运输 环节	封存 环节	二氧化 碳排放 量小计		
碳源二氧化碳排放										
燃料燃烧排放										
净购入电力和净购入热力隐含的二氧化碳排放										
捕集与运输泄放										
油田工艺放空与逸散排放										
外输介质携带二氧化碳排放										

碳源排放数据一览表见表 D.2。

表 D.2 碳源排放数据一览表

统计期： 年 月 日 — 年 月 日 工艺类型：

碳源气体流量 (m³/s)	碳源排放时间 (s)	碳源中二氧化碳体积分数 (%)	碳源中二氧化碳密度 (t/m³)	碳源二氧化碳排放量 (t)

燃烧数据见表 D.3。

表 D.3 燃料燃烧数据一览表

统计期： 年 月 日 — 年 月 日 工艺类型：									
燃料品种 ^a	燃烧量 (t 或 10 ⁴ Nm ³)	含碳量		低位发热量 ^b		单位热值 含碳量 (tC/GJ)	碳氧化率		二氧化碳排 放量 小计 (t)
		数值 (tC/t 或 tC/10 ⁴ Nm ³)	数据来源	数值 (GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³)	数据来源		数值 (%)	数据来源	
			☐ 实测值 ☐ 计算值		☐ 实测值 ☐ 计算值			☐ 实测值 ☐ 计算值	
二氧化碳排放量合计 (t)									
注：捕集、运输、驱油封存环节均需填写本表。									
^a 如使用了其它燃料品种，应加行列明。									
^b 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。									

净购入电力和净购入热力隐含的二氧化碳排放数据见表 D.4。

表 D.4 净购入电力和净购入热力隐含的二氧化碳排放数据一览表

统计期： 年 月 日 — 年 月 日 工艺类型：					
项目	电量 (MW·h)	电力排放因子 (t/MW·h)	热量 (GJ)	排放因子 (t/GJ)	二氧化碳排放量 (t)
净购入					
注：若消耗的电力存在一个以上不同排放因子的电力来源，分行列明。若消耗的热量存在一个以上不同排放因子的热力来源，分行列明。					

捕集与运输泄放二氧化碳排放数据见表 D.5。

表 D.5 捕集与运输泄放二氧化碳排放数据一览表

统计期： 年 月 日 — 年 月 日 工艺类型：								
碳源排放量 (t)	捕集量 (t)	捕集二氧化碳 质量分数 (%)	捕集环节泄放 排放量小计 (t)	运输系统 进入量 (t)	运输系统 交付量 (t)	捕集二氧化碳 质量分数 (%)	运输环节泄放排 放量小计 (t)	捕集与运输环节 泄放二氧化碳排 放量 (t)

油田工艺放空与逸散排放数据见表 D.6。

表 D.6 油田工艺放空与逸散排放数据一览表

统计期： 年 月 日 — 年 月 日 工艺类型：

设施/设备类型	排放因子 (t/ (each·a))	点位数量 (each)	排放因子数据来源	二氧化碳排放量小计 (t)
井筒			☐ 实测值 ☐ 其他	
泵			☐ 实测值 ☐ 其他	
压缩机			☐ 实测值 ☐ 其他	
阀门			☐ 实测值 ☐ 其他	
泄压设备（安全阀）			☐ 实测值 ☐ 其他	
法兰			☐ 实测值 ☐ 其他	
开口阀或开口管线			☐ 实测值 ☐ 其他	
连接件			☐ 实测值 ☐ 其他	
其他			☐ 实测值 ☐ 其他	
二氧化碳排放量合计 (t)				

外输介质携带二氧化碳排放见表 D.7。

表 D.7 外输介质携带二氧化碳排放

统计期： 年 月 日 — 年 月 日 工艺类型：

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)
采出水			
其他介质			
二氧化碳排放量合计 (t)			

参 考 文 献

- [1] SY/T 7297—2016 石油天然气开采企业二氧化碳排放计算方法
 - [2] DB37/T 4548—2022 二氧化碳驱油封存项目碳减排量核算技术规范
 - [3] T/CSES 71—2022 二氧化碳地质利用与封存项目泄漏风险评价规范
 - [4] ISO/TR 27915: 2017(E) Carbon dioxide capture, transportation and geological storage —
Quantification and verification
 - [5] 汪芳,廖广志,苏春梅,等.二氧化碳捕集、驱油与封存项目碳减排量核算方法[J].石油勘探与开发,2023,50(04):862-871.
-