

# 团体标准《二氧化碳地质利用与封存监测范围确定技术指南》

## （征求意见稿）编制说明

### 1. 项目背景

二氧化碳地质利用与封存(CGUS)技术是碳中和技术组合中不可或缺的组成部分。近年来，国内二氧化碳地质利用与封存项目建设发展迅速，数量和规模显著增加。环境风险管理是项目能否顺利开展的重要保障，是公众对二氧化碳地质利用与封存项目的主要关注点之一，也是项目能否顺利开展的关键。二氧化碳在捕集、运输、利用与封存环节均有可能发生泄漏，进而危害环境安全，例如捕集与运输环节的管道和设备的泄漏，但最受公众关注的是地质利用与地质封存环节的泄漏，如二氧化碳在封存过程中，沿着井筒、裂缝、断层的泄漏，通过储层和盖层的扩散与泄漏等。二氧化碳一旦泄漏至浅部地层或大气，可能影响人类健康、造成动物窒息、影响土壤生物系统及植被根系，改变生态系统平衡；泄漏的二氧化碳溶解至地下流体，将造成地下水污染，干扰地下生态系统；二氧化碳与储层流体的置换，有可能导致地表隆起、诱发地震、损坏烃类或其他矿物资源等。

环境风险管理，包括风险评估与监测等能够解决二氧化碳地质利用与封存项目的安全性和公众信任等问题，为项目工程的顺利开展提供依据。为规范和指导二氧化碳地质利用与封存项目的环境风险评估工作，原环境保护部制定了《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南(试行)》。指南指导陆上新建或改扩建二氧化碳捕集、地质利用与地质封存项目的环境风险评估，规范了环境风险评估流程，并对评估的时空范围进行定义，提出了环境监测的对象、周期与目的。

目前，我国针对二氧化碳地质利用与封存项目中的环境风险管理研究停留在初步的风险识别阶段，主要是对对可能造成的风险进行分析但缺少针对二氧化碳地质利用与封存项目风险管理空间范围的确定。因为地质利用与地质封存项目的监测范围需要考虑可能会受到注入活动影响的地上和地下空间，由于复杂的地下条件与地下空间的不可见性，以及仅有少数几个试点工程，缺乏实际

工程资料的支撑，因此需要更多的工作以完善支撑《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南(试行)》中关于环境风险管理范围的确定。同时，现有标准多是针对二氧化碳地质利用与封存项目监测方法的制定，当前很多二氧化碳地质利用与封存项目都需要监测，监测范围大小需要界定，但缺少系统性二氧化碳地质利用与封存项目监测区域标准。

《二氧化碳地质利用与封存监测范围确定技术指南》将成为我国第一个对二氧化碳地质利用与封存项目的监测范围进行规范的行业标准，为 CGUS 可能出现的环境风险的防范提供了规范和标准。此标准的发布将会引导国内二氧化碳地质利用与封存监测范围的深入研究，为我国未来二氧化碳地质利用与封存项目的开展提供风险评价依据，有效解决目前二氧化碳地质利用与封存项目实践过程中面临的相关技术规范缺乏等亟待解决的问题，减少利益相关方的各种顾虑，确保二氧化碳地质利用与封存项目的顺利开展。与此同时，标准的出台可对碳排放核算、MRV 工作有一定支撑性，提升二氧化碳地质利用与封存项目的规范性，是未来我国二氧化碳地质利用与封存项目大规模建设运行、CGUS 产业化、集群化发展的重要保障。

## 2. 工作简况

### 2.1 任务来源

为贯彻落实《中华人民共和国标准化法》、《深化标准化工作改革方案》（国发〔2015〕13号）、《关于培育和发展团体标准的指导意见》、《团体标准管理规定》（国标委联〔2019〕1号）的要求，进一步发挥科技社团通过先进标准引领行业创新发展的作用，加快建立和完善与国家标准、行业标准等协调互补的生态环境领域团体标准体系，依据《中国环境科学学会标准管理办法（试行）》的有关规定，由中国环境科学学会标准工作办公室负责组织团体标准申报工作，由中国科学院武汉岩土力学研究所、生态环境部环境规划院、生态环境部环境工程评估中心负责此项标准起草工作。

### 2.2 工作过程

在完成中国环境科学学会团体标准申报和立项工作后，标准编写组通过现

场调研和文献资料等进行数据收集，确定了具有普适性的二氧化碳地质利用与封存项目监测范围，并基于文献资料，分析决定风险评估空间范围的主要影响因素，建立适合中国二氧化碳地质封存项目环境风险评估空间范围的确定方法。基于上述内容，标准编写组形成了完整的标准草案（征求意见稿）。

### 3. 标准的编制原则和主要内容

本标准制定的原则：科学性、适用性和可操作性。

本标准规定了二氧化碳地质利用与封存监测范围相关的术语和定义、二氧化碳地质利用与封存监测范围确定的基本原则、考虑要素、方法等。

本标准适用于一般二氧化碳地质利用与封存监测范围的确定。

二氧化碳地质利用与封存的监测（包括环境、安全和封存利用监测）时间范围应包括注入前、注入中、场地关闭及关闭后。监测时间需要考虑到所使用的方法和技术，以及被采样介质的性质和测量的类型。依据有关监测技术方法和标准（HJ 2.2、HJ 610、HJ/T 166），确定监测频率。

二氧化碳地质利用与封存监测范围边界确定方法：阐述了二氧化碳地质利用与封存监测范围边界确定方法，提出了不同封存条件的风险评估范围的说明与操作。为二氧化碳地质利用与封存项目安全监测提供参数范围，以确保二氧化碳仍储存在预先设定的封存体中，而不会因泄漏影响其他如淡水或油气资源的地区。

监测要素范围确定：阐述了二氧化碳地质利用与封存项目空间范围内的监测要素范围的确定方法。

监测时间范围确定：推荐了根据项目不同阶段的监测时间范围，监测持续时间可以根据项目规模、所在区域地质条件和人口等因素，选择合适的监测持续时间。

### 4. 标准相关数据参考依据

#### 4.1 规范性引用文件

引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规则。

《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》

GB 3095	环境空气质量标准（第1号修改单）
GB/T 7713.3	科技报告编写规则
GB 15618-2018	土壤环境质量标准 农用地土壤污染风险管控标准(试行)
GB 17741	工程场地地震安全性评价
GB/T 33583	陆上石油地震勘探资料采集技术规程
GB/T 14848-2017	地下水质量标准
HJ 2.2	环境影响评价技术导则 大气环境
HJ 91.2-2022	地表水环境质量监测技术规范
HJ/T 166	土壤环境监测技术规范
HJ 610	环境影响评价技术导则 地下水环境
ISO 31000	风险管理指南（Risk management - Guidelines）
T/CSES 41-2021	二氧化碳捕集利用与封存术语
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
ISO 27914:2017	二氧化碳的捕获、运输和地质封存 - 地质封存（Carbon dioxide capture, transportation and geological storage - Geological storage）
ISO/TR 27923:2022	二氧化碳的捕获、运输和地质封存 - 注入作业、基础设施和监测（Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Injection operations, infrastructure and monitoring）
	二氧化碳地质封存地下注入控制六类井项目审查区评估和纠正措施指南（Geologic Sequestration of Carbon Dioxide Underground Injection Control (UIC) Program Class VI Well Area of Review Evaluation and Corrective Action Guidance）

#### 4.2 术语定义

本标准对二氧化碳地质封存环境监测所涉及的部分定义进行了描述，目的是能够被各方人员理解，主要依据 T/CSES 41—2021 界定<sup>[1]</sup>，下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了 T/CSES 41—2021<sup>[1]</sup>中的某些术语和定义，具体如下：

- （1）二氧化碳地质利用与封存 CO<sub>2</sub> geological utilization and storage (CGUS)

将二氧化碳注入地层，利用其驱替、置换、传热或化学反应等作用生产具有商业价值的产品，同时实现其与大气长期隔绝的工业过程。

(2) 封存体 Storage complex

二氧化碳地质封存场地及周边可能对整体封存的完整性和安全性产生影响的二次封闭构造。

(3) 压力前缘 Pressure front

二氧化碳注入地下储层造成的压力上升区域。

(4) 二氧化碳羽流 CO<sub>2</sub> plume

二氧化碳以气、液或超临界的自由相形式在二氧化碳地质构造中的分布。

(5) 审查区域 Area of review, AOR

为评估 CGUS 项目或其一部分对生命和人类健康、环境、其他资源的竞争性开发或基础设施的影响程度而指定的地理区域。审查区域的划定界定了陆面或海床和水面的水平外边界以及纵向地下深度，将根据监管机构的要求在这些范围内进行评估。

(6) V类地下水 Class V groundwater

地下水化学组分含量高，不宜作生活饮用水，其他用水可根据使用目的选用，该类水的溶解性总固体 > 2 000 mg /L。

[来源：GB/T 14848-2017, 4.1]

(7) 商业项目 Commercial projects

一般项目设计寿命与捕集二氧化碳的主体设施相似，以获得商业回报为目的并满足监管要求。

(8) 二氧化碳注入 CO<sub>2</sub> injection

商业项目中将二氧化碳注入地下的长期过程。

(9) 注入前 Pre-injection

在二氧化碳开始持续注入之前，与选址、特征描述、设计和开发阶段相对应。

#### （10）场地关闭 Site closure

停止注入后，作业场所（如注入设施）证明符合场地关闭验收标准，从而可将长期责任和义务移交给指定机构。如果责任和义务没有转移，该项目将不会进入关闭后期，并将保持在注入后和关闭期，直到责任转移。

### 4.3 监测范围确定一般技术流程

二氧化碳地质利用与封存的监测范围确定技术流程主要包括五个步骤，因CGUS技术的发展，实施过程中可按照实际工作过程进行调整和完善。

（1）数据准备。收集工区及其周边区域相关地理、地质、水文、钻探等资料。数据信息收集的过程中需要考虑封存体和周围区域的特征，评估是否基于专门针对二氧化碳地质封存的数据。主要基于为油气评估而获得的数据的特征可能在不同方面与二氧化碳封存场地和复合体（包括周边地区）的评估和特征描述存在细微差别或重大偏差。

（2）根据项目具体情况确定监测空间范围。确定监测范围方法根据资料丰富度，选择合适的方法，必要时可进行交叉验证。随着项目的开展，资料的丰富的和信息不断更新，需更新评估范围。

（3）确定监测要素范围。依据有关监测技术方法和标准结合监测空间范围确定。

（4）确定监测时间范围。根据项目阶段（注入前、注入中、场地关闭及关闭）确定监测时间范围。

（5）编写监测范围确定报告、填写数据表格并提交成果。

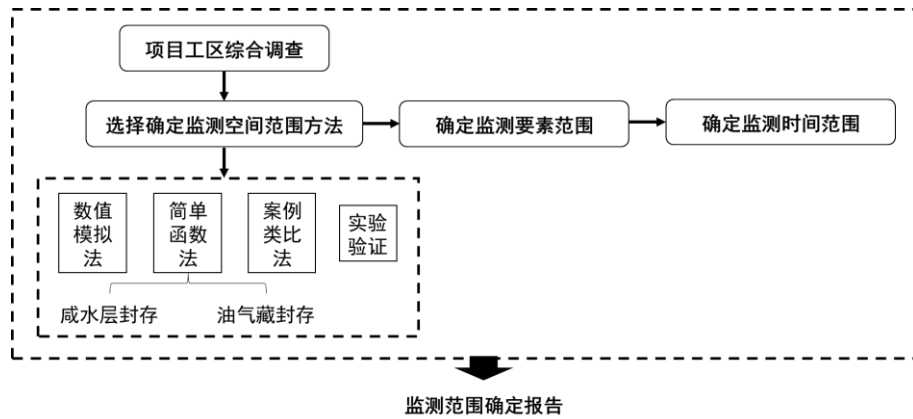


图 1 技术流程图

#### 4.4 基本原则

二氧化碳地质利用与封存监测（包括环境、安全和封存利用监测）的时间范围应包括注入前、注入中、场地关闭及关闭后。监测时间需要考虑到所使用的方法和技术，以及被采样介质的性质和测量的类型。依据有关监测技术方法和标准（HJ 2.2<sup>[2]</sup>、HJ 610<sup>[3]</sup>、HJ/T 166<sup>[4]</sup>），确定监测频率。主要目的是提出总体的监测范围和原则，确定一般二氧化碳地质利用与封存项目执行前期、中期和后期监测范围，对可能会受到注入活动影响的地上和地下空间进行初步确定，以便为二氧化碳地质利用与封存的监测提供基础和指导。

二氧化碳的泄漏通道主要是沿着注入井或废弃井、裂缝、断层等向上部地层泄漏，影响浅部地层环境，进而向地表运移。因此，监测的空间范围通常包括因二氧化碳封存可能产生影响的区域，即审查区域。其主要确定原则为：

- （1）监测范围应该通过二氧化碳在地下的运移行为来确定，并综合考虑二氧化碳羽流的存在形态、泄漏通道的存在以及地形与气候等条件<sup>[5]</sup>；
- （2）监测范围应该覆盖海底和地下的所有注入场所、相关工业设备、考虑周边的井、断裂等可能通道的存在（图 2）。图 2 展示出为二氧化碳封存体影响与监测范围的空间区域划分及相互关系。图 2 利用数值模拟法确定评估范围示意案例，基于<sup>[6]</sup>确定。

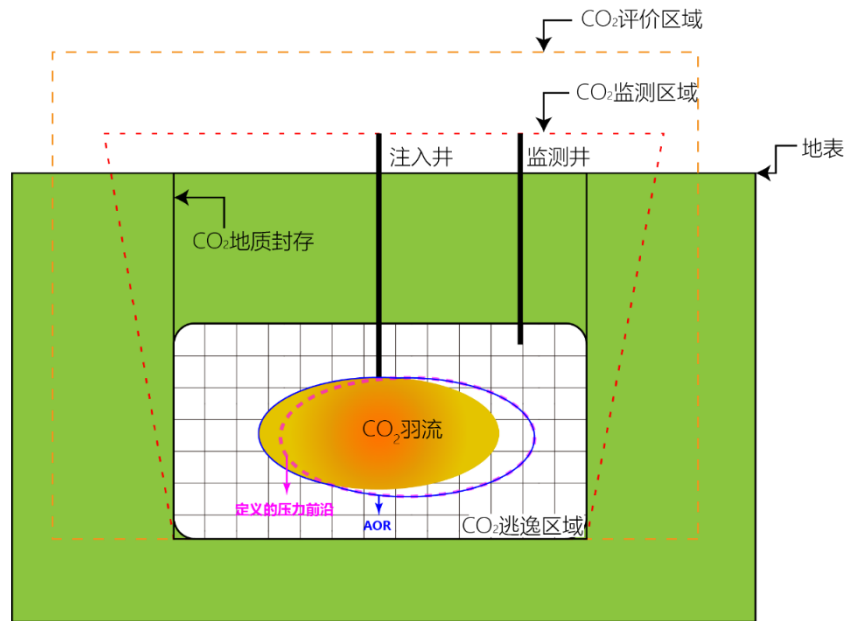


图 2 监测与环境风险评估范围示意图

#### 4.5 数据准备

根据已有标准<sup>[7]</sup>和神华鄂尔多斯二氧化碳咸水层封存项目的水质监测和近地表二氧化碳浓度监测范围<sup>[8]</sup>，确定本标准中的数据准备。

监测范围确定工作正式开展前，应先收集工区及其周边区域如下资料：

- a) 地形、河流、湖泊等自然地理资料；
- b) 居民点、道路、管线、水利设施等人文地理资料；
- c) 发生时间、频次、深度等地震活动资料；
- d) 地下水类型、补、径、排特征等水文地质资料；
- e) 井位、井深、测井、录井等钻探资料；
- f) 构造、地层、岩性、火成岩分布等区域地质资料；
- g) 储层孔隙度、渗透率等资料；
- h) 注入量、注入速率等工程资料；
- i) 工区布置等资料。

#### 4.6 二氧化碳地质利用与封存监测范围边界确定方法确定依据

监测范围的边界可根据资料丰富度、封存综合体的地质情况和周围环境，可通过数值模拟法、简单函数法、案例类比法和实验验证法获得。该监测范围



边界确定方法的提出参考了《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南(试行)》<sup>[9]</sup>和基于<sup>[10]</sup>确定。

(1) 数值模拟法: 数值模拟法是利用数值模拟手段, 根据二氧化碳羽流的分布和压力分布, 确定封存体边界范围。监测范围的边界应覆盖通过确定的潜在二氧化碳羽流面积/垂直分布信息。封存体边界定义为二氧化碳羽流与压力前缘的外轮廓, 此边界基于<sup>[6]</sup>确定。

- 二氧化碳压力分布由二氧化碳压力前缘限制。压力前缘是指由二氧化碳注入地下造成的压力上升区域。二氧化碳压力前缘的压力值 ( $P_{i,f}$ ) 可由最低可探测压力或压力差两种方法确定。

- 最低可探测压力, 即约为 0.02MPa。根据美国环保署 Environmental Protection Agency (EPA) <sup>[6]</sup>提出二氧化碳羽流与压力前缘的直接监测的最高精度约为 0.005MPa, 结合我国现有井下传感器的平均精度, 并基于<sup>[26]</sup>和经编写专家组讨论确定。

- 压力差方法, 导致注入流体或地层流体运移至V类地下水的压力差。

$$P_{i,f} = P_u + \rho_i g(Z_u - Z_i) \quad (\text{式 1})$$

$P_u$ 为V类地下水含水层的初始压力;  $\rho_i$ 是注入层流体密度;  $g$ 为重力加速度;  $Z_u$ 为V类地下饮用水源含水层的代表性高程 (representative elevation);  $Z_i$ 为注入层的代表性高程。

压力差计算 (式 1) 基于我国对饮用水地下水源各级保护区及准保护区和其污染防治管理规定要求, 地下水质量标准中的V类标准定义为不宜饮用, 该类水的溶解性总固体 > 2 000 mg /L, 根据导致注入流体或地层流体运移至V类地下水的压力差计算。此指标的提出和选择依据经编写专家组讨论确定。

- 参考美国环保署 EPA<sup>[6]</sup>的行动导则, 结合分离相二氧化碳羽流和压力前沿确定封存体边界是二氧化碳羽流与压力前缘的外轮廓 (图 3)。

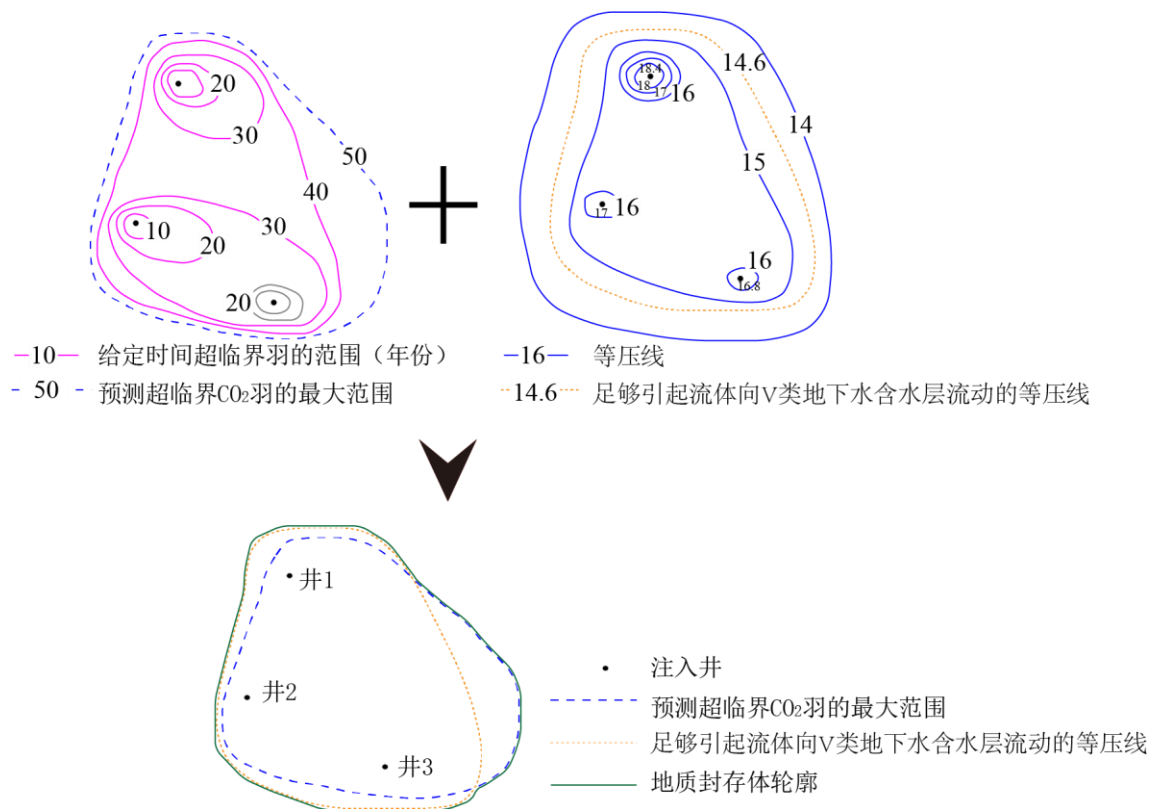


图 3 利用数值模拟法确定评估范围示意案例

- 监测的平面范围可在 7.1.4 确定的边界适当外扩一定距离，外扩距离可根据项目规模、场地条件等确定，并说明理由，无法确定时，可外扩 800 米。800 米范围的选取经编写专家组讨论并基于<sup>[11]</sup>确定。

(2) 简单函数法:根据有效封存容量计算公式推导二氧化碳羽流半径在储层的分布半径。此方法可以利用有限的、易获得的参数，通过简单的函数计算快速确定评估范围。

- 咸水层封存二氧化碳羽流分布半径依据美国能源部的 DOE 体积法进行有效封存容量评估的思想，利用有效封存容量计算公式推导确定二氧化碳羽流半径，通过分布系数计算确定监测范围<sup>[10]</sup>。

(1) 咸水层单井注入羽流分布面积:

$$A_p = \frac{G_{CO_2}}{h_g \cdot \varphi_{tot} \cdot \rho_{CO_2} \cdot E_{saline}} \quad (\text{式 } 2)$$

(2) 咸水层封存二氧化碳羽流分布半径:

$$r = \sqrt{\frac{G_{CO_2}}{h_g \cdot \varphi_{tot} \cdot \rho_{CO_2} \cdot E_{saline} \cdot \pi}} \quad (\text{式 3})$$

$G_{CO_2}$  为单井注入量； $h_g$  为咸水层的厚度； $\varphi_{tot}$  为咸水层的平均孔隙率； $\rho_{CO_2}$  为二氧化碳密度； $E_{saline}$  为咸水层内二氧化碳置换系数。

- $E_{saline}$  取值可根据实验或模拟手段获得，或者采用表 1 推荐值，数据值基于<sup>[12]</sup> 确定。

表 1 咸水层置换系数  $E_{saline}$  推荐值

岩性	P10	P50	P90
碎屑岩	0.074	0.14	0.24
白云岩	0.16	0.21	0.26
石灰岩	0.1	0.15	0.21
砂岩	0.15		

- 油气藏封存二氧化碳羽流分布半径确定与咸水层封存二氧化碳羽流分布半径相似，基于<sup>[2]</sup> 确定。
- 二氧化碳强化驱油羽流分布半径

$$r = \sqrt{\frac{G_{CO_2}}{h_n \cdot \varphi_e \cdot (1 - S_w) B \cdot \rho_{CO_2} \cdot E_{oil/gas} \pi}} \quad (\text{式 4})$$

- $G_{CO_2}$  为单井二氧化碳封存容量； $h_n$  为油气柱净高度； $\varphi_e$  为净厚度的平均有效孔隙度； $S_w$  为平均初始水饱和度； $B$  为流体地层体积系数，将标准油气体积转换为地下体积（在储层压力和温度条件下）如果包括石油储层中的气体产量，则包括修正溶液气体体积，如果有信息，可以对生产数据应用效率，将其转换为二氧化碳存储量；否则，可以采用二氧化碳（储层压力和温度）替换生产的油气。 $\rho_{CO_2}$  为二氧化碳标准密度； $E_{oil/gas}$  为二氧化碳地质储存有效系数。
- 对于单井的环境监测范围半径，需考虑单井的环境监测半径受单井注入量、储层厚度、储层孔隙度、储层温度压力条件下二氧化碳的密度，以及有效系数的影响，当单井注入量、储层条件如岩性、温度、压力、有

效厚度以及孔隙度基本一致时，可以以已知单井监测半径作为该井的监测半径，并进而确定整个项目的监测范围。

- (3) 案例类比法：例类比法是综合当前已有 CGUS 项目的监测、模拟成果，参考已有 CGUS 项目的环境监测范围来确定。建议通过注入量、储层类型等要素进行对比。在项目的初期阶段，相关场地资料较为缺乏的时候，可以采用该方法进行范围的初步划定。
- (4) 实验验证：7.1，7.2 中涉及的参数可通过实验室室内实验和场地实验进行确定。建议根据实验结果对数值模拟法（7.1）进行验证和校正，使监测范围评估更准确。

#### 4.7 不同监测要素的范围确定

- (1) 二氧化碳地质利用与封存过程中，环境监测范围主要包括土壤、地表水、浅层地下水、环境空气等环境质量变化。二氧化碳注入期间及注入后，受注入压力的驱动在注入井附近向四周运移扩散，随着时间和运移距离的推移，二氧化碳的迁移主要受深部地层结构和状况影响。综合考虑以上因素，将监测点区域分为以注入井为中心的灌注中心区和灌注外延区，中心区和外延区的范围主要依据二氧化碳地质利用与封存监测范围边界确定方法（7）确定。
- (2) 土壤监测范围根据 GB 15618 《土壤环境质量标准》<sup>[17]</sup>和 HJ/T 166 《土壤环境监测技术规范》<sup>[4]</sup>与二氧化碳地质利用与封存监测范围边界确定方法（7）确定。外延区除考虑 8.1 原则以外，还应考虑周边自然保护区、二氧化碳敏感植被分布等。依据 T/CSES 71-2022 《二氧化碳地质利用与封存项目泄漏风险评估规范》<sup>[7]</sup>，建议特别保护区的外延区距离应大于 3000m。

- 地表水监测范围根据 HJ 91.2-2022 《地表水环境质量监测技术规范》<sup>[18]</sup>与二氧化碳地质利用与封存监测范围边界确定方法（7）确定。监测地

表水重点污染区及可能产生污染的地区。

- 浅层地下水。监测范围根据 HJ 610《环境影响评价技术导则 地下水环境》<sup>[3]</sup>与二氧化碳地质利用与封存监测范围边界确定方法（7）确定。建议地下水监测贯穿在整个项目过程中进行。监测地下水重点污染区及可能产生污染的地区。

(3) 环境空气。监测范围根据 HJ 2.2《环境影响评价技术导则 大气环境》<sup>[2]</sup>与二氧化碳地质利用与封存监测范围边界确定方法（7）确定。依据 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》<sup>[7]</sup>，地上空气监测范围建议距地表 2m 高度范围内大气二氧化碳浓度或距离地表 5 m 和 10 m 的大气二氧化碳通量监测。

#### 4.8 监测时间范围确定

二氧化碳地质利用与封存的监测时间范围应包括注入前、注入中、场地关闭及关闭后共 4 个阶段。不同阶段监测时间范围见表 2。监测时间范围确定依据现有二氧化碳泄漏环境影响评估标准<sup>[7]</sup>，考虑二氧化碳开始注入、注入中、场地关闭及关闭后的时间跨度，以此作为监测二氧化碳是否发生泄漏的范围依据，确保二氧化碳地质利用与封存长期、有效且安全。本标准对监测频率和监测方式不做详细规定，可参考现有监测标准要求执行。

表 2 推荐监测阶段涉及的监测时间

监测阶段	注入前	注入中	场地关闭	关闭后
监测时间范围	1-5 年	5-50 年	-	20-50 年

注 1：场地关闭时需要监测并将监测结果与预测结果对照确认预测模型无误，判定场址的安全性后，场地可关闭与移交。

注 2：场地关闭后，除特殊情况无需特别监测，可维持基本安全监测。

注 3：商业项目开始前的试注不属于注入阶段。

#### 4.9 范围更新确定依据

监测范围应该随着资料的补充，更新频率依据 CGUS 注入方案和项目场地实施情况更新。在任何情况下考虑到评估泄漏风险的变化、影响、新的科学知

识和现有最佳技术的改进，监测范围需定期更新。更新后的计划应重新报主管机关批准。如果发生泄漏或重大违规情况，还应作为紧急情况更新该监测范围，因为作为纠正措施的一部分，可能需要对泄漏进行量化。

#### 4.10 附 1 数据表格填写

监测范围确定过程需要对数据进行记录，完成附 1 的表格填写。

### 二氧化碳地质利用与封存监测范围确定

项目名称			
项目编号			
项目负责单位			
项目负责人		联系电话	
电子邮箱			
项目监测范围评估时间			
监测范围边界			
监测范围边界确定方法			
CO <sub>2</sub> 羽流分布半径			
环境监测范围			
土壤		地表水	
浅层地下水		环境空气	
监测时间范围			
项目执行阶段	<input type="checkbox"/> 注入前 <input type="checkbox"/> 注入中 <input type="checkbox"/> 场地关闭后		
监测时间范围			

#### 5. 涉及专利情况

无

## 6. 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

标准发布后，将由中科院武汉岩土所牵头，制定明确的标准宣贯培训计划。拟撰写新闻稿，通过新闻媒体进行宣贯，并邀请二氧化碳地质利用与封存领域的知名专家在相关学术会议上宣传该标准。拟在行业内进行宣传与贯彻，并组织有关部门进行学习和培训。增进相关人员对该标准的了解，为该标准真正在工程实践中发挥作用提供支撑。

## 7. 国内国际标准对比情况

国内外尚无专门针对二氧化碳地质利用与封存监测范围确定的标准，部分指标参照《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》、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、ISO 27914 二氧化碳捕集、运输与地质封存-地质封存等国内国际标准。

## 8. 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

截至目前，我国已颁布了环境空气质量标准、环境影响评价技术导则-大气环境、土壤环境质量标准、土壤环境监测技术规范、地表水环境质量监测技术规范、风险管理指南、工程场地地震安全性评价等相关风险评估规范与监测技术。《二氧化碳地质利用与封存监测范围确定技术指南》的制定将填补上述标准、规范未涉及的二氧化碳地质利用与封存监测范围确定的内容，成为上述标准、规范的重要补充，实现与现有标准的协调配套，发挥标准体系的效益。

## 9. 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在草案征求意见过程中无重大分歧。

## 10. 贯彻标准的要求和措施建议

本标准确定的指标基于充分的文献调研和工程实践经验，符合大多数二氧化碳地质利用与封存示范工程的实际情况。该标准可直接在行业内大多数二氧

化碳地质利用与封存示范工程中贯彻实施。本标准可提高相关行业的技术水平，建议尽早实施。

## 参考文献

- [1] T/CSES 41-2021 二氧化碳捕集利用与封存术语
- [2] HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境
- [3] HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境
- [4] HJ/T 166 土壤环境监测技术规范
- [5] 中国二氧化碳地质封存环境风险研究组.中国二氧化碳地质封存环境风险评估培训教材 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [6] Environmental Protection Agency. Geologic Sequestration of Carbon Dioxide-Underground Injection Control (UIC) Program Class VI Well Area of Review Evaluation and Corrective Action Guidance [R] Washington, D.C.: Office of Water, 2013: 83.
- [7] 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
- [8] 张力为, 李琦等. 二氧化碳地质利用与封存的风险管理[M]. 科学出版社, 2020.
- [9] 《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》
- [10] 李琦, 刘桂臻, 蔡博峰, 等. 二氧化碳地质封存环境风险评估的空间范围确定方法研究. 环境工程, 2018, 36(2): 27-32.
- [11] Title-40 CFR 98.449. Code of Federal Regulations
- [12] IEA GHG. Development of Storage Coefficients for Carbon Dioxide Storage in Deep Saline Formations [R]. Cheltenham, UK: IEA Greenhouse Gas R&D Programme, 2009: 61.
- [13] European Communities. Directive 2009 /31 /EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the geological storage of carbon dioxide and amending Council Directive 85 /337 /EEC, European Parliament and Council Directives 2000 /60 /EC, 2001 /80 /EC, 2004 /35 /EC, 2006 /12 /EC, 2008 /1 /EC and Regulation (EC) No 1013 /2006 (Text with EEA relevance) [J].
- [14] Official Journal of the European Union, 2009, L140: 114-135.
- [15] GB 3095 环境空气质量标准（第 1 号修改单）



- [16] GB 17741 工程场地地震安全性评价
- [17] GB 15618-2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)
- [18] HJ 91.2-2022 地表水环境质量监测技术规范
- [19] ISO 31000 风险管理指南 (Risk management – Guidelines)
- [20] GB/T 14848-2017 地下水质量标准
- [21] GB/T 7713.3 科技报告编写规则
- [22] GB/T 33583 陆上石油地震勘探资料采集技术规程
- [23] ISO 27914:2017 Carbon dioxide capture, transportation and geological storage - Geological storage
- [24] ISO/TR 27923:2022 Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Injection operations, infrastructure and monitoring
- [25] Geologic Sequestration of Carbon Dioxide Underground Injection Control (UIC) Program Class VI Well Area of Review Evaluation and Corrective Action Guidance
- [26] 刁玉杰, 马鑫, 李旭峰, 张成龙, 刘廷. 咸水层 CO<sub>2</sub> 地质封存地下利用空间评估方法研究. 中国地质调查. 2021,8(4):87-91.
- [27] 马劲风, 杨杨, 蔡博峰, 曹丽斌, 周颖, 李琦. 不同类型二氧化碳地质封存项目的环境监测问题与监测范围. 环境工程. 2018;36:10-14.
- [28] 张媛媛, 刘海丽, 李旭峰, 刁玉杰, 张建, 张森琦, 陆诗建, 尚明华, 陆胤君. 识别 CO<sub>2</sub> 驱油泄漏风险的环境监测方法学研究. 油气田环境保护. 2015;25:76-77.
- [29] 蔡博峰, G. Leamon, 刘兰翠. 二氧化碳地质封存和环境监测. 北京: 化学工业出版社; 2012.
- [30] 张森琦, 刁玉杰, 程旭学, 张晓娟, 张杨, 郑宝峰, 赵学亮. 二氧化碳地质储存逃逸通道及环境监测研究. 冰川冻土. 2010;32:1251-1261.
- [31] 李琦, 刘桂臻, 张建, 贾莉, 刘海丽. 二氧化碳地质封存环境监测现状及建议. 地球科学进展. 2013;28:718-727.