

《海上 CO₂ 咸水层封存场地适宜性评价规范》

（征求意见稿）

编制说明

标准起草组

2024 年 12 月

目录

一、工作简况	1
1.1 任务来源	1
1.2 制定背景	1
1.3 起草过程	2
二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据	3
2.1 标准编制原则	3
2.2 标准主要内容及其确定依据	4
三、技术经济分析论证和预期的经济效益	7
四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况	8
五、以国际标准为基础的起草情况	8
六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系	8
七、重大分歧意见的处理经过和依据	8
八、涉及专利的有关说明	8
九、实施要求与措施建议	8
十、其他应当说明的事项	8

一、工作简况

1.1 任务来源

为加快碳达峰碳中和标准体系建设，国家市场监督管理总局标准技术司于2021年8月印发征集碳达峰碳中和国家标准专项计划的通知，征集立项碳达峰碳中和国家标准。2023年12月，国家标准化管理委员会发布《关于下达碳达峰碳中和国家标准专项计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发〔2023〕67号），旨在抓紧健全碳达峰、碳中和标准体系，推进低碳绿色能源转型。本标准计划号为20232495-T-424，由中国标准化研究院归口。

1.2 制定背景

场地适宜性评价是开展CO₂地质封存的前提和基础，CO₂封存场地适宜性评价是指在地质安全性、储存潜力以及社会经济等条件的约束下，沉积盆地、地质构造单元或局地适宜CO₂地质封存的优劣程度。

目前国外很多学者建立了不同的评价指标体系和评价方法。Bachu 和 Adams 提出了一套包括15个指标的盆地级别评价指标体系，并对加拿大的主要沉积盆地进行了评价。D.Savage 等提出情景法可以模拟CO₂在泄漏、渗透以及其他意外条件下对周围试验对象的影响情况。Bowden and Rigg 创新了CO₂地质储存工程中的风险评价方法，提出了相关性分析方法，并引用定量的概率风险评价方法，可用于多个场地的筛选和排序。碳封存领导人论坛（CSLF）开发了一系列的用于筛选CO₂封存场地的指标，如足够的储层深度、构造圈闭完整、足够的CO₂封存能力、有效的储层岩石特性等，同时提出了有关CO₂地质储存潜力的简化金字塔方案，旨在区别理论、有效与实际封存能力之间的评估差异。

国内张晓普等采用层次分析法和模糊综合评判法对鄂尔多斯地区CO₂地质储存进行了定量的适宜性评价，并选择地质稳定性、储存CO₂的潜力、水文地质条件3个一级指标和15个二级指标作为评价指标。张国强等结合松辽盆地地质条件，建立了包括地质储存规模、储存经济性、储存条件和储存安全性4个

方面、20 个指标、5 个指标划分等级的评价指标体系，并应用于松辽盆地 6 个一级构造单元的适宜性评价。张森琦等建立了技术指标、安全性评价指标、经济适宜性指标和地面地质—社会环境指标 4 个指标层、60 余个指标的选址评价指标体系，并提出了基于层次分析（AHP）的多因子排序选址评价方法。沈平等建立了包括 25 个指标、5 个分级的指标体系，认为盆地 CO₂ 地质埋存适应性分析是一项非常复杂的科学分析工程，需要充分利用现有的基础资料和地质成果对沉积盆地进行综合描述，建立盆地 CO₂ 地质储存适应性分析模型。然而国内外这些评价指标体系都是基于国家/盆地/区域级别开展的，对于场地级别各机构公开发布的研究较少。但对于实际封存项目而言，迫切需要开展场地级封存适宜性的评价。

目前，我国海上 CO₂ 咸水层封存尚处于起步阶段，尚未有相关研究提出海上场地级别的封存适宜性评价的标准规范。而海上 CCUS 封存潜力巨大，也是确保中国实现 2060 年碳中和目标的重要途径之一。此外，目前中海油已开展多项 CO₂ 地质封存科研项目，初步开展了珠江口盆地目标优选、经济性分析等工作，同时集团公司成立 CCUS 工作专班，推动海上 CCUS 示范项目实施。为了更好的规范工作流程，为海上 CCUS 的产业布局和规划提供支撑，亟需制定相应的企业标准。

因此，本标准提出了海上 CO₂ 咸水层封存适宜性评价方法，并对场地级别的封存适宜性评价方法及其指标体系进行了定义和说明，以期为海上场地级 CO₂ 咸水层封存项目实施提供技术支撑。

1.3 起草过程

国家标准《关于下达碳达峰碳中和国家标准专项计划及相关标准外文版计划的通知》项目计划任务下达后，起草组拟定标准编制的工作计划。具体工作计划如下：

（1）2024 年 1-3 月，起草组查询了与制定标准内容有关的国家和地方政府文件、国家标准、行业标准；对 CSLF，DOE，中国石油，中国地质调查局等国内外适宜性评价指标与方法进行了分析研究。通过总结实践已有的盆地、次盆地、区域级的二氧化碳封存适宜性评价方法研究成果，提出了场地级别的二氧

化碳封存适宜性的评价方法。完成标准草案提纲的编制。

(2) 2024 年 4-7 月，起草组在整理、归纳、消化调研资料及封存设计实践的基础上，按照编制的标准草案提纲，进行标准开题论证，完成《海上 CO₂ 咸水层封存场地适宜性评价方法》标准草案编制。

(3) 2024 年 7 月 12 日，组织召开标准开题启动会及草案审查会，中国标准化研究院、中国石油石化联合会、中国地质调查局等单位，中国标准化研究院、中国 21 世纪议程管理中心、中科院武汉岩土力学研究所、中海油集团公司勘探开发部、中海油新能源部、中海油天津分公司、中海油上海分公司、中海油深圳分公司、中海油湛江分公司、中海油海南分公司、中石油勘探开发研究院提高采收率研究所，中石化勘探开发研究院提高采收率技术研究所、中国石油大学（北京）、中科院南海海洋研究所、中国地质调查局水环中心、地调局青岛海洋地质研究所、厦门大学、广东省环境科学研究院、西安石油大学、长庆油田、吉林油田、新疆油田等高等院校和科研院所共计 23 家单位总计 41 名与会代表参加。

标准编制组汇报了该项国家标准的国际国内背景，并针对海上 CO₂ 咸水层封存的专业术语、评价指标和评价方法等作了介绍。起草人员和与会专家对标准草案内容进行了充分讨论，提出了具体修改建议。

(4) 2024 年 8-12 月，起草组内部进行了多轮集中讨论和修改，并组织了行业专家讨论，针对专家意见进行了认真考虑和研究，编制完善了标准文本，形成了标准征求意见稿。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

2.1 标准编制原则

1、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。

2、本标准的编制借鉴了国内外封存场地适宜性评价方法研究成果，并结合国际国内已开展和正在开展的 CCUS 项目和发展状况编写本标准内容。

3、与现有的有关 CO₂ 地质封存方面的国际标准、国际组织标准以及国家标

准相协调。

2.2 标准主要内容及其确定依据

本标准主要包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、评价目的和流程、评价内容及指标、场地适宜性评价方法、附录 A “常用海上 CO₂ 咸水层封存适宜性评价相关数据表” 等 7 部分，各部分主要内容如下：

（1）范围

本标准规定了海上 CO₂ 咸水层封存场地适宜性评价的指标和方法，适用于海上 CO₂ 咸水层封存场地适宜性评价和选区评价。

（2）规范性引用文件

本标准的规范性引用文件包括：

GB/T 17741 工程场地地震安全性评价

SY/T 6942 石油天然气盖层评价方法

（3）术语和定义

本标准对海上封存场地、海上封存适宜性等给出了具体定义。

（4）评价目的和流程

目前 CO₂ 地质封存适宜性评价常采用多属性决策方法（也称多目标决策方法）。多属性决策理论主要分为指标体系（权重）和决策方法（评价方法）两部分。根据国内外 CO₂ 封存场地适宜性评价方法，总结梳理出评价流程，主要包括：a) 资料收集；b) 基础条件评估；c) 建立评价指标体系；d) 确定各评价指标权重；e) 评价场地适宜性。

（5）评价内容及指标

借鉴 CO₂ 地质封存技术的应用经验，对各评价指标的合理范围进行描述，并尽可能量化，总结这些指标的范围，得出适合某场地 CO₂ 地质封存的各因素合理取值范围及评分标准。以此为基础，对目标场地的各指标进行评价，以决定其 CO₂ 地质封存的适宜性。

——盖层连续性

参考《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》、欧盟最佳实践手册、IEA、中石油盆地级选区指标等确定。

——盖层岩性

参考《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》等筛选指标。

——盖层厚度

我国近海浅部盖层多为泥砂岩薄层互层，参考中科院岩土力学所评价结果，单层盖层厚度宜大于 10m。

——盖层渗透率

基于《Caprock compressibility and permeability and the consequences for pressure development in CO₂ storage sitesl》确定。

——盖层数量

基于《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》、封闭性研究成果确定。

——断层和裂缝

参考《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》、欧盟最佳实践手册、IEA、中石油盆地级选区指标等确定。

——活动断层距离

活动断层：晚第四纪以来（最近数万年）有活动的断层。 基于《断层活动速率研究方法及应用探讨》、《中国大陆的强震活动与活动地块》等确定。

——地震历史记录

基于中科院岩土力学封存选区指标确定。

——封存体面积

基于珠江口盆地、渤海湾盆地封存项目选区研究确定。

——储层埋深

参考《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》、欧盟最佳实践手册、IEA、中石油盆地级选区指标等确定。中国近海盆地超压地层顶面埋深普遍超过 3000~3500m，推荐上限为 3500m。

——储层厚度

基于珠江口盆地、渤海湾盆地封存项目选区研究确定。

——储层砂厚比

我国近海新近系储层多为泥砂互层，基于《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》等确定。

——储层孔隙度

基于珠江口盆地、渤海湾盆地封存项目选区研究确定。

——储层渗透率

基于国外封存项目，珠江口盆地、渤海湾盆地封存项目选区研究确定。渤海湾新近系储层渗透率 30~20000mD，珠江口盆地储层渗透率 10~15000mD，同时考虑渤海湾未来低渗储层封存潜力，确定该值范围。

——储层压力系数

参考《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》、欧盟最佳实践手册、中石油盆地级选区指标等确定。

——地层水矿化度

基于《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》、《地质封存温压条件下 CO₂ 溶解、扩散及水岩反应实验研究》确定。

——地温梯度

基于澳大利亚 CO₂CRC 指标、《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》等确定。

——地质灾害易发性

基于《渤海海域海底地质灾害危险性区划》、《基于海洋灾害地质评价基础上的我国近海海底稳定性区划》等确定。

——限制区

基于珠江口盆地选区研究、《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》等确定。

——海洋水深

基于我国海上油气田分布、水深线离岸距离等确定。

——场地勘探程度

基于珠江口盆地选区研究确定。

——基础设施

基于珠江口盆地选区研究确定。

——离岸距离

基于珠江口盆地选区研究确定。

（6）场地适宜性评价方法

基于珠江口盆地选区研究、《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》、《CO₂

地质储存潜力与适宜性评价方法及初步评价》、《深部咸水层 CO₂ 地质储存适宜性评价方法研究》、《深部咸水层 CO₂ 地质储存工程场地选址技术方法》等确定。

采用专家打分法确定权重最典型的案例是 Bachu 提出的盆地级场地适宜性评价方法。Bachu 提出了一套包括 15 个指标的盆地级别评价指标体系，建立了沉积盆地 CO₂ 地质封存评价指标体系，是很多盆地级场地选择的方法基础。这种方法给定了由专家直观判断确定的权重以及分值，对不同的指标确定评价等级以及量化分值，并将不同指标的分值标准化，目的是将代表不同含义和重要程度的指标转化成无量纲的 0 和 1 之前的参数，15 个指标各自的评价分数和各自权重相乘，然后再相加得到该场地的适宜性评价分数，具体的计算细节参考我们之前的工作。Oldenburg 提出的方法中也采用专家经验判断权重，获得评价得分。

对多源复杂因素共同作用的 CO₂ 地质储存场地进行评价，必须解决评价指标的不同属性、不同度量标准、不同定性定量标准等的统一化和规范化问题，一般应对复杂因素构成的整体问题进行层次分解和重新构造，建立多目标的综合评价指标体系和模型，从而指导和规范 CO₂ 地质储存适宜性评价的内容和过程。

（7）常用海上 CO₂ 咸水层封存适宜性评价相关数据表

分级评价赋值等级有三标度法、五标度法、七标度法等，评价等级如何定量划分，涉及因素很多，目前还没有形成公认的统一标准。若等级数量划分过多，则等级间界限不好确定，而且计算工作量大；若等级数量划分过少，又不利于反映封存场地的适宜性情况。本标准以 CO₂ 地质封存适宜性评价最简单、常用的三标度（好、一般、差）对指标进行分级划分评价，给出了常用海上 CO₂ 咸水层封存适宜性评价推荐指标和范围。

三、技术经济分析论证和预期的经济效益

本标准技术性标准，本标准的制定将更好地满足国家标准管理要求及指导场地级封存工作实际，为 CO₂ 咸水层封存项目中封存场地的筛选提供指导，并为符合国家、行业的咸水层封存容量评估起到规范性参考作用。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

国际上尚无专门针对海上的 CO₂ 封存场地适宜性评价标准，同类标准主要针对陆上环境，对于生产社会活动、地表水体等要求与海上存在明显差异。

五、以国际标准为基础的起草情况

本标准不涉及采标。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准与现行法律、法规及相关标准协调一致。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循了各方参与原则，制定时充分吸收了相关领域专家的意见和建议，无重大分歧。

八、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利。

九、实施要求与措施建议

本标准发布后，建议由主管部门组织标准的宣贯，对企业、有关部门和单位的 CCUS 相关人员进行培训，使本标准在相关企业、部门和单位的实际工作中得到及时的采用和有效贯彻。

同时也需要有关单位在后续工作中进行验证，发现总结本标准规定的不足之处，通过修订更好地满足实际工作需要。

十、其他应当说明的事项

无。