

《二氧化碳捕集运输和地质封存 — 地质封存》国家
标准征求意见稿编制说明

2024 年 10 月 29 日

一、 工作简况

1.1 任务来源

为保证二氧化碳地质封存项目规范实施，国际标准化组织 2017 年发布了 ISO 27914 《Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Geological storage》国际标准。但是，对于我国二氧化碳地质封存项目的适用与参考仍需要进一步分析和解释，为此 2023 年 12 月国家标准化管理委员会下达《二氧化碳捕集运输和地质封存—地质封存》国家标准制定计划。中国科学院武汉岩土力学研究所，中国标准化研究院，中国地质调查局水文地质环境地质调查中心等单位联合制定《二氧化碳捕集、运输和地质封存 — 地质封存》，规范和统一地质封存领域的术语、定义和技术标准，加强中国二氧化碳地质封存项目规范实施，促进与其他国家在该领域内的国际交流与合作（计划号：20232501-T-469）。

1.2 制定背景

2020 年 9 月，习近平主席在第 75 届联合国大会宣布中国 2030 年前实现碳达峰和力争 2060 年前实现碳中和，这是中国对全球气候治理和落实《巴黎协定》的最大贡献。习近平总书记的对外宣示开启了中国应对气候变化的新征程。全球和中国碳中和愿景的逐渐明确及加快推进，二氧化碳捕集利用和地质封存（CCUS）技术作为我国实现碳中和目标技术组合的重要组成部分，在应对气候变化和能源转型方面的作用日益凸显。

在 CCUS 技术的发展和项目实施过程中，制定地质封存相关技术标准是非常必要的一步。这项工作将有助于规范和统一地质封存领域的术语、定义和技术标准，使其更加系统化和标准化。通过这些标准的制定和实施，可以有效提高项目的兼容性和互操作性，减少在实际操作中可能出现的不一致性问题。此外，这些标准也为科研人员和工程师提供了一个共同的参考框架，便于技术交流合作。

制定标准不仅利于国内的技术发展，还能促进中国与其他国家在地质封存领域的国际交流与合作。在全球日益重视碳减排的背景下，国际合作将有助于分享最前沿的研究成果和工程实践经验，加速技术的创新与推广。通过积极参与国际标准的制定和交流，中国可以在国际舞台上发挥更大的作用，为全球 CCUS 技术的进步做出贡献。

1.3 起草过程

2023 年 12 月，国家标准规划管理委员会下达了《二氧化碳捕集运输和地质封存—地质封存》标准制定计划，计划号：20232501-T-469。

2024 年 1 月，中国科学院武汉岩土力学研究所组织召开了本标准启动会，介绍了标准制定背景、技术进展、标准内容，成立了标准起草组，确定标准制定工作计划。

2024 年 1 月至 6 月，利用电子邮件、远程视屏会议等形式，中国科学院武汉岩土力学研究所与承担单位组织召开专家讨论会，针对《二氧化碳捕集、运输和地质封存—地质封存》内容进行讨论和修改。

2024 年 7 月至 9 月，中国科学院武汉岩土力学研究所与承担单位组织召开专家讨论会，完善和确定标准文本内容，形成了标准征求意见稿及编制说明。

2024 年 10 月，由中国科学院武汉岩土力学研究所提交标准文本和编制说明至国家标准化管理委员会。

二、 国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比

2.1 标准编制原则

本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》的要求和规定进行编写。

为确保我国二氧化碳地质封存项目在其生命周期的所有阶段安全有效地将二氧化碳储存在地质储层中，我们制定了本标准，以规范项目实施过程中的各项操作。本标准编制的指导思想为科学性、完整性、准确性和可操作性。力求确保本标准能够广泛应用于各类二氧化碳地质封存项目之中。同时，该标准也为二氧化碳地质封存技术提供明确的指导，以确保二氧化碳能够长期且安全地储存在地质储层中，最终为相关行业提供强有力的技术支持。

本标采用了国际标准 ISO 27914《Carbon dioxide capture, transportation and geological

storage — Geological storage》。

2.2 标准主要内容及其确定依据

本标准主要包括：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、管理系统、场地筛查、选择和表征、风险管理、井基础设施、CO₂封存场地注入作业、监测和核查、闭场等 10 部分，各部分主要内容如下：

（1） 适用范围

本文件规定了二氧化碳地质封存管理层对原则的承若，场地筛查、选择和表征，风险管理，井筒基础设施，二氧化碳封存场地注入作业，监测和核查，及闭场的要求和建议。

本文件适用于陆上和海上渗透性和多孔性地层中的二氧化碳地质封存，包括油气储层在内，不适用于以提高油气采收率为目的的二氧化碳注入，或与二氧化碳提高油气采收率相关的二氧化碳封存。

- 1) 每个项目的选址和管理都是独特的，固有的技术风险和不确定性将根据具体的选址来处理；
- 2) 整个项目生命周期（包括项目结束期）都需要获得监管机构的许可和批准，但本文件未包含许可流程；
- 3) 为管理系统的开发、社区和其他利益相关方的参与、风险评估、风险管理和风险沟通提供要求和建议；
- 4) 不适用、修改、解释或取代任何适用于本文件所述活动的国家或国际法规、条约、议定书或文书；
- 5) 不适用于或修改地面或地下的任何财产权利或权益（包括矿业权），或与该等财产有关的任何预先存在的商业合同或安排；
- 6) 其目的是促进二氧化碳的商业、安全和长期的封闭，最大限度地降低对环境、自然资源和人类健康的风险。

二氧化碳地质封存项目的生命周期涵盖了项目的各个方面、时期和阶段，从项目开始前的活动（包括场地筛选、选择、表征、评估、工程、许可和建设），到开始注入到随后的运营，直到停止注入并以封存期结束，其中包括一个关闭期。本文件的适用范围如图1所示。

本文件不涉及任何关闭后阶段或关闭后的特定时间段内所需遵守的要求或标准, 不适用于:

- 1) 关闭后阶段;
- 2) 提高油气采收率的二氧化碳注入, 或与二氧化碳提高油气采收率相关的二氧化碳封存;
- 3) 其他酸性气体处置, 二氧化碳流的组成部分除外;
- 4) 废物和其他添加物质的处置;
- 5) 二氧化碳注入和封存在煤、玄武岩、页岩和盐穴中;
- 6) 使用任何形式的埋在地下的容器进行封存。

本文件可能不适用于研究项目, 例如以测试技术或监测方法为主要目的的项目。
本文件中的关闭期与欧盟法规定义的关闭后阶段重叠。但本文件不涉及责任转移。

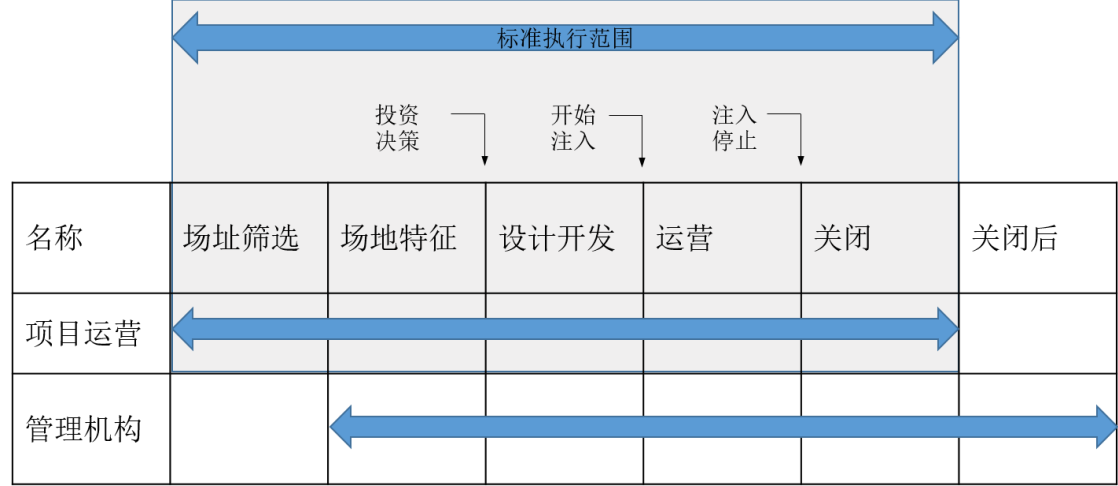


图 1 封存项目生命周期执行阶段

(2) 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

(3) 术语和定义

ISO 27917: 2017 二氧化碳捕集、运输和地质封存—词汇—共性术语界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

(4) 管理层对原则的承诺

规定了二氧化碳封存项目的活动范围、项目范围、管理层对原则的承诺、规划和决策、资源、沟通和文档要求。

（5） 场地筛查、选择和表征

规定了二氧化碳封存项目场地筛查、选择和表征的通则、场地筛查、场地选择、场地特征描述及评估、模拟。

（6） 风险管理

规定了二氧化碳封存项目风险管理的通则、目标、流程、环境、风险评估标准、风险管理计划、风险评估、风险处理计划、审查与记录、风险沟通与咨询。

（7） 井筒基础设施

规定了二氧化碳封存相关井筒基础设施的通则、材料、设计、建造和完井、腐蚀控制、井的评价、再完井和修井、弃井。

（8） CO₂ 封存场地注入作业

规定了二氧化碳封存场地注入作业的通则、CO₂ 注入作业方案、作业和维修方案、注入作业、数据采集、监测和测试、井干预（维修）。

（9） 监测和核查

规定了监测和核查的目的、M&V 计划时间、M&V 项目目标、M&V 项目设计。

（10） 闭场

规定了闭场的概述、场地封闭标准、关闭计划、关闭审查过程。

2.3 修订前后技术内容的对比（如适用）

本标准为首次制订。

三、 综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

3.1 综述报告

近年来，全球范围内的碳捕集、利用与封存（CCUS）项目取得了稳步发展，主要建设地点集中在美国、加拿大、中国和澳大利亚等国家。这些项目的排放源主要包括电力、化工、水泥和钢铁等行业。加拿大的边界大坝项目是全球首批实现商业化规模的 CCUS 全链条工程之一，该项目每年捕获 100 万吨二氧化碳，这些二氧化碳被用于 Weyburn 油田的驱油和封存。通过这一项目，形成了一整套完整的二氧化碳捕集、输送、驱油、回收以及环境监测评价的技术方法，为全球范围内的 CCUS 项目提供了宝贵的示范和参考。

在国内，围绕 CCUS 相关的理论和关键技术，已经开展了大量的研究工作。目前，各地正积极推进 CCUS 项目的示范工作，已经建成了多套年捕集能力达到十万吨级的二氧化碳捕集示范装置。例如，国华锦界的 15 万吨/年二氧化碳捕集工程、华能集团的 12 万吨/年电厂捕集项目以及神华集团的 10 万吨/年 CCS 项目等。这些项目为进一步的技术开发和应用奠定了基础。随着国家“双碳”战略的实施以及相关技术的进步，国内在近两年也启动了多个百万吨级的 CCUS 工程规划。这些新项目的启动，为 CCUS 产业的健康发展提供了丰富的经验和技術积累，助力实现更大规模的二氧化碳减排目标。通过这些努力，CCUS 技术有望在未来的低碳经济中扮演更加重要的角色。

国外在二氧化碳封存研究方面起步较早，许多国家已经开展了大规模的二氧化碳封存项目。这些项目主要集中在利用二氧化碳进行驱油封存和咸水层封存，目前这些技术已经实现了工业化应用。通过这些项目，国外积累了丰富的经验和技術方法，为全球二氧化碳减排提供了重要的参考和借鉴。

相比之下，国内的二氧化碳封存技术起步相对较晚。目前，国内在二氧化碳驱油封存方面正处于工业示范阶段。2022 年 8 月，国内首个百万吨级的 CCUS 项目在胜利油田全面建成并投入生产，这标志着我国在二氧化碳封存技术方面取得了重要的进展。

然而，二氧化碳咸水层封存技术在国内仍然处于先导性试验研究阶段。当前，国内开展的咸水层封存项目相对较少，仅有鄂尔多斯神华二氧化碳全流程咸水层封存示范项目正在进行。该项目成功将煤制油企业排放的高浓度二氧化碳注入地下深部咸水层，初步实现了每年万吨级的封存目标。这一项目为国内二氧化碳咸水层封存技术的发展提供了宝贵的实践经验和技術支持，也为未来更大规模的二氧化碳封存奠定了基础。通过这些努力，国内的二氧化碳封存技术有望逐步缩小与国际先进水平的差距，为实现碳中和目标贡献力

量。

2016 年，中国环保部发布《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》，规范和指导二氧化碳捕集、利用与封存项目的环境风险评估工作。目前，我国已开展多项 CCUS 标准化工作。已完成 2 项碳捕集方面行业推荐标准的实施：JB/T 12535-2015《燃煤烟气碳捕集装置调试规范》；JB/T 12536-2015《燃煤烟气碳捕集装置运行规范》。还有一项 JB/T 12909-2016《燃煤烟气碳捕集装置调试规范》。碳运输行业推荐标准一项：CB/T 4407-2015《液化二氧化碳运输船用储罐》。2018 年，石油化工业《二氧化碳输送管道工程设计规范》（SH/T 3202-2018）发布实施。封存方面，已发布一项行业推荐标准：JB/T 13413-2018《燃煤烟气二氧化碳储存装备》。但缺少针对二氧化碳地质封存的相关标准。

3.2 技术经济论证

随着碳达峰和碳中和目标的提出，以及全球 CCUS 示范项目的不断发展和成熟，公众对于 CCUS 技术的认知和接受程度显著提升。根据全球碳捕集与封存研究院（GCCSI）在 2022 年发布的《全球碳捕集与封存现状 2022》报告，目前全球共有 196 个 CCUS 商业设施，其总捕集能力已超过每年 2.4 亿吨的二氧化碳。与 2021 年相比，新增了 61 个正在筹备中的 CCUS 项目。

近年来，中国在 CCUS 各个环节的技术上取得了显著的进展。中国现在具备了进行二氧化碳大规模捕集、管道输送、以及利用与封存系统设计的能力，并为近期实现规模化应用奠定了基础。然而，各环节的技术发展并不均衡，与实现大规模商业应用之间仍存在着一定程度的差距。

在地质封存方面，除了国家能源投资集团在鄂尔多斯的示范项目外，中国海油也在恩平 15-1 海上石油生产平台上完成了中国首个海上二氧化碳封存示范工程项目。根据预计，这一项目在高峰期每年可以封存 30 万吨的二氧化碳。这标志着中国在地质封存技术应用上的一个重要里程碑，为未来进一步的技术推广和商业化应用提供了成功的范例。

2024 年，生态环境部规划院发布《中国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）年度报告（2024）——中国区域二氧化碳地质封存经济可行性研究》的年度报告中，基于国家和地方相关政策要求，充分考虑未来碳价格和二氧化碳地质封存的环境约束，我国二氧化碳地质封存在西北、华北、华中、东北等区域都具有较高的封存经济可行性。

本标准结合国内外大量 CCUS 技术研究和示范项目经验制定，涵盖二氧化碳地质封存项目生命周期的各个阶段，为安全有效地二氧化碳地质封存提供建议，使本标准具有科学性和技术经济可行性。

3.3 预期效益

（1）经济效益

根据《中国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）年度报告（2021）——中国 CCUS 路径研究》显示，全球陆地二氧化碳的理论封存容量为 6 至 42 万亿吨，而海底的理论封存容量为 2 至 13 万亿吨。就中国而言，其二氧化碳理论地质封存容量在 1 至 4 万亿吨之间。综合分析全行业的 CCUS 技术应用及其未来的减排需求，预测在实现碳达峰和碳中和目标的背景下，中国的 CCUS 减排需求将逐步提升。预计到 2025 年，这一需求约为每年 2400 万吨，到 2030 年将增加至接近每年 1 亿吨，到了 2040 年，该需求预计会达到 10 亿吨/年左右，2050 年将超过 20 亿吨/年，到 2060 年将达到大约 23.5 亿吨/年。

本标准的制定填补了 CCUS 技术链条中特别是地质封存相关技术标准方面的空白。这将有助于规范和统一地质封存领域中的术语、定义以及技术标准，推动中国 CCUS 技术的发展，为更好地实现碳达峰和碳中和目标提供坚实的支撑。

（2）社会效益

国际机构对 CCUS 的碳减排贡献进行了多次评估。根据 IPCC 在《全球升温 1.5°C 特别报告》中指出，2030 年 CCUS 的减排量预计在 1 亿至 4 亿吨/年之间，2050 年则可达到 30 亿至 68 亿吨/年。国际能源署（IEA）在其 2050 年全球能源系统净零排放情景中预测，2050 年全球碳捕集量将达到 76 亿吨/年，并在可持续发展情景中预测 2070 年全球实现净零排放时，CCUS 将成为第四大贡献技术，累积减排贡献达到 15%。国际可再生能源机构（IRENA）在深度脱碳情境下预测，到 2050 年 CCUS 将贡献约 6% 的年度减排量，减排量为 27.9 亿吨/年。伍德麦肯兹公司在 2023 年的预测报告中指出，CCUS 技术至少将贡献全球碳减排量的 15%。

目前，我国一次能源消费中，化石能源占比高达 85%，而煤电仍是电力安全和供应的主要保障，占发电量的 60.8%。这种依赖导致我国二氧化碳排放居高不下。即便到 2030 年实现碳达峰，非化石能源在一次能源中的比重仅提升至约 25%，发电中的比例为 50%，依然有

一半以上的能源生产依赖化石能源。单靠节能减排和提高能效等传统技术，难以实现温室气体减排目标。因此，CCUS 技术必须与这些措施结合使用。CCUS 被视为我国应对气候变化的关键技术，能够有效补充传统减排手段，实现更大幅度的碳减排。在中国的净零排放情景下，预计到 2060 年，在碳中和情景中，CCUS 的年减排量将达到约 10.41 亿吨，累积减排贡献为 14.6%。

本标准制定完成后，将在多个方面支持大规模地质封存项目的规范实施。这将有效推动我国实现“双碳目标”。

四、 与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准等同采用国际标准 ISO 27914《Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Geological storage》，为二氧化碳地质封存标准，相关技术指标与国际水平保持一致。

五、 以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本标准采用国际标准 ISO 27914《Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Geological storage》。

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、 实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本标准建议自发布起 3 个月实施，标准实施后，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，按照本标准提出的技术要求贯彻落实，严格认真遵守本标准规定。

十、 其他应当说明的事项

无。