CCS

发 布

中国煤炭学会

200×-××-××实施

200×-××-××发布

**碳捕集利用与封存全流程工程项目风险评估指南**

Risk Assessment for Full-chain Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) Projects

（征求意见稿）

CCS/T ××××—2021

代替GB/T17608-1998

中国煤炭学会团体标准

ICS 73.040

D24

1. 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。

本文件由中国煤炭学会提出。

本文件由中国煤炭学会归口。

本文件起草单位：北京理工大学、中国21世纪议程管理中心、北京师范大学、中国科学院武汉岩土力学研究所、中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、中国矿业大学（北京）、中国石油天然气集团有限公司、中石化石油工程设计有限公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、国家能源集团。

本文件主要起草人：魏一鸣、刘兰翠、康佳宁、张贤、廖华、梁巧梅、陈炜明、李小春、李琦、刁玉杰、余碧莹、唐葆君、樊静丽、张建、沈萌、戴彦德、刘海丽、薛明、刘练波、王永胜、赵鲁涛。

**碳捕集利用与封存全流程工程项目风险评估指南**

## 1 范围

本文件确立了碳捕集利用与封存（CCUS）全流程工程项目风险评估的总则，工作流程，风险源识别，风险评估方法，风险管理等基本内容。

本文件适用于陆上新建或改扩建碳捕集利用与封存全流程工程项目。其中，利用与封存是指地质利用或/和地质封存，暂不包括化工利用、生物利用和矿化利用。

## 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，其最新版本适用于本文件。

|  |  |
| --- | --- |
| GB/T 20032-2005 | 项目风险管理 应用指南 |
| ISO 31000:2009 | Risk management–principles and guidelines |

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 碳捕集利用与封存全流程工程项目 full-chain carbon dioxide capture，utilization and storage project；full-chain CCUS project

包含二氧化碳捕集、二氧化碳运输、二氧化碳地质封存和（或）二氧化碳地质利用环节的碳捕集利用与封存一体化工程项目。

### 3.2 碳捕集利用与封存全流程工程项目风险 carbon dioxide capture，utilization and storage project risk；CCUS project risk

所有影响碳捕集利用与封存全流程项目目标实现的不确定性因素集合。

### 3.3 风险源 risk source

可能单独或共同引发项目风险的政策、技术、经济、环境、社会等要素。

### 3.4 风险受体 risk suffer

可能受到危害的人、动物、植物、有价值物体、自然环境介质及社会经济主体。

### 3.5 可接受风险水平 acceptable risk level

依据特定分析方法确定的风险受体可容忍或可接受的风险水平。

## 4 总则

### 4.1 目的与目标

在CCUS全流程工程项目的准备阶段，对该项目在建设阶段、运行阶段、关闭阶段和关闭后阶段可能发生的项目风险可能性及其造成的影响进行评估，确保CCUS全流程工程项目的安全性、经济性、全周期运行，为CCUS全流程工程项目设计、建设和运营的持续改进及完善提供指导与依据。

### 4.2 指导原则

4.2.1 可操作原则：在保障指南编制工作科学性与规范性的同时，确保为CCUS全流程工程项目风险评估和管理提供决策服务的可操作性和实用性。

4.2.2 适用原则：针对CCUS全流程工程项目，在项目准备阶段宜尽可能搜集有助于项目风险评估的资料与数据，提出适合其特点的项目风险评估指南。

4.2.3 分类指导原则：充分考虑给定项目在不同项目阶段的风险特征差异，尽可能涵盖所有与CCUS全流程工程项目相关的风险评估和管理。

### 4.3 风险评估涵盖范围

4.3.1 本文件所讨论的CCUS全流程工程项目风险，主要是指项目在建设、运行、关闭和关闭后阶段由政策、经济、健康安全环境、技术、市场、资源和社会等风险源造成的，对项目目标实现产生的不利影响及其发生概率。

4.3.2 风险评估范围界定

对于二氧化碳捕集和运输环节，涵盖其建设和运行阶段；对于二氧化碳封存和（或）利用环节，涵盖其建设、运行、关闭和关闭后阶段。

## 5 风险评估工作流程

参考ISO 31000: 2009，CCUS全流程工程项目风险评估包括风险调查、风险评估、风险应对、沟通与协商，以及监督与审查五个部分，工作流程如图1所示。

### 5.1 风险调查

明确CCUS全流程工程项目风险管理目标，确定风险评估的范围与方法。

### 5.2 风险评估

风险评估分为风险识别、风险分析和风险评定。

风险识别：针对给定的项目系统识别潜在的项目风险源和风险受体；

风险分析：建立风险分析方法，判定风险影响大小及其发生可能性，开展项目风险水平估计/估测；

风险评定：将风险分析结果与可接受风险水平进行对比与评级。

### 5.3 风险应对

风险应对也是修正风险的过程，是针对风险分析的具体结果，有意识地采取防止或减少风险事故发生所造成的损失而制定风险应对策略和风险管理措施的过程。

### 5.4 沟通与协商

项目运营方在项目各阶段都应与内外部利益相关者就项目风险的成因、程度、偏好、后果及处理措施等问题进行有效沟通，以便项目运营方更好地理解项目风险评估过程和决策依据，提前做好风险防控。

### 5.5 监督与审查

应包括识别内外部环境信息变化、对已发生风险事件的剩余风险进行防控、进行风险管理绩效评估、开展检查活动。其中，检查活动应主要包括常规检查、监控已知风险、定期或不定期检查。

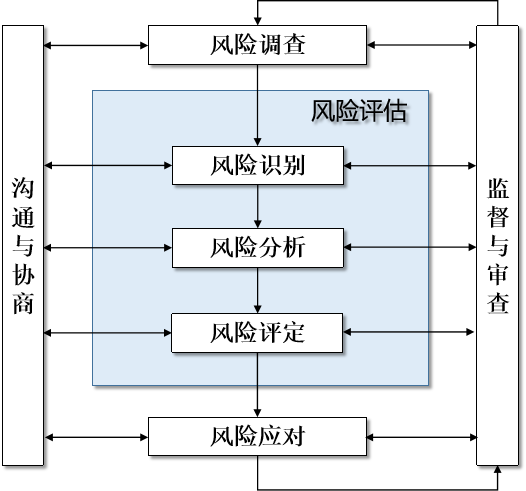


图1 碳捕集利用与封存全流程工程项目风险评估与管理工作流程

## 6 碳捕集利用与封存全流程工程项目风险识别

### 6.1 项目风险源

本文件旨在当前技术水平和经验认知下对CCUS全流程工程项目主要风险源进行识别（见表1）。具体包括以下五类：

6.1.1 政策与法规风险

由于碳排放控制政策、基础设施土地使用权、环境保护要求、长期监管责任、封存许可、财税激励措施等相关的地方性或（和）行业性政策法规缺失、不完善或执行不连续给CCUS全流程工程项目带来的风险。

6.1.2 经济与市场风险

制约CCUS全流程工程项目商业化应用的经济风险与市场风险。主要包括CCUS项目成本不确定性大、融资困难、与CO2排放交易或CO2供应相关的市场不成熟、与其它减排技术存在市场竞争等因素。

6.1.3 健康安全环境风险

与影响健康、安全以及生态环境相关的潜在风险。

6.1.4 技术与资源风险

影响CCUS全流程工程项目顺利发展的技术性风险和资源性风险。主要包括由于核心设备制造能力薄弱导致的设备制造风险；由于CCUS技术工艺落后或不完善造成的能效下降甚至引发安全事故的技术工艺风险；因研发能力不足导致的新材料研发风险；技术操作人员缺乏经验和专业技能造成的技术操作风险；数据缺失风险；以及与能源惩罚和水资源消耗相关的风险。

6.1.5 社会风险

受到公众或环境非政府组织的反对而导致项目延期或终止的潜在风险。

表1 CCUS全流程工程项目风险源列表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目阶段  风险源类别 | | 建设阶段 | 运行阶段 | | | 关闭  阶段 | 关闭后阶段 |
| 捕集 | 运输 | 封存 |
| 政策与法规风险 | 相关政策缺失、不完善或执行不连续 | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 经济与市场风险 | 项目成本不确定性大 | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 融资困难 | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 市场不成熟风险 | √ | √ | √ | √ |  |  |
| 与其他技术市场竞争风险 | √ | √ | √ | √ |  |  |
| 健康安全环境  风险 | 健康风险 |  | √ | √ | √ | √ | √ |
| 安全风险 |  | √ | √ | √ | √ |  |
| 环境风险 |  | √ | √ | √ | √ | √ |
| 技术与资源风险 | 设备制造风险 | √ | √ |  | √ |  |  |
| 技术工艺风险 | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 新材料研发风险 | √ | √ |  |  |  |  |
| 数据缺失风险 | √ |  |  | √ | √ | √ |
| 技术操作风险 | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 能源惩罚风险 |  | √ |  |  |  |  |
| 用水资源风险 |  | √ |  |  |  |  |
| 社会风险 | 公众接受程度低 | √ |  | √ | √ |  |  |
| 环境非政府组织反对 | √ |  | √ | √ |  |  |

注：“√”表示相应环节涉及此类风险，空白单元格表示相应环节不涉及此类风险。7类风险排序不分先后。

### 6.2 项目风险受体

（1）可能受到影响的敏感人群、动植物、微生物等生命体；

（2）与工程建设、运行、关闭和关闭后阶段直接或间接相关的有价值物体；

（3）与生命体密切相关的地下水、地表水、大气、土壤等自然环境介质；

（4）与工程建设、运行直接相关的社会经济主体，主要包括利益相关方（直接参与工程建设或运行的人员）和第三方（不直接参与工程建设或运行，但受到工程活动影响的人员）。

### 6.3 风险受体被影响的表现形式

（1）敏感人群：评估范围内敏感人群出现生理性不适、意识丧失等人体健康问题。

（2）动植物：评估范围内动植物分布、丰度和生理生态行为发生变化。

（3）微生物：评估范围内微生物数量和种群发生变化。

（4）自然环境介质：评估范围内大气、土壤、地表水、地下水、地质特征、污染物等自然环境质量发生的变化。

（5）有价值物体：评估范围内由于技术、政策和市场风险导致设备厂房等基础设施发生损坏、搁置、提前退役等问题。

（6）社会经济主体：评估范围内利益相关方和/或第三方发生人员伤亡、功能缺陷、工期延误、经济损失等问题。

## 7 碳捕集利用与封存全流程工程项目风险分析

风险分析可以采用风险矩阵、事件树分析、专家打分、脆弱性评估框架、统计技术等方法（可参见GB/T 20032-2005）。结合碳捕集利用与封存全流程工程项目准备阶段的需求与特征，本文件推荐采用专家打分法。

首先，成立评估专家组，原则上专家组成员人数不得低于9人。其次，专家组每位成员分别针对政策与法规风险、经济与市场风险、健康安全环境风险、技术与资源风险、社会风险5个项别，给出对应评估分值，该分值即反映项目存在对应项别风险的可能性和严重程度。基于百分制评分标准，5个项别遵循等权重原则，各项最高得分均为20分。给出的评估分数越高，表示项目在该项别上的风险潜势越大。各项别分数之和为项目风险评分，得到的项目风险评分越高，表示项目面临的风险因素越多，总项目风险潜势越大。

在对5个项别进行评估时，建议参考以下评分表形式，见表2。

表2 碳捕集利用与封存全流程工程项目风险专家评分表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **项别** | **可能发生的风险要素** | **评估分数** |
| 政策法规风险  （最高20分） | 相关碳排放控制政策、基础设施土地使用权、环境保护要求、长期监管责任、封存许可、财税激励措施等地方性或（和）行业性法律法规缺失、不完善或执行不连续等。 |  |
| 经济与市场风险  （最高20分） | 项目成本不确定性大、投资高；融资模式不清、渠道单一；与CO2排放交易或CO2供应相关的市场不成熟；与其它减排技术存在市场竞争等。 |  |
| 健康安全环境风险  （最高20分） | 项目存在影响环境以及风险受体健康和安全的相关风险，例如CO2泄漏风险、诱发地震风险等。 |  |
| 技术与资源风险  （最高20分） | 核心设备制造能力薄弱导致的设备制造风险；CCUS技术工艺落后或不完善造成的能效下降甚至引发安全事故的技术工艺风险；因研发能力不足导致的新材料研发风险；技术操作人员缺乏经验和专业技能造成的技术操作风险；数据缺失风险；能源惩罚风险；用水资源风险。 |  |
| 社会风险  （最高20分） | 可能受到公众或环境非政府组织的强烈反对 |  |
| **项目风险评分**（上述各项别分数之和）： | | |

## 8 碳捕集利用与封存全流程工程项目风险评定

项目总体风险水平，即专家组的综合评估结果，是在各专家成员的评分基础上，去掉一个最低分和一个最高分，再对其余评分取平均值计算得到，并按下列界限划分碳捕集利用与封存全流程工程项目总体风险水平等级：低风险、中风险和高风险，见表3。

表3 项目风险水平等级划分

|  |  |
| --- | --- |
| **对应得分范围** | **描述** |
| 0~30 | 风险水平可接受，不需采取特别的风险管控措施，加强过程风险防范 |
| 31~60 | 风险水平可容忍，需要采取针对性的风险管理措施，降低项目风险潜势，减少风险可能造成的损失 |
| 61~100 | 风险水平不可接受，需要调整工程设计方案，并再次评估项目风险水平，直至项目风险可容忍，否则不应继续开展该项目 |

## 9 碳捕集利用与封存全流程工程项目风险管理

风险管理措施包括风险防范措施和风险事件的应急措施。本文件旨在提纲挈领提出主要管理控制措施建议，重点是提出CCUS工程项目全流程风险管理的方向与总体思路，见表4。

表4 项目风险管理主要措施

|  |  |
| --- | --- |
| 风险类别 | 主要措施 |
| 政策法规风险 | 完善国家或地区层面的CCUS政策体系，制定有效的行业技术发展政策、建立健全相关法律法规 |
| 在建立许可证制度和监管内容时，应重视CCUS事前、事中和事后监管的结合，并完善CCUS项目许可制制度与信息公开制度等 |
| 解决权利冲突时应明确权利边界、充分发挥民事法律作用 |
| 明确项目关闭后的责任主体与程序规则 |
| 经济与市场风险 | 增加研发投入；通过规模效应降低CCUS的成本 |
| 制定针对CCUS项目的补贴和优惠政策 |
| 推动建立信托基金、绿色贷款、绿色债券等金融工具降低融资风险 |
| 开发捕集工业集群和CO2储运中心，以降低基础设施的建设费用及实施风险；加强与可再生能源发电技术的协同效应 |
| 完善碳排放交易市场；鼓励商业运营模式创新 |
| 健康安全环境风险 | 安装环境背景监测系统；制定防腐措施，明确捕集气体成分；监测管道范围内环境介质；环境本底值（基准线）监测、注入运营期监测、长期监测 |
| 制定泄漏风险补救措施；运输管道和封存地区与人口密集区、资源开采区、环境敏感区等保持合理的环境防护距离 |
| 完善作业人员职业健康安全教育；做好作业环境必要的通排风和安全防护措施；加强机械设备维修保养及安全检查 |
| 技术与资源风险 | 加强研发能力、提高技术水平及效率，寻求新工艺、新材料的应用 |
| 加强与科研机构、实体企业的合作，促进具体项目的落地实施，在实践中推进技术的成熟 |
| 通过开展技能培训培养一批专业的技术操作人员 |
| 发展CCUS生态工业园区，建设CO2捕集工业集群和储运中心，形成CCUS技术复合生态系统，在该系统中各单体可以通过能源资源的交换、循环利用，提高资源利用率、实现效益最大化 |
| 社会风险 | 制定并实施有效的CCUS 公众传播策略，正向引导人们对CCUS新趋势和技术及其与现有问题关系的认识 |
| 评估公众对CCUS的接受度，可采用话语分析、媒体分析、半结构化访谈、公众和精英意见调查、历史案例研究、预算研发分析、立法历史、性别分析、社会网络分析和过程追踪 |
| 鼓励公众参与到CCUS项目建设过程中 |