

附件

# 二氧化碳捕集、利用与封存环境风险 评估技术指南（试行）

Technical Guideline on Environmental Risk Assessment for Carbon  
Dioxide Capture, Utilization and Storage (on Trial)

# 目 次

前言.....	5
1 总则.....	6
1.1 适用范围.....	6
1.2 规范性引用文件.....	6
1.3 术语与定义.....	6
2 环境风险评估工作程序.....	7
2.1 评估流程.....	7
2.2 评估范围.....	8
3 主要环境风险源.....	8
3.1 捕集环节的环境风险源.....	8
3.2 运输环节的环境风险源.....	9
3.3 地质利用与封存环节的环境风险源.....	9
4 环境风险受体.....	10
5 确定环境本底值.....	10
6 环境风险评估.....	10
6.1 环境风险可能性界定.....	10
6.2 影响界定.....	10
6.3 环境风险水平评估.....	11
7 环境风险管理.....	11

## 前 言

为贯彻落实《关于加强碳捕集、利用和封存试验示范项目环境保护工作的通知》（环办[2013]101号）要求，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，制定本指南。

本指南以当前技术发展和应用状况为依据，规定了一般性的原则、内容以及框架性程序、方法和要求，可作为二氧化碳捕集、利用和封存环境风险评估工作的参考技术资料。

本指南为首次发布，将根据环境管理要求及技术发展情况适时修订。

本指南由环境保护部科技标准司组织制定。

本指南主要起草单位：环境保护部环境规划院、中国科学院武汉岩土力学研究所、环境保护部环境工程评估中心和中国地质调查局水文地质环境地质调查中心。

本指南自2016年7月1日起实施。

本指南由环境保护部解释。

## 1 总则

### 1.1 适用范围

本指南适用于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，不适用于二氧化碳化工利用和生物利用项目的环境风险评估。

### 1.2 规范性引用文件

本指南引用下列文件中的条款，凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本指南。

GB 3095	环境空气质量标准
GB 3838	地表水环境质量标准
GB/T 14848	地下水质量标准
GB 15618	土壤环境质量标准
HJ 2.1	环境影响评价技术导则 总纲
HJ 2.2	环境影响评价技术导则 大气环境
HJ/T 2.3	环境影响评价技术导则 地面水环境
HJ 19	环境影响评价技术导则 生态影响
HJ 610	环境影响评价技术导则 地下水环境
HJ/T 349	环境影响评价技术导则 陆地石油天然气开发建设项目
HJ/T 169	建设项目环境风险评价技术导则
HJ/T 166	土壤环境监测技术规范

### 1.3 术语与定义

下列术语和定义适用于本指南。

#### 1.3.1 二氧化碳

二氧化碳（Carbon Dioxide, CO<sub>2</sub>）是一种可以自然生成的气体，也可以是燃烧化石燃料、生物质以及土地利用变化和其他工业过程的副产品，它是影响地球辐射平衡的主要人为温室气体，是度量其他温室气体的参考气体，其全球增温潜力指数为1。在捕集、运输、利用与封存过程中，一定条件下会对人群健康和生态环境产生不利的影

#### 1.3.2 二氧化碳捕集与封存

二氧化碳捕集与封存（Carbon Dioxide Capture and Storage, CCS）是指将二氧化碳从工业或相关能源产业的排放源中分离出来，输送并封存在地质构造中，长期与大气隔绝的过程。

#### 1.3.3 二氧化碳捕集、利用与封存

二氧化碳捕集、利用与封存（Carbon Dioxide Capture, Utilization and Storage, CCUS）来

源于二氧化碳捕集与封存，在二氧化碳捕集与封存基础上增加了二氧化碳利用。二氧化碳利用包括化工利用、生物利用和地质利用三大类。

### 1.3.3 二氧化碳地质利用

二氧化碳地质利用（CO<sub>2</sub> Geological Utilization, CGU）是指将二氧化碳注入地下，利用地下矿物或地质条件生产或强化有利用价值的产品，且相对于传统工艺可减少二氧化碳排放的过程。目前，二氧化碳地质利用主要包括二氧化碳强化石油开采、二氧化碳驱替煤层气、二氧化碳强化天然气开采、二氧化碳增强页岩气开采、二氧化碳增强地热系统、二氧化碳铀矿浸出增采、二氧化碳强化深部咸水开采。

### 1.3.4 环境风险

环境风险（Environmental Risk）是指二氧化碳捕集、利用与封存过程中产生的环境风险，包括但不限于捕集环节由于额外能耗增加导致的大气污染物排放，吸附溶剂使用后残留废弃物造成的二次污染；运输和利用环节可能发生的突发性泄漏导致的局地生态环境破坏和对周边人群健康的威胁；封存环节如果工艺选择或封存场地选址不当，可能发生二氧化碳的突发性或缓慢性泄漏，从而引发地下水污染、土壤酸化、生态破坏等一系列环境问题。

### 1.3.5 环境风险评估

环境风险评估（Environmental Risk Assessment, ERA）是指对二氧化碳捕集、利用与封存项目建设、运行期间及场地关闭后发生的可预测突发性事件或事故（一般不包括人为破坏及自然灾害）引起二氧化碳及其他有毒有害、易燃易爆等物质泄漏，或突发事件产生的新的有毒有害物质，所造成的对人群健康与环境影响和损害进行评估，提出防范、应急与减缓措施。

### 1.3.6 环境本底值

环境本底值（Environmental Baseline Value）是指项目在正式实施前，环境风险评估范围内常规污染物、特征污染物及其他环境要素的实际含量。

### 1.3.7 可接受风险水平

可接受风险水平（Acceptable Risk Value）是指依据危害性和脆弱性分析、成本效益分析、技术手段可行性分析等确定的生态环境或人群健康可接受的风险水平。

## 2 环境风险评估工作程序

### 2.1 评估流程

二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估流程如图 1 所示。

- （1）确定环境风险评估范围；
- （2）系统地识别潜在的环境风险源和环境风险受体；
- （3）确定环境本底值。在评估范围内，分析确定项目涉及的常规污染物、特征污染物和二氧化碳等监测因子，明确监测范围及主要内容，依据有关监测技术方法，确定具体的环境本底值；
- （4）开展环境风险评估；
- （5）确定环境风险水平，对环境风险水平不可接受的项目，针对存在的问题，调整工程设计方案，进行再评估，直至环境风险降至可接受风险水平；
- （6）对环境风险水平评估为可接受水平的项目，采取环境风险防范及应急措施。

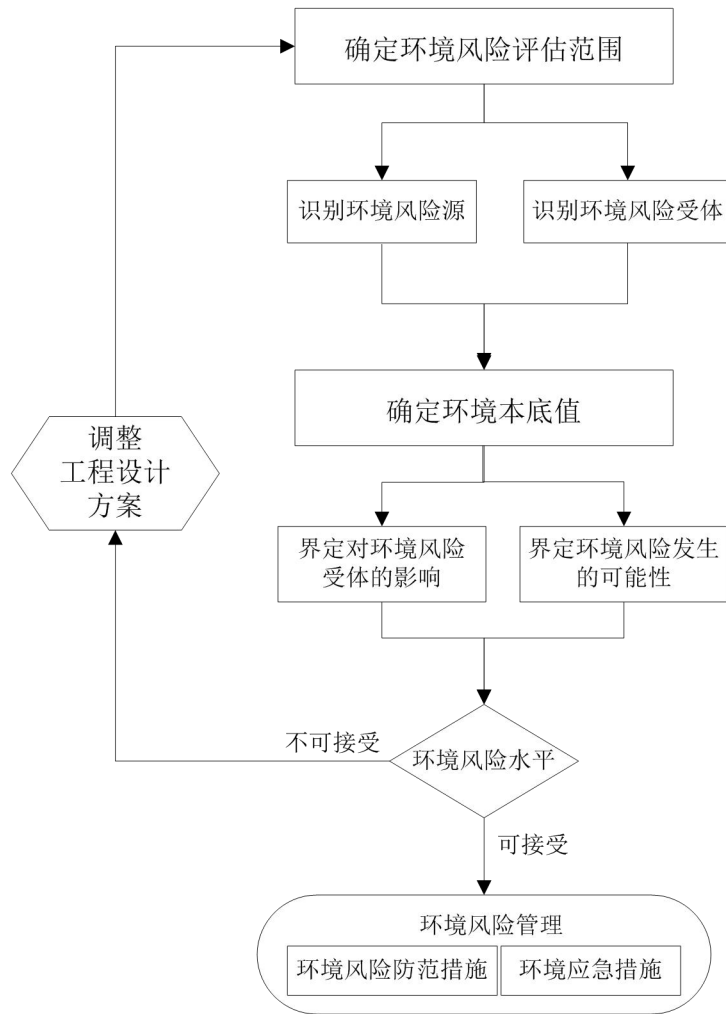


图 1 二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估流程

## 2.2 评估范围

### 2.2.1 空间范围

对于捕集环节，评估范围是二氧化碳排放源场界内及场界外的一定范围。

对于运输环节，评估范围包括运输路线、管线及其一定范围内的地上和地下空间。

对于地质利用与封存环节，评估范围包括可能会受到注入活动影响的地上和地下空间。

### 2.2.2 时间范围

对于捕集环节，评估时间包括捕集设备的建设期和运行期。

对于运输环节，评估时间包括管道的建设期和运行期，公路、铁路和船舶运输的运行期。

对于地质利用与封存环节，评估时间包括注入前、注入中、场地关闭及关闭后。

## 3 主要环境风险源

### 3.1 捕集环节的环境风险源

#### 3.1.1 主要环境风险源

与捕集过程相关的环境风险物质及设备。

### 3.1.2 主要评估内容

(1) 捕集规模和捕集量。一般捕集规模越大，实际捕集量越大，使用的环境风险物质也越多，环境风险越高。

(2) 捕集设备材质。一般材质耐腐蚀性能力越弱，环境风险越高。

(3) 捕集工艺和环境风险物质。不同捕集工艺涉及的环境风险物质不同，如燃烧前捕集和燃烧后捕集技术所使用的吸收剂类型不同，对应的环境风险也有所不同。

(4) 二氧化碳气流纯度。相对于高纯度的二氧化碳气流，含有杂质的气流将加剧环境风险。

## 3.2 运输环节的环境风险源

### 3.2.1 主要环境风险源

与运输载体相关的设备及二氧化碳和/或其他物质泄漏。

### 3.2.2 主要评估内容

(1) 运输方式。管道运输的环境风险相对最低，铁路次之，船舶和公路泄漏的环境风险较高。

(2) 运输设备材质。一般材质耐腐蚀性能力越弱，环境风险越高。

(3) 运输路线。运输设备所经区域地质条件越稳定，人为破坏越少，环境敏感目标越少，环境风险越低。

(4) 运输规模。二氧化碳运输量越大，环境风险越高。

## 3.3 地质利用与封存环节的环境风险源

### 3.3.1 主要环境风险源

二氧化碳和/或其他环境风险物质，地面集输配套设备，既有或新增井筒及其他可能的泄漏通道。

### 3.3.2 主要评估内容

(1) 地质结构特性。如果封存区域内的断层、局部缺陷、裂隙等越少，环境风险越低。

(2) 二氧化碳注入参数。如果注入压力过高、注入量过大或注入速度过快，环境风险较高。

(3) 井的数量和深度。封存区域内新增和既有井的数量越多、深度越深，环境风险相对越高。

(4) 二氧化碳运移。如果注入到地质结构中的二氧化碳超出封存区域，环境风险将会升高。

(5) 工程施工。如果工程施工严格按照相关标准，则发生事故的概率较低，环境风险较低。

(6) 资源开采活动。如果封存区域及周边一定范围内存在资源开采活动，环境风险较高。

(7) 机械材质。如果采用的各种材料设备均符合二氧化碳长期封存的性能要求，环境风险较低。

## 4 环境风险受体

主要包括土壤、地表水、地下水、环境空气等环境介质及涉及的人群、动植物和微生物，具体评估内容包括：

- (1) 环境介质。评估范围内大气、土壤、地表水、地下水等环境质量的变化。
- (2) 人群。评估范围内人群出现生理性不适、意识丧失等健康问题的情况。
- (3) 动植物。评估范围内动植物分布、丰度和生理生态行为的变化。
- (4) 微生物。评估范围内微生物数量和种群的变化。

## 5 确定环境本底值

根据环境标准和监测等确定环境本底值。

- (1) 根据项目工艺流程筛选并确定特征污染物。
- (2) 确定常规污染物、特征污染物及二氧化碳的环境本底值。
- (3) 关于特征污染物的监测方法，首选国内标准推荐的方法，如果国内没有相关标准，可参考国际权威组织和科研机构提供的方法并明确方法来源。
- (4) 关于特征污染物和二氧化碳的环境本底值可以通过资料收集（已有的污染状况调查、科学研究或其他法律认可的途径）和现场监测确定，要求所确定的环境本底值能反映评价范围内的年内变化。

## 6 环境风险评估

本指南推荐以定性评估为主的风险矩阵法。

### 6.1 环境风险可能性界定

二氧化碳捕集、利用与封存过程中，发生泄漏事故等环境风险的可能性分为5类，见表1。

表1 可能性界定

可能性类别	描述	要求
几乎不可能	可能性非常小，未有先例，但存在理论上的可能性。	通过类比法或专家打分法确定可能性类别，或提供充分的科学证据并经专家论证。
不太可能	在项目的全生命周期内发生的可能性较小。	
可能	在项目的全生命周期内可能发生。	
很可能	在项目的全生命周期内，可能发生不止一次。	
几乎确定	很可能每年都发生。	

### 6.2 影响界定

将对环境风险受体的影响分为五类：轻微、轻度、中度、重度、严重，如表2所示。

表2 对环境风险受体影响的界定

影响	影响程度
轻微	土壤/地下水/地表水/环境空气中的环境指标未超过项目所在地环境质量标准/环境本底值或二氧化碳浓度超过本底值，且对环境风险受体无持续性的影响。



影响	影响程度
轻度	土壤/地下水/地表水/环境空气中的环境指标未超过项目所在地环境质量标准/环境本底值或二氧化碳浓度超过本底值，且对所在地环境风险受体有一定的不利影响，可以修复。
中度	土壤/地下水/地表水/环境空气中的部分环境指标超过项目所在地环境质量标准/环境本底值，或二氧化碳浓度超过本底值，且对所在地环境风险受体有一定的不利影响，可以修复。
重度	土壤/地下水/地表水/环境空气中的部分环境指标超过项目所在地环境质量标准/环境本底值，或二氧化碳浓度超过本底值，且对所在地环境风险受体有一定的不利影响，难以修复。
严重	土壤/地下水/地表水/环境空气中的绝大部分环境指标超过项目所在地环境质量标准/环境本底值，或二氧化碳浓度超过本底值，且对所在地环境风险受体有严重的不利影响并造成不可逆的损害。

### 6.3 环境风险水平评估

针对土壤/地下水/地表水/环境空气中的每一种受体，均需按照环境风险矩阵法（表3）确定风险水平，以其中风险级别最高的作为环境风险水平评估的最终结论。对于环境风险水平评估为中等风险水平及以上的项目，其环境风险水平为不可接受，应进行详细地系统诊断，并再次评估项目的环境风险水平，直至达到低风险水平及以下。

表3 环境风险评估矩阵

影响 可能性	轻微	轻度	中度	重度	严重
几乎确定	中等风险	高风险	高风险	超高风险	超高风险
很可能	低风险	中等风险	高风险	高风险	超高风险
可能	低风险	中等风险	中等风险	高风险	高风险
不太可能	低风险	低风险	中等风险	中等风险	高风险
几乎不可能	超低风险	低风险	低风险	低风险	中等风险

## 7 环境风险管理

对于环境风险水平评估为低风险的项目，其环境风险水平为可接受，应进一步采取环境风险管理措施。环境风险管理措施包括环境风险防范措施和环境风险事件的应急措施，分别见表4和表5。其中，风险防范措施应包括但不限于表4的内容，环境风险事件的应急措施应包括但不限于表5的内容。

表4 环境风险防范措施

环节	主要措施
捕集 环节	安装环境背景监测系统，连续监测环境风险物质的泄漏与排放。
	做好与环境风险物质相关的运输、贮存、处置等相关设备防腐工作，制定防腐措施，定期检测腐蚀情况。
	明确捕集的二氧化碳纯度，掌握含有的杂质成分和比例。
运输 环节	针对二氧化碳突发性和缓慢性泄漏，制定详细的工程补救措施和管理措施，并根据风险水平上报管理部门登记管理。
	与人口密集区、资源开采区、环境敏感区等确定合理的环境防护距离，并确保运输的安全防护工作。
	制定与运输相关设备的防腐措施，定期检测腐蚀情况。
	制定管道压力监测计划。

环节	主要措施
地质利用与封存环节	根据二氧化碳长期地质封存的特点，制定严格的工程建设和设备选择标准。
	制定环境监测计划（包括常规污染物监测、特征污染物监测和二氧化碳监测），环境监测包括环境本底值监测、注入运营期监测、场地关闭和关闭后的长期监测4个阶段，以此作为判断二氧化碳是否发生泄漏的依据，确保二氧化碳地质利用与封存长期、有效且安全。
	针对二氧化碳突发性和缓慢性泄漏，制定详细的工程补救措施和管理措施，并根据风险水平上报管理部门登记管理。
	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并采取必要的防护工程措施。

表 5 环境风险事件的应急措施

主要措施	具体要求
制定应急预案	在开展突发环境事件风险评估和应急资源调查的基础上制定突发环境事件应急预案，并按照分类分级管理的原则，报县级以上环境保护主管部门备案。确保应急预案制定满足以下要求：符合国家相关法律、法规、规章、标准和编制指南等规定；符合本地区、本部门、本单位突发环境事件应急工作实际；建立在环境敏感点分析基础上，与环境风险分析和突发环境事件应急能力相适应；应急人员职责分工明确、责任落实到位；预防措施和应急程序明确具体、操作性强；应急保障措施明确，并能满足本地区、本单位应急工作要求；预案基本要素完整，附件信息正确；与相关应急预案相衔接。
建立应急指挥体系	成立领导小组并安排专职人员负责应急，定期开展应急演练，撰写演练评估报告，分析存在问题，并根据演练情况及时修改完善应急预案。事故发生后应立即报告相关部门，并确保事故发生后的紧急上报体系畅通有序。
做好信息公开	针对二氧化碳运输路线、管线、利用与封存地点的分布，向社会公示安全指南，避免在管道和封存区域范围内建设施工。设置危险警报监测器及时发出特征污染物和二氧化碳的泄漏警报。按照有关规定，采取便于公众知晓和查询的方式公开项目环境风险防范工作开展情况、突发环境事件应急预案及演练情况、突发环境事件发生及处置情况，以及落实整改要求情况等环境信息。
做好人员培训	将应急培训纳入单位工作计划，对从业人员定期进行突发环境事件应急知识和技能培训，并建立培训档案，如实记录培训的时间、内容、参加人员等信息。
人员疏散撤离	出现突发环境事件时，应当立即启动突发环境事件应急预案，采取切断或者控制污染源以及其他防止危害扩大的必要措施，及时通报可能受到危害的单位和居民，组织人员疏散撤离，并向事发地县级以上环境保护主管部门报告，接受调查处理。
开展应急监测	制定应急监测计划，包括对地下水、地表水、大气等的监测。及时向本级人民政府和上级环境保护主管部门报告监测结果。
事故现场处理	应急处置期间，企业事业单位应当服从统一指挥，全面、准确地提供本单位与应急处置相关的技术资料，协助维护应急现场秩序，保护与突发环境事件相关的各项证据。