

附件 2

环境保护技术文件

二氧化碳捕集、利用与封存环境风险 评估技术指南 (征求意见稿)

目 次

前言.....	II
1 总则.....	1
1.1 适用范围.....	1
1.2 编制依据.....	1
1.3 术语与定义.....	1
1.4 指导原则.....	2
2 二氧化碳捕集、利用与封存的环境风险评估工作程序.....	2
2.1 评估流程.....	2
2.2 评估的空间范围.....	3
2.3 评估的时间范围.....	3
3 二氧化碳捕集、利用与封存的主要环境风险源.....	4
3.1 捕集环节的环境风险源.....	4
3.2 运输环节的环境风险源.....	4
3.3 地质利用与封存环节的环境风险源.....	4
4 二氧化碳捕集、利用与封存的环境风险受体.....	5
4.1 环境风险受体被影响的表现形式.....	5
4.2 主要评价指标.....	5
5 二氧化碳捕集、利用与封存的环境风险评估推荐方法.....	5
5.1 影响界定.....	5
5.2 可能性界定.....	10
5.3 环境风险水平评估.....	10
6 二氧化碳捕集、利用与封存的环境风险管理.....	10

前言

为贯彻落实环境保护部《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）中提出的“探索建立环境风险防控体系”、“推动环境标准规范制定”等要求，规范和指导二氧化碳捕集、利用与封存（CCUS）项目的环境风险评估工作，根据《中华人民共和国环境保护法》、《环境空气质量标准》（GB3095-2012）、《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）等相关法律、法规、标准、文件，编制《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南》（以下简称指南）。

本指南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。

本指南由环境保护部科技标准司提出。

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 2015 年月日由环境保护部批准、发布。

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、利用与封存项目环境风险的评估。利用与封存是指地质利用或/和地质封存，暂不包括化工利用和生物利用。

1.2 编制依据

《中华人民共和国环境保护法》

《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)

GB 3095-2012	环境空气质量标准
GB 3838-2002	地表水环境质量标准
GB/T 14848-1993	地下水质量标准
GB 15618-1995	土壤环境质量标准
HJ 2.1-2011	环境影响评价技术导则总纲
HJ 2.2-2008	环境影响评价技术导则大气环境
HJ/T 2.3-1993	环境影响评价技术导则地面水环境
HJ 19-2011	环境影响评价技术导则生态影响
HJ 610-2011	环境影响评价技术导则地下水环境
HJ/T 349-2007	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 169-2004	建设项目环境风险评价技术导则

当上述法规、标准和文件被修订时，使用其最新版本。

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

在常温常压下为无色无臭的气体，是大气组成的一部分；大气中二氧化碳浓度的升高是全球气候变化的主要原因；在捕集、运输、利用与封存和处置过程中，一定条件下会对环境与健康产生不良的影响。

1.3.2 二氧化碳捕集、利用与封存

二氧化碳捕集与封存(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。二氧化碳捕集、利用与封存(CCUS)是在 CCS 的基础上强调二氧化碳的利用，利用包括地质利用、化工利用和生物利用三大类。

1.3.3 二氧化碳地质利用

二氧化碳地质利用(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（CO₂-EOR）、二氧化碳驱替煤层气开采（CO₂-ECBM）、二氧化碳强化天然气开采（CO₂-EGR）、二氧化碳增强页岩气开采（CO₂-ESGR）、二氧化碳增强地热系统（CO₂-EGS）、二氧化碳铀矿浸出增采（CO₂-EUL）、二氧化碳强化深部咸水开采（CO₂-EWR）。

1.3.4 环境风险

由人类活动引起或由人类活动与自然界的运动过程共同作用造成的，通过环境介质传播的，对人类社会及其生存、发展的基础-环境产生的破坏、损失乃至毁灭性作用等不利后果及其发生概率。

1.3.5 环境风险源

指生产、储存、运输、使用的物质，或产生、收集、贮存、运输、利用、处置这些物质的场所、设备和装置可能导致环境风险的源。

1.3.6 环境风险受体

指可能受到危害的人、有价值物体、自然环境及社会系统，其中，对二氧化碳浓度变化较为敏感的为环境敏感风险受体。

1.3.7 可接受风险水平

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人体健康或生态系统可容忍的风险水平。

1.4 指导原则

1.4.1 可操作原则

在保障二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南编制工作的科学性与规范性的同时，确保为环境风险管理提供决策服务的可操作性和实用性。

1.4.2 适用原则

针对 CCUS 项目不同环节、技术和工艺，提出适合其特点的环境风险评估技术指南。

1.4.3 分类指导原则

充分考虑不同环节、技术、工艺以及封存地域的环境风险特征差异，尽可能涵盖所有与 CCUS 技术相关的环境风险评估和管理。

2 二氧化碳捕集、利用与封存的环境风险评估工作程序

2.1 评估流程

CCUS 环境风险评估流程如图 1 所示。

- （1）系统地识别潜在的环境风险源和关键的环境风险受体；
- （2）确定环境风险评估方法，界定影响和可能性；
- （3）评估影响和可能性，估算每类风险源和相应环境风险受体的环境风险水平；
- （4）识别将要采取的环境风险管理措施，将环境风险降低到可接受风险水平。

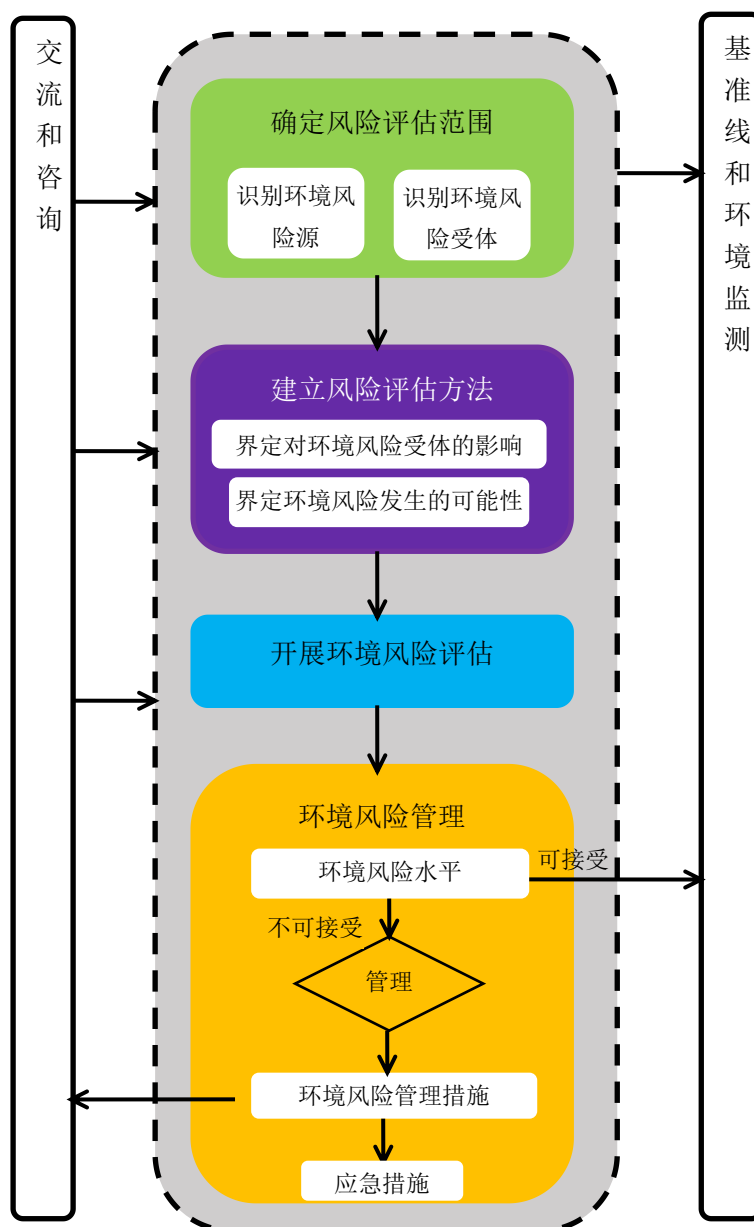


图 1 二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估流程

2.2 评估的空间范围

对于捕集环节，评价范围是二氧化碳排放源厂界内及厂界外的一定范围内。

对于运输环节，评价范围包括管道、槽车和船舶运输路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，评价范围包括可能会受到注入活动威胁的项目周边区域。

2.3 评估的时间范围

对于捕集环节，评价时间包括捕集设备的建设期和运行期。

对于运输环节，评价时间包括管道的建设期和运行期，槽车和船舶的运行期。

对于地质利用与封存环节，评价时间包括注入前、注入中、场地关闭及关闭后。

3 二氧化碳捕集、利用与封存的主要环境风险源

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相关的设备失效。

3.1.2 环境风险的主要表现形式

捕集设备正常运行或失效引起的环境风险物质本身及挥发和降解过程产生的污染物排放。

3.1.3 主要评价指标

- (1) 捕集量。一般捕集量越大，使用的环境风险物质也越多，则环境风险可能越大。
- (2) 捕集设备材质。一般材质耐腐蚀性能力越弱，则环境风险可能越大。
- (3) 捕集工艺和环境风险物质。不同捕集工艺导致的环境风险物质不同，对应的环境风险也有所不同。
- (4) 二氧化碳气流的杂质含量及种类。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失效及二氧化碳和/或其它物质泄漏。

3.2.2 环境风险的主要表现形式

运输过程的二氧化碳泄漏事故、二氧化碳和/或其它物质泄漏，及其对人类健康、动植物、地下水、地表水、大气等的不利影响。

3.2.3 主要评价指标

- (1) 运输方式。槽车运输由于运输量相对较小，其环境风险相对较低；船舶和管道运输由于运输量较大，泄漏的环境风险相对较大。
- (2) 运输设备材质。一般材质耐腐蚀性能力越弱，则环境风险可能越大。
- (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，则环境风险越小。
- (4) 运输规模。二氧化碳运输量越大，则环境风险可能越大。

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/或其它风险物质，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 环境风险的主要表现形式

二氧化碳泄漏事故，二氧化碳和/或其它物质泄漏，及对人类健康、动植物、地下水、地表水、大气等的不利影响。

3.3.3 主要评价指标

(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，则环境风险越低。

(2) 二氧化碳注入参数。如果注入压力过高、注入量过大和注入速度较快，则环境风险较高。

(3) 封存区域内新增和既有井的数量和深度。如果封存区域内存在废弃井或其它用途的井，则环境风险相对较高。

(4) 二氧化碳运移。如果注入到地质结构中的二氧化碳超出监测范围，则环境风险相对较高。

(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，则环境风险较高。

(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，则环境风险较低。

4 二氧化碳捕集、利用与封存的环境风险受体

环境风险受体主要包括人群、动植物等生命体及其与之密切相关的地下水、地表水、大气、土壤等环境介质。

4.1 环境风险受体被影响的表现形式

(1) 环境介质。评价范围内大气、土壤、地表水、地下水等环境质量发生变化。

(2) 人群。评价范围内出现生理性不适、意识丧失等人体健康问题。

(3) 动植物。评价范围内动植物分布、丰度和生理生态行为发生变化。

(4) 微生物。评价范围内微生物数量和种群发生变化。

4.2 主要评价指标

(1) 区域特征。环境敏感、人口密集、地质结构不稳定等区域的环境风险受体被影响的可能性和程度均较大。

(2) 污染排放。如果二氧化碳捕集、利用与封存造成额外的大气、水、废弃物等污染排放，则环境风险受体被影响的可能性和程度均较大。

5 二氧化碳捕集、利用与封存的环境风险评估推荐方法

本指南推荐以定性评估为主的风险矩阵法。

5.1 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 1-4 所示。

表 1 对土壤环境影响的界定

影响	描述		
	环节	影响范围	影响程度
轻微	捕集	厂界安全距离范围内	项目对所在地土壤环境质量有轻微不利影响，主要指标未超过环境质量标准，且变化在 20%以内。 二氧化碳浓度变化超过背景值，但不超过主要环境敏感受体的下限阈值。
	运输	安全距离范围内	
	地质利用与封存	场地范围内	
轻度	捕集	厂界安全距离范围内	项目对所在地土壤环境质量有一定的不利影响，主要指标未超过环境质量标准，且变化在 100%以内。 二氧化碳浓度变化超过背景值，但不超过主要环境敏感受体的下限阈值。
	运输	安全距离范围内	
	地质利用与封存	场地范围内	
中度	捕集	厂界安全距离范围外	项目对所在地土壤环境质量有显著的不利影响，主要指标超过环境质量标准，或者其变化在 100%以上。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	场地范围内	
重度	捕集	厂界安全距离范围外	项目对所在地土壤环境质量有较大的不利影响，主要指标超过环境质量标准一倍以上，或者其变化在 200%以上。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	场地范围外但在预测的运移范围内	
严重	捕集	厂界安全距离范围外	项目对所在地土壤环境质量有严重的不利影响，对土壤生态系统造成不可逆的损害。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	超出预测的运移范围	

表 2 对地表水环境影响的界定

影响	描述		
	环节	影响范围	影响程度
轻微	捕集	厂界安全距离范围内	项目对所在地地表水环境质量有轻微不利影响，主要指标未超过环境质量标准，且变化在 20%以内。 二氧化碳浓度变化超过背景值，但不超过主要环境敏感受体的下限阈值。
	运输	安全距离范围内	
	地质利用与封存	场地范围内	
轻度	捕集	厂界安全距离范围内	项目对所在地地表水环境质量有一定的不利影响，主要指标未超过环境质量标准，且变化在 50%以内。 二氧化碳浓度变化超过背景值，但不超过主要环境敏感受体的下限阈值。
	运输	安全距离范围内	
	地质利用与封存	场地范围内	
中度	捕集	厂界安全距离范围外	项目对所在地地表水环境质量有显著的不利影响，主要指标超过环境质量标准，或者其变化在 50%以上。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	场地范围内	
重度	捕集	厂界安全距离范围外	项目对所在地地表水环境质量有较大的不利影响，主要指标超过环境质量标准一倍以上，或者其变化在 100%以上。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	场地范围外但在预测的运移范围内	
严重	捕集	厂界安全距离范围外	项目对所在地地表水环境质量有严重的不利影响，对地表水生态系统造成不可逆的损害。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	超出预测的运移范围	

表 3 对地下水环境影响的界定

影响	描述		
	环节	影响范围	影响程度
轻微	捕集	厂界安全距离范围内	项目对所在地地下水环境质量有轻微不利影响，主要指标未超过环境质量标准，且变化在 50%以内。 二氧化碳浓度变化超过背景值，但不超过主要环境敏感受体的下限阈值。
	运输	安全距离范围内	
	地质利用与封存	场地范围内	
轻度	捕集	厂界安全距离范围内	项目对所在地地下水环境质量有一定的不利影响，主要指标未超过环境质量标准，且变化在 100%以内。 二氧化碳浓度变化超过背景值，但不超过主要环境敏感受体的下限阈值。
	运输	安全距离范围内	
	地质利用与封存	场地范围内	
中度	捕集	厂界安全距离范围外	项目对所在地地下水环境质量有显著的不利影响，主要指标超过环境质量标准，或者变化在 100%以上。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	场地范围内	
重度	捕集	厂界安全距离范围外	项目对所在地地下水环境质量有较大的不利影响，主要指标超过环境质量标准二倍以上，或者变化在 200%以上。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	场地范围外但在预测的运移范围内	
严重	捕集	厂界安全距离范围外	项目对所在地地下水环境质量有严重的不利影响，对地下水生态系统造成不可逆的损害。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	超出预测的运移范围	

表 4 对大气环境影响的界定

影响	描述		
	环节	影响范围	影响程度
轻微	捕集	厂界安全距离范围内	大气污染排放达到排放标准要求，特征污染物满足行业和地方相关环境管理要求。 二氧化碳浓度变化超过背景值，对主要环境敏感受体基本无影响。
	运输	安全距离范围内	
	地质利用与封存	场地范围内	
轻度	捕集	厂界安全距离范围内	大气污染排放达到排放标准要求，特征污染物满足行业和地方相关环境管理要求。 二氧化碳浓度变化超过背景值，对主要环境敏感受体有影响，但浓度未超过主要环境敏感受体的下限阈值。
	运输	安全距离范围内	
	地质利用与封存	场地范围内	
中度	捕集	厂界安全距离范围外	大气污染排放达到排放标准要求，特征污染物满足行业和地方相关环境管理要求。 二氧化碳浓度变化超过背景值，对主要环境敏感受体有显著影响，浓度超过主要环境敏感受体的下限但未达到上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	场地范围内	
重度	捕集	厂界安全距离范围外	大气污染排放达到排放标准要求，特征污染物满足行业和地方相关环境管理要求。 二氧化碳浓度变化超过背景值，对主要环境敏感受体有较大的不利影响，超过主要环境敏感受体的上限阈值。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	场地范围外但在预测的运移范围内	
严重	捕集	厂界安全距离范围外	大气污染排放达到排放标准要求，特征污染物满足行业和地方相关环境管理要求。 二氧化碳浓度变化超过主要环境敏感受体的上限阈值，对周边生态系统造成严重损害。
	运输	安全距离范围外	
	地质利用与封存	超出预测的运移范围	

5.2 可能性界定

环境风险源和环境风险受体之间相互作用导致环境风险的可能分为五类:几乎不可能、不太可能、可能、很可能、几乎确定，如表 5 所示。

表 5 可能性界定

可能性类别	描述
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。
不太可能	在项目的全生命周期内不太可能发生。
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。

5.3 环境风险水平评估

综合环境风险的影响和可能性界定，采用风险矩阵分析法，将环境风险水平划分 3 类：低风险、中等风险和高风险，见图 2。

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

图 2 环境风险评估矩阵

6 二氧化碳捕集、利用与封存的环境风险管理

对于环境风险水平评估为高风险的项目，应采取环境风险管理措施，并再次评估风险管理措施实施后的环境风险水平，直至达到低风险水平。对于环境风险水平评估为中等风险的项目，也应采取环境风险管理措施，直至达到低风险水平。对于环境风险水平评估为低风险水平时，为可接受的风险水平，不需要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 6 和表 7。其中，风险防范措施应包括但不限于表 6 的内容，环境风险事件的应急措施也应包括但不限于表 7 的内容。

表 6 环境风险防范措施

环节	主要措施
捕集环节	安装烟气连续监测系统，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。
	严格控制捕集后二氧化碳气流的纯度，明确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安全距离，并确保管道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。
	制定管道一定范围内的地下水、土壤等环境介质的环境监测计划。
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，环境监测包括环境背景值（基准线）监测、注入运营期监测、场地关闭和关闭后的长期监测三阶段。
	环境背景值监测在注入前开展，主要通过监测和采样获取场地水质、大气二氧化碳浓度、地下水二氧化碳通量等用于环境影响和环境风险评价的背景值，并以此作为判断二氧化碳是否发生泄漏的原始对照值。
	注入运行期监测和场地关闭后长期监测主要是监测水质、大气二氧化碳浓度、地下水二氧化碳通量、二氧化碳运移、压力、温度等，确保二氧化碳地质封存长期、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安全距离。

表 7 环境风险事件的应急措施

主要措施	具体要求
设置危险防范区	针对二氧化碳管道与利用封存地点的分布，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	实时监测二氧化碳浓度，及时发出泄漏警报。
制定应急预案，明确级别和分级响应程序	保障应急救援设施、设备和器材等，制定针对不同二氧化碳泄漏情况的工程补救措施及管理措施，人员紧急撤离、疏散，以及事故应急救援关闭程序与事故现场处理、恢复措施，应急培训和公众教育，损害赔偿等。
成立应急组织机构	成立机构并安排专职人员负责应急。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，组织开展应急演练。
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。