中国石油

油藏中CO_2封存过程环境风险

王嘉麟

中国石油安全环保技术研究院

2010年10月

cags

China Australia Geological Storage of CO_2

中澳二氧化碳地质封存

中国石油

汇报提纲

- 地下灌注与CCS/EOR
- 美国地下灌注管理法规
- 中国地下灌注管理法规
- CCS/EOR的环境风险问题
- CCS/EOR的环境风险研究方法

中国石油

◆地下灌注与CCS/EOR

— 地下灌注（Underground Injection，UI）指通过井将灌注物注入地下多孔岩石或土壤地层的污染物处置技术。

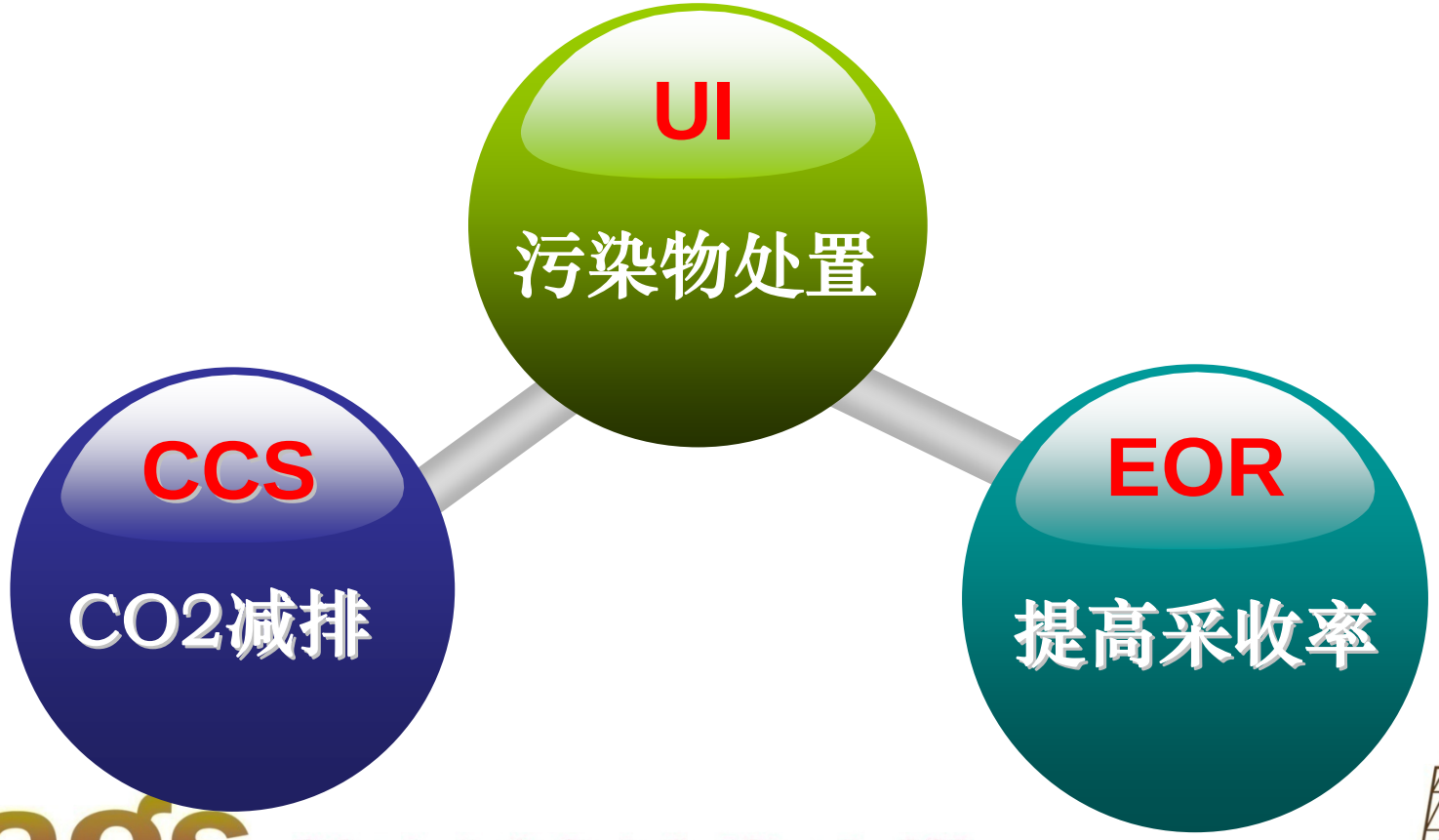
— 碳捕集与储存（Carbon Capture and Storage，CCS)是将二氧化碳收集并注入地层的技术，其目的是减少二氧化碳排入大气。

— 二氧化碳提高采收率（CO_2 Enhanced Oil Recovery，EOR）是通过将CO_2注入油藏，从而提高原油采收率的技术。

中国石油

◆地下灌注与CCS/EOR

- CCS、EOR和UI的目的不相同：



中国石油

◆地下灌注与CCS/EOR

- CCS、EOR属于UI技术范畴

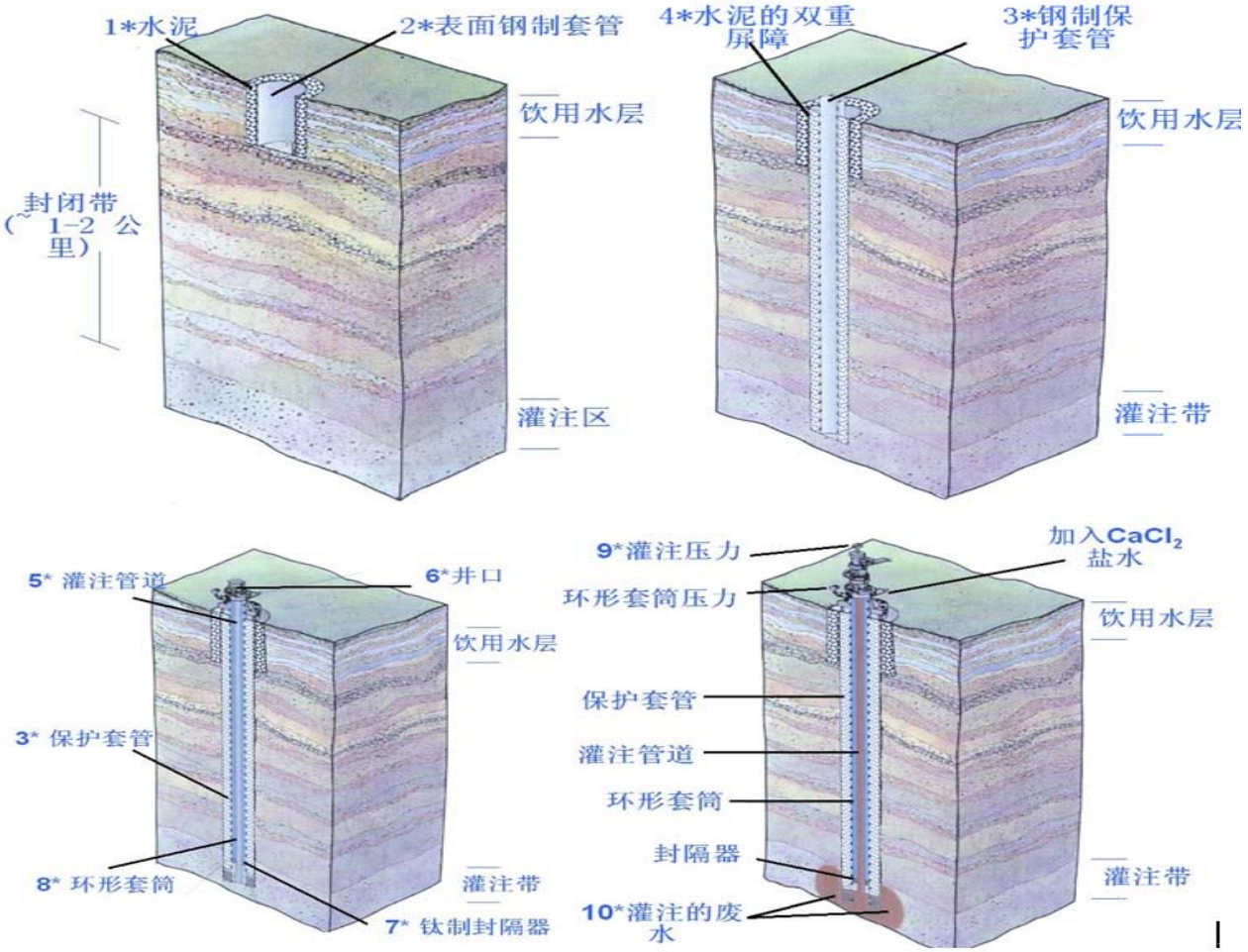
美国环保署（EPA）将地下灌注井分为五类。

CCS/EOR井属于管理最严格的I类危险性废物灌注井。

类别	注入液体类型	注入地层	应用领域
Ⅰ类井	危险废物； 其它工业和市政废液； 放射性废物。	所有地下可饮用水源之下： 在大湖地区（the Great Lakes region），典型的灌注井深度为1700～6000英尺； 在海湾沿岸深度为2200～12000英尺或更深。	炼油、金属制造业、化学品生产、制药、商业污水处理、市政污水处理和食品加工等。
Ⅱ类井	天然气储运作业或石油天然气采掘过程产生的废液和天然气脱出的混合废水；为了提高石油和天然气的采收率而注入的液体；储存标准温度和压力下为液态的烃类化合物。	储油地层。	石油天然气采掘业。
Ⅲ类井	过热蒸汽、水或其它流体。	依矿物埋藏的深度而定。	盐类的溶剂采掘、铀或其他金属现场滤取、采用Frasch工艺开采硫磺矿。
Ⅳ类井	危险性废物和放射性废物。	地下饮用水层之上。	这类井由于直接危害公众健康，已被禁止使用。
Ⅴ类井	没有被以上四类井灌注液包括的类型。	根据实际需要而定。	热泵系统中空调水回灌含水层；化粪池、渗水坑；地下冷水库；地表流体的排泄，主要为暴雨径流回灌地层；含水层的补给井；阻挡咸水入侵的灌注井；控制地面沉降的地下水回灌井等。

中国石油

典型I类危险废物灌注井的结构示意图



1、表面钢制套管提供了对饮用水层的保护。
2、表面套管外围的水泥提供了双重的屏障。
3、保护套管：高强度的钢管提供了从地面到灌注区的渗漏保护。
4、防护套管周围的水泥提供了从地面到灌注区的双重屏障。
5、在灌注区内使用抗酸水泥。
6、高压FRP灌注管道（17.250MPa－2,500psig）井口在地面封闭环形套筒。
7、封隔器在底部封闭环形套筒。
8、环形套筒（注满 CaCl盐水）。
9、环形套筒 压力总是比灌注压力高。
10、持续的压力监测保证了井的完整性，并保证了废水被封闭在灌注区内。

◆地下灌注与CCS/EOR

- 地下灌注应用新领域：

新领域	井的类别
CO_2地质封存	Ⅴ类 －试验性　新类别
含水层储存与回采（ASR）	Ⅴ类
饮用水处理残渣（DWTR）	Ⅰ类危险或无毒害的 Ⅱ类提高采收率井 Ⅴ类（地下饮用水源下方）
脱盐生产副产品	Ⅴ类
浆状生物固体	Ⅴ类
地浸（ISL）采铀	ⅢI类 － 灌注 Ⅰ类 － 处理废物流

中国石油

◆美国地下灌注管理法规

- **“联邦法典第40条款”（CFR）Title40）：**

保护地下水资源作为地下灌注控制（UIC）的首要原则；作为地下灌注项目的管理和审批的主要依据。

- **二氧化碳地质封存井的地下灌注控制联邦要求草案**

EPA于2008年7月发布。

- **地质封存实验项目的五类实验井技术指南**

EPA发布，协助各州及各地派驻机构采用UIC项目发放申请许可。

中国石油

◆美国地下灌注管理法规

- **其他涉及UI的法规主要包括:**
  - 地下灌注控制程序;
  - 安全饮用水法;
  - 危险和固体废物修正法案;
  - 地下灌注控制法规;
  - 资源保护和再利用法

◆中国地下灌注管理法规

没有
法律法规

缺失
监管手段
和技术

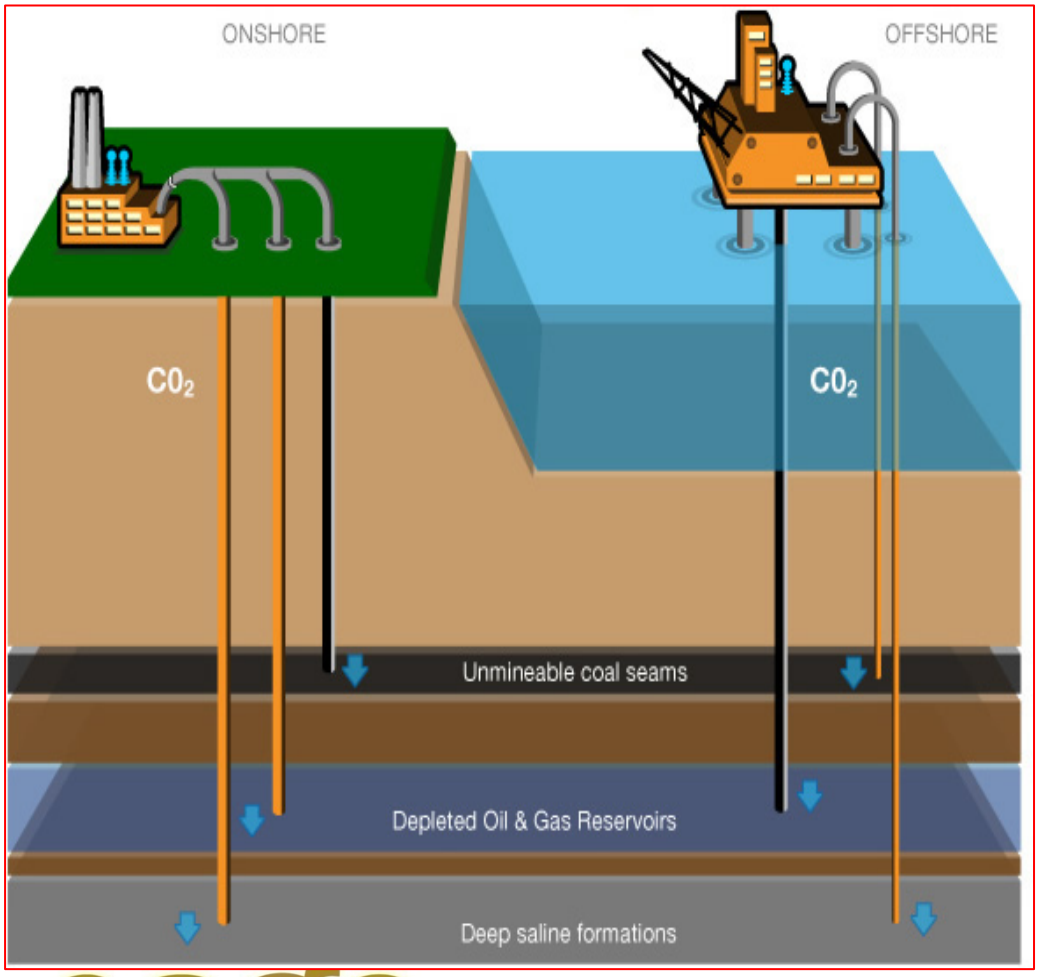
2005年，国家环保总局主持开展了《工业废液地下灌注技术示范和环境监督管理的应用和研究》项目。该研究项目分为4个研究专题：

- 地质选址研究；
- 地质与灌注工程技术研究；
- 环境管理法规建设研究；
- 环境影响评价技术规范。

目前已钻探了一口勘查井，获得了相应地质资料，并在扩散模型研究、兼容性分析、灌注层选取、灌注井位置选取等方面取得了初步的研究成果。

中国石油

◆ CCS/EOR 环境风险问题



气候变化和石油安全已成为全球聚焦的热点问题，利用CO2采油及利用驱采后的油气藏进行CO2埋存已成为解决这两个问题的重要思路之一。

目前，国内外都已对此进行了深入的研究，并已付诸行动。但由于受到埋存及驱采条件，如地质条件、生油物源等影响，也存在着诸多的环境风险因素。

中国石油

◆ CCS/EOR 环境风险问题

- 油气生产作业环境风险源识别应包括以下内容（不限于）：
  - 钻井及井下作业过程中，如发生井喷，可能出现油气泄漏、火灾爆炸，对环境空气、水环境及生态环境造成危害；
  - 在有危害的地质构造区域，油(气)田工程设施有可能出现油气泄漏、火灾爆炸，造成环境污染；
  - 油气管道因腐蚀穿孔、人为破坏、洪水冲蚀等可能出现破裂，出现油气泄漏并引发火灾爆炸，对环境空气、水环境及生态环境造成危害；
  - 工艺站场（油气处理设施和储罐等）有油气泄漏及火灾爆炸的可能性，造成环境污染。

中国石油

◆ CCS/EOR 环境风险问题

- CO2注入原油生产井后的主要风险包括：

（1）井下作业中如发生井喷，可能对环境空气及生态环境造成危害；

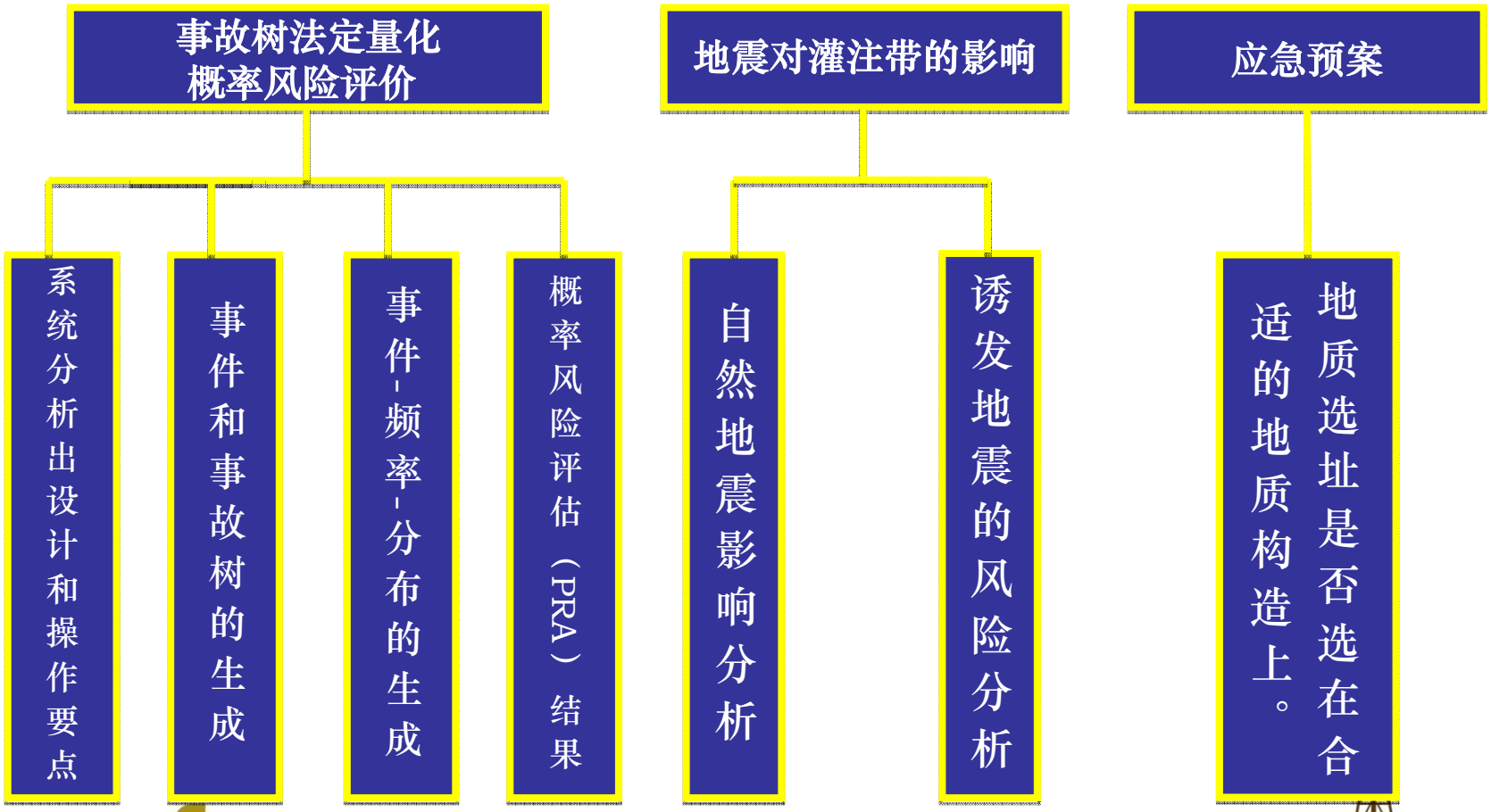
（2）二氧化碳驱油涉及到不同的地层，在有危害的地质构造区域，可能出现油气泄漏，对环境空气及生态环境造成危害；

（3）油气管道、工艺站场若出现破裂，对环境空气及生态环境造成危害。

中国石油

◆CCS/EOR的环境风险问题

- 将二者相结合，识别源项，开展评价。



中国石油

◆CCS/EOR的环境风险问题

灌注方案	①灌注液成分和灌注量； ②灌注系统； ③拟选定灌注层、隔离层和缓冲层（根据灌注区的地质、水文地质条件和相关规定及研究成果确定）。
地址选址评价	①灌注区地质条件（构造；地质稳定性；地层分布、岩性特征和沉积特征；地下含水层）； ②灌溉层分析（做出灌注层系分布及剖面图，以便深入分析，根据美国法规要求（40CFR 146.62），分别对灌注层、封盖层、缓冲层等进行分析）； ③配伍层分析（与地层的配伍性；井的材料与流体和地层的配伍性分析）； ④灌注物扩散数值模型预测评价。
对当地自然资源影响评价	美国法规要求（40 CFR 146.62）：**管理者要确保地下灌注不会危及地下饮用水源。**钻井区域的地质和水文地质的分析，至少应包括有关地层、构造、岩石性质，含水层水力特征和矿产资源等情况的详细分析。 ①对地下可饮用水源的影响； ②对油气资源的影响； ③对地热资源的影响； ④对卤水等其他资源的影响。

中国石油

◆CCS/EOR的环境风险问题

调查区	美国法规规定（40 CFR 146.63）：当废物灌注到地层后，地层的压力会增加。为了证明压力的增加不会导致灌注液转移到灌注带之外，或进入地下饮用水源内，必须进行灌注井井口周围半径3.2千米（地区行政主管也可以根据计算指定更大的区域）范围内的人工通道的调查，该区域称之为调查区（Area of Review，AOR）。 ①调查区的确定； ②调查区的内钻孔现状； ③ “纠正计划”。拟建项目在实施灌注之前将进一步检查调查区域内穿透灌注带钻孔的成井、固井、封井状况，对不满足要求的钻井提出正式封堵方
灌注井的建设、运行和关闭方案	这些要求主要集中在美国联邦法典146和148部分中，分为建设要求（146.65）、新井运行前的测井和取样（146.66）、操作要求（146.67）、监测和测试要求（146.68）、信息上报和记录保存要求（146.69）、关井要求（146.72-146.73）等几个方面。 ①灌注井的建设； ②灌注井的运行； ③测试和数据的监测； ④灌注井的关闭方案评价。

中国石油

◆CCS/EOR的环境风险问题

- **国内 CO2埋存环境风险评价的主要问题：**
  - 国内现有的风险评价对石油行业主要强调发生火灾及爆炸的风险计算、评价和管理。**而CO2埋存主要问题是泄漏对人及生态的影响。**
  - **按照新导则CO2埋存属于风险评价范围，**而按照国内目前物质风险识别和重大风险源识别， CO2无法识别。
  - 国外相关项目风险评价考虑了地震对封存各地层稳定性及安全性的影响 ，国内尚未明确。
  - 国内《环境风险评价导则》中目前还没有CO2在地层中扩散泄漏计算的模式。

中国石油

◆CCS/EOR的环境风险研究方法

- 研究思路

了解国外主要国家和组织目前已经采用的针对CCS-EOR的环境风险评价技术

总结分析国内的评价方法与国外的CCS-EOR环境风险评价方法的相互关系

提出国内CCS-EOR项目环境风险评价的技术方法

中国石油

◆CCS/EOR的环境风险研究方法

- 研究方法

收集国内外关于此类项目的法规和技术文献，对我国的实际情况进行现场调查

类比调查

对典型项目所在区域进行地质、水文条件和自然资源等方面的详细调查

地质调查

在评价过程中咨询国内多位相关领域的专家的意见

专家咨询

中国石油

Thanks for your attention!

cags

China Australia Geological Storage of CO_2

中澳二氧化碳地质封存