



胜利油田CO₂驱油封存项目的 环境监测技术

张 媛 媛





中石化石油工程设计有限公司

2014年5月13日





主要内容

-  **一、研究背景**
-  **二、胜利油田CO₂-EOR项目简介**
-  **三、环境监测研究进展**
-  **四、下一步的工作**



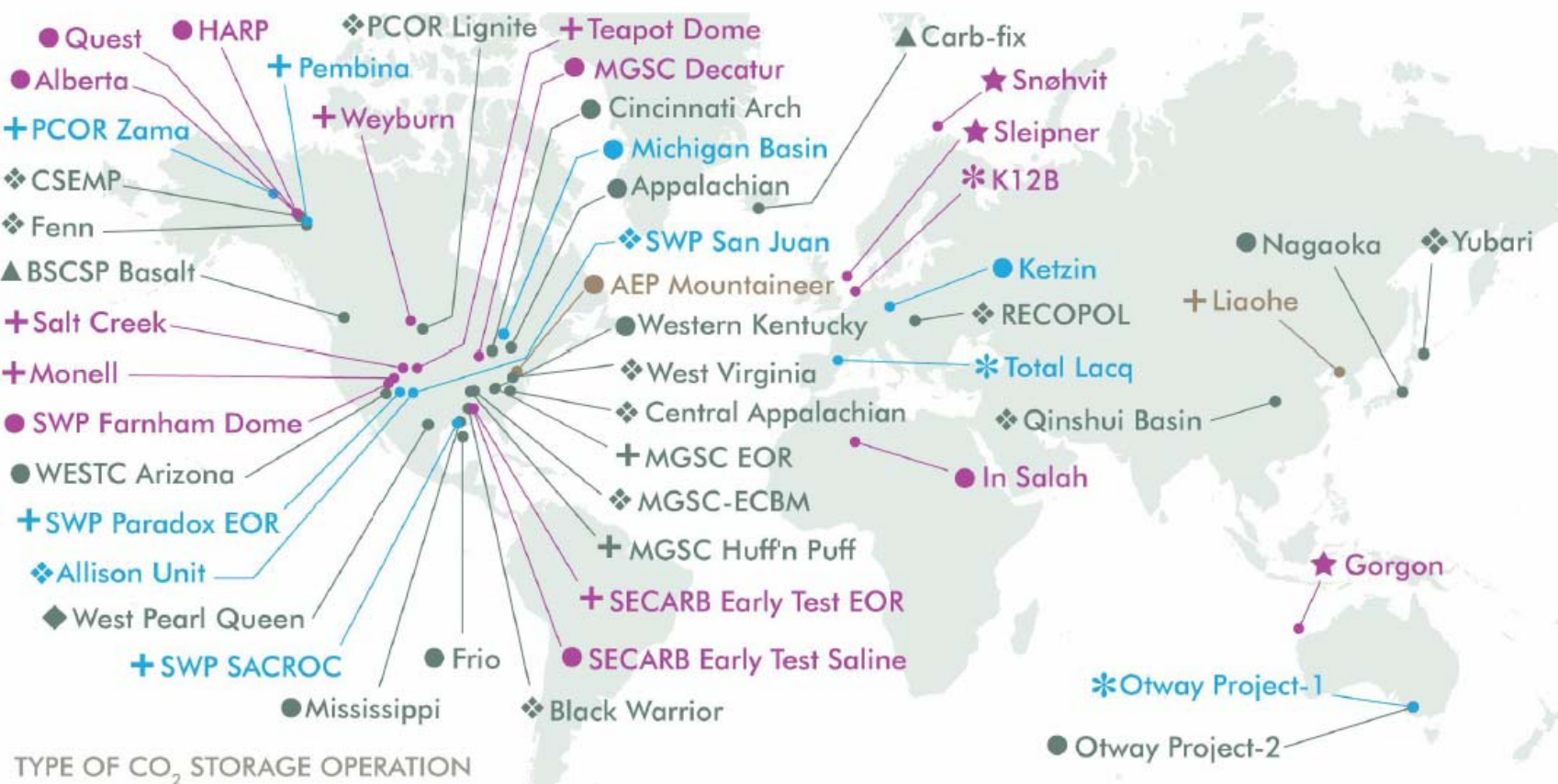


研究背景

国内外CO₂-EOR项目

世界各国CO₂-EOR项目(Oil & Gas Journal, 2012)

- **美国**开展的项目最多, **89%** ; 其次为加拿大, 4%





研究背景

国内外CO₂-EOR项目

世界各国CO₂-EOR项目(Oil & Gas Journal, 2012)

- **美国**开展的项目最多, **89%** ; 其次为加拿大, 4%

中国CO₂-EOR项目处于识别和评估阶段

- 中石化、中石油开展**先导试验**、**区块扩大试验**



研究背景

在CCS/CCUS中，封存的永久安全性是首要条件！

➤ **对人群健康及生态系统的影响**

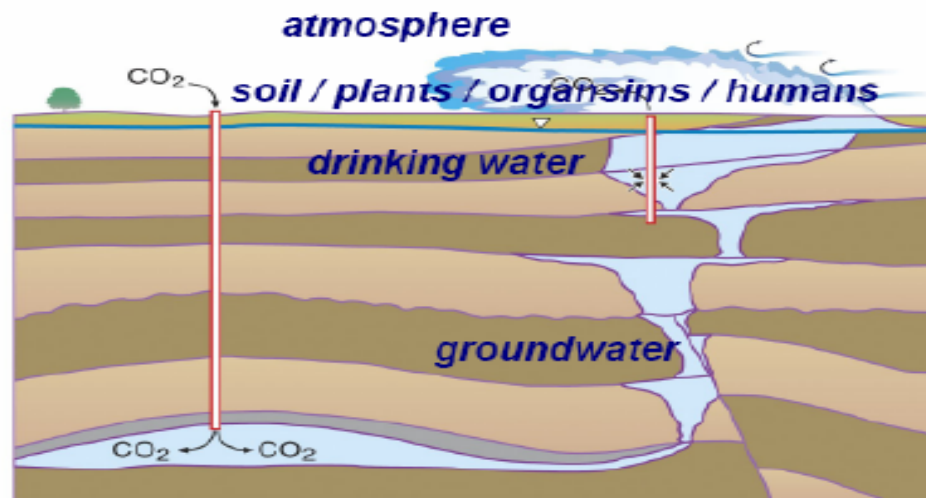
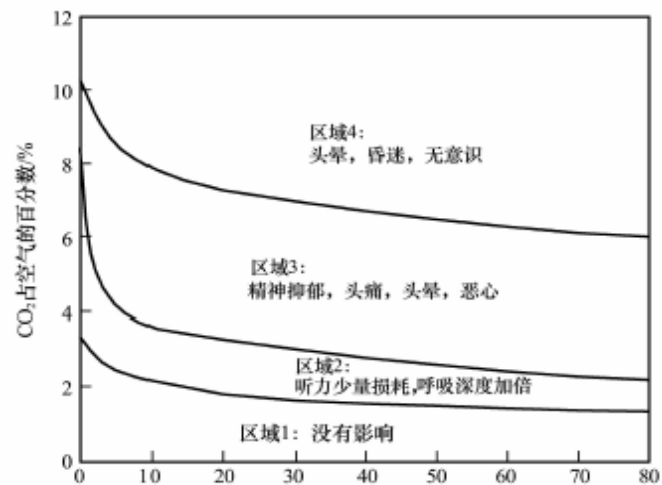
人及动物，1%,10%,20%

土壤气，0.2%-0.4%，5%，20%，生态

➤ **水体污染**

pH降低，微量元素富集

➤ **地面变形**



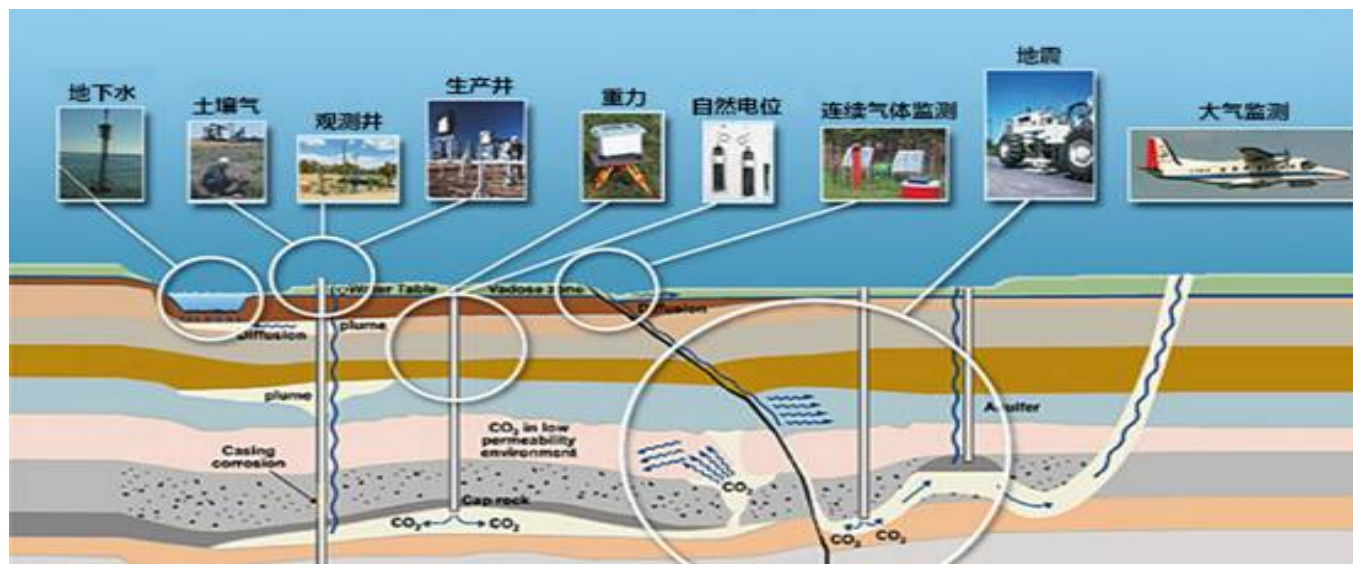


研究背景

安全保障措施

- 制定监管法令
- 制定过程监测和环境影响评价
- 封存场区实时环境监测
- 建立CO₂泄露预警与应急处理方案

大气、地表
及地下的环
境监测方法





研究背景

国内外CCS项目开展的环境监测

国外CO₂-EOR及咸水层封存多采用**地震法**确定羽状流位置，但地震法的应用受埋存深度的影响较大。

埋存越深
地震获取
信号越弱
该方法的
可行性越
差

		浅地层监测									地表和近地表监测					
		4D地震	3D地震	2D地震	VSP	微地震	电磁测量	重力	倾斜仪	井液	水体	土壤气	大气	植被	地面沉降	微生物
CO ₂ -EOR	Weyburn															
	Pembina Ca															
	吉林油田															
	胜利油田															
	延长油田															
CO ₂ 咸水层封存	神华															
	Aquistore															
	In Salah															
	Sleipner															
	Snohvit															
	Lacq															
	Otway															
	CO ₂ SINK															
	Frio															

4500m

2000m



研究背景

国内外CCS项目开展的环境监测

国外CO₂-EOR及咸水层封存近地面监测关注水体和土壤气较多。

水体：可参考水质标准（饮用、工业用水）进行约束，便于监管

土壤气：直接影响植物、动物的生长，方便监测

		浅地层监测								地表和近地表监测						
		4D地震	3D地震	2D地震	VSP	微地震	电磁测量	重力	倾斜仪	井液	水体	土壤气	大气	植被	地面沉降	微生物
CO ₂ -EOR	Weyburn															
	Pembina Ca															
	吉林油田															
	胜利油田															
	延长油田															
CO ₂ 咸水层封存	神华															
	Aquistore															
	In Salah															
	Sleipner															
	Snohvit															
	Lacq															
	Otway															
	CO ₂ SINK															
	Frio															



研究背景

国内外CCS项目开展的环境监测

- **关注度低**——CO₂-EOR项目更多的关注提高采收率，环境监测关注少；CO₂咸水层封存项目环境监测关注多。
 1. Weyburn-Midale Projects
 2. Rangely CO₂ Project
 3. SECARB-Cranfield II
 4. SRCSP-Aneth EOR-Paradox Basin
 5. Pembina Cardium Project
 6. Zama EOR Project
- **内容多样，风险识别需综合分析**——环境监测包括地下水、地表水、浅层土壤气、植被、微生物、大气、地面沉降等；环境监测与地球物理、地质模拟、地球化学等方法的相互印证，多角度评估工程风险。
- **尚无标准**——项目的监测体系各异。



主要内容



一、研究背景



二、胜利油田CO₂-EOR项目简介



三、环境监测研究进展



四、下一步的工作





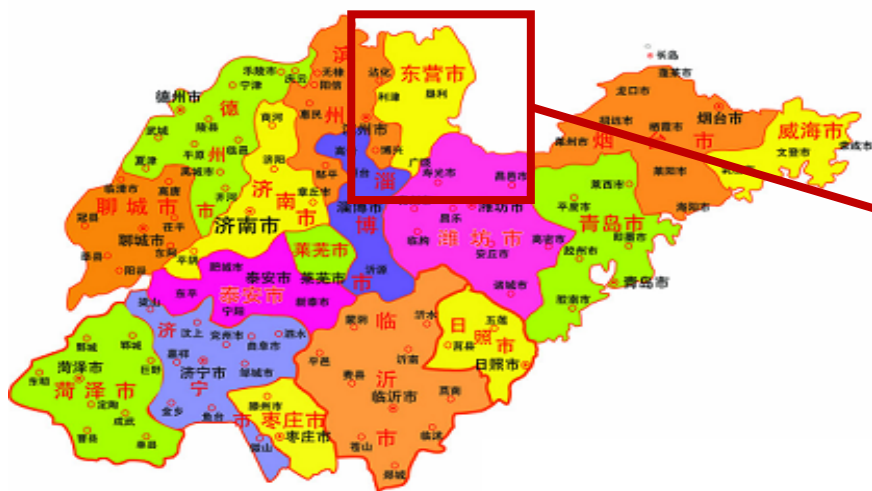
项目简介

大规模CCUS全流程示范工程

在国家科技部和总部的大力支持下，正在开展两项CCUS全流程示范：

一是胜利电厂烟道气100万吨/年CO₂捕集、输送及驱油封存项目

二是齐鲁石化煤制气50万吨/年CO₂捕集、输送及驱油封存项目



山东省





项目简介

大规模CCUS全流程示范工程



胜利电厂三期低浓度CO₂
(CO₂14%)

化学吸收工艺

100万吨/年 管输80km

胜利油区

目前已完成捕集工程初版可研



齐鲁煤制气高浓度CO₂
(CO₂90%)

低温精馏工艺提纯

50万吨/年 管输72km

胜利油区

目前已完成CO₂管道和CO₂提纯工程可研以及
驱油封存区块“四配套”方案



项目简介

大规模CCUS全流程示范工程

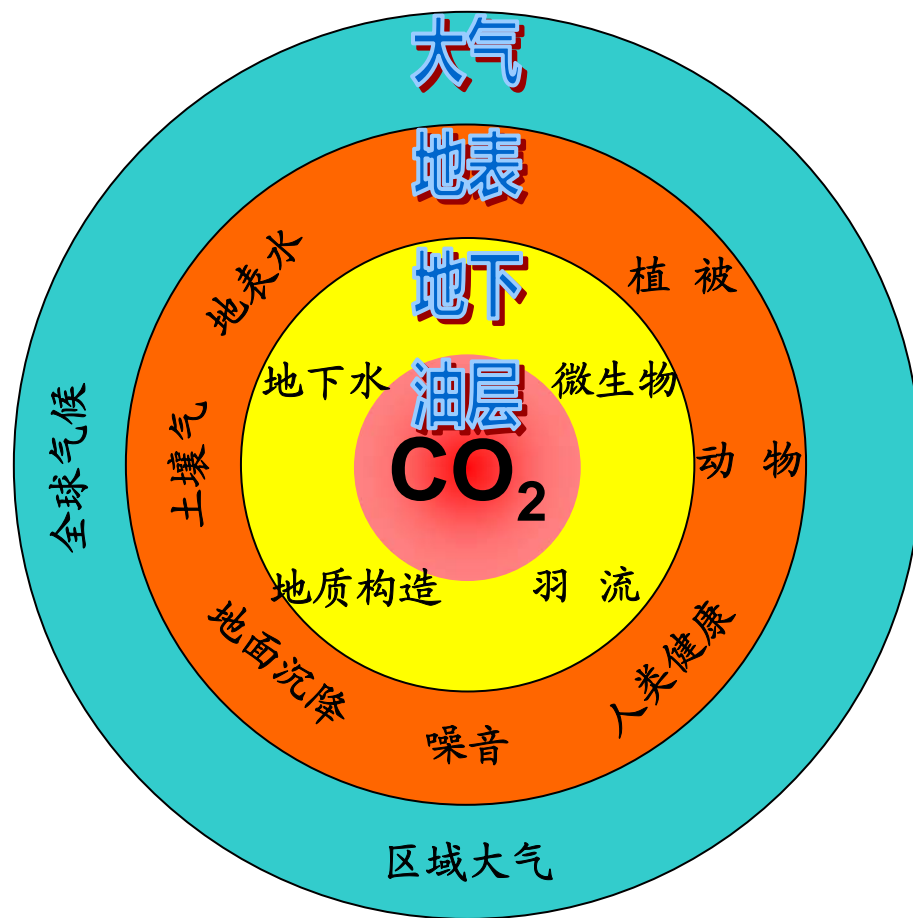
两个项目建成后，可年减排CO₂150万吨，初期能满足7000万吨储量规模低渗透油藏CO₂驱开发需要，同时随着采出CO₂的回注，应用区域将逐年增大，预计10年末CO₂总封存量达750万吨，总封存率约为50%，同时提高原油采收率10%以上，将产生巨大的减排和增产效益。





项目简介

环境监测方法

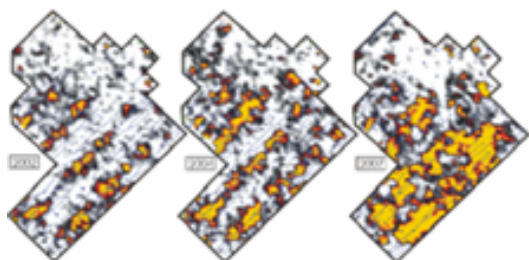




项目简介

环境监测方法

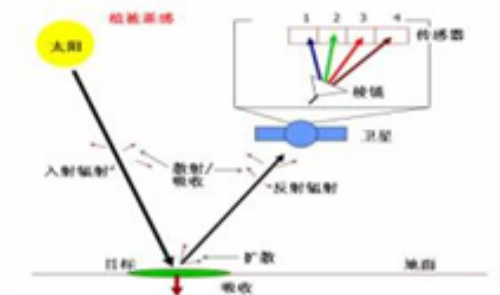
4D地震



土壤气



植被遥感



地面变形



GPS示意图

水体

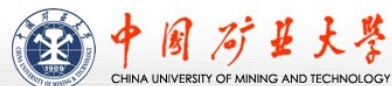


便携式水质分析仪



离子色谱

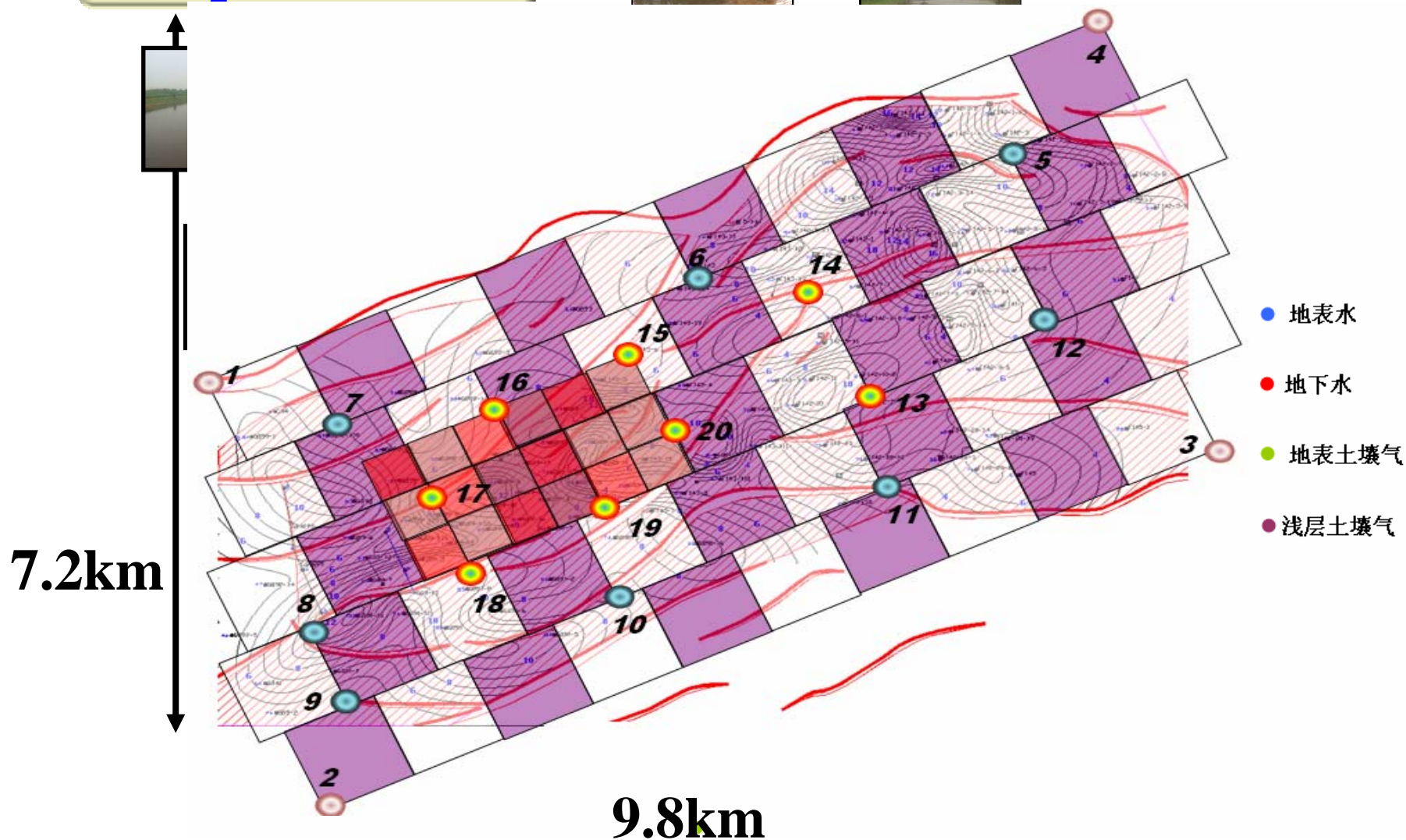
大气









项目简介

CO₂拟注气区域





主要内容

-  **一、研究背景**
-  **二、胜利油田CO₂-EOR项目简介**
-  **三、环境监测研究进展**
-  **四、下一步的工作**



研究进展

1. 拟注气区域背景值监测

2. 环境监测中遇到的问题





研究进展

胜利油田

基金支持：

- “十二五”国家科技支撑课题
- 中欧近零排放煤项目 NZEC-IIA
- 国家自然科学基金面上项目
- 中国博士后科学基金面上项目
- 中石化科技支撑项目
- 胜利石油管理局博士后基金
- 中国地质调查局-二氧化碳地质储存与资源化利用调查



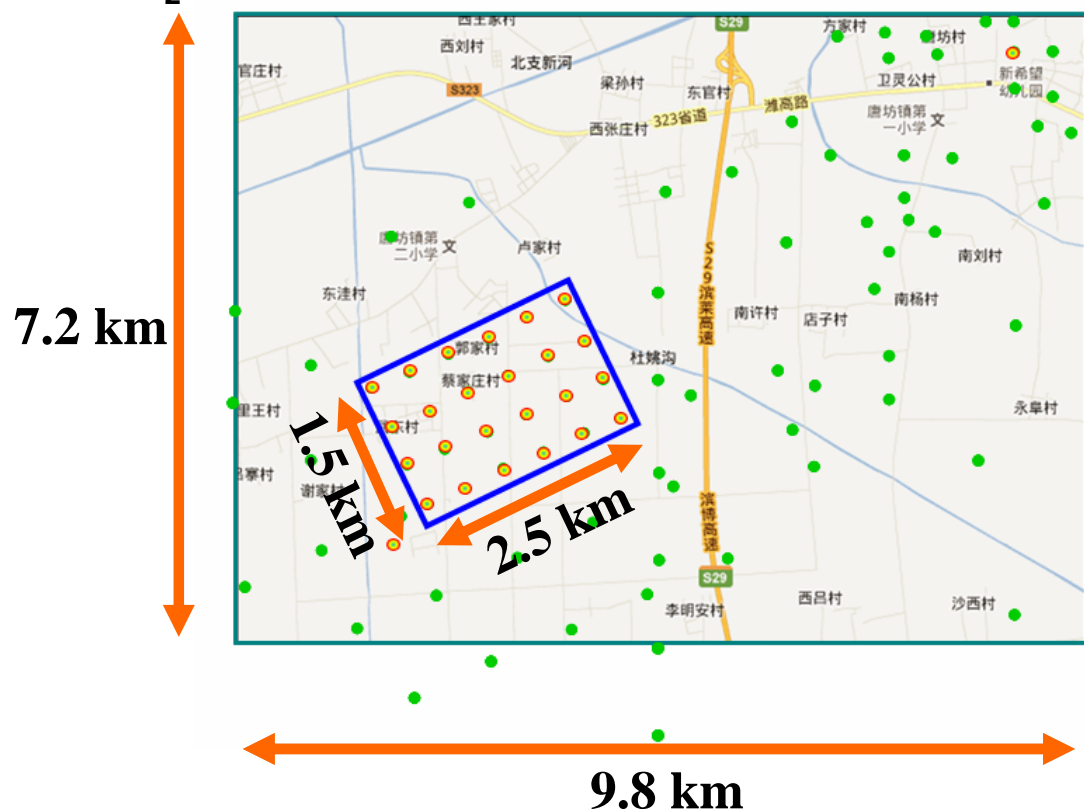


研究进展

胜利油田

土壤气CO₂通量

拟注气区域(9.8km×7.2km)布设了86个监测点，其中已注气区域(2.5km×1.5km)含20个监测点。便携式GPS导航仪确保监测点的精确位置，选择EGM-4 CO₂呼吸仪监测土壤气CO₂通量。



GPS



EGM-4



研究进展

胜利油田



问卷调查

调查对象：

- 1、随机
- 2、不同年龄
- 3、不同职业
- 4、不同文化水平





研究进展

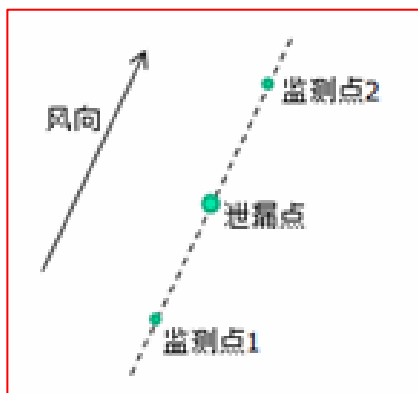
清华大学

大气环境监测-生产过程中

监测CO₂驱油过程中由于设备检修导致的CO₂泄露排放强度，确定CO₂的主要排放源强与封存量之间的响应关系



间接法反演





研究进展

清华大学

美国热电公司的410i型CO₂分析仪

HOBO便携式自动气象站

便携式CO₂浓度监测仪



410i型CO₂分析仪



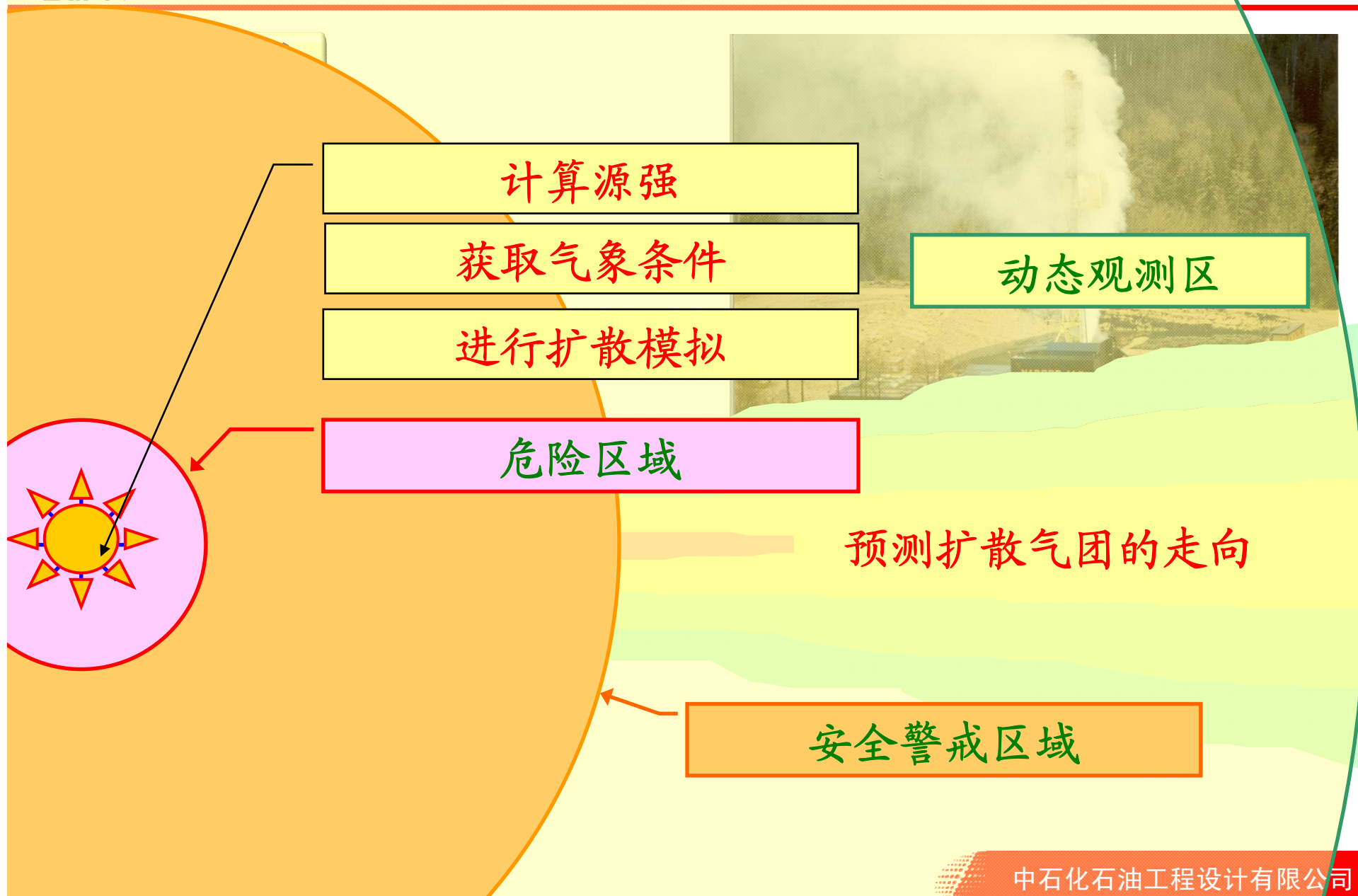
便携式气象站



CO₂检测仪



研究进展





研究进展

中国矿业大学

植被遥感

本监测方案以遥感监测为主。计划将遥感技术、地面调查与监测技术相结合，实现监测研究区域植被生态关键因素动态变化和发展趋势，掌握研究区生态环境总体情况，构建植被生态安全基础信息数据库。

首先通过开展正交试验，得到**植被因CO₂泄漏而表现出的典型遥感特征**。然后定期获得监测区和类比区的遥感影像，通过对遥感监测区与本底值以及与类比区的影像比照，**利用遥感反演模型**和提取的遥感信息完得到典型植被的光谱变化、扩散波段叶绿素指数、研究区叶面积指数、研究区作物含水量、研究区叶面氮素变化等植被遥感监测指标值，将之与阈值比较，**判别CO₂驱油示范区是否存在泄漏、泄漏量大小以及对植被环境的影响**，完成对植被生态监测目标。





研究进展

中国矿业大学





研究进展

中科院武汉岩土所

监测方案+浅层监测井的设计方案

与清华大学、中科院武汉岩土力学所、中国矿业大学等研究机构联合开展了CO₂驱油封存的环境监测及评价方法开发，开发了胜利油田CO₂驱油示范区**本底环境监测方案**，确定对驱油示范区**土壤气、地下水、植被、大气、地面变形**等方面开展环境监测。



结合会 2012年6月23日 设计院
初步确定本底监测方案的参与单位



论证会 2013年1月13日 武汉岩土所
本底环境监测方案汇报及研讨



商讨会 2013年3月6日 设计院
统一本底监测方案



研究进展

中科院武汉岩土所

环境风险评价原形系统

环境监测方案制定

监测类别	
大气	国家科技支撑课题 “大规模燃煤电厂烟气CO ₂ 捕集纯化、驱油与封存工程示范及评价” CO ₂ 驱油示范区本底环境监测方案 编制要求
土壤气	
植被生态	
地表变形	
水	
浅层地下水	
注入层位地下水	
CO ₂ 运移	

以CO ₂ 封存匹配度为评价方式的页岩盆地不同特征和等级对应的分值和权重						
标准	1	2	3	4	5	权重
1 构造背景	描述 分值	宽缓构造带	内陆裂谷	褶皱带盆地	断块山前	0.07
2 面积	描述 分值	小	中	大	巨大	0.06
3 沉积厚度	描述 分值	薄(<1500m)	中厚	厚(2500m)		0.07
4 稀释潜力	均值线:					Summary of Risk Scores
5 -0.16	1.6986111 0.6283018	0 -2				0 0 1.93 1.93 -2
6						1.06 1.06
7						
8 x,y points of arcs or radius r.						
9	poor					
10 y formula	r	x	y formula			
11 -0.542262	3	0.5	0.9154759			
12 -0.561251	3	0.6	0.8774989			
13 -0.58402	3	0.7	0.8319605			
14 -0.596852	3	0.8	0.7784888			
15 -0.610756	3	0.9	0.7166155			
-0.641692	3	1	0.6457513			
-0.677124	3	1.1	0.5651511			
-0.717424	3	1.2	0.4738634			
-0.763068	3	1.3	0.3706539			
-0.814673	3	1.4	0.2538855			
-0.873057	3	1.4999	0.1214618			
-0.93934	3	1.6	-0.030228			
-1.015114	3	1.7	-0.205564			
-1.102782	3	1.8	-0.412549			
-1.206275	3	1.9	-0.665834			
-1.5	3	2	-1			

☒ AHP Method

Dynamic Programming Approach

...

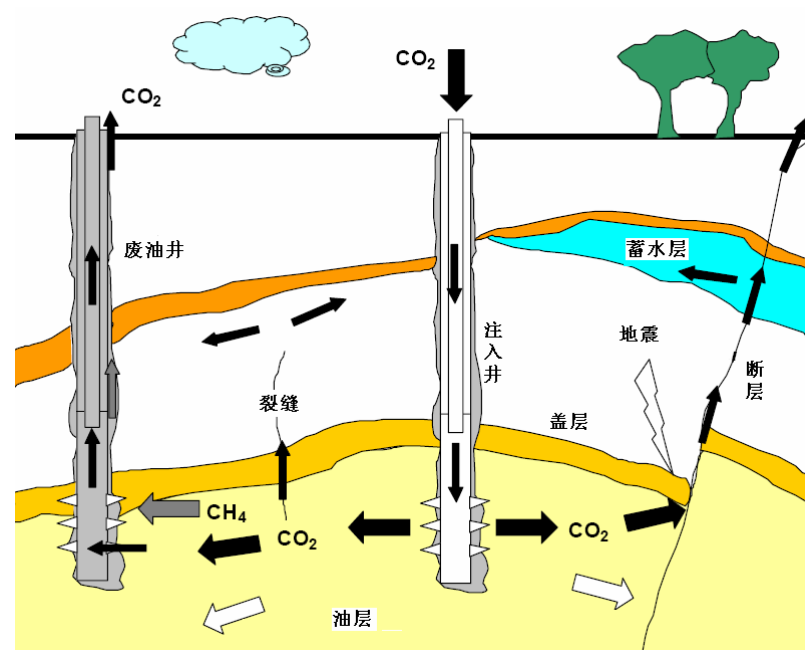
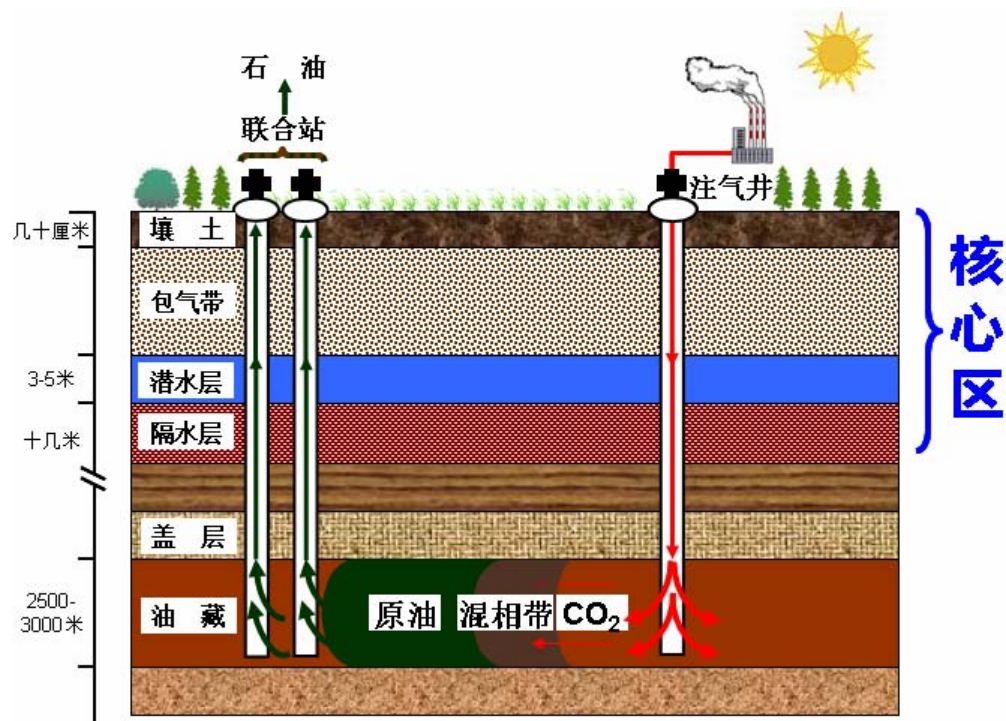
Modified Oldenburg's HSE Method
AITF Bachu's Method
RITE Method
☒ AHP Method
Dynamic Programming Approach
...



浅层监测井 钻取方案



CO₂的流向

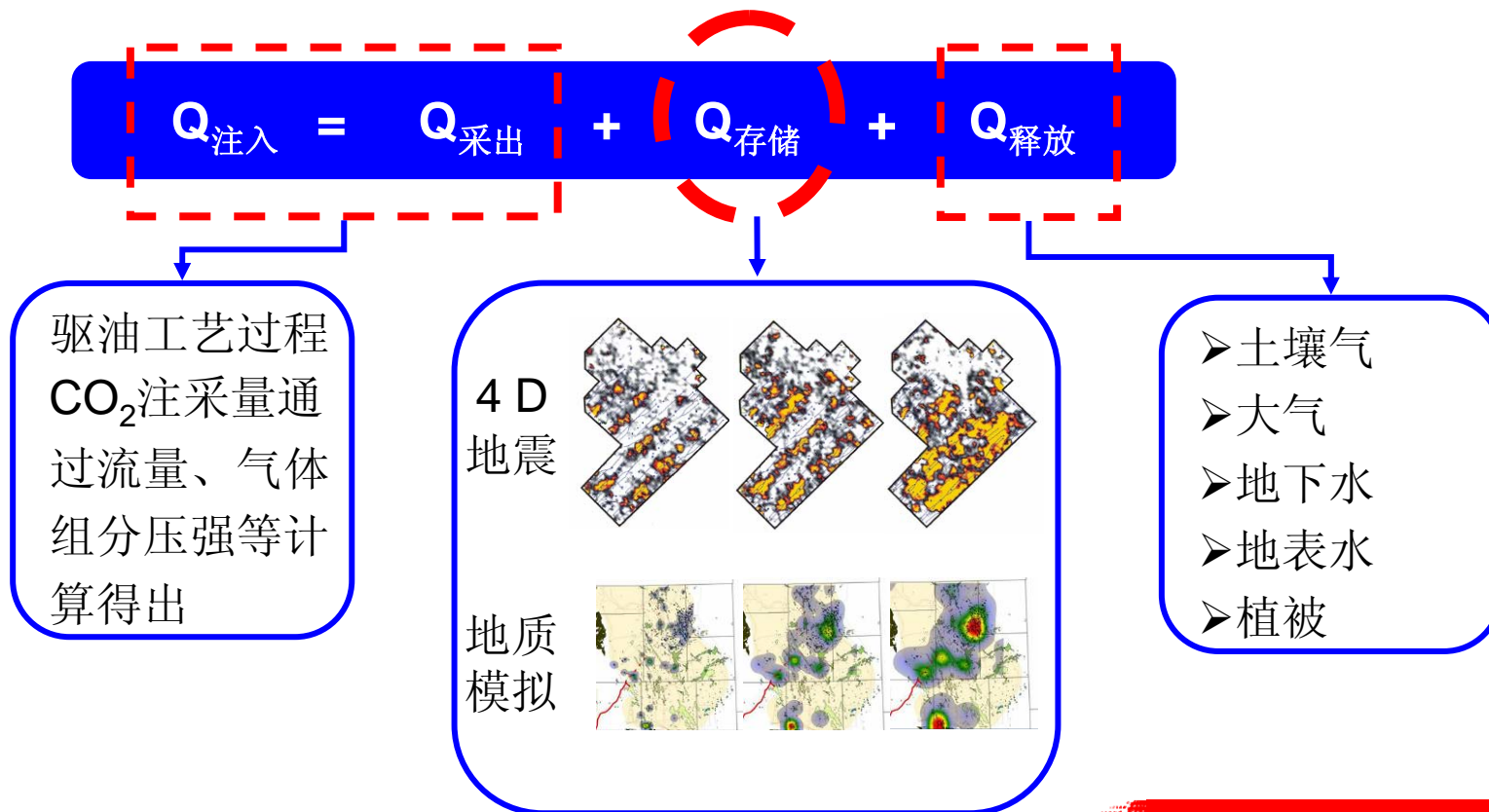




研究进展

CO₂的流向

目的：通过监测CO₂向环境释放的质量计算驱油封存过程的**碳封存量**
评价CO₂-EOR项目的**经济环境损益值**





研究进展

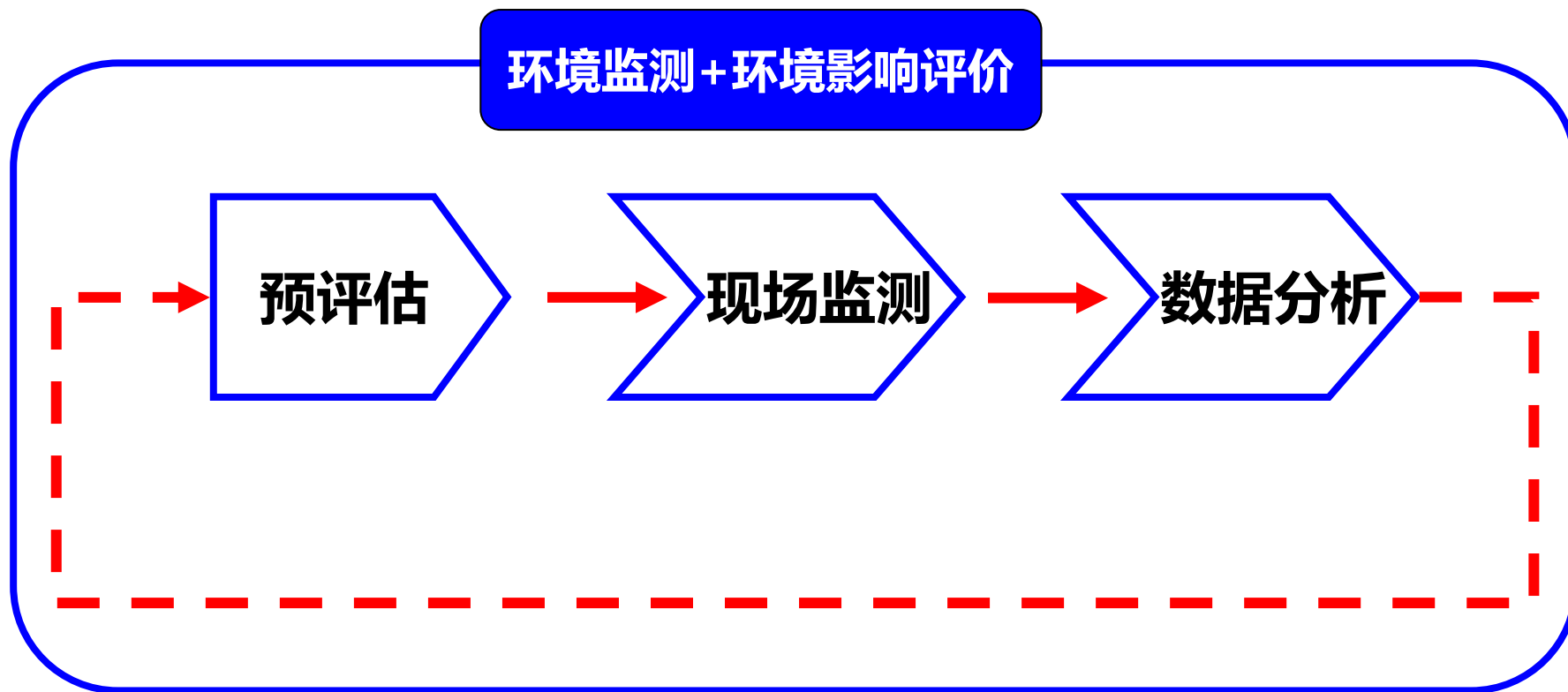
1. 拟注气区域背景值监测

2. 环境监测中遇到的问题



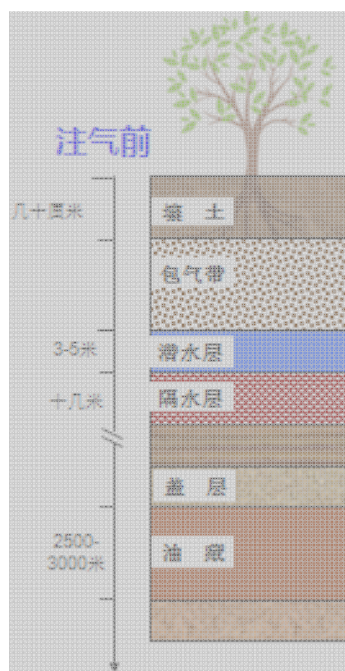


研究进展

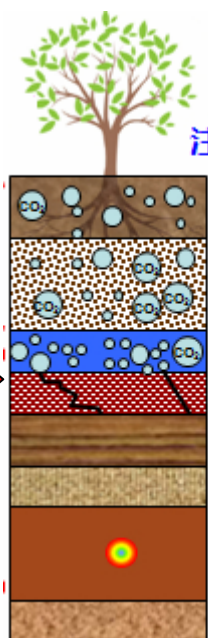


1. 预评估

缺少背景值



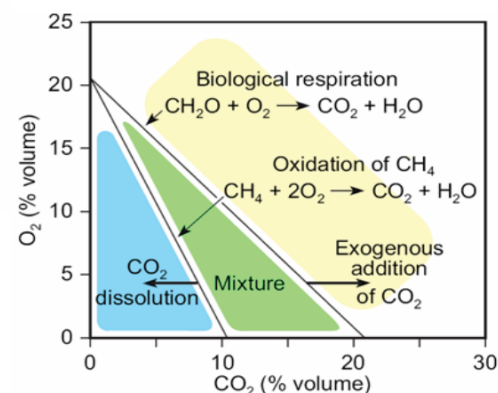
对比



a. 横向对比 (考虑控制区)

b. 基于过程的分析方法

K.D. Romanak University of Texas

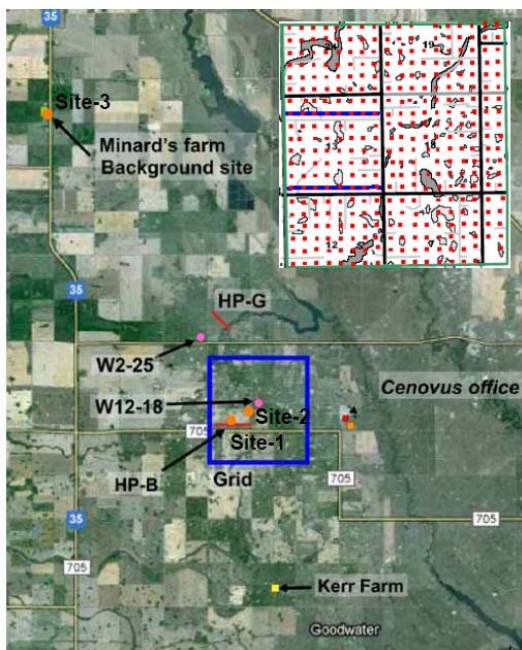


Yang C. et al., 2012

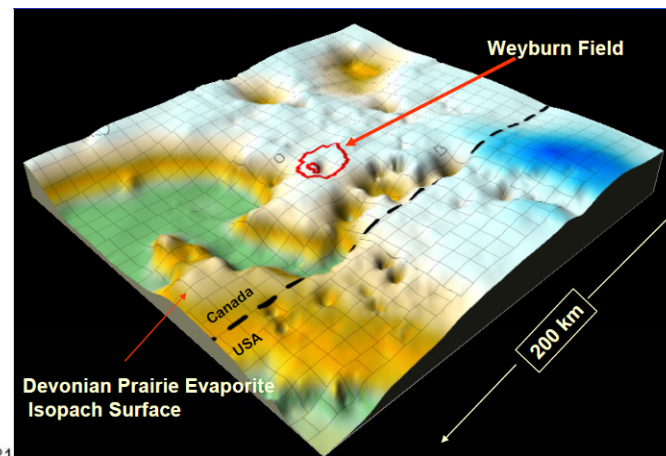
1. 预评估

确定监测区域

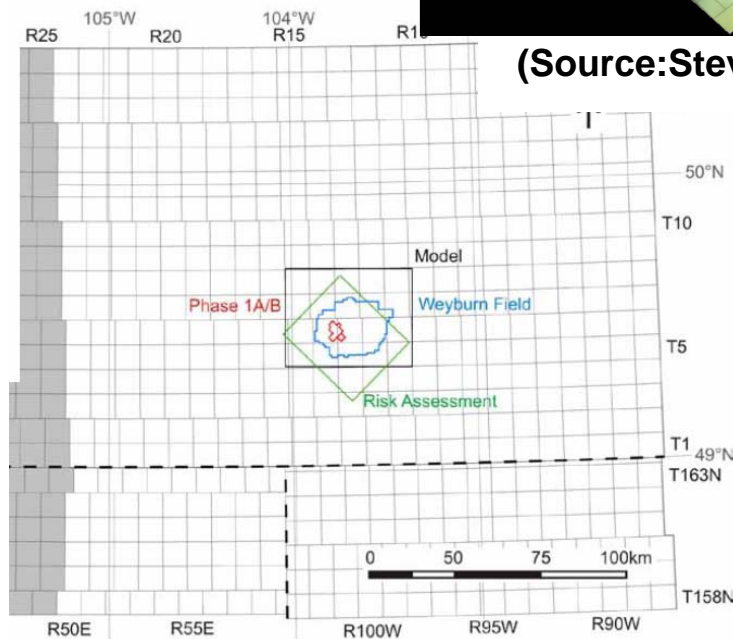
涵盖注气驱油区域，向外扩展的距离？



(Source: Wildgust, 2012)



(Source: Steve Whittaker et al)



(Source: Wildgust, 2012)



研究进展

2. 环境监测

测什么，在哪里测，怎么测？

监测方案的经济性、高效性

3. 数据分析

土壤气、植被、地下水、地震数据等

数据如何相互佐证，识别泄露风险？





交叉学科：

- 1、多交流
- 2、知识共享的管理体系
- 3、建立平台

协会、期刊、专业.....



主要内容

-  **一、研究背景**.....
-  **二、胜利油田CO₂-EOR项目简介**.....
-  **三、环境监测研究进展**.....
-  **四、下一步的工作**.....





下一步的工作

(1) CO₂质量平衡模型的建立及对比验证

(2) 公众调查-如何让公众更客观的认识CCS

(3) 建立环境监测及影响评价体系-测什么，怎么分析





谢谢！

