



Integrated monitoring research of CO₂-EOR demonstration project at Yanchang oilfield

延长油田CO₂-EOR示范项目的监测与优化

—— CAGS3项目TF1工作汇报

中国科学院武汉岩土力学研究所

李 琦

Qi LI, Ph.D.

Research Scientist and Professor

Chinese Academy of Sciences

2017.06.26





汇报提纲

1. 研究目标及研究内容
2. 项目进展及完成情况
3. 下一阶段研究计划
4. 困难与挑战





一、研究目标

➤CAGS-P1项目的阶段（2016.1.1-6.30）研究目标

基于鄂尔多斯盆地延长油田CO₂-EOR示范工程项目的现状，结合神华CCS项目、胜利油田、吉林油田项目等的监测经验与教训，在延长提交给GCCSI的监测报告的基础上，**提出延长油田示范工程项目监测的初步方案。**





一、研究内容

- WP1: 延长油田CO₂-EOR示范工程监测方案研究
- WP2: 延长油田CO₂-EOR示范工程区域的U型管监测与数据分析
- WP3: 监测系统优化与数据管理





二、主要研究进展

确定延长CCUS靖边区块的监测方案（初步）

监测类别	监测对象/技术	监测仪器/方法	监测频率		
			注入前	注入期	注入后
大 气	气象：气温、湿度、风速、大气稳定度	涡度相关法	连续	连续	连续
	CO ₂ 通量	涡度相关法			
	CO ₂ 浓度	红外二极管激光仪	每月	每月	每月
	空气13C稳定同位素	同位素分析仪			
	CO ₂ 排放源调查	建立CO ₂ 源模型	一次	实时更新	实时更新
土 壤 气	土壤温度、基质势、含水量	地下传感器	每月	每月，有条件的可提高	每月
	土壤表面CO ₂ 通量	土壤呼吸测量系统			
	一定深度下土壤气CO ₂ 浓度	土壤呼吸测量系统			
	其它土壤气体组分：N ₂ 、CH ₄ 、O ₂	便携式气象色谱仪			
	土壤空气13C稳定同位素比例	同位素分析仪			
植被生态	植物群和动物群调查	样方调查	一次	每年	每年
	植被指数	机载光谱成像	每季	每季~每月	每季~每年





二、主要研究进展

确定延长CCUS靖边区块的监测方案（初步）

监测类别	监测对象/技术	监测仪器/方法	监测频率		
			注入前	注入期	注入后
地表变形	垂直方向	电子数字水准仪	每季	每月	每月~每年
	水平方向	高精度全站仪			
	井底流体化学		连续	连续	连续
水质	(1) 温度、pH值、电导率、总矿化度、总有机碳、总无机碳、碱度；	(1) 玻璃电极法、滴定法、燃烧氧化-非分散红外吸收法	每月	每月，有条件可适当提高频率	最初每月，可随时间降低
	(2) 主要阴、阳离子； (3) 气体组分 (4) 碳13稳定同位素	(2) 离子色谱法 (3) 气象色谱法 (4) 质谱法			
CO ₂ 运移	流体示踪	U型管系统，可用的示踪剂：SF ₆ 、SF ₅ 、Kr、PFTs、一次PFCs、YCD ₄	——	——	——
	时移VSP		每年	每年	每年
	3D地震勘探		1-2年	1-2年	1-2年
	流体化学与动态流体测试		一次	——	——
	井底压力温度		连续	连续	连续





二、主要研究进展

监测知识库的完善与分析

➤ 土壤气监测

- 地表-大气界面的通量/浓度测量以及浅层采样和分析：技术方法、工具、应用精度。
- 针对CO₂-EOR或者CCS项目的泄漏监测，主要集中在对CO₂迁移路径上的监测和指标分析。

➤ U型管取样监测

- 基于U形管原理和气体推动式地下流体采样技术，通过监测不同层位地下水 and 土壤气来分析地质封存的CO₂泄漏情况。

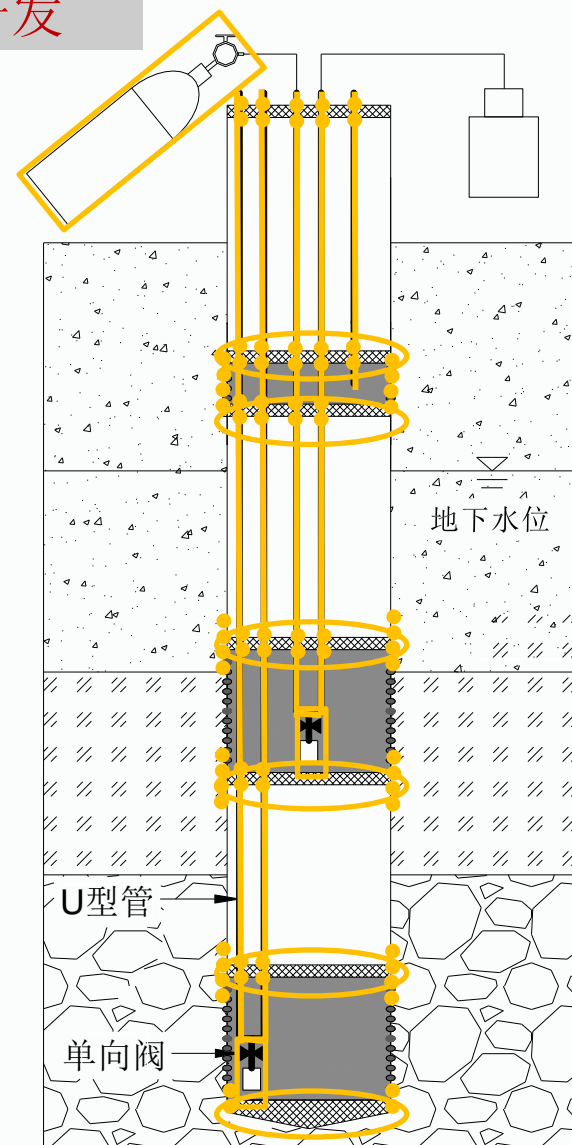




二、主要研究进展

针对黄土高原特征的新一代U型管取样监测系统的研发

	申请（专利）号	名称
浅部 取样 系统	CN201610072228.0	一种新型U型管地下流体多层取样装置
	CN201510852795.3	基于U形管技术的地下流体分层取样装置与方法
	CN201510338566.X	一种管中管地下流体分层取样装置
	CN201410197719.9	一种气体推动式地下流体分层取样装置
	CN201310403425.2	一种浅层井内分层气液流体取样装置
深部 取样 系统	CN201410000457.2	基于深井取样的室内保真取样、存样与分析装置及方法
	CN201110063499.7	井内分层气液两相流体保真取样装置
其他 相关 专利	CN201610072739.2	一种应用于地下流体取样过程的换向控制元件
	CN201510521943.3	井下地层封堵的化学注浆封隔装置及方法
	CN201510523223.0	一种嵌套式四口三通分流机构
	CN201520642340.4	一种嵌套式双两通连接机构
	CN201420153582.2	封隔器
	CN201210305120.3	一种耐超临界CO ₂ 的封隔器
	CN200720088177.7	一种高压保真取样器

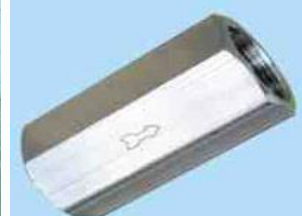




二、主要研究进展

针对黄土高原特征的新一代U型管取样监测系统的研发

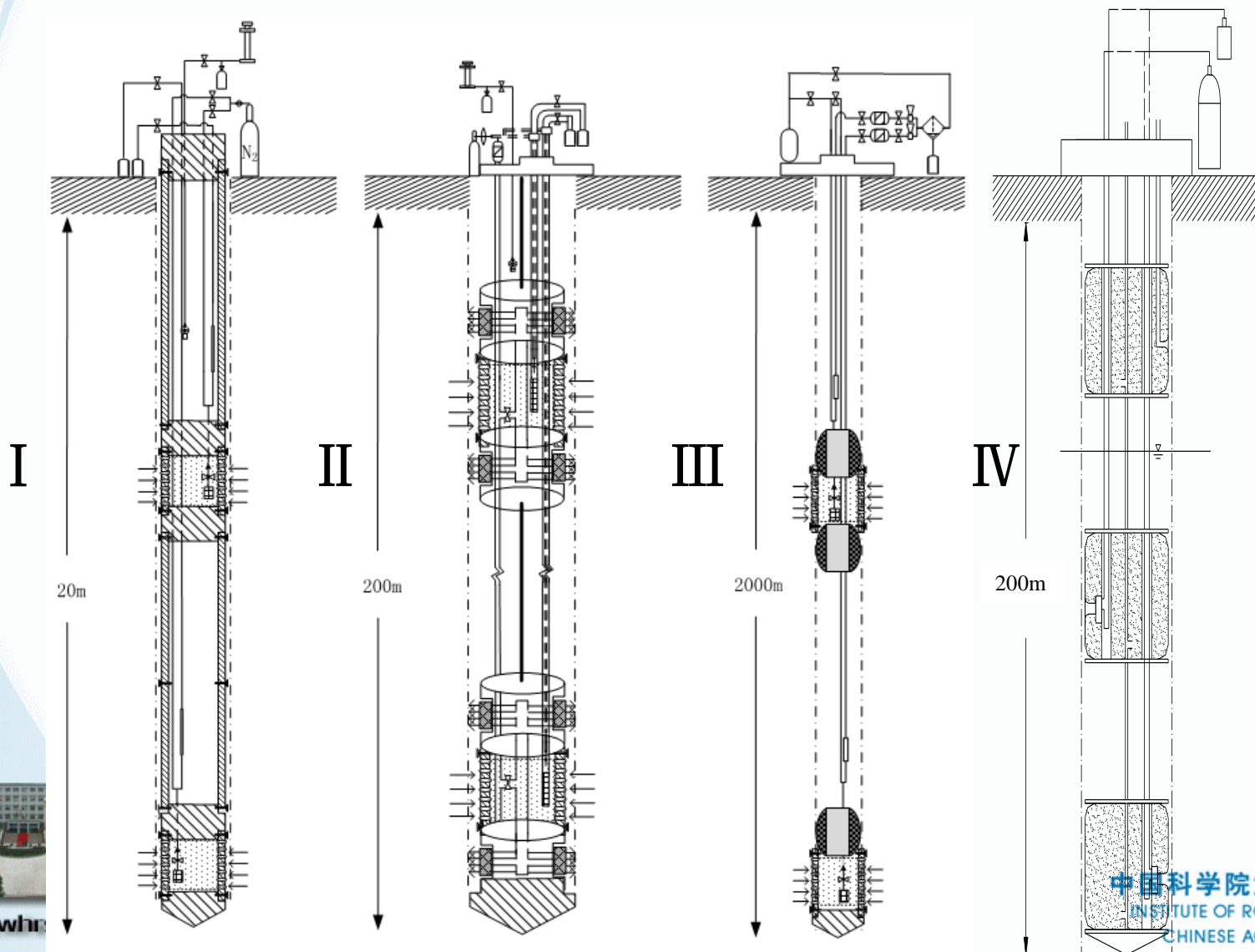
- 团队具有浅部、中深部全段各型号取样监测设备知识产权；





二、主要研究进展

针对黄土高原特征的新一代U型管取样监测系统的研发

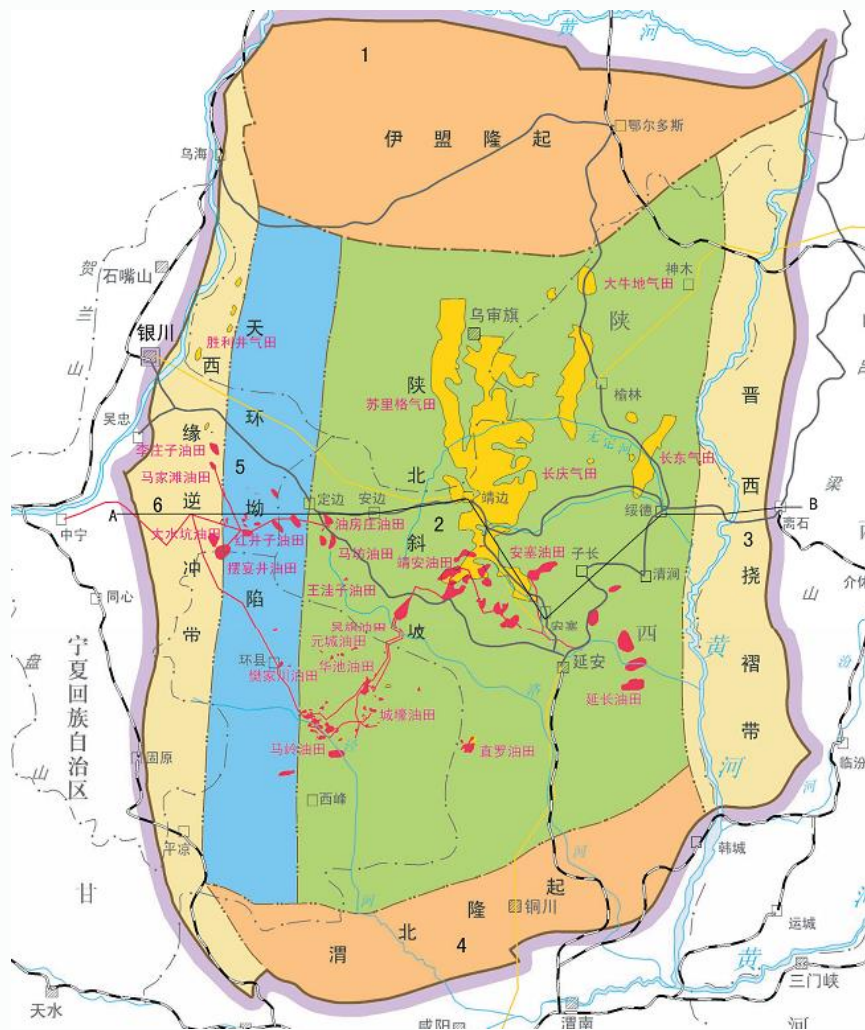




二、主要研究进展

适用于延长CCUS示范项目的监测指标和监测技术建议

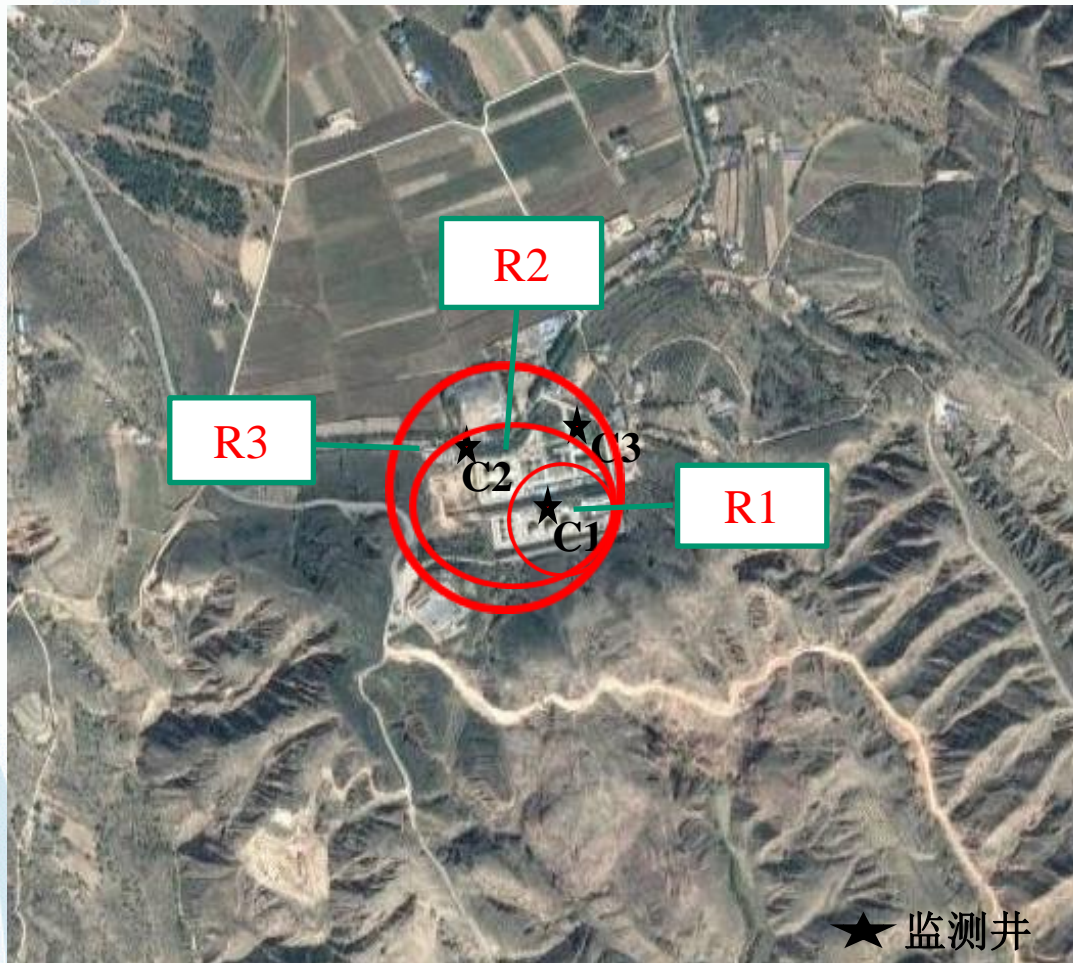
- 原则——有效性、灵敏性、经济性、可操作性
- 监测范围的确定——充分考虑场区及其周边的 CO_2 排放源、气象、地层以及 CO_2 羽可能的分布范围等条件，根据不同的监测类别确定不同的监测范围
- 制定监测计划的工作路线
资料收集——地质模型—— CO_2 羽分布和泄漏途径分析——分析泄漏对环境要素的影响——确定监测内容——确定监测指标和监测技术——建立合理的监测体系，确定监测范围与监测点位等





二、主要研究进展

研究区地形地貌卫星图



- 监测井：I型中深部井（C1：2段分段取样的井）
- II型浅部井（C2、C3：2段分段取样的井）
- 监测区域：核心监测区（R1）、缓冲监测区（R2）
外围监测区（R3）
- 监测井点：C1、C2、C3
- 设计深度：-200m（C1井）、-20m（C2、C3井）
- 常年平均地下水位：-150m
- 土质：粉砂土和红砂岩

其中C1、C2、
C3监测井分别对
应R1、R2和R3
监测区。

研究区井点分布图



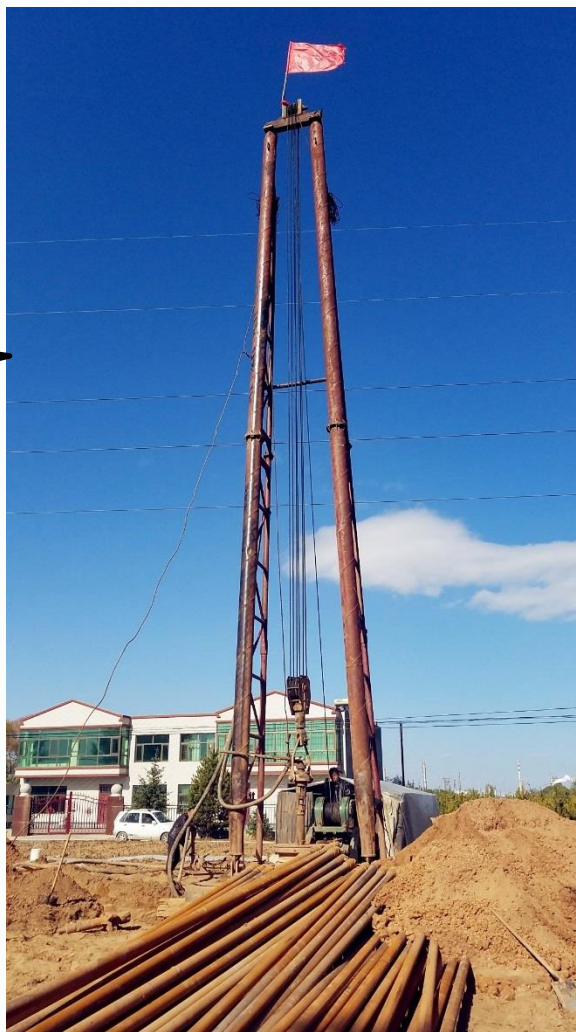


二、主要研究进展

深层井安装调试

套管
施工

钻井



设备
安装





二、主要研究进展

深层井流体取样情况



取水情况

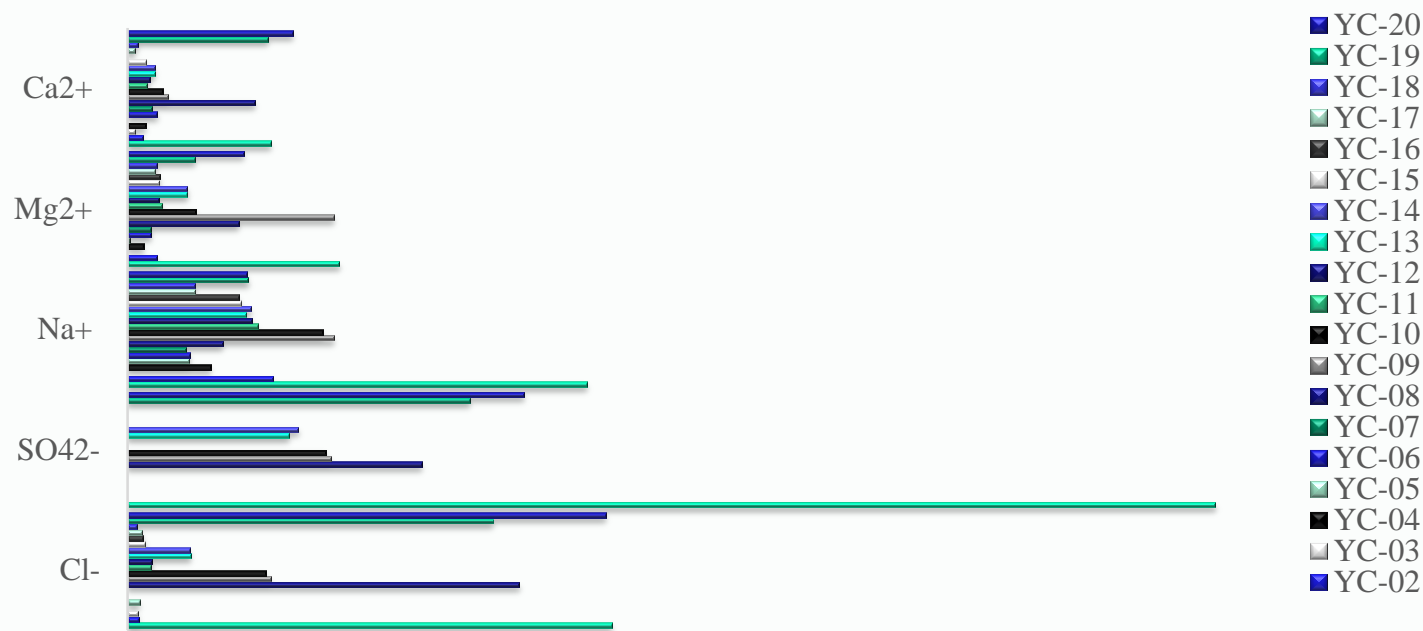
样品





二、主要研究进展

水样分析



	YC-01	YC-02	YC-03	YC-04	YC-05	YC-06	YC-07	YC-08	YC-09	YC-10	YC-11	YC-12	YC-13	YC-14	YC-15	YC-16	YC-17	YC-18	YC-19	YC-20
Cl ⁻ (mg/L)	22.2338	0.5031	0.4503		0.5242			17.9775	6.5516	6.3139	1.0767	1.1159	2.8838	2.8497	0.7987	0.7074	0.6362	0.4181	16.7776	21.9437
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	49.9422							13.4933	9.3204	9.0777			7.3893	7.8219					15.7007	18.1943
Na ⁺ (mg/L)	21.0738	6.6609	0.0169	3.7979	2.8047	2.8646	2.6475	4.3547	9.4761	8.9553	5.9588	5.7051	5.4359	5.6291	5.1684	5.0802	3.0706	3.0656	5.5319	5.4513
Mg ²⁺ (mg/L)	9.7027	1.3227		0.7310	0.0734	1.0565	1.0528	5.0898	9.4761	3.0976	1.5780	1.4356	2.7240	2.7224	1.4462	1.4488	1.2219	1.3340	3.085	5.3149
Ca ²⁺ (mg/L)	6.5607	0.7080	0.3330	0.8251		1.3448	1.0870	5.8189	1.8511	1.5967	0.8701	1.0082	1.2354	1.2404	0.8296		0.3175	0.4532	6.421	7.5475





三、下阶段研究计划

- 基于U型管监测数据的分析与历史监测数据分析；提出核心监测指标构建的维度和建立标准；
- 提出监测优化方案。





四、困难与挑战

延长油田CCUS监测的主要挑战与建议

挑战	鄂尔多斯盆地构造剥蚀高原，油田区域内沟壑纵横、丘陵峁梁交错，对野外工作的开展有一定的阻碍。
建议	在监测点位布置时考虑到地形因素，合理布置，确保监测点位交通较便利；提前踩点评估监测难度，合理安排工作时间和工作进度，确保工作安全。
挑战	油区内已有生产井和废弃井的存在，容易成为可能的泄漏通道；在井周围的加密测量，使得测量的工作量增加。
建议	在井周围进行加密测量；根据数值模拟推测运移方向，对运移方向上的井点进行重点加密监测，对其他井点适当进行周期性监测。
挑战	周围居民的生产生活活动会对一些固定监测设施造成影响或破坏。
建议	合理安排监测点位布置，尽量减少对居民生产生活区域的影响；若无法避免，提前做好沟通，落实好补偿，避免矛盾事故。



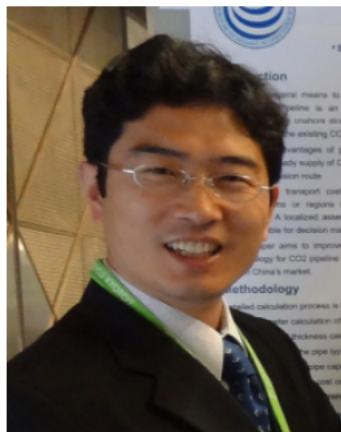


感谢您的留意~!



中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences



李琦 男 博导 武汉岩土力学研究所

电子邮件: qli@whrsm.ac.cn

通信地址: 湖北省武汉市小洪山中科院大院岩土所能源楼

邮政编码: 430071

研究领域

酸气回注

二氧化碳地质利用与封存

岩石物理与渗流

能源、环境与水资源

