

鄂尔多斯盆地 CCS规模实施地下工程方案

查永进



China Australia Geological Storage of CO₂
中澳二氧化碳地质封存



汇报内容:

一、地质概况

二、钻井方案

三、注入与监测方案

四、实施建议

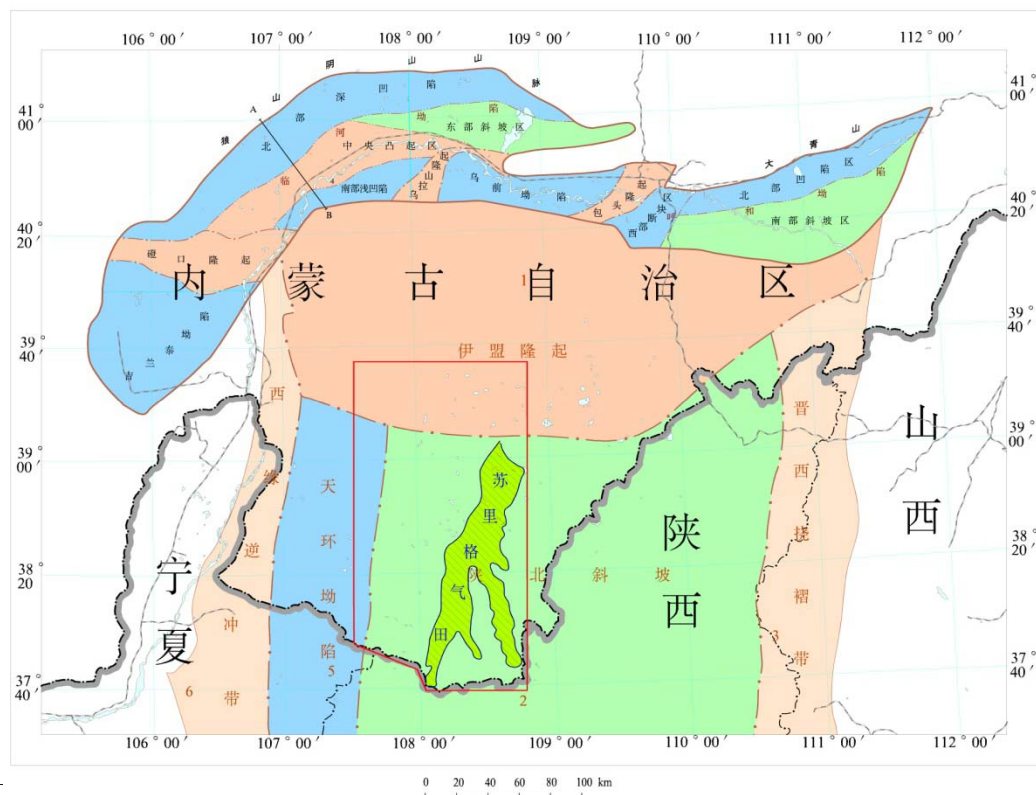


China Australia Geological Storage of CO₂
中澳二氧化碳地质封存



一、地质概况

鄂尔多斯盆地位于华北地台西部，是大型内陆沉积盆地。跨陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、山西5省（区）。为一走向南北，东缓西陡的中生代不对称向斜盆地，是在古生代华北克拉通基础上发育起的中生代沉积盆地。

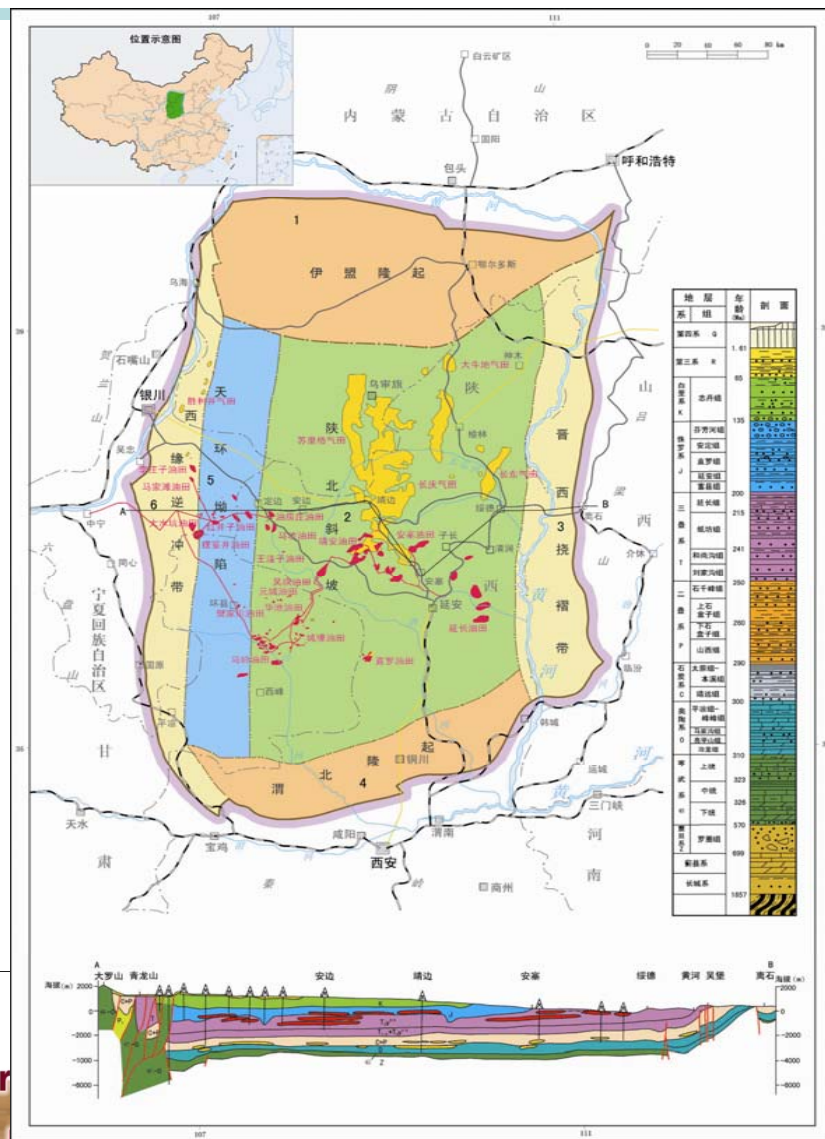


China Australia Geological Storage of CO₂
中澳二氧化碳地质封存



一、地质概况

盆地东北部侏罗系普遍发育煤层，是我国重要的煤炭生产地区，适宜发展煤化工等产业，生产过程中产生大量高浓度CO₂，近邻煤化工地区具有良好的中深层储盖组合，具备得天独厚的规模化实施CCS条件。



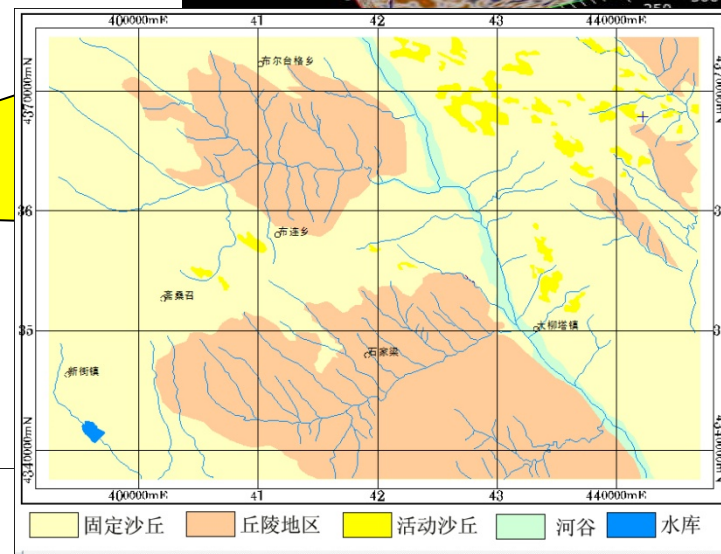
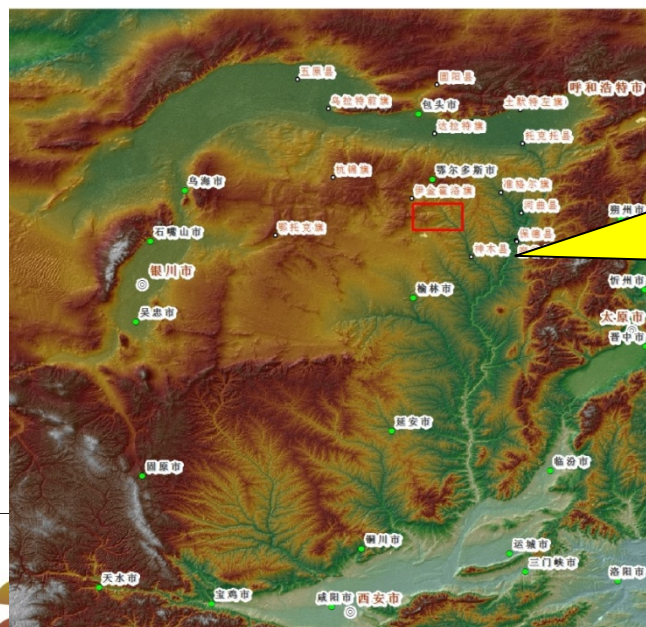
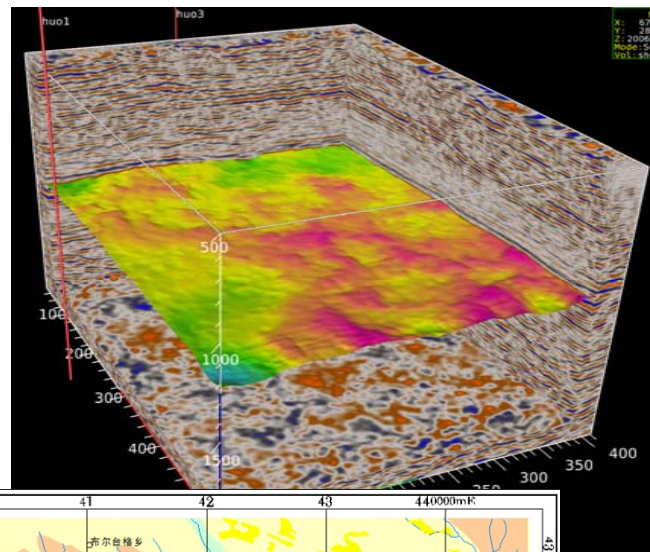
China Australia Geological Storage

中澳二氧化碳地质封存



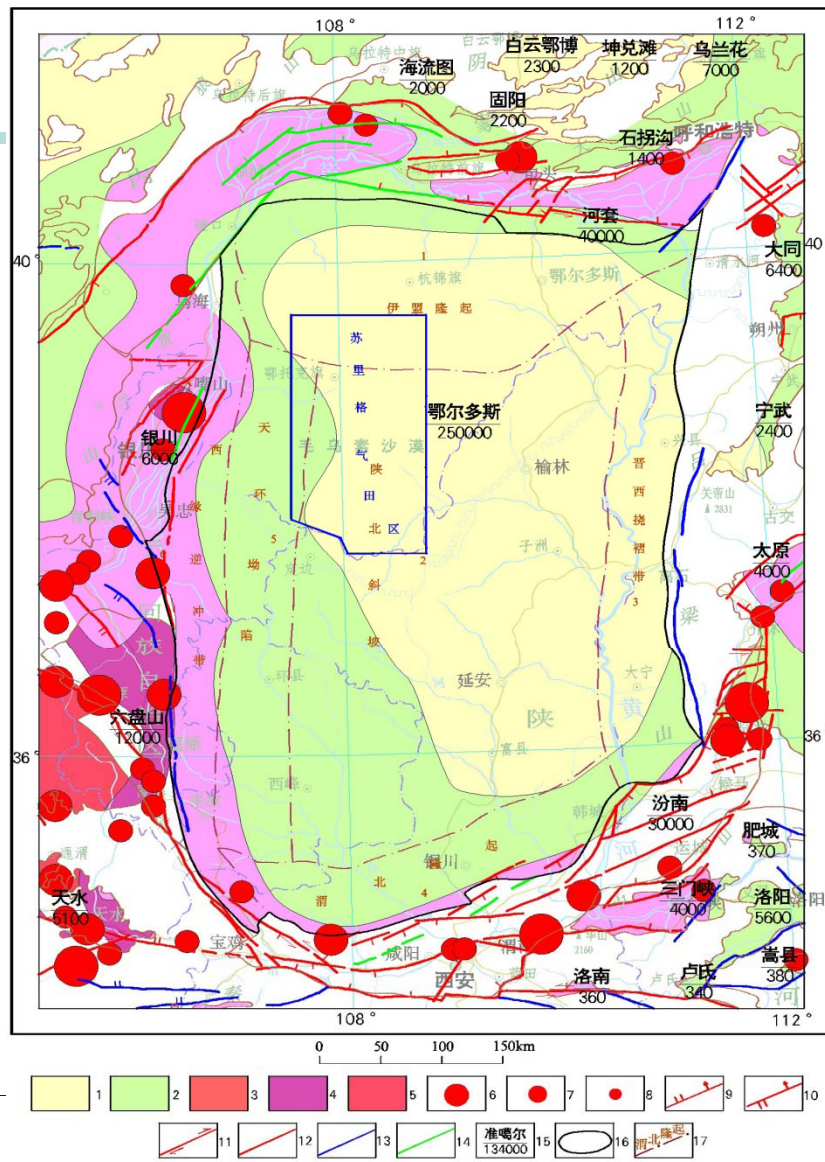
一、地质概况

该地区地表平缓，交通便利。苏里格气田是中国最大的气田，盆地东北部深部主要为水层或气水过渡带，主要储盖层地层平缓。



一、地质概况

在鄂尔多斯盆地的6个一级构造带中，处于盆地煤层发育的盆地东北部地层稳定，倾角小，断层不发育。由鄂尔多斯盆地地壳稳定性图也可以看出（图2.4），苏里格气田区西部较稳定性区，中部和东部地区属于稳定区，总体来说该区地壳稳定性好。



鄂尔多斯地壳稳定性图

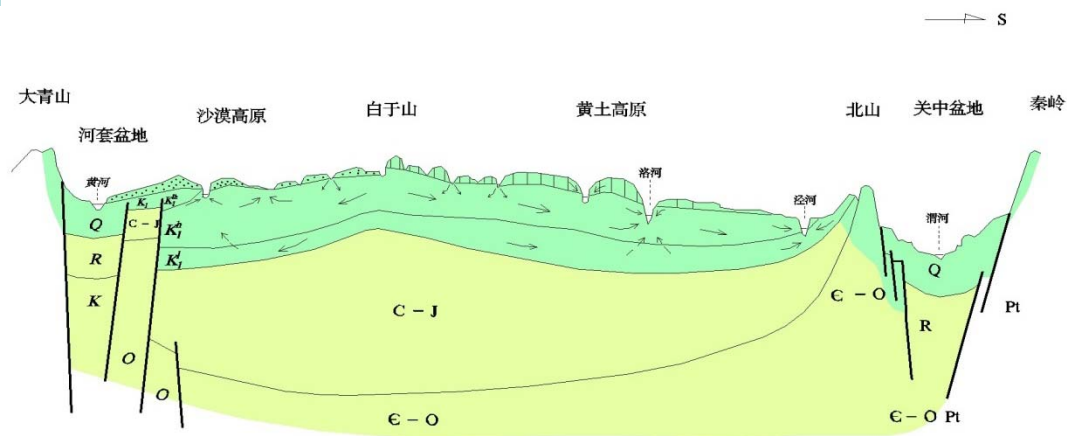
1—稳定；2—较稳定；3—一般稳定；4—较不稳定；5—不稳定；6—M > 8.0地震；7—M 7 ~ 7.9地震；8—M 6 ~ 6.9地震；9—正断层；10—逆断层；11—平移或转换断层；12—晚更新世—全新世（距今10万—12万年以来的活动断裂）；13—第四纪活动过但晚更新世以来活动情况不明的断裂；14—平原区和盆地的隐伏断裂；15—盆地名称及盆地面积；16—盆地界线；17—一级构造单元界线及名称



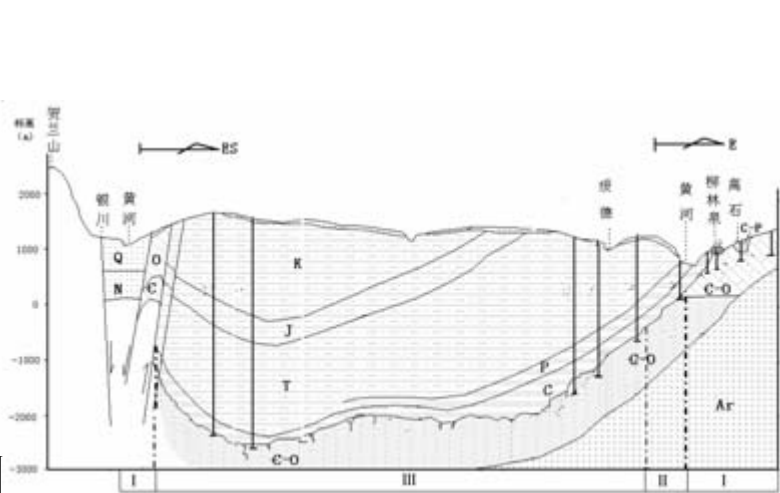
China Australia Geological Storage
中澳二氧化碳地质

一、地质概况

鄂尔多斯盆地侏罗系以上地下水为活动地下水，而J~C为岩溶地下水，流动极为缓慢，适合地C02埋存。



南北向水文地质结构示意剖面图



东西向水文地质结构示意剖面图



China Australia Geological Storage of CO₂

中澳二氧化碳地质封存



一、地质概况

鄂尔多斯盆地侏罗系以下储盖组合有三叠系下统和尚沟-刘家沟组合、二叠系石千峰组合、石盒子组合、山西组组合，太原组-本溪组-马家沟组中上部组合。其中和尚沟-刘家沟组合埋藏深度适中，储盖组合最佳，是主力储层。



China Australia Geological Storage of CO₂
中澳二氧化碳地质封存



一、地质概况

三叠系延长组： 上部浅灰色中砂岩、浅灰色粗砂岩夹灰色泥岩、中部为灰色泥岩与浅灰色细砂岩、浅灰色中砂岩互层。中部泥岩可以对可能窜漏上来的 CO_2 进行封盖。

三叠系纸坊组： 灰绿色长石粗砂岩、浅棕色砾状长石粗砂岩与杂色泥岩不等厚互层。

岩性中泥岩含量较多，对于可能上窜的 CO_2 可起到屏蔽作用。

三叠系和尚沟组： 主要岩性为灰白色含长石中砂岩与褐、黄棕色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩互层，砂泥岩均微含灰质。为区域性盖层。



China Australia Geological Storage of CO_2

中澳二氧化碳地质封存



一、地质概况

三叠系刘家沟组： 岩性综述：上部为浅棕红色细砂岩夹棕红色泥岩，中部为棕红色泥岩与浅棕红色细砂岩互层，下部为浅棕红色细砂岩夹棕红色泥岩。

二叠系石千峰组： 岩性综述：上部为紫红色泥岩与棕红色细砂岩互层，中部为紫红、绿灰色泥岩与灰色细砂岩呈不等厚互层，下部为紫红色泥岩与棕红色细砂岩互层。

二叠系石盒子组： 上部主要为紫红泥岩与棕红色细砂岩互层，中部为棕红、绿灰色泥岩与棕红色细砂岩互层，下部为灰色泥岩、紫红泥岩与浅灰色细砂岩、含砾粗砂岩互层。



China Australia Geological Storage of CO₂

中澳二氧化碳地质封存



汇报内容:

一、地质概况

二、钻井方案

三、注入与监测方案

四、实施建议



China Australia Geological Storage of CO₂
中澳二氧化碳地质封存



二、钻井方案

注入层位优选

- 刘家沟组为注入层，优点是该层埋深浅，单层注入量大，钻井成本低，便于降低钻井成本
- 石千峰组为注入层：优点是该层埋深浅，单层注入量中，钻井成本较低
- 石盒子组为注入层：埋深中，单层注入量低
- 山西组组为注入层：埋深较深，单层注入量低
- 马家沟组为注入层：埋深大，单层注入量低，钻井成本高

综合平衡风险与投入成本，推荐以刘家沟到石千峰组为注入层。



China Australia Geological Storage of CO₂

中澳二氧化碳地质封存



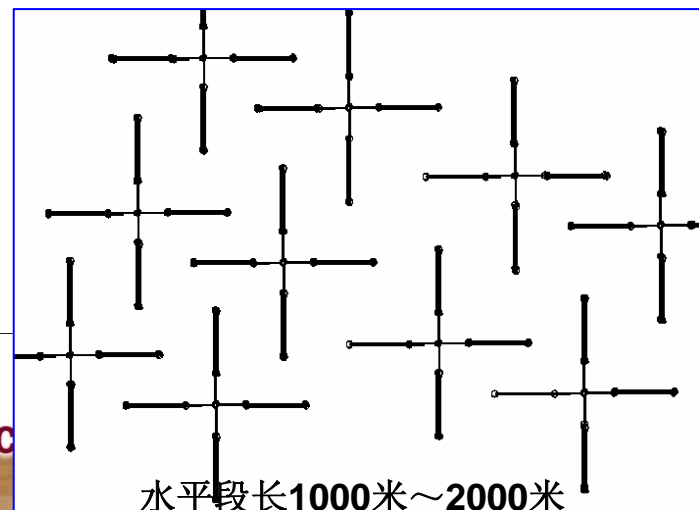
二、钻井方案

钻井方式优选：

- 直井方式，钻井成本低，技术简单，不足之处单井注入能力低，占地多，压煤损失大
- 水平井方式，钻井技术要求高，可实现单井注入总量与注入速度提高，占地少，固井质量易保证，压煤损失少。
- 推荐采用丛式水平井组方式注入，分别在不同层位钻水平井。每个井场钻**12~16**口水平井。

具体动用层位需详细分析对比钻井、录井、测井、注入模拟资料，进行详细研究确定。

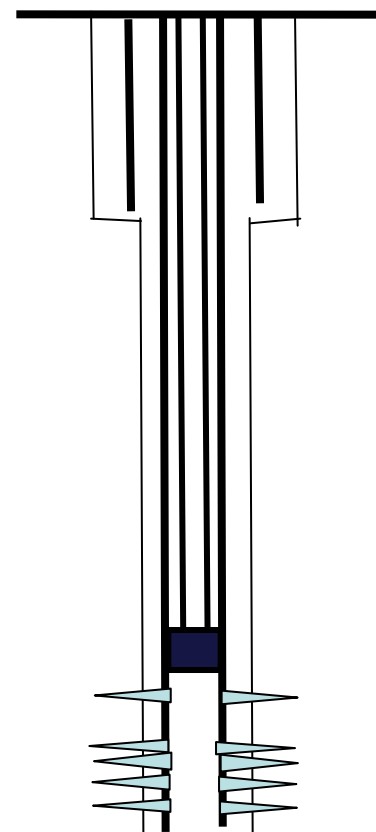
丛式水平井
井网布置



二、钻井方案

直井钻井方式：

- ▶ 如果以三叠系底部或二叠系中上部储盖组合为主，完钻井深在2000米以内，则可以采用二开井身结构，表层深下至侏罗系最底层煤层以下100米。
- ▶ 采用多层混注方式注入，注入层位选择刘家沟组底部与二叠系储盖组合。



China Australia Geological Storage of CO₂

中澳二氧化碳地质封存

水平段长1000米~2000米

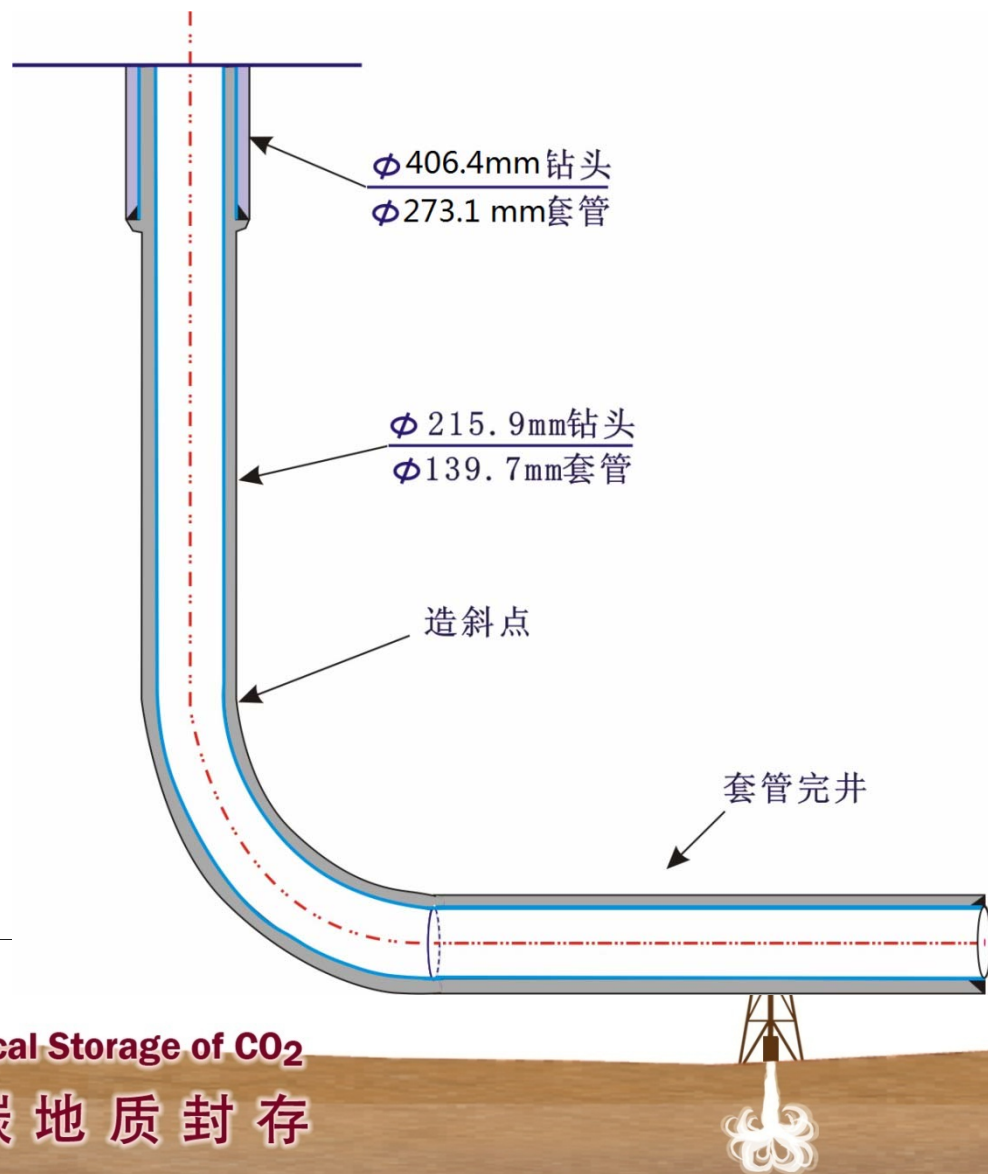


二、钻井方案

井身结构方案

- 表层套管下深550m，常规水泥固井，水泥返到地面。确保上部煤层开采安全
- 生产套管下到完钻井深，下套管固井水泥返到地面。

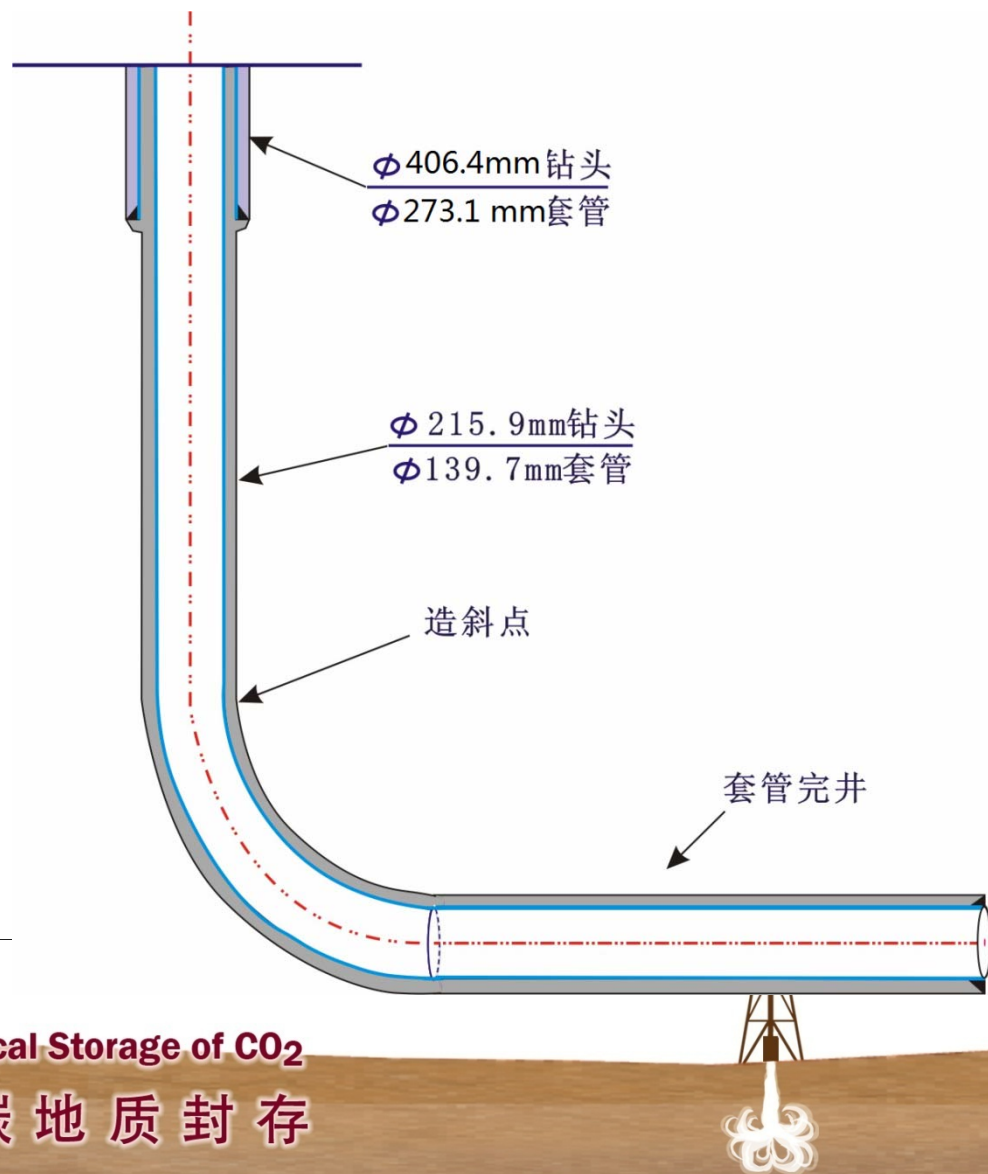
由于水平井固井质量易于得到保证，因此本方案虽然只有两层套管，仍能保证注入层的CO₂不会窜到盖层以上。



二、钻井方案

生产套管固井水泥方案

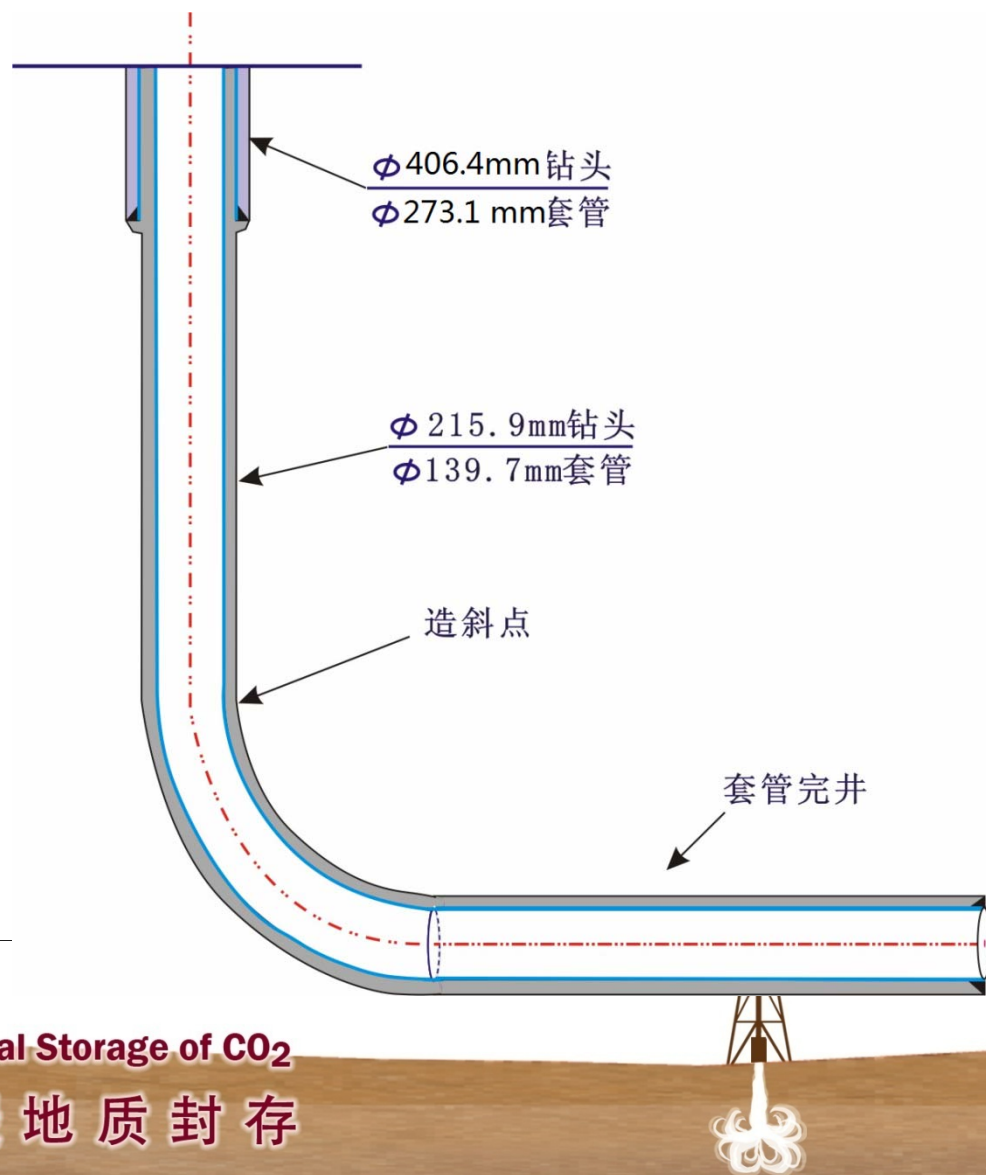
- 水平段选择紧密堆积防腐水泥浆体系
- 斜井段以上根据监测2井水泥腐蚀结果，综合评价选择经济合理的水泥浆体系



二、钻井方案

生产套管设计方案

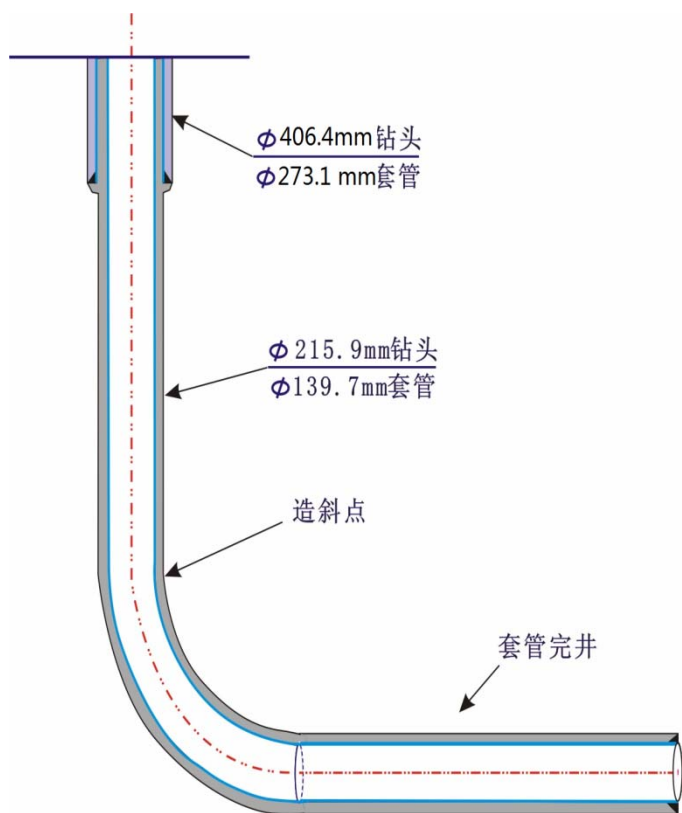
- 表层套管选择常规J-55级套管，丝扣涂密封脂强化密封性
- 生产套管根据腐蚀评价结果选择合适材质的防腐蚀套管，丝扣选择气密封扣型



二、钻井方案

水平井井眼轨迹控制方案

- 二开采用弯螺杆导向钻具组合，钻达造斜点后直接进行定向造斜，以较低造斜率的中半径技术钻达水平段。增斜率控制在5~6度/30米
- 水平段推荐钻具组合：
钻头+短钻铤+稳定器+非磁钻铤2根（内含MWD）+稳定器+加重钻杆3根+钻杆+加重钻杆+钻杆
- 水平段依靠钻时结合MWD（带Gr）数据确定是否在储层钻进，如果钻出储层则采用增减近钻头短钻铤长度控制钻具增斜与防斜特性。



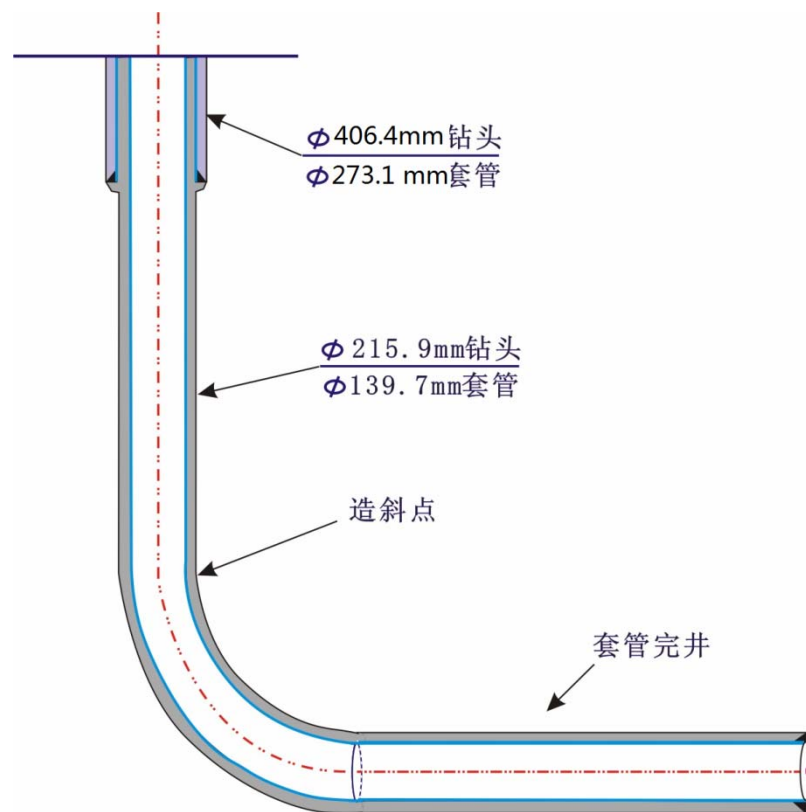
二、钻井方案

钻井液与提高速度方案

- 采用中神注1井与中神监1井形成的成熟技术，保证钻井安全，提高钻井速度，降低钻井成本，储层保护以细、超细碳酸钙复配为主，便于CO₂酸溶解堵。

录井方案

- 采用常规录井+综合录井技术



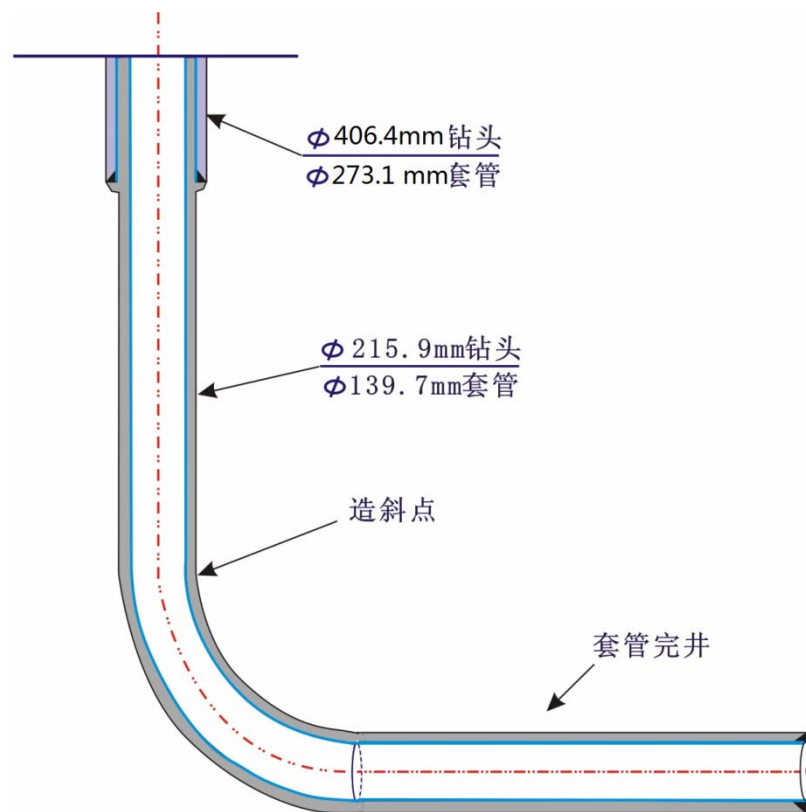
China Australia Geological Storage of CO₂
中澳二氧化碳地质封存



二、钻井方案

测井方案

- 表层，测固井质量
- 钻达水平段前进行一次地层对比测井
- 完钻后采用钻杆传输，测常规系列
- 固井后测固井质量



汇报内容:

一、地质概况

二、钻井方案

三、注入与监测方案

四、实施建议



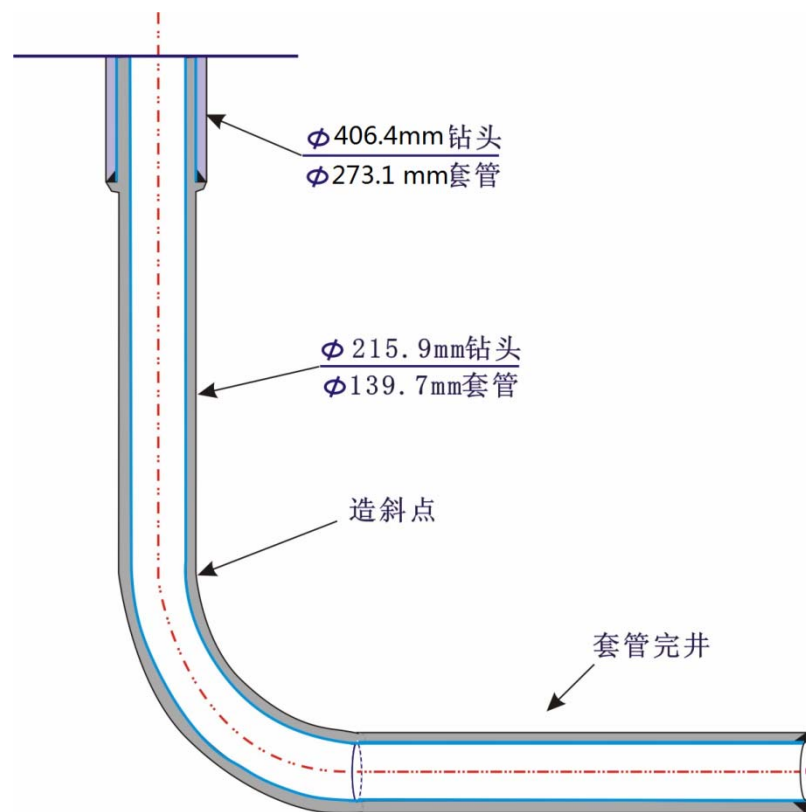
China Australia Geological Storage of CO₂
中澳二氧化碳地质封存



三、注入与监测方案

射孔方案

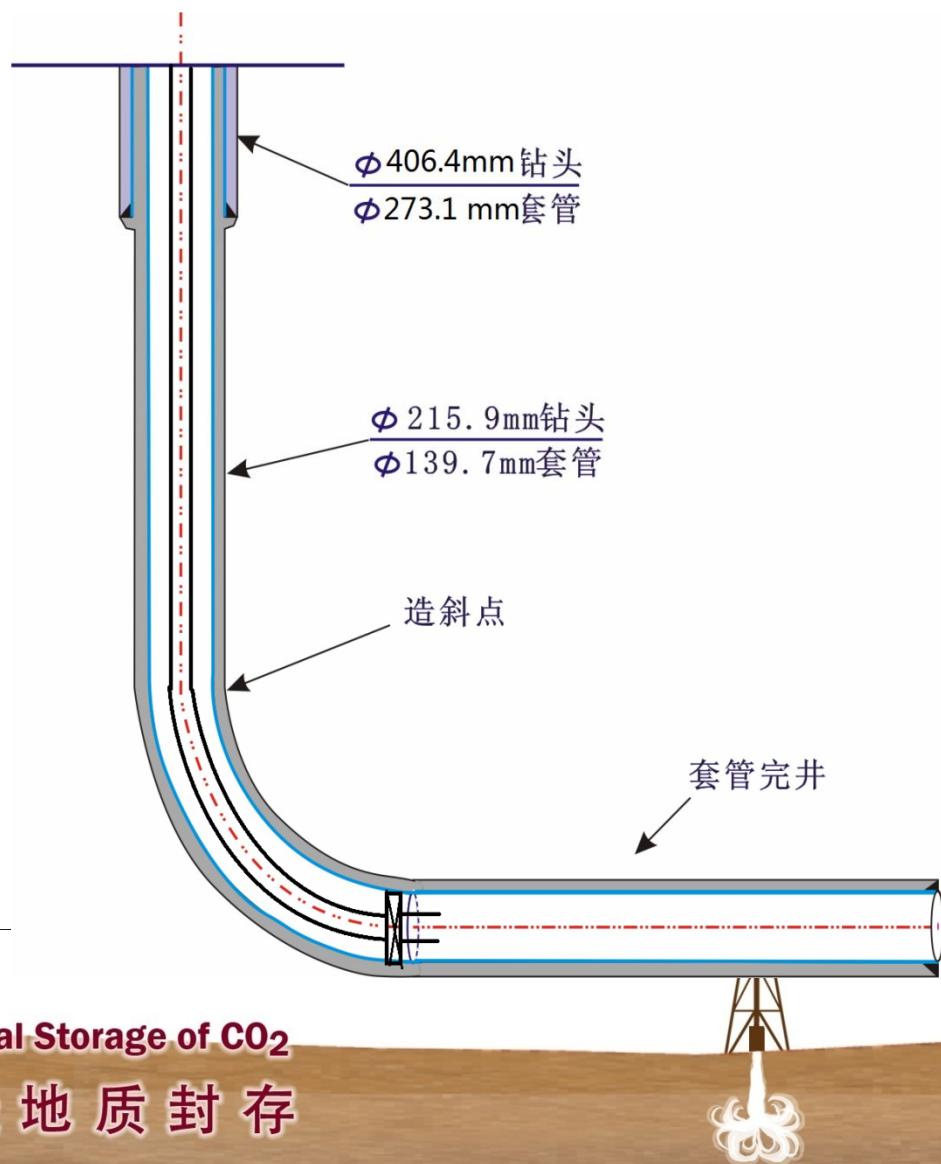
- 水平段按每段100米射开20米，每米16孔进行射孔
- 如果监测表明某一段注入能力低，平面推进不均匀，可再对该段进行补孔



三、注入与监测方案

注入与监测方案

- 采用封隔器单级注入
- 注入中适当时期进行微流量测井，监测各段吸收情况，如果某一井段吸收不好，可以适当补孔
- 扩散情况监测主要以地面监测为主，结合已钻成的中神监1与中神监2井监测结论。



三、注入与监测方案

监测方案：

- 采用地面电法、重磁监测CO₂在地下扩散情况，以控制成本。
- 钻少量直井，（注入井数10%以内）进行CO₂扩散监测数据标定。



汇报内容:

一、地质概况

二、钻井方案

三、注入与监测方案

四、实施建议

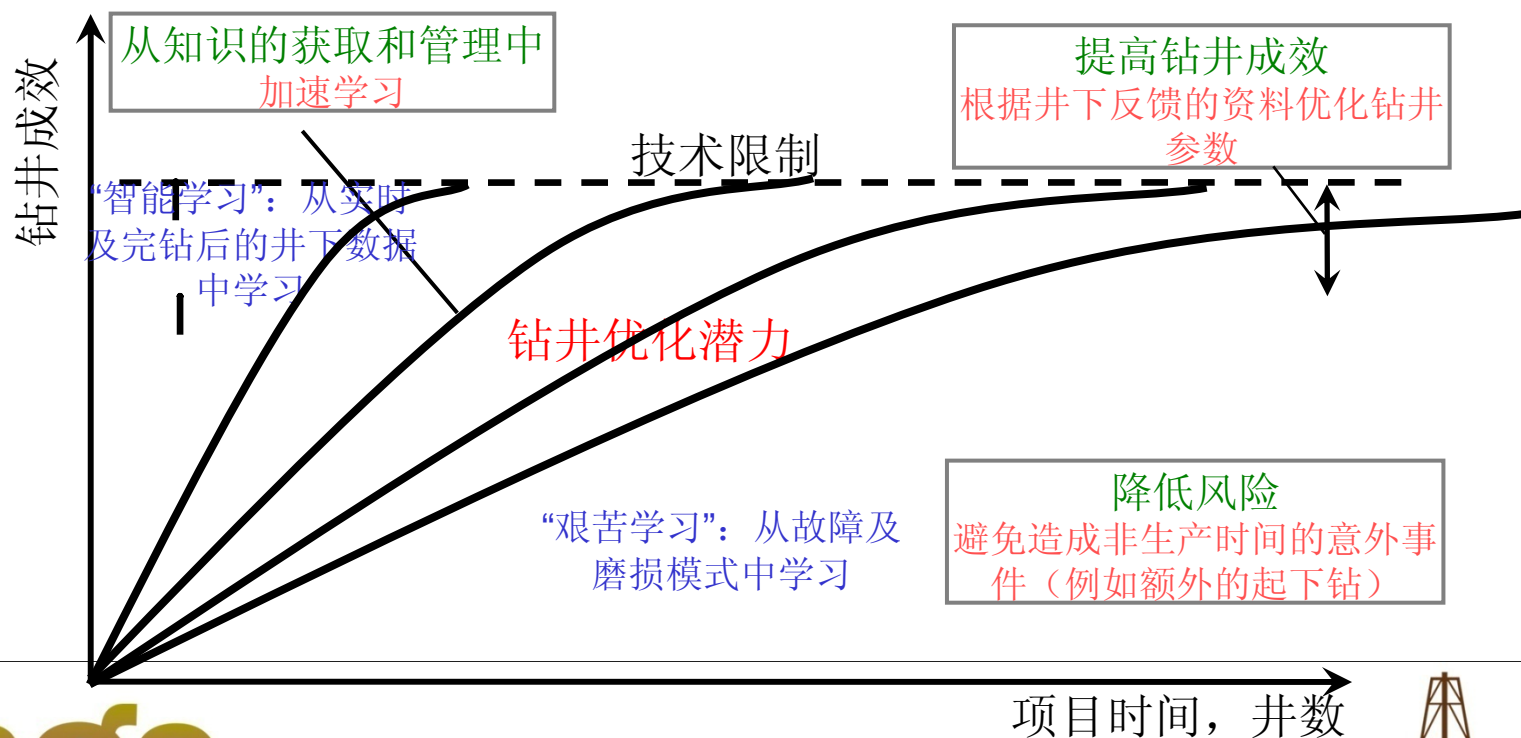


China Australia Geological Storage of CO₂
中澳二氧化碳地质封存



四、实施建议

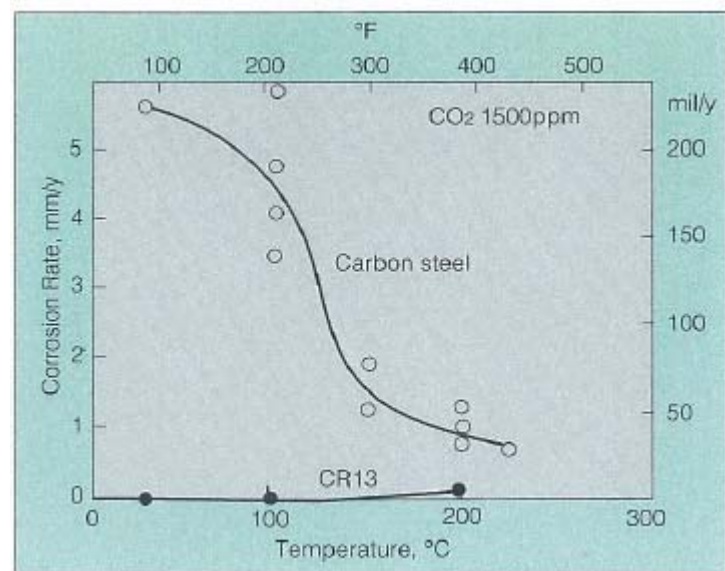
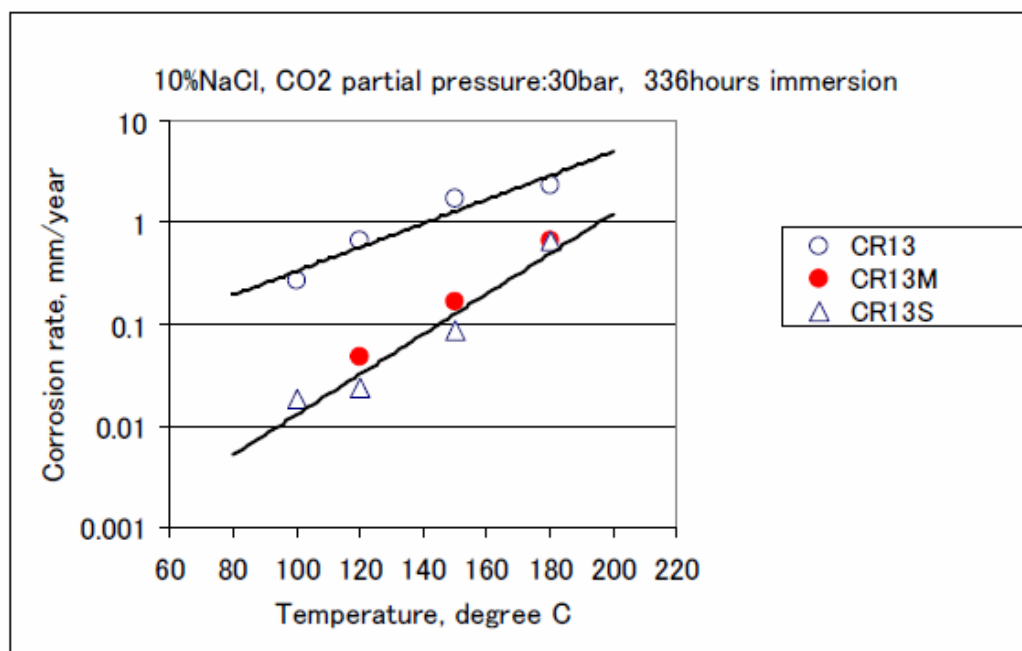
- 分析神华年10万吨CCS项目取得的井史、录井、测井、压裂、测试、试注、注入、监测资料，优化钻井方式与井网布置，降低规模实施的成本



四、实施建议

- 进行不同套管的腐蚀性能评价研究，优选经济、适用、安全的套管，控制成本

CO₂环境下的均匀腐蚀速率对比

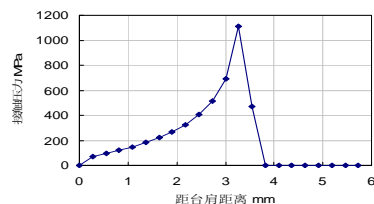
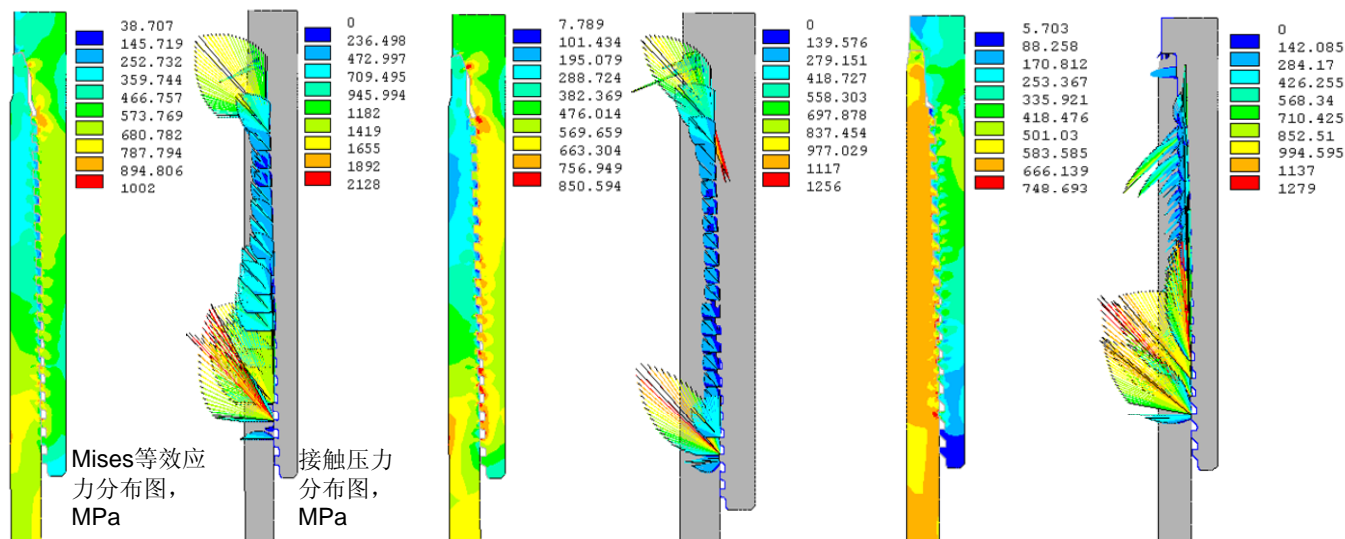


加缓蚀液情况下腐蚀？

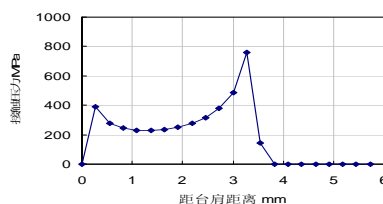


四、实施建议

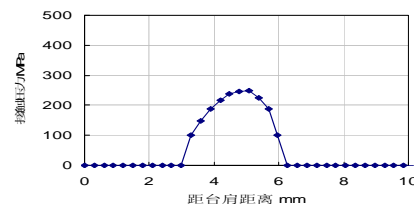
- 评价分析不同丝扣在应力腐蚀情况下密封情况。
- 实行第三方驻厂监造是提高套管加工质量的最根本性措施。



偏梯形扣不密封



VAM-TOP扣密封性能差



3SB扣气密封性能好

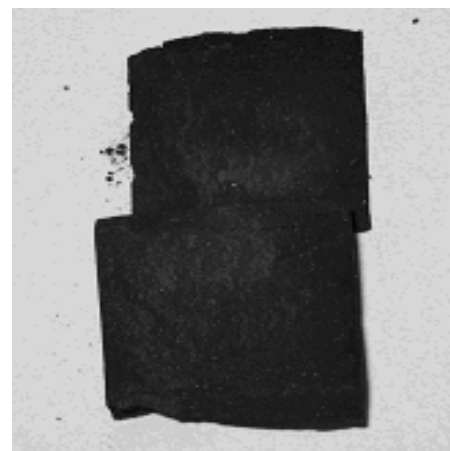
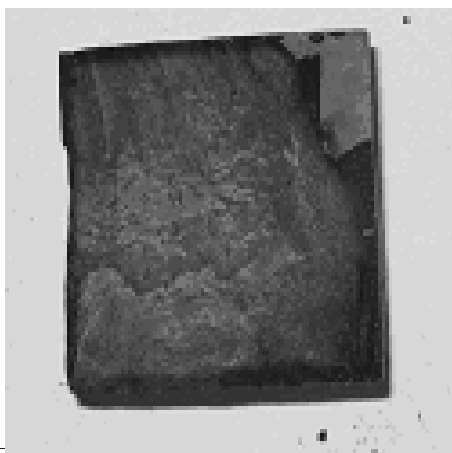


四、实施建议

- 进行不同水泥浆体系防腐蚀性能评价，优选经济、安全的水泥浆体系

水泥防腐蚀对策：

- 1) 加入微硅与微膨胀材料，降低水泥石渗透率，延缓腐蚀速度
- 2) 加入大量防腐蚀材料，对水泥石进行保护



谢谢!

cags

China Australia Geological Storage of CO₂
中澳二氧化碳地质封存

