



中国石化
SINOPEC

中国页岩气勘探开发进展与潜力

郭旭升 中国工程院院士

中国石化石油勘探开发研究院

2022年12月

Contents

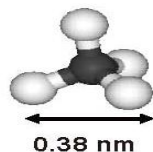
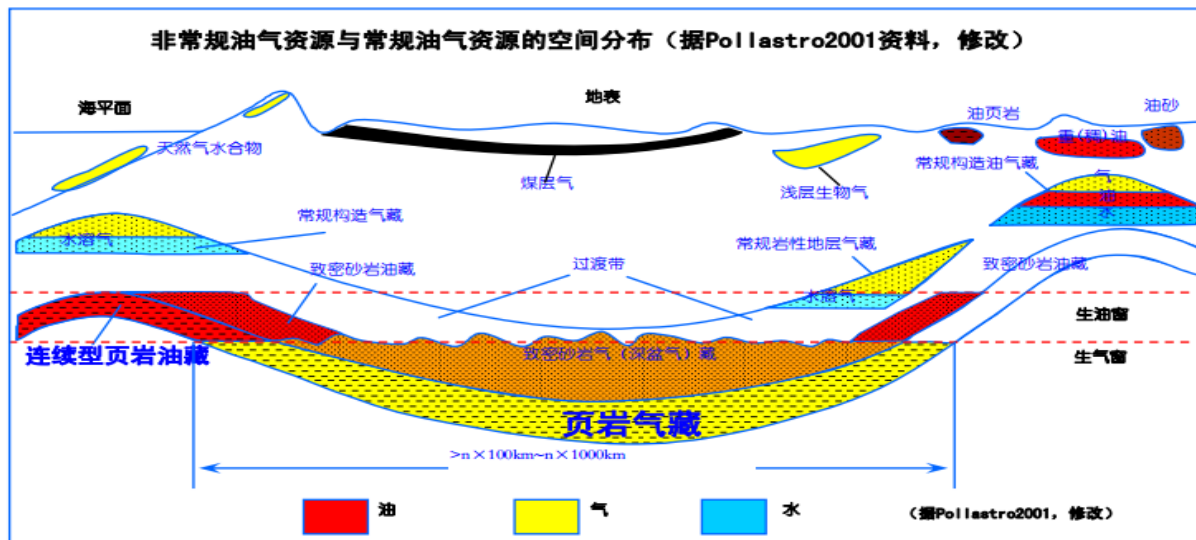
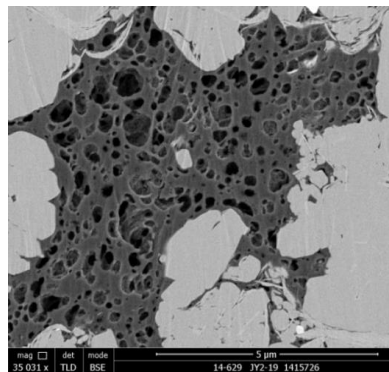
目录

一、主要进展

二、潜力探讨

页岩气—赋存于富有机质泥页岩及其夹层中的天然气

- ◆ 自生自储
- ◆ 低孔、超低渗
- ◆ 开发技术要求高
- ◆ 开发成本大
- ◆ 规模化生产运行



甲烷分子直径

碳酸盐岩



微米级孔隙

砂岩



致密岩石



煤岩



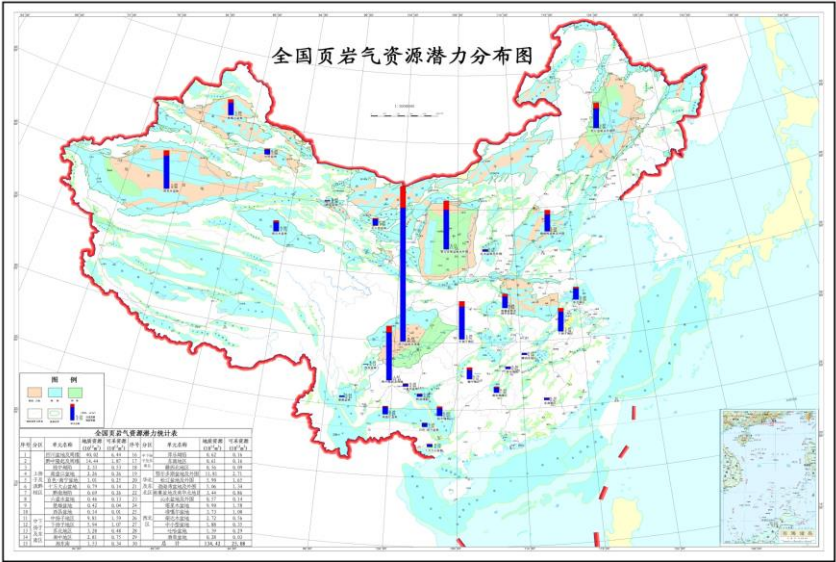
页岩



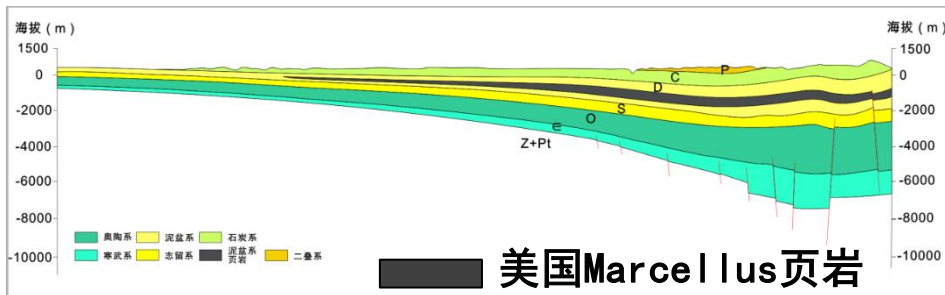
纳米级孔隙

前期，借鉴北美经验，我国钻页岩气井120余口，未获规模发现。

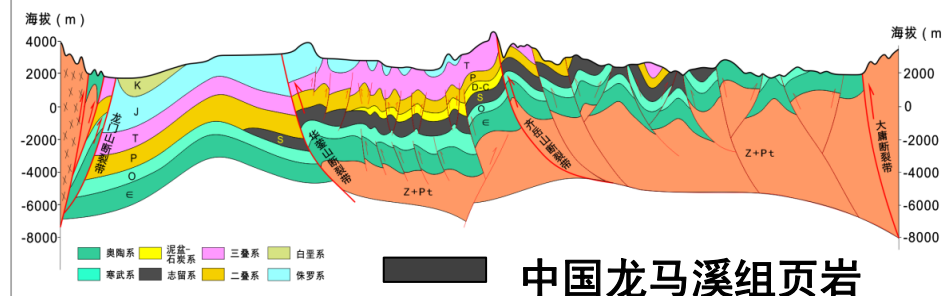
单位	估算可采资源量 (万亿方)	评价 年份
自然资源部油气资源战略 研究中心	25.08	2012
中国工程院	10-13	2012
美国能源署 (EIA)	36.1	2011
中国石油勘探开发研究院	10-20	2009



中美地质条件差异大



北美页岩处于生油气高峰期、整体保存好



中国页岩高成熟、生油气高峰已过、改造强

两大理论技术问题

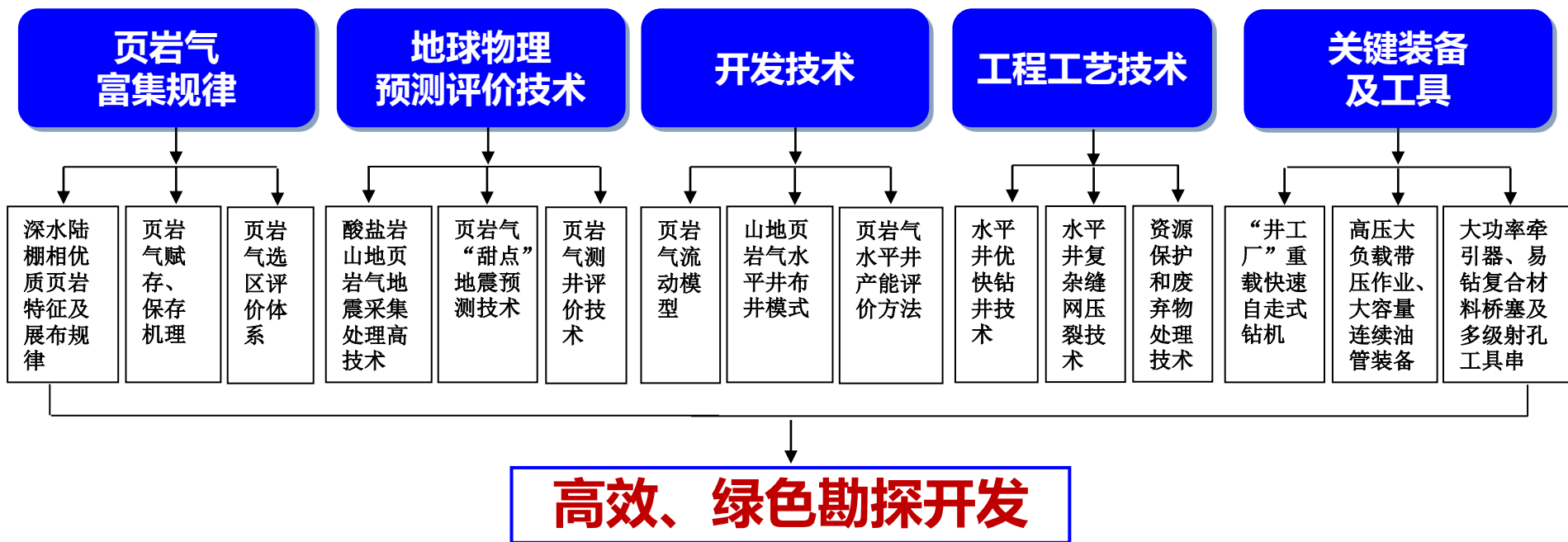
1. 富集规律不清楚

- ◆ 生储机理不清，是否存在能生、能储、易压裂的优质页岩？不明确，选层难。
- ◆ 保存机理不清，页岩气历经数亿年能否保存下来？何处富集？选区难。

2. 已有技术不适应

- ◆ 富集带预测难。页岩压裂难。

通过系统攻关，形成海相页岩气富集规律新认识及勘探开发 三项核心技术，研发了关键装备，实现页岩气高效勘探开发。



（一）揭示了中国海相页岩气生储和保存机理，形成“二元富集”规律新认识，为我国大规模勘探开发页岩气奠定了理论基础

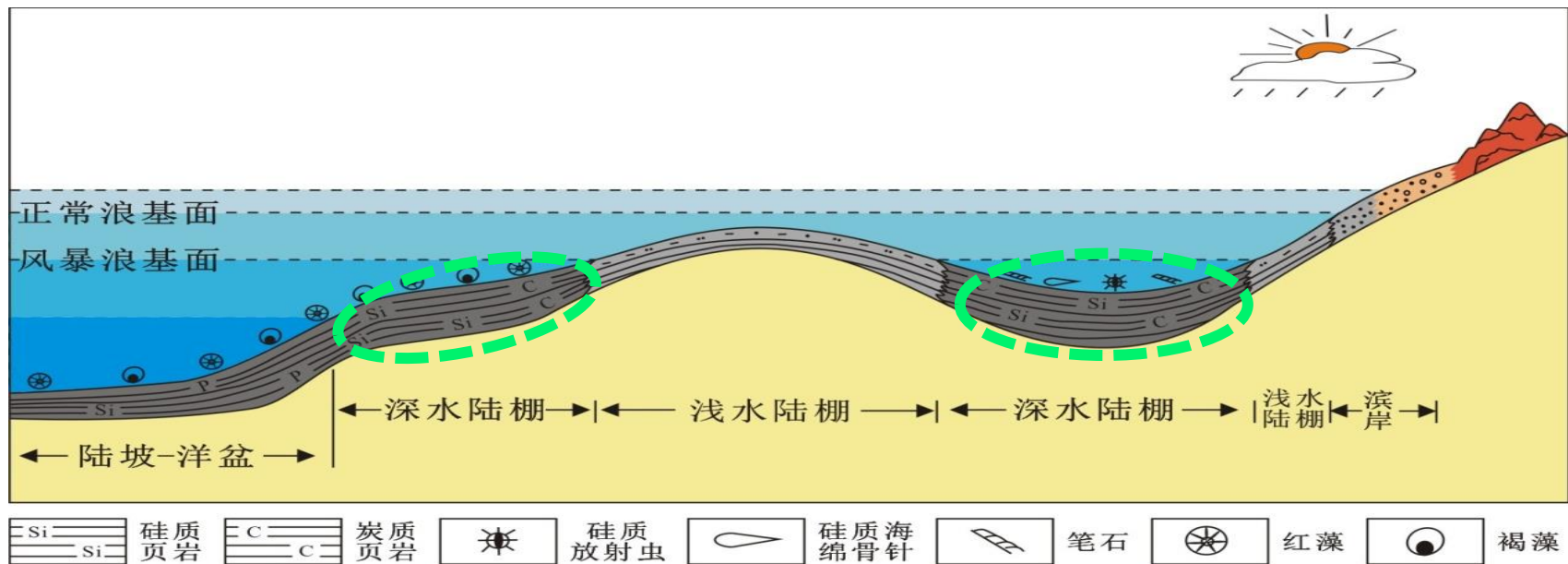
二元富集

**深水陆棚相优质页岩发育
是页岩气富集高产（成烃控储）
基 础**

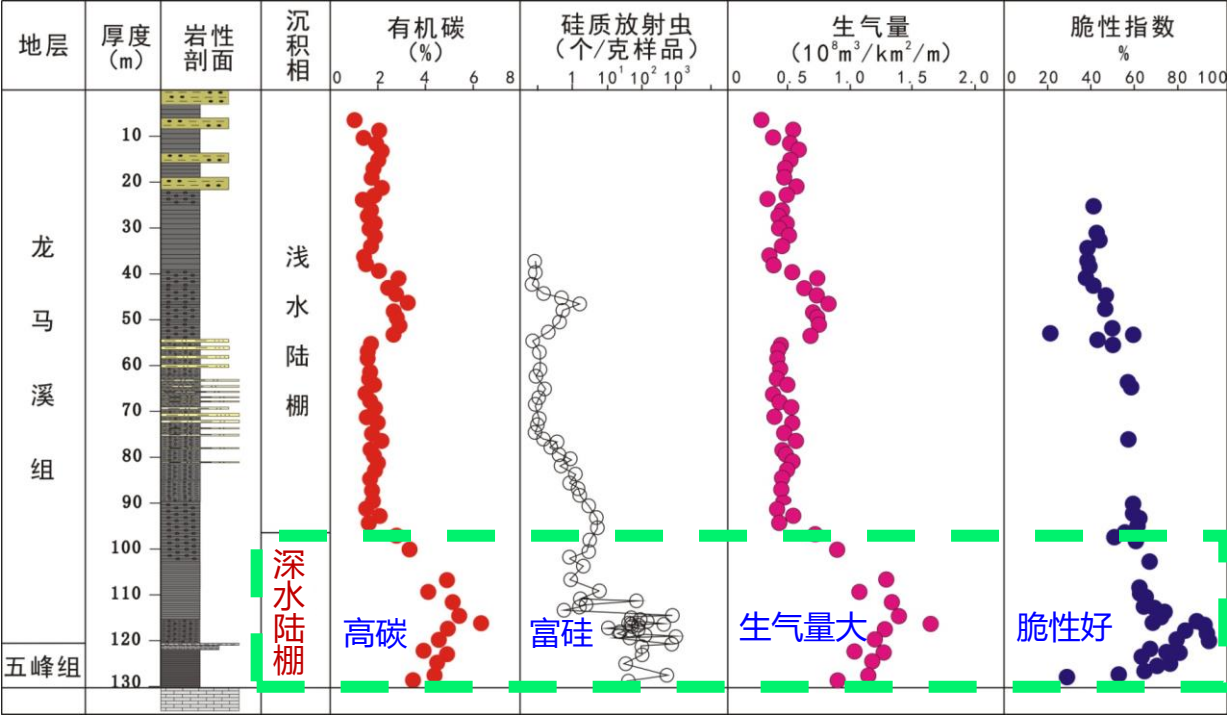
**良好的保存条件
是页岩气富集高产（成藏控产）
关 键**

1、深水陆棚相优质泥页岩发育是页岩气成烃控储的基础

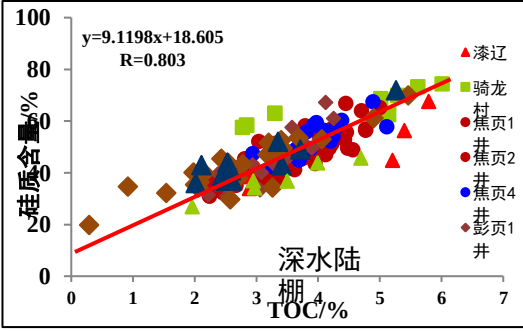
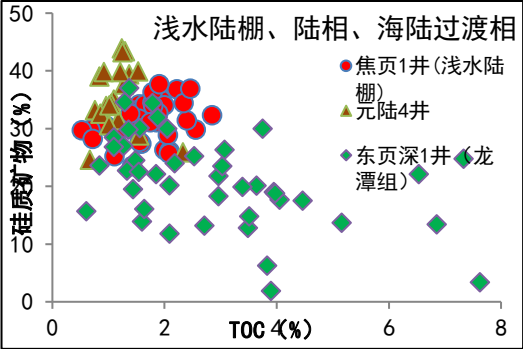
通过有机质和矿物成因研究，揭示了不同海洋环境页岩有机质、矿物组成的差异，发现深水陆棚相有利于生物成因有机质和硅质富集。



深水陆棚相页岩有机碳和生物硅具有正相关耦合规律，生气量大，易压裂

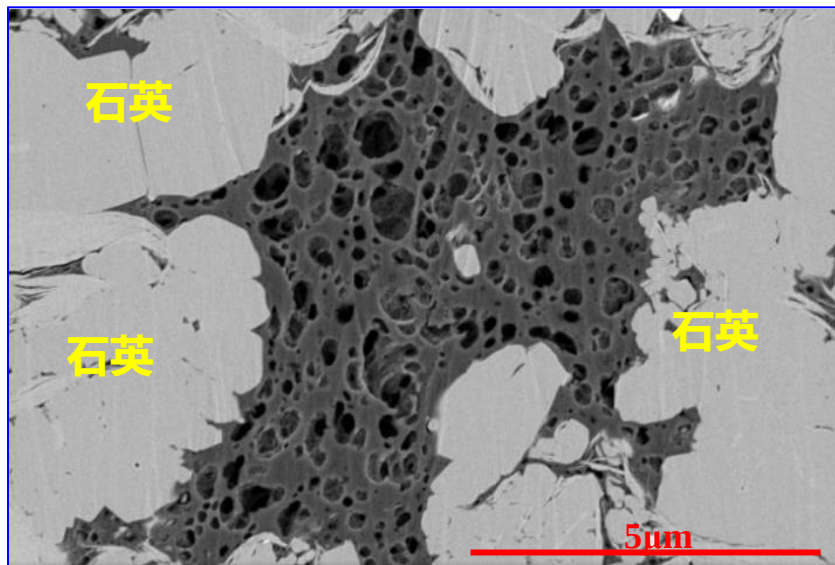


重庆漆辽五峰组-龙马溪组页岩剖面



有机碳与硅质含量关系图

**提出深水陆棚相页岩具有生气量大、孔隙度高、易压裂的特点，
是页岩气富集高产的基础。明确了有利页岩类型，解决了选层难题。**



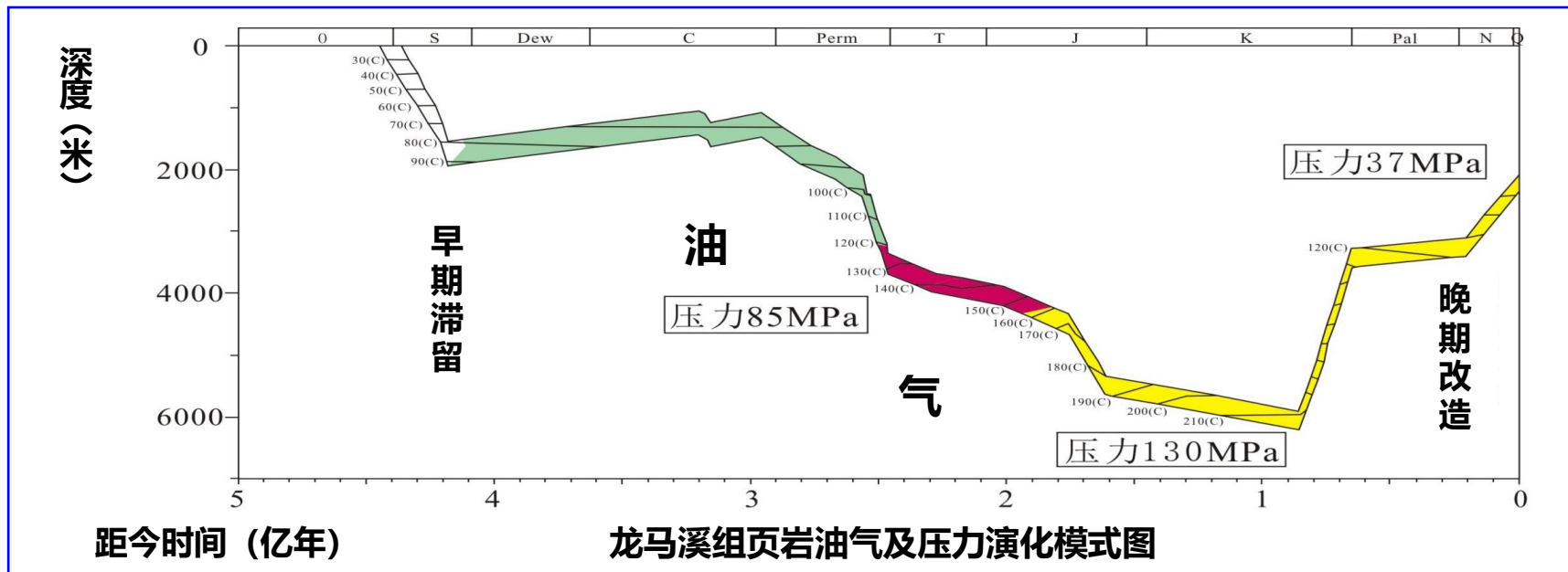
龙马溪组深水陆棚相页岩微观照片



浸水实验，页岩气从岩心中溢出

2. 良好的保存条件是页岩气富集高产的关键

通过对页岩内油、气、压力数亿年演化史剖析，揭示了页岩气“早期滞留，晚期改造”的动态保存机理。



页岩顶底板均致密、封闭性好的地层组合利于油、气早期滞留和长期保存，是页岩气富集的前提

●
油

●
气



顶底板封闭模式

← 顶板 →



顶底板欠封闭模式

风化壳

← 底板 →

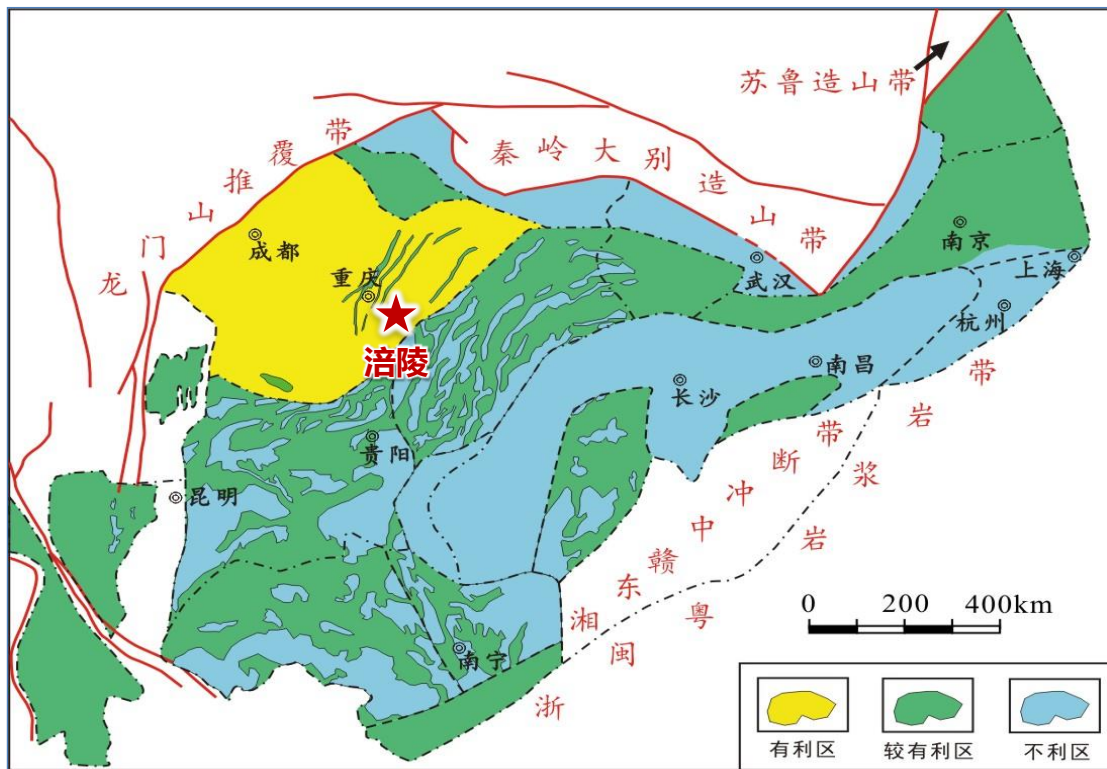
揭示了后期构造运动对页岩顶底板、自封闭性及区域盖层造成破坏，导致岩气散失的机制。

保存持续型利于页岩气富集，解决了选区难题。



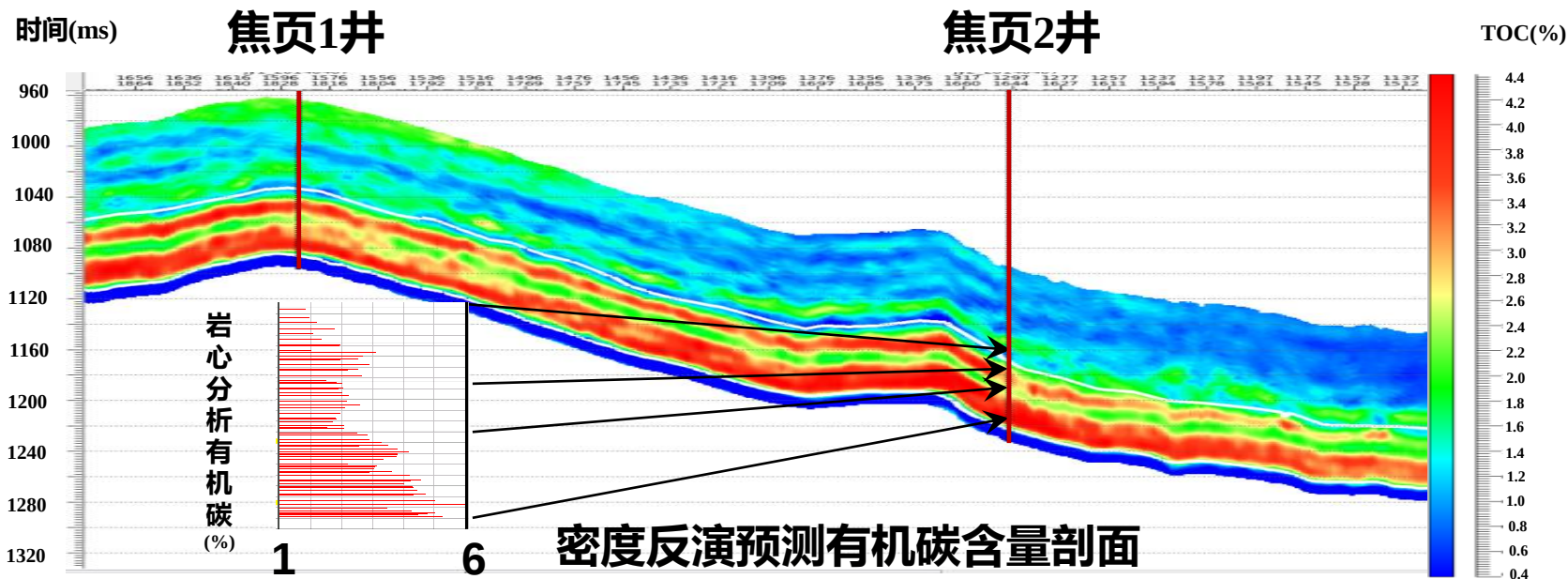
复杂构造区页岩气藏演化模式

- 建立了中国南方海相页岩气选区评价体系
- 提出四川盆地南部是我国页岩气战略突破的主攻方向
- 涪陵焦石坝是首选目标



(二) 形成页岩气地球物理预测评价关键技术系列

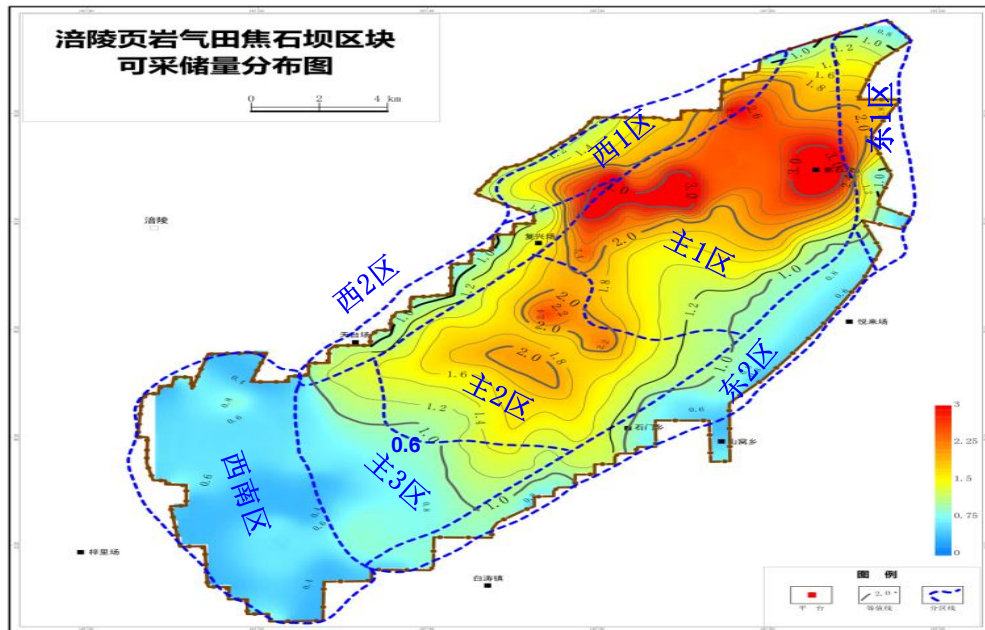
形成以有机碳含量、脆性指数和含气性叠前地震定量预测为核心的页岩气“甜点”预测技术体系，预测精度大幅提高



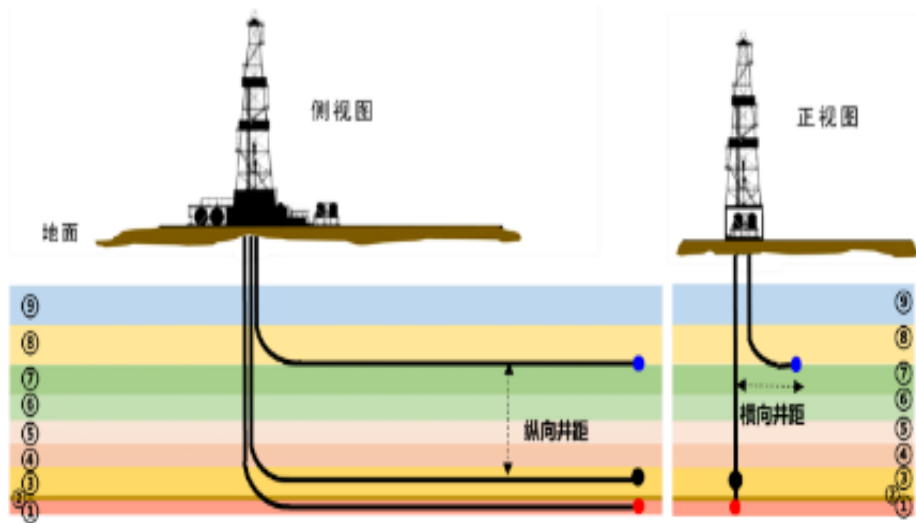
(三) 建立了页岩气开发设计与优化技术

涪陵气田开发井成功率100%，Ⅰ、Ⅱ类区测试产量分别为20-50、10-20万立方米/日，与设计相吻合。

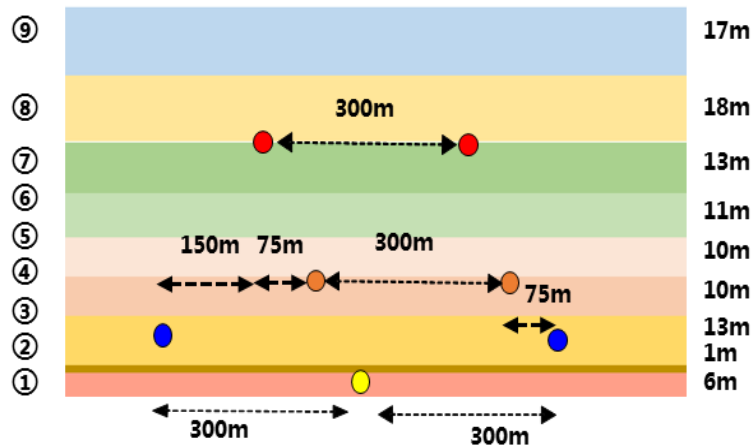
分区	井数	EUR (亿方)
主体1区	58	1.89
主体2区	51	1.82
主体3区	35	1.19
西1区	16	1.27
西2区	11	1.39
东1区	9	1.04
东2区	26	1.14
西南区	46	0.46
合计	252	1.36



开展立体开发攻关，涪陵气田采收率预计由12.6%提高到39.2%。



立体开发井网模式图

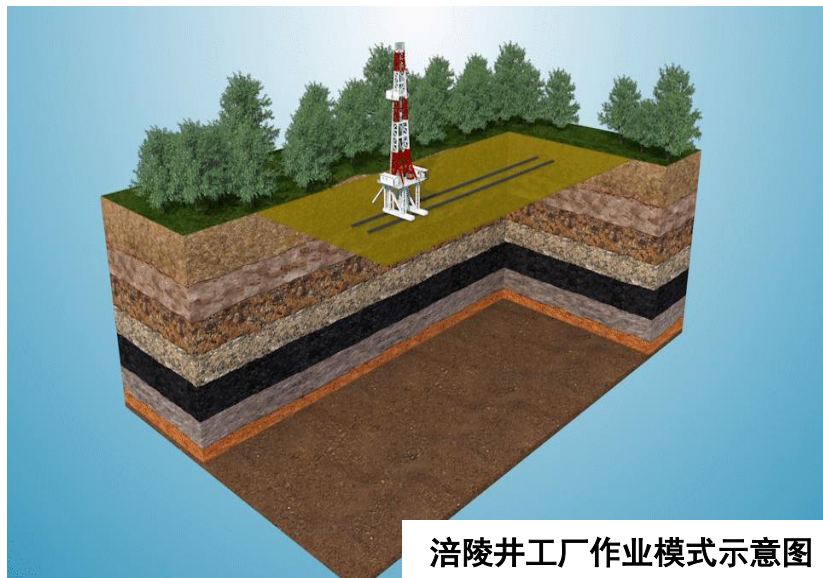


水平井井距：同一层系300m，上、下部气层投影井距150m，水平段长2000m

平台参数：交叉布井+单向布井，同一平台井数6-8口增至10-15口

（四）形成页岩气水平井高效钻井、压裂技术及配套装备

创新山地“井工厂”作业模式和水平井复杂缝网压裂技术体系，生产效率和气井产量大幅提升。



涪陵井工厂作业模式示意图



实现关键装备、工具国产化，三种自走式钻机，步进式钻机最大移运重量1000吨，定位精度小于10毫米，井间搬迁从72小时缩至4小时。



>>>	>>>	>>>
步进式	滑轨式	导轨式
仅用4小时	仅用1.5小时	仅用1小时



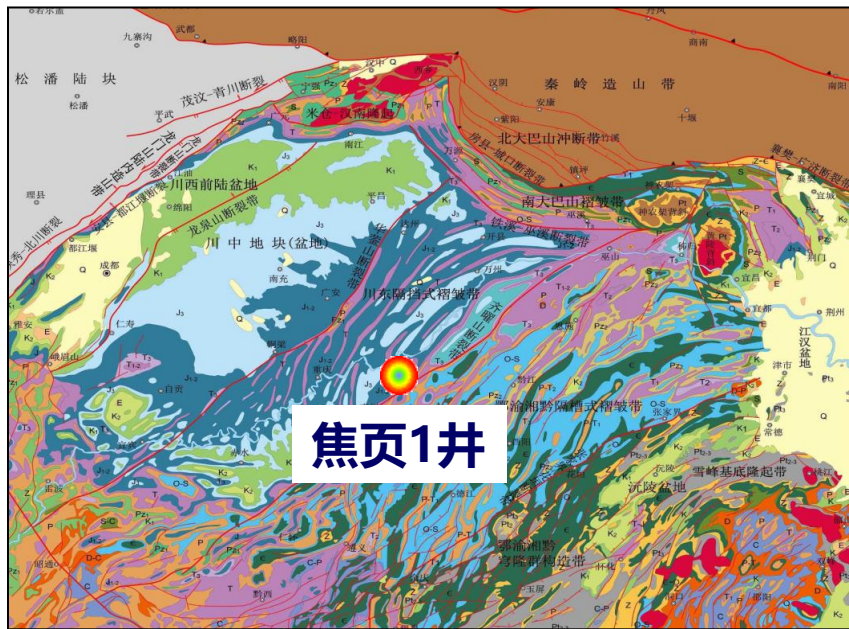
(五) 践行绿色清洁开发，建立了生态安全保障管理和标准体系

调查结果表明：涪陵页岩气田未对区域地表水、地下水、环境空气、土壤环境、生态环境质量产生明显不良影响，环境影响可控，区域环境质量基本稳定。



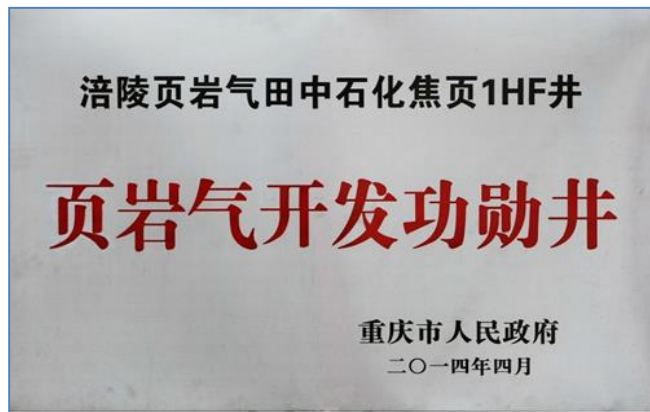
(六) 取得战略突破，实现页岩气储量、产量快速增长

四川盆地焦页1井2012年测试获日产页岩气20.3万方,发现涪陵海相页岩大气田，已探明地质储量近8900亿方。



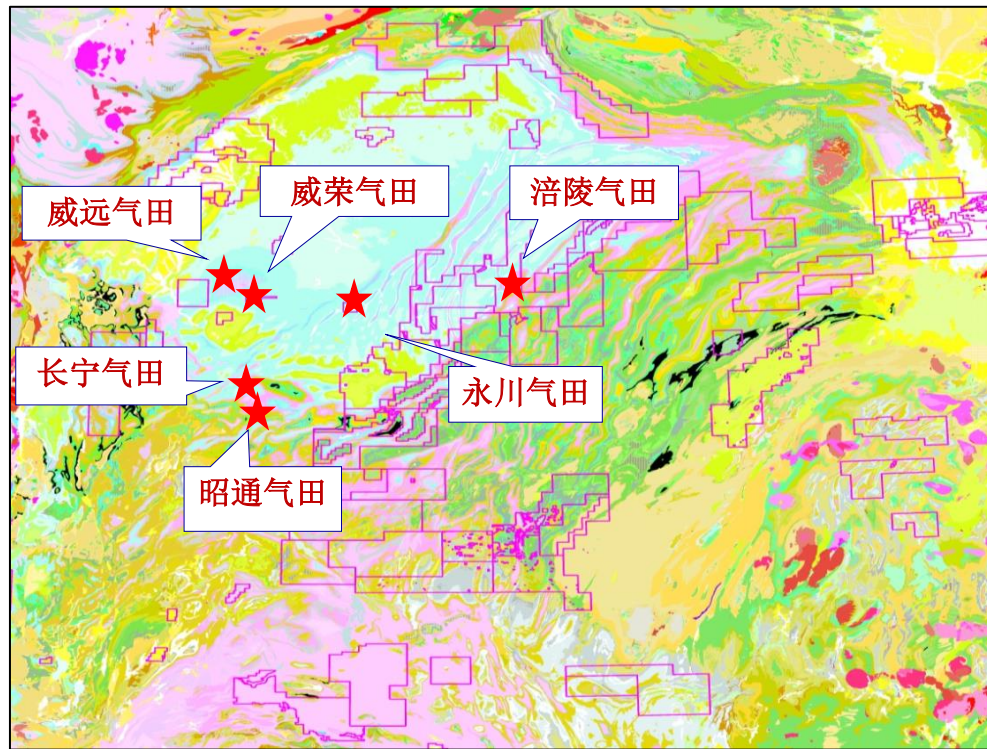
涪陵页岩气田我国第一个实现商业开发、北美以外首个取得突破的大型页岩气田

- 2017年**国家科技进步一等奖**
- 第五届世界页岩油气峰会授予
“INTERNATIONAL PIONEER” **(国际先锋) 奖**



发现7个海相页岩
大气田，探明页岩气地
质储量**2.9**万亿方；

2021年生产页岩
气**231**亿方。



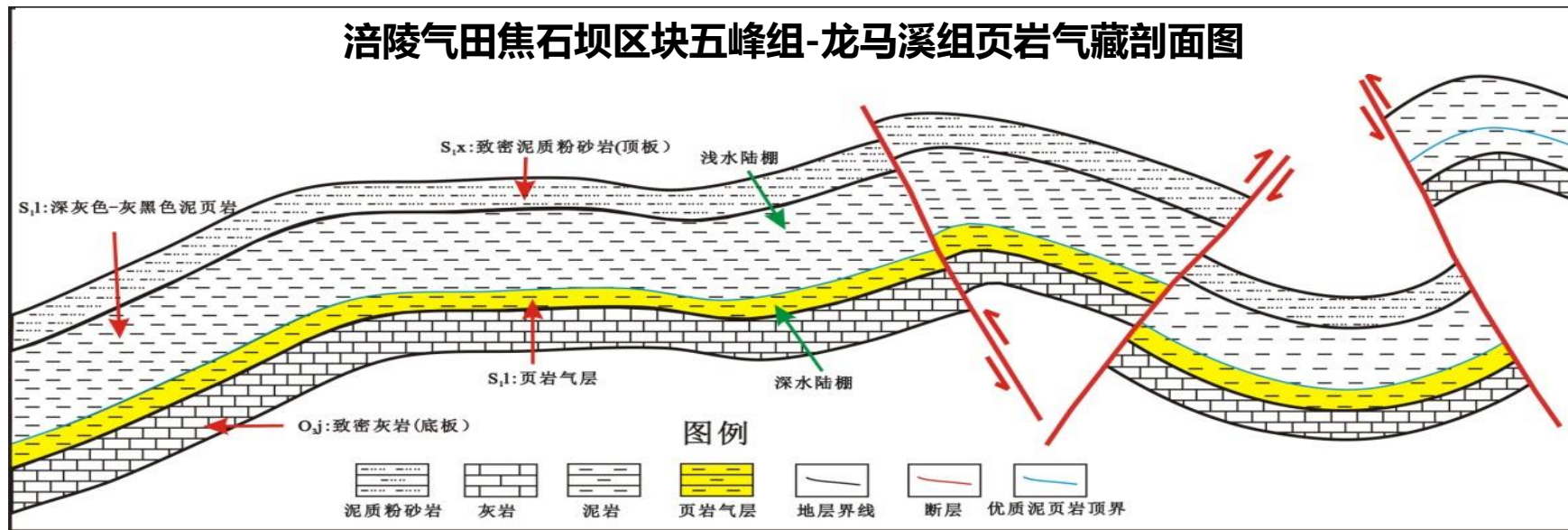
全国探明页岩气田分布图

产层主要为五峰组-龙马溪组，产量高、压力高、储量丰度高

□ 气层厚度80-100m，分布稳定，平均孔隙度4.87%，渗透率215nd

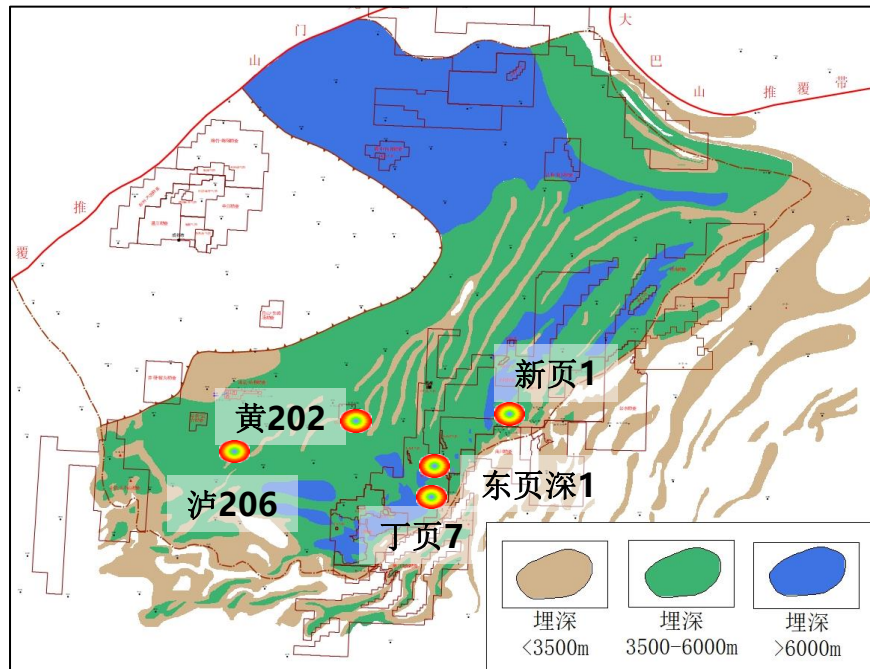
□ 焦石坝平均测试日产24万方，压力系数1.55，储量丰度10亿方/平方千米。

涪陵气田焦石坝区块五峰组-龙马溪组页岩气藏剖面图



深层页岩气攻关取得重要进展

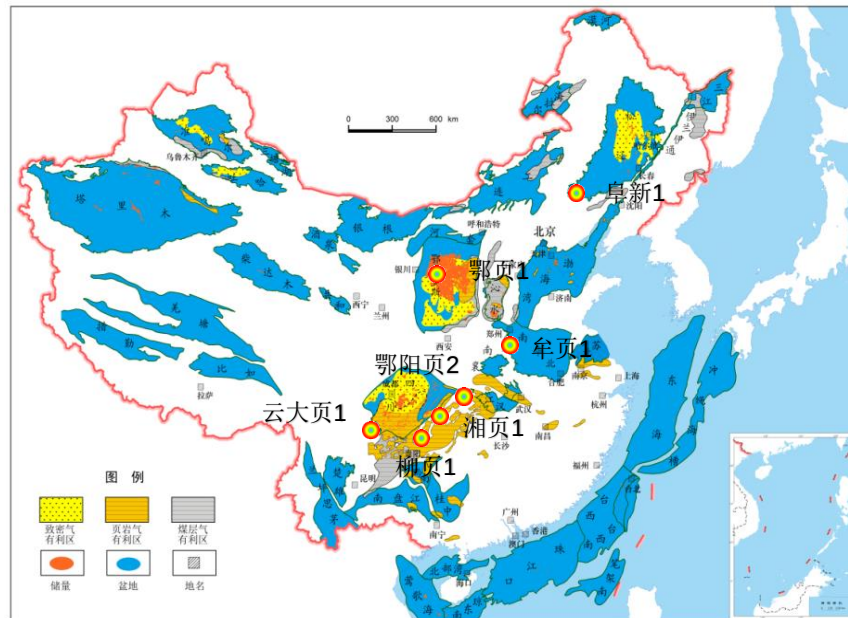
- ▶ 丁山：丁页2、4、7井分别试获日产**10.5、20.56、42.8万方**
- ▶ 东溪：东页深1井获日产**31.18万方**
- ▶ 新场：新页1井日产**53.19万方**
- ▶ 泸州：泸206井试获日产**30.55万方**
- ▶ 永川：黄202井试获日产**22.37万方**



四川盆地及周缘五峰组底界埋深图

盆外常压区，在震旦系、泥盆系、石炭系、二叠系等新层系取得页岩气发现，多口钻井试获气流。

盆地/地区	井号	层位	测试产量 $\times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
湖北宜昌	鄂阳页2	陡山沱组	5.53
广西柳州	柳页1	石炭系	5.3
鄂尔多斯西北	鄂页1	山西组	3.800
贵州毕节	水页1	石炭系	>2.0
云南大观	云大页1	五峰组-龙马溪组	0.528
湖南涟源	湘页1	龙潭组	0.2410
辽宁阜新	阜新1	白垩系	0.1500
河南中牟	牟页1	太原组、山西组	0.1256



国内其他地区页岩气发现井简况表及主要产气井分布图

Contents

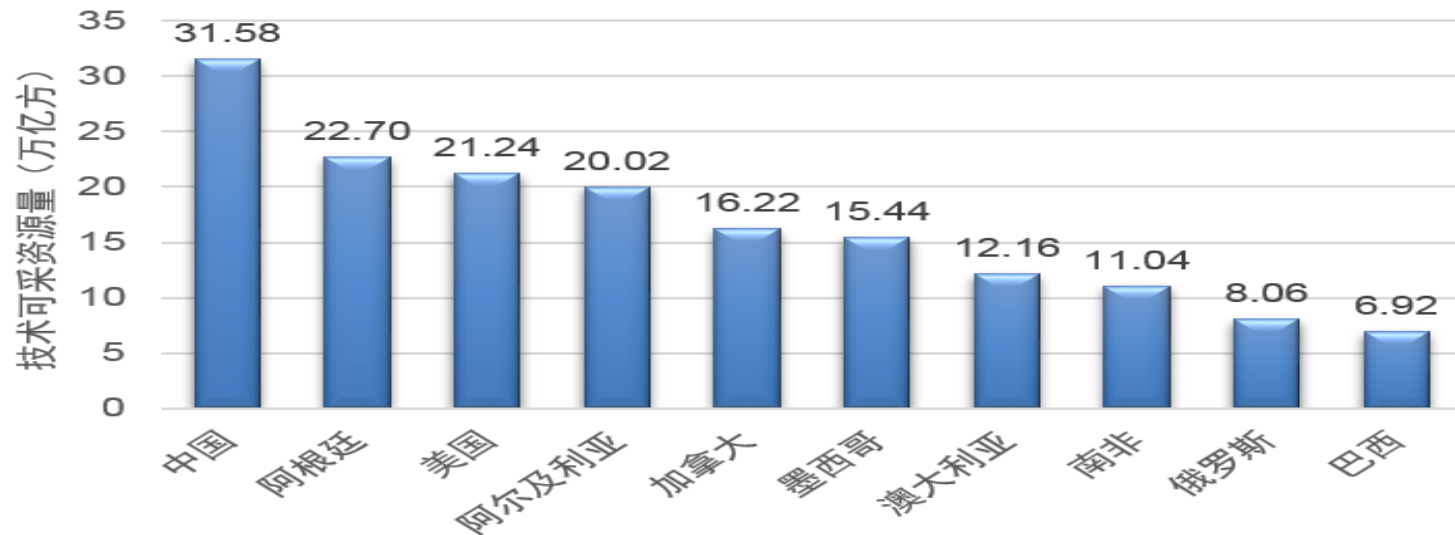
目录

一、主要进展

二、潜力探讨

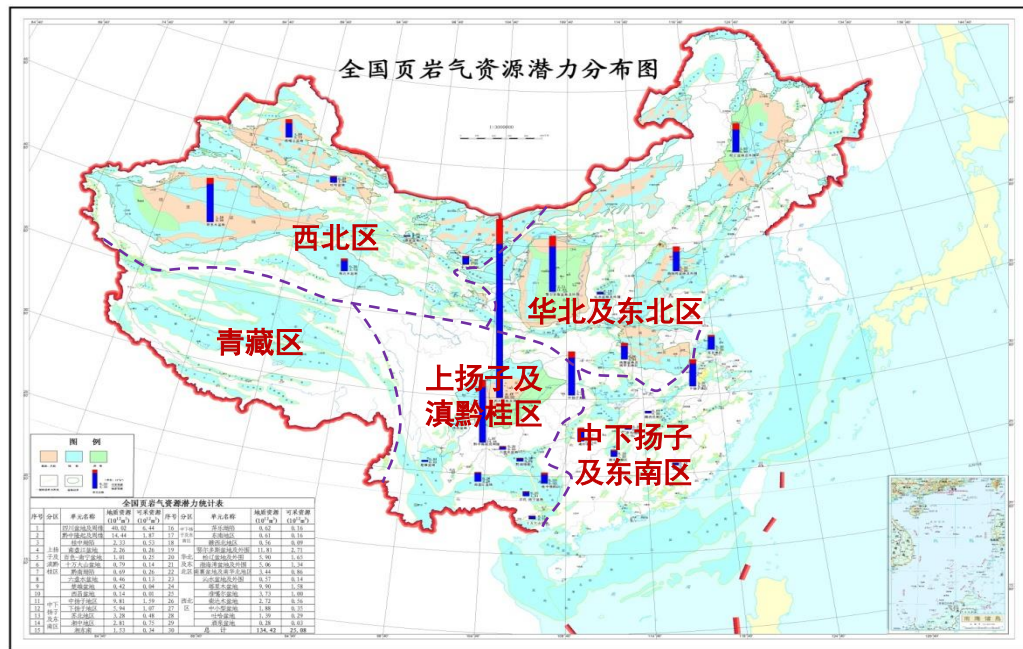
页岩气资源潜力巨大，是常规油气的重要接替资源

全球页岩气资源量为**456万亿方**，技术可采资源量**215万亿方**，中国占比**14.7%**

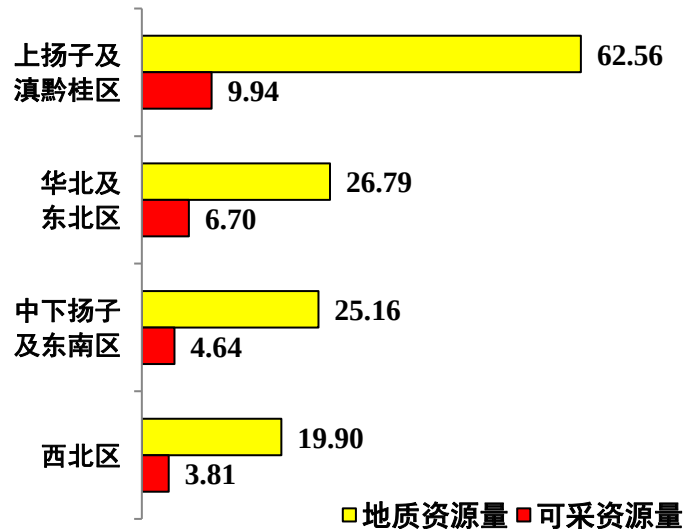


全球主要国家页岩气技术可采资源量（万亿立方米），据EIA（2015）

中国南方页岩气可采资源约14.58万亿方，占全国可采资源的58%



页岩气大区分布 单位：万亿方



——据国土资源部（2012）

五峰组-龙马溪组页岩埋深小于4000m有利目标面积1.4万km²，资源量约7.6万亿方。

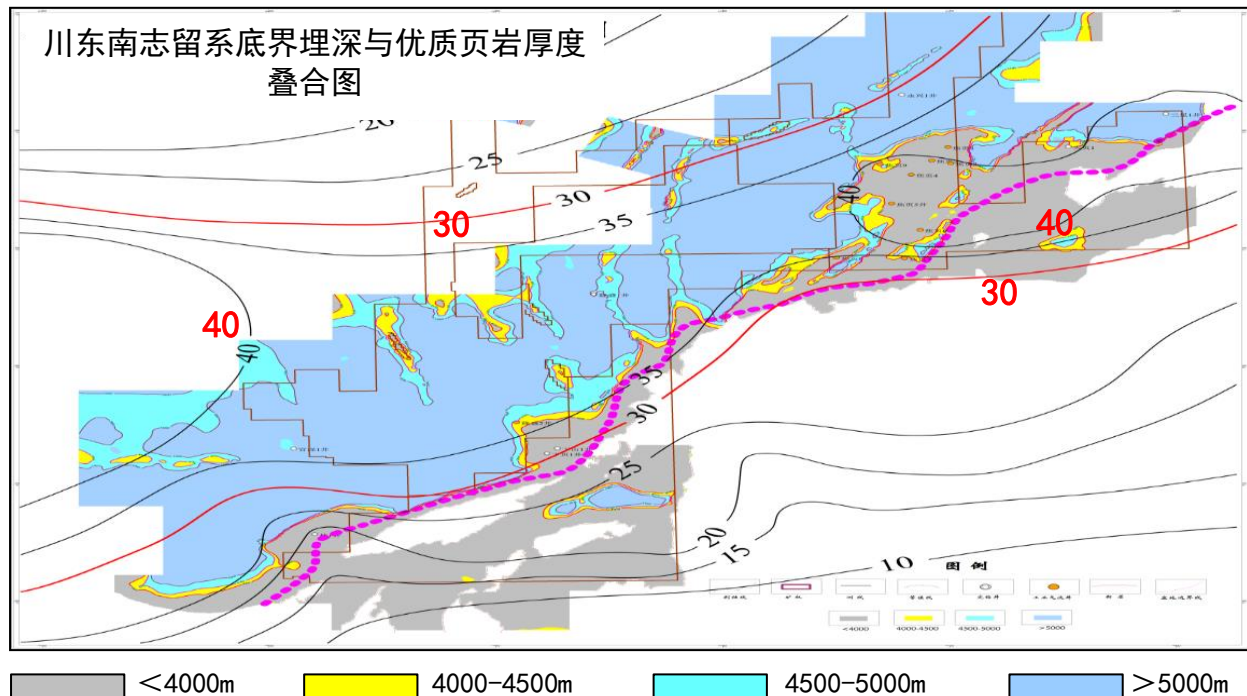


(二) 深层页岩气资源潜力大，亟待攻关，实现战略突破

战略突破方向：川南五峰组-龙马溪组深水陆棚相页岩

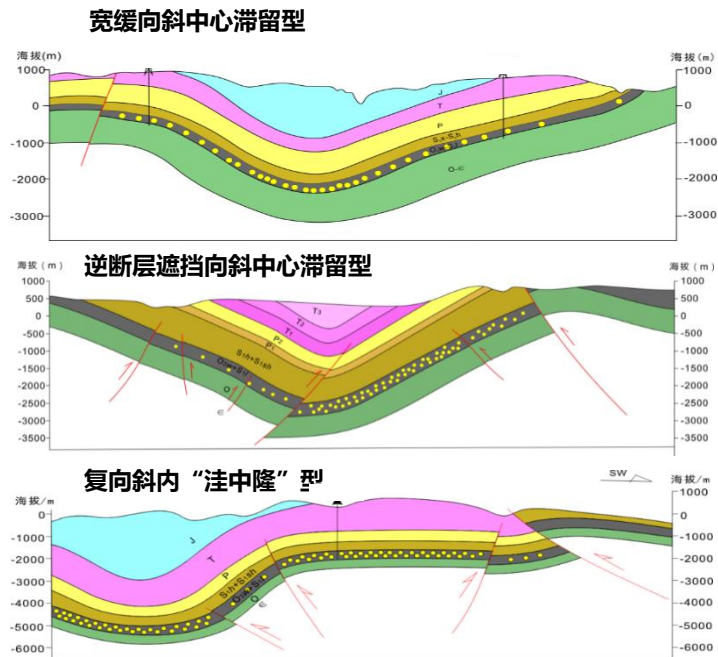
4000-5000m
资源量7万亿方

5000-6000m
资源量3.4万亿方

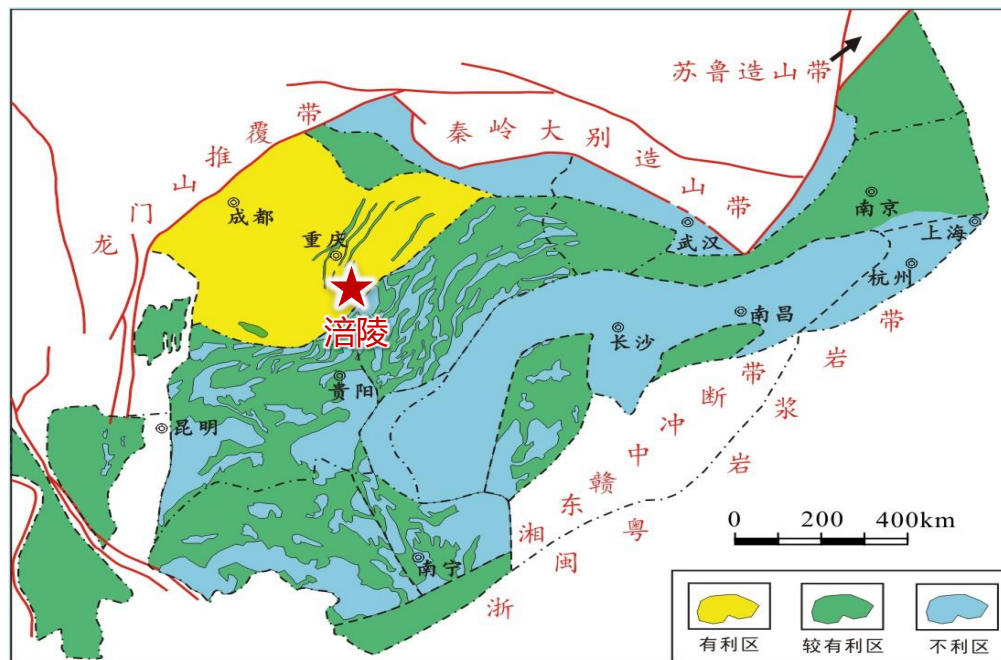


(三) 南方外围具有商业开发潜力

多层系、多类型，潜在资源量近6万亿方



盆外残留复向斜富集模式



中国南方海相页岩气评价图

谢谢！



中国石化
SINOPEC