



中联煤层气有限责任公司  
China United Coalbed Methane Co., Ltd.

2015 年度中美煤炭清洁发展论坛

# 中国煤层气勘探开发技术进展

吴建光

中联煤层气有限责任公司

2015年8月



# 提 纲

- 1. 中联公司煤层气勘探开发进展**
- 2. 中国煤层气勘探开发现状**
- 3. 中国煤层气勘探开发技术发展趋势**
- 4. 问题与建议**



## 1.1 公司性质

- 1996年3月30日国务院批准成立中联煤层气有限责任公司（简称中联公司），从事煤层气勘探、开发、输送、销售和利用，参照石油天然气勘探开发管理模式进行管理，享有煤层气勘探、开发和生产对外合作专营权
- 1997年9月7日-1999年7月，国务院、国家计委、财政部和科技部分别批复中联公司在国家计划中实行单列
- 1999年3月-2014年12月，历经多次股权调整和变更，中联公司成为中海油控股的公司
- 中联公司拥有国家气体勘察甲级资质，通过ISO9001质量论证



## 1.2 公司勘探开发进展

- 公司拥有29个探矿权、2个采矿权，区块总面积近2万km<sup>2</sup>，分布于山西、陕西、安徽等10个省份
- 中联公司于2001年在沁水盆地发现全国第一个煤层气田——沁南煤层气田，提交了第一份煤层气探明储量报告
- 公司成立18年来，先后在全国15个省、31个地区实施各类煤层气勘探开发项目50余个、对外合作项目30余个，施工各类煤层气井3500余口
- 截至2014年，公司获得煤层气探明储量近1700亿m<sup>3</sup>，已建成产能近20亿m<sup>3</sup>/年，年产量近10亿m<sup>3</sup>



## 1.3 行业领域科技牵头作用

- 为国家有关部门在产业发展规划、产业政策的制订、资源的综合利用等方面做了大量基础性工作
- 制定了30余项煤层气勘探开发的规程、规范
- 组织并参与了国家煤层气“十一五”规划、“十二五”规划编制
- “煤层气产业技术创新战略联盟”理事长单位
- 中国煤炭学会煤层气专业委员会挂靠单位



## 1.4 行业领域技术集成示范作用

### 2009年竣工完成的“沁南煤层气开发利用高技术产业示范工程”项目

- 集成形成沁南高煤阶煤层气开发8项技术系列，示范作用显著
- 示范工程一期210口井，排采六年，平均单井日产量达到4000m<sup>3</sup>，创全国之最
- 沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程竣工投产，是煤层气产业发展中一个重要的里程碑，标志着产业化生产阶段的开始，获得了“国家能源科技进步一等奖”

## 1.4 行业领域技术集成示范作用

### 国家发展和改革委员会文件

特急 发改高技[2010]2673号

#### 国家发展改革委关于对中联煤层气有限责任公司 沁南煤层气开发利用等国家高技术产业化 示范工程授牌的决定

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团发展改革委，国务院有关部门，有关单位：

大力发展促进自主创新成果的产业化，是全面贯彻落实科学发展观，加快转变经济发展方式，培育发展战略性新兴产业的重要举措。按照党中央、国务院的总体部署，在有关部门和各地政府的积极支持配合下，国家发展改革委通过制定规划、发布高技术产业化重点领域指南、实施国家高技术产业发展项目计划和高技术产业化重大专项，加快了一大批自主创新成果的产业化，培育了一大批具有竞争实力高技术企业，促进了我国高技术产业发展和传统产业技术升级，对培育和发展战略性新兴产业，促进经济结构战略

- 1 -



2010年11月16日召开第十二届中国国际高新技术成果交易会，“沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程”被国家发展和改革委员会授予“国家高技术产业化示范工程”。



# 1.5 积极探索我国含煤岩系非常规气勘探开发技术新领域

## 注CO<sub>2</sub>置换CH<sub>4</sub>提高煤层气采收率技术处于国际领先水平

中国煤层气技术开发/“二氧化碳埋藏”项目	2002年-2006年	中国和加拿大
注CO <sub>2</sub> 提高煤层气采收率技术研究	2002年-2003年	中国科技部
注CO <sub>2</sub> 提高煤层气采收率效果评价研究— 微型先导性试验的数值模拟和经济评价	2004年-2005年	中国科技部
深煤层注入/埋藏CO <sub>2</sub> 开采煤层气技术研究 项目	2008年-2010年	中国和加拿大
欧盟MOVECBM项目	2006年-2008年	中国和荷兰
关于煤炭资源可持续性综合开采利用知识 (技术)推广的专项合作—二氧化碳注入 和埋藏研究	2009年-2010年	中国和荷兰
中英煤炭利用近零排放项目 (NZEC) — 中英二氧化碳封存潜力评价	2007年-2008年	中英项目
中澳合作煤层气增产注气项目	2010年-2012年	中国和澳大利亚
深煤层注入CO <sub>2</sub> 置换CH <sub>4</sub> 技术研究	2010年-2015年	国家科技重大专项

被评为美国  
碳收集领导  
人论坛的示  
范项目

国际上首次  
在水平井中  
进行CO<sub>2</sub>注  
入/增产试验

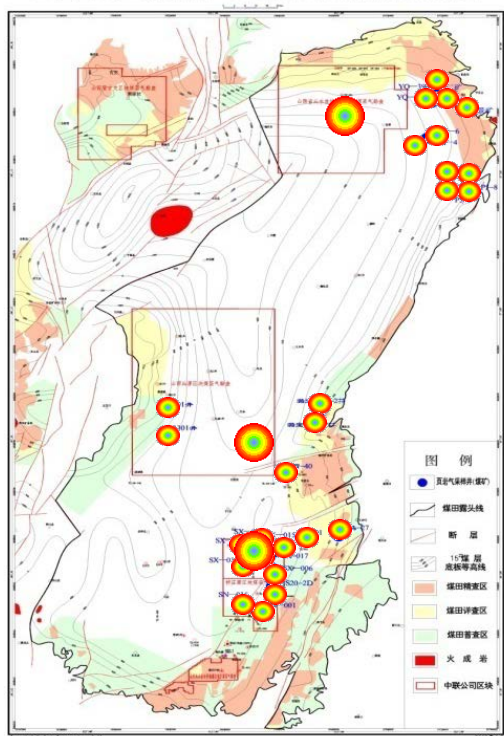
井组  
注入



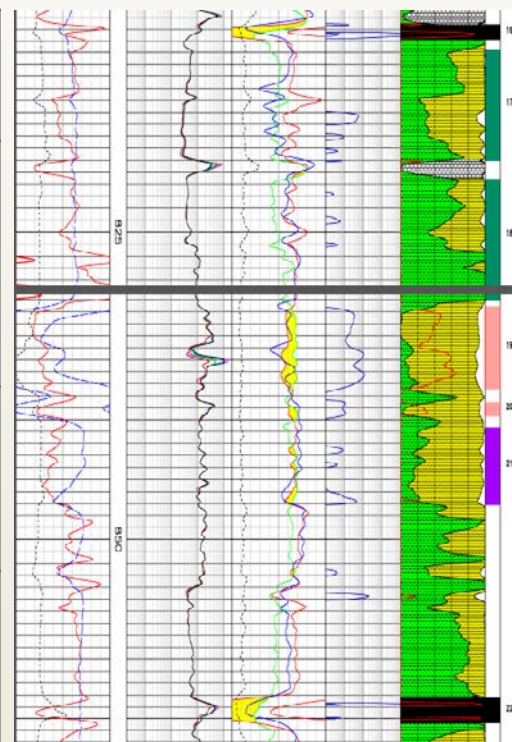
# 1.5 积极探索我国含煤岩系非常规气勘探开发技术新领域

完成沁水盆地页岩气资源评价，提出了有利区  
正在进行3口井压裂试气试验

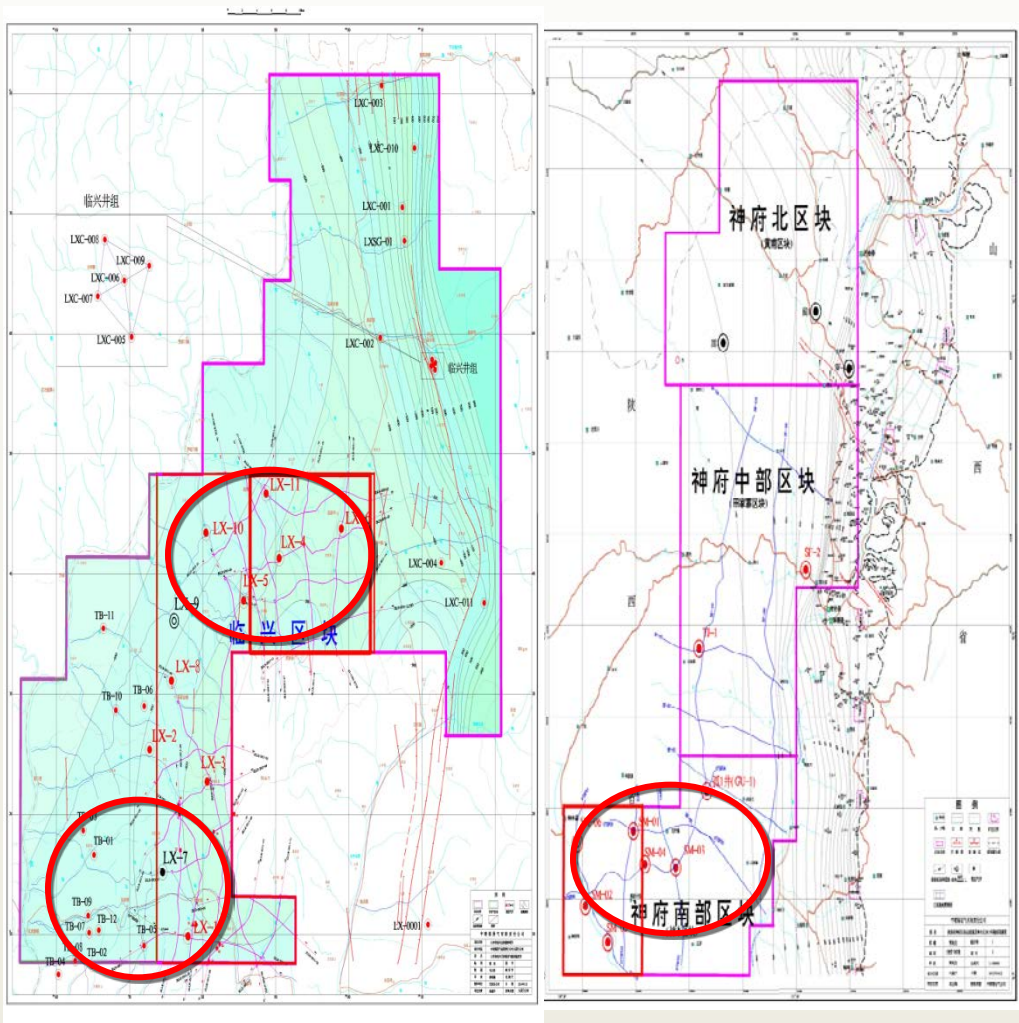
沁水盆地页岩气项目采样点示意图



所在区块	柿庄北区块	寿阳区块	沁源区块
井别	参数+生产试验井	参数+生产试验井	参数+生产试验井
目的层段	下石盒子组、山西组、太原组		
完钻井深	1207m	916 m	1977m



# 1.5 积极探索我国含煤岩系非常规气勘探开发技术新领域



**临兴—神府致密砂岩气有利区带优选技术成果显著，多口井获得工业气流，LX-4井获得日产20万方的稳定产量：**

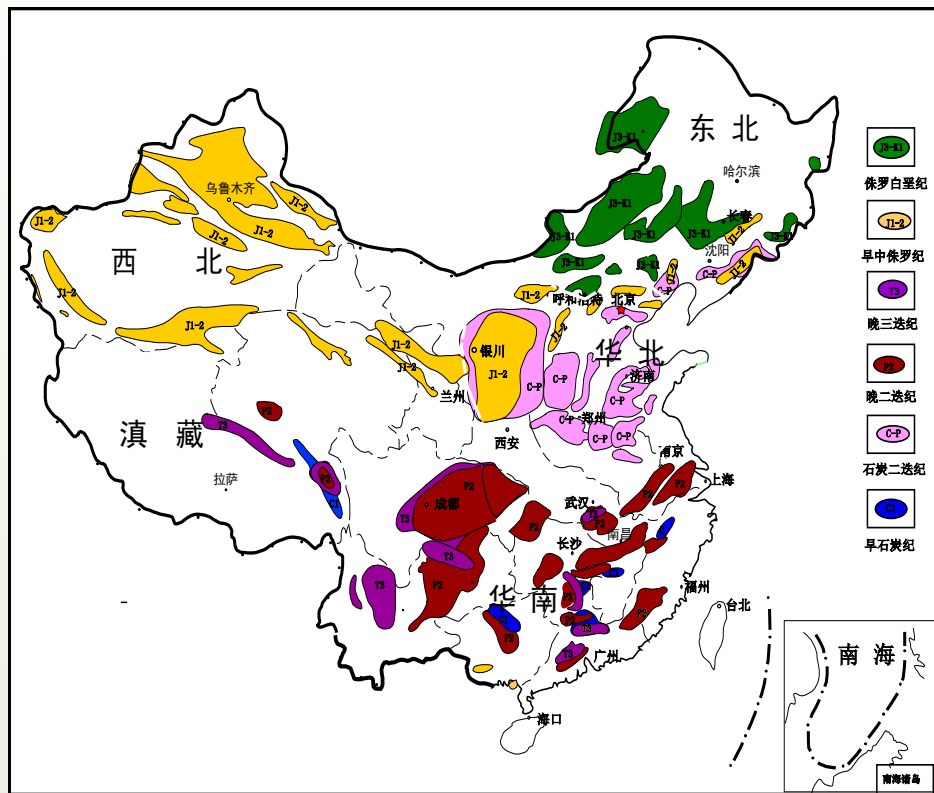
- 揭示了致密砂岩优质储层发育的机理、提出了神府-临兴区块气藏运聚模式
- 形成了相控模式下以致密砂岩含气储层甜点识别为核心的勘探方法技术系列



# 提 纲

1. 中联公司煤层气勘探开发进展
2. 中国煤层气勘探开发现状
3. 中国煤层气勘探开发技术发展趋势
4. 问题与建议

## 2.1 我国煤层气产业发展现状



全国41个盆地，114个含气区带，煤层2000m以浅的煤层气面积41.5万km<sup>2</sup>，远景资源量36.8万亿m<sup>3</sup>，其中0.5万亿m<sup>3</sup>以上14个，资源量占93.4%

**中国煤层气资源特点：**

- 成煤条件多样性
- 成煤时代多期性
- 煤变质作用叠加性
- 构造运动多幕性和复杂性

不能照搬美国成熟的煤层气勘探开发技术



## 2.1 我国煤层气产业发展现状

- 截止2014年底，我国煤层气钻井总数近15000口，探明储量超6000亿方
- 形成了鄂尔多斯盆地东缘和沁水盆地南部两个千亿方大气田
- 煤矿区项目的实施，促进了煤矿安全形势的持续好转

## 2.1 我国煤层气产业发展现状

- 煤层气输送管道建设初成规模，运输能力显著增长
  - 建成5条煤层气专用管线、年输送能力近100亿 $m^3$ ，管线长度近2000 km
  - 山西省正在规划和建设“三纵十一横”管线超过3000km
- 煤层气利用广泛
  - 城市燃气、汽车燃料、工业利用等





## 2.1 我国煤层气产业发展现状

### 煤层气勘探从浅部向深部煤层延伸

- 深部界限划分：800-1000m
- 深部煤层气地质储层特点：深煤层地应力增高，渗透性显著降低，造成煤体结构易碎，表现为钻井工程复杂、压裂工程难度增加、排采达产周期长，深煤层煤层气勘探具有更大的挑战性
- 深部一些地区，煤层气井获得了较好的单井产气量
  - 沁水盆地，煤层埋深<sup>47%</sup>900~1400 m，日产气最高达2500 m<sup>3</sup>
  - 鄂尔多斯盆地，煤层埋深1500~2000 m，日产气最高达3600 m<sup>3</sup>

61%



## 2.1 我国煤层气产业发展现状

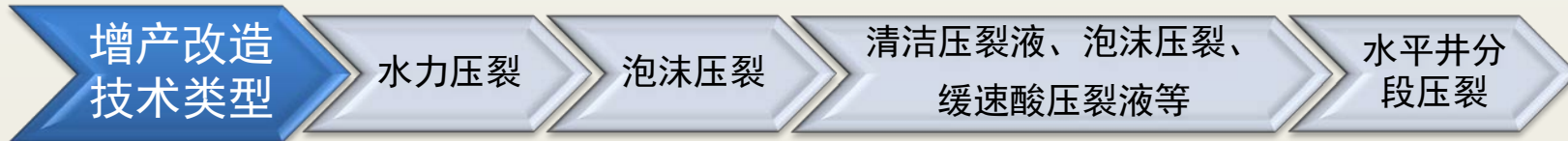
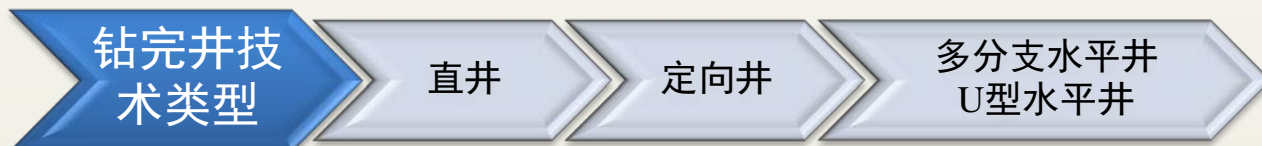
### 新区、新领域、新层系勘探取得显著成果

- 中国西北准格尔盆地南部，先导性试验水平井日产量达1.7万 $m^3$
- 中国东北阜新地区26口井，日产量近6万 $m^3$ ；珲春4口井单井稳产1500-2200  $m^3$ ；依兰6口井投产3年稳产1000-1200 $m^3$ ；
- 中国西南织金、筠连地区，单井产量达1000 $m^3$ 以上



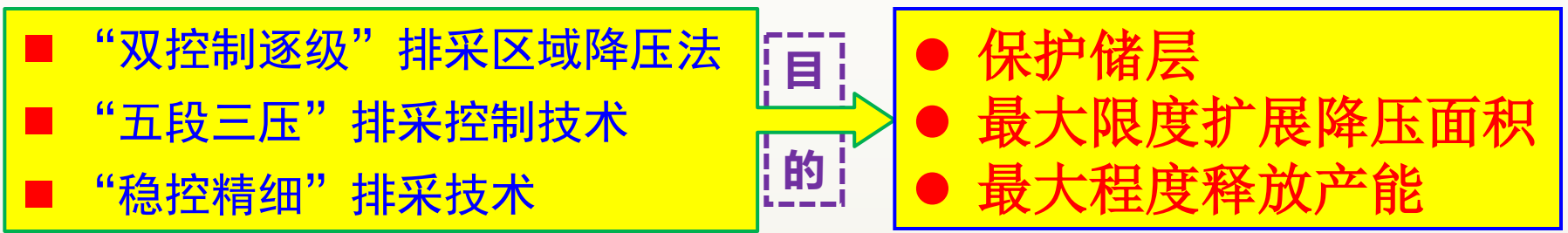
## 2.2 我国煤层气勘探开发技术进展

形成了一套适宜于沁水盆地南部高阶煤煤层气较为成熟的勘探开发技术系列，为中国目前煤层气开发提供了有力的技术保障

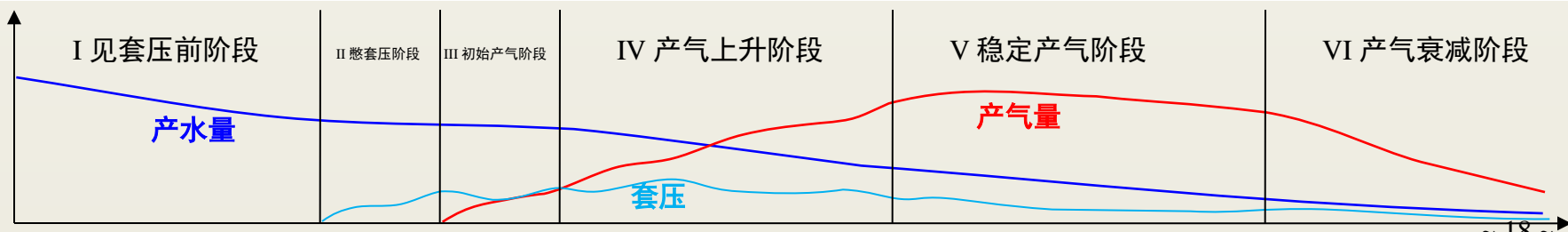


## 2.2 我国煤层气勘探开发技术进展

总结出了适宜于我国煤层气特点的排采技术体系



状态	见套压前	初产气	产气上升	稳定产气	产气衰减
阶段目标	确定供液能力， 压降漏斗形态平缓， 扩大压降面积	憋套压， 抑制气体流速 过快，大量携 粉卡泵，保持 地层能量	通过逐级放产， 避免因气液产量增幅 太快，导致地层应力 急剧变化，通过控压 和控粉，持续扩大压 降范围，保持地层连 续稳定供气	保持产气量基本 稳定	产气量缓慢衰 减

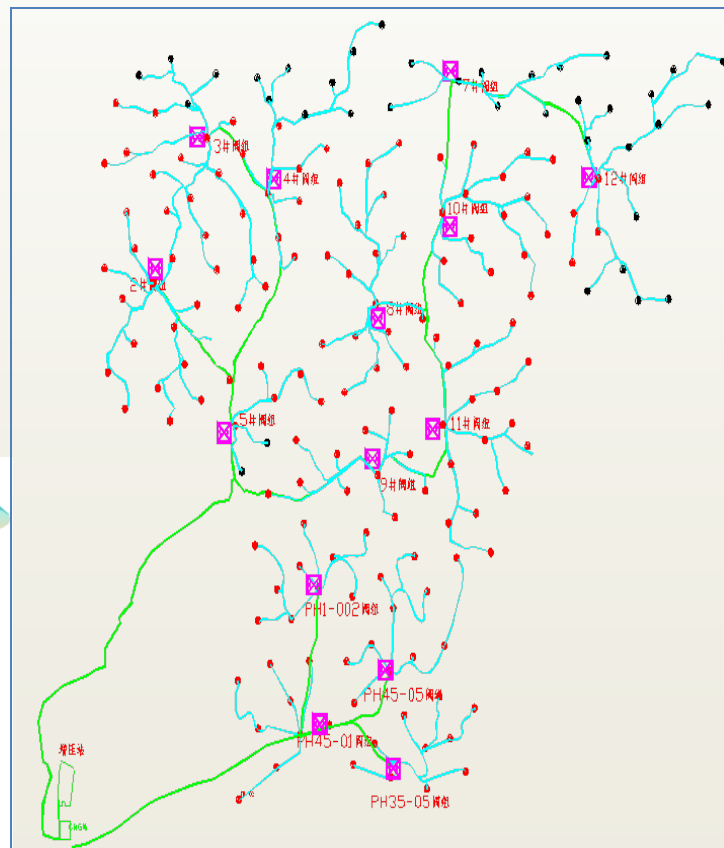
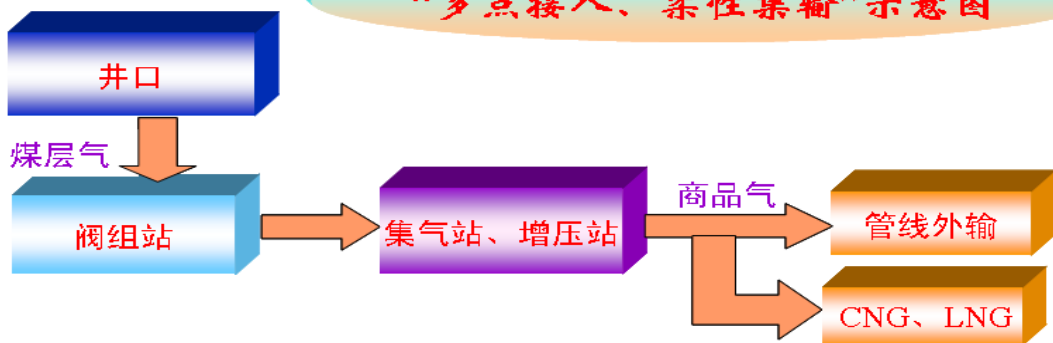


## 2.2 我国煤层气勘探开发技术进展

形成以“多点接入、柔性集输”技术为核心的适宜于煤层气低产、多井、复杂地形条件的煤层气田集输工艺技术体系

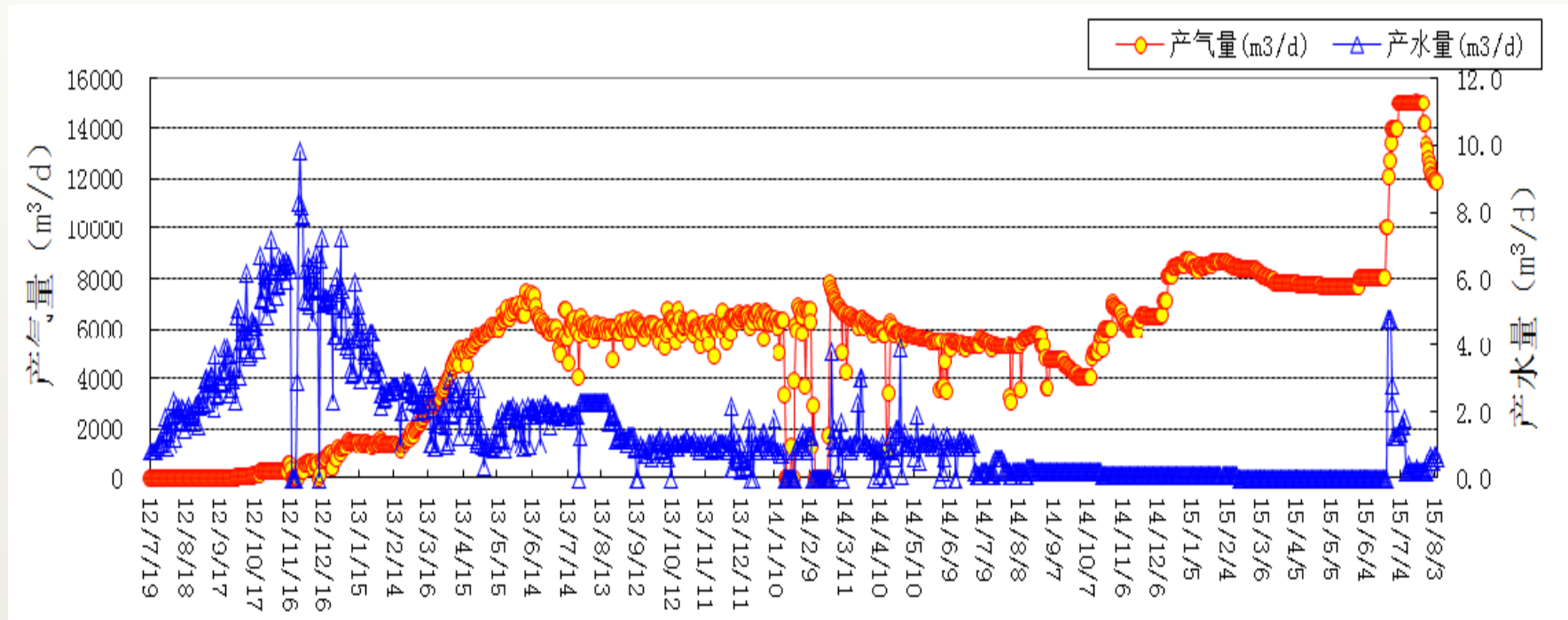
“多点接入、柔性集输”技术—实现了从传统技术中的三级布站到最短的一级布站的技术突破。可以大大增加了集输半径，有效减少增压级数，从而大幅度降低工程投资，而且易于管理

“多点接入、柔性集输”示意图



## 2.2 我国煤层气勘探开发技术进展

### 多项新技术试验初见成效 U型水平井分段压裂技术获得成功



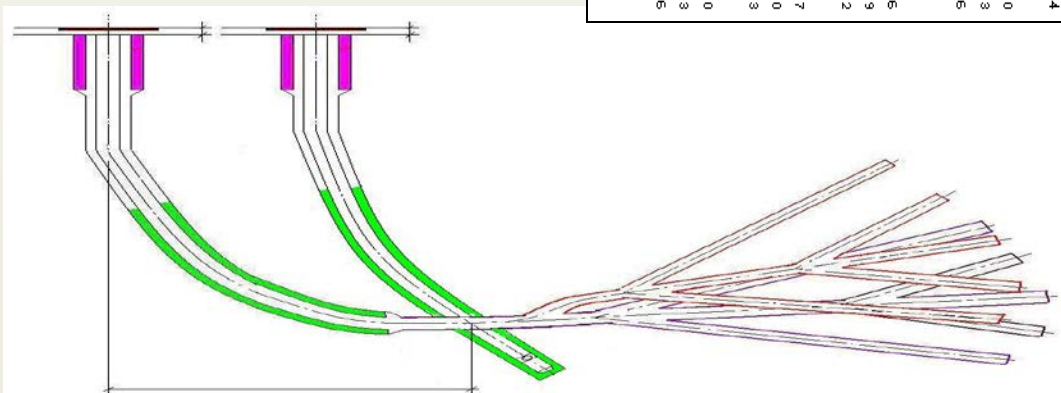
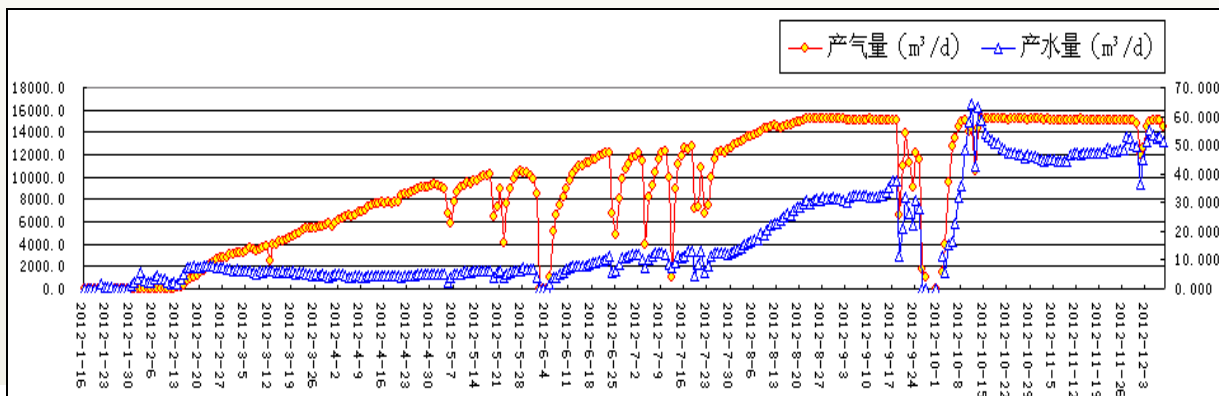
煤层埋深590 m，煤层厚度6.5 m，煤层进尺617 m，压裂7段  
最高日产量达**15000**m<sup>3</sup>/d，目前套压**0.23**MPa

## 2.2 我国煤层气勘探开发技术进展

### 多项新技术试验初见成效

#### 双台阶水平井技术解决薄层多层煤层气合采难题初见成效

- 斜井联通多煤层多分支水平井钻井工艺为国际首创
- 斜对斜多煤层排采井工艺与设备设计
- 产量创造中阶煤煤层气井单井产量创国内纪录

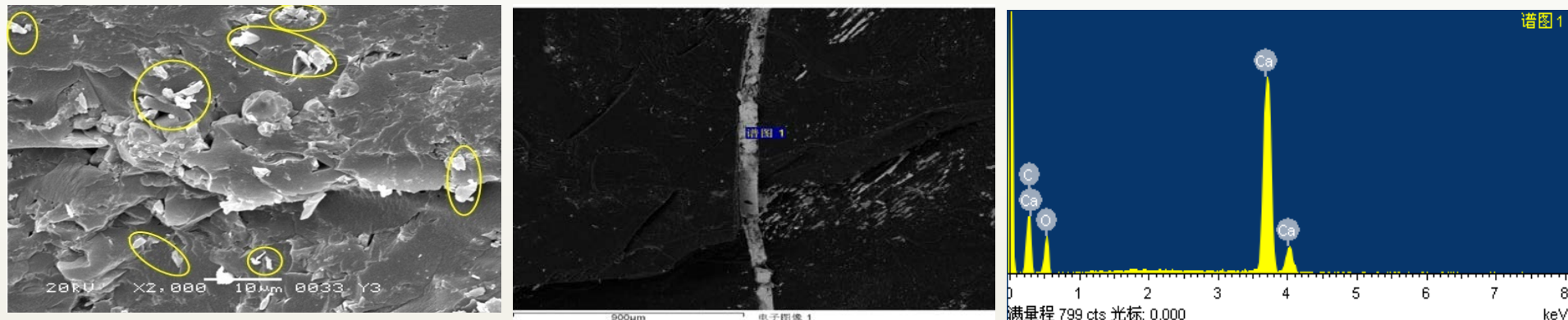


目前日产量稳定在  
15000m<sup>3</sup>左右

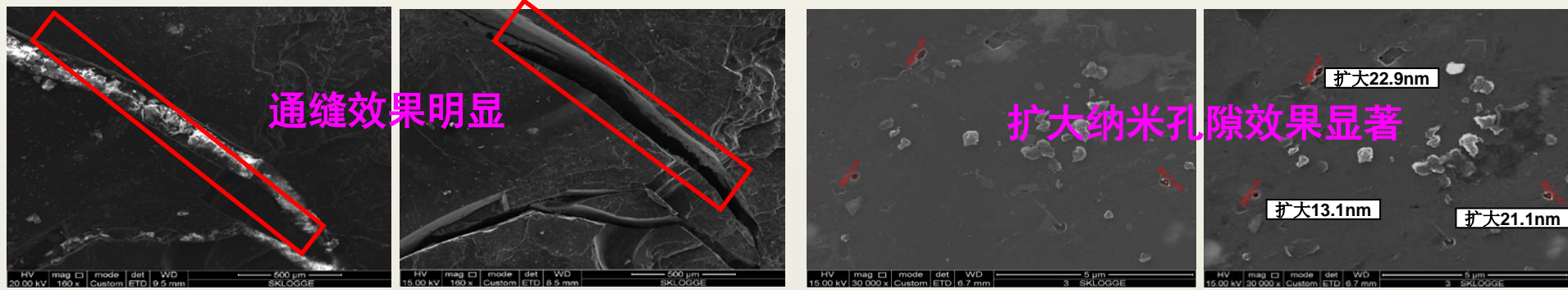
## 2.2 我国煤层气勘探开发技术进展

### 多项新技术试验初见成效

潜在酸（缓速酸）压裂液应用于煤层气压裂施工，改善了基质条件



沁南地区煤层裂隙中充填大量方解石，孔隙内也有方解石和石膏充填



矿物溶蚀前后扫描电镜对比

## 2.2 我国煤层气勘探开发技术进展

### 多项新技术试验初见成效

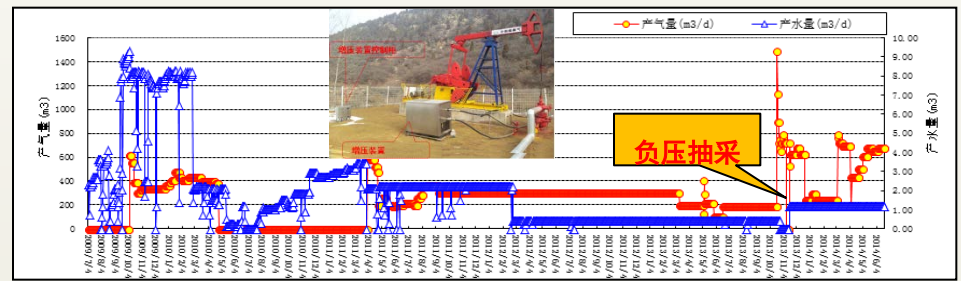
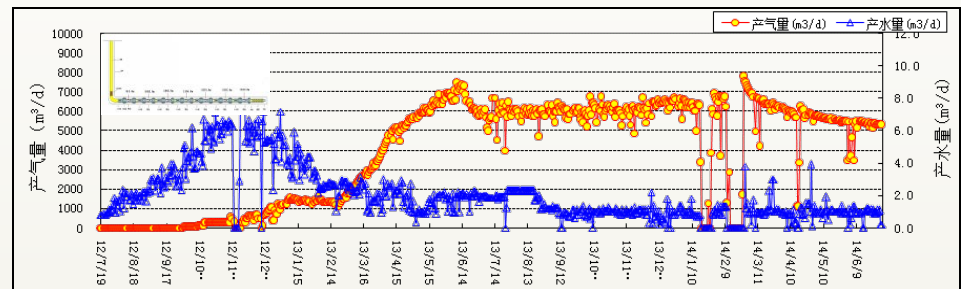
#### 煤层气井提产技术取得初步突破

##### 1、增加渗流面积技术与试验：

- 水平井完井技术优化及分段压裂
- 水平井氮气洗井解堵技术
- 钻井重入循环带出煤粉解堵技术

##### 2、负压抽采技术：通过单井增压或管道增压，达到降低井底流压、提高单井产量的目的

尚存在技术难题需要攻关解决



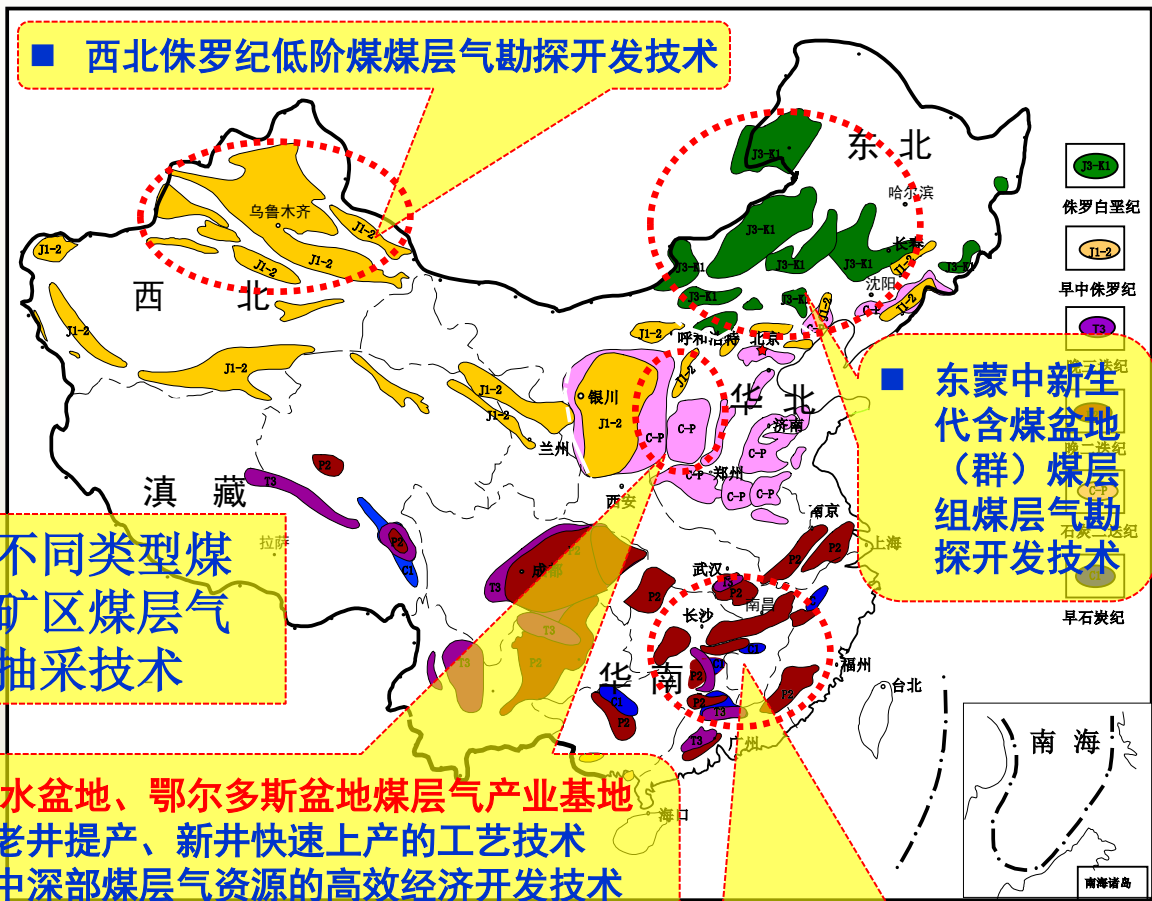


# 提 纲

1. 中联公司煤层气勘探开发进展
2. 中国煤层气勘探开发现状
3. 中国煤层气勘探开发技术发展趋势
4. 问题与建议



### 3. 我国煤层气勘探开发技术发展趋势



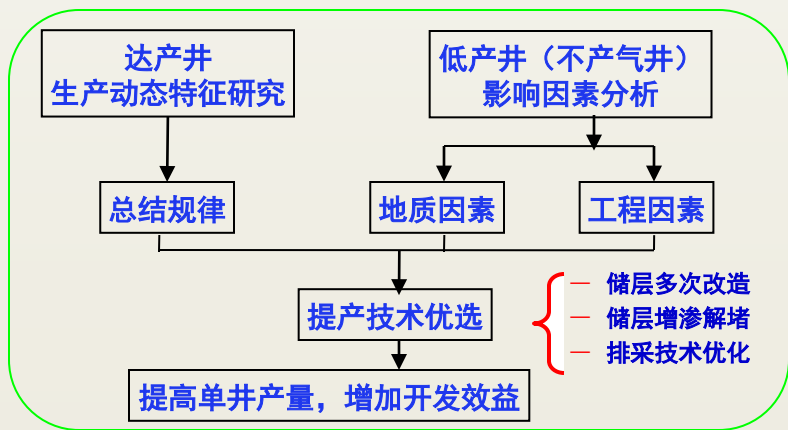
- ◆ **重点突破：**  
沁水盆地、鄂尔多斯盆地  
煤层气产业基地增产上  
储
- ◆ **多点开花：**  
拓展新区、新类型含煤盆  
地煤层气资源开发
- ◆ **发展思路：**
  - 不同阶段示范工程相结合
  - 地面开发与井下抽放并行
  - 主力资源与接替资源兼顾

■ 滇东黔西地区多煤层高应力煤层气勘探开发技术

## 3.1 沁水盆地、鄂尔多斯盆地煤层气产业基地增产上储技术

### 沁水盆地、鄂尔多斯盆地煤层气产业化基地

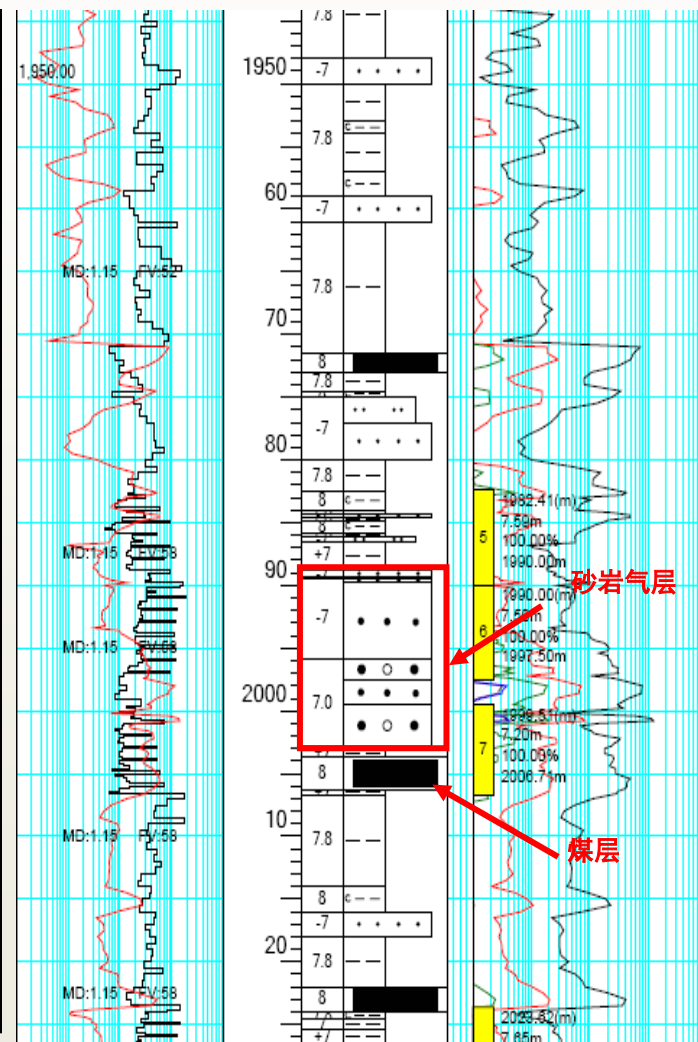
- 已探明储量与年产量差异大
- 不同区块产量差异大
- 低产井多，上产时间慢
- 目前基础研究不够深入系统
- 随着埋深的加大，开发难度增加



## 3.2 含煤岩系煤层气/致密气综合勘探开发技术

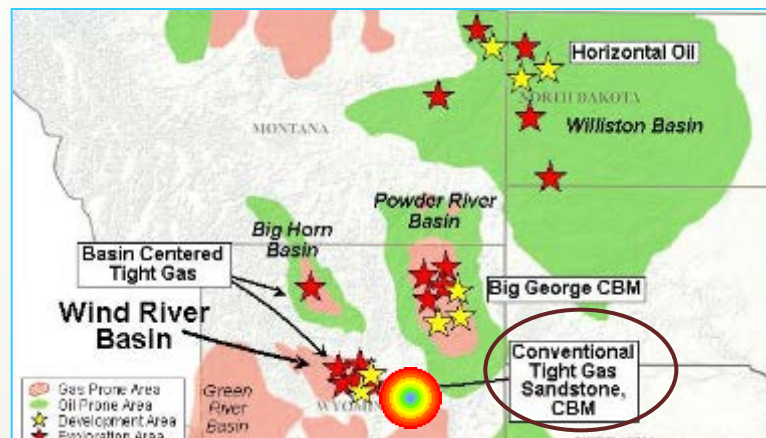
- 含煤岩系煤层气和致密气资源量大，且均具有开发潜力
- 纵向上煤层和致密砂岩层储层多层叠置、连续成藏，具备合采的条件
- 煤层气/致密气综合开发核心：通过邻近层高压致密气生产造成的地下压力系统扰动，促进煤层气解吸，缩短煤层气达产时间；降低煤层气开发难度；延长气井稳产时间；降低成本，提高综合效益

- a) 煤层气/致密气储层组合类型及层间渗流机理问题
- b) 工程自身相互伤害的多产层开发方式问题
- c) 多产层条件下储层改造控制及采气工艺问题

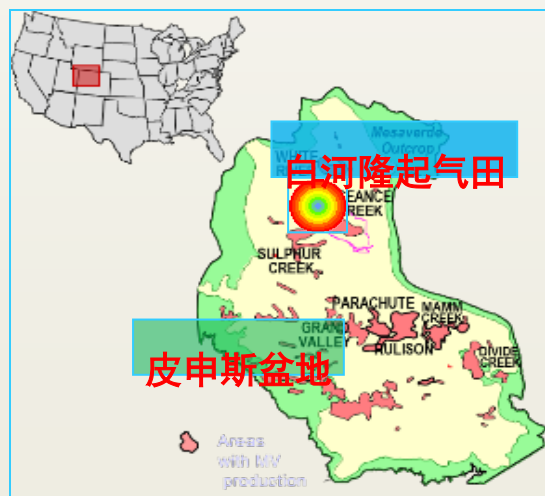


## 3.2 含煤岩系煤层气/致密气综合勘探开发技术

美国风河盆地在埋深1000~2000m有3层煤，间距约100 m，对煤层气-砂岩气层段进行分压合排，20口直井单井日产量均达到几万立方米，最高达20万立方米以上



顶孔深度 (m)	底孔深度 (m)	射孔密度 (孔/m)	射孔孔径 (cm)
879.04	879.95	3.28	0.96
884.83	885.14	3.28	0.96
890.01	890.32	3.28	0.96
903.12	903.42	3.28	0.96
934.21	937.87	3.28	0.96
939.69	940	3.28	0.96



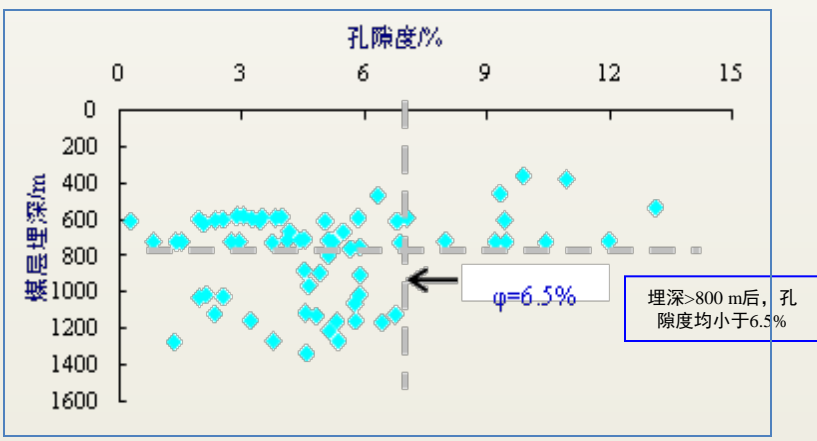
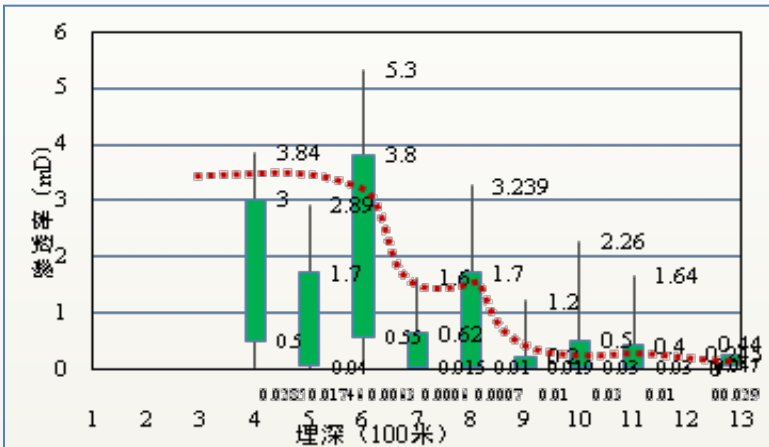
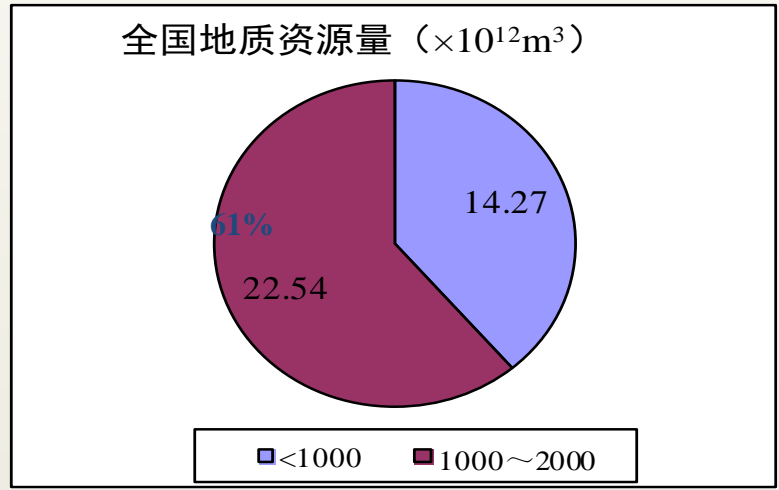
美国皮申斯盆地白河隆起气田进行了煤层气与低渗砂岩气合采，目的煤层埋深1560~2560m之间，65口井单井平均日产气量稳定在10890m<sup>3</sup>左右，最高达14375m<sup>3</sup>，产层为米西沃尔特组Cameo煤层和砂岩层

我国辽宁阜新矿区，2006年始投产26口煤层气井，包括11口煤层与砂层合采井，合采井具有起压快、产量高、产量稳的特点，部分井间歇性自喷

产层类型	投产井数	开井口	生产层位	射孔平均厚度		起压时间			平均单井日产气量 m <sup>3</sup>
				煤层	砂层	最短	最长	平均	
煤层	17	16	阜新组	42.79	0	1	121	31	1335
煤层与相邻砂层	11	10	阜新组	39.33	15.45	0	44	10	2051

## 3.3 深煤层煤层气储层物性及开发关键技术

- 深煤层煤层气资源量大，具有开发潜力
- 近两年来勘探开发正逐步由800 m以浅向1000 m以深推进

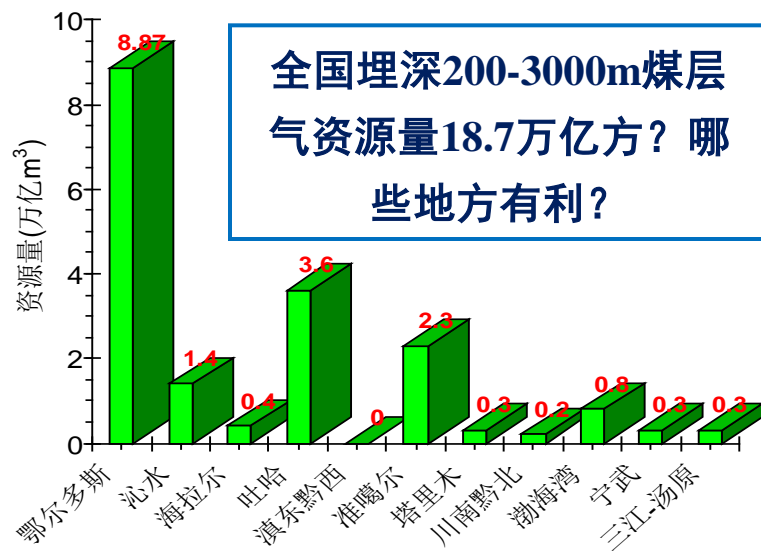


随着埋藏深度增加，煤层气储层物性发生指数级变化，煤层气开发难度明显增大

## 3.3 深煤层煤层气储层物性及开发关键技术

### 传统技术适应性：

- 压裂技术有效性
- 置换技术有效性
- 卸压技术有效性
- 储层减伤技术有效性



### 新技术及其对深部地质条件可行性：

- 增渗技术：造缝、连通、解堵
- 促解技术：物化、化学、物理（气-水-有机质-矿物质相互作用）
- 卸压技术：地应力，垂向为主
- 储层减伤技术：地层流体-煤-人工液相互作用

## 3.3 深煤层煤层气储层物性及开发关键技术

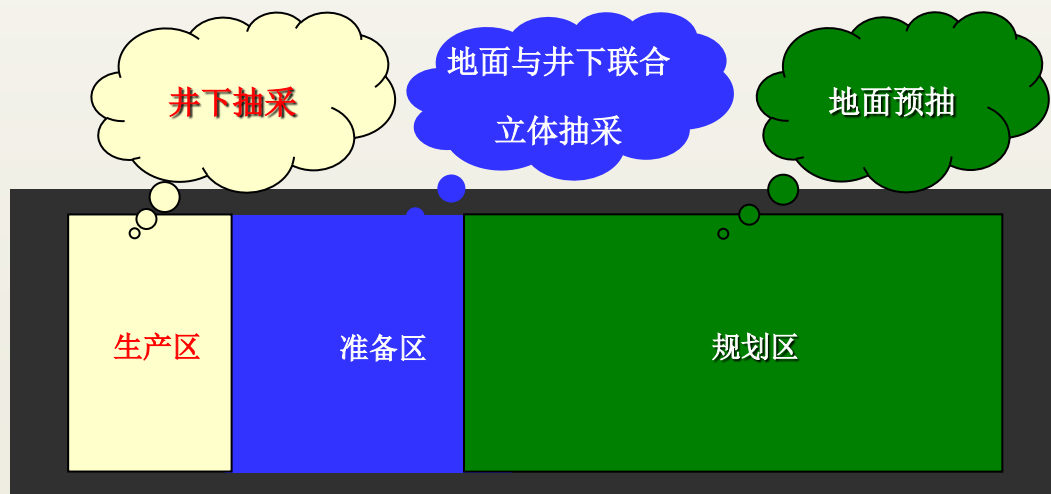
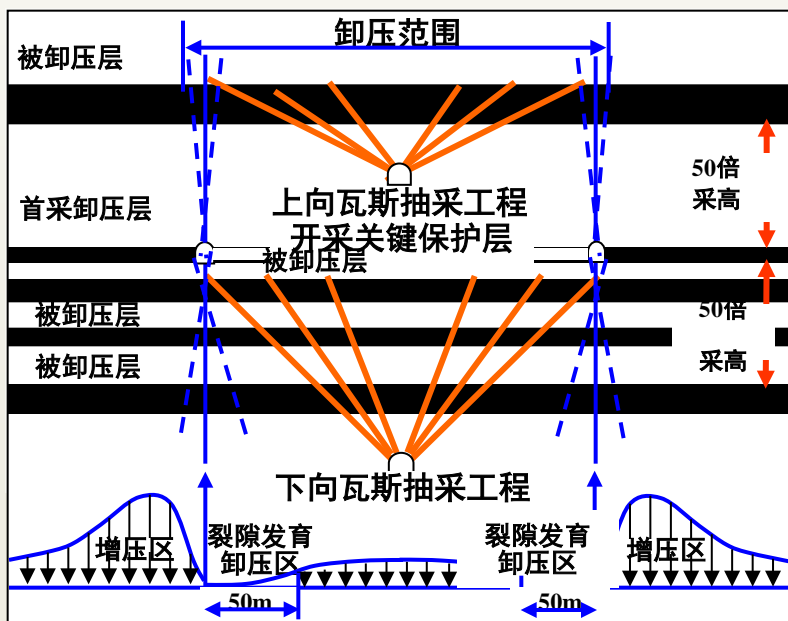
### 有利因素：

- 煤炭开采区的应力释放，有助于煤层气解吸渗流运移，可有效降低地面开发难度
- 煤炭开采矿权范围（20万km<sup>2</sup>）煤层气资源有效利用

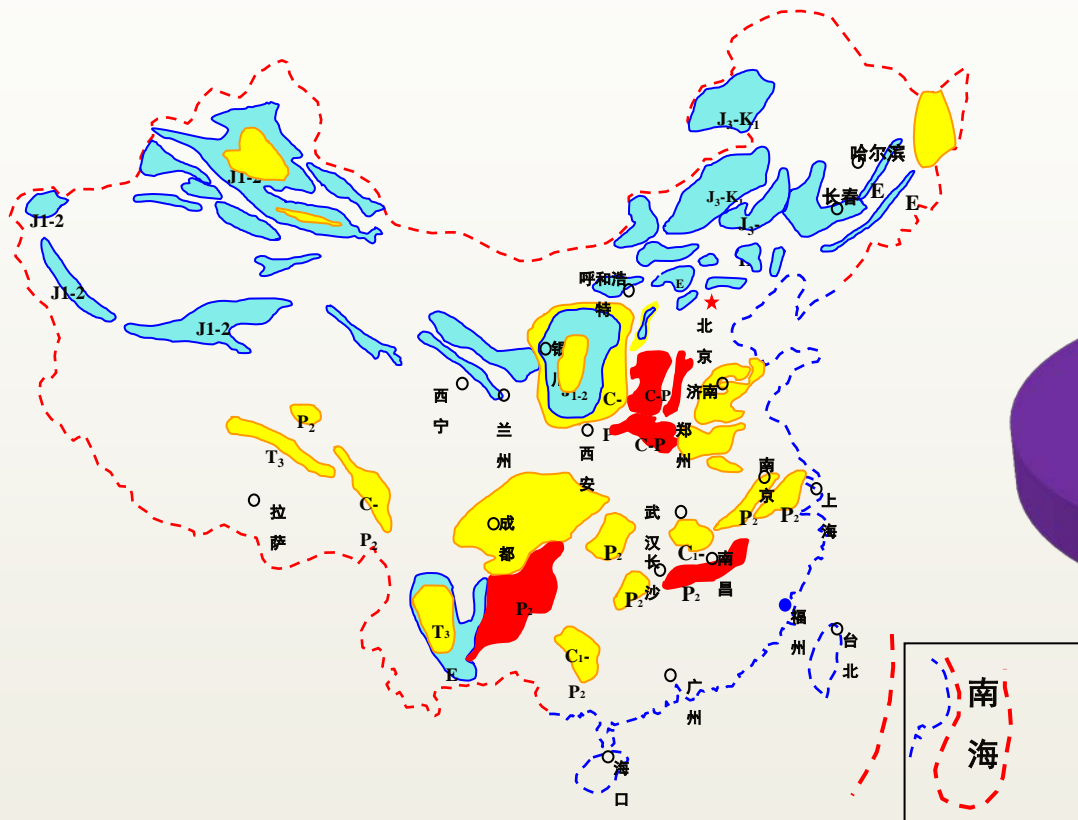
### 不利因素：

- 煤层气开发与煤炭开采协调（时间/空间）

- 煤炭开采卸压区地应力预测技术
- 水平井成孔及储层保护技术
- 防煤粉高效排采工艺技术

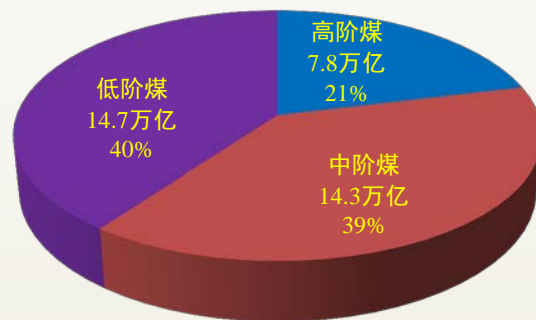


## 3.4 适宜于我国低阶煤特点的煤层气勘探开发技术



### 三类煤阶煤层气资源量基本相当

不同煤阶煤层气资源量



- 美国煤层气产量主要来自于低阶煤
- 近年来的勘探成果揭示，我国低阶煤煤层气具有开发潜力





# 提 纲

1. 中联公司煤层气勘探开发进展
2. 中国煤层气勘探开发现状
3. 中国煤层气勘探开发技术发展趋势
4. 问题与建议

## 4. 问题与建议

### 问题

- 我国目前煤层气产业仍处于规模化开发初级阶段，煤层气资源地质条件的复杂性，决定了我国煤层气勘探开发技术的多样性，不能照搬美国的成熟技术
- 我国煤层气资源探明率仍很低，仅为1.5%
- 煤层气开发项目前期投资大、投资回收期长，造成企业压力大，在产业发展初期需要国家的支持

### 建议

- 国家应加大煤层气公益性勘探和试验支持力度，以进一步提高资源探明率
- 设置不同类型示范工程项目，以项目技术需求带动新技术、新工艺研发，有效促进煤层气产业快速发展



中联煤层气有限责任公司  
China United Coalbed Methane Co.,Ltd.

---

谢谢