

四川盆地页岩气开发 商业化与高效环保之道

宏华集团主席兼总裁 张弭

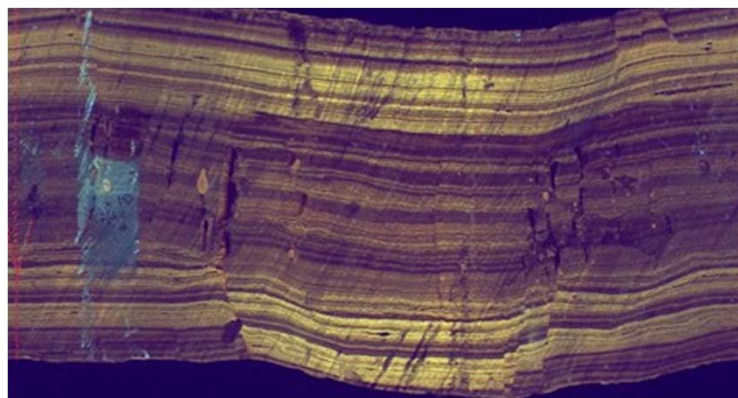


报告提纲：

- 一、四川盆地页岩气商业化开采的优势与面临的挑战；
- 二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案；
- 三、页岩气对中国的战略意义。

本世纪最重大能源事件

- 美国页岩油气开发成功
- 福岛核事故
- 迎来气体能源新时代



中国的现实希望就在四川盆地

一、四川盆地页岩气商业化开采的**优势**与面临的挑战

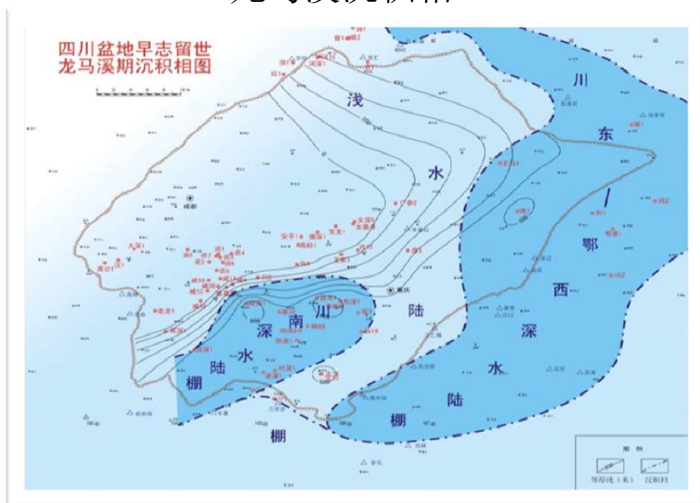
1. 储量优势

中国页岩气资源丰富。然而，只有四川盆地海相页岩气资源，在现有技术条件下可以经济开采：

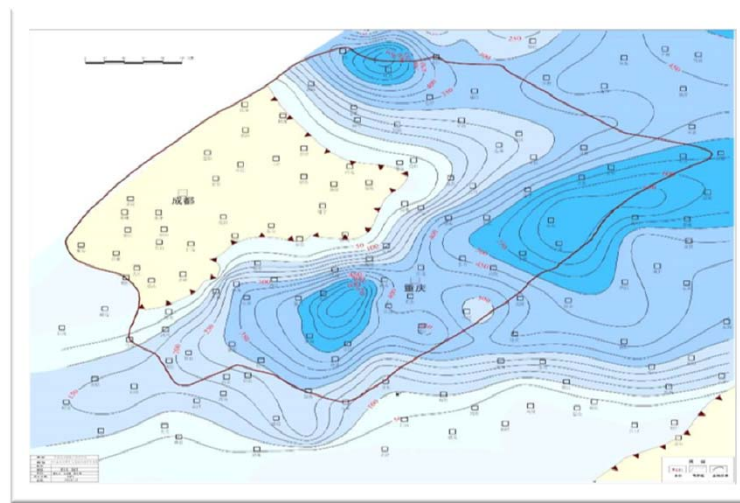
四川盆地龙马溪组：一般厚**100~400米**，最厚近**700米**，优质页岩厚度**30~90米**，盆地南部及东北部厚度最大。全盆地分布面积**15万平方公里**，其中埋深小于**4000米**，面积约**9万平方公里**。

已取得突破的四川盆地龙马溪组海相页岩气有利区面积**7.5万平方公里**，页岩气地质资源量**25万亿立方米**，可采资源量**3.7万亿立方米**。其中**3.5万平方公里**的页岩气资源条件最为优越，地质资源量近**14万亿立方米**，可采资源量**2.8万亿立方米**（国土资源部最新资讯）。

龙马溪沉积相



龙马溪页岩沉积厚度

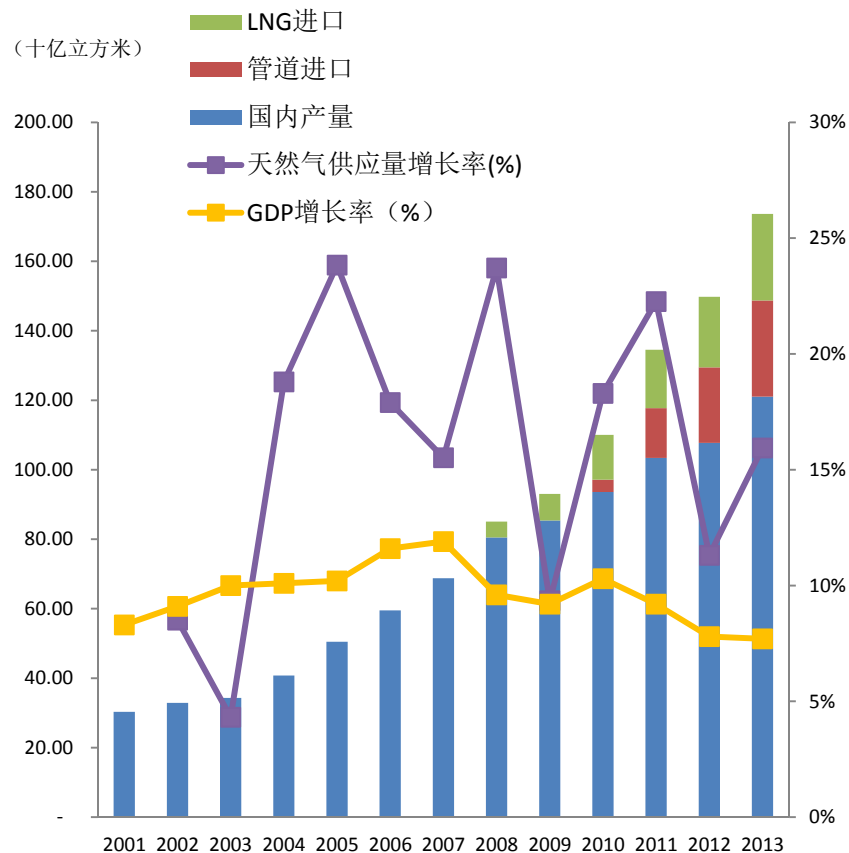


一、四川盆地页岩气商业化开采的**优势**与面临的挑战

2. 需求优势

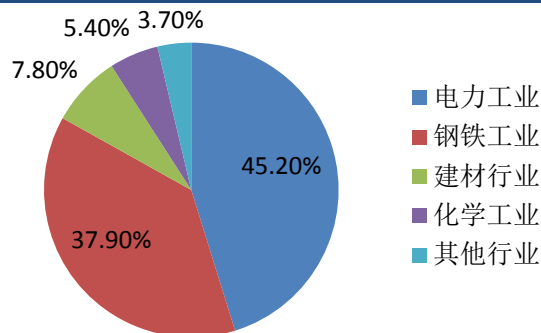
2013年中国天然气表观消费量达到1676亿立方米，占一次能源消费比例的5.9%，相比全球平均约24%的水平还存在很大差距，而煤炭占比高达68%，石油占比18%。预计出于治理雾霾和调整能源结构的必要性，2020年中国燃气消费量将达到4500亿立方米，2030年达到7000亿立方米。

中国天然气供需情况可见管道与LNG进口不断增加

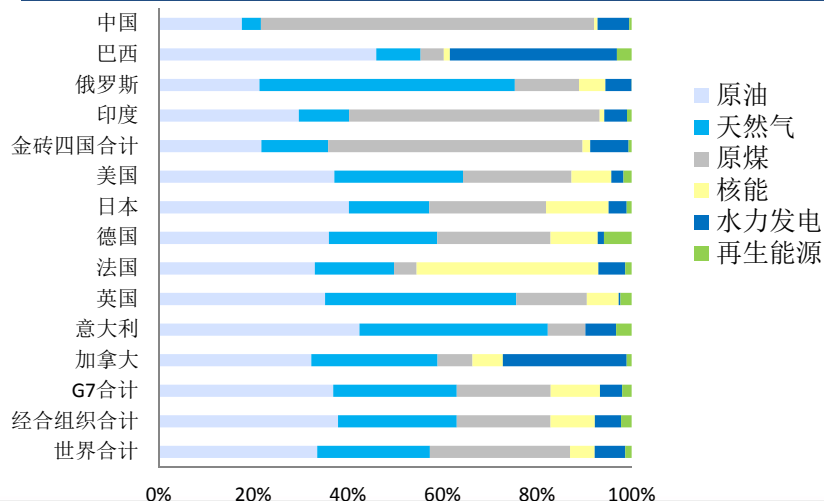


资料来源：中国经济数据库，国家统计局，BP能源统计，2014年3月

根据煤炭消费结构，天然气有望成为清洁替代主力



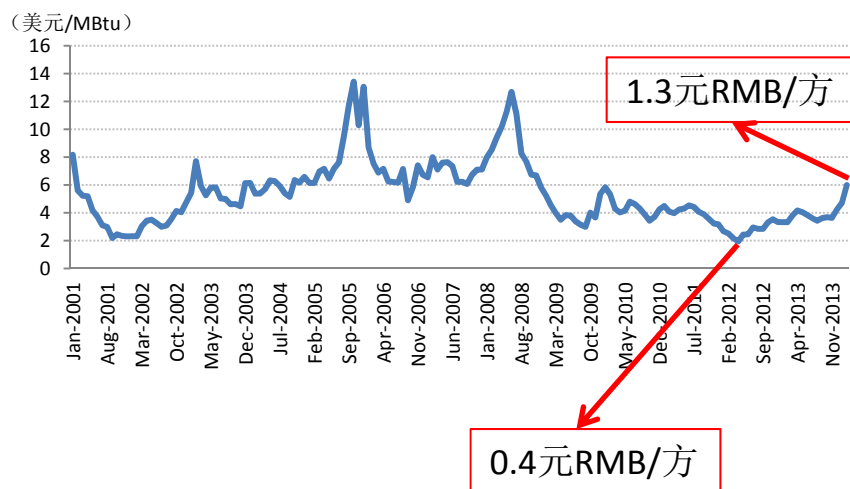
全球主要国家一次能源结构比例



一、四川盆地页岩气商业化开采的**优势**与面临的挑战

3. 价格优势

近年美国页岩气增量降低Henry Hub天然气价格



各省存量气和增量气门站指导价（元/立方米）

省份	存量气	增量气	价差	省份	存量气	增量气	价差
北京	2.26	3.14	38.90%	湖北	2.22	3.10	39.60%
天津	2.26	3.14	38.90%	湖南	2.22	3.10	39.60%
河北	2.24	3.12	39.30%	广东	2.74	3.32	21.20%
山西	2.17	3.05	40.60%	广西	2.57	3.15	22.60%
内蒙古	1.60	2.48	55.00%	海南	1.92	2.78	44.80%
辽宁	2.24	3.12	39.30%	重庆	1.92	2.78	44.80%
吉林	2.02	2.90	43.60%	四川	1.93	2.79	44.60%
黑龙江	2.02	2.90	43.60%	贵州	1.97	2.85	44.70%
上海	2.44	3.32	36.10%	云南	1.97	2.85	44.70%
江苏	2.42	3.30	36.40%	陕西	1.60	2.48	55.00%
浙江	2.43	3.31	36.20%	甘肃	1.69	2.57	52.10%
安徽	2.35	3.23	37.40%	宁夏	1.77	2.65	49.70%
江西	2.22	3.10	39.60%	青海	1.53	2.41	57.50%
山东	2.24	3.12	39.30%	新疆	1.41	2.29	62.40%
河南	2.27	3.15	38.80%				

四川以东的地区增量气价基本都在**2.8元**以上，价格优势明显
页岩气还有**0.4元RMB/方**的补贴

习近平：“构建有效竞争的市场结构和市场体系，形成主要由市场决定能源价格的机制”

页岩气根据市场情况定价，即使没有国家**0.4元/方**的补贴，价格优势也很明显，足以冲抵中国页岩气开发成本高、开发难度大。

一、四川盆地页岩气商业化开采的**优势**与面临的挑战

4. 单井产量优势

2013至2014年四川各页岩气区块勘探取得较好的产量效果，国内（特别是四川盆地及周缘）页岩气已经具备商业化大规模开采的条件。

商业化的页岩气开发，必须是成片的规模化的开采，中国资源国有化的特点，相比较于美国，更容易实现成片规模化的开采。



阳101-H，日产6万方，已稳产18个月。

5月6日，宁H2-2井、宁H2-4井投产。至此，西南油气田公司在长宁区块已有6口页岩气井产气，日产气超过**70万立方米**。



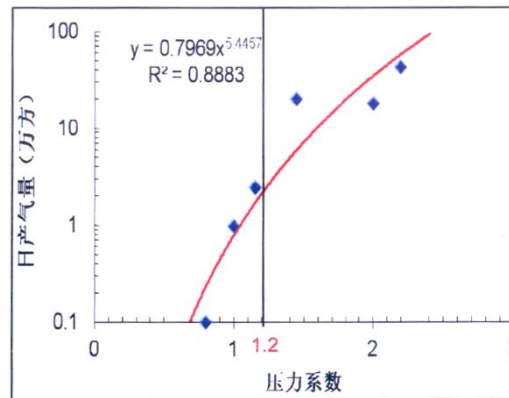
截止12月31日，焦石坝共计13口井投入试采，除焦页6-2HF井采用大压差生产方式试采外，其余12口井平均日产气12万方。13口井日产气量达**180万方**，累计产气**1.43亿方**。

一、四川盆地页岩气商业化开采的**优势**与面临的挑战

5. 稳产优势

气产量与压力系数正相关性明显。压力系数大于1.2、超压或超高压是单井高产、高效的重要特征。

四川盆地页岩气井普遍压力系数高于美国。



产量与压力系数正相关



井号	钻完井深 (m)	产量 (10 ⁴ m ³ /d)	压力系数
宁201	2560		2.03
宁201-H1	3790	2.5	
阳101	3577		2.25
阳101-H		6 (已稳产18个月)	



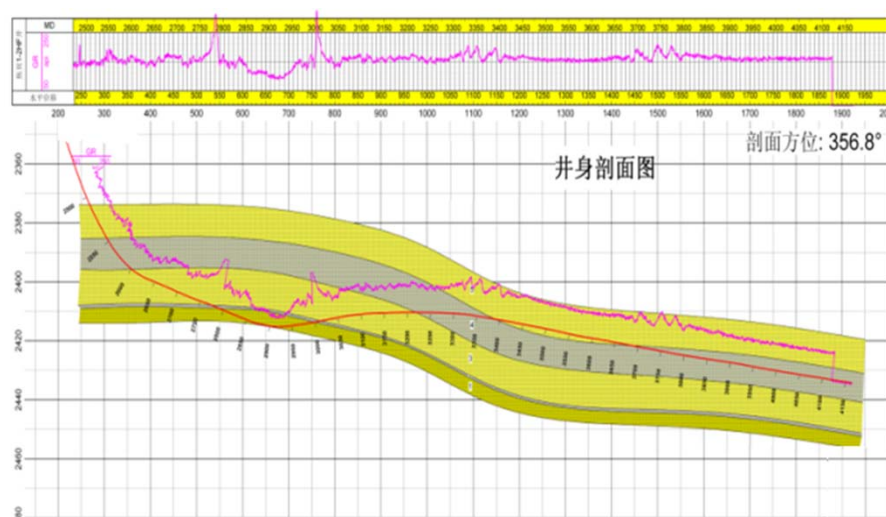
井号	钻完井深 (m)	产量 (10 ⁴ m ³ /d)	压力系数
焦页1HF	3692(垂深2450)	6 (13年1月9日至今)	1.55

一、四川盆地页岩气商业化开采的**优势**与面临的挑战

6. 技术装备、资金和资源所有制优势

页岩气规模生产的突破主要取决于**水平钻井**和**水力压裂**两种技术进步，目前这两种关键技术在我国传统油气工业中也都已经成熟应用。

页岩气规模化开采资金需求巨大，中国**社会资本种类多、体量大**，并且参与页岩气的积极性高。



资源归国家所有，有利于成片大规模开采。

一、四川盆地页岩气商业化开采的**优势**与面临的挑战

7. 页岩气——低耗水能源



备注：页岩气以天然气每万方279.81MMBtu测算，并以20%作为提纯率。

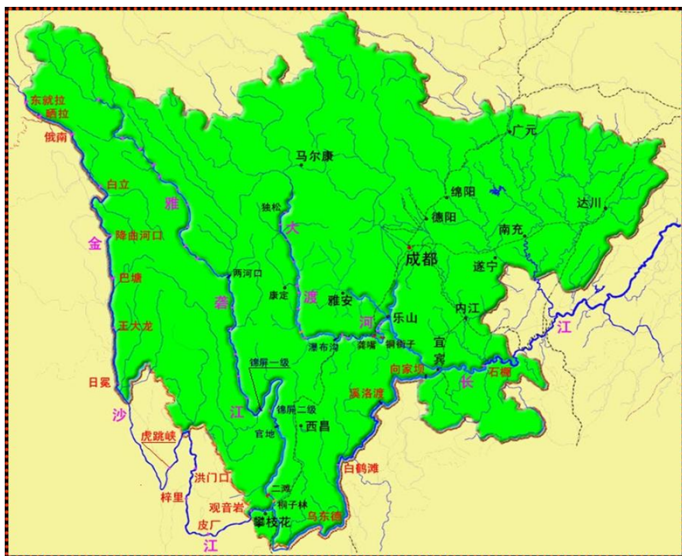
平均每吨水可产0.4万方天然气。

美国MIT天然气研究所对主要页岩气盆地用水量对比

页岩气田 Play	公用 Public Supply	工业/采矿 Industrial/ Mining	灌溉 Irrigation	家畜 Livestock	页岩气 Shale Gas	Total Water Use (Bbbls/yr)
Barnett TX	82.7%	3.7%	6.3%	2.3%	0.4%	11.1
Fayetteville AR	2.3%	33.3%	62.9%	0.3%	0.1%	31.9
Haynesville LA/TX	45.9%	13.5%	8.5%	4.0%	0.8%	2.1
Marcellus NY/PA/WV	12.0%	71.7%	0.1%	<0.1%	<0.1%	85.0

一、四川盆地页岩气商业化开采的**优势**与面临的挑战

8. 四川盆地水资源充沛



毗邻长江，提供充足的开采用水，但需要处理好水资源的利用效率和环保问题。

假定四川地区实现1000亿方页岩气的产量，即使不考虑压裂水循环利用，需用水**2500万方**水。

2010年7月，长江洪峰流量接近7万立方米/秒，仅需**6分钟**的洪峰流量便可提供2500万方水。

2012年2月，长江枯水期流量4600立方米/秒，仅需**90分钟**枯水期的流量便可提供2500万方水。

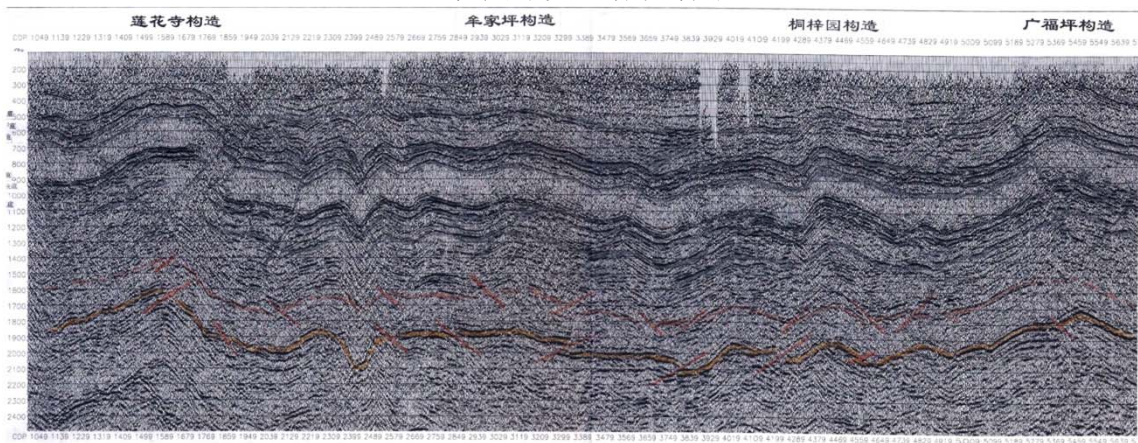
长江上游全年平均流量约4000亿立方米。2500万方水占全年流量**不到万分之一**。

一、四川盆地页岩气商业化开采的优势与面临的挑战

1. 地质条件更为复杂，作业成本高

四川盆地经历多次造山运动，地下地质条件比北美复杂，埋藏深度也普遍比北美深。页岩气有利区多处于丘陵-低山地区，地表条件比美国复杂，施工难度大，成本高。

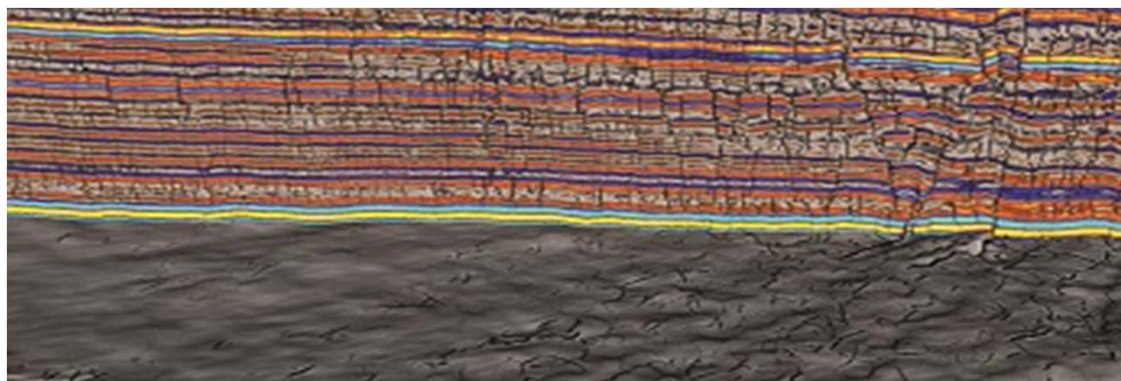
宜宾-南溪地震剖面



四川宜宾地区页岩气开发场景



美国地质剖面



美国页岩气开发场景



一、四川盆地页岩气商业化开采的优势与面临的挑战

2. 环保要求高

四川盆地页岩气所处区域且适合建立井场的地区大多都有居民居住。井场对环保（特别是噪音污染）的要求更高。

四川宜宾地区页岩气作业平台

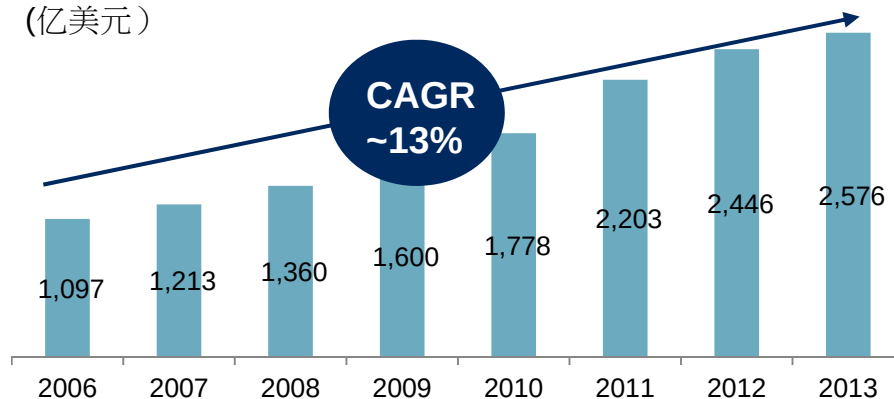


一、四川盆地页岩气商业化开采的优势与面临的挑战

3. 油服产业基础薄弱

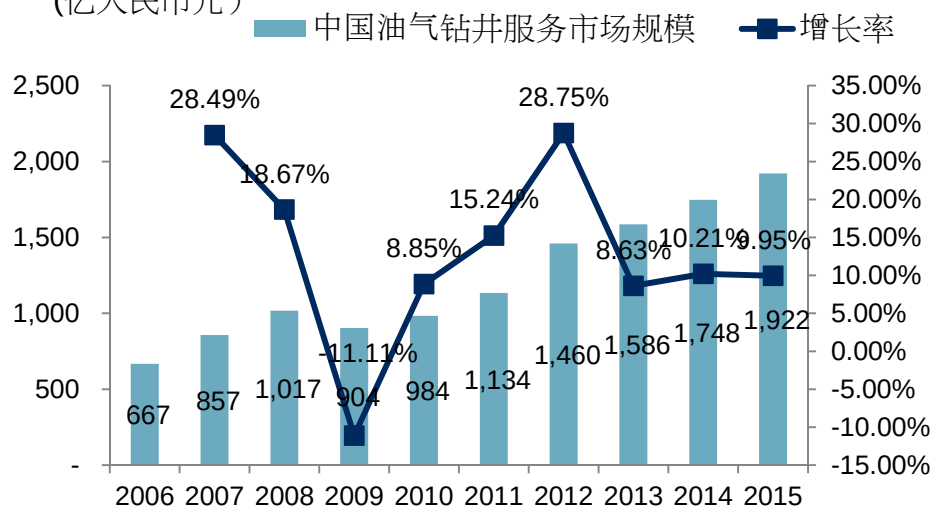
全球油气钻井工程服务市场规模

(亿美元)



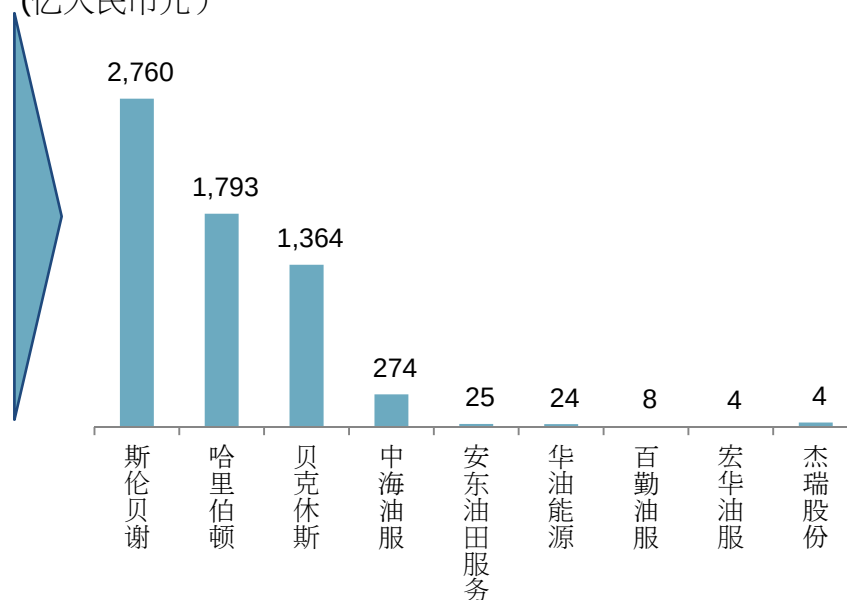
中国油气钻井工程服务市场规模

(亿人民币元)



国内油服公司13年营业收入总额不及国际油服公司1%

(亿人民币元)



- ◆ 国内除了两大油之外，没有规模化的油服队伍；
- ◆ 缺乏大规模开发页岩气的有生力量。

数据来源：Barclays Capital，宏华集团战略投资部整理分析

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

根据页岩气的特点，整体规划、成片开发是最可行的开发方式。宏华提出的“网络先行、以气打气、气电结合、流水式作业、工厂化生产”的整体开发理念，是实现四川盆地页岩气高效、环保、低成本开发的高效途径之一。

1.网络先行



区块整体综合开发，结合地面及地下情况统一规划；网络为先、道路、管线、电网提前规划。

2.以气打气、气电结合



集中燃气发电提供电力，结合城乡分布式电网。集中供水及作业污水集中处理后再利用。

3.流水式作业、工厂化生产



以单个井场最大页岩覆盖的钻完井技术和井场规划。

以全电动设备为主的工厂化钻完井作业模式。

井场低噪音、零排放作业。

固定资产投资降低**10%**以上；

占地面积减少**50%-65%**；

操作人员减少**50%-60%**；

燃料成本减少**40%-80%**，

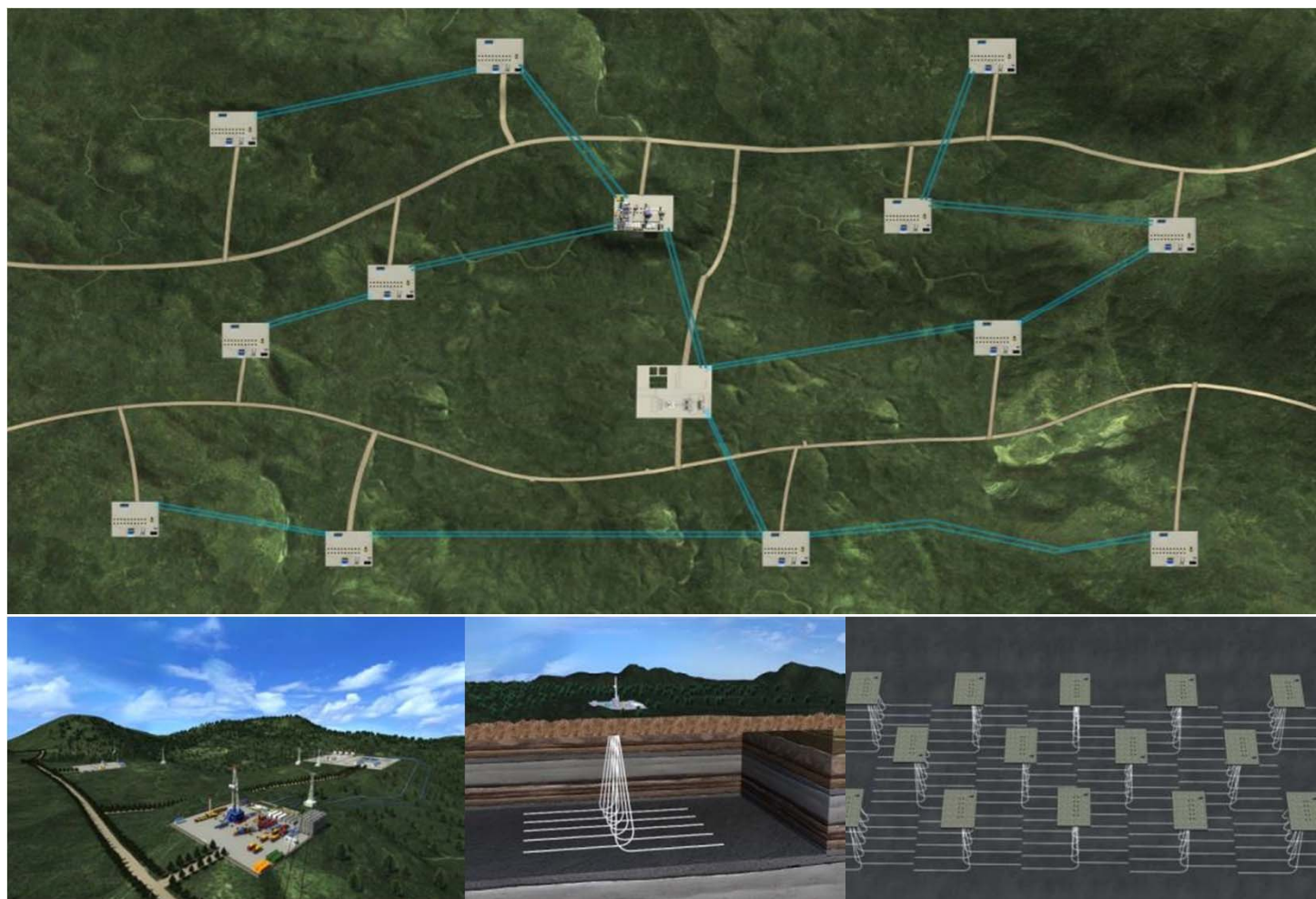
总体开发成本降低**10%**以上；

每口井免用柴油**400吨**；

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

全新的整体规划及开发模式

整套解决方案包含一个5万kW中心站，10台钻机，两套压裂机组，年钻完井50口以上，覆盖15—20个井场，覆盖120—150平方公里。



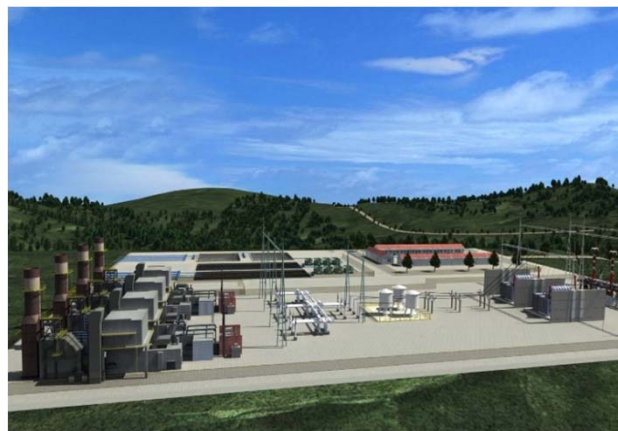
二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

高效低成本的燃气发电站

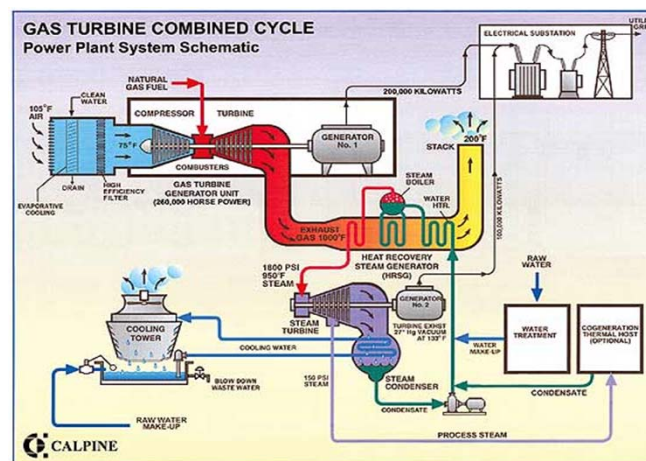
页岩区块配套50兆瓦左右的燃气发电站（每100-150平方公里），采用联合循环的燃气轮机组发电设备，综合热效率可达到70%。固定式（或模块化）燃气发电站每KW综合建造费用是在3000元。

根据国内当前气价，每度电的综合成本为1元左右。

电站建议可以靠近市镇，并与国家电网在接口，充分利用四川水电充沛的优势。



中心燃气发电站



燃气联合循环发电工作原理

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案—— 钻井解决方案

宏华已为美国页岩气钻井作业提供了近60台钻机，在页岩气钻井设备制造及配套上，宏华有丰富的经验，有能力提供高性能钻井装备；同时，通过地面钻井设备和先进的井下钻井工具的集成，可较大幅度提高钻井效率，降低成本。



1500/2000马力超越钻机

- 高自动化变频电动钻机。
- 多向平移功能满足页岩气丛式井作业。
- 配套自动化机具，整套钻机5-6人操作。
- 高环保设计，满足零排放、低噪音要求；
- 配套钻机信息化系统。



2400马力五缸高压钻井泵



顶驱及钻台自动化机具



垂直段钻井：空气快速钻井
定向绕障钻井



造斜段钻井：随钻测量（MWD）+造斜螺杆



水平段钻井：LWD（伽马及成像）+近钻头测斜+旋转导向

井下工具采用旋转导向系统，配合LWD的，油基泥浆，实现页岩气长段水平井钻井的要求。

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案——完井及压裂解决方案

宏华创新研制的电驱动页岩气压裂设备，实现行业内单机最大水马力，有效解决了传统柴油压裂设备在页岩气作业中的瓶颈，在设备占地面积，操作人员数量、燃料费用、环保等方面都有较在优势。



6000马力变频驱动压裂泵



连续油管装置



全自动输混泵系统



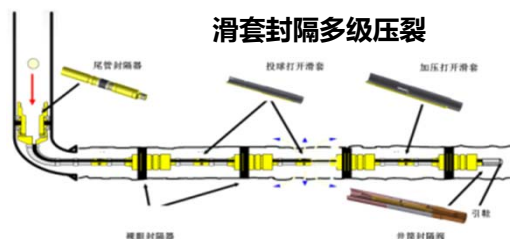
柔性水罐

- 6000HP变频电驱动压裂泵
- 全自动输砂、混砂设备
- 大管径，大井深连续油管设备
- $\frac{1}{2}$ 传统设备操作人员数量
- $\frac{1}{2}$ 传统设备占地面积



可钻桥塞分段多级压裂

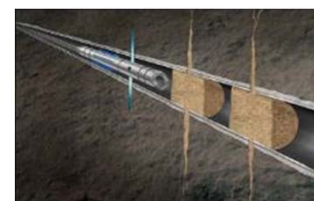
- ◆ 可同时射孔及座封压裂桥塞；
- ◆ 可进行大排量施工；
- ◆ 分压段数不受限制；
- ◆ 桥塞快速钻掉，易排出；



滑套封隔多级压裂

- ◆ 裸眼封隔器实现层位封隔，增大页岩层接触面积；
- ◆ 不动管柱，投球打开滑套分压各段；
- ◆ 采用一趟管柱作业节约作业时间；
- ◆ 一趟管柱可实现多达40段的压裂。

水力喷砂环空分段压裂



- ◆ 一趟管柱完成射孔和压裂；
- ◆ 排量可较大；
- ◆ 可使用较小管径的连续管；
- ◆ 井下工具组合简单；

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

新一代电动变频钻机大幅提高作业效率



一体化顶驱系统动



直驱变频绞车



自动化猫道系统



钻台多向平移装置



二层台排管系统



多功能司钻控制室

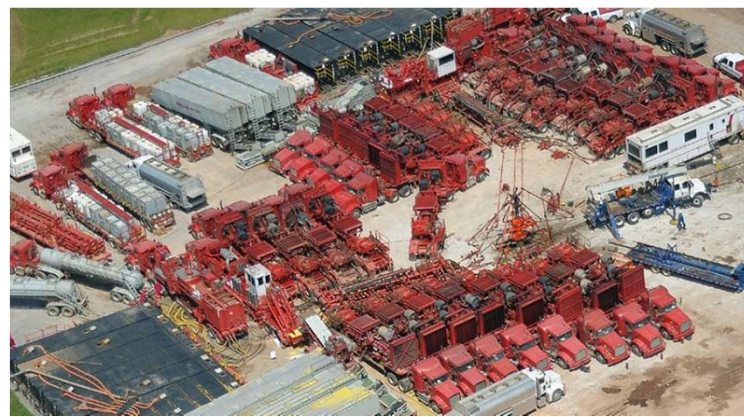


直驱五缸钻井
泵，7500Psi

- 配套自动化操作机具，钻机操作只需5-6人；
- 为页岩气工厂化作业配套的平移装置，可进行多向平移；
- 配套多种先进部件，提高钻井作业效率；
- 钻机满足废弃物零排放要求；
- 配套iDrill钻机信息化系统，实现钻井初步的智能化。

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

大功率电动压裂设备大幅减少井场占地



= 3 ×



中国页岩气作业规模达到每年数千口井规模，需要近1000万马力的压裂设备。使用常规柴油机驱动的压裂车，需要近4000台左右，随着对低碳环保要求的提高，大功率柴油机的使用将受限。

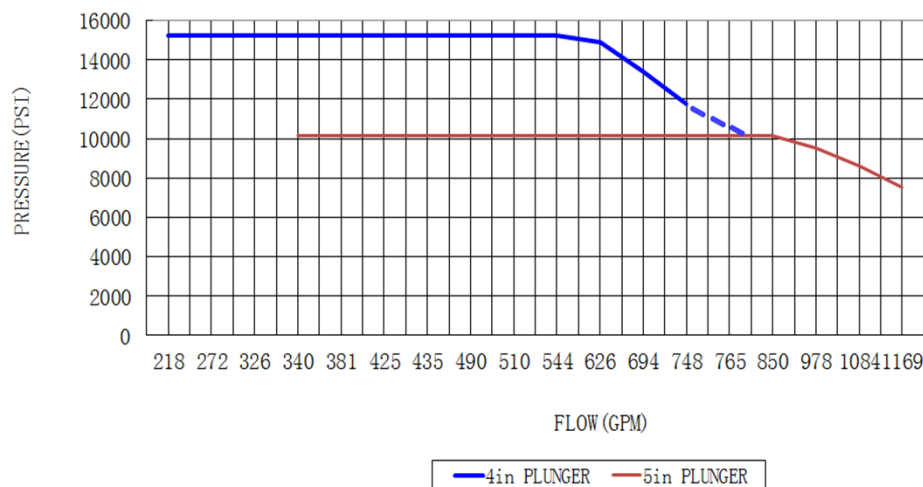
6000HP电动压裂泵，仅用6台即可替代18台常规压裂车，满足一般压裂要求。

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

HH6000变频电动压裂泵组



压力—排量曲线



参数:

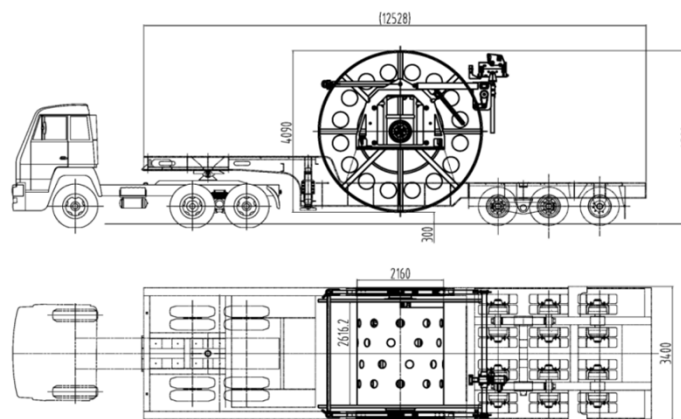
最大输入功率	6000 HP (4500 kW)
最大泵冲数	275 SPM
冲程长度	254 mm
齿轮速比	4.516 : 1
最大连杆力	940kN(211310 lb)
最大压力	105Mpa(101.6mm柱塞)
最大排量	4.42 m ³ /min (127mm柱塞)
75Mpa下排量	3.49m ³ /min (216SPM)
在105Mpa下排量	2.30 m ³ /min (225SPM)
外形尺寸 (mm)	6175 X2990 X3030
重量	32t

特点:

- 全球目前功率最大的压裂泵组，首家应用中压变频电机驱动压裂泵。
- 较少的使用台数，泵撬的紧凑结构和大功率、大排量，有效减少了井场占地和运输单元。

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

大井深、大管径连续油管作业设备



现阶段续管作业机下入深度和管径是制约水平段长度的重要因素之一，宏华正研制管径2 3/8” (60mm) 下入深度超过6000m，且满足川渝运输条件的连续管作业机，可满足水平段长度超过2000m的作业要求。

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

自动化的输砂及储砂设备



参数:

储砂罐容积

140立方

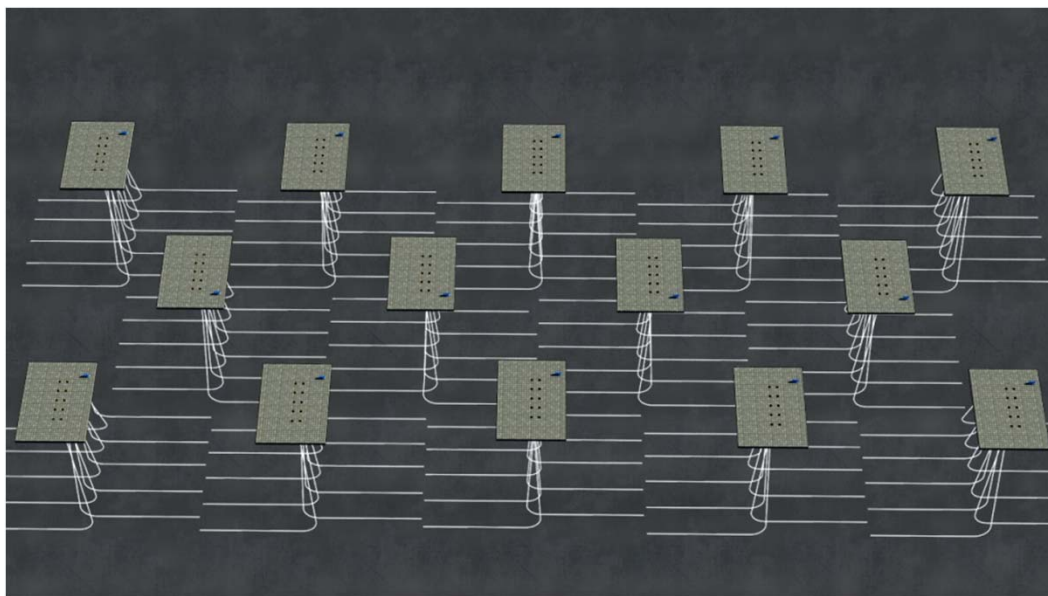
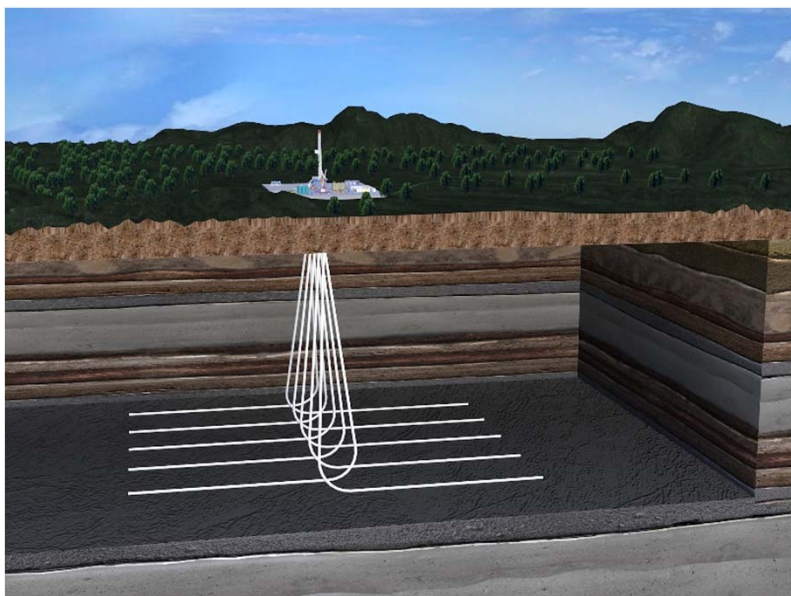
混砂车能力

20立方/分

全自动储砂、输砂、混砂设备，变频驱动，满足从运砂车—井场储砂罐—混砂车全过程的机自动化操作。

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

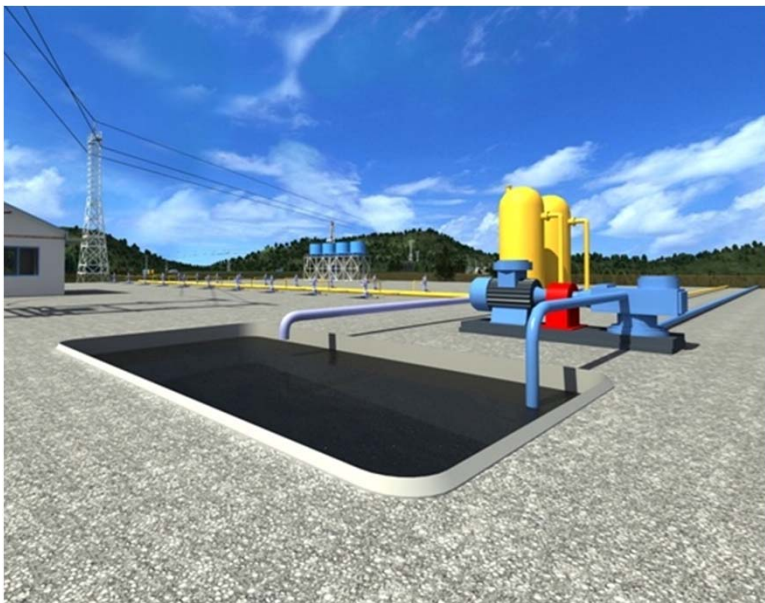
长水平段作业带来效益



现阶段在龙马溪页岩层水平段多为1000-1500m，如果采用2000m以上的水平段，每个井场作业10口井，井间间距500m，每个井场（平台）可覆盖10-12平方公里页岩，可以减少1/3的井场数量，并提高采收率。

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

集中水处理，节约作业用水，满足高环保要求



井场返排水收集并泵送



中心发电站集成的污水处理系统

钻井废水、压裂返排废水收集后通过管道输送至中心井场进行集中处理，再返输井场用于钻井和压裂作业，可降少用水20-30%左右，并降低费水处理成本。

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

零排放、低噪音作业井场



全电动低噪音井场作业设备



Barnett页岩区作业的噪音防护

作业井场无燃油设备，无氮化物等有害气体排放；钻井及压裂过程废弃物集中处理，满足零排放要求。

全电动设备满足井场内噪音可以控制在90分贝，距井场所50m区域可以控制在70分贝以下。

如果在噪音控制要求更严格的区域，可以采用全水冷电动设备，必要时在井场四周加装隔音围栏，距离井场一米之外可控制在70分贝以下。

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案



固定资产投资降低**10%**以上；

占地面积减少**50%-65%**；

操作人员减少**50%-60%**；

燃料成本减少**40%-80%**；

总钻完井周期减少**30%**；

总体开发成本降低**10%**；

每口井免用柴油**400吨**；

2000口井免用柴油**80万吨**；

二、四川盆地页岩气高效环保开发的解决方案

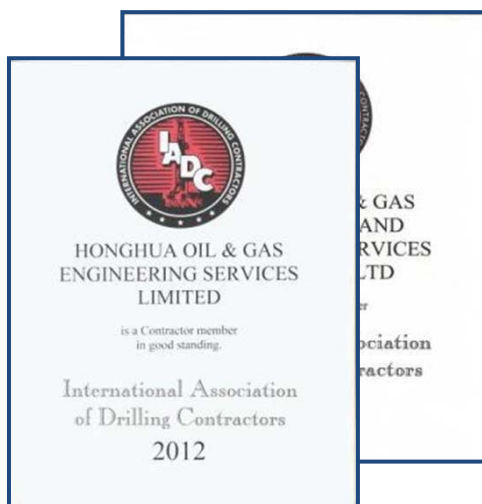
宏华油服致力于中国非常规油气开发

IADC成员，为客户提供交钥匙工程。

人员达1,300余人，现有钻井队伍约23支，泥浆队伍约30只，定向井队伍10只。具备一体化作业和项目管理的实力。

2013年完成国内首个页岩气钻井服务项目，并获得客户好评；2014年有7部钻机在国内进行页岩气钻井服务。

致力于成为中国新兴油服的先锋。如果市场开放，两年内可望实现年钻完井200口以上的能力。



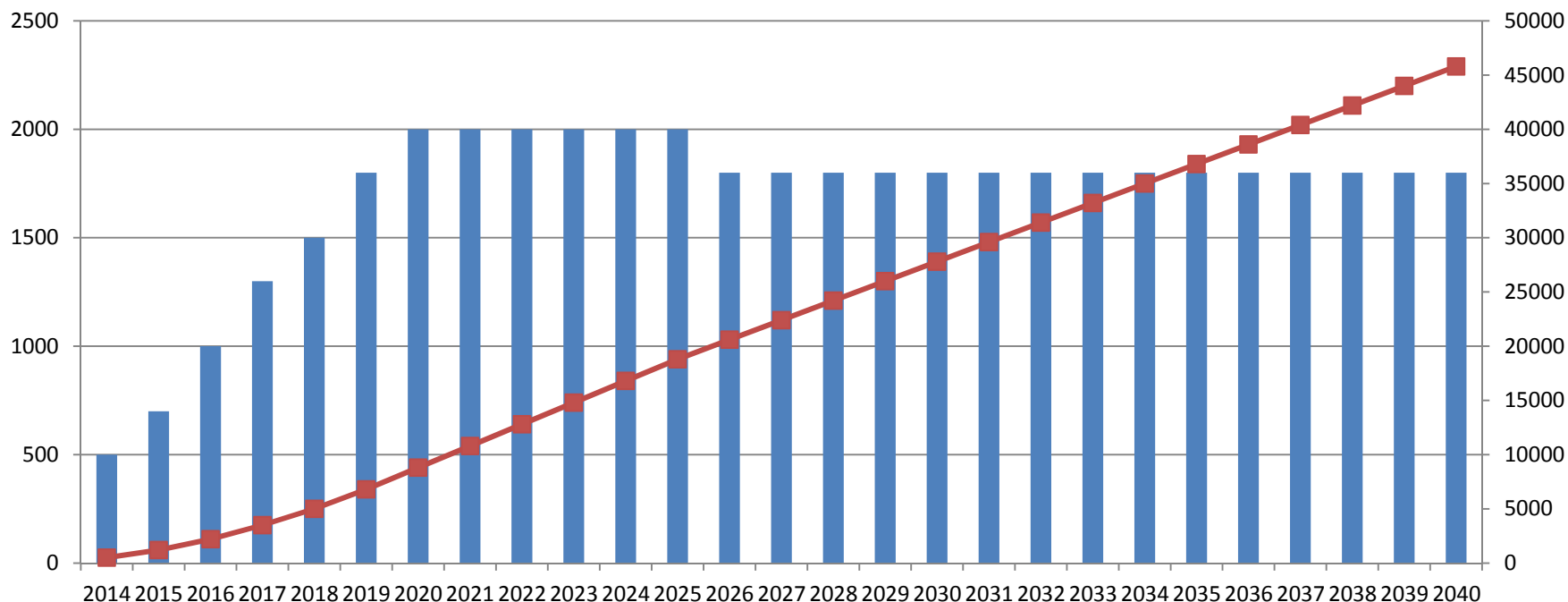
三、页岩气对中国的战略意义

实现2020年1000亿方，2030年2000亿方页岩气产量

钻完井计划与装备更新测算

(年增井数)

(累积井数)



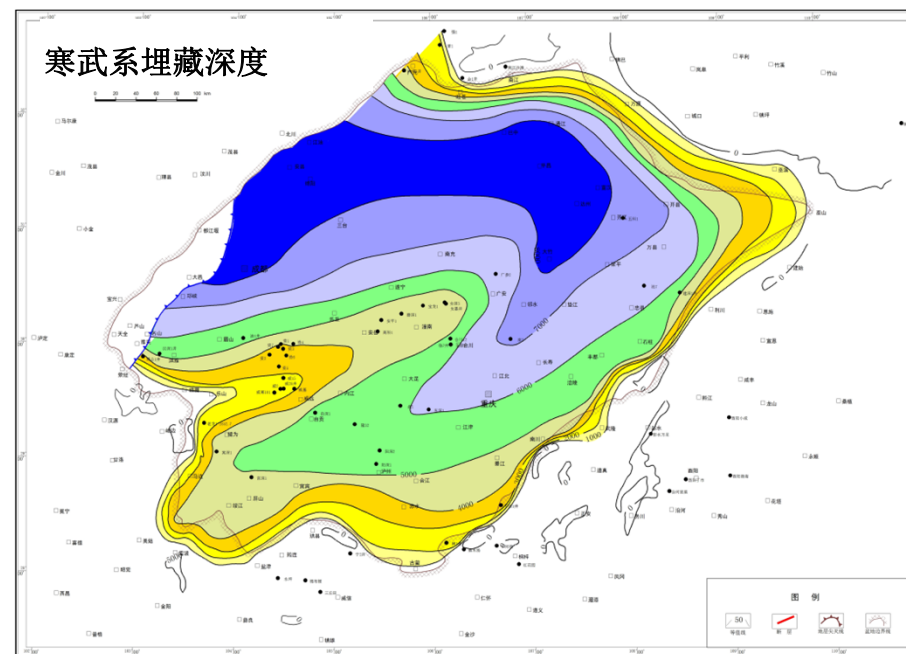
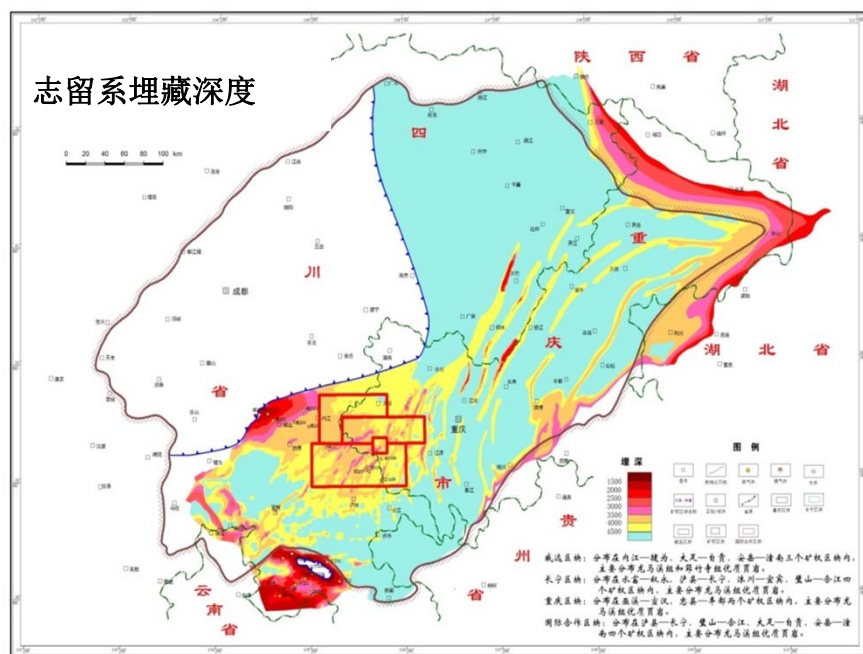
主要资本性开支：前15年成套钻井设备需求~476台套（以单套钻机年均钻页岩气井5口计算），成套压裂装备需求~75台套（以成套压裂设备年均作业450段计算）。

- 2014-2020年总计钻井**8800口**，按照1口井包括井筒工程、前期勘探、井场建设和集输合计约8000万元/井测算，仅仅油气工程服务领域累积投资约7000亿元。
- 2021-2030年总计钻井19000口，仅仅油气工程服务领域累积投资约1.5万亿元，平均每年投资1400亿元，可在2030年年产2000亿方页岩气。

三、页岩气对中国的战略意义

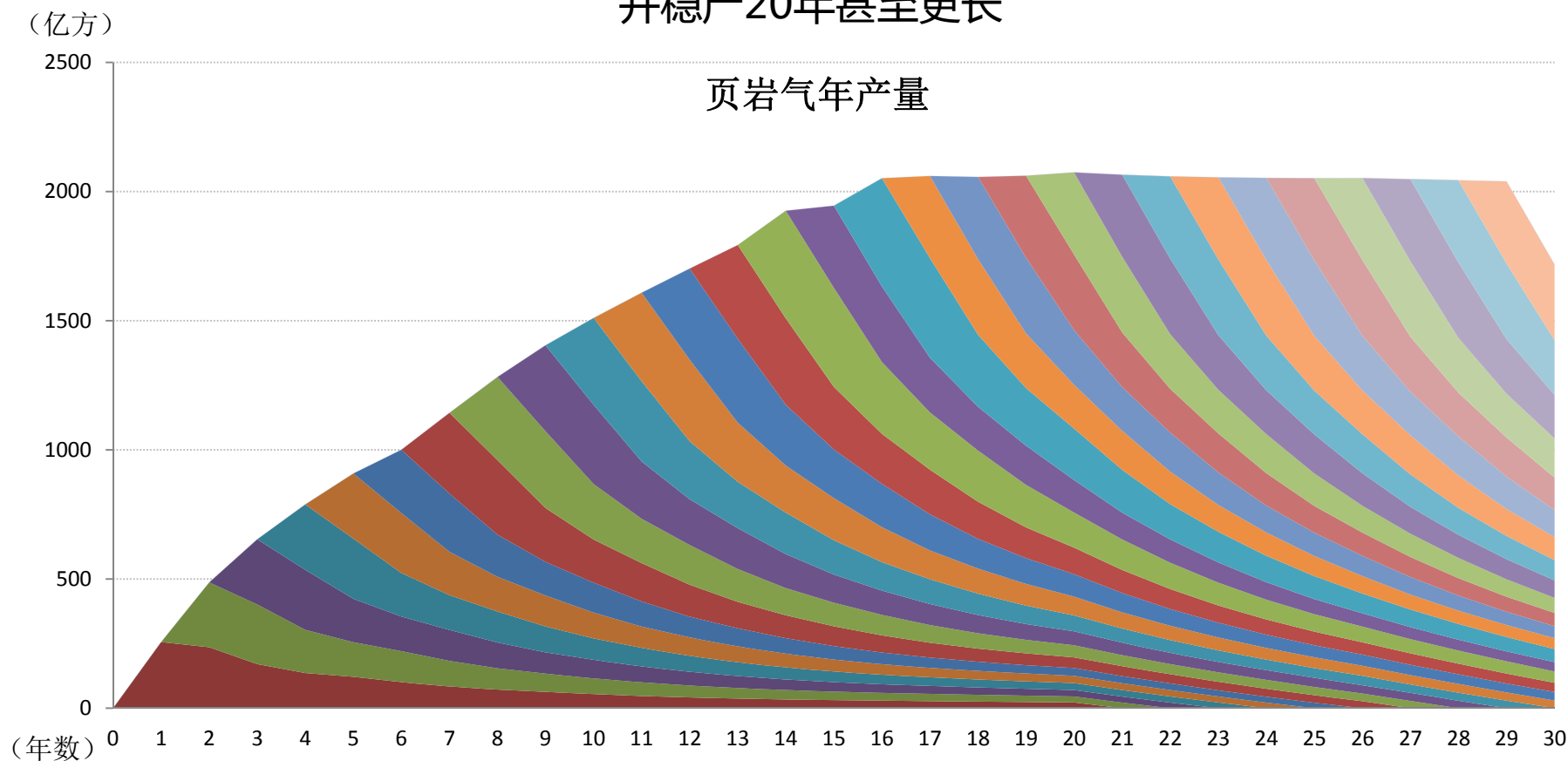
实现2020年1000亿方，2030年2000亿方页岩气产量
 动用资源量

- 2014-2020年总计钻井**8800口**，仅需动用优质**一万平方公里**优质区块。目前中石油和中石化在四川盆地内探明储量且经济可采的优质区块足以支撑。
- 2021-2030年总计钻井**19000口**，需两万平方公里优质区块。
- 随着开发技术的进步和陆相、海陆相的突破，未来稳产和增产的前景更为广阔。



三、页岩气对中国的战略意义

四川盆地及周缘实现2020年1000亿方，2030年2000亿方页岩气产量
并稳产20年甚至更长



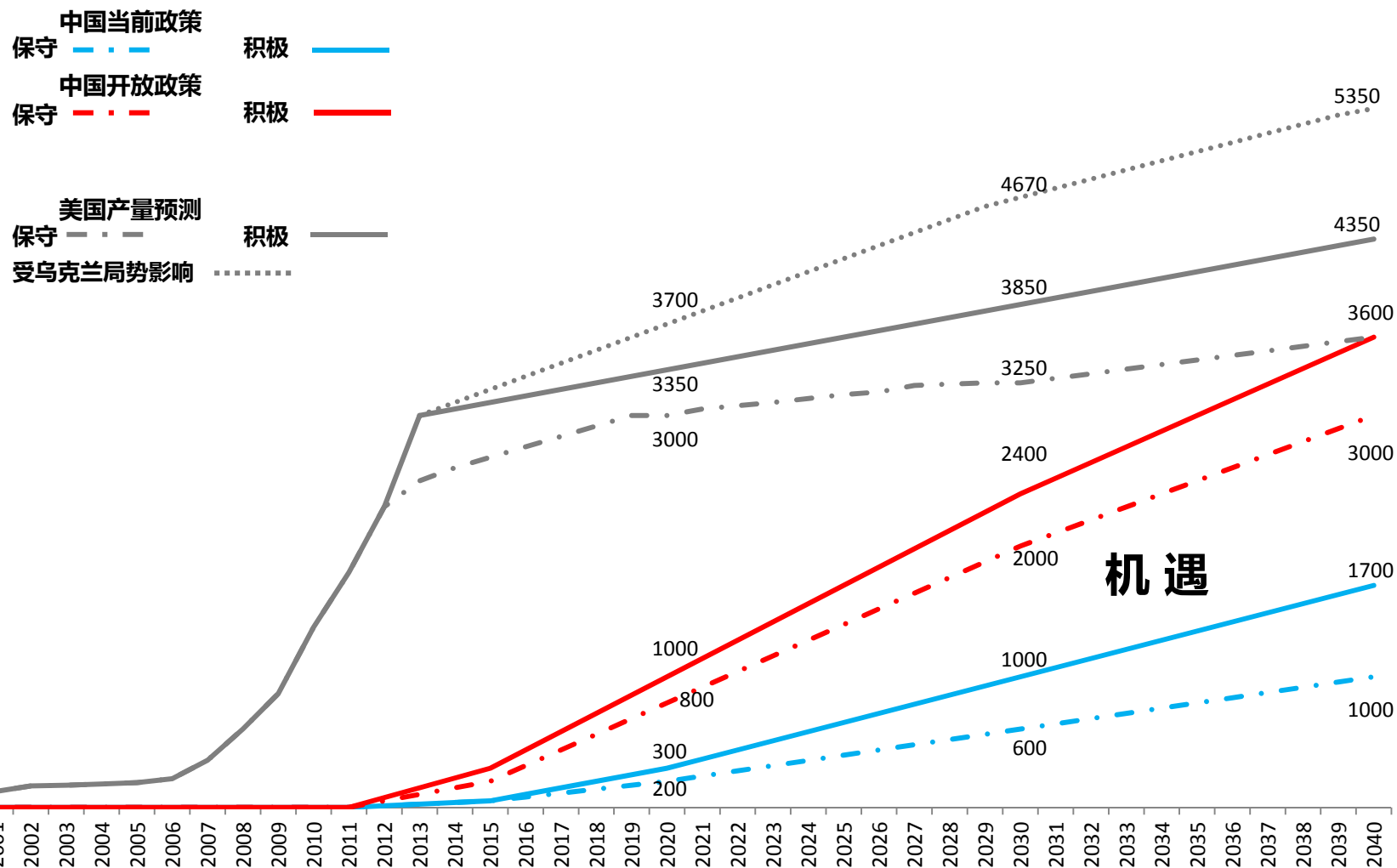
注：

1. EUR(最终可采储量)按1.1亿方估算；
2. 四川盆地平均压力系数较大，封存和产气条件相对较好，我们保守按照第1年平均日产量5.1万方估计。

三、页岩气对中国的战略意义

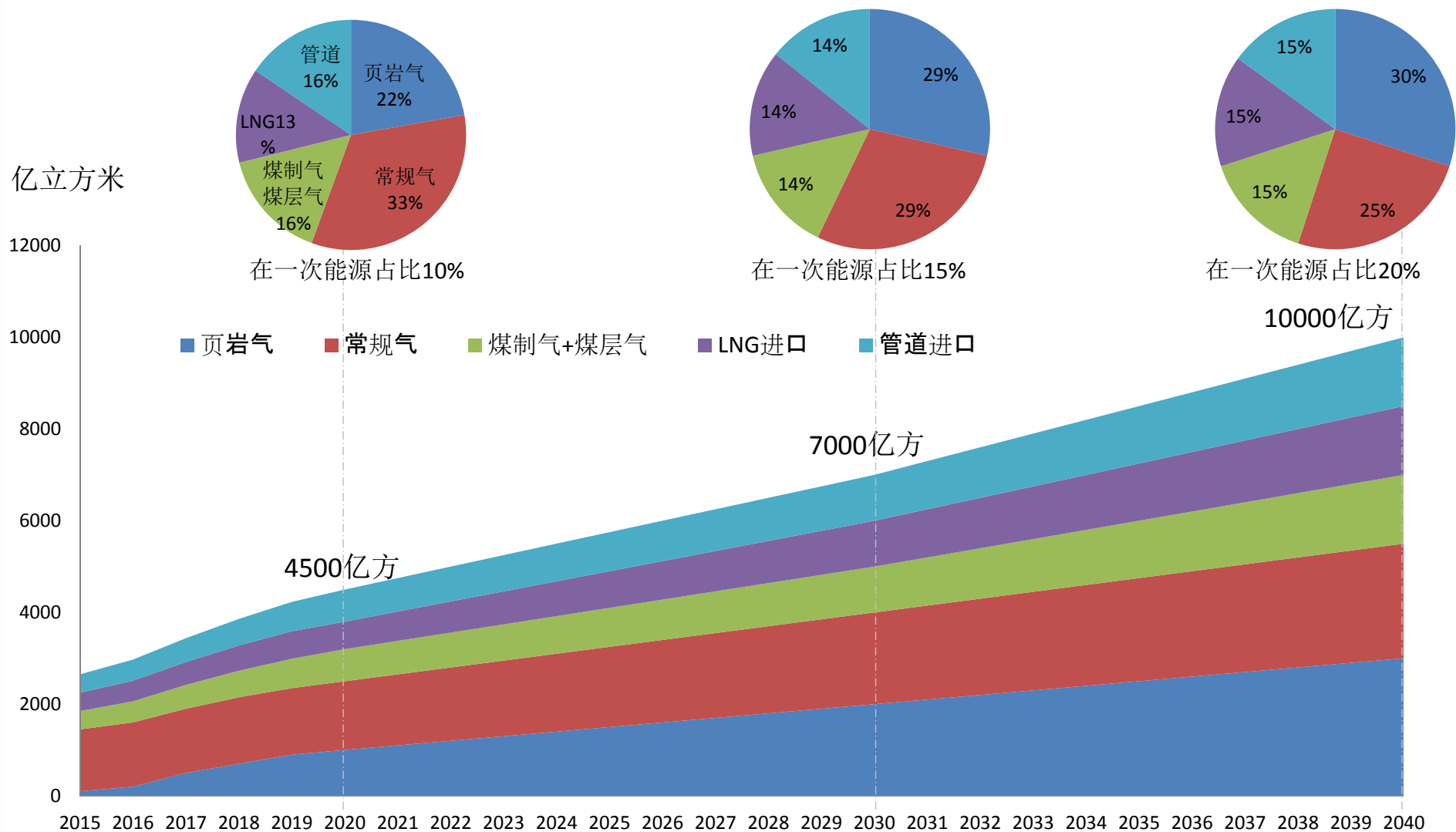
美国页岩气产量预测及中国假想图

单位：亿方



三、页岩气对中国的战略意义

有望支持中国天然气供给量大幅增长，使天然气在一次能源消费中占比增大



为了永远的蓝天！

