

国土资源部资源环境承载力评价 重点实验室“承载力讲坛”系列

美国页岩气突破的启示和借鉴

刘群岭

太行石油与科技有限公司/TahnHill Energy LLP

2015年1月

注：此PPT有删节，未经作者审阅

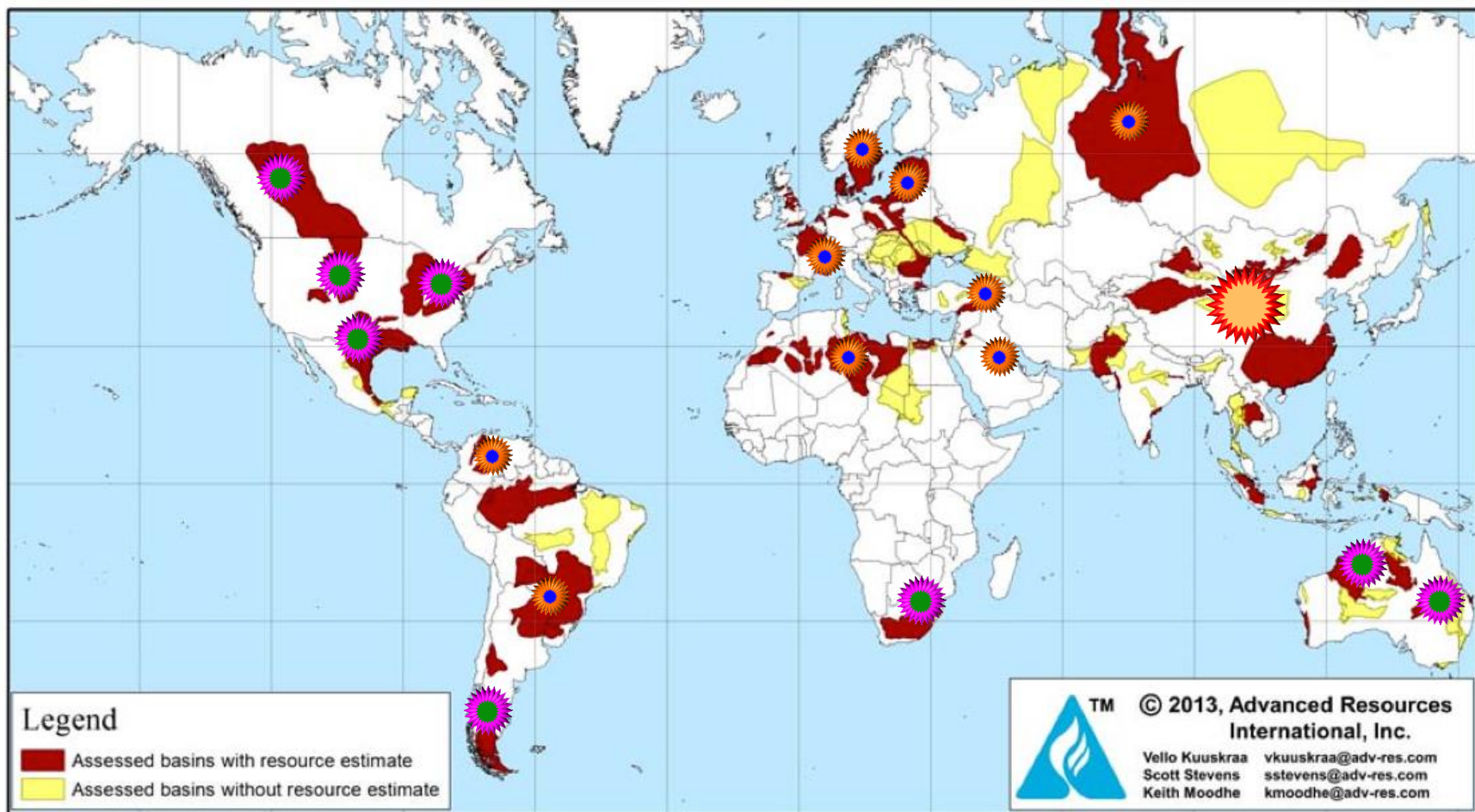
报告提纲

- 序言： 中国页岩气开发现状；
- 中国页岩气地质的独特性， 与美国存在重大区别； 目前中国页岩气勘探开发正面临着严峻的技术和成本挑战
- 美国页岩气开发简史， 及其可能给予我们的启示；
- 美国石油工业的哪些特点， 政策和运作模式， 激励了页岩气商业开采技术在美国的诞生？
- 中国页岩气发展需要新政策； 且须能激励技术创新和商业投资；
- 基本观察小结， 及对加快中国页岩气工业发展的几点建议。

序言——了解美国页岩气工业对中国的意义

- 今天主要讲讲我在过去近十年来对美国和中国页岩气产业发展的观察，思考，对美国成功关键因素的理解，和在中国如何实现页岩气大规模开发的一些想法，与大家分享，供大家讨论；
- 美国仍然在讲中国页岩气地质储量第一，是真的吗？
- 用了十年时间，美国页岩气总产量已经达到总天然气产量的40%以上，
- 中国已经学习美国页岩气概念和技术有7-8年了，但仍然没有大规模商业化生产的势头，为什么？
- 要了解其中原因，须要了解美国的地质，页岩气技术开发历史，其石油工业特点，并与中国进行认真的对比研究；
- 或许我们可以从中学到非常有用的东西。

我们参与研究过的世界各地非常规盆地



世界主要非常规油气盆地分布图

参与过的中国非常规勘探开发项目与研究课题



- 1, 四川盆地高地应力页岩气开发技术主题
- 2, 四川盆地东部低丰度页岩气勘探开发实验与研究
- 3, 延长组致密油系统的更致密砂岩的勘探潜力研究
- 4, 鄂尔多斯东部致密砂岩气—页岩气—煤层气联合成藏体系
- 5, 沁水盆地中心的致密气潜力
- 6, 准格尔盆地致密油潜力研究
- 7, 塔里木东部古生代页岩气潜力
- 8, 华北盆地地下隆起区上古致密气潜力研究
- 9, 松辽深层致密油和致密气
- 10, 柴达木和青藏高原区非常规潜力

美国人做的中国页岩气盆地分布图

China's seven most prospective shale gas and shale oil basins












□ 美国分析，现状



Source: Advanced Resources International

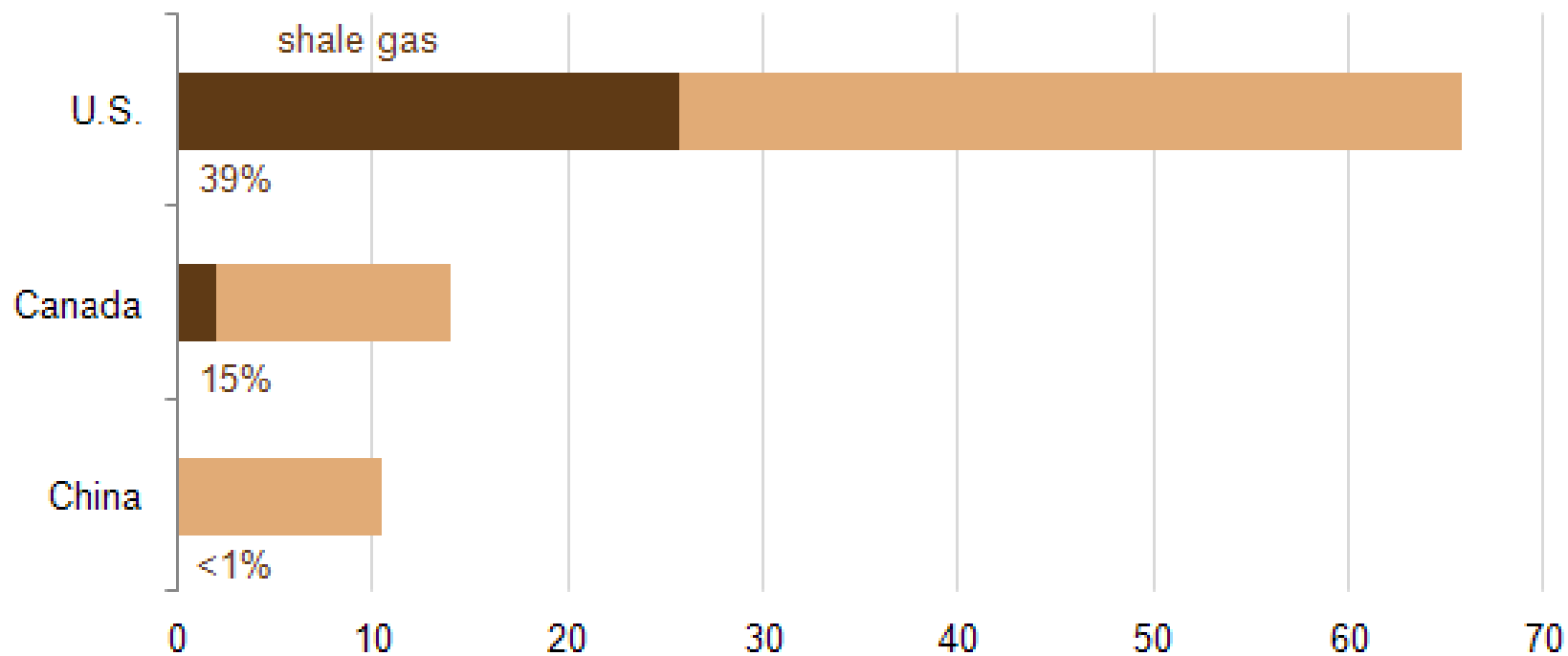
世界各国页岩气潜力排名（美国版）

The table below is based on data collected by the [Energy Information Administration](#) agency of the [United States Department of Energy](#).^[32] Numbers for the estimated amount of "technically recoverable" ^[33] shale gas resources are provided alongside numbers for [proven natural gas reserves](#).

▲	Country ◆	Estimated technically recoverable shale gas ◆ (trillion cubic feet)	Proven natural gas reserves of all types ◆ (trillion cubic feet)	Date of Report ^[32] ◆
1	 China	1,115	124	2013
2	 Argentina	802	12	2013
3	 Algeria	707	159	2013
4	 United States	665	318	2013
5	 Canada	573	68	2013
6	 Mexico	545	17	2013
7	 South Africa	485	-	2013
8	 Australia	437	43	2013
9	 Russia	285	1,688	2013
10	 Brazil	245	14	2013
11	 Indonesia	580	150	2013

世界页岩气2012年产量情况

Shale gas as share of total dry natural gas production in 2012
billion cubic feet per day



中国页岩气正处于大发展的前夜

- 1, 经过5年左右的不懈努力, 中国页岩气终于发现了一个大型气田 —— 焦石坝页岩气大气田; 在焦石坝中石化气田区块的附近有中石油的区块也是焦石坝气田的一小部分, 可以作为进入页岩气领域的垫脚石。
- 2, 另外, 在四川盆地及其周围也已发现许多页岩气井, 但大多有一些地质问题影响他们的正式开发。一旦解决将会是爆炸形式的增长。美国的页岩气曾有过类似的历史;
- 3, 四川盆地及其周边是中国页岩气勘探最成熟, 发展势头最好的区域;
- 4, 页岩油气田已经开辟了一个空前广大的新油气工业领域。
- 5, 美国的例子证明, 这是中小石油公司和新手公司的天堂。大公司在该领域的垄断被打破。

报告提纲

- 序言： 中国页岩气现状；
- 中国页岩气地质的独特性，与美国存在重大区别；目前中国页岩气勘探开发正面临着严峻的技术和成本挑战
- 美国页岩气开发简史，及其可能给予我们的启示；
- 美国石油工业的哪些特点，政策和运作模式，激励了页岩气商业开采技术在美国的诞生？
- 中国页岩气发展需要新政策；且须能激励技术创新和商业投资；
- 基本观察小结，及对加快中国页岩气工业发展的几点建议。

四川盆地高丰度高地应力连续页岩气聚集区特征

- 四川盆地内部下志留系龙马溪组页岩具有富有机质页岩段有机质丰度高，厚度大，岩石脆性好，孔渗条件好，地层压力超高，形成了高丰度的页岩气聚集系统；
- 盆地东侧的焦石坝高产页岩气田证明了该聚集系统的优质本性
- 然而，该区大量的页岩气井压裂的效果都不甚理想
- 原因是，四川盆地内部处于超高水平地应力条件下，压裂可能常出现水平缝。而水平缝的连通能力远远不及垂直缝好，
- 因此，出现产量低，递减又快的后果，
- 这严重影响了这个中国最富集页岩气区的商业开发
- 中国的石油界，必须联合起来，展开大规模技术攻关，来寻找出一种全新大造缝方法，实现该区大开发
- 如果成功，中国的天然气供应形势就

须要国家级的科研生产相结合的技术攻关军团

- 中国页岩气地质储量非常巨大，研究开发技术意义非常重大；
- 但我们面临的是超世界级技术难题，（北美没有这样的构造应力环境，没有成功先例）；
- 中国需要开发适合中国地质条件的页岩气开发技术，需要技术上的第二次革命，才有可能实现大规模商业开采；
- 开发技术研发任重道远，政府要投入资金资助创新，给予政策鼓励创新，科研与生产单位要用勤于思考一勇于创新的人才；
- 须组建国家级科研生产相结合的攻关军团，而且我们必须成功；
- 我们已经积累了多年的经验与思考，已经有了一系列全新的可能适用与中国页岩气地质特征的开发技术思路，希望能有机会为国家的页岩气事业做出应有的贡献；
- 意义远大，成功之日，中国天然气供应局面可大幅改善

四川盆地致密气深盆气系统开发潜力，
面临挑战，和技术攻关方向

四川须家河组深盆气 / 致密砂岩气体系

- 我们进行了仔细系统的研究，结论是深盆气型致密砂岩气聚集体系；
- 含气系统厚度达数百到二三千米，面积十多万平方公里；
- 地质储量巨大；但是低成熟的深盆气，储层含水度高，产气难度大；
- 含水影响产气的问题尚未找到解决办法，产量和经济性问题是最大挑战；
- 其根本问题还是找寻适合须家河深盆气地质特点的开发方法；
- 目前还没有人进行针对性的系统研究；
- 应当可以发现适合其特点的有效开采方法，但必须跳出现有技术套路的框框；
- 要发明适合四川非常规储层环境的全新的压裂技术概念才能成功；
- 如果成功，对国家能源地位将有根本性改善，意义极其重大！

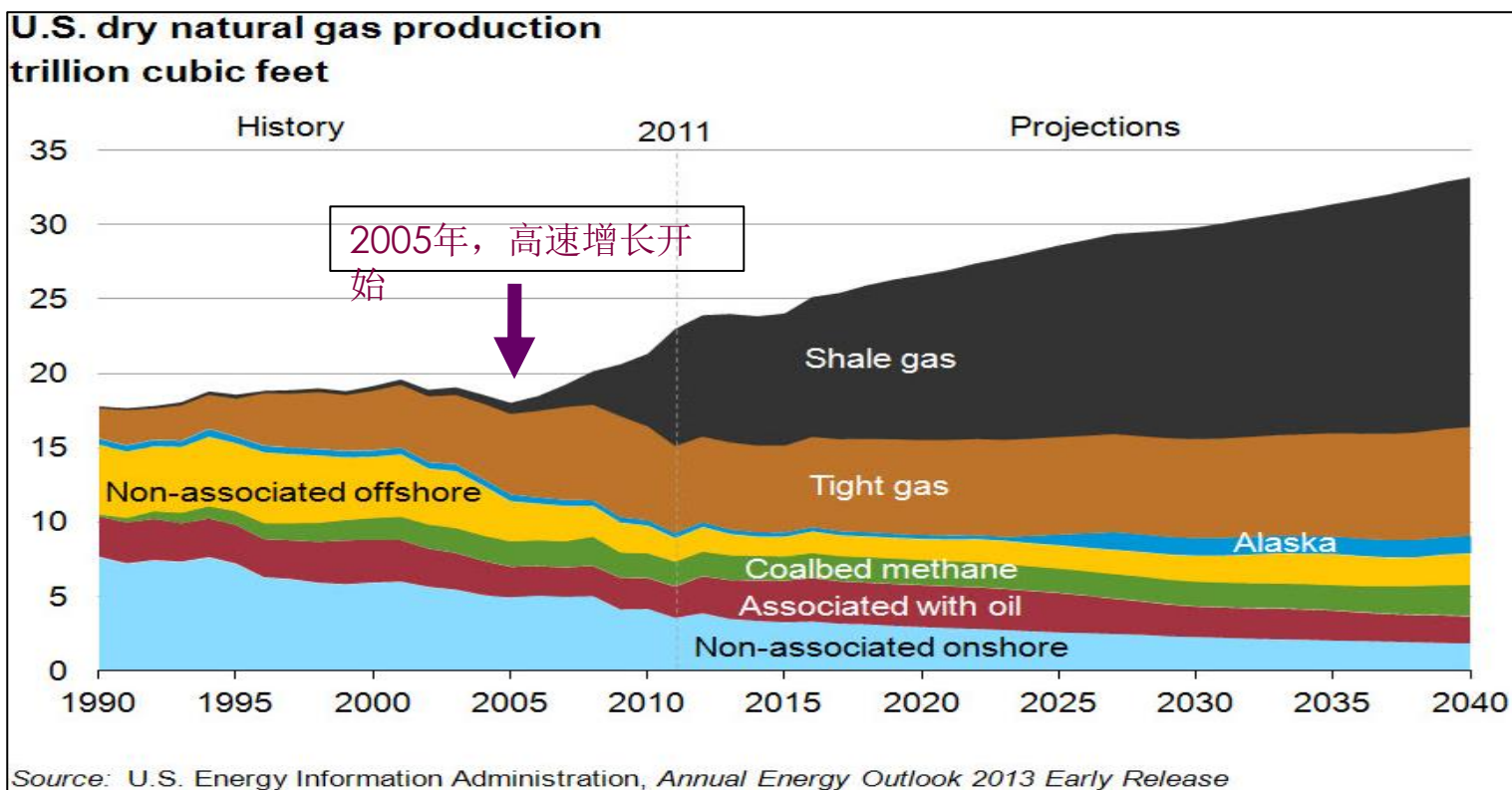
四川须家河组深盆气 / 致密砂岩气技术问题

- 现有压裂技术不适用高地应力环境，
- 在低效深盆气区，如何对付含水高，储层堵的问题
- 目前还没有人进行针对性的系统研究，
- 应当可以发现适合其特点的有效开采方法，但必须跳出现有技术套路的框框。
- 要发明适合四川非常规储层环境的全新的压裂技术概念才能成功
- 如果成功，对国家能源地位将有根本性改善，意义及其重大！

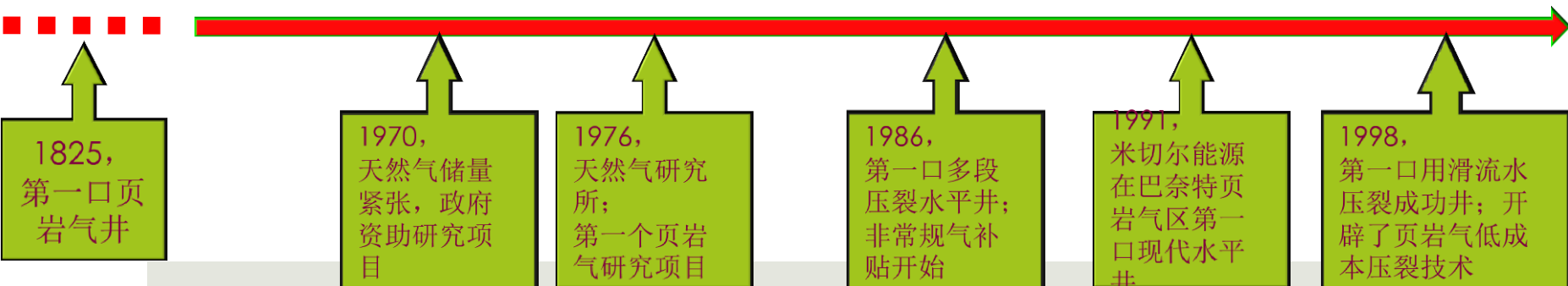
报告提纲

- 序言： 中国页岩气现状；
- 中国页岩气地质的独特性， 与美国存在重大区别； 目前中国页岩气勘探开发正面临着严峻的技术和成本挑战
- 美国页岩气开发简史， 及其可能给予我们的启示；
- 美国石油工业的哪些特点， 政策和运作模式， 激励了页岩气商业开采技术在美国的诞生？
- 中国页岩气发展需要新政策； 且须能激励技术创新和商业投资；
- 基本观察小结， 及对加快中国页岩气工业发展的几点建议。

美国页岩气开发历史与其增产曲线密不可分

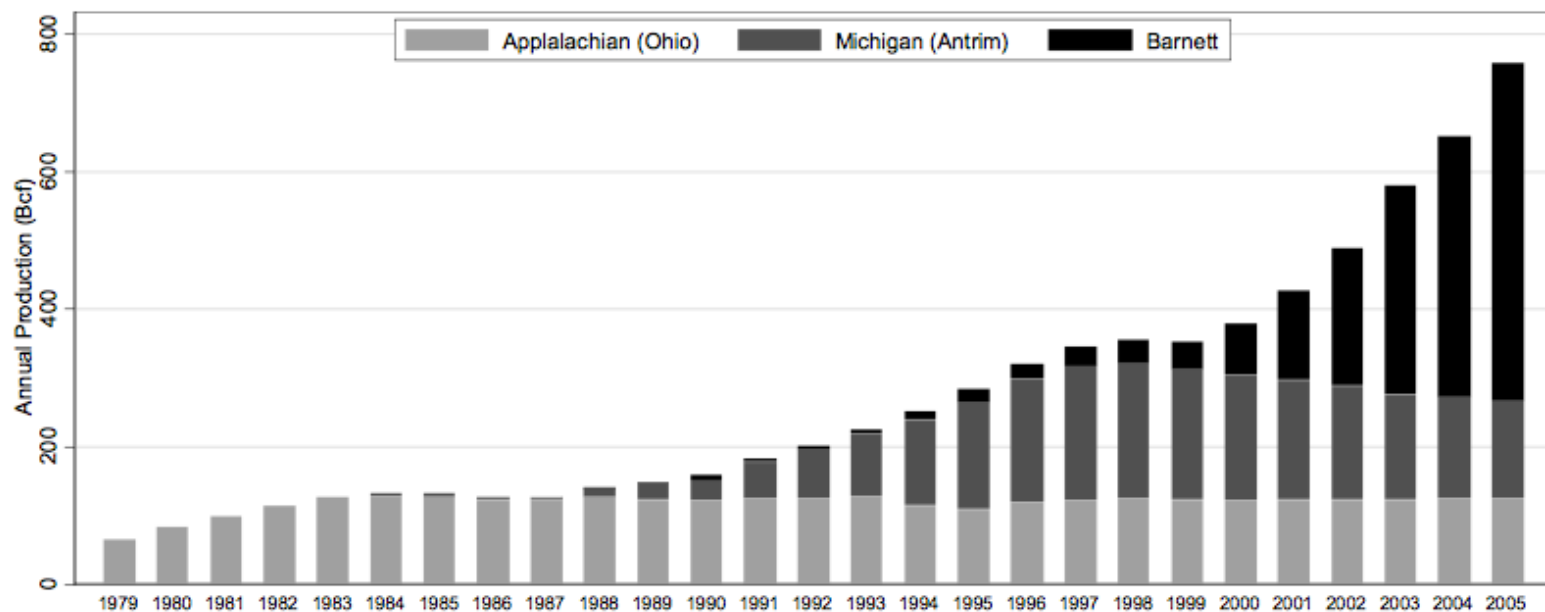


美国页岩气技术与产业发展中的历史性事件



美国页岩气产量历史

Figure 3. Annual Shale Gas Production by Play, 1979–2005

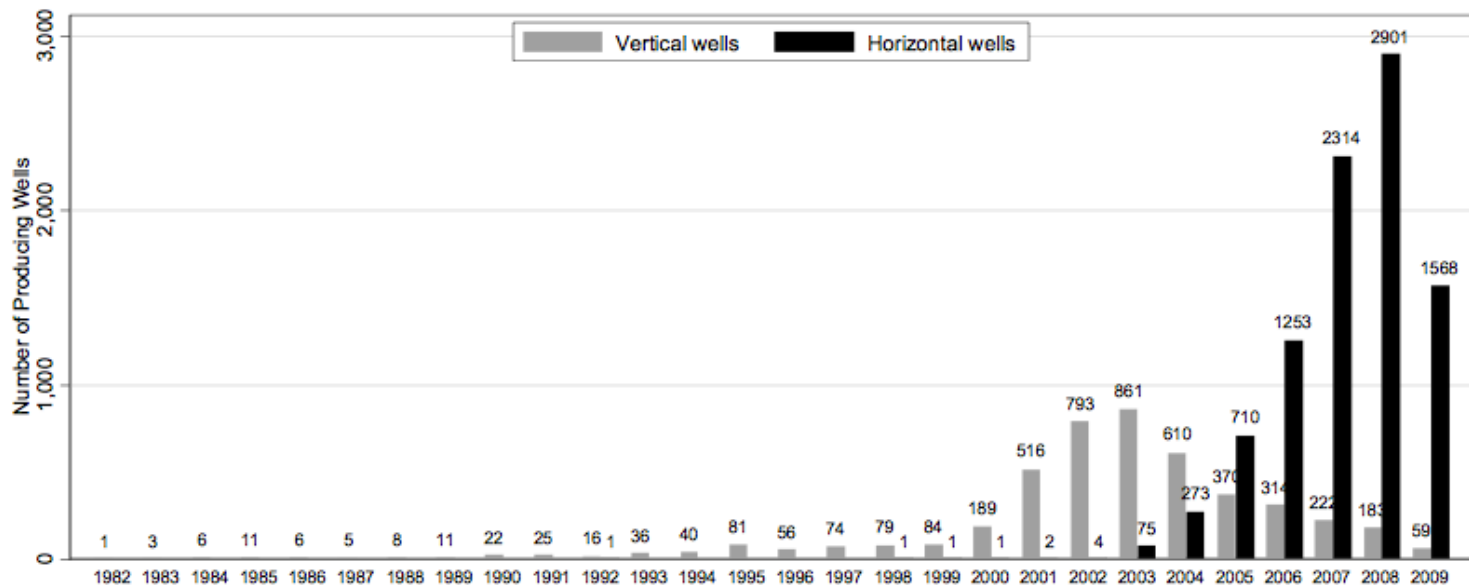


Source: Curtis 2009.

早期阿帕拉契亚和密契根盆地的页岩气开发更像常规气田的套路；到来巴奈特页岩气才开始了真正的页岩气概念和页岩气开发技术。

美国巴奈特页岩气井类型的历史变化

Figure 6. Number of New Barnett Production Wells by Type, 1982–2009

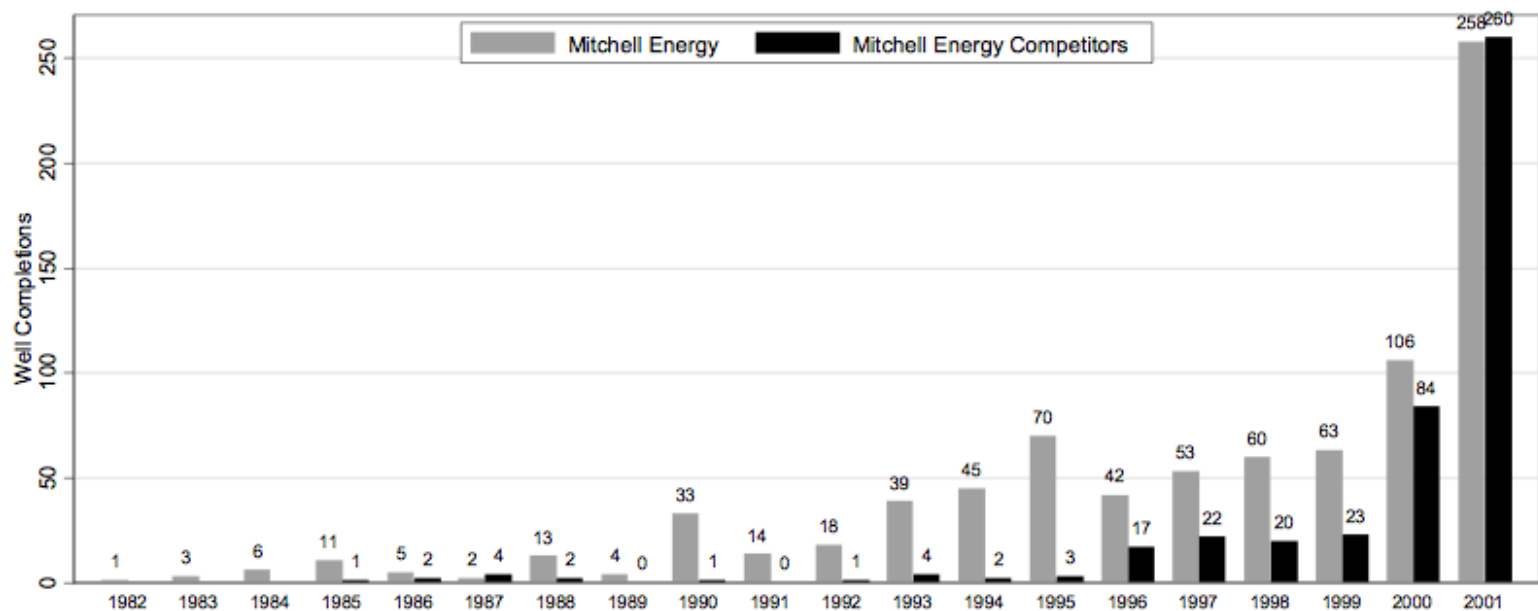


Source: Powell Barnett 2010.

水平井的大量钻探标志着页岩气概念和页岩气开发技术的确立和逐渐成熟。

米切尔能源公司在页岩气技术开发上有重要贡献

Figure 5. Number of Barnett Well Completions by Mitchell Energy and Its Competitors, 1982–2001

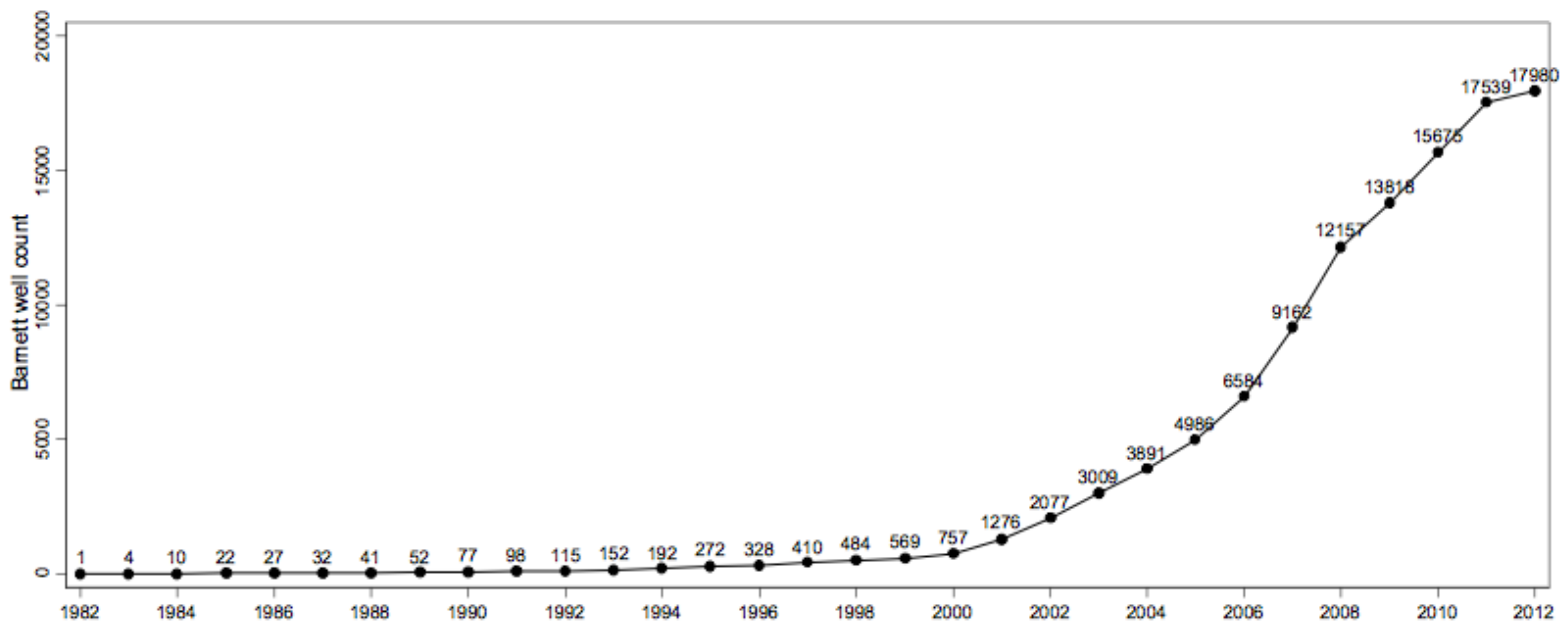


Source: Steward 2007.

米切尔能源公司的长期不懈的坚持实验与创新，为页岩气技术的成功密不可分。有各种市场与政策因素鼓励了该公司的坚持

巴奈特页岩气钻井增加的历史就是美国页岩气技术的成长史

Figure 7. Number of Barnett Production Wells, 1982–2012



Source: Powell Barnett 2010.

在这一过程中，超大型国际石油公司几乎是完全缺席的，甚至在后期的追赶过程中都非常失败。

其中有什么深意吗？大石油公司缺乏创新机制？

报告提纲

- 序言： 中国页岩气现状；
- 中国页岩气地质的独特性， 与美国存在重大区别； 目前中国页岩气勘探开发正面临着严峻的技术和成本挑战
- 美国页岩气开发简史， 及其可能给予我们的启示；
- 美国石油工业的哪些特点， 政策和运作模式， 激励了页岩气商业开采技术在美国的诞生？
- 中国页岩气发展需要新政策； 且须能激励技术创新和商业投资；
- 基本观察小结， 及对加快中国页岩气工业发展的几点建议。

美国哪些石油工业特征激励了页岩气产业，技术的发展？

1. 土地和矿产权的私有制——这有利于激发开矿的积极性；
2. 非常容易获得勘探权，给钱就行；
3. 如果没有投入足够的工作量，很快就会被迫交出勘探权，退出区块；
4. 完全开放的天然气管道自由准入政策 — 油气就会有市场；
5. 自由浮动气价 — 在缺气时就会出现高气价，鼓励投资和创新；
6. 对非常规气的气价补贴政策；
7. 政府大量投入页岩气技术的研究与创新之中，并长期坚持做下去；
8. 有天然气企业，政府，研究部门长期不懈地投入和坚持；
9. 地质资料的合理公开性，是促进研究创新的必要条件，非常关键；
10. 中小公司在这一过程中的对创新的坚持不懈。

美国石油工业的独特性

- 页岩气的概念和页岩气开采技术均在美国孕育与成熟，现在已经形成一个产量巨大的天然气资源类型；
- 在美国页岩气规模化商业开发近十年后的今天，页岩气仍然没能在我国和任何其他国家实现大规模化的开采
- 很显然美国模式具有其尤为独特的优越性。其独特优越性表现在以下几个方面：
 - 美国的石油工业完全开放，不存在任何死的行业门槛；每个人都可以开个石油天然气公司，按照自己的思路勘探开发石油；
 - 这样，新的地质思想，新的开采技术思路，新的商业运行模式，只要有可能对油气生产有帮助，均有机会在实践中得到试验和实际检验；
 - 美国的勘探区块面积平均很小，这为众多油气公司的存在提供了数量足够的区块和资产；
 - 大量中小油气田的存在为各种新地质思路，新技术，新方法的付诸试验和行动创造了广阔舞台和施展的天地；
 - 土地和矿权的私有制，有利于私人按照自己的计划进行勘探，而少受政府或其他组织的干扰，矿权拥有人的利益保护勘探活动免受各种组织的合理与不合理的干扰

美国页岩气发展特点

- 从历史来看，美国页岩气孕育的历史时期，大公司的主要精力在深水勘探和常规油气田的开发；忽略陆上天然气；
- 小公司没有能力在深水拼，专注于非常规气的开采技术和理念的创新
- 这一革命由美国的中小公司带领完成；因为他们框框少，个人利益与发明创造关系紧密，有创新动力；
- 一批不甘心于在巨型石油公司受官僚体制的压抑，循规蹈矩工作的地质和技术精英专家，加入加入小型石油公司去实现他们的创新梦想，并坚持不懈，推动了把生成天然气的富有机质页岩本身作为储层—产层这一概念的形成。进而发明了压裂技术，以及稍后的水平井压裂技术等非常有效的页岩气开采技术，最终触发了这次意义重大的页岩气革命；
- 值得注意的是，国际有名的大—巨型石油公司在这一发明过程中完全缺席，甚至在后来的追赶这一革命性技术的过程中一直被远远地甩在后头，至今未能接近页岩气（页岩油）技术的中小石油公司领头羊。这一现象非常值得我们深思并借鉴；

报告提纲

- 序言： 中国页岩气现状；
- 中国页岩气地质的独特性， 与美国存在重大区别； 目前中国页岩气勘探开发正面临着严峻的技术和成本挑战
- 美国页岩气开发简史， 及其可能给予我们的启示；
- 美国石油工业的哪些特点， 政策和运作模式， 激励了页岩气商业开采技术在美国的诞生？
- 中国页岩气发展需要新政策； 且须能激励技术创新和商业投资；
- 基本观察小结， 及对加快中国页岩气工业发展的几点建议。

要中国页岩气产业和技术的发展，需要什么样的政策？

1. 打破超大公司对页岩气区块的垄断——这有利于激发创新的积极性；
2. 已经在实行的页岩气价格补贴政策要坚持下去；
3. 国家要坚定对中国页岩气开发技术创新的大量投入，支持并保护创新企业和创新精神；
4. 支持有能力的民营进入页岩气勘探行业，获得区块，并参与技术创新，形成遍地开花之势。只要其中一两中技术实现突破，就能够实现中国页岩气的大规模商业开发；
5. 中国缺气，要维持适当的高气价，有利于投资热情和科研投入；
6. 打破大公司对管道的垄断，向美国学习，所有能源管网，实行自由准入政策，同一价格，打破所有歧视性政策，法规和规则，包括潜规则；

报告提纲

- 序言： 中国页岩气现状；
- 中国页岩气地质的独特性， 与美国存在重大区别； 目前中国页岩气勘探开发正面临着严峻的技术和成本挑战
- 美国页岩气开发简史， 及其可能给予我们的启示；
- 美国石油工业的哪些特点， 政策和运作模式， 激励了页岩气商业开采技术在美国的诞生？
- 中国页岩气发展需要新政策； 且须能激励技术创新和商业投资；
- 基本观察小结， 及对加快中国页岩气工业发展的几点建议。

中国的页岩气产业的现状小结和几点建议

1. 中国页岩气储量虽不象美国人所说的世界第一，但四川盆地及附近页岩气即非常巨大；
2. 但中国地质条件与美国有很大区别，利用美国现成技术，只取得非常有限的进展；
3. 要实现大规模开发，必须研发符合中国页岩气地质特点的一套全新的开发技术组合。没有技术突破，就没有大规模商业开发；
4. 政府需要动用国家力量来统筹协调各项政策，页岩气区块，管网准入政策，资金支持；同时统筹协调各方（政府，科研，企业，团体）优势，组成水平高，创新力强，资金充裕，与生产密切结合的技术创新团队，对所有合理的开发新技术方法建议展开现场实验。坚持下去，一定成功；
5. 为了促进多方，多渠道参与研究，地质资料必须上交国家数据库，并由国家数据库通过网站向全民开放。地质资料各公司私人所有，互不相通，大大阻碍了科研的效果。每个人或组织只占有部分资料的前提下，不可能得出整体正确的结论。另外，这种资料几乎与国家安全没有任何实质性的关系了。也不应当以安全为由，阻碍科研的进步了。科研强则国家强，国家强才能真正安全。以安全为由阻碍了科研和社会进步，是因噎废食，因小失大，现在已经到了改正这一做法的时候了。

欢迎您的批评和指导！