# 页岩气在中国开发的最佳实践研讨会:
# 政策和技术上的措施以最大限度地减少环境影响

Joel Bluestein, P.E.
高级副总裁
ICF 国际咨询公司

2012年7月25日

# 概况

- ICF国际咨询公司介绍
- 页岩气在美国的发展，以及它对天然气供应的影响
- 水力压裂法的环境影响，以及其他页岩气的开发活动的温室气体排放、水、大气和土壤的影响
- 页岩气生产的全生命周期的温室气体排放
- 综述美国各州及联邦政府对页岩气开发的政策规定

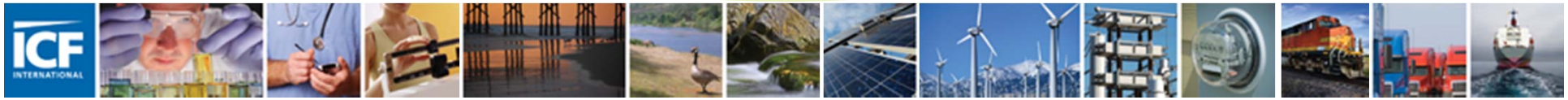
关于ICF国际咨询公司

# 介绍

- 上市公司，成立于 1969. 有超过40年的经验，拥有多元的客户群—73%的美国联邦、州、和地方机构，22%的美国商业和5%非美国客户群。
- 2011年收入8.41亿美元，员工5000多人。
- 在全球超过50个办公室(包括北京), 总部位于华盛顿特区区域。
- 天然气领域的专业背景
  - 对美国和国际的天然气资源、需求和价格-美国和国际/LNG的分析和估计
  - 环境影响和政策管制分析
  - 对温室气体排放（尤其是甲烷）的核算和削减，天然气之星(Natural Gas STAR) 和全球甲烷行动计划(Global Methane Initiative)等领域自它们创立之初，ICF就一直提供支持工作

THE SUN NEVER SETS ON ICF

# 2012年完成GHK收购后，公司办公室的全球分布



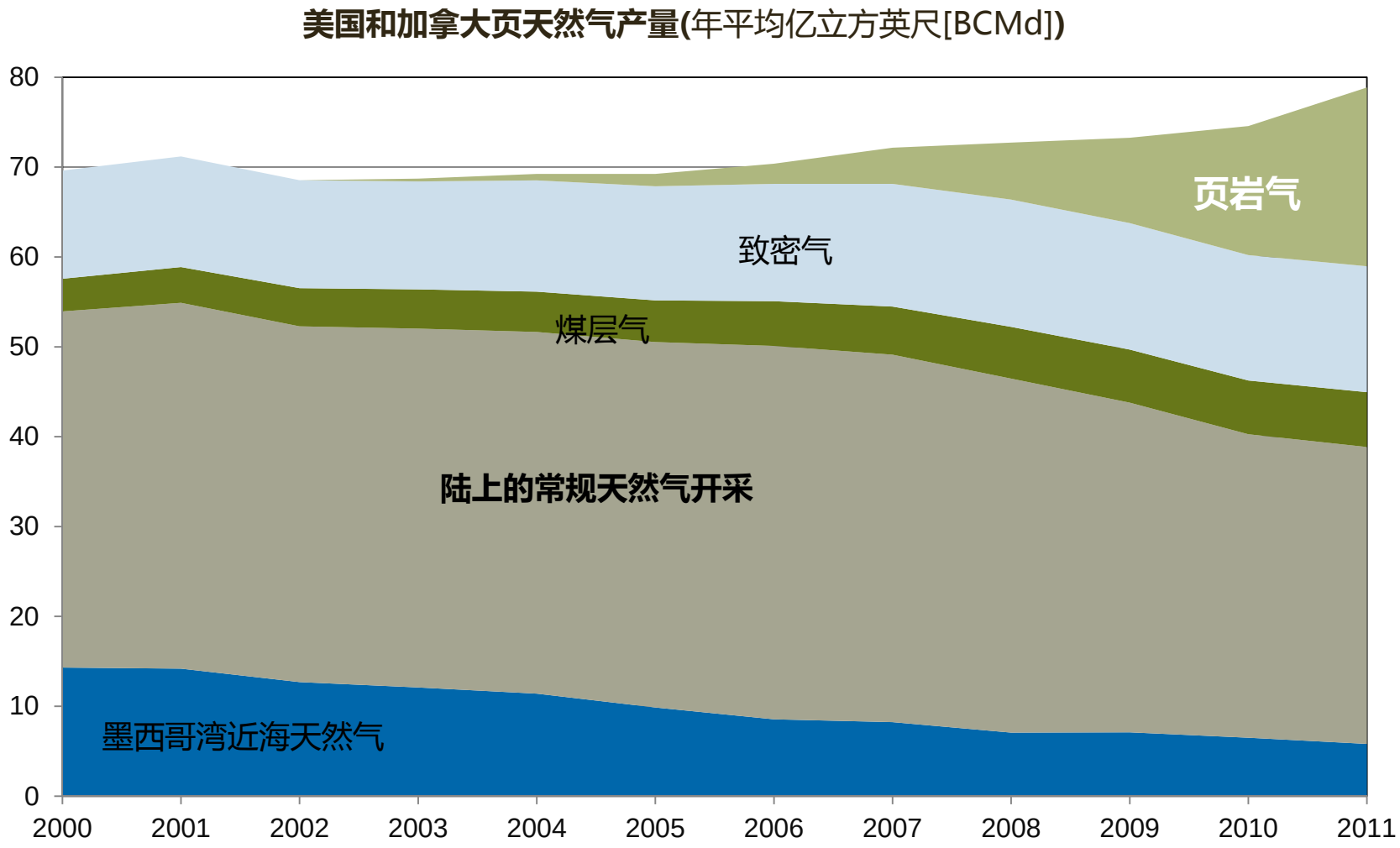
# 美国页岩气的开发背景

- 过去的十年中，因水平钻井和水力压裂法生产页岩气，一直使北美天然气产量增加的主要驱动。
- 从21世纪初开始，大规模的应用水平钻井和水力压裂法开采页岩气。
- 在德克萨斯州的巴奈特(Barnett)页岩气田是第一个“多裂缝压裂水平井多”，此后其他地方的页岩气田产量迅速增加。
  - 近来更多的页岩气开发分布在Fayetteville. Haynesville, Woodford, Marcellus, 和 Eagle Ford等气田
  - “致密油”开始受到大家的关注，例如在北大科他巴肯(Bakken)盆地。.
- 自2005年以来,页岩气的产量年增长在50%.

# 北美页岩气田的分布

North American shale plays
(as of March 2011)
Muskwa-Otter Park, Evie-Klua
Lower Besa River
Muskwa-Otter Park
Montney
Doig Phosphate
Colorado Group
Niobrara*
Bakken
Cody
Heath**
Gammon
Mowry
Hilliard-Baxter-Mancos-Niobrara
Niobrara*
Mancos
Hermosa
Monterey-Temblor
Monterey
Lewis
Pierre-Niobrara
Excello-Mulky
Woodford
Fayetteville
Bend
Avalon
Barnett
Barnett-Woodford
Eagle Ford
Haynesville-Bossier
Eagle Ford, La Casita
Eagle Ford, Tithonian
Pimienta
Pimienta, Tamaulipas
Maltrata
Antrim
New Albany
Utica
Frederick Brook
Horton Bluff
Devonian (Ohio)
Marcellus
Utica
Conasauga
Floyd-Neal
Chattanooga
Tuscaloosa
Current shale plays
Stacked plays
Shallowest / youngest
Intermediate depth / age
Deepest / oldest
* Mixed shale & chalk play
** Mixed shale & limestone play
Prospective shale plays
Basins
N
Miles
0 200 400 600 800
eia

# 过去的十年中天然气产量的增加主要依赖页岩气



# 北美页岩气潜力

- 根据技术上和经济上的评估，可开采的页岩气资源近年来大幅增加。
- 美国能源信息署(EIA)从技术上估计美国可开采页岩气储量在862 兆立方英尺(24.2 兆立方米)
- ICF 采用自底向上的方法估计，是1,863兆立方英尺(52.8兆立方米)。
- 迄今为止，美国最活跃的页岩气田分别是 Barnett、Haynesville/Bossier 、Antrim、Fayetteville、Marcellus和 the New Albany 页岩。

# 按当前用气水平，北美天然气资源可维持150年的使用

- 总体而言，利用目前的开采和生产技术，美国和加拿大有4,000兆立方英尺(113兆立方米)的资源可供利用。
  - 以目前的消耗水平来看，现有资源足以维持150年的使用。
  - 由于技术的提高和所取得的新发现，天然气资源会有很大的增长趋势。
- 预计将来50%的资源来自页岩气。

## 美国和加拿大天然气资源量[1]

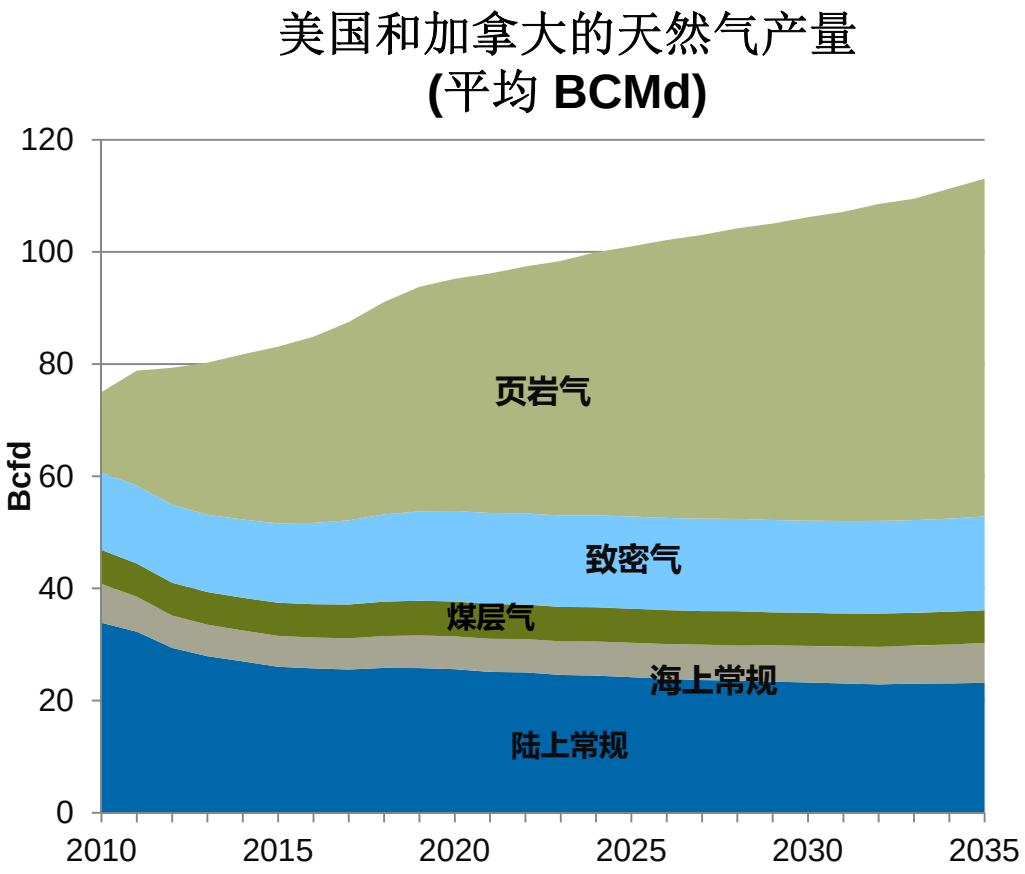
(假定在目前的E&P技术下，经济可采资源量-兆立方米)

| | 探明储量 | 未探明和发现但未开采的 | 总剩余资源 | 页岩气资源[2] |
|---|---|---|---|---|
| 阿拉斯加 | 0.2 | 4.3 | 4.6 | 0.0 |
| 西海岸陆上 | 0.1 | 0.7 | 0.8 | 0.0 |
| 落基山和大盆地 | 1.9 | 11.0 | 12.9 | 1.1 |
| 西德州 | 0.8 | 1.4 | 2.1 | 0.5 |
| 墨西哥湾陆上 | 2.0 | 19.4 | 21.4 | 13.5 |
| 中部大陆 | 1.0 | 5.8 | 6.8 | 3.8 |
| 东部内陆 [3,4] | 0.5 | 29.8 | 30.4 | 27.9 |
| 墨西哥湾 | 0.4 | 6.8 | 7.1 | 0.0 |
| 美国大西洋海上 | 0.00 | 0.9 | 0.9 | 0.0 |
| 美国太平洋海上 | 0.02 | 0.9 | 0.9 | 0.0 |
| 西部沉积盆地 | 1.7 | 18.8 | 20.5 | 14.4 |
| 加拿大北极区 | 0.01 | 1.3 | 1.3 | 0.0 |
| 加拿大东部陆上 | 0.01 | 0.5 | 0.5 | 0.3 |
| 加拿大东部海上 | 0.01 | 2.0 | 2.0 | 0.0 |
| 不列颠哥伦比亚西部 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.0 |
| **美国 总计** | 6.9 | 81.0 | 87.9 | 46.8 |
| **加拿大 总计** | 1.7 | 22.9 | 24.6 | 14.7 |
| **美国和加拿大 总计** | 8.7 | 103.9 | 112.5 | 61.5 |

1. 2011年12月，ICF更新了天然气资源评估；然而这些区域总量可能不能完全反应当前评估，美国/加拿大经济上的可开采资源是相似的
2. 页岩资源是总的剩余资源的一部分
3. 东部内部包括Marcellus, Huron, Utica, 和Antrim shale
4. 参考情景是假定开采水平维持不变，考虑了限制资源完全开发

# 未来页岩气会更加重要

- 陆上和近海常规天然气产量持续下降，然而非常规天然气产量迅增长。
- 到2035年非常规天然气产量将达到总的天然气供应的2/3。
- 页岩气是目前非常规天然气生产中增长最快的类型。
- 总非常规天然气产量预计将在2020年增加到24 Tcf(680BCM)，2035年到31Tcf (878BCM)。
- 到2035年,页岩气将占超过一半的美国和加拿大的天然气产量。



# 长远来看，美国平均天然气价格有可能是$5/MMBtu到$7/MMBtu

- 天然气价格可能会有持续的显著性波动.
  - 在相对短的一段时间内，异常的天气情况, 经济活动的巨大变化, 以及由于其他因素带来的天然气需求的增量变化都会引起价格的显著性变化。
- 然而长远来看，市场调控的力量会使天然气价格回到$5 到 $7/MMBtu的区间。
  - $5 到 $7/MMBtu的价格足以对供应的发展给予强有力的支持，但这价格并没有高到对需求增长产生负面影响。

# 页岩气生产对环境的影响

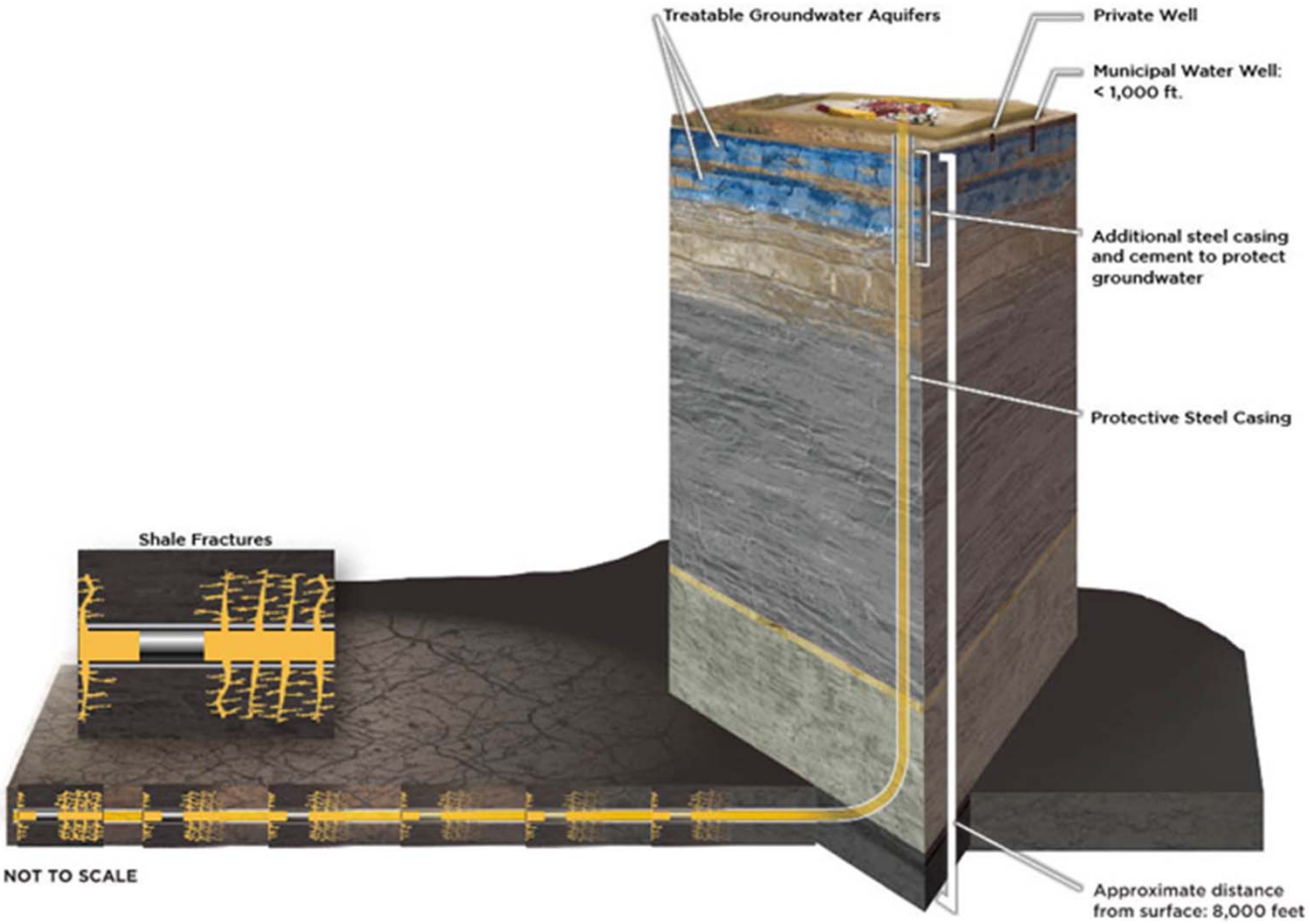
- 土地利用足迹– 由于同一地块的的高产和多口井，比常规井占地要少。
- 交通和道路损坏 – 如果用卡车(通常情况)来运水和废水，每口页岩井将需要卡车运超过1000次。
- 噪声和光污染 – 钻岩机，压裂和其它相关操作（例如喷焰等），都会对附近居民带来干扰。
- 用水量 – 根据地质情况不同，每口井大概用3百万到5百万加仑（约11356到18927立方米)水。只有20%到30%会水循环系统中。
- 压裂时用到的化学制品 – 对信息披露非常关注，但同时更重要的是关系到控制和污水处理。
- 地表水水质问题– 溢出量和处理是最为关心的。 存储和处理程序能解决这个问题（废水坑的设计和水箱的使用）。

# Fracturing Drill Site

# 对环境的影响（续）

- 地下水污染– 看似是对压裂本身的问题关注，但实际问题大多是页岩井套管相关的问题。正常遵循标准程序可以减轻污染。
- 废水处理– 处理过的废水会包含压裂液体组成物，还形成过程中产生的烃类，盐类，以及金属物质。目前的可选的处理方法是专门的水处理，还有深井注射。废水还可以回收被用到将来的压裂工作中。
- 常规空气污染物排放
  - 主要是柴油机排放的$NO_x$ 还有钻机，发动机，卡车，气体压缩机，喷焰火炬排放的PM。有控制这些发动机排放的方式，但现行政策规则是适用于其它用途上。
  - 在放空和逃逸过程中产生的挥发性有机物（VOCs)和有毒气体可以通过喷焰燃烧和气体回收技术控制。

# 页岩气井示意图


Treatable Groundwater Aquifers
Private Well
Municipal Water Well: < 1,000 ft.
Additional steel casing and cement to protect groundwater
Protective Steel Casing
Shale Fractures
NOT TO SCALE
Approximate distance from surface: 8,000 feet

# Fracking Pump Truck

# Fracking Operation

# 对环境的影响（续）

- 温室气体排放
  - 最大的来源是完井中的甲烷排放。
  - 气体回收（低排放完井/绿色完井) 是最好的应对方式，喷焰燃烧处理也能解决此问题。
  - 挥发性有机物（VOCs）和有毒气体。如果有较高的$H_2S$成分, 将会对喷焰有最低量要求。
  - 来自于设备的燃烧排放量相对较少。

- 引发地震(地震)
  - 会与深井灌注有关系。
  - 多数情况下公众无法感知到，但是发生过一些比较严重的事件。
  - 对工艺和合适规章的理解在逐步增强。

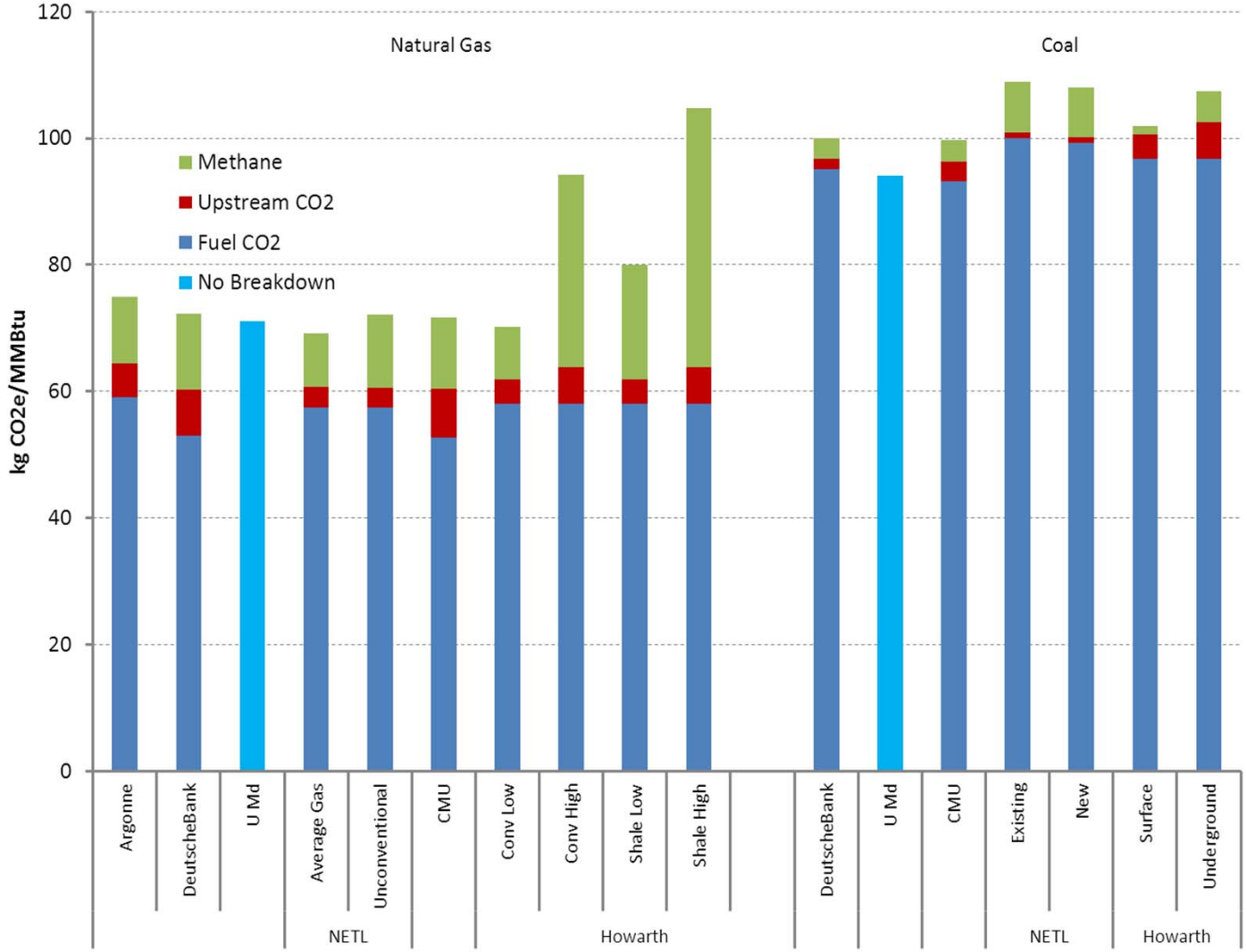
# Flaring Completion Gas

# REC Equipment

# 全生命周期的温室气体排放（美国）

- 与煤相比，天然气有较低的二氧化碳（其它污染物）的燃烧排放物；但上游排放存在较高的甲烷量。
- 一份 2011年 Howarth/Cornell 的研究表明天然气的全生命周期温室气体排放比煤要高。
- 多个研究发现表明天然气的全生命周期排放比煤要低30%到40%。
- 如果甲烷排放量低于产生产气量的9%，那么生命周期的排放会比煤低。
- 中国应该可以达到甲烷排放量低于总产量的1.5%。

# 全生命周期研究的的比较



# 美国政策主管机构

- 土地使用足迹– 地方当局, 土地所有者 (包括联邦政府)
- 交通,噪声和光 – 地方当局
- 给水 –地方当局, 州, 地方或区域供水机构
- 在水力压裂和废水注入时用的化学用品 – 安全饮用水法案 (在不使用柴油的情况下，水力压裂是被排除在外的)
- 地表水水质问题 – 清洁水法案
- 地下水污染 – 安全饮用水法案, 州规章
- 常规污染气体排放– 清洁法案的多个条款对固定和移动发动机有规定，其它固定源可以通过多则条款和州规章规定。
- 温室气体排放 – 没有直接规定，但对甲烷排放有规定。还包括完井排放，也通过对VOC排放的限制对此有间接作用。
- 地震 –安全饮用水法案对污水注射有规定

# 政策主管机构和互相的配合

*下面是参与页岩气开采规章制定的主要联邦政府机构*

- **美国环境署 (EPA)** – 监管与页岩气相关的大多数联邦法规–关于水的规章 (清洁水法案和安全饮用水法案);气体排放（清洁气体法案）； 废弃物(资源保护和回收法案；综合环境响应，补偿及责任法).

- **美国内政部(DOI)** – 土地管理局 (BLM) – 制定关于在公共土地上钻探活动的规章 (美国农业部内的林务局）。土地管理局目前还涉及化学品披露的问题；制定井眼整合相关的制度；解决反排水的相关问题。

# 政策主管机构（续）

- **美国能源部(DOE)** –主要职责是研发, 监管能源安全，负责批准液化天然气的进出口。
- **联邦能源管理委员会(FERC)** – 管理美国州与州间的天然气和电力市场。有权利批准液化天然气接收站的建设，分担接收站的安全责任。
- **各个州环境机构** – 负责联邦政府环境规章的贯彻执行；同时执行州的环境规定

# 关于页岩气开发的主要政策制度

- 2012年4月，出台了针对有害空气污染物新排放源标准(NSPS) 和国家排放标准。在特定的油和气活动中有VOC排放限制，包括用水力压裂法开采的井。
- 页岩气井的建设需要征得州许可要求 – 各州不一样.
- 清洁水法案– 限制流入江河和地表水的废水量
- 安全饮用水法案 – 监管地下注射废水。压裂过程被排除在该法规外。
- 柴油机标准(固定的和移动的).
- 资源保护与回收法（RCRA） – 废物处理规定.

*为了全面含盖页岩气生产，*

*一些政策规定也许需要相应调整或扩充*

# 总结

- 页岩气已经成为美国的主要天然气资源。中国也有类似的潜力。
- 在页岩气生产过程中，有各种污染气体、水、室气体和其它环境影响产生。
  - 对于所有潜在影响，有一些现成的减缓措施和相关规定。
- 现有规定大部分针对环境影响，仍然需要建议和制定新的规定。
- 美国和其它国家制定的规则可供中国参考，但需要做适当的调整使之适应中国的具体情况。

**联系方式**

**Joel Bluestein, 高级副总裁**

**Joel.Bluestein@icfi.com, 703.934.3381**