



## 在偏重射孔器系统中通过孔眼一致性实现压力优化处理

2014中国国际射孔技术交流论坛

研究人 Tim Golian, Bill Collins, Chris Sokolove, James Cole

主讲人 Josh Howk

## 概述

---

- 射孔孔眼一致性是整个行业的需求
  - 有效促进增产
- 如何实现孔眼一致性
- 克服大小不一
- 孔眼一致性优化处理
- 目前正在进行的工作

## 射孔孔眼一致性是整个行业的需求

---

- 目前的水平井多级压裂技术效果理想
- 更低成本，更高产量的需要，催生新技术
- 增产，从孔眼一致性开始
- **IPS12-35**
  - 射孔孔眼一致性是增产设计的需求
  - 孔眼的大幅变化导致大的压降

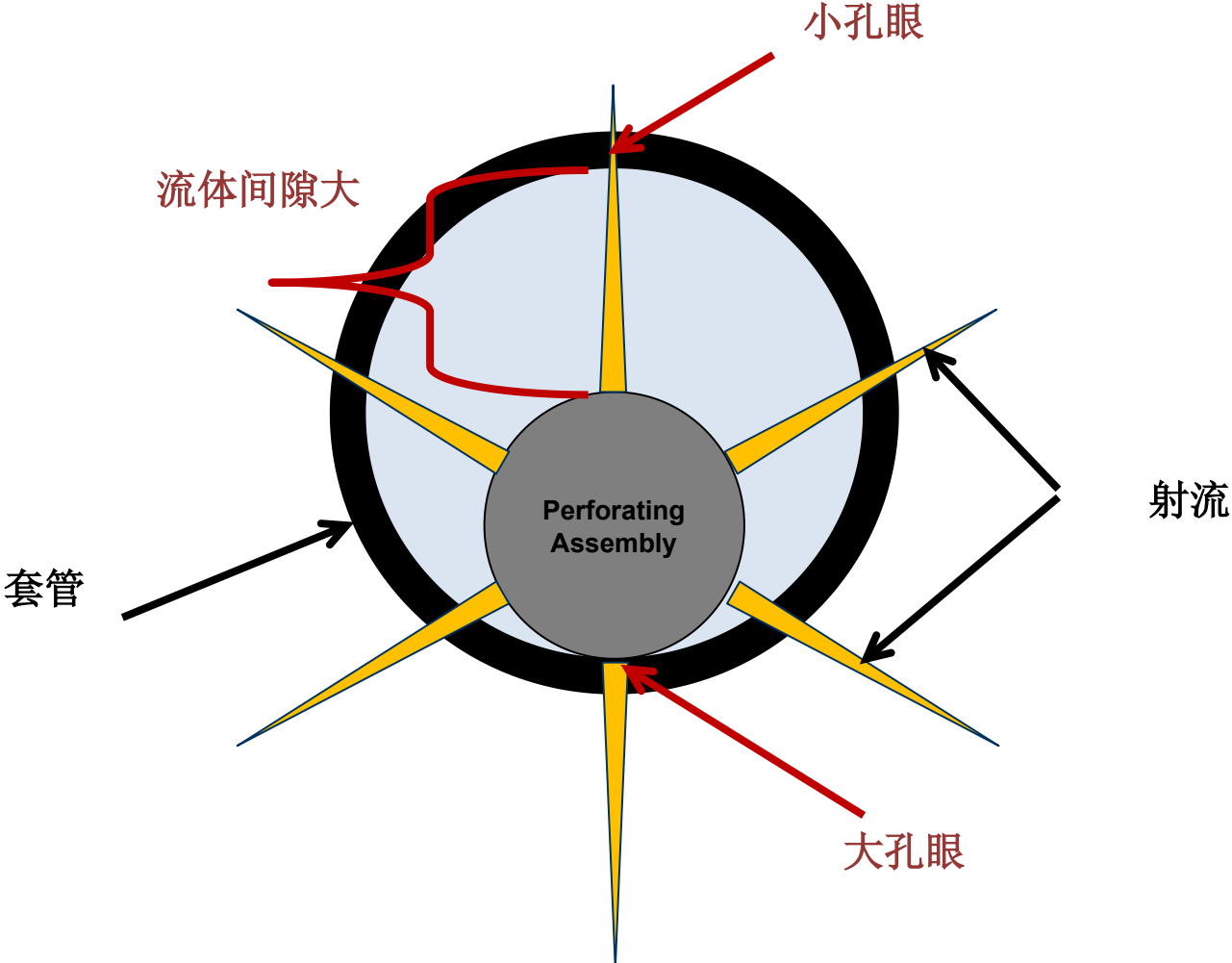
# 射孔孔眼一致性是整个行业的需求

---

- 作业者的想法
  - 井下记录相机
    - 实际井况与预想不同– 设想的增产无法实现
    - 侵蚀意味着更大孔眼和更多流体– 无法达到最优情况
  - 液体分布不均
    - 无法完全利用所有射孔
    - 增压缓慢
    - 在达到所需压力之前，地层带来更多流体
    - 需要更高压力

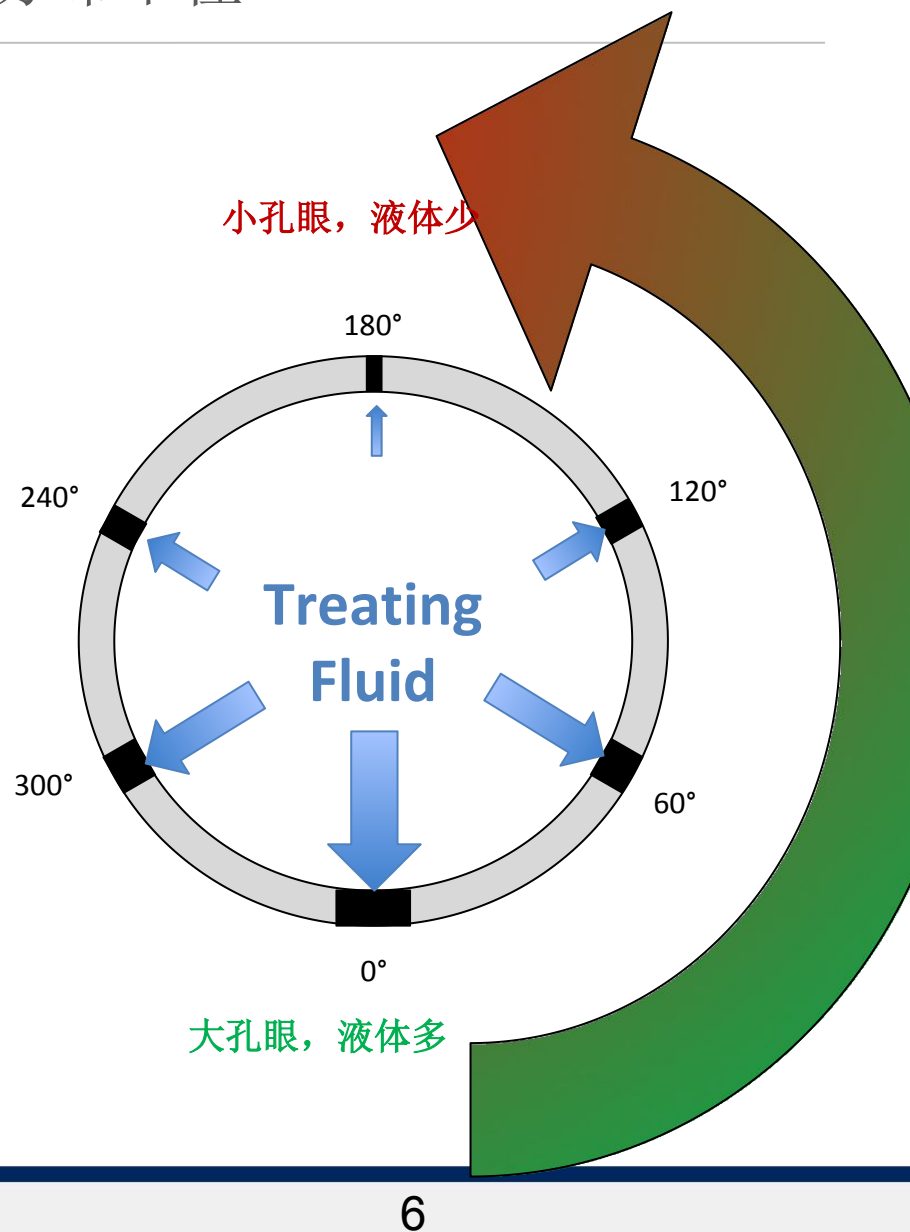
# 传统技术导致的孔眼一致性大幅变化

## 非扶正器射孔



## 孔眼大小不一带来的影响: 流体分布不佳

- 液体势必流向大孔眼
- 消耗压力
- 小孔眼更加狭小

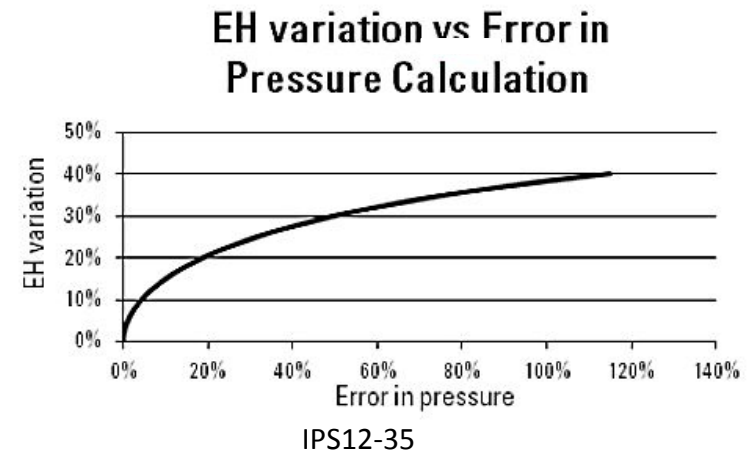


# 传统3-3/8” Assy., 23gm射孔弹用于 5-1/2” 23# P-110套管

	Hole Dia. [inches]	Flow Area [inches <sup>2</sup> ]
Plan	0.36	0.10
Actual Range	0.52-0.24	0.21-0.05
Actual Variation*	35.7%	63.8%

预计孔径  $\neq$  实际孔径

射孔操作不当与计算失误



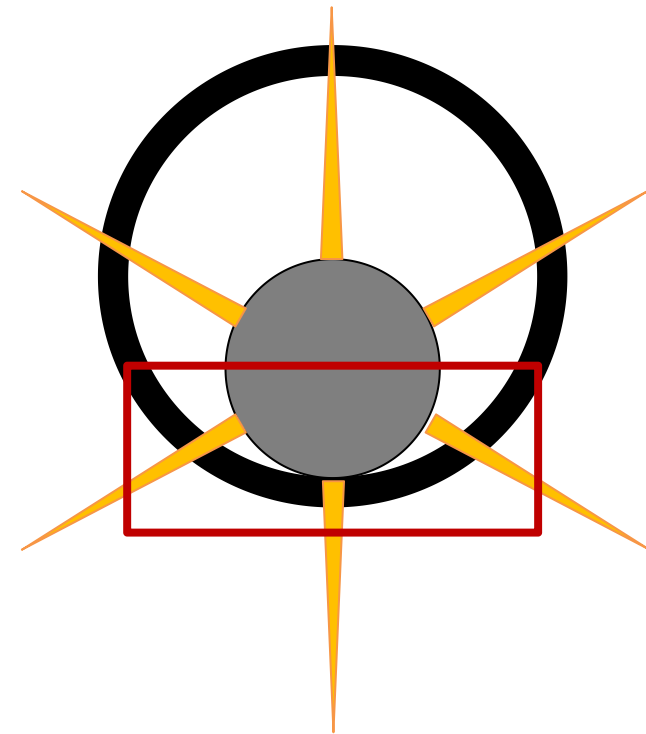
\*Variation is calculated as Coefficient of Variation

# 传统3-3/8” Assy., 23gm射孔弹用于 5-1/2” 23# P-110套管

80% 液体面积来自于  
50% 的射流

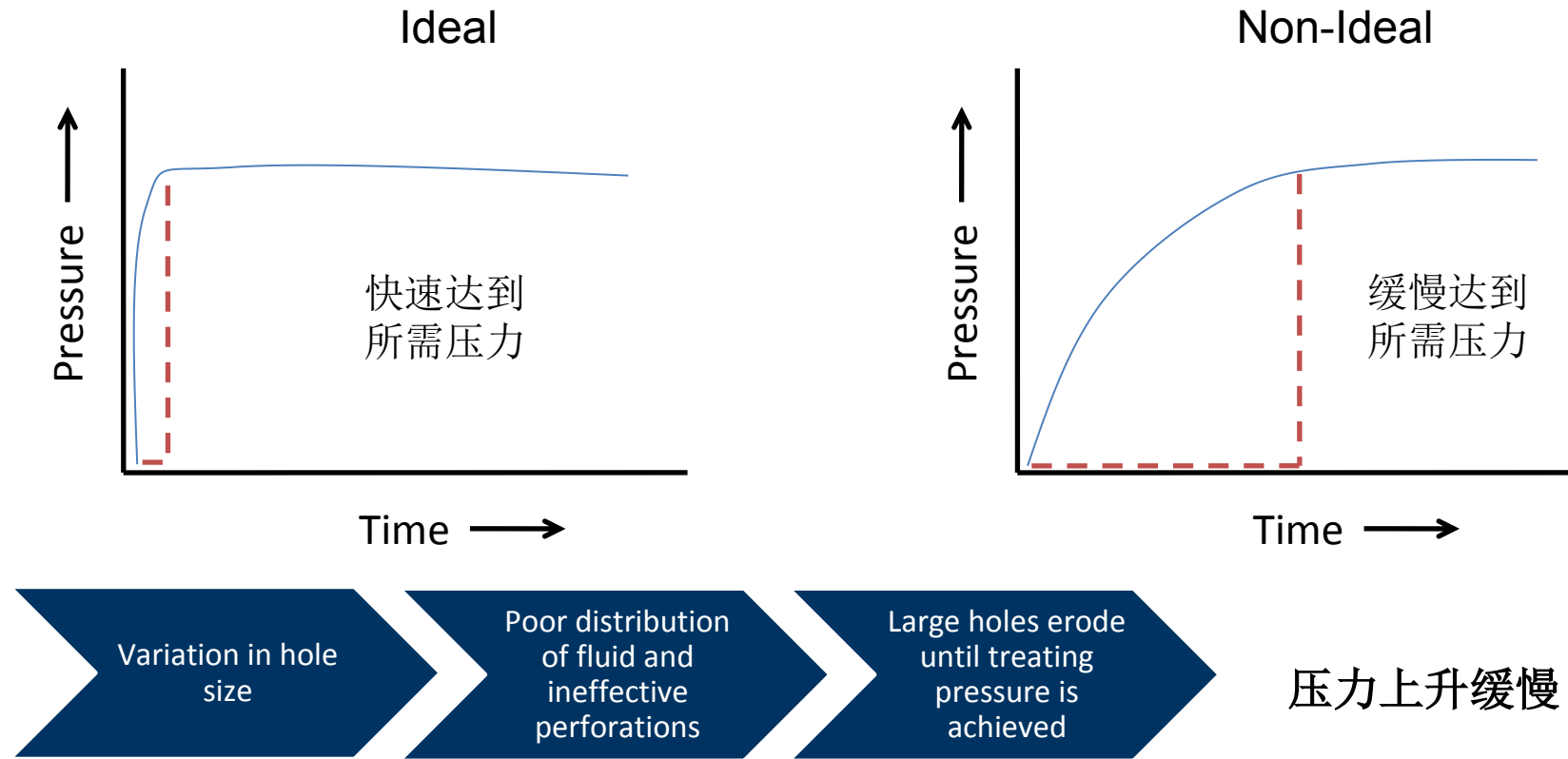
## 传统射孔弹

Phase [Deg.]	Clearance [inches]	Hole Dia. [inches]	Flow Area [inches <sup>2</sup> ]
0	0.2	0.52	0.21
60	0.5	0.46	0.17
120	1.1	0.25	0.05
180	1.5	0.24	0.05
240	1.1	0.25	0.05
300	0.5	0.46	0.17





# 孔眼不一致的影响：对压力的侵蚀



射孔效果不佳

来自作业者的井况数据报告

## 孔眼大小不一致的影响：计划

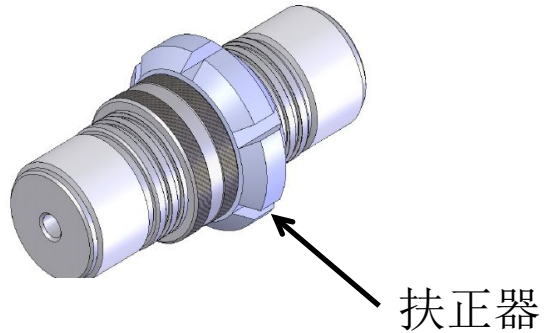
---

	计划	实际
孔眼大小	一致	极其不一致
流体接触面积	一致	极其不一致
流体情况	统一	不统一
升压情况	快速	缓慢
增产情况	理想	不理想

---

# 实现孔眼一致性最佳方法

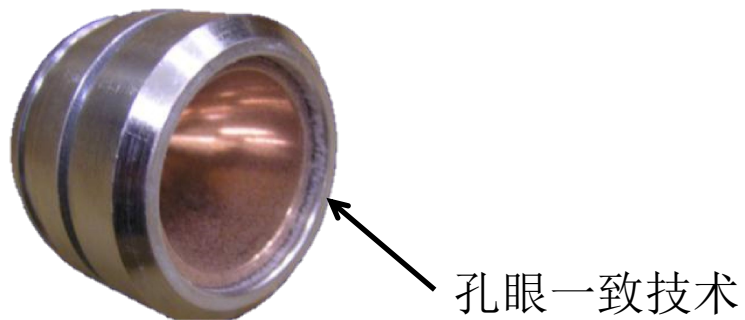
## 方法 1



### 扶正器射孔组合.

- 并不是任何时候都适用
- 并不是完全扶正，只是有所改进
- 需要在工具串上额外增加

## 方法 2



### 使用现有的孔眼一致弹

- 单发可以优化所有液体间隙
- 在大部分环境下都不用定位

## 设计目标

---

- 减少孔眼不一致，变化率从**35%**减少到**5%**
- 减少与液体接触面积的变化率，从**63%**降低到小于**10%**
- 适用于多种增产井况

## 实现孔眼一致性

---

- 非传统的设计角度
  - 传统: 为API RP19B Section 1设计, 满足液体间隙小的井况环境
  - 非传统: 适用于更多环境下的液体间隙, 符合实际井况环境

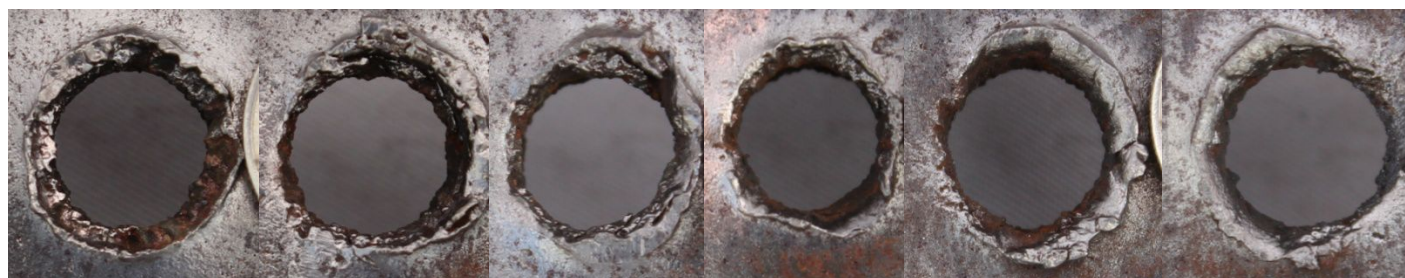
## 实现孔眼一致性

---

- 专用的射孔弹设计，可以实现独特的、各向同性的多点能量分布
- 专业的质量控制测试，保证适用于各种流体间隙
- 完整的射孔系统设计

# 3-3/8" Assy., 23gm 射孔弹 in 5-1/2" 23# P-110 套管

孔眼一致性的射孔弹



Flow Area  
Variation

**7.8%**

Phase	0°	60°	120°	180°	240°	300°
Clearance	0.2 in	0.5 in	1.1 in	1.5 in	1.1 in	0.5 in

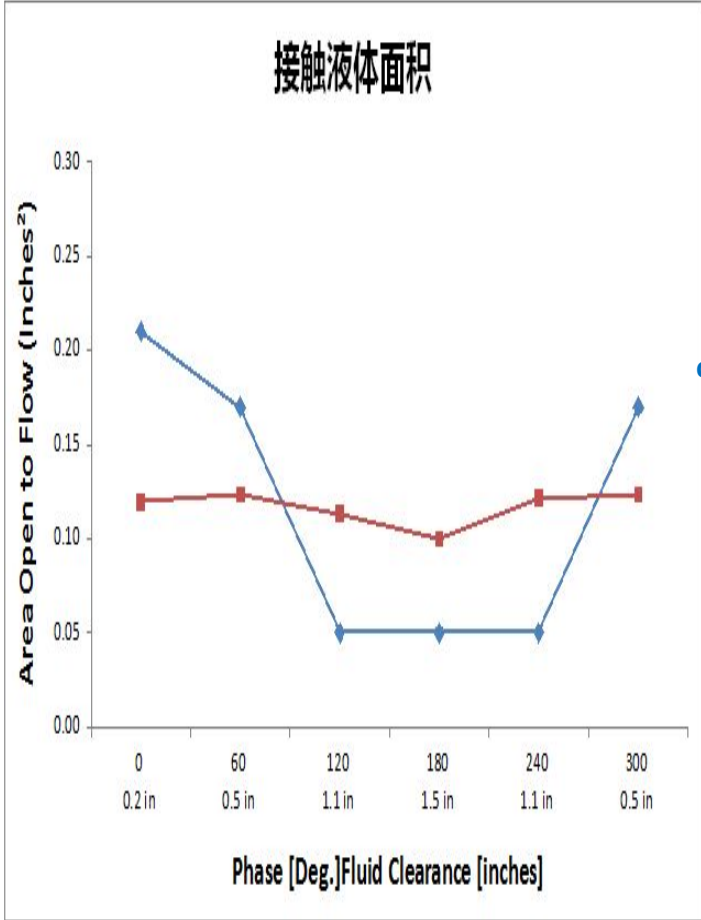
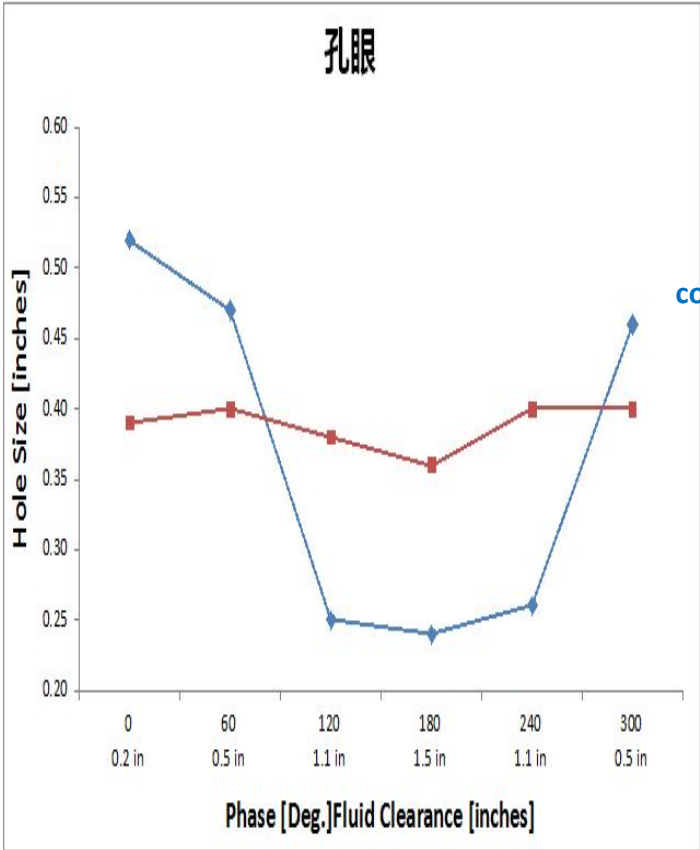


Flow Area  
Variation

**63.8%**

传统

# 3-3/8" Assy., 23gm射孔弹in 5-1/2" 23# P-110 套管





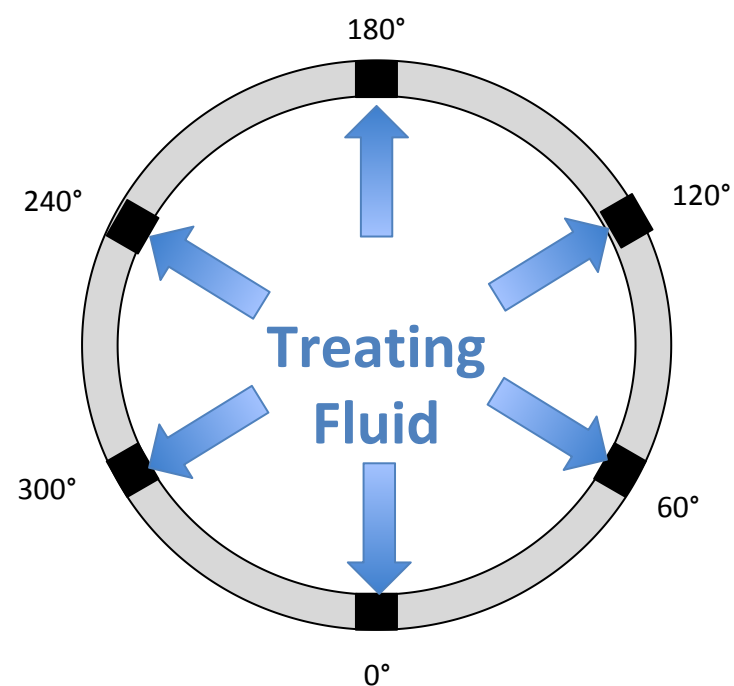
## 3-3/8" Assy., 23gm 射孔弹 in 5-1/2" 23# P-110 套管

		传统		孔眼一致型	
Phase Fluid Gap		Avg. Hole Dia.	Area	Avg. Hole Dia.	Area
[Deg.]	[inches]	[inches]	[inches <sup>2</sup> ]	[inches]	[inches <sup>2</sup> ]
0	0.2	0.52	0.21	0.39	0.12
60	0.5	0.46	0.17	0.40	0.12
120	1.1	0.25	0.05	0.38	0.11
180	1.5	0.24	0.05	0.36	0.10
240	1.1	0.25	0.05	0.39	0.12
300	0.9	0.46	0.17	0.4	0.12
Avg.		0.36	0.12	0.39	0.12
<b>Variation</b>		<b>35.7%</b>	<b>63.8%</b>	<b>4.0%</b>	<b>7.8%</b>

孔眼一致型射流分布均匀

## 3-3/8" Assy., 23gm 射孔弹 in 5-1/2" 23# P-110 套管

- 优化第一步 – 计划可以与现实对等
- 每次射孔效率高
- 液体分布均匀
- 每个射流一致
- 快速达到所需压力
- 理想的增产效果



## 现有的孔眼一致性作业

---

- 案例分析/现场测试-来自许多作业者
  - 通过井下摄像, 可以看到真实的孔眼情况
  - 通过井下摄像, 证实侵蚀减少
  - 有效增产, 提高压力和生产信息
- 井筒压力和流体密度对孔眼大小变化的影响
  - 现场测试
  - 地面射孔系统压力测试

## 小结

---

- 在无需安装扶正器的情况下，新技术可以保证孔眼一致和液体接触面积
- 射孔效果更好，增产效果更理想

**增产: 计划 = 实际**

## 参考文献

---

- IPS-2014 Schlumberger Fracture Initiation from Perforations. (A. Martin/ H. Williams)
- SPE 114173 Stimulating Unconventional Reservoirs: Maximizing Network Growth and Optimizing Fracture Conductivity (N.R. Warpinski)
- SPE 127986 Optimizing Fracture Spacing and Sequencing in Horizontal-Well Fracturing (N. Roussel)
- SPE 138425 Improving Production in the Eagle Ford Shale with Fracturing Modeling, Increased Conductivity and optimized Stage and Cluster Spacing Along the Horizontal Wellbore (L. Bazan)
- MENAPS 13-02 Perforating Carbonates (A. Martin)
- SPE 152596 Hydraulic Fracturing 101: What Every Representative, Environmentalist, Regulator, Reporter, Investor, University Researcher, Neighbor and Engineer Should know About Estimating Frac Risk and Improving Frac Performance in Unconventional Gas and Oil Wells (G.King)