



低成本，高效率热合成气脱硫技术

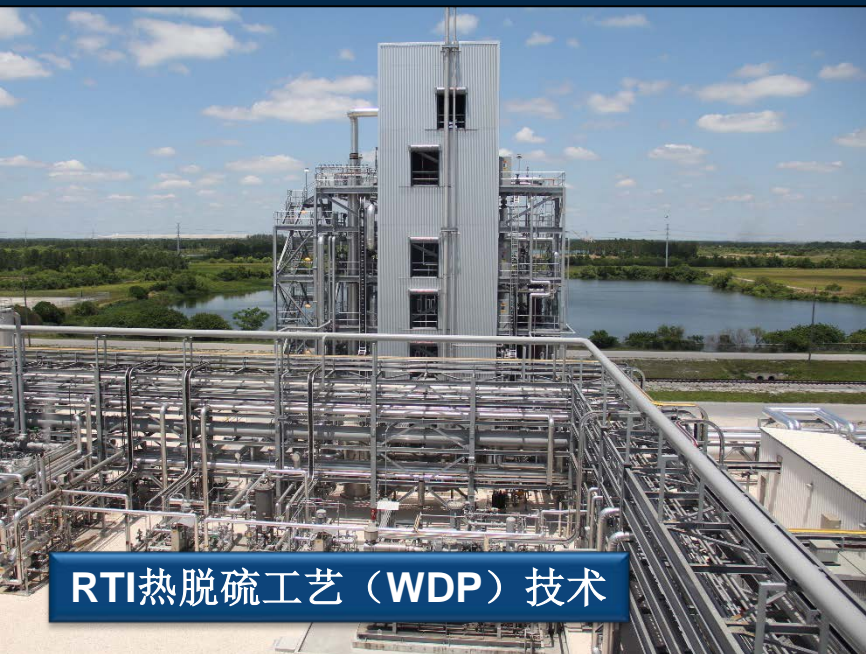
A Low-cost, High-Efficiency Acid Gas Removal Technology using Warm Gas Desulfurization

5th International Conference of OMB Coal Gasification Technology

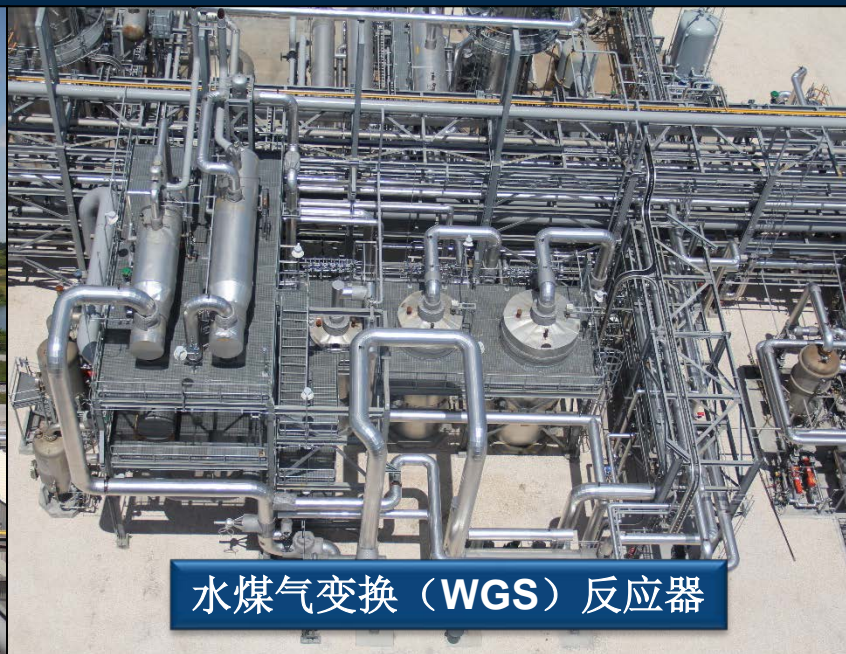
Nanjing, China

David Denton, Raghubir Gupta, Shaojun James Zhou

November 7, 2016



RTI热脱硫工艺 (WGD) 技术



水煤气变换 (WGS) 反应器

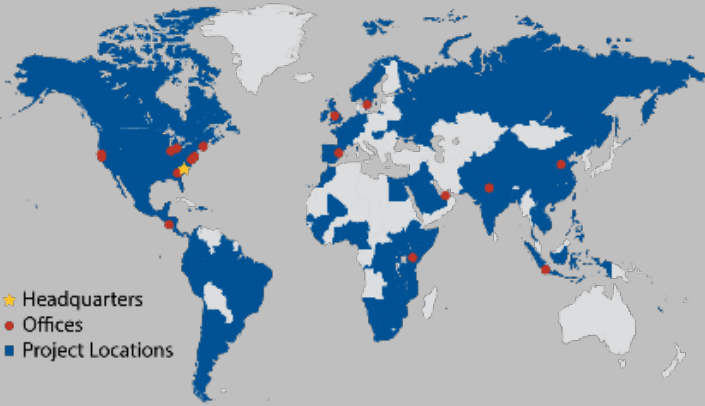


aMDEA® CO₂捕获

RTI International - Energy Technology Division

RTI International

Turning Knowledge Into Practice



One of the world's leading research organizations

4,150 staff

Work in 75 countries

3,680

Active projects

Scientific staff

Highly qualified with tremendous breadth

\$831.5 million

Research budget

Energy Technologies

Developing advanced process technologies for energy applications by partnering with public/private leaders

Syngas Processing/
Clean Coal

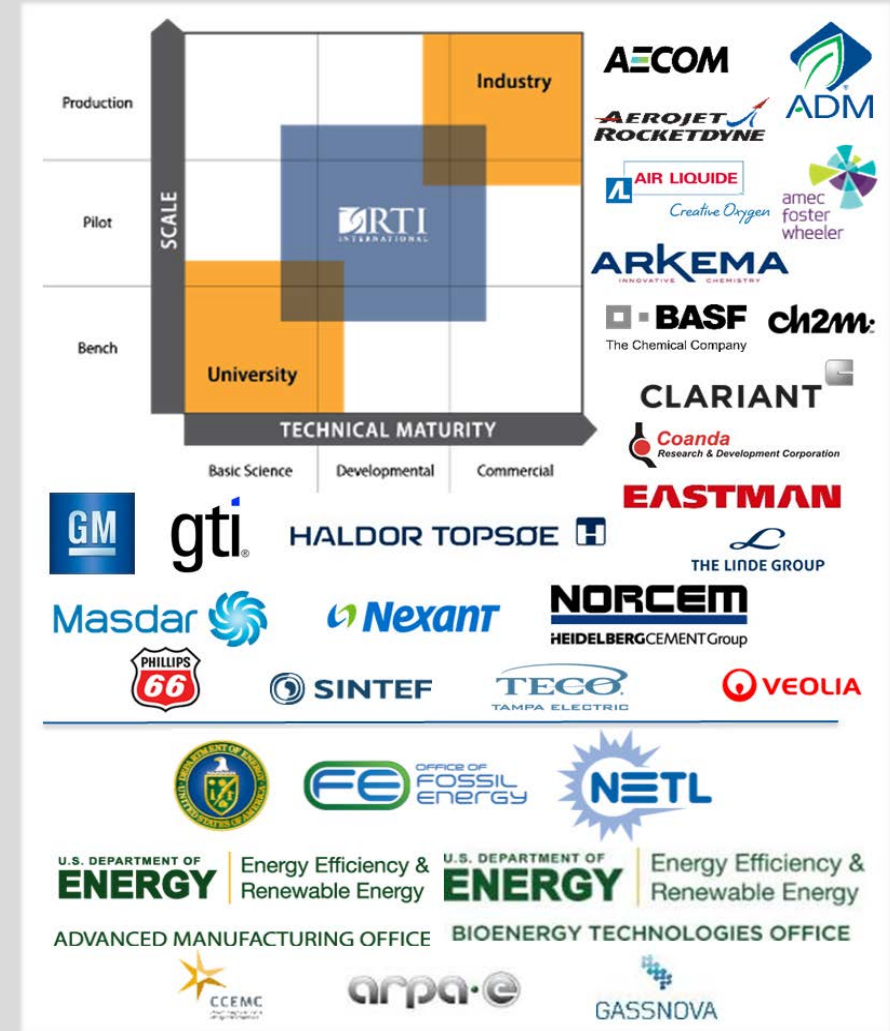
Natural Gas

Carbon Capture &
Utilization

Industrial Water

Biomass Conversion

Emerging Technologies

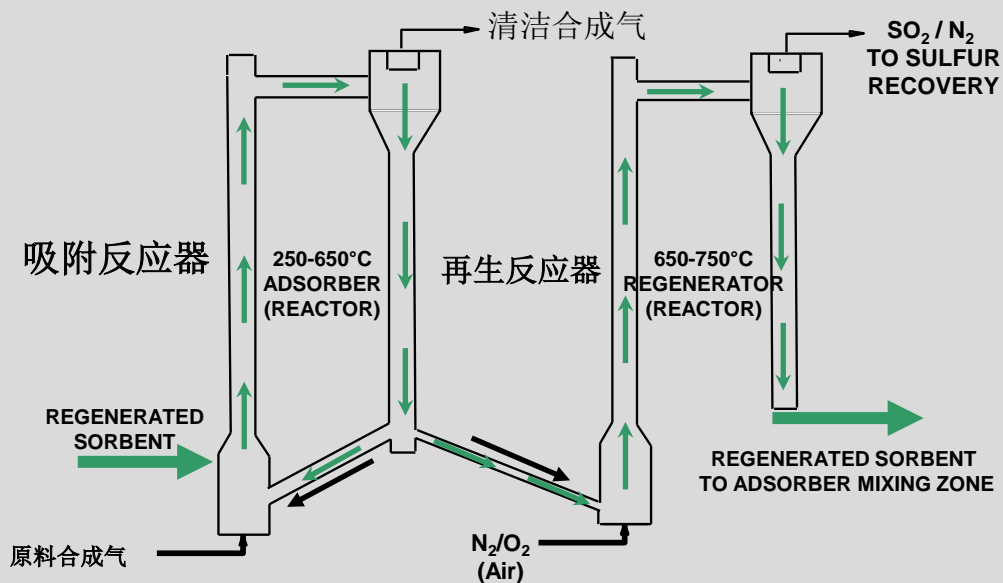


RTI热合成气脱硫工艺 (WDP) - 概述

可在高温下 (650°C) 从合成气除去高达99.9%的总硫杂质

基于双传输反应器的独特工艺技术 (类似于 FCC反应器设计) ...)

... 和基于可再生, 高容量, 快速, 高耐磨耗吸附剂。



RTI专有脱硫吸附剂

- R&D 100奖
- 独特, 高度分散的纳米结构
- 与科莱恩公司长期合作生产专有脱硫吸附剂 (到目前为止, 约生产了100吨)
- 拥有广泛的美国和国际专利, 涵盖了最新的一些改进

成功的将WDP从实验室方大到大规模预工业化测试



发明(2001)

- 高耐磨性
- 专有的吸附剂



实验室/小试(2001-2003)

- RTI International, NC
- 概念验证和建模



中试(2006-2008年)

- 伊士曼化工有限公司, TN > 3000小时, 煤合成气



预商用-合成气净化及CO₂捕集(2010-2016)

- 坦帕电力有限公司, 波尔克1 IGCC电站, 50兆瓦的规模, 大于3500小时, 煤/石油焦合成气

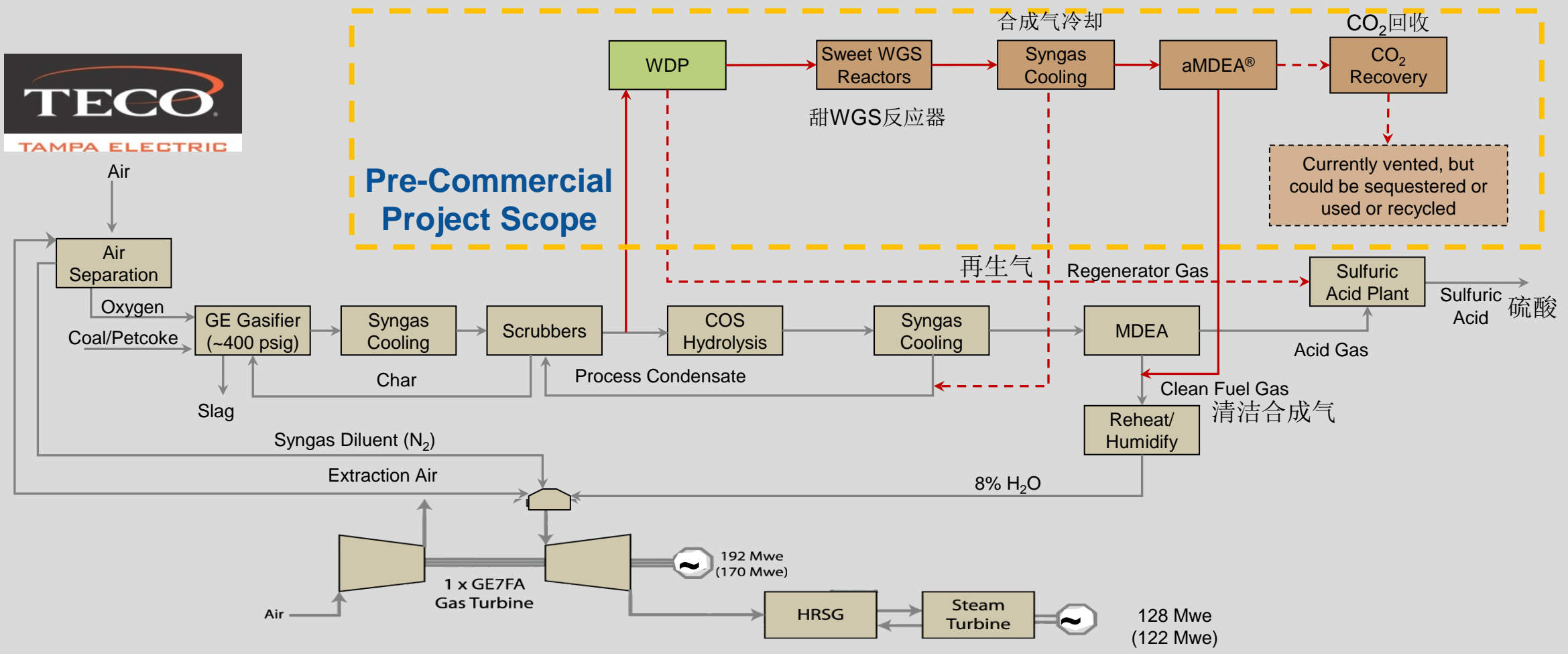
RTI的热合成气脱硫技术：50兆瓦的预工业化测试项目



aMDEA[®] = activated amine carbon capture process of BASF

WGS = water gas shift process

合成气净化和碳捕获系统与坦帕电气公司波尔克1 IGCC系统组合



20%气流 (~50MWe) 预商业规模测试使WDP技术可直接工业化。
 WDP测试设备处理量为Polk 1气化器的约2MMscfh (~60,000Nm³/hr) 的合成气





RTI's Unique Breakthrough Warm Gas Cleanup Technology

RTI独有的突破性热合成气体净化技术

RTI热合成气体净化（WDP）预工业化测试项目绩效



- 施工按计划和低于预算完成。
- 约60万总工时，除了几个小伤外，没有工伤事故。
- 复制了以前的实验室和中试规模结果。
- WDP装置在其设计合成气进料速率和设计硫进料速率以下和以上成功操作。
- 即使在入口合成气总硫含量高达14,000 ppmv 时，WDP装置仍可去除高达99.9%的总硫含量（超过设计水平40%）。
- 离开aMDEA®二氧化碳捕获块的清洁合成气总硫含量可低至100ppbv，总硫去除率为~99.999%。
- 微反应器测试显示，清洁的合成气用商业FT（Fe-和Co-基）和甲醇催化剂在几百小时内没有催化剂失活的显著迹象。

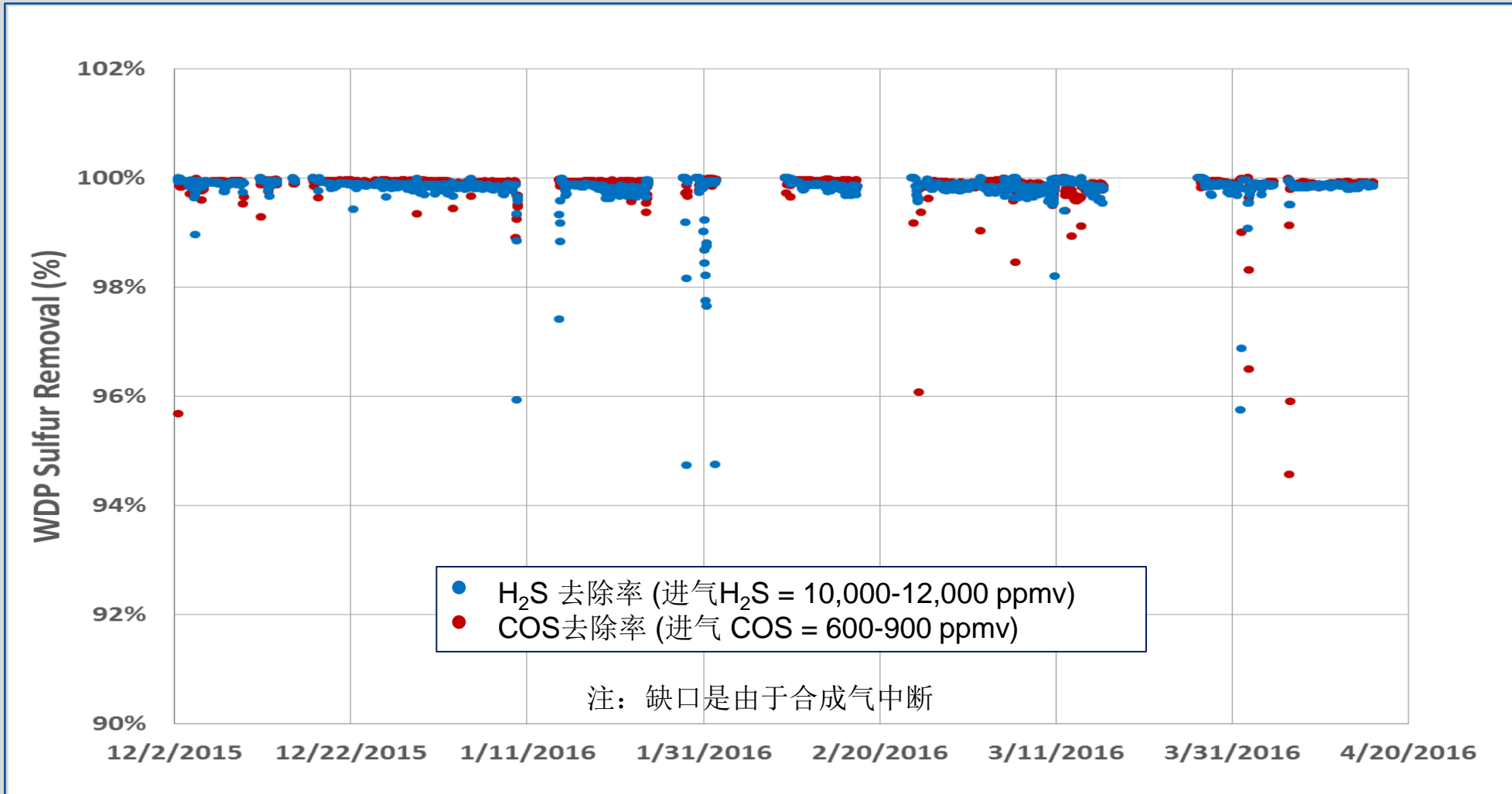
RTI热合成气体净化（WDP）预工业化测试项目绩效



- 吸附剂的磨损率比设计期望的更好（低）。
- 脱硫剂的硫容量是稳定的-没有观察到显著的失活。
- RTI实现> 3500的WDP总气运行小时，> 2000小时对WDP + aMDEA二氧化碳捕集, 和~ 700小时的WDP + WGS + aMDEA。
- 中试和预工业示范规模测试项目完成了大约7000小时的总合成气操作，满足了工业部署需要。
- WDP的总在线率高达93%，并且确定了设计可改进使未来工业化工厂利用率高于93%。
- RTI与工业伙伴合作，今年内将在世界各地提供工业化WDP技术（通过许可证）和吸附剂（通过销售）。

预工业化测试厂结果：持续的高总硫去除率（H₂S和COS）

四个月的WDP测试



RTI热合成气净化技术的价值驱动要素



Graphics Source:
Eastman Chemical Co.

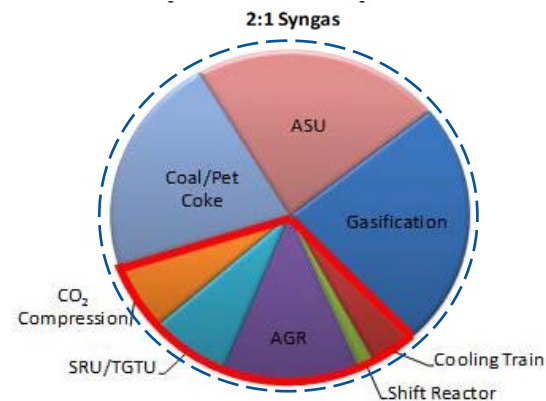
转换为清洁电力，
直接还原铁，
或化学品/燃料

合成气净化是一个主要的成本因素

提高效率可降低成本的所有要素

RTI技术可降低成本，并提高效率！

Typical Capital Cost Breakdown



技术经济分析：合成气净化设计案例

化学品（如甲醇）基础案例：

酸性水煤气变换WGS + 合成气冷却 + Rectisol® AGR + Claus / SCOT® SRU

IGCC发电基础案例（有或没有CC）：

酸性水煤气变换WGS + 合成气冷却 + Selexol® AGR + Claus / SCOT® SRU

（单级Selexol®用于IGCC，无CC，二级Selexol®具有CC）

RTI WDP案例：

WDP + 甜水煤气变换WGS + 合成气冷却 + CC * + 改性Claus / DYNAWAVE® SRU

* 二氧化碳捕集(CC) WDP案例的选项：

- Rectisol® 低温甲醇洗®（冷甲醇，Linde/Lurgi）
- Selexol™（depg溶剂，UOP）
- 活性胺（例如，巴斯夫aMDEA®）

Acronyms:

AGR = acid gas removal

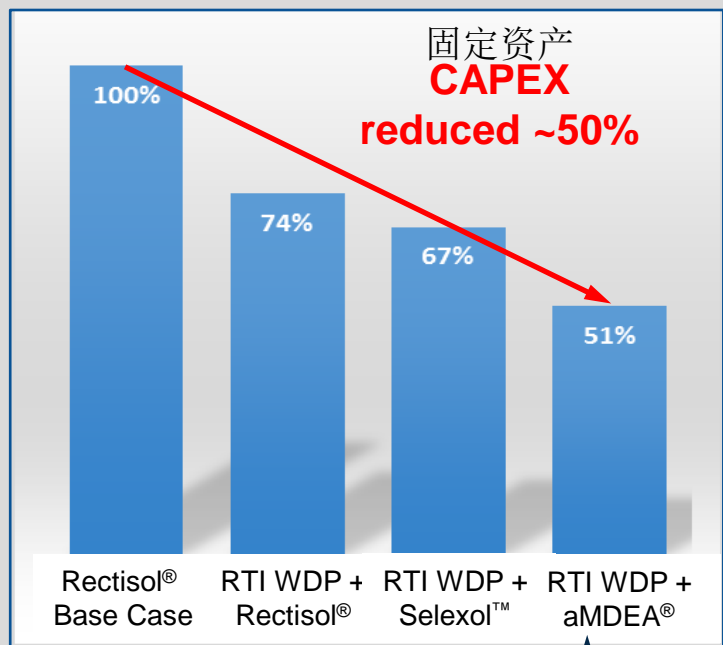
CC = carbon capture

WGS = water gas shift

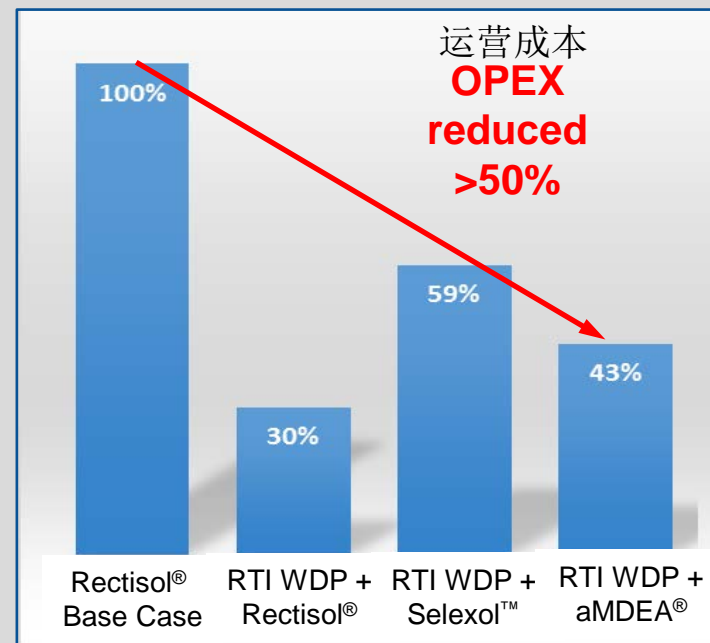
SRU = sulfur recovery unit

RTI WDP显著降低投资和运营成本！

技术经济分析（TEA）：**煤制甲醇案例**
(2x300-MWequiv Shell型固体进料气化器，神华混合或PRB煤)



RTI WDP改善了所有碳捕获选项的投资和运营成本，但是当与活性胺偶联时最佳



Non-labor, non-feedstock operating costs

Technology used in RTI Demo Plant

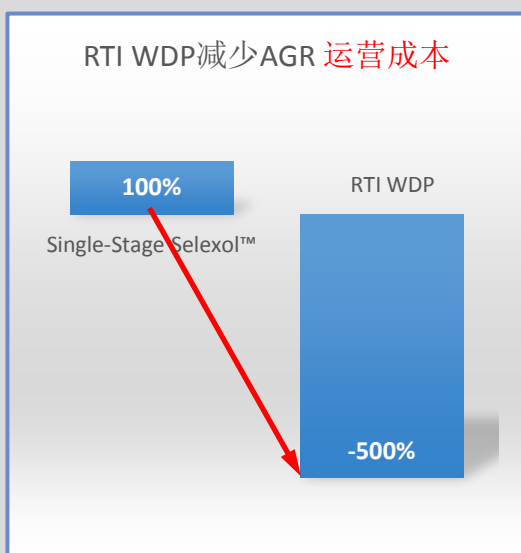
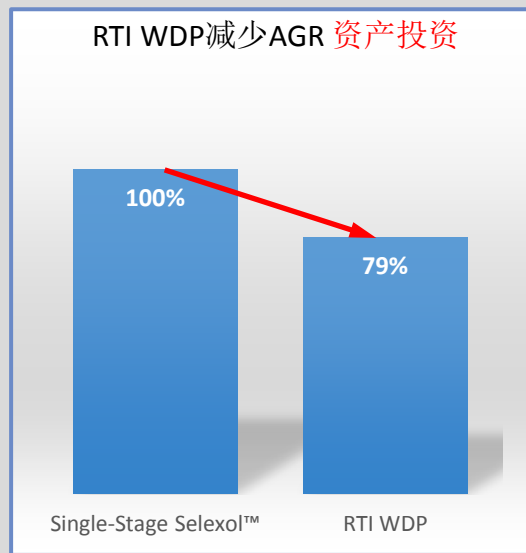
显著

上图显示的只是合成气清洁块资本的降低率，并不包括整个系统由于更高的WDP合成气清洁效率可能得到的资本降低率

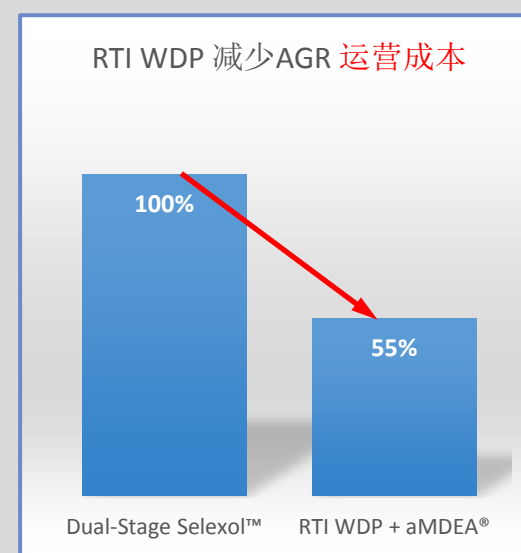
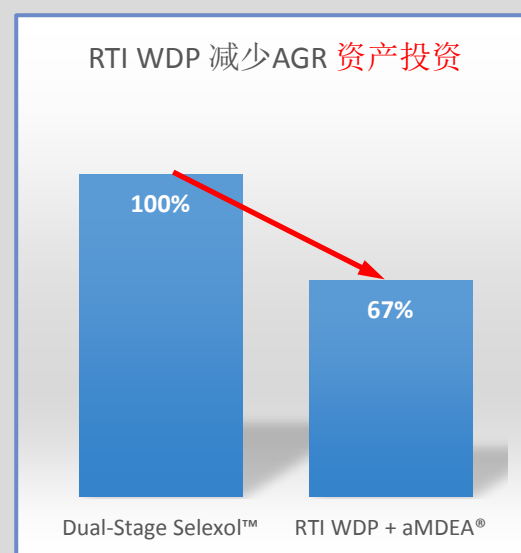
RTI WDP显著降低投资和运营成本!

技术经济分析 (TEA): **IGCC发电基础案例**
(2x300-MWequiv Shell型固体进料气化器, 神华混合或PRB煤)

IGCC 无二氧化碳捕集



IGCC 90%二氧化碳捕集



上图显示的只是合成气清洁块资本的降低率, 并不包括整个系统由于更高的WDP合成气清洁效率可能得到的资本降低率。Nexant先前的研究表明, 在没有碳捕获的IGCC应用中, RTI的热合成气净化技术的资本支出/KW, LCOE和总体效率方面具有显著(10-15%或更多)的优势。

RTI WDP技术的优点

- RTI WDP是一个独特的在较高温度的下，基于固体吸附剂的合成气净化技术，同时具有：
 - 较低的资本成本（少20-50%），
 - 较低的非劳力、非原料经营成本（可达30-50 + %以下），
 - 提高了整个过程的效率（高达10 + %），
 - 通过去耦脱硫和二氧化碳捕获增进过程的灵活性，和
 - 是一个广泛，经济适用的合成气净化技术

Typical/Suitable Applications	Amines	Selexol™	Rectisol®	RTI WDP + CC (e.g., aMDEA®)
IGCC (without CC)	✓	✓	✗ (too expensive)	✓
IGCC (with CC)	✓	✓	✗ (too expensive)	✓
H ₂ or NH ₃ /Urea	✗ (not capable)	✓	✓	✓
Chemicals (e.g., MeOH, F-T, SNG)	✗ (not capable)	✗ (not capable)	✓	✓

CC = Carbon Capture

- RTI的WDP示范项目很成功，现在此技术可进入工业使用！RTI与工业合作伙伴合作，提供技术并提供用于工业规模部署的吸附剂

QUESTIONS?

Contacts: David L. Denton
Sr. Director, Business Dev.
Energy Technology Division
RTI International
ddenton@rti.org
919-485-2609 (work)
423-384-6217 (cell)

Shaojun James Zhou
Director, Energy Technology
Energy Technology Division
RTI International
szhou@rti.org
919-485-2601 (work)
919-564-9319 (cell)

Raghubir Gupta
Global Head
Energy Technology Division
RTI International
gupta@rti.org
919-541-8023 (work)
919-889-7183 (cell)