

# TREMP™ 实现固体燃料向代用天然气 ( SNG ) 的转化

研发 | 技术 | 催化剂





# 托普索循环节能 甲烷化工艺

**简介**

天然气是一种清洁环保的能源，预计今后几十年其将在世界能源消耗中的比重将日益增大。天然气储量足以满足未来预测需求。但是，天然气通常必须经过长距离输送才能从气井到达消费者手中。

这一物流难题可以通过运输液化天然气 (LNG) 加以解决。然而，这种液化和运输需要花费相当大的成本，使用相当多的能源。

此外，天然气是一种价格波动非常大的能源，这使得用煤、石油焦、生物质或废料生产天然气具有经济吸引力。

稳定且安全的民用能源的显著优点进一步增强了许多国家使用煤、石油焦、生物质或废料作为能源的兴趣。这些原材料转化出的气体适用于现有天然气管网，这就解决了使用固体燃料作为通用能源的输送问题。

托普索公司 (Haldor Topsøe) 提供一种独特的低成本技术，可采用便宜的含碳原料生产代用天然气 (SNG)。代用天然气 (SNG) 富含甲烷，不仅可以与天然气互换使用，而且可以采用相同方法进行输送。

- 如图1所示，煤通过几道工序转化为代用天然气。
- 煤、石油焦、生物质或废料的气化工序，生产富含氢气和一氧化碳的气体
  - 变换工序，调整氢气与一氧化碳之间的比例
  - 酸性气体脱除工序，洗脱二氧化碳和硫化氢
  - 甲烷化工序，将碳氧化物和氢气转化为甲烷 (SNG)，然后干燥，并可能将产品SNG压缩为适于管道输送条件
  - 制氧工序，以供气化工工艺的空分装置使用
  - 硫回收工序，回收来自酸性气体脱除装置的含硫气体，例如在托普索湿法硫酸 (WSA) 装置中将硫转化为浓硫酸

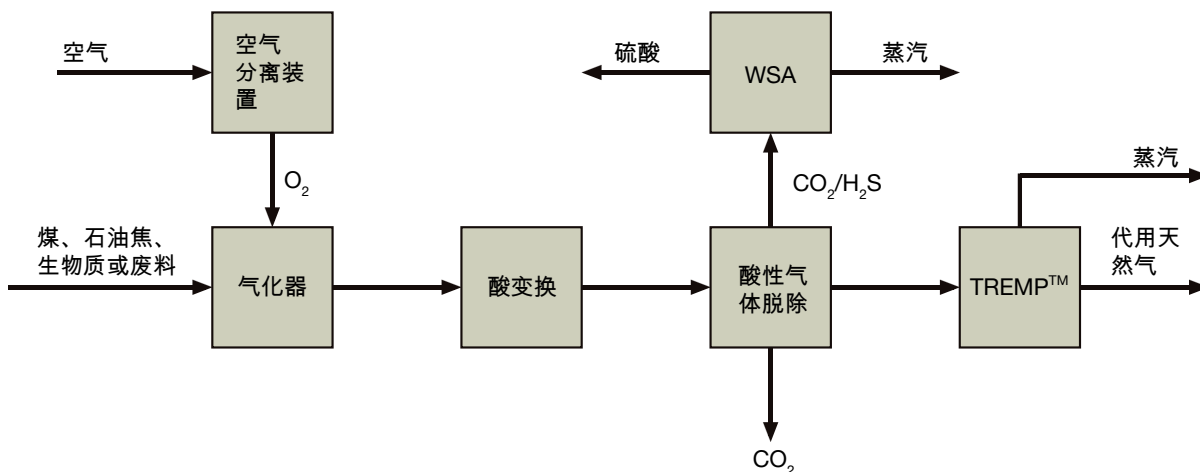
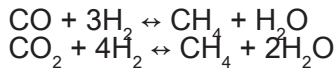


图1：气化工艺：由煤、石油焦、废料或生物质转化为代用天然气 (SNG)

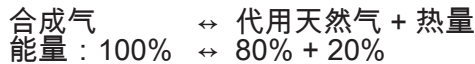
### 什么是甲烷化？

甲烷化是碳氧化物与氢气按照下式反应形成甲烷：



以上两个反应均为强放热反应，释放大量的反应热。反应热可达到合成气体热值的20%左右，高效回收这些热量对于任何工业甲烷化技术都十分关键。

如下：



### 什么是TREMPTM？

TREMPTM代表

托普索循环节能甲烷化工艺。

TREMPTM工艺技术将热量回收成为高压过热蒸汽，最高效地解决了热量回收这个本质问题。这种技术要求在高温下回收反应热。

TREMPTM采用独特的托普索MCR甲烷化催化剂系列产品，该系列产品在250-700°C (475-1,300°F) 这一较宽的温度范围内具有高而稳定的活性。简而言之，MCR的特性带来以下优点：

- 反应热被回收成为高压过热蒸汽，蒸汽直接用于蒸汽轮机
- 托普索MCR催化剂的温升很大，因此循环比非常低，节省了能源并降低设备成本

托普索 TREMPTM装置为量体裁衣的设计，使其设计得到优化，并节省成本。本技术是内部研发、催化剂开发和热动力学以及深入机械专业技术的结晶。

### 产品

TREMPTM技术生产的天然气适合各种管道规格，确保产品易于输送。典型的规格见表1。

CH <sub>4</sub> 的摩尔百分比	94-98
CO <sub>2</sub> 的摩尔百分比	0.2-2
H <sub>2</sub> 的摩尔百分比	0.05-2
CO的摩尔百分比	<100 ppm
N <sub>2</sub> + Ar的摩尔百分比	2-3
高热值，KJ/Nm <sup>3</sup>	37,380-38,370
高热值，Btu/scf	950-975

表1：TREMPTM技术生产的代用天然气典型规格

### 高压过热蒸汽

托普索 TREMPTM技术可确保非常有效的热量回收。甲烷化反应释放的热量中高达85%都以高压过热蒸汽形式被回收。

典型过热蒸汽特性：

100 巴 表压/540°C ( 1450 psig/1000°F )

典型产出蒸汽约3.0-3.5 kg/Nm<sup>3</sup>

( 0.18-0.21 磅/标准立方英尺 ) 代用天然气，只有少量能量由水冷却而带走，如图2所示。

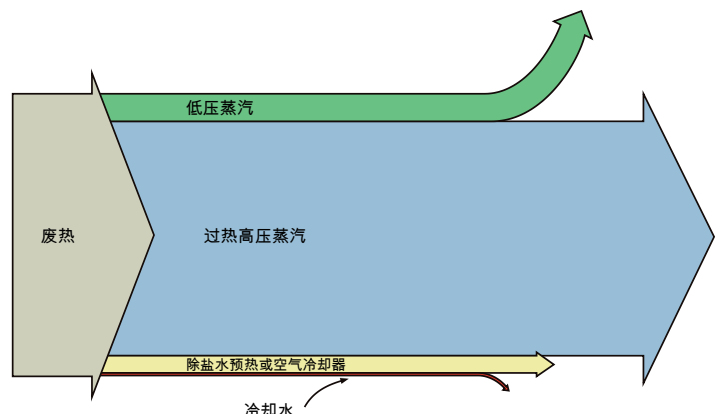


图2：TREMPTM的热量回收。

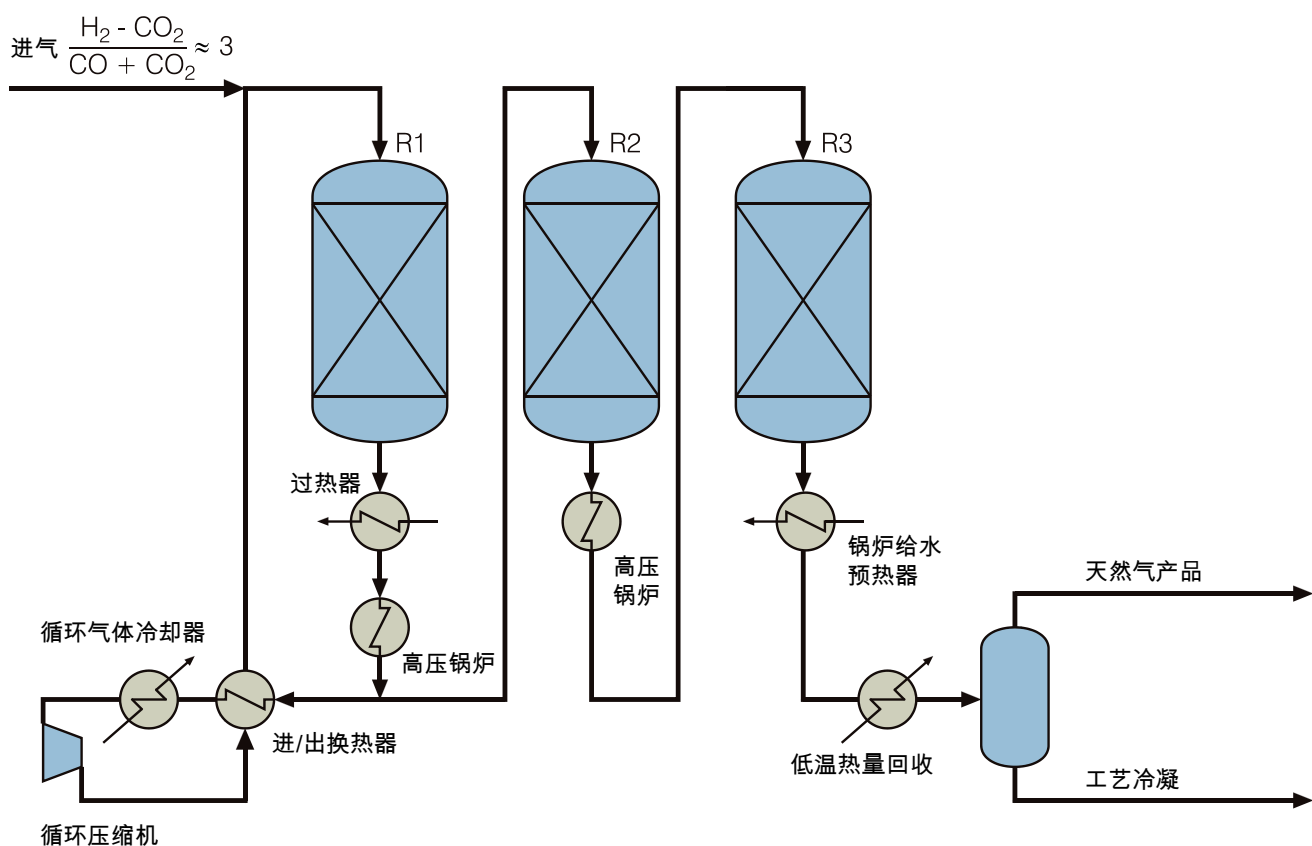


图3：托普索 TREMP™ 技术举例。

### TREMP™ 工艺说明

甲烷化装置的上游工艺步骤的设计用途是，根据甲烷化反应，向气体中的碳氧化物提供接近化学计量比的氢气。

TREMP™ 工艺反应在绝热固定床反应器中发生。反应热导致很大的温升，第一甲烷化反应器中的温升通过循环得到控制。

为了尽量降低能耗，我们优化了TREMP™ 工艺，最小化了循环量。之所以能做到这一点，是因为MCR催化系列具有独特的高温稳定性。

过热高压蒸汽的产生使离开第一反应器的气体被冷却。然后气体进入后几级甲烷化反应，如图3所示。反应器的台数和工艺配置取决于具体的应用。托普索将与客户保持沟通，提出针对每个项目的最佳工艺布局建议。

## 高温甲烷化催化剂——MCR

作为一家同时提供自行开发的催化剂及其技术的公司，托普索在优化工艺方面占有独特的地位。高温甲醇化催化剂MCR的开发优化了催化剂的技术特性，如能效高、压降低等。催化剂的使用时间超过40,000小时，验证了其长期稳定性。



## 低温甲醇化催化剂——PK-7R

在“气体净化”反应器中使用高活性和高稳定性的PK-7R催化剂，使得操作可以在低温下进行，确保了最大的碳化物转化率。PK-7R具有极高的热稳定性并且可以在高达450°C (840°F) 的温度下工作。PK-7R催化剂为环形，与传统球形或柱形甲烷化催化剂相比，压降可减少50%。



## TREMP™的实际应用经验

TREMP™技术的操作经验可以追溯到20世纪70年代末，进行了大量的中试验证，确保该技术能够进行大规模应用。

该工艺的验证已经在各种半商业化规模工厂中进行，以现实工业条件为基础，生产200-2000Nm<sup>3</sup>/h (7.5-75 MSCFH) 代用天然气（这表示反应器直径是唯一的比例放大参数）。MCR催化剂还分别在托普索公司试验装置以及德国Union Kraftstoff Wesseling (UKW)协会的试验工厂中进行了独立的测试。同一批催化剂在试验装置上的最长运行时间达10,000小时，这证明MCR是一种非常稳定的催化剂。



图4：可生产200 Nm<sub>3</sub>/h代用天然气产品的TREMP™半商业反应器

## 结论

托普索公司提供的TREMP™甲烷化技术包括了专有MCR系列催化剂，该催化剂的工作温度范围宽，在250°C至700°C (475-1300°F) 之间。该催化剂使我们的TREMP™技术具有在高温下回收反应热的独特特性，使TREMP™技术成为最高效的代用天然气生产技术。

成千上万小时的验证给设计打下了坚实的基础，可以为每一种特定原料气设计与其相适合的优化工业置。

TREMP™工艺提供了用于商业运行的最前沿技术。工艺和详细工程设计可将得到性能保证。

总之，托普索 TREMP™ 具有以下特点：

- 能效高
- 生产高压过热蒸汽
- 投资低
- 生产的天然气适合各种管道规格输送



### 您的技术伙伴

自1940年以来，托普索公司就一直专攻非均相催化、工艺开发和工程设计。持续的研发投入确保托普索技术和催化剂的领先地位。托普索设计的许多种不同工艺设备促进了协同，广泛获得的经验给我们的客户带来利益。

托普索公司的产品范围包括催化剂生产、专有催化工艺装置的使用许可和工程设计、内部自有工艺开发、项目管理和技术服务。我们在所有这些领域的专有知识使我们成为客户可信赖的商业伙伴。

### 托普索公司的业务范围

对催化和工艺技术的坚定承诺加强了托普索公司在其它许多业务领域的地位：开发和供应生产氨、甲醇和其它石油化工产品、气体转化、石油精炼、对发电和汽车工业污染物排放控制的催化剂和技术。

我们不仅有长期积累的合成气相关工艺知识，而且拥有许多其他技术和催化剂，使与托普索公司合作的客户受益匪浅：

- 精炼和石油化工业的加氢处理和制氢
- 在使用煤原料的工业中，有制氨、甲醇、二甲醚、代用天然气（SNG）和煤转液态油（CTL）技术
- 采用托普索公司的湿硫酸法（WSA）工艺回收废气中的硫并生产商业级浓硫酸

研发 | 技术 | 催化剂

Corporate PR 05.2009.1

丹麦托普索国际公司北京办事处  
电话：86-10-65158886 - 传真：86-10-65127381 - 网址：[www.topsoe.com](http://www.topsoe.com)

The information and recommendations have been prepared by Topsoe specialists having a thorough knowledge of the catalysts. However, any operation instructions should be considered to be of a general nature and we cannot assume any liability for upsets or damage of the customer's plants or personnel. Nothing herein is to be construed as recommending any practice or any product in violation of any patent, law or regulation.

**HALDOR TOPSOE**   
CATALYSING YOUR BUSINESS