



METHANE  
GUIDING  
PRINCIPLES

甲烷减排指导原则

# 甲烷减排：最佳实践指南

## 能源利用

二零一九年十一月

翻译：北京市燃气集团有限责任公司  
Beijing Gas Group Company Limited

校译：美国环保协会  
Environmental Defense Fund

## 免责声明

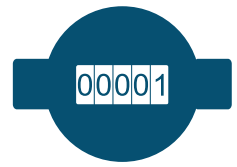
本文件由甲烷减排指导原则伙伴关系 (MGP) 编写。本指南总结了截至发布之日已知的减排措施、成本和现有技术，上述内容随时间推移可能改变或改进。文中包含信息为作者已知最准确的信息，但不代表MGP 签字方或支持机构的观点或立场，读者需自行对所提供的信息进行评估。SLR国际公司及其承包商、MGP或其签字方或支持机构对本指南中包含信息的完整性或准确性不提供任何保障。

本指南描述了甲烷排放管理的相关措施。指南不包含任何强制性的行动或措施建议，只提供甲烷排放管理的有效办法。在特定的条件或情况下，其他方法可能同样，甚至更加有效。读者的选择通常取决于具体情况、需要管控的特定风险，以及适用法律。

译校团队尽量忠实原文并提供准确信息，如有不清楚之处，请参考英文原文。译校团队对本指南中文版中包含信息的完整性或准确性不提供任何保障。

# 目录

摘要.....	2
简介.....	3
减排策略.....	4
检查清单.....	9
附录1.....	10
参考文献.....	11



天然气的主要成分是甲烷，在油气行业作业过程中广泛用作燃料，用于压缩、发电、加热、脱水和脱除酸性气体。使用天然气作为燃气内燃机的设计燃烧效率通常为98%以上（即至少98%的天然气完全燃烧），因此会释放部分未燃烧的甲烷，产生甲烷排放。尽管此类甲烷排放通常只占所用燃料的一小部分，但在大能耗的作业中，这可能成为主要的排放源。天然气充当燃料也会造成与发动机燃烧相关的排放，例如来自气缸或抽油杆盘根的排放。减少石油和天然气作业中的天然气燃料有助于减少甲烷排放，并可能降低能源成本。

以下措施可减少油气行业能源利用中的甲烷排放：

- 使用电力或其他能源代替天然气；
- 提高工艺效率，减少能源（以天然气的形式）的使用量；
- 当必须使用天然气燃料时，提高内燃机效率降低燃料成本意味着减排成本可能在几个月到一年内收回。

## 油气作业能源利用中的甲烷减排最佳实践

- ✓ 准确记录天然气用作燃料的情况。
- ✓ 使用电力驱动或压缩空气/氮气等气动能源。
- ✓ 提高作业以及设备的能效。
- ✓ 如果需要使用天然气燃料，应提高内燃机燃烧效率。
- ✓ 跟进减少天然气用作燃料的进展情况。

# 简介

天然气主要由甲烷组成，在石油和天然气作业过程中作为燃料，用于压缩、发电、加热、脱水和脱除酸性气体。使用天然气作为燃气内燃机通常设计燃烧效率为98%以上（即至少98%的天然气完全燃烧），因此会释放部分未燃烧的甲烷，产生甲烷排放。

此类甲烷排放量通常通过估算得到，而非测量。估算值因估值方式而异。例如，在美国，美国环境保护署的排放因子汇编 (AP-42)<sup>1</sup>和美国温室气体排放和碳汇清单 (GHGI)<sup>2</sup>中的甲烷排放估算值相差不大，但远远高于美国温室气体报告计划<sup>3</sup>3C子项中的估算值。由于上述排放因子存在差异，应客观谨慎看待所有排放估算数据。

通常甲烷排放在用作燃料的天然气中占比很小，但当部分供应链大量使用天然气燃料进行压缩、脱酸、脱水等工艺时，该排放可能成为主要的甲烷排放源。天然气充当燃料也会造成与发动机燃烧相关的排放，例如来自内燃机或气动装置排放。

本指南提供石油和天然气作业中能源利用相关的甲烷减排措施。另有气动设备、放空和设备泄漏等系列减排最佳实践指南。总体而言，减少能源利用可以从不同方面减少甲烷排放。在某些环节减少天然气燃料的使用量可能会导致其他环节的排放量增加（例如，使用电动引擎取代内燃机，而发电使用的是天然气）。

减少天然气燃料的消耗也能降低能源成本。

# 减排策略

- 使用电力或压缩空气或氮气驱动的气动装置替代天然气驱动可避免甲烷排放。
- 提高能源效率可减少能耗和甲烷排放。改善集输作业效率，可减少能耗。
- 提高燃料燃烧效率，可以减少甲烷排放。
- 由于减排策略旨在避免或减少天然气用量，部分项目在一年内可收回成本。

以下方式可减少油气行业能源利用 (天然气用作燃料)过程中的甲烷排放:

- 使用电力，或压缩空气/氮气驱动的气动装置;
- 提高能效，减少燃料用量;
- 必须使用天然气时，提高燃烧效率。

下表总结了各项减排策略，后续有各项减排策略的详细说明。其中一些策略是通过系统设计提高能效而减排，因此在工程设计最佳实践指南中详细描述。气动装置、放空和设备泄漏的最佳实践指南也包含部分能源使用相关的减排策略。更多信息链接见附录1。

减排策略	描述
1. 使用电力或其他类型能源代替天然气	1a 安装电动压缩机。
	1b 用电力起动机或空气/氮气起动机代替压缩机的天然气起动机。
2. 通过提高能源效率减少燃料用量	提高集输管线的能源利用效率。
3. 提高燃料燃烧效率	3a 替换气缸卸荷器。
	3b 安装空燃比自动控制器。

由于减排策略旨在避免或减少天然气的使用，成本回收期取决于能源价格，部分项目一年时间内能回收减排成本。

## 减排策略1a：安装电动压缩机<sup>4</sup>

天然气集输中使用的天然气驱动的压缩机，在有电力供应的情况下，可替换为电动压缩机。如果现场没有电力供应，可以安装发电机，为压缩机和其他设备供电（见气动设备最佳实践指南）。电动设备避免了未燃烬天然气排放问题，不会造成甲烷排放，但如果发电以天然气为燃料，则不一定会减少甲烷排放总量。

美国环保署天然气之星合作伙伴<sup>4</sup>报告指出，电动压缩机比燃气压缩机的维护成本低，因此在有电力供应和维护成本较高的偏远地区整体成本效益更高。

图1：天然气压缩机



资料来源：BP

### 减排效果和成本回收

某场站使用电动压缩机取代了总额定功率超过15000马力的天然气压缩机。报告称，初始投资为600万美元。甲烷减排量按照每马力每年60立方米的甲烷排放率计算，该场站每年减排量约为100万立方米<sup>4</sup>。因此，该场站收回减排成本的时间为1-5年及以上不等，具体取决于天然气价格、电价等因素。

## 减排策略 1b: 用电力起动机或空气/氮气起动机代替压缩机的天然气起动机<sup>5, 6</sup>

在天然气行业中，内燃机通常使用燃气透平来启动。起动机使用储罐中的高压天然气。为了启动压缩机，天然气通过启动透平膨胀，然后排出。

每100马力的电动机每启动一次大约需要1.4立方米的燃气。具体气量取决于起动器的设计。排放量还取决于天然气的储存压力，后者决定了透平时所释放的能量。用压缩空气或氮气代替天然气可以消除甲烷排放。如果具备电力供应，可以使用电动机取代燃气透平。如减排策略1a所述，该策略可消除甲烷排放，但总排放量将取决于发电方式或气动动力的产生方式。

### 减排效果和成本回收

根据天然气之星合作伙伴报告，按每年启动10次计算，通过用空气/氮气气动起动机或电力起动机替代燃气起动机透平<sup>5,6</sup>，每3000马力压缩机每年可减排4万标准立方米。电动起动器的成本取决于发动机的大小，通常价格在1000美元至1万美元之间。成本和减排效果取决于压缩机的规格、启动次数以及替代产品为电机还是压缩空气、氮气的气动机。相关报告显示，更换为气动机几个月可回收成本。电机初装费较高，回收时间可长达数年。

## 减排策略 2: 提高集气管线的能源利用效率<sup>7</sup>

集气系统将天然气从井网输送到加工厂。由于产品变化、集气管线中液体和水合物的积聚、燃气成分的变化，大气和天气条件变化，天然气加工量和管网容量都会发生变化。有时可能需要进行额外压缩和用能，才能使管网正常运行并避免火炬燃烧。

通过经常清理管线(清管)和加热管线或化学注入减少液体和水合物积聚，可以提高集气系统的容量，减少能源消耗，避免火炬燃烧(参见火炬最佳实践指南)。总之，应尽量避免集气管道出现多相流<sup>7</sup>，可以通过在井场分离气体和液体(参见放空和火炬燃烧的最佳实践指南)来实现。然而，清管、化学注入、分离和凝液储存也会排放甲烷，因此应仔细核查供应链中的甲烷排放总量。

### 减排效果和成本回收

某些减排策略，如减少集气管线压降和减少集气管线输气过程中的能耗，既能减少能源利用中的排放，但也可能导致额外排放。例如，频繁清管可以减少能源消耗，但也可能导致清管过程中的放空。如果采用天然气驱动的气动泵实施化学注入，可以减少水合物的形成，但又可能造成放空量的增加。减排策略可以减少或消除上述排放(参见气动设备和放空的最佳实践指南)。减排的经济效益取决于场站实际情况。



图2a和2b：清管作业



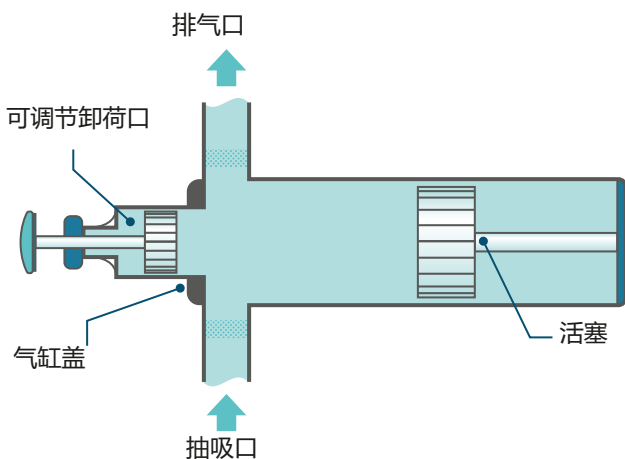
资料来源：BP



### 减排策略 3a：更换压缩机气缸卸荷器<sup>8</sup>

气缸卸荷器通过调整气缸容积来调节往复式压缩机出力。气缸卸载器会通过O型环、阀片和密封盘根泄漏甲烷。泄漏情况可通过红外线摄像机探测得知。卸荷器需要频繁维护，也会导致甲烷排放和停机。

图3：气缸卸载器



### 减排效果和成本回收

天然气之星合作伙伴<sup>8</sup>报告指出，更换一台压缩机的卸荷器成本为4万至5万美元，成本回收期一般为一年，具体时间取决于燃料价格。其他好处有降低维护成本和减少意外停机。合作伙伴方表示，每台压缩机每年的平均减排量超过10万标准立方米。

### 减排策略 3b：安装空燃比自动控制器<sup>9</sup>

天然气供应链中的发动机在多种负载和空燃比情景下运行。需要高功率时，使用低空燃混合气（浓燃）。需要低功率和更高的燃油效率时，使用高空燃混合气（稀燃）。浓燃排放未燃尽的燃料更多（主要是甲烷），氮氧化物（NOx）排放较少。稀燃甲烷排放少，而氮氧化物排放较多。安装空燃比自动控制器，可以最大限度地提高发动机的性能。自动控制器还能将捕获的碳氢化合物排放物，通过进气输送到引擎中用作燃料。控制系统

## 减排策略

则根据进气中烃化合物的含量调整燃料的使用量。

额定功率超过1000马力的发动机将会更加受益于空燃比自动控制器。1000马力到3000马力的浓燃、高速涡轮增压发动机<sup>9</sup>改进效果最好。

### 减排效果和成本回收

据报告显示，空燃比自动控制器的平均节气量约为每台发动机每年100万标准立方米<sup>9</sup>。如果发动机的平均燃烧效率为98%至99%，则每台发动机每年的甲烷减排量约为1万至2万标准立方米。初装费通常是每台发动机14万美元，回收期一般约为一年。

# 检查清单

下列检查清单可用于评估能源利用排放的进展。

活动清单	是否完成	涉及设备或场地所占百分比
✓ 准确记录天然气用作燃料的情况。		
✓ 使用电动压缩机。		
✓ 使用电力驱动或压缩空气/氮气启动起动机代替天然气起动机。		
✓ 经常清理管线 (清管)、通过管线加热或化学注入减少液体和水合物的积聚，减少集气作业中的能源使用。		
✓ 替换气缸卸荷器。		
✓ 安装空燃比自动控制器。		

# 附录 1

关于减排策略的更多信息可参考链接

减排策略	描述	参考文献
1. 使用电力或其他类型能源代替天然气。	安装电动压缩机	(4)
	用空气或氮气压缩机启动马达替代天然气起动机	(5)
	安装电动起动机	(6)
2. 提高能效减少燃料消耗。	提高集气管线的能源利用效率	(7)
3. 提高燃料燃烧效率。	替换气缸卸荷器	(8)
	安装空燃比自动控制器	(9)

# 参考文献

- 1 US EPA, AP 42 Section 3.2 Natural Gas-Fired Reciprocating Engines. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch03/related/c03s02.html>
- 2 United States Environmental Protection Agency (US EPA) 2019 'Inventory of US Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2017' (April 2019)
- 3 40 C.F.R. 98.33, MANDATORY GREENHOUSE GAS REPORTING Subpart C: General Stationary Fuel Combustion Sources
- 4 United States Environmental Protection Agency (US EPA) 2019a, Natural Gas Star 'Install Electric Compressors' (2019) Available at [www.epa.gov/natural-gas-star-program/install-electric-compressors](http://www.epa.gov/natural-gas-star-program/install-electric-compressors)
- 5 United States Environmental Protection Agency (US EPA) 201b, Natural Gas Star 'Replace Gas Starters with Air or Nitrogen' (2019) Available at [www.epa.gov/natural-gas-star-program/replace-gas-starters-air-or-nitrogen](http://www.epa.gov/natural-gas-star-program/replace-gas-starters-air-or-nitrogen)
- 6 United States Environmental Protection Agency (US EPA) 2019c, Natural Gas Star 'Install Electric Motor Starters' (2019) Available at [www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/installelectricstarters.pdf](http://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/installelectricstarters.pdf)
- 7 Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP), Explorers and Producers Association of Canada, the Gas Processing Association of Canada, Energy Resources Conservation Board and Natural Resources Canada Fuel Gas Management Practices (FGBMP) (January 2008)
- 8 United States Environmental Protection Agency (US EPA) 2019f, Natural Gas Star 'Replace Compressor Cylinder Unloaders' (2019) Available at [www.epa.gov/natural-gas-star-program/replace-compressor-cylinder-unloaders](http://www.epa.gov/natural-gas-star-program/replace-compressor-cylinder-unloaders)
- 9 United States Environmental Protection Agency (US EPA) 2019e, Natural Gas Star 'Install Automated Air/Fuel Ratio Controls' (2019) Available at [www.epa.gov/natural-gas-star-program/install-automated-airfuel-ratio-controls](http://www.epa.gov/natural-gas-star-program/install-automated-airfuel-ratio-controls)







METHANE  
GUIDING  
PRINCIPLES