



METHANE  
GUIDING  
PRINCIPLES  
甲烷减排指导原则

# 甲烷减排：最佳实践指南

## 放空

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。

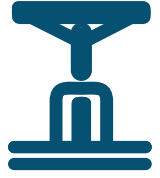
本指南描述了甲烷排放管理的相关措施。指南不包含任何强制性的行动或措施建议，只提供甲烷排放管理的有效办法。在特定的条件或情况下，其他方法可能同样，甚至更加有效。读者的选择通常取决于具体情况、需要管控的特定风险，以及适用法律。

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
量化排放.....	6
减排策略.....	7
检查清单.....	13
参考文献.....	14

# 摘要



放空是指将气体排放到大气中。本指南旨在帮您识别主要放空源，并减少放空中的甲烷排放。

总体减排策略如下：

## 与放空相关的甲烷减排最佳实践

- ✓ 完善记录放空排放清单。
- ✓ 避免或减少以下排放源放空：
  - 液态烃储罐；
  - 压缩机密封及起动机；
  - 乙二醇脱水器；
  - 气井排液；
  - 完井操作；
  - 油井套管头放空。
- ✓ 若甲烷排放不可避免，应尽量采用闪蒸气回收或火炬燃烧，避免放空。
- ✓ 监测放空，评估改进和控制策略。

# 简介

简单来讲，放空是指将气体排放到大气中。甲烷放空可能是按照相关工艺流程或生产活动的设计，进行人为放空，也可能是因设备故障或操作不当导致的意外排放。

本指南重点关注常见的放空源，并提出相应减排策略，未涵盖所有放空源。本指南中提到的“放空”是指井口、储罐、压缩机和脱水器等主要设备的排放。此外，还包括下列活动的放空：

- 完井操作；
- 气井排液。

天然气供应链的所有环节和多项运营活动中都涉及放空。本指南重点关注相关设备和活动涉及的主要排放源。表1列出了主要的设备放空源。表2列出了主要的活动放空源。

**表1：设备放空源**

设备	排放源	排放时间段	工作状态	业务范围
采出液（凝析液、原油或水）储罐	无闪蒸气回收装置的储罐（无控储罐）中的闪蒸气体	在接收来自其他储罐的加压液体时，可能会产生轻烃闪蒸排放。大多数情况下，储罐压力接近大气压，但上游容器的压力可能更高。	正常运行	“采出液”储罐多用于生产环节，但是加工、运输和储存的流程中也涉及此类储罐。
	储罐装载/卸载及计量	当储罐计量舱口打开、或进行卡车、火车装载时会有排放。	日常活动	
	闪蒸气排放至储罐	当上游容器意外向储罐送气时导致的排放。	上游设备（尤其是分离器）有故障或容量不足。	

表1：设备放空源 (接上文)

设备	排放源	排放时间段	工作状态	业务范围
压缩机	往复式压缩机 活塞杆密封装置	活塞杆机械密封处存在正常磨损。	日常运行	集输、增压、加工，长输和存储以及液化天然气的出口。
	离心式压缩机 湿式密封	压缩机轴端旋转环的机械密封处存在正常磨损。	日常运行	
	起动机（天然气驱动）	压缩机怠机再起时，起动机会有定时排放。	日常运行	
乙二醇脱水器	再生器放空管未连接到火炬	乙二醇循环吸收的水分经再生装置再沸器的排放管排出，吸收的甲烷也一并释放。若使用天然气辅助贫乙二醇泵，也会增加排放。	日常运行	脱水器用于生产、集输、增压、储存过程。
井口	套管头放空	部分油井生产的伴生气搁浅，套管环里的气体被直接排放。	日常运行	石油生产

表 2：活动放空源

设备	排放源	排放时间段	工作状态	业务范围
完井操作	钻井及压裂后，清理井内液-固-气废物。	从钻井完成到新井投产过程中，需要清除井内的钻屑、砂和压裂液。整个过程及之后的试井可能涉及放空或火炬燃烧。	常规流程	只涉及生产过程
气井排液 (又名“排液”)	移除低压气井中累积的液体。	排液时，随着井中物料直接流向常压储罐等低压容器，往往会有排放。	临时停产时产生的直接排放，但仅局限于某些类型的排液流程。	只涉及生产过程

本指南所涉及的排放源约占美国油气系统甲烷总排放量的16%<sup>1,2</sup>。

其他放空源在最佳实践指南系列中有覆盖，例如设备维护放散期间的放空 (见操作维修指南)、气动设备放空 (见气动设备指南)，以及未经火炬燃烧的放空 (见火炬燃烧指南)。

# 量化排放

量化甲烷排放的方法是计算单位时间的甲烷排放质量 (如千克/小时)或单位时间的甲烷排放体积(如标准立方米/小时), 可通过工程估算、直接测量或建模得到上述速率。为了提高准确度和可靠性, 放空气体可根据下列方法进行量化:

- **默认排放因子法**——通过将设备 (或放空活动) 的数量乘以每台设备 (或活动) 的平均排放率来量化排放。
- **工程计算法**——通过公式计算排放速率需要该工艺流程或生产活动现场采集到的相关信息。有时, 需要计算机程序辅助计算 (例如, 储罐闪蒸排放和乙二醇脱水再生器排放), 用模拟程序根据第一性原理和状态方程预测排放量。
- **直接测量法**——可使用日常监测收集的信息, 或在某些情况下开展持续监测。

《油气行业甲烷管理最佳指南》(联合国欧洲经济委员会) 推荐了被广泛接受的直接测量方法<sup>3</sup>。

包括:

- 经校准的放空测量袋;
- 高流量采样器;
- 流量计;
- 风速计。

采用直接测量的方法需要具备可重复的测量程序, 且需要书面记录流程。不同的测量方法具有其自身的独特不确定性。在直接测量很难以取得精确结果的情况下, 建议采用工程计算法代替。



# 减排策略

针对放空排放方面的减排策略包括如下几点：

- 采用有效操作和设计，减少甚至消除排放源。
- 将放空气体直接导入控制设备，避免直接排放。
- 如果无法避免放空，则需跟踪和/或监测排放量并加以评估，以便进一步改进或控制排放。

由于甲烷是可出售的、有价值的产品，因此设备和活动的设计也需要尽量减少放空量。通过改变操作流程、回收气体再利用、火炬燃烧（或燃烧）等方法皆可有效减排。但是出于安全、技术或经济等原因的考虑，放空有时无法避免，在此情况下，应监测和评估排放量，将放空控制到最低。

本指南所涵盖的排放源的相关研究都已有几十年之久，还有其他放空减排的相关指南，其中适用于天然气系统项目如下所示：

- 气候和清洁空气联盟（CCAC），油气行业甲烷伙伴关系技术指导文件<sup>4,5,6,7,8,9,10</sup>：
  - **3号文件**:《离心压缩机湿式密封》，2017
  - **4号文件**:《往复式压缩机活塞杆密封件/盘根密封装置放空》，2017
  - **5号文件**:《乙二醇脱水器》，2017
  - **6号文件**:《不稳定液态烃储罐》，2017
  - **7号文件**:《气井排液放空排液》，2017
  - **8号文件**:《完井放空/水力压裂完井天然气火炬燃烧》，2017
  - **9号文件**:《套管头气体放空》，2017

- 美国环境保护署天然气之星计划的甲烷减排推荐技术<sup>11</sup>
- 联合国欧洲经济委员会《油气行业甲烷管理最佳指南》，2019年8月<sup>3</sup>
- 挪威环境局《挪威海上油气作业冷放空及逸散排放总结报告》，爱德能源 (Add Energy) 著，2016年4月<sup>12</sup>

本指南并未介绍所有放空减排措施，因此并非所有方法都适用于本指南涵盖的放空排放。

表3总结了具体各类放空源的最佳减排策略。

表 3 : 针对放空的减排策略

排放源	减排策略	描述	减排效果	参考文献
储罐-闪蒸气	添加闪蒸气回收装置(VRUs)	通过安装蒸气回收装置 (VRU) , 将气体进行回收、销售或火炬燃烧的气体。	如果蒸气回收装置性能较好, 可达到95%的减排。	气候和清洁空气联盟 (CCAC) <sup>7</sup> 技术指导文件6号美国环境保护署天然气之星计划 <sup>11</sup> 挪威环境局((NEA) <sup>12</sup>
	移除生产现场的储罐	安装井区自动传输站 (LACT)将油气输送至管道。	100%减排	EPA天然气之星计划 <sup>11</sup>
储罐-开启、液体罐车装载	安装自动计量系统	安装自动计量系统后, 无需打开储罐计量舱口, 减少储罐气体的排放。	100%减排	爱默生指南 <sup>13</sup>
	安装系统, 促进储罐与油罐车之间的压力平衡或气体交换	安装气相回流管, 在储罐向卡车输送液体时, 收集或控制卡车的气相空间蒸气。气体可通过回流管导回储罐 (实现气相平衡), 或直接导入控制装置。	因情境而异	EPA天然气之星计划 <sup>11</sup>
储罐-上游容器的闪蒸气窜流	为储罐安装压力监测装置	“监控与数据采集系统 (SCADA) ” 中的储罐压力监测装置可在超压时提醒操作人员, 避免排放。	因情境而异	美国EPA诉讼和解协议 <sup>14, 15,16</sup>

表 3：针对放空的减排策略（接上文）

排放源	减排策略	描述	减排效果	参考文献
储罐-上游容器的闪蒸气窜流 (接续上文)	常规监测	对排放阀进行常规监测保证正常运转，并对储罐舱口和安全阀进行常规监测(如使用OGI摄像机)可在早期监测闪蒸气窜流。	因情境而异	CCAC <sup>7</sup> 技术指导文件6号 NEA <sup>12</sup>
压缩机-往复式压缩机活塞杆密封	定期监测	在定期泄漏检测和维修(LDAR)计划中增加对压缩机的定期监测。收集的项目信息可用于发现放空减排机会、检验减排成效。	因情境而异	CCAC <sup>5</sup> 技术指导文件4号
	定期更换活塞杆密封件	密封件的更换时间可按计划或根据检查结果决定，按计划每三年应至少更换一次，或在发现超额放空时立即更换。 本策略尤其适用于备用压缩机(停机可在不影响生产的情况下进行)。	预计减排量达到50%- 65%	CCAC <sup>5</sup> 技术指导文件4号
	直接排放至控制装置	排放气体可直接导入火炬废气燃烧塔或催化降解燃烧控制装置。	95%减排	CCAC <sup>5</sup> 技术指导文件4号

表 3 : 针对放空的减排策略 (接上文)

排放源	减排策略	描述	减排效果	参考文献
压缩机-离心式 湿封压缩机	定期检测排放源	将排放源检测纳入周期性泄漏检测和修理维修(LDAR)方案项目。收集从LDAR项目中提取的信息,用于发现放空减排机会,评估减排效果。 可用于发现评估放空减排的机会或监测减排效果。了解更多关于LDAR项目的信息,请参阅《甲烷减排最佳实践指南》系列设备泄漏减排最佳实践。	因情境而异	CCAC <sup>4</sup> 技术指导文件3号 NEA <sup>12</sup>
	将排放导至控制设备	气体可直接送至火炬或催化燃烧设备。	95%减排	CCAC <sup>4</sup> 技术指导文件3号 NEA <sup>12</sup>
	湿封转为干封	干封耗电少且更可靠,但是更换密封件需要长时间关闭压缩机,成本较高。购买新压缩机时,运营商应选择干封压缩机。(市场上的干封压缩机约占90%)。	因情境而异	CCAC <sup>4</sup> 技术指导文件3号 EPA天然气之星计划 <sup>11</sup>

表 3：针对放空的减排策略（接上文）

排放源	减排策略	描述	减排效果	参考文献
压缩机-天然气 起动机	用电动起动机 替代天然气起 动机	天然气起动机利用压缩气体的 能量推动涡轮带动压缩机。采 用电动机可以消除对天然气动 力的需求。 (注：如果现场没有电力或供 电不足，则天然气起动机更可 靠。)	达到100%减排	EPA天然气之星计 划 <sup>11</sup> NEA <sup>12</sup>
	改用压缩空气 起动机 (EPA天然气之 星计划)	但井场所配备的空气压缩系 统可能有时无法驱动起 动机，不如天然气起动机可 靠。	100%减排	EPA天然气之星计 划 <sup>11</sup> NEA <sup>12</sup>
	回收或火炬燃 烧起动机的排放	闪蒸气回收装置(VRU)或燃 除火炬装置必须具备较大的 短期瞬时处理能力。	95%减排	EPA天然气之星 计划 <sup>11</sup>
乙二醇脱水器	用电动贫乙二 醇泵替换气动 辅助贫乙二 醇泵	替换成电动泵后，无需 天然气驱动，因此也不 会有气体混入乙二醇物料后 放空。	100%消除乙二 醇泵的气体排放	CCAC <sup>6</sup> 技术指导 文件5号
	安装闪蒸罐分 离器，回收气 体，优化乙二 醇循环率	(注：某些较新的控制系统会在 闪蒸气回收装置(VRU)出现故 障问题时会自动关闭脱水器。)	90%减排	CCAC <sup>6</sup> 技术指导 文件5号 NEA <sup>12</sup>
	改用“近零 排放”脱水 设备	采用其他脱水技术 (如干 燥剂脱水)替换脱水设备。	100%减排	CCAC <sup>6</sup> 技术指导 文件5号

表 3：针对放空减排策略（接上文）

排放源	减排策略	描述	减排效果	参考文献
油井套管头放空	回收或火炬燃烧油井套管头的放空气体	使用新的闪蒸气回收装置 (VRU)进行回收，井场配有该装置的，应把气体引至装置回收。若无法回收，应予以火炬燃烧。	使用蒸气回收装置 (VRU)可达到95%减排。火炬燃烧可达到95%减排。	CCAC <sup>10</sup> 技术指导文件 9号
完井操作	引进减排 (绿色) 完井系统	该技术通过捕捉回流气体，或尽快通过火炬燃烧实现减排；需要配备能适应水、砂和气体高速流动的特殊便携式回流设备，在完井的最后阶段，安装此设备进行气体收集并出售。	90%减排	CCAC <sup>9</sup> 技术指导文件 8号
气井排液 (又名“排液”)	手动排液：时间最短	使用常压储罐，手动清除井内液体，此操作只能在直接监管下进行 (避免无人值守排液)。	未知 因情境而异	CCAC <sup>8</sup> 技术指导文件 7号
	改进井内和井下作业操作方法，避免定期放空	运营商可采用多种不会导致气体排放的排液方法。比如添加发泡剂、使用皂管或表面活性剂；安装流速管；安装气举压缩机；或新增井泵。	100%减排	CCAC <sup>8</sup> 技术指导文件 7号
	自动排液	某些情况下，运营商可安装自动柱塞气举系统，定期消除井底积液，避免井内气体放空。	未知 因情境而异	CCAC <sup>8</sup> 技术指导文件 7号

# 检查清单

您可以根据下列清单评估甲烷减排进程。您可以将减排策略运用到所有井场或先选择一个井场试运行。

活动	已完成	占所有设备或井场占比比例
<input checked="" type="checkbox"/> 准确记录放空状况		
<input checked="" type="checkbox"/> 避免下列排放源放空： <ul style="list-style-type: none"><li>• 油井套管头放空；</li><li>• 液态烃储罐；</li><li>• 压缩机密封件及起动机；</li><li>• 乙二醇脱水器；</li><li>• 气井排液；</li><li>• 完井操作。</li></ul>		
<input checked="" type="checkbox"/> 若甲烷排放不可避免，应尽量使用蒸气回收或火炬燃烧，避免放空。		
<input checked="" type="checkbox"/> 及时监测及评估，改进减排方法和控制甲烷放空进程。		

# 参考文献

- 1 United States Environmental Protection Agency (US EPA) '2017 Greenhouse Gas Reporting Program Industrial Profile: Petroleum and Natural Gas Systems' (October 2018)
- 2 US EPA 'Inventory of Greenhouse Gas Emission and Sinks, 1990-2017' (April 2019)
- 3 United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) 'Best Practice Guidance for Methane Management in the Oil and Gas Sector: Monitoring, Reporting and Verification (MRV) and Mitigation' (August 2019)
- 4 Climate and Clean Air Coalition's Oil and Gas Methane Partnership Technical guidance document 3: 'Centrifugal Compressors with Wet Oil Seals' (2017)
- 5 Climate and Clean Air Coalition's Oil and Gas Methane Partnership Technical guidance document 4: 'Reciprocating Compressors Rod Seal/Packing Vents' (2017)
- 6 Climate and Clean Air Coalition's Oil and Gas Methane Partnership Technical guidance document 5: 'Glycol Dehydrators' (2017)
- 7 Climate and Clean Air Coalition's Oil and Gas Methane Partnership Technical guidance document 6: 'Unstabilized Hydrocarbon Liquid Storage Tanks' (2017)
- 8 Climate and Clean Air Coalition's Oil and Gas Methane Partnership Technical guidance document 7: 'Well Venting for Liquids Unloading' (2017)
- 9 Climate and Clean Air Coalition's Oil and Gas Methane Partnership Technical guidance document 8: 'Well Venting/Flaring During Well Completion for Hydraulically Fractured Gas Wells' (2017)
- 10 Climate and Clean Air Coalition's Oil and Gas Methane Partnership Technical guidance document 9: 'Casinghead Gas Venting' (2017)
- 11 Natural Gas Star Program 'Recommended Technologies to Reduce Methane Emissions', a program by the United States Environmental Protection Agency Available from [www.epa.gov/natural-gas-star-program/recommended-technologies-reduce-methane-emissions](http://www.epa.gov/natural-gas-star-program/recommended-technologies-reduce-methane-emissions)
- 12 'Cold venting and fugitive emissions from Norwegian offshore oil and gas activities', a summary report prepared for the Norwegian Environment Agency (NEA) by Add Energy (April 2016)
- 13 Emerson 'The Engineer's Guide to Tank Gauging' (2017)
- 14 US Environmental Protection Agency 'HighPoint Operating Corporation Clean Air Act Settlement' (April 2019) Available at [www.epa.gov/enforcement/highpoint-operating-corporation-clean-air-act-settlement](http://www.epa.gov/enforcement/highpoint-operating-corporation-clean-air-act-settlement)
- 15 US Environmental Protection Agency 'Noble Energy, Inc. Settlement' (April 2015) Available at [www.epa.gov/enforcement/noble-energy-inc-settlement](http://www.epa.gov/enforcement/noble-energy-inc-settlement)
- 16 16. US Environmental Protection Agency 'MarkWest Clean Air Act Settlement Information Sheet' (May 2018) Available at [www.epa.gov/enforcement/markwest-clean-air-act-settlement-information-sheet](http://www.epa.gov/enforcement/markwest-clean-air-act-settlement-information-sheet)



17. American Petroleum Institute 'Consistent Methodology for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Liquefied Natural Gas (LNG) Operations', version 1 (May 2015)
18. Gas Research Institute and the US Environmental Protection Agency 'Methane Emissions from the Natural Gas Industry', Volume 14: Glycol Dehydrators (1996)
19. American Petroleum Institute 'Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry' (2009)
20. Michael McMahon 'Capturing the Tank Vapor Opportunity: Removing Oxygen from the Production Stream Reduces Emissions and Generates Incremental Economics', presentation at the Laurance Reid Gas Conditioning Conference, February 25-28, 2019 Available at [www.ecovaporrs.com/wp-content/uploads/EcoVapor-Laurance-Reid-Paper-Capturing-the-Tank-Vapor-Opportunity.pdf](http://www.ecovaporrs.com/wp-content/uploads/EcoVapor-Laurance-Reid-Paper-Capturing-the-Tank-Vapor-Opportunity.pdf)
21. Kent A Pennybaker and River City Engineering Inc Society of Petroleum Engineers 'Optimizing Field Compressor Station Designs' (March 1998)





METHANE  
GUIDING  
PRINCIPLES