



METHANE  
GUIDING  
PRINCIPLES  
甲烷减排指导原则

# 甲烷减排：最佳实践指南

## 运营维修

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编写。每篇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，上述内容可能随时间改变或改进。文中包含信息为作者已知最准确的信息，但不代表甲烷减排指导原则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、甲烷减排指导原则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。

每篇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.....	4
减排策略.....	5
检查清单.....	13
参考文献.....	14



运营维修对于减少石油和天然气生产中的甲烷排放至关重要。本指南覆盖通过泄漏检测和修复项目发现的泄漏点的维修，以及日常维护和设备维修中的泄漏修复。

运营维修相关的常见减排策略如下。

## 通过运营维修实现甲烷减排的最佳实践

### 针对设备泄漏：

准确记录设备泄漏所造成的甲烷排放情况，对所有设备的泄漏情况进行日常检测并设计实施维护方案。

通过以下方式使减少泄漏成为维护和维修的主要目标：

- ✓ 尽可能迅速开展维修，如果延误无法避免，密切关注进度；
- ✓ 确认维修成功的时间；
- ✓ 保证记录完整准确；
- ✓ 定期分析有关泄漏和维修的信息。

### 针对日常维护和修复：

通过以下方式最大程度地减少维护和修复造成的甲烷排放：

- ✓ 需要对大型容器和管道里的气体进行放空时，须制定计划减少放空；
- ✓ 若无法避免放空，则考虑火炬燃烧降低排放。

# 简介

## 运营维修的定义如下：

1. 对泄漏检测和维护程序（泄漏调查）中发现的泄漏点进行修复；
2. 采取行动，尽可能减少日常维护和维修所产生的放空排放。

在第一种情况下，通过修补泄漏调查中所发现的漏气点，运营维修可以降低部分甲烷排放。在第二种情况下，传统的日常维护维修通常首先需要对设备进行减压，需采取策略减少放空排放。

通常可以通过遵循下述检测和维护程序降低排放。对于设备泄漏和某些放空源，可以通过泄漏检测以及维护程序减少排放。其他有关设备泄漏和放空的最佳实践指南涵盖了特定排放源和排放估算方法，所以本文不再赘述。正如设备泄漏最佳实践指南中所述，每一设施都应考虑制定泄漏检测和维护方案。

这些方案可以减少天然气的损失，提高工人和作业人员的安全，减少周围社区的甲烷暴露，帮助设施规避执法处罚和罚款。设备泄漏指南涵盖的是泄漏检测和维护方案中的“泄漏检测”部分，为监测设备和发现泄漏提出相关建议。本指南覆盖的是“检修”，提出了修复泄漏的相关建议。

开展传统的设备维护和维修的原因有多种，例如检查、活动部件的日常维护、对无法正常工作的设备进行维修、重新连接管道以及定期维护保养如清管。为确保安全开启，维修中的设备需要被隔断和减压。如果这些活动导致放空，采取相关策略可以减少排放量。

本指南涵盖了运营维修中甲烷减排重要事项。其中主要的两方面包括：

- 将减排作为检测和修复泄漏的重要目标；
- 最大限度减少传统维护和维修所产生的排放。

# 量化排放

甲烷排放量化方法可以提供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)。这些比率可通过工程估算、直接测量或模型计算得到。

关于设备泄漏的最佳实践指南中讨论了如何量化设备的甲烷泄漏。该指南推荐筛查或直接测量法。

- **通过筛查法量化甲烷排放**

筛查之后，可以按照元件类别适用“泄漏”和“无泄漏”排放因子。

- **通过直接测量量化甲烷排放**

对已检测识别的泄漏开展直接测量可以得出场站排放的最准确估算。

只有通过筛查和直接测量两种方法，才能估算运营维修产生的减排量。

基于设备在减压前的已知气体体积和压力，气体中的甲烷含量以及日常维修和维护的频率，通常可以计算出传统设备维护和维修造成的甲烷排放量。

用筛查和直接测量方法量化设备泄漏的甲烷排放与发现泄漏(或假设的泄漏开始时间)直至修复的时间长短直接相关。因此，采用这些方法能促进及时泄漏修复，减少排放，让运营商从中获益。

为了量化日常维护和维修造成的排放，运营商需记录维护和维修频率以及每次活动的估算排放量。如果已经准确估算了单次活动的排放量，那么在对同一设备进行多次维修时，记录活动次数就足以满足要求。

# 减排策略

**如设备泄漏最佳实践指南中所述，每一设施都应考虑制定泄漏检测和维护方案。泄漏检测和维护最佳实践方案应包括如下要素：**

- 尽可能尽快开展维修。
  - 确认维修成功的时间。
  - 如果推迟维修，则应跟踪记录并设定维修日期。
- 保证泄漏和维修记录完整准确。
- 分析泄漏记录，采取必要行动。
- 避免泄漏，并尽可能避免出现需要维修的情景。
- 尽量减少维修产生的排放。

**为最大程度地减少传统维护和维修产生的排放，应遵循以下最佳实践：**

- 制定放空减排步骤，例如当大型容器或管道需要隔断或降压时，应先将其内部气体抽空。
- 最小化需要处理的管容。对于较长的管道，应谨慎选择分隔点，或设置多个分隔点，隔成较短的管道。
- 采用闪蒸气回收装置，减少清管排放。
- 若无法避免放空，则应考虑通过火炬燃烧降低排放。

**为避免传统维护和维修产生的排放，应遵循以下最佳实践：**

- 使用带压开孔方式连接新管道，避免管道减压需求。
- 使用内检测等非侵入式检查，避免检测带来的大量放散。
- 寻找机会协调运行维修以及日常维护维修，最大限度地减少放散次数。

下面对上框中提的最佳实践进行更详细的论述，首先讨论设备泄漏的减排策略，然后介绍日常维护维修的减排策略。

## 设备泄漏的减排策略

### 尽快进行维修

在安全可行的情况下，尽快开展维修能够缩短泄漏的持续时间并可防止泄漏扩散，此类维修对于减少整体排放来说至关重要。实际上，一些负责泄漏检测和修复的团队有资质和设备在发现泄漏的时候就开展初步维修。初步维修操作包括拧紧螺丝、紧固阀杆上的填料螺母或向填料中注入润滑剂。在某些国家或地区，法律规定了初步维修的期限。在大多数情况下，如果不关闭设备进行维修是安全可行的，那么在发现泄漏的一周内必须开展初步维修。

图 1: 正在进行初步维修<sup>1</sup>



如果初步维修失败，则需要由具有专业工具或专业知识的团队在合理可行的情况下尽快进行第二次维修。

### 确认维修成功

只有当堵漏修复成功的时候，泄漏检测与维修才是有效的。本指南建议，只有当后续检测该部件不再发生泄漏，才算成功修复。在后续检测中，可以使用与之前检漏相同的方法或采用更为灵敏的测漏措施。很多时候，肥皂泡法（在泄漏区域洒上肥皂水，观察是否有气泡来判断泄漏）是检查维修是否成功的一种可行办法。

图2<sup>3</sup>: 使用肥皂泡检漏



### 记录延迟的维修情况

有时维修无法立即或在合理的时间开展。例如，可能需要更换零件，需要专业的技术人员或专家支持，或维修需要关闭设备，否则立即维修会造成大量的甲烷排放。

实际上，对容积较大的设备（例如管道）泄漏立即进行修复不一定有助于环保或是节约成本，因为维修造成的甲烷排放或维修成本可能非常大，超出堵漏所带来的益处。

无法在合理时间内修复的泄漏应记录在修复延迟列表中。此列表应包括泄漏的位置、发现日期、预计维修日期，并说明为何无法立即进行维修。

如果修复活动所导致的气体排放远大于泄漏点一年的排放，则运营商可以选择推迟维修。但同时应保留记录，注明立即维修造成的排放将大于计划停工修复产生的排放。

### 准确记录泄漏情况

在发现泄漏时，重要的一点是要保留记录并密切跟踪维修的情况。本指南建议每一设施都应执行以下操作：

- 记录泄漏检测调查中发现的所有泄漏情况。
- 保留每次维修活动的日期清单，并说明维修方法。
- 记录成功维修的详细信息（例如维修日期以及证明维修成功的后续检测结果）。

在泄漏检测调查中所发现的泄漏记录应包括泄漏率，泄漏源类型和位置。该记录必须足够详尽，便于分析同个部件未来是否再次泄漏。记录应包括每次维修的日期，简要的维修方法说明，以及维修成功的后续检测结果。从成本收益分析角度出发，记录泄漏发现到修复成功的时间间隔很重要。

虽然有软件程序可用于修复跟踪，但很多软件针对的是更为复杂的系统，比如炼油厂和化工厂的检漏和维修。这些设施里的每个元件都具有固定的标签。本最佳实践指南仅涉及天然气，建议以数字格式保存记录，格式可由用户自行创建。为更好地管理维修情况，应将记录作为现场维护管理系统的一部分。

多年的数据积累将为资产管理人士的泄漏修复和减排工作提供更多的选择。具体内容如下：

### 分析泄漏记录并采取必要措施

参照泄漏检测调查的频率开展定期检查记录可以识别持续泄漏的元件或元件类别，应开展针对性的改进或预防性维修。

某些排放源（如敞口管道）的改进可能很简单。只需在管道末端添加一个阀门或堵头或螺帽即可。而其他的某些排放源也许可以采用密封改进技术，例如改进阀门类型或填料系统，或者更换为低泄漏或无泄漏元件，例如用焊接头代替接头。最后，对于某些持续大量排放的泄漏源或排放源，则可以开展预防性检修。

预防性检修是指在元件出现故障或泄漏之前，计划进行的修理或者备件替换。例如，按照服务工时更换，或者当排放率产生变化（意味着往复杆填料状况发生变化）的时候进行元件更换。

预防性检修方法的选择因产生泄漏的设备和 技术而异。例如，对于地下储气库，运营商可以使用最新的井下测井技术来评估储气井的完整性以及井下所存在的缺陷；此类系统可能无法适用于任何地上资产。这可能会促使对某些储气井优先采取预防性维护措施。

### 尽可能避免产生泄漏和维修需求

一个典型案例是管道内检测技术的应用。内检测（ILI）技术是在天然气流动过程中，于管道内部运行传感器，分析管道状况。ILI设备可以减少完整性管理水压测试产生的甲烷排放，或者在泄漏开始之前对出现的管道腐蚀或损坏进行修复。

## 日常维修维护中设备开口的减排策略

### 最大限度减少维护和维修所造成的排放

放空最佳实践指南提供了多种减少放空减排的详细策略，包括可将维修造成的放散降至最低的策略。

对于含有大量气体的系统，在维修前应特别考虑如何减少放散所造成的影响。

### 抽空管道和大容器中的气体

集输、长输、输配管道系统容积可能很大。在管道维修和新管道连接时经常会释放出大量的甲烷。据悉，一条管道的连接或修复可造成高达17万立方米（m<sup>3</sup>）的天然气排放。如果时间和资源充足，大部分天然气是可以回收的。因此，抽空等减排策略可以最大限度减少排放。但抽空的应用也受到管道配置的影响。

某些配置(如多根相邻管道)便于抽空和气体压缩(利用现有管道压缩或临时租用压缩设备)。另外，其他一些因素也可能制约气体回收，例如减压时间有限或者需要减小对客户的影响。在进行计划内的维修之前，运营商可以用减压操作的排放量来计算抽空带来的减排量。比较在线管道压缩(典型2:1压缩比)的减排与便携式

压缩机(典型5:1压缩比)的减排,考虑便携式压缩机的租金和燃料成本和管道压缩机的燃料成本。只要时间允许,采用这种措施可以取得立竿见影的回报效果。

另一个降低维护和维修排放的方法是尽量减少容器或管道恢复运行前的吹扫作业(清除氧气)。具体可以借鉴相关指南。

### 尽可能减少泄压气量

管道降压还可以通过增加临时管道封堵,减少维修放散的管道长度。管道封堵采用可拆卸的灵活堵头,对于没有隔离阀的管道,可以实现带压隔断。在使用塑料管的下游输配系统中,可用金属夹具简单地将塑料管挤压封堵。

图4: 管道封堵施工示例<sup>2</sup>



即使无法使用抽空或管道封堵,仍可采用火炬燃烧等减排方法,这一点在火炬燃烧最佳实践指南中已经提及。

### 利用闪蒸气回收装置收集气体,减少清管排放

碳氢化合物和水在湿气集输管道内凝结,导致管压下降,阻碍天然气流动。这就需要运营商进行清管,去除液体和杂质(冷凝液)。清管前后,运营商需对清管器的收发装置进行减压,导致收发过程中的排放。另外,接收清管排出的凝液的储罐也会有排放,可通过闪蒸气回收装置或连接至火炬减少气体排放。

### 避免排放

在某些情况下,改变维修方法可以完全避免维修造成的排放。例如,对管道进行内检测,带压开孔以及整合日常维护的时间安排,减少排放次数。

### 带压开孔连接新管线

当管道全压下运行时,进行带压开孔可以避免吹扫排放。带压开孔即在管道上加装套管,保证开孔机能够在运行中的管道商开展安全钻孔作业。这样可以完全避免管道吹扫需求。

### 非侵入式检查

非侵入式检查是指在检查压力容器内部时，无需隔断或打开容器。本指南用的主要范例是内检测。内检测可以检查管道内部的状况：在天然气流动时，于管道内部运行装有传感器的特殊清管器（通常是指智能清管器），以分析管道的状况。

### 减少放散次数

协调维修和日常检测或维护，以减少放散次数。可以协调维修活动，将多次维修活动合并，进行一次停机修复或是一次大型维修。

### 火炬燃烧

如果无法避免放空，则可以采用火炬燃烧的方法，减少放空排放。

### 可用的资源

设备泄漏减排策略长期以来在油气行业里都有应用。泄漏检测和修复指南最初是为下游石化设施制定的，但并不完全适用于天然气部门。现有一些专门与天然气有关的计划和指南，具体列举如下：

- 气候和清洁空气联盟 (CCAC) 《第2号技术指导文件：逸散部件和设备泄漏》，2017年3月<sup>3</sup>
- 天然气之星计划，《甲烷减排的建议技术》，美国环境保护署项目<sup>4</sup>
- 《改善天然气储运的甲烷排放》，北美州际天然气协会 (INGAA) 白皮书，2018年8月<sup>5</sup>
- 《甲烷市场化：减少管道维护和维修造成的甲烷排放》，美国环境保护署以及IAPG技术转移，2008年<sup>2</sup>
- 美国燃气协会 (AGA)，《吹扫手册》第4版，目录编号XK1801，2018年9月<sup>6</sup>

表1总结了最常见的日常维修维护减排策略及关键要素。

**表1. 日常维护维修的甲烷减排方法**

减排策略	关键要素
泄漏调查	请参阅关于设备泄漏的最佳实践指南。
尽快开展维修	进行初步维修，包括紧固螺纹管件，紧固阀杆上的填料螺母或向填料中注入润滑剂。
通过后续检测确认维修成功	使用与发现泄漏相同的检漏方法或是比原方法更灵敏的方法进行后续检测。
对于一定时间内无法进行的维修，进行跟踪	使用延迟维修列表跟踪未完成的维修，并设定维修日期。
准确记录泄漏和维修情况	记录检漏调查结果，包括调查日期。对于维修，请保留每次维修作业的日期清单，说明维修方法，以及维修成功的鉴定方法。
分析泄漏和维修记录	进行几次检漏调查之后，查看收集的信息，确定持续泄漏的部件，评估使用低泄漏或无泄漏部件改进或者替代泄漏部件能否带来好处，以及进行预防性维护。
通过对管道和大容器进行抽空，尽可能减少放空	对装有大量气体的设备进行检修或泄压时，应降低容器的压力之后再行排放，从而减少排放量。

表1. 日常维护维修的甲烷减排方法 (续)

减排策略	关键要素
尽量减少需要减压的气量	在某些情况下，使用带压开孔和管道封堵（使用金属夹具），隔断无阀门的管道，将需要进行减压的气量降至最低。
使用闪蒸气回收装置回收气体，减少清管排放	对于接收清管排放凝液的储罐，通过闪蒸气回收装置（或火炬燃烧）减排。某些情况下，闪蒸气回收装置也可用于收集清管器收发装置的排放（另请参见关于放空的最佳实践指南）。
使用内检测工具等非侵入式检查方法，避免排放	使用智能清管器等内检测工具，避免开启管道或容器造成的排放。尽管智能清管器在接发过程中有排放，但其排放量远低于管道水压测试导致的放散和吹扫排放。
使用带压开孔方式连接新管道	可使用带压开孔的方式连接现有管道上的支线和永久阀门，从而避免管道放散。
减少放散次数	寻找机会协调维修以及日常维护维修的时间，最大限度地减少放散次数。这种方法对大型设施最为有效。
需要减压时，考虑火炬燃烧，减少排放造成的影响	甲烷完全燃烧转化为二氧化碳，而二氧化碳的短期温室效应比甲烷低得多。（另参见关于火炬燃烧的最佳实践指南）。

# 检查清单

以下清单可帮助您评估通过运营维修取得的减排成果。运营商可以选择将下列措施应用于所有或部分资产。

清单	是否完成	占设施的百分比
<b>修复设备泄漏</b>		
✓ 保证记录内容准确，包括泄漏设备的估计排放量。计算方法中纳入所有泄漏点的持续时间。		
✓ 将所有设施纳入泄漏检测和维修计划。		
✓ 每次检漏调查后，尽快开展维修。		
✓ 准确和及时记录发现的泄漏和开展的维修。		
✓ 定期分析泄漏和维修记录，采取必要措施。		
<b>日常维护和检修</b>		
✓ 对管道和大型容器进行抽空。		
✓ 使用带压开孔和管道封堵将必须减压的气体体积降至最低。		
✓ 采用闪蒸气回收装置，回收释放的气体，减少清管排放。		
✓ 使用内检测工具等非侵入式检查方法，减少排放量。		
✓ 使用带压开孔的方式连接新管道，减少排放。		
✓ 协调操作维修时间，减少放散次数。		
✓ 如果减压排放不可避免，考虑采用火炬燃烧减排。		

# 参考文献

1. Photo Credit: Washington Gas, A WGL Company.  
<https://www.washingtongas.com/safety-education/safety/natural-gas-safety>
2. 'Methane to Markets: Reducing Methane Emissions in Pipeline Maintenance and Repair', a presentation by U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) and Instituto Argentino del Petroleo y del Gas (IAPG), Technology Transfer Workshop, Buenos Aires, Argentina, 2008
3. Climate and Clean Air Coalition (CCAC), 'Technical Guidance Document Number 2: Fugitive Component and Equipment Leaks', Modified in March 2017
4. US Environmental Protection Agency, Natural Gas STAR Program, 'Recommended Technologies to Reduce Methane Emissions', Available at [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)
5. 'Improving Methane Emissions from Natural Gas Transmission and Storage', a white paper by Interstate Natural Gas Association of America (INGAA), August 2018
6. American Gas Association (AGA), Purging Manual, 4th Edition, Catalogue Number XK1801, September 2018





METHANE  
GUIDING  
PRINCIPLES