

减少油气行业甲烷泄漏

监管路线图和工具包

翻译由绿色创新发展中心 (iGDP) 提供

International
Energy Agency



INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 31 member countries, 8 association countries and beyond.

Please note that this publication is subject to specific restrictions that limit its use and distribution. The terms and conditions are available online at www.iea.org/t&c/

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA member countries:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
Germany
Greece
Hungary
Ireland
Italy
Japan
Korea
Lithuania
Luxembourg
Mexico
Netherlands
New Zealand
Norway
Poland
Portugal
Slovak Republic
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
United Kingdom
United States

The European Commission also participates in the work of the IEA

IEA association countries:

Brazil
China
India
Indonesia
Morocco
Singapore
South Africa
Thailand

摘要

减少石油和天然气作业的甲烷排放是政府为实现全球气候目标所能采取的最具成本有效性和影响力的行动之一。对于希望在该领域制定政策和法规的国家来说，现有的重要机遇是通过学习已经采用相关法规的国家和地区的经验，来设计适合当地情况的政策框架。任何新的政策都应应将改善排放数据的测算和报告作为目标之一，这反过来也可以促进更有效的监管干预。当然，当前所掌握的排放信息也不应成为采取早期甲烷减排行动的阻碍。经验表明，各国可以在现有工具的基础上迈出重要的“第一步”，其中可能包括建立对已知“问题排放源”的规定性要求，并结合监测计划，力求发现和解决“超级排放源”。就具体过程而言，实施一项新的政策或法规应包括三个不同的阶段：了解当地背景情况，监管制度的设计和发展，以及政策法规的实施，每个阶段在本路线图中都有详细介绍。

致谢

本报告是由国际能源署（IEA）的法律顾问办公室和可持续性、技术和展望理事会的世界能源展望团队合作编写的。主要作者是 K.C. Michaels, Tomás de Oliveira Bredariol 和 Katherine Konschnik。Tim Gould 和 Christophe McGlade 为报告提供了宝贵的意见和反馈，Pascal Laffont 在整个项目中提供了额外指导。IEA 的其他现任和前任同事 Amelia Caldwell, Jennifer Chen, Sakeena Moeen, Susan Nakanwagi 和 Frances Reuland 也做出了宝贵的贡献。

同时，作者感谢外部专家给予的宝贵意见，包括 Abiodun Abdurrahman（尼日利亚石油资源部）、Alex de Almeida（巴西环境和可再生自然资源研究所[IBAMA]）、Jonathan Banks（清洁空气工作组）、Manfredi Caltagirone（联合国环境规划署）、Meghan Demeter（联合国环境规划署）、James Diamond（加拿大环境和气候变化部）、Giulia Ferrini（联合国环境规划署）、Diego A. Grajales Campos（哥伦比亚矿业和能源部）、Hedland Halvard（挪威石油局）、Myriam Hammami（壳牌）、Khalil Juárez（墨西哥安全、能源和环境署[ASEA]）、Poppy Kalesi（环境保护协会）、Robert Kleinberg（哥伦比亚大学全球能源政策中心）、Dora Llanes（ASEA）、Rebecca Middleton（甲烷指导原则）、Maria Olczak（佛罗伦萨政策法规学院）、Andris Piebalgs（佛罗伦萨政策法规学院）、Carlos de Regules（德勤）、Stephanie Saunier（碳限制）、Joshua Shodeinde（马里兰州环境部）和 Stan Sokul（埃克森美孚）。

作者还要感谢国际能源署传播和数字办公室在制作报告和网站材料方面的帮助，特别是 Jon Custer、Astrid Dumond、Isabelle Nonain-Semelin、Tanya Dyhin、Christopher Gully、Jethro Mullen 和 Therese Walsh。Erin Crum 对报告进行了文字编辑。

目录

减少油气行业甲烷泄漏	1
监管路线图和工具包	1
摘要	2
致谢	3
目录	4
概览	6
甲烷监管的相关案例	6
监管路线图和工具包	8
监管路线图	15
步骤 1：了解法律和政治环境	15
步骤 2：明确行业性质	22
步骤 3：摸清排放概况	30
步骤 4：建立监管能力	35
步骤 5：利益相关者的参与	37
步骤 6：确定监管目标	38
步骤 7：选择适当的政策设计	39
步骤 8：起草政策	41
步骤 9：政策执行	42
步骤 10：定期审查和完善政策	43
监管工具包	45
监管结构	46
监管方式	49
基本要素	56
其他资源	65
附件 A：政策类型的定义	66
缩写和缩略语	68

图目录

图 1	可持续发展情景（SDS）中油气部门的甲烷排放情况（2000–2030 年）	6
图 2	实施新法规的 10 个步骤	9
图 3	天然气价值链和政府部门划分	24
图 4	甲烷排放源，印度尼西亚	33
图 5	边际减排成本曲线，印度尼西亚	35
图 6	监管方式的连续性	50

专栏目录

专栏 1 许可证 46

专栏 2 合同 47

专栏 3 甲烷战略 48

专栏 4 甲烷监管 48

专栏 5 泄漏检测和修复（LDAR） 50

专栏 6 最佳可用技术要求 51

专栏 7 排放标准 52

专栏 8 甲烷强度 53

专栏 9 排放税 53

专栏 10 放空和燃除税 54

专栏 11 环境影响评估 55

专栏 12 信息提供 56

专栏 13 测量活动 57

专栏 14 卫星监测 57

专栏 15 温室气体报告 59

专栏 16 关于燃除和放空的报告 59

专栏 17 第三方核查 60

专栏 18 制裁 61

专栏 19 贷款和赠款 62

专栏 20 研究与开发 62

专栏 21 目标审阅 63

专栏 22 替代性合规手段 64

表目录

表 1 应用于气动控制器的监管方式..... 10

表 2 部分生产国按监管方式分类的甲烷政策..... 12

表 3 监管范围 16

表 4 天然资源的权利 18

表 5 伴生气体监管 19

表 6 空气污染监管 19

表 7 安全监管 20

表 8 石油和天然气的价值链 22

表 9 天然气市场 25

表 10 国际天然气贸易 25

表 11 行业结构 26

表 12 工业类型 27

表 13 监管工具包的概要 45

表 14 监管方式的利弊 49

概览

甲烷监管的相关案例

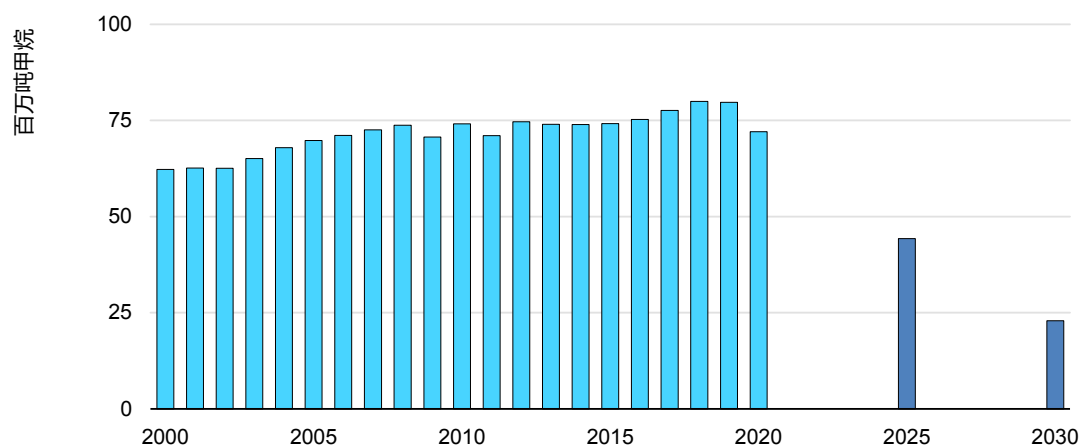
减少石油和天然气作业中的甲烷排放是各国政府为实现全球气候目标所能采取的最具成本有效性和影响力的行动之一。越来越多的国家和地区认识到，监管行动与自愿性行业行动都在该领域发挥着重要作用。

需要就甲烷问题采取行动

甲烷是一种强效温室气体，对气候变化有重要影响。尽管甲烷在大气中留存的时间比二氧化碳（CO₂）短得多——大约为 12 年，而二氧化碳则可长达几个世纪——但它在大气中吸收的能量要远远高于二氧化碳。因此，虽然甲烷得到的关注比二氧化碳少，但能源部门的甲烷减排对于避免气候变化的最严重影响至关重要。

国际能源署估算，石油和天然气部门在 2020 年排放了约 7 千万吨甲烷（约 21 亿吨 CO₂ 当量），略高于全球能源相关温室气体排放量的 5%。早期的卫星数据表明，2020 年大规模甲烷泄漏的发生率有所下降，其中部分原因可能是新冠肺炎疫情所导致的产量大幅下降。根据国际能源署的可持续发展情景（SDS），到 2030 年，油气部门的甲烷排放量需要降至每年 2 千万吨左右，相较 2020 年水平下降 70% 以上。

图 1 可持续发展情景（SDS）中油气部门的甲烷排放情况（2000–2030 年）



国际能源署保留所有权利

根据国际能源署的[甲烷追踪器 \(Methane Tracker\)](#) 分析显示，这 70% 的降幅与技术上可以实现的减排量相吻合。此外，很大一部分减排可以在不产生净成本的情况下实现，鉴于捕获的甲烷价值足以抵消减排措施的花费，避免向大气排放甲烷的经济激励就已经存在了。毫无疑问，在不产生净成本的情况下，具体减排份额在不同年份和不同地区都会有所不同，其中一个关键变量是当时的天然气价格。2020 年，全球天然气价格较前几年大幅降低，使得能够抵消自身费用的减排份额也较前几年有所降低。但随着天然气价格的上涨，份额会再次回升。

在甲烷减排领域存在一些自愿的、由行业主导的行动，许多企业也在过去一年中宣布了甲烷减排目标。然而，为了达到与国际气候目标相一致的减排效果，现有目标需要立即进行重大改变。虽然行业的自愿行动可以且应该继续进行，政府的政策和监管对减少或消除行业开展减排行动的障碍是至关重要的。

自愿行动的障碍

国际能源署的[各国甲烷减排成本曲线](#)表明，只要捕获的天然气能输送到市场并以市价出售，那么相当数量的减排措施就能收回成本。虽然这种简单的成本分析表明，公司应该会自愿采取一些行动，但在现实中却不一定如此。因此，了解不同国家和市场背景下阻碍公司采取具有成本有效性行动的原因，是设计甲烷减排监管机制的重要起点。

有三个主要障碍可以解释为何公司没有充分利用这些减排机会：信息、基础设施和投资激励。

信息

许多公司在甲烷对环境的影响，特别是公司运营中的排放水平和排放源等方面都存在着巨大的信息缺口。在许多情况下，人们对现有的减排技术、减排成本以及捕获、使用或出售原本泄漏的气体带来的益处都缺乏认识。即使高级管理层意识到了甲烷泄漏的风险，也可能不会将其反映在更广泛的公司文化及运营实践中，因此能够对此采取行动的一线人员不会行动。这种信息的缺失往往是疏忽；然而，现行政策也可能成为获取全面信息的阻碍。例如，若政策是根据排放的污染量向排放者收取费用或征税，公司可能会担心因为发现新的甲烷排放源而导致其合规性成本提高。

基础设施

许多情况下，捕获的气体可以很容易地进入市场。但是在有些情况下，特别是在油气联合生产（或“伴生”）时，现有的途径或业务可能无法将气体投入有效使用。在这种情况下，可能需要建设新的基础设施，包括新的压缩设备、收集管道和输送管道、或液化设备，将天然气输送给消费者。但如果没有相关政策要求或鼓励天然气的有效使用，甲烷减排或将受到影响。

投资激励

尽管外部环境对企业决策来说很重要，但公司可部署的资本是有限的。因此，甲烷减排的投资必须与其他投资机会竞争。即使在减排具有成本有效性的情况下，公司也可能将资本投向有机会获得更高回报率的领域。而且，如果在投资计算中不考虑污染治理的环境成本，则减排的成本有效性会更低。此外，如果天然气所有者与传输设备的所有者不同，还可能会出现“分割激励”的问题，即管道公司投入成本后发现天然气公司因这些额外的输送量而获利。最后，国有企业可能也并不会直接从这些节约成本的措施中受益，因为它们需要将收益返给政府财政，随后再获取预先确定的款额以支付运营费用。

政府可以采取什么措施推动甲烷减排？

政府可以通过政策和监管工具解决甲烷减排面临的许多障碍。如果存在信息障碍，可采取的政策包括教育培训；针对劳工的证书课程；排放监测、报告和核查措施；参考国际企业自愿上报

标准；或鼓励知识共享和最佳实践。在基础设施方面，政府可以在项目规划阶段提出要求，直接投资建设新的基础设施，或采取政策让多个公司和终端用户共同分摊开发成本。政府也可以对环境的外部性进行定价，或者实施财政激励措施来消除投资障碍，如鼓励就地使用被捕获的天然气、投资减排技术，以及维护传输设备。

这些干预措施有双重目的。首先，它们能够发掘目前具有经济优势的减排措施的潜力，即在没有任何净成本的情况下减少甲烷泄漏的相关措施。第二，它们可以促进和鼓励在技术上可行的甲烷减排行动，如到 2030 年在可持续发展情景中实现的 70% 的减排。为达到这一水平，仅仅消除企业自愿行动的阻碍是不够的，更广泛的监管举措也需要发挥重要作用。目前，越来越多的企业已经认识到这一点，并期待着“出台健全的甲烷政策和监管制度，以鼓励尽早行动、推动减排表现、激发执行力、支持灵活性与创新性。”¹

根据不同国家地区的具体目标进行调整的法规，对于确保企业采取自愿行动的同时采取适当的减排行动至关重要。现有的法规制度形式多样，但它们的共同点是都会从根本上改变企业的成本效益分析，并促使企业将污染的社会成本内部化。

监管路线图和工具包

本报告旨在为希望通过制定新法规解决辖区内石油、天然气甲烷排放问题的政策制定者提供一份完整的“入门”指南。本指南由两个配套部分组成：**监管路线图**和**监管工具包**。

路线图侧重关注新的法规制度的建立过程。这部分报告详细介绍了新法规制定的十个关键步骤，并提供了分步指南，帮助监管机构收集在设计、起草和实施有效监管过程中所需的信息。

工具包则重点关注甲烷相关法规制度的内容。它总结了目前甲烷监管的不同方式，并适当引用国际能源署的[政策数据库](#)，以获取具体案例。该工具包的目的是为监管者提供不同监管工具的“百科全书”，以便其在制定新政策时参考。

政府如何设计和实施新的规章制度？

国际能源署识别出帮助监管者选择监管方式、实施符合当地条件的有效甲烷减排政策的 10 个步骤。本报告将按顺序介绍各个步骤，但实践中，这些步骤可以按照不同顺序进行或同时进行，甚至可以在有了新的排放数据或新技术后重复进行。

政策制定者的“十步走”路线图

[步骤 1：了解法律和政治环境](#)

[步骤 2：明确行业性质](#)

[步骤 3：摸清排放概况](#)

[步骤 4：建立监管能力](#)

¹ [甲烷指导原则](#)中的第 4 条原则，这是一项自愿性倡议，将工业和非工业组织聚集在一起，支持甲烷减排。

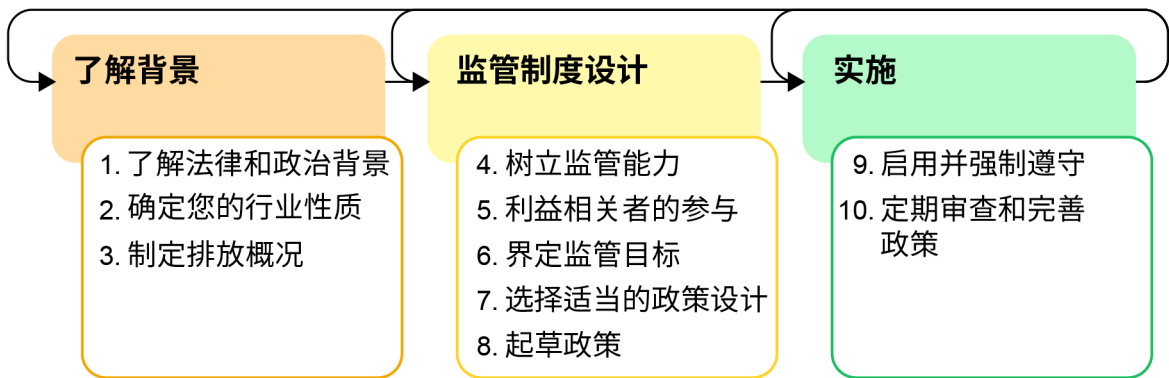
- 步骤 5: 利益相关者的参与
- 步骤 6: 确定监管目标
- 步骤 7: 选择适当的政策设计
- 步骤 8: 起草政策
- 步骤 9: 政策执行
- 步骤 10: 定期审查和完善政策

以上步骤可根据新法规的实施过程分为三个阶段。阶段一发生在监管提案正式制定前。它包含**信息收集工作**，以便决策者了解如何更好地使政策法规与辖区的体制环境、监管框架、市场背景以及排放状况相适应。此信息收集阶段对应路线图的前三个步骤。

一旦政策制定者收集到这些信息，就可以进入下一阶段，这一阶段包含**设计和制定监管提案**、关注机构能力提升，以及内外部利益相关者的参与。此阶段对应路线图中的步骤 4 至 8。在这一阶段，监管机构还应该考量工具包中收录的不同监管方法的示例。

即使在法规公布后，仍需大量工作确保其有效运作。在**政策执行阶段**，政策制定者需要确保法规得到实施和遵守，并根据需要制定计划更新法规。这与路线图中的步骤 9 和步骤 10 相对应。政策制定者应在政策起草阶段就开始考虑这些步骤，以便在政策实施之初确保被监管主体的合规和政策有在未来可调整的空间。

图 2 实施新法规的 10 个步骤



国际能源署保留所有权利

越来越多的国家和地区已经认识到，监管行动在推动石油和天然气行业减排方面发挥着重要作用。部分政府已经采取行动；其他国家也承诺将在未来几年内采取措施。根据对早期行动的调查，我们对不同的**监管方式进行了分类**，旨在揭开许多国家现行的复杂监管网络的神秘面纱。以下是对这套分类的介绍，本报告的工具包部分提供了每种分类的具体案例。

监管方式的分类

目前应用于甲烷领域的监管方法可分为四类：

- 规定性要求，
- 基于性能或结果的要求，
- 经济手段，
- 基于信息的要求。

下表通过描述各监管方式如何作用于替换“高排量”气动控制器来对不同监管方式进行阐释。这些控制器用途多样，是油气供应链过程中甲烷排放的一个重要来源。根据[美国温室气体排放清单](#)，这些设备的排放约占美国石油和天然气系统甲烷排放的 25%。²

表 1 应用于气动控制器的监管方式

监管方式	定义	示例
规定性要求	规范性工具指示受监管实体是否采取某些具体行动或程序。	经营者须在某一日期前用低排量的控制器替换气动控制器。
基于性能或结果的监管	基于性能的监管手段为受监管实体建立强制性性能标准，但并未规定必须如何实现该目标。	经营者须在全设施领域实现从基线的甲烷减排。进而，经营者会决定替换排放最高的控制器，因为这是实现总体目标的最具成本有效性的手段。
经济手段	经济手段通过实施罚金或财政激励来限制或诱导某些行动。其手段可能包括税收、补贴或一些基于市场的方式，如可交易的排放许可或信用额。	经营者必须为排放支付污染税。或者，经营者可以从其税收责任中扣除更换高排放设备的费用。在这两种情况下，经营者可能会因为财务原因选择更换控制器。
以信息为基础的监管	基于信息的监管手段旨在改善排放信息的公开状况，可能包括要求被监管实体估计、测算并向公共机构报告其排放情况。	经营者在指导下报告已知的高排放设备或生产活动。考虑到排放量的量化，经营者亦可选择减少而不是披露与气动控制器相关的排放。

在石油和天然气法规中有特别针对甲烷减排的辖区，其中大多数在很大程度上会依靠**规定性要求**来实现减排。这种“命令控制型”的方法侧重于要求安装或更换特定设备。例如，某辖区确定其许多常规排放来自于石油和天然气价值链中所使用的“高排量”气动阀门控制器，那么一个规定性的法规制度就可以引导经营者用“低排量”或“无排量”的替代品替换现有控制器，并禁止在新设施中安装高排量设备。

相比之下，**基于性能或结果的要求**会让企业去达到特定设备或设施的具体排放目标，但不会规定企业如何实现这一目标。例如，[墨西哥 2018 年的规定](#)要求经营者为每个现有设施建立并实现六年的减排目标。被要求减少排放的经营者将在每个设施中寻找最具成本有效性的部分，进行维修和更换。如果一些“高排量”的控制器对设施的整体排放情况有很大影响，且很容易更换，则经营者将对其进行替换。

² 见美国环境保护局（2020 年），《[美国温室气体排放和碳汇的清单，1990–2018 年](#)》，表号 3-45 和 3-65。

还有一些辖区可能会选择使用**经济手段**，采取惩罚或激励措施来诱导减排行动。最简单的经济监管形式是对甲烷的排放征税。作为回应，经营者可能更愿意更换高排放的控制器，而非支付税费。这一手段具有代表性的例子是，[挪威的碳税](#)涵盖了海上石油和天然气设备的甲烷排放。这一手段将在根本上鼓励公司“更换阀门控制器或为其排放的甲烷付费”。

与对排放甲烷进行一定惩罚的政策相比，政府也可以通过提供激励或经济刺激来鼓励减排。具体而言，一项激励措施可以这样规定：“如果您更换阀门控制器，那么您可以从尚未支付给国家的特许权使用费中扣除相应的更换费用”。例如，[尼日利亚](#)允许公司从其利润中扣除捕获伴生天然气设备的资本支出，以及向下游出售和交付伴生天然气的特许权使用费。

对能源部门的甲烷排放进行有效监管的最大障碍之一是其不确定性——关于排放的规模、排放源和可变性。对此，基于信息的要求或许是一个特别有效的方法。具体而言，监管可以要求企业：“标记所有高排放的阀门控制器，并提交关于其排放的月度报告”。对于一些经营者来说，这一措施可能为他们的排放规模提供新见解。一旦经营者了解到自身的排放量，他们可能会采取自愿行动。如果这些排放报告必须公开，那么外部利益相关者可能会在减排领域给予经营者更多的压力。

表 2 部分生产国按监管方式分类的甲烷政策

	规范性的监管					基于性能或结果的监管				经济性的手段			基于信息的监管		
	许可要求	渗漏检测和维修	对燃烧或排放的限制	技术标准	强制执行和相关规定	战略目标	设备或公司的排放标准	工艺或设备的标准	燃烧或排气的标准	税款和费用	排放交易和信贷	其他财政激励	排放量估算	测量要求	报告要求
巴西	●		●	●	●				●	●	●		●		●
加拿大	○	●	○	●	○	●	○	●	○		○	●	●	●	●
中国	●		●	●	●										
伊拉克	●				●										
伊朗	●														
墨西哥	●		●	●	●	●	●	●	●		●		●	●	●
尼日利亚	●		●	●	●	●			●	●		●	●	●	●
挪威	●		●		●					●			●	●	●
俄罗斯	●								●	●					
沙特阿拉伯	●			●	●										
阿拉伯联合酋长国	●				●										
美国	○	●	○	●	●	○	○	●	○	○		○	●		●

备注：一个完整的圆圈表示在国家层面实施的政策。空的圆圈表示国家级以下的政策（例如，联邦系统中的州一级或省一级）。每种工具的定义见[附件 A](#)。本表反映了截至 2020 年 1 月 18 日 [IEA 政策数据库](#)中的条目。我们欢迎各国各地区就现有政策的任何更新或数据库中遗漏的其他政策提供反馈。

这些监管方法已有许多实施案例了。表 2 显示了目前在全球最大的 12 个天然气生产国中所使用的监管工具简况。本指南在很大程度上依赖于这些来自国际能源署政策数据库的案例，以便为监管者指明现有政策工具和相关资源的真实示例。这些案例是遵循本指南的监管者的主要借鉴，它们为制定法规提供了灵感并阐明了最佳实践。

政策制定者的主要见解

制定过甲烷监管制度的政策决策者已经有了许多相关经验。本指南旨在分享这些最佳实践和经验教训，以最大限度提高新的规章制度的有效性。

政策和法规可以帮助各国实现排放目标

政策制定者不应假定行业已有适当的激励措施能鼓励足以解决甲烷问题的自愿行动。如上所述，越来越多的辖区已经认识到健全的政策和法规与行业自愿行动的重要性。即使行业会自行采取一定行动，并非所有减排措施都一定具有成本有效性，而政策和法规可以从这一方面入手，从根本上改变公司的激励措施。

没有一个统一的解决方案

一个有效的政策和监管体系，是根据辖区的情况（包括政治和监管环境、行业性质、排放源的规模和位置以及辖区的政策目标等）来采取因地制宜的监管方式。不同的监管方法在不同辖区有其特殊的优势和劣势，政策制定者应该预先了解这些情况在当地背景下是如何发生的。路线图中概述的步骤旨在帮助监管机构了解这些情况，并决定出最适合他们的方法。

更好的信息可确保更有效的监管要求

基于性能的要求和经济性手段能够让经营者有能力确定最具成本有效性的减排方案，往往会产生更具经济效益的结果。然而，这些方法往往需要强有力的测算和报告制度来维持正常运作。例如，在不知道甲烷的排放量的情况下甲烷税就无法有效执行，但制定和实施一个强有力的测算和报告制度可能需要花费数年。因此，对于处于甲烷监管早期阶段的辖区，在强大的测算和报告制度到位之前，规定性要求可能是最佳选择。

然而，各国无需在等到更好的数据后才采取行动

值得庆幸的是，规定性要求本身就可以有效地减少排放。此外，它们可以作为通向更灵活、更具经济效益的监管制度的第一步，因为它们的管理相对简单，不需要对排放水平有准确的基准了解，也不需要强有力的测算制度支持。因此，首次对甲烷进行监管的辖区的起点可能是将针对已知“问题排放源”的规定性要求与利用卫星或数据检测“超级排放源”的监测计划相结合，并要求公司企业在出现超级排放源时予以解决。随着时间的推移，政策制定者可能会将其他方法的各方面纳入主要的规定性制度中，比如广泛设施或公司层面的目标，以补充其他要求。

更重要的是，这条发展路径已足够完善了。足以应对甲烷排放的政策工具已经以各种形式存在。遵循本指南并利用现有不同资源的监管者将能获得必要信息，以便在现有的方法中做出选择，并最终实现其愿景。

如何使用本指南

本指南分为两个主要部分：路线图和工具包。[监管路线图](#)详细介绍了上文提到的十个步骤，并明确了每个步骤的关键考虑因素和决策点。本指南将按顺序介绍这些步骤，但它们通常是模块化的，在政策制定的不同阶段之间有反馈循环和迭代。因此，请自行关注您感兴趣的步骤。

指南的第二部分，[监管工具包](#)，介绍了政策制定的不同要素，为监管者在政策制定和实施阶段提供支持。该部分讨论了一般性的监管策略，进一步提供了上述四种一般性监管方法的细节，并通过当前甲烷监管的实例对其使用方式进行了解释。与路线图类似，工具包的每个主题都是模块化和独立的，在完成路线图步骤的过程中，您可能会希望参考工具包的各个方面。

监管路线图

以下步骤将帮助您确定一种监管方式，并实施一套符合您特定情况的有效甲烷政策。在下列步骤中，新监管制度的实施过程分为三个不同的阶段——了解您的背景情况（步骤 1-3），设计和制定您的监管制度（步骤 4-8），以及实施（步骤 9-10）。如果您是初次涉足监管甲烷领域，您可以考虑从步骤 1 开始，根据清单开展工作。如果您的辖区已经在该领域开展过工作，您可以酌情跳过部分前期步骤。虽然手册中按顺序介绍了各步骤，但它们也可以按照不同的顺序进行。您可以同时进行若干个步骤，甚至可以在有了新的排放数据或新技术后重复某一步骤。例如，根据您所在机构的能力，您可以在全过程中进行第 3 步骤“建立监管能力”，或只在实施和执行阶段进行，甚至根本不进行。

政策制定者的“十步走”路线图

[步骤 1: 了解法律和政治环境](#)

[步骤 2: 明确行业性质](#)

[步骤 3: 摸清排放概况](#)

[步骤 4: 建立监管能力](#)

[步骤 5: 利益相关者的参与](#)

[步骤 6: 确定监管目标](#)

[步骤 7: 选择适当的政策设计](#)

[步骤 8: 起草政策](#)

[步骤 9: 政策执行](#)

[步骤 10: 定期审查和完善政策](#)

步骤 1: 了解法律和政治环境

整个过程的第一阶段在正式制定监管建议之前进行。它涵盖**信息收集工作**，旨在为您选择监管方式提供信息，包括探索您的制度环境、现有监管框架、市场环境和当前的排放量将如何影响您的决策。这一阶段从步骤 1 开始，一直持续到步骤 2，在步骤 2 中您将描述当地的行业性质，而在步骤 3 中您将制定一个详细的排放概况。

在制定监管制度时，应考虑到您管辖范围内哪些制度特点？

在此步骤中，您将考虑如何监管石油和天然气部门的甲烷排放才符合您辖区的政治和监管环境。了解针对甲烷采取行动的法律主体和政治权力所在，有助于激活政府内部最具减排前景的机制。审查现有的政策有助于明确应在哪些方面扩大甲烷减排的努力，或应改变哪些方面消除阻碍行动的因素。通过考虑以下问题，您可以确定哪些主体应当参与进来，并设计适合您辖区的政策。

拥有相关监管权力的机构

从一开始，就必须知道哪些机构拥有监管权。这一答案可能取决于资源的所有权、资源的位置以及监管的性质（能源、环境、经济）等。许多辖区将重点集中在自然资源和环境主管部门，这是可以理解的，但其他类型的监管机构也可以参与这项重要工作。此外，思考不同类型的监管机构所能采取的方法，也有助于解决各部门之间潜在的管辖权纠纷，有利于今后建立更有成效的伙伴关系。

该机构的管辖范围是什么，以及如何能够利用它来减少甲烷的排放？

考虑如何在机构管辖范围内来应对石油和天然气产生的甲烷，可以让您在现有的管辖权基础上思考监管工具和方案的新应用。

表 3 监管范围

问题	相关性	示例
您的机构可以怎样采取行动来减少石油和天然气中的甲烷排放？	对矿产资源有管辖权的机构可以使用租金或特许权使用费阻止资源浪费。	巴西 环境与可再生自然资源研究所 对所有天然气燃烧收取特许权使用费；美国联邦 土地管理局 对过度燃烧和浪费天然气的行为收取特许权使用费。
	环保机构可以利用现有的空气污染治理计划或气候雄心来解决甲烷污染。	加拿大（环境和气候变化部）的 甲烷污染减排标准 和墨西哥的甲烷监管规章为各自国家的国际气候承诺提供支持。
	劳工或安全机构可能会在考虑生产安全的同时减少甲烷排放。	南澳大利亚州 财政部以及 新南威尔士州 安全局都有关于天然气和煤矿开采的安全标准；这种标准可以在促进安全的同时防止甲烷泄漏。
	经济监管机构可以考虑禁止将“气体排放损失”成本转嫁给客户，或者为捕获和出售伴生气体创造商业机会。	德克萨斯州 和 宾夕法尼亚州 的公用事业委员会将消费者承担的“天然气损失”成本限定为吞吐量的特定比例。 魁北克 公共事业监管机构授权天然气公司对“负责任生产”的天然气（包括强有力的甲烷减排计划）收取溢价。尼日利亚 2017 年的天然气政策 试图催化天然气的中游市场。

特定机构可能对资源开发、空气质量、劳工安全或经济专业知识等不同领域具有管辖权。特定政府机构的政策重点会影响到其可用的战略。

对**自然资源开采**具有管辖权的主体很可能从预防废弃物（或产品保护）的角度追求甲烷减排战略。例如，您可能会关注因生产资源而亏欠政府的费用，要求在生产设施上安装计量器，并评估排放和燃烧的甲烷（而非捕获并在市场销售）的特许权使用费。[巴西](#)已经实行了这种制度，美国在公共土地上进行生产时也是如此。³自然资源机构或能源机构也可施加操作要求，如泄漏检测制度或泄漏设备的日常维护和更换，其主要目的也是为了防止或减少战略资源的浪费。

相比之下，**环保机构**会将甲烷减排作为改善空气质量或缓解气候问题战略来关注。在某些情况下，这些机构可能对挥发性有机化合物和苯的空气污染贡献进行监管，并通过这些要求间接捕获甲烷。美国环境保护署首先以这种方式[对石油和天然气部门的甲烷排放进行监管](#)，美国几个州的环保机构也是如此，如[怀俄明州](#)和[宾夕法尼亚州](#)，以及[加拿大的阿尔伯塔省](#)。基于对公众健康的考虑，将甲烷减排作为一项空气质量战略的规定可能更关注靠近人口中心的、较大的挥发性有机化合物（包括甲烷）排放源。环境法规也可将甲烷作为一种温室气体，根据[碳的社会成本](#)对排放进行征税，或将对甲烷排放的要求与先前根据《巴黎协定》做出的承诺、或是和在2020年11月到期的国家自主贡献（NDC）中做出的承诺挂钩。例如，加拿大的环境和气候变化部以及墨西哥的安全、能源和环境局发布的国家甲烷法规在起草时就考虑到了国际气候目标。

劳工机构可能对排放甲烷的石油和天然气活动具有管辖权，因为排放物会造成不安全的工作环境。例如[南澳大利亚州](#)的财政部以及[新南威尔士州](#)的安全工作部，可能侧重于减轻甲烷泄漏造成的火灾或爆炸威胁。传统上，安全机构可能建议将甲烷排放到大气中（例如在焊接管道或开采煤炭之前），或释放油罐中的蒸汽以防止爆炸。然而，随着对甲烷排放所带来的环境风险的理解加深，各机构意识到他们需要采取行动来保证工人的安全，同时也要将甲烷的排放降到最低。劳工机构可以把重点放在检查、监测、设备维护、工人培训和社区教育上。

最后，**经济监管机构**可以为甲烷减排设定财政激励。在批准天然气生产商或运输商制定天然气费率的国家或地区，可以规范费率制定规则以防止甲烷排放。例如，美国[德克萨斯州](#)和[宾夕法尼亚州](#)希望通过限制公司可转嫁给客户的“天然气损失”成本，来引导行业减少管道泄漏⁴。或者，经济监管机构可能会以魁北克为例，允许天然气分销公司对使用先进管理方法生产的天然气收取溢价，以控制甲烷泄漏。美国能源部在2020年秋季要求提供[有关促进甲烷减排新技术的信息](#)。最后，由于政府可能也有经济发展目标要实现，如普及电

³ 见美国 [BLM NTL-4A](#)。美国在2016年加强了这一方案，制定了一套全面的规则，限制公共土地上的排放和燃烧，见《废物预防、须缴纳特许权使用费的生产和资源保护》，81 Federal Register 83008（2016年11月18日），但美国在2018年反悔，《废物预防、须缴纳特许权使用费的生产和资源保护：撤销或修订某些要求》，83 Federal Register 49184（2018年9月28日）。2020年7月15日，联邦法院撤销了2018年的规则，并指示BLM执行2016年的规则，但随后将这两项行动推迟了90天或到2020年10月13日。加州诉伯恩哈特，案件编号：4:18-cv-5712-YGR（加州北区，2020年7月15日）。就在加州法院的命令生效的前几天，怀俄明州的联邦法院推翻了2018年的规则。怀俄明州诉美国内政部，案件编号：2:16-cv-00285-SWS（怀俄明区，2020年10月8日）。2016年之前的规则仍然存在，而诉讼仍在继续。

⁴ 加拿大出版社（2020年），“[与阿尔伯塔省天然气生产商的交易是魁北克公用事业公司的第一个认证项目](#)”，全球新闻，2月10日。同样，不列颠哥伦比亚省允许对“可再生”天然气（生物甲烷气）进行溢价评估。见不列颠哥伦比亚省公用事业委员会，[关于FortisBC Energy Inc.申请批准生物甲烷能源回收费率方法](#)、决定和命令G-133-16的事宜。

气化和先进制造业。在这种情况下，政府可以通过要求或鼓励石油生产商在采集和销售伴生天然气来减少甲烷排放同时，也为发电厂提供燃料或为化工生产提供原料。尼日利亚[2017 年的天然气政策](#)体现了这个特点。

谁拥有石油和天然气，并控制着这些资源的开采权？

一般来说，对自然资源以及其开采时可能造成的污染的监管基于所有权有不同方式。在政府拥有并管理矿产资源的国家，包括墨西哥、印度尼西亚、哈萨克斯坦和尼日利亚等，其政府还决定谁可以生产石油或天然气，以及以何种条件生产。

表 4 天然资源的权利

问题	相关性	示例
谁拥有石油和天然气，并控制着这些资源的开采权？	如果国家拥有该资源，它很可能可以控制产生甲烷排放的相关活动，并阻止资源的排放和浪费。	在墨西哥， 国家拥有矿产资源 ，并有一系列的国家机构来管理该行业。印度尼西亚的法律明确规定，石油和天然气是 国家资产，由国家控制 ；同一份文件中，印尼政府还指出其将建立一个国家监管实体。
	如果地方政府拥有该资源，他们将享有更多开采权。然而，中央一级的政府仍可行使其他方面权力，如在空气污染领域。	在 阿根廷 和 加拿大 ，地方政府拥有位于其境内的资源，并带头监管开采，包括限制甲烷的排放和燃烧。
	如果私人主体拥有该资源，私人合同会决定特许权使用费条款，包括是否应该为排放或浪费的气体支付特许权使用费。	在美国，许多石油和天然气矿床为私人所有。在那里，私人租约可以但并不必然包括预防或限制甲烷排放的条款。

在其他国家，如阿根廷和加拿大，矿产资源可能由其所在地的地方政府拥有和管理。这些地方政府还会主管石油和天然气设施的运营，包括可能促进或抑制向大气层释放甲烷的活动。在省级行动者是主要监管者的情况下，中央一级政府大多数情况下发挥教育和支持作用——例如，在加拿大，国家自然资源部对非约束性甲烷减排设备和实践的非监管性研发进行指导，各省可在其陆上石油和天然气标准中采用。该部还与[海洋部](#)共同管理和规范近海资源，强调了目标资源的位置可能会导致监管轨迹的转移。（同时，正如下一节所讨论的那样，加拿大国家环境部则全权监管石油和天然气作业产生的空气污染。）

少数国家允许私人拥有矿产。例如，在美国，联邦政府、州和地方政府或者私人都可以拥有石油和天然气资源。矿产资源的所有者制定使用费的支付条款，包括是否对生产者泄漏、排放或燃烧的气体收取使用费。因此，如果一个私人实体拥有矿产资源，特许权使用费是通过私人合同谈判的。

如何处理和允许使用伴生气体？

表 5 伴生气体监管

问题	相关性	示例
如何处理和允许使用伴生气体？	如果伴生气体被当作废弃物，政府可能需要澄清它是一种资源，并在监管它之前实现合法所有权。	尼日利亚的 《石油法》 明确规定，国家政府拥有伴生天然气的所有权，可以在不支付特许权使用费的情况下使用。尼日利亚利用这一权力将 伴生天然气生产权 授予专注于天然气回收和销售的公司。
	如果伴生天然气不被认为是石油或煤炭特许权/租赁权的一部分，政府可以与第三方签订开采合同。	哈萨克斯坦 要求煤炭公司单独取得采集和销售伴生气体的权利。
	如果伴生天然气被认为是特许权或租赁权的一部分，管理文件可以要求公司在现场使用天然气，或对其支付使用费。	在 美国 和 巴西 ，石油公司必须为燃烧和排放的伴生气体支付特许权使用费。（在美国，这只适用于联邦政府拥有的石油和天然气资源。）

在一些国家与地区，与石油或煤炭共同生产（或“伴生”）的天然气被认为是一种废弃物，而不是一种资源；对此，政府可能需要澄清他们对伴生天然气的所有权，并建立单独的许可证制度。例如，[尼日利亚的《石油法》](#)将伴生天然气与石油租约分开处理，并授权政府“免费或以商定的费用燃烧该天然气，而无需支付使用费”。这使得尼日利亚石油资源部能够建立[许可证制度](#)，将伴生天然气的生产权授予石油租赁者以外的人。同样，[哈萨克斯坦](#)在 2010 年明确规定，煤矿必须减少伴生甲烷的排放，并授权租赁者可以在现场使用甲烷，或可以获得单独的生产用于交付给市场的天然气权利。相比之下，在其他国家，伴生气体被视为租赁权的一部分。因此，政府可能不会单独租赁伴生气体；另一方面，石油生产者可能要对不必要的燃烧和排放承担使用费。

谁来监管空气污染？

表 6 空气污染监管

问题	相关性	示例
谁来监管空气污染？	有时，监管资源开发的政府机构与监管相关环境问题的机构级别相同。	在许多国家，国家政府不仅控制这些资源，而且还监管资源开发活动造成的空气污染，包括印度尼西亚、墨西哥、尼日利亚和挪威。
	某级政府或特定的机构可以监管资源的获取和开发。另一级政府或机构可对这些活动的环境影响进行监管。	在加拿大，尽管各省在发放石油和天然气的开采许可方面起着主导作用，但中央一级的政府在环境问题上与各省共享权力。因此，尽管 阿尔伯塔省 和 不列颠哥伦比亚省 等省份从资源监管的角度出发，制定了燃烧和排放规则，但加拿大已经为全国发布了 甲烷污染减排标准 ，这些标准可能被确定为“具有同等效力”的省级法规所取代。

安全监管管理空气污染的部门可能与治理自然资源的不一样。空气污染可能被完全视为国家或地方问题，或者是共同的责任。环境问题管理权限则可能会因污染物的不同而异，而法律是否将甲烷定义为一种污染物也可能导致其监管方不同。

这些区别决定了会由哪个政府机构来监管甲烷排放，以及它的监管方式如何。例如，虽然加拿大宪法赋予各省和地区在天然气和其他资源开发方面的基本权力，但中央一级政府对环境治理全权负责。因此，当加拿大各省能源机构发布了将减少甲烷放气和燃烧的规则作为自然资源开采的操作标准之时，国家环境部实际上也已经实施了[针对石油和天然气设施甲烷排放的空气污染法规](#)。因此，各省必须直接实施这些法规，或通过国家环境部长批准的“同等”规则，正如《加拿大环境保护法》所规定的那样。根据这一规定，[加拿大](#)已认可阿尔伯塔省、不列颠哥伦比亚省和萨斯喀彻温省⁵的在甲烷领域设定的规则等同于国家的甲烷规则。

工人或社区安全机构是否可以助力甲烷减排？

表 7 安全监管

问题	相关性	示例
哪些其他部门可能涉及甲烷减排？	工人或社区安全部门可以参与到减少甲烷排放的工作中来。目前，许多安全法规并不能防止甲烷排放，但可以通过改进它们实现这一目标，同时保持安全。	墨西哥和尼日利亚的石油和天然气监管机构已经发布了关于石油和天然气活动的国家安全标准。在加拿大和澳大利亚，地方机构在安全问题上起主导作用。美国有一个联邦安全管理局，发布适用于不同行业的规则，包括石油和天然气。

根据国情，国家或地方的主管部门也可能会关注劳工安全。在墨西哥，国家机构 ASEA 在 2016 年发布了碳氢化合物部门的工业和运营安全及环境保护管理系统的[实施准则](#)。这些指导方针要求对作业进行风险分析。同样，尼日利亚的石油资源部长也发布了[安全条例](#)。而在[加拿大](#)和[澳大利亚](#)，地方政府发布了与甲烷排放有关的工作健康和安全规则。在大多数例子中（澳大利亚除外），安全规则包括在作业/开采规则当中。在美国，国家劳工部的一个独立的安全机构——[职业安全与健康管理局](#)，为包括石油和天然气价值链上的行业制定了安全标准。

相对于其他政府部门，您的机构是否有采取阶段性行动的考虑？

了解您机构所处的政治环境对于确定正确的行动时间非常有帮助。如果您的立法机构或国家领导层希望减少甲烷排放，您可以通过法规或行政法令获取新的权限，以便采取实现甲

⁵ 对等协议涵盖萨斯喀彻温省的[排放和燃烧](#)以及[测量](#)指令。该部认为，这些法规在 2024 年底之前是[等同](#)的，但指出，“萨斯喀彻温省政府将必须制定额外的监管措施，以便在 2024 年之后缔结新的等同协议”。

烷减排的更优方法。如果不可行，您可以利用已有的权限采取减排措施。如果国家和地方政府共享管辖权，那么让在石油和天然气治理有丰富经验的地方政府首先采取行动会更合理。在此基础上形成的最有效的解决方案可以在国家层面去复制或推广。当多个部门共同监督石油和天然气活动时——也许包括那些监管能源、环境、安全和经济问题的部门——他们应该尝试进行协调，以避免政策的交叠和不一致。例如，与工业部门合作更加密切的机构可以共同确定最佳实践并尝试将其纳入合同和特许权协议，以便其他机构未来在监管过程中能够采用。

已有的政策

在步骤 1 中，还需要考虑的监管要素包括现有的政府能力和政策，以及这些能力和政策可以如何实现甲烷减排。而建立一个能发挥机构优势的监管机制将有助于减排成功。同时，一旦您确定了现有的可以直接或间接影响甲烷排放的决策机构，将可以通过强化、调整、修改或移除政策来获得最佳的甲烷减排结果。

您的机构通常会采用什么策略来实现政策目标？

一旦确定您的机构或部门拥有处理石油和天然气甲烷排放的某些方面的权限，考虑为实现政策目标而最常采用的策略就非常重要。如果您的机构是具有标准实施经验的监管机构，那么继续采用监管的方式是可行的。如果您的机构倾向于与大型石油和天然气行业企业合作，也许在设立合资企业和签订其他合同的时候，您可以从调整合同条款开始，在推进合作的基础上激励或要求甲烷减排。如果您所处的机构是一家研究机构，您可以通过与高校、行业机构以及国际组织合作来尝试新的甲烷减排设备或实践。最后，如果您所处机构是一家数据收集机构，您可以通过加强排放监测和估算取得行业与公众的信任，利用您已有的优势和专长来推动充分的测量和报告。

现有政策是否已经可以明确地解决甲烷排放？除此之外，是否存在间接影响甲烷排放的现有政策？

无论有意与否，您的辖区可能多少都已经有一些影响油气生产商的甲烷排放的政策。有时，这些政策直接适用于甲烷燃烧或天然气泄漏，尽管它们并非出于气候原因而实施。例如，尼日利亚要求有甲烷[燃烧许可](#)，并使投资于捕捉和输送伴生气体设备的公司能够将设备[作为可减税的资本支出进行抵税](#)。俄罗斯联邦（以下简称“俄罗斯”）[对燃烧的气体征收费用](#)，但允许对伴生气体基础设施的投资进行减免。美国已经实施了适用于石油和天然气设施的挥发性有机化合物（VOCs）及甲烷排放的[空气质量标准](#)。

在许多其他情况下，原有的政策不会明确提及甲烷，但仍会为甲烷减排创造机会（或障碍）。例如，征收碳税的国家可从挪威的政策获得灵感，并[将碳税范围扩展](#)至覆盖石油和天然气部门的甲烷排放。

间接影响甲烷排放的政策可能更难识别，但它们是值得探究的。经济领域的法规可能赋予公司向客户收取天然气损失费用的权利；而生产税收抵免可能刺激公司急于完井并继续推

进工程，这也许会削弱公司低排放作业的动力；环境法规可能要求进行排放监测，以显示甲烷泄漏情况；安全法规可能要求在进行维修或检查之前将甲烷排放到大气中。

如果现有的政策有利于减排，您可以考虑加强政策—增强严格性、延长政策时效或提高补贴水平—或加强执法确保合规的一致性。如果现有政策有减排的潜力，则可以考虑以新的应用方式释放这一潜力。或者，您可以保留现有的政策，但要避免削弱现有政策。

同样，取消对甲烷减排产生错误激励机制的政策也很重要。如果一项现行政策抑制了减排，可以通过取消或者修改这项政策来实现最初的政策目标且不阻碍甲烷减排。例如，当经济监管机构允许天然气公司将“气体损失”的成本转嫁给客户时，可能会导致他们消极对待管道维护工作。美国的一些公用事业委员会已经认识到了这一问题，对天然气总损耗量和可被列入客户费率中的天然气损耗量设置了上限。⁶

步骤 2：明确行业性质

在您的管辖范围内，行业的特殊性会如何影响您制定的政策类型？

在本步骤中，您将继续收集有关当地情况的信息，重点关注您的行业性质。当您考虑本节所述的问题时，您应牢记减少甲烷排放的三类障碍：信息、基础设施和投资激励。了解行业的情况将有助于您确定政策干预的着力点在何处可以最有效地解决公司内部的这些障碍。这一步骤可能会指向特定的监管战略和监管重点。

分析还将指明哪些政府机构和人员需要参与甲烷减排政策的制定（见最后一节），并帮助预测甲烷“问题”源可能来自何处（见下一节）。

行业分类

价值链中有多少是在国内？

表 8 石油和天然气的价值链

问题	相关性	示例
石油和天然气价值链中，有多少是在国内？	拥有大多数或所有产业部门的国家拥有更多的政策杠杆。他们可以从商品的生产、运输和消费环节支持甲烷减排。	美国、加拿大和俄罗斯在其境内拥有完整的产业价值链，以及一个强劲的天然气市场（尽管在三国中，伴生天然气的市场准入问题仍然存在）。 在俄罗斯，该行业完全由中央一级的政府监管，而在加拿大和美国，价值链不同部分由国家或地方政府分别监管。

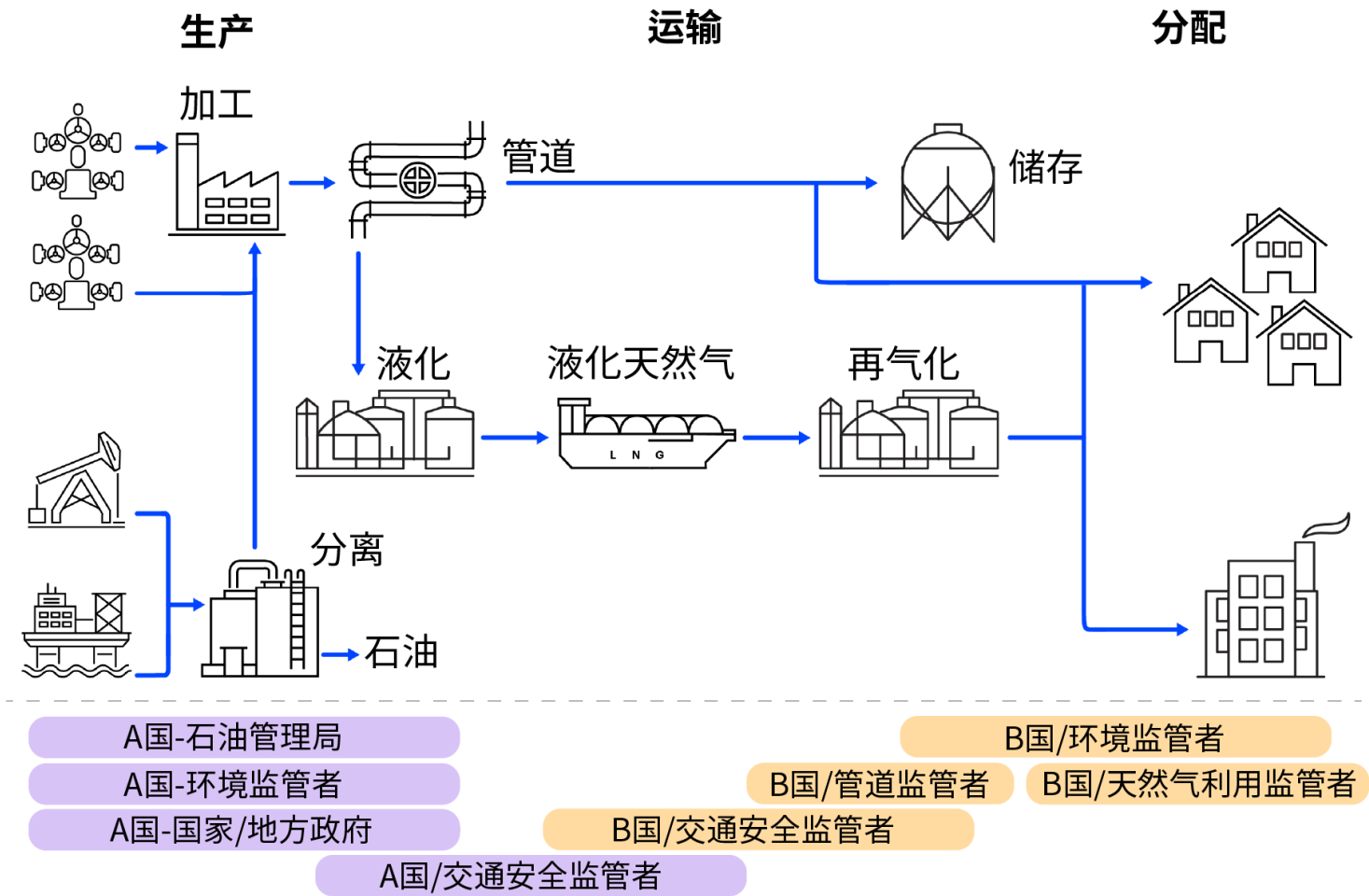
⁶ 例如，见 Costello, K. (2013), [丢失的和行踪不明的气体：国家公用事业委员会的做法](#)，国家监管研究所报告第 13-06 号，表 2。

天然气价值链从生产端延伸到终端消费者。在这一过程中，天然气被收集、加工、通过管道运输（或以压缩或液化形式通过卡车和船舶运输）、储存、分配，并应用于工业、住宅、电力和运输等领域。当天然气被用于电力生产时，这个产业链通常被描述为“从矿井到燃烧器顶端”。每个行业部门都面临不同的甲烷排放概况、挑战和减排机遇。

一些国家在其境内拥有完整的产业价值链，如美国、加拿大、墨西哥和俄罗斯。其他国家只有一部分，如下文所述。重要的是，确定您的国家将监管价值链的哪一部分，以使正确的政策与每个部分所带来的特殊挑战相匹配。一般说来，在其境内拥有完整产业部门的国家可能有更多的政策杠杆可供支配，以针对整个价值链的甲烷泄漏和排放。

有时，政府的管辖权可能会因产业部门而改变。在[澳大利亚](#)和哥伦比亚，国家管道监管机构负责管理传输和分配管道，而在美国，各州（如[德克萨斯州](#)）分别监管州内天然气运输管道，而联邦机构负责监管州际管道情况。

图 3 天然气价值链和政府部门划分



国内天然气市场是否强劲？

表 9 天然气市场

问题	相关性	示例
国内天然气市场是否强劲？	没有国内天然气市场的国家将需要寻找出口市场，以促使必要的基础设施发展，并将伴生天然气推向市场。	尼日利亚 和巴西努力发展中游天然气市场，推动国内天然气需求，以利用原本排放或回注的伴生天然气（当然，回注比排放的结果更好）。

由于缺乏国内天然气市场，许多将天然气作为石油或煤炭生产副产品的国家或地区可能没有中游或下游的天然气产业部门。如果没有足够的管道和加工能力，或没有终端用气的需求，这些地区和国家可能会在要求或激励生产设施中的天然气捕捉时面临难题。出于这个原因，[尼日利亚](#)和巴西等国家正在努力开发中游市场，并推动国内对天然气的需求，特别鼓励将其用于农村社区的电气化和支持工业增长领域。如果您的国家面临这种情况，政策将必须克服在甲烷减排中所面临的基础设施和投资激励障碍。

贵国是天然气净进口国还是出口国？

表 10 国际天然气贸易

问题	相关性	示例
贵国是天然气净进口国还是出口国？	天然气净进口国对其边界以外的上游活动没有直接的监管权力，必须利用其消费者的力量来促使其边界以外的甲烷减排。	世界上近 44% 的进口天然气被输送到欧盟。甲烷减排政策必须与消费挂钩，或在进口时采用甲烷强度标准。
	天然气净出口国可能因为其销售市场的气候政策而被动减少甲烷排放。或者，出口国可以积极主动地减少甲烷泄漏，以实现气候承诺并使其产品在世界市场上占据独特地位。	向欧洲和东亚出口天然气的国家正在跟踪这些国家的气候政策和大型工业消费者，以预测这些市场可能要求或偏好的甲烷减排。

不具备完整油气产业价值链的国家可以设定的甲烷减排政策目标较为有限。例如，欧盟的石油和天然气产量非常少，这意味着直接监管上游甲烷排放的政策将不会有太大的减排效果。相比之下，欧盟进口世界上近 44% 的天然气。因此，旨在减少天然气消费的政策，或确保所有消费的天然气符合某些标准的政策，对该地区来说将是一个更有效的战略。采购标准也正在成为一种强有力的政策工具。天然气的主要消费者可能会要求将“低排放”的供应链作为获取投标资格的基础，或作为合同的履约条件。进口国可能会在进口时实施类似的甲烷强度标准，但这可能存在一些法律风险。最重要的是，您应与政府内贸易主管部门进行协商，且需要建立一个机制来判断进口商的上游的排放情况。这种机制目前还不存在（尽管欧洲委员会的甲烷战略考虑最终要建立该机制）。作为第一步，与您的主要进口

国合作，寻求对其排放状况的保证或鼓励其对生产源建立有效监管制度。净出口国通过预判这些新规则对国内甲烷减排政策进行调整，以此满足进口商的标准，或者让其受到碳关税影响的清洁能源产品获得竞争优势，或者让其出口商在具有气候意识的市场上获得营销优势。

对行业参与者的描述

您辖区内行业最重要的特征之一是参与者的构成。一个由纵向一体化的国有企业和少数其他跨国企业合作的国家需要的监管体系和具有横向细分的、异质化行业的国家所需要的监管体系是不同的。最值得注意的是，在监管方式是以通过合同或特许权条款来实施的地方，这可能是实施甲烷减排的主要手段。

该行业是垂直整合的还是横向细分的？

表 11 行业结构

问题	相关性	示例
该行业是垂直整合的还是横向细分部门的？	拥有纵向一体化行业结构的国家可以集中管理所有排放甲烷的活动。此外，纵向一体化的公司可能可以在甲烷减排方面实现规模经济。虽然如此，要让一个抵制变革的监管机构或行业参与者有所行动，可能会更加困难。	巴西、哥伦比亚、阿根廷、俄罗斯和美国（海上油气开采）的产业由垂直整合的企业主导。
	进行横向细分的天然气行业的国家可能有更多的行业参与者需要监管，需要部署的跨行业战略较少，而参与的监管者会更多。但是，这种情况也可以为一些实验性的实践创造机会。	美国（陆地油气开采）有一个高度细分的、多样化的产业结构。

上一节讨论了产业价值链上的各个部分。即使在国内有完整的价值链，该国天然气行业也可能是垂直整合的（同一公司控制整个价值链的天然气）或进行了横向细分的。⁷

如果同一家公司控制了大部分或整个天然气行业（或横向细分的很多行业都存在于一个国家），则在国家层面或单一机构内进行合并监管的可能性更大，因为这可以提升监管效率。纵向一体化也有利于采纳灵活的监管战略，如全行业的排放目标，这使企业能够在整个价值链中找到最具成本有效性的减排措施。另一方面，单一企业与单一监管机构合作也有弊端。如果任何一个实体抵触变革，或者密切的工作关系导致了监管的腐败，那么可能难以引入有效的监管制度。此外，只对少数排放大户进行监管可能会引发透明度问题。例如，在有少数排放大户的辖区，监管机构更有能力就个别许可证的具体条款进行谈判。虽然这能够实现有针对性的监管，但这些许可证往往不会向公众披露。因此，在挪威和尼日利亚，

⁷ 如果在您的管辖范围内同时生产石油和天然气，可能会导致不同的方式进行行业分割；例如，1997 年，哥伦比亚的国有垂直整合的石油和天然气公司将 Ecogas 分拆出来，通过 [Ley 401 de 1997](#) 单独拥有和管理天然气管线。2006 年，Ecogas 公司被拍卖，由私人的波哥大能源集团购买。

要确定监管要求的严格程度可能具有挑战性。而像巴西那样颁发许可证，可能是一种更好的追踪和问责的方式。

根据定义，一个更加细分的行业将涉及更多的行业参与者。对这些参与者的监管会更加分散和复杂。在这种情况下，甲烷减排政策有可能是来自不同的机构，但是聚焦在一个具体的环节。例如，在美国，至少有四个联邦机构——交通部、联邦能源管理委员会、内政部和环境保护署（EPA）——可能会对上游和中游不同的环节进行监管。反过来，环境保护署也会针对每个行业领域的固定污染源发布不同的规则。此外，地方政府通常通过公共安全、经济或消费者的角度来监管来自油井、集输管线和分销管道的甲烷（相比之下，美国的海上油气开发，由于是属于联邦政府资源，因此联邦政府是唯一的监管者，并监督在这一领域中的纵向一体化公司所主导的活动）。虽然分散的操作和监管可能效率较低，但它可以在不同的管辖区和公司进行更多的尝试，并实现更多的政策创新。

单个公司或实体可能主导行业的每个部门。如果是这样，作为监管者，您与该实体的关系会与监管机构在整个价值链上与垂直整合的公用事业公司的关系一样密切。例如，在俄罗斯，不同的国有企业分别在石油和天然气的生产、提炼、管道运输等不同方面拥有强大的话语权。而另一方面，包括上游的石油和天然气生产在内的美国的不同工业部门竞争相当激烈，涉及许多规模和复杂程度不同的参与者。这可能会加剧对监管的反对，因为他们担心监管可能会给规模较小的参与者带来过度负担。同时，在这种情况下，更机会主义的监管方法可以更好地发挥作用——监管机构可以从企业中寻找愿意合作的伙伴来尝试新的减排技术、清查排放量或提出甲烷减排标准。这种机会主义的存在不一定需要像美国那样是竞争性市场；即使只有一两个跨国公司与一个国有企业合作，也可能刺激这些公司采取行动。

所涉及的公司是私营的还是国有的？

表 12 工业类型

问题	相关性	示例
所涉及的公司是私营的还是国有的？	拥有国有公司的国家可能会直接监管这些公司。如果他们直接监管，需要关注国有企业的减排动机，以确保甲烷减排政策将是有效的。	2014 年， 墨西哥创建了一个新的监管机构 ，以监督石油和天然气行业的劳工安全和环境保护问题，为现有的国有企业和开始参与的私营公司提供服务。
	当国有公司和私营公司都在一个国家运营时，政策的适用性可能不同（在某些情况下，国有公司可能有能力监管私营实体）。	印度尼西亚、尼日利亚、哈萨克斯坦和哥伦比亚允许私营公司与国有企业一道建立合资企业或获取特许权来开发资源。
	只有私营公司在这一领域运营的国家将对这些公司进行监管。	美国和加拿大只有私人公司在石油和天然气领域经营。

在您的辖区内运营的企业可能是私人控股的，也可能是国有的（通常被称为国家石油公司，NOCs）。在许多由国有企业主导石油或天然气生产的国家，政府的一些部门可能没有法律

权力来监管这些活动（尽管可以提供政策建议或财政预算监督）。与这种标准做法不同的是，一些国家已经开始直接监管国家石油公司。例如，墨西哥认识到有必要对国有石油公司 Pemex 建立一个[单独的监管机构](#)，以解决甲烷污染和其他可持续性问题。

由于国有企业发展可能更符合该国政府领导层的公共政策目标，它们可能在法律结构中被视为共同监管者或自我监管的实体，从而导致政府机构难以在国有企业中实施甲烷标准。或者，它们可能在法律上受到约束，必须满足某些与甲烷减排目标不一致的绩效目标。在这些情况下，政府机构和国家石油公司必须密切合作，并识别可能干扰甲烷减排活动的其他政策。

在一些拥有国有石油和天然气企业的国家，包括印度尼西亚、尼日利亚和哈萨克斯坦，石油和天然气的生产可以通过与私营公司的合作或给予私营公司特许权来进行。国有企业可以作为合作伙伴替代监管机构（如哥伦比亚 2004 年前的合同）⁸，与私营公司签订合同。在这些标准合同中会直接包括甲烷减排条款，这种方式可能是对这些私营合作伙伴实施甲烷限制的一种有效方式。

如果私营公司在其他国家有业务，请检查这些国家是否已实施甲烷减排政策，或已表示有兴趣这样做。一些必须遵守其他地区甲烷规定的公司可能更愿意与您合作，在您的辖区内推动类似规则的制定。

目标资源

石油和天然气生产均会造成甲烷排放。⁹由于天然气主要由甲烷组成，整个天然气价值链是一个潜在的甲烷排放源。相比之下，当甲烷从石油中加工出来成为产品进入中游市场时，甲烷排放就不再是一个问题。因此，在石油领域的甲烷减排政策只需关注到在炼油之前的上游活动。

天然气是石油生产的副产品吗？

当天然气不被视为资源时，甲烷减排就变得更具有挑战性。如果您的辖区有完整的天然气价值链，那么必要的基础设施和消费者需求应该是存在的，它们将激励甲烷的捕获并用于销售。在这种情况下，您辖区内的企业可能已经采取了一些自愿措施来减少甲烷的排放或泄漏，并且极有可能成为未来监管事业中重要的合作伙伴。¹⁰然而，如果上游生产商专注于石油生产，而缺乏输送天然气的基础设施或市场，那么甲烷的捕集就会变得更加昂贵和困难。最后，如前所述，您所处地区的法律体系如何看待“伴生”气体将会对甲烷减排政策有很大影响。如果将这种气体作为废弃物处理或者其所有权并不明确，都将会促使其被排放到大气中。因此，改变这些政策可能是您实现甲烷减排目标的一个重要步骤。

⁸ 2003 年，[哥伦比亚重组了 EcoPetrol 公司](#)，并成立了国家碳氢化合物机构来管理生产协议。在此之前，EcoPetrol 作为哥伦比亚政府的一个部门管理这些协议。在 2004 年 1 月 1 日之前谈判的合同中，它仍然扮演着这个角色。

⁹ 煤炭生产也可能导致甲烷排放。这通常被称为煤层气或煤层甲烷。尽管煤炭生产的甲烷排放可能很严重，但本路线图和工具包并不侧重于这个部分的减排的努力。

¹⁰ 请注意，这可能是一个次国家或地区的调查。例如，美国有一个完整的天然气价值链，但一些油区与该价值链脱节，造成相关的天然气问题，类似于一个没有天然气市场的国家可能会面临的问题。

天然气的地质化学成分是什么？

对天然气类型进行更详细的调查，包括调查其地质化学性质，是有意义的。例如，如果您辖区内的天然气具有特别的腐蚀性，那么您可能需要一个更全面的泄漏检测和维修制度。如果生产的天然气是酸性的（例如含有大量的硫化氢），那么出于安全考虑，您可以根据需求对辖区已经设置的检测措施进行改进。

天然气生产位置在哪里？

天然气基础设施的位置可能会导向不同类型政策的设定。海上油气生产井通常比陆上油气井受到更多的侵害；经受极端温度考验地区的管道阀门将比通过温带地区的管道承受更多的压力。偏远地区的设施可能较少接受检修；但是在这些地方使用遥感和连续排放监测可能更加关键。另外，由于海上设施可能远离天然气集输管线；在这里可以将天然气回注作为一项气候政策加以鼓励，此举也可以刺激海上石油生产。随着我们对不同甲烷排放活动和相关基础设施类型了解的加深，这些细节将在设计相关排放标准时发挥作用。

能源发展状况

最后，该步骤旨在了解您所处地区工业领域能源发展阶段。这项调查将提供两方面信息。首先，它可能需要了解您所处地区国有企业和机构中拥有多少可被用于甲烷减排工作的制度专业知识。其次，您可能对新基础设施采用不同的政策，而不是采用改造或替换现有设施的相同政策。

现有的基础设施有多大规模？已经运营了多久？

在低排放设备随时可用（例如，低排放和无排放阀门控制器）的情况下，监管机构可以规定在新建工程中使用这种设备。相比之下，将甲烷减排标准应用于已有的基础设施更具挑战性。由于甲烷减排投资的回报时间可能会超过某些设备的剩余使用寿命，改造旧设备可能比在未开发领域建造一个低排放设施更困难，成本也更高。因此梳理现有的基础设施的分布可以作为制定排放清单的一个很好的起点，同时也能指明监管工作的重点领域。例如，您的监管框架可能会将不断更换老化的基础设施作为目标，因而会更频繁地检查设备泄漏情况。一些国家和地区可能会考虑分阶段监管，将甲烷减排标准应用于新的基础设施，然后在未来进一步设定更换旧设备的截止日期。制定对现有基础设施的排放进行标记、测算和报告的相关需求，也将引导公司自愿更换占其总排放比例过高的排放源。

如果您的辖区能源开发历史悠久，您可能需要制定一个监管策略来解决废弃油井的甲烷排放问题。美国第一口油井于 1859 年在宾夕法尼亚州钻探，该州还存在 [多达 75 万口“无主”油井](#)，其中许多可能正在泄漏甲烷。在全球范围内，有数 [以百万计的废弃油井](#)，然而，由于新冠疫情，加之世界对石油的需求已度过峰值，这一数字预计还会继续上升。

总部设在美国的清洁空气工作组已经创建了一个 [在线工具](#)，可以帮助确定现有基础设施的减排潜力；并且提供其他相关工具资源供使用。

贵国未来的资源开发计划是什么？

如今，您的国家可能会从陆上油井中生产天然气，但同时它可能也对建设新的海上油田感兴趣。或许您的行业专注于石油生产，但您可能会希望发展国内中下游天然气产业来销售伴生天然气。因此在制定甲烷减排政策需要考虑未来发展趋势并且预测可能的发展方向。国际能源署（IEA）的甲烷追踪器就是一个良好起点，它能帮助建立和提供不同的能源发展模式。国际能源署还公布了各国能源生产和消费的数据。

随着全球减排趋势的加强，许多国家也在尝试扩大低碳燃料（包括沼气和低碳氢）的使用。根据所涉及的生产路线，这些尝试可能也存在将甲烷泄漏到大气中的风险。因此，对于强有力的甲烷减排方法的需求将会延伸到整个能源转型期及以后。

步骤 3：摸清排放概况

辖区内有多少甲烷排放以及最大的问题排放源是什么？

在形成对监管特征和行业结构的良好认识后，您现在也可以明确辖区内的甲烷减排面临的挑战。了解您辖区内的甲烷排放源和排放规模对设计合理的监管制度至关重要——这将有助于您选择应该重点关注哪些领域，以及哪些领域的减排努力有可能产生最大的影响。对排放情况的新认识也可以成为行动的重要开端，特别是在了解已有效减排技术的情况下。

根据排放基准线来作为建立减排政策法规的基准对监管实施很有用。这些信息可以有助于评估政策法规的实施进展。即使您在法规中没有明确参照基准，它也会是一个有用的参考点——例如，假设您正在实施更换高排放阀门控制器的规定性要求。然而，对于许多基于性能要求的标准而言，您实际上将指示公司在基线水平上去减少总排放量（或排放率）。在这之后您可以使用最近一年的完整数据作为监管基线。当然，您也可以出于以下原因选择较早的年份：第一，在实施任何规章制度前，您管辖范围内的公司可能已经采取了自愿措施。如果政策目标是将甲烷排放量减少到基线年的一个特定百分比，那么您可以将基线设定为公司采取自愿行动前的一年，来给那些提前行动的公司“加分”。第二，如果最近的一年是一个异常年份，则可能需要设定一个较早的基线年。例如，由于新冠疫情对能源商品价格和需求的巨大影响，不鼓励使用 2020 年作为基线。因为这些极不典型的情况将导致您设定一个太低的基线。

估算排放水平

您极有可能还需要对甲烷排放进行初步估算，以便在设定目标和跟踪进展时有一个参考点。此外，通过研究不同来源和不同活动所产生的甲烷排放数据，未来您可以追踪这些排放数据的趋势并基于这些信息来相应地对政策进行调整。

贵国是否已针对石油和天然气部门进行了甲烷排放量的估测？

作为《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的成员，您的国家可能会编制温室气体排放清单。为支持该方案或其他监管方案，您的辖区可能已经设立了针对部分或所有甲烷来源

的报告要求。[加拿大](#)和[美国](#)都是制定了针对甲烷排放的国家清单的良好范例。随着时间的推移，两国都致力于在一个相对细化的水准上估测甲烷污染。

起初，即使在强制性报告制度下，可用的信息也相当有限；这是预料之中的，并可以加以管理改善。随着对辖区内甲烷排放情况的了解加深，您可以修改排放清单报送的规则来收集更优质的信息，并根据当地的实际情况调整减排政策。

如何估算国内的甲烷排放量？

只要一些甲烷排放源被报送，您就可以为一组排放源或活动推导出特定国家的排放因子。此外，[政府间气候变化专门委员会（IPCC）](#)于 2006 年发布了一份指南（2019 年进行过修正），其中包括更多的通用排放因子，可以适用于您的行业。IPCC 的[逃逸性排放测算文件](#)与减排政策的甲烷基线的计算也非常相关。

国际能源署（IEA）的甲烷追踪器提供了各国的甲烷排放量的估计值，这可能为您的排放清单提供信息。该追踪器利用通用排放因子（通常是北美产生的排放因子）估算来自石油和天然气价值链的甲烷排放。这是一个很好的起点；不过，最终还是应以开发本地的排放因子为目标。此外，在您辖区内的公司可能已经出于企业管理目的而在跟踪自身的甲烷排放，并且它们可能愿意分享相关信息。如果没有类似相关信息，您可以以其他地方类似装置设施的排放情况作为参考。此外，随着卫星开始产生更多公开的甲烷排放数据，您或许能使用这些数据来校核您根据排放因子清单得出的估算值。¹¹有关这方面的更多信息，请参见[工具包](#)内容中的[监测](#)部分。

为了有效地使用排放因子，您需要估算辖区范围内正在使用的某一类型设备的数量，或某一活动（如完井或清理油井）的发生次数。这些“活动因子”往往是最容易被忽视的数据源。活动因子能帮助您估测排放规模，它们还对行业中最普遍的排放活动和设备类型进行分类，这样有助于形成更有可能成功的甲烷减排政策。

您如何收集代表性地点所使用的设备和组件信息？

如果甲烷污染是由数量相对较少、且有同质化的大型污染源排放的，这类污染源一般是由具有足够技术专长和资源的大公司经营，那么您或许能够要求更强大的遥感和排放跟踪。挪威的近海石油和天然气行业符合这一模式，事实上，该国已经与该行业进行了密切合作，并根据其海上平台的排放监测和测试协议，精心制定了高度精细的排放因子。对此，挪威工业界已经出版了许多非常实用的排放[指南](#)和[手册](#)。

除此以外，还有其他方法可以用来估测活动信息。您可以从辖区内正在作业的公司收集初始数据，作为国家排放清单的一部分，也可以参考具有相似产业、年份和结构的国家所做的清单。

¹¹ 更多信息，见国际能源署关于挪威在 2020 年甲烷追踪中努力[改善其排放清单的案例研究](#)。

有时，这些数据是由另一个机构收集的。例如，政府的劳工安全项目可能会跟踪管道的里程数和相关事故数量。虽然收集信息时没有考虑到甲烷，但管道里程数可用于生成管道的甲烷排放估计值，而事故数据可指向大型泄漏事件，并提供根本原因分析，以防止未来再发生事故。

如果您的国家能源开发历史悠久，您可能希望着手进行调查并估算甲烷泄漏的废弃设施的数量和位置。您的辖区还需要一些创造性的方法来为这些设施的拆除或关闭提供资金，因为该行业或是由国有企业主导，或像美国一样，许多经营这些废弃设施的私营实体已不复存在。

在此阶段，您的排放概况将是不完整且基于未经证实的数字。随着时间的推移，在您的甲烷减排监管制度中建立更好的数据收集和报告方式将变得更为重要。基于通用排放因子进行“自下而上”的排放估测作为起点非常有效，但随着时间的推移，基于强有力的测量手段所得出的更好数据——“自上而下”的航空测量和卫星监测——将使您的监管行动更加有效，并对特定减排行动的成果更有信心。

随着监管机构和企业对排放量测算愈发熟练（以及测算技术的改进），您可能会发现最初的基准线高估了部分排放量而低估了另一部分排放。对此，您可以保持最初的基线年，但从该年起追溯调整总排放量，以及时反映您对排放状况的最佳理解。您也可以考虑使用误差区间和贴现因子来说明估测中的不确定性。

在任何情况下，从一开始就对问题的范围和性质有一定认识，将有助于您采取行动、在政策实施后显示进展情况、并对您的政策提出未来的调整方案以改善减排效果。您不需要也不应该等待收集到完整的数据集后，才开始采取行动。

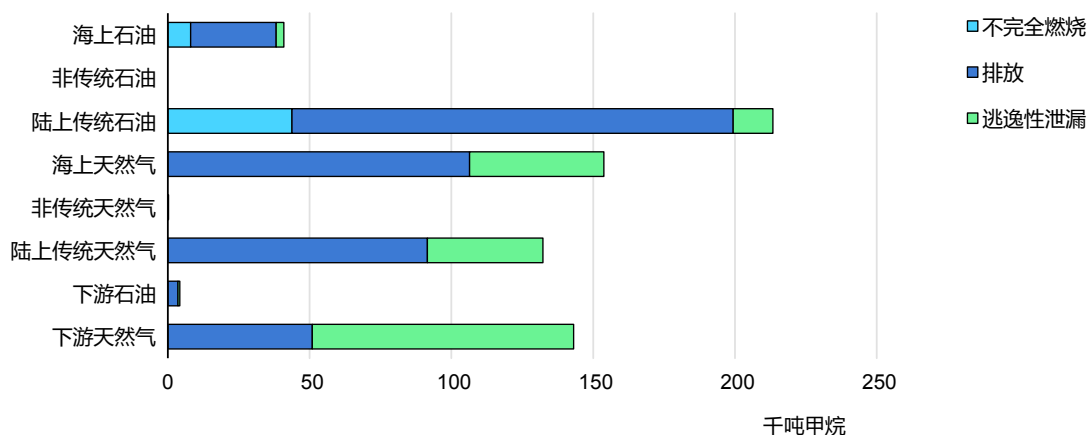
问题排放源和减排方案

利用您现在掌握的排放信息，并通过与其他国家和地区的公司、监管机构进行沟通，您现在就可以开始识别您的问题排放源。

随着时间的推移，您是否有相关计划来确定最大的排放源？

国际能源署的甲烷追踪器同样也可作为识别大型排放源的良好起点。各国的排放量估测是按产业部门、组成部分和活动进行细分的。例如，在印度尼西亚，国际能源署估计大多数甲烷排放来自陆上石油和天然气设施。陆上油井的大多数甲烷排放来自泄漏或不完全燃烧，而逃逸气体在陆上天然气井的排放中占比较大。在这些设施里，国际能源署将油罐上的蒸汽回收装置、泄漏检测制度和排放仪器的更换确定为潜在的减排技术。

图 4 甲烷排放源，印度尼西亚



国际能源署保留所有权利

如何定位间歇性的“超级排放源”？

了解您所在地区导致甲烷排放的产业部门和设备类型是有意义的，但您所要做的不止于此。解决来自石油和天然气的甲烷排放所面临的一个主要技术挑战是排放的间歇性和可变性。阀门不会按计划发生故障，当它们发生故障时，实际排放可能会因系统压力、气候条件、同期故障和其他因素，而大大偏离预期排放率。另外根据公司的工作习惯，一些工作人员可能不会在一个时段内完成油井排污清理，而是让油井通宵开放或开放到下一班工作人员到位，这使得同样的活动可能产生多倍的排放。而不同的地质构造，[甚至一天中的不同时间](#)，也都会影响到设备中释放的甲烷量。

因此，研究表明，在任何给定的设施中，或在整个产区或整个地区，少数排放源造成了大部分的排放。¹²这种研究大部分是在北美进行的，但其他地区的早期发现也表明了类似的特征。2006 年，美国国家天然气机械实验室发现，在一个包含数千个潜在泄漏部件的设施中，来自[排名前10位的泄漏部件的排放](#)占总排放量的 29–87%。2015 年的一篇论文称，在德克萨斯州的巴奈特页岩气生产地区，[10%的被检测设施造成了 90%的排放](#)。这些数据还表明，全面的“命令控制型”监管方式可能并不是解决主要排放源最经济的方法。

此外，“超级排放源”有时是由于不可预测的一些过程故障和事故导致的。例如[土库曼斯坦的一个严重泄漏的压缩机站](#)或者加利福尼亚州[洛杉矶市附近的一个故障的天然气储存井](#)，这些事件都会给排放量的估测带来了很大的不确定性。幸运的是，卫星数据采集和处理技术的发展为识别这类排放源提供越来越多的方法。一些公司，如 [Kayros](#) 和 [GHGSat](#) 等，会提供监测服务，它们根据当地信息和卫星图像来检测、量化并对排放溯源。最近，国际能源署的《世界能源展望》中包含了与能源部门相关的全球甲烷热点地图，GHGSat 也发布了

¹² Brandt, A.R. et al. (2014), “北美天然气系统的甲烷泄漏问题”，科学，Vol. 343, pp. 733–735, <https://www.science.org/lookup/doi/10.1126/science.1247045>; 美国环保局 (2014 年), “石油和天然气部门泄漏”，为石油和天然气部门泄漏审查小组提供的报告，环保局空气质量规划和标准办公室，北卡罗来纳州研究三角公园，<https://beta.regulations.gov/document/EPA-HQ-OAR-2010-0505-5110>; Zimmerle, D.J. 等人 (2015 年), “美国天然气传输和储存系统的甲烷排放”，《环境科学与技术》，第 49/15 卷，<https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01669>。

一份交互式全球[甲烷排放地图](#)，图中显示了大气中甲烷浓度高的地区，而这些地区可能与超级排放源有关。

这里的目标不是要试图拥有一套完美的排放数据，而是要收集足够的初始数据，再随着时间的推移进行充分的监测，以确定和预测甲烷排放的问题源。有时，通过审查数据，您可能会发现一些出乎意料的大型排放源——也许是来自需要维修的排放管道，或者是忘记关闭舱口的收集罐——这就需要有一个因地制宜的政策。同样，如果其他辖区报告说某项活动产生了大量的排放，而您还没有该类数据，您可以通过政策设计让公司选择监测或控制该排放源。这将使您更好地了解这些排放源的规模，并着手控制排放源。[加利福尼亚州](#)就对液化气排液采取了这种方法。基于数据模式，应对可能成为超级排放源的地方，最好的方法是安装远程传感器，这使您可以及时定位大型甲烷泄漏——并建立快速解决它们的能力。

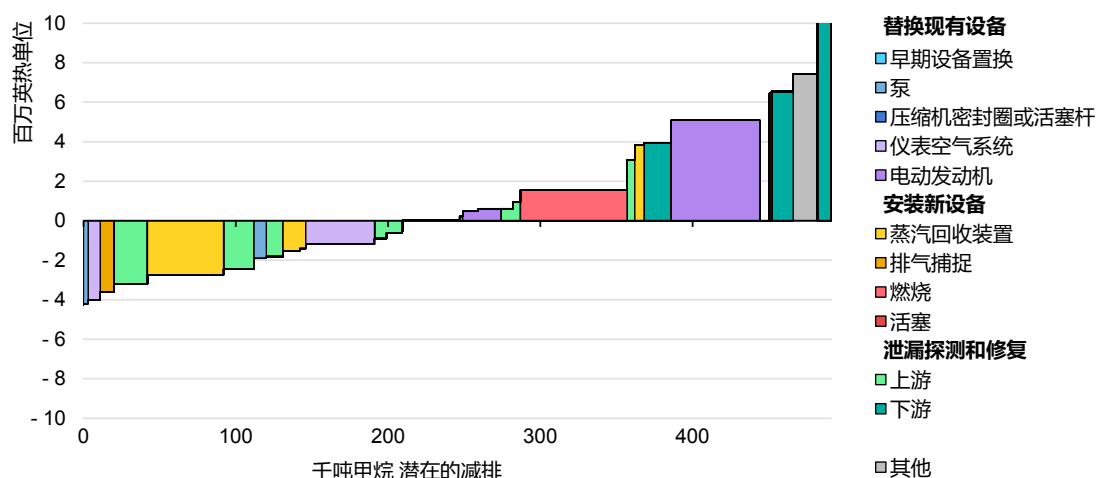
技术方案

为政策制定提供基础的最后一组需要考虑的因素是在符合监管要求、产业和排放背景下的可用技术和减排战略。如果已经有成功的减排技术和战略，那么可以在政策中使用它们，或者设定通过采用这些技术和战略所能达到的性能标准。例如，一旦公司开始在美国的油气井中实施“减排完井”技术，并确定了其可行性和成本有效性，则美国环境保护局就会要求在所有[新气井](#)和[新油井](#)中使用该技术。如果一项技术尚不成熟，政府可以投资进行研发，或与行业一起领导自愿减排计划，以发掘新的减排策略。随着时间的推移，监管机构应监测减排技术的发展，以确保监管要求不会在无意中限制在旧技术上，而阻止了新技术的采用。

国际能源署甲烷追踪器提供了一份现有的[减排技术清单](#)，并在全球和各国的基础上，以每百万英热单位甲烷减排的价格，按照从最低廉到最昂贵的顺序，对这些技术进行了介绍。该图表还显示了以当前的价格，在什么情况下捕获和出售天然气可以支付减排费用。而[甲烷指导原则倡议](#)也已经出版了[最佳实践指南](#)，其中总结了当前已知的减排方案、成本和可用技术，涵盖了泄漏检测、通风、气动装置和其他主题。这些资料可以作为帮助确定最具成本有效性的政策干预措施的一个良好起点。

一些与甲烷减排相关的技术并不直接减少排放，而是帮助发现（或测量）甲烷排放。鉴于甲烷排放的间歇性和随机性，探测和测量技术对解决这一污染挑战至关重要。事实上，许多现有的甲烷减排政策，包括[墨西哥](#)和[加拿大](#)的政策，都会包含泄漏检测和维修（LDAR）制度，以指导公司定期检查和维修泄漏的设备。近年来，技术的进步加强了检测和测量的精度和准确性，同时降低了成本。欲了解更多信息，请参考国际能源署甲烷追踪器的[改进甲烷数据](#)部分。

图 5 边际减排成本曲线，印度尼西亚



国际能源署保留所有权利

步骤 4：建立监管能力

在完成步骤 1、2 和 3 之后，您对可能影响监管决策的当地基本情况应该有了充分的了解，这些信息包括当地的法律和监管环境、油气产业的性质以及辖区内甲烷排放情况。在掌握了这些背景信息后，您就将进入**监管发展阶段**。这一阶段的步骤——从步骤 4 至 8——将引导您**设计和起草监管方案**，关注您制度能力的提升，并与内外部利益相关者进行接触。

您是否拥有设计和实施拟议法规所需的体制机制和专业知

一个良好的起点是考虑您机构的能力，以及如何最有效地将其用于能源部门甲烷排放的监管中。然后，根据您的评估结果来制定一个可以提高机构能力的计划。能力在这里指的是一个机构了解甲烷排放挑战、制定应对该挑战的规则以及实施和执行这些规则的能力。该能力包括四个方面：政治支持、信任、专业知识和资源。

如果您发现了自身的不足之处，这并不意味着您必须等到获得新的能力后再制定新的政策。没有一个监管机构是在最佳条件下行动的。但是，通过了解您的局限性，您可以采取有针对性的措施来加强和建设自身能力，同时基于您当前的情况来设计相应的规章制度。

您的机构是否能采取行动所需的政治支持？

您机构所拥有的政治支持程度将决定行动的路径和走向。机构权力可能是由政府的法律框架和机构在正式结构中的位置所决定的。大部分权力也可能是因地制宜的——如果一个相对默默无闻的机构的领导层或优先事项与整个政府相近，那么它的权力可能会被放大；而一个拥有大量合法权力的机构却可能在与另一个拥有重叠管辖权的机构的争斗中浪费时间和资源。如果您没有足够的政治支持，这并不意味着您不能采取行动；您可以从小事做起，比如启动试点项目或与能源生产商合作经营，以证明您的理念并为更广泛的甲烷减排计划争取政治支持。

您的机构是否得到公众或社会的信任？

您的一些行动权力可能来自于社会或公众。您可能还必须赢得他们的信任并向他们传达您可以公平地实施和执行甲烷减排政策。监管区域以外的关键利益相关者可能包括您自己国家的公民、与您的政府合作的国际组织或世界其他地区的石油、天然气消费者。当这些利益相关者认为您的行动促进了公共利益并实现了真正的减排，您就会赢得他们的信任和支持。为了建立这种信任，您可能需要在规则制定和整个监管过程中考虑政策透明度，对公司活动进行第三方核查，并提升公民诉讼或请愿权来鼓励政策执行。[马里兰州](#)在其最近的甲烷规章制定过程中，要求公司公布其LDAR检查结果，并在进行排污活动（有控制地释放甲烷以缓解系统压力或使维护、修理得以进行而不必担心爆炸）前通知公众，从而回应了社区关切。

您的机构有哪些相关的专业知识？

了解机构的专业知识也是很重要的。为发挥机构优势而制定的规则将更加有效，因为工作人员能够更好地进行监测并执行规定。当然，如果您对监管方向有清楚的认知，那您的机构或部门总是可以通过有针对性的招聘、培训和专业发展等手段来提升特定的专业知识。例如，提供光学气体成像和其他泄漏检测方法的认证可以帮助执法或合规团队建立信心和能力。另外机构还可以从专业协会、其他公司或外部资源处获得培训。石油工程师协会提供[技术研讨会](#)，国际组织和能源公司也会联合提供课程。¹³此外，机构还可以通过与外部专家合作来补充其专业知识、了解排放情况、编写和实施甲烷减排政策，或是与当地大学和非政府组织建立伙伴关系、与国际组织和机构合作、与具有互补技能的姐妹机构进行协调。

即使您能够补充专业知识，您的内部能力和正推格局依然是高度相关的；不要制定那些机构官员都不知道如何实施与执行的规则。

您的机构是否有足够的资源来完成任务？

相关的资源也将对您所制定的甲烷减排规则的类型和复杂性产生巨大影响。资源可能意味着预算、执法人员的数量、获得足够基本信息的技术资源，或专门的甲烷检测技术。

缺乏资源并不妨碍您采取行动，但会导致采取资源密集度较低的方法。例如为每个检查员配备平板电脑的机构与一个没有现代计算机系统或没有稳定互联网接入的机构相比，其建立的报告制度可能大相径庭。当然，一种制度不一定比另一种制度好；如果没有对机构的资源进行现实的评估就设计报告或执法制度，很容易会出现问题。例如，一个人员很少的机构可以通过选择依靠远程传感器、第三方检测公司、对不完整或错误的数据报送有严厉处罚机制的自我审计方式来加强执法工作。举例来说，包括[阿根廷](#)和[墨西哥](#)在内的一些国家在其石油和天然气法规中设立了第三方核查机构，在不依赖政府检查人员的情况下提高公司数据的质量。

¹³ 例如，在甲烷指导原则倡议下，几家石油和天然气公司与民间社会组织合作，开发了一系列针对行业主管人员和中层管理人员的[甲烷培训班](#)，其中包括有关甲烷监管的内容。（方案由GIE、Marcogaz、能源共同体和甲烷指导原则主办）。

步骤 5：利益相关者的参与

在您采取任何正式行动监管甲烷排放之前，您应当向将受监管的公司、受石油和天然气开发影响的社群、政府内的其他监管者以及社会的其他部门进行宣传。在这一探索阶段，对外联系的活动不一定是全面的，但应该是战略性的。是否有盟友可以为未来的道路提供支持？是否有怀疑的声音，而他们的担忧可否通过共享数据或公开流程而得到缓解？是否有国内和国际合作伙伴，他们的专业知识和信息可否帮助您制定积极但可实现的政策目标？是否有一些利益集团需要对您的监管计划有事先了解？您是否能够通过今天与其他机构的合作来避免以后的官场争斗？

让活跃在您辖区内的公司参与政策法规制定过程将是至关重要的。政治领导层可能会要求或指示您在开展工作前与国有公司讨论您的计划。但正如本文所指出的，在您的管辖区运营的一些国际公司可能已对甲烷减排做出承诺，并可根据在其他国家的业务活动和参与国际甲烷减排联盟的情况提供有关甲烷排放和减排方法的信息。在政策发布前，与他们沟通并征求这些信息将有助于提升您的初始承诺的可行性和信息量。此外，在发布政策前与他们分享您的意向，意味着您给企业创造了一个提问、寻求保证的机会，这将使它们在政策发布后有更积极的回应。同时，向公众提供您在寻求外部意见方面的政务信息和征求其他利益相关者的意见的过程，将建立公众对结果的信任。

其他行业参与者也可能是对外联络的合适目标。从事甲烷减排相关活动的承包商、技术供应商、第三方审计人员、保险公司和金融支持者也可能有重要的见解，可以帮助您设计一个更有效的政策。

一些社群或公众可能也会一直敦促您采取行动：确保您的进程包含与他们的互动协作，认可他们的领导力，并争取他们的持续支持。其他利益相关者——通常是被监管的社群以及石油和天然气的工业消费者——会对政策之于能源成本的影响存有疑虑；在有能力的情况下，您应该致力于建立公开的流程，对政策的成本和效益进行透明的评估。

在您制定政策的早期阶段，您更有可能采用谨慎的方法，以个人或小组的方式与利益相关者接触。在某些情况下，您可以将这些闭门会议与更公开的集会结合起来。例如，您可以与一个社群的领导人会面，探讨行动意图，然后举行听证会来听取社群的关切，但您无需在该活动中公开承诺采取行动。对于不熟悉周边甲烷排放带来的气候和安全风险的社群，或是尚不清楚您所打算采取的减排措施的社群，外联战略可能还会包括教育性内容。此外，您可以为您的机构或部门工作人员寻找战略机会，在关键利益相关者可能参加的会议上谈论甲烷减排；即使工作人员此前未曾宣布监管计划，但他们的在席也足以表明您认为甲烷减排是一个重要问题。

您可能还想看得更长远一些，以预测和促进您在政策制定过程中需要的利益相关者参与类型。在一些辖区，监管机构可能会建立咨询委员会，在特定的时间点提供咨询。在美国，“协商制定规则”或“监管协商”已成为一种行政法趋势，这一趋势可能也适用于甲烷减排领域。在监管规则制定仅影响少数受管制实体的情况下，机构可以建立一个公平地代表不同利益的委员会，并通过协作程序与该委员会“协商”政策语言。在不太正式的监管协商过程中，美国的一些监管机构会进行非正式的信息收集工作，或者在监管机构正式处理

该问题之前，指导不同的利益相关者协商政策解决方案。监管机构不一定受该非正式程序的约束，但他们清楚该解决方案会反映各方共识。

动员利益相关者需要花费宝贵的时间和资源，但这些早期的互动可以帮助您预测反对意见、调整政策，并在以后的过程中节省时间。

步骤 6：确定监管目标

现在您可以开始设计规章制度了。在起草前，您需要建立一套您希望实现的监管目标。这里需要回答的一个问题是：“我们要解决什么问题？”由此，您可以反向思考以确定解决这个问题所需的先决条件。当您这样做时，前面这些步骤中所收集的信息将帮助您根据自己所在行业的特定排放源和排放量，制定适合您行业的排放目标。

政策目标可以有多种不同的形式。一些甲烷减排政策基于的是整个经济体的甲烷减排目标，如[加利福尼亚州](#)的政策。而其他政策可能只基于一个行业或特定¹⁴部门的减排目标。例如[墨西哥](#)的法规要求设定基于设施的减排目标。

监管目标可以用减少的甲烷吨数、低于历史排放量的百分比或甲烷排放量与生产量的比例下降来表示。[全球甲烷联盟](#)（由联合国环境规划署和气候与清洁空气联盟建立）已呼吁各国制定目标，争取实现 2025 年甲烷排放水平较 2005 年至少减少 45%，到 2030 年减少 60–75%。目标也可以根据天然气的平均“甲烷强度”来设定，例如，参与油气行业气候倡议组织（OGCI）的公司就宣布，到 2025 年将其甲烷强度降低到“近零”水平——0.25%到 0.2% 之间。

相比为整个行业制定一个高水平的目标，您可能更希望为行业的不同部门制定更细化的目标（或子目标）——例如，上游与下游、陆地与海上开采、常规与非常规。您也可以考虑是否为新设施的排放制定单独的目标，并考虑是否为解决您管辖范围内的废弃油井制定计划。

没有明确设定数量、百分比或强度目标的减排法规（例如，更换整个系统中泄漏的阀门的规定）可能仍隐含着减排目标，即使它不是以具体的排放数量或比率形式出现。特别是那些规定性法规，它们可能反映了一个自下而上的工程目标；例如，在某个日期之前从现有石油和天然气基础设施中消除所有高排放的气动装置，以及将 LDAR 的要求反映在了对新排放源出现的识别和应用上。

您也可能有一些不以减排为重点的监管目标。例如，在设计温室气体清单要求时，您可以设定一个目标，让一定比例的公司在一年的遵守该法律。另一个例子是，对于新的环境评估的要求，您可以设定一个目标，确保在未来六个月内批准的所有项目都得包含项目对甲烷排放影响的具体估算。除此以外，另一种政策目标可能是刺激审计行业的发展，或刺激那些购买伴生气体的中游天然气行业的发展。这其中，有一些目标可能会产生协同效应；例如，在发展中游天然气行业后，您可能会着手消除伴生天然气的燃烧和排放。

¹⁴ 科罗拉多州创建了一个程序，仅为石油和天然气价值链的传输和储存部分建立甲烷目标。

当思考这些目标时，您可以回想上一步中与利益相关者的一些对话。社群、公司和公民社会会询问您为什么要采取行动、想达到什么目的。他们会想知道您所设定的目标在现有技术下是否可以实现。他们会想知道这对他们在合规性成本、环境和安全等共同利益、就业和能源价格方面有什么影响。

步骤 7：选择适当的政策设计

在这一步骤中，通过汇集您在本路线图早期阶段中收集的信息，您将决定哪些监管方式最适合帮助您实现步骤 6 中制定的监管目标。在您进行这项工作时，我们建议您参考配套的[监管工具包](#)，该工具包深入介绍了世界各地已使用的监管方法。通过该工具包，我们试图提供最通用的方法作为参考；然后由您从这些选项中选择最适合自身情况的方法。监管工具包还包括大多数监管制度所共有的基本要素，例如对数据报送和排放信息要求，以及监测和核查计划。

最重要的是，您要选择与您的政策环境相适应的方法。并在这个步骤下提出一系列的问题。例如，针对甲烷的碳税似乎是最有效和最灵活的方法，但您的机构可能没有权力对您管辖范围内的公司征税，也没有能力跟踪排放以确保合规性。

在本节的其余部分，我们提供了一组实例来说明政策设计以及您所在系统的特征如何影响甲烷法规。并在相关的地方提供了监管工具包相关章节和国际能源署政策数据库案例的链接。

示例 A：甲烷排放强度降低与天然气开发并行

假设您代表国家环境监管机构，领导层支持您努力实现关于巴黎协定的气候承诺。贵国天然气产业已经成熟，但即将迅速扩大天然气开发。因此，您已经确定了辖区内生产的石油和天然气生产中甲烷强度下降的政策目标；也就是说，您希望的监管目标是要求公司减少每个生产单位泄漏或排放的甲烷。这将使您能够设定一个颇具雄心的目标，同时开发新的产能。

为实现这一目标，您需要对您的基线“泄漏率”有详细的了解。之后，您需要设定一个可行的减排目标，并确定您的标准有多大的规范性或灵活性。为便于说明，您已经确定您的机构有：

- 总体监管甲烷的权力（但是，能源机构或部委通过许可证监管排放量和燃烧量）；
- 监管、执法和数据收集的制度优势；
- 针对石油和天然气活动甲烷排放专业知识和资源有限；
- 对贵国的跨国油气公司有空气污染管理权，以及对国有企业空气污染更为有限的管理权。

您的国内存在天然气需求，但同时也是一个天然气出口大国；新的开发是为了供应出口市场。尽管在贵国经营的跨国石油公司高层做出了雄心勃勃的甲烷承诺，但当地的员工似乎对甲烷问题或如何处理甲烷问题知之甚少。利润激励也与减少甲烷的目标不一致。

鉴于这些因素的组合，您可以为您的甲烷监管制度选择某些设计元素。制定一个有执行力的规则将发挥您在监管和执行方面的优势。另外，与能源部的合作可以提高您规章制度的有效性。能源部的放空燃除许可证将帮助您确定行业的基准泄漏率并确定可行的强度降低目标。能源部对国有企业的权力也会推动企业支持您的规定。他们与行业参与者间广泛的联系网可以推动培训的开展，增进公司对甲烷问题的理解。他们拥有的石油和天然气勘探权意味着他们可以将甲烷减排基础设施投资的租金或特许权使用费进行扣减，以加强您在通过调整利润和激励方式进行减排的政策效果。如果您与能源机构或部委没有良好的工作关系，可以考虑由国家元首或政府首脑发起一个机构间工作组，或由两个部委的负责人每月进行一次简报。您也可以要求在您编写规则时借调能源部的人员到您的机构。

同时，如果您的国家即将开始新的天然气开发，您可以要求在任意新设施上安装低排放和零排放的基础设施来部分实现甲烷强度降低的目标。首先，安装低排放设备的成本可能较低。即使事实并非如此，新设施也可以在更长的年份中摊销投资，使其更具成本有效性。因此，您的规则在针对现有基础设施的同时，也不应该忽视未来的安装需求。

鉴于您有国内的天然气需求，并有国内和出口的基础设施来运输产品，您的目标应该更严格，因为您有理由预期运营商会出售所有回收的天然气。此外，如果您的天然气出口市场已设定或正在考虑设定进口天然气的甲烷性能标准，更严格的标准可能会使您的生产商在这些市场处于有利地位。为了提高进口商向您报送的减排数据的质量，强有力的监测和核查将至关重要的。

至于甲烷强度标准本身，您可以为每项设备或活动设定规定性标准，如果经营者遵守这些标准，那么这些行动的总和将实现总体减排目标。在这种“命令控制型”的政策中，经营者将负责安装特定的设备或以规定的方式进行维护活动，但不会对整体减排目标负责。（在这种方法下，监管者实质上承担了实现强度目标的责任。）相比之下，您可以要求——如墨西哥的情况——每个公司设定一个总强度下降目标，然后允许他们采取任何必要的措施来实现目标。

如果您了解特定干预措施的减排潜力，“命令控制型”政策将是有意義的——比如应用减排完井方式来完成新井的作业，或安装环境空气控制器和泵代替天然气驱动部件——因为这样您就有足够的信心确保所需的行动将推动目标的实现。例如，有大量的文献证明了使用零排放阀而不是高排放阀的预期减排量（包括来自 [EPA](#) 和 [Carbon Limits](#)）。与实现排放目标相比，采取具体的政策行动往往更容易，这导致监管机构更依赖规定性标准，特别是当他们资源不足时。（您也可以在这些规定性目标来重新规划您的政策目标，例如，在五年内逐步淘汰您所在行业的所有高排放阀门）。

随着您的机构对基准泄漏率和总排放情况有了更好的认识，可以用设施层级或行业范围的强度标准来补充规定性要求，以便公司决定采取哪些额外的行动来达到目标。通过编写针对排放信息的规章制度并且要求公司进行详细的数据报送，您可以确定哪些是所有设施都需要采取的具体行动。您也可以从公司用来确认其减排量的排放监测技术和方法中学习——这类监测使挪威得以制定其国家排放因子。也就是说，鉴于甲烷监测的不确定性，可能需要采用额外的保障措施来确保合规性。例如第三方审计，或者在未来通过卫星或许能够确认或质疑大型设施所报告的排放量。

示例 B：在现有设施中降低甲烷排放强度

现在，假设上述所有情况都存在，只是您尚未采取任何显著的行动。在这里，您的规则将更多地集中在现有的生产设施上。您可以与能源机构或部委合作，采用示例 A 中提到的更积极的基于激励的系统，即将甲烷减排投资从租金或特许权使用费中扣除。另外，如果能源监管机构不合作，或者如果国家过于依赖特许权使用费而无法提供大量的扣除，那么环境监管机构可以设计一个抵消战略，要求开发新产能的公司通过减少现有设施的排放来“抵消”新的排放。这些方法可以与规定性法规或更灵活的、基于性能的标准一起使用。在其他条件相同的情况下，灵活的标准能够降低成本，尤其适用在无法进行改造的情况下；然而风险仍然存在，如果没有对基线排放量的可靠理解，监管者对实际减排量的了解仍然会很模糊。

示例 C：动员天然气的利用

现在假设您的辖区主要进行石油生产，并只生产伴生天然气。在这种情况下，您国内可能没有足够的天然气需求来鼓励捕获天然气进行转售。如果没有收集、加工和运输天然气到其他市场的基础设施，这个问题会更加明显。在这里，您的规章制度可以强调解决一些当地需求，例如要求用天然气取代柴油发电。然后您可能需要回注无法使用的伴生天然气。当然，为了更好地利用伴生天然气，您可能需要与辖区内的能源和经济监管机构合作，制定一个创造中游市场和下游需求的战略，从而使伴生天然气成为一种适销对路的产品，而不仅仅是从价值流中被移除的东西。尼日利亚和巴西在努力解决这些问题，并找到了可能的解决方案。

示例 D：通过信息提供解决甲烷排放问题

现在假设在制定基准泄漏率时，您意识到您对与井口维护活动有关的排放信息了解极其有限。您可能会设计针对排放信息的规章制度以支持您的减排目标，同时也记录排放清单的改进。[加利福尼亚州](#)对液化气卸货就制定了这种政策。加利福尼亚州的公司可以选择捕获所有在井口卸货时排放的气体，或者在气体泄漏时对其排放规模进行计量和报告。同样，加拿大的甲烷法规指出要逐步淘汰某些排放要求；在此期间，运营商必须标记、测量和报告排放量。这为监管机构提供了重要的排放数据——并可能促使企业尽早采取行动。

尽管这些例子并不全面，但是它们为您提供了在减排政策设计的关键阶段可供参考的样本。如果您的机构是地方机构，则您将需要了解您所处机构在甲烷减排上的权限。如果您的石油和天然气设施在海上、或在北极，则您可能需要调整您的规定以考虑到这些环境（例如，加拿大每年仅要求 LDAR 视察三次，因为冬天不利于访问许多设施）。如果您的行业是细分的，不同的政府机构可能在价值链的不同环节拥有管辖权。

步骤 8：起草政策

无论您是在对现有政策进行修订还是制定一份全新的政策，现在您将开始起草一份符合您辖区情况、监管目标的政策，并对政策细节进行充实。

一旦您确定了将要采用的政策干预方式，可以借鉴已有的经验模式——来自其他国家和地区或适用于和您辖区情况类似地方的法律。如前所述，该工具包提供了许多不同监管方法的实例作为参考，以及来自国际能源署政策数据库中相关信息的链接。您还可以与来自其他国家、地区或机构的官员进行合作，了解哪些措施对他们来说是有效的，哪些措施可以改进。虽然不能直接照搬这些经验，但这些信息能确保您的政策涵盖所有基本内容。

如果您的机构内部有相关的专业知识，请利用好它们。如果没有，您可以考虑聘请顾问或请求非政府组织、国际组织的援助。

如果您所在辖区的法律程序为政策的提出、审查或谈判以及最后定稿制定了正式的程序和时间表，那么您的政策制定可以遵循这一程序。如果这些程序不要求公司和利益相关者提供反馈意见，那么您可以在力所能及的范围内以非正式方式寻求反馈意见，改进您的政策。

步骤 9：政策执行

在对监管目标和运作模式有了清晰的认识后，现在是时候进入本路线图的最后一个阶段，即实施阶段。虽然这一步和步骤 10 主要集中在政策确定后所需的措施上，但在您政策设计时就需要开始考虑这些问题，因为您的一些选择可能会影响政策合规性。此外，在监管法规生效前您还可以采取一些行动以确保公司对政策有所准备并能及时遵守。有关本步骤所述方法的更多信息，请参见监管工具包的基本要素部分。

确保合规性

在法规制定阶段，您应该在法规制定收尾的同时开始合规援助的宣传。一项让受监管者措手不及的政策往往很难被遵守。帮助公司预测监管期望，进而帮助他们成功也可以帮您更好实现政策目标。这方面的一些工作也可以在步骤 5 中进行，当您征求公司的反馈意见时——您可能会了解到某种特定的干预措施对某些设施是不可行的，或者已有更好的技术出现。

通过开展培训，在机构和行业中传播专业知识也将提高合规性。将早期行动的奖励纳入考量，这样企业就不会因为担心前期行动不合规而犹豫不决，错过投资的时机。确定合规性的激励措施，包括政府对早期合规性甚至超级合规性（企业采取的行动超过法律要求）的认可。

确保定期进行监测、报告和核查

您的政策应该包括用于评估公司是否合规的指标，以及对重大政策目标的实施进展情况的跟踪。这可能会要求公司把直接测量和基于排放因子的估计相结合，监测自己的排放量。这一过程可以由第三方通过无人机、飞机或卫星进行的测量，并通过监管机构的直接检查来补充。

通常情况下，甲烷规章制度还要求公司记录与报告其测量活动和估算。这些规定作为 UNFCCC 国家清单项目的一部分，您辖区的政府可能已经采取相关行动，但您可以重新审阅这些要求，以确保它们充分支持您的甲烷规章制度。

如果您对公司提出了报告要求，您要确保您有能用来处理和接收这些信息的系统和程序，特别是当您预计会出现收到大量数据的情况。您应该事先考虑是否可以采取措施提高这些数据的可用性。这意味着您需要为即将收集的数据的内容和格式制定明确的标准。

您可能还需要建立电子平台，以便公司提交数据。这些系统的优点之一是，它们可以被设计成在提交信息时做自动标记，对违反监管标准、错误或故障模式发出信号，以便优先检查和更换设备。

最后，一旦您收集了这些信息，您需要有相应的机制来核验其准确性。这可能包括通过检查或第三方核查进行直接验证。您也可以要求公司自己来证明他们遵守了规定，并对其提交的报告进行独立审计。关于如何实施有效的监测、报告及核查协议的更多细节，请参见监管工具包。

执法

根据贵机构的法律权限，您或许有权调查受监管的实体，并强制执行您的甲烷规定。执法行动可根据报告和提交的信息，或通过监管检查、第三方投诉进行。提前考虑您拥有哪些能够监督和调查潜在的不合规情况的工具是很重要的，因为这可能影响您选择何种形式的监管设计。

有时，立法机构在执法层面的直接权力有限，特别是针对国有企业。在这种情况下，您可能需要与伙伴机构进行协调，以确保他们拥有所需的信息，以制定有效执法制度，或以其他方式促进合规性。

您也可以通过第三方来收集更准确的信息或公布违反规定的情况（这反过来可能会使规定更容易执行）。例如，阿根廷和墨西哥要求第三方审计人员检查公司报告并核实合规性。这方面可能会存在的挑战包括为这些服务开发一个新的市场，并保证这些审计人员不受公司的影响。当然，如果做得好，这种方法可以提高监管机构的能力。例如公开披露信息，包括在网站上进行公布，可以让投资者、保险公司和公众了解情况，并为公司建立新的问责机制，进一步激励其遵守规定。最后，您还可以采用空中监测系统，包括使用越来越容易获取的、有用的公共卫星数据。另外与大学、其他研究机构和国际组织的伙伴关系可以强化国家清单，检测违反规定的行为，并建立执法能力。

步骤 10：定期审查和完善政策

在最终敲定您的规章制度之前，您也应该开始考虑将来会需要更新和修改的内容。从而使您的规章制度能够吸取前车之鉴、与技术发展保持同步、提升您的政策目标雄心。尽管这些变化可能是不可预测的，但您仍可以提前采取一些措施让未来的过渡更顺利。

您可能需要在政策中包括明确的定期审查计划。定期审查可以与预定的时间表挂钩，也可以在行政层面持续进行，或在利益相关者提出关切时回应。无论您如何安排，您都应该在政策中纳入一个明确的程序，向受监管实体表明您完善政策的决心，并帮助您证明机构资源使用的合理性。

项目评估是召集监管者、公司、研究人员和国际组织的另一个好时机。外部专家和利益相关者可以帮助您设计一个评估方案。或者，这些团体的代表可以担任监管审查顾问委员会的成员，审查记录并采访政策领域的关键参与者，为您提供关于法规执行情况的反馈。

您可能还可以考虑在规则中启用“适应性监管”的概念。例如，法规可以事先说明，监管机构未来可能会在预先确定的范围内做出小的改变，而不必经过正式的修订程序。然后，监管审查可能至少部分集中在那些可以证明政策改变是恰当的数据，而且是在最初确定的边界内。

您也可以考虑在规章制度中建立灵活机制，以保障其时效性。甲烷减排技术的发展非常迅速，为了确保前沿发展得到充分利用，您可以考虑建立一个灵活的机制，允许公司申请为新技术的合规性背书。在采用这种机制时，您应注意避免过程太过繁琐，影响公司的使用意愿。

监管工具包

通过这份路线图，您已经对所处的监管环境和背景有了全面了解（步骤 1-3）。并且也评估了您的监管能力和利益相关者的参与情况，以及制定外联计划（步骤 4-5）。您还应该建立了一个基线，并设定适当的监管目标（步骤 6）。简而言之，您已经做好战略制定，政策设计并实施监管的准备了。您的战略概览可能会包括一些基本信息以及相关的政府机构。本工具包介绍了不同国家和地区已经实施的监管机制，以及可以利用这些机制的信息。

表 13 监管工具包的概要

主题	子主题	关键问题
监管结构	- 分情况应用 - 普适应用	贵国监管制度的总体结构是什么？
监管方式	- 规定性 - 基于性能或结果的 - 经济性 - 基于信息的	什么类型的工具适合用在什么样的战略和背景下？
监管要素	- 监测 - 存档和报告 - 核查和执行 - 政策协调 - 适应性监管	甲烷监管制度成功的关键要素是什么？

我们首先考虑不同的**监管结构**，这将有助于您选择适当的政策设计（步骤 7）。我们接着进一步探讨**甲烷监管**的四种主要方法，描述其典型要求、优势与劣势。对于每一种方法，我们都会从政策数据库中提供具体实例，为您在政策起草上提供范例（步骤 8）。最后，本工具包讨论了监管的**基本要素**。包括通过使用监测、报告及核查条款来确保合规性和有效执行（步骤 9），协调不同的配套政策，以及确保政策中有定期审阅和调整的策略（步骤 10）。

监管结构

总体监管结构是什么：是采取分情况适用还是普遍适用性规定？

政府通常要么是通过个别许可或合同条款设定基于具体情况的要求；要么制定普遍适用的标准。这两种选择也可以结合使用，以提供不同程度的自由裁量权和监管灵活性。

无论是通过许可证、招投标、合同安排还是许可计划来实施，分情况适用的监管规定通常会提供更多的适应空间——但同时可能需要监管机构提供额外的资源。另一方面，侧重于解决气候变化、空气污染、工人安全或资源效率的普适性规定在应用中可能更加严格，但对制度性承诺的潜在要求较少。

根据您的辖区的监管结构，您可能已经有一到两种不同类型的规定。许多国家通过许可证或特许权来授予公司开采石油和天然气的权利，但同时也实施了控制空气污染的通用法规。对此，一个关键的出发点是相关立法是否已经存在，以及以何种形式存在。如果已经存在，您可以通过更新适用的准则或规范，将有关甲烷的规定纳入已有制度中。

分情况适用的规定

甲烷要求可以在授权或签约程序中引入，从勘探区的招标到服务采购，包括项目评估、通过国家石油公司直接开发或共享生产协议。

例如招标拍卖中可以设定对承诺低排放水平的投标人进行奖励的标准。合同可以规定必须采取哪些措施来避免泄漏或建立有关排放的性能标准。或者通过许可证来限制甲烷燃除和放空，或要求定期监测废弃的油井，以确保没有甲烷泄漏。

专栏 1 许可证

许可证是对某些特定操作或程序进行合法化授权的一种手段（如污染许可证、钻探许可证、燃除许可证）。许可证还包括在有效性上设立限制条件，这些限制可能是在时间、技术或空间上。未能遵守许可证规定可能会导致许可证被暂停或撤销，或相关业务被中断或终止。

[阿曼](#)要求排放大量温室气体的项目需要申请并获得授权排放温室气体的气候事务许可证。对于每年排放 2000 吨及以上二氧化碳当量，或每年生产和消耗 30TJ 或更多的能源的石油和天然气开发项目，都需要获得许可证。申请许可证需要主管部门对项目进行初步批准，并且项目方需要提交关于温室气体预期排放量的初步报告。作为申请程序的一部分，项目需要每年监测和报告其温室气体排放量；使用节能和低排放技术；提交增加绿色空间的计划；并采取适应性措施，保护其业务免受气候变化的影响。

许可证通常可以通过有针对性的规定实现甲烷减排。在[挪威](#)，运营商必须每年申请生产许可证，提交燃除/冷排气量及其他事项供审批。

可以在许可证或执照中引入对正在进行的一系列活动的要求。这些要求可能是为每个许可证单独制定的，也可能是基于总体规范、示范条款或指南中的规定产生的，如[澳大利亚北部地区的陆上石油活动规范](#)。该法规适用于所有利益相关者，并对基线评估、常规空气监测、放空和燃除进行限制，以及企业在开始生产前需要提交的甲烷减排计划提出要求，并将减排目标设定为“合理可行的最低水平”。因此，它为每个许可证设定了最低标准的同时也不限制监管机构对这些许可证的具体要求进行调整，之后监管机构会根据个体情况逐一进行评估，必要时会采用更为严格的措施和标准。

某些活动也可能需要经过特定的授权或批准程序。例如，[尼日利亚的石油工业标准规定](#)，如果必须进行甲烷燃除，经营者必须在每一次操作前取得豁免和许可，并且必须为每一标准立方米的燃除支付必要的罚款，以确保完全燃除并防止放空。

这些方法的一个关键优势在于，它们可以根据具体情况进行调整。根据特定项目的特点确定个性化的要求，并提供一个更有针对性的方法，确保最具成本有效性的措施得到应用。

个性化的系统为监管机构和公司解决甲烷排放提供了多种途径。监管机构可以确立全面的减排要求，或通过与对减排感兴趣的运营商开展试点项目逐步引入减排目标。如果这一倡议成功，它可以被推广到整个行业。

专栏 2 合同

石油合同是指政府通过特许权、产量分成合同、合资、技术服务合同和联合协议等方式，向公司授予开采石油和天然气的合同许可证的制度。这些文书通常授予被许可人在特定条件下勘探、开发和利用公共资源的权力。其中可能包括与甲烷排放有关的限制。由于这些限制具有合约属性，如果没有特定的法定授权，可能很难改变现有合同中的条款。

英国已经公布了[陆上](#)和[海上](#)生产的石油许可证中的示范条款。这些条款包括禁止被许可人在未获得石油和天然气管理局的事先同意的情况下燃除或放空气体。此外，每个石油许可证都要求被许可人采取一切可行的措施，防止石油或天然气从其作业中泄漏或浪费。在之前英国法定石油机构的更新中，立法机构对示范条款进行了修改，使其自动适用于所有现有合同。

英国石油和天然气管理局最近发布了一份关于受管制活动的[油气放空和燃除的报告](#)，其中承诺将通过其许可、油田开发程序和项目管理活动，对油气燃除和放空采取更强硬的立场。

普适性规定

甲烷减排也可以通过普遍适用规定来解决。这与分情况适用规定的区别在于，普适性规定的要求适用于**所有受监管的活动**，而不需要进行个性化的调整。当然标准仍然可能根据行业部门、设施的使用年限和类型，或所采用的技术种类等预先确定的类别而有所不同。

一些国家已经制定了有针对性的减少石油和天然气甲烷排放的规定。例如，墨西哥制定了一项[预防和综合控制碳氢化合物部门的甲烷排放的规定](#)。根据该规定，各设施必须制定和实施预防和综合控制甲烷排放的计划。他们必须确定所有的甲烷来源，计算排放基线，设定减排目标，并制定减排措施的实施时间表，展示其实现目标的年度进展情况。

专栏 3 甲烷战略

区域或国家战略会为全部门的甲烷减排提供路线图。但是这些路线图通常不具有约束力，只是向公众提供有关未来监管行动的信息。

[欧盟甲烷战略](#)为关键排放部门（能源、农业和废物管理）制定了跨部门的减排措施。在能源部门，在基于[石油和天然气甲烷伙伴关系](#)方法论的基础上，提出了 2021 年就所有能源相关甲烷排放进行强制性测量、报告和核查的立法建议。它还提到了对上游和下游部门采取 LDAR 计划的要求，以及制定目标来消除常规放空和燃除。此外，该战略还建议国际行动，包括促进甲烷减排工作的全球协调。因此，改战略提到了一个甲烷供应指数，以使买家在购买燃料时做出明智的选择，以及建立一个独立的国际甲烷观测站，通过使用和整合卫星图像监测超级排放源。

其他区域或者国家甲烷战略的例子包括[尼日利亚国家行动计划](#)中减少短期气候污染物的提议和[萨斯喀彻温省的甲烷行动计划](#)。

在其他情况下，政策可能会更广泛地适用于其他部门和除甲烷以外的污染物。例如，甲烷条款可能被纳入到整个石油和天然气部门制定政策的工具中，或侧重于某一特定部门，如上游或下游行业，或针对整个石油和天然气价值链。尼日利亚的[国家天然气政策](#)鼓励使用火炬气捕获技术，其中包括与发电有关的技术，并且禁止在未开发地区的开展的新项目中使用燃除，以及促进天然气利用计划。

在更广泛的层面，甲烷可能被适用于多个部门和多个空气污染物的广泛的环境法规所涵盖。例如，甲烷可能被一个设定总体温室气体目标的指令所涵盖。里面可能包括一些配套要求，如温室气体报告、排放强度限制和碳市场等，其中包括将经过认可的自愿甲烷减排作为碳抵消的一种方式。

专栏 4 甲烷监管

一些国家和地区已根据一般性立法（如石油法或环境法）制定了甲烷法规。这些法规通常会规定控制排放所需的措施和程序。

不列颠哥伦比亚省（加拿大）已在其[钻探和生产条例](#)中发布了关于石油和天然气中甲烷的规定。该规则要求运营商在油井开发的关键节点和日常维护中，检查每口油井的表面套管通风口。如果发现通风口，运营商必须通知监管机构并消除危险。如果发现气体运移，运营商必须通知监管机构，并提交风险评估。该法规还禁止放空，除非气体热值、体积或流速不足以支持稳定的燃烧，并且满足一系列条件，包括尽量减少放空量等。它对燃除有进一步的限制，并对逸散性排放管理项目提出要求。这也推动了[逃逸性排放管理方案的制定](#)。

加拿大联邦政府也已经发布了[甲烷法规](#)。需要注意的是，根据不列颠哥伦比亚省和联邦政府间的 2020 年对等协议，地方法规适用于省内，尽管联邦要求仍适用于省级管道和其他联邦工程。

值得注意的是，在一些国家现有的相关法案下，可以批准不同规模的甲烷减排法规。通常，环境法或能源法会有一些根据可持续发展、资源效率或行业最佳实践来发展经济活动的条款，这些条款可以在法规下得到扩充。

一旦您确定了**总体战略**，就可以纳入更多的工具和要素来实施您的监管并达到相应的政策目标。本工具包的以下内容描述了关键的监管类型和基本监管要素。

监管方式

什么类型的工具最适合您的战略和背景？

我们在监管方法类型章节中概述了四种主要的监管方法。在此，我们探讨这些[不同方法的案例](#)，并考虑每种方法的优劣势，如表 14 所总结的。

表 14 监管方式的利弊

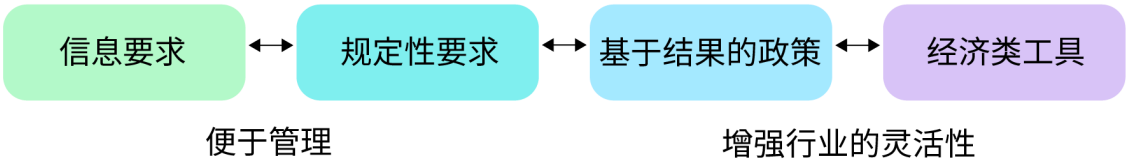
监管方式	交易成本	刚性	前提条件	何时开始考虑	示例
规定性监管	低 对监管机构和企业来说，都很容易管理	高 只有预先设定的变化会发生	中 需要了解设施的排放情况	您已经确定了关键的减排机会	禁止令（ 赤道几内亚 ）
基于性能或结果的监管	中 需要监测和跟进	低 鼓励不同的解决方案	高 需要关于基线和总体排放的信息	您对排放和监测能力有适度的了解	设施限制（ 加拿大阿尔伯塔省 ）
经济性的监管	高 需要强大的核查系统	低 允许公司实施具体减排战略	中 需要对基线排放和相关的甲烷贡献的了解	监测系统已经到位，您希望调动不同的解决方案	设施限制（ 加拿大阿尔伯塔省 ）
基于信息的监管	高 要求收集、分析和传输信息	中 允许在某些情况下采用不同的解决方案	低 不需要历史信息	您需要更好地了解甲烷排放和减排机会	特许权使用费（ 巴西 ）

通常情况下，不同的方法会被结合使用，例如，[越南](#)制定了一个限制燃除的法规（规定性的），使政府有权免费使用将被燃烧的气体（经济性的），并要求报告气体损失（基于信息的）。

值得强调的是，监管者需要在给定的监管目标和制度环境下找到合适的监管方法。通常情况下，甲烷监管是为实现总体目标的政策组合中的一部分，需要与多种政策相协调。甲烷监管也可以设计成其他地区的类似政策相一致，这样可以让被监管主体在共享市场的地区之间进行公平竞争。最终，有效的政策努力将涉及不同利益相关者的合作和不同监管方法、工具的混合——所有这些都以互补的方式共同解决甲烷排放问题。

因此，不同的监管方法可以建立在相互补充的基础上。信息监管条例可能有助于确定关键排放源，然后通过规定性或基于性能的手段加以解决。随着时间的推移，监管机构对行业和减排方案的了解加深以后，可以采取一些市场化的经济手段，来促进公司遵守现有规定乃至超额完成减排任务。也就是说，缺乏信息或制度资源并不一定会推迟甲烷的监管，可以通过某些政策设计方案来弥补或者克服这些不足之处。

图 6 监管方式的连续性



国际能源署保留所有权利

这种连续的过程反映了在选择监管方法时的不同考虑。在光谱的左端，您的信息是有限的，所以您可能想把重点放在构建信息上，以了解排放源和减排机会。再往前走一步，您已经确定了一些明确的、有价值的减排机会，您可以用命令控制型方式实现这些机会。一旦您建立了一个能够合理估计、有力检测排放的体制环境，您就可以使用经济手段或基于结果的标准，以确保更大的灵活性，并促成创造性的解决方案。

规定性监管

规定性要求（或称“**命令控制型**”要求）通过要求被监管单位采取或不采取某些具体行动或程序来实现减排。规定性要求可以规定程序、设备或技术要求，例如安装或更换特定装置。

专栏 5 泄漏检测和修复（LDAR）

LDAR 计划的目的是定位和修复逃逸性泄漏。政策可能涉及使用的设备类型、检查频率、触发维修要求的泄漏阈值以及允许进行维修的时间长度。最典型的要求是每季度进行一次 LDAR 检查，尽管也有一些例外情况。这些活动可以由无人机、车辆或持适当装备的人员进行。

[阿尔伯塔省（加拿大）](#)对不同类型的设施有不同的要求（例如，天然气厂和压缩机站应每年进行三次检查）。该条例规定了检查的方法（例如，在被调查设备 6 米范围内操作气体成像相机，可以检测到以每小时 1.0 克或更低的速度排放的纯甲烷气体流），但也允许使用其他同样能力的设备（取决于示范要求）。它进一步规定了必须调查的设备类型、人员培训要求以及报告和维修指令（例如，如果逃逸性排放是由失败的油气开采测试或者是废气燃烧烟道上的点火器失效造成的，必须在发现后 24 小时内解决掉检测到的逃逸性排放源）。

LDAR 计划可以是逃逸性排放管理计划的一部分。阿尔伯塔省的[《关于如何制定逃逸性排放管理计划》](#)手册和昆士兰（澳大利亚）的[石油作业工厂泄漏管理、检测和报告的实践准则](#)提供了更多的细节。

一些法规要求公司在运营方面遵循特定的程序或流程。例如，许多国家和地区都要求公司建立泄漏检测和修复方案。另一个例子是，[美国环保局 2012 年的挥发性有机化合物标准（2020 年 9 月修订）](#)对完井作业提出了程序性要求，包括要求将返排物导入完井或储存容器。

规定性法规也可以要求公司采用特定的设备或更换某些高排放的设备或部件。[马里兰州](#)的法规要求经营者将连续放气的天然气气动设备转换为压缩空气或电力系统，或安装蒸汽收集系统。

规定性的监管也可以彻底禁止某些活动。许多国家禁止常规的燃除和放空。[阿尔及利亚](#)的碳氢化合物法规规定，如果没有令人信服的安全理由，未经监管机构的明确许可，禁止燃除和放空。

专栏 6 最佳可用技术要求

最佳可用技术通常是指合理可用的减少排放的基准技术或程序。其一般与合理可行的技术相联系，并随着技术的发展而不断变化。通常情况下，规定会提到技术要定期更新以反映不断进步的标准和对环境问题的关注。

[科罗拉多州（美国）](#)根据设施类型制定标准。因此，储存、加工或处理石油、天然气液体的设施必须在“合理可行的范围内”，通过蒸汽回收系统或火炬燃烧将挥发性有机化合物和碳氢化合物的泄漏降到最低。该条例规定，在设备层面需要采取最佳可用技术（例如，火炬燃烧必须使用自动点火器；除非在使用中，开放式管道必须安装密封帽、塞子或阀门），以及哪些类型的设备必须用更好的替代品取代（例如，运营商必须在上游站点用低排放控制器取代连续排放气动控制器）。

另一个例子是[加利福尼亚州（美国）](#)，它要求实施最佳实践管理计划以限制甲烷排放。

规定性要求的一个**主要优点**是，它们可以对总体排放产生重大影响，而不需要排放基线或持续监测方案。规定性标准的另一个优点是，对监管机构和企业来说，它们的管理**相对简单**，因为企业很清楚必须做什么来遵守规定，而且监管机构也更容易评估企业是否达标。

然而，这种类型的监管也有弊端。它**可能不是最具成本有效性的减排方法**，因为公司可能缺乏寻求法规允许的更有效的策略的动机。也就是说，有可能需要纳入一些灵活性机制，使公司能够在多个可用的减排选项中进行选择。

无论如何，对于处在甲烷监管早期阶段的国家，规定性标准可能是重要的第一步，尤其是在已经明确了减排机会时。随着时间的推移，可能将性能标准或经济手段纳入其中，使公司能够寻求更具成本有效性的解决方案。

基于性能或结果的监管方式

基于性能或结果的要求为被监管实体设定了一个强制性的性能标准，但没有规定实现该目标的手段。这种规定最常适用于单个设施或设备的层面，但也可以在更大范围内适用。

基于性能的法规通常会为特定类型的设备设定性能标准。[科罗拉多州（美国）](#)的法规包括设备级别性能标准的例子。例如，大型储罐必须达到 95% 的挥发性有机化合物减排目标，设计的燃烧效率必须达到 98%。

在更大的范围内，一项法规可以强制要求所有公司实现特定的甲烷减排目标。[萨斯喀彻温省（加拿大）](#)在设定企业层面的年度甲烷减排要求时即采取这种方法。监管机构每年为所有年排放超过 50000 吨二氧化碳当量的上游企业设定甲烷排放限额。同时，企业必须提交并制定相关的甲烷减排计划。

一些国家和地区也采用了部门层面或国家层面的自愿性的甲烷排放（或甲烷强度）战略性能目标。例如，[尼日利亚](#)已经制定了 2030 年之前将生产、加工、传输、配送环节的逃逸性排放减少 50% 的目标。

专栏 7 排放标准

排放标准对特定排放源的污染物排放设定限制。它们是以与大气排放有关的特定指标来设定的，如数量（如体积）、特性（如温度）或手段（如排放高度）。尽管它们是以性能来设定的，但它们可以被纳入规定性的监管制度中。

[加拿大](#)关于甲烷和某些挥发性有机化合物排放的联邦法规将性能标准放在设施和设备层面。这些条件性的要求适用于处理大量气体（至少 60 000 立方米/年的气体）的上游石油和天然气设施。例如，从 2023 年 1 月 1 日起，生产设施必须将甲烷的年排放量限制在 15000 立方米以内。这一要求不适用于临时活动的排放气体，如紧急情况或设备启动；也不适用于某些加工设备。气动设备也受到管制：天然气驱动的气动控制器的操作者必须确保设备的持续排放保持在每小时 0.17 立方米以下；此外，在每天气动泵泵送的液体量超过 20 升时禁止排放甲烷。

这些例子说明了性能标准与规范性标准相比的主要**优势**。也就是说，被监管的实体在决定如何遵守法规方面有更多余地，这使公司可以寻求最具成本有效性的解决方案。此外，由于开发低价技术的公司能够减少其合规性成本，这种政策设计可以鼓励技术发展，同时也鼓励成本效益高的排放改进方案。

另一方面，这些例子也说明了性能标准的主要缺点。为了使这种类型的法规行之有效，公司和监管机构都必须有精确的基线数据和可靠的机制来跟踪进展，这可能需要大量的监测工作和/或估算排放量的精密方法。考虑到这些要求，如果您已经有了完备的甲烷**估测要求**和成熟的**报告体系**，性能标准会是一个特别有用的工具。

专栏 8 甲烷强度

甲烷强度概念表示石油和天然气生产的甲烷排放总量占相关天然气销售量的百分比。作为一个性能标准，它的目的是让石油工业的不同参与者和部门的甲烷排放水平具有可比性。

虽然不是监管行动，但石油和天然气气候倡议的 [2025 年甲烷强度目标](#) 是一个说明强度目标如何运作的示例。该目标涵盖了上游部门处于运营状态的所有排放源，包括逃逸性气体、放空和不完全燃烧。其总体目标与巴黎协定目标保持一致，即到 2025 年实现甲烷近零排放（0.25-0.2%）。它适用于参与倡议的成员公司（英国石油公司、雪佛龙、中国石油、埃尼、挪威国家石油公司、埃克森美孚、西方石油公司、巴西石油公司、雷普索尔、沙特阿美、壳牌和道达尔）。该倡议概述了一系列甲烷减排措施，包括承诺到 2030 年实现无常规燃除。

诸如此类的目标在理论上可被纳入监管或政策要求。十家公司在其对欧洲绿色新政的[政策建议](#)中也提出了同样的建议，希望将基于甲烷强度的性能标准应用于供应链上游。[全球甲烷联盟](#)也提倡甲烷强度目标，并建议各国追求 0.2% 的强度目标。

经济性监管方式

经济条款通过经济惩罚或激励措施来引导行动。其可能包括税收、补贴或**基于市场的工具**，如可交易的排放许可证或排放配额，允许企业在不同的减排策略中加以选择。在这种情况下，法规将促使行业在减少排放和为甲烷排放买单之间做出选择，从而有效地改变了减排的成本曲线。作为回应，经营者可能更愿意减少放空排放而不是支付甲烷税。

经济手段往往通过提高不受欢迎的行为的成本来发挥影响。一项排放税，例如专栏 9 中所描述的[挪威的碳税](#)，可能是这种工具的最简单应用。其他版本也可能提供不同的合规性选择，如[阿尔伯塔省（加拿大）](#)的技术创新和减排系统，受监管主体必须采取以下几种选择之一：减少排放、从已完成减排目标的受监管主体中获得配额、从不受监管的实体处购买抵消，或向合规性基金付款。

专栏 9 排放税

就甲烷而言，碳税一词通常用于指代二氧化碳当量税。它相当于对来自一个经济部门或实体的温室气体排放进行收费。它遵循“污染者自付”原则，旨在通过让公司和消费者将污染成

本内部化来减少排放。这种方法的一个挑战是需要为与温室气体排放有关的外部性设定一个适当的成本。

[挪威](#)对石油燃烧和近海石油生产中的天然气排放征收排放税（该税种包括石油生产或运输过程中产生的甲烷和二氧化碳排放）。它还建立了税款计算和支付系统，包括[计量和报告要求](#)，以确定排放量。海上油气行业的税率为[每吨 500 克朗（约 58 美元）](#)。

一些国家已经在某些部门中采取了某种形式的碳税，尽管它可能不适用于甲烷排放，例如，[加拿大](#)对燃料消费和工业排放征收碳税，[南非](#)对大型排放源征收碳税。

经济性手段也可以通过促进一些理想的减排行为来运作。政府可以提供经济激励，促使企业采取行动。俄罗斯允许运营商[抵消污染影响费](#)，如果其能够证明这笔钱被用于投资捕获和使用伴生气体。同样，[尼日利亚](#)允许公司从利润中扣除天然气设备的资本支出，同时允许对销售和输送到下游的天然气征收特许权使用费。[加拿大](#)和[阿尔伯塔省](#)通过贷款和拨款向公司提供更直接的经济激励，用于现有和废弃油井的甲烷减排项目。

经济性手段与基于结果和性能的手段有一些共同的优缺点。其主要的优点是，公司可以自由地寻找[最具成本有效性的减排方法](#)，这可以鼓励创新。在考虑到经济激励因素的情况下，经济性手段也可能会进一步调动其他利益相关者（包括服务提供商和价值链的不同部分）寻找所有具有成本有效性的解决方案。

但同时，经济性工具通常需要一个[结构化的信息库](#)和一个[强大的监测、报告和核查系统](#)。为了让监管机构和市场获得正确的价格，并通过必要的测量和报告进行跟进，强有力的数据支持是必要的。

专栏 10 放空和燃除税

对放空和燃除的气体征税，即让公司为损失的气体量支付费用，是阻止放空和燃除的一种方式。无论是出于安全还是经济原因，燃除和放空都被用来处理上游作业中不必要的气体。放空意味着故意将气体释放到大气中，而燃除涉及到天然气的燃烧，这通常发生在不完全燃烧下，从而导致残留的甲烷排放。

[尼日利亚](#)征收的燃除税是根据设施的规模来区分的。例如，每天生产超过 10000 桶石油的经营者必须为每 28.317 立方米的气体燃烧支付 2 美元，而小型设施则仅需支付 0.5 美元。而新建项目不能进行常规的燃除或放空。此外，尼日利亚还制定了相关的记录和报告要求。

[巴西](#)对不必要的甲烷燃除或放空收取特许权使用费。监管机构设定了燃除和放空的年度及月度限额，并将其与特许权使用费挂钩。如果由于操作限制而超过了限额，运营商必须减少石油和天然气的产量。

基于信息的监管方式

基于信息的监管方式旨在改善有关排放的信息状况。其目的是弥合信息差距，为监管机构、行业成员以及社会公众提供关于关键问题源和减排机会的更好信息。信息条款可能涉及数据汇编和组织等其他方面，包括公开披露，以及数据收集和处理的过程。

该规定的最简单版本是一个简单的报告要求，即受监管实体必须通过测量或估算量化其排放量，并向监管机构报告。[美国环保局](#)的温室气体报告计划要求所有年排放超过 25000 吨二氧化碳当量的设施报告其排放量。对于甲烷，可利用设施清单、EPA 排放因子、以及与排放估算有关的过程信息来估计排放量。

专栏 11 环境影响评估

许多地区要求开发商进行与项目评估相关的环境影响评估（EIA）。环境影响评估能够帮助确定拟议行动的后果，支持决策（例如批准或拒绝某项许可证）并帮助制定环境管理计划。

在巴西，环境影响评估被纳入石油和天然气设施的环境许可程序中。环境影响评估也是环境管理计划中各项要求的基础。[常见的做法](#)包括气体处理和目的地系统（如出口管道）的运行时间表；油井投产许可，通常与平台对所产气体的利用效率有关；燃除或放空大量气体所需的补偿；以及燃除限制。补偿措施在运营前就已确定，包括采取重新造林项目、向气候基金捐款或获取和产生碳信用额的形式。

环境影响评估（EIA）可以成为识别重要甲烷排放源并引入有效减排措施的机会。本[指南](#)旨在协助从业人员完成这一过程。

在其他情况下，信息规定可能是作为一种合规性手段提出的，或者是为了便于执行其他规定——如税收和特许权使用费而提出。例如，[英国](#)要求经营者在燃除或放空前必须获得许可。与工人安全有关的意外事件不需要征得许可，但经营者必须及时向监管机构通报此类事件。

信息条款也可更直接地促进减排。在某些情况下，企业可能没有采取甲烷减排行动，因为他们不知道他们的排放量有多大。要求他们估算排放，可以使他们获得更好的信息，并鼓励他们采取行动。另外，监管机构可以选择公布排放信息，向投资者等利益相关者告知行业参与者的表现。例如，[阿尔伯塔省](#)公布了[年度统计报告](#)中包括一份根据燃除和放空情况排名的运营商名单。排名靠前的公司可能会收到来自投资者和其他利益相关者的更大压力，以减少其排放量。

基于信息的法规的一个好处是实施成本较低。因此，它们通常在整个法规制定和发展中都是有用的：在早期可以提供必要的信息，而且往往构成了实施其他制度方法的条件。另一方面，这类法规可能对排放的影响较小，因为它们不需要在这个方向上采取直接行动，特别是在无法将捕获的甲烷在市场销售的情况下。

归根结底，提高信息的可获得性是一项值得做的工作，特别是当您需要有关行业的信息来制定法规，或需要[提高对甲烷排放和相关环境、安全、能源和经济效益的认识](#)的时候。此类政策也可对其他监管战略起到关键的支持作用。

专栏 12 信息提供

信息披露是促进数据管理和共享的一种形式。它可以允许个人获得监测项目中产生的信息，或要求当局披露环境数据。

例如，[尼日利亚关于燃除的规定](#)，要求经营者根据计量情况，每天记录甲烷的燃除和放空情况，并每月提交。然后，主管行政机构会编制一份年度报告，其中包括按伴生天然气利用率对生产商进行排名。[阿尔伯塔省（加拿大）](#)也采取了类似的程序，其公布的报告概述了各石油和天然气行业部门的燃除量和放空量，包括根据燃除、放空以及石油和天然气总产量对运营商进行排名。

[英国的《环境信息条例》](#)要求公共机构传播公开的信息并促进数据的可获得性。它进一步要求当局在尽可能根据要求提供信息，并列举了一些例外情况(例如涉及国家安全问题或会损害个人数据的情况)。

基本要素

成功甲烷监管制度的关键方面是什么？

根据国际能源署对现有甲烷政策的回顾，以及与监管者、行业、倡导者和研究人员的交谈中，我们识别了一些支持甲烷监管的基本政策设计要素。任何甲烷减排制度都应认真考虑这些要素。

监测、报告和核查是不同法规的关键支持要素。它们通过向监管机构提供必要的信息来确保执法的可行性。它们也使监管者能够跟踪监管目标的进展。此外，所有的监管制度都需要执行机制来确保成功。

最后，随着技术的快速发展，您的政策可能在公布之前就已经过时了。因此，在政策制定之初要有一个能够确保政策可以进行调整更新的计划是非常重要的，这个计划可以让政策适应技术进步、融入学习和管理不断变化的目标。

监测

监测包括对选定参数的[系统观察和审阅](#)。识别和评估甲烷排放源，包括故意放空、不完全燃烧、紧急情况下的排放和逃逸性排放都依赖于经常性的监测工作。

对监测的部署可以检测或量化甲烷排放。检测是为了验证采取行动的必要性（维修、关闭舱口），但需要进行量化（步骤 6）来更好地了解排放、设定基线及相关目标。通过自下而上的方法进行量化是估算一般排放量的比较常见的方法。它依赖于活动数据（如设施数

量、作业数量、石油和天然气产量）和一般或特定的排放因子（如默认值或特定设备类型的泄漏率）来计算总体排放率。自上而下量化的特点是直接测量，通常是通过机载或卫星传感器对大气中的甲烷浓度进行测量，以推断排放情况。自上而下的测量通常不需要运营商的支持，并且可以在更大范围内使用。

专栏 13 测量活动

测量活动通常需要强制性的数据收集和报告要素，要求操作人员记录、处理和提交所要求的信息。它们可能是制定潜在甲烷排放源清单或作业设施排放估计的必要步骤。它们通常也为在其他监管工具（如排放税）相关的具体排放因子的定义提供支持。

例如，挪威工业界在研究表明其以前的系统存在不足之处后，制定了一本[量化甲烷和非甲烷挥发性有机化合物排放的手册](#)。该文件概述了不同类型设备的测量技术。例如，如果设施在排放口上有流量计，这些测量就可以作为基础数据，而不需要量化各个排放源，且提供这一数据能够产出同样准确或更准确的数据(可记录的)。如果通过通风管排放的气体含有大量的惰性气体，则应在测量中扣除。

挪威的行业也制定了量化和报告排放的[指南](#)，并强制规定了测量义务。[这篇文章](#)对上游部门的甲烷测量和技术筛选进行了回顾。

因此，监管机构应考虑与整体政策相协调的监测方式，概括最低监测要求。以检测为重点的定期监测，如 LDAR 活动，可能有助于识别未知或间歇性的逃逸性排放。另一方面，测量活动可以完善排放因子和甲烷清单的制定。在特定情况下，可能需要进行连续监测，以确保更好的量化和提供持续的检测能力，以便对高排放情况采取快速行动。

在最基本的层面上，监测政策可能需要工作人员在设施周围走动、观察、倾听、嗅闻机器故障来进行评估。在更仪器化方法中，工作人员可以使用手持式挥发性有机化合物检测器或红外传感器（也称为光学气体成像）。其他选择包括使用声学检漏仪、肥皂泡筛查、光谱仪传感器、激光检漏仪和以流量计和体积采样器为代表的定量设备。本[指南](#)第 2 章给出了更多关于量化方法的信息，附件 2 对相关的成熟检测和量化技术进行了总结。

通过在车辆上安装设备或进行空中监视，通过激光雷达、光学成像或其他技术，可以对较大的设施和工业区进行定期监测。也可以利用监控塔和摄像机在设施层面上进行持续监测。

专栏 14 卫星监测

卫星测量正逐步应用到对大型甲烷排放源的远程识别中。在未来几年里，卫星系统预计将覆盖全球石油和天然气作业产生的甲烷排放。轨道数据可以帮助定位超级排放源并提高我们对甲烷排放源的认识。

作为欧洲航天局哥白尼计划的一部分，[哨兵-5P 卫星](#)携带的[对流层监测仪器（TROPOMI）](#)，提供 5 公里乘 7.5 公里范围内的甲烷浓度读数，平均每 4 天覆盖整个世界。这些数据已被

Kayros（一个测量环境影响，提供气候和能源转型研究的数据分析公司）用于监测能源部门的甲烷排放。GHGSat（一个通过遥感技术提供空间和数据技术的公司）还利用哨兵-5P的数据，以及它自己的观测数据，开发了一个互动的[甲烷排放世界地图](#)。卫星传感器在逐渐增多，由德国支持的一颗新卫星——[环境绘图和分析计划（EnMAP）](#)，将于 2020 年底发射。另外，环境保护协会正计划在 2022 年发射[甲烷卫星](#)，目标是覆盖占全球 80%以上的石油和天然气生产主要地区，其细节足以识别距离源头 400 米以内的位置，并检测低至十亿分之二的甲烷浓度差异。

尽管如此，卫星仍有一些不足之处，包括覆盖范围问题（例如，很难检测到近海地区的排放）和精度限制。

该领域的技术正在迅速发展，人们能够使用更多的[远程检测技术](#)，其灵敏度阈值和成本也越来越低。因此，根据覆盖的区域范围和目标泄漏率，固定翼飞机、无人机和卫星可能成为有用的监测工具。一般来说，覆盖范围更广也意味着灵敏度更低，因此这些技术可能与其他技术结合使用以获得最佳效果。例如，成本有效性高的一个 LDAR 方法是[整合高水平筛选和近距离检测技术](#)。在此背景下，轨道图像可能有助于识别排放事故和超级排放源，而空中检测则可以确定有重大甲烷排放的设施，现场监测工作有助于管理小型泄漏。

使用公共卫星数据可能需要与具有处理和解码能力的专业公司合作。目前可用的监测解决方案，包括 [TROPOMI](#)、Sentinel-2 和 Landsat 8，可以提供全球覆盖和每日测量。此外，虽然技术发展使得发射卫星的分辨率越来越高（如 [EnMAP](#)、[GHGSat](#)），但卫星图像仍需要其他探测手段的补充，因为除了高探测阈值外，它们还受到如云层覆盖、近海环境和森林地区的影响。最佳的监测系统将结合卫星测量和自下而上的数据源，包括地面传感器和活动数据。因此，适当的数据结构和分析手段对于全面监测甲烷排放至关重要。

记录和报告

记录和报告要求与监测要求并驾齐驱，以确保监管机构能够从行业中获得他们需要的行业信息，以核实合规性并支持排放清单。通常情况下，法规规定了提交信息应使用的定义和方法，确保不同公司的报告和数据之间的可比性。这可能包括对如何进行测量的指导或关于估值计算方法的规范等。在这个意义上，它们可以说明应该使用什么类型的排放因子，以及如何确定这些因子。

[石油和天然气甲烷伙伴关系](#)正在制定一个新的报告框架，旨在为企业提供一个报告甲烷排放的黄金标准，该框架计划在 2020 年底前公布。

记录要求为企业必须跟踪和保存的内容设定了技术标准。这些法规可以规定记录应该保存多长时间、在什么条件下保存，也可以为承担数据计算工作的工人设定培训要求，并为监管者确立检查权。

专栏 15 温室气体报告

温室气体报告是与温室气体清单和气候变化规定相关的常见要求。它可能是强制性或自愿性的。条例可以定义报告的条件和范围，规定必须涵盖哪些数据源、以及数据收集的时间框架和相关信息。

美国制定了一项[温室气体报告计划](#)，其中包括甲烷，并适用于每年排放 25000 吨及以上二氧化碳当量的设施（如地下煤矿；陆上和海上石油和天然气生产设施；天然气加工、传输、储存和分配设施）。此外，它规定记录必须保存三年；确定每个行业部门的排放源，并提供计算排放量的方法。该规定还指明如何在不同的活动水平上进行数据报告，并明确了每个排放源类别下适用的条目，以及如何确保排放数据的准确性。

[不列颠哥伦比亚省（加拿大）](#)也要求报告温室气体，并规定了报告的格式（如要求提供工艺流程图）。有关这一主题的更多信息，请参见[《联合国气候变化框架公约》附件一缔约方年度清单报告指南](#)。

报告条款要求公司向监管机构发送信息，并可能包括关于具体格式、收集方法和提交机制的指导方针。报告要求支持合规性的后续行动，并帮助监管机构了解甲烷监管是否正在取得进展。报告要求与建立排放基线特别相关。公司制定的基线可能要经过行政批准或同行审阅。基线可以通过直接测量确定，或完全通过排放因子和估测来建立。相关的记录和报告要求应考虑基准年、活动水平和其他相关的设置。

除了合规性报告和排放估计外，要求报告活动水平、相关设备清单（如排放烟囱）和设施状态（如管道状况），以及重大事件（如重大维修活动、事故或排放事件）的摘要可能也会有助于甲烷监管。这将让监管者更好地了解排放源和潜在事件，识别关键风险和机会，从而制定新的方法或采取配套的安全流程。

在此背景下，监管机构应力求在获取足够信息跟进甲烷排放的同时，不让行业和行政机构在处理和汇集不太重要的数据方面不堪重负。

专栏 16 关于燃除和放空报告

对报告的要求尤其适用于燃除和放空，包括诸如放空或燃烧的气体量、常规操作的定义、排放量估算或气体利用指数（产出气体中被利用的百分比）等因素。它们还可以解决运营活动如设备提升、关井、试井中的排放频率和排放量问题。这些报告可作为执法或征收税款/罚款的依据。

尼日利亚有[关于燃烧气体测量、数据管理和报告义务的准则](#)。它们要求生产商提交一系列与燃除有关的年度和月度报告。因此，运营商必须报告不同气体流的组成，计算伴生气体的气油比，提供伴生气体利用系数，并提供常规和非常规的燃烧量。该条例还对不明原因的气体燃除作了规定。

[阿尔及利亚](#)管理碳氢化合物活动的法律包括温室气体排放的报告制度。如果由于安全需要，在未经授权的情况下发生燃除，必须在作业完成后 10 天内向主管机构提交报告，以规范该活动。

核查和执行

政策的执行创造了一种**合规性文化**，确保了政策**有效性**，并建立了公众、进口国、在贵国经营的跨国公司的股东以及全世界关注气候问题的非政府组织对甲烷减排制度的信任。实现合规性需要在初始阶段进行清晰的沟通，并与外部联系。合规性也是一项预防工作，通过检查并解决可能存在的 key 问题来防止由此导致的制裁。

为了公平有效地执行政策，您需要有检测违规行为的技术能力，以及实施处罚和取消特权的政治意愿和权力（在一些国家和地区，如果存在重复违规行为，监管机构有权撤销或拒绝颁发许可证）。检测违规行为的能力将取决于所设定的规定要求。如果这些要求重点关注个体行动（例如，消除常规燃烧），则可能比要求总体排放更容易确定合规性。

专栏 17 第三方核查

第三方核查是由独立组织或专业人士观察并报告石油和天然气运营商提供信息有效性的程序。它可能包括检查记录和名录、检查设施、访谈或其他核查程序，以确保项目符合既定标准和要求。并且明确项目需要改进的地方，以对相应规范和标准的遵循。相关法规可以规定评估内容、方法和频率，也可以规定必要的资质。

[墨西哥](#)要求企业每年与授权的第三方签订服务合同，以核实相关减排计划的履行情况。然后，所有履约报告必须在授权的第三方审查后提交给监管机构。理想情况下，这些第三方核查团队由具有减排经验的多学科团体组成，具备管理减排计划的知识以及排放量化技能，并熟悉石油和天然气项目。

另一个案例是[阿根廷](#)控制碳氢化合物及其衍生物储存罐损失的国家计划，该计划要求对所涉及的设施进行独立审计。

一种核查方法是依靠**第三方审计**。这种方法的主要好处是允许机构依靠外部核查人员，而不是开发大量的内部审计资源。第三方核查人员可以开展一些与政府审计人员相同的活动，包括外部检查、报告审查或新的监测措施。如果您辖区内还没有第三方核查机构，您可能会面临潜在的挑战，而且这些业务可能需要一些时间来发展。此外，审计制度可能价格不菲，第三方机构也可能需要监管机构的指导，以确定核查应涵盖哪些方面以及如何进行评估。

许多国家和地区都制定了具体的**通知要求**，要求运营商在进行高风险活动时向监管机构或附近社区发出警报。例如，在[马里兰州](#)，公司必须在泄压事件发生之前通知公众，这些事

件可能在完井或储存罐维护过程中发生。然后，监管机构可以选择到现场监督该活动，或在活动中进行甲烷测量。而在任何情况下，有了这些信息，报告的事件可以与甲烷排放的峰值相关，只要其报告要求与监测相结合。

法规还可以授权监管机构进入现场，对企业活动或基础设施进行检查。例如，[阿根廷](#)的法规授权监管机构在无需通知企业的情况下进行检查。这对于海上设施来说可能更加困难，因为监管机构可能需要安排航班从运营商飞往设施。这种情况下，监管机构可以不进行现场检查，而是在设施外用地面或空中的测量仪器进行检查。其结果可能会引发后续检查或与公司讨论。

最后，监管机构需要具备对违法行为采取执法行动的能力，包括罚款或其他制裁的权力。除了涵盖未能达到标准的情况外，这些措施还应该适用于未能准确报告或保存记录的情况。

专栏 18 制裁

制裁是确保法律得到遵守的执法手段。它们通常是渐进式的，根据违法行为的严重程度，对屡次违法行为进行更严重的制裁。制裁包括罚款、暂停或撤销许可证或业务，以及禁止签订新合同和其他形式的惩罚。

[加蓬](#)在其部门规章中根据特定类别的违规行为列出了不同的处罚措施（例如，对未能提交所需研究和报告的承包商；不遵守安全、卫生、健康、安保和环境要求的承包商）。因此，任何违反天然气燃除禁令的承包商将被处以 5 千万至 25 亿中非法郎（约 9 万至 460 万美元）的罚款。没有适当执行减少燃除计划或不遵守燃除阈值的承包商也将受到制裁。此外，不遵守测量、记录和校准条款的，将受到 10 亿至 25 亿非洲法郎（约 180 万至 460 万美元）的处罚。

哥伦比亚在其[最大限度地回收和避免浪费碳氢化合物的决议](#)中，也规定了适用的制裁措施。如果不遵守规定，钻探许可将被暂停或撤销，违规者将受到高达 5000 美元的处罚。

政策协调

石油和天然气公司通常要遵守多种法规，并且必须考虑到各方不同的关切，包括环境要求、作业安全、经济需求和社会需要。政策协调在监管有效性发挥着关键作用。它避免形成不一致的激励机制，并且可以协调执法和合规的工作。政策协调体现在与其他政策的运用中，如天然气定价、现有补贴或分销业务的合同结构等。

您可能希望考虑如何将激励和制裁结合起来实现您的监管目标。有一些政策可以纳入财政激励措施，如贷款和赠款，以便向希望采取甲烷行动的公司提供福利。同时，法规还可纳入收费，如在计算特许权使用费时未计入的天然气的计入其中。此外，还可以考虑采用认证计划，在信息提供上发挥作用并影响公司的声誉。不同的政策组合可以通过提供不同类型的经济激励来鼓励行业采取行动。

专栏 19 贷款和赠款

政策制定者可以利用财政激励措施，如基金、贷款、补贴或赠款，来支持减排工作。贷款和赠款是确保感兴趣的公司有资本投资于甲烷减排方案的一种方式。

[阿尔伯塔省（加拿大）](#)通过实施一个新的上游石油和天然气责任管理系统，并为无主油井协会提供贷款以加快遗留场地的工作，努力解决闲置和废弃的石油和天然气站点问题。无主油井往往存在活跃的甲烷泄漏。这笔贷款将确保未来有大约 1000 口油井将正常退役，并为石油服务部门创造多达 500 个直接和间接就业机会。这笔贷款将由该行业通过现有的基金征收来偿还。该监管机构最近还启动了一个[站点恢复计划](#)——主要由联邦政府的新冠经济响应计划提供资金，向油田服务承包商提供赠款，以进行油井、管道和油气站点的恢复工作。

加拿大联邦政府还建立了一个 7.5 亿加元（约 5.86 亿美元）的[减排基金](#)，以解决石油和天然气行业的排放问题，尤其是甲烷减排。

多个机构对甲烷的管辖权重合是很常见的。正如路线图步骤 2 所指出的，所有相关机构应通力协作，以避免各机构交叉工作并加强彼此的监管目标。

经济和市场法规也可以考虑为天然气利用建立必要的基础设施，特别是在伴生天然气可能尚没有进入市场的途径时。此外，**电力部门**的规划可以考虑未来的天然气开发，以及如何并入多余的天然气。不考虑内部市场的情况下，发展**出口**设施也是一种可能，但是需要与其他国家和地区合作确保不同行业对这些设施有需求。

通常情况下，现有的执行机构已经可以支撑执法。您的政府可能有**地理空间数据处理**方面的专家，可以帮助确定卫星监测或计量部门的适当要求，协助制定测量规范。**劳工安全**和**健康**检查员也可以在遇到甲烷泄漏或意识到关键设备需要维护时，向排放监管机构通报。

专栏 20 研究与开发

政府通过制定战略计划和直接支持甲烷减排的新技术开发以及最佳实践，在资助甲烷减排的研发工作中发挥重要作用。

2014 年，[美国能源部（DOE）高级研究计划局能源分局（ARPA-E）](#)启动了一轮旨在进一步开发创新技术的资金，以识别和测量天然气作业中的甲烷排放源。能源部最终向 12 个项目提供了 3000 万美元，其中包括在科罗拉多州立大学建造一个现场测试设施，为正在开发甲烷检测创新技术的研究团队提供试验场。

能源部还连续宣布了几轮[（2016 年，2019 年，2020 年）](#)关于进一步提供直接研发资金，以资助旨在减缓石油和天然气部门甲烷排放的项目。

加拿大自然资源部也通过其[能源创新计划](#)（包括 2017-18 年的[十个项目](#)）为甲烷减排的研发提供资金。

此外，**非监管行动**也可以支持甲烷减排。研发支持可以鼓励新的减排技术的发展，而鼓励自愿行动的政策（如通过标签或认证体系）可以促进行业参与并进一步提高行业的竞争力。

通过整合不同的政策领域和监管主体可以为**充分利用**现有**资源**和执法手段提供机会。通常，它还为企业提供了一种清晰的路径，使他们能够减少与合规性相关的成本。

适应性调节

石油和天然气部门不断变化，新技术也总是在发展之中。此外，随着时间的推移，监管目标可能会随着雄心的增加而改变。因此，必须预先审议各项规定，以提供审查政策有效性的机会，并为**政策更新**和**学习**提供途径。使用**适应性方法**可以提高政策的有效性并减少错误的影响，但它也会带来额外的数据收集和决策分析成本，以及潜在的政策不稳定性。

适应性方法预示着持续学习、保持灵活性和风险应对。它建立在实验和动态调整的原则之上，这些原则来自于信息和知识的进步、不断变化的系统条件和压力源，以及对过往行动效果的观察。以下项目旨在实现政策设计和后续行动之间的反复优化与反馈。

定期审阅将为审查目标、程序和要求提供机会。如果某项计划是由立法机构授权的，法令可以授权其在一定范围内进行调整或授予有适度改变的自由裁量权，而不必申请新的法定授权或经历额外的规则制定过程。

专栏 21 目标审阅

政策和目标审阅是监管系统持续改进和发展过程的一部分。这可能涉及评估既定目标、性能标准或程序性要求的有效性。审阅可能与预定的时间轴相关联，在持续或一次性的基础上进行，或应利益相关者的要求而进行。

维多利亚州（澳大利亚）2017 年**气候变化法**概述了该州的长期减排目标，即到 2050 年实现温室气体净零排放。它还提到了短期减排目标，指出总理和主管部长必须从 2025 年开始，每五年确定一次减排目标。它进一步将 2005 年定义为基准年，并要求根据独立专家的意见设定目标，并要考虑整个维多利亚州经济发展的机会，以最具成本效益的方式减少温室气体排放。

巴西也采用审阅条款，由主管机构对有关甲烷损失和燃除的年度运行情况进行审阅。

内置的**灵活性机制**允许法规纳入新技术，只要它们符合某些性能指标或在政策目标方面具有相关优势。法规还可以允许企业在不同的合规路径中进行选择（例如，减少排放或购买认证的排放抵消），使企业将治理策略和商业战略相结合。

关于**分阶段要求**的规定允许监管目标随着时间的推移而逐步提高，同时使受监管实体的规划和适应过程更加平稳。一个常见的方法是为新设施和现有设施设定不同的合规性期限。另一种可能性是制定渐进式标准，为设施规定不同的时限以适应更严格的要求。

最后，根据您辖区所要求的行政程序，您可能会发现修正条例是最简单的适应性调节方法。如果您能相对快速地通过法规，您可能就能跟上新的发展。

适应性监管规定是处理不确定性的一种方式，它能随着时间的推移改进监管。它们可以适用于所有的监管类型，但其有效性取决于功能监测和信息系统。

专栏 22 替代性合规手段

替代性合规手段是指允许受监管实体通过规范性框架中未提及的技术或程序来遵守既定要求。这类替代方法可由监管机构预先批准，或在个案基础上进行论证，以确保其符合规定要求。

[科罗拉多州（美国）](#)在其关于控制石油和天然气行业排放的法规中，允许使用替代方法和策略。该条例所涵盖的排放主体可以提交替代排放控制计划或合规性方法供批准，这些计划或方法对甲烷排放的控制或减少的效果等于或大于该条例的要求。此外，法规中没有明确允许的测试方法或程序也需要得到批准，在州实施计划的修订中得到批准方可使用。

[墨西哥](#)也允许在测量或估计温室气体排放（含甲烷）方面采用替代方法。关于这一主题的更多信息，请参见环境保护协会关于替代性履约的[报告](#)。

之前提及的来自[阿尔伯塔省](#)的法规中也有一节内容是允许以创新和科学的方式替代逃逸性排放管理方案。

其他资源

- 国际能源署[甲烷追踪器](#)提供排放概况和有关减排方案的信息，而[政策数据库](#)则提供甲烷政策措施的实例。
- 联合国环境规划署一直在积极促进甲烷减排，组织这一主题相关的培训。它是[气候与清洁空气联盟（CCAC）矿物甲烷倡议](#)的一部分，该倡议呼吁各国、各组织和公司承诺，到 2025 年石油和天然气产生的甲烷比 2015 年减少 45%，到 2030 年减少 60%至 75%。CCAC 还免费提供[专家援助](#)，并定期发布关于甲烷行动的文章。
- [全球甲烷联盟](#)将各国政府、融资机构、国际组织（如联合国环境规划署）、非政府组织和行业聚集在一起，支持石油和天然气行业的甲烷减排目标。相关的[石油和天然气甲烷伙伴关系](#)已经发布了一系列关于上游石油、天然气作业甲烷排放的量化和减排方案的[技术指导文件](#)。
- [清洁空气工作组](#)开发了一个工具（国家甲烷减排工具[\[CoMAT\]](#)），以帮助各国估计其石油、天然气工业中的甲烷减排潜力；工作组还提供了北美基于不同排放源的最佳监管政策摘要[汇编](#)。
- 美国环保协会已经发布了几项针对[甲烷的深度分析](#)，并预计在 2021 年发射一颗专门用于甲烷观测的卫星（[MethaneSAT](#)）。
- 全球甲烷行动是一个国际公私合作项目，其重点是减少甲烷回收和利用的障碍。它将为将甲烷转化为能源的项目提供技术支持，并提供一些[信息资源](#)。
- [石油和天然气气候倡议](#)是一个联盟，旨在加速行业对气候变化的反应速度，包括减少甲烷排放。
- [甲烷指导原则](#)是行业和非行业组织间建立的国际自愿多方利益相关者伙伴关系，它重点关注天然气供应链中的优先行动领域。除了有关其五项指导原则的信息外，它还出版了[最佳实践指南](#)和[工具包](#)。
- 佛罗伦萨政策法规学院组织了一系列的[网络研讨会](#)，并出版了讨论甲烷减排机会的[政策简报](#)。

附件 A：政策类型的定义

本报告在对政策类型进行分类时（包括表 2 中提到的类别）¹⁵，都使用了以下定义。这些类别与国际能源署政策数据库中的具体标签相对应。

第 1 类：规定性的监管制度 - 要求受监管实体采取或不采取具体行动或程序的规章制度。这种命令控制型的方式侧重于规定流程、设备或技术要求，如安装或更换特定装置。

- **许可证要求：**许可证是为具体操作或程序授权的一种手段（如污染许可证、钻探许可证）。许可证还包括限制其有效性的条件，这些条件可能涉及时间、技术或空间。
- **泄漏检测和修复（LDAR）：**要求实施包括定位和修复泄漏过程的逃逸性排放管理计划。政策可能涉及使用的设备类型、检查频率、触发维修要求的泄漏阈值以及允许进行维修的时长。
- **对燃除或放空的限制：**限制燃除或放空许可量的规定，或规定燃除或放空的设备、程序的条例。这包括对总量的限制、在常规程序中禁止此类活动（仅出于安全原因或特殊条件下允许）、需要事先授权，或对设备或程序做具体规定。
- **技术标准：**概述受监管活动中必须采用的设备、技术或程序的要求（例如，要求使用无排放气动装置；必须同时使用高压和低压气液分离，以尽量减少生产碳氢化合物液体释放的蒸汽；必须收集液化气卸货时排放的天然气）。技术标准包括最佳现有技术要求，指的是合理可行并随着技术发展而变化的减排基准技术或程序。
- **执法及相关条款：**包括执法、检查和审计要求。执法条款授权采取执法行动，制定执法政策，明确制裁措施或概述程序要求。监管检查条款授权官员进行现场核查，以评估合规性并执行法规。审计条款规定了核查程序，由官员或第三方审查并报告石油和天然气运营商所提供信息的有效性。

第 2 类：基于性能或结果的监管制度 - 为被监管实体制定性能标准，但不规定如何实现该目标的监管制度。绝对或相对的性能目标可以通过国家或部门范围内的目标在国家层面实施；在企业层面实施；也可以在每个设施层面实施；甚至对个别类型的设备实施。

- **国家或部门减排目标或计划（战略目标）：**指减排目标，包括基线的定义、中期目标和评估进展的手段、审查目标和实现既定目标。在国家层面（例如，到 2050 年实现温室气体净零排放）或部门层面（例如，2030 年石油和天然气行业的甲烷排放 2010 年的基础上减少 50%），这些通常作为一种战略工具，不对企业提出具体要求。
- **设施或企业排放标准：**通过在设施或企业层面设定的性能指标来限制排放（例如，每个企业必须在单位基础上减少 20% 的排放）的法规。它们通常涵盖与大气排放有关的不同方面，如数量（如体积）或特性（如浓度）。这包括公企业或设施的特定限制和相关减排计划。

¹⁵ 请注意，以下类型包括未包含在表 2 中的其他部门。

- 工艺或设备标准：通过在工艺或设备层面设定性能指标来限制排放（例如，乙二醇脱水装置必须将排放控制在 95%以内）的法规。它们通常涵盖与大气排放有关的不同参数，例如泄漏率、排放特性（如温度）或排放方式（如最低排放高度）。
- 燃除或放空标准：通过性能指标（如最低气体利用率）限制允许弃置的燃烧或放空的量，或制定其他性能要求（如燃烧的设计效率必须达到 98%）。针对逃逸性排放的法规不包括在这一类别中。

第 3 类：经济手段 – 使用经济条款，通过经济惩罚或激励措施来引导行动的法规。这可能包括税收、补贴或基于市场的工具，如可交易的排放许可证或信用额度，允许企业选择不同的策略来解决排放问题（如直接减少排放或购买减排信用抵消），从而有效地改变减排的成本曲线。

- 税费：对排放物征收的税费，包括适用于甲烷的全国性碳税或对燃除的、放空的或未计入的气体征收的特许权使用费和其他费用。税收、费用和罚款可进一步分为两个子类别：
 - 气体处理（燃除或放空）的税、费和罚款：指经营者通过燃烧或放空处理多余气体时征收的税、费和罚款。
 - 其他排放的税、费和罚款：指所有其他的税、费和罚款，包括对逃逸性排放和因设备或某些工艺操作而造成的甲烷所征收的税、费和罚款（如高排放或间歇性排放气动装置造成的排放）。
- 排放权交易计划和认证的减排信用额度（排放权交易和信用额度）：排放权交易计划通常定义排放限额，并在被监管的群体中分配排放配额。然后，企业可以根据需求和能力对这些配额进行交易。经认证的减排信用额度将实体超出既定要求的减排行动认定为自愿甲烷减排量，从而进行交易。这一类别还包括任何允许企业通过购买可交易的信用额度来实现减排的要求。
- 贷款、赠款和其他财政激励措施：政府为减少排放而支付的所有类型的积极财政激励措施。包括直接为甲烷减排提供贷款或赠款、投资或其他激励措施，如允许通过减少特许权使用费、税收或其他费用来降低减排成本。

第 4 类：基于信息的监管制度 – 旨在改善排放信息状况的规定，可能包括要求被监管实体估测并向公共机构报告其排放量。

- 排放估算和量化：要求通过使用活动水平和排放因子来估计甲烷排放量。
- 测量要求：对活动、设备或生产流程（如燃除或放空的体积、压缩机的逃逸性排放泄漏率）进行强制性数据收集，要求操作人员记录、处理和提交所要求的信息。它们支持针对被测设备和环境的活动或排放因子的定义。
- 报告要求：受监管实体必须记录和报告所需信息。这可能包括报告排放监测数据、关键事件（如事故、燃除）、设施状态或作业数据。法规可以指示信息是否必须向公众披露或发送给监管机构。
- 公开披露：要求受监管实体与公众分享与甲烷排放有关的特定信息（例如，要求在线发布甲烷排放报告，开展公共信息活动，或应公众要求披露信息）。这也包括要求公共机构将从受监管实体收到的特定信息向公众公开。

缩写和缩略语

ARPA-E	Advanced Research Projects Agency - Energy	高级研究计划局 - 能源分局
ASEA	Agencia de Seguridad, Energia y Ambiente (Mexican Agency for Safety, Energy and Environment) (Mexico)	墨西哥安全、能源和环境局
BAT	best available technology	最佳可行技术
CCAC	Climate & Clean Air Coalition	气候和清洁空气联盟
CO ₂	carbon dioxide	二氧化碳
CoMAT	Country Methane Abatement Tool	国家甲烷减排工具
DOE	Department of Energy (United States)	能源部（美国）
EDF	Environmental Defense Fund	美国环保协会
EIA	environmental impact assessment	环境影响评估
EPA	Environmental Protection Agency (United States)	环境保护局（美国）
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources)	巴西环境与可再生自然资源研究所
IEA	International Energy Agency	国际能源署
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府间气候变化专门委员会
LDAR	leak detection and repair	泄漏检测与维修
MRV	monitoring, reporting and verification	监测、报告和核查
NDC	nationally determined contribution	国家自主贡献
NOC	national oil company	国家石油公司
OGCI	Oil and Gas Climate Initiative	石油和天然气气候倡议
SDS	Sustainable Development Scenario	可持续发展情景
TROPOMI	Tropospheric Monitoring Instrument	对流层污染排放监测仪器
UNEP	United Nations Environment Programme	联合国环境规划署
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	联合国气候变化框架公约
VOC	volatile organic compounds	挥发性有机化合物

Chinese Translation of *Driving Down Methane Leaks from the Oil and Gas Industry: A Regulatory Roadmap and Toolkit*, IEA, 2021, All rights reserved.

《减少油气行业甲烷泄漏：监管路线图和工具包》的中文版本是由英文文本翻译而来，英文文本是该报告的正式版本。本报告最初是用英文编写而成。尽管已尽一切努力确保翻译尽可能准确，但此版本与原始版本之间可能仍存在一些细微差别。本报告由绿色创新发展中心 (innovative Green Development Program [iGDP]) 全权负责翻译。

This publication reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of individual IEA member countries. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the publication's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the publication. Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA. All rights reserved.

IEA Publications

International Energy Agency

Website: www.iea.org

Contact information: www.iea.org/about/contact

Typeset in France by IEA - March 2022

Cover design: IEA

