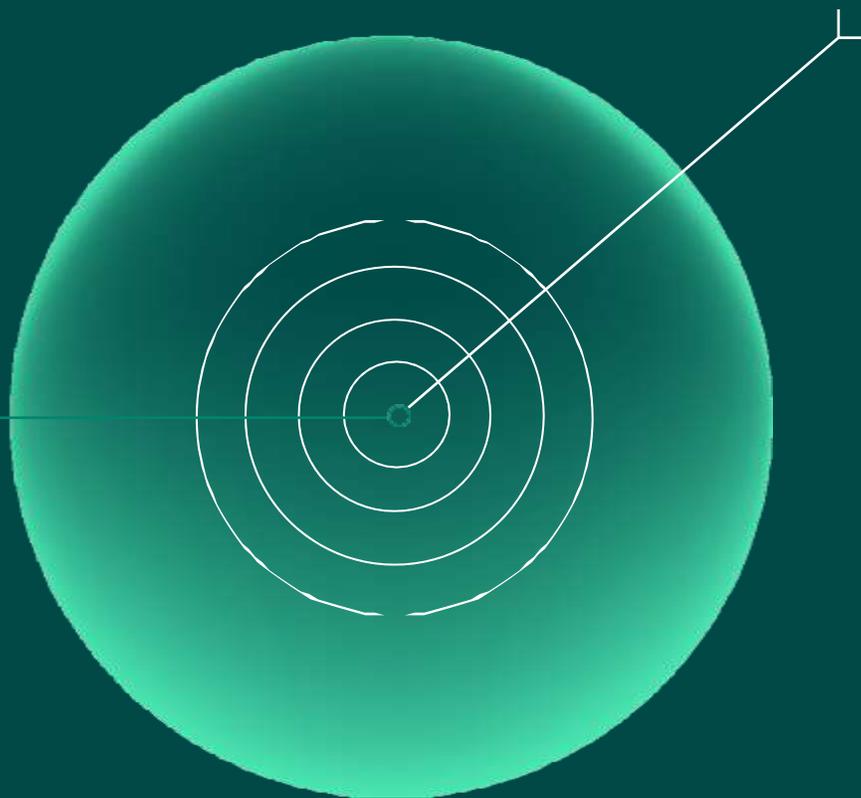


达成目标：提高行业 甲烷排放数据可信度



美国环保协会

2020年2月



前言



Sacha Sadan
投资管理总监
法通保险投资管理公司

从香港到休斯敦，我们面临着一个共同的问题 — 温室气体排放在本该朝着零排放的目标迅速迈进之时，却创下了有史以来的最高峰值。法通保险作为全球 15 大投资商之一，应对气候危机成为我们和客户的当务之急；美国环保协会等思想领袖一直在积极开展风险提示工作，以期引起人们的高度关注和重视。

净零排放的实现需要整个全球经济做出重大改变，然而，目前这方面所面临的一些最为严峻的挑战仍然在于石油和天然气行业。毫无疑问，石油和天然气在能源转型中占有一席之地。但是，其究竟扮演主角还是配角，很大程度上取决于油气行业对甲烷的处理方式。据估计，目前全球天然气总产量的 2% 以甲烷形式散发到大气中，而甲烷作为一种温室气体，从 20 年的时间维度来讲，其温室效应要比二氧化碳高 80 多倍。显然，这种现状对气候和经济都没有好处。所幸的是许多甲烷减排的机会唾手可得：近一半的油气行业的甲烷排放可以通过天然气回收利用或销售收回其技术投资成本。

那么，油气企业应当从何做起？一如以往，应当从数据着手。本报告概述了一种行之有效的甲烷检测和报告新方法。目前，甲烷排放数据在获取和准确性方面均存在挑战，现在所用的测算方法常常会低估实际甲烷排放。作为投资者，我们尤其看重企业针对数据完整性作出的持续改进。因此，对企业的气候披露报告质量的期望也越来越高，在很多情况下，已远远超出了政府强制性报告的要求。从卫星和传感器到无人机和人工智能，企业应当应用最新的前沿科学和监测技术，更加准确地展示其业务的气候影响。

我们相信，对公司运营活动的有力监督会促进良好的企业管理水平，因此，也与公司未来的成功息息相关。对我们而言，这种监督关系到公司的财务重要性及核心战略 — 公司的风险管理，而非仅仅体现出“公司的社会责任感”。的确，从储户到退休基金，我们发现越来越多的客户开始关注自己的投资可能带来的气候影响，以确保自己所投的能源公司至少能够维持生存，甚至成为减排方案的积极参与者。

前言

一直以来，采矿业始终将零事故视为唯一可接受的行业目标。对甲烷排放的零容忍同样也应成为一项行业规范。在这方面我们已观察到诸多利好的进步迹象，越来越多的公司设立了从钻探到终端消费的整个产业链的零排放目标，甚至还将这些目标与高管及员工的薪酬挂钩。尽管引人关注的大力承诺是制定战略的关键，但是我们都知道，在高调承诺背后，通过必要的流程和数据对战略进行落实和复盘，这些艰辛的努力也同等重要。本创新性报告为企业提供了一张路线图，指引企业从纸上谈兵转变为有理有据地展示其已经采取的举措及实现的成效。本报告也为投资者提供一个工具包，让他们能更好地区分行业领导者和落伍者，并对其投资的公司做出相应的投票表决。

我们面临的挑战十分明确：行业领导者应当抓住机遇并肩负重任，致力于不断提高行业标准，而其他企业亦应向先进企业对标看齐。作为能源行业的重要投资者，我们将继续与企业及美国环保协会（EDF）等利益相关方展开合作，推动行业最佳实践的广泛采用，并推进基本政策和法规的建立和健全。

本创新性报告为企业提供了一张路线图，指引企业从纸上谈兵转变为有理有据地展示其已经采取的举措及实现的成效。本报告也为投资者提供一个工具包，让他们能更好地区分行业领导者和落伍者。

LGIM 是法通保险集团（Legal & General Group）的投资管理专业公司，截至2019年6月30日，其资产管理规模高达 1.4 万亿美元，其中包括由英国 LGIM、美国 LGIMA 及香港 LGIM Asia 管理的资产。资产管理规模（AUM）涵盖证券和衍生工具持仓量的价值。

执行摘要

甲烷排放是全球石油和天然气行业所面临的一项挑战，同时也对天然气在未来脱碳世界中所扮演的角色及声誉构成了威胁。在能源转型初期，通过令人信服的方式证明甲烷的近零排放，不仅是整个油气行业的当务之急，也是各家企业的一大竞争砝码。

一些行业内的领先企业和联盟正在采取行动应对这一挑战，包括承诺在一定时限内实现量化的甲烷减排目标，实施最佳管理实践并应用创新技术进行减排。尽管这些初步行动必不可少，但一个基本问题依然存在：这些领先企业能否证明其在甲烷减排方面取得了足够的进展？这个问题的答案，在很大程度上取决于企业数据的质量和公众对该等数据的信任度。

目前，石油和天然气行业在甲烷排放数据方面确实存在问题。大部分排放数据为依据工程估算得出的书面计算结果，而非源于实际测量。这种计算方式对数据准确性造成了很大影响。在全球层面，甲烷排放清单往往低估了实际排放量，而高估的情形也时有发生。例如，来自十几家研究机构（包括EDF）的多名专家共同在《科学》杂志上发表的一篇文章指出，美国油气行业的甲烷排放量比美国环保局（EPA）的估算高出60%。

因此，提高排放计算的准确性势在必行，只有这样才能提振人们对甲烷减排实效进展的信心。值得欣慰的是，检测和量化技术的进步已经能够支持人们在不同的空间和时间维度对甲烷排放作出精确测量。

尽管甲烷减排之旅起步于更多、更好的数据采集，但却并非止步于此。本文还探讨了企业高级管理人员为提高数据准确性并赢得利益相关者对其甲烷减排承诺真实性的信心，而必须采取的三项关键措施。

① 将直接测量结果整合至排放估值中。所有设有甲烷排放目标的企业均须加大实测力度，以实际测得的排放数据作为排放清单的支持依据。具体来讲，想要准确量化甲烷排放的企业应当将“自下而上”的测算结果与“自上而下”的实测数据相整合。而实测数据需从具有统计代表性的设施样本中获得。

- ② 提高甲烷排放报告的透明度和颗粒度。
尽管甲烷减排已经取得了逐步进展，但有关甲烷管理和绩效的行业报告仍然时常无法满足外部利益相关者的需求。随着各家企业开始加强报告中的实测排放数据，其所采用的测量方法的正确性、实施的审慎程度以及最终生成数据的准确性，对于其能否赢得外部利益相关者的信任来讲至关重要。此外，阐述设计测量和采样方案中所用的方法、将排放按地区、国家和/或盆地进行细分，提供第三方审计的报告，亦有助于提高甲烷披露的可信度。
- ③ 聘请具备相应资质的独立第三方审计人员对报告中的甲烷排放数据进行验证。报告甲烷排放数据的企业应当采取额外措施来确保信息的有效性和可信度，鉴于公众和油气行业之间的信任关系持续紧张，聘请一家知名的独立审计事务所开展外部审计工作，可增加报告的价值，并增强公众对排放披露的信心。随着甲烷审计业务领域的日趋成熟，第三方审计人员将需具备专业的技术知识，以对数据的准确性和完整性及测量方法的质量作出严格评估。

在下一个十年里，前五年是石油和天然气企业向投资者、民间社会和政府证明其正在大力进行甲烷减排的决定性阶段。本文为业内企业及联盟如何展示其在应对气候危机方面所取得的进展提供了相关建议和参考。

致谢

美国环保协会（EDF）感谢来自不同领域的多名专家对本文的建设性参与，感谢各位为本文的各版初稿提供的宝贵视角和观点。

主要作者

Isabel Mogstad

共同作者

Meghan Demeter

Dr. David Lyon

Ben Ratner

Dominic Watson

介绍

随着气候危机的加深，企业和政府领导人越来越意识到，在本世纪中叶之前实现能源体系向净零碳排放转型的迫切需要。大幅降低油气行业甲烷排放是任何可靠转型路径必须采取的一项关键而又紧迫的措施。尽管政府有责任制定推动减排的政策和法规，但企业界同样有责任并有机会采取各项具体行动，并证明其快速减排的有效性。

在下一个十年里，前五年将会决定油气行业能否能胜任其面临的挑战。油气行业气候倡议组织（OGCI）和 One Future 等行业联盟已公开承诺要在 2025 年之前实现严格的甲烷减排强度目标。由于投资者、政府和公众的敦促和要求，许多运营商已制定了自身的减排目标，这一举动也会得到其他企业的追随。现在的问题其实很简单：行业领导者能否证明其在甲烷减排目标实施方面取得的进展？

现在的问题其实很简单：行业领导者能否证明其在甲烷减排目标实施方面取得的进展？

高质量的数据采集和报告，是油气企业满足任何环境、社会、治理（ESG）标准，建立信誉的一项必不可少的措施，对甲烷排放管理来说尤为重要。甲烷是一种无色无味的气体，可从油气供应链的各个时间和节点排入到大气中，这对甲烷排放的监管和测量提出了一定的挑战。值得鼓舞的是，从甲烷遥测卫星到安装在无人机上的传感器，再到固定式连续监测仪，日新月异的技术创新正在开启一个获得优质全面排放数据的新时代。现在，是时候开展从基于“类比”的甲烷排放估算方法向基于实测数据的排放算法的战略转型。

本文的目标旨在：

- 阐述估算和验证甲烷排放量的全新直接测量方法。
- 鼓励业界领袖和专家之间展开以行动为导向的对话，探讨如何以经济高效的方式迅速实施这种方法。
- 为企业及联盟追求测量可靠性和准确性提供指导性意见。

这些改进措施有望提高排放数据的准确性、精确度和可信度，也有助于赢得投资者、非政府组织、政府和公众对甲烷排放管理工作的信心。因此，我们敦促企业领导者作出相应的人员和流程投入，通过努力获取准确可靠、公开透明的数据，对其是否取得排放绩效进行有力验证，以此兑现其甲烷排放承诺。

在未来几个月内，美国环保协会邀请并鼓励业内企业及联盟就“甲烷挑战”的根本问题展开建设性讨论，并加快采取行动措施。

第一部分：排放测算的改进方法

主要建议

- 纳入基于空间尺度的直接测量方法所取得的排放值。
- 基于具有统计学代表性的设施样本测量甲烷排放，以获得企业级别的甲烷排放清单。
- 将通过“自上而下”与“自下而上”测量方法获得的数据加以整合，以验证排放清单并强化甲烷减排战略。

“自下而上”和“自上而下”这两项术语并无标准定义，在具体使用中常存在模糊之处。在通常情况下，“自下而上”是指主要依赖于元件级排放因子和工程公式的传统排放估算方法，而“自上而下”是指使用大气测量法对较大空间尺度上的甲烷排放进行估算。然而，由于这两种方法均会用到排放因子和/或大气测量值，因此两种方法的界限并不一直很清晰。例如，元件级排放因子可以基于泄漏点附近的甲烷浓度来测算。同时，场站的下风向甲烷浓度大气测量可以用来估算站点级别的甲烷排放因子。在本报告中，我们根据排放量估值的空间尺度区分“自下而上”和“自上而下”。我们将“自下而上”定义为基于元件（如法兰或气动控制器）级别的排放量来进行汇总的甲烷排放估算方法，而将“自上而下”定义为基于元件级以上更大空间尺度来对甲烷排放进行估算的方法，该空间尺度覆盖从单个设施，到更大的如整个盆地的地理区域。无论是“自上而下”还是“自下而上”，直接测量对排放数据的完整性和准确性都至关重要。

尽管本文主张使用更多的“自上而下”的测量数据，但我们并不建议企业放弃“自下而上”元件级的数据收集。如前所述，“自下而上”的方法具有一定的局限性，不应作为提高总排放量估算准确度的唯一数据来源。然而，元件级别的测量对于了解排放源、指导减排工作及汇总排放量仍具有一定价值。通过整体分析与附加方法相结合，可以为企业开发最大的减排潜力。

从传统角度来讲，上游油气生产的甲烷排放计算通常使用“自下而上”的排放因子方法（简称“BUEF”），如基于通用和固定设备及元件级的排放因子和工程方程式进行估算。目前在全球多个地区，这些方法被用作自愿排放报告和合规报告要求的标准

做法。例如，美国环保局（EPA）使用BUEF来计算美国年度温室气体清单，并要求企业使用同样的方法提交其温室气体排放报告。

图1. 通用排放量估算方程式

<p>排放估算的通用公式为：</p> $E = A \times EF \times (1 - ER/100)$	<p>其中：</p> <p>E = 排放量</p> <p>A = 活动水平</p> <p>EF = 排放因子</p> <p>ER = 总减排率，%</p>
--	---

资料来源：美国环保局发布的《2014 年国家排放清单报告》。

在过去几年间，大气甲烷测量技术（以下简称“自上而下”的方法）取得了长足进步。大气技术可在距排放源不同的位置点上测量甲烷排放浓度，如通过无人机对设备组的排放进行现场测量，或使用卫星对整个地理区域的甲烷排放作出远程量化。根据这些测量结果，基于我们对大气中甲烷分布情况的了解，来计算特定区域的总排放量。“自上而下”测得的甲烷排放排放可能会大大高于“自下而上”排放因子方法统计的元件级排放总值。

“自上而下”的方法也具有一定的局限性，这些局限性尤其与单次测量的较短时间相关。由于排放率在不同的时间和空间上可能存在较大差异，因此，在对较大的区域或时间范围内的排放进行外推时，“自上而下”的测量必须具有时空代表性。

纵观本文，我们认为，场站级别的“自上而下”测量值可以代表特定场站（包括其中的排放组件和设备）的总排放量，是最准确的“自上而下”大气测量量化方法。

无论是“自上而下”还是“自下而上”，直接测量对于排放数据的完整性和准确性都至关重要。

基于排放因子的“自下而上”的测量方法

传统来讲，“自下而上”的排放因子（BUEF）方法是依靠书面公式而非通过直接测量来估算甲烷排放，其局限性已有充分记录，对甲烷排放报告数据的准确性和可靠性构成重大风险^[1]。企业可通过整合跨空间尺度的直接测量方法，来弥补一些数据缺漏，提高数据的可信度，并验证其甲烷减排承诺的进展情况。

美国和国际上的一些研究一致认为，基于BUEF方法形成的清单可能大大低估了甲烷排放量^[2]。例如，根据十几家不同领域的研究机构（包括美国环保协会（EDF）在内）的多名专家在《科学》杂志上发表的论文，美国油气供应链产生的甲烷排放量比美国环保局（EPA）使用BUEF方法估算的结果要高出约 60%。这种差异主要归因于BUEF在估算低频率高排放和其他间歇性随机排放时存在的局限性。此外，根据18个经同行评审的系列研究的15000次测量结果汇总分析，5%的泄漏设备和设施贡献了总排放量的50%^[3]。BUEF方法并未计入这些高排放事件，所以目前的甲烷排放估算排放可能大大低估了实际排放量。

虽然可以通过增加相关测量样本数目和其代表性来修正排放因子，从而改善BUEF方法，但要充分消除该方法带来的低估偏差却仍存在挑战。首先，在收集用于构建排放因子的测量数据时，很难对每台排放设备加以识别。其次，在元件或设备级别对排放作出直接定量的现代方法（如高流速稀释取样法）仍存在一定的技术局限性，可能影响较高流速定量分析的安全性和准确度。

最后，现有的建模工具（例如美国环保局（EPA）批准的 E&P 储罐模型）在异常工况条件下通常会无法得出准确结果。例如，上游分离器故障导致油罐中的天然气逸散，该排放可能会比工程公式的估算高出几个数量级。尽管基于默认排放因子和工程公式的BUEF方法对于初步估算排放有价值（尤其是在缺乏最新测量数据的情况下），但仍应将其替换为更具代表性的经验数据，逐步改进，例如根据新的测量数据更新排放因子，充分体现异常排放问题。

¹ See Environ. Sci. Technol. 2015, 49, 5, 3252-3261 and Environ. Sci. Technol. 2015, 49, 8, 5161-5169

² See Science. 2018, 361, 6398, 186-188; PNAS. 2015, 112, 51, 15597-15602; Geophysical Research Letters. 2019, 46, 22, 13564-13573; Environ Sci. Technol. 2017, 51, 21, 13008-13017.

³ Adam R. Brandt, Garvin A. Heath, and Daniel Cooley. Environmental Science & Technology 2016 50 (22), 12512-12520.

虽然从传统的书面计算中得出的“自下而上”的排放因子（BUEF），可以帮助公司初步了解某些设备的总体排放分布并对设计甲烷减排策略起到一定的支持作用，但仅仅依靠这些排放因子，将无法提供全面、准确的减排信息，无法保证报告的可靠性和赢得投资者及公众的信任。因此，要提高排放数据的准确性，企业必须摆脱对传统排放因子估算方法的依赖。可靠的排放报告必须同时包含通过“自下而上”和“自上而下”的测量方法收集的具有代表性的数据。

“自上而下”的方法

“自上而下”的大气测量技术的进步，使得我们能够在不同时间和空间尺度上对从场站到盆地级别的甲烷排放进行量化。与元件或设备级的“自下而上”检测方法相比，“自上而下”通过测量目标区域中的所有甲烷烟羽来量化总排放，从而减少了在检测期间错过高排放源的可能性。如能得到频繁使用，“自上而下”方法对泄露检测最为有效，特别是针对间歇性高流量的随机排放。

许多设备平台可用于开展大气测量，包括固定监测器、车辆、无人机、飞机及卫星。这些设备由于在探测范围、灵敏度和部署频率存在显著差异，因此在不同时空尺度上对排放量的分辨能力有所不同。例如，灵活的较小平台（如无人机）能够通过当地排放的烟羽进行采样来量化单个场站或一组设备的排放量。相比之下，卫星的分辨率通常较为粗放——通过测量大气甲烷浓度，然后将该数据与气象信息相结合，最终估算出若干平方公里范围内的总排放量。

鉴于油气生产操作的多样性——从美国陆上的小型井场到中东的大型设施，再到欧洲北海的复杂海上平台——检测技术也需要因地制宜。

目前已存在三类用于量化场站级甲烷排放的通用方法，每类方法又涵盖几种具体方式，这些方法方式已通过企业、学术界的测试，并在同行评议的科学论文中发表：

- **质量平衡方法**通常使用固定翼飞机测量一个场站或一组场站上风向和下风向的甲烷浓度，然后将该数据与风速及其他气象数据耦合，估算出上风和下风中间区域的甲烷排放量。
- **反演扩散模型**对场站下风地带的甲烷浓度作出测量，然后根据估算的烟羽形状和大小、风力数据及相关大气传输假设（例如高斯扩散）来计算该产站的排放量。美国环保局（EPA）的替代测试方法（OTA）33a 是一种常用的反演扩散方法，这种方法通常将检测车停在站点下风向几百英尺的位置收集 15-30 分钟的数据。类似的方法还包括无人机检测，利用无人机的灵活性来区分和量化单个设备或设备组排放的烟羽。
- **遥感方法**通过测量地面与飞机、无人机或卫星所携带的甲烷检测仪器之间的总甲烷柱浓度来对甲烷烟羽进行可视化。此外，还可使用类似于质量平衡或反演

扩散建模方法等技术分析遥感数据，量化排放。遥感技术在分辨率上存在很大差异。几种基于飞机的方法可量化单个场站的排放。现有的卫星分辨率通常较粗，因此仅限于测量极大规模的排放，而且必须结合清晰明了的辅助气象数据。

焦点：利用石油和天然气行业的甲烷排放合作伙伴关系计划(OGMP)来达成目标

气候和清洁空气联盟（CCAC）于2014年9月在纽约举办的联合国气候峰会上启动了“油气行业甲烷排放合作伙伴关系”计划(OGMP)。该计划目前已有 11 家合作伙伴公司，包括国际和国家石油公司。2019年，该计划经历了一次全新设计 — 在很大程度上重新界定了目标水平。

从2020年开始，OGMP的成员公司计划开始采用类似本文提议的方法。在更新的框架下，致力于使用基于直接测量的方法，报告其运营和非运营资产的甲烷排放。

OGMP有五个报告级别，供会员公司使用，公布其减排目标，报告排放及减少数据不确定性的相关进展。

将非运营性合资企业纳入报告框架扩大了计划的覆盖范围。这些排放的计入将使得公众能够更加深入地了解油气行业的环境足迹，并让政府能够针对整个价值链采取更有针对性的减排措施。

目前，联合国环境规划署（UNEP）主持的一家全新机构有望发布一份披露各家公司总排放量的报告。该机构还会将公司报告与卫星数据、国家清单及科学研究结合起来，提供有关全球油气行业甲烷排放状况的观点和见解。

设计测量活动时的注意事项

想要准确量化甲烷排放的油气企业应当在进行“自下而上”测算的同时，将收集的数据与“自上而下”测得的场站级排放数据相结合，最终得出企业的排放清单。这种方法在众多同行评议的研究(包括 Alvarez 等人于2018年发表的论文)中，均得到了充分的阐述，Alvarez等通过对 400 多个场站级检测数据的综合分析，对美国油气行业的甲烷排放作了估算。

在设计基于直接测量、准确、无偏向性的甲烷排放清单时，需考虑三个基本步骤：选址、样本数目定义和持续改进。

○ 选择具有代表性的、无偏向性的站点进行测量。

在选择测量地点时必须避免偏向性，这一点至关重要，否则会导致数据缺乏代表性。此外，必须能证明所选择的站点对企业的运营具有代表性。例如，使用车辆调查道路上的甲烷烟羽，然后仅对检测到甲烷的站点进行量化会导致总体排放数据偏高，因为采样忽略了低于调查检测值的站点。相反，如果站点选择仅包括运营良好的设施（不包括出现异常工况的设施），则所得的排放数据将会偏低。具有代表性的采样应考虑所有可能测量的地点，并通过尽可能随机的测量方式来保证无偏向性的结果，分类随机抽样方法可帮助提高准确性并降低成本。

对于拥有类似设施资产的公司而言，例如位于同一个地区的标准设计的钻井平台或设施，如果这些资产的甲烷排放大致一致，则非分类随机抽样足以提供场站级的平均排放率。但是，大多数公司都拥有多种不同资产，例如陆上和海上场站或跨多个盆地的油井，由于生产率、场站设计或其他特征的差异，导致场站的甲烷排放率不同。对于资产种类丰富的公司而言，有必要以统计数据为指导实施分类测量计划，从选定的资产子集中获取具有代表性的数据。企业在评估其投资组合以制定采样计划时，可将其资产按共同属性分组，从而建立分类抽样。例如，公司应对不同的资产类型（例如生产设施和加工厂）进行分别测量，因为产量和现场设备的变化会导致平均排放率出现差异。此外，拥有相同资产类型的场站也可按可能会影响排放的定量参数（例如天然气产量）进行有效分组。

要做到无偏向测量选址，公司应当检查运营信息等其他现有数据，以确定是否存在可为资产分组提供清晰的清晰模式。如果公司存在多种不同资产，但却缺乏数据模式，则可先收集广泛的初步数据（包括通过“自下而上”方法收集的清单数据），以便在全面测量启动前，对可能选择哪类地点进行评估。

○ 确定最佳样本数目并管理不确定性。

测量计划的最佳样本数目由站点总数和设施的多样性决定。通常，样本数目越大，测量频率越高，某类站点的检测结果的不确定性就越小。

如果检测次数有限，分布于两个极端的检测数据将可能导致平均值出现偏差。设施设备的排放率通常呈现偏态分布，即少数排放源排放了大部分的甲烷。因此，基于有限测量样本得出的估值可能会偏低，因为计算可能排除了最高的排放站点。

提高准确性的最为有效的方法是，根据已知数据对样本进行分类，并通过增加样本数目来减少不确定性。

现有的统计技术可根据样本数目及其分布形状对不确定性作出估算。企业应当为排放估算设定一个可接受的不确定性水平，例如设定 $\pm 30\%$ 的 95% 置信区间（实际排放量位于比报告值偏高和偏低 30% 的区间范围的可能性为 95%）。一旦设定了可接受的置信区间，结合公司独特的运营概况，公司可与内部或第三方统计人员合作确定，在这一置信区间内，针对某一类或所有站点的排放估算所需的最小样本数。

○ 建立一个持续改进周期。

甲烷排放清单的编制并非一项静态活动。站点选择和样本数目的调整，以及企业收购、合并和撤资所引起的资产组合变化，均有可能影响测量结果的准确性和不确定性。公司应当建立一套规则用以评估已完成检测的有效性、准确性和覆盖范围，不断改进清单；确定有待完善和加强的领域；并指定相关负责人，明确后续检测行动。

基于实测得出的甲烷排放清单还具备另一项优势：可用于高级分析和预防性维护，并可与独立数据集进行更大范围的比较，以便作出验证和改进，例如编制空间分布明细清单，比较具体地理区域的排放。虽然数据集之间偏差在意料之中；巨大的差异也可能表明现有采样方法存在潜在缺陷。因此，公司应当建立一个多空间、多时段、多排放源的数据比较流程，验证排放估算的准确性并确定需要改进的地方。

结论

目前，石油和天然气行业通过基于排放因子的“自下而上”的方法估算甲烷排放，该方法主要依赖于书面的计算。因此，公开的报告提供的排放数据少有甚至完全没有涉及直接检测数据。用到的排放因子也许包括基础测量值，但是这些数据可能会在样本数目、对当前系统的适用性及地区和运营商方面受到限制，从而不适合代表当前排放情况。

如果不对排放清单的编制方式作出根本性变革，投资者、政策制定者、监管者及公众将无法获得可验证的排放数据，这些数据对核实行业整体数据或指导未来能源关键决策至关重要。

通常情况下，样本数目越大，测量频率越高，检测结果的不确定性便越小。

第二部分：从“告知性”披露向“展示性”披露转变：通过改进报告方式来提高可信度。

主要建议

- 披露公开透明、可重复的直接测量方法，包括代表性采样点的确定方法。
- 按地区、国家和/或盆地发布甲烷排放清单。
- 发布第三方对甲烷排放数据的审计总结概要。

目前，石油和天然气运营活动产生的甲烷排放构成一项紧迫而又重大的商业风险。在过去五年间，公司针对甲烷排放管理的部分披露显著增加。加强行业排放数据和减排计划分享是赢得投资者和公众信任的一项关键机制。2016年，美国环保协会（EDF）发布了第一份有关油气行业甲烷排放的报告（《风险正在上升》（**Rising Risk**）），其中接受调查的65家公司中没有任何一家报告单独设置的有时间节点的甲烷减排量化目标。只有5家公司承诺通过“ONE Future”计划实现共同目标。而如今，至少有25家公司已承诺了某种形式（无论是单独还是通过加入自愿性行业联盟）的甲烷减排目标。这些公司占据了全球石油和天然气近40%的产量。

展望未来，行业如果希望通过甲烷排放披露方式赢得外部利益相关者的信任，那么测量方法的正确性、实施的审慎程度及生成数据的准确性都至关重要。

以下建议建立在投资界（也包括气候变化相关财务信息披露工作组（TCFD）以及行业自愿行动）制定的公司目标设定现有最佳实践和披露标准之上，这些实践和标准在《甲烷减排指导原则》中均有收录。《甲烷减排指导原则》是一个旨在减少全球油气供应链甲烷排放、有多方利益相关者参与的自愿倡议，其签署方承诺通过“在对外报告中提供有关甲烷排放数据、计算方法、以及甲烷管理的进展和挑战的相关信息”来“提高透明度”。

同时，TCFD建议公司“披露其评估和管理重要气候相关风险和机遇时用到的指标和目标”，并描述“针对目标所取得的绩效”^[4]。

焦点：监管报告

尽管本文重点关注企业与行业联盟作出的自愿性报告，但我们认识到甲烷排放政府强制报告和自愿报告之间存在重要的相互作用。

在环境报告方面，长期的惯例是企业既需要满足政府的强制性报告要求，也会通过可持续发展报告和碳排放信息披露项目（CDP）备案等渠道向其他利益相关者（例如投资者）作出自愿性报告。政府报告的要求应视为强制性底线——起点。随着投资者和公众对环境、社会和公司治理（ESG）相关信息需求的增加，越来越多的公司选择在自愿披露中超越政府的最低要求。

对于制定有油气行业甲烷排放政策和法规的地区，当前的强制性报告通常基于元件和设备级别的排放因子，并依赖于书面计算。

同时，诸多油气主要产区缺乏甲烷监管制度，自愿报告成为唯一的甲烷减排绩效披露机制。

从短期来看，企业及联盟有机会采用新方法改善数据质量，并通过自愿报告方式在实施和披露方面发挥领导作用。在未来几年间，企业及联盟的报告可以结合基于测量的“自上而下”与“自下而上”的方法。阐明两种方法的互补性可以实现计算方法的建设性过度。此外，定性评论可提供重要的背景知识，帮助读者理解和诠释不同方法生成的数据。

从中长期来看，政府可以并且应当制定和完善报告制度，支持推动基于实测的计算方法。例如，美国环保局（EPA）可以允许企业使用通过直接测量获得的高质量数据，以提高报告的准确性，从而进一步强化报告要求。欧盟可以利用不同时空尺度上的互补测量技术，逐步要求公司使用直接测量来提高其强制报告的准确性和可信度，将其列入这些公司与欧盟天然气买家开展业务的要求，从而在高质量数据的基础上建立甲烷政策和法规框架。

此外，鉴于任何绩效标准的成功实施均取决于准确的绩效数据，有意建立绩效标准的地区都必须高度重视报告中的数据质量，包括是否使用了直接检测等有效方法。

⁴ Ceres, Environmental Defense Fund, Principles for Responsible Investment. 2018. Setting the Bar: Implementing the TCFD Recommendations for Oil and Gas Methane Disclosure. <https://www.unpri.org/download?ac=5586>

展望未来，行业如果希望通过甲烷排放披露方式赢得外部利益相关者的信任，那么测量方法的正确性、实施的审慎程度及生成数据的准确性都至关重要。

关于加强甲烷排放披露的建议

关键路径信息

随着公司更多地利用多空间、直接测量方法编制其甲烷排放清单，公司披露也需要与时俱进，增加相应内容。在公司继续披露其他常见报告信息（如甲烷强度和绝对排放量）的同时，也应公布其测量方法的关键信息和测量值，以确保其所披露的数据的代表性和准确性。

方法

用于多空间测量和排放清单编制的方法因公司而异。无论方法如何变化，均须遵循透明、可重复和准确这三项原则。

透明：提高定性和定量数据的颗粒度对赢得公司外部利益相关方对基础流程的信任和接受至关重要。

可重复：为证明逐年测量流程的完整性，公司需要提供足够的方法细节说明，以便其他公司可以将该方法重复应用到自己的资产上。可重复性是增强人们对甲烷排放估算方法信心的一项重要机制。

准确：尽管不确定性是排放估算的一项内在属性，公司必须在披露数据时对不确定性范围也作出披露，以便公开认可和管理该不确定性。

在报告测量方法时，公司应当：

- **列举测量方案中所采用的流程。**

如上面有关方法的章节所述，公司可采用多种方法来开展排放检测。针对通过结合“自下而上”和“自上而下”的测量方法获得的数据，其披露应当包含有关方法的注释。尽管这种披露属于定性性质，但它能为投资者及利益相关方指明所采用的科学检测方法，帮助后者更深入地理解和研究排放数据。

- **描述在公司范围内开展直接测量的取样计划制定过程。**

鉴于代表性和样本数目是准确无偏向性的抽样流程的关键，公司应提供相关活动及其结果的描述。相关信息应包括：

- 用于制定样本计划的方法。
 - 描述对各项设施通过分类随机抽样方法进行的资产分类。
 - 选择测量的绝对站点数目。
 - 实测的次数。
- 披露使用的技术及测量结果的不确定性范围。

甲烷检测有几种常见形式。每项技术均有其独特的优势和局限性，可提高亦或削弱数据准确性。鉴于所有的测量方案均具有不确定性，获得外部利益相关者的认可十分重要。例如，现在某些常规排放因子的不确定性可能为 $\pm 1000\%$ ^[5]。根据分析，用于场站级排放检测的OTA 33a方法的不确定性为 $\pm 70\%$ ，并且有略微低估的倾向^[6]。这说明，对于单独的测量，OTM33A 具有相对较高的不确定性，针对实际排放不高于或低于报告排放的 70% 这个区间，其置信度为 95%。但对于一组测量数据，这个方法获得的平均排放数据会略有低估。同时，“自上而下”方法经常采用的技术仍在不断地发展成熟。几项近期及正在进行的研究已对量化方法的不确定性进行了验证^[7]。不同技术方法的结果存在不同程度的不确定性。因此，关于技术和不确定性的披露应包括：

- 测量所用技术。
- 测量仪器自身的不确定性百分比。

⁵United States Environmental Protection Agency. Methane Emissions from the Oil and Natural Gas Industry. <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-emissions-natural-gas-industry>

⁶Eddie, R., Robertson, A. M., Field, R. A., Soltis, J., Snare, D. A., Zimmerle, D., Bell, C. S., Vaughn, T. L., and Murphy, S. M.: Constraining the Accuracy of Flux Estimates Using OTM 33A, Atmos. Meas. Tech. Discuss., <https://doi.org/10.5194/amt-2019-306>, in review, 2019.

⁷Atmos. Chem. Phys., 2018, 18, 15145-15168; Atmos. Meas. Tech., 2017, 10, 3345-3358; Elem. Sci. Anth., 2019, 7, 1, p.37.

排放清单

如今，企业级别的披露通常用单个数值代表其整个全球运营的排放数据：如绝对排放量、甲烷强度或两者兼用。例如，《油气行业气候倡议（OGCI）2019年度报告》指出，13家OGCI成员公司的甲烷总强度“从2017年0.32%的基准水平下降至0.29%”^[8]。类似地，英国石油（BP）发布的《2018年可持续发展报告》中称其已实现0.20%的甲烷强度目标^[9]。

目前，投资者和其他外部利益相关者均无法核实这些报告数字，亦无法在区域范围内对其绩效进行评估。某些时候，测得的排放量比报告数字高出近5倍^[10]。不出所料，这种数据脱节致使人们对公司声称的减排效果的准确性产生怀疑（不确定性），并限制了公众对企业绩效和风险的评估能力。

展望未来，基于代表性采样的排放报告可提供必要的细节，提高报告的可信度。经过改进的报告应当包括排放数据的适当细分，以便投资者、第三方审计人员和公共利益相关者对其质量和准确性作出合理评估。推荐做法如：

- 按地区、国家和/或盆地划分的甲烷排放量和甲烷强度

审计报告

如下一章所述，甲烷减排目标实现的程度及相关的支撑数据应由独立且具备相应技术资质的第三方审计员加以验证。审计人员通常会向其客户提供详细的审计报告、调查结果和建议总结。被审计的企业应当发布审计人员编制的总结报告，以增强排放数据背后的测量方法和计算方式的可信度，增强利益相关方对报告的信心。

⁸ Oil and Gas Climate Initiative. Scaling Up Action: Aiming for Net Zero. 2019. Page 5. <https://oilandgasclimateinitiative.com/wp-content/uploads/2019/10/OGCI-Annual-Report-2019.pdf>

⁹ BP Sustainability Report 2018. 2018. Page 10. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/group-reports/bp-sustainability-report-2018.pdf>

¹⁰ Z. R. Barkley, K. J. Davis, S. Feng, N. Balashov, A. Fried, J. DiGangi, Y. Choi and H. S. Halliday, Forward Modeling and Optimization of Methane Emissions in the South Central United States Using Aircraft Transects Across Frontal Boundaries, *Geophysical Research Letters*, 46, 22, (13564-13573), (2019).

强化披露的实施

企业应当继续通过年度报告或可持续发展报告，公开其甲烷减排目标的实现情况。此外，公司向第三方环境、社会和公司治理（ESG）平台（例如碳披露项目（CDP））作出的披露也为利益相关方了解甲烷管理提供了宝贵的额外信息汇总。

通常，在甲烷排放报告中纳入描述性、定性的说明是有帮助的。这种描述可突出展示重大成果（及其相关的减排结果）、最佳实践的示范（例如，开展季度性或更频繁检测的站点的百分比）或可能影响减排的其他外部因素，例如资产收购或出售。叙述性说明可以帮助利益相关方更好地了解公司的甲烷管理，以及为诠释定量指标提供重要背景信息。

将直接检测纳入排放统计和清单编制需要假以时日。即使公司正在向直接测量方法转型，利益相关者仍有兴趣了解迄今为止已采取的措施。

在转型之初，公司即可披露相关信息，以突出实现计划的过程中取得的逐步进展。相关信息可包括但不限于：

- 对于尚未使用直接测量进行排放估算的公司，讨论将来采纳该方法的计划。
- 提供运营和技术信息，说明公司如何积极扩展其多空间测量计划。
- 在若干类型站点开展有限初始测量的心得和收获。
- 为改进排放测量而实施的战略或管理调整。

这些附加信息的披露将首次为利益相关者提供验证报告数据准确性的能力。公司可聘请独立的第三方审计对信息作出评估，增强对数据质量和准确性的保证，第三方审计应具备相关专业知识和能力对信息作出充分评估，并向公众保证信息的可靠性。

第三部分：通过外部 审计提供数据和方法 保证

主要建议

○ 聘请具备行业专业知识并充分掌握油气行业甲烷排放技术知识的外部独立审计，对甲烷数据和方法作出验证。

○ 与审计公司、行业、学术界和非政府组织等多方利益相关方展开对话，以确定公认的标准甲烷排放审计方法。

在经历了过去三年的甲烷减排目标设定浪潮后，企业开始报告其甲烷减排进展情况，使公众建立企业能够实现其减排目标的信心。那么随之而来的问题就是：利益相关者是否信任油气公司提供的甲烷数据？

当前，公众对油气行业心存疑虑。近期的一项调查发现，仅有 37% 的公众相信油气行业“会做正确的事”，包括采取甲烷减排措施^[11]。面对公众信任水平的下降，认真对待甲烷减排目标的企业必须采取更多措施，以确保其公开报告的甲烷排放数据是有效的和可信的。

企业应当对所有公开的甲烷排放数据、计算和方法进行外部独立审计（亦称为保证、验证或确认），并每年发布审计结果概要。

外部审计的益处

数十年以来，审计一直是财务报告中的惯常做法。此外，利益相关者认为经外部第三方验证的报告更有价值^[12]。随着可持续发展报告日益兴盛，外部审计被广泛视为公司可持续指标中最为重要的增值项。

¹¹ Houston Chronicle. The oil and gas industry has a problem – and the industry knows it. May 12 2017. <https://www.houstonchronicle.com/business/article/The-oil-and-gas-industry-has-a-problem-and-the-11143381.php>

¹² Global Reporting Initiative. The External Assurance of Sustainability Reporting. 2013.

开展甲烷数据外部审计的公司可以实现多重内、外收益，包括：

- **提高报告数据的可信度。**

外部审计可增强利益相关者对所提供数据的信心，这是由于审计过程可在更大程度上保证数据和方法得到彻底审查。如果做法妥当，开展外部审计的公司可以建立投资者、合作伙伴和公众对其数据和方法的信任。

- **证实对可持续发展的承诺。**

石油和天然气行业在能源转型中发挥的作用日益面临公众信任危机。近期的一项调查发现，超过 70% 的公众认为，公司应当通过独立的第三方证明其声称取得的气候进展^[13]。开展严格的减排绩效外部验证，是油气公司获得“社会许可经营”的一项重要投资。

- **提高公司价值。**

研究表明，开展可持续发展报告外部验证的公司筹资成本较低，并且通常收益较高^[14]。评级机构已开始将外部验证纳入公司评分体系中^[15]。同时，近 70% 的投资组合经理表示，可持续发展报告应经过第三方验证^[16]。

有效外部审计的注意事项

一旦公司决定对其甲烷报告作出验证，紧接着就需要选择审计机构。尽管有很多组织提供外部审计服务，但近 90% 的审计是由以下三类服务商提供的^[17]：

- **会计师事务所（占40%）**：毕马威、安永、普华永道、德勤等。
- **认证机构（占25%）**：提供认证和风险咨询服务的组织。
- **专家顾问（占24%）**：专项专家，例如环境/可持续发展顾问。

¹³ Corporate Register. Assure View: The CSR Assurance Statement Report. 2008.

¹⁴ Casey, Ph.D., Ryan J, and Jonathan H Grenier, Ph.D. “Save Money by Having Your Sustainability Report Assured.” Journal of Accountancy, 11 Apr. 2018, www.journalofaccountancy.com/news/2018/apr/sustainability-report-assurance-services-201815361.html.

¹⁵ The Road Ahead: The KPMG Survey of Corporate Responsibility Reporting 2017. KPMG, 2017.

¹⁶ CPAs. The Preferred Choice for Assurance of Sustainability Information. AICPA, 2018.

¹⁷ Corporate Register. Assure View: The CSR Assurance Statement Report. 2008.

目前，相关财务审计管理的流程和程序标准已经存在。然而，这些标准尚未在全球范围内全面转移应用到可持续性审计当中。相反，许多审计员在工作中遵循的是内部流程。无论采用哪种方法，最终的审计报告应包括以下两项基本组成部分：

- **发布审计结果。**

审计的效果取决于外部利益相关者对流程完整性的信任程度。如果利益相关者无法获得相关审计结果，包括对数据获取方法的完整性、准确性和可信度作出的评估，那么他们没什么理由对报告持有信心。

- **披露审计方法。**

审计的可信度受到审计流程透明度的影响。审计员应当提供清晰的步骤说明，详细描述如何评估排放数据和方法，及最终结论的论据。

焦点：油气行业气候倡议

油气行业气候倡议（OGCI）是一项自愿性的行业联盟，由 13 家石油和天然气公司组成，这些成员公司约占全球油气市场份额的三分之一。2018年，OGCI迈出了积极的一步，公开承诺成员公司在 2025 年之前集体实现 0.25% 的甲烷强度目标，并力争达到 0.20% 的目标。

作为一个自我任命的行业领导团体，OGCI有机会也有责任在其成员公司进行排放统计和报告时，推动数据质量的不断提高。

OGCI甲烷目标实施的可信度从根本上取决于测量方法的质量、数据的准确性及透明度。

2019年，OGCI表示，其集体甲烷强度从 0.32% 降至 0.29%。然而，除了缺乏公司或地域的细分信息，OGCI的数据主要依赖于传统的“自下而上”的排放因子估算，这种方法常常低估实际排放。从OGCI的报告中也无法看出在多大程度上数据收集采用了直接测量方法，更不用说排放检测是否充分。因此，无法激发人们对报告数据的信心。

此外，自2019年以来，OGCI聘请了独立的国际会计和审计公司安永（Ernst & Young），审计报告单个和汇总数据。

然而，安永的工作却局限于现行的国际审计标准。今后，建议OGCI敦促其成员公司分别聘请知名的独立第三方审计机构进行数据核查，从而提高报告的可信度。

OGCI在应对全球甲烷挑战方面可以发挥重要作用。OGCI加快规模减排速度，通过可靠途径，在 2025 年或之前实现其目标。为赢得利益相关者对其所报告的甲烷减排数据的信心，油气行业气候倡议（OGCI）组织必须：

- 支持并采用多空间直接测量方法来提高数据质量。
- 大力加强信息披露，包括但不限于：对其顶线数据作出分解、披露来自直接测量的数据比例、致力于增加直接测量、对成员的减排和检测活动提供更全面的描述。
- 确保所有成员公司均聘有具备技术资质的独立第三方审计，以便获得公司层面的最高的保证声明，增强OGCI汇总信息的可靠性。

完善甲烷审计工作的机遇

尽管公开透明的审计带来的好处为众人皆知，但高度诚信的甲烷排放第三方审计标准和实践生态系统仍是一个新生空间，既孕育着市场机遇，也带来了实施挑战。如果没有公认的甲烷审计方法，则可能会存在各家公司采用截然不同的方法进行审计的风险。在这种情况下，将无法充分比较审计间的差别，进而加重已持有怀疑态度的利益相关者的疑虑，而这种疑虑是完全可以避免的。

这些挑战也为行业、会计和审计公司、学术界及非政府组织创造了一个良好的契机：合作制定卓越甲烷排放审计标准，供现有和未来的第三方审计使用，以便满足日益增长对可靠的甲烷排放验证服务需求。

尽管在甲烷审计标准的设计过程中有诸多问题需要解答，但供探讨的关键初始问题包括：

- 对甲烷排放数据和方法作出可靠审计所需的最基本的专业知识有哪些？
- 第三方审计在评估报告所用方法的完整性和数字的准确性时用到的评估方法有哪些？
- 在开展或支持独立测量作为附加验证手段的方面，审计的角色及方法是什么？
- 审计可使用哪些技术和独立数据验证公司报告的甲烷排放？
- 知名学者和其他专家如何提供最佳支持并与审计界互动合作，从而支持审计方法的科学健全？

第四部分：增强数据质量和验证的途径

主要建议

- 确保合格的人员得到任用和支持，保证有效实施。
- 提前规划附加数据的采集和管理。
- 将实施计划整合至现有流程和协议当中。

本报告中针对甲烷排放的测量方法、披露和审计建议的实施可能需要花费六个月至几年的时间，具体取决于公司规模和覆盖区域和投入的资源 — 包括指定负责员工的时间及技术和/或服务资金。尽管各家公司可能会采取不同的方法将测量结果纳入排放清单中，但所有公司均可从回答以下关于人员、流程和工具的战略性问题入手，推动新工作方式与现有程序的整合。

人员

- 公司和业界领袖是否准备释放资源为实施提供充分支持？
- 谁是参与方案工作组，成功协调支持计划推行的合适人选（按角色、职能和地理位置划分）？
- 鉴于该方案涉及多个利益相关方、跨功能、跨地域，谁最能充分地支持和协调这项工作？
- 公司如何在内部和/或外部找寻合格的专家提供与测量技术、统计抽样和环境报告有关的方案设计关键服务？



流程

- 目前有哪些项目管理系统和流程可用来支持方案的实施？
- 如何将本方案设立为标准的正式工作惯例，必须采取哪些措施来协调本文件的落实？
- “自下而上”和”自上而下”的测量方法的初期实施有多少预算？
- 从启动至完全整合到年度报告周期里的时间计划是怎样的？
- 新收集的数据如何改善和指导实地甲烷减排策略？



工具

- 现有的排放数据和信息是从何处收集的，如何将这些数据和信息集中起来，以提供具有代表性的采样方法？
- 目前，不同的时空尺度分别采用哪些技术来测量和量化甲烷排放？本方案是否有首选技术？
- 测量数据将会存储在何处？如何将其整合至现有系统中以提高效率？
- 公司是否已制定好方案，以考虑在监测和测量方面实施创新技术，提高准确性、降低成本并推动持续改进？

实施路线图说明

第0-3个月	第3-8个月
<p>制定项目实施计划。</p> <p>收集相关排放和运营数据。</p> <p>评估经同行评审的可用来量化场站级排放的方法，</p> <p>评估“自上而下”和“自下而上”测量方法相关可用技术。</p>	<p>选择多空间测量方法。</p> <p>定义测量样本数目并选定测量站点。</p> <p>选取测量活动中使用的技术。</p>
第8-16个月	第16-18个月
<p>在选定的设施进行多空间测量。</p> <p>将测量值外推至全部资产，估算总排放。</p> <p>将不确定性范围纳入总排放估算中。</p>	<p>编制含有空间细节信息的排放清单供公开报告使用。</p> <p>将数据和方法提交给第三方审计。</p> <p>起草企业报告的定性描述。</p>



美国环保协会

2020年2月

