



Initiative for Climate Action Transparency - ICAT

Recommendations on CH₄ emission MRV framework of energy sector in China

能源部门甲烷排放MRV体系升级完善建议

Deliverable 13

AUTHORS

LI Xiang

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

CHU Zhenhua

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

GAO Minhui

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

WANG Tian

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

MA Cuimei

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

SHOU Huantao

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

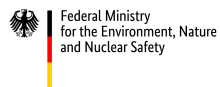
March 2022

DISCLAIMER

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, photocopying, recording or otherwise, for commercial purposes without prior permission of UNOPS. Otherwise, material in this publication may be used, shared, copied, reproduced, printed and/or stored, provided that appropriate acknowledgement is given of UNOPS as the source. In all cases the material may not be altered or otherwise modified without the express permission of UNOPS.

PREPARED UNDER

Initiative for Climate Action Transparency (ICAT) project supported by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, and Nuclear Safety, the Children's Investment Fund Foundation (CIFF), the Italian Ministry for Ecological Transition, and ClimateWorks.



The ICAT project is hosted by the United Nations Office for Project Services (UNOPS).



Table of contents

引言	1
1. 能源领域甲烷排放 MRV 体系差距分析	2
1.1 煤炭逃逸清单编制工作差距分析	3
1.2 煤炭生产企业甲烷排放MRV差距分析	3
1.3 国家清单中油气行业甲烷逃逸排放MRV差距分析	3
1.4 油气企业层面甲烷逃逸排放MRV方法学差距分析	4
2. 能源领域甲烷排放 MRV 体系完善建议	5
2.1 煤炭开采甲烷排放MRV体系完善建议	5
2.2 油气开采甲烷排放MRV体系完善建议	6

Executive Summary

CH₄ emission control has been an important issue in China not only because of it's the second largest emission source but also because it has economic and social benefits in China's high quality development. Coal mining, oil and gas production in the energy sector are the main CH₄ fugitive emission sources in China's national inventory. However, the CH₄ emission monitoring, reporting and verification (MRV) framework are still at a certain preliminary stage in China. Take into consideration of the mandatory requirement for shifting from the 1996 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* to the 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* according to the Katowice Climate Package, as well as the internal demand of the domestic CH₄ emission control actions, the CH₄ emission MRV framework needs to be improved or amended soon. Therefore, this report proposes recommendations on the improvement of CH₄ emission MRV system in energy sector, including both the national inventory and enterprise or facility level CH₄ emission measurement or statistics, reporting and verification improvement recommendations in coal mining and oil and gas (O&G) production and supplying.

For both coal mining and O&G sector, the fugitive CH₄ emission inventory needs to put forward the local emission factor measurement, based on the different underground coal mines, the different O&G facilities, and different waste wells; for O&G sector the inventory also needs to improve the activity data level, try to use the tier 3 method which based on the detailed statistics on facility or equipment. Another necessary improvement is to promote the monitoring capability both based on facility, the meteorological station, or the meteorological satellite. At the enterprise level, the responsible agency had released enterprise level accounting and reporting guidelines for coal mining companies and O&G production and supplying companies, but limited by the background of the data collection capability and the understanding of the GHG emissions, the old guidelines are at a very low level of data requirements and some of the emissions sources are neglected due to the complexity on statistic or lack of knowledge, at this stage, the enterprise MRV guidelines also need to be amended or revised.

引言

甲烷是中国排放量最大的非二氧化碳温室气体，近期的国际研究普遍认为，尽快开展甲烷排放对于短期内快速取得扼制温升效应具有重要意义，能够显著缓解短期内全球二氧化碳减排的压力。2020年9月以来，习近平主席先后在国内多个重要场合、多次强调，中国将提高国家自主贡献力度，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和，并明确指出中国还将加强非二氧化碳温室气体管控。COP26期间中国和美国联合发布了《中美关于在21世纪20年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》，其中明确提出“两国特别认识到，甲烷排放对于升温的显著影响，认为加大行动控制和减少甲烷排放是21世纪20年代的必要事项”，“双方计划在国家层面制定强化甲烷排放控制的额外措施”，“中方计划在其近期通报的国家自主贡献之外，制定一份全面、有力度的甲烷国家行动计划，争取在21世纪20年代取得控制和减少甲烷排放的显著效果”。

在各国开展甲烷排放控制行动中，共同面临的挑战是各领域甲烷排放的监测/核算、报告和核查体系的建设，欧盟在其2020年10月发布的《欧盟甲烷战略》中就提到“甲烷战略的首要目标是确保企业使用相对于目前更为准确的甲烷排放量化和报告方法学，且部门间可比，这有利于目前存在问题的理解并更好的酝酿后续的减排措施。”“目前成员国之间和部门之间的监测和报告水平差异较大，很少有成员国采用层级3方法。其甲烷战略的一个重要目标就是推动能源、化工、和农业行业企业尽可能使用层级3的方法进行甲烷排放量化和报告，并基于此推动成员国向UNFCCC报告国家清单是采用更高层级的方法。”美国自2009年建立温室气体强制报告制度以来，油气、废弃物领域的一些甲烷排放相关设施一直是重点报告的对象，因此在这两个领域的甲烷排放MRV方面形成了层级相对较高的一套MRV体系，并进而推动设施层级数据在国家清单编制过程中的应用以及国家温室气体清单数据质量的提升。中国甲烷排放MRV体系目前同样存在层级较低，数据基础较差等现实挑战，而要开展下一步的甲烷排放控制行动，尽快完善甲烷排放MRV体系尤其是减排经济性相对较好的能源领域甲烷排放的MRV体系尤为紧迫，因此，本报告重点针对中国能源领域甲烷排放MRV体系的完善提出相关建议。

1. 能源领域甲烷排放MRV体系差距分析

温室气体排放的核算、报告和核查（MRV）体系分为多个层级，国家层级、次国家区域层级（省级、市级）、企业级、产品级等；不同层级开展温室气体排放时均需按照统一的监测/核算和报告规则；在国家层面根据UNFCCC相关规则，需要按照IPCC统一制定并发布的国家温室气体清单编制指南进行核算和报告，能源领域甲烷排放相关的清单核算和报告覆盖能源领域的煤炭开采甲烷逃逸排放、油气开采甲烷逃逸排放，IPCC指南目前有《1996年国家清单指南》、《2000年好的做法指南》和《2006年国家清单指南》以及《2019年修订版指南》等几个版本，不同版本对于甲烷排放报告框架均分为三个层级，对各个相关排放部门都适用。层级1是报告框架中最基本的方法，是基于活动水平和排放因子数据的简单估算法，层级3是最为复杂的方法，对数据的需求最高，可能基于多种数据来源的复杂模型法或者特定的独立的测量法。层级2是介于层级1和层级3的复杂程度之间的一种折衷的方法。

中国国家温室气体清单编制中，大部分排放源采用了1996年清单指南，根据巴黎协定下发展中国家清单编制的最新要求，未来开展清单编制的技术规范需要从《1996年国家清单指南》升级到《2006年国家清单指南》这对于国家清单编制提出了更高的要求，包括五大领域基础数据统计，排放因子获取等；在中国的次国家区域层级——省级清单指南方面，2012年，国家应对气候变化主管部门即发布了《省级温室气体排放清单编制指南（试行）》，指南发布后用于各省编制了多个年份的省级清单。《省级温室气体排放清单编制指南（试行）》主要的依据仍然是IPCC的温室气体清单指南并在其基础上进行了一定程度的国内适配及调整，经过多个年份的使用，《省级指南》在很多地方都需要进一步升级完善的地方。在企业层级，涉及能源领域甲烷排放的核算和报告规范包括《中国煤炭开采企业温室气体排放核算方法和报告指南（试行）》、《中国石油天然气生产企业温室气体排放核算方法和报告指南（试行）》。在另一篇专门关于能源领域甲烷排放MRV现状的报告中已经介绍了中国煤炭、油气国家和省级清单编制以及企业排放核算的相关情况，本报告中则重点聚焦不同层级甲烷排放MRV的差距分析和提升或完善建议。

1.1 煤炭逃逸清单编制工作差距分析

煤炭开采活动甲烷逃逸排放在中国是关键排放源，对中国甲烷排放总量影响显著。目前我国煤炭行业甲烷逃逸排放清单编制过程中针对不同排放源采用的仍然是《1996年IPCC清单指南》中方法1或方法2；在未来对于煤炭行业甲烷逃逸排放清单编制工作的提升中，需要通过健全基于煤矿或煤矿区的甲烷监测数据，从而获得特定的监测数据或直接测量的排放数据。这些工作需要基于煤炭行业企业层面甲烷排放MRV体系的健全和完善。此外，我国目前对废弃矿井的统计和监测还非常欠缺，亟待加强对废弃矿井统计和核算。

1.2 煤炭生产企业甲烷排放MRV差距分析

煤炭生产企业温室气体排放核算和报告标准虽然在一定程度上对煤炭生产企业开展温室气体核算和报告起到了技术规范的作用，但由于两方面的制约因素导致该标准目前并未得到非常好的应用：

(1)“十三五”期间，中国针对企业层面的温室气体排放报告工作主要聚焦在碳市场覆盖的八大行业，其中并未覆盖煤炭开采企业，从温室气体报告范围方面，“十三五”期间要求开展的温室气体报告主要是针对CO₂，因此CH₄等非二氧化碳温室气体排放数据的报告工作几乎停滞，相应的技术标准也并未得到有效应用；

(2)由于该标准中涉及到的甲烷排放源不仅关系到温室气体排放量，更直接关系到煤矿生产安全，出于“安全第一”的要求，中国所有的地下矿井均需要装设甲烷浓度监测设备，并每天根据班次进行监测。但是目前上述标准中针对甲烷排放量化的方法学与煤矿实际的甲烷浓度监测之间并未建立非常有效的数据关联，导致企业实际监测数据和温室气体核算标准之间各自独立。

1.3 国家清单中油气行业甲烷逃逸排放MRV差距分析

《1996年IPCC清单指南》和《2006年IPCC清单指南》关于油气行业甲烷逃逸方法学的规则差异一方面在于主环节和子环节的分类差异。1996版指南将油气系统业务环节主要分为三大类油气生产（细分为油、气和油气伴生）、原油输送和精炼（包括输送、精炼、储罐）、天然气处理输送和分销（气体产后护理、气体管输、气体分销），在核算方法上提供了基于单位产量/输送量或运营量的甲烷排放的方法或基于质量平衡的方法（适用于原油）。在1996版指南中对方法3没有做详细介绍，只对方法思路进行了介绍并进行了美国EPA等清单编制方法列举；在2006版指南中除了对生产环节进行了更为细节的划分为，还进一步更新了不同环节的排放因子。此外对于方法3还提供了详细的数据统计步骤指导和建议。中国目前油气行业甲烷逃逸排放清单采用的方法类似于2006年指南方法1，对部分关键排放

环节采用了方法3，但是目前中国油气行业甲烷逃逸排放清单存在的迫切问题是缺乏本地化因子，需要开展大量的测试工作，此外，还需要依据前期的清单编制基础在统计体系方面进行设施数据层级的细化，以获得更为精细的活动水平数据。

1.4 油气企业层面甲烷逃逸排放MRV方法学差距分析

我国现有的指导油气行业企业开展温室气体核算和报告的《中国石油天然气生产企业温室气体排放核算方法和报告指南（试行）》（以下简称“指南”）中对于油气企业甲烷排放源的分类与美加等发达国家一致，涵盖燃烧、放空、泄漏和火炬排放。“指南”中除燃烧和火炬外，对于放空和设备泄漏甲烷排放的量化方法采用的都是基于不同类型活动水平数据（产量、处理量或设备数量）的排放因子法，而美国、加拿大等国对于设备或活动放空产生的甲烷排放更多采用的是工程算法（部分为直接测量法）；对于设备/组件泄漏等无组织排放，美加等国采用的基本都是排放因子法；综合考虑放空排放和设备泄漏排放各自的排放特点、排放量比重及我国目前油气企业数据检测能力，“指南”中部分甲烷放空排放源可以考虑采用根据工程参数进行工程计算或直接测量的方法；对于设施/设备/组件泄漏排放仍继续采用排放因子法。

“指南”中放空及设备泄漏排放因子主要基于设施或场站层面的集成排放因子。实际上，由于油气生产、处理、储运等业务都有非常严格的安全生产要求，因此，除设备/组件泄漏外，其他的排放点源有限且集中。例如，本次参观的页岩气生产井场，除法兰、阀门等组件设备甲烷泄漏之外，涉及到集中排放的点源主要为各个气动控制器和脱水器，压缩机，鉴于我国目前油气生产行业设备水平及管理基本已经与发达国家相持平，且不同场站关键排放设备数量不同，对于这些集中的排放点或排放设备，基于部分现场测试和运营管理水平校正，可以考虑放空排放源从集成设施或场站层面细化到具体的气动控制器、脱水器、压缩机等关键设备层面，并开发出部分关键设备本地化排放因子。

“指南”中的甲烷排放源主要是针对各种可能发生甲烷排放的设施，在“油气勘探”业务环节中考虑了试井作业过程甲烷排放。实际上，除试井活动外，油气生产作业中部分其他活动，如水力压裂完井活动、排液活动等也会产生明显的甲烷排放，“指南”起草时，由于考虑国内油气企业统计水平等因素未将上述排放活动纳入核算范围。随着近年来油气企业统计监测能力的增强及生产趋势的变化，目前对于水力压裂完井活动、排液活动及储罐呼吸等排放源可以考虑增加到核算范围中。

2. 能源领域甲烷排放MRV体系完善建

议

2.1 煤炭开采甲烷排放MRV体系完善建议

(一) 开展基于不同类型煤矿或矿区的甲烷排放监测

按照IPCC国家清单的类型区分，煤矿的类型主要可以按照井工开采煤矿、露天开采煤矿、废弃煤矿等类型，其中，井工开采煤矿是煤炭开采活动甲烷排放的最主要来源，主要是由于其采掘过程中，夹杂在煤层中的气体随着煤层的扰动而不断涌入煤矿巷道和采掘空间，并通过通风系统或抽放系统排放到大气中，影响排放量的主要因素是煤炭产量和不同类型矿井瓦斯涌出量（煤炭生产甲烷排放因子），IPCC清单指南对于煤炭井工开采甲烷排放因子，提出了三个层级的方法：层级1为全球平均法，层级2为国家或煤田平均法，层级3为特定煤矿法。我国《第二次国家信息通报》（2005年清单）中实际采用的方法类似于IPCC的层级2，而由于井工开采是我国甲烷排放的关键源，且“十二五”以来，中国一直在开展淘汰煤炭落后产能，不断关闭小煤矿或落后煤矿，中国煤炭产能出现逐渐西移，单位煤炭的甲烷排放量已经有明显的变化。因此，为了提升在井工开采甲烷排放量化的数据质量，需要推动针对具体煤矿或矿区的煤矿瓦斯排放监测，并进而能够应用于国家清单。

(二) 开展废弃矿井甲烷排放监测和统计

“十三五”以来，受经济增速放缓、能源结构调整等因素影响，中国煤炭需求大幅下降，供给能力持续过剩，2016年，国务院发布了《关于煤炭行业化解过剩产能实现脱困发展的意见》，要求较大幅度压缩煤炭产能，适度减少煤矿数量，根据中国煤炭工业协会的数据，截至2020年底全国累计退出煤矿5500处左右，大量小煤矿的退出导致中国废弃矿井的数量大增，近期国际上越来越关注由于废弃矿井而产生的甲烷排放，而国内目前对废弃矿井的甲烷排放量化和关注还比较欠缺，因此下一步，需要针对不同规模、不同退出年份的废弃矿井进行甲烷逸散量的监测和检测，并形成废弃矿井甲烷排放的常态化核算和报告机制，形成一批废弃矿井甲烷逃逸排放因子。

(三) 修订《煤层气（煤矿瓦斯）排放标准（暂行）》

2008年，生态环境部发布了《煤层气（煤矿瓦斯）排放限值标准（暂行）》，（以下简称《标准》）禁止甲烷浓度超过30%的煤层气（煤矿瓦斯）的直接排放；2020年10月，生态环境部、国家发展改革委、国家能源局联合印发了《关于进一步加强煤炭资源开发环境影响评价管理的通知》（环环评〔2020〕63号，以下简称《通知》），明确提出的甲烷体积浓度大于等于8%的抽采瓦斯，在确保安全的前提下，应进行综合利用，鼓励对甲烷体积浓度在2%（含）至8%的抽采瓦斯及乏风瓦斯探索开展综合利用等要求；上述《标准》和《通知》对控制煤炭行业甲烷

排放量具有非常重要的意义，但是由于缺乏跟踪评估，尤其是《标准》自2008年发布之后缺乏相关考核评估机制导致实际生产过程中大部分低浓度瓦斯和乏风瓦斯直接排空，因此，亟待对上述《标准》进行修订，扩大甲烷排放限值范围，并完善相关监管规则。

2.2 油气开采甲烷排放MRV体系完善建议

(一) 升级和完善油气系统甲烷逃逸排放数据统计和核算层级

如前所述，中国正在将各个行业的清单编制方法学由《1996 IPCC国家清单编制指南》转向《2006国家清单编制指南》的转变阶段，《IPCC 2006指南》在油气系统甲烷逃逸方面区分石油和天然气两大系统分别将排放源分为放空、火炬和“所有其他”排放源。在核算方法学上，层级1和层级2采用的数据粒度基本一致，即将活动水平定义为子业务部门（如气体生产、气体处理、气体储运输送等）的活动量数据，在子业务部门下又将活动量区分更为详细的子类别进行统计。如气体生产子业务中活动数据又进一步区分干气产量、煤层气产量、酸性气产量等，层级1和层级2方法的主要应用差异在于排放因子数据，层级1采用IPCC提供的缺省排放因子，而层级2主要基于国别因子。层级3的方法是基于严格的自下而上的设施级排放数据的汇总，需要基于详细的设施清单、控制措施、操作水平及气体成分分析等数据。IPCC推荐在数据可得的情况下，对于关键类别要尽量采用层级3的方法；由于油气系统 在中国国家温室气体清单中不是关键源因此一直采用的是基于层级1的方法，数据切分粒度较粗。而随着中国推进“双碳”的进程，天然气将成为重要的阶段性替代能源，油气行业甲烷排放将有快速的增长趋势，油气系统甲烷逃逸清单编制方法也亟待升级，将现有统计报表制度中油气系统的数据层级细化或完善，包括在可能的情况下将重点业务环节的数据统计层级细分到组件或设备层级，并将地面煤层气开采纳入统计范围。

(二) 开展油气系统甲烷逃逸排放因子检测和大气中甲烷浓度监测

目前我国国家温室气体清单编制中油气行业甲烷排放因子主要是基于设施或场站层面，排放量核算准确度较低，不确定性大。国内典型油气企业或集团如中石油、中石化等都以采样研究或试点研究等方式开展了基于部分主要排放组件或设备的甲烷排放测试工作。例如，自2007年开始，中国石油天然气集团公司就在长庆油田、塔里木油田、西南油田等分别选取了样本井口进行了甲烷泄漏测试；中国石油化工集团公司对胜利油田采油井井口套管甲烷排放因子进行了实测，部分研究机构对四川盆地气田出水水样进行了实测等。这些实测工作虽然对我国甲烷排放数据量化奠定了一定的基础，但由于未经统筹和设计暂时还无法应用于企业报告或国家清单指南，下一步还需要筛选甄别油气全产业链关键排放源开展点源监测，区分逸散、放空、火炬、其他等排放类别，综合采用车载、固定等监测技术开展少数关键排放点源甲烷排放监测；筛选调研关键油气生产区块和场站，区分常规、非常规、海上、陆上、油田、气田等选取有代表性的典型区块开展区块甲烷传感器网格监测试

点示范;依托部内外现有气体监测站和背景站,实时监测区域甲烷浓度;研究甲烷遥感监测应用技术及数据反演科学模型,建立甲烷排放点源、区块/场站、区域及空间浓度大数据综合分析利用平台,有效管控油气等能源生产活动甲烷逃逸排放。

(三)修订和完善油气行业企业层级温室气体排放核算方法和报告指南

1.4中提及,我国在“十二五”期间已经发布了针对油气企业的核算和报告“指南”,由于“指南”发布阶段的数据基础限制因此基本沿用了国家清单编制的方法,在当前阶段亟待从以下几个方面修订和完善:

a)部分排放源量化方法优化:目前,我国现有“指南”中对于油气企业甲烷排放源的分类与美加等发达国家一致,涵盖燃烧、放空、泄漏和火炬排放。“指南”中除燃烧和火炬外,对于放空和设备泄漏甲烷排放的量化方法采用的都是基于不同类型活动水平数据(产量、处理量或设备数量)的排放因子法,而美国、加拿大等国对于设备或活动放空产生的甲烷排放更多采用的是工程算法(部分为直接测量法);对于设备/组件泄漏等无组织排放,美加等国采用的基本都是排放因子法;综合考虑放空排放和设备泄漏排放各自的排放特点、排放量比重及我国目前油气企业数据检测能力,“指南”中部分甲烷放空排放源可以考虑采用根据工程参数进行工程计算或直接测量的方法;对于设施/设备/组件泄漏排放仍继续采用排放因子法。

b)部分排放因子可细化和本地化。目前,“指南”中放空及设备泄漏排放因子主要基于表9所列的设施或场站层面的集成排放因子。实际上,由于油气生产、处理、储运等业务都有非常严格的安全生产要求,因此,除设备/组件泄漏外,其他的排放点源有限且集中。例如,本次参观的页岩气生产井场,除法兰、阀门等组件设备甲烷泄漏之外,涉及到集中排放的点源主要为各个气动控制器和脱水器,压缩机,鉴于我国目前油气生产行业设备水平及管理水平基本已经与发达国家相持平,且不同场站关键排放设备数量不同,对于这些集中的排放点或排放设备,基于部分现场测试和操作管理水平校正,可以考虑放空排放源从集成设施或场站层面细化到具体的气动控制器、脱水器、压缩机等关键设备层面,并开发出部分关键设备本地化排放因子。

c)部分甲烷排放源可考虑增加。目前“指南”中的甲烷排放源主要是针对各种可能发生甲烷排放的设施,在“油气勘探”业务环节中考虑了试井作业过程甲烷排放。实际上,除试井活动外,油气生产作业中部分其他活动,如水力压裂完井活动、排液活动等也会产生明显的甲烷排放,“指南”起草时,由于考虑国内油气企业统计水平等因素未将上述排放活动纳入核算范围。随着近年来油气企业统计监测能力的增强及生产趋势的变化,目前对于水力压裂完井活动、排液活动及储罐呼吸等排放源可以考虑增加到核算范围中。