

本月專題

能源部門甲烷排放現況與減量政策概述

魏楷晏¹

摘要

隨著全球對實現淨零碳排放的關注日益增強，各國開始重視甲烷這一全球第二大溫室氣體的減排。能源相關排放為人為甲烷排放的第二大來源，2023 年排放將近 1.3 億噸甲烷，其中約 1.2 億公噸與能源相關，美國和中國排放量位居全球前列。

為了促進甲烷減排技術與政策，美國與歐盟共同發起《全球甲烷承諾》，目標在 2030 年前將甲烷排放量減少到比 2020 年水準低至少 30%。後續各國相繼針對能源甲烷減量發表《能源進口國和出口國聯合聲明》、《石油和天然氣甲烷夥伴關係 2.0》等，共同致力於減少能源部門的甲烷排放。

依據我國 2024 年溫室氣體排放清冊報告，2022 年能源產業燃料燃燒排放 10.2 萬公噸 CO₂e、非燃料燃燒排放量達 33.7 萬公噸 CO₂e，主要源自於天然氣逸散。為減少此類排放，已研訂相關相應的管理辦法，並要求定期進行天然氣管線維護。

儘管各國的減排行動不斷推進，全球石化產業所產生之甲烷排放仍在上升特別是石化燃料生產國，這一現象顯示出減排與經濟發展之間的平衡仍是全球面臨的挑戰。

一、前言

大氣中的溫室氣體主要包括二氧化碳、甲烷、一氧化二氮，其中甲烷為第二大溫室氣體。自工業革命以來，全球約 30% 的氣溫上升歸因於甲烷。儘管甲烷滯留在大氣的時間雖比二氧化碳短，但對全球暖化的影響更為顯著，

¹財團法人台灣綜合研究院高級助理研究員

從溫暖化潛勢(GWP)來看，甲烷在 20 年的時間尺度內，每公噸等同 82 至 87 公噸的二氧化碳，而在 100 年的尺度則相當於 20 公噸二氧化碳。

依據國際能源總署(IEA)統計，全球每年約排放 5.80 億公噸甲烷，其中約有 60%來自人為活動。能源部門是僅次於農業的第二大人為甲烷排放源，以 2023 年為例，全球能源部門排放將近 1.3 億噸甲烷，約占人為排放的 30%。政府間氣候變化專門委員會（IPCC）在其第六次評估報告(AR6)中指出，全球溫室氣體排放需在 2025 年前達峰值，並於 2030 年前減少 43%，其中甲烷需減少三分之一，才有望實現巴黎協定將全球氣溫上升控制在 1.5°C 以內的目標。

鑒於甲烷對氣候的重大影響，美國與歐盟於第 26 屆聯合國氣候變遷大會（COP26）期間共同發起《全球甲烷承諾》（Global Methane Pledge, GMP），截至 2024 年 3 月，已有 158 個國家簽署該承諾，目標在 2030 年前將甲烷排放量減少到比 2020 年至少低 30%，以限制全球暖化於 1.5°C 之內。

二、能源部門甲烷排放現況

甲烷排放的主要來源包括農業、能源、廢棄物等，與能源相關的排放主要來自石油、天然氣、煤炭以及生質能。根據 IEA 統計(圖 1)，2023 年全球約有將近 1.2 億公噸甲烷排放與石化燃料(石油、天然氣、煤炭)有關，另有約 0.1 公噸來自不完全燃燒的生質能。

與石化燃料相關的排放中，石油的排放量最高，約為 0.49 億公噸甲烷，其次為天然氣 (0.29 億公噸)和煤炭(0.4 億公噸)。石油和天然氣的排放主要發生在探勘、開採、運輸和儲存等階段，而煤炭的排放主要來自開採階段。自 2019 年排放量達歷史新高以來，石化燃料供應雖持續擴大，但排放量仍維持在此水準，顯示全球平均甲烷生產強度在此期間略有下降。

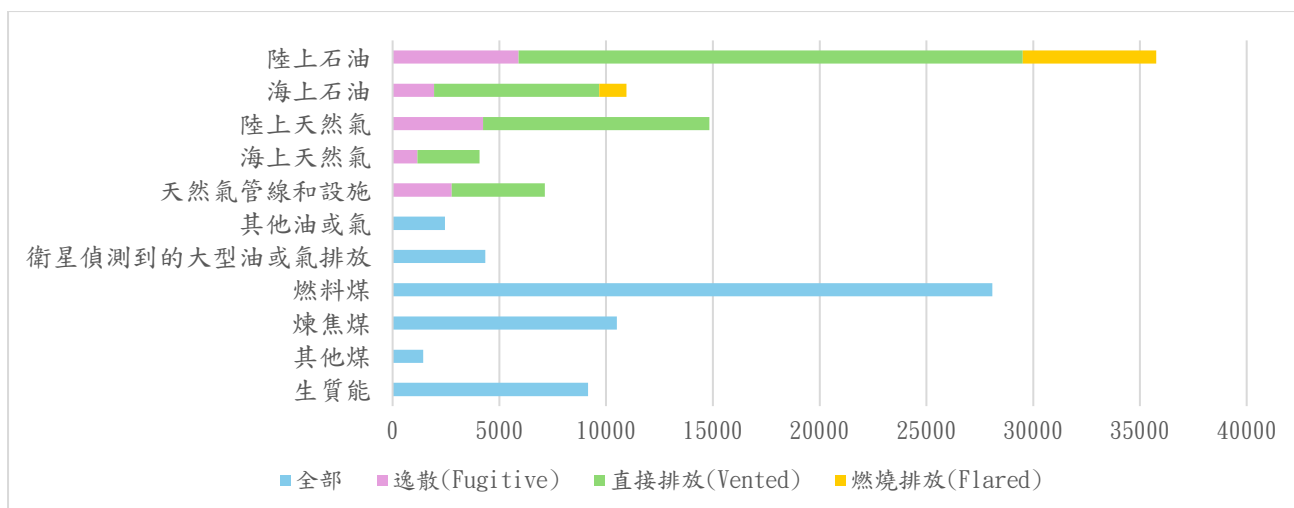


圖 1 - 2023 年全球能源相關甲烷排放來源(單位：千公噸)

資料來源：IEA Methane Tracker

在能源相關甲烷排放中，0.8 億公噸來自全球十大排放國，約占排放量的三分之二。中國與美國為兩大主要排放國，中國的排放主要來自煤炭產業，而美國的排放則集中在石油和天然氣作業，以下為 2023 年兩國的甲烷排放現況概述。

(一) 中國

中國於 2023 年排放約 5,494.6 萬噸甲烷，其中有 2442.3 萬公噸與能源相關，佔全球能源相關甲烷排放的首位。中國的甲烷排放主要來自煤炭產業，約占能源相關排放 86.9% (1956.6 萬公噸)，其中燃料煤相關排放為 1437.5 萬公噸，超過中國全年甲烷排放的四分之一。

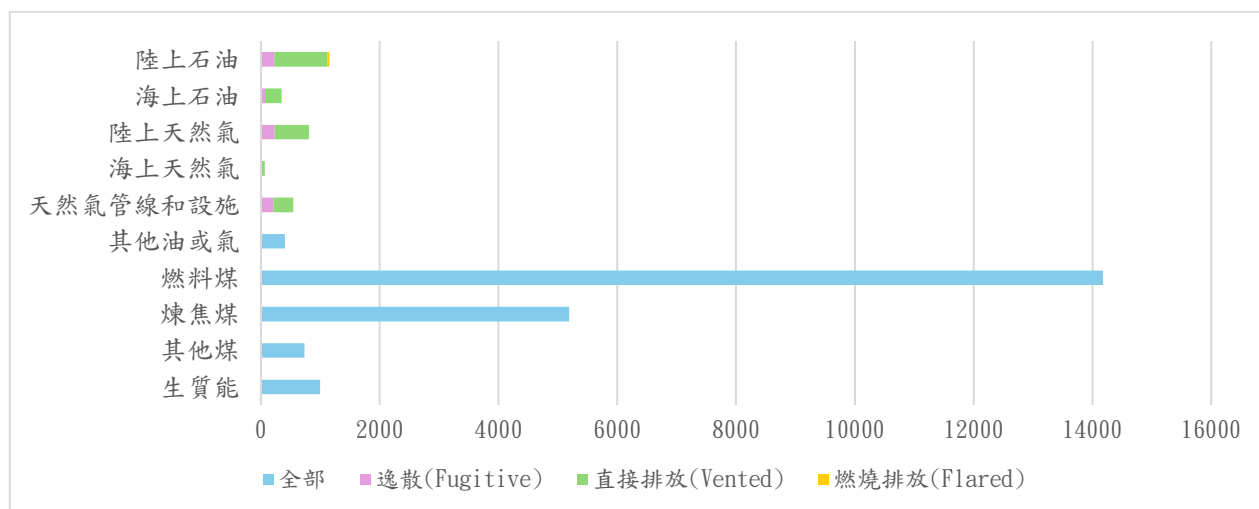


圖 2 - 2023 年中國能源相關甲烷排放來源(單位：千公噸)

資料來源：IEA Methane Tracker

(二)美國

美國於 2023 年排放約 3,125 萬公噸甲烷，當中有 1691.7 萬公噸與能源相關，為全球排放量第二高。美國的甲烷排放主要集中在天然氣和石油作業，約占整體 86%(1399.6 萬噸)，尤其是陸上石油和天然氣的開採，大多來自操作時的刻意排放。

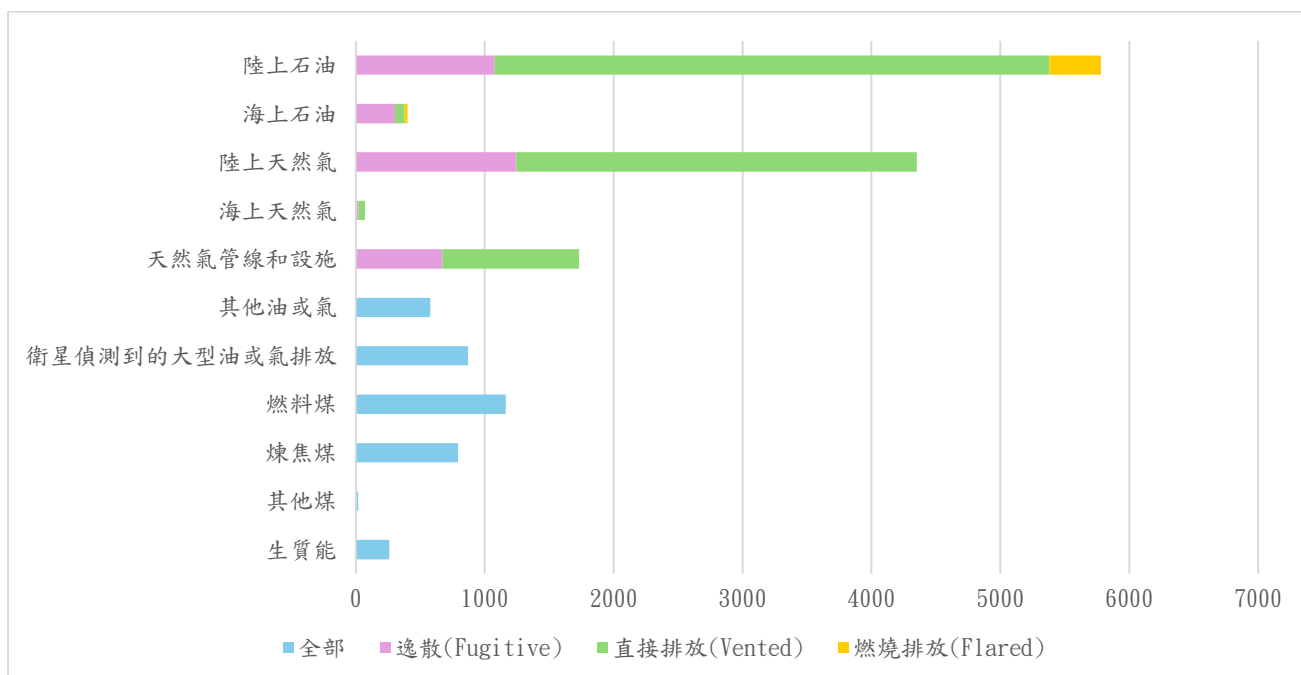


圖 3 - 2023 年美國能源相關甲烷排放來源(單位：千公噸)

資料來源：IEA Methane Tracker

三、甲烷排放減量策略與行動

IPCC 於 2021 年發布第六次評估報告(AR6)中提及，快速且全面控制甲烷等短壽命溫室氣體，是短期內減緩全球暖化速度的有效手段。在 COP26 期間美國與歐盟共同發起《全球甲烷承諾》(Global Methane Pledge, GMP)，促使各國推動甲烷減排、制定行動計畫，並將其納入各國的氣候行動計畫中；後續也相繼出相關的國際行動倡議。以下將介紹國際間的減量行動，以及中國、美國、歐盟在甲烷減排方面的主要策略與行動。

(一)國際減量行動與倡議

1. 全球甲烷承諾(Global Methane Pledge)

該承諾旨在通過減少能源、農業和廢棄物產生的甲烷排放，於 2030 年前將甲烷排放量減少到比 2020 年水準至少低 30%，以達成巴黎協定將

升溫限制在 1.5°C 之內之目標。該承諾旨在促進全球行動，並加強對現有國際甲烷減量措施的支持，從而支持參與國的國內減量行動。截至 2024 年 3 月，全球已有 158 國家簽署，約佔全球甲烷排放的 50%，當中包含歐盟、日本、韓國等甲烷主要消費國，以及伊拉克和沙烏地阿拉伯等主要生產國，唯排放量居高位的中國、俄羅斯及印度未簽署。

2. 能源進口國和出口國聯合聲明(Joint Declaration from Energy Importers and Exporters)

針對減少化石燃料排放，2022 年美國、歐盟、日本等國共同發表《能源進口國和出口國聯合聲明》，為全球甲烷承諾提供進一步的實施行動，以減少能源部門的甲烷排放。行動包含(1)採取政策和措施減少石油和能源業者的甲烷排放、(2)採取政策和法規支援 MRV(Measurement, Reporting, and Verification)並提高數據透明度、(3)建立永續的全球能源市場和甲烷減排價值鏈、(4)提供技術和財政支持能源部門。

3. 石油和天然氣甲烷夥伴關係 2.0(the Oil and Gas Methane Partnership 2.0, OGMP 2.0)

石油和天然氣甲烷夥伴關係 2.0(OGMP 2.0)是聯合國環境署(UNEP)發起的石油和天然氣減排報告計畫，要求參與的企業每年使用最準確的方法和基於科學測量的框架並報告甲烷排放量，制定具體的甲烷減排目標，以及報告進展。透過參與企業提供的數據，建立全球甲烷排放資料庫，有助於追蹤《全球甲烷承諾》的執行進展。

(二)中國

2021 年中國更新國家自主貢獻文件《中國落實國家自主貢獻成效和新目標新舉措》，提出透過控制煤炭產能、提高瓦斯抽採利用率等策略，以達有效控制煤炭、油氣開採的甲烷排放。中國已將甲烷減排納入多項政策文件中，如《中國應對氣候變化國家方案》和《十三五控制溫室氣體排放工作方案》。

大部分的地方政府也積極響應，將甲烷排放控制納入環境政策中。此外，北京和上海等地特別強調重點排放領域的甲烷排放監控、計算、報告和查核體系建置、建立示範工程以及推動排放控制技術創新。

於企業面，政府由上自下推動，鼓勵企業將甲烷排放控制納入營運目標。中國石油化學公司(中國石化)於 2018 年開始執行「綠色企業行動計畫」，提出甲烷回收利用計畫，並於 2021 年宣布以淨零排放作為最終目標。2021 年中國石化等 7 家石油及天然氣業者聯合成立「甲烷排放控制聯盟」，同年 10 家地區天然氣業者共同簽署「中國城市燃氣企業甲烷排放控制倡議書」。

後續於 2023 年 11 月發布的《甲烷排放控制行動方案》，為中國第一份專門針對甲烷排放控制的政策性文件，明確訂定到 2030 年的甲烷排放控制目標，提出加強監控報告和查核體系的建置，在確保能源安全與糧食安全上採取更加有利的政策與措施，期望能將甲烷檢排控制工作邁向新的里程碑。

(三)美國

美國在 2021 年發布了首個針對甲烷減排的計畫，並在第二年發布更新版。在 COP27 上，總統拜登宣布將於跨黨基礎建設法、降低通膨法和年度基金中額外投資 200 億美元於甲烷減排工作。2022 年 8 月通過的《降低通膨法》(the Inflation Reduction Act)，被視為對抗氣候變遷最大的融資計畫，當中包含對推動甲烷減量的鉅額投資，目標將 2030 年甲烷排放量減少至 2005 年水準的 87%。

天然氣和石油為美國甲烷排放的兩大來源，政府針對此提出許多法案與策略。2021 年環保署發布法案，要求石油和天然氣廠需以監管甲烷外洩為重點，減少有害污染物排放和能源浪費，並重新制定基礎設施甲烷排放的限制，包含對現有和新設設施的檢測和維修。2022 年增修《潔淨空氣法》(the Clean Air Act)，加入超級排放者響應計畫(Super-Emitter Response Program)，要求能源營運商對重大排放事件和洩漏的第三方報告負責，亦針對洩漏、逸散與監控裝置提出更嚴格的要求，另增加 15.5 億美元的獎勵措施，支持石油和天然氣產業減少污染。政府另計畫與地方政府、社區、工會以及非政府組織合作，商討甲烷監測系統並辨識城市級的甲烷排放。

排放費亦為甲烷減量的重要政策工具。2021 年於眾議院通過的重建美好法案(Build Back Better Act)中首次提及於法案徵收甲烷排放費

(methane fee)，但法案最終未順利立案。隨後於 2022 年 8 月，美國政府提出對超額排放徵收甲烷費(methane charge)，每噸甲烷收費至少 900 美元，並在兩年內增加至 1,500 美元。且規定 2024 年起須依照環保署溫室氣體排放報告計畫(EPA's Greenhouse Gas Emissions Reporting Program)報告溫室氣體排放狀況，作為石油和天然氣設施的收費基準。

(四)歐盟

歐盟排放交易體系(ETS)和減量責任分配規則(ESR)為歐盟控制溫室氣體排放的兩大工具，ETS 為大型固定排放源(發電廠、工業設施)提供減排誘因，ERS 則限制農業、建築和廢棄物部門的甲烷排放，並設定具有法律約束力的減量目標。

歐盟參與由聯合國環境署管理的(UNEP)石油和天然氣甲烷夥伴關係 2.0 (OGMP 2.0)。於能源領域，歐盟委員會於 2021 年以 OGMP 2.0 框架為基礎，提出 MRV(Measurement, Reporting, and Verification)的立法提案，並尋求與化石燃料購買國(包含韓國、日本)間的結盟關係，以推動國際間的 MRV 標準和減排技術發展，並進一步針對輸入歐盟之能源實施強制性 MRV2.0，以控制所有與能源相關的甲烷排放。此外，55 套案中(Fit for 55)要求能源業者制定 LDAR (Leak, Detection, and Repair) 計畫，並向成員國指定的主管機關報告績效。

四、我國甲烷排放現況與減量策略

(一)我國甲烷排放現況

根據我國溫室氣體排放清冊報告，我國甲烷排放自 1996 年達到峰值後持續持續下降，2022 年溫室氣體總排放量為 2.86 億公噸 CO₂e，其中甲烷排放量為 456 萬噸公噸 CO₂e，約占總排放量 1.60%。其中，農業部門佔 44.97%最多，其次依序為廢棄物部門(36.23%)、能源部門(18.27%)、工業製程及產品使用部門(0.53%)。

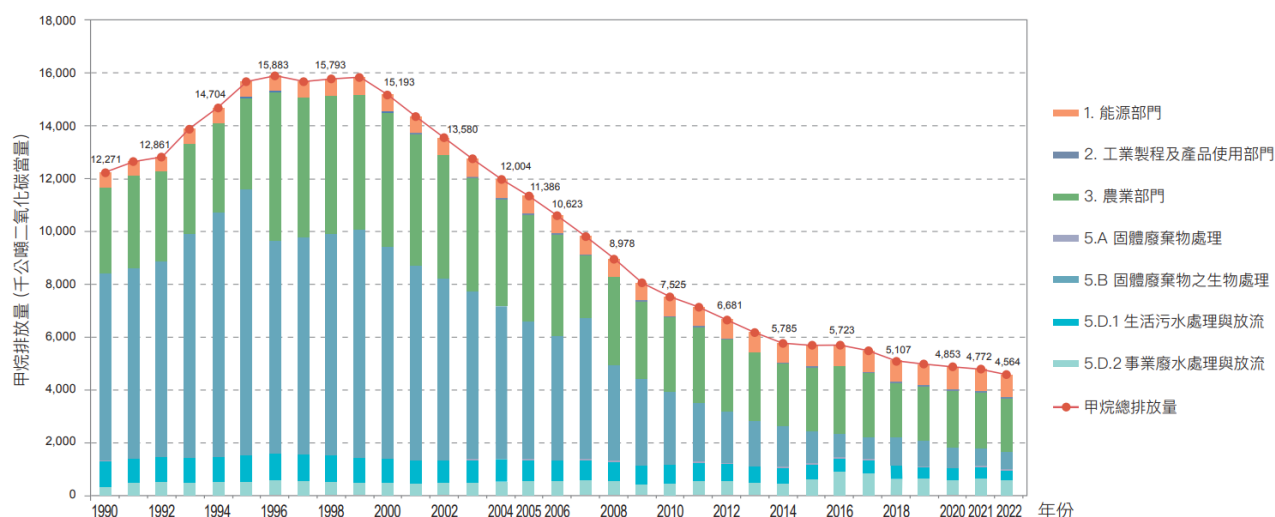


圖 4 - 1990-2022 年我國能源部門甲烷排放趨勢

資料來源：2024 年中華民國溫室氣體排放清冊

能源部門 2022 年溫室氣體總排放量為 2.6 億公噸 CO₂e，甲烷總排放量為 83.4 萬公噸 CO₂e。甲烷排放中，燃料燃燒排放 49.7 萬公噸 CO₂e，以運輸為大宗，能源產業僅排放 10.2 萬公噸 CO₂e (9.5 萬公噸來自發電廠及熱能工廠、5 萬公噸來自石油煉製)。非燃料燃燒甲烷排放量則為 33.7 萬公噸 CO₂e，其中 0.7 萬公噸 CO₂e 來自於石油(精煉占 97%)，33 萬公噸 CO₂e 來自天然氣(運輸與儲存 63%、配送 35%)，無來自煤炭相關排放。

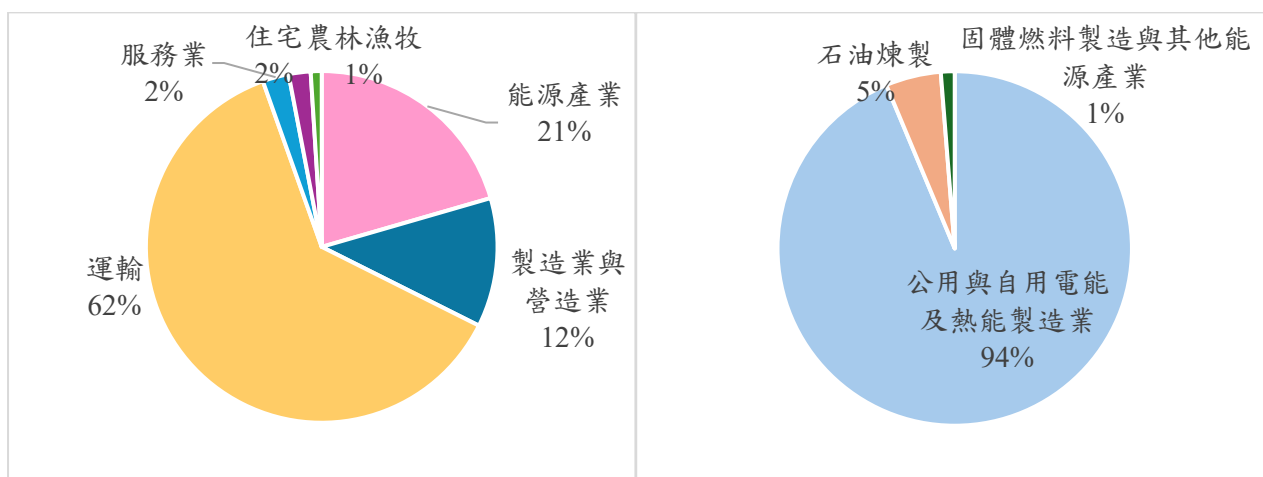


圖 5 - 2022 年能源部門(左)及能源產業(右)甲烷燃料燃燒排放占比

資料來源：2024 年中華民國溫室氣體排放清冊

(二)我國能源部門甲烷減量策略

由於我國自產化石能源有限，仰賴從國外進口，國內自 2001 年起停

止生產煤炭後，就無因開採所產生之甲烷排放。國內排放主要來自於天然氣的運輸與儲存、以及配送所造成之逸散。為減少天然氣逸散與確保管線運輸安全，已研訂相關辦法要求定期進行天然氣管線維護，包含定期維修汰換、建置地理資訊系統、管線巡管業務及管線管理稽查等。另針對長途輸油氣管線管理，中油公司成立「長途管線全面檢查專案小組」，辦理檢討及修訂長途管線管理之業務，掌控長途管線之設置、操作、檢測及維修狀態等。

五、小結

隨著淨零碳排的壓力加劇，僅關注於二氧化碳減量顯然已不足，各國紛紛將目光進一步望向甲烷減量。《全球甲烷承諾》的推出標誌著全球合作減排進入新階段，促進了國際間減排協議的進展以及各國甲烷減量計畫和技術的推動。

我國因無生產石化燃料，能源相關的甲烷排放少，當中多來自於天然氣運輸、配送、儲存的逸散。雖然排放量有限，我國仍制定了相關政策，要求加強天然氣管道的監測和維護，以減少逸散排放。

就目前為止，全球石化產業的甲烷排放在過去三年仍呈現上升趨勢，尤其是在中國、東南亞等煤炭、石油或天然氣生產國，與 2030 年減量 30%(相較 2020 年)的目標背道而馳。對於此類國家，如何在經濟發展和溫室氣體減排之間取得平衡，將是這些國家面臨的主要挑戰。近期，美國宣布有意在 COP29 會議上與中國舉行氣候峰會，探討包括甲烷在內的非二氧化碳溫室氣體的減排政策，這兩大甲烷排放國是否能夠帶頭實施強有力的減排措施，將是全球甲烷減量行動的重要指標。

參考文獻

1. Global Methane Pledge, <https://www.globalmethanepledge.org/#pledges>
2. Methane Tracker, International Energy Agency(IEA),
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/methane-tracker>.
3. 2024 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告，環境部氣候變遷署，
https://www.cpc.com.tw/csr/News_Content.aspx?n=2599&s=2332
4. 中油 CSR 發展專區，台灣中油股份有限公司，
<https://www.cpc.com.tw/csr/Default.aspx>
5. 甲烷排放控制與資源化利用報告(摘要版)，中華人民共和國生態環境部環境與經濟政策研究中心
6. 專家解讀 | 推動我國甲烷排放控制邁上新臺階，中華人民共和國環境生態部，
https://www.mee.gov.cn/zcwj/zcjd/202311/t20231110_1055711.shtml