

「礦業與砂石資源永續開發科技策略計畫
畫
(3/3)
之礦業減碳創新技術開發研究」

附件十九、
減碳建議書



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

中華民國 114 年 12 月



經濟部地質調查及礦業管理中心

GEOLOGICAL SURVEY and MINING MANAGEMENT AGENCY, MINISTRY of ECONOMIC AFFAIRS

台灣礦業減碳建議書



中華民國 114 年 12 月

關於本減碳建議書

本減碳建議書為地質調查及礦業管理中心「礦業與砂石資源永續開發科技策略計畫之礦業減碳創新技術開發研究」三年期計畫執行成果，為國內推動礦業低碳轉型與永續經營之重要階段性成果。計畫自112年度啟動，針對礦業碳排放現況調查、減碳技術評估及策略建議之整合應用，並逐步累積礦場減碳推動之實證資料與國際接軌基礎。

本減碳建議書主要目的在於整合國際減碳經驗與國內礦場實務需求，提出具有可行性之減碳策略與技術建議，供國內礦業界作為技術導入之參考依據。透過深入分析國內外案例，對照我國礦場作業特性與碳排熱點，歸納各類礦種、作業方式與運輸流程中可能的減碳機會點，並提出可行技術作法與管理建議。

報告內容主要包括：

1. 國外礦場減碳方法與實施案例分析，說明其成功關鍵與應用技術
2. 國內礦場碳排熱點調查與主要影響因子比較
3. 國內產官學界於諮詢會議所提出之建議與觀點
4. 彙整並提出具備國內適用性的礦場減碳可行技術與推動策略

透過本減碳建議書，期能建立我國礦業減碳推動之技術參考體系，強化礦業部門在2050淨零轉型政策下的應變能力與永續競爭力，並促進產業、政府與學術界之減碳合作，形成具實效之碳管理行動架構。

目錄

一、前言	1
二、國際礦場減碳趨勢	3
三、國內礦場碳排趨勢	11
四、國內礦場減碳策略與建議	17
五、礦場減碳成果展望	27
六、結語	31
附件一、自願減量方法學	A01-1
附件二、碳議題相關行政獎勵措施彙整	A02-1

一、前言

面對氣候變遷帶來的嚴峻挑戰，全球政府與企業紛紛加速推動減碳行動，以邁向永續發展。我國亦於 2022 年 3 月公布《臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明》，從能源、產業、生活與社會四大面向推動轉型，逐步實現 2050 淨零排放之目標。礦業與砂石開發為民生必需產業，其減碳潛力與技術導入迫切性日益受到關注。

礦產品在國內基礎建設與工業應用中扮演重要角色，從開採、加工、運輸至最終用途，均需要大量能源消耗及設備運作。開採作業中所使用之重型機具多仰賴柴油動力，爆破及碎礦等過程亦伴隨一定程度之碳排放。加上對交通運輸與電力系統之依賴，使得礦業在國內碳足跡中佔有不可忽視的比重。

為回應淨零政策需求，地質調查及礦業管理中心（以下簡稱地礦中心）自 112 年度啟動「礦業與砂石資源永續開發科技策略計畫之礦業減碳創新技術開發研究」，針對典型礦種與作業流程進行碳排盤查、熱點分析與減碳策略研究，系統性探討可行的低碳技術路徑。作為計畫的重要成果之一，本減碳建議書旨在統整國內礦場碳排放現況，結合國際成功案例與專家諮詢結果，提出具備可操作性與國內適用性的減碳技術與管理建議。

本減碳建議書以礦場實務中的「碳排放來源」為切入點，依據國內相關礦場碳排資料進行熱點與影響因子分析，輔以國外減碳技術經驗、國內產官學意見及現場作業條件，提出具可行性之減碳行動方案。希望藉此為我國礦業在邁向 2050 淨零的轉型進程中，提供具體可行的技術參考，協助業者強化碳管理能量與推動永續發展。

二、國際礦場減碳趨勢

本章旨在彙整具代表性的國外礦場減碳作為，藉由比較不同礦種、開採方式與運輸能耗結構，歸納可供我國礦業參考的關鍵策略。案例選取原則包括：(一)採礦鏈生命週期中具備可量化或可複製之節能減碳措施；(二)其操作條件(如礦種、規模、法規環境)與臺灣相近；(三)具備公開技術與營運資料，或於產業報告中被廣泛引用。整體觀察顯示，國際礦業先行者多以「動力電動化與輸運減排」、「運具與路線結構調整」、「設備效率提升與空轉抑制」、「流程智慧化(IoT/AI/APS)」及「再生能源導入」等主軸，形成多管齊下的系統性減碳路徑。在實務推動上，相關技術投資往往與作業流程再設計同步進行，並搭配完善的數據監測管理機制、維運能力建構與人員培訓措施，以確保長期成效與持續改善。具體可供國內礦場參考的國際案例彙整如表 1。

表 1 本減碳建議書參考之國外減碳策略礦場列表

案例/國別	礦種/特色	主要減碳手段	可借鏡於臺灣	潛在瓶頸
三輪礦場 /日本	石灰石/聯合開採	地下豎井配合輸送帶、鐵路外運、IoT 流程管理	大理石原料石大型礦：長距離運輸改以輸送帶與鐵路承擔主運量	初期資本高、需長期維運能量
東谷礦場 /日本	石灰石/長距離輸送帶	12km 封閉式輸送帶取代長距離車輛運輸、破碎篩分製程導入節電控制系統、機具電動化	山區運輸可評估「局部固定輸送+短程車隊」的混成模式，替代重車上坡運輸、固定製程全面變頻與設備電動化	初期資本高、路權需求大、礦場供電與維運能力須同步提升
斯普魯斯派恩礦區(Spruce Pine)/美國	矽砂/全球最大高純度矽砂產地	IoT 管理，以 AI 儀表板監控並調整作業餐數，提高設備效能、再生能源使用	導入 IoT 管理系統、建置小型再生能源設備	管理人員訓練需求高
塔索斯礦場(Thassos)/希臘	大理石石材	鋸切工法與階段面規劃優化減少二次加工、綠電與再生能源使用	切割技術、增加綠電	切割設備維護成本高
艾提克礦場(Aitik)/瑞典	銅礦/低品位高開採效率	混合動力卡車及上坡電纜吊架系統、Mine Optimize 優化作業系統	混合動力卡車、礦場電纜吊架系統	適合運輸需求大之礦場、初期投資電纜吊架成本高
卡拉加斯礦場(Carajás)/巴西	鐵礦/全球最大的露天鐵礦	無卡車運輸、自動化與電動化設備、近全綠電供應、植被復育	以輸送替代長距離運輸	初期投資成本高、需設置備援運輸以降低停擺風險
奧林匹克壩礦場(Olympic Dam)/南非	多金屬礦/露天地下同時開採	地下開採機具電動化、優化開採排程作業、使用再生能源	地下礦場優先替換電動化設備，降低柴油顆粒物排放，減少扇風機	電力來源需配合支援
戈夫礦場(Gove)/	鋁土礦/全	建置 10.5 兆瓦太	建立礦場嚴格廢	-

案例/國別	礦種/特色	主要減碳手段	可借鏡於臺灣	潛在瓶頸
澳洲	球主要鋁土產地	陽能發電廠、生態復育、廢棄物管理及循環使用	棄物管理及循環利用政策	
丘基卡馬塔礦場 (Chuquicamata)/ 智利	銅／露天轉地下開採	改進設備與流程以提升能源使用效率、控制空氣品質	改善開採設備及優化作業流程	更換設備需投入額外成本

國外礦場減碳案例說明如下，詳細內容可參考地礦中心「礦業與砂石資源永續開發科技策略計畫之礦業減碳創新技術開發研究」研究報告。

一、三輪礦場(石灰石，日本)

三輪礦場採「聯合開採」方式以提升運輸效率並共享運輸道路，並透過「豎井+固定式破碎與輸送帶+鐵路外運」的整合運輸系統，大幅降低長距公路運輸中柴油卡車的使用比例，提升整體作業操控性與能源效率。根據德國環境署公布資料顯示，鐵路運輸的碳排放約為卡車運輸的 1/4 (鐵路:33 g/t·km; 卡車運輸 126 g/t·km)。此外，礦場導入物聯網 (IoT) 與人工智慧 (AI) 監測系統，能即時掌握設備運行參數，如燃料消耗、空載運行時間與設備負荷，並優化運輸動線與作業排程。該模式對我國運需需求量大之礦場具高度參考性，但需評估投資成本與維運能量。

二、 東谷礦場(石灰石，日本)

利用 12km 長距離封閉式輸送帶連接至加工廠，並全面導入變頻電動化設備以取代傳統柴油動力，大幅降低化石燃料使用與運輸排放。根據日本環境省與德國環境署數據，輸送帶每噸公里的二氧化碳排放量為 20 g/t·km，而柴油卡車為 126 g/t·km，東谷礦場每年可減少約 12,000 噸二氧化碳排放。東谷礦場「長距輸送帶＋短程車隊配合電氣化設備更新」的混成結構使轉型風險可控、投資可分期，適合國內礦場做過渡方案。

三、 Spruce Pine 斯普魯斯派恩矽砂礦區(矽砂礦，美國)

與 Faktion 公司合作於設備導入 AI 儀表板，可提升約 5% 生產效率，同時降低能源消耗約 12%。透過人工智慧的預測分析功能，可提前 7 至 14 天預警設備潛在故障，減少突發停機與維修損失。礦場能源結構中約有 30% 來自風能與太陽能等外部綠電，另有 20% 的電力由礦區與廠區內自設再生能源系統供應，包括屋頂與地面式太陽能板、小型風力渦輪機等。該太陽能系統年發電量約 3,000 MWh，可滿足礦場全年電力需求的約 15%，並直接減少約 2,100 公噸二氧化碳排放。此綜合減碳模式，具高度可複製性，對我國矽砂礦及非金屬礦產供應鏈極具參考價值。

四、 Thassos 塔索斯礦場 (大理石石材，希臘)

塔索斯礦場位於希臘愛琴海的塔索斯島 (Thassos Island)，以生產高純度純白大理石聞名，為全球代表性建築石材產地之一。礦場以階段面鋸切優化提高一次切方成功率、縮短塊材從切離到裝載的動線(詳圖 1)。結合場內循環水系統與剩料再利用，兼顧能耗與環境績效。此「切割參數+動線管理+水循環」的成套作法，對國內石材礦直接適配。



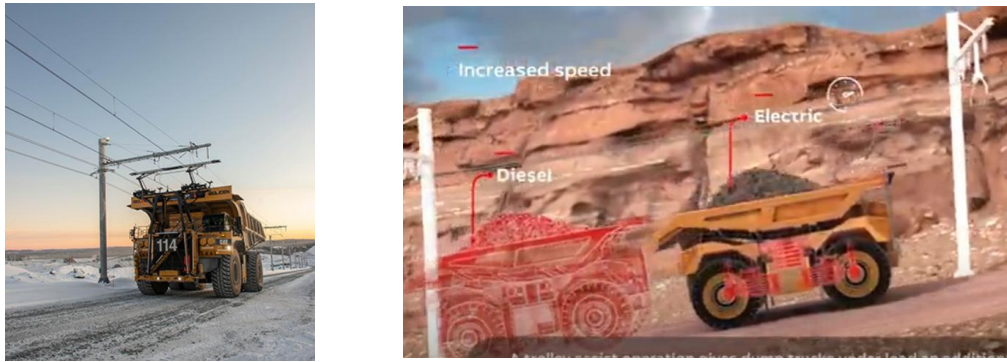
資料來源：伊克蒂諾斯希臘集團官網

圖 1 塔索斯礦場開採階段面及鏟裝裝車圖

五、 Aitik 艾提克礦場(銅礦，瑞典)

使用柴油-電力混合動力卡車和電纜吊架系統。混合動力的卡車在部分路段由道路上方架設的電纜系統提供電力，另外在需要時亦可切換到柴油動力(詳圖 2)。艾提克礦場每年運輸約 7,000 萬公噸礦石，此油電運輸系統每年約可節省約 83 萬公升的柴油

(Global Mining, 2022)。礦場也引入自動化和數位化技術，如 ABB 的 Mine Optimize 系統，以優化能源使用。此系統以自動化和遠程監控，無需人工干預，提高安全性。



資料來源：Abb 官網及官方 YOUTUBE

圖 2 艾提克礦場使用的混合動卡車及電纜吊架系統示意圖

六、 Carajás 卡拉加斯礦場(鐵礦，巴西)

由於卡拉加斯礦場位於亞馬遜雨林，礦場採用無卡車運輸系統，以輸送帶完全取代柴油卡車以減少碳排放。配合使用水力發電的再生能源，並投資建置礦場的環保基礎設施，可提升資源利用效率和減少環境影響，以確保礦區在開採過程中對環境的影響降到最低。

七、 Olympic Dam 奧林匹克壩礦場(多金屬礦，澳洲)

為 BHP 集團旗下同時包含露天及地下開採作業的多金屬礦場。礦場透過優化採礦和加工過程中的能源使用來減少碳排放，例如

礦場採用更高效率和先進技術及開採流程，減少能耗。BHP 集團於奧林匹克壩礦場使用 16 台全電動地下鑽孔機 Epiroc Boomer M2 Jumbo。自擁有 210 兆瓦風電和 110 兆瓦大型太陽能發電設施的 Port Augusta 再生能源區購買電力。計畫到 2025 年將其電力消耗中的 50%轉換為再生能源(International Mining, 2021)。

八、 Gove 戈夫礦場(鋁土礦，澳洲)

Rio Tinto 集團在 Gove 半島建設兩個 10.5 兆瓦的太陽能發電廠。預計減少礦場約 17%的年度柴油消耗，相當於每年減少碳排放約 12,000 噸。進行土地復墾和生態復育工作，為未來的碳中和目標奠定基礎

九、 Chuquicamata 丘基卡馬塔礦場(銅礦，智利)

正在從露天開採轉向地下開採。這一轉變不僅延長了礦場的壽命，還減少了露天開採帶來的環境影響，包括土地使用和碳排放。通過改進採礦設備和流程，減少能源消耗並降低碳排放。新技術和優化的生產流程有助於提高能源利用效率，減少礦場的碳足跡。

三、國內礦場碳排趨勢

為有效制定礦場減碳策略，首要任務是掌握國內礦場的碳排放現況與分布特性。礦場之碳排放受多重因素影響，包括礦物種類、開採方式、能源使用型態、運輸距離及管理制度等。不同礦種與作業模式所造成的能源需求與排放結構差異顯著，必須透過實證數據加以分析。本減碳建議書於民國 112 年至 114 年間，針對全臺礦場自願提供之 28 筆年度碳排放資料，資料涵蓋多種礦種類型，包括大理石原料石、蛇紋石原料石、蛇紋石石材、矽砂與雲母礦等，能充分反映國內主要礦業的能源結構與排放差異。整體礦種分布比例如圖 3 所示。

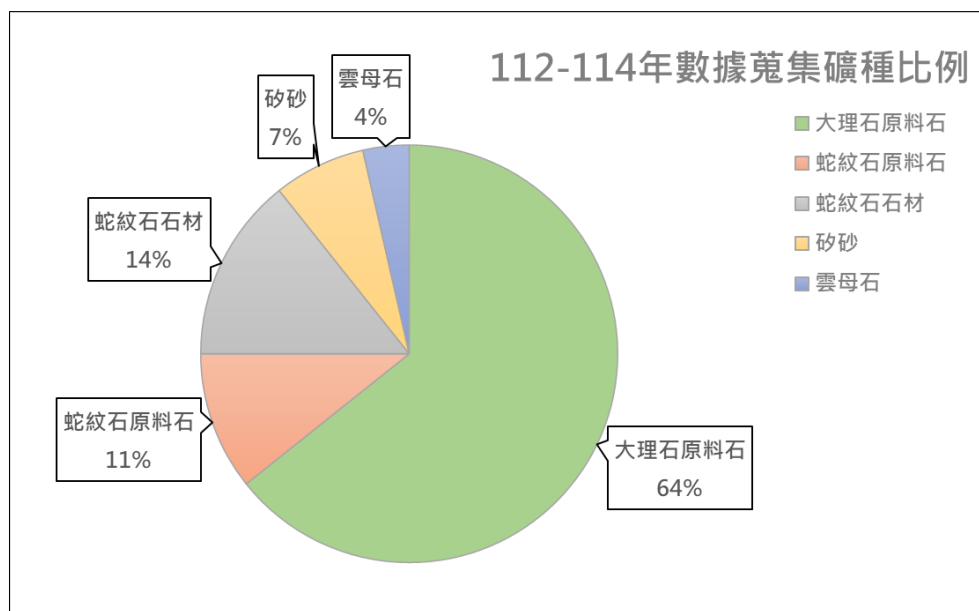


圖 3 本減碳建議書國內礦場數據蒐集礦種比例圖

本減碳建議書以「整年度」為時間單位，建置各礦場之碳排放盤查與熱點辨識流程。首先，明確界定系統邊界，涵蓋開採、破碎、運輸、加工及場內支援等主要環節，並彙整年度營運資料，包括：

- 作業流程與設備清冊
- 年度開採量（與各產品產量）
- 能資源（用電量、柴油與汽油用量）
- 原物料（炸藥等）
- 製程保養耗材（潤滑油）
- 廠區作業人員配置與工時
- 礦山復育面積

資料來源區分為一級數據（提供佐證單據）與二級數據（廠商提供），並依清冊逐筆檢核，執行邏輯一致性檢查與質量平衡（如炸藥投放量與爆破循環、燃油消耗與設備運轉時數、電力用量與產線開機時程之對照），以提升盤查之完整性與可置信度。

排放係數採用「產品碳足跡資訊網」及「工研院 DoItPro」資料庫之在地係數。為呈現產品層級趨勢，依功能單位（生產每公噸礦石）進行投入產出分配。彙整各活動數據之年排放量與單位產品排放，進行碳足跡佔比分析。彙整國內礦場碳排熱點分析詳如表 2 所示、礦產品碳

足跡區間分佈比例詳如圖 4。

表 2 國內礦場碳排熱點分析表

現地調查礦場		
礦場名稱	礦種	主要碳排熱點
A 礦場	大理石(原料石)	總用電(破碎、搬運)
B 礦場	矽砂	柴油(鏟裝)
D 礦場	大理石	柴油(鑽孔、爆破、運輸)
Q 石礦	蛇紋石(石材)	柴油(鑽孔、發電、運輸)
O 石礦	蛇紋石(原料石)	柴油(鏟裝、破碎)
T 礦場	矽砂	柴油(鏟裝)
H 石礦	大理石(原料石)	柴油(鏟裝)
U 石礦	雲母石	柴油
R 礦場	蛇紋石 (石材)	柴油
P 礦場	蛇紋石(原料石)	柴油(鏟裝、運輸)
資料蒐集礦場		
B 礦場	大理石原料石	總用電(運輸)
C 礦場	矽砂	柴油(鑽孔、鏟裝、運輸)
E 礦場	大理石原料石	柴油(鏟裝)
F 礦場	大理石原料石	柴油(鑽孔、鏟裝、運輸)
G 礦場	大理石原料石	柴油(鑽孔、鏟裝、運輸)
I 礦場	大理石原料石	柴油(爆破、鏟裝、運輸)
J 礦場	大理石原料石	柴油(爆破、鏟裝、運輸)
K 礦場	大理石原料石	柴油(爆破、鏟裝、運輸)
L 礦場	大理石原料石	柴油(鏟裝)
M 礦場	大理石原料石	柴油(運輸)
N 礦場	大理石原料石	柴油(運輸)

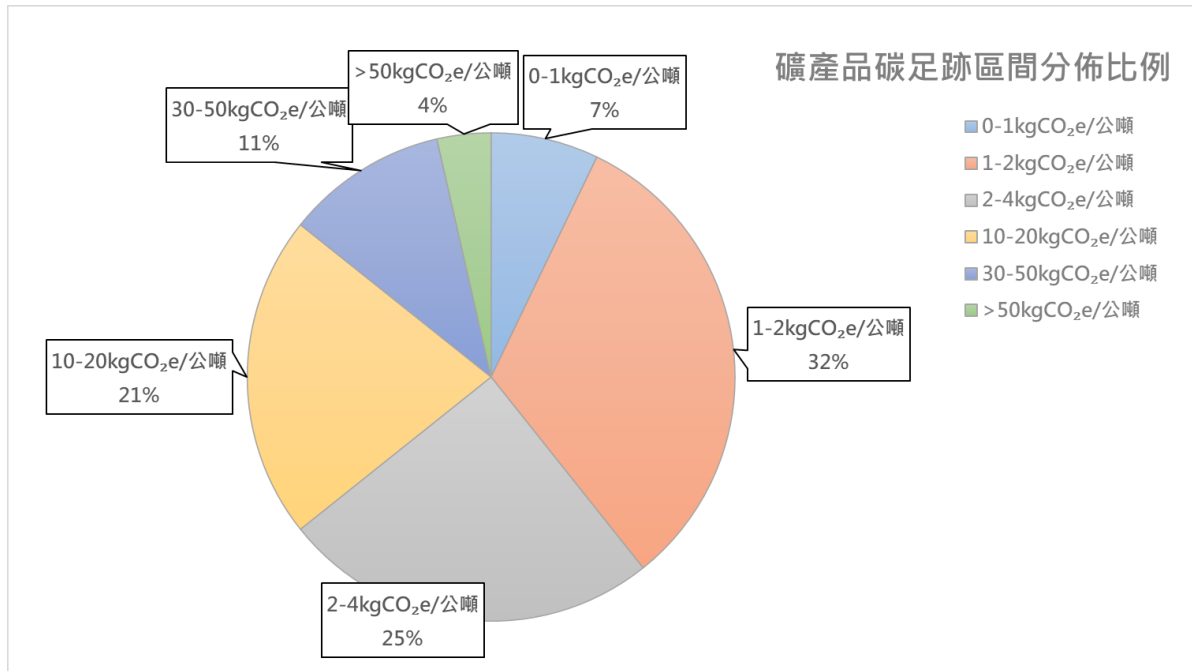


圖 4 國內礦產品碳足跡區間分佈比例圖

依調查結果進一步彙整 112-114 年間盤查及蒐集的數據進行彙整分析，以下將依礦產品種類、開採規模及運輸方式進行說明。

一、 礦產品種類

依礦種區分，碳足跡平均如下：

- 大理石原料石：2.4411 kg CO₂ e/公噸
- 蛇紋石原料石：29.3203 kg CO₂ e/公噸
- 蛇紋石石材：11.9451 kg CO₂ e/公噸
- 矽砂：56.4532 kg CO₂ e/公噸
- 雲母：46.1416 kg CO₂ e/公噸

矽砂礦以挖土機直接開採礦體，無需使用炸藥，亦不涉及鑽孔

與爆破作業流程。根據盤查結果，矽砂礦的平均碳足跡為所有受調礦種中最高，約 95% 的碳排放熱點集中於開採階段，主要來自挖掘、鏟裝及短程運輸等柴油燃料消耗活動。進一步分析顯示，矽砂礦作業易受天候條件限制，雨季期間常因道路泥濘而無法正常開採，需待天氣好轉後進行場地整平作業。此期間機具多以低效率的整地與修復作業為主，導致單位產量下的燃料消耗增加，為矽砂礦碳足跡顯著高於其他礦種之主要原因。

二、 開採規模（針對大理石原料石）

- 100 萬公噸以上規模：平均 1.5947 kg CO₂ e/公噸
- 50~100 萬公噸規模：平均 1.6886 kg CO₂ e/公噸
- 20 萬公噸以下規模：平均 4.5103 kg CO₂ e/公噸

顯見小規模礦場的碳足跡較高，主因為柴油使用效率較低及固定成本的分攤比例較大。

三、 運輸方式（針對大理石原料石）

- 索道運輸：1.4822 kg CO₂ e/公噸
- 豎井運輸：1.8711 kg CO₂ e/公噸
- 卡車運輸：2.8557 kg CO₂ e/公噸

採用豎井或索道運輸的礦場，其碳足跡明顯低於柴油動力卡

車運輸的礦場，顯示以電力為動能的運輸系統能有效降低碳排放。

然而，電力驅動的運輸系統需較高的建置成本，適用於具一定規模的礦場。

四、國內礦場減碳策略與建議

礦場碳排放主要來源於開採、運輸與加工等作業環節中大量的能源消耗，尤其以化石燃料使用為主。隨著全球邁向低碳經濟轉型，採礦業必須採取積極措施降低碳足跡，以維持市場競爭力並確保永續經營。在制定減碳策略時，須考量我國礦業的地理條件、環境限制與經濟結構。由於臺灣缺乏具商業化規模的金屬礦產，礦業活動主要集中於非金屬礦，如大理石、蛇紋石、矽砂及黏土等，其生產特性與能源需求模式與國際大型金屬礦場明顯不同，需建立在地化的減碳路徑。

國內礦場的減碳轉型涉及設備更換與能源基礎設施升級，屬於中長期推動工程，宜以階段性發展策略為原則，兼顧技術可行性與經濟負擔。從國內礦場碳足跡盤查與熱點分析結果中顯示：

- 主要碳排來源 為機具使用能源的直接排放（如挖掘、鏟裝、運輸等）
- 次要碳排來源 為製程與公共設施之間接用電排放

因此，建議國內礦場之減碳策略為設備與運輸系統電動化、優化採礦作業及導入使用再生能源三個面向。

一、設備與運輸系統電動化

礦場作業階段中，設備與運輸系統為碳排放的主要來源，特別是以

柴油為動力的挖掘、鏟裝與運輸機具。透過汰換老舊設備、導入電動化技術及配套基礎設施，可有效降低燃料消耗與碳排放，並逐步朝低碳化運輸體系轉型。

1. 評估需求及節能效益，汰換老舊耗能設備

國內多數礦場經營歷史悠久，業者基於成本考量，機具設備往往長期使用而缺乏更新動力。老舊設備普遍存在效率低、能耗高及維護成本上升等問題，已成為碳排熱點的主要來源。

建議可參考國內綠色融資機制與節能設備補助方案，汰換老舊設備為高效率或節能型機具，例如導入具燃料節省與排放監控功能的新型引擎、變頻馬達或智慧操作系統。此舉除可直接降低礦產品碳足跡外，亦有助於提升作業穩定性與維運效率。

2. 導入電動化機具與運輸設備

我國礦場碳排放熱點主要集中於運輸卡車、鏟裝機與破碎機等柴油機具設備。針對大型或運輸距離長之礦場，可優先評估以輸送帶取代柴油卡車，降低怠速與空載往返能耗。小型或短距運輸之礦場，可針對現有電氣設備導入高效率變頻控制器並逐漸引進電動卡車。惟須注意，電池充電時間較加油時間長，將使典型礦用卡車作業效率下降約 12.5%；且電池重量可能為柴油引擎與油箱總重量的

兩至三倍，導致可載礦量減少。

因此，在全面電動化前，宜同步評估充電基礎設施、電網容量與作業調度模式。國內礦業投資者亦可透過政府支援充電樁設置與專區電力配置，降低導入初期的轉型成本，類似於現行電動車推動計畫的基礎設施思維。

目前國內礦用電動化設備市場仍處於初期階段，存在產能不足與價格偏高的問題，難以滿足實際作業需求。以業界經驗為例：引進 VOLVO 電動運輸卡車，裝載量僅為 20 公噸，難應用於大型礦場。CATERPILLAR 的第一款大型礦用電動卡車（CAT 793，裝載量約 50 公噸）雖然備受關注，但量產時程未定。

二、 優化開採作業

1. 物聯網與人工智能技術

在礦業領域中，物聯網(Internet of Things, 以下簡稱 IoT)及人工智能(Artificial Intelligence, 以下簡稱 AI) 已成為全球礦業提升效率與減碳的重要技術核心。其應用模式為：透過車載與設備感測器(如 GPS 接收器、加速度計、溫度與壓力感測器、影像鏡頭等)即時監測作業狀態，並將數據傳輸至雲端平台，再結合大數據分析進行整體作業優化。

AI 演算法可藉由持續學習設備運行資料，以預測潛在故障、減少非計畫停機、優化燃料使用，甚至能透過智能控制器自動調整操作模式，以達到最佳能效與減排效果。此類系統的導入可同時提升生產效率與安全性，並為礦場後續推動數位孿生（Digital Twin）或智慧監控奠定基礎。然而，IoT 與 AI 技術的推動須同時具備硬體建置與軟體分析平台之整合能力。初期投資包含感測器布設、數據伺服器、AI 分析模組與網路連線設施，對中小型礦場而言可能形成財務負擔。

在成本面評估方面，根據 Boliden 公司（2019–2023）永續發展報告，智慧採礦系統的建置與維運成本主要分為三大類：

1. 硬體設備成本：包括感測器、通訊模組、伺服器與數據採集系統
2. 軟體與資料分析平台：涵蓋 AI 模型開發、可視化儀表板與數據儲存
3. 技術服務與維運成本：如雲端運算費用、系統維護及人員訓練

以年產量約 500 萬公噸 的國內礦場為例，參考 Global Information 發布之智慧採礦市場分析（涵蓋硬體、軟體與服務三構面），可推估 IoT/AI 系統導入之設置與營運成本，詳列於表 3。

此資料可作為國內礦業導入智慧化技術的經濟評估參考依據。

表 3 Aitik 礦場及國內礦場 IOT 及 AI 技術成本評估分析表

	項目	說明	艾提克礦場	國內礦場
			金額(台幣)	金額(台幣)
初期設備成本	硬體設備	IoT 傳感器、數據伺服器、網絡及其他基礎設施	1,600-2,880 萬	1,910-4,392 萬
	軟體平台	分析平台及預測模型的成本，涉及購買數據分析和機器學習軟體許可或開發專用平台	640-1,600 萬	480-1,280 萬
	人力資源	專業人員的招聘和培訓成本，包括數據工程師和 AI 開發人員等	480-950 萬	320-800 萬
	安裝測試	安裝與測試階段衍生的費用	320-640 萬	160-480 萬
合計			3,040-6,070 萬	2,870-6,952 萬
營運維護成本	設備維護	IoT 傳感器和伺服器等硬體設備的維護和更換費用	160-320 萬	96-480 萬
	數據存儲和處理	數據平台運行和雲端存儲的費用 (如使用 AWS、Azure 等雲服務)	320-640 萬	160-480 萬
	技術支持與升級	技術支持人員及系統升級費用	256-480 萬	96-384 萬
合計			736-1,440 萬	352-1,344 萬

2. 數位模擬優化技術

數位模擬技術 (Digital Simulation Technology) 可透過電腦軟體

建立礦場的三維運行模型，模擬實際採礦、生產與運輸過程，以評估不同作業條件下的效率、能源消耗與成本效益。此技術能使管理人員在虛擬環境中調整生產參數、排程模式與設備配置，並透過軟體運算分析結果，找出最佳化的運營策略，達到降低能源使用與提升產能效率的目的。

常用的礦場作業模擬與優化軟體包括 Whittle™、Datamine、MinePlan 與 MineSight 等，皆能支援採礦設計、運輸調度、能源管理與成本分析等多項功能。這些系統能整合地質模型、開採進度與經濟參數，為礦場提供即時決策依據，進而降低人為判斷誤差與非計畫性能源浪費。

透過國內某礦場進行現地試驗分析結果，該試驗共分三個階段進行：

- 場次一：蒐集紀錄礦場原始現地監測數據；
- 場次二：使用 Whittle™ 軟體建立礦場作業模型，進行生產條件模擬與優化
- 場次三：依據模擬優化結果調整實際作業參數，並進行現地試驗監測。

各階段結果對比顯示，模擬優化後之作業在能源效率、運輸動

線與人員調度上均顯著改善。詳細數據與效益分析如表 4 所示，可作為國內礦場導入數位模擬技術進行作業優化與減碳評估之參考依據。

表 4 國內某礦場以軟體 Whittle™ 優化作業減碳效益耗能分析表

機具設備	場次 1 油耗量 (現地監測)		場次 1A 油耗量 (模擬優化)		場次 1B 油耗量 (現地試驗)	
	總(L)	(%)	總(L)	(%)	總(L)	(%)
鑽機	200	7.45	200	8.49	200	8.75
挖土機	1045	38.92	938	39.80	838	36.64
卡車	1440	53.63	1219	51.72	1249	54.61
開採礦量	12,296 tons		12,296 tons		11,474 tons	
平均油耗	0.21836(L/ton)		0.19169 (L/ton)		0.19932(L/ton)	
減碳效益	-		12.22%		8.72%	

三、 導入使用再生能源

目前我國獲取綠電方式可分為建置再生能源發電設備及外購再生能源電力，如使用自建的再生能源產生電力，需考量到即時發電與用電負載的匹配性，可透過負載調移或儲能設備轉移，使其達到用電需求與發電供給能達一致。若透過台電輸配電力網絡所取得的外購再生能源電力，則須依據台電供應綠電轉供規則進行分配各時段綠電，企業用電負載亦須配合各時段進行負載調移，確保用電場所電力來源皆為再生

能源綠電而非灰電(燃煤、天然氣等電力來源)。

國內礦場在建置再生能源發電的導入考量上，參考經濟部公告「再生能源發電設備設置管理辦法」，可分為：生質能發電設備、廢棄物發電設備、海洋能發電設備、太陽光電發電設備、陸域風力發電設備、離岸風力發電設備、小水力發電設備、地熱能發電設備、燃料電池發電設備及其他再生能源發電設備(指經主管機關認定可永續利用之能源轉換為電能之發電設備)等。

太陽光電作為政府能源轉型政策中積極推動的再生能源之一，截至 2023 年，全國累計裝置容量已達約 1,241.8 萬瓩(12.42 GW)。未來，政府在推動地面型太陽光電設置時，將以有效利用國土及空間為原則，並優先推動具社會共識且無環境生態爭議的專案，如低度利用土地及複合式利用土地的盤點與應用（經濟部能源署，2024）。

● 礦業用地設置太陽光電的法規要求與限制

根據《非都市土地使用管制規則》，礦業用地設置太陽光電需符合以下條件：

- 1.開發規模限制：小於 2 公頃的開發案需經用地主管機關許可。
- 2.點狀設置限制：在一宗土地上的點狀設置面積不得超過 660 平方公尺。

● 設置成本與效益分析

表 5 國內東部礦區設置太陽光電並搭配儲能設備的初步評估表

1.空間需求與系統容量
<ul style="list-style-type: none"> •屋頂型太陽光電系統每 1 kWp 需約 10 平方公尺空間 •600 平方公尺可容納約 60 kWp 的系統容量(取決於模組配置與效率)
2.預估發電量
<ul style="list-style-type: none"> •東部地區平均年日照時數為 1,200~1,400 小時 •安裝 60 kWp 系統後，年發電量約為 72,000~84,000 度電
3.儲能系統需求與成本
<ul style="list-style-type: none"> •假設儲存全天發電量的 30%，需約 20 kWh 的儲能系統 •鋰電池儲能系統成本約為每 kWh 8,000-10,000 元，儲能系統總成本約為 1620 萬元
4.整體成本估算
<ul style="list-style-type: none"> •包括太陽能模組、逆變器、結構支架、施工費用、電網連接費用、監控系統及儲能系統，總費用約 267~400 萬元(以市場價格為基準)
5.經濟效益
<ul style="list-style-type: none"> •假設自用電價為每度電 3 元，全年節省電費約 21~25 萬元
6.減碳效益
<ul style="list-style-type: none"> •每度電減少 0.509 公斤 CO₂，全年減碳量約 40,000~47,000 公斤 CO₂ (40~47 公噸 CO₂e)
7.總結建議
<ul style="list-style-type: none"> •上述評估僅為粗估，實際設置費用需考量市場價格波動與施工條件。此外，若礦區業主積極推動太陽光電設置，可同時滿足綠電需求與減碳責任，為能源轉型及永續發展做出貢獻。

五、礦場減碳成果展望

綜合前述國內礦場碳排盤查結果、國際技術發展趨勢與本減碳建議書所提出之策略分析，歸納出「短—中—長期減碳模式」，作為未來礦場推動低碳轉型與政策規劃之參考方向。

根據本研究於民國 112 至 114 年間所蒐集之數據顯示，國內礦場碳排熱點主要集中於以柴油為主的開採階段，特別是鏟裝與運輸作業；其次為電力使用所造成之間接排放。此結果顯示，「降低柴油依賴、提高電動化比例、改善作業效率」為當前最具可行性與成本效益的減碳主軸。

在中長期發展面，礦場應持續推動再生能源導入與數位化營運轉型，結合智慧監測與能源管理系統，逐步降低單位產品之碳排放強度。透過階段性技術導入與政策支持，可使產業穩健過渡至低碳運作模式，最終邁向「2050 年淨零排放」的遠期目標。

一、短期：優先降低柴油依賴，建立營運基準

- 願景：以 112–114 年為基準，柴油使用降低約 8%–12%
- 作法：
 1. 導入派遣與定位系統，減少空車等待、實施怠速管控
 2. 破碎機、輸送帶、抑塵與給排水等固定電力設備全面提升效率

與變頻控制

- 管理：完成「單位產品能耗、車隊每噸公里排放、怠速占比」等 KPI 的資料治理與稽核規範，建立可追溯的季/年報表

二、中期：擴大電動化，導入綠電與儲能

- 願景：柴油使用降低約 20%，用電降低約 15%，整體碳強度降低約 18%
- 作法：
 - 1.大型礦場導入混合/純電重卡；中小型場域以汰換高齡柴油車與改善路線效率為主
 - 2.屋頂/邊坡設置太陽能板，搭配儲能設備供現場使用；視情況以購電協議提高綠電占比
 - 3.優化開採作業流程，降低能耗。
- 管理：先行投資訓練 IoT 及 AI 技術人員

三、長期

- 願景：整體碳強度較基準降低約 30%
- 作法：
 - 1.形成「低碳車隊+固定式電力輸運」的穩定組合，將重複性短運距全面改以電力輸運

2.建置礦場作業優化系統，進行日/週/月滾動排程，持續壓低能

耗減少碳排

- 建置地面型太陽能光電設備，使場域具有長期綠電產出

六、結語

臺灣雖受土地與能源條件所限，然仍擁有多樣且關鍵的天然礦產資源。面對全球積極因應氣候變遷與邁向淨零排放的趨勢，我國礦業部門無法置身事外，必須在「確保民生與公共建設原物料穩定供應」與「2050 淨零」之間，建立可行、可驗證且具延續性的減碳路徑。

本減碳建議書以實地盤查數據與技術實證分析為基礎，提出三大減碳推動方向：

- 設備與運輸系統電動化：逐步汰換高耗能機具，導入電動與混合動力設備
- 優化開採作業：以智慧化與精實化流程管理降低能耗
- 導入再生能源：透過自建或外購綠電結合儲能系統，降低電力端碳排。

在推動順序上，建議依循「效率提升 → 電動化 → 綠電化 → 智慧營運」之長期演進軸線。同時，推動減碳不應僅聚焦於能源端效率，亦須確實落實環境管理，包括粉塵、噪音、水資源與生態復育等議題，形成「低碳營運 × 環境永續」的雙重治理目標。

面對氣候變遷帶來的極端天氣與供應風險，減緩與調適需並行：強化邊坡穩定與排水設計，建立關鍵設施備援，提升電力與通訊韌性，並

完善災後快速復工機制；透過資源循環與材料效率提升，降低一次資源壓力、創造附加價值。

憑藉政府推動之研究成果、制度設計與產業界的積極投入，臺灣礦業有機會逐年降低礦產品碳排放強度，持續穩定供應社會所需原物料，並以務實且漸進的步伐邁向 2050 年淨零排放目標，實現低碳、安全與永續的礦業新格局。

附件一、自願減量方法學

本附件為參考環境部氣候變遷署減量方法查詢網站，摘錄彙整國內外與礦業相關之減量方法學，以供礦業界參考。

「自願減量方法學」VS.「自主減量計畫」

「自願減量方法學」為環境部公告的標準化減量計算方法，屬於一種技術規範、公式與計算邏輯，用以說明特定減量措施（例如車隊節能、造林碳匯）應如何設定減碳量之計算方式、系統邊界、基準線與監測指標等。此方法學主要影響碳費費率係數的設定與調整，亦即作為政府評估排放源碳費徵收標準時的重要技術依據。

「自主減量計畫」則為實際之減量專案或行動計畫，依《自主減量計畫管理辦法》向中央主管機關申請核定，由排放源（如公司、機關或工廠）主動提出並執行具體減碳行動。其申請時須依據已公告的「自願減量方法學」進行預估減量計算，並於執行後完成監測與第三方驗證。此機制的主要功能在於與抵換碳權的取得掛鉤，核定通過後可產生可用於抵減碳費或交易之碳權額度。

綜上所述，「自願減量方法學」提供統一且可量化的技術依據，而「自主減量計畫」則為具體落實與申請抵換碳權的實踐工具。兩者互為前後關係：前者規範「如何算」，後者實踐「如何做」。對礦場業者而言，若能善用此兩種機制，不僅可透過符合方法學的節能減排措施降低碳費負擔，亦能藉由通過自主減量計畫取得抵換碳權或碳收益，形成雙重誘因。此舉可進一步促進礦場於設備電動化、再生能源導入、能效管理等層面之投資，優化並多角化礦場經營模式，提升整體減碳意願與競爭力。

附表 1 「自願減量方法學」與「自主減量計畫」差異對照表

比較項目	自願減量方法學	自主減量計畫
性質	標準化「計算規則」與「監測方法」	實際執行的「減碳專案/行動」
主管機關	環境部（公告方法學）	環境部（受理及核定由企業/機構/業者所提出之計畫）
主要目的	提供減碳量計算標準化依據	依據方法學提出具體減量行動並驗證成果
與碳費制度關聯	影響碳費費率係數，作為徵收碳費之參考基礎	可作為碳費抵換使用，取得抵換碳權額度
與碳權制度關聯	非直接產生碳權，但提供計算依據	經核定與驗證後，可產生可交易抵換碳權
範例	TMS-III.006、AR-TMS0001 等方法學	某公司汰換柴油車、某工廠導入再生能源
對礦場業者誘因	可降低碳費費率負擔、提升能效管理水準	可取得抵換碳權收益、促進多角化經營
整體關係	為計畫提供技術依據(前端)	依據方法學執行並產出碳權(後端)

一、TMS-III.006 小規模減量方法-貨運車隊導入節能措施之減量方法

運輸車輛為貨運業者經營的重要設備，運輸車輛的燃油使用為溫室氣體排放的主要來源，由於國內低溫運輸車輛多透過整車的發動機運作帶動機組的製冷工作，為保持溫度控制怠速時不能熄火，我國「汽車停車怠速管理辦法」亦排除裝載或卸貨中之冷凍車或冷藏車之管制。因應國內低溫物流需求量增加，將低溫車體之改善措施亦納入車輛節能措施中，以鼓勵運輸車隊改善低溫運輸車體之溫度控制設備，以提升車隊能源效率。以下為摘錄 TMS-III.006 貨運車隊導入節能措施之減量方法。完整減量方法詳環境部氣候變遷署網站。

1. 方法背景與用途

本方法適用於透過提升貨運車隊能源效率來減少燃料使用與溫室

氣體 (CO₂、CH₄、N₂O) 排放的專案活動。

2. 本方法摘要與既有減量方法差異說明

評估國內貨運業者營運情形、車輛監理法規之規範及改善低溫運輸車體溫度控制設備之技術，以 AMS-III.BC 方法學為基礎進行本土化方法學建立。本減量方法與 AMSIII.BC 減量方法相異處及原因，包含適用條件、專案邊界、基線排放、專案排放、監測方法/參數、計算式及其他項目之說明，說明於附表 2。

附表 2 TMS-III.006 減量方法及既有減量方法差異比較表

差異說明	本減量方法 (TMS-/貨運車隊導入節能措施之減量方法)	既有減量方法 (AMS-III.BC/透過提高車隊效率減少排放)
出處	-	Clean Development Mechanism (CDM)
涉及之減量措施	3.怠速停止裝置、環保駕駛系統、改進輪胎滾動阻力、改善空調系統、使用低黏度機油、空氣套件減阻措施、改進傳輸、提高發動機效率的改造。新增減量措施：改善低溫運輸車體。 7. 參與本專案之車輛，計入期開始之車齡須低於 15 年，且行駛里程需未達 25 萬公里。	3.怠速停止裝置、環保駕駛系統、改進輪胎滾動阻力、改善空調系統、使用低黏度機油、空氣套件減阻措施、改進傳輸、提高發動機效率的改造。
(1) 適用條件	9. 計入期間車輛若因應政策汰舊換新或更換電動車輛，該車輛之剩餘計入期將不適用本方法學。 11. 只有已實施至少一項事前確定的專案活動措施的車輛才包括在專案車隊中。節能措施若受政府機關補助，專案參與者應於註冊申請階段說明額度分配規劃	9. 只有已實施至少一項事前確定的專案活動措施的車輛才包括在專案車隊中。 11. 專案活動中包括的每個車隊應僅包括一個車輛類別。在每種車輛類別中，車輛根據使用的燃料類型進行分類。計算每種車輛類別的每種燃料類型的基線和項目排放。專案活動可能包括各種車隊。在本方法的背景下，車輛類別是：

	<p>12.依據貨車運輸型式調整類別為：(a)常溫貨車 (b)低溫/多溫層 貨車</p>	<p>(a)車輛總重(GVW)> 3.5 噸的貨車 (b)GVW < 3.5t 的貨車 (c)GVW > 3.5 噸的公共汽車 (d)出租車：若出租車類型明顯不同，例如傳統汽車、小巴、吉普車等，這些也應視為單獨的車輛類別 (e)乘用車(例如公司車，租車) (f)機動三輪車(如用作計程車或貨車)</p>
<p>(3) 基線排放 (含基線排放計算式)</p>	<p>20.基線排放的燃料消耗係數(BEF)計算，透過對照組車輛燃料消耗量建立，對照組車輛可為：(1)專案參與者的既有車輛歷史情境 (2)從專案參與者的既有車輛中選擇未實施節能措施車輛。從專案參與者的車隊中選擇，並可採用隨機對照試驗，抽樣被隨機分配到專案(實施節能措施)或對照組(未實施節能措施)。</p>	<p>20.基線情境是同一車隊的另一組車輛，該組車輛沒有實施專案減量措施，提供與專案車輛類似的運輸服務。基線排放量是根據對照組車輛監測的特定燃料消耗量和監測的專案活動水準得出的基線排放係數(baseline emissions factor, BEF)計算得出，BEF 每年監測一次。用於基準線排放的指標是：(a)重型車輛延噸公里(tkm)排放量 (b)所有其他車輛類別的每公里排放量</p>
<p>(4) 專案排放 (含專案排放計算式)</p>	<p>25. 專案排放量是根據專案車輛監測的燃料消耗係數(Project emission factor, PEF)和專案車輛於計入期監測的運輸活動量(Activity level, AL)計算得出，用於專案排放的指標是：單位運輸活動量(tkm)排放。</p> $PE_y = \sum_{i,x} PEF_{i,x,y} \times AL_{PJ,i,x,y} \times 10^{-3}$ $PEF_{i,x,y} = \frac{SFC_{PJ,i,x,y} \times NCV_{x,y} \times EF_{CO2e,x,y}}{AW_{PJ,i,x,y}}$ <p>AL_{PJ,i,x,y} 專案車輛第 i 種車輛使用 x 燃料第 y 年的運輸活動量(tkm)</p> <p>AW_{PJ,i,x,y} 專案車輛第 i 種車輛使用 x 燃料第 y 年的平均載貨重量(t)。應根據車輛總重量扣除車重後乘以年度平均裝</p>	<p>27.貨車和大客車的專案排放計算：</p> $PE_y = \sum_{i,x} PEF_{tkm,i,x,y} \times AL_{tkm,i,x,y} \times 10^{-6}$ $PEF_{tkm,i,x,y} = \frac{SFC_{PJ,i,x,y} \times NCV_{x,y} \times EF_{CO2,x,y}}{AW_{PJ,i,x,y}}$ <p>AL_{tkm,i,x,y} 專案情境下第 i 種類車輛使用 x 燃料第 y 年的活動量</p> <p>AW_{PJ,i,x,y} 使用 y 年燃料類型 x 的專案組車輛類別 i 的每車輛單位的平均 GVW(t)。應根據車輛登記的車輛總重量或車輛製造商規定的最大技術進行計算。</p>

	載率進行計算，且申請者需提出 裝載率的佐證資料，對照組車輛與專案車輛差異 $\leq 20\%$			
(5) 監測方法/參數	數據/參數	$AW_{BL,i,x,y}$	數據/參數	$AW_{BL,i,x,y}$
	數據單位	T	數據單位	T
	描述	對照組第 i 種車輛使用 x 燃料第 y 年的平均載貨重量	描述	使用第 y 年燃料類型 x 的對照組車輛類別 i 的每車輛單位的平均車總重
	數據來源	對照組車輛營運資料統計	量測程序	每個車輛單位的平均 GVW 是使用燃料類型 x 的對照組車隊的單一車輛重量的平均值
	量測程序	以車輛總重量扣除車重後乘以年度平均裝載率計算，且申請者需提出裝載率的佐證資料，對照組車輛與專案車輛差異 ≤ 20	監測頻率	每年
	監測頻率	每年	QA/QC 程序	為確保數據一致性，SFC 和 AW 必須基於同一組車輛
	QA/QC 程序	為確保數據一致性，基線情境之 SFC 和 AW 必須基於同一組車輛		

3. 可採行的節能措施

車隊專案應實施以下一項或多項措施，用於提升能源效率：

- 怠速停止裝置
- 環保駕駛系統
- 改進輪胎滾動阻力（如自動輪胎充氣或使用低滾動阻力輪胎）
- 改善空調系統（例如引擎熄火仍可提供冷氣）
- 使用低黏度機油（例如 SAE 0W-30、5W-30）
- 空氣套件減阻措施

- 改進傳動系統（如 CVT 或低黏度傳動潤滑劑）
- 改造引擎提升運轉效率（包括輔贊引擎之電／熱能裝置或電催化技術）
- 改善低溫運輸車體（如增加隔熱材料、改良傳熱與隔溫效率、加裝冷凍門廉等）

4. 事前估算與上限設定

申請者必須事前估算各節能措施所應達成的基線排放減量比例，並以此作為專案減排上限；估算依據需來自第三方發表文獻、官方報告、統計資料或其他相關研究。

5. 不適用情形

以下情形不適用此方法：已參與政策汰舊換新或轉為電動車的車輛，其剩餘計入期將不計入本方法學。

一、ACM0008 採煤礦過程的甲烷減量(Abatement of methane from coal mines)

1. 目的與範疇

此方法論適用於煤礦場中捕集與利用或破壞甲烷（包括煤礦甲烷 CMM 和通風空氣甲烷 VAM）的專案活動，其基線情境為甲烷部分或完全大氣排放，專案則透過捕集後焚燒、氧化或利用（發電、熱能、生產動力）來減量甲烷排放。

2. 適用條件

適用於下列型態：表面排水井、地下鑽孔掌握採礦前後甲烷。通風排放之甲烷捕集使用。不適用於：露天採礦場、已廢棄或退役的煤礦、捕集開採前的高質甲烷（非與採礦相關）、採用 CO₂ 或其他流體增進排氣效果的技術。

3. 監測與資料要求

專案專案須監測以下參數：捕集甲烷總量（透過流量計、壓力、溫度）。氣體中甲烷含量百分比（常時監測或定期抽樣）。焚燒、氧化或利用甲烷所產生之 CO₂。專案活動的燃料使用與逃逸排放等。

4. 方法論來源與發展

這是一套整合型方法論，參考多項既有方法（NM0066、NM0075、NM0093、NM0094、NM0102）並結合相關監測工具與技術工具。

二、AR-TMS0001 造林與植林碳匯專案活動

1. 目的與範疇

此方法旨在透過栽植林木及撫育行動，提升森林碳儲存量，屬於造林碳匯專案活動。僅限於非濕地地區，不包括潮間帶或水庫邊緣的濕地。

2. 適用條件

專案面積須大於 0.5 公頃；年平均碳移除量須低於 16,000 公噸 CO₂e。申請者須證明造林前該土地為非森林地。

3. 監測與資料要求

監測需涵蓋專案期間樹木生長碳儲量變化、專案期間的專案排放（若有，如土壤擾動、燃燒等），以及基線情境下的碳儲量變化。若無此等活動，排放可視為零。監測中也應評估「洩漏量」(leakage)，若專案前土地無農業活動，則可設為 $LK_t=0$ 。

附件二、碳議題相關行政獎勵措施彙整

隨著全球淨零碳排趨勢加速發展，我國政府亦積極推動各項減碳政策與轉型機制，鼓勵產業落實低碳轉型。對於礦業業者而言，實踐碳排放減量涉及開採流程優化、能源替代、設備汰換及智慧化監控等多重面向，往往伴隨可觀的初期投資與營運調整成本。尤其在中小型礦場資源有限的情況下，若無適當的外部資源支持，往往難以全面推動高成本的碳管理措施。因此，政府所提供的補助與獎勵政策，已成為企業導入減碳技術與設備的重要支撐工具。

本節彙整環境部與經濟部與近年所推動之代表性行政獎勵措施，涵蓋產業輔導、經費補助、交通電動化、再生能源應用、產業節能服務與碳額度抵換等面向。整體而言，現行制度設計已涵蓋個人、事業單位與地方政府等多元對象，並結合行為誘因與成效導向原則，建立推動自主減量與技術導入的政策。彙整詳見附表 3 所示。

附表 3 政府減碳補助之資源及獎勵彙整表

單位	法規/計畫名稱	發布/修正日期	適用對象/資格	執行時間	獎勵	適用性
環境部	低碳產品獎勵辦法	106.07.10	生產低碳產品之事業，申請日前一年內不得有重大環保違規（如受按日連續處罰、勒令停工等），其產品須具中央主管機關核發之碳足跡標籤（同類型產品中前 10%）、碳足跡減量標籤，或經審查展期且具實際減碳成效之碳標籤使用權。	每年 7 月 1 日至 8 月 31 日申請；10 月 1 日起進行評審	獎勵項目分為三等級，分別為：特優獎（1 名，獎金 30 萬元）、優等獎（至多 4 名，每名 20 萬元）、優良獎（至多 5 名，每名 10 萬元），所有獲獎者均公開表揚。	「低碳產品獎勵辦法」未限制產業別，礦業產品只要取得碳足跡或減量標籤即可申請。但因同類產品案例少、基準難以建立，加上中小型礦業者缺乏數據之佐證資料留存的習慣，因此在盤查、查驗與申請作業相對不易。需提升輔導意願與資料管理，方能有效爭取獎勵。
	老舊車輛汰舊換新補助	113.12.27	18 歲以上國民或持居留證之外籍人士、獨資、合夥或法人；排除公務機關、公營事業與公立學校。須於規定期限內完成車體報廢與新車購置，並同意減量效益歸屬中央主管機關。	補助至 115 年 12 月 31 日，申請截止為 116 年 1 月 10 日	依車種不同，補助 1,000 至 30,000 元	「老舊車輛汰舊換新補助」是針對出廠滿十年以上之燃油機車、小客車、小貨車及柴油大貨車等具領牌登記之車輛，若完成車體回收與車籍報廢並購置新車（六期柴油車、電動車或油電混合動力車），即可依規定申請補助。就礦業而言，礦場若持有登記在案之柴油大貨車或砂石車，均屬適用範圍，可藉由汰換獲得補助。
	溫室氣體抵換專案管理辦法	107.12.27	計畫型：執行者或投資者； 方案型：整合管理機關	自 104 年 12 月 31 日施行	取得減量額度（1 額度=1 公噸 CO ₂ e），可用於自願減量或履行承諾等用途。	《溫室氣體減量額度管理辦法》屬於專案型減量制度，其流程為專案設計 → 查驗機構確證 → 中央主管機關審查 → 核發減量額度，核發後可作為未來抵換或履約使用。惟因申請過程涉及資料、查驗與監測要求，對業者而言具一定挑

						戰，因此較適合規模大、排放量高且能負擔查驗成本之大型礦場或事業。相較之下，多數中小型礦業者規模有限，且普遍缺乏能源使用數據與佐證習慣，單獨申請往往成本高於效益，適用性偏低，較可行的方式是透過公協會或產業聯盟以「方案型專案」進行整合申請，方能降低門檻並提升參與可能性。
	自主減量計畫管理辦法	113.08.29	由企業/機構/業者提出與執行	自 113 年 08 月 29 日施行	減碳措施換取碳費優惠費率	「自主減量計畫」是台灣因應《氣候變遷因應法》及碳費制度而建立的一項重要機制，旨在鼓勵並規範碳費徵收對象（主要為大型排放源）主動執行溫室氣體減量措施，以達成政府設定的減量目標，並可申請適用優惠碳費費率。
經濟部	中小型製造業(經常僱用員工數 10 人以上)低碳及智慧化升級轉型個案補助	114.03.20	依法辦理公司登記、商業登記或有限合夥登記之製造業，且須依法辦理工廠登記(依法免辦工廠登記者應檢附主管機關核發之證明文件)，並符合中小企業認定標準第 2 條所定實收資本額或經常僱用員工數基準且經常僱用員工 10 人以上者，前述公司不含分公司。	自 114 年 03 月 20 日施行	經費補助，每案補助款以新臺幣 500 萬元為上限	廠商自行提出低碳化或智慧化設備技術標的，由政府審核並提供經費補助
	產業低碳化輔導計畫	114.02.10	依法辦理工廠登記之製造業者	自 114 年 02 月 10 日施行	無補助費用，提供專業技術與建議報告書	依據「疫後強化經濟與社會韌性及全民共享經濟成果特別條例」及「經濟部推動產業及中小企業升級轉型辦法」，因應國際產業發展趨勢，導引國內產業朝向低碳化、智

						慧化轉型，由經濟部產業發展署委託財團法人金屬工業研究發展中心推動之「產業低碳化輔導計畫」，規劃由國內大專校院、法人單位、管顧公司、能源技術服務業等具低碳化、智慧化輔導能量之團隊，協助廠商進行低碳與智慧化診斷輔導，以發掘轉型契機並申請政府相關補助資源。
中小企業因應淨零碳趨勢提升綠色競爭力計畫	114.03.20	符合中小企業輔導認定標準中所稱之中小企業(製造業實收資本額在新台幣一億元以下者或經常僱用員工數未滿二百人者)	自 114 年 03 月 20 日施行	無補助費用，協助中小企業掌握溫室氣體排放，運用 AI 數位減碳工具進行碳估算，掌握碳排熱點。依據中小企業實際需求，協助檢視辦公室節能改善、製程設備節能改善及等，提供節電減碳改善建議。	因應國際 2050 淨零排放、歐盟碳邊境調整機制(CBAM)實施及綠色供應鏈減碳要求國際趨勢等，為協助中小企業接軌「淨零排放」趨勢，經濟部中企署「中小企業因應淨零碳趨勢提升綠色競爭力計畫」(簡稱綠色競爭力計畫)，提供淨零轉型現場診斷，協助中小企業掌握自身碳排放量及提供減碳建議方案。	