

# 智慧科技領域 2022 年年度重大議題回顧報告

智慧科技議題團隊

## 引言

為提供國科會及相關研究人員即時掌握國內外科技政策發展及最新研發資訊，國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心於 2015 年度開始建置科技發展觀測平台，持續蒐集與分析各種科技資訊，並依據科技應用領域、重要性、政策相關性等原則，將主要觀測範疇分為「政策動向」、「智慧科技」、「智慧醫療照護」、「能源科技」、「農業科技」等議題。

其中智慧科技議題涵蓋的範疇包括：政策、智慧載具、智慧製造、資料運算、資訊安全等五個次議題。本議題之主要資訊來源包括：(1)各國政府官方網站所發布的政策、法規制度、策略規劃與研究報告；(2)國際研究機構之智慧科技趨勢分析報告；(3)智慧科技研發領域核心期刊相關最新論文；(4)國內外主流媒體以及其他資料庫刊登之智慧科技研發訊息等。

以下為科技發展觀測平台 111 年度智慧科技議題回顧報告，文中彙整各國人工智慧政策與全球重大科技發展議題，藉此歸納並描繪 111 年智慧科技議題趨勢發展概貌，以協助讀者快速理解國際動態。

## 一、前言

自 2020 年新冠肺炎疫情席捲全球，AI 被加速導入各種應用，從疫苗開發與無人機配送等，至 2022 年產業應用更為普及，將人工智慧應用於交通管理、環境監測、垃圾處理、能源管理之城市管理，可提高城市效率與品質；應用於農業生產中，可藉由天氣預測、農作物的生長監控、自動化灌溉與施肥，提高農業品的生產效率與品質；應用於醫療產業，可提供自動診斷、藥物研發之自動化與客製化的醫療服務；在 2022 年底，生成式人工智慧浪潮來襲，它可以聊天、創作，自動生成文字、圖像、音頻等各種形式的內容，為人類生活帶來許多便利性；然而，人工智慧為經濟與社會帶來巨大利益之潛力，可藉由新興商業模式來提高運營效率，提供準確的預測結果。人工智慧為經濟與社會帶來巨大利益之潛力，可藉由新興商業模式來提高運營效率，提供準確的預測結果，但也引起了一些倫理和安全問題的討論，像是人工智慧是否會對人類的工作帶來威脅？人工智慧是否會被濫用？這些問題都需要更多的研究與探討。

元宇宙也是個熱門的話題，市場熱度逐漸上升，有許多新創企業開始進入這個領域，其中，虛擬實境技術是實現元宇宙的基礎，可以創造出一個逼真的虛擬世界，讓使用者可以沉浸其中；區塊鏈技術可以實現元宇宙中的去中心化管理，讓使用者可以在沒有中心化機構的情況下進行交易和合作；以及人工智慧技術：人工智慧技術可以實現元宇宙中的自主決策和智能交互，讓使用者可以與虛擬世

界進行更加自然和流暢的交流。然而，元宇宙中的去中心化管理是實現公平、透明和安全的基礎，但同時也需要面對元宇宙中的虛擬實境世界與虛擬身份產生擔憂產生的法律問題，也可能會對人們的社會行為產生負面影響。

2022 年的地緣政治變動，美國與中國大陸間的關係，從幾年前的中美貿易戰，一路持續延燒到 2022 年美國對中國大陸的晶片禁令，禁令範圍持續擴大。與此同時，歐盟自疫情以來，查覺到晶片對供應鏈穩定性與國家先進技術發展的重要性，亦祭出晶片法案以強化境內供應鏈的韌性，晶片與半導體技術成為全球各國與企業所關注的主要領域。由於全球半導體供應鏈具備了高度複雜技術且相互依賴的特性，容易受到地緣政治、技術、經濟、環境和安全等相關風險所影響。自 2020 年起，COVID-19 疫情的爆發與全球智慧裝備需求的爆發，引起了晶圓代工產能不足，原材料短缺，製造成本上升，造成全球半導體持續短缺，不僅影響了美國的許多產業，亦揭示了半導體供應鏈所潛藏的長期風險。因此，美國近期透過晶片法案(CHIPS Act)、發布行政命令與激勵措施、與國際夥伴共同合作等舉措，對半導體供應鏈進行強化，並透過晶片獎勵法，強化與培養關鍵技術人才，藉以振興半導體產業，推進美國的半導體研究議程並加速勞動力的發展。除此之外，半導體產業在過去幾十年快速的發展，為現代科技產業中發展最為迅速的領域之一，尤其是因為智慧手機、雲端計算、人工智慧等新興領域的崛起，進一步促進了半導體產業的發展。半導體產業仍然是一個高度競爭且不斷變化的產業，在全球產業供應鏈上，各種企業形式、技術創新、產品結構仍都在不斷演進，未來的發展方向與趨勢亦值得密切關注。

另一方面，火箭發射成本下降與太空探索相關技術日益成熟，使得各國與企業紛紛投入太空領域。近年來太空產業正以驚人的速度發展，在未來幾十年將為人類帶來巨大的機遇和價值，太空產業提供了一個全新的商業市場，不僅可以帶來經濟利益，還可以促進科技創新和人類文明的進步，從衛星通訊、地球觀測、導航、遙感等商業應用，幫助農業、石油和天然氣產業更好地管理資源與環境，以及讓更多的人可以體驗太空之旅，此外，太空產業還帶來了大量的科學技術創新，促進太陽能電池板、軌道運輸、衛星、人類健康等新技術之開發。太空產業是一個充滿機遇與挑戰的領域，隨著未來科技的不斷進步與創新，其發展前景會更加廣闊。

智慧科技涵蓋範疇相當廣泛，科技發展觀測平台主要蒐集重要國家近期發布政策、技術發展與產業應用，此報告彙集 111 年收錄之智慧科技重點資訊，首先整理各國人工智慧(AI)政策，接續描述全球地緣政治變遷與 Covid-19 疫情下，全球重要技術發展，包含 AI、半導體、元宇宙與太空科技等，以供相關機構參考。

## 二、國際政策動向

在資通訊技術快速發展與破壞式創新，以及 Covid-19 疫情、美國對中國大

陸的晶片禁令等全球地緣政治變動下，加劇了全球企業的數位轉型競爭。為加速新冠肺炎疫苗、藥品與治療等研發速度，各國紛紛導入人工智慧以加速資料分析進程，下列彙整主要國家人工智慧政策。

### 主要國家人工智慧政策

本研究摘錄大型經濟體在人工智慧方面表現出色的國家，包含歐盟、德國、英國、芬蘭、荷蘭、美國、加拿大、中國大陸與澳洲，與我國產業結構相似的競合國家，包含日本、韓國、新加坡，以及我國人工智慧政策，如下表，各國更完整的政策與策略請參閱附錄二。

目前各國的人工智慧政策與策略正處於不同發展階段，不過總歸來說，各國政策優先事項主要包含：為人工智慧研發機構與計畫提供資金、回應社會挑戰、促進企業採用人工智慧、促進具包容性的社會對話、基於以人為本原則開發及使用人工智慧，並促進符合勞動平等的勞動力市場轉型策略。在政策措施方面，許多政府透過設立國家型人工智慧辦公室，監督國家人工智慧政策的實施並確保政策的一致性，如加拿大、新加坡、英國、美國等；進行人工智慧的前瞻技術與影響評估，如加拿大、英國、美國等；探討人工智慧可能引發的道德問題，並試圖提出解決方案，如英國。不過，有效的人工智慧政策的設計及政策的施行，最關鍵的一環仍是跨政府協調機制。

表 2 重要國家 AI 政策摘要

國家	AI 政策
歐盟	2021 年 4 月提出 AI 法案(AI Act)草案與 AI 協調計畫(Coordinated Plan on AI.)。AI 法案將風險分為 4 類：極小或無風險、有限風險、高風險，以及完全無法接受的風險，原則上所有的遠端生物辨識系統皆被視為高風險，若違反相關規定，最高可處 3000 萬歐元或全球銷售額 6%的罰款。 執委會於 2022 年 6 月提出首個人工智慧監管沙盒(regulatory sandbox)，透過定義最佳實務案例以指引未來 AI 法案。9 月提出的 AI 責任指引(AI Liability Directive)，旨在確保任何型態的受害者，可在因 AI 供應商、開發者或 AI 用戶的過失或疏忽而受害時，能要求公平的賠償。
德國	德國宣布於 2025 年前將投資約 30 億歐元於人工智慧發展，並於 2018 年 11 月發布政府人工智慧策略(Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung)，提出三大目標：讓德國成為 AI 開發與使用的全球領導者；維護 AI 開發與使用；以符合道德、法令、文化與結構性的方式將 AI 融合至社會。
英國	英國政府於 2017 年提出產業策略 AI Sector Deal，2018 年成立 AI 委員會，2021 年提出國家策略，逐步提高 AI 研發資金，預計至 2027 年 AI 總研發投資將達 GDP 的 2.4%。 AI 委員會(AI Council)於 2021 年 1 月提出「人工智慧路徑圖」(AI Roadmap)，強調兩個重要方向：(1)英國應強化近年來在 AI 的投資；(2)英國必須進行全面性的檢視且積

國家	AI 政策
	<p>極推動創新。</p> <p>AI 辦公室(Office for Artificial Intelligence)於 2021 年 9 月提出「國家 AI 戰略」(National AI Strategy)，擬定三大策略發展方向：投資 AI 生態系統的長期需求、確保 AI 發展使所有產業與地區受益、有效管理 AI</p>
芬蘭	<p>2017 年發布為期 3 年的「芬蘭的人工智慧時代計畫」(Finland's Age of Artificial Intelligence Programme)，於 2019 年公布相關執行成果，並於 2020 年推動「人工智慧 4.0」(Artificial Intelligence 4.0)，計畫目標為提高數位投資、多元化製造業生態系統與服務，以及強化芬蘭在歐洲戰略自主(strategic autonomy)的地位。四項工作任務為：</p> <p>(1)描繪全球與芬蘭的第四次工業革命與先進數位化現況</p> <p>(2)準備整體目標狀況的提案，此提案應為各產業擬定數位化策略與路線圖，並以發展與使用數位化以推動第四次工業革命為目標，以及促進公司、研究機構、教育機構和公共組織之間的合作</p> <p>(3)提出可現任政府任期內，能達成之行動方案，應特別針對中小企業的價值創造、增加支持永續發展目標的數位投資，以及與歐盟合作建立戰略能力。</p> <p>準備一個可確保行動計畫能被有效執行與指引的實施模式</p>
荷蘭	<p>2019 年提出「人工智慧策略行動計畫」(Strategic Action Plan for Artificial Intelligence)，擬定：</p> <p>✓ 四項發展原則：公私部門合作、發展歐洲與全球夥伴、成為 AI 大國，及發展以人為本的可信賴 AI</p> <p>✓ 三大發展策略：利用社會與經濟的機會、創造適合的條件與強化基礎</p>
美國	<p>2016 年發布「人工智慧研究與發展策略規劃」(Artificial Research and Development Strategic Plan)確定國家 AI 研發的重點。</p> <p>2018 年美國國防部投入 20 億美元於 AI Next Campaign，目的為發展下一波 AI 技術，同時推進對 AI 的關鍵治理問題。</p> <p>2019 年 2 月川普簽訂行政命令「美國人工智慧倡議」(American AI Initiative)，明定五大發展原則，包含：投資 AI 的開發、數據和資源共享、建立政府標準及監管、人才培訓與國際參與。</p>
加拿大	<p>2017 年加拿大政府任命加拿大高等研究院(CIFAR)，主導「泛加拿大人工智慧發展策略(Pan-Canadian AI Strategy)」，投入 1.25 億美元，以強化國家與區域的 AI 生態體系。擬定五項終極目標：</p> <p>(1)提升加拿大於 AI 研究與教育的國際知名度與能見度。</p> <p>(2)提高 AI 的學術研究生產力，提升世界級的研究力與創新力。</p> <p>(3)加強機構之間的合作，強化跨領域創新接受者(receptors)的關係。</p> <p>(4)透過一系列的培訓，吸引並留住加拿大大學與業界的 AI 人才。</p> <p>(5)將 AI 研究的成果轉化為公部門與私部門的應用，進而帶來社會經濟利益。</p>
台灣	<p>2018 年推動為期 5 年，預算經費達 160 億台幣的「AI 小國大戰略」，透過 5 大推動策略創造智慧創新國家，利用 IC 產業優勢為基礎，打造 AI 創新生態圈，引導臺灣成為全球 AI 發展重鎮。</p> <p>2018 年投入 360 億新台幣推動「臺灣 AI 行動計畫」，以實現「創新體驗為先，軟硬攜手發展，激發產業最大動能」為願景，並以鬆綁、開放及投資的精神，全力推動 AI 發展，促使產業 AI 化。</p>

國家	AI 政策
新加坡	<p>2014 年公布「智慧國家 2025」(Smart Nation 2025)計畫，以智慧科技發展未來趨勢產業，將目標鎖定於智慧交通、智慧住宅、數位金融、智慧醫療、公部門服務等五大領域，期望提高國民生活品質與社會福祉。</p> <p>2017 年成立智慧國家與數位政府工作團(SNDGG)，負責規劃新加坡「智慧國」(Smart Nation)政策重點專案，並於 2019 年 11 月發表「新加坡國家人工智慧策略」提出五項 AI 專案計畫，包含：智慧貨運計畫、無縫整合的效能市政服務、慢性疾病預測與管理、適性學習之個人化教育以及提升邊境通關安全性與效率。</p>
日本	<p>2019 年內閣府發表以人為本的 AI 社會準則(Social Principles for Human-centric AI)，將人工智慧視為未來的關鍵科技，但在研發應用上，須以聯合國的永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)為基礎，以落實日本 Society 5.0 準則。</p>
韓國	<p>2020 年提出「韓國 AI 國家策略」(Korea National Strategy for Artificial Intelligence)，以「超越 IT 朝向 AI 世界領導者邁進」為 2030 年願景，擬定 AI 創新競爭力、AI 全面化應用、與 AI 和諧共存等三大目標及九大策略。</p>
澳洲	<p>2021 年發表「澳洲人工智慧行動方案」(Australia's AI Action Plan)，策略願景為協助澳洲轉型為可信賴、安全與負責任的人工智慧開發與應用的全球領先國家。</p> <p>AI 行動方案將聚焦在四大領域：發展 AI 技術並協助澳洲企業採用 AI 解決方案，以利數位轉型；創造有利於吸引世界優秀 AI 人才的环境，並培育人才的成長；利用尖端的 AI 技術來解決澳洲面臨的挑戰；讓澳洲成為負責任且具包容性 AI 的全球領導者。</p>

資料來源：科技發展觀測平台整理

### 三、全球智慧科技之技術趨勢

本年度報告彙整近期地緣政治與疫情下，全球智慧科技之技術發展重點，包含已進入商業應用的人工智慧、半導體與元宇宙，以及多由政府主導方向的太空科技。

#### (一)人工智慧

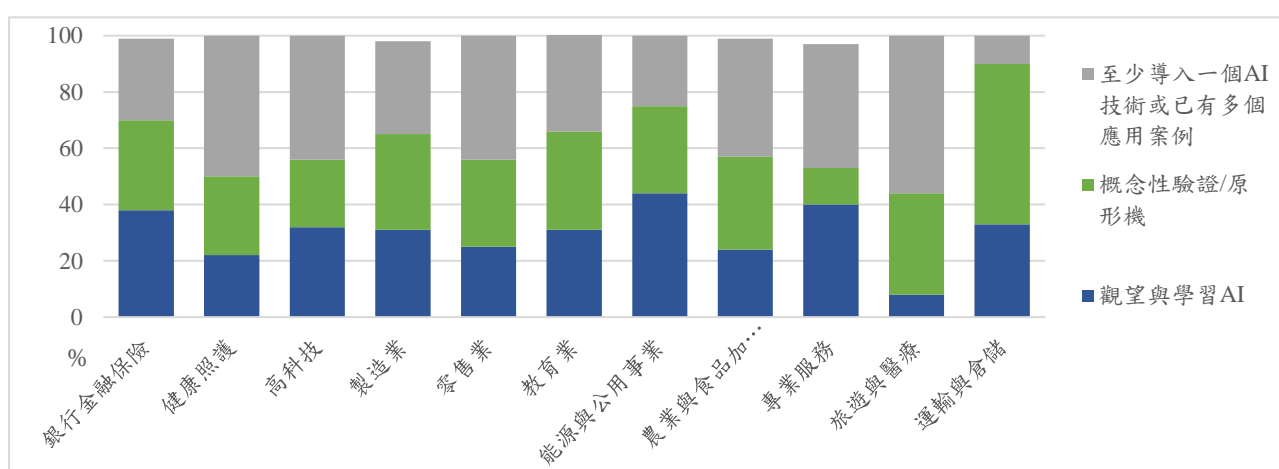
人工智慧(AI)提升人類生活，並於許多產業與應用中發揮重要功能，可用來解決業務問題、檢測詐欺行為、提高作物產量、管理供應鏈、推薦產品，甚至協助設計師和作家的作品。然而，AI 並非一項具體、單獨的技術，而是包含多種能力，這些能力目前進展程度不一，有些已進入商業應用，如下列案例，有些仍處於研究階段，如後續模型介紹。

- (1) Alexa、Siri 和 Google Home 等虛擬數位助理，雖然與想像中的功能仍有差距，但目前已成為一般人的日常工具。
- (2) 將 AI 臉部辨識與生物辨識系統，應用於智慧型手機、監視器，以及其他安全監控設備。
- (3) 將機器學習與其他 AI 技術應用至「推薦系統」(recommender

systems)，以提升零售業與串流媒體服務的使用者體驗。

## 1.各產業 AI 應用情形

多數企業已著手導入 AI，然而多數商業應用仍屬於早期部署階段，或是僅提供有限的應用案例。所有產業持續加速採用 AI，其中，旅遊與醫院，以及健康照護的 AI 部署速度最快，其次為零售業與高科技業，如下圖。AI 在數位轉型中扮演關鍵的賦能技術，企業利用 AI 技術創造差異化的競爭優勢，如將 AI 應用於強化行銷措施、消費者服務與消費者體驗。AI 同時也能顛覆健康照護市場，促使機構積極投資新興技術，故健康照護產業的相關機構正積極部署認知技術，以協助醫療人員對患者的健康診斷效率。

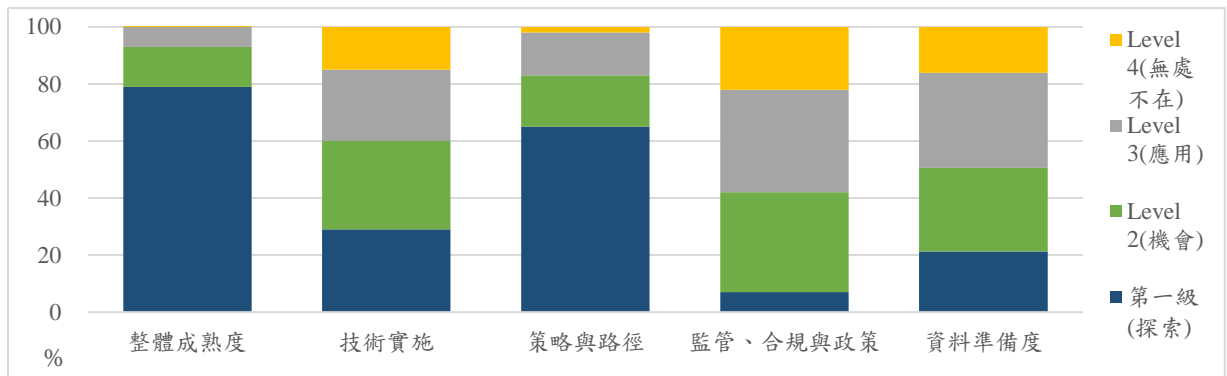


資料來源：Frost & Sullivan (2022)，科技發展觀測平台整理

圖 1、2021 年全球各產業導入 AI 技術比例

## 2.AI 技術應用準備度

企業將 AI 技術落實於業務層面，不僅需要考量技術成熟度，亦需要考慮到企業的策略規劃、法規規範與資料充足性，調查顯示，整體而言約有近 8 成的企業仍在探索階段，僅 7% 企業在各方面皆已具備相關能力，並進入應用階段，各項表現如下圖。雖然多數企業已採用 AI 技術，不過大多仍在初期階段，目前也僅有少數機構有擬定計畫層級的 AI 發展策略與路徑。



註：資料準備度指可利用 AI 與 ML 工具使用的企業資料；技術實施指企業內的 AI 部署；策略與路徑指明確業務目標與預期的人工智慧成果，以及業務與技術利害關係人在推動計畫方面的參與度；組織在遵守政府法規或其他行業政策與規範方面的準備情形  
資料來源：Frost & Sullivan (2022)，科技發展觀測平台整理

圖 2、AI 各面向發展成熟度之調達

### 3.2022 年重要人工智慧技術與模型

Gartner 認為，多數的 AI 技術需要至少 5-10 年才能廣泛被產業應用，僅電腦視覺可在 2 年內被產業廣泛應用，下列介紹電腦視覺技術與科技大廠推出的產品與服務，以及在 2022 年相當受矚目的 AI 模型。

(1)電腦視覺為牽涉到捕捉、處理與分析現實世界圖片與影像的一套技術與處理流程，能讓機器提取實體世界裡，有意義的情境脈絡資訊 (contextual information)，並感測與瞭解現實環境的能力。電腦視覺應用範圍相當廣泛，包含現實世界的安全、零售商與商業財產、汽車、機器人、健康照護、製造業、供應鏈、物流業、銀行與金融業、農業、政府、媒體娛樂與物連網(IoT)。許多跨國科技大廠，如 Google 與 AWS 皆投入此領域，如下圖。



圖三、科技大廠提供之電腦視覺服務

資料來源：Frost & Sullivan，科技發展觀測平台整理

資料來源：Frost & Sullivan (2022)，科技發展觀測平台整理



### 圖 3、科技大廠提供之電腦視覺服務

(2)仍在開發測試且具發展潛力的 AI 模型相當多，受矚目的 AI 模型多由 Open AI 所開發，相關資料整理如下表

表 3、2022 年重要 AI 模型

模型	說明
DALL-E	OpenAI 開發，是利用語言產生視覺圖像的模型，以自然語言編寫提示，即可生成一組顯示相對應於含義的解釋圖像。OpenAI 於 2022 年 4 月發表的新版文字轉圖像模型 DALL-E 2，11 月公開測試版 DALL-E API，讓開發者可將 DALL-E 嵌入自己的產品或程式。
GPT-3	OpenAI 開發，能產生類似人類語言的龐大人工智慧，且幾乎無法區辨是由人工智慧所撰寫，研究人員利用 GPT-3 撰擬特定情境與字數限制的文章，並以匿名方式由教授批改，能獲得等級 B 的成績。但此 AI 系統展現出強烈的反穆斯林的偏見，這樣的偏見如何潛入人們發展的自動化系統值得研究，若任其發展，隨著人工智慧的成熟，將產生進一步的社會問題。
LaMDA 和 MUM	在 2021 年 Google 的 I/O 大會上，Google 發表能夠管理開放式對話的模型 - LaMDA，其對話自然，並能在起始對話後，持續對應後續開展出的各種對話。MUM 模型則能夠在搜尋的過程中，使用自然語言(文本形式)和各種圖像來理解複雜的提問。
中文 AI 模型：悟道 2.0 及 M6	為中文市場開發的兩款 AI 模型，相較於 GPT-3 等模型具有更大的運算參數量及降低成本的優勢。
Switch Transformer	2021 年 Google 展示新的自然語言模型架構，可處理擴增至 1.6 兆的參數量，同時減少訓練時間。許多語言模型相當複雜，Switch Transformer 的突破能降低運算成本、提高精準度及效率。
Vokenization	北卡羅來納大學的研究人員正將語言模型與電腦視覺相結合，利用人類多層次、多維的方式學習，創造名為 Vokenization 的新技術，透過以前後文對照語言來推算僅語言(language-only)的資料，或是將用於訓練模型的詞彙，予以對應至圖片，讓機器不僅能夠識別物體，也能夠真正「看到」其所代表的意義。

資料來源：Future Today Institute (2022)，科技發展觀測平台整理

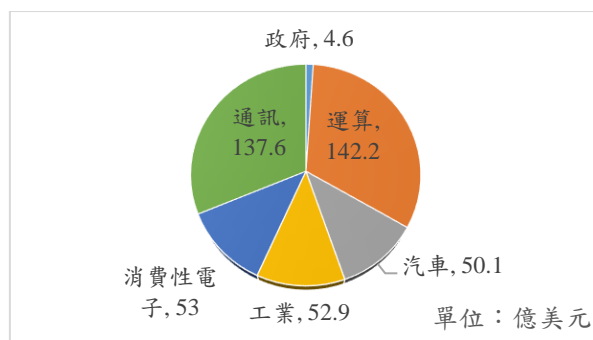
## (二)半導體

因疫情導致供應鏈斷鏈，美國、歐盟、日本、韓國等多國紛紛提出晶片政策，鼓勵企業於當地生產與開發，從成熟製程、先進製程到新興技術開發，以及建立產學合作與人才培育等。下列整理半導體市場與趨勢，以及美國、歐盟提出半導體開發方向。

### 1.半導體市場

2021 年全球半導體市場達 5,530 億美元，較 2020 年 4,400 億美元成長 25%，分析 2020 年傳統半導體以終端應用分類之市場，以運算與通訊應用占全球市場的 60%以上，而工業與汽車應用分別占全球市場的 12%與 11.4%，如下圖。





資料來源：U.S. Department of Energy(2022)

圖 4、2020 年半導體市場收益占比(依終端應用分類)

## 2. 半導體發展趨勢

- (1)環境永續性越趨重要：淨零排放為全球趨勢，且半導體產業之主要客戶亦要求其供應鏈業者採用再生能源。
- (2)具韌性的供應鏈為企業和政府關注的焦點：半導體供應鏈相當脆弱且易受干擾，建立具韌性之全球供應鏈有助於確保國家經濟穩定，對於半導體等高科技產業而言，需要一個能支持研究和生產的強大生態系統，包含製造商、技術人員、多樣化的中小型供應商等，並透過共享資源實現規模經濟。
- (3)多元創新將帶來技術上的突破：半導體產業目前面臨著製程成本上升、性能提升減緩以及能源使用效率等挑戰，逐漸呈現報酬遞減(diminishing returns)之現象，亟需封裝、硬體設計、材料以及工具等方面的創新突破。

## 3. 半導體關鍵技術方向

美國政策研究機構 CSET 認為，半導體關鍵研發技術應著重於小晶片(Chiplets)與異質整合(Heterogeneous Integration)、晶圓級封裝和設備自動化等先進封裝技術。

- (1)小晶片技術為將來自不同製程、材料與功能(如資料儲存、計算、電源管理等功能)之小晶片，透過異質整合封裝技術，堆疊成具有完整且複雜功能之晶片，以達到縮小晶片面積、降低成本與提升晶片效能之目的。其優勢包括：在單一系統上，藉由異質整合將先進製程與成熟製程晶片整合，提高整體系統效能；客戶可以針對特定需求，混合或定制各類型的小晶片；不會受到半導體材料(如氮化鎵)限制，能夠將使用不同材料之晶片整合。
- (2)扇外型晶圓級封裝(Fan-Out Wafer-Level Packaging, FOWLP)、扇入型晶圓級封裝(Fan-In Wafer-Level Packaging, FIWLP)等晶圓級封裝(wafer-level packaging)技術可在整片晶圓上進行封裝，封裝完成後再切割成個別的晶片。FOWLP 較 FIWLP 能提供更多的 I/O(輸入/輸出)接點，

FOWLP 與覆晶(flip chip)封裝、傳統打線(wire bond)等方式相比，FOWLP 具有薄型化、低熱阻(thermal resistance)效應、高性能、低寄生效應(parasitic effects)等優勢。FOWLP 的供應鏈正逐漸擴大，2019 年僅有約 5 家，2021 年已成長至 11 家，且在台積電積極推廣下，其客戶採用 FOWLP 的比例越來越高，截至 2020 年，台積電已佔有約 2/3 的 FOWLP 市場。

(3)隨著 FOWLP 等先進封裝技術的發展，支持前述技術的生產設備與工具亦須同步進行創新以滿足需求，如美國前端製程量測設備 KLA 設備供應商，近期為晶圓級封裝提供高靈敏度的缺陷檢測工具。

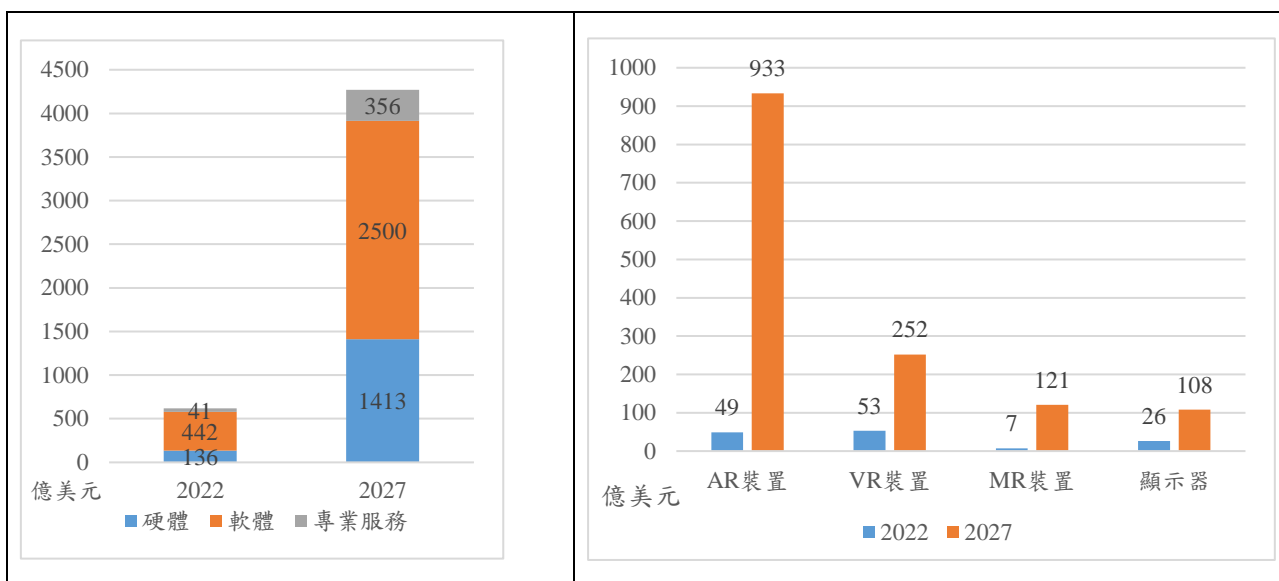
歐盟政府則強調應投入於 2 奈米(nm)以下的鰭式場效應電晶體(FinFET)、多閘極電晶體(Gate-all-around field-effect transistors, GAAFETs)、10 奈米以下的全空乏絕緣上覆矽(fully depleted silicon on insulator, FDSOI)、量子、仿神經型態(neuromorphic)與極紫外光微影(EUV lithography)製程方面的研發。在晶片設計、製造與封裝方面，則推動下列措施：(1)建立虛擬平台(virtual platform)、結合現有電子設計自動化工具(Electronic Design Automation tools)以強化半導體晶片設計工具；(2)建造 10nm 以下的 FDSOI、3D 異質系統整合(3D Heterogeneous systems Integration)與先進封裝等試驗性生產線(Pilot line)。(3)為滿足能源效率、信任與網路安全需求，制定智慧裝置、系統與連接平台的電子零組件的晶片驗證標準。

### (三)元宇宙(Metaverse)

元宇宙是由物理和數位融合而成的一個共享 3D 的線上虛擬世界，這些虛擬世界是透過結合擴增實境(AR)、虛擬實境 (VR)、即時 3D 和互動影音等尖端技術整合而成。元宇宙在社交網路、線上遊戲和娛樂等方面越來越受歡迎，下列整理元宇宙軟硬體市場發展預測與應用案例。

#### 1.元宇宙市場發展預測

目前元宇宙市場仍處於起步階段，MarketsandMarkets 估計元宇宙市場將從 2022 年的 618 億美元，成長至到 2027 年的 4269 億美元，年複合成長率(CAGR)為 47.2%，至 2030 年元宇宙市場收入將達 1.6-1.7 兆美元。依零組件可分為硬體、軟體與服務三大部分，如下圖，2022 年-2027 年期間硬體 CAGR 達 59.8%，軟體則為 41.1%，下列整理前兩個項目，服務市場則因在萌芽階段，資訊有限。



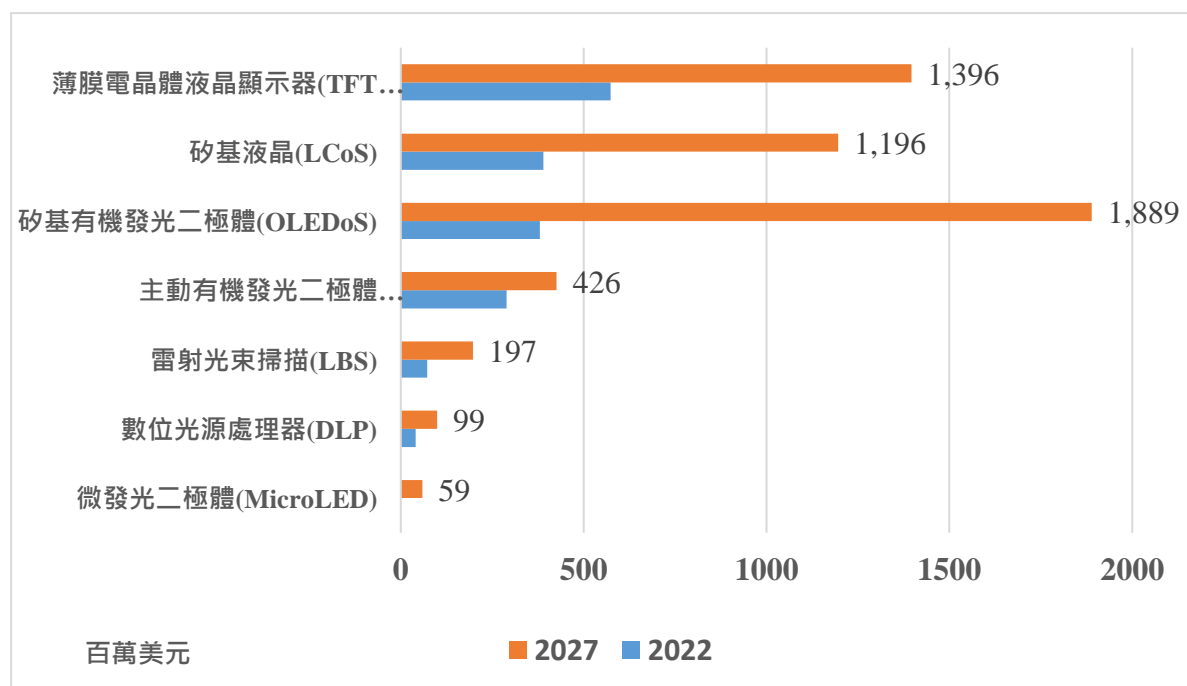
資料來源：MarketsandMarkets(2022)

圖 5、2022 年-2027 年元宇宙市場收益預測

## 2. 元宇宙之硬體市場與應用案例

元宇宙使用的硬體，主要包含 AR/VR/MR 裝置與顯示器，這些裝置透過 AI、機器學習、自然語言處理與雲端運算等技術驅動使用者與元宇宙間的互動，硬體裝置以 AR 成長最快，2022 年-2027 年 CAGR 達 80.1%。

(1)依技術共分七大類：這些技術在 AR、VR、混合實境(MR)設備中各有應用，其中，TFT LCD 製程技術成熟，占 2021 年近眼顯示器市場約 40%，如下圖；AMOLED 可更精準地控制 OLED 發出的光；LCoS 具低成本的優勢。而 OLED 具高解析度、高整合性、低功耗、體積小與重量輕等優點，隨著 AR、VR 與自動駕駛等技術應用，OLED 顯示器將成指數型成長。Micro LED 則為近眼顯示器市場的新興技術，由 Sony 集團等電子企業領軍投資，其可觀看角度相較於使用 LED/LCD 技術的顯示器更廣；能提供超高亮度，適合在室內與室外觀看，並支援高動態範圍(High-Dynamic Range, HDR) 影像，預計其採用率在未來幾年將迅速成長。AR、VR 與 MR 廠商與產品如下表。



註：薄膜電晶體液晶顯示器(Thin film transistor liquid crystal display, TFT LCD)、主動有機發光二極體(Active-Matrix Organic Light-Emitting Diode, AMOLED)、矽基液晶(Liquid Crystal on Silicon, LCoS)、矽基有機發光二極體(Organic Light-emitting Diode on Silicon, OLEDoS)、數位光源處理器(Digital Light Processing, DLP)、微發光二極體(Micro-light-emitting Diodes, MicroLED)與雷射光束掃描(Laser Beam Scanning, LBS)  
資料來源：MarketsandMarkets(2022)

圖 6、2022 年-2027 年近眼顯示器市場規模發展預測(以技術分類)

表 4、AR/VR/MR 裝置與顯示器之企業與產品

企業	主要產品
Sony 半導體製造株式會社	SED-100A：為近眼 AR 顯示器的智慧眼鏡，由微型顯示光學元件組成，利用全像投影波導技術(holographic waveguide)將影像投影至觀看者的視野(Field of View, FoV)，並產生清晰的黑白影像與文本，可被整合至客製化的硬體中。 2022 年 1 月發布可應用於 HMD 與 EVF 鏡頭的 OLED 微型顯示器，是極小型且高解析度的顯示器，具備高對比度(100,000:1)、廣色域(color gamut)，與快速的反應時間等性能，且 OLED 微型顯示器的材質彈性與模組結構，讓其易於被整合至影像應用裝置。
HTC	2021 年 10 月推出 Vive Flow，重量僅有 189 公克，為首款可隨身攜帶的 VR 眼鏡，根據使用者調查顯示，相較於一般平板引發的視覺疲勞，VIVE FLOW 減少了 67%
Kopin	2021 年推出全球第一個可實現高動態範圍(High Dynamic Range, HDR)的綠色 OLEDoS 微型顯示器，具有超高亮度(大於 35,000 cd/m <sup>2</sup> )，是被設計應用於高性能表現的 AR 裝置 利用非球面鏡片專利與 OLED 微型顯示器，開發出名為 P95 的全塑膠製餅乾鏡頭(Pancake Lens)，可大幅減輕頭戴式裝置的重量與厚度。其餅乾光學(Pancake optics)元件的視野達 50-100 度，即使是在鏡片邊緣亦能提供相當清晰的影像，且每組鏡片重量為 15 公克，厚度為 16 公厘，使其容易被整合至 AR/VR 裝置。
eMagin	傳統的 OLED 微型顯示器因為使用白光 OLED 濾光板(color filter)會吸收大部分的光，導致其亮度較低且效率差，eMagin 利用公司的直接圖像顯示(Direct

	<p>Patterning Display, dPd™)專利技術，取消濾光板設計，直接將圖案獨立成紅色、綠色與藍色發光層，以生產高亮度與高解析度的全彩微型顯示器。</p> <p>2021 年展示寬螢幕超延伸圖形陣列(Widescreen Ultra Extended Graphics Array, WUXGA)(1920 x 1200 畫素)的 OLED 顯示器，亮度達 10,000 cd/m<sup>2</sup>，為全球亮度最高的全彩 OLED 顯示器。不過 dPd™仍處於開發的初期階段</p>
--	--

資料整理：科技發展觀測平台

### 3. 元宇宙之軟體應用案例

軟體部分則包含遊戲引擎、3D 建模與重建、地理空間繪製、元宇宙平台與金融平台的技術，讓使用者能在元宇宙的世界中化身成各種虛擬角色，下列介紹影像呈現開發之相關廠商

表 5、元宇宙相關軟體與平台產品

公司	說明
6D.ai	利用智慧型手機的攝影機來建立 3D 地圖，並透過 AR 平台提供該公司的軟體開發套件，且讓開發者能使用 3D 網格。2020 年 Niantic 收購 6D.ai，以強化 Niantic Real World 平台、建構動態 3D 世界地圖與提供 AR 體驗。
Vertical.ai	該公司開發的 Placenote App，讓用戶能利用將裝置攝影機指向物件，App 即能標示如何使用物件與物件特性，開發者現在可利用 Placenote 作為軟體開發套件來開發 AR App
Open AR Cloud	：專注於開發開放且可相互操作的空間運算技術(spatial computing)，以及連接實體和數位世界的資料與標準。Open AR Cloud 還開發一種地理錨定(geographically-anchored pose, GeoPose) 協定來定位實體世界中的物件。
Bandai Namco	將花費 150 億日元創建「IP 元宇宙(IP Metaverse)」，為每個 IP 開發一個元宇宙，成就與玩家連結的新框架，讓玩家使用其虛擬空間享受各 IP 不同的娛樂魅力外，還會將實體商品與場所跟數位相融合，以幫助粉絲進行遊戲互動。

資料整理：科技發展觀測平台

### 4. 國際大廠元宇宙投入

建構元宇宙世界不僅需要開發硬體的技術，亦需要結合軟體與創造出應用場景，大型科技企業優勢在於全方位且面向開發能力，可結合集團內軟硬體產品與服務，在相容性方面具發展優勢。

表 6、大型科技布局元宇宙

企業	發展現況	產品
Meta	Facebook 於 2021 年更名為 Meta Platforms 全力投入元宇宙科技，於全球擁有 5 個 AR/VR 技術的研究機構	<p>1.2021 年底推出的「地平線世界(Horizon Worlds)」社交平台，為 Meta 首個元宇宙服務環境，用戶可於 Facebook 虛擬世界中觀看節目與電影。</p> <p>2.據 IDC 調查顯示，Meta 的 VR 裝置於 2021 年市占率達 75%。其 VR 裝置使用雷射光源提供豐富的色彩顯示，並利用 Litiholo C-RT20 感光聚合物薄膜生成全像攝影。</p> <p>3.2021 年發布 AR 開發工具 - Spark AR 與 Polar，協助創造者建立元宇宙</p>
Apple Inc	逐步用 iPhone、iPad 布局 AR	<p>1.推出 AR 平台 - ARKit，該平台使用 iPad Pro LiDAR 感測器支援 3D 場景、遮蔽(occlusion) 和精準定位。</p> <p>2.Apple 將利用 iOS 系統的攝影機，建立區域地圖，並使用 CoreMotion 資料偵測物體和設備在實體空間的位置，以提供 AR 體驗。</p> <p>3.預定於 2023 年推出 Apple AR/VR 耳機</p>

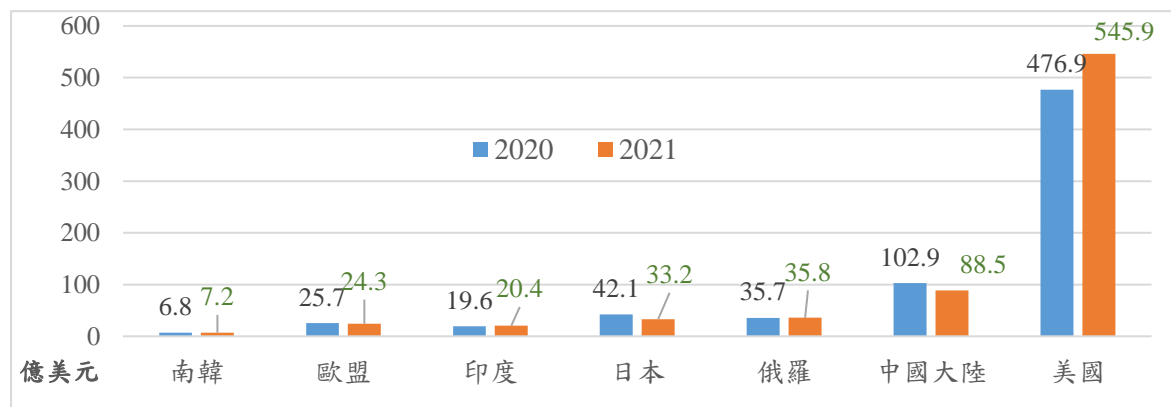
Google	2013 年推出 AR Glass，後續反應不佳	1.2022 年推出 Live View 裡的 AR 搜尋，讓使用者可更快找到附近 ATM、餐廳等，預計先在倫敦、洛杉磯、紐約、舊金山及東京推出。 2.2022 年發布新 AR 眼鏡，外觀為普通眼鏡的造型，但配備麥克風、攝影鏡頭、以及透明的顯示器，目前 AR 眼鏡仍在內部測試階段。
微軟	2022 年收購動視暴雪，使微軟晉升為全球第三大遊戲公司	1.AR 裝置 HoloLens 鎖定企業客戶，微軟於 2021 年 3 月獲美軍近 220 億美元 AR 頭戴裝置採購合約，將訂製 120,000 台 HoloLenses 以供士兵「增加殺傷力」。 2.HoloLens 2 工業版(Industrial Edition)可因應客戶對於無塵室等特殊環境，例如滿足防爆的需求。

科技發展觀測平台整理

#### (四)太空領域

##### 1.政府投資太空產業

拜數位化、微小化、AI 及可循環利用發射器發展，新興商業模式如雨後春筍般興起，串聯起完整的太空價值鏈。然而，公共投資仍然是太空活動的主要資金來源，2019 年全球太空機構投資約達到 7,823 億美元，其中 G20 國家便佔 8 成。政府常透過公共投資支持民用與軍用的太空研發與應用，再以採購方式來吸引私部門投入，例如歐盟利用 Horizon 2020 及 Horizon Europe 等計畫吸引企業合作開發，美國太空總署(NASA)也有 8 成的年度財務預算是透過委託其他機構執行。近年美國、歐盟中國等政府達大幅提高太空預算，更多國家積極透過設立太空機構，建構國防能力，如美國從 2020 年的 476.9 億美元，大幅成長至 545.9 億美元，如下圖。



資料來源：Frost & Sullivan (2022)

圖 7、2020 年-2021 年各國太空計畫預算

##### 2.國際合作議題

(1)國際太空站(International Space Station, ISS)轉型：由美國太空總署(NASA)、俄羅斯聯邦太空總署(Roscosmos)、日本宇宙航空研究開發機構(JAXA)、加拿大太空總署(CSA)和歐洲太空總署(ESA)等多個機構聯合運作的國際太空站，原預定於 2024 年除役，2022 年協議通過將太空站延役至 2030 年，而俄羅斯聯表示將於 2024 年後退出國際太空站。依美

國 NASA 提交的「國際太空站轉型報告(International Space Station Transition Report)」顯示，ISS 將轉型為商業近地軌道太空站(Commercial Leo Destinations, CLD)。

**(2)軌道清除、太空碎片：**由於全球快速增加的衛星發射數量、太空反制武器測試及衛星碰撞、電池爆炸產生的碎片，截至 2022 年 1 月，包括持續活動中的衛星在內，地球軌道上超過 10 公分物體共有 2.5 萬個，介於 5 到 10 公分無法被追蹤的物體約有 60 萬-90 萬件。1993 年，為了處理太空軌道殘骸問題，美國制訂了碎片指南，已被許多國家與機構間太空碎片協調委員會(Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, IADC)採用，其主要規範為，在低地球軌道中，所有物體都規劃在任務結束 25 年內消失，通常結束任務的物體會被放在 650 公里以下的軌道上，隨後透過大氣層的阻力燃燒，達到自然清潔的作用。不過目前符合指南規範的比例只有 50%，造成在太空運行安全與維持太空環境穩定的困難。

**(3)月球活動：**政府與企業持續從探索、環境、經濟等三個面向，拓展在月球活動的願景與規劃，在月球治理議題上，永續發展性是必要的關鍵因素。月球是一種共享資源，不受任何國家主權干涉，月球資源使用是依據「外太空條約」(Outer Space Treaty)，任何國家都不能聲稱對月球的全部或部分地區擁有主權。2021 年非營利機構的月球村協會(Moon Village Association, MVA)發起討論永續發展月球倡議，於 2 月成立月球活動永續發展全球專家組織(Global Expert Group on Sustainable Lunar Activities, GEGSLA)，其擁有 36 名成員和 140 名觀察員，並強調月球營運基礎必須是社區形式且互相扶持。

### 3.太空技術與案例

**(1)可重複使用火箭：**可重複使用火箭能為企業節省發射經費，不過目前 SpaceX 是唯一能定期重複使用軌道級火箭的航太公司，中國運載火箭技術研究院於 2020 年 12 月 22 日首次發射以長征 8 號火箭改裝的可重複使用衛星運載火箭(Satellite Launch Vehicle, SLV)，中國企業星際榮耀(i-space)原計劃在 2021 年底發射中國首個可重複使用衛星運載火箭，稱為雙曲線 2 號，但因為雙曲線 1 號近幾次發射失敗，而被推遲。2019 年，俄羅斯火箭推進公司 NPO Energomash 亦著手開發可重複使用的衛星酬載火箭，期望透過改裝 RD-180 火箭發動機，達成重複使用 10 次的目標。俄羅斯太空公司 Myasishchev 正在設計可重複使用衛星酬載火箭的第一節，此節火箭將在第二節火箭脫離後返回發射中心。

**(2)在太空軌道放置資料中心：**由 Thales 集團旗下的航太公司 Thales Alenia Space 被歐盟執委會選中，研究在太空軌道放置資料中心可行性，並透過太陽能產生電力，以幫助歐洲達到 2050 年碳中和目標。

**(3)衛星軌道碎片清除：**致力於軌道碎片清除的日本新創企業 Astroscale，2021 年 8 月使用所開發的小型衛星「ELSA-d」(End-of-Life



Services by Astroscale demonstration)，成功展示以磁性捕獲太空船的技術。Astroscale 於 11 月發布可安裝在衛星的新對接裝置，被設計成可用於所有低軌衛星(LEO)，該裝置能利用電力與化學作為磁捕獲技術的推進系統，清除大量太空碎片物體。

(4)3D 列印太空火箭：Relativity Space 利用 3D 打造高 25 公尺高，最大可承受 1,250 公斤的火箭 Terran 1，官方宣稱 Terran 1 零組件較傳統火箭減少 100 個，並且僅 60 天即能製造一枚火箭，預定於 2022 年底升空。

#### 四、後疫情時代對國內半導體產業之影響

半導體產業是現代科技發展的重要基石，隨著人工智慧、物聯網、5G 等技術的發展，半導體產業市場亦持續成長；然而，全球半導體產業面臨著多重衝擊，包含新冠疫情封城、美中科技對峙等因素導致的供應鏈斷鏈，以及其衍生的貨運塞港、中國清零封城、美國勞工抗爭等問題。除此之外，加上地緣政治因素、關鍵物料短缺、能源價格攀升、貨幣寬鬆造成的通膨、天災等因素的複合衝擊，更使得全球半導體產業的供應鏈受到嚴重影響。因此，在新興科技需求與複雜的國際政經局勢下，各國政府與企業紛紛意識到單一供應鏈所帶來的風險，並開始將國家安全納入考量，使得半導體產業成為資本市場的熱門投資對象。

全球疫情影響下導致供應鏈大亂，科技產品必備的半導體成為全球相互競爭的戰略物資，而疫情對半導體產業產生了雙重影響：一方面，全球供應鏈因疫情爆發與防疫措施的實施而受到干擾和延誤，導致半導體原材料、設備的供應不足，生產進度延遲，產品交付時間延長；另一方面，隨著在家工作與學習的趨勢增加，使得雲端計算、數據中心、人工智慧等技術的需求亦隨之增加，進一步地推動半導體需求之市場成長。此外，全球經濟逐漸復甦，5G、物聯網、電動車等領域的發展為半導體產業帶來了新的機遇，因此，雖然疫情對半導體市場造成了短期干擾，長期來看，半導體市場仍將保持穩定成長的趨勢。

臺灣在疫情控制方面做得很好，且政府公開透明，加上臺灣半導體產業的生產供應鏈完整，吸引更多國際大廠前來下單，加速臺灣廠持續回流並擴充產能。由於半導體產業的技術門檻高，目前，全球只有台灣的台積電與南韓的三星有能力生產最先進的半導體晶片，而且台灣在半導體的製造、產能、成本，皆有優勢。此外，美國高度依賴臺灣半導體，主要因為臺灣擁有完整的半導體產業鏈，包含設計、製造、封裝測試與產品銷售，並且擁有聯發科、台積電、日月光、華碩等相關企業，為台灣創造全球領先的地位。臺灣半導體產業的高度集中與完整的生態系結構，可節省更多的運輸成本，同時臺灣擁有高階人才，這些因素都成為臺灣半導體產業的優勢。

## 五、結論

自 2017 年以來，許多國家陸續提出 AI 政策與策略，其所提出的政策主要著重於：提供資金予研發機構、利用 AI 應對社會挑戰、促進企業採用 AI、基於以人為本原則以開發與使用 AI 技能、促進具包容性的社會對話等。各國在政策推動方面，所採取的措施包含：建立國家 AI 辦公室，以監督國家政策實施與措施執行具一致性；建立跨部會協調機制；探討 AI 發展可能引發的道德問題；研擬 AI 發展準則等方式，以確保政策確實執行與儘早因應可能面臨的社會問題。

在科技趨勢發展方面，AI 技術已進入一般人的日常生活，如語音助理與推薦系統，以及專業領域應用，如藥品開發與基因分析等，AI 技術已被廣泛應用，不過大多數的應用都停留在特定目的使用，尚未有通用型 AI。2022 年的 GPT-3 與 DALL-E 等以自然語言為基礎的模型，雖然仍處在試用階段，不過操作介面相當簡易，未來若結合其他應用，有望加速 AI 技術部署速度。AI 技術所仰賴的就是大量的資料與系統運算，而資料運算所需的晶片則在疫苗流行期間，因封城與物流塞車問題等，導致供應鏈因缺乏晶片而斷鏈，進而造成企業停工與經濟問題，加以美國與中國大陸間的問題，使得各國更重視國內自有晶片製造，紛紛提出晶片政策與 2 奈米以下等先進製程研發規劃。

在 VR/AR/MR 等裝置成本隨著技術進步，將可透過更低的裝置成本，提高使用者參與元宇宙的意願，同時在 Meta、Apple 與微軟推出更多元的軟體與平台後，未來元宇宙將有更多符合成本的實際應用案例，目前元宇宙僅在電玩遊戲產業中有較多使用者參與。另一方面，新興待開發領域的太空產業，則多由政府推動政策吸引民間投入，2022 年韓國已成功發射火箭，英國亦提出國家太空政策，我國於 2022 年通過太空法並成立專責法人機構，不過因地球衛星軌道與月球等太空領域多屬國際社會共有，故面臨需各國合作處理，如太空垃圾。

各國政府因應技術發展、社會環境改變與自然環境變遷，而相對應提出新的技術研發方向與政策，我國政府亦應隨時因應局勢變遷等因素，快速調整科技政策方向，以確保我國科技技術能持續保有發展優勢。

## 參考文獻

1. European Commission(2022), A European approach to artificial intelligence, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>,
2. European Commission(2022), Regulatory framework proposal on artificial intelligence <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>
3. OECD 人工智慧原則執行情形：各國人工智慧政策研析(State of Implementation of the

- OECD AI Principles: Insights from National AI Policies), 科技發展觀測平台, <https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100791e3859017a319f01002cc9>
4. 人工智慧策略行動計畫：荷蘭(Strategic Action Plan for Artificial Intelligence: The Netherlands), 科技發展觀測平台  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100791e3859017b29a136490296>
  5. 行政院(2018 年), 臺灣 AI 行動計畫(2018-2021 年)。  
<https://digi.ey.gov.tw/File/4C622B6A10053DAD>
  6. 行政院(2019 年 8 月 7 日)。台灣 AI 行動計畫—掌握契機, 全面啟動產業 AI 化。  
<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/a8ec407c-6154-4c14-8f1e-d494ec2dbf23>
  7. 李世暉(2019 年 10 月 7 日)。日本 AI 原則的經濟思維。聯合新聞網。  
<https://udn.com/news/story/6868/4087525>
  8. 泛加拿大人工智慧發展策略評估報告(Pan Canadian AI Strategy Impact Assessment Report), 科技發展觀測平台  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100784393680178aa1f62ae7736>
  9. 芬蘭人工智慧 4.0 計畫第一份中期報告：從啟動到實施階段(Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland(2021), Artificial Intelligence 4.0 Programme First Interim Report: From Launch to Implementation Stage), 科技發展觀測平台  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b11410080d19b900180f3aadbf1531>
  10. 邱錦田(2017), 日本實現超智慧社會(社會 5.0)之科技創新策略, 科技政策觀點, 科技政策研究與資訊中心, <https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10358>
  11. 科技人工智慧/機器學習策略計畫(S&T Artificial Intelligence/Machine Learning Strategic Plan), 科技發展觀測平台  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100791e3859017b2915c12a01b4>
  12. 英國人工智慧委員會 - 人工智慧路徑圖(UK AI Council - AI Roadmap), 科技發展觀測平台  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b11410077016c95017719425c7d19d3>
  13. 英國國家 AI 戰略(National AI Strategy, UK), 科技發展觀測平台  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100791e3859017c156ffec159df>
  14. 焦點報導：韓國人工智慧國家戰略, 科技發展觀測平台,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/focus-news?id=4b11410073dc2dda01742e08cde05096>
  15. 罰 10 億！歐盟《人工智慧管理法草案》八類高風險技術, 台灣業者別踩雷, 2021 年 4 月 26 日, 天下雜誌, <https://futurecity.cw.com.tw/article/1973>
  16. 臺灣人工智慧行動綱(2022), 歐盟人工智慧規則草案之初探——以市場、風險、價值及信賴為核心的管制架構, <https://ai.iias.sinica.edu.tw/eu-ai-regulation-draft-minutes/>
  17. 德國聯邦政府人工智慧策略：2020 年更新(Artificial Intelligence Strategy of the German Federal Government: 2020 Update), 科技發展觀測平台,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100791e3859017a556f0fc4366a>
  18. 歐盟人工智慧法草案 罰則重於 GDPR, 2021 年 9 月 11 日, CIO Taiwan ,  
<https://www.cio.com.tw/eu-draft-artificial-intelligence-bill-heavier-than-gdpr/>
  19. 歐盟公布 AI 立法框架, 將嚴格限制生物辨識的使用, 2021 年 4 月 22 日, iThome ,  
<https://www.ithome.com.tw/news/144009>
  20. 澳洲人工智慧行動方案(Australia's AI Action Plan), 科技發展觀測平台,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100791e3859017a37897bae37b8>
  21. Frost&Sullivan(2022), Cool Vendors in AI for Computer Vision
  22. Frost&Sullivan(2022), Global Computer Vision Growth Opportunities
  23. Frost&Sullivan(2022), Global AI Maturity Survey Analysis
  24. Frost&Sullivan(2022), Global State of AI, 2021
  25. Gartner(2022), Hype Cycle for Artificial Intelligence
  26. OpenAI 的 DALL-E API 邁入公測, 2022 年 11 月 4 日, iThome ,  
<https://www.ithome.com.tw/news/154037>
  27. 人工智慧的商業、政府、研究、人才、創意領域和社會趨勢(Future Today Institute (2022), Artificial Intelligence: Artificial Intelligence Trends in Business, Government, Research, Talent, Creative Fields and Society), 科技發展觀測平台,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100823b3d3701825d667633068a>
  28. 人工智慧觀測：重新審視相關人工智慧技術準備度(European Union (2022), AI Watch: Revisiting Technology Readiness Levels for Relevant Artificial Intelligence Technologies)  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b11410080d19b900180d613a2d605dc>

29. 半導體供應鏈深度評估(U.S. Department of Energy(2022), Semiconductor Supply Chain Deep Dive Assessment) , 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b1141007f9b57d9017fc030dd304da2>
30. 打造下一個艾司摩爾(ASML)? 荷蘭將投資 11 億歐元培育矽光子技術公司(Building the next ASML? It is Rumored that The Netherlands Will Invest 1.1 Billion Euros to Cultivate Silicon Photonics Technology Companies), 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/news/detail?id=4b114100806b575201808c82198d065f>
31. 焦點報導：美國 CHIPS 計畫執行規劃與研發投入介紹, 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/focus-news?id=4b11410082b117250183d07c16694098>
32. 焦點報導：振興美國半導體先進封裝產業, 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/focus-news?id=4b114100845ce8800184609ec92c0890>
33. 焦點報導：歐洲晶片法案與半導體相關政策, 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/focus-news?id=4b1141008100e5de018117833f1c1c7a>
34. 至 2027 年全球元宇宙市場預測(Metaverse Market(2022), Global Forecast to 2027), 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100823b3d3701827ca1a3cd1634>
35. 焦點報導：全球近眼顯示器市場發展與主要廠商, 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/focus-news?id=4b11410082b117250183444617cf6828>
36. 焦點報導：2022 全球五大最具市場吸引力之新興技術, 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/focus-news?id=4b1141008189b7ed0181b8e48cd15e64>
37. 焦點報導：國際科技大廠布建元宇宙生態系之發展現況, 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/focus-news?id=4b1141007e9ee4ea017f24a53df11847>
38. 2022 年全球元宇宙新興趨勢市場報告, 2022 年 7 月 18 日, 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/news/detail?id=4b11410081f30cf501821069873223a3>
39. Bandai Namco 正打造價值約 1.3 億美元的「IP 元宇宙」, 2022 年 2 月 8 日, 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/news/detail?id=4b1141007e9ee4ea017edd2590d87e2b>
40. Google 新款 AR 眼鏡上街實測, 3 大功能齊備, 不只能導航還可即時翻譯, 數位時代, 2022 年 7 月 20 日。<https://www.bnext.com.tw/article/70735/google-will-once-again-test-augmented-reality-glasses-in-public>
41. 蘋果悄悄擴增 AR/VR 團隊 2023 年頭戴裝置有望亮相? 細節曝光, 2022 年 11 月 19 日, 聯合新聞網 <https://udn.com/news/story/7086/6775378>
42. 歐盟太空政策：推動歐盟競爭力和加速雙生態與數位化轉型(European Parliament(2022), EU Space policy: Boosting EU Competitiveness and Accelerating the Twin Ecological and Digital Transition), 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b1141007e9ee4ea017f4ee357d73529>
43. 2021 年太空報告：全球太空活動權威指南(Space Foundation(2021), The Space Report 2021:The Authoritative Guide to Global Space Activity), 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b1141007c9b05f7017ca1b8fb990732>
44. 2022 年最具創新力的 10 家太空公司(The 10 Most Innovative Space Companies of 2022) , 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/news/detail?id=4b1141007f9b57d9017fb94899cd4183>
45. 2022 年太空安全的挑戰,( Defense Intelligence Agency(2022), Challenges to Security) , 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100806b57520180d0e7f6e23493>
46. Frost & Sullivan(2022), Global Space Growth Opportunities
47. Frost & Sullivan(2022),Global Space Debris Removal Growth Opportunities
48. Thales Alenia Space 將領導歐洲太空數據中心的可行性研究  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/news/detail?id=4b11410084c14cab0184d04adb526eb4>
49. 重複使用新紀錄! SpaceX「獵鷹 9 號」火箭助推器 10 度, 2021 年 5 月 9 日完美落地, 自由時報, <https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3526349>
50. 國際太空站轉型報告(NASA, (2022), International Space Station Transition Report) , 科技發展觀測平台 ,  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b1141007e9ee4ea017ef668d90c6a64>
51. 【3D 列印太空熱 1】3D 列印火箭 60 天造好升空 30 年老技術助台廠翻身, 2022 年 8 月 18 日, 鏡周刊, <https://www.mirrormedia.mg/story/20220810ind003/>

52. 2022 年人工智慧發展回顧：產業應用純熟，但人才稀缺難解  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100850be3ed01852cee34bc20bf>
53. 2022 年政府人工智慧準備度指數  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b114100850be3ed018537f8f3003549>
54. 2023 技術趨勢  
<https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/tdop/detail?tdpId=4b1141008683960b01870d6ba56e598a>
55. 疫情與台灣半導體產業的影響  
<https://eycc.ey.gov.tw/Page/9FAC64F67005E355/958bb485-ba4a-4224-8fb1-0d3c8d2fdcdc>
56. 新冠疫情下半導體產業趨勢觀察  
<https://indsr.org.tw/uploads/indsr/files/202205/63f07d79-9b3c-4dc6-bc5b-7d1fd4b5e0c4.pdf>