

翱翔太空： 香港新太空經濟的產業機遇

研究報告



Department of
Public and International Affairs
香港城市大學
City University of Hong Kong

印刷贊助



目錄

前言	3
簡介	4
香港的翱翔機遇：新太空經濟概況及其對香港工業與社會的啟示	6
新太空經濟的定義及特點	6
部分國家發展新太空經濟的經驗	12
案例研究：美國	14
案例研究：歐盟	16
案例研究：日本	19
案例研究：新加坡	22
案例研究：中國	26
不同國家的主要經驗啟示	30
香港之策略分析	33
新太空經濟的多層次、跨界別治理設計	34
香港潛在的戰略重點領域	34
未來的挑戰與障礙	44
治理策略與政策建議	45
跨界別合作	45
1. 機構領導模式	45
2. 基金會模式	46
3. 現有創新及科技基金的資助模式	46
4. 稅務激勵模式	46
跨學科合作	48

跨部門合作.....	48
跨境合作	51
能力提升策略	53
1. 對工業界別.....	53
2. 對高等教育和研究界別.....	57
3. 對中小學教育界別.....	58
4. 大灣區與國家層面的參與.....	65
國際參與及地緣政治風險管理	66
結語	67
參考文獻.....	68
鳴謝	84

前言

國家在《十四五規劃》提出，航空航天是其中一個聚焦的戰略性新興產業，在「二十大」進一步提出加快建設航天強國的目標，於二十屆三中全會亦提出要完善推動航空航天產業發展政策和治理體系，表明國家對航空航天的重視及決心。近年來，國家的航天事業發展迅速，取得舉世矚目的成就，而各個省市亦陸續出台與航天產業相關的政策內容，在產業鏈由科研、製造到現代服務業各個部分鞏固核心競爭力。2022年，國家首次在香港選拔載荷專家，這不僅體現了中央對香港的高度信任，更反映對香港科研人才的信心，以及對香港在國家創新科技發展中所作貢獻的期許。香港擁有雄厚的基礎科研實力，近年來積極發展成為國際創新科技中心，以提升新質生產力。我們期望政、產、學、研、投各界能共同把握太空探索所帶來的機遇，為本港的產業發展開創新的局面。

太空經濟涵蓋廣泛的產業領域，善用創新科技的成就來創造商業價值，並能將尖端科技引入現有工業，提升製造工藝水平，對先進工業具有顯著的推動作用。雖然航天科技和太空經濟看似遙遠，但對香港而言，卻並非不可及。香港擁有穩健的基礎科研能力，本地大學團隊多次參與國家級航天任務。近年來，多間高等院校推出了航天相關課程，培訓專業人才。此外，香港具備高度開放和國際化的營商環境，以及完善的國際通訊基礎設施，具備充分參與太空經濟的有利條件。

這一時機和背景促成了香港工業總會與香港城市大學的合作。通過此次研究，了解香港在發展太空經濟方面的優勢、潛力及重點領域，並向相關持份者提出相應建議。香港的航天產業生態圈逐漸成形，我們期望各界能善用香港的科研基礎，推動將航天工程的頂尖科研能力轉化為「新型工業化」的一部分，以探索更廣闊的太空經濟潛在商機，助力國家重點科研及經濟產業的增長發展。

香港工業總會主席

莊子雄博士

2025年7月

簡介

在過去二十年，全球太空經濟持續穩定增長（OECD, 2022; Petroni & Bigliardi, 2019）。許多發達經濟體將太空視為下一個新的前沿和經濟增長的未開發領域。據畢馬威會計師事務所（KPMG, 2020）的資料顯示，超過 80 個國家和地區已有衛星在軌道上運行。太空基金會（Space Foundation）的報告還指出，儘管面臨 2019 冠狀病毒病（COVID-19）疫情的挑戰和全球政府在太空項目上的開支減少，但整體世界太空經濟仍從 2019 年的 4,238 億美元增長到 2020 年的 4,470 億美元（Space Foundation, 2020; Werner, 2021）。這顯示了太空投資的韌性和長遠潛力。

太空經濟的「新」在於，它不僅由政府部門驅動、資助和發展，同時由公營機構、私人企業、創投人士、大學及研究機構，甚至每位消費者之共同努力（Peeters, 2021）。新太空經濟也從限於太空探索、科學實驗和軍事用途轉向更廣泛的商業利益和社會經濟發展目標。由於火箭技術進步和商機增加，許多私營航天公司應運而生。這些公司使用具成本效益的可回收火箭進行與太空相關的活動，並支持各類行業，包括衛星和通訊、新材料開發、先進製造、礦物開採、危險廢物處理、新農業和太空旅遊。

受商業利益支持及巨大的社會經濟利益推動，新太空經濟激發了許多新機遇，並擴大了國際間的合作。在 2020 年太空經濟領導人會議上，中國國家航天局秘書長許洪亮發言指：「太空科技、通訊、導航和地球觀測的發展在我們的日常生活中發揮著重要作用，並促進了社會進步和提升人民生活福祉。太空科技已成為世界經濟的關鍵部分，將有助於我們未來的經濟發展。我們期待太空科技為全人類帶來更多好處……」（KPMG, 2020, p. 15）。聯合國外層空間事務廳（UNOOSA）同時表示，

「太空科技是許多服務和產品背後的重要驅動力，這些服務和產品在我們的日常生活中變得不可或缺，尤其是在疫情期間更是如此。地球觀測、全球導航衛星系統和衛星通訊在應對 COVID-19 危機發揮了關鍵作用，例如使我們能夠在家工作和追蹤對環境的影響……隨著世界復常，太空繼續直接和間接地為社會經濟發展作出貢獻，並幫助實現可持續發展目標。」（UNOOSA, 2022c, p. 2）

基於此背景，本報告探討了新太空經濟的意義及其對香港特別行政區（下稱為：香港）工業、教育和研究及公共政策的啟示。香港作為全球金融中心，並擁有良好渠道以獲取資本和創業人才，也是華南地區中擁有頂尖大學和研究機構的國際創新中心，其完全有能力成為新太空經濟的積極參與者。

香港城市大學何達基教授和楊勇教授共同領導的研究團隊，基於文獻研究、比較政策分析和收集 30 多位工業和教育界持份者的意見¹，探討了香港為何應高度重視新太空經濟的全球發展，並須考慮採取哪些政策和跨界別行動，以提升香港長遠的競爭優勢。

接下來，本報告會先定義新太空經濟，並強調其主要特點。然後分析其發展的意義、與不同經濟界別的長遠增長及全球可持續發展議程之間的關係，和部分發達經濟體為維持太空經濟領導地位所作的策略行動。最後，本報告基於對香港的獨特地位和優勢作出策略分析，並建議香港可關注的新太空經濟子領域，和政府、企業、大學和研究界及中小學應採取的政策和策略，以促進更多跨界別合作，為香港在新太空經濟中創造新的機遇。

¹ 通過深入訪談和問卷調查，研究團隊收集了 30 多位不同界別持份者的意見和建議，其中包括來自電子零件、回饋遙控和智能設備、工業自動控制系統、先進材料、能源、先進製造、都市農業、中學和大學的代表。

香港的翱翔機遇：新太空經濟概況及其對香港工業與社會的啟示

新太空經濟的定義及特點

太空經濟是指與太空探索、太空科技發展、太空資源運用相關的經濟活動、產品和服務。隨著蘇聯與西方之間的冷戰及 1957 年蘇聯人造衛星 Sputnik 的成功發射，以美國為首的西方國家開始大力投資太空計劃。這種「舊」太空經濟主要是出於國防和科學研究目的。從太空探索和基礎研究，到太空相關技術的發展和管理，都以政府為太空相關經濟活動的主要投資者。

太空經濟在這發展階段的規模相當有限，主要限於教育界別、研究和軍事國防工業。因此，這些活動對整體經濟的直接經濟價值貢獻相對較少。儘管如此，研究顯示許多最初主要為軍事或基礎研究而開發的太空技術和計劃，在後來數年或數十年轉化為極具價值的商業產品 (Crawford, 2016; Kratz et al., 2014)。這種現象被稱為雙重用途技術，指的是最初為軍事應用開發的工具或方法，具有足夠的商業價值來為工業或消費用途調整和製造 (Kratz et al., 2014)。這使得為國防而創立的昂貴技術不用於其預期的軍事用途時，也可以使民用商業實體受惠 (Kratz et al., 2014)。

軍民兩用科技的例子在各領域比比皆是。國防研發開支帶來了個人電腦和網絡技術，最終為互聯網和電子商貿鋪路 (Jorgenson et al., 2023)。同樣，最初為軍機開發的噴射引擎顯著提升了商用飛機的速度，促進了航空業的增長 (Lohmann & Pereira, 2020)。美國的全球定位系統 (GPS) 最初是為軍事導航和定位而設計的，現已成為汽車導航系統、智能手機和穿戴式裝置等許多商業應用中不可或缺的一環 (Cui, 2022)。衛星最初用作軍事和太空探索，現在於全球通訊、遙感、氣候觀測、資料收集、資源開發、運輸和其他商業應用中發揮著關鍵的作用 (Wouters et al., 2017)。互聯網的前身 ARPANET 最初是由美國國防高級研究計劃局 (DARPA) 創立，用於軍事通訊 (Özkula, 2021)。及後，這項開創性的技術徹底改變了全球通訊和資訊共享。

此外，微波爐背後的技術最初是在二戰期間為雷達系統而開發，後來在商業應用到烹飪上 (Osepchuk, 2015; Posen et al., 2018)。無人機 (UAV) 最初用於軍事，現已擴展到民用領域，用於商業和研究應用，包括攝影測量和遙感 (Berra & Peppas,

2020)。事實上，正如 Visionspace 所報導，當今世界使用了許多現代技術，例如電腦滑鼠、手機相機、電腦斷層掃描儀器和放射影像使用的技術、記憶海綿墊、水淨化系統、嬰兒配方奶粉中使用的營養強化成分和太陽能技術，最初是由美國太空總署 (NASA) 的科學家和研究人員開發，用於支援太空任務和計劃 (Verissimo, 2021)。

此外，NASA 的太空站研究帶來了廣泛的科學和技術進步，造福地球上的生命。這些突破包括基礎疾病研究、新型水淨化系統開發、利用蛋白質晶體的藥物開發、微重力下培植農作物、減輕肌肉萎縮和骨質流失的方法。它們也促進了低軌經濟、微重力 3D 打印、應對自然災害等顯著成就 (NASA, 2020a)。透過太空站科學研究獲得的知識和開發的技術有助於醫療保健、環境監測、災害應變、污水管理、糧食生產、能源效率等領域的進步。因此，即使是「舊」太空經濟，其長期經濟價值和社會效益亦不應被忽視 (Gurtuna, 2013; Koshova, 2022; OECD, 2012; UK Space Agency [UKSA], 2022)。

事實上，太空經濟的公共投資確實帶來了顯著的社會經濟效益。Koshova (2022) 強調太空活動有助於國民經濟有效發展，並加強國家安全、國防和整體之策略競爭力。此外，Crawford (2016) 和 Koshova (2022) 強調官方太空計劃和投資的角色是作為經濟增長和科技潛力開發的驅動力。Gurtuna (2013) 進一步認同政府投資於太空活動所帶來的社會經濟效益。這些好處包括推動各行各業的技術創新，從而促進經濟增長和提高生活質素 (Gurtuna, 2013)。太空活動的投資可以刺激經濟增長、創造就業機會、創業和創新 (Gurtuna, 2013)。它也促進基建發展、科學研究、知識建構、環境監測、資源管理、國際合作和外交 (Gurtuna, 2013)。此外，太空活動能夠在科學和工程相關領域啟發和教育大眾 (Gurtuna, 2013)。總括而言，太空探索和航天技術提供了巨大的社會經濟效益，涵蓋多個界別，並促進了社會進步 (Crawford, 2016; Gurtuna, 2013; Koshova, 2022)。

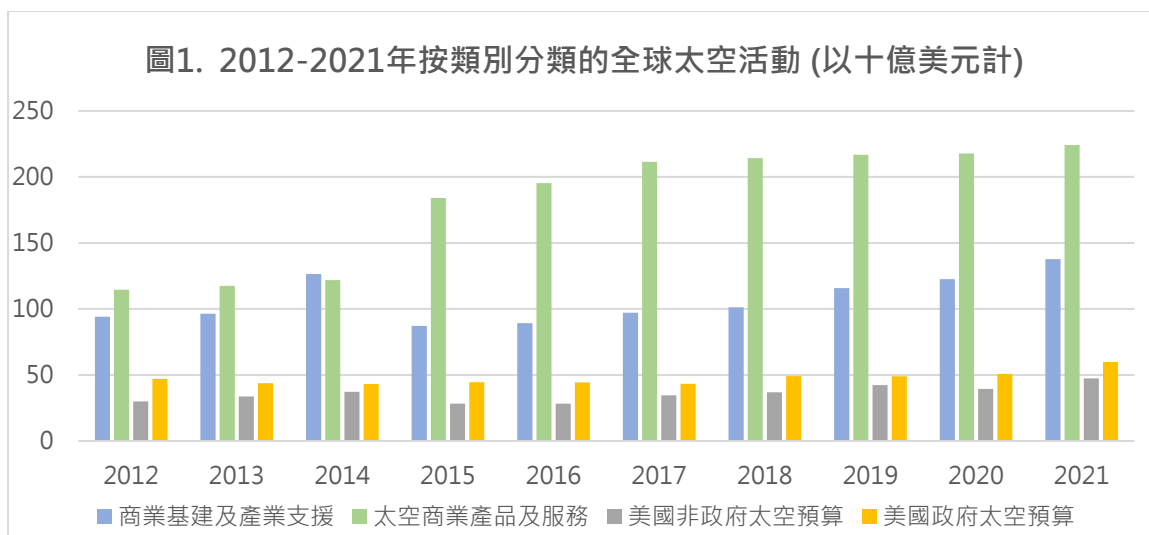
太空領域公共投資的經濟影響不限於社會經濟效益，研究更顯示其具顯著的投資回報。受 NASA 委託的 Midwest Research Institute (MRI) 報告研究了 NASA 的研發 (R&D) 開支及技術與美國國民生產總值 (GNP) 增長的關係 (Gurtuna, 2013)。研究指出，NASA 在 1950 年至 1969 年間每一美元的研發投資，均使期後 18 年間的國民生產總值平均增加七美元以上 (Gurtuna, 2013)。此外，阿波羅太空計劃體現了太空計劃的經濟影響，其中政府投資的 250 億美元帶來了驚人的 1,810 億美元經濟回報 (Holt, 2011)。同樣，英國太空總署 (UKSA, 2022) 強調其可觀的投資回報，每一英鎊的

太空公共投資為英國經濟帶來三至四英鎊的總增值 (Gross Value Added) 。上述調查結果突顯了太空領域公共投資的可觀經濟回報。

1980 年代，蘇聯開始解體，不再擁有大力投資太空計劃的經濟資源與美國競爭。在 1991 年，蘇聯正式解體。因此，冷戰不再成為西方太空計劃的背景和推動力。科學家 and 決策者開始更加關注和平、民用太空技術和資源的潛力。

美國太空穿梭機計劃的失敗觸發太空經濟革命性轉變。1986 年，挑戰者號太空穿梭機在發射過程中爆炸 (Barbosa et al., 2023, p.28-29) 。這場災難的調查揭示了 NASA 許多的管理問題及缺乏必要的資金來支持不同的軍事和科學研究計劃 (Edy & Daradanova, 2006, p.135; House of Representatives, Congress, 1986, p.136, 168; Romzek & Dubnick, 1987, p.232) 。然後在 2003 年，另一場災難發生—哥倫比亞號太空穿梭機返回地球時在空中解體，七名太空人全部罹難 (Sanger, 2003) 。這場悲劇的調查再次揭示了自挑戰者號災難以來一直存在的太空穿梭機設計問題和 NASA 的項目管理問題 (Edy & Daradanova, 2006, p.143, 145; Guthrie & Shayo, 2005, p. 61, 64; Mahler, 2009, p.5-6; Stone & Ross-Nazzal, 2011, p.35) 。許多人將此歸咎於政府機構的低效和官僚文化 (Columbia Accident Investigation Board, 2003, p. 195-202; Garrett, 2004, p.390; Guthrie & Shayo, 2005, p.62, 66; Leveson, 2008, p. 237; Romzek & Dubnick, 1987, p.232-234) 。太空穿梭機計劃最終於 2011 年退役 (Chang, 2011) 。美國的決策者、科學界和 NASA 的許多私人承辦商開始主張開發私人替代方案來取代政府主導的太空計劃 (Comstock, 2008; La Tour et al., 2014, p.11; NASA, 2023; Undseth et al., 2021, p. 23; Weinzierl, 2018; Yaeger, 2021, p. 6-7, 11, 13-16) 。

所有這些發展都打開了「新」太空經濟的大門，許多美國私人公司正引領其發展，包括波音公司 (Boeing) 和馬斯克所領導的 SpaceX 等新公司 (Wirbel, 2005) 。在新太空經濟中，政府不再是唯一的投資者和領導者，因為資助可來自公私營合作和跨界別合作。圖 1 顯示了私人機構在新太空經濟發展中日益增加的重要性。



數據來源：太空基金會

隨著私人機構的參與增加，太空相關活動和產品開發的目的已經超越了最初的科學或軍事用途。現在，更多的參與者和投資者，包括私人投資者、企業家和私人資助的研究實驗室，都來參與及支持商業導向的活動和作商業用途的技術（Weinzierl, 2018）。這些活動也具有更多的民間和社會目標，特別是與可持續發展和人道主義相關的目標（UNOOSA, 2015a）。例如，美國於2020年明確宣布其太空計劃的目標包括透過培育、推進和促進太空科學和經濟能力來加強經濟擴張，並提升其人民和全人類的福祉（Office of Space Commerce [OSC], 2020, p. 1, 6）。

表 1 總括了過去二十年從舊太空經濟到新太空經濟的革命性轉變。

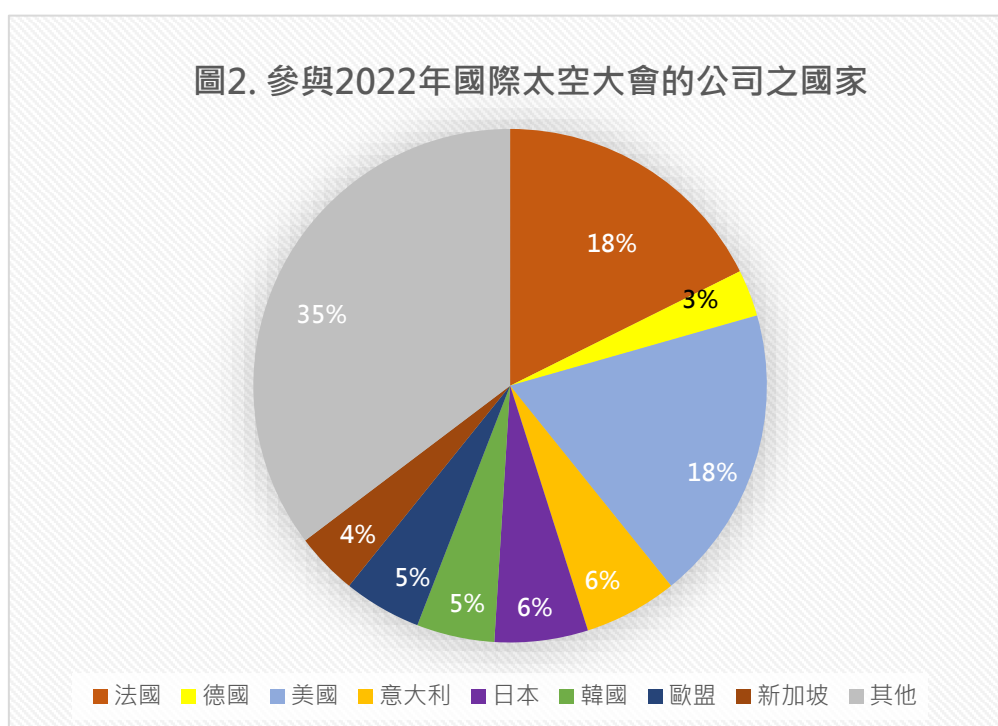
表 1. 新舊太空經濟的對比

	舊太空經濟	新太空經濟
目標	<p>國家安全、軍事目的和地緣政治考慮；經濟擴張和科技發展的野心；維持和提升國際地位和聲譽，從而擴大政治影響力和軍事優勢（Diakovska & Aliieva, 2020; Genta, 2014; Rementeria, 2022）。</p>	<p>更重視創新、商業化與利潤導向（Diakovska & Aliieva, 2020）；重點關注太空資源和太空製造的商品化，為太空相關的產品和服務創造新的產業和市場。根據 OECD（2022），許多現代商品和服務（主要在數碼領域）利用最初為太空領域開發的產品和技術作為其製造的中間組件或投入。衍生技術變得重要，這些技術又回到新太空的生態系統中（Gonzalez, 2023）。</p>
參與國家/地區	<p>美國和蘇聯領先其他發達國家和部分發展中國家（Diakovska & Aliieva, 2020）。蘇聯解體後，俄羅斯對航天工業的公共資金被美國、中國、歐盟、印度和日本超越（Diakovska & Aliieva, 2020）。烏克蘭、哈薩克和阿根廷也曾是舊太空經濟的積極參與者（Blinder, 2022; Diakovska & Aliieva, 2020）。</p>	<p>新技術的可能性和較低的市場進入成本，令更多的發達和發展中經濟體參與了新的太空經濟（Cocchiara et al., 2022; Diakovska & Aliieva, 2020; Sweeting, 2018）。隨著更多的發展中國家成為新太空經濟參與者，為太空探索和技術開發開闢了新的國際合作機會（Bezzubov & Borovyk, 2021; Peng, 2023; Rementeria, 2022）。例如，太空發展發達的國家可以為開發太空資源提供資金和技術（Peng, 2023）。另一方面，太空或科技能力不足的發展中國家可以提供數據探勘的勞動力以協助處理從衛星收集的資訊和數據（Peng, 2023）。</p>

<p>領導者及其角色</p>	<p>舊太空經濟主要集中於政府資助的計劃，例如 NASA 的太空探索及用於軍事和科學的衛星發射。政府主導了太空探索的方向並控制太空資源的使用權（ Rementeria, 2022 ）。</p> <p>在太空技術發展的「傳統政府領導模式」和「公共部門中央化」下，研究、開發和製造均由政府資助的國有機構或高度監管的大公司實行（ Tchalakov, 2015; Weinzierl, 2018 ）。</p> <p>這種模式並沒有促進更大規模的工業生產，這意味著規模經濟沒有發揮顯著作用，公司主要充當政府的承辦商（ Tchalakov, 2015 ）。此外，過去公共產品優先於商業目的，窒礙了商業太空領域的發展（ Weinzierl, 2018 ）。</p>	<p>太空並不是政府、公營機構及航天和國防公司的專屬領域（ Genta, 2014; Rementeria, 2022 ）。現在尋求新興機會的企業可能會在不斷發展的私人領域中獲得先發優勢。一系列新的太空參與者，例如上游和下游市場的私人投資者、公司和初創公司（又稱「太空企業家」）及來自各個相關行業的新參與者，包括在資訊和通訊行業的數據分析公司與傳統政府機構一起投資並為太空探索作出貢獻，而傳統政府機構也越來越多地採用新的商業化方式進行太空開發（ Cocchiara et al., 2022; Diakovska & Aliieva, 2020; Gonzalez, 2023; OECD, 2022; Rementeria, 2022 ）。</p> <p>政府透過參與國際條約及在國內創造有利的監管環境、提供財政支援及致力於研究和教育，在太空事業中仍然發揮著關鍵作用（ Genta, 2014; Kessler & Peeters, 2011 ）。</p>
<p>資金來源</p>	<p>五十多年來，太空飛行和探索計劃被視為只能由高度發展國家提供資助，因此，一個國家在太空探索方面的成就直接取決於其公共財政和經濟狀況（ Diakovska & Aliieva, 2020 ）。</p>	<p>根據 Gonzalez（2023）的觀點，新太空經濟中的太空公司可以是獨立於政府航天政策和資金運作的私人實體。然而，新太空參與者仍然可以獲得來自各方的支持，包括政府撥款和服務、參與政府舉辦的挑戰賽以贏取獎品及獲得各項的初創企業資助，例如培育和加速支援（ OECD, 2022 ）。此外，創投和眾籌活動在為新太空經濟的參與者提供資金上發揮重要作用（ OECD, 2022; Pomeroy et al., 2019 ）。</p>

部分國家發展新太空經濟的經驗

許多國家已經推出了鼓勵太空經濟商業化發展的特別政策及措施，主要是美國、法國、意大利、德國和日本（UNOOSA, 2023c）。然而，許多中等收入經濟體也在追求發展新太空經濟，因為其長遠的經濟增長潛力及對通訊、農業和先進製造業等多個經濟界別具重大影響（Sommariva, 2018）。例如，來自不同國家的 98 家公司參加了太空經濟的年度盛會—2022 年國際太空大會（見圖 2）。如預期，美國（20%）、法國（18%）、意大利（6%）、日本（6%）和韓國（5%）等先進經濟體佔據重要地位，顯示出她們在新太空經濟中的領先地位。同時，許多較小的國家，如以色列和比利時，甚至中等收入國家，如馬來西亞和阿根廷，也出席了會議。



聯合國的支持是推動更多國家參與的主要因素之一。聯合國外層空間事務廳 (UNOOSA) 一直為許多國家，包括發展中經濟體提升能力，並推廣發展太空經濟的效益。例如，UNOOSA 幫助各國建立科學技術發展和太空技術產品應用的能力，利用太空技術緩解災害和氣候變化、人道主義援助、環境監測和自然資源管理 (UNOOSA, n.d.a)。UNOOSA 也促進以和平的方式運用外太空以加強國際合作，並協助各國制定符合國際太空法的法律框架和立法。

如表 2 所示，聯合國可持續發展目標 (SDGs) 也可以融入新太空經濟的發展。

表 2. 利用太空經濟以支持《2030 年可持續發展議程》的方式 (UNOOSA, 2015b)

可持續發展目標	與新太空經濟的相關性
目標 2：零飢餓	太空技術的發展可以幫助人道救援組織利用遙感衛星技術，以提供關鍵數據以監測土壤、積雪、乾旱狀況和作物的生長，從而預測世界農業生產力和產量，防止全球飢餓和相關挑戰。
目標 5：性別平等	開辦新課程，賦能女性參與 STEM 教育，為女科學家提供機會，並鼓勵更多女性參與太空科技發展。
目標 6：清潔飲水和衛生設施	太空經濟可以創造新的平台來探索新技術和知識轉移，以便改善水淨化、節約用水和其他相關議題。
目標 10：減少不平等	新太空經濟可以提供新機遇，幫助年輕一代獲得知識、實務技能和技術培訓，為技術驅動型經濟作準備。

以下將探討部分國家的經驗，為已開始探索參與新太空經濟的香港提供潛在的經驗參考。

案例研究：美國

美國一直是技術能力和太空商業化的超級大國。2021 年，美國政府在太空計劃上投放了約 546 億美元，使其成為世界上太空開支最高的國家 (Daedal-Research, 2022, p. 62)。美國在航天科技投資方面也遙遙領先，3,086 家公司於 2021 年共投資了 280 億美元，約是中國航天科技公司投資總額的六倍 (SpaceTech Analytics, 2021, p. 27)。

根據美國經濟分析局 (BEA) 的數據，美國太空經濟於 2019 年佔實際總生產的 1,944 億美元，私人機構報酬總開支達 424 億美元，共創造 354,000 個私人機構就業崗位 (Highfill et al., 2022, p. 1)。就總生產量而言，製造業、資訊、政府和批發貿易是美國太空經濟的四大產業 (Highfill et al., 2022, p. 2)。

如上述提及，美國的太空經濟最初主要由國家安全和國防工業驅動。NASA 是一個成立於 1958 年的官方獨立機構，以回應蘇聯成功發射第一顆人造衛星 Sputnik (Chatzky et al., 2021)。從歷史上看，NASA 有 85% 至 90% 的預算都花在負責設計和製造火箭及太空船的私人承辦商上，而該機構則負責監督和營運 (Chatzky et al., 2021)。然而，自 1990 年代以來，太空經濟格局發生了巨大變化，當時 NASA 的聯邦資金份額被大幅削減，而私人機構的資金投放卻大幅增加。目前，美國於太空經濟領域的主要商業參與者包括太空探索技術公司 (或 SpaceX)、藍色起源有限責任公司 (Blue Origin LLC)、維珍銀河控股公司 (Virgin Galactic Holdings Inc.)、波音公司、相對論空間公司 (Relativity Space)、軌道科學公司 (Orbital Sciences Corporation)、阿斯特拉太空公司 (Astra Space Inc.)、螢火蟲航天公司 (Firefly Aerospace Inc.)、火箭實驗室 (Rocket Lab)、洛歇馬丁公司 (Lockheed Martin and Jacobs Technology) 和雅各布工程公司 (Jacobs Technology; 一家技術專業服務公司) 等 (Daedal-Research, 2022, p. 84-107; OECD, 2022)。在這些參與者中，SpaceX、波音公司、洛歇馬丁公司和雅各布工程公司是 2020 年 NASA 的四大承辦商 (按採購合約數量) (OECD, 2022)。

美國政府越來越依賴建立公私營合作 (Public-Private Partnerships, PPPs) 來執行太空任務。NASA 悠久的商業載人計劃 (CCP) 是一項與私人機構建立伙伴關係和合作的重大倡議 (Sadeh, 2015; Seedhouse, 2016; Weinzierl, 2018)。該計劃的目標是建立一個美國商業載人航天運輸系統，能夠安全、可靠和高經濟效益地進出國際太空站 (ISS) 和低軌道 (LEO) (Seedhouse, 2016)。

2020 年的 SpaceX 載人龍飛船 2 號任務成為第一個商業開發的國際太空站載人飛行任務，為計劃立下一個里程碑 (Council of Economic Advisers, Executive Office of the President, 2021, p. 232; NASA, 2020b)。在商業載人計劃中，波音和 SpaceX 兩家承辦商，負責設計、開發、建造、擁有和營運其航天系統和基礎設施 (Government Accountability Office [GAO], 2020)。NASA 則在開發過程中提供專業知識及資源 (GAO, 2020; NASA, 2019; Seedhouse, 2016)。在此模式下，NASA 工程師不作設計上的決策，並在處理、測試、發射和操作載人運輸系統方面的角色亦有所減少 (NASA, 2019)。該計劃為 SpaceX 等承辦商提供了開發資金，並使用固定價格合約 (而非成本補償或成本加成)。此方式更有利於創新，因其能鼓勵承辦商善用整個開發過程中最高效和最有效的製作流程及業務營運方式 (Council of Economic Advisers, Executive Office of the President, 2021, p. 232; GAO, 2020; NASA, 2019; Sadeh, 2015)。

固定價格合約模式讓承辦商負上更大的責任，因其承擔最大的風險，並需承擔所產生的所有成本，因而可能產生利潤或招致損失 (Council of Economic Advisers, Executive Office of the President, 2021, p. 232; GAO, 2020)。這種模式能鼓勵承辦商控制開支和提供高效服務，同時減少對相關締約方的行政負擔 (Council of Economic Advisers, Executive Office of the President, 2021, p. 232; GAO, 2020)。相較之下，NASA 先前使用的成本補償或成本加成合約模式可能會錯誤地鼓勵公司增加成本並延長合約期限 (Council of Economic Advisers, Executive Office of the President, 2021, p. 232)。因此，採用的合約模式至關重要，因為它必須提供適當的誘因，以確保 PPP 的效率和成本效益。

美國政府表示 PPP 有許多好處，例如降低在太空產品和服務成本的稅項及加速太空經濟的增長 (Council of Economic Advisers, Executive Office of the President, 2021, p. 232)。PPP 現為支持美國太空經濟發展的關鍵策略 (Council of Economic Advisers, Executive Office of the President, 2021, p. 248)。如在 2020 年，特朗普政府發布了國家太空政策指令，為所有太空活動提供方向，其中政府承諾「促進和鼓勵私人工業，以為美國太空產品和技術創立新的國際和國內市場」 (Higuera, 2022; Migaud et al., 2021; OSC, 2020, p. 5; Sinclair, 2020; White House, 2018)。其亦引進了監管改革，以提高政府的採購效率並鼓勵更多公司進入市場 (Council of Economic Advisers, Executive Office of the President, 2021, p. 248; Oltrogge & Christensen, 2020)。此外，亦在商務部 (DOC) 下設立了太空商務辦公室 (OSC)，其目標是「為美國太空商業的經濟增長和技術進步創造條件」，同時亦合併聯邦通訊委員會 (FCC)、聯邦

航空管理局 (FAA) 和商務部等政府機構的重疊職能 (Higuera, 2022; Melograna & Johnson, 2023; Oltrogge & Christensen, 2020; OSC, n.d.) 。總括而言，為確保 PPP 策略在航天領域上成功落實，政府有必要制定有利政策，並有效協調不同政府機構和業界。

案例研究：歐盟

歐盟是新太空經濟中的另一股重要力量，約佔全球業務的 21%，僱用了超過 23 萬名專業人士，並於 2015 年創造了約 460-540 億歐元的收益 (Evroux, 2022, p. 4) 。該領域的主要歐盟公司包括空中巴士公司 (Airbus)、泰雷茲阿萊尼亞航太公司 (Thales)、賽峰集團 (Safran) 和李奧納多公司 (Leonardo)，它們提供了歐盟太空工業一半以上的就業機會 (Evroux, 2022, p. 4)。此外，太空製造業是歐盟貿易平衡的淨貢獻者。2011 年至 2020 年間，太空製造業佔歐盟出口額的 201.5 億歐元 (Evroux, 2022, p. 4)。

歐盟在衛星產業尤其強大。2017 年，歐盟佔全球衛星相關業務價值的 2,382 億歐元 (即 79%)，而於 2021 年，其佔全球設備收入的 25% (344.5 億歐元) (Evroux, 2022, p. 4)。它亦創造了許多太空科技應用，包括世界上最大規模的地球觀測計劃——哥白尼 (Copernicus, 2022)。衛星產業對歐盟經濟具有重要的戰略意義。根據估計，導航衛星訊號支撐歐盟 GDP 的約 10% (超過 11,000 億歐元) (Evroux, 2022, p. 5)。根據 ESA (2022a, p. 5) 的數據，歐盟成員國透過 ARTES 計劃對衛星通訊的投資直接創造並保障至少 17,700 個就業機會 (文字框 1 是該計劃的案例研究)。在歐盟內的法國、德國和意大利是該開發計劃的最大投資者 (Evroux, 2022, p. 2-3)。傳統上，於 1975 年成立的 ESA 負責開發太空計劃。2023 至 2025 年間，ESA 的預算創歷史新高，達到約 170 億歐元，比之前的預算增加 17%，以便與另外兩個航天強國——美國和中國競爭 (European Parliament, 2022; Pultarova, 2022)。於 2022 年，ESA 在商業化、工業和採購理事會下成立了太空經濟團隊，以促進太空經濟政策的交流並評估其項目的社會經濟影響 (ESA, n.d.a)。該團隊每年均會向 ESA 提交一份「太空經濟報告」 (ESA, n.d.a)。

同時，如美國一樣，私人公司在新太空經濟中發揮的角色越來越重要。為進一步促進太空相關產業的發展，2004 年成立的歐洲全球導航衛星系統監管局 (GSA) 於 2010 年重組為歐洲全球導航衛星系統局。然後於 2021 年，在歐盟的新太空法規下改革成歐盟太空計劃署 (EUSPA)，以增強太空計劃對歐洲社會和企業的社會經濟效益 (EUSPA, 2022)。儘管 EUSPA 與 ESA 合作密切，這兩個機構為獨立運作。

歐盟對於太空經濟相關政策有兩個主要方向。第一層面是「政策助太空」(Policy for Space)，旨在提升歐洲太空經濟的競爭力、支持其產業和鼓勵採用太空應用及數據 (Evroux, 2022, p. 8)。例如，歐盟和歐洲航天工業透過展望歐洲計劃 (Horizon Europe) 建立伙伴關係，以促進產業所需的技術進步。歐盟亦透過歐盟太空計劃、卡西尼號 (CASSINI) 和歐洲創新理事會 (European Innovation Council) 向中小企業和初創企業提供資金，並支持針對新太空專業人員的培訓和教育計劃。

歐盟太空經濟政策的第二個層面是「太空助政策」(Space for Policy)，重點關注歐盟太空投資的影響及其與可持續發展和促進綠色經濟等歐盟優先政策的聯繫 (Evroux, 2022, p. 5)。例如，歐盟鼓勵使用太空數據以支持精準農業和智慧城市，從而減少溫室氣體排放 (Evroux, 2022, p. 8; UKSA, 2020)。

以精準農業為例：農業是溫室氣體排放的主要來源，佔人為溫室氣體排放的 19 至 29% 和熱帶雨林伐木的 80% (Campbell et al., 2014; Schiavon et al., 2021; UKSA, 2020)。因此，需要改變農業系統以實踐可持續管理，這可透過地球觀測 (EO) 數據來實現 (Pignatti et al., 2021; Schiavon et al., 2021)。利用地球觀測數據和其他太空相關的技術，精準農業可以支持農業監測、促進農業的優化及可持續管理、減少水資源及化學物質的投放 (如化肥和農藥)，從而減輕務農方法帶來的生態足跡，同時提高產量和營利 (Pignatti et al., 2021; Schiavon et al., 2021; UKSA, 2018; UKSA, 2020)。歐盟的地球觀測計劃—哥白尼氣候變化服務 (C3S) 正為此作出貢獻。其為農業應用度身訂造氣候指標，為農民提供資訊以作更好的種植決策 (Buontempo et al, 2020)。為傳遞上述的氣候數據和其他數據，其建立了領域資訊系統 (Sectoral Information Systems) 予公共及私人機構，特別為包括農業在內受氣候影響的行業。為協助該計劃，歐盟發射了 Sentinel-2 衛星。其數據對於精準農業遙感非常重要，可為作物監測、分類、產量預測和管理決策提供詳細而準確的資訊 (Segarra et al., 2020)。

歐盟認為科技進步不應脫離社會和經濟的優先事項，才能創造價值。

文字框 1.

歐洲太空總署 (ESA) 的多層合作機制

歐洲太空總署 (ESA) 是一個擁有 22 個成員國的國際組織。ESA 促進歐洲國家之間和平地進行太空研究、科技及其應用的合作，並協調上游研究和開發活動。目標是將這些發展用於對歐洲和世界公民有利的科研用途和營運太空應用系統。

正如其題為「歐洲的太空」(Make Space for Europe) 的 2025 年議程，ESA 肯定了發展蓬勃的太空商業的好處及其在滿足歐洲社會和經濟需求及政治優先事項的能力 (ESA, 2021b)。因此，ESA 一直在推出以人才、資本和快速創新為核心的項目，以促進歐洲太空領域的商業化 (ESA, 2021b)。

「電訊系統高級研究計劃」(ARTES) 是 ESA 與公共和私人實體 (即衛星通訊產業和成員國政府) 實施合作伙伴計劃 (PP) 的一個例子，計劃希望轉化研發投資為成功的商業產品及服務 (ESA, n.d.c)。「Pacis 3」計劃便是一個典型的例子，該計劃由西班牙私人衛星營辦商 Hisdesat、一群西班牙的航天企業和 ESA 組成，並得到西班牙工業技術發展中心 (CDTI) (西班牙經濟工業競爭部轄下的一個公共商業實體) 與 ESA 共同開發可負擔、具彈性及安全的通訊服務 (ESA, 2021c)。

這些合作伙伴計劃通過分散風險以鼓勵創新。ESA 承擔與開發創新方案相關的風險，而營辦商則承擔市場需求的商業風險。如果沒有這種合作策略，許多實驗項目會因較高的技術或商業風險而不能實行。

另一個刺激太空商業領域創新的旗艦計劃是 ESA 商業培育中心 (ESA BICs)，中心協助與太空相關的初創公司和企業，成為把太空科技或太空數據商業化的公司。公司離開培育階段後，將加入校友網絡，進一步接觸相關產業的人脈。除了能容易獲取資金 (即 5 萬歐元資金、知識產權開發、集資指導和機遇) 外，ESA BICs 還為初創企業的發展提供多方面的支持，例如來自該地區之頂尖專家及 ESA 的技術支援、商業培訓、研討會和工作坊及法律諮詢。該計劃最有價值的資產也許是其區域和國家網絡及 ESA BICs 與當地行業、大學、研究機構、政府和投資者社群之間的聯繫。

總括而言，ESA 的跨界別合作模式涵蓋了公私營、大學和研究機構，在促進創新和推動太空技術商業化方面發揮了重要作用。

案例研究：日本

二戰後，日本的軍事能力受到制裁而沒有參與太空科技開發的競爭。因此，幾十年來，日本在探索太空經濟潛力方面遠遠落後於美國和蘇聯。1950 年代至 1980 年代間，其大部分工作只集中在基礎科學研究 (Takeuchi, 2019) 。

1990 年代是日本太空科技發展的轉捩點。隨著美國和歐盟開始發展商業化的太空經濟，並減少對國防技術的關注，日本便有更多機會與其他國家一起探索太空經濟。為了加速太空科技發展，其於 2003 年合併國家航空宇宙技術研究所、宇宙科學研究所和宇宙開發事業團為日本宇宙航空研究開發機構 (JAXA)。2008 年，日本通過了《宇宙基本法》，將「太空開發及利用」作為其兩個主要任務 (Basic Space Law, 2008)。JAXA 從文部科學省遷至內閣宇宙開發戰略本部，由首相直接領導。並在 2016 年，內閣成立了宇宙政策委員會 (NSPS) (Kurasawa, 2018) 。

這些努力都顯示太空經濟對日本國策的重要性日益增加。透過這些努力和大量投資，日本近年來成功躋身為新太空經濟的強國。例如，東京大學宇宙航空研究所發射了日本第一顆人造衛星「大隅號」，使日本成為世界上第四個成功實現此目標的國家。此外，隨著隼鳥號和隼鳥二號探測器的成功研發，日本現已成為小行星探索的領導者。

隼鳥號約有 100 家日本公司參與其開發和營運，而該數字於隼鳥二號任務中增加了三倍 (JAXA, 2023; Kodama & Hoshi, 2019; Uesaka & Yano, 2015)。JAXA 於項目中負責監督而資訊科技公司—日本電氣 (NEC) 則負責開發和製造 (Kodama & Hoshi, 2019; Uesaka & Yano, 2015)。除了私人公司的參與外，隼鳥二號計劃的 600 人團隊還包括數百名專家，包括 JAXA 的工程人員、國際科學家及從研究生到博士後研究員的年輕專業人士 (International Astronautical Federation, n.d.; JAXA, 2014)。探測器返回後，來自岡山大學、海洋研究開發機構 (JAMSTEC)、高知核心研究所等多所研究機構和大學界別成員組成的地球外物質研究團，組成了「小行星探測器隼鳥 2 號初步分析化學分析團」。文字框 2 說明了隼鳥 2 號計劃涉及的跨界別合作。

近年來，日本和美國一直緊密合作開發聯合太空計劃。例如，NASA STS-124 任務從美國甘迺迪太空中心發射了日本的國際太空站實驗艙 (亦稱為 Kibo) (JAXA, 2022) 。

發展衛星計劃和發射能力只是日本新太空政策的其中一面。除了「太空探索和太空科學」外，日本政府還強調「太空開發及利用」，鼓勵私人機構參與開採太空資源。例如，2021年6月23日通過的《促進探索和開發太空資源商業活動法案》（Act No. 83 of 2021），該法案授權獲得日本政府太空活動許可證的私人公司擁有太空資源（Government of Japan, 2022）。例如，根據2021年《太空資源法案》，專門從事機械太空船和技術的日本公司 Ispace 獲准開採並擁有月球資源，然後出售給 NASA，使得其成為第一個在月球上開展商業活動的太空商業公司（Ispace, 2022）。其他日本公司，例如專門清除太空垃圾的 Astroscale、專門從事地球觀測微型衛星的 Axelspace、機械人公司 GITAI，是主要參與全球新太空經濟的日本公司（International Trade Administration, 2021）。日本也活躍於地球科學、載人航天、太空科學、航空研究和太空安全方面，並經常與美國在太空相關的商業活動中合作（Florida & Kenney, 1994）。

日本政府國家宇宙政策委員會最近推出了太空工業 2030 年願景。其目標之一是到 2030 年代初將其太空市場規模擴大一倍至約 2.4 兆日圓（211 億美元）。現在已有一項國家政策促進新市場的發展，允許私人企業更不受限制地獲取政府衛星數據，並鼓勵更多公私營合作（International Trade Administration, 2021）。

文字框 2.

隼鳥二號計劃的多層合作機制

此計劃是集本地及國際間之政府機構、私人機構及學術界的共同努力。

隼鳥 2 號任務團隊擁有來自世界各地的專家，且具有國際知名度。該項目由 JAXA 牽頭，與德國航天中心（DLR）和法國國家太空研究中心（CNES）合作，並得到 NASA、澳洲航天局（ASA）、其他大學和研究所，包括東京大學和日本國立天文台等，及約 300 家公司的支持（Kodama & Hoshi, 2019; Watanabe et al., 2017; Yada et al., 2022）。

作為系統生產商，NEC 在任務的所有階段都發揮著重要作用。於此方面，JAXA 與 NEC 建立了「緊密的營運審查系統」，明確定義了雙方的角色（JAXA, 2019）。值得注意的是，部分角色故意重疊以便互相監察（JAXA, 2019）。例如，JAXA 和 NEC 在手動確認程序中互相檢查了 1000 多個個案（JAXA, 2019）。

與此同時，JAXA 和 NEC 有著良好的合作關係。這源於「一個團隊」的概念，該概念鼓勵「在同一個競技場上」進行公開和平等的討論（JAXA, 2019）。其中一個富有成效伙伴關係的例子是，雙方在準備第一次著陸時進行了無縫高效的合作。當 JAXA 提出更改軟件政策時，NEC 迅速考慮了該提議並進行了模擬測試，以確保在任務前取得成果（JAXA, 2019; NEC Corporation, 2021）。

JAXA-NEC 展示出有效的合作機制不僅在於擁有健全的制度安排和程序，還在於促進一個有利各方合作的工作文化。

案例研究：新加坡

為了抓住航天界的經濟機遇，新加坡經濟發展局（EDB）於 2013 年成立了太空科技與工業署（OSTIn）。OSTIn 一直在追求太空經濟中的不同戰略機遇，如在軌服務、太空製造和太空生命科學。其主要策略均建立在新加坡經濟現有的優勢，包括人工智能（AI）、機械人、材料科學和生命科學，目標是將這些產業優勢轉向支持太空應用上（OpenGov Asia, 2022; Soh, 2022）。在 2022 年 2 月，新加坡政府公布投資 1.5 億新加坡元用於加強太空能力的研發工作計劃。該倡議旨在加強航空、海上作業和可持續環境等關鍵領域，並推動顛覆性科技的創造（Carberry et al., 2023; Ho, 2022; Kalyan et al., 2023; OSTIn, 2023a; OSTIn, 2023b, p.1; Yan et al., 2023）。文字框 3 概述了 OSTIn 的發展、歷史及其成就。

在眾多可能性中，新加坡對與全球定位系統（GPS）和衛星技術應用相關的科技特別感興趣。新加坡的研究人員可以透過國家研究基金會和 OSTIn 管理的太空科技發展計劃（STDP）申請研究資助。由於 GPS 服務具有廣泛的應用，這部分的太空經濟具有重要戰略意義及高經濟價值。GPS 與衛星行業密不可分，新加坡有 30 多家專注於這項技術開發的公司，包括 SES 和 Inmarsat 等老牌巨頭及 Astroscale 等新興航天公司（SES, 2016）。新加坡航天科技有限公司（現稱新加坡太空與科技智庫; SST Think Tank）在支持該行業發揮著關鍵作用。於 2007 年至 2025 年五月期間，新加坡航天科技有限公司（SSTL）提供了許多服務，包括培育新興產業人才及加快與太空相關技術的商品化（如文字框 4 所述）。其於開發微型衛星的衛星部件和科技方面有專門的研究項目（SSTL, 2021）。

文字框 3.

從城市國家到航天國家：新加坡的太空之旅

發展與歷史

儘管國土面積不大，新加坡的航天工業卻取得了顯著增長，這在很大程度上要歸功於太空科技與工業署（OSTIn）過去十年的努力。自 1998 年發射第一顆衛星以來，新加坡已成為全球營運衛星數量最多的 25 個國家之一（Wilson & Dickey, 2023）。

2009 年，經濟發展局（EDB）作為貿易與工業部（MTI）職權範圍內的法定機構，在其新產業部門內成立了一個太空專責小組（Ho, 2022）。新加坡首顆國產衛星 X-SAT（eXperimental SATellite）於 2011 年升空（Ho, 2022）。航天團隊的成功促使 EDB 於 2013 年正式成立 OSTIn，與其他六個相關部門和機構合作，共同努力建立一個發展蓬勃、具全球競爭力的航天產業，並搶佔太空市場的先機（EDB, 2013; EDB, n.d.b; Ho, 2022; OSTIn, 2023a; Wilson & Dickey, 2023）。

另一個重要里程碑是新加坡於 2015 年發射了第一顆商業地球觀測衛星 TeLEOS-1（一顆光電圖像衛星）（Ho, 2022; Wilson & Dickey, 2023）。OSTIn 於 2020 年獲委任為新加坡的國家航天辦公室。根據政府的計劃，OSTIn 將扮演更大的角色，作為監督新加坡太空工作各個方面的中央辦公室，其範圍不再限於產業發展（Ho, 2022; Teo, 2020）。為了順應創立和授權新太空機構的全球趨勢，OSTIn 亦渴望轉型為新加坡國家航天局（Ho, 2022; Teo, 2020）。

在國際方面，新加坡於 2019 年加入了聯合國和平利用外層空間委員會（UNCOPUOS），並一直積極參與各種區域和國際論壇（EDB, n.d.b; Ho, 2022; OSTIn, 2023a; Wilson & Dickey, 2023）。最近，新加坡於 2023 年成為國際太空研究委員會（COSPAR）的成員後，OSTIn 成為國家指定科研機構，代表新加坡參加 COSPAR 理事會（OSTIn, 2023b）。

文字框 3. (續)

從城市國家到航天國家：新加坡的太空之旅

一路走來的成就

在追求新興航天產業的發展和壯大的過程中，OSTIn 在國家能力提升、人才發展、吸引航天公司和太空商業發展方面取得了重大進展。

1. 國家能力提升

OSTIn 一直積極並嚴格篩選支持符合關鍵領域和國家優先事項的研發項目。其運用 9,000 萬新加坡元衛星產業發展基金以推動新加坡小型衛星能力的發展和新感應器技術的進步 (EDB, n.d.b; Wilson & Dickey, 2023)。這些努力切合國家對氣候變化和太空相關環境監測衛星的重視 (Wilson & Dickey, 2023)。值得注意的是，OSTIn 已成功資助了超過 18 個衛星科技開發項目 (EDB, n.d.b)。新加坡已成功發射了超過 30 顆衛星，使其成為全球衛星營運量名列前茅的國家之一 (EDB, n.d.b; Wilson & Dickey, 2023)。

2. 人才發展

OSTIn 透過為新加坡大學和研究機構的 4 個衛星任務項目提供資金，來培育本地人才和專業知識。目標是培育國內先進太空科技的勞動力，超過 200 名研究人員、工程師和科學家接受培訓以支援新加坡的衛星產業 (EDB, n.d.b)。

3. 吸引航天公司

目前，多家本地和國際公司參與太空工業內的各種跨學科活動，包括衛星和太空相關組件的設計和開發過程及衛星技術提供的服務。因此，至少 1,800 名太空專業人士，在工程、研究和業務領域擔任不同角色 (Begum, 2022; EDB, n.d.b)。

4. 太空的商業開發

OSTIn 制定了 9 項公司計劃，旨在擴大新加坡公司的太空商業活動 (EDB, n.d.b)。這些舉措讓新加坡湧現了超過 13 家初創公司，參與整個衛星價值鏈的各種活動 (Begum, 2022; EDB, n.d.b)。

文字框 4.

新加坡航天科技有限公司 (2007-2025)

除政府機構外，新加坡航天科技有限公司 (SSTL) 等非牟利、非政府組織 (NGO) 作為「第三方」發揮關鍵作用來促進多層合作並創造跨界別協同效應，以推動新加坡發展太空經濟。

在 2007 至 2025 年間，SSTL 的主要任務是牽頭推廣和採用太空相關技術，同時促進不同持份者之間更強大的伙伴關係 (Ho, 2022)。SSTL 將航天產業參與者與全球商業和技術社群連繫起來，促進高科技生態系統的發展，並在航天領域內外皆發展以商業為中心的項目 (SSTL, 2021)。為此，SSTL 在全球不同領域建立了廣泛的合作伙伴網絡。SSTL 與這些伙伴合作支持其計劃和項目。



SSTL 社群網絡

(<https://www.space.org.sg/#ourpartners>)

太空加速計劃 (SPACE Accelerator Programme)，得到新加坡企業發展局 (ESG) 的支持，ESG 是貿易與工業部轄下的法定機構，專門為太空科技初創企業提供支持，其中包括集資支援、專家指導和培訓課程及與 SSTL 的國際工業和政府合作伙伴網絡聯繫。這些創業計劃、創新挑戰賽和專業培訓工作坊旨在建立與業界的關係和網絡 (Ho, 2022)。

同時，SSTL 透過與國際網絡的公私營機構及研究機構合作，支持不同的教育計劃，以提高青年的意識和技能發展。國際太空挑戰賽 (ISC) 便是其中一個例子。透過挑戰賽，學生透過利用太空技術解決現實世界所面對的不同問題。挑戰賽的具體主題每年均有所不同，ISC 2023 的主題是氣候變化，其中高級組參賽者的任務是設計一個衛星任務來測量和監測關鍵的氣候變化指標 (Space Faculty Aisa, n.d.)。ISC 2023 吸引了來自 20 個國家及 150 個機構的 3,000 多名參賽者 (Space Faculty Asia, n.d.)。該項目得到了新加坡政府 (即 OSTIn、資訊通訊媒體發展局和國家青年理事會)、業界、私人機構 (即 Karman Space & Defense、太平洋災害中心和薩里衛星公司) 和研究機構 (如國防醫學與環境研究所、新加坡地球觀測研究所和南洋理工大學) 等跨界別支持。

如需更多資訊，請瀏覽：https://spacefaculty.asia/isc_2023/

案例研究：中國

近年來，中國的航天計劃取得了重大進展，使中國成為世界上最活躍、最進取的航天國家之一。自 2000 年代初以來，中國的太空預算幾乎增加了兩倍 (Daedal-Research, 2022)。中國航天工業主要由國家和商業實體組成 (Zhang & Yang, 2023)。一直以來，中國的太空格局由國有實體主導，例如工業和信息化部 (MIIT) 下負責指導探月工程和載人航天的行政機構——中國國家航天局 (CNSA) 及兩家大型國有企業，包括中國航天科工集團 (CASIC) 和中國航天科技集團 (CASC) (ESA, 2021d; Patel, 2021; Zhang & Yang, 2023)。然而，近年中國的太空經濟實現了顯著增長和商業化，湧現了 100 多家初創企業和公司，籌集了超過 400 億人民幣 (65 億美元) (ESA, 2021a)。

中國蓬勃發展的太空商業涵蓋了整個供應鏈，從衛星和火箭生產到衛星應用、地面系統、衛星營運和航天服務 (Zhang & Yang, 2023)。中國現在是全球第二大太空科技投資者，122 家公司共投資了 47.86 億美元 (SpaceTech Analytics, 2021)。例如，阿里巴巴的投資在全球太空商業領域排名第五 (SpaceTech Analytics, 2021)。根據預測，到 2030 年，成長迅速的中國太空商業將成為全球舞台上的重要競爭對手 (Erwin, 2023)。此外，到 2045 年，中國可能成為領先世界的航天大國 (ChinaPower, 2020)。

表 3 重點介紹了多年來中國公私營機構在太空探索方面的一些主要成就。

表 3. 中國太空探索的主要成就

任務	年份	成就	參考文獻
首次載人航天飛行	2003	中國能獨自展開載人航天活動。太空人楊利偉乘坐神舟五號太空船在太空渡過約 21 個小時。憑藉這項成就，中國成為繼美國和俄羅斯之後第三個有能力實現這項壯舉的國家。	Reuters, 2021
月球探索	2013	中國的嫦娥三號成功登陸月球，成為中國第一艘太空船實現這裡里程碑，也是近四十年來第一個成功實現的國家。這項任務還部署了中國的第一輛月球車「玉兔號」，它在月球上運行了近 1000 天。	China Daily Global, 2022
探索月球未知區域	2019	嫦娥四號月球探測器在月球背面成功著陸，這成就了人類在月球上的另一個世界第一。	China Daily Global, 2022; Nava, 2023
開發商用可回收火箭	2020	航天初創公司 iSpace 成功發射了可回收火箭，成為中國第一家實現這一目標的私人公司。	China Daily Global, 2022
火星探測	2020	中國發射了無人飛行器「天問一號」，成功進入火星軌道，並在火星表面部署了「祝融號」火星車。	China Daily Global, 2022; Reuters, 2021
建立商業發射場	2020	中國位於海南的首個商業發射場建成並開始營運。	Jones, 2023

獨立衛星導航系統	2020	中國已完成北斗衛星導航系統建設並獨立運作該系統。該系統提供全面的全球服務，包括高精準定位、導航和授時功能。	China Daily Global, 2022
開發天基 6G 網絡	2020	中國為其於太空的 6G 網絡發射了第一顆衛星，預計將提供極速的網絡速度並支援自動駕駛和遙距醫療等一系列應用。	He, 2020
天宮太空站	2021-2022	中國完成了天宮太空站的建設，該太空站由低軌道的三個模組組成。該太空站已經執行了多次載人飛行任務，實現了一些里程碑，包括中國首次在太空人交接及開展在太空站上持續居住的可能性。	Dominguez, 2022; Jones, 2022
單次任務發射衛星數量創紀錄	2023	中國長征二號丁運載火箭將 41 顆衛星送入軌道，打破了先前商業公司—中科宇航公司發射 26 顆衛星的全國紀錄。	Jones, 2023

如需更多資訊，請瀏覽：

https://www.chinadaily.com.cn/a/202209/22/WS632bbd6aa310fd2b29e791f3_1.html

文字框 5.

天命：在太空中追尋偉大的中國夢

國家重點政策和戰略

為了實現 2045 年成為一個全面的太空強國的宏大目標，中國在太空計劃中優先發展其實力、基礎設施和自給自足的能力 (Jones, 2022)。國家越來越認識到私人機構參與的重要性，認同商業實體可以填補國家推進太空議程的努力 (Patel, 2021)。自 2000 年以來，國務院每五年發布一次關於國家航天計劃的白皮書，說明政府加強了對私營航天業的支持 (Xin, 2022)。

於 2022 年發布的白皮書，題為「2021 年中國的航天」，概述了擴展中國太空商業的目標。它旨在發展和擴大太空應用產業，包括衛星科技在運輸、電子商務、農業、災害評估、保險和房地產等廣泛行業的商業應用 (State Council Information Office [SCIO], 2022)。白皮書還披露了中央政府促進新商業模式的計劃，旨在將太空經濟擴展到太空旅遊、太空生物醫學、太空垃圾清除服務和促進太空實驗的服務等領域 (SCIO, 2022)。其展示了中國政府致力於鼓勵商業化，增加政府對太空產品和服務的採購，為企業提供主要研發設施和設備，並讓私營企業參與太空相關的重大工程項目 (SCIO, 2022; Xin, 2022)。

近年，中國已採取措施開放曾由國家主導的航天工業，讓更多的私人 and 國外企業參與。

- 2014 年發布的「60 號文件」放寬了對火箭發射、衛星製造等關鍵技術領域大規模私人投資的限制 (Patel, 2021; Xin, 2022)。
- 《國家民用空間基礎設施中長期發展規劃 (2015 至 2025 年) 》確立了民用航天工業的優先事項，目標是提高國家的天基能力 (Tay, 2022; Xin, 2022)。
- 《鼓勵外商投資產業目錄》，其中取消了限制，以允許外國投資以前封閉的行業，包括衛星製造業 (Xin, 2022)。

這些有利的政策轉變刺激了中國商業航天工業的大幅增長 (Erwin, 2023)。自 2014 年「60 號文件」發布以來，已有 200 多家公司在中國註冊，涵蓋了從發射系統到火箭、衛星、地面系統、遙感和導航應用等廣泛的太空活動 (Xin, 2022)。

不同國家的主要經驗啟示

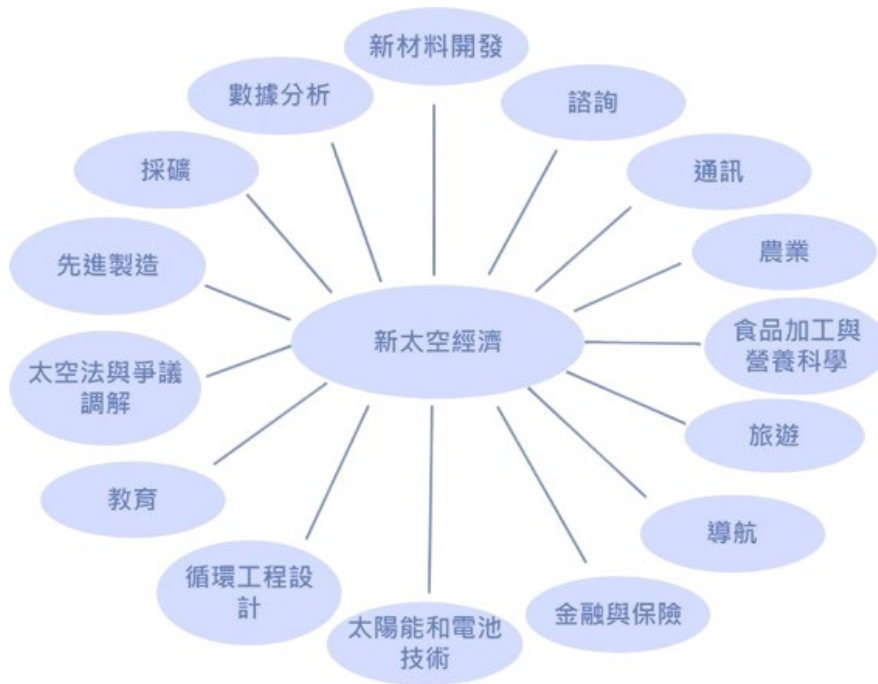
1. 擴闊太空經濟潛力的思考

新太空經濟的發展能創造許多商機。儘管只有少數國家作為領導者並掌握火箭發射的技術，但其他國家仍有很大的空間參與新太空經濟。具體而言，探索太空資源的運用和尖端技術有機會能刺激以下高科技產業的新發展（見圖 3）：

- 通訊技術，如衛星、5G 或 6G 產品的開發和維修；
- 可用於太空和其他極端情況的新材料開發；
- 新能源和電池科技，因太空旅遊需要使用高效的能源；
- 設計和製造更節能、更能承受惡劣情況的汽車；
- 食品加工、儲存和營養科學，以滿足太空人在高度受限的空間和惡劣條件下的特殊需求；
- 在強調循環邏輯和敏捷性的高度限制環境下的新工程設計和智能生產；
- 3D 打印技術，有效率、靈活、精確地製造及複製產品；
- 水淨化技術；
- 資料分析應用，因太空衛星技術可每週 7 天、每天 24 小時地收集資料；
- GPS 應用，以加強精準農業和更好的供應鏈管理；
- 太空旅遊；
- 相關管理服務，如支援服務和新的物流管理，包括低空無人機經濟。

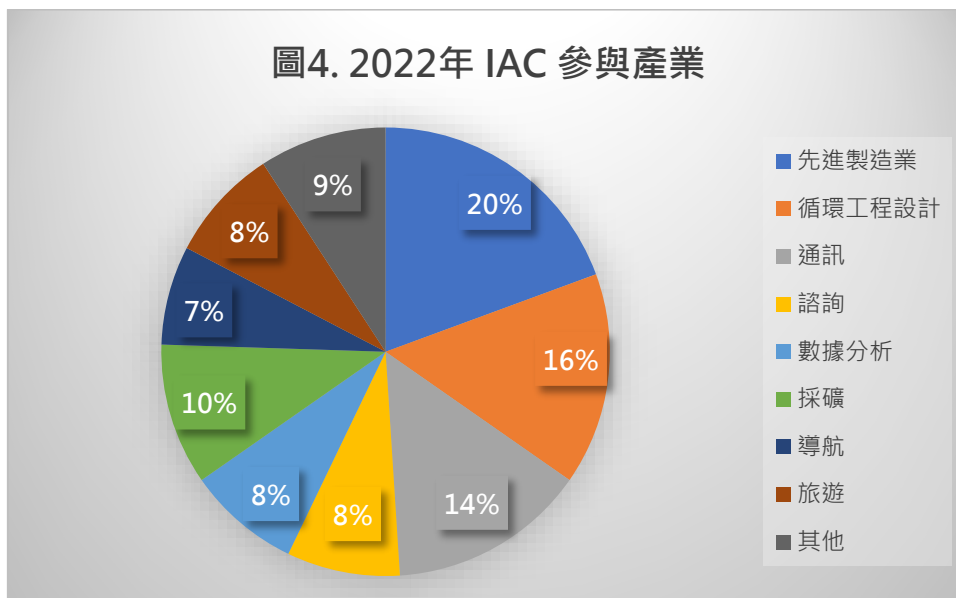
這些都是新的商機，它們亦可激發針對這些產業度身訂造的新學術課程（Parrella et al., 2022）。

圖 3. 新太空經濟產業



例如，圖 4 顯示了參與 2022 年國際太空大會 (IAC) 的 98 家公司的行業概況。其顯示參與新太空經濟中的公司可以高度多樣化。他們不一定是專注於火箭科學或發射的企業。

圖4. 2022年 IAC 參與產業



2. 利用現有產業的優勢

上述案例研究的另一個啟示是，新太空經濟的發展往往建立在現有的優勢和能力之上。例如，新加坡擁有 130 多家航天公司，被譽為「未來的航天城」。它擁有亞洲最大、最多樣化的航天生態系統之一。新加坡在電子、飛機和超級計算方面擁有強大的專業知識。這些專業知識都被用作為新加坡開發新機遇，並成功應用到航天工業。例如，新加坡半導體行業的資深人士成立了一家當地初創公司 **Zero-Error Systems**，幫助設計和製造可以在軌道和高度惡劣環境中生存的專用半導體。利用員工過往的經驗和專業知識，**Zero-Error Systems** 成功創建了抗輻射電路，其能保護工具並延長衛星的壽命 (Goh, 2023)。

3. 利用公私營機構和大學的共同優勢和能力

從舊太空經濟轉向新太空經濟的特點是私營企業和投資者在牽頭發展的重要性日益上升。然而，許多國家的經驗顯示，政府仍然發揮著關鍵作用，如支持關鍵技術領域的基礎研究、為初創公司提供資金、投資關鍵人力資本，並通過公共採購和外判為該行業創造機會。它還可以通過促進大學和企業之間的合作及鼓勵把大學研究成果轉移到工業應用來刺激新科技發展。有效利用跨界別的優勢和能力對於一個國家發展新太空經濟至關重要。

4. 通過教育和研究建立長期且可持續的實力

一個國家在新太空經濟中的長期競爭力主要取決於勞動市場的科技能力及在太空相關產業實現技術突破的能力。因此，政府需要投資 **STEAM** 教育，並吸引頂尖人才進入科學和工程領域。社會還需為研究人員和企業家提供具吸引力的待遇，以聚焦於探索科技和發展初創企業。

香港之策略分析

香港憑藉其自身優勢和競爭優勢，處於參與新太空經濟的有利位置：

- 擁有多所頂尖大學，及具實力的科工師資；
- 作為國際城市，能夠吸引來自世界各地的頂尖人才和科學家；
- 距離海南省的重點發射設施不遠；
- 地理位置靠近深圳和廣東省的工業和高科技中心，可以利用該區的人才和研究能力；
- 作為世界重要的金融中心，可以幫助初創公司籌集資金；
- 擁有受全球尊重的法律制度，提供良好的知識產權保護；
- 擁有較強的中小學科學和數學教育。

同時，香港也面臨一些參與新太空經濟的限制和挑戰：

- 許多年輕人才對醫學、法律和商業較感興趣，而非考慮從事與工程和基礎科學相關的職業；
- 儘管香港有許多頂尖大學在科學和工程領域具一流的研究，但香港對研究人員探索商業應用和創立初創公司的誘因和支援不足；
- 人們越來越擔心中國與西方發生科技戰，最終可能會限制香港在獲得全球人才及研究和產品開發方面的國際合作機會；
- 中美之間的地緣政治緊張局勢及美國對中國企業的潛在制裁可能會使香港的科技公司和企業家不願涉足任何敏感行業，包括太空相關行業；
- 學生、研究人員和公司高管對可持續發展目標 (SDGs) 的認識有限，因此，可能沒有充分了解太空經濟中的技術和產品開發與聯合國和許多國家大力倡導的可持續發展目標之間的聯繫。

鑒於上述的優勢和限制，香港城市大學的研究團隊分析了太空經濟不同產業的發展及可能性。不同產業的詳細分析已載於其他報告。下文將綜合分析的主要成果和提出建議。

新太空經濟的多層次、跨界別治理設計

香港潛在的戰略重點領域

如前所述，在不斷增長的太空經濟中，相關產品和服務具有巨大的增長潛力和市場需求。這些機遇不僅在香港和大灣區出現，亦會在國內和國際上出現。

根據本研究訪問各持份者所得的回應²和研究團隊的策略分析，香港可重點關注以下與太空經濟相關的行業和子行業：

- 衛星相關產業和服務，特別是與通訊、遙感、空間數據管理和測繪、衛星設計和維修相關的產業和服務；
- 無人機相關產業和服務，特別是大灣區物流管理；
- 感應器相關科技和應用，特別是物聯網（IoT）應用、精益生產和無人駕駛汽車開發；
- 精密和精益生產，特別是在先進製造、自動化生產服務和3D打印技術的使用；
- 機械人科技的設計和開發；
- 新材料科學，包括輕質和堅固的合金、耐高溫或易燃的材料、聚合物基複合材料、金屬基複合材料及抗菌和抗病毒材料；
- 精準農業和都市農業；
- 生態管理，特別是在水和空氣淨化及節水的技術；
- 太空法規和相關國際爭端調解；
- 為私營太空科技公司提供融資服務。

同時，應重點關注香港發展成為國際衛星數據服務中心的可能性。如前所述，許多國家已經擁有一顆或以上在軌道上運行的衛星。然而，受技術所限，衛星（特別是空間和容量有限而無法安裝大型太陽能板的小型衛星）需時充電才能持續環繞地球運行並同時拍照或收集其他類型的數據。因此，所收集的數據可能存在重大誤差。為了填補這些數據缺失，處於不同軌道位置的衛星可以互相協助。透過共同收集所得的數據，為不同現象提供更全面的理解。而香港因其受國際尊重的法律制度、健全的知識產權

² 在此項目期間，研究團隊透過訪談、問卷調查和研討會徵詢了30多位持份者的觀點和意見。詳細資訊請參考註腳1。

保護、完善的國際企業網絡、吸引全球人才的能力以及與許多「一帶一路」國家的緊密聯繫，應有潛力成為國際衛星數據貿易和服務中心。

香港亦可利用其鄰近位於南海的海南島、廣東省南山區及廣東省陽江市的地理優勢開展各類研發及私人衛星服務。位於香港西南約 470 公里並可經飛機和鐵路到達的海南島，擁有中國首個商用航天發射場。預計未來該發射場將為商業和民用目的提供本地及國際的火箭和衛星發射服務 (Hua, 2024)。位於香港以西約 230 公里並可經汽車或高鐵抵達的廣東省陽江市，附近海域也設有商用火箭和衛星發射場。在 2024 年 2 月，其與太原衛星發射中心合作並協助多家公司成功發射 9 顆商用衛星 (Lei et al., 2024)。香港同時毗鄰廣州市南沙區，其位於香港西北僅 85 公里並可經汽車和高鐵到達。南沙區亦是中國提供商用航天和衛星發射服務的公司—中科宇航之研究基地的所在地 (Southcn.com, 2024)。這些都為香港工商業在開展與衛星發射相關的合資企業、研發支援以及其他物流、金融和法律服務創造更多新機遇。

表 4 綜合了各項建議的理據和建議開發的潛在市場。

文字框 6 將詳細闡述太空科技如何使各行業受惠。

表 4. 展望香港各行業於太空經濟下的發展潛力

	行業和子行業	理據	潛在市場
	與全球導航系統，特別是北斗導航系統相關的軟件發展	<ul style="list-style-type: none"> - 北斗系統的普及程度相對低於美國發明的 GIS 系統，但由於中國在世界各地的影響力日益增加，使其應用逐漸擴大。 - 香港的公司和研究人員可以在北斗系統的基礎上開發商務軟件和應用程式。這種導航系統在許多領域都有潛在的用途。 	<ul style="list-style-type: none"> - 運輸、物流管理、應急管理等多個領域。這些都可在世界不同地區使用。
<p>旺 豐 匯 平 叫 海</p>	GIS 數據管理和分析服務	<ul style="list-style-type: none"> - 可以從不同的導航系統收集大量的地圖和交通數據。並於開發智能商業、預測市場趨勢及協助設施和物流管理。 - GIS 數據和分析可用於處理和分析衛星所得的碳排放數據，支持碳核算，並促進碳交易的排放監測和認證。 	<ul style="list-style-type: none"> - 交通運輸、物流管理、應急管理、破交易等多個領域。這些都可在世界不同地區使用。
	三維測繪與遙感的應用	<ul style="list-style-type: none"> - 除了二維測繪，新的衛星科技也可用於獲取三維數據。衛星圖像數據為監測都市景觀和設計提供了新的機遇。 - 此外，碳衛星可以採集大氣中二氧化碳 (CO₂) 和其他溫室氣體排放的數據，這些數據經處理後可作為評估排放量、作為城市地區的關鍵績效指標 (KPI)、監測隨時間的變化，並支援減排措施的決策。 	<ul style="list-style-type: none"> - 城市規劃和農業；環境監測（例如監測作物和水質）；即時衛星圖像服務；在香港和其他城市建設資訊服務。

<p>無人機經濟及相關產品和服務；低空無人飛行器的研發與使用</p>	<p>- 利用衛星科技、感應器和人工智能技術，無人機已變得非常安全並可以在世界各地不同的服務中使用。香港的大學和深圳已在這方面建立了優勢。深圳更已進行空中的服務測試。</p>	<p>- 在世界各地的偏遠和鄉郊地區使用無人機具有巨大潛力。 - 在城市地區，只要有適當的規範，無人機也可用於許多業務，包括產品送遞、建築、清潔、交通監察和娛樂。</p>
<p>多跳通訊網絡應用與無人機發展</p>	<p>- 在偏遠的鄉郊地區，傳統的有線通訊無法輕易且符合成本效益下設置。無人機則可用於建立多跳通訊網絡來補充衛星通訊速度上的不足。</p>	<p>- 在鄉村和偏遠地區及發展中國家具有廣泛的應用潛力。</p>
<p>感應器開發和應用、物聯網</p>	<p>- 影音採集設備與感應器、衛星成像和測繪及從個人設備所得的其他數據結合，可用於監測都市的運作，促進各種城市管理。它們還可用於支援無人駕駛車輛的使用和物流管理。</p>	<p>- 廣泛應用於城市管理、環境監測和管理、交通管制和警務。</p>
<p>採用3D打印科技的精益生產</p>	<p>- 太空站中用作生產備件或應急設備的3D打印和精益生產可應用於支援地面工業需求。這尤其適用於大型工廠及儲存空間有限的香港，有需要及時進行精益生產。</p>	<p>- 在許多行業均具應用潛力，包括製造業、建築業、設施管理和研究實驗室。</p>

	利用遠端控制、虛擬實境、影像處理、機器學習和人工智能的智能生產	- 無線射頻辨識 (RFID)、各類型的感應器及影音設備可產生數據，以便中央辦公室遠程監控工地或生產過程的狀況。這項科技不僅用於太空站運作、太空船維修和衛星對接，更能在許多商業或生產設施中應用。此項技術也可促進香港與大灣區其他製造業中心之間更多的產業合作。	- 在許多行業均具應用潛力，包括製造、建築、設施管理和研究實驗室。預計到 2027 年，全球缺陷檢測市場將達 51 億美元。
建築工程	太空機械人的設計和開發	- 許多太空站的運作和衛星維修都必須由機械人完成。2021 年太空機械人市值為 29.7 億美元，預計於 2030 年將達 71 億美元。香港的大學在電機工程和機械人研究方面均具有相當實力。	- 不僅在太空旅遊和太空站維修和運作方面，而且在製造和自動化生產方面都有應用潛力。
材料	非易燃材料的開發 開發抗菌和抗病毒材料	- 為太空旅遊和太空站開發耐用、靈活和不易燃的新材料。這些材料在地面經濟中也具有商業價值。 - 為太空人和太空站使用者開發能減低細菌或病毒感染的新材料可以在地面經濟中具有商業價值。	- 在建築、醫療和公共衛生設施、安老院和火災風險較高的工業場所具應用潛力。 - 時裝、醫療和公共衛生、學校、安老院和許多其他領域皆具應用潛力。

	<p>複合材料研究</p>	<p>- 先進複合材料主要由英國、歐洲國家和日本開發，而中國、南韓和土耳其則是在這個領域中正在崛起的國家。由於香港的大學和研究實驗室具有卓越的研究能力，並且其與中國的工業和大學有緊密的合作關係，因此香港可以在研發過程、設計和應用方面扮演不同角色。</p>	<p>- 應用潛力不僅限於航天工業，還包括許多其他行業，如製造業、汽車業、遊艇和造船業、設備和建築行業。</p>
	<p>水淨化和節水應用</p>	<p>- 水淨化和節水是太空中的基本功能，但開發的科技和產品在地面經濟中也具有商業價值，特別是在乾旱地區或面臨重大氣候變化風險的國家。應急管理、醫療設施、酒店管理和偏遠地區的旅遊業也需要水淨化。</p>	<p>- 鑒於氣候變化風險、許多國家乾旱狀況加劇及供水不足的城市地區增加，應用廣泛且需求不斷增長。</p>
<p>醫療保健產品</p>	<p>空氣淨化、供氧</p>	<p>- 空氣淨化和供氧是太空中不可或缺的技術，但所開發的技術和產品也可以在地面經濟中具有商業價值，特別是在醫療衛生設施、酒店管理 and 先進製造設施。</p>	<p>- 廣泛應用於設施管理和設備設計與製造。</p>
	<p>精準垂直農業/ 都市農業</p>	<p>- 為支援太空站農業而開發的技術也可用於支援都市農業和其他面臨非常惡劣自然環境的地區。許多城市也計劃發展都市農業，以實現農業供給多元化、支持循環經濟發展和推廣本地有機農業。</p>	<p>- 世界不同城市地區均有潛在市場，例如自然農業非常困難或受限的中東國家。</p>

	太陽能和電池技術	<ul style="list-style-type: none"> - 太陽能是太空站、衛星和太空船的關鍵技術，需要先進的電池技術來推動不同的太空設備。 	<ul style="list-style-type: none"> - 太陽能已受許多國家廣泛應用；它將繼續獲得更符合成本效益和更廣泛的利用。
<p>國際法與國際法</p>	太空法規；國際爭議調解	<ul style="list-style-type: none"> - 隨著全球太空經濟的增長及參與其開發的國家和公司數量不斷增加，可能引致更多的商業糾紛和法律衝突；香港擁有享譽國際的法律體系，可以進一步發展成為國際太空法規研究、爭議調解和國際仲裁中心。 	<ul style="list-style-type: none"> - 在中央政府和國際組織的協助和支持下，此領域具發展潛力。
	太空金融，特別是與保險和融資機制相關的服務	<ul style="list-style-type: none"> - 全球太空經濟的增長及參與開發的私人公司數量增加，融資需求及其他相關的金融服務亦會相應增加，例如保險、風險融資、債務融資和風險管理。 	<ul style="list-style-type: none"> - 領域具發展潛力，特別是面對中國、東南亞、中東和中亞的公司。

文字框 6.

天空不是極限：太空科技在地球領域的豐厚收益

過去幾十年於太空科技方面的投資產生了溢出效應，並產生了技術進步、衍生技術和應用，為載具、汽車、製造、建築、設施管理、醫療保健、農業、材料科學等廣泛行業提供了巨大利益和商業價值（Sadlier et al., 2018）。UKSA（2018）還指出，溢出效應的受惠行業涵蓋了農業、航運、環境監測、運輸、林業、石油和煤氣、採礦、漁業、測量、建築及其他不同產業。

最直接的轉變之一是汽車行業。幾項「高高在上」的太空創新為地面的汽車和貨車帶來了革命性的改進，包括防鎖剎車和 GPS 導航（Hadhazy, 2011; Wagner, 2020）。另一項利用車輛廢熱發電的發明，現在被寶馬和通用汽車等幾家公司用於生產熱傳導發電機（Hadhazy, 2011）。這些發電機利用排氣系統的熱量抵銷車載電子設備的能源需求，並製造出更省油的汽車（Hadhazy, 2011）。此外，太空科技激發了零排放地面車輛的發展，如電動汽車和太陽能汽車（ESA, 2022b; Hadhazy, 2011）。並且，結合最初用於阿波羅模組和太空穿梭機的氫燃料電池—從氫氣和氧氣中產生電能、熱能和水，亦提供了一種綠色運輸的替代方案，特別是應用於巴士等車隊中（Hadhazy, 2011）。源自太空任務的增強電池科技、管理系統和電力電子技術也使電動車輛更安全和更有效（ESA, 2022b; Hadhazy, 2011）。同樣，在研究太空人於微重力下的自然身體姿勢後，NASA 能夠設計出太空站的工作區域和太空船內部，從而使汽車生產商能夠開發安全舒適的汽車設計（Wagner, 2020）。

還有其他例子闡明汽車業如何從太空科技和研究中受惠。汽車設備行業是受惠者之一（Venturini & Verbano, 2014）。例如，NASA 的超音速氣液清潔系統和渦輪驅動的管道清潔刷被轉移到工業應用中，能用作汽車設備中的空氣霧化（Venturini & Verbano, 2014）。太空船輪胎壓力感應器採用將壓力轉換為電阻來產生即時讀數的科技，亦適用於日常車輛（Wagner, 2020）。

文字框 6. (續)

天空不是極限：太空科技在地球領域的豐厚收益

太空科技創新也影響了非製造業的商界，使企業能夠降低成本並提升效率，提高產品品質和壽命並重新設計和組裝產品。例如，應用於 ExoMars 火星探測車的無菌狀態技術具潛力用在需要超無菌的地面環境，同時據報道稱，焊接方法的進步使生產鋁的原材料費用減少了 12% (UKSA, 2022)。其他值得留意的例子還有加拿大太空計劃為太空機械人開發的輕型實用臂。太空技術也擴展到核電子和製造業的熱模型和分析軟件 (Venturini & Verbano, 2014)。同樣，最初 NASA 高達德太空飛行中心的行星減速器設計中的齒輪和軸承已轉移至製造業 (Venturini & Verbano, 2014)。此外，NASA 最初為在太空中連接不同材料而設計的熱攪拌焊接技術方面的突破，現已有效地重新發明並用於各種用途，包括汽車生產、造船、儲存缸製造和建造業 (Venturini & Verbano, 2014)。

事實上，太空技術的益處超出了其主要應用範圍。例如，太空衣的設計和開發帶來了靈活的雪靴、光過敏防護器具、消防衣，甚至具內層的高爾夫球鞋等衍生產品 (Gurtuna, 2013)。這些進步源於太空探索的特定需求，如太空人需要具有最佳隔熱性能的輕型隔熱裝備，以應對太空的極端環境 (Pierce, 2022)。為此，寒冷天氣裝備製造商開發注入氣凝膠隔熱材料的超輕纖維。這項技術最初用於太空衣，現已廣泛用於帽、手套、外套、靴和睡袋 (Pierce, 2022)。

又如，NASA 推動了空氣品質技術的開發與研究，如空氣淨化機、光觸媒、空氣品質感應器等，維持新鮮空氣供應對於太空旅遊和太空站運作非常重要 (NASA, 2022; Pierce, 2022; US Mission to International Organizations in Vienna [UNVIE], 2022)。這項需求引致許多技術，包括設計用於整合到暖氣和冷氣系統管道中的 OXY 4 空氣淨化機，能夠淨化寬闊的商業和公共場所內的空氣 (NASA, 2022)。同時也開發了光觸媒與活性碳過濾器等來去除化學物質和懸浮粒子，從而提高室內空氣品質 (Pierce, 2022)。光觸媒技術也被開發並整合到空氣淨化機、空氣管道、汽車或電梯 (Pierce, 2022)。與空氣淨化機結合的「電子鼻」感應器技術，亦用於檢測揮發性有機化合物、危險氣體、濕度、環境噪音和照明 (NASA, 2022)。這種自動化空氣管理系統可確保最佳的室內條件，提醒使用者潛在問題並提供定期報告和建議 (NASA, 2022)。透過測量二氧化碳和其他人類副產品的水平，空調系統可以引入更多的新鮮空氣來稀釋呼出的氣體，並在房間佔用率增加的情況下啟動空氣淨化機 (NASA, 2022)。這些增強空氣淨化系統有助病房內的病人呼吸更暢順 (ESA, n.d.b)。

文字框 6. (續)

天空不是極限：太空科技在地球領域的豐厚收益

太空技術帶來的空氣質素技術也在代工生產中得到實際應用，空氣感應器被整合到電器中，例如抽油煙機等，這些電器在檢測到烹飪氣味時會自動啟動，同時亦應用於汽車通風系統。

空氣質素技術在控制 COVID-19 等經空氣傳播的病毒發揮了關鍵作用，能應用於學校、醫療設施、購物中心、辦公大樓、機場和巴士等多種環境中 (NASA, 2022; Pierce, 2022; US Mission UNVIE, 2022)。

太空技術和應用也使農業受惠，提高了其效率、生產力、可持續性和復原力 (ESA, 2023b; Hall, 2015; Khlystov et al., 2023; UNOOSA, 2015a)。利用衛星數據和分析等地球觀測數據，可透過以下方式使行業受惠：

- 精確的產量估算：能夠按類型和地區準確預測作物產量。這些預測不僅可以量化糧食需求缺口和預測農作物價格，還可促進協調收成地區的物流安排 (Khlystov et al., 2023)。
- 衛星發展帶來的分析技術能透過檢測田間作物的缺陷來優化產量，為節約資源和營運方面提供資訊，使每英畝的農地產量最大化 (Khlystov et al., 2023)。例如，紅外線和微波衛星影像可以提供天氣預報，包括降雨量預測，進而幫助農民安排作物的灌溉時間和水量 (UNOOSA, 2015a)。
- 整合衛星資訊有助實踐可持續發展，減少排放、高效用水和推廣再生技術 (Khlystov et al., 2023)。
- 地球觀測數據能遠端監控災害情況以加強災害管理，有助於開發氣候智能農業方案。例如，衛星可用於預測、驗證和減輕乾旱、火災、洪水等自然災害造成的損失 (Khlystov et al., 2023; UNOOSA, 2015a)。其次，農業壓力指數系統的創立有賴於 METOP-AVHRR 衛星的資料。透過分析特定時間範圍內解像度為 1 公里的合成影像，該系統可以識別全球乾旱風險較高的農業地區。上述太空技術可透過增強弱勢農村和小規模糧食生產者對氣候變化的適應能力，使他們受惠 (ESA, 2023b; UNOOSA, 2015a)。

雖然太空技術的創新通常只與太空探索相關，但事實證明它可以產生超乎預期的巨大益處。正如無數例子所示，太空技術的副產品已經在各個領域帶來了改進和好處。最終，太空技術是能夠提升各行業的整體發展和豐富地球生命的關鍵力量。

未來的挑戰與障礙

要發揮香港在上述建議領域的潛在優勢並擴大其市場佔有率，仍存在許多挑戰。研究團隊訪問的持份者尤其關注以下議題：

- 許多中學的尖子對工程和基礎科學不太感興趣；相對上較希望從事與醫學、法律和金融領域相關的職業；
- 許多工程專業的大學生在香港沒有足夠與太空經濟相關的實習和工作機會，因為本地製造業已下降至僅佔當地經濟的百分之一左右（以國內生產總值計算）；結果，許多工程畢業生儘管擁有培訓和研究背景，卻被迫加入金融或商界；
- 香港的一些現有產業有潛力在不斷增長的太空經濟中探索機遇，但他們需要更多了解其潛在的發展空間、獲得特區政府更多的誘因和鼓勵，並與本地大學和研究機構加強合作探索潛力；
- 太空經濟的許多產業發展機會可能位於內地，因此香港的學生、研究人員和企業需要尋找更多機會與內地企業和研究機構建立更緊密的聯繫；
- 香港需要吸引一些與太空經濟相關的國內和國際重點企業在香港設立總部或主要分部，以拉動價值鏈上的其他相關產業；
- 應更鼓勵本地教學和研究人員與工業界合作及進行應用研究，並為香港的再工業化努力作出貢獻；目前大學的激勵制度可能過於著重學術出版和基礎研究；
- 本地產業需要加大研發投資，並摒棄只考慮短期財務回報，香港可能需採取更多鼓勵措施；
- 與太空經濟相關的本地產業和研究機構需要特區政府提供或補貼土地和實驗室空間以獲得足夠經濟保障，特別是因為投資回報具不確定性和需較長時間；
- 本地產業和研究機構需要加強國際合作，吸引海外和內地人才來香港支援太空經濟和再工業化的發展。
- 本地產業需要探索太空相關產品和服務的新市場機遇，特別是在沙特阿拉伯、東南亞和中亞等新興經濟體；
- 本地產業、大學和研究機構需要謹慎管理地緣政治風險，並警惕可能對中國實施制裁、對中國持更加敵對態度，並將中國技術進步視為國家安全威脅的美國、英國及部分歐洲國家。

治理策略與政策建議

鑒於上述關注，本報告建議採取一系列的跨界別、跨學科和跨部門策略，使業界、特區政府機構及教育和研究界別的持份者作充分準備，以抓緊全球太空經濟增長的機遇：

跨界別合作

為應對一些人力資本需求和研發限制，香港需要在政府、企業、大學和研究機構之間建立更多跨界別合作、加強溝通、制定能有效滿足香港工業 4.0 需求的經濟發展和教育策略。其他地區和國際組織已展示不少成功模式予香港參考。例如：

1. 機構領導模式

新加坡政府採用機構領導的模式，於 2013 年成立了太空科技與工業署（OSTIn）。2020 年，OSTIn 獲委任為新加坡的國家航天辦公室，負責與政府、商業、教育和國際組織合作，協助發展太空產業，增強新加坡的技術能力，培育航天人才和勞動力，並促進國際合作（OSTIn, 2023a）。

同樣，美國太空商務辦公室（OSC）也是促進跨界別合作和推動太空商業經濟增長的強大催化劑。設立 OSC 作為監督太空商業的官方專責機構，能讓美國有效協調太空商業政策議題，並促進跨部門及與聯邦、州、國際層面的持份者合作。OSC 透過策略性整合監管和審批職能，簡化了程序亦有助減少冗餘，並減輕對太空商業領域企業和持份者的官僚阻礙。由政府機構領導的優化組織結構、創立新實體和監管改革不僅提高了效率，而且增強了行業的創新和成長。（有關美國機構領導模式的詳細資訊，請參閱文字框 7）

另一個由機構領導的模式是聯合國外層空間事務廳（UNOOSA）。UNOOSA 的成立是為促進國際間於太空科技研發和使用及和平探索太空的合作。UNOOSA 每年均舉辦許多跨界別活動，以促進資訊交流與合作。例如，在 2022 年，UNOOSA 與韓國科學技術情報部和韓國航空宇宙研究院合作，在韓國大田舉辦了 Space4Women 專家會議，聚集了來自 27 個國家的學術、商業和政府領導人，以討論如何鼓勵女性更多參與航天領域（UNOOSA, 2023c, p.12）。2022 年，它亦與中國政府合作舉辦了「聯合國/中國第二屆空間探索與創新全球伙伴關係研討會」，匯聚了來自航天機構、國際組織、學術界、工業

界和私人機構的持份者，討論和平利用外太空與國際合作（UNOOSA, 2023c, p.21）。

特區政府可以採用這種模式，設立專責部門或辦公室，領導和推動與發展新太空經濟相關的活動和計劃。

2. 基金會模式

香港除了依賴政府機構外，還可與業界和慈善組織合作，成立非政府基金會，專注於開展與太空經濟相關的跨界別對話與合作。政府可以提供第一輪種子基金以建立基金會，並鼓勵私人企業定期向基金會捐款。長遠亦可透過資助和合約形式以維持基金會的運作。基金會其後可專注於提供資助支持太空相關研究、組織研討會和會議以鼓勵跨界別對話，並開展政策研究，為香港太空經濟發展的長遠策略提供建議。

3. 現有創新及科技基金的資助模式

特區政府亦可利用現有制度，在創新科技署管理的創新及科技基金下設立新的太空經濟資助計劃，鼓勵業界及學界加強合作及聯合研究。可為私人投資提供配套補助金，以填補產業資金需求。此外，亦可以向現有產業提供種子基金，鼓勵他們承擔部分風險，並運用現有技術和知識來探索新太空經濟的市場潛力。人才發展基金也可用於支持現有企業、初創公司、大學和研究機構聘請工程師和科學家，以支持香港太空經濟發展的長遠需求。

創新科技及工業局和創新科技署也可考慮向目標新興產業提供土地使用的財政支援和有利政策，以減輕初始投資和營運成本的財務負擔。

4. 稅務激勵模式

特區政府還可讓企業牽頭，制定自己的業務方案，僱用自己的人員與大學研究人員合作，並投資被認為最重要的營運和研究開發活動。為鼓勵此類發展，特區政府可對其中一些活動提供免稅額或抵免，以降低業務成本。在這種模式下，特區政府將扮演更被動的角色，讓市場和商界更開放地追求其方向。

文字框 7.

美國太空商務辦公室 (OSC)

在太空商務辦公室成立以前，美國並沒有官方專責機構來監管太空商業 (Higuera, 2022)。對太空商業活動的分散監管及隨之而來的重疊及繁瑣的要求促使 OSC 的創立 (Higuera, 2022)。OSC 能填補此缺口並作為統籌商務部 (DOC) 及其他部門關於太空的議題、計劃和倡議的主要單位，涵蓋來自聯邦、州和國際間的持份者。

OSC 履行各種職能以達至其使命—為美國太空商業經濟增長和技術進步創造有利條件 (即政策及倡議、監管和太空情況認知)。這些職能包括創造一個鼓勵行業發展的環境、統籌 DOC 內的太空商務政策事務和行動、代表 DOC 參與政策制定及與外國實體協商，以促進美國太空商務、與其他政府工作小組合作推進有關太空商務的地理空間技術，並向參與定位、導航和授時政策的聯邦組織提供協助，其中之一是國家定位、導航和授時協調辦公室。透過這些行動，OSC 在促進美國太空商業領域的進步和發展發揮著關鍵作用。

其後，於 2019 年通過的美國太空商業自由企業法案 (「ASCFEA」)，加強了 OSC 的監督責任 (Higuera, 2022)。包括確保商業太空活動遵守國際守則、監督此類商業活動的認證過程、管理減少太空垃圾的方案、透過私人太空活動諮詢委員會 (Private Space Activity Advisory Committee) 評估太空商業開發的進展及維持美國在太空領域的全球領先地位。該立法授權 OSC 監管和推進美國太空商業，同時維護國際義務並促進美國在該領域的領先地位。

OSC 負責協調不同機構，是機構領導模式的完美典範。OSC 致力於協調監管職能，旨在提高航天企業的競爭力和法律確定性。為此，DOC 大部分的太空商業相關審批流程都被整合到 OSC 內 (Oltrogge & Christensen, 2020; DOC, 2022)。因此建立了多種機制來促進機構間合作：

- (1) 協調 DOC 的各個伙伴組織。例如，OSC 與工業及安全局合作簡化太空出口管制。
- (2) 設立由專責 GPS 政策議題的跨部門人員組成的國家定位、導航和授時協調辦公室。
- (3) 參與整個政府對太空政策議程的審議及於內部增加國家海洋暨大氣總署使用商業太空方案。
- (4) 領導負責加強技術、經濟和產業方面的跨部門工作小組，以便聯邦通訊委員會為關於美國政府制定的太空安全措施 (例如軌道垃圾問題) 提供更好的意見。

OSC 也代表美國參與國際合作。例如，OSC 參與了美國和歐盟之間的第 12 次太空對話，討論共同關心的議題，即太空情況認知和航天安全、地球觀測、全球導航衛星系統 (GNSS) (<https://www.space.commerce.gov/commerce-participates-in-12th-u-s-eu-space-dialogue/>)。

跨學科合作

除了跨界別的合作外，特區政府還需鼓勵更多跨學科的研究合作，以激發太空研究。為支持太空旅遊和生活的各種需求，需要物理、電機工程、機械工程、航空科學、生物化學、材料科學、生物學和環境科學等多個學科共同努力。太空科學本來就是一門跨學科的科學。

為促進這類型的跨學科研究，研究資助委員會（RGC）可建立一個新的資助計劃，如美國國家科學基金會的「太空主題」種子基金計劃—支持開發「革命性衛星和涉及太空環境獨有的推進系統、導航系統、能源收集及發電系統的太空船硬件及系統創新和太空製造的系統及服務」的研究，並收集關於「地球成像、行星物理測量、測繪和勘探服務及水和揮發物的提取和處理」及「基於太空系統（不論是單獨還是與地面系統結合的太空系統）廣泛收集的數據分析演算法」的建議書（<https://seedfund.nsf.gov/topics/space/>）。

鑒於香港的大學擁有不同的專業領域及各種太空科技的高級別研究，實施統一的撥款或資助計劃可以鞏固和協調研究工作。這樣的資助計劃同時可以促進本地大學與內地大學之間的跨境合作，進一步提高其研究能力。

跨部門合作

由於人力資本問題、研發瓶頸問題、金融資本限制及土地和實體基建需求為香港新太空經濟帶來潛在的發展障礙，特區政府的決策局和部門也需要共同努力並協調長遠策略計劃：

- 商務及經濟發展局—負責監管投資推廣署及工業貿易署；
- 創新科技及工業局—負責監管創新科技署；
- 教育局—負責監管大學教育資助委員會及其附屬的研究資助局；
- 發展局—負責監管地政總署和規劃署；
- 漁農自然護理署；
- 運輸及物流局—負責監管民航處及運輸署；
- 財經事務及庫務局—負責監管公司註冊處、稅務局及差餉物業估價署。

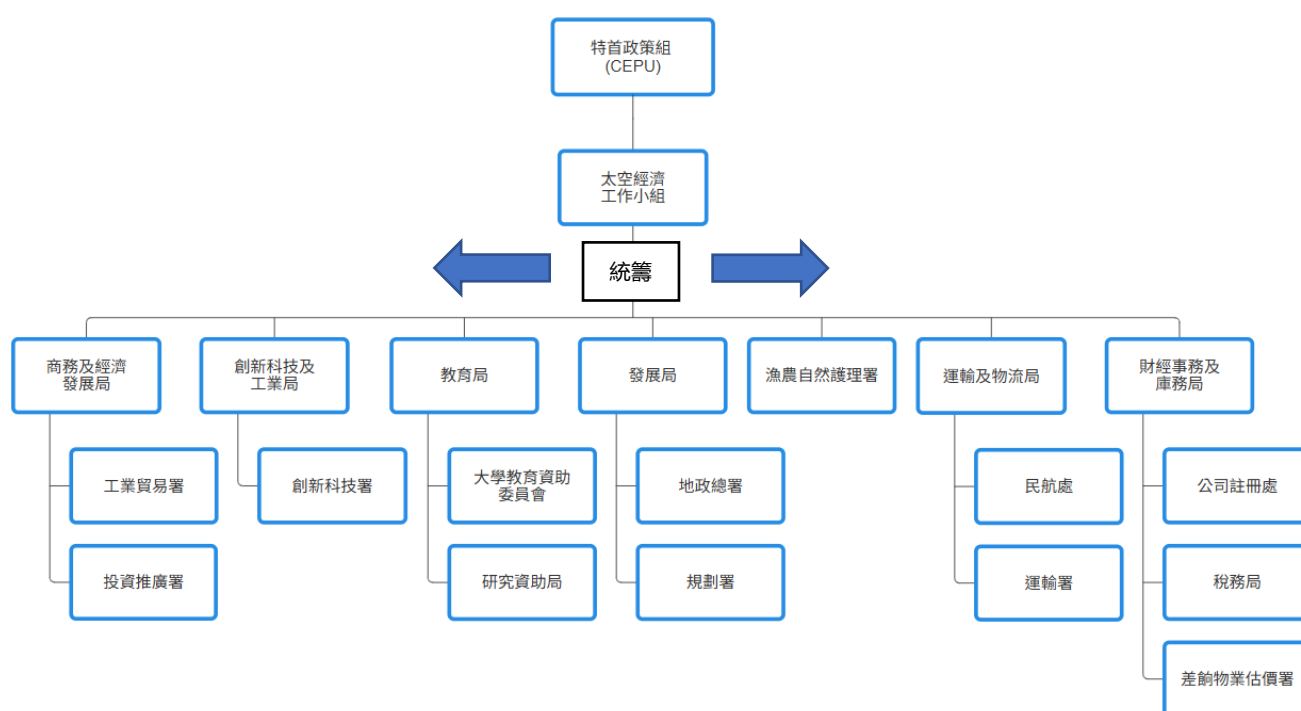
跨部門措施及合作在不同國家及地區皆為公共管理的一項挑戰。為應對此問題，香港可以再次參考機構領導模式，設立專責部門或辦公室來統籌不同的政策局和部門。請參閱文字框 8 新加坡的例子。

香港亦可考慮在特首政策組 (CEPU) 下設立一個特別工作小組，以促進太空經濟發展措施和其他新型工業化議題。CEPU 成立於 2022 年 12 月，負責進行具前瞻性、策略性政策研究、協調和監察行政長官施政報告措施的落實情況及與智庫、學術界和其他社會領袖協調和聯繫。本報告提出的太空經濟發展舉措，與 2022 年行政長官施政報告的以下施政重點如出一轍：

- 吸引重點企業來港、招攬頂尖人才；
- 促進創科發展、促進科研成果商品化、鼓勵新型工業化，並優化科技人才計劃；
- 推動 STEAM 教育、鼓勵更多學生修讀 STEAM 學科。

因此，CEPU 可以建立一個特別工作小組來協調和監督與太空經濟相關的跨部門措施（見圖 5）。

圖 5. 擬議的太空經濟管治架構



文字框 8.

新加坡太空科技與工業署 (OSTIn)

於 2013 年成立的 OSTIn 隸屬貿易與工業部。由一名執行董事、一名副執行董事、一名技術總監/副總裁、一名產業總監/副總裁及一名策略與政策及伙伴關係總監/副總裁領導 (OSTIn, 2023c)。OSTIn 的主要目標為:

- 作為指定辦公室規劃和執行發展新加坡航天工業的經濟策略 (Ho, 2022) ;
- 透過與衛星行業合作並支持其業務和創新計劃，培養研究能力和人才庫以維持產業成長，並與政府、航天機構和組織建立合作伙伴關係，抓住經濟機遇並發展太空產業 (EDB, 2013) ;
- 支持推動國家發展航天能力的優先事項；
- 促進政府科研成果商品化；
- 與其他航天國家建立伙伴關係，並為太空產業建立人才管道。

為實現這些目標，OSTIn 需與以下部門和機構協調：

- 科技研究局 (A*STAR)
- 經濟發展局 (EDB)
- 國防部 (MINDEF)
- 教育部 (MOE)
- 外交部 (MFA)
- 貿易與工業部 (MTI)
- 國家研究基金會 (NRF) —總理辦公室下的一個部門，負責國家研究和發展方向

亦會協助新加坡尋求與其他國家和地區的航天機構和組織、產業和專業協會的國際合作和伙伴關係。以下是其國際參與的部分例子：

- 與歐洲太空總署簽署太空科技合作諒解備忘錄 (Wilson and Dickey, 2023, p.6)
- 與泰國地理資訊和太空技術發展辦事處 (GISTDA) 簽署諒解備忘錄 (OSTIn, 2023b, p.2)
- 與法國國家太空研究中心 (CNES) 合作，促進法國和新加坡之間的太空合作 (Ho, 2022)。

跨境合作

香港傳統製造業隨著經濟轉型，規模大幅減少。因此，即使香港的研究人員和學生期望從事與太空經濟相關的行業，除非他們願意前往內地並在其先進製造業和研究設施工作，否則他們將沒多少機會實踐所學。

現時，許多香港的大學在大灣區設立了校區。這些校區為香港發展和吸引科工人才提供了新的渠道（見圖 6）。此外，廣州市南沙區還有一些航天設施。由於該區距離香港不遠（距離香港大嶼山只需 2 小時內的車程），亦可乘坐鐵路、船或汽車前往，因此可以成為香港太空相關產業的重要支持基地。

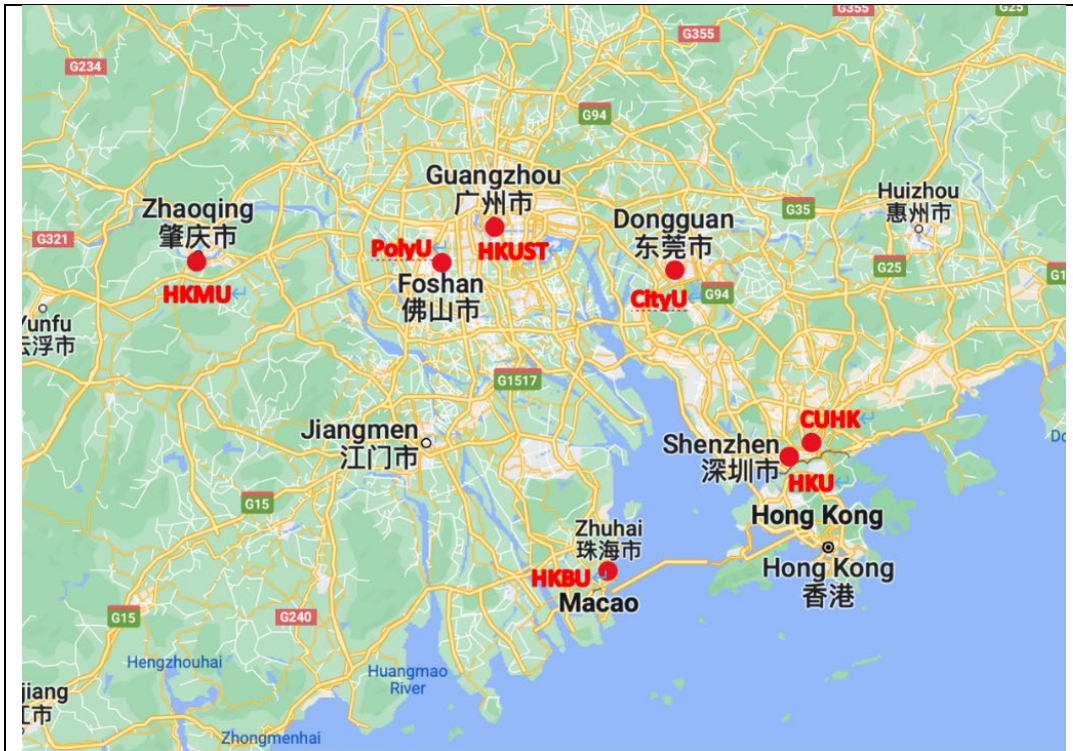
鑒於這些優勢，本報告建議香港加強區域合作，與大灣區的公司和政府實體更緊密地合作，創造與新太空經濟相關的實習和就業機會。香港企業家在大灣區創立的初創企業已經有很多令人驚歎的故事。特區政府應提供更多的誘因及支持，以進一步促進此趨勢。此外，特區政府、香港工業總會（工總）及其他專業及商業組織應鼓勵更多來自中國各地的人才和企業來香港及大灣區。這些人才的湧入可能解決部分香港面臨的人力資本瓶頸問題。

在太空產業和科技的研發方面，香港應充分利用落馬洲河套區及港深創新及科技園帶來的新機遇。運用這兩座城市間合作區域的獨特優勢和資源，可以在新太空經濟中創造區域協同效應。如前述，香港以其國際聯繫、連接全球金融市場和強而有力的知識產權保護而聞名。這些特性使其成為業務發展和國際研究合作的理想地點。利用這些優勢，香港可以吸引與太空相關的企業、初創企業和研究機構在創科園建立業務。這將為太空創新和創業營造一個充滿活力的生態系統。

另一方面，深圳是一個發展蓬勃的技術中心，擁有強大的硬件和製造生態系統。其在硬件開發和製造方面的專業知識能加強香港在法律、商業和金融方面的優勢。兩市之間的合作可以促進開發航天相關產業的技術產品和善用土地予相關產業。

創科園不僅鼓勵跨國合作創新，也為學術界、研究機構、工業界、政府和社會之間提供跨學科、跨機構的研究應用和知識交流的平台，這是園區的核心使命之一。

圖 6. 香港的大學在大灣區所設立的校區



- CityU—香港城市大學
- CUHK—香港中文大學
- HKU—香港大學
- HKBU—香港浸會大學
- HKMU—香港都會大學
- HKUST—香港科技大學
- PolyU—香港理工大學

能力提升策略

除了要求特區政府做更多工作、為企業研發、人力資本投資提供更多支持外，香港的工業和教育界也應致力配合政府牽頭的措施。以下是一些具體的行動建議：

1. 對工業界別

現時，特區政府已在創新及科技基金（ITF）提供了一些激勵措施和資助計劃，以鼓勵商界與學界合作。然而，香港企業於研發之預算比例仍然非常低（見圖 7）。例如，2020 年的研發開支總額僅佔 GDP 接近 1%，相比中國內地為 2.4%，台灣地區為 3.6%，日本為 3.3%，韓國為 4.8%，美國為 3.4%。同時，香港企業的參與率也較低。在 2020 年，香港企業研發佔 GDP 的比重僅 0.4%，相比中國內地為 1.84%，台灣地區約 3%，新加坡約 1.8%，日本為 2.6%，韓國為 3.8%，美國為 2.6%。

因此，香港的業界領袖需要思考其長遠發展需求與競爭策略，並加大研發投資。特區政府亦可能需要與工總和其他工商團體合作，舉辦更多商界學術交流及促進更多知識轉移活動，以便企業能夠利用香港的研究實力和傑出的師資。這些交流計劃也可能包括一些正進行與該領域相關創新研究的內地頂尖大學和研究中心。這些機會可能帶來更多的產學合作和知識轉移活動，為香港工業創造新的發展機遇。

此外，許多大學已有知識轉移計劃。例如，香港城市大學有 HK Tech 300 計劃來鼓勵成立初創公司（請參閱文字框 9）。香港理工大學、香港科技大學和香港中文大學也有鼓勵科技創業的專項計劃（見文字框 10）。香港業界可更多利用這些計劃，開發新的技術應用，以支持香港的太空經濟發展。

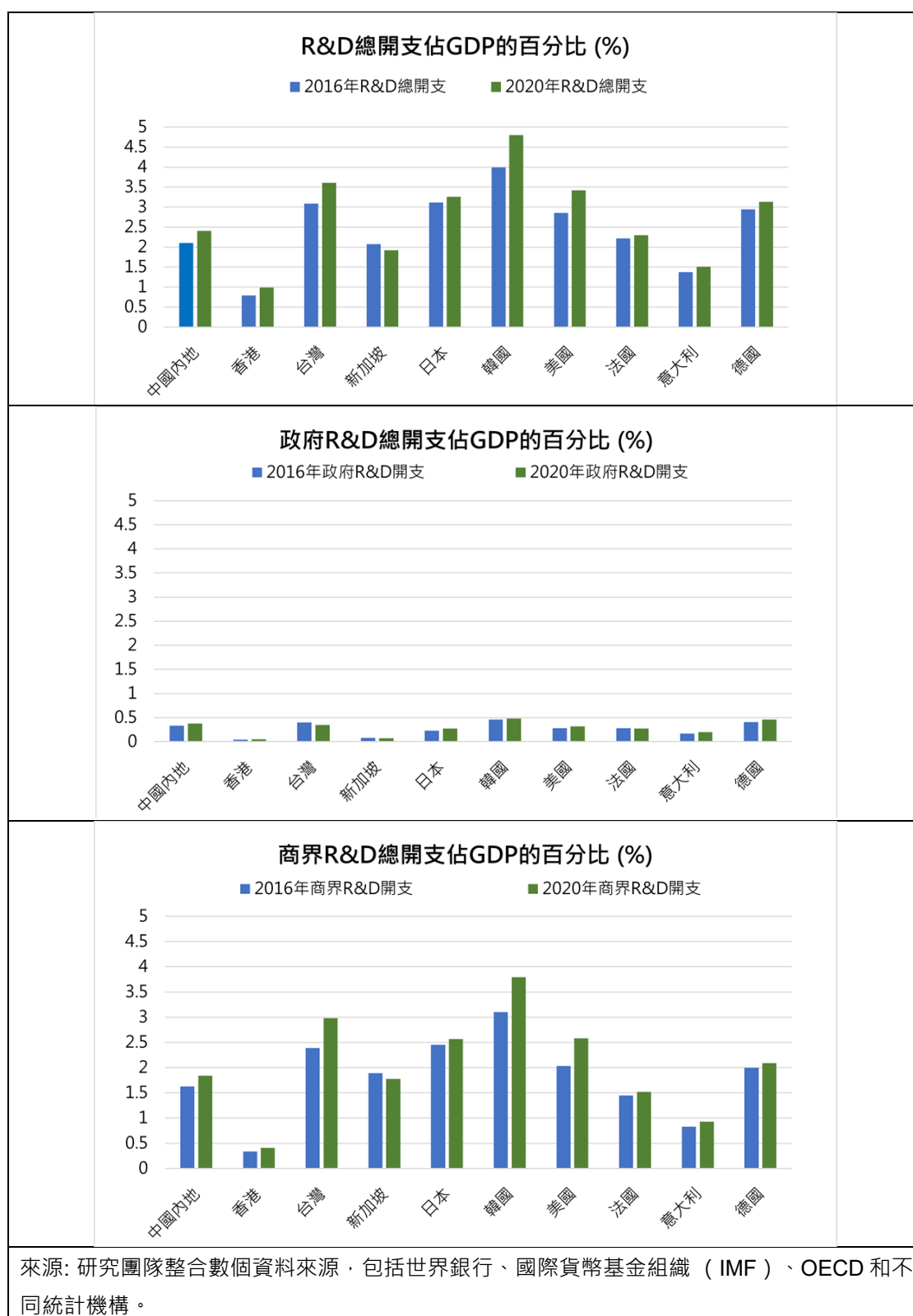
文字框 9.

香港城市大學 HK Tech 300 計劃

香港城市大學於 2021 年推出 HK Tech 300 計劃，目標在三年內創立 300 家初創公司。到 2022 年初，已有 300 多個學生團隊獲得種子基金創業，截至 2024 年 6 月，已增加到 600 多家公司。這些初創公司涵蓋大數據應用、生物科技、新材料應用、機械設計、機械人技術與系統、污水處理技術等眾多高科技領域。他們可以有助香港太空經濟中開發產品及應用。

如欲了解更多資訊，請瀏覽：<https://www.cityu.edu.hk/hktech300/>

圖 7. 研發開支出佔 GDP 的百分比之國際比較



文字框 10.

香港其他主要大學的技術轉移計劃

科研實踐基金 (BGF) 是由科大知識轉移辦公室設立的一項資助計劃，旨在提升其研發技術的商品化。BGF 的主要目標是向業界授予技術許可、建立技術初創公司、促進產業合作及促進與行業合作伙伴申請資金。BGF 旨在將科大的研究成果轉化為有價值的知識產權，進而吸引和鼓勵產業伙伴與科大合作，產生商業和社會影響。

如欲了解更多資訊，請瀏覽：<https://okt.hkust.edu.hk/bridge-gap-fund>

香港大學大學科技初創企業資助計劃 (TSSSU@HKU) 是香港大學為培養創業精神而設立的獎勵計劃。它為香港大學成員成立的科技初創公司提供財政援助。該計劃的主要目標是促進轉化創新理念和研究成果為商業上可行的產品和服務，從而對社會產生實際的影響。

如欲了解更多資訊，請瀏覽：<https://tec.hku.hk/hkutsssu/>

PILOTS Lite 計劃 x 香港科技園創科聯合拓展計劃由中大前期創業育成中心主辦（由研究及知識轉移服務處創業加速團隊管理）。在為期一年的計劃中，為中大初創企業提供種子基金、培訓和工作坊、與行業專家及業務合作伙伴交流的機會、諮詢或指導服務及免費工作共享空間。

如欲了解更多資訊，請瀏覽：

<https://www.orkts.cuhk.edu.hk/en/news-events/events/competition/call-for-entry-cuhk-pi-centre-20th-round-pilots-lite-programme-fall-2023-x-hkstp-co-ideation-programme>

理大創業投資基金 (EIF) 是一項早期股權投資基金，旨在支持擁有前景良好的創新技術和/或商業模式的理大成員初創公司進一步擴大規模。EIF 的目標是透過投資科技將理大的研究或創新成果商品化，從而促進知識轉移和影響力。

如欲了解更多資訊，請瀏覽：

https://www.polyu.edu.hk/kteo/entrepreneurship/funding_investment/polyu-entrepreneurship-investment-fund/

2. 對高等教育和研究界別

高等教育和研究界別也應轉變以支持新太空經濟的發展。具體建議如下：

- 大學課程應納入更多體驗式學習機會，例如實習和客戶主導的專題研習，以便學生和教師能夠學以致用，並聯繫學術學習及研究與香港的工業需求；
- 大學需更重視產業實習計劃，可透過強制性實習和課程要求，使學生能夠獲得第一手經驗並深入了解行業標準、文化和期望，從而更好地為學生的未來職業做好準備，並提高他們的能力。為支持這個項目，大學教育資助委員會（UGC）可以鼓勵和補貼企業提供實習機會。其中一種方法是為僱主提供配對補助金，以支付與實習生及其培訓的相關費用。香港城市大學已在其「城」就開拓計劃 3.0（CARLS 3.0）中採用此模式，該計劃為僱主提供就業配對補助金，旨在提高學生的就業能力。計劃補貼了畢業生三分之一的工資，為期三個月，為 2022 年畢業生創造了超過 2,280 個就業機會（<https://www.cityu.edu.hk/media/press-release/2022/07/18/cityu-career-launch-scheme-returns-additional-funding-creating-near-2300-job-opportunities-graduates>）；
- 一些課程可允許教師和業界領袖共同教學，以便學生在進入職場前在課堂上了解最新的行業趨勢和需求；
- 與內地企業組織更多企業參觀、實習機會和主題式學習，讓學生走進大灣區，運用所學的技能；
- 應舉辦更多與內地大學生的學生挑戰賽和合作項目，讓內地和香港學生有機會合作，了解彼此的學習和工作模式；
- 如前所述，儘管比傳統研究花費更多的時間和精力，特區政府的 UGC 和 RGC 也應鼓勵更多的應用研究和商界與學界合作。知識轉移固然很重要並應進一步鼓勵，但它只發生在知識價值鏈的末端——即研究已完成並發表成果，才把知識轉移到產業。如果研究問題和課題能盡早與業界共同建立，研究的相關性和實用性可以進一步增強；
- UGC 和 RGC 亦應重新思考教學人員的激勵制度。目前，升遷過程過度重視和強調同行評審出版物，而並沒有太多考慮出版物是否與工業需求相關且有用。UGC 和 RGC 可考慮美國國家科學基金會的最新做法，更重視研究成果的工業及社會應用（請參閱文字框 11）；
- 可以透過提供更多的誘因和獎勵來促進創業，並透過明確定義的知識產權政策、專利使用費或收入分成協議、簡化的商業化流程及透過靈活的許可協議分配知識產權來鼓勵教學人員。

3. 對中小學教育界別

中小學教育界也應進行改革，以解決以下問題—對 **STEAM** 科目感興趣的本地學生人數不足，無法支持香港的新型工業化需求，而且可能對新太空經濟的潛在重要性了解不足。因此，建議如下：

- 與大學和研究實驗室建立更多合作關係，以開辦課外活動和暑期班，重點關注前述的新太空經濟子行業；
- 與大學建立更多合作關係，在「優化高中核心科目」計劃下發展數學科的課外活動（詳情請參閱文字框 12）；
- 在香港建立更多以科學和工程為重的磁性學校（詳情請參閱文字框 13）；
- 與國家航天計劃和研究實驗室合作，為學生組織特別活動，激發他們對太空經濟的興趣（詳情請參閱文字框 14）；
- 與大學建立更多合作關係，為教師提供課程支援並「訓練培訓師」，以便他們能夠將更多與太空相關的學科納入中小學教育，如數學、科學、資訊與通訊科技、科技與生活和經濟（請參閱文字框 15）；
- 與大學研究實驗室、香港科技園及亞洲衛星有限公司、亞太通信衛星有限公司等公司建立更多合作關係，為對該領域感興趣的學生創造更多體驗式學習機會，例如暑期實習計劃和挑戰賽；
- 與大學及香港教育局資優教育計劃合作，發展太空相關學科的課程（請參閱文字框 16）；
- 鼓勵並為中小學提供財政和後勤支援，為對太空相關學科感興趣的學生舉辦聯合課後計劃和課外活動。

文字框 11.

美國國家科學基金會 (US NSF) 鼓勵工業與社會應用

美國國家科學基金會是美國科學和工程研究的主要投資者，在其戰略目標中強調「影響」，並鼓勵科學家開發突破性技術和科學研究，以改善將來的社會。在設計項目和收集研究建議書時，NSF 將其研究經費視為長遠社會投資，「將新知識與推動國家競爭力和推動國家經濟增長的創新聯繫起來」，並「滿足當前和新興社會的需求」(US NSF, 2022, p. 39)。

NSF 部分資助項目需要「參與式研究」—希望商界和學術機構共創知識、科學進步和科技突破，以便更容易、更便捷地將成果轉化為社會、商業、工業和國防相關的應用。美國國家科學基金會亦鼓勵跨學科研究，通過跨學科團隊的靈感和合作，更動態地實現創新理念和科技突破。

其中之一是其「融合研究」計劃 (<https://new.nsf.gov/funding/initiatives/convergence-accelerator/program-model>)。計劃的首階段會資助社區工作坊，為跨學科研究制定和構思想法。在此過程中，來自不同學科的研究人員和來自業界、非牟利組織、政府和其他社區實務的持份者，一同討論社會和行業需求及對應這些挑戰的研究主題。然後在第二階段，NSF 資助以應用為導向的研究，並要求跨學科團隊研發具實際影響力及可持續的方案。

NSF 亦鼓勵多樣化的成果和影響。除了在期刊和會議上發表研究論文和開發專利外，還鼓勵受助者思考對教育和培訓的影響，制定創新的教育計劃，創立初創企業和科技許可。

美國的科技霸權建立在數十年的成功和有影響力的研究之上，NSF 在這一發展中發揮了關鍵作用。特區政府、業界和學術界可以從中吸取經驗，重新思考如何組織、激勵、發展和發佈研究。

文字框 12.

香港教育局「優化高中核心科目—為學生創造空間和照顧學生多樣性」

特區政府於 2021 年推出教育改革，期望給予高中生更多的時間和彈性，以專注於數學等核心科目，並利用更有趣、個性化和體驗式學習機會來激發他們對這些科目的興趣。其亦鼓勵學生參加實習、專題研習和實地考察，以應用他們在課堂上學到的知識，並更深入地理解核心科目。

該計劃為中學提供了與大學合作的機會，共同開發有關太空科技和數學的特色課程，透過這些課程，學生可以更多地了解新太空經濟的未來發展和可能性。以下是該教育計劃的詳情。如欲了解更多資訊，請瀏覽：

https://www.edb.gov.hk/tc/curriculum-development/renewal/opt_core_subj.html

「現時不少學校的高中四個核心科目已佔逾半或更多課時，學生缺乏多元化的學習經歷。是次高中四個核心科目不同程度的優化可產生協同效應，騰出課時和增加課程彈性，為學生創造空間。當優化措施落實後，高中四個核心科目的課時將不超過總課時一半。學校可透過是次優化課程機會，整體檢視和規劃課程，按校情和學生需要釋出不同程度的空間，照顧學生的多元學習和發展需要。所釋放的課時可以便利學校提供更多元選擇，如讓學生增修一個選修科目（包括應用學習）；更深入學習修讀科目（基於優化高中核心科目是為學生創造空間和照顧學生多樣性的原則）。讓部分學生在修讀數學科的必修部分外再修讀延伸部分（單元一 / 單元二）；及 / 或更積極參與「其他學習經歷」、全方位學習活動、發掘其他個人興趣，以照顧學生的不同興趣、能力和抱負。」（LegCo, 2021）

文字框 13.

磁性學校

磁性學校為專注於某些學科的非主流學校，如科學、科技、工程和數學（STEM）、美術和表演藝術或世界文化和語言，並使用更開放和創新的方法讓學生更深入地研究這些學科。該類學校更強調超越傳統課堂環境的實踐、體驗式學習、團隊合作及社區或商業參與。他們亦嘗試幫助對英語、語文和數學等傳統學科不太感興趣，並希望發展更專業的學科的學生發揮個人潛力。

香港可以對這種模式進行更多探索，讓對工程和數學更感興趣的學生加入該學科的磁性學校，讓這些學生更多接觸太空科技應用和技術及工業培訓。由磁性學校畢業的學生能以更彈性的入學標準入讀大學，更加重視 DSE 不同學科的成績並減少對英語和中文等傳統核心科目的比重。長遠而言，這或許有助香港的教育制度培育更多專業人才。

有關更多設立磁性學校的目的和理由，可以透過瀏覽以下網站了解美國的經驗：

<https://magnet.edu/about/what-are-magnet-schools>

有關芝加哥一所專注於農業科學的磁性學校的資訊：

<https://magnet.edu/fulfilling-a-unique-mission-at-chicago-hs-for-agricultural-sciences>

有關加州一所專注於航天的磁性學校的資訊：

<https://www.usnews.com/education/k12/california/space-aeronautics-gateway-to-exploration-magnet-academy-268619>

有關馬里蘭州羅克維爾一所專注於數學、科學、航天、衛星和機械人技術的磁性學校的資訊：

<https://www2.montgomeryschoolsmd.org/school-info/msmagnet/parkland>

文字框 14.

青年參與國家太空計劃

過去數年，香港不同機構及學校為中學生舉辦特別計劃及活動，讓他們更了解國家的航天計劃，並培育他們對太空科技及探索的興趣。在這些計劃中，學生有機會參觀中國內地的一些火箭發射場、參觀國家實驗室、與太空人見面，並安排科學家與對 STEAM 學科和航天技術感興趣的同學進行學術交流。



參觀組裝大樓



太空人訓練



太空廚房



參觀國家天文台興隆觀測站

來源: 香港太空館 (<https://hk.space.museum/YATC2019/>)

例如，在 2023 年，香港青年獎勵計劃舉辦了一個名為「飛繁任務」(Mission S) 的特別項目，讓參與的學生更了解航天科技、太空探索及與「太空」、「天空」和「星空」相關的學科 (https://www.ayp.org.hk/wp-content/uploads/2023/03/Mission-S-2.0_activity_file.pdf)。

未來應與中國內地的國家實驗室、航天中心和學院開展更多合作，使學生能夠更了解太空科技和探索的發展，並啟發他們將來修讀相關學科。

文字框 15.

中佛羅里達大學 (UCF) 提供的「訓練培訓師」計劃

美國教育部 (DOE, n.d.) 資料顯示，職業與技術教育 (CTE) 課程旨在創造不同的跨學科機會，幫助學生為當前或新興職業 (例如太空探索) 作準備。

UCF 則提供不同類型的 CTE 專業課程培訓 CTE 教學人才，包括暑期密集課程、線上學士學位課程、學士學位課程等。

其中「中等 CTE 加速課程」由教育部撥款 110,000 美元資助，是一個為期兩週的暑期密集課程，幫助中學教師作準備，將太空相關的職涯規劃內容有效地納入其課程 (Fedor, 2023)。

代表教育部營運該計劃的創新顧問公司 Luminary Labs 發現 5 至 8 年級學生對於職涯規劃認知至關重要 (Luminary Labs, 2023)。因此，需重點培育教師將太空相關內容和活動融入課程並鼓勵年輕人從事 STEAM 職業。

除短期課程外，UCF 還提供學位課程來培育任教 CTE 的人才。例如，職業與技術教育理學學士是一個為期四年的課程，旨在培育於特定學科具豐富經驗的專家成為職業與技術教育和培訓的領袖，其出路包括在高中及大學擔任 CTE 教師。在該計劃中，學生將獲得第一手經驗，認識 CTE 教育的原則和實踐、課程發展，並賦予教學技能等。

如欲了解更多資訊，請瀏覽：<https://www.ucf.edu/degree/career-and-technical-education-bs/>



職業與技術教育工作者的專業發展培訓課程 (Fedor, 2023)。

文字框 16.

支援太空相關課程發展的資優教育模式

特區政府還可以透過資優教育計劃幫助人才發展。該計劃採用「三層架構模式」，幫助學校開發校本課程，讓優秀學生更深入、更徹底地學習 STEAM (科學、科技、工程、藝術、數學) 等不同學科。

目前，資優教育計劃的課程內容包括微電子工程、DNA 分析、強化材料、物理、生物和化學相關主題。大學和中學可以共同開發一些針對本報告推薦的太空科技和子領域的新教材。



來源: 教育局資優教育組

隨著新發展的北部都會區以及特區政府落實為創科和高科技產業提供新用地 (<https://www.nm.gov.hk/tc/northern-metropolis>)，特區政府可考慮利用部分新用地興建及發展全新的太空館及教育中心，以激發中學生對航天發展及太空經濟的興趣。擬建的中心可定期邀請前太空人來港舉辦與太空經濟相關的科研講座。中心也可邀請這些太空人分享他們的訓練過程和航天經歷以激發學生的興趣，培養下一代的太空研究員。同時，參觀香港及大灣區其他城市的航天科技公司，以及實地考察廣東省陽江市的海上火箭發射基地，亦能為中小學生帶來裨益和啟發，吸引他們從事與新太空經濟發展相關的職業。

4. 大灣區與國家層面的參與

除了加強本地各領域的能力外，香港業界還需與大灣區和中國內地其他地區的企業、研究實驗室和政府機構更緊密地合作，探索科技應用的新領域和商機。具體行動建議如下：

- 與大灣區的航天企業，特別是深圳和廣州南沙區的企業合作，合作發展業務和研究；
- 與內地其他地區的公司探討商機和研究合作關係，並利用中國內地政、產、學、研之間合作的優勢；
- 透過與當地大學研究實驗室的合作，與其他國家實驗室建立更多的研究伙伴關係，探索新的前沿和技術應用的可能性。

國際參與及地緣政治風險管理

香港應利用其現有的國際聯繫和合作來發展其太空經濟項目。香港多所大學與海外大學和研究實驗室皆有研究方面的合作，而許多香港的教學和研究人員均來自海外或曾在海外學術機構或公司工作。這些都使香港相比大多數中國內地大學和研究實驗室較有獨特優勢，使香港成為中國與世界其他地區在太空科學及相關技術發展方面的重要樞紐。

此外，香港是全球重要的金融中心，其普通法制度深受世界上大多數國家和企業的尊重和信任。因此，有潛力成為世界各地不斷發展航天工業的主要集資地，並可成為透過國際研究合作開發的項目和服務的知識產權管理中心。

隨著越來越多的國家將向太空發射數萬顆微型或小型衛星，關於太空使用和探索的爭議和衝突將無可避免。鑒於香港享有盛譽的法律制度，特區政府應努力與國家政府、聯合國和其他國際組織合作，協助香港成為世界指定的太空法和監管爭議調解中心。

與此同時，鑒於中美之間緊張的地緣政治關係，香港的研究人員和決策者應意識到政治和商業風險。一些以民用目的為初衷開發的航天科技也可能具有能應用於軍事和國防的能力，這可能會導致其他國家對香港的大學和企業實施制裁。因此，在國際合作中，香港的大學和公司應非常謹慎地進行風險管理、制定明確的法律和協議以及建立並執行透明和良好合約監管，以便工商業能發展讓民間應用的科技和服務，並支持聯合國的可持續發展目標。

結語

本報告概述了不斷增長的太空經濟市場及香港工業的可能性。本報告亦分析了香港的競爭優勢和潛在挑戰，並提出了一系列有助於香港參與新太空經濟的政府、商業和教育策略。

現時，中國的太空生態系統正在不斷擴大。其價值鏈亦不斷增長，國家在太空經濟、衛星通訊和地球觀測方面的戰略重點將為香港產業創造大量潛在商機。鑒於香港的大學在研發方面具有歷史優勢，若本港教育界和業界與內地的院校、研究實驗室和公司進行謹慎而有效合作，參與中國太空生態系統將為香港帶來巨大的商機。

此外，香港擁有享譽全球的法律體系，在製造業、法律和金融領域擁有良好的監管和審計制度，並在全球建立了數十年不同的商業和學術合作關係。因此，儘管中美之間存在地緣政治緊張局勢和相關的商業風險，但香港的學術和工業界應該能夠管理風險，並繼續參與不斷增長的太空經濟。太空經濟與未來的可持續發展密不可分，並得到聯合國支持且受不同的發達國家和發展中國家歡迎。新加坡、韓國、日本等周邊經濟體及沙特阿拉伯、印度、東南亞、中亞等新興市場已經投入大量資金參與其中。因此，香港必須迎頭趕上並利用這項新經濟機遇。這也符合行政長官在 2022 年提出的再工業化長遠施政願景，並支持國家重點的「新質生產力」發展。

參考文獻

- Barbosa, W., Moreira, L. R., Brito, G., Haddad, A. N., & Vidal, M. C. (2023). The Sociotechnical Construction of Risks, and Principles of the Proactive Approach to Safety. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 13(1).
- Basic Space Law. (2008). Basic space law (law no.43 of 2008).
<https://stage.tksc.jaxa.jp/spacelaw/country/japan/27A-1.E.pdf>
- Begum, S. (2022, March 10). *Singapore on track to building a thriving space sector*. The Straits Times.
<https://www.straitstimes.com/singapore/environment/singapore-on-track-to-building-a-thriving-space-sector>
- Berra, E. F., & Peppas, M. V. (2020, March). Advances and challenges of UAV SFM MVS photogrammetry and remote sensing: Short review. In *2020 IEEE Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference (LagIRS)* (pp. 533-538). IEEE.
- Bezzubov, D., & Borovyk, A. (2021). Specificities of United States Law Impact on the Legal and Regulatory Framework for the Global Space Market. *Advanced Space Law*, 7.
- Blinder, D. (2022). Foreign space activities in Argentina. *Journal of Global Faultlines*, 9(1), 83-99.
- Buontempo, C., Hutjes, R., Beavis, P., Berckmans, J., Cagnazzo, C., Vamborg, F., ... & Dee, D. (2020). Fostering the development of climate services through Copernicus Climate Change Service (C3S) for agriculture applications. *Weather and Climate Extremes*, 27, 100226.
- Campbell, B. M., Thornton, P., Zougmore, R., Van Asten, P., & Lipper, L. (2014). Sustainable intensification: What is its role in climate smart agriculture?. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 39-43.
- Carberry, D. E., Bagherpour, K., Beenfeldt, C., Woodley, J. M., Mansouri, S. S., & Andersson, M. P. (2023). A roadmap for designing eXtended reality tools to teach unit operations in chemical engineering: Learning theories & shifting pedagogies. *Digital Chemical Engineering*, 6, 100074.
- Chang, K. (2011, July 21). *The shuttle ends its final voyage and an era in Space*. The New York Times.
<https://www.nytimes.com/2011/07/22/science/space/22space-shuttle-atlantis.html>

- Chatzky, A., Siripurapu, A., & Markovich, S. J. (2021, September 23). *Space exploration and U.S. competitiveness*. Council on Foreign Relations. <https://www.cfr.org/backgrounder/space-exploration-and-us-competitiveness#chapter-title-0-3>
- China Daily Global. (2022, September 22). *Timeline of China's Top 10 space achievements of past decade*. China Daily Global. <https://www.chinadaily.com.cn/a/202209/22/WS632bbd6aa310fd2b29e791f33.html>
- ChinaPower. (2020, August 25). *How is China advancing its space launch capabilities?*. ChinaPower Project. <https://chinapower.csis.org/china-space-launch/>
- Cocchiara, C. M., Lo Nigro, G., Roma, P., & Ragusa, A. (2022). What, Where, Who and How a Quadruple Perspective and a Research Agenda for the New Space Economy in the 21st Century: Focus on the "What". Available at SSRN 4188613.
- Columbia Accident Investigation Board. (2003, August). *Report Volume I*. NASA. <https://sma.nasa.gov/SignificantIncidents/assets/columbia-accident-investigation-board-report-volume-1.pdf>
- Comstock, D. A. (2008, March). Technology development and infusion from NASA's Innovative Partnerships Program. In *2008 IEEE Aerospace Conference* (pp. 1-11). IEEE.
- Copernicus. (2022, December 15). Observer: The Copernicus contributing missions – creating opportunities for the European EO market. <https://www.copernicus.eu/en/news/news/observer-copernicus-contributing-missions-creating-opportunities-european-eo-market>
- Council of Economic Advisers, Executive Office of the President. (2021, January 1). *Econ. Rept. 2021 - Chapter 8: Exploring New Frontiers in Space Policy and Property Rights*. [Government]. U.S. Government Publishing Office. <https://www.govinfo.gov/app/details/ERP-2021/ERP-2021-chapter8>
- Crawford, I. A. (2016). The long-term scientific benefits of a space economy. *Space Policy*, 37, 58–61. <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2016.07.003>
- Cui, W. (2022). [Retracted] Control Optimization of Scenic Spot Navigation System Based on Map Matching Algorithm. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022(1), 5958782.
- Daedal-Research. (2022). *Global Space Economy Market: Analysis By Client Type, By Application, By Value Chain, By Region Size and Trends with Impact of COVID-19 and Forecast up to 2026*. <https://www.daedal-research.com/global-space-economy-market-size-and-trends-with-impact-of-covid-19-and-forecast-up-to-2026>

Department of Commerce. (2022). Strategic plan 2022-2026.

<https://www.commerce.gov/sites/default/files/2022-03/DOC-Strategic-Plan-2022%E2%80%932026.pdf#page=27>

Department of Education. (n.d.). Bridging the Skills Gap: Career and Technical Education in High School.

<https://www2.ed.gov/datastory/cte/index.html#:~:text=CTE%20refers%20to%20courses%20and%20programs%20designed%20to,that%20integrate%20into%20or%20complement%20their%20academic%20studies.>

Diakovska, H. & Aliieva, O. (2020). Consequentialism and Commercial Space Exploration. *P&C*, (24). <https://doi.org/10.29202/phil-cosm/24/1>

Dominguez, G. (2022, November 30). *Chinese milestone sets stage for new space race with U.S.* The Japan Times.

<https://www.japantimes.co.jp/news/2022/11/30/asia-pacific/china-space-us-military-pla/>

Economic Development Board. (2013, February 21). Official Launch of Office for Space Technology and Industry (OSTIn).

https://www.nas.gov.sg/archivesonline/data/pdfdoc/20130228002/ostin_press_release_feb_2013.pdf

Economic Development Board. (n.d.a). Aerospace. <https://www.edb.gov.sg/en/our-industries/aerospace.html>

Economic Development Board. (n.d.b). Introducing Office for Space Technology and Industry. <https://www.edb.gov.sg/content/dam/edb-japan/news-and-events/resources/corporate-publications/OSTIn-brochure.pdf>

Education Bureau. (2022). *Gifted education*. <https://www.edb.gov.hk/en/curriculum-development/curriculum-area/gifted/index.html>

Edy, J. A., & Daradanova, M. (2006). Reporting through the lens of the past: From Challenger to Columbia. *Journalism*, 7(2), 131-151.

Erwin, S. (2023, March 8). *U.S. intelligence report: China's commercial space sector to become global competitor by 2030*. SpaceNews. <https://spacenews.com/u-s-intelligence-report-chinas-commercial-space-sector-to-become-global-competitor-by-2030/>

European Parliament (2022). The European Space Agency's Disappointing Budget. Question for written answer E-004025/2022 to the Commission. *European Parliament, Parliamentary Question*.

https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2022-004025_EN.html

- European Space Agency. (2021a). *China's Space Sector: Commercialisation with Chinese Characteristics [Apr/2021]*. ESA Space Economy. <https://space-economy.esa.int/article/102/chinas-space-sector-commercialisation-with-chinese-characteristics>
- European Space Agency. (2021b, March 31). *ESA Agenda 2025: Make space for Europe*. https://esamultimedia.esa.int/docs/ESA_Agenda_2025_final.pdf
- European Space Agency. (2021c). *PACIS 3*. Pacis 3 | ESA CSC. <https://artes.esa.int/pacis-3>
- European Space Agency. (2021d). *Private Investment in Chinese Space ESA: Space Economy Steering Committee*. <https://space-economy.esa.int/documents/CkKbvqNB0teoS7H71aO6LryMiXvEYA7oEpVKdj1B.pdf>
- European Space Agency. (2022a). *ESA Space Economy 2022 – Creating Value for Europe*. ESA. https://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/Space_economy_creating_value_for_Europe/esa_space-economy_brochure.pdf
- European Space Agency. (2022b, December). *Electric cars powered by Space Technology*. ESA Commercialisation Gateway. <https://commercialisation.esa.int/2022/12/electric-cars-powered-by-space-technology/>
- European Space Agency. (2023a). *PACIS 3*. ESA. https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure_Communications/Pacis_3
- European Space Agency. (2023b, June 3). *Space to empower rural food producers*. ESA. https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_to_empower_rural_food_producers
- European Space Agency. (n.d.a). *Space Economy Activities*. ESA Space Economy Portal. <https://space-economy.esa.int/about-us>
- European Space Agency. (n.d.b). *ESA Space Solutions*. ESA. https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure_Communications/ESA_Space_Solutions
- European Space Agency. (n.d.c). *Partnership Projects*. ESA. https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure_Communications/Partnership_Projects
- European Union Agency for the Space Programme. (2022). *About EUSPA*. EU Agency for the Space Programme. <https://www.euspa.europa.eu/about/about-euspa>

- Evroux, C. (2022, February). *EU space policy: Boosting EU competitiveness and accelerating the Twin Ecological and digital transition*. European Parliamentary Research Service. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2022\)698926](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)698926)
- Fedor, N. (2023, July 6). *UCF to Advance Space Exploration Careers Through U.S. Department of Education Partnership*. University of Central Florida News. <https://www.ucf.edu/news/ucf-to-advance-space-exploration-careers-through-department-of-education-partnership/>
- Florida, R., & Kenney, M. (1994). The Globalization of Japanese R&D: The Economic Geography of Japanese R&D Investment in the United States. *Economic Geography*, 70(4), 344–369. <https://doi.org/10.2307/143728>
- Garrett, T. M. (2004). Whither Challenger, wither Columbia: Management decision making and the knowledge analytic. *The American Review of Public Administration*, 34(4), 389-402.
- Genta, G. (2014). Private space exploration: A new way for starting a spacefaring society? *Acta Astronautica*, 104(2), 480–486. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2014.04.008>
- Goh, T. (2023, July 18). *To Infinity and beyond: S'pore start-ups explore new frontiers in Space Tech*. The Straits Times. <https://www.straitstimes.com/business/to-infinity-and-beyond-s-pore-start-ups-explore-new-frontiers-in-space-tech>
- Gonzalez, S. (2023). The astropreneurial co-creation of the new space economy. *Space Policy*, 64, 101552.
- Government Accountability Office. (2020). NASA commercial crew program: Significant work remains to begin operational missions to the space station (GAO-20-121). <https://www.gao.gov/products/gao-20-121>
- Government of Japan. (2022). Japan Information on the mandate and purpose of the Working Group on Legal Aspects of Space Resource Activities under the Legal Subcommittee of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. [https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/lsc/space-resources/LSC2023/StatesResponses/Japan Information to Space Resource WG.pdf](https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/lsc/space-resources/LSC2023/StatesResponses/Japan%20Information%20to%20Space%20Resource%20WG.pdf)
- Gurtuna, O. (2013). *Fundamentals of space business and economics* (p. 10). Westmount, QC: Springer.
- Guthrie, R., & Shayo, C. (2005). The Columbia disaster: Culture, communication & change. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 7(3), 57-76.
- Hadhazy, A. (2011, January 22). *Space-age technology helps drive future of automobiles*. NBC News. <https://www.nbcnews.com/id/wbna41201174>

- Hall, L. (2015). *Space Farming Yields a Crop of Benefits for Earth*. National Aeronautics and Space Administration. <https://www.nasa.gov/feature/space-farming-yields-a-crop-of-benefits-for-earth>
- He, B. (2020, November 23). *China's 6G satellite test highlights importance of staying connected*. China Daily. <https://www.chinadaily.com.cn/a/202011/23/WS5fbb101da31024ad0ba95c23.html>
- Highfill, T., Jouard, A., & Franks, C. (2022). *Updated and revised estimates of the U.S. Space Economy, 2012–2019*. <https://www.bea.gov/system/files/2022-01/Space-Economy-2012-2019.pdf>
- Higuera, G. I. (2022). What Got Us Here, Won't Get Us There: Why US Commercial Space Policy Must Lie in an Independent Regulatory Agency. *Hastings LJ*, 73, 105.
- Ho, D. L. X. (2022). Singapore, a Sustained Ambition Towards a Commercial Space Sector. *ASEAN Space Programs: History and Way Forward*, 79-100.
- Holt, R. (2011). Dueling visions for science. *Science*, 333(6049), 1549-1549.
- Hong Kong Space Museum. (2019). *Young Astronaut Training Camp 2019*. <https://hk.space.museum/YATC2019/>
- House of Representatives, Congress. (1986, October 29). H. Rept. 99-1016 - Investigation of the Challenger Accident. [Government]. U.S. Government Printing Office. <https://www.govinfo.gov/app/details/GPO-CRPT-99hrpt1016/>
- Hua, Xia. (2024, June 30). China's first commercial launch site now ready for rocket launches. Xinhua News. <https://english.news.cn/20240630/0e1b12ded1d34aab92320188eed45060/c.html>
- International Astronautical Federation. (n.d.). Hayabusa2 Team. <https://www.iafastro.org/activities/honours-and-awards/iaf-world-space-award/hayabusa2-team.html>
- International Trade Administration. (2021). *Japan Space Industry Commercialisation*. International Trade Administration | Trade.gov. <https://www.trade.gov/market-intelligence/japan-space-industry-commercialisation>
- Ispace. (2022). *Ispace receives license to conduct business activity on the Moon from Japanese government*. ispace. <https://ispace-inc.com/news-en/?p=3829>
- Japan Aerospace Exploration Agency. (2014, December 19). Hitoshi Kuninaka, Project Manager, Asteroid Explorer Hayabusa2: A Path Toward Space Exploration. <https://global.jaxa.jp/article/2014/interview/vol88/>

- Japan Aerospace Exploration Agency. (2019, December 19). Asteroid explorer Hayabusa2 reporter briefing [Press briefing]. https://www.hayabusa2.jaxa.jp/en/enjoy/material/press/Hayabusa_2_Press_2_0191219_ver7_en2.pdf
- Japan Aerospace Exploration Agency. (2022, June 10). Asteroid Explorer Hayabusa2 Initial Analysis Chemical Analysis Team reveals aqueous alteration and primitive composition of asteroid Ryugu. https://global.jaxa.jp/press/2022/06/20220610-2_e.html
- Japan Aerospace Exploration Agency. (2023). *HAYABUSA – JAXA’s partner companies*. JAXA Business Development and Industrial Relations Department. <https://aerospacebiz.jaxa.jp/en/partner/project/hayabusa/>
- Jones, A. (2022, December 22). *China sets out clear and independent long-term vision for space*. SpaceNews. <https://spacenews.com/china-sets-out-clear-and-independent-long-term-vision-for-space/>
- Jones, A. (2023, June 17). *China launches national-record 41 satellites on single rocket*. Space.com. <https://www.space.com/china-single-launch-record-41-satellites-video>
- Jorgenson, A. K., Clark, B., Thombs, R. P., Kentor, J., Givens, J. E., Huang, X., ... & Mahutga, M. C. (2023). Guns versus climate: How militarization amplifies the effect of economic growth on carbon emissions. *American Sociological Review*, 88(3), 418-453.
- Kalyan, R., Jeon, Y. J., Lei, Y. D., Sim, C. K., Hussain, M. A. A., Kuyob, N. A., ... & Chai, K. C. T. (2023). A 29–31-GHz, 0.4-dB Amplitude Error and 1° Phase Error Beamforming IC and 20-dB Dynamic Range Power Detector for SatCom Phased Arrays. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 70(10), 3837-3841.
- Kessler, H., & Peeters, W. (2011). Man and space–The Isle of Man, the IISC and the new space economy. *Space Policy*, 27(4), 222-226.
- Khlystov, N., McCullough, R., & Degnan, R. (2023). *Space tech can improve agriculture*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2023/05/space-tech-can-improve-agriculture/>
- Kodama, S., & Hoshi, M. (2019, February 28). *Asteroid landing a triumph for Japan’s space industry*. Nikkei Asia. Retrieved July 19, 2023, from <https://asia.nikkei.com/Business/Science/Asteroid-landing-a-triumph-for-Japan-s-space-industry>

- Koshova, S. (2022). THE SPACE INDUSTRY AS THE DRIVING FORCE OF THE ECONOMY AND THE BASIS OF NATIONAL SECURITY. *Publishing House «European Scientific Platform»*, 153–169.
<https://doi.org/10.36074/paaaseirdfeqcc.ed-2.11>
- KPMG. (2020). G20 voices on the future of the Space Economy.
<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/12/g20-voices-on-the-future-of-the-space-economy.pdf>
- Kratz, L., Buckingham, B., Chang, T. (2014). Enabling National Security Through Dual-use Technology. <https://doi.org/10.21236/ada624728>
- Kurasawa, H. (2018). *An Overview of Japan’s Space Activities*. SpaceTech Asia.
<https://www.spacetechnasia.com/an-overview-of-japans-space-activities/>
- La Tour, P., Putbrese, B. L., & Hastings, D. (2014). Value-driven analysis of new paradigms in space architectures: an Ilities-based approach. In *AIAA Space 2014 Conference and Exposition* (p. 4444).
- LegCo. (2021). Progress Report on the Motion on “Thoroughly reforming the subject of Liberal Studies” at the Legislative Council Meeting of 24 March 2021.
<https://www.legco.gov.hk/yr20-21/english/counmtg/motion/cm20210324m-ge-prpt-e.pdf>
- Lei, Y.T., Wang, L., and Mao, Y. L. (2024). Successfully launched! Why did the Launch of One Rocket-Nine Satellites Choose Yangjiang Ocean Area? Southcn.com (in Chinese).
https://news.southcn.com/node_54a44f01a2/1458f69726.shtml
- Leveson, N. G. (2008). Technical and Managerial Factors in the NASA Challenger and Columbia Losses: Looking Forward to the Future. In D. L. Kleinman, K. A. Cloud-Hansen, C. Matta, & J. Handelsman (Eds.), *Controversies in Science & Technology*, (2), 237-261. New Rochelle, NY: Mary Ann Liebert.
- Lohmann, G., & Pereira, B. A. (2020). Air transport innovations: A perspective article. *Tourism Review*, 75(1), 95-101.
- Luminary Labs. (2023, July 19). Luminary Labs to Design and Produce Middle Grades CTE Accelerator. <https://www.luminary-labs.com/luminary-labs-to-design-and-produce-middle-grades-cte-accelerator/>
- Mahler, J. G. (2009). *Organizational learning at NASA: The Challenger and Columbia accidents*. Georgetown University Press.
- Melograna, C., & Johnson, C. (2023). Commercial space activities in the US: An overview of the current policy and regulatory framework. *Routledge Handbook of Commercial Space Law*, 42-64.
- Migaud, M. R., Greer, R. A., & Bullock, J. B. (2021). Developing an adaptive space governance framework. *Space Policy*, 55, 101400.

National Aeronautics and Space Administration. (2019). Commercial Crew Program overview. <https://www.nasa.gov/content/commercial-crew-program-overview>

National Aeronautics and Space Administration. (2020a). 20 Breakthroughs from 20 Years of Science aboard the ISS. Retrieved from https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/iss-20-years-20-breakthroughs

National Aeronautics and Space Administration. (2020b). NASA fiscal year 2020 agency financial report. https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_fy2020_afr.pdf

National Aeronautics and Space Administration. (2022). *Clean Air Tech for Spacecraft Helps Fight Pandemic*. NASA spinoff. <https://spinoff.nasa.gov/clean-air-tech>

National Aeronautics and Space Administration. (2023, October 24). *NASA views images, confirms discovery of Shuttle Challenger artifact*. NASA. <https://www.nasa.gov/history/nasa-views-images-confirms-discovery-of-shuttle-challenger-artifact/>

National Aeronautics and Space Administration. (n.d.). Industrial Productivity Spinoffs. https://spinoff.nasa.gov/pdf/IP_web.pdf

Nava, J. L. (2023, May 30). *China's remarkable journey in the space exploration*. China daily. <https://global.chinadaily.com.cn/a/202305/30/WS647551efa310b6054fad5bbb.html>

NEC Corporation. (2021). Nine World-Firsts Achieved Through Great Leadership and Teamwork—Hayabusa2 project managers tell their story. <https://www.nec.com/en/global/ad/cosmos/hayabusa2/interview/project-manager/index.html>

OECD (2012), *OECD Handbook on Measuring the Space Economy*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264169166-en>.

OECD (2022), *OECD Handbook on Measuring the Space Economy, 2nd Edition*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/8bfef437-en>.

Office for Space Technology & Industry. (2023a). About Our History. <https://www.space.gov.sg/about-our-history/>

Office for Space Technology & Industry. (2023b). National Statement by Singapore 66th Session of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. <https://www.space.gov.sg/latest-news/latest-news/permalink/copuos-2023/>

Office for Space Technology & Industry. (2023c). Our Team. <https://www.space.gov.sg/about-us/orgchart/>

- Office for Space Technology & Industry. (2023d). Space Technology Development Programme (STDP). <https://www.space.gov.sg/resources/stdp/>
- Office of Space Commerce. (2020). *National Space policy of the United States of America*. Office of Space Commerce. <https://www.space.commerce.gov/policy/national-space-policy/>
- Office of Space Commerce. (2021). U.S. Department of Commerce space accomplishments report. <https://www.space.commerce.gov/wp-content/uploads/2021-01-DOC-space-accomplishments-report.pdf>
- Office of Space Commerce. (n.d.). Legal and Departmental Authorities of the Office of Space Commerce. Office of Space Commerce. Retrieved February 15, 2023, from <https://www.space.commerce.gov/law/office-of-space-commerce/>
- Oltrogge, D. L., & Christensen, I. A. (2020). Space governance in the new space era. *Journal of Space Safety Engineering*, 7(3), 432-438.
- OpenGov Asia. (2022, February 10). Singapore government to invest \$150 million in space technology. <https://opengovasia.com/2022/02/10/singapore-government-to-invest-150-million-in-space-technology/>
- Osepchuk, J. M. (2015). Births of technologies do not always occur at times of invention or discovery [Speaker's corner]. *IEEE Microwave Magazine*, 16(4), 150-160.
- Özkula, S. M. (2021). The problem of history in digital activism: Ideological narratives in digital activism literature. *First Monday*, 26(8).
- Parrella, R. M., Spirito, G., Cirina, C., & Falvella, M. C. (2022). The new space economy and new business models. *New Space*, 10(4), 291-297.
- Patel, N. V. (2021, January 21). *China's surging private space industry is out to challenge the US*. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2021/01/21/1016513/china-private-commercial-space-industry-dominance/>
- Peeters, W. (2021). Evolution of the space economy: government space to commercial space and new space. *Astropolitics*, 19(3), 206-222.
- Peng, Z. (2023). An Asteroid Mining Model Based on Input and Output Equity. *Journal of Research in Social Science and Humanities*, 2(4), 7-24.
- Petroni, G., & Bigliardi, B. (2019). *The space economy: From science to market*. Cambridge Scholars Publishing.
- Pierce, M. (2022). *What Goes Up Comes Down*. NASA's Technology Transfer Program. <https://technology.nasa.gov/What%20Goes%20Up%20Comes%20Down>

- Pignatti, S., Casa, R., Laneve, G., Li, Z., Liu, L., Marzialetti, P., ... & Huang, W. (2021). Sino–EU earth observation data to support the monitoring and management of agricultural resources. *Remote Sensing*, 13(15), 2889.
- Pomeroy, C., Calzada-Diaz, A., & Bielicki, D. (2019). Fund me to the moon: Crowdfunding and the new space economy. *Space Policy*, 47, 44-50.
- Posen, H. E., Keil, T., Kim, S., & Meissner, F. D. (2018). Renewing research on problemistic search—A review and research agenda. *Academy of Management Annals*, 12(1), 208-251.
- Pultarova, T. (2022, November 25). Europe's record-breaking space budget to save beleaguered ExoMars rover. Space.com. <https://www.space.com/europe-space-budget-record-exomars>
- Rementeria, S. (2022). Power dynamics in the age of space commercialisation. *Space Policy*, 60, 101472.
- Reuters. (2021, June 17). Major milestones in Chinese space exploration. <https://www.reuters.com/world/china/major-milestones-chinese-space-exploration-2021-06-17/>
- Romzek, B. S., & Dubnick, M. J. (1987). Accountability in the Public Sector: Lessons from the Challenger Tragedy. *Public Administration Review*, 47(3), 227–238. <https://doi.org/10.2307/975901>
- Sadeh, E. (2015). Public private partnerships and the development of space launch systems in the United States. *Astropolitics*, 13(1), 100-115.
- Sadlier, G., Sabri, F., & Esteve, R. (2018). *Spillovers in the space sector: A research report for the UK Space Agency*. London Economics. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/788725/LE-UKSA-Spillovers_in_the_space_sector-FINAL_FOR_PUBLICATION_050319.pdf
- Sanger, D. E. (2003, February 2). *Loss of the Shuttle: The Overview; Shuttle Breaks Up, 7 Dead*. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2003/02/02/us/loss-of-the-shuttle-the-overview-shuttle-breaks-up-7-dead.html>
- Schiavon, E., Taramelli, A., Tornato, A., & Pierangeli, F. (2021). Monitoring environmental and climate goals for European agriculture: User perspectives on the optimization of the Copernicus evolution offer. *Journal of Environmental Management*, 296, 113121.
- Seedhouse, E. (2016). *SpaceX's Dragon: America's Next Generation Spacecraft*. Springer.

- Segarra, J., Buchailot, M. L., Araus, J. L., & Kefauver, S. C. (2020). Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications. *Agronomy*, 10(5), 641.
- SES. (2016, June 24). Leading global satellite operator SES partners with Singapore EDB's Office for Space Technology. <https://www.ses.com/press-release/leading-global-satellite-operator-ses-partners-singapore-edbs-office-space-technology>
- Sinclair, M. (2020). *What you may have missed in the new National Space Policy*, Brookings Institution. Policy Commons. United States of America. Retrieved from <https://policycommons.net/artifacts/4143900/what-you-may-have-missed-in-the-new-national-space-policy/4952868/>
- Singapore Space and Technology Limited. (2021). *About SSTL*. <https://www.space.org.sg/>
- Soh, G. (2022, February 9). *Singapore government to invest \$150 million in space-tech R&D*. The Straits Times. <https://www.straitstimes.com/singapore/environment/singapore-government-to-invest-150-million-in-space-tech-rd>
- Sommariva, A. (2018). *The political economy of the space age: How science and technology shape the evolution of human society*. Vernon Press.
- Southcn.com (2024). Guangdong-brand rocket launching 26 satellites has broken records! Southcn.com (in Chinese). https://news.southcn.com/node_54a44f01a2/38e6b01f5e.shtml
- Space Faculty Asia. (n.d.). International Space Challenge (ISC) 2023. https://spacefaculty.asia/isc_2023/
- Space Foundation. (2020, March 12). *State of space 2020: A summary*. Space Foundation. Available at <https://www.spacefoundation.org/2020/02/25/state-of-space-2020-a-summary/>
- SpaceTech Analytics. (2021). SpaceTech Industry 2021 / Q2 Landscape Overview. <https://www.spacetechnology.com/spacetechnology-industry-year-overview-2021>
- State Council Information Office. (2022). *China's Space Program: A 2021 Perspective*. China National Space Administration. <https://www.cnsa.gov.cn/english/n6465645/n6465648/c6813088/content.html#:~:text=China%20aims%20to%20strengthen%20its,promote%20high%2Dquality%20economic%20and>
- Stone, R., & Ross-Nazzari, J. (2011). The Accidents: A Nation's Tragedy, NASA's Challenge. In C. L. Johnson, C. D. Hansen, & D. A. Portree (Eds.), *Wings in Orbit: Scientific and Engineering Legacies of the Space Shuttle, 1971-2010: The Historical Legacy*, 32-41. National Aeronautics and Space Administration.

- Sweeting, M. N. (2018). Modern small satellites-changing the economics of space. *Proceedings of the IEEE*, 106(3), 343-361.
- Takeuchi, Y. (2019). Law and policy for space situational awareness towards Space Traffic Management-A Japanese perspective. *Journal of Space Safety Engineering*, 6(2), 130-137.
- Tay, K. L. (2022, May 21). *Evaluating China's 'Space-Ground Integrated Information Network' Project*. The Diplomat. <https://thediplomat.com/2022/05/evaluating-chinas-space-ground-integrated-information-network-project/>
- Tchalakov, I. (2015). The New Space Entrepreneurship and Its Techno-Economic Networks. *International Journal of Actor-Network Theory and Technological Innovation (IJANTTI)*, 7(1), 43-63. <http://doi.org/10.4018/IJANTTI.2015010104>
- Teo, C. H. (2020, February 6). *Speech by Senior Minister Teo Chee Hean at the Global Space and Technology Convention (GSTC)* [Transcript]. Prime Minister's Office Singapore. <https://www.pmo.gov.sg/Newsroom/SM-Teo-Chee-Hean-Global-Space-and-Technology-Convention>
- US Mission to International Organizations in Vienna. (2022). Spin-off Benefits of Space Technology. Retrieved from <https://vienna.usmission.gov/on-spin-off-benefits-of-space-technology/>
- US National Science Foundation (2022). U.S. National Science Foundation 2022-2026 Strategic Plan. Washington, D.C. <https://www.nsf.gov/pubs/2022/nsf22068/nsf22068.pdf>
- Uesaka, Y., & Yano, S. (2015, December 6). *NEC helps put Hayabusa2 on course for asteroid*. Nikkei Asia. <https://asia.nikkei.com/cms/Business/Science/NEC-helps-put-Hayabusa2-on-course-for-asteroid>
- UK Space Agency. (2018). Space solutions for agriculture: Space for Agriculture in Developing Countries. https://www.spacefordevelopment.org/wp-content/uploads/2018/10/6.4502_UKSA_SPACEUK_Solutions-for-Agriculture_web.pdf
- UK Space Agency. (2020). Space for policy: International partnership programme. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/909585/UK_Space_Agency_IPP_Space_for_Policy_final_AW_Web.pdf
- UK Space Agency. (2022). Returns and benefits from public space investments. [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1069132/Returns and Benefits from Public Space Investments_2021.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1069132/Returns_and_Benefits_from_Public_Space_Inv estments_2021.pdf)

- Undseth, M., C. Jolly and M. Olivari (2021), "Evolving public-private relations in the space sector: Lessons learned for the post-COVID-19 era", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 114, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b4eea6d7-en>.
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (2015a). *Space for agriculture development and food security: Use of Space Technology within the United Nations System*. United Nations.
https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2016/stspace/stspace69_0_html/st_space_69E.pdf
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (2015b). *Space Supporting the Sustainable Development Goals*. Space4SDGs: How space can be used in support of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Available at <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/space4sdgs/index.html>
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (2018). Administrative Instruction: Strategy and Policy on Partnerships with Industry and the Private Sector and Guidelines for Implementation.
https://www.unoosa.org/documents/pdf/informationfor/industryandthepriatesector/OOSA_AI_2018_2_1-February-2018.pdf
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (2022a). 17th Meeting of the Open Informal Sessions on Outer Space Affairs.
<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/un-space/ois/17th.html>
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (2022b). 41st Session of the Inter-Agency Meeting on Outer Space Activities.
<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/un-space/iam/41st-session.html>
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (2022c, April). Space for the great reset Outcome Report.
https://www.unoosa.org/documents/pdf/Space%20Economy/Space_Great_Reset_Outcome_Report_April_22.pdf
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (2023a). Inter-Agency Meeting.
<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/un-space/iam.html>
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (2023b). Open Informal Sessions on Outer Space Affairs. Retrieved from
<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/un-space/ois.html>
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (2023c). UNOOSA Annual Report 2022.
https://www.unoosa.org/documents/pdf/annualreport/UNOOSA_Annual_Report_2022.pdf
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (n.d.a). About UNOOSA.
<https://www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/index.html>

- United Nations Office for Outer Space Affairs. (n.d.b). Information for industry and the private sector. Retrieved from <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/industryandprivatesector/index.html>
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (n.d.c). Structure. <https://www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/structure.html>
- United Nations. (2022). *World economic situation and prospects: September 2022 briefing, no. 164* | Department of Economic and Social Affairs. United Nations. Available at <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/world-economic-situation-and-prospects-september-2022-briefing-no-164/>
- United Nations. (n.d.). *Sustainable Development Goals Report - United Nations Sustainable Development*. United Nations. Available at <https://www.un.org/sustainabledevelopment/progress-report/>
- Venturini, K., & Verbano, C. (2014). A systematic review of the Space technology transfer literature: Research synthesis and emerging gaps. *Space Policy*, 30(2), 98-114.
- Verdict. (2023, June 27). *Between a rock(et) and a hard place: China and the space economy*. Verdict. <https://www.verdict.co.uk/china-space-economy-slow-start/?cf-view>
- Verissimo, J. (2021) 20 Space Tech Transfer or Spin-Offs We Use in Our Daily Lives. *VisionSpace Blog*, March 4. <https://www.blog.visionspace.com/blog/2021/3/3/20space-tech-transfer-or-spin-offs-we-use-in-our-daily-lives>
- Wagner, A. (2020). *5 Auto Innovations Driven by NASA*. NASA. https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/techtransfer/5_Auto_Innovations_Driven_by_NASA
- Watanabe, K., Taskesen, E., Van Bochoven, A., & Posthuma, D. (2017). Functional mapping and annotation of genetic associations with FUMA. *Nature communications*, 8(1), 1826.
- Weinzierl, M. (2018). Space, the Final Economic Frontier. *Journal of Economic Perspectives*, 32(2), 173–192. <https://doi.org/10.1257/jep.32.2.173>
- Werner, D. (2021, August 23). *Global Space Economy Swells in spite of the pandemic*. SpaceNews. <https://spacenews.com/space-report-2021-space-symposium/>
- White House. (2018, May 24). Space policy directive-2, streamlining regulations on commercial use of space [Presidential memoranda]. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/space-policy-directive-2-streamlining-regulations-commercial-use-space/>

- Wilson, T., & Dickey, J. (2023). Singapore's Space Industry Development: A Case Study. https://csps.aerospace.org/sites/default/files/2023-02/Wilson-Dickey_Singapore_20230201_0.pdf
- Wirbel, L. (2005, October 4). *The space industry: Supporting U.S. supremacy*. Institute for Policy Studies. Available at https://ips-dc.org/the_space_industry_supporting_us_supremacy/
- Wouters, J., De Man, P., & Hansen, R. (2017). Commercial uses of space and space tourism: setting the scene. In *Commercial Uses of Space and Space Tourism* (pp. xiv-xx). Edward Elgar Publishing.
- Xin, L. (2022). China catches up in commercial space: an interview with Ji Wu. *National science review*, 9(7), nwac065.
- Yada, T., Abe, M., Okada, T., Nakato, A., Yogata, K., Miyazaki, A., ... & Tsuda, Y. (2022). Preliminary analysis of the Hayabusa2 samples returned from C-type asteroid Ryugu. *Nature Astronomy*, 6(2), 214-220.
- Yaeger, H. (2021). *Analyzing the Arguments and Options Surrounding Space Privatization*. Rochester Institute of Technology.
- Yan, D. L., Sim, C. K., Arif, H. A. M., Kuyob, N. A. B., Raja, M. K., & Chai, K. T. C. (2023). A 35mW, 2.32 dB NF, 1.1° Phase Error, 18-21.2 GHz Beamforming Receiver IC for Satcom on the Move (SOTM) Phased Arrays. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 70(10), 3847-3851.
- Zhang, M., & Yang, X. (2023). China's emerging commercial space industry: current developments, legislative challenges, and regulatory solutions. *Acta Astronautica*, 202, 9-16.

鳴謝

香港工業總會特別感謝香港城市大學的研究團隊、工總會員及業界領袖的支持，並對他們提供的寶貴與專業的意見表示衷心感謝。

香港城市大學的研究團隊特別感謝香港工業總會的資助，使這項研究得以進行，亦感謝香港太空館的彭翠虹博士及其團隊的支持，讓研究團隊舉辦研討會，展示初步研究成果。另外，特別感謝翱驊科技為此研究報告的印刷及發佈會提供贊助。

研究團隊及作者：

香港城市大學公共及國際事務學系教授何達基博士

香港城市大學研究助理江雋軒先生、黃雋僖先生、徐岩小姐

督導委員會：

吳民卓博士（委員會主席）

吳漢瑜先生

黎銳敏先生

黎少斌先生

姚慶良博士工程師

參與研究團隊會議或研究成果分享會業界領袖名單（排名不分先後）：

莊子雄博士

林世豪先生

岑健偉先生

吳慧君女士

張國全先生

魏志文先生

丘榮豐先生

關秉源先生

張瑞燊先生

溫偉麟先生

李治緯先生



香港工業總會

FHKI Federation of
Hong Kong Industries

31/F, Billion Plaza, 8 Cheung Yue Street,
Cheung Sha Wan, Kowloon, Hong Kong

香港九龍長沙灣

長裕街8號億京廣場31樓

Tel 電話 : (852) 2732 3188

Fax 傳真 : (852) 2721 3494

Email 電郵 : fhki@fhki.org.hk

Website 網址 : www.industryhk.org