

運用SWOT去探討 量子科技的發展

賀增原

提要

- 一、2021年5月14日科技政策研究與資訊中心公布全球主要16個國家把量子科技列為國家發展戰略計畫，總計投入約246億美元的經費；中共投入量子研發的經費是我國36倍，究竟先進國家投入大量資金在什麼領域？本文嘗試以專利的趨勢來說明量子技術中主要的發展。
- 二、跨國合作：雖然美國、中國大陸與日本是太空量子科技的主要發展國家，從歐洲專利公約中可以瞭解申請者與發明者之間的合作關聯圖；得知部分的歐洲人，例如：英國人與法國人雖然量子科技不如美國、中國大陸與日本那般投入，但利用跨國的合作，也可以提升量子科技的水準。
- 三、伴隨著量子技術快速的發展，使得傳統的密碼系統在通信安全上備受挑戰，取代傳統密碼學的後量子密碼學已漸漸受到重視，因此美國國家標準暨技術研究院希望可以透過競賽，制定後量子密碼的標準。
- 四、量子科技的發展也促成量子國家隊到位，藉此提升臺灣特有的量子科技軟硬體技術，並且落實至產業，帶動產業持續在國際上資訊與通信科技的競爭力。

關鍵詞：網路戰、資安威脅、數位發展

圖片來源：設計圖庫



SWOT

壹、前言

自二十世紀開始，量子力學的奧秘逐步地被世人所發現；世界各先進國家莫不是卯足全力去從事量子科學的相關研究，企圖以“彎道超車”之模式成為量子霸權的強國。依據我國科技政策研究與資訊中心2021年5月14日公布資料，列出全球主要16個國家把量子科技作為國家發展戰略計畫，中共投入量子研發的經費是我國36倍，究竟先進國家投入大量資金在什麼領域？本文首先以專利的趨勢來探討各國在量子科學上的發展，並且以時間序列先後順序來說明。開始蒐集相關資料從專利諮詢公司(Patinformatics, LLC)去瞭解量子資訊技術(Quantum Information Technology, QIT)，該公司從1980年統計到2017年，發現量子應用(application)是量子位元(Qubit)以及量子硬體的4倍；進一步去參考另一份資料，量子計算應用(Quantum Computing Application)，從2000年統計到2017年，發現量子密碼(cryptology)與量

子通信(communication)是量子計算(computation)與量子邏輯運算(algorithm)的3倍。因此，從量子資訊技術到量子計算應用專利趨勢，可以發現目前主軸在於量子密碼與量子通信這兩項。2022年1月14日經濟部智慧財產局時勢報導的主題〈太空科技進入量子科技時代！〉由文中可以看出量子密鑰傳輸其專利家族申請件數成長了20倍，如圖一。¹

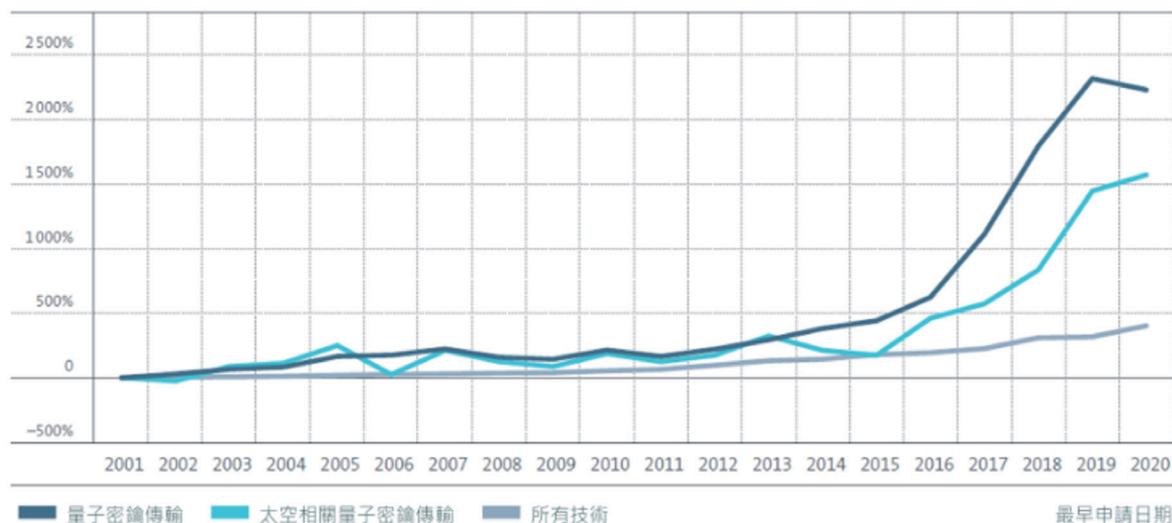
由新聞的重點以及專利的趨勢，可以發覺至少量子密鑰傳輸成長趨勢是目前發展的主流，不過專利的數目等於其實用性嗎？

貳、進階的意涵

一、專利數量的多寡以及專利實用，孰輕孰重？

2022年3月24日出現一則標題：〈量子科技專利布局：又是中國大陸 No. 1？〉吸引作者的注意；因為中國大陸在量子科技投入的經費是有目共睹，甚至已經有美國作家提出：「美國和中國大陸正

1 商品化時事報導，〈太空科技進入量子科技時代！〉，《經濟部智慧財產局》，https://pcm.tipo.gov.tw/PCM2010/PCM/commercial/show/article_detail.aspx?aType=1&ArticleType=1&aSn=2268，檢索日期：西元2022年9月8日。



圖一 量子密鑰傳輸與太空相關量子密鑰傳輸成長趨勢

圖片來源：同註1

處於一場將改變戰爭的量子軍備競賽中」的文章。² 由文章引用的專利數量也可以見到中國大陸在量子密碼與量子通信已經領先美國，所以標題當中的疑問號是什麼意思？

文章內容是參考《北美智權報》，主要的重點在於強調專利品質，此專利品質是根據關鍵專利參數，採用客製化評分系統，評分範圍從最低分0分開始至5分，每0.5分增加一個尺度。結果顯現美

國專利為1.37至2.81，中國大陸則為1.13至2.27，似乎美國專利更具參考或引用價值。³

中國大陸本身也瞭解專利的浮濫造成專利實用性降低，所以中國大陸國家知識產權局於2016年發布「專利質量提升工程實施方案」之後，其實用新型專利初步審查亦包含「新穎性檢索調查」的實質審核。⁴

此處提供一個參考，在有限的預算

2 Martin Giles, “The US and China are in a quantum arms race that will transform warfare,” MIT Technology Review, <https://www.technologyreview.com/2019/01/03/137969/>, 檢索日期：西元2022年9月8日。

3 Mathew Alex, “Quantum Technologies: A Review of the Patent Landscape,” Relecura Technologies Pvt. Ltd., 2021, <https://arxiv.org/pdf/2102.04552.pdf>, 檢索日期：西元2022年9月8日。

4 〈中國實務／中國實用新型專利的審查機制〉，《智財散步》，<https://iptouring.com/中國實務/中國實用新型專利的審查機制/>，檢索日期：西元2022年9月8日。

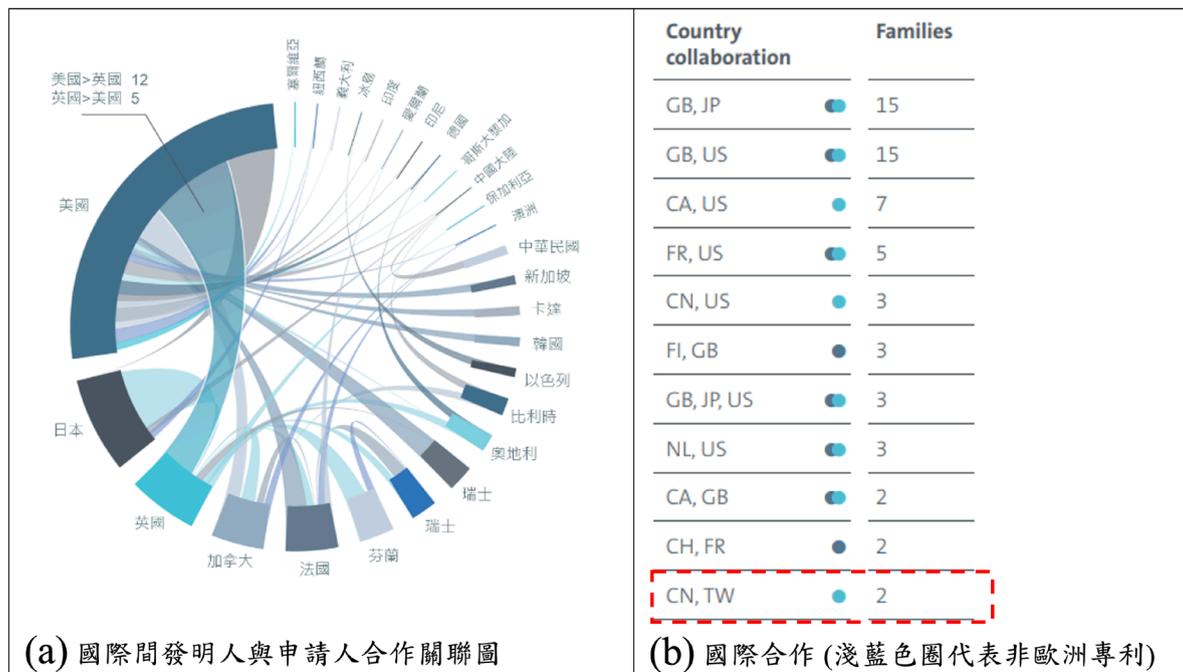
情況下，思考結合軍事、政治、經濟等有價值的量子專利遠比量子專利數量來的重要。

二、藉由國際合作提升科技水準

參考歐洲專利公約(European Patent Convention)中量子技術與太空專利審查報告可以獲得國際間發明人的國籍進行分析，看出彼此合作的概況如圖二(a)，⁵當中左上角美國>英國12：代表12名美

國申請人僱用居住在英國的發明人，英國>美國5：代表5名英國申請人僱用了美國發明人。

另外比較值得關注的一點，是我國與中共在國際間發明人與申請人專利家族上竟然也有兩項合作專利如圖二(b)。⁶ 所以未來是否可以加強全球的布局，以增加量子科技的水準，成為國內發展量子科技的參考方向。



圖二 量子技術與太空專利審查報告

圖片來源：“Quantum technologies and space,” Patent insight report

5 同註1。

6 “Quantum technologies and space” Patent insight report, [https://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/BC7DEF9C8AE740C8C125877D004ED4C6/\\$File/patent_insight_report_quantum_technologies_and_space_en.pdf](https://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/BC7DEF9C8AE740C8C125877D004ED4C6/$File/patent_insight_report_quantum_technologies_and_space_en.pdf)，檢索日期：西元2022年9月8日。

參、趨勢的研判

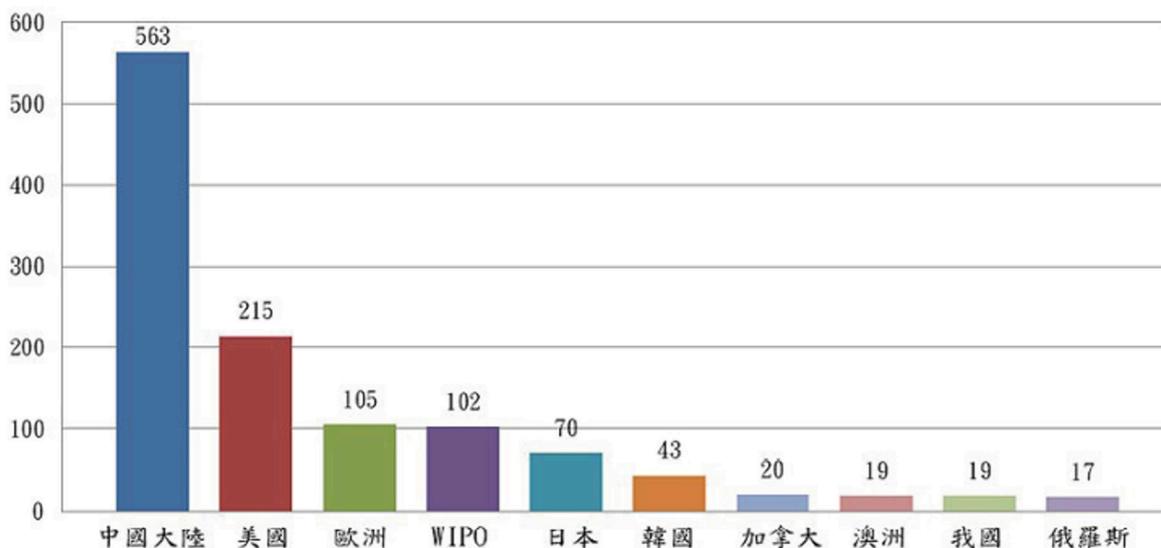
一、後量子密碼的興起

前文的介紹可以瞭解量子密碼與量子通信專利是居於領先的地位。有鑑於此，傳統的密碼系統在通信安全上將會受到挑戰，取代傳統密碼學的後量子密碼學相關體系已漸漸重要，後量子密碼學專利申請之前十大專利局／專利組織如圖三。另外，美國國家標準暨技術研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)於 2016 年時開

啟「後量子密碼學標準化競賽」，第三輪於2020年10月至2021年3月之間公布四項演算法，並於2022年第四輪提出四項演算法，希望可以進行後量子密碼的標準制定。⁷

二、量子科技發展的急迫性

國內產官學研也已經看出量子科技發展的急迫性，行政院科技會報辦公室整合中研院、經濟部與科技部，於2022年3月16日舉行記者會，宣布量子國家研發團隊到位，⁸ 結合上、中、下游的力量，希望能夠提升臺灣特有的量子科技



圖三 後量子密碼學專利申請之前十大專利局/專利組織

圖片來源：同註7

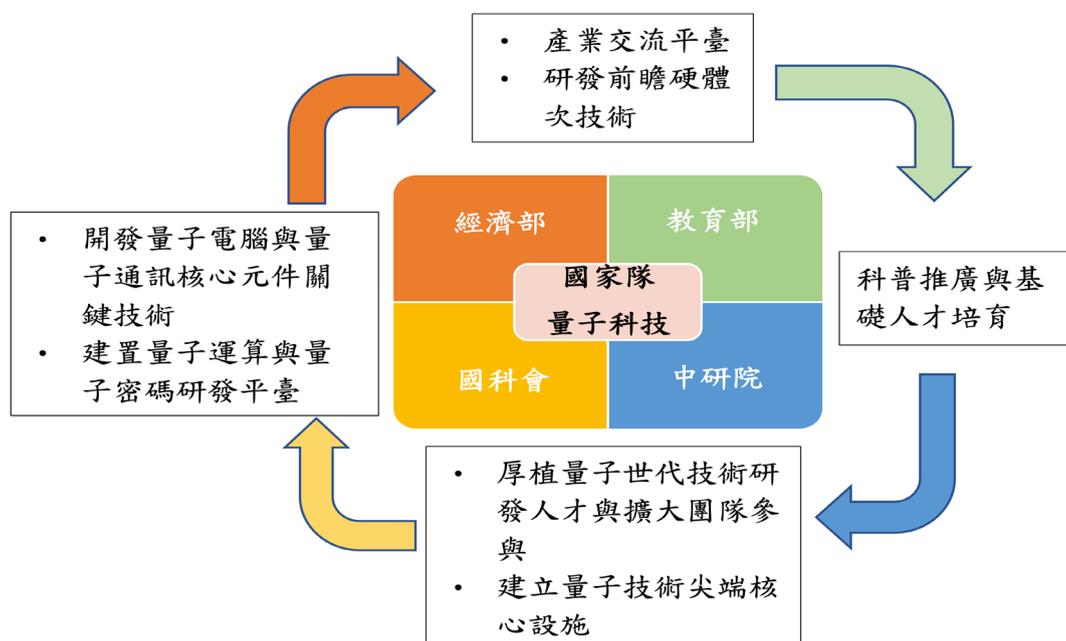
- 7 陳繹安、廖家興，〈量子科技專利趨勢分析—量子通訊與後量子密碼〉，《智慧財產權月刊》，第283期，民國111年7月，頁47-52。
- 8 江睿智，〈量子國家隊五年投80億元，鴻海、聯發科、中華電都加入〉，《經濟日報》，https://money.udn.com/money/story/12926/6169611?from=edn_previous_story，檢索日期：西元2022年9月8日。

軟硬體技術，並且落實至產業，帶動產業在資訊與通信科技(Information and Communication Technology, ICT)能夠持續具有競爭力，相關組織與負責事項如圖四。

本文從專利趨勢、專利實用到國際合作，談到後量子密碼的興起，以及量子科技國家隊成立；緊接著，教育部於7月通過中原大學成立「智慧運算與量子資訊學院」，成為臺灣第一個以量子計算為主的學院。⁹「成功大學—前沿量子科技研究中心」持續舉辦一系列量子電腦

線上(體驗)課程，「臺灣大學—IBM量子電腦中心」也對高中生與一般社會大眾舉辦不同量子電腦(計算)的活動(課程)，因此國內到處都有學習相關量子技術的管道，接著嘗試用SWOT(如表一)，來分析優勢、劣勢、機會和威脅，並協助讀者對量子科技的瞭解，以因應未來量子科技的變化。

利用我國量子科技SWOT分析表格，進一步提出SWOT分析的策略擬定(如表二)。



圖四 量子科技國家隊

圖片來源：作者整理自科技部量子技術

9 曹松清，〈迎接量子科技世代，中原大學攜手臺塑推動量子產學跨域合作〉，《經濟日報》，<https://money.udn.com/money/story/5723/6608021>，檢索日期：西元2022年9月8日。

表一 我國量子科技SWOT分析

優勢(Strength)	劣勢(Weakness)
<ol style="list-style-type: none">1. 國內資通產業進展快速；2. 研發團隊持續累積能量；¹⁰3. 學習量子管道多元與普遍；4. 國內具有半導體優勢。	<ol style="list-style-type: none">1. 不同量子位元的量子電腦都存在不同瓶頸與挑戰，國內投入經費有限；2. 臺灣已落後全球量子電腦競爭20年。¹¹
機會(Opportunity)	威脅(Threat)
<ol style="list-style-type: none">1. 吸引國際人才加入；2. 超導電路量子位元須在極低溫操作，需要在材料、電路設計上有新突破；¹²3. 量子位元電腦需要再縮小，國內半導體晶片設備有機會切入的新商機；¹³4. 半導體、晶片、伺服器、散熱模組均是量子電腦商機；¹⁴5. 量子電腦演算法將是這個時代的核心。¹⁵	<ol style="list-style-type: none">1. 世界上先進國家均投入大量資金；2. 專利成長的速度，可以得知量子科技發展的快速；3. Quantum 2.0困難的工程問題，無法單靠學術界解決，尚需要工業界的支援。¹⁶

資料來源：本研究整理

肆、結論

綜整上述，量子資訊技術在這幾年飛快地成長速度，其專利的數量與引用

價值，甚至跨國之間的合作，都在緊鑼密鼓地進行。「量子科技」被喻為下一世代的革命，更具有跨時代的影響。本文藉由SWOT分析我國量子科技，並且進一

10 同註8。

11 尖端科技，〈臺灣成為全球第 7 使用先進量子電腦國家，幕後關鍵推手曝光〉，《科技新報》，<https://technews.tw/2020/03/21/taiwan-becomes-the-seventh-country-to-use-quantum-computers/>，檢索日期：西元2022年9月8日。

12 同註8。

13 同註8。

14 科技動態，〈臺灣的量子電腦未來商機：伺服器、散熱模組，以及 2 奈米以下晶圓製程技術〉，《科技報橘》，<https://buzzorange.com/techorange/2019/11/19/quantum-computer-business/>，檢索日期：西元2022年9月8日。

15 同註11。

16 〈不是零就是一？打造離子阱量子電腦，臺灣有機會嗎？〉，《知勢》，<https://edge.aif.tw/ion-trap-taiwan/>，檢索日期：西元2022年9月8日。

表二 SWOT分析的策略擬定

外部因素 內部因素	機會(Opportunity)	威脅(Threat)
優勢(Strength)	<ol style="list-style-type: none"> 藉由吸收國際人才的專業來提升國內技術； 透過參與量子位元電腦的硬體或者軟體研發，增進國內廠商競爭力； 量子國家隊設立，整合研發團隊、教育單位以及民間企業，藉此帶動國家整體量子技術的競爭。 	<ol style="list-style-type: none"> 量子位元的量子電腦都存在不同瓶頸與挑戰，專利的多寡與實用性值得仔細思考。 國內在量子科技投入的資金比較有限，不過藉由普及的教育，量子科技的知識往下教導高中生，使其提早瞭解量子科技的重要性，培養未來量子科技專家。
劣勢(Weakness)	<ol style="list-style-type: none"> 國內在量子電腦起步較晚，但是整合成國家隊，資源共享，整體提升，仍然可以帶動產業持續在國際資訊與通信科技的競爭能力。 量子電腦在特定演算法會高過傳統電腦，如何結合國際間量子電腦平臺，發展出強韌的演算法仍是國內量子國家隊發展的參考方向。 	<ol style="list-style-type: none"> 面對中共在量子通訊及量子密碼大量的專利條件下，將造成國安威脅，國內應即早因應，以降低風險。 透過跨國間的交流與合作，持續拓展有關量子科技各方面的能力。

資料來源：本研究整理

步採用SWOT分析策略來說明彼此關聯性，國內民間各個領域與階層均加快腳步以瞭解量子力學的奧秘，與量子科技的應用，惟軍事雜誌較少刊登此類的文章，本文儘量不涉及任何數學式子，包含薛丁格波動方程式、狄拉克符號(Dirac notation)表示量子疊加態(superposition)矩陣運算，單純用專利趨勢來說明量子科技的發展，冀望國軍也有人才可以加入量子科技的研究，有朝一日可以發展出符合國軍所需要的量子密碼或者是量子通訊。

本文內容及建議，屬作者意見，不代表財團法人國防安全研究院立場。

作者簡介

賀增原博士，曾任職於國防大學理工學院動力及系統工程學系副教授、國防大學管理學院運籌管理學系副教授、國家中山科學研究院材料暨光電研究所工程師、現任職於國防安全研究院網路安全與決策推演所研究員。