

中共量子科技發展與軍事運用

李佩蓉 少校、何應賢 上校

提 要：

- 一、人類歷史上首顆量子衛星「墨子號」升空、世界首條量子通訊網路「京滬幹線」開通、跨洲際量子保密視訊成功通話，中共透過這些成就不斷向世界宣告，它正引領人類打破舊科技的藩籬，利用量子科技帶領世人進入嶄新視野的新世局。
- 二、儘管中共已在部分科技舞臺上，展現領先群雄的霸主地位，但仍持續投注鉅額資金與龐大人力，擴建創世紀的「量子」宏圖，並積極推動軍事量子技術研改。
- 三、未來作戰中，量子科技勢必將改變戰場，更利用此一全新科技翻轉世界軍事部署態勢，面對中共新的科技技術，我國除應持續關注中共量子軍事發展情況、作戰模式與體系改革方向，更應及早研擬國軍後續建軍規劃與因應對策，在「不對稱作戰」條件下尋求國家生存發展契機。

關鍵詞：量子科技、量子衛星、量子通訊、人工智慧、軍事運用

壹、前言

量子物理的神奇特性揭開人類科技史上的神秘面紗，帶領科技進入新領域、突破新高度。2016年中共發射人類歷史上首顆量子衛星「墨子號」，美國《科學》雜誌譽為人類科學歷史上的爆炸性突破；2017年中共宣布正式開通世界首條量子保密通訊網路「京滬幹線」，該幹線串連北京、濟南、合肥、上海等重要城市，並由北京與「墨子號」衛星互聯，記者會上亦使用該條線路與奧地利科學院院長，實施量子保密視訊通話，再次於世界科技舞臺展現其量子通訊領先群雄之

地位。伴隨量子科技發展，軍事武器裝備也將進化，開創全新戰場形態及布局，未來無人化、空海一體、水下量子通訊將不再只是夢想。

本文針對中共當今量子研發技術及未來軍事運用發展進行剖析，藉此勾勒出中共量子武器投入戰場後的新局面，並分析對我軍事威懾力度之影響及應對策略，期許我國能儘早研擬制敵策略與規劃未來建軍備戰方向，並在「不對稱作戰」條件下，尋求國家生存發展契機。

貳、量子科技特性與運用

「量子力學」為傳統物理學的分支，主要在描述微觀世界，並與愛因斯坦的「相對論」一同被稱為是現代物理學中兩大主要支柱。近代許多物理學理論、科學實驗及科技研發，如原子物理學、核物理學及粒子物理學、核動力、量子通訊等相關學門及科技，均以量子物理為基礎向上延伸發展。

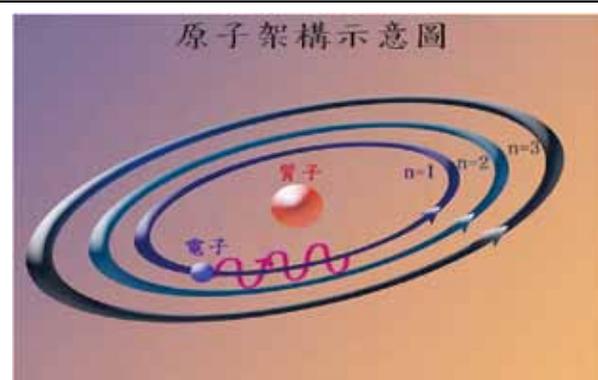
一、量子力學概述

(一) 量子理論的曙光

十九世紀末，由於「電磁輻射能譜」及「光速恆定」出現了傳統物理學無法解釋的現象，經由物理學家們的不斷努力，1900年普朗克(Max. Planck)研究物體熱輻射規律時發現，電磁波的發射和吸收並非連續，而是一階段、一階段地進行¹，其中單份能量即為量子。能量量子化的概念和過去所有物理理論相抵觸，然而卻可運用它來彌補許多經典物理學無法解釋的實驗結果，「能量量子化的發現」不僅獲得諾貝爾物理獎肯定，更為現代物理學界推開了量子物理的大門。

(二) 原子理論的開創

1910年，物理學家發現加熱試管內不同氣體後，將散發不同顏色的光源，進而發現原子系統的量子化，1913年丹麥物理學家波爾(Bohr)，統整電磁波量子理論及核原子模型架構，提出電子環繞原子核的分子架構(如圖一)，波爾將「原子」比擬成一個小太陽系，電子如同衛星般在特定軌道上環繞著中心的原子核，當電子由高能量軌道，跳躍



圖一：原子架構示意圖

資料來源：作者繪製。

至最低能量軌道時(n為電子環繞原子核的軌道階數，n值越大，能量越高)，將釋放「光子」形態的能量²，波爾不僅解釋原子的穩定性，也對原子通過放電或加熱所發射的光譜做出理論解釋³，波爾不僅為後人開闢新的研究道路，並進一步提出：當量子數變得很大時，可趨近於「經典極限」(超出舊有物理理論基礎的現象)，當量子數小時即符合我們既有的經典物理基礎。

(三) 波粒二相性的量子

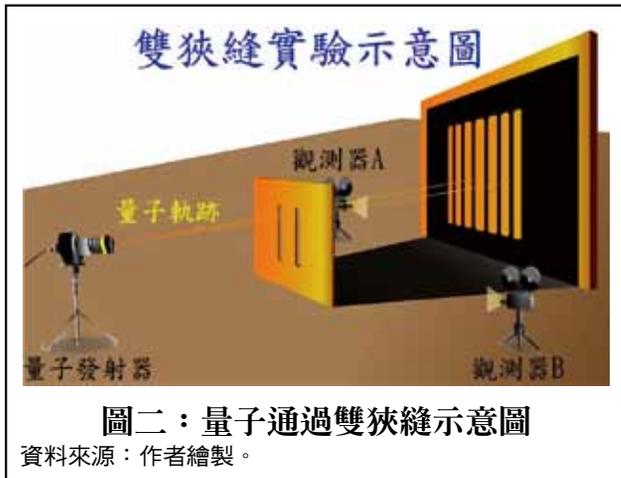
1807年，法國物理學家湯瑪士·楊(Thomas Young)整理光學工作成果，設計出著名的「雙狹縫實驗」⁴：把點燃的蠟燭放在開了小孔的紙前，形成一個點光源，在單孔紙張的另一側再放一張紙，紙上劃開兩道平行狹縫，蠟燭的光透過小孔後發射出點光源，穿過狹縫投射到觀測屏幕，觀測端上得到明、暗交替的條紋圖形。點光源的光，作為一種波，經過狹縫後子波疊加，「波的疊

註1：蕭如珀、楊信男，〈蒲朗克黑體輻射的公式〉，《物理雙月刊》，第28卷，第5期，2006年10月，頁859-860。

註2：黃克寧，《量子力學》(臺北：國立編譯館，2004年)，頁6-22。

註3：海森堡，《量子論》(新竹：凡異出版社，1987年)，頁4-13。

註4：George Greenstein; Arthur Zajonc. 〈The Quantum Challenge: Modern Research on the Foundations of Quantum Mechanics, 2006.〉 Jones & Bartlett Learning。



加」也等同於「振幅的疊加」，若兩波於同一位置，振動向相同，則振幅增大；若振動向相反，振幅將減小，形成螢幕上明暗相間的干涉條紋⁵。在量子力學雙狹縫實驗中證實，量子兼具粒子和波動雙重特性⁶（如圖二），此實驗意外的結果是，當雙縫後加裝偵測裝置，試圖記錄各別電子通過狹縫後的軌跡，屏幕上除原有明亮條紋外，其他多餘圖案卻消失了⁷，實驗結果揭示了量子神奇的「不可觀測性」。

（四）量子力學的誕生

1920年迄今，隨著科技進步，由高科技儀器設備觀察到的世界更為精確，經典力學的諸多疑點也因為量子力學的出現而獲得解答。由「波粒二象性」發展出的「波動力學」成為開啟量子奧秘世界的金鑰，因為量子具有獨特的物理特性性質，大幅拓展科學視

野，開創嶄新里程碑，「量子力學」終於誕生。

二、量子科技物理特性⁸

量子是構成物質的最基本單元，因此不再具有分割性；量子為光子等基本粒子的統稱，日常生活中隨處可見的白光，就是由大量光量子組合而成，在量子力學領域中，科學家們更關注量子奇妙及實用的物理特性，以下針對近代科技使用的量子特性做簡單介紹：

（一）量子疊加(Quantum Superposition)

微觀世界中量子存在許多神奇的物理現象，「量子疊加」是其中最詭異的一種現象，量子可同時處於多種狀態，1935年奧地利物理學家薛丁格(Schrodinger)提出一個思想實驗，模擬量子疊加現象產生的奇異現象，實驗「薛丁格的貓」⁹(Schrodinger's Cat)將不確定性以生活實例來模擬，可同時存在兩種疊加狀態，而觀測光子的偏振狀態也可發現，在真空環境傳導時，其可沿垂直方向振動，也可能處於水平方向振動，證實量子具有「疊加態」特性，此項特性運用於電腦計算後，可大幅縮短運算時間，提升工作效率。

（二）量子不確定性(Quantum Uncertainty relations)

註5：映象網，〈上帝擲骰子嗎？走近量子糾纏〉，映象網科學篇，2017年2月6日，<https://kknews.cc/zh-tw/science/oyvqg25.html>，檢索日期：2017年11月2日。

註6：Jonsson C., "Electron diffraction at multiple slits." American Journal of Physics, 1974, pp4-11。

註7：超弦，〈物理最美實驗之一：楊氏雙縫干涉 十大物理經典實驗之首被稱為量子力學的心臟〉，映象網科學篇，2017年7月13日，<https://kknews.cc/zh-tw/science/zxn5jzq.html>，檢索日期：2018年4月1日。

註8：Christian Anton, Kedar S. Ranade, 〈Quantum Technology: From research to application, 2015.〉 German National Academy of Sciences Leopoldina, pp. 13-15。

註9：Schrodinger, Erwin, The present situation in quantum mechanics.1935.. Naturwissenschaften。

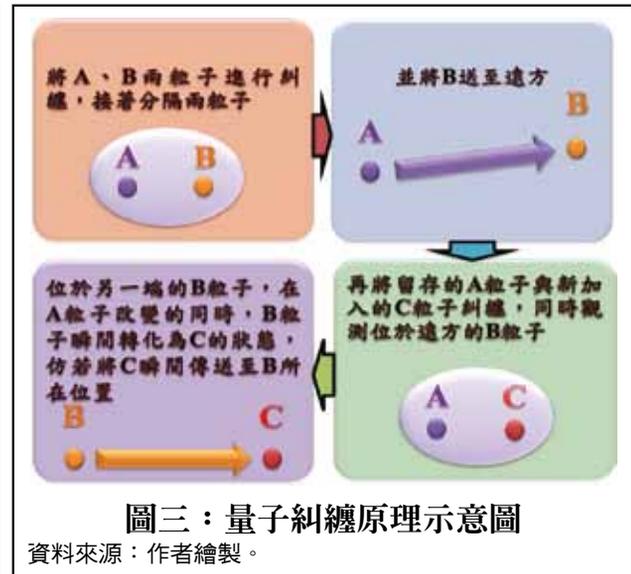
「不確定性原理」(又稱測不準原理)¹⁰，即在微觀世界中，一個粒子的位置和動量無法同時被確認或測量，如果一個測得準確，另一個就不準確，此特性導致量子無法被分割與複製。因為量子過於微小，任何測量方法都將改變原粒子狀態，因此不能被精確測量¹¹；現代科技也將「不確定性原理」運用於通訊傳輸技術，因為無法觀測出量子的精確狀態，所以無法複製傳送的訊息，此特點可大幅強化通訊的保密技術。

(三) 量子糾纏(Quantum Entanglement)

乃量子科技中最廣泛運用的奇妙特性，當兩粒子組成系統並相互影響，雖然粒子在空間上隔開，但各個粒子所擁有的特性已相互糾纏成為互補性質，稱為「量子糾纏」。量子糾纏效應是近代非常熱門的研究領域，如光子、電子等微觀粒子糾纏現象¹²；而藉由「量子糾纏」的特性，可將物質的量子態，精準、即時傳送到遙遠的其他地點，而不須傳送物質本體，將此特性和通訊技術相結合，通訊技術將發生革命性巨變。

(四) 量子多體效應(Quantum Many-body effects)

係指粒子間集體交互作用後呈現之整體行為，若將多個量子單元凝聚為一個黑盒子，此黑盒子所顯示出的特性即為整體量子所發出的特性；由不同粒子合成的物體，具備



更為實用與突破限制的新穎效能。當前的半導體材料，尺寸逐漸縮小，量子物理特性也得以發揮，新型材料會展現與舊材料迥然不同的物理特性，如白金尺寸逐漸縮小後，低溫下會出現絕緣體特性¹³。科學家透過控制材料尺寸，開拓量子材料新穎特性，創造新世代材料元件。

三、量子科技軍事運用

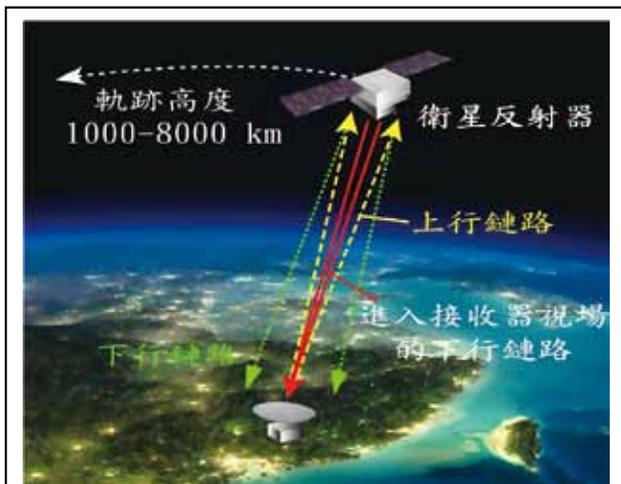
由於量子力學掀開物理的神秘面紗，量子許多實用特性，也燃起現代科技的聖火，照亮新世界。量子科技雖然剛起步不久，但已被工程師廣泛運用於科技市場，儘管效能還未充分發揮，但已為現今產業創造出突破性成果，尤以通訊、衛星、雷達及密碼等科技領域成效最為顯著，說明如後：

註10：Heisenberg, Werner. 〈Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik〉 Zeitschrift für Physik. 1927.pp. 172-198。

註11：徐德文，〈如果這樣比喻都還搞不懂量子力學這個基本原理，我也就只能呵呵了〉，科學，2016年6月28日，<https://kknews.cc/zh-tw/science/xzgx19.html>，檢索日期：2017年11月6日。

註12：Maximilian A. Schlosshauer. 〈Decoherence And the Quantum-To-Classical Transition.〉，2007年1月1日，Springer Science & Business Media.；K. C. Lee, M. R. Sprague, B. J. Sussman.. 〈Entangling macroscopic diamonds at room temperature. Science.〉，2011年12月2日。

註13：李佩雯、郭明庭，〈半導體與量子物理〉，《科學發展》，第451期，2010年7月，頁6-10。



圖四：量子衛星傳送示意圖

資料來源：作者繪製。

(一) 量子通訊¹⁴

量子通訊乃利用「量子糾纏」效應進行通訊的新興模式(如圖三)。1993年美國科學家貝內特(C. H. Bennett)首先提出量子通訊理念¹⁵，1997年中共首次完成未知量子態的遠程傳輸，這是世界上首次成功將光子的量子態由甲地傳送到乙地，且實驗只傳輸量子訊息的「狀態」，而訊息載體的光子本身並未被傳送¹⁶，「量子隱形傳態」被公認為量子訊息傳輸的開山鼻祖。量子通訊的發展使得傳輸無遠弗屆，且量子的獨特性質(不可分割、不可複製)使量子傳輸具有絕佳的保密特性，從根本上解決國防、金融、商業等領域的資訊外洩問題，大幅滿足商業及軍事

需求，如今量子傳輸技術已發展至遠程傳輸及密碼通訊等領域。

(二) 量子衛星

因為量子通訊大幅提高訊息傳遞效能，但在分送量子糾纏後的光子時，卻發現無法使用光纖傳送光子超過200公里。為突破侷限，科學家想出解決方法就是利用真空，在光子不受干擾的太空環境傳送，同樣的光子在地面上傳送8公里，卻可在太空中傳遞數千公里，藉此達成廣域光子傳送目標。

中共率先發展出遠距量子傳輸技術，並於2016年8月成功發射世界首顆量子科學實驗衛星(Quantum Experiments at Space Scale)，定名為「墨子號」¹⁷，設計壽命兩年，2017年6月16日墨子號首次實現兩糾纏光子分發到相距超過1,200公里的距離後，仍可保持其量子糾纏狀態¹⁸，量子科學實驗衛星在軌運行兩年，期間將執行四項實驗任務以達成兩大科學目標，實驗分別為經由衛星中繼的「星地高速量子密鑰分發實驗」，並以此基礎執行「廣域量子通訊網絡實驗」，期許在太空量子通訊取得重大突破，並進行「星地雙向量子糾纏分發實驗」與「空間尺度量子隱形傳態實驗」¹⁹，開創空間量子力學完備性，進而驗證實驗項目，此四項實驗均為當代首次發表²⁰。

註14：馬忠智，〈試析量子糾纏與超光速量子通信〉，《科技創新導報》，2016年，第28號，頁93-94。

註15：C. H. Bennett, G. Brassard, C. Crépeau, R. Jozsa, A. Peres, W. K. Wootters. Teleporting an Unknown Quantum State via Dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen Channels, 1993. Phys. Rev. Lett. 70。

註16：《「瞬間傳送」成現實：潘建偉團隊實現地星間量子隱形傳態》，全球華人資訊聯盟，2017年8月10日，<http://www.pixpo.net/post188882>，檢索日期：2017年11月12日。

註17：李瑜，〈發射在即！世界首顆量子衛星定名「墨子號」〉，科學網，中國科學報社。

註18：Castelvecchi, Davide. China's quantum satellite clears major hurdle on way to ultrasecure communications. Nature News. Nature。

註19：俞陶然，〈量子「京滬幹線」夢想瞬間移動〉，《共軍日報》，2015年12月28日。

註20：許琦敏，〈領跑者「墨子號」團隊融合助中國在量子科學領域占得先機〉，《文匯報》，2016年8月。

量子衛星引領通訊技術朝向寬廣未來，為量子通訊奠定穩固基礎，從衛星傳送至地面的「量子密鑰分發」和從地面送到衛星的「量子隱形傳態」，也應用量子特有的「不可分割」及「不可複製」性質，實現廣域「量子保密通訊」技術(如圖四)。

(三) 量子密鑰

隨著科技資訊躍進，機敏資料大量傳輸，傳送過程中該如何保密也彰顯其重要性，因此現代密碼學更受到重視。公鑰密碼技術在軍事、經濟等領域已被廣泛運用，但隨著電腦運算速度急速攀升，加密資訊可輕易被電腦破解，因此運用量子不可觀測的特性，創造出量子密鑰分發(Quantum key distribution, QKD)，成為量子通訊技術中創新且實用的發展。利用量子比特(Qbit)替代傳統比特(bit)0及1的特性，透過接收及傳送雙方持有的發射基及測量基差異，檢驗偏振態方向來接收資訊，確保訊息完整保密，又因量子具有「不可觀測」特性，若有駭客從中截取訊息，接收者便能立刻由量子狀態的改變，發現有人碰觸過傳輸資訊，進而取消或改變傳輸內容，所以利用量子密鑰可實現絕對安全的通訊，也打破資訊加密傳輸的瓶頸。

(四) 量子雷達²¹

雷達的誕生將我們的視野大幅拓展，運用雷達測量出目標的位置、與移動方向等資訊，進而增加我方反應時間。量子雷達運用量子特性，進行目標狀態感應與訊息獲取，將發射和接收端導入量子技術，大幅提升觀測的靈敏度與精確性，不但具有全天候、全

天時工作能力，還有許多實用與出色的特點，歸納如下：系統靈敏度顯著提升(量子雷達具有極低的雜訊，可實現匿蹤目標偵測)、成像分辨率突破極限(成像更精確，可用作精準打擊及遙感目標)、抗干擾能力增強(量子信號具有強烈抗干擾與抗監聽能力)、訊息獲取更精準(量子微觀量測能力，提升雷達整體性能)。量子雷達的出現掙脫傳統雷達無法突破的枷鎖，解決過去在偵測及成像方面的技術瓶頸，對反匿蹤作戰及空間探索，開啟光明的未來。

綜上，量子技術的發展已是當代最火紅的科技應用，各項產業爭相以量子技術做為產品研改方向，軍事武裝也因量子技術的突飛猛進而有了進化。隨著量子軍武投入戰場，世界軍事革命發展將具備精確、抗匿蹤、絕對保密等特點，戰場作戰模式也隨之轉變，且中共量子發展技術確已在科技舞台上獨領風騷，領先他國有5至10年的差距，因此我國有必要瞭解及關注其量子科技發展現況。

參、中共軍事量子科技發展與影響

量子衛星「墨子號」成功發射、京滬幹線開通，中共在量子科技的成就不斷刷新與突破，確保其領頭羊地位；而量子物理的現世，帶領停滯的科技產業跳脫框架，就像飛行器的發明提供戰場新利器，開創全新戰爭形態；雷達的現世，提早敲響戰場警鐘，使軍隊有更充裕的備戰時間。每當人類科技跨越鴻溝，突破發展，充實國家軍事力量後，

註21：江濤、孫俊，〈量子雷達偵測目標的基本原理與進展〉，《中國電子科學研究院學報》，2014年9月。

表一：中共科技發展近程表

時間	項目	概述
2016年8月	「量子衛星」發射	科學實驗衛星「墨子號」，於酒泉衛星發射中心搭載長征二號丁運載火箭發射，成為世界首顆「量子科學實驗衛星」。
2016年9月	「量子材料實驗室」籌建	以量子材料為基礎，通過物理和化學手段來合成及製造新型量子材料，提升產品效能。
2017年5月	「量子電腦」突破性進展	中共科學院宣布，在量子電腦研究上取得突破性進展，構建出世界首臺「量子電腦」。
2017年6月	「量子雷達」探測突破	中共電子科技集團公司十四所，使用量子雷達探測到數百公里外目標，將使匿蹤戰機與隱形艦艇、潛艦無所遁形。
2017年7月	實現白晝遠距量子密鑰分發	中共科學技術大學研究小組在相距53公里的兩點間，完成白晝量子密鑰分發，構建「量子白晝傳遞」基礎。
2017年7月	量子信息與科技創新研究院成立	中共科學院量子信息與量子科技創新研究院成立，為創建國家級量子實驗室奠定基礎。
2017年8月	海水量子通訊	上海交通大學成功進行世界首次海水量子通訊實驗，驗證水下量子通訊的可行性，向建立水下及空海一體量子通訊網路邁進。
2017年9月	量子保密通信開通	「京滬幹線」是中共首條量子保密通信幹線，實現串連京、滬，貫穿濟南、合肥長2,000餘公里的量子通信骨幹網絡。
2017年11月	量子保密通信建置	新量子保密通信幹線「京廣深幹線」預於2018年開建，覆蓋香港全域，粵港用戶可使用量子密鑰服務，達成「無條件安全」信息傳輸。
2018年1月	實現洲際量子密鑰分發	中共科技大學與奧地利科學院合作，利用「墨子號」量子衛星，實現7,600公里的洲際量子密鑰分發，並利用共享密鑰技術，完成加密數據傳輸和視頻通信。
2018年1月	水下量子通信革命	中共首次實施海水量子通信實驗，驗證水下量子通信的可行性。

資料來源：作者研究整理。

總會激發出璀璨光芒，照亮整體戰場，也為軍隊及戰爭開創嶄新作戰局面。

一、量子技術發展現況

量子科技在全球矚目下登場，各先進國家更投入鉅額資金及龐大人力，企圖在量子科技的競技場上拔得頭籌，隨著量子衛星「墨子號」升空，實現量子密鑰分發與量子洲際通訊，中共在量子舞台上的主角地位無庸置疑；雖然中共發展量子科技的時間不長，但成就非凡。以下就中共量子技術發展歷程(如表一)，與現今量子科技情勢加以探討。

2017年《南華早報》報導指出²²，中共正在建設世界最大的量子研究設施，計投資70億人民幣(約10.7億美金)，該研究機構將致力開發量子電腦及量子導航等具「革命性」的產品，預計2020年前將電腦運算能力提升至現今超級電腦速度的100萬倍，及完成量子導航儀開發，並將其裝設於潛艇、飛機等軍民用武器裝備，提高軍隊的戰場適應性與作戰能力。中共預2020年全面啟動「量子電腦超級中心」²³，實現「量子稱霸」理念，剩下不到2年的時間內，中共量子訊息研

註22：〈中國正建世界最大量子實驗室，軍事優先〉，觀察者網，2017年9月13日，<http://news.creaders.net/china/2017/09/13/big5/1867349.html>，檢索日期：2018年6月30日。

註23：〈2020年中國量子超級中心開放，科學家：兩大成果領先世界，美國怕了〉，全球華人娛樂聯盟，2017年10月12日，<http://www.pixpo.net/post362914>，檢索日期：2017年12月31日。

究中心科學家設立兩大主要目標：第一、構建量子電腦；第二、由量子技術支持軍事和國防；其中主攻的量子電腦其運算速度仿若孫悟空的分身術，原本單人的工作成果，瞬間增為數倍，以此來破解機敏資訊、比特幣編碼等工作，都可在短瞬間完成，咸信如今世上的難題，在量子電腦高速運算下均不堪一擊，也使擁有量子電腦的中共有如神兵在手。

2017年9月29日，中共歷經42個月的努力，突破「高速量子密鑰分發」、「高速高效率單光子偵測」、「可信中繼傳輸和大規模量子網路管控等關鍵技術」，搭建出史上首條量子保密通訊網路「京滬幹線」²⁴，掀開通訊歷史上的全新扉頁。通訊傳輸技術正式進入「量子」年代，又因量子物理特性能完全確保傳輸資訊保密可靠，因此這條通訊網路也刷新歷史紀錄，成為量子通訊傳輸距離最遠、傳輸資訊最安全的線路，也因其運用量子衛星「墨子號」，實現「星地一體」量子廣域通訊網路骨架，提升通訊傳輸效能；中共更進一步突破光子白晝傳輸限制²⁵，展現其量子實用化和產業化能力。

中共最新量子保密通訊幹線「京廣深幹

線」於2018年開建後²⁶，通訊網域將伸向中國大陸南部地區直抵香港，屆時中共將擴大使用量子廣域通訊²⁷，連接境內粵港地區，使量子通訊涵蓋範圍，均可使用「無條件安全」方式傳輸訊息。且展望十年內，完成星地一體全球化量子通訊設施，構建具安全保障的量子通訊網路。由於軍事通訊必須具有傳輸效率高、訊息載量大和完全保密等特點，而量子通訊輕鬆跨越軍事通訊的各項高標準門檻，因此量子通訊一推出，馬上被軍事科技吸收運用，希冀為軍隊帶來無可限量的軍事價值，而共軍若大規模推廣量子通訊技術，並完成實戰化項目驗證，原本領先中共的各國軍力排名將可能重新洗牌²⁸，而中共軍事實力勢必再向上提升。

科技技術的與日俱進，為人類帶來了便利，隨處可見的科技產品中，電力儲存與運用成為重要課題，「量子電池」也被再次重視。早在2012年，波蘭格但斯克大學和比利時魯汶大學，就利用量子糾纏原理設計出近似100%能量轉換率的量子電池²⁹，近期多國物理學家在英國物理學會(Institute of Physics, IOP)刊物《新物理學》雜誌上發表論文，提出「量子電池」概念，提供更便

註24：李錚銅，〈京滬幹線驗收全球首條量子保密通訊網將開通〉，《旺報》，2017年9月5日，<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20170905005369-260409>，檢索日期：2018年8月16日。

註25：澎湃新聞，〈潘建偉團隊再突破：下一代量子通訊衛星不再怕光，能白天上崗〉，科學每日報，2017年12月5日，<https://kknews.cc/zh-tw/science/m3okzy9.html>，檢索日期：2018年8月16日。

註26：方俊明，〈量子保密通訊「京廣深幹線」明年開建〉，《香港文匯報》，2017年11月21日，<http://paper.wenweipo.com/2017/11/21/CH1711210006.htm>，檢索日期：2018年8月1日。

註27：張亮亮、張翌維，〈新量子技術時代下的訊息安全〉，《計算機科學》，第44卷，第7期，2017年7月。

註28：〈中國首顆量子衛星升空 軍事通訊將無懈可擊〉，全球華人資訊聯盟，<https://www.orgs.one/show/49518>，檢索日期：2018年2月16日。

註29：〈雷聲大雨點小？量子電池會照進現實嗎？〉，壹讀，2015年8月22日，<https://read01.com/E7a0aO.html>，檢索日期：2018年2月25日。

利且有效的充電方式；又2014年日本的科技公司開發「Battenice」量子電池³⁰，具有6項優點：全固體構造，無須擔心電池漏液、不使用可燃性材料，無須擔心過熱、不使用稀有金屬和稀土材料，無資源短缺問題、不使用污染環境的物質，有利環保、充放電壽命長，有利於減少廢棄物、輸出功率密度與電容器相同，由於量子電池充電迅速、能量轉化率高，將為能源儲存帶來革新。

量子材料由其自身量子的特性轉化，產生奇異物理特性，如石墨烯等³¹，量子材料具有變革能源技術及數據存儲潛力，並可產生驚人的經濟效益。2016年12月，美國能源部(DOE)確定量子材料優先研究方向，為量子材料和其豐富技術潛力奠定良好基礎；而2016年中共籌建量子材料與光子技術研究室，以量子功能材料為基礎，通過多種物理和化學手段來合成及製造新型量子材料，希望開發出各式量子材料，提升產品效能；而俄羅斯則啟動為期三年的量子電腦聯合研究項目，研究經費為1,300萬美元，主要負責機構為俄國核武企業；另歐洲則著重於未來十年內創建自產的量子電腦，為其量子技術投資約10億美元。儘管美國於量子科技的培養資金雖不到2億美元，但民營機構均自行開發，微軟、英特爾、谷歌等跨國知名公司，均已將量子技術列為公司未來研發目標，希

望藉此取得長期經濟優勢和安全基礎。反觀中共舉全國之力，投注資金與培育人才開拓量子產業，光建設量子應用研究中心即花費100億美元，且中共不僅投注鉅額資金，更積極培育量子相關人才，中共量子科學之父潘建偉博士，即名列於國際知名學術刊物《自然(Nature)》2017年十大科學人物³²。

中共近期在量子通訊技術、量子電腦等領域成就，足以證明其對量子科技領域的重視程度及發展潛力不容小覷；科技技術的創新，打造出新式戰爭形態，創新科技的投入，造成作戰方式、戰術、戰法的重大變革，將現代軍武推升至更高一層的全自動、高智能程度，作戰方式蛻變至全新戰場空間，中共已成為量子革命時代的領跑者。

二、中共量子軍事技術運用與發展願景

由近代波灣及科索沃戰爭等著名戰役，讓我們窺見現代戰爭中主打高科技產品與技術，如何營造訊息化、網路化戰場環境，成為欲求勝利者須考量的重點，且為避免戰場耗費過多金錢與時間，必須以精準打擊方式來攻擊，建立快速有效的作戰模式。伴隨資訊技術發達，戰場環境訊息化及網路化程度逐漸加深，量子通訊技術及量子密鑰分發，毫無疑問是提升戰場有生力量的堅強後盾。作戰單位運用量子網絡快速、靈活及絕對保密的特性，指揮官的命令將迅速、確實傳達

註30：〈新型量子電池「battenice」—輸出功率接近電容〉，雷鋒網資訊，2014年7月15日，<https://kknews.cc/zh-tw/news/89pamkq.html>，檢索日期：2018年2月25日。

註31：〈除了量子技術和量子衛星，你還要知道量子材料—量子材料4大研究方向〉，中國科訊，2017年6月23日，<https://kknews.cc/zh-tw/science/rzk3em4.html>，檢索日期：2018年2月25日。

註32：李俊杰，〈自然，發布年度十大科學人物，「中國量子之父」潘建偉入選〉，香港01兩岸新聞，2017年12月19日，<https://www.hk01.com/兩岸/142587/-自然-發布年度十大科學人物-中國量子之父-潘建偉入選>，檢索日期：2017年12月31日。

表二：中共量子軍武升級對照表

科技項目	武裝進化成果	軍事影響層面
量子通信	1. 數據鏈路傳輸快、效能佳。 2. 戰場環境立體化。 3. 強化裝備控制力與提升打擊準確率。	1. 戰場網絡一體化，信息隨身化。 2. 指揮官即時掌控戰場全域資訊。 3. 指揮鏈路扁平化，命令下達精確。 4. 精準打擊目標。
量子密鑰	完備通信及資訊傳輸安全。	保證網絡通信機敏性。
量子雷達	1. 擴展探測距離。 2. 強化反隱身能力，提供早期預警。 3. 體積小、功耗低、抗干擾能力強。	1. 提高戰場生存率與戰鬥力。 2. 武裝輕量化，性價比提高。 3. 瓦解匿蹤戰機及船艦威脅。
量子導航	1. 定位裝備小型化。 2. 不需衛星訊號導引。	1. 武裝輕量化並提升戰鬥力。 2. 潛艦可長期深潛於海底。 3. 擺脫對導航衛星之依賴，增強獨立作戰效能。 4. 強化導彈定位性能。
量子電腦	1. 陸海空數據匯集，戰場模式快速推演。 2. 人工智慧普及。 3. 無人作戰武器生成。	1. 兵種聯合作戰，戰區協同殲敵。 2. 戰場無人化，減少傷亡，增加戰場戰力再生。 3. 掌控戰場戰機決勝點。
量子材料	1. 製作隱身材料，避開紅外線及熱追蹤。 2. 提升武器匿蹤特性。	1. 強化戰場存活率，突破敵方防護網。 2. 掌握攻擊先機，出奇制勝。
量子電池	1. 電池效能增加，武器裝備續航力強。 2. 電池輕量化、運用普及化。	1. 無人機續航力增加，偵蒐打擊作戰半徑擴張。 2. 電池續能方式改變，裝備輕量、高效。 3. 應用範圍廣闊，保障野戰裝備、單兵能源。

資料來源：本研究整理。

至各基層作戰部隊，運籌帷幄調派部隊進行聯合戰鬥，充分凝聚部隊力量，發揮最大戰鬥效能，且在複雜多變戰場環境下達成目標，取得致勝先機至關重要，以下就中共現有量子科技對軍事武器裝備之影響，簡要說明(如表二)。

(一) 量子通訊

完成戰場訊息化及一體化作戰模式，確保數據鏈路傳輸順暢，有效串聯三軍動態、情資，展現總體戰場圖像立體並即時，完成訊息隨身化、便利走天下的理想作戰環境。

(二) 量子密鑰

確保通訊網絡及資料傳輸安全，保障戰

場訊息網絡機密，有效實施戰鬥攻擊任務，在瞬息萬變的作戰環境中奪得先機、開創契機，使作戰成功勝算大幅提高。

(三) 量子雷達

拓展雷達偵蒐距離，減小雷達體積、功耗，提升抗干擾能力，可廣泛運用於各式武裝，並成為匿蹤武器的剋星³³，提供共軍早期預警，提升應戰準備時間，進而主導戰爭發展方向。

(四) 量子導航

體積小、功耗低、精確度高，強化軍事導航與定位功能³⁴，不需與衛星等定位互相搭配使用，增加戰場存活率與續航性，不受

註33：Turromda，〈傳說中的量子雷達到底有多厲害？看完你就知道了！〉，軍事電子報，2017年11月19日，<https://www.bananadaily.net/node/276641>，檢索日期：2017年12月20日。

註34：楊春燕、吳德偉、余永林，〈簡析量子定位技術及應用前景〉，《未來空天導航新技術—量子定位系統》，衛星與網路，2017年4月1日，<http://www.cqvip.com/qk/87241x/201422/662729194.html>，檢索日期：2017年12月20日。

外力阻撓。

(五) 量子電腦

運用電腦運算神速特點，統整各方數據，並掌握戰場稍縱即逝的決勝點，並癱瘓敵方資訊網絡設備、破解機敏情資、開發人工智慧，將戰場武器無人化，減少人員傷亡，準確執行作戰行動，增加戰場存活率。

(六) 量子材料

輕量、高效，以提升戰場續航力，並將研製的匿蹤塗層，裝設於各式武器裝備，增加戰場存活率，可輕易突破敵軍防護網。

(七) 量子電池

體積小、重量輕、充電快、效能高，能提升各種武裝(無人機、水下偵測裝備、個裝)的續航力，增進偵察及打擊時效，確保戰鬥力。

在科技日新月異的時代，哪個國家先取得科技領先地位，在軍事武力上即能獲取勝算，各科技大國預想到量子軍事技術所帶來的優勢，紛紛投入鉅額資金與人力，開發量子軍事科技，惟現階段量子科技僅在初階應用層面，發展尚未純熟，因此軍事運用領域上暫時無法普及³⁵。儘管如此，中共依然在量子科技的競技場中獨領風騷，並逐步將量子技術帶入軍事領域，統籌武器裝備成為強大軍事戰力，而中共強大的量子軍事科技，又將對當今世界的地緣政治和軍事版圖發生何種變革，確值各國持續關注。

三、軍事量子技術對戰場環境的影響

註35：姚治宇，〈中國量子通訊技術國際領先，預計普及性應用還需5年〉，2017年9月29日，<http://www.xcnnews.com/kj/1444431.html>，檢索日期：2017年12月22日。

註36：〈德媒：法國要用幻影2000換中國量子通訊技術遭拒絕〉，新浪軍事網2017年6月22日，<http://mil.news.sina.com.cn/jssd/2017-06-22/doc-ifyhmtk7632473.shtml>，檢索日期：2017年12月31日。

註37：〈量子將如何改變戰爭〉，環球軍網，2017年8月，<https://zhuanlan.zhihu.com/p/27924657>，檢索日期：2017年12月30日。

中共近期不斷以實際行動，向世界證明它量子技術的領先地位，2017年《南德意志報》報導：法國希望以幻象2000型戰機相關技術，換取中共量子電腦與通訊技術，卻遭到拒絕³⁶，足見中共量子科技實戰能力已大幅領先他國，儘管中共已穩坐量子科技領域的龍頭寶座，但對量子技術研發的資金投注與人員培養卻絲毫未曾懈怠，在中共量子科技突飛猛進的帶領下，也為其新式科技軍武奠定穩固基石。未來複雜戰場環境中，誰能掌握訊息、網絡和智能化，就等於控制了戰場脈動、勝利關鍵，而量子技術的卓越特性，恰巧完美符合其中的各項需求。未來戰爭中量子技術的潮流，恐將全面吞噬傳統軍事作戰模式，刷洗進化為嶄新戰場形態，進入名符其實的「量子戰爭」世界。

中共量子軍武雖然尚在起步階段，不過對於共軍作戰能力攀升助益已顯而易見，不僅能打破現行作戰框架，更將全面改寫軍事作戰模式³⁷，創造嶄新戰場型態，以下就量子軍武投入戰場後之變化，條列如下：

(一) 網絡化、立體化

未來中共全球軍事部署將仿效美國，將兵力投射於世界各地，敵我識別、通訊傳送、線路安全、三軍聯合指揮機動，都起始於量子通訊與量子密鑰的根基，經由量子通訊及保密完善等優化效能，串連戰場各單兵、各武裝、各兵種、各戰區，在最短時效內，達成協同作戰、精準打擊目標。

(二) 無人化、智能化

量子電腦的加入，將電腦運算效能提升至前所未見的階層，也將人工智慧(AI)進化到無與倫比的境界，伴隨人工智慧的進步，將聰穎的大腦加裝至強壯的軍武上，戰場作戰模式即將進入無人化世代，可在遠端採一人多機方式遙控武器裝備，不僅避免人員傷亡，更提升戰場遠程投送能力，提升整體作戰戰鬥力；電腦運算速度躍升也將為共軍帶來強力軍師，為其運籌帷幄、下達戰略攻擊決策，並精準預測敵方攻擊意圖或戰術目標。

(三) 超視距、遙控化

量子雷達問世後，預期將撕破武器的隱形戰袍，讓過去匿蹤武器無所遁形，儘管有任何隱形機、艦部署於臺海周邊，僅如紙老虎一般不堪一擊，而量子雷達偵測距離遠、干擾小、功效強，因此共軍仿若具有千里眼及順風耳，在軍事戰略中可達到防止敵人奇襲、提供充分作戰準備等目的。

(四) 一體化、群組化

美軍提出「多傳感器指揮控制群(Multi-Sensor Command and Control Constellation, MC2C)」概念，在空、地、海、深海和太空，大量部署可隨時施放和回收的微型飛行器、潛水器等武裝，輔助完成各項作戰任務，隨著量子科技燃起的眾多跨時代創新技術，人工智慧、傳感速度、電池效能等軍事科技產物不斷進階，讓無人機隊及無人潛水艦隊的戰場全景，似乎變得近在咫尺、唾手可得。

相信在科學家努力不懈下，更多量子軍事武裝將不斷翻新，促使中共國防建設蓬勃

發展，一但其軍事量子技術發展純熟，共軍威懾力度勢必超英趕美，若中共軍事實力提升，勢必對我國國防安全產生動盪及不安，因此隨著中共量子軍事力量高速發展，我國也應儘早擬定反制策略，一面瞭解軍事量子科技理論與帶來的影響效應，另一方面積極擴展我國於該領域的研究發展，方能在「不對稱」戰爭中，尋得致勝先機。

肆、面對量子軍事科技發展運用及省思建議

量子物理的神奇特性揭開了人類科技史上的神秘面紗，帶領相關科技進入新領域、突破新高度，針對現今世界量子科技發展無遠弗屆，國人應有所警覺，因為戰場正在變化，並研提相關建議，期望能在面對新科技時，做好充分準備，以下就發展運用與省思建議二個面向，分別說明：

一、量子科技發展與軍事運用

(一) 新穎軍武、戰場新局

軍事力量一直是各大強國的重要指標，軍事科技更是各國爭先恐後角逐的重要課題，量子科技引導軍事武裝的進化，軍隊武器裝備在量子科技加持後，將有大幅提升，進而強化整體軍力，鞏固國家安全。世界各國在新穎的量子武器的投入後，戰場形態也將呈現嶄新樣貌，武器裝備更為精巧、輕量，智能載具將無所不在，通訊無洩密、中斷，兵力投送更及時，量子科技將全面顛覆原有戰場軟、硬體，打造全新的作戰形態。

(二) 立體作戰、迅速整合

藉由量子通訊快捷及保密的特點，串連

世界戰場各地區投送兵力即時資訊，迅速整合出整體戰場的完整作戰圖像，提供指揮官決心下達，並可運用量子科技隱真示假、隱蔽突防，達成克敵制勝、精確打擊成效。

(三) 保密無縫、機敏確保

量子通訊運用量子的特殊物理性質，無法從中竊取其傳輸資訊或惡意破壞，因此可確保戰場整體通訊無縫，在瞬息萬變的作戰環境中，掌握先機、開創契機，大幅提升作戰計畫勝算。

(四) 智能作戰、蜂群戰法

量子電腦的投入，大幅提升人工智慧的開拓，加設智能裝置於新式武裝，以避免人員戰場傷亡，藉由智能裝置及量子電池等設備，組建無人機(艦)群，指揮官可靈活運用各式兵力下達戰術，精準打擊敵方目標。

科技進步無遠弗屆，相信不久的將來，量子科技完全投入軍事力量後，將澈底顛覆原有戰場作戰形態與指管通訊方式，傳統的通訊與作戰特性將因為量子科技的獨特優勢，而完全改寫，通訊保密、傳送即時、無人化、輕量化、智能化戰場等理想，都將逐一實現，陸、海、空聯合作戰立體網絡也在量子科技加持下完美成形，並打造出全新的量子高科技世代。

二、省思與建議

中共欲在2020年前實現「量子霸權」，足見其在量子科技發展的目標與自信，伴隨中共軍事力量迅速成長，勢必對我國造成全方位壓迫，預期國軍未來建軍規劃或兵力整建計畫內容，都必須有長遠的目光與積極的作為，方能在海峽兩岸不對稱作戰環境中，

發掘求勝甚至致勝方法；未來在面對中共「量子科技」強勢發展與軍事運用壓力下，謹就國家層級與軍事層面兩面向，建議如後：

(一) 國家層級

我國因國家整體經濟實力、科技發展、軍事幅員等限制，無法如中共般持續挹注大筆資金，集中投入市場，逐漸建立各項經濟、軍事、經貿與科技領先地位，但相較於中共，我國仍具有自由開放、創造力豐富等優勢，應該順應世界潮流，積極投入量子科技研究外，並廣泛蒐集中共量子科技發展能力、限制；另應責由中科院研發量子導航、量子雷達等技術，提升我軍事實力；再深入瞭解量子科技軍武架構後，透過數據分析尋求破解之道，如發展平價、低軌道衛星，平時僅執行簡易觀測或於太空中執行「太空塗鴉」(於衛星下方使用器具，屏蔽衛星收發訊號)，或戰時以自殺式攻擊破壞共軍太空設備。畢竟世界軍事量子化已勢不可擋，中共更走在量子科技的尖端，我國應預想未來量子戰場形態，儘早將量子軍事科技納入國家科研重點項目及建軍備戰規劃，因為「知己知彼，方能百戰不殆」。

(二) 軍事層面

現階段中共量子軍武銳不可擋，國軍應有所準備，如部隊作戰時可採取干擾、欺騙、混淆等方式，或運用有無人機(艦)編隊前進，以欺騙敵軍量子雷達、混淆敵人，增加戰場存活率，達成作戰目標；另一方面由於量子通訊無法被竊取與複製，因此可於線路中繼不停進行竊取與干擾，雖然無法實際得知傳輸資訊，但可讓訊息傳送者誤認資訊被

竊，因此不斷的更新分送新的量子態，迫使敵無法有效進行通聯，更可朝向使用破壞性武器(如飛彈、雷射)，直接摧毀中共量子軍事要點，避免其能量再生與投入戰場，更進一步攻擊或破壞其量子基態，直接混淆其量子母體儲存之量子糾纏態，造成系統失能、量子設備癱瘓。畢竟我國應在「不對稱作戰」條件下，及早對敵方完成戰力評估與我軍的兵力整備，才能掌握作戰先機，「知敵」進而「制敵」。

伍、結語

量子物理的出現，仿若一座明亮燈塔，除了指引物理與科學界新的研究方向外，由於量子具備許多實用特性，如量子糾纏、量子疊加、量子多體效應、不可複製等特性，讓遭遇瓶頸的現代科技突破盲區，進入新領域，得以從全新的高度與視野再向上拓展。科學家們運用量子獨特的物理特性，進而研發出許多新興科技設備，如量子通信、量子衛星、量子電腦等，在新科技的導引下，人類進入更高深的科技領域，並將其推展至軍事運用層面，提升軍隊武器裝備性能，強化戰鬥力，鞏固國家安全。

中共現階段位於目前世界量子發展霸主地位，並積極推動軍事量子技術研改，未來戰場上，勢必將改變戰爭中的戰鬥模式，翻轉世界軍事部署態勢；我國面對的軍事威脅將更形嚴重，更應持續關注中共量子軍事發展情況、作戰模式與體系改革方向，及早研擬我軍對策與後續建軍規劃，平時加強執行「蒐集、破解、反制、干擾」行動，戰時發揮「截擊、破壞、混淆、摧毀」方法，並依國家層級與軍事層面分層規劃技術面與執行面，藉以降低中共發展量子軍事可能對我軍事威懾力度，再依循世界量子科技脈動，研究與拓展量子科技產業，進而料敵機先、先發制人，成就我國在「不對稱」作戰條件下的軍事作戰優勢，確保國防安全。 ↓

作者簡介：

李佩蓉少校，空軍航技學院97年班、義守大學電機工程學系碩士、空軍指揮參謀學院107年班，曾任氣象官、機務官、情報官、預報長，現服務於空軍氣象聯隊。

何應賢上校，空軍官校82年班、中正理工學院兵研所36期、空軍指揮參謀學院98年班、戰爭學院102年班，曾任排、連、營長、情報官、作戰官、人參官，現服務於國防大學空軍指揮參謀學院。

老軍艦的故事

永安軍艦 MSC-156



永安軍艦為海岸掃雷艦，係由美國加州Stephene造船廠建造，編號為MSC-123。1954年5月5日正式成軍，成軍後即於美國聖地牙哥交由法國海軍接收，參加法屬越南掃雷艦隊，命名為Myosot，編號M-689。

民國44年6月3日法國海軍於菲律賓蘇比克灣交還美國，6月4日美國又轉贈予我國，當日由我國駐菲公使周書楷代表政府接收，並主持命名典禮，命名為「永安」軍艦，編號為MSC-56，同年9月30日返抵左營港，隸屬掃佈雷艦隊33戰隊。民國54年1月1日改編號為MSC-156。

該艦自成軍後即執行沿海掃布雷及偵巡等任務，並先後參加聯興、海鯊等操演。(取材自老軍艦的故事)