



人物
專訪

聯盟特約記者／孫嘉君

■ 專訪中科院 前副院長 古錦安

國產 相列雷達研發 先鋒

有「飛彈搖籃」之稱的國家中山科學研究院（以下簡稱「中科院」），是台灣國防科技研發重鎮，打造出諸如天弓三型防空飛彈、雄風三型反艦飛彈、經國號戰鬥機、騰雲無人機等知名軍備，在近年國防自主的國策中，推展落實國機國造、國艦國造等任務，肩負台灣國防安全的重責大任。今年初俄烏戰事打響，前線的新式武器攻防透過網路傳播至全世界眾人眼前，也讓國人更加關注本土國防議題。

電磁聯盟有幸於 2022 年 4 月專訪曾任中科院副院長、畢生致力於雷達與飛彈尋標器等國防科技研發的古錦安。在訪談中，古錦安與我們分享從事國防研發的心路歷程、雷達技術變遷與特點、軍用科技商轉多元應用，以及現代戰爭新興要角：無人機與低軌衛星的研發趨勢。

古錦安畢業於國立交通大學（現國立陽明交通大學）電子研究所，於中科院擔任過的職務涵蓋電子系統研究所所長、天弓射控與雷揚計畫主持人等，曾領導研發出第一套完全由國人自製之相列雷達系統，於去年 7 月榮退。憑藉豐碩研發成果，曾獲頒一星寶星獎章、當選民國 89 年國軍楷模等殊榮。



近四十載中科院時光 感念貴人提拔

自年少時，古錦安就喜歡電信與電子領域，「因為它很精巧、很微妙，解決問題是用智慧，而不是靠蠻力」，因此大學與碩士就讀國立交通大學電信工程系，工作之後越來越感興趣，繼而以雷達研發作為終生的志業。研究所畢業之際，適逢 1978 年台美斷交，國際局勢劇變，中科院至各大專院校招募新血，古錦安與同學一同報了名，回想最初投身中科院的起心動念，他微笑道，「算是報國的心理吧」。

古錦安猶記進到中科院前，發生的一段小插曲。由於在學校念電信，最初中科院和古錦安洽談的單位是通信組，不過就在全去中科院面談的前一天，當時的雷達組主管對古錦安的资料印象深刻，希望能延攬他加入，對他說：「你明天不要去通訊組，我已經跟他打過電話，你去他也不敢跟我搶！」熱情力邀古錦安的，就是帶領他踏進雷達領域的伯樂，曾任中科院計畫品質策進會副主委、電子系統研究所副所長的萬紹正先生。

古錦安感懷萬紹正的提攜之恩，「他讓我從一個工程師，經過電子所副組長、組長、副所長的歷練，從本來的年少輕狂，磨練成可以為別人著想、懂得扛起責任的人，都是受到師父的影響。還有很多次碰到計畫困難的時候，那時候他堅定的信任、強力的支持，也是我們很多同事認為能夠成功的關鍵。」

中科院 39 年的工作生涯中，古錦安受到許多貴人相助，其中一位是曾任國防部副部長、中科院改制行政法人後第一任院長張冠群上將，「他算是破格讓我一個科聘人員去擔任電子所所長，後來又再提拔我擔任中科院副院長，有幸能夠拓展視野，為中科院、為國家做更廣泛的貢獻。」古錦安也從張冠群身上，學到逼出同仁潛力的要領：「張副部長指導我們單位的時

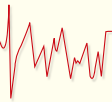
候有一個特點，他的要求都讓我們覺得，超過我們能力的上限。但也因為這樣，讓我們做出很多自己以前都不認為做得出來的東西。」

於中科院負責研發工作大半輩子，古錦安娓娓道來他對國防科技的觀察與感悟，「國防科技其實就是前瞻的民生科技，軍民的技術是互通的，只是還沒有到普遍應用、還不能獲利，民間就不會先投入。那軍方因為生死相搏，一定要領先敵人，而且也允許不計血本，所以前瞻技術通常會由軍方先發展成熟，再移轉給民間。」他亦深深感受國防自主的重要，因為若無法自主，命運便掌握在他人手裡、國家安全難以保障。但國防自主的建立及維持相當艱難，不僅前瞻技術突破不易，也會受底層元件材料的供給所限。

研發最難的是 跨出從零到一的一步

2000 年代初，古錦安領導研發出第一套完全由國人自製之相列雷達系統，具同時對眾多目標接戰、可攔截來襲飛彈等先進技術能力，他向我們分享該系統研發的幕後軼事。早期中科院會有外國研發人員協助開發，該套系統則是從頭到尾都由國人製作，完成基本功能測試要進行全功率、全功能輻射測試時，由於無前例可循，團隊同仁們都懼怕高功率電磁波的輻射，沒有人敢進到雷達的車廂執行測試。

古錦安回憶，「那時候我擔任相列雷達組組長，我就跟我旁邊的天線組組長說：『這一套完全由我們國人自己做出來的先進雷達，是由我們兩個組合作產生的，現在同事怕，那就只好由我們兩個組長自己去測。』」兩人身先士卒進到雷達車廂，身邊就是幾十萬瓦的高功率輻射源，說不會怕是騙人的，不過在測試開始約 20 分鐘後，古錦安組內的小組長帶著兩個人推門而入，其他同事也陸續到場。「後來我們做了很



多新的雷達，同樣有高功率的輻射，但大家都習以為常，不再有人害怕，」古錦安體認到，國防自主的科技研發不只要解決技術問題，心理的障礙也要克服。

前瞻研發需向未知挑戰，遇到挫折或瓶頸是家常便飯。古錦安描述，首套自製相列雷達完成後，初次運用天弓飛彈去攔截高速目標的實彈演習時，團隊原先充滿信心，但該次演習的結果卻非常慘烈，且紀錄資料也看不出為何失敗的眉目，「我們很多的前輩就說，是因為你們躁進、準備不足就去做實彈演習，所以這麼貴的飛彈，就犧牲的毫無價值。」畢竟是從零到一的嘗試，是否團隊人員經驗仍不足、是否系統設計一開始就有根本性問題，要不要整個打掉重新開始等，當時團隊瀰漫著動搖的氣氛。

古錦安說，那時他和同事們的心理調適方式有三：冷靜不急躁、虛心考量自己的不足，還有既然盡力了，就平常心接受結果。撤回所有裝備後，他們先是退回到確定沒有問題的階段，再逐步往下推進，如此一找，還真的發現到先前的不足，這時，古錦安才體悟了前輩教誨「準備不足就冒進」的真意。之後的半年，他與同事們把整個系統的檢整跟驗證程序補強、讓紀錄資料更完整，所幸接下來的演習非常成功，後續以此為基礎，一路開創許多珍貴的研發成果。

現代雷達技術發展四階段 隱形化奪先機

談及現代先進雷達的技術演變趨勢，古錦安說明，可以分成四個階段：「電子化」、「固態化」、「數位化」，還有尚在發展未成顯學的「隱形化」。「電子化」誕生了電子掃描相列雷達，傳統機械式旋轉雷達主要透過機械結構的旋轉，發射電波傳至物體後，再接收物體反射所產生的電波，據此分析物體的方向、速度、距

離、形狀等現象；電子掃描相列雷達則運用遍佈眾多子天線的相列天線，以電子訊號控制每個子天線的相位，決定雷達波束指向。相較傳統雷達旋轉一圈需數秒鐘才能看到一次目標、僅可針對單一目標，相列雷達掃描一次的時間短至千分之一秒、萬分之一秒，大幅減少時間延遲，提升訊號測量的精確度，並得同時鎖定多目標，在武器系統火力提升上，可謂革命性的里程碑。

到了固態化階段，由被動相列雷達（Passive Electronically Scanned Array, PESA）進展到主動相列雷達（Active Electronically Scanned Array, AESA）。被動相列雷達透過中央發射機的真空管產生強烈輻射源，再分散到各個子天線去輻射，子天線本身不發射電磁波，因而名為「被動」，但其弱點是真空管或者相關電路故障便會失效。主動相列雷達改為運用許多固態電子的輻射模組，每個子天線皆會主動產生輻射能量，並透過訊號源功率放大器加以放大，由於具有數千個輻射源，若部分損壞時仍可持續運作；每個子天線的輻射強度並能個別控制，產生特殊的天線場性，作戰面對敵方反輻射飛彈或電子干擾時，防禦能力也較強。古錦安解釋，主動相列雷達的生產研發尤其適合台灣發展，「輻射功率不是非常大的固態電子輻射源跟功率模組、功率放大器，我們台灣的基礎很強，這是軍民合作一個很好的機會跟典範。」

至於數位化階段，則是雷達信號在高頻的微波、毫米波型態時，就直接取樣轉換為數位信號，透過精密複雜的數位運算，得以更精確地抓取出目標資訊。古錦安說，高端類比數位轉換、高速訊號處理的架構法則、高速輸出入介面等項目，也都是適合台灣發展的強項。

最後的隱形化階段，目前技術離發展成熟還有非常遠的距離，古錦安解釋：「雷達有一

個先天上的弱點，就是它的天線一定要露出來去輻射電磁波，才能看的到目標，可是在輻射的時候，也會暴露自己的位置，會立刻招來別人的攻擊，尤其越厲害的雷達就越危險。以前有一位軍方的長官就講，你的相列雷達那麼厲害，一開戰我不先打掉你，我就不叫敵人。」為了避免雷達遭敵方擊毀失去偵查能力，必須想方設法隱匿雷達所在處，古錦安舉例，可能的作法像是將為數眾多的子天線廣泛散布各處等，但目前在學理上、技術上還有非常多困難待克服。

軍用技術商轉應用廣 物聯網、智慧系統為主力

延續古錦安前述所言「國防科技就是前瞻民生科技」，他進一步闡釋，中科院在軍用技術轉移民間的策略，基本上著墨於難度較高、民間還未完全掌握的部分，包含無線傳輸領域裡極高與極低的頻段。例如高頻段的毫米波傳輸速度快，但大氣衰減大、傳輸距離有限，且易受遮障影響；低頻段如奠基於 LoRa 技術加以改良、於 2019 年發表的國產 Super TaiRa（超級台灣無線）技術，具傳輸距離遠、遇障礙物可繞射等優勢，但傳輸速度較慢是其軟肋。古錦安表示，毫米波、智慧天線等皆是中科院在軍用系統所擅長的通訊技術，與民間企業有廣泛的合作。

另一方面，物聯網與各式智慧系統亦是軍民通用的核心技術。古錦安指出，作戰系統中各式的感測器、飛彈等，都會連網以發揮最強戰力，個別裝備也分別具有強大運算能力與智慧辨識能力，這些國防科技轉移至民間，可衍生出智慧系統、智慧工廠、智慧城市、邊緣運算等多元應用。

俄烏戰爭無人機、低軌衛星受矚目 揭潛力研究方向

今年 2 月 24 日俄烏戰爭爆發，成為第二次世界大戰以來歐洲最大規模侵略戰爭，戰事中烏克蘭無人機作戰單位「空中偵察」(Aerorozvidka) 與低軌道衛星「星鏈」(Starlink) 的合作無間，格外受到外界矚目。古錦安認為，無人機除了搭載武器進行攻擊，主要的威力發揮是在於「智慧」，並舉出四個適合電磁學界投入的研究方向：空中偵照、無線通信、機群控制、反制無人機群。

古錦安說明，空中偵照可以將地面的情況看得清楚完整，其中合成孔徑雷達、微波成像兩項技術，都有助於掌握物體型態；無線通信得以運用無人機作為中繼站，對於易受到遮障影響的 5G 或 6G 系統甚有助益；機群控制因為無人機多以群體為單位行動，依據任務或戰場狀況隨時變換隊形，各機之間要維持良好的默契、也需順暢的通聯，仰賴具高度智慧的控制法則；反制無人機群則是身為守方時，若透過雷達捕捉、電子干擾、砲彈攻擊攔截等方式，對付成本低且為數眾多的無人機，較不符合經濟效益，可透過創意與巧思，打造更高效的反制手段。

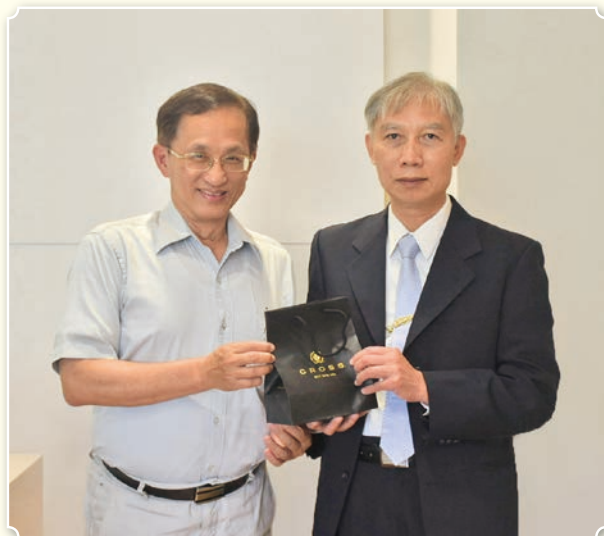
至於低軌衛星通訊，古錦安指出，其在空中可避開大部分地面與地球曲度的遮障、傳輸延遲時間亦短於中軌或高軌衛星，覆蓋率與傳輸率符合 5G 與 6G 通訊的需求，重要性將日益提高，目前已處於商用階段，部分台灣民間企業也扮演供應鏈角色。古錦安認為，台灣在毫米波、智慧天線、精密訊號處理等技術的基礎已甚為穩固，學界與中科院等研究單位可多方嘗試相關前瞻研究，推導出關鍵技術，再轉移給民間廠商產品化、系統化，提升我國的主導地位。

中科院及產學界應克服隔閡 互補合作

對於有志投入國防科技研發的莘莘學子，古錦安認為在校時鞏固好專業知識與技能基礎，其餘在中科院工作時磨練即可，不過有三種能力值得費心培養：實現的能力、學習的能力、合群的能力。他解釋，「中科院的工作是要交出真正的系統，才算達成任務」，因此實現的能力至關重要；而前瞻武器與防禦系統的研發，常常是十年磨一劍的團隊作戰，需不停自主學習才能成長進步，也需和團隊成員融洽共事，成為資深者時更應幫助後進融入團體。

古錦安並提點了三個不可或缺的個性特質：首要的是忠誠，因為中科院的命運與任務和國家安全息息相關；第二是多做少說，事關國防機密切忌大肆宣揚，克己才可致勝；第三是嚴以律己、寬以待人，在年輕時若能容忍他人的不完美，並從中自省改進，將能養成領導之風。

展望未來，古錦安認為中科院、學界、產業界若能密切合作，對國家將最有利，「學界的開創性、產業界的實用性、中科院的系統性，其實都是互補」。但是這三方之間仍存在文化與制度的隔閡，有賴各方互相尊重、包容與溝通，進而加速整合協作腳步，以促成共存共榮，也讓台灣國防自主實力更加堅不可摧。■



古錦安先生 簡歷

學歷

國立交通大學電信工程系學士
國立交通大學電信研究所碩士
國立交通大學電子研究所博士

經歷

國家中山科學研究院副研究員、研究員
國家中山科學研究院技正、技監
國家中山科學研究院電子系統研究所副組長、組長、副所長、所長
國家中山科學研究院天弓射控計畫副主持人、主持人
國家中山科學研究院雷揚計畫主持人
國家中山科學研究院副院長

