

● 作者/Wilson VornDick ● 譯者/趙炳強 ● 審者/林政龍

# 中共在3D列印的發展

An Instant PLA: Just Add 3D Printing

取材/2018年11月20日美國詹姆斯頓基金會網站專文(*China Brief*, November 20/2018)

近年備受各界矚目的新興3D列印技術，因其高度彈性化與客製化，已悄悄引發一場全球軍事製造業的變革。中共除在航太工業運用3D列印技術而得以節省可觀的成本與材料外，亦逐步在軍品獲得與裝備維保上導入此一技術，取得一股不可或缺的軍力優勢。



近年備受矚目的新興3D列印技術，因其高度彈性化與客製化，已引發一場全球軍事製造業的變革。(Source: Wiki)

中共3D列印技術前景看好，並已拓展到未來潛在的應用範圍。其中更在經濟領域中，持續推動3D列印技術的創新方法，舉凡義肢製造、航太工業用鈦金屬零附件，以及上海近郊的永豐建築公車站都可見到其應用成效(盈創建築技術，2017年)。中共亦有這種前衛的應用概念，並將共軍的軍需物資、武器及彈藥等導入3D列印技術。

本文將回顧中共現行軍方、民間產業與學術研究等相關文獻，闡述3D列印技術的發展趨勢，以及可能的部署應用。這些文獻所支持的新興理論與概念可追溯至2013年，這一年十分重要，因為現今許多3D列印技術的進展，都是建立在該年所打下的基礎之上。同時擔任中共國防科技大學與中國科學院大學主任

的王飛躍曾引用一句老諺語，他們必須「摸著石頭過河」。<sup>1</sup>

## 中共對3D列印的觀點

3D列印在先進製造業科技的廣大範疇之下，該技術區分「減法」與「加法」製造。減法製程係一種透過鑽孔或車床等切削材料方式來製造物件。相反的，「加法/積層製造」(Additive Manufacturing, AM)則是透過添加材料方式來製造物件。雖然3D列印技術創始於1980年代，但目前仍被視為一種積層製造的新型態；3D列印技術是利用特殊的「列印機」，在幾分鐘、幾小時或幾天的時間內建構出物體，這種列印機能相當準確層層鋪設所需的材質，最後堆疊出完整的成品。

「中國洛克威爾自動化有限公司」(Rockwell Automation China)部門經理華鎔指出，包括樹脂、塑膠甚至金屬等眾多材料都可以用來製造物體。<sup>2</sup> 值得注意的是，隨著新概念、技術定義、標準、工藝和後續技術的發展，3D列印作為積層製造的一環，仍然是充滿活力的。因此，中共有時會將3D列印與積層製



中共海軍已對外宣稱其能在船艦上運用3D列印技術。(Source: Jamestown Foundation)

造視為相同概念，但在其他地方，則會根據材料類型或所使用的工藝，來區別3D列印與積層製造間的差異。本文中所稱3D列印或積層製造技術，將使用中共文獻資料來源中所引用的原始定義。

即使目前歐美所確立的3D列印標準有多達數十項，但2015年一份來自中共的統計清單中，僅列出六項3D列印方法(ISO, 2015; ALL3DP, 2018)。<sup>3</sup> 此六項技術包含：「熔融沉積成型」、「選擇性激光燒結」、「選擇性激光熔融」、「立體光刻」、「電子束熔化」，以及「分層實體製造」。<sup>4, 5</sup> 自2015年以來，這些技術快速發展並造就製造方法上的差異。除了這些差異之

外，3D列印基本上就是劃分為使用「何種」材料，以及材料之間「如何」堆疊與連接。3D列印機本身設計十分複雜，它包含了軟硬體等相關零件。硬體方面一般包括印表機總成、噴嘴，以及製造物體所需的混合原料。軟體方面則包括特定的「監控及數據擷取」(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)系統，以及需要耗用大量記憶體的生產藍圖，也就是所謂的「電腦輔助設計」(Computer-Aided Design, CAD)檔案。

## 民族復興，始於「列印」

透過中共政府的推動，積層製造成為中共躋身科技強國的國家戰略。由於3D列印極為依

賴先進的軟、硬體，因此該項技術成為中共推動資訊化的主力。此外，中共3D列印技術的進步不僅可運用在民營企業，同時也可投入軍事用途，更可配合目前「軍民融合」計畫的發展（中國簡報，2018年4月9日）。而在3D列印技術和軍民融合的背景下，有兩項值得注意的計畫：「中國製造2025」與「十三五規劃」（中國國務院，2015年5月8日；中國日報，2017年）。<sup>6</sup>

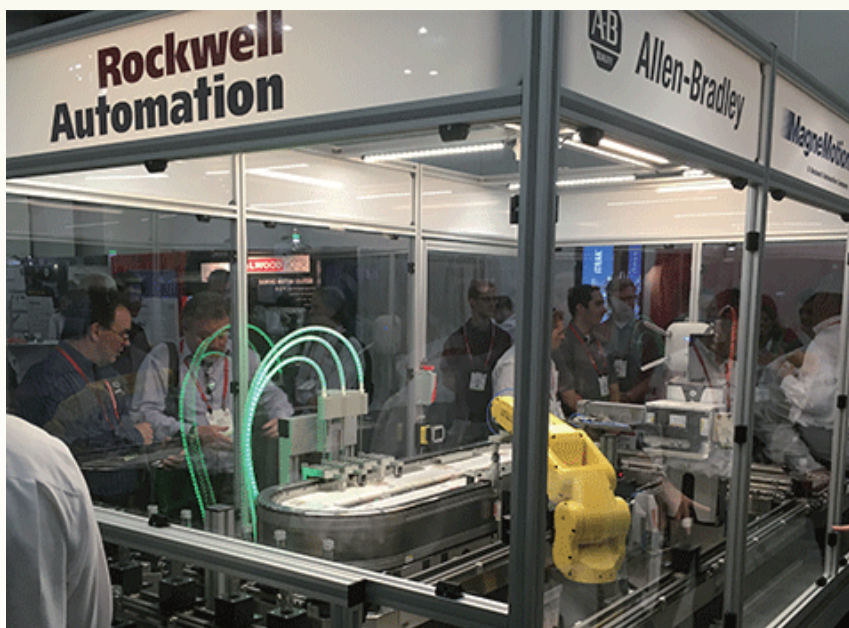
根據美國國防部提交國會的2018年年度報告指出，中共「『十三五』科技軍民融合發展專項規劃」中所描述中共科學

技術部與中央軍委會科學技術委員會之間的合作，讓該文件成為「下一個五年的軍民融合發展藍圖」，即透過致力發展特定先進製造技術，讓中共經濟與軍方同時受惠。同時，「該計畫旨在發展具有國際競爭力的領導企業；將技術、設備和品質標準提高到國際水準，創造一個長期的工業供應鏈與完美的大規模生產模式」（美國國防部部長辦公室，2018年5月16日）。<sup>7</sup>

### 3D列印的內部歧見

王飛躍在中共政府指導與

《千人計畫》（編按，即海外高階人才引進計畫的簡稱）的鼎力支持下，成功整合大數據與3D列印兩大領域，並運用於中共情報和軍事能力。他首先指出，由於「凡是能接上電源的任何電腦都能夠成為靈巧的生產工廠」，因此3D列印有潛力引領戰場上的後勤、軍備到作戰行動等重大變革。此外，3D列印是一項「工業與設備革命」，可利用整個社會（個人、企業、公私部門機構等所有領域）來即時進行「社會製造」，同時這種能力亦可視需求投入軍事製造行列。王飛躍認為，3D列印帶來了三項優勢：彈性、同時具備產製簡單與複雜物體能力，以及生產大量庫存與不同種類物件能力。在進一步評估3D列印未來發展後，他預測未來數位領域的網路空間發展將會與先進的3D列印同步發展。他的結論是，現有的軍事系統「必須改進並轉型」。如果此目標能夠達成，將有助於實現中華民族復興大業並實現「中國夢」的目標。但他同時也警告，如果中共無法對軍民系統，諸如3D列印領域中的問題進行妥善調節和

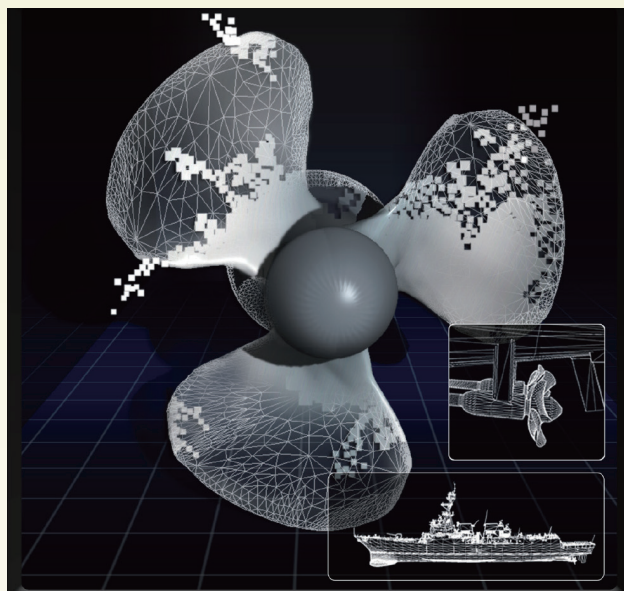


中國洛克威爾自動化有限公司於會展中演示3D列印技術設備及實際運作情況。（Source: Rockwell Automation）

平衡，則可能造成等同蘇聯解體程度的災難。

2013年，來自加州大學聖地牙哥分校的安德森(Eric Anderson)寫到一篇有關中共新興積層製造工業的文獻，並針對核心參與者、政府部門角色，以及航太工業中的特殊積層製造應用技術，提供了一些初步的看法。當時該篇中文文獻顯示積層製造對中共可能產生之影響是憂喜參半，有些人認為3D列印是一種威脅，有些人則覺得是個機會。由於3D列印對中共內部傳統製造技術與利益造成了挑戰，有些人就將3D列印視為一種威脅。但同時也有些人表達恐懼與焦慮，因為如果中共無法在3D列印領域中拔得頭籌，就可能在這項新技術的運用中失去關鍵地位。然而有些人也發現，3D列印的誕生其實伴隨著中共「再次取得先進製造業的市場占有率」，以及在該發展領域中有機會以「躍進方式」領先全球競爭者。<sup>8</sup> 在後續的分析中發現，由於積層製造的運用，中共已在航空與航太工業中節省可觀的製造時間、成本及材料。3D列印所產製的零附件已運用於「中國商用飛機有限責任公司」所產製的C919型噴射客機和運-20運輸機，以及殲-15、殲-16、殲-20和殲-31等各型戰機。<sup>9</sup>

相較於安德森的評估，來自「中國電子科技集團公司」第三十六研究所的金大元則持不同看法。金大元認為3D列印將不會取代傳統製造模式，頂多只是扮演輔助角色罷了。為了支持自己的論點，他特別引用美國在3D列印方面的進展，並以F-35戰機與「太空探索技術公司」(SpaceX)飛龍2號(Dragon 2)太空船所投入的3D列印飛機零件為例，而這也是許多中文文獻中最常被引用



圖為應用積層製造技術製造船艦推進槳的示意圖。

(Source: USN/Alvin Quiambao)

的範例。不過，金大元則進一步闡述安德森的觀察，認為3D列印在軍事應用上的確應納入複雜與特殊航空零附件的製造，在對中共有機會運用的文獻探討中，這也是常見的論述。在航太製造領域中，他亦同時看見額外的機會：透過3D列印技術，進而降低發射時的酬載重量、提供更大的任務彈性、「微型無人機與無人機替代零附件」的製造、軍用電子方面的應用(例如2013年由深圳微航磁電技術公司所製造的衛星天線)，以及定期與緊急維護和一般性保養零件的製造。

無獨有偶，在2013年一篇針對軍用裝備毀損維修的《戰術導彈技術》軍事期刊文章中，該撰稿者最後也呼應金大元的重點。<sup>10</sup> 此外，機械工程與自動化分析師則認為，3D列印可製造並修復輕兵器，像是美製AR-15突擊步槍。根據美海軍提案，分析師同樣指出3D列印機可安置於船艦上，

並擔任諸如無人飛機等軍用零件的「工廠」製造者角色，這將可節省空間及經常性的庫存。在該篇刊物出版的同時，中共海軍亦被披露已在艦艇上使用3D列印機(3Dprint.com, 2015)。最後，另一份中共軍事刊物的撰稿者，強調3D列印已能滿足共軍在原型製作與研究上的機會。<sup>11</sup>但這些中共的文獻中則明顯忽略了一個伴隨積層製造所衍生的風險。由於3D列印可迴避傳統的進出口控管，諸如輕兵器至離心機等物資的非法擴散，儼然已成為一個顯著的隱

憂。<sup>12</sup>中共目前已有很嚴重的非法槍枝交易問題(中國簡報，2015年12月21日)。

## 結語

由於民間產業與共軍高度應用，3D列印在中共成為科技強權的戰略目標上扮演了重要的角色。雖然中共分析師對3D列印可能產生的影響有不同看法，一派認為它會威脅傳統製造業，另一派則認為它是維繫共軍一股不可或缺的軍力優勢；儘管如此，中共政府與共軍科學與技術委員會之間的合作

關係，還是促成3D列印與軍需製造高度的結合。如果中共能將這項新興技術在民間應用上保持領先地位(目前看來似乎是如此)，則共軍也同樣可在軍事應用上取得頂尖的技术優勢。

## 作者簡介

Wilson VornDick係美海軍中校，擁有喬治華盛頓大學文學士與上海華東師範大學學位，曾任職於美海軍戰爭學院中國海事研究所與五角大廈。本篇撰文為筆者觀點，不代表美海軍或國防部立場。

Reprint from *The Jamestown Foundation* with permission.

## 註釋

1. 王飛躍，〈國防裝備與系統的未來變革：從3D打印到平行軍事體系〉，第34卷第3期，《國防科技》(2013年6月)，頁1-9。
2. 華鎔，〈3D打印與製造業〉，第2期，《儀器儀表標準化與計畫》(2013年)，頁18-22。
3. Simon Véronneau, Geoffrey Torrington, Jakub P. Hl. Hl, "3D Printing: Downstream Production Transforming the Supply Chain", *RAND*, (2017).
4. 金大元，〈3D打印技術及其在軍事領域的應用〉，第4期，《新技術新工藝》(2015年)，頁9-12。
5. 周加永、紀平鑫、莫新民、張昂、孟小淨等著，〈3D打印技術在軍事領域的應用及發展趨勢〉，第6期，《機械工程與自動化》(2015年12月)，頁217-219。
6. *Made in China 2025: Global Ambitions Built on Local Protections*, *United State Chamber of Commerce*, (2017).
7. "Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People's Republic of China," *Office of The Secretary of Defense*, (May 16, 2018).
8. Eric Anderson, "Additive Manufacturing in China: Threats, Opportunities, and Developments (Part I)," *Study of Innovation and Technology in China-News Analysis: University of California San Diego*, (May 1, 2013).
9. Eric Anderson, "Additive Manufacturing in China: Aviation and Aerospace Applications (Part2)," *Study of Innovation and Technology in China-News Analysis: University of California San Diego*, (May 9, 2013).
10. 郭朝邦、胡麗榮、胡冬冬、宋怡然、張紹芳等著，〈3D打印技術及其軍事應用發展動態〉，第6期，《戰術導彈技術》(2013年)，頁1-4。
11. 鄧啓文、陳強、郭繼周、吳集等著，〈3D打印技術對裝備發展的影響〉，第4期，《國防科技》(2014年6月)。
12. Kolja Brockmann and Robert Kelley, "Challenges of Emerging Technologies to Non-Proliferation Efforts: Controlling Additive Manufacturing and Intangible Transfers of Technology," *Stockholm International Peace Research Institute*, (April 2018).