

# 「指揮：現代作戰（CMO）」— 共軍匿蹤無人戰機偵測與反制初探

楊長蓉

國防戰略與資源研究所

## 壹、前言

武裝或攻擊型無人機為近年各國航太發展重點，加上無人機在俄烏戰爭中的亮眼表現，已使其成為戰場顯學。而中共在「偵打一體」無人機領域已發展多年，例如翼龍 II 型（Wing Loong II）、彩虹五號（CH-5）等，甚至已為武裝無人機的出口大國，<sup>1</sup>在無人機的性能開發與產量上皆不可小覷。

中共近期重點研發項目之一為匿蹤無人戰機（Stealth UCAVs），<sup>2</sup>並繼美國之後，2022 年在媒體與珠海航展釋放出匿蹤戰機搭配無人機做為忠誠僚機的戰術戰法。<sup>3</sup>受到現行技術限制，同時擁有匿蹤性與攻擊能力無人戰機的國家並不多，因此，匿蹤無人戰機之發展與運用現已成為中美等軍事大國之競爭場域。是故，本案選擇具備匿蹤性的中共無人戰機「攻擊 11」（Gongji-11; Strike-11，以下稱 GJ-11）進行相關模擬，藉此探討未來中共匿蹤無人戰機的運用，包括單獨、組隊、多批次或是搭配殲-20（以下稱 J-20）等執行「忠誠僚機」任務，以及可能未來反制之策略。

---

<sup>1</sup> “How China became the world’s leading exporter of combat drones,” *Aljazeera*, January 24, 2023, <https://www.aljazeera.com/news/2023/1/24/how-china-became-the-worlds-leading-exporter-of-combat-drones>.

<sup>2</sup> Angana Guha Roy, “China: First Stealth Drone,” *Institute of Peace and Conflict Studies*, December 9, 2013, [http://www.ipcs.org/comm\\_select.php?articleNo=4212#:~:text=China%3A%20First%20Stealth%20Drone%20%7C%20IPCS](http://www.ipcs.org/comm_select.php?articleNo=4212#:~:text=China%3A%20First%20Stealth%20Drone%20%7C%20IPCS).

<sup>3</sup> “Drones to become ‘loyal wingmen’ for China’s advanced J-20 stealth fighter jets, state media reports,” *SCMP*, October 20, 2022, <https://www.scmp.com/news/china/military/article/3196513/drones-become-loyal-wingmen-chinas-advanced-j-20-stealth-fighter-jets-state-media-reports>; 〈珠海航展 8 日登場 陸媒聚焦殲 20「無人僚機」〉，《TVBS 新聞》，2022 年 11 月 5 日，<https://reurl.cc/vkLabk>。

## 貳、想定概述

### 一、攻擊 11 簡介

GJ-11 在外型、性能以及定位上都與先前美國諾斯羅普公司（Northrop Grumman）所研發的 X-47B 相似（數據比較如表 1），惟美國海軍在 2016 年 2 月後停止研發 X-47B，<sup>4</sup>且 GJ-11 在部分性能上可能更優於 X-47B。<sup>5</sup> GJ-11 做為中共或是世界上第一款正式服役的全翼型（沒有尾翼）匿蹤無人戰機，在 2019 年中共國慶問世時即引起各方關注。由於中共目前未對外公開 GJ-11 之官方數據，卻不斷釋放 GJ-11 可能之用途<sup>6</sup>與能取得空優之消息，<sup>7</sup>各界對 GJ-11 的運用方式有諸多討論與猜想，包括匿蹤性將有利於深入他國空域、在被偵測前即可完成攻擊任務，或是與 J-20、飛鴻 97（FH-97）等其他匿蹤戰機搭配運用之戰術等。

表 1、GJ-11 與 X-47B 基本數據比較

	GJ-11	X-47B	備註
長 (Length)	11.63m	11.64m	
寬 (Wingspan)	14m	18.9m	
高	3.1m	3.1m	
速度 (Max. Speed)	1,000kph	525kph	攻擊 11 速度更快
距離 (Range)	4,000km	3,900km	
飛行高度 (Ceiling)	12,500m	12,200m	

資料來源：作者整理自公開資料。

### 二、匿蹤性

<sup>4</sup> “Navy Halts Funding for Northrop Grumman’s Carrier-Based Combat Drone,” *National Defense*, February 10, 2016, <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2016/2/10/navy-halts-funding-for-northrop-grumman-carrier-based-combat-drone>.

<sup>5</sup> “Gongji-11 (GJ-11) Sharp Sword / Lijian,” *GlobalSecurity*, <https://www.globalsecurity.org/military/world/china/lijian.htm>.

<sup>6</sup> 〈多款新型無人機首次亮相珠海引爆熱點〉，《人民網》，2021 年 9 月 30 日 <http://finance.people.com.cn/BIG5/n1/2021/0930/c>。

<sup>7</sup> “China’s GJ-11 stealth drone on display in Beijing, ‘capable of seizing air superiority,’” *Global Times*, October 23, 2022, <https://www.globaltimes.cn/page/202210/1277745.shtml>.

匿蹤性或是「低可觀察性」(Low observations, LO)係以「目標雷達截面積」(Radar cross-section, RCS)為指標(一般飛機的RCS與匿蹤飛機RCS之比較示意圖如圖1),無論目標是航空器,飛彈或是艦艇。物體的RCS是在特定的雷達波長以及極化方向下所計算的大小,匿蹤設計即是追求RCS極小化做為優先考量。RCS的呈現方式主要有兩種,以「平方公尺」(square meter, sq. m<sup>2</sup>)或是「分貝平方公尺」(decibels relative to a square meter, dBsm)為單位,<sup>8</sup>RCS越小表示越不容易被雷達發現,惟相同目標在不同雷達波段所呈現之RCS不同,且受不同偵測角度會有所變化,例如戰管雷達與防空系統之RCS即有別。

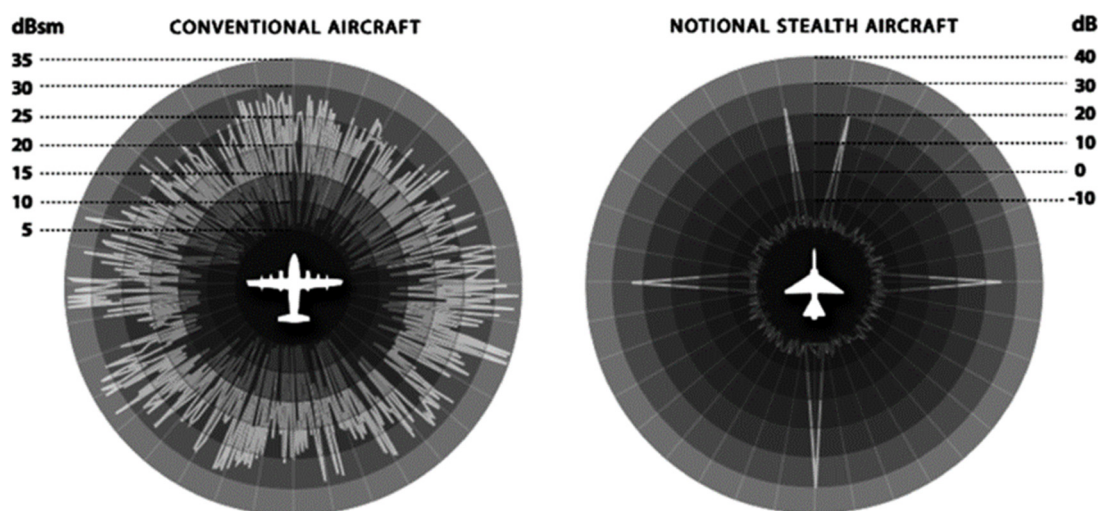


圖 1、一般飛機與匿蹤戰機各角度 RCS 反射強度圖之比較圖

資料來源：Alexandre M. De Oliveira et al., “Anti-Stealth X-Band Radar Defense with Palm Tree Antipodal Vivaldi Antenna Applied in Low Signature Strike Aircraft Model,” September 2016, [https://www.sige.ita.br/edicoes-antiores/2016/st/ST\\_02\\_3.pdf](https://www.sige.ita.br/edicoes-antiores/2016/st/ST_02_3.pdf).

說明：例如右圖之戰機在 180 度角時的 RCS 為最大值 (30dBsm)，較易被偵獲。

現行雖有不少匿蹤無人機，但用途多為情報蒐集，故在機型設計上未必能掛載武器，不具攻擊能力。然而 GJ-11 在定位上為武裝無人機，具有兩個內部武器艙，可以掛載 4 枚空對地武器。依據公

<sup>8</sup> 例如，RCS 值 0.1 平方米對應的是 -10 分貝平方米 (即 -10dBsm)。需注意的是，航空器的 RCS 並非一個單值，而是在每個視角、不同的雷達頻率等都會對應到不同的 RCS。由於匿蹤無人機之 RCS 值極小，故以分貝平方米呈現時，可能是負數。

情數據 GJ-11 的 RCS 甚至小於匿蹤戰機 J-20，故本文欲藉由模擬方式以評估防空系統雷達是否能成功偵測目標並接戰。

## 參、模型建置與結果分析

### 一、模型建置：CMO

本案係採用「指揮：現代作戰（CMO）專業版」兵棋系統進行想定建模及模擬分析，想定中所涉及之武器系統、載台等相關參數資料，均以其內建資料庫公情資料為準。<sup>9</sup>設計想定之主要目的係為評估各方案所欲探討的效益量測指標（measure of effectiveness, MOE），無涉我國國軍現行相關作戰概念及戰術戰法，不具機敏性質。

### 二、想定效益量測指標：雷達偵測距離

本想定之基礎為雷達必須先看得到目標，才有可能接戰或採取其他反制措施，故本想定所設定之指標（indicator）為雷達的「偵測距離」（detection range），而雷達所能偵測的距離取決於自身性能及目標的 RCS。想定設計上，模擬分析防空系統「T 型」與「P 型」雷達在不同距離的偵測率（detection rate），亦即雷達何時能偵測到 GJ-11，以及是否能順利於無人機投彈前即進行反制。故設定模擬方案 1 為雷達偵獲能力及反制效能。另外考量相位陣列雷達特性，故規劃方案 2 模擬 GJ-11 從不同方位進襲對雷達偵獲距離之影響。

（一）方案一：第一部分模擬評估雷達在不同距離的偵獲率。

在想定設計上，設定 GJ-11（Joker）一批 3 架分別攜帶 LS-6-500-ER（500 公斤）滑翔炸彈<sup>10</sup>4 枚，於 36,000 英尺

<sup>9</sup> CMO 專業版具備參數資料庫編輯功能，可依評估需求運用機敏參數進行模擬評估，以獲得高模擬度之評估結果。本案僅運用公情參數資料進行模擬評估。

<sup>10</sup> CMO 中 LS-6-500-ER 炸彈射程預設為 30 海里，並且不受地面距離影響。另 GJ-11 開艙投彈時 RCS 之變化對本案模擬結果並無明顯影響，惟後續可進一步測試與探討。

航向 T 型、P 型防空陣地遂行打擊任務，<sup>11</sup>並執行蒙地卡羅模擬 50 次（總計 150 架次）。模擬結果顯示，T 型雷達可於 30 餘海里處，完全偵獲來襲之 GJ-11（如圖 2）。

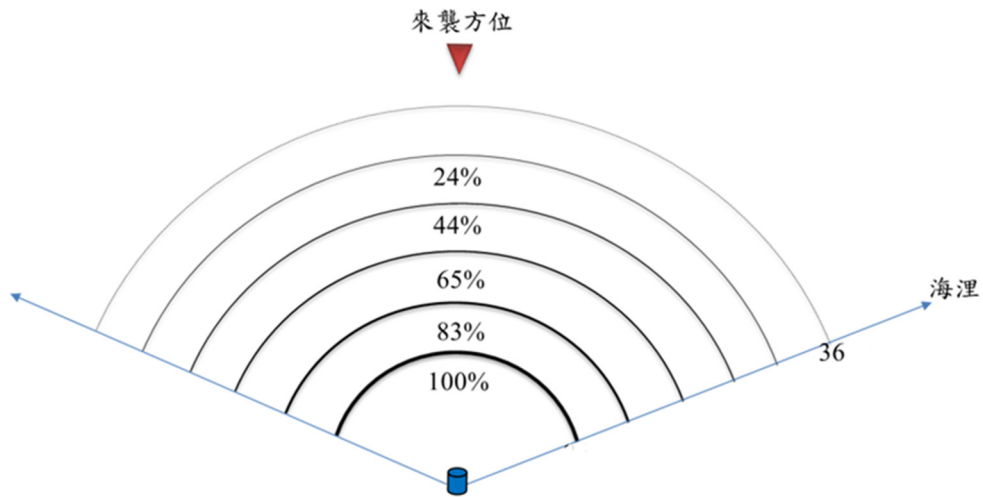


圖 2、T 型雷達在不同距離對 GJ-11 的偵測率

至於 P 型雷達則可於 20 餘海里處，完全偵獲來襲之 GJ-11（如圖 3）。

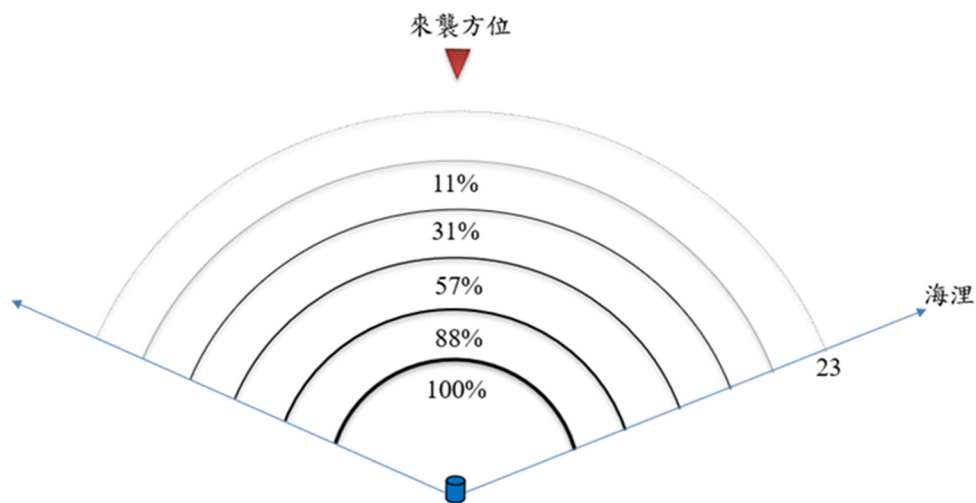


圖 3、P 型雷達在不同距離對 GJ-11 的偵測率

<sup>11</sup> 本想定重點在雷達偵獲率，因受限於篇幅，不討論防護目標之反飛彈能力及各種天候，複雜電磁環境，或是無人機之干擾訊號；亦不討論無人機被海上船艦、其他雷達偵獲並攔截等因素。



第二部分進一步模擬評估 T 型與 P 型防空系統的反制能力。一批 3 架 GJ-11 分別攜帶 LS-6-500-ER 炸彈 4 枚，攻擊地面目標，地面目標設定位於 T、P 型防空系統前方約 20 至 30 公尺處，考量前述偵獲距離結果，故將 GJ-11 分別設定在 20 海里處與 30 海里處（最大射程）進行投彈，並統計模擬 50 次之兩型防空系統之反制效能。模擬結果顯示，如同前述偵獲率模擬，T 型防空系統平均在 34 至 35 海里處即可偵獲 GJ-11 並接戰，此時 GJ-11 在尚未投彈前即被偵獲並被擊毀（destroyed）（表 2）。

**表 2、T 型防空系統之攔截統計平均值**

投彈距離 (30 海里)	模擬 50 次平均值	
	雷達偵獲 (海里)	防空飛彈發射 (海里)
Joker 1	34.5346	32.5271 <sup>12</sup>
Joker 2	34.7121	33.0701
Joker 3	34.9197	33.4828

至於 P 型防空系統雖無法於 GJ-11 投彈前即攔截，若 GJ-11 持續進襲則仍可攔截來襲目標，其在反制 GJ-11 效能上不若 T 型防空系統，當 GJ-11 投彈距離設定為最大值時，P 型防空系統無法在其投彈前進行攔截；另當設定 GJ-11 投彈距離為 20 海里時，P 型系統則可成功偵獲並接戰 GJ-11，惟此時 GJ-11 已完成投彈任務（表 3）。

**表 3、P 型防空系統之攔截統計平均值**

投彈距離 (20 海里)	模擬 50 次平均值	
	雷達偵獲 (海里)	防空飛彈發射 (海里)
Joker 1	21.9369	19.9573
Joker 2	21.9323	20.1877
Joker 3	22.2407	20.5537

<sup>12</sup> 經計算無人機速度 480KTS，換算反應時間約為 15 秒，接戰時間尚屬充裕，惟實務上所需時間仍取決於防空系統類型與效能。

(二) 方案 2：測試 GJ-11 自不同方位來襲，防空系統雷達首次偵獲目標之距離。設定一批 3 架 GJ-11 航向防空陣地，防空系統雷達主射向線 (Primary Target Line, PTL) 為 317 度，GJ-11 分別以正面 (137 度)、側面 (114、92 度) 方位來襲 (示意如圖 5)，<sup>13</sup> 個別模擬 5 回合。結果顯示，因雷達特性，若 GJ-11 由接近正面角度飛入，與側邊角度所能偵測距離有顯著差異。對於正面角度來襲之 GJ-11，T 型雷達最早能在約 30 餘海里偵獲，P 型約 20 餘海里 (圖 4)。

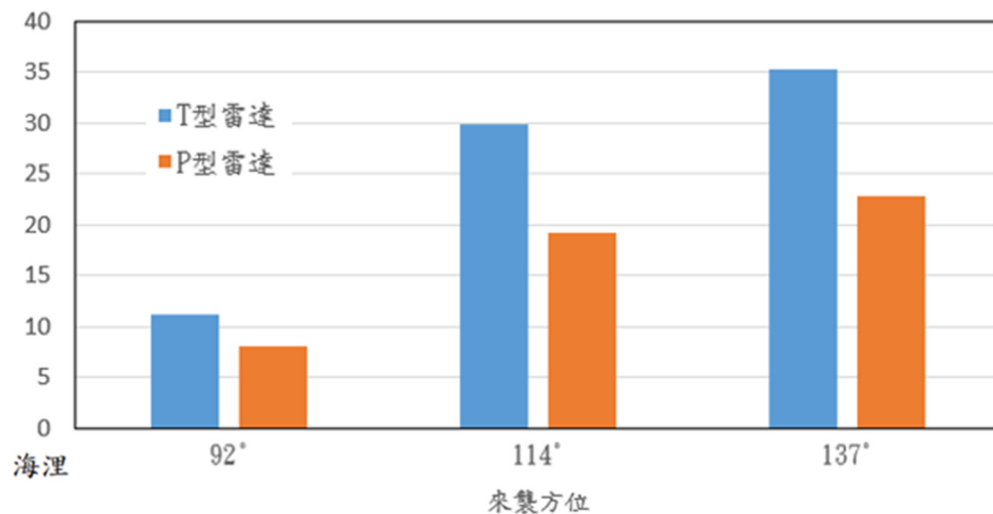


圖 4、不同來襲方位平均偵測距離

<sup>13</sup> 設定差距為 22.5 度、45 度。

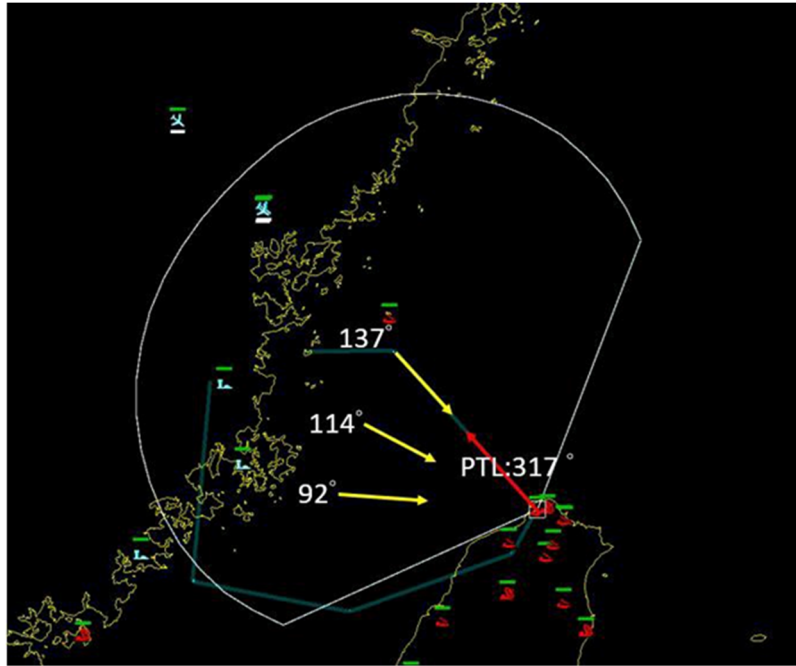


圖 5、不同來襲方位示意圖

### 三、想定模擬結果分析

本案模擬結果顯示，以不同距離的雷達偵測率而言，T 型雷達比 P 型雷達能更早偵獲 GJ-11，T 型防空系統甚至能在 GJ-11 所掛載之武器最遠射程外（30 海里）即發現目標，亦即，T 型在 GJ-11 較有機會投射炸彈前進行反制。而 P 型雖然比 T 型稍晚偵獲 GJ-11，但仍能在 20 海里處成功接戰目標。

在 GJ-11 不同來襲方位部分，若是由正面角度飛向雷達，T 型約能在 30 餘海里、P 型約在 20 餘海里成功偵獲目標，而當無人機偏離主射向線方位來襲時，偵測距離會隨偏離角度增加而壓縮。

在執行模擬時，亦納入北部某戰管雷達進行偵測率評估。由於其雷達頻段與 T、P 型雷達不同，在此頻段 GJ-11 所呈現的 RCS 較大，故在 GJ-11 離開沿岸（約 100 海里處）即遭偵獲。戰管雷達本身雖然無接戰能力，但可提供早期預警情資經指管情傳交付火力或干擾單元進行反制。



## 肆、結論

匿蹤無人戰機有諸多優勢，但也並非無敵，例如 GJ-11 機動性（maneuverability）較差，在一定距離內陸、海基防空系統仍能成功偵獲及攔截，故防空系統雷達偵獲率，乃是抵禦匿蹤型無人機威脅的首要重點。依現有公情，GJ-11 所能掛載之武器以空對地作戰為主，最遠射程約 30 海里，目前並不具備空對空作戰能力。不過未來發展仍是未知，有可能進一步改良或掛載射程更遠之武器或發展成具備掛載空對空飛彈能力。

須進一步考量的是，在戰術運用上可能以 GJ-11 搭配其他匿蹤戰機，例如殲 20，或是多批次、不同高度、不同方位來襲實施飽合攻擊，地面防空系統可能應接不暇。此外，由 T、P 型系統全程進行反制不一定符合成本效益。就成本分析（cost analysis）而言，即使防空系統能順利攔截來襲威脅，然而飛彈所費不貲，能接戰的數量不一定足夠，後續可再評估運用其他彈藥進行反制的成效。另考量攔截成功率與其他相關因素，使用防空飛彈接戰 GJ-11 雖然可行，仍需再思考其他配套反制作為，例如是否搭配有人戰機或電戰干擾等作為，以有效因應威脅。

本文作者楊長蓉為英國布魯內爾大學法學博士，現為財團法人國防安全研究院國防戰略與資源研究所助理研究員。主要研究領域為：國際法、無人機、國防產業與政策。

# **CMO – Detecting and Countering the PLA’S Stealth Unmanned Combat Aerial Vehicle: A Preliminary Assessment**

*Alice Yang*

*Division of Defense Strategy and Resources*

## **Abstract**

This article investigates the detection and counterstrike capabilities of different air defense systems against the PLA's Stealth unmanned combat aerial vehicle (UCAV), known as “Attack 11” (Gongji-11), using “Command: Modern Operations (CMO) Professional Edition”. The simulation results indicate that the current air defense radar systems can detect and engage with these stealth UAVs, however, the detection range of each radar varies, and the detection rate depends on the UCAVs’ azimuth when entering the radar’s detection range. The article recommends using other airborne radars in conjunction with current defense systems to gather intelligence as early as possible and enhance the effectiveness of countermeasures.

**Keywords:** Stealth, UCAV, Gongji 11