

新世代空對地攻擊武器——JDAM (J5)

· 魏撈傑 ·

專案現況

目前生產中的 JDAM 包括九百公斤級的 GBU-31、四百五十公斤級的 GBU-32 及 GBU-35、兩百二十五公斤級的 GBU-38，以及兩百二十五公斤級的雷射導引 JDAM (Laser JDAM，以下簡稱 LJAM) GBU-54。美國空軍偏愛 GBU-31，最常用來執行戰略攻擊、戰場阻截、密接空中支援的任務；美國海軍喜歡 GBU-32 和 GBU-35，而 GBU-38 則是最受歡迎的 JDAM，它有最新發展的導引炸彈平價導引標件 (Direct Attack Munitions Affordable Seeker Kit) 導引單元，這是個裝在 GBU-38 彈錐內的紅外線影像感測器，讓 GBU-38 在最後瞄準撞擊目標時，能夠與事先輸入電腦記憶體內的目標影像進行比對，而目標影像可利用衛星、載機的前視紅外線 (FLIR) 或合成孔徑雷達來獲得，因而 GBU-38 能達到「精確」攻擊的程度，圓形公算誤差估計只有二公尺，適合用來攻擊城市地區，可將附帶損害 (collateral damage) 降到最低。新的尋標器在 GPS 訊號受到干擾時，可完全依賴紅外線影像進行目標確認，避免了干擾的問題，但會大幅增加 JDAM 的造價，完全抵觸 JDAM 基本需求規格中的「便宜」。

諾格公司 (Northrop Grumman) 為了讓該公司製造的 B-2A 能攜帶 GBU-38，特別開發了智慧型炸彈架 (smart bomb rack assembly)，每架 B-2A 的武器艙內可容納四具炸彈架，每具炸彈架可配掛二十枚 GBU-38，因此 B-2A 一次任務就能攜帶八十枚，獨力攻擊八十個不同的目標。二〇〇三年九月十日，美國空軍一架 B-2A 在猶他州希爾 (Hill) 空軍基地的測試訓練場上空投下八十枚 GBU-38，成功擊中地面八十個不同的目標，創下了至今為止單機投擲導向炸彈的最高數量紀錄。此套武器系統在二〇〇四年底具備作戰能力。

目前最新的 JDAM GBU-54 是在 GBU-38 上新增雷射導引的功能，賦予它執行任務的靈活性，使它能夠移動目標進行有效的打擊，同時減輕任務規畫人員選用炸彈的困擾，不致在 GPS 及雷射導向炸彈中踟躕。

美國空軍是在二〇〇三年底提出 LJAM 的構想，二〇〇四年中交由波音進行開發，二〇〇五年二月至二〇〇六年九月間執行實彈測試。在二〇〇五年二月二十日的第一次飛行試射中，撞擊點距離地面靜止目標僅有一點五公尺；在五月二十四日的第二次飛行試射中，準確擊毀地面行駛中的靶車；在二〇〇六年九月十五日的最後一次試射裡，一架 F-16 在兩萬英尺的高空投擲一枚 JDAM，另一架 F-16 對地面一輛時速六十四公里的高機動性多用途輪式車輛 (High-Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle) 車頂射出定標雷射，第一架 F-16 以本身的雷射英鎊標定目標並準確命中，為期一年半的發展測試 (Development Test) 畫下完美的句點。

美國國防部在二〇〇七年五月宣布採購六百枚 JDAM，四百枚撥交美國空軍，兩百枚撥交美國海軍。美國空軍於二〇〇八年三月在加州中國湖 (China Lake) 試射場進行首次量產件接收測試 (First Article Acceptance Testing)，由一架 F-15E 和一架 F-16 分別進行實彈炸射，準確擊中並摧毀時速達一百一十公里的地面靶車。美國海軍也在同年三月以 AV-8 獵鷹 (Harrier) 戰機執行多彈拋投測試，F/A-18 還會加入後續測試的行列。

波音在二〇〇八年四月十八日宣布，第一枚 LJAM 已交給美國空軍，全部六百枚會在二〇〇九年六月交畢，美國海、空軍在二〇〇八年底具備此彈的作戰能力。不過美國空軍在二〇〇八年八月十二日進行的一項作戰行動中，首度把最新型的 LJAM 投入伊拉克戰場，有效攻擊敵軍一輛移動

車輛，象徵美國空軍已能將此精確空對地攻擊武器用在作戰的各個層面上。波音另在二〇〇八年七月二十四日宣布，該公司已與德國簽定一批 JDAM 組件的商購合約，預定二〇〇九年開始交貨，除提供為數不詳的改裝組件外，波音還將支援將 LJAM 整合到龍捲風 (Tornado) 戰機上，德國也成為 JDAM 的第一個外銷客戶。

精確度改良

JDAM 的基本精確度規格，是當時 GPS 最大誤差值的十三公尺，並不是很好。為了進一步改善 JDAM 的精確度，美國空軍由一九九九年開始，針對某些地區建立了一天二十四小時內，GPS 精確度的差異性變化統計，發現由於在一定時間、一定位置上，GPS 接收機只能搜尋特定的衛星，因而有一種幾何精確度稀釋 (geometrical dilution of precision) 的誤差效應，也由於衛星的位址會隨著時間而變更，所以這種效應也時高時低，若搜尋到合適的衛星，這種誤差就會很小，甚至小到只有最差情況的幾分之一而已。因此美國空軍從一九九九年後，若是要攻擊的目標沒有急迫性，就等到幾何精確度稀釋誤差最小的時候，以獲得最佳的轟炸精確度。

另一種更好的方式是使用大區域差分 GPS 技術，這必需在戰區周圍部署網絡狀、精確校正過的 GPS 地面接收站，各站根據已知的精確位置，持續

F-22 機腹的左、右機內武器艙各可放置一枚四百五十公斤級的 JDAM (左) 和一枚 AIM-120 先進中程空對空飛彈 (右)。



不斷量測接收的GPS訊號誤差量，再把這些資料傳送給一中央控制站，進行一套複雜的電腦模型運算，不停地算出一組用於卡門數位濾波的校正參數，加密編碼後以資料鏈傳送給JDAM。這種方式下的GPS訊號誤差在任意方向只有一、二十公分，達到真正的「精確」。

GPS干擾

JDAM既已成為美國主要的對地攻擊武器，敵人自然會竭盡所能設法反制。GPS衛星飄浮在離地面兩萬公里的天空，所發射的訊號到達地面時的強度只有電視天線接收到訊號強度的十億分之一，干擾源只要一瓦特的發射功率，就會造成半徑三公里內的軍用接收機接收不良，JDAM依賴GPS訊號進行精確的目標攻擊，敵方若在目標物附近以雜訊干擾GPS，即使不能讓JDAM成為廢物，至少讓它喪失精確性，無法對有價值的目標進行有效攻擊。

俄羅斯的Aviaconversia公司在一九九七年的巴黎航空展中，就展示了一具手提式GPS干擾器，這具大約十公斤重的干擾器使用乾電池，輸出功率四瓦特，干擾距離達一百九十公里；二〇〇七年十月更推出二型分別針對大、小區域的干擾器，並運交

給「許多國家」。北韓的「朝鮮日報」也在二〇〇八年六月三日報導，該國已獨立開發出針對GPS的干擾裝置，會讓GPS導向炸彈的精確度下降，並計畫外銷伊朗、敘利亞……等中東國家。

美國空軍對此當然有先見之明，因此早在一九九五年就開始進行為期三十三個月的GPS反干擾科技飛試專案(Anti-Jam GPS Technology Flight Test Program)，對容易受到干擾的GPS輔助／慣性導向戰術武器系統，如：JDAM和傳統的空射巡弋飛彈(Conventional Air-Launched Cruise Missile)，尋求低成本的解決方案，專案的規格要求是「在120 dBW的干擾環境下，仍能接收GPS訊號」。JDAM採取改良現有組件，增加一低成本的抗干擾系統件。

波音獲得了專案的系統發展合約，所開發的組件由美國空軍完成了數次成功的飛試後，專案於一九九八年如期結束，但成果是否已經整合到生產線上的JDAM，目前仍然未知。

一九九八年一月，GPS聯合專案辦公室(GPS Joint Program Office)發布「導航戰」(Navigation Warfare)專案，目的在藉由有系統的方式，提供戰爭時期美國及盟國有效的GPS服務。要滿足這樣的

需求，短期做法是在GPS接收機上換裝反干擾天線，而反干擾的方式則概分為兩種：一、抵銷(nuller)，偵測干擾訊號源的方向，自動變更天線的型態(pattern)，衰減該方向的干擾訊號；二、傳輸整形(beamformed)：根據接收機和衛星的詳細位置資料，增強接收機方向的訊號強度。目前類比電路已達成上述第一種功能，而且體積小巧，價格也不貴；至於能同時完成兩種功能的數位電路則尚待發展中。

長期性做法方面，導航戰專案制定了選擇性使用反欺敵模組(Selective Availability Anti-Spoofing Module)的發展需求，它以關鍵資料處理器(Key Data Processor)晶片，取代現行軍用GPS接收機上的精確定位服務安全模組(Precise Positioning Service Security Module)，此晶片使用最新式的密碼，表面上並有防破壞塗層，即使接收機落入敵手，敵方也無法由晶片內部獲得任何有用的訊息。

一九九八年十一月十五日，美國三軍聯合參謀本部(Joint Chiefs of Staff)宣布二〇〇三年十月一日之後所採購的軍用GPS接收機，都必須裝上反欺敵模組。美國空軍的空用軍備中心(Air Armament Center)並在二〇〇三年與波音簽定金額三億三千六百萬美元的合約，由該公司在二〇〇五年三月時，將此模組與反干擾天線整合到JDAM。

美國也把現在環繞在地球軌道上的二十四顆GPS II/A衛星，逐步以二十一顆加大發射功率、抗干擾能力更佳的GPS II R衛星取代，第一顆衛星於一九九七年七月發射，最後八顆並可發送特別為軍事用途設計的Z碼(M Code)，編號為II R-M，最後一顆衛星於二〇〇七年三月送上太空軌道，順利完成GPS衛星的世代更新。新衛星的訊號發射功率提高一百倍，讓裝有反干擾天線及數位電路的新型GPS接收機，反干擾能力增加一萬到十萬倍，如果現在的干擾源功率只需十瓦特，屆時就得一百萬瓦特才能奏效。一旦敵方真的進行干擾，這麼大功率的電波發射站，勢將難逃反輻射飛彈的毒手。

美國國會並在二〇〇〇年通過「GPS III」專案，持續加強GPS衛星的精確度和抗干擾能力，美國空軍並於二〇〇八年五月十五日以十四億美元的金額，交由洛馬和通用動力(General Dynamics)合組的工



F-35機身二側的機內武器艙各可放置一枚九百公斤級的JDAM (左) 和一枚AIM-120先進中程空對空飛彈 (右)。



前端加裝雷射導引裝置的JDAM，可對移動目標進行有效的打擊。



未來的戰場將由無人戰機攜帶JDAM進行打擊任務，徹底改變以往的空襲場景。

作團隊負責製造GPS III衛星，預定產出八枚GPS III A、八枚GPS III B，以及十六枚GPS III C。1101四年發射第一顆衛星。

影響層面

JDAM的出現，對戰爭的型態產生了革命性的影響，要明瞭其影響的深遠，得先以戰機的觀點來看傳統的轟炸行為。第一次波灣戰爭前，要擊中特定的瞄準點，傳統的戰術轟炸至少得投下六枚炸彈，這和目標的防空嚴密與否無關，純粹是傳統炸彈的命中率。一架戰鬥機最大的載彈量幾乎就只有六枚炸彈，而一個目標，如：空軍基地、工廠、飛彈陣地，就不只一個瞄準點，因此一個目標就必須動用好幾架飛機去轟炸，而其中有些飛機可能因為機械故障或被敵機攻擊而無法飛抵目標，所以若是高價值的目標，就得有後備機來待命。一場戰爭中，經常得在特定時段、特定幾天、特定幾個星期內攻擊數個、數百個、數千個目標，大量的飛機調度和龐大的彈藥消耗，構成很沉重的後勤負擔。

因此若現在一架戰機就能攻擊一個、甚至多個目標，對空軍至少有三個重要的影響：一、少數的飛行架次就能達成任務，飛機和人員都大大鬆了口

氣；二、飛機可在防空飛彈射程外投擲炸彈，降低了飛機被擊落、機員被俘的風險；三、減輕對平民及民宅造成的附帶損害。根據美國近年來的一些對外衝突經驗，人口稠密區未來也將成為戰爭的場景，美軍進行轟炸時的重要考量之一，就是盡量避免傷及無辜百姓和建築物，JDAM這種炸彈能滿足空軍的這些需求，因此往後百機臨空、萬彈齊投的轟炸場面將成為昨日黃花，取而代之的是神不知、鬼不覺，神龍見首不見尾，由九天之外直襲目標的JDAM。

JDAM也促使一些國家重新思考衛星定位系統在軍事上的價值與應用，其中以俄羅斯、歐盟、及中共的反應最為積極。

俄羅斯的GLONASS全球導航衛星系統，是除了GPS外另一套正在運作的衛星定位系統。這個系統在冷戰末期有二十四枚工作衛星，但由於缺乏經費，很快就殘破不堪（GLONASS衛星的平均壽命只有二十二個月），到二〇〇〇年初僅剩下七枚工作衛星，連俄羅斯全境都無法覆蓋。俄羅斯之後陸續發射了幾枚衛星，讓GLONASS恢復正常運作，到二〇〇六年底已有十六枚工作衛星，二〇〇七年底增加到十九枚，可對俄羅斯全境提供全天二十四小時的衛星訊號，預定到二〇〇九年回復到完整的二十四枚衛星，衛星訊號將能涵蓋全球。俄羅斯會有如此大動作，顯然是受到JDAM的刺激，為它的全球導航衛星系統導向炸彈先行鋪路。

歐盟繼一九九九年七月開始進行先期可行性研究後，終於在二〇〇三年春天正式確定發展屬於歐洲的「伽利略」（Galileo）衛星定位暨導航系統，全系統共三十枚衛星（二十七枚工作衛星和三枚備用衛星），並於二〇〇五年底成功發射第一枚試驗衛星，預定在二〇一三年後開始商業營運。表面上，歐盟聲明發展此導航系統有政治、經濟、及軍事上的多重考量，不過實際上的關鍵點是歐洲要打破美國GPS的獨占局面，只是這一點罕見公開提及。在阿富汗、科索沃、伊拉克戰爭中使用的導向炸彈，大部份是以GPS來定標及導向，而任何裝有美製密碼晶片的GPS導向武器，都被禁止售予北約以外的國家，因此歐洲生產的衛星導向武器外銷受到美國

重重的限制，多年來只能徒呼奈何，有了「伽利略」後，情況將就此改觀。

結語

美國已在各種對外衝突中大量使用JDAM，最初開始發展JDAM時，美國國防部在一九九五年與波音簽定第一批生產合約，預定採購量視預算多寡由四千件到八萬件不等，二〇〇一年底美國對阿富汗戰爭前夕，美軍庫存量約為一萬件，但到二〇〇七年一月底止，波音已交出十四萬五千件，而現在美國三軍的預計總需求則是二十三萬件，它的廣受美軍歡迎由此可見。JDAM的使用端賴GPS系統的支持，使它成為美國限制輸出最嚴格的武器之一，因為出口JDAM背後更重大的意義是允許接收國瞭解美軍作戰的核心內部資料，所以目前只有以色列、澳大利亞、丹麥、阿拉伯聯合大公國、南韓……等國經由對外軍品銷售（Foreign Military Sales）途徑向美國購買JDAM，成為少數可以共享美軍作戰資源的國家；另外希臘與沙烏地阿拉伯也分別在二〇〇六年及二〇〇七年，向美國表達採購的意願。我國也曾在二〇〇五年向美國提出採購需求，但在二〇〇六年初遭到拒絕。

JDAM的成功代表了未來精確導引武器的發展方向，也顯示未來的戰爭中將會普遍採用導引炸彈，「伊拉克自由」行動已經能看到這個雛形。JDAM最大的優點是造價便宜，一枚四百五十公斤或九百公斤傳統炸彈的JDAM套件，單價大約兩萬美元；相對的，一枚配備四百五十公斤傳統彈頭的戰斧巡弋飛彈要價八十八萬美元，是JDAM的四十多倍。雖然戰斧飛彈在精準度上略占上風，但造價實在貴太多。

更重要的是JDAM預示著擁有衛星導航系統的國家，將會開發一系列新的低成本智能武器，它既可裝載於傳統戰機上，也可搭載在無人飛行載具上，更有效地攻擊較小的移動目標，因此必將是未來無人戰機（UCAV）的制式武器。根據美國空軍和國防高級研究計畫署（Defense Advanced Research Projects Agency）的規畫，未來的無人戰機將攜帶具硬打擊能力的導引炸彈，二者的結合將徹底改變未來戰場的空襲模式。