



軍事戰略

中共北斗導航衛星系統 架構分析與研究

空軍少校 郝立仁

提

要

中共刻正走向太空爭奪戰趨勢發展，不僅造成我國軍力失衡－特別在「制天權」上已取得優勢造成嚴重影響，相信對未來太平洋戰區安全穩定突增不可知變數。

中共大肆渲染太空武器的優越性能，指稱太空科技乃是太空戰力的重要基礎，也是爭奪「制天權」的重要憑藉。過去我們容易忽略其引進俄羅斯或他國武器後，各項武器操作訓練及後勤保障能力估算，針對今(2011)年5月於上海世博中心完成第二屆中共衛星導航學術年會得知參與之國內外衛星導航系統知名專家學者將透過學術交流、高峰論壇、裝備展示與教育普及等一系列活動，全方位推展衛星導航領域。因此我們惟有全盤瞭解中共北斗導航衛星架構及相關武器系統整合配套作為，才能透析中共國防太空化的實際作業進程。

國家安全匹夫有責，中共針對1996年台海衝突中美國介入援助所做之戰場準備已超前過往，實具備超越我邦交國對我奧援之作戰實力，我們仍應續保警覺勿忘在莒居安思危！

關鍵詞：制天權、北斗導航衛星、1996年台海衝突

壹、前言

中共在未來戰爭中，將以奪取「制天權」而扮演舉足輕重的角色。近期中共衛星導航系統管理辦公室主任冉承其向記者表示，2011年4月10日在西昌衛星發射中心成功發射第八顆北斗導航衛星後，北斗導航衛星系統基礎建設已完成，將進行長



期軌道驗證及系統整合，未來也將具備提供全球衛星導航，並向大陸地區服務基本條件。依照中共「三步走」發展戰略，於2012年底前將繼續發射8顆北斗導航衛星，以建構北斗導航衛星系統，使其具備提供亞太地區服務能力，屆時將有5顆靜止衛星及30顆非靜止衛星，^{【註1】}這足以證明中共刻正走向全球繼美國、俄羅斯後之太空爭奪戰趨勢發展，不僅造成我國軍力失衡－特別在「制天權」上取得優勢已造成嚴重影響，相信對未來太平洋戰區安全穩定突增不可知變數。

中共依據現今的衛星自行研製北斗導航衛星系統，企圖在全球所有衛星導航系統中獨樹一格。這不僅為中共下一階段衛星導航系統研製奠定堅實基礎，同時也在現階段軍事作戰中深具重要戰略意義。針對中共北斗導航衛星系統研究是有其必要和重要性的，^{【註2】}惟有全盤瞭解中共北斗導航衛星架構及相關武器系統整合配套作為，才能透析中共國防太空化的實際作業進程，亦期望對我國防政策在未來作戰想定規劃能有所助益。

貳、導航衛星發展沿革

目前全球計有四大導航衛星定位系統，分別是美國的全球導航衛星定位系統(GPS)、俄羅斯的格羅納斯(Glonass)導航衛星系統、歐洲的伽利略(Galileo)導航衛星系統及中共北斗導航衛星系統，概述如后：

一、美國的全球導航衛星定位系統(GPS)：

導航衛星在軍事上的功用，在於提供潛射式飛彈、洲際彈道飛彈、戰術飛彈、巡弋飛彈等的導航，並且各型飛機及船艦，甚至某些特種車輛均可利用以定位。起先導航衛星主要為軍事而考量，緊接因應民間需求，由軍方釋出技術及解密。眾所週知美軍於1970年發射「全球衛星定位系統」(即GPS衛星)，其軌道高度在19,000公里左右，24顆衛星的導航誤差約在10公尺左右，若用於飛機速度量測，可達到每秒0.1公尺的誤差。GPS衛星使得人類交通更加安全，尤其對航行船隻或飛機，將不至迷失方向，並可將航道控制在最有效率路線上。GPS衛星除增加安全性外，更進一步降低航運成本。GPS衛星不僅是海運與空運，其他如鐵路運輸均能藉此提高運輸效率。美國對此種衛星主要在提供三軍一種高效能的共用導航工具，其優點是使用波長極長的電碼，產生不受干擾的連續訊號，以提供導航及定位之用。其接收機不但小巧輕便，而且無需發射電子

註1 北斗網訊，2011年6月8日。

註2 空軍航空技術學院第22期國軍電子戰參謀正規班編，《北斗導航衛星系統架構分析與研究專題》，〈高雄，空軍航空技術學院，民國98年10月製〉，頁1。



訊號，故不會暴露自己的位置；也不會發生線路擁擠或飽和，可遍及全球各角落，提供無限多的定位者之用。GPS由空間部分、地面監控部分和用戶接收機三大部分組成。空間部分由24顆衛星組成(不包括4顆備份星)，工作衛星分佈在軌道高度(即從地表到衛星的距離)20,230公里的六個軌道面內，每個軌道上分佈4顆衛星。自1991年整個系統投入使用以來，在地球上任何位置、任何時刻，GPS都可為各類用戶連續地提供動態的三維位置、三維速度和時間資訊，實現了全球、全天候的連續即時導航、定位和授時。GPS對每顆衛星分配專門的偽隨機碼，利用偽隨機碼之間的不相關性實現各衛星碼分多址(CDV1A)。每顆衛星上發射的無線電訊號含有兩種精度不同的偽隨機測距碼，即P碼(精碼)和C/A碼(粗碼)。相對這兩種測距碼，GPS提供兩種定位服務方式，即精密定位服務(PPS)和標準定位服務(SPS)。精密定位服務的主要對象是美國軍事部門和特許的部門或同盟國，這類用戶可利用P碼獲得較高的定位精度，單點時定位精度可優於10公尺。標準定位服務的主要對象是民間用戶，這類用戶只能利用C/A碼獲得較低的定位精度，單點及時定位精度約為30公尺左右。由於GPS與美國國防現代化發展密切相關，為了降低其它國家使用GPS的導航定位精度，美國實行了所謂的SA(選擇可用性)政策，即人為地將GPS標準定位服務的精度降低到約100公尺。在特殊時期，該政策會突顯出重要作用。2000年5月1日美國宣佈將SA置零，從而使GPS的應用獲得普及和發展。

為改善GPS性能，美國進一步發展GPS Block II R, Block II F, Block III(Block:GPS衛星的種類)等，不斷改善及提升系統功能。許多國家製造商也在不斷改進GPS接收機的性能，GPS擁有人數最多、用途最廣的用戶群。

- 二、俄羅斯的格羅納斯(Glonass)導航衛星系統：GLONASS(全球導航衛星系統)是繼GPS之後應用較廣泛的衛星。它是由俄羅斯國防部獨立研製和控制的軍用導航衛星，採用與GPS相近24顆星組成，其中包含21顆處於工作狀態的運行衛星和3顆處於工作狀態的在軌備份衛星。衛星分佈在軌道高度為19,100公里的三個軌道面內，每個軌道上分佈8顆衛星。GLONASS對每顆衛星分配專門的載頻對，利用每顆衛星上的不同載頻對實現各衛星的頻分多址。所有衛星上發射的無線電訊號均含有兩種精度不同的偽隨機測距碼，以此提供軍用和民用兩種服務。自1996年初正式投入使用以來，GLONASS可為各類用戶連續地提供動態的三維位置、三維速度和時間資訊，並一直是以GPS/GLONASS組合式接收機出現在實際應用中，其定位精度可達到10-15公尺。GLONASS系統從1994年8月發射第一顆衛星以來，至今已發射了13顆衛星，但到目前為止僅有少數衛星能正常工作。



此外，系統每年需要大約3,900萬美元來維持其基本功能，由於經濟原因，俄羅斯難以維持GLONASS的獨立使用。雖然俄羅斯在推廣該系統的使用，以解決部分的經濟問題，但實際應用領域和人數與GPS相去甚遠。

表1 中共導航衛星系統發展沿革^{【註3】}

中共導航衛星系統發展沿革		
項次	摘	述
1	1988年提出2000年中共軍事導航技術	
2	1988-1989年利用2顆C頻段通信衛星，完成雙星定位試驗	
3	2000年10月31日發射第一顆雙星定位衛星	
4	2000年12月21日發射第二顆雙星定位衛星	
5	2003年5月25日發射第三顆雙星定位衛星	
6	2005年9月發展二代北斗導航衛星(由區域性轉為全球性)	
7	2007年4月14日首顆二代北斗導航衛星升空	
8	2009年4月15日第二顆二代北斗導航衛星升空	
9	2010年1、6、8、11及12月成功發射第三~七顆二代北斗導航衛星	
10	2011年4月10日成功發射第八顆二代北斗導航衛星	

三、歐洲的伽利略(Galileo)導航衛星系統：參與國包括歐盟15國及中共等16個國家，於2008年投入營運，衛星數量計30顆，精確程度誤差1米，營運成本約36億美元，營運前期係由政府投入，後期轉透過市場融資，由非軍方單位負責控制及管理。應用領域軍民使用，並能夠與GPS、GLONASS系統彼此相容。

四、中共北斗導航衛星系統：中共第二代北斗導航衛星系統已完成部署，其衛星性能接近GPS，企圖撼動美國以獨霸全球衛星導航商用市場的局面，並將提升其精確打擊能力。繼前期中共自主研製的「長征」系列火箭連續24次發射成功，其中包括神五、神六兩載人太空任務及22顆不同類型的人造衛星，以發展成六大衛星系統，近期中共「北斗」雙星導航衛星系統於台北時間2011年4月10日凌晨成功發射第八枚北斗導航衛星系統。為滿足周邊地區用戶對衛星導航系統的需求，中共進行衛星導航系統組網和試驗，並逐步擴展為全球衛星導航系統，故中共北斗導航衛星系統係整合衛星、通信鏈路、資訊處理等科技產物，包含廣泛運用定位與導航功能，以產生高效益價值。中共導航衛星系統發展沿革(如表1)。

參、中共北斗導航衛星運作原理

中共除發展自主「北斗導航衛星系統」，並積極研發受限頗多之三維「區域性」導航定位衛星，期盼將來可提升遠程武器射擊精度，不受外力威脅，俟其完成後，將可在東海及南海地區建立核彈、戰略轟炸機、中程巡弋飛彈及核動力潛艦，並

註3 空軍航空技術學院100年班情報參謀正規班編，《北斗衛星發展之研析》，〈高雄，空軍航空技術學院，民國100年7月製〉，頁1-3。



組成戰略性核武恫嚇能力，相信未來必對我構成嚴重威脅。至於北斗導航衛星運作原理^{〔註4〕}概述如下：

一、衛星對時：衛星對時係按衛星在對時中所起的作用區分為主動式和中轉式兩類。主動式衛星具有傳送精確時間訊號功能(GPS為代表)；轉發式衛星具有轉發藉由衛星地面站送來的標準時間訊號功能(中共北斗導航衛星為代表)。北斗導航衛星的「時間校正系統」係採多重配置，主要由原子鐘頻率所提供之標準頻率訊號，並針對主/備用頻率時脈的頻率穩定度進行即時測量，一旦出現異常，監控台即可實施主/備用頻率時脈切換。備用頻率藉由儀器使其頻率與相位調至與主用頻率一致，在切換需求發生時可確保系統時間和頻率一致性。北斗導航衛星的「頻率訊號產生器/分配設備」與「時間訊號產生器/分配設備」皆提供其它分系統所需的時間和頻率訊號，也都是多重配置。

二、衛星定時與校頻：「定時」就是確保本地時間與對時台發送時間一致；「校頻」就是本地頻率藉由對時台發送的頻率值來進行校準。

三、單向定時：定時接收機接收中心控制系統發出的詢問訊號，從詢問訊號中解調出PN碼中的時間訊號、時間資訊和北斗衛星的精確座標參數。依據中心控制系統站座標、電波傳播修正參數及天線座標，就可計算電波從中心控制系統站到接收機的延遲，扣除接收機延遲就能滿足與中心控制系統站的時間同步。因為系統時間與UTC同步

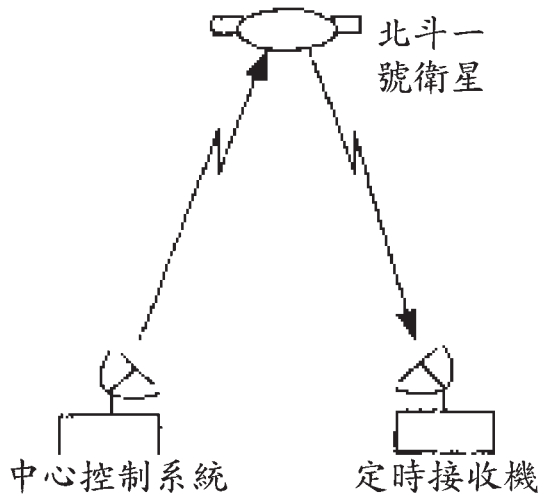


圖1 北斗導航衛星單向定時法

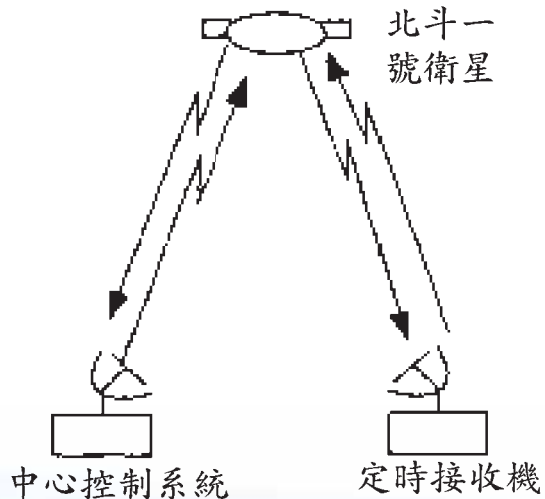


圖2 北斗導航衛星雙向定時法

註4 空軍航空技術學院第22期國軍電子戰參謀正規班編，《北斗導航衛星系統架構分析與研究專題》，〈高雄，空軍航空技術學院，民國98年10月製〉，頁16-17。



，也就滿足接收機時間與UTC同步要求(如圖1所示)。

四、雙向定時：

定時接收機接收中心控制系統發出的詢問訊號經固定延遲後，仍藉由北斗導航衛星傳播導航電文，攜回具有用戶標誌的回覆訊號，中心控制系統

收到回覆訊號後藉由計算就可得知電波往返延遲。由於電波往返路徑相同，同模傳播誤差相互抵銷，因此可認定單向延遲是往返延遲的1/2。中心控制系統將此延遲值透過航電文告知該用戶。定時接收機依據延遲、航電文中的時間資訊及解調PN碼所獲時間訊號就可滿足與中心控制系統的時間同步(如圖2所示)。由於單向定時法是根據模型來扣除延遲，因此就時間同步誤差而言雙向定時較小(約20ns)，單向定時較大(約100ns)。

受衛星相對運動所產生的都卜勒頻移效應影響，北斗導航衛星校準也採用比較法。校頻實為測頻，係透過接收對時台的訊號來量測本地頻率與標準頻率差值。校頻還須包含依據所量測差值來校準本地頻率值。北斗導航衛星校準比較法係將被測頻率和參考頻率輸出訊號來驅動兩個數字鐘，並運用計數器量測數字鐘輸出訊號的時間差(隨時間累積而變化)，以求得頻率穩定度，如圖3所示。

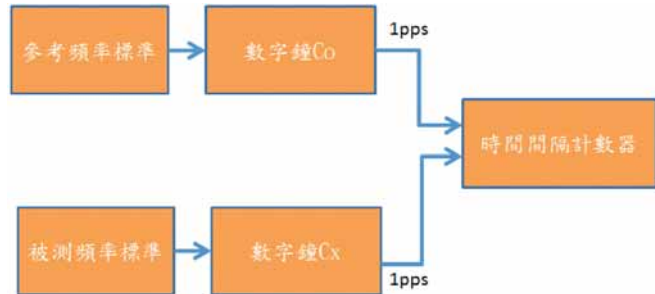


圖3 北斗導航衛星校準比較法原理

肆、中共北斗導航衛星系統架構、功能及運用【註5】

一、系統架構：中共北斗導航衛星系統係由太空(3顆地球同步衛星)、地面控制管理(1個中心控制站、33個定位校準站，其中7個定位校準站與定軌校準站重疊)及用戶端3大部分組成。

(一)太空：由兩顆地球同步衛星同時工作，另一顆為在軌備份衛星。每顆衛星包括C/S和L/C兩個頻段轉發器。

(二)地面控制管理：中心控制站位於北京，掌控整個系統運作及資料處理。中心控制站由訊號收發、信息處理、監控、時間及測試等5個分系統組成。中心控制站與兩顆工作衛星可進行雙向通信，上、下載頻率均為C波段。30多個

註5 空軍航空技術學院第22期國軍電子戰參謀正規班編，《北斗導航衛星系統架構分析與研究專題》，〈高雄，空軍航空技術學院，民國98年10月製〉，頁20-22。



圖4 北斗導航衛星架構圖

校準站分散各地，每個校準站均設置於已知位置點，用於對整個工作鏈的時間延遲進行監測和校正處理。

(三)用戶端：用戶端係包括整個衛星系統定位、定時和通信終端，分布於陸地、海洋和空中各種界面，以滿足各用戶端對導航定位、定時授時及通信方面需求。用戶端及校準機與衛星間的雙向通信其上載頻率為L波段，下載頻率為S波段。衛星系統架構(如圖4所示)。

二、系統功能：中共北斗導航衛星系統可為各用戶提供三大服務功能：定位、報文通信、定時授時。三大系統功能均在同一通道中完成。

(一)定位(導航)：快速確定用戶所在點的地理位置，向用戶及主管部門提供導航資訊。



(二)通信：用戶與用戶、用戶與中心控制系統之間均可實行雙向簡短數字報文通信。

(三)授時：中心控制系統定時播發授時資訊；為定時一用戶提供時延修正值，用戶機依據此值對恢復的時標資訊進行修正；為用戶提供北斗標準時間。

三、系統運用：

(一)水面艦艇、潛艦之定位與導航，並修正雷達系統目標誤差、海圖及經緯度誤差。

(二)坦克、彈道飛彈、自走式火炮、多管火箭發射車等發射位置定位，並使武器能迅速決定其射擊目標位置開始射擊，進而提升系統作戰反應時間。

(三)戰場運動陸上部隊之定位時機係取決於作戰單位是否具備導航衛星接收器，若具備則可隨時測知我軍相對位置而不會迷失方向，可迅速回傳訊號至作戰指揮官，俾利戰術展開及作戰任務遂行。

(四)藉由通訊網絡建構C4ISR重要組成，將參戰單位位置，即時展示於戰術情態顯示器上，使參戰單位透析戰場即時動態情資及敵我相對位置，俾利指揮官決策下達及與友軍共同執行聯合作戰任務。

(五)適用各種作戰行動定位、陸海空掃雷與佈雷、偵察、海陸救援、雷達飛彈火炮陣地部署及測繪等任務，以提高作業效率並獲得精確定位信息。

伍、中共北斗導航衛星現階段戰力分析^{【註6】}

美國戰略規劃圈的主流意見認為，共軍積極發展新的能量，一方面可以增加其成為「負責任的利益關係者」角色與功能，與美國一起分擔維護國際環境和平穩定的責任；但是，另一方面，當共軍的整體軍事能量強化到一個程度時，其也將具體地威脅美國長期主控全球公共領域(Global Commons)的領導地位；此外，共軍開始積極參與跨區域的兵力投射行動，將為共軍累積實戰經驗，並進一步提升其軍事能量。^{【註7】}綜觀中共北斗導航衛星發展，現階段戰力分析概述如后：

- 一、增強不對稱作戰優勢作為：中共運用太空科技優勢，對我進行不對稱作戰，以高壓低，將使兩岸情勢增加緊張與不安。憑藉衛星情報及先期預警系統，可強化對我兵力部署與用兵掌握，並藉此降低/提高對我動武不確定性因素。
- 二、加速研製反衛星武器：中共瞭解作戰指管、戰場經營及整體後勤支援功能的發揮，在於衛星所構成的體系運作。因此，除加速研製反衛星武器外，以摧毀我

註6 陳偉寬，〈探中共空軍現代化-以航空兵發展為例兼論其對我空權之影響〉。

註7 〈國民黨中央政策會大陸情勢雙週報1590期〉，2011-01-11 09:00:35。



指管通資情監偵系統，並阻撓美軍援助及削弱其資訊作戰能力，俾達成「抗美奪臺」的目標。

- 三、發揮即時探測與預警功能：中共未來將發射合成孔徑雷達衛星，以增強衛星偵察能力，俾利對我重要目標與設施全面掌控，預知未來中共偵察衛星能力將更強大，解析度更高，以發揮其即時探測與預警功能，對我國防安全及軍事作為威脅甚鉅。
- 四、建立中共靈活指管通信能量：以中共目前擁有的太空科技能量，形成天基平臺的C4ISR體系，達成快速、保密、及時、範圍廣及高容量的指管通信能力；另中共自主導航系統的建立，導彈精度的提升，將使其指管通信更加靈活，而我反制/截聽中共各級部隊間的通信，將比現在更加困難，勢必對我整體防衛作戰成效產生不利影響。
- 五、強化遠距打擊效能：飛彈飛行途中若結合全球定位系統與慣性導航系統，將可提升飛彈打擊精度。中共已發展能同時接收美國全球導航衛星(GPS)及俄羅斯格羅納斯(Glonass)導航系統接收器，當敵方對飛彈進行干擾或關閉定位系統時，飛彈仍可藉另一套定位系統來更新資料，以發揮遠距打擊效能，使我飛彈防禦困難度大幅倍增。
- 六、積極組建太空作戰部隊：中共自1999年開始策劃「天軍」，積極組建太空作戰部隊，就是以各種不同形式、功能衛星構成的「天網」，平時可增加國防與經濟發展，戰時可直接或間接輔助遂行軍事行動，以確保太空戰力發揮，奪取戰場制高點。於2007年發射「嫦娥一號」探月衛星，展現建置太空站能力，並籌組「天軍」用以指揮未來太空作戰。「天軍」將成為未來太空戰場主力軍，可遂行偵察、預警任務及摧毀敵方軍用衛星、太空基地。此外，「天軍」可扮演攻擊地面軍事目標及擔負指揮、通信、導航及蒐集氣象資料等多種軍事任務，日後勢必躍升為各軍兵種首要地位，亦將對我防衛作戰形成壓力，不利我全般作戰行動。

陸、結論

繼電子戰及資訊戰之後所出現的一種新型態的戰爭-「導航戰」。所謂的導航戰即指為求獲取資訊優勢，經由破壞和干擾敵方導航衛星，使其不能獲取正確定位資訊，並達到保障我方導航衛星及資訊獲取，所採取之各式作戰行為。導航衛星已使當今面臨一場新軍事革命，中共北斗導航衛星已然成 太空戰、飛彈戰、資電戰所需的重要武器，它是一個資訊獲取系統，可作 功能強大的軍事感測器，進而成



為敵我雙方爭控導航戰主導權之主要標的。換言之，我國安全實不繫於海峽屏障，也不在盟友國家的援助，而是目前中共已擁有先進北斗導航衛星系統，並掌握未來戰場的主動權。國家安全匹夫有責，中共針對1996年台海衝突中美國介入援助所做之戰場準備已超前過往，實具備超越我邦交國對我奧援之作戰實力，我們仍應續保警覺勿忘在莒居安思危！

柒、參考文獻

1. 劉啟文，中共發展北斗衛星對我之影響與因應之道，國防雜誌第二十三卷第六期，2008年，台北。
2. 王崑義，中國發展北斗衛星系統對台灣安全的威脅與因應之道，「第七屆全球戰略與台海安全學術研討會」，2009年，台中。
3. 譚述森，北斗衛星系統導航的發展與思考，宇航學報，2008年，北京。
4. 中國航天雜誌，2011年，北京。
5. Elliott D. Kaplan. GPS原理與應用[M]. 北京:電子工業出版社，2002. 08.。
6. 胡伍生，高成發. GPS測量原理及其應用[M]. 北京:人民交通出版社，2000. 10.。
7. 劉基餘. GPS衛星導航定位原理與方法[M]. 北京:科學出版社，2003. 8.。
8. 王秉鈞，王少勇，田寶玉等. 現代衛星通信系統[M]. 北京:電子工業出版社，2004. 01.。
9. 月尼斯·羅迪. 衛星通信[M]. 北京:人民郵電出版社，2002. 05.。
10. D. Hanselman, B. Littlefield. 精通MALAB6 [M]. 北京:清華大學出版社，2002. 06.。
11. 劉則毅，劉東毅，馬逢時等. 科學計算技術與Matlab [M]. 北京:科學出版社，2001. 09.。
12. 李東. 區域信標差分GPS組網導航技術研究[D] [碩士論文]. 西安:西北工業大學，2001. 3.。
13. 朱學鈞. 北斗導航衛星系統雙星定位通信原理[J]. 導彈試驗技術，2002. 04.。
14. 張立新，劉宇紅. GPS的時頻系統[J]. 空間電子技術，2000. 12，第4期。
15. 劉會傑，張乃通. 基於雙星系統的單向授時技術研究[J]. 遙測遙控，第23卷，第3期。

作者簡介

空軍少校 郝立仁

學歷：中正理工學院82年班資訊系、美國喬治華盛頓大學工業管理碩士、國防大學管理學院98年指參班畢業；經歷：程式設計官、資料處理官、電子情報官、電戰參謀官、資訊作業督導官、電戰技勤教官等職。現職：空軍航空技術學院軍學部專精組電戰技勤教官；研究領域為：中共及國軍電戰發展研究、國軍模式模擬相關業務研究、領導統御等。