

科學圖書大庫

導向飛彈概論

譯者 蒲良梢

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

導向飛彈概論

譯者 蒲良梢

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 石開朗

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十九年十一月六日四版

導 向 飛 彈 概 論

基本定價 5.80

譯者 蒲良梢 國立交通大學工學士

美國布魯克林理工學院航空工程碩士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763
9446842

電話 9719739

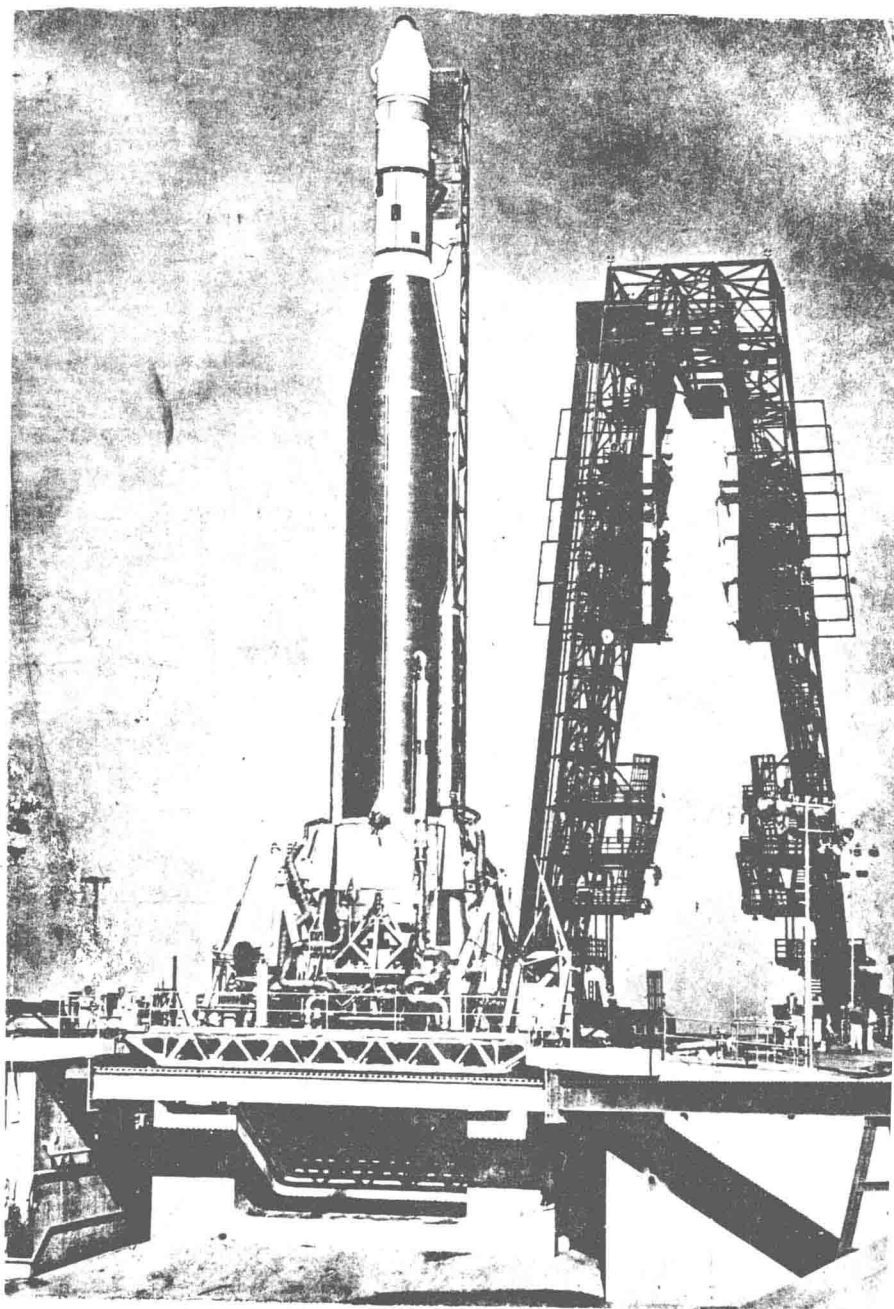
譯 序

在第二次世界大戰期間，德國使用當時新發展成功的V-1和V-2飛彈對英國展開攻擊，使英國的精神和物質兩方面都受到重大損失。幸而盟國的空軍不久便摧毀了德國的飛彈生產力量，否則後果尚難逆料。德國戰敗後，其飛彈資料及人才一部份為美國所得，一部份則淪入蘇俄掌中。經過二十多年的繼續發展，美蘇兩國今天都成了世界上的飛彈巨霸。

飛彈不但在軍事用途上有極高價值，在和平用途上亦將有極大貢獻。即以空中交通而論，目前已發展至超音速運輸機階段，進一步的發展即可能進入飛彈領域。藉飛彈的力量，人類已經可以往返於地球與月球之間，未來的星際交通自然更有賴於飛彈了。因此，飛彈的研究和發展已經成為國際間所競相努力的一個目標。

本書原名(Guided Missiles Fundamentals)，係美國空軍的飛彈技術手冊之一，為訓練導向飛彈操作及維護人員的一種基本教材。內容包括飛彈基本原理及其推進、控制、及導向等系統的組織與功能，最後並進而討論儀器配置問題，對各種遙測方法及其所用裝備尤有簡明介紹。全書深入淺出，插圖豐富，實在是有關導向飛彈的一本比較淺近而完整的參考好書。目前坊間類似的中文書籍尚不多見，希望這一譯本能引起國內青年們對飛彈研究的興趣。

蒲良梢 六十一年二月



目 錄

譯序

第一章 導向飛彈之演進	1
導向飛彈簡史	3
導向飛彈發展及其分類	10
第二章 飛彈空氣動力學	24
飛行物理	24
超音速飛行之空氣動力學	40
彈道飛彈空氣動力學	61
飛彈構造趨勢	76
第三章 導向飛彈之推進	78
噴射推進之基本公式及定律	78
噴射推進系統之分類	84
導向飛彈推進劑	86
噴射推進系統之基本組成件	100
空氣噴射發動機	105
火箭馬達	125
飛彈發射方法	134
飛彈推進系統簡述	141
第四章 導向飛彈設計之物理學問題	143
複習牛頓運動定律	143
與飛彈操作有關之物理原理及性質	144

氣體之力學.....	166
第一節 導向飛彈操作所涉及之光學.....	173
光強度之單位.....	174
光之速度.....	180
光之反射與折射.....	181
光之極化.....	188
螢光與磷光.....	189
第二節 光學與電磁學原理如何應用.....	190
簡單光學儀器.....	191
光波與電磁波之比較.....	203
第三節 電晶體物理.....	206
晶體及原子之結構.....	206
NP型接合面.....	210
NPN與PNP面接合式電晶體.....	214
點接觸式電晶體.....	219
偏壓.....	223
第四節 載波之調變.....	224
幅度調變.....	226
頻率調變.....	230
相位調變.....	234
脈波調變.....	235
都卜勒原理.....	244
瞭解調變之理由.....	
第五章 控制系統組成件.....	251
第一節 感測器.....	254
基本感測器—陀螺儀.....	254

	陀螺豎立及從動電路	265
	高度表：測量高度之感測器	271
	換能器：偵測空速及高度變化之感測器	273
	感拾器：使感測器消息成為有用之裝置	275
	感測器：飛彈控制系統之第二要項	286
第二節	電子計算機	286
	混合器之各種型式	286
	各種積分器之功能	296
	變率系統之功能	307
	電子計算機功能複述	315
第三節	基準器	315
	電壓基準	315
	時間基準	317
	物理基準	325
第四節	放大器	327
	電壓式放大器	327
	功率式放大器	333
第五節	控制器	337
	電螺管操作活瓣及繼電器	337
	轉送瓣控制通至致動器之油液	337
	繼電器電門控制大電流電路	338
	電動發電放大器為一特種直流發電機	340
第六節	致動器	343
	液壓能量轉送系統	344
	氣壓能量轉送系統	351
	電氣能量轉送系統	353
	組合式之能量轉送系統	355

機械聯動裝置在能量轉送系統中之用途.....	356
第七節 隨動器	360
隨動信號指示控制裝置之輸出.....	360
隨動環路補充主回饋信號.....	361
隨動信號產生器偵測系統輸出.....	363
隨動信號可用機械方法傳送.....	363
回饋環路完成閉路循環.....	364
第六章 導向系統組成件	367
第一節 感測器	368
飛彈導向所使用方法.....	369
感測元件.....	371
感測元件之信號感拾器.....	393
掃描方法.....	397
極化方法.....	401
第二節 電子計算機	402
加碼及解碼器.....	404
類比計算機.....	421
數字計算機.....	429
飛彈領域中之計算裝置.....	443
第三節 基準器	444
外部導向基準.....	444
內部導向基準.....	445
第四節 放大器・控制器・致動器及回饋器	467
放大器.....	467
控制器.....	475
致動器.....	478
回饋器.....	480

第七章 導向飛彈控制系統	483
何謂控制系統	483
控制系統之需求	484
控制系統之種類	485
控制系統之能量來源	487
第一節 氣壓式及氣壓電氣式控制系統	488
氣壓控制系統	489
氣壓電氣控制系統	498
第二節 液壓電氣控制系統	503
優點及缺點	504
側滾、俯仰、及偏航控制	504
積分器動作	508
波道互連	509
第三節 彈道飛彈控制系統	513
推力向量控制	515
推力關斷控制	516
自動駕駛裝置	517
第四節 電氣及輔助控制系統	518
電氣控制系統	518
輔助控制系統	524
第五節 控制系統之一般檢查程序	526
試驗之分類	526
動力供應系統檢查	527
物理檢驗	529
電氣點至點檢查	529
歸零及平衡調整	531
靜態伺服器檢查	531

動態伺服器反應檢查	532
固定與變動誤差信號之比較	533
飛彈控制系統	535
第八章 彈道問題	537
基本觀念	537
導向座標	538
基準軸之轉換	539
飛彈彈道軸線	541
影響彈道之自然因素	546
實際導航	551
天體導航	554
幾何座標系統	557
第九章 導向系統	561
第一節 短程導向系統	563
預置導向系統	563
指揮導向系統	564
第二節 長程導向系統	576
慣性導向系統	577
天體導航系統	584
長程雙曲線導向	591
長程導向之地面基準	595
第三節 終端導向	601
追捕導向系統	601
終端慣性系統	605
第四節 組合導向系統	614
控制矩陣	616
速度阻尼部卜勒雷達	617

第十章 導向飛彈之運用	621
地面目標之選擇	621
空中目標之研討	627
特種目標之飛彈選擇	628
飛彈彈頭	630
飛彈彈頭之引信	639
飛彈發射場	641
機動發射器	642
支援機構	642
第十一章 儀器配置	645
第一節 外部儀器配置系統	647
光學裝備	649
雷達裝備	653
第二節 內部儀器配置系統	659
換能器	661
FM / FM遙測系統	670
調幅遙測系統	695
調相遙測系統	696
雷達遙測系統	697
電視遙測系統	700
第三節 遙測資料之精簡	704
遙測地面站	704
地面接收機所用之天線	711
接收機校準裝備	712
第四節 直接記錄儀器配置	725
墨水筆記錄器	725
波形記錄器	727
磁帶記錄器	728

第一章 導向飛彈之演進

從導向飛彈的發展可預測太空武力的未來形態，這是其他任何單獨一種武器所不能及的。太空武力代表一個國家的太空權，是整個國家的航空與太空能力的總和。例如美國的太空武力便包括下列系統：

1. 飛機系統
2. 彈道飛彈系統
3. 太空船系統

不斷的研究發展使導向飛彈得以成為上述每一系統的一部份。例如作戰飛機可以裝上空用飛彈，對敵人的飛機，地面部隊、或其大後方的戰略目標加以攻擊。亦有從地面發射的彈道飛彈系統，可有數哩以至於數千哩的射程。短程導向飛彈的機動性極大，易於迅速運送至需要最迫切的地方。

另一方面，射程極長的導向飛彈需要龐大的燃料供應和極端複雜的控制系統，因此這類飛彈通常均存放在特殊設計的地下建築物內。若干新近發展的太空船可納入太空船系統，作為一種科學工具以探測外太空的奧秘。

導向飛彈很理想地具備了太空武力所需的許多重要特性，諸如：

1. 射程
2. 機動性
3. 伸縮性
4. 速率
5. 穿透力
6. 火力輸送能力

前面曾經提過，在估量一國的太空權時必須同時考慮其航空與太空兩者的力量。美國正積極從事各種太空探測，水手二號（Mariner II）太空船飛近金星的壯舉便是一個例子。太空船要飛越180,200,000哩以上的距離才能對金星表面作科學觀測。這一段遙遠的太空航程要好幾個月時間。最初

用來使水手二號進入軌道的發射載具是改良型的擎天神 (Atlas) 彈道飛彈和愛琴娜 (Agena) B 火箭發動機合併使用。擎天神飛彈亦為一美國全盤防衛力量整體中的一個彈道飛彈系統。因此現行導向飛彈的射程可用地面或太空哩程來計算。

無論戰時或平時，太空武力使用成功的一個重要因素為其武器系統的機動性。導向飛彈的若干形式極為機動，用於應付有限度戰爭所需之選擇性作戰最為理想。在冷戰中執行特種作戰以對抗敵人有害我方或盟國之活動亦同樣有效。使用機動導向飛彈最為有利，因僅需短時間之通知即可輸送至另一地點迅速裝妥立即可用。機動性如加上伸縮性則導向飛彈即成為用途非常廣泛的武器系統。

若干導向飛彈當併入陸、海、或空軍所用之載人或不載人之武器系統後，其伸縮性已有改進。伸縮性的良好例子為北極星 (Polaris) 飛彈及其水下發射台——核子動力潛艇。該潛艇本身即為一極有效之武器系統。

另一例子為用以聲東擊西擾亂敵人地面或空中武力的導向飛彈，如鶉式 (Quail) 飛彈便是。此種飛彈係用轟炸機携掛，而在空中發射。飛彈上並可安裝電子裝置發出電磁放射綫，此等放射綫可引開敵人進攻的飛機和飛彈以及敵人從地上發出的飛彈。

又一個例子為地對空飛彈，這種飛彈可作為對敵人飛機和飛彈警告網路整體的一部份。每一此種無線電或雷達網路均為一獨立武器系統，如彈道飛彈預警系統 BMEWS (Ballistic Missile Early Warning System)，半自動地面環境系統 SAGE (Semi-Automatic Ground Environment)，或美國陸軍飛彈總系統 (U.S. Army Missile Master System) 等都是。此外，若干導向飛彈的伸縮性可從其被應用於部隊各個部門的此一事實加以證實。後面尚有此等武器的例子。

導向飛彈的穿透能力多歸功於三個情況：第一是最適於某種彈道飛彈操作的特別介質——太空。在執行空中戰略作戰時其優點最為明顯，因各國在空中並無岸綫或明確標界。天然特徵如高山及大海對於以有人或無人駕駛的武器系統為主之空中作戰已不再是一種障礙。一個國家的全部軍事、政治、經濟、及心理結構均可成為空中攻擊的目標。更可怕的則是一個強大的太空武力平時對各大國間政治軍事決策可能發生的影響。

第二是導向飛彈對高度和速度所保有的廣大選擇範圍。目前對於以高超音速 (Hypersonic) 的速度作洲際飛行的彈道飛彈尚無良好辦法將其引開或摧毀。未來技術進步或可能出現用波束導向的能量武器，可供攔截此等飛

彈及其偽裝替身之用。

第三是導向飛彈的穿透能力在有人或無人駕駛的作戰中可以運用各種不同的戰術而使之提高。使用導向飛彈不再像普通飛機在敵人領土上空對選定之目標投放炸彈那樣需要空中優勢。太空武力有辦法穿透敵人防禦，在地球上或大氣層外任何一點投放無比的火力。作為這種武力整體的一部份，導向飛彈具有高度的準確性、迅速的反應、以及高發射率。

本書目的在提供飛彈之基本原理，即有關導向飛彈之空氣動力、推進力、儀表、控制、及導向系統等等。此外並述及飛彈之能力及其使用方法。

導向飛彈簡史

正如第二次世界大戰之作戰方式不同於第一次世界大戰，未來戰爭之勝利亦不能以第二次世界大戰使用飛機之方法獲致之。然未來導向飛彈之答案則來自以往之經驗。吾人如欲自過去飛彈之教訓獲益，則必須將此等教訓針對目前情勢以加分析及運用。

導向飛彈之概念產生於第一次世界大戰。將飛機作為一種軍事武器使人聯想起可以遙控飛機以轟炸敵人目標。在這方面的領導人物為駕駛第一架飛機之奧維爾·萊特（Orville Wright）、斯派里陀螺儀公司的斯派里（E. A. Sperry）、及通用公司的查爾斯·克特林（Charles F. Kettering）。這幾位先生裝置並試驗了第一顆名曰「臭蟲」（Bug）的飛彈，而為當時所用飛機的縮小形態。此第一顆飛彈雖未用於作戰，然此等早期試驗卻產生一重要結果，即指出今後任何試驗均須使用無線電控制的飛機來做，以便在飛行中得以對飛彈作必要的調整。

美國在1924年曾特別撥款供發展無線電控制飛彈之用。在20年代作了許多相當成功的飛行試驗。可惜到了1932年由於經費缺乏，此一計劃竟被目為奢侈的裝飾品而告結束。

1935年有業餘飛機模型製造者古德（Good）兄弟二人製造了一架自地面用無線電波遙控的飛機，飛得很成功。這是紀錄上第一次完全用無線電控制的飛行。

無線電控制的靶機是美國陸海軍首次使用的無線電遙控飛機。

到了1941年十二月美國介入第二次世界大戰的前夕，遙控飛機已發展至使當時的美國陸軍航空隊參謀長安諾德（Arnold）將軍很認真地考慮用它作為戰爭的武器了。

上面所討論的僅是使用內燃機動力和螺旋槳的飛彈。但是對於發展反動

式 (Reaction Type) 發動機 (包括火箭發動機及噴射發動機在內) 的研究工作也在進行。火箭發動機本身備有動力的一切要素，噴射發動機則依賴周圍的大氣供給氧氣。將來飛機核子發動機發展成功後，則對飛彈而言火箭發動機及噴射發動機均將被淘汰。現在讓我們看一下美國火箭方面進步的情形。

美國火箭技術的發展

1920 年代的美國忽然對火箭發生興趣應歸功於一位曾經當過克拉克大學 (Clark University, Worcester, Mass) 物理學教授的高達博士 (Dr. Robert M. Goddard)。他最初做實驗的時候尚無任何有關資料可供參考，他在科學、工業、和工程方面開拓了一個新的領域。透過科學實驗他指出了火箭發展的方向而促成了今日的進步。1920 年史密遜學院 (Smithsonian Institute) 同意資助他的實驗費用。從這些實驗中他寫出一篇論文，題曰「到達極端高度的方法」，文中敘述梯級 (多級) 太空火箭的原理，理論上這種火箭可以到達月球。

高達博士發現使用一種形狀恰當的光滑錐形噴嘴，以同樣重量的燃料他可以增加噴射的速度 8 倍。根據他這項理論不但可使火箭的速度增加 8 倍，而且可使射程增加 64 倍。在早期實驗中他發現固體推進劑火箭沒有足夠的動力和作用時間以滿足一可以到達極端高度的超音速發動機之需求。1926 年 3 月 16 日，在多次試驗之後，高達博士終於成功地發射了歷史上第一枚液體推進劑火箭。火箭到達高度為 184 呎，速度為每時 60 哩。若和今日飛彈飛行的高度和速度比較，此固微不足道，然當時高達博士的目的並不在求高度和速度，而是在發展一種可靠的火箭發動機。

高達博士其後成為第一位發射超音速火箭的人。他首先發展火箭的陀螺轉向裝置。他第一個在噴射氣流中使用安定片，以維持火箭在最初飛行階段中的穩定。他第一個獲得多級火箭構想的專利權。當理論和實際都證明火箭能在真空中飛行之後，他發展出一種火箭推進和火箭飛行數學理論，包括長程火箭的基本設計在內。所有這些資料在二次大戰前便已存在，但顯然無法立即應用。在二次大戰末期美國才利用高達博士和美國火箭學會的實驗和發展開始積極研究火箭動力導向飛彈。

美國火箭學會自 1930 年成立後即致力於火箭和火箭發動機的發展。第一具發動機主要係根據 1931 年獲自德國火箭學會的設計。美國火箭學會首先製造一種分段火箭發動機，可以試驗各種大小和形狀，這樣可以減低試驗

每一種新發動機型別的费用。

1941年美國火箭學會的一些會員組織了一個公司，名曰「反動力發動機公司」(Reaction Motors, Inc)，其目的在發展和製造軍用及民用的火箭發動機。

德國火箭的發展

歐洲的第一次液體推進劑火箭飛行係在德國，時為1931年3月14日，在美國高達博士第一次試驗火箭成功五年之後。主持其事的是德國科學家溫克勒(Johannes Winkler)。此人不久即在一次實驗失事中喪生。

德國此時已瞭解液體推進劑火箭在未來戰爭中的重要性。1932年德國陸軍的段伯格將軍(Walter Dornberger)(當時還是上尉)奉准發展液體推進劑火箭供戰爭使用，至1936年德國決定將導向飛彈的研究發展作為一個重要計劃。在一個稱為皮尼曼(Peenemunde)的計劃中德國耗資四千萬美元建立了一個規模宏大的火箭研究發展試驗室。希特勒命令德國火箭學會的會員進入室內工作，從此德國火箭的發展情形遂與世隔絕直至戰後。美國和德國不同，在這段時間內並未注意發展噴射和火箭推進作任何特定用途

噴射發動機的演進

火箭不過是本世紀所研究的噴射推進發動機中的一種。早在1913年，法國工程師洛林(Rene Lorin)即已提出衝壓噴射發動機的構想並首先獲得專利。隨後匈牙利於1928年核准了一個類似的專利。1933年法國已有另一個專利。但是這些構想都未能產生出可用的發動機。失敗的原因並非由於不了解使用這種發動機的基本原理，而是由於缺乏高速流體的技術資料。從洛林的原始構想到第一架使用衝壓噴射發動機的飛機的自由飛行試驗，中間相隔32年。此一試驗發生於1945年，當時約翰霍金斯(Johns Hopkins)大學的應用物理試驗室成功地試飛了第一架衝壓噴射動力的飛機。

今天的渦輪噴射發動機，其先驅並非熱力噴射式而是機械式。1927年意大利空軍部即開始探討在一個文氏管(Venturi)形狀的機身內裝置螺旋槳以推動飛機的可能性。這種所謂「管內螺旋槳」(ducted propeller)的裝置是一種機械噴射形式。用這種「管內螺旋槳」所作的試驗顯示，雖然其全般性僅屬平平，但有極佳可操縱性(maneuverability)和安定性(Stability)。到了1932年，意大利人康平尼(Campini)設計了一架用熱力噴射發動機推進之飛機，其後並親自試飛。然其噴射發動機並非渦輪噴