

拖式飛彈導引原理及未來發展之研析



作者簡介：吳承叡上尉，志願役預官 89 年班，現任職步校兵器組教官

提要

- 一、裝甲與反裝甲在時間的潮流中，一直有著矛與盾的微妙關係，西元 1916 年世界上第一輛戰車出現後，裝甲在人們的心中便築起了一座堅硬的高牆，為打破這障礙，反裝甲武器便應此而生，與裝甲進行著永無止盡的競爭。
- 二、隨著時代的改變，反裝甲武器除了必須擁有強大的破壞及穿甲能力外，另一項重要的課題便是如何精準的命中目標，因此精準打擊目標的導引控制系統便成了反裝甲武的發展主軸之一。
- 三、科技的日新月益，飛彈的導引控制系統已愈來愈精良，但不論是如何精良的導引系統都有個共同期望，就是能更精準命中摧毀目標增加射手存活率，而要能良好的操控武器裝備命中目標，必須仰賴對其裝備的瞭解才能達到最大成效。
- 四、拖式飛彈是我國反裝甲部隊目前主要的武器，近年拖式飛彈更獲得了系統與彈藥上的提升，為使部隊能更有效發揮戰力，故筆者以多次演習所獲得之參數、多年教學研究及各方軍事資料的數據，期能使部隊從中更瞭解武器性能，以發揮拖式飛彈精準的打擊命中率。
- 五、目前地面反裝甲武器雖已發展「射後不理」之運用，然其射程仍遠不及拖式飛彈，且經不斷研究及改良朝「直、頂攻」互用、「射後不理」方向發展，但未來戰場仍不缺拖式飛彈發揮空間。

壹、前言

我國於民國 67 年起購買拖式飛彈，配置於裝甲部隊，作為反裝甲之主要武器，其中精實案後轉為陸軍反裝甲營（連），迄今已二十餘年的時間，其中經歷了武器系統性能提升（裝備由基本型提升為二型系統），使其更能符合現代戰爭。

筆者從多次的演習（天馬、漢光）中獲得重要參數配合多年的教學經驗下，發現各部隊使用拖式飛彈多年，對其操作雖有一定程度的熟悉，但於拖式飛彈導引系統認知及知識方面的瞭解卻有不足之處，往往導致部隊出現錯誤觀念及不正確的作法。有鑑於此，筆者將多次演習參數、多年的教學研究經驗及從相關的技術書刊、論文、研究報告中所獲得的數據等作一整理，期增加反裝甲部隊對拖式飛彈的認知及修正錯誤的觀念，使其更能發揮拖式飛彈之效能。

貳、何謂導引系統

「導引」簡單來說就是將飛彈或飛行器由一個位置引向另一個位置的過程。而導引系統是由兩個部份所組合而成，一是獲知飛彈相關資訊—「導航」；二是改變飛彈位置—「引導」。（註 1）

一、導航—獲知飛彈相關資訊：

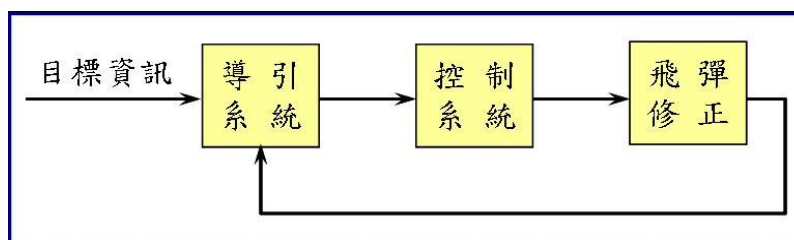
導航的功用取得飛彈當時的位置和相關資訊。獲取相關資訊的方法，大致可分為兩類：

- (一)靠外界提供資料，如無線電、紅外線、雷達—慣性系統等。
- (二)不靠外界供給資料，而靠飛彈本身的導航系統，即慣性導航系統，提供飛彈當時的資訊。

二、引導—改變飛彈位置至所預期位置：

引導是依據導航資訊與目標資料研判，來決定必需的控制指令，並控制飛彈飛到預定的目標或位置。控制指令的獲得，是將導航與目標資料送進運算處理單元，按照不同引導法則運算，計算所需的控制指令。控制指令用來要求控制系統作必要的動作，或下達某一特定的指令，而控制飛彈進行某種特殊動作，如啟動、停止某一機件或改變飛行模式等。

因此導航與引導合稱為導引系統。而在導引系統中接受指令而操控飛彈動作的執行者為控制系統。所謂導引控制系統（圖一）是依據目標資訊及飛彈飛行狀況，來判斷相對的誤差，進而提供相關的修正訊號，藉由控制系統執行指令，修正飛彈飛行路徑，以期能命中目標。



圖一 導引控制系統

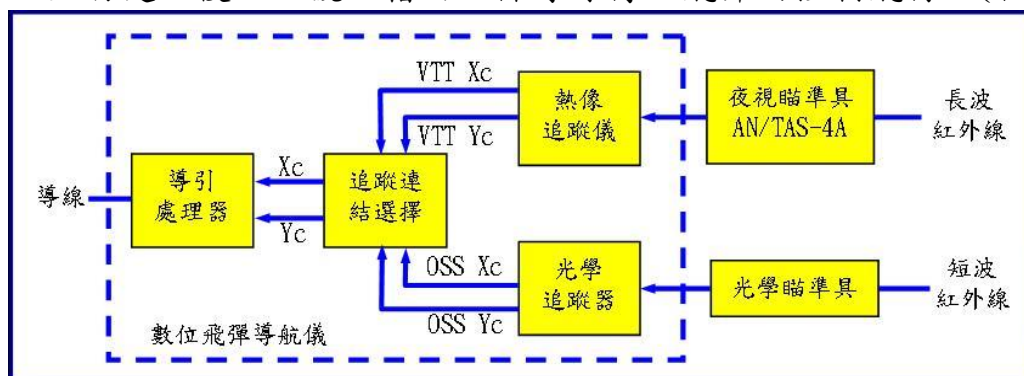
圖片來源：中山科學研究院楊景樞、導引飛彈簡介、

<http://163.20.22.171/science/content/1979/00090117/0007.htm>、頁 1

參、拖式飛彈之導引方式（註 2）

美國休斯公司（Hughes）在西元 1962 年針對第一代反裝甲飛彈作改良，利用先進的光電科技將人工手動導引改為半自動導引，射手的任務是把瞄準鏡十字線的中心點對準目標，直到飛彈命中目標為止。由於導引修正訊號是經由 2 條細微的導線自動傳至飛彈內，因此便以其特異的導引方式，命名為「管式發射光學追蹤線控導引飛彈」，縮寫為 TOW，國內一般直接音譯成「拖式飛彈」。

導引方式乃射手利用光學瞄準具或夜視瞄準鏡追蹤瞄準目標，待飛彈發射後由尾端兩個紅外線發射器分別發出短波及長波紅外線，由光學瞄準具紅外線追蹤器及夜視瞄準鏡熱能追蹤器接收，接收之訊號會由纜線傳至飛彈導航儀內處理，並將處理後之訊號，藉由二條導線傳回飛彈內控制飛行。（圖二）



圖二 拖式飛彈二型訊號傳遞方式

圖片來源：雷神公司原文資料、拖 2 系統概述、2000 年 7 月（已解密）、頁 10

一、導航單元：

拖式飛彈二代導航部份，是由二個紅外線追蹤儀及飛彈導航儀所組成，追蹤儀包含一個光學瞄準具追蹤儀及一個夜視瞄準鏡熱源成像追蹤儀。飛彈射擊前，射手需選擇一個能產生最佳影像的瞄準具追瞄目標，待飛彈發射後，飛彈導航儀藉由追蹤儀接收飛彈尾端二個紅外線發射器獲取飛彈的相關位置，而數位飛彈導航儀會自動選擇一個接收訊號最佳的追蹤器來導引飛彈，但飛彈導航儀一開始會以短波的紅

外線為導引的修正訊號，初時由於飛行馬達啟動關係，飛彈會處在一個不穩定的飛行狀態，因此為了補捉飛彈位置，光學瞄準具追蹤儀會以寬視界（正負 2 度，偵測波長範圍在 1.05 至 1.4 微米之間的紅外線）在 1.75 秒內捕捉飛彈位置（飛彈約略飛行 360 公尺），待飛行穩定後，

為能獲得更精確的追蹤資料，飛彈導航儀會控制光學瞄準具轉換至窄視界（正負 1/4 度，可偵測波長範圍在 0.65 至 1.05 微米之間的紅外線）追蹤飛彈。夜視瞄準鏡是以熱源來成像及追蹤，因此當遇干擾源時飛彈導航儀會自動由短波追蹤器轉換成長波追蹤器（波長為 8 至 12 微米），並會控制飛彈後端長波熱源燈之遮斷器作用（發出識別碼），以辨別熱源燈與干擾發射器。

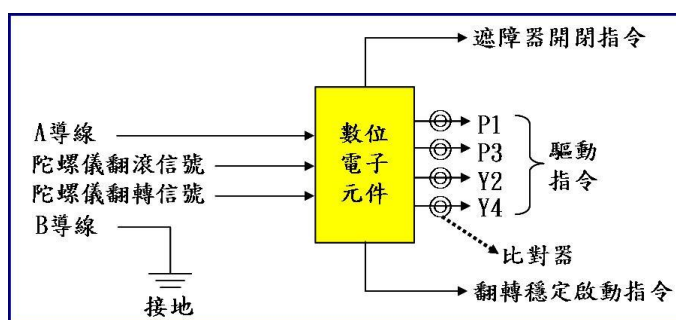
二、導引單元：

拖式二型飛彈導引是由飛彈導航儀擔任，包含追蹤連結選擇器及導引處理器二個部分。飛彈發射之前會偵測彈內獨特的電阻來辨識不同型式的飛彈，待飛彈發射後，導航儀由瞄準具追蹤儀獲得飛彈導航資訊，經由追蹤連結選擇器分析並選擇較好或較適當之導航訊號後，傳入導引處理器中進行運算工作，再經過訊號轉換器將高低及方向訊號相加成類比的 FM 控制指令，以分配每一枚飛彈唯一的飛行彈道。

當飛彈彈翼展開至定位後，第二段的推進裝置飛行馬達即會啟動，賦予飛彈在整個射擊任務中所需的飛行動力，並在 1.5 秒至 1.6 秒(312 公尺至 309 公尺)時然燒完畢，之後則以慣性方式飛行前進，而飛彈控制翼的修正頻率，初期為增加飛行穩定性，會以 25HZ 頻率做修正，待發射 4.3 秒（約 1000 公尺）時，控制翼修正頻率會降至 12.5HZ，另在發射 0.79 秒（約 88 公尺）後，陀螺儀的方向軸也會停止，以減少控制系統瓦斯（氮氣）的消耗量，同時熱源燈的遮斷器也會每四秒起動一次，增加在干擾中辨識飛彈之能力，而導引處理器也會將此些特定指令，以電流相加、減的方式加入飛彈飛行控制指令中，並經由導線傳入飛彈的控制系統作飛行及執行特殊指令動作。

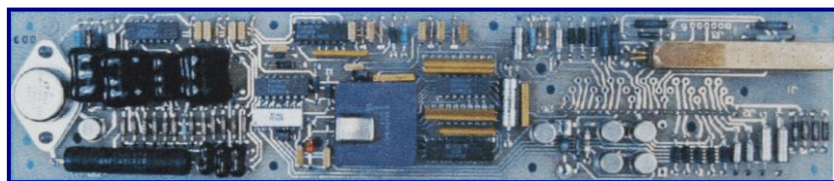
三、飛彈控制單元：（註3）（圖三）

拖式飛彈控制單元主要由數位電子元（註4）件及控制系統組成，當飛彈導航儀將控制訊號藉由兩條導線傳入飛彈後（一條傳送控制訊號，一條則為地線，傳回穩壓訊號），由飛彈內部之數位電子元件（圖四）接收，將操縱指令與其他特殊指令分開及轉換，使訊號轉為飛彈所懂的控制指令，並使其操控飛彈的運作，包含飛行軌跡修正、遮障器啟動、陀螺儀停止及控制翼修正頻率等。



圖三 飛彈控制單元

資料來源：雷神公司原文資料、拖 2 系統概述、2000 年 7 月(已解密)、第 39 頁



圖四 數位電子元件

資料來源：雷神公司原文資料、拖 2 系統概述、2000 年 7 月(已解密)、第 36 頁

(一)控制系統 (Bang Bang 系統：控制翼振動原理)：

控制系統是由數位電子元件、氮氣瓶及控制翼所組合而成，而控制翼修正時只有上或下及左或右兩個位置其中的一個，並沒有「中間」的位置，因此拖式飛彈是以擺盪方式實施飛行修正，其原因是為減少位置伺服器與編碼器的需求，降低飛彈複雜性。而飛彈修正方向控制則取決於控制翼在每一個位置的停留時間。

(二)熱源燈：(註 5) (圖五)

熱源燈是將化學能轉換成熱能，利用鈦及碳他硼金屬間的交互作用產生紅外線，並放射出一指向發射架之長波紅外線，供熱像追蹤儀追蹤彈的位置，並擁有遮斷器，以區別飛彈與其他「熱源」。



圖五 熱源燈

資料來源：雷神公司原文資料、拖 2 系統概述、2000 年 7 月(已解密)、第 45 頁

(三) 氙氣燈：(註 6) (圖六)

使氙氣瓦斯離子化(使氣體內產生離子)，產生一朝向發射架發射之短波紅外線，讓光學瞄準具追蹤儀可以接收，並內有濾波器可減少射手所看到的亮度，降低對射手操控射擊的影響。



圖六 氙氣燈

資料來源：雷神公司原文資料、拖 2 系統概述、2000 年 7 月(已解密)、第 43 頁

(四) 陀螺儀：(註 7) (圖七)

在整個飛行期間提供飛彈前後水平穩定性，可使飛彈與發射架一直保持水平，讓瞄準鏡追蹤儀可順利接收到彈尾之紅外線訊號。並在飛彈發射初期速度較慢，易受到橫向風影響，在短時間提供左右穩定性，使飛彈在發射後不易偏離瞄準鏡追蹤儀視界之外，導致飛失控。

- ⊖ 陀螺儀外環(前、後擺盪)是主要信號，擺盪角度介於正負 60 度，主要在保持飛彈前後的平衡，讓飛彈尾端的紅外線燈能一直對著發射架，使其能被接收。
- ⊖ 陀螺儀內環(左、右擺盪)是次要信號，擺盪角度介於正負 40 度，只有在發射後為減少橫向風影響時使用。



圖七 陀螺儀

資料來源：雷神公司原文資料、拖 2 系統概述、2000 年 7 月(已解密)、第 34 頁

肆、拖式飛彈未來導引發展趨勢

拖式飛彈目前在設計上仍有許多改進的空間，雖然在現今所有導引方式中，線控導引仍是最不易受敵干擾的導引方式，但在地形環境中的影響甚鉅，如：樹林、高壓電線等，都一再的限制拖式飛彈的性能。

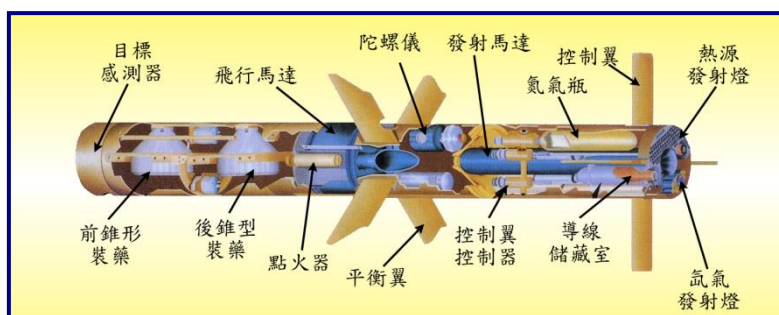
以台灣地區言除山林地形外，餘大多以城鎮為主，且大多數的鄉市鎮及沿海地區電纜都尚未地下化，導致拖式飛彈在射擊上都受到層層的阻礙，且其射擊時需持續追瞄目標，因此遭敵火力反擊的危險性也相對的升高，因此就拖式飛彈未來之發展，光是將導線的部份移除並不能解決敵火方面的威脅，只要敵人有快速猛烈的火力向射手射擊，就算不能命中也足以造成相當的影響。因此為了改善這樣的問題，拖式飛彈就需朝向以下幾點發展，以減少射手危險性及提升武器性能：

一、增加射程、減少追瞄時間：

拖式飛彈當前射程雖有 3750 公尺，在步兵中也屬於遠程反裝甲武器，但由於其飛行速度較慢，因此需花較長時間實施追瞄，且筒後噴火易曝露陣地位置，容易遭敵火力攻擊與干擾，再加上線導的環境限制過多，導致往往無法有效發揮其戰力，若不將其射程增加，射擊命中率必受影響。為此美軍針對拖式 2B 型飛彈系統進行改良，將其射程增至 4500 公尺（未來更希望能增加至 5000 公尺或更遠），並改進其推進裝藥以提升飛行速度，縮短追瞄時間，以提升射手存活及命中率，而此枚飛彈美軍則命名為 TOW 2 B Aero 飛彈（註 7），預計 2005 年開始量產。

二、改變導引模式：

現有導引模式的改變將會是拖式飛彈在未來非常重要的課題，因為其現行導引模式就如筆者前述，是接收飛彈尾端之紅外線訊號後，經處理後再由兩條導線傳回飛彈並予以控制，但此種導引模式仍有相當多的限制性存在。因此美軍於 1990 年在導引方式上做了研改，並設計出有別於原來需直接命中目標的 2B 型飛彈（圖八），此種飛彈能飛於瞄準線上方約 2.3 公尺之位置，藉兩個目標感應器（一個為光學感應，一個為電磁感應）感應目標，使飛彈兩個前後並列且向下的新型錐型裝藥，以向下爆炸穿透方式，針對反應式裝及裝甲車輛最脆弱之頂部實施攻擊，給予更大的破壞（目前國內海軍陸戰隊有購買此型彈藥）。



圖八 拖式 2B 型飛彈

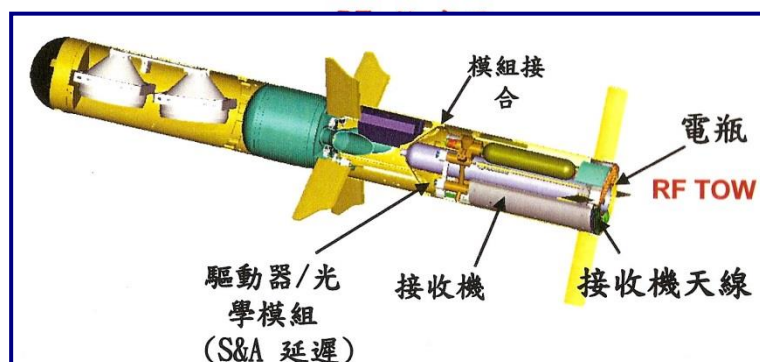
資料來源：拖式飛彈簡介、<http://www.army-technology.com/projects/tow/tow8.html>、頁 1

可是雖有這樣的改變，拖式飛彈仍是未脫離線控導引的限制，為此雷神公司於 2000 年再提出了一項名為 RF（無線射頻）拖式飛彈（註 8）的計畫，預計於 2006 年至 2008 年間開始生產。這項計畫主要是將拖式飛彈原來的線控導引改為無線射頻導引（圖九、圖十），並對現有拖式飛彈進行升級，升級內容包含引進紅外線尋標與追蹤器、無線電指揮鏈路、模組化機身構型並提升飛行速度與射程等，並於 2002 年完成了第一次飛行展示，此項改變讓拖式飛彈跳脫原本許多的環境限制（如越水射程、高壓電線等），使其符合長距離精準攻擊、城鎮作戰及海岸防衛的要求，更提升了拖式飛彈在將來戰場的運用性。

拖式飛彈目前雖然已有了這樣的進步及發展，但筆者認為拖式飛彈卻還是有許多的精進空間，畢竟現在所有的設計在導引方式上還是必須如同之前一樣，需持續追蹤瞄準目標直至命中為止，所以在將來若還能使其提升為自動導引或是可切換手動及自動導引的雙重導引模式的話，將更可大幅提升拖式飛彈的運用。手動導引模式可使其保有原本的導引模式；自動導引模式也可使射手在發現目標後便予以鎖定，並按下扳機發射即可（如標槍飛彈即是此類飛彈），不需理會飛彈狀況便可離開，待發射後便會自動追蹤目標；而雙重模式則是使射手能在手動模式下射擊，在發射後也可因狀況鎖定目標，並切換為自動導引模式成為射後不理的飛彈。

圖九 RF 拖式飛彈(一)

資料來源：雷神公司簡報資料、拖式飛彈系統提昇、2006 年 7 月、頁 18



圖十 RF 拖式飛彈(二)

資料來源：雷神公司簡報資料、拖式飛彈系統提昇、2006 年 7 月、頁 18

三、擁有能追蹤更遠且更精良的觀測系統：

然而導引武器除了要注重導引方式外，其瞄準追蹤器材也是相當重要的一部份，因為就算飛彈能飛的再遠，而卻看不見或是看不清目標的話，也是無法有效發揮飛彈的能力，為此，美國陸軍發展「改良目標獲得系統」(ITAS)(註9)，用於地面部隊的步兵攜行，和悍馬車用拖式飛彈發射架上，以提昇拖式飛彈的作戰能力。ITAS(圖十一)是一日、夜間瞄準鏡合併的平面陣列的熱影像裝置，它提供了比現有拖式飛彈瞄準系統大兩倍以上的偵測及識別能力，遠超過現有拖式飛彈的最大射程，使射手在光線不良、雨、霧、夜暗等環境中，可增強目標辨識能力，使其可在更遠處發現目標，再加上不傷害眼睛的安全雷射測距儀，能主、背動的測量距離，以供射手確保目標在射程內，加快射擊準備的速度，以及內鍵射手輔助目標追蹤器和射擊俯仰角限制器更是大幅提升命中率。ITAS也將原拖式飛彈發射架的裝備減化，從原本的18樣減至6樣，減少了射手的負擔並能更快速的完成戰備動作，同時更在發射架內增加了射擊訓練模擬器及內鍵的自我測試，使訓練及維修都能更有效的提昇。而ITAS更期望朝向多武器整合系統發展，使操作者能依任務更換不同的武器裝備，讓火力運用更具彈性。



圖十一 ITAS

資料來源：雷神公司簡報資料、改良型目標獲得系統 (ITAS)、
2006年7月、頁10

伍、結語

有鑑於戰車的裝甲技術日新月異，除了加強本身裝甲的強度之外，更加上可干擾反裝甲飛彈導引系統的設備逐步問世，大大的提昇了戰車的防護性及安全性。為此，主要國家自1980年代末期開始研製第三代反裝甲飛彈，或對二代系統的性能作大幅度提升，使它具備更高的追蹤能力及穿甲威力。而目前反裝甲飛彈都已具有射程遠、精度高、威力大、重量輕、機動性強等優點，已經成為反裝甲武器的主力軍。未來的反裝甲飛彈，也將從原來的火力對抗中提昇為“軟殺傷”打擊能力。這種反裝甲飛彈主要以破壞裝甲目標的通信系統、觀測系統和動力系統，使其成為聾子、瞎子和殘廢。而飛彈本身攜帶的感應器、計算機及內置程式等，以能夠分辨、鎖定及追蹤裝甲目標的重要部位，如引擎

動力系統、武器射控系統、追蹤觀瞄系統等。待目標鎖定後，即對戰車的各重要部位進行摧毀性攻擊，或者對內部各種通信設備、儀器發出不同指令實施干擾，中斷其與外界的聯繫，使戰車配屬的各項裝備無法發揮有效的戰力，實現對目標的軟殺傷。另奈米技術的應用也將使飛彈的外形更小，再配以先進的導引裝置，幾乎可使這種新式反裝甲飛彈達到無孔不入的程度，從而改變傳統的穿甲方式，達到以巧破千斤的目的，而這些新的飛彈技術也將會為未來戰場注入一股不同新風貌。

參考資料：

- 一、拖式飛彈二型操作手冊。
- 二、M220A2 拖式二型反坦克飛彈操作手冊及單位（一、二級）保養操作手冊。
- 三、拖 2 系統概述、雷神公司原文資料、2000 年 7 月。
- 四、戰技學反裝甲武器之部。
- 五、雷神公司改良型目標獲得系統（ITAS）及拖式飛彈系統提昇（RF）簡報資料。
- 六、民國 91 年至 95 年天馬演習及漢光操演拖式飛彈射擊參數。
- 七、科學月刊 1979 年 6 月 114 期、1979 年 9 月 117 期、1982 年 9 月 153 期、1992 年 7 月 271 期。
- 八、<http://www.army-technology.com/projects/tow/tow8.html>
<http://www.army-technology.com/projects/tow/tow7.html>
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1405101600645>
<http://www.dudul63.com/html/arms/daodan/ftkdd/20061014116796.html>
<http://www.superarmy.com/knowledge/990607/990619-4.txt>
<http://163.20.22.171/science/content/1979/00090117/0007.htm>