

導 向 系 統

編 著 者
戴 勁 軍

興業圖書股份有限公司印行

版權所有 · 翻印必究
中華民國六十六年九月 一版

導 向 系 統

基價：六元二角五分

編著者：戴 勁 軍
出版登記行政院局版台業字第零肆壹零號
出版者：興業圖書股份有限公司
發行人：王 志 康
打字：義 德 春 打字行
排版

台 南 市 正 興 街 二 四 號
發行所：興業圖書股份有限公司
台 南 市 勝 利 路 一 一 八 號

目 錄

第一章 導 論

1-1	火箭與飛彈的區別	1
1-2	火箭與飛彈發展簡史	2
1-3	飛彈的分類	4
1-4	導向飛彈的結構及其各部的名稱	9

第二章 飛彈推進原理

2-1	噴射推進的基本公式及定律	12
2-2	導向飛彈推進劑	16
2-3	導向飛彈推進系統	28
2-4	發射器	32

第三章 伺服機械系統

3-1	伺服系統的定義	38
3-2	伺服系統與控制系統的比較	39
3-3	簡單伺服機械系統方塊圖	40
3-4	伺服機械系統實例	44

第四章 陀螺儀

4-1	轉進與陀螺儀原理	51
4-2	陀螺儀的特性與運用	54
4-3	陀螺儀在導向飛彈上的用途	58
4-4	垂直水平陀螺系統	64

第五章 導向飛彈控制系統

5-1	飛彈控制系統定義	72
5-2	飛彈控制系統用組件	73
5-3	控制系統の種類	118
5-4	控制系統能量的來源	153

第六章 電子計算機

6-1	混合器	154
6-2	積分器	162
6-3	變率系統的組件	167

第七章 導向系統組件

7-1	引言	173
7-2	飛彈導向之使用方法	174
7-3	感測器	178
7-4	感測器之感拾器	193
7-5	換向器與掃描	195
7-6	電子計算機	198
7-7	基準器	199
7-8	放大器、控制器、致動器及反饋器	207

第八章 導向系統

8-1	飛彈導向系統選擇之決定因素	211
8-2	導向系統之分類及導向階段	212
8-3	短程導向系統	212
8-4	長程導向系統	221
8-5	終端導向	238
8-6	組合導向系統	248

第九章 雷達原理

9-1	系統及方法	251
9-2	雷達發射機與接收機	260
9-3	指示器	278
9-4	伺服及數據傳輸系統	295
9-5	天線	315

第十章 我國現有飛彈概況

10-1	勝利女神—力士飛彈	335
10-2	鷹式飛彈	337
附錄A	飛彈發展實側圖	339
附錄B	二次世界大戰前後的制空狀況圖	348
附表	.....	349

第一章 導論

飛彈的發展係導因於火箭的推進原理。因此，今日的導向飛彈及太空船，亦都應用同一原理而製成。

據法國人聖朱利恩（St. Julien）氏的記載，在公元 1232 年，我國汴京（即現在開封）的一次戰役中，即已使用火箭來對付來犯的蒙古軍，這就是最早的所謂“中國火箭”。在我國歷史的記載，其時正當南宋理宗紹定五年（即金哀宗天興元年），南宋被圍於汴京。在慘烈的解圍戰爭中，曾經使用了這攜帶黑色火藥的火箭。因為南宋是我國歷史上火藥最盛行的時期。以後不久，這個“中國火箭”便經由阿拉伯而傳至西歐。這種火箭，曾以不同的形式成為戰爭的武器，娛樂的工具，救生的裝備以及通訊的訊號等多種用處。長久以來，火箭的發展進度緩慢，乃由於缺乏適當的導向及控制。以後隨着科學的進步，及經過兩次的世界大戰，為適應戰爭的目的需要，而加速研究發展，及至今日完整的導向系統的建立，已將人類送入太空，登陸月球，實不可謂不是科學發展上的一項偉大貢獻。甚至將來，核能和平用途真正發展後，以核子燃料推動火箭，將太空船送至太空中，作為旅遊太空的中繼站，則增加了人類征服太空的可能性。

1—1 火箭與飛彈的區別

火箭與飛彈這兩個名詞，常為人們所混用。其區別的方式，一般來說，火箭是一種沒有導引的飛彈。因此，又稱為自由火箭。其主要組成部份為推進引擎（包括推進補給系統，燃燒室與喉管）及彈頭（包括炸藥，傳爆管及雷管等）。推進引擎大體可分為火箭噴射引擎及

2 導向系統

空氣噴射引擎兩種（詳析於第二章）。使用之彈頭可分為核子彈頭及高爆炸藥彈頭兩種。

飛彈係一種具有導引系統裝置的火箭，因此亦稱為“導向飛彈”。其主要組成部份除具有火箭推進引擎與彈頭外，尚有導引裝置。導引裝置大體可分為自身導引，天體導引及電子導引三種（詳析於第七章）。

1—2 火箭與飛彈發展簡史

飛彈的推近原理是由火箭的發展而來。但飛彈導向的概念，却來自飛機。原因是在第一次世界大戰期間，為應付戰爭的需要試將飛機作為一種軍事武器，以遙控方式去攻擊敵人的目標。因此而導致飛彈的發展。

世界上第一顆所謂飛彈，是由美國通用公司的克特林與司普萊及萊特三人共同裝置完成的一枚名為「臭蟲」（Bug）的飛彈，實際它祇是飛機形態的縮形。此枚飛彈，雖未真正用於作戰，却因此而獲得一項重要的經驗，那就是以後任何試驗均須使用無線電控制的飛機來做，以便對飛行中的飛彈作必要的修正。

1935年，業除飛機模型製造者古德（Good）兄弟製造了一架自地面用無線電波遙控的飛機，試驗很成功。這是紀錄上第一次完全用無線電控制的飛行。

1941年十二月，美國介入第二次世界大戰時，遙控飛機已發展到可以用來作為戰爭的武器了。

在第二次世界大戰期間，日本曾使用神風號自殺炸彈，此即是用火箭推動的有人駕駛的滑翔炸彈，目的在攻擊船艦。其操縱性能甚差。日本亦曾嘗試一種自空中發射，用無線電操縱而由火箭輔助的滑翔炸彈。但因其必須在低空投放，由於操縱距目標太近，成為高射砲火的目標，最後在戰爭結束前放棄。

德國在二次大戰期間，在導向飛彈方面的發展，最具成效。最著

名的有V-1及V-2地對地飛彈。其實，在1942年春，V-1飛彈的雛形，已試驗成功。在1943年，德國進行48種防空飛彈的研究工作，其後為求儘速發展為武爭的武器，而合併成為12個研究計劃。在戰爭末期，其除全部力量集中於生產一種可攔截同盟國轟炸機的防空飛彈。

茲將繼中國火箭以後，幾項重要的成就，分述於下：

(一) 滑梯 (Slide-chair)：於1400年，我國的一位紳士，帶了傭人作第一次用火藥噴射原理來推進滑梯。這是最早的火箭車，然在這次試驗中，傭人不幸喪生，紳士亦因此而失蹤了。所以，以後再沒發現有人去研究與嘗試。

(二) 蒸汽車 (Steam Carriage)：在1721年，德國教授葛拉范桑得 (Jacob willians Gravesande) 發明一種使用蒸汽來推進的車子。這是最早的應用風車噴射原理製成的噴射車。惟因當時該車不實用，所以僅作娛樂用而已，未能被運用及發展。後來的火車蒸汽機，就是利用這蒸汽動力來推動活塞及車輪的。

(三) 導棒攜帶火箭 (Liner-carriage Rocket)：在1855年，英國陸軍上校巴克索 (Boxer) 創製了有導棒的信號用火箭。是為最早的兩節長程火箭。

(四) 巴佐卡火箭彈 (Bazooka Racket)：在1918年至第二次世界大戰期間，美國巴佐卡博士的理論被應用而製成巴佐卡火箭彈。這是最早的錐孔裝藥戰防火箭彈。

(五) HS-117 飛彈：二次大戰期間，德國製成的一種地對空飛彈。使用液體燃料及無線電導引。這是最早應用電子導引的飛彈。

(六) V-1 飛彈：自1928至1944年間，德國施密特 (Schmidt) 及羅夫 (Rohv) 等人以陀螺及羅盤創製了預置導引，使用液體燃料及吸氣噴射的飛彈，這是最早的自身導引的飛彈。其維持在空中飛行的最低時速為200哩。

(七) V-2 飛彈：在1944年，二次大戰末期，德國唐勃格 (

4 導向系統

Walter Dornberger) 上尉及勃郎 (Broun) 氏兩製成了地表導引，使用液體燃料及自帶氧化劑的飛彈。是為最早的天然導引太空飛彈。是第一個用於作戰的火箭推動式長程飛彈。在 1944 年 9 月，其第一枚即落於英國。飛彈發展實例圖 (附錄 A)。

在二次世界大戰期間，受戰爭壓力的影響，各強國都集中力量儘速發展飛彈，如美國國防研究委員會，提出數項研究計劃，研究完成的有可以控制方位及射程的垂直炸彈艾桑 (Azon) 及滑翔炸彈洛克 (ROC) 及特雷桑 (Trazon) 等。大戰結束後，曾一度停頓飛彈的研究發展計劃。以後對現存的導向飛彈作改良及修正其性能，俾對未來的飛彈武力的發展及武器的類型作一明智的決策。由於現代的轟炸機及其機動性的提高，在精確轟炸任務中的速度與高度，已使砲火的效能大多減低，況對砲火的改良，似已不甚可能，因此一種新的武器的發展，實為必需。此一決心的可能的方式，便是利用放射能控制彈丸，或使用導向飛彈，由地面指揮控制，以達到制敵的目的。

在第二次世界大戰前後的制空狀況，如空防發展圖 (附錄 B)。

1—3 飛彈的分類

飛彈的分類，一如飛機的按其特性分類。一般分類法，有以下幾種：

(一) 依用途分類：

這種分類，可顯示飛彈的一般使用方式，但不能區別某一特殊的飛彈。此種分類所使用的代名甚為簡單，因係按發射環境，目標環境及太空載具的型類而分類。

發射環境是指空中、地面、或水下。分別以「A」、「S」、及「U」符號來代表。若某一特殊的飛彈可在一個以上的環境中發射，吾人祇認定一個為其起點。至於目標環境，亦以目標符號表示之。同時以字母「M」表示載具類型為導向飛彈。故組合後，如以下之常用飛彈代名：

- (1) 地對地飛彈 S SM
- (2) 地對空飛彈 SAM
- (3) 地對潛飛彈 SUM
- (4) 空對地飛彈 A SM
- (5) 空對空飛彈 AAM
- (6) 空對潛飛彈 AUM
- (7) 潛對地飛彈 USM
- (8) 潛對空飛彈 UAM
- (9) 潛對潛飛彈 UUM (指標準魚雷)

另有一種特殊設計者為最初在水下發射，升入空中後，再回轉進入水下攻擊目標的潛艇飛彈 (Subroc)，其代各為UAUM。

美軍對飛彈的名稱，為發佈官方新聞或與外界機構通訊時為便於辨別起見，常使用一些通俗的名稱，此等名稱都屬鳥花，爬蟲、獸類、神名、天文、軍階、或愛國象徵等。例如義勇兵 (Minuteman) 便是，此為美國的一種自地下發射的長程飛彈。美國現用之飛彈通俗名稱如下表所列：

區 分	空 軍	海 軍	陸 軍
S SM	擎天神	.....	軍曹
SAM	波馬克	泰洛斯**	勝利女神神王
SUM	.....	阿斯拉克	.....
A SM	獵 犬	小雄犬*	.....
AAM	獵 鷹	響尾蛇*	.....
	.....	麻雀三號*	.....
	魔 神	.....	.....
USM	.....	北極星	.....

註：* 美空軍及海軍共同使用

** 美海軍及陸軍共同使用

6 導向系統

美國國家航空及太空總署 (NASA) 使用一種通俗名稱的組合，以區別其太空載具。如下表所列，為此等組合之一部份，及其所送入太空之人造衛星：

發射載具	受載衛星
雷神·愛波兒	探險者 VI，泰洛斯 I
雷神·愛波兒 IV	先驅 V
雷神·愛波兒星座	信差 I-B，轉鏡儀 I-B，II-A，III-B，IV-A，IV-B
雷神·愛琴娜	發現者 I-XV
雷神·愛琴娜 B	發現者 XV 11-XXX IV
擎天神·愛琴娜 B	米達斯 111-IV，發現者，遊騎兵 III

按例左邊第一個通俗名稱，為第一級發射載具，第二、三級火箭發動機則順序由右側之名稱表示之。受載衛星附有羅馬數字者表示進入軌道成功者，同時作為便利追蹤及區分來自同名之衛星所傳送之資訊。

通常一完整的飛彈代名，包含八種符號或號碼：

- 1 情況字首符號：J，N，X，Y，Z（如附表 1-1）
- 2 發射環境符號：A，B，C，H，L，M，P，R，U（如附表 1-2）
- 3 主要任務符號：D，E，G，I，Q，T，U，W（如附表 1-3）
- 4 載具類型符號：M，N，R（如附表 1-4）
- 5 載具設計號碼：指同一基本設計之每一飛彈型式均使用同一設計號碼，如一種型式包含多種設計，則以連續之各個設計號碼表示之。
- 6 系列符號：即修改符號，如經修改，按 A、B、C 字母順序表示之。
- 7 製造廠商代號：通常以廠家名稱縮體字為符號。
- 8 序號：為各軍種編列之組別號碼。

在某些場合，飛彈代名有情況字首符號，但不一定有發射環境符

號。如“義勇兵”飛彈的代名，為其典型之例子：

J：情況字首符號

L：發射環境符號

G：任務符號

M：載具類型符號

80：設計號碼

B：系列符號

BO：製造廠家代號

00003：序號

美空軍使用之飛彈及火箭上均印有縮短之代名，如圖1-1所示，為鶉式（Quail）飛彈代名之正確配置。

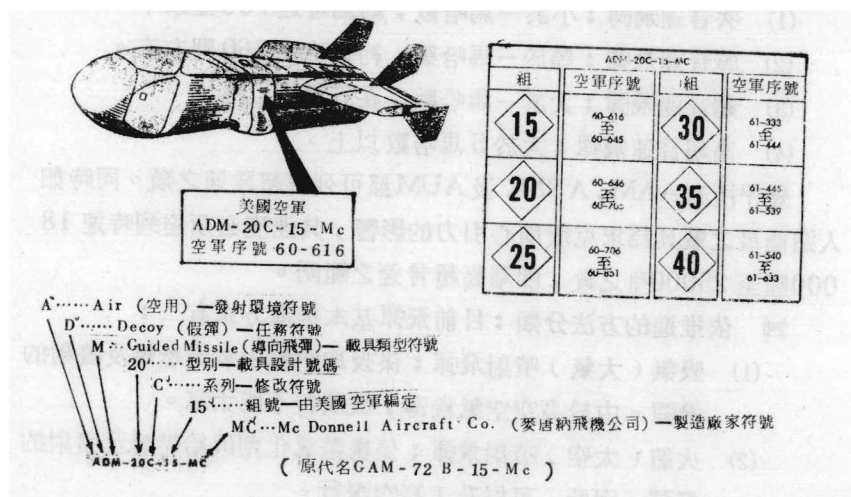


圖 1-1 飛彈組號及序號

(二) 依射程分類：由使用太空載具不同，飛彈可分為空氣動力飛彈及彈導飛彈兩類，兩者主要的區別在於後者不依賴空氣動力表面以產生動力，故彈導飛彈在推力終止時，即沿彈導飛行。故空氣動力飛彈為有翼形態者，如獵犬、鎗矛及波馬克等即是。

8 導向系統

彈導飛彈按射程之大小區分為短程、次中程、中程及長程（即洲際）四種，常見之彈道飛彈簡字如下列：

- (1) S RBM(短程彈道飛彈) = 射程在 200 哩以內者。
- (2) MRBM(次中程彈道飛彈) = 射程在 200 哩至 700 哩者。
- (3) IRBM(中程彈道飛彈) = 射程在 1000 哩至 3000 哩者。
- (4) ICBM(洲際彈道飛彈) = 射程在 3500 哩至 9000 哩者。

(1)(2)兩類合稱為戰術飛彈，(3)及(4)兩類為戰略飛彈。

(三) 依速度分類：一般而言，指在正確的操作情況下飛彈所能達到的最大速度。此種分類法，是以音速為準（即將音速定為一個單位一馬哈）。換言之，馬哈數即是音速的倍數。雖音速隨四週之溫度情況有異，但吾人僅考慮四種音速範圍，即作為分類之依據，即如：

- (1) 次音速飛彈：小於一馬哈數，約為時速 760 哩以下。
- (2) 等音速飛彈：等於一馬哈數，約為時速 760 哩左右。
- (3) 超音速飛彈：大於一馬哈數，在五馬哈以內。
- (4) 高超音速飛彈：大於 5 馬哈數以上。

幾乎所有 AAM, ASM, 及 AUM 都可列為超音速之類。同時如人造衛星之載具為求克服地心引力的影響，其速度必須達到時速 18 000 哩至 25 000 哩之數，即屬高超音速之範圍。

(四) 依推進的方法分類：目前飛彈基本推進方式有二：

- (1) 吸氣（大氣）噴射飛彈：係吸取空氣中氧份燃燒及噴射的飛彈。由於高空空氣稀薄，故飛行不能太高。
- (2) 火箭（太空）噴射飛彈：係攜帶氧化劑供給燃燒及噴射的飛彈。因此，可以升入高空飛行。

(五) 依特殊效用分類：

- (1) 攔截飛彈：具有遠射程及地區防禦性能，可擊毀來犯敵機及飛彈。
- (2) 反飛彈飛彈：針對來犯敵遠程飛彈而於空際將其擊毀的飛彈。為反洲際彈道飛彈。

(3) 反潛飛彈：專用於擊毀潛艇的飛彈。

(4) 誘惑飛彈：裝有特殊反電子設備而無彈頭的飛彈，主要為誘惑敵方雷達，使其防空飛彈發生錯誤。

(六) 依彈道性能分類：

(1) 滑翔式飛彈：飛彈由太空降落至大氣平流層時，以最佳的彈道再飛行到目標，這種滑翔式飛彈可增加一倍的射程。

(2) 跳躍式飛彈：飛彈由太空降落至大氣的稠密空氣層時，以另一彈道跳躍回太空及降落大氣層數次，繼續飛行至目標。這種跳躍式飛彈可增加很大射程。此乃應用德國Dr. Eugen Sanger及其夫人Mrs. Irene Bredt 所提出的理論而製成的。

1-4 導向飛彈的結構及其各部的名稱

導向飛彈的結構，依據其性能及用途等之不同而有差異，然其主體的結構，大致相同。一般主體分為：

(一) 推進系統 (propulsion section) (二) 導向系統 (Guidance) 及(三) 彈頭 (Warhead)，三個部門。以勝利女神飛彈 (圖1-2) 為例，可分為：(一) 前鼻節 (Forward Nose section)，(二) 後鼻節 (After Nose section)，(三) 彈頭 (War head)，(四) 引擎節 (Engine Section)，(五) 設備節 (Equipment Section)，(六) 主動器及爆炸管節 (Actuator And Slant tube Section)，(七) 推力限制器組合 (Thrust Limiter Assembly)，(八) 安定翅鎖 (Elevon Lock)，(九) 加力器推力結構 (Booster thrust Structure)，(十) 加力器組外殼 (Booster Cruster)，(十一) 加力器組外翅 (Booster Fin)

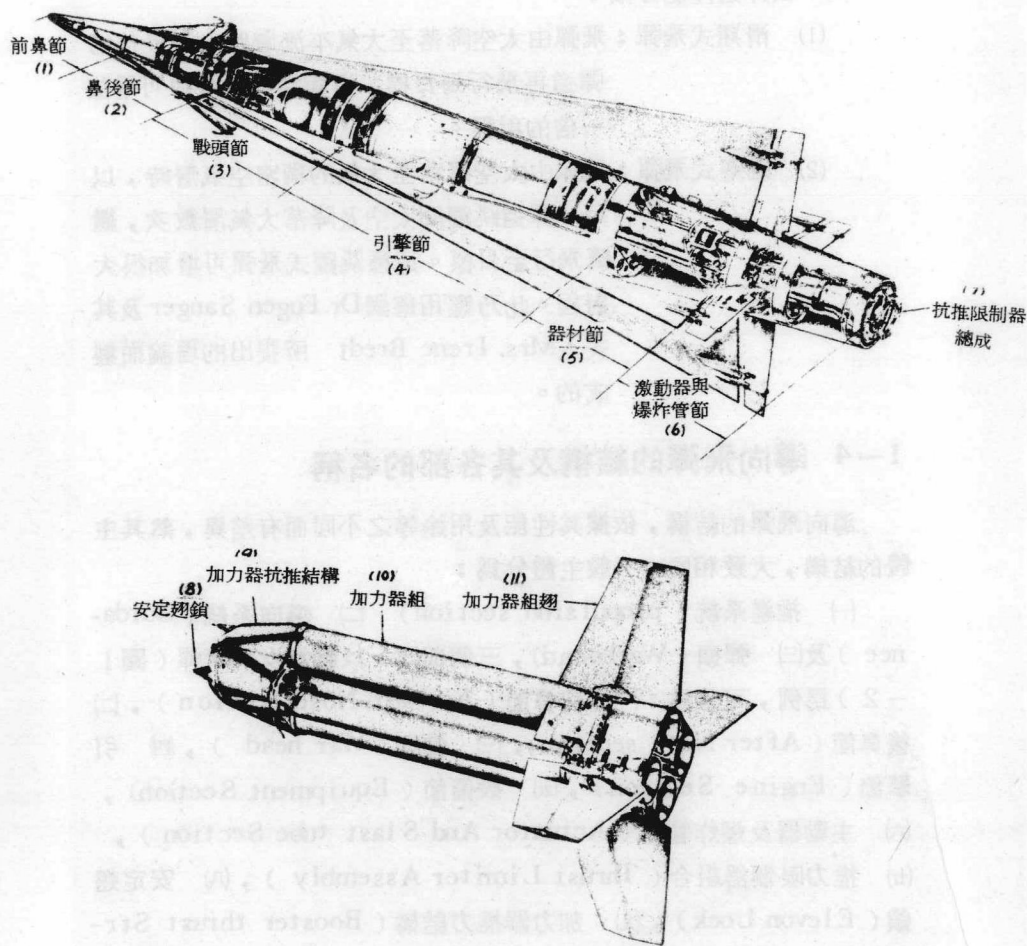


圖 1-2 勝利女神力士飛各部名稱圖

第二章 飛彈推進原理

導向飛彈必須以高速移動，以減低為敵人反制措施所攔截或摧毀的可能性。同時，相反的必須要能夠攔截或摧毀高速飛行中的敵人的飛彈或有駕駛員的飛機。迄至今日，用於推進超音速的航空載具，其主要動力乃為噴射發動機。

二次大戰以前，往復式發動機與螺旋槳的組合是為甚完美的飛機推進結構。以後為了事實的需要，亟待發展高次音速，甚至超音速的飛機。但因為螺旋槳的推力，到達某一速度時其推力將大為減低，因此當要求速度增時，上述的組合，實難令人滿意。為此則需極龐大的發動機始能產生足夠的馬力來增加速度。並同時，若當速度接近音速時，螺旋槳將會形成震波而影響推力的銳減。

從經驗知，吾人所以不能早作超音速的飛行，主要原因為缺乏足夠的動力。譬如，據空氣動力學家算出，推進一架 F-51 飛機使其在 50,000 呎高空以 1.5 馬哈的速度飛行，需要 35,000 馬力；若以一架大小重量與 F-51 同相的飛機，裝以噴射發動機，及使用一些新的空氣動力技巧，則在同樣情況下，祇需 8,000 馬力。兩者比較，相差懸殊。依效率而論，在中次音速時（約 0.5 馬哈），螺旋槳約為 85%，為速度增至 0.8 馬哈時，則驟降至 20%。然而在噴射發動機，其洗流效率（Wake Efficiency）或推力約為 35 至 40%，雖亦不高，但却較發動機螺旋槳組合為佳。尤其當高速時為然，因為噴射渦輪發動機的洗流效率不隨速度的增加而減少也。從螺旋槳之研究改進顯示，可以設法彌補其缺點，但目前仍以噴射推進方式，以獲得高次音速及超音速。

2—1 噴射推進的基本公式及定律

定義：利用被推進物體體內所噴出的物質的動量來推動物體本身的方法謂之噴射推進。根據定義的含意，可知噴射推進係利用反動力原理，故此類發動機亦常稱之為反動力式發動機（Reaction-type Engines）。

欲瞭解噴射推系統的原理，首先應對噴射發動機產生推力的方式作一基本的數字分析。並應知推力乃為任何產生物體運動或改變物體運動的力量。噴射推進的基本原理為牛頓第二及第三運動定律。

牛頓第二定律謂：當一不平衡的力作用於物體上時，使物體沿該力的方向加速前進。其所產生的加速度與該不平衡的力成正比。而與物質的質量成反比。以公式表示為

$$F = Ma \dots\dots\dots (2-1)$$

$$\text{或 } a = \frac{F}{M} \dots\dots\dots (2-2)$$

式中： F 表不平衡的力，單位為磅。 M 表物體的質量，單位為斯格（Slug）。 a 為所產生的加速度，單位為每秒每秒呎。

由於地球對某一物體的吸力，視該物體所在的地理位置成與地心的距離而不同。通常稱此地心對物體的吸力謂之重量。依物理的意義，以式表示為

$$M = \frac{W}{g} \dots\dots\dots (2-3)$$

式中： M 為質量單位為斯格； W 為重量，單位為磅；而 g 為地心吸力所產生的重力加速度。

又加速度為單位時間內速度的變化率，以式表示為

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t} \dots\dots\dots (2-4)$$

式中 V_1 為某一物質的最初速度， V_2 為其最後速度， t 為速度從