

火

箭

張以棣著



火箭

著 棟 以 張



店 書 明 開

開
明
書
局

書
叢

火 箭

一九四九年六月月初版

每冊定價〇・四五

印刷者

開明書店

發行者

上海福州路
開明書店
代表人范洗人

著者

張以棣

有著作權 不准翻印

(59 P.) K

箭

目次

第一章	引言	一
第二章	火箭的歷史	四
第三章	火箭飛行原理	一五
第四章	火箭的構造	三〇
第五章	火箭的燃料	四〇
第六章	火箭之遙控制	五三
第七章	今日的火箭	五九
第八章	商用火箭	七一
第九章	大氣層	七六
第十章	怎樣飛離地球？	八三
第十一章	艱險的歷程	九五
第十二章	跨進怎樣的世界？	一〇八

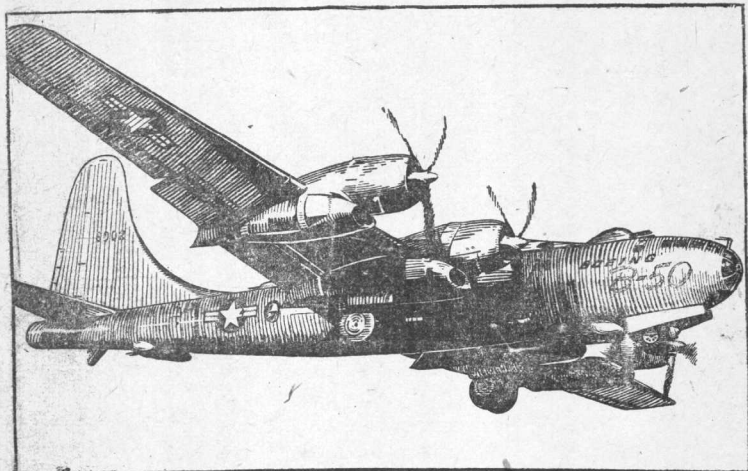
第一章 引言

科學的進展，每每是躍進的；今天認爲當然的事，在昨天，也許是不可思議的夢想。

要證實這句話，無線電該是最明顯的例子。在幾百年以前，最有學問的人，也想像不出世界上會有這種東西，如果有個膽大的預言家，從某種學理上證明其可能，縱然理由充足，恐怕也難取信於人。可是今天，中學生中也有很多自己裝收音機的。大家很少有奇異的感覺，對於無線電的種種奇異的功能，也很少詫異。

再以飛機來說，也有同樣的情形。在幾十年前，很少人相信人能飛行的。這也難怪。從日常生活看來，最輕的鴻毛，雖然浮沈空際，最後也難免落下地來，何況飛機重數千磅呢？所以有少數科學家，也相信飛行是不可能的。有一位著名科學家甚至用「數學理論」證明，重於空氣的東西不可能飛行。

一般人對於航空研究者的譏笑，當然更是常見了。在萊特飛行成功之前九天，蘭格萊教授 (Prof. Langley) 曾試飛他的飛機，結果失敗，遭當地報紙無情的嘲笑，稱之爲蘭格萊的愚蠢 (Langley's Folly)。但是在今天，巨機競出，商業航線遍及全球，將來航空一天天大



圖一. 最新的轟炸機美國波音 B-50 號, 由 B-29 超級空中堡壘演變而成
用四具 GR-3350 發動機, 每具可發出 3,500 匹馬力。飛機載重 10,000
磅, 航程達 5,000 哩。

衆化，飛機就會成爲日常生活中的一種必需工具了。這又豈是初料所及？（圖一）

在今天，我們又面臨我們祖先所遇到的考驗了：我們聽到了月球旅行的傳奇，人造行星的壯語和追上落日等等的幻想。這些都是火箭可能的賜予，我們是否相信牠的確可能呢？

假使我們比較無線電和飛機的例子，丟開懷疑，冷淡，鄙視的情緒，冷靜地研究一下，我們就會知道，這些預言確是有實現的可能性的。不但如此，我們更會知道，火箭並不是一般人所想像的科學把戲。牠的本身也含着很深的科學知識，對於人類生活範疇也會有重大影響的。

說火箭含有高度科學知識，事實證明

很清楚。火箭所根據的原理，我們都知道是反作用原理。遠在一二十年前，就聽說有人在研究，何以一直到現在，纔稍稍表現出成績呢？一句話，這因為火箭需要：耐高熱的金屬材料，高速度唧筒，液態氧，自動駕駛儀等等近代科學產物。因此直到現在，火箭的研究還僅僅是個開端。

要完成更好的火箭，所需的科學知識就更多了，現在想像得到的，有：原子能，宇宙線，生理，天文，雷達等方面的知識。

在另一方面，火箭所能給人類的，也不止實現一般常提到的，「縮地術」，「游月宮」等等幻想。我們現在的知識，很多方面是受了生存空間的限制。譬如說，一般人對相對論不易了解，其推出的結果，每每使人感到與日常生活不符。這就因為我們日常接觸到的世界太窄，無從領略大自然的奧妙。

如果我們有了完美的火箭。第一，我們活動的領域就擴展了，不再限於地球上。第二，由於飛行速度比較上無限制，許多相對論上推論到的種種現象，也許都會出現。這將大大改變我們對自然界的古老的認識。因此，火箭對人類的影響，實在是非常巨大的。

第二章 火箭的歷史

火箭雖是很新的科學產物，但在歷史上，火箭卻很早就存在了。遠在一三〇〇年前，我國就有一種玩具發明，叫做「高升」。就其升高的原理來說，即可稱之為火箭。可惜我國一直視「高升」為玩具，不作進一步的研究，以致毫無進展或改良。一六八〇年，牛頓發現了第三運動定律，也就是所謂反作用力定律，纔算在理論上，替火箭學開了一條路。

一九〇三年，俄國人傑奧爾柯夫斯基 (Konstantin E. Ziolkovsky) 著宇宙火箭 (The Rocket in Cosmic Space) 一書，首次提出火箭飛行的理想。其後，有哥達，奧倍爾脫諸人，相繼發表火箭著作，逐漸形成火箭學這一門科學。

哥達是美國人，生於一八八二年，對於火箭研究的貢獻甚大。他在一九〇八年即開始火箭研究。一九一四年，他在克拉喀 (Clark) 大學執教，節省自己的薪金，在大學的地窖中，從事實際試驗，證明了火箭在真空中可以飛行。其後，他獲得了史密斯遜安學會 (Smithsonian Institute) 的獎助，繼續研究火箭的飛行理論，一九二〇年，他出版了射達極高空之方法 (A Method of Reaching Extreme Altitude) 一書。

這本書共分三部分：第一部分，討論火箭原理。第二部分，列舉他的實驗結果。第三部分，是根據理論實驗兩方面的結果，推演出很多的結論。

最後，他證明一個八——十噸的火箭，就可射達月球。火箭上並可攜帶多量的鎂粉，供抵觸月球時燃燒，發出強光，在地球上的人就可以用望遠鏡觀察。

這一段月球旅行的預言，立刻引起社會一般人的興趣。大家紛紛作火箭的討論。不久以後，哥達接到這樣的一封信：

親愛的先生：

許多年來，我從事火箭的研究，目前正在整理研究的結果，準備出版，突然在報章上讀到你的消息，非常興奮。可是，你的大作，我尙無緣拜讀，希望你能賜我數冊。如拙作出版，當寄請斧正。愚意火箭乃一難題，欲求其美滿解決，正賴舉世科學家精誠合作也。

你忠實的奧倍爾脫上

奧倍爾脫是德國著名數學家，同時是第一流的氣象學家兼物理學家。不久之後，他發表了星體空間之火箭 (Die Rakete Zu Den Planetenraumen) 一書，內容較哥達所著的更為詳盡，其後又續著空間航行之路 (Wege Zur Raumschiffahrt) 一書，為有關火箭的唯一文學名著。

自此以後，關於火箭的書籍如雨後春筍，紛紛出現：胡曼博士 (Dr. Walter Hohmann) 著天體可達說 (Die Erreichbarkeit der Himmelskörper)，用嚴謹的算學方法，分析火箭的發射，空間航行，着陸，繞星體運行諸問題。一九二四年，馬克斯·瓦萊 (Max Valier) 後來為著名之火箭及火箭車實驗家，開始用極通俗的口吻，著飛向空間 (A Dash into Space) 一書，一般人乃得以了解火箭原理。一九二六年惠立·萊 (Willy Ley) 著宇宙旅行 (Die Fahrt ins Weltall) 一書。後來，德國在這方面的書尤其多，其中並有一冊月中女郎 (Frau im Mond) 係電影劇本，後來攝成了一部很流行的影片。

同時，研究空氣也逐漸濃厚起來：一九二七年，德國成立德國星球學會 (German Interplanetary Society)，製造許多火箭車和一架火箭飛機。希特拉 執政後，原任會長的奧倍爾 脫教授離開德國，另有一個新學會產生，副會長就是著名的火箭學家惠立·萊。一九二九年，蘇俄火箭學會 成立。一九三〇年三月，美國星球學會 成立，拉薩爾 (David Lasser) 先生為該會主席。一九三四年，潘着萊 (G. Edward Pendry) 繼任主席，會名改為美國火箭學會。一九三三年十月，英國星球學會 (The British Interplanetary Society) 成立，首任主席克里脫 (P. E. Cleator)，曾著有行星間旅行的可能性 (The Possibility of Interplanetary Travel) 一書。

這一時期中，各國都有人從事實際的研究工作。在美國，哥達教授 (Prof. Goddard) 自發表射達極高空之方法後，自一九二〇——一九二二年間，專心研究各種燃料的噴射情況。他是在實驗室中用試驗架來試驗的。所用的燃料有：液態氧，汽油，乙醚，及其他炭氫化合物。最後，他認為汽油和液態氧配成的燃料最為滿意，以後他所設計的液體燃料火箭，差不多全用這兩種燃料。

一九二三年，也就是奧倍爾脫著作出版的一年，他利用斯密斯遜安基金，完成了一具小型的火箭，燃料利用唧筒送至馬達內。這具火箭馬力很小，重量較大，並未作飛行試驗，僅在地面上研究各種性能。兩年後，他根據實驗所得的經驗，又製成一具火箭。仍用汽油做燃料，但省去了唧筒，而利用高壓的氮氣推動燃料，這具火箭仍未作飛行實驗。

一年以後，哥達完成了他的第三具火箭，在一九二六年三月十六日試飛。地點是在麻省的奧班 (Auburn)，那天天氣很好，但很寒冷，地面上有兩吋深的積雪。大家都穿了很厚的衣服，來做這前所未有的實驗。

火箭的構造很簡陋，馬達部分約兩呎長，有着細長的噴口，和筒狀的燃燒室。油箱長約兩呎半，和馬達相距四——五呎，中間有支架與導管互相連接。馬達部分在火箭前部。當時有一個錯誤的觀念，以為拉力在前方，拉着火箭走，飛行時可以平穩。事實上，飛行的平穩

與否，主要是看重心的位置，與有沒有恢復平衡的作用力來決定的。

這具火箭還有一個特點，就是燃料的傳送，係用液態氧蒸發的氣壓來推動的。

此後又發射火箭多次，都是祕密舉行，不爲一般人所知。一九二九年七月十七日，哥達發放一大型火箭，可攜帶氣壓計及攝影機，作高空探測。這次發射時的聲響和火光都較前大增，附近的人以爲是飛機失事，通知救火隊快來施救，纔將這試驗公開了。

第二天，報紙上赫然出現了哥達的大名。並且加上了許多月球旅行的描寫，於是轟動了社會人士。恰巧這消息給林白上校讀到了。他那時風頭正健，對火箭很感興趣，就寫信給哥金漢提到這件事，於是這個闊老就捐了一大筆錢給哥達教授。

有了錢以後，哥達就選定新墨斯哥做試驗基地，因爲那裏很僻靜，而氣候又很好。工廠於一九三〇年九月建成，可供哥達和兩個助手研究。工廠附近有一座二十呎高的塔，可以做靜止的實際實驗。在十五哩外，有一座六十呎高的發射塔，可作發射之用。

哥達所擬定的目標是設計一具火箭，可發出一定值的推力，作用須可靠。後來，他完成了一具火箭馬達，直徑五又四分之三吋，重五磅，最大推力爲二百八十九磅，可燃燒二十秒鐘以上。哥達證明這具馬達相當一千零三十四馬力，合每磅重量發出二百匹馬力，這是根據噴射氣體所具的能量計算出來的。

一九三〇年十二月三十日，第一具火箭在新墨斯哥發射。這火箭長十一呎，重約三十磅，射達的高度爲二千呎，最大速度達每小時五百哩。

一九三二年四月十九日，第一具迴轉儀(Gyro)控制的火箭完成。這是利用迴轉儀控制的，在噴射氣流中裝置着一個可旋動的翼面，由牠發生控制力量來校正飛行方向。結果雖未盡理想，但證明確有效果，哥達後來決定控制翼應加大。

這時，適逢美國不景氣，哥達的經費失去了接濟，工作受到了阻礙。直到一九三四年纔恢復工作，工作的重心是在加裝構造簡單而有效的平衡機構。

起初他想用鉛垂來校正方向，但發現在高加速度時，效力微弱。

哥達的鉛垂控制火箭，升達一千呎的高空，然後平飛開去，落到距離一萬一千呎遠處。據測驗顯示，最大的飛行速度爲每小時七百哩——約等於聲音的速度。

其後，哥達改用迴轉儀來控制飛行。自一九三五年三月八日起，他做了一連串的發射試驗。其中一具火箭，達到四千八百呎的高度，水平飛行距離爲一萬三千呎，最大速度每小時五百五十哩。控制的效果是：偏斜達十度，方向即自動改正。在起初數百呎距離內，因爲機械作用的延滯，火箭成波浪形路線上升，其後速度漸大，軌跡即成直線。

經過長時期改良，成績也逐漸進步。一九三五年十月十四日，一個迴轉儀控制火箭，升

達四千呎高空，一九三五年五月三十一日，高度達七千五百呎。

這時，哥達又因為經費缺乏，再度中止研究。所以在美國，火箭研究工作一向不為官方重視。直到這次戰爭末期，纔開始大規模的研究。

在歐洲大陸上，起初研究的對象是火箭車 (Rocket-driven Car)，就是利用火箭推動車輛前進，來研究火箭所發生的反作用的情形。

火箭車的第一個實驗者是德國人馬克斯·瓦萊。一九二八年，他製成第一具火箭車，五月裏在阿伏斯 (Avus) 的鐵道上奔馳，使目擊的人驚奇不置。

同年，德國奧配爾 (Opel) 地方的弗勒茲 (Fritz) 表現他的火箭車。車後有十二根噴氣管，發出很大的推力。在發動後二秒鐘，火箭車就達到每小時六十二哩的高速度。

在一九二八年，另一個德國人盧西登蓋薩沙虎脫 (Rhon Rossitengesellschaft) 造成第一架火箭飛機，能飛一哩之遙。不久，柏林克斯坦航空公司 (Raab Katzenstein Aviation Company) 試造一架火箭飛機，可惜失敗了。

一九三一年，德人鐵令研究火箭飛機，造成一具模型，成績甚為良好。可惜在一九三三年十月，他的實驗室爆炸。他也因而殉難，計劃沒有能完成。

其後，又有郵航火箭出現。最初是一九三一年二月，奧國格勒茲 (Graz) 地方的施密達

建議用火箭來投送郵件，當到達目的地時，由降落傘將郵件安全着陸。

一九三三年十月，郵政火箭第一次出現，這火箭是德人楚克爾(Herr Zucker)設計的，原希望火箭飛到數哩外的目標上空，用降落傘放下郵件，然後折回原處。這試驗在古克斯霍芬(Cuxhaven)地方舉行，不幸發射時，火箭翻筋斗墜地而失敗。

其後，德國的火箭研究轉變為國防科學工作，進行甚為祕密。在這一段時間內，成績很可觀。

下面的一段記載，是刊在一九三三年十一月五日倫敦的星期評論上的。我們讀了，就可以看出德國在戰前的火箭研究已經很有成績了。

星期評論今日敢單獨宣佈，歷史上第一次載客火箭業已造成，並已在魯根島(Island of Rugen)試飛了。試飛是在上星期日，冒着生命的危險。作此實驗的駕駛者，是火箭的設計兼製造人白魯騰飛雪爾(Herr

Bruno Fleher)。

飛雪爾兄弟為完成此項火箭，在漢堡附近的巴爾姆貝克(Barmbeck)小村日夜工作達數月之久。

火箭完成後，祕密送至魯根島。

星期日早晨六點鐘，奧圖飛雪爾和他的兄弟以及參觀的國防部官員握手作別，徐徐跨入小鋼門內。

白魯騰飛雪爾和三個官員避入二百碼外地下小洞內。他按下電鈕，使火箭送入航程。

一道眩目的閃光和震耳的炸聲突然發生。於是那小巧的魚雷形火箭，沿鋼線架上升，射入雲霄。

數分鐘後，一具龐大的降落傘飄浮而下，火箭重現眼前。當它接近地面時，可以看見附在外面的翼舵在移動，好像有人在操縱，使牠落在島上的目的地。

不一會，火箭已落在數碼外的沙灘上，奧圖飛雪爾自小鋼門下爬出，面容因震駭而慘白，但露着勝利的微笑——這次空中航行歷時二十六秒。

他對擁上去恭賀他的人說：「這是一件可怖的經歷。當火箭離地時，我感到震耳欲聾的吼聲，同時有一種不可容忍的壓力，衝過火箭內壁向我襲來。可怖的加速度使我因腦貧血而失去知覺。」

「當我恢復知覺時，看見面前高度表正指着三萬二千呎——約六哩許——而火箭很快開始下降了，由玻璃窗看出去，發現降落傘浮在頂上。

「其次使我注意的，就是身旁石棉壁的高熱」。

奧圖飛雪爾最後苦笑地說：「不必說，我能安然回來，是萬分微倖的。」

由於這段敘述，我們可以相信德國在這次大戰前，對火箭的知識較各國均多。戰爭期中，德國在這方面的努力更不容忽視。自一九四三年起，盟軍空軍力量增強。德國本土日夜受到轟炸。飛機生產能力因此一落千丈；不說轟炸機的製造，就是急需的防禦用的戰鬥機，生產量也不敷需要。於是遠程轟炸的任務，就派給火箭擔負，來達到報復的企圖。

德國所做的研究工作範圍很廣，自燃料，引火，控制方法，以至於發射的方式，都有精密的研究。所完成的飛彈也很多，有一百三十八種。其中最著名的，當然是V-1。但是在事

實上，W本身就有十種不同的型別：其中三種是老式的，四種是改進後的新型，有一種發射方法比較改良，射程因而增大至五千哩。還有一種比較有趣，它備有機翼，着陸輪，加壓座艙等，可以乘載飛行員一人。試驗結果出乎意料，如此高的加速度，並沒有損傷其中的駕駛員。

此外還有各種對空火箭，是用來攻擊敵機的。一種是地面對空火箭，可由地面人員控制，射擊敵機。這種火箭的例子是瀑布式（Wessertal）與萊茵女兒 I 式及 II 式，速度每小時一千一百哩，能射達四萬八千呎的高度，可以用無線電操縱向敵機瞄準。還有一種是空中對空火箭，可由飛機上放出射擊敵機，例如 W 火箭，就屬於此型。牠長約六呎，放出後有一條電線連到母機上，利用電流來操縱火箭的尾舵。

德國人還有一種計劃，因為戰事失利太快沒有完成，德國人預備造很多轟炸機，用火箭推進。馬達重約二噸半，可發出一百噸的推力，發射速度每小時五百哩，在四——八分鐘內就可射達一百五十四哩的高空，然後由駕駛員駕駛，滑翔到紐約。因為水平速度甚大，而高空空氣阻力小，所以在四十分鐘之內，由歐洲大陸飛抵紐約。

德國因為集中全力研究，所以有這樣好的成績。這時候，美國政府偏重飛機的改進與生產，對於火箭研究很少注意。所有研究工作，最初都是私人做的。

一九三六年，加州理工學院一部分研究人員組織了一個學會，從事火箭的研究。因為經費的限制，範圍當然很小，對象只不過是小型的固體燃料火箭，成績很好，尤其是幫助飛機起飛方面，效果很顯著，逐漸引起了美海空軍的注意。一九四四年正月，就是德國用V-1和V-2轟擊倫敦的前五個月，陸軍軍械部請加州理工學院着力長射程火箭的研究。第一具製造的，定名叫A兵(Private A)射程達到一萬七千碼。一九四五年春天，製造一具F兵(Private F)，有機翼和安定面，是用來研究飛機機翼切面性能的。同年秋季製成一具探空火箭，名叫女兵班長號(Wac Corporal)，射達四十多哩的高度。另外美國航空諮議院(NACA)製了一具兩連火箭，稱為太耶梅號(Taimat)，最近完成海王星號(Neptune)，性能已超過V-2了。

蘇聯在這方面當然也不肯落後。在戰爭結束後，和英美一樣，羅致了很多德國科學家，致力火箭的研究，但內容秘密，很不容易知道他們進展的情形。以前報載瑞典上空有神秘飛彈，也許就是他們的成績了。

我國科學素來落後，雖然「高升」已有長久的歷史，但在今日的火箭競賽中，真望塵莫及。最近，國防部展覽的製造品中，有我國自製的四·五吋和二·三八吋火箭。雖都只是小型的火箭砲，但既有了良好的開端，將來還是有希望的。



圖二. 火箭由噴射氣體而獲得推力。

火箭的飛行是利用反作用力原理。牠升空的情形，可以用「高升」來解釋。「高升」實際上就是普通的爆竹。只是尾部所塞的土已經取去，燃着以後，火藥燃燒所生的氣體不使牠爆裂，而從尾部噴射出來。這時，因為靜止的火藥變成了高速的氣體，爆竹前面的紙壁受到了

了反作用力，推着整個的爆竹向前行進。

根據以上的說明，我們可以演繹出火箭的運動公式來。圖二乃是火箭的燃燒室，向後的一方是噴口，高熱的氣體便從這裏噴出來。假定火箭的質量是 M ，每秒鐘噴出的氣體質量是 $\frac{dM}{dt}$ ，噴氣的速度是 v ，飛行速度是 V ；那麼，火藥的動量的變化是：

$$-\frac{dM}{dt}v$$

這就是說，每秒鐘有 $\frac{dM}{dt}$ 的火藥，由靜止的狀態，變到速度等於 v 。這個動量變化，產生了向前的作用力，使火箭獲得加速度。用式子寫出來，就

是：

$$\frac{M}{M_0} \frac{dV}{dt} = -u \frac{dM}{dt}$$

$$\frac{dV}{dt} = -u \frac{dM}{M}$$

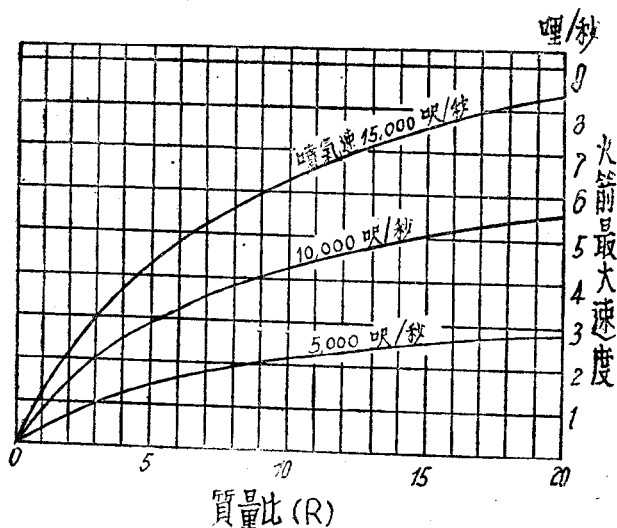
假定火箭初速為 0，發射時質量為 M_0 ，燃料燒完時質量為 M ，此時之速度為最大（因燃料燒完後，推力消失，不再有加速度），設為 V_{max} ，則上式積分後，結果是：

$$V_{max} = u \log \frac{M_0}{M} = u \log R$$

R 代表 $\frac{M_0}{M}$ ，叫做質量比 (Mass Ratio)；他的值等於火箭發射重量與燃料燒完時重量的比。

u 是燃料燃燒後，所生成的氣體在噴口處噴射的速度。這速度的大小，隨所用燃料而不同。

假定 u 值保持不變， V_{max} 隨 R 值的增加而加大，牠的變化情形，如圖三所示。為達到較高的射速，俾射程和高度大加， R 值當然是愈大愈好；但是實際上， R 值是有一定限制的，因為這個比值，實際上就是：



圖三。火箭最大速度與質量比及噴氣速之關係。

火箭的質量比
火箭的質量

要這個比值大，就等於說要結構最輕，燃料載重最大。可是由於材料強度的限制，既須載負很多的燃料，結構強度要足夠，重量就不會太低；事實上，目前達到的 R 值，是 3 至 4 左右。

最近有一種設計，就是為了解決這種困難。這是用幾個火箭連接在一起。當最後一個火箭燃料燒完後，就自動脫離，讓其餘火箭由第二個火箭推送，繼續增加速度；這樣一個接替一個，最後一個火箭可以達到很大的速度。這種火箭，名叫多連火箭 (Step-Rockets)。

多連火箭之所以能達到無限制的速

度，可以下列說明：假定我們有 N 個火箭，質量比都是 R ，我們把牠們連接起來，這時整個的質量比還是 R ，換言之，即與一個質量比為 R 的單體火箭相當。在第一個火箭脫離後，留下了 $N-1$ 個火箭，質量比仍是 R ，換言之，即仍與那個單體火箭相當，但是卻已經有了很大的速度了。到了最末一個火箭，他的性能與單體火箭完全一樣，可是已經有了很大的初速。所以牠所能達到的最大速度，當然大的多了。

以上的 V_{max} 公式，是火箭飛行的最基本公式，這時火箭上的作用力，僅是本身的推力。而在實際上，至少有兩種作用力，同時存在的。

第一是地心引力。牠的方向是向下，因此減小火箭上升的速度。假定火箭發射的方向與地面垂直，那麼修正的公式應當是：

$$V_{max} = u \log R - gt$$

g 是地心加速度， t 是燃料燃燒的全部時間。

這個式子還可以簡化一下：令火箭實際加速度為 a ，那麼，

$$V_{max} = at \quad \text{或} \quad t = \frac{V_{max}}{a}$$

代入上式得出：

$$V_{max} = u \log R - gt = u \log R - \frac{g}{a} V_{max}$$

$$V_{max} = \frac{a}{a+g} u \log R = \eta_0 u \log R$$

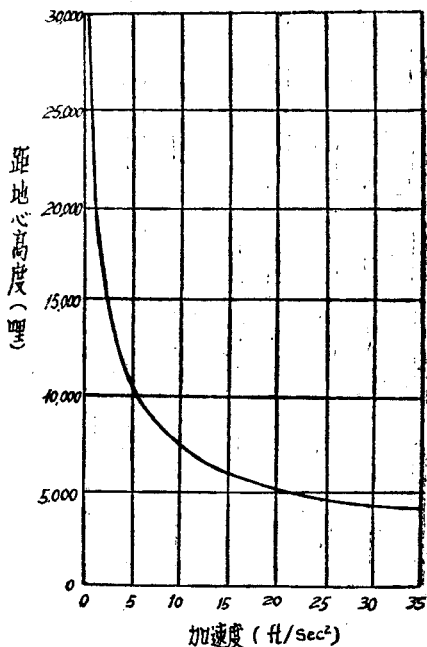
由上式可以看出修正後的結果，是將原來的公式乘以係數 η_0 ，這係數的值等於 $\frac{a}{a+g}$ ，轉換一下式子，即為 $1 - \frac{g}{a+g}$ 。故 a 值愈大，係數 η_0 愈近於 1；換言之，火箭加速度愈大，由地心引力損失的速度愈小。

a 的實際值，V-2 約為 6g，美國海王星號火箭約為 11g。

第二種作用力為空氣的阻力。這阻力的大小，計算頗為不易；因為火箭初速很小，到以後速度增加，最大可達每小時三千多哩。這中間變動範圍甚大，從低速以至超音速都經歷到。阻力的公式也差異很多。最簡單的辦法，是在速度公式前面，乘上一個係數，就是：

$$V_{max} = \eta_A \eta_0 u \log R$$

η_A 是考慮空氣阻力後，所加的係數。一般約為 0.8。 η_0 是以上所述的地心引力係數，如



圖四. 地心加速度與高度之關係。

以加速度為 11g 計，等於 0.92。有這兩種修正以後，速度公式纔較為完全。

得出速度公式以後，我們可以計算火箭發射高度。為簡單起見，我們可導出一個簡化的公式，就是由速度算出動能，然後將動能化為勢能，求出高度。

因為火箭所達高度很大，地心加速度 g 隨高度而變化，設地

面時值為 g_0 ，則在高度 x 時； g 的值應當是 $\frac{g_0 R^2}{g^2}$ ， R 是地球的半徑。（圖四）

假定火箭質量為 M ，則從地面 ($s=R$) 升至高度 H ($s=R+H$) 所獲的勢能是：

$$\int_R^{R+H} \frac{Mg_0 R^2}{g^2} dx = Mg_0 R^2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+H} \right)$$

當火箭速度為 V_{max} 時，牠的動能是 $\frac{1}{2} M V_{max}^2$ ，假定這動能全變為勢能，所達的高度是：

得出：

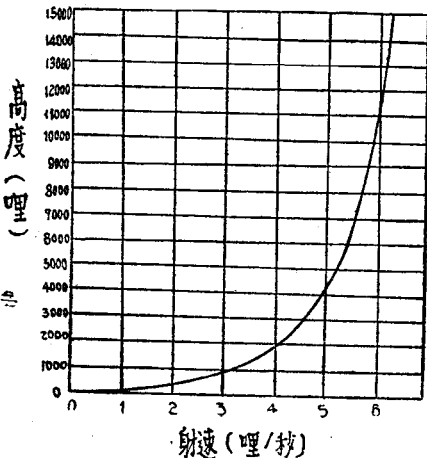
$$\frac{1}{2} M V_{\text{mass}}^2 = M g_0 R^2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+H} \right)$$

$$H = \frac{2g_0 R^2}{2g_0 R - V_{\text{mass}}^2} - R$$

這個公式畫成曲線後，可得圖五之結果。由圖看出，火箭速度愈大，所達高度也愈高，當速度達某定值時，高度可達無窮大；換言之，這時的火箭可脫離地球而作宇宙飛行了。

事實上，當火箭速度無限加大，這時有兩種情形：一種是假定火箭垂直向上發射，那麼當速度達某定值，火箭就能脫離地球，這速度可稱為脫離速度 (Escape Velocity)。一種情形是火箭沿地面水平發射，這時如速度大於某定值，離心力平衡了地心引力，火箭將迴繞地球，永不下落，而成人造衛星，這速度稱為軌道速度 (Orbital Velocity)。

第一步，我們先計算脫離速度。所謂脫離速度，換言之，就是在這個速度時，若動能全部變



圖五. 各種射速下火箭所達之高度。

爲勢能，則可將火箭送至無窮遠處。所以，我們可先算一算，一個單位的質量的物體，由地面移至無窮遠處，究竟多大的勢能。

仿以上的例子，我們得出這勢能是：

$$W = \int_R^{\infty} \frac{R^2 g_0}{a^2} da = Rg_0$$

這結果就是說：將單位質量物體從地面移至無窮遠處所需的功，是與這物體由地心移至地面所需的功相等，這個功名之脫離功 (Work for Escape)。

如射速 V 的動能等於脫離功，火箭可脫離地球；由這關係，算出脫離速度的值是：

$$\frac{1}{2} V^2 = Rg_0$$

$$V_0 = \sqrt{2Rg_0}$$

因 $R = 4000$ 哩， $g_0 = 32.2$ 呎，算出 V 值是：

$$V_0 = \sqrt{2 \times 4000 \times \frac{32.2}{5280}} = 7$$

V_0 約等於每秒七哩或每小時二萬五千二百哩。在目前說，這是一個驚人的速度。因爲最快的飛機，每小時不過七百哩。就是 V_0 ，每小時也只有三千六百哩上下，及這速度的七

分之一。所以在短期間內想脫離地球，飛到月亮或火星去，恐怕還不可能。不過把時間放長一點看，所謂宇宙航行，遲早會成爲事實的。

以上討論的是垂直發射情形。第二種情形是水平發射。當速度大到一定限度，這時火箭繞地球飛行的離心力等於重力，得出下式：

$$\frac{M}{R} V_0^2 = g_0 M$$

$$V_0 = \sqrt{Rg_0}$$

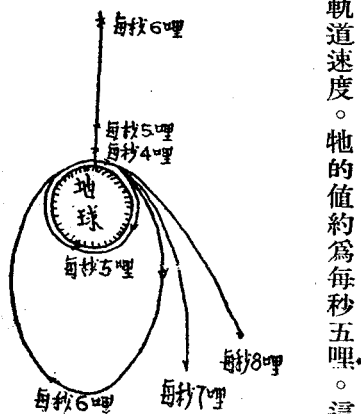
V_0 表示離心力等於火箭的重力時的速度，也叫做軌道速度。牠的值約爲每秒五哩。這時迴繞地球一週的時間約爲90分鐘。

高度改變時，軌道速度也改變，迴繞的週期當然也不同。當距離地心四萬二千哩時，繞行一週所需時間爲二十四小時。

以上所述各種情形，可歸納如下：（圖六）

（一）向上發射

$V < 7$ 哩/秒 飛離地球。



圖六。火箭飛行情形之圖解。

$V < 7$ 哩/秒 墜回地面。

(11) 水平發射

$V = 5$ 哩/秒 沿圓形軌道繞地球飛行。

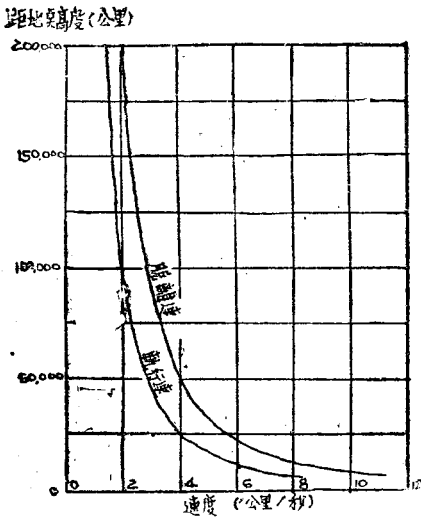
8 哩/秒 $> V > 5$ 哩/秒 沿橢圓形軌道繞地球飛行。

$V = 8$ 哩/秒 成拋物線軌跡飛向無窮遠。

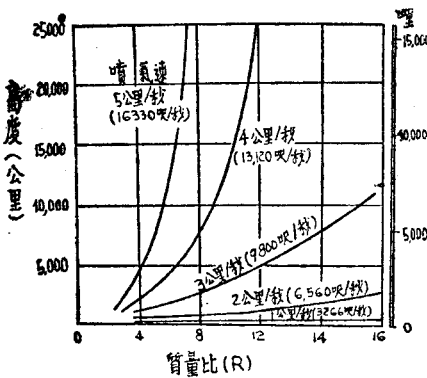
以上所說的是火箭自在平地上發射的情形。假若發射地點是在高山上，因為地心引力減小了，情形與此不同。換言之，即脫離速與軌行速都減小了，在圖七中可以看出這變化的情形來。

再就熱力學一方面說，火箭馬達發生推力的大小，與效率的高低，也是我們所關切的。推力的值可由動量的變化求出來：假定一具火箭馬達每秒鐘燒去 W 磅的燃料，那麼牠每秒噴出的氣體重量也就是 W ，而我們知道推力是等於動量的變化率的，現在既然有每秒 $\frac{W}{g}$ 質量的燃料由靜止而氣化，以噴速 u 噴射，每秒內動量的變化等於 $\frac{W}{g} u$ 。因此，這個值就是火箭馬達所生的推力。

$$T = u \frac{W}{g}$$



圖七. 高度對脫離速與軌行之影響。



圖八. 各種噴氣速時質量比與高度之關係。

式中的 u 和 g 都是常數，前者是每分鐘燃料所具的一定噴氣速，後者是地心加速度值。這兩者之比值當然也是一定值，所以：

$$\frac{T}{W} = \frac{u}{g} = \text{定值}$$

T/W 這個比值，用話解釋就是推力與燃料消耗率之比，是一個定值，一般叫做單位衝擊力 (Specific Impulse)，以秒為單位。它與燃燒室內的溫度，和噴射氣體的分量量的關係

如下式：

$$S.I. \propto \sqrt{\text{燃燒室內燃燒之絕對溫度}} \\ \text{噴射氣體之分子量}$$

各種燃料的 $S.I.$ 值約如下表

燃料	單位衝擊力 (秒)
Ballistite	1100
液態氧——75%酒精+25%水	1139
液態氧——液態氫	358
紅硝酸——安尼林	1111
白硝酸——酒精	114

由上表看出一般燃料的單位衝擊力均為二一〇秒左右。推力等於燃料消耗率乘 $S.I.$ 值。因此我們可以很快的推算出推力的大小來：例如每秒燃燒三十磅燃料的火箭，發出的推力大約是三十乘二一〇，約等於六千磅。

火箭的效率則可以分成兩層來討論。一種效率是火箭馬達燃燒時的熱效率，也就是燃料所含的能量，有多少部分化成噴氣能的一種比較數字。在另一方面，是火箭噴氣能有多

少是發生推進工作的，表明這個的叫做推進效率。這兩種效率併合起來，纔得到火箭的總效率。

由上面可以知道，熱效率是燃料總能量與噴氣能之比。假定火箭速度是 V ，那麼，燃料除單位熱能 Q 外，尚有動能 $\frac{1}{2}V^2$ 。

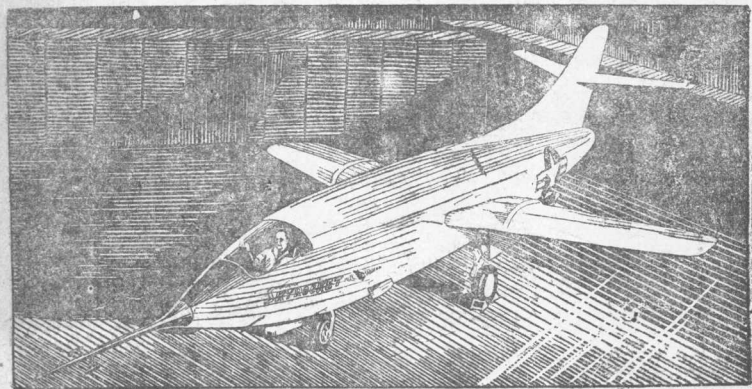
$$\eta_a = \frac{G \cdot E.}{Q + \frac{1}{2}V^2}$$

η_a 是熱效率，而 $G \cdot E.$ 則代表噴氣能。

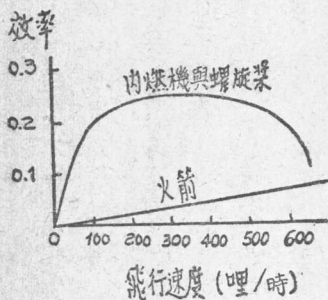
推進效率是火箭推進所做的工作與噴氣能之比。

由上面知道，力是等於 $\frac{w}{g}V$ ，那麼以單位實質燃料而言，推力等於 w ，（因為此時 $\frac{W}{g} = M = 1$ ）每秒內推動所做的功是 wV 。故：

$$\eta_p = \frac{wV}{G \cdot E.}$$



圖九. 美國超聲機天空火箭號。



圖十. 火箭與普通發動機效率比較圖。

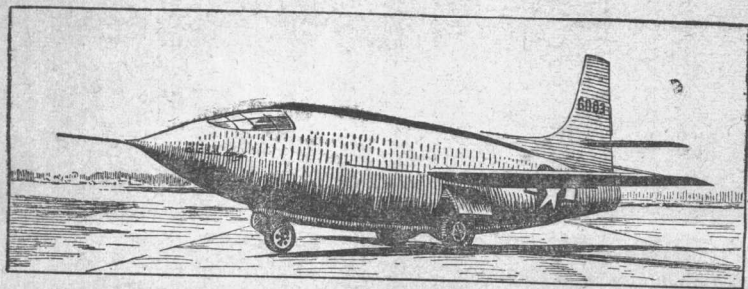
而總效率是等於這兩種效率的乘積的，故得出：

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = \frac{u_1 \cdot u_2}{\Delta V}$$

當 Q 值為已知時，我們可以畫出 η 與 V 的曲線來。因為 Q 值一般較 ΔV 大的多，故所得曲線約如圖十所示。由圖看出，當速度增加，在平常飛機是效率減低，而對於火箭是效率

增高，因而火箭特別適宜於高速飛行。

由圖十更可看出：在飛行時速六百哩以上，普通發動機效率就變得非常低，所以普通發動機的速度不能達到聲速。即使是噴氣發動機，因為推力不大，也不適



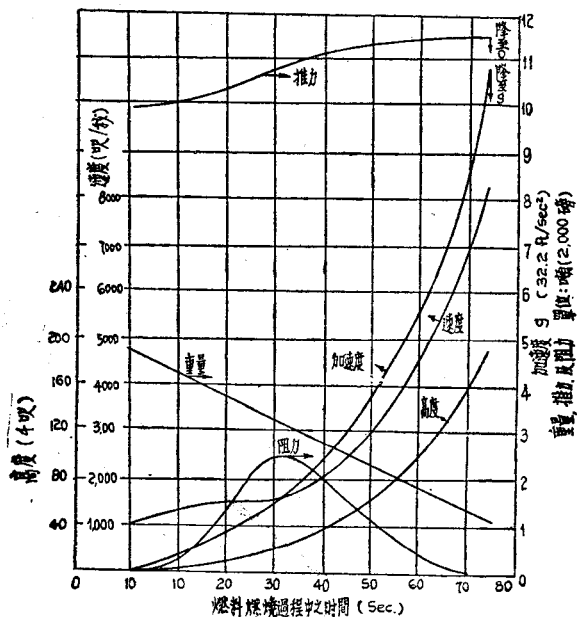
圖十一. 美國 X-5 式機，用四具火箭馬達推進，每具馬達可發 1,500 磅之推力。

宜於近音速的飛行。

因此，美國最近的超音速飛機，大半用火箭來作聲速飛行一段時間之推進動力。拜爾廠

的XS-1式機(圖十一)，是利用B-29機帶到三萬五千呎高空，脫離母機，用四具火箭馬達發出的六千磅推力推進，時速據說已達一千至一千五百哩。另一架天空火箭號(Skyrocket，圖九)則除火箭以外，尚有噴氣發動機，作起飛及降落用，而火箭馬達則於衝越音速時同時使用。馬達在兩分鐘內燒去一噸半的燃料，發出六千磅的推力。

最後，將海王星號火箭各種性能計算曲線附列於此，以供比較研究。(圖十二)



圖十二. 海王星號火箭之計算性能。

第四章 火箭的構造

根據使用的燃料不同，火箭可以分爲兩大類，就是固體燃料火箭和液體燃料火箭。前者大抵是小型火箭，構造較簡單，射程也不遠，只做戰場上中射程武器，也就是一般所稱的火箭砲。後者纔是目前研究的巨型火箭，射速高，射程和射高都很大，構造當然也複雜的多。

固體燃料和液體燃料，就其燃燒後的推進作用來講，是沒有分別的。所不同的，是燃料儲存和燃燒方式各異。固體燃料火箭，於燃燒室內放置燃料，着火後陸續燃燒。所生的氣體壓力，每平方吋爲一千八百磅左右，力量相當的大。所以燃燒室壁必需較厚。液體燃燒火箭，燃料儲存在另外的油箱裏，與燃燒室隔開，燃燒時以唧筒輸送到燃燒室。其氣體壓力較固體燃料者爲低，每平方吋爲三百至三百八十磅上下。結構重量可較輕，但增加唧筒等附件之重量，與固體燃料火箭相較，在質量比 (Mass Ratio) 上，無顯著的優劣區分。

現在即根據這兩種分類，將牠們的構造，分別加以說明。

(一) 固體燃料火箭

圖十三所示者，爲固體燃料火箭的一般構造。全體可分爲負載和推進兩大部分。在這個例子中，負載部分是一個炸彈，有引信和炸藥頭兩部分。當火箭撞中目標時，引信發火，炸藥爆炸，而生破壞作用。這是火箭使用方式之一，與火箭本身無重要關係，當置之不論。

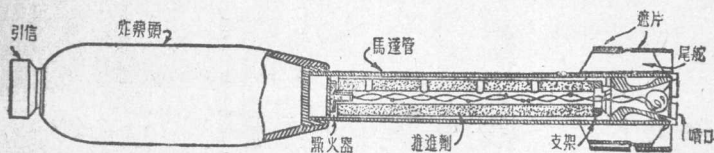
推進部分爲火箭之主體，包括馬達和尾舵兩部分。

A 馬達部分

馬達爲發生推力(Thrust)者，分爲(1)馬達管(Motor Tube)，(2)推進劑及點火器，(3)推進劑支架，及(4)噴口(Nozzle)等部。

(1)馬達管 馬達管是一個金屬圓筒，中置推進劑。管的前端封閉，外面用螺絲和炸藥部分相連。當不用時，可拆下分別儲存及運輸，以資安全。馬達管的後端開口聯接噴口；推進劑着火燃燒，發出高熱氣體，由此向後噴射。

(2)點火器及推進劑 點火器係散裝之黑火藥，在前端置有火柴成分之藥劑，另以低阻力電線，通過其間。推進劑普通多爲 Balistite (主要成分係硝基甘油和硝基纖維)，燃燒速度較慢，作用也很平穩。推進劑之



圖十三. 固體燃料小型火箭一般構造圖。

形狀有各種不同的設計。有的做成管狀，並沿截面直徑方向開許多細孔，使燃燒面積增大，燃燒作用較平穩。有的做成十字形截面的柱體（圖十四），這種形狀，燃燒面積逐漸減少，故在十字形的凸壁上，加上數塊防燃片（Inhibitor），使燃燒速度有適當的調節。

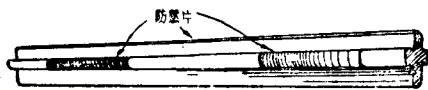
發射火箭時，將電流通過導線，阻力線發出熱量，點着火柴藥劑，於是黑火藥着火漫延，使推進劑燃燒，生成高熱的氣體。

(3) 推進劑支架 支架的用途係支持柱狀的推進劑。牠的形狀，需有使推進劑有充分的面積燃燒，同時所發生的氣體，要能很容易的流出噴口去。

(4) 噴口 噴口的效用有二：一、使噴射的氣體方向正確。二、使高熱的氣體能充分的膨脹，這樣可以使噴射速度增加的很多。根據普通的經驗，使用噴口所得到的推力，要比僅用圓管開口的，增大百分之三十。

B 尾舵

尾舵的效用在保持火箭方向正確。因為噴口噴射氣體的時候，有時不免有側向力存在，使火箭有改變方向的趨勢。加上尾舵後，空氣在尾舵上的作用力可防止這種偏向，可以正確的射中目標。火箭也有不用尾舵的。例如德國的 Q-1 型火箭，牠的噴口有許多個，成圓環形



圖十四. 固體燃料形狀之一種。

安裝在火箭尾部，並且所指的方向，與前進方向成相當角度。這樣，噴射氣體時，推力可以分為兩個分力，一是與進行方向相同的，這一部分推力是飛行的有效推力。另外一個力與前進方向垂直的，作用點是在火箭尾部的圓周上。於是對火箭的縱軸有力矩，使火箭旋轉。這是利用迴轉儀 (Gyro) 作用來保持方向平衡，與普通鎗彈的情形相似。

在尾舵上有的還裝有遮片 (Shroud)，用來支持尾部，並傳導點火的電流。

(二) 液體燃料火箭

液體燃料火箭多半是巨型火箭，構造上較為複雜。圖十五所示的例子，是一具探空火箭 (Sounding-Rockets)，主要可分為兩部分：一部分是負載的東西，包括各種儀表，報告讀數的無線電設備，和降落傘等。第二部分是火箭本身，又可分為 A、油路系統，B、燃料室和噴口，C、平衡控制三部分。

A 油路系統

油路系統主要的當然是油箱和送油的機構。在一般使用上講，有兩種不同的設計，就是卡拉式 (Conard system)和華特爾式 (Walker system)。

卡拉式是用一個空氣箱，內盛高壓空氣（約有二百大氣壓），利用空氣壓力將燃料和助

燃劑輸送到燃燒室裏去，使其相遇燃燒。燃料如能用作冷卻液用，則先通過燃燒室外的水箱，再噴進燃燒室去。這樣可散去一部分熱量，同時使燃料蒸發，增大液壓。

這種設計的優點是作用簡單，效能迅速：一經開動以後，在很短的時間內，馬達就可發出最大的推力。他的缺點是空氣壓力太高，處理比較困難，並且油箱和導管需要堅固，重量就增加了，一般質量比是二比一上下。

美國試驗用的超音速飛機「X-1」，就使用這種式樣的火箭馬達，是由反作用馬達公司設計製造的。

華特爾式的設計是使用唧筒來輸送油料。牠先由一個小型壓縮空氣瓶放出高壓空氣來，推動雙氧水溶液，使與一種接觸劑接觸。於是，雙氧水劇烈分解，發生高熱的氣體，由此而使渦輪旋轉，帶動唧筒，將燃料和助燃劑噴入燃燒室內燃燒。

此種設計有兩種困難：一是所用的液體有腐蝕性，容易使盛器及導管損壞；補救辦法是在使用前不注入液體。另外一個困難，是渦輪轉速甚高，容易毀壞。並且在發動時，渦輪轉速不能立即達到高度，故需三—五秒鐘以後，火箭纔有最大的推力，作用較遲緩。

使用這種方式的火箭有「V-2」等，質量比為三·五比一。

B 燃燒室和噴口

燃燒室和噴口的設計，最主要為散熱問題。因為一般燃燒溫度都非常之高，以安利林配合硝酸為例，溫度達三千五百至五千度；汽油和液氧燃燒，溫度可達六千度以上；在這種高熱下，若不能充分散熱，燃燒室和噴口很快就會損壞，甚至熔解。

火箭上所用的散熱方法，主要有下列三種：

一、利用燃料冷卻 燃料在燃燒以前，將燃劑或助燃劑，選其可以散熱的，先流過燃燒室和噴口外包圍的水箱，使牠吸收一部分熱量。用這種辦法散熱，要受到燃料的比熱和牠的最大安全溫度的限制。有些燃料根本不能用來散熱。

二、蒸發散熱法 將燃劑或助燃劑通至燃燒室或噴口內壁的一層多孔界層去，形成一層液體薄膜，然後蒸發到燃燒室裏去。由於蒸發時吸收熱量，可使燃燒室壁或噴口壁溫度減低。這種散熱作用，與人身發汗調節體溫完全相同。

三、鐵磁法 有多種燃料，作用很優良，但不能用以散熱，上面兩種的散熱辦法都不適用了。所以最好的辦法，還是改進材料，便能忍受高溫。有一種辦法，就是將絕熱性優良的材料，如磁等，敷在金屬外面，減少傳導之熱量。

C 控制平衡部分

平衡的設備，在火箭上也占着很重要的地位。原因是火箭速度很大，若是方向不能保持

一定，發生旋轉情形，那麼運動就不規則，而性能一定不會好了。

保持火箭穩定，一般分成三個階級。在發射的最短時間內，是用火箭發射塔，引導火箭沿直線方向前進，這是最初階級。火箭離開發射塔以後，速度還不太高，空氣在尾舵的作用力還不很顯著，所以是用機械的方法，保持牠的平穩。以後速度增大，尾舵作用生效，就可利用尾舵保持平衡了。

第二階級的平衡控制，普通有兩種方式，一種是 Δ 所採用的，一種是美國新製的海王星式火箭採用的。

這兩種控制方式，都是使用迴轉儀 (Gyro) 來固定一個正確的方向，同時並有另外兩個迴轉儀來測定旋轉和俯仰的運動。當火箭受外力擾動而轉向，滾動，或俯仰的時候，就有操縱電流，作用尾部的機構，使產生反向力量，恢復火箭的正常狀態。

Δ 所用的尾部機構是在火箭噴口附近安裝了幾片炭板，熱氣流平常並不和牠接觸；但當火箭發生偏向時，一部分炭板就暴露在熱氣流裏。由於氣流的衝擊力，使火箭轉動，恢復正常的姿勢。這種辦法的缺點是：炭板的重量很大，影響火箭的性能。

海王星式所用的尾部機構，完全不用炭板，而是以操縱氣流的噴射方向來保持平衡。當火箭發生了微度的偏差，迴轉儀立刻察覺出來，發出指揮電流到尾部的發動機；於是噴氣的

方向就會適當的轉向，而很快的改正了航向的偏差。這種辦法，可減省一部分的重量，以海王星 (Neptune) 號火箭爲例，比 V-2 減少的重量達二百七十五磅之多。

最後，我們將海王星號火箭之各部名稱及重量，列表如下，以供參考。

海王星號 (Neptune)

長度	五四三吋 (四五呎三吋)
直徑	三二吋
寬度 (尾舵)	九八吋
結構部分	五五〇磅
頭部及儀表間	六一磅
控制儀器間	三三磅
儲氣間	一〇四磅
燃料間	二五八磅
尾部	九九磅
尾舵部分	二一〇磅
馬達支架	五七磅
馬達及配件	八七一磅
馬達 (RM100000C)	二五〇磅
酒精瓶 (包括在結構部分內)	九五磅
液態氧瓶	五〇磅
雙氣水瓶	五〇磅

從以上的敘述和海王星例子裏，我們對火箭的一般構造，可以看到一個大概。並且可以知道，製造一具火箭，尤其是大型的，確不是件容易的事。造一具海王星，所花的就達一百八十五萬美元之鉅呢！

壓縮氣瓶	一五五磅	唧筒	一四〇磅
壓縮器控制系統	四〇磅	導管，油栓等	一四一磅
固定配備.....	二九九磅		
操縱系統	二四一磅	電氣設備及導線	五八磅
總淨重			一九九二磅
全部載重			七九一八磅（五〇〇磅搭載重）
搭載重	二〇〇—二〇〇磅		
酒精	三三八〇磅	液態氧	三七六〇磅
雙氧水	二七〇磅	氮	八磅
總重	九九一〇—一一四一〇磅		

第五章 火箭的燃料

火箭發射後，尾部噴射的高速氣體產生反作用力，推使火箭加速前進，等到燃料燒完，加速度終止，這時速度最大，牠的值是：

$$V = u \log R$$

u 是火箭噴射氣體的速度， R 是火箭總重與無燃料時淨重之比，稱為質量比。

從上式看出，要想火箭射達高速，因而能飛達遠地或甚而飛離地球之外， u 和 R 是愈大愈好。 R 與火箭構造有關，一般值約為三——六，這裏丟開不談。那麼，單就噴氣速度 u 而論，如何纔能取其最大值呢？

我們知道， u 的大小是隨燃料而定的。反過來說，每一種燃料都有一定的噴氣速率。這速率，桑格博士 (Dr. Sanger) 曾由理論推算列表如下：

固體燃料

黑火藥

液體燃料

6000 呎/秒

Ballistic

15000 呎/秒

A 與液態氧結合情形 (括弧內係與 O₂ 結合時之值)

甲烷	14730 [16430] 呎/秒	苯	14010 [15770] 呎/秒
汽油	14620 [16280] 呎/秒	酒精	13730 [15220] 呎/秒
氫	16970 [18600] 呎/秒		

B 以 N₂O₅ 為氧化劑情形

甲烷	13040 呎/秒	苯	12020 呎/秒
汽油	12950 呎/秒	酒精	12310 呎/秒
氫	14790 呎/秒		

上表的數字是由理論推得的。實際所能達到的，大概只有半數上下。

由上表可得出兩種結論：第一：固體燃料的氣體噴速一般均較低，以黑火藥而論，僅為每秒三千呎上下。第二，除氫氧燃料外，其餘燃料的噴氣速率，相互差異並不很大，如實際值又只有一半，則相差更是有限。因此要比較燃料之優劣，似乎失去了依據。那麼，火箭的燃料究竟應該如何選擇呢？

通常選擇火箭燃料，以下列十個條件為標準。

(一) 價格低廉

(二) 原料豐富

(三) 容易獲取 此點似乎與第二點雷同。實則不然，因有許多原料存量固屬豐富，但工業用途不多，乏人提鍊。則是原料雖豐富，仍不合易於獲取之條件。

(四) 存儲安全 一般的說，火箭燃料都是不穩定的。但比較上有些易於存儲，有些則極為困難。

(五) 密度大 燃料密度大，相對地說是容積小，可節省儲蓄的空間。火箭的體積因而可造得小些，形狀可流線型化些，以減小飛行時空氣的阻力。

(六) 無毒性 處理時較為安全。

(七) 燃燒所生氣體密度小 燃燒後之氣體便向後噴射，如其分子量愈小，則噴射速度愈大。

(八) 噴射氣體無毒性 氣體如有毒，不但影響工作人員之健康，且使機件腐蝕，勢須增加禦防之費用。

(九) 沸點及冰點適宜 沸點最適當應在 110°F 以上。冰點則應在 140°F 以下。

(十) 比熱大 若所用係液體燃料，常兼作冷卻之用。比熱愈大，吸收熱量愈多，散熱效果亦愈佳。

以上是選擇燃料的十大條件。如以目前各種燃料來比較，幾乎沒有絕對適合的。因此，

只有選取比較合用的了。下面當先將固體燃料與液體燃料比較一下，然後再將各類燃料一一舉出討論。

固體燃料之優點在使用非常簡單。其作用情形與「高升」大致相仿。燃料即儲在燃燒室裏，一經點發即自行燃燒，發生高熱氣體而向後噴射。故油箱唧筒等設備都不需要，節省很多的重量。

可是，固體燃料的缺點更多：第一，牠的燃燒完全是自發的，一經着火，就完全不能控制了。不像液體燃料可以調節油量或整個關閉。第二，固體燃料燃燒後氣體壓力較高，普通是每平方吋一千八百磅。而液體燃料則不過三百至三百八十磅，比較低多了。故火箭構造上，前者遠較後者為笨重。第三，一般固體燃料所含能量均較低。由於上述原因，固體燃料適宜於小型火箭，取其構造簡單，使用容易，如火箭砲等。而液體燃料火箭則往往是巨型的。

固體燃料

黑火藥 黑火藥為最普通之材料，燃燒作用亦平穩，但因能量低，體積大，不適宜火箭之用。平常僅用作引火劑，其氣體噴速每秒不超過三千呎。

Ballistite 此種推進劑在小型火箭中使用很廣。美國陸軍各型火箭砲，如：M6A、M8型等火箭砲均用此種燃劑。其主要成分為硝基纖維 52%，及硝基甘油 48%。燃燒時間甚短，約為 0.15-1.5 秒。所生推力受溫度影響甚大，在九十度為一千磅，而在四十度時，只有六百磅推力。使用時係製成棒狀，置於燃燒室內，着火後溫度約達四千度，噴氣速度為每秒九千呎。

液體燃料

(一) 液態氧作助燃劑

從燃燒作用上說，氧是最好的助燃劑。對於前說的十項條件，氧也大半能符合。氧價廉，易於獲取，無毒，密度相當大（液體狀態時約為一·一五）。比熱雖不大，但可以用燃劑來散熱，亦不足為病。其沸點頗低，約為 -190°C ，故在平常溫度時，蒸氣壓力相當大。處理時所需之技巧，約與處理 300°C 以上的水相當。如多量的液態氧儲於有氣孔之容器中，從氣孔逸出之氧亦甚有限，而無爆炸的危險。但如數量不多，容器絕熱復不良，則頗易蒸發，惟蒸發後容器並無損害。少量之液態氧濺在衣服上或皮膚上，亦無甚損害。

液態氧可與多種油料配合使用。最早使用的，是液態氧與汽油相配合。一九二三年十一

月一日，哥達教授即使用此種燃料，作地面上火箭實驗。此後，復於一九二六年三月十六日，在美國麻省奧班地方作火箭升空試驗。

一九三〇年春，德國火箭學會亦開始試用此種燃料（當時他們對哥達之試驗，並無所悉，因其實驗報告在六年後始發表），結果成績甚佳。但最大困難在於散熱問題，充分冷卻需用大量冷水。在地面實驗尚可應付，如作升空試驗，則僅能使用水箱，散熱即感不足。

汽油與液態氧均不能用作冷卻劑，如使用即生爆炸。為達到散熱之目的，德國研究者乃試將冷水混入燃料，以收冷卻之效，但結果並不良好，因汽油與水不易混合。

如以酒精代替汽油，則可與水溶合。同時，酒精還有一個優點，即一分汽油，須三·五分液態氧。而一分酒精，只需兩分液態氧。因此，德國科學家乃採用酒精代替汽油。

起初，因為想充分散熱，酒精裏混水很多。結果發現着火困難。於是乃同時採用水箱冷卻。將加水後的燃料，先通過水箱，冷卻燃燒室，然後導至噴口，噴入燃燒室內進行燃燒。

研究工作在希特拉統治下繼續進行，發現酒精加水不但有冷卻的作用，還可改進馬達的性能。因為燃燒後生成的氣體，原本含有 CO_2 與 H_2O 兩種分子，加水後， H_2O 的分子增加了，因而生成氣體的平均分子量為之減小，氣體的噴射速度因之加大。酒精中最適宜的含水量，是75%的酒精配合25%的水。如水量增多，則由於過分冷卻作用，噴速反而減小。此

種燃料使用於V-2，氣體噴速達每秒七千呎。

液態氧與液態甲烷相配合，溫克勒 (Johannes Winkler) 於一九三一年三月曾加試驗。其所含能量甚大，但因該兩種物質均係液化之氣體，處理時甚為困難。

液態氧與各種輕油相配合，桑格博士 (Dr. Eager Sanger) 曾於一九三三——三三年試用。結果雖甚良好，但噴油所需壓力甚高，僅宜於地面應用。

作用最強之燃料，為液態氧與液態氫之配合。如氧係 O_2 ，則效力更強；在各種火箭燃料中，此種配合前途最有希望。惟在目前，使用時困難甚多：液態氫之沸點較液態氧尤低，僅為 $-252^{\circ}C$ 。比重亦小，為 0.7 。需要容積大，絕熱好之油箱。並易於着火。液態氧與液態氫均不合散熱之用，故使用時散熱成問題。由於上述種種困難，目前之火箭尚未使用此種燃料。

液態氫之優點與困難既如上述，乃有利用含氫較富之化合物為燃劑者。氮 (NH_3) 之優點為普通而易於獲取，噴氣速度亦甚大；惜其蒸氣有毒；在普通溫度下，須加高壓始可維持液體狀態，復不能用為冷卻液。 $N_2H_4 \cdot H_2O$ 似甚合用，其密度約等於水，冰點在 $-1^{\circ}C$ 以下，沸點為 $118.5^{\circ}C$ ，或可用為冷卻液，並可與水混合。但純用該種油料，性能亦不比酒精優良，而酒精者卻價廉而普通。 $(C_2H_5)_2O$, C_2H_6O , CH_3OH 等性能雖均佳，但自經濟觀點出

發，並不比酒精合算。

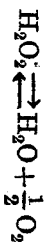
此外尚有數種氫化物，頗有研究價值，如氫化硼 ($B_{10}H_{14}$) 氫化鋰 ($[LiH]_2$) 等，氣體噴速均與純氫相近，實際如何，尙待實驗決定。

(II) 雙氧水 (H_2O_2) 作助燃劑

因液態氧的處理較爲困難，有人就研究用其他物品代替。最重要的例子就是雙氧水，德國人曾特別致力此項研究。最先，他所使用之雙氧水濃度均甚小，因當時發現，濃厚之雙氧水常無故爆炸，一般人均認其爲危險品。

不久以後，發現雙氧水之爆炸實由於下列兩種原因：一爲其中混有雜質，引起爆炸。一爲與具有接觸作用之物質，如銅及銅合金相遇，致發生爆炸。如雙氧水極純，盛以鋁或不含銅之鎳合金容器，可相當安全。在這方面，德人曾獲極大成功。

雙氧水分解作用如下式：



分解時所生之熱量，可使生成物溫度升達 $350^\circ C$ ；因此，純用雙氧水，亦可作成一種火箭燃料；只需將雙氧水經噴口噴入燃燒室，與某種接觸劑相接觸，即分解而噴射高熱氣體。

所用接觸劑，普通爲二氧化鈉或二氧化鉀之濃溶液。 V_2O_5 火箭卽利用此種作用，生成高熱氣體，推動唧筒以輸送燃料。

如以雙氧水爲助燃劑，則效果並不頂理想。因爲一百分雙氧水，僅能放出四十七分氧。德國 Me-163B 式截擊機之火箭推進器，乃使用所謂 T 種油料 (T-stoff)，卽將 20% 的 N_2H_4 加入酒精，做成一種接觸劑，使作用於雙氧水，而產生噴射之氣體。此種過程純爲接觸而引起分解作用，故無需點火設備。

以雙氧水供給氧，而配合汽油爲燃料，也有人試驗過。但安全性頗成問題。

(三) 硝酸氧化劑作助燃劑

液氧之外，硝酸亦可供給氧，一百分硝酸，可放出六三·五分氧，較雙氧水放出者爲多。用硝酸作氧化劑的歷史也很久。第一個試驗者是德國火箭專家桑特 (Friedrich Wilhelm Sander)。在二次大戰期中，美國加州理工學院噴射推進研究室，研究更爲深入。起初所用的是所謂白酸 (White Acid)，卽純粹之硝酸。後來發現在硝酸裏，加上 6-14% 的二氧化氮 (NO_2)，性能改良甚多，而改用「紅色發煙 (Red-Fuming)」硝酸。

配合硝酸使用之燃劑最初爲汽油，但加州理工學院的研究者卻遭遇了很多的困難。這種燃料不易着火，而且稍一不慎，卽有爆炸之危險。後來，其中一個研究員——馬利納博士

(Dr. Malina) 在安利波利斯 (Anlipolis) 地方，遇見另外一批研究人員。知道他們曾遇到同樣的困難，並準備在汽油裏加入安利林，以謀補救。經過互相討論之後，馬利納致電加州學院，建議將汽油全部改用安利林代替。試驗結果很好：燃燒非常之穩妥。同時，安利林又可做冷卻液用，於是此種燃料乃正式採用。最後為壓低冰點，又加入 20% 的酒精。

所遺憾的是：安利林有毒，硝酸有腐蝕性，並且牠的蒸氣也有損健康。故此種燃料不很受人歡迎。美國超聲速飛機 X-1 之火箭馬達，原擬用此種燃料。後來認為不宜用於乘人的飛機，而被屏棄。

硝酸燃料之氣體噴速，每秒鐘約為五千七百八十呎；較之液氧，酒精，水之組合，約低五百——六百呎，其優點為儲存方面較液態氧為容易。

(四) 單元性燃料

以上所討論之燃料，均為兩種液體配合而成，一為燃劑，一為助燃劑，可謂為雙元性燃料。另有幾種燃料，只須一種油料，即可單獨使用，可謂之單元性燃料。其最顯著之例子，即為雙氧水。

雙氧水遇着某種接觸劑，即自動分解，而產生高熱之氣體；故可單獨使用，一如固體燃料。故具有固體燃料之簡便，與液體燃料之控制性兩重優點。但其缺點為不能作冷卻劑，同

時，因為作用係自發的，在安全方面，當然比不上雙元性燃料。因後者需燃劑及助燃劑混合後，作用方始發生。因此單元性燃料，適用於無人飛彈上。

曾經試用過的單元性燃料，僅亞硝酸甲烷一種 (CH_3NO_2)。亞硝酸甲烷在平常溫度時為液體，無毒，無腐蝕性，受純度影響亦不大。與接觸劑相遇時，發生分解作用，壓力每平方吋約六百磅，噴氣速度每秒約五千七百八十呎。所惜遇撞擊時易生爆炸；在溫度達 500°C 時，即強烈分解，故不甚安全，亦不能做冷卻液之用。

單元性燃料，迄今尚無大量研究，但從性能上判斷，將來在火箭燃料學上，也許會佔重要之地位。

原子能燃料

火箭所需之燃料，需能量豐富，作用強烈，故原子能解放成功後，一般人均對之抱有濃厚之希望。

原子能之第一特點，為其極大之能量。以鈾之分裂而言，每一磅鈾所發出之熱量為 6×10^9 B.T.U.，相當同重量上好煙煤燃燒所生熱量之三百五十萬倍。以此種巨大之能量，加之火箭之噴射劑上，可使噴射劑達極高之溫度。同時，噴射劑可選用密度最小之物質，如液

氫，由於高溫度及低密度，噴氣速度無限制加大。即以一般應用而論，亦當在每秒六千一百至十六萬四千呎之間。

故在普通燃料之噴氣速度情況下，欲製成一飛達月球之火箭，其質量比值至少在一百以上。如以原子能為燃料，燃燒室溫度如為 5000°F ，質量比值只需三·五。如溫度提高至 3000°F ，則質量比值更可減低至二·五。

原子能雖有如是之優點，但利用時亦非易舉。最大之困難有兩點：第一、鈾分裂時放出之輻射線，具有極大之傷害性，必需有極厚之屏障。如是，原子發動機體積將甚大，不適火箭之用。第二、使鈾之分裂必需不斷供給中子。換言之，即分裂過程中，中子應繼續產生。此時，鈾之體積必須達一定大小，始可使中子數量不致中斷。以純鈾而言，約為七噸上下。如純用鈾 U^{235} ，體積固可減至只須五磅左右。但不如前者容易控制，隨時有爆炸之虞。此種種困難均非易解決者。故原子能之應用，似非最近所能期望的。

第六章 火箭之遙控制

一九四七年十二月間，美國報紙曾刊登下列新聞：

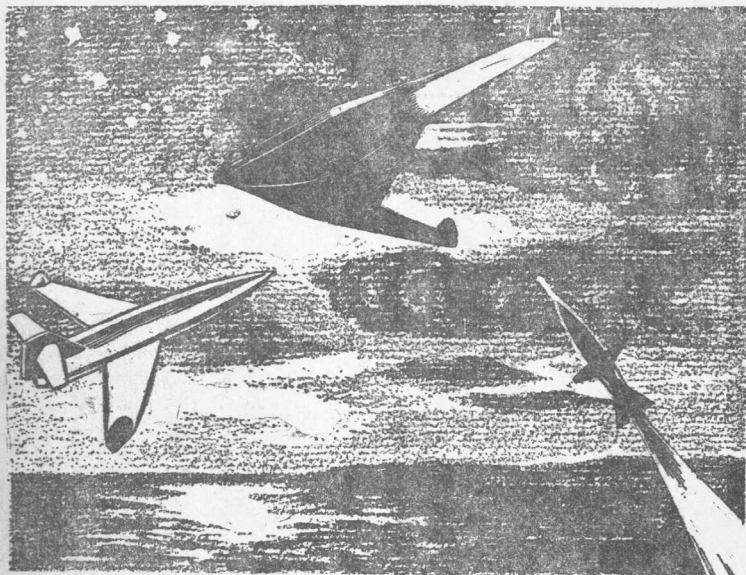
德國米立克十二月十日訊——蘇聯所雇用之科學家，最近已完成V-2之遠距離射擊試驗。火箭之射速每小時達三千六百哩。目標為一千七百四十哩外之直徑〇·六哩之地區，由於遙控制之成功，每發必中。

由此看來，用遙控制之火箭可作戰於千里之外，所謂電鈕戰爭，可謂業已實現。如戰爭一旦發生，敵人的火箭會從千里外飛來，在空中橫衝直闖，尋找目標，直到尋着之後，纔一擊而中。（圖十六）

所謂火箭之遙控制，有下列三個階段：（一）起點控制（Initial Guidance）（二）中途控制（Mid-course Guidance）（三）終點控制（Terminal Guidance）。以下當就上述三階段，分別加以說明。

（一）起點控制

火箭開始發射時，必須有正確之方向，然後可進入正確之彈道。欲維持正確之方向，使



圖十六：想像中之未來空戰情景，圖示對空遙控制火箭追擊敵機。

不受發射時之震動及推力的不平衡，外力，等因素之影響，必需利用自動的平衡設計。此一階段，即謂之起點控制。

Δ 之射擊，即係利用迴轉儀，使在最初一段時間內垂直上升。到達一百哩以上空氣極度稀薄之高空，纔自動折向，沿拋物線向目標進行，如是可達到最大之射程。

(二) 中途控制

火箭升高以後，不久即進入正確之航線。此時起點控制作用消失，而中途控制開始。中途控制之目的，在維持火箭之正確航線，使駛向目標區。此一階段所佔時間甚長，所經歷

之路程亦常在數百至數千哩。

中途控制之方法甚多。大別之，約有無線電導航，無線電遙控制，電波引導，天文航行等等。

無線電導航之方法，係設立許多電臺，同時發射電波。而在火箭上裝設接收器。火箭上同時收到這許多電波之後，即可由相互間之差異，自動算出在空中之方位。經過火箭上計算機之計算，即知道正確之航線。如有差誤，亦會自動改正，然後沿正確路線，飛臨目標區上空。

無線電遙空制乃直接由後方之控制者，以無線電波操縱火箭之尾舵，使隨意前進。此時在火箭上，除裝了接收器之外，更需裝置電視設備，將火箭所遇到的各種情景，一一傳送到後方來。後方的控制者可由銀幕上看見火箭前面的事物，有如置身火箭中一樣。看見前面有高山了，即可指揮火箭爬升或繞彎。如看見敵機了，即可叫火箭逃避或迎敵。

一九四六年美國海軍太平洋的 Bikini 大演習，就有兩架未乘人的幼機 (Drone Plane) B-17，用另一架 B-17 機導引，飛了二千多哩，可列爲此項控制之一類。

電波引導係利用超短波電波之直線性，使火箭沿電波前進。此項方法僅限於短距離，因超短波的射程，一般都在視界範圍以內。

天文航行爲最古老之方法，海上航行之船隻，每以星辰來決定所在之方位。但在火箭上，則須使用極精確極新穎之儀器。當火箭飛行時，將天文情況紀錄下來，並將結果送至計算機部分。由計算機算出火箭之方位，隨時與正確航線校對。如有誤差，即推動尾舵以改正之。

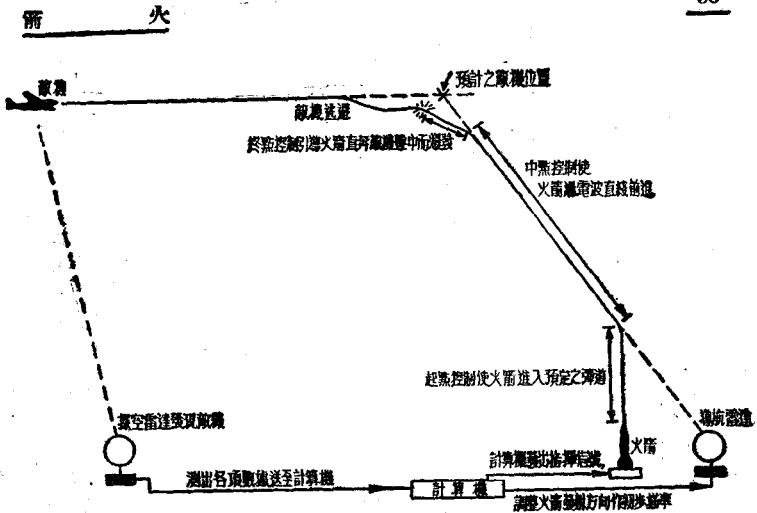
以上所述者，乃中途控制，使火箭沿正確航線，飛達目標區上空，既達之後，即需尋找目標，瞄準追擊。此時開始終點控制。

(三) 終點控制

終點控制多利用目標本身之特徵，如顏色，聲響，反射電波等性能，使作用於火箭之終點控制機構，引導火箭直奔目標。故要求能很正確的尋出目標，並緊緊追隨目標不去，非擊中而後已。

終點控制亦有直接電波控制的。在二次大戰時，盟國即曾使用無人的 Blitz 機，滿載炸彈，使衝向德國之堅強潛艇基地。最初用一架有人的 Blitz 機，在一哩外用無線電操縱此自殺飛機，瞄準下衝。但結果每不甚準確。後來在自殺飛機上裝置電視設備，使操縱者可以瞄準，結果百發百中。

以上所說之各種控制，可以圖十七的例子說明。這是一具防空火箭的遙控制系统。當敵



圖十七. 遙控制對空火箭。

機侵入我方領空時，即有搜索雷達探出它的來向，以及速度，高度等等因素。然後將這些數字送到計算機部分，整理出結果來，隨即發出指揮電流，校正火箭發射器，發射火箭。此時為起點控制部分。火箭發射以後，即沿另一雷達電波，直奔敵機，此為中途控制階段。追火箭接近敵機，即由敵機之聲響，作用於火箭上的終點控制機構，使火箭瞄準敵機投射。此時的敵機如逃逸，火箭亦自動改向，緊緊尾隨，終至充分接近，自動引火爆炸，與敵機同歸於盡。火箭除作為射擊敵機武器之外，對於原子彈火箭的防禦，亦有成功的可能。

下次大戰中最可怕的武器，據一般戰略家的意見，為原子彈火箭。即將原子彈裝在火箭上面，轟擊數千哩外之敵國。原子彈的爆炸

力我們是知道的。而火箭每小時飛越數千哩，瞬息即到，幾無防禦的可能。

因此，很多科學家正絞盡腦汁，希望能研究出一個防禦方法來。最近據報載，澳大利亞的科學家正研究運用火箭來防禦。防禦的方法與前述的例子大致相仿。當敵人原子火箭侵入後，立即由探空雷達測出，於是發射出防空火箭。

防空火箭有兩個功能：第一，當接近敵人火箭時，反射之雷達波可迫使其自動爆炸。第二，爆炸後散射無數彈片，形成一層「鐵幕」。敵人火箭在此範圍內，必遭擊落。

由上可知火箭之用為武器，不論進攻也好，防禦也好，均有莫大之威力。

第七章 今日的火箭

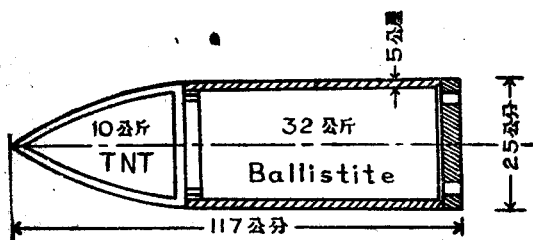
德國人在火箭的研究上，功績最大。目前各式火箭，也以他們所製的占多數，此外從事火箭研究的，有美蘇兩國。美國是戰後纔大規模研究的，時間還很短，完成的火箭不多，比較知名的有女兵班長 (Wac Corporal)，太耶梅號和海王星號等。至於蘇聯，研究雖很積極，但是保守秘密，成績怎樣，很難得知。

德國的火箭成品很多，比較出名的有 G-1, T-1, X-2, A-4 及 V-2 等，現在逐個介紹於後：

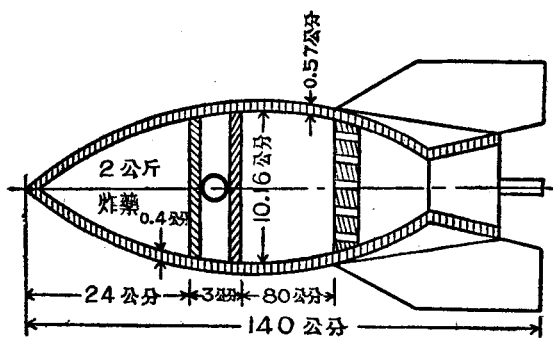
G-1 (Panzerchreck) (圖十八)

這是一具小型的固體燃料火箭，重量只有八十二公斤。在第二次大戰中，多半使用於東線。

牠的構造非常簡單，前面是圓錐形的彈頭，裝有十公斤的



圖十八。G-1式火箭之構造。



圖十九. T-1 式火箭之構造。

TNT，用以爆炸而發生破壞作用。後面是桶狀的燃燒室，儲有三十二公斤的 Ballistite。再後面便是噴口。噴口有好多個，成環狀分布在燃燒室底壁。噴口沿環的切線方向略有傾斜。當燃料燃着，氣體經噴口噴射，一面發生推力，推着火箭前進。同時發生旋轉力量，使火箭在前進時旋轉。

這火箭沒有尾舵，他的平衡作用，完全靠旋轉作用來保持，情形就同槍彈自槍膛射出相似。

氣體燃燒時發生二百大氣壓的壓力，迫使氣體向後噴射，速度每秒一千五百六十米，可生推力二千公斤。燃燒維持三秒半鐘，使火箭達到每秒七百二十五公尺的速度。火箭的射程是六公里。高度達一千五百公尺。

T-1 (Tai-fun) (圖十九)

颶風號火箭是用以射擊敵機的一具對空火箭。體積也不大，重量只有二〇·一八公斤。燃料燃燒時間是四秒，可以使火箭速度達到每秒一千五百七十二公尺，即每小時

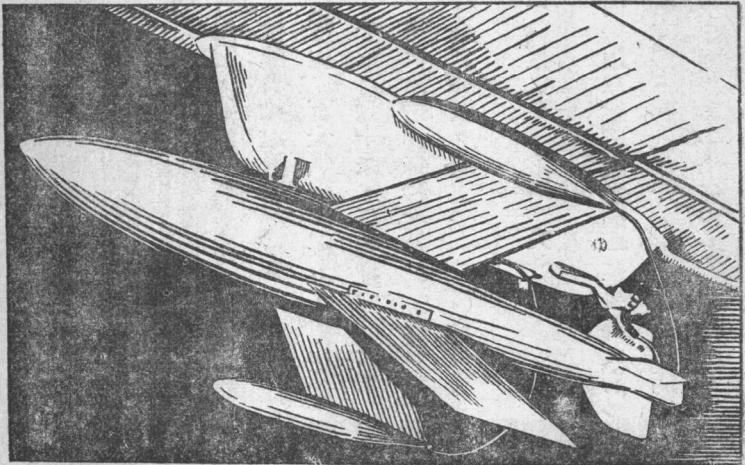
五千六百五十九公里。牠所達到的高度是二千九百公里。

X-4 (圖二十, 二十一)

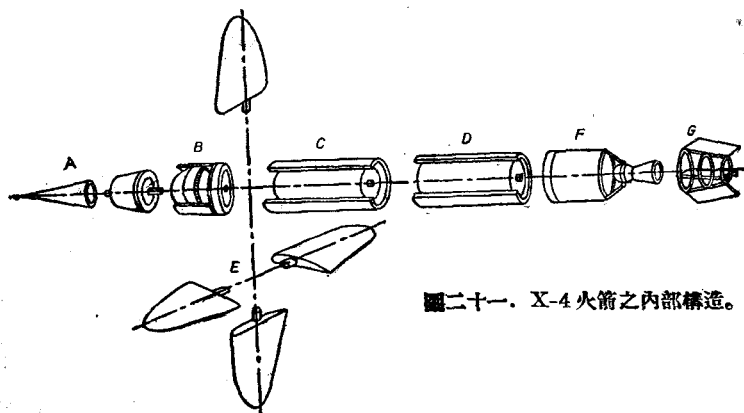
X-4 火箭也是對空火箭，牠是由飛機上發射的。用來衝擊敵人大編隊的轟炸機。

這火箭構造方面比前兩種複雜的多，可以分圖二十一所示的各個部分：A 是尖頂部，後面是頭部，這兩部分中安置了炸藥。當火箭撞中敵機，就發生爆炸。B 是高壓器及放置電器設備的地方。高壓球裏是三百大氣壓的惰性氣體，用以導入油箱，將燃料推進燃燒室。C 和 D 是燃料箱及氧化劑箱。F 是燃燒室，G 是尾翼，E 是垂直翼，是用來阻止滾動的。

從構造上，我們知道這是一具液體燃料火



圖二十. X-4 式火箭。



圖二十一. X-4 火箭之內部構造。

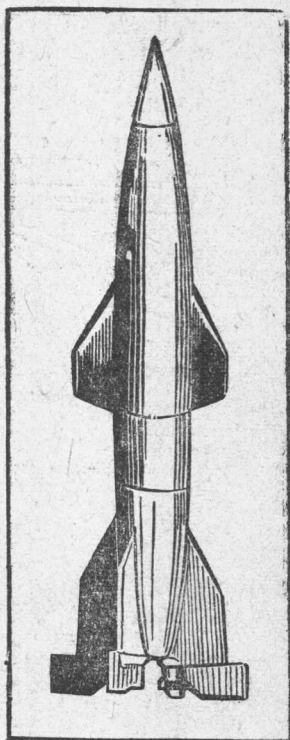
箭。高壓球的高壓氣體導入油箱和助燃劑箱後，就將這兩種油料壓入燃燒室，混合起來進行燃燒，生成的高熱氣體，從尾後的噴口噴射出去，以產生推力。

X-4 的速度大概是每小時五百五十哩，自飛機上發放以後，有一根電線連到母機上，當火箭前進時，電線從線圈上展開，指揮火箭飛行方向的電流，就從這電線上傳導到火箭上去。用這樣的控制可以繼續飛行一哩半，等到火箭達到敵機編隊五十呎以內，由敵機的音響就將四十五磅的炸藥引發，發生爆炸。

瀑布式火箭 (Wasserfall) (圖二十二)

瀑布式火箭也是一具對空火箭，很像一具一半大小的小的 V-1，只多了腰部的機翼。由地面發射後四十五秒鐘，就達到每小時一千五百六十五哩的速度。

這具火箭是用無線電控制的。發射之初，由地



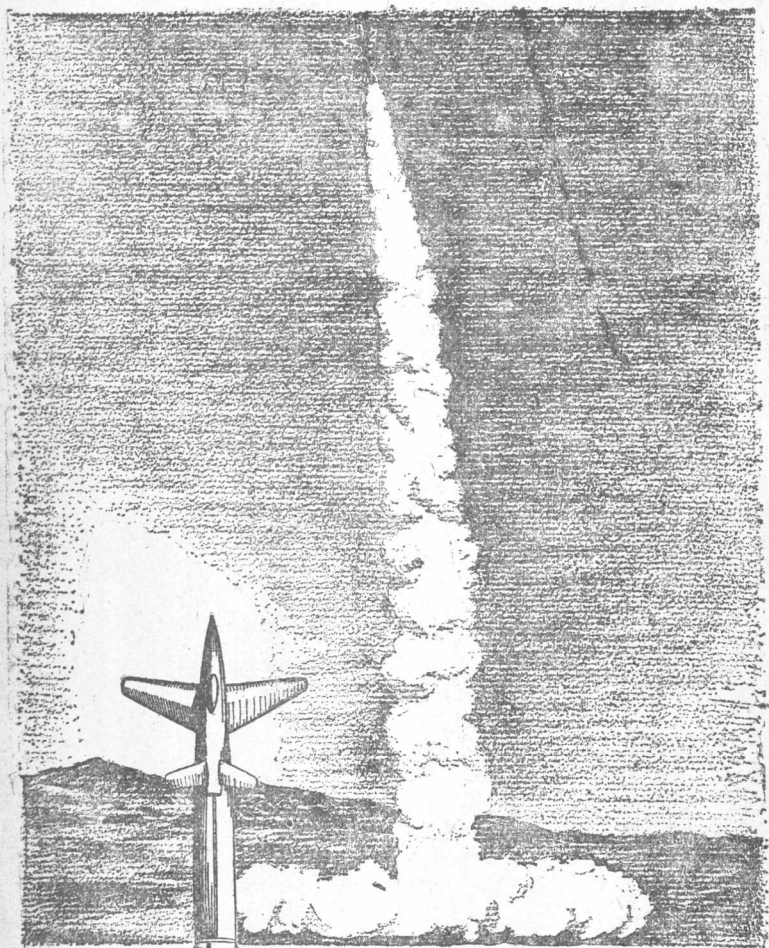
圖二十二. 瀑布式火箭。

這具火箭在設計時原準備在一九四五年五月使用的，後來爲了控制未能十分滿意，延遲使用。

V-2 (圖11十11)

這是德國所製火箭中最出名的一種。德國人命名牠爲復仇武器。在戰爭期中，曾給英國倫敦的市民帶來許多的災害。在這次戰後，美國爲研究火箭，曾把這種火箭運去研究，並且還仿製了幾具，由此可看到設計的成功。

面的操縱者用無線電控制牠的尾舵，使牠向敵機編隊衝去。等到接近目標，所裝的自動導航裝置發生作用，自動瞄準，向敵機撞去。所帶的六百七十磅炸藥也就爆炸了。



V-2 發射時的情景
前端所載者為一小型截擊機，內乘飛行員一人，由V-2帶入高空截擊敵機。

圖二十三所示者，就是牠外部的大體形狀。火箭前端是裝置炸藥的地方，可以裝置炸藥七百五十公斤。這後面是電池，控制機構，和高壓氣體儲存的地方。這是七個氮瓶，內裝二百大氣壓的氮，有氣門可以將氣壓降低至三十個大氣壓，導入過氧化氫瓶。更後面是兩個油料箱，由輕合金製成，各有四·五立方公尺的容積。油箱後面是推動燃料的各種機構，以及導管等。尾部是燃燒室和噴口。

V-2發動的時候，先將高壓氮瓶的氣門開放，讓高壓的氮推動過氧化氫，注入盛有接觸劑的蒸氣發生瓶。過氧化氫與接觸劑接觸，立刻發生高熱的蒸氣，推動渦輪，將燃料和氧化劑送到燃燒室內燃燒。

在短短的六十五秒鐘內，所帶的八千八百磅的酒精和一千零九十三磅的液態氧，全部燃燒而用盡。作用之驟烈可以想見。所發生的最大推力有六萬八千五百磅。燃燒時燃燒室內的溫度，達攝氏二千度，壓力是十五大氣壓。

牠的長度為十四公尺，直徑為一·六五公尺。其他的性能，在下面海王星號火箭一節內，將列表互相比較。

以上大略介紹了德國幾個重要的火箭，下面將討論美國對火箭研究的成果。

在戰爭初期，美國所製的火箭，偏重小型的固體火箭。一直到一九四四年，纔着手研製長射程火箭。

A兵 (Private A)

這具火箭的大概情形是這樣：

長度	八呎
重量	五百磅
推力	一千磅
燃燒時間	三十秒
射程	一千八百碼

F兵 (Private F)

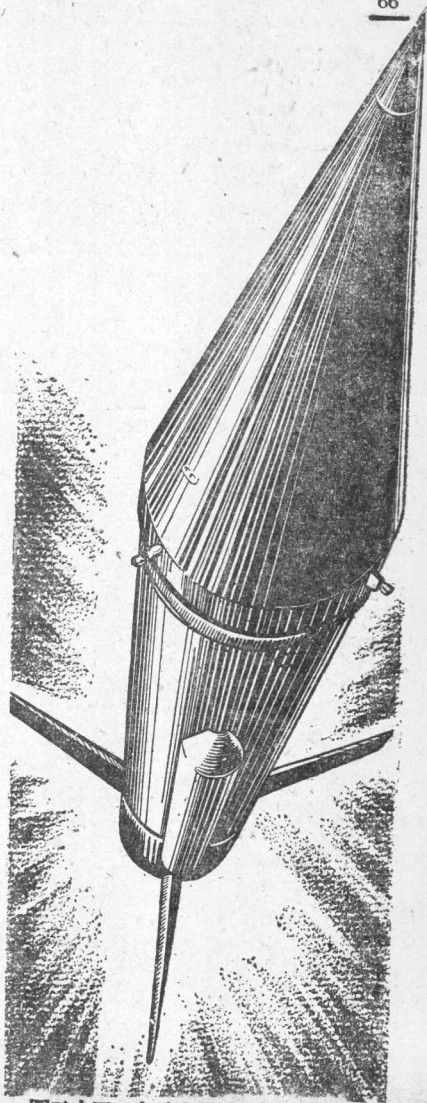
一九四五年春天製成，前部有兩個短而寬的機翼。尾部則有一個垂直舵和水平的安定面。飛行的結果，發現這些操縱面若不用別的儀器控制，就很不平穩。

女兵班長號 (Wac Corporal) (圖二十四)

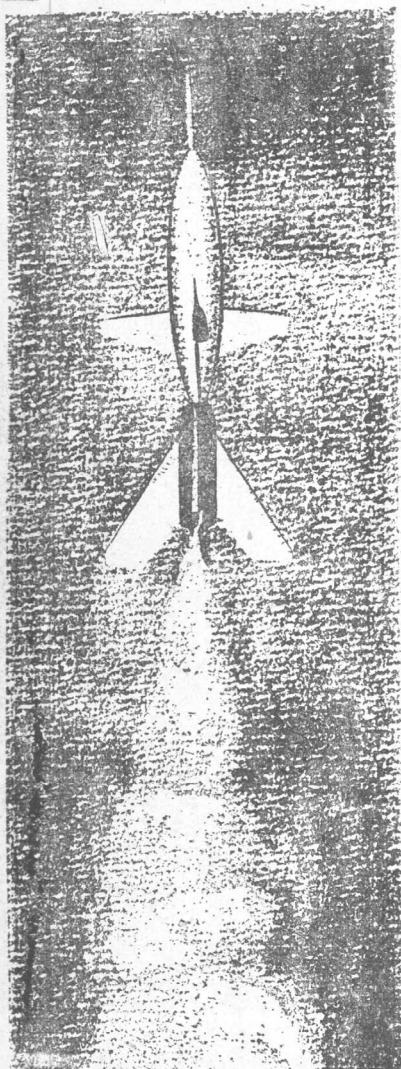
女兵班長號重約半噸。形狀甚為尖長，前端尤其尖銳。長度是十六呎二吋，直徑僅一呎。它的構造大致仿效 Δ 形，這在圖二十四中看的很明白。

女兵班長號是探測高空氣象用的，帶有二十五磅的氣象儀器。燃料的燃燒時間是四十五秒，所達高度為四十三哩半。

太耶梅號 (Taimat) (圖二十五)



圖二十四。女兵班長號火箭之速寫。



圖二十五. 太耶梅號火箭。

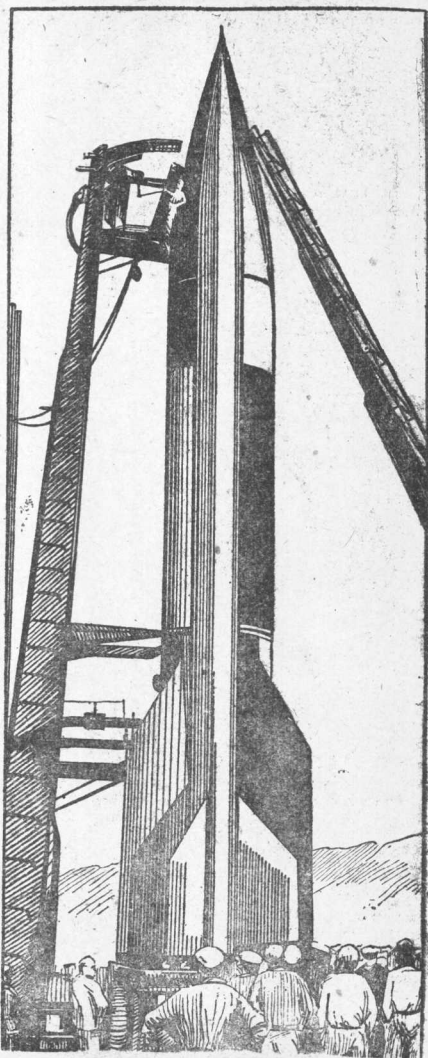
太耶梅號是第一具兩連火箭，由美國航空諮議院設計製成的。牠有十四呎四吋長，重六百磅，速度可達到每小時六百哩。在發射的時候，尾部裝上一架火箭輔助器(Booster)，可產生七千二百磅的推力，三秒半鐘後，輔助器燃燒中止，自動脫離。讓火箭自身發射氣體，獲得推力，這時可有二百磅的力量前進，可繼續飛行四十五秒鐘。

火箭內部安裝儀表很多，可以將飛行速度，操縱動作，滾轉角度，以及垂直或側向的加速度等等紀錄，用無線電傳達到地面上來。

海王星號 (Neptune) (圖二十六)

這是美國最近新製的一種火箭，預計性能較V-2還要好。牠的身體很細，長達四十五呎三吋。表面很光滑，較V-2的構造精緻的多。

V-2的尾翼是低於聲速的切面。但是海王星號火箭的尾翅卻是超聲速的。所以在低空空



圖二十六. 海王星號火箭。

氣密度大的地方，因壓縮性而引起的阻力比較小的多。如發射時只裝少許測量儀器，則在最初的射程中，就可以非常迅速。

這新式火箭的發動機由美國紐傑賽州多佛城的反動式馬達製造廠承製。重量是二百五十磅，約等於一輛小型機器腳踏車的重量，但是所發的馬力，卻足以產生二萬磅的推力。

在火箭兩側有噴氣孔，氣流由中間噴出，用以阻止火箭滾動。這些氣門平時噴氣很均勻，力量都相等。但是火箭若向一方滾動，氣門就會作用，使噴氣所生的力，構成一個反向的力矩，阻止火箭的滾動。

海王星號的載重在一百磅至二千磅之間。在不同載重下的性能，列為下表，並與V-2比較：

海王星及V-2性能比較表

	海王星號				V-2
	100	500	1,000	2,000	
載重(磅)					
最大高度(呎)	1,255,000	1,006,000	733,000	446,000	600,000*
燃燒完畢時高度(呎)	189,000	172,000	150,000	118,000	100,000*
燃燒時間(秒)	75	75	75	75	67*
最大加速度(g)	10.9	8.8	7.3	5.6	8*

最大速度(呎/秒)	8,200	7,260	6,070	4,570	5,200*
總重(磅)	9,510	9,910	10,410	11,410	28,380†
推進劑重量(磅)	7,140	7,140	7,140	7,140	19,613†
推力(海平面時)	20,000	20,000	20,000	20,000	52,200†
有用載重(磅)	100	500	1,000	2,000	2,200†

* 美國白沙基地發射 V-2 之實驗值。

† 自德國文獻上參考得者。

以上將現有的重要火箭，大概都介紹了。從時間的順序上，我們看到一個比一個進步。因此，我們可以相信，將來的火箭，一定會成爲最近代化的運輸工具，而爲人羣造福。

第八章 商用火箭

目前的火箭大半是爲軍事用途而設計的。牠的功用，只不過將破壞性的物質，投送到目標地域去，因此對於大多數的人們，火箭究竟有何種意義，頗成爲疑問。

但是我們深信，在不久的將來，火箭的研究工作，就會轉到與全體人類有益的途徑上去。在目前的情況中，至少已顯出這種趨向。

最近美國的火箭，已有很多使用於高空探測工作的，這些「探空火箭」(Sound-rockets)，深入五十哩到二百哩的高空去，把人類從未到達的高空的情況：如溫度，氣壓，宇宙線，等等數字帶給地面上的研究者。從這些數字裏，我們無疑的會得到許多新知識：幫助我們預測天氣，甚至逐漸能控制天氣，以造福大多數的人類。

在不久的將來，也許會有另一種用途的火箭出現，這就是郵政火箭。將來各個重要城市，都可以用火箭連繫起來，無論相離幾千百里，在一兩個鐘點內，都可以互相傳達消息。我們把信封投入郵筒，兩小時內，在華盛頓的友人就可以接到展讀了。

這種火箭的構造，據推測大概是這樣的：外形一定很細很長，前端尖銳，以便超音速飛

行時，在低空的濃厚空氣中阻力可以最小。火箭改變方向的方法，大概是利用馬達噴氣口的移動來推動的。

火箭上將沒有駕駛員駕駛，火箭自起飛，轉彎，直到着陸，整個航程中的動作，都是用極精確的儀器自動駕駛的。火箭上可能載有無線電設備，與地面隨時聯絡，報告火箭的行蹤。有的火箭上裝着無線電駕駛的裝備，可由地面上的工作人員控制。

在火箭的尾部大概是放置馬達的部分，用一具或多具火箭馬達，供給推進的動力。在這部分前面，則安置定向的各種設備。再前面是燃料箱和氧化劑箱，和推動燃料的機構：像唧筒，開關，以及各種控制機構。燃料箱的位置大概在火箭的中部，也就是火箭重心的附近，這樣燃料因燃燒而減少時，不致影響火箭的平衡。

載物的地方大概還在油料箱的前面，再向前去是火箭鼻端部分，這裏將安放各種儀表以及無線電機等。

火箭發射所取的彈道，將是由精確計算而決定的。在開始時，發射角度大概很大，幾乎與地面垂直，最初一段射程中，火箭是加速上昇，一分鐘至一分半鐘後，燃料燒完，火箭的速度達最大值，約為每秒一哩至二哩。這時火箭立刻折成 ∞ ，進入標準的彈道，像砲彈一樣依靠動量來飛行。因為這時火箭很高，普通達五十哩至二百哩的高空，空氣密度很小，阻

力非常有限，可以使火箭的射程增加很多。

火箭體積的大小，要看載重，燃料，發動機效率，與航程這些條件而決定的。這裏面變化的因素很多，但是舉 \triangleleft 來做例子，也就可以說明它的大概情形。 \triangleleft 是只用來載物的，當載重為一噸，射程為二百哩的時候，起飛時的總重是十二噸，其中三分之二是燃料。

由這些數字來估計，那麼我們可以假定，九噸重的燃料足將一噸重的貨物飛送二百哩。火箭本身將是一個尖的筒狀物，長四十至五十呎，直徑五呎，原動機的起飛衝力約為二十五噸。

在郵政火箭發展至相當程度之後，就會有乘客的火箭出現。這種火箭將完全緊閉，與外界隔絕。在乘客乘坐的房間中，要不斷地加入氧氣。並且要將二氧化碳排洩出去。乘客們並將安置在彈簧的吊牀上，以減小加速度的影響。

火箭的飛行，將仍然依賴自動儀器。駕駛員的責任只在注意這些儀器，使他們情況正常就行。直接控制的駕駛方法，在這種高速的火箭上將不適用。因為相形之下，人體反應的速度顯得非常遲緩，不能及時的改正火箭飛行時的誤差。

在第一次飛行中，乘客們或者甚麼都看不見，所有窗戶等設備，為着減少設計的困難，恐怕都要省去。以後改良下去，也許會有窗子，但是旅客們所看到的也很少。當火箭上升的

時候，他也許只能迷糊地看到地面迅速下沈。等到穿過同溫層，耀目的陽光又會使他的眼睛發痛。很快的火箭便開始下降了，旅客們再度的迷糊地看見一些東西，火箭便已在目的地安全着陸了。

這種火箭的製造工程當然很不容易，但只要努力研究，總還是可以解決的。甚至現在我們就可以想像出這種火箭的一些情況。

譬如說牠的大小，我們就可以這樣估計：假定燃料的噴氣速率是每秒八千呎，整個航程是四百哩的話，那麼他的重量比例大概是：載重一噸，結構二噸，燃料六噸，因為這種比例， V_1 實際上已經達到了。

依照上面的比例，當載重是一噸時，發射時的總重是九噸。等到飛越四百哩，抵達目的地時，重量是二噸，其中一噸是載重。

可是這一噸的載重，並不能完全是旅客，這中間應該還包括駕駛員和各種設備，如氣壓機，座位，減震設備等等。

從這上面我們可以得出一個結論，就是這樣的一個火箭，大概可以乘搭四位客人和一個駕駛員。假定每位客人的體重和行李平均是二百磅。留下的半噸就可以作為各種設備的重量。這個餘裕雖然很小，但是也足夠了。

上面說過，這架火箭艇的設計航程是四百哩，相當美國紐約和匹資堡間的距離。我們可以比較一下實用的情形。

當火箭抵達匹資堡，它已燒去六噸的燃料，假定燃料的價格是每磅二分半（每加侖二角），那麼燃料的費用是三百元，也就是每人應花七十五美元。

假若再將火箭的造價和營業維持費用加上去，則火箭的票價至少應當是三百至四百元之間。但是現在從紐約乘火車到匹資堡，票價是二十元七角七分，飛機票二十五元零一分，相形之下，雖然火箭速度快的多，實際飛行時間不過七分鐘，但為節省兩小時的時間，而多花十倍以上的費用，似乎頗不合算。

這一點雖然是火箭商業化時可能發生的困難，但並不是說火箭不能作為運輸工具。假使這火箭的體積加大一倍，那麼乘客的數量也許可以增加一倍以上，而長距離的運輸，也可以使火箭旅行比較經濟。

所以我們相信，地面上的火箭艇將來遲早會出現的。飛爾浦在他所著的同溫層與火箭飛行 (Stratosphere and Rocket Flight) 一書中，曾給我們一段很好的描寫，可以使人想像到將趁火箭飛行是怎樣的有趣味。

我們從柏林出發，向城外數哩的火箭機場駛去。到達以後，我們的注意力便立刻被那龐大的銀灰色的機體

吸引了。

當我們接近機體，注意牠有着短而堅實的收縮機翼，這種機翼的作用是在適合不同高度飛行而設計的。機頭的方向有一具平常的螺旋槳，但是現在不能看見，要等到火箭艇下降時，纔使用到牠。

上升和航程的大部時間，機頭保持光滑。等到下降進入大氣圈，螺旋槳纔開始動作，使火箭艇與平常飛機一樣飛行。

在火箭艇的頭部，我們看見許多火箭馬達的噴氣管，環繞螺旋槳排列着。我們又看到後部，也有很多同樣的噴氣管。

機身尾部的火箭有推進作用，頭部的有減速作用。而兩旁的許多噴氣管，則用來改變飛行的方向。

發動後幾分鐘，進口關閉，旅客們被迫躺在彈簧的吊牀上。

鈴響了，我們開始離地，火箭以六十至七十度傾斜角射入空中。三十秒後，我們已在地面上觀衆視線以外了。

當時旅客頗感不安，他們的身體現在似乎有幾噸重。好像有一種可怕的力量，把他們緊緊的壓在吊牀上。同時胸口好像壓上一塊重物，呼吸非常困難。他們發覺自己的手臂，突然變得十分沉重，因此無法舉動。

然而，漸漸的，他們也習慣了這種困難的感覺，在繼續飛行中，重量逐漸減輕。

發動後十分鐘，火箭的速度達到頂點，約為每秒四哩，即每小時一萬四千哩。這時拋射用的燃料已經燒完。但是火箭由於慣性，仍然繼續上升。

半小時後，它升達航程的曲線頂點。這是在大西洋中點上空六百三十哩的地方。現在牠開始向目的地——

紐約——自由降落，因為受地心的引力，速度逐漸增加。

當火箭距目的地一百五十哩時，可伸縮的機翼伸展開去，與稀薄的大氣接觸。

這時，因為火箭開始強烈的減速，旅客們在被可怕的壓力，壓在吊牀上。他們再度感到運動和呼吸的困難。

最後，火箭的機器關閉，進入長距離的滑翔階段，像民航飛機一樣，安全降落在紐約機場。
三千九百六十哩的航程，從出發到終了，僅僅不過一個鐘頭。

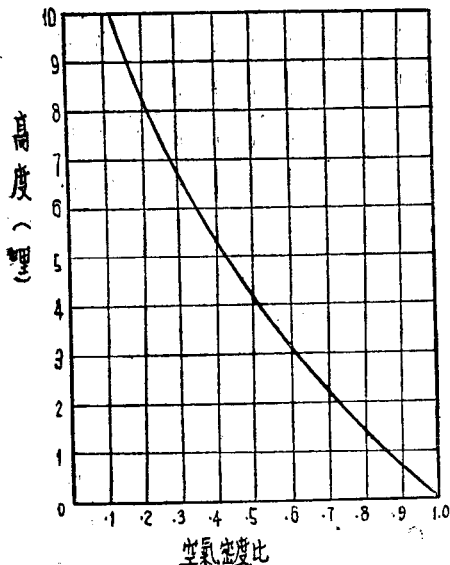
也許有些人以為只不過是一種幻想。但科學的進展，就是由幻想一步步的實現的。我們在今日已經有了很多的火箭知識，並且有雷達，原子能種種新的發明或發現，幫助解決了火箭飛行的許多實際問題，以這種情形來看，火箭旅行的時代已經不遠了。

第九章 大氣層

上面已經說過，在某種情形下，火箭可以飛離地球，遨行宇宙。但是這種理想，在短期內還不可能實現。我們應該先將地球附近空間的情況研究一下，對宇宙航行，作初步的解。

地球帶着週圍的空氣，在空間中運行。這些大氣，因為地心引力作用，纏繞着地球，緊緊不去。而因為空氣本身的重量關係，在地面密度甚稠，漸高則漸稀薄。普通認為：每高三哩半，密度就要減小一半。所以到了很高的高度，只賸了些較輕的氣體如氫氣等。再高上去，達到二百哩以上，就成爲真空。

(圖二十七)



圖二十七. 空氣密度與高度之關係。

關於高空的探測，自從一七八三年氣球發明以後，冒險家就利用它高升天際，來進行研究的工作。但到了相當的高度，大氣壓甚低，血液會從耳朵流出，眼球失明，即使攜帶充足的氧氣供呼吸之用，氣球內的觀測者，仍然要失去知覺，甚至喪失生命。當時所達的最大高度，沒有超過七哩。

後來小型測空氣球發明，纔探測到較高的程度。這種小氣球攜有測量儀器和降落傘。向上升時，因為大氣壓力減低，氣球體積膨脹。上升愈高，膨脹愈利害，終至爆裂。裝在氣球內的自動紀錄儀，遂隨着保險傘平安飄降，使地面的觀測者獲到高空情況的紀錄：利用這種氣球，可測量到二十三哩以上的高空情況。

一九三一年，克帕佛爾 (Kipfer) 和 潑魯寒爾 大學的 皮卡教授 (Prof. Auguste Piccard) 於白瓦銳亞 地方，乘氣球升高，達到九·六哩的高度。

一九三二年八月十七日，皮卡教授與可生 (M. Cosyns) 重作升空試驗，造成一〇·二哩的新紀錄。

一九三三年九月三十日，俄國「蘇聯」號氣球 (Balloon U. S. S.) 升達一一·九的新高度。

在二次大戰以後，火箭探空工作迅速進展，造成了新的紀元。一九四五年秋季，美國加

州理工學院和美國陸軍部合製的探空火箭(Sounding Rocket)女兵班長號(Wac Copora)載了二十五磅的氣象儀器，升高測量。這次火箭所達的高度根據雷達的探測，是四三·五哩。這還不是最高的紀錄：根據第二次大戰的紀錄，V-2發射後，可升達一百十四哩的高空。最近美國研製的海王星號，預計可達二百三十七哩的高空。

最近科學家的研究，是將空氣層分成四層，分別以C，D，E，F等字母代表之。在接近地面的一方爲C層，在最外一層則爲F層；以後如有新的發現，仍可以用C以上的字母和F以下的字母去代表牠。

在空氣層外端，也就D，E，F等層次裏，紫外線同太陽及星體發射的荷電質子，經常發生作用，打擊大氣的原子，使它們游離爲自由電子和離子。這時，因爲大氣非常的稀薄，原子間的距離很大，雖然自由電子和離子由於電荷不同互相吸引，仍不能直接接合起來。縱然有一小部分有接合的機會，但因爲電離作用繼續不斷的進行，新的離子繼續產生，使大氣保持着電離的狀態。

一九〇二年，一個英國科學家和一個美國科學家同時發現了電離層。他們發射無線電波，發現電波自大氣層上空折射回來，而被遠處的電臺接收到，這樣證明了電離層的存在。後來爲紀念他們的發現，電離層就定名爲金·海氏層(Kennelly-Heaviside Layer)。

最近利用雷達和探空火箭研究的結果，使我們知道，電離層的情況並不完全一樣，而是分成很多層次。在二十至三十五哩上空，僅有微度之電離作用，這一段為C層。在三十五哩以上，乃為D層。在白天，因為陽光的照射，電離情況已經很強烈了，二十——五百千週的電波，可以反射回來。在夜晚，因為沒有陽光，D層差不多完全消失。

在五〇哩以上，進入E層。它的電離情況比D層強，但一般說來還不太強，到夜晚也是整個消失。五百至一千五百千週的電波白天在此層發生反射作用，但到夜晚，仍可以通過無阻，直達F層纔反射回來。

在九十——一百哩以上的高空，稱為F層。現在科學家們相信，這層大氣乃是電離層的最外層；F層可以分為兩層：第一層是F₁層，一般叫做安普頓層 (Appleton Layer)，從九十——一百哩上達一百六十——二百二十哩的高空，高度隨季候而不同。上面一層是F₂層，最高達五百哩高空。夜晚這兩層合而為一，下方約在一百七十哩高空。這裏的空氣很稀薄，原子間的距離很遠，電離後電荷不容易消失。縱使在夜晚，反射作用還是很強，可以將一千五百千週以上的電波反射下來。

在F層以上，將是絕對的真空。這是一片死寂，寒冷的地帶，溫度差不多是絕對零度

電離層對於地球作用很重要，牠將空際來的宇宙射線加以過濾，使牠射達地面時強度減低，不致損害生命。

電離層受了某種磁浪的作用，依某一定的週期生極大的變化；這時，從太陽中磁性極強的氣體漩渦——就是所謂的太陽黑點裏——散射帶電荷的質點，到達地球大氣的外層，使電離作用加強。科學家們認為，北極光的現象，就是由於這種電離作用而發生的。

第十章 怎樣飛離地球？

數千年來，人類無時不在幻想着星球間的旅行。在不同的時代，不同的國度裏，我們都可以找出這一類的神話或者傳說。

月球距離我們最近，只有二十三萬九千哩。所以月球旅行的故事更是普遍。例如嫦娥奔月，唐明皇游月宮，這些美麗的神話，我們在幼年，不都聽過的嗎？

不久以前，有一本科學小說，是朱耳斯凡耳 (Jules Verne) 做的，寫的也是旅行月球的故事；他想像，是從一尊三百米的巨砲裏，射出一輛砲彈車 (Projectile-Car)，故事的主人翁就坐在這部車子上，以可怖的速度駛向月球去。

這當然純粹是幻想，事實上很不可能的。因為砲彈的加速度那樣的巨大，坐在上面的旅客即使不被低空時空氣磨擦的高熱燒死，也一定因高度加速的原因，而失去生命了。

至於飛機和氣球，更不能飛向月球了。因為飛機和氣球都離不了空氣。到了沒有空氣的地方，飛行根本不可能。地球的空氣層只有兩百哩高，比這更高的地方是完全真空的，飛機和氣球決不能到達。

那麼，星體旅行的幻想，只有靠火箭來實現了！

我們知道，火箭的推進是靠反作用原理。這就是說，當我們把一樣東西拋出去，使牠由靜止而運動，那麼，在我們身上一定受着反方向的力。最好的例子就是划船，我們用槳把水向後划，船就會前進，這就是因為水在槳上有反作用力的緣故。

火箭把高熱氣體向後噴射，所以氣體就有作用力推着火箭前進。這種推進作用，僅於噴射的氣體有關係，對於火箭周圍有沒有空氣，並無關係。所以，火箭在真空中仍然可以飛行。

火箭可以作宇宙飛行的道理，事實上並不新鮮，人類很早就知道了。可是因為構造的困難，燃料的不易處理，一直沒有成功。這次大戰以後，因為德國研究的精進，製成了V-2這樣的火箭，纔特別引起人們的注意。

美國加省理工學院物理教授施惠基博士說：「我們先飛東西過去，再送大批儀器過去，最後我們纔親自到月球上去。」

美國霍約翰大學應用物理研究所艾智時博士，由推算的結果，認為在十五年內，我們能使火箭飛達月球，單程不帶人。美空軍火箭研究所賈後恩少校相信，在幾十年內，他本人可以到月球旅行一次。洛杉磯的加省大學也已設立火箭航行學的課程了。

一九四六年一月十日，一位科學家名叫拜麥的 (Belmar)，將雷達電波向月球發射，不久以後，收音機接收到反射的電波，完成了地球與月球的通信。使我們深信，在最近的將來，雖然乘人的月球火箭難以實現，用雷達來操縱的小型火箭，可能會到達月球的。

這種不載人的月球火箭，將利用兩種方式與地球相聯絡：一種是利用雷達。將體積輕巧的雷達電機，裝在火箭前面，時時與地面保持聯繫。問題是這種儀器在火箭碰撞月球時，會遭受損壞。月球上沒有空氣，所以也不能用降落傘使雷達電機安全着地。

另一種辦法是已故火箭專家哥達教授在一九一九年所建議的。就是在火箭上載着閃光粉，當火箭觸着月球時，發出閃光來引起地球上注意。根據他的計算，只要二·六七磅閃光粉，所發出的閃光，就可以在地面上用一呎孔徑的望遠鏡看清了。假使能帶二三·八二磅閃光粉，所發出的閃光在望遠鏡裏看得更明顯。

世界上現在有兩個最大的天文臺：一個是帕羅馬天文臺 (Mt. Palomar Observatory)，有着二百吋的望遠鏡；另一個叫威爾遜天文臺 (Mt. Wilson Observatory)，裝有一百吋的望遠鏡。這兩個天文臺的望遠鏡所看到的月球景象，等於我們肉眼看見五十哩外的月球。假使火箭在月球上爆炸，這兩個天文臺都可以攝影。

但是，縱使火箭不帶人，要想飛達月球仍然不是件容易事。因為地球的引力非常的巨

大，要離地面二十二萬哩的遠處纔消失，在這距離以前，飛向月球的火箭受着引力的牽制，隨時有下墜的趨向。

引力的值是隨着物體在地球上的高度而漸減的。大約在四千里高的地方，引力爲地面的四分之一。換句話說，在地面上重四磅的東西，在四千里的高度只重一磅。在一萬二千哩的高度，這東西重四分之一磅。在二萬八千里之處則只重一兩了。

假使我們想到月球或別的星球上去，就得抵抗這引力而向外飛去。我們知道，把一樣東西向上拋，速度因引力作用逐漸減低，到了相當高度開始下落，這個高度的大小，看物體向上拋的速度怎樣。假使用力大，飛行速度大，則所達的高度也愈高。若是向外拋的速度非常的巨大，達到每秒六·六四哩，這東西將有充份的動能，克服引力的吸引，永遠離我們而去。牠將依直線繼續向前行進，直到遇着別的引力作用。纔改變其運動的情況。

假使這射體接近月球的軌道時，正遇着月球在不遠的地方。那麼由於月球的引力，便會墜落到月球上去。假使月球距離很遠，它便會因太陽的吸引而向太陽的方向飛去。在飛行的途中，假若湊巧接近了二千五百萬哩外的金星，那麼又會可能落在金星上。

假使我們想到火星上去，看看火星上是否有人，問題更比較困難。因爲火星在地球的外側，物體在地球引力場之外，還要反抗太陽的引力。太陽的引力場比地球的巨大的多。

因此要想向火星飛去，最低的速度也得每秒二六·二哩。

從上面的說明裏，我們看出，要駛向最近的一站——月球，火箭的速度需要每秒鐘七哩。

現在最快的飛機，是每小時六百多哩；至於火車或汽車，每小時不過幾十哩。月球火箭的速度需要每秒七哩，相當每小時二萬四千哩的速度，比較起來相差多麼大！

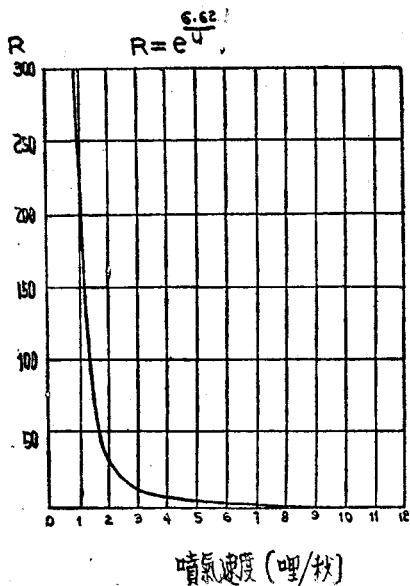
要研究達到這高速的方向，我們應當先知道與火箭速度的有關因素。從而推測達到這種高速的可能性，以及所需的新穎設計。現在，我們分單體火箭，多連或複式火箭，及細胞型火箭三類來分別討論。

單體火箭 (Single-step Rockets)

複式火箭是多數火箭組合在一起，單體火箭就是單純一個火箭。牠的速度公式，我們知道是：

$$V = u \log_e R$$

u 是噴氣速度， R 是質量比，就是火箭總重與其淨重（除去燃料後重量）的比值。



圖二十八. 脫離地球所需之質量比之值。

將 V 等於每秒六·六二哩，我們就得到月球火箭的噴氣速與質量比關係式，這就是：

$$R = e^{\frac{6.62}{u^2}}$$

圖二十八的曲線就是代表上式的。從圖中可以看出，噴射速度的大小關係火箭構造很大，當這值很小時， R 值相當大，要 u 值大到相當程度， R 值纔急驟降低。

不幸的是：一般燃料的氣體噴射速度都是很低的。拿目前所能使用的液態氧與酒精來說，每秒鐘是六千呎。以這值來計算，同時假定火箭發射加速度為 $20g$ 的話，那麼質量比要一一〇纔行。這就是說，我們要製造一具火箭，載負一〇九噸的燃料，而本身重量只一噸重。這在材料強度上說，顯然是不能達到的事。

要想質量比減低，只有加大噴射速度。將燃料改用液態氧和液態氫，

那麼質量比可以減低為二十五。就是二十四噸燃料，一噸的結構重量。

V-2的質量比是三·四；美國新製火箭海王星號的質量比是四·六。質量比為二十五的火箭，一時仍然無法製成。

因為噴氣速度正比例於燃燒溫度及氣體密度的方根。要達到大的噴氣速度，必須提高燃燒溫度，而用密度輕的氣體噴射。我們假定用原子能來加熱氫，使噴射而獲得動力。那麼，五千度（華氏）的燃燒溫度，三·五的質量比就行了。假使燃燒溫度提高至九千度，那麼質量比可減低至二·五。

但是目前，先不說原子能使用上的困難，即使能使用，也找不出一種金屬來抵抗這樣的高溫。在目前，液態氫與液態氧的燃料就無法使用，因為尚沒有金屬能抵抗牠燃燒時的高溫。因此，在耐高熱而重量極輕的新金屬發現以前，用單體火箭旅行月球是沒有希望的。以現有的單體火箭而論，所能達到的最大速度， V_{max} 是每秒〇·九七哩，海王星號是每秒一·五六哩，比之脫離速每秒六·六二哩，大約還相差五——七倍。

複式火箭(Step-Rockets)

以上討論了單體火箭的實際限制。單體火箭的重量可以分為三部分：（一）構造重量（淨

重)，就是火箭本身的重量。(二)燃料重量。(三)負載重量，包括載負的探空儀表或其他的物品的重量。

海王星號火箭重量情形是這樣：

淨重	一九九二磅	油料	七四一八磅
搭載重	一〇〇磅	總重	九五一〇磅

海王星的搭載品是各種儀表，用以探測高空情況的。但是也可以將這一百磅的重量改裝一具小型火箭，牠的尺度比海王星小，質量比與海王星號相同。因此牠的最大速度也可以達到每秒一·五六哩。當海王星射出後，速度最後達到每秒一·五六哩，可是因燃料燒完，速度無法再增加。這時，這具小火箭自動發射，脫離了母體。本來牠的速度有每秒一·五六哩，再加上本身推進獲得的每秒一·五六哩速度，最後速度為每秒三·一二哩，也就是兩倍一·五六哩的速度。

這樣，兩具火箭連接一起，可得到兩倍原來的速度，假使上述的小火箭本身的負載是一具更小的火箭，那麼最後這更小的火箭可達到三倍於海王星的速度。以此類推，假設有五個火箭這樣連在一起，而成為五級火箭，那麼最後一具火箭的末速，將是五倍海王星的速度。也就是每秒七·八哩的速度，這樣，就可以飛往月球了。

美國航空研究院第一次設計的複式火箭，定名為二連火箭 (Tainat)，是用兩具火箭連在一起的。牠的最大特點是操縱系非常精確。

這種火箭粗看起來似乎已解決月球飛行的難題了。但是事實上，仍有很多困難阻礙着。這就是火箭重量問題。拿海王星的例子來說，搭載一百磅。結果就成為九千五百十磅的總量。與載重比較，大概是九·五倍。現在，假定我們載十磅的閃光粉到月球去，那麼第一個火箭重量是十乘九·五，為九十五磅。第二個火箭的載重是九十五磅，所以兩連後的總重是九十五磅乘以九·五倍，得出為九百磅，以此類推，到第五級，全部的總重達七十六萬九千五百磅，或三百八十五噸之巨！而所帶的只有十磅東西。

在另一方面，因為地心引力的關係，向上飛升的火箭，一方面雖因推力增加速度，一方面也因地心引力而失去速度。在達到最大速度之間，時間愈長，因地心引力失去的速度也愈多。事實上，加上地心引力作用之後，火箭飛行速度的公式是這樣的：

$$V_{\text{real}} = \frac{a}{a+g} a \log_e R$$

a 是代表火箭上升時實際的加速度。假若只有 g 值那樣大小，（即每秒每秒三二·二呎），那麼上式前面比數等於 $1/2$ ，換句話說，由於地心引力所減低的速度，將達到一半。

因此，火箭發射時的加速度，絕不可太低以 V_1 與海王星而論，前者是 $6g$ ，後者是 $11g$ ，而美國女兵班號火箭 (Wac Corporal)，更達到 $30g$ 的加速。

到月球去的火箭，加速度當然也不能太低，姑且假定起初很小，以後因質量減低而漸增，那麼，也得有 $0.3-0.5g$ ，由 $F = ma$ 式，因為 m 等於三八五噸除以 g ， a 以 $0.4g$ 計，得出推力 F 的值為一五〇〇噸左右。換言之，上述之月球火箭發射時，需有一五〇〇噸的推力，或為每秒燃燒噴出七噸半的燃料，這在結構上與機件構造上，都是極困難的問題。

在實際上，還有一個經濟問題。美國海王星火箭製造的費用是一，八五〇，〇〇〇美元，總重不過五噸，現在月球火箭總重約四〇〇噸，超過海王星火箭重量達八十倍，即使假定機件複雜一點不加考慮，僅按比例推算，將費用加大八十倍，那麼也需要一億四千八百萬美元。拿這樣巨額款項，花在一具火箭上，而且只能帶十磅的東西，根本不能乘人，恐怕這樣一想，有錢人將望而卻步了。

最近美國航空週刊 (Aviation Week) 曾建議一具月球火箭的設計，是將一具十磅的雷達，推送到月球上去，火箭的情形大概如次：

級數	五級
重量	四百噸

起飛推力 三百萬磅

最大速度 110 馬哈值 (Mach)

註：一個馬哈值相當一個音速或每小時七六〇哩（海平面）

有用載重 十磅

這些建議，當然都只是紙上談兵，距實際製造時期還遠。依一般趨勢看，將來的月球火箭，將是改進後的單體火箭，合成兩級至三級的複式火箭而構成的。自單體火箭方面時，現在質量比只不過 4 左右，將來構造改良，希望達到 10，這個數字，有許多科學家，認為很可能。同時燃料方面，如金屬耐熱性改進，用氫與氧燃燒，噴射速可達每秒九千呎，那麼一個單位火箭的速度，就可達每秒三哩左右，那麼，三連火箭，就足足有餘了。在此種情形，如以十磅的負載為例，總重不過八六〇〇磅左右，這比較可能性大多了。

細胞型火箭 (Cellular Rockets)

由於複式火箭的理論，我們很自然的想到，若是把很多火箭組合在一起，讓牠們一個接一個燃燒，同時一個接一個的脫落，那麼有效的質量比值，可以增加幾百或幾千，這樣，用普通的燃料，也可做月球旅行了，這種理想，是英國星球飛行學會所建議的，可是因為實

際上構造的不易，尙無任何成績。

這種小型的火箭，數以百計，每個的體積，當然相當的小，而構造必需簡單，最有利的形式，當然是固體燃料火箭，好像很多小爆竹似的，組合在一起，但是固體燃料，噴射速度都是相當低，火藥的噴射速，不過每秒三千呎左右，Ballistic 也不過五千呎上下，比起液體燃料來要差的很多。而且固體燃料的氣體壓力大，構造上需厚實，質量比也較小，例如美國 Nike 火箭砲其質量比不過一·一不到。若是用液體燃料，構造上困難，因為火箭體積太小。

以上所說的，是就月球火箭本身困難作一概述，其他外界因素，均未討論。而由於本身困難來說，已經不容易解決了。除非原子能發明簡單的方法加以引用，暫時恐不容易去月球，不過，事實上原子能的研究是日益進展，而火箭構造及材料也在研究改進，不乘人的小型火箭，在不久將來或可成功。

第十一章 艱險的歷程

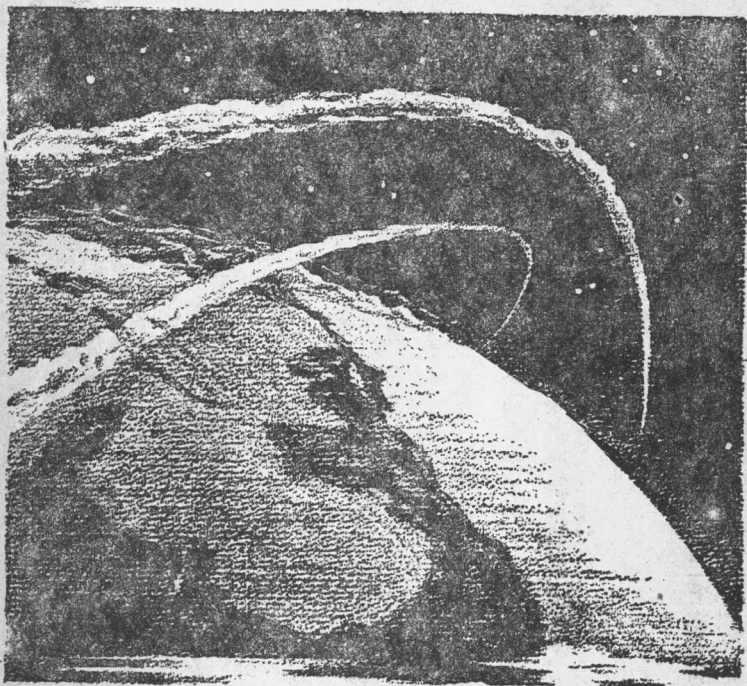
假若我們完成了月球火箭，是不是就可以去旅行呢？回答是：不。因為到月球去的歷程非常艱險，絕不像乘坐火車汽車那樣舒適。在目前情況下，我們還不知道我們能否安全抵達月球。一路上加速度的震撼，摩擦的高熱，彗星的襲擊，寒冷的或高熱的處境，宇宙線的傷害，失去重力時的狼狽處境，以及可能的心理變態，都是可怖而不可逆料的，使短短的十幾小時的月球旅行，比希臘英雄們走遍天涯尋找金羊毛還艱難。給第一次的月球旅行者，安排下不可知的命運。

但是我們深信，總有一天，也許是明媚的春季，也許是爽朗的秋季，會有這樣一隻月球航艇，告別地球，第一次走向不可知的前程。（圖二十九）

下面是就我們所能想到的，一路所能遇到的情況。

加速度

當火箭向地球告別時，牠需要每小時兩萬二千英里的速度。因此，從地球出發，以至達



圖二十九. 月球航行之想像。

到這個速度中間一段時間裏，火箭加速度是必然存在的。

假定一個人重一百五十磅，加速度是 $3g$ ，那麼他覺得重四百五十磅，這確是相當大的負擔。但是假使讓他躺着，甚麼也不做，他應當還能忍受。若加速度是 $5g$ 或者 $50g$ ，那麼他的重量便是六百，或七百五十磅，這些壓力已使他很吃力，呼吸也感困難了。

在飛機俯衝時，再突然拉起來，也要遭遇高的加速度。圖三十所示的就是一種簡單儀器，來測定加速度的值的。有

一條石英製的帶子，兩端固定在木板上，當垂直板的方向有加速度時，石英帶就因重力而彎曲，如圖b的情形；由一個折射的鏡子裏，可看出彎曲的程度，而直接讀出加速度對於g的倍數。

從實驗裏我們知道：在正常飛行時，飛行員穿着保險傘，僅需時十五秒鐘；2g引力時，需時三十秒鐘；至3g時則需奮圖五十秒鐘，始能成功。在4g引力情況下，穿着保險傘根本不可能。

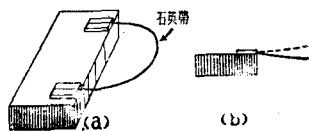
很多飛行員因為遭遇了大的加速度因而失去知覺，心臟較弱的則引起心臟病，因而失去生命。

據有些九死一生的飛行員說：「在那種情況下，我只覺得一陣不可抵禦的力量向我襲來，把我緊緊地貼在座位上。我的內臟則像有力在拉，胸口也像有力在壓，阻止着我的呼吸。我頭腦昏迷，不久就失去了知覺。」

事實上，人所能支持的加速度，大約為6g。

可是在火箭飛行時；每小時的速度在二萬哩以上，只要速度能稍稍變動，就可以到達100g，旅客立刻會失去生命。

加速的主要反應可以使血管爆裂，或者內臟損壞。在輕度加速時，則使血液循環短期紊



圖三十. 加速度量度計。

亂，以致頭暈目眩。而主觀方面，則因重量增加而引起一種極度不快感覺。所以不平穩的火箭飛行，將使不慣飛行的旅客大感痛苦。

身體的位置，與加速度所引起的效應很有關係。根據實驗的結果，證明飛行員在平臥位置時，能支持兩倍以上的加速度，還有一種特備的「引力加速衣」，也可以幫助抵抗引力作用。

但是這都只能補救少許。在加速度相當大的時候，生命的危險是時時存在的。至於火箭性能方面所希望的，用到20—30g來發射，乘人的火箭當然是不能使用的。

摩 擦 熱

現代的飛機忙着高空加溫。當我們乘機時，親友們時常會說：「拿件衣服放在身邊吧，防着到上面受冷。」

在火箭飛行時，親友們也許會這樣說：「少穿點衣服，上面太熱。」

真的，在低空一段時期內，火箭所遇到的困難是太熱而不是太冷。因為火箭速度太高，空氣摩擦火箭外壁，會發生高熱。根據砲彈飛行的研究，速度與溫度關係大概是這樣：

速度（每秒公里）

溫度（攝氏）

二	一五〇
三	二六六
七	五〇〇
十	七五四

在這樣高的溫度下，火箭也許早已燒成灰燼了。事實上，千萬個隕星就因為與空氣摩擦而燒成粉末，很少落到地球上來。

要避免這種危險，應該將火箭速度調節。使在低空時速度低，到了高空空氣稀薄的地方，再以高速前進。

在低空，每秒兩公里的速度，就能使物體燒紅。但在一百哩以上的高空，就要每秒五十公里的速度，纔達到同樣的溫度，這是一個顯明的參考。

流星的掠襲

在夏夜的星空，我們時常可看到流星在天際明滅，因而想到火箭會遭遇到流星的掠襲。根據推測，每天有七千五百萬到一萬萬個隕星進入大氣圈內。牠們的速度是每小時十八

萬哩，大多數遇着空氣後，即因磨擦發熱而燒毀，或者體積減至很小，落到地面上，成爲隕石。

因爲流星的飛行速度很大，而且溫度極高，很可以將所遇的任何事物摧毀。但是以流星體積之大小，和空間之廣漠相比，火箭與隕石相撞的機會不過百萬分之一。這種危險，機遇並不算大。

溫度的控制

火箭在低空飛行時，會造成可怖的高溫。但是到達二百哩以上，就漸漸進入真空地帶。在這死寂的空間根本無溫度可言。但是太陽光發散的熱量仍可傳達到火箭上來，這時背向太陽的一面，可以冷到絕對零度，而朝太陽的一面，卻又可熱到沸點以上。

這種溫度的數字當然是比較的，事實上跟火箭外表的面積和形狀有着很大的關係。假使熱的吸收率大於散射率，那麼溫度將不斷上升，而形成可怖的高熱，可能將火箭燃燒。反過來說：假使熱的散射率大於吸收率，那麼火箭上的熱量又會逐漸逸去，使火箭冷卻，失去一切活動的能力。

這困難是慢慢的可以解決的。假若火箭有兩層殼的話，可由水的循環，使火箭船各處的

溫度相等。

這將是一個複雜的溫度控制問題。

宇 宙 線

天空中有一種微粒，不斷的以可怕的速度投射到地球上來。在這微粒打擊大氣外層，使空氣電離而形成一種電離層，像一層屏障包在地球外面。這種微粒經過電離層過濾後，仍然可以射到地面上來，甚至在一千四百米深的礦井之中，也可以發現牠的蹤跡。這種力量強烈的微粒就是宇宙線。

原子彈所放出的 γ 射線，能够破壞人體各部的組織，可以穿過九吋厚的鋼板。宇宙線的力量還強烈一千多倍，能够透過七十五呎厚的鋼板！

宇宙線所含能量的巨大，從下表裏可以得到一個概念：

物理或化學現象

所放出能量 (MeV)

碳的燃燒

4×10^{-6}

γ —射線

2.6

鈾原子核分裂 (原子彈)

200

宇宙線

$10^2 - 10^{11}$ 以上

$0v$ 是代表電子伏脫，是一個電子降落一個伏脫電位差所得的能量，約等於 1.6×10^{-19} 爾格。MeV 代表 $10^6 eV$ 。

從以上的比較表上，我們不難看出宇宙線能量之巨大。因此有很多野心的科學家，便想利用宇宙線來做一架死光砲，做成第三次大戰的可怕武器。

宇宙線對生理的作用雖還不甚明瞭，但是以牠能力的巨大推想，牠一定能引起生理上的變態。我們知道，受 γ 射線作用後，能使蛋白質變性為氧化血色蛋白 (Oxyhemoglobin)，因而危害生命；當宇宙線直接曝射，一般相信可能使細胞變性，而引起可怕的癌。對於人體多半是有害的。

對於宇宙線的來源有很多不同的說法。有超新星說，認為太空中有一種超新星出現，像太陽一樣放射能量，但是牠的放光率是太陽的 10^8 倍，這就成為宇宙線。也有人認為，宇宙線來源即在銀河系以內，射線可能為銀河系內帶電質點，經過恆星磁場若干年的散亂偏轉和加速而成的。總而言之，都認為宇宙線是由地球以外空間射來的。

地面上宇宙線的強度，是隨高度而增加的。從研究結果，我們知道，在 8 厘米高水銀柱氣壓時，宇宙射線的強度是海平面上的 50 倍。

宇宙線在大氣圈以外的強度，現在還沒有實驗測定。假若電離層的屏障理論沒有錯誤，

強度應該是增大的。

當火箭射出二百哩以上的高空時。火箭船中的旅客們將直接暴露在宇宙線中。這種第一次的經驗，究竟是有益抑是災害，現在沒有人敢斷言。

重量的消失

當我們的火箭船離開地球二十二萬哩時，一切物體會完全失去重量。

這時，我們將發現許多奇怪的事情：火箭上每一樣東西都失去重量。只要稍稍用力，就會隨直線飛去。假使旅客們開始進食，那麼會發現食物無法進嘴。因為只要稍稍推一下，東西便直線的飛去，結果碰到前面的壁，像口香糖一樣的黏在上面，甚至可以停在前面的半空中——這是因為推力不夠，受空氣的阻力而停止的緣故。可是假使伸手去取，食物也許會因空氣擾動，又逃開了，像故意與旅客開玩笑似的。在這種情形下，食品最好裝在可擠的管子裏，像牙膏一般擠着送進口中。

用開口杯要裝的液體將喫不着了。一杯水會浮在杯外，聚成一個水球，假使碰着了，那麼因為表面張力關係，便會爬上人身，像章魚一樣。液體必需放在可以變形摺合的容器裏，像熱水袋之類。

客人們也必需繫在吊牀上，因為他們行走的時候，腳一踏下去，立刻憑空而起，頭撞到天花板上。駕駛員們也應該裝上紮腳板，或者穿着鐵底的鞋子，利用磁力引着在地板上。

當引力失去時，生理上會呈何種現象，現在還沒有人體驗過，因此很難完全想像出來。我們倒立時，似乎多少有一點不快的感覺，這是因為血液集中腦部的關係，那麼假使引力消失，血液也許向上流轉較易，因而心臟的工作都減輕了。這樣，心臟的動作可能會加快，不過這對於人體有沒有影響，還是很難說的。

也有人提出這樣一種補救方法，就是利用火箭本身的加速度或減速度，配合外界引力場來變化，因而得到比較正常的情況。

譬如說，在引力逐漸減小的時候，我們可以加大加速度。火箭上的旅客和物體對火箭的地板有相當的惰性力，這惰性力代替了地球引力，使人不致完全有失去引力的感覺。等到接近月球，引力由月球的關係而加大時，火箭開始減速，用相反的情形，使火箭不致完全成爲「自由墜體」，而完全失去重量的感覺。

心理上的感覺

在月球火箭船上，旅客的心理情形怎樣固然很難預測。但是外界所給於的孤獨單調的感

覺，恐怕是難免的。

我們可以這樣的想像：在地球二百哩以上，火箭船開始進入冷寂的真空地帶。這地帶幾千萬年來從沒有生命存在過，只有單調的流星無情地奔馳着。從窗子看出去，只有一個火球似的太陽，發出炎熱而眩目的光輝。因為沒有空氣的阻礙，牠顯得無比的強烈。從背面的窗子看出去，因為沒有空氣的散射，天空是一片漆黑。只看到星星與一個大的太陽，點綴在黑暗的背景中。

沒有青山，綠水，流水，人家。一切是死寂單調。

前面是不可知的前程。

假使到遙遠的星球上去，需要幾個月的行程。這種單調的日子，恐怕會使人深深的感到厭倦。

幸而雷達的成功，可以將電波送達很遠的空間。在月球火箭上，將仍然有機會聽到歌劇或球賽的消息。甚至利用雷達通訊，與家中人道晚安！

所以就心理上說，也許不像一般人所想像的那麼嚴重。只要這些月球探險者們有很大的勇氣。

着陸問題

火箭接近目的地時，因為引力場的作用，速度是一秒一秒地在增加着。這時若不設法減速，在有空氣的地方，便會因空氣的磨擦熱使火箭變成一塊隕石，在沒有空氣的地方，火箭高速的撞在地上，也一定粉碎無遺。

減速的辦法，主要還是利用火箭的噴氣，來產生反作用力。在有空氣的地方，我們或者可用降落傘，從火箭上跳下去。可是這不是一個很好的方法，因為第一，我們不知道空氣的成分，是不是有足够的氧來維持生命。而且火箭撞毀以後，將無從歸去，變成一批放逐者了。

以上這些，都是想得到的障礙。至於不可知的因素，有些甚至是致命的，依然可能存在。所以要想旅行到月球或其他的星球上去，恐將是一件極端危險的事情。

因此在起初，我們還是將小型不帶人的火箭放射到月球或其他星球上去。這些火箭帶着儀表或其他通信設備如雷達等，送到月球，然後將該地一切情況，如溫度，氣候，地質，及其他生活必需的知識報告到地球上來。這是第一期的工作。

在同時，地面上的火箭運輸工具將努力發展，以研究火箭載人的必要安全設施，這可以

說是第二期工作。

等到這兩期工作完成之後，人們有了足夠的經驗，纔開始準備親身到月球去。可是還得做不少的準備工作，例如將食物，生活必需品，燃料等等投送到月球上去，甚至在月球上的運輸工具，住宿方式也都研究好，纔開始動身。這樣到了月球以後，纔可以安全地生活，並且最後還可以回到地球上來。

由此看來，小型月球火箭最近十年內或可實現。至於真正乘人的火箭，恐怕在幾十年內仍難有希望。

第十一章 跨進怎樣的世界？

假使星球旅行的航艇一旦建成，我們可以脫離地球，到別的星球上去。那麼，我們的目的地是哪裏？

最接近我們的，首先當然是月球。它離地球的距離不過二十三萬九千哩。若是用時速二萬英里的火箭艇來航行，全部行程只不過十餘小時。

其次是金星，牠是位於地球軌道內側的第一個鄰居。牠距離地球是二千五百萬哩，比月球離地球遠一百倍。火箭艇的速度若仍用每小時二萬英里，旅程所費的時間就要延長一百倍，約為五十天。

再遠一點的是火星。牠位於地球軌道的外側，距離是三千五百萬哩。比金星要遠一千萬哩。火箭走起來還得多花二十天的時間。

可是無論月球也好，金星也好，火星也好，都還算很近的旅程。假使我們到美國或英國去，坐船也要二十幾天。如交通不便利的地方，需要步行的，像到西藏新疆等地去，恐怕也要花好幾個月的時間。因此惟一的問題是：這些星球能不能住人。甚至更進一步，那裏原來

有沒有生物，尤其是人類這樣的生物。

月 球

月亮是美麗的，在秋夜更顯得玉潔冰清，引起詩人無窮的幻想。無論中外各國，幾乎都有月宮的故事。想像中的月中世界，是非常引人。

可是，當我們乘火箭艇探望月球時，我們所到的完全與故事中不同的世界。

我們到了月球的第一個感覺就是身輕如燕，輕輕一縱就可達十幾丈高。山坡不需辛苦的跋涉，只要輕輕縱幾下，就落在身後了。這是因為月亮的體積只有地球的五分之一，牠的平均密度，也只有地球的 $\frac{1}{6}$ 。所以月球上的重力，只及地球上六分之一；一個一百二十磅的人，到了月球上就變成二十磅了。

雖然我們步履如飛，在月亮上行走仍然非常艱困，聳立的高峯層出不窮，最著的山脈像高加索山脈，亞平尼塞斯山脈，來布尼茲山脈，都是在數千公尺以上。來布尼茲山脈最高峯高達九千公尺，亞平尼塞斯山脈中的海根斯山高六千公尺，都令人望而卻步。

不僅如此，還有無數的環狀山散佈各處。環狀山是流星衝擊而成的，因為月亮上沒有空氣，流星可以直達月面。地球上最大的火山是日本的阿蘇山，直徑達三十公里，而月球上格

利馬爾提環狀山直徑爲二百五十四公里。像這一類的環狀山口，月亮上有幾萬之多。

在羣山之中，有壑道直截其間。其中的阿爾卑斯山壑道長一百二十公里，寬十公里。像這樣崎嶇的大地，哪裏去尋玉宇瓊臺呢？

月亮向着太陽的一面，溫度達到華氏二百四十四度。背着太陽的一面是黑暗世界，溫度是零下二百四十四度。遍地蓋滿了火山灰，在熱的那一面，火山灰上面發着高熱。而火山灰在一厘米之下，卻又在冰點以下，因爲火山是不傳熱的。

因爲月亮的引力小，一樣物件只要有每秒一哩半的速度，就會向空間飛去，永不回來。月亮上沒有音響，因爲沒有空氣。月亮的微弱的力不足以保持空氣。

所以，美麗的月宮只是幻影。月亮事實上是一片死寂的世界：在光亮的一面，充滿了不能忍受的高熱，在黑暗的一面，寒冷萬分，遍地山峯起伏，看不見一根草一片水。

沒有聲響，沒有生命，只有從遙遠空際來的探望者——隕石——寂寞地打在這片死的世界上。

地球上來的拜望者遇不着歡迎的接待。他們必需要自己攜帶一切應用的物品：食物，氧，水等等，都不能分毫缺少。火箭船的壁，必需將船內與船外分成兩個世界，只容許外面的景象透射到窗子裏面來。至多也只能讓機械從外部攜取一點東西，像泥土之類，帶回地球

上研究。

月亮是地球的衛星，牠應當是屬於地球的。這一分並不豐裕的財產，仍然是值得寶重的。

我們可以想辦法改良牠，尤其是在原子能普遍利用以後。這時牠會成爲各國爭奪的對象，因爲牠的戰略價值是很大的。物體在月球上的脫離速只不過每秒一哩半。因此像海王星號那樣的火箭，就可以從月亮發射，攻擊地球上的任何目標，而地球上的人則需要大上幾千倍的火箭，纔能面擊月球上的敵人。

這些，在千年後也許都會變成大家關心的國際或星際問題。

金星

在夏天納涼的時候，太陽纔落下山去，我們會看見天際一顆明亮的星，這就是金星。

很多科學家認爲，金星的公轉和自轉週期是相等的。但是也有很多人持着不同的見解，一直到現在還沒有完全決定。假使確是相等的話，那麼太陽光永遠照射在金星的一面上。

金星上可能有空氣存在，根據瓦特遜 (Watson) 的計算，空氣層的厚度可以達五十五哩。另根據威爾遜天文臺的研究，金星上並有氧和水蒸氣，所以到了金星以後，呼吸問題

或可設法解決。

至於金星上面的氣候，到現在還是一個疑問。但是既然有空氣和水存在，就會有風，雨，雪等現象，來調節各地溫度。各部分不致過分的寒冷或炎熱。所以金星上的生存環境，比月亮上要好的多了。

金星上有無生物，目前很難下結論。將來強力的新望遠鏡或能告訴我們許多新的知識。

火星

火星是一個神祕的行星，有很多人相信牠上面有生物存在。火星人 (Martians) 的故事，在西洋的科學小說中更是普遍。

火星也是一顆亮星。因為顏色紅，所以叫做火星。在望遠鏡中看起來，牠像一隻淺黃色的橘子。有些區域是青色的，有些是褐色的。在兩極的地方有白斑，白斑的形狀跟着火星的氣候而變遷。春季到臨，面積逐漸縮小，有時分為數段，到夏季就完全消滅。但到秋後冬初，白斑重又出現，有似雪之隨冬而至，至夏季又融化為水。

火星和地球一樣，也有四季之分，但牠的週期較長，一年有二十三個月，約為地球之一倍。所得之日光則僅為地球所得之半，故溫度較地球低。

火星上面有稀薄的氣體，有時更看見有雲狀的氣體，浮在上面，所以我們相信，火星上有風，雨，及四季之分。

從望遠鏡觀察火星，我們幾乎要相信，火星上有生物生長。因為火星上許多地方，在火星的春季來臨時，現出青黃色，到夏季轉為褐色，最後完全看不見了。而且每年綠色區域的大小並不完全相同。似乎火星上也有豐年和歉收。

一八七七年，斯基阿巴累利發現火星面部有特殊的斑紋，即一種暗色或綠色的直線，縱橫交錯，在橘紅色部分穿過。這些暗線很細很長，有的長達數百至三四千哩，闊為二十哩。斯基阿巴累利稱這些暗線叫運河。在各運河交點的地方，有黑色暗點，有時好幾個運河，集中到一個黑點，科學家叫這些黑點叫湖。這些運河和湖排列很整齊。因此有些科學家主張火星上有人類存在。

根據阿利桑那州旗竿地方洛亞爾天文臺的估計，火星赤道附近的溫度，白天最高是華氏七十五度，而在兩極地方則僅為零下四十度，所以火星上若是有人存在，一定住在赤道附近。但是火星上的雨量很稀少，維持生命所需的水源，只有取自兩極的雪冠。望遠鏡所看到的暗線，也許就是火星人費了很大的力量，所掘成的運河，將兩極的水引導到赤道來。羅威爾不但主張運河存在，並且計算出火星運河的水流速是每小時二十一哩！

這種理論有很多科學家表示反對，他們認為火星的暗線，只是一種幻象，實際上是不存在的。天文學前輩如安托尼亞提，巴那德等，曾以極精確之望遠鏡觀察火星，亦未看出此種暗線存在。

又有許多人以為，假定火星上真有人類存在，那麼他們的文明程度一定較地球上人類為高。他們一定老早會想出辦法，來和地球上的人類通訊了。但是一直到現在，我們並未曾接收過這種電訊，可見火星人是不存在的。一九二〇年，意大利無線電工程師馬可尼報告，地球上的各大無線電臺都接到一種神秘的電波，疑心是火星上所發的。但是現在看來，恐怕也是一種附會。所以火星上究竟有沒有人，仍難以斷言。

最可能的推測，是在數千萬年前，火星上有人類存在，那時也有足夠的氧，可維持他們生活。但因氧是一種非常活潑的元素，極易和其他原素化合，以致空氣中氧含量逐漸減少。現在火星上空氣中的氧，只及地球上的百分之一。火星之所以看起來呈紅色，就是氧化物的痕跡。所以火星上的人類，現在均因窒息而消滅，只留下巨大的連河工程，給我們憑弔。

總而言之，月球火星金星均不適宜我們人類。這三者中，火星上有生物的可能性比較大。但如果真有人類的話，也因為氣候，重力，溫度等等自然環境的不同，形狀一定與地球上的人類完全不同。