

火箭



世界科學社叢書之九



序

自德國V-1轟炸英倫，驚動了世界上的人類，當時各國妄加推測，有的說是由無線電操縱的無人飛機，有的說牠是秘密武器，而英德二國反默默無言。英國人的沉默，是仔細觀察牠，研究牠，再去設法防禦牠。德國的沉默，好像一個謎，只稱為V-1經過相當時期，終於明瞭牠的性能，不過是火箭的一種。原理既明，防禦自易。德國雖日以繼夜的轟炸，預期的目的，終未達到。所以有V-2的出世，雖比V-1強些，但終究不能挽回德國的頹運。

翻開中外歷史，都有火箭這個名稱，遠在千年以前，可是不能和現在的火箭來相比。現在的火箭，原理雖無大異，而構造迥乎不同。因構造不同，故其速度，高度的性能也因之而異。到今日雖不能說已臻極境，較之五十年前已有長足的進步，這不是一蹴而成的。自康雷夫 (Congreve 1804) 以來，經喬谷斯基 (Cholkofsky)，海爾 (Hale) 溫格倫 (Ungarn 1906)，葛達特 (Gadlard)，墨洛 (Melot 1918)，倭倍忒 (Oberth 1928)，巴利逸 (Balliert 1927)，等種種改良，一直到V-1——V-2，可說進步甚速。戰事停止，美國於去年在新墨西哥白沙漠試驗改良的V-2的威力，較前又有進步了，所以牠的前途是無限量的。從停戰以來，各國

科學家本以往經驗和觀察去改良她。或用爲交通工具如火箭火車。或用爲飛機的起飛動力，使其易於上升，如射送飛機的火箭裝置及火箭飛機。或用爲解雹催雨，以助農事。甚或用爲將來月球旅行，航行成層圈及征服宇宙，不再作戰時的殺人工具了。

原子彈，火箭，雷達等等，都是第二次世界大戰的成就。原子彈的威力如何，在此不必說了。火箭是這次戰爭中的猛烈武器，差不多人人知道。若問其究竟，則又不能解答。報章雜誌，雖有記載，究屬一鱗半爪，不能窺其全貌。本社有感於斯，特請本社物理學及化學研究員，編成有系統的小冊，說明牠的略史，原理，構造，應用以及實驗和記錄，因爲牠的秘密，各國不能完全公開。故僅就牠的高深原理，複雜構造，作通俗的敘述，使國人略知其梗概。在此更欲說明者，印本書目的，僅作通俗之介紹，而非研究之專著，若因此而能引起研究的興趣，而願献身於科學，則是本社之大幸。

唐 嗣 堯 識 於 世 界 科 學 社

民國三十六年六月二十日

例 言

1. 這本書不是專門書。只因社會上現在動不動要談到火箭的問題，本社爲普及火箭的常識起見特編的這小冊。
2. 執筆的人不止一個，用字或許微有異同，然而不至互相矛盾決無杆格不通之病。並且各篇都獨自成章，行文力求平易交代務必清楚，所以讀者儘可不拘篇次的先後隨意翻閱。
3. 所遺憾者，兵器之事各國都還做不到解放公開的中地步。凡有新聞報道，很少能得詳細真相的。其中不無於讀者，有些興趣；所以雖是『明日黃花』的舊聞，仍還採錄了一章。
4. 經驗談在對火箭感覺興趣的人，未始不爲『他山之石；』所以也採錄在內，還望讀者仔細加之玩味。
5. 此書力求易解，而於理論不會有絲毫錯誤。自信於科學的尊嚴，不敢有冒濫之處，敢貢於讀者之前。

目次

21

頁數

火箭序

例言

第一章	序論	(1—24)
第一	緒言	(1)
第二	火箭的來歷	(1—4)
第三	火箭是怎樣個東西	(4—12)
	(1) 火箭推進方式的分類	(5—6)
	(2) 火藥火箭	(6—8)
	(3) 熱空氣火箭	(8—12)
第四	火箭的速度	(12)
第五	火箭的種類	(12)
第六	此次大戰中出現的火箭兵器	(14—24)
	(1) 火箭艇	(14—25)
	(2) 火箭炸彈	(15)
	(3) 火箭砲	(15—17)
	(4) 火箭戰鬥機	(17)
	(5) V-1號流皇彈	(18—21)

第二章 火箭的科學 (25—53)

- 第一 火箭的構造 (25—27)
- 第二 火箭推進的基本理論 (17—31)
- 第三 火箭的燃料 (31—34)
- 第四 火箭的建造材料 (34—37)
- 第五 推進上的諸問題 (37—44)
- 第六 火箭的外形 (44—46)
- 第七 高空的科學 (47—49)
- 第八 火箭的航道 (49—53)

第三章 火箭的應用 (54—102)

- 第一 信號及照明用的火箭 (54—55)
- 第二 牽索火箭 (55—56)
- 第三 測驗高空的火箭 (56—57)
- 第四 攝影火箭 (57)
- 第五 遞郵火箭 (57—58)
- 第六 火箭炸彈 (58—79)
- 第七 火箭砲彈 (79—80)
- 第八 火箭空雷快艇 (56—82)

第九	射送飛機的火箭裝置	(82—84)
第十	火箭飛機	(84—87)
第十一	航行成層圈及宇宙用的火箭	(87—97)
第十二	應用火箭之地上交通工具	(97—99)
第十三	水上及水中火箭	(79—100)
第十四	解雹催雨用火箭烟幕火箭	(100—102)
第十五	結語	(102)

第四章 火箭之理論及實驗(103—112)

第一	燃料噴注與霧化	(104—106)
第二	高度內部效率	(106—107)
第三	關於噴流推進機關的研究	(108—111)
第四	結論	(111—112)

第五章 火箭研究實驗談 (113—124)

第一	火箭之研究	(113—114)
第二	簡單的工具	(114—116)
第三	拙速主義	(116—118)
第四	第一要噴射口精確	(118—119)
第五	火箭用的 Tiger-Moth	(119—121)
第六	聽話的模型	(122—124)

第六章 噴進機試飛記 (135—136)

- | | | |
|-----|-----------------|-----------|
| | 戰時火箭消息札錄 | (135—138) |
| 附錄一 | (1) 火箭機縱橫飛 | (135—137) |
| | (2) 對日轟炸戰鬥機 | (137) |
| | (3) 月球旅行非不可能 | (137—138) |
| | (4) 新式野戰火箭砲 | (138) |
| | (5) 與時間競爭之火箭機 | (138) |
| | (6) 火箭高射砲 | (138) |
| | (7) V-1.5號 | (138) |
| 附錄二 | (8) 抗坦克車之火箭彈 | (138—139) |
| | 戰後消息札錄 | (139—142) |
| | (1) 德V-4號之試驗 | (139—140) |
| | (2) 蘇聯在德製造V-4號 | (140) |
| | (3) 怪火箭總自飛瑞典上空 | (140—141) |
| | (4) 英國火箭研究費二千萬磅 | (141—142) |
| 附錄三 | 大氣圈外之戰爭 | (142—144) |
| 附錄四 | 飛行速度今日與明日 | (145—151) |

第一章 序 論

第一 緒 言

火箭 (Rocket) 之爲兵器由來相當古。自從此次世界大戰德國用所謂 V1 號隔海攻打英國，不單是駭壞了英國人，竟直是震驚了全世界，於是格外地有名。及至大戰末期，又應用到了飛機上，造成了火箭飛機。不過這種飛機，有若干難問題沒有完全解決，還不出研究實驗的階段。現在普通飛機努力的方向，特別在怎樣增加速度，怎樣更能持久達遠；而靠攪風翼 (Propeller) 來推進，終有個不能逾越的極限。爲要衝破這極限以滿足人類的欲望，在今日似乎有其可能性的，却惟有這不用攪風翼的火箭飛機。火箭彈是砲彈的一種，而能達到向來的砲彈所不能達的遠處，火箭飛機便是飛機的一種，而能載了人或物，以數十倍於攪風翼飛機之速，一直飛到非常之遠。這真是下一時代獨霸天空的英傑了。讓我們來趁早學得一點牠的常識，莫再落伍於科學文明罷！

第二 火箭的來歷

火箭之名，據辭源說來，始見於三國志：「諸葛亮進兵攻郝昭、起雲梯衝車以臨城、昭以火箭逆射其雲梯、梯燃、

梯上人皆燒死。」這是西曆 200 年光景，去今 1750 年前的事。不過那時的火箭與現在的火箭構造目的都不一樣。辭源說是「古戰守之具，箭端敷松香草引火之物，燃之以射人者」。那就不是以火力發射，而在以火燒焚了；照現代兵器說，是一種燒夷彈。現在的火箭，正與街上賣給小孩們燃放着的「起花」同一原理。起花在中國的來歷未詳，西洋有個意大利人母拉多利 (Muratori) 1379 年畫的一張畫，與現在的火箭一模一樣。又牛頓 (Newton) 在 1687 年發表運動法則時，曾作圓管噴蒸氣的試驗，就說過：「如能巧用此理，真空之中也可以飛去。」再遲 100 年光景，有名的數學家高斯 (Gauss) 說：「Rocket (火箭) 的意義，比發見新大陸還重大」，更近去今 50 年前，蘇聯的喬谷斯基 (Cholkofsky) 計算砲彈繞地球一周，須有每秒 8000 公尺的速度；若欲避免地球引力，飛出地球之外去，須有每秒 11180 公尺的速度。這於飛行宇宙的問題，大資參考；1907 年以後，各國莫不盛行論理的研究。在實際方面，則 1804 年有英人康雷夫 (Congreve) 造的一種火箭彈，在圓筒筒的頭部填了炸藥，後部裝了噴流推進 Jet-propulsion 用的火藥，藉其瓦斯噴出來的力量，將這圓筒打去遠處。軍隊用以攻擊近距離的密集部隊，頗稱有效。又用來燒夷敵陣，却因著彈不能正確，不能用於遠距離。後 50 年有海爾 (Hale) 者加之改良，使瓦斯從螺旋口裏噴出來，於是圓筒射去，像現在的砲彈一般，一路裏彈身旋轉着，所以直射望前而方向有定了。因為這成

績很好，歐洲各國都採用作兵器；有用 7 公斤重的作攻城野戰，射了 2200 公尺遠的記錄。後來，1906 年德國溫格倫（Ungarn）伯爵想出一種所謂火箭空雷（Aerial Rocket-torpedo）者，到克魯伯（Krupp）廠去實驗了一年，却終於沒有成功。此外以火箭的科學研究著稱者，有美國的葛達特（Goddard）博士。他用各種火藥做試驗，一一測定其瓦斯的噴出速度。據試驗結果，用無煙火藥時，可得秒速 2434 公尺，能利用效率亦達 64%。又試之於真空，的確效率更大。他所計劃的火箭，所謂 Step rocket（接力火箭）構造好似重複彈。1918 年，法國巴黎中央研究所的墨洛（Melot）開始研究噴流推進機（Rocketmotor），用空氣燃燒汽油使燃燒瓦斯從特別的噴出口噴出；最初的出發，用一層壓縮空氣，以後就壓縮汽油與空氣而使其自炸。

其結果，能率僅得 20%，乃因噴出口沒有研究得好之故。1924 年奧國的倭倍忒（Oberth）又做一種實驗：用了煤油精（Benzine）與空氣，得秒速 1700 公尺；用氧氣與氫氣，得秒速 3700 公尺。

至於實物試驗，也有過這麼個例：1927 年，亞當沃勃兒（Adam Obol）汽車廠的少主人巴利逸（Balliort）用噴流推進機造了反動式的汽車，想要賽過當時飛機時速 521 公里的記錄。所用火藥由火藥技師桑德（Sondor）特為配造，所以號為沃勃兒桑德火箭汽車。第一輛駕駛席後排了 12 罐火藥火箭，用電氣發火，走了八秒鐘，合得時速 100 公里。按理論

應當有這四倍的速度，於是歸咎於道路之不良。第二輛在軌道上試走，用了24支噴流推進機，最高時速達到了236公里，而熱效率只有15%。第三輛最大時速又只有180公里；實驗終於完全失敗了。可是，當大戰之前，德國造成了優秀的水上信號火箭，能從水面向空直上4000公尺，當頂發出強光來，距離3萬公尺的遠處都見得到；降落時用降落傘；光亮的持久，至於120秒，即兩分鐘之久云。又奧國用爲郵遞飛機，也是大戰前就聽說的。至於實用火箭較早的，是研究上空氣層狀況所用，那是記錄火箭及長距離火箭。也無翼，也無駕駛操縱，能自動操舵；供郵遞之外，也供空中觀測及軍用。

第三 火箭是怎樣個東西？

前次世界大戰，已促進飛機於實用，可謂產生了飛機文明。此次大戰呢？海上產生了磁氣機雷，音波兵器；地上產生了原子彈；其中產生了電波兵器，火箭彈，火箭飛機。其中就將貢獻於新文明，因未容遲斷；而火箭飛機征服大空的時期將到，已不難想像了。

火箭彈火箭砲俱已見於此次戰場。就中尤以德國的V-1號，V-2號，超越杜佛（Dover）海峽飛到英國，不獨駭駭了英人實震撼了全球，景象猶在眼前。又報道所傳，德國的火箭飛機，飛翔於歐洲戰場的上空，有如電閃。一方面英美的大量趕造火箭飛機，也在大戰方酣時就聽說了。姑無論實際如何，要已入於火箭彈，火箭飛機的時代，是可以覺到

的了。

那麼，火箭究竟是怎一個機構？恐怕許多人只得模糊知道一點，能說明的很少。如今下個定義。可以說：『火箭是利用瓦斯噴射的反動力來推進的裝置。』然而這話還概括，不够詳明。反動力是甚麼？噴射的甚麼瓦斯？如何裝置，如何噴射？

推進裝置又如何？問題且多，容慢慢講，先從火箭推進方式的種類說罷。

(1) 火箭推進方式的分類

一樣叫做火箭，那真正的火箭，有如小說裏月球旅行，宇宙探險去坐的，要燒起液體的氫氣與氧氣來，用其噴射之力而飛於高遠。其特徵在燃燒所需的一切，俱攜帶而去。惟有火藥，自能燃燒，無須他物，這種就叫做『火藥火箭。』火藥彈是這樣，V-1 號也就是這一類。便是火藥火箭之中，也有用無線電來操縱瞄準的，有不然的。而火箭戰鬥機，則又是一系。燃燒所需的氧氣，取之周圍的空氣。隨時取進空氣，燒那帶來的燃料如汽油之類，讓這燃燒出來的瓦斯向後噴射出去，因其反動，推^v機體。

將汽油噴成霧，用空氣來燒，大致就不外乎加熱於空氣，所以這一類，叫做『加熱噴流推進』(加熱火箭)，『熱空氣推進』(熱空氣火箭)。

火箭的推進裝置，大致可分這樣兩種。後一種，也許嚴格講來，不宜稱火箭，然而已經成了通稱了。要之，這兩種

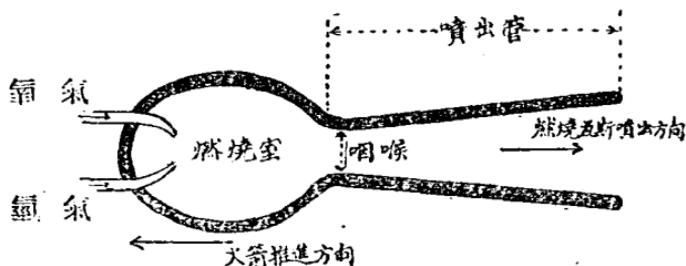
區別，不可不辨。

至於火箭之所以盛行，自有其特點在：(I)體積比較輕而小，推進力却很大。(II)能飛行於真空之中(因為不像飛機之利用空氣抵抗)。(III)構造簡單。(IV)但效率不很好。前三項是其長處，後一項却是短處。惟其輕小而推力大，故以為高速飛行的原動力。惟其簡單，故以為V-1號之類消耗兵器的原動力。又飛機離陸時用之，也就是利其簡單而有大力。若單單其效率，並無高速度，大推力，或構造簡單的必要，便不得不謂之謬用。譬如裝在滑空機上，裝在汽車上，只是實驗好玩，論實用，就毫無意義了

(2) 火藥火箭

火箭原動機的基本部分，簡單如第一圖，一個燃燒室連個噴射管而已。

第一圖 火箭推進原理說明圖

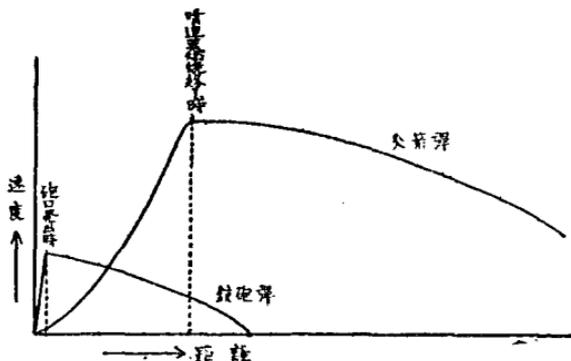


燃料也只是液體氫氣，酒精，煤油精(Benzine)之類

，再帶一點液體氧氣做助燃劑罷了。而燃燒室內的壓力可以數十乃至數百氣壓，所以噴出來的瓦斯之速度，當然超過了音速。

噴射管是裡口收細，次第放大來的；瓦斯在細口「咽喉」部分時，恰好是音速，到得出管口時，便更快了。這樣的機構，何以就能得到推力呢？知道花炮中「起花」的人，一定立能理解。起花往上飛去時，後面噴着火藥燒成的火星，如掃帚星一般，火箭也完全就是這原理。不過用了更強力而稍能持久一點的火藥，或是更進一步不用火藥而用液體燃料與液體氧氣而已。再說實際的火藥火箭，效率不佳，用燃料又消費量大並且還須帶燃燒所必需的氧氣。所以要維持長時間的噴射，極匪容易。按諸實例，多不過數十秒，長久也只幾分鐘光景。德國在此次大戰中，用來打英國的V-1號，速力每小時約600公里，而有效距離只是200-300公里。改良而為V-2號，據倫敦A.P.的報告，說是速力每小時1120公里，有效距離大概在400公里以上；然而火箭彈實在也只是有效距離的幾分之一是用火箭式噴進的，噴進火藥燒完之後，仍然是借的慣性，與普通彈丸一樣。德國竊海峽而打英國南部諸都市，距離不過250公里內外，則V-1號的飛行時間纔25分鐘，V-2號也只13分多一點；實在噴進的時間，又只其中的幾分之一而已。今為參考起見，將普通鎗砲彈與火箭彈的速度變化，用曲線圖來比較一下：

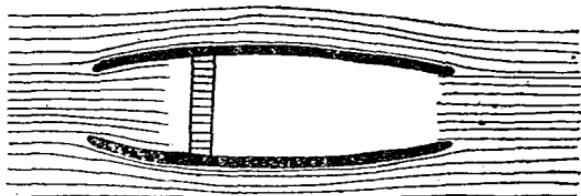
第二圖 鎗砲彈及火箭彈之速度曲線比較圖



(3) 熱空氣火箭

火藥火箭差不多的人都懂得，而熱空氣火箭，從構造說來是吸取空氣的火箭，其歷史還甚短，一般的公開報章也少見發表，未必人人能馬上了悟道『啊，就是牠罷』。那麼，究竟是怎樣的呢？原來利用的這麼個原理，同一壓力噴射的瓦斯，其溫度愈高，即速度亦愈大，因之反動力也大，這就是火箭的推進力也愈大。於是像第三圖所見，前端開個口來吸取空氣，一路吸去，這空氣便受到壓縮而壓力加大（密度加大）了，即用來燒燃料，加高燃燒室的溫度，使火箭的推進力格外增強。

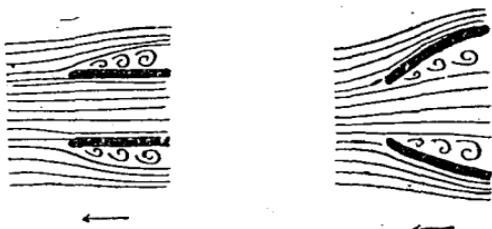
第三圖 熱空氣火箭原理說明圖



這種火箭，以自身前進的速度來壓縮空氣，所以專門家又謂之動壓火箭。那麼，這般裝置，可得多大的推力呢？也看燃燒的溫度，機速，及吸取口的收小情形，而有相當的差殊，但舉一例說：

此時應當注意的，是吸取空氣的口子，要怎樣收小法。吸入口的作用，在使空氣的壓力上昇，這現象起於空氣差不多要進口裏去之前，在未有管壁的地方，最便於壓力的上昇，幾乎有 100% 的效率。如能使其入口之前全部都壓力上昇（就是竟不收小口子）最好，然而這麼一來，外面的空氣的氣流便不順了，外部的抵抗大了，不利於速度的增高。收得小時，外面的氣流順了，而內部却又不合適了。要之，須研究，必有個恰到好處的收口之法。

第四圖 吸入口之辨說明圖



加熱到 800°C ，機速每小時 1000 公里，斷面積 1 平方

公尺的話，惟方約得 1 噸。改算爲推進馬力（在普通飛機，則爲發動機馬力與攪風翼效率相乘，）約得 3700 馬力。現在的空冷發動機，馬力 1500，斷面積 1.5 平方公尺，還要算上攪風翼的效率，則此種動壓火箭的裝置，能力要比現時的航空發動機大到好幾倍。

所缺陷者，火箭特徵，消費燃料相當多，像現在所講的裝置，每分鐘就要費到 100 公斤。再有一大不便，此式以自身前進的速度來壓縮空氣，所以停着就沒有推力。換句話說，自身不能起飛；所以用來推進飛機，還須借力於攪風翼，要不，就得用弩機（Catapult）之類來打出去。至於單箭，却又莫過於是了，這是最值得注目的。

再看這被動壓火箭吸取的空氣怎樣呢？牠受的是壓縮，加熱，膨脹的操作。此時所受的壓縮愈大，即熱效率（熱機關所做的工作與燃料所發出的能相比）亦愈好，這是既知的事實，所以誰都想得到以其自身的速度來壓縮之外，倘能設一適當的壓縮在內，豈不就成一種熱空氣的推進裝置了嗎？可是，須要注意的是，其爲熱機關的效率雖好，火箭全體的效率，却並不一定好。燃燒室壓力可以到數百氣壓，以熱機關論，豈不效率極佳？無如以火箭論，效率却並不好。何以故呢？因爲瓦斯的噴射速度，對於速機，太過大了。動壓火箭不比火藥火箭，用機器力來壓縮吸入的空氣，這壓縮機就須有動力來動牠。若作太高度的壓縮，所用動力就非常可觀了。其結果，喪失了簡單與輕巧，火箭所以爲火箭的特徵。不

過設備個壓縮機，也有一種好處；就是靜止時也可以得到推力了。因為轉動壓縮機是無論何種發動機都行的；牠一轉動，就靜止時也可以向後方送空氣，而得其推力了。因此，最初考案的獨立火箭，就是這個式子。特地不太抬高壓力比，倒使其很小，與其謂之壓縮機，無寧近於送風機，所以專門家，又稱之為送風機火箭。這個式子的火箭，如能平時單用送風機來飛行，一旦有事，纔發動熱空氣的噴射裝置以取高速，而起飛離陸，即用送風機之力，便合於理想了。

只是，火箭的特長在單簡，而用發動機來轉動送風機，乃是開倒車的辦法。於是又有人想到簡單一點的動力源用輪機（Turbine）以一部分燃燒瓦斯的能來轉動送風機就好了。

果然在這樣意匠之下，誕生了一種輪機火箭，這裡所成問題的，第一是用何等樣式的壓縮機好？軸流壓縮機（也可稱送風機）好呢？還是遠心式壓縮機好呢？這在今日，還是未能解決，而且也太專門了；今且從略。其次有燃燒溫度的問題，以熱力學論，當然越高越好，可是太高了，輪機翼受不了，還是有限度的。輪機火箭，貴在小巧緊湊，且按前面面積的比例，其推進之力，要比動壓火箭，送風機火箭，都着實大。所以竟可替代現用的發動機，裝上浮翼，便能使用。這與機身的兩側，並無多密切關係，很容易成功火箭飛機的。只是重了，是其缺陷；又因此而生種種難題，製造機械，也有相當難處。

第 四 火 箭 的 速 度

火箭飛機勝過攪風翼 (Propeller) 飛機的最大一點是速度。從前飛機的速度，便是極快的戰鬥機，每小時也只 600—700 呎，德國的 V-1 號也只如此。可是後來的 V-2 號，據報告就時速 1120 呎了。又據專門家的計算，火箭飛機的平均速度每秒就有 1000 公尺，則每小時合 3600 呎，當現在飛機的 10—20 倍。再據計算的結果，飛長距離時，其所達高度不出 35—50 呎云。

第 五 火 箭 的 種 類

以上所說的火箭從其推進的原動來分類，有如下表：

火箭	火藥火箭	特徵： 1. 體小而推力大。 2. 燃料的消費量極大，故宜於短時間 需要大推力者。 3. 雖真空中亦能飛行。 4. 構造簡單。 例：離陸用補助火箭，火箭砲火箭彈。
	熱空氣火箭	動壓火箭 特徵： 1. 簡單且輕。 2. 空氣靜止時無推力。 例：火箭空雷，高速機 補助推進裝置。

一送風機火箭

特徵：

1. 比較單簡而推力大。
2. 自能離陸。
3. 構成高速機之可能性甚大。

例：火箭飛機。

一輪機火箭

特徵：

1. 小而整飭，介乎現用發動機與其他火箭之間。
2. 正面面積比例之推力相當大，但稍重。
3. 必須壓力比頗大之軸流壓縮機。
4. 可以替代現在高速機之發動機。

例：輪機火箭飛機。

再從其用途來分類：

- (1) 信號用及照明用火箭——純然是火藥火箭，火藥中混以着色劑作信號用，封入照明劑作照明用；不須特別裝置，只消點着導火線，便自能用發上升，不費手脚，極為便利。
- (2) 救難船用綱索火箭，渡河，上陸，登攀，登山用火箭。
- (3) 觀測高層氣象，用載儀器，例如宇宙線記錄器，高空現象測探等器之火箭。
- (4) 高空或低空照相用火箭——有自動裝置，使其自能轉舵歸來。
- (5) 郵遞火箭——為使其落到正確地點，其定向翼特長大。
- (6) 加速炸彈用火箭——裝火箭於炸彈之尾，加強其貫

徹力。

- (7) 類似迫擊砲之最前線用輕迫擊火箭砲——必須有發射裝置，即火箭砲；但無發射藥的爆炸力及射彈的反動，故可輕小，又火箭彈較普通砲彈輕，而彈內裝的火藥反多，故在近接戰用之，殺傷效果甚大。
- (8) 短距離攜帶大量火藥之火箭彈——即特別大的迫擊火箭，此種彈量（凡砲彈的重量叫彈量）在1噸或1噸以上。若以重量砲發此彈，須是數百磅的重砲，纔行，所以砲的運搬機動力非常小了。火箭彈則1—3 噸光景的彈量，只須2 噸內外的發射機便能發射，這發射機用尋常的載重汽車就很容易運搬；因之發射機的機動力就很大了。
- (9) 超遠距離轟炸火箭彈
- (10) 快艇用火箭（與魚雷爭霸者）
- (11) 促成飛機起飛用火箭
- (12) 飛航成層圈用高速度火箭
- (13) 空氣噴流式火箭飛機
- (14) 地上高速度交通運輸機關用火箭
- (15) 水上或水中用火箭機關
- (16) 解雹用及催雨用火箭
- (17) 航行宇宙用火箭（空中船）

第六 此次世界大戰中出現火箭的兵器

- (1) 火箭艇 (Rocket-boat)

據美國海軍部發表，上陸作戰用的，新兵器有曰「火箭艇者，乃是一種快艇，有火箭式的推進裝置，其火力足以開拓上陸作戰時突擊部隊的進路，又能發煙幕以掩護部隊上陸。

(2) 火箭炸彈

德軍自與英美聯軍在意大利開戰以來，用出許多驚人的新兵器來，超越了自來的戰術常識，其中尤有火箭炸彈與飛機火箭砲。據英國軍事消息家所傳：

火箭炸彈是結合滑空機與炸彈為一體用火箭原理來推進。

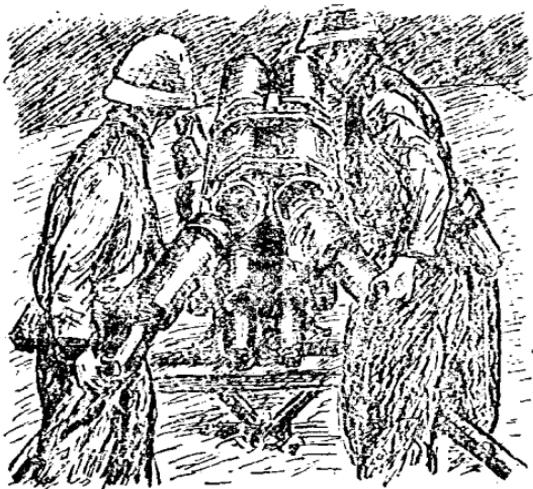
別有飛機為之「母」以無線電遙予操縱；彈機中並無一人，直入敵陣，及至接近目標，忽然增加其速度，有甚優的貫徹力；是為特徵。論理，此種炸彈，應該能炸倫敦，惟其缺陷，炸彈起飛直至衝擊目標的瞬間，「母」機非保持其能看到的距離追隨其後不可，並且非眼界無所障礙不可，因之，常有暴露於敵陣高射砲的危險。其防禦之法，可以探知其「母」機所用以操縱的電波波長，由地下反其道而操縱之，不過實現甚難。

(3) 火箭砲

重量大，不能裝載在福烏默(Focke Wolff Messerschmidt) 102 號的戰鬥機上，只裝備於雙發式攻擊機。用法以敵方轟炸機為攻擊目標，從其機關鎗射程圈外放射火箭彈，因為是火箭推進的，雖發砲遠在 1000 公尺外，而彈丸一直線地

飛去。敵方如是操縱靈敏的戰鬥機，或者猶能避免，笨重的轟炸機，便立遭於難了。那美國轟炸德國本土的『空中要塞』轟炸隊，至是也不能不改變向用的密集隊形了。

德國雜誌曾登過一部分德國火箭砲隊的內容，據說德國的火箭砲叫做（放霧器）（Nobelwerfer），有中，重，超重，一共三等口徑各不同，配備於聯隊單位的機械化部隊。這種新兵器，用在戰線的各點方面，以其驚異的火力，壓倒敵陣，為開戰勝端緒的奇襲兵器。因為是用在步兵最前線的後方，所以也裝備戰車，以強化其攻擊力。這種砲所謂齊射砲



第 五 圖

德 軍 之 火 箭 砲

，有六個砲身裝在一個裝輪砲架上。火箭彈原是燒其自身所

裝的火藥，向後噴其瓦斯，以其反動而前進的，所以火箭砲只須誘導彈丸，定其方向而已，反動也小，砲身砲架，俱能極簡極輕。

砲身是薄鋼圓筒，不像尋常的砲，一切閉鎖，駐退等機，全都無須。重量極輕，雖因口徑而不同，不過400~700呎，而彈力之偉大，可與5000呎的野戰重榴彈砲相匹敵。

其搬運，連彈藥及砲手，也只須3艘牽引車牽引，特宜於協助裝甲師團機械化師團，直接協助最前線的步兵。彈從砲後裝填，用電氣點火，在極短時間內連發六彈，其發射的速度，也不劣於重榴彈砲，火箭彈原是飛得不大安定的，命中率小，是其最大缺陷，而此砲能以特殊的方法，使彈身自為軸轉，故命中率好得多。最大射程也相當大，可達數千公尺。其彈有三種，地雷彈，火焰彈，發煙彈。地雷彈以破片及強烈的爆炸壓力殺傷敵人，火焰彈以強烈的燒夷劑焚毀敵陣，發煙彈能於頃刻之間造成煙幕，掩護自軍的部隊，遮蔽戰車的突擊，以減輕損傷。

(4) 火箭戰鬥機

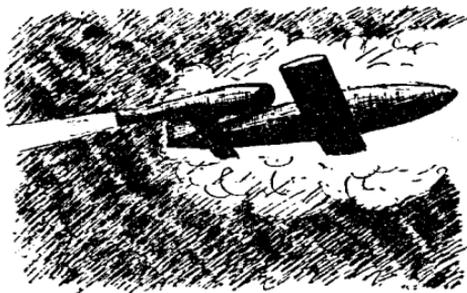
與德國的火箭戰鬥機略同時，美國也造起具備兩架噴射推進式發動機的訓練用戰鬥機來了。這種火箭機，推定時速約550英里，有重裝甲，其上升極限甚高，單座式，操縱法甚簡單，只用一根節汽瓣(Throttle)，而同時可以調節兩架發動機，測驗表類及調節裝置都着實比普通飛機少，自從煤油起，差不多的液體燃料，無不可以隨便用。

(5) V-1 號「流星彈」

英美聯軍開始歐戰纔第十天，1944年6月16日，德國就用其大總統大本營所稱爲「大口徑爆炸物」的秘密兵器，向倫敦地方攻擊開了。據英國內政部長莫利遜（Morrison）當天在議會的報告，是種『沒有操縱人的飛機』。並且知道在16日大規模的攻擊之先，曾於13日有過試驗的攻擊。這便是一時滿占了戰報全面，集中了世人關心的德國最初一V-1號流星彈！後來德國方面發表有照片，人們方得略窺其輪廓。據英國空軍部正式發表的談話：

其形體像飛機其發射用補助火箭炸藥，其飛行用噴射推進，一如噴進飛機的原理。其飛來倫敦及南部英格蘭者，基地當在喀來（Calais）原註——法國北部多佛（Dover）（海岸一都市）與亞倍維（Abbeville）原註——法_國索姆（Somme）河口一都市之間。彈具旋轉機（Gyroscope）能够保持其豫定的直線彈道。截至此刻爲止，沒有尋見無線電操縱的形跡，怕是一經發射之後，是不能中途改變方向的。其推進裝置未得詳，或云用航空用的汽油或提色爾（Diesel）重油。推定其各項性能，全長6.6—7.8公尺。翼幅4.8公尺，彈身最大直徑1.5公尺；時速296—592公里，續航距離約240公里。

第六圖 德國之流星彈 V-1 號



不能用無線電操縱的流星彈是瞄準不正確的，然而那時的南部英格蘭正是聯軍補給基地，不啻一大兵工廠庫，所以雖爆炸不精準，却也受到威脅甚大。德國正式發表用流星彈時，並且暗示尚有他種秘密兵器陸續而來；各方面又傳說其空軍正在研究的有好幾種新兵器。V-1 號流星彈固其一，而究屬野砲一類，據說真正空軍本色的有如下幾種：

(A) 無線電操縱的飛行炸彈 形似 HS1193 式，備有翼，受信操縱部及火箭式推進裝置。從飛機發射，用無線電操縱，主要目的在攻打視界內的敵船艦。如果無線電操縱能完全，雖極小的目標都能命中，至為可怕；顯其缺陷，發射母機送電波操縱，老得暴露在敵前。據英國方面報告，其試用這新兵器的攻擊船艦，結果並不十分有效。

(B) 無線電操縱的火箭式飛行炸彈 大致形式，極像 V-1 號，不過有補助火箭的發射裝置，由地上或飛機上發射，由發射基點的無線電定其方向。其所異於(A)者，彈體

與噴射推進裝置，各自分別。(A)與(B)皆有用無線電操縱的一種缺陷，就是彈出視界以後，無法指導其方向，所以遠攻用此，不能望正確的命中。

(C) 有操縱者的火箭飛機 德空軍用火箭飛機於實戰的情報根據參與轟炸德國的美空軍駕駛士的談話來，他說遭逢了德軍新式戰鬥機的抗鬥，其機飛高及速度皆足驚人。事實，德國×飛機工廠數年前即已着手於火箭飛機的研究，計其時也該到實用化的境地了，所以他的體驗談也未始不可首肯。這樣的飛機當然與一般的軍用機武裝不同，且有優秀的上升能力與速度，然而也未必就能因而一變空中的戰術。

(D) 無操縱者的火箭飛機 火箭飛機裏坐人操縱，如(G)那樣，這速度對於人體的生理上影響甚大，於是又想到用無線電來操縱，不坐人的火箭飛機，由無線電來指揮其瞄準目標，發爆炸敵。說到這裏來，我們不由的要想起 1944 年五月 11 日，瑞典南端基維克 (Kivik) 地方非時降落的那架怪飛機，國籍不明，又無人駕駛的。

因為是掃到地球上來的，所以機體破碎得原形莫辨了。調查的結果，起初還以為是無線電操縱的火箭式拋射物，到後來後斷為無線電操縱的噴射推進式飛機，而是德國的一個機廠所製造。機內並無降落的設備裝置為噴進式的火箭單發戰鬥機。因為所得情報，德國已經造成了火箭飛機。所以推定此機不是墨色許密 (Messerschmidt) 廠，便是哈因克爾 (Heinkel) 廠所造。

全長約 5.7—6.6 公尺，有低翼單葉，爲非常顯著之後退翼，直達於短小之機身後方。噴流所從出之機身末端有比較高出之尾翼，翼端裝有升降舵及補助翼。據未經確認的情報，機身前部備有 20 耗機關砲數門，操縱器卽在其後，又別有輪機及噴射口。此機用破斧沈舟式的離陸裝置以起飛，而機身底部有緩衝櫃以爲降落時之用。

推測其構造必輕，全備重量當爲 4500 瓩，可載燃料至其半重。如果翼的面積有 140 平方呎，則其翼荷重當爲每平方呎 71 磅，卽所載燃料足可飛行 15—20 分鐘之久。

一方面，五月底邊，英空軍發表：確見德空軍新用墨色許密廠造稱爲「Schwarbo」的雙發火箭戰鬥機，在 2 分鐘裏，上升到了拔海 6000 公尺高處，而其火箭燃燒時間僅僅 8 分鐘而已。這機是不是無線電操縱的，至今未明。

德總統大本營於 1944 年 11 月 8 日正午發表：『自 6 月 15 日以來，除却短期間的中斷而外，大倫敦區域無時不受着 V—1 號的攻擊，雖其強度有大有小，而最近的數星期來，更以顯著有效的爆炸物卽 V—2 號在加強其攻擊。』英國方面爲這發表所刺激，也開始努力於宣傳戰了。然而對於這 V—2 號，還在五里霧中似的，或謂「有炸藥 12 噸的成層圈火箭彈」，或又謂「強烈的火箭，其有效距離在 320—480 呎間，彈頭有 1 噸弱的高能炸藥」又說「V—2 號是長而且粗的火箭彈，爲 15 公尺許的飛空電杆，尾拖火焰，快過音速，剛一聽見，已中目標了」只都是揣磨臆測

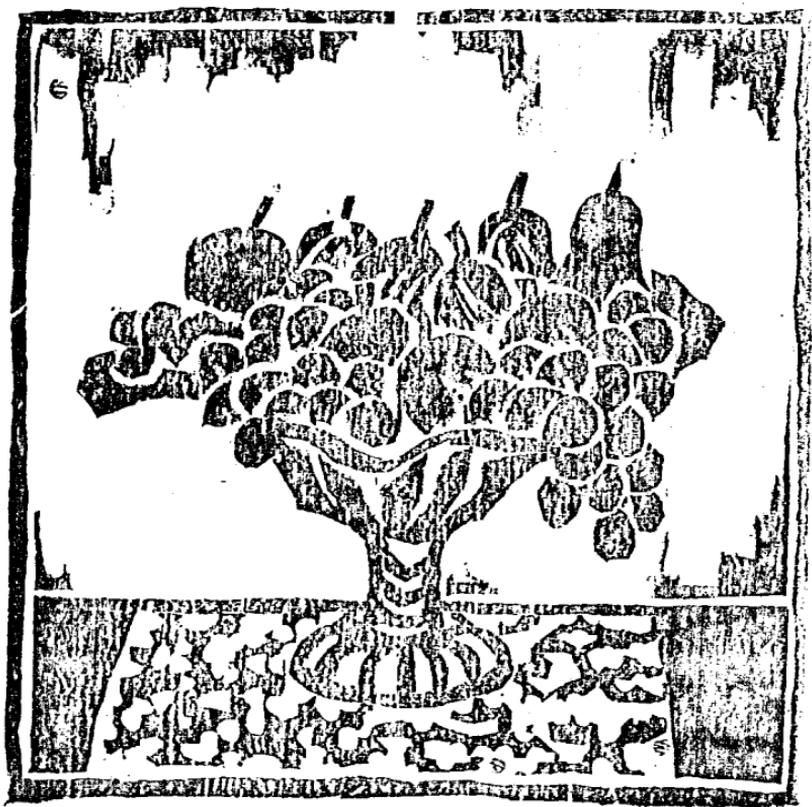
之談。

衆說之中，較得要領者爲倫敦A.P.的報告，據說V-2號全重15噸，彈頭裝炸藥約1噸，直徑60—90公分，長9—17公尺，速力每小時1120公里（音速每小時1200公里），有效距離4000公里以上，彈道頂點去地11公里許云。綜合各報告看來，這V-2號蓋是V-1號的改良型，只起飛時用火箭推進，仍還是一種火箭彈。V-1號的有效距離是200—300公里，速力每小時600公里許，略與快捷的戰鬥機一樣，所以英國戰鬥能够守候其來而與以擊落。德國於是埋頭於火箭彈之研究，非但欲炸倫敦，並且還想遠到紐約；這V-2號便是其成果的第一步。爲要遠飛，須減其自身的空氣抵抗，增加初速，而途中亦不至爲飛機所邀擊，特作細長形，像電柱一般。V-1號飛時不斷噴着火，想必裝有翼像小飛機似的，高飛程度當在成層圈下部或亞成層圈中。V-2號則據A.P.的報告，像從高處落下來似的；則其初速出於火箭的噴射，而後此的遠飛當如長距離砲彈一般。速度或謂其超過音速，然在空氣中飛，速度將近音速時，抵抗驟然要增到2—3倍的；如果竟是超音速的話，那其所須的動力該非常大了。只在音速的90%光景，就比較可以動力小，V-2號大抵也不過這樣速度罷了，這在A.P.的報告裏，也未嘗看不出來。V-1號於發射時定其方向，以軸綫司其舵來保持其方向，然而或爲風所吹，正確命中甚不易。V-2號之爲火箭彈，飛時比較妨碍少，其於最初瞄準方向，命中率大得多。

1944年9月23日每日郵報載有中立國方面報道的V-2號之事：當其初試時，曾在成層圈起了自然分解，德人研究結果，以為是爆炸部的尖頭受了過熱，故此炸了。那一定是在火箭噴進的上昇途中，或在落向地上的途中炸的。彈尖的大小，似乎起初有10噸重，而後來改成5噸的，並且有抗熱絕緣物來包裹全彈，蓋是苦心要防止這空中的爆炸。V-2號最初並不像人們所猜想用無綫電操縱，而是機械的構造。到得15—20 千高處，有小翼二枚來保持安定。噴射藥燒完之後火箭便猛向目標直進，此時彈頭重，左右全彈的進行，向地上擡去。及至撞向地上去時，那兩小翼會自動地向後折疊起來的。

V-2 號的最近消息：1946年9月30日泰晤士週刊報稱德國發明的V-2 號，戰終之後到了美國，最近他們利用於宇宙線的研究。據說美陸軍方面幫助超物理學家（超過普通的物理學以上的物理學，謂之超物理學）在德國的V-2 號裏裝載了精密記錄的機械，放到新墨西哥的上空去。據所記錄，知道320 千的上空，宇宙線的效果比地上大到300 倍，而再高上320 千去時，則又消失了。這V-2 號的記錄幾乎是全大氣的一幅斷面圖。頂上見源流宇宙線，其數量比較少，下來一些，便見宇宙線羣集，衝穿原子之中。再下一些，宇宙線的效果却非常消滅下去了。一班超物理學家們，得到這種記錄，一定興奮得緩不過氣來。因為原子彈的基礎就在原子崩壞時所生之能，而這記錄又指示了學者去研究超原子核，那可以放出1000 倍的能來。如果利用這種放出能於炸彈

；那炸彈世界要起一大革命，而原子彈甚麼，也就算不得數吧了。

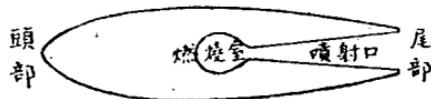


第二章 火箭的科學

第一 火箭的構造

一輛大車，可分兩部：車頭（機關車）一部分，客貨車又是一部分。一架飛機，也分兩部：發動機與攪風推進翼是一部分，有坐位的機身與展開在旁的兩翼又是一部分。火箭也一樣，可分為發生動力的基本部分與其餘的機體部分。固然，也看用途與所用的燃料等等，而構造有簡單，有複雜，不得一律；然而理論上的構造，總不外乎第七圖所見，其中燃燒室與噴射口，便是發生動力的基本部分，

第七圖 火箭有頭部與尾部；頭部封閉，尾部有噴射瓦斯的口子，這噴射瓦斯是內部燃燒室裏做出來的。



不過，這只是最基本的構造，內部外部都還得有種種必需的裝置設備。現在讓我們譬如來參與建造，一件件添加上去，如何？

火箭的作用，根本起於燃燒，則首先須有個貯藏燃料的地方。燃料最好是用液體的，所以得預備個液體燃料槽。因

燃燒而發生出來的高熱，也不可讓它白發散了，不如利用來豫先烤熱那未燒的燃料，所以這燃料槽宜設在燃燒室的近旁。

其次，燒這燃料，須要氧氣。氧氣也可以利用火箭體外的空氣，可是火箭有時還飛到沒有空氣的上空去。並且爲要吸取周圍的空氣到內部來，裝置倒多麻煩，不如豫先帶在機內的來得便當。通常多用最有效的液體氧氣，所以設爲收藏液體氧氣的槽。這也越近燃燒室越好，就安在燃料槽的隔壁罷。

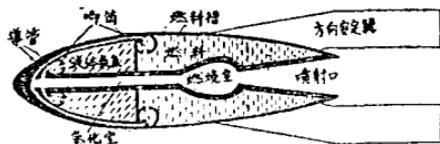
可是，這兩槽都不可以直接開口於燃料室，怕一下子全燃燒完了必須通以導管，只次第放進必需量去並且爲調節分量，兩槽之內，各須設備自動的唧筒。如此，燃燒方能圓滿。

且慢圓滿還早着呢！大凡液體燃料就那裏送進燃燒室去，是並不起燒燃作用的。汽車也一樣，燃燒室裏都備有電氣的發火栓。次一點的汽車，這發火栓非時常取出來揩去潮氣不可，路上往往看見，景象怪可憐的。即此也可知，液體燃料是不能直接放進燃燒室去的。如今這液體氧氣也一樣道理必須噴成霧，氣化了，方能燃燒。所以燃料與氧氣兩槽的導管，都不能竟通燃燒室，須先有個氣化室。兩種液體先在這裏氣化了，混合了，纔能放進燃燒室去燃燒。那麼，這氣化室，尤須緊貼燃燒室纔好。而並且非在噴射口的反對方面不可，也就是非在燃燒室前方不可，而兩導管也以開在氣化室的前端爲便。

於是基本裝置算完全了，順手再添上個方向安定翼，一併畫下圖來看。

第八圖

燃料及液體氧皆由唧筒送入導管而至氣化室，然後再送進燃燒室去。外面尾部添上方向安定翼（定向翼）



方纔說得氣化室只像燃燒的預備室似的，那是爲了容易得到個概念的說法；其實燃燒是從氣化室裡就開始的，到燃燒室完全燃燒完了，然後從噴射口噴出去的。

這圖是所謂概念圖，要照圖來建造，當然於全體的大小尺寸，各室各槽的壁厚如何，都還須研究。真正動手還早，現在先要考究一些火箭理論的基本問題。

第二 火箭推進的基本理論

氣體化了的燃料與氧氣，在氣化室裏開始了燃燒，充滿於燃燒室中，那燃燒出來的瓦斯，便以非常高的壓力向後推去。噴射口是裏口收小而向後漸漸開大來的。燃燒室裏的氣壓，比了普通空氣的壓力，即一氣壓，因燃料的種類等等關係，竟可以高到三百倍。這高壓的瓦斯，推到噴射口來，氣壓便變成速度了。氣壓愈高，即速度愈大；所以噴射口內的瓦斯速度，其大有不可想象的。就做得靈巧的噴射口來實驗，計算的結果，分別各種燃料，得有如下列的一覽表：

燃料種類	理論速度	實測速度
手鎗用火藥	每秒2860公尺	每秒 2290 公尺
無烟火藥	,, 3220 ,,	,, 2484 ,,
煤油精	,, 2190 ,,	,, 1700 ,,
氫與氧(重量之比 1:2)	,, 4470 ,,	,, 4000 ,,

瓦斯噴出來的速度如此，那火箭又怎的便望前進呢？這就是火箭的根本理論，却極其簡單明瞭，一些也不難理解。

假如我們坐小船往海上去游泳從船艙上跳下水去。人往船後一跳，船身便望前一送。我們要跳得遠些，脚下用力大一點，身子便去得快一點，船也多往前進一點，火箭完全就是這個道理。

第九圖

人從靜止的小船後艙向船後跳入水去，因其人的體重與跳勢，船便向前推動。所以人入水的地點與小船動過之後的地點，其間的距離並不是人跳的距離。



再說一個例：誰都知道炮仗有雙響，或叫『高升炮』地上一炸，飛上去再一炸。這飛上去，正如船往前進一步。再如花砲中的『起花』，向下噴着火而飛上去，有如船上的

人一個跟一個跳去，船便一步接一步的往前推，火箭的前進就如此。人們多說火箭是由起花觸發得來的想頭，怕倒是對的。至於載這小船的水，於船的前進有關係沒有呢？當然有的。小船載在水上，所以在水上前進，假如沒有水，飄在空中，前進得還要快些遠些，因為水必然有種抵抗。再假如在真空中，連空氣的抵抗都沒有，那必更快更遠了。

可知火箭推進的原理，完全在瓦斯噴射的勢頭，換句話說，就是瓦斯噴出來的速度。若周圍的空氣及其他一切，非但並不幫忙，還只有抵抗，妨礙的，這可以說火箭對外關係的理論。

那麼內部的理論如何？再回來問一遍：瓦斯像起花似的往後噴，何以火箭便往前去呢？讓我們畫出個圖來討論：

第十圖



劃分噴出瓦斯為二部：在火箭內的部份與噴出後的部分，在內的部分又可分為數段。向後擠力的總計，就是瓦斯噴射之力，向前項力的總計，就是火箭推進力。動力與反動是相等的。

圖中為便於說明起見將噴射口裏噴放的瓦斯劃做八段，剛擠出大口的一段為第段一，剛擠進小口的一段，為第八段。

第一段受着第二段的擠，第二段又受着第三段的擠，一段段都受着前方來的擠力，第八段也受着燃燒室內瓦斯的擠；而同時第八段又爲第七段所頂，第七段又爲第六段所頂，從第一段來，一段段都在往前頂，直頂到燃燒室的前壁。譬如取第四段論，直接受着第五段的擠，也就是受着燃燒室以來的擠力總和，而一方受着第三段的頂，也就是受第一段以來的頂力總和。第八段所受的頂，直向燃燒室乃至氣化室壁上頂去，便是火箭機體受到莫大的頂力，如何能不前進呢？火箭前進的理論，就在此；此外別無要因。或者還有人疑心：地球及各物體間的引力，空氣的抵抗之類，也在幫着使得火箭前進，只是人們不覺得罷了。我在這裡敢作斷言，引力，重力；空氣，凡在火箭周圍的一切，絲毫不幫忙，只有阻礙。火箭的飛單單只靠的內部燃燒而噴射的反動，此外一些也不叨別的光的！

火箭所以飛所以能飛，已經講明了基本理論；再補充幾句，怎樣纔飛得好，飛得快，飛得遠。

第一是外形。大家知道無論飛空潛水，最好用流線式，理論上這能儘量減小外來的抵抗；現在飛機，輪船砲彈，汽車，火車，凡要快的，無不用此。研究亦已無遺，這裡不必再來討論。至於方向安定翼與夫空中長飛翼，都無非因合理的需要而添加上去的。

其次有內部的條件。飛得好不好，根本大有關於此，所以也算得基本理論的一端。我們回想那船艙上跳水的人，有

胖的，有瘦的，於船的前進有無影響？大有影響！胖子跳，船走得比瘦子跳時要多得多，就是身體重，船也進得多。第四圖的瓦斯也如此，瓦斯重，噴射的勢頭大，反動也大，也就是火箭的推進力大，所以愈重便愈飛得好。

再看跳法如何，也有關係。那圖上也有可以看得出一點來，使勁跳去，船就進得多；使勁小，人好比落下水去，船也只動晃一下便算了。噴射瓦斯也一樣，噴得快，反動也大。理論的說法，在一定時間內，噴射瓦斯量大，即速度大，則火箭的推進亦大，反是則小。一言以蔽之，噴射速度越大越好。

欲使燃燒瓦斯的噴射速度大，須燃料着得快，燒得熱；熱度越高越有效。燃燒室，噴射口等的形狀，當然於效率好壞大有關係。然在同一條件之下，若用着得快，燒得熱的燃料來催快噴射速度，那瓦斯的輕重之類，倒也不大成問題了。

第三 火箭的燃料

在構造條下說過一句，燃料是用液體的為便。最初期原也專用火藥來，這大槪由於火箭的意匠是觸發於起花，而起花是用火藥的。火藥大致分 色火藥與無煙火藥兩種。其效用，其用法，他日再論；最近的火箭，不人用火藥了，現在且談液體燃料。

液體燃料也有兩種：普通稱為油的是一種，常為液體就是常溫之下，大氣之中，老能保持液狀的。還有一種，原是氣體，硬做成的液體。在常溫之下大氣之中，只是氣體，而使

其驟冷，遂成液狀。又或不必冷而以非常大力壓縮之，亦成液體。例如液體氧氣，在常溫之下，必壓之以非常之力，或在尋常氣壓之中，而保住其非常的低溫，纔維持其液狀。燃料亦復如是，液體氫氣便是硬將氫氣做成的液體。

液狀燃料也有多種：油，酒精，（醇）液體氧及其他種種的碳化氫，與夫混合物。混合物且另說，這一些碳化氫，都是碳與氫化合起來的，燃燒時皆須氧，所以用液狀燃料，大抵必並用液體氧。

今取火箭的燃料數種，列其效率為表：

燃 料	每公斤所出 之能 單位啓羅卡	燃 燒 所 需 氧 量 單位公斤	全量每公 斤所生能 單位啓羅卡
氫 (C ₁ H ₂)	28800.	8.00	3200.
乙炔 (C ₂ H ₂)	11500.	3.08	2810.
乙烯 (C ₂ H ₄)	11100.	3.43	2510.
苯 (C ₆ H ₆)	9800.	3.08	2400.
甲烷 (CH ₄)	11900.	4.00	2380.
乙烷 (C ₂ H ₆)	11200.	3.73	2370.
戊烷 (C ₅ H ₁₂)	10700.	3.56	2350.
己烷 (C ₆ H ₁₄)	10600.	3.54	2340.
0.69 庚烷 (C ₇ H ₁₆)	10500.	3.52	2330.
0.77C ₁₂ 癸烷 (C ₁₂ H ₂₆)	10100.	3.43	2320.
乙醇 (C ₂ H ₅ OH)	6720.	2.44	1950.
甲醇 (CH ₃ OH)	5050.	2.00	1680.
無 烟 火 藥	1040.	—	1040.
黑 色 火 藥	560.	—	560.

表中未列汽油，煤油，因為這不是化合物，而是混合物，因混合的比而各各不同，無從寫出準數來之故。

上表用啓羅卡羅里 (Kilocalorie) 爲單位，檢討了每重一公斤所發生之能，我們再來作一表，用具體數字來表見其實射速度。但不是實驗的數字，而是理論上的數字。又右端一欄，尤與容器的大小有關，這容器大小，又於火箭全形，爲非常重要的問題，最須注意。

熱 源 的 配 合	理 論 上 的 噴 射 速 度	推 千 噸 動 一 公 斤 尺 之 能 所 占 容 器 之 容 積
氫 1 甎 + 臭 氧 2.6 甎	每 秒 5080 公 尺	3.35 立 方 公 寸
氫 1 甎 + 氧 2.6 甎	， 4680 ，	4420 ， ，
氫 1 甎 + 過 氧 化 氫 17 甎	， 4330 ，	0.84 ， ，
氫 1 甎 + 三 氧 化 二 氮 10.8 甎	， 4500 ，	1.18 ， ，
苯 1 甎 + 臭 氧 3.5 甎	， 4960 ，	0.36 ， ，
苯 1 甎 + 氧 3.5 甎	， 4450 ，	0.67 ， ，

如此看來，用那一種燃料，所發生的能，其發生量與噴射速度，都無甚大差。照前表看，用氫氧合計一公斤得3200啓羅卡，效率最高；而最低的是甲醇（木精）與氧，一公斤僅 1680 啓羅卡。效率之差，不是甚麼幾十分之一，竟是只得一半，這是很可注意的事。氫似乎是效率最高，其實並不。何以故呢？液狀氫，輕得很，從重量算，顯得效率大，若從容積算，比別的重燃料，占地方要大得多，也就不能派給最高分數了。數字須要這樣去看，去用的。又前表中乙炔（

電石) 不算不好了, 可是容易炸, 爲危險物, 也不能隨便用。液體苯(煤油精) 效率也並不錯, 却又有缺點: 冰點太低。換句話說, 未甚加冷, 先自凍了; 與液狀氧同用, 早就成了固體, 甚爲不便。

爲火箭選燃料, 像液狀氫, 本身雖輕, 而非常難於備其容器。若使燃料槽沒道理地太重, 就不能不避去。即不是液狀氫, 凡是氣體硬做成的液狀, 都有種種難點, 裝進燃料槽去時, 蒸發得烈害, 損失很多。未裝進去之前, 先須貯藏於近處, 也得備槽。既費手, 又費錢。處理時一不小心, 沾在手上身上, 便成火傷。還有單單因氣溫的變化, 也怕爆炸。合起價來, 並且奇貴。只因這些條件, 液狀瓦斯燃料, 論實情是並不大歡迎的。要之, 拘於理論, 但逐數字, 於基本問題的解決, 誠或必需, 而實在選用燃料時, 種種條件交錯, 未可一概論定。論理, 含碳多者焰大而熱較小, 含氫多者反是; 所以乙醇(酒精) 最好。先年美國火箭協會實驗過也曾斷定乙醇最好云。

第四 火箭的建造材料

這回可真要着手建造了。第一, 先講選定金屬材料。機身大翼, 外殼材料, 不成問題。這原不限於火箭, 爲了別的飛機, 早已透澈研究過, 就說火箭要飛出普通飛機所能到的範圍之外, 高高度的上空, 或是遠離地球, 遊到別世界去, 問題也不過溫度低而已。溫度低過極限, 所謂超低溫, 也不用題, 有的是鉛系的輕合金, 如鋁鎂(Duralumin), 不但

非常輕，且在非常低溫中，也毫不脆弱，反倒強韌。到那成層圈以上的上空，冷到攝氏表 -61° 以下，這錳鉛倒比常溫下的鋼鐵還強，所以竟可無憂。只是內部諸機關，各槽各管，看用甚麼材料好？

內部最重要的中心機關，就是燃燒室，甚麼好呢？先看燃燒室的要求條件怎樣？列舉出來：(i)要能傳熱。(ii)要高熱之中，也不熔融。(iii)即不熔融，也不可軟弱。(iv)要不為燃燒瓦斯所侵蝕，或生銹。這幾件是必須條件。適合於條件的金屬，有如下表：

種類	比重 (水=1)	傳熱率 (銅=100)	抗張力 (每平方 公寸)	熔融點
鋁	2.7	55.	700公斤	658°C
錳	2.8	30.	4600''	558°C
銅	8.9	100.	2100''	1083°C
鍍銅	8.2	40.	13600''	864°C
鐵	7.9	15.	2800''	1525°C
不銹鋼	7.8	5.	12300''	1250°C
斯鎢賴特Stellite	8.6	1.5	1800''	1250°C
鉬 (Mo)	10.8	40.	21100''	2620°C
鎢 (Tu)	19.2	45.	39400''	3370°C
鈹 (Be)	1.84	10.		1280°C
鈦 (Ti)	4.8	40.		1795°C

這張表也不可單拘泥於數字。譬如鋁，熔融點在 658°C ，

而燃燒室的溫度有時可以超過 2000°C ，便以為用鉛做燃燒室怕溶化了，那可算過慮，何以做呢？鉛的傳熱非常快，往往比鋼的還得用，再在高溫度中，對於氧化作用又頗頑強，所以銹也不會生的。鋼，銅以及鎂（ Mg ）的合金，在高溫之下會變成粉狀，失却抗張力，所以不為良材；可是銅與鐵的特殊合金，却有相當耐得高溫的。有人說。斯鎢賴特好，然而傳熱率不佳，熔點亦低，製作上又不硬，缺點甚多。若說竟不能用，則又不然，看用法如何，也很可用的。鉍與鎢比較起來，鉍更好。在工作上看來，許是做火箭燃燒室最好的材料。尋常氫氧燃燒所生溫度在 2400°C 以上，氧與乙炔（電石）的火焰，將近 4400°C ；而鉍的性質，却差足耐此。鎢雖熔點在 3370°C ，而一到 1000°C ，便遺失其抗張力；因有這麼個缺點，所以並不相宜。其他只是溶融點高的金屬，如鈮（ Ta ），如鉑（白金， Pt ，）的合金，都沒有推獎的價值了。實在是這樣個情形，合於理想的材料還沒有找到。而要求條件，却怎麼也不能退讓一步，燃燒室內的溫度也斷不能減低了。

若不是用氫氧的特殊混合而燒出 4000°C 光景的高溫來，就無從得到每秒鐘 4200 公尺的速度。不過實在找不着合適材料，就只有變更燃燒室裝置的一法。也還有冷卻，防熱等法，且待另講。

其次，燃料槽的材料如何？雖不若燃燒室那麼重要，也一樣有火箭獨特的要求。即不用液體燃料，但凡用液狀氧，這

要求條件便沒得兩樣。上文也曾講過液體瓦斯的容器，不是能保低溫，便須能保高壓，要保高壓，就得做相當厚壁；而重量就非常增大。還不如暖瓶似的，努力於保持低溫為得策。那麼，何等質材方耐得低溫呢？要在低溫而抗張力不減小，又要傳熱率很小。液狀氧在大氣中的溫度是一 186°C 當以此為標準找去。金屬則銅合金，鋁合金，鎳合金中有之；此外若鎵及鋰 (Li) 合金，亦宜於低溫。金屬之外，則有電木。這第一能隨意鑄形，一如金屬；而且在液狀氧那樣的低溫，並不喪失其強度，又是比重很輕，還有種特別的好處。液狀氧是有磁性的，金屬便當苦於這磁性。而電木絕無此感應。不過粗製的電木，組織裏含有水分，遇低溫時，這水分結了冰，會破壞組織，不可不注意。結論所歸，現在認為燃料槽的材料，最好是錳鋁，或鋇青銅，或電木。

第五 推進上的諸問題

火箭的推進，在基本理論項下已經講過，全靠內部燒火，將燃燒瓦斯向後噴射，利用其反動而前進的。現在我先要研究這噴射力，凡有運動，皆以量與速為計算的基礎；此不獨氣體為然，也不僅噴射為然，上文例舉的那小船，看跳水的人身子輕重，跳的快慢，前進有多有少。小船進不進，無關緊要；如今飛駛火箭，就非仔細研究不可。問題就在加大瓦斯的重量好呢？還是加大其速度好？運動力是量與速的相乘之積，所以一方大了，一方就不妨小一點。瓦斯量大而噴射較

緩，與量小而噴射急遽，結果正復相同，當然，再好不過是大量的瓦斯'急遽的噴射，可是究竟自有其限度。若要大量瓦斯噴射，就得多燃燒料，這燃料槽跟着就得很大；問題在效率，顯然還是量小而速度大的好。儘量加大瓦斯噴射的速度，而極端縮減燃料的消費，於法爲最高。如何使其噴射速度極大？無非催快燃料的燃燒，加多其所發的熱量。所以完全燃燒需時長久的燃料，這里不用提了。燃燒的目的在使之急遽發，俾其中所蓄之能悉傾注於膨脹工作。膨脹愈急，即瓦斯爆的噴射亦愈急。而幫助膨脹，又別有要因。甚麼呢？就是熱，燃燒現象，必然發熱，這熱也是燃料所蓄之能變來的。熱能幫助膨脹，發熱之量愈多，即瓦斯的膨脹力愈大。惟是之故，燃料必選其發熱量大的。固然，還須考慮到重量及容積的比例，纔計算得出效率的好壞來。

次於燃燒效率，第二重要的是改變這瓦斯膨脹力爲噴射力的裝置如何，這算是所謂噴流推進的最大問題。燒燃料爲瓦斯，用其膨脹之力，乃是化學上的問題，改變這膨脹力爲推進力，純粹是物理學的問題。

普通的汽車，火車，輪船，飛機都是燃燒瓦斯在氣缸內膨脹，傳力於活塞，再由活塞傳到連結桿(Conjuncting-rod)，曲柄軸(Crank Shaft)，轉輾以至於車輪或推進翼，然後輪轉翼旋，將此力向道路，鐵軌，水，空氣撐去，全體乃因其反動而往反對方向推進，一步步數來，好不轉灣抹角！噴流推進，便即以噴流的反動而推進，不用轉輾變換其力，也

就沒有這一路上的白費損失。這真是噴流推進的獨得之長；也正惟是故，舉此推進的物理效率，全都靠在這噴射上，所以誰都能想到，燃燒室的形狀，噴射管的角度等等，都是最關緊要的了。可是，說明起來，太專門了，現在只好姑從省略，但講一句理論上要緊的事：燃燒室裏的瓦斯出來得太快，室內氣壓太低時，反倒要吸回已出去的瓦斯。這不管將燃燒室往後拉，也就是拉住了全體不讓前進，是最須注意的。

以上所說種種，是內部的效率，也還有外部的。噴射管噴着瓦斯而飛，在噴出的瓦斯方面說來，是噴射管在一步步退開去。此時瓦斯出口的速度與噴射口退開去的速度完全一致，這兩下分手最是乾脆。若是瓦斯太快了，噴射口就有些戀戀不捨，不肯退開去。具體說，噴射口內太空虛了，燃燒室裏還沒有新瓦斯來，就要倒吸那已出口的瓦斯回頭。反是，而管內瓦斯出去得慢，便會擁擠不開。管內的瓦斯只管往外擠，而管口的瓦斯還塞住着，這管內的瓦斯便只得向管壁撞去，並且又擋住燃燒室續來的新瓦斯，這結果當然也影響到前進的效率。最好是恰巧乾脆地噴去，最是所以發揮內部的效率；而必須火箭的外形，全體的重量適得其均衡，然後可望。

總結以上的話，內部外部的效率問題，就是怎樣使瓦斯比了燃料的重量及容積都能得更大的噴射力，同時又怎樣去用作推進之力而能盡其功效。

茲爲參考起見，就普通飛機的發動機效率，檢討其各種不可避免的最少損失量：

- | | |
|---|----------|
| (1) 燃料排對不勻停的部分，氧氣不得不透
因之有化學方面的損失..... | } 合計約5% |
| (2) 燃燒室內壁，由燃燒瓦斯來打掃，因之
有能的損失..... | |
| (3) 燃燒不能在曲柄的死點上即時終了，因
之有不及燒完的損失..... | |
| (4) 由燃燒室周壁有熱散去，此其損失..... | } 合計約15% |
| (5) 由活塞及調節器有瓦斯漏出，此其損失 | |
| (6) 各管中的循環系統，混合裝置，唧筒內皆
不免有流體的損失..... | 約5% |
| (7) 活塞曲柄軸調節裝置唧筒，點火栓等，全
機器的各處摩擦，此其損失..... | 約15% |
| (8) 由於膨脹不全之排氣，以及由於排氣之
冷卻，此其損失..... | 約30% |
| 總計約70% | |

所以實得其用之率，不過30%而已。火箭的噴流裝置如何呢？(1)與(2)，差不多要一樣估計；不過用配合得好的火藥，損失量可以極端減少。(3)，(4)，(5)，在火箭完全不成問題，就是(4)，用以豫先烤熱燃料，仍還回到燃燒室來。(6)，則雖在火箭，也是不可避免的損失。若用火藥，便又完全沒有了。(7)也不會有的，唧筒及點火裝置的損失，實在微乎其微的。(8)在火箭，却有最重大的意義。上文也說過

內效率一決於瓦斯的溫度與壓力，換言之，一決於其未轉成運動勞力之能。有人計算排氣溫度可至 600°C ，乃是未盡其用的例。重油機關的排氣，尚且可以降至 200°C 呢，不應該一定要放棄這發許多熱的。

要之，合計損失，(1)至(7)在15%以下，(8)亦作30%算，也不過45%。這還並不是效率好的好一點，應該可以估為30%光景。

還有一個與效率有關的重大問題，就是噴流機關的材料，實為大難而持難。上文說過，理論上合適的材料，現在還沒有找得到。燃燒溫度，有的燃料可以到 4000°C 的高熱。這如能發揮盡量，自是再好沒有。無如沒有耐得這樣高熱的材料。所以實際要發揮上文的70%效率，都不可能。所謂耐不得這樣高熱，就是在燃燒室及噴射管裏口喉部會燒蝕，燒壞。上面所講火箭的理論根據，都是瓦斯噴射速度真能悉如計算數字的話，而各器管有燒蝕之虞，就不得限制瓦斯的發熱量，因之火箭所能到的高，遠，熱效率，外效率，一切都得減去一半。那外部冷卻十分周到的重油機關，其燃燒瓦斯的溫度也不過每秒60公尺，而火箭噴射管中的瓦斯，單論速度，已達2000公尺，所以管壁不啻老受着極銳利的刀刃在刮削。尤難者，溫度高時速度亦大，刮削亦越發來得兇；那麼降溫來減輕些刮削罷，速度也就減低了，冷瓦斯是快不了的。結局這問題無法解決，惟有第一法，趕緊發明特別耐得高熱的合金，現在冶金專家都向這方法拼命在研究。第二法，

就用現在的耐熱材料而越發加強其防熱防蝕。這種新法自當不少，其中有一法，要利用其熱來氣化液體燃料，將液體燃料深深地噴入燃燒瓦斯的中心去，使液體的細珠粒直接去接觸那溫度最高的部分，而吸收其燃燒溫度。此法實際上須在燃燒室壁上穿開許多噴進液體去的小孔，這於燃燒室的堅牢上大有危險，而且室壁也並不能完全與高溫瓦斯隔開，一部分仍然還相接觸。這兩個缺陷，也有過報告說是有法克服的。噴液體微粒的小孔，可以穿得不多，使室壁的堅牢無慮。又能穿得很巧，使液體噴進去，能在溝壁上布成一層膜。自是技術上的大成功，極堪讚嘆，然而只是燃燒室內而已，若噴射管的喉部及內壁的防熱防蝕，還是沒有能克服。不過，這克服的時期，我們相信當亦不遠。

其次的難題是用火箭為彈丸時，怎樣能提高命中率。火箭古來就命中率很差，拿破崙時代，實戰盛用火箭，及至意大利發明了旋射砲彈，正如現代的無翼旋彈，命中率好得多，火箭便被廢置了。即在今日，只是有滑導路的發射框式子，其命中率依然很差。這纔所以有自動操縱法，有不附翼的自身旋轉火箭出現。關於這種方法的研究，各國都守其秘密，除了等候將來他們發表出來，或是自家回頭研究之外，別無辦法。然而，這也不是不能解決的問題。

此外關於火箭，還有許多應當注意的問題，現在只提說共一二：

我們於火箭，自來只在快的方面努力；如今反過來，施之

於慢進的交通工具如何呢？這還須以不減損外部效率為條件，所以非常難。火箭的效率，就在急遽推進。若要緩進，必得減低效率，方有可能。普通的地上交通，不用說了，就是空中飛機，若為載客而用噴流推進，便再也沒有更不經濟的了。旅客機之外，雖不是絕沒有裝噴流裝置的，也有那必不得已，必須在普通大氣之中，衝過莫大的空氣抵抗，而為超高速度的飛行的。然而亦非拚着極端的浪費不可。

其次，火箭是運輸機關中最危險的。用火藥做燃料，不用說了。就不用火藥，用的是非常容易引火之物。尤其是液體瓦斯，一不小心，便有凍傷燙傷之虞。而並且噴流推進，根本就是個開放的爆炸燃燒，火箭全體以及噴射瓦斯都是以是而發着極猛烈的速度。因此，不動全體而單單實驗噴射，都往往有受重傷的；只因大爆音，大振動而有傷及體內器官的；還有著名的研究家做了爆炸的犧牲的；皆是使我們後輩十分痛心之事。又何況誰都沒有經驗過的，飛到成層圈外高空所遭逢？無不給我們技術上的至難問題。人類亦惟有憑其本能與知識，以盡安全的人事，而冒險一聽諸天命，終應當有個解決的。

再有常想添加的定向翼，浮空翼，都還是在空氣充足的空中問題，若高飛出大氣之外的真空中，又別有完全不同的要點須考慮。即如轉換方向的噴流裝置，就得相當的苦心研究。急遽飛翔的物體中未嘗不可用迴旋裝置 (Gyro-apparatus) 如果果能安得好麼？不會機首一經轉向，便把不住所要的角

度，而老轉過去，成爲圓周運動麼？又或偶然不成左右轉而向上或向下了，又如何糾正？着地時，不論是目的地與否，怎樣纔能緩緩而下，不至撞到地上去？諸如此類的具體問題多着呢！而最後的學理上的根本問題，也還有未能解決的：卽如瓦斯噴射在音速以上的高速度時，瓦斯力學上的，便是尚未解決的問題。這些，都要等諸位來研究解決的。

第六 火箭的外形

須要飛得極快的飛機，彈丸之類，外形宜乎怎樣，早經研究無遺，亦已達到最精的計算，無庸再來贅述了。只是火箭有特異乎其他的幾點：一則速度之大，迥非一般輪船飛機所可同日而語；二則不像彈丸似的旋着飛；三則向後一路噴着瓦斯；在這三點上，非有特別的設計不可。再加以不獨在空氣中飛，直要飛到真空中，乃至旅行到別世界去，這就更須特別而又特別的設計。以下我們來簡略地考慮一過：

先就整個機身分爲三部講，頭部，中部，尾部。飛在沒有大氣抵抗的空中時，頭部尾部幾乎不成問題。在大氣中而飛得極快，大致已在飛機上研究很徹底了，要減輕大氣抗力至於最少程度，須是頭部尖銳，沒有凹凸，稜角，不規則的線條，必不得已，也越少越好。這一些結論，都可以完全適用於火箭。

機身向空氣裏衝去，摩擦也很阻碍進行的，尤其是飛得異常之快，還有因摩擦而發熱之虞。所以中部越短越好，如果內部情形許可的話，竟是頭部直接尾部，不設中部都

無妨。

那麼，尾部如何呢？飛機速度，現在還不能超出音波的傳播速度以上；在音速以下的飛行，也已經研究到了家的。只是火箭，普通就超出音速以上，則尾形應當完全改變。此中理論，講起來很難。諸位大概都知道，空氣對於進行物體，例如飛機之類，有種從尾後來拉住的力量，以阻碍其前進。可是速度到了音速以上，這拉住的力量不同了，不甚爲碍了。所以有種火箭，不從尾端噴射瓦斯，而從頭部的後方，向細小的中部尾部旁邊噴去，其實，無論從頭部噴，從尾部噴，這尾部的形不用大改。儘管從尾端噴射瓦斯，噴射管內部形狀的條件，不會要求到外形都必須縮小的。因此，火箭尾部的形狀，可以像砲彈後端一般，呈切斷式便行；實驗上，計算上，也都已證明過這樣就行了的。

至於火箭的應用漸多，裝翼的需要也必漸多，若航空用翼，飛機上已經研究到近乎理想，不遺餘地了。主重在浮力的設計，有所謂葛丁根 387 (Göttingen 387) 式者，斷面線條，極其漂亮，緩飛之機，多喜用此。可是在高速，尤其是極端的，遠出音速以上的時候，這種原爲飛機而設的三畫，全不中用了。若爲急速飛行計，翼的斷面最好是純粹的平行直線。無如純粹幾何學上的直線，構造上辦不到的事。而翼之厚，對於翼幅的比例，總要顧慮其堅強，也不能太薄；厚與幅的比例，不能再減於 $1=20$ 。在這樣限制下的薄翼，其下面，即受空氣高壓的一面，斷面竟用直線；下面，即受浮

力的一面，也用直線，而對於下面成一小角度。前端須尖，角度須大不逾 4° ，後端就是切斷式也行。結果，全斷面圖成一前方尖銳的楔形，像斧刃樣子的爲最好。

可是所不可不注意者，以上只是直望高速度方面著想的結論，而實際上既要裝翼，就爲的是起飛與落地時要能緩飛。若將這一點忽略過去，危殆莫甚。所以，還得另爲計算：據截至現在爲止的經驗，像第十一圖樣子的翼斷面最爲得當：

第十一圖 A 爲前端 B 是後端。AD : BD = 2 : 1，

CD : AB = 1 : 20。

$\angle CAB < \angle CBA$ 請諸位自己

算，看是

多少度。



這下面是一直線，前端甚薄，漸厚起來，到尾的部分爲最厚，其厚當全長的 $\frac{1}{20}$ 。這三角形的上面二邊，名爲直線；前端的角度約得 $4^\circ 17'$ ，後端的角度約得 $8^\circ 32'$ 。結論是斷面成這樣個直線三角形的翼，裝在比音速還快的火箭上，最爲得用。

此時還應該想到的，起飛與落地大不同；又比了起飛與落地時的緩飛區間，那高速飛翔的區間，要大得多得多。再翼面的形狀，與裝到機身上去，角度，也都是問題，當在火箭飛機條下再講。

第七 高空的科學

現在普通飛機的航路，高不出萬餘公尺，加一倍也不過二萬公尺。火箭的航路——究竟該叫航路呢，還該叫彈道，後章有論——則萬到沒法比較，甚至還要旅行到月球去，完全以大氣之外為其舞臺。那火箭所去的超高空情形何似？非先加一番考察不可。

我們知道大氣是氧與氮為主要成分的氣體所構成。拿到地上來，以地上的氣壓為基礎，計算其構成的比例，則大抵100公里高處，空氣就差不多已等於○了。然而據天文家的觀測，流星接近地球，因空氣而開始燃燒，那里是甚麼100~200公里，乃在600—1000公里的高處，黎明時，大氣反射的光線，也要到600公里之高。所以稀薄則有之，雖高也還有空氣。當然成分大不同；氧氮都極少，而地表附近所稀少的氫與氦之類，必定加多——那里必然，竟是確然的事實，已得證明的，這種輕瓦斯，增加得非常多，只是關於這些輕瓦斯的性質，言人人殊。多以為大部分是氫與氦，而氦居少量。別有說，像太陽的大氣外圍，有所謂太陽白光(Corona)一樣，這地球大氣之外，也有一層由原子殘滓構成的本質極輕之電子瓦斯。此外還有種種說法，要其結論，皆以為直到高高度都有大氣，因之都有若干氣壓。

茲為參考起見，將各家研究所得各等高度的大氣構成，列為變化表如下：

高 度	氫 氣	氮 氣	氮 氣	氧 氣	氫 氣
0 呎	0.003%	0.0005%	78.1%	20.9%	0.94%
15 ,,	0. ,,	0 ,,	79.5,,	19.7 ,,	0.8 ,,
20 ,,	0 ,,	0 ,,	81.2,,	18.1 ,,	0.6 ,,
30 ,,	0.2 ,,	0 ,,	84.2,,	15.2 ,,	0.3 ,,
40 ,,	0.7 ,,	0 ,,	86.5,,	12.6 ,,	0.2 ,,
50 ,,	2.9 ,,	0.03 ,,	87.5,,	10.3 ,,	0.1 ,,
100 ,,	96.4 ,,	0.6 ,,	3.0,,	0. ,,	0.6 ,,

高高度的大氣，於成分及壓力的變化之外，溫度的變化甚劇。大抵離地表 11 公里光景為止，每高 1 公里，溫度低減 5.5°C 。過此以上，定住在 -55° — 60°C 之間。此溫度略定的一層，所謂成層圈，諸位都知道的。成層圈下面與對流圈的接界，因地因時而高下略有差，大抵近赤道處為 17 呎，兩極地方為 11 呎。又因季節而同一地點可以差到 4 呎，若為風之前高後低，相差亦有到 6 呎的。對流圈下接地表，其中的氣象現象，空氣的對流等等，皆周知之事，茲悉從省。成層圈內，大氣無上下的對流，也沒有氣象的變化，於飛行絕佳；飛行家目標所在，即此，亦有成功的例。不過有一部分人的觀測，這成層圈的上層，溫度反倒漸回暖，是由最近觀測音波的傳達現象及流星而得的見解，大抵超過 30 呎高，溫度就開始上升，40 呎為 0°C ，50 呎為 15°C ，60 呎為 30°C 。然而究竟還只是一部分人的學說，尙未為一般所公認。又有

一說，20千至40千之間，有所謂臭氧大氣；也並不是全無根據的臆說。

成層圈的上限，大抵在 60—70 千光景。大氣的成分，自是驟改，此上有現尙未知之氣體所構成的另一大氣層，恐怕就沒有分明的界限，漸次變到宇宙的氣狀物質去了。

地球的重力與其自轉而生的遠心力，應當漸高而終於相殺之境；簡單測算，應該在3500千高的地方兩得平衡。然而實際上，大氣層與宇宙的氣狀物質之間有種摩擦，所以並不跟着地球一樣轉。事實已經證明，30千高處，大氣已經在向西流，換句話說，已經吹着很規則的東風。所以重力與遠心力的平衡，實際上並不會有。因之，大氣的上限，其實也是不可想象的。

火箭只用做彈丸，與用做噴進飛機載旅客，這對於高空的辦法也自不同；載客旅行，不僅是物理學上的問題而已，生理學醫學的範圍，也大有研究的必要。這些問題，當在應用論條下再講。

第八 火箭的航道

讓我們再來考察一考察這火箭以高速度飛翔時，其航道如何？

先看保持着一定高度而飛翔時，這時候火箭的重力恰與因速度而得的揚力及因一直線地飛去而生之地球遠心力，與這二力之和，適得均衡。其時，如果遠心力大於揚力，就用不

着多大的推力，燃料也不用多費了。這遠心力的原因呢？因為是保持着一定的高度，就是平行於地球表面，所以就在地表的曲率。這地表的曲率怎麼計算？就由地球的半徑而算其圓周曲率便得。地球半徑，平均在 6,375 5 浬。由是計算的結果，知道高度 0° 時，每秒速度 7903 公尺便得重量與遠心力相均衡；高度 50 浬時，秒速 7,878 公尺得均衡；100 浬時，秒速 7847 公尺得均衡；換句話說，如此高時如此速，這火箭的重量就等於 0 了。不必計算揚力，就可以平行於水平線而飛翔了。速度若超出此上，而還繼續水平飛去，則遠心力更勝過重力，就要漸離地球，飛出宇宙去了。

火箭的重量，應該到了一定高度之後，便比起飛時輕得多。何以故呢？因為飛上到這一定高度，所費的燃料量非常大。既達此高，以後的所費就有限了；所以重量也就沒甚麼動了。在這樣前提下計算，所得結論，真正音速以上的快飛，須在 40 浬以上的高度，其在成層圈內，而高不出 40 浬則飛翔仍不能了不得的快。

到了音速以上的快飛，有關揚力的部分非常小了，速度越發可以增加，只是高度並不能大增。在 40—60 浬的高度，秒速可由 700 公尺增至 7000 公尺。及至超過 7600 公尺，便高度雖增，而速度不能大增了。因為高到這程度遠心力的作用越大，空氣力學上的揚力非常之小了。要算得精細，應該算到遠心力所擔負的重量是百分之幾，其餘百分之幾是翼部所負擔，而推進之力須要多少。

這樣計算的結果，得到很有意思的數字，簡單地介紹一二：高過 80 呎時，遠心力的擔負範圍幾乎滿足 100%：所以到某種高度，純粹像游星似的幾乎無須發動力，而可以任意遠飛。在 80 呎高處，這比遠心力約得 99%，100 呎高處，得 999%，而秒速為 7800 公尺與 7840 公尺。這數字，因空氣的密度，抗力等，尚須有所訂正；加之訂正，恐怕不必那麼高，就已經可以有這樣情形了。雖然現在還只是架空的想像，不妨順手算一算燃料的消費量如何？在 80 呎高處，秒速 7800 公尺，比遠心力 99% 時每機重 1 噸，推進力約 260 馬力，須由推進裝置取得之總推力僅 2 公斤，這所費燃料，混甲煤油精與酒精，每秒只要 20 公分就夠了。假設這樣高，這樣的速度，從北平直向東飛，30 分鐘可到紐約的上空。到此用的燃料約 37 公斤；而一點多鐘又來到北平上空了，總共費的燃料不到 80 公斤。80 公斤，不過一個胖子的身重；而現在推運的是機重 1 噸，合麪粉 23 袋。這個數字，你說驚人不驚人？可能不可能。且再說，這樣飛行，可以在火箭前端開個孔，引進外氣來助燃燒。因為速度非常大，雖高空的大氣極度稀薄，助這一點燃燒的氧氣總可以有的。這麼辦時，1 噸的火箭，足可以直飛 5 個鐘頭不停；5 個鐘頭可以繞地球 5 周。固然，這還不能施於實際，也還有種種的困難，並未有實現的可能性。然而，諸君不可不深銘於腦中，我們科學界就以這樣的境界為目標而猛進，要具體化出來，這不過其一例。

這高飛的速度，可以說是起飛當初的燃料所抱之能變成的運動能，高度也就是其一部分所變的位置能。爲要得此高速的高飛，需消費非常大量的燃料；而既得此高此速而爲水平飛，即所需燃料竟少得不成比例，不成問題了。所以計算火箭的上升航道，通常只用開始平飛時的火箭重量，研究其至此之航道；其上升以及得此速度所用的燃料，都作已經消耗了的算。至於極端的快飛時，爲得浮力而裝之翼，毫無所用，而在出發當時，必須有此，或定向之翼。這種翼，當然自有重量，而且有大氣摩擦的損失，則又不可不加入於計算之中。

當其循航道而上升之間，在最初加以初速之後，次第增加有一定的加速度；這加速度，並不能單算運動能的累積，還須加算重量的一路減失。

其次要決定的是出發點上的全體仰角，這是最重要而最須精密計算的。下降時的俯角，可以想定火箭應當取的角度，這出發時的仰角，却爲具體決定全航道的，可以說是死活的關鍵！

平飛既畢，已近目的地，火箭開始下降。因平飛而運動能已消費殆盡，再要補充也沒有燃料了，自不能不吃到位置能上來，因之不復能保持其高度，是之謂下降。一般的航空理論上，減小速度，失去浮力，便是入於下降航道，火箭在相當密度的空氣中飛翔，其事亦無異於是，這時候，浮空翼就有其用了。火箭苟非特別操縱的，皆必力盡而下降，故隨着大

氣的抵抗而減其速度。這下降航道，就要看火箭所保有的能之多寡，或為長距離的下降，或為急遽的下降。簡單想去便想到的是進入下降狀態之後，最好能飛個較長的距離；所以最初的下降俯角，非計畫得極小不可。

以上所說的航道，有如諸位所見，差不多全以不出假定之域的高高度高速度之平飛為中心，而火箭亦有用於短距離，或須比較低速度的，此其航道也可簡單算定。痛快一句話，那極端的，完全不打算平飛，由上升航道徑改入下降航道的，就如普通彈丸的彈道一樣。彈道的理論，已很普通，這里不提了。

講到這里，我們可以改題討論：適用火箭於實際的情形，以及今後如何發展，其貢獻於人類，可到如何程度。

第三章 火箭的應用

凡為火箭特徵的種種機能現已利用到各方面而頗收其效。茲用各為簡說，並於火箭本身的機能再加一番檢討而推論其將來。以下所記各種乃就今世所用，不僅在理論上而且在實際上已經製造應用的，從中選其為筆者所具知者而為之說，當然在筆者聞見所未及的方面尚有更多於是而應用於相當廣泛範圍的。而且還要希望讀者諸君也來創出些火箭新用途來。

現在先舉其目如下：——

- | | |
|--------------------|--------------------|
| (1) 信號及照明用火箭 | (2) 牽索火箭 |
| (3) 測驗高空之火箭 | (4) 攝影火箭 |
| (5) 遞郵火箭 | (6) 火箭炸彈 |
| (7) 火箭砲彈 | (8) 火箭空雷快艇 |
| (9) 射送飛機之裝置 | (10) 火箭飛機 |
| (11) 航行成層圈及宇宙用火箭 | (12) 應用火箭之地上交通工具 |
| (13) 水上及水中火箭 | (14) 解雹催雨用火箭煙幕火箭 |

第一 信號及照明用的火箭

這是應用的第一步，即如原始玩具中的花炮起花，不過加強加大而已。起花起去不過 20 公尺許，我們用作火箭則令其昇至若干公尺皆由我意。其最簡者但於起花的紙筒加厚加強大，多填噴進用的火藥。或亦以木，以金屬，尤以鉛為

之筒。火藥中屢以着色劑，發揮其信號的性密；或加以照明劑，使其夜間照耀大地如同白晝。高裏可到數百公尺，黑晝白日都用來做倍信號。對於遠出在海上的漁船警告之以氣象的驟變，或魚類的突然出現，則相當望遠裏放照明火箭則因其照明之目的而有種種的用法：或使其噴著照明劑而縱橫飛翔，或使其達到所需的高處便打開了傘以保持其高度，或使利用其燃燒熱而緩緩上昇，又或使其隨著氣流而漂蕩移動。發射此種火箭，但須點火，不用甚麼裝置與技術，所以稱便者在此。砲彈亦有照明彈，而火箭於發射簡便之外，還有裝填照明劑比砲彈多的一長處；因此近來於軍事之外，其用甚增。

第十二圖

落下傘的大小與形狀視火箭的重量 落下時須要如速度而定



第二 牽索火箭

這是將繩索拴在火箭尾後而射去，使其牽之至於所要的

距離或高處以供需用的。也有使鎗彈牽索之法，不過發射的瞬間速度非常大，繩索不夠粗不夠強時便有斷截之虞；火箭初速不一定很大而能達到相當遠，所以比鎗彈還穩妥。這種火箭以發射管便於攜帶為第一條件，賣貨有簡便的發射筒像手鎗光景大。這種火箭用處意外多；救生艇向遺難船拋出救助的繩索去，非有它不可；戰時敵前上陸用的快艇也非備不可；敵前渡河也用著它；攀登城牆障壁也用到它；即非軍用，旅行家登山攀崖也常常借重它。登山時將帶索火箭射上懸崖絕壁打定樁子，如同拋錨一般，可以繩之而上，別開新途徑新境界。再如高層樓房著火，下層已經包在火焰中，人們逃生無路，逼在上層，眼見是沒命的了；此時救火車裏射出一帶索火箭上去，救得許多人命。帶索火箭有人叫它做救命火箭，宜乎允矣。這種火箭需達的距離極小，所以推進劑的分量與別種火箭完全不同；也需要速度較緩，故最好用較無危險的壓縮空氣或固體無水炭氧之類為推進之劑。尤其在都會救火，非有此不可。

第三 測驗高空的火箭

高空的研究，已在高空的科學項下約略提過，近來更在火箭之研究而外也非常重視，無如人不能輕易上去任意觀測，只得用它載了儀器藥品上去替人試探。載儀器設備到高空去，以前差不多總用氣球；可是今日的研究對象又高出氣球能達的範圍以上，非火箭莫辦了。火箭辦此，有的長處是

：距離幾乎可以沒有限制，比氣球所載儀器數量多得多，不像氣球那樣會中途為氣流所阻滯或漂移；至少上升是一直線循其軌道而上沒有錯的。又如高去20杆許，中因噴射裝置的作用而發爆音起振動的路程至多不過起初的2杆光景，過了這一陣之後直到所去觀測的高空一路裏內部極其平穩，儘可以毫無障礙達其觀測之目的，不過要裝載大規模的 Radiosonde（無線電探針）或宇宙線記錄器等儀器時須比用氣球時製加審慎，儀器內部構造須設計製造得能耐得若干衝擊方可。此種火箭可以用火藥，亦可用液體燃料。

第四 攝影火箭

戰時從上空對敵地攝影，用飛機固佳，可巧沒有飛機或是不使用飛機時，便放個帶有小攝影機的火箭上去。差不多可以使敵人不覺得便照了回來，還比傳信鴿都好。又快又沒音響，不着人眼，飛上去照了相，即以自動轉舵仍復回到原出發處來，於偵察敵情再便沒有。第一不會遭敵人襲擊，而且達其目的又迅速。即存的平時攝深谷高山之影也甚便，測量也得正確。

第五 遞郵火箭

隔着深谷險嶺，或從陸地向波濤滾惡的孤島通信，用火遞郵最為便利。有火急之事，雖天氣極惡也簡易能用，尤勝於別種交通機關，能省却往返，所以共用亦日見其繁。遠

方快遞，現已著有甚大的成績。此等火箭特裝以長大的定向翼，使其正確達到目的地；又精確計算其飛翔距離以裝填其噴出劑。最近的設計越發精了：特別做得堅牢的筒子，落地時并有防止破損的設備，可以換裝藥品燃料來回儘用了。

第六 火箭炸彈

這是有推進裝置的炸彈；大別爲兩類，一種從飛機放射，一種從地上或軍艦潛水艇放射。

從飛機放射的火箭炸彈與飛機擲下的尋常炸彈有何不同呢？擲下的炸彈可由飛機的速度算出其彈道來。誰都知道看那時飛機在水平飛呢還是在下降而彈道大不相同，因之命中率亦大有關係，而火箭炸彈一經噴射裝置發動之後便幾成直線的射去，所以放射裝置不僅是一放了事，還得有像鎗砲一樣的瞄準機構，並且還須算定噴射瓦斯的裝置宜在那一瞬間發動。又如在急降時放射，尤須注意莫教噴射的熱瓦斯燒壞了機身及機中的人。

火箭炸彈不僅是彈道不同，其命中時的速度亦爲非常緊要的問題。炸彈命中時的貫徹力與彈身的重量及速度成比例；投擲的炸彈普通只要算其重量與因此重量的加速落下速度，火箭炸彈則落下速度之外還有刻刻加倍的噴進速度發揮其特長。並且於噴火焰發巨響給人以精神上打擊之外，其貫徹力亦即其破壞力又比普通炸彈大得多。那怕是堅固的要塞——陣地或是鐵筋洋灰建築或是厚重鋼甲的兵艦都能穿透過

去，其威力之大有非想象所能及的。最終點的落下速度通常以投擲點愈高而愈大，不過從高投彈命中較差；所以必須接近而投重彈，以求相同的效果。用火箭炸彈則其落下速度大而無須加重了。

試舉一例來比較這二者的計算：由常識論，今欲破壞戰艦的鋼甲，須從500公尺高處垂直投下300公斤的重彈。姑且不算炸彈性能之差及氣壓風向等等的抵坑，如果加以噴流推進的裝置將如何？這炸彈的重量可以減去個多少呢？飛機投彈時垂直下降的速度如果是時速470公里的話，彈落500公尺的最終速度為每秒230公尺，其運動勞力得每公尺795頓；而這彈的落下時間須3.36秒。火箭炸彈則最初重量如為214.2公斤，噴射所需火藥為14.2公斤，故命中時重量為200公斤。噴出的火藥燃燒瓦斯量為每秒6公斤，噴射速度得每秒200公尺。算其從飛機放出以至命中所需時間，在投擲的瞬間即開始噴射，則為2.36秒。由這些數字推算起來，火箭炸彈命中兵艦甲板時的運動勞力當有每公尺851噸之大。投下300公斤彈與這200公斤（精細一些說來發射前的重量是214.2公斤）放射彈比較，不啻反增了7%的威力。以71%的重量可得同等以上的效果，則飛機的收載量可增33%而同此一飛機即增加了33%的轟炸力了。這裡所引的數字都是具體的實際上適當的數字，軍用飛機於戰力之增大所爭在寸分之長，此火箭炸彈之所以被視為莫敵的利器。

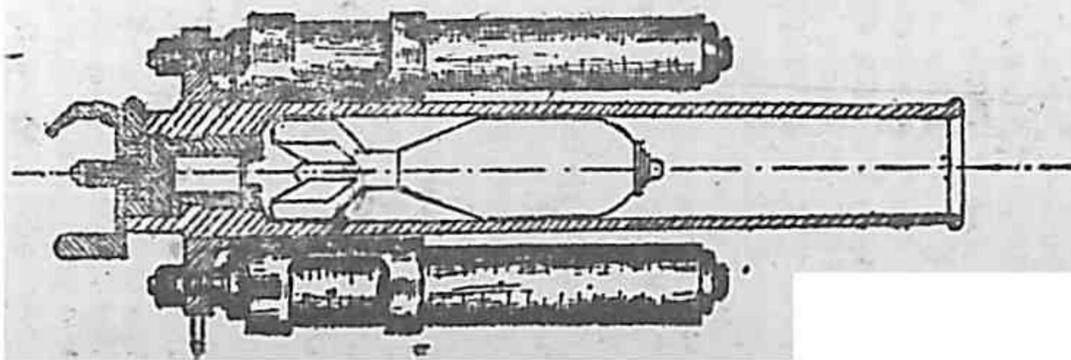
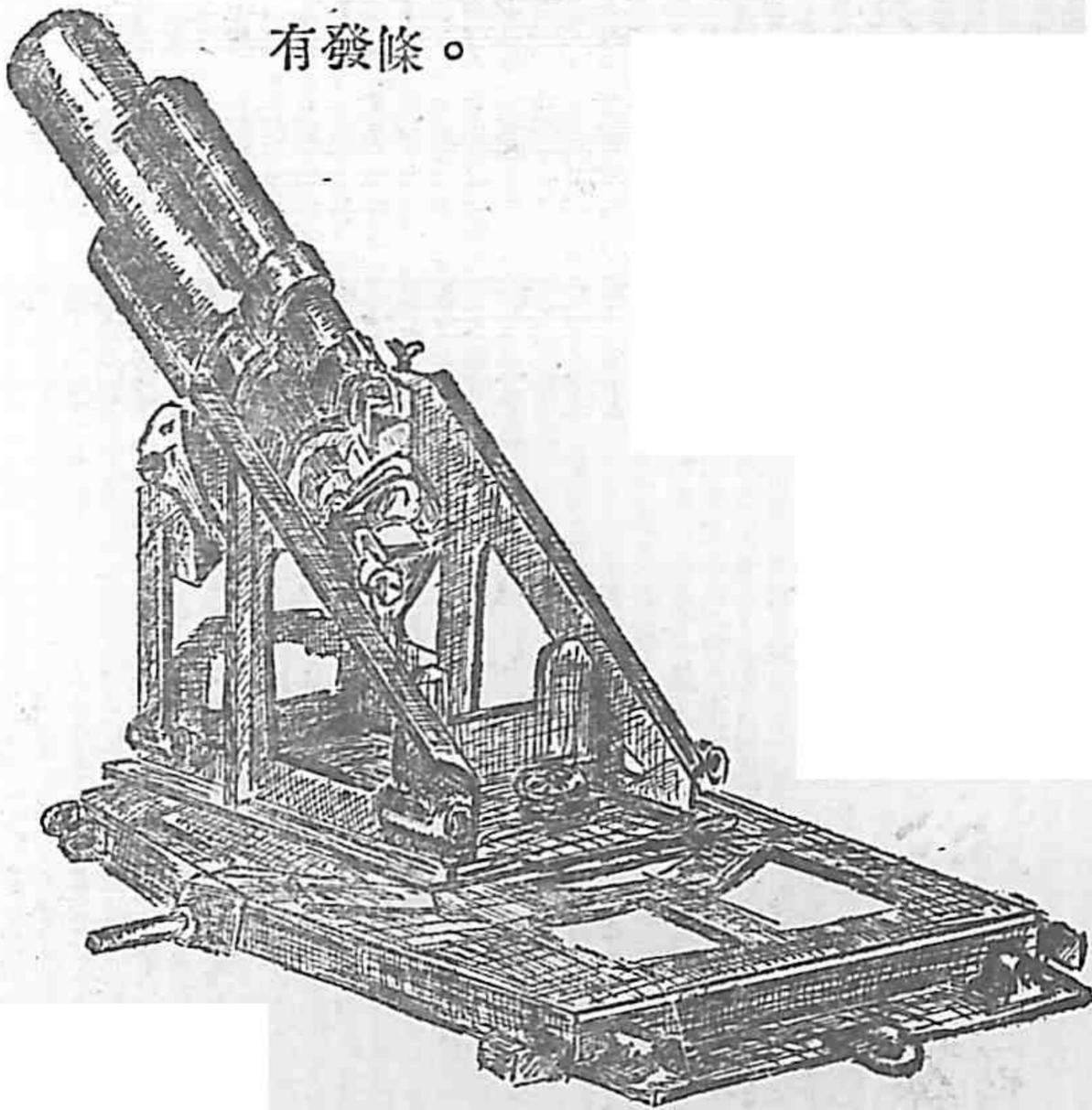
那從地上或艦艇放射的火箭炸彈呢？也有人以為這是砲

彈之類而非炸彈，然而其以自己噴射的反動而射去究不當屬之砲彈。此類的射程有遠近之分，後者又有輕便的與特別大而重者的分別。

短距離射程的輕者用在最前線像追擊砲彈。是個發射簡單的火箭，專以破壞殺傷為目的，那上文所講的信號用通信用照明用以及敵前上陸及登攀等用的都不在此話下。却說戰場最前線出現了追擊砲彈似的火箭炸彈將如何呢？這與向來的追擊砲一比較，便明瞭其優越有利。追擊砲雖說相當輕，中型以上的也各部重量有100公斤，斷不是一個兵士所能使得開，壕中船上的搬運也並不便捷。還不僅重，且相當占地方。既是砲，火藥在密閉的砲身裏爆炸，壓力甚大，為強度計砲身不能不厚，也就不能輕過一定的限度。又爆炸壓力作用於密閉砲身的尾栓而砲生反動，為要支住這反動又得有重笨的機構；因此全體的重量與體積相當大。而並且重量這麼大占地這麼大而彈中裝填火藥能多麼？又並不能的。何以故呢？彈在砲中從後受到爆炸的衝擊而射出的，所以彈殼也非相當厚不可，即其中所容火藥之量又非減不可了。近接戰爭在殺傷人馬，彈殼的碎片炸裂究少，不如多填火藥擴散開來，一時奪却多數人馬的戰鬥力為有利得多。戰術家於短兵戰不喜用步鎗而好用手榴彈就是這道理。現在所用的追擊砲重量規模具已極度減輕無可再減了，所以製出了這追擊火箭炸彈來代替追擊砲。

第十三圖 A 及 B

迫擊砲砲身內徑與火箭發射機發射管內徑俱是 150 公厘，因全體的大小大不同，所外貌就如此複雜，發射機多機畫得很大。迫擊砲的以特別將火箭發射麼輕巧單簡？發射管兩傍兩根圓筒是中空的，內中插有發條。



代替的結果如何呢？第一火箭炸彈反動不到發射裝置，後方無須有重笨的支撐機構。它的反動只作用於彈身與噴射瓦斯之間，發射管只有因為內面接着彈身而被吸引往前去的。第二沒有迫擊砲那樣須耐炸的厚而密閉的砲身，所以能够極輕：固然內部有燃燒室，劇烈的燃燒有著相當的壓力，而燃燒室外徑必小於砲身外徑，密閉砲身的炸力與火箭燃燒室的壓力迥非可比，所以若論厚薄是火箭要薄得多。這由於火箭炸彈可以燃燒至數秒或數十秒來徐徐加速，而砲彈則非在砲身中於百分之一秒乃至千分之幾秒的極短時間內一氣加速成為全速度不可。因之火箭炸彈雖有燃燒室而規模極小，又無外來的壓縮作用，而外殼能薄，換句話說，火箭炸彈比砲彈來得外殼輕而內容藥量大，為迫擊砲彈所求之不得的。並且發射機又輕巧，運動可以活潑，使用能够自由，一個兵士儘能運用之於戰壕之中，尤其到了山岳地帶越發能增大其機動力。

為參考計，鈔錄北平世界晚報（民國35年12月2日）關於美國及蘇聯的最近消息如下：

兩 種 火 箭 砲

巴作卡與卡秋沙

大戰期間發明的步兵重武器，火箭砲，在美名巴作卡，在蘇名卡秋沙。它們兼有迫擊砲和手榴彈之長，而無迫擊砲之笨重，及手榴彈之不能致遠，它全用電力操縱，砲身為空

管形，立，跪，坐，臥，各種姿勢，均可射擊自如，所用火箭砲彈，係高度性炸藥炸裂，故為防禦戰車，裝甲車，及攻擊碉堡與陣地之最有利武器。彈身重三四磅，在三十度射角下，能貫穿極厚的甲板。

這種砲，輕靈巧便是其長，而射擊欠準是其短。推原其故。蓋有四端：（一）火箭於發射後，開始時係以低速飛行，一反普通砲彈之以高速脫離砲口，是以其偏差實較普通火砲為大。（二）推進劑燃燒時，火力常不一致，故其衝力亦不一致，因之偏差愈增。（三）火箭尾部之推進劑燃燒而消耗後，其重量即漸偏在於裝有高爆藥之頭部，重心既然變動，彈道自然要受影響。（四）在推進劑燃燒完畢以前，火箭之飛行彈道為一種性質，及至推進劑燃燒完畢以後，其飛行彈道又另具一種性質。重二十磅之普通砲彈，彈着時亦重二十磅，但重五五磅之火箭，彈着時，即可能僅重二十五磅而已。故火箭砲彈之飛行，不能適用一般彈道之原理。有此四端。故火箭砲在這次大戰中雖經多次改良，其射擊依然未能臻於準確。

雖然，火箭砲彈輕巧靈便，且能發出強大之火力，故兼具有戰術上火力與運動之優點。蓋火箭頭部包含高爆藥，附以推進藥劑而成為一自動推進之砲彈。因火箭本身自有推進機構，故可消除普通火砲所不克避免之反坐及砲管炸裂或過熱諸問題。火箭砲之砲管，僅為瞄準桿而已，如以多數砲管合併製成，同時發射火箭，即成所謂複合火箭砲。美國今日

已有一種複合火箭砲，能於十二秒中，發射火箭砲彈二十四枚之多。故其射擊雖不準確，却是火力猛，射速高，大量集中使用時，洵為一種極厲害的步兵武器。

茲將美蘇兩強戰時所用火箭砲的構造和性能，根據手頭可得材料，加以介紹如下：

（一）美軍的巴作卡

吾人所熟悉之「巴作卡」，即美軍新頒之二，三六吋防戰車火箭砲操典（PM23——30）其新型火箭放射器（M9）為一溜腔，後裝，電氣點火，肩放之圓筒，諸元如左：

長六一吋，重一五磅，內口徑二，三六吋，射程，目標射五〇，三〇〇碼，面積射三〇〇，六五〇碼，最大射角四〇度。

M9式為美軍最新型火箭放射器，且為標準化者，除準具，把握，肩托，發火裝置均與舊式者略有不同外，其最顯著之特徵為雙管，攜帶時兩管可合為一。

火箭長二一，六吋，重三，四磅，練習時用練習火箭。

（二）蘇軍的卡秋沙

「卡秋沙」之傳說，為現有火箭砲中之最動人者，一九四二年史太林格勒保衛戰時，曾發揮偉大之成功，阻遏德軍前進，蘇軍此種機動之火箭砲，具有重砲之威力，火力強大，出沒無常，且具有極大之面積射效能，故德軍對之有「鬼炮」之稱。因「卡秋沙」信管改造之成功，業已實現火箭連發射之理想，兼之蘇軍集中射擊時貫珠之火箭發射聲，有如鳴琴，中常使用百門以上，故又有「史太林火風琴」之稱。

一般傳說，謂德軍之飛彈即係根據「卡秋沙」之原理而製造者。

「卡秋沙」為自動推進之火箭砲，應用機械以為砲彈裝填。普通置於戍重車或木架上，通以電流，則可自行發射，其放射器合併裝置時，有每次能齊放三十五發者。

「卡秋沙」之秘密，蘇軍尚未公布，其口徑經判明者約有下列數種：

七五公厘，射程五千三百公尺，每次可齊放三十五發。

七六公厘 射程六千至七千公尺，每次可齊放三十二發。

八〇公厘 射程不詳，每次可齊放四發。

八二公厘 同七五公厘。

一三〇公厘 一三二公厘 一三五公厘 射程九千公尺，每次可齊放十六發。

自從一九〇三年俄國科學家齊阿爾可夫斯基公布其「宇宙空間中之火箭」以來，科學的火箭學始告成立，火箭兵器在現階段雖尚有其不可避免之缺點，但因其機動性甚大，且可集中使用，射力猛烈，在兵器上所能產生之巨大變革，尚未可限量，故對其價值與效能，實有詳細研究與深切探討之必要。

軍事價值與缺點

火箭砲輕巧靈便，且能發出強大之火力，故具有戰術上火力與運動之優點，火箭頭部包含高爆藥，附以推進藥室，即成為一自動推進之砲彈，因火箭本身自有推進機構，故可消除普遍火砲所不克避免之反坐以及砲管炸裂或過熱問題。

火箭砲之砲管僅爲瞄準杆而已，如以多數砲管合併裝置，同時發射火箭，且可達成火力迅速而且猛烈之戰術要求，其射速之高，爲任何砲所不及。

此次大戰中，火箭砲雖屢經改進，但火箭之發射仍欠準確。其原因蓋由於：（一）火箭於發射後，開始時係以低速飛行，一反普通砲彈之以高速脫離砲口，是以其偏差較大於火砲。（二）推進劑燃完時不能一致，故其衝力亦不一致，偏差仍不能免，（三）火箭尾部之推進劑燃燒而消耗後，其重量乃漸偏於裝有高爆藥之頭部，因重心變動，故影響於彈道。（四）在推進劑燃燒完畢以前，火箭之飛行彈道爲一種性質，及至推進劑燃燒畢以後，其飛行彈道遂另具一種性質，故火箭之飛行，不能應用一般彈道之原理，重二〇磅之普通砲彈，彈着時亦重二〇磅，五五磅之火箭，彈着時則可能僅重二五磅而已。

（甲）巴作卡吾人所熟悉之（巴作卡）即美軍新頒之二，三六吋防戰車火箭砲操典（pm23—30）其新型火箭發射器（m9）爲一滑腔，後裝，電氣點火，肩放之圓筒諸元如左：

長	六一吋	面積射，三〇〇，六五〇碼
重	一五磅	最大射角 四〇度
內口徑	二，三六吋	m9 式爲美軍最新型火箭發射器，且爲標準化者，除準
射程：		星，握把，肩托，發火裝置
目標射	五〇，三〇〇碼	

均與舊式者略有不同外，其最顯著之特徵為雙管，攜帶時兩管可合為一。

火箭長二一，六呎，重三，四吋，練習時用練習火箭。

(乙)卡秋沙「卡秋沙」之傳說 為現有火箭砲中之最動人者，一九四二年史大林格勒，保衛戰時，曾發揮偉大之威力，阻遏德軍前進，蘇軍此種機動之火箭砲，具有重砲之威力，火力強大，出沒無常，且具有極大之面積射效能，故德軍對之有「鬼砲」之稱。因「卡秋沙」信管改造之成功，業已實現火箭連發射之理想，兼之蘇軍集中射擊時，常使用百門以上，貫珠之火箭發射聲，有如鳴琴，故又有「史大林大風琴」之稱。一般傳說，謂德軍之飛彈即係根據「卡秋沙」之原理而製造者。

「卡秋沙」為自動推進之火箭砲，應用機械以為砲彈裝填。普通置於載重車或木架上，通以電流，則可自行發射，其放射器合併裝置時，有每次能齊放三十五發者。

「卡秋沙」之秘密，蘇軍尚未公佈，其口徑經判明者約有下列數種：

七五公釐；射程五千三百公尺，每次可齊放三十五發。

七六公厘；射程六千至七千公尺，每次可齊放三十二發。

八〇公厘；射程不詳，每次可齊放四發。

八二公厘，同七五公厘。

一三〇公厘，一三二公厘，一三五公厘射程九千公尺；

每次可齊放六十發。

(丙) 德軍之火箭砲 德國使用之火箭砲中其口徑經判明者計有下列八種：

(1) 七〇公厘；突尼斯一役中，德軍曾用以發射宣傳小冊，七〇公厘火箭砲似專為放射紙彈而設計者。

(2) 八六公厘，八六公釐火箭砲，德軍似僅用於德國本土上之防空，火箭附有一長一百公尺之鋼纜，繫以降落傘，火箭上升至高空時，降落傘即行張開，支持鋼纜，作為空中阻塞之用。

(3) 八八公厘，八八公厘火箭砲與美軍之「巴作卡」約略相似，其放射器略如「巴作卡」，但放射時則置於特製之砲架。「巴作卡」為電氣點火，八八公厘火箭砲則為擊發。

(4) 一五〇公厘，一五〇公厘火箭砲可放射高爆炸及煙幕彈，其放射器為六筒之十五公分火箭砲(四一式)或十筒之十五公分穿甲火箭砲(四二式)發射時可用電氣點火或利用信管及有如手榴彈之拉火線，德軍之一五〇公厘溜彈砲(一式)亦可發射火箭彈。

(5) 二一〇公厘；二一〇公厘火箭砲之外表，與一般砲彈極為相似，放射器為二一〇公厘火箭放射器(四二式)亦可自飛機上放射。射程據報告可達一萬公尺，為德軍火箭砲中之射程最大者，現盟軍所遭遇之二一〇公厘火箭砲之砲彈，皆為高度爆炸性質者。

(6) 二八〇公厘；二八〇公厘火箭砲所用砲彈亦為高

性質，可自裝盛火箭之火箭籃放射。此等射籃常置於壕溝及塹壕之傾斜面；或使用木製或鋼製之重放射架，支持發射，射程約二，四〇〇公尺

(7) 三〇〇公厘，此為高爆性質火箭砲彈最大者，有流線型之外表，故較二八〇公厘及三二〇公厘火箭砲彈為佳，所用推進劑之比例亦特高，故其射程亦較二八〇公厘者為大，可自其裝盛火箭之籃或三〇〇公厘火箭放射器（四二式）放射，其貫澈力小，且彈殼過薄，不足以發揮有力之破片，故主要為利用其猛烈之爆炸力以為爆破或人馬殺傷之用。

(8) 三三〇公厘；三二〇公厘火箭砲實際上為一種火箭燃燒彈，重一七六磅，射程約二，四〇〇公尺，自六筒之重放射架上放射。

火箭砲之將來

原子彈之使用，結束了第二次世界大戰，而原子能之發展，則已促使兵器進入於革命性的新階段，火箭砲之推進劑及爆炸劑均改用原子能，乃引起軍事科學家之極大興趣，此種研究，美蘇兩國皆已積極進行，預料四五年，原子火箭砲即可出現於世界。

在機動力增大的點上，火箭炸彈發射機足可驅逐迫擊砲。就不甚在乎機動力而但求砲擊效果，那又有大型炸彈的噴射發射法。這就是特別大的迫擊火箭炸彈，其大與現在飛機投擲的大炸彈一般或者還大。如有需要時當有外形完全無異

炸彈而直徑至一公尺者。此與飛機擲下的不同，發射裝置不必露眼，也無須運此巨重上高空的大飛機；實為可以完全省却大型轟炸機的新戰法。當然用在近於前線，發射地位終不免為敵人所覺察，必須迅速移動以避敵彈的集中；可是本來為攻擊就得搬運，不會移動不了的。火箭炸彈的彈量本來特別大——竟有超過 1 噸的——發射這樣大彈如用重砲，單這重砲就得數百噸。雖說現在野戰的搬運機動力如何進步，這麼重的重砲當然也不容易自由驅使；則代之以火箭炸彈的發射機。火箭炸彈那怕是一噸重乃至兩噸三噸以上的重，發射機總不過 2 噸左右，也還有更輕減的可能性。這就普通的載重汽車也足能如意地迅速搬移；武器能像這樣的變更為有利的條件的是不大有的。當然不能簡便到就裝在汽車上隨便發放；發放時多少有一點衝擊便算汽車能禁得住，那噴出來的熱瓦斯是沒法防的，這些問題不是容易解決的。可是每次發放必從汽車上搬下來也只是兩噸左右，究竟好辦。

再談發射機的構造與性能；機構極其簡單，一個台上安兩根滾子，火箭炸彈就直接放在滾子上。滾子由球軸支起，用電動機使其向同一方向轉動；火箭炸彈就順著它自身的中軸旋轉起來。只須馬力極小的電動機，像汽車裏發電機發的那麼點兒的電源便够事。彈體旋轉到一分鐘有幾千轉時，就使它保持這旋轉數而點之以火；於是火箭炸彈便開始噴射瓦斯，同時前進而增加速度，離却滾子向空飛去。所大可注目研究的是此時所用火箭炸彈竟沒有定向翼，有翼的火箭離却

發射機的瞬間若非進速度相當大，定向翼的效果是很薄弱的；因為沒有相當大速度的空氣來衝它，就不生校正翼面之力。而火箭炸彈離開發射機的瞬間速度小時便前進方向不正確，不循豫定的航道走。那麼為使定向翼完成其功效，這火箭須何等樣的初速呢？此其數值當然要看定向翼的大小，從迫擊砲彈速只須每秒 300 公尺光景看來，火箭的定向翼着實可以比迫擊砲彈做得大，大致有秒速 200 公尺便可以了罷。可是小型火箭倒還沒有甚麼，重到 1 噸以上的要賦以 200 公尺的初速不是容易事。

其法必須加長發射機的火箭滑進路，或則使其一時猛炸一般的大噴極多量的瓦斯，又或仍用砲火來炸放。這麼可就鬧倒車了，火箭炸彈仍復返回到重砲來了，作最前線兵器用，很難實現了，因此索性不用定向翼而用旋轉式發射。

旋轉體便性質上無關乎進行的速度而彈軸有定，可以不受初速必須大到一定程度的拘束。於是發射既簡便，命中率又得良好。再，旋轉式發射的火箭發放時，不宜使其水平飛去，須望高有個仰角，庶放出後尾不觸地。如此放射，初速可以小，還能免得噴進用瓦斯的浪費。

下面的表是看 1 噸重的旋轉式火箭炸彈所達到的射程如何的：但作彈量 1 噸，燃料 100 公斤，初重 1100 公斤計算，又放射仰角 45° ，飛翔速度每秒 2000 公尺。

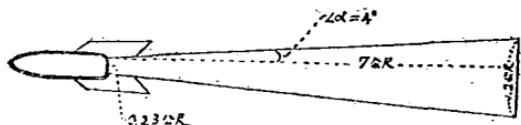
噴出量 每秒 斤	燃燒時間 單位秒	最高射高 單位公尺	射程 單位公尺
10	10	255	1650
20	5	595	1830
40	$2\frac{1}{2}$	760	1840
60	$1\frac{2}{3}$	820	1850
80	$1\frac{1}{4}$	845	1860
100	1	865	1870
200	$\frac{1}{2}$	895	1850
300	$\frac{2}{3}$	905	1860
500	$\frac{1}{5}$	920	1860
1000	$\frac{1}{10}$	925	1860
1500	$\frac{1}{15}$	925	1860
2000	$\frac{1}{20}$	930	1860
3000	$\frac{1}{30}$	930	1870

據上表，簡單輕便而載重汽車便能搬運的發射機射出 1 噸重的炸彈來，可以水平飛至 1600—1800 公尺，雖沒有算上空氣的抵抗，扣實算 1200 公尺是的確可達的。又表中所見，以每秒 10 公斤內外的噴出量可以射出 1 噸重的火箭炸彈，並不是架空的推算，實現並不困難的。

再假定發射個有定向翼而不旋轉的火箭炸彈當如何？我們也來計算一下以資參考：

條件仍舊，彈量 1 噸，噴藥 100 公斤，初重 1100 公斤。除了發射裝置的滑進路長 5 公尺之外別無變化。發出時速度

每秒200公尺，則噴出瓦斯量應當每秒2200公斤；燃燒如此龐大的燃燒瓦斯，上述的火箭燃燒室先就辦不了。便算燃料只有100公斤，所以只燒得0.045秒鐘便完了；可在0.045秒裏燒完100公斤的燃料，使其噴出速度每秒得2000公尺的話，概算燃燒室的壓力當為570氣壓。這也姑且作為可對付，硬要在炸彈中伸出個噴射管來勉強噴射瓦斯時，這噴射管的喉部內徑須要23公分，這尺寸在彈量1噸的火箭內部就太大了。這又不去管它，喉部既如此，這噴射管的後端出口的内徑尤須1.2公尺了。



第十四圖

噴射管喉部為0.23公尺，後端噴出口為1.2公尺，故噴射管全長約有出口為1.2公尺，噴射管全長約有7公尺。本來只是1公斤的火箭，彈體要2公尺內外長，那噴射管須當彈體3倍以上長了。

照這圖上看來，噴射管倒占了大部分；絕對不是能實用的，竟是種怪物。彈體先就怪得如此，那放射它的發射機也非怪長大不可，而搬運隱蔽都不好辦了；而且在極短時間內噴那麼大量的火藥，危險莫甚，單只炸音的影響就甚大。

這等說來，要以火箭自身的噴射力來加其初速以使定向其發生效力的大型炸彈是竟直不可能的事。於是又有用雨傘

式發射機來發射有定向翼的火箭大炸彈之法。那發射機向中
“火箭去，裝登如何
在不去使它，其初相當的。裝登重量皆免不了複雜龐
大，終不過知向提發射而自費苦心於發射裝置罷了。

經驗到此，說明了旋轉式的火箭大炸彈是何等的優秀。
可以低初速來發射，方向安定而命中率好，發射機的重量體
積都小，火箭構造也毫無勉強，射程無寧還增大了。再還可
以安一個安定旋轉(Gyror)的裝置，不過以兵器論，裝置於
炸彈之中，機構太複雜，不能大量製造，而且底重加大了
怕不能操作第一線用的兵器罷。

以上所說是迫擊砲及由迫擊砲發展出來的應用火箭而為
近程砲擊的戰備與其兵器的新意匠。而還有與此同種而異樣
的一分野。就是以遠射為目的的火箭。這方是火箭的實本領
，性能上影響於國防者甚重且大，最近各國戰略都因此而
大變。

此次歐戰將近末期的時候，英京倫敦忽然連遭德國炸彈
V-1及V-2的兩下，我們只在報紙上看見，心目中想象，
猜論它的性能而已；究竟如何終於不明。（在別項附有想圖
圖請參照）。這V-1及V-2 雖為應用火箭的炸彈，也就是
現在所談遠射火箭炸彈的一種。

要說明這種遠射火箭炸彈，也用遠射重砲及飛機投彈來
做比較為便於了解。歐洲用遠射砲，在前次大戰有攻擊巴黎
的射程128 公里者與此次大戰所得射程350 公里者，其他未

有所聞。射程128公里的砲徑21公分，彈量僅91~120公斤，所帶炸藥僅20公斤內外。所以威力不甚大，還是精神上的效果而已。而發射這較小的砲彈，砲的規模却非常之大，單單砲身重量就，182噸，砲架重量還有227噸，合計409噸；並且安置工程一個臺就重272噸，安置工程需時至一個月；加之以安置的地盤非鑿還不可，地盤軟弱就不能安，要到發射的階段且得苦心。如此苦心的結果可以發射了，發射的只是120公斤的砲彈到128公里遠；砲身之長35公尺，全重量681噸的巨砲，用的火藥要195公斤。

代之以火箭如何呢？火箭彈的射程是700~1000公里，再更加多也平常事。假令其到達敵地時的重量為200公斤，便可以裝填炸藥到100公斤，得遠射砲5倍或6倍的射擊。而其發射裝置用上又所說的旋轉式火箭的話，諸位都已明白總不過幾噸重。此外添上發射裝置的重量也加不到10噸。比之遠射砲不過 $\frac{1}{2}$ 至多也只 $\frac{1}{10}$ 而已；這不僅稱便，實為國防上的一大變革！其所以有如此「差者」：第一，火箭的發射全無大砲那樣的反動力作用；第二，彈體受的空气或在火箭是順理的，在砲彈則非常不利；第三，火箭彈的加速是十秒，數十秒乃至數分鐘裏漸漸加起來的，砲彈則一瞬間，即幾百分之一秒裏就加足；其結果砲腔內的壓力甚大，砲身砲彈皆非厚不可。略說其理如下：

第一反動力的有無：火箭發射機受不到反動而可以輕巧，大砲須當甚大的反動力，若非巨重便會後退，其速度距離

均不在小，這是大家知道的。從上文所見巨砲的數字計算起來，大砲本身的重量非極其龐大不可，而火箭的運動量是與噴射瓦斯交換來的，發射裝置沒有反動力可受，不像大砲，全然用不着加重，這便是火箭發射機可以輕巧的理由。

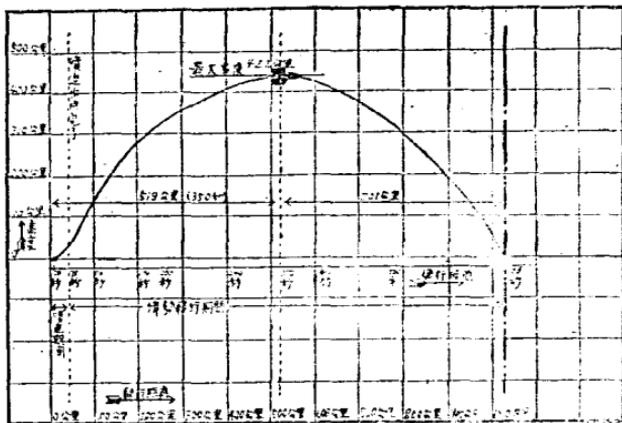
第二空氣的抵抗：火箭受空氣的抵抗方法不同，其在近接地面的濃厚空氣中飛得較緩，在高空的稀薄空氣中方加快來，直到差不多真空裏乃大出速度。凡進行物體所受空氣抵抗以其速度的2乘3乘或6乘為比例，且與空氣的密度成正比。從這上看來，火箭的加速對於空氣抵抗可謂最得其妙。遠砲的砲彈在空氣密度最大的氣底裏即地面上時速度非極大不可，而到了空氣稀薄的高處便速度低減，其對付空氣抵抗適為最劣。因此，為了克勝空氣抵抗所需之力，即減殺其運動勢力，亦就減少其現存速度，而射程便由是而縮小了；火箭則用於對付空氣抵抗之力甚輕微，故其射程能伸以遠。

第三彈體的加速：砲之加速全在瞬間完成，因使砲身內腔的壓力達於4000氣壓之高，故彈底及外殼皆須極厚纔能禁得住，而彈量中的炸藥量便不得不小至非常；火箭則外面不受任何壓力，燃燒室的壓力也不過30~200氣壓，且在短時間消費的噴進劑也並不太多，燃燒室的容積不大，殼也不必厚，所燃燒室本身的重量並不大，雖中藏噴進裝置而炸藥量比例於彈量着實不小。再則砲身內有高壓下的高溫度及化學反應，故有醜態的燒蝕等事發生，例如射程128公里的砲每一發射使砲身內管經過一次旋割，砲彈亦須每發不同其外徑，砲身的壽命甚短。

只 50 發已非棄置不可，火箭發射機就全無此等問題。

不獨火箭自身的威力大，發射機又輕，所以運用於第一線上或是隱蔽或是避難皆能迅捷自在，可免敵彈集中或被敵機發見而炸擊，這種遠擊用的火箭有定向翼之外還可以加上可動翼而用自動操縱之法。先不講裝有自動操縱裝置的，就是普通的遠射用火箭炸彈，其命中率如何？射程 128 公里的遠射砲 303 發之中只有 183 發打中了巴黎市內，其餘的 120 發全都落在市外了；火箭炸彈便雖能中得多，射程 1000 公里者使其命中直徑 20 公里的地域內是極容易事。在上文也說到過，這就為火箭炸彈飛經不受空氣抵抗的真空彈道的時間要比砲彈長久得多。如果自動操縱的裝置完成，那大都會的防衛必定要比現在困難得多；因為從 2000 公里外遠處可以放射命中率良好的長距離火箭炸彈來轟炸了。這與飛機帶來的炸彈不同，沒有發見飛機的預告便以猛烈的速度從天空接連地雨一般下來，連中途邀擊都沒法，在國防戰略上非引起根本大改革不可了。

下面這圖是德國前火箭協會長內倍爾 (Rudolf Nebel) 所發表一個用液體燃料的火箭例。就這圖來計算其彈道當有興趣，現在且從略。要其地表上升至 12 公里高處之間用分弧法，既達 12 公里高以後竟照空航道算，及至燃料燒盡以後便完全與通常砲彈的彈道一樣算好了。



100公里層火箭

最大速度 每小時2,600公里 燃料燃燒時間 75分
 總重量 5600公斤 全器到時間 12分

第十 五 圖

這樣的大火箭到底噴進力也大，裝備的燃料也多，其燃料槽及供給氧氣料的貯藏槽容積重量皆得相當大。所以大半的噴射瓦斯既經噴出之後，這一些空裝置老得帶着飛去，在重量及空氣抵抗方面，未免太不經濟。於是有個法子：當燃燒終了時可以使其抖掉這些空裝置，輕身飛去。這法子稍加研究便可辦到，並不煩難；可能的話，不單貯藏槽，連噴射管都抖脫了去。

問題在飛彈的彈量，只要保持其炸藥的炸彈本身飛遠去便好。

因此，想到不用一個燃燒室而做成兩套，第一套噴射完畢時便連燃料槽及噴射管都抖脫，第二套就接着來燃燒。

這方法已經供諸實用了。尋常總以為噴射裝置多出一倍來，其實倒是比帶着不用的裝置飛來得合算：隨時棄其無用的部分而再往前噴射推進，這所謂「抱子火箭」，射程增大了許多；於是又做成三套四套的「抱孫火箭」，我們上文名之為接力火箭，亦已見於實用

這種分套的火箭又有種種的式樣，不過唯一可慮的是節節摔脫時那緊要的头部分飛向很容易走動改變。對於裝置加之細心也不至成為大問題，可是以命中率良好為生命的這種用途上看來，總以避免為上策。若上文所講的超高空觀測用的



第十六圖

如以本體為主則孫子負著父親而飛，只有兩節的話，是兒子負著父親飛去；祖父最小，孫子非最大最強不可；如以大小為主則祖父背了兒孫飛，末了是孫子去達成最後的目的；怎麼看法都行。

從地上垂直射上去用，就沒有多大危險了。

第七 火箭砲彈

這種特稱為火箭砲彈，以用於前節的火箭炸彈，乃是用普通砲來放射，而發射當時完全與普通砲彈無異，待既放出之後，在前進中途纔開始噴射作用，由砲彈一變而為火箭的。目的當然在增大射速，伸長射程，使其命中時速度特大，以強大貫徹之力。仔細研究計算，可以遇到許多數字見到它的力量意外之大，現在且從省略罷，利用最大的方面不用說

得在替代。距離砲彈，無須像上文所見那樣怪物似的大砲便能簡單放射。射出相當距離之後方開始噴射，所以又省了防避噴射瓦斯等的設備，比別種火箭更便。放射容易，尤為應用火箭之中獨稱擅場。不過前節也曾說到，火砲的發射於砲身腔內，於彈丸外殼都有相當的衝擊，非絕對保強不可，便算砲身無問題，這火箭彈的製造須要十分注意此點。本來火箭彈裝的炸藥遠比砲彈多，可是在這一點上火箭砲彈豈得靠近普通砲彈，尤其是發射衝擊對於其尾部的噴射管外口在一瞬間加之莫大的炸壓，這在製造技術上實有相當的困難。不過各國像都已得到解決的方法，此次大戰場上已見到相當不少火箭砲彈的往來酬酢了。

又不獨利用其遠，並利其快，尤於須要猛烈速度的攻擊坦克車時用之，大收其效。又或用之於飛機上載的速射砲以攻擊地上，於收得神經戰效果之外，實在發揮其貫徹力，並於命中之後還有燒夷彈的效果。

海軍也用來增大了貫徹裝甲之力而引起了問題，因為這不單是射程的增遠，實在在艦隊的戰術上非加改變不可了。艦船的放砲往往須要曳光彈的時候比在陸上放砲多，所以又用這火箭砲彈來替代，甚為得用。只是發射之後無幾就顯露出太明白的彈道來是其缺陷。

第八 火箭空雷快艇

陸上有了代替迫擊砲的火箭炸彈，海上也有應用火箭的

火箭空雷。各國海戰都採用小快艇載大魚雷以襲擊巨艦，射之必中；現在又用火箭炸彈來替代魚雷了，於是乎有火箭空雷快艇的出現。火箭的發射裝置全無反動力作用，所以小艇發放大雷，並無顛覆之虞。火箭速度在尋常魚雷的五倍以上，命中率又非常良好。魚雷的航跡顯著，雖相當巨艦也能先行躲避，火箭炸彈絕對不與人以猶豫時間。但有一點不如魚雷，魚雷入水，保持其一定深度而前進，所以能向目標突進而無上下偏。空雷與火箭則在發射之初非推算其上下瞄準不可。左右的瞄準則因速度與並無航跡而不至有失，要須有瞄準問題。硬算簡單看來斷說魚雷的命中較差罷，可是魚雷的命中點在吃水線以下或一定深處是受有指定的，所以中在敵艦的前部或尾部都有相當效果，則斷定就不一定能那麼簡單。不過火箭比魚雷射得着實要遠，不單是打敵艦的側面，還可以從頂上落下去。其貫徹力也比魚雷相當大，勝過魚雷之處亦復不少，因此大致的結論總還是空雷快艇比魚雷艇強。現在對於火箭空雷的改良進步已有若干的方案，可以使空雷飛到一定距離的時候近在敵艦面前忽然落入水中，以後便同魚雷一樣保持一定深度而突進。這種改造還並不為技術上的困難。由是而得命中率甚大，且盡棄二者所短而兼具二者所長的效果，在水雷戰術未見大改革以前，此種研究必定日益深造去的。這種折衷改造的方案中，當然要議論到的，落入水中之後的推進方法還是用向來的魚雷式子好呢，還是仍用噴流推進式好？現在總還是主張後一法的占優勢。魚雷向一

大缺點在航跡顯明，而火箭空雷非獨水上，即其以並在空中也很明顯，入水以後尤以噴射瓦斯的猛烈發散而航跡非常顯明；然而好在速度太大，這些都也不在乎了。總之此種火箭空雷快艇的作用全仗着速度的非常大，其餘則不乏尚待研究的問題。

第九 射送飛機的火箭裝置

現在普通飛機的起飛雖因各種飛機性能而略有異同，總必須有一定長的滑走路，不僅為急遽飛上高空，為得完全浮力也必須及早得到速度，尤其是載重過大時且不易得到浮力。全武裝的重轟炸機，滿裝燃料的遠行飛機，往往普通的推進器不足以起飛。即便小巧能急遽上昇的，若從極狹的場了，或是艦船上的 Catapult，或是大建築的屋頂上起飛，便非常之難。於是在推進機之外添設火箭噴射的推進裝置以加大其出發速度來達成目的，就是發射飛機的火箭裝置。

據傳說德國曾用火箭裝置噴射了 10~20 秒的爆炸火藥補助了重轟炸機的起飛。試取其實例；重 1700 公斤，時速 530 公里的一機裝了噴流推進機噴射了 90 秒鐘；此機單是普通推進機時須 8 分鐘方達到 6700 公尺高，如今因雙方合力只 86 秒鐘就達到那高了。所添裝的噴射裝置全重量為 430 公斤，燃料及其他噴進劑於中占 337 公斤，固定裝置實重 925 公斤。再詳舉其各項數字如下：

燃燒時用	90 秒	推進反動力	1000 公斤
------	------	-------	---------

燃燒槽重(不計內容)	10公斤	氧氣槽重(不計內容)	20公斤
空氣槽重(不計內容)	52公斤	燃料室噴射管重	10.5公斤
燃料油	75公斤	液狀氧	230公斤
壓縮氮	32公斤		

此機出發時全重量 1700 公斤之上約加¹/₄的重量 480 公斤合計 2180 公斤；如無噴射裝置須 8 分鐘方達 6700 公尺高，而現在只須 1 分 26 秒鐘，其到此以前途中已消費燃料等 337 公斤的重量。雖其既達此高以後增加 90 公斤的添裝重量為徒然，然而急速上升已足補償其不利而有餘。再說另一個例，假如敵機來襲而防衛都市的戰鬥機必須急速上升高空去迎擊敵機時，既得浮力達到高空之後，不妨將這添加的 90 公斤中途掙脫，以輕身作戰較得戰鬥之力，為急速上升計允宜添此裝置。即長距離重轟炸機為得浮力而添此裝置，既得浮力之後，當然也可掙脫了去，庶輕其負擔。這掙脫之法可以用落下傘之類，構造並不煩難。

次再設想重炸機從特設航空母艦的 Catapult 上起飛，用火藥噴射助推進，作一計算：Catapult 的有效滑進路長 60 公尺，重炸機重量 50 噸，噴進瓦斯速度每秒 2200 公尺，噴射時間 2.4 秒，飛機出發的初速須每秒 50 公尺的話，須火藥 1.11 噸。每秒 50 公尺的初速雖是瞬間的衝擊，在體力靈秀積有訓練的乘機員是可以受得了的，採用這數字時，飛機後方裝噴射裝置 20 個，每個以每秒 23.8 公斤的比例噴射 57 公斤的火藥更可，實現極其容易。再如有效滑進路

有 100 公尺長，初速只須每秒 30 公尺的話，噴射瓦斯每秒 103 公斤噴射時間 6.66 秒，噴射用火藥全量 686 公斤便行；而最高加速也只須前例的半數，非常輕鬆了。此時假定用 10 個噴射裝置，則每個每秒只噴 10.23 公斤就行了，這實現是甚為容易的。

● 實現如此容易的改造，誰都想到各國兵艦上無不採用的了；此其影響於將來的國際戰術當甚大——應用火箭於兵器必使今後的戰法越加激烈是無疑的。

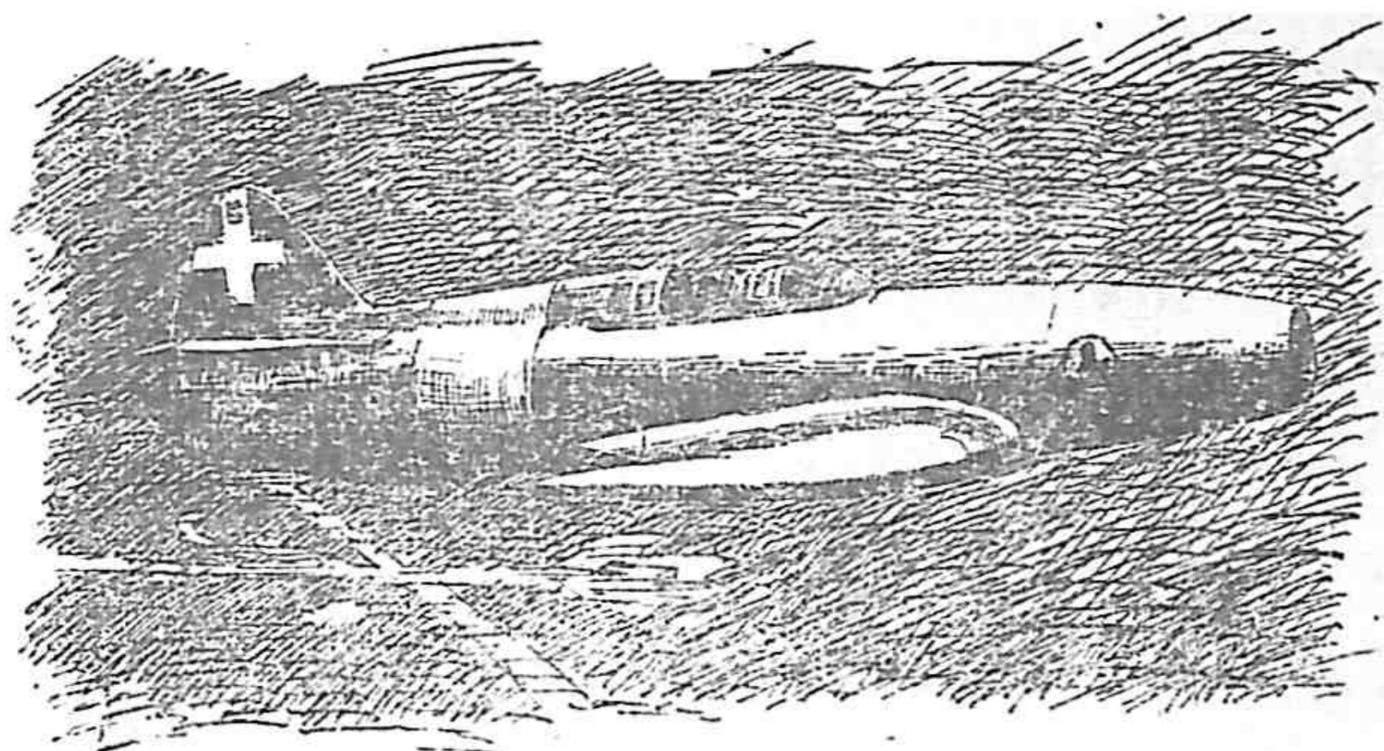
第十 火箭飛機

最早的是 1931 年意大利初次試飛告成的所謂噴流式飛機；後來德法都造成應用火箭的所謂火箭飛機，達到相當的成功。

向來的飛機是用內燃機來旋轉攪翼以為推進的，這火箭飛機原指不用這樣的機構而以火箭為推進的飛機；可以說是火箭加了翼來取浮力，設坐位以居駕駛的人，調節着噴射瓦斯而飛駛的。可是以前所計劃的都於燃燒所需之氧不從仰之於有限的貯藏槽所貯若液狀氧之類，而於機體前端開一大口來受納空氣以供燃燒。因之機構有與前此所說不同的部分出現，須有受納空氣口來代去貯氧槽，須有壓縮這空氣而送之燃燒室的送風機。此種計劃別有其特徵，從前方迎面而來的空氣有受納口來接住，所以這一路的空氣抵抗有一部分反被利用來增加噴射的壓力；吸入的空氣由送風機

來加之壓縮，再注少重量的燃料於燃燒室使其燃燒溫度較低，約為 500°C 以加大其壓力，然後並變這壓力的勢力與熱的熱力俱為燃燒瓦斯的噴射速度。

第十七圖



意大利卡比尼 (Capini) 式火箭飛機，姿態誠屬漂亮，却並無可怕的威力，只是飛得很好，為火箭界一大收穫，在這一點上是值得稱讚的。

送風機本來效率不是很大的，再要保持燃燒室內的溫度在 500°C 左右，勢不能多燒燃料，遂使此種火箭飛機的性能不得很偉大，比之現用飛機能力很差。此其原因由於一般火箭都不甚於考究其燃燒室的壽命，而飛機則燃燒室的燒損實為大問題，技術上經濟上都不容輕易換一個燃燒室，所以能得燃燒室有耐熱性，方能改進飛機的性能。第一回的作品總算不錯，時速有 209 公里，試驗速度而得此要算成功的了。試飛評質須計算到此試作機當設計之時絲毫無勉強之處，

技術上也毫無冒冷的地方的。現在臆列出此機的大致機構以資參考：

轉動送風機所用發動機	800 馬力
送風機（各用旋轉翅16枚）	3 架
送風速度	每小時600 公里即每秒167 公尺
燃燒室的加熱溫度	500°C
噴流速度	每小時2000公里即每秒555 公尺
翼面積	30平方公尺
翼負重	每平方公尺150 公斤
全裝備重量	4500公斤
計畫速度	地上每小時700 公里
高度10000公尺高	每小時1000 公里

此機出現，全世界纔知道火箭飛機確能實用，其貢獻於飛機界至非淺鮮。用此裝置來補助成層圈或更高的高空飛機之飛行於空氣中或其離陸着陸，則瓦斯的排出口與火箭機開的噴射口還可一兼兩用，將來的發展大有可期。不過局限於空氣中的飛行雖能達到速時1000公里以上，究竟送風機及轉動送風機的發動機效率不甚大，燃料的消費量一定要大的。如果今後的研究能使用於送風機的部分能够機構簡單性能優秀一點的話，一定會被採用為專用於空氣中的飛機了。只是外效率還得提高，燃燒溫度也得提高來。今日看來，總覺空氣壓縮機或送風機效率不佳，故障及其他的對付不易，即如重油機關，用空氣壓縮機的空氣噴射式者今已不見於實用，只有真

正必須壓縮空氣的地方纔用到它，也就爲的是用空氣壓縮機多麻煩，使得機構複雜，並且占空間太大，這道理是一樣的。

第十一 航行成層圈及宇宙用的火箭

火箭的第一特徵在「不必在大氣中有飛翔力」，這一重性能實產生了這種火箭，要飛到超高空，豈但如此，竟要飛向地球圈外，發揮其飛行宇宙的可能性。

大氣中的飛翔，因速度之增而空氣抵抗的增加率甚大，飛機爲欲增大速度儘管添加其發動機的馬力，其所加的大部分多耗於對付空氣的抵抗而加於飛速者至爲微少，到了一定速度之後便不能再望增加了。這但看從高空落下來的雨滴便可悟其理。其在初期確有加速度而及至將到地面時便皆成等速度了。如果單爲這一理由呢，彈丸還能每秒射1600公尺，飛機當然也能達到相當的速度，無如所需的燃料算大，經濟上不能所局限，這空氣的存在實有以阻止高速度飛機而使其不能實現。有空氣的地方又不僅是風雨雲霧冰雪，還有雷電相當爲碍，在空氣裏這一條件實爲定期長距離飛行的一大障礙。以交通輸運的工具論，一開一到的時刻務求正確，速度尤必求大，則當然想到沒有氣象變化沒有空氣抵抗的地方去飛。再就不論經濟的困難與否，例如專用機必須有高速度或超長距離的能力時將如何呢？若仍用現在的攪風翼推進式，還是不能超過時速1000公里秒速270公尺以上，其理由又別有在。飛機速

度近於每秒270公尺時，觸着翼尖的空气應該轉到翼後面來反撥的，撥不着翼面了，攪風翼早出空轉的現象來，不復作推進的作用了。這現象已經超高速現象攝影機攝出影來証實過的。空气的存在只有這樣種種作梗而沒有用處，則不如沒有它的好。於是有了真空中飛行的要求，而火箭飛機誕生成長，是為航行成層及宇宙之火箭機。在攪風推進式飛機時速不出1000公里而火箭正相反，可以時速至於54000公里而噴射裝置的全效率還比現用飛機全效率加至35%；不必真空中，即極稀薄的空气中，這超高速度的火箭飛機所能貢獻於交通輸運者已就不可計量了。

儘管是這樣可以給人類以莫大幸福的火箭飛機也不能一躍便跳入真空圈裏，加速度先須顧慮到人體能否禁受。單是到極稀薄空气圈去打個來回就且不是容易事。所以還得回頭來討論這飛向成層圈以上去的飛機在下層大氣層內怎樣航行法，即其上層飛行與下層飛行的連環性非先研究明白不可。據航空生理學方面十幾年來實驗的結果，體力最優秀的空軍將校對於略當重力七倍半的加速度勉得禁受，過此以上便內臟或腦要發生障礙了。如照此條件計算，達到成層圈下底即10公里高處，其最終速度為每秒632公尺，所需時間為32秒。這可不是普通人所能受的，須着實放低來，將最大加速度打個對折，庶幾婦人也能禁耐，則最終速度每秒316公尺須時間約1分鐘。

這計算是用的真空中的算式，乃是直上雲霄的算法，實際

上空氣有抵抗，必為斜上，故所需時間應作2分半計算方可。

本來目的在長距離的飛行，則燃燒之料極非合理地節用不可；純粹用火箭噴流一直上昇到成層圈的下底，這一段路中所費的噴進劑決非小量。這一路裏都有相當的空氣，不利用此中的氧氣未免太不合算，最好能够一路吸取空氣中的氧氣另做一份燃燒噴射以為副，要不，就用普通攪風翼推進來飛這一段。到了10公里高處之後再用帶來的氧氣作主燃燒，供給主燃燒室與主噴射管；如此兩重設備較為得計。至於下降及着地時，須用空氣來次第減低其速度，徐徐到地，所以取得浮力用的主翼還是非有不可；此外也尚有種種實際上理由。雖在飛向成層圈以上去的飛機，那怕翼面積不妨稍小，要完全不用主翼是不可能的。這翼真空中飛時雖為徒然加重之荷，然此外也沒有多大不便，不算十分了不得的不經濟。

說到這里來，火箭飛行於成層圈乃至真空中的推進問題上各種困難都已解決，理論上實際上確已毫無勉強，無寧比用內燃機關來轉動攪風翼為推進的現行飛機在空氣裏飛行還要容易到數倍。那麼，馬上就能飛出宇宙去了麼？却還有別種問題甚多。諸君都知道人在沒有空氣地方要維持生命，不單是一個呼吸問題，生理上有種種的困難，決不能坐在一個開放的敞坐上，便算能在一密閉室中保持着地上氣壓的空氣狀態而生存，那這飛機又應該怎樣造法？這樣的問題，或者在50年100年後果能試辦與否，現在誰都不能豫斷，不過在我們

所能想象範圍內的歲月裏是必定可以實現的；這根據我們的科學程度及工業技術可以推論而無疑。當然人類爲此還要提供莫大的犧牲與努力與費用，可是爲人類前途的幸福計，開拓宇宙的偉業當成全世人的共同問題，並且人類由此而得的幸福也決不是任何物質上的東西所能代替的。試舉一例言之：萬一地球遭逢一個突然新出的星而陷於不能避免衝突的運命時，人類留存在地球上必然盡皆滅亡無子遺；又或地球壽命儘管長，而熱的第一法則「不能由低溫度的物質傳於高溫度的物質」，而地球上生物不能生存的時候到來；這都是我們現在的知識裏有其可能性之事。遇到這樣的地球末日突變時除了神秘奇蹟之外決無救路，這人類有多麼不安多麼絕望！那時如有宇宙火箭在地球之外去覓得一暫時避難之所，或者全部人類移住到別的天體去，豈不就救住了人類的滅亡？現實雖不必忙，便是準備好科學理論上的體系也能給人類以安心立命的安慰，向這永生去的希望實爲科學的神聖任務之一。

既然還不能實現，又將何以證明這宇宙飛行的可能？專門家都以用氫氧爲發動物質的，或是用碳化氫與液狀氧的火箭確能飛行宇宙，可以作種種計算；近來更有人以爲還可以用原子能來替代燃燒噴射，也做了種種計算。這問題目下尙未到論定的地步，然而不論用原子能或燃料的燃燒，要必用噴射爲推進方式是差不多已成定論了。

那麼火箭又如何旅行於宇宙呢？換句話說，火箭可能麼

行於宇宙所根據的那幾點？我們可以略述現已研究得的是：第一能在真空中飛行，已經討論過來。其次由地球到別個天體的距離，月球最近，為384000公里；這是徑直間隔，飛行時或須走曲線，作400000公里算。地球赤道的一周是40000公里，所以不落地徑飛繞赤道10周便等於飛到月球的距離，20周便等於打來回。現在飛機不停息的長飛記錄為12000公里，當然談不到用飛機飛去。火箭却有三大根據：其一，真空中飛行為主，用不着對付空氣抵抗的工作，即無須為此而消耗燃料，換句話，飛過某種距離之後只要對付地球重力的一點燃料就夠了。其二，對付這重力在最初一個時期內得到某種的速度以後便無須再有推力，即無妨停止噴射了。其三，地球與月球之間有個雙方重力均衡而沒有重力作用的一段空間，一到那間便可選取最適宜的體勢順着月球的重力不用噴射就能達到月球面上了。至於歸途，又大半路程只要順着地球的引力回來，所需燃料不過去時的10%就夠了。地球上的遠飛老得對付空氣抵抗，而宇宙旅行反是，沒有空氣，去地球愈遠即地球的引力愈減小，終歸於零；歸途幾乎不必對付，反而還可以利用；所以與不落地長飛12000公里又大不同。還有一件：火箭此時可出速度至於每小時56000公里，也應該考慮到。再如不論經濟如何，儘管可以增大其速度幾至於無所限制。不過發揮到太高的速度之後，要減回來却非常之難，所以也不宜太大了。

再如去到月球之外的別個星球，還可以利用這麼個道理

。火箭既得某種速度以上的速度時，可以繞地球或別個星球的周圍作公轉，因為萬有引力之故，就不會跌落到地球或他星球上去了。火箭只要走上這公轉的軌道上，便可以等候那星球來到最近的當兒，借那星球的引力一渡就渡過去，也是一個辦法。有如此種種的可能性，所以可作種種算計；現在總列出火箭旅行宇宙時須要賦與的種種速度來供參考：

達到離地500 公里高處所需最初速度……每秒4000公尺
 飛出地球重力圈外去至少須……………每秒 11700 公尺
 到月球即繞行其周圍(不落到月球)須 每秒12600公尺
 飛在 $\frac{1}{5}$ 年週期的橢圓軌道上渡到金星

軌道所需的初速度……一……………每秒1 3000公尺
 飛在 2 年週期的橢圓軌道上渡到火星

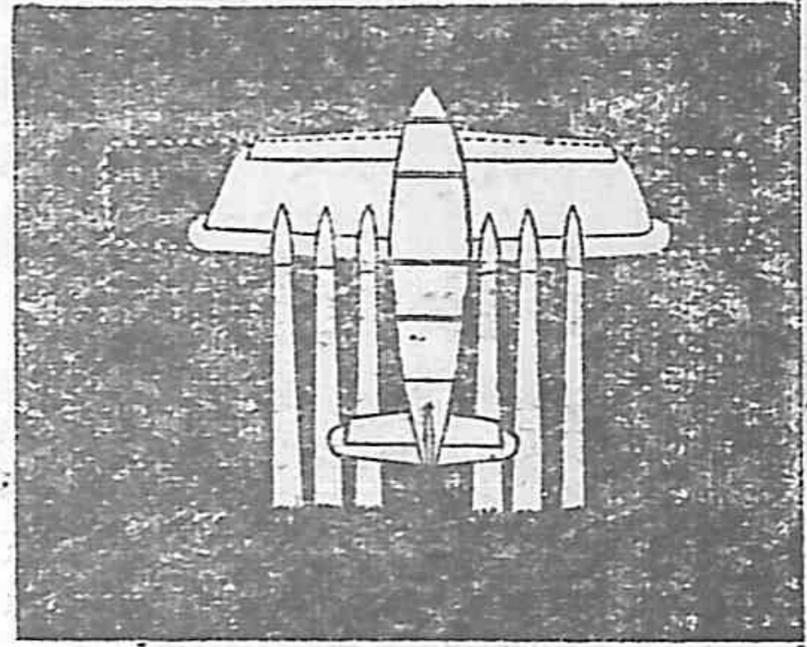
軌道所需……………每秒1 3600公尺
 脫出太陽重力圈而達於恆星所需……每秒1 8000公尺
 落到月球上之後再回來須……………每秒1 8000公尺
 由金星轉火星而歸地球來(不停落)須每秒2 1700公尺
 落到火星而歸來須…………… 每秒2 8000公尺
 落到金星然後歸來須…………… 每秒3 3000公尺
 如為暫時避難於空間，不妨逗留於地球與月球之間的無重力處，或也如月球繞着地球作橢圓運動亦可。

總而言之，這種只在理論上的可能性要見諸實行還需消費相當的時間人智及資材；現在將今日以前諸研究家所描畫

出來的成層圈用火箭宇宙飛行用火箭想像圖揭載於下：

第十八圖

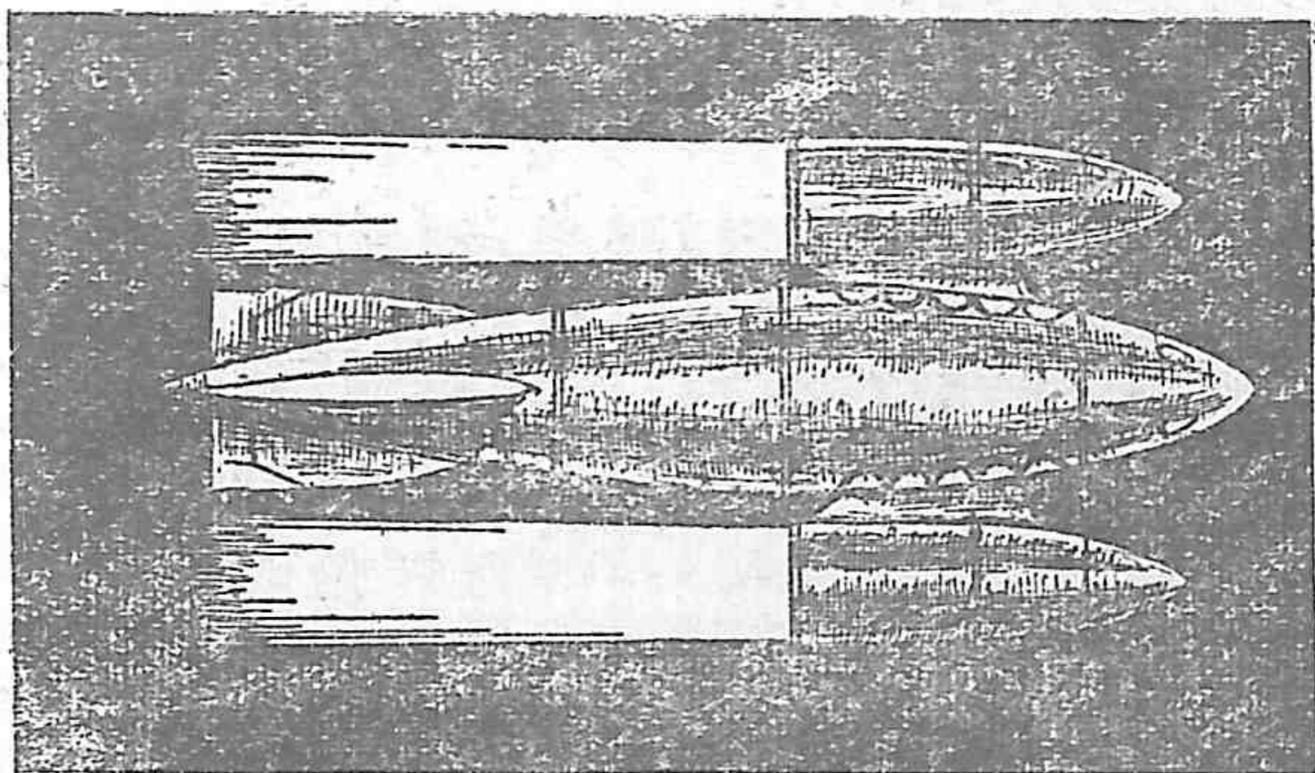
點線表示普通飛機主翼的大小，火箭主翼小這麼一些，雖為速度增大而加強，也減少得負荷重不小。



就這圖比較普通飛機與成層圈火箭的主翼面積之大小。

第十九圖

由窗口的大小可以想像全體的大小。其中坐了人而飛行於無氣壓的空中，所以須強固之度，有出乎想像以上者，其在地上的重量更是莫大了。

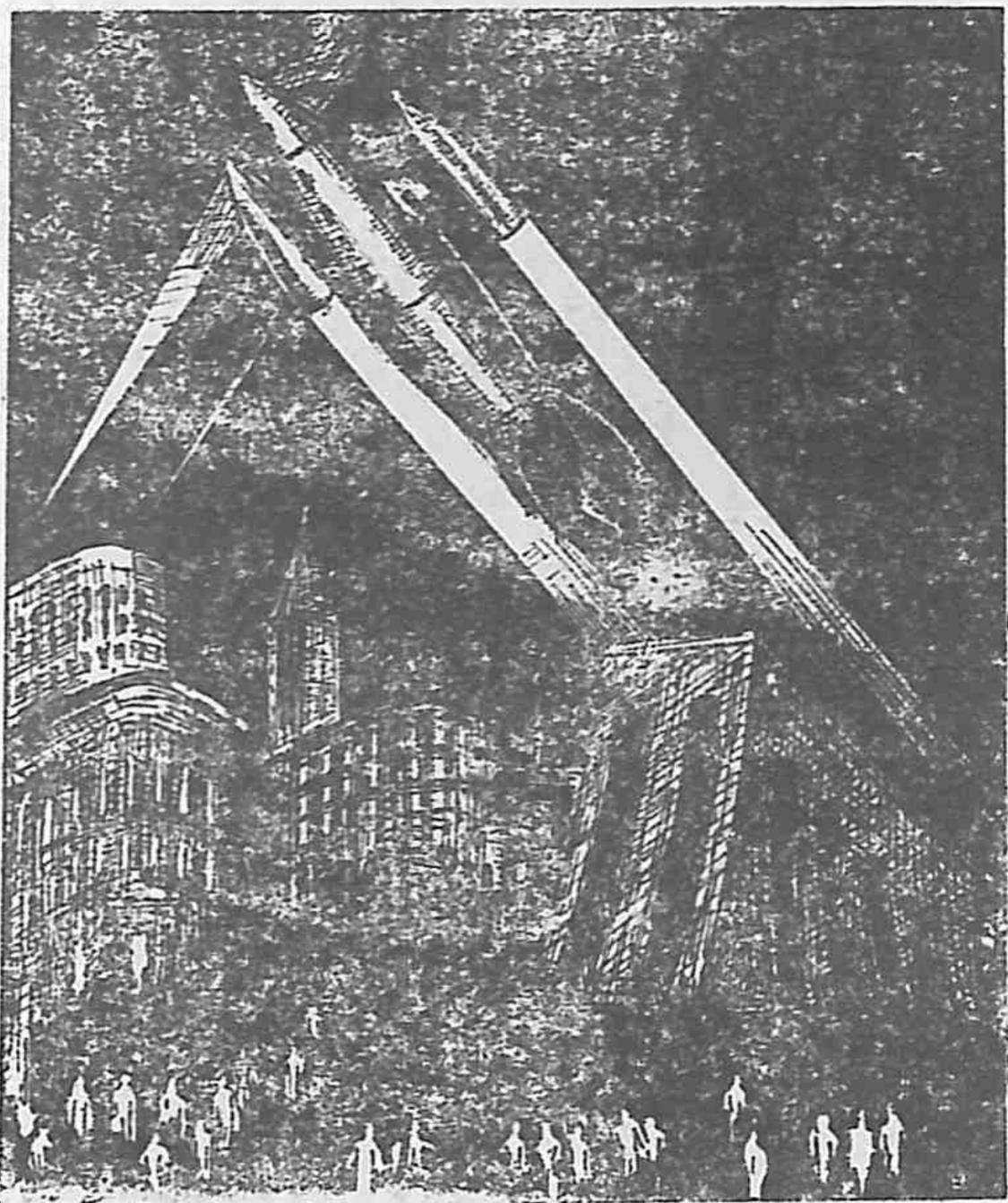


這圖只有定向翼而不用主翼，降落時也用瓦斯的反動力

：請諸位取與上文所論相照而加以自家的批評罷。

第二十圖

畫的是前圖的火箭從此出發，所畫的房屋都太大，第一從製造場搬到市內來出發就沒有道理，真是這樣實行起來，這都市先就一切炸得粉碎，燒也燒盡了。



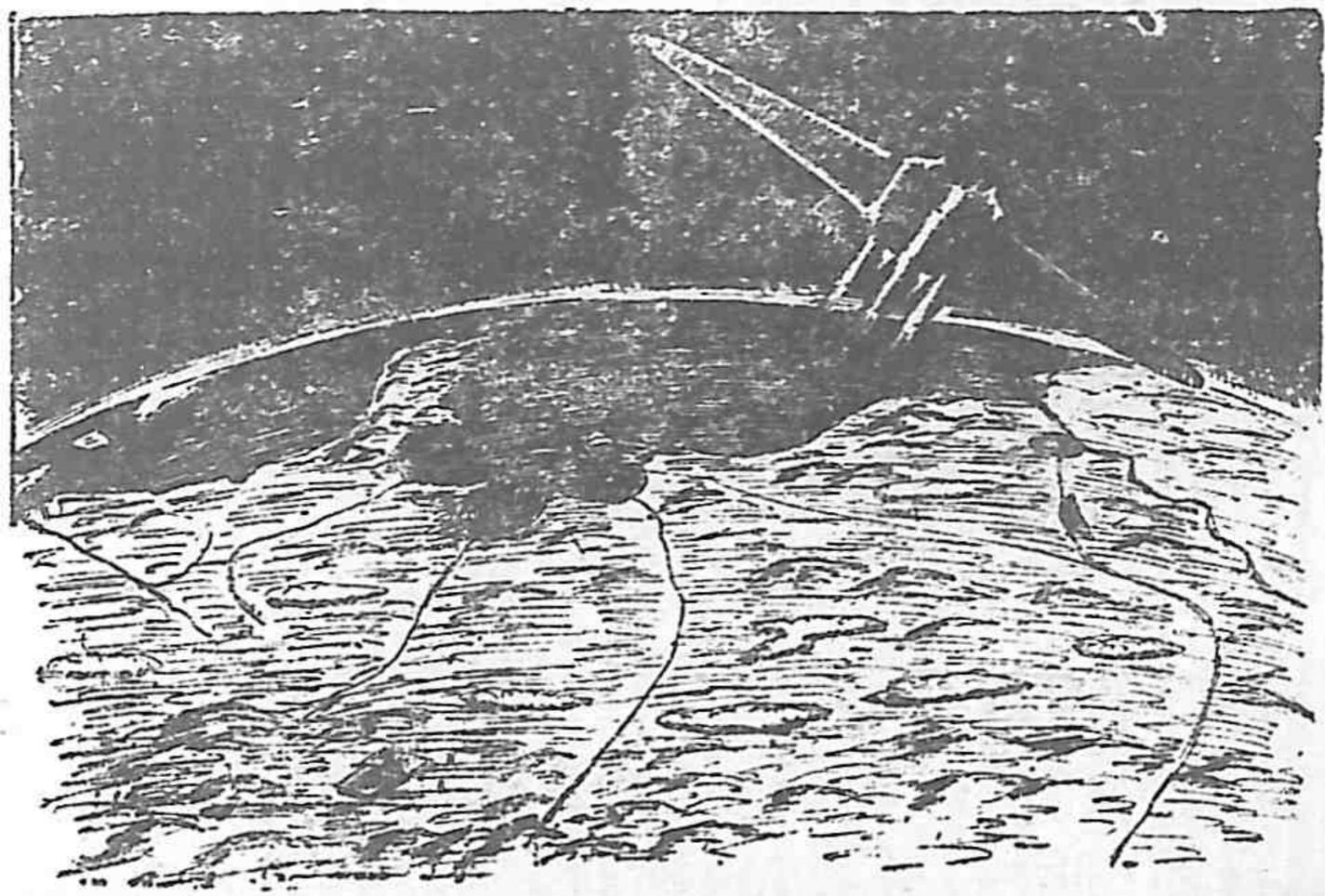
這畫的就是上一圖所見的火箭，想像其從都市出發的情形；這裏分明有一大錯誤，無待諸位指摘。原不是研究家所畫，乃是愛好此道的好事者所畫，真如所畫從都市出發起來，爆風就把所有建築與人都沒滅了。火箭瓦斯的噴力所惹起

的現象是非同小可的，不能一刻不在念，它那爆風與爆音將到何等程度？這是須臾不可忽略的注意事項。便是實驗中所發的極微少的噴放都不可小看的。工業的鐵則『安全第一』，那怕簡單的細工也不能不守。何況因不注意而惹出巨災大禍以致阻礙了火箭研究，那還了得？

再來介紹一畫家所畫的想像畫，這畫家對於宇宙旅行有甚深的知識，他畫的是用火箭旅行月球，現從他的畫帖裏介紹二三圖來看：（第二十一圖乃至第二十四圖）

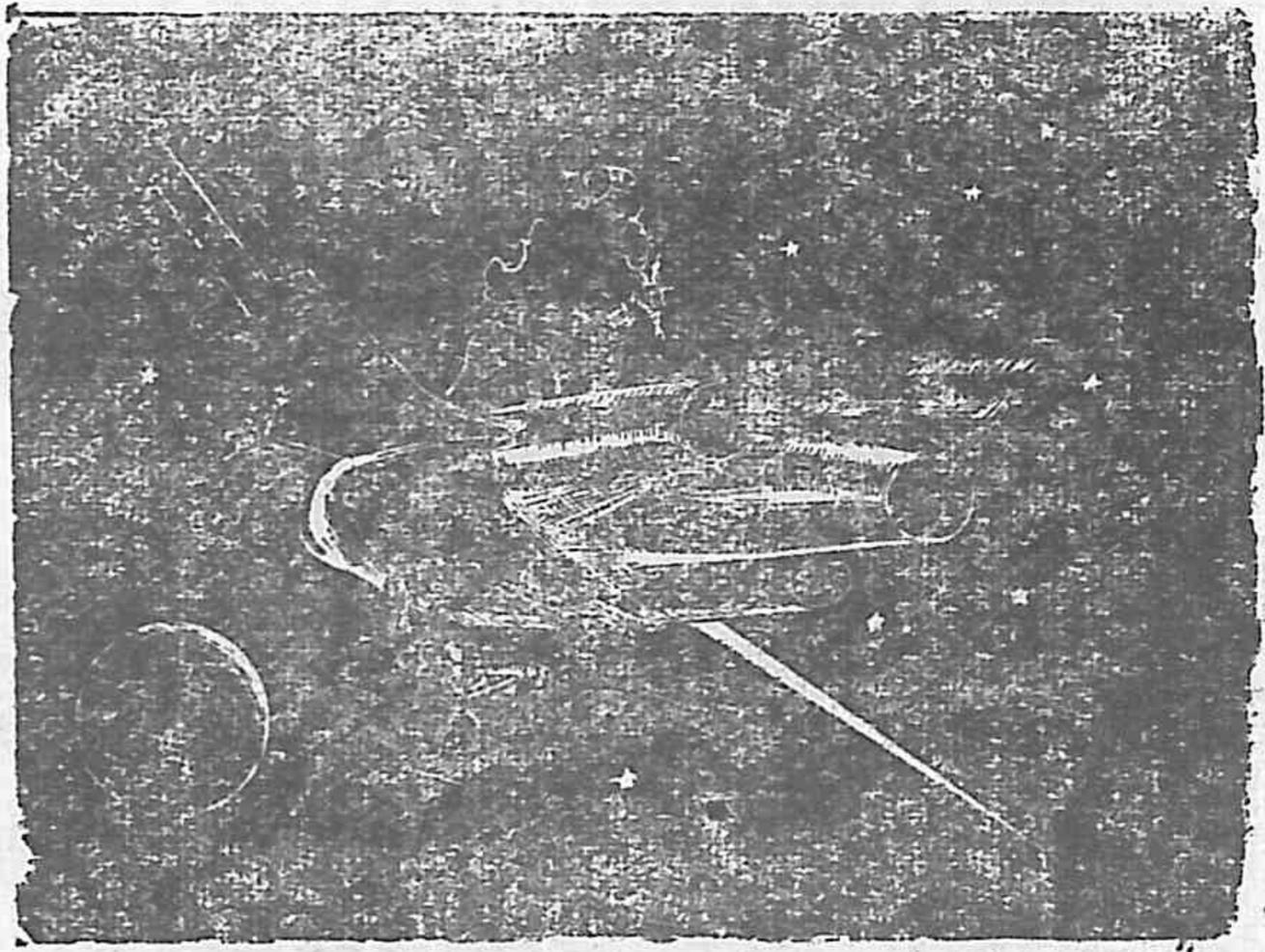
第二十一圖

到月球去的飛機，正飛在北平上空 300 公里光景高。比較低速度，在稀薄大氣中，所以地平線上有一些微光可見。下方偏左有方形的地上物便是北平市，其左上見山東半島，又其左為朝鮮半島，日本的北端也看見一點。陸上一團團的都是雲。



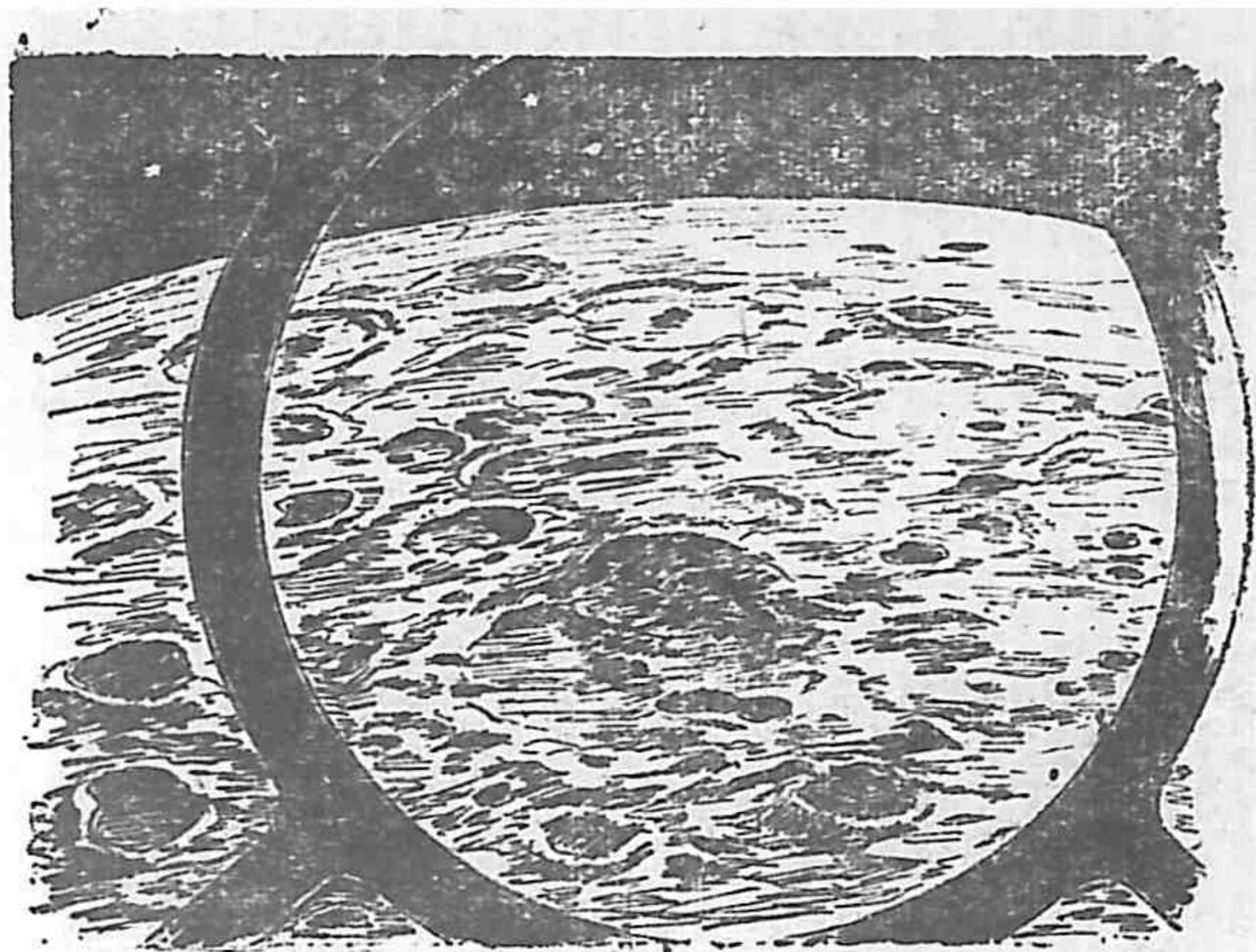
第二十二圖

已停噴射，突向月球去，速度甚猛。沒有大氣抵抗，沒有重力，機體與跳出的人牽着的繩都一樣速度在飛。人穿着特別保持氣壓的衣服，也沒有上下，也不感覺重量，也不會落到那里去。一個人打着望遠鏡，一個人在照相，一個拉着繩子要回到機內去，頭上冒着煙是呼吸排出來的廢氣。



第二十三圖

近月球了！從地球看見月球面上的Albat-egniu 噴火口已經看得清清楚楚在 300 公里的距離。月球沒有大氣，所以地平線很分明，與地球的地平線迥然不同。



第十二 應用火箭之地上交通工具

以前也會在汽車上鐵路火車上裝了火藥或液體燃料的火箭來做過實驗，有的只用一個噴射口，有的用多數的噴射管，却都終於沒有得到好成績，還不如現用的機動車。然而上文已經說過，火箭推進的效率第一在速度大，但看如何設計，不必就此抱悲觀的。如能降低噴射瓦斯的速度使與車行速度略相仿，而以因此所生之勢力添為多量的他物，例如加吸空

第二十四圖

從月球回到地球來的火箭機，爲要漸減速度以備落地，所以先在地球周圍以非常速度在轉。噴射是停着的。照著地球的是太陽，在這樣高處看去，白光（Coroaa）黃道光都分明；中央上方是月球。地平線不很清楚。橫右是地中海，又其右端爲英格蘭南部。



氣於噴流，結果噴射瓦斯的速度雖減低而其質量則增大，即其運動量並不減少，故反動推力大，而外效率亦大，對於前方衝來的空氣抵抗又巧能利用，方法研究到此，則用火箭做陸上交通工具的原動機亦大有可能。何則？蒸汽機關車的熱效率不過 12% 內外，而火箭機關車的熱效率可以到 60% 以上，所以燃料的消費可以節省到 5 倍以上，並且驅動車輪的機構都可以不用。不過此時沿鐵路不能有電線桿及人家，機關車須在列車的後端，即非用遠隔操縱裝置不可，降低噴射瓦斯的速率而不減其運動量可能的；反動推進力可以小其速率而大其質量是很容易證明的。法國曾有一實驗例：其添加空氣的吸口能使外氣直通噴射管，故其噴射瓦斯真回內方瓦斯的力量恐怕不傳於燃燒室之壁而漏出到外氣中去了；大概就為這原故，實驗所得效率之增高者甚僅。這一點很值得研究的。又一法是先吸入的空氣加以壓縮，然後灌進密閉的燃燒室去，便比前一法好；噴射速率雖低而運動量却大，反動力又不怕漏去而能用之有效了。但是，這些實驗多已屬於舊聞了，現在一定有更新的有效的方案與實驗尚未入我視聽而已。

第十三 水上及水中火箭

上面第八項火箭空雷條干曾經提到過；現在不談空雷，只略論用噴射推進的魚雷。

從水中或水上衝去所不同於空氣中飛去者，受水的抵

抗力極大。這抵抗力可分兩部分論：一部分應用為浮力，一部分是衝進的妨礙。浮力之強迥非空中飛翔可比，是其利；而阻礙亦極大，又是其短。從水與空氣的比重看來便很明白的道理，而各國所作種種實驗還沒有明確的成功。如果比普通用火藥或燃料的噴射再進一步而用固形碳酸或壓縮水蒸氣之類如何？尤其是用水蒸氣的魚雷還可以有消失航跡的特長可取不是？總之，火箭魚雷以今後的研究着實還有未來性哩。

第十四 解雹催雨用火箭煙幕火箭

惟恐破壞殺戮之不大的兵器用之於和平之世而貢獻甚大，此在一味以火箭為兵器的人只要一看應用火箭的方向便可思過半了。其中令人感此尤深者就是這解雹催雨的火箭。在氣象學方面早已解決了發見降雹之雲的方法；可是沒有這解雹火箭以前徒然發見雹雨仍是束手無策忍受災害而已。解雹火箭的特技也就不過發揮其最容易發揮的性能，現用的大致內徑 3~4 公分，長 25~35 公分光景。火箭的發放極為輕便已如上述，只要發見含雹之雲馬上就可以發放奏效，老農能識雹雲便更不待問氣象專家來發見。這火箭是從地而打上 600 公尺許高處炸開，震蕩上層的空氣，因此浮游在高空的冰片雪片互相衝突而融解。又因火箭炸開來的火藥瓦斯之熱而冰雪益易融解，於雹就變為雨而落下。這解雹火箭的實際效果已於 30 年前大著，其最大者重至 42 公斤。

催雨火箭在農業為絕大的貢獻。旱魃時用來催雨的方法

很多，只是震撼空氣也可成功，例如發大砲而得雨，誰都知道的。由此而推，以火箭催雨當然必有成功是不容疑的了。雨在空中凝結須最初有爲雨點之核的微塵之類方水分子容易結集，若無是爲之核則水蒸氣且不容易凝結，在靜極的時候還有遇冷却的現象，雖溫度到露點以下水蒸氣還不能凝結的。在這樣狀態的水蒸氣只須稍稍與以動搖便立刻會凝結起水珠來，由這物理現象而推，放砲催雨不是無稽的。而火箭到上空去發散火藥瓦斯一震撼而且撒布炸屑以供水珠之核，更是確有把握了。近來有用飛機撒布一種帶電砂粒使水蒸氣凝結爲雨滴，硬造出下雨的現象來的。用火箭替代飛機，則爆音震動了大氣，亦大爲有效的作用。晴天尚可催雨，陰天有雨雲而不下空自推去的時候必然更有確效了。祈雨的香火之煙簫鼓之聲未必就感動龍王，而煙火之柱突然而起，千萬倍於鐘鼓的爆炸音準保驚得龍王爺狼狽倉皇，怎麼吝嗇不肯下的雨也都傾下來了。倘使龍王說話，一定要聲辯，香火大小，下界太遠，聞也聞不着；農畝喧攘，音波的振動數也較小，聽也聽不到；那麼點兒聲音早叫途中的空氣吸收去了，老實說覺也不會覺到呀！現代人還該用現代的利器求徹底的論理的辦法。總之我們要竭力懇道農業界諸君注目應用到文明利器的催雨彈等。

再回來談一件兵器：都市位置或陣地的設施或行動怕敵人窺見時常用煙幕。有從固定地上的發射筒發放，爲小規模的隱蔽計也有用手鎗發放的，大規模則用火砲發射煙幕彈，

或用飛機撒布發煙劑。海上則用快艇急駛一周使全艦隊悉包於煙幕之中。既是爲隱蔽，以急就爲貴，往往爭在一瞬之間，那就不用火箭以上述的種種方法來收其速效最爲得策。火箭於此如何優越不用再來贅述，本領就在噴斯瓦斯而高速飛翔，噴射是絕對不會分離的，只須調入發煙劑於噴射瓦斯，或竟用發大煙的噴射瓦斯便成了。

第十五 結語

上來所講火箭應用論因此書的性質以新兵器爲主體而論其效用，大用兵器的戰爭即使究極的目標在人類的幸福而不可得已，這火箭不必限於兵器之用，也有報喜信的遞郵，旅行到地球以外別個星球去的用途，直接貢獻於人類平時幸福之用，這是我們從事科學的人所引爲欣幸的，同時還禱祝其早脫兵役，或爲救助人命的天妃，或作雷然霖雨的龍王，或更出此上的貢獻於人類。

最近報紙有如下的一段記事（國民 35 年 10 月 23 日北平新民報）：

美國發明高速火車（中華自然科學社訊）爲加強高速火車之控制起見，加省工學院克曼教授發明火箭火車。火箭噴射方向與車行駛方向相反，遇緊急即放射火箭四秒鐘，使時速百英里之火車於 1280 英尺內完全停止。

這記事言之未詳，如何裝置不可得知，要知名國益欲應用火箭原理到各方面去，諸位讀者也來幾個研究火箭的大家罷。

第四章 火箭之理論的實驗

這裏所要論的是用液體燃料的各式噴流機關及其如何優越過火藥火箭，特別從排氣欲求其速度大的觀點來指出其優越性。

火箭的裝填火藥一經點火便燃燒到一點不剩的。此法的主要一缺陷就是沒有機械的抑制燃燒之法，現代發動機的設計上最要緊是推進力的調節，而此則完全不可能。那麼火藥火箭究有何等樣的性能呢？

概括說來，噴流機關的性能，基本只在作用反作用的原理，所供給的不是馬力而是推力，用公斤來計算的。要使氣體在氣缸裏噴出來成功氣流，必須有種力量，這力量就出在氣體的壓力（公斤／平方公分）上。推力等於向反對方推進的氣缸運動量，固定了氣缸，便可用動力計來測定其反動力。

最近的火藥火箭多在瓦斯通路的中間驟然收小一短部分來做噴射口的作用，其噴出速度約為 400~600 公尺／秒。葛達特（Goddard）曾為詳細的研究，尤其是關聯到噴射口的問題而研究了種種火藥的特性，下面的表乃是一長串的試驗結果所得最良好的數值：

火藥種類	噴出速度（公尺／秒）
裝於 Caston 船上火箭的普通火藥	1600

Duton廠製手槍火藥第3號..... 2290

無煙『Infallible』火藥..... 2434

據葛達特說來，噴射口是長圓錐管的效果最好，要像具有拉伐爾（Laval）管形式的透平噴射口一般。不過這些所得排氣的噴出速度都不如用液體燃料的噴流機關大，而且火藥火箭操作運用多危險，又非有能出數噸大力的壓榨器來壓榨這裝填火藥不可。

凡因這一些個缺點，要解決噴流推進的問題，這火藥火箭分明不值當認真考慮，所以現在努力所趨，要設計一種火箭機關像內燃機關似的，有確實把握能夠制御其動作的。如能於燃料的供給有種機械的調節便能廣泛地變化其性能以適應一切條件了。

第一 燃料的噴注與霧化

這樣的機關已在第一圖可得其概：構自一燃燒室與一圓錐形的噴射管讓噴射瓦斯能膨脹開來。汽油或酒精或氫氣等等的燃料從一給油管導入，而燃燒所需的氧氣由另一管子來導入，點火則用電氣。這裏的噴注燃料與霧化燃料也如內燃機關一樣頗有重要性，可為全火箭問題的本質部分，依存於氣質常數是不用說的，並且關繫於壓力比，比熱比及絕對溫度。

燃料的混合比也管着很大的事，根本規定這混合空氣或純氧時的條件與普通的內燃機關不得一樣。噴流機關外形怎

麼簡單也罷，內部的燃燒以及噴放其瓦斯種種現象却複雜得多。

關於這一點還有件有興趣的事，就是效率的問題，這可以為判別新機關的一個最好目標標準。仔細研究起來，須知效率有種種方法來下定義的，關於效率的問題在伯格 (Sauger) 博士的著書裏研究得很詳細。

這問題只須及噴流機關來與普通的汽油機關比較一下便很容易理解。一樣有全副的傳動齒輪，却沒有攪風翼的噴流機關也如汽油機關一般有其內部效率。這由於機構實際上的不完全性而來，表現在得自發動機之力與得自所有燃料之熱力二者之比。內燃機關所能得的最高效率，現在僅僅不過 30~35%，其原因在下列的幾個固有缺陷：

- | | | |
|-----------------------------------|---|--------|
| (1) 燃料抗對不合適與氧氣不足而燒得不透，因之有化學方面的損失。 | } | 約 5 % |
| (2) 以吸氣來做掃氣作用因之而生的燃料之損失。 | | |
| (3) 燃燒不能在曲柄的死點上終了因之而有損失。 | | |
| (4) 由周壁散去的熱損失。 | } | 約 15 % |
| (5) 活塞上洩漏的損失。 | | |
| (6) 因管子及噴注口唧筒等之洩漏而生之瓦斯流的損失。 | | 約 5 % |
| (7) 全副傳動齒輪的摩擦損失 | | 約 15 % |

(8) 由於燃燒不全及排出瓦斯冷卻而生

之排氣損失 約 30%

合計損失全部 約 70%

普通都說內燃機關的效率只 0.30~0.3, 就根據這計算來。

據今日以前的研究所得, 噴流機關的損失可以概括言之: (1) 之損失略同上文一樣大; (2) (3) (4) (5) 之損失在噴流機關沒有活塞, 周壁傳熱還可以用以預熱未燒的燃料, 所以很明白地可以說完全沒有; (6) 之損失可以評價為 3%, (7) 則構造上根本不會發生, (8) 則與內燃機關無異而為噴流機關的正式重要的損失。然而我們很可以直接制御燃燒, 又以噴射管以長短可以在廣範圍內變更瓦斯的膨脹及其噴出時的溫度。(實大的發動機恐怕損失還比模型實驗所見要小)。據某一測定, (8) 的損失就是全部, 可是計為 10~15% 云。

第二 高度內部效率

噴流機關在此外再沒有損失原因了, 所以全損失可以算做 18% 乃至 23% 平均效率值為 807% 僧格博士在圖式中表見內部效率乃是燃燒瓦斯實際噴出速度與理論所得數值之比的自乘, 所以這數值表示着一定評價的標準。

倭倍式 (Oberth) 教授用氫氧重量比 1; 2 的混合物, 其熱馬力為 10.3×10^9 瓩米/瓩, 得到理論的瓦斯噴出速度 4102 公尺/秒, 而實際測定值為 4000 公尺/秒, 這正與上述效率

相當為 80.3%。噴流機關在飛行中的所謂外部效率則條件大不同了：飛行中實在的運動能或效率一因其所得的速度而定，價格博士關於這一點表示得很明白：所謂運行效率就是「傳達出來的工作」與機關工作之比。這要素在飛行中噴流機關變化非常，而在多多少少有一定航速的普通飛機就沒有變化，此其結果，關於其應對飛行條件的瞬間效率，使我們只能想象到某種程度而止。在低速飛行時這要素非常小（普通飛機有 20% 而此則僅有 2~4%），一到氣圈外面超音速時便大增，可達 50%。這數值還包含着上昇時不利條件的影響在內，如上昇於大氣中時的不利，考慮到生理關係而限制加速度等。

此種型式的噴流推進飛機，其有關外部效率的此等數量皆大有關於其上昇經路的性質。由此可知在大氣中的噴流飛行，其不經濟正如陸上車乘裝上火箭一樣。不過上面所講對於飛行中火箭的作動條件之各項考察，有一個根本的缺點：就是其相當大的射出距離或更將全彈道中形成最大部分的滑空距離沒有加入考慮計算。

這問題的最根本重要在噴進機關能實現的時間如何與燃料如何能非常節省，而迄今幾乎一點也沒有近於解決的進步，這由於第一實現噴流機關的試驗根本方法沒有對之故，第二從開初以來遭逢的困難主要在燃燒溫度之高構造無法處之故。

第三 關於噴流進推機關的研究

倭倍忒 (Oberth) 是首先第一人在其所著了以火箭往宇宙一書中提唱了用噴流機關與液體燃料，用很嚴密的科學態度討論了整個問題，刺激了奧大利的學者，開了他們研究噴流機關的端緒。

1928 年與汽車廠協力造了火箭汽車來創為最初的公開實驗者也是他。所造最初一輛火箭汽車 1928 年 5 月 23 日在柏林近郊開試，得到最高速度 236 公里/小時，用的是直徑 12 公分長 80 公分的火藥火箭。

因為前部沒有汽油機關而非常之輕，恐怕開起來前部會向上仰而發生危險，所以在兩旁裝短翼，其與車身接裝成負性的大角。第二次的實驗車是造來在軌道上走的，實驗中為了高速度而破壞了。最後造的是種滑翔機，改用火藥火箭來推進，也曾有人冒險飛過。那時曾得最高速度時速 140 公里，可長飛了 14000 公尺的距離，又在實驗中壞了。前後一共做了七種不同式樣的車來實驗過，因此獲得了關於新機器的許多可寶貴的知識。這研究的目的是在汽車本身的改新而是發動機的進步。

同時別處又有所謂火藥火箭魚雷的實驗，與這汽車實驗全無聯繫，達到了 5000 公尺高。其降着地是用落下傘或裝有達到上昇極限時自會開展出來的翼。但是這實驗者不幸

在自家實驗室裏實驗中死了。

消息傳來：從 1930 跨到 1931 年上意大利實驗噴流推進的飛機成了功。其原動力乃是反作用即反動力，稱熱氣噴流推進。燃料用汽油而燃燒所需的氧氣到取之於空氣，這分明有更可多帶燃料的一長。

這機關是意大利人的設計，1932 年獲得了特許權。其機身周圍有吸收空氣的蜂窩形固定口子，迎來的空氣由此而入於因引擎或輪機而轉動的遠心式壓縮機，再由壓縮機流過發動機的冷却器而呈為定常狀態，然後入燃燒室與燃料混合，在一環狀的空間即 Venturi 管中燃燒，燃燒瓦斯從噴射管噴出，其管與別的噴流機關所用無異。在別一地方又造成一種式樣，用發動機起飛，而在飛行中即用此發動機來轉動送風器以加熱而壓縮那吸入的空氣。

還有幾許個人的研究：1936 年有人製為用液體燃料的發動機來做了最初一連串的實驗，即取二氣缸的汽車發動機適宜地改造其氣缸為燃燒室而配之以必需的吸收空氣組織與膨脹燃燒瓦斯的噴射管。厥後又用這發機做了下列的幾種實驗：

反動力之測定	燃燒瓦斯噴出速度之測定
熱條件	燃料之噴注與霧化
燃料之混合比	各式膨脹管噴射管之試驗

其測定反動力用的方法極其簡單，將全副機關與壓力瓶及槽一總裝在趕珠軸的車輪上，將車輪連結於固定在試驗台

上的動力表而已。開始實驗起來，又曾遇到相當的困難，就是噴射管及噴射組織的一部分為高熱所熔化了。

冷却之法在氣缸上設了個冷却套而很有效，燃料就多用作內部冷却的媒質，且時時添水以資冷却。

所試驗的燃料混合氣為汽油與空氣，汽油與氧氣，酒精與氧，氫與氧，燃料都是液體，俱用噴注，氧亦大多用噴注。但是這一些的實驗皆因所能用的試驗工具之幼稚而浪費時間甚多。

與此等試驗臺上的研究相並行的還有用模型來實驗飛行的，其發動機即根據以前所得的經驗而設計者。最後的一串試飛是 1941 年 4 月在秋立希 (Zuerich) 附近的湖上舉行，所得速度為每小時 193 公里。所用模型飛機有遠隔操縱裝置而實飛的最大距離為 3.8 公里。這種試飛目的不在達到高高度，所以最高只保持去水平線 50 公尺而已。

一回因把錯了舵以及滑空的失敗落在泥濘的堤上了，其餘兩次都居然落到了水上如豫定。此模型幾乎完全沒有注意到空氣力學的性能。後來又做的大模型也豫備落在水面而設計，翼幅有 4.8 公尺，飛行性能較好，專為公開的實驗而造的。當初用了三個小噴流機關，兩個裝在旁邊的吊籃 (Nacelle) 中，以備作方向操縱之用，然而徵諸前此的模型機試飛，知道有相當的困難，結果卸去兩旁的兩個機關而改裝了普通舵，所以噴流機關在中央機身之中。燃料槽及氧氣瓶則置之吊籃中，制銜裝置設在中央翼內了。今後的進步當向所謂長距離

火箭去努力，這模型的繼續距離還不過 100 公里至 150 公里光景而已。

第四 結 論

仔細研究起上文略說的質量比原理來，就知道這種機關消費燃料非常多，所以飛行中發動機的轉動只能有幾個小時，最初一架模型就每秒鐘要消耗到 38 公分。然而機關的大馬力在短時間內得到的終速度實為決定的要素。用這種機器來飛行，根本與普通飛機的飛行不同，其與人體組織以有害影響者不是速度而是加速度，須留意於離陸時的加速度即每單位時間之速度增加率不可使其過大，燃燒瓦斯的噴出速度為 3~5 公里 / 秒，也可以說就是飛機的速度，然在噴流機關可以調節燃料的注入而降落其速度到可以支持的程度的。在普通體格的人每秒 30 公尺光景的加速度是可以忍受的，最初一秒 30 公尺，即其次一秒得 60 公尺，再其次一秒可得 90 公尺，這樣的飛去就行。這就在一分鐘的時候得 1800 公尺 / 秒，而為 6480 公里 / 時了。

作長距離飛行時例如從亞洲飛往美洲，並無須一路裏老開動着機關，只須開一極短時間便可，其起飛有如彈丸從鎗裏射出一般。

噴流飛機在 2~5 分鐘之後便可得到非常高的速度，這速度在停止機關開動的瞬間達於最高頂點。軌道當上昇時甚急，機關一停即以重力的影響及最初的空氣抵抗而速度以一

定的比例遞減，結果終成爲水平軌道。機關只管上昇到 50 ~100 公里的高度，而所達到的速度則儘够飛上 500~1000 公里的高高度的，既達於頂點便轉成滑空姿勢了。這裏稱爲滑空以乎不很確切，但是飛行的經路還因運動能而得安定，所以始用此字。無論何等時候軌道總不見得很急峻，所以速度在頂點時也不會是零的。實在的滑空當始最高的大氣層，就是高約 100 公里處方開始。據計算，這樣的飛機從亞洲飛到美洲所需時間，看所生的加速度如何總不過 50 分乃至 2 小時光景而已。

第五章 火箭研究實驗談

第一 火箭之研究

1920年Glasgow一個學生製成一架翼幅1.22公尺的模型飛機，每1分鐘飛了5公里。對於這個嘗試當時幾乎沒有人感到興趣，世人全沒有注意到這模型機以甚麼為動力，却原來是個火箭式的。不過在近處做工的人之中也有看見這機的性能而驚奇的，尤其是用厚紙板做了個直徑10公分的管子來調整噴射力的方向，這於我們實有所啓發。火箭在低速飛行時這管子與有力於做成有效的推進，因為一小時300公里的速度在火箭還只是低速。

那以後直到1936年我們開始一起工作的時候為止，火箭的研究並沒有甚麼進步。自從研究軍用火箭的幾位加到我們中間來，向所缺乏的資金與設備也豐富了，又在遠隔住宅區的地方得到了兩棟房子，實驗也可以不在危險地段來妨碍住戶，諸多便利了。

我們能够由模型進步，雖還粗率也算達到原型的階段來，端賴有此便利。所謂原型，速度可至一分鐘8公里以上

，試驗是裝了弔船在蘇格蘭 Loch Lomond 湖上舉行的。初期試驗全由年輕人擔任或於 Glasgow 郊外或在 Loch Lomond 湖上試來。

第二 簡單的工具

我們雖然有一些組織了，而研究方式還不能不將就手邊所有的一點工具：很平常的旋盤以及其他不甚有價值的幾許傢伙而已，不過比別的研究家不同，却有儘够實驗的地面。我們造了一條直徑 18.2 公尺的洋灰滑走環路，並不煩雜，並且在這路上做成一大高臺，可以作緊留滑走的試驗。

我們對於這危險的火箭不無疑其價值，然而不問好惡，儘力要發揚牠的長處。

好比從鎗裏放射鎗子一般，從發射管放出去，這發射速度當然極低。要使火箭作弧狀進行的飛行，發射管非輕不可，因為發射速度若不放低，那發射管以及紙板做的推力增大器或試作第四號機的瓦斯保留器等便都會破壞的。

我們發見這推力增大器在盤旋圓周的緊留火箭上最好實驗。用 95 公厘的小活動照相機來替代週期運動比較測定裝置 (Stroboscope) 時，可以肉眼或軟膠片來測定其旋轉速度，一直棄置不用的發射管也修繕來再用，以成試驗。

用發射管時瓦斯保留器在火箭剛離射出口的瞬間便飛了去。後來就用三節生的發射管及推力增大器，一舉而能使火

箭速度增大到每秒約 105 公尺。以這速度，空氣力的變化奪去了第三節，只有第一第二兩節能用。此時飛行中的火箭秒速約 240~540 公尺，而到此驟然低落了，然而直至燒失之前，加速似乎還是繼續著的。雖是這樣草率的火箭，也能有秒速 900 公尺，時速 3200 公里光景呢！

如此模型實驗的結果，得到了幾許的成功。還是先來講噴射推進的方式罷。第一，有種火箭用砲用火藥似的發炸物，次有用煤油石蠟為燃料，以壓縮空氣或氧氣來燃燒的。現在有按規格製成以備別種用途的液體氧，用來最合理想，分明比壓榨瓦斯氣缸好得多。

噴射式火箭的飛行想必時間很短，不過 2.5~3 秒光景，過了這個短時間之後，液體燃料就發揮其獨自的本領出來了。飛到一小時以上時，便見空氣壓縮機的顯其所長。

概說這三種噴流推進之中也頗有種種的道理。所已發見的是：壓力 21 公斤/平方公分為最多有利之點，在此以上與以下皆不好。理論上由瓦斯之流可以得到每秒 2100~2400 公尺的速度，而實際上並不能實現。然而我們試驗的結論，似乎理論上各要因皆見同樣作用於實際。用步鎗火藥的火箭，其噴射口不容易用空氣來冷卻它，所以飛不到一分鐘便要燒掉的。無論是用壓縮空氣或是液狀氧，總須設法冷卻。方法却可以非常簡單：將膨脹的瓦斯用於須要冷卻的地方去時，便能立刻吸收了大量的熱去。打算作長時間的飛行，可以用 William 用在他自己的內燃輪機式船舶用機關一樣的多數

噴射口式，這在民間科學家不易到手，我們却在實驗第 43 號機用了九個像手鎗彈藥筒樣的噴射口。其結果成功了 30 分鐘以上的飛行。

第三 拙速主義

火箭推進固有幾許長處，却有個重大的短處：就是速度不及 600 公尺一秒時，大部分的力量都是白費的，機速在 450~1050 公尺一秒，即時速 1600~3520 公里之間時，只有反動生效，所以往日火箭也會進步到一個階段，以後便等於棄置了。其必不可缺的基本細目，須要到參考圖書去可以看見。直至今日歐戰開始的數年前，火箭的研究中止了很長的歲月，近來却又大盛起來了。

這火箭研究的便於民間科學實驗家者，工具容易做，17 歲的學童都做成很不錯的火箭，便是最好的，只要不是非常大，費用也不至於太貴的。用火箭來做推進之用的種類，其特色在可用於成層圈，那里沒有空氣來燒液狀氧。這就不能為民間科學實驗家的興趣對象了。關於飛機而最引人興趣者，反動推進式的模型幾乎與實大的飛機一樣見效力。所以小規模的實驗也有特別的價值。飛行時間之短，結果裝載燃料較少，而機重得以非常輕減，由此事實，複製實物大的，也可以對於每一馬力的動力裝置，各減其重量到某種程度。

例如一分鐘能出 50 馬力的動力裝置，雖在民間的科學家，也儘可做到不及 1 公斤的重，而以這樣小型輕量而能得

龐大之力者，唯有用爆發物纔行。讀者當能想到大馬力的航空發動機有用火藥的；我們的大規模例子，是用之於發射滑走基（Catapult）的帶狀無煙火藥裝置。火箭則動力見於瓦斯的速度，火箭推進的理想速度是瓦斯速度的二分之一，即每秒 2100 公尺。

這篇小文不打算講到用火箭來增大炸彈砲彈的速度，如果火箭欲有所寄與於是，必加上文所說的噴射口裝置。普通彈丸形的火箭是不中用的，沒有適當的噴射口，雖是每秒燒火藥 113 公分重的火箭，推進力還不够 9 公斤。而這樣的火箭先就怕有 5.5 公斤以上的重了，而且其力至多不過保持到 30 秒鐘而已。同是火箭，備有噴射口，第一放射管或推力增大器時，重量還須增加（7 公斤許）；不過在速度每秒 420 公尺以上時可得 500 公分重以上的推力，每秒 1200 公尺以下時可得其一半的推力。就是 500 公分重光景的目的物，實際上可得其有效的加速度。

有人實驗過沒有噴射口的火箭，不過只是玩具，着實還不如鎗砲。火箭的原理正在簡單，只是一個密閉的容器，中有高壓瓦斯源與一噴射口，由噴射瓦斯的反動，將火箭向噴射的反對方向推進而已。

我們製造的火藥火箭與放射管的內部，也許可以做個大致的參考例。特別製成一種像火藥的合成物，燃燒其一定量，因生高熱高壓的瓦斯，經噴射口噴出於外。這噴射管的設計，要使瓦斯以最大速度噴出；這個能成功，便能得到最大

的推力了。

實驗時，同人皆用金屬製噴射口。粘土或陶製的噴射口，可以無須冷卻，並且也可得相當的推力；無如我們都沒有這一種技能。金屬噴射口，火藥每重 500 公分即須以 28 公分的水來冷卻。水成蒸氣之後，再用強壓通風來冷卻。火箭飛得很快，以便充分利用通風。我們發見用生棉花浸水來冷卻，非常簡單而得力，熱與通風的結果，生棉都能燒了去。

第四 第一要噴射口精確

噴射口是凡飛機凡火箭的心臟，此而不得良好，其他的設計全皆無用了。噴射口選材很寬，用陶器做最簡單的噴射口，我們雖然失敗了，然而可以說陶器還是近於理想的。我們發見用固體純銅直接上機器造成最上等的噴射口；而鑄鐵也可成很好的。打薄的 Monel metal 做極小型的噴射口之外，凡噴射口都從外部裝上去，這些噴射口的大小與形狀均非極精確不可，裝工完成的努力能克服許多的障礙而充分受享其報。好的噴射口要比粗製的能得 4~5 倍的推力，如果放射器及推力增大器又適當，更可加一倍。噴射口頸部的大小最要完全分寸恰合，最要緊是仔細觀察這頸部面積的變化，看其變化率規則與否，平等與否。擴撒部分的正確角度及其長短，還在討論，含有許多未解決的問題，我們用的角度是 10° ，長則每 15 公分擴大 2.5 公分。我們的數字與圖式

是好幾年精密研究的結果，最初幾回在新人實驗用來也許已經最好了，究竟還不一定完全無缺的。雖是真正小模型火箭，也須裝高級模型上一樣的金屬噴射口；要不然，不能得其本來的推力（約0.45公斤）。

我們在長 25.4 公分，徑 3.8 公分，被覆鋼鐵的火箭上，試用過三種每秒 40 Grain 的噴射口，火箭裏裝了 0.25 公斤的化合物，燃燒了 15 分鐘。這在初期的實驗原不算太壞；可是我們不能自信勸人，還有個最初期的例可說：火箭內徑 7.6 公分，長 12.7 公分，裝了 0.5 公斤的化合物，噴了每秒鐘 7.1 公分的瓦斯。這個費用並不大，可是須要大號模型飛機差不多的動力。

這種火箭噴射口的效果，在作用很規則的時候非常容易試驗。只要能做一個正確直徑 2.1 公厘的口，每秒 40 Grain 的噴射管約生 0.5 公斤的推力；裝上噴射器就可得 5 公斤的推力，然而不能每回得 2.7 公斤以上。

每秒 7.1 公分的噴射口可以出 1.35 公斤乃至 1.75 公斤的力量；如果採用我們所用各式噴射管中最大者，當可得時速 80 公里 67.5 公斤的力量，在秒速 2100 公尺的瓦斯流中的 50 馬力，因此算噴射管可減成 20 馬力，這比到威廉（Williams）的成績，效率非常低；但其一朝成功劫大有可觀。

第五 火箭用的 Tiger-Moth

現在我們手邊有許多記錄，記着 Tiger-Moth 輕飛機用

噴射管作補助的成績；其數字即為很好的說明。試驗都只用得 0.45 公斤的爆炸物，裝置長 3.35 公尺，直徑 56 公分，重量 15 公斤強。其時速 80 公里為止，所出之力為 67.5 公斤，到時速 160 公里時，方減為 45 公斤了。燃料價格，便宜得驚人。如此裝置的價值，也許像 1939 年飛機建造部告訴我們的很低，而一部分的技術家看法却不同，用過這種裝置來飛行的駕駛士的意見也都以為評價並不低。

火箭能有時速 3200 公里以上的速度，是周知之事，且其製作，只要是老練一點的話，民間科學家儘能辦到，所以這裡所講的完全操縱的飛機以及時速 1280 公里的速度等等，未必有甚麼興趣。

火箭的最初實驗是誰都容易會做的。我們在口徑 5.7 公分，長 61 公分的簷溜管中，做了直徑 3.81 公分，長 15.24 公分的火箭。當遲發保險絲在燃燒的時候火箭固定在管中，其效果非常好。諸君一定知道，火箭出發得巧時，距離可以加倍。用這方法，放散瓦斯的噴出，與噴射管所保持固定的瓦斯，有衝矛的傾向。因之火箭的放射有如不良的大砲放出砲彈一般。

諸君對於我這說明一定要懷疑，而想要實驗來求其解決，方法就火箭的主要部分放在發射管裏，而管的末端却不使直接地上而敞開其口。此時火箭的飛出與管口閉塞時差不多，所持異者，火箭離管之後，管自身會向上彈上去的。

最簡單的噴射管是鋼鐵或紙板製的粗糙貨，如果火箭的直徑有 3.8 公分，則管的直徑宜有 5 公分或更稍大，長宜 10 公分。其效力要比發射管大；至於怎樣作用的却不易想象。據我們的推定：因為排出的火焰吸引多量的空氣，所以上方生出真空來了；因此，火箭越發衝着空氣而前進。

1936 年 (Roberts) 所作是尺寸也一樣，也是用 110 公分的火藥，可以飛一分鐘，速度是每秒 900 公尺。

我們又無理論的根據，只是試驗與實驗的結果，做成一種噴射管，可以用低速度來增大普通火箭的推力至於 3 倍以上。(Albred) 火箭的特製噴射口，本身就能發生 3 倍的推力之外，還能發生良好的瓦斯流，其力足以增大粗糙火箭的推力到 3 倍，此時竟能增至 10 倍。這分明是排出來的瓦斯流引起了高速度的空氣流，結果遂推進了全體。不過在流體力學上怎麼講？讓斯道的專家去決定罷；他們的素養與我們只以設計蒸氣機關為專門的人不一樣。要之，我們同人立證了利用噴射器是最簡便的方法，可使其以高速度來推進模型機或廉又證明了噴射管效率比摺風翼還要好。他做的噴射器比我們做的更正確，雖然，原理及一般設計並不與我們兩樣。

第六 聽話的模型

火箭推進式的自動模型，還可用定時裝置，或屆時着火

的機構，使其到時發射。在很熟練的民間科學家，可以從月薪裏支出一筆不很過當的款來，便製造得成。條件設備都能共通的話，此機時速可達 320 公里光景。

無線電操縱也在一部的民間科學家所辦得到的範圍之內，附之以同一條件而運同一重量，須要翼幅 2 公尺乃至更以上的大模型，而並且還要更精巧的方可。

讀者關於模型本身，或許比我們還知道得多，也未可知。首先被選而被採用的是尾翼型的模型，理由很明瞭的是因為合於噴射推進之用。諸君可以自己選用最適宜的速度與出發方法。反動噴射動力以每馬力的重量小者為便。垂直發射裝置如用小型者，直射上去的模型很容易製作，故毫不難。大小與重量的比率，差不多與模型飛機乃至實物大飛機一樣，翼面荷重及馬力荷重可與新戰鬥機設計相比較，不過設計者的眼光可以為小型輕量的推進裝置力量之大有所啓發。

我們最初做的一架粗糙模型是上文所講的火箭之中最小型的，每秒噴射合成物 40 (Garin)，後來作每秒 7.4 公分的噴射時，用了長 1.5 公尺的流線型機體，不用紙板做的管子了。比較起一一記錄來，各有不同的結果，極微細的不正確，在性能上有甚大的差殊。

諸君如果採用我們所做的每秒噴射 100 公分噴射管時，第一噴射管圖，最要緊是可以調整的空氣取入口；第二噴射管的圖也須畫得精，而其他則各須仔細研究其別的要素。每秒 113 公分的噴射口，最有自信的是可以發 25 公斤的推進

力，所以可以發生 700 馬力的瓦斯流。如用威廉式的噴射管，可以發生 600 馬力的瓦斯流，容易得到時速 640 公里的速度。

如用威式廉的複式噴射裝置及同式的噴射管，在秒速 270 公尺，時速 970 公里以下的速度，可以得推力到 202.5 公斤；所以大型模型很可實用化的。這種動力裝置，裝上够續飛 30 分鐘的燃料，纔不過 1 噸以下的重量；換句話說，每 1 馬力的重量，比 0.45 公斤還要輕一點。又這重量的過半是燃料與氧氣，所以發動機，攪風翼，燃料槽，機身等合記來與燃料相等時，因其每馬力的重量纔只 0.45 公斤，實為驚人的數字，則其能長飛數小時，亦不足為怪了。由是而觀，我們很可以進一步而抱更新的希望，用發動機或壓縮機來收取空氣，利與不利，無待爭論了。

還有一個數字須要提說的，就是噴射管的尺寸。我們實驗過的方法之一，用秒速 2100 公尺時每秒噴射瓦斯 1 公斤的噴射口，而噴射口內有 6500 馬力者作實驗基礎。以我們所做的草率的噴射管，速度到時速 128 公里，可生 6 噸的力量；但是左右之者實在乎噴射管的大小。其直徑為 6 公尺，長為 12 公尺，而重量僅不道 2 噸。

現在用的威式廉發動機不止一種，因噴射管的效率而頗得成績；可惜這方法完全沒有公開。我們剛用威廉式噴射管作第一次試驗，不過二三星期就見此次大戰勃發，實為遺憾。1939 年還沒有準備好，未能裝噴射器於飛機，所以對於

飛機速度貢獻無多。

因此，我們這 Misty North 研究所的成績，未能多所期待。因為僅是幾個例外，凡有初期的研究者都服軍役去了。

新 素 心 主 編

新 由 自

發 行 新 自 由 雜 誌 社

北 平 八 面 槽 七 十 四 號

第六章 噴進機試飛記

第一架 噴進機的起飛

1942年五月，有一天美國紐約省勃法洛（Beffalo）俗譯水牛城的貝耳（Bell）飛機廠長貝耳勞倫斯（Laurence Bell）邀請試飛主任駕駛長史丹雷洛白脫（Robert Stanley）到他辦公室裏，史丹雷一眼看見廠長桌上放着三英寸來長的一對輪機機翼，便悟到這一定與近來工場裏的所謂秘密計畫有關了。廠長開口道：「史丹雷君，今天纔能告訴你，我們的秘密計畫，就是美國的噴流推進式飛機；現在要請你的大力來幫一手。當然還在秘密之中，知道底細的人極少；但非必不得已，請你也不必談起。」史丹雷於是就參加了飛機發達史上最是革命意義的重大事件。後來他自己說：「那是我最起勁的一件事。他原是海軍飛機隊出身的駕駛老手，現在貝耳飛機廠擔任飛行研究部長兼試飛主任。對於飛機的噴流推進，早已感着興趣，以爲果能成功的話，那四十年來賴德（Wright）弟兄二人在吉地郝克（Kirty Hork）作初次飛行以來的飛行原理，根本要見一大改革了。用噴流機關來推進的飛機，就可不用攪空推進翼；向來飛不到的高空也可以到辦不到的速度也可辦到了。貝耳接着說「這是機身及動發機的樣子圖

，請你細看一看我們秘密工場裏造的噴流機（J.P.）』。並且告訴他勃法洛市內的秘密工場所在；請他『作一試飛的計畫』。他詳細檢討了一番那圖樣，首吃一驚的是發動機不用液體氧氣，就用普通燃料，與初期的火箭發動機大不相同。這不會幾分鐘便全燒完了；並且沒有一處是往復運動的，不會因滑動磨擦而有磨滅磨損之虞。而尤為可驚的是推進力非常之大。——這所謂推進力，並不單是發動機的馬力，乃是噴流機關實際推進飛機的力量。

肇端

八個月前，1941年七月四號的晚上，貝耳勞倫斯在家裏接到飛機隊本部來的電話『亞諾特（大將H Arnold）司令官定於明日早上在華盛頓與閣下見面，開技術會議，請偕同技師長就來』。貝耳馬上請了技師長裴爾赫蘭（Herland M. Paire）來家，當夜九點半的快車去華盛頓。第二天早上，飛機隊本部有一班高級軍官說明『英國空軍部送來一架英國空軍官設計的新式飛機發動機——噴流推進式發動機，他們已經能用噴流推進來飛行了。飛機隊現方計畫一獨自創格的雙發噴進式戰鬥機』。其噴流推進的發動機，由奇異電氣公司擔任製造——自也有代表人到會。貝耳接受的命令是計畫機身，可是但將舊來的方式加一些改變是不中用的，必須完全從新另行設計。貝耳說『我們——裴爾與我——從華盛頓回來，意見完全一致，這回的製造計畫，須要嚴守秘密，比那一回都要格外慎重。勃法洛與奈格拉（Niagara-

Falls) 兩處原有工場，當然不能辦，我就在勃法洛市內新租了一處事務所」。這其間，技師長裴爾從部員裏選出設計機身必需的人——航空力學專家，熱力學專家，細部構造設計家，材料試驗員等；各人都宣誓嚴守秘密之後，搬到新的秘密事務所去。後來裴爾告訴史丹雷的話「兩星期工夫，我們計劃的噴進機初稿略成，送給亞諾特司令官去看。旋接賴脫斐爾(Rightfield)資料本部來通知：「計劃畫準其進行」。所設計的噴進機，有點像響來的中翼單座機。又過了三個月，主要部分的沒有設計差不多完了，便開單要材料，同時又在勃法洛某一大樓的二層上設定了秘密工場，這秘密工場很寬，足可以同時製造三架」到第六個月上，一切設計都完成了。凡與華盛頓的飛機家本部「賴脫斐爾的資料本部接洽之事，統歸同貝耳，創辦這廠的副廠長亞德曼(Pay Whittman)擔任，貝耳從華盛頓回來首先將製造噴進機的計畫告訴的人就是他。從此本廠工場又有幾許主要人物不見到場，那是這邊的製作開了工。史丹雷說：「於是我也隔天兒在秘密工場辦事了。這裏的辦法是第一架完成時，第二架在一半工程，第三架方開工。為守秘密不能在附屬工場的飛行場試飛，所以我將手下的飛行研究部負——人數是200人——一分作兩班，一班帶往試飛場，仍留一班熟手在本廠工場，庶使廠中工作不生障礙。」史丹雷是八月十九號他三十歲生日那天到的洛杉磯第二天早上趕到試飛場來。飛機隊已在此設了練飛基地。這地點只在冬季多雨期不能算理想的飛行場，

通年有十個月盡是於飛行最合適的天氣。這一帶的地形，又空曠又平坦，竟可以閉了眼睛落地，都沒有危險的。

劃作試飛用的一段，約有直徑 30 英里之寬，西北角上蓋有格納庫與宿舍。照這回的試飛計畫，必得在這曠野中過上一年的。

九月初旬，史丹雷因本廠的車回奈格拉一趟。九月十七號再來試飛場時，爲了試飛而來的要人都已到了，第一架的噴進機也由軍隊護送來了。當他去東部的幾天裏，陸軍工兵隊的人已經幫助包工匠人大趕其工程。臨時建築的宿舍已經完成格納庫也是剩了釘地板，安電線了。可是第一架噴進機運到的時候，爲了保守秘密遣去了所有建築包工的大小工人。於是史丹雷只得率領所部職員，就自動手釘格納庫的地板，安裝各處電線，並且從附近的 4800 伏爾特高壓線接取電流。

飛行場全靠這一路的高壓電流來點電燈，開動巨大的空氣壓榨機以轉運自動工作的各機器，又開動修換零件必用的旋盤與鑽孔機。大家每天 16 個鐘頭，一星期七天沒個休息地做了工。一切設備裝配略完，裝起了最初這一架噴進機，再由奇異公司的機工技師們指點着裝了發動機。

豫定的初試日期近了，貝耳廠長也到了。九月三十的斜陽裏史丹雷爬上了噴進機的駕駛坐位，初次拿起那操縱把手，面色微見緊張。心想萬一機身後部爲熱氣衝失了，將如之何？

向貝耳擺了擺手，貝耳也莞爾微笑，點了點頭。史丹雷就開動了發動機，機身後部並沒有甚麼。放下心來抽了口氣，從格納庫開了出來，漸漸加快。在滑走路上或左或右，走得很快，旋即加足速度，時時飛起機身，剛離地 5 英寸許便又落下；——他在試察制動與操縱的各項裝置。大家正逼着氣在看他，數分鐘後，他却開近過來，高聲向貝耳嚷了一句：「這一回真想飛上高去。」貝耳死命地搖頭，嚷道：「明天，明天，不要開首就來個過分！」據試飛日程，初試在 1942 年十月一號下午兩點。頗不少人來看初試飛的，都已來到，其中有貝耳機廠的主要部員，飛機家的軍官，還有航空科學的大家與技師，是貝耳廠長一年前就約定，初試飛時一定請他們，作為酬勞的。那天正午，大家都到靠近格納庫的飯廳吃飯。挨着貝耳坐的是斐爾技師長，其次是婁勺 (Edgar Louzo)，包華士 (Herke Powers) 以及其他本廠技師，修理部長佛諾夫 (Art, Fomov) 也在坐。坐在史丹雷對面的是駐美的英國航空委員希南 (N. D. Fienan) 少佐，再就是清瘦單弱的美國航空學界泰斗航空諮詢委員密蘭 (W. F. Dewland) 博士，又次是製造發動機的奇異主任技師華納 (Donald F. Warner)。

其中最顯著的人物是這計畫的飛機隊主任克雷奇 (Lawrence G. Kraigy) 大佐。他是代替克恩 (Kora) 大佐，特從賴脫斐爾趕來的。克恩大佐與史華佛 (Ralf Swattfort) 大佐俱奉命到英國去了。史丹雷看見各人神色都安寧，有

自信的樣子，尤其覺得自己比別人更有自信。剛一點半模樣，他就首先離席，走向格納庫那邊，做手勢叫人把噴進機拉出來。他坐上操縱坐位就飛起去了。這初試飛的記錄所記：「起飛 30 分鐘，就開了氣門。離地時加速狀況甚為良好。」最初起飛，約高 7.5 公尺。簇新的新機初次起飛，通常都飛得極低。史丹雷却只是第一圈子低飛了，立刻就上升到 1200 公尺高，他覺得操縱坐席熱起來了，又降落下來，將出入坐席的小門卸下，以便通風，仍復直飛上去，達於非常的高度。第二次飛行，繼續了二十分鐘，其特記錄如下：

『高 3000 公尺水平飛行，發揮了驚人的高速度。』第二天是克雷奇大佐試飛，他是試飛這噴進機的第二人，而在飛機隊還是第一人。這噴流推進機原是二千多年來苦心努力的結果這機走上了成功之路。真正第一個創造噴流機關的是埃及亞歷山德里的希洛（Hero），還在耶穌尚未降生之先。那是個有蓋水甕，底下燒了火，使蒸氣從一小小噴射口噴出來，推動一個簡陋的輪機輪。現在貝耳桌上擺飾的，後是這希洛機關的小模型。自從那時代以來，經了幾多國的幾多人，積了幾多的實驗，要把噴流推進用於飛機。1941 年八月，盛傳德國人發明了噴流推進機，十二月一日又聽到意大利人用噴流推進機從米蘭（Milano）飛到了羅馬，其間 269 英里，可并未能達到很大的速度。真做成了實用的機關者，是英空軍青年大佐韋德爾（Frank Whittle）。他 1933 年就獨力開始研究，到 1937 年四月，做成了最初的發動機。隨後就立起了特殊的工廠，

號稱「動力噴進機公司，」專造他的發動機。過了兩年，英空軍部便命格洛司脫 (Gloster) 飛機廠造機身，安裝翠德爾式的動機。其試飛成績優良者為單發式機，由格洛司脫廠的試飛人故空軍中尉塞萊士 (Q. G. Sayers) 駕駛，時在1941年五月。

奇異公司造的翠式發動機，全體像一大管子，中腹稍稍膨大。前面敞着口，用遠心壓縮機從周圍吸取空氣，由導管導入燃燒室，更加以壓縮與熱，混合於燃料而點之火。這火壓縮了的空氣越發溫度上升而膨脹，於是從燃燒室鑽過輪機噴向機關後方機身之外去。射這強力的空氣噴射，遂推動飛機使其前進。再單單說一遍：從機關前方收取了空氣，壓縮加熱而點火，成為蓄有強大力量的壓縮空氣，這空氣往後方噴出，飛機便因反動而向前推進。

長處短處

這發動機後部的輪機輪，作用在使主動軸旋轉，——全機中只有它是作旋轉運動的——主動軸一轉動，在發動機前方的空氣壓縮機也轉動了。而承受這動軸的葉片就在輪機輪的附著部。唯有這主動軸與空氣壓縮機內的小軸，需要添油滑潤的，其量又極少。調節發動機乃至飛機的速度，只須調節送入燃燒室的燃料，也極其容易。奇異公司後來又加以種種改良，只是至今還多嚴守其秘密，無從細講。總之。現在大家通認這噴流推進發動機的長處：(1)構造簡單，比通常作往復推動的活塞 (Piston)，機關，極少旋轉的部分，不過十分之一，因之大量生產時，節省時間與經費，着實不少。

(2)無須點火裝置，普通飛機到了高空，甚至還須補壓機的。
(3)無須氣化機因之混合燃料也無須有精巧的調節裝置。
(4)結冰的問題，也不像普通飛機那麼嚴重。(5)不用作微細的調節，如最近的注冷水於氣筒內。向來的發動機，轉得極快時，須低減氣筒內混合氣的溫度，又注冷水於燃料，庶得出力較大；在噴流推進的發動機，便無須乎此。(6)氣門也無須有自動調節的裝置。(7)不用攪風推進翼，也就無須有調節攪風翼的複雜裝置。(8)可以用發渾度較小的燃料，也就不怕到高空，燃料自沸而逃逸。(9)有種燃料，不至像沃克丹(Octan)價高的汽油那麼因砲火或墜落而容易發火；發動機裏出來的噴氣，又無毒性。(10)一開動便能離陸，無須考慮發動機的保溫。至其主要的缺點，便是燃料的消費量大。爲要發出一定的燃料之能，非消費很多的燃料不可。因此，噴流推進發動機本身原可以很輕的這一種長處，也就抵消了結果。

試飛的經過

最初試飛過後史丹雷及諸人都以爲新機的所短所長均已瞭然了；但不知何故，低飛時出那響許多煙。當時距離12.8公里一飛機場會有作戰部將校，不無慌張地打電話來問：『那起火的飛機安降落了沒有？駕駛人無恙麼？』來客都散去之後，史丹雷及其部屬又每天苦了一個長期間。起初還覺得發動機有種異樣的鈍重，史丹雷第六次試飛記錄亦云：『發動機當不能算完全滿意。』然而所遭逢的，都只是些細故。

一次是降落時機脚稍有損壞，一次是輪機翼飛脫了數斤。史丹雷說：『噴進機的試飛，並不如初慮之難。機身也並不見甚麼異樣的特性。捉摸新機各部的性能，若翼若機身，都沒有遇到普通常見的困難問題。並且此機在飛行時沒有振動，一切測驗表類都沒有遇到失其效用之事。加之以沒有攪風翼，那試飛技師所最苦的測定推進翼效率，也就沒有那麻煩了。』各種測驗表，指針非常靈動，駕駛人看了表上數字，要一一手記下來，幾乎是不可能之事，史丹雷的法子，高聲口誦出來，由短波播送到地上讓人記錄，後來再加整理。

還有更容易的一法，卸去機身前方的武裝，另設坐位，將各項測驗表的字盤都裝於此；正對字盤，安一架駕駛人自能拍照的35耗照相機，時時刻刻將盤上數字照下相來。當這期間，奇異已開造新發動機了。又新派了克雷（Frank H. Kerry）來繼續試飛，而史丹雷屢次往來於加利佛尼與本部之間。明年一月初旬，奇異的新造機告成，裝在當時試飛場上的三架噴進機上了。到中旬，就入了雨期，每回試飛，非將機體拉出35英里外積水較少的飛行場去不可。又怕新機被外人看見，每須於機首假裝上的攪風翼。克雷在這樣困難情形之下，勉強屢續試飛，差不多十天試成一回。到四月中，史丹雷回到試飛場來。新發動機也陸續來了，裝配人員也熟練多了，換個噴流推進的發動機，只須換汽油發動機所需時間的幾分之一就够了。

於是好幾星期不上飛機的史丹雷，又做了機上人。這時

他的感想『比最初的飛機有多麼大的差異了！發動機的鈍重完全不覺得了，動力滑流敏捷，又有柔軟性，竟如身在滑空機（Glider）一般。而且能昇到從來所不能到的高空，這是多麼愉快的事！』

晚春時節，克雷豫定的試飛已完，帶了一架噴進機，被送去英國，繼其後者，來了烏嵐士（Juck Urams），後又加了夏斯頓（A. M. Johnston）。夏盡秋來，一年的試飛期將滿；史丹雷說：「我駛過幾許飛機惟此次的噴進機最不麻煩，機器也不大發生障礙。」一年之間，一回也沒有遇到過不祥之事。自初試飛以來整一年的 1943 年一月，貝耳廠長報告亞諾特司令官：「製造噴進機的準備業經完成」。二月底，到了解放秘密之期，讓一般市民及軍人都知道噴進機的真相，飛機隊當局也希望一般飛機工廠知道這新造機的內容。兩年半的期間，居然一回也沒有洩漏秘密。纔結婚的史丹雷連對他新夫人都沒有提過自家在做甚麼試驗。試飛總共有三百次。

• 1944 年一月六號，美國飛機隊與英國空軍部共同發表噴流推進式戰鬥機造成。

攪風翼推進的極限

上文所講噴流推進式的長處，也只是暗示了噴流推進今後的重要性而已；至其真正的重要性，還別有在。那是甚麼呢？

史丹雷說：「噴流推進式，恰好出現於普通飛機速度將達其最高限度的時候。飛機速度將近音速——每小時 1120 呎——的地步，攪風翼再旋得快些也不能發生效率了。又普

通飛機昇高也有其極度，因為達到極端的高高度時，空氣非常稀薄了，普通的攪風翼不復能出推力。我們採用噴流推進，就可以免去攪風翼及因而發生的困難問題。同時，嚮來的飛機，用往復推動的發動機，所不能達到的高速度與高高度，也有到達的可能了。然而坦白的說，我們還不能斷言我們已將噴流推進機的可能性全都知道了，傳說曾經時速近於 960 杼，稍稍有些荒唐，我們着實，還不得到那地步呢。至於噴流推進機的主要缺點，依然還在燃料的消費量大。昇到高空時，固然還有減少的軍向——噴進機的機身，自從最初的設計以後，一些也沒有改變，形式略有些像杜格拉斯 (Douglas) A20，哈伏克 (Havoc) 急降轟炸機。噴進機最顯著之點，就是沒有捻轉力 (Torque)，飛行途中不會有偏側之病。而難陸並不像火箭那麼急速，與普通飛機一樣。由靜止狀態入於飛行速度，其加速情形非常圓滑。又駕駛位上的操縱用具與測驗表類，都極少，只須調節燃料與操縱飛駛的兩根臂桿便足已。學習駕駛，也非常容易。普通飛機的騷音——80% 是出於攪風翼的——幾乎沒有了。又不振動，這減輕駕駛人的疲勞，料必貢獻甚大。

附錄一 戰時火箭消息札錄

(1) 火箭機縱橫飛 (Daily Sketch, 比利時第二方面空軍通信員通信) 德軍於空陸作戰所用新兵器為時速 800 公里之噴流戰鬥機。其速超越普通快機，但駕駛匪易。近來益

見其數有增；據謂駕駛士多時至有 20 編隊云。德之久注力於製造噴流飛機，實証甚多。當我方添造 Spitfire 新型及高速型並補充 Tempest 機之過去五個月間，未見其 Me 109, F.W. 190 等有何進步，可知其舉全力以赴噴流機之生產；則來年度必有可觀矣。其應用火箭之兵器亦出新型，有 Me 262 用以攻擊地上部隊，攜有 500 磅炸彈二，速度號稱 500 英里。又有 Me 163 戰鬥機，尚未見於戰場。據一般駕駛士所信，此等戰機現方在最後訓練，隨時可出陣。在比前線基地之 Bessel 中佐云：『今日始觀見噴流機，乃雙發機，頗感愉快。一入我視界，我即取追擊姿勢；乃當此瞬間，已吐煙遁去。其迅速較未之前見，當在 500 英里以上。直飛間不難，遶昇與旋飛當非容易；果能獲異常之成效與否頗為疑問，敵於前線配備普通機約 500 架，日以 200 出戰；我方擊墜其機之率大抵為什一。』泰晤士之比利的通信員云：德國最新之噴流推進機 Me 262，有飛燕之名；近益頻頻見於荷蘭及德西北部上空。對此新機。深感瓦斯兵器之極端重要。目下此種雙發機尚不足畏，惟尚未見其得手者，由於駕駛之未熟，其駕駛之士未習於幾同音速之捷飛耳；一旦經驗有積，當為勁敵。幸我亦已完成噴流推進之軍用機，見於最近之公表，稍可引慰。要在不遠之將來與不遠之地方，行見噴流機在軍事上，通商上俱將負起重大之任務。是又凡為專門家之所見僉同也。德軍初意用 Me 262 於戰鬥，近則用於轟炸；蓋圖炸後即能迅返基

地無阻。最近又見其用F. W 109以護衛噴流機，則亦慮我高速機之從其上或其後加以攻擊歟？嘗遇德噴流機之駕駛士皆謂其平飛與上昇迅速驚人，惟其駕駛者俱不善於操舵與迴旋云。更有一種破格之德新機爲以火箭推進之 Me163：，似專爲防禦用者；每見之於美軍晝夜用戰鬥機轟炸機猛攻之時。目前此項新機亦多見其失敗，屢爲美之 Mustang 及 Thunderbolt 諸機所擊碎；是亦其駕駛尙未熟也。

(2) 對日戰用轟炸戰鬥機 今後將盛用艦載之 Vought F4u Corsair 機以攻日本之陸上機。此項飛機原設計爲艦載用者，自 Guadalcanal 一役以來，陸戰隊用作陸上機。其在海上初非無用，惟從航空母艦起飛，稍嫌過重，海軍不甚喜用。最近以火箭爲之補助起飛，結果並可用於小型之航空母艦。現在不獨海軍用之，英國小型母艦亦多載此，此機不僅長於空中作戰，並有攜彈至2000磅之能力，用來攻擊日本航空基地，當以此爲長距離戰鬥兼轟炸之用。惟火箭起飛之法，初非始創，德軍於攜彈過重不便起飛之機，早已用之，即不用發射帶走而代之以火箭而已。又攜彈至2000磅(900公斤)，非有火箭補助，不能起飛，用之長距離時，攜彈亦並不能達2000磅云。

(3) 月球旅行非不可能 英國遊星學協會會長 A. H. Rowe 最近發表其『旅行月球』之火箭設計，據云月球旅行，非復夢譚。猶唱不可能者，徒見其無智耳。Rowe之火箭，形如兒童所弄花火(起花)，其航績距離爲238,857 英里，略得達到月球表面之半程。蓋以自力推進者半程，而所餘

半程則借月球之引力也。惟有一未解決之問題，以非常之速度而達月球之際，恐與月球表面成劇撞，尙未知如何豫防云。電文簡略，莫知其機構之詳。Rowe 又謂 10 年之後，火箭進步，當有勝於飛行之進步，火箭彈將凌駕一切砲火，爲最便攻擊之利器。又描寫火箭之萬能，謂用火箭遞郵，倫敦紐約之間，片言未終即可達矣。

(4) 新式野戰火箭砲 1944 英軍及加拿大軍在西部戰線用新式野戰火箭砲作彈幕射擊。此項射擊用砲數群連續放射，每群用砲 12 門，每砲有發射管 32 個，合計 384 管之集中火力，匹敵於 15 公分砲 20 門以上之齊發。火箭裝置之操作，但有士兵 200 名以下便足事，而 15 公分砲發同等火力，須 3000 名士兵。惟火箭砲準確度較差，尙未能代替一般砲火耳。

(5) 與時間競爭之火箭機 (紐約電) 美國航空諮詢委員會書記 J. Victory 聲稱：噴射推進式飛機可與時間同其步伐，紐約正午出發之機，可於太平洋時間正午抵達洛杉磯。此二地時間爲 3 小時，適與其橫斷大陸 4000 公里之飛行時間相一致。

(6) 火箭高射砲 美軍在北非戰線所用火箭高射砲，其火箭彈有二翅，以調整其瞄準。

(7) V-1.5 號 自 Runtstadt 攻勢開始以來，德軍所用新兵器中有曰 V-1.5 號者，乃 V-1 號流星彈與 V-2 號火箭彈合湊而成之自力推進 A 型砲彈。

(8) 抗坦克車之火箭彈 (1944 年 11 月) 據傳蘇聯於此

次對德戰線用新兵器火箭彈以抗坦克車，其構造乃用迴旋儀操縱之大型普通破甲彈而加以火箭裝置，掛於飛機機身之下。射擊之法，與急降轟炸作同樣標準，以一定之操作，使裝於彈尾之火箭發火，對目標為高速度之射擊。其效果與砲火無二，但有多大之機動性云。

附錄二 戰後火箭消息札錄

(1) 德 V-4 號之試驗 (1946 年 8 月 21 日柏林路透電)

據德社會黨職員言：蘇聯於占領地區內發見一種強力之火箭新兵器，乃噴射推進機之新型而未經試用者。今在德人已退出之地方——據路透通信員所報，在 Hubert Harrison 一方事實驗，至德兵工廠為蘇聯工作一節實為不確。又云新發見之兵器及其發射器，在英占領地區內亦同時有同樣之實驗。又據若輩所談，蘇聯檢查數處為聯軍炸毀之德國最大兵工廠廢墟，發見二三完全未受損傷之地下工作室，中有新兵器之藍圖及製品之未完成者。最重大之發明品發見於 Heinkel-及 Arado 工場——在 Rostock 郊外近 Warnemünde 與 Dessau 之舊 Junker 工場，據報告乃 Junker 工場最後三月中所建造。實驗者為德之專家，昔多屬於納粹軍需部長今以國際戰犯在 Nuremberg 受審之 Albert Speer 部下，由蘇聯空軍將校及技師嚴重管理。工人由社會主義者聯合會慎重選來，皆宿營於工場附近，曾為納粹黨員，則雖技術練達今可確信無他者亦不得僱雇。Möckenburg Primaburg 之軍需工場及火藥

工場，大部分皆已破壞，今發見尚有完存之地下設備數處，重要藍圖即出自其中云。凡可想像之各種科學實驗，由 Potsdam 契約及統制會議最近頒定之特殊規則，悉在禁止之列。

(2) 蘇聯在德製造 V-4 號 (1946 年 8 月 22 日柏林路透通信) 昨由蘇聯占領區傳來確實消息：前德國軍需工廠，至少十大特殊工廠，例如克魯伯系之 Magdeburg 工場，有蘇德技術家舉工場之全能力以製造 V 號新兵器，及其他重兵器，特殊火箭飛機，U 快艇用燃料，用船舶載往蘇聯本國。噴流推進機關用特殊航空燃料在 Saxony 省 Merseburg 附近之 Louna 煤油工廠製造，規模較小。據可靠消息：蘇聯慎重選用德專門家多人，俱受今日德人之最高薪給。德人方面傳出消息——蘇聯特予支援之社會主義者聯合會職官所明言：蘇聯現在製造新式強力火箭，即德之 V-4 號及德國式噴流飛機。

(3) 「怪火箭」猶自飛渡瑞典上空 (倫敦路透電) 據 Daily Mail 特電，在瑞典蒐求「怪火箭」連情報之 Alexander-Clifford 斷言：今猶飛渡瑞典上空不已之無音噴火彈，確由蘇聯射來「無疑」。據瑞典來電，Clifford 綜合此噴射彈情報而謂飛渡瑞典上空之怪火箭，數約 2000，而迄今不能得其具體論據，殊屬可怪，若謂唯一之發見，則但知共出自德科學家於戰役末期之所考案而已。節錄其言之大要：怪炸彈必有至少 900 公里之射程無疑，而不裝火藥——要為煙火性質，其不裝火藥，總不外省燃料。同時又顯與 V-2 號

不同，其飛太緩而太低。德人種種奇妙戰略之中，有所謂「蝴蝶」或「瀑布」之嶄新兵器，蓋即指此。此間咸信其操縱由於無線電。其飛行顯循曲線彈道，而確未嘗落於 Scandinavia，意必屆時轉舵而自返其基地。所不可解者，何以於發射之先，不調整其內部機構以定其彈道？中亦似有落於特造 V 兵器之基地 Peenemunde 者。然又別有論據，推測其發自 Estonia 西海中 Dago 及 Oesel 諸島者。蘇聯以 Estonia 及 Ratvia 全海岸為秘密地帶，必於其處有所作為，弄其幻惑之戰術焉。所刺激瑞典人心者，何以用瑞典上空為試驗場也。用其本國上空之曠闊，寧不便於種種性能之記錄？而必於瑞典，其意何居？亦無非其解答，或謂德之怪彈原發詳於 Peenemunde，其地面北，而蘇聯即用其地。蘇聯雖發表於外，而不欲使其國民知此彈之為外國製品也。或云，恐嚇瑞典耳。或又云：蘇聯玩弄人耳。衆說要皆無當，而蘇聯固自默默行其超科學兵器之操作，而不遺証跡。苟落吾人頭上，不免稍稽狼狽而已。Clifford 報告止此，要其意以為不外恐嚇玩弄而已。

(4) 英國火箭研究費二千萬磅 (倫敦路透電) 據 Daily Express 所報，英國將於今後三年間以二千萬磅開辦火箭研究所，每年經常費亦定一千萬磅。研究主要目的在對飛機火器與長距離防禦用火箭。又云：為完成橫斷大西洋之載客火箭，已定龐大之豫算；研究所數處之費即須一千八百萬磅云。行見設立於 Buckingham 省 Westcott 之火箭研究所，奉

令開辦費限於一百萬鎊，同時每年經常費亦二百萬鎊，蓋不欲『傷及』他研究所的研究範圍而有此限制也。

附錄三 大氣圈外之戰爭

(節錄『泰晤士』Pacific Oversea Ed, Vol, Sept, 2, 1946, p, 30)

大氣圈外的戰事，不用說一二年，十年之內也未必就會實現；然而美國科學家及軍部的進步派人們已很認真在考慮其事了。據他們說來，我們可以用機器來做成一個運行於地球大氣外數百英里的軌道上而監視人世界的小小人工衛星。即未到這樣的時代之先，放出一種炸彈，由大氣圈外來擊中地上的各種目標，不是不可能的事。

這種宇宙戰的構想，久矣乎有一班不負責任的，分明很疏漏的豫言家，以及 Bugk Roger 等藝術家唱說過來。在已知範圍內，任何燃料所含的化學能都不足以使需要的載重上昇到大氣圈外去；可是關於原子能之可能性的新知識（詳細則屬於秘劃），竟使事情完全改變了。

第三次世界大戰的標準——軍事科學家多相信，到達終局武器不是可以躡等，躡等是危險的，非得一步步去完成牠不可的。可是戰爭也許等不到那時候，所以非邁大步去急於完成不可。要到大氣圈外的戰爭，須經三個階段。

在第一階段裡，飛機必非常改良，絕然不是普通形式了。如果科學家的話不錯，必有音速以上的速度，直昇至成層

闊下面，飛行範圍要比現在大得多。這種飛機的性能，在偵察，戰鬥以及原子彈轟炸。

半路標準——備戰的第二階段，便是用化學燃料的火箭像 V-2 號一類的武器。多賴德人，英美蘇聯都己知道，成爲實用的武器了。如果下次的大戰爆發於五年以內，也許就有裝原子能於彈尖的改良 V-2 號爲有力的武器，也未可知。歐戰末期，納粹科學家己有改良火箭數方案——但未實用——其一曰 A-9 號，有翼，豫期其從彈道最高點降至大氣下層之後，尙能滑翔 1500 英里以達地。野心更大的是 A-10 號，乃是一種接力火箭，重有 85 噸。到 15 英里上空就脫去其一部分，餘剩部分便是一種 A-9 號，可達 165 英里的高空，理論上到達距離爲 3500 英里。德之 A-14 號，直至最近在秘密中，美蘇以都未能得其詳。

V-2 式火箭在美國當已改良成很強力的了，他國亦可以推測一樣有所改良。無線電操縱亦在改善。彈尖如裝原子能，當可無須像第二次世界大戰那樣要求精密的精度了。

科學隊又須忙於防禦。美軍於稍小之火箭稱爲 GAPA (Ground to Air Pilotless Aircraft) 能以雷達探索捉捕敵之 V-2 而予以擊碎，因磁力或電波力而一齊捉住 V-2' 卽在高空擊之粉碎。

青天之上——軍事科學家說，在這不得安心却沒有戰事的 10 年之間，飛翔武器當可近於完成之域。原子能在這期間（因爲不斷在改良）可以給與飛翔武器以幾無限度的速度，

在任何空間都能飛行的能。

這樣的飛翔武器就很容易成人工衛星。如果在大气引力之外能以適當的速力運行，這飛翔武器便自定軌道，在地球周圍，作無限度的運行。這人工衛星又可作觀測所用，又可作無線電的中繼局用，以原了能的特殊用法，也可以叫牠下來（或下於數國都市的上空）。

基礎研究——這科學的勝利，雖未為文化方面的完成，却須極大的基礎研究。此次戰爭中，世界上完全用了未經用過的物理學上舊發見。理論上的神秘向未得解，科學家已經就那樣做成了雷達，原子彈，熱中於實際的應用。貯蓄既傾，國民研究又非趕緊不可了。此事目下已經實現了，政府注其資金於大學，置特別基金於有貴重設備的研究所。海軍對於大气現象之研究，出資以助哈佛大學之天文學家，這在以前幾乎海軍首腦未重視過的。海陸軍對於宇宙研究，亦皆援助各特殊研究機關。這兩方面皆是計畫要到大氣圈以外去的典型例子。大气是出宇宙去的尖站，往宇宙去的航船不可在這裏遭了難。宇宙線，即從太陽系外入射到大氣來的，奇高的物質，在這里也是占着王座的。科學現方追究其實相，牠在高高空中能攪亂，損傷電氣。宇宙線又是中子（Mesons）——性質還沒有研究清楚，要為能變化波長的一種準宇宙線的物質——的唯一託身之源。此二者並非各別的部分，以為原子核所結合在一起的。科學家都相信，這怕是導世界於原子能更大更猛的原能之擾亂的神怪物！

附錄四 飛行速度的今日與明日

高列氏 (Collier's) 週刊確信 1947 年必為飛行史上第一個見到顯著進步，獲得『超音速飛行』——載人的飛機飛得比音波的傳播(每小時 761 英里)還要快——的年頭，特地介紹烏格拉斯飛機廠的研究部主任技師海英曼 E.H. Heinemann) 指導之下所作的簡明圖表於此。

這圖表可以幫助我們來理解一些現今尚在秘密而本年內就能公開出來的進步發展，一掃我們的重大誤解，使我們來日的空中專門技術能在國防上及商業上俱有進步。

這當前的 12 個月裏，載人的飛機追求那每小時 800 乃至 1000 甚至 1500 英里的飛行速度 (M.P.H)，必然要在飛行史上比了以往的任何一年都更進走得更多。同時也必然要經驗到更多的失敗，打破更多的學說，獲到更多的基礎知識。

空中將有種種奇形怪狀的，以及秘密建造的飛機用噴流推進的引擎 (Jet-propulsion engines) 或是火箭摩托噴着火焰與灼熱而縱橫飛閃。牠們的第一目的在穿過那空中的一重無形壑壁(圖正中用二條點線直柱表示)，凡有飛機速度增至每小時 600 至 900 英里時必定要撞着的。這叫做『穿音速境界』因為這是一重難關，凡有亞音速飛行，就是飛機速度不及每小時 600 英里的，不穿過這一重境界，無從達到那想象中的廣大無阻的未知世界，飛速超過每時小 900 英里的飛行，

可以極其安穩而毫無阻礙。

如要穿過這一重去，所有向來設計的，專為亞音速飛行的飛機，都要遭逢到莫大的抵抗，必然要被打擊到粉碎。然而我們迄來得第一個開拓穿音速境界乃至超音速境界的飛行家生還來，由其人的經驗，讀其測驗器具之所記錄，來確實知道這超音速的飛機應當如何設計，怎樣建造。

主任技師海英曼及烏格拉斯廠研究部同人現在正為海軍及國民航空指導委員會從事於研究計畫，要設計建造一高速飛機，他們說面遇到需要而獻身於翼與尾的根本新設計，奮力於前未曾於的大膽構造，試驗着新奇的金屬及其他物料，並在考求保衛方法，俾穿音速乃至超音速飛行的駕駛領航人在極高極速之中能够生命安全。

這當前的問題其實並不難懂，只要先看圖頂上的曲線表：其中一條粗點的實線（A線），表示着「4萬英尺高處的攪風翼效率。從這曲線看得出來：飛速在每小時300乃至400英里之間，攪風翼的效率達乎其極，以後便驟見低落。飛機速度到每小時500英里時，攪風翼尖的速度差不多已經達到音速，首當抵抗之衝，被穿音速的境界所阻。但是一班攪風翼技師現在根本改新翼刃的圖樣，要展緩其效率的低降，力在試驗之中（虛線部分表示新設計的效率）。

其次一個準備作超音速飛行必須考慮的問題，可看表中的長點曲線（B線，）表示「速度增大時溫度（華氏表）增高」的情形。從這條望高裏擡上去似的曲線看來，可知飛機

在長時間內越飛越快，便由於摩擦而生熱，溫度會增高，速度在每小時 200 英里時機不過 7.2 度，及至每小時 1000 英里時便達於 200 度了。溫度超過 200 度，則現在所用來構造飛機的全屬都要非常大減其堅強。

圖中一條實線（C線，）標有推進馬力（T.H.P.），乃是推測之數。據海英曼說來：假設用向來的構造而重約 20,000 英磅的飛機，須要 11,000 推進馬力。他雖沒有說，也不肯說將來的飛機應具何等形相，可是我們從圖上可以略得其概，看圖底邊向上數到第 10 個階段，形狀極奇怪的一機，以及圖底邊的三個機體裝翼的略圖——左端是亞音速的，中間是穿音速的（在二虛線上），右端是超音速的。

再看圖頂邊一行標數，名曰『馬哈數』（Mach number）。這是去今 27 年前德國一個彈道學家馬哈（Ernst Mach），研究彈丸射速，比之音速，而立出來的數。

其數以溫度 59° 海面音速，即每小時 761 英里為 1（必須要計算溫度者，因為音波的傳播，在熱空氣裏要比在冷空氣裏還傳得快）。圖中自左下角向右上角斜上去的一路階梯，最是海英曼談話中有意思的部分。第一階段（1）是氣球，乃是人類飛上空中去的第一種乘載具。1783 年創自法國，推力全靠風吹，說不上速度，絕對在每小時 100 英里（馬哈數 .13）以下。

其次（2），將幾個氣球總包在一起，像一支大雪茄煙

，加了活塞引擎，轉動攪風翼，成爲可以操縱方向的飛艇，速度也不出每小時 100 英里的範圍之外。又次（3），直飛上天在 1500 年上美術大家文西（Leonardo de Vinci）曾經玩過，到了現代，次第發達成爲直上飛機。速度也還在每小時 100 英里左右，不過有了將來增大的希望。

到這裏來，方見現代飛機（4）登場，用活塞引擎來轉動攪風翼——正如賴次（Wrights）的『愛鷹』機一樣——而今飛速已能達到每小時 300 英里的記錄了。

海英曼說：『賴次弟兄在 1903 年，每小時只飛得 28 英里，而前年九月，英國的噴流戰鬥機居然達到了正式速度每小時 616 英里；這是從來不曾有過的，最快的水平直飛了。計算起今日以前每年的速度增進率來，纔不過 14 英里一年。這還是快飛的記錄，若論定航客機的航飛速度，則 1903 年以來，我們所得的平均數，每年只加得 7 英里而已。』

在這 1947 年裏，我們的客機，航飛速度當在一小時 300 年與 400 英里之間。也許現在就能馬上造成一小時飛 500 英里，或竟至 600 英里的客機，而數年之內，憑藉堆積起來的知識，或許有達到音速的希望，也未可知。不過費用之大，須不能與循序漸進的別種飛機作競爭。老在自家後院子裡打徘徊，那一小時 100 英里的速度增加是不會趕得上的，今日之事，太不簡單啊！』

海英曼所指爲『循序漸進』的再一步，便是圖中的第 5 階段：機形無異於前一階段，用的也是標準活塞引擎與攪風

翼；不過引擎的排氣，以前在任何式子的引擎，都隨着技師的便，隨處浪費了去的，如今却利用來放出於後部，有如噴流引擎的噴氣一般這給添加了推進的一助力，而並不多化費一錢；一年來新造的客機，都已兼採此法來作飛行的一助力。

再進一步的飛機（6），還用的是活塞引擎與攪風翼，但更添了一個裝置：噴放排氣的加力機，使氣體從後部吹出去得格外有力。現正建造着的一小時400英里的新「美國虹霓客機」就是這樣。

又進一步（7）的飛機，是前年一月始飛的奇異廠所造，用攪風翼輪機引擎。這是一種噴流引擎，但其噴氣不出於尾後為推進之用，而旋轉一個裝在樞軸與攪風翼上的輪機。於是攪風翼又回到設計圖上來，並且有許多人歡迎牠；因為在這種裝配之下，有牠能鼓起起飛時的速度來，這在純粹的噴流引擎就必須較長的帶走；牠並且能容許較緩的操縱轉運，這在噴流但宜高速而有所不能的。這種攪風噴流引擎今方試用於公威式（Convair）XP-81號陸軍戰鬥機。

更進一步（8），用直噴的輪機噴射引擎，出於英國技師韋德爾（Frank Whittle）的創意，1941年始於飛英格蘭。乃是從引擎前方收取空氣，壓縮了，混於燃料之中燃燒，由輪機來噴其煙氣於後方，例如P-80號流星彈（P-80 Shooting Star）。從此，飛機得到了近於600英里一小時速度，而我們也可以看見機形與向來的飛機有何一點兒不

同起來了。

至於更進一步(9)的設計，形相便迥乎不同，用猛力噴射引擎為原動力，只是一根噴射火煙的煙筒與一個燃燒室之外，別無轉動的機件。重量很輕，容易建造，而能力却奇大。其眼前的短處就是必須要輔助的機構，例如發射滑走或火箭，為之發軔，使其獲得高速之後，空氣方能以高速度衝進來。

用噴射引擎的飛機，眼見得已達於音速而遇穿音速的難關了。這種用噴射引擎為主動力的實大飛機，雖則任何形式的都不會造過完全的；而噴射的方案，却早由法國技師勒紉 (Rene Ledue) 提唱，已經十幾年了。

截至今日為止，所有動力計畫，都是取用外部空氣到引擎裏，混於燃料而點火燃燒，或以推動活塞，或以促成噴流推進的。此種方式的飛機，儘往高裏飛去，空氣便愈見稀薄，終將無可取用。唯有火箭引擎，不靠外部的空氣。帶了封好的燃料——液狀氧與酒精——便可以飛出地球大氣之外去，此則噴流引擎有所不能了。

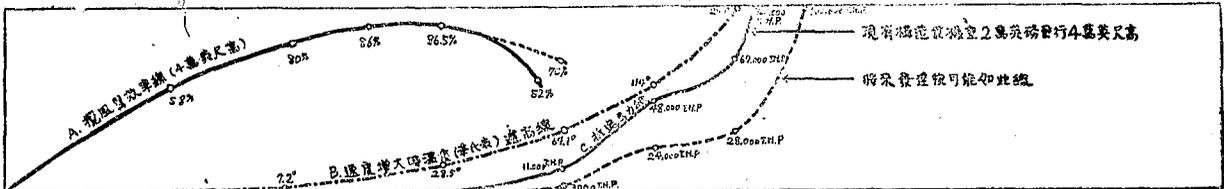
講到這里來，我們可以悟得海英曼所精思設想的火箭發射式飛機，是能够穿過音速而達到超音速境界去的了。那里現在只有砲彈(11)，V-2 號火箭(12)以及流星(13)而已。

前此，美國第一架火箭攪風翼全備的飛機，貝耳廠造的 XS-1 號 (Bell XS-1) 陸軍設計的超音速試驗機，在 XS 型飛機中無疑地是最大的一機，已經就要試飛了的。高列氏

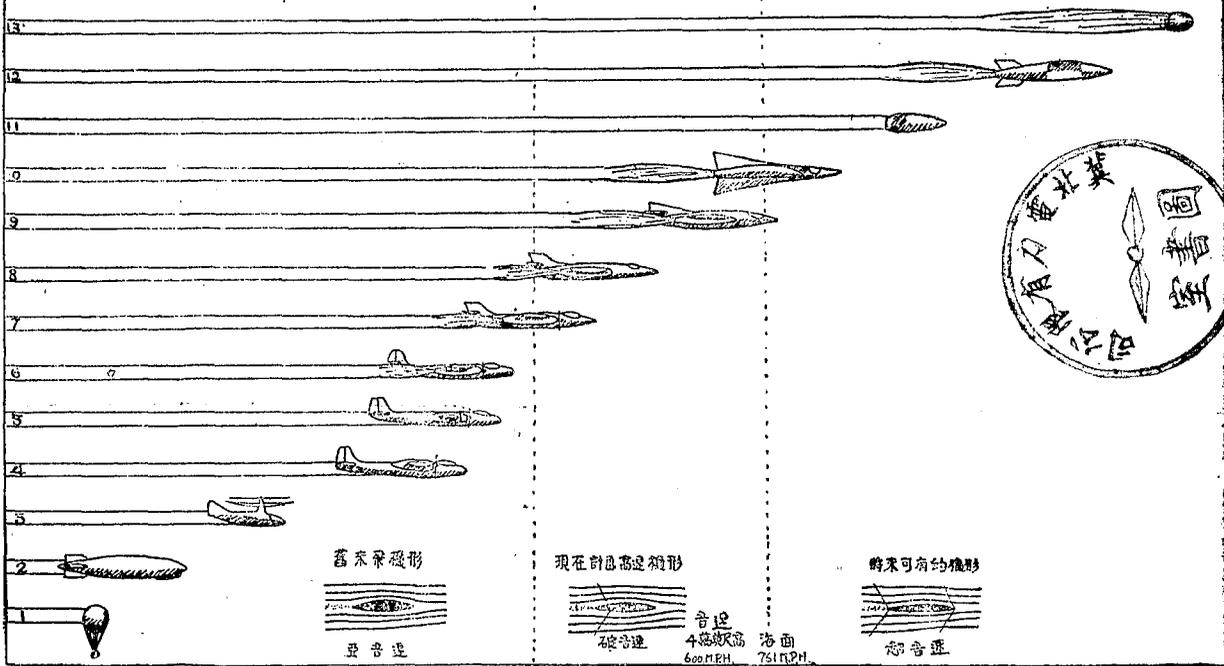
週刊於 1946 年八月間曾經兩次報道過：已選定試飛人，要去揭開超音速飛行的秘密，定下了準備，計畫及希望。

初選定的試飛人是貝耳廠試飛主任吳嵐士 (Jack Woolans)，乃不幸於 1946 年八月 30 日試飛他機失墜而殞命，於是這 XS-1 號的試飛也就延遲了下來。因為作此前未曾有的飛行，又須從新選定試飛人，從新再鍛鍊起來。

還有別的延遲原故，也包含有天氣的關係在內，而決定由顧磨 (Chalmers Slick Goodlin) —— 貝耳廠主任試飛員，23 歲 —— 來駕駛指揮，在謨洛乾湖上試飛，纔在不多幾時之前。吳嵐士原定計畫，完全是他自己的計畫，要以 1000 英里 —— 小時或更以上的速度，指 80,000 英尺高度為目標，穿過音速難關去。顧磨却主張用逐步而進的方法，次序試穿這難關，不須持地去自尋絕路。他的第一步試飛，實現於 1946 年十二月 9 日。



速度 (每小時英里 或 呎 P.H.)	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000	3000	10000	15000	20000	30000
高度 (呎)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	6.63	6.57	13.14	19.72	26.30	39.46



世界科學社叢書

火 箭

R O C K E T

全 一 冊

不
得
翻
印



有
著
作
權

民國三十六年六月初版

定價法幣 15000圓

外埠酌加寄費

編輯者 世界科學社 研究部

發行人 唐 嗣 堯

發行所 世界科學社發行組

北平東城椿樹胡同二號

電話 5. 3418 號

電報掛號 3 6 0 0 號

印刷所 文成堂福記書莊

北平東打磨廠 161 號

電話 7. 2914 號

