

火箭探空發展及其實際利用

樊滌兮譯

取材於一九六一年十月份「太空工程」雜誌，本文資料得自美國陸軍通信研究發展實驗室，空軍劍橋研究中心及空軍飛彈試驗中心。

「作者簡介」：本文為史邁斯 (Mr. Smith) 及富亨 (Mr. Vaughan) 兩先生手筆。前者畢業於奧克拉荷馬大學，於二次大戰時先後任職美國氣象所，陸軍航空隊氣象教官及個人裝備官，於一九五七年改入陸軍彈道飛彈署，後為馬歇爾太空飛行中心（屬國家航空太空署）氣象專家迄今，為美國氣象學會會員之一。

後者為佛羅里達州大學數學物理理學士，於一九五五年加入空軍為研究發展氣象官，然後改入陸軍彈道飛彈署，從一九六〇年並為國家航空太空署馬歇爾太空飛行中心氣象專家，現正為飛彈及太空乘具發展的規範設計及性能試驗檢討，從事大氣資料之研究及譯述工作。富亨先生為太空飛彈中心太空物理及天文物理學主任，亦為美國氣象學會及國際地球物理學會美國分會會員之一。

影響太空乘具飛行動力效應不僅需仰賴風速，且與同時間的風速改變率有關。決定這種風速改變率之最基本者則為風切效應，那是一種和高度有關的改變。風切對太空乘具之反應具有重大影響，即使其風速增加量甚小。最成功的反應操縱係根據風速，風切及所遭遇之陣風的廣泛知識而成。目前有關此類因素之情報對實際尚不敷用，特別是20公里以上高度之高層大氣資料之獲得更感需要、即使有過數次鳳毛麟角的觀測，除可在形式上以奇貨自居外，仍對實際無裨益，何況其真實性殊令人懷疑。

掠過美國佛羅里達州坎納維拉岬美國空軍大西洋飛彈試驗場上空的高空風觀測，已可補救上述之缺憾，而其觀測次數，所達高度及準確程度均逐漸增加。總之，由此方法所獲得之資料，較之由雷達測風而得者，其量仍少而彌足珍貴。從一九五九年四月到一九六〇年五月這一階段中，已共有廿七次火箭探空在坎納維拉岬順利完成。其發射目的旨在為飛彈與太空船之設計研究及對其影響結果之檢討，而後就高空風及大氣之特性予以研究利用。本文所述資料分析如附圖，其範式雖因長期火箭探空尚屬創舉，而無法借鏡比較說明其在統計上所佔之重要意義與地位，然已說明這一重要基地——空軍飛彈試驗心中——上空大氣環流之一般特性。

由此，一項火箭探空觀測之推廣工作，已在一氣象火箭網之指導執行下於數地區內展開。這種努力，透過美國三軍、氣象局、及美國航空太空署(NASA)之協調合作，在更高之太虛幻境，將繼續供給較此更

有價值之資料。

一、原始資料及其計算方法

以火箭去獲得資料，係利用非導向、固體推進火箭推送一靶標物入太空，於發射後數分鐘即達遠地點 (Apogee) 附近目標而完成之。這些靶標係由假物體，保險傘或由雷達追蹤之汽球等所組成。其合成軌跡資料係由電子計算機去效勞而供給風速、風向、風切、風分速及靶標降落率等。雷達所作之貢獻為時間，方位角、仰角及一秒間距之傾斜記錄等。然後把這些資料用二度多項式覆於矩形座標上，合成資料即可圓滑顯示於一〇一個一秒間距的資料點而得出地球曲率。然後以一光滑三點直線用於以卅秒為時間間距的資料點上，求風變則以六十秒間距決定之。再以五〇〇公尺為高度間距內插此資料，然後以每千公尺高度層計算風切並在此層之中點找出其屬性。

在譯算風資料之縮減時當格外小心，由於以平滑方法應用於計算機，很易趨於使一定量之風速風切資料被刪除。同時，在某些情形下，由於利用假靶標而獲致不規則的風速和風切。假靶標飄流散失於數平方公里之區域，而雷達訊號從強的焦距點返回，致常引起一點至他點之異變。這樣猝然異變，可招致使不規則風速、風切及風向之被刪除，殊屬可惜，故需特別注意。

火箭探空靶標同時被兩個或兩個以上的雷達追蹤時，可在計算風值上獲得相互比較核對之利。由雷達測風所得之重複部份作類似比較，即知由火箭探空所

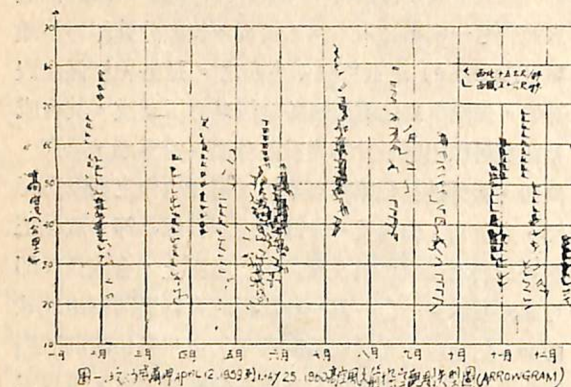
得之風速，顯然有每秒八公尺至百分之十公尺的不定誤差存在。姑勿論二者何大何小，以極小心檢查方式而改正那些突兀點再平均之當不失為合理之舉，且較其他錯誤分析法為優。

二、應用資料之說明

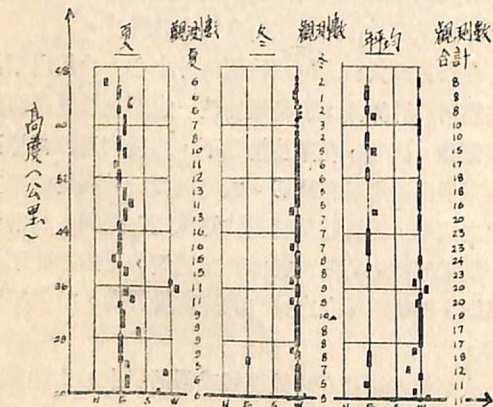
在三十七次火箭探空資料中，堪用於附圖各高度者祇二十四次。另有不足五次觀測用於圖中固定高度層如附圖虛線所示。綜合冬季資料係從十月至翌年三月，夏季係從四月到九月併為全年。由於假靶標之分散漂蕩少數觀測祇及 20km 之高度。最大高度未超過 84.5km；多數資料係 20km 至 66km 公里範圍者。

三、資料之分析

矢型座標的圖一例證，係包括所有風之風向風速，可知於任何高度任何季節均可出現任何風向，至少偶爾如此。總之，當所測得之風（綜如圖二）如加以進一步檢查，則知夏季為東來盛行風，冬季為西來盛行風，且其特性彷彿一達 70km 附近即以低風速之姿態出現矣。年平均盛行風向多數均甚規律，且根據所



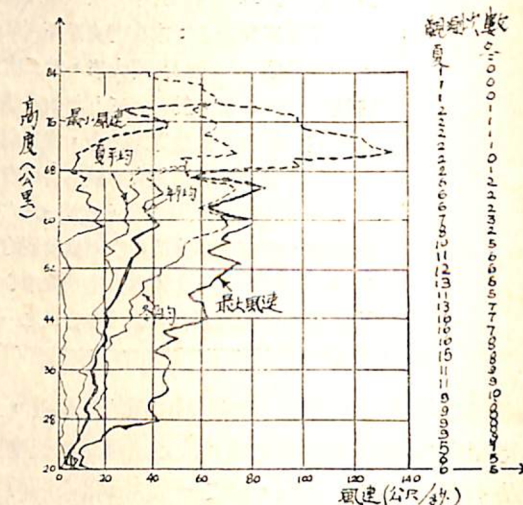
圖二：火箭探空高空盛行氣流坐標圖
資料時間：April 12, 1959 — May 25, 1960



圖三：火箭探空高空風速坐標圖
資料時間同圖二

獲資料有波動於東西來風間之趨勢，此可能係因在東風盛行之夏季較西風盛行之冬季舉行之觀測為多所致。設使冬夏季之觀測數各半，則各高度上西來風將居優勢。

最小風速測得於 23km 之高度（圖三）。由此以上風速隨高度增加至 64km 或更高高度，到達其中心



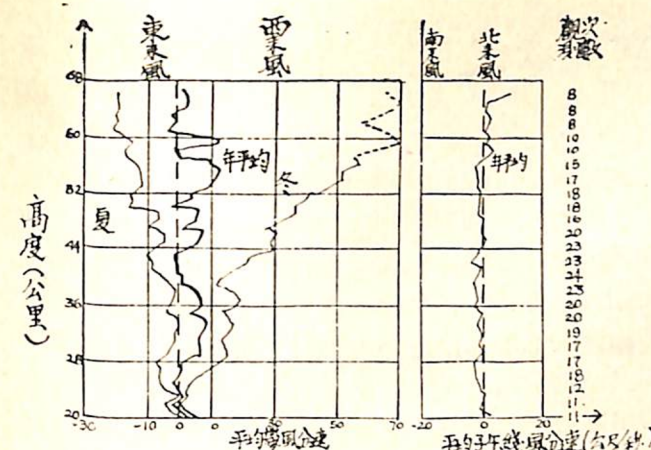
圖四：火箭探空高空風速坐標圖
資料時間同圖二

顯然接近 70km 之另一風速最大區。在此一火箭探空整個過程所測得之最大風速為每秒一三三公尺，風向西南、高度七十一公里，出現於冬季。夏季最大風速每秒九十九公尺，風向東南東，高度六十九公里。冬季風速較夏季者顯著為強，除非在接近 23km 處所出現之最低風屬於例外。此外，較大高度所出現之較強風速格外使人注意，此正宜於說明這些觀測均符合其他研究定識。

四月及十月稍，東來風及西來風二者首先分別出現於五十公里高度。不幸，在十月初吾人未舉行觀測且四月份之所測次數亦寥寥無幾，故欲證實或堅信此相反盛行風之出現真相，非進行更多之觀測始足取信於人而杜絕斷之見也。

子午線風分速一般均小，雖南來風常以微弱姿態出現於五十七公里高度以下（圖四），而「年平均子午線合成風」（The Annual Meridional Wind Resultant）仍近於零。季節性子午線風分速雖反復出現，但因其代表性價值之渺小而仍被省略。

夏季之「帶風分速」（Zonal wind Components）屬東來風，冬季呈西來風，且較夏季之東來風為更強。（圖四）其分別觀測數夏季約佔百分之六十，冬季百分之四十。年度和總合成風主要為西風，此乃由



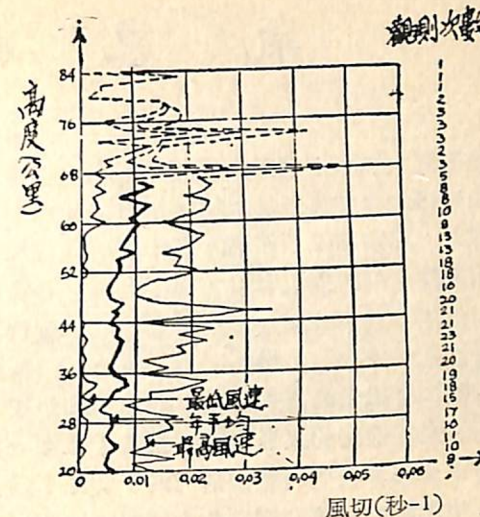
圖四：火箭探空高空風分速坐標圖
資料時間同前表

於西風較大之故也。

風切以高度偏微分係數法求得，其平均數為每千公尺逆轉 0.01 秒弱，最大高度算至 60km（圖五）。此一研究中最強之風切在 68km 高度，其值為每千公尺逆轉 0.0523 秒，由於觀測法之先天誤差，故使所獲致之風切資料可能不十分準確，但不管如何，在較大高度風切速之大量增加却仍為事實。

四、結 論

平均火箭探空風速之測定，係坎納維拉岬飛彈發射站上空二十公里高度的每秒五公尺到五十八公里處之每秒四十公尺。而各次之單獨測得範圍係從近零值至一三三公尺不等。風向則以任何季節，任何高度及



圖五：火箭探空風切坐標圖（風切 $\Delta h = 1.000$ Meters）
資料時間同前表

任何方向的姿態出現，唯夏季以東風佔優冬季以西風為強幾為不易之現象。子午線風分速微不足道，帶風分速在冬季以西風見長。風切之範圍，從近零值到大於千公尺層 0.05 秒之逆轉，且隨高度繼續增加。在五十九公里以上，平均風切逆轉每千公尺層少於 0.01 秒。

此即美國佛州坎岬空軍大西洋飛彈試驗場上空所測定之有限風資料，此特性已剖析如上，俾供飛彈，太空船及各式太空乘具之工程設計和作業人員的實際參考運用。（完）

「編 者 的 話」

一、本期出刊正值颱風季節，本刊特選載「1884-1961 年颱風侵襲我國東南沿海概述」論著一篇介紹七十八年來之統計資料；及「深度颱風加強及減弱時期颱風眼之變化」、「颱風附近熱力平流及高空導引層」、「熱帶氣旋之精密照相偵察」譯述三篇，刊供我氣象同仁及同好者參考。

二、本刊為促進飛安及助益民生，一向重視各地方之當地客觀預報介紹，本年度經蒐輯各地各項特殊天氣客觀預報之專題研究報告多篇分別於本（十一）期及下（十二）期刊登。

三、本刊竭誠希望氣象學界先進，作業同仁及有志人士，予以鼎力支持，惠賜佳作，並不吝指教，使這片氣象園地日見繁榮，俾期收穫更為豐富的果實。