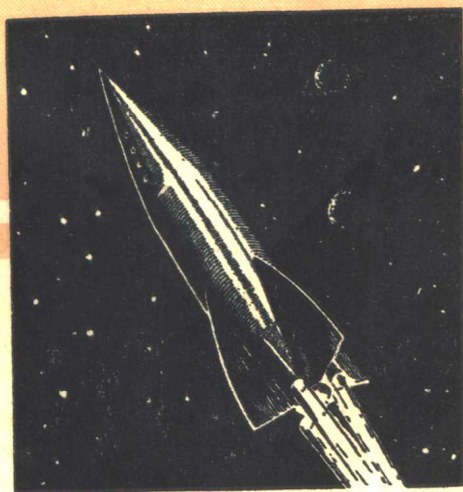


蘇聯青年科學叢書

噴氣發動機及其應用

伊里亞申科著



中國青年出版社



蘇聯青年科學叢書

噴氣發動機及其應用

伊里亞申科著
汝 蔚 譯

中國青年出版社

一九五三年・北京

С. ИЛЬЯШЕИКО
РЕАКТИВНАЯ ТЕХНИКА
ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСАРМ
МОСКВА 1951

書號 73 交通 2 32 開本 53 千字 102 定價頁

噴氣發動機及其應用

著 者	蘇聯 伊 里 亞 申 科
譯 者	汝 藏
原著版本	蘇聯陸軍協助會出版局 青年·開明聯合組織
出 版 者	中 國 青 年 出 版 社 北京西總布胡同甲50號
發 行 者	中 國 圖 書 發 行 公 司
印 刷 者	京華第一印書館北京二廠

印數1 — 15,000	一九五三年六月第一版
每冊定價2,800元	一九五三年六月第一次印刷

目 錄

前言.....	1
一 升力和阻力.....	4
二 音障·超音速飛行.....	12
三 反作用運動.....	15
四 火藥噴氣發動機——火箭.....	21
五 火藥火箭的應用.....	28
六 液體燃料噴氣發動機.....	32
七 液體燃料噴氣發動機的應用.....	40
八 渦輪壓縮機式空氣噴氣發動機.....	45
九 現代的噴氣航空.....	57
一〇 衝壓式空氣噴氣發動機.....	63
一一 脈動式空氣噴氣發動機.....	72
一二 噴氣發動機概述·噴氣技術的發展遠景.....	79

前 言

‘謝爾格·米哈依洛維奇，’有一次我的少年朋友依果里·尼可來也夫跟我說，‘今年五一大檢閱的時候，我又看到了我們的噴氣式飛機。可是它們很快便飛過去了，我簡直來不及看仔細，只看到在它上面沒有螺旋槳，最奇怪的是：我先看到飛機飛到我頭上，以後才聽到它發出的聲音。這是什麼緣故呢？’

‘這是因為現代噴氣式驅逐機的飛行速度，差不多已經跟聲音的傳播速度一樣了。你到這裏來看看吧！’我一面說一面把他引向窗前。‘在城市上空低飛的飛機，要等它已經從掩蔽它的屋頂後面飛出來之後，才能够清楚地聽到它所發出的聲音（如果街道上很靜，比方說在晚間，聽到飛機的聲音可以比較早一些）。等到飛機的聲音傳到了下面看的人，飛機本身可能已經在頭上飛過去了（圖1）。’

‘可是我向來沒有看見過螺旋槳式飛機會在聽到聲音之前就出現在頭頂上空的。’

‘對呀！最快的螺旋槳式飛機飛行的速度，至多只有現代噴氣式驅逐機的三分之二。裝活塞式發動機的螺旋槳式飛機不可能飛得比這更快了，只有噴氣發動機才使得飛機能够跟聲音相競爭。’

‘這是為什麼呢？’

‘在螺旋槳式飛機上安裝着跟汽車或者拖拉機上相像的活塞式內燃發動機，只是裝在飛機上的動力比較大，而且比較輕……’

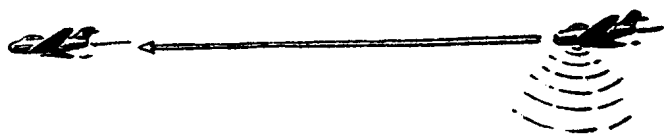
‘難道飛機發動機真的比汽車發動機輕嗎？’他打斷了我的話。

‘是的，是比較輕，這是這樣的意思：驅逐機上安裝的發動機能夠發出兩千匹馬力左右的動力，它連螺旋槳在一起的總重量大約是一千二百公斤。六十匹馬力的汽車發動機，它的重量大約是兩百公斤。這樣，航空發動機發出的每一匹馬力只分担到 0.6 公斤左右的重量。而汽車發動機發出的每一匹馬力却分担到 3 公斤以上的重量。至於拖拉機的發動機，那就更重了。

‘我們知道馬要拉動一輛車子，一定要用腳抵住地面。汽車發動機帶動車輪，車輪也要抵住路面。在空中也一樣，航空發動機轉動螺旋槳，螺旋槳在空氣裏旋轉，把空氣推向後面；這樣一來飛機就開始向前移動。更說得明白些，螺旋槳在空氣裏轉，就像螺釘轉進螺帽裏去一樣，也正像螺帽壓着螺釘的螺紋面，空氣也壓着螺旋槳表面。就是空氣這種對螺旋槳的壓力，決定使飛機在空中移動的螺旋槳拉力，同時也決定螺旋槳旋轉的時候應該克服的阻力。

‘航空發動機能夠發出某種大小一定的動力，這個動力的大小是跟飛行的速度沒有什麼關係的，它主要就消耗在克服螺旋槳旋轉所產生的阻力上。

‘假定說，發動機消耗在螺旋槳的旋轉上面的動力是兩千



匹馬力。那麼在這時候，螺旋槳能夠發出多大的拉力呢？

事實上，要想解答這個問題並不很容易：在發動機的動力不變的條件下，螺旋槳所發出的拉力是由許多因素來決定的，飛行的速度就是因素的一個。飛行的速度越大，螺旋槳的拉力就越小。發動機在原地開動的時候，螺旋槳的拉力就最大。比方說發動機的動力是兩千匹馬力，它在原地開動的時候螺旋槳能夠發出二千四百公斤左右的拉力。如果是用每小時三百六十公里的速度在飛行，螺旋槳拉力就會是一千二百公斤，而飛行的速度如果是每小時七百二十公里，



圖 1. 等到發動機的聲音傳到下面看的人，飛機已經在頭頂上飛過去了

拉力就只有六百公斤左右。此外，速度很大的時候，普通螺旋槳的工作情況會變得很壞，因此，雖然它所發出的動力跟以前一樣，却已經不能再拉動飛機。所以如果要能夠進行高速度飛行，就需要有特別的高速螺旋槳。

‘但我想能夠發出高速度飛行所需要的動力的活塞式發動機總可以造得出來吧，而螺旋槳就可以採用高速度螺旋槳，這樣不是也可以飛得很快嗎？’依果里說道。

‘是的，這是可以的，然而這樣的發動機就會非常重，重到沒法把它安裝到飛機上。要使得飛機飛得比聲音還快，應該有很輕的發動機，這種發動機發生的拉力還應當不跟着飛行速度的加大而減小。這種性質就正是噴氣發動機所具備的。’

‘那麼噴氣發動機是怎樣的呢？’

‘噴氣發動機是這樣的一種熱力機，燃料在它裏面燃燒所發出的能量直接造成強烈的氣流，氣流噴出的反作用力就造成拉力，或者也叫做推力。’

‘那麼就請你把噴氣發動機以及一般的噴氣技術詳細給我講解一下吧！’

下面就是我們的談話。

一 升力和阻力

‘依果里，你知道不知道，為什麼這麼重的飛機在空中不會掉下來，並且還會在空中移動呢？是什麼力量支持着飛機，是什麼力量使它運動的呢？’

‘我可以提醒你一下，空氣是用一定的力量壓在物體的整個表面上，這個力叫做大氣壓力。如果空氣跟在空氣裏面的物體發生相對的運動，就會產生另外一些力。如果運動的速度不大，這些力就很不容易發覺。比方說我們很快的把門打開，室內的空氣就發生運動；這時候它會吹動窗帷或翻動書頁。空氣運動得越快，這種力也就越大。如果你坐在開得很快的火車裏從窗口探出頭來，那麼你就會感覺到迎面的空氣用很大的力向你壓過來；假如你忘記用手把住你帽子，說不定空氣就會把你帽子從頭上吹走。至於在高速驅逐機的座艙裏，那你就根本不要想探出頭來了。

‘空氣作用在一個跟它有相對運動的物體上面的壓力，就叫做“空氣動力”。

‘你可以看一下圖 2，這圖表示空氣在跟飛船外殼一樣的水滴形物體周圍環流的情形。各部分空氣流動的路線在這圖上用線條表



圖 2. 在運動物體的後面，造成一條渦流。造成的渦流越大，阻力就越大。

‘飛船的頭部分開前面的空氣，把空氣推向旁邊；空氣由於慣性的作用，還想保持原來的方向，就用一定的力作用到飛船的頭部。飛船前面的空氣壓力因此升高了。空氣向船體的四面環流，在船體的表面滑過去，就產生摩擦力，方向跟運動的方向相反。到了船體的尾部，就發生下面的現象：空氣由於慣性想要保持直線的運動，就離開船體的表面，使船體尾部的空氣壓力低下來。把所有這些作用在飛船上的力都加在一起，

就得出一個“合力”來，這個合力在飛船運動的時候對於飛船的作用，就跟所有加在飛船表面上的力的作用合在一起的結果相同。

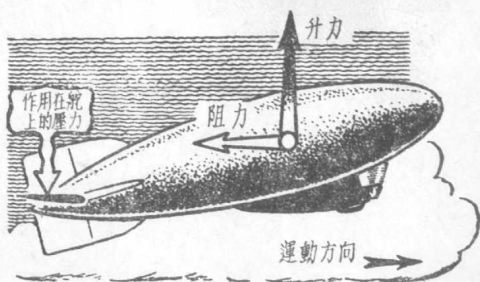


圖 3. 空氣動力跟運動方向成一個傾斜角，產生升力

‘如果物體的形狀是對稱的，當它沿對稱軸運動的時候，就只受到跟運動方向相反的“阻力”（圖 2）。

‘如果物體運動的方向跟對稱軸成一個傾斜角，物體的前部是向上傾斜的（圖 3），那麼在物體下部表面上作用的空氣壓力就加大，而在上部表面上作用的空氣壓力却減小。在這種情況下，除了阻力之外，還產生出側面的壓力。如果側面壓力

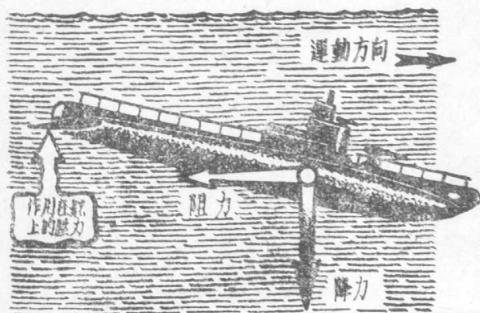


圖 4. 空氣動力跟運動方向成一個傾斜角，產生降力

是向上的，就叫做“升力”；如果側面壓力是向下的，就叫做“降力”（圖 4）。

‘偉大的俄國學者，列寧曾經稱呼他做俄羅斯航空之父的儒

可夫斯基(Н. Е. Жуковский),曾經研究過這個空氣動力的問題,並且找出了最有利的飛機機翼切面的形狀,或所謂“翼型”。

‘儒可夫斯基創立了一種理論,來解釋空氣動力是怎麼產生的,並且根據這種理論來計算空氣動力的大小。儒可夫斯基找出了機翼上產生升力的道理,求出計算這種升力的公式,並且發明了一種翼型,它的阻力比較小,產生的升力却很大。有這種翼型的機翼就叫儒可夫斯基式機翼(圖5和圖8)。



圖5. 儒可夫斯基式機翼

‘儒可夫斯基爲了證實自己的理論,曾經進行過許多實驗。現在在研究空氣動力的時候,都採用很大的風洞,用幾千匹幾萬匹馬力的發動機,來吹送空氣通過那風洞,空氣的速度比颶風還大許多倍。可是在儒可夫斯基開始工作的時候,却還沒有風洞呢,他最初的實驗是利用腳踏車來進行的,就在腳踏車上面安裝上機翼、薄片和別的他要試驗的物體。

‘所有在空氣裏運動的物體上都受到空氣動力的作用,在飛行的飛機的各別部分上也有空氣動力在作用(圖6)。發動機的拉力克服了所有的阻力,使飛機有可能向前動;同時機翼上的升力克服了重力,就是飛機的重量,把飛機支持在空中。

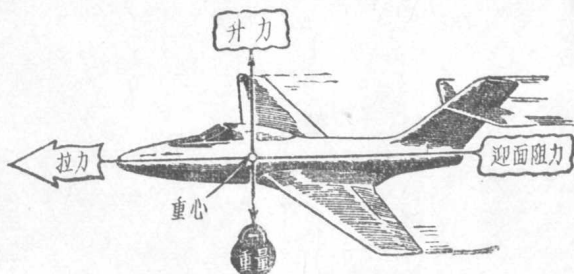


圖 6. 作用在飛機上的力

空氣動力的大小，要看運動物體的形狀、橫切面積、運動速度、空氣的密度、物體的軸跟運動方向之間的角度等等來決定。

‘首先我們來研究一下物體形狀的影響。

‘凡是形狀沒有稜角的、表面光滑的物體，受到的阻力比有稜角的或者表面粗糙的物體所受到的小。

‘你可以看一看圖 7，在這圖上表示出受空氣阻力較小的幾種物體，這種物體叫做“流線型”物體。飛船、潛水艇和比賽用汽車的外殼，飛機的機身，砲彈，這些物體爲了減小空氣的阻力，就都是做成流線型的。

‘但是空氣的阻力並不總是有害的，有時候這種阻力還能夠救人的生命。你沒有想到這是在什麼時候嗎？

‘這是在跳傘的時候。跳傘員由於空氣在降落傘上作用的阻力，無論他從多麼高的地方向下跳，都能夠用每秒鐘大約五公尺的速度接近地面，這個速度剛好等於人從不到一公尺半的高度上不用傘跳下來時候的速度。

‘除了物體的形狀之外，空氣動力還跟物體的橫切面積有

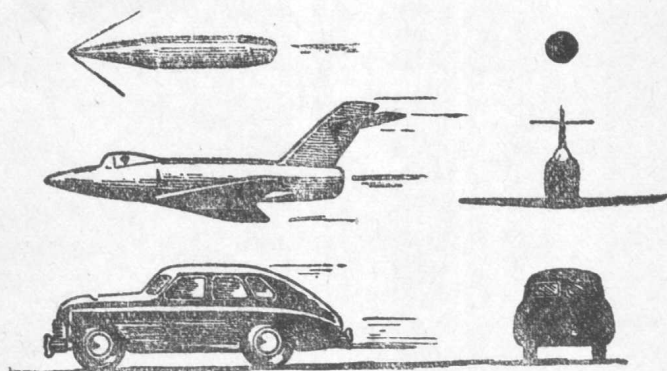


圖 7. 幾種流線型物體的外形(左)和橫切面積(右):
上,砲彈 中,飛機;下,汽車

關係。

‘橫切面積是什麼啊?’

‘這你可以這樣想像，在運動物體的正前方很遠很遠的地方有一個光源，比方說是升起的太陽，而在它的後面有一塊很大的白布，跟運動方向相垂直。在這塊布上物體陰影的面積就是這物體的橫切面積(圖 7 右)。

‘橫切面積大幾倍，空氣動力就跟着大幾倍。

‘參加腳踏車比賽的人，為了減小空氣的阻力，盡量把身體靠近車把，也就是減小自己的橫切面積。

‘還有運動的速度對空氣動力的影響也很大。在沒有風的天氣走路，你差不多感覺不到空氣的阻力，可是如果跑得快，空氣的阻力就很容易覺到了。騎腳踏車的人差不多要把自己一半的力量用在克服空氣的阻力上面(用每秒十公尺的速度前進的時候，空氣的阻力有一公斤)。在摩托車上用每秒

四十公尺的速度前進的時候，阻力增加到十六公斤，而在每秒六十公尺的速度運動的時候，人體感受到的空氣阻力就會增加到七十公斤，也就是跟人的體重相等了。就正因為這一個緣故，無論從多麼高掉下來的人，速度也不會增加到每秒六十公尺以上的。

‘你用不到奇怪：每個做過遲緩跳傘，就是跳下來以後有一段時間不開傘的跳傘員都知道，落下的速度只在開始的十秒到十五秒間，當空氣阻力比跳傘員的體重小的時候是在逐漸增加的。等到落到某一個高度，它的速度達到每秒六十公尺的時候，空氣的阻力就增加到跟人的體重相等，以後落下的速度就不會變了。蘇聯有一個創造記錄的跳傘員也夫德吉莫夫（Н. Евдокимов），曾經在七千公尺的高度上跳傘，跳傘以前他計算好要在空中不打開傘向下墜落兩分鐘左右。降落的時候他注視着一根無線電天線杆，當他已經跟天線杆相平的時候才把傘打開，這時候的高度是兩百公尺。

‘除此之外，空氣動力也跟空氣的密度有關係。你大概知道，密度就是單位體積物質的分量。隨便哪一種物質的分子之間離開得越近，它的密度就越大。密度跟每立方公尺物質的重量成正比。

‘我們知道，越高的地方空氣的密度越小：海面上每立方公尺空氣的重量是 1225 克；在六千公尺的高度上，是它的三分之一；而在兩萬公尺的高度上，差不多是它的十三分之一。因此飛機飛得越高，它受到的阻力就越小，發動機需要發出的動力也越小，也就是燃料消耗量越小，而飛機飛行的距離就可以

越遠。

‘在飛機水平飛行的時候，發動機所發出的全部動力都消耗在克服阻力這方面。這時候發動機所發出的能量到底到哪儿去了呢？因為你知道能量是不會消失的。’

‘儒可夫斯基找到了這一個問題的答案。他發現在運動物體的後面造成一種空氣稀薄的現象，由於這種稀薄的現象，物體後面產生出整整一條旋轉的空氣流，就叫做“渦流”（圖8）。如果在迎面的空氣裏面加進一些煙，可以把這種渦流拍下照片來：圖2和圖8就是根據這種照片畫出的。’

‘產生的渦流越大，稀薄的程度就越大，消耗在造成渦流的能量也越大，物體就越難向前面移動，也就是阻力越大。’

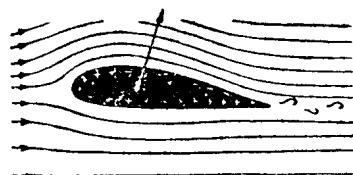


圖8. 機翼在空氣裏運動的時候，在它的後面產生一條渦流

‘流線型物體在空氣裏運動的時候，造成的渦流不大，所以受到的阻力也不大。’

‘渦流離開了飛機以後就消失了，它的能量就使空氣的溫度升高。’

‘此外，空氣和飛機表面間的摩擦也會引起摩擦面（機翼、機身）周圍空氣溫度的升高。這樣一來，航空發動機所發出的有用的功結果都變成熱能，消散在周圍的空氣裏。’

‘我現在所講的空氣動力，是物體的運動速度比聲音的速度低的時候所產生的；關於物體用超過聲音的速度運動的時候會產生什麼現象，我想下次再講給你們聽。’

二 音障·超音速飛行

‘依果里，你知道聲音是什麼嗎？’

‘知道。我在物理課裏學到過，像琴弦這樣的發音物體，振動的時候，使周圍的空氣也跟着振動，這些空氣的振動就叫做聲音。’

‘一般說來這是對的。聲音的傳播很像水面上波浪的運動。或者也可以用接力賽跑做比喻，空氣的分子從聲源得到聲音的信號，就一個一個的傳下去，結果這個聲音傳到某一個人的耳朵裏。空氣的溫度越高，聲音傳播的速度就越大：在冬天溫度是零下三十度的時候，聲音每秒鐘走三百十二公尺；在夏天溫度是零上三十度的時候，聲音每秒鐘走三百四十九公尺；大約可以說，聲音平均每秒鐘走三分之一公里或每小時走一千二百公里。’

‘所以音速就是空氣分子受到振動着的琴弦或者別的物體的撞擊所引起的振動傳給別的分子的速度。’

‘當某一個物體用比音速低的速度在空氣裏運動的時候，它撞擊前面的空氣分子；這種撞擊就用音速傳給別的分子，因此，在物體前面的空氣能夠預先知道物體已經走近了，就向旁邊讓開路，順利地從物體旁邊流過去（圖8）。但是如果物體像砲彈、火箭之類用超音速在運動，那產生的現象可就完全兩樣了。’

‘用超音速運動的物體撞擊着前面的空氣分子；這些分子

却來不及拐彎流到旁邊去，因為報告物體已經走近的信號是用音速傳遞的，而物體本身運動的速度却比它還快。因此，物體要壓縮前面的空氣，把前面的空氣向前推。你大概也看見過，很快行駛的輪船船頭前面的波浪是多麼大；這也是因為水來不及散開去，因而不能在船的兩旁流過的緣故。

‘在用超音速運動的物體前面所造成的密集空氣和更前面的平靜空氣之間的界面，叫“激波”。更正確一些說，激波不是一個面，而是一層非常薄的空氣層，在這裏面壓力、溫度和密度急劇的加高。

‘爆炸的時候也會產生激波的，因為火藥的氣體在爆炸炸彈或者砲彈的彈殼之後，也運動得比聲音還快。

‘在激波裏空氣的密度增加得很大，以致會造成清楚的陰影，可以拍下照片來。圖9就是依據這種照片畫出來的。運動的速度越大，激波就越密越強。激波裏空氣的溫度也升得很高；所有熟悉爆炸波作用的人都知道，爆炸波是很熱的。

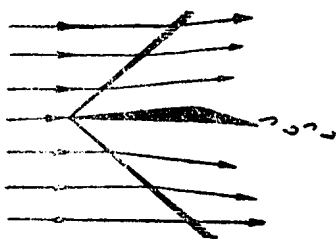


圖9. 超音速的運動產生了激波和湍流

‘激波裏空氣的壓力要加大好幾倍；這樣物體前部受到的壓力也要大起來。因此，用超音速運動的物體受到的阻力就顯著加大。在飛機的飛行速度接近音速的時候，飛機的阻力就已經急劇的加大，因為這時候在機翼、機身和尾翼

表面上的某些地方跟空氣的相對運動已經超過了音速。