



О. 卡耶夫斯基著

牽引模型滑翔機

人民體育出版社



牵引机型滑翔机

人民邮电出版社

牽引模型滑翔機

蘇聯 奧·卡耶夫斯基著

史超禮 梅菁華譯

原 本 說 明

書 名 Летающие Модели Планеров

著 者 О.гаевский

出 版 者 изд. ДОСААФ

出版地点 及 日期 Москва 1955

統一書号: 7015 · 352

牽 引 模 型 滑 翔 机

苏联 奥·卡耶夫斯基著

史超礼 梅菁華譯

人民体育出版社出版

北京崇文門外體育館路

〔北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四九號〕

北京西四印刷厂印刷

新華書店發行

850×1168 1/32 105千字 印張 $5\frac{8}{32}$ 插圖1

1957年2月第1版

1957年2月第1次印刷

印数: 1—7,000

定 价 [9] 0.80元

目 錄

緒 言	1
第一章 大气及其在地面上的运动	4
一、一般知識	4
二、山坡上的上升气流	14
第二章 空气动力学	18
一、空气的阻力	18
二、正面阻力	19
三、雷諾数及其对阻力系数的增大的影响	20
四、升力 γ	27
五、机翼展弦比对机翼空气动力特性的影响	33
六、繪制不同翼剖面的升力系数对迎角曲綫的圖解(近似)法	40
七、机翼極綫和各种翼剖面	42
八、模型机翼極綫的繪制	59
九、在極綫上标注迎角	61
十、模型滑翔机的極綫	62
第三章 模型滑翔机的飛行原理	68
一、飛行形式	68
二、滑翔	68
三、翱翔	72
四、安定性	73
五、在不平穩的空气中模型滑翔机的安定性	81
六、模型滑翔机保持在上升气流中的性能	86
七、平穩的和不平穩的飛行,疾風中的減擺作用	90
八、模型滑翔机設計介紹	91

第四章 苏联航空模型家的模型滑翔机	97
一、X.密埃勒設計的模型滑翔机（創紀錄型）	98
二、Ю.沙可罗夫設計的模型滑翔机（創紀錄型）	101
三、П.莫迪卡依迪斯設計的模型滑翔机（創紀錄型）.....	105
四、С.阿依那丁諾夫設計的模型滑翔机（創紀錄型）	108
五、B.波貝利設計的模型滑翔机（創紀錄型）	110
六、С.保迪維諾夫（烏克蘭）設計的模型滑翔机A—2級（國際級） ...	112
七、O.卡耶夫斯基設計的牽引教練模型滑翔机A—2級.....	114
第五章 控制模型滑翔机飛行的機構	118
一、迫降裝置	118
二、自動控制器	121
第六章 模型滑翔机的飛行（試飛及調整）	131
一、試滑翔、調整及試飛	131
二、競賽中的牽引技術	137
第七章 模型滑翔机的競賽	142
一、起飛規則	142
二、模型滑翔机競賽的类别和規則	144
三、模型滑翔机的國際競賽	146
第八章 外國航空模型家的牽引滑翔机	154
一、B.許普拉克設計的牽引模型滑翔机（捷克）	154
二、H.拉篤切設計的牽引模型滑翔机（匈牙利）A—2級.....	156
三、競賽會上的裁判工作	158
全苏及世界的模型滑翔机紀錄表	161
附 錄	162
一、初級模型滑翔机制造說明	
二、O.卡耶夫斯基設計的A—2級牽引教練模型滑翔机。	

緒 言

航空模型的翱翔情况远在1925——1930年就引起人們的注意了。在那些年代中制成的簡單模型，当碰上有利的上升气流条件时，常常上升得很高很高，以致从視線中消失或沒入云中。

把这些情况比較和研究后可得出这样的結論：模型能够不要發动机就可作長時間的飛行——在空中翱翔[●]。无發动机的航空模型的类型，正如同能够載人飛行的，无發动机的大型航空器的类型一样，被叫着“滑翔机”。

无动力的飛行在理論上和實踐上都取得了巨大的成就。在有利于翱翔的条件（上升气流及其类似情况）的研究方面：在模型設計（这种設計使模型具有維持在上升气流中飛行并利用它來爬升的能力）的探討方面都是非常詳尽的。

在現时，几乎所有的航空模型都是这样的完善，使得它在發动机停車以后还能翱翔相当的一段时间。

現代的模型滑翔机可以一次連續翱翔好几小时，因此有必要把它的最小重量（以單位举力面上的重量也就是載荷計）限制在每平方公寸12克。这样一來，在目前，小載荷情况下的翱翔飛行就失去运动方面和技術方面的意义了。

为了使模型滑翔机獲得良好的飛行成績，就需要有空气动力学（关于物体在空气中运动的科学）和气象学（关于大气物理現象的科学）的知識，特别是象有关風和上升气流等現象方面的知識。

苏联模型滑翔机設計制作的歷史非常清楚地指出了对模型滑翔机空气动力学研究的重要性。从1930到1938年間，模型設計制作的方向是模倣真正的滑翔机，在这时期內，沒能考慮到它和滑翔机不

● 翱翔和滑翔是兩種不同的飛行狀態，二者的意义見本書“模型滑翔机飛行的原理”一章——譯者。

同的地方，譬如說滑翔机有人在里面操縱，而模型却只能依靠自己來脫出它所遭遇到的不利情况，也就是說，模型應該具有自動的安定性，这种安定性是依靠適当地選擇模型各部件的主要比例尺寸和形狀來得到的。

在那些年代里，模型的主要缺点是它的盤旋不安定性。大多數模型在試驗時，剛剛从山坡起飛或从牽引索脫离以后立即進入螺旋而跌毀。然而模型制作者們仍是堅持不懈地为制作更好的模型工作着，力求把它做得更安定些。

在这个盤旋不安定的問題的解決上，航空模型家溫亭(Винтин)、康斯坦柯(Костенко)、梭羅多夫尼可夫(Солодовников)、沙可羅夫(Соколов)和本書著者都做過很多工作。

著者曾制造過兩架試驗用的模型滑翔机和兩架汽油動力模型飛機。由這些模型可以說明和使人確切相信，大多數失事的原因是由于模型側面的形狀，垂直安定面的大小，和重心的位置設計得不恰當的緣故。著者得出這樣的結論，即是過前的重心位置較之過後的更危險些，并且過大的垂直安定面會使得模型容易螺旋。

模型滑翔机進一步的發展，一般地是在模型空氣動力學逐步改善的基礎上累積起來的。早在1945——1946年模型在平地上空就可飛10——15分鐘。滑翔模型愈來愈頻繁地“飛跑了”●，于是在競賽時不得不制定新的規則，規則內最主要的是翱翔飛行的可靠性。这种可靠性是以在一定的飛行次數以后所得分數的多寡來評定的。

这就必需採用某些機構和設備來迫使模型滑翔机在飛行一定的時間以后自動降落。這類裝置中包括自動彈開的剎車板和水平安定面以及自動打開降落傘的機構。

对于如何使模型滑翔机延留在上升氣流中的方法，也就是說對

● “飛跑了”這是模型運動員們慣用的術語，意即模型飛入上升氣流後不再下來而給上升氣流帶走，在中國這一個術語也通用。

于如何能赋予模型以易于进入并延留在上升气流中的性能，研究的还很少。

袖珍的无线电远距操纵机构应用在模型滑翔机上的成就，使得模型滑翔机翱翔的研究工作，特别是在山坡和丘陵上空形成的气流中翱翔的研究工作，变得更加容易了。

模型家在改善模型滑翔机和发动机只工作一定时间的航空模型●的翱翔特性方面所作的研究，以及对于模型的飞行条件方面所作的观察，使他得出这样的结论：以低速飞行，并且翼展很小的这类航空模型，在空气动力特性上具有本身的特色，与飞机的空气动力原理是有显著的差异的。

● 这是指活塞式发动机自由飞模型飞机及那些依靠本身动力起飞的模型滑翔机。

第一章 大气及其在地面上的运动

一、一般知識

模型飛機是要在大气中飛行的，为了了解大气的各种情况，我們必須曉得在適合模型飛機飛行的天气下空气是怎样运动的，以及它們怎样会造成有利于模型飛行的条件。

大气乃是由約23%的氧气、75%的氮气和一些少量的其他各种气体組成的。

在所有的空气动力学的計算內，空气的重度是很重要的。所謂重度就是在單位体積內气体的重量。通常气体的重度以字母 γ （讀为“格馬”）代表，其單位是公斤/公尺³。

在标准情况下，也就是在压力为760mm水銀柱及15°C下，1立方公尺的空气重1.226公斤。这个标准情况相当于地球上夏季的大气情况。

当压力及温度皆不符合标准情况时，空气重度应按下式求出：

$$\gamma = 1.226 \frac{P}{760} \cdot \frac{288}{(273+t)} = 0.465 \frac{P}{(273+t)}$$

式中 P ——水銀柱高度

t ——溫度 °C

在計算模型飛行中的各种力量时，我們常需引用空气的密度。所謂密度，就是將空气重度除以重力加速度，通常以字母 ρ 表示。

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

式中 g ——重力加速度 ($g=9.8$ 公尺/秒²)

我們知道高度越高，空气的重度就越小，也就是說空气更輕更稀薄了。

空气静止不动，亦即空气对地面没有相对运动，或者空气流动的速度非常微小以致不能用普通的气象学仪器测出时，叫做**平静无风**。

但是很明显，空气是经常在运动着的。空气在水平方向的移动我们称之为**风**，而它在垂直方向的运动就叫做**上升或下降气流**。

由于空气体积很轻，因而它就具有很大的流动性。当太阳光透射过空气层时，干燥而不含有灰塵或其他混合物的空气层是差不多不吸收太阳的热能的。但是，在空气层底下的大地和地上物体却吸收了太阳很大一部分的辐射能，因此整个空气层变热了。空气层之所以变热的部分原因是由于与地面直接接触（借助于分子间的传热性），但主要却是由于靠近地面的空气层与高空的空气层作循环交换的结果（借助于几乎永不停息的涡流及热对流）。

当某部分空气温度升高后就会膨胀，因而轻于其周围的空气而开始上升。但是随着这热气团的上升，高度增加，大气温度降低，它就慢慢变冷，所以经过不久后它又开始下降。这样的过程重复发生直到空气与地面的温度没有差别时为止。这种伴随有热交换的空气运动，就叫做**对流**。

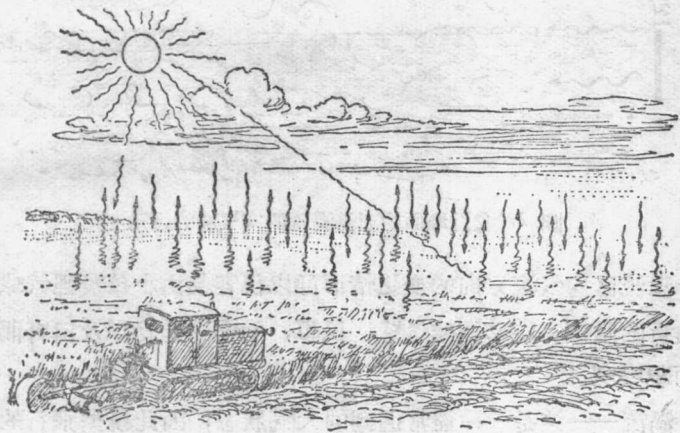


圖 1 在不規則的对流下地面上空气的运动

地面各处由于受到陽光的照射而使温度升高及其冷却过程是不会完全一致的。譬如耕地就会热得快些，叢林及湖沼就会慢些。在冷却时却恰好相反，叢林、湖沼冷却就会慢些，耕地就冷得快些。因此，靠近地面的空气的温度及其对流情况就会随着地形的不同而异。

在大塊均匀受热的地面的上方，只能形成微弱的一股股的 不規則的对流。这种空气細流通常以远处微微晃动着 的景物的形态出現，这是很容易在田野間看到的（圖1）。

当空气与地面有相对运动时，那靠近地面的空气層就会形成一个高約一公里的区域。在这个区域内，空气是处于旋轉的状态，就是所謂渦流区（圖2）。这些渦流，是由于空气流过起伏的地势、山崗、叢林及其他丘陵地帶而產生的。

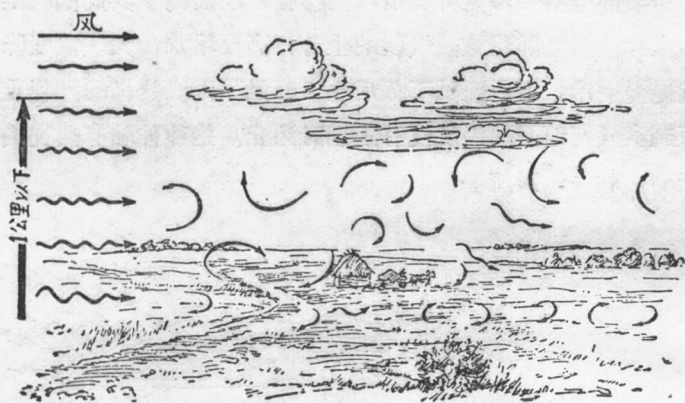


圖 2 靠近地面的充滿渦流的空气層的运动

渦流区内气流方向的变化情形可以很容易由小孩放輕气球上升时曲折的路綫，特殊测候气球，風箏，炊煙的运动以及田野間的麥浪而觀察到。

渦流——这是一种經常遇到的大气状态，因此模型飛行的大部時間或一开始的那段時間多是处在这种情况下的。圖3顯示出在

充滿渦流并以相对地面 3 公尺/秒的速度移动着的气流中，某一單獨旋渦內的空氣質点的运动。圖中空氣質点側向运动的速度为 1 公尺/秒。

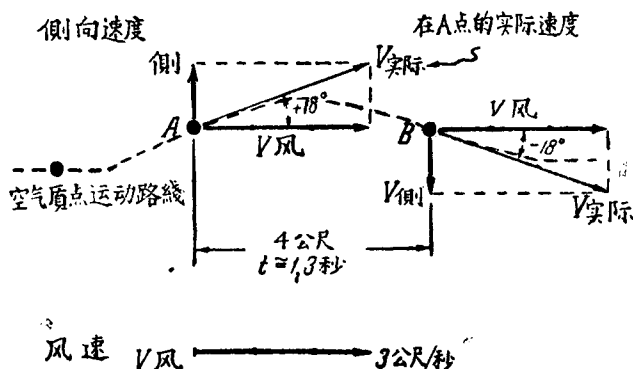


圖 3 在渦流氣層內某一空氣質点运动的速度及方向变化圖

从上面按比例作出的圖解中可以看到：在这种情况下，某一空氣質点运动方向的变化是与風本身运动的向量和成比例关系的。在上述的条件下，此空氣質点运动的方向每 1.3 秒后改变 36° 。这就是說，当模型在这样的情况下迎風飛行时，它將會在每秒內都遇到不同方向的气流。如果模型以 4 公尺/秒的相对風速飛行时，那么从圖 4 的数字便可看出吹向它的气流方向的改变，將會达到每秒 28° 。

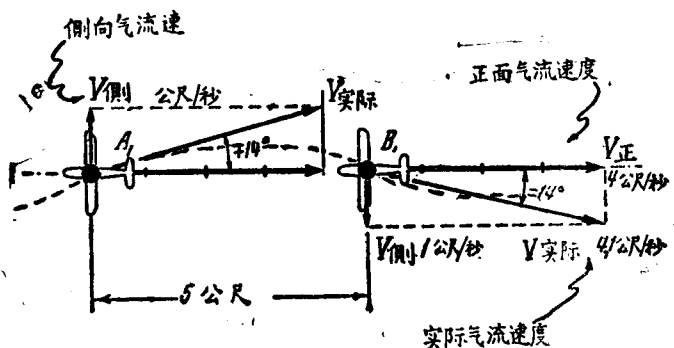


圖 4 模型在渦流層內飛行时，吹向它的气流方向的变化圖。

如果一架速度为 180 公里/时的飞机(即其速度为 50 公尺/秒), 在这同样的大气状态下飞行, 那末很明显, 吹向飞机的气流方向的变化只为 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$, 这对飞机实际上没有什么影响。但是模型飞机在这种情况下飞行时, 就相当于真飞机在风暴中了。

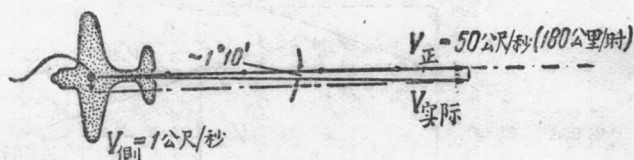


圖 5 真飞机在渦流層內飛行時, 吹向它的气流方向的变化圖。

这种气流方向较大程度的改变, 可能引起作用在模型上的力量的突然变化。因此飞行的模型就应该是很安定的, 它应该具有比真飞机大得多的安定性, 也就是对气流方向改变的反应较小。

当地面是由不同吸热率的表面, 譬如机场与丛林或者是草地机场与黑土耕地组成时, 靠近地面的空气层内就会发生很大的温度差而产生了强烈的规则对流(圖6)。这种对流会高达 5 公里, 并具有 $5 \sim 6$ 公尺/秒的垂直上升速度。有时特别强烈的对流会发生在吹向大陆的潮湿的海洋气团内。

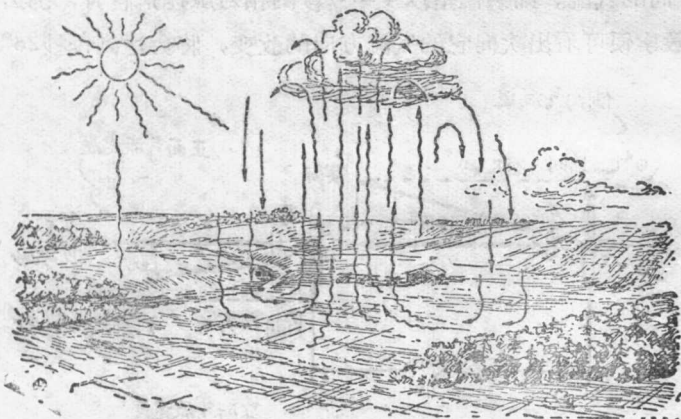


圖 6 有規則对流的形成

很明顯，在貼近地面的大气層內的上升气流是很微弱的，因为在此層內还有渦流層及水平方向运动的空气層存在。但在50~60公尺的高度，上升气流就开始形成，并具有足够的速度使模型能在其中翱翔。再往上气流就更强烈了。

随着高度的增加，上升气团的温度就下降。当温度冷至使水分开始凝結而成霧狀时，空气运动的速度就減緩了。

繼續上升的霧团漸漸变濃而形成積云（圖7）。这时，在云塊的邊緣就开始有下降气流出現。这是由于邊緣处霧狀水分的下降，并在下降过程中受热散發，重新轉为消融于空气中的不可見的蒸汽。

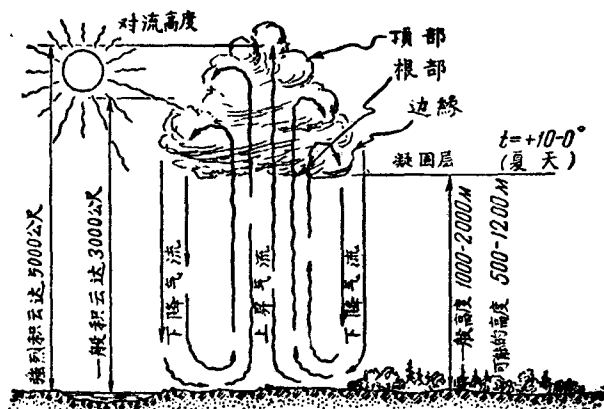


圖 7 对流及積云的形成

下降中的空气不断地受到上層空气的压力而使它更接近地面而又重新受热，这样就促成了空气的对流。

对流層（高度）。由上述可知，地面上的空气受热越烈，包圍着此对流的大气温度越低，則上升气流就越强烈。

大气温度随高度的增加而降低，平均每100公尺約降低 0.65°C ，但在夏天靠近地面的空气層的降温每100公尺甚至超过 1°C 。

当空气內水滴开始分离或水开始結晶时的温度，我們称之为**露点**或**凝固点**。而开始發生凝結現象或析出露水的高度我們称之为

凝結層。

有这样的情况：当已經形成了的对流上升到某一高度，而在該高度的温度及压力已降低到露点，这样就会形成積云。这些不太高的積云通常称为“好天气云”，因为它们經常在最炎熱的日子里在无云的晴空中很快地强烈地形成，但是到黃昏时，積云的形成就停止了。到晚上由于太陽热能已經消失，对流高度就逐漸降低，而隨着高度的降低，气温增高，低空云層就消失了。

但是不應該从此就得出結論說在日落后空气垂直方向的流动就停止了。在剛剛日落或日出之后，空气流动的速度及方向的确有片刻的沉靜，但是經過不久（30~40分鐘），空气又开始了它的运动，而且往往是与沉靜前空气运动的方向相反的。

这种現象是由于在对流停止片刻后，很快又以相反的方向重新發生，也就是說原先是上升气流的現在变为下降气流了，而原先是下降的現在上升了。这种变化我們可以在湖沼或海岸旁边观察到。这种現象發生的原因是由于地面上物体吸热快、放热也快，而另外一些吸热慢的放热也慢，因此在湖沼旁边的对流在晝夜時間内就会不同，这在圖8内可以看到。（圖8）。

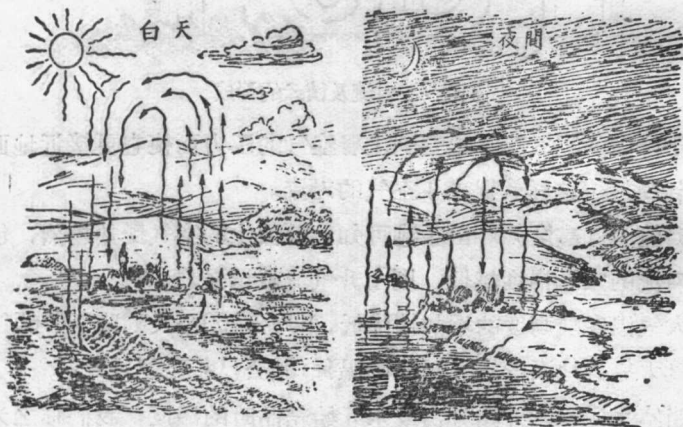


圖 8 湖沼旁的对流在晝夜時間內的差異

前面已經講过，除了垂直方向的气流外，还經常会有水平方向运动的空气团——風。空气的垂直及水平运动同时發生时，就会得到如圖 9 那样的綜合的运动（圖 9）。

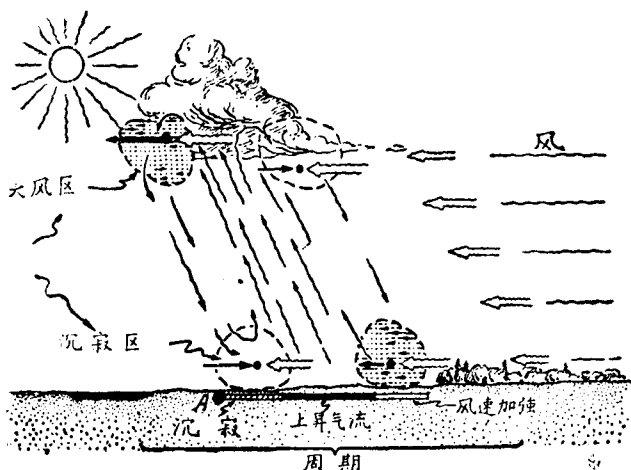


圖 9 有風時積云下的对流

在水平方向运动的气团（風）內的垂直对流的上方会变离其原来的位置，并且使得水平方向的風速各处不同，在上風处的上方气流的速度減低，而在下方則速度增加，因为在这对流內空气运动的速度是与風速組合而成，至于在下風处的气流則剛好有相反的现象。这样从圖 9 便可看到，当積云飄來时，就会有一个沉寂无風的区域，这个区域的大小，不难从平均風速及沉寂時間的間隔求出。

在風速等于 $2 \sim 3$ 公尺/秒时，沉寂時間約为 $30 \sim 40$ 秒，因此，此沉寂区的大小就等于風速与沉寂時間的乘積，也就是 $60 \sim 120$ 公尺。由此亦可估計出上升气流的范围，上升气流的寬度一般約为此沉寂区的兩倍。

此处应特別指出，在所有的对流性上升气流边缘部分的垂直速度，其大小及方向都在急剧地改变，甚至在 1 公尺的距离內，上升气流的速度都会減少或增加。这种情况对模型的飛行有很大的影响。