

牵引模型滑翔机的设计

薛民献 编著

人民体育出版社

牽引模型滑翔机的設計

薛民猷編著 朱宝流校

人民体育出版社

統一書号: 7015 · 454

牽引模型滑翔机的設計

薛民猷編著 朱宝流校

*

人民体育出版社出版

北京體育館路

(北京市書刊出版業營業許可証出字第043号)

北京崇文印刷厂印刷

新華書店發行

*

787×1092 1/32 92千字 印張 4 $\frac{16}{32}$ 插頁 2

1957年8月第1版

1957年8月第1次印刷

印数: 1—7,000册

定 价 [9] 0.50元

責任編輯: 刘春平 封面設計: 喜 棟

目 录

第一章 緒 論	1
一 前言	1
二 牽引模型滑翔机的特点、种类和要求	3
第二章 牽引模型滑翔机的性能	6
一 爭取最大高度	7
二 降低下沉速度	20
三 牽引模型滑翔机性能的估計	28
第三章 牽引模型滑翔机的安定性	33
一 俯仰安定性	34
二 橫側安定性	36
三 方向安定性	40
四 盤旋安定性	42
第四章 牽引模型滑翔机的設計	48
一 外型設計	50
二 安定性的校核	71
三 空气动力性能的計算	73
第五章 牽引模型滑翔机的結構設計	74
一 对結構設計的要求	74
二 机翼的結構設計	76
三 尾翼的結構設計	96
四 机身的結構設計	100
第六章 牽引模型滑翔机中的特殊裝置	105
一 自动轉弯裝置	105
二 自动定时强迫降落裝置簡称为“迫降裝置”	114
三 机翼的彈性裝置	123
四 自动轉向上升气流的裝置	126
五 調整重心位置的裝置	129
第七章 牽引模型滑翔机的試飛和調整	130
第八章 現代优秀的牽引模型滑翔机的介紹	136

第一章 緒 論

一 前 言

幾年來，我國航空模型運動有了較大的開展，隨着運動的發展，一些具有一定技術水平和經驗的航空模型組員都想自己嘗試設計模型飛機，這種心情是完全可以理解的。

設計模型是一件很有趣很吸引人的事情。當經過了反復思考、計算繪制出從未有過的模型圖，並把自己設計出來的圖樣制造成模型，而且創造了優異成績的時候，將是多麼愉快，興奮！

設計模型不僅可以運用和加深已有的理論知識和已經取得的經驗，而且可學到更多的、更全面的航空知識，特別是空氣動力學方面的知識。要設計一架新型模型，一定要求組員們把空氣動力學、結構學、制作技術和已經取得的經驗綜合起來。通過設計模型，鍛煉獨立思考的能力，並且發揮組員的創造力，養成理論結合實際的習慣。

許多從前的航模愛好者，當初只是設計模型，而現在却在設計局里工作了，有些成了航空學院的教師，有些成為飛機的駕駛員，更有些已在航空方面取得了很大的成就。“從模型到滑翔機，從滑翔機到飛機”是我們每一個希望作為祖國未來的優秀的航空人員或航空工程師的光輝道路。

有些人把設計模型看得太複雜，認為要設計模型必須先

精通航空理論，高等数学、还要有完善的設備，把設計模型看得高不可攀，因而不敢進行設計；也有些人把設計模型看得过分簡單，認為不需要什麼理論知識，随便湊合就行了，因此不認真也不重視設計。另外也有些人把設計模型看得过分死板，認為只要一套現成的公式就可以設計出來；而且是不必通过什麼實踐和試驗就能設計出性能很好的模型來。所有这些想法都是不对的。設計時必須要有理論指導，充分运用已有的資料和数据，再加上自己的經驗才行。应当注意到：什麼事情在初次搞時不一定会很好，但是并不要緊，只要从中吸取經驗教訓，將來一定会成功。同样，在設計一架模型時，也不会是一帆風順的，而是有着很多的矛盾問題要在經過了反复思考后加以解决的。初次嘗試可能不太成功，設計出的模型性能也不好，但是这并不要緊，也不應該灰心，要耐心地試飛。根据已獲得的理論知識和經驗，仔細觀察、找出毛病，加以修改，祇有这样才能進步，才会設計出好的模型來。

这里將把以前从事航空事業和航模事業的人們所研究的結果，有关于設計牽引模型滑翔机方面的理論介紹給大家，同时还介紹了設計的方法和一些簡單的計算，以供設計時參考。

本書在編寫時考慮到主要的对象是具有相当于高中文化程度的航空模型愛好者。考慮到大家已經具有一定的物理和数学知識，与一些空气动力学方面的初步知識，因而有关物理、数学以及一些象升力如何產生等基本問題，这里就不加敘述了。通过本書可以給大家一个設計牽引模型滑翔机的初

步概念，当然其中难免有不正確和不全面的地方，希望大家指正。

二 牽引模型滑翔机的特點、種類和要求

在講牽引模型滑翔机的設計以前，先介紹一下牽引模型滑翔机是什么样的模型，它有那些特点、种类和对它有什么要求。

(一) 牽引模型滑翔机的特点

牽引模型滑翔机和真的滑翔机很相似，它是沒有动力的模型，其全部飛行時間都处于滑翔的狀態。但是它和真滑翔机仍有一定的区别。首先，模型滑翔机比真滑翔机要小得多，空气的黏性作用更为明顯，因此，模型滑翔机的滑翔性能比真滑翔机要差得多。另一方面，模型滑翔机沒有人操縱它。如果一架模型滑翔机沒有比真滑翔机好得多的安定性，使它在受到外界影响后有足够的力量恢复原有的飛行狀態，那么，模型滑翔机就不可能飛好。

由于牽引模型滑翔机的整个飛行時間都处于滑翔狀態，因此这种模型較橡筋模型飛機、自由飛模型飛機等模型的滑翔性能为好，也就是說牽引模型滑翔机的下沉速度較小。

牽引模型滑翔机是依靠人力牽引上升的，上升的最大高度决定于牽引綫的長度和牽引者的牽引技術。在國際和我國的航空模型競賽規則中都將牽引綫的長度限制为50公尺，它的伸長率不应超过原長的15%。这个規定不是随便得來的。因为只有在50公尺高度以上，热上升气流才有足够的强度支

持住模型。另一方面如果綫太長，模型飛丟的机会太多，競賽时也不易看到真正成績。

这样，就要求牽引模型滑翔机必須具有利用气流的特點。从近代牽引模型滑翔机的下沉速度來看。如果沒有上升气流的帮助，想要飛个滿分（180秒），是不可能的事。現代好的牽引模型滑翔机飛行時間約在140秒到160秒左右，其余的40秒到20秒就要上升气流來帮助，那怕是極微弱的上升气流也好。因此，就要求牽引模型滑翔机对于上升气流有足够的敏感性，自然，牽引运动員的外場經驗也很重要。

（二）牽引模型滑翔机大致可以分成下列几种（圖一）

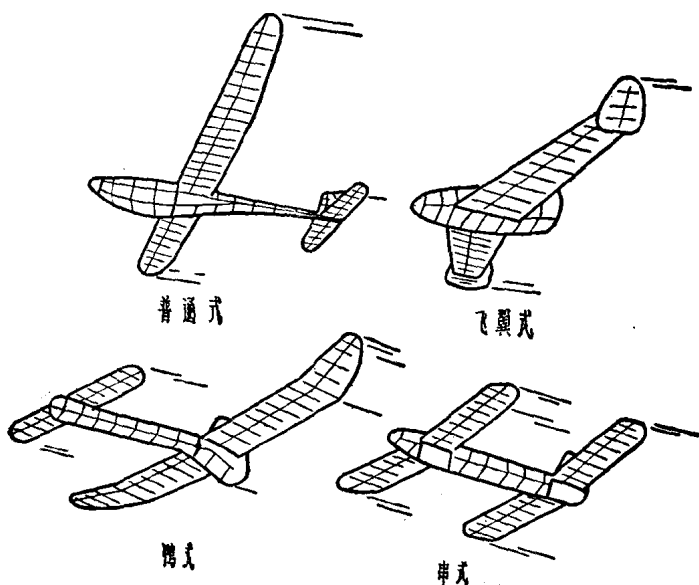


圖 1 牽引模型滑翔机的几种形式

(1) 普通型式的牽引模型滑翔機：它和真滑翔機很相似，有機翼、尾翼和機身。從機身的構造來看，還可以分成杆身及艙身兩種。從總升力面積的大小來看可以分成一級、二級和三級（參看競賽規則）。

(2) 飛翼式牽引模型滑翔機：這種模型只有一個很大的機翼，有時有機身，有時沒有機身。這種模型大多採用“S”型翼型，並且有相當大的後掠角。但如果用了更合適的“S”型翼型，後掠角也可以不要。

(3) 鴨式牽引模型滑翔機：在這種模型上，水平尾翼被放在機翼的前面，有機身和垂直尾翼。飛行方向和普通的模型相反。

(4) 串式牽引模型滑翔機：這種模型也有機翼、尾翼和機身，只不過它的機翼面積和水平尾翼面積幾乎相等，重心在兩者中間。

本書中談及的僅包括普通型式的牽引模型滑翔機。

(三) 對於牽引模型滑翔機的要求如下

(1) 由於牽引模型都用來競賽飛行時間，因此要求它具有最小的下沉速度。

(2) 為了保證牽引模型具有穩定的飛行姿態，要求它具有足夠的安定性，不但能在平靜的氣流中穩定地飛行，而且要在氣流不穩定的情況下，（仍能穩定地飛行）（例如有風和有上升氣流時）。

(3) 要求牽引模型易于牽引上升，以便最大限度地利用牽引線的長度，來爭取高度，也即爭取更長的飛行時間。

(4) 要求牽引模型對氣流的敏感性愈大愈好，使它容

易進入上升气流，并保持在上升气流中，同时，又要求在碰到下降气流时易于脱离。

第二章 牵引模型滑翔机的性能

競賽时，模型性能的好坏与以下三个問題有直接关系。即如何爭取最大上升高度、最小滑翔下沉速度和如何使模型具有保持在最好飛行状态的能力。

如何爭取最大上升高度是第一个問題。对于牵引模型滑翔机來說这就是如何使模型能够在脫鈎滑翔前达到最大允許的高度。这不但与模型本身有关而且与牵引时用的綫及牵引技術有关，而与牵引技術的关系應該說是更为密切。

减少下沉速度对于所有竟时模型來說都是需要的。不过对牵引滑翔机來說却更为重要。牵引模型滑翔机上升高度最多不超过60公尺（綫長50公尺，伸長15%），所以飛行時間的長短完全靠滑翔性能來決定。現代優良的牵引模型滑翔机下沉速率約为0.30公尺/秒。要想提高模型的滑翔性能，必須在模型的外形、翼型等方面着手，而其中翼型更占主要的地位。改良翼型，提高机翼的最大升阻比和最大升力系数对减少下沉速度所起的作用比减少一点机身阻力所起的作用大得多。

至于第三个問題通常称为安定性的問題。模型滑翔机的安定性主要是用來保証模型能够經常在正常的飛行姿态下滑

翔。如果調整的模型在最小下沉速度下滑，但只要有一點气流或陣風便可以把模型的飛行情況改變，也不能自動恢復過來，那麼這次調整便完全失敗了，模型也不可能飛好。

下面就分別討論上述三個問題。（本章主要討論爭取最大高度與減少下沉速度兩問題，並加上一些簡單地估計性能的方法。安定性問題留在第三章中討論）。

一 爭取最大高度

牽引模型滑翔機的競賽規則規定牽引綫的長度為50公尺。擺在牽引運動員面前的任務是如何使自己的模型能夠順利地上升以及最大限度地利用這50公尺長的綫。現代牽引模型的下沉速度已很小，如每秒0.3公尺，如果能夠把模型牽引到50公尺高，則飛行時間就是167秒。如果一架模型只能牽引到40公尺高就再也牽不上去，那麼飛行時間僅有133秒。這樣在競賽時每次要相差30多秒，在飛完三輪以後就相差90多秒，這數字是很大的。

另外，在有上升气流的天气飛行時，若飛得愈高上升气流的強度愈大，模型碰到上升气流的机会也愈多。然而一般的模型要飛到60公尺以上上升气流才有支持它的足夠的強度，而接近地面時還有很多小股亂流會影響飛行成績的。所以把模型牽得高總是好的，那怕是只高出幾公尺，也具有很大意義。

研究模型滑翔機本身對上升高度的影響，爭取最大高度的牽引模型應合乎下列標準：

(一) 牽引模型滑翔機應有很大的升力和較小的阻力

當模型上升到一定高度時，作用在模型上的各個力達到了平衡狀態（圖2）。牽引力F向前的分力與模型的阻力相平衡，牽引力F向F的分力加上重力與模型的升力平衡。

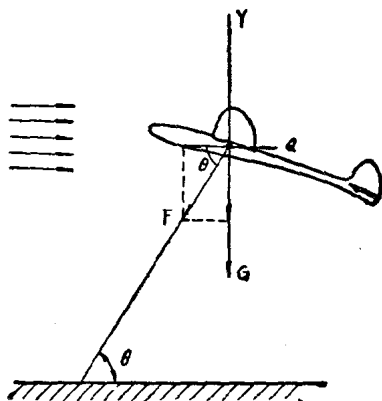


圖 2 牽引模型到了最大高度時各力的平衡

模型不能再上升，只作水平飛行。這時牽引綫與地面所夾的角稱為脫鈎角（模型應在這時脫鈎）。

根據力的平衡狀態可以知道：

$$\text{升力 } Y = G + F \sin \theta$$

$$\text{阻力 } Q = F \cos \theta$$

$$\text{即：} \begin{cases} F \sin \theta = Y - G \\ F \cos \theta = Q \end{cases}$$

$$\text{二式相除：} \frac{F \sin \theta}{F \cos \theta} = \frac{Y - G}{Q}$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{Y - G}{Q} \dots\dots\dots (1)$$

由此看出，要想增大牽引模型滑翔機的高度，也就是要增大脫鈎角，必須增大整個模型的升力和減小它的阻力（這兒

也應該包括牽引綫的阻力)。重量是愈輕愈好。

(二) 要保證牽引模型直綫上升。

有些模型在牽引上升時，往往容易偏到左邊或右邊去，結果在脫鈎時，高度不高；也有的模型滑翔機在牽引上升時，左右搖擺不定，在很低的高度就自動掙脫。解決這個問題可從兩方面着手：首先是模型的本身要設計好；其次是要有好的牽引技術。每一個牽引運動員都希望自己的模型一撒手便直綫上升到頭頂，怎樣才能作到這一步呢？下面介紹幾種直綫上升的辦法：

(1) 要使牽引模型滑翔機易于直綫上升，最好具有較大的機翼上反角和較小的垂直尾翼。這樣，在牽引上升時就因為風向沒有完全對准，或者空氣流動的不穩定而使模型迎風飛，造成偏斜或搖擺。機翼上反角和垂直尾翼要配合好。更可在機翼上採用彈性裝置，即“彈性機翼”。這樣，由於牽引時機翼所受載荷大於滑翔時機翼所受載荷，使機翼的上反角增大很多，垂直尾面也就相對地減小，模型也就很容易保持直綫上升姿態。而在脫鈎以後，機翼自動地彈下來，回復到原有的機翼上反角和垂直尾面大小的正常配合情況保證平穩滑翔。

(2) 根據直綫上升的要求，模型的牽引鈎不要按裝得太靠後。但是為了照顧到脫鈎角不要減小很多，因此牽引鈎也不能裝得太靠前。為度量方便起見用牽引鈎與垂直綫之間的夾角來決定鈎的位置。這一夾角在 15° — 30° 較好（圖3）。

牽引鈎安裝得靠前，模型容易直綫上升（圖4）。如模型在牽引上升時，由於受到外界的擾亂，使機頭向右偏离牽引

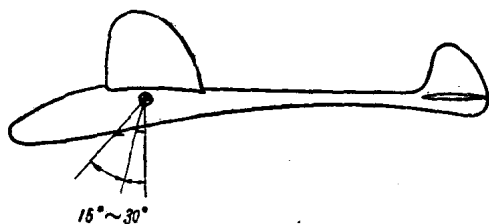


圖 3 牽引鉤的安裝位置

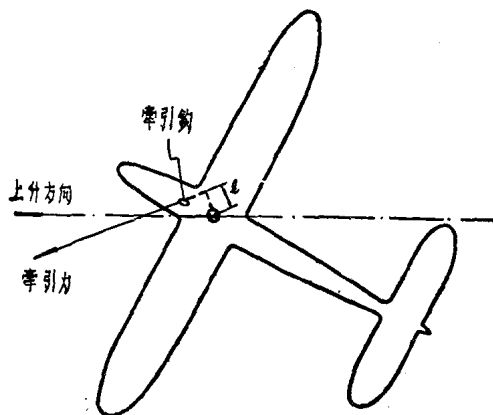


圖 4 牽引鉤前后位置对牵引方向的影响

上升方向，牽引者發現这情况后必然会向反方向（左边）跑，以便把机头拉回来。由圖4可以看出，如果牽引力是相同的，牽引者向左边跑的距离也相同，則牽引鉤安裝得愈靠前，牽引力与重心之間的垂直距离 d 愈大，由牽引力与这一距离的恢复力矩的乘積也就愈大，模型很快的就会回复过来。如果牽引鉤安裝得靠后，則这一恢复力矩短也小。如牽引鉤恰好在重心底下，則这一恢复力矩根本不会產生。如果把牽引鉤安裝在重心后面，这一力矩將使模型更加向右偏轉。

而且太后的牽引鉤容易拉翻模型，也容易把機翼拉斷。牽引鉤稍為靠前，同樣可以牽引到很大的角度才脫鉤，只是要求牽引者跑得快一些就行了。

(3) 為保證直線上升，牽引模型應做得盡量對稱，並應小心地保護它。由於牽引模型的翼展很大，展弦比也很大，機翼比較容易扭曲變形；同時，機翼、特別是水平尾翼的重量要求很輕，結果減弱了結構，也容易變形。在對稱方面要注意的是：機翼與水平尾翼左右兩邊的迎角要盡量相同，如果一邊扭向迎角增加，一邊扭向迎角減小，就會在牽引上升時向一邊偏斜。機翼與水平尾翼的相對位置從前面看應該很正確，如象圖5所示，

很容易在牽引上升時發生偏斜。垂直尾翼必須安裝得與機身縱軸一致，並且不應產生扭曲變形。機翼左右兩邊的重量不可相差太大，稍為差幾克並沒有多大關係，因為機翼的空氣動力遠比這些差額要大但相差太多即能影響飛行性能。牽

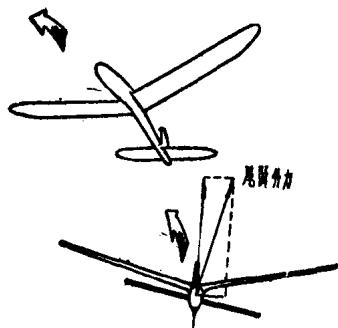


圖5 不正的水平尾翼將使模型在牽引上升偏斜。

引鉤必須安裝在飛機的對稱平面內，即安裝在正中間。偏裝在一邊的鉤子對於沒有自動轉彎裝置的模型來說，安裝起來有它有利的地方。在牽引上升時，牽引力向前的分力與鉤子偏裝到一边的距離，組成了一個使模型滑翔機偏轉的力矩，這一力矩與方向舵力矩平衡，使模型直線上升。如果牽引鉤裝在左邊，則這一力矩就促使模型向右偏轉，而模型滑翔機應

向左轉。但是隨着高度增加，牽引力向前分力減少偏轉力矩減少，而模型方向舵產生的轉彎力矩愈來愈大，結果就是到不了頭頂便脫鉤，而脫鉤時的高度就受到了損失（圖6）。

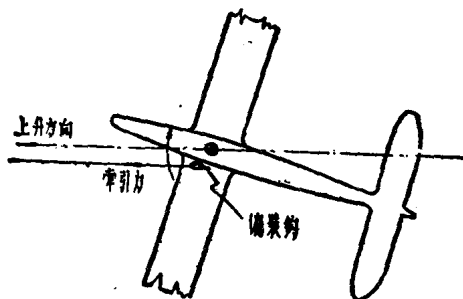


圖 6 偏裝牽引鉤將造成不良的上升情況

以上情況在制作時必須注意。而且在每次起飛以前，都應該檢查模型是否變形，如果發現有了變形，一定要設法糾正，不可馬虎。

(4) 採用自動轉彎裝置可以幫助模型直線上升（自動轉彎裝置將在第六章中討論）。要完全消除牽引模型上一切不對稱的因素是十分困難的，因此採用自動轉彎裝置，如果牽引上升時，舵在中間模型要向右偏，則可以把舵調節到在牽引上升時不在中間，而偏向左邊。這樣，舵的空氣動力將產生一個向左轉的力矩來抵消由於模型滑翔機不完全對稱而產生的右轉力矩，保證模型滑翔機能夠作直線上升。而在脫鉤以後，舵仍然到原來的偏轉位置，保證模型滑翔機用合適的直徑作盤旋飛行。

(5) 從很多人的實踐中證明：如果加大機身下面的垂

直尾面，也就是說把垂直尾翼的面積移到下面來，會增加牽引模型上升時的安定性，有利於直線上升（圖39E）。

除了模型本身條件外，選用的牽引綫是否合適對牽引模型的上升高度也有很大關係。凡是牽引綫本身都有重量，在與空氣相對運動時也將產生阻力。這一重量和阻力一部分作用在模型上，影響它的上升速度和高度，一部分則由牽引者負擔。

由圖7可知：當牽引模型已經到了它的最大上升高度而只作平飛時，牽引綫的阻力和重力使得牽引綫彎曲得很厲害，雖然牽引力與地面所成的 θ 角已經達到了很大的角度，但是 β 角却並不大，再加上牽引綫的彎曲，更縮短了

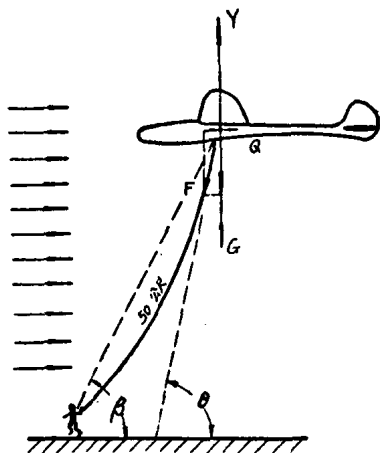


圖 7 牽引綫受到本身阻力和重力的作用情況

牽引者到模型滑翔機之間的距離，模型的上升高度因而降低。

所以應選用斷面細、表面光滑、重量輕而強度大的牽引綫。斷面愈細阻力即小，但如果象絲綫一類的綫斷面很細，但外表面有很多絨毛，阻力仍然很大。牽引綫的強度同樣十分重要，在競賽中如果牽引時斷綫，雖然按照規則可以作為一次障礙飛行，允許再飛一次，但終究是不好的。這樣必須用備份模型來作正式飛行，還會造成運動員的緊張，以至弄得手忙腳亂。一般牽引綫如果能承受3公斤到4公斤的拉力才