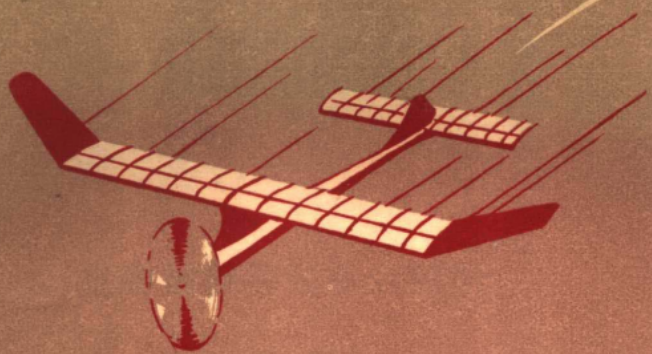




自由飞 模型飞机的设计

人民体育出版社

自由飛模型飛機的設計

刘明道 編著

人民体育出版社

262.2

842

內 容 提 要

本書敘述了自由飛模型飛機在動力上升和轉入滑翔時各種力的平衡以及各種因素的影響，介紹了設計自由飛模型的步驟，怎樣選擇合適的發動機、螺旋槳和油箱，最後還具體地分析了調整和放飛的辦法和步驟。

本書除供設計自由飛模型飛機時參考外，也可給初次制作和放飛自由飛模型的航模愛好者很多有用的知識和經驗。

本書曾經朱寶流、梅菁華、黃永良三位同志校閱。

自由飛模型飛機的設計

劉 明 道 編 著

*

人 民 體 育 出 版 社 出 版

北 京 體 育 館 路

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四九號)

北 京 崇 文 印 刷 廠 印 刷

新 華 書 店 發 行

*

787×1092 1/32 32千字 印張 1 2/3

1957年10月第1版

1957年10月第1次印刷

印數：1—4,000冊

V278

5710

責任編輯：柏大衛 封面設計：喜 棟

統一書號：7015·467

定 价 [9] 0.59 元

目 录

前言

第一章 自由飛的动力飛行和滑翔	2
第一節 动力上升时力的平衡.....	2
第二節 螺旋槳反作用力矩的影响.....	9
第三節 螺旋槳陀螺力矩的影响.....	11
第四節 自由飛的起飛和轉入滑翔.....	12
第二章 自由飛模型飛機的設計	20
第一節 設計步驟.....	20
第二節 翼載荷、重量和总升力面積.....	21
第三節 尾力臂、俯仰安定系数.....	23
第四節 翼型、展弦比、机翼平面形狀.....	25
第五節 上反角、垂直尾翼和方向安定系数.....	27
第六節 重心位置.....	29
第三章 發動机、螺旋槳、控时机構和油箱	31
第一節 發動机的選擇.....	31
第二節 螺旋槳的選擇.....	32
第三節 控时机構和油箱.....	36
第四章 調整和飛行	41
第一節 滑翔試飛調整.....	41
第二節 五种基本飛行方式.....	45

前 言

自由飛模型飛機就是用活塞式發動機作為動力的模型飛機。這種模型飛機從開始起飛以後，不論上升、下滑、直至著陸，都能自己完成，所以稱為“自由飛”模型飛機。橡筋模型飛機和牽引模型滑翔機本來也可稱為自由飛模型飛機，由於用活塞式發動機作為動力的模型飛機還有另外一種是用綫操縱著飛行，不是自由飛翔的，所以一般便把裝有活塞式發動機的模型分為兩大類：一類稱自由飛，另一類稱綫操縱。現在“自由飛”已經成為自由飛翔的以活塞式發動機作動力的模型飛機的專門名稱了。

從完全自動地飛行這一個基本的情況出發，自由飛模型飛機必須具備下列特點：

(1) 模型要有足夠的動力（活塞式發動機）及合適的螺旋槳，使模型能自動地從地面或手中起飛、上升和獲得一定的高度。

(2) 模型能夠在發動機停止工作以後，自動轉入滑翔狀態，平穩地下滑和著陸。

(3) 在全部飛行過程中，由於沒有人操縱，因此模型本身應有足夠的安定性，保證不輕易受外界影響以至不能繼續飛行。

(4) 由於有動力飛行和無動力滑翔時的受力情況完全不同，模型應該調整到保證在這兩種飛行狀態中都能保持平衡，作穩定飛行。

第一章 自由飛的动力飞行和滑翔

第一节 动力上昇时力的平衡

自由飛模型飛機的上升，就靠裝在它上面的小發動機作為動力。它的上升高度愈高，留空時間也會愈久，但由於競賽規則限制發動機工作時間在15秒內，所以仔細研究它的動力上升時的情形，使模型能獲得最大的上升率，就是取得良好成績的重要關鍵。

調整自由飛最大的困難，就是要在大動力下能穩定地上升，而在發動機停止工作後又能平穩地轉入滑翔而不損失高度。

現將模型在上升時的受力情況分析如下：

在圖1左方的情況下，力的平衡為沿模型飛行方向力的平衡方程式：

$$T=Q+G.\sin\theta$$

垂直飛行方向力的平衡方程式：

$$Y=G.\cos\theta$$

在平衡條件下模型等速上升。如果發動機的功率增加，則拉力也增加，使模型上升角 θ 增加為 θ' ， $G\cos\theta'$ 值將因 θ' 變大而減少， Y 的變化不大（考慮模型速度變化不大），結果升力 Y 和 $G\cos\theta'$ 不能平衡（如圖1右方），模型就要進入翻

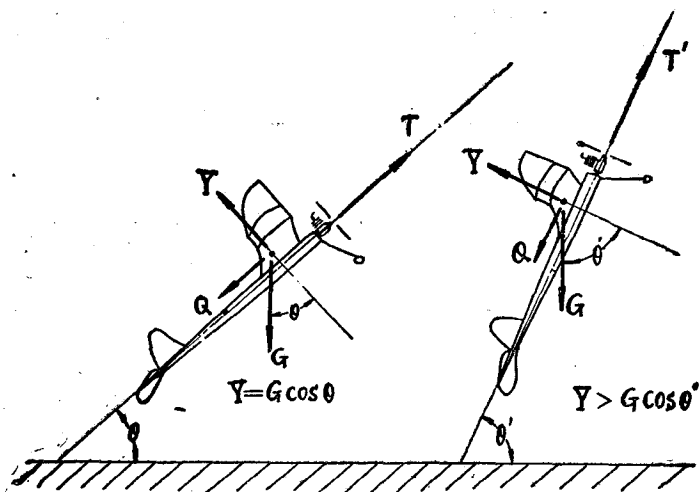


圖 1

筋斗飛行，最后摔到地上（圖 2）。因为多余的升力变为向

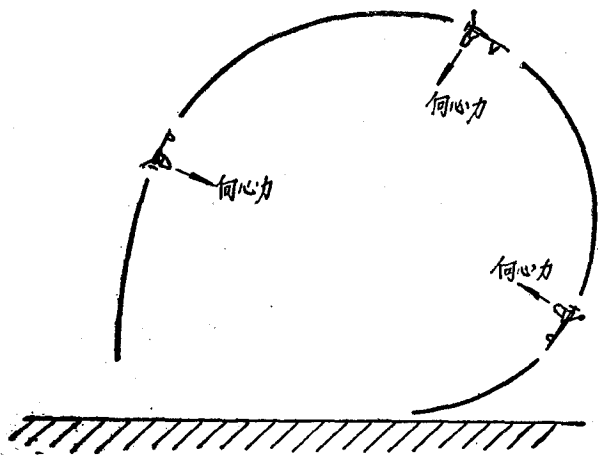


圖 2

心力使模型作圓周运动，因此在动力上升时要避免由于升力过大而翻筋斗，就必须减小升力。

$$\text{升力 } Y = C_y \cdot S_{\text{机翼}} \cdot \frac{1}{2} \rho V^2$$

从上式中看出， $S_{\text{机翼}}$ （机翼面积）和 ρ （空气密度）是不变的， V （飞行速度）不能减少，因为会影响上升率，所以只有使 C_y （升力系数）减少来减小升力。

C_y 减少就意味着上升时要小迎角来飞行，如果模型接近垂直上升，则飞行迎角应接近无升力迎角。

普通薄的平底翼型无升力迎角 α_1 约在 -1° —— -3° 间，凹凸翼型的无升力迎角 α_2 约在 -2° —— -6° 间（图3）。

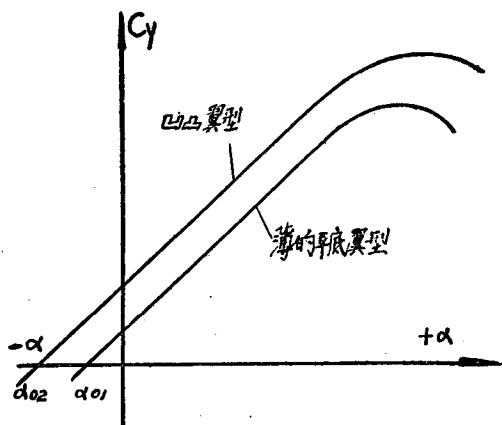


圖 3

如何能使模型保持无升力迎角或以小迎角上升呢？有两个办法：（1）将发动机安装成下倾角；（2）用大面积的水平尾翼。增大下倾角后，能使螺旋桨的气流以较大的迎角

吹在水平尾翼上，使它產生大的升力（圖4），模型就能低

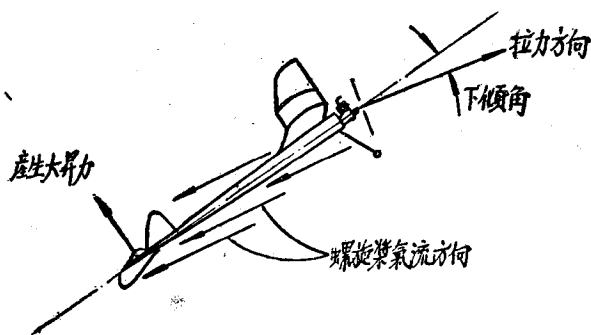


圖 4

頭飛行。增加尾翼面積的作用和上述相仿，因為增加了面積，升力也跟着增加了。一般自由飛模型的發動機下傾角大約在 $-2^{\circ} \sim -8^{\circ}$ 左右，水平尾翼面積是機翼的35—45%。當發動機工作時，因為螺旋槳的吹風使水平尾翼的相對風速大於模型的飛行速度（約等於 $1.1-1.2V_{模型}$ ），使水平尾翼的升力增加，這是有利的。在滑翔時，水平尾翼的相對風速，小於模型飛行速度，因為氣流流過機身和螺旋槳後，受它們的阻礙（摩擦和產生渦流）而減低了速度。

在利用上述方法來避免上升翻筋斗的同時，也可以用盤旋上升來避免翻筋斗。因為盤旋時模型發生傾斜，升力有一個分力作為向心力維持模型盤旋。這樣就減小了使模型翻筋斗的可能（圖5）。

螺旋槳的陀螺力矩，也是有益於避免翻筋斗的。當螺旋槳在很大的角速度下旋轉時（右轉），陀螺力矩使右盤旋上

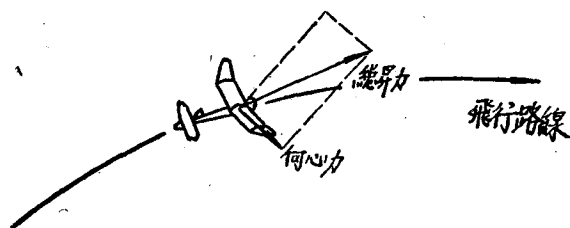


圖 5

升的模型机头向下，轉速愈高，低头力矩也愈大（圖 6）。

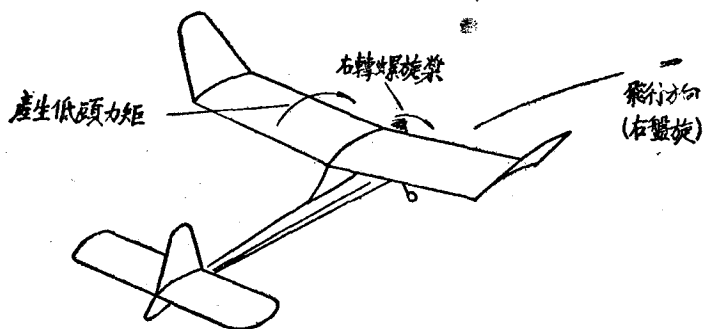


圖 6

在模型飛機上升時，最好使模型能在一定的時間內上升得最高，要達到這點，必須使模型上升時速度快，上升角度大。這兩個要求是互相矛盾的。在大角度上升時，發動機通過螺旋槳所產生的拉力還必須負擔一部分重量，所以模型的飛行速度不可能很快；另一方面，如果模型上升角度不大，雖然可以飛得快一些，可是單位時間內上升高度不大。譬如上升角等於 0° 時，即使速度再加大，模型還是沒有上升，因此調整模型使它能在合適的角度上升是很重要的。

模型上升时，沿拉力方向的力平衡的方程式如下：

$$T = Q + G \cdot \sin \theta$$

T = 發动机拉力； Q = 模型的阻力；(Q 和 U^2 成正比)

G = 模型重量； θ = 上升角。

如果模型上的發动机所產生的馬力不变，則拉力随速度增加而减少，但在研究上升角度和速度的問題时，如果把拉力变化的因素也考慮進去，問題就更复雜。但是下面所說的規律还是存在的，就是要增加上升角 θ ，則 Q 必須减少， Q 减少就意味着减少飛行速度，如果想要增加飛行速度，必須减少上升角 θ ，如果發动机拉力等于模型重量，垂直上升就成为不可能的事了。

因为 $T = Q + G \cdot \sin \theta$ ，在垂直上升时 $\theta = 90^\circ$ ， $\sin \theta = 1$ ， $\therefore T = Q + G$ 。现在 $T = G$ ，則 Q 必須等于零， Q 等于零只有模型留在空中不动才能达到。在空中不动的模型，自然就没有上升速度了（圖 7）。

如何才能獲得最大的上升速度？为了解决这一問題，下面就整理出在不同迎角（ α ）及上升角度（ θ ）下的需用拉力 T 对飛行速度 V 的曲綫。

模型可以按照各种不同的上升角度，用不同的速度及迎角來完成动力飛行。在每一种上升角

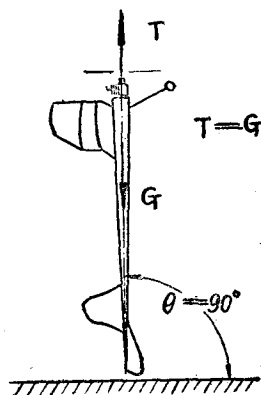


圖 7

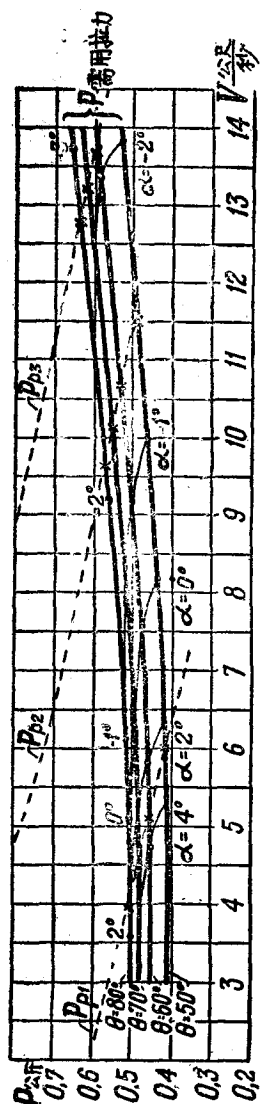


圖 8

度和飛行速度下，決定了模型飛行時的迎角及所需的拉力，如果要得到高速度和大上升角，就需要更大的拉力。

從圖8中可以看到 $\theta=70^\circ$ 、 $V=6.5$ 公尺/秒時需用拉力 $T=0.5$ 公斤，而在同一 θ 下，如果速度增為12.5公尺/秒，則拉力 $T=0.6$ 公斤。

螺旋槳拉力的大小與發動機的馬力及飛行速度有關，在圖中標出不同發動機的可用拉力曲線——圖中虛線 P_{P1} ($N=0.06$ HP、5100轉/分)、 P_{P2} ($N=0.12$ HP、7000轉/分)、 P_{P3} ($N=0.17$ HP、9000轉/分)，上述發動機的特性是以螺距 h 等於直徑的0.5 ($h=0.50$) 的螺旋槳計算的。任何一台發動機的可用拉力曲線都與需用拉力曲線交於幾點，每一交點（圖中用 $\times$ 記出）就代表了需用拉力與可用拉力相等的情況。

再來確定一下可能得到的垂直速度 V_y ($V_y=V \cdot \sin\theta$)。

P_{P1} 的可用拉力特性曲線與

$\theta=80^\circ$ 的需用拉力曲綫交于 $\alpha\approx 2^\circ$ 而 $V=3.7$ 公尺/秒, $V_y=3.65$ 公尺/秒。

在 $\theta=70^\circ$ 时; $V=4.4$ 公尺/秒, $\alpha=2^\circ$, $V_y=4.1$ 公尺/秒

$\theta=60^\circ$ 时; $V=5.2$ 公尺/秒, $\alpha=3^\circ$, $V_y=4.6$ 公尺/秒

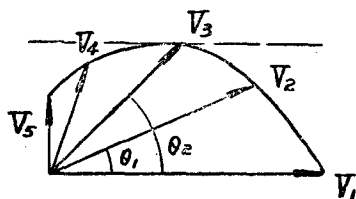
$\theta=50^\circ$ 时; $V=6$ 公尺/秒, $\alpha=2^\circ$, $V_y=4.55$ 公尺/秒

因此, V_y 最大的可能值就是等于4.6公尺/秒, $\theta=50^\circ-60^\circ$ 之間, $\alpha=2^\circ-3^\circ$ 。

此时的需用拉力 $T=0.41-0.45$ 公斤。用同样方法在 P_{P_1} 、 P_{P_2} 特性曲綫上求 V_y 最大时, 在 P_{P_2} 綫上 V_y 最大 $=9.72$ 公尺/秒, P_{P_3} 綫上 V_y 最大 $=12.5$ 公尺/秒,

此时 $\theta=70^\circ$ 及 $\alpha=-2^\circ$ 。

由此得出結論, 發动机馬力越大, 就能达到更大的 V_y , 最大而最适于应用的爬高角 θ 約为 $60^\circ-70^\circ$ (圖 9)。



在各种不同上升角的 θ_1 、 θ_2 ……下飛行速度的变化情况。其中速度 V_3 虽然没有 V_2 大, 但是 V_3 的垂直投影却是所有速度的垂直投影中最大的。

圖 9

第二节 螺旋槳反作用力矩的影响

在發动机使螺旋槳向右旋轉时 (从机尾向前看是順时針方向), 螺旋槳有反作用力矩使發动机及机身向左旋轉 (即有使飛機向左傾斜的力矩), 螺旋槳的反作用力矩和模型的

速度有关，当模型飞机的速度很慢时（如刚放手），螺旋桨用大迎角来工作，反作用力矩很大，以后随着速度增加，螺旋桨的迎角愈来愈小，发动机的转速增加，于是反作用力矩减小。所以往往模型在刚放手时向左倾斜，以后这种向左倾斜的倾向便逐渐减小，这一特点对调整压燃式发动机的模型来说特别重要，因为这种发动机的反作用力矩在模型静止时很大，而在模型前进时由于桨叶迎角减小，转速增加很多，所以反作用力矩减小很多。

螺旋桨反作用力矩与发动机转速有关，同一个发动机用同样的螺旋桨，当开慢车时，由于马力减低，转速变慢，这时反作用力矩便减少。所以用小马力试飞时，螺旋桨的反作用力矩不显著。当马力逐渐加大时，反作用力矩就逐渐增加。

螺旋桨反作用力矩与螺旋桨的几何数据有关。螺矩大、直径大的螺旋桨转得慢，反作用力矩就大。螺矩小、直径小的螺旋桨负荷较小，也即是扭矩较小，因而反作用力矩小（但可获得高转速），这是发动机的特性。在更换不同的螺旋桨时，必须注意这点。

一般发动机转速和它的扭矩的关系见图10，由于发动机所产生的扭矩在不同飞行速度时起着变化，在调整 and 试飞模型飞机时，必须注意到这一点。反作用力矩引起模型倾斜。如果模型的横向安定性不好，再加上盘旋，就可能产生螺旋下降，这是十分危险的。譬如小马力（小转速）时，模型由于右方向舵作用已向右倾斜很利害，在加大马力以后，左扭矩减少，速度加大，模型便可能右盘旋下坠。

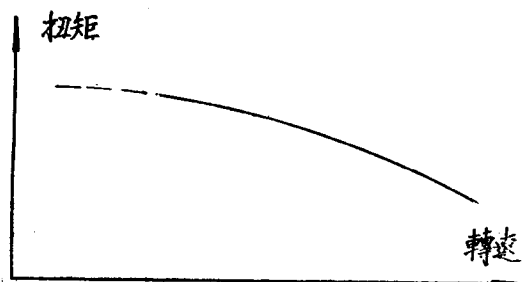


圖 10

第三节 螺旋槳陀螺力矩的影响

高速旋轉的螺旋槳產生陀螺作用。如当飛機猛抬頭時，

使飛機右偏

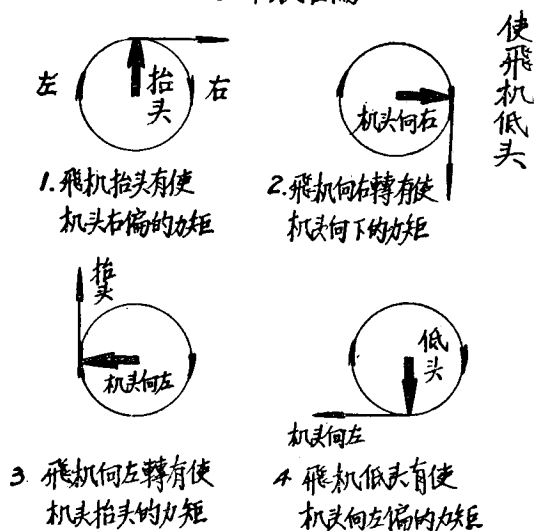


圖 11

便產生使飛機向右轉彎的力矩；猛向右轉時，會產生低头力矩（右轉螺旋槳是這樣，左轉的則相反），見圖11。

這几种影响并不是經常不變的，不同的飛行速度、發動機轉速和不同的螺旋槳都會產生不同程度的影响。

必須注意，陀螺力矩只有在飛機轉彎或抬頭、低头時才產生。如果飛機是直線運動或只是繞其縱軸滾轉時，便不會有陀螺力矩（如垂直上升時）。

如何考慮陀螺力矩的作用和防止它的不良影响，在第四章中還有說明。

第四节 自由飛的起飛和轉入滑翔

競賽用的自由飛模型飛機的起飛，往往十分迅速，這是由於模型上的發動機馬力一般比較大的緣故，所以起飛時加速很快。這時候最需要注意的問題是發動機反作用力矩和螺旋槳陀螺力矩的作用問題。

如果模型飛機是調整為左盤旋上升的，那麼在剛起飛時，由於飛機還沒有前進速度，氣流作用在螺旋槳上的迎角很大，產生的反作用力矩也很大。同時，由於模型還沒有前進速度（或者速度很小），各舵面的作用不顯著，結果模型剛放手後就容易向左傾斜，左機翼下垂，形成十分危險的情況，但是只要能安全地渡過起飛時的一瞬間，以後隨着模型前進速度增大，螺旋槳反作用力矩便減小，模型的盤旋半徑增大，進入穩定的盤旋上升狀態。

對於右盤旋上升的模型，起飛情況便不同了，剛放手時，模型也會稍向左傾斜，以後是一段直飛，隨着速度加

大，反作用力矩減少，模型開始向右傾斜進入右盤上升。速度愈來愈大，反作用力矩愈減少。如果航面偏轉過多或調整不當時（如發動機右傾角過大），模型便會在相當高度逐漸進入右轉大坡度盤旋，機頭逐漸下垂，以致盤旋下墜。因此對於右上升的模型，剛起飛時反作用力矩所引起的問題不大，主要是上升到十多公尺的時候，模型的拉力綫及方向舵偏角必須保證右轉上升時不會逐漸進入盤旋下墜，這種上升方式的模型不宜於小半徑盤旋上升，也就是這個原因。

起飛時，螺旋槳的陀螺力矩也起一定的作用。右轉螺旋槳在模型起飛抬起尾部時，產生使機頭向左偏的力矩，使模型在剛起飛時容易左偏。以後在速度加大後，模型突然抬頭上升時螺旋槳會產生使模型向右轉的力矩。所以，對於左盤旋上升的模型來說，陀螺力矩增加了起飛時間左傾斜的危險，在上升時，使模型向左轉較為柔和；對右旋上升的模型來說，陀螺力矩使得抬頭上升時的右旋更為迅速。

右旋上升的模型在右旋時，陀螺力矩使模型低頭，對於要翻筋斗的模型來說是有利的。左盤旋上升的模型，在起飛的一瞬間，由於有抬頭的陀螺力矩使模型早些脫離由於反作用力矩而引起的左旋危險性，但是在上升後陀螺力矩使模型抬頭，容易產生翻筋斗的危險。

模型起飛時滑跑距離的長短與發動機馬力、飛行重量等有關。一般說來，馬力愈大、飛機愈輕和阻力愈小的模型，起飛愈快。如果發動機拉力大到足以超過飛行重量時，便可以不用滑跑而讓模型垂直起飛。垂直起飛是很合算的，因為，讓模型從平飛狀態轉入大角度上升狀態，大約要消耗1—2秒