

彈射（手擲）滑翔機的研究

國小教師組物理類第一名

台北市西門國民小學

作者：陳廷燦、陳秋霞

一、研究動機：

(一)前年五月帶小朋友參加全國性航空模型初級組競賽，當時在會場看到了高級組競賽的手擲滑翔機在空中翱翔，真是令人神往。賽後與高級組的選手們討論得知：

- 1 手擲滑翔機在構造、製作、調整、擲飛技巧等各方面都比普通模型機難。
- 2 目前我們的水準比國際水準還差得很遠，因此尚待研究發展的境地很多。

(二)手擲滑翔機在操作方面不會發生如遙控飛機的噪音，實在是理想的休閒活動之一。

(三)將多年來的研究資料與指導學生製作的心得提供給社會大眾做為啟發航空教育的興趣。

二、研究經過：

(一)手擲滑翔機的翼剖面型與橡筋動力或牽引滑翔機、遙控等模型機是否相同？

(二)觀察手擲滑翔機的飛行，覺得它的速度快、動作又靈活；而模型機的機翼擔當了飛機飛行的最重要角色，因此翼剖面在模型飛機的設計上占了相當重要的因素，應列為研究之重點。

好的翼剖面，必須有好的流線型，不過「流線型」含義太廣泛。因此研究翼剖面形態時，先要把形態的要素尋出，然後才可根據這要素，作有系統研究。平均弧度曲線及厚度可視為翼剖面之兩大要素。

(三)手擲（彈射）滑翔機，顧名思義是以臂力擲向天空或以橡筋彈出。在構造上與普通模型機顯然不同，應以怎樣的構造及擲法

使其更爲完美？經過探討，發現主翼與機身之間的攻角有連帶關係。做了幾次預備實驗，以攻角爲 0 度時，擾得最高。（此乃因 0° 攻角可減少阻力）

(四)根據同好研究，以及航空模型雜誌之登載「翼剖面型之厚度佔翼弦的百分之五」爲最理想。這種說法在理論上、實驗上是否可靠，值得懷疑、研究。

三、研究目的

(一)怎樣的翼剖面型最適合高速性能的手擲滑翔機？

- 1 翼剖面型的最高點厚度應佔翼弦的百分之多少？
- 2 爲增進飛機橫穩定起見，上反角應如何來設計？
- 3 飛機的翼負荷比應爲多少最適合？

(二)改良尾翼的構造，輔助手擲滑翔機升高的最高極限，使主翼部門只作主要升力機能。

四、實驗經過：

(一)圓筒冒煙實驗（實驗日期：69年3～4月）

1 製作翼剖面型和實驗方法

以克拉克 Y 爲模式製作六種不同的翼剖面型：

經過內徑 63mm 壓克力筒所冒出的煙，用攝影爲記錄測出翼剖面型的優劣雖然在照片上可看出上下方氣流的變化以及亂流現象，然而却無法獲得正確的數字根據。

(二)風洞實驗：（實驗日期 69年4～6月）

根據理論：

翼剖面上大部份阻力（即廢阻力）及其最高昇力係數，是不能用理論方法來精確計算。這兩者多於風洞中模型實驗求得之。

1 製作翼剖面模型：

以克拉克 Y 爲模式，翼弦長 130 mm，最高點厚度爲 15.21 mm，寬度 80 mm，然後做三種最高點位置：①翼弦的 25% 處②翼弦的 30% 處③翼弦的 35%。每種又分五個厚度爲：①翼弦的 11.8%②翼弦的 10%③翼弦的 8%④翼弦

的 5% ⑤ 翼弦的 3%。

2 實驗方法：

- (1) 將翼剖面模型放進風洞中的控制室，放置時壓力管需對齊最高點的十字點，模型之兩邊再以螺絲固定。
- (2) 用變壓器控制風速分別為 160 V，180 V，200 V，220 V，230 V。
- (3) 觀察玻璃管內水柱上下移動的情況，反覆實驗十次，求其平均值。
- (4) 透過公式：

$$h = H_A - P_0$$

$$(H_A - P_0) \times 5,204 = (H_A - P_0) \text{ PSF}$$

$$P = \frac{P_0}{geRT} = \frac{P_0}{1715(460+T)}$$

$$V = \sqrt{\frac{2(H_A - P_0)}{P}}$$

3 實驗結果分析：

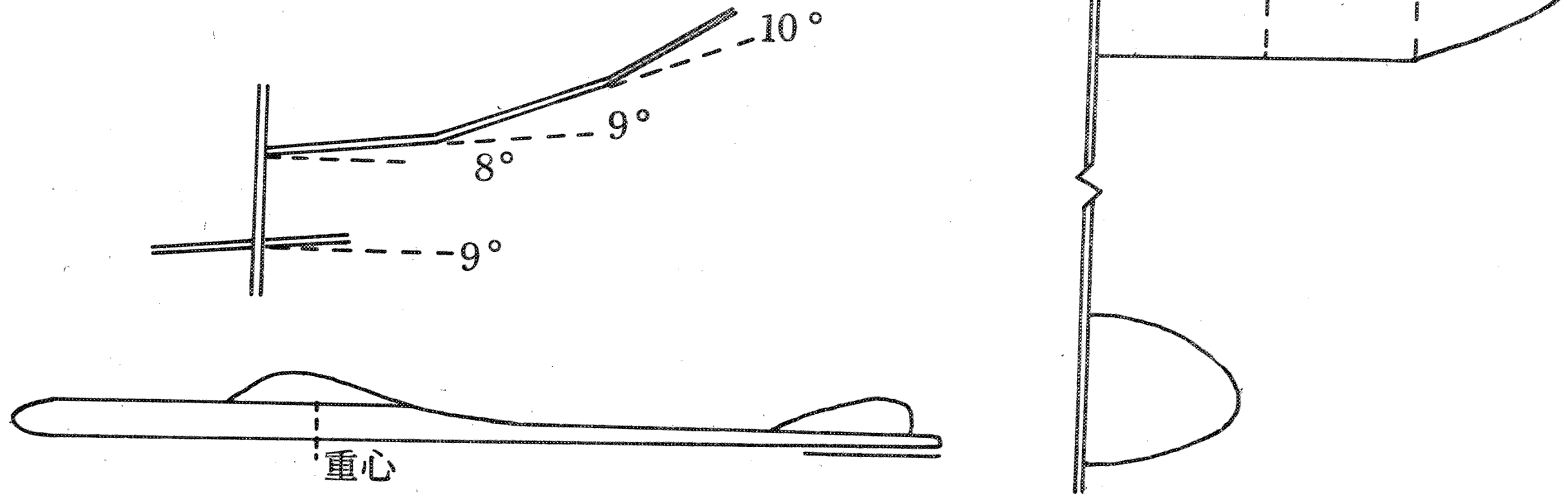
- (1) 在姿態正確的情況下，速度越大，則升力越大，適航性越佳。
- (2) 厚度越大，其昇力情況越佳。（不考慮阻力，因限於經費，無法測出）
- (3) 翼剖面製作越流線（同厚度曲越小）可得到較佳之升力。
- (4) 折衷之後發現；厚度與翼弦之比為百分之五較佳。

⇒ 模型機飛行試驗：

1 模型機的製作與飛行試驗法：

△第五階段(69年9月)

$\frac{1}{4}$



所用巴沙木 厚 度	最 高 點 位 置	最 高 點 厚 度	翼 展	翼 弦	展 弦 比	總 重 量	主翼面積	翼負荷比	平均滯空時 間 (Sec)
4 mm	30 %	5 %	450 mm	80mm	6.75	42 g	3 Dm ²	14	24 ~ 26
4 mm	30 %	5 %	450 mm	80mm	6.75	25 g	3 Dm ²	8	56 ~ 100
4 mm	30 %	5 %	450 mm	80mm	6.75	23 g	3 Dm ²	7.6	58 ~ ∞
4 mm	30 %	5 %	450 mm	80mm	6.75	21 g	3 Dm ²	7	60 ~ ∞

五、結論：

(一)手擲滑翔機翼剖面風壓中心的厚度(高度)為翼弦的5%最為理想。符合這一要求，不但飛行時平穩，旋轉或轉身姿勢優美又不容易失速，投擲的高度也大。

(二)三個上反角的模型飛機。經過實地反覆實驗，並注意姿勢美，滯留上空的時間優於雙反角的模型飛機。(目前航空史上只有幽靈式戰鬥機為雙反角。至於三上反角的飛機，因技術問題無法克服，現今仍無法製造)

(三)普通模型飛機如牽引滑翔機、橡筋動力飛機，這些飛機的翼展約為70公分，翼弦12公分，主翼面積約800平方公分，機重約36克，因此翼負荷比約為5。

而彈射(手擲)滑翔機的翼展至多為36公分，翼弦約為8公分，主翼面積約為288平方公分，機重大多會超過30g甚至40g，50g，因此翼負荷比就會在13以上，所以彈射滑翔機比普通模型機的性能差。

經研究、製作，調整後的彈射滑翔機，翼負荷比均在10以下(8, 7, 6, 5, 5)所以可以得到高性能的飛行。

模型飛機種類	主翼面積	機重	翼負荷比
普通模型機	800 cm ²	36 g	5
彈射(手擲)滑翔機	288 cm ²	40 g	13.8
調整後	288 cm ²	14.4 g	5

(四)水平翼，方向舵可應用伯努利原理做適當的正負壓，使模型飛機能發揮俯衝、轉向、旋轉的最大功能而利於投擲、飛行。

六、展望：

這次對彈射(手擲)滑翔機主翼翼剖面做了深入的研究後，

發現風壓中心的高度，傾斜面的形式對這種飛機的滯空，旋轉，不易失速都有榮大的影響。至於 moment arm，尾翼、風壓中心前方弧面對飛行亦有所影響，待容後繼續研究。

七、參考資料

(一)空氣動力學(上篇)基本空氣動力學，柏實義編著(正中書局)。

(二)航空工程學，辛惠恬編著(興業圖書出版)

(三)MODEL AIRPLANE February 1970(借自青航會)

(四)HISTORY OF AVIATION(借自青航會)。

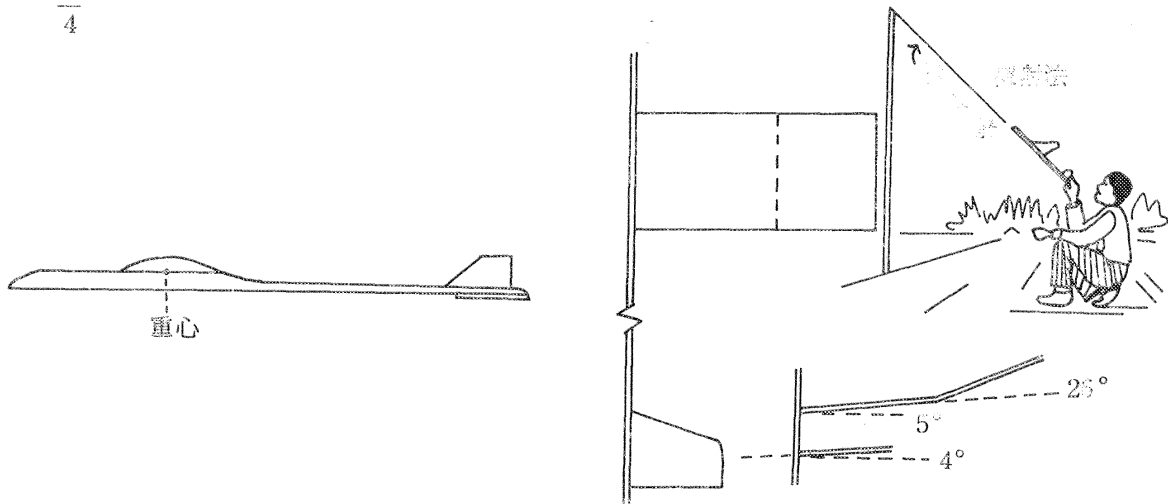
評語：①對滑翔機構造之複雜問題，作有條理之研究，思考週詳完整。

②實驗內容豐富，顯示作者極費心力。

③結果明顯表達生動，具有經濟及教學之實用價值。

△第一階段 (69年7月上旬)

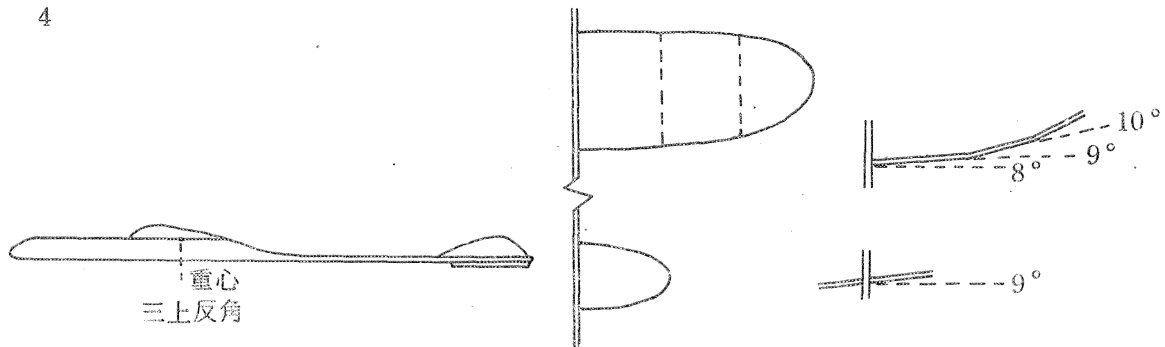
$\frac{1}{4}$



所用巴沙木厚	最高點位	最高點置	翼展	翼弦	展弦比	總重量	主翼面積	翼負荷比	平均滯空時間 (Sec)
4 mm	30%	5%	340mm	75mm	4.7	35 g	2.45Dm	14.28	12 ~ 13
4 mm	30%	5%	340mm	75mm	4.7	20 g	2.45Dm ²	6.12	45 ~ ∞
4 mm	30%	5%	340mm	75mm	4.7	15 g	2.45Dm ²	6.2	50 ~ ∞
4 mm	30%	5%	340mm	75mm	4.7	13 g	2.45Dm ²	5.2	50 ~ ∞

△第二階段 (69年7月下旬)

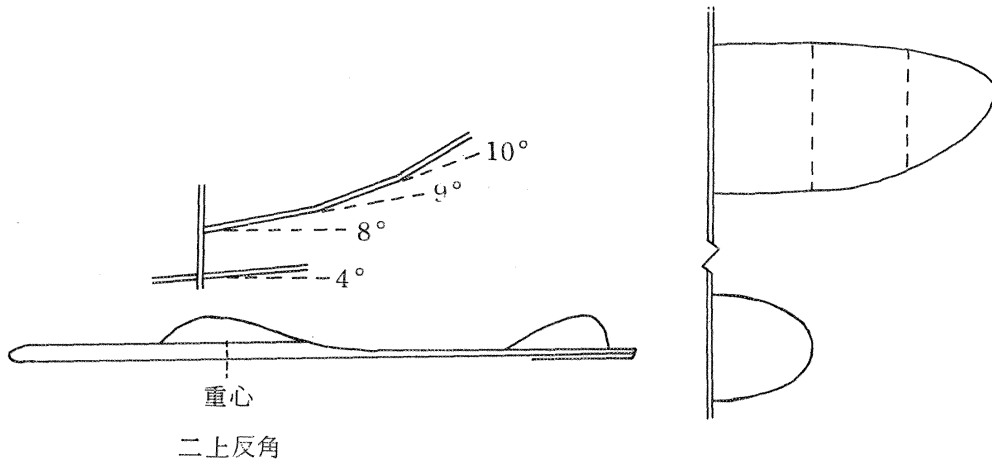
$\frac{1}{4}$



所用巴沙木厚	最高點位	最高點置	翼展	翼弦	展弦比	總重量	主翼面積	翼負荷比	平均滯空時間 (Sec)
4 mm	30%	5%	320mm	78mm	5.12	36 g	2Dm ²	18	10 ~ 12
4 mm	30%	5%	320mm	78mm	5.12	16 g	2Dm ²	8	40 ~ 60
4 mm	30%	5%	320mm	78mm	5.12	14 g	2Dm ²	7	48 ~ 70
4 mm	30%	5%	320mm	78mm	5.12	13.5 g	2Dm ²	6.75	50 ~ ∞

△第三階段：(69年8月上旬)

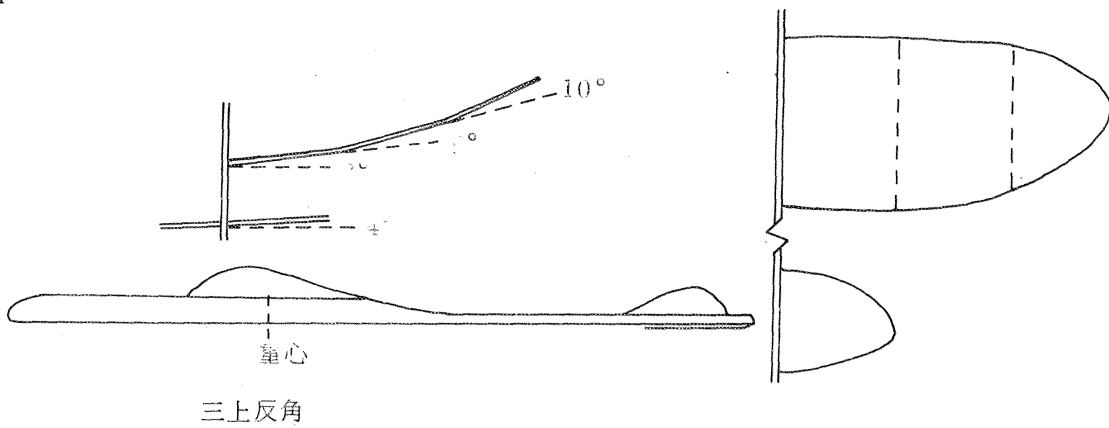
$\frac{1}{4}$



所用巴沙木度厚	最高點位置	最高點厚	翼展	翼弦	展弦比	總重量	主翼面積	翼負荷比	平均滯空時間 (Sec)
5 mm	25%	5%	360 mm	100 mm	3.7	50 g	3.5Dm ²	14	14 ~ 20
5 mm	25%	5%	360 mm	100 mm	3.7	25 g	3.5Dm ²	7.1	50 ~ 80
5 mm	25%	5%	360 mm	100 mm	3.7	24 g	3.5Dm ²	6.8	50 ~ ∞
5 mm	25%	5%	360 mm	100 mm	3.7	22 g	3.5Dm ²	6.28	56 ~ ∞

△第四階段 (69年8月下旬)

$\frac{1}{4}$



所用巴沙木度厚	最高點位置	最高點厚	翼展	翼弦	展弦比	總重量	主翼面積	翼負荷比	平均滯空時間 (Sec)
6 mm	25%	5%	450 mm	120 mm	4.5	67 g	4.5Dm ²	14.88	18 ~ 22
6 mm	25%	5%	450 mm	120 mm	4.5	48 g	4.5Dm ²	10.6	50 ~ 80
6 mm	25%	5%	450 mm	120 mm	4.5	45 g	4.5Dm ²	10	56 ~ ∞
6 mm	25%	5%	450 mm	120 mm	4.5	40 g	4.5Dm ²	8.8	60 ~ ∞