



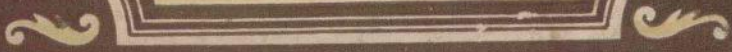
中等專業學校教學用書

飛機儀表學

上 冊

Д. А. 布拉斯拉夫斯基 著
С. С. 羅古諾夫

商 務 印 書 館



中等專業學校教學用書



飛 機 儀 表 學

上 冊

Д. А. 布拉斯拉夫斯基, С. С. 羅古諾夫著
林士諤 黃俊欽等譯

商 務 印 書 館



本書係根據蘇聯國防出版社航空書籍總編輯委員會 (Оборонгиз, главная редакция авиационной литературы) 出版的布拉斯拉夫斯基 (Д. А. Браславский) 及羅古諾夫 (С. С. Логунов) 合著的“飛機儀表學” (Приборы на самолете) 1947 年版譯出。原書經蘇聯航空工業部學校教育司審定為中等航空技術學校教學參考書。

本書中譯本分兩冊出版。原書全文共十章，上冊內容包括前四章及原文附錄 1 及 2 的表格。

參加本冊翻譯和校訂工作的為北京航空學院林士謬、黃俊欽、馬積民等同志。

飛 機 儀 表 學

上 冊

林士謬 黃俊欽等譯

★ 版權所有 ★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

(上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五號)

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 上 海 廠 印 刷

(15017·28)

1955 年 11 月初版

開本 850×1168 1/32

1956 年 7 月 4 版

字數 155,000

1956 年 11 月上海第 2 次印刷

印數 6,001—7,500

印張 5 15/16

定價 (10) 洋 0.78

原 序

航空工程在近年來，得到了特殊的發展；首先是關於噴氣式發動機的應用上，其次則為長程飛機馬力增大方面。

近代飛機，以接近聲音的速度飛行；並且在一次連續的飛行中，可能飛過等於地球直徑的航程。此外還可以不受地面定向視線的限制，日夜任何時候都可以飛行。

航空儀表及自動器的建立，保證了飛行的操縱，解決了飛機自動控制的複雜問題，及空中定向的任務；因此在很大的程度上，促成了上述航空上的成就。

同時，航空工程本身的發展，又引起了新型航空儀表的出現；引起改良及近代化原有儀表的要求，以及許多組儀表的過渡至電氣化的趨勢。

飛機上的儀表一年比一年地提高了它的比重與價值。甚至可以說，航空儀表製造工業的發展，成為決定一般航空工程水平的重要因素之一。和其他方面的工程一樣，航空儀表的發展，也沿着提高儀表準確性及使飛機的操縱過程全部自動化的道路前進。

本書中，講述了應用於飛機上的航行駕駛儀表及發動機儀表。在前述的儀表中必須承認有一些在目前看來，人們心理上認為已屬過時（例如，液壓式溫度表及壓力表、氣動式陀螺儀表、氣動液壓式自動駕駛儀等）。但是本書中對這些儀表仍加以描述，因為它們仍然是被應用於飛機上。而且，除了前面的原因外，作為教材仍然是令人感到興趣的。從另一方面看，作者也沒有可能將所有新的構造考慮在本書內；因為新的儀表中有許多尚不能認為已經達到成熟的階段，而本著作的基本目的在於講述通用的儀表。

由於考慮到電氣式航空儀表一般的發展趨勢，因此作者們在關於

電氣儀表的一章中認為應該給予電機工程中一般性的參考資料。

本書中除了講述儀表的作用原理及構造外，還討論到儀表在飛機的駕駛及領航過程中及發動機檢查工作中的應用；此外，還引述了有關儀表的安裝及維護條件的內容。

這版書中，部份採用了作者們在 1941 年出版的“航空儀表”書中的資料。

“飛機儀表學”一書主要是為中等航空技術學校學生而寫的教學參考書。但是本書中所寫的材料也可以廣泛地供民用及軍用航空機構內有關航空儀表修護工作的技術小組之用。

作者們特在此對胡倫克爾 (Г. С. Френкель) 關於他給本書作科學方面的校對工作，和供給了一系列有價值的指教表示謝意，同時，也在此感謝克拉斯尼可夫 (Г. Н. Красников) 關於他所做的圖表的工作。

目 錄

原序

第一章 航空儀表的應用及其功用	1
§ 1 飛機的飛行	1
飛行狀態	1
飛機的平衡	1
良好氣候中的直線水平飛行	5
盲目飛行	7
飛機的機動飛行	8
§ 2 航空發動機	11
發動機的類型	11
汽油發動機	13
重油發動機	16
§ 3 飛機的領航	17
空中航行的問題	17
方位判斷法	18
飛行方向與飛行速度	18
飛機位置的計算	21
第二章 航空儀表的一般內容	25
§ 4 航空儀表的分類	25
§ 5 使用條件對儀表工作的影響	26
空氣溫度	26
空氣濕度	27
空氣密度	28
傾斜及加速度負荷	28
飛機的振動	28
塵灰	32
§ 6 航空儀表應具備的條件	32
§ 7 航空儀表在飛機上的安裝與排列	32
儀表板	33
儀表板的減震	36
航空儀表的照明	33

§ 8 航空儀表的基本元件	40
航空儀表的基本部份	40
儀表安裝的零件	44
第三章 壓力式儀表	50
§ 9 壓力式儀表的基本部份	50
壓力的測量	50
感壓元件	52
傳動機件	58
調節傳動機件的原理	61
雙合金溫度補償	64
§ 10 汽油壓力表	65
功用	65
作用原理	65
構造	66
實驗室校驗	69
§ 11 滑油壓力表	70
功用	70
構造	70
實驗室檢驗	71
§ 12 蒸汽壓力式溫度表	72
功用	72
作用原理與構造	77
實驗室檢驗	78
§ 13 三用表	78
功用	78
構造	78
抽屜式三用表	80
§ 14 進汽管壓力表	82
功用	82
作用原理	82
構造	83
實驗室檢驗	85
§ 15 液壓式油量表	86
功用	86
作用原理	87

構造.....	88
§ 16 空速表.....	92
功用.....	92
作用原理.....	93
皮托管.....	94
空速表指示器的構造.....	100
空速表的校準及實驗室檢驗.....	105
空速表在飛機上的檢驗.....	108
§ 17 高度表.....	110
功用及作用原理.....	111
構造.....	116
實驗室檢驗.....	118
飛機上的檢驗.....	120
§ 18 昇降速度表.....	121
功用.....	121
作用原理.....	121
構造.....	123
實驗室檢驗.....	125
§ 19 壓力式儀表指示器的共同機件.....	127
第四章 磁羅盤.....	130
§ 20 地磁性概況.....	130
§ 21 磁羅盤的一般內容.....	133
功用.....	133
磁羅盤元件及其特性.....	135
§ 22 磁羅盤的型別、構造及安裝.....	139
A—4 式磁羅盤.....	139
KH—11 式磁羅盤.....	146
飛機上磁羅盤的安裝.....	148
§ 23 磁羅盤的羅差.....	148
羅差原理概論.....	148
羅差的測定與消除.....	155
飛行中羅差的測定.....	161
羅差與時間的變化.....	162
§ 24 磁羅盤在飛行中的動作.....	162

附錄	167
1. 空速與動壓的表格	167
2. 大氣壓力與高度變化的表格	172
中俄文名詞對照表	180

第一章 航空儀表的應用及其功用

§ 1 飛機的飛行

(一)飛行狀態 爲了完成飛行任務，每次飛行，須配合一定的速度，方向和高度。飛機航程中的飛行狀態，便是由於總合上述三種原素而決定的。

爲了保持需要的飛行狀態，駕駛員要不斷地在空中作平衡飛行並且檢查飛機相對於地面的位置。所有這些任務，都是要靠儀器來幫助完成：發動機儀表，用以選擇必需的發動機工作狀態，並指示發動機工作情況是否良好。航行駕駛儀表則指示飛機的位置和飛行速度。爲了適應不同的氣候情況，駕駛員藉某一組儀表的幫助，可以決定和保持航程中需要的飛行狀態。

(二)飛行的平衡 由於氣流的變化，螺旋槳拉力的變動和其他原因的影響，飛機可能偏離原先的位置，因此，駕駛員必須不斷地使用駕駛舵來糾正飛機的位置。

飛機的傾斜，可能沿三個方向來發生（圖 1）：縱向（繞 ZZ 軸）、橫向（繞 XX 軸）及航向（繞 YY 軸）。

駕駛員經駕駛桿作用於升降舵使飛機繞 ZZ 軸旋轉。經過駕駛盤作用於副翼使飛機繞 XX 軸轉動。飛機繞 YY 軸的轉動則使用與方向舵相連接的腳蹬操縱板來產生。

飛機在空間的位置，可由機身軸向與水平面及地球子午線平面（真子午線平面）間的角度來決定（圖 2）。

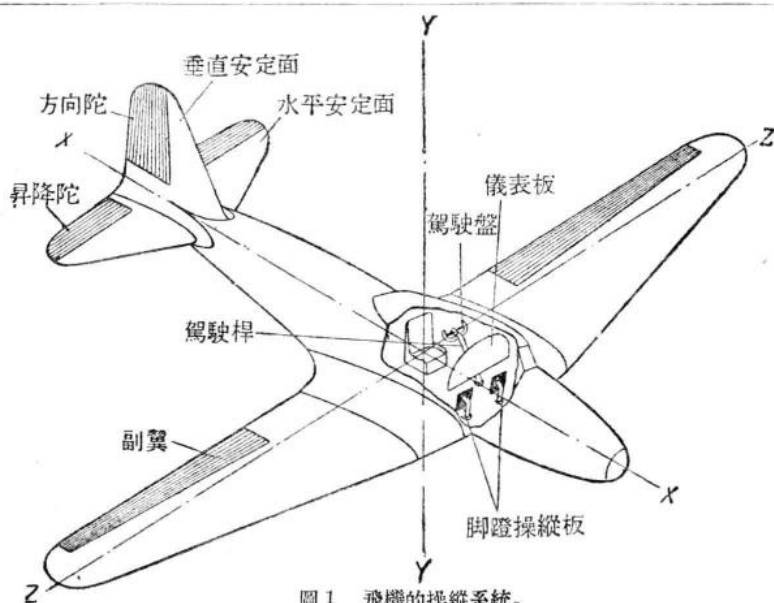


圖 1 飛機的操縱系統。

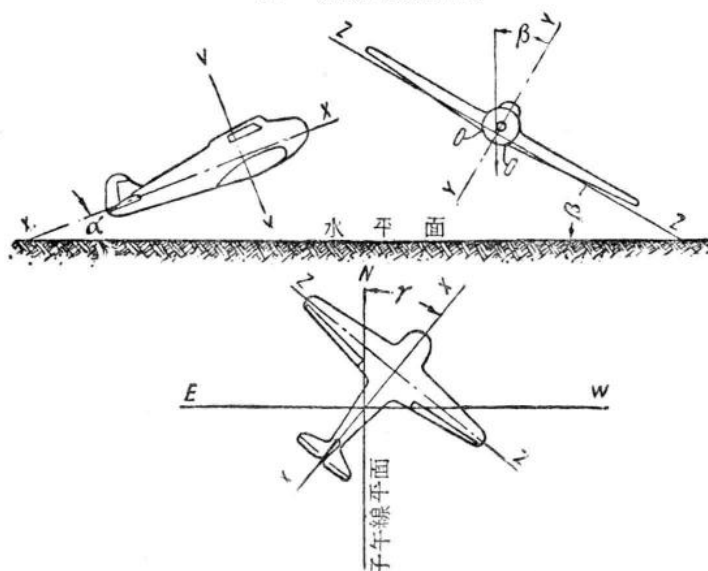


圖 2 決定飛機空間位置的角度：
 α -絕對俯仰角， β -絕對傾斜角， γ -真航向角。

飛機 XX 軸與水平面間的角度 α 稱為縱向傾側角；飛機軸 ZZ 與水平面間的角度 β 稱為橫向傾側角。縱向及橫向傾側角也可以從垂直線量起，因為在地球上的一定地點上，垂直線永遠垂直於水平面。

飛機對稱軸平面與子午線（水平面與真子午線平面間的截線）間的 γ 角稱為飛機的真航向角。

飛機在空氣中的平衡，直接與飛機相對水平面的位置有關，亦即與飛機的縱及橫傾側角有關。因此，飛機繞 ZZ 軸的平衡稱為縱向平衡，而繞 XX 軸的平衡則稱為橫向平衡。

飛機的縱向平衡取決於縱向傾側角 α 。當飛機縱向傾側角改變時，氣流方向與翼弦間的衝角亦隨之改變。衝角數值變化，支持飛機於空氣中的昇力亦隨之改變。

從空氣動力學得知，飛機的昇力可用下式表示：

$$P = \frac{c_y S \rho V^2}{2},$$

式中， S —機翼負載面積；

ρ —空氣密度；

V —飛機運動速度（空速）；

c_y —昇力係數。

當衝角增加，係數 c_y 亦增加，在一定的衝角數值下達到最高數值，此數值稱為臨界數值；當衝角再度增加時，係數 c_y 反而減少。

飛機平衡狀態之一為水平，等速及直線飛行，飛機重量與昇力正好相等，亦即：

$$P = \frac{c_y S \rho V^2}{2} = G,$$

式中， G —飛機重量。

從上面等式可算出保持水平飛行必需的速度 V 為：

$$V = \sqrt{\frac{2G}{c_y S \rho}}.$$

從上式可看出係數 c_y 數值愈大，則所需保持水平飛行的速度 V 愈小。在臨界衝角下，相當於 $c_y = \text{最大值}$ ，空速 V 將有最低的數值。

如果此時，駕駛員進一步用減少螺旋槳拉力或增加衝角的方法，使空速更爲減低，則飛機即將喪失平衡（圖 3）。

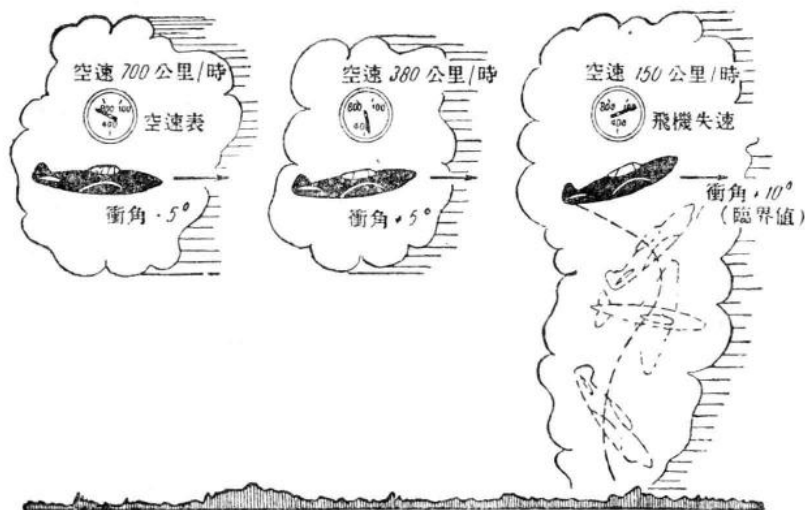


圖 3 各種衝角下的飛行。

每一種飛行狀態（例如爬高、下滑或盤旋等），均應有一定的最低空速才能保持飛機的平衡。爲了保持飛機的縱向平衡，便必須依靠空速表來指示出必需的速度數值。因此空速表在飛行中便成了最重要的儀表之一，它使飛行員可以避免失速和隨之造成跌落的危險。

飛機的橫向平衡則與傾斜角 β 有關（圖 4）。

當飛機作直線飛行，傾斜角的存在引出飛機的側滑（飛機沿機翼方向側滑）。球側滑指示器可以指示飛機有否側滑的現象，因此可以保持飛機的橫向平衡。

在作曲線飛行時，例如盤旋飛行，由於慣性作用，飛機的橫向平衡，發生變化。在盤旋時如果要得到平衡，傾斜角 β 的數值須與轉彎時的

速度和所走曲線的半徑值有一定的關係。

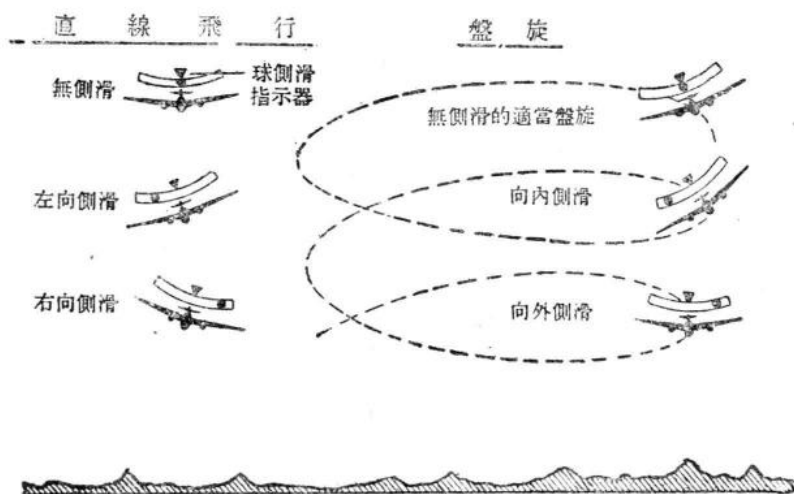


圖 4 飛機的側滑。

球側滑指示器正是指出有否向內或向外側滑，因此可以幫助達到正確的盤旋飛行。在盤旋運動時，飛機的側滑角並不等於飛機的傾側角。因為在正確的轉灣中，側滑必須為零，而傾側角則配合盤旋時飛機的平衡情況而有一定的數值。

因此，球側滑指示器為飛行中基本的儀表，不論在直線或盤旋飛行都需要它來檢視橫向的平衡。

(三)良好氣候中的直線水平飛行 在氣候晴朗時，直線水平飛行可以靠觀察水平線及地形來完成。例如，駕駛員可利用機頭位置與地平線的關係，來判斷縱橫傾側的角度。

飛機速度可從空速表來決定。

真實的航向則靠羅盤的指示。如地形視線良好，則無需經常觀察羅盤。由羅盤確定航向後，可藉地形來繼續航行(圖 5)。

除了羅盤以外，還有轉灣速度指示器，指示飛機是否脫離直線飛行。當飛機沿直線飛行，沒有改變航向，轉灣速度指示器的指針指於零

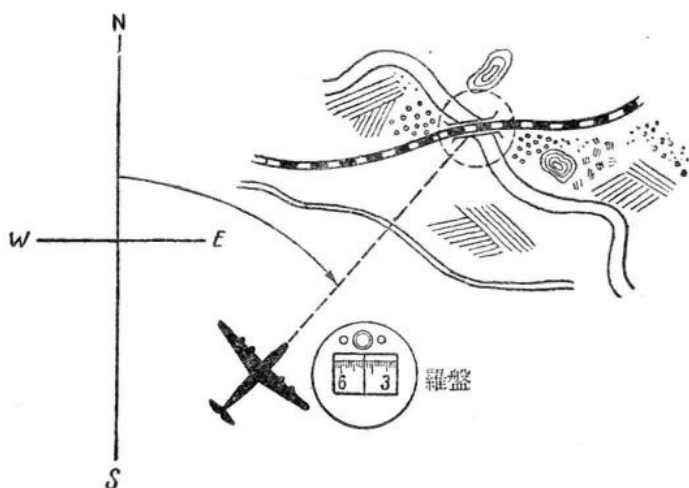


圖 5 按地形保持航向。

點(圖 6)。指針離開零點的大小,表明轉灣速度的大小。

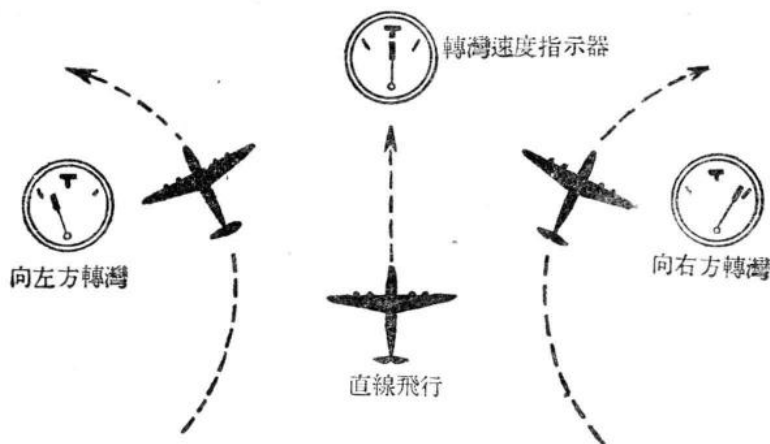


圖 6 飛機的轉灣。

高度表指示飛行的高度。但是,對於較小的高度變化,它是比較不夠靈敏的。在上述情形下,駕駛員可藉助於指示高度變化率的昇降速度表。當昇降速度的指針指示零點時,即表明飛機作水平飛行,高度沒

有變化(圖 7)。

上面列舉的儀表在晴朗的氣候中是足夠保持正確的水平飛行的。

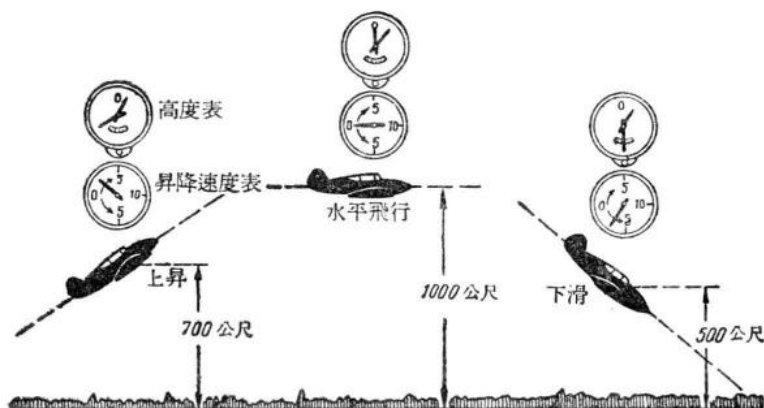


圖 7 飛行高度的變化。

(四)盲目飛行 當飛機在雲霧中或黑夜裏飛行,地面及天上的觀察目標都不能看見,駕駛員就僅僅能靠儀表的指示並利用“盲目飛行法”來操縱飛機。

空速表,球側滑指示器,轉彎速度表,升降速度表,高度表和磁羅盤組成了盲目飛行儀表中的基本部份。利用這些儀表,例如球側滑指示器和轉彎速度表,駕駛員雖然可以間接判斷飛機的橫向平衡狀況,而縱向平衡亦可由空速表指示來間接判斷。但在缺少直接指示縱橫傾側角的儀表時,飛行駕駛是頗為困難的,同時也對駕駛員要求過大的精力,因為空速表,球側滑指示器及升降速度表一般都會發生遲滯現象,亦即該儀表等的指示通常落後於飛機的運動。當飛機位置發生變化時,羅盤的指示,與正確的指示常發生偏離,因此,用磁羅盤來經常保持航行方向,同樣是有不少困難的。

毫無遲緩地直接指示 α 、 β 及 γ 角(參看圖 2)的特種陀螺儀器的出現,大大地簡化了盲目飛行的技能。

航空地平儀用指標代替了大地的地平線，並且直接指示飛機的縱橫傾側角(α 及 β 角)。因此便成為盲目飛行中最基本的儀表(圖8)。

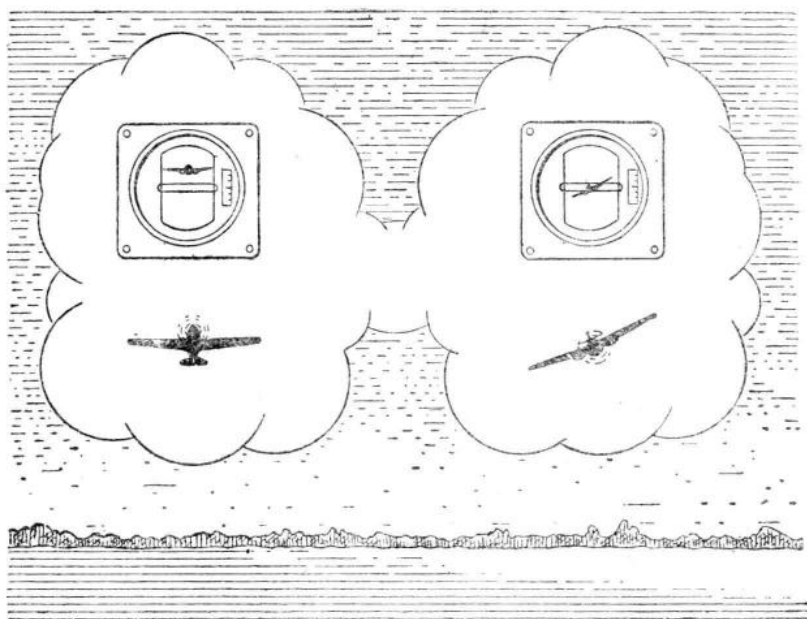


圖8 利用航空地平儀指示飛機的縱橫傾側角。

陀羅方向儀以比磁羅盤較大的準確性指示飛機偏離已知航向的變化角度。但是陀羅方向儀並不能指示航行的方向。因此它必須和磁羅盤配合使用。陀羅磁羅盤可補足這些缺點，無需磁羅盤的修正而直接指示飛機穩定的航向。

由於儀表製造技術的發展，出現了操縱飛機的自動控制機構。自動駕駛儀便是其中之一的儀器，它自動操縱着飛機的轉動舵。自動駕駛儀在一定的航向中、一定的高度和速度下，能操縱飛機的飛行，因而在長途飛行中駕駛員可以省卻許多氣力。

(五)飛機的機動飛行 所謂機動飛行，係指如盤旋，俯衝，及特技飛行等而言(圖9)。執行任何一種特技飛行時，都會同時發生飛機速度