

航空儀器學



航空叢書之六

黃李熊
楚東
三流
編校
焰

部一六

中華民國三十六年三月初版

航空叢書之六
(教 本) 航空儀器學

有 權 不
印 翻 許

1—1000

編 纂 者 黃 楚 三

校 正 者 李 東 流

熊 焯

發 行 者 六 一 部 隊 訓 練 處

印 刷 者 東 北 民 主 聯 軍 總 司 令 部 印 刷 廠

目 錄

第一章 緒 說	一
一 航空儀器的重要性	一
二 航空儀器的發展	二
三 航空儀器應具備的條件	三
四 航空儀器的檢查與保管	四
五 航空儀器修理與試驗應注意事項	四
六 航空儀器裝運存儲應注意事項	四
第二章 發動機系儀器	五
一 離心力式轉數表	五
二 溫度表	九
三 汽缸頭溫度表	一一
四 壓力表	一三
五 油量表燃量計	一五
六 壓力式油量計	一五
七 浮子式油量計	一七
第三章 飛行系儀器	一九
一 高度表	一九
二 空氣速度表	二一
三 昇降速度表	二五
四 航路計	二七

五	磁性羅盤	二九
六	電感羅盤	三九
七	轉向指示計	四一
八	傾斜儀與轉向指示計	四三
九	斯氏人工水平儀	四五

第一章 緒 說

一 航空儀器的重要性

通常我們要想測量一般物體的長短輕重大小，必須要使用度量衡，根據度量衡的計算，才能決定它的量，假使沒有度量衡做標準，單憑人的感覺無論如何不能作出正確的估計，同樣飛機上的各種儀器是幫助航空人員測量感覺器官所感覺不出來的東西，也可以說航空儀器就是飛機上的度量衡，沒有它飛機飛多高多快多遠及發動機各種狀態，飛機的各種飛行姿態，就無法判斷，專憑飛行機械人員的感覺是不可能的，所以裝置於駕駛艙內儀器板上的各種儀器，其功用在於補助駕駛員之感覺辨別力之不足及增進航行的効力和安全。航空儀器是根據各種理學的原理，自然現象及機械功率而構成，種類繁多，總稱為航空儀器，裝在飛機上的可大約分為三類，即發動機系儀器，普通飛行系儀器，特殊飛行或軍用商用長途飛行系儀器，各機種按其需要，儀器設備畧有不同。

航空事業發展的初期，一般的設計家飛行家，大都集中注意於機身機翼機尾起落架發動機駕駛術各方面，而對儀器很少注意，不暇顧及，因此航空儀器的發展不甚顯著，縱有採用者，亦多係粗劣不精確的儀器，作用不大，信賴力不強，甚至有不需要儀器裝置的論調，可是航空事業跟隨科學的發展，飛機的製造日新月異，發動機的馬力，逐漸增高，飛機的型類性能逐漸變化，同時更要求飛行不受時間季節氣候的限制，如海洋飛行，雲霧飛行，盲目飛行，探險特殊飛行等，克服一切困難條件，故飛機的性能須現實的顯示出來及時覺知，以圖航行的安全，充分發揮其所具有的性能，這時候專憑人的感覺是不可

能的，因此對航空儀器的設備始痛感其必要，駕駛員對飛機狀況及自然現象失去感覺時飛行實屬困難，尤其在雲霧中或大洋上飛行時，所視或感覺到的，僅有雲霧或海水，其他無任何可為基準，這種場合如無儀器的指示作根據，縱令技術如何高明，不僅對於飛機的位置，隨時不能了解，就是飛機本身的狀態，燃料的有無，發氣機的動作情形，亦不可能判斷。

由於以上事實需要，航空儀器已逐漸被人重視，現代盛行儀器飛行的訓練，即在駕駛座窓前，懸以視綫的障礙物，完全賴靠儀器指出各種狀態而飛行，即一般所謂“盲目飛行”：

二 航空儀器的發展

航空用的儀器，最初使用高空測候水銀晴雨計是在自由氣球發明，（1883—86年）的數年間，1845年（aneroid）晴雨計的特許發表，這種晴雨計量輕便利，其後法國威得士（Vides）發明用流體金屬製成薄壁空盒的氣壓表，後來航空方面逐漸採用這種類似式的儀器，但須特別設計，多做造汽車或氣象觀測儀器，及航海用儀器，加以改良精密製造，適合於航空方面的要求，例如上述安雷得空盒式晴雨計，改良製成高度表，利用氣壓刻度方式代以高度的刻度；如汽車的速度表及轉數表改良為航空的速度及轉數表，如測定水流風速的比托（pitot）管，或文得里（Venturi）管，用於航空空氣速度表（air speed）為航海用羅針儀，經改良而為航空羅盤（Compass），航海用六分儀及其他的各種儀器原理亦應用於航空儀器的製造，其他如高空空氣稀薄，飛行時需要氧氣裝置，無線電訊的發達，必須有無線探向器，以及其他轟炸射擊瞄準器偏流計自動駕駛儀等等均，隨科學的進步，應航空的需要繼續發明了。

航空儀器曾經各國努力研究改良發明，有其不少的成績，但航空

方面就實際的要求尙有許多問題未獲得解決，例如雲上的風速風向測定，靈敏高度精確測定，霧中着陸用的高度表，雲中飛行時飛機姿態指示計，雲上或大洋上精確位置測定，飛機的自動安定裝置等，這些可靠儀器現猶未發明尙待努力研究解決之。

三 航空儀器應具備的條件

航空儀器本身的構造其性能材料型式體積等，必須適合航空上的要求，根據合理的原則而設計製造，茲將航空儀器應具備的條件分述於下：

(1) 輕巧：飛機的搭載量有一定的限度，飛機本身各部重量需設法減輕，爲其基本原則之一，儀器也一樣要愈簡單愈輕巧愈好；

(2) 型小：駕駛艙的儀器板面積有限，而儀器種類很多，倘粗笨大型裝置不了，但型小而刻度盤必須醒目，需加塗夜光磷粉，方能容易辨讀，以便於日夜間均可飛行；

(3) 耐久性：飛機上的震動很大，故儀器必需具備不怕震動的條件，否則三天兩天就壞了，或飛行途中出毛病，不起作用，這樣的儀器最容易引起不必要的危險；

(4) 準確可靠性：每一種儀器是測量發動機或飛機的各種狀態，以作判斷運用的標準，故必須需靈敏準確可靠，一有動作即立刻指出精確可靠的示度，動作停止時立即恢復原狀，或指〇度，儀器裝上儀器板後，拆卸工作非常困難，必須長期保持準確可靠；

(5) 受外界的影響要少：飛機上的震動非常劇烈，溫度隨高度的上昇而降低，氣壓逐漸減少，倘儀器構造不精密，受外界溫度壓力震動等的影響，會逐漸失去作用，因此在構造上裝置上必須注意不受外界影響或減底其影響才能保持常態作用。

此外儀器要常保持乾燥清潔不受濕氣寒暑氣象上的影響，若係裝置機體外的儀器，型式的外表要成流綫形，以減少空氣的阻力，亦

爲必要的條件。

四 航空儀器的檢查與保管

裝置於飛機上的儀器，保管得法，可延長它的壽命和增加它的效能，須注意飛行前和飛行後的檢查，要有定期檢查即每日每週每月每季每年按規定的方法施行大小檢查，發現小毛病時，如螺絲接頭鬆動，指針跳動，刻度不清等須隨時修理它，如發現大毛病，外殼破裂，液體乾漏，機件不靈等等，須立即拆下送工廠修理，長途飛行時，羅盤須在出發前校正。

五 航空儀器的修理與試驗應注意事項

儀器的修理與試驗，須有專人負責，儀器都是很精細輕巧的機件，切不可使用一般普通的工具亂拆卸，沒有經驗沒有適當工具設備，隨便裝拆，必然損傷儀器，甚至變成廢品，所以修理試驗須要有經驗的人員完善的工具和試驗場所，用標準儀器作比較，才能修好使用。

六 航空儀器裝運存儲應注意事項

裝運儀器要分別種類，用軟質物填充裝運儀器的箱匣，長途運輸要密封箱口，載明種別號碼，不許倒放碰撞並防止潮濕雨雪浸入，儲存時要注意庫房的乾燥清潔通陽光，並詳細登記型別數量號碼及出品年月製造廠所，是否使用，堪用程度，用科學的儲存保管以作補充接濟的準備。

第二章 發動機系儀器

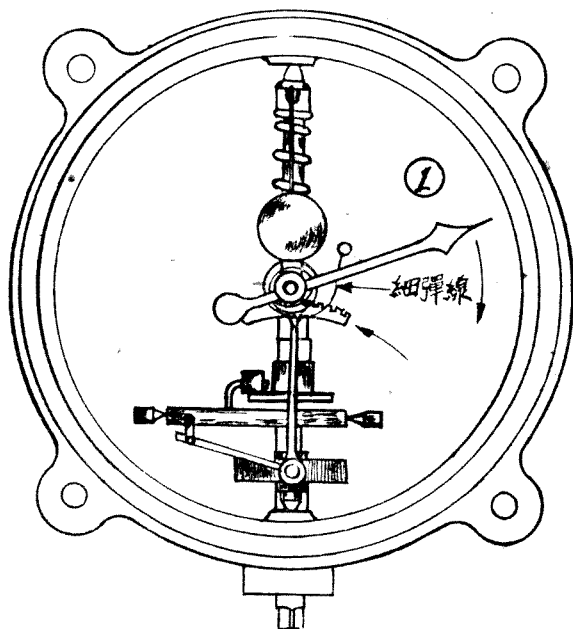
一 離心力式轉數表

1. 功用：發動機轉數表的作用在指示曲軸及螺旋槳每分鐘旋轉的速度，即每分鐘旋轉若干轉，(Revolutions per minute簡稱R.P.M.) 這儀器的主要功用在預示發動機工作的效能，凡發動機內部發生毛病時，曲軸每分鐘旋轉次數必減少，在轉數表上即指示轉數的減低，發動機的馬力要減少，將失去作用甚至停轉，須預圖安全的處置。轉數表另一重要功用則在幫助駕駛人員在常態飛行時（巡航速度直飛行時）得到最適宜的飛行速度，(Bestmising speed 亦即最經濟的巡航速度，各種飛機最適宜的速度由試驗而得)，發動機轉數表即助駕駛者規定螺旋槳每分鐘旋轉次數與飛機最適宜的飛行速度相一致（因螺旋槳有的固裝於曲軸前端，曲軸旋轉次數即螺旋槳旋轉次數），依此速度飛行，那末，發動機的壽命可以延長，飛行的安全性也增大，燃料也最經濟。

2. 構造：離心力式轉數表的構造簡單耐用，其構造約分三部。

第一部份爲表面，外殼指針，如圖(1)。

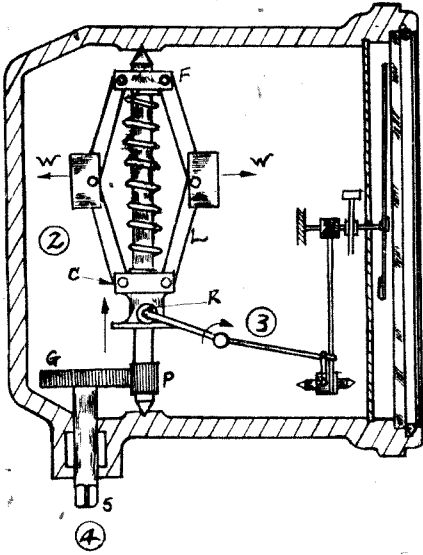
(第一圖)



第 1 圖 離心力式轉數表的內部構造

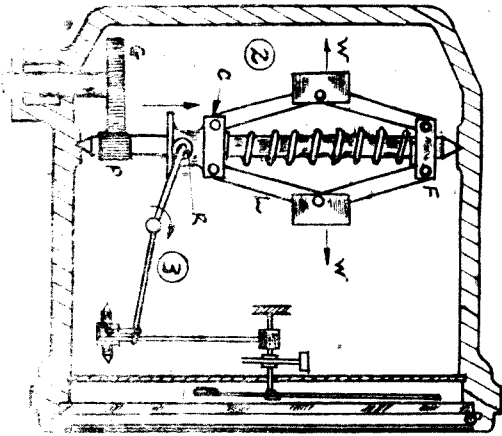
第二部份爲轉動軸齒輪及發生離心力部份，如圖(2)。

(第二圖)



第三部份即槓桿彈簧指示部份，如圖（3）。

（第三圖）



表面上刻度以百為單位，指針指“5”即示曲軸每分鐘旋轉五百轉，（或即螺旋槳旋轉次數）當指針指“18”即指曲軸每分鐘旋轉一千八百轉，轉數表有一滑動軸與發動機後端轉軸相連接，曲軸旋轉一次，活動軸即隨轉一次，經過離心力作用由槓桿彈簧傳達到指針，但配置轉數表時活動軸不可過長，亦不可過短，方能轉動自如。

此種離心力轉數表一般飛機都用之，因簡單而可靠，內部機件藉離心力而發生作用，離心力的大小視曲軸轉數的快慢而異，如圖（4）處的軸端，靠一種活動軸（Tachometer shaft）連接在發動機曲軸的後端，曲軸旋轉時，即旋動S軸，亦即直接轉動G齒輪，因G齒輪與P齒輪相交，即轉動P齒輪，因G大P小，G轉一次P轉多次，故轉動時P齒輪軸的速度較為特快。

W 飛重裝置於 L 桿上，L 桿之另一端釘於 F C 橫領，F 領固定於軸於的上端，D 配重可以在軸上下活動，並具有輪緣，另有 R 滾軸裝於輪緣上，在 P 輪軸上，C F 兩配重之間，有彈簧圈常有迫使 C 配重下降的趨勢。

3. 原理：根據離心力有向外張的作用而製造，故此表當 P 輪軸旋轉時，配重因離心力的關係，有向外飛的趨勢，於是拉牽 C 配重上昇，以抵抗彈簧力，彈簧被壓縮程度的強弱，視 P 輪軸旋轉速度的快慢而異，C 配重上下動時，即帶動 R 滾軸，因槓桿扁形齒輪油絲等傳動機件（圖中幾個箭頭所示即旋轉的方向）指針在表面刻度盤指示曲軸每分鐘旋轉的速度（R.P.M.）其指針下的一盤小油絲，是幫助穩定指針的指度，免受彈力的震動而搖擺不定。

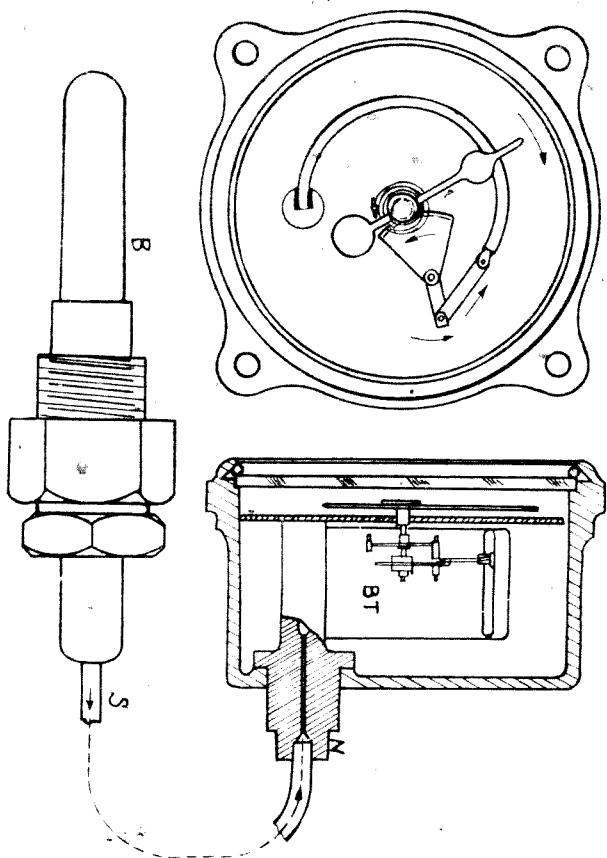
離心力式轉數表檢查與修理：普通指針輪的孔太大，使指針擺動，或停車後回不到 0 度，發生快慢時可調整槓桿，用標準轉數表對照試驗。此外尚有一種較為複雜精細的轉數表，機件的構造像鐘表式，簡稱鐘表式轉數表（Chronometer Tachometer）計算螺旋槳每秒鐘或每兩秒鐘旋轉的次數，現在美國大型軍用機有採用它的，此種轉數表構造極複雜，一出毛病，不易修理，採用者尚少，故不詳介紹。

二 溫度表 (Thermometer or Temperature gage)

尋常發動機上所用的溫度計，多係採用壓力式者，其功用在於測量機器內油或水的溫度之升降，此種溫度表有一種金屬球管，內裝液體或汽體的以太或酒精，球管的一端有金屬毛細管相連接，用時將球管裝置於機器油或水所集流之處，油或水的溫度增高，那末球管內液體或氣體因熱而膨脹，油或水的溫度減低，球管的液體或氣體冷而收縮，當膨脹或收縮的時候，毛細管內發生壓力傳達至溫度表內的機件轉

動指針，指針即指出溫度的改變，如圖(2)。

(第二圖)



第2圖 溫度計的內部構造

構造如圖 S 處毛細管與 N 處相接，壓力即由 B 球管傳入於 B.T. 下管 (Bourdon tube) B.T. 管係由黃銅與青銅鍛鍊製成，具有彈性，而成橢圓形，該管一端封閉不通，氣壓力施於管內時，B.T. 管有伸直的趨勢，壓力減去時，管恢復原來位置，故 B.T. 管伸縮移動程度常與壓力的大小成正比例，因管與其他機件如鏈環槓桿及齒輪相接如圖，管一移動遂移動指針，指示溫度的高低。

修理檢查

壓力溫度表的構造裝置都很簡易，所須注意者勿使藏氣體或液體的波斯頓管，(圖中 B.T.) 破裂，該管破裂即失去作用，發動機經過轉動後已增加溫度，雖停車溫度暫時不會消失，所以發動機雖停車，該表仍指示發動機當時的溫度，指針暫不回到 0 度不是毛病，溫度的指示與季節氣候，亦有直接關係，波斯頓管末端與傳動聯臂處有螺絲可調整指針，一般用油壓機試驗和一標準表校對改正，壓力以磅為單位或以公斤為單位。

三 汽缸溫度表

(Cylinder wall thermometer or Temperature gage)

無論水涼氣涼或大馬力航空發動機，氣缸的溫度，必須在一定範圍內發動機方能達到最大的工作效率，因此氣缸溫度非時時注意觀察不可，而溫度的推測是非常困難的事情，因此有用溫度表測驗的必要。氣涼或發動機可依照從發動機內流出滑油的溫度而推測氣缸溫度。水涼或發動機，常依照從發動機水套流出已散熱過的液體溫度而推測氣缸溫度。

近代因航空事業的猛進及科學的發達，因以上的各種間接測溫法皆不完善，而改用電熱表(此乃測熱用儀器的一種，物理學電磁章有詳細說明)，直接測出氣缸的溫度。以上所說依潤滑油及散熱液體的測溫法，所使用者有蒸氣壓力式，液體膨脹式氣體壓力式及電氣抵抗式等裝置。

原理：純粹的液體（即液體內不含雜質者如蒸溜水）假如溫度一定時其蒸氣的壓力永久不變，換句話說即溫度愈昇高，蒸氣的壓力亦愈大，利用此種原理而推測氣缸溫度此乃蒸氣壓力式的原理，至於其所用的液體必須避免對金屬管有腐蝕性，且此種液體純質品容易購得，並依此種液體的蒸氣壓力能夠推算出溫度的近似值者方可。

通常通用的液體有以下各種：

- (SO₂) Sulphurous Acid gas
- (CH₂OCH₃) Methylgther
- (C₂H₅OC₇H₅) Sthylether
- (CH₂Cl) Methylehlgride

如圖(3)

(第三圖)

構造：將此種液體灌入直徑約10耗的金屬管內，然後將此金屬管裝置在要測驗溫度的地方，並且令金屬管與欲測處的壓力相等，然後將此管內的壓力用細管連結在壓力表上，壓力表上的示度皆換算成溫度的示度，因此，由壓力表上的示度就可知氣缸溫度。

簡單來說，就是裝入液體的管與指示器間用小銅管將它連結，能使壓力由管內傳達至指示器。

功用：至於液體蒸氣壓所用的壓力表，因為蒸氣的壓力過大，故不能使用高度表及速度表那樣的空盒裝置，而繼用波兒敦 (Bousdon) 管，這管乃是扁平橢圓形用黃銅或磷青銅所製的金屬管，而管灣成半圓的形狀，能以伸縮作用，伸縮程度與溫度大小成正比。

四 壓力計 (Pressure gage)

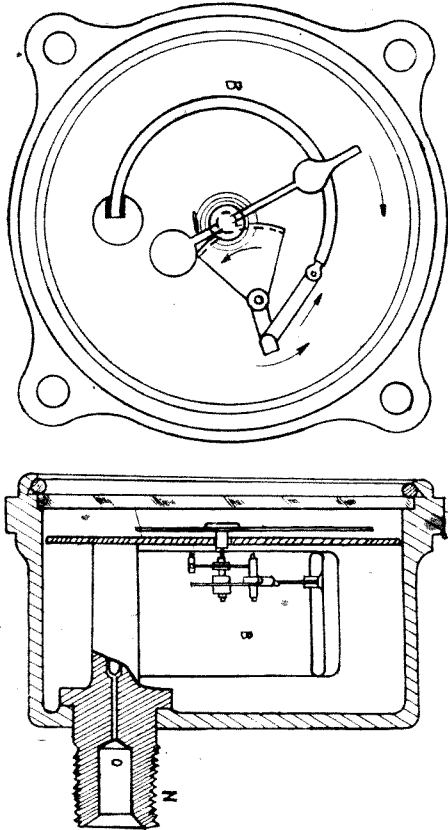
發動機上所用的壓力計有用以測量燃料壓力者，有用以測量潤滑油壓力者，壓力不夠，即機器有毛病的象徵，故燃料壓力及滑油壓力，駕駛者應隨時注意，未起機前須審查明確。

為使發動機內的潤滑油能循環及向汽化器內輸送燃料而置有滑油唧筒及燃料唧筒根據唧筒工作的正常與否，由壓力表而所測定其壓力。此表分為兩種，一種是機械的，一種是電氣的，現在飛機所使用的為機械的壓力表。

原理：發動機開始轉動滑油唧筒亦開始作用，因此將其壓力傳遞至指示器上，指針於刻度盤指示其壓力之大小。

構造：如圖(4)

(第四圖)



第4圖 壓力表的內部構造

指示器亦是波兒敦管式與以上溫度表同樣的構造，不過在溫度表中是感溫部在滑油壓力表中是受感部，是直接承受滑油壓力的部份。這種受感部的內部有多層的空盒，通過這空盒由小銅管連結在指示器上，因小銅管與受感部的空盒內注有傳導液，能間接將此壓力傳達至指示器的功用。

與發動機運轉同時滑油既生壓力，在發動機內部循環，一部份的滑油侵入受感部內而壓縮受感部內空盒，故空盒內的傳導液，亦被壓縮，這壓力通過小銅管而變為指示器內之波兒敦管伸展的力量，由於波兒敦管的移動而通過扇形齒輪連結在齒軸上的指針即在度數板指出度數。

試驗檢查及調整，壓力表若指出不正確，或停車後指針不回到0度，可檢查連接管接頭，發現其毛病的所在，若儀器本身沒有毛病，通常滑油壓減低有下列幾種原因：（一）缺少油，（二）油過熱，（三）油唧筒失去作用，油管中斷，若油管中阻則常使壓力過大，檢查油壓表是否準確，可用油壓試驗器每10或20磅替加或替減驗它，若稍不準確可由波兒敦一端與聯結棒的螺絲調整至洽好處。

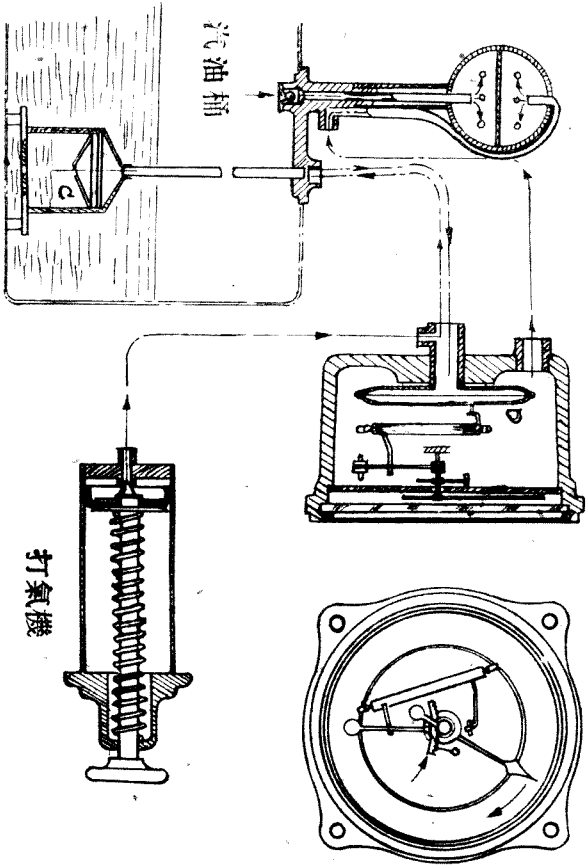
五 油量表燃量計 (Fuel Gage)

燃量計在於指示油箱中所儲存燃量的多寡，駕駛員藉以知油箱中現在的燃料尚能支持若干續航時間，到達目的地燃料是否成問題，因此飛行或作戰任務隨時知道燃料已消耗量及現有量的確數非常重要，必須要有精確的燃量計，現各國採用的燃量計種類繁多，茲擇其幾種常用者分別說明如下：

六 壓力式燃量計

壓力式燃量表根據的原理即是流體的壓力（重量）與他的深度成正比例，如圖5所示，除汽油箱外，其他機件均屬燃量計，C球置於汽

(第五圖)



第5圖 燃料計的內部構造

油箱底，爲測量壓力的起點，球底有數小孔，燃料可以出入其間，球上接一管，通出箱外，與燃料計內的機件相通，另有一打氣機，與該管相通，燃量計的頂上有一通氣管，一接汽油箱，一接燃量計的內部，爲此汽油箱內油面的空氣壓力，與計器內部空氣的壓力相同。

當燃量計初裝於機器上時 C 球內與球上的管內，必滿貯汽油，與汽油箱內的汽油成同一平面，於是用打氣機將空氣打入管內，使管內汽油迫出，直至 C 球內滿貯空氣時爲止，管內與 C 球內空氣壓力的大小，與箱內燃料的深淺成正比例，因此壓力如直接傳入於計器的內部彈性空盒（D）內，彈性空盒伸縮程度，即視壓力的大小而變更，因空盒的伸縮，轉動與其相連接的鏈環與槓桿（如圖），指針即隨時以定其地位而指示箱內燃料量。

倘因飛機的升降高度或溫度改變關係，空氣壓力變更時，C 球內的空氣或致失去一小部份，但此可以用打氣機隨時補足它，故在必要時，欲確知汽油箱內所貯的汽油量，祇須將打氣機一抽後即放掉，則打氣機自動的補入相當的空氣量，以助燃料計上指針正確的指示。

燃料計的計面刻度，刻成若干加崙或他種容量單位。

七 浮子式油量計

現在一般最常用的油量計以採用浮子式的較多，因爲此式構造簡單，指示準確，採用浮子式亦可作機械的電氣的或壓力變化的三種裝置，第六圖所示假定爲雙翼機，油箱裝在上翼中，浮子式油量計即可在油箱底垂直裝置，以浮子置入堅實玻璃管中，管外刻以液體容量單位，浮子的上下即隨油量的深淺而浮沉，在玻璃管外刻度上直接指示油量數字，前後座一目了然。

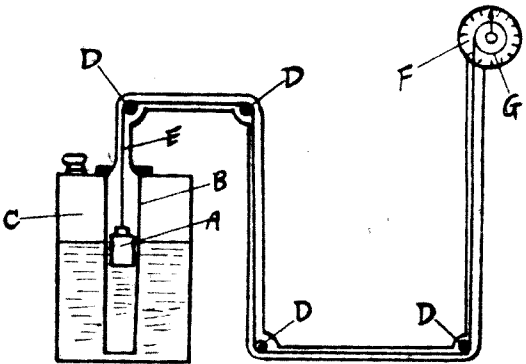
第七圖 表示單翼機用同式油量計。

(第六圖)



第6圖 浮子式油量計

(第七圖)



第7圖 浮子式油量計

第三章 飛行系儀器

一 高度表 (altimeter)

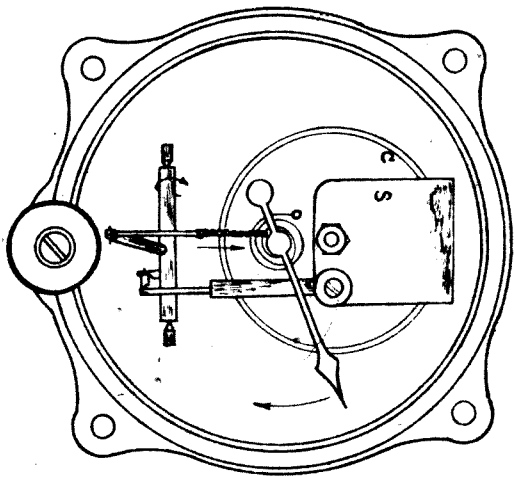
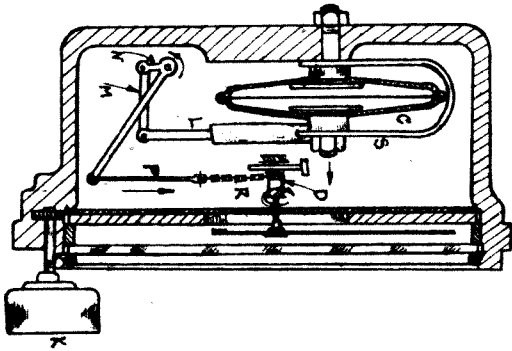
高度表的功用是測量飛機於水平面以上飛行的高度，軍用機於照相投彈之時，其飛行的高度愈準確，則所得效果愈佳，即雲霧的天氣，飛機飛過高山峻嶺，或偵察敵情時深入敵境，不能不有賴高度表的準確，總之飛機無論起飛着陸巡航，高度表為不可缺少的儀器。

當測定高度時，若不依一定的物體作基準，儀器就沒有一定的根據，通常用作高度表的基準，是以標準海平面的高度，稱之為絕定高度，其次是以飛機的出發點或特定地點的高度，稱之為比較高度，測定絕對高度時，最多皆採用依氣壓測定的方法，然氣壓乃受有氣象狀況的影響，常得不到正確的結果。

測定比較高度的方法，有用光學的方法，有依音響的方法，有依電氣容量或電磁波，即所謂電氣的方法，然近代多採用依照氣壓差而推定高度的方法，但一個地方的氣壓也是不一定，是在不斷的變化着，倘沒有一種假定是不能表示出高度，此假想氣壓的分佈狀態叫標準大氣，可是雖根據假設的標準大氣所測出的高，仍不能表示真的高度，用這種氣壓差測出來的高度僅是一種相對值的比較高度。

飛機上尋常一般所用的高度表，即無液氣壓計的變相，高度表面的刻度，非為壓力單位乃依標準氣壓與高度關係的公式，刻成高度單位（公尺），高度表內機件的動作，適應於高度單位的改變，與氣壓對數的單位 (for logarithmic units of pressure) 相符合。

(第八圖)



第 8 圖 氣壓式高度表

八圖以上爲普通氣壓式高度計內部的構造，圖中 C 爲一空盒，盒是薄銅片所製成，內部半真空，另一邊則受空氣的壓力，氣壓變化，即影響盒壁，波形盒壁與指針軸上有金屬彈片 (S)，槓桿 (L. N. M. P.) 鏈 (R) 等，互相關聯，氣壓改變，波形盒壁即膨漲或收縮，使彈片的動作爲槓桿擴大，傳達於指針的軸，指針遂示飛機所在的高度。

凡物在空氣中均受空氣的壓力，因所受的壓力，四週均平衡，故不感覺，尋常規定的標準氣壓，在水平每一平方英寸上約有 14.7 磅，此由計算水銀柱的高度而得，標準氣壓係在 15° C，水銀柱爲 29.92 英寸，而水銀的密度每立方英寸爲 0.4905 磅，大氣壓力因空氣重量關係，隨高度的增加而減低，又因空氣有伸縮性，受熱度後，其每單位容積的重量，不常相一致，因此氣壓與高度的改變情形不能絕對有規則。

據氣象學專家用經緯儀觀察施放輕氣球的上昇行動，藉三角法測量的所得，與上昇氣球所攜自己儀器的記錄，合計而得的結果，則知由海平面起，上昇一千英尺處，則氣壓降低 1.07 英寸（水銀柱的高度）再上昇一千英尺處，則氣壓降低 1.04 英寸，依此類推，直至昇到 24,000 英尺與 25,000 英尺之間，則氣壓減低 0.49 英寸，這是氣壓與高度的改變不能絕對有規律的明證。

任何儀器倘能示氣壓的改變者，即可以刻示相當的高度，氣壓差高度表即根據此理而製成，但因氣壓與高度的關係，日有改變，高度表所指示的祇是相當的正確，而不是絕對的精確。

這種無液空盒式高度表，根據海平面標準氣壓而製成的，駕駛員若不知道降落地點的氣壓，則不能用之爲測量着陸時的高度，降落地點的氣壓常視地勢的高下與降落時的氣候而隨時變更的。

二 空氣速度表 (airspeedmeter)

飛機速度有兩個意義，一是飛機對大地的速度，一是對空氣的速度，完全沒有風的時候，兩者相等，但是事實不可能，因此有對地速度表和對空速度表的區別，普通多用對空速度表，此表直接測量飛行時飛機四週的空氣速度，亦即測量飛機前進速度，任何飛機都有它的快慢速度，迎角增大機頭上昇則速度減小，油門加大又下降速度必增大，四週的空氣速度亦隨時不同，而空氣速度表可隨時指出飛機速度，在天氣惡劣時，藉此表保持相當的迎角而飛行非常必要。

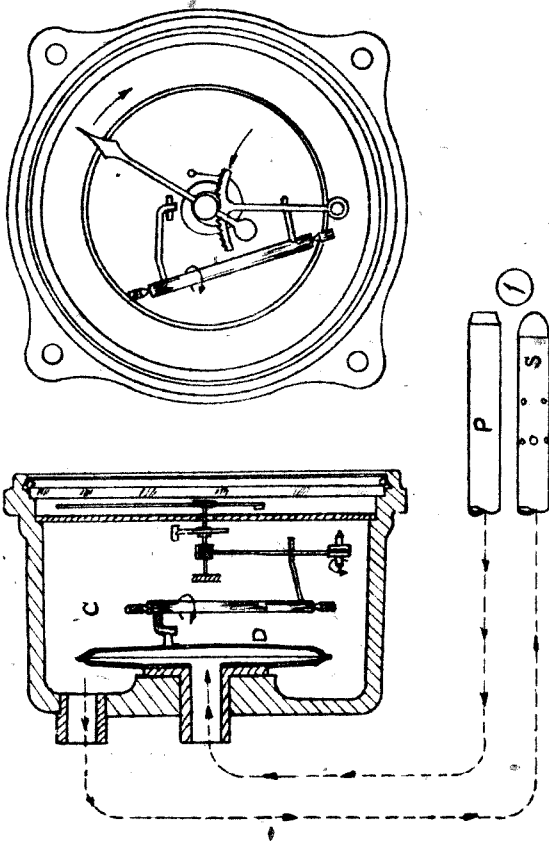
對空速度表的種類：

1. 利用動壓的；
2. 利用風力的；
3. 利用熱電的；
4. 利用動靜壓差的。

茲將利用動靜壓差的稍加述明如下。

原理：根據流體力學的原理，空氣在靜止時壓力，即靜壓用 P_s 代表，空氣運動時的壓力，即動壓，比托管 (pitot) 先端受的壓力就是這種動壓，稱他為全壓，用 P_0 代表，但密度 ρ 的空氣速度 V 在運動時所生的動壓是 $\frac{1}{2} \rho V^2$ $P_0 = P_s + \frac{1}{2} \rho V^2$ 所以 $P_0 - P_s = \frac{1}{2} \rho V^2$ 這是理論上的公式，實際隨着比托管的構製可大可小，所以一般的實際公式 $P_0 - P_s = \frac{1}{2} K \rho V^2$ K 是比托管的係數，它的值近於一，由上面的公式依全壓 P_0 與靜壓 P_s 的差，即可計算速度，對氣速度表內裝有波形空盒，受動靜壓而變化，空盒變位與動靜壓的差成正比，利用此種變位來指示即可測得速度的變化。

(第九圖)

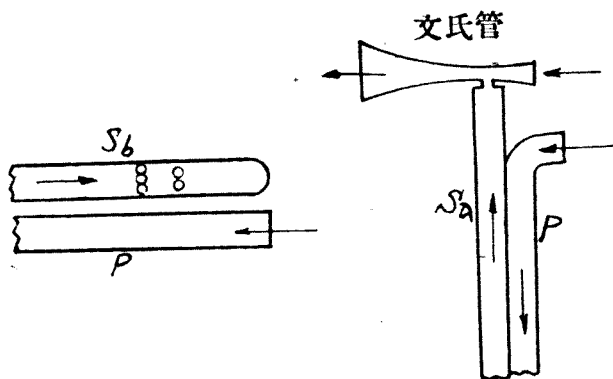


第9圖 空氣速度表的構造的構

就構造上說，空氣速度表依空氣壓力之理而製成，空氣壓力由於吸出與壓入兩管作用而成，這兩管在單翼機通常裝於翼前緣，雙翼機裝於兩翼間支柱前旁，圖中 P 管一頭接速度表內的空盒 (D)，一頭開口。S 管一頭接速度內空盒之外，另一頭有兩種構造（視圖 9），一爲封口，但四旁具有若干小孔，（即圖 1 所示）；一爲開小口，口上裝一文氏管 (Venturi tube)，當飛機在空氣中前進時，P 管口即受到空氣壓力，以傳入於彈性空盒內，盒壁具彈性，而膨脹；同時快速度的氣流經 S 管端，因管頸特殊的構造，將 S 管內的空氣吸出，於是空盒外壁的壓力減低，而空盒內壁的壓力增加，空盒益發膨脹；其膨脹移動的程度與飛機或空氣速度大小成正比例，因飛機四周的空氣速度愈大，則 P 管內的壓力愈增，而 S 管內的壓力愈減，因空盒與幾種槓桿、齒輪、機件及指針等相連接，空盒伸縮時，發生彈力，轉動指針，表面上刻有每小時若干公里的單位，指針即指出空氣的速度。

空氣速度表的吸出管有兩種構造，見圖 10 前已述過，就優劣講，在同一空氣速度的情形下，具有 S_a 管的一種，空盒壁上所得的壓力，約有五倍於 S_b 管那種所得壓力，所以前者內部機件應較堅強，但遇冰結或泥塵等積集於 S_a 管口處，則指針所指的速度常較實際速度低，至於 S_b 種則遇冰塵稍積於管旁小孔時，倘各孔不盡封閉，指針所指的速度，仍得相當準確。

(第十圖)



第10圖 空氣速度表 兩種的靜壓管 三 昇降速度表 (Climb indicator)

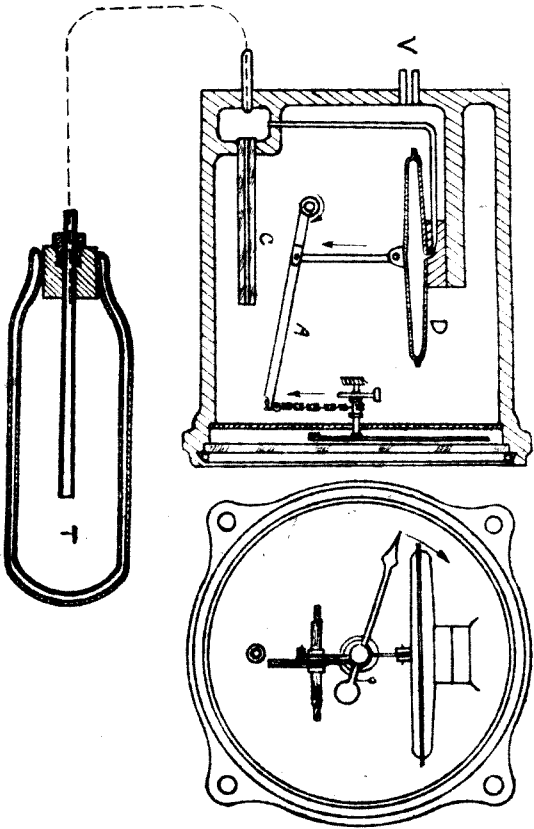
昇降速度表為根據氣壓改變與高度改變的關係而製成的，用以指示飛機上昇與下降的速度（尋常每分鐘若干公尺），這表的主要目的，在使飛機於黑夜飛行或濃雲密霧惡劣天氣，能保持平飛狀態而不致發生意外危險，此外在試驗飛機性能的最大上昇速度時所必需的儀器。

種類：有鐘錶裝置式和毛細管式兩種：

鐘錶式的在 Statoscope 空盒的內外連結的橡皮管上用鐘錶裝置開關，使每20秒鐘通空氣一次，讀出在20秒鐘內氣壓的變化量，因為它不能直接讀出昇降速度來，所以採用者很少。

毛細管式 這種昇降速度表各國採用最普遍，茲將其構製說明如下：

(第十一圖)



第11圖 昇降速度表的內部構造

表的內部（見圖11），裝有伸縮性的金屬空盒（D），空盒外面直接受外界空氣的壓力（因空氣由孔“V”而入），故飛機飛在任何高度時，氣壓大小即隨時影響昇降速度表內的空盒外壁，空盒內部接通一毛細管（C）及一溫度保護管（T），毛細管係一玻璃管，管孔極小，亦與外界空氣相通，飛機飛行於同氣壓的平面時，金屬箱的內外氣壓均等，若飛機忽然上昇，立即入於低氣壓範圍內，因V孔稍大，毫無阻礙，空氣出入於V孔之間，非常迅速，金屬空盒外面立刻感受低氣壓力，又因空盒內部與毛細管相通，而毛細管孔極小，空氣出入較難；因此上昇一分鐘時，空盒壁外面雖已受到低氣壓，空盒壁內面，仍為前一分鐘的氣壓，飛機若繼續上昇，空盒內的氣壓常較高於空盒外的氣壓（此氣壓差的大小與上昇速度成正比例），那末空盒壁向外膨脹，因空盒外面與其他傳動機件互相聯接如圖，空盒膨脹時，即轉動指針，指針在刻度盤上指出飛機每分鐘的上昇速度，飛機下降時與上昇時同理，不過空盒內外氣壓的大小剛好與上昇時相反，所以指針轉動的方向亦相反，指出的速度為飛機每分鐘下降的速度。

四 航路計 (air distance recorder)

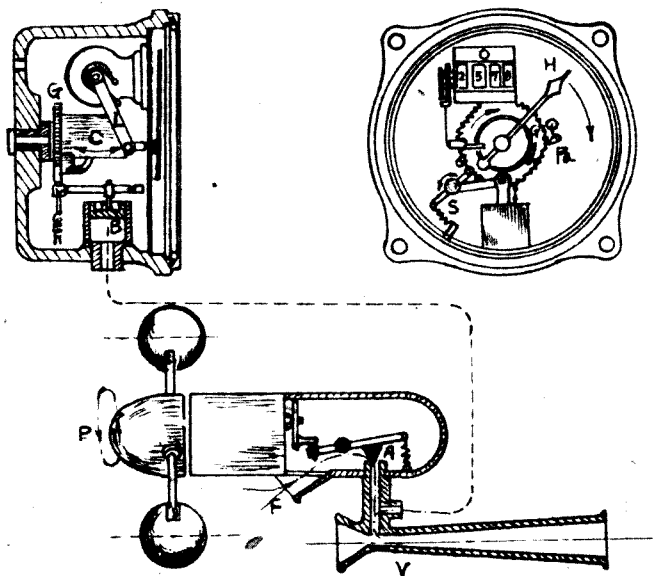
航路計的最大功用在長途飛行時，能使駕駛員確知飛機在空中經過若干路程，並使於某一時間內若知飛機的平均速度，計算航路通常以公里為單位。

此計構造共分兩部分，一為傳遞器，一為記載器，在雙翼飛機上，傳遞器往往裝於兩翼間支柱之上；由下翼面向上翼面算起，約在支柱的三分之二的距離處，在單翼飛機上，傳遞器裝置於翼前緣，記載器裝在駕駛室內儀器屏上，傳遞器與記載器有細銅管互相連接，這兩部機件動作如下：

當飛機在空中前進時，空氣穿過傳遞器文氏管（見圖12）將記載器B筒內的空氣吸出，因此B筒內的活塞被吸下，空氣經過傳遞器上

的推動器 (P) 將 P 轉動；因 P 的軸上大齒輪與 A 活門上的小齒輪相交錯，A 活門亦隨之開閉，因 A 與 P 上的輪齒比例關係，飛機每飛一公里，A 活門適開一次，在活門開時空氣即由 F 孔處乘機而入，經過 A 活門而出，於是破壞 V 管孔內的吸收作用；B 筒內的活塞即被彈簧 (S) 力拖上如圖，B 活塞上下的動作，即活動 G 輪上的掣子

(第十二圖)



第12圖 航路表的構造

(P_a)，將G輪轉動一齒；因指針裝於G輪上，G輪轉一次時，指針在記載器面（即航路計面）指一公里數。此時A活門即自動關閉，V管內重起吸收作用，B筒內的活塞復被吸下；如此遂重複第二公里的動作。G齒輪上共有一百個齒，指針每旋轉一周時，即飛機已飛一百公里，因C槓桿與G齒輪相裝置，G齒輪轉一次，即C釘轉一次，遂傳動記載機上的L槓桿，記載器上遂示一百公里，而指針則繼續旋轉，開始指示第二個一百公里，所以總記飛行路程時，應將指針所示的路程加於記載器上所示的路程，方能得到確實的數字。

飛機啓程時駕駛員即須記下航路計上所示已飛的路程，至飛行終止時，將航路計上此時所示路程減去啓程時的原來路程，即得現在所飛的路程。

五 磁性羅盤 (Magnetic Compass)

羅盤主要目的在指示飛機的進行方向，凡長途飛行執行輸送偵察轟炸等任務時，或在雲霧中飛行時，羅盤爲必要的儀器，飛機上通用的羅盤有兩種，一爲磁性羅盤，一爲電感羅盤，磁性羅盤裝在儀器屏上，羅盤的標線應與飛機的中軸線一致，方能指示精確，並須注意誤差修正的加減使用法，才能作航路的導師。

地磁氣：地球乃是一個天然大磁石，有南北兩極，磁的北極近於地軸北極，是在北美之漢多松灣(Hudson Bay)的附近，磁的南極近於地軸南極，磁力綫方向是由南極到北極，在地球的表面是指示地磁氣南北的方向，可是與地表面的傾斜，是隨地點而不同，在赤道附近是與地表面平行，可是到南北時，漸漸增加其傾斜，在兩磁極的地方是與地表面垂直，支有重心的磁針能指磁力綫方向的性質，如把磁針支在一個針上，使它能水平旋轉，磁針會找到一定方向然後靜止，磁針的南北極受地磁氣的吸引而靜止，不過所指的方向，並不是絕對

的指着地球上的子午線的正南正北，此子午線與磁針所指的方向線成的角，稱爲磁偏差或方位角 (declination)，此偏差方位大小之不同，稱這種偏位叫作東偏或西偏，大概在太平洋方面是東偏，在大西洋方面是西偏，用磁針繫在水平固定的小軸上，使它在水平垂直面內自由活動，則磁針的北極下傾與水平線成一個角，此角稱爲伏角，(Dip)，其大小也隨地方不同，北半球是下伏，在南半球則上仰，而南極則下伏，其角的大小在赤道近於水平，漸向兩極則漸大，在近於極地時則成直角。

地球表面各地磁場的水平分力，叫作水平磁力，(Horizontal intensity of earth magnetisms)，此力也隨地方不同。

方位角，伏角，水平磁力，三者是決定地上磁場強度方向等性質的要素，所以稱爲地磁氣三要素，由於調查地球上各地的三要素值的結果，證明地球是一塊大磁石，其軸的延長線與地面上的磁點，不和地軸的南北極一至，約成 15° 角，因此地磁氣的北極，是接近地軸的南極，在南緯 73° 東經 156° 的地點，又地磁氣的南極，是接近地軸的北極，在北緯 70° 西經 97° 的地點。

二、羅盤的種類

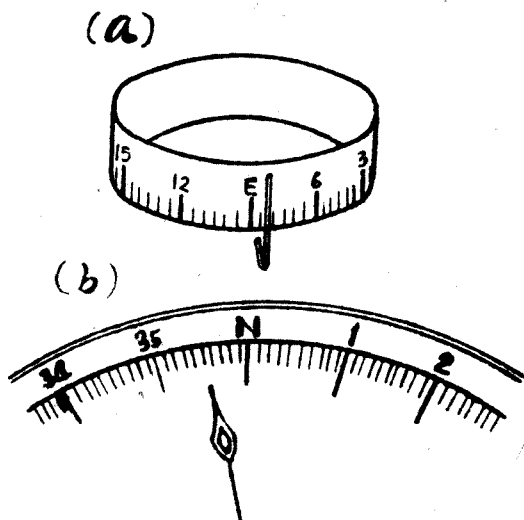
羅盤的種類很多，有利用地磁氣者，有利用日光，有利用陀螺輪原理者，這種多半用在航海方面，近代航空上人工方向儀亦採用此種原理，可指示真子午線方向，日光羅盤在兩式極高緯度飛行時，磁羅盤誤差太多或失效，即採用此種，一般都使用地磁氣羅盤，利用地磁針有兩種辦法，一種是用磁針的水平磁場方向，即普通地磁氣羅盤；另一種是利用感應圈測地球磁場內所起的電感作用，即地磁氣誘導電感羅盤。

三、磁羅盤的構造。

磁羅盤內具有兩磁針，因係平行裝置及磁性的吸引力，針的一端，常指地球磁北極，另一端常指地球磁南極。

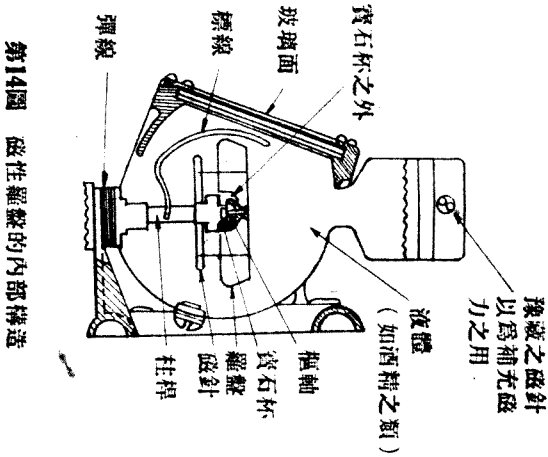
磁羅盤有將東南西北各方向地位度數刻於羅盤之上面者，亦有刻於羅盤的側面的，或平面垂直兩種刻度並用的，有時亦用斜刻度的，但水平刻度另用三稜鏡反射，亦可由側面看，因光線曲折必成倒字，所以有將刻度倒刻的，亦有順刻倒讀的，就裝置與駕駛員閱讀的便利講，刻於側面的較好，通常因刻度面積關係，盤上每隔 30° 刻明應有的度數，例如“3”“6”“9”“33”即 $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 89^\circ$ ，用大格表示，其餘 $5^\circ, 10^\circ$ 用小格表示，如圖13(A)但亦有三百六十度完全刻出的，則更為精確，如圖13(B)東南西北的方位以E, S, W, N, 代表它，各字及刻度均用磷粉發光塗料黏上，便於閱讀。

(第十三圖)



第13圖 羅盤的刻度

(第十四圖)



羅盤內部裝有二條平行磁針，若在側面羅盤上指爲N的，則距108°的磁針的一端正指地球磁北極，羅盤中部有倒置的樞軸，（視圖14）當羅盤在平置地位時，樞軸的頭即停止於一寶石杯中，寶石杯設在柱桿的頂上，爲保持倒置樞軸不致離去寶石杯起見，寶石杯另有外框盛裝，但絕不妨礙羅盤的旋轉。

在玻璃面內有固定的垂直綫一條，與飛機的垂直軸平行，用以指示羅盤面的方向者。

爲防止羅盤受飛機旋轉及震動的影響，羅盤內往往貯滿一種液體此液體在低溫時不凍結，羅盤藉以保持靜止，並氣化性要少，密度要小，要有黏着性而無侵蝕純酒精常被使用，但是塗料常致溶解，而被溶解的塗料常沉澱在支針眼上，以致增加磨擦，並有模糊刻度的缺點，所以用普通酒精30%，蒸溜水70%的混合液體，或用無色無酸的石油。

爲防止因溫度的變遷調濟液體的膨脹收縮，在羅盤後端設數層空盒重疊的裝置，或設液體膨脹室，可以調劑液體的漲縮和防止氣泡的發生。

調整誤差裝置：羅盤裝上飛機後，受到飛機上各部分鋼鐵的影響，羅盤內的磁場多少起了些變化，故有設誤差調整的必要，此種裝置有在羅盤前面的上方或下方，是由兩管縱橫相交差而成，一管向前後，一管向左右，在此管中裝入小棒磁石藉以調整校正，又有用兩條棒形磁石同極相對裝置，外面用兩顆可轉動的螺絲，校正東南西北的誤差。

減震裝置：一般裝設在飛機上的儀器，常因震動發生誤差，所以減震裝置，亦是必要的，尤其羅盤更有此種要求，磁羅盤受到衝擊震動時，羅盤是在其支針眼活動，則必因支針與支針眼的位置變化而變化，甚至有時羅盤刻度環一部要接觸到支針眼上，此時刻度環起傾斜不平衡或旋轉現象，所以須賴減震裝置來克服這缺點，減震裝置是用橡皮墊在和羅盤相接觸的部分，近來又有用扁平橡皮板在它中央部及四週作支點減震裝置。

檢查修理：磁羅盤必須經常注意檢查修理校正，檢查時注意：液體是否充滿或漏乾或變色變質，刻度環是否完整或發光塗料脫落發黑，減震裝置是否良好，標綫校正表等是否可適用；修理時須注意與標準羅盤校正磁性強弱，灌注液體注意混合比例和不要留下氣泡；校正時應注意誤差調整至最小限度不超過正負 5° 爲原則，並置備校正羅差表；貼置羅盤前面，供駕駛員航行參考。

羅盤的檢定

磁羅盤裝上飛機後，在飛行時檢查是很困難的，所以多在實驗室實行。

A. 刻度的檢定，此種檢定，是檢查刻度正確與否刻度牌及標綫是否與羅盤的中心綫一致，試驗時放在旋轉台上，最初使羅盤的北與旋轉台的0一致，然後旋轉台每隔 5° 依次旋轉，羅盤的示度以旋轉台

的示度作標準比較，即可定出其誤差，當誤差過大時作成一個誤差表與偏差表共同使用。

B. 支針的磨擦：檢查支針磨損或破壞與否，良好的羅盤在實驗室的檢查時，它最大的磨擦誤差不到 1° 以上，據試驗結果，飛行中因震動關係磨擦反而減少，實行此種試驗，用磁棒使靜止中的羅盤移 5° ，在30秒鐘內液體完全靜止後，撤去磁棒，使其自然恢復，待羅盤靜止視其是否恢復原來的位置，不能恢復的差就是磨擦誤差，這誤差達到 2° 至 3° 以上時，這羅盤就不堪使用，在試驗時稍加以震動，然後待刻度牌的位置平穩才行，測定此種誤差時，通常在東西南北四點施行。

C. 震動減衰：以磁棒徐徐使至 90° 的偏移位置，經30秒鐘以後，液體完全靜止時驟然撤去磁棒，若是週期式視其最初突過的度數，溫度在 15°C 時，若是由 90° 減衰 $\pm 1^{\circ}$ ，所要的時間是20秒以下；若在無週期式時，由 90° 偏移恢復到 5° ，則需時4秒以上，而最初突過度數是在 70° 以下。

週期：所謂週期，即羅盤刻度牌振動時，繼續平衡位置，同一方向第二次返回所要的時間，叫做週期，測定減衰快的羅盤的全週期，使其靜止而測定是不可能的，普通是測定其半週期，於同一型式的磁石，而有同一數值的事情很少，並且依經過年頭的多少，磁力亦弱，假設其他的狀態同是一樣的時候，週期大時即是磁力弱的表現，減衰率主要是依液體的粘性而決定，可是液體的粘性隨溫度的昇降而變化，所以週期與溫度也有關係，在羅盤裏有種種的型式，依飛機的種類而採其適當者，一般都採用小型週期短的，現在所用的週期是10秒至30秒左右最普通，長週期有達到64秒的，無週期的不震動而歸其原有的位置，可是偏移後到其靜止時所需的時間很大，而生出對方位判定的困難，故減衰率恰為無週期值的60%乃至70%左右，因此其週期不能過大，而減衰率大非常良好。

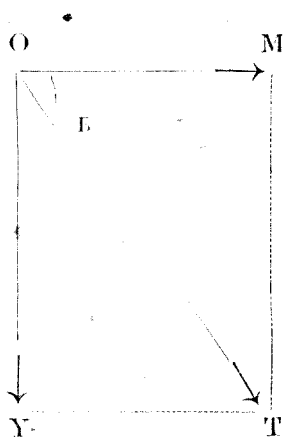
當磁力大，減衰率亦大，可是慣性能率必須小，不要使刻度牌與

液體共同旋轉，如在後面所述北旋誤差及刻度牌的震動依減衰率之大而減少，但是減衰率大時羅盤性能良好的範圍是有限度。刻度牌偏移以後，必須能很迅速的指出正確的度數，因此週期小者較好，然減衰力過大亦是缺點，於是羅盤的週期及減衰率有兩種相反的要求，所以必按使用的目的，而有適當的選擇。

D. 液體的渦動：把羅盤水平放在旋轉台上，用15秒轉 360° 的旋轉以後，測定它的示度差，此差稱為液體渦動誤差，在 15°C 時，不得超過 2.5° 。

E. 北旋誤差：如15圖所示，設地球的磁力為 OT ，因 OT 不是和水平面平行的綫，若把它分為水平分力 OM ，及垂直分力 OY ，則 $\angle MOT = \angle \theta$ ，此角稱為伏角，因地磁氣有垂直分力的關係，若軸針裝在羅盤的中心時，則羅盤必呈 $< \theta$ 的伏角傾斜，為防止有此種傾斜發生，使重心充分在下方，即可免除，因此伏角隨着緯度而變化，在赤道附近，則與水平面平行，縱然飛機旋轉亦不致生誤差，在赤道以外仍然有地磁氣的垂直分力，因旋轉關係，羅盤是將垂直分力的作用，生出旋轉作用，所以不能在該處指示出地磁氣的水平分力，所指方向示度是不可靠的。

(第十五圖)



依加速度的誤差，刻度牌如振擺一樣，故有加速度時，重力加速度，與合成加速度的方向成直角，在水平直綫飛行時的情形，沒有振動時，刻度牌的面是水平的，地磁氣的垂直分力有與刻度牌面垂直的作用，因此一點影響也沒有。然而在轉彎的時候，刻度牌的面，是遠心

力及重力之合力方向，即外面鉛直方向與其垂直，所以地磁氣的垂直分力，在刻度牌作用，其值是地磁氣的垂直分力乘上轉彎角的正弦，所以飛機向南北時而往東西，在向東西時而對南北作用，故飛機向東西時，在地磁氣水平分力上，僅加減其量，刻度牌是不變移，可是飛機向南北時，在刻度牌的東或西對轉彎角 1° 與伏角之正切相等的角度，向其他方向進行時較比少，現在將飛機一旋轉時，刻度牌因為地磁氣的垂直分力的關係，變移的方向記述如下：

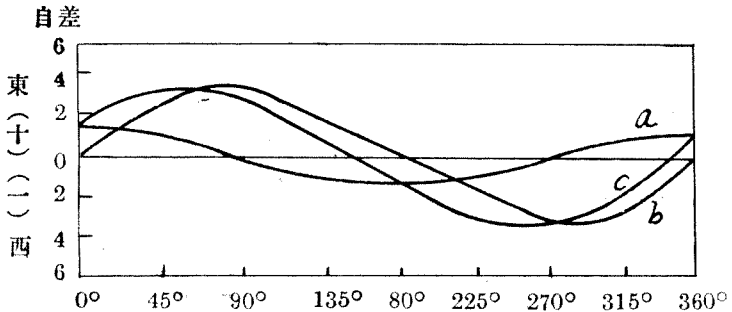
- 由北向東旋轉時與旋轉同方向；
- 由東向南旋轉時，與旋轉反對方向；
- 由南向西旋轉時，與旋轉反對方向；
- 由西向北旋轉時，與旋轉同方向。

在反對方向旋轉時，在各象限內，刻度變移的方向，是與上同樣。如上述加速度的誤差，向北方進行時，向東或西旋轉的時候，是最重要的，依轉彎角度的大小，旋轉的時間及羅盤的週期，有時不僅是一點表現不出來，或在反對方向旋轉時，也有同樣像這種情況下在雲中旋轉時（必須參照地面補助目標），若僅依賴羅盤飛行，就會陷入迷途的境況，此種誤差即叫北旋誤差。

F. 自差：因飛機本身各部鋼鐵的影響，所生的誤差，以鋼鐵受磁化為主要原因，其次因軟鐵的感應磁氣，因在飛機各部構成有許多的鋼鐵材料，由於著陸的衝擊或飛行中的震動等，在地球磁場內受打擊時磁化而為磁石，因此在飛機內和有許多磁石一樣，羅盤受到此種影響而偏移，羅盤的子午綫由磁氣子午綫或東或西偏移時的的角度叫自差(Derivation)，羅盤所示的比磁氣方位少時，自差是東或者叫正，大的時候自差是西或者叫負。

在調整自差時，為便利計，假設沿飛機的縱軸或橫軸有兩個磁石，將飛機放在旋轉台上，如圖16所示的式樣。A是代表橫軸上磁石的影響，B表示縱軸上磁石的影響，C是表示二者合成的，B比A大時

(第十六圖)



沿縱軸被磁化者大，如圖示離 180° 之處，自差最大，而持有反對的符號，像這樣的誤差叫做半圓誤差，(Semi circular deviation)。

依軟鐵所生的自差，離 90° 之處最大，而持有反對的符號，將這種誤差叫做象限誤差，(Quadrant deviation) 在飛機上軟鐵是不多使用，所以對其影響亦不大，我們也就不必詳細研究它。

G. 自差修正：

將飛機推放在旋轉台上，將各方位所看的示度記下，將其與真正磁氣方位的差測出，若自差小的時候，可作一個羅盤指度修正表，倘自差大的時候，而有將自差修正的必要，即先將東南西北四方位修正，

首先在北和東兩方位，校正其差爲 0，是用修正磁棒來校正它，其次在南及西兩個方位，令其自差爲最初原來自差值的一半，用修正磁棒調整，用這種方法幾次返復調整，自差在可能範圍之內，逐漸減小，然尚殘有少許的誤差，所以在四方點及中心點四隅點測定自差，填記於羅盤校正表上。

測定自差的旋轉台，每隔 45° 定一磁氣方位，若無旋轉台時，可在無地磁氣變化的地方，若在飛機場必須離鋼鐵棚廠 500m 以外的地方，用測量的標準羅盤，標定方位，定出真北與磁北的方向，然後依法校正飛機上的羅盤，至於羅盤方向爲甚麼要校正，須先了解方向的真正意義，茲再簡單說明如下：

方向分爲三種，簡稱真向（真北），磁向（磁北），羅向（羅北）。

真向：真北即地球北軸上的北極，真子午綫大圓通過之北。

磁向：磁北不在地球之北，而在北美洲北部地磁北極，磁北是在北緯 71° 西經 96° ，南極在南緯 $72^\circ 30'$ 東經 156° ，位置並不固定，每年有極小移動，三年至七年爲一小變，十三年爲一大變，其移動的變量與真北所成的角度，叫做磁差，磁差是根據東加西減（即右十左一）的方法而求真向（磁向是以真向爲基準）。

羅向：羅北是羅盤磁針所指的北，因爲羅盤裝置於飛機上，受飛機鐵屬和人身上所帶的鐵屬及羅盤本身裝置上的誤差種種影響，而不能與磁北一致，這種差度，叫做磁差，磁差是根據磁向東「十」西「一」，（即右「十」左「一」）的方法而求磁向，羅向是以磁向爲基準，超過五度時不能用。

羅盤簡易校正法：

A. 以北極星爲基準，用經緯儀求真方向，在地面上離鐵屬物約 500m 以外的地方，劃成八個真方位綫。

B. 製定羅盤校正紀錄表如下圖：

(第十七圖)

羅盤修正紀錄表			年	月	日	負責人		
眞方位	0°	45°	90°	135°	180°	225°	278°	315°
磁方位								
羅方位								

C. 將被校正的飛機推至劃定的方位綫，使機頭對正眞北方向，機頭與機尾繫一垂直綫，使飛機墊成水平，由北而東南西迴至北，再45°一轉，修正八個方位的磁差。校正開始時，要將北和東兩方位之差調整至0，如超過5°時，可將羅盤上的修正螺絲（S-N與E-W）修正它。

D. 如沒有測量北極星的方位儀，可用標準羅盤作基準，劃成八方位綫，但須知道當地磁差的多少。

這種校正法的原理：因羅向是根據磁向而東加西減（即右「+」左「-」），以磁向爲基準；磁向是根據眞向而東加西減（即右「+」左「-」）以眞向爲基準。

公 式

$$\text{眞向} = \text{羅向} + (\pm \text{羅差}) + (\pm \text{磁差})$$

$$\text{磁向} = \text{羅向} + (\pm \text{羅差})$$

$$\text{羅向} = \text{眞向} - (\pm \text{磁差}) - (\pm \text{羅差})$$

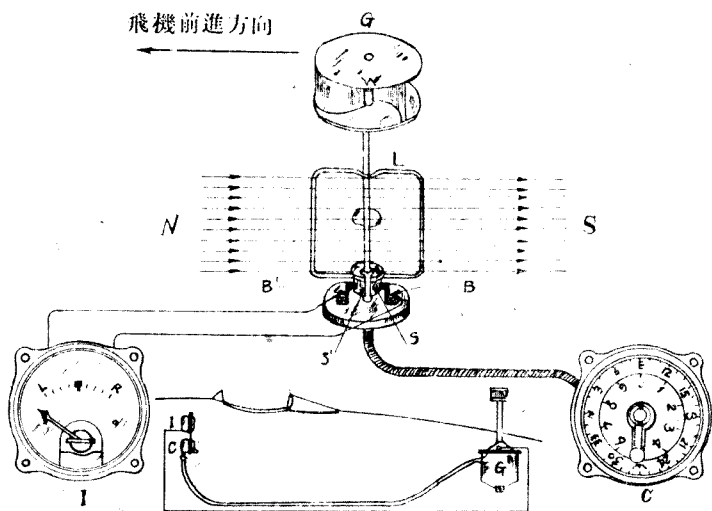
六 電感羅盤 (earth inductor Compass)

電感羅盤係利用導體在地球磁場上轉動，截斷地球磁線，發生

電力作用而製成的，其構造共分三部份；一為發電機，一為操縱器，一為指示器，發電機往往裝在機身的後部，地磁場受飛機鋼鐵影響最少的地方，操縱器可裝在駕駛室內任何位置，指示器常配置於儀器屏的中心位置。

電感羅盤上的發電機，與普通磁鐵發電機原理相同，所不同的僅人造磁場代以地球天然磁場，圖 18。發電機 L 為發電圈，與飛機縱

(第十八圖)



第18圖 電感羅盤的構造

長軸或垂直裝置，發電圈軸的一端伸出飛機身外，軸端裝一風車（W），飛機前進時，空氣轉動風車，因此轉動發電圈，因發電圈在地球磁場上轉動，截斷地球磁線，發生電流，為電刷（B）接受，傳至電流計（I）。

發電圈上具有電線圈，線的兩端接兩片整流子（S），彼此相對，當發電圈截斷地球磁線最大限度時（即電線圈與地球磁線成平行時），電線圈上即發生最多量的電流，倘若地球磁線與電線圈成直角時，則無電流發生；此時相對的兩電刷剛在此適當地位，雖是完成電線圈與電流計上的電路，但因並無電流通過，電流計上的指針，即在0度不動。

操縱器（C）表面與磁羅盤的表面刻度相仿，但這表面可隨意轉動；背面有一機件接通電刷，能操縱電刷於任何地位；操縱器表面即示電刷地位的角度。

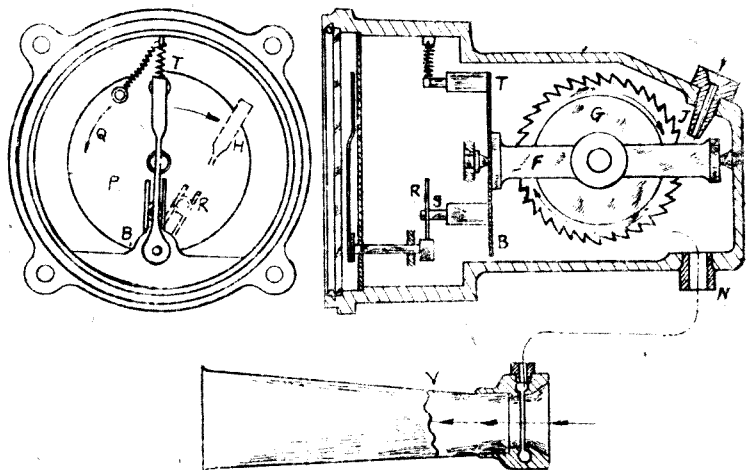
指針即零度中心的電流計，用以指示航行方向的，其表面刻有左（L）右（R）字樣，操縱器既定航程之後，若飛機沿此航路航行，則此指針即指零度；若飛機偶然逸出航路，或左或右，指針即示逸航的方向，因發電機上的電刷與地球磁場所成的角度，既被改變，則電刷即將電流傳導至指示器，因此遂移動指針。

就利弊說：電感羅盤較磁性羅盤為正確，但有時易生誤會，飛機航程若由出發點至終點為一直綫，電感羅盤毫無問題，長航程多轉折，飛機或誤與原定方向相反的飛行，則指針亦指零度，且這時若飛機右轉，則指針指左，飛機左轉，指針指右，駕駛員倘不了解它的作用，則失之毫釐，差之千里，因此近來各國飛機大多不採用它，也就是因它有這些缺點，現通常都使用磁性羅盤。

七 轉向指示計 (turn and bank indicator)

轉向指示計往往與傾斜計二者合而為一圖十九。僅示轉向指示計的機件，飛機繼續平直飛行時，轉向計的指針定於中立位置，不左不右，若飛機轉彎時，轉向指示計即指示飛機所轉的方向，飛機若輕輕稍向右轉，指針即循向右指，若轉彎迅速則指針亦移動極快，倘飛機停止轉彎，指針復歸中立位置，所以飛行入霧黑夜茫茫中，駕駛室不

(第十九圖)



第19圖 轉向指示計的構造

見天地，駕駛員欲保障飛機能依原定航綫進行，轉向指示器爲重要儀器的一種。

轉向計的動作原理，由於一快速旋轉輪，（G）的旋轉作用（約每分鐘旋轉10,000次），圖中空氣由J管吸入，激轉G輪，（G輪旋轉方向，即圖中箭頭所示者），這導入的空氣復受文氏管（V）的作用，由N口吸出，G輪的軸繫於一F架，F架裝有前後兩柄軸，故F架亦能轉動，如圖Q箭頭所示者，另一平圓板（P）裝於F架上，平圓板的頂上繫一彈綫，彈綫作用，在於阻礙平圓板的轉動，平圓板下部另具一釘（S），介於R叉之間，如圖，又因R叉連接指針的軸，故平圓板轉動，即轉動指針，但指針移動的方向與平圓板移動的方向剛相反。

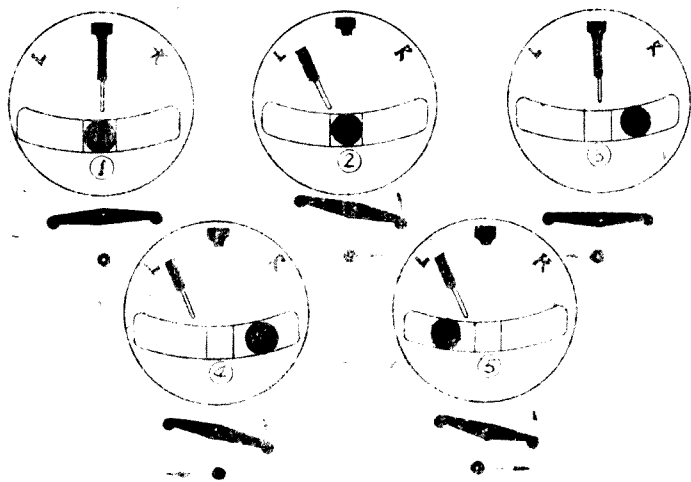
現在我們所要知道的，即旋轉的特性，當旋轉輪在自己軸上旋轉的時候，若忽遇外力迫使依另一種軸上旋轉，則它有將自己的軸與該軸合成爲一軸而旋轉的傾向，且旋轉方向亦使相同，飛機上的轉向指示計因它的裝置的位置關係，G輪常依橫側軸旋轉，但因G輪的軸，裝於自由活動的F架上，F架處於縱長位置，轉動時又受彈綫的阻碍，故當飛機向右轉時，外力即使G依垂直軸右轉，結果平圓板抗拒彈綫力而左轉，指針即指向右邊，因此飛機轉彎愈快，指針指示轉彎的方向亦愈顯著，飛機停止轉彎時，指針復歸中立地位。

八 傾斜儀與轉向指示計

關於轉向指示計的動作原理，已說明於前節；因傾斜計與轉向指示計往往合成爲一種儀器（圖20），並示兩種計面於幾種不同的飛行狀態下的情形，圖中所示的操縱桿與舵桿均爲俯視圖，箭頭則示欲使飛機恢復常態飛行（平直飛行前進）應該移動的方向，各圖上半部示轉向計指針的位置，中部則爲傾斜計，此計包括一微曲玻璃管，管中置一鋼球，現多改用化學玻璃球，球可自由活動，玻璃管內，滿盛一種液

體，以防圓球的過分滾轉，飛機在平直飛行時，鋼球因地心吸引力的關係，停於曲玻璃管的最低處（即管的中段，）當飛機轉彎時，離心力使鋼球向轉彎的外面滾去，而同時地心吸引力，則使它停於最低處，若轉彎恰當，此二力相成的合力剛在玻璃管的中心，所以鋼球仍停留於管的中部，因此無論飛機平飛或轉彎時倘左翼或右翼稍向下傾（不應該下傾而下傾），則鋼球予以相當的指示。

（第二十圖）



第20圖 傾斜儀與轉彎指示器

第(1)圖表明飛機於平直飛行時儀器面所指示的情形，轉向計的指針在中間，鋼球亦處於玻璃管的中段。

第(2)圖指示適當的左轉彎的情形，指針指左，球仍在玻璃管的中段，表示左右兩翼並無過傾或不足的現象，翼雖未與地平綫平行但其傾向角度適合轉彎時的姿勢，若欲恢復原狀，則即須將駕駛桿移右，並同時施力於右舵桿上。

第(3)圖示飛機雖在直綫前進（因指針位立於中），但右翼下傾，不得與地面平行（因鋼球偏移於管的右邊），若將駕駛桿移左，即可使飛機恢復平飛狀態。

第(4)圖示左轉彎時，飛機左翼傾斜不足，致右翼低，故鋼球於管的右邊；這種情形至爲危險，甚至有使飛機有平斜旋落的可能，改正方法祇須將駕駛桿移左稍多些，使左翼稍加下傾，或於右舵桿上稍多加點力，減少左右舵的偏左角度即行。

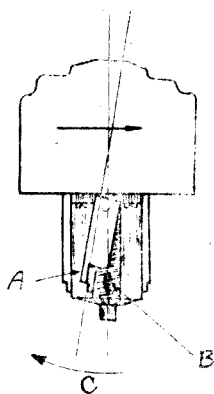
第(5)圖示左翼傾斜太多（因鋼球移於管的左邊），飛機有側斜滑降的姿勢，改正方法，祇須將駕駛桿稍稍移右，舉起左翼即行。

九 斯氏人工水平儀 (the Sperry Horizon)

斯氏人工水平儀的功用，指示飛機各種不同的飛機狀態時飛機與地平綫的關係，換句話說，飛機於濃霧黑夜或長途飛行的時候，斯氏人工水平儀，能使駕駛員知道飛機與地平綫的關係，保持飛機繼續平直飛行，不致有危險發生，這儀器的內部構造，係根據“控制的鐘擺”旋轉儀（“Pendulumcontrolled”-gyroscope）的原理製成。

圖21即這種旋轉儀的原理實驗，我們若將平衡環壓下，（看圖中手指下壓狀），則旋轉儀上立即發生一種與這外加力的方向成直角的力，如圖中箭頭所示，尋常凡任何一種力加到飛機上，即使這旋轉儀發生一種動力，這動力的方向，與原來加到飛機上的力之方向成直角；這種現象常使旋轉儀不能直接恢復垂直地位，但有繼續不已的尋求垂

(第二十一圖)



第21圖 A B C

直地位的趨勢。

爲減少這種繼續不已的搖擺現象，斯氏水平儀內設有“控制的鐘擺”旋轉儀，這儀密封於壳內，壳上有兩個噴氣孔，用以噴出空氣而轉動旋轉儀，因壳內空氣被置於飛機外的文氏管所吸出，壳內發生低壓，一排氣管設於箱的最低部，那裏分爲四個門，互成 90° 角度，將排氣管分成四個等容量的氣孔，每孔的外面蓋以一鐘擺葉片(Pendulous vane)，這葉片能自由擺動，增大或減少排氣孔的容量，當旋轉儀在垂直位置時，這種葉片亦在常態位置，能使四個排氣孔等量排氣

，因此得以保持旋轉儀於垂直位置。

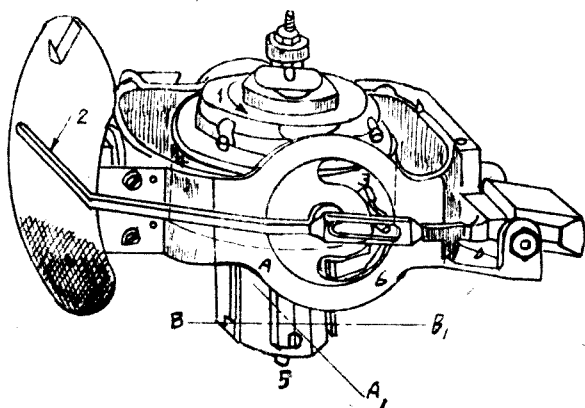
但若遇有特增的力量（因飛機變更飛行狀態所生），使旋轉儀發生擺動作用的趨勢時，這鐘擺葉片即改變一個或一個以上的氣孔容量；結果這種不同容量空氣的反動力遂使旋轉儀依照“尋求垂直位置”的葉片的行動而行動。

倘飛機行動使旋轉儀搖擺於平環上，如圖（b）時，則鐘擺葉片（A）即開啓排氣孔（B），而增大其容量，同時對面另一葉片則減小其所蓋的另一排氣孔，因（B）孔容量增大，而對面一孔容量減小關係，空氣反動力遂使旋轉儀向C方向擺動，而有歸還垂直位置的趨勢，及旋轉儀依C方向擺後，B孔即逐漸減小，待飛機恢復原來狀態時，特增的力消失，旋轉儀亦歸復原狀。

我們既了解旋轉儀的原理及鐘擺葉片的作用，若再看圖22斯氏水

平儀重要機件裝置，即可了解整個概念，圖中旋轉儀的軸係垂直裝置；旋轉平面(1)係平行裝置，凡旋轉儀上有所感覺，立即傳至這儀器正面的平行桿上(2)，指示實況，傳遞旋轉儀的動作至平行桿上的是一釘(3)，這釘一端固定在旋轉儀的外框(4)，另一端伸出在平衡外(6)，與平行桿的側面中部相連接，但可以自由活動，我們細看圖中構造，自更容易了解，旋轉儀下部即四個鐘擺葉片，蓋在四

(第二十二圖)

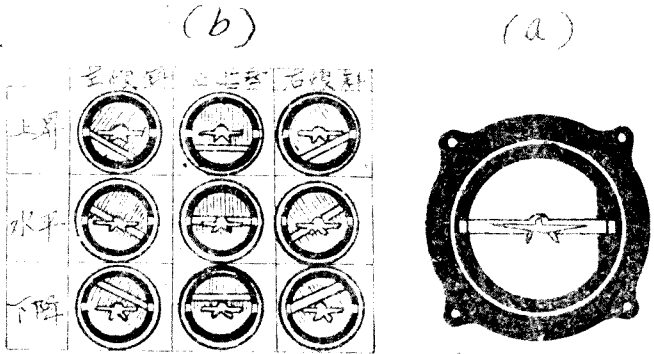


第 22 圖 斯氏人工水平儀

個排氣孔，(A, A1, B, B1) 的上面，(5) 一示個鐘擺葉片的正面。

我們若看水平儀表面(圖23(a))，見到一條白線橫過其間，這線即平行桿，用以代表天然的地平線，這白線在任何飛行狀態時，常與地平線成平行，這器表面並有半面黑影飛機一架，飛機係由正面看去的狀態，作為更明顯指示參考標記(圖23(b))即水平儀所示的九種飛行狀態，我們一看自能一目了然，不必另加解釋，

(第二十三圖)



第 23 圖 水平儀的指示

第 24 圖 斯氏人工水平儀

就功用的限制說，斯氏水平儀能示飛機垂直轉彎至 90° ，而 60° 以內的上昇與下降，指示亦準確，在輕慢轉彎小於 360° 時，因離心力施於鐘擺葉片上，旋轉儀稍致搖擺，但這種誤差很小，

總括來說的人，感覺很有限，氣象惡劣時，空中航行不能僅靠駕駛員的感覺，必須有航空儀器的補助，才能得到安全保障，各種儀器須經駕駛員長時間的應用與熟悉，了解它的構造功能和其作用的範圍，善於同時配合使用，方能真正幫助航行，航空儀器種類非常多，上面所述的僅擇其普通飛機常用的儀表，說明其原理構造和功用的大概，特殊和複雜的儀器，詳另航空儀器學。

— (終) —

