

航空儀器學講義

中華民國二十四年九月一日發行

中央航空學校

教育處印發

民國二十三年

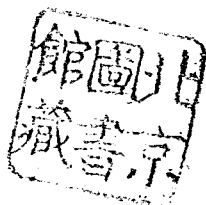
會
小
2
6

航空儀器學講義目錄

第一章 總論

- 一、航空儀器簡史
 - 二、航空儀器應有之特性
 - 三、航空儀器之分類
 - 四、航空儀器之排置法
 - 五、航空儀器之傳動法
 - 六、飛行前儀器之檢驗
- ## 第二章 高度之測定
- 一、測高法之類別

航空儀器學



- 二、高度與氣壓之平均關係
- 三、高度與溫度之平均關係
- 四、基本高度公式
- 五、標準公約之樹立
 - a. 等溫公約
 - b. 國際公約
- 六、高度計之構造
- 七、短程高度計
- 八、儀器指度差誤之分析
 - a. 機械差誤
 - b. 彈性差誤

c. 溫度差誤

九、自記高度計

第三章 定高儀及昇降速度計

一、定高儀

二、氣泡式定高儀

三、機械式定高儀

四、昇降速度計

第四章 速度之測定

一、對氣速度與對地速度

二、對氣速度計之種類

三、利用壓力之差異者

- 四、氣管壓力計之原理
- 五、位置之差誤
- 六、管頭之構造
- 七、吸氣管之構造
- 八、吸氣管與正負壓力管之比較
- 九、速度指示器
- 十、橡皮薄膜速度指示器
- 十一、油絹薄膜速度指示器
- 十二、金屬空盒速度指示器
- 十三、速度及壓力差異之檢算
- 十四、高度之影響

十五、利用風力轉動之速度計

十六、直衝壓力速度指示器

十七、電熱速度計

十八、氣管連接法

十九、速度指示器發生差誤之原因

二十、速度自記器

二十一、航程計

二十二、對地速度計

第五章 方向及位置指示用儀器

一、各種傾斜之意義及傾斜指示器

二、對比傾斜計

a. 液體式

b. 氣泡式

c. 振子式

d. 轉球式

三、絕對傾斜計

四、陀螺儀式傾斜計

五、縱斜儀

六、轉彎計

七、陀螺儀式轉彎計

八、文白里氏陀螺儀式轉彎計

九、勒德操縱指示計

十、飛行姿勢指式器

第六章 羅針儀

- 一、羅針儀之定義及分類
- 二、地磁氣之大要
- 三、磁針式羅針儀
- 四、羅牌之振動
- 五、機磁差發生之原因
- 六、修正之原理及方法
- 七、機磁差之分析及修正法
- 八、機磁差之測定
- 九、使用磁氣羅針時自然發生之差誤

第七章 航空發動機用儀器

- 一、發動機用各種儀器
- 二、轉數表
- 三、時計式轉數表
- 四、離心力式轉數表
- 五、空氣粘性式轉數表
- 六、空氣唧筒式轉數變
- 七、電機式轉數表
- 八、水銀粘性式轉數表
- 九、磁氣式轉數表
- 十、遠距離轉數表

十一、速度自記器

十二、溫度計

a. 液體蒸氣壓力式

b. 氣體壓力式

c. 液體壓力式

d. 電氣式

十三、壓力計

十四、油量計

a. 玻璃管式

b. 浮塞式

c. 氣壓式

航空儀器學

航空儀器學

d. 電氣式

十五、流量計

航空儀器學講義

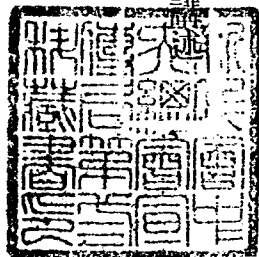
郭力三講

第一章 總論

一、儀器史要

自一七八三年發明自由氣球後未數年，曾以水銀氣壓計測量上昇高度。至一八四五年乃以無液氣壓計 (Aneroid Barometer) 代之，雖見正確，然更輕便。十九世紀時研究氣象學曾發明種種儀器。一八九七年安君 (Andree) 於北極探險時所用儀器有羅針儀及六分儀等，與現今所用者大略相同。一九一一年魏君 (Wellman) 飛渡大西洋時所用儀器，實爲長途航行儀器之先導。

概言之，昔時之人全注意於飛機與發動機之製造，未及顧及儀



器之功用，以爲飛行家應以神經之感覺力與耳目之鑑別力，以判斷飛機之飛行姿勢，以決定操縱之方法。後因飛機日益進步，速度增加，非有精確之儀器不足以顯示微細之變化，遂覺航空儀器實爲保持飛行安全之必需品。

迄一九一八年經多數專家之研究，設計大有進步。如羅針儀，高度計，油量計，航行儀器，昇降速度計，養氣設備等俱已改良。而研究之實效得力於汽車工學，天文氣象與航海工學者尤多。

航空儀器學中尙待研究未完全解決之問題試開記于後：

A, 雲上風速之測定。

B, 飛行高度之精確測定。

C, 雲霧中之安全落地。

D, 雲霧飛行時地位之測定。

E, 大海大洋之安全飛渡。

F, 飛機安定之飛行。

G, 安全自動之操縱法。

二、航空儀器應有之特性

1. 構造堅牢 (Robustness)。

2. 指度正確 (Accuracy)。

3. 質量輕，體積小 (Light and small)。

4. 耐震耐擺不受加速度與傾斜之影響。

5. 不受氣壓與溫度變化之影響。

6. 尺度明瞭無論晝夜容易認識。

7. 構造簡單，價值低廉，容易檢查，便於裝置。

8. 材料特別，不懼濕氣之侵蝕。

9. 露於外部者宜成順流形，藉以減少空氣阻力。

10. 軍用品須採用本國材料以製造之，形式宜統一而便於交換爲要。

三、航空儀器之分類

1. 地上用儀器

A, 航空機標定用儀器。

B, 實驗室用儀器。

2. 航空機上用儀器

A, 航空實用儀器。

B, 飛行試驗儀器。

航空實用儀器

1. 測高

A, 高度計及自記高度計。

B, 定高儀及昇降速度計。

2. 測速

A, 對氣速度計

B, 對地速度計

3. 測斜

A, 傾斜計 (Inclinometer)

B, 縱斜計 (Pitch indicator)

C, 彎斜計 (Bank indicator)

4. 定方向

A, 羅針儀 (Compass)

B, 轉彎計 (Turn indicator)

5. 發動機用儀器

A, 轉數表

B, 壓力計

C, 溫度計

D, 油量計

E, 流量計

6. 航行用儀器

7. 養氣吸入用儀器

8. 輕航空機用儀器

A, 氣囊張力測定

B, 氣室體積指示

C, 氣壓警報器

D, 漏氣探知器

E, 漏氣量測定器

F, 溫度計

G, 壓力計

9. 自動安定器

A, 飛機用

航空儀器學

B, 發動機用

10 各種警報器

A, 警報燈

B, 警報發聲器

四、航空儀器排置法 (Arrangement)

儀器裝置之位置，雖因航空機之種類不同而異，但以能集中駕駛員之注意力，節省其勞力，便於操縱可增進安全為原則，約分下記各法。

A, 巢中式 集中於駕駛座前儀器板上。

B, 分散式 分散於坐席左右及支柱之上。

以地位之距離言又分兩種。

A, 直接式 直接裝於坐席附近，小飛機用。

B, 遠方式 分設於支柱機尾各部，大飛機用。

要而言之，最重要之儀器：宜設於易見之處，然後設置次要者。有同族性者宜共裝一處，以便視察，如轉數表，油壓計，溫度計，油量計等凡關於發動機者，宜並列一處。對氣速度計，轉彎指示器，水平指示器，羅針儀，高度計等指示飛行之姿勢與方向者宜并列一處。測定飛機所在地位用之航行儀器又并列一處是也。

五、航空儀器之傳動法 (Transmission of motion)

儀器內部所發生之動作，利用種種方法傳於指針之上，以尺度表示之，可分下記各法：

A, 機械式 (Mechanical type)

如轉數表，地磁感應羅針儀，特種油量計，用之。

B, 液壓式 (Hydrostatic type)

溫度計，壓力計，微差氣速計等用之。

C, 氣壓式 (Pneumatic type)

陀羅儀，轉數表，航程計等用之。

D, 電氣式 (Electric system)

溫度計，轉數表，對氣速度計等裝在遠方者常用之。

上述各法，優劣難分，利弊不同，因時制宜，因地制宜，要在善用之也。例如機械式者常耗費多量之動力。液壓與氣壓式者則易發生漏氣或漏液之虞。電氣式者則發電困難，對於輕氣與汽油而發生火花尤有爆發之危險，不可不知也。

六、飛行前儀器之檢驗

儀器經長久時期使用之後，有陷於不準確者，有完全失去作用者。凡特種重要飛行之前，務必注意檢查，以確定指針之指度作用是否靈敏確實可靠，以免發生差誤致陷於危險之境遇也。

第二章 高度之測定

一、測高法之類別

- A, 氣壓式 (Atmospheric pressure type)
- B, 光線式 (Optical type)
- C, 聲響式 (Acoustical type)
- D, 電氣式 (Electrical type)
- E, 重力式 (Gravitational type)

現今實用者皆爲氣壓式，將氣壓計尺度改之以表示高度而已。其餘各尙在研究時期未臻實用。

高度與氣壓及溫度三者之間有密切之關係。簡言之，在大氣存

在範圍以內，高度愈增則氣壓愈小。至於溫度之變異在對流層以下高度增加，則溫度降落。過對流層以上，則溫度幾乎保持常態，故稱等溫層。

二、高度與氣壓之平均關係

高度與氣壓之關係，經多數實地之測驗，得其平均值如下表所載，圖示之則為一對數曲線。

航空儀器學

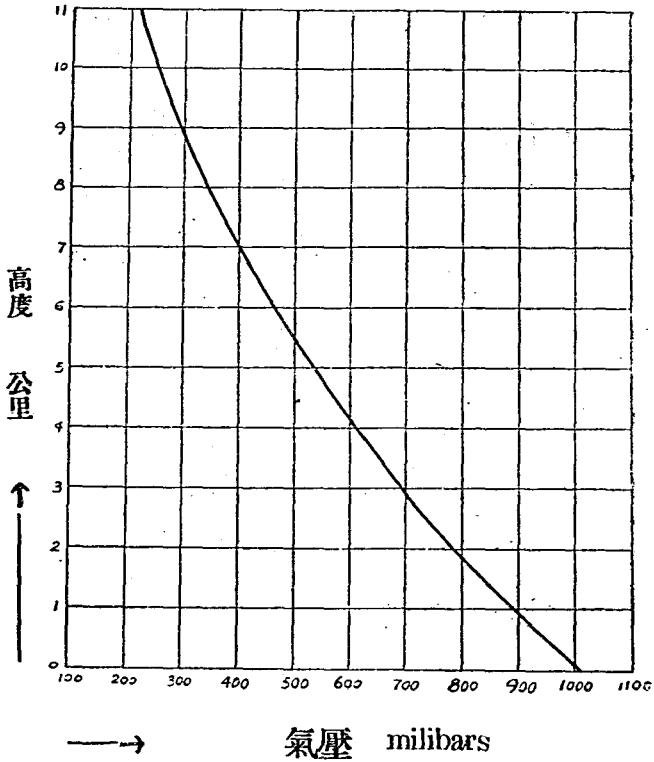
10	254
9	296
8	345
7	399
6	462
5	530
4	607
3	693
2	788
1	897
0	1015

高度「公里」

氣壓(milibars)

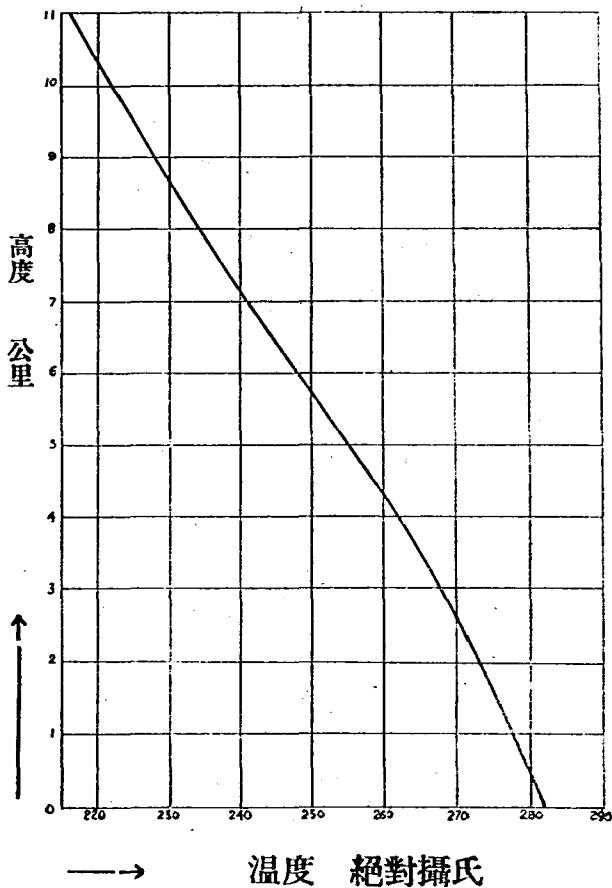
高度與氣壓之平均關係曲線

航空儀器學



三、高度與溫度之平均關係
高度與溫度之平均關係，經多數之測驗所得結果，圖示如後。

高度與溫度之平均關係曲線



四、基本高度公式

$$H = \frac{RT_m}{g} \times 2.3 \times \log_{10} \frac{P}{P_0} \dots \dots \dots (1)$$

上為基本高度公式，式中符號注釋如後。

H = 高度

R = 空氣常數

T_m = 平均溫度絕對單位

P, P_0 = 地面上(此時高度為H)及高空中之氣壓，

g = 重力加速度

$$M = \text{對數係數} = 0.434294 = \frac{1}{2.3}$$

若以呎爲單位， T_1 以攝氏絕對溫度爲單位，則

$$H = 221.15 T_m \log 10 \frac{P_1}{P_2}$$

若仍以呎計， T_1 爲華氏絕對溫度，則

$$H = 122.86 T_m \log 10 \frac{P_1}{P_2}$$

若以公尺數計， T_1 爲攝氏絕對溫度，則

$$H = 67.407 T_m \log 10 \frac{P_1}{P_2}$$

上列各式中 P_1, P_2 兩數可用任何相同單位，例如水銀之 mm (milli-

bars) 或英寸，或 dynes / cm² 皆可。

設 α = 溫度對高度 z 之下降率

則 $T = T_0 - \alpha h$ 因此可得氣壓與溫度之關係公式

$$\frac{P_0}{P} = \left(\frac{T}{T_0 - \alpha h} \right)^{\frac{g}{R\alpha}} \dots\dots\dots (2)$$

五、標準公約之樹立，(Formulation of Standard Convention)

爲比較高度計之尺度及計算飛行高度便利計，須規定標準公約以爲準則。標準公約可分二種，簡述如後。

A, 等溫公約 (Isothermal Convention)

假定 $T_m = 273 + 10 \text{ }^\circ\text{C}$

ρ = 空氣密度 = 1.2928 grams / litre at $0 \text{ }^\circ\text{C}$

P_0 = 地面上氣壓 = 760 mm 或 29.921 英寸水銀柱高在 $0 \text{ }^\circ\text{C}$

H = 高度 公里

$$\text{則 } R = \frac{P_0}{P} = 2.8716 \times 10^6$$

代入公式(1)中則得

$$H = 19.074 \log_{10} \frac{P_0}{P} \dots\dots\dots (3)$$

此式稱為等溫公約

B, 國際公約 (I.C.A.N Convention)

此為國際航空委員會 (International Commission for air Naviga-

tion) 所訂定者也。

假定地面溫度為 15°C, 由地面至 11 公里高度間, 溫度下降率

每一公里為 0.5°C。11 公里以上溫度常為 -56.5°C

則 $T_0 = 273 + 15 = 288^\circ\text{C}$

$$\alpha = 6.5^\circ\text{C}$$

$$\rho = 1.2934 \text{ grams/litre at } 0^\circ\text{C}$$

算出空氣常數 R 之值代入公式 (2)

$$\text{則得 } \frac{P_0}{P} = \left(\frac{288}{288 - 6.5H} \right)^{5.256} \dots\dots\dots (4)$$

此式由地面至二公里高皆能適用。

過二公里以上可依等温法則

$$H = 14.6 \log_{10} \frac{P_0}{P} + 11 \dots\dots\dots (5)$$

上式中 H = 高度公里

P_0 = 由公式 (4) 算出二公里高空上之壓力

下 表 之 高 度 以 英 尺 為 單 位

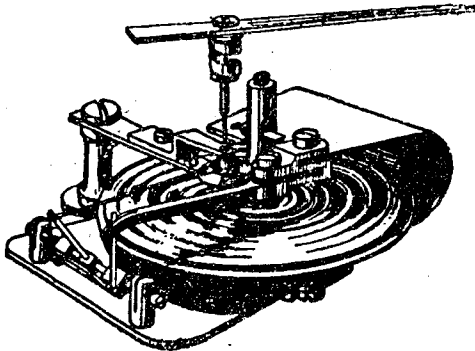
TABLE IV

Height.		Pressure, Inches of Mercury		Height.		Pressure, Inches of Mercury	
I.C.A.N. Law	Isotherm. Law.	Standard conditions	London Lab. conditions.	I.C.A.N. Law.	Isotherm. Law.	Standard conditions.	London Lab. conditions.
—1,000	—1,000	31.04	31.12	28,000	28,140	10.83	10.65
—1,000	—980	31.02	31.09	26,730	26,900	10.29	10.32
0	0	29.92	29.92	27,600	27,600	10-17	10-19
1,000	990	28.89	28.93	27,550	27,600	9.62	9.65
1,010	1,000	28.84	28.91	28,000	28,000	9.73	9.75
2,000	1,980	27.82	27.89	28,360	28,000	9.58	9.59
2,020	2,000	27.80	27.87	29,000	28,000	9.30	9.32
3,000	2,970	26.82	26.88	29,200	28,000	9.22	9.24
3,030	3,000	26.70	26.85	30,000	28,000	8.82	8.91
4,000	3,980	25.84	25.91	30,810	28,000	8.58	8.59
4,020	4,000	25.83	25.89	31,000	28,250	8.49	8.51
5,000	4,980	24.96	24.96	31,620	28,500	8.25	8.28
5,010	5,000	24.89	24.95	32,000	28,500	8.11	8.13
5,950	6,000	23.99	24.05	32,410	28,000	7.90	7.98
6,000	6,020	23.93	24.04	33,000	26,780	7.74	7.76
6,900	7,000	23.15	23.18	33,180	27,000	7.67	7.69
7,000	7,040	23.03	23.15	33,970	28,000	7.39	7.41
7,950	8,000	22.29	22.35	34,000	28,040	7.28	7.40
8,000	8,050	22.23	22.28	34,750	29,000	7.13	7.14
8,850	9,000	21.49	21.54	35,600	29,330	7.04	7.06
9,000	9,130	21.39	21.44	35,550	40,000	6.82	6.88
10,000	10,000	20.71	20.76	36,000	40,620	6.71	6.73
10,900	10,160	20.58	20.63	36,290	41,000	6.62	6.64
10,750	11,000	19.99	20.01	37,000	41,920	6.49	6.41
11,000	11,840	19.79	19.84	37,050	42,000	6.39	6.40
11,720	12,000	19.24	19.29	37,820	43,000	6.15	6.17
12,000	12,300	19.03	19.05	38,000	43,220	6.10	6.11
12,650	13,000	18.55	18.59	38,600	44,000	5.93	5.94
13,000	13,260	18.29	18.34	39,000	44,550	5.81	5.83
13,550	14,000	17.88	17.92	39,350	45,060	5.71	5.73
14,000	14,470	17.58	17.62	40,000	45,800	5.51	5.55
14,500	15,000	17.23	17.27	40,110	46,000	5.51	5.52
15,000	15,550	16.89	16.93	40,880	47,000	5.31	5.32
15,410	16,000	16.61	16.65	41,000	47,150	5.23	5.29
16,000	16,650	16.22	16.26	41,650	48,000	5.12	5.13
16,320	17,000	16.01	16.05	42,000	48,470	5.03	5.04
17,000	17,780	15.57	15.61	42,420	49,000	4.93	4.94
17,220	18,000	15.13	15.17	43,000	49,770	4.80	4.81
18,000	18,570	14.91	14.93	43,180	50,640	4.75	4.77
18,120	19,000	14.57	14.51	43,950	51,000	4.58	4.59
19,000	20,000	14.34	14.37	44,600	51,070	4.47	4.58
19,500	21,000	13.82	13.85	44,750	52,440	4.42	4.48
20,000	21,150	13.75	13.78	45,900	53,380	4.35	4.37
20,780	22,000	13.32	13.35	45,180	53,000	4.26	4.27
21,000	22,200	13.15	13.22	46,900	53,680	4.15	4.16
21,640	23,000	12.84	12.87	46,240	54,000	4.10	4.11
22,000	23,430	12.69	12.67	47,000	54,900	3.96	3.97
22,000	24,000	12.37	12.40	47,610	55,000	3.95	3.96
23,000	24,000	12.11	12.11	47,780	56,000	3.81	3.82
23,300	25,000	11.63	11.68	48,920	56,350	3.77	3.78
24,000	25,760	11.60	11.63	48,540	57,000	3.67	3.68
24,210	26,000	11.50	11.52	46,980	57,610	3.59	3.60
25,000	26,930	11.10	11.12	48,310	58,000	3.54	3.55
25,060	27,000	11.08	11.11	50,000	58,910	3.42	3.43
25,880	28,000	10.68	10.71	—	—	—	—

航 空 儀 器 學

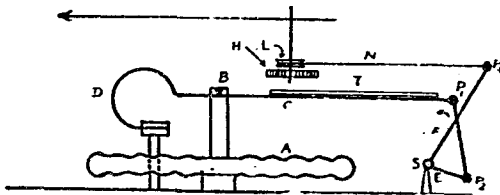
二二

AIRCRAFT INSTRUMENTS



-Recent type altimeter.

高度計內部詳細之構造看下圖則瞭如指掌



六、高度計之構造 (The Construction of altimeter)
 高度與氣壓計，構造完全相同，所異者尺度而已。下圖表示新式高度計內部構造之形狀。

A = 波狀圖形空盒 (Corrugated and evacuated Capsule)

B = 刀峯 (knife edge)

F = 雙料金屬條 (Bimetallic strip)，所以補整溫度變化之影

響也

N = 金屬鏈 (Chain)

O = 桿 (lever)

S = 軸 (Shaft)

L = 滑車 (Pulley or arbor)

H = 渦捲彈簧 (Spiral spring)

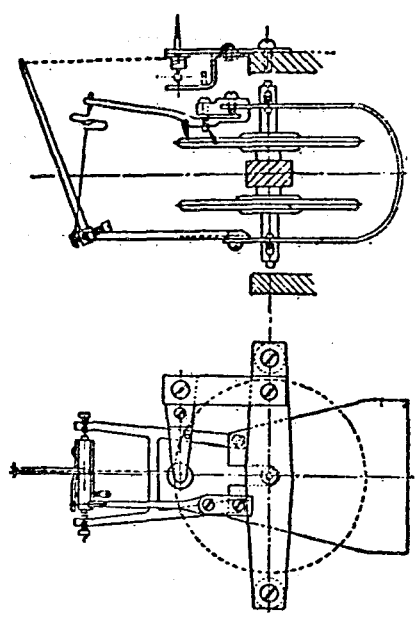
M = 指針 (Pointer)

EF = 曲桿 (bell Crank)

P₁, P₂, P₃, = 樞點 (Pivoted Point)

空盒A因氣壓減少而膨脹，發生動作，由B點經C, P₁, P₂, P₃, N, J而達於指針K以指示高度。指針之轉動有渦轉彈簧以平衡之。

七、短程高度計 (Low range altimeter)



-Low range altimeter movement..

測量地圖或着陸飛行或特種試驗飛行時所用靈敏精確之高度計，只能指示小範圍內之高度者，謂之短程高度計。

此種高度計之特點，着圖自明簡述如下

1, 有兩個金屬金盒

2, 支持點在中央重心點上

3, 有甚細甚長之螺旋彈簧以平衡指針之指度。

4, 有兩圈尺度表示2000英尺至4000英尺

5, 最大差誤不能超高十英尺。

高度計之構造可大別爲下列四部分

a, 氣壓部分

b, 擴大裝置

c, 補正裝置

d, 指示裝置

高度計之尺度，普通皆用相等間隔，每一百公尺記有數字，每

五十公尺畫有稍長之線，每一千公尺畫有更長之線，能指示之高度由九千至一萬五千公尺爲多，指針之移動分圓形移動及直線移動兩種，指針宜薄而粗，則輕而易動且便於認識。尺度上主要數字及刻線，均塗有夜光塗料或發光塗料以便夜間飛行之認識。

八、儀器指度差誤之分析

指度之差誤，依其發生之原因可別爲三種

a, 機械差誤 (Mechanical errors)

b, 彈性差誤 (Elastic errors)

c, 溫度差誤 (temperature errors)

此處所述之差誤，不專就高度計言，普通一般之儀器皆有同樣之性質。

a, 機械差誤

善良之機械務必保持平衡，平衡分靜的平衡與動的平衡兩種。靜時不平衡，則橫置與縱置時，指計之指度發生差誤。此謂之位置差誤。動時不平衡則因加速度之作用發生差誤，此謂之加速度差誤。

欲保持平衡，必須將可動部分之重心，作用於旋轉軸上，或設重錘以平衡之。

b, 彈性差誤

彈性差誤可分三種

1, 遲滯 (Hysteresis)

先減少氣壓，後再增加氣壓，對於同一氣壓而指度不同，

謂之遲滯。

2, 移異 (Drift)

雖氣壓一定不變，經過數小時後，指度漸次變化，謂之移異。

3, 殘跡 (After effect)

由某點起先減少氣壓後再增加歸於原有氣壓，前後指度不同，謂之殘跡。

c, 溫度差誤

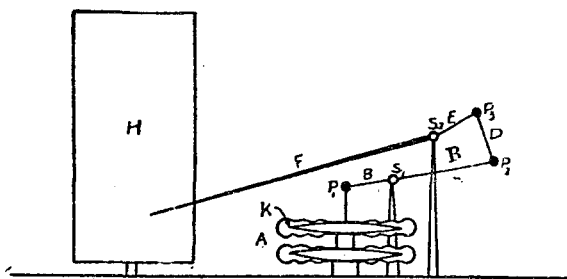
材料因溫度變化而脹縮，致零點與尺度變異謂之溫度差誤。合而觀之，差誤乃依時間而變化者也。故欲得精確之結果必須根據實地狀況，加以精密之修正。例如高度計因席內氣壓與外界氣

壓不同，亦能發生少許差誤，故宜置於封箱中而外界氣壓相通。

九、自記高度計 (Self-recording altimeter)

自記高度計之構造與自記氣壓計完全相同，但所用尺度不同。所以表示高度對於時間之變化者也。

Richard式自記高度計



A = 空盒 (Capruple)

K = 內面彈簧 (Internal spring)

F = 筆桿 (Pen arm)

H = 圓筒 (drum)，內有時計裝置，每一回轉所要時間由半小時至二十四小時。

第二章 定高儀及昇降速度計

一、定高儀 (Statoscope)

定高儀能表示氣壓之小變化，故可用之以指示高度之小變化。輕航空機如氣球與氣艇，宜取一定之高度航行，故用定高儀以檢查高度有無變化。此種微細之變化，非普通高度計及自記高度計之感度所能指出者也。

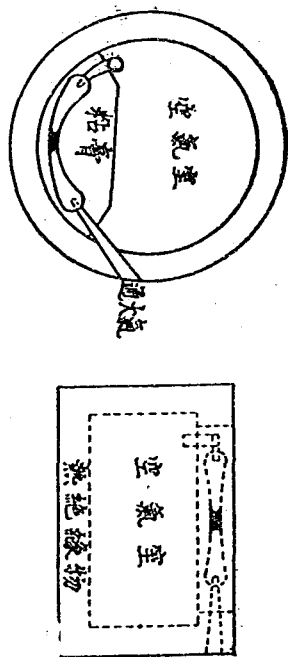
定高儀分兩種如後

a, 氣泡式定高儀 (Bubble type)

b, 機械式定高儀 (Mechanical type)

二、氣泡式定高儀

Custer氏氣泡式定高儀

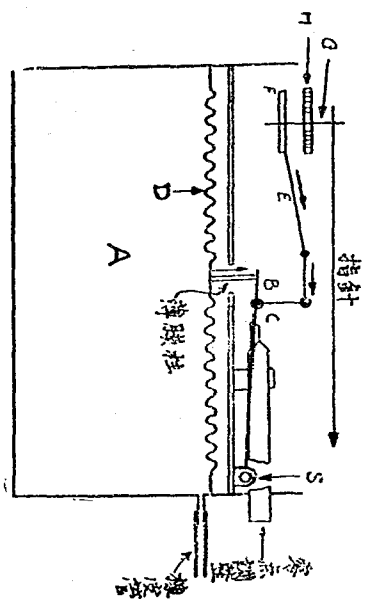


此種定高儀有彎玻璃管，內端通空氣室，外端與大氣相通，中央入有着色液體以封算之。高度一定氣壓不變則液體停於中央。高度不定，氣壓變化，因此內部空氣之膨脹或收縮，則液體向右或向左移動，以暗示航空機之高度不定。內外氣壓之差，超過一定限度

則發生氣泡，觀氣泡之多少，可知昇降之速率。

三、機械式定高儀

Custer氏機械式定高儀



A 定氣室 (air Chamber)

航空儀器學

BEG = 傳動機構 (Movement transmission mechanism)

O = 杆 (Lever)

S = 軸 (Shaft)

D = 感度靈敏之薄膜 (Sensitive diaphragm)

G = 指針軸 (Pointer shaft)

H = 小螺旋彈簧，(Hair spring)

B = 曲杆 (bell Crank lever)

E = 拉線 (String)

F = 小滑車 (Pulley)

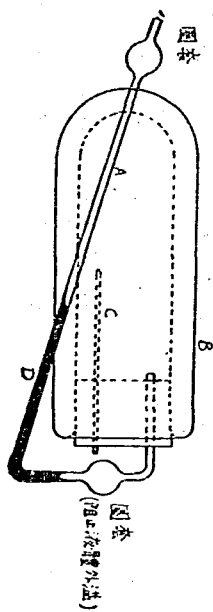
零點調整，能使指針停於零點。應用之時，宜以夾子封閉橡皮管斷絕內外交通。內外交通連絡則內外氣壓平衡，指針應停於零點。

。內外不交通，氣壓有差異時，則薄膜膨脹或收縮，發生動作，經過B,C,E,G達於指針以指示之。

四、昇降速度計 (Rate of Climbmeter or Vertimeter)

此器所以測量航空機之昇降速度者也。如試驗航空器之性能時宜測量其安全之昇降速度必用此器，例如氣球與氣艇必用此種儀器，以豫知昇降之狀況及着陸時下降之速度為要。

a, 漏氣毛細管式昇降速度計



B 玻璃瓶 (Dewar flask)

A 空氣室 (air Chamber)

C 毛細管 (Capillary tube)

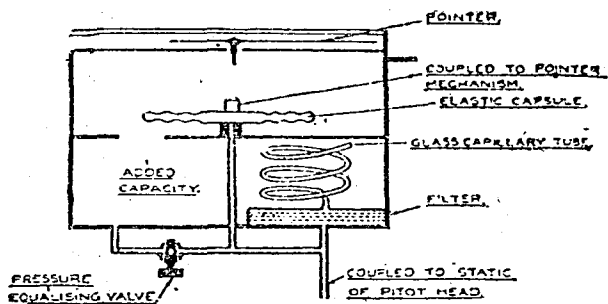
D 液體壓力計 (Liquid monometer)

D, 管傾斜則感度靈敏，譬如上昇時，外面氣壓下降，瓶內空氣膨脹毛細管不能即時漏出以達到平衡狀態。此時內外氣壓之差即為液體氣壓計所表示。但此器只能用於輕航空機。

b, 全金屬製機械式昇降速度計

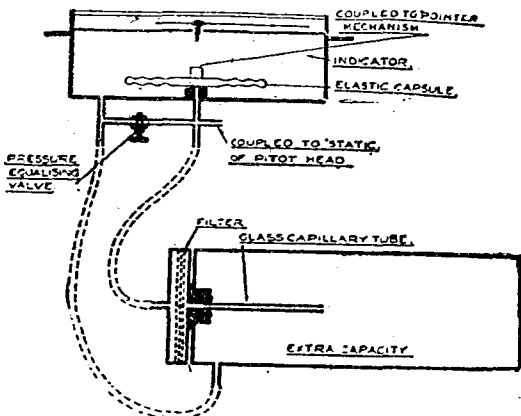
金屬機械式昇降速度計，又分兩種，一為單盒式，一為分盒式構造看圖自明，感度作用可更換毛細管以變異之。此種儀器非飛機所用之重要品，故不詳述。

單 盒 式



Rate of climb meter, self-contained capacity

分 盒 式



Rate of climb meter, separate capacity type.

第四章 速度之測定

一、對氣速度與對地速度

飛行速度之測定法，分爲對氣速度及對地速度兩種。前者爲飛機對於空氣之速度，後者爲飛機對於地面之速度。若空氣靜止則二者一致。對氣速度計因高度相差甚遠或溫度變異時則發生差誤，故宜按照實地情形以研究之。

二、對氣速度計之種類

- a. 利用壓力之差異者 (Differential pressure instruments)
- b. 利用風力而轉動者 (Rotating surface instruments)
- e. 利用直衝壓力者 (Direct impact instruments)

d. 利用熱電線者 (Hot wire instruments)

三、利用壓力之差異者

利用壓力之差異者即氣管壓力計也，分後列二種：

a. 正負壓力管式 (Pitot static head type)

b. 吸氣管式 (Ventur anemometer head type)

前者用一迎風開口管發生正壓力，一閉口管發生負壓力，正負壓力之差，發生動作傳於指針，表示速度。後者則以吸氣管代閉口管，能發生更大之負壓力。故感度更爲靈敏。

四、氣管壓力計之原理

速度指示器內室分二側，一側爲正壓力，他側爲負壓力。試述其原理於後：

Pitot 先生曾於 1732 年製出一管，以之測定流水之速度，此管相沿至今仍名之爲 Pitot 管。

例如兩管正負壓力之差爲 p ，而發生此壓力差之水位高爲 h ，則流水之速度 v 可以次式表示之。

$$v = \sqrt{2gh}$$

根據 Bernoulli 定理，流體流動時，則成立下記關係

全能 = 位能 + 動能 + 壓能

$$\text{Total energy} = \text{Position energy} + \text{Kinetic energy} + \text{Pressure energy}$$

此種定理用之氣管壓力計時，位能可以不算，設單位容積內，審度爲 ρ ，靜壓等於 ϕ ，而運動速度等於 v ，則全能之公式如下：

$$\text{全能} = \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho$$

若全能與靜壓及密度三者皆能測出，則 v 可由上式算得之。又全能不變時，動能增加則靜壓之能力減少。

全能之測定法，普通皆用開口管 (Pitot tube) 以測之，設其數為 P_0 。

$$\text{則 } P_0 = \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho$$

$$\text{或 } P_0 - \rho = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$\text{或 } P = \frac{1}{2} \rho v^2$$

壓力計所感受之壓力乃 P ，而指示盤上之尺度則爲 V 也。

高度變則密度亦變，故高度變更之後雖壓力相同，而速度亦不同也。又安全飛行之時，機翼表面須有一定之壓力以支持之，速度過小則壓力不足。此種危險速度謂之失速速度 (Stalling speed)。普通對氣速度計上刻有紅線一道，是即所以警告飛機駕駛員，宜時常注意此種極限速度，飛行之時不得低過此數也。

五、位置之差誤 (Position errors of Pitot static head)

裝置氣管壓力計時，對於管頭 (Pitot static head) 之位置宜擇亂流最少之處，管頭之方向宜與飛機前進之方向一致。否則不能表示正確之速度，此種差誤謂之位置差誤。

所謂亂流者即空氣對於機翼及支柱等相衝突時所發生的不規則

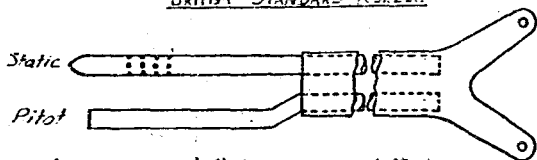
之氣流也。此種亂流機頭附近最爲劇烈。故管頭宜裝於機翼外端或兩翼間外側支柱全長三分之二之上方最爲適宜。因此處亂流更少又更安全而無妨碍故耳。

六、管頭之構造 (Type of Pitot static heads)

種類甚多試舉四例如後

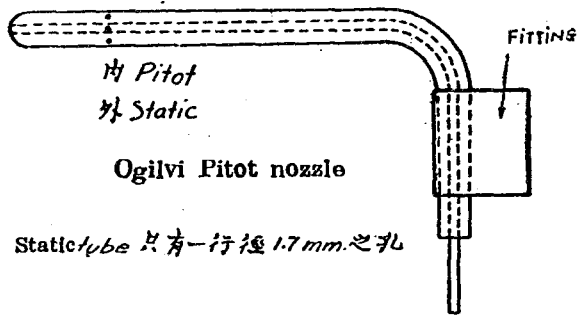
- a. 英國標準式 (British standard nozzle)
- b. Ogilvi 式 (Ogilvi pitot nozzle)
- c. 美國 Pioneer 式 (Pioneer Pitot-static nozzle)
- d. Brandtl 式 (Brandtl pitot static nozzle)

BRITISH STANDARD NOZZLE



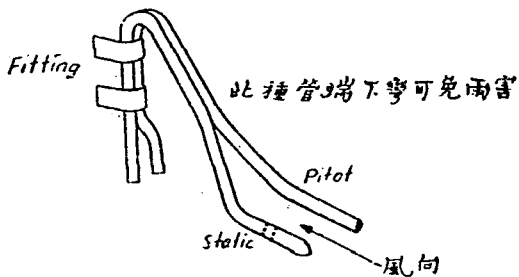
Static tube 之出孔內徑 0.8mm, 在管端進後
四倍徑距離

OGILVIE PITOT NOZZLE

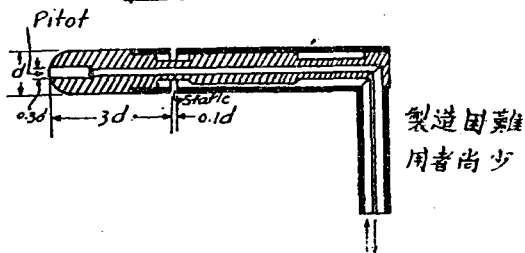


Static tube 只有一行徑 1.7mm. 之孔

Pioneer Pitot-static Nozzle



Brandt nozzle

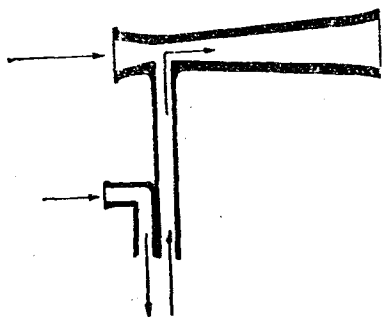


七、吸氣管之構造 (Venturi anemometer head)
這種管子與前者不同之處，在於以吸氣管 (Venturi tube) 代負壓管 (Static tube)。吸氣管之構造可分兩種：

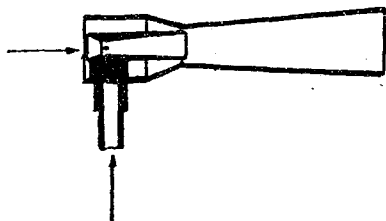
- a. 美國式吸氣管 (American Venturi)
- b. 複式吸氣管 (Double Venturi)

前者美國使用最多故有此名，後者德國最為盛行。

美國式吸氣管



複式吸氣管



吸氣管所測出之壓力，普通由下記公式表示之。

$$P = KPv^2$$

P = 壓力之差異

ρ = 空氣密度

V = 速度

K = 常數，依管子之形狀而變。

複式吸氣管較之正負壓力管感度大十餘倍。

八、吸氣管與正負壓力管之比較

測速用之管頭以能滿足下列各條爲優

- a. 對於各種大小速度能測出正確之壓力差。
- b. 對於風向之傾斜不發生過大差誤。

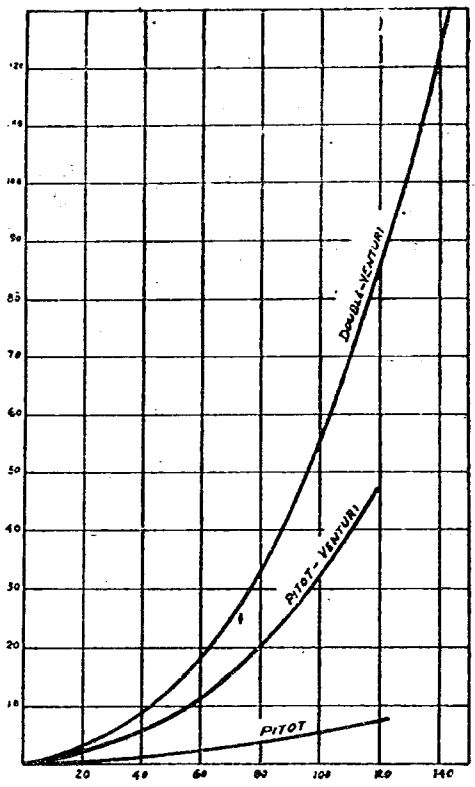
- c. 對於急風側風等不發生影響。
 - d. 不畏塵埃與水滴及腐蝕作用。
 - e. 前面阻力小 (Low head resistance)。
 - f. 構造簡單，容易創造，毋容較正調整爲要。
- 能滿足以上各特性者仍以正負壓力管 (Pitot static tube) 爲最宜。但測出之壓力差則以複式吸氣管爲最大。故低速飛行頗爲相宜。

左圖表示三種管頭對於同樣速度所得之壓力差例如速度在 120 m.p.h. 時

Pitot static	7in, of water
Pitot Venturi	48in, of water

九、速度指示器 (air speed indicator)
航空儀器學

← 吋英水差力壓 →

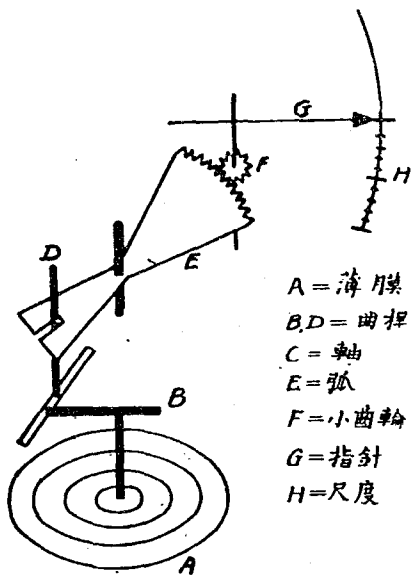


Double Venturi 85in. of water

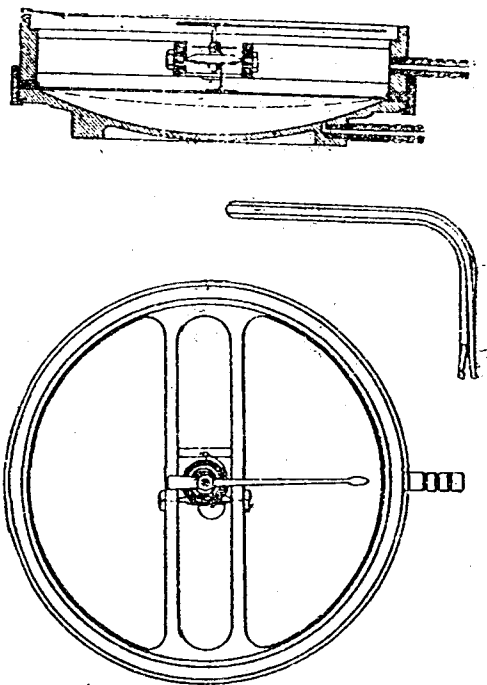
→ 速度時哩

接受風壓管所發生差異之壓力，變為動作，傳於指針而以速度之尺度 (MPH or KMPH) 表示之者速度指示器也。

速度指示器種類雖多而原理完全相同，最普通者以橡皮薄膜將閉氣之內室分為二部，一部與 Pitot 管之正壓力相通，他部與 Static 管或吸氣管之負壓力相連，薄膜在中央，因兩側正負壓力之作用發生動作，經過擴大裝置，傳於指針以表示速度者也。擴大裝置最簡單者，圖示如下：



- A = 薄膜 (diaphragm)
- B, D = 曲桿 (bell crank)
- C = 軸 (shaft)
- E = 弧 (arc with teeth)
- F = 小齒輪 (pinion)
- G = 指針 (pointer)
- H = 尺度 (scale)



1. 封閉室 (air tight chamber)

2. 薄膜 (diaphragm)

航空儀器學

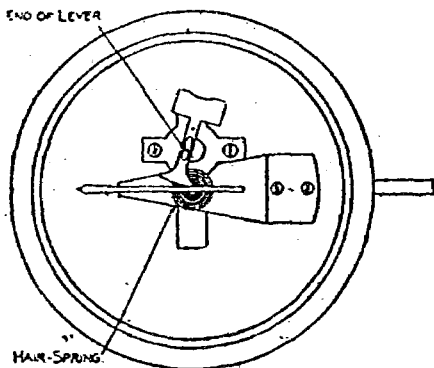
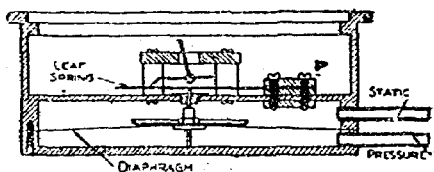
FIG. 44.—Rubber diaphragm gauge.

3. 金屬圓盤 (metallic disc)
4. 絲線 (Silk cord)
5. 滑輪 (Pulley)
6. 圓筒 (drum)
7. 螺旋彈簧 (hair spring)
8. 小軸及指針 (Spindle and pointer)
9. 架子 (frame)

十一、油絹薄膜速度指示器 (Clift oiled silk diaphragm gauge)

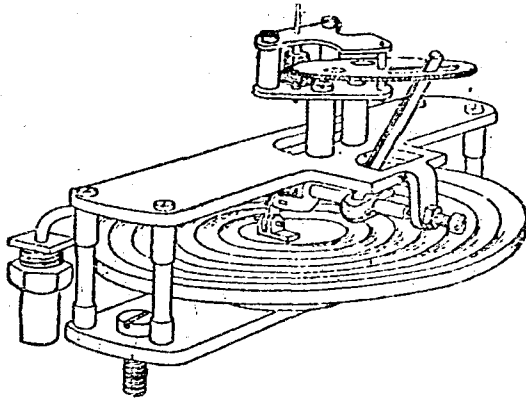
十二、金屬空盒速度指示器 (Metal diaphragm speed gauge)

上器動作經過路線如下：薄膜，圓筒，小軸，葉片彈簧，(leaf spring) 曲桿，有溝活板，齒弧，小齒輪，針軸，針軸，指針，尺度



—Clift oil-silk diaphragm gauge.

1. 圓盤 (disc)
2. 小軸 (Spindle)
3. 導孔 (guide)
4. 曲桿 (bell crank)
5. 小溝 (Slot)
6. 活板 (pivoted plate)
7. 齒弧 (toothed quadrant)
8. 小齒輪 (Pinion)
9. 指針 (Pointer)



Smith gauge, mechanism

1. 架子(Aluminum frame)
2. 空盒(Corrugated capsule)
3. 三部構成曲桿(form bell crank)
4. 齒輪(toothed gear)
5. 小齒輪(Pinion)
6. 小軸附着指針 (Spindle with Pointer)
7. 螺旋小彈簧(hair spring)
8. 管子接頭(Pipe connection for pitot tube)

此器之特點在於不用扁平薄膜而以圓形波狀金屬空盒代之。空

盒之構造與高度計之空盒，完全相同，空盒內部與正壓力管相連絡，空盒裝於箱子之內與吸氣管相連絡，飛行速度愈大，則空盒愈膨脹。

曲桿之一長腕，由兩種金屬構成，能補整溫度所發生之差誤，此種儀器能指示0至240M.P.H.之速度，重10.502。因變度變異所發生之差誤甚少。

十三、速度及壓差之檢算 (Calibration of speed and pressure difference)
以正負壓力管所得之壓力差異可以次式表示之。

$$P = \frac{9992.24 \rho c}{571} \times V^2$$

$$P = \text{壓差 (Pressure difference in m m of water at } 15^{\circ}\text{C)}$$

P = 空氣密度 (air density in grams/cm³)

d = 水之密度 (Water density in grams/cm³)

g = 重力加速度 (Gravitational acc)

V = 風之速度 (Air speed in m. p. h.)

c = 管之常數 (Constant for head)

for British Standard nozzle take $C = 1$

$$\text{Put } \frac{9992.24 \rho^c}{gd} = K \text{ for } V \text{ in m.p.h.}$$

$$\frac{9992.24 \rho^c}{gd} = k_1 \text{ for } V \text{ in knot}$$

Standard head C = 1			
	$\rho = 0.001221$		$d = 299912, g = 980.62$
			$\rho = 0.001226$
V	M. P. H.	Knots	M. P. H.
K	0.01243		0.01250
K ₁		0.01648	
			0.01658

$\rho = 0.001221$ 謂之老密度。

$\rho = 0.001226$ 謂之新密度，國際標準係通用。

根據前法計算所得之結果表記於下。

TABLE VI

Air Speed.	Standard Head: Old Density Basis		Standard Head: New Density Basis	
	Pressure Difference in Millimetres of Water when V is in		Pressure Difference in Millimetres of Water when V is in	
	M.P.H.	Knots.	M.P.H.	Knots.
0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.3	0.4	0.3	0.4
10	1.2	1.6	1.3	1.7
15	2.8	3.7	2.8	3.7
20	5.0	6.6	5.0	6.6
25	7.8	10.3	7.8	10.4
30	11.2	14.0	11.3	14.9
35	16.2	20.2	15.3	20.3
40	19.9	26.4	20.0	26.5
45	25.2	33.4	25.3	33.6
50	31.1	41.2	31.3	41.4
55	37.6	49.9	37.8	50.2
60	44.7	59.3	45.0	59.7
65	52.5	69.6	52.8	70.0
70	60.9	80.8	61.3	81.2
75	69.9	92.7	70.3	93.3
80	79.6	105.5	80.0	106.1
85	89.8	119.1	90.3	119.8
90	100.7	133.5	101.3	134.3
95	112.2	148.7	112.8	149.0
100	124.3	164.8	125.0	165.3
105	137.0	181.7	137.9	182.3
110	160.1	199.4	151.3	200.6
115	164.1	218.0	165.4	219.3
120	179.0	237.3	180.1	238.7
125	191.2	257.5	195.4	259.1
130	210.1	278.5	211.3	280.2
135	225.6	299.4	227.9	302.2
140	243.8	323.0	245.1	325.0
145	261.3	348.5	262.9	348.6
150	279.7	373.8	281.5	373.0
155	298.4	399.9	300.4	398.3
160	316.4	421.9	320.1	424.4
165	336.4	445.7	340.4	451.4
170	353.2	470.3	361.3	479.1
175	380.7	501.7	382.9	507.7
180	402.1	533.0	405.1	537.2
185	425.4	564.0	427.9	567.4
190	448.3	596.8	451.4	599.5
195	472.9	626.8	475.4	630.4
200	497.2	658.1	500.1	663.2

十四、高度之影響

速度指防器所指示之速度，僅在某一高度空氣密度一定時之速度。若高度變異則氣壓與溫度皆變而密度乃隨之而變，於是指示器所指示之速度則已非真正之速度矣。例如同在一壓力差，高度H時，空氣密度等於 ρ ，高度H₁時，則密度等於 ρ_1 。

$$P = K \rho V^2 = K \rho_1 V_1^2$$

$$V = V_1 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho}}$$

$$\sqrt{\frac{\rho_1}{\rho}} = \text{謂之修正係數。}$$

由是可知高度既變則應加以修正。

十五、利用風力轉動之速度計 (Rotating surface instruments)

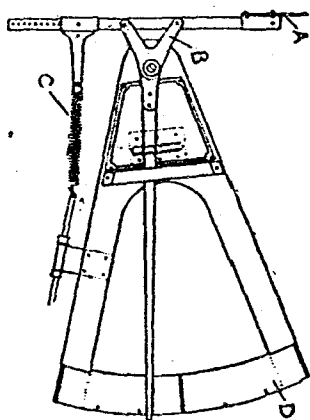
此種又可稱爲旋轉式速度計，此種儀器除最低速度以外，可使其旋轉速度與風速成正比例以製造之。指示速之度裝置則分下列各種；

- a 離心力裝置式 (Centrifugal force type)
 - b 時計裝置式 (Chronometric type)
 - c 同期電動機式 (Synchronous motor)
 - d 接觸蓄電器式 (Com mutator Condenser)
 - e 發動機電流計式 (Generator galvanometer)
- 離心力裝置式速度指示器

十六、直接衝壓速度指示器 (Direct impact Pressure plate anemomet-

(or)

風之撞於平板上之壓力與飛機之速度成正比例，故可直接利用以測定飛機之速度，但因各種原因常發生差誤，如順風逆風等是也。



Hot wire pressure plate anemometer

A = 平板 (flat plate)

B = 指針 (Pointer)

C = 彈簧 (Spring)

D = 尺度 (Air speed scale)

E = 架 (frame)

十七、熱電速度計 (Hot wire air speed meter)

航空儀器學

響電流表之
指度。故使
熱導線兩端
電壓保持常
數，電阻橋
中電流表之
指度即可以
之測定速度
。而計器之
尺度則置于
風洞中以刻
定之

通有定量電流之赤熱導線，若被冷風吹過則電阻變值，以至影

DIAGRAM OF ELECTRICAL CONNECTIONS.

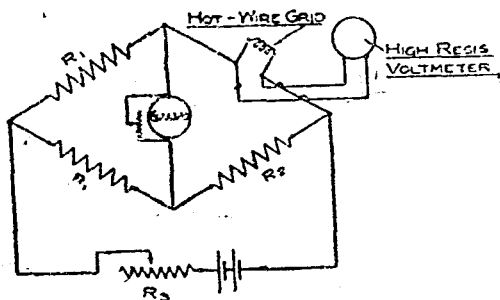
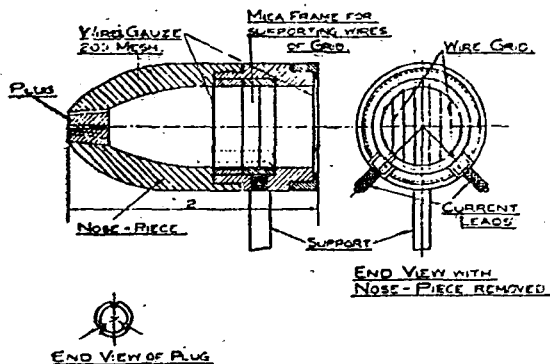
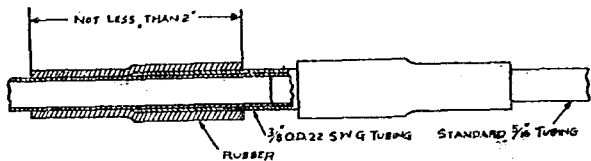


FIG. 62.—Fage's protected hot wire anemometer.
(Royal Air Force Official. Crown copyright reserve)

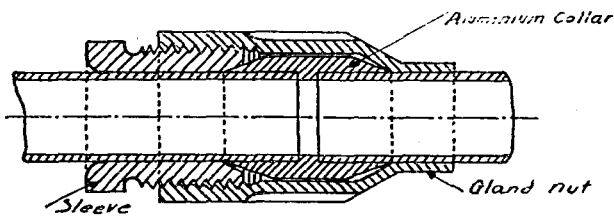


十八、速度指示器及風壓管間管子連接法有三種圖示如後，宜注意勿漏氣或阻塞不通。上述三種第一種不能耐熱，第三種構造複雜，以第二種為最良。

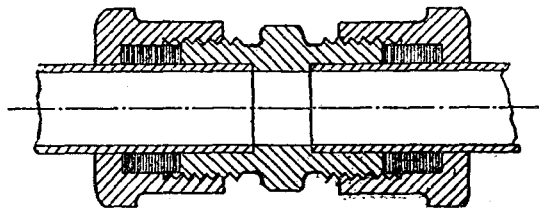
航空儀器學



Butt Joint



Olive type Joint



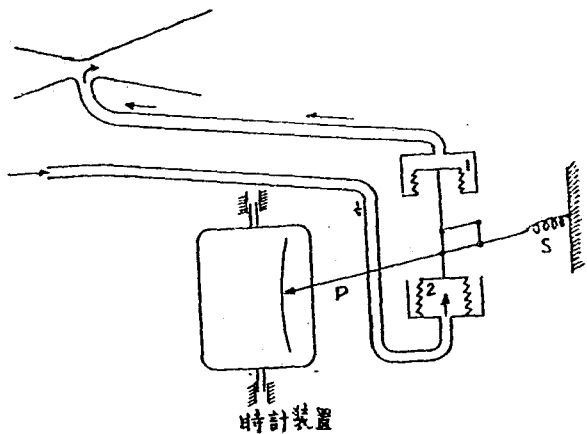
Gland type Joint

十九、速度指示器發生差

誤之原因。

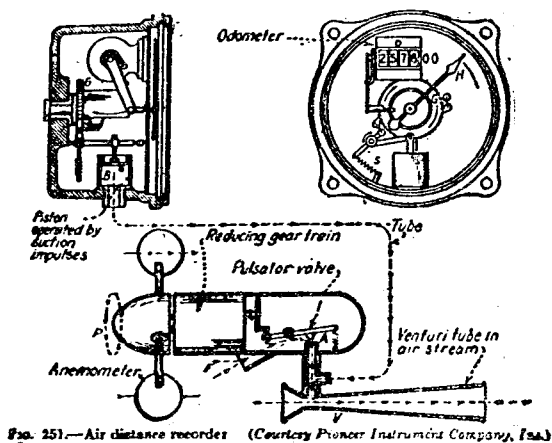
1. 高度之影響。
 2. 亂流之影響。
 3. 方向不正之影響。
 4. 管子漏氣或被阻塞。
- 二十、速度自記器 (Air speed recorder)

能自動記錄速度，對於時間之關係曲線，由速度計及時計裝置兩部合成。



- 1與2 = 二個橡皮盒子
S = 平衡彈簧
P = 指針
D = 圓筒內含時裝置

二十一、航程計 (Air distance recorder or air og)



二十二、對地速度計 (Ground speed indicator)

對地速度計，分兩種，一爲看見地面，一爲不看見地面以測定速度之方法。不見地面者又分兩種，一爲力學式，實際尙未成功。一爲電磁式，如應用無線電波使飛機對於地上兩送信局之地位，隨時因通信而明白則解決矣。

見地面而測定速度之方法又分兩種，一爲直視對地速度計 (Direct reading optical ground speed indicator)。一爲偏流測定器，(Drift sight)，詳見航行學中。直視對地速度計，如轉動望遠鏡使地上物體之像成爲人工的直角之移動，然後由人工變移量及合成方向之變移量，可以求出對地速度。但地上物像之移動量及人工直角之移動量，皆與高度有關係，高度變則其移動量變，故宜隨時測定高度，普通雖以氣壓式高度計測定之，但以測遠器式高度計測定之，始能得到正確之高度。

第五章 方向及位置指示用儀器

一、各種傾斜之意義及傾斜指示器。

飛機在右翼對於縱軸之傾斜謂之偏斜或曰側斜 (incline)。頭尾部對於橫軸之傾斜謂之縱斜或曰俯仰 (Pitch)。頭尾部或左右翼對於立軸 (垂直通過重心之軸) 之偏倚謂之轉彎 (Turn)。測驗側斜者謂之側斜計 (inclinometer)。測驗俯仰者謂之縱斜計 (Pitch indicator)。測驗轉彎時之偏度者謂之轉彎計 (Turn indicator)。各種傾斜計又可大別爲二類。一曰對比傾斜計 (Relative inclinometer)，所以測驗對於重力加速度及旋轉加速度合成方向之傾斜者也。一曰絕對傾斜計 (Absolute inclinometer) 所以測驗對於絕對

垂直方向（向地心）之傾斜者也。

傾斜計中又有所謂彎斜計者（Banking indicator）者，於飛機轉彎時可以測驗對於前後與左右之傾斜，因飛機轉彎之時受重力及離心力之作用，機身垂直於兩力合成之方向，飛行之時，三舵使用合法，則飛機轉彎適宜，而無向外側橫滑之作用。故彎斜計之指針指於零度，否則可以看指針之偏度，以改正操縱舵之移動量。

傾斜計之種類

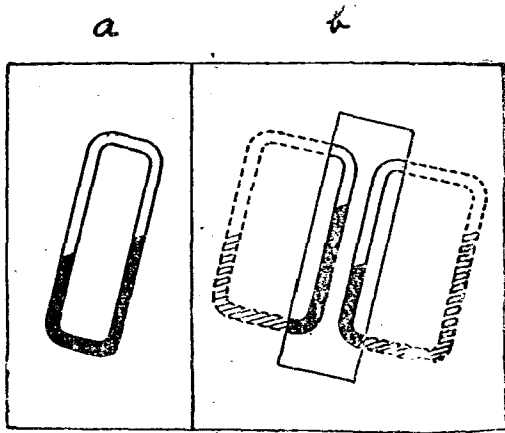
- a, 側斜計 (Lateral inclinometer)
- b, 縱斜計 (For and aft inclinometer)
- c, 轉彎計 (Turn indicator)
- d, 彎斜計 (Banking indicator)

二、對比傾斜計 (Relative inclinometer)

- 1, 液體式 (Liquid type)
- 2, 氣泡式 (Bubble type)
- 3, 振子式 (Pendulum type)
- 4, 轉珠式 (Rolling ball type)

液體式之最簡單者，扁圓形空盒式盛入造色液體，外裝玻璃鏡，中央刻一水平準線，裝於飛機上，若飛機傾斜時則準線之一端或現或隱，可以刻度指示之。

又以玻璃造爲長方形之圈，裝滿半部液體則可以之測驗飛機傾斜之姿勢分單管式及雙管兩種如下圖所示

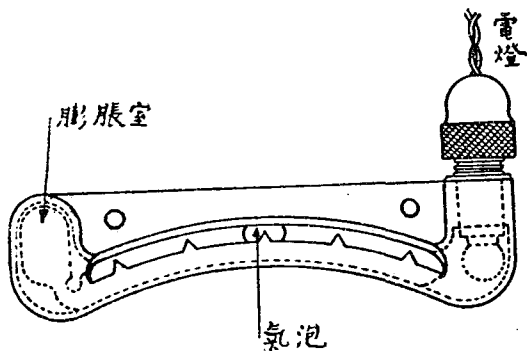


b, 圖僅中央部可看見, 點線各部皆裝於背後。

氣泡式者與普通水準器無異，但中央向上彎，液體爲油或酒精

航空儀器學

LIQUID TRAP TYPE OF BUBBLE CROSS LEVEL



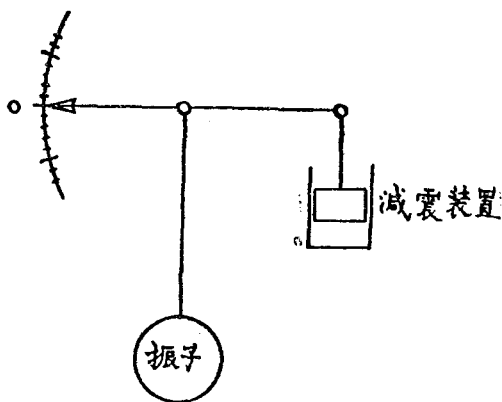
與格利塞林 (Alcohol and glycerine) 之混合物也。常附有膨脹室以

免高溫時之破裂。更裝以小電燈或於刻度上塗以夜光藥粉以備夜間飛行之用。

轉珠式者入鋼珠於向下彎圓弧玻璃管中，隨重力向下轉者是也。管中亦入油或酒精與格利塞林之液合物以減珠之震動不安

振子式者分兩種，有兩端懸錘而支其中央者。有完全用一振子者，用振子者宜設有制動裝置。或浸振子於液體中

以制禦之，上圖所示者為振子式也。



用氣泡者操縱桿移動之方向與氣泡相反

用轉珠者操縱桿移動之方向與球之轉動方向一致

用振子者左翼斜則指針上昇，右翼反之。

傾斜計之裝置方向與縱軸一致則可以當俯仰計用。

三、絕對傾斜計 (Absolute inclinometer)

表示絕對傾斜之傾斜計有下列各種

- 1, 利用磁斜之傾斜者 (by the dip needle)
- 2, 利用地磁誘導發電機者 (by the earth inductor)
- 3, 利用太陽之光線者 (by the ray of the Sun)
- 4, 利用振子裝置者 (by the pendulum device)
- 5, 利用拋物線者 (by the trajectory of falling body)

6, 利用陀羅儀者 (by the gyroscope)

以上六種中，前五種或受地位之制限（如磁針傾斜式者）或受時間之限（如太陽光線式）或因構造複雜使用困難故尙未通用。最通用者陀羅式者而已。

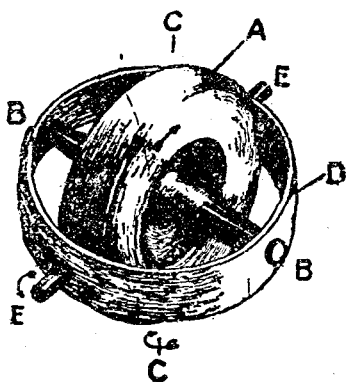
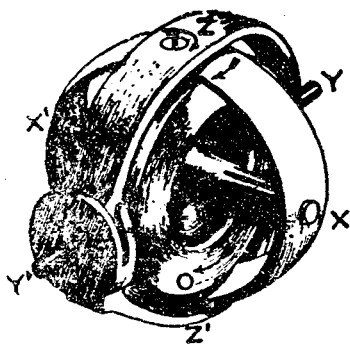


Diagram of gyroscope for

- A = 轉輪 (Rotating wheel or Rotor)
- BB = 軸 (Axis of Rotor)
- D = 吊架 (Cradle)
- EE = 軸 (axis of D)
- CC = 立軸 (Vertical axis)

轉輪A轉動速度甚大故慣性能率 (Moment of inertia) 頗大，不易改變方向。若將C架對於S軸向右轉則C架受轉輪的慣性能率之牽制，對於S軸取反時計之方向而旋轉。



—Diagram of gyroscope.

O = 轉輪 (Rotor)

XX' = 縱軸 (轉輪之軸)

YY' = 縱軸 (水平直交軸)

ZZ' = 立軸 (直立垂直軸)

陀羅儀轉輪之動力

a, 空氣之衝動力 (飛機速度600kmh以下時不良)

航空儀器學

b, 電氣或機械之力 (以自由接頭連絡之)

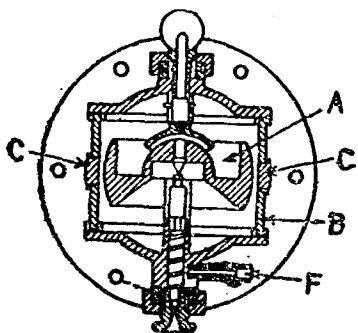
陀羅儀差誤發生之原因。

a, 地球旋轉所發生之影響

d, 重心變動時發生隅力 (飛機飛行時常有此種事實發生)

c, 飛機增加速度時

四、陀羅儀式傾斜計 (Gyroscopic Clinometer)



—Badin gyroscopic clinometer, Aera.

A = 轉輪 (Rotor)

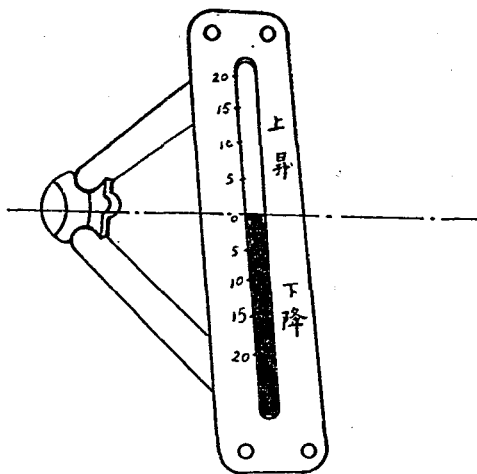
B = 玻璃圓筒 (glass cylinder)

C = 進氣嘴 (Air hole)

D = 吸氣管 (Suction Valve)

FOR AND AFT INCLINOMETER—SMITH

航空儀器學



縱斜計之外形

轉輪表面有氣瓣 (Vane) 對於氣嘴。外界空氣從氣嘴進入，衝

於氣瓣，使轉輪旋轉，室內空氣被低壓作用由管吸出外界故轉輪旋轉極速。玻璃圓筒上及轉輪上皆有準線可以表示左右前後各方之傾斜。

五、縱斜儀 (Pitch indicator)

各種傾斜計對於飛機之縱軸而應用之則可以表

示飛機之昇降動作，此謂之縱斜計，亦有故意製造之者。

三角形玻璃管內盛有着色液體，與縱軸成水平時爲零度，若昇降時則對於尺度板上之尺度以識別之。

六、轉彎計 (Turn indicator)

長途航空務必直線則易達目的地，但因氣流關係容易移動方向，若飛于雲霧之中則方向已變亦不容識別。故欲完成直線飛行，必須隨時加以糾正之功糾正之度數則賴乎轉彎計以指示之。

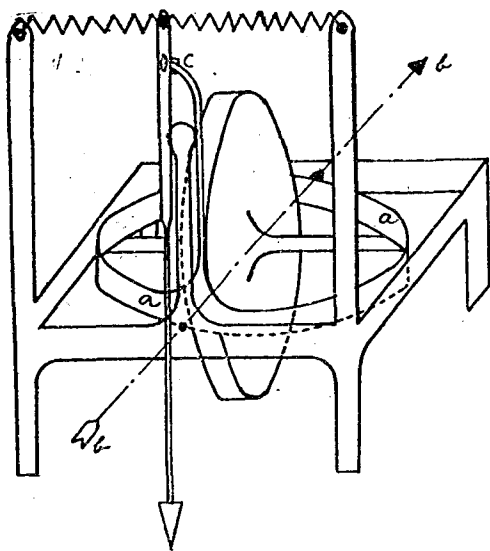
轉彎計大別爲二種

a 靜壓管轉彎計 (Static head turn indicator)

b 陀螺儀式轉彎計 (Gyroscopic turn indicator)

靜壓管轉彎計之原理

於飛機左右兩翼之尖端各設一靜壓管連接於精確靈敏之風壓表上達於室內薄膜之兩側，則飛機轉彎之時，兩側壓力發生差異可傳於指針以表示之。



roscopic turn indicator)

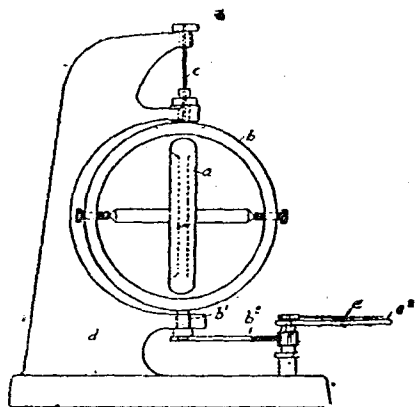
航空儀器學

靜壓管式轉彎計因氣流與溫度等之關係容易發生差誤又易損壞難於保存故不多用。最流行者為陀螺儀式轉彎計，因製作廠家甚多故式樣不一。

七、陀螺儀式轉彎計 (GY-

轉輪支於 a 環上，而 a 環則懸於方架上， a 環有一把瓜插於指針溝中，方架支柱上所懸之指針再以彈簧保持其平衡。飛機取 $\sim\sim$ 之方向進行，因氣流發生偏度時則指針因轉輪之慣性能力之作用而發生動以指示之。

八、文白里氏陀羅儀轉變計



—Wimperis gyroscopic indicator.

- a = 轉輪 (Gyrostator or rotor)
- b = 環 (Ring)
- c = 扭絲 (Torsion wire)
- d = 架子 (Frame)
- e = 指針 (Pointer)
- e² = 尺度 (Scale) ... 固定於1)
- b² = 弧形板 (Quadrant)
- b¹ = 小軸 (Spindle)
- b¹ b² 固定於一體

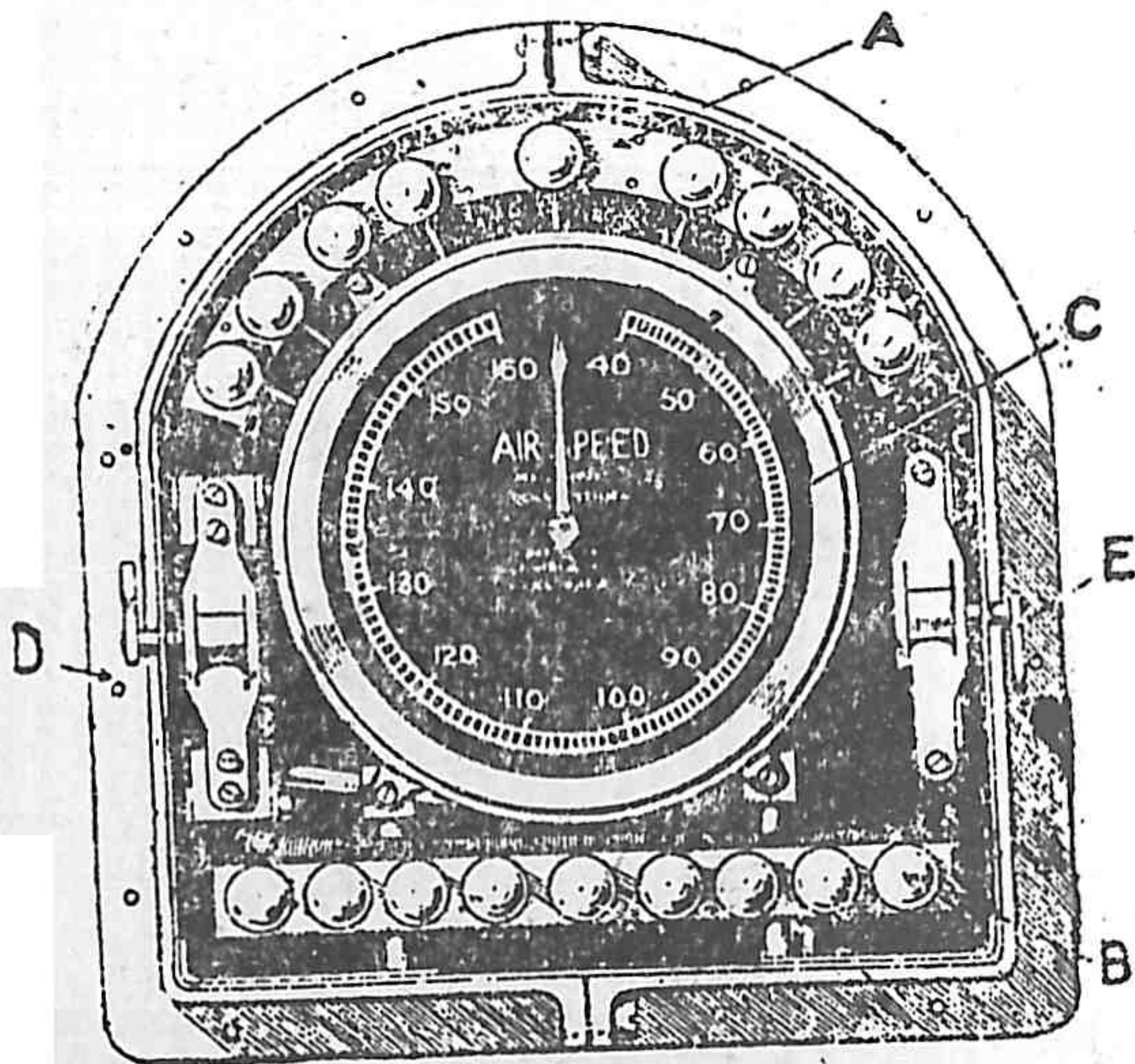
指針軸上有小齒輪與 D_2 上之齒啮合。

轉輪速度甚大，保有多量之運動能力 (Momentum)，欲保持一

定之方向而轉動。若架子發生角度運動時則轉輪仍能保持原有方向由指針表示於尺度之上。

實用之儀器，轉輪以電力或氣壓以轉動之。為捲線彈簧 (Coiled spring)。轉輪之搖動更以油壺制動器 (Oil dash-pot) 以制禦之。

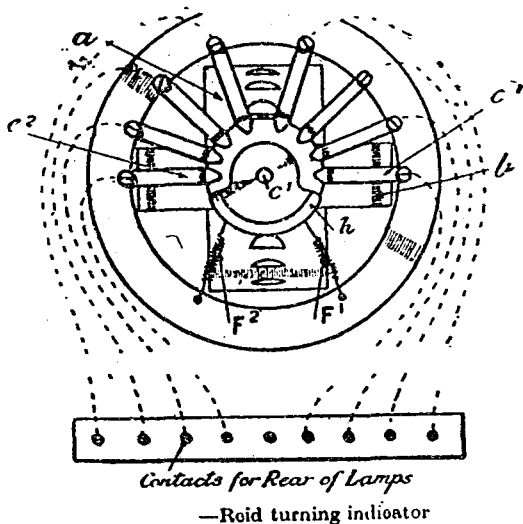
九、Reid 操縱指示器 (Reid control indicator)



Reid turning indicator.

此一儀器有三個作用。

1. 左右傾斜度數 (Lateral Control)
以第一行電燈 A 表示之，U 字管內所盛水銀與熔線 (Fuse) 等構成電路。
 2. 對氣速度 (Air speed)
有風壓管連接，發生壓力差異以表示之。O 卽對氣速度之尺度也。
 3. 轉彎度數 (Turn indicator)
由陀羅儀及電路以構成之。詳細述明請看後節，度數以下行電燈指示之。
- E 爲管理電流之開關。



D 爲調節電壓之開關 (Rheostat)

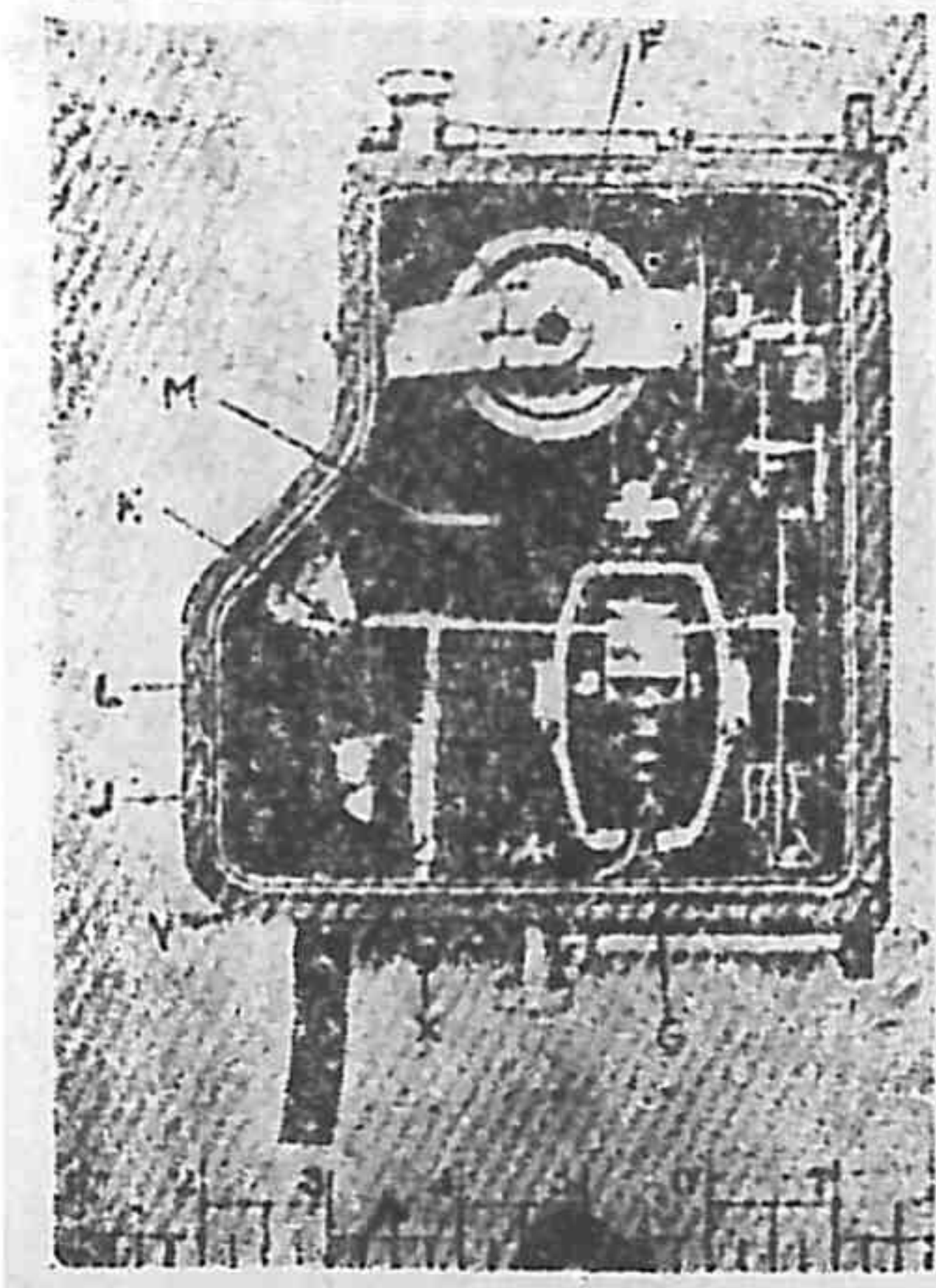
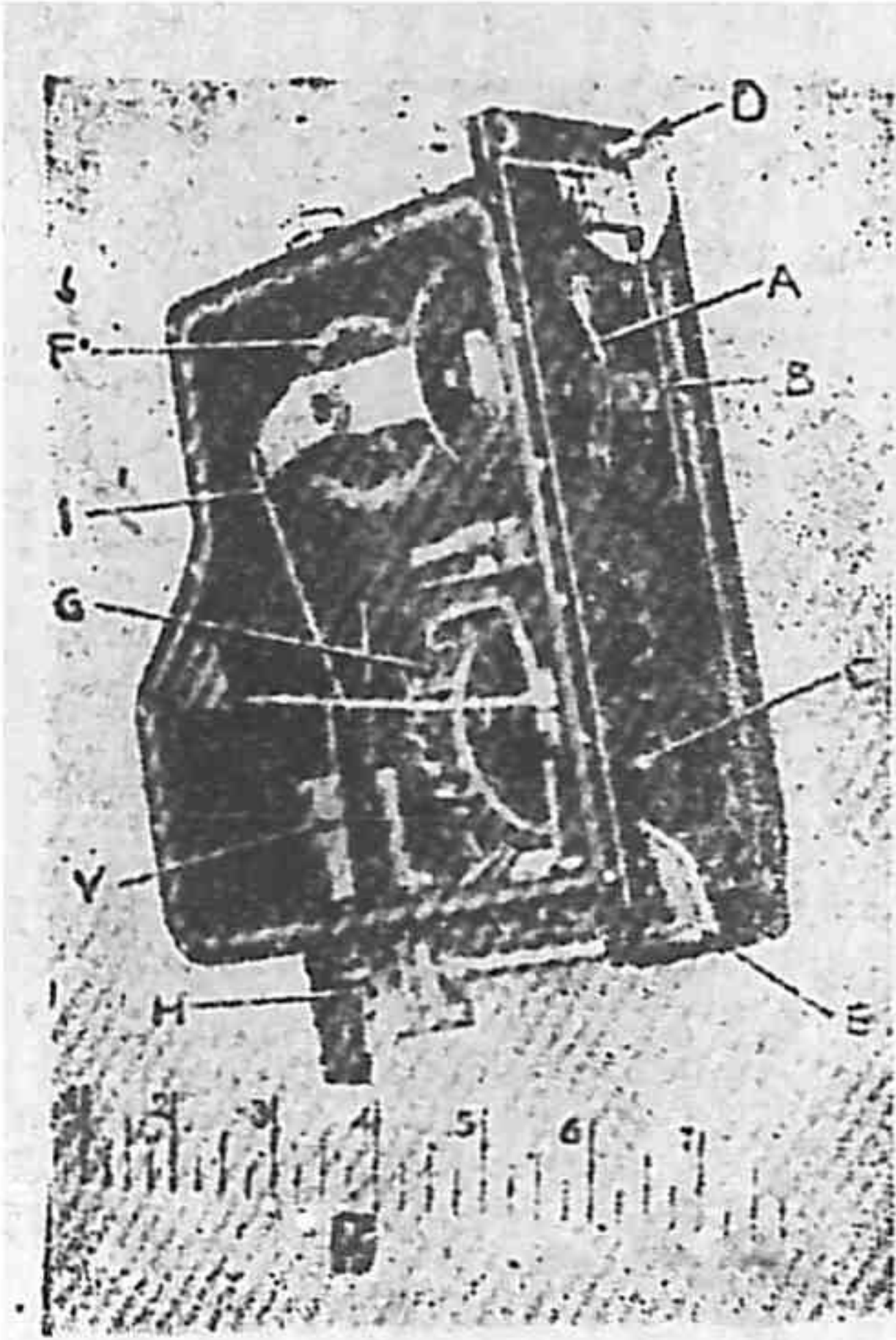
轉彎計之說明

- a = 轉輪 (Rotor) .5000 r. p. m.
- 圓周有氣杓 (Scoops) 以氣流次動之
- b = 架子 (Frame)
- c¹ = 小軸 (Spindle) 與 h 相固定。
- h = 半圓形金屬片 (Semi circular strip of silver)
- e¹ e² = 絕緣扁平彈簧 (Insulated flat spring)
- F¹ F² = 恢復彈簧

飛機轉彎則轉輪與半圓片同時傾斜與 ϕ_1 與 ϕ_2 相接觸完成電路使電燈發光以表示之。

十、飛行姿勢指示器 (Flight indicator or pioneer pitch bank and Turning indicator)

此一儀器，能表示飛機轉彎傾斜及昇降三種動作



- A = 轉彎計指針 (Pointer of turning indicator)
- B = 橫方水平儀 (Lateral ball level)
- F = 陀螺儀 (Gyroscope)
- I = 與制動室相連之杆 (Rod connected to dashpot)
- C = 縱斜計之指針 (Pointer of pitch indicator)
- G = 陀螺儀 (Gyro)
- J = 振子 (Pendulum)
- K = 軸 (Axis)
- C = 指針 (Pointer)
- Y = 制動器 (Dash-pot)
- L, M = 杆 (Rod)

第六章 羅針儀

一、羅針儀之定義及分類

羅針卽南針也。我國數千年前，黃帝造南針以征蚩尤，勝之。其後長途遠行，或遠道行軍或航海越洋，以至擇地建屋，堪定坟墓等要事，凡與天文地理有關係者莫不用之。語云，示我南針可知異常重要。自人類飛行成功以來其用益廣，且飛行速度甚大，動作敏捷，非優良適宜者，不合實用，故航空用羅針，構造特別精工，不同凡物，此吾人不可不有相當之研究也。地球之正北爲標準之方向，與飛機機頭之所指，及航行之方向等，皆爲駕駛員隨時所應知者也。故不可無標準之儀器以指示

之。

羅針儀者所以指示方向者也。爲長途越野飛行，或飛行於生疏地帶時最重要之儀器。種類甚多，列舉如後

羅針儀之分類如下

(1) 依用途分類

a. 航行用 (For navigation)

b. 方向決定用 (For orientation)

(2) 依構造分類

a. 陀螺儀式 (Gyroscopic type)

d. 感應式 (Inductor type)

c. 磁針式
濕的 { 週期式 (Periodic)
乾的 { 無週期式 (Aperiodic)

d. 日光式 (Sun compass)

(3) 依指示盤之位置之遠近分類

a. 直接式 (Direct type)

b. 遠距離式 (Distant type)

二、地磁氣之大要

地球爲一大磁石，北極在北美 Hudson 灣附近，南極在 South Victoria land。磁力線由北極出發而歸於南極構成輪道。

關於地磁各名詞之定義

1. 傾角 (Dip) 地磁力線與水平線在垂直面所成之角。

2. 水平分力 (Horizontal component) 地磁力在水平面上所作用之分力。
3. 垂直分力 (Vertical component) 地磁力在垂直面上所作用之分力。
4. 磁極子午線 (Magnetic meridian) 地磁力線之水平分力所指之方向，通過南北兩磁極所成之大圈。
5. 磁氣赤道 (Magnetic equator) 圍繞磁力線與地面平行之地點所成之大圓圈是也。與地球赤道相差不過數度。
6. 地磁極 (Earth magnetic pole) 地磁力線與地面成垂直之兩處。
7. 地磁差 (Variation) 地球子午線與磁氣子午線所成之水平

角。

8. 等傾角綫 (Isocline line) 經過傾角相等之地點所成之線

，等傾角線橫的多，像緯線。

9. 等偏差線，(Isogonic line) 經過偏差相等之地點所成之線

，等偏差線，直的多，像經線。

10 無偏差線 (Agonic line) 經過偏差等於零之地點所成之線

三、磁針式羅針儀 (Magnetic Compass)

刻有方向度數的羅牌之下，裝有平行磁棍數條，可在水平面上往復擺動，羅牌與磁針裝於羅盆內，浸於液體中，因摩擦及阻力作用得以減少振動。羅牌所表示之方向若干度宜按照準線（

Rubber line)以識別之。準線應與飛機之縱軸完全一致，或與之平行。羅牌分水平及垂直式兩種，新式者爲斜形，或由水平及垂直二者所合成者也。

爲減少支點之載重與摩擦力起見，常以浮漂裝於羅牌之下，或使用極其輕便之羅牌，支針與羅牌相固定。支針座則固定於羅盆之上，支針以鈹合金或瑪瑙製造之，支針座則多爲藍寶石。磁針爲 ∞ 之炭素銅，硬性適當被電流所磁化者也。分圓柱形及長方平板形兩種。若浮漂式羅牌則磁鐵置於浮漂之內或附着於浮漂下面。非浮漂式者則懸於羅牌之下。磁針之數約由二枚至十二枚，互相平行，均指南北，至其品質之選定，則爲支配羅牌運動之要素也。磁鐵易被減震液體所侵蝕故宜包以保護物

。羅盆 (Bowling)

形及球形者為最多。

塹減振液體除減少羅

牌之振動以外，兼可

減少支針支點之壓力

。減振液為酒精30%

，及蒸溜水70%之混

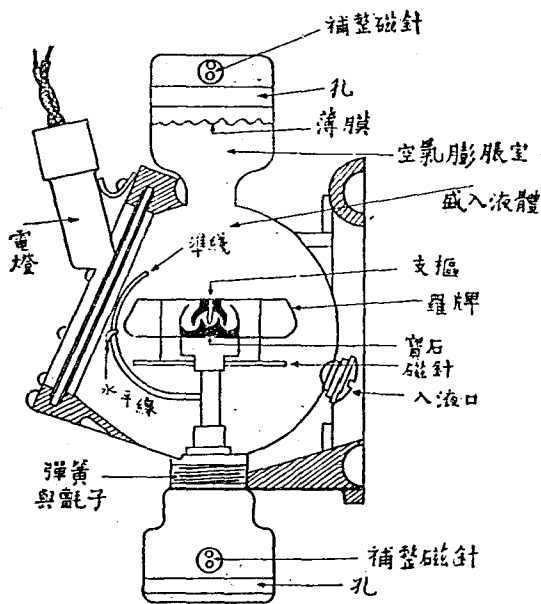
合物或以純粹無色無

酸之煤油代之。

膨脹室所以預防溫度

上昇者也。

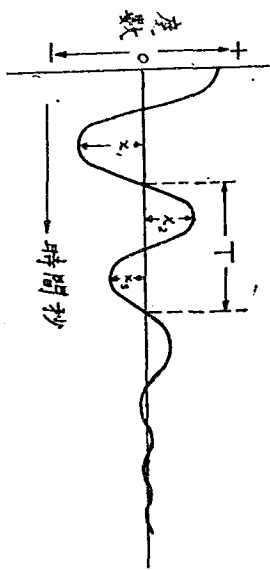
B-3式磁氣羅針儀



羅盆所以盛減震液，裝置羅牌者也。以圓

四、羅牌之振動 (The oscillation of magnetic compass)

羅牌之振動為制動振動 (Damping oscillation) ，可以曲線圖以說明之。



X = 振幅 (Amplitude)

T = 週期 (Period)

δ = 振幅比

$$= \frac{X_2}{X_1} = \frac{X_3}{X_2} = \dots$$

週期之長短依羅牌之慣性能率，及磁力之強弱，及振動減衰率而定。

例如 I = 慣性能率

航空儀器學

M = 磁力之強度

λ = 振動減衰率

H = 地磁器水平分力

T = 週期

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{MH}{I} - \lambda^2}}$$

磁力愈弱則週期增加。

五、機磁差發生之原因

磁針之偏差有兩種

a 地磁差 (Variation)

此爲地磁子午線與真子午線之偏差。

b. 機磁差 (Deviation)

飛機上羅針儀磁針之方向與地磁子午線所成之偏差。

機磁發生之原因

1. 因永久磁性物而發生者
2. 因感應作用而發生於暫時者
3. 因磁氣器具之作用而發生者 (F. G. Generator or Magnet)

注意

(a) 交流對於羅針雖不發生差誤，但有力之強交流接近于羅針則可以減少羅針之磁力。

(b) 發電機磁電機等含有強磁力之器具可以軟鐵蓋遮蔽之以

防避其對磁針之作用，以免發生差誤。

六、修正之原理及方法

設 M_1 為兩磁極之強，而兩極相隔之距離為 r ，則兩極間所作用之力 F 可以次式代表之。

$$F = K \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$K =$ 常數依單位而變，
 用 C. G. S. 單位則為——。

例如 F 為發生針差之合力而作用於羅針之上，則修正針差時宜設法將 F 力消滅之，始能達到修正之目的。

假定上式中 M_1 為羅針之磁力， M_2 為修正用磁鐵之磁力， r 為兩極間之距離。則於修正之時，變更 M_2 之量固可，或使 M_1 之量不變，而變更其對於羅針之距離，亦能發生同樣效果。修正之

精度以變更距離者爲優。但此式下部甚長，佔住地位，故小型飛機與戰鬥機仍不合用。僅長途航行力求精確者用之。

七、機磁差之分析及修正法

羅針之偏差由於飛機上之恆磁及暫磁 (Permanent Magnet and Aparent magnet) 所發生者，依其相對位置不同而異其值，可分五類表解于後。

羅針偏差之原因及修正法

類別	原因	結果	平均值	修正法
A ⁺	羅盤未裝正，致磁線不與飛機縱軸平行，或不稱之散布有在。	對於各種方向，發生一樣偏差。	八個主要方向之平均偏差。	(十)區時針方向轉動之。(一)依時針方向轉動之。
A ⁻	鐵磁存在。			

+	B	極磁水平縱軸分力，北極向前。	使羅針偏於機頭，東西最大。	取東西平均值西值變號。	修正磁鐵，南極向前。
-	B	同上南極向前。	使羅針偏機尾，東西最大。	值變號。	修正磁鐵，南極同後。
+	C	極磁水平橫軸分力，南極向左。	使羅針偏於右邊，南北最大。	取南北平均值南值變號。	修正磁鐵，南極同右。
-	C	同上南極向右。	使羅針偏於左邊，南北最大。	值變號。	修正磁鐵，南極同左。
+	D	暫時感應磁氣水平軸橫軸分力。	使羅針偏於機尾，象限中點，最大。	取各象限中點平均值，二三象限中點值變號。	加軟鐵球於橫軸方向。
-	D	同上水平縱軸分力。	使羅針偏於機頭，象限中點最大。		除去橫方軟鐵球，或加軟鐵球於縱軸方向。

BC兩種又稱半圓針差 (Semi circular deviation)

D種又稱象限針差 (Quadrantal deviation)

偏東爲正應由指度中減去之。偏西爲負應加入指度之內。

八、飛機磁差之測定 (Swinging the Aeroplane)

飛機上之羅針對於磁氣子午線之偏差謂之機磁差或簡稱爲機差，機差之測定法有二種。

- a, 空中測定法 (Swinging when flying)
- b, 反復測定法 (Swinging by Reciprocal bearing)
- c, 地上測定法 (Swinging the Aeroplane at ground)

詳細見航行學中，茲因限于篇幅，故省之。

九、使用磁氣羅針時自然發生之差誤

羅針于使用時除地差機差外又自然發生下記三種差誤。

1. 加速度差誤 (Acceleration errors)
2. 北轉彎差誤 (Northerly turning errors)
3. 渦動差誤 (Eddy errors)

第七章 發動機用儀器 (Engine instruments)

一、發動機用各種儀器

- a, 轉數表 (Tachometer or revolution counter)
- b, 溫度表 (Thermometer)
- c, 壓力計 (Pressure gauge)
- d, 油量計 (Fuel depth gauge)
- e, 流量計 (Flow-meter)

一二、轉數表 (Tachometer)

a, 用途 轉數表者所以測定發動機主軸或螺旋槳之速度者也。速度以每分鐘內之轉數爲單位，以鋼絲索 (Flexible drive) 將

轉數表連結於發動機導輪軸上，則發動機之動作經過鋼絲索與轉數表各部，而達於指針之上，以表示每分鐘之轉數。且轉數表之應用非僅表示發動機之速度，兼可檢示發動機各處之毛病及其性能。可使發動機取效率最大之速度轉動。可以檢查發動機有無振動之缺點。凡此種種皆可觀察指針之度數以調節之。

飛行之時或考察飛機之性能時，均宜注意發動機之轉數，故轉數表實一極重要之儀器也。

b, 種類 轉數表種類甚多，可以構造原理別為各種。

1. 時計式轉數表

2. 離心力式轉數表

3. 空氣粘性式轉數表
4. 空氣唧筒式轉數表
5. 發電機式轉數表
6. 水銀粘性式轉數表
7. 磁氣式轉數表
8. 自記轉數表

三、時計式轉數表

此種有齒輪與旋轉軸，時而啮合，時而分離，能表示一定時間內之總轉數，因此可以測出一定時間內之平均轉數。齒輪之旋轉傳於指針而現於轉數盤之上。齒輪啮合時則指針動。齒輪與旋轉軸啮合時賴時計裝置以調節之故有音響。

四、離心力式轉數表

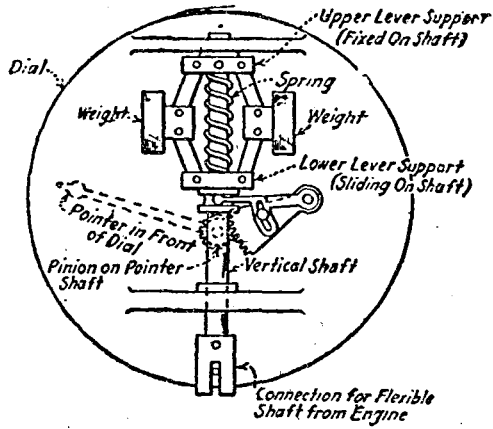


FIG. 237.—Centrifugal tachometer, diagram of mechanism.

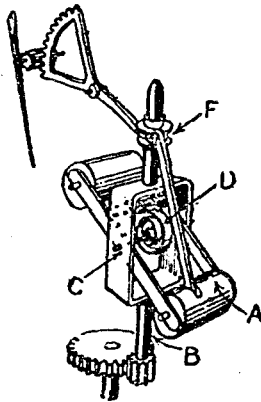


FIG. 64 — Diagrammatic sketch of principle of centrifugal instruments

A = 重錘 (Weight)

B = 轉軸 (Rotating shaft)

C = 樞 (Pivoted point)

D = 渦捲彈簧 (Coiled spring)

E = 滑套 (Sliding collar)

旋轉軸上所懸之物體，軸旋轉時因離心力之作用對於軸之中心線有遠離之傾向。離遠之量與旋轉速度成一定之比例，故可連結發條傳於指針以表示之。發條與離心力相平衡則指針停於一定地點。但此對儀器所表示者為瞬間速度。時計式指針所表示者為一定時間內之轉數也。

此外有液體離心力轉數表，利用液體之離心力使之與水壓平衡

而造成者也。

五、空氣粘性式轉數表

假定有二圓壩，同一直軸，一固定，一滑動。則固定者旋轉之時，他壩受兩間空氣之粘性作用，牽動旋轉，若以渦捲彈簧而平衡之，則利用彈簧之伸縮力傳於指針之上可以表示轉動之度數。但指針所表示之速度與離心力式者相同，為瞬間之速度。

六、空氣唧筒式轉數表

若以空氣唧筒連結於旋轉軸，送空氣於漏孔之室，使其壓力傳於羽片，再設以彈簧與指針之裝置，則可利用空氣壓力以測定旋轉之速度也。

七、電機式轉數表

發電機之起動力實與旋轉器之轉數成正比例，故可以利用精確電壓表或電流表，直接測量電力，間接可以測量速度。

八、水銀粘性式轉數表

圓筒中盛水銀，上浮活蓋。圓筒轉動時，則水銀之粘性能使活蓋隨之移動，可連一彈簧，與一指針以之測定轉數。

九、磁氣式轉數表

以馬蹄恆磁旋轉於電氣良導體圓筒之附近，則圓筒之上發生渦轉電流。(Foucault current or Eddy current)。渦捲電流所發生之磁力，能使另一圓筒移動，故可連結彈簧與指針以測定轉數。

轉數表之種類其多如此，時計式者因有音響故只宜於低速發動機之應用。高速發動機所用概多遠心力式或發電機式等。

十、遠距離轉數表

若轉數表與發動機相隔甚遠，則前述有屈撓性之鋼絲索容易發生毛病，故不合用。此時宜用電氣式者為佳。因距離甚遠，故有是名。

十一、速度自記器 (Engine speed Recorder)

此與前述自記速度計，構造大約相同。轉數表指針上有墨水使之在時計裝置 (Clock work) 所轉動之圓筒上之白紙描畫曲線，以表示轉數對於時間之變化關係者也。

十二、溫度計 (Thermometer)

a, 溫度計之用途。

溫度計者所以測定滑油之溫度，與水涼式發動機用水之溫度者也。普通所用者皆為遠距離式，即溫度計之圓表雖裝於儀器板上，可以導管連結於本體置於遠處油箱或水箱適當地點，以測定滑油或熱水之溫度者也。溫度以攝氏零度至百度為止。最適宜之溫度為攝氏八十度。溫度計因導管甚長，以能不受外界影響而變溫度為要，必如此始能表示滑油與熱水真確之溫度也。

b, 溫度計之種類

1. 壓力式溫度計

液體蒸氣壓力式
氣體壓力式
液體壓力式

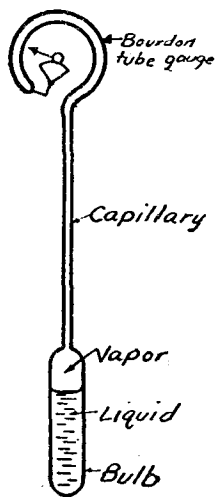
2. 電氣式溫度計

各種皆有長管連於壓力計，壓力計中有 Bourdon 伸縮管，管之伸長與溫度增加成比例，故能利用其膨脹率發生動作，傳於指針以表示溫度。

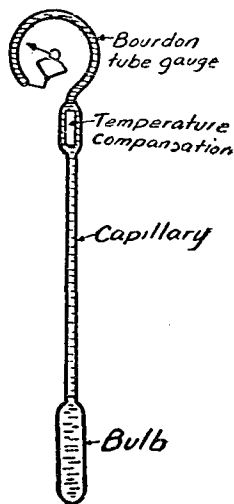
亦有以 Coiled Bourdon tube 以代 Bourdon tube 者請看下面兩圖。

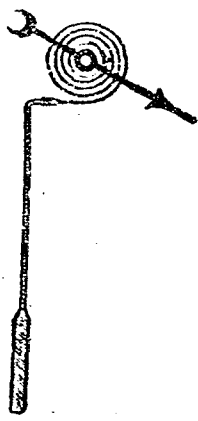
航空儀器學

液體蒸氣式溫度表

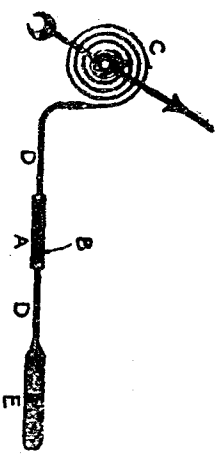


液體壓力式溫度表





—Diagram of oil temperature thermometer



—Compensating links of Negretti and Zambra thermometer.

C = 螺旋管子 (Coiled Bourdon tube)

D = 毛細管 (Capillary tube)

A = 圓筒形鋼室 (Cylindrical steel chamber)

B = (銀合金棍 Rod of invar)

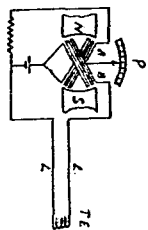
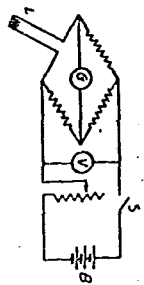
E = 圓莖 (Bulb)

AB = 補整器 (Compensator)

電氣式溫度計又分兩種，一種利用電氣阻力之變化以測量溫度，一種利用熱電偶(Thermo couple)以測量溫度。

利用阻力之變化者

ELECTRIC RESISTANCE THERMOMETRY



AB = 交互垂直線輪

P = 尺度

NS = 磁極

LL = 導線

Te = 熱源

十二、壓力計(Pressure gauge)

壓力計以之測量滑油系之壓力，及汽油箱內空氣之壓力者也。滑油系中之滑油無相當之壓力不能達到圓滿潤滑之目的，滑油箱中之空氣無相當之壓力亦無力供給氣油於氣化器。壓力計之

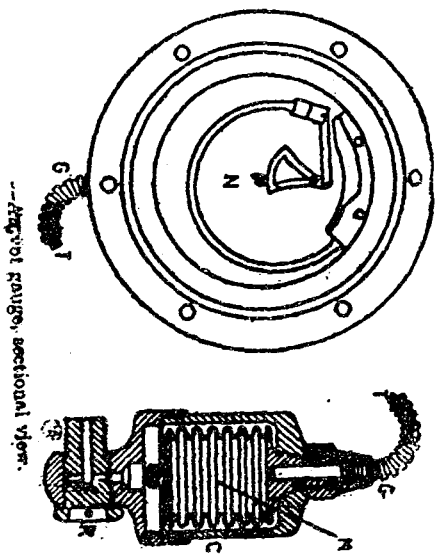
構造與蒸氣壓力溫度計之構造大概相同。

滑油之壓力

1.0~2.5 K.g./cm²

汽油箱內空氣之壓力

0.2~0.4 K.g./cm²



--- Bourdon gauge, sectional view.

N = Bourdon gauge

G = 伸縮管

T = 毛細管

M = 隔膜 (Septum)

O = 箱子 (Case)

R = 接頭

十四、油量計 (Fuel depth gauge)

氣油箱內所盛之氣油雖高度一樣，油量之多少則依油箱之形狀而異，故精確之油量計頗難設計製造。

油量計約分下列各種

a 玻璃管式

b 浮塞式

c 氣壓式

d 電氣式

玻璃管式者，油箱之側裝一玻璃管以測量油之多少。

浮塞式者看下圖自明

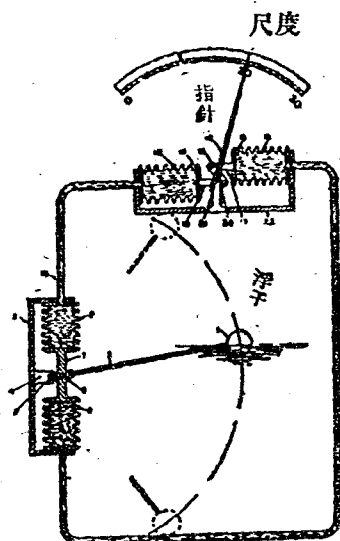
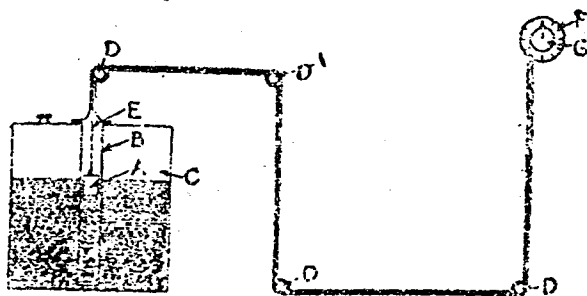


FIG. 245.—Gasoline-level gage, remote-reading type. (Courtesy the Liquidometer Corp.)

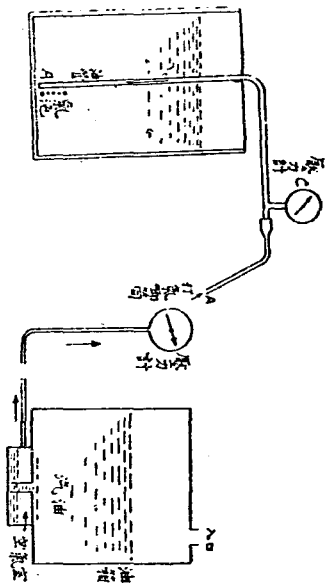


float and Kregman gauge.

A = 浮塞 E = 線 D = 滑車 G = 指示盤

氣壓式者則利用空氣之壓力，驅動指針以測定油量之多少者也。
 。請看下記各圖自明。

氣壓力油量計各種



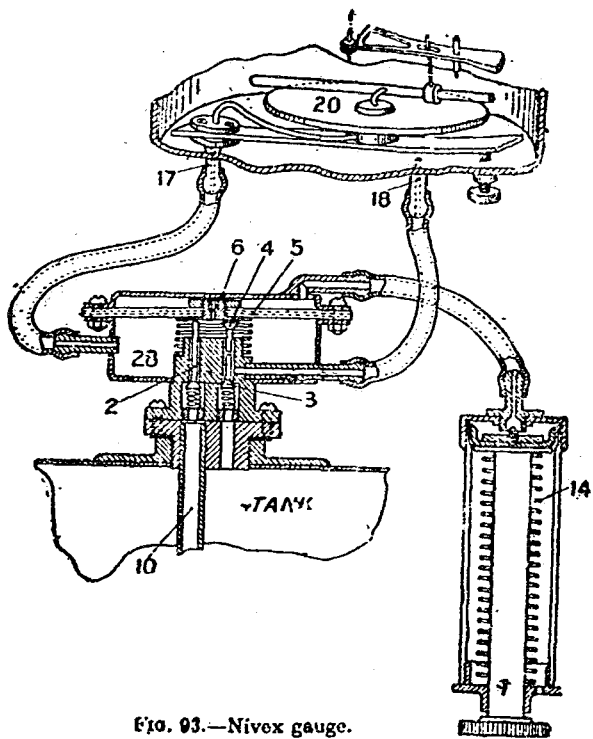


FIG. 93.—Nivex gauge.

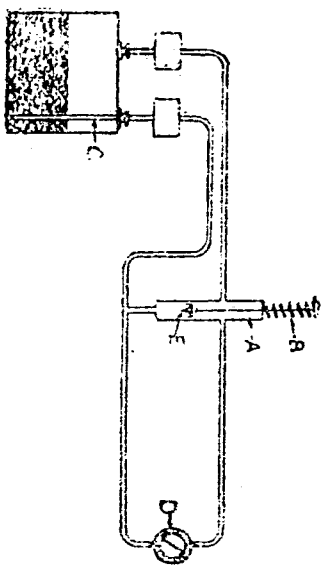


Fig. 92.—Lift Gauge.

Oil 油量計各部名稱

A = 唧筒 (Hand pump)

B = 彈簧 (Spring)

C = 浸管 (Dip pipe)

D = 指示器 (Indicator)

航空儀器學

E = 活塞 (Piston)

Nivex 油量計各部分名稱

2 }
3 } = 氣門 (Valve)
4 }

5 = 薄膜 (Diaphragm)

6 = 小孔 (Small hole)

10 = 浸管 (dip tube)

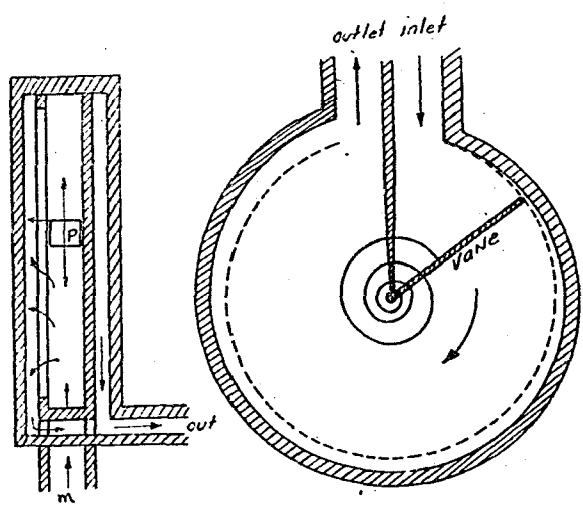
14 = 彈簧 (Spring, 在手動唧筒內)

17 }
18 } = 管子接頭 (Tube joint)

20 = 空盒 (Capsule)

28 = 操縱器內之氣室 (Space of Controller)

十五、流量計 (Flow meter)



Schroeder Flow Meter

R.A.E. Flow Meter

流量計所以測量單位時間內供給油量之多少者也。單位面積通過之油量與流動之速度成比例故稱流量計。

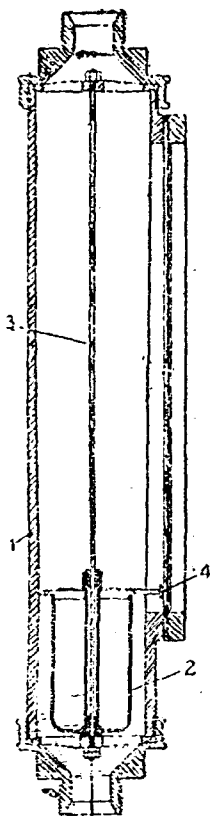


FIG 34.--Mass flow meter

凡為指示器，流速則凡上昇，反之下降。Vane 亦為指示器，流速則
 依矢示方向移動。馬氏流量計 (Mass flow meter)

1. 銅管 (Brass tube)
2. 沈塞 (Sink)
3. 導桿 (Guide rod)
4. 指針 (Pointer)



版權
所有
不准
翻印

中華民國二十三年十二月初版

中央航空學校教育處編印

教
寄
贈

(6)

21