

中等專業學校教學用書

學表儀機飛

下 冊

Д. А. БРАСЛАВСКИЙ, С. С. ЛОГУНОВ 著
林士譔 黃俊欽等譯

高等教育出版社

中等專業學校教學用書



飛 機 儀 表 學

下 冊

Л. А. 布拉斯拉夫斯基, С. С. 羅古諾夫著
林 士 謬 黃 俊 欽 等 譯



高 等 教 育 出 版 社

本書係根據蘇聯國防出版社航空書籍總編輯所 (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教育司審定為航空中等技術學校教學參考書。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參考之用。

本書除了講述航空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。

本書中譯本分上下兩冊出版。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。下冊內容包括後六章。

參加本冊翻譯和校訂工作的為北京航空學院林士諤、黃俊欽、馬積民、秦德榮等。

飛 機 儀 表 學

下 冊

書號 242 (課 220)

布 拉 斯 拉 夫 斯 基 羅 古 諾 夫 著

林 士 諤 黃 俊 欽 等 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 瑞 瑞 廠 一 七 〇 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上 海 天 通 巷 路 一 九 〇 號

開本 850×1168 1/32 印張 10 3/16 字數 230,000

一九五五年二月上海第一版

印數 1—2,500

一九五五年二月上海第一次印刷

定價 羊 17,500

下 冊 目 錄

第五章 電氣式儀表	183
§ 25 電氣式航空儀表的概念	183
§ 26 直流電定律	184
基本概念及測量單位	184
歐姆定律	185
導體的串聯與並聯	186
金屬的電阻與電導	187
用電流使導體發熱	189
§ 27 磁學	190
基本概念	190
磁場對永久磁鐵的作用	193
強磁性材料	194
§ 28 電磁學	195
電流產生的磁場	195
磁場對電流的作用	198
電磁感應	200
傅科渦流	202
§ 29 交流電定律	202
正弦波形交流電	202
感應電阻	204
電容器與電容性電阻	206
交流電路中的歐姆定律	208
電流及電壓的有效值、功率	210
交流電的發生	211
三相電流	212
§ 30 飛機上的電網	213
飛機上的電源	213
調節箱	216
配電板	216

電門與換向電門	218
可熔性保險絲	219
自動保險器	220
接線箱	220
插銷接頭	221
電線	222
裝導線的金屬套	224
套管與軟管的固定	225
對安裝的要求	225
§ 31 電流計及電流比計	226
電氣式航空儀表的指示器	226
磁電式電流計	226
框內磁鐵式電流計	228
電流比計	229
活動磁鐵式儀表	229
§ 32 電阻式溫度表 TM9-41, TB9-40, TK9-41 及 TM9-45 型	230
功用	230
作用原理	231
指示器	233
TM9-41 式感受器	236
連接導線	237
誤差	237
感受器在安裝前的檢驗	238
溫度表在飛機上的安裝	238
TM9-45 電阻式溫度表	243
§ 33 熱電偶式汽缸頭溫度表 THT-9	243
功用	243
作用原理	243
感受器	245
指示器	246
THT-9 式溫度表在飛機上的安裝	249
§ 34 電氣式廢氣分析器 ГЭА-50	251
發動機汽缸中燃料的燃燒現象	251

廢氣分析器構造原理	254
傳感器	257
指示器	258
廢氣分析器的誤差	259
安裝用的零件	259
廢氣分析器的安裝	261
飛行前廢氣分析器的準備工作	261
飛行中廢氣分析器的使用	262
飛行後廢氣分析器的檢驗	263
§ 35 ЭДМУ 共用式電氣遠距壓力表	264
功用	264
作用原理	265
壓力感受器的構造	268
指示器的構造	269
實驗室的檢驗	271
ЭДМУ儀表的安裝	272
§ 36 ТЭ-22 電氣遠距離雙針式轉速表	272
功用與作用原理	272
構造	275
轉速表的安裝	277
全組轉速表的誤差	280
ТЭ-44 轉速表指示器	280
ТЭ-45 轉速表指示器	282
§ 37 電氣式遠距離油量表 БЭ-40	282
功用與構造	282
БЭ-40 式油量表的指示器及傳感器	282
全組油量表的誤差	285
БЭ-46 電氣式油量表	286
§ 38 ББЭ-40 電氣式遠距離綜合油量表	286
功用及構造	286
БЭ-40 及 ББЭ-40 式油量表在飛機上的安裝	288
§ 39 УЗ-40 電氣式襟翼位置指示器	290
功用	290

ДЗ-40 傳感器及 VЗ-40 指示器	290
全套儀表的主要數據	292
飛機上的安裝	292
§ 40 АPT-41 溫度自動調節器	292
功用	292
作用原理	292
APT-41 自動器的元件	296
溫度調節器的傳感器 ДPTБ-41	296
電磁式雙重繼電器 PЭД-43	298
軟軸及其附件	300
VP-2 遠距離操縱的電動機械	300
換向電門	302
APT-41 自動器的安裝	302
APT-41 自動器的調諧	303
第六章 遠距指示磁羅盤	306
§ 41 遠距指示羅盤的問題	306
引言	306
遠距指示羅盤的分類	306
帕定式遠距指示羅盤	307
馬格涅信式遠距指示羅盤	310
§ 42 電位計式遠距指示羅盤 ПДР-44	311
作用原理	311
ПДР-44 傳感器	313
ПДР-44 指示器	315
ПДР-44 羅盤的基本數據	317
ПДР-44 的安裝	318
消除羅差	321
ПДР-44 羅盤的使用	321
第七章 機械式儀表	323
§ 43 離心力式轉速表	323
功用及作用原理	323
構造	325
軟軸	325

轉速表與軟軸的安裝	327
離心力式轉速表 TII-45	328
§ 44 加速度表	329
功用及作用原理	329
構造	330
第八章 航行儀器	333
§ 45 ОНБ-1М 瞄準鏡	333
功用及構造	333
偏流角的測定	335
地速的測定	336
§ 46 風速計算器	336
功用及構造	336
從兩個偏流角測定風速法	339
§ 47 航空計算尺	339
功用及構造	339
第九章 陀螺儀表	342
§ 48 力學上的基本知識	342
絕對與相對運動	342
線進的與旋轉的運動	342
瞬时速度的觀念	344
力的合成與分解	344
物體在力的作用下產生的加速度	345
地心吸力加速度	347
物體質量及慣性矩的計算	347
物體在加速度運動中所產生的力	348
自由度	349
重心及各種平衡狀態	350
摩擦力	351
§ 49 陀螺儀在飛機上的應用	352
§ 50 陀螺儀及其特性	355
陀螺儀的概念	355
三自由度的陀螺儀	356

自由陀螺儀的表觀運動	360
有方向作用力的陀螺儀	363
二自由度陀螺儀	367
§ 51 轉彎速度指示器及側滑指示器	369
功用	369
轉彎速度指示器的作用原理	370
側滑指示器的作用原理	373
轉彎速度指示器與側滑指示器的構造	374
實驗室校驗	377
§ 52 航空地平儀 АПН-2	377
功用	377
作用原理	379
構造	384
АПН-2 航空地平儀的工作情況	386
§ 53 АГ-2 航空地平儀	387
構造	387
АПН-2 及 АГ-2 航空地平儀的實驗室檢驗	388
§ 54 陀螺方向儀	389
功用	389
作用原理	390
構造	392
§ 55 陀螺磁羅盤 ГМК-2	393
功用	393
作用原理	394
構造	399
ГМК-2 的工作情形	400
ГМК-2 的羅差及羅差修正機構的構造	401
ГМК-2 實驗室校驗	402
§ 56 陀螺儀表氣源的供應	403
氣源供應	403
文氏管	404
АК-4 真空泵	406

真空及壓力調節器	407
濾塵器	410
安裝用零件	411
真空吸氣源系統	414
壓力供氣系統	416
陀螺儀表的機上檢驗	419
陀螺儀表在飛機儀表板上的安裝	421
陀螺儀表真空吸力的檢驗	422
第十章 自動駕駛儀	423
§ 57 自動駕駛儀的用途及其工作原理	423
功用	423
飛機繞各主要穩定軸的穩定	423
最簡單的航向自動器	424
比例式調節及返回聯動裝置	428
裝有返回聯動裝置的航向自動器的動作	429
§ 58 自動駕駛儀 АП-42	431
АП-42 航向自動器的陀螺方向儀	431
飛機繞 ZZ 軸的自動穩定	433
飛機繞 XX 軸的自動穩定	435
氣壓系統	435
液壓系統	435
電路	437
自動駕駛儀 АП-42 中可能的變化	438
§ 59 自動駕駛儀 АП-42 的構造	438
航向自動器	439
航向陀螺儀的修正	446
用無線電定向儀作航向修正	447
縱向及橫向穩定自動器	448
安裝座	451
液壓機件組	451
舵機	458
液壓油箱	459
雙針式壓力表	459

餘油箱	460
空氣壓力調節器	461
濾油器	462
回油及回氣活門	461
自動駕駛儀系統的動力源	462
遠距離操縱機構	463
自動駕駛儀 AII-42 的主要特性	465
§ 60 自動駕駛儀 AII-42 在飛機上的安裝	466
飛機上各機件組的配置	466
操縱系統的安裝	469
返回聯動裝置的安裝	470
自動駕駛儀起動系統的安裝	474
液壓系統的安裝	474
氣壓系統的安裝	476
電路的安裝	477
§ 61 自動駕駛儀 AII-42 的試驗	477
安裝檢查	477
安裝後的試驗	479
飛行前自動駕駛儀的試驗	480
飛行中的試驗	480
§ 62 自動駕駛儀 AII-42 的使用	482
飛行前自動駕駛儀的檢查	482
飛行中自動駕駛儀的使用	482
自動駕駛儀的維護	483
§ 63 自動駕駛儀 AII-45	484
自動駕駛儀 AII-45 的設計原理	485
AII-45 航向自動器陀螺機件組的構造	488
AII-45 橫向及縱向穩定自動器陀螺機件組的構造	490
AII-45 的安裝及使用	490
§ 64 電氣式自動駕駛儀的問題	490
結尾語	491
中俄文名詞對照表	493

飛機儀表學

第五章 電氣式儀表

§ 25 電氣式航空儀表的概念

隨着能在空中飛行許多小時的多發動機巨型飛機的出現，對飛行及複雜的航空發動機工作的操縱，也必須予以更多的注意。由於飛機尺度的增大，使發動機可能離開操縱者達到許多米以上的距離。電氣工程的巨大發展，幾乎涉及到所有的技術部門，因而也不可能不影響到航空事業。飛機上出現了完善的電氣設備，以完成一系列的輔助作用，供給無線電站的電源及照明等。

使用電線傳遞訊號的方便性及遠距離測量法的發展，促成了飛機上電氣儀表的出現。非電氣式儀表中的距離長遠的軟管傳輸線也像導管一樣，無論使用或替換時，是既不可靠，也不方便的。電氣式儀表中，則使用電線以實現遠距離傳輸。電氣測量儀表最常具有的為指針及轉動部份，在任何電量變化影響下，指針軸上，均可產生轉動力矩。在絕大多數情形下，航空電氣儀表並非測量電量，而是測量完全另一種性質的物理量，例如，溫度、速度、容積等。因此，必須設置一種中間機構，以便將被測量的非電量變成電量。

電氣測量儀表的主要優點即為可使測量指示儀表，離開測量處所至任一距離，也就是說，可能獲得遠距離測量儀表。目前，電氣式航空儀表，在飛機上已佔據着主要的地位。

航空自動器的發展，也正沿着利用電氣裝置的道路前進。在我們的飛機上，已經出現了及使用着電氣自動式的溫度調節器；已經研究出

電氣式自動領航儀；電氣式自動駕駛儀正代替着液壓式自動駕駛儀；氣動式陀螺儀也正被電動式陀螺儀所代替。

儀表設計者們，正在致力於研究更準確，更方便，可能解決所有更複雜問題的新式儀表。使人們更容易地操縱發動機，和幫助人們更準確地，以及更好地在任何氣候下，引領飛機的新式電氣儀表將逐年地出現。

§ 26 直流電定律

(一)基本概念及測量單位 電流為電荷沿導線的移動。當電流通過金屬導線時，電子即為電荷的攜帶者。電子為具有負電荷的，最原始及極度微小的電量。在實用單位系統中，通常採用一個庫侖作為電量或電荷的單位，即相當於 6.3×10^{18} 個電子的電荷。

要想直接看到電子在導線內的運動和測量電子的數量是不可能的，因此，我們只能根據電流引起的物理及化學現象去判斷電流的存在。在電場作用下，金屬內的電子即產生從負電位到正電位的定向運動。同時電子在它裏面移動的介質，對電子的運動給予阻力。這阻力即稱為電阻，其數值與導線的粗細和材料有關。

電阻的單位用歐姆(1Ω)，即截面為一平方公厘，長 1.063 公尺(質量 14.4521 克)的水銀柱在零度時的電阻。

單位時間內流過導線截面的電荷量稱為電流強度或簡稱電流。電流的單位為一安培(1 A)，等於一秒鐘流過一庫侖電量的電流^①。

工程中規定電流的方向，是從正電位到負電位，亦即與電子運動的方向相反。

正如前面說過的，電子在運動時會受到介質的阻力。要克服這個阻力便需要消耗能量，該能量須由電源來抵償。在單位時間內電源所

① 利用電流的化學現象，從 AgNO_3 溶液分解出純銀 1.118 千分克/秒的電流，通常即作為一安培。

輸出的能或導線所消耗的能，稱為**功率**。

單位電流從電源輸出的功率稱為**電動勢**(簡寫為 $\mathcal{E}$ 或 $\mathcal{E}_C$)。

在導線中輸送單位電流所需消耗的功率稱為**電壓降**或簡稱**電壓**。電動勢與電壓的區別在於電動勢是指整個線路而言，而電壓則指線路中的個別部份而言，亦即電壓是整個線路電動勢的一部份。

電動勢與電壓的單位採用一伏特(1 V)，即電阻為一歐姆的導線上通過一安培的電流時所產生的電壓。

功率的單位是用一瓦(1 W)，即等於導線兩端的電壓為一伏特時流過電流一安培所消耗的功率。

(二)**歐姆定律** 最簡單的直流線路，由電阻為 R 的導線將兩極接通的電源而組成(圖 150)① 在簡單電路中任何地方的電流都是一樣，可由歐姆定律求得：

$$I = \frac{E}{R + R_0},$$

其中 E —電源的電動勢；

R_0 —電源的內阻。

電源的電動勢及電源兩極間的電壓，應加以區別。所謂電源電動勢，是指電源的兩極斷開時，即外線未接通時，在 AB 兩極間所形成的電位差，而兩極接通時， A 點與 B 點間的電位差，則稱為電壓。電壓 U 並不等於電動勢 E ，其大小視導線的 R 與電源內阻 R_0 間的關係而定。

對無分支的電路(圖 150)而言，用歐姆定律可得

$$E = IR + IR_0 = U + IR_0$$

$$U = E - IR_0 \text{ ②}。$$

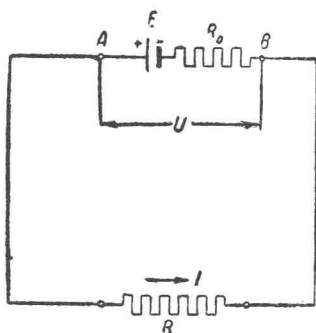


圖 150 無分支的直流電路。

① 在草圖中電源的內阻 R_0 有時須分開表示。

② 這個關係是克希霍夫 (Кирхгоф) 第二定律，在一般情況下可寫成下面的形式
閉合迴路中各部份電壓降之和應等於這迴路中的電動勢的代數和。

因此電壓 U 要比電動勢 E 小 IR_0 。電流與電阻之乘積稱為電壓降。從前面得到的關係可以看出，電源電動勢等於線路外部的電壓降 $U = IR$ 和線路內部的電壓降 $U = IR_0$ 之和。

由歐姆定律 $\left(I = \frac{E}{R + R_0}\right)$ 又可以得出以下結論，即當電源的電動勢為一定時，電路中的電流須視電路中的電阻 R 而定，此電阻稱為負載。

當電阻 R 減少時，電流 I 增加。 $R = 0$ 時，電流增到最大。這種情形稱為短路，而這時的電流 I 則稱為短路電流 (I_{K3})。

短路電流等於電源電動勢與電源內阻之比：

$$I_{K3} = \frac{E}{R_0}。$$

(三)導體的串聯與並聯 如果迴路是由 R_1, R_2, R_3 等等(圖 151)電阻串聯而成，則迴路的總電阻應等於各個電阻之和。

$$R = R_1 + R_2 + R_3。$$

A, B 兩點間的電壓便等於各個電阻上電壓降之和。

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3。$$

當若干個導體串聯時，整個迴路的電流都相等，而各部份的電壓降與各部份的電阻成正比。

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}; \quad \frac{U_2}{U_3} = \frac{R_2}{R_3}。$$

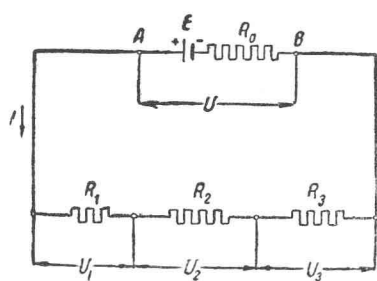


圖 151 導體的串聯。

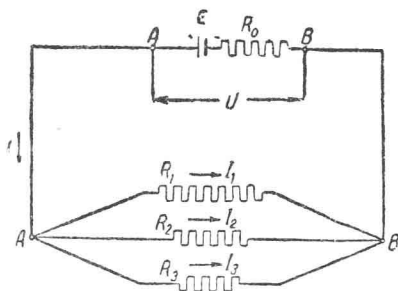


圖 152 導體的並聯。

當 A 與 B 兩端之間包含幾個並聯電阻 R_1, R_2, R_3 等時 (圖 152), 則每一個電阻上的電壓降都相等, 而在各電阻上的電流則不相等:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U}{R_3}。$$

這些電流都與電阻成反比:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}; \quad \frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_2}。$$

流過迴路的總電流應等於流過各個並聯支路電流的總和^①。

$$I = I_1 + I_2 + I_3。$$

在 A 與 B 兩點間並聯支路愈多, 則 A 與 B 兩點間的電阻愈小。

從上面得到的關係, 可以求出並聯迴路的總電阻, 兩個導體並聯後的總電阻應等於

$$R_{II} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}。$$

三個導體並聯後的總電阻則等於

$$R_{III} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}。$$

(四)金屬的電阻與電導 金屬導體電阻的數值須視導體的粗細材料與溫度而定。

全長具有一不變截面積導體的電阻, 可由下式求得

$$R = \rho \frac{l}{q},$$

其中 l —導體長度(公尺);

q —導體的截面積(平方公厘);

ρ —導體的電阻係數 $\left(\frac{\Omega \text{ 平方公厘}}{\text{公尺}}\right)。$

電阻係數 ρ 須視導體材料而定, 其數值即為截面積為一平方公厘,

① 這個等式係由克希霍夫第一定律得出; 該定律稱: 流入電路中某點的電流的總和, 應等於從該點流出電流的總和(參閱圖 152 上 A 點或 B 點上的電流)。

長度爲一公尺的導體的電阻。

計算中有時可使用與電阻係數成倒數關係的**電導係數**：

$$R = \frac{l}{\gamma q},$$

其中 $\gamma = \frac{1}{\rho}$ 。

金屬的電阻係數須視其成份而定。例如：在銅裏面具有 0.1% 的鐵或 0.001% 的瞬時，銅的導電性便可減少 10%。

在加熱時，純金屬及大多數合金的電阻都會增加。

在溫度從 0° 至 100°C 間，金屬的電阻通常按下列的定律增加：

$$R_t = R_0(1 + \alpha t),$$

其中 R_0 —在 0°C 時的電阻；

α —電阻溫度係數；

t —溫度，°C。

在實際計算中通常不用 0° 時的電阻值，而用 20°C 的電阻值。在這情形下，因爲 R_0 爲未知數，所以要用上述的公式計算導體受熱後的電阻是比較困難的。

利用能給出導體在任何兩溫度下的電阻比例的更一般方程式將更爲方便：

$$\frac{R_{t_1}}{R_{t_2}} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2},$$

其中 R_{t_1} 與 R_{t_2} 是在溫度 t_1 與 t_2 時導體的電阻。

若在 20°C 時導體的電阻 (R_{20°) 爲已知，將 $t_2 = 20^\circ\text{C}$ 代入前面得到的公式：

$$R_{t_1} = R_{20^\circ} \frac{1 + \alpha t_1}{1 + 20\alpha}.$$

則可求得此導體在任何溫度 (100°C 以下) 的電阻。

電阻係數，電導係數及溫度係數的數值列於第六表內。