

電機工程材料

趙松編著

商務印書館

電 機 工 程 材 料

趙 松 編 著



商 務 印 書 館

電 機 工 程 材 料

趙 松 編 著

★版權所有★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

中 國 圖 書 發 行 公 司 總 經 售

商 務 印 書 館 北 京 廠 印 刷

※(61414)

1953年3月初版 1953年11月再版

印數5,001--7,000 定價¥9,000

序 言

電機工程的進展，有賴於優良材料的供應。凡是從事電機工程工作的人員，不僅應熟知電工理論，對於材料的性能與運用，也應有足够的知識。至於更進一步的研究材料的製造，發掘材料的來源以至發明和創造新的優良材料，也是電機工程人員的重要任務。

編者有感於中文關於電機工程材料的書籍的缺乏，而又為許多電機工程工作者所迫切需要，就將過去在阜新工科高級職業學校任教電工材料所編的講義重新整理，並且搜集現場實際資料彙集而成為這本書。內容包括導電材料、絕緣材料、磁性材料、構築材料四編，針對電機工程中所用的各種材料作比較系統的講述。除了可供一般中等技術學校採做課本以外，還適於現場人員參考之用。

以本書採做課本時，如每週授課三小時，在一學期內可以全部講完。根據編者經驗，講授每種材料時，若能搜集實物或標本，據實解說，在可能的條件下，輔以示範性的實驗，當可避免枯燥乏味與强行記憶的困難。

電機工程所用的材料包括範圍很廣，涉及其他學科的知識極多；欲做較深的研究，必須具備有足够的化工、冶金、機械、物

理等學識。編者由於學識的限制，不能完全達到這樣的要求。
書中如有不正確的地方，還希望讀者及專家予以指正。

趙 松 一九五一年十月，大連

目 錄

第一編 導電材料

第一章 導電材料概說

第一節 導電材料的分類	1
第二節 電阻係數及導電率	1
第三節 電阻溫度係數	4
第四節 抗張強度及伸長率	4

第二章 電線

第一節 概說	6
第二節 線規	6
第三節 裸電線的分類	7
第四節 銅線	9
第五節 鋁線	18
第六節 鐵線	22
第七節 絕緣電線	22
第八節 橡膠絕緣電線	24
第九節 電力用電纜	28

第三章 電阻材料

第一節	概說	33
第二節	儀器用電阻材料	33
第三節	調節電流用電阻材料	35
第四節	電熱用電阻材料	37

第四章 特殊導電材料

第一節	碳電極	42
第二節	碳電刷	43
第三節	熔線	44
第四節	接點材料	46
第五節	銲接材料	48

第二編 絕緣材料

第五章 絕緣材料概說

第一節	絕緣材料的種類	49
第二節	絕緣材料的各種性質	50
第三節	絕緣材料的電的性質	51
第四節	絕緣材料與溫度	56

第六章 天然無機絕緣材料

第一節	雲母	57
第二節	人造雲母	60
第三節	雲母模製品	61
第四節	石棉	62

第五節 石棉製品	63
第六節 大理石	65
第七節 玄武岩	66

第七章 人造無機絕緣材料

第一節 瓷器	67
第二節 絕緣器	71
第三節 瓷器類似品	73
第四節 無機膠著劑	75
第五節 玻璃	76
第六節 石英玻璃	79
第七節 玻璃纖維	80

第八章 纖維絕緣材料

第一節 木材	82
第二節 各種纖維	83
第三節 絹絲	85
第四節 棉線及棉布	85
第五節 絕緣用紙	86
第六節 絕緣漆布及絕緣漆紙	90
第七節 纖維素製品	91

第九章 橡膠、樹脂類絕緣材料

第一節 生橡膠	94
第二節 軟質橡膠	95

第三節 硬橡膠	99
第四節 橡膠類似品	100
第五節 天然樹脂	102
第六節 人造樹脂	103

第十章 油、蠟類絕緣材料

第一節 礦物絕緣油	109
第二節 植物油	114
第三節 瀝青質	115
第四節 蠟類	117

第十一章 絕緣塗料、絕緣混合物及模塑絕緣體

第一節 絕緣塗料	120
第二節 絕緣混合物	123
第三節 模塑絕緣體	125

第三編 磁性材料

第十二章 磁性材料概說

第一節 磁性體的種類	129
第二節 導磁係數與磁化係數	130
第三節 磁滯現象	131
第四節 磁的單位	132
第五節 鐵芯損失	132
第六節 磁性材料的重要性質	133

第十三章 各種磁性材料

第一節 鐵與鋼	134
第二節 矽鋼片	135
第三節 高導磁係數合金	138
第四節 恆導磁係數合金	141

第十四章 永久磁鐵

第一節 概說	143
第二節 各種永久磁鐵	144

第四編 構築材料

第十五章 鋼鐵材料

第一節 鐵的分類法	150
第二節 鑄鐵	152
第三節 鋼	153
第四節 鋼鐵的腐蝕及防止法	157

第十六章 木材

第一節 木材的一般性質	159
第二節 電桿用木材	160
第三節 木樑的腐蝕及防止法	161

第十七章 水泥及混凝土

第一節 水泥	165
第二節 混凝土	166
第三節 鋼筋混凝土	167

附 錄

參考書目	169
附表一 各種單位換算表	169
附表二 中規標準單線表	170
附表三 各種線規對照表	172
附表四 中規標準硬銅單線表(暫定)	176
附表五 中規標準軟銅單線表(暫定)	177
附表六 中規標準漆包線表(暫定)	178
附表七 中規標準紗包及絲包線表(暫定)	180
附表八 同心絞合線表	181
中英名詞索引	183

電機工程材料

第一編 導電材料

第一章 導電材料概說

第一節 導電材料的分類

導電材料按其使用目的的不同，可分為電鍍材料、電阻材料及特殊導電材料三類。

1. 電鍍材料 用做傳送電流的材料，如銅、鋁、鐵等。
2. 電阻材料 用做調節電流或發熱的材料，如銅鎳合金、鎳鉻合金等。
3. 特殊導電材料 具有特殊用途的導電材料，如碳電刷、熔鎳等。

第二節 電阻係數及導電率

1. 電阻係數 一截面積均勻的導體，其電阻 R 與其長度 l 成正比，與其截面積 S 成反比。

以式表示如下：

$$(1)$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} \dots\dots\dots (1-1)$$

式中 ρ 爲一常數，表示每種物質每一單位立方體積所具有的電阻值，稱爲電阻係數。在公制 (C.G.S. 制) 中，常以每立方公分的歐姆或微歐姆表示，寫做歐公分或微歐公分。專對電線有時也用歐平方公厘/公尺表示，即長 1 公尺截面積 1 平方公厘的導線所具有的電阻值。各種金屬及合金的電阻係數可由第 1-1 表及第 1-2 表中查得。

由下列二表所示的各種金屬及合金的電阻係數值可知，大多數合金的電阻係數均較金屬爲高。

2. 導電率 電導爲電阻的倒數，其單位也與電阻相反，稱爲姆。例如 1 立方公分的銅的電阻爲 1.7241 微歐，則同體積的銅的電導爲 580000 姆。但當導體用做電線時，常以其電導與國

第 1-1 表 金屬的電阻係數

名	稱	電 阻 係 數 (微歐公分, 20°C)	名	稱	電 阻 係 數 (微歐公分, 20°C)
銀	Ag	1.62	鎳	Ni	6.9
銅	Cu	1.7241	鐵	Fe	10.0
鋁	Al	2.62	鉑	Pt	10.5
鎂	Mg	4.46	錫	Sn	11.4
鎢	W	5.48	鉛	Pb	21.9
鋅	Zn	6.1	汞	Hg	95.8

第 1-2 表 合金的電阻係數

名 稱	主 要 成 分	電 阻 係 數 (微歐公分, 20°C)
鑄 鐵	Fe-C	57~114
鋼	Fe-C	20.6
矽 鋼	Fe-Si(4.5%)	62.5
鐵 鎳 合 金	Fe-Ni(36%)	75
鎢 鋼	Fe-W(5.5%)	20
鎳 鉻 合 金	Ni-Cr-(Fe)	100~110
德 國 銀	Cu-Ni-Zn	17~41
銅 錳 銀 合 金	Cu-Mn-Ni	34~100
黃 銅	Cu-Zn	5~7
銅 鎳 合 金	Cu-Ni	47~51
磷 青 銅	Cu-Sn-P	2~6
矽 青 銅	Cu-Sn-Si	2~4

際標準軟銅的電導相比，其比值稱為該導體的導電率，多以百分數(%)表示。

國際標準軟銅是用做電線的標準銅，係於 1913 年由國際電工委員會所規定，標準軟銅的導電率為 100%，在 20°C 的情況下，更有如下的規定：

(1) 各部份截面積均勻，截面積為 1 平方公分，長 1 公尺的標準軟銅的電阻為 $\frac{1}{58}$ 歐 = 0.017241 歐。

(2) 標準軟銅的密度為 8.89 克/立方公分。

(3) 標準軟銅的線膨脹係數為 0.000017。

(4) 標準軟銅的電阻溫度係數為 0.00393。

第三節 電阻溫度係數

導體的電阻不僅因物質的不同而異，更依導體的溫度而變化。純粹的金屬及大多數的合金，其電阻皆因溫度的增高而增加。碳、電解質等的電阻，多因溫度增高而減低。某些特製的合金，如銅鎳鎳合金等，其電阻幾乎不受溫度增減的影響。此種電阻的增減變化，是按 1 歐姆的任何物質，當其溫度改變 1°C 時所增減的電阻為標準，稱為電阻溫度係數，以 α 為標記。如已知某導體在攝氏零度時的電阻值，就可以用下列公式計算該導體在其他溫度時的電阻值。

$$R_t = R_0(1 \pm \alpha t) \dots\dots\dots (1-2)$$

式中： R_t = 導體在攝氏 t 度時的電阻(歐)

R_0 = 導體在攝氏零度時的電阻(歐)

α = 電阻溫度係數

t = 導體的溫度(攝氏)

當導體的電阻因溫度變更而增高時，則用“+”號，否則用“-”號。

第四節 抗張強度及伸長率

1. 抗張強度 凡物質每單位面積所能擔負的最大張力，

是為該物質的抗張強度。當測量電鍍的抗張強度時，多用抗張試驗機，取一段長約 25 公分的電鍍，裝在試驗機上，使其標點距離適為 200 公厘，一端固定，另一端漸次施以拉力，直至該電鍍被拉斷為止。此時即可用下式計算其抗張強度 p ：

$$p = \frac{P}{S} \text{ 公斤/平方公厘} \dots\dots\dots (1-3)$$

式中： P = 拉斷時的最大張力(公斤)。

S = 電鍍原來的截面積(平方公厘)。

2. 伸長率 物質的伸長率即物質受力後的形變與原長度的比值，以百分數表示。其值常與抗張強度同時測量。設其原來長度為 l_0 ，切斷後的長度為 l ，則其伸長率 e 可用下式表示：

$$e = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100(\%) \dots\dots\dots (1-4)$$

第二章 電線

第一節 概說

電線的主要用途是傳導電流，因此用做電線的材料應該具有的條件為：（一）導電率高；（二）抗張強度大；（三）耐蝕性強；（四）容易製造；（五）便於銲接，此外還要考慮其來源及價格等條件。適於用做電線的材料最主要的是銅、鋁、鐵等金屬。僅用金屬製成的電線，稱為裸電線。在其外面再包以絕緣物的，稱為絕緣電線，絕緣電線除了應注意其導電性質以外，還要考慮到絕緣性能。普通用做電線的絕緣物質應具有的性質為：（一）柔軟而且有相當的機械強度；（二）絕緣電阻大，耐壓强度高，介質耗小；（三）耐酸、耐油、耐臭氧性強。常用的材料有絹絲、棉紗、紙、石蠟、漆、布、橡膠等。為了防止絕緣電線受潮及外力損傷，常於絕緣電線外面紮纏黃麻，浸以瀝青混合劑，裹以鉛皮、鐵線、鋼帶等，這種具有保護裝置的電線，通稱為電纜。

第二節 線規

電線的粗細可用線規或螺旋測微器直接度量，其表示方法有線號制及線徑制兩種。美國及昔日英國等多採用線號制，係將電線按粗細排成一定號數，號數愈大，直徑愈小，通用的有美