

高等学校教学用书



电 工 材 料 学

M M. 米 哈 依 洛 夫 著
張 榮 祥 譯

高等教育出版社



本書系根据苏联國立动力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 出版的 М. М. 米哈依洛夫 (Михайлов) 所著“电工材料学”(Электроматериаловедение) 1953 年版譯出。原書經苏联文化部高等教育署審定为电力及动力学院系教学参考書。

書內敘述各种电工部門中所用材料的物理的、机械的及电的性质。研究絕緣的、導电的、半導电的及磁性材料。

本書系供电力及动力学院系学生作为教学参考書之用，同时对各种电工專業的工程师們也有参考价值。

本書由張榮祥翻譯，并經高伯演校訂。

电 工 材 料 学

М. М. 米哈依洛夫著

張榮祥譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠七〇一

(北京市書刊出版業登記證出字第〇九四號)

京華印書局印刷 新華書店總經售

書号 15010·1 開本 850×1168¹/₂ 印張 10³/₁₆ 字數 259,000

一九五六年四月北京第一版

一九五六年四月北京第一次印刷

印數 0001—8 000 定價 (0) 1.50

序

联共(布)第十九次代表大会關於在 1951—1955 年發展苏联國民經濟的第五个五年計劃的指令規定更進一步發展苏联的电气化。这就要求大大增加电机及各种电气設備的生產，因而需要相应地擴大电工材料的生產。

本書目的是要研究这些材料。它是同一作者以同一書名曾在战前發行的著作經過大大修改后的第二版，主要是供具有在第一二兩学年範圍內必修的数学、物理学及电工理論基礎等知識的工学院电机系及电工系所有各專業学生之用。書中主要是注意到使讀者熟識电工材料的性質，因此比較偏重於材料的物理問題；它們的制造問題佔極小的篇幅，因为电工材料的制造僅對於專業較狹隘的学生們才是有关系的。

因为在大多数高等工業学校里，除“电工材料”課程的講授外，还同时進行电工材料的實驗，並在許多学校里出版了有关这种實驗的專門參考書，作者認為可不必在本書中編入關於測量材料电特性的基本知識。

作者对 A. B. 托尔文斯卡婭(Толвинская)在准备手稿时的大力帮助表示感謝。

所有關於本書的意見及希望，請投寄下列地址：列寧格勒涅夫斯基大街 28 号，國立动力出版社列寧格勒分社(Ленинград, Невский просп. Д. 28, ЛО Госэнергоиздата)。

作 者

目 錄

序	7
緒論	9

第一篇 物質結構的現代學說

第一章 物質結構的基礎	12
§ 1. 原子結構	12
§ 2. 分子結構	22
§ 3. 氣體狀態	25
§ 4. 液體狀態	28
§ 5. 固體狀態	36
§ 6. 導電性的能帶理論	38

第二篇 絕緣材料

第二章 電介質物理學中的基本概念	41
§ 7. 極化	41
§ 8. 氣體、液體及固體的介電系數	50
§ 9. 絕緣材料的電導	56
§ 10. 氣體的電導	58
§ 11. 液體電介質的電導	60
§ 12. 固體電介質的電導	63
§ 13. 介質損耗·復介電系數	65
§ 14. 介質損耗的形式	68
§ 15. 不均勻電介質內的損耗	72
§ 16. 電介質的击穿現象	76

§ 17. 气体的击穿	78
§ 18. 气体击穿的理論	82
§ 19. 液体击穿現象	85
§ 20. 固体絕緣材料的击穿	88
§ 21. 固体电介質的电击穿	90
§ 22. 固体电介質的热击穿	95
第三章 絕緣材料的物理及机械性能	98
§ 23. 絕緣材料的机械性能	98
§ 24. 絕緣材料的热性能	101
§ 25. 絕緣材料的吸湿作用·概論	104
§ 26. 空气的湿度	105
§ 27. 絕緣材料的表面吸湿	106
§ 28. 絕緣材料的吸湿	108
§ 29. 有机絕緣材料的吸湿	111
§ 30. 絕緣材料的透湿性	114
§ 31. 吸收速度·絕緣材料吸湿性的确定	118
§ 32. 所吸收的水分对于絕緣材料电性質的影响	121
第四章 有机絕緣材料	126
§ 33. 有机絕緣材料的分类	126
§ 34. 植物油	127
§ 35. 石油	129
§ 36. 合成液体	141
§ 37. 高分子化合物及獲得的方法	142
§ 38. 高分子化合物的結構及一般性質	145
§ 39. 各种高分子化合物	151
§ 40. 矽有机化合物	158
§ 41. 纖維酯	159
§ 42. 天然樹脂	162
§ 43. 塑料	165
§ 44. 叠層塑料·膠紙板及膠布板	172
§ 45. 絕緣漆	177
§ 46. 絕緣漆的抗臭氧性	182

§ 47. 蠟狀物質·····	183
§ 48. 瀝青·····	186
§ 49. 化合物·····	188
§ 50. 橡膠及橡皮·····	192
§ 51. 馬來樹膠·····	198
§ 52. 纖維有机材料·····	200
§ 53. 紙·····	202
§ 54. 电絕緣的压紙板·····	207
§ 55. 纖維板·····	208
§ 56. 漆布及漆紙·····	209
§ 57. 木材·····	211
第五章 無机絕緣材料 ·····	215
§ 58. 無机絕緣材料的分类·····	215
§ 59. 玻璃·····	216
§ 60. 陶瓷絕緣材料·····	222
§ 61. 石类·····	228
§ 62. 結晶石英·····	231
§ 63. 云母·····	233
§ 64. 云母模制品·····	235
§ 65. 云母板·····	236
§ 66. 石棉·····	239
§ 67. 水泥·····	240
§ 68. 氧化絕緣·····	241
§ 69. 电解电容器·····	241

第三篇 導电的、半導电的及磁性材料

第六章 導电材料 ·····	244
§ 70. 概論·····	244
§ 71. 电阻的溫度关系·····	247
§ 72. 純金屬的电導·雜質的影响·····	249
§ 73. 導体的机械性能·····	254

§ 74. 銅	256
§ 75. 鋁	258
§ 76. 鉄	260
§ 77. 錫	261
§ 78. 鉑	263
§ 79. 鉛	264
§ 80. 高电阻合金·一般要求	264
§ 81. 用於电阻繞圈及測量儀器的合金	266
§ 82. 用於變阻器的合金	267
§ 83. 用於加熱器及電爐的合金	268
§ 84. 觸頭材料	268
§ 85. 電工用碳	271
第七章 半導體	275
§ 86. 概論	275
§ 87. 半導體的電導	275
§ 88. 半導體在工程上的某些應用	279
第八章 磁性材料	286
§ 89. 概論	286
§ 90. 磁性損耗	291
§ 91. 強磁性本質	293
§ 92. 軟磁性材料	299
§ 93. 磁性鋼片	302
§ 94. 特殊的磁性合金	306
§ 95. 高頻磁性材料	308
§ 96. 肥粒鉄	311
§ 97. 對於用作永久磁體的合金所提出的要求	312
§ 98. 用於永久磁體的主要合金	314
主要參考書目	320
中俄名詞對照表	322

高等学校教学用书



电 工 材 料 学

M M. 米 哈 依 洛 夫 著
張 榮 祥 譯

高等教育出版社



本書系根据苏联國立动力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 出版的 М. М. 米哈依洛夫 (Михайлов) 所著“电工材料学”(Электроматериаловедение) 1953 年版譯出。原書經苏联文化部高等教育署審定为电力及动力学院系教学参考書。

書內敘述各种电工部門中所用材料的物理的、机械的及电的性质。研究絕緣的、導电的、半導电的及磁性材料。

本書系供电力及动力学院系学生作为教学参考書之用，同时对各种电工專業的工程师們也有参考价值。

本書由張榮祥翻譯，并經高伯演校訂。

电 工 材 料 学

М. М. 米哈依洛夫著

張榮祥譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠七〇二

(北京市書刊出版業登記證出字第二九四號)

京華印書局印刷 新華書店總經售

書号 15010·1 開本 850×1168¹/₂ 印張 10³/₁₆ 字數 259,000

一九五六年四月北京第一版

一九五六年四月北京第一次印刷

印數 0001—8 000 定價 (1) 1.50

目 錄

序	7
緒論	9

第一篇 物質結構的現代學說

第一章 物質結構的基礎	12
§ 1. 原子結構	12
§ 2. 分子結構	22
§ 3. 氣體狀態	25
§ 4. 液體狀態	28
§ 5. 固體狀態	36
§ 6. 導電性的能帶理論	38

第二篇 絕緣材料

第二章 電介質物理學中的基本概念	41
§ 7. 極化	41
§ 8. 氣體、液體及固體的介電系數	50
§ 9. 絕緣材料的電導	56
§ 10. 氣體的電導	58
§ 11. 液體電介質的電導	60
§ 12. 固體電介質的電導	63
§ 13. 介質損耗·復介電系數	65
§ 14. 介質損耗的形式	68
§ 15. 不均勻電介質內的損耗	72
§ 16. 電介質的击穿現象	76

§ 17. 气体的击穿	78
§ 18. 气体击穿的理论	82
§ 19. 液体击穿现象	85
§ 20. 固体绝缘材料的击穿	88
§ 21. 固体电介质的电击穿	90
§ 22. 固体电介质的热击穿	95
第三章 绝缘材料的物理及机械性能	98
§ 23. 绝缘材料的机械性能	98
§ 24. 绝缘材料的热性能	101
§ 25. 绝缘材料的吸湿作用·概論	104
§ 26. 空气的湿度	105
§ 27. 绝缘材料的表面吸湿	106
§ 28. 绝缘材料的吸湿	108
§ 29. 有机绝缘材料的吸湿	111
§ 30. 绝缘材料的透湿性	114
§ 31. 吸收速度·绝缘材料吸湿性的确定	118
§ 32. 所吸收的水分对于绝缘材料电性质的影响	121
第四章 有机绝缘材料	126
§ 33. 有机绝缘材料的分类	126
§ 34. 植物油	127
§ 35. 石油	129
§ 36. 合成液体	141
§ 37. 高分子化合物及获得的方法	142
§ 38. 高分子化合物的结构及一般性质	145
§ 39. 各种高分子化合物	151
§ 40. 矽有机化合物	158
§ 41. 纖維酯	159
§ 42. 天然樹脂	162
§ 43. 塑料	165
§ 44. 叠层塑料·膠紙板及膠布板	172
§ 45. 絕緣漆	177
§ 46. 絕緣漆的抗臭氧性	182

§ 47. 蠟狀物質.....	183
§ 48. 瀝青.....	186
§ 49. 化合物.....	188
§ 50. 橡膠及橡皮.....	192
§ 51. 馬來樹膠.....	198
§ 52. 纖維有机材料.....	200
§ 53. 紙.....	202
§ 54. 电絕緣的压紙板.....	207
§ 55. 纖維板.....	208
§ 56. 漆布及漆紙.....	209
§ 57. 木材.....	211
第五章 無机絕緣材料	215
§ 58. 無机絕緣材料的分类.....	215
§ 59. 玻璃.....	216
§ 60. 陶瓷絕緣材料.....	222
§ 61. 石类.....	228
§ 62. 結晶石英.....	231
§ 63. 云母.....	233
§ 64. 云母模制品.....	235
§ 65. 云母板.....	236
§ 66. 石棉.....	239
§ 67. 水泥.....	240
§ 68. 氧化絕緣.....	241
§ 69. 电解电容器.....	241

第三篇 導电的、半導电的及磁性材料

第六章 導电材料	244
§ 70. 概論.....	244
§ 71. 电阻的溫度关系.....	247
§ 72. 純金屬的电導·雜質的影响.....	249
§ 73. 導体的机械性能.....	254

§ 74. 銅	256
§ 75. 鋁	258
§ 76. 鉄	260
§ 77. 錫	261
§ 78. 鉑	263
§ 79. 鉛	264
§ 80. 高电阻合金·一般要求	264
§ 81. 用於电阻繞圈及測量儀器的合金	266
§ 82. 用於變阻器的合金	267
§ 83. 用於加熱器及電爐的合金	268
§ 84. 觸頭材料	268
§ 85. 電工用碳	271
第七章 半導體	275
§ 86. 概論	275
§ 87. 半導體的電導	275
§ 88. 半導體在工程上的某些應用	279
第八章 磁性材料	286
§ 89. 概論	286
§ 90. 磁性損耗	291
§ 91. 強磁性本質	293
§ 92. 軟磁性材料	299
§ 93. 磁性鋼片	302
§ 94. 特殊的磁性合金	306
§ 95. 高頻磁性材料	308
§ 96. 肥粒鉄	311
§ 97. 對於用作永久磁體的合金所提出的要求	312
§ 98. 用於永久磁體的主要合金	314
主要參考書目	320
中俄名詞對照表	322

序

联共(布)第十九次代表大会關於在 1951—1955 年發展苏联國民經濟的第五个五年計劃的指令規定更進一步發展苏联的电气化。这就要求大大增加电机及各种电气設備的生產，因而需要相应地擴大电工材料的生產。

本書目的是要研究这些材料。它是同一作者以同一書名曾在战前發行的著作經過大大修改后的第二版，主要是供具有在第一二兩学年範圍內必修的数学、物理学及电工理論基礎等知識的工学院电机系及电工系所有各專業学生之用。書中主要是注意到使讀者熟識电工材料的性質，因此比較偏重於材料的物理問題；它們的制造問題佔極小的篇幅，因为电工材料的制造僅對於專業較狹隘的学生們才是有关系的。

因为在大多数高等工業学校里，除“电工材料”課程的講授外，还同时進行电工材料的實驗，並在許多学校里出版了有关这种實驗的專門參考書，作者認為可不必在本書中編入關於測量材料电特性的基本知識。

作者对 A. B. 托尔文斯卡婭(Толвинская)在准备手稿时的大力帮助表示感謝。

所有關於本書的意見及希望，請投寄下列地址：列寧格勒涅夫斯基大街 28 号，國立动力出版社列寧格勒分社(Ленинград, Невский просп. Д. 28, ЛО Госэнергоиздата)。

作 者

緒 論

制造各种电工器具、机器及设备时所应用的材料根据其專門用途可分为数类。

材料分为：結構材料、电工材料、修飾材料等等。

电工材料类包括對於任何电器及电机等内部所發生的电磁过程起有效作用的材料。这样，可以归入电工材料的有：

- 1) 用以傳導电流的材料——導電材料；
- 2) 限制电流通过的絕緣材料（电介質）；
- 3) 儲積或通導磁通的材料——磁性材料；
- 4) 半導體以及其他特殊电工材料。

熟識最主要的电工材料，說明它們的性質，研究当电磁場作用於这些材料时其中發生的基本物理过程，就是电工材料学的主要任务。在解釋上述过程时我們應該根据關於物質結構的現代概念。我們假定开始研究电工材料的讀者都已熟悉了辯証唯物論、化学、物理学和电磁理論，因此我們以后只限於概括敘述物質結構的某些原理。

先行略述關於电工材料学的發展史，即關於磁性材料、導體、絕緣材料及半導體的科学發展史。

符合於电气工業各部門發展所必需的這門科学的順利發展，自然，需要深入研究物理学及化学的某些特殊範圍。俄罗斯科学家以及后来的苏維埃學者們在這門科学的進步中起了非常重要的作用，並且在許多地方还起了決定性的作用。

俄罗斯物理学家所進行的巨大研究奠定了新的科学——电介質物理——的基礎。如在 1871 年 П. А. 齐洛夫(Зилов)完成了一系列決定非極性液体的介电系数的工作。虽然測量技術从那时起到現在的八十年中有了進步，但是他当时所得到的数据和現代的数据相差不大。这位

實驗家的技藝就是这样高明！

И. И. 康索諾哥夫(Косоногов)在1901年所發表的題為“關於電介質的問題”的論文中研究了測定在厘米波上的介電系数的方法，並進行了一系列相应的研究，这类研究超过國外的达好几年。

卓越的俄罗斯物理学家 П. Н. 列別捷夫(Лебедев)在其博士学位論文中，利用独創的方法研究了大量各种極性液体的蒸汽並确定了它們的折光指数值和介電系数。这些研究現在也沒有失去它的意义。

在偉大的十月社会主义革命之后，電介質方面的研究得到了特別廣大的規模。苏維埃物理学家首先开始深入研究在電場作用下電介質內所發生的过程。

在这方面最重要的研究是由以 А. Ф. 伊奧費(Иоффе)、Я. И. 弗連蓋尔(Френкель)、И. В. 庫爾查托夫(Курчатов)和 П. П. 科別科(Кобеко)为首的物理学家們所完成的。他們首先清晰地查明了离子热运动的作用——液体及固体電介質導電性的基本原因。苏維埃物理学家們的極廣大工作化在介電系数及介質損耗的研究上。В. А. 伍尔(Вул)在研究極化方面所進行的長期工作發現了新型的強性介質——鈦酸鋇，在这些研究工作的基礎上制造了具有特殊性質的材料。

苏維埃物理学家 Г. И. 斯卡納維(Сканави)建立了新的極化機構——热游子極化，並确定了支配这种極化形式的主要規律。

在電介質的击穿方面，由 П. Н. 謝苗諾夫(Семенов)及 П. А. 福克(Фок)所進行的热击穿的研究具有巨大的意义；后者所拟定的击穿理論現在獲得了普遍的公認。

在創造新的高品質絕緣材料方面，苏維埃學者的工作也有不小的成就。如 Н. П. 鮑高罗季茨基(Богородицкий)确定了制造介質損耗很小的所謂無綫電陶瓷的原則。К. А. 安得烈安諾夫(Андрианов)及 М. М. 柯通(Котон)的工作使得能制成完全新的化合物类，具有高的电性能及耐热性的所謂矽有机化合物。