

本书論述电器制造的基本特点，以及与机械制造相比较时，
电器零件、組件及其装配在制造工艺上的特点。

在本书中反映了电器設計与制造工艺問題中間不可分割的联
系，提供了設計电器零件与組件的工艺基础。

本书可供电工专业学校作为教材用，同时对設計与制造电器
部門的工程技术人員也有很大参考价值。

И. В. Сахаров

Технология электроаппаратостроения

Госэнергоиздат

1950

*

电器制造工艺学

严筱筠，王士任，郭雄飞合譯

(根据机械工业出版社新編重印)

*

第一机械工业部教材編审委员会編輯 (北京复兴門外三里河第一机械工业部)

中国工业出版社出版 (北京住棚閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印張 $17 \frac{13}{16}$ · 字数 300,000

1956年12月北京第一版

1961年6月北京新一版·1962年2月北京第二次印刷

印数 02,031—03,410 · 定价(10)1.80元

*

統一书号: 15165 · 221(一机-20)

中等专业学校教学用书

电器制造工艺学

П·В·沙哈洛夫 著

严筱筠、王士任、鄢雄飞合译



中国工业出版社

TN1505
1

目 次

序言	8
緒論	11
1 电器的概念和包含在本書內的各种电器种类	11
2 电器制造的發展簡史介紹	12
3 按結構工藝特征划分的电器組件和另件的分类	15
4 結構的工藝性	16
第一篇 电器制造的特点和性質	
第一章 电器的生產特点	20
5 电器制造是机器制造的一个部門。工藝上的基本特点	20
6 电器的生產形式与工厂分类	21
7 电器生產的組織	23
8 生產用的建筑物	25
第二章 生產工藝特性与採用的材料	27
9 另件的互換性、公差及配合	27
10 工藝过程、設備、起重運輸設備、工具及模具	30
11 採用的材料	36
12 电器制造中运用新的及合理化的工藝的近代趨勢	43
第二篇 帶电另件及導磁体的工藝	
第三章 触头与接触另件	57
13 应用范围与定义	57
14 触头和接触另件的材料	58
15 触头和接触另件的結構工藝分类	59
16 由棒料及綫料制的触头	59
17 由特殊形狀截面棒料制成的触头	64
18 由条形、帶形及板形材料冲压而成的触头和接触另件	68
19 多片刷形触头	80
20 鑲有銀片，金屬陶制，和其他合成材料鑲片的触头	84
21 鑄造触头和接触另件	89
22 触头和接触另件結構的工藝性	89

第四章 大电流綫圈, 硬的和軟的电气联接92

- 23 应用的范围和工藝上的共同性92
- 24 結構的形式和材料92
- 25 工藝过程98
- 26 条形材料另件的制造工藝特点98
- 27 用机械加工切削制成的大电流綫圈 107
- 28 由導綫或电纜制成的电气联接另件的工藝特点 108
- 29 軟焊及搪錫 110
- 30 硬焊 112
- 31 鋁質另件的熔接及焊接 115
- 32 不用焊接的接綫头的固裝工藝 117
- 33 条料另件的絕緣 118
- 34 大电流綫圈和电气联接結構的工藝性 119

第五章 繞組導綫制的綫圈 122

- 35 綫圈的种类, 採用的材料及典型的工藝过程 122
- 36 骨架及其絕緣 126
- 37 綫圈的繞制 132
- 38 出綫端子及外部包絕緣 144
- 39 烘干, 浸漬及塗漆 146
- 40 特种型式綫圈在工藝上的特点 165
- 41 制造过程中綫圈的檢驗 166
- 42 綫圈結構的工藝性 167

第六章 电阻元件 172

- 43 应用范围, 各种类型及結構 172
- 44 材料及結構形式 172
- 45 电阻綫及帶制成螺旋形無骨架式电阻元件 177
- 46 由电阻綫及帶制成的鋸齒形电阻元件 179
- 47 裝在硬性骨架上的由电阻綫及帶所制电阻元件 181
- 48 用电阻帶边繞所成的电阻元件 186
- 49 冲压制造电阻元件 188
- 50 生鉄电阻元件 189
- 51 管形电热元件 191
- 52 电阻元件結構的工藝性 194

第七章 導磁体	197
53 導磁体的种类及其应用	197
54 材料	197
55 導磁体按照結構工藝观点的分类	199
56 直流电器導磁体的制造工藝过程	201
57 直流电器導磁体工藝的特点	204
58 制造疊合式導磁体的工藝过程	207
59 疊合式導磁体薄片冲制工藝的特点	208
60 疊合式導磁体冲片的加工工藝过程	217
61 制造疊合式導磁体的裝配过程	220
62 疊合式導磁体在裝配状态下的加工	223
63 螺旋形導磁体的制造工藝	225
64 導磁体另件結構的工藝性	228

第三篇 絕緣另件的工藝

第八章 層压絕緣另件	231
65 結構-工藝形狀	231
66 材料	233
67 制造層压絕緣的工藝过程	237
68 准备工序	237
69 繞制工序	242
70 制造圓筒形另件的末了一些工序	246
71 長方形及六角形另件的工藝特点	249
72 成型層压另件的压制	252
73 層压絕緣另件結構的工藝性	255
第九章 由絕緣材料及木材用机械加工制成的另件	256
74 材料	256
75 另件按結構-工藝的分类	261
76 絕緣材料和木材机械加工的一般工藝問題	262
77 冲制及成型	265
78 切截	267
79 表面加工	269
80 孔的加工	272
81 干燥及浸漬	277

82 由絕緣材料及木材用机械加工方法制成的另件結構的工藝性	284
第十章 塑料另件	285
83 压制材料	285
84 用塑料制造另件的工藝过程	289
85 塑料的压制和压鑄方法的种类及要点	290
86 压床	293
87 压模	296
88 热硬性压制材料的准备工作	301
89 压制材料的定量及裝入压模	303
90 压制与压鑄	304
91 石棉水泥另件的制造工藝	306
92 机械加工	309
93 塑料另件結構的工藝性	310
第十一章 陶瓷另件	313
94 另件类型及工藝过程	313
95 絕緣子的膠裝	315
96 电阻元件上絕緣件与金屬板的裝固	321
97 瓷瓶導电層的塗佈	322
98 陶瓷另件的机械加工	322
99 陶瓷另件結構的工藝性	323
第四篇 另件的修飾及裝配工藝	
第十二章 另件的表面准备, 金屬电镀和油漆	324
100 被复層的类型和選擇	324
101 另件的表面准备	332
102 金屬电镀的工藝过程	335
103 油漆的工藝过程	337
104 电气絕緣另件塗清漆和瓷漆的工藝过程	340
105 化学-热处理被复層的工藝过程	343
106 在修飾和油漆过程中的安全技術	344
第十三章 裝配工藝	345
107 电器裝配工藝的特点	345
108 裝配过程的类型	349

109 鉗工、裝配及电气安裝工序的机械化.....	350
110 基礎另件，基本機構的裝配，在高压电器上裝配絕緣子.....	352
111 接触部件和滅弧室的裝配.....	356
112 电磁系統的裝配.....	364
113 电气連結綫的安裝.....	365
114 电器生產中裝配及結尾过程的一般性問題.....	369
参考文献	379

序 言

為建設共產主義社會的勝利而鬥爭的偉大的領袖、鼓舞者和組織者斯大林於1946年2月9日的準備選舉選民大會上所作的具有歷史意義的演說中，曾指出擺在蘇聯勞動人民面前的任務是：「……組織新的、強有力的國民經濟底高漲，它會給予我們以提高我們工業水平的可能性，譬如說兩倍於戰前水平。」

為了保證完成這個任務，電氣工業，特別是電器製造業應該增長好幾倍。在電器製造企業的改建、改造和發展的勝利鬥爭中，工藝上的問題具有最為重大的意義。

然而到目前為止，還缺乏一本有系統地說明電器製造工藝上的基本問題的書。

本書的目的，就是去填補這個空白點，作為培養新的年輕蘇維埃幹部、社會主義的電器製造業在電器製造工藝方面的指南。

在我們偉大社會主義國家的國民經濟的各個部門里已經採用了許多不同結構的電器。可是各種各樣的電器，不論它們的用途，工作電壓的大小（低壓，中壓，高壓），電流的種類（直流，交流），頻率（工業頻率，增頻的和高頻率）等如何，對於大多數的電器，它們製造工藝上的基本問題是一致的，是可以系統化的，也是本書的研究對象。

按照工藝過程的性質和生產的方法來看，電器製造是機器製造的一個部門。但電器製造工藝和機器製造比較起來還是有許多特點的。本書根據一些現有工藝方面書籍的例子說明電器製造與機器製造相比較在工藝上的特點。這些例子包括：電機製造〔1和2〕，精密儀器製造〔3〕，無綫電製造〔4〕，機床製造，汽車拖拉機製造，柴油機製造，以及其他機器製造部門。

本書不同於一般金屬工藝教本的取材，它不研究個別的工藝過程（鑄造、鍛造、切削和其他的加工形式，沖壓，焊接等），

而是研究电器的基本另件和組件的工藝（触头、綫圈、導磁体、絕緣另件等等），以及它們的裝配工藝。

機構另件的工藝問題（小軸、軸、軸承、槓桿、牽引桿、鎖鍵、齒輪、凸輪、彈簧、气缸等等），以及外殼形另件的工藝問題（壳、基座、架子、構架、盖、箱等等），由於本書的篇幅有限，而且已有这方面題材的文獻可供參考，故这里不再研究。

由於工藝過程的選擇，常常取決於生產的規模，因此，表格里說明的工序程序，及在考慮个别工序的特点時，很多場合下對單個生產，成批生產與大量生產會有各種不同的解決方案。但是表內个别項目所引用的車間及生產工段名稱，主要是對成批生產來說的，因為在單個生產和大量生產時，往往車間成為一個生產工段，而對於后者僅係一工作地點。

本書研究电器制造的基本工藝。輔助車間的工藝（工具車間、模型車間、修理車間等）不在研究之列。

生產組織的問題本書亦不討論。

其次學習本書時應該研究的參考資料，亦已用小號字將其列出。

作者在敘述材料時，考慮到下列主要情況：

1. 研究蘇維埃社會主義的一般电器制造的蓬勃發展和改進的歷史過程，以及特別是另件和組件的結構的个别工藝問題。提出要求更進一步研究的一些問題，並提出这方面問題將會得到合理解決的近代發展趨勢。

2. 祖國很多生產电器的工厂，以及各種斯達哈諾夫工作者、工程技術人員和科學工作者，其中還有斯大林獎金獲得者的成就、效果和經驗的科學性總結。

3. 根據工藝特征的电器另件與組件結構的系統化與分類，以及工藝過程的系統化與分類，提供了分析性的材料並指出合理地安排，而並非僅列出固定的工藝過程。

4. 有系統地說明技術經濟問題，以及电器另件和組件的結

構的工藝性問題。

5. 按制造电器另件及組件的材料，有系統地說明其基本数据。

电器制造工藝是一門新兴的課目。同时本書限於篇幅，因此所說明的材料不可能要求非常完整，对所有各方面的問題，亦不可能全部敘述。

作者將对一切批評和建議皆表示感謝，並在以后的工作中改進。

作者对所有在工厂里工作的和电气工業部各部門的同志、以及在莫斯科莫洛托夫动力学院工作的同志，在提供資料、意見和指示方面表示感謝，尤其是巴彼可夫（М. А. Баби́ков），蒲已洛夫（А. Я. Буйлов），布加可夫（К. Е. Булгаков），維諾格拉特夫（Н. В. Виноградов），伐隆納爾（Л. М. Воронель），高爾雪可夫（Ф. Н. Горшков），格列納爾（Л. К. Грейнер），格魯雪夫（М. Н. Грузов），古利可夫（Ф. В. Куликов），克利德甫揚斯基（В. И. Калитвянский），亞古寧（А. И. Якунин），菲特琴科（С. Г. Федченко）等同志，同时对西爾別爾先特（М. М. Зильберштейн）和格利茲基（Ю. В. Коричный）由於細心校閱手稿而提出的寶貴意見和建議表示感謝。

——著 者——

緒 論

1 电器的概念和包含在本書內的各种电器种类

一般所謂电器，是指用來控制電能的生產、轉換、傳送、輸配及使用的电气設備。同样还用在几种其他形式的能量控制情況下。

控制的意義非常廣泛，它包括手動及自動調整、控制和保護。

這一类电器有：各种类型的断路器和轉換开关（中間包括刀型开关、隔离开关、插銷联接器、接触器、繼电器、控制器、主令开关）、熔断器、电阻器、变阻器、避雷器等等，还有閥門，制动器以及其他有电气控制的裝置的电磁機構。

本書主要是对下列的各种电器的工藝問題加以綜合与研究：

1. 高压配电設備的电器；
2. 低压配电設備的电器；
3. 手動和自动控制电器；
4. 裝置用的电器。

二次線路保护繼电器，一部分自动化繼电器及自動調整器等製造，屬於精密电气机械，它們的工藝特点本書不加以研究。

与电器製造工藝方面相近的有一系列的电工設備，例如：

1. 通訊設備（電話的、电报的、無線電的）；
2. 电焊机、电焊变压器及其附件；
3. 电力变压器及仅用互感器；
4. 高压保护用电抗器；
5. 电容器；
6. 电爐；
7. X光机；

8. 电气医療設備;

9. 照明器 (探照灯、反射灯);

10. 电热的、日常生活上的、以及公用方面的仪器和裝備。

每一种列举的电工設備, 皆有它本身的特点, 但是它們許多工藝上問題与电器制造工藝是一致的。

2 电器制造的發展簡史介紹

俄國的第一批电器是在电工技術發展初期由俄罗斯科学家所創制的。1876年, 亞布洛契可夫 (П.Н.Яблочков) 研究出感应綫圈 (变压器), 使有可能將电燭——弧光灯並接。契果列夫 (В.Н.Чиколев) 在1880年为弧光灯和探照灯設計了機構。吳沙金 (И.Ф.Усагин) 在1882年發明了变压器。达里瓦-道柏罗夫斯基在創制利用那已於1891年建成的交流电作远距离輸送强大能量的基本設備 (包括变压器及开关) 的时候, 确立了它的理論。1912年他發明了去离子栅的滅弧室。

在俄國發電站的建立开始於1879~1880年, 使得电器更被廣泛应用。

在俄國第一批配电設備是由不多几个电器組成。1887年裝在彼得堡的里乏雪斯克發電站中, 它是由兩塊开关屏組成, 每塊开关屏設計着为控制五台發電机, 由四条各別的电纜联接起來。在配电設備上裝有兩只电压表, 兩只电流表, 以及十只断路器。

俄國科学家、工程师和天才自学者們的發明和建議, 在沙皇政府的环境中, 是不可能工业中得到廣泛的运用的。

在沙皇的俄國, 电器制造業是不存在的, 电器制造的萌芽只在几个制造电气設備的工厂里。而这些工厂技術上全部是依賴外國資本主义公司的, 財政方面在相当大的程度上, 甚至全部處於他們的控制下。

这些工厂制造了少量簡單的低压配电設備上的电器, 簡單工业上用的和电車傳动的电气控制开关 (开啓式熔断器、閘刀开

关、控制器、电阻器、变阻器)，以及簡單的 35 仟伏以下的高压开关。

在苏联，电器制造业是在实现偉大的國家电气化計劃——ГОЭЛРО 和斯大林五年計劃——的几年中建立起來的。

这一段时期中，所有旧的工厂都改建或擴建了若干倍。此外还建立了几十个新的制造电器的工厂。

由於制造电器的电工器材工業的發展，它保證了所有的許多偉大建設：在我們偉大的社会主义祖國的遼闊的疆域內所創立的許多發电站、联合企業、工厂、建筑和交通道路。

對於無數發电站和高压配電綫路，自 1924 年开始就制造了大量各种型式的开关，中間包括 110，154 到 220 仟伏的油浸式以及空气式高压断路器。

为了苏联國民經濟各个部門的生產过程、机器、操作機構的自动控制：輾压机、高爐、煤礦、电爐、金屬切削机床、紡織、印刷、橡膠等工業的需要，自 1931 年开始已經制造了几百万个各种不同的开关如主令开关、磁力起动机、繼电器-接触器 控制板等等。

为了苏联的鉄路車輛，自 1930 年开始已經制造了無數气动操作的、电磁操作的以及其他种类开关，电压达到直流 3000 伏。以这些設備去裝备了市郊電車、电力機車和具有电力傳动的內燃机機車。

电器制造刚开始發展的几年，就为城市电气化运输——電車、無軌電車、附有电气傳动的公共汽車和地下鉄道車輛——制造出許多各种不同型式的开关。

由苏联工程师所研究出的很多电器，按其結構制造及运用参数來說，有些已經超过有些正在超过國外的同类產品。

例如，1933 年基洛夫〔电力〕工厂工程师 克魯別夫 (А.И. Голубев) 研究出快速动作的直流断路器，这种断路器切断短路电流的極限达十万安培。

另一例子是矿井中的防爆式开关。它的第一批出品是在1930~1931年，由哈尔科夫电机工厂设计师們根据保証我們社会主义国家底矿井中劳动保护和安全的規則和标准所研究成功的。这些規則和标准与資本主义国家現行者相比較要高得多。

第三个例子是維利脫避雷器，其电压达220仟伏。1943年由列宁全苏电工研究院(ВЭИ)科学工作者研究成功。按它的保护特性，这种維利脫避雷器超过了外国产品。

由于法西斯匪徒背信攻击苏联，在偉大的卫国战争时期，几个制造电器的工厂，例如斯大林哈尔科夫电机工厂，被轉移至东方。其他如在列宁格勒的一些工厂，处于战争影响的区域内，被迫停止了电器生产。因此在战后斯大林五年计划时期，这些工厂必須恢复生产。

在苏联共产党和偉大的劳动人民領袖斯大林同志的领导下，我們社会主义国家的劳动者，突击队员、斯达哈諾夫工作者、工长、技师、工程师和科学家的忘我劳动，为电器制造企业空前的蓬勃发展提供了保証。

依靠科学上的資料以及俄国科学家們所給予的光荣傳統，如彼得罗夫(В.В.Петров)，楞茲(Э.Х.Ленц)，亞哥比(В.С.Якоби)，契果列夫(В.Н.Чиколев)，达里瓦-道柏罗夫斯基，波波夫(А.С.Попов)等等，前一輩在电器制造領域內工作的苏联科学家，米德盖維契(В.Ф.Миткевич)，古列巴金(В.С.Кулебакин)，斯滿洛夫(А.А.Смуров)，伐舒拉(Б.Ф.Вашура)，高列夫(А.А.Горев)，西洛金斯基(Л.И.Сиротинский)等，在苏維埃国家誕生的最初日子里，就指出了发展苏联电器制造的方向，按照在最短的时期中获得最大和最好的效果的途徑。

由苏維埃政权培养出来的科学家，**蒲已洛夫(А.Я.Буйлов)**教授，波的盖維基(Г.В.Буткевич)，巴彼可夫(М.А.Бабилов)，白朗(О.Б.Брон)，以及无数科学工作干部和工程师們，为保証苏維埃社会主义电器制造事业的发展而不倦地劳动着。

苏联政府崇高地表揚了电器制造工作者的成就。

他們中間，許多已獲得勳章和獎章。个别特出者並授予斯大林獎金獲得者的光荣称号。

由於对新型高压开关系列的研究探討工作，及其試驗方法和試驗設備的創造研究，而被授予斯大林獎金獲得者称号的有[电器]工厂工程师和全苏电工研究院科学工作者：布加可夫（К.Е.Булгаков），布隆西金（А.М.Бронштейн），布德盖維契（Г.В.Буткевич），格列納耳（Л.К.Грейнер），古尔維奇（В.Б.Гурвич），卡普朗（В.В.Каплан），康采諾娃（А.И.Коченова）。

研究伏尔加河水力工程上水閘自动控制系统而獲得斯大林獎金的有曾在自动化电器領域內工作的，基洛夫[狄那莫]工厂的工程师們：瓦尔沙夫斯基（Д. Л. Варшавский），列保維奇（Е.А.Лейбович）及西納依斯基（М.М.Синайский）。

如同苏联所有劳动者一样，电器制造工作者在忘我地劳动着，他們將進一步为保証滿足我們偉大祖國國民經濟的發展的需要，在國家力量提高的过程中，以及在完成共產主义建設的偉大任务中所產生的要求而劳动。

3 按結構工藝特征划分的电器組件和另件的分类

电器生產中包含有各种結構，大小，重量不同的產品。自只有20公分重的控制用按鈕开关起到尺寸以公尺計、重量以噸計、断流容量以几百万仟伏安計算的电力高压断路器。例如，220仟伏的 МКП-274П型三相断路器向前的一面寬有12公尺，高度約7公尺，油箱直徑每一相为2.76公尺，不連油的重量为48噸，連油重量接近100噸。

但是不論电器的結構有多少不同，从它們有关的另件和組件的用途共同性，也就可以決定它們結構工藝方面的共同性，因此就有可能按結構工藝特征將另件和組件分类成下列几种形式：

1. 導电部分的另件和組件；

- а) 触头与接触另件;
- б) 粗铜条制成的綫圈;
- в) 硬的与軟的电气联接;
- г) 導綫繞制的綫圈;
- д) 电阻元件。

2. 導磁体:

- а) 直流电器用的導磁体;
- б) 交流电器用的導磁体。

3. 电气絕緣用的另件和組件:

- а) 層压絕緣的另件;
- б) 由絕緣材料及木材經机械加工制成的零件;
- в) 由塑料制成的另件;
- г) 陶瓷制另件。

4. 机械另件:

- а) 接触、联鎖、傳动等機構的另件;
- б) 彈簧;
- в) 气动機構的另件和組件。

5. 作为軀壳的另件 (机壳、基座、框架、構架、油箱等)。

4 結構的工藝性

电器生產如同其他產品一样, 只有在結構符合工藝的情況下, 才能順利進行並达到高度的技術經濟指标。

結構的工藝性 [6 和 7] —— 当產品的形狀以及材料的选择决定后, 結構的工藝性就是產品的特性, 在能滿足使用中對產品所提出的全部要求的条件下, 可以用對於已定產量的最完善的方法来加工与制造另件。結構的工藝性决定產品生產的經濟性。

表征產品結構的工藝性的一般基本指标是:

- а) 產品总的劳动量;
- б) 產品的成本;