

高等学校教学用书

解 算 装 置

A. H. 列 别 杰 夫 著



国防工业出版社

高等学校教学用书

解 算 装 置

A. H. 列别杰夫 著

王震华、戚正雍等 译

陈望梅 校



国防工业出版社

內容簡介

本書論述了最簡單的連續動作計算裝置的基本理論和計算方法，以及構造原理。

本書是解算裝置課學習參考書，供高等工業、電力和無線電技術學院的“數學和解算儀器及裝置”專業學生用，並且對其他專業的学生，例如，對“自動、遙控和電氣測量儀器及裝置”專業的学生，以及對從事計算技術、儀器製造和自動學方面工作的工程師和設計師也有裨益。

蘇聯 A. H. Лебедев 著 ‘Счетно-решающие устройства’ (Машгиз 1958 年第一版)

國防工業出版社出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*
787×1092¹/₂₅ 印張 13¹⁷/₂₅ 302 千字

1959年11月第一版

1959年11月第一次印刷

印數：0,001—2,725 册 定價：(10) 1.35 元

NO. 3058

目 录

緒論	7
§1 計算裝置的功用、分類與發展簡史	7
§2 作為數學模型的解算裝置	9
§3 輸入量的引入解算裝置與輸出量的引出	13

第一篇 解算機構

第一章 加法解算機構	16
§1 錐形差動器	16
§2 圓柱形差動器	20
§3 採用差動器作為加法機構的特點	21
§4 變量與常數的相加	23
第二章 乘法和除法解算機構	24
§1 概述	24
§2 不變比例尺的乘法機構	24
§3 解算裝置的可逆性和用試算法解一個未知量的方程式	26
§4 實現用試算法解一個未知量方程式的裝置的穩定性	28
§5 可變比例尺的乘法機構	30
§6 乘常數乘數	33
第三章 再現向量數學運算的解算機構	34
§1 概述	34
§2 座標器	34
§3 用座標器解逆問題	38
§4 實現用試算法解含有兩個未知量的兩個方程式組的裝置的穩定性	41
§5 解逆問題的專門座標器	48
§6 再現三角函數	50
第四章 再現一元和二元變量函數的解算機構	51
§1 概述	51
§2 不均勻標度尺	52
§3 函數曲綫圖機構	54
§4 偏心機構	56

§5 錐形凸輪機構	62
§6 非圓形齒輪機構	66
§7 近似地再現函數關係的機構	69
§8 為了簡化函數的再現而將它作最簡單的變換	73
第五章 微分和積分解算機構	75
§1 概述	75
§2 展平被微分函數的圖解速度計	75
§3 盤形摩擦機構	79
§4 用作積分器的盤形摩擦傳動器	81
§5 用作微分機構的盤形摩擦傳動器	84
§6 自動盤形摩擦傳動器	85
§7 利用隨動系統使作為微分機構的盤形摩擦傳動器自動化	90
§8 利用盤形摩擦傳動器作為解算機構的其它情況	94
§9 齒形摩擦機構	96

第二篇 電的和電氣機械的解算裝置

第六章 加法解算裝置	98
§1 同步器加法裝置	98
§2 電阻求和裝置	102
§3 電位計	106
§4 電壓求和裝置	116
§5 電流求和裝置	120
§6 變量和常量的相加	126
§7 在交流電壓相加時相位的改變	127
§8 加法解算裝置的評述	129
第七章 乘法和除法裝置	130
§1 橋式乘除裝置	130
§2 應用綫性電位計的乘法和除法裝置	131
§3 應用具有特殊特性的電子管的乘法裝置	135
§4 應用電子射綫管的乘法裝置	137
§5 脈沖乘除裝置	145
§6 脈沖分壓器	149
§7 變寬度脈沖發生器	158
§8 用試算法解方程式的電氣機械和電氣模型	161

§ 9 各种乘法和除法解算装置的評述	168
第八章 再現向量运算电的和电气机械的装置	168
§ 1 最簡單的旋轉变压器	168
§ 2 有一个定子繞組和两个轉子繞組的旋轉变压器	175
§ 3 有一个轉子繞組和两个定子繞組的旋轉变压器	178
§ 4 有两个定子繞組和两个轉子繞組的旋轉变压器	179
§ 5 旋轉变压器的串級綫路	181
§ 6 綫性旋轉变压器	182
§ 7 用正弦-余弦旋轉变压器作座标器	185
§ 8 差动式旋轉变压器	190
§ 9 用綫性电位計再現三角函数	191
§ 10 用正弦-余弦电位計作座标器	193
§ 11 用相加正弦电压来作向量相加	195
§ 12 模拟向量的无向量乘积	198
§ 13 复数的算术运算	199
§ 14 再現向量运算的解算装置的評述	202
第九章 再現一元和二元变量函数的解算装置	203
§ 1 仿形骨架的函数电位計	203
§ 2 校正电位計負載的影响	210
§ 3 弯矩形骨架的函数电位計	213
§ 4 用阴極射綫管模拟非綫性函数	214
§ 5 非綫性函数的曲綫逼近法和分段直綫逼近法	217
§ 6 利用帶負載的綫性电位計来逼近非綫性函数	218
§ 7 利用具有專門特性的电子管的曲綫逼近法	221
§ 8 利用脉冲裝置的曲綫逼近法	222
§ 9 阶梯形骨架的函数电位計	225
§ 10 有分路电阻的綫性电位計	228
§ 11 靠電門裝置来进行的函数分段綫性逼近法	234
§ 12 模拟两个自变量的函数	246
§ 13 再現典型非綫性关系式	254
§ 14 再現一元和二元变量函数的解算装置的評述	257
第十章 微分与积分解算装置	258
§ 1 磁式轉速表	258
§ 2 直流轉速表	259

6	
§ 3	交流轉速表 261
§ 4	利用轉速發電機完成積分運算 265
§ 5	電動式積分器 269
§ 6	微分的電容-電阻電路(RC -電路) 270
§ 7	用帶有直接放大器的電容-電阻電路微分 272
§ 8	減小微分的電容-電阻電路誤差的補償方法 273
§ 9	積分的電容-電阻電路 274
§ 10	對非時間宗量的微分和積分 276
§ 11	微分和積分的解算裝置的評述 277
第十一章	解算放大器 278
§ 1	解算放大器的主要性質 278
§ 2	解算電路的典型放大器及其主要部件 287
§ 3	典型解算放大器 298
結語	 314
第十二章	解算裝置的精確度 314
§ 1	概述 314
§ 2	傳遞誤差 315
§ 3	原理誤差 317
§ 4	工具誤差 318
§ 5	解算裝置誤差的分析 327
第十三章	結束語 332
§ 1	複雜計算裝置 332
§ 2	解算裝置的詳述與發展遠景 336
參考文獻	 338
附錄	解算儀方塊圖中元件的規定圖形 339

高等学校教学用书

解 算 装 置

A. H. 列别杰夫 著

王震华、戚正雍等 译

陈望梅 校



国防工业出版社

內容簡介

本書論述了最簡單的連續動作計算裝置的基本理論和計算方法，以及構造原理。

本書是解算裝置課學習參考書，供高等工業、電力 and 無線電技術學院的“數學和解算儀器及裝置”專業學生用，並且對其他專業的学生，例如，對“自動、遙控和電氣測量儀器及裝置”專業的学生，以及對從事計算技術、儀器製造和自動學方面工作的工程師和設計師也有裨益。

蘇聯 A. H. Лебедев 著 ‘Счетно-решающие устройства’ (Машгиз 1958 年第一版)

國防工業出版社出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

787×1092¹/₂₅ 印張 13¹⁷/₂₅ 302 千字

1959年11月第一版

1959年11月第一次印刷

印數：0,001—2,725 册 定價：(10) 1.35 元

NO. 3058

目 录

緒論	7
§1 計算裝置的功用、分類與發展簡史	7
§2 作為數學模型的解算裝置	9
§3 輸入量的引入解算裝置與輸出量的引出	13

第一篇 解算機構

第一章 加法解算機構	16
§1 錐形差動器	16
§2 圓柱形差動器	20
§3 採用差動器作為加法機構的特點	21
§4 變量與常數的相加	23
第二章 乘法和除法解算機構	24
§1 概述	24
§2 不變比例尺的乘法機構	24
§3 解算裝置的可逆性和用試算法解一個未知量的方程式	26
§4 實現用試算法解一個未知量方程式的裝置的穩定性	28
§5 可變比例尺的乘法機構	30
§6 乘常數乘數	33
第三章 再現向量數學運算的解算機構	34
§1 概述	34
§2 座標器	34
§3 用座標器解逆問題	38
§4 實現用試算法解含有兩個未知量的兩個方程式組的裝置的穩定性	41
§5 解逆問題的專門座標器	48
§6 再現三角函數	50
第四章 再現一元和二元變量函數的解算機構	51
§1 概述	51
§2 不均勻標度尺	52
§3 函數曲綫圖機構	54
§4 偏心機構	56

§5 錐形凸輪機構	62
§6 非圓形齒輪機構	66
§7 近似地再現函數關係的機構	69
§8 為了簡化函數的再現而將它作最簡單的變換	73
第五章 微分和積分解算機構	75
§1 概述	75
§2 展平被微分函數的圖解速度計	75
§3 盤形摩擦機構	79
§4 用作積分器的盤形摩擦傳動器	81
§5 用作微分機構的盤形摩擦傳動器	84
§6 自動盤形摩擦傳動器	85
§7 利用隨動系統使作為微分機構的盤形摩擦傳動器自動化	90
§8 利用盤形摩擦傳動器作為解算機構的其它情況	94
§9 齒形摩擦機構	96

第二篇 電的和電氣機械的解算裝置

第六章 加法解算裝置	98
§1 同步器加法裝置	98
§2 電阻求和裝置	102
§3 電位計	106
§4 電壓求和裝置	116
§5 電流求和裝置	120
§6 變量和常量的相加	126
§7 在交流電壓相加時相位的改變	127
§8 加法解算裝置的評述	129
第七章 乘法和除法裝置	130
§1 橋式乘除裝置	130
§2 應用綫性電位計的乘法和除法裝置	131
§3 應用具有特殊特性的電子管的乘法裝置	135
§4 應用電子射綫管的乘法裝置	137
§5 脈沖乘除裝置	145
§6 脈沖分壓器	149
§7 變寬度脈沖發生器	158
§8 用試算法解方程式的電氣機械和電氣模型	161

§ 9 各种乘法和除法解算装置的評述	168
第八章 再現向量运算电的和电气机械的装置	168
§ 1 最簡單的旋轉变压器	168
§ 2 有一个定子繞組和两个轉子繞組的旋轉变压器	175
§ 3 有一个轉子繞組和两个定子繞組的旋轉变压器	178
§ 4 有两个定子繞組和两个轉子繞組的旋轉变压器	179
§ 5 旋轉变压器的串級綫路	181
§ 6 綫性旋轉变压器	182
§ 7 用正弦-余弦旋轉变压器作座标器	185
§ 8 差动式旋轉变压器	190
§ 9 用綫性电位計再現三角函数	191
§ 10 用正弦-余弦电位計作座标器	193
§ 11 用相加正弦电压来作向量相加	195
§ 12 模拟向量的无向量乘积	198
§ 13 复数的算术运算	199
§ 14 再現向量运算的解算装置的評述	202
第九章 再現一元和二元变量函数的解算装置	203
§ 1 仿形骨架的函数电位計	203
§ 2 校正电位計負載的影响	210
§ 3 弯矩形骨架的函数电位計	213
§ 4 用阴極射綫管模拟非綫性函数	214
§ 5 非綫性函数的曲綫逼近法和分段直綫逼近法	217
§ 6 利用帶負載的綫性电位計来逼近非綫性函数	218
§ 7 利用具有專門特性的电子管的曲綫逼近法	221
§ 8 利用脉冲装置的曲綫逼近法	222
§ 9 阶梯形骨架的函数电位計	225
§ 10 有分路电阻的綫性电位計	228
§ 11 靠电門装置来进行的函数分段綫性逼近法	234
§ 12 模拟两个自变量的函数	246
§ 13 再現典型非綫性关系式	254
§ 14 再現一元和二元变量函数的解算装置的評述	257
第十章 微分与积分解算装置	258
§ 1 磁式轉速表	258
§ 2 直流轉速表	259

6	
§ 3	交流轉速表 261
§ 4	利用轉速發電機完成積分運算 265
§ 5	電動式積分器 269
§ 6	微分的電容-電阻電路(RC -電路) 270
§ 7	用帶有直接放大器的電容-電阻電路微分 272
§ 8	減小微分的電容-電阻電路誤差的補償方法 273
§ 9	積分的電容-電阻電路 274
§ 10	對非時間宗量的微分和積分 276
§ 11	微分和積分的解算裝置的評述 277
第十一章	解算放大器 278
§ 1	解算放大器的主要性質 278
§ 2	解算電路的典型放大器及其主要部件 287
§ 3	典型解算放大器 298
結語	 314
第十二章	解算裝置的精確度 314
§ 1	概述 314
§ 2	傳遞誤差 315
§ 3	原理誤差 317
§ 4	工具誤差 318
§ 5	解算裝置誤差的分析 327
第十三章	結束語 332
§ 1	複雜計算裝置 332
§ 2	解算裝置的詳述與發展遠景 336
參考文獻	 338
附錄	解算儀方塊圖中元件的規定圖形 339

緒 論

§1 計算裝置的功用、分類與發展簡史

在解很多科學與技術問題時，必需進行大量的、複雜的和繁重的計算工作。

極力簡化和加快完成這些繁重的計算是出現和發展各種計算裝置的原因，這些計算裝置以自動的或半自動的方式完成數學運算。

所有的計算裝置基本上可分為不連續作用（或數字）裝置與通常稱為解算裝置的連續作用裝置。

在數字裝置中，所有數學量的值，從原始數據到最後結果（例如被加數與和數，余因式與積等等）都用數字的形式表示。在確定數學量的數值時，每一位數（例如百位、十位、個位與十分之一位等等）都有各自的表示法。

在數字裝置中，所有的計算手續，歸根到底都人為地歸結為加法算術運算，並在某一段時間內完成。在實現數學運算的過程中，起始數據的數值照例是不能改變的。要在數字裝置中引進新的起始數據，只有在經過了為計算完以前的數據所需的一段時間後才可能。所以數字裝置在時間上是不連續（斷續）工作的。

算盤與加法機是不連續作用計算裝置●的最簡單的例子。

在連續作用數字裝置中，所有數學量的值（起始值，中間值與結果）可以連續地改變。這些值以一定的比例尺由物理量的形式（例如以角位移或綫位移，電壓等等形式）表示出來。在連續作用裝置中，運算的結果照例在引入起始數據後立即得到，並隨著這些數據的改變而改變。

連續作用計算裝置的例子有，供在紙上完成各種數學運算用的數

● 詳細的可參考A. И. 基多夫著“電子數學計算機”，于桂芝、張偉等譯，科學出版社，1956年。

学仪器●（面积計等）与供数值解代数方程、超越方程和微分方程，甚至这些方程組的解算仪器。

連續作用装置出現在十九世紀中叶，在国外于十九与二十世紀得到很大的發展。第一个这种类型的装置是数学仪器。在十九世紀末，П. Л. 切貝歇夫，B. T. 欧特聶耳等人研究出与制造出了不同結構的加法机。

以后产生了用于求解綫性微分方程組的数学机的想法，虽然在这方面的尝试在外国首先有过，但是这类装置的有效工作的样品还是由杰出的俄罗斯学者A. H. 克磊洛夫在1904年于俄国研究制造出来的。

在二十世紀初出現了用来完成各种統計、會計、財政、銀行的运算的計算分析的穿孔卡机。在这段时期，計算装置不但开始用于完成复杂的計算，而且也开始用于控制的目的。

控制用的計算装置連續地考虑到外界条件的改变，并进行相应的計算，很快地算出为了作用于某个过程所必需的数据，使这过程具有所需要的方向。第一个这种功用的計算装置是控制射击用的解算仪。

直到二十世紀的三十年代，計算装置只是机械的。在三十年代里开始發展电气机械的，稍迟些才是电气的装置，而电气的装置便导致在二十世紀中叶近代的快速电子計算机的出現。

应用不連續作用計算装置的范围在不断扩大着。它們直接被用在数学运算，自动控制生产过程与解各种的邏輯問題。在最近的将来，国民經济的計劃、統計与監督的自动化将是它的应用的重要方面。

計算装置作为某些脑力劳动过程的自动化的工具的意义極為巨大。在苏联共产党二十次代表大会对發展苏联国民經济的第六个五年計劃的指示中規定了在苏联要广泛地發展生产与采用計算装置。

在五年計劃期間規定計算机与計算分析机的生产要增加三倍半，以及要加強解复杂的数学問題与自动控制生产过程的自动快速計算机的設計和生产的工作。

● 詳細的可参考B. Мейер Цур Капеллен, Математические инструменты, ИЛ, 1950.

§.2 作为数学模型的解算装置

在研究很多技术问题时，广泛地采用模拟各种对象、现象与过程的方法。根据研究的性质，模拟可能是物理模拟或是数学模拟。

在物理模拟的情况下，研究是在模型上进行的，而模型与客体原型在物理本质上是一样的，只是大小不同。这种的模拟使得扩大关于在原型中发生的复杂现象的知识成为可能。

物理模拟用在，例如：于风洞中吹动飞机模型来研究飞机在空气中的性能行为，用在考查在动力装置中发生的各种过程等等上。

在数学模拟的情况下，研究也是在模型上实现的，这种模型中再现的是另外的物理现象，但它与原型中的物理现象是由同样的方程式描写的。在这种情况下，不是任何具体的物理过程的模拟，而是某个数学关系式的模拟。这种形式的模拟只是为了要解相似的方程式，并且是利用各种装置作为解算装置的基础。

设串联两个电源电压 U_1 和 U_2 ，这时电路中电压之和等于

$$U = U_1 + U_2. \quad (1)$$

这个装置可视为加两个独立变量 X 和 Y 运算的数学模拟，因为后者可用类似的方程式表示，

$$Z = X + Y. \quad (2)$$

只要电压的数值 U_1 和 U_2 做得与分量 X 和 Y 成比例，方程式 (1) 与 (2) 的相似便使我们有可能利用所研究的装置来自动完成加的运算。这时电压 U 显然与和 Z 成比例。

与此相类似，可以设想另外的运算的数学模型。

现在给出某些一般的定义。

解算装置是借助于随着自变量的不断改变自动地或半自动地用来再现某些数学关系式的数学模型。

每一解算装置的工作决定于某个輸入的物理现象的变化。

根据这个物理现象的类别，解算装置可区别为机械的，电气的，光学的，液压的等等。

对解算装置有非常严格的要求，其中最基本的是：装置尺寸要小

而再现的数学关系要有很高的准确度，工作可靠，构造简单等等。

机械的，电气机械的与电气装置最能完满地满足这些要求，故这些装置得到广泛的采用。

最简单的或最基本的解算装置是构造上不能再分为两个或更多个更为简单的这种装置。最简单的解算装置是最基本的数学模型，最简单的机械模型被称为解算机构。

现时大家熟知的最简单的解算装置中的绝大多数保证实现较简单的数学运算，这些运算一般是再现不大于两个独立变数的函数。再现三个和更多个独立变量的基本的数学模型知道得极少。

最简单的解算装置，根据它用来再现的函数或数学运算的特性，可分为：加法装置，乘法装置，除法装置，再现向量关系的装置，再现一个或两个变量的函数装置，微分装置和积分装置。

装在总的壳体中的实现一定的数学问题的最简单的解算装置与各种辅助元件（刻度盘、手柄、同步传动、随动系统、放大器等等）的总体，称为解算仪器。

我们规定称描写数学运算的公式为被模拟公式，这个数学运算依靠解算装置来得到再现。

我们规定称描写在解算装置中输入量与输出量之间的联系公式为模拟公式。

在利用任何的装置作为解算装置时必须满足的主要条件是被模拟的公式与模拟的公式相似，因为只有在这种情况下才能谈到数学的模拟。

此外，在被模拟公式中的数量与模拟公式中的物理量必须彼此相应地成比例。这样的比例才使得能谈到数学量在解算装置中被各种的物理量（机械位移、电压、电流等等）来模拟。

在解算装置中联系数学变量与它们相应的物理量间的比例系数称为比例尺，而比例尺规定理解为被再现的数学量对再现它的物理量之比。

这时如果以某一物理量 N 来再现某一数学变量 X ，则变量 X 的比