

E. II. 波波夫 著

自动调节

基本概念



国防工业出版社

自 动 调 节

基 本 概 念

E. П. 波波夫 著

陈以一、王朝霞译



国防工业出版社

1962

內 容 簡 介

本书系自动調节原理的入門书籍。书中，使用最簡單的数学工具——常系数綫性微分方程，以及使用各个技术部門中的許多实例，对自动調节的一些基本概念，作了极其通俗的介紹。讀者通过本书不但可以迅速地了解什么是自动調节，也可以为进一步钻研自动調节原理打下基础。

本书可作为高等学校中有关自动化专业的教学参考书，也可供科学研究工作者、工程师及技术人員参考之用。

苏联E. П. Попов 著 ‘Автоматическое регулирование
основные понятия’ (Государственное издательство
техникотеоретической литературы 1959年第三版)

* * *

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第074号

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

787×1092 1/32 印张9 1/4 194千字

1962年3月第一版

1962年3月第一次印刷

印数：0,001—4,000册 定价：(11-8)1.40元

統一书号：15034·602

第一版序

目前，自动調节理論方面已經有了許多內容丰富的参考书；但是，直到現在为止，关于自动調节的基本概念，却还没有一本相当通俗的讀物，这是在我們自动化蓬勃发展的世紀里，为广大讀者所十分关心的。

本书可供初步了解自动調节原理之用。为了叙述的簡單明了起見，作者力求大量使用各个技术部門中的具体例子，并且也不用复杂的数学工具（調节理論的参考书中所常常涉及的），以便使讀者能够容易而迅速地了解什么是自动調节。本书所举的实例和基本原理的初步分析都沒有繁复的計算，这是在讀者面前揭开这門新兴技术科学 領域帷幕的 最好办法，同时也是使讀者正确地理解許多現代自动系統的性能和进一步研究該領域內較深著作的最好办法。

緒 論

生产过程、动力系统、运输、科学试验设备等等的自动化，是我们这个时代当中，科学和技术共同发展方面最进步的方向之一。自动化简直遍及了整个技术领域，其中也包括军事技术在內。

可以坦率地说，在某种企业或对象方面，使各种过程的控制自动化的普及程度，很能表征该企业的一般生产水平和技艺，或该技术对象的水平和完善程度。在一个先进的工业和动力工程领域內，沒有广泛而全面的控制自动化，是不可想像的。现代的机床、工厂、掘土机、建筑机械、农业机械、汽车、船舰、火车、飞机、发电站都必须包含有自动控制它们的元件在內。

不論是噴气式飞行器械的发展，还是原子能的应用，沒有控制过程的自动化，都是不可思議的。在一切技术部門中，对于現在和不久的将来的技术來說，控制过程的全面自动化乃是必要的工具和最重要的特征。

自动化所涉及的不仅仅是控制各种机器和其他复杂技术对象的过程而已；对于机器、企业、各种设备的设计來說，其中也包括自动装置本身的设计在內，計算工程的技术也可以自动化。在进行科研工作时，解代数方程組和微分方程組方面所牵涉的任何复杂計算，以及在任何規模的核算和设计方面所进行的計算，也都可以使之自动化。

从上述可以看出，如果說过去机械化担负了減輕人类体

力劳动的使命，那末，在今天，自动化一方面能更好地完成这一任务，同时它还可以减轻人类的脑力劳动（这是自动化的最重要的特点）。自动化不但可以减轻人类的劳动、提高人类各种劳动的技艺、消除体力劳动和脑力劳动之间的差别，同时它还可以成百、成千倍地提高劳动生产率，可以满足整个人类社会和人们的各种各样的需要；自动化可使一系列的生产工作和新型的联络与通讯，在实践上能够实现；如果没有它，这都是不可能达到的。

总的说来，我们所说的自动化是指全部或局部应用自动设备、运动设备、计算技术设备的整个综合体而言。在目前，这些设备的形式是极其繁多的。在这些技术设备当中，特别是电子学和无触头电磁技术得到了愈来愈广泛的应用。自动系统、运动系统、计算机系统的一般构造原理也是各种各样的，在一本书中不可能把它们都一一加以叙述。

自动调节是自动化中的一种，本书的任务是阐明它的基本概念；自动调节是指控制某种过程运行的全面自动化。换句话说，自动调节系统不需人的帮助就能保证机组（或对象所需的运动）维持所需的工作状态；剩下来给人做的工作只是系统的起动和最初的整定。有时，在该机组依外部条件为转移而进行工作时，甚至连系统的起动也不须人来进行。

目 录

第一版序	(5)
緒論	(7)
第一章 自动調节系統和随动系統的作用原理和一般性质	(9)
§ 1. 自动調节系統的閉式綫路, 反饋	(9)
§ 2. 調节器中的功率放大, 位差	(12)
§ 3. 結構图, 原理图, 一般术语	(17)
§ 4. 自动調节系統实例	(23)
§ 5. 随动系統和其他自动系統	(31)
§ 6. 自动調节过程及随动过程	(37)
§ 7. 自动調节系統和随动系統的靜特性、动特性及靜誤差、 动誤差	(42)
§ 8. 自动系統中期望过程和指定程序 在物理上实现的可能性	(52)
第二章 单环有差自动調节系統中的过程	(56)
§ 9. 自动調节系統各个环节的靜特性和动特性	(56)
§ 10. 建立調节对象动态方程的例子	(80)
§ 11. 建立自动調节器动态方程的例子	(88)
§ 12. 調节过程的最簡單的研究(一阶自动調节系統)	(100)
§ 13. 二阶自动調节系統	(110)
§ 14. 三阶自动調节系統	(124)
§ 15. 接入調节器时和重新整定調节器时的过程	(140)
第三章 改善調节过程质量的方法	(149)

§ 16. 靜誤差的消除, 无差自动調节系統	(149)
§ 17. 在調节規律中引入导数和积分 (串联校正裝置)	(162)
§ 18. 附加反饋 (并联校正裝置)	(177)
§ 19. 带附加反饋 (并联校正裝置) 的自动調节系統	(191)
§ 20. 复合自动調节系統 (按扰动的校正裝置)	(202)
第四章 断续作用調节系統和非綫性系統	(213)
§ 21. 脉冲自动調节系統	(213)
§ 22. 替續自动調节系統	(223)
§ 23. 調节过程在相平面上的像	(239)
§ 24. 替續系統中的自振蕩	(250)
§ 25. 諧波綫性化, 替續环节的諧波放大系数	(259)
§ 26. 替續系統的自振蕩与系統参数之間的关系, 替續系統的稳定性	(269)
§ 27. 調节器的各种非綫性对于自动調节过程的影响	(279)
参考文献	(292)

自 动 调 节

基 本 概 念

E. П. 波波夫 著

陈以一、王朝霞译



国防工业出版社

1962

內容簡介

本书系自动調節原理的入門书籍。书中，使用最簡單的数学工具——常系数綫性微分方程，以及使用各个技术部門中的許多实例，对自动調節的一些基本概念，作了极其通俗的介紹。讀者通过本书不但可以迅速地了解什么是自动調節，也可以为进一步钻研自动調節原理打下基础。

本书可作为高等学校中有关自动化专业的教学参考书，也可供科学研究工作者、工程師及技术人員参考之用。

苏联E. П. Попов 著 ‘Автоматическое регулирование
основные понятия’ (Государственное издательство
техникотеоретической литературы 1959年第三版)

* * *

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第074号

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

787×1092 1/32 印張9 1/8 194千字

1962年3月第一版

1962年3月第一次印刷

印数：0,001—4,000册 定价：(11-8)1.40元

統一书号：15034·602

目 录

第一版序	(5)
緒論	(7)
第一章 自动調节系統和随动系統的作用原理和一般性质	(9)
§ 1. 自动調节系統的閉式綫路, 反饋	(9)
§ 2. 調节器中的功率放大, 位差	(12)
§ 3. 結構图, 原理图, 一般术语	(17)
§ 4. 自动調节系統实例	(23)
§ 5. 随动系統和其他自动系統	(31)
§ 6. 自动調节过程及随动过程	(37)
§ 7. 自动調节系統和随动系統的靜特性、动特性及靜誤差、 动誤差	(42)
§ 8. 自动系統中期望过程和指定程序 在物理上实现的可能性	(52)
第二章 单环有差自动調节系統中的过程	(56)
§ 9. 自动調节系統各个环节的靜特性和动特性	(56)
§ 10. 建立調节对象动态方程的例子	(80)
§ 11. 建立自动調节器动态方程的例子	(88)
§ 12. 調节过程的最簡單的研究(一阶自动調节系統)	(100)
§ 13. 二阶自动調节系統	(110)
§ 14. 三阶自动調节系統	(124)
§ 15. 接入調节器时和重新整定調节器时的过程	(140)
第三章 改善調节过程质量的方法	(149)

05844

§ 16. 靜誤差的消除, 无差自动調节系統	(149)
§ 17. 在調节規律中引入导数和积分 (串联校正 裝置)	(162)
§ 18. 附加反饋 (并联校正裝置)	(177)
§ 19. 带附加反饋 (并联校正裝置) 的自动 調节系統	(191)
§ 20. 复合自动調节系統 (按扰动的校正裝置)	(202)
第四章 断续作用調节系統和非綫性系統	(213)
§ 21. 脉冲自动調节系統	(213)
§ 22. 替續自动調节系統	(223)
§ 23. 調节过程在相平面上的像	(239)
§ 24. 替續系統中的自振蕩	(250)
§ 25. 諧波綫性化, 替續环节的諧波放大系数	(259)
§ 26. 替續系統的自振蕩与系統参数之間的关系, 替續系統 的稳定性	(269)
§ 27. 調节器的各种非綫性对于自动調节过程 的影响	(279)
参考文献	(292)

第一版序

目前，自动調节理論方面已經有了許多內容丰富的参考书；但是，直到現在为止，关于自动調节的基本概念，却还没有一本相当通俗的讀物，这是在我們自动化蓬勃发展的世紀里，为广大讀者所十分关心的。

本书可供初步了解自动調节原理之用。为了叙述的簡單明了起見，作者力求大量使用各个技术部門中的具体例子，并且也不用复杂的数学工具（調节理論的参考书中所常常涉及的），以便使讀者能够容易而迅速地了解什么是自动調节。本书所举的实例和基本原理的初步分析都沒有繁复的計算，这是在讀者面前揭开这門新兴技术科学 領域帷幕的 最好办法，同时也是使讀者正确地理解許多現代自动系統的性能和进一步研究該領域內較深著作的最好办法。

結 論

生产过程、动力系统、运输、科学试验设备等等的自动化，是我们这个时代当中，科学和技术共同发展方面最进步的方向之一。自动化简直遍及了整个技术领域，其中也包括军事技术在內。

可以坦率地说，在某种企业或对象方面，使各种过程的控制自动化的普及程度，很能表征该企业的一般生产水平和技艺，或该技术对象的水平和完善程度。在一个先进的工业和动力工程领域內，沒有广泛而全面的控制自动化，是不可想像的。现代的机床、工厂、掘土机、建筑机械、农业机械、汽车、船舰、火车、飞机、发电站都必须包含有自动控制它们的元件在內。

不論是噴气式飞行器械的发展，还是原子能的应用，沒有控制过程的自动化，都是不可思議的。在一切技术部門中，对于現在和不久的将来的技术來說，控制过程的全面自动化乃是必要的工具和最重要的特征。

自动化所涉及的不仅只是控制各种机器和其他复杂技术对象的过程而已；对于机器、企业、各种设备的设计來說，其中也包括自动装置本身的设计在內，計算工程的技术也可以自动化。在进行科研工作时，解代数方程組和微分方程組方面所牵涉的任何复杂計算，以及在任何規模的核算和设计方面所进行的計算，也都可以使之自动化。

从上述可以看出，如果說过去机械化担负了減輕人类体

力劳动的使命，那末，在今天，自动化一方面能更好地完成这一任务，同时它还可以减轻人类的脑力劳动（这是自动化的最重要的特点）。自动化不但可以减轻人类的劳动、提高人类各种劳动的技艺、消除体力劳动和脑力劳动之间的差别，同时它还可以成百、成千倍地提高劳动生产率，可以满足整个人类社会和人们的各种各样的需要；自动化可使一系列的生产工作和新型的联络与通讯，在实践上能够实现；如果没有它，这都是不可能达到的。

总的说来，我们所说的自动化是指全部或局部应用自动设备、运动设备、计算技术设备的整个综合体而言。在目前，这些设备的形式是极其繁多的。在这些技术设备当中，特别是电子学和无触头电磁技术得到了愈来愈广泛的应用。自动系统、运动系统、计算机系统的一般构造原理也是各种各样的，在一本书中不可能把它们都一一加以叙述。

自动调节是自动化中的一种，本书的任务是阐明它的基本概念；自动调节是指控制某种过程运行的全面自动化。换句话说，自动调节系统不需人的帮助就能保证机组（或对象所需的运动）维持所需的工作状态；剩下来给人做的工作只是系统的起动和最初的整定。有时，在该机组依外部条件为转移而进行工作时，甚至连系统的起动也不须人来进行。

第一章 自动调节系统和随动系统的作用原理和一般性质

§1 自动调节系统的閉式线路，反馈

为了清晰地说明所有自动调节系统的基本作用原理起见，现在举温度调节系统为例。

设有一金属淬火用的电炉（图1）。为了测定炉内的温度 θ ，我们安装了一个热电偶，它产生的电压 U 与温度 θ 成正比。测定电压 U 的仪表上的标尺，是按温度 θ 的大小来刻度，其单位为度，看管电炉的人，两眼注视着仪表指针的偏转角 φ ，在它的标尺上读出炉内的温度值，他就可以根据现有温度与所需的温度值之间的偏差方向，来决定将变阻器的滑块朝那一个方向作相应的位移 s （图1），从而改变电炉加热电路中的电阻 r 。当电阻 r 增加时，加热电路中的电流减小，于是电炉中的温度也就降低。当电阻 r 减小时，电流增大，于是温度 θ 也就升高。

这就是用手去调节金属淬火电炉炉内温度时的情况。

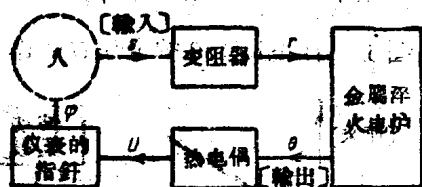


图 1

现在我们设法使这个温度调节的过程全部自动化。首先，应该分析一下，人在这个过程中的职责是什么。如果用极其