

控制論淺說

控制论与自动机

刘春林 刘 倬 高祖舜 談祥柏 編譯



上海科学技术出版社

控制論与自动机

刘春林 刘 倬 編譯
高祖舜 談祥柏

上海科学技术出版社

內 容 提 要

人类正在日益深入地探索大自然的奥秘,創造出令人惊奇的、能够操纵机床和管理工厂、能够完成复杂的計算和解邏輯問題的机器作为自己的助手。

人为了完成上述工作,必須通过思考。机器怎么能够解决人必須經過思考才能完成的那些問題呢?本书結合“会思考的”机器的历史,說明研究这些机器的科学——控制論的基本概念。

本书是参考国外有关书籍編写的,其中語言学、机器翻譯等节由刘倬、高祖舜两同志編写,信息一节由談祥柏同志編写。

本书比較生动、有趣,适合广大讀者閱讀。

控制論淺說

控制論与自动机

刘春林 刘 倬 高祖舜 談祥柏 編譯

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×953 1/32 印張 3 26/32 排版字数 73,000

1964年12月第1版 1964年12月第1次印刷

印数 1—10,000

統一书号 T 13119·580 定价(科二) 0.28 元

前 言

人类已經創造了数量众多的、各种各样的机器来为自己服务。这些机器使人的力量有了千百倍的增长，使人的視听能力无可比拟地加强。对于这些卓越的发明，人們現在已經司空見慣，难得失惊道怪了。

但是，近年来出現了一些非常令人惊奇的自动机。一个不了解科学发展情况的人，看到了近年来設計的自动机，一定会认为这是一种神奇的东西。的确，机器現在已能操纵最复杂的机床和管理整个工厂的工作。它能导引船舶、飞机和導彈的航向，迅速地进行最复杂的計算，把一种語言譯成另一种語言，解答各种問題，診斷疾病，下棋，管理高炉，代替部分原由工人、會計師和工程師等做的工作。类似的“奇迹”簡直不胜枚舉。

这些通常被称为自动机的机器是依据什么原理进行工作的呢？本书的任务就是从理論方面对这一問題加以解釋，介紹研究这些机器的科学——控制論的基本原理，也附帶談談与控制論的发展有关的一些認識上的問題。至于許多其他問題，如自动机的技术結構，以及自动化发展所引起的社会影响等，就不是本书的討論範圍了。

目 录

前 言

1. 自动机的历史.....	1
什么是自动机	1
自动控制机	5
自动计算机.....	12
“会思考的”自动机.....	16
2. 向控制論进军	21
一、控制論的技术前提.....	21
新型的自动机.....	21
数字电子计算机.....	24
二、控制論的科学前提.....	27
数学.....	27
邏輯学.....	32
語言学.....	38
生理学及心理学.....	54
3. 控制論	61
一、控制論的产生.....	61
二、控制論的基本概念和基本規律.....	66
控制論系統.....	66
“全或无”定律.....	69
信息.....	70
反饋.....	85
三、控制論与神經系統.....	90
四、控制論与机器.....	95
解邏輯問題.....	95
机器翻譯.....	98

控制論动物	108
稳定寻覓机	110
机器的“学习”	112
4. 展望未来.....	114

自动机的历史

什么是自动机

在日常生活中,我們常常提到自动和自动机,例如,自动手表、自动电话等等。但是,要回答什么是自动机这个问题,却并不容易。在自动化的邮局里,我們把八分錢投进一个自动机的投币孔,用不到麻煩邮局里的人,就能得到一張价值八分的邮票。我們說,这張邮票是自动机卖給我們的。但是当一個邮件通过汽車、火車或者飞机被迅速送达它的目的地时,我們可不把汽車、火車或飞机当作自动机了。

怎样解釋这一問題呢?所有的自动机有什么共同的特点来和非自动机区别呢?問題可能在于結構的复杂程度吧?但是,上述的例子完全証实这种說法毫无根据,因为自动手表、自动售票机远沒有汽車复杂,可是前者是自动机,而后者却不是。

可能会这样設想,即关键在于能源在哪里,在机器内部还是在外面。但是汽車的发动机和汽油虽然都在車子内部,却与由发电站取得电能的车电同样被当作非自动机。而自动装置中的电子机和自动工厂,也是一个由内部获得能源,另一个从外面取得能源的。由此可见,这一点在划分自动装置与非自动装置时并不

重要。

著名的控制論專題著作的作者、法国科学家比·拉齐利特別指出过,对自动机來說,能源位置不是重要的。他认为,对自动机的鉴别取决于操纵机器动作的信号来自哪里,而与能源在哪里无关。按照他的看法,只有在机器装备有自己本身的控制装置时,才能出現自动性。比·拉齐利下定义說,一个能給自己的执行机构发送信号的机器才是自动机。

比·拉齐利的定义在很大程度上符合于現代自动机的实质。的确,所有的自动机都装备有能給自己的执行机构发送各种信号的装置。这些装置的詳細情况,将在下面提到,我們暫且不談。在这里我們只准备談談为什么自动机需要这些装置,为什么这些装置对自动机是非常重要的。

問題的答案只能有一个:为了避免由人来不断照管机器,自动机就必须有进行控制和自我調整的装置。在一切非自动机(如普通的枪支、汽車、电車、火車等)中,对机器的执行机构发出的信号,都是由人来傳送的。拉齐利指出了現代自动机的特点是:能在沒有人直接参与的情况下进行工作。正是这一特点使相应的机器成了自动机。

可是,还有一些机器也必须称作自动机,因为它们同样不需要人的照管;但賴以工作的装置却与拉齐利指出的不同。这就是說,拉齐利的自动机定义沒有表征出自动化一詞本身的实质,而只是表征了現代自动机賴以构成的一种設備和方法。而且,即使拉齐利指出的設備永远是制造自动机的唯一設備,即使所有

其他制造自动机的方法在原則上都是不可能的，这也不能改变下面的事实：指出制造某一設備的方法，并不是对它的实质下了定义。对为什么沒有自己的調节系統就不能是自动机的問題，只能有一个答案，即不然的話，就要由人来完成这项工作。所以，确定机器是不是自动机的主要根据，乃是人不必經常照管机器，而不管这点是如何實現的。

把“自动”理解为“不需人的帮助而能自己运动”，是与这一名詞在現代語中通常应用的意义符合的。当然，这里所指的并不是絕對符合，而仅是說在大多数情况下是相符的。“自动机”一詞也在一定程度上存在类似的情况。例如，我們只把使用时要投五分硬币的自动電話机称为自动電話，虽然所有帶號碼盘的電話同样都是自动電話。

可是比·拉齐利却认为“自动机”一詞的原意是和現有意义矛盾的。按照他的見解，給自动机下一个不需要人的参与而能自己动作的机器的定义是不正确的。他提出的論据非常简单，但同时也非常机智。第一，根据这一定义，抛在水中的一块軟木也要被称为自动机了，因为軟木在水面的漂浮，是完全不需要人的参与的。第二，根据这一定义，一切通常被称为自动机的装置都不能算自动机，因为它们的工作多少总需要人的参与。無論如何它們总是由人来开动的。

对这种論点似乎很难予以反駁。因为，很明显，按自然界的一定規律，浮在水面上的一块軟木决不是自动机。任何自动机总多少需要有人参与才能动作也是沒有疑問的。但同样明显的是，只有那些不需人的照

管而能完成某些工作的机器才能称作自动机。我們在上面所說的能进行自我調整的装置的全部涵义就在于此；据比·拉齐利本人的意見，这种装置是一切自动机都必須具备的。所以，如果把自动机的定义确定为“完全不需人的参与而能自己动作的机器”是錯誤的話，那末，从另一方面來說，从任何自动机的必要的和基本的特征中排除“不需人的参与”这一点，也同样是错误的。

自然界里經常发生許多各种各样的过程，它們的发生是和人的意志以及人的参与与否无关的。当然，誰也不会把它們称为自动过程。但是如果有人有意識地利用这种或那种自然規律，来創造一种不需人的直接参与就能完成一定工作的装置，那末他就是制成一部自动机了。

这样看来，自动机与人之間是有一定程度的微妙关系的：任何自动机都要求人或多或少地参与它的工作，但同时也要求能或多或少地脫离人进行工作。一切自动机都是由人創造、由人开动、并能完成事先对它提出的一定任务的。但与此同时，任何自动机都能脫离人而工作，能不需人的直接参与完成这种或那种工作。

可是，自动机不能完全脫离人的事实，与自动机的定义——某些过程不需要人的直接参与的机器，并不矛盾。

在这里，我們必須強調指出“自动机”和“自动化”两个概念的相对意义。

沒有哪一部自动机可以认为是完全的自动机，同时任何一部非自动机中也总有某些自动化的因素。自

动手表的“自动化”，只表现在它戴在手腕上时，就不用专门上发条，能依靠手腕的摆动“自动”上发条，但是它也和普通手表一样，需要用手来发动，离开了人的手，它也要终于停摆的。电车和汽车在全部行程中都要由驾驶员操纵，但驾驶员只要花极少的体力来操纵它们，以后它们就会在实质上自动进行一些动作，结果，沉重的车身就会运行自如。

自动控制机

试图用机器来完成人做的某些工作，用机器在某种程度上代替人的大脑，是由来已久了。如果仔细观察一下最新的自动机，并把它与过去的机器进行比较，我们就会发现，它们的出现绝非偶然，而是科学与技术长时期发展的结果。这种机器最早的出现是在很久以前。

在使用原始工具时，工具的原动力是人自己。他要用自己的双手挥动棍棒和斧头，射箭和投掷标枪。以后，人在自然界里找到了能代替他本身体力的能源。例如，人们建造木筏来利用流水的能，制造帆船来利用风力。

但是，所有这些能源，只有在有了人的相应调节和适当操纵以后，才能产生预期的效果。木筏必须保持一定的运动方向，风帆必须张得不致使船倾复。这样的操纵常会遇到许多困难和危险。

人能不能减轻自己的控制任务呢？

初看起来，这似乎是不可能的。因为为了把任何一个过程调节好，以取得预期的一定结果，就必须进行思考。但是，只有人才能思考，要迫使无生物界和动物

来代替人进行思考是办不到的。

可是人还是創造了一些設備，它們能够在沒有人直接参与的情况下对自然力的作用进行調节。当然，不論动物，或者是无生物界都是沒有意識的。在这方面人不能找到替代。但自然界的各种过程的进行，都是互相联系，互相制約的。它們之間存在一定的因果关系。每一种現象都是由另一种現象引起的，任何一种过程都是作为它的产生原因的另一种过程的结果。后者似乎是在支配前者。例如，河流上下游地面的高度差別，决定(支配)河水的流速；火焰的大小决定于木柴的多少，等等。

所以，尽管自然界沒有意識，自然界里却存在着类似起調节作用的过程。因此，人們有可能不是直接地而是間接地支配某些过程。为了調节某一过程 A ，可以調节作为 A 过程的原因的另一过程 B 。在这种情况下，人作用于 B 过程后，过程 A 会似乎是自动地、无人参与地产生出来。例如，为了减低船速，可以卷起部分船帆，由于船帆上风力的减少，船的运动“自动地”减慢。我們当然决不会把类似帆船的装置称为自动装置。因为人在这里要担負很多工作。但在这种装置中，自动的因素是肯定存在的，因为在这里某些过程的进行并不需要人的直接参与。

在这种情况下，自动調节的优点在哪里呢？人不作用于这一过程，就要作用于那一过程，不是总要作用于一个过程嗎？

自动調节的优点在于，它可以达到同样的、甚至更大的效果，而所需的脑力劳动与体力劳动却比直接調

节少得多。有的过程操纵起来比较容易，有的却比较困难。有时，先引起作为某一过程的原因的过程，比较以直接作用来取得预期的结果要轻易得多。而且后一种方法有时往往是不可能的。例如，单独一个人，用游泳的方法直接操纵一只船，在水里推它或拉它，即使船只不大，也未必能达到目的。而用间接的方法，如利用风帆，人却可以非常容易、非常顺利地解决问题。对有些过程，如在篝火上调节烧水的速度，人是完全无法直接进行的，为了改变火的大小，只有用添减木柴数量的间接方法才能做到。

当然，我们决不能说，所有上述情况中能完成部分调节任务的自动机，会代替人进行思考。能思考的只有人，不过在利用自动机时，人的思考在时间上早于调节过程罢了。他知道，为了烧热大量的水，需要较多的木柴，所以在烧水过程开始前早就做了准备。这里似乎是发生了思维的集中，人不是在整个控制过程中不断地思考，而是在这一过程开始以前只思考一次，预先准备好相应的调节措施。

由于科学和文化的进步，人们制造出了愈来愈多的新式自动机器。在利用自动机器减轻人们的劳动的同时，也得到了一些完全意想不到的应用。例如，古埃及亚历山大城的祭司们，为了向虔诚的人们证实上帝近在咫尺，就曾利用自动装置显示各种“圣迹”。当教堂的祭火点燃以后，教堂的两扇大门就会在朝拜者的面前自动打开，祭坛两边的两个铜祭司会自动地用拿在手里的祭碗往祭火上洒“圣”酒。为了领到“圣”水，朝拜者只要往教堂里一只不大的箱子的小孔内塞进一枚硬

币,箱子便会自动地、不要人的任何帮助,发给朝拜者一定量的“圣”水。我们这些向自动机购买汽水的现代人,自然不会对这种现象感到任何惊奇。但是,这种现象会使古代的埃及人产生深刻的印象,这是毫无疑问的。

显示这种“圣迹”的自动装置,是由纪元前二世纪亚历山大城的学者、著名发明家海隆创造的。他还制造了另一种玩艺儿:装在教堂入口处的一只会叫的青铜小鸟。每当在它前面的那只猫头鹰转向它的时候,它的叫声便会立刻停止。所有这些发明和其他一些发明,海隆都写在流传下来的《气体力学》一书里。

自此以后,人们对自动学的兴趣日益浓厚。日益众多的学者和自学的发明家致力于各种自动装置的创造。如果说,最初的自动机在某一方面代替了人的工作,但在外表上通常与人没有任何相似的话,那末在后来,尤其是在中世纪,所追求的已是完全仿造人的机器了。这就是说,创造出来的机器,除了能完成人的某些工作外,还要在外表上象人。结果就出现了能启闭门户的“铁人”、机械鼓手、机械吹笛手、自动织布女工、自动理发师、自动油漆匠等。

这些自动装置的实用意义很小。它们对人们的劳动帮助不大。在这类机械人里,没有任何一个能真正代替人去完成规定给它的工作。机械油漆匠、机械面包师、机械吹笛手和机械钢琴手,都远远比不上活的工人和音乐家。但是,主要是由于外表象人,这些自动机还是使人们产生了深刻的印象。机械人所引起的兴趣是如此巨大,以致使天主教会的神职人员大为惊慌。古代

的自动机曾被教士們用来显示神力，可是在中世紀它們却反被教士們称为旁門邪道了。十八世紀的瑞士钟表匠德罗和他的父亲，共同制造了机械画师、机械女鋼琴手、会写字的机械儿童，因而受到了教会的殘酷迫害。他被宣称为巫师，并被关进監獄，发明物則被封禁在地下室里。

机械人对人的想象产生过非凡的影响，在十八世紀的哲学中得到了一定的反映，当时的某些学者甚至认为人与机器之間沒有原則性的差別。

在当时，机械动物的制造也得到了很大的成就。莫斯科机械师裘莫林的“会叫的金絲雀”，法国机械师渥堪逊的“搖摆鴨”，都是人所共知的。值得注意的是，渥堪逊的出名，主要是由于他的各种自动玩具（他还制造了能吹奏不同曲調的机械吹笛手），而不是由于他的象織布机器那样的极有价值的发明，这一发明是多数人所不知道的。

在这些自动机中，具有較大实用意义的，是对大量能量加以調节的自动机。水磨和风磨上的装置，是这类自动机的最早的代表。

人們很早就知道了风和水的力量。但是需要学会駕馭它們。于是人們就制造了一些用风力和水力带动輪子和磨盘轉动的装置，来磨碎谷粒。人們不仅驅使风和水代替自己的双手来带动輪子，而且还想出了一种調节送上磨盘的谷粒数量的特殊装置，即所謂振動器。

磨盘的轉速在各种因素（如风力、水头、谷粒质量等）的影响下經常在改变，因此在不同时期磨盘能加工的谷物量也是不同的。为了使磨盘能稳定地工作，投

进磨盘的谷粒数量必須与磨盘的磨粉能力相适应，否則磨盘不是被堵塞，就是因轉动过快而发热。

振动器的結構，是在磨盘轉动加速时，能自动增加投进磨盘的谷粒数量。达到这一目的的方法，是在磨盘軸上加一个装置，磨盘轉动时，这个装置的边缘会使谷物流动槽振动。磨盘轉得愈快，这个装置使谷粒流动槽的振动也愈勤，因此就有更多的谷粒从流动槽落到磨盘上。当磨盘轉动减慢时，流动槽振动的次数也减少，槽中抖落的谷粒也相应地减少。

由此可見，即使在水磨和风磨这种简陋的工具中，自动的元件也已起着重要的作用。但是，生产技术中真正的轉折点，却是在利用蒸汽压力的机器上采用自动装置后才开始的。

蒸汽的力量，和风力、水力一样，人們早就知道了。海隆曾經利用蒸汽来轉动鉄球。到了十八世紀，已經制造出許多机器，它們的主要部分是由蒸汽推动的活塞。这些机器的主要困难是在于控制机器的动力，即調节进汽。为了使活塞运动，蒸汽必須往复地从两方面推动活塞。在蒸汽閥門的启閉还是用手操作的时期，蒸汽机的工作效果一直不大，它們的应用也不广泛。但自从发明了自动調节进汽的蒸汽分配器后，蒸汽就引起了整个工业的革命。到处都开始使用蒸汽机：出现了蒸汽磨、蒸汽機車、汽船和其他装有蒸汽发动机的机器。

現代自动蒸汽分配器的发明者，是十八世紀后半叶——十九世紀初的英国机械师詹姆斯·瓦特。他所发明的調节机构的主要部分，是一个在蒸汽机汽缸上

与活塞一起运动的所謂活塞閥。蒸汽通向活塞的通道有两条：左通道和右通道。活塞閥与活塞的联結是这样的：当活塞在来自右通道的蒸汽作用下向左运动时，活塞閥就向右移动，关闭右通道，打开左通道；而当活塞在来自左通道的蒸汽作用下向右运动时，活塞閥就向左移动，关闭左通道，打开右通道。这样一来，就自动地保证了活塞两面輪流受到蒸汽的压力，不必再用手来分配蒸汽。

瓦特的蒸汽机速度調节器，也是人所共知的。調节器在机器运动时相应地回轉。調节器上装有两个球，当轉动时，它們在离心力的作用下向外分开。球的运动和从鍋炉中放出蒸汽的閥門相联系。当两个球分开时，閥門趋向关闭；当两个球接近时，閥門趋向开放。鍋炉中的蒸汽供应愈多，蒸汽机运动愈快，調节器就轉动得愈快，因此两个球分开得就愈远，放汽閥門也关闭得愈多，以减少过多的蒸汽供应。蒸汽机的运动速度就是这样自动地調节的。

复杂的蒸汽机和其他一些最简单、最原始的机器的区别在哪里呢？輪船与帆船，帆船与舢板，舢板与依靠手和脚在水里游泳的人，又有什么区别呢？

我們現在从最简单的情況开始，逐个地来探討在各种場合下发生的动作和过程。人在水里游动，是依靠手和脚对水的作用。作为人体一部分的手和脚，在这里形成了人与水之間的中間环节。在搖舢板的时候，人与水之間的中間环节，除了手和脚外，还有船桨。在輪船行駛时，这种中間环节的数目就增加了許多倍：投进炉膛的煤、鍋炉里的水、蒸汽、活塞、曲柄、