

第2辑

自然科学史法
自然辩证法
文集

华东师范大学出版社

087

自然科学史、自然辩证法
文 集
(第 二 辑)

华 东 师 范 大 学
自然辩证法暨自然科学史研究所 编

华东师范大学出版社

目 录

经典控制论产生的历史考察·····	王顺义 (1)
《九章算术》方程章札记·····	陈克艰 (26)
开普勒和他的行星运动三定律·····	徐长乐 (34)
中国海洋地质科学研究简史与 发展趋向·····	刘 波 朱新轩 (53)
洪堡——继往开来的地理学家·····	朱新轩 高云霞 (87)
古希腊关于人地关系的研究·····	徐天芬 (103)
能动性和受动性——关于人和 自然关系本质的哲学探讨·····	陈铁炜 (112)
认识自然,改造自然,做自然的主人·····	罗祖德 (121)
长江三角洲经济区与人地关系的协调 发展·····	朱新轩 罗祖德 高云霞 钟书华 (139)
“认识范畴”和“用范畴认识”——关于连续性与 分立性的一些想法·····	陈克艰 (151)
对称和破缺 ——关于自然辩证法范畴的讨论·····	张沁源 (166)
新技术革命与智力开发·····	陈铁炜 (180)
计算机技术的社会影响·····	王顺义 (193)
无限全称命题的概率一定等于零吗? ——评 Popper 反归纳逻辑的一个著名论证·····	陈克艰 (215)
自然观对自然科学研究的指导作用·····	王顺义 (234)
学术争鸣和科学进步·····	盛根玉 (245)

试论观察在科学发展中的作用·····	吴敬华	(250)
化学方法论教育和化学人才的开发·····	盛根玉	(263)
化学哲学概论·····	盛根玉	(274)
地质学，被哲学界遗忘的角落——苏联地质学 哲学问题一瞥·····	朱新轩 王文娟	(285)

经典控制论产生的历史考察

王 顺 义

经典控制论产生于本世纪30—40年代。但其思想的萌芽却源远流长,而且涉及的知识背景又不只一个学科;控制论,就其实质而论,它不同于一般的自然科学,而是一门技术科学。正因为如此,在对控制论产生过程的历史考察中,我们可以明显地看到诸如生产技术、战争、科学家和工程师之间的结合和交流等因素对这门学科的产生所起的作用。

一、技术上的需要

正如恩格斯所说,“社会一旦有技术上的需要,则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。”^①从技术上来说,控制论的产生主要与两个方面的需要有关,其一是机械装置的自动调节技术发展的需要,其二是电子计算机研制的需要。

(一)机械装置的自动调节技术。

可以说,最简单的自动调节机械装置大约是控制阀瓣,它早在公元50年便为亚历山大的希罗设计出来,用于自动地分发液体的机械中。

十五世纪人们已开始磨盘上广泛地使用了自动调节

① 《马克思恩格斯选集》第4卷, P. 505.

器，它实质上执行着磨粉工人的职能，即调节供磨粉用的谷粒。随着磨盘及其接合棱的转速加快，盛谷粒的槽振动也增强，结果，落下的谷粒的分量增多，由于载重增加，磨盘的转速就相应降低。当谷粒硬度增大时，也导致磨盘转速降低。

1679年帕平发明的压力锅中使用了一种很初步的安全阀。为保持锅盖抗住蒸气压力，他在盖上放置一重物，但重量不很大，当锅内压力升高到将使锅爆炸之前，锅盖便掀开。现在家庭用的高压锅或蒸汽煮器为此目的用了更为精巧的装置（例如当温度过高时便会熔化的塞子），但原理是同样的。

1745年英国人李的一种专利设计，用以保持风车正好面对着风。他设计了一种带有若干小轮叶的扇形尾部，无论风向有何种改变都能迎着风：风使轮叶转动就作用于一系列齿轮而使风车转动，这样主轮叶就新的方向再对着风。在这种位置，扇形尾部的轮叶保持不动，而仅当风车不朝着风时才转动。

后来，瓦特在他的蒸汽机中创用了调速器。为了使蒸汽机输出的蒸气保持稳定，瓦特构想出一种装置，由一垂直的轴，两侧通过有铰链的杆连有两个重体而组成，有铰链的杆可使重体升降。蒸气的压力使轴旋转。当蒸气压力升高，轴就转得更快，离心力使重体推向上，从而部分地关闭一个阀门，阻塞蒸气流。而当蒸气压力下降，轴转得就不那么快，重力使重体下落，阀门打开。这样一来调节器就使蒸汽机按稳定的速率带动工作机，甚至当负载量发生变化时，它也能使主轴的转速保持在同一的水平，对这一设定水平的任何偏离将引起对其的一系列事件来纠正。这种装有调节器的蒸汽机是机器本身走向自动化的标志。它简化了工人的操作，给工作机的稳定运转提供了保证，给生产的提高带来了效益。这种技术

进步的效益反过来又刺激了人们对机器自动化技术的探求。

1830年苏格兰化学家尤尔发明了恒温器。它的主要部件由两条焊接在一起的不同金属组成。由于这两种金属在温度变化时的膨胀和收缩率不同，这焊在一起的金属条便出现弯曲。譬如说恒温器的设定温度为 20°C ，当室内温度低于 20°C 时，温差电偶便弯曲，使电路接通而开动加热系统。当温度超过 20°C ，温差电偶便弯回来切断电路。这样产热器便不断调节自己的动作。

以上所举的历代工程技术中的机械装置的自动调节的原理是相同的：它们都是把机械所产生的偏误本身持续地作为送回去的信息并成为所需要的校正手段。这就是后来人们称之为的“反馈”思想。

“反馈”这个词是本世纪20—30年代在电子学中提出的，它是指将电路装置的部分输出送回到其输入端，或者说在电子管电路中把输出端能量的一部分回授给输入端的过程。把这种“反馈”思想进一步上升为理论，这正是控制论产生的技术上的原因，而这种在生产技术中用反馈来自动调节机械装置的思想，则是尔后控制论的先导。

(二)研制计算机的需要。

研制和发展计算器一直是人们在技术上的一种追求。在好几千年中，算盘一直是一种有效的计算工具。1622年一个名叫奥特雷德的数学家根据纳皮尔的对数原理设计出“对数计算尺”，进一步使复杂的计算过程变得容易得多。

朝向真正自动的计算机的第一个步骤是在1642年法国数学家巴斯卡采取的。他发明了一种加法器，不需要象在算盘上那样分别在每一行移动算子。他的机器由一系列用齿轮连结起来的轮子组成。当第一个轮子(个位数轮)转动10个刻痕

到达标记 0，第二个轮子就转一个刻痕标记 1，这样两个轮子合起来表示 10。当十位数轮转到 0 位，第三个轮子就转一个刻度，表示出 100，等等。1674 年莱布尼茨进一步把轮子和齿轮另加安置，就能和做加法、减法一样容易地自动作乘法和除法。1850 年帕马利又引入一系列键，用手按一下一个有标记的键就使轮子转到正确的数字上，这样就不用手来移动轮子。

1822 年，巴贝奇制成了一台差分机，它能计算多项式的加法，并且在求多项式值时运算的精确度可达 6 位小数。1833 年巴贝奇构想了一部“分析机”，但是并没有制成。新机器的设计在构思上比老机器有了很大的进展。差分机只能完成简单多项式计算所需的有限作业，分析机则可以完成所有的算术运算，而且基本上可以将这些运算联系起来以解决任何可以想出的算术问题。他设想这种机器一分钟能进行六十次加法运算。全部作业都将采用机械传动，从而可能需要大量齿轮和曲柄并且用蒸汽的力量来驱动。他设想分析机将有四个基本部件，首先要有一个“存贮库”用以贮存计算用的数据。这个存贮库由许多排轮子组成，每个轮子刻有十个数。他要求这个存贮库能贮存一千个五十位数；其第二个基本部件是一个“运算室”，在这里将通过齿轮和轮子的旋转而进行各种算术运算。第三，还要有一个基本上由一组齿轮与杠杆组成的装置，用以在“运算室”与“存贮库”之间来回运送数字。最后，还要有一个送入和取出数字数据的机构。他甚至还模仿人们在编地毯花样时所用的穿孔卡片方法，用穿孔卡片来操纵分析机。

成功地实现巴贝奇设想的是美国电气工程师布希，他和他的助手于 1925 年在马萨诸塞理工学院制成第一台能解常微分方程的大型模拟机械计算机。所要计算的量用某些齿轮的

旋转角度的值来表示，即它仍然使用机械开关，但它不能解偏微分方程的问题。

随着工业技术的发展，有效地处理大量的数据，完成复杂计算的问题亟待解决。例如当时电视中所用的扫描过程是一种新的技术，这种技术给我们大大增加了所要处理的数据的数目。为了要在合理的时间内得出合理的计算结果，必须使基本运算过程的速度达到极大，并且要避免用那些本性缓慢的步骤来打断这些过程的连续进行；同时还必须使单个过程的精确度很高，以免由于基本运算过程的大量重复使得积累起来的误差大到断送了全部精确性的地步。因此科学家维纳(N. Wiener)对布希机械计算机提出了下列改进的建议^①：

1. 在计算机中心部分，加法和乘法装置应当是数字式的，而不能象布希机那样是基于量度的；

2. 开关装置的机件应当由电子管来做，而不要由齿轮或机械替续器来做，以便保证更快速的动作；

3. 加法和乘法应采用二进位制，而不再用十进位制，从而使装置更为经济；

4. 全部运算序列要在机器上自动进行，从把数据放进机器到最后把结果拿出来为止，中间应该没有人的干预。为此所需的一切逻辑判断都必须由机器自身作出；

5. 机器中要包含一种用来储藏数据的装置，这个装置要迅速地吧数据记录下来，并且把数据牢固地保存住，直到清除掉为止，读出数据要迅速，清除数据也要迅速，而且又要能够立刻用来储藏新的材料。

其中第4和第5点都与后来建立的自动机和自动机网络

^① 维纳：《控制论》，科学出版社，1963年。

理论有关，而这个理论正是控制论的重要组成部分。

二、战争的推动

战争的胜负涉及的因素很多，它取决于人心的向背、军队的素质和武器装备的好坏等等。武器当然不是战争胜负的决定因素，但却是重要因素。因此在战时，各国政府总是把军用工业特别是兵器工业放在优先的地位，激增财政预算，招聘最优秀的人才，想方设法地研究和最新技术成果。这样就促进了某些技术及其基础理论学科的速度发展。

在第二次世界大战中，由于军事上的需要，便把研究“预测理论及其装置结构”的问题提到议事日程上来。在战争初期，德国的空军优势和英国的防御地位使许多科学家的注意力转向改进防空武器的工作。甚至在战争以前就已经十分清楚，飞机的高速使得所有古老的火力瞄准法都变得陈旧无用了，必须使控制装置能够进行全部必需的计算。飞机和从前遇到过的所有射击目标不一样，它的速度比用来击落它的炮弹的速度小不了很多，这个情况带来了很大困难。因此，十分重要的是，射出炮弹时，并不是要朝着射击目标，而是要使投射物和射击目标在未来的某一时刻同时到达空间的某处。因此，人们必须寻找到某种预测飞机的未来位置的方法。

最简单的方法就是把飞机当时的航线沿着一条直线外推。有许多理由推荐这个方法。飞机在飞行中急转和拐弯越多，它的有效速度就越小，它用来完成飞行任务的时间就越少，它留在危险区域的时间就越长。如果其它的条件都相等，飞机就要尽可能地沿着直线飞行。可是从第一声高射炮打响以后起，条件不相等了，飞行员就可能飞曲线，翻筋斗，或

者用其他方式采取逃避的动作。

如果这种动作飞行员能够完全随意进行，而且飞行员能很灵敏地运用他的机会，如同一个优秀的扑克专家那样，那么，他就有足够多的机会在炮弹到达之前来掩饰他所希望到达的位置，使我们不能很准确地计算到射中它的机会，除非我们运用耗费很大的密集防御炮火。可是情况不是这样，飞行员并没有按照自己的意愿来随意操纵飞机的自由。只说一件事情：他是在一架高速飞行着的飞机之中，任何过于急躁地偏离原来航线的动作都会产生极大的加速度。以致使他失去知觉或使飞机解体。再有他只能用转动飞机的操纵面的方法来操纵飞机，而转变到新的飞行状态需要一段短的时间。即使操纵面转动新位置，仅仅能改变飞机的加速度，而这种加速的改变要产生最后效果还必须先转为速度的改变，然后再转为位置的改变。此外，一个飞行员在紧张的战争状态下很难进行任何十分复杂和自如的随意活动，一般总是习惯于按照他所熟练的活动式样动作^①。

所有这些都使得飞行的曲线预测问题的研究值得进行，不管这个研究的结果会证明实际使用一种带有这种曲线预测的控制装置是有利的还是不利的。预测一条曲线的未来就是对曲线的过去进行某种运算。实现这种运算得有一个装置，这就是所谓的伺服机，因此预测装置就应该是由一个接收机和伺服机组合而成。后来科学家考虑到伺服机所涉及到的运算往往是复杂的，比如常常会遇到偏微分算符；以及在战争中其计算速度要快、要准确，所以科学家们认为这种伺服机应由正在试制中的电子计算机来担任。这样一来，战争又加剧

① 维纳：《控制论》，科学出版社，1963年。

了电子计算机研制工作的紧迫感。事实上，维纳关于研制电子计算机的五条建议在战争准备阶段就有了，但是届时这些建议似乎还不配获得立刻进行研究的那种优先待遇。然而战争爆发之后，这项研制计划立即得到政府的重视和资助，而且参加这项工作的科学家和工程师正是美国的最优秀的人才，这在非战争时期是很难做到的。

三、跨 学 科 研 究

一个新理论，特别是一门技术性理论的产生，往往有一定的自然科学理论和其他技术理论为其理论基础的，也就是说它往往有一定的“知识背景”。与控制论有关的知识背景有：心理学和神经生理学关于人类行为学的理论，通讯技术中的信息理论，以及数理逻辑方面的理论，等等。

(一)行为学理论。

从功能上来说，前面所述的具有自动调节的机械装置与生物体相比那真是小巫见大巫了。而人比任何其他活的生物体更具有自我调节的功能。人不仅能控制自身，还能控制环境，人对环境的变化所作的处置不是屈从，而是根据自身的愿望的标准来加以反映。生物和人的这些功能在一定程度上是可以通过其行为表现出来的。因此关于生物特别是人类的行为的研究的理论，就成为控制论有关的背景知识之一了。

对于比较简单的有机体，我们可以看到称为“趋向性”的直接的、自动的反应。植物表现出“趋光性”、“趋水性”和“趋化性”。趋化性也是从原生动物到蚂蚁等许多动物的特征。现在已经知道有一种飞蛾，它们飞向远距二公里的一种气味（外激素）。这种趋向性完全是自动的。动物学家和生理学家洛布

认为一种向性就是一个有机体在力的领域的朝向。他认为有机体通过适应的运动作出的朝向，使在两边的神经支配力相等(如果采用现在的术语，这就是“控制论”的动作)。

从洛克和贝克莱至冯特等，心理学的主要传统是研究意识的。但是活着的有机体还有另一种资料，几乎常使研究意识的学者感到兴趣，这就是行为的资料。笛卡儿认为动物的动作是无意识的，从笛卡儿以后，有许多人坚持这个观点。然而，动物行为继续引起心理学家的兴趣，因为这种行为似乎是灵敏的，有目的的，因此即使是无意识的，至少也具有意识的特点。这些心理学家也有少数人否定动物的意识，象笛卡儿，还有少数人同拉·美特利一样，认为人的行为的自动化和动物的行为相同。还有更多的人认为直接研究意识是徒劳无功的，而主张专门致力于行为的研究。

1863年俄国的谢切苗夫用“反射”来研究人的行为。他认为一切思想和智慧的活动都有赖于刺激，“一切意识的动作或无意识的生活都是反射”。

巴甫洛夫读了谢切苗夫的著作并深受影响。他发展了谢切苗夫的理论，进一步提出了关于人类行为的“条件反射”的著名学说。他当时为了进行药物学方面的研究开始用手术将消化分泌管移植动物身体的表面，以便使分泌易于观察和测量。他于那时发现动物被试在预知食物时，它的消化液如何开始流出，通过这种观察产生了条件反射的技术，观察胃肠液或唾液的流出，对此进行了测量。巴甫洛夫立即知道他已经有了测量一向认为是精神分泌的数量。他先称之为精神的分泌，后来写成“所谓心理过程”；最后他便称之为“条件反射”。在这种反射中，刺激经过重复就能单独引起这个反射运动。条件作用是内省的客观代替物，是一种使实验者知道动

物能够辨别什么东西，知道或不知道什么东西的语言。在实际上，条件反射是实验者提供一种语言使动物能够和他通话，但是这个互通的现象完全在刺激、神经动作和分泌的客观水平上进行，不必要假定一个实体的意识。

以上这些客观心理学于1913年由华生发展为“行为主义”。他坚决地相信行为本身是值得注意和重要的，为行为而研究行为，描写它，注意它对正在动作的有机体的机能上的功用，这应当是更加直接的、积极的和有兴趣的了。他主张从刺激和反应方面去研究人的行为。霍尔特进一步主张通过研究“特殊的反应关系”来研究行为。只有这样，才能说是找到了解释心灵的钥匙。人们如何知道自己所知道的东西呢？他认为人们如果对所要知道的东西发生的刺激能作出合式的反应，这说明你了解其意义了；如果反应是特殊的，就是说明你已明确了某些东西或者是意有所指。

托尔曼受霍尔特的影响于1922年进一步提出了“目的行为主义”。他认为用科学眼光所看得见的是行为，你如果看它的全面，那么行为是有目的的。行为被分析为元素，那便成为反射学和托尔曼所称的分子行为。相反，全面的是大件行为，其中就出现了目的，人和动物是为目的而动作的。譬如说，某人走过窗前，他在干什么呢？他在向前走吗？不是的，他到杂货店去。到杂货店去的那种动作是统一的且有目的的。托尔曼的公式是 $B=f(S, A)$ ，行为 B 是情境和其他先行原因的函数。心理学的任务在于观察某一个 A 变化而 S 不变化或某一个 S 变化而 A 不变时的行为 B ，用以决定这些函数的关系^①。

① 波林：《实验心理学史》，商务印书馆，1982年。

(二) 通讯技术中的信息理论。

维纳说过：“根据通讯工程的知识水平，别格罗先生和我已经清楚地知道，控制工程的问题和通讯工程的问题是不能分开来的，而且，这些问题的关键不是环绕着电工技术，而是环绕着更为基本的消息概念。”而且“我们所关心的只是极为特殊的输入和输出的消息理论，包括这类消息只给我们有限信息量的测量方法在内。”

这种测量有限信息的信息论，是与通讯技术密切相关的，它的迅速发展则是由电通讯的出现所促成的。1924年有两人独立地指出，电信号的传输速率与信道带宽有比例关系。这种想法在1928年被哈特莱推广了。他的想法也可以说是现在信息论的基础，他把信息考虑为代码或是单语的序列，把它所代表的语义当做次要的而不予考虑。于是由 S 个代码序列中选 N 个码即构成 S^N 个可能的信息，他指出“信息量 H ”定义为 $H = N \log S$ 是合理的。传输一定的信息量时，带宽及传输时间的乘积为常数，他论述了当带宽愈窄，传输时间愈长，带宽愈大，传输时间愈短。

信息论的进一步发展，是由于各种各样新通信方式的出现，作为通信的本质即信息的传输，要求在更广泛的基础上加以研究，又因为统计数学和妨碍通信的噪音理论的发展，信息论只有考虑到噪音及利用数学统计的处理方法，才形成了理论。从1940年起，就有人研究信号的长度、频率的不确定性，其后维纳等人又讨论了信息量与热力学第二定律的关系，高桥又讨论了信息论与统计力学的关系。维纳在战时曾研究抑制噪音的滤波器的设计问题，他把信号及噪音看做随机过程，做出了信号波形与信号上重迭噪音波形之间最小均方误差的滤波设计。这个工作推动他进一步考虑对信息量作出定

义，他认为，单位信息量就是对具有相等概念的 2 中择 1 的事物作单一选择时所传递的信息。这个思想差不多在同一时刻由好几位科学家提出来，其中有统计学家费希尔，其动机来自古典统计理论；还有申农博士，其动机来自信息编码问题。

1948 年申农提出了较完善统一的信息论，即把哈特莱的信息量在概率论更广泛的基础上加以定义，同时发展了有噪音时信息传输的理论。他利用熵的形式，导入了通信容量这一新的重要概念，由于他的划时代的贡献，使信息论很快地形成了雏形；其后，经过许多学者的努力，才使这个理论逐渐丰富与完善。

控制论之所以以信息论为背景知识，这是因为我们用来控制环境的命令都是我们给予环境的信息。这些命令和任何形式的信息一样，要在传输的过程中解体。它们一般是以不太清晰的形式到达的，当然不会比它们发送出来的时候更加清晰。在控制和通讯中，我们一定要和组织性降低与含义受损的自然趋势作斗争，亦即要和吉布斯所讲的增熵趋势作斗争。再者，生命个体的生理活动和某些新型的通讯机器的操作，在它们通过反馈来控制熵的类似企图上，二者完全相当。

(三)数理逻辑。

前面我们已经指出，控制论的产生与设计计算机来解偏微分方程有关。用机器来解方程，这本来就意味着用机器来模拟人的思维，这就涉及到一个思维机械化的问题，同时要解决预测装置的问题，也同样要涉及到思维的机械化问题。这样控制论的产生就必然要与数理逻辑和自动机理论密切相关起来。维纳曾说过，数理逻辑的影响是“在控制论的历史上反复出现过一个因素”。

数理逻辑的发展可以追溯到十七世纪 70 年代的莱布尼

茨，其后的是布尔、德摩根、施累德等共延续了约二百年，其成果是逻辑代数和关系逻辑。到了十九世纪70年代至二十世纪初，弗雷格、皮亚诺和罗素建立了古典逻辑演算、命题演算和谓词演算，它突破了古典形式逻辑的局限性，是一个完整的逻辑体系。

数理逻辑把推理形式化，因而也就把人的部分思维形式化，这就为发展控制论所要求的思维机械化铺平了道路。要从布希的微分分析机获得新的突破，正如维纳所指出的，计算机中的“开关”必须是“电子”的。这就与“逻辑自动机”理论有关，其基础是数理逻辑中的“布尔代数”。

在数理逻辑方面，布尔根据莱布尼茨的思想，于1843年建立了“布尔代数”。布尔的目的是构造一个演绎思维的演算，他的指导思想是，逻辑关系和某些数学运算甚为类似，代数系统可以有不同的解释，把解释推广到逻辑领域，就可以构成一种思维演算。布尔代数的内容用现代语言可以陈述如下表：

x_1	x_2	$\bar{x}_1$	$x_1 \wedge x_2$	$x_1 \vee x_2$
0	0	1	0	0
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	1	0	1	1

其中 $\bar{x}_1$ 表示“ x_1 的否定”； $x_1 \wedge x_2$ 表示 x_1 和 x_2 的合取； $x_1 \vee x_2$ 表示 x_1 和 x_2 的析取。而 x_1, x_2 表示事物的类，1表示全类，0表示空类。

布尔代数是一个形式系统，如果我们给出一定的形式规则，如设 x_1, x_2 为继电器；0为继电器常开触点的状态，并