

# 科学哲学视角下的控制论范式与革命

张容 2022010993 自动化系

**【摘要】**控制论于 20 世纪中叶由诺伯特·维纳开创性地提出，却在深刻影响了诸多新兴学科领域乃至哲学领域后走向式微，成为信息时代的隐式逻辑。本文立足于科学哲学维度，结合托马斯·库恩的“范式与科学革命”学说，着重探讨控制论与 20 世纪科学革命的关系，意在从范式角度描述控制论的发展趋向，从科学哲学之维阐释控制论的深远影响，进而提出控制论的时代性进路。

**【关键词】**控制论，范式，科学哲学，科学革命

## 一、作为范式的控制论

### （一） 范式的基本特征

“范式”这一概念由美国科学哲学家托马斯·库恩提出，用以描述科学系统在一个阶段性时期内的共有科学规范，是“科学共同体”进行下一步科学实践活动的基础。“以共同范式为基础进行研究的人，都承诺同样的规则 and 标准从事实践”<sup>1</sup>。在库恩的范式学说中，能够称之为“范式”的科学成就需要符合以下两个特征：其一，此类科学成就“吸引了一批坚定的拥护者，使他们脱离科学活动的其他竞争模式”<sup>2</sup>，即在科学体系的较大范围内获得承认，成为基础性共识；其二，“这些成就又足以无限制地为重新组成的一批实践者留下有待解决的种种问题”<sup>3</sup>，即科学共同体得以在范式的基础和规范下继续科学实践。以上两点既是“范式”的基本特征，也等价于范式的判定标准。通过控制论的主要特征与这两层判定标准进行比较，则可以证明控制论作为范式的合理性。同时，控制论不仅能够成为 20 世纪以来科学体系的范式，也能被认为是哲学体系的新范式。

### （二） 作为科学范式的控制论

1948 年维纳的著作《控制论：关于在动物和机器中控制与通信的科学》出版，标志着控制论作为科学理论的诞生，也在一系列与之相关的研究中给控制

---

<sup>1</sup> 托马斯·库恩 著，金吾伦 胡新和 译，《科学革命的结构》，北京大学出版社，2003.1

<sup>2</sup> 同 1

<sup>3</sup> 同 1

论划定了科学定义：研究生命体、机器与组织的内部或彼此之间的控制和通信的科学。在科学研究和技术应用层面，控制论满足范式的判定标准。就其起源而言，控制论是 20 世纪上半叶美国新兴的跨学科运动的结晶，是数学、信息学、电子科学、神经科学、心理学等诸多成熟学科的交叉，兼具深度和广度，在很大程度上是主流科学的综合。就其方法论而言，控制论将远程通信、计算机系统、动物的神经系统等以往研究中差距巨大的学科联系起来，同时首创性地将信息反馈机制作为方法论基础。就其影响而言，在技术层面，控制论直接影响了心理学、认知科学、计算机科学、人工智能、社会学等诸多领域的发展，奠定了 20 世纪下半叶信息革命的基础，同时利用反馈机制，建构了信息科学、工程学利用信号反馈回路进行控制的底层逻辑，这套逻辑直至今日仍然是信息社会的基础；在研究层面，控制论研究在 20 世纪 40 年代跨学科地组成了“被称作‘控制论群体’（Cybernetic Group）的学术共同体”<sup>1</sup>，开展了一系列学术研讨会议，促进了控制论相关研究的繁荣发展。综上，控制论作为科学范式，在其繁荣发展的时期塑造了科学研究的主题和方法，深远影响了此后的信息时代。

### （三）作为哲学范式的控制论

控制论并不属于某一特定的学科，且其核心——“反馈”机制是一种得以适用于普遍科学领域的普适性思想，因而控制论的范式地位高于具体科学分支的范式，同样存在于哲学层面，成为一种全新的哲学范式。

在科学哲学层面，控制论意味着对世界的认识论从因果论向目的论转移，成为别于科学实证主义的全新进路。在因果论认识论中，“目的”是脱离于实证过程的，科学通过实证或演绎，由原因推导结果，在这一过程中目的往往和结果有所偏差，而目的本身被弱化，因果律的推演过程是研究和认识世界的范式；而在控制论的反馈循环中，“目的”优于反应的过程：“这是通信革命的第一个宣言，提出了一个真正具有煽动性的东西，即一种理解通信和制过程新王国的替代系统，这些过程本质上是有目的性的、以目标为导向的、是目的论的。”<sup>2</sup>在反馈循环中，目的论取代了因果律，在单一、具体的反馈循环中，“目的”不可改变，稳定存在，而二阶控制论使反馈循环具有反身性，得以从

<sup>1</sup> 王洪喆，《诺伯特·维纳、控制论与信息传播的人文精神》，全球传媒学刊，2021，8（02）

<sup>2</sup> 弗洛·康韦 吉姆·西格尔曼，《维纳传：信息时代的隐秘英雄》，中信出版集团，2021.8

形而下的层面到形而上的状态逐级推演，达到确定的结果。

## 二、控制论与科学革命

### （一）以控制论为范式的科学革命

“范式的这些转变就是科学革命，而一种范式通过革命向另一种范式的过渡，便是成熟科学通常的发展模式。”<sup>1</sup>“科学革命”是与范式学说统一的概念，用以在范式的视角下刻画和总结一定时间段内主流的科学实践的变化以及科学体系的革新，也蕴含着科学体系在哲学层面经历辩证扬弃的过程。从科学哲学视角审视控制论作为范式，分析这种范式的转移对科学共同体的重塑作用具有较好的适应性和准确性。范式转移和科学革命是过程和结果层面的一体两面，因此通过上文对控制论在 20 世纪上半叶作为科学和哲学领域的新范式的合理性的较为充分的论证，可以直接推知控制论作为新范式取代了既有范式，完成了范式转移过程，实现了 20 世纪上半叶至中叶的科学革命，在工业界和社会各界信息技术及哲学思潮的繁荣作为效果也直接证明了科学革命的完成。

时至今日，控制论虽然被承认占据信息时代的奠基贡献，但自 20 世纪下半叶控制论研究的停滞和各新兴学科开始分化以来，控制论逐渐淡出科学共同体的视野，乃至在如今大多被视为“过时的”理论。考虑到“技术经常在新科学的突现中起着重要的作用”<sup>2</sup>，我们有理由怀疑上世纪科学技术的飞速发展缩短了科学革命的周期，新一轮甚至若干轮科学革命已经完成了对控制论的辩证取代。因此，在科学革命的语境下需要探究的问题是，控制论作为范式的科学系统是否在 20 世纪下半叶经历了新一轮科学革命，使得控制论处于“被取代的范式”位置上。为回答这一问题，我们既需要探寻控制论式微的原因，也要梳理控制论与后续分化的独立学科的范式间的关联。

### （二）控制论的失落与迷思

20 世纪 50 年代初，控制论的研究突然中断，此后控制论在科学层面的研究逐渐式微，其失落的原因和其所涉及领域一样，同时涵盖技术层面和哲学层面的因素。在技术层面，由于控制论指向的不是具体的科学实践过程，而是生命体、机器和组织系统间相互通信和控制的数学模型，这对于当前的技术水平而言只能被视为一种理想模型的抽象：尽管控制论提供了反馈循环的方法论核心，

---

<sup>1</sup> 托马斯·库恩 著，金吾伦 胡新和 译，《科学革命的结构》，北京大学出版社，2003.1

<sup>2</sup> 同 1

启发了诸多学科的发展，但其所涉及领域的科学成就完全不支持控制论模型被现实地建构。这导致控制论作为范式，虽然“无限制地为重新组成的一批实践者留下有待解决的种种问题”<sup>1</sup>，但这些研究在当时只能停留在理论设想上，无法实际地开展下去；而由控制论奠定基础的若干新兴学科则在具体的科学实践中寻求突破，形成了和控制论处于不同层次的新范式，如认知科学在类脑模拟层面推进脑科学研究，计算机科学则推进机器的逻辑运算推理，这些新兴学科确立了本领域的范式。而在哲学层面，控制论的提出引发了新的社会问题，带来了哲学上的迷思：其一，大规模自动化工业的应用可能带来工人失业潮等一系列问题，强化了工业革命以来人与机器矛盾的延续；其二，反馈循环无穷递归的逻辑虽然超越了因果论，却在目的论层面强化了关于个体和社会行为的决定论，带来对人类系统性地控制的严重威胁；其三，控制论不再把人类置于哲学参考系的中心，即“去人类中心主义”，很大程度上模糊了人与机器智能的区别，动摇了本体论的自我存在和人类意义的终极命题。在技术研究上难以为继和哲学迷思抑制其发展的共同作用下，控制论本体退化为一个象征着信息时代的符号，而由它奠定基础的信息时代新科学采取各自的范式，向不同方向分化，脱离了控制论直接作用的范围。

### （三）结论：控制论范式的分层

通过对控制论走向式微及相应新兴学科的兴起的进程，得以确定控制论范式的退化和全新范式的分化。在此基础上，要确定控制论所在的科学革命的完成程度、判断控制论范式是否已被新的科学革命取代，需要得到以下两个猜想的答案：第一，是否存在后续的科学革命；第二，新兴范式是否取代了控制论这一旧范式。尽管科学进展和科学革命的过程通常是复杂、非线性的，然而从科学革命的基本规律出发，演绎以上两个问题，仍然可以推知“控制论被取代”这一论断的矛盾。

第一，相关新兴学科领域中的后续科学革命确实存在。无论从 20 世纪上半叶控制论诞生之前相关学科的发展进步还是这些学科自下半叶由控制论促进的蓬勃发展，均符合具体科学领域的发展规律，同样也遵循着范式转移到科学革命的过渡过程，因此在控制论发展停滞后，这些新兴学科经过分化和积累，发展出独特的范式，同样因技术飞速进步而完成了数次范式转移。

---

<sup>1</sup> 托马斯·库恩 著，金吾伦 胡新和 译，《科学革命的结构》，北京大学出版社，2003.1

第二，属于特定学科领域的新兴范式并非辩证否定式的取代，而是在不同层级上并行的。首先，范式的取代指从“学科林立的状态”向着唯一确定的、享有广泛说服力的一极收束，新范式的确立意味着旧范式被扬弃、被否定。而在诸如计算机科学的新兴领域中，控制论相关的逻辑始终是作为底层逻辑存在的，20 世纪中叶以后的新范式，其抽象层级一般都要高于控制论层级，非但不与控制论相互矛盾，反而需要依赖控制论作为基础，比如计算机以反馈回路这一控制论范式搭建底层电路，在此之上抽象出数字电路、计算机组成系统乃至操作系统。这种高层范式演进时，其实是将控制论范式封装进了当前的较高层级中，因而在这一具体领域中，抽象层级最高的范式被优先考虑，而控制论范式被弱化——而非被取代。其次，若新范式完成了对控制论的确然性取代，则对于控制论的科学革命就随之完成，但这一趋势是反常规科学的：“人类的认识规律是一个逐步展开的过程。随着人类观察和改造客观世界能力的增强，随着科学的发展，人们将发现更多的规律所依存的条件，这实际上就意味着一个普通规律将越来越下降成为一个特殊规律。”<sup>2</sup>科学的进展使得科学系统对外扩张，趋于普遍化，若特殊的具体学科反而完成了对蕴含着这些具体学科的控制论的科学革命，则是与普遍化的科学系统扩张相违背的“由一般到特殊”的道路，这与公认的科学规律完全相悖。

完成了对以上两点的论证，最终可以得出结论：时至今日，控制论并未被取代，而是位于曾经由它所促进并深刻影响的具体科学领域的下位，成为信息时代隐式的范式。由于控制论范式比一般科学范式的层级更为基础，控制论既在诞生后作为新范式参与具体新兴领域的范式转移，促进诸多领域的科学革命，又与这些领域的新范式并行不悖。

### 三、控制论的当代进路

#### （一）控制论的价值与期望

通过上述的论证可知，控制论自 20 世纪下半叶随着自身研究的衰落和新兴领域的繁荣，逐渐成为信息时代的隐式范式。方法论层面的控制论，以“反馈与控制”的核心思想成为信息学、工程学等诸多领域的底层逻辑；本体论层面的控制论却逐渐退化成为一种关于社会行为的演绎和符号。然而，在本体论层面维持“控制论”作为理论模型的存在同样有其意义：其高于具体科学分支的性

---

<sup>2</sup> 金观涛 华国凡，《控制论与科学方法论》，新星出版社，2005.5

质赋予控制论哲学层面的存在，提供了哲学的另一条进路——“通过认识世界来认识自身”；在科学层面，作为预演技术和社会发展的理论模型，它同样有面向未来的指导意义。

## （二）控制论领域下科学革命的重塑与延续

控制论所谓“面向未来的指导意义”，在于其作为一般科学，而非具体科学分支的普遍性。在这个角度上，控制论领域下的科学革命需要被重新审视：

“取得了一个范式，取得了范式所容许的那类更深奥的研究，是任何一个科学领域在发展中达到成熟的标志。”<sup>1</sup>上世纪控制论在尚未发展成熟时便趋于停滞，影响了诸多具体科学的发展，这为控制论的后续发展加诸几重因素：第一，这些新兴学科必然会随着自身的科学革命而单向地发展，继而靠近超越自身特殊领域的“普遍领域”——比如人工智能领域经历从 transformers 到 LLM 的范式转移，发展方向向着通用的强人工智能层面规划，这在一定程度上与控制论相一致。因此控制论引起的具体领域的发散最终会向着控制论这一节点重新收束，成为控制论发展成熟的必要模块；第二，具体科学经范式转移和科学革命，将会积累全新技术，反馈至控制论的进展；第三，控制论本身的目的论属性一定程度上赋予了科学本身“像终点收束”的趋势。在这些因素的影响下，控制论很可能在未来继续本体性层面的“那类更深奥的研究”。在这种情况下，控制论领域下的科学革命历程可以这样重新理解：对于诸多新兴领域，控制论是隐式的范式、底层逻辑、注脚与基类，而对于控制论本身，具体领域的发展只是范式转移后的早期过程，从科学革命到领域成熟还有很长一段道路。

## 【参考文献】

1. 托马斯·库恩 著，金吾伦 胡新和 译，《科学革命的结构》，北京大学出版社，2003.1
2. 金观涛 华国凡，《控制论与科学方法论》，新星出版社，2005.5
3. 王洪喆，《诺伯特·维纳、控制论与信息传播的人文精神》，全球传闻学刊，2021,8（02）
4. 弗洛·康韦 吉姆·西格尔曼，《维纳传：信息时代的隐秘英雄》，中信出版集团，2021.8
5. 王巍，《科学哲学问题研究（第二版）》，清华大学出版社，2013.1

---

<sup>1</sup> 托马斯·库恩 著，金吾伦 胡新和 译，《科学革命的结构》，北京大学出版社，2003.1