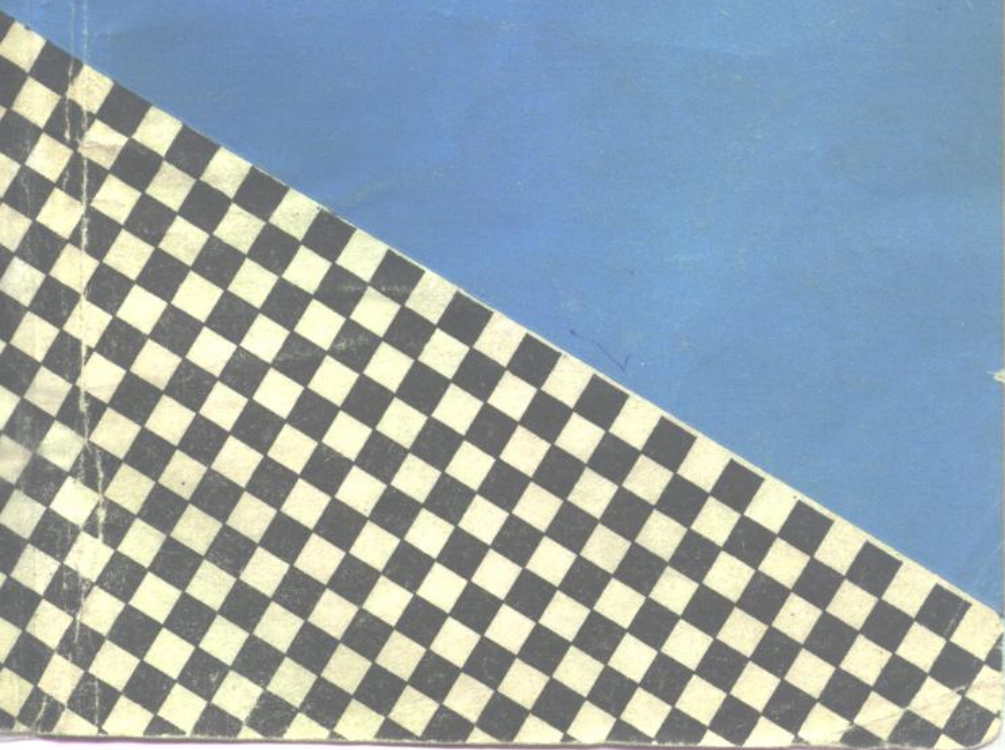


系统论 信息论 控制论浅说

杨春时
刘伟民

邵光远
张纪川

编著



系统论 信息论 控制论

XITONGLUN XINXILUN KONGZHILUN

浅 说

QIANSHUO

杨春时 邵光远 编 著
刘伟民 张纪川

中国广播电视出版社

系统论 信息论 控制论 浅说

杨春时 邵光远
刘伟民 张纪川 编著

中国广播电视出版社出版
大邱庄印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开 9.25印张 195(千)字
1987年2月第1版 1987年2月第1次印刷
印数：1—27,000册
统一书号：2236.008 定价：1.80元

前 言

以“三论”（系统论、信息论、控制论）为代表的现代科学方法论，是一门新兴的科学，是本世纪以来最伟大的理论成果。它的崛起，为人类认识世界和改造世界提供了新的有力的思想武器。

“三论”在二十世纪出现并大显身手，是有深刻的历史背景的。近几十年来，自然科学的高速发展，呈现了由分化走向统一的趋势。一方面，各门科学不断分化，分支学科越来越多，各种学科象雨后春笋一样相继出现；另一方面，各学科之间，又在不断地相互渗透、相互交叉、相互融合，走向综合化、整体化。这种相互渗透、交叉的趋势，客观上要求有共同的方法论，为各学科之间的彼此沟通，发挥桥梁、媒介和粘合作用。“三论”的出现，正是这种时代要求的结果。同时，现代科学技术的发展，也为“三论”的产生提供了实践的前提和基础。人类认识工具的改善（特别是电子计算机、电脑的应用），产生了“信息”这一概念；自动化的发展，促进了控制论的诞生，各种系统工程问世，使人们有可能在更高的理论水平上概括为系统论。“三论”的历史虽然不长，但作为现代的科学方法，它的指导作用，却很快为人们所认识了。

不论从事科学研究，或从事其它各种实践活动，方法都是很重要的。可以说，一旦目标、任务确定了，方法就成了

主要问题了。毛泽东同志说过，不解决方法问题，任务也只是瞎说一顿。他把方法比作过河的船或桥，是很恰当的。

“方法”一词来源于古希腊，是“顺”和“直”的意思，或“道路”的意思，从字面上讲，就是沿着正确的道路运动。现在，人们对方法问题的兴趣越来越浓烈了。作为现代科学方法论的“三论”，已经成了各行各业普遍关注的热门学科，掀起了学习、研究和应用“三论”的热潮，并已取得相当惊人的成就。美国的“阿波罗登月”计划的成功，就是由于利用了系统论的原理，制定了系统工程才取得的。“三论”不但直接促进了科学技术的发展，而且广泛应用于社会生活的各个领域。“系统”、“信息”、“反馈”、“结构”、“层次”等等名词术语，已经越出科学研究的范围，进入人们的生活，以至逐渐成为人们说话写文章的常用词语。这是时代前进的一个标志，不是一种可以小看的事情，它将促使人们的观念更新和思维方式的变革。学习和掌握“三论”，对克服传统观念的肤浅与惰性，打破在“左”的思想禁锢下思维方式的单一和僵化，扫除人们偏见和愚昧，是有重要作用的。

“三论”是从自然科学研究中总结出来的科学方法，但它不限于自然科学，具有一般的方法论意义。“三论”在横向上有广泛的适用范围，被称为“横向型科学”或“横断性科学”。这个“横断性”的特点是说，“三论”不是某一具体科学的方法论，而是包括自然科学、社会科学和思维科学在内的共同方法论，是我们认识世界和改造世界的统一的科学方法。这种方法，具有严格的程序和精确的形式，是一种更科学更规范化的方法，对科学研究、领导决策和各项工

作，都有很强的指导性。我国正处在社会主义现代化建设的历史新时期，面临世界新技术革命的挑战，学习和应用“三论”，掌握这种现代科学方法，应当说是一件很紧迫的事情。

学习“三论”，首先要打破神秘观念。其实，“三论”并不是什么深奥难懂的东西，其基本理论是和马克思主义哲学相通的，在一定意义上可以说，“三论”是哲学范畴的具体化、规范化、模型化，而且在日常工作和生活中，随处都能得到应用和验证。因此，只要以马克思主义哲学为指导，密切联系工作和生活实际，初步掌握“三论”的基本知识，对一般人来说，是不难做到的。这本书就是有意识地做一点普及工作，结合现实生活，用通俗的语言，介绍“三论”的基本知识，使具有中等文化程度的广大读者，能够对“三论”有个初步的、大概的了解。

“三论”
哲学
思想

学习“三论”，还要掌握信息论、控制论和系统论之间的内在联系，善于融会贯通，把“三论”作为一个统一的方法论来掌握。信息论、控制论和系统论虽然各有其独立性和应用范围，但是，作为现代科学方法论来说，它们又是统一的。“三论”的核心是一个系统问题，“三论”是统一的系统方法论的不同侧面。（系统论侧重于结构方面）结构产生功能，从而产生控制问题，因此，（控制论）可以看作是系统论的分支，它（研究系统的功能方面），控制必然涉及信息的传递，这样控制论又与信息论结合在一起。所以，我国著名科学家钱学森就认为：“实际上核心的问题是系统，就是一个系统论。在系统里面，你要看到信息传递的侧面，那就有信息问题，你要看到控制的侧面，就有控制的问题。”

把“三论”作为统一的方法论来掌握，就可以在学习中

不可不读
观察问题

掌握其要点和实质，形成科学的思维方式，从而指导我们的实践活动。普及“三论”，是关系到改造传统思维方式，促进中华民族的思维方式现代化的重要工作。我们希望，这本小册子能够为这个工作做出一点贡献。

目 录

系统论部分

一、古代朴素的系统思想.....	(1)
二、系统论的创立和发展.....	(5)
三、系统与要素.....	(9)
四、系统的结构.....	(13)
五、系统的层次.....	(18)
六、系统的功能.....	(23)
七、系统论的整体性原则.....	(28)
八、系统论的相关性原则.....	(32)
九、系统论的自组织性原则和动态性原则.....	(36)
十、系统论的目的性原则.....	(41)
十一、系统论的优化原则.....	(45)
十二、系统论的转化原则.....	(49)
十三、耗散结构理论.....	(53)
十四、系统思维.....	(58)
十五、结构方法与功能方法.....	(64)
十六、系统模型.....	(69)
十七、系统工程.....	(74)
十八、系统决策.....	(79)
十九、系统论的哲学意义.....	(84)

信息论部分

一、信息的含义	(89)
二、人类传递信息的历史	(94)
三、信息的特性	(100)
四、信息的功能	(106)
五、信息交流系统	(112)
六、信息交流程序	(118)
七、交流信息的前提	(124)
八、交流信息的方式	(130)
九、信息交流的特点	(136)
十、量度信息的方法	(142)
十一、信息量的单位	(148)
十二、平均信息量	(153)
十三、什么是熵	(158)
十四、自然语言的多余度	(164)
十五、信息交流的障碍	(169)
十六、怎样克服信息交流中的障碍	(173)
十七、再谈怎样克服信息交流中的障碍	(178)
十八、如何提高传信率	(184)
十九、收集信息的基本要求	(190)
二十、获取信息的主要技术	(195)

控制论部分

一、什么是控制	(203)
二、控制论是研究什么的	(207)
三、控制论产生的基础	(211)
四、控制的“同构理论”	(215)

五、信息在控制过程中的作用·····	(219)》
六、控制的反馈机制·····	(223)》
七、反馈控制的两种方式·····	(227)》
八、控制论的黑箱研究方法·····	(232)》
九、控制论功能模拟方法·····	(237)》
十、控制论的哲学意义·····	(242)》
十一、控制论的发展·····	(246)》
十二、智能机器人·····	(250)》
十三、机器能思维吗? ·····	(254)》
十四、人工智能的局限性·····	(259)》
十五、人机共生的社会问题·····	(263)》
十六、生物控制论·····	(267)》
十七、社会控制论·····	(272)》
结束语·····	(278)》

一、古代朴素的系统思想

人类面对着的社会和自然，品类繁盛，纷纭复杂，五光十色，气象万千。那么，这个包容万事万物的大千世界，是现象的偶然堆积，还是一个有机联系的整体？这是人们世代都在思考着的问题。“世界是一个整体”，这是人类祖先在实践过程中最初作出的一个答案。古代人类对世界的整体认识是一种朴素的系统思想，现代系统论就是从古代朴素的系统思想发展起来的。古代社会人类对世界的系统认识是由宇宙论开端的，宇宙论是人类早期对人类所生存的世界的一种解释。东方的宇宙论以太极图为代表，西方的宇宙论以原子论来代表。

太极图是中国古人对世界的解释。它象征着万事万物都由阴阳二气构成，比如天是阳，地是阴；日是阳，月是阴；男是阳，女是阴等等，阴阳二气互相调合消长，就形成了万事万物的发展变化。在这个基础上，又产生了五行说。它认为世界是由金、木、水、火、土五种元素组成，它们相克相生，不断循环演化。比如，木生火，火生土，土生金，金生水，水生木；水克火，火克金，金克木，木克土，土克水等。阴阳和五行就构成了一个运动着的世界整体。中国古时候人们就是以阴阳五行学说来认识世界的，至今中医理论仍然以它为基础。当然，这种学说的内容是不科学的，它是古人凭借有限

的生活知识建立的宇宙论，带有浓厚的神秘色彩。但是，阴阳五行学说又是人类最初对世界的整体认识，其中包含着系统思想的萌芽。它把世界看作由五行构成的系统，阴阳对立又使系统内部具有发展的动因，这种宇宙论具有合理的因素。

西方朴素的系统思想最早体现在古希腊的原子论中。唯物主义哲学家德谟克利特认为世界是由最小的物质原子所组成，有各种不同的原子，形成不同层次的世界。人也是一个由特殊原子组成的小宇宙，世界在不断产生、发展、消灭中。德谟克利特的著作就题名为《世界大系统》，这是人类最早的关于世界是一个大系统的理论。古希腊另一位伟大的哲学家亚里士多德进一步发展了朴素的系统思想。他认为，万事万物都由四种因素构成，这就是目的因、动力因、形式因和质料因。质料因是物质材料，形式因是结构形式。比如一棵树，木质材料（质料因）再加上树的结构形式（形式因）就成为树。目的因是事物发展的趋向，动力因是事物发展的根据。比如对树来说，它要从种子开始，经过发芽、生长，最后成为参天大树，这就是它的目的因；而要达到这个目的，它就要吸收养料、水分，抵御风霜虫病的侵害，这就是动力因。四因说对世界进行了系统分析，构造出一个宇宙系统的模型。西方的宇宙论比东方要少一些神秘色彩，但仍然没有摆脱目的论和物活论的影响，因此同样不是科学的系统论。可贵的是，亚里士多德提出了“整体大于部分之和”的思想。他以房屋为例，房屋并不等于砖瓦、木料的堆积，砖瓦木料本身对人没有用处，但把它们按一定结构，组织成房屋，就可以住人，从而有了新的性能。这个思想后来发展

成为系统论的基本原则。

无论是东方的还是西方的朴素的系统思想，尽管都力图把世界看作是不可分割的、运动着的整体，但由于当时科学还没有发展起来，对世界的认识还建立在想象、猜测上，所以从总体上看仍然是不科学的、神秘主义的。随着科学的发展，这种朴素的系统思想必然被扬弃。

欧洲文艺复兴运动以后，科学思想觉醒，近代科学获得发展。近代科学以物理学为代表，大科学家伽利略和牛顿研究的对象是天体运行和可见物体的宏观领域。当时，人们认为世界是由许多做机械运动的部分相加起来的，就象一架精确的钟表，它按照预定的秩序运行。这种机械论成为近代科学的一大特色。机械论的世界观虽然也把世界看作一个整体，但这种整体观并不是真正的系统思想，因为系统思想正是强调整体不等于部分相加。近代科学反对古代的感性的、直观的和猜测的认识方法，而主张依靠实验和对具体事物的分析。科学家们把研究对象分解开来，对每一部分孤立地进行研究，然后再把各部分的认识综合起来，得出整体的认识。与此相联系的是，各门科学急剧地分化、独立出去，它们从各自的角度来研究世界，彼此又不相关联。这种偏重于对具体事物进行分析和各学科的独立研究的方法，对于古代笼统的、直观的认识来说，无疑是一种进步，使近代科学独立地成长起来。但是，这种偏重分析的方法是有局限性的，它只能孤立地掌握世界的部分属性，不能掌握世界的整体性质。这种局限性在宏观物理世界还不明显，但当科学深入到微观世界和有机界时，就暴露得极其明显了。总之，近代科学的发展过程中，古代朴素的系统思想瓦解了，而偏重于孤

立、静止地分析事物的形而上学思想却发展起来。

形而上学的思想把事物孤立起来，割断互相间的联系，这种思想与科学的进一步发展发生了抵触，因而逐渐受到了怀疑。十九世纪科学上有三项重大发现，一个是能量守恒定律，证明各种能量可以互相转化，而且总量不变；另一个是细胞学，证明生物是由最小单位细胞组成，而细胞是有生命的，不同于无机物的性能；第三个是进化论，达尔文证明动物是由低级到高级不断进化而来的，人不是上帝创造的。十九世纪下半叶，俄国化学家门捷列夫又发现了元素周期律，证明各种元素间的内在联系。这些科学成就，动摇了机械论和单纯分析的形而上学思想，揭示了世界的统一性，以及各种事物间的有机联系。十九世纪下半叶又产生了马克思主义理论。马克思主义在社会科学领域发展了系统思想，彻底批判了形而上学思想。马克思主义的哲学是辩证唯物主义，它强调世界是互相联系着的事物的统一体，是不断按自身规律发展变化着的。这种哲学思想是对系统思想的哲学概括。马克思主义的历史唯物主义体系是用系统观点分析社会的典范。历史唯物主义认为，人类社会是一个有机整体，它有两个层次——经济基础和上层建筑，而生产力和生产关系又是这个有机整体的两个最关键的因素。生产力不断冲破生产关系，就引起经济基础的变革，经济基础的变革又决定新的上层建筑的产生，这样整个社会形态就改变了，社会就发展了。

十九世纪的科学发现，为现代系统论的诞生奠定了基础，而马克思主义理论又成为现代系统论的先驱者。但是，由于十九世纪科学发展水平的限制，系统思想还没有发展成为独立的系统理论。这个任务直到二十世纪才完成。

二、系统论的创立和发展

你知道八仙过海的神话故事吗？说的是吕洞宾、曹国舅、蓝采和等八位仙人，各自施展法术，渡过大海，因此留下一句成语：“八仙过海，各显神通。”系统论的诞生，是多学科综合的产物，好象八仙过海，但不是各显神通，而是形成一个共同的法宝——普通系统论。因此我们说，系统论的创立是“八仙过海，共显神通”。

三十多年前，以奥地利生物理论学家贝塔朗菲为首，还有经济学家、生物学家、生理学家等成立了“普通系统论学会”，从而宣告系统论诞生了。不同学科的科学家的聚集在一起，是由于他们感到现代科学需要一个共同的方法论，这个科学方法论既不同于古代的活力论，又不同于近代的机械论。他们在各自的领域里探索出基本的方法论，通过交流和合作研究，就创立了横跨自然科学和社会科学的系统论。从此，科学研究就有了共同的指导思想和方法论原则。

系统论由不同学科的科学家的共同创立，标志着现代科学发展出现了多学科综合的趋势。古代各门科学混杂在一起，甚至与哲学、神学也没有分化。近代科学从哲学、神学中独立出来，并且分化为多学科，各自进行单学科的研究。但它割断了互相间的联系，忽视了事物发展的普遍规律。现代科学感到这种无限制的分化趋势的弊病，要求沟通各门科学，

寻找共同的科学方法论。古代的活力论和近代的机械论都已被现代科学所抛弃，尤其是生物学的发展证明，有生命的机体的活动和组织不能用机械论来解释，而活力论又不是科学，这就需要一个新理论来统一地指导对世界的认识。系统论就是在这种时代背景下诞生的。

系统论产生的实践基础是系统工程的兴起。系统工程是现代管理技术，它把系统思想和方法应用于各种复杂工程的设计和 管理方面。四十年代，贝尔电话公司在发展微波通信网络时，按工程时间和顺序把工作划分为规划、研究、发展、发展中的研究和通用工程五个阶段，形成了一套系统工程的方法。系统工程由此诞生。以后，其他企业纷纷效法，成效显著，并且推广到其他生产和科研等领域。由于系统工程综合运用运筹学、控制论、信息论、管理科学，并采用电子计算技术，这样就上升为理论，形成系统工程学。系统工程学是系统实践（系统工程）与系统理论（系统论）的中介。系统工程学是系统论的应用学科，也是它的实践基础。在这个基础上，才可能产生系统论。

系统论的创立，还依赖同时代发展起来的其他理论学科，它们有控制论、信息论、图论、博弈论、网络论、策论、现代组织论^①等。这些学科的独立发展为系统论提供了必要的科学思想和手段，而系统论的创立又进一步成为它们的理论指导，促进了它们的发展，从而形成了各系统分论、控制论、信息论等，它们既是独立学科，又统一于系统理论之

①以上各学科均为现代新科学，它们都与数学理论有关，并且渗透着系统论的基本思想。因为它们较复杂，此处不能详细介绍。

中。在系统里面，有信息传递的侧面，也有控制的侧面，所以钱学森同志讲，所谓“三论”（系统论、控制论、信息论）其实就是“一论”，它们都统一于广义的系统论。

系统论创始人贝塔朗非坚决反对活力论和机械论。他提出了三个观点：第一，反对简单相加的观点，认为系统不等于各部分之和。他看到有机整体的性质和功能不等于各个器官的性质和功能的相加。例如，把人体的各个器官的属性和功能加在一起，仍然解释不了人有思维、有实践能力、有进行自动调节的机体的整体属性。这样，贝塔朗非提出了应该把事物看作有机整体的观点。第二，反对机械观点，认为有机整体各部分的关系不能用机械关系来解释。例如，天热时人体通过出汗降温，这种现象不能用外力机械作用来解释，有机整体具有自组织性。他提出动态观点，认为生命现象是自组织活动，它与环境不断交换物质和能量，从而保持机体生命的延续。第三，反对被动反应观点，即生物活动不是受环境刺激作出的简单反应，而是具有自调功能的活动，机体对环境的干扰具有调节能力。有机整体有不同的组织等级和层次，由于等级层次的不同，组织性也不同。例如，动物与植物的组织等级就不同，它们适应自然的能力也不相同，动物比植物的等级要高一些。基于这三个观点，贝塔朗非提出了系统论的三个基本原则：第一，系统观点，也就是有机整体性原则。第二，动态观点，认为生命是自组织开放系统，也就是自组织性原则。第三，组织等级观点，认为事物存在着不同的组织等级和层次，各自的组织能力不同。这些基本观点和原则至今仍然是系统论的核心。

贝塔朗非认为系统论包括三个方面：第一，系统科学理