主　编　涂光辉
　　王　者
副主编　杨　文

编　著　张家铣
策　划　方　言

涂光辉 王 者 主编

“三论”在教育科研中的应用

SANLUN ZAI JIAOYU KEYAN ZHONG DE YINGYONG

张家铣

暨南大学出版社

前　言

世纪之交，千年际会。人类社会正在进入一个“科学技术突飞猛进，知识经济已见端倪，国力竞争日趋激烈”的崭新历史时期。提高全民族素质，在思想和行动上坚定不移地落实“科教兴国”的跨世纪战略，乃当务之急。现代教育的一个重要特征就是教育行为对教育科研的依赖性。欲兴教育，必先兴教研，只有以教研为先导，走科研兴教之路，才能更好地全面推进我国的素质教育，加快教育现代化的进程。

教研的关键在人才。没有一支数量足够、素质一流、专兼群结合的教育科研队伍作支撑，教育科研的先导地位就会落空。因此，致力于教育科研知识的普及，营造一定的科研氛围，调动广大教育工作者参与教育科研的积极性，便成了我们编写这套丛书的目的。若能以此为“科教兴国”、“教研兴教”尽绵薄之力，便是我们最大的快慰了。

这套丛书作为广大教育工作者的教研知识普及读物，对编者来说尚是初步尝试，粗糙和不妥之处在所难免。但我们认为，它不同于一般的教育科研书籍，而具有鲜明的特色：一是它站在教育科研的全局上，结合中小学教育教学实际，对教育科研的全过程——课题的确定、研究方法运用、成果的表述及其评价与推广等作了全面而详尽的介绍，各册既相对独立，又不失为一个整体，便于读者参考和把握。二是它的作者队伍实现了理论与实践、老中青的结合。丛书既有一定的理论深度，又不乏对中小学教育教学的全面观照，特别是加强了一般教研知识的介绍，具有较强的针对性和实用性。三是语言

通俗易懂，并辅之以大量必要的数据、事例，可读性、操作性较强。可以相信，通过对全书的阅读，将有利于读者了解和掌握教育科研的全过程及其基本知识，并获得一定的研究能力。

丛书由涂光辉教授、王者主编。其它分册编著情况如下：覃兵、张平，《教育科研课题的确定》；陶琼，《教育科研的常用方法》；张平，《教育科研成果的表述》（其中，王秀梅参编《教育观察报告》一章）；刘静，《教育科研成果的评价与推广》；张家铣，《"三论"在教育科研中的应用》。在写作的过程中，作者广泛参阅了专家同行的资料，在此一并致谢。

由于实际经验有限，加上时间仓促，不足之处在所难免，恳请专家同行和广大教师指正。

编　者

1999 年 5 月

目　录

前　言 …… 1
第一章　绪论 …… 1
一　系统论、信息论、控制论概述 …… 2
二　“三论”的基本原理 …… 15
第二章　“三论”与教育系统 …… 29
一　教育系统概述 …… 30
二　教育信息系统 …… 38
三　教育控制系统 …… 43
第三章　系统方法与教育科研 …… 49
一　系统分析方法与教育科研 …… 50
二　系统综合方法与教育科研 …… 57
三　系统模型化方法与教育科研 …… 60
四　最优化方法与教育科研 …… 65
第四章　反馈控制方法与教育科研 …… 70
一　什么是控制 …… 71
二　什么是反馈 …… 75
三　反馈控制方法的基本过程 …… 81
四　反馈控制方法与教育科研 …… 87
第五章　黑箱辩识方法与教育科研 …… 90
一　黑箱与黑箱辩识方法 …… 91
二　黑箱辩识方法的基本过程 …… 97
三　黑箱辩识方法对教育科研的启示 …… 100
第六章　信息方法与教育科研 …… 105

一　什么是信息 …… 105
二　信息方法的基本过程 …… 113
三　信息方法对教育科研的意义 …… 120
第七章　“新三论”与教育科研 …… 126
一　耗散结构理论与教育科研 …… 127
二　协同理论与教育科研 …… 133
三　突变理论与教育科研 …… 139
参考文献 …… 145

第一章 绪 论

任何一门学科的发展，都与方法论的突破有着密切的联系。巴甫洛夫曾经说过："科学是随着研究法所获得成就而前进的。研究法每前进一步，我们就更提高一步，随之在我们面前也就开拓了一个充满着种种新鲜事物的更辽阔的远景。因此，我们头等重要的任务乃是制定研究法。"我们不难理解这句话的意思。正是分析法的产生促进了化学科学的进步；实验法的运用，宣告了科学心理学的诞生；条件反射法的问世，揭示了人脑活动的奥妙……教育是一门古老的学科，它的发展同样离不开方法论的突破。

回顾教育几千年的发展史，可以看到，当逻辑的方法尚未引入教育领域时，教育科研仅仅停留在少数哲学家和思想家的设想、推断或直接经验的描述和经验的概括上，作为教育科学研究成果的教育思想、理论，还只是属于哲学家们哲学思想中的片断。如古希腊哲学家柏拉图、亚里士多德的教育思想堪称代表。在17世纪以后，哲学方法论得到广泛的

应用，教育科研也从思辨方法走向类比、推理、实验与实证的方向。特别是实验与实证方法，使教育科学研究有了飞跃性的发展。到了本世纪40年代，一门新兴的综合科学——系统科学的产生，把人们带入了一个全新的视野。它不是把复杂的系统分解成孤立的元素，而是把复杂的系统作为一个整体，从整体上加以研究。这种科学方法论很快被运用于教育领域，使教育科研取得了巨大的成就。教育系统决策学、教育信息传播学、教育控制论等许多研究成果都是在系统科学方法论的基础上产生的。

掌握系统科学的方法论，对于提高广大教育工作者的理论水平，指导现实的教育工作，有着巨大的意义。那么，究竟什么是系统科学呢？它有哪些最基本的原理？

一　系统论、信息论、控制论概述

(一)"三论"的产生

系统科学的核心是"三论"，"三论"即指系统论、信息论与控制论。"三论"是在20世纪40年代产生的。它的产生并不是学者们头脑中灵感的一时激发，而是有着深刻的自然科学背景，历经了母体的充分酝酿，才呱呱落地。它的第一声啼哭惊醒了正在狭隘学科中苦苦探求的人们，让他们看到了无限广阔的科学研究前景。

1. 系统论的产生

1947年，美籍奥地利生物学家贝塔朗菲(L. V. Bertalanfy)

发表了《一般系统论》，标志着系统论的正式产生。在此20年之前，贝塔朗菲就曾对生物学的研究方法感到迷惑与不满。一片绿叶可以吸收阳光、二氧化碳，放出氧气，进行光合作用，可是这完全是一片绿叶的功劳吗？没有根系对水分、养料的吸收，绿叶还能"绿"吗？他逐渐认识到，绿叶是大树的一个部分，根系也是大树的一个部分，大树是一个完整的生命，这个生命体只有在绿叶进行光合作用、根系吸收养料和水分的时候，才能表现出生命。他开始把有机体当作一个整体或系统来考察。他认为生物学的主要目标就在于发现生物不同层次上的组织原理，亦即寻找有机体这个大系统中部分与整体的功能原理。贝塔朗菲根据新陈代谢和发育方面的实验，提出了开放系统的理论。有机体恰好是一种开放系统。他说过一段耐人寻思的话：

"正是这些有关秩序、组织、整体性、目的论等等最重要的问题，却被特意排除于机械论的科学之外。这就是'一般系统论'的观念。"①

这就表明，贝塔朗菲已经对传统的把复杂的整体机械地分为各个要素的方法深感不满。他要寻找一种新的方法，这就是关于"秩序、组织、整体性、目的论"的系统方法。简单地说，这种方法就是探求各个相互联系的要素在整体系统中的功能以及相互影响、促进的功能。绿叶对大树的作用是什么？根系对大树的作用是什么？没有了树叶、树干、树枝，根系还能发挥吸收功能吗？绿叶与根系有着怎样的联系？……这便是一种系统的思想。

贝塔朗菲对生物科学的研究直接导致了系统论的开创，因此，贝塔朗菲被誉为系统论的创始人。系统论的完善与发展，则离不开物理科学对它的贡献。系统论的数理框架就是

① Ludwig Von Bertalanfy, General System Theory, Foundations. Developments and Applications, G. Braziller. (1986) P13

物理科学为其确立的。

2.信息论的产生

信息论的主要创立者是美国数学家、工程师香农(C.E.Shanno)。他于1948年发表了《通讯的数学理论》,奠定了信息论的基础,标志着一门新的科学——信息论的诞生。另一位美国学者、数学家维纳(N.Wiener)也于同年发表了《控制论》一书,公布了在第二次世界大战中他与人合作的关于目标自动预测和武器火力控制的研究成果。他从自动控制的观点研究了信号被噪声干扰时的信号处理理论,得到了与香农推导出的关于传输最大信息量的公式一样的结果。这一公式即为香农—维纳公式。

狭义信息论主要研究有关电讯的问题,是属于物理科学的范围。例如,电话通讯是怎样把声音信号转换为磁信号,再转换为电信号,通过话线传送,最终被还原为声音信号。由于控制论指出了动物与机器在通讯和控制方面有着共同的规律,所以狭义信息论很快就发展为广义信息论。它包括心理学、语言学、遗传学、神经生理学、通讯学等许多方面的内容。信息论成为探索生物世界和物理世界中共同规律的一门综合性科学,并很快扩展到社会科学领域。如认知心理学就是把人类认识作为信息加工过程进行研究,认为人类的认识过程就是信息的输入——编码——译制——输出的过程。材料、能源、信息已经成为现代工业的三大支柱。信息资源的开发与利用是新产业革命的主要内容。信息高速公路的架设,使人们的时间、空间范围缩小。人们正走向信息化的社会。

信息到底是什么?有人把它理解为具有新内容、新知识的消息,这当然是不够准确的。维纳把它上升到一个哲学的范畴。他指出:"信息就是信息,不是物质,也不是能量。不承认这一点的唯物论,在今天就不能存在下去。"① 显然,信息

① N·维纳著,郝季仁译:《控制论》,科学出版社1962年版,第133页。

的传递与贮存要以物质为载体，以能量的耗减为基础，但信息并不是物质与能量本身。

3.控制论的产生

控制论的主要创立者是美国学者、数学家维纳(N. Wiener)。他于1948年发表了《控制论》一书。此书的标题为"或关于在动物和机器中控制和通讯的科学。"他实际上是说，在生物体与机器之间，有着关于控制与通讯的共同规律。他把物理科学中的反馈、信息等概念推广到生物科学中，取得了不少成果。事实上，控制论的成果还是维纳与医学家、生理学家、计算机设计专家等科学工作者共同研究取得的。维纳曾与墨西哥国立心脏学研究所的阿托罗·罗森勃吕特博士合作，在物理科学与生物科学交叉的"无人区"进行广泛深入的研究，从而产生了控制论。

维纳创立的控制论，也有着中国学者的贡献，这恐怕是一个鲜为人知的事实。1935年，维纳在中国清华大学任客座教授，并与清华大学电机工程系的李郁荣教授合作，进行滤波器的研究与实验。维纳曾说他与李郁荣教授的合作为控制论的创立奠定了良好的基础。在第二次世界大战中，为了对抗德国法西斯的空中优势，防空成了英国同盟国紧迫的军事任务。维纳参加了防空工程的研究，并成功地设计了第一个用自动控制装备起来的防空系统。他与李郁荣教授关于电网络的设计，在防空工程中发挥了重要的作用。

控制论的产生缘于强大的社会需要。如前所述战争中防空系统的需要，还有生产中自动化、医学中修复术等诸多需要都为控制论的产生提供了现实基础。在生产高度技术化的现代社会，如果没有强大的控制系统，几乎不可想象。每一道工序流程都有严格的控制与调节，一旦某个环节出现失控，整个流程将陷于瘫痪。控制理论不仅在生产领域得到广泛的应用，而且在社会领域也显示出了其强大的作用。没有伦理道理与法律对人们行为的控制，社会将动荡不安；失去了国家对

人口的宏观调控，地球将不堪重负；没有共同的理想与信念对集体成员的约束，一个民族将会走向衰亡……可以说，控制是无处不在、无时不在的。

(二)"三论"的基本内容

系统论、信息论、控制论形成系统科学的核心。这"三论"的基本内容究竟是什么呢？为了让读者有一个初步的印象，下面就对系统论、信息论、控制论的基本内容作一个简明扼要的介绍。

1.系统论

系统论是关于研究一切系统的模式、原理和规律的科学。处在一定相互联系中，与环境发生关系的各个组成部分的整体，即是系统。自然界是一个巨大的系统，人类社会是一个大系统，人类的思维也是一个复杂的系统。一个系统由两个或两个以上相互联系的要素构成，系统的要素本身也可以是一个系统。因此，系统与要素的区别是相对的。例如，有生命的个体如人是一个系统，大脑则是人体系统的要素，但大脑本身又是一个系统，因此大脑既是系统又是要素。实际上，一切事物、过程，乃至整个世界都是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的系统。因而任何自然现象(如风雨、雷电)、社会现象(如国家、团体)，从星系到原子、粒子，从生物群落、生物个体到细胞，从人类社会到一个国家、一个家庭都是一个系统整体。这些系统整体又都可以分解为若干要素，且要素与要素之间、要素与系统之间、系统与环境之间、系统与系统之间又都相互联系着，从而具有特定的功能与运动规律。

系统论的基本理论可以概括为以下几个方面：

(1)整体的功能不等于各部分功能之总和

有两句俗语很好地说明了这个观点。第一句俗语是："一个和尚挑水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃。"第二句俗语是："三个臭皮匠，顶个诸葛亮。"前一句俗语说明了系统的

功能小于部分功能之和；后一句俗语说明了系统的功能大于部分功能之和。为什么会产生这种情况呢？

我们不妨借用一下物理学中矢量合力的概念。如图 1 所示，对于一个物体的移动，A 往左拉，B 往右拉，二者不能取得一致的方向，形成了一个彼此冲突的矢量系统，从而导致系统的合力小于 A 与 B 两个分力之和。这个例子能较好地说明系统的功能小于部分功能之和，原因就在于系统的结构是一个彼此冲突的结构，这种冲突的结构首先要克服内耗，然后才能表现出系统的功能。显然，这会导致系统的功能小于部分功能之和。



图 1

下面再看图 2。同一个物体，A 单独拉它，或者 B 单独拉它，都不能产生位移，因为单靠 A 或 B 的力不足以克服地面

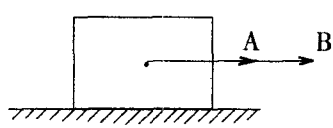


图 2

对它的摩擦力。但是，当 A 和 B 同时拉它时，物体移动了。在这个例子中，显然是系统的功能（A、B 同时作用时）大于部分的功能之和（可以说，单独的 A 或 B 对物体的功能实际为 0，因为它们单独作用均不能使物体产生位移）。

有关系统与部分功能原理的例子，在我们的日常生活中，比比皆是。下面试以家庭为例略作分析。

在一个家庭中，如果各个成员均能团结一致，齐心协力，为着一个共同的目标去奋斗，则能创建一个和睦、富裕的幸福家庭。每位家庭成员是家庭系统的要素（部分），由于各个要

素组成了一个良好的结构，所以会产生合力，表现出系统（家庭）的功能大于要素（成员）功能之和。在具有良好结构的系统中，要素之间有着密切的相互促动的作用，因而要素在系统中功能的发挥要远比它单独作用时的功能大。这就是所谓“家和万事兴”的原因。相反，如果家庭系统中的每个成员之间矛盾重重，你争我吵，则会导致家庭的衰败甚至瓦解。这是由于系统中的要素组成了一个彼此冲突的结构，每个成员功能的发挥都受到其他成员的制约与影响，无法表现出充分的能力与作用。

学校的建设与发展也是如此，只有当校内上、下各级关系协调，目标一致，校外环境良好，财力、物力保障充裕时，学校才能形成整体的合力，得到长足的发展。

值得注意的是，从理论上讲整体与部分的功能原理中还应包含一种可能：整体的功能等于各部分功能之和。不过这种可能性极小，在此不作过多的阐述。

我们再回到前面所说的两句俗语。为什么“一个和尚挑水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃”呢？用系统论的观点去分析，显然容易得知在系统中各个“和尚”组成了一个彼此冲突的结构，无法发挥每个“和尚”的功能，因此只有挨渴的份。另一句俗语“三个臭皮匠，顶个诸葛亮”，则告诉我们即使系统中要素的素质不是很高，功能不强大，但只要彼此组成优良的结构系统，也会表现出强大的功能。“一支筷子易折断，十支筷子众难撼”讲的也正是这个道理。

整体的功能与各部分功能的关系可以用如下公式概括：

$$E_{整} = \sum E_{部} + \sum E_{联}$$

$E_{整}$ 是指系统整体的功能，$\sum E_{部}$ 指各孤立部分功能的总和；$\sum E_{联}$ 指各部分相互联系形成结构产生的功能。当部分组成冲突的结构时，$\sum E_{联} < 0$，从而导致整体的功能 $E_{整}$ 小于各孤立部分功能的总和 $\sum E_{部}$；当部分组成和谐的结构时，$\sum E_{联}$

>0，整体的功能 $E_{整}$ 就大于各孤立部分功能的总和。$\sum E_{联}=0$ 的概率极小，所以 $E_{整} \neq \sum E_{部}$。各孤立部分功能的总和恒等于系统整体的功能，这是几乎不可能的。

(2)系统的结构决定系统的功能

结构是系统内部各个要素的组织形式，功能是系统在一定的环境下所能发挥的作用。系统的结构决定系统的功能，不同的结构可以产生不同的功能。因而，在要素已经确定、环境影响不变的情况下，如何安排系统的空间结构与时间结构，是发挥系统功能的关键。例如，碳(C)元素以不同的原子结构组合时，可以产生硬度极高的金刚石和硬度极低的石墨，这种不同的结构决定了金刚石与石墨迥然不同的功能。由于系统内部各要素的排列顺序不同，系统的结构、功能和出现的信息也就不同，所以系统论特别强调系统内部各要素排列和组合的顺序、层次。系统的有序程度愈高，结构愈严密，其功能便愈能显示出来，人们称之为“有序原理”。如一个几千人的大型团体操表演要具有很强的观赏性，必然要求动作整齐、协调，服饰统一、美观，随着指挥信号而有序地运动。这种大型团体操的表演如果不能严密组织，有序安排，就无法显示出系统的整体美，无法让观众欣赏到优美的表演。根据系统论的有序原理，在处理与研究问题时，除对构成系统的要素加以选择外，要特别重视系统内部各要素排列、组合的顺序和层次，使其有个合理的安排，以充分发挥系统的功能。

在组织系统、选择系统结构时，除了对要素的素质进行选择外，更重要的是要充分考虑该要素能否在系统中发挥原来的功能，要素在发挥功能时是否会影响其他要素功能的发挥，要素与其他要素结合能否产生新的功能。如果某一个要素具有良好的素质，但是它在系统中会极大地妨碍其他要素的功能，使整体的功能得不到表现，这样的要素也应剔除不用。另外，还要善于组织各要素的层次、顺序及时空排列，使每个要素均处在最适宜的位置，以便发挥系统的整体功能。可以说，

对于要素的选择与安排是发挥系统功能最为重要的一步。如果选择错误或安排不当则会导致系统整体功能的减弱甚至丧失。有这样一个故事：

齐国田忌在战场屡屡获胜，在赛马场上却一再受挫。有一天，孙膑拜访田忌，两人先畅谈战术战略，田忌神采飞扬。当话题谈到赛马时，田忌却灰心丧气。当时，人们赛马都是以上等马对上等马、中等马对中等马、下等马对下等马。孙膑微笑着对田忌说："这有何难，下次赛马我保证您必胜！"他告诉田忌，用自己的下等马与别人的上等马赛，中等马与别人的下等马赛，上等马与别人的中等马赛。田忌果然大获全胜。

这就是历史上著名的"田忌赛马"。可以看到，田忌之所以获胜，关键在于他听从了孙膑的计谋，正确地安排了赛马的次序。由此可见，对于一个系统，要素一旦确定，其内部的次序安排是相当重要的。这也是许多人为什么在某个岗位上工作表现较差，在另一个工作岗位上却成绩非凡的原因。

(3)最优化的观点和动态的观点

归根结底，系统论就是寻找一种最优化的方式。一个系统中各要素的结构可能有多种组合方案，应选择最优的方案，使系统具有最优功能。为了找出这个最优方案，就要求人们进行调查研究，模拟实验以达到目标。然而，"最优"只可能是一定条件、一定环境状况下的"最优"，它不是一经确立就永恒不变。因此，"最优"是在动态变化发展过程中不断调整与更新的。系统论理论认为，任何系统都处在动态之中，绝对的、封闭的和静止的系统是不存在的。系统总是处在特定的环境之中，与外界进行能量、信息、物质的交换，受着环境的影响，随环境的变化而发生变化，具有开放性。任何系统都是一个运动过程，如思维系统是以感觉、知觉、记忆、分析、综合等来表征它的运动过程；经济系统是以管理过程、生产过程、流通过程、分配过程、积累过程等来表征它的运动过程；通讯系统则是以输入过程、编码过程、传递过程、译制过程、输出过程为

其运动过程。系统论强调以动态的观点去分析考察事物，注意事物的运动状态，考察事物的运动过程，从而选择恰当的组合方案。

2.信息论

信息论是关于研究各种系统中信息的计量、传递、变换、贮存和使用规律的科学。信息不是物质也不是能量，但信息既不能脱离物质也不能脱离能量。传递信息不能离开能量，总是伴随着实物和场（电场、磁场、心理场）的运动才能传递信息。人脑能够传递与保存信息，人们之间的信息沟通离不开"脑"这个物质媒体。信息流通是生命系统、机器系统等适应外部世界，同外部世界进行交换过程中所特有的物质运动形式。人们称现代社会为信息时代，称快速通讯方式为信息高速公路，这都在一定程度上说明了信息已成为现代文明的特征。

香农的信息论的基本内容就是研究信源、信宿、信道及编码等问题。他提出的通讯系统模型如图3。

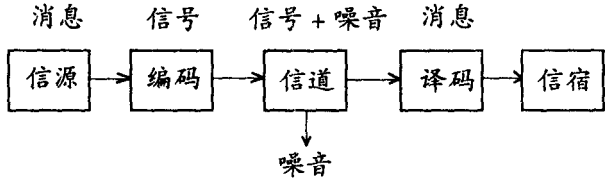


图3

信源：即信息的发送源，可以是人、机器、自然界的物体等。如，飞机从头顶飞过，发出巨大的轰鸣声，使我们不约而同地抬头上望。这种行为的产生，就是因为我们接受了信息，这信息是飞机的马达发出的，因此，飞机就成了信源。又如，城市建筑物上的霓虹灯发出各种耀眼的光，使人驻足凝视，霓虹灯就是信息的发出者，即信源。

编码：就是把消息变成信号。信号是多种多样的，如电信号、光信号、声音信号等。在打电话时，人的声音首先要由电