

# 灰色系统理论与体育

杨范昌 徐明 主编

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$



成都科技大学出版社

# 灰色系统理论与体育

杨范昌 徐明 主编

成都科技大学出版社

(川)新登字015号

### 内容简介

本书是体育科学领域内一部运用灰色系统理论与方法进行研究的专著。

灰色系统理论是控制论的观点和方法延伸到社会、经济等领域的产物,是控制论的新发展,是系统论的新开拓,是将自动控制科学和运筹学的数学方法相结合的结果。

全书共分九章,灰色系统理论的方法和产生;灰色系统理论和任务;灰色系统的数学问题;体育运动中的灰色关联分析;体育运动中的灰色预测;体育运动中灰色决策的思想和原则;体育运动中的灰色局势决策;体育运动中的灰色统计和灰色聚类;体育运动中的灰色层次决策。

本书根据体育工作者的专业和特点,力求深入浅出、通俗易懂、举例翔实、重在应用,为增强本书的学科前瞻性,本书力争引入灰色系统理论的最新成果,并结合体育运动的运行轨迹,给出技术性拓展。

本书适宜于各层次体育教师、教练员、体育工作者以及科研人员学习参考,亦可作为高等体育院校开设新兴学科的试用教材,或研究生的选修教材。

### 灰色系统理论与体育

杨范昌 徐明 主编

---

成都科技大学出版社出版发行

各地新华书店经销

四川大学印刷厂印刷

开本,787×1092毫米 1/32 印张,9.5625

1995年7月第1版 1995年7月第1次印刷

字数:225千字 印数:1—2000

ISBN 7-5616-8058-1/G·593

---

定价:8.00元

## 序

人类认识主客观事物通常将已知信息称为白色系统，未知信息称为黑色系统。杂然并存于二者交临，且处于动态变化之中而黑白难属的信息，就形象地被称为灰色系统了。它是近10余年才发展起来的新兴学科。它的诞生对促进认知过程显示了巨大的潜力。

由杨范昌、徐明、许世岩、张芝兰编写的《灰色系统理论与体育》一书，率先将这门学科引入体育系统的研究领域，难能可贵。该书观点新颖、论证科学、方法实用、可读性好，值得一读。兹推荐给有关读者。

一、该书的新颖是既立足于现在灰色系统的基本思想、理论和方法，突出体育科学的特点加以提炼升华；又展望介绍了灰色系统理论的最新成果，灰色预测衍生模型和灰色关联数学模型，赋予了该书的理论价值和体育实践意义。

二、全书内容以分析体系、模型体系、方法体系和技术体系为主线，结构明晰，纵横联贯，浑然一体。论证时则以体育灰关联分析为基本方法，为其预测、决策、控制等奠定了基础，预测又为决策、控制提供了前提，建模则为系统分析提供了手段。其头绪清楚，论证得当，且计算精确，定性定量分析，均有据可稽。充分反映了该书严谨的科学性。

三、作者们长期处于教学、训练、科研、竞赛第一线，不仅有丰富的实践经验，而且还有一定的开拓精神。他们将实践所得总结提高，就事实而生理想，凭理想而正事实写成该书。收

集的国内外大量资料，数据准确，翔实可信，书中绘制的不少图表，既充实了内容，又提高了实用价值。

四、书中示例援用体育界各个领域里的典型调查资料或实测事实材料，将其与灰色系统理论、方法相结合，与灰色数学模型和灰色拓展模型相结合；又将章节之间的系统性、联系性、完整性、独立性相结合等。这些处理方式，对初涉灰色系统的读者是比较成功的。书的表述具有深入浅出，言简意赅，重方法与操作的启迪，突出应用与推广的诱导等可读性好的特点。读之，能得学之乐，克服耐学之苦；习之，则能掌握灰色模型技术的综合应用。

我热烈祝贺该书的出版发行。我坚信新方法导致新理论，并期待着我国体育事业结出更多硕果。

最后，感谢作者们的辛勤劳动，并希望他们再接再厉，尽早完成与该书配合专用的微机软件。

胡晓风 教授

一九九四年三月于四川省委机关

## 前 言

竞技比赛被认为是体育运动发展的高级形式,而竞赛质量又与人群体质有着联系。因此,探索发展体育运动,增强人群体质,提高竞技能力,就成了多学科进行综合研究的长远课题。人体运动科学是数、理、化含量极高的科学。在高科技突飞猛进发展的当今世界,许多学科渗透进体育科学已呈大势所趋,恰似体育界人士大声疾呼,“向科学训练要成绩”的回应。我等宁冒体育界之大不讳,推出《灰色系统理论与体育》,旨在为实施“全民健身计划”和“奥运争光计划”为振兴中华起点抛砖引玉的作用。

参加本书编写的有杨范昌(第三、八章)、徐明(第二、四、五、六、七章)、许世岩(第九章)和张芝兰(第一章)等。最后由杨范昌、徐明统稿、审定。

本书在编写过程中得到灰色系统理论创始人,华中理工大学邓聚龙教授的鼎力支持和鼓励,感谢他将本书编者徐明等人誉之为“灰色系统理论在体育领域运用中的‘开国元勋’”。在此深表谢忱。

著名的体育理论家胡晓风教授在百忙之中详细审阅了重要章节,并为之写序,在此谨致谢意。

在编写过程中,还得到全国灰色系统研究会理事会王学荫副研究员、北京大学计算机科学技术系吕晋育副教授、成都体育学院邱万贵主任、刘芳华老师,成都科技大学洪三泰副教授、武汉体育学院宋高晴老师,以及邵奇德副研究员、薛刚高级教练和其它学者的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于条件所限,时间仓促,加之水平有限,本书的缺点和错误在所难免,希读者批评指正。

编 者

1994年4月于成都

# 目 录

绪 论	(1)
第一章 灰色系统的产生、发展及应用	(5)
1.1 系统及其产生和发展	(5)
1.2 灰色系统理论的产生	(11)
1.3 灰色系统理论在体育领域中的确立和应用	(14)
第二章 灰色系统理论和任务	(18)
2.1 灰色系统的含义	(18)
2.2 灰色系统的宗旨和求解途径	(22)
2.3 灰色系统的特征	(23)
2.4 灰色系统与模糊数学的区别	(25)
2.5 体育灰色系统的任务	(26)
第三章 灰色系统的数学问题	(35)
3.1 矩阵与微分方程	(35)
3.2 灰色数学基础	(46)
第四章 体育运动中的灰色关联分析	(53)
4.1 灰色关联的意义	(53)
4.2 灰色关联度的机制	(54)
4.3 灰色关联度的计算方法	(58)
4.4 灰色关联度的优势分析	(72)
4.5 关联分析的其他技术问题和衍生模型	(79)
4.6 灰色关联分析应用实例	(113)
第五章 体育运动中的灰色预测	(126)
5.1 预测的基本概念	(126)

5.2	灰色预测的基本概念 .....	(129)
5.3	灰色预测模型 .....	(134)
5.4	GM(1,1)模型应用实例 .....	(144)
5.5	GM(1,n)模型方法及应用 .....	(154)
5.6	GM(1,1)衍生模型的方法及应用 .....	(166)
<b>第六章</b>	<b>体育运动中的灰色系统决策简介</b> .....	<b>(181)</b>
6.1	决策的基本思想 .....	(181)
6.2	灰色系统决策的原则 .....	(192)
6.3	灰色系统决策模型概述 .....	(194)
<b>第七章</b>	<b>体育运动中的灰色局势决策</b> .....	<b>(198)</b>
7.1	灰色局势决策的原理、概念 .....	(198)
7.2	灰色局势决策的数学方法 .....	(200)
7.3	灰色局势决策的应用实例 .....	(224)
<b>第八章</b>	<b>体育运动中的灰色统计和灰色聚类</b> .....	<b>(251)</b>
8.1	灰色统计的原理与概念 .....	(251)
8.2	灰色统计的数学方法 .....	(254)
8.3	灰色统计的应用实例 .....	(260)
8.4	灰色聚类的概念、原理和方法 .....	(273)
8.5	灰色聚类的应用实例 .....	(276)
<b>第九章</b>	<b>体育运动中的灰色层次决策</b> .....	<b>(283)</b>
9.1	决策层与联合决策 .....	(283)
9.2	灰色层次决策的研究对象 .....	(284)
9.3	灰色层次决策应用实例 .....	(286)
	<b>主要参考文献</b> .....	<b>(295)</b>



## 绪 论

当今世界体育竞技是科学的较量。在90年代高科技迅猛发展的今天更为人们所公认。从本世纪50年代中期开始,随着系统的、边缘的、交叉的科学理论和方法的诞生与发展,并对体育的强烈渗透,它们以其无可辩驳的严密性、逻辑性,客观清晰地揭示和仿真了体育的结构和运行的规律。为科学的决策、控制,起了非常重要的作用,使体育运动产生了质的飞跃。我们可以这样认为,没有新理论的支持,体育就没有生命力。没有数学参加的体育,就不是真正的科学体育。

灰色系统理论是控制论的观点和方法延伸到社会、经济领域的产物,是控制论的新发展,是系统论的新开拓,是将自动控制科学和运筹学的数学方法相结合的结果。

自1984年在山西太原首届全国灰色系统学术讨论会上,徐明的论文“灰色系统理论在冬季长跑中的应用”面世以来,灰色系统理论在体育领域的研究和应用,就得到不少专家、学者的关注,其研究和应用成果,陆续在许多杂志上刊登发表。据不完全统计有:《体育科学》、《田径指南》、《体育研究》、《高校田径》、《成都体育学院学报》、《四川体育科学学报》、《田径情报资料》、《体育数学与体育系统工程》、《灰色系统理论应用丛书》、《系统工程理论和实践》、《Systems Science and Systems Engineering》等国内外学术刊物上刊用,也在许多大型学术报告会上宣读。

灰色系统理论主要思维方式和技术特点是将一个不甚明确的、整体信息不足的系统,充分利用其内部的已知信息,通过灰

色参数,灰色方程,灰色矩阵去描述和补充。尽管系统内部信息存在着许多随机因素和各种干扰与污染,相互关系显得错综复杂。但经过一定的技术处理,是可以把它们作为一定时区内变化的灰作用量的。体育领域里的许多系统,诸如:体育理论系统;体育管理系统;运动训练系统;运动心理系统;运动生理系统等。倘若我们仔细考察,不难发现很多事物没有客观的物理原型,系统的功能、结构,常因信息不足显得苍白,因素间的关系及行为特征就难于准确的把握。针对这些充满“灰色”的系统,正好发挥灰色系统应用范围广、适应能力强的特点给以解决。

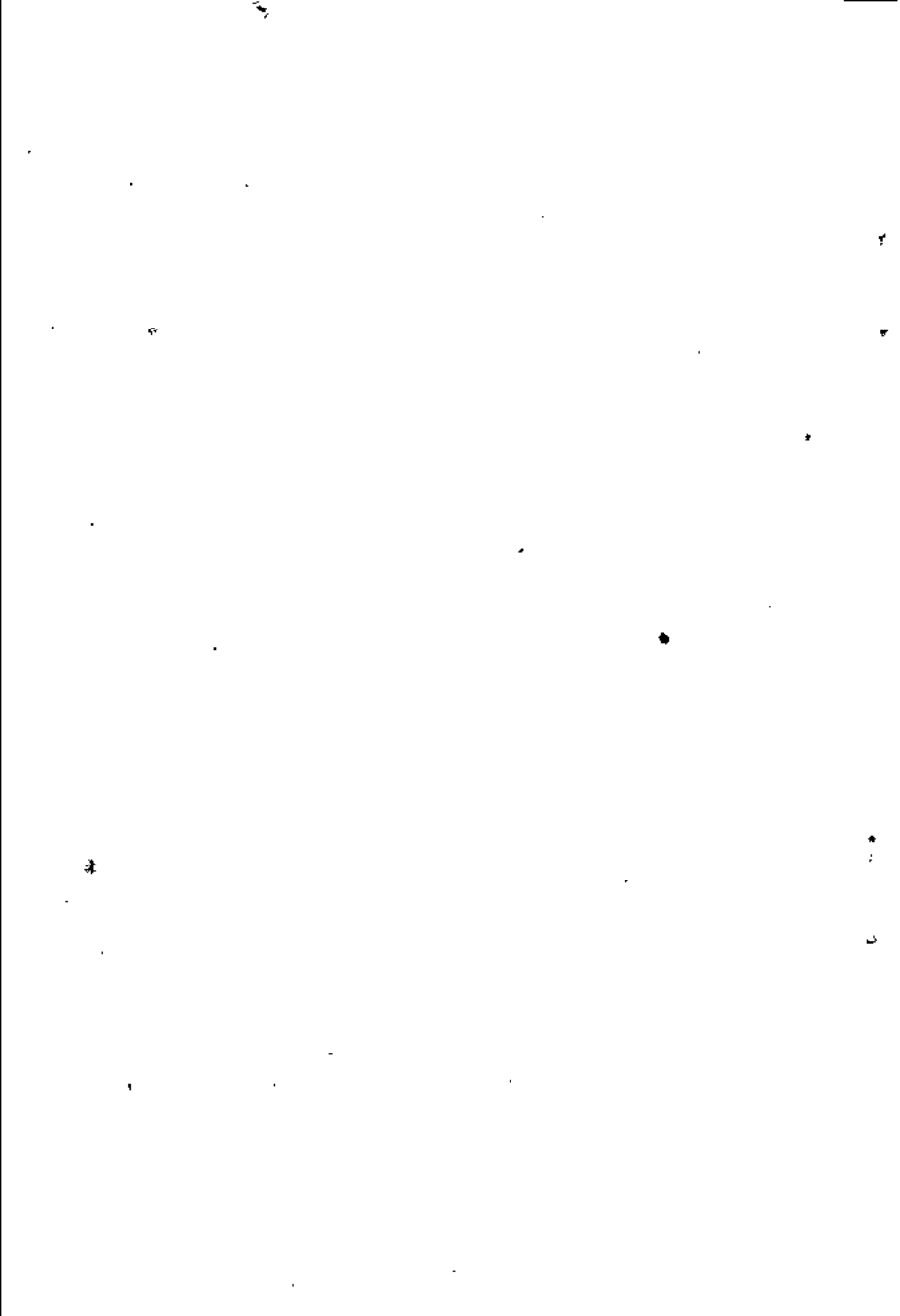
预测,是人们对客观事物发展变化的一种认识与估计,准确的预测是正确决策规化的先导。体育管理者、教练员、运动员对未来发生的事件都应有一个清醒的认识,以便能寻觅到期望目标的较佳途径。基于灰色系统的预测模型,具有结构非唯一和微分,差分,指数兼容的特征,其系列模型的信息储备非常丰富。所以可用于:各运动项目发展趋势预测;运动员身体素质、运动成绩预测。体质综合评价模型建立;体育管理,体育决策方面的预测规化;学生体质及其子项发展状况的预测等等。

灰色关联度是各因素关联性的一种量的测度,是灰色系统决策、预测分析和建模的基础。在运动训练、运动决策、运动控制、运动管理中,确定指标、因素间的关系,找到主要矛盾,发现主要特征是灰色系统理论在体育科学领域中应用的重要方面。譬如:体育管理和决策前的投入—产出分析;各种因素对运动成绩影响大小的关联分析;运动性疲劳消除手段的择优分析;学生体质综合评价优势因子的选择;影响学生达标状况的因素识别等等。在体育管理和对策中,有很多数据难以收集或难以用经典数学准确的量化,信息分散,不利集中。对此,灰色决策就有其独到之处,它可用于系统间不同项目训练体制的优化方案研究;运

动项目的优化设置和对策；大、中、小学和不同类型学校体育发展途径的对策研究；运动员训练方案的择优研究；各种运动比赛前、战、技术的设计对策；体育发展战略研究的对策等等。

作为综合性科学的体育系统，涉及诸多学科：运动学、力学、生理学、生化学、数学、系统论、信息论、计算机……，并随着各学科的深度、广度、交错渗透发展，随着新兴学科不断涌现，随着体育器械的不断革命或更新，随着人类对客观世界没有穷尽的认识，并一次再次地向人体自身的技能和体能极限发起挑战。由此而观，体育是一个大系统、巨系统，一个永远蕴含着已知参数和未知参数的灰色系统。它客观的不可避免的存在着大量的灰色问题，有待广大体育界人士去探索、去研究。

作为在社会科学和自然科学中起着桥梁作用的灰色系统理论，近十年来由于广大体育工作者的艰辛努力，体育灰色系统理论与方法，正在被认识，正在被了解，正在体育科研中方兴未艾，同时也正在体育实践中初显威力。



# 第一章 灰色系统理论的产生、发展及应用

## 1.1 系统及其产生发展

系统 (systems) 这个词来源于古希腊语, 有“共同”和“给以位置”的含义。当然今天不是这样的使用和理解系统这个词, 根据 Webster 辞典的解释, “系统”是“有组织的和被组织化的全体”, 与我们今天给出的定义相接近。我们这样定义系统: 两个以上的单元按一定的秩序或因果关系相互联系、相互作用、相互制约, 有机结合而构成的体系, 共同具有某一功能和整体, 就称为系统。这里, 我们应该强调的是整体性。我们不能只注意事物的个别组成部分, 孤立地研究它, 而应通过研究构成事物的诸因素及其相互关系, 从而在宏观上、整体上、全局上把握事物的行为, 这就是系统观念。

无论在体育领域, 人类社会或者是自然界, 每个具体的系统都是物质的, 随着时间的推移而不断演化 (伸展、收缩、混合、化合、量变、质变……), 而这种演化总是在一定的空间展开, 而系统的各组成部分之间的相互作用, 是通过物质、能量和信息的交换来实现的。描述系统主要特征的变量, 参数的取值, 或者关于系统态势的概念集约表示系统的状态。外部环境

的影响，内部组成之间的相互作用，以及人为的控制作用，都能使系统的状态和演化进程发生变化。系统状态和结构一般变化规律称为系统的行为。研究系统结构和状态的变化或演化规律，就是研究系统行为的理论和方法。

由于人类能力的有限性，对大自然中很多系统的演化和运动过程，无力施加明显的影响和控制。例如银河系、太阳系、月地系和人体结构的宏观、微观系统，人们似乎只能越来越深刻地认识它们，但是在今天和可以预见的未来，对它们的演化进程施加明显的影响，却是人力所不能及的。对这类系统，系统分析的任务是辨识系统的结构，研究它的发展史，认清它的行为，预报它的发展趋势和对人类社会生活可能产生的影响，以便人类能有意识地采取措施去适应将要发生的变化。

随着人类社会的发展，随着科学技术的进步，人类认识世界和改造世界的能力不断增大，人力能够施加影响和实行控制的范围也日益扩大。例如，地球上的大气系统的演化进程，在过去人类只好任其摆布，无能为力。而今天则可通过科学技术有意识的努力，部分的控制其演化过程，使之向着人类生活有利的方向发展。分子生物学的巨大突破，使过去纯自然力主宰的生物系统，变为人力可部分控制的系统。体育运动训练中的负荷量和负荷强度，过去只能靠教练员的经验和运动员的感觉，给以相当粗略的估计来指导训练，当今在某些高层次的体育运动训练队伍中，可依靠体育科研人员给以部分定量监测。高级运动员的产生，离不开起始阶段的选材，那种靠肉眼、靠经验选材的年代将逐渐成为过去，代之的是各种精密的仪器所给以的科学评价。再如，我国创造的肌纤维无损伤检查仪的诞生，给选材和训练提供了简便可靠的物质基础。运动生理学、运动生物化学、运动心理学，运动生物力学、运动医学、计算机科学

和各学科的高度发展，推动了体育运动的发展，使人类向着更高、更快、更强的人类极限加速迈进。以前很多的不可能，现在局部的扩展成为可预测、可控制的现实。

用系统论的观点来看，无论是宏观世界还是微观世界，无论是抽象事物还是具体事物，都可以看作系统。现代科学揭示，客观世界的各个部分皆为系统。任何一个系统都是由若干个相互关联的子系统所构成。一个系统可以是另一个大系统的子系统，也可以分解为许多子系统，子系统再分解为亚子系统……还可继续分解下去，形成的层次是无限的。客观世界是运动的，所以任何一个系统也都处于动态运行之中。人类为了认识自然和改造自然，发展生产力，以获得更多的所需物质和创造一个适合自身生存、发展的环境，从很早就开始了对系统进行认识、探索、研究、并试图进行控制，进而逐步形成了系统控制理论。这一理论的形成和发展为人类走向更高级的现代文明社会提供了武器。

系统论的产生不是偶然的，有着深远的思想渊源和现代科学技术基础。

古代中国、希腊和罗马的哲学著作中就反映了系统观念。

古希腊辩证法奠基人赫拉克利特（约公元前540～480年）在《论自然界》一书中说：“世界是包括一切的整体”。古希腊唯物主义者德谟克利特（约公元前460～370年）的一本没有留传下来的著作《世界大系统》，是人类最早采用“系统”这个词的著作。古希腊思想家亚里士多德（公元前384～322年），他的论点“整体大于它的各部分的总和”是基本的系统问题的一种表述，至今仍然正确。

在我国，春秋末期的思想家老子（公元前580～500年），在其《老子》书中指出：“天下万物生于有，有生于无”；“无，名

天地之始，有，名万物之母”；“道生一、一生二、二生三、三生万物。万物抱阴而负阳……”。这里用有与无，始与母，一与二，阴与阳之间的相互关系、制约的关系，表述了他对自然界的系统性的认识。

春秋战国时期的军事名著《孙子兵法》，把战争作为一个整体来研究，富含朴素的系统观点。

在对人体的探索、理顺方面，齐国名医扁鹊主张按病人气色、声音、形貌综合辩证，并用针灸、汤药、按摩等多种手段综合治疗。周秦至西汉初年古代医学总集《黄帝内经》，强调了人体各器官的有机联系，生理现象和心理现象的联系，身体健康与自然环境的联系。这些都自发的、较好的运用了系统概念。

值得一提的是战国时期秦国太守李冰父子设计修造了已造福于成都平原两千多年的都江堰，各主、子水利工程有120多个，其工程间关联、组合、排列处理得恰到好处，形成了一个协调运转的工程总体，是至今还被人们赞叹不绝的系统工程运用的光辉典例。

19世纪上半时，自然科学产生了飞速的发展。特别是能量转化、细胞和进化论的发现，揭示了客观世界的普遍联系，也为辩证唯物主义世界观的组成部分系统观的趋向成熟提供了条件。为此，马克思、恩格斯在具体的科学研究工作中，相当多的运用了系统思想和系统方法。比如恩格斯在《自然辩证法》中指出“宇宙是一个体系，是各种物体相互联系的总体”。并把各种物质运动，概括为机械、物理、化学、生物、社会的五种基本运动形式，并力图以系统形式来描述。马克思在《政治经济学批判导言》中把社会经济形态看作由经济基础、上层建筑、意识形态三个系统构成，并认为社会发展就是三者矛盾运动的结果。



“系统”和“工程”最初是对一些工程技术而言。最早使用这些名词的是“控制理论”学者和电气工程师们。早期的工作也大多出于他们之手。

同任何科学技术理论一样，系统控制理论也是随着生产和社会的发展而发展的。其理论的形成，可以追溯到2000年前我国的西汉时期。那时就应用此观点制造了指南车。18世纪的英国，系统控制理论的思想有了进一步发展，在其指导下完成了、蒸汽机、调速器等发明。但作为独立的学科面世，还是本世纪30年代的事，此后半个世纪以来，发展极为迅速。在理论上、方法上、和应用上都取得了累累硕果。这一阶段的基本发展过程是，第二次世界大战期间，由于战争的需要，为提高武器发射的命中率，促进了经典控制理论的发展和成熟。40年代许多知名学者就开展了此项研究工作，贝塔朗非的《一般系统论》被称为继相对论和量子力学之后，又一次改变世界的科学图景和思维方式的思想领域的大变动。这本系统科学的经典著作，从系统的基本定义和基本的数学描述出发，引出了整体性、机构化、中心化、果决性、异因同果性、异速生长、稳态、层次结构、同型性、信息和熵、目的性、开放性和封闭性、透视论等一系列观点和概念，力图找到一般地适用于各种系统的模式、原则和规律以及科学思维的新“范式”。

到50年代末和60年代初，由于航海、航空、航天和导弹的制导需要，使系统理论更加迅速的崛起。

1969年，比利时的物理学家普里高津在一次“理论物理与生物学”的国际会议上提出一种系统理论，名“耗散结构理论”，主要讨论开放系统，从无序向有序转化的机理、条件和规律。经他们多年的研究后发现，一个远离平衡的开放系统通过不断地与外界交换物质和能量，在外界条件的变化达到一定阈