

河南省科学技术厅鉴定通过成果(豫科鉴委字[2005]第 317 号)

▲河南省科学技术成果登记(9412005R0780)

▲河南省教育厅软科学研究计划项目资助(20026300014)

▲商丘师范学院学术著作出版基金资助

管理 仿生学

■ 刘福林 著

- ▲河南省科学技术厅鉴定通过成果（豫科鉴委字[2005]第317号）
- ▲河南省科学技术成果登记（9412005R0780）
- ▲河南省教育厅软科学研究计划项目资助（20026300014）
- ▲商丘师范学院学术著作出版基金资助

F273/92

2007

管理仿生学

■ 刘福林 著

图书在版编目(CIP)数据

管理仿生学/刘福林著. —北京:企业管理出版社,2007.5

ISBN 978-7-80197-751-9

I. 管… II. 刘… III. 生产管理—仿生学—研究

IV. F273-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 065831 号

书 名: 管理仿生学

作 者: 刘福林

责任编辑: 程秋芬 郑薇

书 号: ISBN 978-7-80197-751-9

出版发行: 企业管理出版社

地 址: 北京市海淀区紫竹院南路 17 号 邮编: 100044

网 址: <http://www.emph.cn>

电 话: 出版部 68414643 发行部 68414644 编辑部 68428387

电子信箱: 80147@sina.com zbs@emph.cn

印 刷: 北京中创彩色印刷有限公司

经 销: 新华书店

规 格: 240 毫米×165 毫米 16 开本 13 印张 247 千字

版 次: 2007 年 6 月 第 1 版 2007 年 6 月 第 1 次印刷

定 价: 58.00 元

版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换

导 言

管理仿生学是仿生学研究的新领域与前沿,^①是仿生学的一个分支。仿生学自1960年9月诞生至今已走过了47年的历程。其独有的源头创新研究方法,已在多个领域中应用并取得了令人瞩目的成果。笔者多年的研究表明,仿生学的研究方法能在管理领域中应用并诞生仿生学研究的新领域——管理仿生学(Management Bionics)。管理仿生学可定义为:是模拟生命系统的管理规律为改进或建立人为管理系统的管理层次、结构、目标、策略与多样性提供方法和原理的科学。简单地讲,管理仿生学是模拟生命系统管理规律的科学。现将本研究概述如下:

一、研究动机

从哲学层面看,科学一体化是现代科学发展的大趋势。这一趋势,一方面表现为自然科学和社会科学内部各学科之间的相互交叉和渗透;另一方面表现为两大门类科学的相互融合和汇流。美国科学史学家G·萨顿早就告诫人们:科学是统一的。人类需要进行巨大的努力,以实现全部知识的综合一体化,从而尽可能地发挥科学的开化能力和解放能力。“科学一体化”的发展过程虽然艰难,但已见缕缕曙光,其特征越来越突出。例如,“人们曾经一次次地在艺术中感受过朦胧的‘美’,在科学中发现过模糊的‘真’,在哲学中体验过混沌的‘善’(此处‘善’意味着思想的宁静、超脱和高尚)。”^②“朦胧的美”、“模糊的真”、“混沌的善”虽然不能称作“科学一体化”的主要特征,但是顺着这些概念去拨动管理科学与生命科学的共鸣之弦,将是一个可取的角度,是一种有效而又富于启示意义的尝试。

从生命科学层面看,生命系统内部蕴藏着管理的精髓。管理的概念,虽然是人类社会发展到一定阶段对人类群体活动的认识,其行为似乎只有人类特有,岂不知生命系统内部也有本能的“管理”机能。例如,“当用控制论原理分析人体的生命活动调节时,人体的各种功能调节都被认为是‘自动控制系统’,并可将神经、体液和自身调节中的调节部分(如反射中枢、内分泌腺等)看作是控制部分;将效应器或靶器官、靶细胞看作是受控制部分。”^③在控制部分和受控制部分之间存在着双向的信息联系。受控部分不断有信息送

回到控制部分，不断纠正控制部分对受控部分的影响；而控制部分又不断地发出信息来改变受控部分的状态。其结果，既增强了单个细胞的生命力，又增强了整个人体的生命力。透视整个生命系统的运行过程，还会发现许许多多潜藏着的管理规律，如层次管理规律、整体结构规律、系统协调规律、协同进化规律、多样性规律。总之，生命系统经过自然选择、优胜劣汰而长期进化形成的管理规律无疑对构建高效、和谐的人为管理系统具有重要的启迪作用，理应成为人为管理系统研究中可以借鉴的一种管理模型。

从方法论层面看，类比模拟研究能为管理仿生学的建立提供科学的研究手段。这是因为，通过类比模拟研究，常常能够跳过已知现象和未知现象之间的鸿沟；引用类比模拟研究，能够看到已经理解的熟悉的事物与要了解的陌生事物之间的某些相似性；类比模拟研究能把一种新的现象置于某种不同的上下文脉络之中，并把它当作熟悉的东西看待，进而对它提出新的有启发的问题。例如，开普勒发现行星轨道性质的出发点是假定太阳在星系中的作用类似于父亲在家庭中的地位；开尔文制作反射式检流计的念头来自单片眼镜片的反光；阿基米德设计精确鉴定黄金成分的方法思路来自水从浴盆内的溢出；牛顿通过苹果的下落指出了苹果和星球之间的相似性。在科学史上有无数的创举都是从类比模拟出发而得到研究灵感与思路的，这包括自然科学和社会科学中的一些研究成果。同样，在人为管理系统研究中也应用类比模拟的方法在生命系统与人为管理系统之间进行类比模拟分析，以期找到研究人为管理系统的新思路、新方法。

从专家层面看，管理仿生学研究具有重要的研究价值与广阔的发展前景，是现代仿生学研究的新领域与前沿。例如，中国科学院院长路甬祥院士在《科学中国人》（2004年第4期）上发表的《仿生学的意义与发展》一文中，明确地指出了现代仿生学研究的前沿包括四项，其中之一是“随着信息技术向网格和智能化方向发展以及神经发育生物学的进展，向智能与认识仿生学以及可持续经济仿生学、管理仿生学等方向发展”。值得注意的是，在这里“管理仿生学”的前沿地位首次由国内权威专家确认！这为仿生学研究扩展到管理领域提供了强有力的支持，突破了过去仿生学研究仅限于自然科学领域的范畴，体现了管理仿生学研究的重要学术价值。在该文的结论部分，路甬祥院士又指出“仿生学是诸多学科的交叉，需要，尤其需要生命科学家和多学科技术科学专家的共同关注与参与”。“人类进化只有500万年的历史，而生命进化已经历了约35亿年的历史。模仿人的创造固然重要，模仿自然更有无限的潜力和机会！更有可能提升原始创新的能力！”

从实践层面看，管理仿生学研究是可行的，而且这方面的研究也已经取得了优秀的实践管理效果。可以说，笔者从事此项研究的源头来自于长达6年的学生管理工作。1986年大学毕业后，笔者即担任学生班级的管理工作，

由于生物系毕业的缘故,刚接手班级管理时即萌发了能否用生物学知识管理班级的念头。随后,在长达6年的学生管理工作中,笔者边实践、边研究,积累了大量的第一手实践素材,取得了预期的实践效果,如笔者所管理的六届学生班级均当选为学校优秀班集体,其中,一个班级当选为省级先进班集体,笔者也连续6年当选为学校优秀班主任、一次当选为市级学生管理优秀教育工作者。其研究论文《“思想教育——行为量化”系统(学生思想政治工作科学化问题的探讨)》发表于《黄淮学刊》社科版(现商丘师范学院学报)(1990年第4期),后全文转载于《中国人民大学复印报刊资料·教育学》(1991年第3期),摘要转载于卢继传主编的《中国新时期社会科学成果荟萃》第三卷,中国经济出版社1999年版。另一项成果《全息控制构造模型——对班级科学化管理的探讨》也于1998年9月荣获河南省教育厅优秀论文三等奖(986085)。2002年本项研究又得到河南省教育厅软科学研究计划项目资助(项目编号20026300014),其成果《学生群体仿生信息自动化控制系统研究》也于2005年8月通过了河南省科学技术厅组织的省级成果鉴定(鉴定证书编号:豫科鉴委字[2005]第317号),并入选河南省科学技术成果登记(9412005R0780)。后来,又有多篇研究论文在《教育评论》等中文核心期刊发表。总之,从笔者对学生管理仿生的实践与研究来讲,管理仿生学研究是可行的。这为以后更深层次的研究积累了实践素材。从学生管理仿生学上升到管理仿生学是更深层次的理论探讨。

二、研究目的

生命系统在长期的自然选择与进化中,形成了超越人类思维水平的管理规律,它的有效工作,形成了繁荣昌盛、和谐发展、持续运行的生命世界。因此,从仿生学的角度研究人为管理系统,一定能够引发一系列的新发现,进而为形成新的管理理论体系即管理仿生学奠定基础。仿生学(Bionics)是诞生于1960年的交叉科学。1960年9月13—15日,在美国俄亥俄州达顿城(Dayton)的一个空军基地,召开了美国第一届仿生学讨论会。在50年代已经成为一门独立科学的“仿生学”,在这次会议上被正式命名。一位专长于精神病学和神经学,又受过数学和电子学训练的美国军医J. E. 斯蒂尔(Jack Ellwood Steel)博士,给这门新诞生的科学分支起了一个名字叫做bionics(仿生学)。斯蒂尔博士给它下了这样一个定义:“仿生学是模仿生物系统的原理以建造技术系统,或者使人造技术系统具有生物系统特征或类似特征的科学”,简单一句话,仿生学就是“模仿生物的科学”。^④从实质上看,仿生学的诞生带给人类的是创新的理念与方法,即向生命系统学习的理念;模拟生命系统的方法。它使人类能从一个崭新的视角透视世界,发现前人未发现的事物,实现科学技术的原始创新。这是其他科学无法比拟的优势。因此,全美

第一届仿生学大会的副标题是“生物原型 (Living prototype) ——新技术的钥匙”，并设计了一个形象直观的会标：一个积分号（代表数学），一端连接着一把电烙铁（代表电子技术），另一端连接着一把解剖刀（代表生物科学）。这个图案形象地表征了仿生学的新颖研究任务、独特的研究方法及其整个研究历程。归纳本书的研究目的有：（1）建立管理仿生学这一新的理论体系，包括管理仿生学的生命系统原型、定义、方法、原理与应用；（2）为相关人员进一步研究和应用管理仿生学提供设计思想、研究方法、基本原理和系统构成；（3）为研究、改进或建立高效、和谐的人为管理系统提供方法与原理。

三、研究现状

管理仿生学是一门处于萌芽状态的交叉科学，其潜在的理论价值、技术价值与应用价值已引起了国内学者的高度重视。中国科学院院长路甬祥院士于2004年把它列为现代仿生学研究领域的前沿问题之一。另有一些学者已相继在仿生管理的研究对象与规范^{⑤⑥}、管理生态学^⑦、企业管理仿生^{⑧⑨⑩}、知识管理仿生^⑪、学生管理仿生^{⑫⑬⑭⑮}、商业管理仿生^⑯等方面进行了积极探讨。这些都说明了对管理仿生学的研究已渐显星火燎原之势。纵观人为管理系统的运行不难发现，它们都是以不断地追求和谐发展与高效运行为最终管理目标，脱离了目标，人为管理系统也就失去了存在的价值。回顾生命系统的进化历程同样发现，生命系统已在35亿年的进化历程中形成了和谐发展的管理模型。在管理功能上，人为管理系统与自然界的生命系统是相通的、具有一定的相似性。结构决定功能，功能上的相似性反映了内在结构的相似性。从研究生命系统的管理规律出发，模拟改进或建立人为管理系统的功能与结构是可行的。所以，管理仿生学的研究已经不是行不行的问题，而是需要建构自身理论体系的问题。只有具备了完整的理论体系，才能指导更广泛的实践研究。据此，本书从管理仿生学的生命系统原型、定义、研究方法、基本原理、研究对象与应用六个方面对管理仿生学的理论体系进行了探讨，以期促进该门科学的诞生、推动该门科学的成熟与发展。管理仿生学潜藏着庞大的理论体系，需要研究的问题很多。本书力图勾勒出一幅管理仿生学的基本理论框架。其中的每一项理论都潜藏着许许多多的下位理论，有待于进一步的研究。总之，管理仿生学的诞生、成熟与发展一定能够造福于人类社会。这是因为：人类进化只有500万年的历史，而生命进化已经历了约35亿年的历史。模仿人的创造固然重要，模仿自然更无限的潜力和机会！更有可能提升原始创新的能力！

四、研究方法

模拟是仿生学理论的实质所在，是通过联想——心理过程来获得由一种事物到另一事物的思维的推移与呼应，是从生命系统的角度研究其他问题的

重要方法。总体上讲,管理仿生学的研究方法是模拟。同时,也应该认识到,生命系统已在长达 35 亿年的自然选择与进化中客观地形成了一套行之有效的管理模型,即生命层次性、整体结构性、系统协调性与协同进化性。这是支撑生命系统和谐发展、持续运行、日益繁荣的管理基础。脱离这些基础的模拟,都将无法完整地反映生命系统的管理规律,其结果更是无效的模拟。因此,管理仿生学的研究方法应有以下四种:(1)生命层次模拟方法。以生命系统的生命活动层次为模板,仿生学模拟设置特定管理对象的管理层次的研究方法;(2)整体结构模拟方法。以生命系统各层次的内部结构为模板,仿生学模拟设置特定管理对象中相应管理层次内部结构的研究方法;(3)系统协调模拟方法。以生命系统中各层次的调节机制为模板,仿生学模拟设计特定管理对象中相应管理层次的管理策略的研究方法;(4)协同进化模拟方法。以生命系统中的协同进化规律为模板,仿生学模拟设计特定管理对象的管理原则与目标的研究方法。每种方法均由以下三个步骤构成:第一步是生物学研究阶段,也就是基础研究阶段,挖掘潜藏在生命系统中的管理现象与规律;第二步为理论研究阶段,即通过对基础阶段所获得资料的分析、综合认识和建立模型,提出基础理论,揭示特定管理规律;第三步为应用研究阶段,或称技术阶段,根据前两阶段的研究成果并结合具体的人为管理系统,模拟、仿效生命系统的管理规律,改进或建立具体的、有效的人为管理系统。四种仿生学模拟方法既是一个不可分割的整体模拟研究方法,又各有侧重与区别,分别发挥着层次规划、结构设置、策略设计、目标制定的作用。其中,生命层次模拟方法有助于树立管理仿生学的生命层次观,能够科学地建立人为管理系统的各个管理层次,全面地规划人为管理系统的管理体系;整体结构模拟方法有助于树立管理仿生学的生命结构观,能够科学地建立人为管理系统中各个管理层次的内部结构,全面地设置各层次中的管理组织;系统协调模拟方法有助于树立管理仿生学的生命协调观,能够科学地建立人为管理系统中各个管理层次的管理策略,全面地设置管理工作的信息协调机制;协同进化模拟方法有助于树立管理仿生学的生命目标观,能够科学地建立人为管理系统的管理原则与目标,全面地设置不同管理层次之间以及同一管理层次内部的管理活动。总之,只有将人为管理系统视为一个完整的生命系统,建立起科学的管理层次、管理结构、管理策略与管理目标,才能获得和谐发展、持续发展、高效运行的管理功能。

五、章节安排

导言部分论述了本书的研究动机与目的、所采用的研究方法 with 现状,以利读者迅速了解本书的题旨与重点所在。

第一章论述了仿生学的发展过程,指出了仿生学的重大贡献是源头创新

的研究理念与方法,并能在未来的所有领域内应用,取得突破性研究成果;提出了仿生学应用中的四项制约因素与解决方法;提出了管理仿生学的生命系统原型、定义、研究对象与分类、管理仿生学与其他科学的关系。有助于读者全面地掌握管理仿生学的框架。

第二章提出并论述了潜藏在生命系统中的五条管理规律,即生命系统的层次规律、整体结构规律、自我协调规律、协同进化规律、多样性规律,以及这五条规律对管理仿生学的启示。

第三章提出并论述了管理仿生学的研究方法,即生命层次模拟方法、整体结构模拟方法、系统协调模拟方法、协同进化模拟方法。

第四章提出并论述了管理仿生学的基本原理,即管理层次透视原理、管理结构透视原理、管理策略透视原理、管理目标透视原理、管理多样性透视原理、趋异发展透视原理。

第五章提出并论述了管理仿生学的方法与原理在高校学生管理中的应用。

注释:

- ①路甬祥. 仿生学的意义与发展 [J]. 科学中国人. 2004 年第 4 期, 第 24 页。
- ②冯之浚. 艺术、科学、哲学的内在联系 [J]. 科学与科学技术管理. 2000 年第 12 期, 第 73 页。
- ③周衍椒、张镜如. 生理学 [M]. 第二版, 北京: 人民卫生出版社 1984 年版, 第 10 页。
- ④王谷岩等编著. 视觉与仿生学 [M]. 上海: 知识出版社. 1985 年 1 月版, 第 15 页。
- ⑤赵兴成. 仿生管理学断想 [J]. 中国卫生事业管理. 1997 年第 9 期, 第 510 页。
- ⑥夏国英、潘成彪. 仿生管理学研究的对象与规范 [J]. 齐齐哈尔大学学报 (哲学社会科学版). 2006 年第 1 期, 第 64 页。
- ⑦孔冬、崔绪治. 管理生态学——21 世纪的管理学 [J]. 现代管理科学. 2003 年第 2 期, 第 6 页。
- ⑧王文平、张燕. 知识型企业持续生存和发展的仿生学原理及其生命体模型分析 [J]. 中国管理科学. 2002 年第 1 期, 第 84 页。
- ⑨郑璐、王雪. 从经济学、管理学和仿生学看企业财务信息化 [J]. 重庆工商大学学报 (西部经济论坛). 2003 年第 5 期, 第 91 页。
- ⑩万伦来. 企业生态位及其评价方法研究 [J]. 中国软科学. 2004 年第 1 期, 第 73 页。
- ⑪刘洪伟、和金生、马丽丽. 知识发酵——知识管理的仿生学理论初探 [J]. 科学学研究. 2003 年第 5 期, 第 514 页。
- ⑫刘福林. 仿生学视角中的学生管理 [J]. 教育评论. 2005 年第 3 期, 第 38 页。
- ⑬刘福林. 仿生学理论在年级层次学生管理中的运用 [J]. 教育评论. 2005 年第 5 期, 第 64 页。
- ⑭刘福林. 仿生学视角中的系部层次学生管理基础之形成 [J]. 教育评论. 2006 年第 1 期, 第 52 页。
- ⑮刘福林. 仿生学理论导出的系部层次学生管理策略 [J]. 教育评论. 2006 年第 3 期, 第 52 页。
- ⑯孙璐. 零售业态结构仿生学研究初探 [J]. 商业研究. 2005 年第 11 期, 第 95 页。

目 录

导 言	1
第一章 仿生学与管理仿生学	1
第一节 仿生学发展过程的分析	1
第二节 仿生学应用中的制约因素分析	10
第三节 管理仿生学的定义、研究对象及学科关系 ...	14
第二章 生命系统的管理规律及原型启示	17
第一节 生命系统的层次规律及原型启示	17
第二节 生命系统的整体结构规律及原型启示	23
第三节 生命系统的自我协调规律及原型启示	43
第四节 生命系统的协同进化规律及原型启示	66
第五节 生命系统的多样性规律及原型启示	89
第三章 管理仿生学的研究方法	123
第一节 生命层次模拟方法	123
第二节 整体特征模拟方法	125
第三节 系统分析模拟方法	126
第四节 协同进化模拟方法	128
第四章 管理仿生学的基本原理	131
第一节 管理层次透视原理	131
第二节 管理结构透视原理	133
第三节 管理策略透视原理	135
第四节 管理目标透视原理	138
第五节 管理多样性透视原理	140
第六节 趋异发展透视原理	141

目 录

第五章 高校学生管理仿生学	149
第一节 高校学生管理仿生学的管理层次	149
第二节 学生自我管理仿生学	151
第三节 专业小组层次学生管理仿生学	153
第四节 全息小组层次学生管理仿生学	156
第五节 协调系统层次学生管理仿生学	159
第六节 班级层次学生管理仿生学	161
第七节 年级层次学生管理仿生学	168
第八节 院系层次学生管理仿生学	176
参考文献	195
后记	198

第一章 仿生学与管理仿生学

管理仿生学是由仿生学衍生而来的,是现代仿生学研究的新领域与前沿,与仿生学有着千丝万缕的联系。因此,把握仿生学的实质有助于理解管理仿生学,进而研究管理仿生学。本章主要解决的问题是:提出了仿生学的研究理念与方法能在未来的所有领域内应用,并取得突破性研究成果;提出了仿生学研究的限制因素与解决方法;提出了管理仿生学的定义、研究对象及学科关系。

第一节 仿生学发展过程的分析

纵观仿生学的形成和发展过程,经历了漫长的历史时期,而且是多元起源的。其中,发生过一系列的标志性重大事件,据此,可将仿生学的诞生与发展过程分为以下四个时期:仿生学的萌芽时期、仿生学的建立时期、仿生学的巩固时期、现代仿生学时期。全面透视仿生学的诞生与发展过程,分析其原因,有助于提升对仿生学的理解与认识,进而推进科学与技术的源头创新研究。

一、仿生学的萌芽时期(远古时代—1940年)

在人类文明的早期,为了生存,人类不得不对其赖以饱腹的动植物的生活习性以及周围世界的各种自然现象进行观察。因此,从远古时代起,人们实际上就已在从事仿生学工作。例如,相传春秋战国时代(公元前450—500年),鲁班上山伐木途中,手指为茅草划破,从而受到启发,经反复实践,终于制成了人类史上第一架带有锯齿的木工锯。这可算是最早的仿生学工作了。^①另据“韩非子”记载,鲁班用竹木做了一个木鸟,“成而飞之,三日不下”。2300多年前,墨子和他的三百弟子,花了三年时间,造成一只“会飞的木鸟”,同时间希腊人阿奇太也制成一只“机械鸽子”。东汉时,张衡制成一架能飞数里的“木雕”。1900多年前西汉京都长安有人用大鸟翅制两翼绑在双臂上能飞(滑翔)几百步。文艺复兴时代,意大利人达·芬奇也试图模仿鸟的飞翔动作,制造扑翼机……自古就有许多中外人士模仿鸟类飞行试制

飞行器，但都不成功。原因在于不了解鸟类的形态构造和生理机能适于飞行的科学原理；又不了解人不具备飞行的生理条件，人要上天，必须依靠机械动力才有可能。例如1903年12月17日，美国人莱特兄弟飞机飞行的成功便是一例。另外，1884年，人们受到蚕食桑叶吐丝的启迪，利用硝酸液处理棉绒，制成硝酸纤维素，由法国化学家德贝尔尼戈·夏尔多内首次成功地由硝酸纤维素制成硝酸纤维。同年，英国人查尔斯·克劳斯（Charles. F. Cross）和爱德华·贝文（Edward. J. Bevan）申请了第一个醋酸纤维制造方法的专利，这两种纤维的问世是仿生学运用的成果。但是，这些发明和尝试，在人类文明史上犹如点点星火，一闪而灭，始终未能形成一门独立的学科。究其原因，正如恩格斯指出的：“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”再如1903年，“莱特兄弟飞机飞行的成功，最初并没有得到美国政府和公众的承认，直到1907年还为人们所怀疑，反倒是法国于1908年首先给他们的成功以正确评价，随后终于获得世界更多的国家的广泛承认，从此掀起了席卷世界的航空热潮。”^②总之，20世纪40年代以前，人们对于生物体与机器之间有无共同之处，还缺乏明确认识，还不具备将二者进行类比的必要的基础知识。那时，在一般人的心目中，生物机体与机器是毫不相干的两样东西。工程技术人员还不了解生物系统可以成为各种技术思想、设计原理以及发明创造的源泉，生物学家也只局限于研究和描述生物结构的精巧、功能的神奇，没有哪一位生物学家的工作是以用生物原理去帮助设计机器为目的。只是到后来，人们对这个问题才逐渐有了一些认识。因此，从远古到1940年属于仿生学的萌芽时期。该时期，人类的各种仿生现象与成果不断涌现，为这门科学的诞生积蓄着实践经验与感性认识。

二、仿生学的建立时期（1940—1960年）

20世纪40年代，工程技术领域中出现了调节理论，人们才开始在一般意义上把生物与机器进行类比，认识到二者具有自动调节系统。1944年，一些科学家已经明确，机器与动物在自动控制、通信和统计动力学等一系列问题上是一致的，具有共同之处。同一个时期，美国的一位年轻工程师申农（C. Shannon）提议建立了一门叫做“信息论”的科学。从此，开展了大量关于信息传递与处理的研究工作，深刻认识到一切通信与控制系统所共有的特点。对许多研究工作得到的结果进行理论概括，并将技术控制系统的控制机理与现代生物科学所发现的动物体中的某些控制机理进行类比，又逐渐形成了一门新的科学“控制论”。1949年，控制论创始人、美国科学家维纳（N. Wiener）出版了《控制论》一书，对这一学科的思想和概念等作了比较全面的论述。维纳着重指出，控制论是研究机器和生物体中控制与通信的科学。科学研究和生产实践完全证实了生物和机器在许多问题上的共同之处。

而控制论这门科学则把生物科学和工程技术从理论上联系了起来,成为在原理上沟通生物系统与技术系统的桥梁,奠定了生物与机器在控制与通信上进行类比的科学理论基础。在以前看来似乎毫不相干的生物科学与技术科学,由于生物科学的新发展和技术科学的需求,二者竟以惊人的速度彼此接近起来。随着这两门学科的结合与渗透,人类就为自己找到了一条新的技术发展道路——向生物界索取设计蓝图的道路,并于1960年9月诞生了一门新的交叉科学——仿生学。1960年9月13—15日,在美国俄亥俄州达顿城(Dayton)的一个空军基地,召开了美国第一届仿生学讨论会。在50年代已经成为一门独立科学的“仿生学”,在这次会议上被正式命名。一位专长于精神病学和神经学,又受过数学和电子学训练的美国军医J. E. 斯蒂尔(Jack Ellwood Steel)博士,给这门新诞生的科学分支起了一个名字叫做仿生学(bionics)。斯蒂尔博士给它下了这样一个定义:“仿生学是模仿生物系统的原理以建造技术系统,或者使人造技术系统具有生物系统特征或类似特征的科学”,简单一句话,仿生学就是“模仿生物的科学”。^③因此,从1940年至1960年属于仿生学的建立时期。

该时期,人类在仿生学研究中的最大贡献是建立了仿生学理论。从实质上看,仿生学的诞生带给人类的是创新的理念与方法,即向生命系统学习的理念;模拟生命系统的方法。它使人类能从一个崭新的视角透视世界,发现前人未发现的事物,实现科学技术的原始创新。这是其他科学无法比拟的优势。因此,全美第一届仿生学大会的副标题是“生物原型(Living prototype)——新技术的钥匙”,并设计了一个形象直观的会标:一个积分号(代表数学),一端连接着一把电烙铁(代表电子技术),另一端连接着一把解剖刀(代表生物科学)。这个图案形象地表征了仿生学的新颖研究任务、独特的研究方法及其整个研究历程。^④

“提出模型,进行模拟,这就是仿生学的基本研究方法。”^⑤在仿生学的研究过程中,模型是生物科学与技术科学间的桥梁,它连接并指导着这两个领域的研究工作。数学模型与技术模型来源于生物模型,反过来又指导对生物系统的研究,更深刻地揭示其奥秘,并最终使它自己在机能上更接近于生物系统。模拟是仿生学理论的实质所在,是通过联想——心理过程来获得由一种事物到另一事物的思维的推移与呼应,是从生命系统的角度研究其他问题的重要方法。该方法由以下三个步骤构成:第一步是生物学研究阶段,也就是基础研究阶段;第二步为理论研究阶段,即通过对基础阶段所获得资料的分析、综合认识和建立模型,提出基础理论,揭示特定规律;第三步为应用研究阶段,或称技术阶段,根据前两阶段的研究成果,模拟、仿效生命系统,研究、设计、制造具体的、有效的新模型。

模拟有其一定的适用范围,不恰当的模拟也会适得其反。最广泛地运用

类比、模拟和模型方法是仿生学研究方法的突出特点。其目的不在于直接复制每一个细节，而是要理解生物系统的工作原理，以实现特定功能为中心目的。一般认为，在仿生学研究中存在下列三个相关的方面：生物原型、数学模型和硬件模型。前者是基础，后者是目的，而数学模型则是两者之间必不可少的桥梁。

三、仿生学的巩固时期（1960—1990年）

美国从1960年起，先后召开过四次全国性的仿生学学术讨论会，其中有三次是由军事单位主持，在美空军顿特基地（在俄亥俄州的达顿城）召开的，另一次是在康奈尔大学召开的。北约组织下属的一个机构（宇宙空间研究和顾问小组）也曾经召开过一次仿生学会议，由北约六国（美、英、法、比、西德、荷兰）参加，专门讨论了仿生学与宇宙空间研究的关系。前苏联的仿生学研究是在前苏联科学院控制论委员会领导下专设一个仿生学局，以协调全苏的仿生学研究工作。至1975年已召开四次全苏仿生学座谈会。同时，还举行过多次加盟共和国仿生学专业会议。我国的仿生学研究工作，开始于1964年前后。1975年12月26—1976年1月3日，中国科学院在北京主持召开了我国第一次仿生学座谈会。会上，来自全国许多科研单位和高等院校的代表，交流了仿生学研究工作的进展情况，开展了广泛的学术交流。代表们还就如何发展我国的仿生学研究工作，认真地交换了意见。1977年的“全国自然科学学科规划会议”，正式地、全面地制定了我国的仿生学研究规划。自此，仿生学已经普遍引起了国内许多学科和部门的关注，并已陆续开展了研究工作。以后，在由中国生物物理学会主持召开的一些全国性学术会议上，经常宣读仿生学方面的学术论文。我国的仿生学研究工作，正在形成队伍，不断扩展着研究范围和研究深度，并已取得一些可喜的研究成果，而且通过广播、电视、电影、报刊、杂志，在国内广泛开展了仿生学知识的普及工作。这一系列工作也为仿生学在我国的发展起到了积极的促进作用。

从仿生学诞生到20世纪70年代初期，美、俄（前苏联）等许多国家都曾对仿生学知识进行过广泛宣传，大量的知识性文章和书籍相继出版。仿生学方面的学术论文，也纷纷在各学科的学报和杂志上发表，每开过一次仿生学学术会议，立即就有篇幅很大的会议录问世。所有这一切工作，都为人们深入了解这门新兴的边缘学科作出了积极的贡献。中国科学院图书馆在中国科学院生物物理研究所等单位的协助下，曾广泛收集这些文献资料，编印了四册《仿生学文献索引》。后来，我国进行普及宣传的仿生学知识，就主要取材于那些资料。至1990年，随着仿生学向各个领域的渗透，它的研究方法也已纳入了各领域的研究工作之中。因此，那些可以包括在仿生学这门学科之内的工作，在报道时许多人也不再挂仿生学的“牌子”了。总之，从1960年

至1990年各国政府及科研单位、科研人员对仿生学倾注了极高的热情与支持,以广泛地唤起整个社会对仿生学的理解与支持。所以,从1960年至1990年属于仿生学的巩固时期。

该时期,人们借助仿生学的研究理念与方法在信息仿生学、控制仿生学、力学仿生学、化学仿生学、医学仿生学等多个领域中取得了新的成就,进一步巩固了仿生学的科学地位。

举例如下:

1. 信息仿生学。研究的是生物机体与外界环境、生物个体之间、生物体内各部分之间的信息接收、存储、处理与利用的机理,以及将其移植于技术系统之中的方法,并最终制成类似于生物系统的计算系统、信息接收和处理系统。它的研究内容包括细胞内和细胞间通信、动物间通信、机体的信息存储与提取、感觉器官的机理和人工智能。

2. 控制仿生学。研究生物机体控制系统的结构与功能原理,并用这些原理去改进现有的或建造新型的自动控制系统。当时研究较多的是体内稳态、反馈调节、肢体运动控制、动物的定向与导航、生态系统的涨落和人机合作。

3. 力学仿生学。研究和模拟的是生物机体外部形态和内部结构的力学原理。当时研究最多的是植物茎、叶以及动物体形、肌肉、骨骼的结构力学原理和动物飞行、游泳、血液循环系统的流体力学原理。

4. 化学仿生学。研究和模拟的是生物体中的各类化学反应,包括酶学原理、选择性生物膜和生物结构的能量转换、生物发光、生物发电等的研究。

5. 医学仿生学。研究的是人工脏器、生物医学的图像识别以及医学信号的分析与处理。

四、现代仿生学时期(1990年至今)

20世纪90年代初,各国都为发展仿生学这门交叉学科的基础研究作了精心长期的计划准备。美国有一项优先发展制造、先进材料以及先进军事装备研究等领域的长期计划,德国的研究与技术部已就“21世纪的技术”为题在适应电子技术、纳米技术、富勒碳材料、光子学、仿生材料、生物传感器等领域投入了相当大的财力和人力。英国政府也早在1993年5月发表了科学大臣沃德格雷夫主持撰写的科技白皮书,题为《运用我们的潜力——科学、工程和技术战略》。日本、俄罗斯以及韩国等国都有相应的中长期计划,在先进制造、材料、生物技术、高性能计算与通信计划等领域开展基础性研究。这是一场在仿生科学技术研究领域内展开源头研究的全球竞争,以便在21世纪的世界市场上占有主动地位。为适应我国科学和技术源头创新的需要,进一步推动我国经济和社会实现跨越式发展,中科院香山科学会议于2003年12月11—13日召开了题为《仿生学的科学意义与前沿》的第220次学术讨论

会。路甬祥院士和杜家纬研究员分别作了题为《仿生学的意义与发展》和《21 世纪仿生学对我国高新技术产业的影响》的主题评述报告。会议提出了“仿生科学与技术”系统性基础研究的方向和优先发展的前沿领域和基本发展战略^⑥：

1. 建立复杂生物体系的研究与发现：着重发展仿生结构与力学、仿生材料与微纳系统、仿生功能器件及控制、分子仿生、神经和信息科学等五大“仿生科学与技术”系统性基础研究的方向。

2. 优先发展仿生材料、仿生工艺、仿生机械、仿生功能器件、微纳米仿生技术、仿生传感器、基因仿生工程、组织仿生工程、生物膜仿生工程和人工智能等十个前沿领域的研究与开发。

3. 注重仿生科学技术创新研究在我国当前优先发展的 141 项高技术产业领域中的应用和商业化。

会议建议采取的政策与措施：

1. 建议将“仿生科学与技术”的研究放在国家经济和科学技术发展及国家安全的重要战略地位加以考虑，列入重大基础研究国家计划和国家中长期科学技术发展规划。

2. 有重点地建设一批具有国际水平的仿生科学和仿生技术实验室。

3. 建议国家自然科学基金委每年设立专项风险基金，支持“仿生科学与技术”的创新研究，在“863”有关领域重视仿生技术前沿研究。

4. 建议定期召开全国性“仿生科学与技术”论坛，进行学术交流，促进沟通和联合。

在此以后，中国科学院院长路甬祥院士又于《科学中国人》（2004 年第 4 期）上发表了著名文章《仿生学的意义与发展》，提出了现代仿生学的前沿包括^⑦：

1. 随着分子生物学和系统生物学的进展，以及纳米技术和 MEMs 技术发展的推动，仿生学向微纳结构和微纳系统仿生学方向发展。

2. 随着信息技术向网格和智能化方向发展以及神经发育生物学的进展，向智能与认识仿生学以及可持续经济仿生学、管理仿生学等方向发展。

3. 随着人们对生态环境关心的日益迫切，将引发过程仿生学、能源仿生学等发展。

4. 随着对基因组、蛋白质结构、脑与神经结构与功能的认识，可能会推动以解读生命信息为目的的计算仿生学的发展。

值得注意的是，在这里“管理仿生学”、“经济仿生学”的前沿地位首次由国内权威专家确认！这为仿生学研究扩展到社会科学领域提供了强有力的支持，突破了过去仿生学研究仅限于自然科学领域的范畴。总之，从 1990 年至今，仿生学的研究地位已上升到国家安全战略需要的高度；研究范围既向