

当代世界科技

(内部试用·征求意见)

本书编写组

中共中央党校出版社

· 北 京 ·

当代世界科技

(内部试用·征求意见)

本书编写组

中共中央党校出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

当代世界科技 /《当代世界科技》编写组编. —北京:
中共中央党校出版社, 2000.12

ISBN 7-5035-2222-4

I. 当… II. 当… III. 科学技术—概况—世界
IV. G321

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 74408 号

中共中央党校出版社出版发行

(北京市海淀区大有庄 100 号)

中共中央党校印刷厂印刷

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 12.75

字数: 226 千字 印数: 1—5000 册

定价: 18.00 元

(内部发行)

目 录

导 言：科学技术与人类文明	(1)
一 人类文明的三次跃升	(1)
二 构成自然界的三大基本要素	(3)
三 科技系统的结构层次	(5)
四 科学系统的普适原理	(7)

第一篇 不断前进的现代科学

第一章 基础科学理论的发现	(13)
第一节 相对论	(13)
第二节 量子力学	(18)
第三节 量子场论	(22)
第四节 分子生物学	(25)
第五节 现代数学	(31)
第二章 自然系统的科学图像	(39)
第一节 物质结构的夸克-轻子模型	(39)
第二节 宇宙演化的大爆炸模型	(41)
第三节 太阳和地球的演化及地壳的板块构造	(45)
第四节 地球大气圈和生物圈的演化	(58)
第三章 永无止境的科学前沿	(64)
第一节 复杂性与非线性科学	(64)
第二节 人的智能——脑和认知科学	(69)
第三节 走向问题的极端和本原	(76)
第四节 走向理论的综合和统一	(81)

第二篇 加速发展的现代技术

第四章 信息技术体系的结构特征·····	(90)
第一节 信息载体数字化·····	(90)
第二节 生产过程智能化·····	(98)
第三节 社会生活网络化·····	(100)
第五章 20 世纪的主导技术 ·····	(107)
第一节 航空航天技术·····	(107)
第二节 化学合成技术·····	(110)
第三节 核能利用技术·····	(115)
第四节 激光技术·····	(123)
第六章 把握未来的关键技术·····	(127)
第一节 生物技术·····	(127)
第二节 数字仿真和虚拟现实技术·····	(132)
第三节 纳米技术·····	(134)
第四节 分子设计·····	(136)
第五节 仿生模拟·····	(139)
第六节 超导开发·····	(144)
第七章 高技术和高技术产业的兴起·····	(146)
第一节 推动高技术和高技术产业发展的条件·····	(146)
第二节 高技术和高技术产业发展的规律·····	(149)
第三节 高技术企业生态系统·····	(152)
第四节 影响研究成果转化为现实生产力的因素·····	(153)

第三篇 改变人类生存环境的工程

第八章 大科学时代的科学工程·····	(157)
第一节 工程活动的特点和步骤·····	(157)
第二节 人类基因组测序·····	(161)
第三节 国际航天站·····	(164)

第九章 工程目标的社会意向	(166)
第一节 世界人口、资源与环境的现状	(166)
第二节 追求持续发展	(174)
第三节 保护环境安全	(182)
第四节 开拓生存空间	(187)
结 语：关于中国科技发展的几点思考	(192)
一 建设科技创新的国家体制	(192)
二 提高科学技术的自主发展能力	(195)
三 探索适合中国国情的发展道路	(197)

导 言：科学技术与人类文明

人类社会的发展经历了蒙昧时代、野蛮时代和文明时代，而文明的发展又经历了农业文明和工业文明。在整个人类发展史中，人类始终面对着人与自然的关系和人与人的关系两类挑战。而且正是在对这些挑战所作出的应战中人类实现了有别于生物进化的文化进化，创造了不断进步的文明。科学技术作为文化进化的产物和人类文明的重要组成部分，在人类文明的发展中产生了很重要的影响，而且具有了越来越重要的地位和作用，正如邓小平指出的：科技是第一生产力。可以认为，人类社会在农业文明和工业文明之后将是以科学技术产业为标志的科业文明。

一、人类文明的三次跃升

在人类发展史上有长达数百万年的蒙昧时期，在这一段时期中，人类主要是靠石器、取火和编织三项基本发明寄生于植物和动物之中。自大约 3 万年前，由于语言、弓箭、制陶和轮子的发明，人类开始从蒙昧时代走向野蛮时代，其中，洞穴壁画作为理解自然的艺术，巫术作为控制自然的幻想，产生了人类科学活动的萌芽。

种植、畜牧和冶金这三项伟大的生产技术发明从根本上改变了人类对自然的寄生关系，并且成为人类创造农业文明的支撑，但也伴随有使用金属武器的杀戮以及对草原和森林的生态破坏。随着建筑、纺织、舟车、水排、风车、历法和医药的发明，人类的生存能力和生活质量不断提高，艺术对自然的模仿和宗教对宇宙起源的独断还激发了人类探索自然的好奇心，文字、逻辑、计算和实验方法的发明为人类理性的高度发展奠定了基础，特别是造纸、印刷、火药和指南针这四大发明，地球不是宇宙的中心和太阳系这两大发现，有力地推进了农业文明向工业文明的过渡。

进入工业文明时代，人类理性的发展使得人的力量与自然的力量的结合迅速提高，从而极大地改善了人类的物质生活条件，但残酷的殖民战争以及对大气、水体、土地等环境污染也带给了人类深重的灾难。煤炭、石油和电作为主要能源，钢铁、水泥、塑料、纤维和橡胶作为基本材料，热机、电

机、车床作为骨干机械支撑着工业文明。特别是望远镜、显微镜、温度计、机械钟、电磁度量仪器和真空泵等发明为科学研究提供了技术手段，于是有原子、细胞、电磁波、银河系和物种起源等重大科学发现。而正是这些发现把人从《圣经》断言的“至上”的地位拉了下来。

20 世纪以来的相对性运动原理和质能等价、波动粒子性和粒子波动性、遗传基因化学组成这三大发现，开辟了人类认识自然的新纪元，并在此基础上形成了宇宙大爆炸模型、地球板块模型、基本粒子夸克模型、地球圈层共生演化的生态模型等不同层次自然系统的科学图像，而卫星、微电子集成、计算机、激光器、因特网、转基因和克隆动物等关键技术的发明、改进和普及，为人类文明的新跃升奠定了技术基础。正在形成之中的新技术体系推进着新的产业革命和社会变革，一个新的文明形态正初露端倪。对于正在到来的新产业文明，人们赋予了后工业文明、超工业文明和科业文明等不同的名称。在科学技术成为第一生产力、科学思想成为重要的精神力量以及高技术产业兴起的现实条件下，将未来文明称之为科业文明应该说是明智的概括。

人类文化学家把社会看做一个文化系统，人类社会的产生和发展就是这作为人类生存方式之文化系统的形成和演化。伦理道德、权势、经济、知识和情感作为维系这文化系统的五种抽象的力量，像自然界中的四种基本相互作用一样，它们之间的相互作用成为支配和决定社会性质的主导，并因而表现出社会发展的阶段性。人类社会进步的本质就是道德、权力、资本、知识和情感这几种力量的不断消长和发展。在人类社会发展的进程中，经济的发

二、构成自然界的三大基本要素

世界是由不停运动的物质构成的。物质之间遵循客观规律，在相互作用力的作用下，不停地在时间和空间中运动。恩格斯曾经指出：“自然界不是存在着，而是生成着并消逝着”^①，“除了永恒变化着、永恒运动着的物质及其这一物质运动和变化的规律外，再没有什么永恒的东西了。”^②这就表明，物质、运动和规律是自然界中永恒的东西。在自然界中，运动量由能量表示，满足能量转化守恒的热力学第一定律和封闭系统趋于热平衡的热力学第二定律。物质结构和运动变化的规律包含相互作用力和产生运动及物质结构的各种条件，它们为人类提供了关于自然界的丰富信息。对生物或社会这种复杂系统来说，许多规律的作用是通过信息传递而启动或停止的。因此，物质、运动（能量）和信息是构成自然界的三大基本要素。没有物质的世界是虚无的世界；没有能量的世界是死寂的世界；没有信息的世界是混乱的世界。纵观人类的发展历史，对自然界三大基本要素的作用不是一下子就认识清楚的，人类最先认识并开发的是物质资源，把它转化为材料，制造了满足人类衣、食、住、行需要的生产工具和生活物品。大约到了18世纪，人类开始比较系统地深入认识和开发能量资源，把它转化为动力，制造了不需要人力驱动的生产工具，因而劳动生产率得到了提高。近几十年来，随着科学技术的迅速发展，人类开始比较自觉地认识和开发信息资源，把它转化为知识，因而可以制造出越来越多的信息化、自动化和智能化的生产工具，劳动生产率和劳动质量得到前所未有的提高。人类长期实践告诉我们，有了物质才能产生形体；有了能量才能产生运动；有了信息才能产生多样化和有序的结构。

人们对物资、能量和信息的认识经历了一个长期的过程。到19世纪末，人们主要通过牛顿力学和电磁场理论认识物质、时空和运动。物质的一种形式是物体，它由具有质量的质点构成。时空是独立于物质之外的存在。物体的运动满足牛顿力学规律，运动的状况可由组成物体质点所受的作用力和它们的初始位置和速度确定。力学规律和作用力是适用于所有物体的普遍信息，而初始位置和初始速度则是某一特定运动起始的条件，是该物体运动的特殊信息。物质的另一种形式是场和其上的波动。场和有限大小的物体不

^① 《马克思恩格斯选集》第4卷，第267页。

^② 《马克思恩格斯选集》第4卷，第279页。

同，它充斥整个空间。19 世纪已知重要的场有重力场、电磁场等。电和磁最早被认为是独立的现象，后来发现它们之间可以相互转化，电流在其周围产生磁场，磁铁的运动可以在其周围产生电场，正是利用电磁现象的相互转化，设计出电动机、发电机、无线电波发射机和接收机等对人类社会产生重大影响的机械。到 20 世纪，量子力学和量子场论的发现，使我们对物质的这两种形态有了新的统一的认识，无论质点还是波动都是同一量子场的表现形式。

最初，人们观察到的是物体在时空中位置变化的机械运动，以后发现热是一种运动，电磁波是一种运动，分子的化学分解和结合是一种运动，原子核的裂变和融合也是一种运动等等。运动有多种形态，它们之间可以互相转化。机械运动可以生电，通过摩擦又会转化成熟，热通过蒸汽机可以转化为机械运动，通过发电机可以转化为电能，化学能和核能通过分子反应和核反应也都可以转化为热能、机械能或电能等等。

运动量由能量度量，它等价于引起该运动状态所作的机械功。在运动形式的转化过程中，能量的形式也随之转化。能量的形式有多种，如动能、势能、电能、热能、化学能、原子能等等，19 世纪一个重要的发现就是能量的总和在转化过程中是守恒的。能量守恒和转化定律的确立有重要的哲学意义，它说明不仅物质是不灭的，运动也是永不停止的。能量守恒定律还表明能量不可能无中生有，制造无能源的永动机是不可能的。能量守恒定律又称为热力学第一定律。虽然能量是守恒的，它的形式也可以转化，但不是所有的能量形式都能无条件地做功，为我们所用。其中热运动具有特殊的性质。现在我们知道，热运动实际上是物质内分子和原子作无规则（无序）运动的能量。无规则运动的能量不是很容易就能转化为规则（有序）运动的能量。

科学上表示物体热度的是物体的绝对温度，它是分子或原子在每个运动自由度上作无规则运动的平均能量。绝对温度代表能量，能量必须是正数。摄氏零度时，分子或原子仍在运动，它相当于绝对温度约 273 度。

热运动服从热力学第二定律。这个定律说的是：在封闭系统中，有序运动将通过摩擦、电阻等耗散因子转变为无序的热运动，而热量只能从高温流向低温，最后整个系统趋于热平衡，而不能相反。对开放系统来说，热量由高温流向低温的过程中可以对外做功，将热能转为机械能或其他的能量，蒸汽机、内燃机等就是根据这一可能制造出来的。将热量由低温状态提取到高温环境中则必须对之作功，消耗能量，像冰箱、空调等就必须消耗电能才能达到内部的低温。

热力学第二定律说明，对封闭系统来说，运动的无序度将不断增大。描

述系统无序度的物理量称为熵。因此，热力学第二定律也可表述为，一个封闭系统的熵将不断增加。

自然界的基本相互作用力有四种，它们是引力、弱力、电磁力和强力。在这些基本相互作用力的作用下，物质形成有层次的结构。到 19 世纪末，人们对电磁作用力和引力有初步的认识。牛顿认识到物体在地面所受的重力也就是决定星球运动的万有引力，它的强度与质量成正比。经过库伦、安培、法拉第等人的研究，知道电磁作用力和物体所带电荷的大小和正负以及电流的方向相关，无电流通过的电中性物体之间没有电磁作用力。

三、科技系统的结构层次

当代人类科技活动已经形成为一个由科学、技术和工程三个层次组成的系统。它们之间的区分主要在于活动的直接目的、获取知识的方法及性质、所获得知识的特征及使用不同。科学的目的在于认识，而技术和工程的目的则在于实践，技术实践的目标是发展生产某种产品的手段，而工程实践的目标则是建立有特定功能的人工系统。科学获取知识的方法属于发现，技术获取知识的方法属于发明，而工程获取知识的方法属于系统的集成与运作。作为共同知识体系的一部分，科学知识是理论性的知识，技术知识是可直接应用并操作的知识，而工程知识是与经济和社会发展目标相结合的系统实用性知识。在实际的科技和生产活动中，科学、技术和工程的紧密相关性往往使人们将其作为一个整体而论，但从战略高度思考问题时这种结构层次的区分就成为必要而有益的了。

科学研究活动的追求在于获取有预见力的理论认识。重大的理论发现能提升人类自身的价值，能从根本上加强人类的认识能力，并为创造新的人类文明奠定理论基础。科学研究有基础研究和应用研究的区别，前者追求的是科学知识向前沿崭新领域的扩大，主要是各种新现象及其内在运动规律的发现和外部条件的确定，而后者追求的是在具体实践过程中运用已知基本规律，发现或认识有关的现象，掌握其规律以达到某种目的的方法和知识。两者的关系犹如水跟鱼的关系，没有基础研究就不可能有深入的应用研究，同时，应用研究不断向基础研究提出新的研究课题。

科学的本质在于科学理论的预见能力，只有理论预见为后来的实践所证实，这种理论才成为科学的真理。依据已证实的理论预测，人类才有可能对自然力施以某种控制和加以利用，即使不能控制也可作出某种适应性的安排。科学理论的预见能力来自理论的两个方面，一是理论的内容正确地反映

了事物运动的客观规律，把握了现象的本质，二是理论的逻辑结构具有推理的功能。理论的预见力是科学真理性的表现，并且这种能成功预见的科学真理是不可战胜的，任何信仰和意识形态的干预都是徒劳的。理论是实践成功的保证，只有按科学规律办事才能成功，一切反科学的行为都必然要遭到失败。

技术从它产生之日起就表现为人类对自然力的利用和控制手段。技术发明与科学发现不同，它的任务不在于揭示现象的规律而在于创造未有的事物和新的生产手段。技术成果与科学成果不同，它提供的不是理论而是操作规则，即可操作的程序和新的产品。技术作为人对自然之能动性的表现，其本质在于，延伸人的自然肢体和活动器官，放大人的劳动器官、感觉器官和思维器官的功能。现实的技术总是在特定的文明背景下形成的具有时代特征的社会技术体系。任何时代的技术体系都是由基本技术、生产技术和产业技术三个层次构成的，基本技术由物质变化技术、能量转换技术和信息控制技术构成，任何一项生产技术都是基本技术的某种组合，而产业技术则表现为在生产活动中主导技术群的形成。主导技术群的更替是技术革命的标志，而技术革命又进而导致产业革命，所以主导技术群是技术体系时代特征的标志。农业文明的两次技术革命先后由种养和冶金主导，工业文明的两次技术革命分别由蒸汽动力机械和电气动力机械主导，现在以电脑为代表的信息技术正在通过电子电路集成化、信息处理数字化、信息传输网络化和信息应用智能化形成新的主导技术群，并且这次技术革命也在促成一次新的产业革命，也就是说科业文明的信息时代正在到来。

工程比技术有更明确的经济和社会目标，当代的工程活动要结合社会需求和长远目标，注重经济实用性，满足与环境和人协调友好的要求，综合运用科学原理和技术手段建造人工系统或大规模进行生产、军事、基础设施建设、社会组织等活动。回顾工程概念的发展史有助于体会它的这一最本质并且是最显著的特征。“工程”最初指称的只是军事防御工事，其后延伸到土木建筑，随着工业化进展而来的人类改造自然活动范围的扩大，它的内涵和外延都渐渐地扩大了。许多人工系统的建造都被归入了工程范畴，于是有动力工程、材料工程、通信工程、原子能工程、计算机工程等，把工程概念从无生命领域扩大到生命领域又出现了生物工程、生态工程、农业工程、医学工程等。进而更大范围的综合性科学技术活动也被冠以工程之名，于是有海洋工程、航天工程、全球变化工程等，当工程概念扩大到社会组织领域又有所谓管理工程、教育工程和技术创新工程等，可以说有组织、有目的的大规模的人类活动都可以称之为工程。一切工程系统都是人为的，都要考虑社会

需要、经济核算、自然资源的消耗及保护和持续利用、对生态环境的保护和对社会发展的长期影响。在方法上有优化设计的系统工程、技术与经济结合的价值分析以及追求人和人工系统协调整体效率的工效学等诸多工程实践理论。因此，工程既有自然属性又具有社会属性，它以人的体外进化的形式作为自然进化的延续。

四、科学系统的普适原理

科学研究活动包括下述三项密切相关的工作：一是从丰富多彩的现象中分离出本质现象来；二是确切描述所发生事件的时间、地点、现象、条件和因果关系，定量测定相关现象状态的特征参量；三是从事件的发展变化中辨识出某种特殊的规律性作为科学假说，通过逻辑推理确定假说内部的自洽性并预言可能发生的新现象，当所有预言的新现象都得到实验的验证，就从实践中证明了该假说的真理性，从而形成科学新定律或理论。科学家们发现有一些定律是如此简单而普遍有效，事实上它们已经更适合称作原理而不再是定律。因为它们不再仅仅是对经验事实的概括，而开始成为科学理解本身的出发点。在科学知识系统中这样的普适原理有三类，它们是：系统原理、守恒原理（对称原理）和进化原理。

1. 系统原理

系统原理要求把研究对象作为系统加以考察，即着眼于整体与部分之间、系统与环境之间的相互联系、相互作用、相互制约的关系。“系统”一词在古希腊时代就有组合、整体和有序的含义，在物理科学中太阳系指称以引力相互作用维系的太阳和九大行星组成的天体系统，在生物学中消化系统、呼吸系统和神经系统等名称描述的是联合执行同种功能之器官的组织学结构，1940年代以来发展起来的系统论把系统概念一般化为由相互作用着的要素构成的有机整体。在系统论的发展和应用过程中，依其与环境有无物质、能量和信息的交换将系统区分为封闭系统和开放系统，依其热力学状态的不同将系统的状态区分为平衡态、近平衡态和远离平衡态。肉眼常见的宏观事物的系统结构比较显而易见，而宇观和微观世界的系统结构则要借助于科学仪器探索。天文学和宇宙研究表明，肉眼看不清的宇观世界是结构层次分明的天体系统，可区分为由一个恒星及其所属行星组成的恒星—行星系统、由众多恒星组成的恒星系统和由众多恒星系统组成的总星系。物理学和化学的研究表明，肉眼看不见的分子系统也是结构复杂的系统，分子是由原

子组成的，原子是由原子核和电子组成的，原子核是由质子和中子组成的，质子和中子是由夸克组成的等等。在系统结构的每一层次中，都有一种相互作用力起主要的维系系统的作用，这种作用力可能是基本相互作用力，对复杂系统更多的是由基本相互作用派生的某种相互作用力。生命系统是非常复杂的系统，但组成生命活动的原子、分子和电子之间主要通过电磁场和由电磁场派生的作用力发生相互作用，其它相互作用力对其结构的影响都很小，除特殊情况（如大量放射性元素的吸入，处于无重力状态等）外，对生命活动的影响可以忽略不计。

系统内各部分物质都处于不停地运动变化状态之中。对于与外界无物质和能量交换的封闭系统，热力学第二定律告诉我们，一切有序运动都会通过摩擦、电阻等耗散因素而趋于无序，趋于没有任何生机和活力的热平衡状态。只有在远离热平衡的开放系统中，通过和外界不断交换物质，吸收有序的能量和信息，排除经耗散而变得无用的能量和信息，处于某些特定条件下的系统才可以通过自组织，从无序状态逐步发展进化为有确定结构和运动行为的有序状态，这种结构在科学上称之为耗散结构。生物系统就是一种耗散系统，一旦新陈代谢停止，生命活动也就结束了。

2. 守恒原理（对称原理）

研究发现，在某些确定的环境下，系统（相互作用着的一组物体）无论发生什么样的运动变化，无论运动变化的形态多么千差万别，总有这种或那种可测度的量（如能量、电荷等）的总和在整个运动变化期间是恒定不变的。这种观念的最早表述是哲学的物质不灭思想，例如伟大的古罗马诗人卢克莱修（前 99～前 55）在其《物性论》中说：“无物能由无中生，无物能够归于无。”法国科学家拉瓦锡（1743～1794）由实验确立的质量守恒定律是最早的物质不灭思想的科学表述。质量守恒定律说，在一个封闭的系统中进行化学反应，参加化学反应的物体元素和反应生成物体的元素，二者具有的质量完全相等。在哲学上伴随物质不灭是运动不灭的思想，恩格斯（1820～1895）认为其科学的表述就是能量守恒定律。能量守恒定律说，自然界中各种形式的能量相互之间以定量关系转换而其总和保持不变。后来相对论的研究表明，质量和能量等价，二者之间可以转化，能量守恒定律在更高层次上包含了质量守恒定律。世界三大要素中的两个都要遵守科学的守恒定律。物理学中已经建立的守恒定律还有动量守恒、角动量守恒和电荷守恒等。

在变换中寻求不变是几何学的重要课题，对空间坐标作各种不同变换以研究其不变量构成不同的几何学，具有相同不变量的图形之间可以通过变换

互相转换，从而利用不变量可以对不同的几何图形进行分类。例如研究各点作连续变化的物体（如橡胶）上的不变量是拓扑学的任务。一个实体橡胶球无法在不破裂的条件下，连续地变为一个橡胶环，说明在拓扑变化下，球和环属于不同的拓扑类，橡胶体内空洞的数目是相应的不变量。

物理规律在某种变换下不变的性质称为对称性，研究表明，它总是和相应的守恒定律相伴随。由于所有运动都在时间和空间中进行，时空是均匀和各向同性的，无论时空的起点选在哪里，过去还是现在，在北京还是上海，自然界运动的规律都是一样的，或者说自然运动规律具有时空平移的对称性。可以严格证明，时间平移不变对称性导致能量守恒，空间平移不变对称性导致动量守恒。同样，运动规律不随坐标系坐标空间方向的旋转而改变导致角动量守恒。

从日常的经验中我们知道时间是单向的，由过去经现在发展到将来，是不可逆的。通过对微观世界运动规律的分析，曾经认为，它们具有空间左右的镜像对称性和时间前后反演的对称性，存在相关的宇称守恒和时间反演守恒，时间的不可逆是大量微观粒子作无规运动产生的宏观规律。1955 年李政道和杨振宁在分析 K 介子的衰变过程中发现在弱相互作用下宇称不守恒，并因此获得了诺贝尔物理学奖。1964 年科学上又发现对微观粒子的运动，存在一种弱作用破坏时间反演守恒。因此在我们观测的能区内，空间左右和时间反演的对称性都不是严格的对称性，它们在弱相互作用下遭到了破坏。

在微观粒子的运动规律中还存在许多其他的对称性质和相应的守恒定律，其中最重要的是电荷守恒，它对应带电粒子波的相位在平移下电磁相互作用不变的对称性。在原子核中，如果忽略电磁相互作用的影响，我们便不能区分质子和中子，这时候便有将质子和中子以各种比例混合而不改变原子核性质的对称性，称为同位旋对称，由于电磁作用破坏同位旋对称，它在我们观察的能区内是一个近似的对称。

~~如果在不同的时空上作不同的变换，仍能保持运动规律的不变性，这时~~

只是当温度降至某一临界温度下时，发生了相变，造成对称性的破坏，才形成在我们目前达到的能区所观察到的近似对称性。

对称性反映世界运动规律的统一性，而对称性的破缺产生了运动现象的多样性。统一性和多样性在这里得到完美的结合。

3. 进化原理

进化原理要求从发展的观点看问题，从系统与其环境的相互作用出发考察研究对象的演化方向。进化一词的拉丁文古义为某种现存的东西的展开和延扩，18 世纪中叶开始被用作生物学术语，19 世纪中叶英国科学家达尔文(1809~1882) 倡导生物进化学说，他分析了大量不同地区的现存生物和不同时期的化石资料，得出结论称，地球上现今生存的物种都是由共同的祖先长期进化而来的产物。达尔文还提出了用自然选择、优胜劣汰解释生物进化的学说。

经过长达一个半世纪的科学研究，生物的进化已经是公认的无可争辩的事实，但是对进化产生的机制则仍在研究之中。特别是对种群内和种群间基因的结构、序列和生化性质的异同有更多的认识之后，提出了进化过程的其他因素和机制。现在我们知道，进化是个体基因的随机变异，变异基因通过遗传在种群中的漂移和固定、环境变迁、竞争或共生对基因的自然选择等因素综合作用的历史过程。自然选择使适者生存，适与不适是相对于当时的环境而言，并不一定每次都产生从历史长河上看更为优秀的物种。环境一旦发生变化，原来适应的可能绝灭，原来不适应的又可能发展。进化是一个向前发展的历史过程，但并非一帆风顺的直线发展，而是一个迂回曲折的过程，其中有时进步，有时也会退步，有时为突发的事件所中断，以后又可能出现新的大发展。从进化论与系统论结合所达到的认识是，开放系统是进化的必要的条件，非平衡态是有序之源。

在生物进化学说被广泛接受以后，进化的观念向两个方向扩展，一个方向是把生物进化的一般结论应用于人类，另一个方向是将其推广到无机自然界。将生物进化引向人类导致人类起源和社会进步的观念。无机自然界也在不断演化，现代宇宙学已经大体描绘了一个宇宙如何形成和演化的图像。我们人类置身于其中的宇宙，可能起源于 100 亿~150 亿年前原始火球的一次大爆炸，温度和密度极高的原始火球由于爆炸而膨胀并且由于膨胀而温度降低，以后随着温度的不断降低，经物质相互作用和物质形态的相互转化，先逐步形成夸克和轻子、原子核、化学元素原子、气态星云，再通过引力相互吸引，形成现在这种等级式的天体结构系统。

除了上述三个基本原理以外，现代科学的认识还包含对事物结构和其运动变化所表现出来的各种状态参量间精确的数量关系。某些状态参量的数值大小和相互关系对事物性质的确定十分关键。由于事物所处的复杂环境，有多种偶然的因素在起作用，对状态参数的重复测量也不易得到相同的数值。当研究的对象是一个大的群体，如营养对儿童发育的影响，通常只能选择几个小的有代表性的群体进行观察，测量有关数据。这些数据通常也都是分散的。测量数据既受偶然因素的作用，又可能带有提供数据人的主观偏见。从原始数据不经分析就做出判断，容易犯错误。对原始数据首先要去伪存真，排除弄虚作假和主观成分。其次，大量数据中偶然因素的作用满足统计的规律，只有经过统计学的分析去粗取精，决定数据的可靠程度和误差范围，才能上升为信息。要从信息中得到规律性的认识，上升为知识，还要在可靠理论的指导下，建立数值模型，进行检验、模拟、预测和验证。

科学上以每千倍为一度量单位，往小的方向，每小一千倍，在单位前面依次要加上字母毫 (m)、微 (μ)、纳 (n)、皮 (p)、飞 (f) 等，每大一千倍，在单位前面依次要加上字母 千 (K)、兆 (M)、吉 (G)、特 (T)、佩 (P) 等。如长度单位为米，小一千倍为毫米，再小一千倍为微米，依次下去为纳米、皮米、飞米等。往大的方向，则有千米、兆米、吉米、特米等。

反映事物状态参量数值的大致范围称为数量级，许多经验规律都有一定的时空条件和状态参量的适用范围，这种范围通常用数量级来表述。例如数量级为微米的技术到设计和加工数量级为纳米的集成电路就不适用了。

当状态参量数值变化时，事物的性质常常也随之变化，一般情况下，参量的微小变化带来事物性质的微小变化，但是存在状态参量的临界点，由临界点上（下）至临界点下（上），参量的微小变化会引起事物性质的质变，如水在摄氏 0 度以下成为冰，在摄氏 100 度以上成为水蒸气。在自然现象中，量变到质变是一个普遍规律。从数量上把握事物的本质主要要把握相关参量的数量级和产生质变的临界点位置。

科学所研究的对象大至宇宙，小至电子，它们之间的数量级差别极大。使用表述所研究对象特征的自然单位更为方便。如讨论宇宙的大小时，各星球之间的距离常用光年表示。光每秒走 30 万公里，光一年走的距离就称为 1 光年，相当于 9.5 特公里。太阳到地球的距离是 1.5 亿公里，相当于 8 光分。目前已知我们所在宇宙的半径在 100 亿—150 亿光年之间。又如在微观世界，氢原子的半径约为十分之一纳米，以它作为原子的尺度，称为波尔半径。人们以电子通过一伏特电压差所需的功为能量的单位，称为一电子伏。每一次分子进行化学反应产生或吸收的能量为几个电子伏，而每一次核反应