



全国高等农林院校“十一五”规划教材

自然科学概论

徐 秋 主编



 中国农业出版社

欢迎登录：全国农业教育教材网
<http://www.nongyejiaocai.com>

封面设计 吴 瑶

ISBN 978-7-109-14476-7



定价：22.00元

全国高等农林院校“十一五”规划教材

自然科学概论

徐 秋 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

自然科学概论/徐秋主编. —北京: 中国农业出版社, 2010. 4

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-14476-7

I. ①自… II. ①徐… III. ①自然科学—高等学校—教材 IV. ①N

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 050278 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 薛 波

文字编辑 魏明龙 薛 波

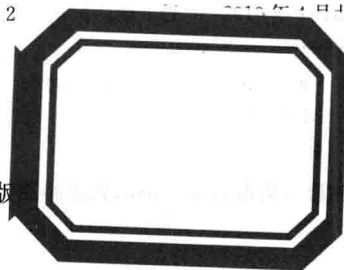
北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2

2010 年 4 月北京第 1 次印刷

印张: 14.25

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



..... 内 容 简 介

本教材作为素质教育教材,旨在培养读者的科学素质、创新素质和科学的思维方法,提高科学分析与决策能力;拓宽高校学生尤其是人文社科、管理类专业学生的知识面,提升他们主动学习科学的能力。

本教材以史为主线,没有繁杂的证明和推导,用通俗易懂的语言阐述了自然科学六大基础学科(数学、物理学、化学、生物学、天文学、地学)的研究内容、方法、发展与应用,并将部分重要技术(计算机科学技术、海洋科学、能源科学、基因工程与细胞工程、材料科学与纳米技术、空间技术、信息技术和现代农业技术)按发展历史与现状、简要内涵及应用等逐一展现给读者。本教材的特点是深入浅出,注重基本概念和科学思想的介绍,融知识性、可读性和思想性于一体,层次分明,各部分基本自成体系。

本教材可供高等院校本科、专科、高职等各个层次人文社科和管理类的学生作为自然科学素质教育教材使用,也可作为非理科专业研究生教育的自然科学素质模块参考教材。建议在使用中及时关注科学前沿动态。

本教材参考学时为 54 学时。由于各部分相对独立,故可以针对不同专业和不同层次的对象选择内容,灵活组合开设课程,可以开设 2~3 种 28 学时的选讲课。

编者名单

主 编 徐 秋

副主编 宋金耀 徐爱军 朱连轩 王鸿雁

参 编 吕金凤 王敏杰 尹承宏 张晓华

池济宏 李志新 唐晓光 赵玉伟

陈春蕊 王晓昱 赵立强 王冀霞

刘晓旭 刘 鑫

主 审 杨越冬 刘志国

前 言

当前,世界各国都十分重视提高国民的科学素养,历年中国科学技术协会的公民科学素质调查结果均显示我国公众整体科学素养亟待提高。尤其是高中一年级末就施行文理分科以来,导致高校学生缺乏自然科学素养。为此,我们从1995年就开设了《自然科学概论》课程,并立项研究*,获得了良好效果。

自然科学是研究自然界物质形态、结构、性质和运动规律的科学。本教材以史为主线,没有繁杂的证明和推导,用通俗易懂的语言阐述了自然科学六大基础学科(数学、物理、化学、天文学、地学和生物学)的研究内容、方法、发展与应用,并将部分重要技术(计算机科学、海洋科学、能源科学、基因工程与细胞工程、材料科学与纳米技术、空间技术、信息技术和现代农业技术)展现在读者面前。编写过程中力求深入浅出,注重基本概念和科学思想的介绍,融知识性、可读性和思想性于一体。实现了系统概括,层次分明,各部分基本自成体系的目标。

《自然科学概论》作为素质教育读本,旨在培养读者的科学素质,推进科学创新和科学方法论教育。促使读者主动将自然科学观念融合于人文社会科学和工作中,把科学作为一个整体来理解,提高科学思维水平和科学分析能力,拓宽高校学生尤其是人文社科、管理类专业学生的知识面,为提高决策水平和领导艺术奠定自然科学素质基础。

本教材由倡导在高校开设《自然科学概论》课程,并主讲本课程多年的徐秋教授主编,杨越冬教授和刘志国教授主审。本书编写人员为河北科技师范学院、河南农业大学、华北煤炭医学院、河北北方学院、江苏农林职业技术学院等单位相关学科的教授、副教授、博士及硕士学历的讲师。全书由徐秋教授负责编写大纲设计和全书的统稿与初审工作,具体分工为:徐秋编写绪论、第二章、第八

* 徐秋教授 主持河北省教育科学“十五”规划重点研究课题《加强对人文社科类专业学生自然科学素质培养的实践与探索》,编号 0060063。

章、并与王鸿雁、王冀霞共同编写第六章，吕金凤、赵立强共同编写第一章，王鸿雁、唐晓光共同编写第三章，宋金耀编写第四章，李志新编写第五章，张晓华与赵立强共同编写第七章，尹承宏和池济宏共同编写第九章，徐爱军编写第十章、参编第八章，并协助主编负责第四章、第十章和第十四章的统稿工作，赵玉伟、刘晓旭共同编写第十一章，王晓昱编写第十二章，朱连轩与王敏杰、刘鑫合作编写第十三章，第十四章由秦皇岛市抚宁农牧水产局农艺师陈春蕊编写。

本教材在编写出版过程中，得到河北科技师范学院各级领导的大力支持和帮助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2010年1月



前言

绪论	1
一、自然科学	1
二、技术	4
三、科学与技术的关系	6
四、现代自然科学的特点	7
五、自然科学的内涵	9
六、学习《自然科学概论》的意义及注意事项	10
思考题	11
第一章 数学	12
第一节 早期数学与初等数学体系的形成	12
第二节 近代数学的发展——数学基础领域的诞生	16
第三节 现代数学的兴起——数学核心领域的扩张	19
第四节 现代数学发展的新趋向	23
思考题	27
第二章 物理学	28
第一节 物理学的分类及其发展	28
第二节 经典力学理论	29
第三节 热力学和统计物理学	33
第四节 经典电磁学理论	35
第五节 近代物理学	36
思考题	46
第三章 化学	47
第一节 化学发展史	47
第二节 现代化学	49
第三节 化学发展方向	52
思考题	53

第四章 生物学	54
第一节 生物学概述	54
第二节 生命的本质	56
第三节 生命的起源与进化	58
第四节 生命的构成与维持	66
第五节 生命的延续	74
第六节 生物与环境	78
第七节 近年来生物学的新进展	80
思考题	85
第五章 天文学	86
第一节 天文学的内涵	86
第二节 太阳系和星系结构	87
第三节 天体演化理论	92
第四节 天体物理学	93
思考题	95
第六章 地学	96
第一节 地学的研究对象与主要内容	96
第二节 地质学	99
第三节 地球构造理论的新进展	101
思考题	104
第七章 计算机科学	105
第一节 计算机的发展历史	105
第二节 计算机科学技术的分支结构	109
第三节 计算机网络	114
第四节 计算机科学技术的发展趋势	116
思考题	118
第八章 海洋科学	119
第一节 海洋科学概述	119
第二节 海与洋	122
第三节 海底构造与海底地貌形态	125
第四节 海底资源	129
思考题	135

第九章 能源科学	136
第一节 能源危机与新能源	136
第二节 太阳能开发	138
第三节 核能	142
第四节 氢能	146
第五节 风能和海洋能	147
第六节 地热能和生物质能	149
思考题	150
第十章 基因工程与细胞工程	151
第一节 基因工程诞生	151
第二节 基因工程的研究内容	153
第三节 基因工程的应用	154
第四节 基因工程的安全性	156
第五节 细胞工程	159
第六节 植物细胞工程简介	160
第七节 动物细胞工程发展史	162
第八节 细胞工程的应用	163
思考题	165
第十一章 材料科学与纳米技术简介	166
第一节 新型金属材料	166
第二节 新型陶瓷材料	168
第三节 新型高分子材料	169
第四节 纳米材料的特点及应用	171
第五节 纳米材料的研究现状与展望	174
思考题	176
第十二章 空间技术	177
第一节 空间与空间资源	177
第二节 航空与航天的区别	179
第三节 空间技术	186
第四节 航天技术展望	191
思考题	192
第十三章 信息技术	193
第一节 信息技术概述	193
第二节 通信技术的现状和未来发展方向	197

第三节 自动控制技术概述	205
第十四章 现代农业技术	207
第一节 农业技术的现代化	207
第二节 农业技术装备的机械化	212
第三节 建立科学的农业结构	212
第四节 农业科学研究的新方向	213
思考题	216
主要参考文献	217

绪 论

一、自然科学

(一) 科学

科学是我们这个时代听闻和使用频率最高的一个词，人们最初创造“科学”这个词时，基本上把它看成了知识的同义语。梵语中“科学”指“特殊的智慧”；拉丁文中“Scientia”就是“知识”的意思；英、德、法文中的“科学”皆由拉丁文衍生而来，英文单词“Science”也是知识的意思，法文之“Science”则泛指一切学习形式，德文的“die Wissenschaft”常与科学通用，主要也是知识的意思；意大利文的“Scienza”、西班牙文的“Ciencias”本意也是“知识”；我国本无“科学”一词，其现今的含义最初由我国典籍《礼记·大学》中有：“致知在格物，格物而知至”，用格物致知表示实践出真理的概念，日本转译为“致知学”，主要也是知识的意思。1893年康有为翻译日文著作首先使用了“科学”一词，随后严复于1898年将达尔文进化论的支持者赫胥黎的《进化论与伦理学》翻译为中文，并命名为《天演论》，向我国人民介绍了达尔文的进化论，严复在翻译《天演论》等著作时，也使用了“科学”一词。从此“科学”一词在我国被广泛使用。历史上曾出现过多种关于科学的定义，但总括起来不外是两个维度，一个维度是知识倾向，一个维度是活动倾向。现在人们已普遍将它们联系起来用以说明什么是科学，科学是一种反映客观事实和规律的知识与知识体系及其相关的活动事业。

科学的内涵和外延是随着科学本身的发展和人们对科学的认识的不断深化而发展变化的。一般认为科学有以下三个层面的基本含义：

第一，科学是一种特殊形式的社会活动，即知识生产活动，是一种创造性智力活动。

第二，科学是一种知识体系。我国的《辞海》给科学下的定义是：“科学是关于自然界、社会和思维的知识体系”。这是科学概念的最基本内涵。科学知识体系是一个动态系统，随着实践的发展而不断变化。

第三，科学是社会发展的实践力。科学不仅是知识生产活动和知识体系，而且是社会发展的实践力量。科学作为实践力量，通过被人们掌握、利用而发展着，起到改造客观世界的作用。所以说，“知识就是力量”。

在英语中，“科学”主要指自然科学。在汉语中，“科学”既指自然科学，也指人文科学、社会科学和管理科学。本书讲的科学主要指自然科学。

(二) 自然科学及其来源和发展基础

1. 自然科学的任务 通过研究自然界中各种自然现象、各种物质形态、物质结构和运动的基本规律，不断提出新概念，探求新现象和揭示新理论。

2. 自然科学总体框架图像的特点 自然科学中各个学科既不断分化，又相互交叉综

合,甚至与社会科学交叉综合,导致崭新学科的不断出现,学科数量不断增长,交叉学科不断涌现,使自然科学总体框架图像成为多层次结构、纵横联系、动态发展的主题网络。

3. 自然科学的来源和发展基础 自然科学的来源、自然科学的性质、自然科学的作用以及现代科学技术的特点、发展趋势等,都是学习自然科学概论前要弄清楚的基本问题。

自然科学是人们对于自然界的现象及其规律的反映,是对自然界的性质的认识,这种认识成果的取得,直接依赖于人类改造自然的实践活动。人类改造自然的实践活动可以分为两种,一是生产实践,一是科学实验。这两种实践活动是自然科学的根本来源,自然科学就是在这种实践基础上产生和发展起来的。

人类社会的生存和发展首先要依靠生产实践,生产实践推动着人们去认识自然,生产过程中积累下来的经验、技术知识和观测到的材料,经过总结加工,便上升为自然科学知识和理论。所以,生产实践是自然科学最基本的来源,是科学产生和发展的基础。

随着生产的发展,科学也飞速向前发展。随着手工业向工场手工业和机器大工业的过渡,生产力大大发展。生产上技术的实际需要,给自然科学以巨大推动力,大大扩展了研究领域,既为科学研究提供了实践经验和感性材料,又提供了良好的实验手段。这时,科学水平逐渐提高,自然科学的许多部门逐步建立和扩大,对自然的研究也更加深入、更加精确。不仅天文学、物理学、化学、生物学、数学这些基本学科逐渐建立起来,而且这些学科的内容日益丰富,出现了许多新的分支。

机器和蒸汽机的广泛使用,带来了18世纪的工业革命,工业革命又给科学以巨大推动力。这时,基础科学有了重大变化:数学达到相当高的水平;物理学内部的一些基本部门都先后建立,其中力学建立了系统的理论,已经完善化,热学、电学取得巨大进展;化学也有了一些理论成果;生物学、天文学、地学都得到了发展。与此同时,技术科学也发展得很快。这些,都与生产实践有直接关系。

但是,自然科学的来源不只限于生产实践,在生产实践基础上产生的科学实验是自然科学又一个方面的重要来源。

4. 科学实验 所谓科学实验,是人们按照一定的研究目的,借助特定的观察工具、仪器和设备,人为地控制或模拟自然现象,突出主要因素,对自然事物和现象进行精密地反复地观察和测试,探索其内部的规律性。科学实验是一种主动的、有计划的研究活动,这种研究活动大大扩展了人的视野,弥补了生产实践的不足,给人类开辟了新的认识途径,为自然科学提供了新的源泉。

一定时期内的生产实践,只能把人对自然的认识局限在一定的范围内,而科学实验却不受这个限制,往往把人类带进自然界的新领域。15世纪后半期,随着科学实验的广泛运用,自然科学又进入新的阶段。到了20世纪,科学实验的作用更加明显,自然科学上许多知识和理论的提出和发现,往往不是直接来自生产,而是来自科学实验。如相对论的提出,量子力学的建立,“基本”粒子物理的产生,都建立在实验基础上,直接由科学实验所决定。

当然,现代自然科学与生产实践的关系也是非常密切的,许多新的科学理论,只有运用于生产,接受生产实践检验,才能发现新的问题,通过科学实验加以完善和发展。原子能、半导体、激光等理论,莫不如此。而且,科学实验优于生产实践之处,还在于它把理论探讨和实验研究结合起来,把定性观测和定量分析结合起来,使自然科学精确化、系统化。

总之,科学实验对于自然科学的推动作用是十分巨大的。有了科学实验,自然科学变成

了真正意义上的科学。我们应该重视科学实验，正确处理生产实践与科学实验的关系，不能用生产实践代替科学实验。实际上，生产实践和科学实验都是自然科学所不可缺少的，它们从来就是密切联系、相互促进、相互补充的，共同构成自然科学的来源和发展基础。

（三）自然科学的性质和作用

自然科学由自己的研究对象和内容所决定，具有不同于其他科学的性质、特点和作用。

1. 自然科学本身没有阶级性 自然科学与社会科学、管理科学不同，它的研究对象是整个自然界，它是关于自然界的现象、性质和规律的正确反映。自然现象和规律是客观存在的，它不以哪一个人或哪一个阶级的意志为转移。自然科学不反映阶级关系，自然科学本身是没有阶级性的。

2. 自然科学属于生产力范畴 自然科学本身是一种认识成果，它是知识形态的东西。这种知识来自生产斗争和科学实验，它产生之后，又服务于生产，指导生产，促进生产的发展。一切科学成果都会或迟或早的运用于生产，在生产中发挥作用。

从科学和生产的密切关系看，自然科学属于生产力范畴，它在本质上是一种生产力。马克思由于明确提出了“科学技术是生产力”的思想，而被公认为是历史上第一个认真研究了科学技术进步影响经济增长的经济学家。邓小平又进一步提出了“科学技术是第一生产力”的论断，这一论断说明科技进步是构成现代经济增长的主要源泉，是因为科学技术广泛地渗透到生产力的诸因素之中。

正确地反映了物质运动规律的自然科学，作为一种社会生产力，无论是对于改造自然，还是对于改造社会，所起的作用都是巨大的。

3. 自然科学的性质和作用 人们研究自然科学，不只是为了了解自然规律去解释自然，更重要的是运用自然规律去改造自然。自然科学的性质和作用，主要表现在以下方面：

（1）自然科学转化为生产力，推动生产发展，加强人类对自然的改造。16、17 世纪以来，科学从神学中解放出来，爆发了一场革命，从此科学被大量应用于生产。18 世纪机器和蒸汽机的发明和应用，引起了欧洲的工业革命，它表明自然科学已经大规模地转化为直接生产力，生产力达到了前所未有的高度。19 世纪末到 20 世纪初，电磁学理论的建立，电子、放射现象的发现，形成了新的生产力，劳动生产率提高得极快，自然科学成为生产力中的重要因素，引发了第二次工业革命。近几十年来，自然科学获得了原子能、电子计算机、空间科学技术及遗传工程等一些划时代的成果，现代科学的发展推动了生产的巨大变革，科学、技术、生产已经结合为一个统一的体系。科学通过动力、材料、工具、工艺、劳动者和生产管理等多种途径，转化为强大的物质生产力，整个生产过程实现了机械化、自动化、科学化，人类改造自然的能力空前增强。

（2）自然科学引起技术革命，促进生产关系的变革。技术革命的直接效果是提高劳动生产率，推动生产力发展，与此同时，还影响社会的生产方式，带来生产关系的革命。18 世纪至 19 世纪科学引起的技术革命，既改革了劳动资料，改变了人和自然的关系，又促进了工厂制度的建立，改变了人和人的关系。机器和蒸汽机的应用，促生了与之相适应的劳动组织和形式，出现了生产社会化，有了分工，社会结构也随之改变，形成新的生产关系。资本主义的生产关系代替了封建主义的生产关系。从 19 世纪到 20 世纪，科学引起了新的技术革命，电能和内燃机的推广，改革了机器的传动装置，相应的工作机制和工艺也发生了变革，机器的功率和速度提高得很快。这时，生产的社会化进一步加强，生产更加集中，资本主义

生产关系有了新的变化,由自由资本主义转变成为垄断资本主义。最近几十年来,新的科学成果大量并入生产过程,促进了生产的科学化和社会化。这时出现的新情况是:生产专业化和协作的程度提高;劳动时间缩短,劳动强度降低;体力活动减少,脑力活动增加;劳动工人减少,技术人员增加等。这些因素正在促进社会结构的变化,酝酿着生产关系的变革。

(3) 自然科学促进上层建筑的变革。自然科学是一种特殊的理论体系和知识形态,它作为社会生产力,是不属于上层建筑的。但是,自然科学是由人去研究和使用的,它产生和存在于社会之中,随着社会的发展而向前发展,从整体上看,它是一种社会现象,因此,它与社会的上层建筑有着密切的联系。上层建筑影响和制约自然科学的发展,反过来,自然科学的进步又推动上层建筑的变革。自然科学除了转化为生产力,作为物质力量通过改变社会存在来改变社会,影响整个上层建筑外,还作为一种思想武器直接影响社会意识,推动哲学、艺术、文化、教育、宗教等方面的变革,影响政治上层建筑。此外,它还通过与军队、武器装备、军事技术等因素的结合,转化为物质战斗力,对政治的上层建筑如政治制度起巩固和变革的作用。

阐明科学的性质,正确估价科学的作用,可以帮助人们认识科学的重要性,自觉地学习和研究科学,运用科学推动社会向前发展。

二、技 术

技术,通常被认为是为达到某种目的而采取的手段和方法。对技术的本质和意义的深入思考始于古希腊哲学家亚里士多德,他把技术看做是制作的智慧。到 17 世纪,培根把技术当作操作性的学问来研究。

(一) 技术的基本概念

技术一词来源于古希腊语,古希腊伟大的思想家亚里士多德(公元前 384—前 322)称技术是制造的智慧。1615 年,英国的巴克爵士创造了“Technology”一词,表示技术原理和过程。我国古籍《考工记》中指出:“知者造物,巧者述之、守之,世谓之工。”意思是,知者发明,巧者负责发明成果的应用,并将其经验、技巧传给后代。这里的操作经验、技巧就是古代的技术。

1. 技术的四个要素 18 世纪法国百科全书派的狄德罗(1713—1784)给技术下了一个在今天还被很多人使用的定义,他把技术看成是“为某一目的共同协作组成的各种工具和规则体系”。实际上狄德罗同时提出了技术构成的四个要素:

- (1) 目的性。即凡技术都是服从于某一目的而存在的。
- (2) 规则性。技术的主要表现就是规则和技能。
- (3) 工具性。技术的实现离不开设备和条件。
- (4) 体系性。完整的技术和科学一样也是成套的知识系统。

从字面上看,“技术”由“技”和“术”两个字组成,技是技巧或技能,术是规范和要求。于是,技术就是规范化的技巧和技能,也就是方法;此外,当然还要包括实现技能技巧的各种工具或设备,也就是手段。前者是技术中的软件,后者是技术中的硬件。

2. 技术具有两个属性 从起源上看,技术甚至比科学更悠久,因为从人类打制和加工木器、石器开始,就已面对技术问题。由于活动水平和范围的限制,古代的人把技术主要看

成人的主观技能和技巧；近代以后则偏重于把技术看成是客观的物质生活；现代则被看做是科学的应用，是科学应用于生产过程的中介。这样的技术具有两个属性：

第一，它是物质因素和精神因素相互作用的产物，也就是知识、经验和技术同一定的物质手段相结合的系统体现。

第二，技术是现实的生产力，它渗透于生产力的各个要素之中，因此也可以说，生产力的各个要素，实际上不过是技术的不同表现形态而已。

当前对技术有狭义和广义两种不同的理解：狭义的理解，只把技术限制在工程学的范围内，如机械技术、电子技术、化工技术、建筑技术等；广义的理解，则把技术概念扩展到社会、生活、思维的领域。我国学者给技术下的广义定义是：“人类在为自身生存和社会发展所进行的实践活动中，为了达到预期目的而根据客观规律对自然、社会进行调节、控制、改造的知识、技能、手段、规则、方法的集合。”这表明，现代技术已经超越了工程学的范围，从生产领域向社会生活的各个领域扩展。

（二）三次技术革命推进了社会发展

1. 第一次技术革命 18世纪，以英国钟表匠约翰·凯伊发明的飞梭为导火索，直到瓦特在塞维利和巴本等人研究的基础上改进了普遍使用的蒸汽机，技术由量的积累实现了质的飞跃，它不仅大大提高了纺织业的生产效率，而且也促进了机器制造业、矿产业、钢铁工业、交通运输业的发展，并为资本主义工厂制造业的生产方式代替封建社会手工作坊式的生产方式提供了重要的物质基础，推动了社会生产力的迅猛发展。这便是近代史上第一次技术革命与产业革命。

2. 第二次技术革命 第二次技术革命从1831年，英国科学家法拉第（1791—1867）发现电磁感应现象，提出发电机的理论基础开始。19世纪70年代，具有实用价值的电动机和发电机先后问世，继而在1882年，法国人德普勒发现了远距离输电的方法，实现了电力的远距离传输，人类历史从“蒸汽时代”跨入了“电气时代”。同时，内燃机技术不断得到改进与广泛应用，它们不仅提供了方便而廉价的能源，推动了一系列新兴工业的发展，带动了一系列新的技术发明，而且为资本主义国家提高生产社会化的程度和资本的进一步集中，为自由资本主义向垄断资本主义的过渡提供了重要条件。这是近代史上第二次技术革命与产业革命。

3. 第三次技术革命 20世纪中叶以来，由于原子能、电子计算机和空间技术的发展，开始了第三次技术革命，也就是现代技术革命。特别是20世纪70年代以后，进入了新技术革命阶段，微电子信息技术的发展与生物技术的突破以及材料、激光、遥感、海洋、人工智能、多媒体信息技术等领域的长足进展，极大地拓展了人类利用、改造和控制自然的能力，同时面对着诸如资源枯竭、环境污染、生态失衡等问题，促使人类开发了可持续发展技术。人类面对的现代技术革命，其内容之丰富，发展之迅猛，影响之广泛与深远，都是前两次技术革命所不能比拟的。

（三）现代技术的三大体系

现代技术主要由三大基本技术，即物质变化技术、能量转换技术和信息控制技术组成。

1. 物质变化技术 物质变化包括物质的组分变化、物态和物性变化、外形和色泽变化。物质变化技术主要包括各种材料的设计、制备和加工。主要朝着高功能化、超高性能化、复杂化和智能化方向发展。