



郭金彬◎著

KEXUE CHUANGXINLUN

科学创新论

本书以精炼的选材,展示了科学渐进、科学突破的酝酿,以及科学突破和科学创新的图景,阐述了科学选择、科学创新的方法、途径及机制。

本书以精炼的选材,展示了科学渐进、科学突破的酝酿,以及科学突破和科学创新的图景,阐述了科学选择、科学创新的方法、途径及机制。

安徽教育出版社

10010100
01110110
00010011
11110101
01010101
01111001
10010100
01110110
11110101
01010101
01111001
10010100
01110110
11110101
01010101
01111001
10010100
01110110
00010011
11110101

Q301/50

科学创新论



本书以精炼的选材，展示了科学渐进、科学突破的酝酿，以及科学突破和科学创新的图景。

阐述了科学选择、科学创新的方法、途径及机制。

本书以精炼的选材，展示了科学渐进与科学突破的酝酿，以及科学突破和科学创新的图景。

阐述了科学选择、科学创新的方法、途径及机制。



图书在版编目(CIP)数据

科学创新论 / 郭金彬著. —合肥: 安徽教育出版社,
2001.2

ISBN 7-5336-2225-1

I. 科... II. 郭... III. 科技创新—概论
IV. G305

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 82353 号

责任编辑: 武常春 张 寰 装帧设计: 张鑫坤

出版发行: 安徽教育出版社(合肥市跃进路 1 号)

网 址: <http://www.ahep.com.cn>

经 销: 新华书店

排 版: 安徽飞腾彩色制版有限责任公司

印 刷: 合肥商中印刷厂

开 本: 850×1168 1/32

印 张: 13.625

字 数: 350 000

版 次: 2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 1 000

定 价: 22.00 元

发现印装质量问题, 影响阅读, 请与我社发行部联系调换

电 话: (0551)2651321

邮 编: 230061

内容提要

科学选择与科学创新是国内外学术界共同关注的研究领域。本书从考察科学发展的历史出发,对科学选择与科学创新作理论上的论述和实际应用的探讨。书中以精练的选材,展示了科学渐进与科学突破的酝酿,以及科学突破和科学创新的图景;阐述了科学选择及其主要方式——科学淘汰与科学汲取;探讨了科学创新的方法和途径,科学创新机制,以及如何进行科学创新等有关问题。本书作为国内一部富有特色的研究科学创新的专著,可供对科学社会学、科学哲学、科学史和科学思想史感兴趣的广大自然科学工作者和社会科学工作者、科技管理人员以及大专院校理科、文科师生研究参考,亦可作为同类课程的教学参考书。

目 录

目 录

绪言	1
一 科学是什么	1
二 科学的本性在于创新	4
第一章 科学渐进与科学突破的酝酿	6
第一节 常识经验的积累	6
第二节 常识经验转化为科学知识	20
第三节 体大思精的“自然哲学”	23
第二章 独立学科的产生和发展	54
第一节 经典力学体系的建立	54
第二节 从常量数学到变量数学	63
第三节 把化学确立为科学	74
第四节 近代天文学、地质学和生物学	82
第三章 新科学思想的形成	100
第一节 物理学的三次大综合	100
第二节 新数学思想的形成	120
第三节 从无机化学进入有机化学	126
第四章 新理论的产生和新学科的出现	132
第一节 量子论和相对论	133
第二节 控制论、信息论和系统论	145
第三节 现代无机化学、有机化学和化学键理论	158
第四节 分子生物学	166

目 录

第五节 天体物理学和大陆漂移说·····	172
第五章 科学选择·····	182
第一节 何谓科学选择·····	182
第二节 科学选择的价值和意义·····	188
第六章 科学淘汰·····	193
第一节 强淘汰·····	193
第二节 弱淘汰·····	201
第三节 淘汰“复原”·····	205
第七章 科学汲取·····	209
第一节 科学汲取的机理分析·····	209
第二节 科学汲取与科学进步·····	217
第八章 科学创新(一)·····	253
第一节 模式更换论·····	253
第二节 文化手段论·····	268
第三节 选题的艺术·····	279
第四节 数学化和建立数学模型·····	290
第五节 发现和排除悖论·····	314
第六节 系统方法、信息方法与科学创新·····	343
第七节 数字化、网络化与科学创新·····	355
第九章 科学创新(二)·····	365
第一节 创新人才观·····	365
第二节 创新教育观·····	372
第三节 创新社会观·····	389
第四节 国家创新体系·····	408
第五节 学习与创新·····	412
后记·····	429

绪 言

一、科学是什么

“科学”这个词在拉丁文中原意为“学问”或“知识”。科学的发展同人类思想、文化、社会的发展具有密切的联系。不同历史时期，人类对科学的理解和解释也不同。在古代西方，科学起源于古希腊。古希腊民族善于抽象思维，自从大思想家泰勒斯提出“宇宙是由什么不变的原素构成的？”问题之后，引起了一大批学者的兴趣。在这种探本溯源、试图一举揭开宇宙之谜的好奇心驱使下，古希腊人把对知识的一般追求转化为对科学的探索，并以研究“自然哲学”这种形式来探讨科学。在古希腊的自然哲学中，对科学本质作出最有代表性回答的要算巴门尼德、柏拉图和亚里士多德。巴门尼德认为世界应分为两层，即：一为肉眼所见；一为心眼所见。前者凭感官知觉，所见的是外界变化无常、纷然杂陈的现象；后者凭理性，所见的是现象内部潜存不变的实体。柏拉图则将人类知识分为两种：一种是“知觉”与“意见”；一种是“观念”或“理性”。前者暧昧不明，价值甚低；后者绝对可靠，堪称高级之知识。继毕达哥拉斯认为“万物皆数”之后，柏拉图进一步认为科学的任务是发现自然界的结构，并把它放在数学的演绎系统里表述出来。这标志着古希腊人力图找出自然界的数学结构，想从数学关系中寻找绝对知识，因此，当时的所有科学都带有数

学“灵魂”，而对数学的研究也成为古希腊人追求纯粹知识的精神需要。古希腊自然哲学家中“最博学的人物”亚里士多德更进一步地把人类知识严格分为高低深浅不同的种类：最浅最低的为感觉经验，稍高的为技术知识，更高的为原理知识。感觉经验与技术知识不足道，惟有原理知识能满足理智好奇，它既能用来作为探求宇宙的普遍法则，又能用来解释事物的变化原因，这种知识超越出一切经验实用的限制，是高级的科学真知，是真实智慧之所在。在古希腊，科学被人们看成是与“感觉”、“经验”等根本不同的东西，是人们追求纯粹知识的精神需要。

文艺复兴运动揭开了科学的新纪元，科学摆脱了过去那紧紧裹着的自然哲学的衣裳，开始施展她本身所具有的巨大活力，使人们对科学又有了新的认识。“近代物理学之父”伽利略、“英国唯物主义和现代实验科学的真正始祖”弗兰西斯·培根，采用了实验方法和归纳方法来研究自然科学，并获得了很大进展。这样，他们对科学本质也有了不同于前人的看法。弗兰西斯·培根在《新工具》中这样指出：科学只能从感觉和特殊事物中把公理引申出来，然后不断地逐渐上升，最后达到最普遍的公理。赫赫有名的牛顿以他辉煌的科学成就支持了这种科学观。这种对待科学的观点排斥了任何超越感觉经验的理性传统，并且索性把理性传统都称为“形而上学”，还告诫物理学家要“当心形而上学”，把科学当做是感觉经验的归纳。显然，对科学的本质作这样的理解是片面的，科学不能只重视经验归纳而抛弃理性演绎。比如，如果抛弃理性演绎的数学，那么众多自然学科就只是一堆感性经验，当然也就无法了解到其中包含的数学结构，并给以定量的刻画。16世纪到18世纪数学的惊人进展及广泛应用，使人们又偏向理性演绎这一边来认

绪 言

识和发展科学。德国哲学家康德对科学的本质提出了具有代表性的看法：科学是用先天理性整理后天经验所取得的绝对可靠的知识。这种看法弥补了只把科学看做是经验归纳的不足，但由于把理性放在过高的位置，因此在一定的程度上又回到了古希腊时期，致使科学又染上了绝对知识的色彩。

19 世纪末 20 世纪初，由于科学本身获得了飞跃性的进步，人们看到了人以及社会在科学中的重要作用，因此也对科学的本质提出了崭新的看法。把科学作为逻辑或认识论问题来看待，得出了现代的逻辑主义的科学观：科学是一种知识体系，是人类通过经验或理性所获得的、可由经验证实或证伪的知识的总和，是人类对自然界的绝对正确或相对正确的认识。把科学作为一种人的活动、一种历史过程来看待，得出了现代的历史主义的科学观：科学是在一定思维形式指导下的社会活动，是可以解决一定问题的有效的创造性活动，也是具有一定结构的历史过程。马克思、恩格斯对科学的本质曾有过十分精辟的见解。马克思曾把科学明确概括为“人类精神的一般劳动”，他强调指出，科学不单纯是关于自然界的抽象知识，而主要的还是人对自然的改造活动。恩格斯进一步指出，科学发展到一定阶段，就离不开人的某种理论思维形式，而每一时代的理论思维又都是一种历史的产物。邓小平指出，科学技术是第一生产力。在马克思看来，科学不仅是一种经过实践检验的知识体系，而且是一种人改造世界的创造活动；不仅有其内在发展的逻辑，也是一个社会文化的历史过程；不仅愈来愈接近于真理，也愈来愈成为人类实践中有效的工具。总之，人的认识在变化和发展，科学本身也在变化和发展，因此，人们要给“科学”找出一种能适用于一切时间和地点的定义，是很难的。要想对科学有正确的、本质的认识，还应当结合了解科学发展

的历史。

二、科学的本性在于创新

科学的本性在于创新，世界没有终极的真理，科学也没有终极的真理。已有的知识仅为科学的发展提供了基础，科学将已有的知识按照新的观点进行整理和升华，创造出新的理论和新的方法，或者用科学知识开发新的应用；但科学又不为传统观念和已有的知识所禁锢，它不受既成事物和旧的思想规范的束缚，善于发现和提出新的问题，建立起新的观念，创造新的知识，开拓出新的方向和创造出新的方法，发现新的规律，发明新的器物。科学的发展过程是获取知识和认识真理的探索过程，也是科学创新的过程。

科学要向前发展，必须进行科学选择。科学选择的主要方式有科学淘汰和科学汲取。在人类科学发展的历史中，总有许多东西被淘汰，有许多东西被汲取，科学是在不断淘汰和不断汲取的过程中前进的。而科学在它发展的历史过程中究竟淘汰了哪些东西，汲取了哪些东西？这些东西为什么被淘汰，为什么被汲取？被暂时淘汰掉的东西是不是从此绝对没有价值了？被汲取的东西是不是都包含着进步的因素，是不是都能永恒存在了？对于这些问题的深入讨论和研究，是十分重要的，但难度也很大，是个相当复杂的系统工程。

科学创新一般体现为具有重大科学意义的新物种、新现象、新规律的发现；有重大影响的研究手段的使用；有重大影响的新的科学方法的应用；关键性的新科学概念的提出；新科学理论的创建；新学科的创立；等等。

科学创新是在科学发展的历史中进行的，而科学创新本身又有力地科学发展的历史向前推进。

绪 言

在本书中，我们以科学发展的历史为依据，展示了科学渐进、科学突破的酝酿和科学突破的图景，在此基础上，对科学选择和科学创新进行论述。这样，宏观研究与微观剖析就结合起来了。

第一章 科学渐进与科学突破的酝酿

科学是人类一代一代创造的产物，它是历史性的积累和发展的结果，其产生和发展是由萌芽到壮大、由少到多、由浅入深、由初级到高级逐渐向前推进的。科学渐进酝酿着科学突破。当知识积累和发展到一定程度时，就有可能产生重大的突破，原有的知识结构和理论体系将得到重组与更新，新的知识和方法将得以创造与完善。本章立足科学产生和发展的历史，讨论科学渐进与科学突破的酝酿。

第一节 常识经验的积累

一、自然科学的萌芽

在古代，自然科学的萌芽和发展是渐进的。

自然科学的萌芽来自两个主要方面：一是技术，一是人的思维活动。古代自然科学萌芽于人类古代时期的技术和人类当时的思维活动。

1. 工具的出现

在人类漫长的岁月中，人类绝大部分时间是在原始社会中度过的。那时的人类生活条件十分艰苦，适应自然界的能力很差，改造自然的水平很低。但是，人类适应自然界与其他动物适应自然界有着根本的不同：人类是使用工具，采用一定的劳

动手段作用于自然界的，并以此从自然界中获得了生活资料。人类的生活和生产中孕育着自然界的知识，科学以萌芽状态存在于技术之中，科学史是从技术史开始的。

原始社会人类使用的主要工具是石器。现已发现，最早的石器出土于东非肯尼亚的库彼弗拉，距今已有 260 万年。我国云南元谋地方出土的石器，距今已有 170 万年。石器的制作有一个从简单到复杂的过程。早期的石器极为简陋、粗糙，没有固定的形式和固定的用途。人类通过长期的实践积累了大量的经验，石器不断得到改进，到了距今大约 50 万年至 40 万年前的北京人时期，石器的打制已有相当的发展，石器基本上有了尖状器、刮削器、砍砸器这样三种类型，采用碰钻法、锤击法、压制法、间接打击法等多种打制的方法。不同的打制方法需要不同的知识，这样，在石器的打制技术中就有了科学的萌芽。到了大约 30 万年到 5 万年前的尼安德人时期，石器的打制就更为精细了，石器的边刃经过仔细的修理，打制的技术更进一步地标准化，这样的过程虽然是在漫长的岁月中缓慢地进行的，但说明了技术在进步，科学在萌芽。

工具发展史上的一大进步是复合工具的出现，最初的复合工具是在石器上安装木质的把柄或骨质的把柄。在石器上安装把柄，等于是扩大了石器的长度，使用起来就更为方便，这里也涉及到技术方面的知识。大约在 1 万多年前，人类发明了弓箭。弓箭的发明和使用，是十分了不起的大事，这里不仅涉及到人类懂得了用多种材料配合起来制造工具的技术，而且还初步认识了像弹力这样的“隐藏的力”。“弓、弦、箭已经是很复杂的工具，发明这些工具需要有长期积累的经验 and 较发达的智

力，因而也要同时熟悉其他许多发明。”^①

2. 火的利用

人类用火的最早遗迹在我国许多地方已被发现。在云南元谋猿人遗址中发现有许多炭屑，这被专家们认为是人类用火的遗迹，距今已有一二百万年的历史。晚一些用火的遗迹，在世界许多地方都有发现。在北京人的遗址中，发现了人类长期地有效地用火的最有力的证据，北京人居住的山洞里，石化了的灰烬和燃渣层居然有几米厚（最厚处达6米）。人类在同火打交道的过程中，发觉火有许多有益于人类的地方。比如，火可以给人带来光明，火可以用来取暖，火可以用来烘干潮湿的洞穴，被火烧烤过的兽肉更加可口等。人类懂得了火的一些特性之后，就想把自然之火保持下来，于是也产生了有关火的维持、火的传引等方面的知识。这样，火就成为了被人类较早利用的一种自然力。当人工取火的方法被人类发明之后，人类改造自然、利用自然的能力得到很大的提高。至于人类什么时候懂得人工取火，这还有待进一步探讨。人类懂得了用火，使火源源不断地保存下来。反过来，火给人类本身也带来了极大的利益。火的利用使人类得到了熟食的好处，熟食增强了人的体质，促进了人的大脑的发达。人类取食的最早来源是采集和狩猎，工具的改进使人们获得了更多的果实和猎物，这是从数量上扩大了取食的来源，而熟食则是从质量上增强了对食物营养的吸收。人类正是在与大自然的相互作用中，不断地认识自然和改造自然，大自然也不断地授惠人类。

3. 思维活动与原始宗教观念

^① 马克思恩格斯选集（第四卷），北京：人民出版社，1972。18页

列宁说过，科学思维的萌芽是同宗教、神话之类的幻想的一种联系。从人类遗址的洞穴壁画上，以及埋葬尸体的殉葬品来看，说明人类在旧石器晚期已经出现灵魂观念这样的思维形态。比如，在洞穴的壁画中，有各种各样的动物，被捕获的动物身上刺有投枪，旁边还有披着鹿皮、带着马尾的巫师。早期人类征服自然的能力极其有限，便有借助于求符咒来祈祷狩猎成功的观念。死人的埋葬也是遵循着一定的仪式进行的，墓葬的殉葬品也分为几种类型。在旧石器晚期，人类还进一步发展了审美观念和原始宗教观念。这些都体现了人类的思维活动在不断增强。

采集和狩猎活动，使人类获得了有关植物性质和动物习性的知识，它成为以后建立的植物学、动物学、医学的根源；工具的制造、使用和改进，使人类获得了有关机械、力学等知识，它成为以后建立的力学、物理学的根源；火的利用使人们掌握了用火法，很快地就有了烹煮法和烧窑法，不久便能制造陶器，从矿石中炼取金属，掌握了有关的化学知识，它发展成为以后建立的化学科学的根源。科学就是这样以萌芽状态存在于技术之中，存在于人类的思维活动之中。

4. 农业、畜牧业的出现

大约在1万年前，人类已经学会在石器上打眼，出现了表面磨得非常光滑的石器，这个时期在历史上被称为新石器时代。此时，有了原始农业和畜牧业。农业和畜牧业的出现大大改变了人类从前那种采集狩猎的生活，使得人类能够从自然界中创造自己的生活所需。继火的利用之后，农业技术的发明是人类历史上最重大的发明，它给人类带来了革命性的变革。

原始的农业和畜牧业是与人类早期的采集和狩猎活动有联系的。可食用的种子植物和可驯服的动物很自然地是人类选育

和饲养的对象。小麦、大麦、水稻、玉米、甘薯以及蔬菜、豆类等农作物，在原始社会都已为人们所种植。土耳其境内的萨约吕，发现了大约1万年前人类种植小麦的遗址，我国浙江余姚也发现了大约6700年前人类种植稻谷的遗址。人类最早饲养的动物是狗，后来又饲养了猫、马、驴、猪、羊、牛、鸽、鸡、蚕等动物。最早的农业一般是随种、随收、随弃，程序也比较简单，用木棒、石锄之类的工具松地或挖坑，播下种子，任其生长。成熟时用蚌镰或石镰割下庄稼，用石磨或石碾进行加工。

原始农业和畜牧业的水平虽然是低下的，但这一步的迈出给人类的进步和科学的产生，带来了难以估量的影响。从技术上看，谷物的种植、收割、加工，需要有播种、锄地、收割、打谷、贮藏、磨研、烘焙和酿制等一整套技术。随之而来的还有许多附属技术，如装谷物的篮筐的制作需要编织技术，等等。农业的需要大大促进了技术的发展。而技术的发展又大大加速了科学的孕育。由于农业和畜牧业的出现，人就可以不必寄生于动物和植物，它标志着人类真正的生产的开始。人类可以自己通过种植和家养取得食用的植物和动物，并且来源比寄生的更可靠，甚至更充足。这样，定居就成为十分自然和必要的了。于是，营造棚舍以取代洞穴，缝制衣服以取代披在身上的兽皮，食、住、衣这些人类生活最基本的内容都发生了很大的变化。人类早期的建筑十分简陋，现今被人们认为最早的建筑遗址是在法国南部。据分析，那是1座以木料为构架，四周用兽皮遮蔽而成的房子。后来出现的用石块或泥砖（未曾烧制过的）构成比较像样的建筑物，大概距今有1万年。我国西安半坡也有新石器时代的建筑遗址。那时衣服的制作也十分简单，大约在新石器时代的早期，人类知道了利用植物纤维来制

成衣服。在北京周口店山顶洞发现的 1 根约 13 000 年前的骨针，是人类用针缝制衣服的最早证据。

5. 人类对自然环境的早期认识

农业和畜牧业的出现使得人类对自然的认识产生了质的飞跃，这里主要指的是对自然界中许多规律的认识。在农业和畜牧业的生产实践中，人类对有关动植物繁殖和生长的规律有了认识，这种认识给人类增添了改造自然的能力。这样，人类就开始了从对生物环境进行现成利用转化为对生物环境进行初步改造，可以说，这是人类为拥有比较充足的经济来源而迈出的重要的一步。农业和畜牧业的发展，与天时的关系也是十分密切的，这就导致人们去认识与天文、气象等有关自然规律。与农业有关的，人们还逐步地掌握了一些土壤知识、机械知识和数学知识。编筐法是织布法的先导，编筐法所构成的种种形式花样，实际上已经是数与形的很好结合，它为以后的算术和几何奠定了基础。制陶技术的发明，涉及到了有关土壤的知识，以及数学的知识和机械知识。新石器后期的制陶技术中，已有较规整的图案和较完整合理的工艺，并出现了运用陶轮的加工机械，制造陶器还增长了人们化学方面的知识。

由于人们在那时关于自然界的认识还十分贫乏，对自然界中出现的许多现象难以理解，因而也产生了种种神秘的想法。从事农业活动总希望作物得到丰收，为了增收植物和繁殖动物，人类很自然地产生了崇拜妇女生育能力的观念；人们看到雨量对农作物的影响，但对降雨这种自然现象又无法控制，于是就采用摹仿式的幻术来求雨，杀牲上供，出现祈雨的种种仪式。举行这些仪式和庆祝丰收典礼时，要选出谷后、谷王和雨师，这就出现了权力。农产品的增多则出现了以物易物的交易，这就不可避免地有了私产。这些因素一经出现，奴隶制代