

科学研究与创新

Kexue Yanjiu yu Chuangxin

■ 戴劲松 王茂森 管红根 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

科学研究与创新

Kexue Yanjiu yu Chuangxin

戴劲松 王茂森 管红根 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书以作为大学通识选择修课教材为目的撰写而成。本书结合当前科学研究和技术创新前沿特点,在总结大量史实和实践经验的基础上,从探讨科学和技术的内涵、特点和相互关系出发、系统阐述了科学探索、技术创新的特点、动力和方法,分析了科学探索和技术创新的关系,讨论了实现科学探索和技术创新的思维方式和精神,以期培养读者的科学思辨能力和技术创新的能力。全书分为7个部分,第1章在讲解本书的目的和要求外,还讨论与科学技术密切相关的几个概念,为引出科学和技术的内涵和特点奠定基础。第2章讨论科学的广义含义和特点,探讨科学思维的培养和科学探索的含义。第3章讨论技术的含义和特点,探讨什么是技术思维和技术创新。第4章讨论科学和技术的关系,讨论它们与知识、智慧、文明之间的关系。第5章讨论科学探索与技术创新的动力。第6章讨论科学探索与技术创新的方法。第7章讲述有关科学探索和技术创新精神的内容。本书可作大学相关课程的教学参考书,也可作对科学研究和创新感兴趣的读者的有益读物。

图书在版编目(CIP)数据

科学研究与创新/戴劲松,王茂森,管红根著. —北京:
国防工业出版社, 2015. 10

ISBN 978 - 7 - 118 - 10384 - 7

I. ①科… II. ①戴… ②王… ③管…

III. ①科学研究②技术革新 IV. ①G3②F062.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 241818 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 10 字数 195 千字

2015 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 29.50 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前言

2010年夏，学校鼓励老师为大一新生开设研讨课题，综合培养学生的能力。在机械工程学院领导的支持下，笔者和王茂森、管红根老师准备结合科研工作的实际，开设一门新生研讨课。经过反复讨论，大家认为作为一线科技工作者，把我们平常谈及的有关科学研究和技术创新的思考与方法归纳成一门课程，给本科生特别是大一新生讲授。于是笔者就按“科学研究与创新”名称上报选修课并拟定了初步教学大纲，由笔者与王茂森、管红根老师共同开设。经过几个月的总结、收集与整理，汇总了数以百万字的各种相关资料，但却没能找到一本适合教学用的参考书，这给撰写教案带来了很大困难。经过多番查阅收集的资料，并与相关老师和同学们商量，最后决定按原来和老师、同学们谈及的相关内容为主线，利用收集的素材整理教案和教学用的PPT。

“科学研究与创新”课程教学内容受到了选修同学们的欢迎，原有的教案已不能满足教学的需要。近两年根据教学的情况适当增减了内容，特别增加了很多实例，以增强教学的效果。2014年，学校将本课程列为通识选修课程，并支持撰写教材。为了适应新的教学需要，我们三位老师决定在原来教案的基础上，汇入近两年新收集的素材，撰写本教材，以便于同学们学习。

该教材结合当前科学研究和技术创新的前沿特点，介绍科学研究和技术创新的特点、方法和动力，分析技术创新与科学探索的关系，讨论实现科学探索和技术创新的思维方式和精神，培养科学的思辨能力和技术创新能力。

全书分为7章：第1章除了讲解本书的目的、要求外，还讨论了与科学技术密切相关的几个概念，为课程学习打下基础。这几个概念分别

是：知识、智慧与文明。它们与科学技术有着密不可分的关系：知识应为科学技术的表现形式；智慧则既可体现为科学技术的成果，也可成为科学技术的源泉；文明则是科学技术的展示。第2章在总结现有的一些资料并对科学概念描述的基础上，讲述了基于本书内容的科学的广义含义，并论述了科学的特点，探讨了科学思维方式和科学探索的相关内容。第3章同样在总结已有的一些材料并对技术概念的相关内容进行描述的基础上，明确了基于本书内容的技术含义，并进一步讨论了技术的特点，探讨技术思维、技术创新和技术能力的相关内容，进一步明确了技术创新与科学探索的不同。第4章讲述与讨论与科学和技术的关系。科学与技术密不可分，从知识的角度看表现为两个不同阶段的特征。有两种倾向对我们正确把握科学与技术关系不利，一种是将科学与技术混为一谈，不分彼此，另一种是将科学与技术截然分开的观点。在此基础上，进一步讨论了科学、技术和人类知识的关系，探讨了科学、技术与智慧、文明的关系，以及它们在支撑个人能力形成中的决定性作用。第5章讲述与讨论了科学探索和技术创新的动力。科学技术无论是对个人还是社会都很重要，科学探索和技术创新直接推动着科学和技术的发展，那么又是什么样的动力推动着科学探索和技术创新呢？仅仅是因为它们重要或是别的？它们的动力是一样的，还是不一样的呢？其实这些问题不仅仅困扰着每个人，而且也是社会乃至人类所要面对的问题。本书从对未来的把握的角度、从社会的角度和个人的角度来探讨科学探索动力的问题；从需求与愿望、需求与科学、创新的验证等几个方面探讨技术创新的动力。第6章从方法的概念入手，从科学的边界、已知世界和未知世界、科学探索的一般过程来探讨科学探索的方法，从技术的制高点、新的需求和目标，以及技术创新的一般过程的角度探讨了技术创新的方法。第7章从精神的内涵入手，探讨科学探索和技术创新的一些主要的精神。有关科学探索精神的讨论和相关的文献也很多，不同的学科，不同的人，站的角度不同，出发点不同，对科学探索精神的具体内容的理解也有着差别，但有几点大家最常谈及，如客观和质疑、勇敢和坚持。同样关于创新精神的论述也很多，而且不同的学科、不同的人站在不同的立场上也有不同的理解，本书也只探讨创新与务实的精神、严谨与协作的精神。

IV

本书适合于想了解与从事科学探索和技术创新工作的本科生学习与
相关教师教学使用。

戴劲松

南京理工大学

二〇一四年十二月二十日

目录

第 1 章 与科学技术密切相关的几个概念	1
1.1 知识	1
1.2 智慧	4
1.3 文明	6
第 2 章 科学	8
2.1 科学的广义含义	8
2.2 科学的特点	11
2.2.1 客观性	11
2.2.2 验证性	13
2.2.3 传承性	15
2.2.4 有限性	17
2.3 科学的思维	18
2.4 科学探索	20
第 3 章 技术	23
3.1 技术的含义	23
3.2 技术的特点	25
3.2.1 目的性	25
3.2.2 系统性	27
3.2.3 重复性	30
3.2.4 传授性	32
3.2.5 社会性	35
3.3 技术思维	37

3.4 技术创新	39
3.5 技术能力	40
第4章 科学、技术及其他知识	43
4.1 科学与技术的关系	43
4.1.1 从知识的结构上看科学与技术的关系	43
4.1.2 科学探索与技术创新的相互作用	47
4.2 科学技术与其他知识能力的关系	49
4.2.1 个人知识与科学技术的关系	50
4.2.2 个人能力与科学技术的关系	52
4.2.3 人类的知识与科学技术的关系	56
4.2.4 社会技术能力与科学技术的关系	60
4.3 科学技术与智慧	66
4.4 人类的文明与科学探索和技术创新	74
第5章 科学探索与技术创新的动力	85
5.1 科学探索的动力	85
5.1.1 对未来的把握	85
5.1.2 从社会的角度看科学探索的动力	91
5.1.3 从个人的角度看科学探索的动力	94
5.2 技术创新的动力	99
5.2.1 需求与愿望	99
5.2.2 需求与科学	103
5.2.3 创新的验证	106
5.3 探索与创新动力的进一步讨论	109
第6章 探索与创新的方法	112
6.1 科学探索的方法	112
6.1.1 科学的边界	112
6.1.2 已知的世界和未知的世界	115
6.1.3 科学探索的一般过程	116
6.2 技术创新的方法	117
6.2.1 技术的制高点	118

6.2.2 新的需求和目标	121
6.2.3 技术创新的一般过程	124
6.3 三个边界与能力培养	125
第7章 探索与创新的精神	128
7.1 精神的含义及特点	128
7.2 科学探索的精神	131
7.2.1 客观和质疑的精神	131
7.2.2 勇敢和坚持的精神	135
7.3 技术创新的精神	138
7.3.1 创新和务实的精神	138
7.3.2 严谨和协作的精神	142
后记	144
参考文献	145

第 1 章

与科学技术密切相关的几个概念

为了更好了解本书后续关于科学与技术的相关内容，应先了解与科学技术密切相关的几个概念。即：知识、智慧与文明。它们与科学技术有着密不可分的关系：知识应为科学技术的表现形式；智慧则既可体现为科学技术的成果，也可成为科学技术的源泉；文明则是科学技术的展示。

1.1 知 识

“知识”是人们在生活学习中常用的名词，但不同的学科对知识的概念有着不同的解释。现代网络技术应用十分普及，只要搜索就可得到不同的解释。

如维基百科对知识是这样解释的：“知识是对于某个主题确信的认知，并且这些认识拥有潜在能力为特定目的而使用。意指透过经验或联想而能够熟悉进而了解某件事情；这种事实或状态就称为知识。”

而百度百科上对知识的解释为：“知识，是指人类在实践中认识客观世界（包括人类自身）的成果。它可能包括事实、信息、描述或在教育和实践中获得的技能。它可能是关于理论的，也可能是关于实践的。”

传统关于知识的定义认为知识具有三个特征，即被证实的、真的和被相信的。也有人认为知识非常难以精确定义。所以时至今日，关于知识的定义仍然存在不少争论。这些争论对个人的认知观乃至对科学技术

的理解都会产生重大的影响。为了本课程的教学，以便更好理解科学和技术的概念，本章从课程的意义上去明确知识的概念，进一步研究其特点。

人们常说“知识就是力量”。一个人从懂事开始便学习知识，常说“活到老，学到老”。再来详细观察一下我们所在的世界，除了自然界和我们人类以外，周围还充满各式各样的劳动产物，如房子、车子等，其中不乏标志或记忆人类意识的产品，如书籍、音像产品，甚至于道路的指示牌、户外的广告等。而互联网的飞速发展，使人类在表达意识、记忆意识，并以此为工具和媒介扩散并传播个人的意识等方面有了巨大的飞跃。即使现在，意识仍然只是潜行于我们的体内。若不以语言、文字、符号乃至动作表现出来，我们谁也不能明白别人的想法。这些都为明确知识的概念提供了线索。

因此知识一定是可表现出来的，是可以学习的，是可以传播和流传的。照此理推，知识可以理解如下：

知识是将人的所感所知等意识，以语言、文字、图形、符号、音像等客观存在的交流媒介来保存，并让掌握同样交流方法的他人准确了解。

知识的核心在于两点，首先知识是个人意识在客观媒介上的记录与表述，这样知识的流传主要依托于这些媒体的流传与传播，而不取决于形成知识的个体；第二是掌握同样交流方法的他人准确了解，这样才能学习与掌握知识，而对于知识来讲，表述的语言、文字、约定的图形、符号等也是构成知识的核心之一，知识的传承也在于其表述语言、文字、约定的图形、符号等方面的学习与掌握。

从某种意义上看，生命体遗传信息就有类似于知识的地方。生命体的每个单体或每个细胞都刻画着来自上辈传自远古，表征自体生长、繁衍，适应环境的遗传信息，在繁衍的过程中，可能经过适度的重新组合而遗传给下一代。下一代从显现的瞬间开始，伴随整个生命的旅程都有序解读并按此作为，再经繁衍，周而复始。只是我们人类的双眼还不能完全读懂这本由遗传密码所书写的“书”，但在生命的繁衍和成长的过程中，自会读懂并应用。每本“生命之书”都包含生命源于远古的信息，每一个物种都拥有一本独一无二的“生命之书”，也许其中就包含

某种在整个生命发展历程中解开某种危机的“钥匙”。所以保护环境、保存生命的多样性，就是保护人类自己，是生命演化的使然。这是“生命的知识”，或许也是“宇宙的知识”。

知识是人类可以传承，并赖以发展的重要财富，是人类劳动的重要结晶。保护与传承知识是人类社会的核心职责之一，任何毁灭知识的行为，都可能对人类的发展与延续造成危机，都是对人类劳动的极大浪费。

任何一种知识都可以追根溯源，其原创为某个具体意识活动的记录或表述，一个正常的社会对知识的原创都会保持尊重，但在知识的应用和传承上总会小心翼翼。任何个体，只要勇于正视自己的意识活动，严肃地记录下来，并能让他人准确了解与掌握，都可形成新的知识。知识很像每个意识活动所绽放的美丽花朵，是在当时的自然、历史和社会环境中孕育的，每一朵花朵同时也是当时人类劳动的精华凝聚。从某种意义上说，知识是人类永续传承的财富。

知识是当时历史条件下个体意识的记录与表述，可以体现个体意识在当时历史条件下的各种可能性，在当时历史条件下可能是对的，也可能是错的；也可能在当时看起来正确，但后来证明是错的；也可能在当时被人误解，认为是错的，但在以后的某种条件下却证明是正确的。知识正误的判定始终是困扰人类社会的难题，历史上的很多事件证明，简单粗暴地判定知识的正误、盲目销毁自以为的“异端学说”，可能是人类文明的灾难。因此，知识传承最好的办法是尽可能完整准确地将当时条件下产生的和承接前人的所有知识传承下去。主观的愿望是力图将正确的知识传承下去，但不能失去任何一个成为正确知识，或未来成为正确知识的提示或引导。

知识的传承力求完整准确，但知识的应用却需格外谨慎。正确的知识可以促进个人的发展与社会进步，不正确的知识应用却会带来相反的结果。正确的知识是知识的核心。什么是正确的知识？这就是本书后面要细述的科学与技术。知识总是与智慧紧密联系在一起，但知识与智慧有什么关联，又有什么区别，对我们进一步了解科学与技术也是至关重要的。

1.2 智慧

如同知识的概念一样，智慧虽是人们常说的词，但不同的学说，甚至不同的人对其都有不同的解释、不同的理解。维基百科和百度都给出了智慧的“狭义”定义，即智慧是高等生物所具有的基于其神经器官的高级综合能力。智慧可以让人深刻理解所处的自然、社会和历史现实，思考现在、过去和未来。

梵语中的“般若”其寓意也与智慧相似，通常也可理解为佛家中的大智慧，但多是对其概念的实质用实例意为引申，而不作准确细述。

上面所说的智慧，又与我们日常所说的智慧有所不同。如前面所说，如果意识潜行于个体的体内，若非通过言语、知识等意识的外显，我们将很难了解别人的想法，也更谈不上沟通。同样如果仅将智慧限于一种意识活动的能力，那么它与意识本身又有何差别，我们又如何判定智慧还是不智慧。而我们在日常生活中看其个人、某件事做得是否智慧时，并不是看当事人或主事者是否具有这样的能力，而是通过这个人以往做事的表现或事件的结果来判定。因此，在日常生活中，对智慧的认识具有很高的共识，智慧并非是高深莫测的一种抽象概念。在本书中，我们据此来明确智慧的概念。

可以从以下三个方面来理解智慧。

第一方面，智慧通过完成的事件展示出意识个体或群体的能力；第二方面，智慧展示出意识个体或群体与其所在自然、社会相互作用的程度；第三方面，智慧展示出意识个体或群体科学认知的范围和技术所达到的高度。

没有虚无的智慧，也没有不可实证的智慧。智慧一定是通过某个事件的结果表现出来的，这个结果可以是一次战争的胜利、一次活动的举办完成、一架飞机的制造成功、一次探险的归来，也可以是一件精美器物的完成、一件上古文物的发现，等等。凡是智慧，一定是通过某个事件的结果展示出来的，只要愿意了解的人，都可以通过不同的方式接触到。事件的结果在当时自然与社会中的种种留存和痕迹，从不同的方面可以印证事件发生的真实性，同时也可以从不同角度理解与判定其智慧。

常说“不以成败论英雄”，同样智慧也不完全体现在成功的事件中，在失败事件的经验中，同样也可闪现出智慧的光芒。但从人类发展的过程中，同一目的事件，在成功之前往往会经历大量的失败，失败的经历常常难为人所知，也难考究，只有当事者更清楚其中甘苦。从另一方面讲，事件在成功之前，也难被社会认同和关注。这使得人们自然地从事成功者的身后去理解判定智慧。

对个人来讲，证明自己的智慧的最好方法，就是踏踏实实地做成自己应做的一件件事，通过每一个成功的小事情去证实自己的智慧。对学生来讲，在每次考试的优秀，学习好的同时，保持身体健康，同时还培养高尚的道德情操，都可体现出自己的智慧。

我们佩服有智慧的人，把他们作为榜样，努力学习他们。那么我们究竟学习智慧的哪些方面？智慧是不是能重复或复现在自己身上呢？智慧与科学技术又能有什么关系呢？我们了解智慧首先是从事件上面体现出的当事者的能力，这个能力是多方面的，既可是思辨的能力，也可是动手的能力，既可是组织协调能力，也可以是执行完成的能力，等等。但这些能力中最关键的是体现出的事件成功过程中的新的能力。我们不妨把能力分为两大类。一类是以天性为基础的自然本能，另一类是通过长期学习与练习培养的能力，也就是后面章节中要讲的技术能力。自然的本能更多的是理解，而技术能力才是我们能学习掌握的，我们将在后面的章节中进一步讨论。

理解智慧的第二方面是要从事件发生时当事人与其时的自然、社会等客观存在的相互作用关系入手。由于人类对自然、社会等客观存在的认识总是有限的，不同时期的客观存在有其时代的特殊性。在很多的成功事件发生时，都会有当事者事前没有预计到的因素发生，影响甚至主导事件的发生、发展及结果。这些偶然性的因素却是后人研究事件最迷人的地方。看似偶然性的因素往往是人类在当时条件下尚未认识到的客观规律，可以成为其后科学技术之源。同时也是偶然性因素的存在及其在事件成功过程中可能发生的巨大影响作用，使得很多成功的事件只会在当时的条件下发生。我们去理解智慧，不能只希望奇迹的再次发生，而是应深入了解奇迹发生的原因，找到我们未解之处，以期成为科学技术的新发源点。

理解智慧的第三个方面是了解事件当时科学认知的范围和技术达到的高度，学习其中所包含的科学技术知识。只要明确为科学技术，则是我们能学习、掌握并可应用的，这是智慧绽放出最灿烂光芒的地方。人类小心翼翼保存自己的遗迹，保护每一件珍贵的文物，很重要的一个原因是在这每处遗迹、每一文物的细节之处，都体现着当时的科学与技术，是人类实现知识传承的重要工具和实证。如前面所说，知识的正误之别始终是困扰人类的重大难题，验证正确的就是我们所说的科学技术。而受个人的精力和经历的限制，受时代及所处环境的制约，我们来说不可能验证所有接触到的知识，任何已被验证为科学与技术的知识，对于我们来说都弥足珍贵。因此任何可以实证知识为科学技术的凭据都是可贵的。

1.3 文 明

与科学技术相关的概念还有很多很多，不可能也没有必要去罗列，但对于文明这一概念还是有必要进行说明的。文明是个人和社会所掌握的知识和拥有的能力在其所存在的客观环境中的所有体现，是人的物质与精神的总和。

可以从两个层面理解文明。

第一个层面是从个人的角度来看。文明可以看成是所拥有的知识和能力在其所在的自然与社会环境中的表现、影响与作用。知识主要是通过学习获得的，而其中真正能起作用的是科学与技术，而能形成能力的是技术。从生命的个体来讲，其本能的差别并不大，是知识和技能的差别使个体间产生了巨大的差异，形成不同分工，在社会上扮演不同的角色，协作劳动，创造财富，使个体在现实的环境中存在、发展和传承。如果说知识给人以想象的能力，那么科学就赋予个体正确认知的能力，而技术则赋予个体劳动的能力。想象停留在个体的意识中，最多能以知识的形式表现在相应的媒介上，需要注意的是，即便是要把想象表现为知识，也需要相应的技术能力作为支撑。正确的认知能力，可以使我们了解事物的本质，预料可能面临的危险，构筑新的技术，指引新的发展方向。技术则可以使我们掌握实际的劳动能力，通过劳动去实现自己的

目标。因此，科学与技术个体文明的展现中起着核心支撑的作用。这里说的科学技术是广义的，其定义与特点在后面的章节中再细讲。

第二个层面是从社会的角度来看。需要注意的是，社会本身就是由个体构成并高于个体的一种客观存在，它有它自身的运行规律和特点，对社会的认识与了解也是个体生活在社会中的一个重要方面，其难度也远远大于对自身的了解。前面已经讲了，个人依据自己掌握的知识和拥有的能力承担社会分工，扮演合适的角色。自然可以想到，除社会存在的客观自然环境及组成的人外，还有大量人类劳动的产物。这些产物中除了满足所有成员日常生活所需之外，也还有大量知识的产物。在社会中的知识除了每个个体所学习掌握的知识外，大量的知识是以媒介的形式保存在生活的不同地方，并且还建立有承担知识传承职能的专门教育体系。在自然环境相似、组成个体总量及年龄分布相当的前提下，社会文明的差别将体现在社会所拥有的知识和能力的差别上，而知识和能力支撑的核心同样是科学与技术。技术标志着一个社会文明的能力，而科学标志着一个文明的正确认知，预测未来危险的能力。同样知识也可表示一个社会的想象能力。任何想象必有现实的投影，是社会从已知现实到未知世界的假设和揣度。至少存在的问题没有得到实际的解决之前，想象可以提供心理的慰藉和对未来探索的某种参考。一个能达到社会共识的想象可以凝聚社会的力量，其本身就会影响社会的运作和发展。如果这种想象能被证实为科学，就可以构筑新的技术体系，而社会可以获得新的能力，从而推动社会文明的发展，反之则可能造成相反的结果。科学探索和技术创新是推动文明发展的核心力量，同样社会文明也必然是当时科学与技术成果展示。

生命个体的寿命都是有限的，生命通过遗传信息代代相传来实现物种的延续和对环境的适应。而文明则是通过知识的传承来实现文明的延续，其核心为科学与技术的传承。

“科学”是人们常谈及的名词，与前面提到的知识、智慧等概念一样，人们反而不太细究概念的准确含义。每个人的立场不同，对概念的理解不尽相同，容易产生歧义。为此，为了保持本书思路的清晰，对包括科学、技术等概念都给出了本书的理解，而不是企图去规范概念。

2.1 科学的广义含义

每个人的学科研究领域不同，看事物的角度不同对科学概念的理解也不尽相同。所以要从更广的范围上去理解科学的含义，如此才能更好地把握科学的特点，为进一步明确技术的概念和特点奠定基础。

我们先看看关于科学的一般定义。维基百科关于科学的词条解释为：“科学包含自然、社会等领域，如物理学、生物学和社会学。它涵盖三个方面含义：①观察：致力于揭示自然真相，而对自然做理由充分的观察或研究（包括思想实验），通常指可通过必要的方法进行的，或通过科学方法——一套用以评价经验、知识的程序——进行的。②假设：通过这样的过程假定组织体系知识的系统性。③验证：借此验证研究目标的信度与效度。科学知识指覆盖一般真理或普遍规律的运作的知识或知识体系，尤其指通过科学方法获得或验证过的。科学知识极度依赖逻辑推理。”

中国很早就有“科学”一词，但从唐朝到近代是“科举之学”的