

当代科学哲学与理工科大学生科学思维培养

张礼建,徐小钦

(重庆大学 贸易及法律学院,重庆 400044)

摘要:针对我国理工科大学生的科学思维培养现状,结合当代科学哲学对科学思维结构培养有积极意义的部分,包括逻辑思维、形象思维、直觉思维,探讨其与理工科大学生科学思维培养的互补关系。

关键词:科学哲学;理工科大学生;思维培养

中图分类号:B804 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-5831(2000)04-0133-04

Contemporary Science Philosophy and Training the Science Thinking of Undergrates in College of Science and Engineering

ZHANG Li-jian, XU Xiao-qin

(College of Trade and Law, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract:In view of the actuality of training the science thinking of undergraduates in college of science and engineering, combined with the positive part of contemporary science philosophy for training the science thinking structure of undergraduates, this paper explores the mutual relation between science philosophy and training science thinking.

Keywords:science philosophy; engineering undergraduate; thinking training

一、科学思维结构剖析

恩格斯在《自然辩证法》中指出:“自然科学从经验领域走进了理论领域,经验的方法就不中用了,只能求助于理论思维”。科学思维包括三种基本类型:即逻辑思维(抽象思维)、形象思维、直觉思维。这三种思维的不同组合构成其具体的科学思维方式。理工科大学生在学习过程中形成的这三方面比例不同,因而呈现出理工科大学生的科学思维形式多种多样。三者的具体融合呈现出具体的科学方法,引导研究主体去有效地进行科学研究。

逻辑思维是在感性材料认识的基础上,运用概念、判断、推理等形式对客观世界间接、概括的反映过程,是科学思维中最普遍、最基本的类型。从推理过程看,逻辑思维“好像是思维过程里的线型的处理”^[1](P86)。形象思维是在形象反映客体的具体形状或姿态的感性认识基础上,通过意象、联想和想象来揭示对象的本质及其规律的思维形式。从推理过程看,“不是线型处理而是多途径处理,形象思维是综合处理”。^[1](P87)直觉思维是在不受某种固定逻辑规则约束而直接领悟事物本质的一种思维形式,意思是突然发现。三种思维形式在具体科学思维的形成中交互作用、互相影响。理工科大学生是在学习过程中,对现有知识结构及知识体系在其

头脑中的反映基础上,逐渐形成形式多样的具体科学思维,他们是科学知识的物质载体。同时大学生把通过学习获得的各种知识,在学习和消化的同时,通过大脑按照一定联结方式和结构形成了自己的思维方式。也就是在学习过程中,应当解决“学什么”和“怎样学”这两个问题。一般理工科大学生常常重视“学什么”而忽视“怎样学”。因而学习效率出现“事倍功半”或“事半功倍”的差别现象,这关键还是在于没有科学地解决好“怎样学”的问题。

当然,要解决好‘怎样学’,理工科大学生首先针对的是如何理解面对的科学知识体系。因而在探究理工科大学生科学思维结构的形成及现状时,首先要认识科学知识体系。

科学知识体系是许多彼此相互独立的定理、定律(即‘知识纤维’)构成,而定理、定律又是由一定数量的知识单元组合而成。因此,知识单元凝聚起来的知识结构是知识体系的硬件,即“知识硬结构”,处于相对稳定状态。在它之外是“知识幔层”,在最外边是“知识大气圈”,充满着概念、判断、推理、猜测、灵感、直觉等智慧的波动和火花(图1)。

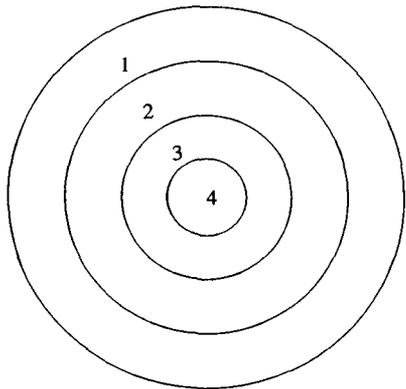
在社会实践的推动下,大脑以强度不同的智力场扰动着知识的大气圈,从而铸造着新的科学概念,然后再凝聚成知识纤维进入知识幔层。从历史的发展角度看,在一定历史时

收稿日期:2000-09-20

基金项目:重庆市“九五”社科青年基金资助项目

作者简介:张礼建(1963-),男,四川达川人,重庆大学贸易及法律学院副教授,硕士,主要从事科学技术与社会发展科学思维研究。

期总有其特定的自然观,作为哲学的精神,知识硬结构影响和支配着一代人的智力,这种知识是人类一切知识的精华,因此处于知识体系的核心地位。自然观与“大气圈”里的科学概念有很大区别。前者是“抽象的具体”,后者是“抽象的一般”。自然观所包含的信息量要比一般的科学概念要多得多。因此在自然观上有建树的人,往往是一些大科学家和哲学家。从壳层结构的中心到外层,核心有极强的理论性,远离中心,理论性逐渐减弱,实践性逐渐加强。因此,基础理论分布在硬核的内层,技术科学知识和应用科学分布在硬核的外层。



1. 知识大气圈 2. 知识幔层
3. 知识硬结构 4. 自然观

图1 知识体系结构
知识壳层模型示意图

科学思维方式是在处理和接受知识的过程中逐渐形成。一般而言,自然观对科学思维方式的有直接影响,而形成的思维方式又对处理其接受的知识有着建构的影响。以不同思维方式去看待和处理接受的知识,便会在接受者的头脑中形成不同的知识成份,影响和补充着接受者的自然观。因而,科学思维的培养对于一个学习者而言至关重要。

二、理工科大学生科学思维及现状分析

理工科大学生科学思维形成原因、条件都受以上知识体系结构的影响。一般而言,大学生在思维转化过程中有其阶段性特征,可概括为摄取、排除、改造、适应、联想、储备、理解和运用等八个环节。

目前,理工科大学生的知识一般是一种被动接受,即为“摄取”阶段,外在表现为读书、阅读、学习、观察、考查、调查、请教、探讨、交谈、寻找等意义上的研究,无论接受书本知识还是实验验证都是依据书本逻辑结构的安排对知识进行量的积累。在此阶段,逻辑思维的特征明显。抽样调查分析表明,理工科大学生受数学的思维方法影响最大,如受欧几里德影响的公理方法、数学上的反证方法及数学模型方法等(在计算机学科开设后尤为突出)。其次,物理学上的理想实验方法对其影响也很大,特别是牛顿的经典力学所采用的方法。此阶段理工科大学生的主要学习思考方法为收敛式思

维方式,即在解决问题过程中,思维尽可能利用已有的知识和经验,把众多信息逐步引导到条理化的逻辑系列中去,从所接受的信息中产生逻辑结论。这种呈集中型或直线型的思维称为收敛式思维,其好处是可有效积累书本知识。由于它是在书籍前提下从一些事实中引出唯一或可接受的最好的结果,所以也称为“求同思维”或“封闭思维”。

在“排除”阶段,表现为对知识的批判和扬弃,也包括放弃、抛弃、否定、推翻、摈弃和排除性质的怀疑改正等。此阶段对理工科大学生的思维培养尤为重要。据抽样调查,情况不容乐观。对现有知识特别是书本知识持批判态度的学生,或者说有怀疑精神的学生占少数,仅为统计人数的5%左右,这就难以正常消化知识及开发创造性和发散性思维。另一个问题是在逻辑思维上对“判决性实验”的逻辑结构还不能完整表述,存在模糊的理解和认识。例如,在抽样调查中有这样一个问题:“一个科学假说(H)所演绎出的可被直接检验的结论(C),若与观测事实不符,即(非C,或-C),那么,整体上可说这个假说已被证伪,即(非H,或-H)。”问此情形在科学中是通例吗?为什么?回答此问题时,有80%的学生认为不对,但约90%以上的学生不能正确回答为什么。这说明理工科大学生对待知识成果和实验时采取要么接受、要么否定的态度,而较少去探究科学假说成果的形成过程和逻辑验证过程。

在“改造”阶段,表现为人的大脑对事物的表象或概念进行加工,也称分析。包括对事物或知识的辨别,对物质的提炼和合成之类的过程。这个阶段创造性因素是重要,但理工类学生尤其薄弱。导致此状况有多种原因,但思维方式的影响是其重要因素之一。

在“适应”阶段,即指改变主观以符合客观,也称顺应。包括修改、遵循、变换、改进、纠正、修等环节。

在“联想”阶段,也称设想。包括联系、假设、假说等概念。从抽样调查分析中看,理工科大学生尤其缺乏在类比中建立联想,形成不同学科之间的异中有同和同中有异的理解。

在“储备”阶段,包括搜集、积累、采集和收集环节。

在“理解”阶段,包括设计、计算、概括、融合、验算、说明、整理、理解性质的总和和思考。它是新旧概念的结合,将自己原有的知识和方法结合起来,并转化为自己知识的一种思维活动,即内化过程的一种思维活动。

在“运用”阶段,是把主观知识变为对客观事物或语言文字的表达,是内化过程中的一种思维活动。“理解”与“运用”是对立的统一,因为只有深刻理解之后才能正确运用,相反,也只有在不断运用中才能加深理解。而机械、被动的理解很难有创造性运用。此缺陷在理工科大学生中表现尤为突出。因而导致理工科大学生思维缺乏创造性,其思维只能在原有的知识结构内打圈,难以有新的发明创造。这实际上就是如何对待科学传统与科学变革的问题,正确处理好二者的辩证关系对理工科大学生形成科学思维有重要意义。在这方面,科学哲学家美国的托马斯·库恩在其《必要的张力:科学形成

的传统和变革》中认为,应该在二者之间保持一种“必要的张力”。这对改革科学教育和培养人才都很有意义。

如果再考察理工科大学生的逻辑思维训练过程,不难发现数学及物理方法对理工科大学生的思维方式起主导作用,而成系统的逻辑思维训练很欠缺。例如:请写出在科学研究中常用的逻辑方法结构(备注中还有“你认为在科学发现中‘A蕴含B;B真;推出A?’”),大多数学生不能理解此含义及判断此式正误情况的理由。在这方面,理工科大学生的逻辑思维能力是在散乱和自发形成的情况下左右其思维结构。在物理学中还原主义的思维方式在他们中仍有一定支持率,即把事物的变化归结为事物内部的最基本“原素”,科学的研究就是层层还原,当然“以分析为主的还原主义方法在近代自然科学四百多年的长期发展中起了重要作用。”^[2](P149)但这种方法一方面使研究越来越深入;另一方面也容易只见树木,不见森林。特别是离开了辩证的综合时,就无法重现事物有机联系的本质。“现代科学思维方式的主导方式已由机械还原转变为系统分析。”^[2](P148)所以针对在理工科大学生中存在的还原主义方法,应加强系统方法的训练教育,以适应现代科学技术发展的实际情况需要。

从“科学知识壳层结构”来建构理工科大学生的科学思维结构是一个途径。目前理工科大学生思维中关于如何把学到的零散性知识放到何种“自然观”下统摄起来尤其模糊。系统理论及其方法、耗散结构理论、协同学等横断学科的思维方式尚未占据应有地位。如问卷中有:“整体大于各孤立部分之和”,要求回答其在科学理论中的内在理由。竟有75%的回答不明确。从理工科大学生学习知识的方式看,如何把他们学到的概念、定律、公理等在“知识大气圈”中的零散知识放在适合现代自然科学发展现状、水平的自然观下加以整合,使学生在学到的知识中形成一种整体、内在联系,进而产生类比、联想,为突现创造性的思维火花打下基础。

现代科学的发展给思维方式带来许多新特点,最显著的特点:首先是在现代科学思维方式中,主导理论由经典力学转变为系统科学,主导方式由机械还原转变为系统分析;其次是现代科学思维方式的逻辑本质由严格决定性转变为概率统计性;第三是科学思维方式的向度由一维转变成多元互补。系统性、概率性、多元互补特点对于理工科大学生的科学思维构建方向有重大作用。但从目前角度看,理工类大学生的思维方式与现代科学发展的实际要求相距甚远。

综合来看,理工科大学生思维方式的实际情况可概括为以下几方面:(1)在整体形式上呈现是以收敛式的思维方式为主。以接受知识、继承前人的理论为主,表现为基础知识较扎实,积累性学习是这种思维导致的结果。不足之处是缺少创造性思维的火花,在提出新理论、构造科学假说上缺乏创新。(2)以“一般→特殊”为主的单纯式或机械式的演绎思维方式较为突出,而缺乏类比式、联想式的创造性较强的演绎方式。这明显阻碍了创造性思维的发挥,也不适应现代科学技术的发展状况。(3)缺乏以系统论为指导的系统分析方

法,因而在思维形式上往往表现为:在分析科学问题时,单纯采取加和性方法来理解部分与整体之间的过渡方式。

三、当代西方科学哲学的科学思维思想

当代科学哲学泛指马克思主义产生以后流行于各国的关于“科学的哲学”。科学哲学(Philosophy of science)广义指以科学为对象的哲学学科。从思想史上讲,科学哲学是随着作为哲学运动的实证主义而兴起,它以反形而上学作为这个运动的主要诉求,并依赖于实证主义的兴起而兴起。在对有关科学的诸方面作哲学分析或对“科学的哲学反思”^[3](P1)。从狭义上讲,是专指当代西方科学哲学中的某些流派,如逻辑实证主义等。此课题以科学哲学是研究科学性质、结构和科学发展动力、规律的哲学科学为前提。

现代西方科学哲学从孔德实证主义哲学开始,这是其诞生阶段。从19世纪末20世纪初以物理学革命为起点,自然科学发生了革命性变革,于是,从马赫、杜恒和彭加勒等开始了现代西方科学哲学的迅速发展。到本世纪20年代逻辑实证主义、维也纳学派的建立,达到了全盛时期。此阶段科学哲学发展的主要标志:在自然科学内容上,以最新的物理学为主;在认识论上,主张感觉、经验是第一性的,宣称要在哲学和科学领域清除形而上学。例如英国的科学哲学家波普尔在《科学发现的逻辑》中就坚持这种观点。“在方法论上,把从伽利略以来的数学演绎和观察实验相结合的方法加工得更加细致,更加符合自然科学的认识过程,他们抓住科学知识发展的两端,一是逻辑,一是经验,也正好体现了自然科学的数学传统和实验传统;在逻辑学上,系统地应用了数理逻辑作为它的一个主要工具。”^[3](P24)演变阶段:从第二次世界大战前后,现代科学技术正在经历一场伟大的革命,其特点是,科学技术渗透于社会生活的各个方面,并且成为推动社会前进的一个强大动力。科学发展问题提到科学哲学的首要地位。20世纪50年代波普尔的证伪主义,60年代库恩的历史主义,随后拉卡托斯的“科学研究纲领方法论”和费耶阿本德的多元主义及现在的亨普尔、劳丹、夏皮尔等人的科学发展理论,这些理论通过分析批判,值得我国理工科大学生在形成科学思维方式上加以借鉴。

下面从当代科学哲学对理工科大学生科学思维培养的有关方面,并结合科学哲学的有关内容进行探讨。

(一)逻辑思维方面

第一,理工科大学生对波普尔的证伪原则要进行辩证分析吸收。其观点:科学理论虽然不能被经验证实,却能被经验证伪,其逻辑依据是全称陈述与单称陈述之间的逻辑关系的不对称性,利用演绎法来证伪一个命题,即: $((T \rightarrow P) \wedge P) \rightarrow \neg T$ 。这种方法对理工科大学生思维中结合实验证实与逻辑证伪考虑有借鉴意义。因为只注重实验结果而不注重逻辑推理则难以形成创造性思维方式。

逻辑实证主义把概率引入归纳过程,发展为概率推理,其中之一为赖欣巴赫等采用的“频率概率”概念,即结论的概率取决于试验次数,从而概率陈述取决于经验,结论具有综

合性质。另一为卡尔纳普等采用的“确证度”概念,他制定了和演绎函项一样是分析的“归纳函项” $C(e, h)$,它表示:证据 e 以概率 C 确证假说 h , C 也表示确证度 (r) 。这样从 e 到 h 的归纳推理就成为分析 e 和 h 这两个命题间的逻辑关系,而同 e 和 h 本身的真值无关。

这种把归纳推理精确化的思维方式值得理工科大学生借鉴。因为在一般理工科大学生思维中的归纳是与形式逻辑归纳相联系的,并且在增加确证度方面,除“穆勒五法”以外,不知道有其它增加归纳精确度的方法。

第二,卡尔纳普认为“归纳逻辑和演绎逻辑之间虽然存在重要区别,但也有深刻的类似之处”^[4](P232),这对沟通归纳和演绎的逻辑思维方法有启迪作用。这实际上是唯理论与经验论的研究方法在科学思维上的展现。

第三,美国数学家波利亚提出的合情推理,为科学猜想和假说的选择及评价提供了逻辑根据的推理,这也是值得理工科大学生辩证分析加以借鉴的重要内容。

波利亚提出:

A 蕴含 B	A 蕴含 B
B 假	B 真
<hr/>	
A 假	A(?), 不能断定真、假

他提出的合情推理主要是关心 B 真时的情况,无疑这是 A 为真变得更加可靠,更有希望。即:

A 蕴含 B	
B 真	
<hr/>	

A 更可靠

另外一些合情推理的模式,如:

A 与 B 不相容	A 与 B 不相容
B 假	B 较不可靠
<hr/>	
A 更可靠	A 稍不可靠

这些都为理工科大学生进行实验研究以及形成科学思维方式有积极意义,关键是如何把这些观念和思想在有关课程中介绍给学生。我们建议,在理工类学生中开设“科学史”或“科学方法”等选修课以增加这方面素质的培养。

第四,在科学方法上,库恩认为科学方法并不是独立于科学之外的某种先验的东西,它依赖于范式(Paradigm),由它所规定。还有,历史主义学派的观点与波普尔的一元主义方法论,只要正确引导理工科大学生辩证看待,对其科学思维的培养有借鉴意义。

(二)形象、直觉思维方面

形象思维是在形象反映客体具体形状或姿态的感性认识基础上,通过意象、联想和想象来揭示对象及其规律的思

维形式。其中,想象和联想在形象思维中显得很重要,爱因斯坦曾深刻指出:“想象力比知识更重要,因为知识是有限的,而想象力概括着世界上的一切,推动着进步,并且是知识进化的源泉。严格地说,想象力是科学研究中的实在因素。”^[5](P284)培养富有浪漫主义精神的想象力是理工类大学生提高科学思维能力不可缺少的重要一环。

形象思维在科学技术发展中的方法论意义主要表现为以下三方面:(1)可以直观形象地揭示对象的本质和规律。形象思维突出了形象,充分发挥右脑半球运用意象进行思维加工的功能,左右脑并用,使人们能够似乎“看到”那隐藏在事物深层的本质和规律。(2)由于形象思维能在思维过程中,将意象“随意地”再生和组合,因而能突破现实局限,抓住主要矛盾,对研究对象进行极度纯化和简化,以揭示对象的本质和规律。(3)形象思维在技术领域有更突出的意义。因为正是关于对象的意象创造构成了创造任何人工自然物的先决条件。

波普尔的“科学假说”也表达了运用直觉思维、形象思维手段来提出新理论和假说的问题,因而,虽然在科学哲学中大量提是逻辑思维的运用和研究,但在创造性的提出理论上都不约而同地认同了直觉思维、形象思维的革命性作用。值得理工科大学生借鉴。

综上所述,当代西方科学哲学提出和重视的思维方法方面与我国理工科大学生现阶段的思维形式存在一种互补关系,“他山之石,可以攻玉”,有必要在这方面对我国理工科大学生的科学思维进行建设性培养,同时也需要对我国现阶段的课程设置进行必要调整,建议开设逻辑学课程(含形式逻辑、辩证法逻辑、数理逻辑);特别是在理工科大学生中开设创造学、思维心理学及西方科学哲学中经过实践检验和当代科学发展证明是较有效的有关部分;挖掘现当代西方科学史中的有益成分为我所用,在理工科大学研究机构中开展对西方科学发展史的整理和研究工作;紧跟科学发展水平和现状,加强研究和宣传工作。我国的理工科大学生是科学研究的后备生力军,他们的思维水平直接影响我国未来科学技术发展水平、速度,加强这种互补性的科学思维研究和宣传很有现实意义。

参考文献:

- [1]钱学森. 人体科学与现代科技发展纵横观[M]. 北京:人民出版社, 1996.
- [2]关士续,等. 自然辩证法概论[M]. 北京:高等教育出版社, 1991.
- [3]林超然. 现代科学哲学教程[M]. 杭州:浙江大学出版社, 1988.
- [4]卡尔纳普. 归纳逻辑与演绎逻辑[A]. 洪谦. 逻辑经验主义(上册)[C]. 北京:商务印书馆, 1982. 30-35.
- [5]爱因斯坦. 爱因斯坦文集(第一卷)[M]. 北京:商务印书馆, 1976.