

科学发现的 逻辑

中央社会主义学院

图书馆

★藏书★

章士嵘

B011

64204

DF 90.10.1

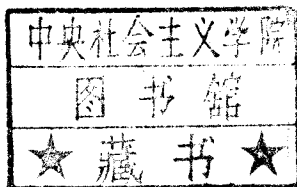
科学发现的逻辑

章士嵘



200022572

人民出版社



封面设计：钱月华

科学发现的逻辑

KEXUE FAXIAN DE LUOJI

章士嵘

人民出版社出版、发行 新华书店经销

北京新华印刷厂印刷

850×1168毫米32开本 11.75印张 276,000字

1986年12月第1版 1986年12月北京第1次印刷

印数 0,001—5,000

书号 2001·326 定价 2.05元

DF-90/04

目 录

第一篇 总 论

第一章 研究科学发现的逻辑的意义和可能性	3
第一节 科学发现是科学进步的重要标志	4
第二节 必须破除对科学发现的神秘感	9
第三节 科学发现的逻辑的可能性	14
第四节 研究科学发现的逻辑的方法	21
第二章 科学发现的逻辑的认识论基础	25
第一节 科学发现的经验论解释	25
第二节 科学发现的唯理论解释	31
第三节 科学发现的先验论解释	37
第四节 科学发现的结构主义解释	43
第三章 科学发现的逻辑的几种基本模式	48
第一节 亚里士多德的模式	48
第二节 归纳主义的模式	54
第三节 演绎主义的模式	64
第四节 假设主义的模式	71
第四章 创造性思维的本质和机制	80
第一节 创造性思维的基本特征	80
第二节 创造性思维的本质	87
第三节 创造性思维的机制	91

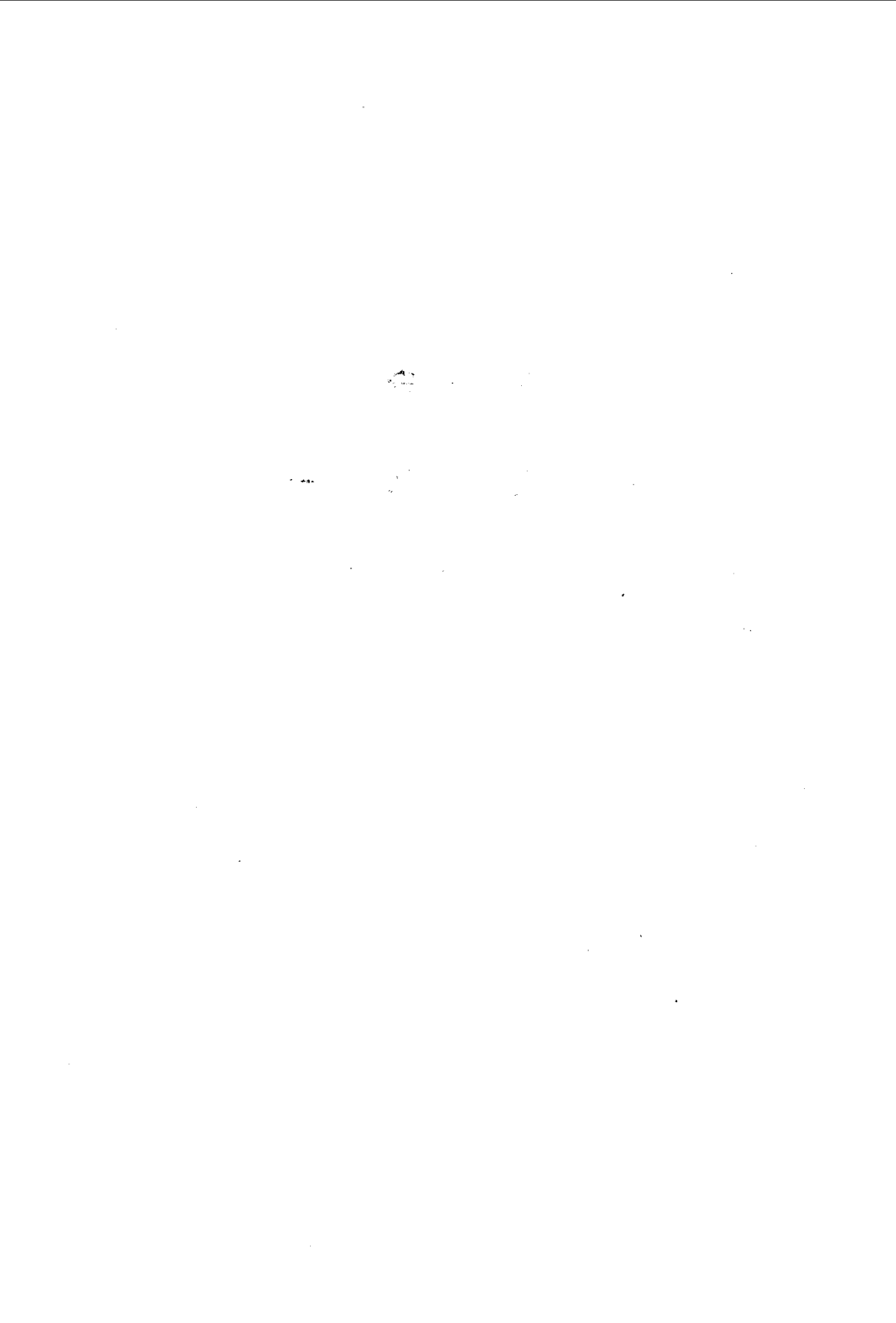
第二篇 分论

第五章 直觉与灵感	107
第一节 哲学家论直觉	108
第二节 科学家论直觉	117
第三节 直觉思维的逻辑机制	124
第四节 直觉和灵感	131
第六章 模型与想象	135
第一节 模型的本质及其在科学发现过程中的作用	135
第二节 模型的分类及其不同的功能	140
第三节 模型方法的逻辑特征	146
第四节 模型与想象	154
第七章 类比与外推	159
第一节 类比推理的一般特征和客观基础	159
第二节 类比推理在创造性思维中的作用	165
第三节 类比推理的分类	172
第四节 类比与外推	179
第八章 归纳与探索	183
第一节 归纳逻辑的历史考察	183
第二节 归纳逻辑的一般分类	187
第三节 概率逻辑与普遍命题的确证	202
第四节 归纳逻辑的合理性	212
第九章 演绎与溯因	221
第一节 演绎推理的特征	222
第二节 公理方法在科学发现中的作用	226
第三节 假说演绎法在科学发现中的作用	236
第四节 溯因法在科学发现中的作用	240
第十章 分析与综合	243

第一节	分析是将未知归约为已知的科学发现的方法	244
第二节	综合是将已知推广到未知的科学发现的方法	250
第三节	分析和综合在科学发现过程中的统一	258
第四节	西方逻辑实证主义的分析观	266
第十一章	控制与反馈	270
第一节	信息在主体与客体的相互作用中的流动	271
第二节	信息反馈与最优控制	277
第三节	信息反馈和创造性思维	282
第四节	最优控制与思维策略	289
第十二章	试错与逼近	293
第一节	问题与解法	293
第二节	试错与逼近的策略	300
第三节	试错与逼近在科学发现过程中的统一	310
第四节	试错与逼近的逻辑基础	317
第十三章	概念与理论	324
第一节	科学概念的逻辑特征及其在科学发现中的作用	325
第二节	形成科学概念的逻辑方法	333
第三节	科学理论的逻辑特征及其在科学发现中的作用	345
第四节	形成科学理论的逻辑方法	354
本书主要参考文献		365

第一篇

— 总 论 —



第一章

研究科学发现的逻辑的 意义和可能性

科学发现在人类的发展史上，总是表现为激动人心的事件，是人类智慧的花朵。在社会发展过程中，科学发现总是或先或后，直接或间接地为人类带来幸福，为社会的物质文明和精神文明作出贡献。正因为如此，马克思把科学看作是一种在历史上起推动作用的革命力量，科学的每一个新发现，即使它的实际应用暂时还无法预见，都会给他带来衷心的喜悦。

长期以来，哲学家、逻辑学家、心理学家以及一切对科学发现问题有兴趣的人，都一直在探索着科学发现的内在机制。人们不禁要问，科学发现有逻辑可循吗？难道科学发现就是一个不能理解、不可解释的神秘的禁区吗？对此人们长期地争论着，直到现在还在争论。

尤其是当今人类已经进入了信息的时代，各国科学家正在为建造新一代“思维”机器而竞赛。科学家们希望到本世纪末以前能制造出不仅能更快速地处理数字而且具备人工智能的计算机，也就是说，它或多或少要能够象人类一样思维和推理，并能理解用图象、语音和动作传递的信息。这就要求人们对人类在对问题求解时的思维程序和内在机制作更深入的研究。于是一门以探索人类精神世界的科学——认识科学发展起来了。认识科学研究的对象

就是那装有词汇和想象力的人类思想宇宙。按照有的学者的说法,认识科学是一门心理学、心理语言学、计算机科学、心理生物学、人类学和哲学的综合学科。它研究人的大脑如何构词造句、归纳整理并经过调整而认识客观世界的。简言之,它是研究人类思维活动的科学。在这方面,哲学完全应该从认识发展的逻辑的角度,作出自己应做的贡献。

在我国,钱学森同志主张开展思维科学的研究。钱学森同志认为思维科学应研究人的有意识的思维,即人自己能加以控制的思维。思维科学和马克思主义哲学之间的桥梁是认识论,而且思维科学的发展会反过来大大丰富认识论的内容,从而为马克思主义哲学提供发展的材料。钱学森同志还认为推动思维科学研究的是计算机技术革命的需要。

本书就是在这样的历史背景下来写作的,旨在从哲学的认识发展的逻辑出发,对现有的一些材料作初步的综合,以期得到同志们的帮助和指正。

第一节 科学发现是科学进步 的重要标志

科学发现一般是指科学发展史上,在实践经验和继承前人知识的基础上,对客观事物及现象的内在规律的揭示,并在这种规律性的基础上形成新的概念、原理、规律和理论以指导实践和解决实际问题的完整的科学认识过程。有人认为,新的科学事实的发现,还不算科学发现。当然,从某种意义上说,新的科学事实的发现也是一种发现,但还不是完整意义上的科学发现。例如,化学史上舍勒和普利斯特虽然都独立地发现并制得了氧气,但由于他们被传统的燃素说所束缚,因而这个新事实在他们手中并没有结出果实来,

形成正确的氧化燃烧学说。可是这个任务却在不久后由法国化学家拉瓦锡完成了。这就是恩格斯所指出的那种“当真理碰到鼻尖上的时候还是没有得到真理”^①的情况。

美国科学哲学家T·库恩在他的《科学发现的历史结构》一文中曾提出过一个很好的看法，即“对于历史学家，科学发现很少是可以归之于某一人、某一个时间、某一个地点的单一事件。”^②因为任何发现和发明，总有一个思想的进化和酝酿的过程，正是这些前提使这些科学发现成为可能。仅仅发现某些新的事实，这只是科学发现的开始，科学概念和理论的形成也是一个逐步积累和纯化的过程。这就是说，一个新的科学事实并不是一下子就能理解透彻和解释清楚的，一个新的科学概念的内涵也并不是一下子就取得明确的规定的，而是需要从复杂多变的经验所获得的诸多预备概念中逐步分化出来的。概念的最后严格表述和精细加工固然与某位科学家的创造性的思维成果分不开，然而科学发现的本质是一个认识的历史发展过程。人们把科学史上的重大发现归功于某一个人，这样的处理只不过是出于划分科学发展阶段和叙述的方便而已。其实这样的处理蕴含着过分夸大某一时代或某个个人的危险。因而库恩认为科学发现的过程必然不可避免地表现为有结构的，而且在时间上是有延续性的。当然科学发现有大、有小。库恩认为，当某种科学发现要求对科学的规范和知识体系进行一系列的调整，而且这些调整越来越明显的时候，我们就可以把它看作是科学革命。

总之，科学史上的科学发现的情况是多种多样的。有的科学发现是可以预见的，有的科学发现则是不能预见的。有的科学家发现新的事实，有的科学家则解释新的事实。有的科学家提出原

① 《马克思恩格斯选集》第3卷，第555页。

② 《自然科学哲学问题丛刊》1981年第2期，第7页。

始的基本概念，有的科学家则形成系统的学说、理论。或者有的科学家仅仅是发明或改进了某种观察、实验的仪器或技术。因而，当我们考察科学发现时，首先要把它当作一个历史的事件来考察，在发现前有思想的酝酿和资料的积累，在发现后又有其理论的纯化、精确化以及和整个科学知识体系的适应和同化的过程。任何简单化或含糊的说法，从方法论来说都是不可取的。

科学发现，尤其是一些重大的科学发现，往往被人们看作是科学进步的重要标志和历史尺度。这种看法不是没有道理的。因为科学发现总是意味着科学知识的积累和增加，代表着科学认识所能达到的广度和深度，说明了人类利用自然、改造自然的能力的提高。历史表明：现代自然科学和现代工业一起变革了整个自然界，结束了人们对自然界的幼稚态度和无能为力的状态。不仅如此，随着自然规律的知识的迅速增长，人对自然界施加反作用的手段和物质力量也在迅速地增强。科学的进步是没有止境的，无限美好的明天在等待着人类去创造。就科学发现来说，人类仅是刚刚摆脱了人们对于自然的幼稚态度，还有无限多的现象、过程和事物在等待着我们去认识、去发现。因为在辩证唯物主义看来，世界比它的显现更丰富、更生动、更多样化。每一个科学发现不仅会为科学知识的海洋增加新的内容，而且还会发现自然界更多的、更新的方面。人的智慧将发现自然界中许多新奇的和预见不到的东西，并且随着科学发现的增多而扩大自己对自然界统治的能力。

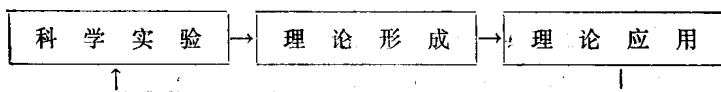
总之，科学发现意味着科学知识的积累和增加，而科学知识的增加又意味着人类认识客观世界和改造客观世界的进步。可见，科学发现的历史事件与科学知识的增长以及人类认识和改造世界的的能力这三者之间是既相互联系又不能完全等同的。正因为如此，哲学家们对此作出种种不同的解释。

列宁在《唯物主义和经验批判主义》一书中为科学进步描绘了

这样的图式，他指出：“人类思维按其本性是能够给我们提供并且正在提供由相对真理的总和所构成的绝对真理的。科学发展的每一阶段，都在给这个绝对真理的总和增添新的一粟，可是每一科学原理的真理的界限都是相对的，它随着知识的增加时而扩张，时而缩小。”^①列宁批判了把科学理解为主观经验的组织形式，理解为一种符号体系以及一种约定的错误哲学思想，为我们解释和理解科学发现与科学进步的关系，提供了思想武器。

科学认识发展的道路是曲折的，然而又是逐步逼近由相对真理的总和所构成的绝对真理的。科学进步和社会进步的历史，反复地证明了这一特点。就本书所要讨论的问题和角度来说，关键在于要从科学发现的内在结构和规律出发，来阐明科学发现为什么是科学进步的一种重要标志。

应该说，科学发现是有内在结构的，那种认为“科学发现是一种可以有前提、也一定有后果，但却没有自己的内部结构的历史事件”^②的观点是不正确的。研究科学发现的逻辑正是要揭示这种内在结构和一般规律，而不满足于该科学发现是在什么地点、什么时间、由谁来完成的。如果我们从实践论的观点来考察这个问题，那么科学发现应该是从科学实验出发，经过理论形成再到理论应用这样的不断往复的过程，如下图所示：



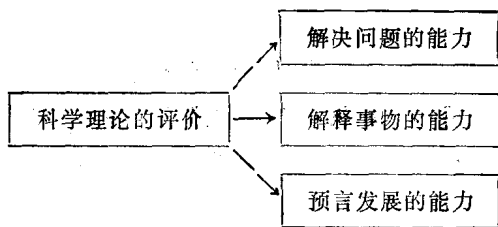
从科学认识发展史的角度来考虑，科学发现应是包括这些阶段的完整的认识过程。这个过程根据问题的大小和难易，可以由一

① 《列宁选集》第2卷，第134页。

② 《必要的张力》福建人民出版社1981年版，第163页。

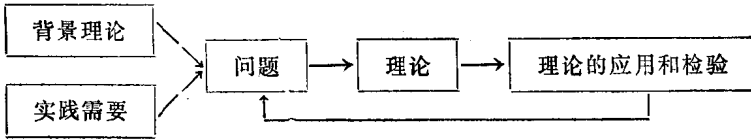
位科学家来完成的,也可以由许多科学家同时来完成,甚至是许多科学家经过几代人来实现的。按照这样的内在结构怎样来理解科学发现作为科学进步的尺度呢?由于人类所进行的一切科学实验都不是盲目的实践,而是受一定理论所指导为解决特定的问题而设计的,因而,评价这种进步的尺度,除了要看科学实验所达到的水平和难度外,实质上就是要评价科学理论接近绝对真理的程度。

但是科学知识的大厦是一个复杂的、经常在变化着的体系,是假设、学说和理论的混合体系。具有客观真理性的科学理论与真理性尚不完全和探索性的假设之间,界限是不容易划清的。所以,当我们来评价科学理论时应以实践作为检验科学认识真理性的标准。具体地说,就是要看该理论(学说、假设)反作用于实践的能力所造成的结果的优劣。这决定于该理论(学说、假设)的解决问题的能力、解释事物的能力和预言发展的能力的大小。



科学理论如果具有这三种能力,就能够能动地反过来指导人们的实践,促使科学进步,使新的科学发现不断涌现出来。科学理论的这些能力只有在实践中才能检验出高低来,即能否成功地解释事物的现象和过程,能否成功解决实践向理论提出的新问题,以及能否成功地预言事物的发展和运动的未来及趋势。科学发现就是从现有的背景理论在这三种能力方面不能满足实践的新的需要而形成的问题即矛盾引起的。科学研究者通过创造性的劳动和思

维过程在解决问题的基础上又形成新的理论并引起新的理论应用。这就是科学发现的最基本的内在结构。也可表示为：



理论的应用和检验与科学实验，实际上是同一个过程的两种说法，理论的应用和检验是对科学认识主体的改造和发展，科学实验则是对科学认识对象的改造和发展。二者是互为因果、相互作用的。毫无疑问，科学发现的逻辑的研究是着重在科学认识主体的认识和思维的发展方面，也就是着重在揭示和研究科学理论的形成、发展、应用和检验评价方面。人类这种科学认识能力的提高正是科学进步的重要标志。

第二节 必须破除对科学发现的神秘感

科学史上的许多科学发现常常被人们自觉或不自觉地蒙上一层神秘光环。比如认为科学发现是无法解释的，甚至认为科学发现不只是一个非逻辑的而且是否定逻辑的过程，或者认为科学发现是不能象推理那样可以重建的，科学发现常常是象格式塔知觉的那样一种瞬间的智力插曲，因而他们总是把科学发现完全归结为灵感、天才或创造性的直觉等非理性的因素。我们并不否认在科学发现的过程中非理性的某些心理因素也是起作用的，在某个环节上甚至起很大的作用，但是，并不能夸大这种作用。

大家都熟悉许多事例，如阿基米德在澡盆里洗澡时发现水升高的部分体积与他浸在水里的身体那部分体积相等，因而受到启

示而发现浮力定律；牛顿受到苹果落地的启示而最终发现万有引力定律。这些例子都旨在强调某种启示物对科学发现的强大的启示作用。但是一种启示物所激发起来的联想、类比毕竟不是科学发现的全过程，而只是其中的一个环节。在科学发现史中确实有奇妙的遐想、成功的类比以及浮想联翩的情景。但只要我们从科学发现的认识的全过程来考虑，就会理解到这种启示物的触发作用只对一部分思想早就有准备的科学研究者来说才能发生的。因为象洗澡和看见苹果从树上落下这类事例在人们的生活中是司空见惯的，为什么只对一定的科学研究者才有触发作用呢？所以，问题的答案还是要从科学研究者当时的思维的思路来考虑。因为启示物只是个外因，而科学研究者为了某个不解的问题而苦苦地思索才是产生新的联想、类比或想象力的内因和根据。如果不是这样来理解问题，当然就会对科学发现产生神秘感。

另一类人们常称之为“机遇发现”或“偶然发现”的情况也是如此。就是说，这种科学发现一开始并不是由事先计划好的方案来进行的，而是科学发现者偶然遇到某种现象，由于科学研究者的善于思考，很快就能从意外的事物和现象中抓住问题，寻根问底，最后终于实现了科学上的新发现。

青霉素的发现就是这样的“机遇发现”。细菌学家A·弗莱明有一天晚上在他的地下实验室里进行寻找抗菌素的实验后正好忘记盖一个细菌培养皿的盖子。第二天早上他回到实验室，发现他的培养皿中有一圈生长得很好的细菌。由于地下室很潮湿，他对此开始并不感到奇怪。他将这种霉菌移植到另一个干净的培养皿中，经培养后，发现这种霉菌能在试管中杀死细菌，于是他想，能否将这种霉菌用于人体内来杀死同样的致病细菌呢？弗莱明向医学协会提出了他的实验报告，并为这种霉菌起名为青霉素（盘尼西林），并且继续对青霉素做了十年试验。但他的科学发现却遭到医

学界的冷遇。与此同时德国的科学家G·多马克也是由于某种机遇从红色染料中发现了能杀菌的磺胺药物，从而开辟了使用抗菌素和磺胺药物的新纪元。但青霉素被正式宣布可用于人体是在1941年，那是由于1938年有一些英国的科学家从一份旧的医学杂志中读到了弗莱明的报告后，对青霉素进行了大量的进一步的实验，使其生产成本降低，从而使青霉菌的广泛使用成为可能。科学史上，人们对这种现象称之为“再发现”。

从青霉素的发现到它的真正应用，机遇都是该发现或再发现的偶然的起点，即弗莱明偶然从忘了加盖的培养皿中发现一种霉素，或科学家偶然从旧的医学杂志中发现有这样的一个报告。这种发现和再发现确实是十分偶然的。由于这类偶然事件的存在，人们给科学研究者奉送了一个座右铭：“留意意外之事”。但这还是远远没有道出科学发现的真谛。有些科学研究者之所以能出色地利用其他人认为是微不足道的偶然事件而取得新的科学发明，问题还在于科学研究对此具有丰富的背景知识和思想上的敏感性，因而能紧紧抓住机遇所提供的偶然事件，并以此作为起点和线索去揭示偶然现象背后的必然规律。

显然，在潮湿的条件下看到某些霉菌生长，这是司空见惯的事情。只有象弗莱明这种正在寻找细菌的生长和死亡规律的细菌学家，才会对这种突然从培养皿中生长起来的霉菌的性质和功能进行研究，并在发现它具有杀菌作用后产生了能否用于人体的念头。后来再发现青霉素功能的科学家也是因为当时的磺胺药物具有很大的副作用，因而在客观上有需要去发现副作用更小一些的抗菌素的动机而对青霉素进行再试验的。所以，只要我们从科学发现的全过程来考虑，就会把机遇放在一个恰当的位置上，而不会让“碰运气”这种神秘观念进入科学思维。

另外，还有一种流行的说法，就是把科学发现描述成格式塔式