

类比推理的机制与功能

李 玉 兰

本文从科学方法论的角度探讨了类比推理的程序和功能问题。围绕这个中心,本文论述了三个问题:类比推理的一般特征;类比推理的逻辑程序;类比推理的功能。并指出,类比推理是以客观事物的相似性为客观依据的,它是一种重要的逻辑推理和创造性的思维方法。类比推理在科学发现中的逻辑程序——类比的契机、类比的逻辑操作、类比结论的修改和评估。本文还结合自然科学史和现代科技工程,说明类比推理在科学发现和技术应用中具有重大的价值。

类比推理作为一种重要的逻辑推理和创造性的思维方法,在科学发现、技术发明的创造性活动中,具有重大的意义和价值。在科学史上,类比法受到为数甚多的科学家的推崇。如康德所说:“每当理智缺乏可靠的思路时,类比这个方法往往能指引我们前进。”^①开普勒也说过:“我珍惜类比胜过任何别的东西,它是我最为信赖的老师,它能揭示自然界的秘密。”^②近代以来,随着自然科学的新发展,类比法得到更广泛的运用,其自身也得以充实和发展。

一、类比推理的一般特征

科学研究的宗旨是把认识对象的内在机制由全然未知的“黑箱”转化为半透明的“灰箱”,直到全透明的“白箱”。要达到这一目的,一个非常有效的方法就是进行类比推理。所谓类比推理就是指从两个或两类事物之间的相似关系出发,根据对其中一方的特征和规律的认识来猜测另一方的特征或规律。由于类比是在两个或两类对象之间具有一定的相似性关系下进行,因此,它是一种从特殊到特殊的推理方法。黑格尔认为类比是理性的本能,这种“理性的本能使人感觉到,经验得出的这个或那个规定,在该事物的内在本性或类中有着自己的根据,并且理性的本能往后依据着这个规定。”^③列宁认为这是“关于类比的确切的评语。”^④

类比的结论受前提制约程度最小,自由度最大。因为它常常在类比属性和推出属性之间关系不清楚或者类似性很少的情况下进行,正是这种较高自由度,才使类比具有很强的创造性。认知心理学已证实,人们似乎更倾向于通过类比和经验来推理,借助类比思维,可将过

去成功的经验最大限度地转换为解决新问题的知识。随着人工智能研究的不断深入,它的研究重点已经逐步从演绎转向归纳,而进一步的发展则是转向类比,因为富有创造性的想象力主要是依靠类比推理。人之所以能够进行类比是因为在人的记忆中,存储了几百个概念、事件、过程、形象、语言、情感等。因此,自然科学家、社会科学家都倾向于广泛使用类比推理。能否广泛而又恰当地应用类比推理,这是衡量人们创造性思维能力的标志。换言之,应用类比推理,是锻炼分析和解决问题能力的有效方式之一。

类比推理作为理性思维的形式,也是一种历史产物,在不同时期的科学发展有不同的形式和内容。在科学研究中和人的思维机制中,由于解决问题的需要不同,人们既可以从不同的角度比较同一类事物,也可以在近似类范围内进行,还可以在差异甚远类、甚至极不相干的范围内进行。类比以无穷多样的方式起作用,类比推理发展至今,已经有因果类比、数学相似类比、模拟类比、对称类比、仿生类比、肯定类比、否定类比、综合类比等许多形式。类比方法通过与其它方法相互结合和相互渗透,形成了类比方法群,其影响和应用的广度、深度都是传统类比推理所不及的。在现代科学中,它成为最重要和最有特色的方法之一。

例如:模型类比在现代科学中已经用模型代替实物进行实验。类比所涉及的两类对象或者是自然界的两个物质系统,或者是自然系统和人工系统,或者是科学上的两种理论系统。科学家为了探索生命的奥秘,不断地进行模拟实验。本世纪50年代,米勒通过类比推理,作了这样一个实验:他模拟地球的原始环境,在一个密闭的容器中,加进氢、氧、碳等元素和甲烷、火,配制成了海登所提出的“原始汤液”,又模拟了原始大气的高温多雨、雷电频繁的气候条件,在容器中合成甘氨酸、甲氨酸等氨基酸。1963年波南佩鲁马在实验中又模拟原始地球的强宇宙辐射,增加了电子束的轰击,进一步合成了腺嘌呤核苷。这样,用化学方法合成了氨基酸和核酸,在此基础上进一步合成蛋白质,从而初步揭示了生命形成的化学途径。从上述可以看出,现代科学对类比的应用,不再是停留在事物现象的相同或相异,而是深入到事物内部,揭示了事物之间的因果联系,或者是功能和结构间的矛盾对立统一关系等。

科学发现中的类比推理的客观依据是什么呢?我们知道,客观世界是一个多与一的矛盾着的统一体,因此,在一事物与它事物,一个类与另一个类,一个领域与另一个领域之间,都存在着一定的共性。世界上一切事物之间,不论是相近的事物还是不同发展阶段的事物之间,都存在着某种程度的相似性。比如:气体分子的不规则运动与空气中尘埃微粒的振动和漂移也有一定的相似之处。不仅事物性质之间有着相似性,而且事物运动变化的规律之间也存在着相似性。电荷、磁荷的相互作用规律就类似于万有引力定律,从原则上说,世界上一切事物之间,都存在着应用类比法的可能性。可见,自然现象及其规律的这种统一性,和它们的相似性,就是类比推理的客观依据。

二、类比法的逻辑程序

如何判断两个事物之间的相似性,在已有的两个或两类事物之间怎样进行类比?即怎样在世界上千差万别的事物中挑选出一个对象,来同我们已知但却有待深入了解的对象进行类比?科学发现中的类比,就其一般程序而言,可以分为这样三个阶段:

1. 类比的契机——想象与直觉。类比是为了探求科学发现,科学发现的起点是问题。有了问题才会去观察、思考、想象和类比,从中找出问题的答案。类比不是纯逻辑的思维,任

何有价值的类比都是与想象和直觉分不开的。科学发现中的直觉猜测是建立在经验事实和科学知识的基础上的。但是类比作为一种非常灵活多变的思维方法，不存在着刻板机械的程序，而往往包含有某种联想、猜测的成份。传说牛顿从落下苹果想象到天体运转的问题。诚然，并非每个人都能由树上掉下苹果想到天体运动，牛顿之所以想到了，正是由于他长期思考月球运动机制的结果。他想：树上苹果为什么总会落到地面而不飞上天呢？苹果树长得再高，苹果也会落下来，如果苹果树高过月球，苹果会落下来吗？难道月亮不是象一只大苹果吗？为什么不落到地球上来？牛顿又从炮弹发射去想，如果发射一发速度极大的炮弹，那么炮弹就会绕地球飞行而不落到地面，可它却不能飞离地球，这又是为什么呢？牛顿把地上的苹果同高速炮弹及天体运动联系在一起，如果把苹果坠地看作是物体受地球吸引的结果，那么月亮绕地球运动不是也可看成一只高速运动的大苹果总是指向地心的“下落”运动吗？既然地球对月球和苹果都有吸引力，那么任何两个物体间都应该有这种吸引作用。牛顿通过想象和直觉猜测，由苹果坠地意识到月亮绕地球旋转也是一种指向地球质心的“下落”运动，由这一相似性认识进而意识到“万有引力”的存在。

2. 类比的逻辑操作——比较与分析。类比推理的关键问题是断定两个对象之间的相似性。相似性本身不是一个精确的概念，是一个相对的、灵活的概念，它是以存在差异为前提的。正是允许差异存在，才导致两个对象相似性有很大的自由度，人们可以从不同角度、不同层次、不同背景的知识条件下去寻找两个对象的相似性。在这样过程中，通过比较两个对象并进行逻辑分析和特征抽取，进一步分清两个对象在哪些属性上相似，这些相似性是本质的还是非本质的，是性质上的相似，还是因果关系和科学定律上的相似，是结构或是成份上的相似，还是行为或是功能上的相似，是物理模型的相似还是在数学表达式和抽象理论上的相似。可见，比较是与逻辑分析紧密联系的，通过比较进一步寻找对象之间、系统之间、研究方法之间、原则之间、形式结构之间及其各种因果联系之间的相似之处，然后依据对象、系统之间的相似特征，把个别对象系统研究的结果类推到与其相似的对象、系统上去。只有以比较作为类比法的基础，才能找出两个对象的相同或相似之处，否则无法进行类比。

科学发现中的类比，不仅是对事物外在特征的比较，而且要深入到事物的内在矛盾，事物的因果联系等方面的分析和比较，在这里体现了辩证思维的要求。

3. 类比结论的评估与修改。类比推理的结论是或然性的，还需要在实践中作进一步的检验，并在检验中得到补充、修改。例如：我国葛洲坝水利工程的设计，就经历过两次大的修改：第一次，在“文革”期间，由于“左”的思想影响，工程设计未经科学论证，在没有进行模拟实验的情况下就匆匆开工，结果导致极大的混乱，浪费了大量的人力财力，不得不停工。第二次，工程指挥者进行了周密的计划和部署，预先建成葛洲坝工程的模型，在模型上进行放水试验，发现了工程将面临的一系列问题，如泥沙淤积和水流情况的变化等。根据模型提供的这些信息，科学工作者制定了“一体两翼”的工程建设整体方案。整体方案制定之后，又发现了新的问题：位于长江中的葛洲坝小岛，是否要挖掉？设计者对此认识上存在着较大的分歧，在争论不下的情况下，人们又进行模拟实验，经实验表明：葛洲坝小岛顶冲上游主流，不能适应长江这样巨大河流的河势，按河流学原理，必须将它挖掉。这样，设计者们通过模型的反复试验对比，不断地调整和修改已有的模型，从而为葛洲坝工程建设提供了科学的依据。其过程可以概括为：问题→直觉和想象→比较→结论的检验→类比的修正或更高层次的重复。就对具体问题认识而言，这一过程是有穷的，而就人类的整个科学发现而言，

这一过程是循环往复以至无穷的。科学发现的类比法不是一种单纯的思维形式,而是一种综合性的思维方法。

三、类比推理的功能

科学研究是一种动态的活动,科学工作者总是要去探索前未知的领域,追求新的知识,解决新的问题,而类比法最能体现人类思维的能动性、创造性,在科学研究和日常思维过程中大有用武之地,具有重大的现实意义。

1. 类比推理具有建构理论模型的作用。类比法参与理论模型建构,一种是通过直觉类比激发灵感,通常在人们酝酿和构思模型中,由于某种偶然刺激的触发而下意识地完成,如阿基米德的浮力定律等。另一种是有目的有意识地在被研究对象与各种已知事物之间寻找相似性,并自觉地按类比推理建构理论模型,例如卢瑟福行星原子模型的创立过程就是应用类比法建构理论模型的一个典型例子。在他以太阳系和原子系统的相似属性进行类比推理中,就把太阳和行星的关系投影到原子核和电子的关系上,从而建构了行星原子模型。

2. 类比推理是模拟实验的逻辑基础。所谓模拟实验是指由于客观条件的限制,不能对被研究对象进行直接试验,只能以某种类似的替代物进行实验,即采用间接试验方法。模型实验是以模型和原型之间的相似性为依据,设计模型以及由模型实验结果类推原型的规律,或者通过物质模型、理论模型来研究真实自然界的时候,都要运用类比推理。

例如:我国1992年3月22日发射澳星遇到故障,可用类比推理进行模拟实验查找原因。据《光明日报》1992年8月16日记载:火箭没离开发射台是因为一、三两个助推火箭没有建立足够的推力,推测这可能是发动机出了问题,或者是控制系统出了毛病。3月26日科技人员把程序配电器拆下后,发现控制接点一个被烧蚀,一个被烧黑,经分析测试证实是有铝质多余物落在接点之间,导致电爆管起爆,于是向一、三助推火箭发出紧急关机信号。这种分析结果是否正确,要以模拟试验来验证。4月9日科技人员作了26次模拟试验,其中16次未加多余物,都不出现配电器短路的情况,而在10次附加了多余物的模拟试验中,就有两次接通了接点,引爆了电爆管,这就验证了上述分析的原因。从逻辑上讲,这里运用了两个类比推理。

由于我国科学家对3月22日火箭发射出现故障的原因,分析详尽和验证准确,进而采取了一系列有效措施,为8月14日再次发射指明了方向,并取得了圆满成功。

总之,类比推理作为一种重要的逻辑推理和创造性思维方法,是开发智力的有效工具。我们要在科学研究中有所发明有所创造,就应当自觉地运用类比推理,尤其是在科学发展的前沿创造性地提出新的猜测和假说,为科学的进一步发展开辟着新的道路。

注 释:

① 康德:《宇宙发展史概论》,第147页。

② 见G·波利亚:《数学与猜想》第1卷,第11页。

③④ 《列宁全集》第38卷,1959年版,第194页。