

论科学发现的背逆方法

杨敏才 李光

“科学是随着研究方法所获得的成就前进的”。①在自然科学发展的历史过程中,一些具有划时代意义的重大科学发现,从科学方法上来进行考察,无不具有深刻的革命意义。对这样的科学历史现象进行认真的研究和概括,无疑将会丰富科学方法论和辩证逻辑的某些重要内容。而对于自然科学的研究,特别是对其中所面临的一些重大突破,亦将会提供更接近于运用的思维工具。

唯物辩证法是研究宇宙一切对象(包括思维在内)的运动、发展和变化的规律的,在研究科学方法论时当然亦不应该例外。我们把辩证法、认识论、逻辑三者具体的、历史的统一加以研究,是运用唯物辩证法研究科学方法论的具体体现。科学方法本身并不是一成不变的,它不仅有着时代历史的特点,而且也是不断地发展和变化,我们只有研究科学方法发展的规律,确实把握这种规律,才有可能在科学研究中自觉地运用这种规律。从而,使其成为科学发现的通道、桥梁和工具。那种把科学方法作为孤立的、静止的、不变的对象而加以研究和把握的方法,其本身并非辩证的科学方法。

自然科学发展的历史表明,科学内容的发展,不仅有着量的积累,而且还有质的飞跃,亦即存在着革命性的变更。同样,科学发现的方法是适应科学内容的需要而发展、而变化的,它亦不仅有量的积累,而且也有质的飞跃、革命性的变更。英国著名科学家W·I·B·贝弗里奇认为:“……若研究的是一个不再发展的学科,这一领域的问题业已解决,那么就需要一种新的革命的方法”②,事实上,自然科学发展的历史已向我们表明:科学内容的革命,往往导源于科学方法的革命,而科学方法的革命,又往往由“离经叛道”的科学方法所引起。尽管这种科学发展的历史规律是在不自觉的形态下实现的,但它毕竟是为现象所掩盖着的、本质性的东西。

在整个自然科学或某门自然科学领域发展的、一定的历史时期内,科学家们所使用的各种具体研究方法虽有不同,但却都具有某种共同的科学方法前提(或称框架、背景、基础等均可)。随着科学的进一步发展,这种科学方法所含的特定的前提,在其自身中孕育、成长起否定的萌芽,一旦条件成熟就会彻底否定原有方法的前提,实现科学方法上的大飞跃,从而导致科学上的重大发现。这种根本否定原有方法前提的方法,亦即实现方法上革命的方法,因其与以往历史阶段所惯于使用的方法前提迥异,我们故称之为科学发现的背逆方法。

在自然科学研究中使用形式逻辑的方法,一般是既不管自然科学本身的内容,也不管使用方法的前提。辩证的思维方法则不然,它绝对不能离开内容和前提。因为客观辩证法与主观辩证法在本质上是一致的。这样也就决定了科学的辩证方法或科学的辩证思维应该与科学的辩证内容相一致。譬如,十九世纪自然科学的三大发现,其科学的辩证内容是辩证思维、亦即科学的辩证方法的自然科学基础。同样,革命的科学与革命的科学方法是相一致的,革命的科学研究是革命的科学的自然科学基础。在科学发展的重大历史转折时期,要完成革命的科学研究,需要有相应的革命的科学研究方法为先导,亦必须以背逆方法为先导。我们在所有的自然科学领域中,几乎都能找到使用这种方法而导致重大科学建树的典范。就

背逆方法的类型来看,根据我们对科学史上一些重大科学发现事例的分析,四种基本的背逆方法显然是存在的。

对称性背逆方法是科学家广为使用的研究方法。从现代物理学关于反粒子的理论预言及其实验发现,我们不难看出对此作出重要贡献的物理学家P·A·M·狄拉克和C·D·安德森成功地使用了这种方法。狄拉克首先实现了量子力学与狭义相对论的第一次综合。他在自己的相对论性电子方程中引入了自旋,得出了著名的狄拉克方程。尽管在此方程中只含有电子的电荷和质量这两个实验量,但由此可以计算出电子自旋和氢原子中电子的能量,并与实验相符合。这一巨大成就,使物理学家们确信这种电子新方程的正确性。但是,他们也看到,狄拉克在对氢原子中的电子以及不和其他粒子相联系的自由电子这二类方程的研究、求解中,不仅得出两个关于电子自旋的解和关于电子正能量的解,而且还有一个关于电子负能量的解——这是当时的物理学无论如何都不能理解的。因为大家都认为能量和质量一样,只可能有正值,不可能有负值,从而否定了负能量所蕴含的深刻物理意义。物理学家们基于这样的认识前提,使用各种方法试图避免负能量。然而,一旦抛弃了负能量,不仅使理论陷于自相矛盾,而且获得的结果也与实验不相符合。物理学家们就这样辛辛苦苦地工作了二年,其中包括狄拉克本人的最初尝试在内,均以失败而告终。几经波折,事实迫使物理学家不得不在承认负能量应有其物理意义的前提下,寻求解决这一难题的新途径。一九三〇年,狄拉克的思维中产生了一个极其大胆的、异乎寻常的观念:方程中出现的负能量解不是相应于自由电子,而是相应于它的反粒子。正是这种与传统背逆的思维方法,使他提出了关于正电子的绝妙概念,并进而阐释了正电子与其他物理现象的联系,“狄拉克空穴理论”遂由此问世。当然,任何理论在其创立时,既可能被怀疑亦可能获得赞助,关键在于它能否在科学实践中物化。狄拉克的理论预言,同样有待于实验的验证。1932年,安德森在使用威尔逊云雾室摄取宇宙射线的照片上,发现有一些粒子的径迹异常,其偏转方向与带负电的电子相反。仅仅从这种现象的表现,安德森最初认为它们是质子,但在深入地观察研究中,他发现这些粒子在穿过铅板时所损失的能量,并不和质子的质量相当。以此为线索,安德森最终肯定这就是狄拉克预言的正电子。这一发现轰动物理学界,也骤使证明从四面八方而来。原来,曾有许多人早在实验中观察到这一现象,只是由于受传统思想的束缚,无法敏觉到新的物理现象的出现,从而放弃了深究底蕴的良机。正电子这种反粒子一经物理学界所认可,其它各种反粒子随即纷沓而至。科学的理论和实验事实已经表明,任何粒子(其中包括中性粒子)都有其反粒子的存在。在科学发展中,还有许多类似的例证表明,科学家使用对称性背逆方法的方向、目的是如此明确,以致他们只要进行与传统的观念进行反相的研究,则辛勤劳动必有所获。

另一种广泛使用的科学方法是层次性背逆方法。这里提及的层次性既包括人类对客观事物认识纵向发展的层次性,也包括对客观事物认识横向发展的层次性,现代自然科学所揭示的自然图景,是众多物质层次交融发展的图景。大至宇宙天体,小至基本粒子结构的研究都可以相关相通。物理、化学、生物学等各种门类的研究,也都互相贯通。这对科学发展带来的明显影响,就是诞生了许多边缘学科和横断学科。在科学发展的这种新情况下,固守原有的单层次的研究方法,虽然仍能取得一定的科学成就,但也带来很大的局限性。有时尽管其他各种科学研究方法是正确的,但由于这些方法的前提是单层次的,也就是说其他各种方法是以前层次方法为前提的,因而无法使科学研究取得任何进展。当然,更不必说去发现和开拓那些边缘科学和横断科学的新领域。毫无疑问,要克服上述局限,必须摒弃那种传统的单层次的研究方法,反其道而行之,实现层次性背叛。控制论的诞生,就是在科学研究中实现层次性背逆的一个令人信服的例证。N·维纳曾经正确地指出:“从莱布尼兹以后,似乎再没有一个人能够充分地掌握当代的全部知识活动了。从那时候起,科学日益成为专家在愈来愈狭窄领域内进行着的事业”。^⑤然而,这种情况尽管经过两个多世纪依然严重地存在,许多科学家都更加固守着自己谙熟的某个层次,倘若有大胆者敢越雷池一步,即会被视之大逆不道。

因为被某个特定层次所局限的科学家。“他满嘴是他那个领域的行话，知道那个领域的全部文献，那个领域的各个分支，但是，他往往会把邻近的科学问题看作是与己无关的事情，而且认为如果自己对这种问题发生任何兴趣，那是不能容许的侵犯人家地盘的行为。”^④而维纳本人，就是在批判单层次的研究方法中实现了背逆，从而坚信“在科学发展上可以得到最大收获的领域是各种已经建立起来的部门之间的被忽视的无人区。”而在深入的探索中，他们意识到在这些开拓性的工作中，不能由单层次学科领域的专家们用集体攻击和劳动分工这种公认的方法来达到目的，而只有这样的一群科学家，才能胜任这种开拓性的工作；他们首先是自己领域的专家，而对邻近的科学领域也有熟谙的知识；他们习惯于一起工作，熟悉同伴的思维习惯，甚至于相互间心有灵犀、配合默契。基于这种思想，维纳等人在科学实践中，突破了传统的思想框架，采取了多层次的有机协作方法，从而为创立控制论铺平了道路。由此，许多学科中出类拔萃的佼佼者聚集在一起，不仅集众多科学和技术之大成，并且协调、配合，形成智力和实践的有机结构，产生了新的、强大的科学研究能力，终于在科学上夺取了众所周知的卓越成就。维纳等人创立控制论的功绩，不仅开拓了一个全新的科学领域以造福于人类，而且为人类贡献了一种全新的、完整的科学方法，并在运用这种方法方面树立了一个良好的榜样。迄今，层次性背逆方法已由现代科学中无数成功的事实赋予强大的生命力。使用这种方法，不仅能够深化研究，而且开拓了一个又一个的科学处女地。

两极性背逆方法也是科学发现的基本方法之一。对这种方法的正确使用，能使科学中根据一定事实各执一端、互不相容的理论达到统一。人类对光本性的现代认识，乃是物理学家在长期认识的深入发展中，最终使用这种方法达到目的典范。在物理学的发展中，关于光本性的观念一经产生，彼此间就发生理论上、实验上的截然对立。以牛顿为首的微粒派、以惠更斯为首的波动派（至于笛卡尔和胡克是否是这两个对立学派的奠基人在此不作深入考证），在历史上都有一定的实验事实作为自己的理论依据，对许多光学现象都能够自圆其说，但对某些光学现象的解释却存在着严重的分歧，以致于这两个学派都曾在某时期占据上风。直到爱因斯坦为解释光电效应于一九〇五年大胆提出光量子的概念，并在一九〇九年提出光本性的波粒二象性，^⑤才使历史上最长的一场学术论争告一段落。爱因斯坦在此是怎样使用两极性背逆方法作出发现的呢？从他自己的历史回顾中不难看出这一点。爱因斯坦在研究光的本性问题时，注意到有些光学现象可用量子论来解释，以波动说解释则难以自圆。反之，有些则可用波动说解释，而量子论则无能为力。他还注意到有些光学现象既可以用量子论也可以用波动说圆满解释。由此，爱因斯坦在深入思考中继而意识到：“……单独的应用这两种理论的任一种，似乎已不能对光的现象作出完全而彻底的解释了。我们似乎有时得用这一种理论，有时得用另一种理论，又有时要两种理论同时并用。我们已经面临了一种新的困难。现在有两种相互矛盾的实在图景，两者中的任何一个都不能圆满地解释所有的光的现象，但是联合起来就足够了！”^⑦显然，爱因斯坦的这一思想，已经否定了微粒派和波动派各自的前提，并使两个看来似水火不相容的前提“联合”起来，这说明他已开始应用了两极性背逆方法。接着，他致力于一个根本性问题的理想实验，亦即对单色光穿孔实验效应的阐释。在此过程中，爱因斯坦把两极性背逆方法贯穿于具体的研究方法中，从而使物理学内容本身取得突破。他在进一步的研究中敏锐地直觉到“用经典力学中已知的方法来计算粒子的最终位置，困难也是无法克服的。……而必须以统计方法来代替”。^⑧这就决定了他引入几率、几率波的概念，并“采用了几率波所提供的统计方法”。^⑨实现了描述粒子特征的物理量与描述波动特征的物理量直接出现在同一个式子里并可进行换算，从而完成了对立两极的统一。这样，对于单色光穿孔实验所提出的问题亦得到了圆满的回答，使得每一句用波动说的语言来表述的话，都能够翻释成为光子说的语言，反之亦然。就这样，爱因斯坦成功地运用了二极性背逆方法，完成了物理学发展史上的一次重大飞跃。人们以往在方法上总结这一历史事实时，没有适当地反映出它在方法体系中的特定层次和应有的地位，而影响了这一历史事实在方法上的意义。爱因

斯坦自己也认为：“……最初和最基本的步骤总是带有革命性的。”^⑩我们认为，从两极性背逆方法来进行概括和总结，对科学发展中出现的对立的实验事实、对立的科学理论、以及形成的对立学派，在处理对待的方法上是可以借鉴、是能够得到启示的。

还有一种基本的背逆方法就是属性的背逆方法。尽管科学史上不乏科学家成功使用这种方法的珍贵篇章，但迄今似乎都没有更生动的例证能与非欧氏几何学创立的过程相媲美。罗巴切夫斯基等人从各自不同的研究角度，分别使用了属性的背逆方法，解决了数学史上一个极为复杂的几何问题，从而不仅开创了几何学的新篇章，而且对某些自然科学、甚至哲学都有重要的影响。在此，我们以世界上第一个系统发表的罗氏几何学（或称双曲线几何学）为例来进行分析。众所周知，古希腊数学家欧几里得写下的、包含13篇共467个命题的著作《几何原本》，自它诞生以来直到十九世纪末叶，一直被数学家尊为以严格的逻辑来叙述科学的典范。正因为如此，它对数学发展的影响超过任何其他论著。当然，就在公理系统的逻辑推论方面，亦存在不少问题。其中第五公设没有证明就是明显的一例。一般认为，由于第五公设有着较复杂的性质以及它仅在第29命题中有过唯一的一次应用，从而引起科学家广泛的重视。据记载，在欧几里得以后的两千年期间，很难找到一个没有去试图证明第五公设的大数学家。然而，将近上百名优秀数学家的尝试都未如愿以偿。譬如，蒲罗克鲁和窝雷斯等数学家也不过是用第五公设的同价假定替换了第五公设而已。尽管这个公设所叙述的事实本身看来并无能够置疑之处，但在寻求证明的尝试中，越来越多的数学家对其确定性产生了怀疑。然而，他们都没有怀疑作为欧几里得几何学逻辑推论的基本前提——欧氏空间（即抽象的平直性空间），所以有些数学家尽管已经越出了欧氏几何学的前提，但囿于传统的思路，反认为是自相矛盾而抛弃。罗氏几何学的创立者罗巴切夫斯基，也并非是一立刻达到自己的几何学的，他也曾希望能够证明第五公设，这可在他1815年左右的讲义笔记中看到。然而，他始于证明的尝试，随后就逐渐明白凡自己所知道的关于第五公设的所有证明都不是严格的。对此他曾这样写道：“这真理的严格证明到现在为止什么地方都找不到；象以往已有的一类只能够叫做说明，而在完全意义下不值得尊称为数学的证明”。^⑪并且，他还尖锐地指出：“任何数学科学都不应该以重复欧几里得的那些莫名其妙的东西开始，在任何地方都不能容许有这样不严密的缺点，不自然的把这些放在平行线理论里。……几何学中那些由于最初的和一般的概念的不清楚，而导致出的虚假的结论警告我们，要慎重对待我们想象中的客体概念，我们不能由于它们的简单和自己的经验，如天文学上的观察，在缺乏证明的条件下，就相信这些真理的真实性……。”^⑫他最终悟出了问题的症结所在，认识到在自然里没有任何直线、平面，在那里所见到的只是一样物体。罗巴切夫斯基的这些思想表明，他对欧氏空间的真实性是持否定态度的，也就是否定了作为人们狭隘经验所得到并在数学上概括出来的空间视为唯一的、客观的空间，也就背逆了作为平直性空间的欧氏空间。因而，罗巴切夫斯基最后确信了自己的推测的真实性，并且认为难题已经完全解决，便从1826年2月11日起，发表了一系列与此有关的文章。他在自己的几何体系中，首先由欧氏的第五公设立刻获得平行线定理，然后导入自己反对这个定理的新假设，当即丢开了欧氏空间。他否定第五公设的必要性，从而就意味着有一种特殊空间的存在，并且与我们所习惯的、充满我们直觉的空间完全不同。尽管罗氏空间看起来陌生，似乎是那样的不合理，但它却是一个更完整的体系，欧氏几何学不过是它的极端情况而已。罗巴切夫斯基的这一科学成就，不仅根本改变了二千年来不可动摇的空间观念，而且为几何学的发展扫清了道路，使得后来的数学家能够不断发展非欧氏几何学的思想，在思维上习惯、而且需要想象不同结构、不同性质的空间。由此获得了各种不同的、独创的、崭新的几何学。譬如，黎曼背逆传统于一八五四年六月十日在哥廷根大学提出了属性完全不同的“黎曼空间”。……罗氏的空间属性虽然在数学的发展中起了巨大的革命作用，但只是在爱因斯坦打破束缚力学发展的桎梏创立相对论并从而提出新的时空观以后，罗氏空间的客观真实性才为人们所完全理解，从而亦为他成功地使用属性背逆方法的事例，提供了坚实的科

学位证并成为基础。

以上考察的几种背逆方法的基本形态，乃是科学发现的背逆方法的具体化。就其作为背逆方法的共性来说，不难看出都含有一些共同的特征。将其主要的叙述如下：

首先，在科学的历史发展中，常会出现一些重大的矛盾。而且这些矛盾根据传统的思路（这里我们暂且称之为科学发现的顺应方法）无法予以解决。只有当科学发展出现这种客观势态时，也就是我们现在所说的科学面临重大突破时，才构成使用科学发现的背逆方法的客观条件。为此，我们在运用科学发现的背逆方法时，必须对科学的发展作出历史的、逻辑的分析，以准确地把握这种方法的客观条件，否则将违反科学发展的客观规律而遭到失败。

其次，科学发现的背逆方法所要背逆的顺应方法的前提，或者由于人们使用方法的习惯，或者由于人们直觉经验的局限，或者由于科学发现水平的限制，往往不易被人们所觉察。而当我们自觉运用这种方法时，又必须找出这样的前提来。为此，要求我们既要有科学的勇气，又要能够在系统的分析中提出一些看来是奇特的、但又合乎逻辑的新的假设。

第三，科学发现的背逆方法，只是在科学发现中起到解放思想和明确方向的作用，因为它是科学发现的一般方法。因此，运用这种方法使科学取得完美的成果，还必须在科学发现的创造性工作中，贯穿于其他各种具体方法。正如英国科学家J·D·贝尔纳所说：“我们所知道的科学所以恰恰是按这种方法而不是按另一种方法发展，绝对不意味着这种方法是唯一的科学发展方法，或者甚至说是科学发展最好的最快的方法。大自然的规律虽然不取决于人的意志，但揭示和研究这种规律的程序却决定于人”。^⑩因此，我们应该切记科学发现的背逆方法只是新思路的前提，尽管它在科学发现的方法中很重要，但决不能取代其它的方法。相反，它要求熟练地掌握有关科学内容的其他方法、特别是有关的新方法。不能想象爱因斯坦不用统计方法就能够得出光本性波粒二象性的科学结论。

第四，适应科学内容发展中量变和质变的需要，科学发现方法相应地出现顺应方法和背逆方法的更替，而这种更替是辩证法的否定，是具体的、有继承的否定。例如，作为光本性波动说、微粒说这截然对立的两极虽被抛弃，但在光的波粒二象性里仍然有着波、粒的特性。在罗氏空间中，当其空间曲面半径趋于或等于无穷大时，就变成曲度为0的空间，亦即欧氏空间。这些情况在特定的条件下亦可出现。

从以上背逆方法的几个特征中可以看到，这种方法的产生和使用离不开科学的内容，因为两者都是科学创造性劳动中密不可分的重要因素。这种情况当然也适合其它科学发现的方法，但对使用和研究科学方法来说，提出来也许有一定的现实意义。笔者希望本文能起到抛砖引玉的作用。

注释：

① 《巴甫洛夫选集》，科学出版社1955年版，第49页。

② 《科学研究的艺术》，〔英〕W·I·B·贝弗里奇，科学出版社1979年版，第3页。

③④⑤ 《控制论》，〔美〕N·维纳，科学出版社1962年版，第2—3页。

⑥ Annals of Science, Vol·37·Number I, January 1980, P59.

⑦⑧⑨⑩ A·Einstein & L·Infeld, The Evolution of Physics, Chapter IV、I, Cambridge University, 1938.

⑪ 《几何学基础》〔苏〕B·И·科士青，商务印书馆1954年版。第40页。

⑫ 《三种命运》〔苏〕A·里凡诺娃，青海人民出版社1980年版，第30页。

⑬ 《科学学译文集》，科学出版社1980年版，第28页。