

试论穆勒五法在小学科学教学中的运用和意义

王振强

【摘要】“归纳法”是科学研究和学习的基本思维方法，归纳法不仅体现在科学观察方面，而且体现在观测、实验、模拟等具体探究实验方法中。科学教育的主要任务之一就是促使学生掌握基本的思维方法。本研究在明确归纳法和科学归纳法的内涵与类型基础上，依据义务教育科学课程标准和小学科学教科书分析，探索穆勒五法在小学科学教学中的运用。发现，穆勒五法在小学科学教学中的意义有：积累实验资料，奠定学生推理的基础；培养学生模型理解和模型建构的能力；遵循推理规则，体会科学归纳法的严谨性；培养学生合理分析与综合判断的能力；利用归纳的关联性，激发学生的创造性等。

【关键词】小学科学教学 归纳法 科学归纳法 穆勒五法

“义务教育科学课程标准（2022年版）”中总目标指出：培养学生掌握基本的思维方法，具有初步的科学思维能力。掌握分析与综合、比较与分类、抽象与概括、归纳与演绎、联想与想象、重组思维、发散思维、突破定势等基本的思维方法。^[1]“归纳”是科学研究和学习的基本思维方法。归纳法是科学研究和学习的基本思维方法，不仅体现在科学观察方面，而且体现在观测、实验、模拟等具体探究实验方法中。科学教育的主要任务之一就是促使学生掌握基本的科学思维方法。归纳是建立在观察和实验的基础上，对搜集到的资料进行归纳。

一、归纳法的内涵及其类型

（一）归纳法与演绎法

哲学史上有名的知性和理性范畴，大致可分为知性认识阶段和理性认识阶段。知性认识阶段就是对事实进行科学概括。相应的方法是所谓的广义归纳法，包括科学归纳、统计、类比等等或然性推论，简称归纳方法。理性认识阶段主要是在科学概括的基础上建立理论体系，以便反映客观世界普遍而必然的联系。^{[2]p60}

赖欣巴哈认为，归纳法是这样一种科学方法的工具，它旨在发现某种新东西，某种超出以前观察的总结之外的东西；归纳推论是语言性知识的工具。培根认为，由于观察和实验可以为真理提供事实，因而观察和实验应被看作证明真理的唯一方法。^{[2]p59}穆勒认为，科学探究的任务就在于探明现象间的因果关系即自然因果律，而归纳法正是完成这种任务的工具。

他指出：“归纳法可定义为发现和证明一般性命题的操作技巧。”^[3]归纳可以定义为由经验作出概括，因此归纳既是发现，又是证明一般性命题的活动。^{[2]p61}

归纳原理被认为：如果大量的A在各种各样的条件下被观察到，而且，如果

所有这些被观察到的 A 都无例外地具有 B 性质，那么，所有的 A 都具有 B 性质。^{[2]p66}归纳方法的目的是确立科学认识基础的客观性，并由它得出合乎情理的、或然的推论；演绎方法的目的是组织“现成的”知识，即从作为真理而被采用的前提中得出必然结论的方法。或然性推论的目的是在于探索事物的规律性，是对在观测实验中得到科学事实进行概括的恰当形式，也是科学认识中不可缺少的一个步骤。由或然性推论得到科学概括，是从科学事实到科学理论的桥梁。^{[2]p68}

演绎是从一般原理推演出个别结论的思维方法。^[4]从普遍推导出特殊，是推理的一种特殊模式，也就是所谓的演绎，或者说是三段论。^{[3]p161}在科学认识活动中，归纳方法应理解为概括由经验获得的事实，演绎方法则应理解为建立逻辑必然的知识体系。换言之，归纳方法和演绎方法是从认识的起源和发展的过程来看。归纳方法与概括和加工事实有关，并且总是以观测和实验的结果为根据。演绎方法则是要从一些作为原理的判断形式，推导出一个判断体系，推导程序完全依据所采用的逻辑系统的规则。^{[2]p67}归纳方法和演绎方法在科学认识的经验层次和理论层次是相互补充的；归纳中贯穿着演绎的成分，演绎依赖归纳的结果作前提。恩格斯说：归纳和演绎，正如分析和综合一样，是必然相互联系着的。^[5]从特定命题得出通则的结论，还是依据那个通则从特定命题得出特定的结论，这个思维活动是归纳。归纳这个名称是建立普遍命题的过程，另一半的推理活动，也就是演绎。即先是归纳活动，然后是演绎活动。^{[3]p202}由此发现，归纳和演绎之间关系紧密。

（二）归纳法的类型

逻辑学的任务是设计一套归纳程序，系统地建立了寻求因果联系的科学归纳法（穆勒五法）。归纳在科学概括中的作用是科学认识论的重要组成部分。^{[2]p61}穆勒将求同法准则概括为：如果被考察现象的两个或多个事件中只有一相同情况，那么此相同情况就是该现象的原因（或结果）。^[6]归纳法按照对研究对象所有情况分为完全归纳法和不完全归纳法。不完全归纳法又可分为简单枚举法和科学归纳法。

简单枚举归纳是经验层次的认识中最简单的概括方法，亚里士多德把它叫做第一类归纳法。完全归纳属于简单枚举归纳。在科学中运用的情况比较罕见，原因有：对于无穷事件集合来说，不可能枚举完毕；其二，即使对有穷集合，要穷举所有元素也不是轻而易举的事情，因为可能性太小。况且，完全归纳所作的概括，并不能增加多少知识。人们往往只根据事件集合中一部分元素具有某种属性或关系，就对整个事件集合作出普遍的结论，把个别判断中的知识推广到整体中去，这是不完全归纳，通常它也叫简单枚举归纳。^{[2]p69}

例如：

铁是固体。

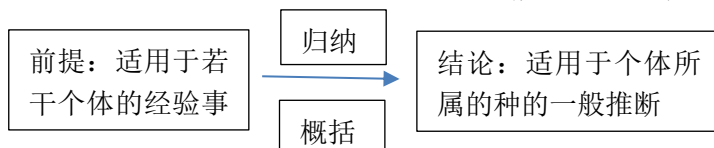
铜是固体。

金是固体。

铂是固体。

所以，所有的金属都是固体。

这里，结论显然是对经验事实的一种概括。用一个图示来表示简单枚举归纳：



简单枚举归纳进行概括时，从部分到整体、从个别到一般的过渡是飞跃的形式实现，其中潜藏着发生错误的可能性。如，汞是金属却并不是固体。列宁写道：

“以最简单的归纳方法所得到的最简单的真理，总是不完全的，因为经验总是未完成的。”^[7]

亚里士多德所说的第二类归纳法：直观归纳法，即直觉归纳。这里，归纳是一种思维过程：人们从某个随机的子集合中发现某种共同的性质或关系，于是顿悟式地把这种性质或关系推广到整个事件集合中去。直觉归纳是一种感觉经验资料中看到本质的能力，它的作用类似于分类学家的眼力。在某种意义上，对同一标本他们比没有受过训练的观察者看到的更多。^{[2]p70}直觉归纳是领悟、发现、抓住某种关系或属性，而不是运用任何逻辑规则的结果。直觉归纳这种猜测、发现过程，对于科学概括性往往是非常起作用的。

本研究中将归纳法按照科学和归纳相结合的标准，将归纳法分为简单枚举法和科学归纳法，在下一部分重点阐述科学归纳法。

二、科学归纳法及其实施原则

（一）科学归纳法

科学归纳法是将归纳与演绎结合起来的方法^[8]。弗兰西斯·培根首创科学归纳法，确定了近代归纳逻辑的第一个形态，有力地推动了欧洲实验科学的发展。培根曾声明，他所创立的科学归纳法用于解释自然，发现事物形式（规律）的。事物的形式决定事物的性质，事物的性质依赖于事物的形式。事物的形式对于事物的性质构成了因果联系。科学归纳法的研究对象是探究事物的形式与性质之间的因果联系的逻辑方法。特点是科学研究方法与归纳法的有机结合，它不注重思维形式的研究，而旨在解决，如何对由观察和实验所获取的经验材料进行逻辑分析和整理，以求得出科学结论。

（一）科学归纳法实施的原则

1. 明晰真实的概念，加强科学归纳法的基础

哲学家们一致认为，语言是思维的主要工具或辅佐。如果语言本身出现任何瑕疵，或者使用不得其法，那么思维过程必将迷雾重重、举步维艰。^{[3]p15}换句话说，如果某人不精通各类词语的含义和正确用法，却想研究哲学方法，就相当于他尚未学会调整天文望远镜的焦距，尚不能清晰地观察天体，却想涉足天文观测。培根认为，在运用科学归纳法时，必须暂时拒绝传统的，先入为主的概念。传统的概念，大多数是粗率而无原则地由个别事物汇集而来，是不完善的。对于传统的概念，只有重新验证后，才能相信和使用。概念是思维的细胞，也是判断和推理的基础。^[9]如果构成推理的概念是混乱的，或缺乏严格的科学定义，那么推出的结论，很可能是虚假的。培根在《论学术的进展》和《新工具》中，坚持了概念来源于经验事实以及部分事物共同概括的特征，并强调明晰的概念对于科学归纳法的重要性。

2. 探索原理必须循序渐进，防止思维跳跃

培根认为，原理来自于对特殊事物的认识和概括。他根据对事物的认识和概括的程度不同，把原理分为低级、中级和高级三个层次。对于原理的探求，他明确指出：“我们应遵循一步一步，由特殊的东西进至较低的原理，然后再进至中级原理，最后上升到最普遍的原理。”^{[10]p81}从这一观点出发，培根坚决反对传统逻辑的证明方法，即从感性的事物出发，一下子上升到最高原理，然后轻率概括最高原理。在科学归纳的过程中，防止思维的跳跃，按照层次进行推理。这也是当前中小学科学教育常出现的问题所在。

3. 重视原理的探究，明确科学研究的主要任务

培根认为，三个不同层次的原理中，最低的原理与经验比较接近，最高的原理则远离经验，是概念性的、抽象的和没有坚实性的。培根提出科学归纳法的运用必须按一定逻辑进行。分为三步：第一步，通过观察和实验，充分收集经验资料。丰富、全面的经验材料是科学归纳法的基础和前提条件。运用观察和实验室科学研究的最基本的手段。培根认为观察必须认真细致，具有一定的目的性，对于获取经验材料的手段，更看重实验，明确提出归纳必须与实验相结合。第二步，运用“三表法”分析和整理经验材料。培根多次提醒，通过观察和实验所搜集的经验材料，室纷繁复杂的、真伪难辨。如果未对这些经验材料进行加工和整理，立即用于归纳，则难免陷入“经验的迷宫”。因此，他提出著名的“三表法”，用于分析和整理经验材料，探究被研究对象的因果联系。三表法是分析整理经验材料的逻辑程式。其具体是：第一表，制定“本质和存在表”，即所研究对象的性质。培根在《新工具》中以研究“热”举例并详细做了说明。第二表，否定表。“否定表”就是选择一些同“本质和存在表”中的例证相类似，但又缺乏“本质和存在表中例证所具有的性质的若干例证，排列。第三表，比较表。即把一些性

质相同，但在不同场合，所呈现的程度有等级差别的例证，排列成一表。第三步，运用“排斥法”推导出研究对象的原因。^{[10]p147}三表法是为后面的归纳做好准备工作，通过三表法的分析和整理，掌握正面的、反面的和不同程度的例证。为确保科学归纳法所推结论的正确性，他认为有三种性质必须加以拒绝或排斥：一在确定的性质存在的例证中，那些不出现的性质；二是在确定的性质不存在的例证中，那些出现的性质；三是在确定的性质的程度增加或减少，而它的程度却减少或增加。

三、穆勒五法在小学科学教学中的应用

培根比较重视从实验研究中搜集资料，19 世纪英国逻辑学家穆勒在培根科学归纳法基础上，补充、发展了“穆勒五法”。在《逻辑体系》第 3 卷第 8 章中系统论述了科学归纳：契合法、差异法、契合差异并用法、剩余法和共变法。^[11]这些方法有一个共同的目的，即要在实验研究中探求因果联系。因果联系是最重要的科学概括之一。

（一）契合法

契合法，假定有两个或两个以上的场合，每个场合由若干情况和若干现象组成，如果某种情况出现，相应的现象也出现，在这种情况下和这种现象之间存在着因果关系。^{[2]p71}例如，当学生对醋、柠檬水和盐酸进行实验室时，会有许多现象发生，其中它们都能使上面所列举的物质的化学性质显然不同，但它们都有一个共同的性质，将紫甘蓝汁滴入上面的几种液体中，液体会变成红色。因此得出结论：酸性这种情况与紫甘蓝汁变红这种现象之间可能有因果联系。

在上述例子中，所考察的三种物体都是液体，但这个共同情况与紫甘蓝汁变红并没有关系。反之，学生观察到的若干具体场合中那些不同的情况，经过进一步的分析，可能都包含一个共同的因素，而这个共同的因素正是所研究的现象的原因。上述例子中三种不同的液体，都含有氢离子，它是使紫甘蓝汁变红的共同原因。使用范围：契合法主要是在实验中就各个正面场合进行比较。例如，探究磁铁对物体的吸引作用、植物的共同特征、动物的共同特征、有生命物体的共同特征等有运用契合法。

（二）差异法

差异法是指，为了便于对实验事实进行概括，常常安排正面场合与反面场合进行比较，也就是有意使一个相关条件发生变化，而其他条件不变，这样构成正、反两个场合来进行比较；或者，在正面场合中加入一个新条件，而在反面场合下则不加入这个条件，然后比较这两个场合各产生什么结果。^{[2]p72}例如，苏教版小学科学三年级上册《空气有质量吗》中测一测气球里的空气是否有质量这一实验，在一根细长棍的两端各挂一只充了气的气球，并使之平衡，接下来将其中一只气

球中的气慢慢放掉，直到气放完为止，观察现象。发现平衡铁丝向充气的气球方向倾斜。这个实验中充气和不充气就组成正、反两个场合。由此做出推论：向充气的气球方向倾斜，说明充气的气球比没有充气的气球重，排除两边用同一气球的因素，推出空气有质量。随着科技的发展，使用精密仪器已经可以称量出装在容器内空气的质量。比如，空气占据空间的实验、观察热空气上升现象、热传递、对流等实验。

（三）契合差异并用法

契合差异并用法是指将契合法和差异法结合起来。达尔文在研究动物形态与环境之间的关系时，就借助此方法。他观察到，不同类的动物如果生活在相同的环境里，常常呈现相同的形态。例如，鲨鱼属于鱼类，鱼龙属于爬行类，海豚属于哺乳类，它们的种类完全不同，但由于长期生活在相同的环境里，外貌很相似。反之，同类动物如果生活在不同的环境里，就有不同的形态。例如，狼、蝙蝠和鲸鱼都是哺乳动物，由于生活条件不同，形态就很不相同；狼适于奔跑，蝙蝠适合于飞翔，鲸适合于游水。达尔文由此得出结论：动物形态构造与其生活条件和环境之间存在着因果关系。^{[2]p72}分解为三个步骤。第一步，把所研究的现象出现的那些场合加以比较；第二步，把所研究的对象不出现的那些场合加以比较；第三步，把前两步所得的结果再加以比较。运用差异法做出结论，这就比契合法和差异法有所发展。

例如，苏教版小学科学六年级上册《寻找遗传与变异的秘密》一课中有关“孟德尔的研究与发现”。孟德尔进行了8年的豌豆杂交实验，发现自然状态下，这些豌豆有着不同的形态特征：有的长得高，有的长得矮；有的花是红色的，有的花是白色的等等。通过进一步观察，他还发现这些豌豆的后代的形态特征大多和他们的上代相似。用豌豆的白花与白花、红花与红花分别授粉后，子一代豌豆的花还是白色的或红色的。但当他用两种不同颜色的豌豆进行人工授粉后，在子一代中，所有的豌豆花都是红色的，而在子二代中，既有红花，也有白花，且红花多于白花。推测出豌豆的某种因子决定它的某个特征。遗传因子有显性的，如控制红色的遗传因子；也有隐形的，如控制白色的遗传因子。^[12]第一步，找出豌豆的相同性状，用豌豆的白花与白花、红花与红花分别授粉后，子一代豌豆的花还是白色的或红色的。进行正面的比较；第二步，通过两种不同颜色的豌豆进行人工授粉后，分别观察子一代和子二代花的颜色性状；第三步，根据前两种情况的结果进行比较，得出遗传因子有显性的，红色控制显性，白色控制隐性性状。比如，地球以外是否有生命、变异的利弊等都用到这种方法。

（四）剩余法

穆勒认为，运用归纳法进行科学探究时，应非常重视各种事例的选择与分析，

只有认真分析各种事例后,才能确定哪些现象有联系,哪些现象无联系。穆勒对实验探究方法的分析包含着假说—演绎的思想。^[13]剩余法在穆勒方法渗透演绎思想比较突出。在排除不能引起余果现象的若干已知现象后,确认余果由另一未知原因所引起,这里明显包含着一种演绎思想。例如,1846年海王星的发现,是一个著名的应用剩余法的例子。首先,万有引力定理的普遍性这一前提;其次,根据各已知天体对天王星的引力计算出天王星的运动轨道。但天文观测发现天王星的实际运行轨道与理论计算的轨道之间有一个偏差。运用剩余法时,推测出由于尚未发现的天体受引力的影响,后来发现了海王星。^{[2]p73}例如,门捷列夫在研究元素周期表的过程中、智能转换观察影子形成的原因、声音的传播方向等现象中都运用了剩余法。

(五) 共变法

共变法是大多数定量实验都要用到的归纳。特点是设法保持其他现象(因素)不变,而让一个现象(因素)发生变化,由此观测另一个现象随之变化的情况。^{[2]p73}比如,在小学科学3-4年级利用控制变量的方法设计简单的实验,5-6年级分析科学实验中的变量控制都运用到共变法。其中关于水滴数与摩擦力关系实验,根据水滴数的变化,观察摩擦力的变化,总结归纳出水能增大摩擦力也能减小摩擦力。^{[1]p126}穆勒本人认为,契合法和求异法是两种基本方法,其中以求异法最为可靠,剩余法是对求异法的修改,共变法是差异法的补充。小学科学教学中运用比较多的是契合法、求异法、剩余法、共变法。

四、穆勒五法在小学科学教学中运用的意义

通过上述讨论,可以看到,科学归纳法被列入逻辑方法范畴。从日常生活到科学研究,科学归纳法得到了广泛应用。在小学科学学习中,学生也可以运用科学归纳法来获得科学认识,提升科学推理能力。

(一) 积累实验资料,奠定学生推理的基础

科学认识活动从经验地收集事实开始,最终目的是建立能解释事实并预见新事物的理论。收集、积累、概括事实,这是科学认识系统化、理论化的必要前提。^{[2]p64}小学生的科学认识活动具有零散性、碎片化,也就是说对事物的认识源于生活经验的积累,但是在学习某一个科学新内容、方法的时候,这种碎片化的积累不足以满足教学要求。这时就需要教师提供学生进行实验观察、实验操作、测量等具体的物体,为科学归纳得到新的结论做好铺垫。

以上提到的紫甘蓝汁检测待测液体的酸碱性实验判断为例。在小学科学教学中,要准备紫甘蓝、热水、烧杯、醋、柠檬汁、苏打水等,先用肉眼观察各种液体,然后采用闻的方法进行观察。还要通过制作紫甘蓝汁,并取制作好的紫甘蓝汁加入待测液体中,观察其变化。这里观察的颜色变化,学生还不能明白其中的

原理，还要了解紫甘蓝汁的一些特点。对于经验不够丰富的学生来说，前期对材料、实验的操作是运用契合法的重要工作。

（二）培养学生模型理解和模型建构的能力

日常学习中，多数情况采用的是用模型进行实验探究教学。模型在本质属性与实物之间有相同的属性。比如，学习《小车的运动》一课中，探究小车运动快慢与哪些因素有关的实验中，采用穆勒五法中的共同法，改变拉力大小进行记录小车运动的时间；改变载重量的大小，记录小车运动的时间等。在小学科学教学中，很多实验没有办法探究真正的实物，就需要借助模型或者制作模型材料进行探究帮助理解。又如，学习太阳系大家族中八大行星和太阳之间的关系等。

（三）遵循推理规则，体会科学归纳法的严谨性

在日常生活中，常常采用的是直接类比推理或是没有规则的模糊推理。多数情况是夹杂个人的经验和主观判断进行推理判断。科学归纳法推理就要排除个人先前经验的介入，通过严格的规则进行循环推理的过程。在穆勒五法中的推理过程中，都遵循严格的规则，进行一步一步的推理，不可实现跳跃和随意推理。

以《生物和非生物》一课为例，学生看到不同的植物和不同的动物的时候。首先，需要对看到的不同的植物进行观察，通过契合法找到这些不同植物的共同特点。然后用求异法观察，是否还存在相反的例子。其次，对动物的观察也采用上述的方法进行观察比较。最后，将总结归纳出的植物的共同特点和动物的共同特点再采用上述的方法进行对比观察，总结概括出有生命物体的共同特征。

（四）培养学生合理分析与综合判断的能力

逻辑学并不致力于寻找证据，而是判断是否找到了证据。逻辑学既不致力于观察、创新，也不致力于发明，逻辑学只做判断。^{[3]p7} 日常生活中，学生缺乏对见到事物或事情的准确判断。比如，校园里摆放的鲜花，有同学就会思考：这是真的吗？针对这样的情况，就通过真的植物具有特点和观察到的植物进行对比，找它们之间具有哪些相同点和不同点，结合观察到的特点，进行推出结论。

（五）利用归纳的关联性，激发学生的创造性

日常生活中的归纳，经常是个人观察到或主观感受到的经验，将感官到的事物和遇到的现象进行分析判断。而科学归纳法，是通过实验观察中寻找不同事物的本质属性，寻找这些事物之间的相同、不同以及受到外界环境变化的过程，在这个过程中，需要学生思考，将身边的事物以及学习的其他课程相联系，激发学生的创造性。

例如，学习《光》的一课中，证明光是沿直线传播的。多数学生知道光是沿直线传播的这一知识点，但是缺少证明这一知识的方法。要证明光是沿直线传播，就需要确定三点一线，联系在不同的生活场景中看到的光的情形。寻找实验材料、

通过设计实验方案进行实验操作,通过改变光的入射角度和方向进行研究光的传播等等。正是科学归纳法中对比、控制变量等的这种特性,激发了学生创造力的机会。

义务教育科学课程是一门基础性、综合性、实践性的课程。在小学科学教育中,归纳法是科学研究和学习的基本思维方法。不仅体现在科学观察方面,而且体现在观测、实验、模拟等具体实验探究方法中。科学教育的主要任务之一就是促使学生掌握基本的科学思维方法。科学归纳法是培养科学思维能力的重要途径之一,是观察到科学事实,进行对比和分析形成科学认知的重要方式。很多情况下的科学归纳法并不是一种方法就能满足问题研究的需要,往往运用综合的观察实验进行搜集资料,进而提升学生的观察思维能力。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准(2022年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022: 6.
- [2] 刘大椿. 科学活动论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2010.
- [3] [英]约翰·斯图亚特·穆勒著. 郭武军、杨航译, 逻辑体系(一)[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2014: 173.
- [4] 王小燕. 科学思维与科学方法论[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2015: 110.
- [5] 恩格斯. 自然辩证法[M]. 北京: 人民出版社, 1971: 206.
- [6] S. Mill. A System of Logic [M]. London: Routledge, 1905: 223.
- [7] 列宁. 哲学笔记[M]. 北京: 人民出版社, 1956: 191.
- [8] 黄顺基. 自然辩证法 [M]. 高等教育出版社, 2004.
- [9] 周建国. 近代归纳逻辑的第一个形态[J]. 上海大学学报(社科版), 1993: (4) 44-50.
- [10] 培根著, 许宝骙译. 新工具[M]. 北京: 商务印书馆, 1984.
- [11] 金岳霖. 形式逻辑[M]. 北京: 人民出版社, 1979.
- [12] 郝京华, 路培琦. 义务教育教科书科学(六年级上册)[M]. 南京: 江苏凤凰出版社, 2019: 21.
- [13] 张大松, 孙国江. 论穆勒五法的方法论特征与价值[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版), 2001(11): 19-23.

(作者单位: 南京师范大学教育科学学院; 南京晓庄学院附属小学)