

生态学自然实验、传统实验以及观察的比较

林祥磊

曲阜师范大学政治与公共管理学院,日照 276826

摘要 阐述了生态学中自然实验的内涵、分类、作用,并将自然实验与传统实验和观察进行了比较,分析了它们之间的异同。自然实验利用自然发生的干扰或他人引起的干扰作为处理,并遵循费希尔的实验设计,因此,既非传统意义上的观察,又与传统实验有所区别,可称之为介于主动观察和传统实验之间的一种准实验。同时,观察与实验之间并非截然的二分,而是按照有无干涉、干涉施加者、有无实验设计形成了一个连续的系列,即被动观察、主动观察、自然实验和传统实验。

关键词 生态学;自然实验;科学方法论

历史上,人们长期将生态学看作是一种“新博物学”^[1],这主要是因为生态学发展的早期,研究方法以观察、收集资料、分类编目等博物学传统为主。20世纪70年代至今,实验方法已逐渐成为生态学研究的重要方法,生态学研究越来越依赖实验方法^[2-3]。但是生态学实验不能像传统实验那样去干涉实验对象,只能更多地采用一些独特的实验类型进行研究^[4]。生态学中有一类实验尤其值得注意,那就是自然实验(natural experiments)。可以说,这种实验极大地反映了生态学研究特殊性和特色,但有人认为,自然实验根本不是真正的实验,而只是观察;有人认为自然实验是一种准实验(quasi-experimentation)^[5];还有人将自然实验与实验室实验和野外实验相提并论,肯定它的实验地位^[6]。那么,什么是自然实验?它与传统科学实验以及观察之间有什么异同?自然实验是观察还是实验?本文将对

这些问题进行分析和讨论。

1 什么是自然实验

生态学实质上是一个尺度问题^[7]。由于实验室自身在空间上的局限,实验对象的尺度不可能很大,通常只能对较小尺度的对象进行研究。小尺度研究偏多在很多生态学的分支学科中是存在的,例如种子生态学在小尺度上的“种子重量”性状方面有较多进展,但对种子其他性状的大尺度分布格局研究仍未开展起来^[8]。但是,小尺度上的生态学研究,很难得到普适性的结论^[9]。实验室方法由于无法还原自然界所有的影响因子与关系,不适合被用来验证生态学假说^[10]。因此,有价值的生态学研究必须要结合大尺度上的实验数据。

收稿日期:2018-05-21;修回日期:2018-07-20

基金项目:教育部人文社会科学研究基金青年基金项目(14YJC720017)

作者简介:林祥磊,讲师,研究方向为生态学哲学,电子信箱:xiangleilin@sina.com

引用格式:林祥磊.生态学自然实验、传统实验以及观察的比较[J].科技导报,2018,36(18):89-95;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2018.18.010

当前的生态学更加强调多过程、多尺度、多学科综合研究^[11]。对于空间尺度较大的研究对象,野外实验(field experiment)是唯一可行的方法,因为在实验室的限制下不可能对它们进行检验。野外实验是指在野外条件下,采取某些措施,获得某些生态因素的变化对生态学系统及其他因素影响的实验。野外实验将实验过程“搬”到自然界中,对自然条件下的对象进行研究,既可以研究较小的对象(如生物个体、小的种群、群落),也可研究尺度较大的对象(如大的群落、生体系统甚至景观)。但是,野外实验缺少对实验条件的控制,具有较大的自然变异性,并且在野外难以设置实验处理的重复(replication),那么如何在大尺度上开展生态学实验呢?自然实验就是一种很好的研究方法。那么什么是自然实验呢?

自然实验是在野外开展的,Diamond和Case^[6]认为,自然实验实施过程中实验者不施加干扰,而是选择自然条件下正在发生或已经发生的干扰,或其他人(非实验者)非以实验为目的所引发的干扰,选取有干扰的地点作为处理,无干扰的地点作为对照,并确保两类地点其他各方面尽可能相似。同时,利用自然条件设置重复。自然重复是指空间上隔离和独立的对象,如池塘、整个湖泊等。自然重复的优点有2个:第一,在实验有效性的水平上,自然重复受到的操纵是非侵入性的,最大程度地代表了自然系统。第二,在实验设计和执行的水平上,自然重复较容易建立,因为基本结构已经存在了。

Hargrove等^[5]认为,在景观生态学的大尺度上,传统实验(即受控实验或操纵实验)难以开展,因此,可以基于以空间代替时间方法,开展自然实验,这种方法根据对不同年龄地点(空间)的研究来推断时间上的趋势,例如,从相似的地点寻找不同年龄的植被作为处理和对照,从而揭示出植被演替的过程。自然实验还会利用一些自然出现的气候变化或灾难等作为“施加的”干扰,如厄尔尼诺现象、火山爆发等,这些自然力量具有超出人力范围的巨大影响力。景观生态学发展的基础——岛屿生物地理学,就是从一系列自然实验中形成的。“偶然性的或无意的操纵也可被视为准实验。”^[5]此处的“偶然性或无意的操纵”表述为“不以实验为目的的操纵”更为准确,因为自然实验可利用的人为操纵既可以是偶然或无意中产生的,也可以是有意为之,只是不以实验为目的。例如,通过利用自然操纵(如岛屿大

小及其隔离程度)的方法,华莱士和达尔文分别利用印度尼西亚和加拉帕戈斯群岛间的动植物群落变化格局,得出了进化和自然地理学的革命性理论。

Diamond等^[6]认为,自然实验具有很强的优势。首先,自然实验不能仅利用小的岛屿,也能利用较大的岛屿甚至大陆。自然实验能够跟踪数十年以上的干扰轨迹,对于传统的野外实验来说,10年实验费用通常难以承担,因此如此大的时间尺度极少见。自然实验扩大了空间和时间尺度,从而有利于从整个范围上研究某些问题(如进化问题),这对于野外实验和实验室实验来说是不可能的。其次,自然实验所利用的干扰通常是无法人为创造的,如火山喷发或干旱,另外通常也是不允许实验者实施的,如火灾。最后,自然实验具有普遍性,因为它从一个更大范围上对地点之间的自然变异进行取样,而实验室实验则根本没有对自然变异进行取样。

综上所述,自然实验是在野外进行的,可以认为是按照实验设计的原则,利用自然条件下所产生的干扰因素(或非实验目的的人为干扰因素),探究某些生态因子对系统的影响的研究方法,适用范围多是大尺度(如景观尺度)上的生态过程。自然实验的特点2个:其一是将人为干扰和控制最小化,可以获得最接近自然的结果和认识;其二是在最小化人为干扰的同时,遵循实验设计原则,可以发挥实验在推理或检验中的长处。自然实验的优势很明显:1)突破了时空尺度的限制。实验室实验和普通的野外实验限于人为控制能力,只能局限在在较小时空尺度上,自然实验可以在生态系统、景观等大尺度上进行研究,还可进行过去与现在的比较研究,突破了时空尺度的限制;2)可以利用无法人为实现的干扰进行实验研究。火山喷发、泥石流、干旱、洪涝灾害等,是无法人为实施的干扰,自然实验却可以利用自然发生的干扰,巧妙地解决了这一问题,此外还规避了法律或伦理风险,例如研究火烧因子的时候,利用自然发生的山火;3)更强的真实性。传统的实验室实验或人为控制较强的野外实验,虽然可以获得较精确的数据,但由于人为因素的干扰,会导致实验结果具有一定程度的建构性,自然实验利用自然干扰进行研究,结果更能反映自然界的真实格局。有鉴于此,自然实验在目前的很多大尺度研究中应用比较广泛。例如,Watts等^[12]实施了长期、大尺度的自然实验用来研究景观尺度上的自然保护;Black等^[13]利用野火对

植物群落进行了研究。既然自然实验与传统实验相比有这么多的优势和突破,那么自然实验究竟与传统实验有何不同呢?

2 传统实验与自然实验的比较

2.1 传统实验的范式

实验是近代科学最伟大的传统^[5]。但实验并不是一开始就有的,直到16世纪才开始出现系统的科学实验。一般认为弗兰西斯·培根最先将实验作为科学认识的一种方法,使之系统化和理论化。伽利略则从实践上在物理学研究中巧妙地运用了实验方法,从而被誉为“实验科学之父”。从17世纪到19世纪末,胡克、牛顿、法拉第、波义耳、拉瓦锡等物理学家和化学家,借助实验方法,作出了科学上一系列重大发现,使得实验方法逐渐成熟起来,并确立了其在科学研究中的重要地位,“实验方法”通常就被与科学方法等同起来,成了科学方法的代名词。与此同时,实验在物理学、化学学科上的巨大成功,也确立了传统科学实验的物理、化学标准,出现了库恩所谓的“范例”,从而形成了科学实验的一般范式。以至于在人们的印象中,提起科学实验,头脑中首先浮现的是在个摆满琳琅满目的瓶瓶罐罐的实验室,其中的科学家则穿着白大褂操弄着它们。

科学实验的一般定义为:“实验是人们根据一定的研究目的,利用科学仪器设备,人为地控制或模拟自然现象,使自然过程或生产过程以纯粹、典型的形式表现出来,以便在有利的条件下进行观察、研究的一种方法。”^[6]从定义中可以看出,科学实验的关键乃是“人为地控制或模拟自然现象”,这与弗兰西斯·培根的教导一脉相承,他认为实验是“拧狮子尾巴”,即强调实验中人为的操控,也就是伊恩·哈金(Hacking)所称的“干预”或“干涉”。

传统的生态学实验也是遵循这一范式建立起来的,其要点也是人为干涉或控制生态学对象。此外,生态学实验中普遍应用了统计学思维,采用了英国著名统计学家费希尔所创立的实验设计。费希尔的实验设计是这样的:首先,选取实验单元(experimental unit),如一株农作物。然后对实验单元施加处理(treatment),即实验者的人为干涉和控制,如施肥、浇水等。但是,实验前后差异既有可能是处理引起的,也有可能是其他因素引起的,为此要设计对照(control),即没有施加

处理的实验单元,将处理和对照的实验单元两相对比,就能将处理的影响与其他因素的影响区分开了。另外,单一的数据亦无法应用统计分析。因此,还要设置处理的重复(replication),即对多个实验单元施加同样的处理,这样就能进一步排除个体差异的影响,进行统计分析。这里要注意的是,不能将对同一实验单元的多次测量当成处理的重复,这是伪重复(pseudoreplication)的错误。这种实验设计是生态学实验中最普遍的一种实验设计,无论是实验室实验,还是野外实验,大多采用这种设计,这类实验通常被称之为操纵实验(manipulative experiment)。之所以谓之“操纵”,是因为它与传统科学实验的干涉或控制“传统”一脉相承,只不过在生态学实验中称之为处理。

2.2 自然实验与传统实验的区别

科学实验的结构包括3要素:实验者、实验对象和实验仪器,要充分了解自然实验与传统实验的异同,可以从这3个方面进行考察。

1) 传统实验与自然实验在实验者方面的区别。

根据传统科学实验的定义和内涵,实验的标准是有没有人为干涉和控制,因此,实验者在实验过程中起到的是能动的作用,就如同弗兰西斯·培根所说的,实验者不再观察原始的自然,而是要“拧狮子尾巴”,即在实验室内操纵和控制实验对象。进而,实验者要实现实验的一个不可忽视的功能,即哈金^[5]所谓的“创造现象”。哈金认为,实验室科学所研究的对象很少不涉及那些在实验者控制之下,以纯粹状态发生的现象,实验中的现象都是实验者创造出来的。他认为,物理学中的光电效应和激光就是在一种纯粹的状态下创造出来的,宇宙中并无激光存在,是实验者创造了它。因此,在传统实验中,实验者的作用是操纵和控制实验对象以及实验过程,并创造出现象。然而,自然实验中实验者的作用却并非如此,因为自然实验在研究大尺度生态学对象的时候,实验者失去了操纵能力。从空间尺度上来说,这些实验对象可能是一片森林、一座岛屿,而实验所需要的干扰可能涉及火灾、地震、洪水,乃至火山喷发,这已完全超出了人力所为;从时间尺度上来说,实验者所考察的生态过程可能持续数十年乃至数百年,亦非人的寿命所及。实验者如果要按照实验设计进行研究,此时只能是选取或利用适合的实验对象,等待自然发生的干扰,而不是人为去干涉或创造(除了实验者没有能力,也存在伦理和法律上的问题,例如,

不可以实验目的人为引发一场山火)。例如,如果某地恰好发生了山火(可能是自然发生,也可能是人为不当引发),那么实验者就可以利用这次山火,作为对该地植被的处理,选取相似的未经火烧的地点,作为对照,进行这样一次自然实验。该过程中,实验者并未干涉实验对象,也未创造现象,干涉和现象都是自然产生的。

2) 传统实验与自然实验在实验对象方面的区别。

传统实验的实验对象尺度都很小,可以在实验室内进行人为操纵和干涉,例如物理学上的各种微观粒子,化学上的各种分子、化合物,生物学中的DNA分子、细胞、植物和动物个体等。这些实验对象在实验室中受到了各种各样的操纵和干涉,塞蒂纳^[7]还将实验室描述为一种带有特殊目的的保育室,各种实验对象被工具合一起包围着,被供养、喂养、滋养、保暖和观察着,自身也被当作了一种技术装置。但如前所述,自然实验所面对实验对象尺度都已远远超出了人力所能控制和干预的程度,实验者无法也往往不能对其进行操纵和干涉。例如波利斯等^[8]指出,一些缓慢的生态学过程(如生态演替、营养循环等)、稀有的和偶然发生的生态现象(如火灾、气候巨变、火山爆发、地震等)、气候的准规律性决定因素(如厄尔尼诺和太阳黑子),以及微妙的过程(如全球气候变化)等,这些研究对象都是无法人为控制的,只能选取和利用恰当的机会进行“实验”研究。

3) 传统实验与自然实验在实验仪器方面的区别。

在传统实验中,实验仪器是实验者与实验对象之间交流的中介物,实验者正是通过实验仪器才得以对实验对象进行操纵、干涉,以及测量。例如,哈勒将仪器分为2类:一类为自然系统的“驯化”模型(domesticated models),一类为仪器-世界复杂体(apparatus-world complexes)。“驯化”模型是一种物质模型,是自然现象的简化版本^[18]。仪器作为模型,而自然则作为原型。仪器-世界复杂体则创造了现象,这些现象并不存在于自然界中。柏德^[19]从认识论角度区分了3种主要的科学仪器,这3种仪器的作用分别是:第一,提供物质性表征,例如DNA双螺旋模型;第二,呈现现象,例如法拉第电动机;第三,进行测量,例如温度计。海德伯格将仪器分为2类:一是“生产性”(productive)和“建构性”(constructive)仪器,像莱顿瓶,能够创造出人类不曾经验过的现象;二是“表征性”仪器,例如温度计、计时器、

天平等,能够符号性表征自然现象^[18]。拉图尔^[20]则坚持,实验仪器就是一个“铭写装置”,产生的实验产品就是“铭写”。在生态学实验中,操纵和干涉性的仪器较少,例如温室、加热增温装置、围栏、更多的是测量和表征性的仪器,它们既包括传统科学中的实验仪器,如温度计、湿度计、pH计、天平、显微镜等,又包括适应生态学研究特点而发展起来的仪器,如便携式光合作用仪、遥感仪器等。这些仪器不但提供了各种数据,也提供了实验对象的“呈象”。而自然实验中所用的仪器,更多的是测量性的仪器,即在自然干扰后,对实验对象进行取样或测量,获取数据。另外,也很难设计出一种仪器,可以对如此大尺度的实验对象进行控制和干涉。

由上述分析可见,自然实验与传统实验在实验者、实验对象和实验仪器方面都有明显的不同,但归结为一点最大的区别就是,有没有人为操纵和干涉。就前面的操纵实验来说,它属于传统实验的范式,其中的处理是人为创造出来的,有目的地施加到实验单元上的。但在,自然实验中,实验者并不人为创造处理,实际上也无法创造出处理,而是利用自然产生的干扰或偶然的人为干扰作为“处理”。除此之外,自然实验与传统生态学实验(操纵实验)也有很多共同点,如在实验设计上都是采用了完全相同的思想,即设置处理、对照,以及重复。然而依据上述比较,是否就能够根据二者之间的相同点断言自然实验是实验呢?或者是否就能根据二者之间有无人为干涉的区别,声称自然实验与观察别无二致呢?

3 观察与自然实验的比较

吴彤^[21]认为,观察和实验被以往的逻辑主义或经验主义科学哲学家混为一谈,因为他们认为观察和实验仅仅是为理论提供证据,并无本质差别。科学实践哲学的代表人物之一大卫·古丁^[16]指出,实际上,观察与实验之间存在着公认的差异,观察首先被认为是描述性的、被动的,记录那些被表征的东西,是看而不是做,实验则被认为是主动的干预自然过程的活动,是做,然后才是看,这成为实验与观察的区别。在观察过程中,观察者不干预观察对象,只是在大自然提供的那种条件下对其研究。

自然实验与这种被动观察有明显不同,因为自然实验中实验者并不是被动地看,而是会主动选取恰当

的自然干扰和地点。然而,除了这种被动的观察,还存在一种主动的观察,例如解剖学上的观察,或野外地质学家的观察。前者需要观察者主动用手术刀解剖,暴露内部结构来观察,后者则利用地质锤、放大镜,敲下岩石,放大了观察。在这种主动的观察过程中,也包含着对观察对象的人为操纵和干涉,对于自然实验来说,实验者却并未对实验对象进行人为操纵和干涉。因此,如果仅仅将“看或做”当成观察与实验之间的区分标准,则会令人误解——主动观察算实验吗?自然实验是观察吗?

哈金^[15]援引了另一个例子,医学家克劳德·伯纳德在1865年的著作《实验医学研究导论》(Introduction to the Study of Experimental Medicine)中说明了医学上观察与实验之间的相互纠缠。有1位医生在1812年的英美战争中,有幸长时间观察了1个有严重胃伤的人的消化道。哈金提出了这样的问题:这是实验,还是在几乎独一无二情况下的一系列观察?对于医学上这样的例子来说,与自然实验有相同之处:在当时没有胃镜、肠镜等内窥镜技术的情况下,除非借用为重病的人做手术的时机,自然状态下几乎没有机会通过解剖探查一个人的消化道,因为不可能也不允许进行人的活体解

剖,而战争中的伤员则恰好提供了这样一个机会,使其消化道暴露的干涉并不是观察者施加的,而是战争造成的,观察者正好利用了这样的机会;自然实验也是如此,实验者无法施加干涉,而是利用自然界中所发生的干涉。但前者仍然属于主动观察,而不能看作是实验,因为这与用手术刀解剖一个动物,对其消化道进行观察并无本质上的区别,只不过动物的消化道是观察者用解剖刀暴露的,而伤员的消化道是因受伤暴露的。

从表1可以看出,自然实验具有更多实验的性质,因为在自然实验中,实验者不仅会利用自然所产生的干扰进行观察,还会按照实验设计的原则,将这些干扰作为处理,并选取未受自然干扰的相似地点作为对照,除了实验者没有施加干涉之外,其他一切程序均与实验无异。自然实验正是将自然干扰纳入实验的进程,并进行人为的组合,最终提取它所想要的东西。因此,按照这一标准自然实验不是观察,而至少可以看作是介于主动观察与传统实验之间的一种“准实验”。这样,按照干涉的有无、干涉的施加者,以及有无实验设计,被动观察、主动观察、自然实验与传统实验就形成了一个连续的系列。

表1 被动观察、主动观察、自然实验与传统实验的特征比较

Table 1 Comparison of characteristics of passive observation, active observation, natural experiment and traditional experiment

特征	被动观察	主动观察	自然实验	传统实验
有无干涉	无	有	有	有
干涉如何施加	不施加	观察者施加或自然发生	他人引发或自然发生	实验者施加
有无实验设计	无	无	有	有

4 结论

观察与实验之间并不是截然的二分,它们之间存在着连续的系列,即被动观察、主动观察、自然实验、传统实验。自然实验既不是观察,也与传统实验范式有所区别。之所以将其称之为实验,是因为它仍然存在对实验对象的干涉,尽管这种干涉不是实验者施加的,只是利用自然发生或他人引发的干扰。此外,它的整个过程仍然遵循着费希尔的实验设计,因此,可以将自然实验看作是介于主动观察与传统实验之间的一种准实验。

在传统的科学实验室中,人们精心建立起一个

人工世界,隔离了外部的各种纷繁复杂因素,例如物理粒子是通过仪器精确发射出来的,而所用的化学试剂也是纯化了的,所用的微生物也是在培养皿里培养出来的。在机械自然观的基础上,可以严格控制实验对象,切割它、隔离它、纯化它、干预它,消除“无关”因素的影响,突出某种或某些因素的作用,在人们的操弄之下,让实验对象供出“真相”。一定程度上,在实验室中既创造了实验对象,又创造了实验现象,使得我们通过实验所获得知识是一种人工建构的知识。相反,自然实验则可以告诉我们自然界中真实的格局动态。

参照Diamond等^[6]的研究,可以从以下几个角度对观察、自然实验和传统实验(生态学的传统实验可以分

为实验室实验和野外实验两大类)的优缺点进行分析:

1) 对自变量的控制程度。传统实验中的实验室实验最高,野外实验稍低,自然实验和观察则没有施加控制; 2) 地点的匹配度。不同样地的生态因子等各方面都是不同的,为了尽量消除不同地点间干扰因素的影响,生态学家一般采取3种策略:选择相近的样地、进行样地的重复,以及样地的随机化分布和穿插分散。从这一点来看,观察不涉及;实验室实验最高,因为在实验室中可以严格控制各种变量相同;野外实验次之;自然实

验又次之;3) 时间尺度。观察可以达到的时间尺度最高,可以实施长达数十年乃至百年的观察;自然实验次之;传统实验最低。4) 空间尺度。观察最高,自然实验次之,野外实验较低,实验室实验最低;5) 操纵的程度。被动观察不涉及操纵,主动观察与自然实验的操纵程度都很低,野外实验较高,实验室实验最高;6) 真实性。观察最高,自然实验次之,野外实验再次之,实验室实验最低;7) 普遍性。观察最高,自然实验次之,野外实验再次之,实验室实验最低(表2)。

表2 被动观察、主动观察、自然实验与传统实验的优缺点比较

Table 2 Comparison of strengths and weaknesses of passive observation, active observation, natural experiment and traditional experiment

优缺点	被动观察	主动观察	自然实验	传统实验	
				野外实验	实验室实验
对自变量的控制程度	无	无	无	低	高
地点的匹配度	无	无	低	较高	最高
时间尺度	高	高	较高	低	最低
空间尺度	高	高	较高	低	最低
操纵的程度	无	低	低	较高	高
真实性	最高	较高	高	低	最低
普遍性	最高	较高	高	低	最低

自然实验在科学方法上,拓宽了实验方法的视野,使得生态学家在处理一些大尺度,无法人为实施实验控制的对象时,也可以达到类似实验的效果。在应对栖息地改变、污染、气候变化、生物多样性丧失等问题的时候,自然实验无疑更具有其优势,但在应用过程中也要注意其局限性。结合表2可以看到,自然实验并未对自变量施加控制,同时地点的匹配度也很低,操纵的程度也很低,这不可避免地将会导致:1) 缺乏精确性。自然实验无法像实验室实验那样做到对变量的严格控制,难以排除无关因素的干扰,从而致使得到的结果不精确。2) 偶然性。自然实验通常要依赖自然过程中出现的干扰或偶发的人为干扰,这就会导致自然实验具有偶然性,人为计划实施起来难度很大。

综上所述,自然实验和传统实验各自具有不同的优缺点,在具体研究过程中,将自然实验作为实验室实验或野外实验的补充是一个比较恰当的策略。传统实验能够从高度的控制、操纵过程中获得精确的结果,自然实验则具有更高的真实性和普遍性,能够验证传统实验的结果是否符合自然过程,弥补传统实验缺乏自然性的缺陷。通过不同研究方法得到的结果将更可靠,使我们对生态过程的理解更完整、更全面。

致谢: 本文是笔者在清华大学社会科学学院科学技术与社会研究所做访问学者期间完成的,感谢曲阜师范大学青年教师能力提升计划国内进修访学项目的资助。

参考文献(References)

- [1] McIntosh R P. The background of ecology: Concept and theory [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- [2] Hairston N G. Ecological experiments: Purpose, design, and execution[J]. Journal of Applied Ecology, 1989, 28(1): 359.
- [3] Reserits W J, Bernardo J. Experimental ecology: Issues and perspectives[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- [4] 肖显静. 生态学实验“可重复”困难的原因及对策[J]. 科技导报, 2018, 36(6): 8-16.
Xiao Xianjing. The "repeatability" difficulty in ecological experiment[J]. Science & Technology Review, 2018, 36(6): 8-16.
- [5] Hargrove W W, Pickering J. Pseudoreplication: A sine qua non for regional ecology[J]. Landscape Ecology, 1992, 6(4): 251-258.
- [6] Diamond J, Case T J. Community ecology[M]. New York: Harper and Row, 1986.
- [7] 奥德姆, 巴雷特. 生态学基础[M]. 第5版. 陆健健, 王伟, 王天慧, 等. 译. 北京: 高等教育出版社, 2009: 478.
Odum E P, Barrett G W. Fundamentals of ecology[M]. 5th ed.

- Lu Jianjian, Wang Wei, Wang Tianhui, et al, trans. Beijing: Higher Education Press, 2009: 478.
- [8] 于顺利, 方伟伟. 种子生态学研究动态[J]. 科技导报, 2012, 30(30): 68-75.
- Yu Shunli, Fang Weiwei. Research advances in seed ecology [J]. Science & Technology Review, 2012, 30(30): 68-75.
- [9] 赵斌. 生态学必须进化以应对全球性重大问题[J]. 科技导报, 2014, 32(12): 12.
- Zhao Bin. Ecology must evolve to deal with major global issues [J]. Science & Technology Review, 2014, 32(12): 12.
- [10] 李际. 生态学假说判决性实验的验证方法[J]. 科技导报, 2016, 34(13): 93-98.
- Li Ji. Test method of ecological hypothesis' decisive experiment[J]. Science & Technology Review, 2016, 34(13): 93-98.
- [11] 中国生态学学会. 生态学的发展趋势及研究热点[J]. 科技导报, 2010, 28(17): 120-121.
- Ecological Society of China. Development trends and research hotspots of ecology[J]. Science & Technology Review, 2010, 28(17): 120-121.
- [12] Watts K, Fuentes-Montemayor E, Macgregor N A, et al. Using historical woodland creation to construct a long-term, large-scale natural experiment: The WrENproject[J]. Ecology & Evolution, 2016, 6(9): 3012-3025.
- [13] Black C H, Cummins K M, Lawson D M, et al. Using wildfires as a natural experiment to evaluate the effect of fire on southern California vernal pool plant communities[J]. Global Ecology & Conservation, 2016, 7: 97-106.
- [14] 刘大椿. 科学技术哲学导论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2004.
- Liu Dachun. Introduction to science and technology philosophy [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2004.
- [15] Hacking I. Representing and intervening[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- [16] 安德鲁·皮克林. 作为实践和文化的科学[M]. 柯文, 伊梅, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2006.
- Andrew Pickering. Science as practice and culture[M]. Ke Wen, Yi Mei, trans. Beijing: China Renmin University Press, 2006.
- [17] Reseraris Jr. W J, Bernardo J. Experimental ecology: Issues and perspectives[M]. New York: Oxford University Press, 1998.
- [18] Radder H. The philosophy of scientific experimentation[M]. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003: 19-38.
- [19] Baird D. Thing knowledge: A philosophy of scientific instruments[M]. California: University of California Press, 2004.
- [20] Latour B, Woolgar S. Laboratory life: The construction of scientific facts[M]. Princeton: Princeton University Press, 1986.
- [21] 吴彤. 走向实践优位的科学哲学——科学实践哲学发展述评[J]. 哲学研究, 2005(5): 86-93.
- Wu Tong. The philosophy of science towards practical excellence: A review of the development of scientific practical philosophy[J]. Philosophical Researches, 2005(5): 86-93.

Comparison of ecological natural experiments, traditional experiments and observations

LIN Xianglei

School of Politics and Public Administration, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China

Abstract The meaning, classification, and function of natural experiment are illustrated. Natural experiment is compared with traditional experiment and observation, and their similarities and differences are analyzed. Natural experiment utilizes naturally occurring interference or interference caused by others such as treatments, and follows the experimental design of R. A. Fisher. Therefore, natural experiment is not observation in the sense of traditional experiment, is different from the traditional experiment, and is a kind of quasi-experimental between traditional experiment and active observation. At the same time, there is no complete dichotomy between observation and experiment, but there is a continuous series, namely passive observation, active observation, natural experiment, and traditional experiment according to presence or absence of interference, the interference imposer, and the availability of experimental design.

Keywords ecology; natural experiment; scientific methodology ●



(责任编辑 陈广仁)