

# 科学理论检验的不完全决定性

肖显静

(中科院研究生院人文学院,北京 100039)

**摘要:** 本文具体分析了科学理论检验的基本模型和过程,得出结论:以渗透理论的可观察证据为背景的科学理论的检验,既不能够产生确定的证实,也不能够产生明确的证伪。这体现了科学理论检验的不完全决定性(underdetermination)。但是,这并不能导致相对主义,只表明科学理论检验的相对性和科学理论真理的相对性。为此我们需要对反实在论和社会建构论进行分析批判。

**关键词:** 科学理论;确证;证伪;不完全决定性;相对性

**中图分类号:** B085      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003 - 5680(2003)03 - 0036 - 04

科学理论的检验可以看作科学之所以成为科学的关键所在。科学理论只有得到事实上的检验,才能被科学家当作关于世界的正确描述接受下来,作为知识体系的一部分,并在此基础上继续开展研究活动。然而,科学实验对科学理论的检验是不完全决定的(underdetermine),需要我们进一步分析。下面的论述表明了这一点。

## 一 科学理论检验的基本模型

科学家们是怎样检验科学理论的呢?一般地,是通过假设演绎方法(简称 H-D)进行的。这点我们可以通过玻义耳气体定律的检验加以说明。

玻义耳定律指的是:对于一定量的任何理想气体,当保持温度 T 不变时,压力 P 与气体的体积 V 成反比,也就是:  $PXV = \text{常数}$ 。根据这一定律,对于某一气体,如果它的最初体积是 1 升,最初压强是 1 个大气压,当压强增加到 2 个大气压,且温度保持不变时,该气体体积将减少到 1/2 升。上面的思路可以用假说——演绎模式表示如下:

- (1) 在一定的温度下,气体的压力与它的体积成反比(玻义耳定律)
- 气体的最初体积是 1 升  
最初压力是 1 个大气压  
当气体压力增加到 2 个大气压  
温度保持不变时  
气体体积将减少到 1/2 升
- 从上述推论中可以看出,待检理论玻义耳定律不是这个

论证的唯一前提,只从它出发不可能演绎出任何观察预言。这里需要初始条件。它是完成实验的前提。由此,观察预言是由待检理论和初始条件演绎推论出的。如果用 H 代表待检理论,用 I 代表初始条件,用 O 代表观察预言,那么上述论证也可以概括为下面的形式:

$$\begin{array}{l} (2) \quad H(\text{待检理论}) \\ \quad \quad \quad \underline{I(\text{初始条件})} \\ \quad \quad \quad O(\text{观察预言}) \end{array}$$

即如果待检理论 H 是正确的,并且初始条件 I 一定,那么观察预言 O 应该是能够观察到的。而现在我们有没有观察到这一结果呢?这就需要我们做实验。如果我们观察到这一结果,证明该理论是正确的。如果没有观察到这一结果,则待检理论是错误的。这是从观察预言开始到待检理论的一个逆向推理过程。可以表示如下:

$$\begin{array}{l} (3) \quad \underline{I(\text{初始条件})} \\ \quad \quad \quad O(\text{观察预言}) \\ \quad \quad \quad H(\text{待检理论}) \\ (4) \quad \underline{I(\text{初始条件})} \\ \quad \quad \quad \underline{\text{非} O(\text{观察预言})} \\ \quad \quad \quad \text{非} H(\text{待检理论}) \end{array}$$

不过,如果我们考察检验玻义耳定律的具体过程,就可发现,上述的检验处理过分简化了。在进行这一项实验的过程中,实际上我们并没有直接观察到容器内的气体的温度一直都保持不变,也没有直接通过我们的手臂而测定压力,我们是通过某种类型的温度计和压力仪的使用确定这一点的。

**【收稿日期】** 2002 - 09 - 20

**【作者简介】** 肖显静(1964 - ),男,中科院研究生院人文学院副教授,山西大学科技哲学研究中心博士后。主要研究方向:科学哲学,生态政治与哲学,科技社会学。

这样一来,就需要一个或多个辅助性的假说 A 去说明这些仪器是可信的。几乎在所有的实验中,都需要辅助性假说。它是我们根据待检理论演绎推论出结论所需要的知识背景,离开它是不可能演绎得出观察预言的。根据这一事实,上述推论(2)(3)(4)应该扩展为下列形式:

- (5) H(待检理论)  
A(辅助性假说)  
I(初始条件)  
O(观察预言)
- (6) A(辅助性假说)  
I(初始条件)  
O(观察预言)  
H(待检理论)
- (7) A(辅助性假说)  
I(初始条件)  
非 O(观察预言)  
非 H(待检理论)

这就是科学理论检验的基本模型:如果待检理论 H、辅助性假说 A 正确,并且,初始条件 I 具备,所预言的观察结果 O 应该出现;而现在如果在初始条件 I 和辅助性假说 A 具备的情况下,进行实验,观察到了观察预言 O,那么,待检理论 H 应该是正确的;否则就是错误的。前者称之为科学理论的确证,后者称之为科学理论的证伪。

## 二 科学理论确证的复杂性

考察上述科学理论确证的过程,存在下述两方面困难:

### 1. 逻辑学上的困难。

分析上面的确证过程,可以分为两个部分:一个是:如果待检理论 H、辅助性假说 A 正确,并且,初始条件 I 具备时,所预言的观察结果 O 应该出现。这一论证过程是正确的。从前提到结论是一个有效的演绎过程,只要前提正确,结论肯定是正确的。但是,另一个逻辑论证过程就不是有效的了。在实验过程中观察到了由待检理论 H、辅助性假说 A、初始条件 I 演绎推得的观察预言 O,并不表明待检理论 H 一定是正确的。前提正确并不必然推得结论正确。这点正如天下雨,那么地变湿;而现在地变湿,并不表明天一定就下了雨。地变湿也可能是由其他原因引起的。因此,通过上述检验过程所检验的理论只可能是正确的。

针对上例,观察到了某气体的体积减少到 1/2 升,并不表明温度保持不变时,气体(任何)的压力与它的体积成反比,也许是由其他原因造成了这种结果。实际上,这一实验只是表明该气体在该温度下,在气体所涉及的两种状态下,压强和体积之积相等。这就是说这一实验只是给了待检理论——玻义耳定律一次支持。一个 H-D 检验的成功对理论的真理性提供了一次支持,多次这样的成功将对理论的真理性提供多次归纳的支持。在这种情况下,如果我们要想对玻义耳定律正确性以强有力支持的话,那么我们就要针对同种或不同种的气体,在同样的温度或不同的温度下,用不同的压力和体积来对这种气体进行实验。检验的气体种类越多,初始条件设定的越多,对待检理论的支持越多,该理论的

正确性就越高。但是,由于该定律是针对所有气体以及所有的这些气体在所有一定温度下的所有压力和体积变化的关系,因此,从理论上讲,需要进行无数次实验才能完全证明该理论。而这是不可能的。我们只能进行有限次的实验来对该理论加以归纳支持。由此出发,通常我们所说的“我们检验某一理论是正确的”,其实指的是:到目前为止,我们发现该理论是正确的。该理论并没有通过所有的检验保证为绝对正确,而只是受到了迄今为止的所有实验的检验,没有出现反例。

这表明,当科学实验与科学理论的预言相一致时,并不表明这一理论完全正确。观察到理论的一个正确推论并不演绎地、绝对肯定地证实该理论。只是表明这一理论被该实验证据支持,增加了该理论的正确性。但无论怎样,并不构成对待检理论的明确的不含糊的确证。实际上理论还是可能错误的。如此,我们不能指望用一次实验来确立科学理论,而应该用多个实验。如爱因斯坦的广义相对论并不将它的正确性寄托在一次推理预言上,它也做出了其它的解释和预言,如水星近日点的进动、光谱线的引力红移、光线弯曲等。这些给了广义相对论以归纳性的支持。

### 2. 多个竞争理论的困难。

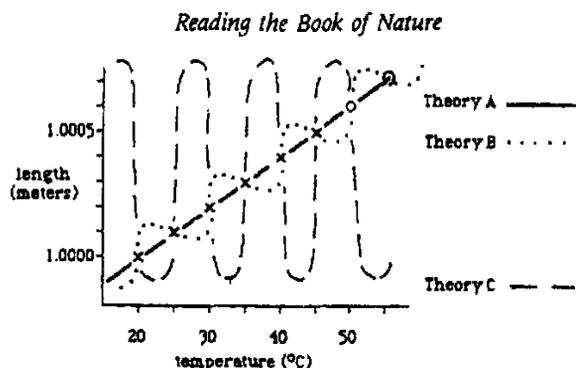
这一问题与科学理论的建构有关。建构理论的原则是所建构的理论能够解释用来建构科学理论的实验事实。这里以黄铜棒加热膨胀的理论建构为例加以说明。

黄铜棒的温度和它的长度之间有什么样的关系呢?首先要进行实验,然后在此基础上,建构选择科学理论来反映这种关系。

对于黄铜棒所进行的实验结果为:在室温为 20 时,棒的长度是 1.000 米,然后棒被加热,并且每隔 5 时,测量它的长度,得到下列一组数据:

实验序列(次)	1	2	3	4	5	6
温度( )	20	25	30	35	40	45
长度(米)	1.0000	1.0001	1.0002	1.0003	1.0004	1.0005

如果我们用理论来描述这些关系,那就是要求这一理论与上述实验结果相一致。根据这一原则,应该有多个理论与一个实验结果相一致。如对于上面的实验结果,典型的能够解释它的理论有下面图示的三种<sup>[1]</sup>。



上图中,直线 A 表征的理论解释了所有的被观察现象,通过了所有的实验数据点,预言了将来的情况和可检验性。B、C 也是这样。A、B、C 三种理论都成功地解释了实验数据。

如果我们不嫌麻烦的话,还可以构建许多理论来解释这些数据。这表明,对于一个有限的实验数据点,可以有大量的理论所对应的曲线通过它们,并且能够解释它们。既然如此,当我们用一组实验数据确证了某一理论时,逻辑上也就同时确证了与这一实验数据相符合的无限多的与该理论不一致的其它理论。在这种情况下,我们怎么能够宣称所检验的那一理论是正确的呢?实际上,它在检验了某一理论正确的同时,也同时检验了其他理论的正确。

也许有人会说,我们可以进行更多的实验,获得更多的实验数据,然后根据理论是否与这一实验数据相符来逐一排除与实验数据不相符的理论。但是,从逻辑上说,与某一理论相符的实验数据是无限的,人们不可能进行无限的实验来获得无限的数据来检验该理论;而且,与一组或更多组实验数据相符的理论也是无限的,逐一排除是不可能完成的。实际上,我们只能在有限的实验数据的基础上构建有限的能够解释实验数据的理论,然后再继续进行实验,以进一步排除与新的实验事实不相一致的理论,以获得我们认为与更多的实验事实、更进一步的实验事实相一致的理论。

科学家们常常是这样做的。但是,他们并不总是这样做。原因一是在于这样做的非现实性;二是科学并不总是程式化的努力,科学家能够运用大量的方法,如观察、沉思、比较、直觉,甚至于梦想提出某一理论来解释一定的现象,并且能够根据科学理论的一些内在特征,如可检验性、简单性、逻辑一致性、系统性等来评价和选择理论。如在一组实验数据可由多种理论解释的情况下,科学家们往往根据简单性原则来评价和选择理论。对于上面的科学史案例,科学家就是据此选择最简单的理论 A 的。这种选择有道理吗?从科学发展的历史看有一定道理。因为科学史上的很多理论就是通过这一原则确定的,由此带来了科学的巨大成功。但是,成功的获得并不意味着真理的获得。简单性原则肯定是一个实用的特征,但它不是一个支持真理的特征。从形式以及人们认识的方便看,理论应该是越简单越好。但是,越简单的理论并不意味着越正确。理论的是否正确取决于该理论与所研究的对象的本质内涵是否相一致。对应于上例,如果简单性是一条自然原理,那么,将简单性原则应用到自然界中就是合理的、正确的;如果简单性不是自然界的一条基本原理,那么,将简单性原则应用到自然界中只是科学家认识自然时所采用的一个认识论策略。虽然它的应用有时能够获得对自然的正确认识,但是,它不能保证对所有的自然,尤其是对自然中的复杂系统,都能够获得正确的认识。在复杂性系统中,简单性和真理性不是一回事,复杂性才与真理性有着更紧密的关联。为了获得对复杂性系统的真理性的认识,我们必须针对复杂性的具体情况,探索和应用特定的方法去认识它。即使在可以用到简单性原则的地方,也要对此考察、批判、论证,以保证我们正确地应用。

这就是说,根据多种原则所建构、评价和选择的科学理论不是唯一的,其正确性也不能保证。既然如此,我们又凭什么根据有限的实验就断言待检理论是正确的呢?

况且,由于经验证据并非中性,它必然渗透理论,从而使得观察术语与理论术语不可分、陈述命题与理论命题不可分。这样,由渗透理论经验证据去检验理论是否正确就有可能限制对“被检验理论起反驳作用的经验事实的暴露”,<sup>[12]</sup>增强了把本是错误的理论当成正确的可能性。

### 三 科学理论证伪的相对性

上面所论述的是观察(实验)的结果与理论演绎预言的观察结果相一致的情况。如果两者不一致时,是否就否证了该理论呢?一般认为,如果没有观察到这一结果,则证明待检理论是错误的。这是从观察预言、初始条件到待检理论的一个逆向推理过程。

从逻辑的角度看,这种演绎推理论证是正确的。上述论证等同于:如果一个理论是正确的,结果一定发生;但是那个结果没有发生,说明那个理论一定是错误的。这点正如:如果天下雨,那么地变湿;而现在地没有变湿,那么肯定天没有下雨。

人们把这种对科学理论的反驳叫做证伪。如果将它与科学理论的确证比较,将会发现它们之间呈现出明显的不对称。确证只是概率性的证明,而证伪则是肯定性的反驳。无数次确证也不能完全证明一个理论的正确;而一次反例,就证伪了该理论。也许正因为如此,科学哲学家波普尔把证伪看作科学理论的本质特征,看作是科学演化最关键的一步。

但是,证伪的上述考虑太简单了,它忽略了科学检验真实过程中的关键细节。与确证的模型相似,是待检理论 H、初始条件 I 和辅助性假说 A 一道演绎推论出观察预言 O。如果现在没有得到观察预言 O,并不表明待检理论 H 是错的,而只是表明待检理论 H、初始条件 I、辅助假说 A、实验操作中至少有一个是错误的。至于到底错在何处,还需要进一步思考和检验。只有在排除了后三者错误的情况下,我们才能说,当一个理论的预言与观察实验的结果相违背时,该理论是错的。

例如,现代的太阳系理论表明,太阳的质量为  $2 \times 10^{33}$  克,比地球质量大 3 万倍。由于恒星的质量比行星的大得多,万有引力的收缩使得其内部具有很高的温度,使热核反应得以持续进行。在太阳内部高温、高密和高压的条件下,氢核通过碳的催化或者直接聚变为氦。在这个过程中,大约有 1/100 的氢转化为能量。根据爱因斯坦 1906 年提出的  $E = mc^2$  的质能关系式,这些很少的质量损失会产生巨大的能量。与此同时,也产生了大量的中微子。并且理论预言了某些中微子在地球上应该被检测到。

这里是科学理论所具有的一些内在特征。只要对科学理论体系本身进行考察,就可确定它们是否具有这样一些特征。不需要做实验。相对应地,科学理论还应该具有外在特征。这是它的预言功能和解释功能。要考察这两点,就要走向自然,甚至进行实验检验,以明确科学理论的预言、解释与事实是否一致。

在关于检测中微子的实验中,如果关于太阳的聚变理论是正确的,那么在地球上肯定存在可检测的太阳中微子。在这里,理论的正确性是通过寻找中微子而检验的。但是,在太阳中微子理论提出的很长一段时间,人们所做的大量实验没有检测到任何中微子,或者是没有检测到与理论预言相近数目的中微子。这是一个失败的结果。天文学家和物理学家都把它看作是太阳中微子难题。在这样的情况下是否就应该抛弃这一理论呢?不是这样。不能观察到预言的结果,并不能看作是理论错误的证据,总有其它原因去寻找,可能是实验本身出了差错;可能是辅助性假说出了问题;可能是初始条件有问题……我们总能够依据一定的策略,保持这一理论。

按照上述的讨论,否定性的证据并不一定把矛头直指科学理论,它指向与理论及其检验有关的全部整体,体现了杜桓——奎因整体论命题的本质内涵。它表明,科学实验并不确定性地证明某一个理论是错误的。

也许正因为如此,当科学家们遇到某一理论与实验事实不符时,常常并不急于抛弃该理论,而是对实验和该理论作进一步的考察,在确认实验正确性的基础上,修改完善该理论。例如,古典量子论诞生前的原子理论,绕核旋转的电子按古典电动力学因不断辐射能量而将落到核内,这当然与事实不符。玻尔并没有将它抛弃而是做了改进,遂使量子论得以发展。况且,一个理论在新出现时或在萌芽状态时总不完善。如果不符合就抛弃,最好的科学理论也难发展起来。例如,在万有引力问世之初,曾经由于对月球轨道的观测而被认为是错误的。只是经过50年后,才知道这不是万有引力引起的,而是由其它原因引起的。

#### 四 对科学理论检验的正确态度

从上面的分析可以看出,以可观察的证据为背景的科学理论的检验,既不能够产生确定的证实,也不能够产生明确的证伪。这是科学理论检验的不完全决定性。它对判决性实验的存在是一个打击,也给反实在论提供了依据。如工具主义就认为,理论的特征不是正确的或错误的,而是有用的或没有用的,可应用的或不可应用的。理论只是科学家理解和解决问题的工具。科学家们经常发明这种智力的工具帮助人们理解事物,为预言未来的现象以及组织观察实验服务。因此,科学理论评价的标准就是服务的标准和应用的标准,而不是真理的标准。理论化的目的是经验的适当性——现象的充分组织和成功预言。平等的、经验适当的理论是平等的、可接受的。没有理由将试图作为经验的适当使用的理论作为真理看待。

社会建构论者更进一步。巴恩斯(Barnes)坚持观察渗透理论和整体主义的原则。他认为,观察的渗透理论使得不可能明确区分证据与理论,由此也使得“无数的理论能够保持与一组特定的数据相一致。”<sup>[3]</sup>并且,他认为,杜桓——奎因命题是有效的,因此,“通过应用和解释的合适策略,任何理论都能够保持与任何发现相一致。”<sup>[4]</sup>这就是说,任何一个理

论可以和无数的实验事实相一致;无数的理论可以和任何一组实验事实相一致。一句话,任何理论可以和任何实验事实相一致。这就完全否定了理论确证和证伪的可能性和有效性,完全否定了科学理论的真理性和真理性。而且,这一观点也被社会建构论的科学事实的社会建构和科学理论接受的社会性所加强。

这些都是走向了极端。不可否认,观察是渗透理论的。观察的渗透理论使得观察具有可说明性,从而给予证据以不同的解释。观察的渗透理论增强了把本是正确的理论看作是错误的,或把错误的理论看作是正确的可能性。但是,正确的理论的渗透加强了观察的正确性和观察检验理论的正确性。“理论通过观察被理解和检验,而观察也是通过理论证明和理解的。”<sup>[5]</sup>两者相互加强,增强了两者的正确性。至于杜桓——奎因的整体主义,也是一把双刃剑。它虽然导致科学理论检验的相对性,但是,它也告诉我们,科学实验并非是检验和巩固科学理论的唯一方式,科学理论的系统性、简单性、内在的逻辑一致性等也是检验和评价科学理论正确性的方式。也许正是整体主义原则在科学理论检验中的运用加强了某一理论的正确性。也正因为这样,上述单纯从逻辑学角度得出的策略和结论在自然科学的实践中就没有得到广泛应用。在科学研究的实践中,现实可行的仍然是:对于一组数据,只能是有限的理论与之相一致,并且可以根据进一步的工作以确定哪一个理论更正确。

如在19世纪,牛顿的引力理论(或者更准确的说是假说,因为它是一个正被检验的理论)预言了月食、彗星以及彗星的行为,还有行星的轨道。这些预言得到了观察实验的检验,但是,在当时的条件下,运用它所预言的天王星的轨道位置与实际被观察到的位置不一致。既然如此,我们是否应该抛弃牛顿理论呢?不一定。为什么呢?牛顿理论并不单纯与它所预言的天王星的轨道有关。它富有解释性和有效性,对宇宙中正在发生的许多事情做出了很好的解释,抛弃它将迫使我们重新思考和理解物理世界。与此相反,太阳系的行星构成模型并不如此重要,它与宇宙的理论理解相联系,很容易被推翻。也许正是由于这一原因,勒威烈假定有那么一颗还没发现的行星导致了天王星运行的“异常”,如果将这颗行星考虑进去,按照牛顿万有引力理论,它的运动就不显得异常了。并且据此反推出这颗新行星的位置。根据他的预言,其他科学家在1846年发现了这颗行星。称之为海王星。海王星的发现支持了牛顿万有引力理论的正确性。

当然,这是一个复杂的问题,应当另文论述。不过,可以得出的一般结论是:观察的渗透理论、整体主义、科学事实的社会构建等并不能完全否定科学理论检验的有效性,科学理论的真理性和真理性。实际上,科学实在论随理论的经验适当性和理论的真理性和真理性而移动。它认为两者有明确的特征,意味着不同的事情。不是经验的适当性或理论的实用性就是真理的标准,而是经验适当性或理论的实用性是真理的一个表现。正因为如此,

(下转第47页)

通向真理之居有事件 (Ereignis) 的途中如“鸟之两翼,车之双轮”是相互促进、共生共容的,不存在谁先谁后的问题。人类在行进的途中,只有明了这一点,才能自觉地倾听大道 (Ereignis)<sup>[28]</sup>之音说,对物以泰然任之和虚怀敞开的态度期待技术的解救和人的命运的转换(技术和人的归本)。“作为如此这般被需要的东西,人被归本 (Vereignen) 于真理之居有事件。这样或那样遣送到解蔽之中的允诺者,本身乃是救渡。”<sup>[29]</sup>

### 【参 考 文 献】

- [1]吕迪格尔·萨弗兰斯基. 海德格尔传[M]. 北京:商务印书馆, 1999. 90.
- [2][3][5][6][14][18][20][21][23][24][25][26][29]海德格尔. 海德格尔选集[C]. 上海:三联书店, 1996. 1296、1011、1280、1286、712、1288、384、884、430、1305、946、951、950.
- [4][27]张祥龙. 海德格尔思想与中国天道[M]. 三联书店, 1996. 45、432.
- [7][13] Martin Heidegger, The basic problem of phenomenology[M], Published by Indiana University Press. 1975.

- [8]伽达默尔. 伽达默尔选集[C]. 上海:远东出版社, 1997. 460.
- [9][10][11][12]海德格尔. 存在与时间[M]. 上海:三联书店, 2000. 42、44、42、45.
- [15]宋祖良. 拯救地球和人类未来[M]. 北京:中国社会科学出版社, 1993. 42.
- [16]张祥龙. 海德格尔传[M]. 石家庄:河北人民出版社, 1998. 236.
- [17]中国现象学与哲学评论(第四辑)[C]. 上海:译文出版社, 2001. 308.
- [19]陈嘉明. 现代性与后现代性[M]. 北京:人民出版社, 2001. 187.
- [22]伽达默尔. 海德格尔与希腊人[A]. 论海德格尔哲学的现实性(第二卷)[M]. 法兰克福, 1991. 67.
- [28]对“Ereignis”的译法不仅不同的译者有不同的译法,同一译者在不同的篇章亦有不同的译法,“居有事件”、“本有”、“大道”、“自身缘构发生”都是“Ereignis”的译文.

(责任编辑 成素梅)

(上接第 39 页)

它不是让我们不去追求科学理论的可靠性,而是让我们在相信没有绝对的根据去相信科学理论解释检验的基础上,充分利用科学理论的内在特征、外在特征以及各种社会因素去检验、评价理论,确立科学理论的真实性,追求更大的可靠性。

另外需要说明的是,这里说到科学理论检验的有限性只是表明理论检验的相对性、复杂性、多样性,并不表明科学理论可以不通过这样的检验过程去进行,更不表明科学理论所涉及的所有的定律和对象都是不可完全检验的。对于有些理论可以被完全检验。如果理论不是全称性的规律,而是特称规律,那么该理论是可以完全证实的。例如,“存在一些乌鸦是黑的”。我们只要经过若干次观察就能证实这一“存在陈述”为真。还有就是如果理论只涉及有限的或可数的对象,那么该理论也是可以证实的。例如,“夸克都带有分数电荷”这一命题,我们可以完全检验。因为通过物理学,我们知

道只有六种夸克。对于上述命题,只要分别检查每一种夸克所带的电荷就可得到确证或证伪。

### 【参 考 文 献】

- [1][2]Peter Kosso. (1992) Reading the Book of Nature, Cambridge University, 1992. 44、154.
- [3]Barnes, B. (1985) T. S. Kuhn, in Q. Skinner (ed.) The Return of the Ground Theory in the Human Science, Cambridge University Press, 86.
- [4]Barnes, B. (1981) On the 'Hows' and 'Whys' of Cultural Change, Social Studies of Science, 493.
- [5]A. Franklin, The Epistemology of Experiment, in the Use of Experiment, 1989. 441.

(责任编辑 殷杰)