

科学理论的价值评价

李醒民

(中国科学院研究生院, 北京 100039)

关于科学理论的评价, 惯常的作法基本上是事实评价, 即要求理论与事实符合。自古希腊以来, “拯救现象”或“保全现象”就一直成为科学共同体绵延不绝的传统。这种传统在经验论哲学中得到充分的体现: 经验事实(实验事实)或观察资料即使不是检验理论正确与否的惟一标准, 也是十分重要的决定性的标准; 科学被认为是价值中立的, 价值评价是与科学毫不相干的。在经验论的现代形式逻辑实证论那里, 科学理论的意义证实是其赖以被承认, 被接受的基石, 而价值和规范则被作为“形而上学”从科学中统统排除出去。波普尔意识到, 理论“被经验证实”在逻辑上是不允许的, 但他提供的证伪主义的处方仍未能摆脱事实评价的窠臼。

“报花消息是春风, 未见先教何处红。”其实, 早在上世纪末和本世纪初, 那些在科学前沿从事创造性工作而又有哲学头脑的哲人科学家, 诸如彭加勒、迪昂、爱因斯坦等人, 就已明确洞察到事实评价面临的困境, 并且提出了一些可行的解决方案。这对当代科学哲学家无疑具有某种启示。在本世纪中叶, 科学哲学家们认真思索了科学理论评价问题, 结果发现事实评价无论如何是不充分的, 因为事实评价面临着一系列难以克服的困难。于是, 价值评价作为不可或缺的补足物便应运而生, 堂而皇之地介入科学理论的评价过程中。

一、事实评价面临的困难

1. 实验事实(或观察资料)很难充分证实一个理论。科学理论是普遍的、全称的命题, 而实验事实是特殊的、有限的; 因此, 无论是归纳概括, 还是归纳预测, 在逻辑上都是成问题的; 因为这样的归纳推理只不过是我们的习惯和本能, 它并不具有逻辑的必然性。这就是所谓的休谟问题或归纳之谜。休谟问题由于古德曼(N. Goodman)提出的“新归纳之谜”而变得更为令人困惑了。古德曼注意到, 在休谟的简单枚举形式的归纳推理中, 有些“推理”是无效的, 其概括或预测是不能被相应的证据认证的。例如, 一特定铜块导电也就增加了断定其他的铜块导电的陈述的可靠性, 因而也就确认了所有铜导电的假设。然而, 现在在此房间中的某人是第三个儿子并不增加断定在同一房间中的其他人也是第三个儿子的可靠性, 因而并未确认在该房间中的全部人都是第三个儿子的假设。可是在这两种情况中, 我们的假设都是证据陈述的概括。古德曼把前一类情况中能够得到事例认证的假设称为“类律假设”(lawlike hypotheses), 把后一类不能得到事例认证的假说称为“偶适假设”(accidental hypotheses)。因此, 我们必须寻求某种途径把类律假设和偶适假设, 或有效归纳推理和无效归纳推理区分开来。这是一个摆在我们面前的严重得多的困难: 它事关重大, 却又令人烦恼。

2. 实验事实也很难充分否定一个理论。迪昂早在本世纪伊始就意识到, 物理学理论是一个整体, 孤立的命题不可能单独受到实验的反驳。物理学家为了证明一个命题的不正确性, 他并不仅仅限于被讨论的命题, 他还运用他认为毫无疑问而接受的一整套理论, 还要借助于一组辅助假设, 才能推演出可供检验的被预测的现象。当实验与所预测的事实不一致时, 他只知道这个理论系统中至少有一个假设是不可接受的, 应该加以修改, 但实验并未指明哪一个应该修改。而且人们完全可能通过对理论进行局部的修正或调整、增加辅助假设, 从而把反驳应付过去, 而依然坚守整个理论系统或某个命题。蒯因(W. Quine)在1953年指出: “我

认为我们关于外在世界的陈述不是个别地、而是仅仅作为一个整体面对感觉经验的法庭的。”

“整个科学是一个力场，它的边界条件就是经验。在场的周围同经验的冲突引起内部的再调整。对我们的某些陈述必须重新分配真值，一些陈述的再评价使其他陈述的再评价成为必要，……”“在任何情况下任何陈述都可以认为是真的，如果我们在系统的其他部分作出足够剧烈的调整的话，即使一个很靠近外围的陈述面对着顽强不屈的经验，也可以借口发生幻觉或者修改被称为逻辑规律的那一类的某些陈述而被认为是真的。反之，由于同样的原因，没有任何陈述是免受修改的。”这就是所谓的迪昂—蒯因论题或整体论的观点。

3. 不可观察物在现代科学和科学实在论的哲学讨论中可以说是无时不有、无孔不入的。我们确证科学理论的最终根据在于观察资料。因此，假定不可观察物的理论必须要有可观察的结果。但是，我们有什么理由从可观察的结果推断不可观察物的知识呢？这种外展推理的合法性究竟何在呢？尤其是，当假定不同的不可观察物的不同的理论可能产生相同的观察结果时，评价和选择理论的问题就变得尤为紧迫、尤为棘手了。

4. 凡观察都渗透着理论。我们感官本身，或者说赤裸裸的事实或未加工的事实并不能成为评价科学理论所需要的证据，因为感觉材料或原始事实在未被概念化之前没有认知意义。当然，我们看到实验仪器标度盘的指针指向某一刻度，这是原始的观察，它不需要有意义的科学背景。但是，在回答大量问题之前，这个观察不能在任何程度上证实或否认任何科学理论。例如，与这个刻度有关的是什么单位？这些仪器精度如何？这种精度对于所进行的实验足够吗？对于受检验的特定理论，这为什么是恰当的仪器？对这些问题的回答依赖于目前所接受的理论的主体部分。在这种情况下，如果观察似乎与受检验的理论相矛盾，我们完全可以通过质疑该实验的科学背景的其他方面来保护那个理论。逻辑实证论认为，观察语句直接由感觉赋予，理论语句由该理论的公设和对应规则的总体与观察语句相联系，证实或否认则来自观察语句和理论语句之间的逻辑关系。除非观察语句隐含在受检验的理论语句中，否则就得不到这样的逻辑关系。但是，观察渗透理论否定了中性观察语言的存在，也即是无法在观察语句与理论语句之间做出区分。此时，设想我们在体现了不同概念系统的两个竞争的理论之间进行评价和选择。每一个理论的支持者都利用他偏爱的理论的概念系统把资料概念化或语言化，这样便使评价问题陷入逻辑循环和预期理由之中。

5. 评价理论的方法论规则依赖于受检验的理论。即使我们能够把独立于我们理论观察资料的相关本体分离开来，我们还不足以用它对理论做出客观的评价或选择。这是因为，给定一个理论和观察资料的本体，我们需要有标准来决定，该资料是支持该理论呢，还是与它矛盾或是别的什么呢。这个标准是由方法论准则提供的。但是诚如我们注意到的，科学方法论并不是一成不变的，而是随科学发现而产生、随科学发展而变化的，因为一切理论的探索，归根结底也是方法的探索。一般而言，只要用来评价理论的方法论规则独立于该理论，则不会引起问题。但是，新的基本理论的出现也提供了方法论变革的主要源泉。例如，在量子论出现之前，因果性要求对科学而言是中心的方法论准则。量子论是非因果的，接受量子论就要求放松这个准则。当评价和选择在一些基本的理论之间做出时，便会典型地发生上述情况。

6. 由于事实证据永远不能保证一个理论或假设完全被证实，因此科学家在接受一个假设时，就必须做出裁决，证据多么强、概率多么高才足以保证接受一个理论。显然，这不是用事实证据能够判断的问题，而是一个与伦理价值有关的评价问题。在这里，科学家选择的临界区域与他想要接受的正在受检验的统计假设的风险有关。而科学家甘愿冒多大风险去接受或拒斥一个假设，这在典型的意义上取决于他犯错误的后果是多么严重。例如，当我们考虑的假设是药物的有毒成分不以致命的量存在，那么在接受该假设前，我们便要求相当高的确证度或可信度，因为在这里犯错误的结果按我们道德标准来衡量是极其严重的。与此相比，农作物施用氮、磷、钾肥料的比例及数量的确定，则不会像对药物的要求那么严格。

7. 现代科学的基本概念和基本原理愈来愈抽象，愈来愈远离直接经验。要从这些逻辑前提推论出可供实验事实检验的可观察结果，也就愈来愈艰难、愈来愈费时日。假若适当的数学工具未被发明出来，那就根本无法推论出可供检验的预言。此时，事实评价根本无从做起。即使推出了这样的预言，但由于现在的科学实验往往要用高、精、尖的仪器设备或庞大的设施，只要经济的、技术的等等困难没有解决，实验检验也无法付诸实施。再者，即使费了九牛二虎之力付诸实施并且取得成功，别人也难以重复实验，因此人们不可避免地要对理论长期存疑。事实评价屡屡面临困境。

上面我们列举了事实评价面临的七大困难。其中前三个是由“不充分决定”(underdetermination)引起的，而不充分决定则是做出科学判断的真正的特征。接下来的两个困难是事实评价的逻辑困境。最后两个困难是事实评价的现实困难。这些困难迫使我们不得不在事实评价之外另觅出路。不仅如此，当我们考虑到科学并非超历史、超文化、超人类的事业，而是一种人文事业时，弥补事实评价之不足的价值评价就呼之欲出

二、价值评价的必要性和理智价值标准

科学不是静态的知识实体，而是一个动态发展的历史过程，科学知识因而是一种历史产品。同时，科学也是一种文化即科学文化，它不仅是智力意义上的文化，而且也是人类学意义上的文化。这样一来，科学理论的提出、评价和接受，在某种程度上也依赖于当时的历史背景和文化环境。开普勒最初选择哥白尼主义，部分原因是由于他卷进了当时的新柏拉图运动和赫米斯运动。德国浪漫主义使那些受影响的人容易承认并接受能量守恒定律。19世纪英国的社会思潮促使人们接受达尔文的生存斗争观念。另外，某些政治的、经济的、宗教的、意识形态的诸种因素也会在一个时期拒斥真正的科学理论，例如只要回顾一下在苏联学术界李森科主义的兴衰史，以及中国学术界对遗传学、共振论、控制论所进行的“革命大批判”就可想而知了。

另一方面，科学是人为的科学和为人的科学。科学家不是不食人间烟火的上帝，而是有血有肉、有七情六欲和喜怒哀乐的人。他们的个性和情感不仅仅体现在对真理的热爱和对成果的喜悦上，而且也体现在追求真理、建构理论的过程中，这就不免给科学或多或少打上了人类本性的印记和个人品味和风格的印记，给科学理论的评价注入了价值的因素。所有这一切，再加上事实评价的难以克服的困难，就构成了价值评价进入科学的合情合理的根据。价值评价势在必行。

价值评价包括社会价值评价(其评价标准是由社会的历史背景和文化环境决定的)、个人价值评价(其评价标准是由个人的个性、气质、偏爱等个体因素决定的)和理智价值评价。理智价值评价的标准基本上是合理性的，是科学共同体大体公认的，而且是作为一个物种的人类所能理解和接受的。下面，我们拟列举几种有代表性的关于科学理论的理智价值评价标准。

1、彭加勒的简单和方便标准

彭加勒洞察到，科学的基本概念和原理既不是由经验事实后验地惟一决定的，也不是由先天范畴先验地惟一决定的，它们原来是约定。约定既要受实验事实的引导，又要避免一切矛盾，但选择仍然是自由的，是出于简单和方便的考虑指导我们去选择。

2、爱因斯坦的“内部的完美”标准

爱因斯坦提出了科学理论评价的“双标尺”标准：其一是“外部的确认(external confirmation)”，其二是“内部的完美(inner perfection)”。前者是事实评价；后者是价值评价，它指的是对科学理论的前提的“自然性”或“逻辑简单性”的要求。爱因斯坦看到，内部的完美从来都在选择和评价各种理论时起重大作用，但是确切地把它们表达出来却有很大困

难。这里的问题不单是一种列举逻辑上独立的前提问题(如果这种列举竟是毫不含糊地可能的话),而是一种不可通约的质的相互权衡(reciprocal weighing of incommensurable qualities)问题。不过爱因斯坦注意到,不管怎样,预言家们在判断理论的内部完美时,他们之间的意见往往是一致的。

在这里,我想顺便指出:《爱因斯坦文集》把 incommensurable, 翻译成“不能比较的”是不对的(“不可通约的”东西也是可以比较的)。而且,并不像人们通常认为的那样,是库恩和费耶阿本德把“不可通约的”术语首次引入科学哲学的(就连库恩本人也是这样错误认为的)。爱因斯坦早在 1946 年就这样做了。

3、邦格(M. Bunge)关于科学理论评价的“网络结构”标准

邦格在《科学研究》(1967)一书中对科学理论的评价标准从五个方面作了极为详尽的阐述,它们形成了一个多方位、多层次的网络结构。其中除去纯粹与事实评价有关的项目外,其余在或多或少的程度上均是价值评价标准。

形式标准:①优美的形式(理论的公式简洁而清晰,具有形式美);②内在一致性(公式应相互协调);③独立性(基本概念和基本假设相互独立);④有效性(导出物应是逻辑和数学的必然结果);⑤强度(初始假设应像真理性条件一样强)。

语义标准:①语言的精确性(最少模糊和不确切);②概念的统一性(理论应属于一个明确的论述整体,其属性从语义上讲应是一致的、相关的和密切的);③经验的解释性(理论最低层次的某些定理可用经验术语解释);④典型性(越典型的理论就越深入、越远离现象,对研究越有效,从而具有更佳的可检验性)。

认识论标准:①外在的一致性(与合理的、已被接受的知识可以相容);②包容性(具有尽可能大的理论覆盖面);③深度(包含不可观察物的理论更可取);④独创性(能突破固步自封的体系的约束);⑤统一的力量(有能力包容迄今为止独立的领域);⑥启发力(具有指导在相同或相关领域进行研究的能力);⑦稳定性(具有生存的韧性)。

方法论标准:①可检验性;②方法的简单性(仅意味经验检验在技术的可行性)。

形而上学标准:①层次的节约性(除直接涉及的层次外,理论对于它的指称层次应是节约的);②世界观的相容性。

4、库恩的五条充分评价准则

库恩 1973 年在弗曼大学作了《客观性、价值判定和理论选择》的讲演,提出了好的科学理论的特征,也就是评价科学理论是否充分的准则。它们是:精确性、一致性、广泛性、简单性和有效性。这些准则或属于理智价值评价标准,或多少与之有关。

在库恩看来,第一,理论应当精确,即在这一理论的范围从理论导出的结论应表明同现有观察实验的结果相符。第二,理论应当一致,不仅内部自我一致,而且与现有适合自然界一定方面的公认理论相一致。第三,应有广阔视野,尤其是,一种理论的结论应远远超出它最初所要解释的特殊观察、定律或分支理论。第四,与此密切相关,理论应当简单,给现象以秩序,否则现象就成了各自孤立的、一团混乱的。第五,理论应当产生大量新的研究成果,即应揭示新现象或已知现象之间的前所未有的关系。

在这五条标准中,像精确性主要还是针对事实评价而言的——它在所有准则中最有决定作用,这部分是因为它最明确,特别是依赖于它的预测力和解释力都是科学家尤其不肯放弃的特征。但是,精确性不仅包含量的一致,而且包含质的一致,后面这一点就涉及到价值评价(因为要在不可通约的质之间相互权衡)。况且,在何种程度才算足够精确,又是一个前面所述的价值问题。而且更加引人注目的是,理论不可能总是按照精确性加以辨别。

5、雷斯彻的八个理智价值评价标准

尼古拉·雷斯彻(Nicholas Rescher)认为,对于任何科学问题,都可以构想出许多答案或理论,但是其中一个明显地优于其他。在这里,考虑“符合事实”显然是必要的,但却不是

充分的。在这种情况下，作为科学选择和评价理论的八个指导原则是简单性(simplicity)、规则性(regularity)、一致性(uniformity)、包容性(comprehensiveness)、内聚性(cohesiveness)、经济性(economy)、统一性(unity)、和谐性(harmony)。这一切显然是价值，是建立或评价理论的基本的认知价值。

上述的种种理智价值评价标准具有以下特点：

1. 它们基本上是合理性的，是具有正常认知能力的人所接受的和所能共有的。使用同一张标准表的科学家尽管用其作评价时会发生这样或那样的分歧，但是正如爱因斯坦注意到的，他们的意见往往大体上能取得一致。

2. 它们是为理智和理解力提供规范的认知价值。它们基本上是美学的、哲学的、逻辑的。它们为认知探索和结果评价提供了规范和方法。

3. 它们是客体取向的(object-oriented)价值，而不是主体取向的(subject-oriented)的价值。也就是说，它们与科学探索的对象、材料和结果有关，并非与科学家个人有关，它们与科学家值得称道的坚忍、诚实、正直、合作等等价值不同。不过要注意，科学家在进行理论评价时，易于把他自己的经历和个性有关的个人评价标准与科学共同体或科学家群体所共有的理智评价标准混合起来。

4. 它们是有倾向性的，但又不是绝对的。比如在以简单性作为理智价值评价标准时，我们没有说将永远用较简单的理论替代较复杂的理论，在这种意义上，对简单性的偏爱不是绝对的和断然的。但我们并未许诺给冗长的复杂性以价值，除非它能从其他方面获得补偿。

5. 它们是规定的(regulative)，而不是构成要素的(constitutive)；即它们是对建构理论或评价理论的认识论的方法论的要求，而不是对外在本体的本体论的要求。在采纳简单性和一致性作为理智价值评价标准时，我们并未断言世界是简单的和一致的，我们只是要求描述世界的理论应该如此。我们对理论有这样的方法论指令：在行得通的范围内，选择最简单的假设！

6. 个别看来，它们中的每一个并不精确(具有模糊性)，因而用于具体事例时可能不一样。当它们一起运用时，彼此之间也有矛盾。但是作为一个系统，它们毕竟都是系统的参数——互相补充又互相制约的参数。重要的是，要针对不同的理论对象，在它们之间相互权衡，灵活掌握，保持必要的张力，而不能偏执于一端或墨守于一隅。

7. 它们是不完备的、不断发展的。无论是完美的理智价值评价标准一览表，还是完全符合这些要求的科学理论，都不过是一种难以达到的美好理想而已。

8. 它们在理论选择和评价的最初阶段能充会发挥作用，此时也是最需要它们的时期。随着事实证据的出现、多样化和精确化，它们的作用便随之下降。

在科学哲学领域，当前流行的有六种检验理论的态度。它们是：①证实主义；②证伪主义；③约定主义；④科学研究纲领方法论；⑤托马斯·库恩的社会学研究；⑥科学推理的检验范式。所有这六种态度都容许科学理论由它推导出的观察事实的推论来检验，看推论是否与观察和实验符合。证实主义、证伪主义和科学推理的检验范式认为，真的观察保证了理论的真理性判断——或者或然真(对证实主义而言)，或者可能真(对证伪主义而言)，或者就为真(对检验范式而言)；而假的观察结果则保证可以作出理论为假的判断。这三种态度基本立足于事实评价，而不涉及或很少涉及价值评价。下余的三种态度在某种程度上都是反科学实在论的，它们不谈论理论的真假。同时，价值评价在其中起着比较明显的作用。

三、对科学客观性的“拯救”

客观性是科学的显著特征和独特标识，是科学区别于非科学(哲学、文学、艺术、宗教、意识形态等)和伪科学(占星术、灵学、生物节律说、UFO学、顺势疗法等)的一个重要划界标准。而价值一般则是主观的，或起码带有强烈的主观色彩。有人担心，把理智价值标准引

入科学理论的评价，便使科学失去了客观性或损害了科学的客观性。情况果真如此吗？在回答这个问题之前，我们首先必须约定“客观性”一词的涵义。在波普尔看来，“客观的”和“主观的”这些词是充满着各种矛盾用法和无结论的冗长讨论的哲学术语。为此，他对这两个词作了康德意义上的限定。康德用“客观的”这个词表示科学知识应该是可证明的，不依赖于任何人的意念。如果原则上它可以为任何人所检验和理解的话，证明就是“客观的”。康德写道：“如果某个事物对任何一个有理性的人都是合理的，那么它的根据就是客观的和充分的。”波普尔看到，科学理论是决不可能完全证明或证实的，虽然如此，它们还是可检验的。因此，他得出结论说：科学陈述的客观性就在于它们是能够被主体间检验的(波普尔后来对这种提法作了概括，主体间检验仅仅是主体间批判这个更一般概念的一个十分重要的方面，或者换言之，通过批判讨论相互实行理性控制概念的一个十分重要的方面)。

芬兰科学哲学家赖莫·图奥梅拉(Raimo Tuomela)认为，科学的客观性包含着两方面的含义。其一是研究领域的客观性：科学审查实在的事物(石头、动物、电子或历史文献等)。其二是，科学至少在主体间性(intersubjectivity)方面是客观的；科学探索的行动者是科学共同体的成员，探索的促动背景是由他们的共同态度(we-attitudes)或共同意向、共同需要、共同信念形成的，而不是由个人特异的希望和进入该过程的个体研究者的想法形成的；科学的研究过程必须是彻底公开的，其中包括(至少在原则上)可重复性。

按照波普尔和图奥梅拉对科学客观性的理解，理智价值评价标准进入科学理论的评价，并未使科学丧失或损害客观性。首先，理智价值评价仅仅是对科学研究的结果即科学理论而言的，它并不涉及或强加于研究领域，研究领域依然如故地保持其客观性。其次，理智价值评价并不排斥事实评价。一方面，它是辅助评价标准，是对事实评价这一根本评价标准的必要补充，使科学理论的评价更为充分、更为全面、更为完整；另一方面，相对于对科学理论最低的(最起码的)要求的事实评价而言，它又是对科学理论的最高的(更进一步的)要求。也就是说，事实评价标准仅要求理论具有正确性，而理智价值评价标准还要求理论具有完美性。由于理智价值评价并不否认事实评价的根本地位和作用，因此并未使科学的客观性受损，科学的客观性至少可以通过理论的日益精确显示出来。最后，从我们对理智价值评价标准的定义和特点中可以看到，它是满足主体间性的，因而是客观的。

如果我们冷静地、深入地考虑一下下述观点，也许可以加深我们对上述问题的理解。第一，客观性是主观的，主观性是客观的；至少后一点确实为真：我疼痛的事实并非不比我重160磅客观。第二，“客观知识”是认知者收集的个人的即“主观的”经验的“理性重构”。现代知识论根源于这种难解的悖论。第三，我们寻求的科学知识对我们来说是有趣的、有用的和有价值的真理。换言之，知识、真理和客观性是(或根源于)价值和人的意图。第四，不仅知识、客观性和真理——从而还有方法论——原来是价值，或至少建立在价值的基础上；按照某些人的看法，它们甚至立足于道德理想。无论如何，对知识的追求表达了价值；于是，可靠的和不可靠的知识主张(knowledge claims，其意是“尚未被经验证实的知识”或“值得作为知识而接受的信念”)之间的差别，好方法和坏方法之间的差别等等，部分地是规范性的判断。尽管我们不见得要完全同意这些观点，但是它们的启发意义却是十分明显的。

在这里，需要提及的是，“拯救”或捍卫科学的客观性是必要的，但是不应由此走向所谓的“客观主义”(objectivism)。如果我们真要把客观主义贯彻到底，那就会导致一系列荒诞不经的结果。首先，客观主义导致科学变得毫无意义。假如我们仅仅追求客观主义，仅仅希望得到纯客观的真理，那么我们(作为一个种族)事实上应该把我们的全部理智致力于研究星际尘埃，仅用若干分之一微秒研究我们自己和我们感兴趣的事物(这里包括着选择，选择必然有价值导向)，因为客观地讲，人类本身在事物的客观序列中没有宇宙学的意义！显然，没有一个人会接受这种要求。其次，客观主义导致神目观(view of God's eyes)。人由于种族

的感觉器官的局限和知识背景与主观意向的介入，总是带着有色眼镜看世界的，因而所获得的观察资料不可能是纯客观的，更何况他在这个世界上既是观众又是演员，其结果，只有站在世界之外的、全智全能的上帝这位观察者，才有资格“客观”地看世界。这种客观性的概念是神学的，不是科学的。再次，客观主义导致体视镜世界观(stereoscopic view of world)。它要求科学家是冷血的、无感情的、无个性的、被动的，要求科学家用钢作边缘的、高度抛光的体视镜看原原本本的、一点也不走样的世界。谁都知道，这是不切实际的幻想，起码也是无法达到的理想。

总之，我们需要的是科学的客观性，而不是在人类之外的所谓客观性(这样的客观性根本不存在，因为客观性是相对于主观性而言的)或客观主义。客观性使科学真正成为科学，而客观主义则使科学非人化和非人性化，从而实际上取消了科学。要知道，没有人就没有客观性；即使以客观性为主要特征的科学也是人为的和为人的。

参考文献

N. 古德曼：新归纳之谜，《科学哲学名著选读》，江天骥主编，武汉：湖北人民出版社，1988年第1版。

P. Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory*, Translated by P. P. Wiener, Princeton University Press, U.S.A., 1954, pp.180~218.

威拉德·蒯因：《从逻辑的观点看》，江天骥等译，上海：上海译文出版社 1987 年第 1 版，第 39~41 页。

H.彭加勒：《科学的价值》，李醒民译，北京：光明日报出版社，1988 年 5 月第 1 版。第 4~5，105 页。

Albert Einstein: *Philosopher-Scientist*, Edited by P. A. Schilpp, Tudor Publishing Company, New York, 1949, pp.22~25.

转引自郭贵春：《当代科学实在论》，北京：科学出版社，1991 年第 1 版，第 53~54 页。

库恩：《必要的张力》，福州：福建人民出版社，1981 年第 1 版，第 314~333 页。

Nicholas Rescher, *Values in Science, The Search for Absolute Values: Harmony Among Sciences*, Vol. II, The International Cultural Foundation Press, New York, 1977.

卡尔·波普尔：科学知识进化论，《波普尔科学哲学著作选集》，纪树立编译，北京：三联书店，1987 年第 1 版，第 31~32、37 页。

Raimo Tuomela, *Science, Action, and, Reality*, D. Reidel Publishing Company, 1985, p. 212. *Introductory Books Readings in the Philosophy of Science*, Edited by E. D. Klemke ed., Published by Prometheus Books, New York, 1980, pp. 226~227.

(原载北京：《自然辩证法研究》，第 8 卷（1992），第 6 期，第 1~8 页）