

互补原理对于理解量子力学是必需的吗？

吴新忠

(上海交通大学科学史系,上海 200030)

摘要:量子力学的哥本哈根解释显然是以尼尔斯·玻尔提出的互补原理作为解释体系的基本方法论原理的,其他解释多数受到互补原理的思维模式的影响,或者以某种方式包含着互补原理。我们根据量子力学发展的前沿成果和量子力学解释体系的新发展,试图论证互补原理尽管包含了辩证思维的合理立场,但本质上是以经典世界观和量子世界观的深层分裂为前提的,只要这种二元论的根子没有被量子论的新发展所超越,物理学的基础就不可能达到真正辩证的、整体论的“广义热力学和生态学范式”的统一。互补原理的真正哲学动机是现象主义和实证主义,掩盖了从微观量子动力学向宏观经典力学过渡的动力学机制问题。

关键词:互补原理;量子论;辩证法

中图分类号:N031

文献标识码:A

文章编号:1003-5680(2003)06-0029-05

一 互补原理的起源和物理意义

在1927年的国际物理学会议讲演中,玻尔首先提出了互补原理的第一层意义:对立的描述方式的互补。他指出:“量子论的本性就是我们不得不承认时空表示和因果要求是依次代表着观察的理想化和定义(指:无歧义地界定客体的状态)的理想化的一些互补又互斥的描述特点,而时空表示和因果要求的结合是经典理论的特征……量子公设给我们提出了这样一个任务:要发展一种‘互补性’的理论,该理论的无矛盾性只能通过权衡(客体的无歧义)定义和(主体的无干扰)观察的可能性来加以判断。”^[1]

这段话就是有关互补性含义的最早的经典性表述。玻尔在这里强调的是时空描述方式与因果性描述方式之间既互斥(不可两全,不能像经典力学那样结合成统一的时空因果性描述)又互补(要形成关于原子客体的完整观念两者缺一不可),与此相关的是两种过度的理想化。我们认为,量子水平的时空描述和因果描述很可能是以某种我们未知的方式结合在一起的,用经典力学的概念描述量子论本来就不一定合适,即使以互补的方式描述也不会是合适的。如果量子论比经典力学有更多的真理性,那么我们不应用过时的经典概念来理解量子论(不管是否用互补原理),而应该用量子论

的新概念来理解经典概念的局限性;玻尔显然没有依据这样的说明程序,他的理由无非是量子对象无法直接观察。但是,我们要知道,经典客体也是无法直接观察的,对于不透明的物体,我们总是假设它有一个内部结构,具有某种几何结构和理化属性,而不是求助于莫名其妙的互补原理之类的东西来推测未知的结构。爱因斯坦在修正牛顿物理学时,不是用过时的绝对同时性来理解依据光速不变原理引入的新的同时性概念(洛伦兹就是这样做的,用理想的假设的绝对同时性来定义相对的“地方时”,就像玻尔用理想化的经典概念经过互补的方式来理解量子概念),而是用新的同时性的理想概念分析牛顿的经典时空观的局限性。相对论的非经典概念在逻辑上是独立于牛顿物理学的,而量子论的非经典概念在逻辑上是依赖于经典力学的,这就是爱因斯坦对量子论的正统解释不满的真正原因。相对论中的物理客体在涉及无法直接观察的内容方面决不低于量子论,同样也存在观察对客体的影响不可消除的难题——假设的观察理想化,还有过度几何化的定义理想化。物体的静能是在一定的约定条件下推论出来的;引力场本身的能量就是无法直接观察的,在不同参照系或者以不同的试验客体测量引力场就会有不同的效应,试验客体本身的引力场对被测引力场的作用在一定范围内是无法消除的,引力自能(即使忽视未知的量子引

【基金项目】 社会科学基金资助项目,教育部:当代物理学前沿的哲学问题研究。

【收稿日期】 2002-12-05

【作者简介】 吴新忠(1968-),男,哲学博士,上海交通大学科学史系任教,研究方向为科学哲学和马克思主义哲学的教学研究。

力效应)带来的不确定性未必会低于量子不确定性;而广义相对论的很多计算是忽略试验客体的引力效应的,物体在所谓黑洞附近的运动行为以及在假想的虫洞中穿越时空回归过去的奇特行为,都是因为忽视物体本身的引力效应和其他效应而达到过度的几何理想化,显得非常可疑;广义相对论在真正的多体问题上很难处理。既然相对论不因为类似的理论困难求助于互补原理之类的方法论,量子论也没有理由求助于互补原理。

互补原理的第二层含义是两类经典概念的互补性。1929年玻尔对互补性作了新的概括:“互补一词的意义是:一些经典概念的任何确定应用,将排除另一些经典概念的同时使用,而这另一些经典概念在另一些条件下却是阐明现象所不可缺少的。”^[2]但是,这样的互补原理决不是量子论特有的和必需的,比如,对液态水的流动性的描述当然不同于对固态冰的硬度的描述,但对于水的全面描述二者都是不可缺的。量子论的经典描述的问题在于:经典因果描述的信息不可能在经典时空图象中完全显现,反之亦然。这不过是同义反复证明了经典概念不能完全合适的描述量子论,真正合理的新量子概念需要创造性地建构,就像一个有未知内部结构的三维物体不可能用任何角度的二维光学图来揭示一样,除非采用类似X射线透视力的二维图。对于透视量子过程内在结构的合理概念是什么,恰好是科学研究的问题。互补原理以方法论的模糊性掩盖了真正的科学问题。

互补原理的第三层含义是不同实验安排之间的互补性。相互补充的两大类现象的出现要求存在相互排斥的两大类实验安排。为了测量两个共轭的物理量(如位置与动量,或时间与能量),就必须有两类不同的实验装置和实验安排。它们互斥又互补,即不能同时兼得,彼此结合才能把原子客体的一切可能得到的有关信息揭示无疑。马克斯·玻恩对此作了清楚的说明:

“测量空间坐标和时间时刻需要刚性的量杠和时钟。另一方面,测量动量和能量则需要带有可动部分的工具,以吸收受测试客体的动量,并指示其动量的大小。可以看出,不可能有这两个要求同时都被满足的实验安排。因此就存在着互相排斥又互相补充的实验,仅在彼此结合时才揭示出关于一客体的可能得到的一切知识。”^[3]

对于这个问题,我们可以这样来理解。宏观物体的动量和位置可以同时精确确定,相当于一个透明容器中的小物体,既可以看到,又可以听到摇晃容器时发出的叮当声;微观物体的位置和动量不能同时测量,相当于不透明容器中的小物体,你要么倒出来看到它,要么通过摇晃容器听到叮当声,两种效应不会同时出现,是互斥又互补的。互补原理在一些宏观现象中也有效,暗示着量子现象可能是类似于不透明容器的灰箱体系,一旦有更好的理论理解量子现象的相互作用机理,量子灰箱就可以变为白箱。互补原理不像哥本哈根学派理解的那样,是理解量子现象的基本或终极的原理。爱因斯坦说得好:“海森伯——玻尔的镇静哲学[Beruhigungsphilosophie]——或镇静宗教——设计得很巧妙,从而目前它还给信徒们提供着一个柔软的休息枕头,从那个枕头上把他

们赶走是不容易的。因此,咱们就让他们安息吧。”^[4]也就是说,爱因斯坦指责哥本哈根学派利用互补原理对量子现象作一知半解的灰箱式理解,而且把这种一知半解的方法论提升为理解量子现象的根本原理。我们认为,爱因斯坦虽然没有对量子现象提出更好的解释,但有一种恩格斯所说的德国学者特有的彻底思维或思维彻底的可贵精神。

互补原理的第四层含义是两种对立图像的互补性。玻尔把波粒二象性看作是互补性观点的重要支撑点。海森伯从自己的角度出发作了这样的说明:

“不加批判地同时运用波动和粒子图像,势必会导致直接的矛盾。由这两个图像同时并存这一点出发,我们就可以立即推出,在这两个图像中,我们不论运用哪一种图像,自然界都给它设下了限制。例如,根据波动图像,可以求出对于运用粒子图像的限制。”^[5]

由此不难理解,为什么海森伯的测不准关系常被看作是体现互斥又互补的关系的数量界限。但是,在诸如超弦理论之类的各种弦论中,基本粒子被视为类似弦和膜之类的微观光客体的振动,波粒二象性的二元论图景已经开始走向统一。各种非正统的量子力学解释也对波粒二象性和测不准关系提出了不同的理解。作为互补原理的本体论基础的二元论已经受到挑战。

如果从以上诸方面内容中抽取共性,则还可以作更高的概括。按这一思路,雅默将互补性诠释定义如下:

“一个给定的理论T可以有一种互补性诠释,若是它满足以下的条件:(1)T包含有(至少)两种关于其实体[例如光]的描述D1和D2;(2)D1和D2是属于同一论域U的(在玻尔的情况下U即微观物理学);(3)单取D1或D2都不能穷尽地说明U中的一切现象;(4)D1和D2在这种意义上是互斥的,即如果把它们组合成一种单一的描述就将导致逻辑上的矛盾。”^[6]

对此,戈革先生根据玻尔的原意作了一点补充:(5)“分别使用D1和D2,就能包罗罄尽的阐明U中的所有现象。”^[7]

从这里可以看出,互补原理虽然是从量子力学的正统解释中引申出来,但是原则上适用于其它现象,带有逻辑和哲学方法论的意味。而问题在于,如果互补性不是量子力学所特有的,它对理解量子力学是否是必需的。

二 有关互补原理的争论

1955年,马里奥·本格针对1953年玻尔的老战友罗森菲尔德发表的题为《关于互补性的争论》的论文,发表同名论文,后来收入《元科学质疑》一书中。本格对罗森菲尔德的观点进行了尖锐的批评,无条件地把罗森菲尔德的观点列为量子理论中正统哲学保守观点的最新表现,他认为这一观点本质上带有实证主义和现象主义的特点。本格指出:“互补性不是一个物理的,而是一个哲学的教条,因为它并不涉及运动着的物质,而是涉及到概念的应用和语词的表达。”^[8]这当然是指量子过程必须用经典术语表达这个教条;按照我们的理解,这不过是表明了量子力学在涉及经典概念时不如相对论的革新来

得彻底。相对论的概念革新意味着经典概念在其适用范围内逻辑地由相对论概念推出；量子论的概念虽然不同于经典概念，而且在经典近似中对应于经典概念，但是量子概念不是重新定义的，它的操作含义必须在逻辑上依赖于经典概念。哥本哈根学派企图用不确定关系和 EPR 关联等物理内容来论证互补原理在物理上的必要性是自我支持的论证，因为其他学派一旦拒斥互补原理，自然就得对上述物理现象重新理解，有关不确定关系和量子关联等现象的不同解释几乎与不同类型的量子力学解释体系一样多，甚至更多。

本格认为，波动图像和粒子图像的互补性是一个假问题，“既然量子力学是真理，那么在自然界中就没有任何微粒-波动二象性。”^[9]与经典层次的波动和粒子不同，在量子层次上存在着独特的量子客体，由于量子具有另一种本性，不可以用经典概念加以描述。特别是它们既不是粒子，又不是波。所以“二象性不是正确的回答，因为在量子层次上存在的不是微粒和波动的性质，而首先是类粒子和类波动的性质。简言之，量子力学的‘粒子’和‘波动’应加以比喻地理解，而不应该从字面上来理解。”与对于量子实在的这种理解相适应，本格把基于互补性观念的解释评价为“与其说是物理学的解释，不如说是心理学的解释”。^[10]

本格认为在量子力学的正统解释中，认识论的二元论在不同的水平中出现：“主观唯心主义的论断涉及微观事件，而某种实在论立场保持在宏观水平上。”^[11]罗森菲尔德的以下论述就是这种认识论二元论的例子：“在经典物理学中，能够确立被考察体系和观察手段之间的明确区分，从而在构造我们关于现象的观念时可以不考虑后者。作用量子的存在使这样一种区分成为不可能的了，因为它对分析体系和仪器之间的相互作用加上了一种限制，该仪器是确定着我们在观察体系时所处的条件的。因此，现在定义现象的就是由体系和观察仪器所组成的那个整体了。”^[12]

玻尔偶尔也声称一种相容的唯心主义观点，将它延伸到宏观水平。他争辩道，既然每一个观察涉及一个与仪器有关的有限的相互作用，“就既不能赋予现象又不能赋予观察器械以一种通常物理意义下的独立实在性了”。^[13]他至今还称赞海森伯的断言：“普通（即宏观）现象在某种意义上是由可重复的观察造成的。”^[14]但是玻尔通常将唯心论的可靠性只是限制在原子水平上，他在分析量子效应的著名断言中指出，我们“不能明确地区分原子客体的独立行为及其和测量仪器之间的相互作用，该仪器是用来确定现象发生时的条件的。”^[15]其中心论点是否定原子现象的自主存在。既然原子论，传统唯物论的有力支撑，不再被拒斥（犹如在马赫和奥斯特瓦尔德的时代那样），那就明智地将它非自然化：最后原子被归为科学王国中的公民，但只是在理想层面上，作为服务于结合经验数据的辅助概念。这就使得原子论变成意识形态上体面的东西。

本格鲜明地指出了在与原子王国相联系的场合坚持主观唯心主义和涉及宏观水平时的唯物主义立场之间的不相容性：“唯心主义者坚持宣称原子脱离仪器不存在。现在，仪器被公认为具有原子结构——至今没有在理论上得到细致

的说明。所以如果人们断定‘只有仪器是存在的’，那么人们必然隐含着宣称‘原子也以同样的方式存在’——与前面的句子矛盾，这就是为什么玻尔总是坚持所有现象和仪器最后必定以经典的（即宏观的）方式对待，仅仅是为了避免对著名的相互作用的深入分析，这个分析将显示每一对象和仪器应当被归为什么样的现象。”^[16]因此，对于量子力学通常解释的支持者来说，原子现象和它们的观察是不能进一步穿透的。取代物质的原子，运动的原子，我们现在有了知识的原子。^[17]哥本哈根学派的认识论的二元论迷雾，以现象主义和实证主义的面孔出现，最终把我们引向否定原子客观存在的唯心主义。这种认识论的二元论迷雾，甚至以辩证法的伪装出现。让我们来看一下哥本哈根学派的表演。

罗森菲尔德对互补性与对立统一的关系作了这样的论述：“我们看到普朗克和爱因斯坦徒劳无益地力图在经典概念的构架之内解决（粒子和波的二难）这个问题。玻尔却相反地从一开始就认为，‘恰恰是通过强调这一对立’就有可能重建一种新的和谐。……当描述原子现象时，再也不可能按经典的方式把这两套（对立）概念结合起来了：它们关系到现象的两个同样必要的而又互相排斥的方面。这是概念之间的全新类型的关系，如果你愿意也可以说是一种新的逻辑范畴；我们追随着玻尔把这种关系叫做‘互补关系’。”^[18]

罗森菲尔德把互补关系看成是一种特异的对立统一关系。这种特异性表现在粒子图像与波动图像无法折衷成半波，半粒子的统一的直观图像；测量动量的实验安排与测量位置的实验安排无法调和成一个单一的同时测量两者的实验安排，等等。互补性思维的微妙之处在于，通过互相限制来超越对立克服矛盾，这就是所谓互补性作为对立统一的特异性。

1947年玻尔在设计家族族徽时，对互补原理的本质特征作了高度的提炼和概括。它被归结为一句话和一个图。玻尔所采用的话是拉丁文格言：Contraria sunt Complementa，“相反者相成也”。“互斥又互补”同样是准确的译文。玻尔所采用的中心图案是中国广为流传的“太极图”，这是中国古代以阴阳为格式的辩证法的特殊标记。周易中的“一阴一阳之谓道”，正好体现了互补原理的核心思想“互斥又互补”。心有灵犀一点通，无怪乎玻尔在1937年访问中国时一下子被太极图吸引住了。

太极图的图案不仅为互补原理，而且也为波粒二象性提供了一种形象化表示。1949年前有个既研究周易又研究量子力学的学者薛学潜最早注意到这一点，他在《易（周易）与物质波量子力学》一书中曾断言“太极图者，量子图也”。美国的康灵顿博士也认为量子力学中的波粒二象性和测不准原理有力地支持了中国古代的阴阳二元论哲学。

在周易，辩证法与量子力学概念之间存在着深刻的联系。我们认为，太极图不仅体现了量子现象的互补性特征，更是真空正反粒子对涨落的量子波函数几何特征的形象表达。按照托姆和赵国求提出的量子曲率解释，波函数的拓扑形态（包括总曲率与局部曲率）与波动频率有关。这意味着对互补性需要作几何动力学的理解，它本身不是什么不可还

原的基本物理事实。

在量子论的非正统解释中,存在着克服或重新理解波粒二象性和互补原理的各种尝试。德布罗意把粒子和波看成是实在的互补方面,早在1927年他就提出了“双重解理论”的提纲,其中粒子和波拥有独立的,不是互相排斥的同时的实在性。德布罗意的这种互补性已经不同于玻尔的关于量子实在的两个经典图景的互斥又互补的论述。在一系列困难暴露后,德布罗意被迫附和了“正统”解释,而在内心并不赞同这种解释。用他自己的话来说,他“在量子物理学领域内长期采用互补性思想,同时却意识到,它不完全是适合的。”^[19]后来,他“开始对互补性观念抱着愈来愈多的怀疑。”^[20]

在50年代初,由于受重新宣布了“导波”理论的玻姆的著作的促进,德布罗意重新回到自己过去的观点,认为,基于互补性思想的量子力学的标准解释,“不能保证真正令人信服地解释内原子层次上的物理实在性。”^[21]因为它“把光和实物的基本因素看作相反的形式,这些形式有时在我们面前呈现为波动,而有时呈现为粒子。”^[22]

实际上,德布罗意的双重解理论是企图让量子现象的波动性和粒子性在非线性的波动力学中以无矛盾的方式结合在一起,粒子性代表着一个自组织奇点区的核心,波动性代表着组织核心内在振荡在空间中的弥散,这种波粒二象性的统一已经与人为选择的观察方式无关,正统解释中的量子互补性被自组织微观体系呈现的波粒二象性的辩证统一所扬弃,困难的只是我们如何构造和求解非线性波动力学。

另外一些学者企图将量子论统一到波动一元论或粒子一元论的基础上。波动一元论的较著名人物薛定谔早在1926年就认为,“质点是由波的系统所组成的,或者甚至就等同于波的系统。”^[23]1952年他再次重复,物理学世界中唯一的实在是波,事实上粒子和能量子是没有的——根据他的看法,他们是基于对干涉波的共振现象的不正确理解的错觉。玻恩对这种观点作了有根据的批评。

朗德对微粒一元论作了积极宣传,他像德布罗意一样,对自己过去对互补性观念的信赖作了修正,而且责备互补性观念,“由于断定有两个对立的,即使是互补的‘图景’,而回避了关于物质的实在结构的问题。”^[24]在朗德看来,互补原理“立足毫无根据地从字面上把波动特性赋予粒子,它与其说是合理的物理学,不如说是文字游戏。”^[25]朗德认为,量子理论应该“从对立图景的辩证实证论返回到本体论唯物主义的明确性,本体论唯物主义从伽利略那时一直到爱因斯坦是自然科学的思想基础。”^[26]与这个哲学观点相适应,朗德认为必须“抛弃把物质波看成象物质粒子一样实在的观念。”^[27]因为“假若玻恩借助于粒子认真地对待统计解释,那么对二象性再不会留下任何位置:波动现象将是实在粒子的简单表现。”^[28]

尽管朗德本人的粒子一元论能否取代量子力学的正统解释,是非常可疑的,但是他对互补原理的批判有合理之处,承认它的辩证性,指出实证主义,现象主义才是互补原理的本质,并和本格一样期望回到本体论唯物主义的立场,寻求

对物质结构的深入理解。

如果取消互补原理对波粒二象性的理解,那么如何理解量子实在的问题就会以新的形式出现。也许弦论会宣称量子实在的本质是弦的振动,费曼和彭罗斯等会宣称量子实在的本质是具有复数幅度和概率特征的概率幅,玻姆会认为不同于经典势的量子势才是量子实在的基本特征,等等。结合量子测量问题的逻辑分析,我们会发现互补原理包含着这样一个逻辑循环:量子态必须通过测量用互补的经典概念表述,测量仪器的经典特征又必须用量子论概念来说明。测量仪器究竟是经典的,还是量子的,还是同时具有两个特征,一直是争议很大的问题。海森伯在讨论玻尔阐述过的量子理论与经典概念的作用相联系的悖论时,发挥了魏扎克的话的含义:“自然界出现在人之前,而人出现在自然科学之前。”^[29]海森伯认为,前一句话证明经典物理学及其完全客观性的标准是正确的;后半句话则说明,为什么我们不能摆脱量子理论的悖论和使用经典概念的必然性。

在1968年题为“量子理论及其前景”的剑桥讨论会上,魏扎克继续捍卫玻尔的互补原理,并且认为互补原理中包含的逻辑循环只是表面的。但是,尽管他作了努力,讨论会的大多数参加者倾向于下面的意见:“虽然经典思维方式在量子理论形式体系的每一点中事实上都是必要的,然而对量子理论的完备理解应该能够引导我们达到某种更加充分的和实际上更加确切的概念集,以描述物理世界。从这个观点看,经典语言不是不变的,而是经历着变化,准确化和发展。”^[30]

在这次讨论会上,玻姆认为,按照玻尔的立场,我们不能像冯·诺伊曼测量理论那样谈论量子体系和实验仪器的相互作用。量子论的前后文关系要求新的描述方式,这种描述方式不应该对“被观察客体”和“观察仪器”进行潜在的或现实的区分。反之,实验条件的形式和实验结果的内容应该是统一的整体,对这个整体而言,分裂为相互隔绝的组成部分是不适用的。玻姆一方面强化了玻尔的整体论立场,另一方面,反对玻尔关于借助经典物理学概念精确化了的日常语言是唯一可能的单值地沟通关于实验结果的思想的语言的立场。按照玻姆的意见,实验的结果(和条件)应该用新的语言形式来表述,它们既不是经典的,又不是量子的(在玻尔的意义)。玻姆把量子势这种隐变量看成是建立量子论新表述的尝试,而不少人认为玻姆回到了比哥本哈根学派更经典的立场上去。

总的来说,取消互补原理的尝试在量子力学的其他解释中,还没有取得决定性的成功;而且互补原理的合理成分在其他解释中得到了辩证的扬弃,但是宣布互补原理对于理解量子论是完全必需的断言还为时太早。由于尚未找到经典世界和量子世界通用的逻辑上一致的理论,量子实在和经典实在在目前看来是异质的,利用过于理想化的经典概念互补地表示量子现象,仍然是必要的权宜之计。我们认为,系统自组织演化理论的发展,以及在量子论领域的推广,可能会帮助我们找到统一理解量子实在和经典实在的通用模式。玻姆等人后来对量子整体性,非定域性和信息序(显序和隐

序,量子势)等的研究,在物理思想上与自组织理论是相同的,但在具体物理模型上有可疑之处;德布罗意学派把粒子理解为非线性波动力学中的奇异区,类似于自组织的细胞,标志着量子论开始采纳自组织的广义生态学模型。由于玻尔主张将互补原理推广到热力学与统计力学,生命科学的机械论和活力论等领域的辩证关系中,我们相信自组织理论辩证地扬弃了互补原理的合理思想,自组织模式在未来量子论的新解释体系中发挥作用的潜力很大。

三 互补原理的经典根源和哲学动机

表面上看来,互补原理似乎是哥本哈根学派理解量子现象的独特的逻辑方法论原理,而且其他非正统解释也以不同的方式包含互补性的合理构想;玻尔本人还把互补性思想推广到生物学中机械论和活力论,社会学中文化的互补性等领域,这些推广是否合理恰好取决于对互补原理的哲学反思。但是,即使互补现象普遍存在,这个原理的深层本质还是有待于研究。我们认为,波普尔把互补原理视为哥本哈根学派的意识形态,而不是作为科学的量子理论的必要特征的论断,是有一定根据的。

从量子论的起源来看,量子论是因为采用热力学与统计力学来沟通力学图景和电磁图景失败的产物,力学图景的本体论模型是质点动力学,电磁图景的本体论模型是场论;量子论的革命意味着采用具有波粒二象性特征的量子来扬弃质点动力学与场论的对立。但是,量子革命并没有完全扬弃热力学与统计力学之间的对立,热力学是唯象的不可逆理论,研究对象是大量微观实体构成的宏观体系——系综,但不涉及复杂系统的微观结构;统计力学引入质点动力学的力学模式处理系综,考虑系综演化过程中各种碰撞和相互作用造成的宏观总效应。我们发现,正是热力学与统计力学的互补性构成了量子论中互补原理的经典根源。热力学是唯象的不可逆理论,在量子论中对应于彭罗斯所说的 R 过程(波包塌缩)中的量子运动状态向经典概念框架的信息投影;正像分子平均运动状态对应于宏观热力学量一样,微观体系量子波动的统计系综效应或几率效应对应着宏观仪器显示的经典物理量;这个过程普遍认为与热力学不可逆过程有关。统计力学是可逆力学规律与系统的质点统计系综模型结合的产物,在量子论中对应于具有电磁波的超前/滞后双重解特征的量子驻波的统计系综波动力学,体现了彭罗斯所说的 U 演化;也就是说,经典统计力学中的质点模型被量子波包模型取代了,同时力学规律被量子规律取代,经典统计被量子统计取代。具有电磁波的超前/滞后解特征的量子驻波模型正是由普朗克首先提出的边吸收边发射辐射的量子谐振子模型,量子谐振子取代了原来的原子分子质点;这一点被爱丁顿注意到,而且在后来的惠勒—费曼的吸收体模型中得到发展,目前被克雷默等人发展成为量子力学交易解释。另外,统计力学中独立性与关联性的关系以令人关注的量子论中定域性与非定域性的关系的新问题形式出现。我们相信,各种量子力学解释问题几乎都有热力学与统计力学冲突的经典根源。

量子论哲学解释问题的怪异性在于量子论是根据体现波粒二象性的爱因斯坦—德布罗意关系从哈密顿正则力学引申出波动力学或矩阵力学表象的,或者是从拉格朗日力学引申出费曼路径积分表象。也就是说,流行的多数量子力学形式体系及其解释是从对力学体系作直接整体描述的分析力学构建起来的,缺少一种对应于牛顿质点力学的从要素,相互作用和组织结构开始的通向系统整体的量子力学表象,于是微观体系的个体量子行为就与整个系综涌现的经典行为在同一个层面上被不恰当地放在一起讨论了,求助于某种形式的互补性成了理所当然的事情,因为整体系统是可以通过各种相互作用机制涌现出所组成的要素缺少的属性的。互补性在现象层面的存在,恰好需要一种涉及微观量子体系和宏观经典行为相互过渡的动力学机制的解释,而不是像哥本哈根学派那样简单地把互补性宣布为逻辑方法论原理;互补原理还严重夸大量子现象相对于经典现象的特异性,忽视建立量子现象和经典现象的通用理论模型。哥本哈根学派对量子现象内在动力学机制的忽视是现象主义和实证主义哲学掩盖物理学问题,阻碍科学研究深入的一种表现。利用现象主义和实证主义来掩盖对量子现象的一知半解,是提出互补原理的真正哲学动机,这一点是独立于对互补原理的所作的唯物论、唯心论、二元论或辩证法等不同哲学立场的理解的。

【参 考 文 献】

- [1][2][18]玻尔. 原子论和自然的描述[M]. 郁韬译. 北京: 商务印书馆, 1964. 41、9、115.
- [3]卢鹤绂. 哥本哈根学派量子论考释[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1984. 118.
- [4]转引自[美]阿布拉罕·派斯. 尼尔斯·玻尔传[M]. 戈革译. 北京: 商务印书馆, 2001(第1版). 446.
- [5]海森伯. 量子论的物理原理[M]. 北京: 科学出版社, 1984. 9.
- [6]雅默. 量子力学的哲学[M]. 秦克诚译. 北京: 商务印书馆, 1989. 121 - 122.
- [7]戈革. 尼尔斯·玻尔[M]. 上海: 上海人民出版社, 1985. 322.
- [8][9][10][19][20][21][22][23][24][25][26][27][28][29][30]转引自[苏]凯德洛夫·奥夫钦尼科夫物理学的方法论原理[M]. 柳树滋等译. 北京: 知识出版社, 1990(第1版). 178、416、416、413、413、414、414、414、414、415、415、415、417.
- [11][14][16][17]Mario Bunge, *Metascientific queries*, 1959 by Charles C Thomas . Publisher. 179、180、183 - 184、191.
- [12][15][比]雷昂·罗森菲尔德. 量子革命[M]. 戈革译. 北京: 商务印书馆, 1991. 126 - 127、146.
- [13]玻尔. 尼尔斯·玻尔哲学文选[M]. 戈革译. 北京: 商务印书馆, 1999. 45.

(责任编辑 成素梅)