

论道

# 量子理论孕育了怎样的新科学哲学范式

■ 成素梅

大力推进量子科学技术的研发和相关产业的发展,已经成为各国政府依靠科技制胜的核心战略之一。美国实施的“量子加速计划”、欧盟发起的《量子宣言:技术新时代》等都在抢占量子产业发展先机,我国的量子网络建设、墨子号量子通信卫星的发射,以及“九章”量子原型机的研制,已经位于世界前列。这些发展带来了二次量子革命。而支撑这些发展的理论基础则是近百年之前创立的量子力学。没有量子力学,就没有激光、半导体、核能、先进的医疗设备以及一切智能装置等,更不会有二次量子革命。但是,量子力学的基本原理和内禀特征却与我们的日常认知相去甚远。当我们接受以量子力学的全新方式重新理解世界时,就需要改变过去基于常识和近代自然科学形成的一系列哲学观念,而且,这种改变具有颠覆性,将会孕育出新的科学哲学范式。

## 量子化观念:物理学 家凭直觉思维进行概念 创造的结果

“量子”概念是德国物理学家普朗克在解决黑体辐射问题的过程中提出的一个概念,意指在黑体辐射过程中,黑体所释放或吸收的能量不可以取任意值,而是以最小份额为单元,取不连续的值,即黑体发射或吸收的能量是一份一份地进行的,这种认知被称为“能量量子化”假说。“量子”代表能量的最小单元。后来物理学家们通过实验发现,除了能量之外,粒子的角动量、自旋等都是量子化的,到20世纪20年代,物理学家们以量子概念为基础,创建了量子力学的理论体系,量子化成为物理学家理解微观世界的新视域。

量子化观念的确立,不仅意味着我们必须放弃物质是无限可分的日常认知,放弃过去建立在连续性假设基础上的因果决定论,而且还使许多经典概念成为意义不明确的术语。针对这种情况,玻尔举例说,一个小孩子拿着两块糖跑到商店,向售货员买两块糖,售货员递给他两块糖,然后说,“你自己把他们混合起来吧”。海森堡认为,这个事实表明,就像当我们只有两块糖时,“混合”一词显得不再适用一样,当我们运用位置、动量、测量、现象之类的经典概念,来描述电子或光子之类的微观粒子的运动规律和对它们进行的测量时,这些概念的适用范围或语义也会受限制。

在海森堡看来,造成这种困难的根源在于,我们的语言是在我们与外在世界的不断互动中形成的,拥有语言是我们生活中的重要事实。但是,当我们把经典概念从宏观领域延伸到微观领域时,不应该指望这些概念还会保持原来的含义。哲学的基本困难之一是我们的思维悬置在语言之中,当我们最大限度地扩展经典概念的使用范围时,就必然要面对它们丧失原义或赋予其新义的情况。因此,我们接受

◆从方法意义上来看,量子力学不是物理学家从实验现象中抽象归纳的产物,而是他们打破经典概念框架的束缚,凭借直觉思维,在解决新实验与旧理论之间矛盾的过程中,进行概念创造的结果。

◆牛顿力学的创立不只是标志着自古希腊以来思辨科学的终结,而且还实质性地影响了近代哲学的发展。同样,量子力学的建立也不只是标志着人类撬开了不连续世界的大门,带来许多过去无法知道的科学发现和技术突破,而且也蕴含着全新的哲学假设。

◆在后经验科学时代,科学哲学需要为如何理解以数字化和模型化为特征的量子理论的科学性,提供论证方案和贡献认知智慧;需要将科学哲学的论域空间,从科学的辩护域境扩展到科学的发现域境;从关注科学家的研究成果扩展到关注科学家的直觉认知能力;从关注理论理解扩展到关注实践理解;从关注科学史扩展到关注科学创新。

## 【核心观点】

量子力学的概念框架,就意味着,接受由此带来的概念变革。

从方法意义上来看,量子力学不是物理学家从实验现象中抽象归纳的产物,而是他们打破经典概念框架的束缚,凭借直觉思维,在解决新实验与旧理论之间矛盾的过程中,进行概念创造的结果。量子力学的数学描述运用的是希尔伯特空间。而希尔伯特空间是一个多维的抽象空间,在宏观世界里没有相对应的形式,我们无法根据惯用的图像思维来理解,只能通过数学来把握。而且,理论物理学在从非相对论的量子力学到量子场论、超弦和量子引力理论的发展过程中,这种数字化趋势的日益明显。

经验方法和归纳推理的退出,数学方法和直觉判断的凸显,自然会使人提出更加尖锐的问题:对于无法进行图像思维的量子论应该被刻画为是形而上学,而不是物理学吗?或者,把与实验关系不密切,甚至实验基础越来越弱化的量子论的数字化发展,说成是“童话般的物理学”吗?这意味着量子论告别了对实在本性的揭示、背叛了对真理的追求、失去了成为科学的资格吗?当前大力发展的二次量子革命对这些问题的回答无疑是否定的。这些问题的提出也表明,量子理论的发展向传统的自然观、理论观、实在观等提出的挑战是多么巨大和何等严峻。

## “像是从一个人的 脚下抽走了地基”,量 子力学蕴含的三大革 命性哲学假设

普朗克的“量子”概念足以与牛顿的“引力”概念导致的革命相媲美。牛顿力学的创立不只是标志着自古希腊以来思辨科学的终结,而且还实质性地

影响了近代哲学的发展,比如,以休谟为代表的经验论和以康德为代表的理性论,都是从牛顿力学中获得启迪,才提炼出各自的哲学体系。同样,量子力学的建立也不只是标志着人类撬开了不连续世界的大门,带来许多过去无法知道的科学发现和技术突破,而且也蕴含着全新的哲学假设,从传统的哲学观念来看,这些哲学假设是离经叛道的。

在量子力学诞生的早期岁月里,新旧哲学观念的较量,首先在物理学家中间展开。没有这种较量,爱因斯坦等人就不会发表基于经典实在观来质疑量子力学完备性的著名文章,薛定谔就不会在1935年提出量子纠缠概念;没有这种较量,就不会出现关于量子力学的解释之争,玻尔就不会提出隐变量量子理论,具有划时代意义的贝尔不等式也不会于1964年出现。物理学家关于如何理解量子力学及其内禀特征的分歧,正是接受或不接受量子力学蕴含的哲学假设的分歧。这些假设主要体现在下列三个方面。

其一,概率因果性假设。原子世界是概率的,而不是决定论的,这是由量子概率的本性和薛定谔方程中波函数的概率解释决定的。在量子力学中,求解方程只能得到关于测量结果的一种概率分布,而得不到物理量在测量之后的具体数值。量子概率既不是方法论上的权宜之计,也不是知识论上的无知表现,而是具有根本性。这意味着,我们对因果决定论的追求,是未经审视便接受下来的常识观念,不是不可动摇的绝对真理。

其二,境域实在论假设。量子力学是对世界的整体性模拟,只表达了特定条件下的认知内容,而不是符合意义上的直接描述。这是由量子力学的理论体系决定的。在日常生活中,我们运用的概念指向真实的对象本身,概念与对象具有一一对应关系,由它们构成的理论被认为是对世界的描述。但在量子领域内,诸如光子、电子之类

的微观粒子则是依赖于理论而存在的“实体”,通常被称之为“理论实体”,是希尔伯特空间中的一种抽象实在,它们只是理论上的指称,不是真实的指称。它们和赋予其意义的理论与世界之间只具有同构关系。

其三,非分离的整体性假设。在量子领域内,处于叠加态的两个或多个粒子,完全失去了个体性,即使它们分开之后,也不能再被拆分为各个独立的个体,而是始终被作为一个整体来对待。这是由量子态的叠加原理决定的,这是典型的量子效应,被称之为量子纠缠现象;意指相互纠缠的两个粒子,即使相隔万里,也能产生相互“影响”,这种影响是即时的,与时空距离无关,它们之间的关联是一种纯粹关联,我们只有诉诸于数学,才能理解这种非分离的整体性,而不能根据传统的因果相互作用来理解。

这些哲学假设与我们的常识相违背。在经典领域内,我们通常认为,自然界是连续的和因果决定论的,理论是对世界的正确描述,物体具有个体性或确定性,两个相互作用过的物体,一旦分离开来,就会彼此独立地存在。而在量子领域内,这一切都不适用。为此,爱因斯坦深有体会地说,他为了使物理学的理论基础与量子力学的知识相适应所付出的一切努力彻底失败了,这就像是从一个人的脚下抽走了地基,在任何地方也找不到可以立论的坚实基础了。这道出了量子力学蕴含的哲学假设的革命性。

## 后经验时代的科 学哲学需要超越各种 二分观念,深入到科学 家的创新活动中重新 理解科学

以建立量子力学的理论体系为目标

志的第一次量子革命,虽然对20世纪科学哲学的发展已经产生了深刻的影响,比如,普特南的内在实在论、哈金的实体实在论、范·弗拉森的经验建构论、法因的自然本体论态度等,都在不同程度上与他们量子力学新观念的理解与吸收相关。但是,从他们各自阐述的哲学思想体系来看,他们依然是在逻辑经验主义奠定的科学哲学范围内讨论问题,这表明,这些影响还没有促使他们从整体上产生出新的科学哲学范式。

逻辑经验主义是科学哲学的第一个流派,其标志性的特征是,坚持可证实性原则和拒斥形而上学,即认为只能被经验直接或间接证实的理论才是科学的。尔后的科学哲学是在批判逻辑经验主义的过程中演进的,虽然学派林立,观点迥异,但大体上它们都是围绕如何理解理论与经验的关系、理论与观察的关系,以及理论实体的本体论地位等论题展开的。这些论题继承了近代以来经验科学的思维方式。在经验科学时代,实验不仅是不可错的,并且还发挥着发现理论与检验理论的双重功能,实验具有的物质性、能动性、可感知性以及可重复性,为经验科学奠定了本体论化的实在论基础。

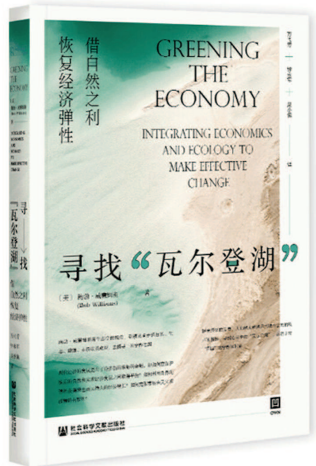
以量子力学的基本原理为技术资源的第二次量子革命的兴起,不仅促使我们接受量子力学蕴含的哲学假设,改变我们的传统思维方式,而且意味着需要重建新的科学哲学范式。如果说,量子力学是一群物理学家在潜心解决实验现象与现有理论之间矛盾的过程中创造出来的话,那么,将非相对论的量子力学与相对论结合起来,成为量子论的坚定信念,则是物理学家基于统一理论的坚定信念,在既没有现实的实验基础,也暂时看不到能被实验证实的可能性之前提下,进行理论思维与概念创造的结果。这种发展趋向拉开了后经验科学时代的帷幕。

在后经验科学时代,科学哲学需要为如何理解以数字化和模型化为特征的量子理论的科学性,提供论证方案和贡献认知智慧;需要将科学哲学的论域空间,从科学的辩护域境扩展到科学的发现域境;从关注科学家的研究成果扩展到关注科学家的直觉认知能力;从关注理论理解扩展到关注实践理解;从关注科学史扩展到关注科学创新;从理论认识扩展到对理论知识的哲学探讨扩展到对科学创新的哲学理解;从关注理论与实验或观察的关系扩展到关注认知能力与实践的关系等。这些研究视域的扩展和问题域的转变将会带来新的科学哲学范式。

一言以蔽之,在以数字化为特征的后经验科学时代,具有颠覆作用的科学创新是科学家基于长期的科学实践,在深度嵌入到问题域中,获得的具有穿透力和前瞻性的直觉认知,是无法追溯因果链条的具有原创性的认知飞跃。因此,后经验时代的科学哲学需要超越各种二分观念(比如,理论与观察二分、主体与客体二分等),深入到科学家的创新活动中重新理解科学。

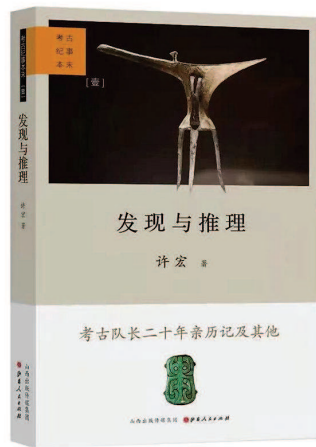
(作者为上海社科院哲学所副所长、研究员)

## 荐读



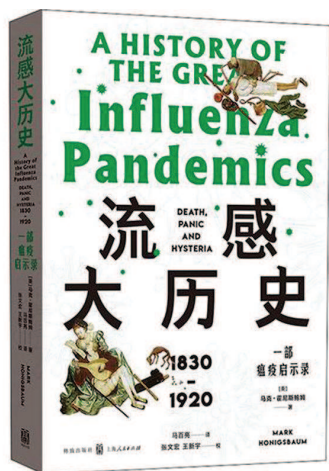
《寻找“瓦尔登湖”:借自然之利恢复经济弹性》([美] 鲍勃·威廉姆斯 著,万弋芳/钟永军/吴小佩 译,社会科学文献出版社,2021年3月)

本书以经济学和生态学为基础,就令人困惑的“就业与环境”争论提出了真知灼见,并提出了一个建立更宜居关系的路径。为避免出现极端观点,即经济增长将破坏或拯救我们的自然环境,本书坚持更为客观的立场,阐明了为什么一些国家的自然环境比40年前更好或更糟。本书从生态学的视角确定了24个能够支持经济福利实现的关键生态服务要素。对这些服务及其基本生态影响的解读,将那些更易受环境影响的服务与那些不易受影响的的服务区分开来。



《发现与推理》(许宏 著,山西人民出版社,2021年4月)

本书隐含着位资深考古学家的学科反思:考古,需不需要有想象力?以及在多大程度上运用想象力?假如没有想象力,很多考古发现便无从谈起;然而,过度解读甚至误读,又往往差之毫厘,谬以千里。该如何与无言的地下遗迹进行对话?这不仅依赖于文物的发现,考古学家自身的专业敏感与推理能力也很重要。书中讲述了几场重大考古事件的始末,不仅以亲历者的视角,呈现出考古现场的复杂性和魅力,也对几则著名的考古“悬案”重新展开考察,以专业者的慎思明辨澄清其中的是非非,提炼出极具启发性的学术思考。



《流感大历史:一部瘟疫启示录》([英] 马克·霍尼斯鲍姆 著,马百亮 译,张文宏/王新宇 校,格致出版社,2021年1月)

本书叙述了19—20世纪的流感流行史,讲述了医疗部门如何为描述流感的临床特征而努力;铁路和日益发达的交通如何加速了病毒的传播;电报的发明以及新的大众媒体传播如何放大恐惧,引发公众的轰动反应;专利医药行业是如何利用消费者的恐惧;以及人类对疾病的恐惧是如何渗透到维多利亚文化中去的。流感几乎成了这一时期人类社会和文化焦虑的晴雨表。

## 锐见

# 中小企业要学会打创新与知识产权组合拳

■ 梁玲玲

中小企业可以从商标、版权、专利和商业秘密这几方面打好创新与知识产权组合拳。中小企业需要根据自身的规模以及所处的行业、技术领域、市场环境等情况来制订创新与知识产权发展战略,实现全面的创新与知识产权战略布局,为自身的发展和进步提供动力支持。

我国中小企业在社会经济中的重要性日益凸显,但中小企业在发展过程中存在的问题同样引人注目,比如针对在创新与知识产权保护方面仍然存在的问题,广大中小企业需要学会综合运用多种创新形式并搭配合理的知识产权保护手段,以促进自身核心竞争力的提升。

## 品牌创新+商标保护

运用品牌创新来增强企业竞争力并创造更多发展机遇是当前我国中小企业在复杂的全球经贸背景下的必要

手段。品牌创新,实质上是通过改变消费者意识里的品牌知识、拓展品牌意识以及改善品牌形象,将新产品、新市场、新定位和新形象植入品牌意识和品牌形象,进而改变并提升消费者对它的认知。将品牌中的标志和名称作为商标进行注册,是最方便有效、最有力的保护企业商誉及其他利益的一种方式。

商标是法律赋予经营者对其品牌进行保护的权益,也是商品或服务的标志、信誉象征和品质保障,更是企业品牌的价值载体。因此,中小企业应善于管理和运营商标,善于利用商标来强化消费者的品牌辨识度和忠诚度。首先,企业要提高商标战略规划意识,根据自身发展情况采取合适的商标策略,并且提高防御商标战略意识。其次,企业应做好商标管理,注重商标质量,提升商标的生命力与竞争力。再次,企业要重视商标的海外布局,提高国际商标注册意识。最后,企业要加强商标监控,提高维护商标权的法律意识,打击不法假冒商家,保护产品及服务的市场份额和品牌荣誉。

## 文化创新+版权保护

中小企业文化创新主要是对企业精神、企业价值观、企业制度和企业文化形象的创新。对于非文化类企业来说,当企业发展到一定阶段,凝练、提升、整合、重塑和重构企业文化中作为核心的精神文化,以企业创始人的奋斗故事、企业发展历程、企业价值观等为内容形成出版物,为企业员工提供了共同的行为准则和精神力量。

文化创新之于文创类企业更多体现为作品创新。文创企业应在传承传统文化与借鉴异域文化的基础上不断加大形式与内容的创新力度,充分利用现代信息技术和高科技传播手段,创作出与当代社会相适应、与现代文明相协调且受大众欢迎的文化产品。

版权保护是文化创新最为重要的法律保障,直接决定着文化创意产业发展的水平。因此,企业应重视和提高版权管理意识,让版权成为进行文化创新、价值创新的动力。而且,企业可以着眼于版权的策略性组合,基于版权许可合同建立具有竞争力的产业链。另外,企业还应建

立起强烈的维权意识,积极打击各类侵权盗版行为,保护创意创新的回报,维护企业利益。

## 技术创新+专利/商业秘密保护

技术创新是一种以技术为手段,实现经济效益为目的的活动,技术创新的核心是实现科技与经济的结合,促使研发成果的商品化。无论是在传统产业还是新兴产业中,都可以看到中小企业技术创新的足迹。

中小企业要想实现高质量的技术创新,首先需要加强同外界的合作,尤其是同金融机构、科研机构和政府的支持,以获得资金、技术和政策上的支持。其次,在企业内部制定创新人才激励政策和培养计划,以吸引更多掌握先进研发技术和管理经验的高端人才进入企业。最后,重点要做好专利战略、专利开发、专利运营和专利保护工作。对符合专利授予条件的新技术要及时申请专利。在出口专利技术或含有专利技术的成套设备或关键设备前,应向进口国专利局提出专利申请,并取得该国的专利权。中小企业在进行专利布局时,可以将产品、技术或工艺的不同侧重点纳入

构建专利组合,以多个相关专利为基础形成专利群,加强对创新成果的保护。

另外,一项创新成果完成后,是否采用专利形式来保护,要根据具体情况而定,需要从经济效益和社会效益两方面去考量,要进行市场预测,开展专利申请必要性的论证。有些技术成果以商业秘密的形式来保护可能更有利。

## 其他创新+商业秘密保护

除了品牌创新、文化创新和商业创新,中小企业还需要进行战略创新、商业模式创新、市场创新、服务创新和管理制度创新等,这些创新成果涉及到的许多内容都可以商业秘密的形式来保护。中小企业对与生产经营销售活动相关的管理方法、管理方法、产销策略、货源情报、客户名单、标底标书等经营信息,以及生产产品方案和制造有关的技术诀窍、生产方案、工艺流程、设计图纸、化学配方、技术情报等技术信息采取保密措施加以保护。对于任何侵犯企业商业秘密的行为,都可以适用反不正当竞争法来对其进行制裁。

(作者单位:上海应用技术大学经济与管理学院)