

# 量子世界与古典世界差异之辨析

## ——兼论道家思想的相关意义

刘明 林超然

**【内容提要】**以量子物理和分子遗传学为代表的现代科学对于客观实在在基原规定性的理解与以古典物理如拉马克—达尔文进化学说为代表的古典科学对于客观实在的理解存在一系列根本差异,即量子世界的初始结构是分立的,基本组元是永恒的,变化在原则上是不可完全预见的,同类粒子是全同而不可区分的;而古典世界的初始结构是连续的,时间之矢指向不可逆的熵增方向,拉普拉斯精灵完全能够预言未来的一切状态,每一个粒子均具有与其它粒子相区别的个性。要确立一种建基于现代科学的唯物自然观,就必须体现从古典实在向量子实在的这一飞跃。中国古代道家学说的素朴自然观天才地猜测到量子世界的某些规定性,它关于文传之知与意会之知二者高下的解析对于今天从理性——直觉统一的高度整体把握客观实在仍不失借鉴的价值。我们就此可能发现一条东西文明汇通之路。

上个世纪末叶,恩格斯在论及由于能量转化及守恒定律、细胞学说和达尔文进化论等科学成就导致人类自然观和自然观研究方法的巨大进步时,曾提出了关于方法论的根本性指导意见:由于理论科学的巨大进步,“我们就能够依靠经验自然科学本身所提供的事实,以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画。描绘这样一幅总的图画,在以前是所谓自然哲学的任务。”<sup>①</sup>近一个世纪以来,以量子力学为代表的物理科学和以遗传学为代表的生命科学,实现了对于以牛顿力学为代表的古典力学和以达尔文进化论为代表的生物学的革命和飞跃。放在西方文化的坐标系内考察,这是自牛顿—笛卡尔自然学说从兴盛走向衰落之后,重新建构自然图景的又一次启动。但是,放在中国文化的背景下,人们却惊异地发现,先秦时代的道家借助直觉,早已天才地意会到一种类似于奠定在现代科学基础上的自然结构。这又从一个方面表现出现代文明与古代文明、西方科学文化与东方人文文化的汇流。为了繁荣现代自然观的学术研究,本文拟在这方面作一些初步的探讨。

### 一、古典自然观向现代自然观的飞跃

科学史家一般认为,现代科学对于古典科学的革命,主要表现为描述宏观高速运动的相对论和描述微观世界运动的量子力学的创立。的确,爱因斯坦在光速绝对化的基础上创立的狭义相对论,否定了古典科学的时间和空间分别绝对化的概念,建立了不可分割的四维时空结构;放弃了质量绝对化概念和质量、能量分别守恒的定律,确立了新的“质能守恒”定律,并导致了尺缩钟慢、质能转换等一系列崭新的结论。爱因斯坦的广义相对论则引进了引力场和加速的等

效原理,揭示了时空弯曲与物质分布和运动的关系,突出了力学的几何性。但是就自然结构的更深层次理解及其所运用的基本数学概念而论,相对论的自然观则接近于古典自然观。正如量子力学创立者之一德布罗意所云:“相对论力学只打乱了人们对于时间和空间的传统概念,它在某种意义上,却完成并给经典力学加上了皇冠;量子与波动力学则给我们带来了更为激进的新概念,并迫使我们放弃基本现象的连续性和绝对决定性。”<sup>②</sup>

的确,量子理论从它萌芽那一天起就是彻底革命的。为了解释黑体辐射悖论,物理学家们运用了从质点力学、热力学、电动力学武库中能够提取的一切古典武器,结果均是无功而返。1900年,为了建立能同实验数据相一致的辐射公式,普朗克不得不引进常数 $h$ 。虽然悖论迎刃而解,但普朗克自己却无比困惑。在涉及关于自然实在结构的哲学信念面前,他与常人一样,难以挣脱传统观念的羁绊。

自17世纪古典力学经开普勒—伽利略—牛顿的工作创立以来,生命科学一直处于比较落后的状态,这主要是因为生物学研究更多地立足于观察,其理论是描述性的,不象物理学那样运用数学工具进行定量的分析和预测。但是,生命科学研究一旦运用了受控实验方法,它就具有了现代科学非连续性和非绝对决定论的形态,成为这一飞跃的划时代标志的是孟德尔在1866年完成的豌豆杂交实验。从这个意义上讲,生命科学似乎比物理科学率先一步跨入了现代自然观的大门。应当说,今天,以量子概念为基础的物理科学和以分子遗传学为先导的生命科学,在对自然实在图景的理解方面达到了共识。

现代科学与古典科学的世界图景有哪些基本差异呢?可以概括为以下四点:

### 1. 量子世界是分立的,古典世界是连续的

在集合论中,分立集合的各个要素(例如有理数)彼此是互相分离的,每个要素周围均有一些真正的空间或表征意义上的空间,而连续集合的各个要素(例如实数)彼此是互相粘连的,没有任何空隙和间断。

划分现代物理和古典物理的根本标志就是在其理论结构中是否出现普朗克常数 $h$ 。人们常以原子系统与行星系统的差异来阐述两类世界的分野,其原因就在于,在述说原子运动时, $h$ 是不容忽略的;而在述说行星运动时, $h$ 是可以忽略的。有 $h$ 在其中起作用,任何一种元素的一个原子就只有一个可允许物理状态的分立集合,它仅仅发射和吸收具有特定波长的光;按照质量或电荷排列的化学元素本身也形成了以门捷列夫周期表表现的分立系列,不存在这样一种元素,其质量处于氢的质量(1个单位)与氘的质量(2个单位)之间,或者其核电荷处于氢的核电荷(1个单位)与氦的核电荷(2个单位)之间。但是,一颗人造卫星却允许在周期及轨道直径的一个广泛连续变化范围内选择其周期和轨道直径,不存在任何禁戒与限制。同样地,一个牛顿质点允许携带任何大小的质量,一个法拉第带电体允许携带任意数值的电荷。

在生命科学领域,正是量子物理学家的崭新概念对生物学家解放思想立下了不朽的功绩。薛定谔于1944年发表了《生命是什么?》一书,他在书中引进了“密码传递”“量子跃迁式的突变”等概念,并且坚定地认为,基因就是分子,“除了遗传物质的分子解释外,不再有别的解释”。<sup>③</sup>分子遗传学指出,生物遗传的本质就在于不同物种携带着各不相同的遗传密码,遗传变异中的突变和重组都是“基因”这一遗传基本单位的属性,而基因则是DNA大分子上一段多核苷酸序列。所有已知的,从病毒、细菌直到高等植物和动物的生命形式都由两类生物大分子

——核酸和蛋白质构成,其中核酸由四种核苷酸组成,蛋白质由二十种氨基酸组成。由克里克提议绘制的遗传密码表在生物学上的意义类似于元素周期表在化学上的意义。古典进化学说主张“自然界没有飞跃”,进化过程中起主要作用的是细微变异和连续变异,与此相反,现代生物学已经接受了机体通过基因突变和重组与自然选择的相互作用而进化的理论,实现了与物理科学宇宙结构观的殊途同归。

2. 微观量子世界是永恒的,它的秩序性与时间无关;宏观古典世界则是流动的,它的秩序性随时间而走向混沌

宏观现象的时间流向特征举目可见,最典型的例子是,热的物体与冷的物体相接触,一段时间之后,热物体降温,冷物体升温,最后达到同样温度。这一现象由热力学第二定律给予总结:一切自然过程均趋向熵增加。

但是原子的运动却表现出超时间的稳定性。就以氢原子为例,无论是地球上的,太阳上的,银河系中的,还是距离我们几十亿光年的宇宙深处所存在的氢原子样本,它们所发射的明线图样是彼此完全一样的。自从所谓“开天辟地”以来,每种原子和分子都原封不动地保持着自己专有的明线图样,就如同一个人一生中保持着自己的指纹特征一样。

上述两种世界之间的差异早在上世纪末就被发现了,古典电动力学的奠基人麦克斯韦在预感到古典科学内涵的时序性面临绝境时就尖锐地指出:“尽管在历史的长河中,天穹内发生过并且还将发生灾变,尽管古老的体系可能已被解体了,而新的体系从它们的废墟中演化出来,但是这些体系所赖以建立于其上的分子(现在应称为原子)——物质宇宙的基础砖石——却仍然一如既往,完好无损。”<sup>⑥</sup>现代量子理论已经完美地解释了宇宙砖石——基本粒子和原子的结构方式是怎样和为什么不随时间而更新的。

在生命世界,“种瓜得瓜,种豆得豆”是古代人类对于遗传保守性的经验概括,上述经验事实的物质基础究竟是什么?对于古代学者始终是个谜。近代生物学者,如拉马克、达尔文,虽然也看到了这一点,但他们的研究更多地致力于探讨生物变异和进化的机制。分子遗传学揭示,自从几十亿年前最原始的生命形态——病毒出现以来,携带遗传信息的DNA分子在细胞中是最为稳定的,尽管在漫长的进化过程中生物表现型已极为多样化了,结构、功能高度分化而复杂了,但DNA分子却以不变应万变,携带人类遗传密码的和病毒遗传密码的都是DNA分子。著名分子生物学家J·莫诺认为:“生命的本质就在于分子不变性的根本机制。”<sup>⑦</sup>他立论的根据就是上述经验事实,尽管许多人认为莫诺的观点过于极端和片面,但都不能否认莫诺捕捉到了现代生物学的特点和新质。

3. 在量子世界中,事物变化是非连续的,在原则上是不可能完全预言的;在古典世界中,变化则是连续的,而且在原则上也是完全可以预言的

根据量子力学,任何一个受激发的原子都将放出辐射而回到基态,但是不可能预言它在何时回到基态,这样一种跃迁是在瞬间完成的,不需要时间过程。当然我们可以预言由大量粒子组成的受激发原子云在给定的时间间隔内将要衰变的原子的几率,但我们没有任何依据指出哪些原子将衰变,哪些原子将不衰变。

古典力学中,对于任何一个物理系统,只要已知组成该系统的各个粒子的初始状态和边界条件,原则上就能预言系统在未来任一时刻每个粒子的确切状态。这就是所谓拉普拉斯决定论

思想的由来。

在生命世界,进化的不可预见性比之量子世界更有过之而无不及,设想我们已知原则上所能知道的关于一个物种的初始状态的一切情况,其中包括属于该物种的所有生物体的基因型,又设想我们能够在‘一台超级计算机上模拟进化过程的所有细节,我们仍然不能预言一段时间的,该物种中将会发生的基因型。因为进化产物对于由突变和基因重组所造成的某些随机遗传变异是非常敏感的。假设我们可以列举每一次变异和重组的所有可能产物,并且能够指定每一个产物所发生的几率,从原则上讲,这时我们能够对这个正在进化的物种给予完备的统计描述。但是,这一描述应该包括极其大量的、不同质的次级进化结构,而每个这样的次级结构又仅仅具有微不足道的且几乎相等的实现概率。所以,即使作出这样的预言,也是既不能证实,也不能证伪,即没有理论价值的。

#### 4. 量子世界是由无差异个体形成的种群组成的,而古典世界的每个个体之间均有差异且相互区别

根据量子理论,所有电子(或质子、中子等)都是全同粒子,它们不仅实际上,而且原则上都是不可区分的,所有氢原子,所有水分子,所有食盐晶体(除大小之外)均是如此。这并非只是一个信条,而是一个可检验的、已被有力确证的基本概念。反之,假若电子并非绝对不可区分,两个氢原子就会形成一个比实际氢分子内在束缚力脆弱得多的分子,正是电子的全同性产生了二者间的一个超引力。周期表上同一列中的元素具有相似的化学性质,低温超导现象和超流现象等等,均缘自基本粒子的全同性。

但是古典世界里的物体都是个性十足的,古典科学厚则上不承认有什么完全不可区分的東西,这也正好对应于我们在宏观世界里找不到两颗完全一样的行星、两块完全一样的石头或两只完全一样的蝴蝶。

由同种原子的全同性、同种分子的全同性就容易推论出携带同一信息的 DNA 片断——基因的全同性。虽然我们看不到完全一样的动物体或植物体,但分子遗传学认为,原则上可以由携带完全相同的基因的生殖细胞通过减数分裂而发育形成遗传特征完全一致的生物个体。

在量子世界与古典世界的上述四个差别中,最根本差别是分立性与连续性的差别,可以证明,空间、时间、质量、能量的分立性导致了量子世界的永恒性、不可区分性和不可预见性。

没有经受过现代科学,尤其是现代物理科学熏陶的人是很难理解,很难接受量子理论对世界的理解的,原因之一是,人的先天宏观存在决定了我们易于条件反射似地用宏观经验概念去统摄任何层面的实在,包括理论实在,而忘记了宏观经验概念生效范围的有限性:任何一种宏观图景都不能表象量子实在。但更重要的原因是,人们总是自觉不自觉地接受某种思想的灌输,他又用这种思想模式去解释感觉经验。几千年来,天然自然界运动的方式并没有变化,但是在欧洲,人们心目中的自然形象已经面目全非了。先是希腊人认为自然界不仅是运动不息的而且是有理智的;不仅是有生命的而且是有心灵的。文艺复兴以后,欧洲人不再认为自然界是一个富于创造力的有机体,认为它既没有生命也没有理智,是一部机器,一部被外力(上帝,绝对精神,自然神等等)设计和驱动机器。随着实证科学的不断进步,人们眼中的自然图景也不断在变换。在某种意义上讲,“情人眼里出西施”,人所受的教育状况决定他的自然观。一个接受了现代科学训练并且做了某些相应哲学准备的人最有可能借助实践与想象的互补迅速领悟前

述量子世界图景。

量子理论的创立引起了多种哲学诠释之间自 20 年代延续至今的争论。为了阐述新思想的深厚文化背景,以玻尔·海森堡为代表的新潮派力图从古老的智慧中寻找帮助解读量子之谜的密码,玻尔注意到了东方哲学,并且用中国古代的“太极图”来形象地表示他的互补原理。汤川秀树、李约瑟、卡普拉等人则大力推崇“物理学之道”的研究。的确,先秦道家思想是今人意会量子世界的通幽捷径。

## 二、道家自然观和知识论的现代意义

道家学说作为与儒家学说相对立的哲学学说,包含着丰富的华夏式纯粹理性的智慧,这本身就很难能可贵了。更有现实意义的是,道家直觉实在论的自然观已经在朦胧中猜测到量子世界的某些特质;而它“辞不达意”的知识观则精辟又简捷地点出了宏观的人类在把握微观实在时面临的困境。当然,掌握了现代精确科学的人们回首去品评老庄等先人的遗墨时,也不难发现其中或者粗糙,或者幼稚甚至谬误之处。

首先,道家眼中的世界是一个分立的世界。“道生一,一生二,二生三,三生万物”(《道德经第 42 章》)。在老庄时代,人们还没有无理数的概念,道家因而用整数来表述自然界由简单向复杂的发展过程和宇宙的多样性,于是道家的宇宙结构观念就迥异于经典科学而与量子理论更契合。在这方面,东西方文化有相通之处。纪元前 6 世纪左右,毕达哥拉斯提出“数即万物”的命题时,他心目中宇宙的本源也是整数。 $\sqrt{2}$  的发现向这种观点发起了挑战。古典物理学的宇宙恰恰具有把  $\sqrt{2}$  这种无理数包含在内的实数结构。经过一次否定之否定,量子世界在崭新的层次上呈现出非连续的、分立的结构模式。

其次,道家眼中的世界是一个有机的世界。源自古典力学的机械观认为宇宙秩序是一种机械秩序,复杂的东西无非是简单基元的一再重复。“人也不过是一架机器”,比起动物这种机器,不过“多几个齿轮”,“多几条弹簧”而已。道家恰恰相反,认为自然界养育万物就象母亲哺育新生命一样,是新质不断创生的过程。“谷神不死,是谓玄牝;玄牝之门,是谓天地之根。”(《道德经·第 6 章》)。可见,道家认为,有机性先于无机性,高于无机性,宇宙的新颖性就在于“天下万物生于有,有生于无”,即万物创生不是可以依据某种法则推定的,而是依托于某种基质从无中突变得来的。现代科学告诉我们,宇宙创生之后,诸种天体、诸多元素从混沌中产生,原始生物从无机物中产生,原始生物经过亿万年形成万千物种,都是新质突现的过程,它们或者是不能完全预见的,或者是完全不能预见的。

第三,道家强调自然界运动的自主性,即对于规律的超越性。道作为内在于自然界中的创造力量,催化着新生事物的成长,但是道并非作为一种强制性的法则禁锢万物的运动。道“万物恃之而生而不辞,功成而不有,衣养万物而不为主”(《道德经·第三十四章》)讲的就是这个意思。说得更透彻一些,是“道法自然”,而不是“自然法道”。这是对由古典力学派生出的绝对决定论思想的一种反对。在拉普拉斯那里,象征规律的精灵主宰着宇宙间万物的过去和未来,规律就是自然界的上帝。但是道家否认有这样一个上帝。无论运用函数论、概率论的方法,还是运用突变论的方法,或者未来的什么更高级的方法,科学规律都只能把握自然界的一部分机理,自

然界则超越这些规律,以常在常新的姿态出现于人类认识面前。量子力学创立之后,一方面它很好地解释并预言了许多微观现象,另一方面量子世界又呈现出谜一样的色彩,诸如波包编缩,EPR 非定域关联,……人们曾寄托于找到导致波函数统计解释的隐变量来破译这些自然之谜,但理论和实验又倾向于否认隐变量的存在。这一切似乎为道家的神秘主义作了很好的注脚。

如前所述,现代量子理论的空前的精确性解释并预言了原子和亚原子层次的实验现象,它在数学上的成功是没有疑义的。问题在于不能给出量子世界一个直观图景,于是给从逻辑理性上理解这个世界造成了困难。这种语言文字符号的局限性是道家早就警告过的。“世之所贵道者书也,书不过语,语有贵也。语之所贵者意也,意有所随。意之所随者,不可以言传也,而世因贵言传书。世虽贵之,我犹不足贵也,为其贵非其贵也。”(《庄子·天道》)在这里,道家明确地将作为手段的语言文字和作为目的的心灵意境区别亦来,并提出“辞不达意”的命题,在认识论上意味深长。这一观点与道家一贯推崇自然的创造性和认识的直觉性是逻辑统一的,顺理成章,语言符号知识就只能被置于较为次要的地位,“可以言传者,物之粗也,可以意致者,物之精也。”(《庄子·秋水》)即言传之知是初级知识,意会之知才是高级知识,要想把握万物之精华,必须完成从文字知识到直觉的飞跃。之所以如此,仍要回到自然与人为的高下之分,分析性的概念知识仅只是洞察混沌一体的宇宙运行之不完备的工具,只知言传之知,不进入意会之知,便舍本求末了。“知天之所为,知人之所为,至矣。知天之所为者,天而生也;知人之所为者,以其知之所知,以养其知之所不知”(《庄子·大宗师》)上述这些见解对于我们领悟量子理论的数学形式的量子世界的哲学诠释二者间的联系与区别具有深刻的启发性。前者作为统摄大量微观经验事实的形式体系,其正确性、唯一性是无可争议的,但它没有,也不能表述那些造成量子运动的动力。后者涉及到对物质、能量、时间、空间等哲学范畴本质的理解,至今还是一个争论不休的王国。这里有哲学的问题,也有语言学的问题。而语言哲学已经证明,大量的哲学问题,由于其范畴的流动,也是语言问题。这正如道家所云:辞不尽意,不知之知无以言表。海森堡当年针对两个不可对易的力学量算符提出了 uncertainty relation,一些中国学者依据海森堡对量子理论的理解,翻译成“测不准关系”;而另一些学者不满足于上述译法的操作主义涵义,翻译成“不确定关系”;两种译法文字上相通,但哲学思想大相径庭。玻尔作为哥本哈根学派的领袖,以 principle of complementarity 作为他理解量子运动的元哲学,正如玻尔自己后来表白的那样,他的宇宙观与中国古代太极一元论思想是灵犀相通的,即认为世界(物质的、精神的、概念的)是个整体,具有许多不同的“方面”。但在研究过程中,人们又只能运用语言和逻辑分析把握某些方面,于是就放弃了其他方面,二者在这个意义上是“互斥的”。但是这两方面又不可分割,只有从相互渗透的角度才能真正理解每一方面,所以二者“互补”。我们可以将它译为“并协原理”,也可以译为“互补原理”,但从其宗旨来说,译为“互斥互补原理”则更贴切些,因为玻尔在被授予丹麦大象勋章时,自己所挑选的纹章设计图样上,醒目的铭文恰恰是“互斥互补”,并配置了阴阳符号以示形象化。几十年来围绕互补原理的争论既是哲学的,也是语言的。爱因斯坦在与玻尔·海森堡论争时,曾激烈地批评他们的实证主义、绥靖哲学倾向,但他也坦诚地表白自己在基本概念选择上的困惑:从一个有体系的认识论者看来,他必定是一个肆无忌惮的机会主义者:他时而象一个实在论者,时而象一个唯心论者,时而象一个实证论者,甚至还可以象

一个柏拉图主义者或者毕达哥拉斯主义者。其实,道家早已点出了爱因斯坦式的追求终极真理的人们的西难悖理:“道可道,非常道;名可名,非常名”(《道德经·第一章》)。现代量子理论的发展和论争大大丰富并深化了文辞之知与意会之知这两类知识的思想,但同时又证明了人类符号知识在自然科学创立之后所取得的一个个划时代进步,从而否证了道家贬低文辞之知,认为“古之人与其不可传也死矣,然则君之所读者,古人之糟魄已夫”(《庄子·天道》)，“绝圣弃智”可爱,都过于偏激了。正确的态度是,我们一定要学习继承前人、今人所创造的,一切见诸书本的科学文化和人文文化知识,正如波普尔所云,图书馆所代表的世界3是人类文明再生的基因。但同时也须认识到,文字符号没有,也不可能囊括宇宙的全部智慧,尤其是大自然及其最高产物——人类——最神秘、最有价值的力量;无穷无尽的创造性。创造性——道孕育了世界3,并且孕育着世界的未来。开发主观创造性需要我们静心体悟,对客观创造性的直觉将引导我们奔向真理。

本文从经验事实的角度概括了量子世界与古典世界的差别,这一点差别本身并非就是现代自然观与古典自然观的差别,但是,一切试图建立现代自然观的努力都不能规避今日自然图景与以往自然图景(图景二字在这里已不准确)的这些差别。从根本上讲,现代科学背后的自然已不能构成语言学上的某种图景,为了克服这一障碍,挖掘道家思想的精粹将有助于在中国哲人独到的直觉能力与现代科学符号互补的基础上理解现代意义上的自然。西方学者已经在开掘物理学之道,我们作为老庄的后代理应做出更大的贡献。

#### 注释:

①《马恩全集》第21卷第340页。

②转引自《现代科学技术简介》,科学出版社1978年版,第254页。

③〔奥〕薛定谔,《生命是什么?》,上海人民出版社1973年版,第63页。

④James Clerk Maxwell, *Molecules' in The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*. ed. W. D. Niven (New York: Dover, 1965), Vol. 2. pp375-376.

⑤Jacques Monod, *Chance and Necessity*, New York: Vintage Books, 1971, P116.

⑥《爱因斯坦文集》第1卷第480页。