

钞票上的物理学史

——微观世界的立法者： 埃尔温·薛定谔

王 鹏

(西南民族大学计算机科学与工程学院 610225)

1687年牛顿出版了《自然哲学的数学原理》，该书中提出的三大运动定理在其后的两百余年里成为了统治整个宏观世界的法律，低速下宏观世界的运动几乎严格的在遵循着牛顿所制定的运动规则。牛顿为这个世界制定了一个严格符合因果关系和机械世界规则的规则，然而微观世界却一直游离在这套法律之外，直到20世纪初量子力学的诞生。在量子力学中，由埃尔温·薛定谔(Erwin Schrödinger, 1887~1961)(如图1)所提出的薛定谔方程成为了微观世界粒子运动所遵循的规则，它的地位与经典力学中的牛顿三大运动定理相当。

薛定谔1887年出生于奥地利维也纳，是奥地利著名的物理学家，1933年薛定谔和狄拉克同时因为



图1 埃尔温·薛定谔

自己所提出的方程而获得了诺贝尔奖。薛定谔诞生在量子力学史诗般的发展时期，他富有才气而且性格浪漫。1926年在一次愉快的度假期间，提出了量子力学中最为著名的方程——薛定谔方程。薛定谔的这次度假，由于有一位不知名的女郎陪同而成为了科学史上一直让人津津乐道的桥段，从而使量子力学的这段史诗中增加了浪漫的色彩。

奥地利将薛定谔作为国家的骄傲，1983年奥地利国家银行(Oesterreichische National Bank)发行的1000先令钞票上采用薛定谔的肖像作为主题(如图2)。奥地利位于欧洲中部，是一个高度发达的资本主义国家。在中世纪，是称霸中欧的哈布斯堡家族所在地。1995年奥地利正式加入欧盟。1999年停用之前的法定货币奥地利先令，改欧元为合法流通货币。奥地利最大的城市同时也是其首都维也纳享有“世界音乐之都”的美称。莫扎特、舒伯特、约翰·施特劳斯等诸多世界著名音乐家诞生于此。奥地利的中央银行是1816年弗朗西斯一世皇帝成立的奥地利国家银行，已有近200年的历史。在使用欧元之前，奥地利的货币为先令(Shilling)。1923年当时的财政部长凯恩博克决定于12月推出名为“先令”的新货币，有人对货币名称感到惊奇。凯恩博克解释说：“与一些人的想法相反，选择这个名称并不是要让人联想起英国的硬币。我们选用先令一词，因为这是奥地利硬币或德国硬币从未用过的一个词。”1945年奥地利先令取代帝国马克和盟军



图2 1983年奥地利发行的1000先令

先令,成为奥地利的法定货币单位。

对比其他以科学家为主题的钞票,这张以薛定谔为主题的1000先令钞票在印制的艺术水平上是排第一的,特别是它的凹版印刷技术,更是实现了艺术与防伪的完美融合。这张钞票的凹版雕刻师是奥地利的雕版大师阿尔弗雷德·尼菲(Alfred Nefe)。尼菲生于1923年,战后他跟随Hans Ranzoni教授学习铜板雕刻,后者是奥地利历史上最优秀的雕刻师,与意大利雕刻大师拜阿迪(Mario Baiardi, 1909~1972)。瑞典雕刻大师斯拉尼亚齐名,为奥地利创作了许多经典的纸币和邮票。1948年尼菲开始供职于奥地利国家银行直到1978年退休。1960年发行的100先令上的施特劳斯肖像,1966年发行的1000先令上的苏特纳肖像和1983年发行的1000先令上的薛定谔肖像,是其最优秀的三幅作品。这张1000先令是尼菲雕刻的最后一张钞票作品,大约是在他60岁时创作的,可以说此时正是他雕刻技艺炉火纯清时的作品,其印刷质量堪称“凹版印刷中的样板”。凹版印刷通常是各个国家大面值钞票所采用的重要防伪技术,雕刻艺术家利用复杂、精细的雕刻技艺创造出独一无二的艺术品,那些细如发丝的流畅线条成为了钞票伪造者不可逾越的

槛。凹版印刷可以实现防伪和艺术效果的完美结合,避免了一些钞票简单堆砌大量防伪技术而影响钞票艺术性的问题。

尼菲作为这张纸币的作者,保证了这张纸币的艺术水准,蓝紫色的色调不禁让人想起了蓝色多瑙河那流淌着的优美曲调,更衬托了薛定谔这位浪漫伟大的科学家的精神品格。从1956年到1997年奥地利发行了4种版别的钱币,采用的都是正面右侧为人物,背面为建筑的设计特点。这张1000先令的纸币延续了这一设计思想,正面人物为薛定谔老年时的肖像,尼菲对薛定谔脸部肌肉起伏、纹理和皱纹刻画栩栩如生,使用刻刀在坚硬的钢板上刻画出这样的效果体现出了雕刻家对刚与柔的深刻理解(如图3)。这张薛定谔的肖像,雕刻细腻,细节处理细致,使一代物理大师的形象极具视觉感染力和冲击力,即使放大后看也能发现其雕刻线条的流畅,没有一丝的敷衍。薛定谔深受古希腊哲学的影响,思想深刻而具有非凡的洞察力,画面中薛定谔深邃的眼神,仿佛可以洞察隐藏在世界最深处的秘密,而且他确实做到了,微观世界的运动规律被他所提出的优美方程所完整的描述了,他是微观世界规则的制定者。肖像背景大面积跃动的曲线如同《蓝色多瑙河》



图3 钞票正面尼菲雕刻的薛定谔肖像

优美的旋律装饰在表情略显严肃的薛定谔旁,使薛定谔的肖像在律动的线条装饰下显得柔和了许多。整张纸币采用蓝色色调,低调内敛,同时又充满了浪漫的色彩。这幅作品从艺术性上甚至是超过了照片的,他使得薛定谔的形象更具有感染力和冲击力。

钞票背面雕刻的是维也纳大学的主楼(如图4)。薛定谔从1906年至1910年在维也纳大学学习物理与数学并取得博士学位。1956年薛定谔返回维也纳,在维也纳大学理论物理研究所教学直到去世。维也纳大学是奥地利最古老的大学,成立于1365年,产生了27位诺贝尔奖得主。雕刻家采用平直的线条展现出了大学建筑的高大。肃穆与威严,让人有立于万仞宫墙之下的感觉。建筑物大量采用的直线与背景活泼的曲线搭配在一起相映成趣,并不显的突兀。对于维也纳大学的主楼的刻画同样也体现了尼菲作为艺术大师的水准,使得这张钞票几乎找不到任何的遗憾。让人叹为观止的是,尼菲在雕刻主楼的三扇大门时,对中间的一扇大门和两边的大门采用了不同的透视效果雕刻,大大增加了这座建筑物的立体感。在钞票收藏届,这张钞票几乎成为了雕版作品的标杆和巅峰。随着欧元的使用将很难有机会能再次出现达到如此艺术高度的纸币,在我的眼里它不只是一张货币,而是一幅让人内心震撼、赏心悦目的艺术品。

在防伪技术上除了采用凹版印刷技术外,1000

先令上还采用了奥洛夫印刷法实现了多色线条的完美拼接。奥洛夫印刷法是19世纪末俄国印钞专家奥洛夫发明的一种具有集色辊筒的一版多色印钞机,后人将基于此的印刷技术称之为“奥洛夫印刷法”。这种方法相比于传统的湿胶平板印刷工艺,在防伪性能上有很大的提升。同时,这版钞票采用了大量复杂精细的机雕花纹来增强整个票面的灵动性,避免了画面过于严肃,使票面图案如跳动的旋律,奥地利人的音乐天赋在这里得到了充分的表现(如图5)。这张钞票并没有采用复杂的防伪技术,几乎只是采用了凹版印刷、奥洛夫印刷法和精密机雕花纹三种基本方法,但却将每一种防伪技术都用到了极致,没有深厚的功力是不敢轻易这样尝试的。

这张纸币的正面和背面都出现了原子核式结构图(如图6),当然这是为纪念薛定谔在量子力学中所做出的贡献,但严格来讲薛定谔方程所描述的电子运动却不是以这样的电子轨道出现的,电子轨道只是概率意义上电子出现概率较大的地方,在薛定谔所描述的世界里电子是没有轨道概念的。

在这张纸币上还隐藏了一个更重要的秘密——波函数符号 ψ (如图8)。这个符号看上去很像海神波赛冬所使用的武器,但在这里,纸币的设计者是想对薛定谔一生提出的最重要的方程致敬。让我们来认识一下这个著名的物理方程——薛定谔方程(如图7)虽然可能大多数非理工科的人并不



图4 钞票背面维也纳大学的主楼



图5 奥洛夫印刷法印刷的多色线条和精密机雕花纹



图6 原子核式结构

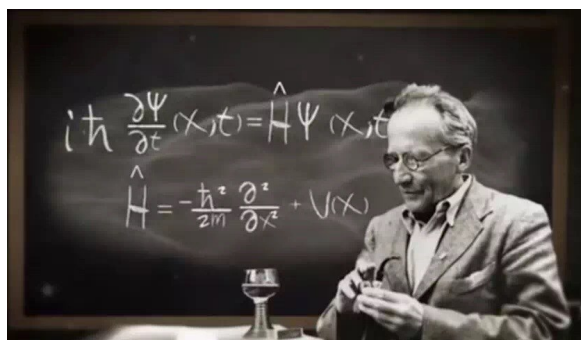


图7 薛定谔与他的方程

能看懂这个方程。

这个方程从形式上看还是不太复杂的,方程中的 ψ 就是1000先令上出现的那个奇怪的三叉戟符号。就是这个方程为微观粒子的运动制定了规则,

相当于是宏观世界的牛顿方程,微观粒子以完全不同于我们宏观世界的规律在运动,其运动情况就被 ψ 所描述。 ψ 在量子力学中被称为波函数,微观粒子的运动不再具有确定性,我们只能从概率的意义上去了解一个粒子的位置和动量。微观世界是一个被概率所统治的世界,波函数 ψ 就表征了粒子运动的概率分布。事实上薛定谔方程不是被证明出来的,而是被薛定谔“凑”出来的,因此薛定谔方程是量子力学的一个基本假设。他在写出这个方程时自己都不清楚波函数 ψ 的真实物理含义,薛定谔认为波函数本身代表一个物理实在的可观测量,电子实体在空间中像波般扩散开去。揭开波函数 ψ 神秘面纱的人是另外一位科学家马克斯·玻恩(如



图8 波函数符号和海神波赛冬

图9)。玻恩在1927年给出了波函数的概率解释,认为薛定谔方程中的 ψ 表示的是粒子在空间某一位置出现的概率。这一解释后来成为了量子力学中的正统观点,玻恩因此还获得了1954年的诺贝尔奖。薛定谔方程是针对波函数演化过程的确定性的方程,然而它却描述的是一个被概率所统治的世界图像,这一点就是薛定谔本人也感到非常的困惑。符号 ψ 终结了我们常识中确定性的世界观,并告诉我们世界是被概率所统治的。这一观点在现代物理学家中已被广泛的接受,正是由于世界的不确定性,才会使这个世界变的丰富多彩。

薛定谔方程看上去并不复杂,但要求解这一方程却异常的困难。大自然把美丽的一面呈现给了



图9 马克斯·玻恩

我们,却把自己复杂的一面隐藏了起来,直到现在对于这个方程的不同理解、解释和应用都还没有停止,甚至如果我们将方程中的势能 $V(x)$ 替换为优化问题中的目标函数 $f(x)$,则薛定谔方程便成为了描述优化算法迭代演化过程的动力学方程。量子力学发展的史诗到现在都还没有结束,薛定谔作为微观世界规则的制定者,和他所“发明”的公式将永远是这场史诗的主角之一。

薛定谔既是科学家也是一名哲学家,他一生酷爱古希腊哲学,发源于米利都的科学精神根植于薛定谔内心世界。针对科学,他在其哲学著作《自然与希腊人》中总结道:“世界广阔而壮美。我对这个世界中事件的科学认识涉及亿万年。然而,它似乎以另一种方式包含在我可怜的几十年寿命中。与无法测量的时间相比,甚至在我已经学会测量和估算的有限的亿万年中,我的寿命就像沧海之一粟。我从哪里来,又要往何处去?我们每个人都希望能回答这个伟大的而且深不可测的问题。对于这个问题,科学没有答案。但科学代表着我们在可靠的、不容置疑的知识方面所能达到的最高水平。”这张1000先令如艺术品般美丽的钞票承载的不仅仅是奥地利人对薛定谔这位伟大科学家的纪念,也承载着薛定谔毕生所追求的源于古希腊的科学精神之光,这道光芒将通过流通的钞票照亮每一个使用者的心灵。