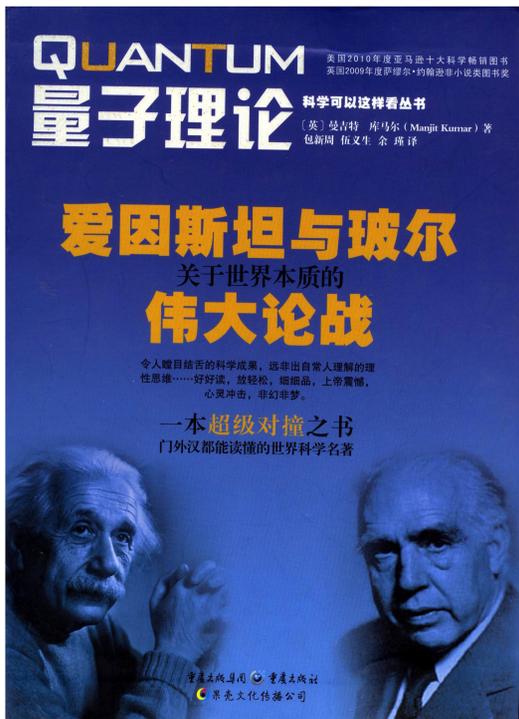


关于世界本质的伟大论战

杨建邺

前不久在网上发现重庆出版社今年推出的《科学可以这样看丛书》，第一套有9本，所选内容可以说十分精彩，内容涵盖面也比较广泛，有宇宙学、物理学、生命科学、科学学等方面的内容，其中有日裔美国物理学家、著名科普和科学家传记作家加来道雄写的《平行宇宙——穿越创世、高维空间和宇宙未来之旅》，曼吉特·库马尔写的《量子理论——爱因斯坦与玻尔关于世界本质的伟大论战》等。一个城市出版社有这样的远见和勇气，实在令人欣慰！



时间尽力想从量子论后撤，回到连续论，当时几乎只有爱因斯坦单兵作战，坚持把量子论往前推进。普朗克曾经公开劝阻爱因斯坦不要把他提出的量子概念推向光粒子说。但是爱因斯坦完全不在意普朗克的反对，在1909年9月萨尔茨堡德意志自然科学家协会的会议上，非常自信地对台下听众说：

理论物理的下一阶段，将给我们带来一种光的理论，可以把它想象成光的波理论和光的释放理论的某种融合¹。

这是他首次宣称后来人们所说的“波粒二象性”理论，

我最感兴趣的是英国作家曼吉特·库马尔的《量子理论》，这本书曾经获得2010年度亚马逊十大科学畅销书图书、英国2009年度萨缪尔·约翰逊非小说类图书奖，因此首先仔细阅读了这本被誉为“它比好多同类书让我们看得更多，从而让我们看到了本来不知道的东西”的书。

看完之后，的确感到这本书比我所见到同类书写出了一些前所未有的故事，使得整个以爱因斯坦为首的一方，与玻尔为首的另一方之间长达二十多年的争论，有了一个全新的视角和深入的理解。在许多

同类书中，给人一种感受是爱因斯坦代表的是保守一方，他极力阻碍量子理论的健康发展和顺利前进。不少科学家还以嘲笑的语言讽刺爱因斯坦的“可悲可叹”的“抵抗”，例如奥本海默就曾经说：“普林斯顿是一个疯人院，爱因斯坦是一个十足的疯子”。这种看法后来被哥本哈根学派放大渲染，似乎成为一种很时髦的说法。事实上，在整个论战过程中，在1925~1926年以前，爱因斯坦常常是量子理论唯一的一位坚决的促进者和支持者。普朗克1900年在热辐射理论研究中提出作用量子概念后，有近十年

即光既是一种粒子也是一种波。

爱因斯坦这种勇敢的宣示，几乎吓坏了所有的物理学家，连后来与爱因斯坦论战几十年的玻尔，在研究氢原子量子轨道涉及光的本性的时候，也坚决果断地反对爱因斯坦的光量子说。1923年，美国物理学家阿瑟·康普顿的X射线散射实验，为光的粒子说做出了最可靠的证明，光的粒子说由此得到公认，而康普顿也因为这一实验获得1927年的诺贝尔物理学奖。德国慕尼黑大学教授索末菲“毫不怀疑‘辐射的波动理论的丧钟’已经由康普顿敲响了”。但是玻尔宁可置

¹ 本文楷体字都是引用《量子理论》一书。

普朗克认为“任何时候都不能放弃热力学定律”的叮嘱不顾，试图放弃热力学第一定律——能量守恒定律，而坚持光不可能是粒子的观点。对此，作者库马尔写道：

对此，玻尔不相信，而且拒绝接受光是由量子构成的。现在是他，而不是爱因斯坦，成了少数派……玻尔就像后来爱看的西部片中那种注定要失败的英雄汉子一样，却仍然坚守着反对光量子说的最后阵地，玻尔与他的助手亨德里克·克莱默斯和一个叫约翰·斯莱特的来访的年轻美国物理学家合作，提出放弃能量守恒定理。能量守恒定理是得出康普顿效应的分析过程中一个至关重要的组成部分。如果这条定理没有经典物理学所主宰的日常世界中那样，在原子尺度上也得到遵守，那么康普顿效应就不会再是爱因斯坦光量子说的不可辩驳的证据了。这以后被称为BKS提议（因为是玻尔、克莱默斯和斯莱特提出来的），看起来像是一项很过激的建议，而实际上是一种不顾一切的做法，表明玻尔是多么地憎恶光的量子说。（115页）

有不少同类的书过分热衷于爱因斯坦的那一句名言：“我不相信上帝真的玩掷骰子的游戏。”因此多少有些忽视爱因斯坦在量子理论方面作出的巨大贡献，而过于集中表现他与玻尔后半段的争论，即这个世界到底是几率的，还是决定论性的？而对他前半段非常正确和几乎是一人孤军作战的过程，多少有一些忽视，而满足部分科学家把爱因斯坦看成是一个“老顽固”的

形象。这样其实是极不公正的，也忽视了争论后半期爱因斯坦在争论中所起的“反对派”的巨大作用。事实上，如果没有爱因斯坦找出量子力学建立过程中的种种缺陷和不足，量子力学的发展就会更加艰难和缓慢。无论是海森伯，还是薛定谔、德布罗意等人，他们都得益于爱因斯坦思想的启发或者大力支持。没有爱因斯坦所起的巨大作用，量子理论的发展绝对是另一种情景。

当1924年春天，法国的德布罗意在博士论文《量子理论研究》里总结出“所有粒子都应该被视为具有波粒二象性的时候”，库马尔写道：

德布罗意把电子视为驻波的想法是一种根本上背离了把电子视为在轨道上围绕原子核的想法。（120页）

他的这种想法几乎没有一位物理学家能够同意，绝大部分物理学家把他的想法视为一种疯狂的行为。普朗克曾经说：“早在1924年，路易·德布罗意先生就阐述了他的新思想，……当时这思想是如此之新，以至于没有一个人相信它的正确性，……这个思想是如此之大胆，以至于我本人，说真的，只能摇头叹气。我至今记忆犹新，当时洛伦兹先生……对我说：‘这些青年人认为抛弃物理学中的老思想简直犹如反掌’。”

但是，当爱因斯坦从德布罗意老师朗之万那里知道德布罗意的博士论文后，立即表示：“（德布罗意的贡献）是照耀在我们物

理学中这一最大难题的第一缕微弱的阳光。”

这以后，由于对量子力学方程解有不同的解释，爱因斯坦与玻尔为首的哥本哈根学派发生了根本性的争论。哥本哈根学派认为在观察之前，我们不能确定被观察物体的实际状态（例如一只猫是死的还是活的），只有当观察实现之后我们才得知物体的实际状态。但是常识告诉我们物体总是处于一个确定的状态。为了解释一些概念之间的矛盾，哥本哈根学派提出一个新的解释：在一位外界观察者做了观察之后，波函数就奇妙地“消失”了，被观测物体落入确定状态。这种解释实际上是说观察过程确定被观察物（例如一个电子）的最终状态，观察对存在是至关重要的；离开观察便不能谈论任何东西。所以爱因斯坦后来曾经问派斯：“不看月亮的时候，月亮存在吗？”这样，哥本哈根学派实际上倒向了操作论和实证论，只谈测量和关系，而对于爱因斯坦强调的“客观实体”则彻底蔑视，认为毫无意义。

在这场历时30多年的争论中，双方都没有说服对方，但是在一段时间里，由于哥本哈根学派（在逻辑上）的节节胜利，一段时期几乎都认为爱因斯坦全盘皆错。本书作者在本书最后一节对这种完全否认爱因斯坦一方的“定论”持反对的态度。作者引用了英国数学家和物理学家彭罗斯的话：“难道真的像玻尔的追随者坚持的那样，是爱因斯坦在重大问题上确实错了吗？我不这么认为，我自己强烈地支持爱

因斯坦的信念，一个亚微观世界和他认为现在的量子力学是不完整的信念。”美国获得诺贝尔奖的物理学家默里·盖尔曼如像他一贯那样非常尖刻地说：“尼尔斯·玻尔对整个一代物理学家洗脑，以为（量子理论）问题已经解决。”荷兰获得诺贝尔奖的物理学家特霍夫特说：“一个理论产生的答案如果是‘也许’的话，这个理论应该被认为是一个不准确的理论。”

库马尔对此评论说：

他认为宇宙是确定的，并在寻找一个更根本的理论，这个理论能将量子力学所有奇怪的、违反直觉的特点考虑在内。其他人，如尼古拉·吉辛（Nicolas Gisin），一位领先的探索纠缠的试验家“肯定地认为量子理论是不完善的”。

库马尔还特别提到1999年7月，在剑桥大学召开的一次量子物理会议期间做的一项民意调查。在90位物理学家中，只有4位赞成哥本哈根学派的解释，30位不赞成（赞成埃弗雷特的“多世界”理论）。库马尔提醒读者注意：

值得注意的是，有50位不置可否。

这儿特别要指出的是，在众多科普书籍还沉迷于哥本哈根学派诠释，一边倒地嘲笑爱因斯坦的情形下，库马尔这本书无疑是一本非常值得重视的科普书籍。它指出爱因斯坦有许多重要的观点，正是今日物理学家在继续前进的根据和起点，一场新的努力已经开始受到极大的重视，尤其是埃弗雷特的“多宇宙理论”（亦称“平行宇宙论”），

几乎从根本上颠覆了哥本哈根学派的诠释。读者如果还希望更多地了解这方面的知识，除了库马尔的这本书，还可以参阅已故关洪教授写的《一代神话——哥本哈根学派》（武汉出版社，2002），以及加来道雄写的《平行宇宙》等书。

再谈本书第二个特色，对细节高度的重视。我们常常说“细节决定成败”，那本书给了我们一个生动的例子。下面以一个例子说明这种特色。

1925年11月，乌仑贝克和哥德斯密特发现电子自旋的故事，跌宕起伏，扣人心弦，但是其中很多细节此前并不为人知，库马尔仔细研究了当时的众多文献以后，给出了许多书没有写出的细节，让读者大彻大悟。

泡利在发现“不相容原理”时，发现电子除了当时已经公认的三个量子数以外，还应该有第四个量子数。我们知道原子中的电子绕原子核做三维运动，因此电子需要三个量子数，它们分别确定了轨道中电子的轨道、角动量及其空间定向。那么第四个量子数的物理基础又是什么呢？泡利研究以后认为，第四个量子数具有一种“二值性”，但是无法用经典物理解释。

正好在这时有德裔美国物理学家克勒尼希和两位荷兰物理学家乌仑贝克和哥德斯密特几乎同时提出：第四个量子数可以用电子的自旋（spin）作为它的物理基础。但是他们提出新见解后的命运却大相径庭。克勒尼希把自己的想法告诉泡利，库马尔写道：

但是泡利毫不留情地对电子自旋这一概念加以嘲笑时，克勒尼希大吃一惊。泡利说：“这绝对是一个聪明的想法，但事实并不是这样的。”泡利对这个概念所持的反对态度如此鲜明，……于是灰心丧气的克勒尼希放弃了这一想法。

让克勒尼希万万没有想到的是，几乎在同时乌仑贝克和哥德斯密特也提出完全相同的看法，但是他们的老师是著名的理论物理学家埃伦菲斯特，虽然威望极高的退休教授洛伦兹告诉他和他的这两个学生：按照电子自旋模型，电子表面的速度将超过光在真空中的速度。而这明显违反了相对论的结论；还有另外一个与实验不符的结果。乌仑贝克和哥德斯密特得知后，立刻认为他们的模型一定是错了，因此决定放弃电子自旋的想法。哪里知道埃伦菲斯特却已经把他们写的文章寄给了物理学刊物，而且安慰这两位学生说：“你们都很年轻，犯点错误没有关系。”

没有料到的是他们的文章立即引起物理学家们的注意，而且很快得到公认，乌仑贝克和哥德斯密特也因为这一研究获得很高的名声，虽然没有因此获得诺贝尔物理学奖，但一般人认为这项研究完全应该获得诺贝尔物理学奖。

接着发生的事就十分有趣而且值得思考，库马尔写道：

后来，当电子自旋这个概念迅速得到人们的肯定时，无法抑制愤怒的克勒尼希于1926年3月给玻尔的助教亨德里克·克拉默斯去了一封信。他提醒克拉默斯，他才

是第一个提出电子自旋概念的人，并且是因为泡利对他的论文给予了嘲笑才没有发表它的。“以后我必须更加相信我自己的判断，少听别人的，”他这样悲叹道。但这个教训太迟了。收到克勒尼希的信后，克拉默斯感到非常不安，他把这封信给玻尔看了。毫无疑问，玻尔想起了当初克勒尼希在哥本哈根时，曾同他和其他人讨论到电子自旋这个概念。当时，玻尔也对此表示反对。玻尔向克勒尼希去了一封信，表示了他的惊愕和深深的遗憾。克勒尼希回信中对玻尔说：“如果不是为了嘲笑那些只会教训人的物理学家，我根本不会提到这件事，他们总是对自己观点的正确性抱着一种活见鬼的确信无疑，并且还为此得意扬扬。”

克勒尼希是一个敏感的人，即使他有种自己的想法被人夺走了的

感觉，他还是要求玻尔不要将这件遗憾的事情公之于众，因为“哥德斯密特和乌仑贝克很可能会为此感到不高兴”。他知道他们两人完全是无辜的。然而，哥德斯密特和乌仑贝克还是知道了这件事。后来，乌仑贝克公开地承认他和哥德斯密特“显然不是第一个提出电子自旋概念的人，并且毫无疑问，拉尔夫·克勒尼希在1925年春天就知道了我们的主要想法是什么，他主要是由于遭到了泡利的否定才没有发表他的研究成果”。一位物理学家告诉哥德斯密特，这件事情说明：“神从不犯错的特点，并没有让地球上那些他自己任命的代理人继承下来。”

私下里，玻尔认为克勒尼希“是个傻瓜”。如果他确信自己的想法是正确的，那么他就应该将它发表，而不要管别人是怎么想的。

“发表或灭亡”是一条科学界不应该忘记的定律。

好在到1927年底终于烟消云散。当时年仅28岁的泡利被任命为苏黎世联邦工学院理论物理学教授。他邀请克勒尼希担任他的助教。克勒尼希高兴地接受这一邀请后，泡利给他写了封信，信中写道：“以后无论我说什么，都要用详细的论据来反驳我。”

这段故事，国内外很多的书上都有涉及，但是像这样完整和生动叙述这个有趣故事的，我是第一次看到。相信读者看到这段故事，也一定会获得很多重要的启示。

（《量子理论——爱因斯坦与玻尔关于世界本质的伟大论战》，曼吉特·库马尔著，包新周等译，重庆出版社，2012年）

（华中科技大学 430074）

科苑快讯

计算遥远黑洞的质量

给天文学家几个小时的时间，他们就能告诉你24.4亿光年范围内任何黑洞的质量。这项新技术需要测量光吸收物体对星系中心周围盘旋的分子气体云的影响。研究者在《自然》(Nature)网站上发表的一篇文章中报告，他们利用这一方法计算了5.3亿光年外NGC 4526中心的超大质量黑洞。以前，科学家通过黑洞对个别恒星或带电气体云的引力效应进行建模来计算

其质量，但是这些天体运动的随机性远高于含有不带电气体的星云。

在新的研究工作中，科学家用他们的射电望远镜对准NGC 4526，特别测量了含有一氧化碳的气体云的运动。通过微波辐射的特殊波长观测这些星云的运动，表明该处黑洞的质量约为太阳的45亿倍。随着射电望远镜阵列新技术不久将投入使用，科学家在与当前设备相同的分辨率和灵敏度下，会在几个小时内估算出24.4



亿光年范围内星系中心黑洞的质量。研究者指出，在这个广阔的空间中分布着数以万计的星系，其中成百上千的星系存在大量的分子气体云。

（高凌云编译自2012年1月30日 www.sciencemag.org）