

## 潘建伟院士多粒子量子纠缠隐形传输说三旋

平角

Recommended: 王德奎 (Wang Dekui), 绵阳日报社, 绵阳, 四川 621000, 中国, y-tx@163.com

**摘要:** 环量子的三种自旋编码和对 DNA 双螺旋结构的孤立波模拟, 奠定了量子信息学及其量子计算机新的理论基础; 而原子间量子态及多粒子纠缠态隐形传输的探索, 会更多拓展三旋理论的这一基础。

[平角. 潘建伟院士多粒子量子纠缠隐形传输说三旋. *Academ Arena* 2025;17(6):49-55]. ISSN 1553-992X (print); ISSN 2158-771X (online). <http://www.sciencepub.net/academia>. 05. doi:[10.7537/marsaaj170625.05](https://doi.org/10.7537/marsaaj170625.05)

**关键词:** 量子计算机; 量子信息学; 量子纠缠; 隐形传输; 三旋

**【0、引言】**

量子隐形传态传输的是量子态而非粒子本身; 在量子纠缠的神奇性质帮助下, 量子态可以实现所谓的超时空传输。但要实现这一过程, 在量子比特的分发环节, 需要特别小心: 它们容易受到外界干扰而降低保真度。因此通常情况下, 都要为量子隐形传态建设专用通道。

一是研究光的散射规律, 从三大技术路线突破在普通光缆到星地双向的量子纠缠分发, 找量子隐形传态通道的方法: 研发超导纳米线单光子探测器, 采用路径--偏振双自由度编码技术, 作为信息载体实现量子态传输, 通过卫星搭载的新型纠缠源产生纠缠光子对, 及量子隐形传态协议, 将纠缠态分发给地面站。

如 2025 年 4 月中国科技大学潘建伟院士团队, 在《自然·光子学》发布最新研究成果, 宣布通过“墨子号”量子科学实验卫星, 在青海德令哈站与云南丽江站之间, 实现了 1200 公里量子纠缠态传输。

二是研究量子通信与现有互联网光缆的结合, 使量子隐形传态与经典通信信号可在同一根光缆中共存, 简化分布式量子传感或计算应用所需的基础设施。如 2024 年 12 月 26 日《科技日报》记者张佳欣报道, 美国西北大学通过普通光缆将量子态隐形传输了 30 公里。

量子隐形传态又称量子遥传、量子隐形传输、量子隐形传送、量子远距传输或量子远传, 是一种利用分散量子缠结与一些物理讯息的转换, 来传送量子态至任意距离的位置的技术。这种全新的通信方式, 它传输的不再是经典信息而是量子态携带的量子信息, 在量子纠缠的帮助下, 待传输的量子态如同“超时空传输”: 在一个地方神秘地消失, 不需要任何载体的携带, 又在另一个地方神秘地出现。

2004 年中国科技大学的教授潘建伟、彭承志等科学家, 开始探索在自由空间信道中实现更远距离的量子通信, 2005 年在合肥创造了 13 公里的双向量子纠缠分发世界纪录; 到 2012 年 8 月潘建伟院士等

人, 在国际上首次成功实现百公里量级的自由空间量子隐形传态和纠缠分发, 为发射全球首颗“量子通讯卫星”奠定技术基础。

2015 年至 2016 年潘建伟院士, 和陆朝阳、刘乃乐、张强教授等科学家合作, 在国际上首次成功实现多自由度量子体系的隐形传态, 以及开发了适合光纤网络传输的时间相位纠缠光子源、超导纳米线单光子探测器, 在合肥量子城域通信网络的 30 公里链路上, 实现了满足纠缠态预先分发、独立量子源干涉和前置反馈等量子隐形传态的三个要素, 为未来可扩展量子网络的构建奠定了坚实基础。

**【1、潘建伟院士最先的多粒子态隐形传输是啥】**

量子信息学告诉人们: 量子态是指原子、中子、质子等粒子的状态, 它可表征粒子的能量、旋转、运动、磁场以及其他的物理特性。

1993 年美国物理学家贝尼特等人, 提出了“量子态隐形传输”的方案, 即将原粒子物理特性的信息发向远处的另一个粒子, 该粒子在接收到这些信息后, 会成为原粒子的复制品。而在此过程中, 传输的是原粒子的量子态, 而不是原粒子本身。传输结束后, 原粒子已经不具备原来的量子态, 而有了新的量子态。

因为制造量子计算机, 需要量子态的隐形传输, 因此实现原子间量子态隐形传输, 是奠定研制量子计算机的基础之一。

2004 年 6 月美国和奥地利的物理学家, 在没有任何物理连接的情况下, 实现了原子间的量子态隐形传输。与此同时, 我国潘建伟教授等科学家, 也实现了五粒子纠缠态以及终端开放的量子态隐形传输, 他们的实验方法在量子计算和网络化的量子通信中, 有重要的应用。

美国国家标准与技术研究所的科学家, 是利用激光技术, 对三个带有正电荷的铍原子的量子态进行操作。首先他们利用量子纠缠技术, 使其中两个原子的量子态完全一致。接着, 他们准确地测量了这两个原子的量子态, 然后通过激光将它们的量子态复

制到 8 微米外的另一个原子上。整个过程由计算机控制,仅耗时 4 毫秒,传输成功率达到 78%。而另一个研究小组的奥地利因斯布鲁克大学的科学家,则采用钙原子,同样实现了量子态隐形传输,成功率为 75%。

其基本原理都是利用第三个原子为辅助,用激光将一个原子的量子态,传递给另一个原子。但两项实验在具体方法上有所不同,奥地利小组,使两个原子距离相对较远,以便用激光单独地改变一个原子的状态;美国小组,则将原子冷却以保持操作的可靠性。

为了进行远距离的量子密码通信或量子态隐形传输,事先需要让距离遥远的两地共同拥有最大的“量子纠缠态”。所谓“量子纠缠”是指不论两个粒子间距离多远,一个粒子的变化都会影响另一个粒子的现象,即两个粒子之间不论相距多远,从根本上讲它们还是相互联系的。这是一种“神奇的力量”,可成为具有超级计算能力的量子计算机和“万无一失”的量子保密系统的基础。但由于在量子通信通道中,存在种种不可避免的环境噪声,“量子纠缠态”的品质,会随着传送距离的增加而逐渐降低,也就是说,两个粒子之间的纠缠会因传播距离的增大而不断退化,其纠缠数量也会随之越来越少。

这是导致量子通信手段,以前只能停留在短距离应用上的根本原因。量子计算机处理量子信息的基本信息单位是量子比特,但现有技术还不能使量子比特快速移动。美国国家标准与技术研究所的原子间量子态隐形传输技术,可以提升量子比特的移动速度,加快逻辑运算的速度。这以前科学家曾经成功地对光子进行量子态隐形传输,而光子主要用于量子通信,原子在量子计算中更有潜力。

但多粒子纠缠态的制备与操纵,是后来国际上蓬勃发展的量子物理与量子信息研究领域,长盛不衰的研究热点。此前,三粒子和四粒子之间的量子纠缠,已在实验上得到了实现,并被用来证明量子力学的非定域性,即一种被爱因斯坦称为“遥远地点间幽灵般的相互作用”。

但是在现实世界中,如何把量子纠缠应用到量子计算和量子通信中还面临着巨大挑战。为确保量子计算的可靠性,就必须掌握量子纠错这一最关键的技术。但要实现普遍适用的量子纠错,仅仅靠三粒子和四粒子之间的纠缠已无法满足需要,须得同时把五个粒子纠缠起来,并加以相干控制才行。这在技术上难度极大,因此五粒子纠缠态的制备与操纵,一直是国际上长期以来公认的高难课题。

潘建伟院士等科学家利用五光子纠缠源,在实验上还演示了一种新的“终端开放”的量子态隐形传输,即在不选择某个粒子作为量子态输出终端的情况下,先将一个粒子的量子态隐形传输到另外

多个纠缠着的粒子上,尽管这些粒子分别在相距遥远的不同地点,但只要通过适当操作,仍可将输入的量子态在任意选定的一个粒子上读出。

这种新颖的量子隐形传输态,正是量子纠错和分布式量子信息处理中,必须掌握的一项关键技术。这一研究成果,被称之为远距离量子通信开辟了研究的新方向。

## 【2、与爱因斯坦纠缠的量子力学非定域性】

潘建伟院士,1970年生,浙江东阳人。1987年考入中国科技大学。2003年他由于在量子态隐形传输,以及量子纠缠态纯化实验实现上的重要贡献,他被奥地利科学院授予施密德奖,此奖为奥地利科学院授予40岁以下的青年物理学家的最高奖,两年一度,每次一人。

在后来的7年时间里,潘建伟院士做出5个首次:首次成功地实现了量子态隐形传送以及纠缠态交换;首次成功实现三光子、四光子纠缠态,并利用多粒子纠缠态首次成功地实现了GHZ定理的实验验证;首次成功地实现了自由量子态的隐形传送;首次实现纠缠态纯化以及量子中继器的成功实验;首次取得五粒子纠缠态的制备与操纵。

粒子中出现的“纠缠”现象,被爱因斯坦称之为“遥远地点间幽灵般的相互作用”,潘建伟院士和爱因斯坦的这一未解之谜“纠缠”,还须提到我国对粒子“纠缠”的这一有关的三旋理论科学研究。

南京大学博士生导师沈骊天教授说:“三旋是决定物性的内禀运动,三旋理论不仅仅是在阐释西方学者所主张的超弦理论,它在一定程度上还超越了西方弦理论家的视野,显示出其独特的创新思维---它将闭合的弦(弦圈、环量子)称为类圈体(《三旋理论初探》4页)。一维的弦圈,除了超弦理论所说的各种外在运动;还应有三旋理论所说的体旋---绕圈面内轴线的旋转,面旋---绕垂直于圈面的圈中心轴线的旋转,线旋---绕圈体内环状中心线的旋转(《三旋理论初探》5-6页、32页、105~107页、356页)这三种“内禀”运动”。

沈骊天教授还说:弦圈的“外在运动”决定物理学所观察的粒子的“运动特性”,弦圈的“内禀运动”(三旋运动)则决定粒子的“物性”,或者说,集中地表现在“圈态密码”观念的提出:三旋理论指出三旋的体旋有二种状态(正、反),面旋有二种状态(正、反),线旋中的平凡线旋有二种状态(正、反),线旋中的不平凡线旋有四种状态(左斜:正、反,右斜:正、反)。按单动(只做一种旋动)、双动(同时做两种旋动)、三动(同时做三种旋动)可以有62种不同的三旋状态组合(《三旋理论初探》11页、323页、392页)。而基本粒子的不同种类(基本粒子连同希格斯粒子在内也恰恰有62种),及其各自的性质,则都由不同的三旋

状态组合决定；它们还分别对应于一定的流形的固有拓扑性质(《三旋理论初探》35~47页)。三旋理论将表示各种基本粒子的“三旋状态组合”称为“圈态密码”(圈态指弦圈的三旋状态)。

“圈态密码以弦圈的三旋状态组合，表示基本粒子，较之人类对物质的认识史上的化学——以分子式表示物质结构，原子物理学以质子、中子、电子的组合表示上百种原子，夸克理论以夸克组合表示数百种强子，堪称又一座崭新的里程碑；破译‘圈态密码’，不仅意味着找到形成各种粒子的圈态；而且还应当意味着建立起三旋状态，和现有物理学所认识的各种基本粒子属性的联系”。

其实，有了三旋模型这种隐秩序，反过来对于爱因斯坦、波多尔斯基、罗森发现的量子 EPR 效应也好理解。众所周知，潘建伟院士进行远距离的量子密码通信科普演示：五颗骰子在电脑上滚来滚去，生动地表现了五粒子相互“纠缠”中的情景；但正如爱因斯坦“上帝不会投骰子”之所言，五粒子其实不是五骰子，也绝不是靠投骰子、碰运气，而是来自量子态迭加原理及其应用，其研究工作是和爱因斯坦、波多尔斯基、罗森发现的量子 EPR 效应有纠缠的，即跟爱因斯坦被迷惑一辈子的量子力学非定域性有纠缠。

但三旋模型却能为前人，所不了解的量子力学非定域性特性，提供解答，作理论帮助：即量子力学非定域性与三旋的关系，道理类似指南针在地球各地除两极外，都能定向相同指向南方，是因为地球磁场，对指南针的作用引起的；因此也说明如航天飞机，或人造卫星离开地球，或在受磁性材料干扰的地方，用指南针定向是不适用的。但科学家们却找到了一种陀螺罗盘，不需靠磁力线的作用来定向，而是利用陀螺本身的多层自旋来定向的。这种自旋定向的原理，揭示了自然界中，自旋调制耦合功能的 EPR 效应，普遍存在。

然而在宏观物体身上，是很难做到。非粒子量子圈态线旋客体，因为三旋是它的自然属性，因此是一种天然的超级陀螺罗盘。

在 EPR 实验中，之所以曾经耦合过的光子，在分开以后还会出现整体效应，这正是因为像陀螺罗盘在出发之前经调制，耦合过的光子，它们像经过调制的陀螺一样，离开地面的陀螺罗盘的方位测量，是跟它调制配对时的陀螺罗盘的方向测量一致的，因此在 EPR 测量中，两者的量子效应是一样的。所以说，三旋理论是多粒子量子纠缠态隐形传输理论入门的基础理论之一。

曾有人把量子纠缠，看成是超光速，但这不是严格证明。

一是，三旋理论证明，任何量子本身就是一个类似超级陀螺仪的三旋陀螺，量子之间进行缠结，类似陀螺仪使用前进行的测量与标准之间作的调整校对，

所以陀螺仪使用中间产生的任何测量信息，使用者之间都是明确的，即是“超光速”的。

其二，超光速测量不能排除时间克隆。量子概率克隆应用于量子信息提取和量子态识别，是量子隐形传态的一个主要途径，类似电子传真、电子邮件。而基因复制出一个古代的“冰人”，并不等于已经超光速地追上了远古的时间。正是从量子信息学的基础出发，有学者证明能够用 3 个基本部件，构建出通用量子计算机：缠结粒子、量子移物器和每次处理单个量子比特的门。

例如，从移物器制造两量子比特的方法，是采用经仔细修饰的缠结对把两个量子比特，从门的输入传送到门的输出，而修饰缠结对的方法，恰好是让门的输出接收适当处理的量子比特。这样，对两个未知的量子比特执行量子逻辑的任务，就简化为准备预先定义的特殊缠结对，并进行传输的任务。显然，使移物成功率达到 100%所需的完整贝尔态测量，本身就是一种两量子比特的处理过程。

由于各个粒子的状态彼此紧密相关，一旦某个粒子的状态因受到测量而确定下来，其它粒子的状态也随之确定。但区区几个量子比特，不足以实现任何稍微复杂的运算功能，要制造出实用的量子计算机，就必须掌握大量粒子实现“缠结”状态的技术。

但过去的量子态隐形传输实验，在确定传输量子态成功的同时，必须以破坏被传输的量子态为代价，这就使其不可能在量子通讯和量子计算中有进一步的应用。潘建伟院士及其同事在研究中发现，适当降低被传输量子态的亮度，可在不破坏被传输态的条件下成功传输量子态。这一研究成果，与高精度的纠缠态纯化一起，可从根本上解决目前在远距离量子通讯中，由“退相干效应”带来的困难，并将极大地推动可容错量子计算的实验研究。

如今潘建伟院士开展的一项实验表明，不管两个粒子之间的距离有多远，哪怕其间全是“自由空间”，二者也有根本的互相联系，其中一个粒子状态的变化都会影响到第二个粒子的状态。而且两个相距遥远的光子，即使在没有光纤联结和存在噪声干扰的情况下，也可以纠缠在一起。而在他们开展以上实验之前，两个粒子间的量子纠缠要么发生在相对很短的距离，要么将两个粒子通过光纤联结起来。

然而也许今后能解开爱因斯坦之谜密钥的三旋理论，更会形成超级量子计算机和“万无一失”的密码系统的基础而做出贡献。

### 【3、量子计算机原理与量子信息学基础之一】

目前最快的超级计算机，对一个 400 位的阿拉伯数字进行因子分解，要耗时上百亿年，而具有相同时钟脉冲速度的量子计算机，只需大约一分钟。因此，人们一旦拥有了一台量子计算机，那么目前的密码

系统将毫无保密性可言。

潘建伟院士的量子纠缠经典信息处理的最基本单元是比特，即二进制数 0 或 1；而一个按照一定数学规则给出的随机二进制数据串，构成一个密钥，经典通信中最难解决的问题是密钥分配问题。如果密钥分配不是绝对保密，经典密码通信也就不可能绝对保密。

但潘建伟院士等科学家当时开展的研究发现，基于量子力学线性迭加原理和不可克隆定理的量子密钥分配，却可以从根本上解决密钥分配这一世界性难题。虽然当时美国马萨诸塞州技术研究所与洛斯阿拉莫斯国家实验室，研制量子计算机运算器已成事实，但由于没有三旋理论的指导，西方量子计算机原理中存在有纰漏。

例如，尼尔·哥申菲尔德等人阐释量子计算机能同时处于多个状态，且能同时作用于它的所有不同状态的量子陀螺原理图时，对量子位不动的几种陀螺旋转，就分辨不清，明显的错误是把陀螺绕 Y 轴的体旋称为“进动”，这是不确切的。其原因是体旋实际比面旋复杂；而这一点，却让量子计算机原理研究的专家所忽视，这类量子计算机原理中的纰漏，与量子计算机以量子态作为信息的载体有关。

因为，人们已提出用光子、电子、原子、离子、量子点、核自旋，以及超导体中的库珀对等物理系统，作为量子比特的方案，这使量子行为与经典物理的联系更紧密，但它也揭示出经典物理概念天生的不足，从而，非引入三旋概念莫属。即尼尔·哥申菲尔德等人阐释量子计算机能同时处于多个状态，且能同时作用于它的所有不同状态的量子陀螺原理图，也类似陀螺或迴转仪，它们的进动和公转，是旋转概念中不好区分的一个问题，把自旋的定义，转换成截面的定义来看待三旋，就很明白了。

(1) 面旋：用一系列平行的截面来切一个作自旋的物体，如果能在每个截面内找到一个且仅有一个不动的转点的旋转，称为面旋。

如果由这些不动点组成的转轴与截面正交，这些截面就称为面旋正面，这条转轴就称为面旋轴，也称面旋 Z 轴。

(2) 体旋：物体作面旋，面旋轴只有一条，而面旋正面却有很多个，并且物体还可以绕其中一个面旋正面内的一条轴作旋转，这称为体旋。而这个面旋正面就称为体旋面，这根转轴称为体旋轴。

但过这个面旋正面不动点的体旋轴，还可以有许多条，因此在体旋面内选定一条作体旋 X 轴，那么体旋面内过不动点与它垂直的另一条轴就称为体旋 Y 轴。绕体旋 X 轴转 90 度，体旋面就与原先的位置相垂直，体旋 Y 轴这时也与原先的位置相垂直。

如果体旋绕 X 轴再转 90 度，体旋面就翻了个面。其次，前面体旋面从开始位置转 90 度垂直起来

时，还可以停下来绕体旋 Y 轴旋转若干圈，再停下来绕体旋 X 轴继续转 90 度从而回到开先的水平位置。从上可以看出体旋实际比面旋复杂；这一点恰恰是很多理论力学中没有提到的知识，因此容易把如迴转仪陀螺一类中心点不动，且存在面旋与体旋混合时的偏角不大的体旋，判为“进动”，这是不确切的。

(3) 线旋：用一系列体旋轴与面旋轴构成的截面，去切一个作自旋的物体，每个截面能显现封闭同心线的旋转，称为线旋。且每个截面内同心的不动点组成的圈线，称为线旋轴。

从各个方向用一系列平行的截面去切一个物体，总可以找到一个相对截面面积最大的截面。以这个截面作水平面，并以它的相对中心点作垂直轴，再以这条垂直轴与过中心点的水平轴构成的一系列截面去切这个物体，又总可以找到一个相对截面面积最大的垂直截面。

再比较这两个截面的大小，如果从肉眼上在短时间内能分辨得出来，就称为弱对称，或强不对称。反之，肉眼不能一眼分辨出来，就称为强对称或弱不对称。

即弱不对称的物体作自旋，难以区分它的面旋和体旋；而强不对称的物体作自旋，面旋和体旋的区分就很明显。三旋截面定义的扩充，正是增添这种强弱对称的区别。因为今后类粒子模型与类圈体模型，一般主要是看有没有孔洞这种拓扑不同伦的区别。

然而在孔洞之外，也还有上述的那种区别，即球面一般是强对称物体，而环面一般是弱对称物体。取其强对称与弱对称的判别，而暂放开孔洞的拓扑分别来定义三旋，更具有广泛的范围，也有其数学内涵。因为它还揭示了人类的科学文化，无不打上地球的烙印。

例如，地球存在重力，就存在沿垂线，与此相应，也就有水平面，可以说这是无处不在的固有坐标系。与此坐标联系的转动物体，本身又带有一个移动坐标系，这两者都构成了三旋研究的对象。

以陀螺为例，如果陀螺面旋轴处在沿垂线的位置，那么面旋正面一定都处在水平位置。此时所有的体旋 X 轴都是体旋水平轴，只有当体旋面绕 X 轴转 90 度处在沿垂线的位置，体旋 Y 轴才显示垂直轴性，并且还只有这一条。

其次，三旋的定义更细致地区分了转动、进动和自旋。因为不管陀螺的转体是强对称还是弱对称，不管陀螺是地螺式着地支撑还是灵敏元件式的多圈架支撑，它们都存在一个相对中的绝对参考系。即以沿垂线构筑的三角坐标系，用这个坐标系加上三旋坐标系，能够区别出陀螺的面旋，绕水平轴和垂直轴的两种体旋，以及进动或公转。

1、面旋和体旋形成的旋转体即使容易区分开来，面旋和体旋也是相互约定的。只有把其中的一种自

旋定为面旋或体旋后，才能把绕另一条转轴的自旋定为体旋或面旋。

2、地螺的进动很明显，它的面旋轴偏离沿垂线，在不到90度的位置停下来，又绕沿垂线作圆周运动。这两者结合，既不是面旋、体旋，又不是公转，这种情形只能称进动。在灵敏元件迴转仪中，由于陀螺转体的质心不像地螺那样有倾倒变化，这种进动就更迷惑人。因为此时，它既有以水平轴线作的体旋，又有以沿垂线作的面旋。这种与地球联系的三旋文化，已是超越地球渗透透宇宙和量子世界中的。

如果我们把宇宙、物质、生命的起源换成另一个命题：为啥变化、运动是绝对的？那么就可以回答的是：如果变化、运动是绝对的，那么宇宙、物质、生命的起源就是必然的。道理很简单：从零（无）产生的量子起伏，分解出的正负事物，变化、运动必然产生数量巨大、结构复杂的衍生物。但如果由于它们的混沌、复杂、缠结，而使变化、运动停止了，且不成了该命题的悖论，因此不管宇宙、物质、生命的可存在性的概率是多么小，都是混沌、复杂、缠结的衍生物在变化、运动濒临停止的无数次纠错中，寻找到的丝丝出口。

从这种角度来解读计算，也就能解读生命。因为生命的存在，没有量子计算机的参与是不可想象的。即我们今天理解量子计算机，不仅因为技术的发展，本身已能促使量子计算机的出现，而且还是我们看到生命本身需要量子计算机赛过人类工作，需要量子计算机。即体内解，需要量子计算机，赛过体外解，需要量子计算机。

#### 【4、量子计算机原理与量子信息学基础之二】

解读计算，是解读生命；解读生命，也就是解读计算。生命的解读，为量子信息学打开了广阔的大门，而量子信息学的进展，又为人类认识生命提供了钥匙。但不管是量子计算机，还是DNA计算机，都还不成熟，都还不能立即投入应用。可是它们的出现已丰富了计算机的概念，计算机可以是任何式样的东西，也可以有不同式样的算法。

以量子计算机和DNA计算机为例，量子计算机利用的基本元件是原子和分子，依据的是电子或原子核的旋转，以及量子粒子的奇异特性，即在不被观测的情况下，量子粒子可以同时向不同的方向旋转。

传统计算机采用的是晶体管，利用晶体管的开和关来表示“1”和“0”，即是取定值0或1的比特进行工作，非0即1。

而在量子计算机中，光子可以是水平偏振和垂直偏振的迭加态，原子的自旋可以同时处于向上向下旋转的不确定的“超态”。

即量子计算机采用的是量子比特，一个量子比特可以是0或1，也可以既存储0又存储1。在解决

问题时，量子计算机并不是依次把全部数字加起来，而是在同一时间把所有的数字加起来。

由于一个二进制位，只能存储一个数据，所以几个二进制位就只能存储几个数据。而由于量子迭加效应，一个量子位可以存储2个数据，几个量子位可存储2的几次方个数据，便大大提高了存储能力。

此外，现在计算中基本的逻辑门，是“与”门和“非”门，对量子计算机来说，所有操作必须是可逆的，就是说由输出可以反推出输入。因此现在的逻辑门多不能用，而需要使用能实现可逆操作的逻辑门。它就是“控制非”门，又叫“量子异或”门。

有了存储信息的量子位，又有了用以进行运算的量子逻辑门，便可以建造量子计算机了。其设计思想是把一束激光或者电波，照射到一些精心排列的像陀螺一般旋转的原子核上。当波或者波从这些原子上反弹时，它会改变其中一些原子核的旋转方向。分析这些旋转发生了什么改变，就能够完成复杂的计算任务。

但以上仅是，能处理1或2个量子比特的逻辑门的单台量子计算机。实用的关键，是在两个逻辑门或处理器之间可靠地传输量子数据，这不管是在一台量子计算机内，或是要通过量子网络，都是需要。

即必须实现多粒子的量子“缠结”状态，或叫用量子移物的办法解决。当然这也需要有黎曼这样的空间想象力：如果用类似黎曼的想象力来看三旋，即如果用类似黎曼度规符号建构三旋度规，根据排列组合和不相容原理，三旋可以构成三代共62种自旋状态，即需要在每一点引进62个“数”。

而三旋的单动态是10个，它们可以包容在 $10^{10}$ 的方阵中。其实，三旋理论通过孤子演示链的模拟，已能提示自然界的DNA双螺旋结构，如何早就在进行相似计算这种最艰难的工作。

这个中的道理是，量子理论虽然把任何事物包括光、物质、能量甚至时间，都看成是以大量的量子形式显现的，并且这些量子是粒子和波的多种组合，以多种方式运动，但量子的拓扑几何形状抽象，却长期没有统一。一种认为量子是质点，如类粒子模型；一种认为量子是能量环，如类圈体环量子模型。

电子计算机属类粒子模型，因为它的微处理器，是以大规模和超大规模半导体集成电路芯片为部件，这是以晶体能带p-n结法则，决定的电子集群粒子性为基础得以开发的。而量子计算机则属于类圈体环量子模型，因为一台台式量子计算机的基本元件，如核磁共振分光计，它操纵的是量子的自旋，而类圈体环量子模型，最具有自旋操作的特色：类圈体的三旋即面旋、体旋、线旋，不仅可以用作夸克的色动力学编码，而且也可以用作量子计算逻辑门的建造。

因为类圈体环量子的三旋，根据排列组合和不相容原理，可构成三代62种自旋状态，并且为量子

的波粒二相性能作更直观的说明:

在类圈体上任意作一个标记(类似密度波),由于存在三种自旋,那么在类圈体的质心不作任何运动的情况下,观察标记在时空中出现的次数是呈几率波的,更不用说它的质心有平动和转动的情况。这与量子行为同时处于多种状态,且能同时处理它的所有不同状态是相通的。而这正是量子计算机开发的理论基础,并且能提高计算速度。

例如,打开一把有两位的号码锁,在电子计算机中一位的状态由0或1规定,两位就构成4种不同,即0与0,0与1,1与0,1与1;随着计算过程的进行,数据位很有秩序地在众多的逻辑门间移动,因此可能需要进行4次尝试才能打开。而一台由极少量的氯仿(CHCl<sub>3</sub>)构成的两位量子计算机中,一个量子位可同时以0和1的状态存在,两个量子位也构成类似的4种不同状态,但量子位不需移动,要执行的程序被汇编成一系列的射频脉冲,通过各种各样的核磁共振操作把逻辑门带到量子位那里,该锁只用一步就被打开。

这一切用三旋理论很好理解:类圈体同时能作三旋,设体旋为0状态,面旋为1状态;线旋类似原子核磁场和外加磁场,它既能作方向定位,又能对体旋和面旋方向进行操作,而且是远距离瞬时缠连的同时作用。这如花样游泳运动员,在水中除能作各种表演外,还能听令于岸上的指挥。虽然人工制造三旋很难,但三旋却与物质的各个层次都有联系。例如,在分子层次,可以把DNA双螺旋结构看成多重类圈体,在原子层次可以把原子看成单个类圈体。

在量子计算机中,至少要用到两个原子,其中一个除起逻辑测定外,这个额外的位还能起内部量子误差自动校正纠错的作用。

例如,利用氯仿中氢核和碳核类圈体似的三旋之间的相互作用,建造一个量子受控非门:用一个振荡频率为400兆赫(即射频)的磁场,可以使被置于10特斯拉的恒定磁场(设箭头沿垂线)内的一个氢原子核圈发生体旋。设氢圈的面旋轴向不是朝上就是朝下,即圈面在垂直于恒定磁场的水平方向;设碳圈的面旋轴向确定地朝上,即圈面也在水平方向,当一个适当的射频脉冲加上之后,可以使碳的圈面绕水平方向轴体旋到垂线方向,然后碳圈将绕着垂线方向轴继续体旋,其体旋速度将取决于氯仿分子中氢圈的面旋轴向是否恰巧朝上。

而经百万分之一秒的时间,碳圈的面旋轴向将不是朝上就是朝下,这取决于邻近的氢圈的面旋轴向是朝上或朝下。因为在那一瞬间再发射一个射频脉冲,使碳的圈面再绕水平方向轴体旋90度,这样,如果相邻的氢圈的面旋轴向朝上,此操作就使碳圈的面旋轴向朝下;而如果相邻的氢圈的面旋轴向朝下,它就使碳圈的面旋轴向朝上。

可见量子计算是借助于类圈体的三旋转动及“受控非门”的操作,因为作为这种逻辑门三旋基础的面旋轴向可以处于朝上和朝下,以及体旋可以绕水平和垂线轴向转动这两种状态的迭加中,因此,量子计算可以同时为一组似乎互不相容的输入进行操作。

人类发明了电脑之后,就把人脑类比于电脑,这也许小看了生命体进化的程度。实际在大脑之外的机体中,某些DNA大分子也能起到量子计算机的作用。道理是:

①上述氯仿计算机量子位太少,但有关专家证明功能强大的量子计算机已能建造得出来,因为被连接成一条条长链的有机分子中的原子核圈的三旋,也能起到量子位的作用,这可以看作DNA双螺旋结构能被挑选。

②长期以来单圈结成链条后,体旋会消失的困扰,已被模拟DNA双螺旋结构的孤子演示链证明,在某些编码耦合双链上并不存在,从而为DNA双螺旋结构量子计算机能建构量子逻辑门消除了疑虑。

③著名信息论专家申农,采用二串联电路表示布尔代数的乘法,和用二并联电路表示其加法,并用4种交换电路,与加和乘法运算相对应,从而实现了将信息予以数字化处理和用信码传输,这与DNA是由双螺旋结构以及有4种碱基,并且是两组配对而不能交叉编码相对应的,由此也与模拟双螺旋结构的孤子演示链相对应。

看来人脑与DNA双螺旋结构的结合,是一种更完美的类似电脑与量子计算机的结合。这里人脑除起作类似核磁共振的作用外,也如人脑与电脑的结合,电脑才能工作一样。

利用类圈体三旋模型的多态性和同时性演示,就能教育普及类似量子计算机的量子逻辑。这是孤子演示链,对DNA双螺旋结构的孤波成功模拟后揭示开的。同时,这还可能为科学提供在21世纪里,广泛认识自然、生命、社会现象的数学思维。其原理说明如下:

两列圈链的耦合编码,由于链圈与链圈上下之间的正交,出现左右、前后两种共轭的编码。以圈子与圈子一对一的套接设为1,大于或小于一对一的套接设为0,孤子演示链的编码从上往下的结构是:

①领圈00; ②左10,右11; ③前01,后10; ④左01;右10; ⑤前10,后01; ⑥左10,右01; ⑦前01,后10; ⑧左01,右10.....

该共轭编码,只要让第②层的右圈变为领圈,即让原领圈自由落下,就会发生孤波滚动;反之,恢复原先的领圈地位,即让后者自由落下,也要发生孤波。这种滚动,不是领圈真正落下,而是圈套之间传递着一种信息、能量和相位,构成类似螺旋状的搅龙轨迹。

因此具有类似贝尔克隆变换的表达式,这是一

种类似 SG（正弦--戈登）方程的非线性偏微分方程的描述。

这种 SG 方程有正负扭状孤立子解，分别叫正扭和反扭。孤子演示链与 DNA 双螺旋结构相对应，它的左右、前后双共轭编码，对应 DNA 中腺嘌呤 A、鸟嘌呤 G、胞嘧啶 C 和胸腺嘧啶 T 等，四种碱基的 T 与 A、C 与 G 必定配对的编码。

### 【5、结束语】

孤子演示链不仅揭示了 DNA 双螺旋结构中存在的孤波现象，而且还揭示了自然界和人类社会中普遍存在的共轭编码场现象。

例如，数学中的正负、加减、连续与间断；物理学中的正反、冷热、波与粒；化学中的酸碱、氧化与还原；生物学中的雌雄、生死、进化与退化……等等大量的事物与概念，显露出共轭无处不在。只是人们还没有把共轭与双共轭和多共轭联系起来，没有把双共轭和多共轭与编码联系起来，没有把共轭编码及其强弱与孤波，以及四种相互作用和贝克隆变换、SG 方程等深层次现象的现代数学联系起来。

2002 年 5 月四川科技出版社出版的《三旋理论初探》书中，有关《生命与量子计算机》和《双螺旋结构与量子计算机》的章节，以及 2003 年 9 月天津古籍出版社出版的《解读〈时间简史〉》的专著，都有联系潘建伟院士的多粒子量子纠缠态隐形传输，在没有光纤联结和存在噪声干扰的情况下提供的清晰的图像说明和详尽阐述，希望各位朋友、老师去横

挑鼻子竖挑眼。

### 参考文献

- [1]沈骊天，三旋生万物，博览群书，2003 年第 2 期；
- [2]王德奎，模拟 DNA 双螺旋结构的机械孤立波，延边大学学报（自），1996（2）；大自然探索，1997（1）；
- [3]王德奎，三旋理论初探，四川科学技术出版社，2002 年 5 月；
- [4]孔少峰、王德奎，求衡论----庞加莱猜想应用，四川科学技术出版社，2007 年 9 月；
- [5]王德奎，解读《时间简史》，天津古籍出版社，2003 年 9 月；
- [6]王德奎、林艺彬、孙双喜，中医药多体自然叩问，独家出版社，2020 年 1 月；
- [7]王德奎，环量子理论与三旋理论，凉山大学学报，2004 年第 2 期；
- [8]王德奎，量子计算机与双螺旋结构的三旋联系，延边大学学报（自），1999（1）；知识经济与现代科技，四川科技出版社，1999，228-282，2002 年 5 月；教学与科技，1999（3，4）；
- [9]平角，量子计算机回采半导体环量子超弦----用“暗物质”造量子计算机初探，Academia Arena，2021（5）；
- [10]曾富，田丘之争看庞加莱猜想证明应用意义----庞加莱猜想及获证 120 周年纪念，Academ Arena，2025（6）。