

量子几何与三旋

王德奎

Wang Dekui, 绵阳日报社, 绵阳, 四川 621000, 中国, y-tx@163.com

摘要: 量子几何避开使用度规场, 从而也不再引进所谓的背景度规, 因此被称为是一种与背景无关的量子引力理论。但它以联络作为引力理论的基本变量, 则体现了将引力场视为规范场的物理思想; 不仅如此, 自旋联络作为引力理论的基本变量, 也为进一步研究这种耦合提供了舞台。传统的量子几何与超弦理论, 目前还是两个独立的理论, 彼此之间唯一明显的相似之处, 是两者都使用了一维的几何概念作为理论的基础。如果这两个理论都反映了物理世界的某些本质特征, 那么这种相似性也许就不是偶然的。三旋理论的研究, 已揭示出这种巧合背后的联系之谜。

[王德奎. 量子几何与三旋. *Academ Arena* 2026;18(1):73-77]. ISSN 1553-992X (print); ISSN 2158-771X (online). <http://www.sciencepub.net/academia>. 03. doi:[10.7537/marsaaj180126.03](https://doi.org/10.7537/marsaaj180126.03)

关键词: 量子几何; 超弦; 圈量子; 三旋理论; 对称破缺

【0、引言】

量子几何避开使用度规场, 从而也不再引进所谓的背景度规, 因此被称为是一种与背景无关的量子引力理论。但它以联络作为引力理论的基本变量, 则体现了将引力场视为规范场的物理思想; 不仅如此, 自旋联络作为引力理论的基本变量, 也为进一步研究这种耦合提供了舞台。传统的量子几何与超弦理论, 目前还是两个独立的理论, 彼此之间唯一明显的相似之处, 是两者都使用了一维的几何概念作为理论的基础。如果这两个理论都反映了物理世界的某些本质特征, 那么这种相似性也许就不是偶然的。三旋理论的研究, 已揭示出这种巧合背后的联系之谜。

【1、传统的量子几何】

20 世纪理论物理学家说得最多的话题, 是广义相对论和量子理论, 而量子几何正是为现代物理学这两大支柱整合服务的。

因为空间量子化不仅是许多物理学家曾经的猜测, 而且因量子化概念本身的广泛应用已开启了人们的想象。传统的量子引力方案是继承广义相对论经典的表述方式, 即以度规场作为基本场量, 但一个连续的背景时空会是量子场论中紫外发散的根源。

1971 年彭罗斯首先提出了一个具体的离散空间模型, 其代数形式与自旋所满足的代数关系相似, 被称为自选网络。1986 年阿西特卡等物理学家, 借鉴了印度物理学家森(A. Sen)的研究工作, 在正则量子化方案中引进了一种全新的表述方式, 即以自对偶自旋联络作为基本场量, 这组场量通常被称为阿西特卡变量, 由此为正则量子引力的研究开创了一番新的天地。同时雅各布森和斯莫林发现阿

西特卡变量的威尔逊环路满足惠勒--德威特方程。

在此基础上罗韦利和斯莫林提出把这种威尔逊环路作为量子引力的基本态, 从而形成了现代量子引力理论的一个重要方案, 即圈量子引力理论。1994 年罗韦利和斯莫林研究了圈量子引力理论中的面积与体积算符的本征值, 结果发现这些本征值都是离散的, 它们对应的本征态和彭罗斯的自旋网络存在密切的对应关系, 圈量子引力理论因此也被称为量子几何。这里它完全避免使用度规场, 从而也不再引进所谓的背景度规, 因此被称为是一种与背景无关的量子引力理论。

一些物理学家认为, 圈量子引力理论的这种背景无关性是符合量子引力的物理本质的, 因为广义相对论的一个最基本的结论, 就是时空度规本身由动力学规律所决定, 因而量子引力理论是关于时空度规本身的量子理论。在这样的理论中, 经典的背景度规不应该有独立的存在, 而只能作为量子场的期待值出现。

圈量子引力理论所采用的新的基本场量, 绝非只是一种巧妙的变量代换手段。因为从几何上讲, 杨-米尔斯场的规范势本身就是纤维丛上的联络场, 因此以联络作为引力理论的基本变量, 体现了将引力场视为规范场的物理思想。不仅如此, 自旋联络对于研究引力与物质场(尤其是旋量场)的耦合, 几乎是必不可少的框架, 因此以联络作为引力理论的基本变量, 也为进一步研究这种耦合提供了舞台。

罗韦利和斯莫林等人发现, 在圈量子引力理论中由广义协变性, 即称为微分同胚不变性所导致的约束条件, 与数学上的“节理论”有着密切的关联, 从而使得约束条件的求解, 得到强有力的数学工具的支持。圈量子引力理论与节理论之间的这种联系

看似神秘，其实在概念上并不难理解，微分同胚不变性的存在，使得威尔逊环路中具有实质意义的信息具有拓扑不变性，而节理论正是研究环圈拓扑不变性的数学理论。对圈量子引力理论与物质场（比如杨-米尔斯）耦合体系的研究显示，具有空间量子化特征的圈量子引力理论，确实极有可能消除普通场论的紫外发散。

众所周知，一个量子系统的波函数由包含了对系统有影响的各种外场的作用；这种方程对于波函数 Ψ 是线性的，也就是说如果 Ψ_1 和 Ψ_2 是方程的解，那么它们的任何线性组合也同样是方程的解。

这被称为态迭加原理，在量子理论的现代表述中作为公理出现，是量子理论最基本的原理之一。但是一旦引进引力相互作用，情况就不同了。因为由波函数所描述的系统本身就是引力相互作用的源，而引力相互作用又会反过来影响波函数，这就在系统的演化中引进了非线性耦合，从而破坏了量子理论的态迭加原理。

不仅如此，进一步的分析还表明量子理论和广义相对论耦合体系的解是不稳定的。其次，广义相对论和量子理论在各自“适用”的领域中，也都面临一些尖锐的问题。例如，量子理论同样被无穷大所困扰，虽然由于所谓重整化方法的使用而暂得偏安一隅。但从理论结构的角度看，这些无穷大的出现预示着今天的量子理论，很可能只是某种更基础的理论在低能区的“有效理论”。

因此广义相对论和量子理论不可能是物理理论的终结，寻求一个包含广义相对论和量子理论基本特点的更普遍的理论，是一种合乎逻辑和经验的努力。引力量子化早期的尝试，几乎用遍了所有已知的场量子化方法。最主要的方案有两大类：协变量子化和正则量子化。

协变量子化方法试图保持广义相对论的协变性，基本的做法是把度规张量分解为背景部分和涨落部份。但不同的文献对背景部份的选择又不尽相同，这种方法和广义相对论领域中传统的弱场展开方法一脉相承，思路是把引力相互作用理解为一个背景时空中引力子的相互作用。在低级近似下协变量子引力很自然地包含自旋为2的无质量粒子，即引力子。由于这种分解展开使用的主要是微扰方法，随着一些涉及理论重整化性质的重要定理被相继证明，基本上结束了早期协变量子引力的生命。

与协变量子化方法不同，正则量子化方法一开始就引进了时间轴，把四维时空流形分割为三维空间和一维时间，从而破坏了明显的广义协变性。时间轴一旦选定，就可以定义系统的哈密顿量，并运用有约束场论中普遍使用的狄拉克正则量子化方法。与协变量子化方法一样，早期的正则量子化方法也遇到了大量的困难，这些困难既有数学上的，

也有物理上的，比如无法找到合适的可观测量和物理态。

当然量子引力还有另一种极为流行的方案是超弦理论。与传统的量子几何相比，量子引力只不过是超弦理论的一个部份。从量子引力的角度来看，传统的量子几何是正则量子化方案的发展，而超弦理论则通常被视为是协变量子化方案的发展。这是由于当年受困于不可重整性，人们曾经对协变量子化方法做过许多推广，比如引进超对称性，引进高阶微商项等，这些推广后来都殊途同归地出现在超弦理论的微扰表述中。因此虽然超弦理论本身的起源与量子引力无关，但它的形式体系在量子引力领域中，通常被视为是协变量子化方案的发展。

经过十几年的发展，目前圈量子引力理论已经具有了一个数学上相当严格的框架。除背景无关性之外，圈量子引力理论与其它量子引力理论相比还具有一个很重要的优势，那就是它的理论框架是非微扰的。迄今为止在圈量子引力理论领域中，取得的重要物理结果有两个：一个是在普朗克尺度上的空间量子化，另一个来自于对黑洞热力学的研究。1972年普林斯顿大学的研究生贝肯斯坦，受黑洞动力学与经典热力学之间的相似性启发，提出了黑洞熵的概念，并估算出黑洞的熵正比于其视界面积。稍后，霍金研究了黑洞视界附近的量子过程，结果发现了著名的霍金辐射，即黑洞会向外辐射粒子（也称为黑洞蒸发），从而表明黑洞是有温度的。

由此出发霍金也推导出了贝肯斯坦-霍金公式。黑洞熵的存在，表明黑洞并不像此前人们认为的那样简单，它含有数量十分惊人的微观状态。这在广义相对论的框架内是完全无法理解的，因为广义相对论有一个著名的“黑洞无毛定理”，它表明黑洞的内部性质由其质量，电荷和角动量三个宏观参数所完全表示，根本就不存在所谓微观状态。

至于黑洞熵的计算，圈量子引力理论的基本思路是认为，黑洞熵所对应的微观态由能够给出同一黑洞视界面积的各种不同的自旋网络位形组成的。按照这一思路进行的计算最早由克拉斯诺夫和罗韦利分别完成，结果除去一个被称为伊米尔齐参数的常数因子外与贝肯斯坦-霍金公式完全一致。因此圈量子引力理论与贝肯斯坦-霍金公式是相容的。而超弦理论与量子引力最直接相关的一个，那就是利用D-膜对黑洞熵的计算；即超弦理论对黑洞熵的计算利用了所谓的“强弱对偶性”，这是在具有一定超对称的情形下，超弦理论中的某些D-膜状态数在耦合常数的强弱对偶变换下保持不变。利用这种对称性，处于强耦合下原本难于计算的黑洞熵可以在弱耦合极限下进行计算。

在弱耦合极限下与原先黑洞的宏观性质相一

致的对应状态被证明是由许多 D-膜构成。美中不足的是，由于上述计算要求一定的超对称性，因此只适用于所谓的极端黑洞或接近极端条件的黑洞。

【2、整合弦与量子几何的三旋】

传统的量子几何的成果主要局限于理论的运动学方面，在动力学方面的研究却一直举步维艰。21 世纪的车轮一声巨响，给中国科学送来了膜理论，使量子几何发生了巨变。特别是三旋理论与量子几何结合，取得了量子几何的三大定理：即 A、时空弯曲受限定理；B、物质湍流可能定理；C、光速常数内禀定理。

时空弯曲受限定理：它首先来自广义相对论所描述的时空在很多情况下，比如在黑洞的中心或宇宙的初始存在所谓的“奇点”。在这些奇点上，时空曲率和物质密度都趋于无穷。这些无穷大的出现，是理论被推广到其适用范围之外的强烈征兆。其次，卢鹤绂院士 1995 年发表的《对马赫原理的一个直接检验》论文，提出广义相对论在地球邻近的地区是可以适用的，扩展到宇宙是无法适用的。

第三，霍金认为，爱因斯坦的广义相对论无法适用空间破裂的情况。空间的破裂实际是指环面，即广义相对论只是一个平面或球面上的理论，实际也只是另一个狭义相对论，是属于转座子层次的学说。

微分几何或拓扑学的几何空间要素是平面（点或膜）、球面和环面。这里的环面专指类似的轮胎面，是与球面不同伦的，即环面能包容平面（点或膜）和球面，但平面（点或膜）和球面却不能包容环面。

物质湍流可能定理：它来自类圈体三旋内禀空间动力学推导。

早在 1959 年笔者运用自然全息，把锅中沸水心液体向四周翻滚的类似贝纳德对流这种自然现象，上升为几何学结构，抽象缩影反映在一个点上，推测出“圈与点并存且相互依存、圈比点更基本、物质存在有向自己内部作运动的空间属性”等三条三旋公设的弦圈观念。

这里弦圈的自旋不但能包容振动，并且比振动更具特色。

即如果说，弦振动的多样性类似人体，那么自旋的规范性就类似人的脸面；即如果说超弦类似一个 3 维的物体，那么三旋就类似它的一张 2 维的全息图。因为自然全息，早将闭合的弦（弦圈）看做类圈体。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。

三旋理论将表示各种基本粒子的“三旋状态组

合”，称为“圈态密码”。这里根据排列组合和不相容原理，三旋构成三代 62 种自旋状态。其次，设想在类圈体的质心作一个直角三角座标，一般把 x、y、z 轴看成三维空间的三个矢量。现观察类圈体绕这三条轴作自旋和平动，6 个自由度仅包括类圈体的体旋、面旋和平动，没有包括线旋。

即线旋是独立于 x、y、z 之外，由类圈体中心圈线构成的座标决定。如果把此圈线看成一个维叫圈维，那么加上原来的三维就是四维。

再加上时间维，即为五维时空。这里，物质湍流的可能性是由类圈体线旋和面旋造成的，即类圈体线旋中的一个线旋圈，同时还存在正反面旋的内禀空间动力学性质，这就是湍流产生的数学本质。

即湍流是类圈体的湍旋，这是一种非线性三旋。

光速常数内禀定理：它是基于马赫原理的推导，即马赫原理的整体决定性才是光速的内禀属性，因宇宙的整体决定光速实际上是一个无法逾越的极限，而与其它物质无关。

另外，从黎曼张量和黎曼切口是黎曼几何的两大数学成果出发，爱因斯坦的广义相对论只用到黎曼张量这一半；另一半黎曼切口不但能联系黑洞，而且能联系“虫洞”和时间隧道，能联系空间的破裂，能联系 0 膜，等等。即“虫洞”和时间隧道是黎曼切口“喉管”类似拉长了的“通道”，它可以联系两个星球之间的引力；同时反知，黎曼切口是“通道”等于零的“虫洞”和时间隧道；这揭示了物理学统一理论中，黎曼切口轨形拓扑的 0 膜作用。

因为马赫空间的起源开头的无(W)和有(Y)，还是零维中的无(W)和有(Y)，即它们一半是实数零，一半是虚数零；它们既是无穷大，又是无穷小。这种马赫空间的 0 膜与黎曼切口联系，引力速度和光速的内禀性就在于类似拉长的黎曼切口“喉管”或“通道”膜。

现实自然中为什么大都是正物质，这既是人择的，也是人测的。

即马赫空间起源于类似黎曼切口轨形拓扑拉长的“喉管”或“通道”膜中，人和现实自然的“有”，占据的是实数零膜的那一半；虚数零膜那一半的膜“喉管”或“通道”也存在，那是类似虚实生死界、正负阴阳界的循环圈中，相对“有”的 6 阶“无”的那一半。

三旋理论认为，虚数联系点内空间。例如，想象一束短暂的光线从眼睛进入大脑，这种循环圈唯一的要求，就是虚拟的光线都是从虚实观控相对界的类似点孔的通道变成虚数类的。人和现实自然的这个一半，是实数零的膜“喉管”或“通道”，不但是实的，而且是人可以测量出物理数据的，这就是牛顿引力常数、光速常数和普朗克常数。

第三,从马赫空间的起源来说,马赫空间的起源开头,只需要把无(W)和有(Y)纳入玻尔的互补原理和海森堡的不确定性原理,这就只能是无(W)和有(Y)的一个量子点的起伏交替,且通过无(W)和有(Y)的一个量子点的起伏交替的移动、重复、克隆、复制、变化、压缩、拉伸、折迭等等情况发展而来;即空间、时间、能量、无(W)和有(Y)都是量子性的。以钱币的两面分别设为玻尔互补原理的无(W)和有(Y),海森堡的不确定性原理是以抛钱币记认无(W)或有(Y)的出现决定的。以一个马赫量子点开头,它设为无(W)或有(Y)都一样。

因为不确定性原理马上要用有(Y)或无(W)的膜来包围它。有(Y)或无(W)的膜因不确定性原理,马上又要用无(W)或有(Y)的膜来包围。这种循环以致无穷,马赫空间球形就大起来了。但这种循环的膜用无(W)或有(Y)的膜覆盖,也需要速度。这种马赫(覆盖)速度也是不会超过光速生长的。以上静态起源的要素是点与膜(平面),或球与膜(平面),但这还不完备。微分几何或拓扑学的几何空间要素是平面(点或膜)、球面和环面。爱因斯坦的广义相对论无法适用空间的破裂,我们就把没破裂的整体设为有(Y),设整体破裂的地方为无(W),空间的破裂实际是指环面。即以球面设为有(Y),以环面设为无(W)。

仍以抛钱币记认无(W)或有(Y)的出现决定,作为动态起源的不确定性。现以一个马赫量子点开头,它设为无(W)或有(Y)也都一样,但比马赫空间的静态起源复杂,因为以一个量子点球面开头,后遇无(W)要破裂成环面;如果再抛钱币是无(W),环面膜就要再产生破裂,环面膜破裂会收缩成环圈,并且是环圈套着环圈,成为量子对。

如果再连续是有(W),量子对会变成相应多的环圈套着环圈,即变成链圈线条,线运动还可成膜(平面)。如果环套量子对后抛钱币是有(Y),即要以整体膜覆盖,马赫空间可以再成球面;即量子对被包围而消失,造成马赫空间的收缩。如果再连续是有(Y),就是相应多的量子点球面。因此,这种动态马赫空间起源会充满着无数的量子对、量子线、量子膜、量子点,尽管马赫空间球形不能用连续速度来生长,但反之,量子对、量子线、量子膜被包围而消失,造成马赫空间的收缩却要速度,这正类似引力移动的速度。

爱因斯坦的相对论正是捡起了马赫(引力)速度,把它变成了光速极限。而今天的科学实验已证明引力传播的速度与光速相等。

根据玻尔互补原理和整体作用的马赫原理,实际马赫空间的静态起源和马赫空间的动态起源是一齐进行的。空间的静态相当于类圈体,因为静态的空间也要破裂成环面;而空间的动态则相当于转

座子,无数的量子对、量子线、量子膜、量子点等转座子,就覆盖在类圈体似的静态空间,引力与量子论统一了。

【3、三旋理论的研究已揭示出啥】

1、拨动宇宙的琴弦和吹响宇宙的笛管

传统的量子几何与超弦理论,目前还是两个独立的理论,彼此之间唯一明显的相似之处,是两者都使用了一维的几何概念作为理论的基础。如果这两个理论都反映了物理世界的某些本质特征,那么这种相似性也许就不是偶然的。三旋理论的研究,已揭示出这种巧合背后的联系之谜的一种,类似拨动宇宙的琴弦和吹响宇宙的笛管。

超弦理论在四维时空中的具体物理预言与紧致空间的结构有关,因此除非能够预言紧致空间的具体结构;而超弦理论仅仅预言其为卡--丘流形,这是远远不够的。正是在这一关节点上,三旋不但能拨动宇宙的琴弦,而且能吹响宇宙的笛管。

因为三旋理论解决了弦理论中的三大难题:

(1)弦理论解决了物质族分3代与卡--丘流形3孔族的对应,但仍有如何排除多孔选择的难题;

(2)弦理论解决了多基本粒子与多卡--丘流形形状变换的对应,但仍有如何排除多种形状选择的难题;

(3)弦理论解决具体的基本粒子的卡--丘流形图形虽有多种数学物理手段,但也遇到选择何种数学物理原理为佳的难题。

在《三旋理论初探》一书中,已介绍了卡--丘流形紧致空间的具体结构。这是联系黎曼切口,作的25种卡--丘流形规范轨形拓扑,且只能作25种;其中无孔的4种,有孔的21种,这是联系克莱因瓶、莫比乌斯体等构造,分为外接、内接、内包三大类的轨形拓扑。

A、外接8种:6种是设想膜面由两个平行长方形平面的黎曼切口轨形拓扑构成,2种是设想由一个长方形膜面的黎曼切口轨形拓扑构成。它们是:

(1)光子型;(2)U型;(3)t型;(4)希格斯型;
(5)e型;(6)c型;(7)e微子型;(8)d型。

B、内接10种:是以上边8种外接轨形拓扑为基础,联系克莱因瓶管口向内卷缩构成的。它们是:(1)胶子1型;(2)S型;(3)b型;(4)胶子5型;(5) μ 型;(6) τ 型;(7)W型;(8) μ 微子型;(9) τ 微子型;(10)Z型。

C、内包7种:是以上边8种外接和10种内接轨形拓扑为基础,两个平行长方形膜面中用大膜面包小膜面轨形拓扑构成。它们是:(1)胶子6型;(2)胶子4型;(3)胶子3型;(4)胶子2型;(5)胶子7型;(6)胶子4型;(7)引力子型。

如果超弦理论被比作是拨动宇宙的琴弦,那么三旋理论也可以比作是吹响宇宙的笛管,因为以上 25 种卡--丘流形规范轨形拓扑是不同于超弦理论的弦乐,而类似管乐器;它们定量地回答了宇宙是球形还是环形的问题,也定量地回答了物质族基本粒子是球形还是环形的问题。此外,从微分流形来看,这 25 种黎曼切口轨形拓扑结构,它们实际是 25 种子流形,并可以用离散群描述的。

2、吹笛子与超对称破缺

超弦理论引进了两个非常重要却迄今未得到实验支持的概念,那就是十维时空和超对称。为了与观测到的物理世界相一致,超弦理论把十维时空分解为四维时空与一个六维紧致空间的直积,这是一个很大的额外假定,而描述这种结构的参数将成为理论隐含的自由参数,超弦理论中的超对称,也必须以适当的机制破缺描述。

又是在这一关节点上,三旋理论找到了超对称破缺机制的一个吹笛子双手十指按七孔破缺的模型。

我们知道,对称破缺一般指的是全对称自发破缺,例如,牛吃青草,牛先在圆心;圆周放一圈青草,这时牛和青草都是全对称的。

但如果牛离开圆心去吃青草,对称就自发破缺了。

超对称一般指的是对偶对称,例如,人的两只手,左手的五指是和右手的五指对偶对称的。现在来看笛子,笛管上只有七个音孔,但能吹奏各种歌曲。然而左右手的十指,去按笛管上的七个音孔吹奏歌曲,超对称必须破缺。

【4、结束语】

宇宙实际就类似这种超对称的笛管,四维时空就对应笛子的七个音孔。吹响宇宙的笛管和拨动宇

宙的琴弦是一致的。例如,拉二胡,左手要拉弓,右手是按弦,也是超对称破缺的。整个宇宙琴弦或整个宇宙笛管,对应十维或十一维时空,或更多的维时空,但其中只有四维或五维时空,对应类似琴弦和笛管的七个音符指法。

参考文献

- [1]王德奎,三旋理论初探,四川科学技术出版社,2002年5月;
- [2]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;
- [3]王德奎,解读《时间简史》,天津古籍出版社,2003年9月;
- [4]卢昌海,追寻引力的量子理论,《三思科学》电子杂志,2003年7月22日;
- [5]王德奎,环量子理论与三旋理论,凉山大学学报,2004年第2期;
- [6]王德奎,从卡--丘空间到轨形拓扑,凉山大学学报,2003年第1期;
- [7]王德奎,量子几何与三旋,教学与科技,2004(2);
- [8]邱嘉文,三旋自组织原理 ----21世纪新弦学概论(4),Academia Arena,2011(5);
- [9]路小栋,量子力学的曲率解释与三旋,Academ Arena,2025(8);
- [10]平角,潘建伟院士多粒子量子纠缠隐形传输说三旋,Academ Arena,2025(6);
- [11]陈鄂新,三旋场效应上的瞬逝波延伸----现代基础科学在中国之九,“读城杂志”网,2025年1月10日;Academ Arena,2025(8);
- [12]陈芯宇,走向物理化学诺奖 AI 格论时空阶梯 - ---现代基础科学在中国之三,Academ Arena,2024(12)。