

悟空卫星发现暗物质类似“通美门”吗？——全息超弦理论的研究与应用（4）

路小栋 习强

Recommended: 张洞生 (Zhang Dongsheng), 17 Pontiac Road, West Hartford, CT 06117-2129, USA, zhangds12@hotmail.com, zds@outlook.com; 王德奎 (Wang Dekui), y-tx@163.com

Abstract 摘要: 王孟源博士说, WIMP 和它所依据的超对称理论不靠谱。但在美国超弦界影响下, 国内外依然坚持做超对称实验。有识之士认为是做虚功, 但美国实验还重复投资。他看悟空卫星类似“通美门”, 不是“通俄门”: 美国和悟空卫星, 都是在投资上不明智: 美国找不到, 中国找到的脚本, 也是不可能发生的。[路小栋 习强. 悟空卫星发现暗物质类似“通美门”吗? ——全息超弦理论的研究与应用(4). *Academ Arena* 2017;9(12):10-16]. ISSN 1553-992X (print); ISSN 2158-771X (online). <http://www.sciencepub.net/academia>. 2. doi:[10.7537/marsaaj091217.02](https://doi.org/10.7537/marsaaj091217.02).

Keywords 关键词: 暗物质 弱相互作用 杨-米尔斯场论

把我国的悟空卫星发现暗物质, 说成类似“通美门”, 是上海《观察者》网发表哈佛大学物理学博士王孟源先生的文章:《为什么国际物理界没有太重视悟空的这次发现》中的一个要害观点。我们不赞同。

王孟源博士论证的科学依据, 是讲暗物质与弱相互作用的联系, 认为这可以质疑悟空卫星设计思想原本的错误。那么弱相互作用到底是怎么来的? 中科院邢志忠教授在博文《电弱统一 50 年: 谁是真英雄?》中说:“1979 年的诺贝尔物理学奖颁给了电弱统一模型的三位奠基人: 格拉肖 (Sheldon Glashow)、萨拉姆 (Abdus Salam) 和温伯格 (Steven Weinberg)。1961 年, 29 岁的美国物理学家格拉肖在哥本哈根大学访问期间, 将一篇题为《弱相互作用的部分对称性》的论文发表在了欧洲物理学会主办的《核物理学》期刊上。在这篇论文中, 格拉肖扩展了自己的博士生导师施温格 (Julian Schwinger) 教授在 1957 年提出的电弱统一模型的雏形, 写出了正确的群结构, 引入了弱相互作用的中性流及其传播子 (即 Z 玻色子)。不过格拉肖模型的缺陷是: 它基本上还只是一个唯象学模型, 并没有以杨振宁-米尔斯场论为基础; 因此它缺少对称性自发破缺的机制, 因为著名的希格斯机制是在三年之后才被提出来的。格拉肖博士没有做好的事情, 六年之后都被他的高中同班同学温伯格做好了。温伯格的独到之处是, 他把电弱统一理论建立在了杨振宁-米尔斯场论的基础之上, 并引入了希格斯机制, 从而得到了一个完美而自洽的理论, 并预言了弱中性流的传播子 Z 玻色子与轻子对的耦合强度”。

王孟源博士曾在《观察者》网发文, 是很赞赏杨振宁院士反对中国建造大型强子对撞机的。按邢志忠教授上述的说法, 弱相互作用的解密离不开杨振宁院士发现的杨振宁-米尔斯场论机制, 那么杨振宁院士为什么会反对我国建造大型强子对撞机? 其

中涉及旧物理脑洞与新物理脑洞之间的分歧。而王孟源博士把暗物质与弱相互作用联系起来, 针对的是 2017 年 11 月 30 日中国的悟空卫星团队发表的论文中, 悟空号卫星工作 530 天得到的高精度宇宙射线电子能谱 (红色数据点), 以及和美国费米卫星测量结果 (蓝点)、丁肇中先生领导的阿尔法磁谱仪的测量结果 (绿点) 的比较图像。王孟源先生的文章说的是些啥?

他在《为什么国际物理界没有太重视悟空的这次发现》中说: 物理界在 1880 年代就提出暗物质的猜测。一开始是因为银河系外围恒星的切向飞行速度太快, 银河系核心被观测到的质量远远不足以提供所需的向心力。后来在 20 世纪发现同样的问题也出现在更大的尺度上, 星系团和超星系团外围成员的切向飞行速度也是数倍于核心重力能维持的范围。如此逻辑的可能, 第一是每个星系都有大量不参加强作用力 (否则会原子核有反应) 和电磁力 (否则会电子和质子有反应) 的暗物质; 第二, 是广义相对论的重力方程式在星系以上的尺度必须有新修正项。就此, 暗物质就成为天体物理学的主流理论。2017 年 11 月 30 日发表的论文, 中国的悟空卫星号称在 1.4TeV 的能阶上, 可能发现了暗物质衰变产生的电子。如此结果, 物理专业的博客却对它基本无视, 既没有庆祝也没有反驳, 为什么呢? 前面提过暗物质理论来自对重力现象的间接观测结果; 它不可能参与强作用力和电磁力, 否则必然早已被直接观测到。但是宇宙中还有第四种作用力, 也是弱作用力。

虽然它太过微弱, 但暗物质是否参加弱作用力, 目前的实验和观测, 很难完全排除其可能。原因一是, 量子效应会在较低的能阶留下蛛丝马迹, 但对撞机已经做到 13TeV 的能级, 却完全没有看到任何这类的量子修正项, 代表着在 1TeV、10TeV、乃至 100TeV 的能级上, 暗物质都不太可能有弱作用

力的效应。然而理论要硬拗，也行，只须要多加几十个、乃至几百个自由度，或者硬是假设精度极高的参数，例如弱作用反应项的系数被设定为 0.00001。但是这些做法都是失败理论的特征。美国的实验学家，解释的暗物质参加弱作用力，叫做“WIMP”假设，这是个有根据的结论。和超弦的基本假设一样，是超对称。

天然产生 WIMP，里应外合的高能物理的理论和实验界，把 WIMP 假设吹嘘成主流理论，在过去十年里催生了许多个昂贵实验，专门测量 WIMP。这些 WIMP 实验，又分成两类：第一类是在很深的地下，用大量没有会自发衰变的同位素介质，藉以观察其原子核与 WIMP 直接进行弱作用力反应。第二类则是用卫星来测量 WIMP 在银河系空间中，因弱作用力而自行衰变产生的正子和电子对，例如中国版悟空卫星。

这次悟空卫星的结果，是图中红线右端没有平滑过渡的一高一低两个点，分别对应着 1.4TeV 和 1.2TeV 的能量。但是有三个疑点：1) 美国卫星也涵盖了相关的能阶，却没有看到类似的现象；2) 这个结果出现在电子流（纵轴）很低的尾端，刚好对应着较少的统计样本和较低的统计意义；3) 这两个偏离平滑曲线的点，偏离的程度只有两个统计标准偏差左右，距离物理界传统上要求的五个标准偏差很远，连“有趣”都谈不上。正是因为悟空卫星结果的实际统计误差太大，缺乏统计意义，所以国际物理界不把它当回事。而这与悟空卫星原本设计有问题有关：暗物质如果真有衰变，会产生同样数量的正子和电子；但是在 1TeV 左右的能级上，宇宙线中电子流的背景比正子流高 20 倍，所以专注要在正子流而不是电子流上。但悟空反其道而行，为了追求稍高一点的能级，牺牲了分辨正子和电子的能力。这是“牺牲”吗？自然要做假吗？

然而王孟源博士却说，WIMP 和它所依据的超对称理论，从 1986 年揭露真相开始，大多数的高能物理学家就知道不靠谱。但一些学者在美国超弦界影响下，依然坚持做超对称实验。有识之士认为是做虚功，而且美国实验还重复投资。他看悟空卫星类似“通美门”，不是“通俄门”：美国和悟空卫星，都是在投资上并不明智：美国找不到，中国找到的脚本，是不可能发生的。

超弦理论走到应用新时代，重视地上的大型强仔仔对撞机类似的实验观测，和天上类似大型强仔仔对撞机实验的反映观测，这与新物理脑洞一脉相承、一脉相通。杨振宁与粒子物理标准模型，是旧物理脑洞大开，创造的是现代物理学过去的辉煌。彭罗斯、里奇、卡西米尔等新物理脑洞大开，创造的是现代物理学类似量子引力通信等未来的辉煌。当然人们也不会忘记，旧物理脑洞大开建的功勋。

旧物理脑洞大开，如创立非阿贝尔规范场的杨振宁，为什么不如创立路径积分的费曼，在简单中创新了复杂性，又在复杂性中简化了旧物理脑洞大开中的数学模糊。例如，K.G.威尔逊创立“重整化群分析”，说是非常漂亮，实际是这批旧的物理脑洞大开，对拓扑学球面与环面不同伦，类似世俗的“重男轻女”一样，对环量子的三类 5 种 62 个自旋态避错编码，不重视，才造成今天的高等教育，还在类似“瞎子摸象”一样学物理和数学。因为威尔逊 1922 年的实验，是将未被极化的电子气体束穿过非均匀的磁场，结果这一束电子分成了两束电子，由此来看待电子具有的“自旋”和磁矩的自由度的。

实际旧物理脑洞，也没有离开从一点出发空间有 xyz 三个方向的旧数学几何空间脑洞。这天生是一种球量子的“重男轻女”的脑洞，又恰恰遇上自己属于旧物理脑洞类似“女儿国”的人，要生“娃娃”，辉煌就只能如此这般的了。因为旧物理脑洞对电子的自旋如面旋，是球就不能取 z 和 y 两个空间方向同时作面旋，对球电子转轴只能一个方向取如 -z 和 +z 两个相反的值。这在环量子，是面旋正反转加上体旋倒轴向，1925 年“女儿国”的海森堡，创新出量子力学的“矩阵版本”后，“女儿国”的泡利立即配合，说电子自旋不能同时取两个空间方向正对应。不仅如此，“女儿国”还把这类只作面旋的球量子自旋编码，说成“不对易”概念的数理特征。量子力学有了“不对易关系”矩阵表示联系后，泡利再翻新电子的自旋描述可用 SU(2) 群的 2 维矩阵来表示。那么贯穿整个粒子物理发展的 SU(2) 群的 2 维矩阵，与球量子表示的 4 维时空有什么样的迷魂之处呢？

玄机是曲面的“边界”既可以认为是 2 维曲面，也可以认为是 3 维曲面。“女儿国”是 2 维球面可以考虑为是将 2 个圆盘的“边界”，无缝的粘合起来形成的封闭球面。同理，3 维球面可以考虑为是将这种 2 个 2 维球面，像数字“8”那样在一个“点”处，无缝的粘合起来，形成“球串串”类似的封闭图形的“边缘”。常识是，2 维球面这种单独的一个球体，转一圈是 360 度。“女儿国”做这个文章的目的，是想图说 3 维球面转一圈，是 720 度这类不同独特之处。如泡利就说：从 SU(2) 群的一个 2 维矩阵，表示回到自身需要经过 720 度的旋转。泡利、海森堡、狄拉克、洛伦兹等这些“女儿国”的公主们，脑洞大开，在 SU(2) 群的一个 2 维矩阵的数学大戏编排上确实身手不凡。奥秘还在类似球点三角坐标 xyz，三处都有 $1=1, 1=(-1), (-1)=(-1), 0=0, 1=0, (-1)=0$ 等多种配搭，选择何种 2 维矩阵都行。以上这 3 个矩阵就构成了 SU(2) 群的一个 2 维基础表示，这 3 个矩阵的线性组合可以构成 3 维球面上的任何一点。由此把 2 维表示联系电子的

波函数需要的 2 分量的向量，正好一个分量描述电子自旋向上的状态，另一个分量描述自旋向下的状态，并且可以从一个分量连续变化到另一个分量。

对此，新物理脑洞以环量子三旋标准评说是：旧物理脑洞大开，只知自旋类似球量子的面旋描述，没有体旋描述。为做大文章，狄拉克还把发现向量描述需要 4 分量的“完整的电子波函数”，说成这个 4 分量向量，对应洛伦兹群的 4 维表示的基，也被称为“旋量”。但多出的 2 个分量形成的向量是用于描述正电子，这个球量子是空洞。而且对要旋转 720 度的三维球面的“8”字形的“球串串”，也可以由一个电子和正电子，有间隙似地无限靠近组织完成。洛伦兹群的 2 个 SU (2)群的张量积，看该向量，可作为 SU (2)群的 2 维表示的基，以暗示球量子面旋不变动位置，但转轴方向倒位的上、下“自旋”，也就是“同位旋”，正好是电子所处的两个不同状态。泡利、海森堡、狄拉克等旧物理脑洞大开，为核子理论铺平了道路。

但新物理脑洞和旧物理脑洞大开分道扬镳，早发生在 1900-1911 年意大利数学家里奇和他的学生列维-齐维塔之间。因为研究类似“藏象拓扑象”与“藏数量子数”的黎曼几何和黎曼代数，1884-1894 年里奇通过研究黎曼、李普希茨以及克里斯托费尔微分不变量的理论，萌发了现称张量分析的绝对微分学思想。1890 年列维-齐维塔考入帕多瓦大学数学院，师从里奇，1894 年毕业后留校任教。“变量”和“不变量”联系光速，几乎成了类似政治“分水岭”。因为超光速存在实数超光速和虚数超光速之分，实数光速如果作为“不变量”，它只能存在于实数类似的时空；它作为实在事物，这是一个可测量计算的唯一标准。但在语言、信息领域，实数超光速可作为谎言、笑话、计算错误等存在。因此在科学理论推测中，这成两难问题。

以牛顿万有引力和麦克斯韦电磁场波计算为例，光速不变，就难以解决“如设绕着星球作圆周运动物体的半径为 1 米，它到星球表面最近距离为 30 万千米，当星球的半径大于 30 万千米时，要速度只有光速大的引力子，传到星球表面的信息才开始让里奇张量引力，产生整个星球体积的同时理想收缩，那么就不能使星球直径另一端的表面也同时开始收缩。因此必然有产生一半对一半的实数光速引力子和虚数超光速引力子，并以实数引力子到达时为准”才行。引力是拉力，不是推力，说到底类似“收缩”。里奇要用“收缩”解释黎曼张量包含的引力，但说不清楚具体的收缩机制。列维-齐维塔主张现实，说不清楚就模糊化。但两人矛盾并没有公开。

1901 年他们还合写了《绝对微分法及其应用》，发表在《数学年鉴》上，成为张量分析的经典著作，

为张量分析和拓扑学的发展开辟了道路，给出在欧氏和非欧氏空间特别是黎曼弯曲空间下，如何把某些偏微分方程及物理规律表示成张量的形式，以便使它们与坐标系无关。但两人的矛盾，还是在爱因斯坦要使用里奇“收缩”思想上，被间接暴露扩散开来。究其原因，列维-齐维塔是受父亲熏陶，做事现实。

做明星科学家不现实不行。广义相对论 $R_{uv} - (1/2)g_{uv}R = -8\pi GT_{uv}$ 方程因用张量分析，受到普遍重视。旧物理脑洞大开，推崇是学习列维-齐维塔，而不是里奇。列维-齐维塔 1902 年就成帕多瓦大学教授，1914 年)结婚。1918 年受聘罗马大学高等分析教授和理论力学教授，直到 1938 年因法西斯政策离职，三年后卒于罗马。列维-齐维塔的父亲贾科马·列维-齐维塔是一名律师，1908 年起任参议员。做官要现实，要善避开矛盾，趋利避害。列维-齐维塔在学术上也运用这一手，所以在旧物理脑洞中吃香。爱因斯坦也大学毕业就失业，要面对现实；加之“不变量”在相对论中的重要，是观测者的坐标系各不相同，而客观的物理规律对每一观测者都成立，这使绝对微分学成为爱因斯坦广义相对论的数学工具。相对论数学公式都有虚数，但在平常语言表达上，爱因斯坦学列维-齐维塔避开现实争论，就是不说。

列维-齐维塔变通里奇的“收缩”张量，早如此：他用“联络”、“协变”等概念，近似引力张量的拉力。爱因斯坦当然心领神会。在定位里奇张量的概念上，从 1913 年时起，对 $R_{uv} - (1/2)g_{uv}R = -8\pi GT_{uv}$ 方程，他先把 R 视为里奇张量； g_{uv} 视为弯曲空间中距离测度的黎曼度量张量； T_{uv} 为能量-动量张量；G 为牛顿引力常数和 π 为圆周率数；到 1955 年去世他也没有说 R_{uv} 是里奇张量。直到 1965 年，彭罗斯发表拓扑学方法提供的宇宙大爆炸时空奇点定理，1981 年古斯发表暴涨宇宙论，人们才确定 R_{uv} 是里奇张量，R 是它的迹，其他不变。恢复爱因斯坦的带宇宙常数 λ 的方程 $R_{uv} - (1/2)g_{uv}R - \lambda g_{uv} = -8\pi GT_{uv}$ ，成共识。

爱因斯坦在里奇的“收缩”张量和列维-齐维塔变通的“联络”、“导数”的说法之间，闪烁其词；以及爱因斯坦在里奇和列维-齐维塔两人之源的“黎曼张量”上，模糊，是要等待新物理脑洞才能明确里奇张量是“收缩”，也对。这里还有爱因斯坦更多的是看到，麦克斯韦电磁方程组为在匀速的运动之下保持其形式不变，时间坐标和空间坐标要采用一个常数矩阵 L 的变换。这个矩阵的变换，可以保证光速在不同惯性系是不变的；洛伦兹群的那个 4 维表示，正是这个矩阵 L。爱因斯坦脑洞打开，也认为常数矩阵 L 不必真的是一个常数，而是时间坐标和空间坐标的函数。

但爱因斯坦也需要重新定义空间导数，因为反过来，是不保证麦克斯韦方程在矩阵 L 变换下保持形式不变。也许是巧合，“ L 联络”与“矩阵 L ”都含有“ L ”；列维-齐维塔 (Levi-Civita) 协变导数，就是 L 协变、 L 联络。因对空间任意两点做测量，必须依据“定域”的原则，求导数也有“牛顿-莱布尼兹导数”方法。爱因斯坦聪明，是用了列维-齐维塔协变导数代替牛顿-莱布尼兹导数，这只是多增加一项函数“ L 联络”。“导数”说是纯数学，说 L 协变、 L 联络，还含引力的形象思维。“变通”，能在社会“吃通”，我们不反对；但前提要有人攻关去硬碰硬。因为引力的直接形象机制是“收缩”，引力场、引力波、“协变”、“联络”等说法以及数学公式，仅类似“信息”，只可含引力收缩的意思。这里类似一个统帅的作战进攻指令信息，传到前方没有官兵动手，就能完成消灭敌人的任务吗？今天旧物理脑洞对引力、引力波的说法和各种数学，并没有类似官兵如何动手的机制，这是量子引力终极理论吗？旧物理脑洞迷信列维-齐维塔，是有“变通”协变、联络之术。

但爱因斯坦跟着列维-齐维塔的“变通”转，还真完成了 20 世纪物理学创举。爱因斯坦写出物质分布影响时空几何的引力场方程，不容易。要图说非欧黎曼、里奇张量的“变通”，不容易。里奇张量引力整体收缩，牵连时空难以言说。他不明言列维-齐维塔变通的手法，就是证据。爱因斯坦是把时空的协变、联络，类比纤维线网织，从非欧黎曼时空本身明言是四维弯曲时空出发，空间弯曲结构自然仅取决于物质能量、动量密度，在时空中的分布。反过来时空的弯曲结构，会决定物体的运动轨道。这类似当沿着茶碗侧面抛入一个玻璃球时，玻璃球就不会马上落入碗底，而是沿着侧面滚动一会儿。同理，地球会沿着太阳所造成的时空弯曲，滚向太阳周围，又因地球是在几乎为真空的宇宙空间里公转，所以不会停止运动。

列维-齐维塔和爱因斯坦相继打造的导数“变通”协变、联络之术的物理脑洞，深深影响和熏陶了所有旧物理脑洞的“后来人”。这首先就深远到 1932 年海森堡转向开发的核物理领域：即使当时实验，才发现构成原子核的质子和中子。

数学从“ L 联络”与“矩阵 L ”都含有“ L ”，到“矩阵 L ”与列维-齐维塔导数即 L 协变、 L 联络的内在联系，非常紧密，但海森堡不是去追随爱因斯坦，而是追随列维-齐维塔，从“ L 联络”重新回到“矩阵 L ”，从旋量研讨球量子的自旋。海森堡想：具有几乎相同质量，只是质子带电，而中子不带电，那么忽略电磁相互作用，质子和中子不就可以看作，是同一种粒子所处在两个不同的状态吗？正是从这一点，海森堡反过来类比泡利的 $SU(2)$ “自

旋”理论，将 $SU(2)$ 群用于描述核子。

海森堡是最先把球量子面旋转轴方向，倒位的上、下自旋，仍坚持类比“自旋”，提出“同位旋”概念的。这又深远影响到 1954 年，杨振宁的物理脑洞。其实这一切类比，全息的协变、联络起点，是从这时开始，就把质子和中子统称为“核子”的。后再定义质子，是核子同位旋向上的状态，中子是核子同位旋向下的状态。

这是把一种球量子自旋转轴方向不同，出现自旋符号也不同，用于最先开发的微观粒子的编码方法，它又深远影响到我国上世纪 60 年代，国内产生的环量子自旋三旋编码基本粒子的发明。再说早在海森堡基础上的量子场论版本，是 1934 年费米拿来描述核子弱相互作用的衰变。由此在二战中，费米和海森堡也分别转入美国和德国的原子弹研发。这让爱因斯坦当然也知道其中的一些奥秘，他发明狭义相对论的质能公式，就与原子弹的能量威力有关。“ L 联络”等价“矩阵 L ”，使爱因斯坦认为，所有物理法则都应该在矩阵 L 变换下保持形式不变。由于矩阵 L 的形式可以是任意的，爱因斯坦推导“广义相对论”也缘于这种“广义协变原则”想法。

费米和海森堡的脑洞当然不曾放过学他推导“广义协变原则”：他们从质子和中子近似，类比引力质量与惯性质量相等近似，引力效应本身也可以被等价于时空坐标的变换 L ，由此任何物体都受到引力作用 L 联络，就是普适性。这又深远影响到另一对数学家师生的奇迹发生，他们就是希尔伯特和他的学生韦尔 (H. Weyl)。

早在 1918 年韦尔受爱因斯坦创新引力理论，改“牛顿-莱布尼兹导数”为“列维-齐维塔协变导数”，也脑洞大开，要再创新力学理论。韦尔从微积分求导看出破绽：微积分的连续、光滑，却离不开微分的间隙，由此他也考虑通过“导数”，改为更广义的“列维-齐维塔协变导数”联络方式，来推导连续光滑积分间隙量子起伏类似的卡西米尔效应平板链，使引力和电磁力统一归化为几何效应，甚至是时空“几何效应”。他知道老师希尔伯特 1915 年挑战爱因斯坦广义引力方程失败，就学把牛顿-莱布尼兹导数类比列维-齐维塔联络，再把“ L 联络”和“矩阵 L ”类比电磁势的“联络”写的方程：

$$D_t = \partial_t + \Gamma_{\alpha}^{\alpha} + A_t \quad (2-1)$$

这里韦尔创新的 $D_t = \partial_t + \Gamma_{\alpha}^{\alpha} + A_t$ (由于韦尔原公式角标在网上不好写，与原公对照，只是角标 $t=\mu$, $x=\lambda$)， D_t 为协变导数， ∂_t 为牛顿-莱布尼兹导数。从牛顿-莱布尼兹导数变化到“协变导数”，只是多增加一项函数 Γ_{α}^{α} 为列维-齐维塔联络。这里联系麦克斯韦方程的是 A_t 为电磁势，称之“规范变换”。因为 A_t 作为“联络”，可以保证物理量在标度 (尺度) 变换下的不变性。

反过来看里奇的学生列维-齐维塔,是把里奇张量“收缩”变通为“联络”,表面上能自圆其说,是为保证物理方程在坐标变换下,保持形式不变。但他不如韦尔用电磁势的“联络”,除能说明尺度变换下保证不变性外,还有磁场磁力线和电场电力线这类形象,可联系解读“联络”。但从列维-齐维塔到韦尔、从爱因斯坦到希尔伯特的数学-物理脑洞,都没有注意到里奇说的圆周运动,与直线运动引力机制不同,即使杨振宁教授在青少年时代,一开始学物理时,就有这方面的天才。

作为希尔伯特学生的韦尔,“韦尔张量”学却类似在创新引力,成为规范场的先声。爱因斯坦心里不是滋味,他揪韦尔的“规范变换”理论是跟列维-齐维塔的抽象思维转,而不看见韦尔张量也有的形象联系,批评韦尔是“每次围着一个圆周跳舞时,量杆都伸长了,那长度就没有意义了”。这是爱因斯坦把韦尔张量的“连续光滑积分间隙量子起伏,类似的卡西米尔效应平板链”的不变性,与列维-齐维塔的老师里奇的“张量引力圆周运动,两端有卡西米尔效应平板堆链”的不变性,等同或不懂。爱因斯坦认为“不变性”的尺度没有更深层具体机制的图像配合,任意变换尺度,意味着长度会受到电磁场的影响,会不确定。爱因斯坦批评,几乎断送整个旧物理脑洞的未来,而且首当其冲的受害者,其实就是韦尔和他自己。

但旧物理脑洞虽因爱因斯坦的影响,暂时放弃了韦尔的规范理论。但韦尔的“连续光滑积分间隙有量子起伏”的波动形象,思维毕竟光彩照人。1926年薛定谔创立量子力学的“波动版本”,就是对这种间隙量子起伏波动形象的首次“变通”;而且是走出“间隙”,具有局域和非局域的普适性。这一情况的改变,是电子可以用一个复数波函数来描述。其实复数描述微观物质,开创的是新物理脑洞的未来。但遗憾的是,此时该复数波函数,只是作为可以经历任意一个模为1的复数变换U,可保证波函数的模不变。这里旧物理脑洞之所以没有未来,是因为环量子的三大类自旋能证明:粒子波只能是一种概率波。因为要观察一个粒子,类似在一个环面上作一个标记,在环面质心不动的情况下,环面作三旋运动,在时空观察的粒子,是成几率波出现的。因为环量子的三大类自旋,可以同时连续与相互间不会影响的。而粒场波,是指路径积分局域或非局域波;它联系“0”量子起伏。由此海森堡测不准原理,与测量仪器的精度和技术的未来进步无关,只与“0”量子起伏的无数对实数和虚数,在路径积分的某时空观察有关。

粒子波和粒场波两者天然合一,像复数是实数和虚数的天然合一,所以薛定谔的量子力学方程不影响波函数的概率解释。而首先意识到这一点的,

应该归功于德国科学家F·伦敦和H·伦敦两兄弟运用在超导电性上。1935年这兄弟二人根据超导体的两个基本性质的许多事实,即卡西米尔和戈特1933年至1934年最初关于超导体的热力学提出的二流体模型:超导体中的电子由两部分组成,一部分仍与普通导体中的电子相同,称为正常电子,遵从欧姆定律;另一部分具有超导电性,运动时不受任何阻力,称为超导电子,而独立于卡西米尔和戈特也提出了类似二流体模型的称为,描述超导电子运动规律的两个伦敦方程。特别F·伦敦早在1929年,他就认为:韦尔所考虑的“标度变换”,能被复数变换U代替的话,那么麦克斯韦方程组,就可以在量子力学中自动的出现。如此,电磁场就可以被解释为“规范场”。

他这一工作引起泡利的注意,1941年泡利总结量子力学规范变换的物理意义时说:波函数的规范不变性,事实上保证了电荷守恒。泡利这个说法,也直接影响到杨振宁:规范电荷守恒,联系到电子波函数的相位不变性。1943年至1946年杨振宁还在昆明和芝加哥做研究生时就想:越来越多的介子和各类相互作用的陆续发现,要建立一个原则来统一描述。他联系到1932年海森堡的SU(2)核子理论,也想把核子的同位旋守恒纳入规范变换的范畴。因为海森堡就把质子和中子,看作“核子”的两种同位旋状态。杨振宁认为,既然电子的电荷守恒,可归结为电子波函数的规范不变性导致电磁场的出现,那么核子的同位旋守恒也可由规范不变性决定。

按海森堡的质子和中子被考虑为核子的两个不同状态,核子波函数可以用2维的向量来表示,它是SU(2)表示的基。这个2维向量在常值的SU(2)矩阵变换之下的不变性,可导致核子的同位旋守恒,也类似于狭义相对论的情形;和对应麦克斯韦方程在L变换下保持的形式不变,导致广义相对论诞生的洛伦兹矩阵L,是时空坐标的函数。杨振宁的物理脑洞,是考虑核子的同位旋守恒性还成立,也要把常值的SU(2)矩阵,换成依赖于时空坐标的SU(2)矩阵。只不过洛伦兹矩阵L的角色,被SU(2)矩阵替换。杨振宁把广义协变的思想,推广到了波函数的内部空间。

与广相对论的“定域化”一致,杨振宁也考虑将“牛顿-莱布尼兹导数”修改为“协变导数”。这如同薛定谔创立量子力学方程,走出韦尔的微积分规范场间隙,不再仅仅限于时空坐标的变换。但他却忽视了韦尔的根本出发点,是在数学几何拓扑类似卡西米尔效应平板及量子起伏的形象图解上挖掘。当然杨振宁也联系过,陈省身的拓扑纤维丛图像。但杨振宁的物理脑洞,更迷恋于数学的代数方程形式。当然这也是必要,由此他追随韦尔,在电磁场的规范理论构造协变导数。旧物理脑洞的同位旋守

恒，是在球量子面旋的自旋中，对所有相互作用，都认为是在同位旋的变换下，保持不变，以体现球量子面旋的万能。这一观点，真万能吗？

其实这不是爱因斯坦“广义协变原则”的自然扩展，因为即使狭义和广义相对论使用球量子，但它们并不需要不认真区别球量子的自旋是面旋和体旋两类，环量子的自旋是面旋、体旋和线旋三大类。杨振宁的功劳，主要是同位旋不变性，被规范不变性这一术语所替代。1954年杨振宁在米尔斯的协助下，创立非阿贝尔规范场理论。杨振宁对韦尔规范场的创新和超越，是类似吸收卡西米尔和伦敦兄弟“二流体模型”解释，把韦尔规范场只是实数的一种相因子，推广为实数与虚数两种相因子结合。即将U(1)规范群的协变导数，在电磁场起就构成复数情形。这也只需添加一个矩阵“场”函数，作为“联络”，就可以推广到SU(2)矩阵的平凡情形。

但要构造一个麦克斯韦方程的SU(2)“矩阵版本”，必须反映是所有矩阵类型规范场的统一数学结构，构造SU(2)规范场“矩阵版本”的非阿贝尔规范场理论，以区别于平凡的阿贝尔规范场理论，刚开始困难是很大的。这类似墨比乌斯圈带是不平凡圈带，不是平凡圈。而且它的圈带扭转，还要分左斜和右斜；左斜和右斜分别的旋转，还要分正转和反转，复杂类似李群结构。杨振宁和米尔斯只是沿用了韦尔规范场的提法，把包括复数和矩阵在内的导致波函数描述内部空间变换的全体，称之为“规范变换”。所有增加的相互作用在规范变换下保持不变的相应“联络”，仍然称为“规范场”。这样去跟上发展核子弱相互作用量子场论版本的费米脑洞，杨振宁开始把目标，也定在规范场理论可以描述核的强相互作用与弱相互作用上，这也他和李政道1957年在弱相互作用上，能获诺贝尔物理奖的早先基本功。

杨振宁把他的SU(2)规范场，用于解释质子和中子的弱相互作用，他从电磁场本身是规范场，如果弱相互作用也是规范场，认为规范不变性很可能导致相互作用之间的统一。所以杨振宁首先想到，质子和中子既然是核子的不同状态，核子从一种状态变化到另一种状态，是可以SU(2)矩阵变换得到的。后来的物理脑洞，正是沿着SU(2)矩阵依赖时空坐标以保证“定域性”时，协变导数的构造要求出现三个类似于电磁场的规范场W⁺、W⁻、Z。在这三个规范场中，W⁺和W⁻分别带正电和负电，Z不带电。质子和中子之间的互相转化，被考虑为弱相互作用的结果。

问题是，考虑W⁺、W⁻、Z是传递弱相互作用的粒子，这三个粒子也应和电磁场一样，质量必须为0，以保证规范不变性。在1957年获得诺贝尔物理奖后，杨振宁的弱相互作用规范场再推广受到挫

折。因为泡利指出：质量为0，暗示的是长程相互作用，但弱相互作用是短程的。尽管泡利反对，杨振宁的SU(2)规范场也被搁置，但物理脑洞是有“传染”性的。第一批“感染”的包括盖尔曼、施温格和他的学生格拉肖，他们都想用非阿贝尔规范场描述核力。第一个描述强相互作用取得成功的是盖尔曼，他的夸克模型可以看作他采用非阿贝尔规范场的前奏。施温格和格拉肖师生学习杨振宁的想法，解释弱相互作用则集中于利用SU(2)规范场。

施温格最先将Z解释为光子，将W⁺和W⁻解释为弱作用粒子。但施温格无法摆脱W⁺和W⁻是0质量的问题。好运却被他的学生格拉肖获得，格拉肖不学日本坂田昌一，而学盖尔曼，他把质子和中子不作为基本粒子。格拉肖说：核子的SU(2)同位旋不变性，并不准确；把它们看作是核子的两种不同状态，也不严格。1961年格拉肖把包括电子和中微子的轻子，纳入SU(2)对称性的情形，类比SU(2)核子理论分配轻子的对称性。他认为电子和中微子，也可以看作是同一种轻子的两种不同状态；电子带有电荷，必定融入电磁相互作用；电子和中微子具有弱相互作用，如果它们是轻子的不同状态，那么电磁力和弱相互作用，就可以在轻子2重态的图解上统一起来。对比韦尔的物理脑洞是电磁场为U(1)规范场，格拉肖是把SU(2)和U(1)这两个矩阵，“变通”为直积SU(2)×U(1)，以形成更大的矩阵表示。

格拉肖脑洞大开，不光是利用SU(2)×U(1)得到电磁场，还预言了W⁺和W⁻两个带电的弱相互作用粒子。更妙的是，他预言的弱中性粒子Z，还给出了物理量类似的温伯格角。但格拉肖的模型不足，是他构造的W⁺、W⁻、Z三个粒子的质量，导致破坏了规范不变性；且无法正确预言弱电统一理论W⁺、W⁻、Z三个粒子的质量。但格拉肖赛过他的导师施温格，终归说明物理脑洞也有“老化”的时候。早在1957年获得诺贝尔物理学奖前的1956年，杨振宁和李政道发现弱相互作用下宇称不守恒时就说：宇称不守恒是因为没有右旋中微子，也没有左旋的反中微子。

杨振宁早就念念不忘要修改1934年费米的弱相互作用理论，而1958年费曼和盖尔曼发展出不可重整的弱相互作用的“普适V-A理论”，也是建立在杨振宁和李政道的弱相互作用理论的基础上。朗道构造场论模型描述超导电性时，也早在运用“对称性自发破缺”的概念，对超导电性凝聚态作解释。1960年南部阳一郎认为，超导的“对称性自发破缺”是破坏掉了超导电子的“电荷守恒”；电荷守恒被破坏，U(1)规范不变性也破坏；规范不变性被破坏，规范场的质量也就不必再为0。由此超导电子对的数目不确定，超导电子的电荷总量，也就不确定。

1964年希格斯的物理脑洞正是抓住这一点，将

规范场获得质量用于“希格斯机制”，到2013年获得诺贝尔物理奖。1967年温伯格和萨拉姆采用格拉肖关于电子和中微子，是弱相互作用下轻子的不同状态；以及杨振宁和李政道的宇称不守恒，只存在左旋中微子和右旋反中微子等创新，脑洞大开“变通”出正确的弱电统一，是把左旋电子和左旋中微子，也看作同一种左旋轻子的两种不同状态，而右旋轻子只有一种右旋电子的状态。温伯格特别说：弱作用和电磁作用，是同一种相互作用，它们一起使得左旋轻子发生状态改变的。温伯格认为，电子有质量，而中微子没有质量。因为类似于海森堡质子和中子的SU(2)版本，左旋电子和左旋中微子被看作同一种左旋轻子的两种不同状态，那么SU(2)对称性成立，左旋电子和左旋中微子质量应该相同。左旋电子和左旋中微子的质量不等，那么就破坏掉了SU(2)对称性。

温伯格也把“希格斯机制”运用到他的“弱电统一”模型中，使得SU(2)对称性发生对称性自发破缺，导致左旋电子获得质量，左旋中微子照旧没有质量，反而使W⁺、W⁻、Z这三个弱相互作用粒子，还获得质量。这是温伯格向格拉肖学习，变通“类似温伯格角”，得到正确的“温伯格角”，才预言了W⁺、W⁻、Z这三个弱相互作用粒子的质量大小的。而萨拉姆的“弱电统一模型”，也类似温伯格的模型。

观察这条物理脑洞链，最后是格拉肖把弱电统一的“轻子”模型，推广到“夸克”版本，并成功的预言了粲夸克的存在。但即使格拉肖的物理脑洞首屈一指，却类似他的导师施温格，也有“老化”的时候，因为在今天超弦理论的竞赛中，格拉肖也不如他的学生兰德尔、桑德鲁姆等新秀。但总之，温伯格、格拉肖、萨拉姆定义的弱电统一模型，1978年被欧洲核子研究中心(CERN)的质子-反质子对撞

机搜索W⁺、W⁻、Z玻色子实验证实，1988年他们三人共同获得诺贝尔物理奖，以非阿贝尔规范场理论为基础的弱电统一模型，已成为粒子物理的标准模型。

参考文献

- [日]大栗博司，超弦理论：探究时间、空间及宇宙的本质，人民邮电出版社，逸宁译，2017年2月；
- [日]福田伊佐央，超弦理论：最有希望成为统一解释中各种物质与力的终极理论，科学世界，2017年第8期，魏俊霞等译。
- 王德奎，三旋理论初探，四川科学技术出版社，2002年5月；
- 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；
- 王德奎，解读《时间简史》，天津古籍出版社，2003年9月；
- 刘月生、王德奎等，“信息范型与观控相对界”研究专集，河池学院学报2008年增刊第一期，2008年5月；
- 叶眺新，中国气功思维学，延边大学出版社，1990年5月；
- [日]山村齐，隐匿的宇宙：用基本粒子揭开宇宙之谜，人民邮电出版社，逸宁译，2017年7月；
- 陈斌，弦论：实现爱因斯坦之梦，科学世界，2017年第8期；
- 陈超，量子引力研究简史，环球科学，2012年第7期；
- [英]布莱恩·克莱格，量子纠缠，重庆出版社，刘先珍译，2017年2月。

12/9/2017