

爱因斯坦的狭义相对论是正确的吗？

黄志洵

(中国传媒大学信息工程学院, 北京 100024)

摘要：物理学定律之一的相对性原理从任意惯性系看来的一致性最先由 H.Poincaré 推介，而 Lorentz 变换(LT)体现该原理，但 H.Lorentz 于 1904 年发表的相对性思想是在以太存在性之下得出的。1905 年 Einstein 发表了著名论文，其中有一个公设——光速不变性原理，由此认为不需要以太，亦即用不着一个优先的参考系。后来的讨论总包含下述问题：Einstein 的狭义相对论(SR)和改进的 Lorentz 理论(MOL)，哪个更好地描述自然界？这两者的主要区别在于，SR 认为所有惯性系都是平权、等效的，而 MOL 认为存在优先的参考系。多年来的众多研究讨论显示，SR 存在逻辑上的不自洽，亦缺少真正确定的实验证实。由此可以理解欧洲核子研究中心(CERN)的著名科学家 John Bell 在 1985 年所说的话：“我想回到 Einstein 之前，即 Poincaré 和 Lorentz”。这实际上是说 SR 是不正确的。

现在我们应重新审视 1905 年 Einstein 以光速不变假设为基础的关于同时性的定义——当光信号由位置 A 传到位置 B，并立即返回到 A，则有时间关系式 $t_B - t_A = t'_A - t'_B$ 。……但在 2009 年林金团队发表一篇论文，报道他们对 Einstein 光速不变假设的判决性实验检验，它是在中国科学院国家授时中心的高精度 TWSTT(双向卫星时间传递)设施上完成的。通过对比单程光信号同时性定义和双程光信号同时性定义的测量机制证明：在有相对运动的情况下双程光信号中的“往”和“返”两个单程信号通过的时间必然是不相等的，因此 $t_B - t_A \neq t'_A - t'_B$ 。在航天技术帮助下，林金教授证明了光速不变理论的错误。

SR 的逻辑基础是相对主义，会造成原理上的悖论。产生的各种悖论质疑了 SR 的自治性，最著名的一个是 P.Langevin 于 1911 年提出的双生子佯谬。

本文对时空一体化提出批评，相对论正是建筑在 space-time 概念的基础上。但 space-time 的意思是什么？人们其实并不知道。Minkowski 建议了一个 4 维矢量，把时间与 3 维空间搞在一起。这种处理在数学表达上有优点，但与物理实际相悖。space-time 在计量学和 SI 制中都不存在，并且没有可测性。把空间矢与时间矢相加根本不可能，没有任何意义！从根本上讲，时间与空间不能混合在一起。

基于上述理由，我们认为 Einstein 的狭义相对论是不正确的。

关键词：狭义相对论；光速不变原理；相对主义；时空一体化

作者简介：黄志洵（1936-），中国传媒大学教授、博士生导师，中国科学院电子学研究所客座研究员。

E-mail: huangzhixun75@163.com

Is the Einstein's Special Relativity Correct?

HUANG Zhi-Xun

(Communication University of China, Beijing 100024)

Abstract: The principle of relativation, that is the law of physics, should be the same as viewed from any inertial frame, was popularized by H.Poincarè, the Lorentz transformation(LT) embody that principle, when H.Lorentz adopted them for his own theory of relativity, first published in 1904 in an ether existence. In 1905, A.Einstein published his famous paper, that the speed of light will be locally the same for all observers regardless of their own state of motion, this did away with the need of ether, i.e. a preferred frame of reference. The ensuing years saw much discussion of whether nature was more like Einstein's special relativity(SR) or modified-theory of Lorentz (MOL), the principal differences between the two relativity theories stem from the equivalence of all inertial frames in SR, and the existence of a preferred frame in MOL. From the more discussions of view, SR is logically inconsistent, also does not have sure experimental evidence. Therefore, in 1985 the famous scientist of CERN, John Bell said:"I hope return the states before Einstein. i.e. return to Poincarè and Lorentz". This situation means that the SR is wrong.

Now, we must re-examine the definition of simultaneity proposed by Einstein in 1905, it based upon the postulate of the light speed constancy——when the light signal from position A propagate to position B, and soon back to A, the relation of time is $t_B - t_A = t'_A - t'_B$ But in the year 2009, LIN Jin et.al. published an article for the crucial experiment in order to checking Einstein's postulate of the light speed constancy. It was performed at the high precision TWSTT (Two Way Satellite Time Transfer) facility of the National Time Service Center, Chinese Academy of Sciences. By comparison the measurement mechanisms of one way light signal simultaneity and "to-and-fro" two way light signal simultaneity, the principle of the crucial experiment has proved: if there exists relative motion, the "uplink" and "downlink" light signal passage times of the "to-and-fro" two way light signal are not equal, so that $t_B - t_A \neq t'_A - t'_B$. By means of space technology, Prof. LIN was proved that the theory of light speed constancy is wrong.

The SR is based on the logical foundation of relativism, so it will lead to violate the principles and contraction. Various paradoxes have been raised to question the consistency of SR, the most famous one is the twin paradox by P.Langevin in 1911.

In this paper, we criticize the time-space integration. The theory of relativity is based entirely on the unique concept of space-time, but what does this space-time mean? In fact, people do not really understand space-time. Minkowski proposed the concept of a four-dimensional vector, which adds time to the three-dimensional space as a whole. This treatment has certain advantages in mathematical expression, but it violates physical reality. Space-time does not exist in metrology and SI system, and space-time does not have measurable characteristics. It is a lack of rationality to artificially construct a new parameter with different dimensions of physical quantity. Adding a space vector to a time vector is virtually impossible and meaningless! Fundamentally speaking, time and space should not be mixed up together.

For these reasons, we believe that the special relativity of Einstein is not correct.

Key words: Special Relativity; principle of light speed constancy; relativitism; time-space integration

1 引言

2005 年, 美国著名刊物《Science》创刊正好 125 年。为了纪念也为了活跃学术讨论, 该刊在广泛征求专家学者们(其中有多位 Nobel 奖获得者)的意见后, 整理提出了 125 个问题, 涵盖数学、天文学、物理学等多个领域, 展示出研究前沿所在以及科学发展面临的困难。16 年后(即 2021 年)恰逢上海交通大学建校 125 周年, 该校林忠钦校长决定重新公布上述 125 个问题, 作为校庆感言。笔者认为这些问题的提出并非全都很好, 但它们有很强的代表性。例如, 在天文学栏目(Astronomy)中, 有几个问题就很尖锐, 一个是“Where did the big bang start?”(大爆炸从何处开始的?); 另一个是“Is Einstein’s general theory of relativity correct?”(Einstein 的广义相对论是正确的吗?)还有一个问题是“what is gravity”(“什么是引力”)。这些问题矛头指向广义相对论(GR), 流露出强烈的不信任感。也有一些问题是间接质疑狭义相对论(SR)的, 一个是“Will we ever travel at the speed of light?”(我们能以光速旅行吗?), 另一个是“what is the maximum speed to which we can accelerate a particle?”(我们能将粒子加速到的最高速度是多少?)这都暗指 SR 的一个著名论点: 以光速或超光速运动是不可能的。进入新世纪之后, 美国名刊《Science》领头质疑相对论, 而又被中国的名校上海交大所重复, 确实令人有些吃惊。

1921 年 5 月, A. Einstein^[1]在美国 Princeton 大学的讲座 Stafford Little Lectures 作了讲演, 共 4 次, 题目分别为“相对论前物理学中的空间与时间”、“狭义相对论”、“广义相对论”、“广义相对论(续)”, 其重点是放在 GR 上。Einstein 把物理学的发展分为相对论前的

(pre-relativity) 和相对论出现后的两大阶段，显然是把相对论放在历史性里程碑的地位。他可能太过自信了，百多年来批评之声不绝于耳。鉴于当前有的专家学者在严厉批评 GR 的同时明确表示不愿意放弃对 SR 的信任，我们在此略抒己见。本文企图回答的问题是：Is the Einstein's special relativity correct? 这个论题其实很大，我们只能摘要叙述。

2 狭义相对论(SR)的主要内容

我们先看 SR 的核心内容是什么。SR 的基础是两个公设和一个变换。第一公设说“物理定律在一切惯性系中都相同”，即在一切惯性系中不但力学定律同样成立，电磁定律、光学定律等也同样成立。第二公设说“光在真空中总有确定的速度，与观察者或光源的运动无关，也与光的颜色无关”。这被 Einstein 称为 L 原理。为了消除以上两个公设“在表面上的矛盾”（运动的相对性和光传播的绝对性），SR 认定“L 原理对所有惯性系都成立”；或者说，不同惯性系之间的坐标变换必须是 Lorentz 变换(LT)。现在，Einstein 认为 LT 不仅赋予 Maxwell 方程以不变性，而且是理解时间与空间的关键，即用 LT 把时、空联系起来。SR 还有 4 个推论（运动的尺变短、运动的钟变慢、光子静质量为零、物质不可能以超光速运动）和 2 个关系式（速度合成公式、质量速度公式），这些便是构成 SR 的主要内容。至于质能关系 $E = mc^2$ ，我们认为它不能算是 SR 的导出关系式。

先看第一公设(狭义相对性原理)；1905 年 Einstein^[2]说：“企图证实地球相对于‘光媒质’运动的实验的失败，引起了这样一种猜想……在力学方程成立的一切坐标系中，对于上述电动力学和光学定律都同样适用。……我们要把这个猜想提升为公设”。这就是说，他是把力学领域里熟知的 Galilei 相对性原理推广到所有现象——首先是电磁现象，并希望由此提出自然界和时空相互联系的性质的结果。因此，狭义相对性原理是说“一切物理定律在相对作匀速直线运动的所有惯性系内均成立”。

再看第二公设；1905 年 Einstein 说^[2]：“光在空虚空间里总是以一确定速度 c 传播着，这速度同发射体的运动状态无关”。与第二公设相联系的另一个核心概念是“同时性的相对性”。设在 A 点的钟可定义在 A 处事件的时间(t_A)，在 B 点的钟可定义在 B 处事件的时间(t_B)；但如何比较 t_A 及 t_B ？需要一个“同时性”定义。为此，Einstein 提出光速不变假设。如在 t_A 发送光脉冲，则 B 处时钟指示的时间为

$$t_B = t_A + \frac{1}{c_{AB}}$$

c_{AB} 是 A→B 的单向光速，被认为不可观测，因它取决于钟 A 和钟 B 的事先同步（单向光速与同时性定义有关）。现在 Einstein 按 $c_{AB} = c_{BA} = c$ 而定义同时性，这与按回路光速不变原理

出发而定义不同（迄今各种实验只证明回路光速不变，而非单向光速不变）^[3]。光速不变原理如正确，则时间、同时性不是绝对的，长度测量也失去绝对性（在不同惯性系中测量得到结果不同）。

还有一个 SR 的核心概念是“不存在 preferred frame（译作优越坐标系或优越参考系）”。这件事关系到对“以太”的理解。J.Maxwell 在 1879 年去世前一直关注着测量以太(ether)的可能性，希望测出地球与以太的相对速度——假如以太存在的话。但 1887 年的 Michelson-Morley 实验就未观察到这一速度，以太理论岌岌可危。1892 年 H.Lorentz 发表论文（“论地球对以太的相对运动”）提出了长度收缩假说，1895 年更精确地给出了这一收缩的系数为 $\sqrt{1-v^2/c^2}$ ，亦即在运动方向上有

$$l=l_0\sqrt{1-\beta^2}$$

式中 $\beta=v/c$ ；据此他预言在地球上不能观测到“以太风”的数量级的效应。此后，1904 年 Lorentz^[4]发表的论文中提出了 LT。到 1905 年，Einstein^[2]说由两个公设并运用 Maxwell 理论即可得简单的动体电动力学，“光以太概念是多余的”。1907 年，Einstein^[5]重申必需抛弃以太，并说组成光的电磁场不是一种状态而是一种实物。但到 1920 年，Einstein^[6]说，SR 也并不一定要求否定以太，也可以假定以太是存在的，只是必须不认为它有确定的运动状态。为什么呢？“否认以太存在最后总意味着空虚空间绝对没有任何物理性质”；但任何空间都有引力势，它对空间赋予度规性质（用 10 个函数即引力势 $g_{\mu\nu}$ 描写空虚空间是广义相对论的内容）。换言之，引力场的存在是和空间相联系的，这与电磁场不同（在某个空间部分没有电磁场是可能的）。因此，Einstein 说，按照 GR，“一个没有以太的空间是不可思议的，因为在这种空间里光不能传播，而量杆和时钟也不能存在了。”我们看到，在 SR 发表 15 年后，Einstein 不再说以太多余并不断重复一个名词——“广义相对论以太” (ether of GR)。

如果我们局限于讨论 SR，就不能把 Einstein 提出 GR 以后的思想与原来的 SR 混为一谈。众所周知，SR 认为不存在优先的参考系，认为任何惯性系都是等价、平权的，只有相对运动才有意义。反之，Lorentz 理论是以绝对时空观以及存在以太（形成绝对坐标系）作为出发点的，它可以解释 M-M 实验的零结果。也就是说，Lorentz 选择以太作为优先的参考系，静止在这个系中的物体长度最大、时钟走得最快、时间是 Newton 的绝对时间（唯一真实的时间）；而相对于这个系运动的物体会缩短，时间会变慢。而长度、时间的变化总是绝对的，可由对应于以太的速度唯一地决定。这就与 SR 不同；SR 认为这些变化是相对的、可倒易的，不存在什么绝对时间。

3 SR 理论体系的内在矛盾和不自洽

首先，光速不变的绝对性与强调运动相对性的狭义相对性原理是不可能相容的。在 SR 的两条基本假设之间存在着不可调和的矛盾，这一点已在 20 世纪 70 年代由 E.Silvertooth 证明了。虽然 Einstein 本人对此也心存疑虑并试图证明只是存在表观矛盾，但未能解决二者的相容性。实际上在 Einstein 用同时的相对性和长度收缩这两个由公设（原理）导出的推论来证明相容性时，已经犯了本末倒置和逻辑循环的错误。Einstein 断言没有绝对运动以坚持相对性原理，又把无静止系因而是绝对运动的光引入来构造第二公设，两个公设互不相容极其明显。

具体到第一公设（狭义相对性原理），早在 20 世纪 60 年代就受到批评，例如 H.Bondi^[7]（在 1962 年）、P.G.Bergman（在 1970 年）、N.Rosen（在 1971 年），他们认为在宇观尺度上 SR 的相对性原理被破坏，因此时惯性运动和惯性系概念已不再适用。2005 年郭汉英^[8]说，当今物理学要求把宇观物理和微观物理联系起来用统一规律描述，但相对性原理与宇宙学不协调；这表现在河外星系红移的发现表明宇宙现象存在优越速度，这一点早在 1962 年就由 Bondi 指出了。满足相对性原理的物理规律按说没有时间方向，但宇宙演化、膨胀却给出了时间方向。这些导致相对性原理不再成立。正如 Bondi 所说，宇宙学和相对论物理理论之间有明显冲突。

2007 年谭暑生^[9]的论述与郭汉英一致但又深入一步：宇宙学原理要求描述宇宙演化和宇宙空间的标准坐标系，它是一个优越的时空坐标系；大尺度时空根本不是 SR 的 Minkowski 时空，而是宇宙标准时标和宇宙背景空间，故 SR 时空观及相对性原理在宏观尺度上是不成立的。SR 单纯强调运动的相对性而忽视运动的绝对性，造成了深刻的逻辑矛盾。

另外，也有学者对第一公设设计专门的证伪实验。2008 年王汝涌^[10]说，如果在一个封闭系统中实验，发现在两个匀速直线运动状态下所得结果不同，即证伪了狭义相对性原理；而且，如实验是使用光速，也就证伪了光速不变原理。他把这个课题称为“速度计项目”，也有做实验的打算。

关于第二公设（光速不变原理），现有的表述都是假设，至今缺乏真正的实验证明。这是连相对论学者都承认的，例如张元仲指出^[3]，说“光速不变已为实验证明”并不确实。Einstein 光速不变原理所指为单向光速，即光沿任意方向的传播速度；但许多实验所测并非单向光速的各向同性，而是回路光速的不变性。此外，该书 1994 年重印本再次强调单向光速不可预测，这是因为“我们并没有先验的同时性定义，而光速的定义又依赖于同时性定义”。张元仲认为 Newton 的绝对同时性在现实中无法实现；Einstein 提出光速不变假设，即用光信号对钟；……说是假设，因它不是经验（实验）结果，因为单向光速的各向同性没有（也

无法)被实验证明。要测量单向光速就得先校对放在不同地点的两个钟,为此又要先知道单向光速的精确值。这是逻辑循环,因此试图检验单向光速的努力都是徒劳的。(文献[3]列举的多个实验都是为了证明回路光速不变原理)。

多年来在科学界一直有人提出与光速不变原理不同的意见。1936年, A.Proca^[11]提出了在考虑光子静止质量($m_0 \neq 0$)时的对 Maxwell 方程组的修正;而在 Proca 方程组的理论体系中,光速不变原理不再正确,光速将与电磁波的频率有关。1980年,陆启铿等^[12]提出“放宽对光速不变原理的要求”,即把“假定同一惯性系中任一时空点测量的光速都是 c ”,改为“给定惯性系中只有一个时空点(可选为时空坐标原点)的光速都是 c ”。这是为了减小 SR 与现代宇宙学的冲突。

在实验方面,文献[3]列出了“光速不变性”方面的实验共 12 个(从 1881 年到 1972 年),“光速与光源运动无关性”方面的实验共 16 个(从 1813 年到 1966 年)。但前者只说明回路光速不变原理,后者只适用于 $v \ll c$ 的情况。1996 年,陈绍光等^[13]以实验检验光速是否各向同性,据称已达到 $\Delta c / c < 1 \times 10^{-18}$ 的精度,但也是针对双向平均光速的。近年来,美国 St.Cloud 州立大学的王汝涌(R.Wang)研究员用现代科技重做 Sagnac 类型实验,使用了运动光纤、空心光纤、呈之字形移动的光纤以及分段的光纤,在不同速度条件下做了现代的 Sagnac 实验,证明速度对来回运动的光纤中的光传播有影响,光的传播时间是不同的。2005 年王汝涌说^[14]“我们的结果证伪了光速不变原理”(“a result falsifying the principle of the light-speed constancy”)。

总的讲,光速在 SR 中的数学表达似乎是混乱的——有时 $c \pm v = c$, 有时 $c \pm v \neq c$; c 既是有限值,又仿佛是无限大。光速不变原理否定了传统的速度合成法则,造成了物理学中的两种速度求和方法——经典物理的和相对论的,这造成了混乱。

近年来国内外多位科学家提出存在优先参考系,即认为有绝对坐标系的形成。故 Lorentz-Poincaré 时空观重新受到重视;亦出现了进一步的理论。多年前科学刊物《New Scientist》所报道的“以太理论高调复出、取代暗物质”,也在提醒我们不宜完全抛弃 SR 理论出现之前的科学成果。如果说现在有向 Galilei、Newton、Lorentz 回归的倾向,那也是在现代条件下的高层次回归,而不是简单的倒退到旧有的概念。

Lorentz 物理思想重新受到重视是有原因的。1977 年 Smoot 等^[15]报告说,已测到地球相对于微波背景辐射(CMB)的速度为 390km/s;因而物理学大师 P.Dirac^[16]说,从某种意义上讲 Lorentz 正确而 Einstein 是错的。美国物理学家 T.Flandern^[17]于 1997 年~1998 年间发表引力传播速度(the speed of gravity)是超光速,为 $v \geq (10^9 - 2 \times 10^{10})c$, 同时声称用 Lorentz 相对论(Lorentzian relativity)就能解释这些结果,而 SR 在超光速引力速度面前却无能为力。

“时间延缓问题本文不再详述，现在谈一下 Sagnac 效应、GPS 修正和 SR 两公设的检验。1913 年法国科学家 G.Sagnac^[18]做过一个实验：在一个旋转圆盘上，两个反向传播的光束经过一闭合回路所用的时间不同，其差值为：

$$\Delta t = 4 \frac{A\omega}{c^2}$$

式中 ω 是旋转角速度， $A = \pi r^2$ 是回路面积。Sagnac 效应与光速不变原理是否有矛盾？争论一直不断。由于光束是作圆周运动，而 SR 是针对匀速直线运动，故未有肯定结论。另外，1925 年 A.Michelson 和 H.G.Gale 发现了地球自转的 Sagnac 效应；1985 年通过比较地球上三个地面站（分处美国、德国、巴西）收到的 GPS 卫星的信号时间，证实了地球自转的 Sagnac 效应对收到信号时间的影响。

现已查明，在同一轨道上的两个 GPS 卫星之间的信号传递，从后面卫星传到前面卫星的时间，比前面卫星传到后面卫星的时间，多出几个 ns。这是 Sagnac 效应造成的，是不可忽略的。有人认为进行的修正是相对论性的，因为光速不变原理说在一个惯性系中光速总是 c ，而当接收器运动时，光束要多走一些或少走一些路程，故到达接收器会晚一点或早一点。王汝涌^[10]认为：光速不变原理是指在所有惯性系中光速都是 c ，而非只在某个单独惯性系中是 c ，因此看成相对论修正是不对的。他指出：“与狭义相对论的断言相反，相对于运动的观察者而言，光速并非永远保持恒定。GPS 显示，在地球惯性中心(Earth Centered Inertial, ECI)非旋转框架里，光速相对于框架恒定为 c ，但不是相对于该框架中运动的观察者（或接收机）恒定为 c ”。

王汝涌曾设计了多个推广的 Sagnac 效应实验，除基本实验之外又有零面积、8 字形、剪切平行四边形等。如果比较两个边长不同的剪切平行四边形，实验会发现当匀速直线运动的上边长度增加 ΔL ，时间差就增加 $v \cdot \Delta L / c^2$ ；这与光速不变原理不相容。

4 中国科学家对光速不变假设的大尺度判决性实验

既然光速不变原理来自静止以太理论，而 MM 实验却否定了以太，那么光速不变原理是否还应存在呢？Einstein 的作法，不但保留光速不变这个假说，而且提高其地位。他曾说：第一步要拒绝以太假说：然后为走出第二步，必须使相对性原理容纳 Lorentz 理论的基本引理，因为拒绝这条引理即是拒绝这个理论的基础。以下即此引理：‘真空中光速为常数，并且光和发光体的运动无关。’我们将此引理上升为原理。为简单起见我们以后称之为光速不变原理。在 Lorentz 理论中此原理仅对一个处于特殊运动状态的系统成立：即必须要求系统相对以太为静止。假如我们想保留相对性原理，我们必须容许光速不变原理对任何非加速度运动系成立”。

Einstein 又说：“根据经验，我们还把下列量值

$$\frac{2AB}{t'_A - t_A} = c$$

作为一普通常数——空虚空间的光速。利用在静止系中的静止钟来定义时间这一点是本质的，我们称现在适合于静止系定义的时间为‘静止系时间’。”

很明显，在这当中有一些需要用实验证明的假设。在 Einstein 1905 年论文中还没有这样的实验证明，因而 Einstein 把自己的作法称为“借助于某些物理经验”的假设。百年来人们大多立即接受之，未考虑这当中会不会有问题。根本之点在于，Einstein 提出了一种使用往返双程的光信号定义。 $t_B - t_A = t'_A - t_B$ 这个假定成立的式子表示：光在“往”和“返”同样路程时所需的单程时间相同，亦即“光速与光的进行方向无关”。这样一来，“光速不变原理”（或“光速恒定性原理”）就成为一个必不可少的理论假设。但是，这当然是一件尚待实验证明的事情。

总之，作为 SR 的两个基石之一的光速不变原理，只是 Einstein 为了保留原来基于静止以太的物理方程的数学形式，而用定义作为一种处理手段：即定义光信号通过“往”和“返”两个单程的时间相等，并引进了“静止系”和“静止钟”时间概念。

2009 年 1 月，林金等^[19]在《宇航学报》发表了论文“爱因斯坦光速不变假设的判决性实验检验”，对他们团队利用航天高新技术在大尺度距离上进行实验的情况作了详细报道。这是一项绝无仅有的工作。如所周知，世界在 1957 年进入了航天时代。时间技术（原子钟及时间信号远距离传递）加上卫星通信技术（导航电文），使得单程光（电磁）信号成为现实。于是具备了实验条件来检验 Einstein 在 1905 年论文中的假设定义等式 $t_B - t_A = t'_A - t_B$ 是否真实成立。2008 年林金等在中国科学院国家授时中心（原陕西天文台）的 TWSTT(双向卫星时间传递)设施上完成了对 Einstein 1905 年的同时性定义的判决性实验。实验观测数据证明，在存在相对运动情况下，Einstein 假设的等式是不成立的！实验检验的原理是基于狭义相对性原理和单程光（电磁）信号同时性定义。检验原理通过对比单程光信号同时性定义和 Einstein 双程光信号同时性定义的测量机制证明：在 A 和 B 间有相对运动的情况下，把双程光信号分解成“往”和“返”两个单程光信号的信号传递时间是必然不相等的。在林金等的实验中，西安临潼地面观测站和乌鲁木齐地面观测站的铯原子钟，分别通过鑫诺卫星和中卫一号卫星进行双向时间传递。观测数据证明，卫星和地面站之间存在的相对速度虽然只有 1m/s 量级，但是由于信号通过同步卫星传递的距离达到 72000 公里的量级，造成西安临潼站和乌鲁木齐站之间“往”和“返”两个单程信号通过的时间不相等，差值为 1.5ns 量级。观测结果验证了林金理论分析的结论，实验中不确定度在 ±0.01ns 量级。

这项由航天大系统完成的、在地面实验室不可能实施的判决性实验结果，动摇了 SR 的一块基石。因此林金认为从卫星系统和惯性导航测量原理的视角，应当重新再思考传统的时间和空间理论。从卫星导航特有的单向光（电磁）信号视角应重新恢复 Galilei 变换的地位。

从表面上看，只要有一个地面站（当作 A 点）和一个卫星（当作 B 点）就可以做实验了。但实际上并非如此；现代原子钟技术和航天技术的发展使得利用单程光信号进行时间同步成为可能，双向卫星时间传递(Two Way Satellite Time Transfer, TWSTT)概念正是利用远距离的两台原子钟同时各向对方发射电磁信号（不同钟同时刻的秒脉冲）来实现远距离原子钟时间同步的。现在，林金等采用两台（分处两地）原子钟 A_j 、 A_k ，原则上它们应同时向对方发射光信号。实际上 A_j 和 A_k 为地球上相隔遥远距离并随地球在地心惯性系中转动的观测站，无法实现直接视线方向的观测和通信，所以技术上 A_j 钟和 A_k 钟的双向单程光信号时间同步的观测模型是通过地球同步定点通信卫星 S_n 转发实现的。

实际的实验，考虑因素很多，例如要考虑地面站和卫星在地心惯性系中的运动对观测方程的影响，以及其他复杂问题；甚至还要考虑 Sagnac 效应。林金团队最终得到了双向卫星时间传递观测方程，原则上单程信号观测量由钟差、Sagnac 效应和信号传递时间三个部分组成。在实际的单程观测量中要进行钟差和 Sagnac 效应修正，之后才能得到 Einstein 单程光信号同时性定义的两个基本要素：光信号到达时刻钟上的读数和光信号走这段距离所需的时间。但在双向卫星时间传递中，双方通过通信手段都掌握了双方对发的两个单程信号观测量，双向的单程信号观测量相加时钟差和 Sagnac 效应由于原理上的不对称性自动抵消，于是最终得到了单程信号传递时间和双方钟上读数的关系式。

实验数据的搜集，分成两个大组：①临潼站与乌鲁木齐站通过鑫诺卫星转发观测数据；②临潼站与乌鲁木齐站通过中卫 1 号卫星转发观测数据。国家授时中心对信号传递各环节的时延进行了仔细的标定，并进行了经常性或实时的监测，从多年长期记录的原始观测数据分析可以看出数据精确稳定。林金团队以 2008 年 2 月 18 日 12 时至 13 时原始观测数据为例作了说明。林金认为观测数据证明卫星和地面站之间存在 1m/s 量级的相对速度会造成西安临潼站和乌鲁木齐站之间“往”和“返”两个单程信号通过的时间不相等，差值在 1.5ns 量级；观测结果的不确定度在 $\pm 0.01\text{ns}$ 量级。Einstein 1905 年以定义方式引进的等式 $t_B - t_A = t'_A - t'_B$ ，在有相对运动情况下不成立。笔者认为，这是一个大气魄的实验，而且很重要，航天大国（美国、俄罗斯）都没有做过。

5 讨论

SR 时空观与 Galilei、Maxwell 以及 Lorentz 时空观的根本区别在于 SR 时空观的相对性。

1922年 Einstein 曾说：“由于未加论证就把时间概念建立在光传播定律基础之上，从而使光传播在理论上处于中心地位，狭义相对论遭到了许多批评”。

先看 1905 年 Einstein 对“同时性”的概念怎么说，Einstein 写道：“我们应当考虑到：凡是时间在里面起作用的我们的一切判断，总是关于同时的事件的判断。比如我说，‘那列火车 7 点钟到达这里’，这大概就是说：我的表的短针指到 7 同火车的到达是同时的事件。可能有人认为，用‘我的表的短针的位置’来代替‘时间’，也许就有可能克服由于定义‘时间’而带来的一切困难。事实上，如果问题只是在于为这只表所在的地点来定义一种时间，那末这样一种定义就已经足够了；但是，如果问题是要把发生在不同地点的一系列事件在时间上联系起来，或者说——其结果依然一样——要定出那些在远离这只表的地点所发生的事件的时间，那末这样的定义就不够了。”

笔者认为，虽然 Einstein 在其 1905 年论文的开头即突出地讨论“同时性的定义”，但他确实是“未加论证”（实际上是没有实践证实作为基础）就把“单程光速不变”从假设上升为“原理”，并导致了同时性的相对性，亦即时间是相对的。但是我们知道有那么多的人认为时间是绝对的。SR 中有尺缩、时延现象；因而同一事件在不同参考系中观测到不同的结果——根本没有判断测量结果的标准，而是作相对运动的两个观察者都可以说对方的钟慢了、尺短了，双方所说都可以成立。这种相对主义的教导曾经弄糊涂了很多人。可以说，1911 年 P.Langevin 提出的“双生子佯谬”也是对相对主义（relativism）的反对，据说 Einstein 本人也解释不了。

中国科学家站在新的时代的起点上，把问题深化和解读。林金等^[19]的论文题目即表明他要做一个对 Einstein 光速不变假设的判决性实验检验。他们在几万公里大尺度上做成功实验，检验了“单向光速是否各向同性”，得出了否定的结论，回答了长久以来的问题。因此，笔者认为林金实验动摇了 SR 的基石^[20]。

不仅如此，作为在航天系统长期工作的卫星导航与惯性导航专家，林金就自主惯性导航提供一个新理论模型，用来分析处理惯性导航的时间定义、测量机制和超光速运动。他认为，一个运动质点自己可以测量自己相对一个给定惯性系的位置、速度和加速度，作为质点自带的运动钟固有时间的函数。原理上不需要与外界交换信息，不存在任何信号传递的速度问题。自主惯性导航是基于引力场的性质，即使这个世界没有电磁场、没有光，纯惯性系统照样工作，照常自主定位、测速；既如此， $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 为何会成为速度的极限？！简言之，惯性导航的宇宙飞船的时间定义即飞船运动钟固有时间；只要未来能开发出新型动力源，飞船的速度不存在上限。……林金还认为，应恢复光子和其它微观粒子相同的普通地位，即有静止质量，其速度也不是极限速度。

因此，林金院士对 SR 提出了全面的挑战。在前面我们引述了 Einstein 对同时性的说明，其中说用一只表定义时间的不可能性。然而，正如林金所指出的，今天的纯惯性导航只用“一只表”的固有时间，是完全自主的，不需要辐射或接收任何光（电磁）信号和外界发生联系，所以测量机理十分简单。设想一艘配备有惯性导航仪器的宇宙飞船，飞船相对惯性坐标系（Galilei 参考系）作加速飞行。只要积分的时间足够长，飞船相对惯性系的飞行速度（加速度表输出脉冲总数）可以超过 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。无需设想恒定或随时间变化的引力场，宇航员观察惯性仪表的指示，进行完全自主式的宇宙航行。加速度表先在静止在地面（发射点）的引力场中标定，在飞行中测量火箭推力产生的惯性加速度。加速度表静止在地面实验室做寿命试验，等效于加速度表在没有引力场的宇宙空间作 $1g$ 的恒加速飞行试验。由于

$$\frac{c}{g} \cong \frac{3 \times 10^8 \text{m/s}}{9.8 \text{m/s}^2} = 30612245 \text{s} = 354 \text{天}$$

故大约一年后飞船速度超过 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ ，即以超光速航行。……这些就是一位航天专家的简明扼要的论述，其结论与笔者反复阐明的内容（肯定超光速的可能性）完全一致。

那么，是不是卫星漂移造成光信号“往”、“返”路程不等造成林金测到的时间差^[21]？2021 年马青平^[22]作了详细分析，否定了这种看法，认为林金实验证明了电磁信号中转卫星漂移条件下的单向光速可变。他所作计算得到时间差为 1.6ns ，与林金等测出的 1.5ns 非常一致。此外他还建议在太空中做更理想实验的方案。无论如何，我们对林金的贡献都很推崇，对他在 2016 年不幸因病去世深表惋惜。

6 有质粒子作超光速运动的可能性问题

SR 的一个重要推论是不可能超光速运动。对超光速笔者研究多年，著述甚多^[23, 24]；在这里难以用很少篇幅讲清楚 Einstein 的错误，这里只能作简单叙述。以下两式是最基本的粒子物理学方程：

$$E = mc^2 \tag{1}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \tag{2}$$

式中： E 、 m_0 、 v 分别为粒子的能量、静质量、速度；故可得

$$E^2 - m^2 c^2 v^2 = m_0^2 c^4$$

令粒子动量为

$$p = mv \tag{3}$$

得到

$$E^2 - p^2 c^2 = m_0^2 c^4 \quad (4)$$

故得

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} \quad (4a)$$

而粒子动能为

$$E_k = E - E_0 = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} - m_0 c^2 \quad (5)$$

式中 E 为粒子总能量, E_0 为粒子静止时能量。以上除式(3)是定义之外, 其余 4 个等式 (或说 4 个方程), 一直是粒子物理学家的准则, 罕见有人提出质疑或挑战。

经典 Newton 力学的动能方程为

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m} \quad (6)$$

式中 m 、 v 分别为动体的质量与速度。在 Newton 力学中质量不随速度变, 故也可写出下式:

$$E_k = \frac{1}{2} m_0 v^2 \quad (7)$$

故有

$$\frac{v^2}{c^2} = \frac{2E_k}{m_0 c^2} \quad (8)$$

但由式(5)可以推出

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{m_0 c^2}{m_0 c^2 + E_k} \right)^2 \quad (9)$$

(8)式与(9)式非常不同, 这源于(6)式与(5)式的不同。可见, 经典力学与狭义相对论(SR)力学有非常大的分歧。当 p 增大时, 二者 E_k 的都增加; 但 Newton 力学方程的 E_k 增加更快, 数值也比 SR 算出的大。

公式(4a)是 SR 的反映能量—动量关系的动力学方程 (标量形式); 按级数展开并近似地只取前二项, 得

$$E \cong m_0 c^2 + \frac{p^2}{2m} = E_0 + \frac{p^2}{2m} \quad (10)$$

(10)式右方第 2 项等同于(6)式, 即近似地得到 Newton 力学的动量动能方程。

关于相对论力学存在的问题我们暂且不谈, 先看一下 Einstein 反对超光速的理由。他的基本理由如下: ①由于 SR 认为“运动物体在运动方向变短”, 而变动的程度取决于因子 $\sqrt{1-\beta^2}$ (注: 这里 $\beta=v/c$, 与 Einstein 文章中 β 的意义不同)。因而, 当 $v=c$ 时, 物体成为扁平, 故 Einstein 认为, 再讨论 $v>c$ 的情况, 不再有任何意义。②在分析电子的运动时所得到的数学式表明, v 越大动能越大, 而且动能的增加亦取决于因子 $\sqrt{1-\beta^2}$ 。当 $v=c$ ($\beta=1$), 电子的动能成为无限大, 没有意义。故电子不可能加速到光速 c , 更不可能达到比

c 还大的速度。③对物质的运动来讲，由于因子 $\sqrt{1-\beta^2}$ 的作用，其速度不可能比光速还快。

然而百余年来从未发现过“运动的尺变短”的实验事实，论点①是无价值和无意义的。实际上相对论者一向回避提这个论据，因为这是 SR 的弱点之一。在运动方向上会发生长度收缩是 H.Lorentz 于 1892 年提出的，1895 年他把收缩因子定为 $\sqrt{1-v^2/c^2}$ （即 $\sqrt{1-\beta^2}$ ）。这一理论随即受到科学家们（如 Poincare、Lienard）的批评。如果物体在运动方向会变短（而且 v 越大缩短越多），那么物质密度就会变化；这都与事实不符。1904 年 Lorentz 提出了时空变换方程（Lorentz transformation, LT）；Einstein 于 1905 年提出 SR。这二者并不完全相同，例如长度收缩，Lorentz 认为是物质内部分子力改变造成的，Einstein 则视其为空间属性之一。但不管怎么说，这些都没有实验基础。

再看论据②；他的公式中 m_0 是电子开始运动时的质量，用后来物理界习惯的符号应为 m ，故可写作

$$W = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} - m_0 c^2$$

然而 W 是电子的动能，即 E_k ，故上式实为

$$E_k = E - E_0 \quad (5a)$$

此即本文的公式(5)；因此这里没有新的物理内容。如果物质质量随速度变化的观点可疑，这里不再需要讨论。也就是说，即使把速度加大到 $v=c$ ，也不会出现无限大质量和无限大能量的情况。

相对论者会说，加速器的技术实践早已表明，提高能量是使粒子（电子或质子）加速飞行的有效手段，甚至是唯一方法；而且加速粒子实际上只能达到非常接近 c 的值，例如 $0.99999c$ ；既如此，传统理论（包含 Einstein 的 1905 年论述）怎么可以反对？……对此，笔者提出以下观点；首先，“用现在加速器没有得到过 $v=c$ 或 $v>c$ 的粒子”，与“宇宙中不会有超光速粒子”（或“不可能有超光速运动”），不是一个概念。根据电磁场与电磁波原理设计的加速器，其中飞行的带电粒子速度只能无限接近 c 而不能达到 c ，是很自然的，因为电磁波本征速度就是 c ；这说明不了问题。这就如同某人带着球跑，球的速度最高只能是人的速度。其次，我们不否认加大电磁能量能使电子加速，但这与证明 SR 质速方程和整个 SR 能量关系不是一回事。特别是目前完全没有针对中性粒子（如中子、原子）的实验证明，因而提出速度上的普遍限制没有道理。再者，更大的问题在于 Einstein 仅把电子看成一个质量 m 、速度 v 的一般动体 (general moving body)，推导中没有考虑电子是携带电荷的特殊动体 (special moving body)，因而缺少一个计入了运动电荷影响的电动力学理论。中国学者进行分析^[11]，得到的结果与 Einstein 显著不同。数学分析计算证明^[25]，电场对电子做功，即使速度

达到光速也不是无限大，而是有限值。现在的结果与 Newton 力学一致，而与 SR 力学所说不相符合。Einstein 的光速极限原理完全错误！

在一次学术会上，国内著名激光物理学家、计量学家沈乃澂研究员说了这样一段话：“当前理论物理学的困境如何突破需要考虑。过去的理论物理常常是靠猜测；例如 Einstein 的‘光速不变原理’，所讲的是单程光速，但并无实验证明（迄今只有双程光速不变得到证明）。又如 Einstein 说光速不可超越，这也没有实验证明。长期以来挑战 Einstein 在科学界被视为禁区；但我们也看到，虽然大量书籍文献宣传相对论，而挑战这一理论的却大有人在，这是为什么？量子力学就没有这个情况。又如相对论说当速度趋近于光速 c 时，物体长度会变得很短趋于零、质量会不断增大趋于无限大，这些都缺少实验证明，是不成立的。然而，量子纠缠态传播速度远大于 c ；1987 年超新星爆发时中微子比光子早到地球；这些都表明了超光速的可能性。再举一个例子，当前米定义是以 c 为基础，但前提是 c 不变，这都有待于提出精确的实验证据。”这些话既通俗又深刻。

7 关于质能公式 $E = mc^2$

公式 $E = mc^2$ 既非 Einstein 导出的也非 SR 的一部分，这是多数人都不知道的一件事。由于该公式已成为 Einstein 的标志性符号，揭露事实真相有人会不理解。至于 Einstein 是否剽窃他人成果，待我们理清事实再下结论。最早明确得出这个关系式的人是 Jules Henri Poincaré(1854-1912)，他是法国数学家、物理学家。在 SR 提出之前 5 年（即 1900 年），H.Poincaré^[26]发表论文“Lorentz 理论和反应原理”，出发点是 Maxwell 电磁理论，实际上是对一个光脉冲或是一个波列进行计算。这其实是任何人都能进行的推导：假设电磁场动量为 p ，光脉冲的“质量”为 m （笔者注：在 1900 年尚无光子概念），那么 $p = mv$ ，这里 v 是电磁场在空间的传播速度。这个速度当时已知道是光速，故 $p = mc$ 。对电磁场的研究侧重于电磁能量的流动，认为电磁辐射的冲量是 Poynting 矢量的大小与光速平方之比，即 S/c^2 。设质量为 m 的物体吸收的电磁能为 E ，那么由动量守恒可证明物体动量的增加来自电磁能冲量。设静止“物体”吸收电磁能之后获得了速度 v ，那么就有

$$mv = \frac{S}{c^2}$$

取 $S = Ec$ ，则有 $mv = Ec/c^2$ ，故如这个“物体”就是电磁能自己（ $v = c$ ），即得

$$m = \frac{E}{c^2} \quad (1a)$$

这里 m 代表电磁辐射的惯性（质量）。上述推导表明，Poincaré 以简捷明快的方式和已有经典物理学知识，便捷地导出公式 $E = mc^2$ ；因此把该式称为“Poincaré 公式”更为恰当。……

其实，Einstein 自己也说，质能公式可以用 SR 提出之前的已知原理推导出来。因此，质能公式与相对论没有直接关系。

1905 年 Einstein^[27] 发表论文 “Does the inertia of a body depend upon its energy content?” (物体的惯性同它所含能量有关吗?) 首先引起我们注意的是他在题目中所用的词是“惯性”而不是“质量”。不能说此文没有意义，但也必须指出几十年来有众多的研究者指出该文是一个糟糕的推导；甚至给人以这样的印象——Einstein 是先知道结果($E = mc^2$)，然后拼凑出一个推导并发表了它。该文在开头说：“假设有一组平面光波，参照于坐标系(x, y, z)，设波面法线与 z 轴交角 φ ；而又有另一坐标系(ξ, η, ζ)相对于(x, y, z)作匀速平行移动，其坐标原点沿 z 的运动速度是 v ；那么该光线在新坐标系中的能量为

$$E' = E \frac{1 - \frac{v}{c} \cos \varphi}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (11)$$

这里 c 表示光速，我们将在下面使用这一结果”。(注：公式编号是笔者所作，非原文的号码；下同)

这是奇怪的，已在另一篇文章“论动体的电动力学”^[2]中提出光速不变原理的 Einstein，认为仅仅由于人为地选择了不同坐标系光的能量就会由 E 变为 E' ，而且没有给出任何证明。他接着说，为考察此系统的能量关系，设在 (x, y, z) 有一静物，其能量对 (x, y, z) 为 E_0 ，对 (ξ, η, ζ) 为 H_0 。现在假设该物是发光体，发出平面光波方向与 z 轴交角 φ ，能量为 $L/2$ ，该物在反向发出等量的光。同时，该物对 (x, y, z) 为静止。考虑同一物体参照相对运动的两坐标系的能量的差值 Δ ，对另一坐标系而言 Δ 与物体的动能之间的差别只是一个常数。用 K 表示动能，最终他得到

$$K_0 - K_1 = L \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right\} \quad (12)$$

略去高阶小量，得

$$K_0 - K_1 \approx \frac{L}{2c^2} v^2$$

用现代习惯的符号，可写作

$$\Delta E_k \approx \frac{E}{2c^2} v^2 \quad (13)$$

这里 E_k 为动能， ΔE_k 为动能变量， E 为物体放出的总能量。现在，Einstein 接着说道：“假如物体以辐射形式放出能量 E ，那么它的质量就要减少 E/c^2 。以上所述即为 $E = mc^2$ 公式

的 Einstein(1905 年)推导。

在上述推导中, Einstein 是作了 Taylor 级数展开并取近似值的处理, 即

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-1 \approx \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \quad (14)$$

那么在取 $v=0$ 时就有

$$K_0 - K_1 = 0 \quad (15)$$

这样, 发光前的能量和发光后的能量就相同了, 即物体可以“不断地发光而不损失能量”, 这显然不对。逻辑上说不通的地方不只这一例。

H.Ives^[28]在 1952 年批评 Einstein 的 1905 年推导, 认为它不仅不严谨, 甚至隐含了一个前提条件 $E = (m_0 - m_1)c^2$, 这里 m_0 、 m_1 分别为物体在辐射前后的质量。也就是说, 需要证明的结论已隐含在前提中。2004 年, 马青平^[29]提出批评, 认为 Einstein 所研究的是伴随能量发射和吸收的不同参数系的观测差值, 并未涉及静止能量, 即未能计算出静止质量到底等于多少能量。马青平用计算(取 $v=0.8c$)来证明自己的观点; 他认为 Einstein 的 1905 年论文有错误, 得不出普适方程 $E = mc^2$; 该文所研究的是伴随能量发射和吸收的不同参照系的观测差值, 并未涉及静止质量到底相当多少能量。有趣的是, 物体未运动时运动造成质增 $\Delta m = \Delta E / c^2$, 一旦开始运动就有 $\Delta m > \Delta E / c^2$ 。Einstein 的推导给人印象是: $E = mc^2$ 的设定在先, 推导在后。而这根源在于 Einstein 之前已有人提出质量与能量的互变可能性, 以及基本上提出了 $E = mc^2$ 。2002 年 M.Pavlovic^[30]提出, $E = mc^2$ 是由电子动能方程普遍化的结果, 而非相对论的产物。事实上, 可以从经典物理导出该式。

总之, 对质能方程 $E = mc^2$ 而言, 早在相对论问世之前就有多位科学家提出了该式(或提出了类似的公式), 可开列如下:

O.Heaviside^[31]—在 1889 年、1902 年;

H.Poincaré^[26]—在 1900 年;

O.de Protto^[32]—在 1903 年;

F.Hasenöhr^[33]—在 1904 年;

因此, 不仅 Einstein 不具有发明权, 而且该式完全不是“相对论的成果”。

8 对时空一体化的批评

无论 SR 或 GR 均以时空一体化作为出发点, 这个概念来自 Minkowski; 所有相对论著作都大谈 space-time (或 spacetime), 但这个 spacetime (译作“空时”或“时空”)究竟是什么

意思？其实人们并不真的了解。教科书中是这样介绍“4 维矢量”的：狭义相对论(SR)创立 3 年后，Minkowski 提出 4 维矢量概念，即把 3 维空间加上时间作为一个整体。由于坐标变换中（变换参考系时）出现 $x^2 + y^2 + z^2 - (ct)^2$ ，这里 c 是光速；但是

$$x^2 + y^2 + z^2 - (ct)^2 = x^2 + y^2 + z^2 + (jct)^2 \quad (16)$$

因此就说 jct 可作为 4 维空间的一个分量。构成 4 维矢量后， $x^2 + y^2 + z^2 + (jct)^2$ 代表该矢量长度的平方；这时可以证明代表一点位置的 4 维矢量不随参考系变化而改变。1908 年 Minkowski 曾说：“从今以后空间、时间都将消失，只有二者的结合能保持独立的实体。”这种古怪的观点立即被 Einstein 接受和使用。

我们认为这种处理方式虽在数学表达上有某些好处，但恰恰违反了物理真实性(physical reality)。把空间矢量与时间矢量“相加”，在实际上不可能，也没有意义！从根本上讲不应把时间和空间混为一谈。我们认为，空间是连续的、无限的、三维的、各向同性的；时间是物质运动的持续和顺序的标志，时间是连续的、永恒的、单向的、均匀流逝无始无终的。空间、时间都不依赖于人们的意识而存在；而且，空间是空间，时间是时间；它们都是描述物质世界的基本量。所谓 spacetime 在计量学及国际单位制 SI 中是不存在的，也不具有可测量的特性。人为地以不同量纲的物理量来构造一个新的参量（所谓 4D 时空），从而把时间和空间这两个完全不同的物理学概念混为一谈，是缺乏合理性的作法。

有趣的是，2014 年出版的书《Interstellar》（《星际穿越》）中，作者 K.Thorne^[34]承认“空间与时间的混合与直觉相悖”；又说“人类对时空弯曲不甚了解，也几乎没有相关实验和观测数据”。这就足够说明问题了——一贯支持相对论并以其作为指导思想的美籍华裔物理学家 Kip Thorne（最早提出 LIGO 项目建议的人，也是 2017 年 Nobel 物理奖获得者之一），也认为时空一体化和时空弯曲都存在问题。这值得我们深思。

Einstein^[1]在 1922 年的演讲中说，宇宙是否在整体上是非 Euclid 空间的，人们已作过多讨论。在相对论建立后，事物的几何性质不再独立，而依赖于质量分布；亦即空间嵌入质量后 Euclid 性质受破坏。他的这些话正是引力场方程的物理表现——考虑物质在 Riemann 空间中的运动。但这些已进入 GR 的范畴，本文不作讨论。

到底什么是时间、什么是空间？这二者是否还能独立地存在？这其实不难回答。长期以来在对相对论的宣传中，空间、时间的独立存在似乎失去了意义，这是我们不能同意的。任何实际的过程或现象都在一定时、空条件下发生；对此，虽可解释成“时、空有联系”或“时、空不能截然分开”，但却不表示时、空之间真有一种强联系，或者像许多理论家所说，真的存在一种东西叫做“时空”或“空时”(spacetime)。老实说，我们怀疑一个正常人头脑中会出现“spacetime”的形象，因为现实中既有时间又有空间，但那是两个东西，却并非真有一

个叫“时空”（或“空时”）的东西存在。在计量学中，彼此独立的量称为基本量，由基本量的函数所定义的量称为导出量。基本量的单位称为基本单位，导出量的单位称为导出单位。众所周知，长度和时间都是基本量，国际单位制(SI)的基本单位是米(m)和秒(s)。速度是导出量，导出单位是米 / 秒(m/s)。因此，所谓 spacetime 在计量学及 SI 中是不存在的，也不具有可定义、可测量的特性。总之，人为地以不同量纲的物理量来构造一个新的参量（所谓 4D 时空），从而把时间和空间这两个完全不同的物理学概念混为一谈，是缺乏合理性的作法。正确的科学理论必定要维护空间和时间的独立意义。

以下是 Newton^[35]的说法：

“绝对空间的自身特性与一切外在事物无关，处处均匀，永不移动。相对空间是一些可以在绝对空间中运动的结构，或是对绝对空间的量度……绝对空间与相对空间在形状与大小上相同，但在数值上并不总是相同。……”

处所是空间的一小部分，为物体占据着，它可以是绝对的或相对的，随空间的性质而定。……”

与时间间隔的顺序不可互易一样，空间部分的次序也不可互易；……所有事物置于时间中以列出顺序，置于空间中以排出位置。”

这些说明非常易懂和明晰，百年后（1787 年）受到大哲学家 I.Kant 的支持。而且，并不像有些人常说的那样（“Newton 只承认绝对空间和绝对时间”）。另外，Newton 论述的是物理空间而非数学空间。数学中，无论 Euclid 几何空间，或者非 Euclid 几何空间，只是数学上的概念和方法。Newton 所依赖的是 Euclid 几何学作为立论的基础。在 Newton 那里，物理实在与数学概念二者分得很清。

Newton 对时间又作如下说明：“绝对的、真实的和数学的时间由其特性决定，自身均匀地流逝，与一切外在事物无关。相对的、表象的和普通的时间是可感知和外在的对运动之延续的量度，它常被用以代替真实的时间。如 1 小时、1 天、1 个月、1 年”。

Newton 对空间、时间的说明，要言不繁，今天来看也十分重要。但长期以来 Newton 的时空观被贬低，似乎不值一提。今天，为数不少的专家学者坚持以下观点，笔者以为是正确的一一空间是连续的、无限的、三维的、各向同性的；时间是物质运动的持续和顺序的标志，时间是连续的、永恒的、单向的、均匀流逝无始无终的。空间、时间都不依赖于人们的意识而存在；而且，空间是空间，时间是时间；它们都是描述物质世界的基本量。……没有理由说这这些观念错了，似乎也没有需要修改的地方。由于这些理由和其他众多原因，2016 年笔者提出了一个说法“牛顿仍称百世师”。

9 结束语

过去笔者听到过一种说法——相对论中的逻辑错误、数学错误及内在矛盾多不胜数，其实是一堆知识垃圾。笔者觉得这样说可能过头了；尽管我们基于那么多的理由认为狭义相对论(SR)是不正确的，但在1905年有Einstein（其人）和相对论（其事）出现，必定有其历史性原因。而且，它引起全世界的人们的分歧和辩论，你可以说是“浪费了许多宝贵时间”，但也能说成“极大地促进了思维的活跃从而推动了科学发展”。……有意思的是，著名英国物理学家H.Dingle长期宣传介绍相对论，甚至受《不列颠大百科全书》编辑邀请撰写了“相对论”条目；但在1959年他突然意识到SR有一个致命问题：Einstein理论中如何决定两个作相对运动的时钟中哪一个钟比另一个钟慢？[特别是Einstein在1905年（论文）和1922年（书）都说过两个观测者都会发现对方的时钟变慢]。由于意识到相对主义这个短板，Dingle放弃了对SR的信仰和赞美，别人也无法说他是由于“不懂相对论”所致。

1985年，正在欧洲核子研究中心(CERN)任职的著名物理学家J.Bell说，物理学为了摆脱困境，最简单的办法是回到Einstein之前，即回到Lorentz和Poincaré，他们认为存在的以太是一种特惠的（优先的）参照系。可以想象这种参照系存在，在其中事物可以比光快。有许多问题，通过设想存在以太可容易地解决……在发表了这些在当时还是惊世骇俗的观点后，Bell重复说：“我想回到以太概念，因为EPR中有这种启示，即景象背后有某种东西比光快；实际上，给量子理论造成重重困难的正是Einstein的相对论”……笔者认为，所谓“回到Einstein之前”其实就是说SR错了，只是措辞委婉一些而已。

近年来出现了用改进的Lorentz理论(modified theory of Lorentz, MOL)取代SR的说法，然而详细讨论这个问题已超出本文范围。我们不赞同所谓Lorentz相对论(Lorentz's relativity)的提法，因为“相对论”一词还是专指Einstein的SR和GR为好，尽管它们可能都是不正确的。

参考文献

- [1] Einstein A. The meaning of Relativity[M]. Princeton: Princeton University Press, 1922. 中译本：郝建纲；刘道军译，相对论的意义[M]. 上海：上海科技教育出版社，2001.
- [2] Einstein A. Zur elektrodynamik bewegter körper[J]. Ann d Phys. 1905, 17 (7) : 891~895. 中译：论动体的电动力学[A]. 范岱年、赵中立、许良英译. 爱因斯坦文集[C]. 北京：商务印书馆，1983, 83~115.
- [3] 张元仲. 狭义相对论实验基础[M]. 北京：科学出版社，1994.

- [4] Lorentz H. Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity less than that of light[J]. Proc. Sec. Sci., Koninklijke Akademie van Wetenschappen (Amsterdam), 1904, 6: 809~831.
- [5] Einstein A. The relativity principle and its conclusion[J]. Jahr. der Radioaktivität und Elektronik, 1907, 4: 411~462. 中译本: 关于相对性原理和由此得出的结论[A]. 范岱年, 赵中立, 许良英译. 爱因斯坦文集[M]. 北京: 商务印书馆, 1983, 150~209.
- [6] Einstein A. 以太和相对论[A]. 许良英, 范岱年编译. 爱因斯坦文集. 第1卷[C]. 北京: 商务印书馆, 1976, 120~129.
- [7] Bondi H. Physics and cosmology[J]. Observatory, 1962, 82: 133~138.
- [8] 郭汉英, 爱因斯坦与相对论体系[J]. 现代物理知识, 2005, 22~32.
- [9] 谭署生. 从狭义相对论到标准时空论[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2007.
- [10] 王汝涌. 推广的 Sagnac 效应、GPS 和对狭义相对论两个原理的实验检验[A]. 现代基础科学发展论坛 2008 年学术会议论文集[C]. 2008, 2~9.
- [11] Proca A. Sur la théorie ondulatoire des électrons positifs et négatifs[J]. Jour. De Phys, 1936, (8): 347~353.
- [12] 陆启铿, 邹振隆, 郭汉英. 常曲率时空的相对性原理及其宇宙学意义[J]. 自然杂志(增刊), 1980, 97~113.
- [13] 陈绍光. 谁引爆了宇宙[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2004.
- [14] Wang R. First-order fiber-interferometric experiments for crucial test of light-speed constancy[J]. Galilean Electrodynamics, 2005, 16(2): 22~31.
- [15] Smoot C. Detection of anisotropy in cosmic blackbody radiation[J]. Phys Rev. Lett., 1977, 39: 898~902
- [16] Dirac P. Why we believe in Einstein theory[A]. Symmetries in Science[C]. Princeton: Princeton Univ. Press, 1980.
- [17] Flandern T. The speed of gravity: what the experiments say[J]. Met Research Bulletin, 1997, 6(4): 1~10. 又见: The speed of gravity: what the experiments say[J]. Phys Lett, 1998, A250: 1~11.
- [18] Sagnac G. L'éther lumineux démontré par l'effet du vent relatif d'éther dans un interféromètre on rotation uniforme[J]. C R Acad Sci., 1913, 157: 708~710
- [19] 林金, 李志刚, 费景高, 胡德风. 爱因斯坦光速不变假设的判决性实验检验, 宇航学报, 2009, 30(1): 25~32.

- [20] 黄志洵. 试论林金院士有关光速的科学工作[J]. 前沿科学, 2016, 10(4): 4~18
- [21] 郭衍莹. 林金的双程光信号传递试验及其对航天的意义[J]. 中国航天, 2020, (6): 25~29
- [22] 马青平. 试论林金实验的意义[J]. 中国传媒大学学报(自然科学版), 2021
- [23] 黄志洵. 波科学与超光速物理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014
- [24] 黄志洵. 超光速物理问题研究[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017
- [25] 刘显钢. 电荷运动的自屏蔽效应[J]. 重庆大学学报(专刊), 2005, 27: 26~28.
- [26] Poincaré H. La théorie de Lorentz et le principe de la reaction[J]. Archiv. Neerland. Des Sci. Exa.et Natur., Ser 2. 1900, 5: 252~278.
- [27] Einstein A. Does the inertia of a body depend upon its energy content?[J]. Ann. d. Phys., 1905, 18: 639~641.
- [28] Ives H. Derivation of the mass-energy relation[J]. Jour Opt. Soc. Amer., 1952, 42: 540~543.
- [29] 马青平, 相对论逻辑自洽性探疑[M]. 上海: 上海科技文献出版社, 2004.
- [30] Pavlovic M. Einstein's theory of relativity reality or illusion?[J] <http://users. Net.gu/-mrp/>, 2002.
- [31] Heaviside O. On the electromagnetic effects due to the motion of electrification through a dielectric[J]. Phil. Mag., 1889, 27: 324~339; 又见: Heaviside O. The waste of energy from a moving electron[J]. Nature, 1902, 67: 6~8
- [32] Bartocci U. Albert Einstein e Olinto de Protto: la vera storia della formula piu famosa del mondo[M]. Andromeda 1999, Bologna; 又见: The Einstein-de Protto case[J]. <http://www.dipmat. Unipg.it/-bartocci/st/de protto.htm>.
- [33] Hasenöhr F. Zur theorie der strahlung in bewegten Körpern[J]. Ann.d. Phys., Ser.4, 1904, 15: 344~370.
- [34] Thorn K. The science of interstellar[M]. New York: Cheers Publishing, 2014
- [35] Newton I. Philosophiae naturalis principia mathematica[M]. London: Roy Soc, 1687.中译: 牛顿, 自然哲学之数学原理[M](王克迪译). 西安: 陕西人民出版社, 2001.