

论以太假定与爱因斯坦同时性定义的兼容性

江正杰*

山东工商学院人文与传播学院 山东烟台

【摘要】狭义相对论所遗留下来的最大问题在于：晚期的爱因斯坦明确承认存在作为光速媒介的以太，并称之“广义相对论以太”，并且明确宣称以太假定与狭义相对论不矛盾，但是爱因斯坦并没有通过其对于狭义相对论的修正做到这一点。仔细分析爱因斯坦狭义相对论的原始理论可以发现：爱因斯坦对于同时性的定义可以被重新理解为与以太假定不矛盾：爱因斯坦在其最初论文中，通过对于同时性的定义实际上可以理解为定义了特殊的真空以太坐标系，并与绝对运动系相区别，如此才能合乎逻辑地理解同时性的相对性问题。但爱因斯坦一生对于同时性的定义共有三个不同的表述，有不同的和互相区别的内涵，其中第一个同时性定义只能被理解为是与以太假定一致的，其余的同时性定义并非如此。如果我们要将爱因斯坦的这三个同时性定义理解为是一致的和有意义的，必须将洛伦兹变换重新建立在以太假定的基础上才有可能。通过笔者给出洛伦兹变换的新推导方式，更清晰地实现了这个目标，或展现了新的物理图像。在这个物理图像中，洛伦兹变换涉及的两个参照系都可以被理解为是真空以太系，因为对于它们都定义了相对于以太的光速不变，但是当其中的任何一个参照系被理解为是真空以太系的时候，另一个系就必须是绝对运动系，这样的理解也与爱因斯坦的初衷一致：即洛伦兹变换涉及的两个参照系都可以符合同同时性定义。但是，这种理解还需要补充解释才是恰当的：两个参照系不能同时符合同同时性定义，当其中一个系被理解为符合同同时性定义的时候，另一个系必然不符合同同时性定义。这样理解的逻辑合理性在洛伦兹变换的新推导方式中清晰显示出来：即不能将光速看作是沿着 X 轴传播的同一束光，而应当将光速看作是两束，分别沿着两个参照系的 Y 轴和 Y' 轴传播。这样理解的洛伦兹变换就摆脱了光速相对于任意参照系的不变性，而只剩余相对于以太系的不变性。这样得到的洛伦兹变换就被重新置于以太假定的基础之上，于是我们也就完成了对于狭义相对论解释的范式转换，为获得更强的狭义相对论的逻辑自洽性奠定了基础。最后通过分析区分爱因斯坦没有区别的时间的同时性与同步性所造成的问题，得出的结论是：狭义相对论的相对时间观不需要否定牛顿的绝对时间观，而只是补充了绝对时间观：牛顿的绝对时间观与狭义相对论的时间观的关系其实是如同光速不变与光速的周期可变那样的关系。

【关键词】以太；广义相对论以太；光速不变原理；同时性定义；洛伦兹变换；时间的同步性

【收稿日期】2025 年 11 月 15 日 **【出刊日期】**2025 年 12 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.sdr.20250286

On the compatibility between the ether hypothesis and Einstein's definition of simultaneity

Zhengjie Jiang*

School of Humanities and communication, Shandong Technology and Business University, Yantai, Shandong

【Abstract】The most significant problem left unresolved by special relativity is this: In his later years, Einstein explicitly acknowledged the existence of an ether as the medium for light speed, which he termed the "general relativistic ether," and categorically declared that the ether assumption does not contradict special relativity. However, Einstein never achieved this through his modifications to special relativity. A careful analysis of Einstein's original theory of special relativity reveals that his definition of simultaneity can be reinterpreted as being consistent with the

*通讯作者：江正杰（1968-）男，汉族，福建闽清人，哲学硕士，副教授，研究方向：自然哲学，物理化学，引力学，中国文化经典研究、经典教育学。

ether assumption. In his seminal paper, Einstein's definition of simultaneity can in fact be understood as defining a special vacuum ether coordinate system, distinct from absolute motion systems—only through such an interpretation can the relativity of simultaneity be logically comprehended. Yet throughout his life, Einstein presented three different formulations of simultaneity with distinct and separate connotations. The first formulation can only be understood as consistent with the ether assumption; the remaining formulations are not so. If we are to interpret these three definitions of simultaneity as consistent and meaningful, the Lorentz transformation must be reconstructed on the foundation of the ether assumption. Through the author's novel derivation of the Lorentz transformation, this goal is more clearly achieved, revealing a new physical picture. In this picture, both reference frames involved in the Lorentz transformation can be understood as vacuum ether systems, since for each the invariance of light speed relative to the ether is defined. However, when either reference frame is understood as the vacuum ether system, the other must necessarily be an absolute motion system. This interpretation aligns with Einstein's original intention: that both reference frames in the Lorentz transformation can satisfy the definition of simultaneity. Nevertheless, this understanding requires supplemental clarification to be appropriate: Both reference frames cannot simultaneously satisfy the definition of simultaneity. When one frame is understood to satisfy it, the other necessarily does not. The logical validity of this interpretation becomes evident in the new derivation of the Lorentz transformation: Light speed cannot be regarded as a single beam propagating along the X-axis, but must be considered as two beams propagating along the Y-axis and Y'-axis of the two reference frames, respectively. The Lorentz transformation thus understood sheds the invariance of light speed relative to arbitrary reference frames, retaining only invariance relative to the ether system. The resulting Lorentz transformation is thereby reestablished on the foundation of the ether assumption, completing a paradigm shift in the interpretation of special relativity and laying the groundwork for achieving greater logical self-consistency. Finally, by analyzing the problems arising from Einstein's failure to distinguish between temporal simultaneity and synchronization, we conclude that special relativity's relativistic concept of time does not necessitate rejecting Newton's absolute time concept, but merely supplements it. The relationship between Newton's absolute time and special relativity's time concept is actually analogous to the relationship between the invariance of light speed and the variability of light's period.

【Keywords】 Ether; General relativity ether; The principle of invariance of the speed of light; Definition of simultaneity; Lorentz transformation; The synchronism of time

1 $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 的同时成立的另一种理解

笔者在《从媒介波波速恒定原理及四个推论看光速不变原理的真相——兼论洛伦兹变换的第三推导方法的物理意义》^[1]一文指出：狭义相对论所遗留下来的最重大问题在于，晚期的爱因斯坦明确承认存在作为光速媒介的以太，并称之为“广义相对论以太”^[2]，并且明确宣称以太假定与狭义相对论不矛盾^[3]。爱因斯坦关于需要重新回到以太假定的话被重复了许多遍。但是，爱因斯坦却不知道如何将这个见解与他在1905年的《论动体的电动力学》一文所创立的狭义相对论协调起来，后者被普遍理解为不需要以太假定。

假如真的存在以太，那么最直接受到冲击的就是爱因斯坦对于光速不变原理的理解问题，光速不

变只能理解为是相对于以太的速度不变，而不可能是相对于任意惯性系的不变：即在爱因斯坦推导洛伦兹变换的方法中所假定的： $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 对于 X 轴（或一般所说的空间轴，X 轴是其简化）的同时成立是不可能的。但是如果将 $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 看作是非同时的沿着 Y 轴的分别成立（即 $Y=ct$ 和 $Y'=ct'$ ）则是可能的。

为了论证这个问题，笔者提出比光速不变原理更为普遍的原理——媒介波波速恒定原理。媒介波波速恒定原理只是意味着相对于媒介的波速不变性。从这个原理可以导出四个推论。光速不变原理只是媒介波波速恒定原理的特例，不可能相对于任意惯性系保持不变。

笔者特别注意到，在推导洛伦兹变换的爱因斯

坦方法和闵科夫斯基四维时空的方法之间，存在着联系两个惯性系的光速方向的不同：一个是沿着 X 轴或 X' 轴的方向；一个是沿着垂直于 X 轴（三维空间简化为一维之后）的第四维的时间轴方向。受此启发，可以将推导洛伦兹变换的第一种方法（爱因斯坦方法）中的光速方向改为沿着垂直于 X 轴的 Y 轴和 Y' 轴方向，如此可以给出洛伦兹变换的第三种推导方法。这个推导方法显示出狭义相对论完全不同的物理意义：洛伦兹变换实际上只是基于媒介波波速恒定原理，而不包含相对于任意惯性系的光速不变性；因此，洛伦兹变换实际上是包含了绝对时空概念在内的特殊的绝对伽利略变换——即在光速极限约束下的变换。从洛伦兹变换的第三种推导方法出发可以很自然提供对于狭义相对论效应的物理机制的解释^[4]。至于谈到狭义相对性原理，一个显然的事实是，它只是作为狭义相对论的结果出现，而不是推导洛伦兹变换的前提原理。

此外，笔者发现，将爱因斯坦的以太见解与他在 1905 年的《论动体的电动力学》创立的狭义相对论协调起来的秘密，可以在其同时性定义之中找到线索，即《论动体的电动力学》中的同时性定义离开以太假定本质上说是根本不能理解的。虽然这一点爱因斯坦本人没有清晰意识到，但是却是可以经由我们的分析得到。

2 张元仲对于爱因斯坦同时性定义的转述与理解

张元仲在《从牛顿力学到狭义相对论》一文中讲到了牛顿力学与狭义相对论的对钟方法之不同时先说：“在牛顿力学的文献书籍中，通常没有上面对时间坐标的定义，因为牛顿把时间看成是绝对不变的，即牛顿的同时性是绝对的。但是，当把牛顿的时间与实验室中的‘钟表指针’联系在一起时就遇到了困难。实现牛顿时间的‘对钟’有两种方法：一是缓慢移动钟方法，即把一只标准钟从坐标原点移动到其它任意点来校准各地的时钟，另一方法是使用瞬时信号对钟。”^[5]张元仲指出这两种方法依据狭义相对论都行不通。

张元仲接着还说：“狭义相对论中惯性系的时间坐标 t 的定义则与牛顿的有本质的差别，这种差别来自对钟方法即同时性定义的不同。正如上面说的，牛顿假定的绝对时间（牛顿同时性定义）只能用瞬时信号对钟来实现；而狭义相对论的时间坐标是

通过用光速对钟来定义的（这称为爱因斯坦同时性定义）：例如，为把放在 x 点的时钟与放在原点的时钟对准，从原点向 x 点发射一个光信号，光信号离开原点时原点的时钟指针显示 t。时刻，所以当光信号传播到 x 点时就要把 x 处的时钟指针调整到 t_x 时刻， t_x 与 t。之间的关系是： $t_x = t + x/c$ （其中 c 是真空光速，可 c 就是光信号从原点传播到 x 点所花费的时间）。对于其它空间点的时钟，也是使用完全类似的方法对准。这里说的是 k 系中的时间坐标的定义；其它任意惯性系（如 k' 系）中的时间坐标的定义与 k 系中的完全类似。因此，只有知道了光速 c 的数值才能进行对钟；这就是当初爱因斯坦为什么引进光速不变原理这一假定的唯一原因。光速不变原理陈述为：光在真空中总是以不变的速度 C 传播，且与光源的运动速度无关。除了这个原理中的单向真空光速 c 不能测量因而它的各向同性没有办法用实验检验外，其它的内容如双程真空光速不变、c 与频率无关、c 与光源的运动速度无关等等都被大量实验所证实。”^[6]

总之，根据张元仲的看法，爱因斯坦之所以引进同时性定义的原因在于：狭义相对论的时间坐标是通过用光速对钟来定义的。依据这种看法意味着同时性定义的意义在于用光速进行对钟，而对钟的目的又在于用光速确定时间坐标，于是引进了 $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 对于动系和静系的同时成立。笔者看不到这种理解的清晰物理意义。笔者认为爱因斯坦引进同时性定义的目的和意义本质上不在于要用光速确定时间坐标，而在于对同时性的相对性的物理意义或物理图像进行说明，在于得出动系和静系具有不一样的同时性。

3 《论动体的电动力学》的第一个同时性定义

在张元仲的上述分析中将同时性定义完全等同于对钟，这个似乎是不言而喻的结论，但是这个结论并不是基于爱因斯坦对于同时性的定义的最早最标准的表述。爱因斯坦在《论动体的电动力学》第一部分——运动学部分的第一小节的标题就是《同时性的定义》。爱因斯坦讨论同时性的定义问题的目的在于是要定义“公共的时间”，实际就是要对牛顿的绝对时间提供一个定义。爱因斯坦实际并没有否定牛顿的绝对时间，他只是指出这个绝对时间需要定义，各地的时间需要联系在一起，这个联系的媒介就是光速。但是，光速作为联系一个空间各点的

媒介不是意味着：各点间的时间间隔就是光速在各点之间传播所用的时间，如果是这样，也就没有了（绝对）同时性。爱因斯坦时间观的关键是指出绝对时间的可变性，即时间也有相对性的一面。

所谓时间的相对性，不是意味着因为光速的存在使得各地的时间不一样，恰恰相反，各地的时间也是如牛顿一样绝对一样的，只不过这个一样需要有一个通过光速的传递来加以核对或校准的过程。也就是说，各地的时间的核对办法就是需要扣除通过光的传递需要的时间。

这样的核对过程也与事实的时间校准过程无关，只是想象的过程，因为事实上的核对过程并非唯一的，可以用光速，也可以用其他的速度，如车速。假定远处一个人没有手表，我们要让他恢复时间观念，最简单的办法是开车过去给他一块与自己一样的表，这个没有什么稀奇的。从理论上也可以通过计算开车出发地的时间加上路程所耗费的时间，这样两地的时间就联系起来。但是，这是完全没有必要的步骤，只有傻子才会这么想问题。但是，爱因斯坦的想法恰恰类似于这样的“傻子”的想法，其目的可谓用心良苦。爱因斯坦的真实目的是想通过定义公共的或标准的绝对时间，然后说明这个标准时间是可以随着定义方法的变化而发生变化的。这个变化的因素就是惯性系相对于光速的影响。因此，爱因斯坦在开始讨论同时性的定义之前，先区分了“静系”与“动系”。

首先，爱因斯坦先这样区分了“静系”与“动系”：“设有一个牛顿力学方程在其中有效的坐标系。为了使我们的陈述比较严谨，并且便于将这坐标系同以后要引进来的别的坐标系在字面上加以区别，我们叫它‘静系’。”

显然在爱因斯坦看来这里的“静系”相当于是普通选定的相对静止的惯性坐标系，与“静系”区别的是相对于“静系”运动的“动系”。但是，我们在这里要指明一个大家都忽视的基本的事实，他对于同时性的定义并非对于“静系”与“动系”都成立，而只是适用于“静系”，而这个“静系”事实上也不是任意的惯性系，即是真空或以太惯性系，是决定光速不变的空间“静系”，严格说只有这个“静系”才符合其同时性的定义。

接着，爱因斯坦提出确定公共时间的必要性和方法问题。他说：“如果在空间的 A 点放一只钟，

那么对于贴近 A 处的事件的时间，A 处的一个观察者能够由找出同这些事件同时出现的时针位置来加以测定，如果又在空间的 B 点放一只钟--我们还要加一句，‘这是一只同放在 A 处的那只完全一样的钟。’那么，通过在 B 处的观察者，也能够求出贴近 B 处的事件的时间。但要是没有进一步的规定，就不可能把 A 处的事件同 B 处的事件在时间上进行比较；到此为止，我们只定义了‘A 时间’和‘B 时间’，但是并没有定义对于 A 和 B 是公共的‘时间’。只有当我们通过定义，把光从 A 到 B 所需要的‘时间’，规定为等于它从 B 到 A 所需要的‘时间’，我们才能够定义 A 和 B 的公共‘时间’。”

爱因斯坦假定：在 A、B 两点各放一只钟来分别定义“A 时间”和“B 时间”，但要是没有进一步的规定，就不可能把 A 处的事件同 B 处的事件在时间上进行比较，即并没有定义对于 A 和 B 是公共的“时间”。只有当我们通过定义，把光从 A 到 B 所需要的“时间”，规定为等于它从 B 到 A 所需要的“时间”，我们才能够定义 A 和 B 的公共“时间”。设在“A 时间” t_A ，从 A 发出一道光线射向 B，它在“B 时间” t_B 又从 B 被反射向 A，而在“A 时间” t'_A 回到 A 处。如果 $t_B - t_A = t'_A - t_B$ ，那么这两只钟按照定义是同步的。如下图 1：

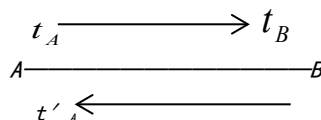


图 1 爱因斯坦的同时性定义示意图

如果在 A 处的钟既同 B 处的钟，又同 C 处的钟同步的，那么，B 处同 C 处的两只钟也是相互同步的。

4 分析同时性定义得出的结论是：只有绝对空间（以太）惯性系符合同同时性定义

由上述这段话可见，同时性定义如果是可理解的，就只能将其理解是爱因斯坦所反对的以太的替代物，即符合同同时性定义的惯性系只能是以太或绝对空间坐标系，因为在任何存在绝对运动的惯性系中都不可能满足这个定义。以太的基本假定就是作为光速的媒介，依据爱因斯坦的同时性定义，符合 $t_B - t_A = t'_A - t_B$ 的空间才能符合同同时性定义，这里的唯一条件就是在 t_A 时刻光线能够回到在以太中的那个唯一的出发点 A，所以，除了以太为参照系

来测量，其它任何存在绝对运动的惯性系都不可能确定同时性，因为绝对运动的惯性系的原点不是与以太的某个点固定的，也就不可能与光在以太中的唯一出发点固定在一起。一旦 A、B 两点所处的是相对于以太有绝对运动的光源或观测者所在的惯性系，就不可能确定光在以太中的那个唯一的出发点，进而回程的光速回到 A 点时也不等于回到了这个光的唯一出发点。

可见，严格按照爱因斯坦的同时性定义，其所定义的其实就是以太惯性系，其所确定的同时性实质也就是肯定整个绝对空间（即以太）坐标系上的各点都是同时的。同样依据爱因斯坦的同时性定义，可以肯定，存在绝对运动的惯性系上的空间各点都不是同时的。这个与牛顿的绝对时空观的同时性是不受运动的影响的观点是一致的。

爱因斯坦在《同时性的定义》一节中还说：根据经验，我们还把量值 $2|AB|/(t'_A - t_A) = c$ 当作一个普适常数（光在空虚空间中的速度）。显然，这样表示得到的真空中的光速不变是回路光速不变，而不是单程光速不变。而根据 $t_B - t_A = t_B - t_{A'}$ ，即去程与回程光速运行的时间相同，表明光速经过的以太路程（去程与回程）也是相同的，且等于 A、B 之间的刚性量杆长度。满足这样条件的坐标系只能是以太或绝对空间坐标系，任何其他惯性系都不可能满足这个条件。因此，当爱因斯坦引进这种意义上的光速不变的时候，仅仅意味着是相对于以太的光速不变，这样理解的光速不变与同时性定义是天然符合或等同的，且都只能对于以太惯性系是成立的。这一点正是爱因斯坦没有明确说明的地方。

5 爱因斯坦同时性定义的目的是为了得出同时性的相对性的结论

现在我们要问的是，爱因斯坦同时性定义的真正目的何在？实际上是为了得出同时性的相对性的结论，即在观察者处于静系时通过这种校准方法确定的同时性，会因为观察者的运动而变得不准，即同时性会改变。在这个变化中爱因斯坦应用了光速与光源运动的无关性这个性质。为什么同时性会改变呢？显然是因为由运动的光源发出的光经过一个回路无法回到原来在以太空间中的唯一的出发点位置，这也就导致了进程与回程光经过的路程不同，当然经历的时间也不同。爱因斯坦清楚地意识到这一点，但是令人不解的是，他为什么没有意识到，依

据同样的理由可以推断，他所谓的“静系”如果存在任何运动状态的可能，也无法实现同时性校准的目的。除了以太这个特殊的“静系”，也就是他在论文的一开头就放弃的“光以太”，没有任何的惯性系能够符合他提出的同时性定义。也就是说，除了以“光以太”作为“静系”进行时钟校准，任何其它的惯性系实质上都不可能依据爱因斯坦的同时性定义进行时钟校准，这是一个清晰而简单的结论，不承认这一点的人就完全无法与之继续进行有关狭义相对论的任何问题的顺畅讨论。

6 爱因斯坦对钟问题的实质在于标记同时性

爱因斯坦在上述一段话里讲到了所谓的对钟问题。许多人将这样的对钟过程误解了，以为真的需要这样的过程，实际上这样的对钟是一个比喻性的说法，完全不必要在乎。对钟只是表象，同时性定义才是本质，对钟只是 A 和 B 两点的时间具有同时性的形象显示，此外，没有特别的意义。爱因斯坦不过是为了测量光速才设想了对钟过程的问题。对钟过程的本质是光速在传播过程中的性质问题，而不是单纯的测量光速的方法问题，即是为了凸显可能发生的偏离标准对钟过程的变化，这样的标准对钟方法的前提是光速在回路中能够在相同的时间内回到其在真空中的出发点。

可见，这样的对钟方法就是为了标记符合同同时性的空间，而不是真的需要对钟。而能够标记同时性的惯性系只有“静系”，而不可能是相对于“静系”的“动系”，这样的“静系”只能是真空以太惯性系，而不可能是任何的“动系”。因为要求光速在传播过程中在去程与回程经历相同的路程与时间后能够回到其在真空中的出发点，所以这个出发点不可能是具体的光源，而只能是决定光速不变的以太空间的某个固定的位置。测量在这个以太空间中的任意两个固定点之间的光速传播必然是不变的，因此这个空间必然是符合同同时性定义的。

7 爱因斯坦所谓在任意惯性系中观察到的光速都是不变的常数的实质是绝对光速不变，而不是相对光速不变——以车速的测量来类比

爱因斯坦在《论动体的电动力学》的开头没有涉及光速不变原理的讨论，只是在讨论完了同时性定义之后才总结出了光速不变原理：

“在狭义相对论中，指的是无论在何种惯性系（惯性参照系）中观察，光在真空中的传播速度都

是一个常数，不随光源和观察者所在参考系的相对运动而改变。这个数值是 299, 792, 458 米/秒。”

这里爱因斯坦讲的“无论在何种惯性系（惯性参照系）中观察，光在真空中的传播速度都是一个常数”，对于这个表述，很多人理解为是在任意惯性系中的实际观测都是不变的，这个或是不准确的。爱因斯坦的意思也可以是，从任意的惯性系观测真空中的光速都是不变的，即观测的是光速相对于真空的速度是不变的。

以上爱因斯坦的表述类似于：无论从以什么速度运动的交通执法车上测量一辆在马路上行驶的车辆的速度都是不变的，因为这里所讲的测得的车速，不是指的是观测者与测量对象之间的相对速度，而是都是指测量车辆相对于路面的速度都是不变的，这个不变是当然的。如果有变的，那才是一件奇怪的事情。如果这样的理解是成立的，我们可以断言：爱因斯坦在事实上不曾主张过在任意的惯性系所测得的相对光速是不变的，而只是说在任意的惯性系所测得的绝对光速是不变的。这样理解的光速不变原理就是好理解的。而如果将爱因斯坦理解的光速不变看作是相对光速的不变，这个是违反关于速度的基本定义的，这个是狭义相对论给人一个荒唐感觉的根源所在，以至于中科院物理研究所的曹则贤研究员在演讲视频中甚至认为，“狭义相对论讲的光速不是速度”。

如果我们提出了一个新的原理的代价是破坏了一个基本的关于速度概念的共识，这就相当于我们通过新原理的提出无论解决了多少问题，但是与其制造的新问题是无法相提并论的，没有证据表明我们对于一般速度的定义需要修正。如果爱因斯坦认为我们对于光的速度概念是需要特殊对待，这一点也不是显然的，只有不会深思而混乱的思维才会接受这样的说辞。

爱因斯坦或许也没有清晰地意识到这一点，但是，他既然引进了光速不变原理（ $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 的同时成立），事实上也只能这样理解。我们已经在给出的洛伦兹变换的第三种推导方法中证明了： $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 的同时成立只能理解为：光速不变只是意味着相对于真空以太的不变性^[1]。

8 同时性定义与光速不变原理的等价性

也基于上述原因，爱因斯坦才将同时性定义与光速不变的测量问题并提。爱因斯坦说：“根据经

验，我们还把下列量值 $2|AB|/(t'_A-t_A)=c$ 当作一个普适常数（光在空虚空间中的速度）。”

因为光速与光源的运动无光，这一点决定了光的真实出发点和终点都只能是固定于真空本身的点，或者是相对于真空静止的光源上的点，不可能是与存在绝对运动的光源固定在一起的点。虽然我们在事实上没有办法确定这样的点的存在，但是却完全可以想象这样的点是一定存在的。假如不存在这样的点，同时性定义严格说是不可能成立的。

真空的任何两个地点之间的联系只要符合同同时性定义这个前提，在爱因斯坦看来就是同时的。一旦在光速的回路传递中不能回到原先的真空出发点，就不是同时的，也就是说，严格依据同时性的定义，同时性是可以发生变化的，亦即当我们将光速的出发点理解为是与有任何绝对运动的光源固定在一起的点时，必然是不符合同同时性定义的。

从以上爱因斯坦的原始论述可以很清楚地看出，爱因斯坦是纯粹出于想象来对同时性下定义的。爱因斯坦并没有清楚地指出什么样的惯性系可以符合他的同时性定义。同时性定义应该是不依赖于任何惯性系而存在的。爱因斯坦在 1917 年的《论狭义和广义相对论》一文中说：“光在两个不同方向上取同样的值，既不是一个假想，也不是一个猜测，而是为了获得同时性定义，依据我的自由判断所作出的一种规定。”^[7]

这句话的意思应该是，同时性定义的唯一根据就是光速不变原理，光速不变原理的主要内涵就是光速的各向同性或同速，或理解为光速与光源的运动状态无关这个性质。既然光速与光源的运动状态无关，那么我们可以问一句，那与什么相关呢？回答是：只有与真空本身相关。所以结论是，只有真空才符合同同时性定义的要求。

9 爱因斯坦对“静系时间”的定义与同时性定义的等价

证明爱因斯坦是这样理解这个问题的证据是他对于“静系时间”的界定。

在光速不变原理的表述之前，在《同时性定义》一节最后，爱因斯坦这样说：“我们借助于某些（假想的）物理经验，对于静止在不同地方的各只钟，规定了什么叫做它们是同步的，从而显然也就获得了‘同时’和‘时间’的定义。一个事件的‘时间’，就是在这事件发生地点静止的一只钟同该事件同时

的一种指示，而这只钟是同某一只特定的静止的钟同步的，而且对于一切的时间测定，也都是同这只特定的钟同步的。

“根据经验，我们还把下列量值 $2|AB|/(t'A-tA) = c$ 当作一个普适常数（光在空虚空间中的速度）。

“要点是，我们用静止在静止坐标系中的钟--来定义时间，由于它从属于静止的坐标系，我们把这样定义的时间叫做‘静系时间’。”

在这里爱因斯坦十分强调地指出，所谓光速就是“光在空虚空间中的速度”，在光速不变原理的表述中也强调“光在真空中的传播速度都是一个常数”，虽然这句话之前还是有“无论在何种惯性系（惯性参照系）中观察”一句，我们似乎也不能将光速不变原理完全理解为光速相对于任意的惯性系都是常数，而是应该理解为：“无论在何种惯性系（惯性参照系）中观察”到的光速都是同一个光速——“光在空虚空间中的速度”。即“光在空虚空间中的速度”是唯一的速度，他是不依赖于观测者的惯性系而存在的，而只是依赖于虚空而存在。既然光速依赖于虚空或真空而存在，自然我们一定也要肯定存在一个与虚空或真空对应的惯性系。或者说这是一个特殊的惯性系，只有对于这个特殊的惯性系，其同时性定义才可能成立。对于任何其他惯性系同时性定义都不可能成立。这个特殊的惯性系才是爱因斯坦所说的真正的“静系”。即爱因斯坦通过其同时性定义实际上是定义了以太空间，并事实上与其定义的“静系”必然地联系起来。

关于这一点虽然是我们从分析爱因斯坦的原始论述中得出的结论，爱因斯坦没有明确这样说出来，但是，从其行文的逻辑可以分析得到，只有补充了这个逻辑漏洞，爱因斯坦论述的逻辑才可能通顺，否则就难以自圆其说。

虽然在爱因斯坦的洛伦兹变换的推导过程中，“静系”实际上也被看作是相对的，推导过程经过了“静系”与“动系”的互看对方，这个互看看起来似乎证明了“静系”与“动系”的关系是完全任意的和相对的。但是，这个互看的推导在符合相对性原理的同时，还有一点我们忽略了，即在每一次互看中作为观测者的惯性系都是这样的“静系”。因此，洛伦兹变换的推导过程事实上都没有离开真空以太惯性系，这一点在我们关于洛伦兹变换的第三推导方法中已经显示无遗了。

10 爱因斯坦逻辑链条的缺失——动系是否符合同时性定义

爱因斯坦十分强调同时性定义只是“静系时间”，而不是“动系”时间，其言下之意就是，根据同时性定义，“动系时间”与“静系时间”并非是同时或同步的。

但是，得出这样的结论又可能是轻率的，因为根据爱因斯坦的同时性定义，他只是定义了“静系时间”的同时性，依据这个逻辑，我们应该先关注在“动系”中的时间的同时性问题，然后才能对比“动系时间”与“静系时间”的是否同步的问题。可是，我们看到，爱因斯坦并没有弥补这里的逻辑链条的缺失。

如果我们去补充这里的逻辑链条的缺失，应该是：在爱因斯坦看来，因为动系有动系的时间，所以在动系内部也是可以定义同时性的，定义同时性与定义时间是一回事。爱因斯坦从“静系时间”的同时性定义直接过渡到了光速常数的定义，最后引出光速不变原理，实际并没有具体讨论“动系时间”问题，只是模糊指出在“静系时间”看来是同时性的两个点，在“动系”看来并不符合同时性定义，即不是同时的。这看来并非是一种忽视，因为爱因斯坦似乎已经模糊意识到了，“动系时间”不能类同于“静系时间”一样加以定义。但是，依据我们对于狭义相对论教科书的标准理解，同时性定义当然也符合“动系”。笔者看不出得出这个结论的逻辑根据在哪里？这个就是狭义相对论的逻辑漏洞所在。

此外，剩下的关键问题还有，如何比较“静系”与“动系”的同时性的不同。一旦涉及对比的问题，就无法将静系与动系的同时性直接进行对比。只能根据同时性定义进行这样的对比：设固定在静系中的 A、B 两个点是同时的，且将 A、B 两个点分别理解为光源和反射面（反射面也可以理解为是光源），依据同时性定义，在 A、B 之间来回的光速用时相等。如果从动系看固定在静系中的 A、B 两点之间的光速过程，仍然是同时的，因为其所经历的路程与时间一样相等。可是，如果从动系看的时候，A、B 两点与动系是固定在一起，设为 A'、B' 两点，而光速还是原来的光速，并且也将 A'、B' 两点理解为光源和反射面，那么根据光速与光源运动的无关性，这个同一个光速在 A'、B' 两点间的去程与回程肯定是不一样的。这个原理很简单，就是回路光速与单程光速测量的结果是不一样的，一般而言或一种情况

是，去程由于经过的路程比回程要更长些，所以去程所花的时间要更长。或者也有可能相反，这一点与光源相对于以太的绝对速度有关。如果我们将任何实际情况下测得的回路光速都看作是单程光速不一样的，那么很显然，除了以太之外，没有任何实际的惯性系真正能够满足爱因斯坦的同时性定义。

在这样的对比之中，实际上动系的 A'、B' 两点与静系的 A、B 两点已经是不同的两点了，它们与光速的关系也处于不同的相互作用状态之中，这种状态的改变会引起多普勒效应，改变光速的波长与频率。这个其实是爱因斯坦所讲的同时性可能因运动状态的改变而改变的实质。但是，这样得到的同时性的差别也未必就是分别从静系与动系内部得到的同时性，事实上爱因斯坦在定义同时性的时候主要是从定性上定义同时性，而不是从定量上定义同时性，因此不能进行定量的对比。虽然在洛伦兹变换中已经实现了这种定量的对比，但是，洛伦兹变换与这里的同时性定义也没有必然的联系，因为洛伦兹变换没有涉及回路光速。唯一有联系的是，由于洛伦兹变换的“静系”实际上可以被设想成与光以太同样的惯性系，所以成为唯一符合同时性定义的惯性系，洛伦兹变换的动系则是不符合同时性定义的惯性系。

11 张元仲对同时性定义理解的关键偏差——没有看到同时性定义区分了静系与动系

张元仲先生理解爱因斯坦的同时性定义的关键的话是：“其它任意惯性系（如 k' 系）中的时间坐标的定义与 k 系中的完全类似”。这样的理解中完全没有指明爱因斯坦在第一个同时性定义中指明的光速在去程与回程的同时和等距的关键问题，而只强调了爱因斯坦后来提出的第二个同时性定义中的单程关系。这样的理解完全将同时性定义等同于对钟问题，而对钟问题又等同于公共时间坐标的确立，于是洛伦兹变换中动系与静系的时间坐标与光速的统一似乎就只是起到了公共时间坐标的确立的作用，不再是一个符合同时性，一个不符合同时性的问题。

张元仲先生在《爱因斯坦建立狭义相对论的关键一步——同时性定义》一文中并认为：爱因斯坦通过定义同时性（公共时间）的目的在于：有了这个公共时间（即惯性系的时间坐标）也就有了惯性系的明确定义，爱因斯坦进而利用单向光速不变以及其他显而易见的初始条件推导出了洛伦兹变换。那就是爱因斯坦利用单向光速不变的假设定义了惯性

系的时间坐标，并导出洛伦兹坐标变换，进而发现了狭义相对论。双程光速不变而单程光速可变的爱德瓦兹狭义相对论在物理上等价于爱因斯坦。也就是说，在物理上互相等价的同时性定义有无穷多种，而单向光速不变的爱因斯坦同时性定义只是其中最简单的一种^[8]。

张元仲先生认为爱因斯坦利用单向光速不变的假设定义了惯性系的时间坐标，这个判断不够明确。笔者不能赞同这里的结论。这样的理解回避了一个问题，爱因斯坦在第一个定义中为什么强调去程与回程的等时性，连提到都没有提到，这个足以说明张元仲先生事实上可能忽视了或不理解这个问题。假如没有去程与回程的等时性，在爱因斯坦看来就是不能确定惯性系所在的空间性质是同时的，而在洛伦兹变换中动系与静系的根本区别就在这里。对于静系而言，由于光速的出发点与静系的原点固定，所以有去程与回程的等时性，而光速的出发点与动系的原点并不固定，因为光速不可能存在两个出发点，所以就没有去程与回程的等时性，因此，才显示出动系与静系的不同同时性。可见，爱因斯坦通过“同时性定义”一节的讨论，实际上是对推导洛伦兹变换的物理意义进行了讨论，说明同时性的相对性是如何发生的。

12 洛伦兹变换推导过程中光速所起的作用引起的悖论：光速有同一个前沿点，但是却有两个出发点

张元仲先生在讲到同时性定义对于洛伦兹变换的影响时，只是看到定义了惯性系的时间坐标，没有区分“静系”与“动系”，似乎“静系”与“动系”在适用于同时性定义这一点上是没有区别的。这样就将洛伦兹变换推导过程中光速所起的作用置于悖论的境地：因为这里只涉及了同一个光速，这个光速有同一个前沿点 P，但是却有两个出发点，这样就留下一个问题，这同一个光速究竟是与“静系”的原点固定在一起，还是与“动系”的原点固定在一起呢？这同一个光速同时与“静系”与“动系”的坐标原点固定是一个悖论。但是，由于在洛伦兹变换的推导过程中事实上引进了 $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 的同时成立，所以事实上等于假定了同一个光速同时与“静系”与“动系”的坐标原点固定。这样的对于坐标系的处理方式似乎与光速与光源的运动无关性的实验事实一致，但是却完全忽视了真实的光速与什么是真正

相关的，那就是光速与真空以太是相关的。只要我们假定这一点是成立的，就应该承认离开真空以太坐标系，根本不可能存在对于光速的描述：即离开以太 $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 的同时成立是不可能的。

张元仲先生的看法实际上是代表了主流物理学者在对待同时性定义问题上的误解。我们也可以在很多狭义相对论的教科书上看到，要么忽视这个问题，要么模糊过去，这反应了一个基本事实：这些教科书的作者或许也并没有深刻理解这个问题。

笔者认为同时性定义对于洛伦兹变换的最大影响在于：对洛伦兹变换的物理意义进行了说明，即静系符合同同时性定义，静系与动系不同时。至于动系是否一样符合同同时性定义，由于爱因斯坦没有说，因此成为悬案。事实上依据爱因斯坦的同时性定义，动系不符合同同时性定义，正因此才存在不同步的问题。而张元仲先生却认为动系与静系一样符合同同时性定义，这样的理解居然成为物理学界在理解狭义相对论的时候的普遍理解方法，且对于这样关键的问题看起来没有人提出异议，这就说明物理学界对于这个问题的普遍不理解，或是模糊处理这个问题的手法。

13 从静系和动系同时符合同同时性定义到非同同时符合同同时性定义

或者说也可以说，爱因斯坦的本义不是意味着：静系符合同同时性定义，而动系不符合同同时性定义，这是固定不变的，而是意味着，静系与动系不能同时符合同同时性定义，即静系与动系中只能有一个系符合同同时性定义，其中任何一个系符合同同时性定义时，另一个就必然不符合同同时性定义，这个应该是对于爱因斯坦本义的更准确的把握。即在洛伦兹变换的两个惯性系中只有一个是符合同同时性定义的，另一个则是不符合的，至于哪一个符合看起来是变化的，因为在推导过程中似乎以一种方式涉及相对性原理，分别从不同惯性系看另外一个惯性系的结果是等价的。因为在推导过程中只涉及同一束光速，而同一束光速不可能有两个出发点，只可能有一个出发点，至于这个唯一的出发点与 K 系和 K' 系的哪一个原点重合，则是可以随着立足点参照系的不同而不同。总之，只有当这个光速与其中之一一个惯性系的原点固定的情况下，才符合同同时性定义，其余一个惯性系的原点自然就不符合同同时性定义。关于这个问题的更加详细的论述和推导，请看笔者给出的洛伦兹变换的第三种推导方式^[1]。

依据我们前面的分析，双程光速不变只有在以太系才有可能，任何有绝对运动的惯性系严格说都不存在双程光速不变，关于这一点可以在假定存在以太的情况下加以简单推导，笔者得到的与绝对速度相关的双程光速为： $c'=c-v^2/c$ 。所以，双程光速不变而单程光速可变的爱德瓦兹狭义相对论之所以在物理上等价于爱因斯坦，乃是因为爱德瓦兹在假定双程光速不变的同时也在事实上引进了绝对光速的不变。而爱德瓦兹所理解的单程光速可变中所指的光速是实际可测量的光速，这样的光速只是相对光速，而不是绝对光速。任何相对光速（包括通常理解的双程光速不变）都不是不变的，只有绝对光速是不变的，可以测量的相对光速反映的实质是光速不变原理的中心内含：以太绝对光速的不变性，这也是通常认为的在任何惯性系所测得的光速不变性的本质。

所以同时性定义不可能有无穷多种，而只有唯一的一种：绝对空间惯性系各点的绝对同时性。实际上爱因斯坦在定义同时性的时候，虽然利用了单向光速不变，可是这个单向光速不变不是任意惯性系的单向光速不变，而只能是相对于真空以太的绝对单向光速不变，因为单向光速不变，所以绝对的双程光速也不变，两者是同一回事。在任意的运动惯性系中实际能够测量的光速（不管是单程光速还是双程光速）都是相对光速，都不可能是不变的，差别只在于双程光速在很大程度上抹杀了单程光速对于绝对光速的偏离，但是双程光速本身也不等于即是相对于以太的绝对光速。

14 爱因斯坦同时性定义问题的实质

在张元仲先生看来，在爱因斯坦那里同时性定义所起到的作用仅仅在于“定义了惯性系的时间坐标”，这个看法的物理意思似乎是模糊不清的。综观张元仲在同时性定义问题上的全部观点，可以看到，他并没有对于爱因斯坦关于同时性定义问题的原始论述展开进行清晰而详细的逻辑分析。

可以说同时性定义问题是狭义相对论时间观的本质。很多人在讨论狭义相对论的相对时间观的时候，无不陷入纠缠不清的境地，根本原因就在于没有围绕着同时性定义问题来讨论，把爱因斯坦的对钟问题与现实中的测量时间的对表问题混为一谈。

同时性定义问题之所以重要，就在于它实际上是定义了一个（特殊的）空间惯性系的性质，这个性质通过光速的各向不变性表现出来，如同水体的性

质通过水波传播速度的不变性表现出来是一样的。在爱因斯坦的《论动体的电动力学》所提出的标准同时性定义中，这个光速不变性体现在只有在一个（特殊的）空间中才能符合同时性定义：即光速在这个空间的两个点(A、B)之间来回传播用时相等。在笔者看来，十分显然，只有以太空间才可能符合这样的同时性定义，任何其他的具有绝对运动速度的空间都没有可能符合这个定义，这是我们通过仔细分析才得到的清楚结论。但是，爱因斯坦没有将这个结论说清楚，因此导致很多人将同时性定义问题与通常的对表问题混为一谈，由此导致了无穷无尽的笔墨官司。

爱因斯坦的论述给人的印象似乎是说，因为光速的传播是需要时间的，所以在同一个地点O看到的不同空间点(A、B)的时间会因为由其地点发出的光线不是被同时接收到，而出现不是同时的问题。实际上，这样的问题在爱因斯坦那里是完全不存在的。爱因斯坦的真正意思是说，在一个符合同时性定义的空间系中的任意两个点(A、B)都是同时的，但是在另外的运动系看来，在A、B两点间的光线传播就可能不符合同时性定义的要求：即光速在这个空间的两个点之间来回传播用时相等。实际上这种情况是不可能出现的，只是因为爱因斯坦将(A、B)两个定位点改变了，看作是可以随着运动惯性系运动的点，所以出现不符合同时性定义的要求的情况，这个是自然的。

爱因斯坦在同时性定义上的最大问题在于，没有明确清晰地指明什么样的惯性系才有可能符合同时性定义的要求。实际上除了以太系自然符合同时性定义的要求外，没有任何其它的惯性系上的固定点有可能符合这个要求，这个在理论上是很显然的事情。很不幸的是，这一点对于许多自信懂得爱因斯坦狭义相对论的人都没有意识到，而对于那些反对相对论的人，虽然看到这里存在严重的问题，可是也很少有人看透这里的问题根源所在。

15 《美国人民百科全书》“相对论”条目的第二个同时性定义

爱因斯坦在1948年为《美国人民百科全书》的“相对论”条目中给出了一个利用单程光信号定义的第二个同时性定义（并非从时间顺序论第一和第二）：“狭义相对论用光信号从物理上来定义同时性。在P处发生的事件的时间t，是从这个事件发出

的光信号到达时钟c时c钟上的读数，减去光信号走这段距离所需的时间。作这种改正时，要预先假定（假设）光的速度是不变的。这个定义把空间上分隔开的两个事件的同时性的概念归结为同一地点上出现的两个事件——光信号到达C和C的读数——的同时性（重合）的概念”^[9]。

设P处时间为t，到达时钟c处的读数为 t_c ，P、C之间的刚性量杆距离为s，依据这个同时性定义，当 $t=t_c-s/c$ 时P、C两处为同时。

这个同时性定义没有如第一个同时性定义那样强调回路光速，似乎显得晦涩难懂，与第一个同时性定义并不一致，似乎应该理解为：无论P、C处于何种运动情况， $t=t_c-s/c$ 都能够成立。但看爱因斯坦的本义，应该在于强调光在P、C之间走过的实际距离，应该等于P、C之间的刚性量杆距离s，如果要符合这个条件，除了假定P、C两点固定于以太上，没有任何其他情况可以满足这个要求。一旦P、C两点处于相对于以太有绝对运动的惯性系，光信号在P、C两点之间实际走过的距离要么大于、要么小于s， $t=t_c-s/c$ 就不可能成立。所以，如果爱因斯坦的这个同时性定义的本义是如此，结论也只能是以太坐标系符合同时性定义，其他任何坐标系都不符合。所以，这个同时性定义要么与前一个定义等价，要么没有意义。

如果考虑到在爱因斯坦的这个表述中有这样的话：“作这种改正时，要预先假定（假设）光的速度是不变的。”依据我们前面的理解，爱因斯坦实际上是将同时性定义与光速不变的测量看作是等价的，即定义同时性的过程也就是测量光速的过程，在这个测量中，单程光速与双程光速必然是同样的，且只有在真空以太惯性系中测量光速才必然是如此。那么，我们就可以将爱因斯坦的第二个同时性定义理解为是第一个同时性的省略的说法，对于它的完整理解必须结合第一个同时性才有可能。

16 《狭义与广义相对论浅说》的第三个同时性定义造成的两个误解

爱因斯坦在《狭义与广义相对论浅说》通过一个思想实验给出了对于同时性的第三个通俗说明：

“对于铁路路基来说是同时的两个事件（例如A、B两处雷击），对于火车来说是否也是同时的呢？当我们说A、B两处雷击相对于路基而言是同时的，我们的意思是：在发生闪电的A处和B处所发出的

光，在路基 $A \rightarrow B$ 这段距离的中点 M 相遇。但是事件 A 和 B 也对应于火车上的 A 点和 B 点。令 M' 为在行驶中的火车上 $A \rightarrow B$ 这段距离的中点。正当雷电闪光发生的时候，点 M' 自然与 M 重合，但是点 M' 以火车的速度 v 向图中的右方移动。如果坐在火车上 M' 处的一个观察者并不具有这个速度，那么他就总是停留在 M 点，雷电闪光 A 和 B 所发出的光就同时到达他这里，也就是说正好在他所在的地方相遇。可是实际上（相对于铁路路基来考虑）这个观察者正在朝着来自 B 的光线急速行进，同时他又是在来自 A 的光线的前方向前进行。因此这个观察者将先看见自 B 发出的光线，后看见自 A 发出的光线。所以，把列车当作参考物体的观察者就必然得出这样的结论，即雷电闪光 B 先于雷电闪光 A 发生。”^[10]

这一段话是爱因斯坦为了让同时性定义讲得更加通俗起见所设想的场景，但是，却被许多人误解了其真实的意图。由于这个场景是更容易想象的，所以很多人（包括物理专业的学者）常常只是根据这个说法来理解同时性定义，这就容易造成误解。

误解之一：由于上述说法中有 A 、 B 距离的中点 M 与 M' 的说法，很多人因此以为是否同时与光线传播到同一地点的时间相关，实际上与这个问题完全无关。

这一段话似乎让我们看到了爱因斯坦为什么引进光速定义同时性，因为在他看来判断是否同时需要信息，而光正是传递信息的媒介。如果是这样理解这一段话，就让我们看到了爱因斯坦定义同时性问题的任意性。依据这个定义，似乎任意两个相对静止的点都可以通过这两点之间距离的平分线上的点通过接收这两点传来的光线来确定。这样的对于同时性的确定与《论动体的电动力学》一文的的同时性定义就没有任何的共同点，给人的感觉只在于似乎是否同时完全是相对的。

实际上，爱因斯坦认定铁路地基上的任何两个点都是同时的，只是为了与运动的火车上的对应两个点做对比，显示出后者的非同时性。爱因斯坦在这个例子中只是为了方便想象起见才举了这样一个特例。这里的中点的说法只是用来替代第一个定义中的去程与回程的区分，由于去程与回程相等以及用时相等，所以可以用地基上的 A 、 B 两点来替代出发点，即在这里同一个出发点被一分为二了。只有这样的理解，才能看到这两个定义的一致性。

但是，我们也应该看到，由于这样的一分为二的做法，导致的后果是：似乎同时性问题与光速的路程相关。即对于路基而言，在中点 M 看来， A 、 B 是否同时似乎与 AM 与 BM 是否相等相关，实际没有任何关系，在路基上的任何一点在爱因斯坦看来都是同时的。即在这个例子中， M 是否处于 A 、 B 的中点，没有原则的差别，差别只在于说明同时性问题的方便不同。

误解之二：这个例子给人的印象似乎是路基（或地球）真的是有可能符合同时性定义。由于这种理解似乎意味着在任何的惯性系中都可以找到符合这样的同时性定义的场景，这就强化了狭义相对论的相对性一面。实际上这是不可能的，因为路基也是随着地球运动的，地面上的光无论如何也不可能满足第一个同时性定义的要求，这一点与火车中的任意三点 A 、 B 、 M' 没有任何差别。由于爱因斯坦本人没有指明这一点，这就造成了误解的谬种流传，这不能不说与爱因斯坦本人的过失有关。

17 第三个同时性定义只是第一个同时性定义的比喻性说法

此外还需要看到的是，爱因斯坦用路基与火车的关系来说明同时性问题，有很大的可能性在于是用了一个比喻性的例子，这不是意味着路基与火车上真的存在符合同时性的点，因为在《论动体的电动力学》中的同时性定义是用真空作为背景的，这个背景严格说不能与任何特殊的背景等价。

因此，只有联系爱因斯坦的第一个同时性定义理解这个例子，才可能得出正确的结论。两个例子的关系可以理解为是抽象与具体的关系。爱因斯坦的同时性定义本质上是一个抽象的定义，是基于纯粹的假定，假定有这样的空间（虚空、真空）符合这样的（第一个）同时性定义，这不意味着我们在现实中一定可以找到这样的例子。爱因斯坦之所以还是举了这样一个火车的例子，其本质还是为了说明一个抽象的道理，这一点并不意味着这样的例子是真实存在的。或许爱因斯坦本人没有清楚地意识到这一点，我们现在有理由帮助他认识到这一点，这是解释其理论的必要。

但是，爱因斯坦之所以引进光速来定义同时性，的确是因为不满足于牛顿对于绝对同时性的单纯想象，认为是否同时需要一个校准的过程。但是我们发现，爱因斯坦的时钟依然是一个想象或思辨，他

的这个思想实验在现实中依然无法实现，他只是想到了可能的实现方式。在以上第三个同时性定义中一开始就引进了对于铁路路基来说是同时的两个事件：A、B 两处雷击，只要我们在 AB 的中点处同时收到两者的光信号，就可以说：A、B 两处同时。但是，这样的定义是任意的和随意的，实际上如果这个是不可能的，那就意味着地面任何两点之间都可以找到同时收到这两点光信号的点，如果因此可以说这两点是同时的，实际上就意味着取消了同时性定义的真实意义。

如果爱因斯坦意在强调一定要在 AB 的中点处收到 A、B 两处的光信号，那也只有 A、B 两处固定于以太坐标系的时候才有可能。如若不然，根据爱因斯坦的逻辑，在铁路路基来说是同时的 A、B 两处，在运动的火车看来是不同时的。可是，这是不可能发生的事情，因为无论在哪个惯性系上看，在地基上发生的雷击事件，其过程都是不可能发生任何变化，地面的任意两点都是同时的。只有当我们将 A、B 仍然看作是固定于地基，而将 A、B 的中点 M' 看作是固定于运动的车厢的时候，或将 A、B 及其中点 M' 都看作是固定于运动的火车上，从 A、B 发出的光线就不再同时到达 M' 点，这从存在以太（地球比喻为以太坐标系）的观点出发是很好理解的一件事情，这样的例子与是否同时事实是无关的，因此用这样例子来说明同时性，就与第一个同时性定义完全背道而驰了。

如果这样的例子也能够成立，那么根据同样的理由和逻辑，也可以把火车看做是相对静止的，从而也把火车上的任意两个点看作是同时的。同样铁路地基也是随着地球转动而运动的，铁路路基上的 A、B 两处相对于地心或太阳也是运动的，这一点与火车的运动没有任何原则上的区别。因此铁路路基上的 A、B 两处也不可能同时。如果是这样的话，任何惯性系原则上都可以满足同时性的定义，这样的同时性定义根本就是一个无用之物。

18 只有以太惯性系才真正符合标准的同时性定义

可见，我们只能是把《狭义与广义相对论浅说》的说法看作是一种通俗的比喻性质的说法，不可当真。关于同时性定义还是应该以《论动体的电动力学》为标准版本。依据标准的版本，那就应该问什么样的惯性系才真正符合标准的同时性定义。只要我

们想到这个问题，答案就是显然的，只有以太。虽然爱因斯坦在写《论动体的电动力学》并不考虑以太问题，只考虑了光速，可是问题在于，他并没有因此摆脱了以太概念对于他的思维产生的不可避免的影响，这个影响在他那里只是用虚空或真空替代，其本质事实上还是与以太无异。正如牛顿为了避免使用以太概念，而用绝对空间代替，但是一旦追究绝对空间的实在性内涵，还是离不开以太。

无法避免以太概念的最根本的表现还在于，光速不变的特性正是真空的性质决定的，而不是惯性系决定的，当他思考光速不变的特性时，事实上已经将以太或绝对空间的特性包含进去了。这个问题本来很简单，只是因为我们接受了相对论的流行见解之后，才对这个问题变得陌生起来。事实上爱因斯坦在晚年的思考之中并不否定以太的存在，而是明确肯定作为光传播媒介的所谓“广义相对论以太”的存在，而所谓“广义相对论以太”只是传统以太或绝对空间概念的变种，实质并无两样。我们现在可以在明确引进作为光的媒介的以太概念的情况下，看看爱因斯坦的狭义相对论的逻辑会有怎样的变化。

19 爱因斯坦没有区别时间的同时性与同步性所造成的问题

前面说到张元仲先生所看到的同时性定义的作用在于定义了惯性系的时间坐标，但是张元仲先生对这个问题的论述却语焉不详。这种看法的潜台词是惯性系的时间坐标是需要定义的，可是这个是一个不言而喻的问题，爱因斯坦居然将其作为《论动体的电动力学》第一节讲到，岂非令人费解。如果张元仲先生的意思是将时间轴与光速的进程对应起来是爱因斯坦的发明，这个是对的。但是，如果仅仅限于此，就只需一句交代就够，未必需要同时性定义。

将时间轴与光速的进程对应起来的确是爱因斯坦的一大发明，如果我们要追问这个问题，就应该将光速的进程与时间的进程对应起来，作为绝对时间的进程。而这样的进程是不可能变化的。但是，联想到光速的进程并非是一个几何直线的进程，因为光速是波，即这个进程呈现出波浪式前进的特点，我们可以将这个光速的波进一步与时间进程的步伐或节奏联系起来。这样爱因斯坦的同时性定义只不过是界定了一个时间的标准节奏，而所谓的时间的同时性的变化不是意味着绝对时间进程会变化（这个是由光速不变决定的），而仅是意味着这个步伐

的节奏会发生变化,即光速出发点(即光源)的运动状态的改变会影响到光速的波长(λ)、周期(T)与频率(ν),这就是说光速的周期(T)会发生变化,亦即光速的同步性会发生变化。

在爱因斯坦的同时性定义中,似乎存在一个混淆,没有区分同时与同步的不同。关于时钟的校准不是意味着只是调准时钟的刻度显示同时,更重要的是调准时钟走的快慢一致,在快慢一致的情况下即使不同时也是校准了的。如同世界各国之间存在时差一样是正常的同步的时钟,也就是说同时与同步是完全不同的概念,真正重要的是同步,同步是同时的保证,在同步的情况下才能进一步校准同时,在不同步的情况下即使校准了同时也是暂时的,校准了同时之后也会不同步和不同时。

那么爱因斯坦究竟是校准同步还是校准同时呢?他自己似乎没有说清楚这个问题。如果是校准同时,方法就是通过电磁波同一等距离授时,或在不同距离的情况下计算扣除距离的光速耗时。除非通过授时方法,不可能真正实现时钟的同时校准。看起来爱因斯坦的第三个同时性定义关注的是校准同时,因为他在这里讲到等距离的授时问题。但是第一个和第二个同时性定义却并非是如此,不讲授时,更关注的是同步问题。第三个同时性定义也涉及同步。当爱因斯坦讲在静系中 A、B 两点同时的种,在动系中同样的两点会不同时,这其实是讲同时会因为运动导致的不同步而改变。这是如何发生的呢?

20 爱因斯坦的同时性相对性的本质反映的是光速的波动周期 T 却会随着波动状态的改变而改变

如果爱因斯坦仅仅是将时间进程的坐标与光速联系起来,由于光速的匀速不变的特点本来就定义了时间进程的同步性。如果我们假定光速不变或在任何惯性系测得的光速都不变,那就意味着时间的同步性在任何惯性系都不会改变。但是爱因斯坦之所以提出同时性的定义本来就是为了解释同时性的相对性,实质上也就是说时间的同步性是会改变的。这看起来是与光速不变所反应的绝对时间的同步性是矛盾的,但是实际上其中反映出来的问题实质是:绝对时间的确是如光速一样不会变,但是光速中的另一个时间量——波动周期 T 却会随着光速的波动状态的改变而改变,这就是爱因斯坦所想找到的同时性的相对性的真正根源。仅仅因为爱因斯坦没有想到这里,所以其同时性定义才会以那样似乎很玄

妙的表述形式出现。一旦想到了,披在同时性定义外表上的玄妙面纱就揭开了,那就是狭义相对论的时间观与牛顿的绝对时间观的关系其实是如同光速不变与光速的周期可变那样的关系,亦即狭义相对论的时间观的成立不需要修改牛顿的绝对时间观,而只是补充了牛顿的绝对时间观,因为要衡量同时性的相对性本身也需要绝对时间概念,两者是井水不犯河水的关系。

21 作为媒介波波速恒定原理特例的光速不变原理所导出的洛伦兹变换的意义

解决上述有关光速出发点的悖论问题的办法可以说只有一条路,即将其中的一个惯性系看作是以太坐标系,另一个看作是相对于以太存在绝对运动的惯性系。在这种情况下,根据相对性原理也可以将以太系与绝对运动系的关系倒过来,于是, $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 的同时成立也就有了意义,即 $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 的同时成立只是假象,逻辑只能允许 $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 的非同时成立,亦即在推导洛伦兹变换的过程中的不同阶段分别允许 $x=ct$ 和 $x'=ct'$ 的其一成立,其二不成立。但是,这样的逻辑在洛伦兹变换的通常推导过程中并非是显明的,而在笔者给出的洛伦兹变换的第三种推导方法中却显露无遗了,如下图 2。

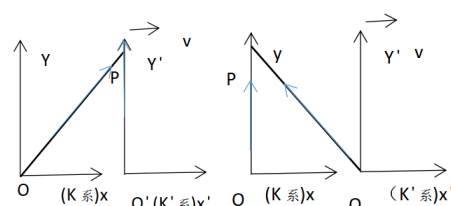


图 2 洛伦兹变换的第三种推导方法示意图

在这样的逻辑重新解释之下,洛伦兹变换的真正物理意义可以理解为是两个以太系之间的关系,而其间的关系可以理解为是在绝对运动的影响下,光的波长(λ)与周期(T)所发生的关系,这就像水波因为船速而改变其波长(λ)与周期(T)或频率(ν),这个改变前后的波长与周期都是相对于水面的水波的真实波长与周期。就这个意义而言,洛伦兹变换所反映的实际并非是两个惯性系的时空坐标之间的关系,而是波长(λ)坐标与周期(T)坐标的关系,即洛伦兹变换的本质其实是两个以太系的波长(λ)坐标与周期(T)坐标的变换关系。也可以说这是次级时空的变换,至于一级时空变换仍然是牛顿的绝对时空的伽利略变换关系,它并没

有被推翻。而之所以洛伦兹变换所反映的波长(λ)坐标与周期(T)坐标的变换关系对于实物粒子的规律普遍有效,乃是因为实物粒子内部就是由光速环构成的。这个在笔者提出的构成实物粒子的基本粒子是类光子的基本量子^[1]之前,早就有成熟的物理模型了,David Hestenes 严格依据这个模型推导出了电子的自旋为 $1/2$ ^[2]。

综合以上论述,笔者认为,比光速不变原理更为普遍的是媒介波波速恒定原理。媒介波波速恒定原理只是意味着相对于媒介的波速不变性。从这个原理可以导出四个推论:媒介波波速与波源的运动无关性原理;波源的运动与其发出的波的波长和频率的相关性;在与波源的运动方向垂直的方向上发出的波其运动的实际轨迹保持与波源运动方向的垂直;假定我们从绝对运动波源发出的光指向与波源运动方向的垂直方向上的某个点,这个光子在媒介中的实际运动轨迹不会与光源运动方向构成正交。由此推知,光速不变原理只是媒介波波速恒定原理的特例,不可能相对于任意惯性系保持不变。

在推导洛伦兹变换的爱因斯坦方法和闵科夫斯基四维时空的方法之间,存在着联系两个惯性系的光速方向的不同:一个是沿着 X 轴或 X'轴的方向;一个是沿着垂直于 X 轴(三维空间简化为一维之后)的第四维的时间轴方向。受此启发,可以将推导洛伦兹变换的第一种方法中的光速方向改为沿着垂直于 X 轴的 Y 轴和 Y'轴方向,如此可以给出洛伦兹变换的第三种推导方法。这个推导方法显示出狭义相对论完全不同的物理意义:洛伦兹变换实际上只是基于媒介波波速恒定原理,而不包含相对于任意惯性系的光速不变性;因此,洛伦兹变换实际上是包含了绝对时空概念在内的特殊的绝对伽利略变换;将洛伦兹变换理解为是相对时空变换实际上是一个假象;沿着直角边方向的光速所在的惯性系必须是以太系;光速不变原理只能是相对于以太的光速不变;任何狭义相对论效应都是绝对运动效应,而不是相对运动效应;狭义相对论是基于光速中心论的理论;可以建立基于光子中心论的绝对论;光子的动量合成法则实际上提供了对于狭义相对论效应物理机制的一个合理的解释理论;对于狭义相对论的总能公式、时间膨胀公式、尺度膨胀效应公式等中所包含的勾股定理的分析表明,其物理内涵与光子的动量合成法则完全一致。这样也就建立了以光子

的动量合成法则为基础的绝对论,足以提供历来所缺乏的狭义相对论的解释理论,并走上超越狭义相对论之路^[13]。

这个也就是爱因斯坦想走而未能找到的路。

参考文献

- [1] 江正杰.从媒介波波速恒定原理及四个推论看光速不变原理的真相——兼论洛伦兹变换的第三推导方法的物理意义[J]山西科技报. 2023,3.
- [2] 爱因斯坦文集:第三卷[M].北京:商务印书馆 1978:492.
- [3] 爱因斯坦文集:第三卷[M].北京:商务印书馆 1978:485.
- [4] 江正杰.动量合成原理适用于光源发射光子的情况探讨——兼论对于狭义相对论效应物理机制的量子解释[J]广西物理. 2022,43(01):66-75.
- [5] 张元仲.从牛顿力学到狭义相对论[J].力学与实践.2015, 25(3):3.
- [6] 张元仲.从牛顿力学到狭义相对论[J].力学与实践.2015, 25(3):4.
- [7] Einstein A.Uber die Spezielle Und Die All gemeine Relativitats theorie[M]. Braunschweig: Vieweg Verlag, 1917:15.
- [8] 张元仲.爱因斯坦建立狭义相对论的关键一步——同时性定义[J].物理与工程. 2015,4,3-8.
- [9] 爱因斯坦著,许良英等译.爱因斯坦文集第一卷[M].北京:商务印书馆,1994,455.
- [10] [美] 阿尔伯特·爱因斯坦著,杨润殷译.狭义与广义相对论浅说[M].北京:北京大学出版社,2006,15.
- [11] 江正杰著.道路——道的证明与唯道主义的自然哲学和科学[M].北京:人民日报出版社.2005.8:287-304.
- [12] David Hestenes.Space-Time Structure of Weak and Electromagnetic Interactions [J]Foundations of Physics, Vol. 12, No. 2, 1982.
- [13] 江正杰.动量合成原理适用于光源发射光子的情况探讨——狭义相对论效应物理机制的量子论解释[J].广西物理 2022 年第 4 期.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS