

狭义相对论：“Einstein 火车”用没用 光速不变原理？如果不用光速不变原理 “Einstein 火车”怎样写？

王瑞林

镇赉县交通局 吉林镇赉(137300)

Email:wangruilin080420@126.com

摘要: Einstein 火车用的是 Galilean 变换, 没用光速不变原理, “同时的相对性”与光速不变原理相悖。

关键词: 狭义相对论, 光速不变原理, “同时的相对性”, “Einstein 火车”。

The special relativity: Whether was used the principle of the constancy of the velocity of light in “Einstein’s Train” ? How do you write “Einstein’s Train” If do not use the principle of the constancy of the velocity of light?

WANG Rui-lin

Communications Bureau of the county of Zhenlai, Jilin Zhenlai of China (137300)

Email:wangruilin080420@126.com

Abstract: “Einstein's Train” used the Galilean transformation, “The relativity of simultaneity” is contrary to the principle of the constancy of the velocity of light.

Key Words: the special relativity, the principle of the constancy of the velocity of light, “the relativity of simultaneity”, “Einstein's Train”,

1. 引言

狭义相对论对还是错, 已争执百年。作者认为只要从“同时的相对性”入手, 问两句话, 即可定夺。第一句: “Einstein 火车”用没用光速不变原理? 第二句: 如果不用光速不变原理, “Einstein 火车”怎样写?”。

为讲述“同时的相对性”, Einstein 提出了一个被称为“Einstein 火车”(下文或简称“火车”)的假想实验。“同时的相对性”在狭义相对论中之地位举足轻重, 现摘录若干评述, 供审阅本文之参考。

狭义相对论创始于爱因斯坦 1905 年发表的一篇论文。这篇名为《论动体的电动力学》的论文, 探讨了惯性系之间的时空关系, 指出对于做相对运动的不同惯性系而言, 两个异地事件是否“同时”发生是个相对的概念。也就是说, 静止系的观察者认为“同时”发生在不同地点的两件事情, 运动观察者认为并不是“同时”发生的。([19]p1L8-13 参考文献[19] 第 1 页, 第 8 至 13 行)

“相对论时空观最为人们熟知的变革，恐怕就是空间距离和时间间隔的相对性，其实这种变革来源于同时概念的相对性。”（[12] p27L15-16）

“同时的相对性必然导致空间距离的相对性”（[12]p30L4-5）

“洛伦兹变换摒弃了统一的绝对时间概念，因而，同时的概念也不再是绝对的了。同时的相对性是新时空观的核心；对于这一点如果没有清醒的认识和足够的重视，那么在很多问题的处理中，就往往容易陷于困境或导致错误。许多狭义相对论的佯谬，它们的根子往往都在这里。”（[21]p38L18-22）

“伽利略变换不满足光速不变原理；… 我们将首先从狭义相对论的基本原理出发，建立时空坐标的洛伦兹变换。这个变换集中反映了狭义相对论的时空观念。其中最根本的，是同时的相对性；只有抓住这一点，才可能正确理解动尺收缩，动钟延缓等重要效应，…”（[21]p20L4-9.）

“同时的相对性正是爱因斯坦建立狭义相对论时空观的突破点。”（[12] p27L7-8）

“事实上，新的有关同时性的概念是爱因斯坦公设的自然结果”（[46]p40L12-13）

“狭义相对论建立在‘相对性原理’和‘光速不变原理’这两条公理之上。”（[19]p9L21-22）

“同时的相对性是光速不变原理的必然结果。”（[21]p39L8）

本文作者之言论使用“Einstein”，“Galileo”，“Lorentz”，而不改动引文中出现的“爱因斯坦”，“伽利略”，“洛伦兹”。

2. 光速不变原理

“光速不变原理”是说，真空中的光速在任何惯性系中都是同一个常数 c ，与光源相对于观察者的运动无关。这就是说，不管观察者相对于光源是静止，还是迎着或顺着光射来的方向运动，他测得的光速都是同一个 c 。（[19]p9L31-p10L1）

“一个观察者，不管他是静止，还是做匀速直线运动，他测得的光速都是 c 。这就是爱因斯坦的光速不变原理。这完全与我们的生活常识相悖。按照我们的经验，如果地上站着不动的人看到一只小鸟以5米/秒的速度在空中飞翔，那么在跑动着的观察者看来，它的速度就不是5米/秒了。可是，将小鸟换成光，不管是站着的人还是在跑动的人，他们看到光的速度都是 c 。”（[26] p94L14-19）

3. “Einstein's 火车”之原文

至今，我们的论述一直是参照一个可称为“铁路路基”的特定物体进行的。假设一列很长的火车，以恒速 v 沿着图1标明的方向在轨道上行驶。车上的人把车当作参照物（坐标系）观察一切事件。铁路线上发生的每一个事件也在火车上特定之地点发生。与相对于路基作的同时性定义一样，我们也能够相对于火车作出同时性的定义。作为一个自然的推论，下述问题随之产生：对于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？我们将直接证明，回答必然是否定的。

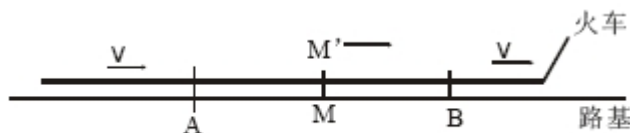


图 1

说A、B两点雷击是同时的，意思是：闪电在A处和B处所发出的光，在路基A→B这段距离之中点M相遇。事件A、B也对应于火车上的A点和B点。令M'为火车A→B这段距离之中点，闪光发生时，M'恰与M重合。但是M'正以速度 v 向右移动，若坐在M'的观察者不具备这个速度，一直停在M点，则来自A、B之光就同时到达他这里，相遇。而，实际上，相对于路基，他正迎着来自B的光，在来自A的光的前面疾驰。显然，他先见到来自B的光，后见到来自A的光。所以，以列车为参照物之观察者必然得出B先于A闪光之结论。于是，我们说：对于路基是同时发生的事件，对于火车并不是同时的，

反之亦然（同时性的相对性）。每个参照物（坐标系）都有它自身特定时间，涉及一个事件之时间之陈述，必须指出其对应之参照物，否则没有意义。([2]p27-p29L2)

很明显，Einstein 在这里用的是 Galilean 变换（Galilean 速度合成公式，迎着光 $c + v$ ，顺着光 $c - v$ ），与光速不变原理相悖。

4. 使用光速不变原理，“Einstein's 火车”应该改写为

至今，我们的论述一直是参照一个可称为“铁路路基”的特定物体进行的。假设一列很长的火车，以恒速 v 沿着图 1 标明的方向在轨道上行驶。车上的人把车当作参照物（坐标系）观察一切事件。铁路线上发生的每一个事件也在火车上特定之地点发生。与相对于路基作的同时性定义一样，我们也能够相对于火车作出同时性的定义。作为一个自然的推论，下述问题随之产生：对于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？我们将直接证明，回答是肯定的。

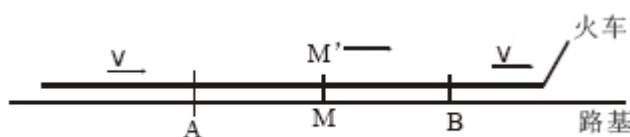


图 1

说 A、B 两点雷击是同时的，意思是：闪电在 A 处和 B 处所发出的光，在路基 A→B 这段距离之中点 M 相遇。事件 A、B 也对应于火车上的 A 点和 B 点。令 M' 为火车 A→B 这段距离之中点，闪光发生时， M' 恰与 M 重合。尽管 M' 正以速度 v 向右移动，坐在 M' 的观察者正迎着来自 B 的光，在来自 A 的光的前面疾驰，然而来自 A、B 之光仍将同时到达他这里。或者说，坐在 M' 的观察者仍将同时见到来自 A、B 之光。其理由是 1. 闪光发生时， M' 恰与 M 重合， M' 也处在路基 A→B 这段距离之中点；2. 按照光速不变原理，真空中的光速在任何惯性系中都是同一个常数 c ，与光源相对于观察者的运动无关，不管观察者相对于光源是静止，还是迎着或顺着光射来的方向运动，观察者测得的光速都是同一个 c ，所以，A、B 之光相对 M' 的速度都是 c 。于是，我们说：对于路基是同时发生的事件，对于火车仍是同时的，反之亦然。

5. 他人对“Einstein's 火车”之编撰及作者对典型编撰之剖析

他人对“火车”多有编撰，如[5]p30L41-p32L3 中文 p31L18-p33L9, [11]p41L16-p42L8 中文 p48L8-p49, [12]p26L7-p27L7, [16]p19L7-11, [19]p18L16-33, [39]p972L15-p973, [46]p40L14-p41L13, [47]p51L19-p52L14, [28]中文 p163L25-p164L13. 有的，在诠释原作之同时，暗藏对质疑之辩解。有的，特意加上一句“因为光速是不变的”，而实质上并未真正运用光速不变原理。有的，故意多加字句，使水变浑，或偷换概念。对此类书文之反驳，仍是：“请你用 Galilean 变换，不用光速不变原理改写一遍你的“火车”，发布。”下面剖析两个典型编撰，为论述方便，必要时，作者将有关语句加黑，或作斜。

典型 1:

一列火车在轨道上匀速右行。站台上自左至右有两点 A 和 B，**站长站在 AB 之中点 M**。当车厢之两端同时经过 A 和 B 时，A 和 B 两处的信号灯同时闪光，两个闪光将在 M 点相遇，同时到达站长的眼睛。由于站台和站长都是静止的，所以站长认为信号灯是同时发光的，或者车厢的两端 A' 、 B' 与 A、B 是同时重合的。**在 A、B 发光的瞬间，坐在车厢中点 M' 处的车长正好经过站长身旁**，他不会同意站长关于两灯同时发光的结论。车长看到站台向左移动。由于 A、B 灯光在 M 点相遇是同时同地事件，是绝对的，所以车长也看到灯光在 M 点相遇，不过这时站台 midpoint 早已移到左边去了，这样一来，向右运动的车长必然先遇上 B 灯的灯光，而后才看到 A 灯的灯光。所以车长认为 B 灯发光在前，A 灯发光在后。

此文用的仍是 Galilean 变换，没有用光速不变原理。若用光速不变原理，应改写为：

一列火车在轨道上匀速右行。站台上自左至右有两点 A 和 B，**站长站在 AB 之中点 M**。当车厢之两端同时经过 A 和 B 时，A 和 B 两处的信号灯同时闪光，两个闪光将在 M 点相遇，同时到达站长的眼睛。由于站台和站长都是静止的，所以站长认为信号灯是同时发光的，或者车厢的两端 A', B' 与 A, B 是同时重合的。**在 A, B 发光的瞬间，坐在车厢中点 M' 处的车长正好经过站长身旁**，他完全同意站长关于两灯同时发光的结论。尽管车长相对于站台右移，而两个闪光仍将同时到达站长的眼睛。因为 1. **在 A, B 发光的瞬间，坐在 M' 处的车长正好经过站长身旁，站长站在 AB 之中点 M**，车长也正好在 AB 之中点 M。2. 尽管车长正在移向 B 灯，但根据光速不变原理，真空中的光速在任何惯性系中都是同一个常数 c ，与光源相对于观察者的运动无关，不管观察者相对于光源是静止，还是迎着或顺着光射来的方向运动，观察者测得的光速都是同一个 c 。于是，A, B 之光相对于车长的速度都是 c ，

典型 2:

考虑一列火车沿站台匀速驶过的情况，**这时有两个闪电分别击中了站台上的 A 点和 B 点。静止于 A B 这段距离中点 M 的站长，同时看到来自 A 处和 B 处的闪光**，由于光速各向同性，他认为“闪电击中 A”和“电击中 B”是两个“同时”发生的事件。

然而事件 A 和事件 B 也分别对应于火车上的 A 点和 B 点。下面我们将看到火车上静止于 AB 这段距离中点 M' 的车长不认为这两个事件是同时发生的。站台上的人认为闪电同时击中 A 与 B 时，位于列车上 M' 点的车长恰好与站台上 M 点的站长相遇。由于光信号的传播需要时间，沿着 A→B 方向行驶的火车，在闪电击中 A, B 两点，闪光传到车长眼睛的这段时间里，已向车头 B 的方向移动了一段距离。所以虽然静止于 M 点的站长会同时看到来自 A, B 两处的闪光，但车长将首先看到来自 B 的闪光，后看到来自 A 的闪光。车长静止于列车 AB 的中点，他也认为在他的参考系（火车系）里光速各向同性，既然先看到闪电先击中 B，后看到闪电先击中 A，他当然认为事件 A 与事件 B 不是同时发生的。“闪电击中 B”是先发生的事件，“闪电击中 A”是后发生的事件。

看此编撰，颇费脑筋：

1. 将本例的黑体语句写在一起，“**静止于 AB 这段距离中点 M 的站长，同时看到来自 A 处和 B 处的闪光，他认为“闪电击中 A”和“电击中 B”是两个“同时”发生的事件。站台上的人认为闪电同时击中 A 与 B 时，位于列车上 M' 点的车长恰好与站台上 M 点的站长相遇。**”，显然，两长相遇之地点是站台上 A, B 两点之中点 M，相遇之时间是站长同时看到来自 A 处和 B 处的闪光时。

2. 将本例的斜体语句写在一起，“*这时有两个闪电分别击中了站台上的 A 点和 B 点。静止于 AB 这段距离中点 M 的站长，*” “*然而事件 A 和事件 B 也分别对应于火车上的 A 点和 B 点，火车上静止于 AB 这段距离中点 M' 的车长*”，显见，闪电击中 A, B 时，两长在一起，都在站台上 AB 之中点 M，也都在列车上 AB 之中点 M。

3. “由于光信号的传播需要时间，沿着 A→B 方向行驶的火车，在闪电击中 A, B 两点，闪光传到车长眼睛的这段时间里，已向车头 B 的方向移动了一段距离。所以虽然静止于 M 点的站长会同时看到来自 A, B 两处的闪光，但车长将首先看到来自 B 的闪光，后看到来自 A 的闪光。”，显然是 Galilean 变换，迎着光 $c+v$ ，顺着光 $c-v$ 。

4. 回头看 1. 两长相遇之时间是**站长同时看到来自 A 处和 B 处的闪光时**。两长相遇，而只有站长看到 A, B 同时闪光。难道车长是盲人？

5. 回头看 2 与 1. 闪电击中 A, B 时，两长在一起，**站长同时看到来自 A 处和 B 处的闪光时**两长相遇，这让人怎么理解？

6. “同时的相对性”与“光速不变原理”相悖, Lorentz 变换不真, Minkowski 图不真

至此, 已经很清楚, 按照光速不变原理, 就没有“同时的相对性”, 而不按照光速不变原理, 按 Galilean 变换, 则有“同时的相对性”。这是一个十分严肃的, 极其重要的结论。这个结论对狭义相对论中的其它结论有何影响呢? 我们从[16]中摘出一段 ([16]p-27L9 及[16]p28L14-19)。

3.4 Lorentz 变换的结果

3.4.2 “同时性”观念的相对性

在 S' 系中, 两事项 $(x'_1, t'_1), (x'_2, t'_2)$ 如 $t'_1 = t'_2$, 谓之同时, 但在 S 中, 由(18)式则有

$$t_2 - t_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \frac{\beta}{c} (x_2 - x_1) \neq 0. \quad (3-22)$$

故在 S 中, 此二事项并不同时。在前 Minkowski 图中 (空间性区域), 我们已知这结果。

易见, 这一段是说 (使用了光速不变原理的) Lorentz 变换和 Minkowski 图都得到了“同时的相对性”。于是显然, 如果本文之结论 (有光速不变原理, 就没有“同时的相对性”) 成立, 则 Lorentz 变换和 Minkowski 图不真。

7. 结语

“Einstein 火车”没用光速不变原理, 用的是 Galilean 变换。如果不用光速不变原理写“Einstein 火车”, 写出来的就是 Einstein 写的这个“Einstein 火车”。狭义相对论错了。

相对论作家, 包括经典作家, 之书文, 有个共同的特点, 就是, 推理不严格按逻辑, 概念不严密, 一个事件首次被叙述时用语句 A , 再次表述这个事件时用的语句则似 A 非 A , 使讨论很难正常进行。

参考文献

- [1] 爱因斯坦文集 (增补本) 1-3 卷. 许良英 李宝恒 赵中立 范岱年编译, 商务印书馆, 2009.
- [2] Albert Einstein: Relativity The special and the general theory.
- [3] Albert Einstein: The meaning of Relativity.
- [4] John Stachel: Einstein's Miraculous year Five papers that changed the face of physics.
- [5] P. G. Bergmann: Introduction to the theory of relativity, Prentice-Hall, Inc New York 1942. 中文, 相对论引论, 周奇 郝莘译, 人民教育出版社, 1961.
- [6] Max Born: Einstein's theory of relativity. Dover Publications New York 1962.
- [7] W. Pauli: Theory of relativity. Pergamon Press London 1958. 中文, 相对论, 凌德洪 周万生译, 上海科学技术出版社, 1961.
- [8] N. M. J. Woodhouse: Special relativity. Springer-Verlag 2003. 英文影印版. 清华大学出版社, 2009.
- [9] Robert Resnick: Introduction to Special Relativity. Wiley. New York. 1968.
- [10] W. G. V. Rosser: An introduction to the theory of relativity, London Butterworths, 1964.
- [11] Robert Resnick. Basic Concepts In Relativity And Early Quantum Theory. John Wiley & Sons, Inc. 1972. 中文 相对论和早期量子论中的基本概念, 上海师范大学物理系译, 许国保校, 上海科学技术出版社, 1978.
- [12] 刘辽, 费保俊, 张允中: 狭义相对论 (第二版, . 科学出版社, 2008.
- [13] 张元仲: 狭义相对论实验基础, 科学出版社, 1979.

-
- [14] 方励之, 褚耀泉: 从牛顿定律到爱因斯坦相对论, 科学出版社, 1987
- [15] 费保俊: 相对论与非欧几何. 科学出版社 2005.
- [16] 吴大猷: 理论物理(第四册)相对论, 科学出版社, 1983..
- [17] R. P. Feynman: 费曼讲物理 相对论 周国荣译, 湖南科学技术出版社, 2004
- [18] 张宗燧: 电动力学及狭义相对论, 北京大学出版社, 2004.
- [19] 赵峥: 相对论百问. 北京师范大学出版社 2010.
- [19] G. Stephenson, C. W. Kilmister: 狭义相对论(物理工作者用), 沈立铭译, 上海科学技术出版社 1963.
- [20] A. P. French: Special relativity, The M. I. T. Introductory physics series. 中文 美国 M.I.T.物理学导论丛书II 狭义相对论, 张大卫译, 人民教育出版社 1979
- [21] 刘右昌: 狭义相对论及其佯谬, 清华大学出版社, 2011.
- [22] 赵展岳: 相对论导引. 清华大学出版社, 2002.
- [25] 张轩中: 相对论通俗演义, 广西师范大学出版社, 2008.
- [26] 仰观苍穹思寰: 聊聊狭义相对论, 湖南科学技术出版社, 2010.
- [27] 王福山主编 近代物理学史研究 复旦大学出版社 1983.
- [28] The Feynman lectures on physics (Vol 1-3) 世界图书出版公司 2009. 费曼物理学讲义, 郑永令等译, 上海科学技术出版社 2005.
- [29] R. Gautreau, W. Savin: THEORY AND PROBLEMS OF MODERN PHYSICS. McGraw-Hill, 1978.
- [30] Herbert Goldstein, Charles Poole, John Saffko: Classical Mechanics (Third Edition). Higher Education Press. 2006
- [31] Eugene Hecht: Physics: Calculus (Second Edition) (上, 下册) 清华大学出版社 2005.
- [32] L. E. H. Trainor, M. B. Wise: 理论物理导论(从物理概念到数学结构), 冯承天, 李顺祺, 张民生译, 科学出版社., 1987.
- [33] F. Inman, C. Miller: 今天的物理学. 叶悦, 何笑松, 沈志牛, 张仲静, 王鸣阳, 荣毓敏译. 科学出版社. 1981
- [34] Robert Resnick, David Halliday: Physics (Part 1-4). John Wiley, 1977
- [35] G. Holton, G. Brush: 物理学的概念和理论导论 上册, 张大卫译, 人民教育出版社, 1983, 下册 戴念祖等译, 高等教育出版社, 1987.
- [36] 向义和编著 大学物理导论——物理学的理论与方法, 历史与前沿(上册), 清华大学出版社, 1999.
- [37] Raymond A. Serway, Clement J. Moses, Curt A. Moyer: Modern Physics (Third Edition) 清华大学出版社 2008.
- [38] Hugh D. Young, Roger A. Freedman: Sears and Zemansky's University Physics (原书第10版上, 下册) 机械工业出版社 2010.
- [39] HALLIDAY, RESNICK, WALKER: 物理学基础, 张三慧, 李椿译, 机械工业出版社 2009
- [40] K. W. Ford: 物理学(1—4) 高航译, 人民教育出版社, 1980.
- [41] F. W. Sear: 大学物理学(1—4) 郭泰运等译 高等教育出版社, 1979.
- [42] F. J. Bueche: 物理学导论(上, 中, 下), 殷大钧等译, 人民教育出版社, 1978.
- [43] Frederick J. Keller, W. Edward Gettys, Malcolm J. Skove: 经典与近代物理学, 高物译 高等教育出版社, 1997.
- [44] K. W. Ford: 经典和近代物理学(1-4册), 陈纲译, 高等教育出版社, 1983.
- [45] Serway, Jewett: Principles of Physics (third Edition) A Calculus – Based Text (上, 下册), 清华大学出版社, 2003.
- [46] 陈应天著 庆承瑞译, 相对论时空, 上海科技教育出版社, 2008.

-
- [47] 郑庆璋 崔世治编著, 狭义相对论初步, 上海教育出版社, 1981.
- [48] 刘辽, 赵峥: 广义相对论 (第二版), . 高等教育出版社, 1987.
- [49] 赵峥, 刘文彪: 广义相对论基础 (第二版), 清华大学出版社 2010.
- [50] J. Weber: *General relativity and gravitational waves* 及中文版 广义相对论及引力波 陈凤至 张大卫译, 科学出版社, 1979.
- [51] P. A. M. Dirac: *General theory of relativity* 及中文版 广义相对论 朱培豫译, 科学出版社, 1979.
- [52] F. R. Tangherlini: *An introduction to the general theory of relativity* 及中文版 广义相对论导论 朱培豫译, 科学出版社, 1979.