

开放的洛伦兹对中国科学家的启示

(从百米飞人大战说起)

前言

精彩与和纷争交织的里约奥运会落下了帷幕。2016年8月15日，我又看见了那道黑色的闪电，伟大的博尔特再次证明了他是当代最伟大的百米飞神。这一次，他出现在巴西里约的马拉卡纳体育场，上一次，是在2008年北京的鸟巢体育场。

博尔特在空气中飞跑，如何计算风速对运动员的影响？迈克尔逊光束在以太中反射，如何计算以太速度对光束的影响？这是两个同类的物理问题。按照牛顿和洛伦兹的主张，一个正确的基本原理，应当是简单的、可以统一说明所有同类现象的。我们发现，经典的以太理论是建立在‘以太是一个特殊、优越惯性系’的假定之上的，也无法统一解释‘菲涅尔光行差’，‘迈克尔逊-莫雷实验’，‘霍克实验’和‘斐索实验’；反之，将‘运动员速度应等于静风速度加有效风速’的原则自然地应用于‘极稀薄以太’，则可以统一解释以上所有现象和问题。

本文从百米飞人大战说起，说明经典以太理论的错误，并给出‘可以统一说明所有同类现象的基本方法’。这对于我们的时空研究，可能会有所启示。

1. 如何计算风速百米竞赛的影响

2008 年 8 月 16 日，我有幸在鸟巢现场观看了百米飞神博尔特（Usain Bolt）以 9.69 秒打破百米纪录的全过程。据报道，就在博尔特在鸟巢打破百米纪录前一个多月，即 2008.6.30，美国短跑名将盖伊（Tyson Gay）在奥运选拔赛中，曾以 9.68 秒跑完百米。为什么国际田联未承认盖伊的 9.68 秒为世界纪录？原来，盖伊比赛时，风速达到顺风每秒 4.1 米，超过了国际田联规定的每秒 2 米。



图 1 2008.8.16，博尔特在鸟巢以 9.69 秒创造了百米新纪录，

引自 360 图片

国际田联规定的科学依据是什么？当代百米竞赛，时间测量精度为 0.01 秒，即两位运动员达到终点的时间差必须大于等于 0.01 秒，

才可以判定一位优胜，另一位落后；如果两位运动员达到终点的时间差小于 0.01 秒，则无法判定哪一位优胜。

现在我们来计算一下，如果两位运动员 A 和 B 同场比赛，跑完百米的时间差了 0.01 秒，他们的平均速度相差多少？设 A 的成绩为 9.69 秒，B 的成绩为 9.70 秒，两人的平均速度分别为

$$V_A = \frac{100m}{9.69s} = 10.32m/s,$$
$$V_B = \frac{100m}{9.70s} = 10.31m/s$$

这就是说，‘在百米竞赛中，0.01s 的时间差大约相当于 0.01m/s 的速度差’。

如果分别在顺风 and 逆风中比赛，该如何计算风速对运动员速度的影响？有两种算法，第一种算法，将运动员在静风中的速度 V_0 直接加减风速 u ，即顺风加，逆风减

$$V_+ = V_0 + u,$$
$$V_- = V_0 - u$$

取风速为国际田联规定的上限 $u=2.0m/s$ ；以博尔特在北京奥运会的成绩为例，其逆风速和顺风速应分别为

$$V_0 = 10.32m/s, \quad u = 2.0m/s,$$
$$V_- = 10.32m/s - 2.0m/s = 8.32m/s,$$
$$V_+ = 10.32m/s + 2.0m/s = 12.32m/s$$

现在，用上面求出的顺风速度 V_+ 和逆风 V_- 反过来求博尔特在逆风和顺风跑完百米所需的时间

$$t_- = \frac{100m}{V_-} = \frac{100m}{8.32m/s} = 12.02s,$$

$$t_+ = \frac{100m}{V_+} = \frac{100m}{12.32m/s} = 8.12s$$

这就是说，按照这第一种算法，博尔特正常发挥，在风速 $u=2.0m/s$ 的运动场中逆风跑或顺风跑，跑完百米的时间会相差近 4 秒，这误差太大，太离谱了。这显然不合理，也完全不符合大量的竞赛事实！

我们提出第二种算法，认为运动员在风中奔跑的速度应等于运动员在静风中的速度 V_0 加减有效风速 bu ，即风速 u 与速度影响系数 b 的乘积：

$$V_+ = V_0 + bu,$$

$$V_- = V_0 - bu$$

将上面两式相减，可求出速度影响系数

$$b = \frac{V_+ - V_-}{2u} = \frac{0.01m/s}{2 \times 2.0m/s} = 0.0025$$

其中，用到了前述之‘在百米竞赛中，0.01s 的时间差大约相当于 0.01m/s 的速度差’，即取了 $V_+ - V_- = 0.01m/s$ 。可见，风速作用于运动员的速度影响系数 b 约为千分之二点五，是一个很小的数。

现在，我们用这一结果验算‘博尔特沿顺风或逆风方向跑完百米所需的时间差’

$$t_- = \frac{100m}{V_0 - bv} = \frac{100m}{10.32m/s - 0.0025 \times 2.0m/s} = 9.6946s,$$
$$t_+ = \frac{100m}{V_0 + bv} = \frac{100m}{10.32m/s + 0.0025 \times 2.0m/s} = 9.6852s$$

这就是说，按照第二种算法，当风速为每秒 2 米，博尔特沿顺风或逆风方向跑完百米所需的时间差小于 0.01 秒，这是合理的。

至此，我们得出结论，‘第一种算法：将风速与运动员在静风条件下的速度直接加减’是不合理的，‘第二种算法：将运动员在静风条件下的速度与有效风速相加减’是合理的。国际田径联合会将‘风速不超过每秒 2 米作为竞赛是否有效的标准，是科学实验和大量竞赛实践的结果；无论是顺风或逆风，不超过每秒 2 米的风速对运动员跑完百米的影响小于 0.01 秒。

2. 迈克耳逊-莫雷干涉实验

然而，令人惊诧不安的是：一批绝顶聪明的理论和实验物理学家，伟大如迈克耳逊（Michelson）、霍克（Hoek）、斐佐（Fizeau）、洛伦兹（Lorentz），他们在求解光束在以太中的运动速度时居然都采用了上述不合理的第一种算法。

下图给出迈克尔逊-莫雷干涉实验光路的主要部分的示意图：

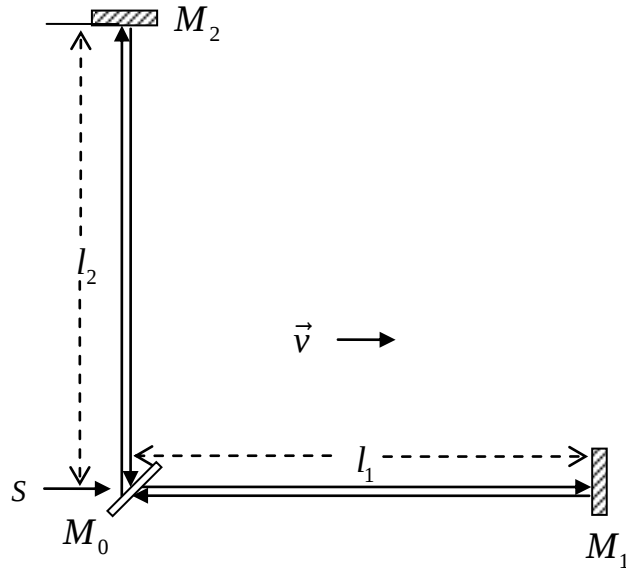


图 2 迈克尔逊-莫雷干涉实验示意图

图中， M_0 , M_1 , M_2 为依次为分光镜，平行向反射镜和垂直向反射镜，所谓平行向，是指与地球自转的方向平行； l_1 和 l_2 分别为干涉仪沿平行方向或垂直方向的光路之长度； S 为光源， v 为以太相对于干涉仪的速度。所有狭义相对论的教科书在解释迈克尔逊-莫雷实验时都用了根本错误的第一种算法，认为平行光路与垂直光路之用时差为

$$\begin{aligned}
 \Delta t_1 &= \left(\frac{l_1}{c+v} + \frac{l_1}{c-v} \right) - \frac{2l_2}{\sqrt{c^2 - v^2}} \\
 &= \frac{l_1}{c} \left(\frac{1}{1+\beta} + \frac{1}{1-\beta} \right) - \frac{l_2}{c} \frac{2}{\sqrt{1-\beta^2}} \text{----- (A)} \\
 &\approx \frac{2l_1}{c} (1+\beta^2) - \frac{2l_2}{c} \left(1 + \frac{1}{2}\beta^2 \right)
 \end{aligned}$$

其中， c 为真空光速， $\beta \equiv v/c$ 。

为避免两向光路之微小差别对干涉结果的影响，将干涉仪在水平面内转动 90 度，这相当于将 l_1 与 l_2 的位置交换：

$$\begin{aligned}\Delta t_2 &= \left(\frac{l_2}{c+v} + \frac{l_2}{c-v} \right) - \frac{2l_1}{\sqrt{c^2 - v^2}} \\ &\approx \frac{2l_2}{c}(1+\beta^2) - \frac{2l_1}{c} \left(1 + \frac{1}{2}\beta^2 \right) \text{----- (B)}\end{aligned}$$

将 (A) + (B) ，得总时间差

$$\begin{aligned}\Delta t &= \Delta t_1 + \Delta t_2 \approx \frac{2(l_1 + l_2)}{c}(1+\beta^2) - \frac{2(l_1 + l_2)}{c} \left(1 + \frac{1}{2}\beta^2 \right) \\ &= \frac{(l_1 + l_2)}{c} \beta^2\end{aligned}$$

总光程差为

$$\Delta L = c\Delta t \approx c \frac{(l_1 + l_2)}{c} \beta^2 = (l_1 + l_2) \beta^2$$

相应的干涉条纹移动数应为总光程差除以半波长

$$\Delta N_{theo} = \frac{\Delta L}{\lambda / 2} \approx \frac{2(l_1 + l_2)}{\lambda} \beta^2 \approx 0.37$$

其中，以太相对于干涉仪速度取了地球绕太阳公转速度 $v=30km/s$ ，并用到了迈克尔逊干涉实验的数据

$$\begin{aligned}l &= l_1 + l_2 = 11m, \\ \lambda &= 5890 \times 10^{-10} m,\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{v}{c} = 10^{-4}$$

当时，迈克尔逊干涉仪的分辨率已相当高，即使以太速度 v 远小于地球自转速度（约 $v=0.5\text{km/s}$ ），也可检查出来，但多次实验的结果都是

$$\Delta N_{\text{exp}} < 0.01$$

以太理论值与实验结果严重不符！为了解释这一矛盾，菲兹杰惹 (George FitzGerald) 和洛伦兹先后提出运动长度收缩的假说。

如改用本文给出的第二种算法，则时间差应为

$$\Delta t = \left(\frac{l_1 + l_2}{c + bv} + \frac{l_1 + l_2}{c - bv} \right) - \frac{2(l_1 + l_2)}{\sqrt{c^2 - b^2 v^2}} \approx \frac{l_1 + l_2}{c} \left(\frac{b^2 v^2}{c^2} \right)$$

干涉条纹移动数应为

$$\Delta N_{\text{theo}} \approx \frac{2(l_1 + l_2)}{\lambda} \left(\frac{b^2 v^2}{c^2} \right)$$

在第一节中，我们已知，风速对运动员速度的影响系数很小，只有千分之几；与可测量的空气相比，以太难以被测量到，说明以太极其稀薄，以太速度对光速的影响极其微弱，其速度影响系数 b 极其微小，干涉条纹移动数当然为零

$$\Delta N_{\text{theo}} \approx \frac{2(l_1 + l_2)}{\lambda} \left(\frac{b^2 v^2}{c^2} \right) \rightarrow 0,$$

其中， $b \ll 1$, $b^2 \ll \ll 1$

用第二种算法获得的理论值与实验结果符合得很好，很自然。无需费尽心思，去弄出个极不自然的洛伦兹收缩！

暂且不管以太是什么，它肯定是一种客观存在的物质，比如宇宙背景辐射；总之，**极其稀薄的以太对光的作用极其极其微弱。在解释各类光的干涉实验时，以太对光的作用完全可以忽略！**

3. 结语和思考

100 多年前，面对迈克尔逊-莫雷干涉实验的多次零结果，伟大的洛伦兹曾经十分困惑：**还有什么看漏的地方吗？**

现在，我们可以禀告伟大的洛伦兹：‘看漏的地方就是以太理论含有两个基本错误，第一，麦克斯韦-法拉第电磁理论之所以在地球上和卫星上都成立，并非是由于地球是一个惯性系，（实际上，地球和卫星都不是严格的惯性系），而是由于，无论在地球上还是在卫星上，电磁规律通过观测者的测量确定，除取决于物理源特性（电荷分布）和观测者（仪器）特性，还取决于物理源相对于观测者（地球或卫星）的相对位置、相对速度和相对加速度。无论在地球上还是在卫星上，都存在类似的相对关系，所以麦克斯韦方程的形式相同（协变），进一步，如果在地球上和在卫星上的相对位置、相对速度和相对加速度分别对应相同，则在地球上和在卫星上的物理规律完全相同； 第二，以太是类似于空气的一种介质，不能将光束相对于干涉仪的速度与以太相对于干涉仪的速度直接相加减，而应当将光束相对于干涉仪的速度与以太相对于干涉仪的**有效速度**相加减’；用‘**极其稀薄的以**

太对光的作用极其微弱的’不仅可以自然地解释‘迈克尔逊-莫雷干涉实验’的零结果，也可以统一解释‘霍克实验’，‘菲佐实验’，完全没有必要提出动尺收缩的概念。

洛伦兹一生，是一位大度谦和的科学家，对于新思想表现出不同寻常的开放态度，乐意听取年轻人的最新思想，但他从不干扰别人的思想，他和他们的关系是靠和善而平淡的基本个性来维持的。（引自电子论的创立者--亨德瑞克洛伦兹）

当年，作为爱因斯坦、薛定谔等青年才俊的师长，作为国际物理界的公认领袖，洛伦兹主张对人‘开放、包容’，认为‘把任何已有的认识途径作为唯一可靠的途径加以提倡是轻率的’，主张寻求‘简单的、可以说明所有现象的基本原理’，鼓励‘各种基本的理论途径应该同时由不同的研究者加以探索’。

按照我们现代人的语言，可否将洛伦兹的科学思想归纳为以下三句话：

- 1) 人格平等，学术自由；
- 2) 开放、包容，鼓励多学者、多角度的探索；
- 3) 不先验地认定某种理论是唯一正确的；
- 4) 不懈追寻，发现简单、可以说明所有相关现象的基本原理。

我个人认为，洛伦兹的这些科学思想，可能比他的具体科学成就更加重要，对二十一世纪的物理学发展，具有重要和现实的指导意义。

如何评价一种科学思想？我们以为，面对一切伟大和不仅仅是伟大的猜想或直觉，正确而有效的对策是‘二验三问二不’：‘二验’是‘彻底的事实检验’和‘彻底的逻辑检验’；‘三问’是‘支持某猜想或直觉的证据链完整’吗？‘存在任何反例吗？’和‘还有其它更自然、更合理的解释吗？’‘二不’是‘不将假设当公设，不凭感觉断是非’。

现在，物理学界存在三大不理智的倾向：首先，违反洛伦兹科学思想的第三、第四条，将尚不完善的相对两论当作绝对的真理；其次，违反洛伦兹科学思想的第一、第二条，自封为当然的法官，压制其它科学思想的探索；此外，现在全世界大多数的理论物理学家都信奉福克的一句名言：“一切伟大的和不仅仅是伟大的发现，都不是按照逻辑的法则得来的，而是由猜想得来，换句话说，大都是凭着创造性的直觉得来的”。福克此言，当然是事实。但是，这不是全部。在信奉这一名言的背后，实际上包含另一句潜台词：“逻辑检验没那么重要”。这是一种危险的倾向，导致了在一些物理学领域越来越忽视逻辑检验的必要性。

几个月前，在关于‘GPS 是否与相对论有关’的争论中，我们已看到中国有一批‘严谨求真’的科学家，这是中国科学的希望。本文认为，‘尊而不罔，每疑必究；实事求是，不卑不亢’是发展中国科学的正确态度。

欢迎志在发展中国科学的同仁参加关于以太理论的讨论和争论。健康的争论是只对事不对人，碾碎砂锅上桌面。我们愿意再次强调，科学争论的目的不是为了证明 ‘who is right’ , 而是为了共同弄清 ‘what is right’ 。抱着这样的态度争鸣，遵循洛伦兹的科学思想，大家会很快抛弃错误，一代人会比上一代更聪明、更正确；反之，若始终围绕学派的荣辱争吵，一代又一代人都只能在泥淖中原地打旋。

参考文献

- [1] 爱因斯坦，狭义和广义相对论浅说，北京大学出版社，2006 年 1 月，第 1 版.
- [2] 爱因斯坦自述，富强译，《E.爱因斯坦给 M.索洛文的信，1949.3.28》，新世界出版社，2012.1.
- [3] 张元仲，狭义相对论实验基础，科学出版社，1979.9，第 1 版, 1994.8,第 3 次印刷.
- [4] J.D. Jackson, Classical Electrodynamics, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2nd edition, 1975.
- [5] 胡友秋，程福臻，电磁学与电动力学 (下册)，科学出版社，2008.1，第 1 版.
- [6] 刘辽，费保俊，张允中，狭义相对论，科学出版社，2008.7，第 1 版.
- [7] 曹昌祺，经典电动力学，科学出版社，2009.8，第 1 版.
- [8] 赵峥，相对论百问，北京师范大学出版社，