

长度收缩假说究竟是谁首先提出和发展的¹⁾?

阎 康 年

(中国科学院自然科学史研究所,北京 100010)

收缩假说系指物体的长度和时间在运动方向上随物体运动的速度增加而缩小,在低速运动时这种效应很小而可以忽略不计,这是牛顿力学适用的范围。但是,当物体以接近光速运动时,这种效应变得明显而必须予以考虑。因此,这个假说的出现为洛伦兹变换和继而为狭义相对论的产生起了十分重要的作用。由于这个原因,收缩假说的产生和发展过程一直是现代物理和相对论的研究者,特别是研究狭义相对论起源的科学史学家极其关注的课题。

在国内的一些科学史和物理史著作中,至今仍流行这样的一些说法:收缩假说是非兹杰惹(G. F. Fitzgerald)和洛伦兹几乎同时提出的。例如,在吉利斯皮(C. C. Gillispie)主编的美国《科学传记字典》第8卷中,由麦克科尔马赫(R. McCormach)写的《洛伦兹》条目说:“洛伦兹和非兹杰惹大约同时独立地提出了收缩假说,洛伦兹在1892年发表了与非兹杰惹的近似形式的收缩假说”^[1]。有的作者甚至把两者提出的年代都说成是1892年,有些则把他们提出该假说的年代说得很乱,使广大读者产生误解。关于这个假说的主要发展者,人们往往只谈拉摩(J. Larmor)和庞加莱(Poincaré),却根本不提洛奇(O. Lodge)首先提出时间随速度减慢和收缩系数的重要贡献。这些误解影响广泛而深远,有必要根据史实予以说明和论证。

笔者根据几年来在国内外查到的这些参予提出和发展收缩假说的学者的一系列原始文献,进行分析和综合,曾经在《河北大学学报》的1991年第2期上发表过一篇短文《关于长度收缩假设来源与发展的重新考察》,由于该学报

很少被人知晓和论证上的欠缺,未产生什么影响。所以,笔者在1993年8月28日在西班牙的萨拉戈萨举行的第19届国际科学史大会的物理史组会议上,又宣读了《究竟谁是收缩假说的真正提出者和发展者》一文,引起国际物理史界的很大兴趣,纷纷找笔者探讨和索取复印件。这里,笔者予以译出和补充,发表出来,供感兴趣的同志们商榷和指正。

一、收缩假说产生的科学背景

众所周知,收缩假说是为了解释迈克尔孙-莫雷实验的负结果才出现的,而迈克尔孙-莫雷实验又是由迈克尔孙见到麦克斯韦于1879年3月19日给美国天文学家托德(D. P. Todd)的信而受到启发,才着手构思实验的。19世纪早期,T. 扬(Thomas Young)和非涅耳先后进行了光的干涉和衍射实验,证实了光的波动说。为了在地球上测定光速,就必须考虑作为光的载体的以太性质及其与地球运动关系对光速的影响。非涅耳为了解释光行差现象,提出以太静止并不随地球运动,即存在以太漂移现象。斯托克斯在1845年提出静止的以太无法说明光引起的热分子运动,认为地球运动会拖曳附近的以太而形成以太运动的速度势。但是,菲索实验(1849)却又说明以太不随地球运动,并被很多物理学家接受。电磁理论的主要奠基者麦克斯韦早年相信以太说并用以解释光的电磁性质,但是到1864年他提出著名的电磁

1) 该文是根据1993年8月27日作者在西班牙举行的第19届国际科学史大会物理史组会议上宣读的文稿,进行修改和补充后写成的。

理论方程时,又感到没有以太假设是可以的,当时处于犹豫状态的麦克斯韦写了一封题名《论决定地球运动是否影响光折射的一个实验》的信,提出“实验结果对于这里说的运动形式的假设而言,肯定是负的”。在1879年他去世前为大英百科全书第9版写的《以太》条目中,提到他搜集了已知的所有物体相对运动的例子,指出除去行星的卫食(越远越好)之外,用观测的任一现象推测不出这种相对运动。他说该方法是用来测量两镜面之间往返光速的变化,在不同方向上的时差为 $\frac{v^2}{c^2}$ 数量级(v 为物体速度, c 为光速),但该时差小到难测的程度。他在同年给托德的信中说收到托德寄给他的木卫表,很受启发,问托德是否做过木卫食受木星中心位置影响的观测?他说:“即使我们肯定光行差理论,也只能得到星体位置的差异,并且在地球上确定光速的各种方法中,光又沿同一径迹复返。所以,地球对于以太的速度将以地球与光的速比的平方确定的数量,改变光双行程所需的时间,这对于观测而言是太小了”^[2]。正在托德实验室工作的迈克尔孙看到这封信,启发他自制精密的干涉仪,在1881年开始做以太漂移实验。

菲兹杰惹是爱尔兰的著名理论物理学家,相信以太说,对麦克斯韦在《电磁论著》中提出的“电磁扰动方程形式对于以太静止坐标和随物体运动的坐标是一致的”发生兴趣,并在1882年5月发表了《论地球运动产生的电磁效应》一文。他从菲索实验得出“在空气中没有可觉察到的部分随地球运动”的结论,并说地球运动造成的以太运动有时会减小它绕太阳运动的速度在椭圆轨道方向上的分量。这表明,菲兹杰惹早在1882年就开始考虑以太漂移问题。洛伦兹在1886和1887年对菲涅耳和斯托克斯在以太是否随地球运动而漂移问题上持相反意见感到兴趣,先后发表文章讨论以太运动对光传播的影响,企图在两者之间找到合理的解释,但感到太复杂未能深究。他在文章中,曾经两次引证了迈克尔孙及其和莫雷的不同论文,这些论

文都发表在美国的《科学》杂志上。这些情况说明,菲兹杰惹和洛伦兹在1890年之前都受到麦克斯韦前述说法的影响,也都知道迈克尔孙-莫雷实验,并不同程度地考虑过以太漂移问题。

二、关于菲兹杰惹收缩假说的回顾

菲兹杰惹为了遵循麦克斯韦的思路和解释迈克尔孙-莫雷实验的负结果,经过近两年的考虑,在1889年5月以给《科学》杂志编辑的信的形式发表了《以太和地球大气》一文,解释了迈克尔孙-莫雷实验的负结果。他写道:“我愿意提出,能够协调这个背反的唯一假设是物质的物体的长度改变了,这种变化决定于其速度与光速之比的平方的数量。我们知道,电力受到电体相对以太运动的影响,所以分子力受运动的影响和物体的大小因运动而改变似乎不是不可能的。”^[3]这里,菲兹杰惹不仅用长度收缩解释了迈克尔孙-莫雷实验的负结果,而且也猜测出长度收缩的大小因物体的速度与光的速度之比的平方而变化。尽管当时他本人并不知道这封信是否发表,但是其发表却是一个历史事实,并且很快地对O.洛奇和J.拉摩的随后工作产生了直接的和迅速的影响。因此,我们可以说菲兹杰惹确实是长度收缩假说的真正提出者,可是由于几年后他在给洛伦兹的复信中表达的谦虚态度而被一些学者误解了,直至今日。

三、O.洛奇的重要贡献

在长度收缩假说的很多发展者之中,洛奇起了极其重要的作用,然而在今天却被广泛地遗忘或忽视了。按照他在1931年发表的著作《过去的年代》的说法,他曾经在1891年就给《科学》或《电学家》杂志写了一篇有关的论文^[4]。

1892年3月31日,洛奇在英国皇家学会宣讲了论文《光行差问题——关于地球附近以太的运动和以太与粗大物质之间的关系》的讨论,在这篇论文中他说迈克尔孙-莫雷实验是

“可用其他的方法予以想象地解释的。方法之一已经由菲兹杰惹教授巧妙地提出来了，这个方法是分子之间的内聚力并因之物体大小是物体通过以太运动的方向的函数……”^[9]。这篇论文发表在1893年的《皇家学会会报》上，它首次确认菲兹杰惹的收缩假说，并且用分子间的内聚力做了解释。在1892年5月27日，他又在英国物理学会发表了题为《论以太和物质之间关系的知识现状：历史综述》，该文发表在1892年6月的《自然》杂志上。在文中，他不仅进一步确认了菲兹杰惹的收缩假说，而且提出了物体运动的时间随物体的速度而减慢的概念，他甚至首次提出了长度收缩和时间减慢的共同收缩系数。他写道：时间按 $\sqrt{1-\alpha^2}$ 的比例减慢， $\alpha = \frac{v}{V}$ （ v 为物体的速度， V 为光速）。这个关系在后来被认为是正确的并被广泛沿用着，只不过将收缩系数具体地表述为 $\frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}}$ 。洛奇的本来说法是：如果光沿以太漂移的方向传播，则光在以太中与以太同方向运动的时间和与在静止以太中运动的时间之间的关系为 $T_1 = \frac{T}{1-\alpha^2}$ ，光在与以太漂移相垂直的方向上传播的时间为 $T' = \frac{T}{\sqrt{1-\alpha^2}}$ ，所以光沿着以太漂移的时间和垂直于以太漂移的时间之比 T_1/T' 实际上应为 $\sqrt{1-\alpha^2}$ ，这就是洛奇得出的结论。

在1893年发表的上述论文中，洛奇指出，“在迈克尔孙实验中，支撑钟的石头长度和宽度由于突然的或未知的理由，产生一种补偿的方式，将受到不同的影响”^[6]。在《过去的年代》一书中，他说：“石头必定会在运动方向上缩短，并在其他两个方向上增大”，“我相信这是真正的解释”，但是他又说整个的假设在后来被洛伦兹予以说明和确定下来，这显然指洛伦兹用坐标变换做出的说明而言。

这些史料表明，洛奇在1892年3月和5月，即在菲兹杰惹的收缩假说之后约三年，对这个假说首先予以确认，第一次提出了时间减慢

物理

概念和收缩率的表示式，这些重要功绩应当载入史册并得到公认。

四、洛伦兹的贡献

大约在洛奇发表《光行差问题……》一文之后八个月和《论以太与物质之间关系知识的现状……》一文之后六个月，洛伦兹在阿姆斯特丹的荷兰科学院的院刊上发表了《地球和以太相对运动》论文。在该文中，他沿着麦克斯韦说的“地球对于以太的速度将以地球与以太的速度比的平方所确定的数量，改变光的双行程的时间”^[7]，提出了“物体在X轴方向上的所有尺寸要乘以因数 $1 - (p^2/2V^2)$ ，而所有垂直于它的尺寸保持不变”^[8]。这里， p 为物体的速度， V 为光速。显然，这个表示式与洛奇的相似，但是 α 值却小了一半。在同一期刊物的后面，洛伦兹又发表了《论地球运动对双射物中光传播的影响》，他在该文中采用了因数 $1 - (1/n^2)$ ， $n = 2V^2/p^2$ ，实际上与前者一致，他把 n 称作绝对折射指数，把 $1 - (1/n^2)$ 称作拖曳系数^[9]。在1895年，洛伦兹又发表了《动体中电和光现象的一个理论的探讨》一文，在文中，他把这个因素修改为 $1 - (v^2/c^2)$ ，实际上与洛奇三年前提出的 $1 - (v^2/V^2)$ 一样。

关于长度收缩的原因，菲兹杰惹首先提出的是分子的电吸引，洛奇继而说是分子间的内聚力，而洛伦兹则也说是分子力，三者实际上是一致的。

洛伦兹的重要贡献是他在1899年至1904年之间逐渐形成的洛伦兹坐标变换，这种变换是将长度随速度收缩、时间随速度减慢和质量随速度增大问题利用坐标变换的数学表示式予以表述。例如，1899年在他发表的《电和光现象的简单理论》一文中，指出迈克尔孙-莫雷实验取得正结果是不可能的，从数学上处理长度收缩、局部时间转换和电子质量随速度变化的横向电磁质量问题，从而为他在1904年发表的《在以低于光速运动的系统中的电磁现象》论文中提出了著名的洛伦兹变换。这个变换是以

$(1 - v^2/c^2)^{-\frac{1}{2}}$ 的收缩系数的完整形式表述的,从而为狭义相对论的产生创造了条件。

五、关于收缩假说的发展者问题

从本文前面提供的史料和证据可以看出,菲兹杰惹只是从迈克耳孙-莫雷的以太漂移实验得出的负结果出发,提出了关于长度收缩的设想。由于他与洛奇的师生关系和洛奇在电磁理论与实验方面的热衷,促使洛奇对收缩假说进行研究和确认,并作出了一系列重要的发展。英国的另一位著名物理学家拉摩(J. Larmor)也在菲兹杰惹的影响下关注长度收缩问题,他在1896年发表的《电和传光介质的动力理论》一文中,对物体与以太的相对运动对光传播速度的影响和迈克尔孙-莫雷实验的负结果进行研究,并用菲兹杰惹的收缩假设进行处理,其结果接近于洛伦兹在1895年的形式。他在菲兹杰惹建议下做过以太漂移的电模拟实验,在1900和1902年先后发表了《以太和物质》和《乔治·弗朗西斯·菲兹杰惹后期的科学著作》两本书,从理论上和实验上详细地阐述了他的见解和实验方法,论证了收缩理论的正确性。此外,庞加莱(H. Poincaré)也从数学上对坐标变换和收缩假说作过重要的贡献。尽管这些科学家仍然相信以太说和以太静止坐标,但是他们对收缩假说的确作出了很大贡献。

六、洛伦兹是收缩假说的提出者还是发展者?

洛伦兹在1892年发表的上述两篇论文中,并没有提到菲兹杰惹和洛奇的工作。1894年11月10日,洛伦兹在给菲兹杰惹的信中说:“在奥利维尔·洛奇的《光行差问题……》一文中提到您为了说明迈克尔孙先生的实验负结果而设想的假设,两年前我取得了同样的见解”^[10]。菲兹杰惹在四天后的回信中说,他不知道他在1889年给《科学》杂志编辑的信是否发表,因为此后多时他未看这个刊物,他写道:“我

相当肯定您的发表在那时先于我付印发表的任何东西,因为我曾期望在几处我认为可以提到它的地方查到它,却没有找到我写过的东西”,接着,他又说:“我尤其高兴地听到您同意我的看法,因为在这里我为我的见解而大笑”。这里,菲兹杰惹是在不了解他的收缩假说早已发表的情况下,为洛伦兹的发表和同意自己的见解而说了这种谦逊的话。这段话在后来就成为布尔克(A. M. Bork)在1966年发表了只有洛伦兹才是收缩假说的提出者的文章,并说那是洛伦兹“在1892年首先发表的”^[11]。布拉什(S. G. Brush)在次年根据切实的证据论证了菲兹杰惹的优先权,却说:“洛伦兹对于菲兹杰惹独立地提出收缩假说给予了信任,这就是为什么菲兹杰惹的名字变得与洛伦兹的名字联到一起的一个缘由”^[12]。由于这场争论是以两者均为收缩假设的提出者而告一段落,也由于迈克科尔马赫在《科学传记字典》中的两个提出者的说法,造成了今天广泛流传的“菲兹杰惹和洛伦兹几乎同时地和独立地提出了收缩假说”这一说法的局面。

本文根据一系列有关原始文献的查证和分析,提出收缩假说的提出者只有一个,那就是菲兹杰惹,洛奇、洛伦兹、拉摩和庞加莱等只能是其重要的发展者,其原因可以归纳如下:

(1) 历史事实是菲兹杰惹早在洛伦兹之前三年,洛奇又在洛伦兹之前六个月,先后发表了长度收缩和时间减慢假说。洛伦兹在1892发表的两篇文章中,与前二者相比并没有新的观点和理论,甚至他的收缩率表示式还不如洛奇的正确,并且在1895年又改成与洛奇的一致。表1可以给出明确的说明。

(2) 洛伦兹在1892年前,曾经从《科学》杂志上阅读和引证了迈克耳孙的论文,为什么他没有见过在该杂志上发表的非兹杰惹给其编辑的信?洛奇的第一篇论文发表在英国的著名刊物《自然》杂志上,该刊在欧洲学术界很通行,洛伦兹按理应该知道这篇文章。为什么洛伦兹的长度收缩率式子与洛奇发表的极其相近?

(3) 事实上,洛伦兹在1895年修改了他的

表1 收缩假说的提出与发展情况一览表

姓名	菲兹杰惹	洛奇	洛伦兹		
发表时间	1889年	1892年3月 1892年6月	1892年11月	1895年	1897—1904年
内容	长度收缩假说	长度收缩假说的确认 时间减慢假说	长度收缩	长度收缩	长度收缩 时间减慢
公式 ($L'/L, T'/T$)	$\propto v^2/V^2$	$\propto \sqrt{1-v^2/V^2}$ $\propto \sqrt{1-v^2/V^2}$	$\propto \sqrt{1-p^2/2V^2}$	$\propto \sqrt{1-v^2/c^2}$	$\propto \sqrt{1-v^2/c^2}$ $\propto \sqrt{1-v^2/c^2}$
收缩原因	分子的电吸引	分子间的内聚力	分子力	分子力	坐标变换
发表刊物	《科学》	皇家学会,《皇家学会会报》 物理会,《自然》	阿姆斯特丹 《皇家科学院议事录》	《皇家科学院议事录》	

收缩率式子,而与洛奇的一致,只是用 c 取代 V 表示光速,这说明了什么? 这是否说明他实际上承认了洛奇在收缩系数上的优先权?

(4) 在世纪之交,收缩假设的两位重要发展者早已承认了菲兹杰惹的优先权,一个是洛奇,另一个是拉摩。拉摩曾经被布尔克说成首先承认菲兹杰惹-洛伦兹收缩假说的人,但是他在《乔治·弗朗西斯·菲兹杰惹晚年的科学著作》(1902)一书中却说:“事实上,菲兹杰惹在那么早的日子就尽可能地研究了这个问题:他的完善的对换分析包括分别地处理动电和停滞的以太,而被洛伦兹和其他作者在10年后成功地发展了……他是提出自然的协调之第一人,对此很多理论上的证据在后来出现了”^[11]。这段发表于1902年的话,明确说明菲兹杰惹是收缩假说的第一个提出者,而洛伦兹只是其发展者。在1910年,著名科学史学家惠塔克(E. T. Whittaker)引证了洛奇的1892年论文中的话,并接着说:“五年之后,菲兹杰惹的假说被洛伦兹在寄给阿姆斯特丹科学院的文章中采用”^[14]。这段话显然是出于猜测,但是它反映了那个时期学术界对收缩假说提出优先权问题的看法。

(上接第703页)

品对热和光稳定性差的缺点,工艺更简单,经光盘动态读写测试仪测定,在波长为830nm,写入功率为9mW的半导体激光下测得光盘的载噪比大于46dB,用此光盘记录摄像机拍摄的图象后,可获得色彩鲜艳,图象清晰的读出图象。

高性能一次写入有机光盘的研制成功填补了我国

物理

根据上述引证的史料和分析,我们在论证菲兹杰惹的优先权的同时,应当牢记洛奇在时间减慢和收缩系数上的开创性贡献,这些贡献不亚于洛伦兹后来的工作。但是,长期以来很少有人提到洛奇。当人们谈到收缩假说、洛伦兹变换和狭义相对论的起源时,应当看到洛奇的历史功绩。

- [1] R. McCormach, H. A. Lorentz in Dictionary of Scientific Biography. New York, 8(1973), 495.
- [2] J. C. Maxwell, *Nature*, 21-535(1880), 315.
- [3] G. F. Fitzgerald, *Science*, 13-328(1889), 390.
- [4] O. Lodge, *The Past Year*. London, (1931), 204.
- [5] O. Lodge, *Nature*, 46-1181(1892), 165.
- [6] O. Lodge, *Phil. Trans.*, 184(1893), 749.
- [7] J. C. Maxwell, *Nature*, 21-535(1880), 315.
- [8] H. A. Lorentz et al., *Collected Paper, Netherland*, 1(1892), 74; *Collected Paper, Netherland*, 4(1937), 222.
- [9] H. A. Lorentz et al., *Versl. K. Akad. W. Amsterdam*, 1(1892), 149; *Collected Paper, Netherland*, 4(1937), 232.
- [10] S. G. Brush, *Isis*, 58-192(1967), 231.
- [11] A. M. Bork, *Isis*, 57-188(1966), 201.
- [12] S. G. Brush, *Isis*, 58-192(1967), 232.
- [13] J. Larmor. *The Scientific Writings of Late George Francis Fitzgerald*, Dublin, (1902), 8.
- [14] E. F. Whittaker, *A History of the Theories of Ether and Electricity*, London, (1910), 432—433.

在光盘这一高技术领域的空白。此外,该光盘制备技术完全可实现大规模批量生产。

(中国科学院上海光学精密机械研究所
顾冬红 陈启婴 千福熹 中国科学院感光化学研究所 许慧君 沈淑引)