

超光速研究的理论根据

〔关键词〕 超光速 光障 超距作用 引力传播速度

〔中图分类号〕 O4 P1

黄志洵

(北京广播学院,教授 北京 100024)

一、“超光速”是人类合理的希望和追求的目标

人类对速度的关注由来已久。光子的运行速度是 $c = 299\,792\,458\text{m/s}$; 狭义相对论 (SR) 认为, 超过光速 (即 $v > c$) 是不可能的。这被称为“光速极限” (limit of light speed), 也叫“光障” (light barrier), 被认为是物理学的基本法则之一。

2. 从农技推广机构中分离出其它推广职能部门。在目前的农技推广队伍中, 约一半左右的农技推广人员在从事种子管理、植物检疫、动物检疫、农机监理、农民负担监督、承包合同管理、渔政管理等行政执法工作和种子、农药、化肥、农机等农业生产资料和兽医兽药销售等商业性经营创收工作。为此, 建议将承担行政执法和经营创收的部门从农技推广机构中分离出去, 分别纳入国家公务员系列或推向市场。对于纳入国家公务员系列的部门与人员, 按行政部门的管理方式进行管理并核拨日常行政经费; 对于推向市场的经营创收人员, 制订相应的政策使其能够在市场中生存并得到发展; 对于承担纯公益职能的农技推广人员, 使其专心从事纯公益性的农技推广服务, 并建立由国家承担各项费用的农技推广创新体系。

3. 实行农技推广人员资格准入制度。农技推广人员资格准入制度是一些发达国家普遍采用的制度, 严格的资格准入制度可清退通过关系等进入的不合格人员, 精干农技推广队伍, 提高农技推广的效率。对通过考试考核鉴定等的农技推广人员颁发职业资格证书, 作为受聘于农技推广机构的首要条件; 让不具有专业技术技能的非专业人员从事非公益性的推广工作, 其工资按自收自支的形式发放。

4. 增加农技推广投资, 提高中央财政农技推广投资的比例。在进行农技推广体制改革的同时, 政府必须增加对农技推广的投资。其增加部分可能的经费来源: 一是已剥离的非农技推广人员所节省的农技推广投资; 二从农业税、部分农产品流通所征收的增值税中按一定的比例提取的部分; 三是中央政府增加的农技推广投资。在此建议中央农技推广投资由目前的 9% 增加到 30% (贫困地区 40%), 增

地球大约是距今 45 亿年前形成的, 而最古老的生物大约产生于 38 亿年前。众所周知, 地球上人类的过度繁衍已造成了严重的问题, 从现在起再过大约 70~80 年, 地球上的拥挤以及生存条件的恶劣即可能达到极限。因而, 科学家们早就设想过“必须向外太空移民”。况且, 展望遥远的将来, 当太阳系进入银河系的辐射区, 即使太阳正常, 地球上的生物也将灭绝。因此, 地球并不是人类永久的家园, 太空才是人类的未来。美国物理学家 G. K. O'Neill 自 1974 年以来即研究和鼓吹向太空移民, 他认为那里有远

加的部分全部用来作为农技推广项目经费。

参考文献

- [1] Alston, Julian M. and Philip G. Pardey. 1996. Making Science Pay: The Economics of Agricultural R & D Policy. The AEI Press. pp. 9 - 92
- [2] 朱希刚主编. 中国粮食生产与农业技术推广. 中国农业科技出版社, 2000. 140 - 148
- [3] 王文玺编. 世界农业推广之研究. 中国农业科技出版社, 1994. 383 - 400, 401 - 414, 372 - 383, 235 - 296, 355 - 371
- [4] Evenson, R. E. 1986. The Economics of Extension, in Jones, G. E. (ed) Investing in Rural Extension: Strategies and Goals, Elsevier, Barking
- [5] Evenson, R. E. 1991. Research and Extension in Agricultural Development, International Center for Economic Growth, Occasional Paper No. 25, Panama
- [6] Evenson, R. E. 1997. Economic Impact Studies of Agricultural Research and Extension. Working Paper, Yale University
- [7] 全国农业技术推广服务中心. 国外农业技术推广. 中国农业出版社, 2001. 9 - 16, 35 - 49, 1 - 8, 52 - 53, 73 - 86
- [8] 胡瑞法, 黄季焜. 中国农业技术推广投资的现状及影响. 战略与管理, 2001(3): 25 - 31
- [9] 黄季焜, 胡瑞法, 张林秀, Scott Rozelle. 中国农业科技投资经济. 中国农业出版社, 2000
- [10] Umali, Schwartz, Public and Private Agricultural Extension, World Bank Discussion Paper 236, 1994
- [11] Swanson, B. E., Farner, B. J. and Bahal, R. 1990, "The Current Status of Agricultural Extension Worldwide", FAO, Rome, pp. 43 - 76
- [12] 王慧军. 卓有成效的以色列农业技术推广工作. 世界农业, 1998(11): 52 - 53

(责任编辑 邱夜明)

比地球丰富的物质和能量。著名科学作家 I. Asimov 也说:人类向空间移居一事“是必然要发生的”;将来人们不仅会离开地球,甚至可能认为没必要非得留在太阳系内打转。上述设想对我们最重要的启示是,人类不应把自己局限于狭小的范围,而应当属于整个宇宙。

在文明发展的早期,人类精神中即包含有与宇宙共存的情感同构感应。中国古代诗人屈原(前340~前278)的《天问》提出了170多个问题,既反映了作者丰富的精神世界,又体现了对自然奥秘的探究意向。成书于公元前140年的《淮南子》指出空间、时间不能截然分开(“四方上下曰宇,古往今来曰宙”)。西方人则惊奇于宇宙的无比巨大,为此发明了一个天文学中的距离单位“光年”(1光年=9.5×10¹² km)。例如,牛郎星、织女星距地球分别为16光年、26.3光年;距地球最近的恒星是半人马座α,距离约4.3光年;银河系直径10⁵光年;最远的类星体距地球约10¹⁰光年。这些吓人的数字,并未使“渺小”的地球人望而却步。近年来,宇宙学研究飞速发展;从事宇航研究的科学家经常思考,人类究竟有无飞出太阳系的可能?乘喷气式飞机前往半人马座需时3×10⁶年;如按现在的火箭技术发射飞船,到达那里需要7×10⁴年;假如宇宙飞船速度达到3×10⁶m/s,即0.01c,单程抵达也需要450年。

1972年美国宇航局(NASA)发射“先驱者10号”空间探测器,带有1块刻画了人类形象的金属板,这是迄今为止惟一飞出了太阳系的人造物体。它曾加速到3.6×10⁴m/s,以此速度奔向冥王星。2003年1月22日,NASA收到了它的来自1.2×10¹⁰km远处的微弱信号,此后即中断了接收。我们知道,冥王星距地球约4.4×10⁹km,它离太阳的平均距离比地球远40倍。现在若向它发射无人探测器,如按节能的椭圆轨道飞行,速度应为8.5×10³m/s,飞行过程需时45年;如按最近捷的轨道飞行,速度应为1.6×10⁶m/s,飞行过程需时9年。这些计算是按小载荷(几千克~10几千克)进行的,与载人飞船是两回事。

从上述的一切来考虑近年来在国内外兴起的“超光速研究”^[1~5],就会了解,尽管它目前只是一种基础性原理的探索,但却反映了潜藏在人类精神深处的一种希望和向往——在将来飞出太阳系,甚至到恒星旅行。计算表明,如要漫游太阳系并在数年之内返航,航天器速度应为1.6×10⁵m/s。这样10天可到火星,16个月可到冥王星。如果要在一个人的有生之年去离地球最近的恒星,速度应为1.6×10⁷m/s,并应在10年内加速到这个速度。这些数据都还是亚光速;而飞船以超光速飞行,似乎还只是一个美丽的幻想。

不仅如此,还应当把飞船速度和信号(通信及指令传播)速度区分开来。前述“先驱者10号”在2003年1月与NASA的联系,信号传送时间长达11h。可见,在超光速研究领域中,应把物质(与能量)传送速度及信息传送速度,作分别的研究,而不是绑在一起。

二、Einstein 为何认为有“光障”存在

1905年A. Einstein发表了3篇论文,其中1篇提出光子学说(1921年因此获Nobel奖),2篇提出狭义相对论(SR)。在“论动体的电动力学”一文中^[1],他两次谈到与“光速c能否超过”有关的问题,第1次是根据“球(或任意形状刚体)在运动方向好象在缩短”而论证的,当比值V/c不断增大时,缩短越来越厉害,以致当达到光速(V=c)时,动体成为扁平;因此,对大于光速的速度(V>c),“讨论就变得毫无意义了”。第2次是根据“电子的动能随V/c比值的加大而增大”而论证的。考虑到电子原来处在K系的坐标原点,在静电力作用下沿Z轴运动,故从静电场中取得的能量为∫eZdZ。假定加速过程缓慢,不会以辐射损失能量,则取得的能量均可集中贮存起来,它就是电子的动能。

$$W = mc^2 \frac{1}{1 - \beta^2} - 1 \quad (1)$$

式中β=V/c。因此,Einstein说:“当V=c,W就变成无限大;正如我们以前的结果一样,超光速的速度没有存在的可能。”

在Einstein之前,1901年就有人注意到电子质量随速度加大而增加。H. A. Lorentz于1904年导出电子的质速公式:

$$m = \frac{m_0}{1 - \beta^2} \quad (2)$$

在SR理论中有所谓速度相加公式,如再引用动量守恒原理,同样可导出上式,因而它成为适用于任何粒子乃至物体运动的公式。如V>c(β>1),m成为虚数,而虚质量过去一直认为是无意义的。这也是SR理论说“不可能有超光速”的理由之一。

从以上情况可知,Einstein对超光速可能性的否定,最早是从物质运动和能量的角度而作出的。其特点是,对“光障”的“那一边”(即V>c区域),他完全不作考虑,也未作任何处理。

1907年Einstein发表了题为“关于相对性原理和由此得出的结论”的论文^[1],文中在论述“速度的加法定理”时说:“从速度加法定理还可以进一步得出一个有意思的结论,即不可能有这样的相互作用,它可用来作任意的信号传递,而其传递速度可大于真空中的光速”。在这里,Einstein的研究方法是:以SR理论为基础,研究信号从A点到B点传递所需的时间[这里A点是观察者所在位置,信号通过长条物体到达B点,长条物体以速度V(<c)沿负的Z方向运动,而点A就在x=0处]。设从长条物体(它沿Z轴安放)来判断的作用速度为u,则信号由A传到B的速度为:

$$V_s = \frac{u - V}{1 - \frac{uV}{c^2}} \quad (3)$$

设A、B间距为l,则传递时间为:

$$t = l \frac{1 - \frac{uV}{c^2}}{u - V} \quad (4)$$

速度V可取小于c的任何值;如假定u>c,选择V就能使t<0。这就是说,“结果”竟比“原因”先到达;而这是不可能的。Einstein用经典因果律来论证了超光速的不可能性。

有趣的是,Einstein对“信号速度(或信息速度)

超光速”并没有像上文那样简单地说“不可能”。他说：“在我看来，虽然这种结局单从逻辑上考虑是可以接受的，并不包含矛盾，然而它同我们的全部经验的特性是如此格格不入，所以 $u > c$ 的不可能性看来是足够充分地证明了的”。可见，Einstein 对物质、能量的流动不能超光速，论述得毫无松动的可能；但对信号（信息）是否可能超光速，则讲得并不十分肯定，仍留有余地！

我们现在根据公式(3)、(4)作些计算。 t 为负的条件可写作：

$$uV > c^2 \quad (5a)$$

令 $u = kc$, $V = k'c$, 则条件成为：

$$k > \frac{1}{k'} \quad (5b)$$

设 $k = 1.2$, 则要求 $k' > 0.83$; 取 $k' = 0.9$, 则可算出 $t = -0.271/c$, $V_s = -3.7c$ 。可见，“负速度”问题很早就潜藏于最早的 SR 理论之中。

1911 年，Einstein 第一次参加只有最著名物理学家才能参加的 Solvy 会议。在这个时期，他认识到用 SR 来处理引力会遇到严重的困难。I. Newton 的万有引力定律排除了“引力传递也需要时间”。光从太阳发出抵达地球约需 8min，但太阳对地球的引力却似乎是立即起作用，这是否表示一种无限大速度的存在？无限大速度当然是超光速的，因而与 SR 发生了直接的矛盾和冲突。诸如此类理论上的困难迫使（当然也由于兴趣）Einstein“疯狂地研究引力问题”（这是他自己的话）。1915 年 11 月，Einstein 向德国的最高科学机构提交了 3 篇论文，即“广义相对论”、“广义相对论对水星近日点进动的解释”、“引力的场方程”，从而宣告“作为一种逻辑结构的 GR 已经完成”。从引力场方程出发，可导出谐和坐标条件下的线性化引力场方程，它其实就是 Minkowski 时空的波方程，由此得出引力波。1918 年 Einstein 发表“论引力波”文章，其中说“引力场是以光速传播的”^[1]。这样一来，可以说 GR 也认为超过光速 c 是不可能的，与 SR 是一致的。但我们后面将说明，事情并不像表面上那么简单。

1921 年 Einstein 在 Princeton 大学讲 SR 时曾说^[2]，由于 Lorentz 变换式中含有 $\sqrt{1-\beta^2}$ 项，所以超过光速的物质运动速度是不可能的。20 世纪 20 年代中期，量子力学 (QM) 异军突起，Einstein 对它却持保留甚至反对态度。1935 年发表的 EPR 论文^[3]，其思想与 SR 一致——坚持能量、信息以超光速传送的不可能性，坚持在类空的分离体系（和）之间存在超距作用的不可能性。该文实际上是 Einstein 物理思想、哲学思想与 QM 格格不入的重要宣言。

至此，我们看到 Einstein 对物质流速度、能量流速度、信息流速度均持“不可能超过 c ”的明确态度。当然，他也把无限大的互相作用速度（超距作用过程）的可能性完全排除了。

三、经典电磁理论中的超光速

按照 J. C. Maxwell 于 19 世纪后期提出的理论，电磁场作用过程的速度（电磁波的速度）是 $(\epsilon_0\mu_0)^{-1/2}$ ，这个速度与真空中光速 c 一致，即 $c = (\epsilon_0\mu_0)^{-1/2}$ 。不

存在“电磁波波速比 c 大”的情况，故 Maxwell 场理论与 SR 一致。实际上，从 Maxwell 方程组出发，并假设相对性原理正确，便可导出光速不变原理（SR 第二公设）^[4]。

电磁波的相速概念产生于 19 世纪初。1839 年 W. R. Hamilton 提出了群速的概念，在 1877 年由 Rayleigh 所完善。Rayleigh 认为“群速与能量速度、信号速度相对应”，现在我们知道这并不完全正确。Rayleigh 导出群速与相速的关系式，指出两种色散状态下的区别（正常色散时群速小于相速，反常色散时群速大于相速）。1899~1901 年间，W. Voigt 在研究了电报员方程后，指出波前速度小于群速，又证明信号速度与群速不完全相同。1907 年，A. Sommerfeld 指出，在反常色散时相速、群速大于光速 c ；此外，在吸收强、频率依从性大的频段，群速不反映信号速度。

在吸收带中群速大于光速，因而似与 SR 有矛盾，这成为 1910 年前后许多国际学术会议上争论的问题。1914 年，A. Sommerfeld 和 L. Brillouin 各发表了 1 篇论文^[5]，系统而全面地论述了电磁波波速中的相速、群速、能速与信号速。他们建立的波速理论是从经典电磁理论出发而论述的，与量子力学 (QM, 1925~1927 年间建立) 无关。所以，要讨论超光速，并非一定要从 QM 或量子光学 (QO) 出发。2000 年，《Nature》发表了王力军等人完成的超光速实验^[6]，引起了许多争论。实际上，要分析这个实验，可以只从经典理论出发，但也可以从 QM 及 QO 出发。

概括而言，Sommerfeld-Brillouin 波速理论是与 SR 不发生矛盾冲突的理论。但在其中既有“群速超光速”概念，又有“负群速”概念。这些概念在他们那个时代没有什么实验基础。我们现在知道：做有关实验都不难；中国科学家已在无线电频率（短波）上做成功“群速超光速”实验^[7]，在光频上做成功“负群速”实验^[8]。

四、怎样看“Einstein 光障”

20 世纪 60 年代，在国外掀起了第一个超光速研究的热潮。1967 年，美国物理学家 G. Feinberg 发表“超光速粒子的可能性”论文^[9]，标志着超光速粒子 (tachyon, 快子) 理论的开始。1969 年，O. M. Bilanuik 和 E. C. G. Sudarshan 发表“光障以外的粒子”论文，指出虽然人们不能通过加速使粒子达到光速，甚至超过光速，但在“光障那边” ($V > c$ 区域) 或许原来就有快子。这个道理可以从光子、中微子身上得到启示——它们以光速运行，但这个速度并非靠加速而取得。美国 Texas 大学的 Sudarshan 至今仍坚持说，“快子总有一天会被发现”；并指出，目前热门的弦理论当中，就不断出现快子。不久前 Sudarshan 把“光障”比作喜马拉雅山，把快子比作“一直生活在山那边的居民”，认为只看到这一边（亚光速区）而看不到那一边（超光速区）是荒谬的。

从(2)式可知，当 $V > c$ ($\beta > 1$)， m 为虚数。但如粒子静质量 m_0 本来就是虚的，即 $m_0 = j\mu$ ，那么即使 $V > c$ ， m 仍为实数。按照 Einstein 质能关系式 ($E =$

mc^2), 能量也是实数。因此, 寻找“自然界可能有的静质量为虚数的粒子”, 就成为一部分科学家努力的方向。在 20 世纪 60 年代到 70 年代, 这一努力是失败的; 但到了 90 年代, 一种呼声高涨起来, 那就是认为中微子 (neutrino) 就是具有“虚静质量”的粒子, 因而它可能是快子。从 1998 年到 2002 年间国际上的实验表明中微子会在 3 种味之间变来变去, 而这种振荡只有在它们质量不为零的情况下才有可能。倪光炯认为“中微子是超光速粒子”的观点很值得研究。为此他作了数学上的处理^[10]。他的结论是, 中微子飞行时处于不止 1 个质量本征态, 而探测到的却是 1 个确定的味本征态; 3 种味共享 1 个振荡方程。不妨说, 其静质量可以解析延拓为虚数 ($m_0 \rightarrow j\mu$)。倪先生还建议, 可对超新星爆发设计专门实验, 以确定中微子究竟是亚光速粒子还是超光速粒子。

以上研究工作, 其实都是在 SR 框架内进行的, 即不对 SR 作批评, 因而不产生“与 Einstein 思想相冲突”的问题。

有的科学家认为“SR 禁止超光速运动不对”, 甚至说“SR 是适用于亚光速的理论体系, 不适用于大于 c 的状况”。曹盛林的著作就属于此类^[11]。我们知道在 SR 中有所谓 Minkowski 时空, 即 $S^2 = x^2 + y^2 + z^2 - c^2t^2$, 有时也记为 ds^2 , 由光速不变公设 (L 原理) 可证明其不变性。曹盛林是利用 Finsler 时空 S^4 (也记为 ds^4) 取代 Minkowski 时空, 从而得到新的时空变换。这样处理下来, SR 中的因子 $(1 - \beta^2)^{-1/2}$ 变成了 $(1 - \beta^2 + \beta^4)^{-1/4}$, 因而用不着否定超光速存在的可能性。就是说, 可以保留 SR 的全部内容而且包容超光速运动。新的时空变换是完整的群结构, Lorentz 群是其中惟一的子群, 故 Lorentz 变换的精华完好地保留在新结构中。对此, 有的物理学家评论说, 曹在数学上无错, 物理上却很难说; 首先, ds^2 作为不变量有明确的物理意义, ds^4 作为不变量的物理意义却欠明确; 其次, 对 t 求两次偏导数, 会不会引起波方程中的问题? 对此, 曹盛林仍认为: 用 ds^4 取代 ds^2 是合理扩展 SR 的一个方案; 由于近年来的实验常表明超光速存在, 发展 SR 就成为一件必须做的事情。

近年来, 许多科学家都在考虑如何看待 SR 的真理性问题。例如张操认为, 把该理论称为“动体的电动力学”是很恰当的, 把它说成是“一切自然现象的普遍规律”则不妥, 是过了头; 例证之一是设置光障极限, 之二是否认了以太场存在的可能。下述观点也值得注意。英国著名科学刊物《New Scientist》说: “相对论在某种速度上仍是一种古典理论”。1994 年 K. S. Thorne 指出^[12], 当 Einstein 于 1921 年冬获 Nobel 物理奖时, 瑞典皇家科学院秘书在电话中特别说明, 相对论不在奖励范围内。

文献 [4] 指出: “我们并不宣称 SR 是绝对正确的, 因为一切理论都可以被新理论所取代, 只要新理论与实验结果符合得更好”; “我们并没有声称过 SR 是绝对正确的, 在将来任何时候, 它很可能又被某个与实验符合得更好的新理论所代替。”一位相对论专家反复强调上述观点, 十分耐人寻味。

五、量子力学对超光速的认同是它与狭义相对论本质上不一致的标志

量子力学 (QM) 的非局域性 (non-locality, 也译作非定域性) 是允许超光速存在的。那么, 究竟什么是 QM 的非局域性? 1994 年沈惠川指出^[13]: “由于 A. Aspect 等人的实验结果似乎否定了 Bell 不等式, 又由于近年来通过对 Quark 幽禁问题的研究认为基本粒子之间存在远距离相关性, 因此西方的量子理论家最近一般倾向于‘非局域量子力学’。我本人当然坚信 Einstein 和 de Broglie 的‘局域性’物理观。但我们也要容忍 (起码在一段时期内) 非局域量子力学的存在, 因为它似乎有实验的支持”。他认为: 与 QM 相关的时空应与 SR 的时空观相协调; 至于在协调 GR 与 QM 方面, 涉及的问题更多, 尚无成功的先例。1995 年沈惠川阐明^[14], 超光速性、无形性、相关性是 QM 非局域性的 3 大特征。对此他解释说, 超光速性是允许信号传播速度超过光速; 无形性即不成形性, 即不认为物质粒子的质量、能量全部 (或大部) 局限在一个小范围; 相关性则指空间分离的事件可相互关联。尽管笔者的学术观点与沈惠川不同, 但我们承认他对 QM 非局域性的解释是最清楚的。

为了明白为什么 QM 非局域性已被许多人所接受, 必须回顾波粒二象性, 并着重考虑波, 这是不同于实物的物质形态。可以明显看出, 波是非局域的, 上述 3 个特征它都具备。不成形性不用讲了; 超光速性则已为 20 世纪 90 年代以来的许多实验所证明^[7, 15-17]; 相关性则可由 Aspect 实验, 以及近年来的多个量子信息学 (QIT) 实验所证明^[15, 16]。然而, 笔者认为在考虑 QM 非局域所导致的超光速性时, 有几个必须纳入视野的问题: (1) 如何看待 EPR 论文; (2) 如何看待“超距作用”概念的复活 (回归); (3) 量子隧道效应起了什么样的作用; (4) QIT 研究与超光速研究的关系是什么。

纵观 Einstein 的全部历史和贡献, 绝大多数人都承认他是一位伟大的科学家。但这并不等于我们应当神化他, 把他的错误也说成是成就。他花费几十年搞“统一场论”是失败的, 而这与他不引入 QM 的理论和方法有关。说“Einstein 不喜欢 QM”是不确切的, 实际上他在 1935 年发表的 EPR 论文是要给 QM 以致命打击。一位对早期量子论作出过杰出贡献的科学家对 QM 竟如此反感, 坚持站在 QM 的对立面, 是很奇怪的事情。然而, 正如 S. Hawking 所说, Heisenberg 的不确定性原理 (uncertainty principle, 也叫测不准关系式) 是我们生存于其中的这个宇宙的基本特性之一, 任何成功的科学理论都是必须把它包含在内的。

EPR 论文与 SR 是一脉相承的。因而, 对该文的不认同与对 QM 非局域性的认同是一回事, 是进行超光速研究的前提。从另一角度看, 量子信息学 (QIT) 近年来的蓬勃发展已证明了 EPR 论文的错误。从逻辑上讲, EPR 论文如果错了, 也就证明 SR 对超光速的否定是错误的。

与此相联系的另一问题是如何看待超距作用, 尽管一般都认为这是经典力学的过时观念, 但是很明显, 对 EPR 论文的否定实际上就是对“存在超距作用”的肯定, 因而今天或许需要重新考虑。英国物理学家 B. D. Josephson (1973 年 Nobel 物理奖获得者) 曾指出: EPR 过程中的相互作用是即时的, 当然也是

超光速的;他还说:“Einstein认为这不可能发生,但J. Bell(在1965年)和后来的H. Stapp却利用量子力学中普遍承认的方程证明这些超光速作用是可预期的。这使我感到,也许宇宙的某一部分‘知道’宇宙的另一部分,即一种在某些条件下会发生的远距离接触。”此外,他还以科学家的直感风趣地比喻说:“我当然不会期望法国南部的一列火车会因一只北极熊跃入水中而失事,但我们也无法把类似这种可能性完全排除”。另外,著名的科学哲学家K. Popper也说,在Aspect实验公布后,应当考虑存在超距作用的可能。而如果存在超距作用,就会反对SR形式系统的Einstein诠释,支持Lorentz诠释,甚至支持Newton的绝对空间。因此,可以把Aspect实验看作是Lorentz理论与SR之间的判决性实验。国外的著名科学家的意见都值得我们思考。此外,超距作用如果“复活”,也需要从因果律方面来加以讨论。

曾导出著名的不等式的J. Bell在1985年说^[18],他的不等式是讨论EPR思维的产物。该思维认为在EPR文章的条件不应存在超距作用,但那些条件导致了QM预示的非常奇特的相关性。Bell说,可以肯定Aspect实验证明了Einstein的世界观站不住脚,并导致使物理学陷入一种两难处境。为了摆脱困境,可以考虑回到Einstein以前的理论,即Lorentz和Poincare。可以设想把以太作为一种特惠参照系(preferred frame)而存在,在其中的事物可以比光快。J. Bell两次重复同样的话:“我想回到以太观念,因为EPR思维中有这种启示,即景象背后有某种东西比光快”。可惜,J. Bell于1990年去世,使这位杰出的科学家未来得及看到1990年以后超光速实验在各国广泛展开,以及QIT取得的许多理论的、实验的成果。

另外,我们要指出QM绝不是一个空洞而不切实际的理论。例如,量子隧道效应在电子学方面早就大放异彩,用到隧道电镜、隧道二极管、超导隧道结等方面。20世纪90年代以来,国际科学界已从实验上证明,量子隧道效应是观察到超光速的一种可能途径。微观粒子的量子特性使其具有穿越位(势)垒的能力,这曾经使人们十分惊奇。为了解释这种效应,可以使用Heisenberg不确定性原理(即测不准关系式)的第二种说法——同时精确知道微观粒子(量子)的能量和生存时间是不可能的;或者说,微观粒子的能量的测不准量 ΔE 和粒子在相应能态上停留时间 Δt 的乘积有一个界限: $\Delta E \cdot \Delta t \geq h/4\pi$ (h 是Planck常数)。因而,当粒子射向位(势)垒并进入它时,只要能保持外来能量一个非常短的时间,它就能通过借取能量来跨越位(势)垒。想借用的能量越多,那个有限的时间就越短。光子需要借用能量的多少和所需时间的长短取决于位(势)垒的高度而不是厚度;这意味着不管位(势)垒有多厚,所有光子必须在同样的时间内穿透它。这就出现了奇怪的状况:该厚度可以非常小(例如 $1\mu\text{m}$ 以下),但也可以非常大(例如像银河系直径那么大)。

微观粒子通过位(势)垒可以超过光速的证明,理论上最早是在1955年由E. Wigner作出的。1985年,笔者论证说^[19],用作微波传输线的波导(Waveguide)如工作在截止频率以下的频区($f < f_c$),

那么这种原本的电磁波消失场(evanescent field of EM-waves),是可以按量子隧道效应的方式来理解、研究和等效的,即相当于矩形位(势)垒中的几率波消失场(evanescent field of probability waves),从而证明截止波导可以在隧穿实验(tunneling experiment)中作为位(势)垒而使用。在同一时期,笔者又发现了截止波导内的物理过程存在负群速^[20]。1992年,德国科学家G. Nimtz领导的研究组用截止波导进行实验,首次发现了群速超光速^[21]。1998年,G. Nimtz指出在消失模情况下会出现负能量^[22],这与笔者的观点(“超光速与负能量有关”)^[15,16],可以说是一致的。文献[15]谈到向位(势)垒入射的粒子进入垒内以后会发生“借用能量”和“归还能量”,借用能量可理解为一种能量亏损,因而与负能量的概念相一致。

那么,如何看待QIT研究与超光速研究的关系?无论在国外或是我们国内,这两部分研究人员都是各干各的,缺少联系。这里必须说清楚一件事情,那就是在设计量子隐形传态(quantum teleportation)的人为实验时,QM非局域性并不自动导致超光速通信联系成为现实。例如1993年C. H. Bennett方案就有两个通道,其中量子通道是即时传送(超光速),经典通道用传统的电磁波传送方式(亚光速),合起来的传送速度是亚光速。但是,Bennett方案未必是唯一可能的方案,今后或许会出现全由量子通道构成的方案,或许可以用快子(tachyon)来完成经典通道的任务。目前有一种看法是,虽然EPR过程可以使粒子间实现即时的相互作用(信息传递),但由于“单个量子不能被克隆定理”^[23],QM非局域性不表示可以简单而直接地实现超光速的信息传送。

有的QIT研究人员与超光速研究保持距离,以防有人说自己反对SR。但SR与EPR论文是一致的,而QIT的建立本身正是靠对EPR论文的不认同!而且,超光速研究人员亦非一概反对SR,他们反对的只是把Einstein的理论当作教条和教义而已。

六、广义相对论与超光速的相容性

众所周知,GR是SR的发展和延伸。如果说“GR允许超光速”,似乎说不通;但这种相容性确实存在。例如曹盛林指出^[11]:“有趣的是,超光速运动的存在,在广义相对论中并不会遇到任何矛盾。Einstein只是人为地把光速不可逾越的结论下意识地用以限制GR的一切结果,即从场方程的所有可能解中人为地抛弃了可能有意义的类空测地线部分。更为有趣的是,如果将GR中最著名的Schwarzschild解的类空测地线与几个具有长期观测的超光速膨胀天体的数据作拟合,则可发现二者的符合一致是令人吃惊的。它意味着在是否可能存在超光速运动的问题上,GR借助天体的超光速膨胀现象向SR提出了挑战。”

K. S. Thorne则从另外的角度论述了有关的问题^[12]。在他看来,GR是经典的引力定律;即便如此,由此出发讨论“超空间”、“虫洞”等概念也是可能的。虫洞(worm hole)理论是在GR出现后很快(1916年)就提出的,J. Wheeler在20世纪50年代又作过许多

研究。但是,虫洞的运作是短暂地开启然后关闭和消失,这个过程的时间非常短。因此,当 C. Sagan 于 1985 年请 Thorne 阅读一部手稿时,突然想到应用虫洞代替手稿中的黑洞,以使稿中的主人公在落进洞中之后,经过 1 小时就出现在距地球 26 光年远的织女星上。虫洞的可能性建基于宇宙并非平直,而是弯曲(根据 GR)甚至有褶皱的,这样地球才可能与(举例来说)织女星相邻,可以经由短短的虫洞相联结。Thorne 的贡献是,通过对 Einstein 场方程的计算发现,用某种物质(他称为奇异物)可以贯穿虫洞并依靠引力撑开洞壁,而张开虫洞的条件是奇异物的平均能量密度为负值。Thorne 的学生 M. Morris 进一步指出,如能让一个虫洞持续打开,或许它会允许星际间的超光速旅行。虫洞并不是纯幻想的产物,在 1988~1992 年间,在美国和英国的理论物理学家中曾掀起过研究的高潮。

总之,GR 的时空理论(宇宙会因引力而弯曲,产生引力的质量越大则弯曲越厉害),为虫洞的利用以及超光速可能性创造了前提。为了使时空弯曲剧烈化,要求质量和密度极大的天体,而这样的天体是不缺少的。虫洞也被称作虫孔,普通情况下只以微量子形式存在,物理学法则不允许大型虫洞的形成。有人称它为“强引力场宇宙结构产生的裂缝”,其大小仅为原子尺寸的 $1/(10 \text{ 亿})$ 。1995 年,一位英国科学家在星际推进协会(IPS)报告说,未来的太空旅行者可以从某点进入虫洞,再从成百上千光年的另一点出来,这种旅行是超光速的;依靠负能量,可以打开及扩大虫洞,并稳定其结构。2000 年,俄国学者 I. Kasnikov 说:大虫洞可以创造,只要搞出那种奇异物质,宇宙大爆炸后即有虫洞存在。英国的 S. Hawking 则认为:虫洞的不稳定性使其难以实用;但它可用于思想实验——用来澄清在已知的和推荐的物理定律下,什么是可能的和不可能的。

最后,有必要谈谈引力传播速度问题。前已述及,1918 年 Einstein 提出“引力场以光速 c 传播”。这个观点长期以来缺乏实验上的证明。多年研究引力问题的 T. van Flinders 在 1999 年发表文章说,他从分析木星轨道运动出发,得出“引力速度远大于光速 c ”的结果;2002 年他再次发表文章,给出了引力速度比光速 c 大得多的实验证据。

然而,2003 年 1 月 8 日法新社从美国华盛顿发出电讯说,Einstein 的理论(引力传播速度等于光速)已被两位居住在美国的科学家用实验证实。两位科学家是 S. Kopeikin 和 E. Fomalont,实验方法是对木星经过时发自一个类星体的光作测量;由于光受木星引力影响而偏转,造成它们到地球的时间稍有延迟。实验是设想以木星位置对星光的延迟作为测量引力速度的依据。他们使用了 10 架 25m 射电望远镜(分布在加勒比地区到夏威夷)和 1 架 100m 射电望远镜(在德国)进行测量,结果是引力速度相当于光速,误差在 20% 以内。实验者指出,他们的工作对“膜宇宙”理论是个打击。该理论认为引力能以超光速穿过额外的维度,而光只穿过普通宇宙,即主膜。以上情况被说成是于 2002 年 9 月 8 日使用美国的长基线阵列射电望远镜所取得的重要成果。但在两周内,在美国物理界、天文界即引发了严重的争议^[24]。《Nature》和《Science》都报道说,科学家们认为

实验的解释有致命的缺陷。纽约大学石溪分校的 P. van Nieuwenhuizen 一生致力于引力研究,他说“这完全没有意义”。圣路易华盛顿大学的 C. Will 持类似看法。另一位物理学家 K. Nordtvedt 说:“实验很精采,但与引力速度无关”。另有人认为 Kopeikin 等观测的是引力场中的射电波速度,而不是引力的速度。

因此,引力传播速度问题至今未获解决,Einstein 的理论尚未被证明,“GR 与超光速不相容”的论点也就尚不能成立。

七、宇宙创生时的超光速

大爆炸理论中潜伏有两个问题;首先是最初推动宇宙高速膨胀的力量为何,其次是膨胀的速度有多快。T. Feris 于 2000 年 4 月在美国《Time》周刊上发表文章,说科学界认可的膨胀理论是:“宇宙始于一个如同气泡般的虚无空间,这个空间最初的膨胀速度比光速快很多”。E. Hazeltin 于 2001 年 2 月在《Discovery》上发表的文章中说:“天文学家们相信,大爆炸是伴随着比光速还快的时空膨胀开始的”。2003 年 9 月,法国的一家周刊说:“真正的科学与学校中的教学内容之间的差距很大,后者许多已过时,甚至是错误的。在这方面,Einstein 也未能幸免,他说真空中光速恒定,其值为 c ;但在 2001 年,英国的一些天体物理学家计算出,创世大爆炸时光的速度比 c 大好几千倍。”这样一来,SR 的“光速不变”公设和“光速不能超过推论”都错了。这家周刊说:“Einstein 的相对论也不能避免被另一种更准确的理论所代替的命运”。该刊指出,法国政府已采取措施解决“学校中所教的科学课程僵化”的状况。

还必须指出,宇宙学中还有一个大问题尚未找到原因,那就是由 J. Webb 等人在 2001 年发表的论文中,公布了对类星体的观测所发现的精细结构常数(FSC)异常,在宇宙早期比现在的数值要小。FSC 的算式为

$$\alpha = 2\pi \frac{e^2}{hc} \quad (6)$$

式中 h 、 e 分别为 Planck 常数及电子电荷。现在的问题是, α 随时间的变化是由谁引起的?这一问题已在争论中。西方的一些科学家(如 J. Webb, J. Barrow, H. Sandvick, P. Davies 等人)认为 α 变化是由于 c 变化而造成^[25],当然就发生对 SR 的怀疑。中国科学家有的人(如艾小白)则认为“ c 不变”的认知不能轻易动摇,而电子电荷 e 并非不变量, α 的变化可能是由 e 变化所造成^[26]。

笔者认为,对 FSC 所涉及的科学问题作结论是困难的,实际上远远到不了作结论的时候。例如, W. G. V. Rosser 曾从 Maxwell 方程组出发,详细讨论了光速不变公设和总电荷守恒原理,并说通常把电荷守恒当作公理^[4]。他还指出,1952 年 A. Sommerfeld 的书中就论证说,“电荷守恒原理与光速不变原理同样重要”。因此,为了维护 SR 的“光速不变”而用“ e 可变”来解释 Webb 等人的实验,或许仍是在反对 SR!

综上所述,超光速研究涉及众多学科——狭义相对论(SR)、广义相对论(GR)、EPR 思维、量子力学

管理创新——我国大学创新的必由之路

[关键词] 大学创新 管理创新 途径 [中图分类号] G4 C93

骆四铭

(华中科技大学政策法规处 武汉 430074)

创新是主体依据社会需要,在原有的事物基础上引申发散、推陈出新,产生既具有推动社会发展的潜能,又具有前沿性、价值性和超越性成果的行为活动。创新的本质在于超越,在于对现有的认识和现存的事物的超越,是对事物发展的推进,具有价值性、超越性、否定性、历史性等特性。^[1]创新有狭义和广义之分:狭义创新指为整个社会、整个人类文明带来变革的新因素,即通常所言的创造、发明与革新,表现为学术或技术上的新方法、新理论、新成果等;广义创新指对于自我具有提升生命质量的一切新想法、新发现、新行为。^[2]大学管理创新属于狭义上的方法创新,是指在管理观念、管理方式和手段以及管理人员的挑选、培训等方面进行创新,目的是形成对创新具有导向作用和牵引作用的大学生创新文化,更好地为实现大学的职能服务。

一、我国大学为什么需要管理创新

大学与其它社会机构的不同之处在于,大学是生产、创造和传播新知识的场所,这些知识既包括理论上的、方法上的,也包括观念上的。通过大学源源不断地生产和传播,人类的知识结构、行为方式和生活方式不断发生变化,推陈出新。在当今中国,大学迫切需要进行管理创新,这有以下原因。

1. 大学地位的变化决定它需要创新 大学已经由农业经济时代的游离状态、工业经济时代的边缘状态走向知识经济时代的社会中心,无论是在经济方面,还是在文化方面,都承担着越来越重要的责任,发挥着越来越重要的作用,具有不可替代的社会地位。随着人类文明的发展,知识的创造呈雪

(QM)、量子光学(QO)、量子信息学(QIT)、电动力学(ED)、电子学、信息理论(IT)、宇航科学与技术,等等,是名符其实的交叉学科与前沿学科。通过超光速研究,可以透视当前自然科学的总体状况,其意义和价值都是明显的,引人深思。

参考文献

- [1] Einstein A. 爱因斯坦文集[M]. 范岱年,赵中立,许良英译. 北京:商务印书馆,1983
- [2] Einstein A. 相对论的意义[M]. 郝建纲,刘道军译. 上海:上海科技教育出版社,2001
- [3] Einstein A, Podolsky B, Rosen N. Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete? [J]. Phys. Rev., 1935, 47: 777 ~ 780
- [4] Rosser W G V. 相对论导论[M]. 岳曾元,关德相译. 北京:科学出版社,1980
- [5] Brillouin L. Wave Propagation and Group Velocity[M]. New York: Academic Press, 1960
- [6] Wang L J, Kuzmich A, Dogariu A. Gain - Assisted Superluminal light Propagation[J]. Nature, 2000, 406: 277 ~ 279
- [7] 黄志洵, 逯贵祯, 关建. 电磁波传播中的群速和负群速[J]. 北京:北京广播学院学报(自然科学版)增刊《电磁波波速科学论文集》,2003
- [8] 陈徐宗等. 光脉冲在电磁感应介质中的超慢群速和负群速传播的实验研究[J]. 北京
- [9] Feinberg G. Possibility of Faster than Light Particles[J]. Phys. Rev., 1967, 159(5): 1089 ~ 1105
- [10] 倪光炯. 物理学中的负质量与虚质量问题[J]. 北京广播学院学报(自然科学版)增刊《电磁波波速科学论文集》,2003
- [11] 曹盛林. 芬斯勒时空中的相对论和宇宙论[M]. 北京:北京师范大学出版社,2001

- [12] Thorne K S. 黑洞与时间弯曲——爱因斯坦的幽灵[M]. 李泳译. 长沙:湖南科学技术出版社,1994
- [13] 沈惠川. 为赵国求所著《运动和场》一书而写的跋[M]. 北京:冶金工业出版社,1994
- [14] 沈惠川. 非线性波导理论的局域性[J]. 自然, 1995, 17(2): 119
- [15] 黄志洵. 超光速研究——相对论、量子力学、电子学与信息理论的交汇点[M]. 北京:科学出版社,1999
- [16] 黄志洵. 超光速研究新进展[M]. 北京:国防工业出版社,2002
- [17] 黄志洵. 近年来国外的超光速实验[J]. 北京石油化工学院学报, 2002, 10(4): 20 ~ 26
- [18] Brown J, Davies P C W. 原子中的幽灵[M]. 易心洁译. 长沙:湖南科学技术出版社,1992
- [19] 黄志洵. 波导截止现象的量子类比[J]. 电子科学学刊, 1985, 7(3): 232 ~ 237
- [20] 黄志洵. 截止波导理论导论[M]. 北京:中国计量出版社,1991
- [21] Enders A, Nitz G. On Superluminal Barrier Traversal[J]. J. Phys. I France, 1992, (2): 1693 ~ 1698
- [22] Nitz G. Superluminal Signal Velocity[J]. Ann. Phys. (Leipzig), 1998, 7(7,8): 618 ~ 624
- [23] Wootters W K, Zurek W H. A Single Quantum can't be Cloned[J]. Nature, 1982, 299: 802
- [24] 王丹红. 引力实验引发争议[N]. 科学时报, 2003 - 01 - 24
- [25] 黄志洵. 究竟是谁在变——由精细结构常数变化引发的问题和挑战[J]. 科技导报, 2003, (6): 15 ~ 17
- [26] 艾小白. 演化的精细结构常数是宇宙连续加速膨胀的证据[J]. 北京广播学院学报(自然科学版)增刊《电磁波波速科学论文集》,2003 (责任编辑 王宏章)