

## 现代物理学基础的思考之四——《广义相对论的思考》

李学生 (Li Xuesheng)

山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员, 北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员

[xiandaiwulixue@21cn.com](mailto:xiandaiwulixue@21cn.com), [1922538071@qq.com](mailto:1922538071@qq.com)

**摘要 (Abstract):** 物理学是科学的基本学科。本文章分析探讨了现代物理学的重要问题, 广义相对论, 供参考。

[李学生 (Li Xuesheng). 现代物理学基础的思考之四——《广义相对论的思考》. *Academ Arena* 2017;9(14s): 411-427]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 12. doi:10.7537/marsaj0914s1712.

**关键词 (Keywords):** 质点; 电荷; 引力; 电力; 空间; 方程; 量子力学; 广义相对论

主要参考文献和深入理解阅读的部分文献:

- 1、《以太浮力论》 段灿光著 本文集。
- 2、《再论以太浮力 —— 关于万有引力变化的讨论》 段灿光著 本文集。
- 3、《介质浮力存在的普遍性》 段灿光著 本文集。
- 4、《没有太阳辐射, 大气将静止吗?》 段灿光著 本文集。
- 5、《彗星十讲》 胡中为、徐登里编著 32K、P158 1986年4月科学出版社。
- 6、《哈雷彗星今昔》 张钰哲著 32K、P97 1982年3月知识出版社。
- 7、《彗星漫谈》 徐登里编著 32K、P107 1975年7月科学出版社。
- 8、《中国大百科全书·天文学》 主编: 张钰哲 1980年12月中国大百科全书出版社。
- 9、《中国百科年鉴·1986》 1986年10月中国大百科全书出版社。
- 10、《中国百科年鉴·1987》 1987年12月中国大百科全书出版社。
- 11、《天体力学浅谈》 [苏]尤·阿·里五波夫著, 李五行、陈晓中译 32K、P201 1984年11月科学普及出版社。
- 12、《数学在天文学中的运用》 刘步林编著 32K、P316 1979年9月科学出版社。
- 13、《哈雷彗星及彗星-地球关系》 天地生综合研究论文集 胡中为、阎林山 16K、P471。1989年11月中国科学技术出版社。
- 14、《地学基本数据手册》 主编: 张家诚, 副主编: 李文范 16K、P1377 1986年3月海洋出版社。
- 15、《简明天文学词典》 叶叔华主编 32K、P880 1986年12月上海辞书出版社。
- 16、1997年12月19日 《中国科学报》。
- 17、1995年6月21日 《中国青年报》。

## 第九章 时空的相对性与绝对性

## 1、时空的相对性

19世纪末的爆发的第三次数学危机, 导致了后起之秀——操作主义思潮在欧洲横行, 对于物理学的直接作用就是物理量的可测量性问题。如今人们已经明白, 不能要求所有基本物理量都具有所谓的测量性。但是基本定律所给出的物理量的解, 原则上必须具有可测性。放宽地讲, 不要求基本原理本身的每一个物理量均具有可测量性。个别物理量数学上能够满足伽利略的思想实验即可。贝索说: “牛顿在他的《自然哲学的数学原理》中说, 时间是绝对的, 空间也是绝对的。绝对的意思就是和一切事物都没有关系。既然空间、时间和任何事物都没有关系, 你又怎么知道空间和时间存在呢?” 一般认为, 牛顿提出了绝对时空观, 实际上, 这是片面的。牛顿说“我没有定义时间、空间、处所和运动, 因为它们是人所共知的。唯一必须说明的是, 一般人除了通过可感知客体外无法想象这些量, 并会由此产生误解。为了消除误解, 可方便地把这些量分为绝对的与相对的, 真实的与表象的以及数学的与普通的。”所以, 牛顿的时空观既包含绝对时空, 也包含相对时空。

在 Einstein 的思维中这纯粹是运动学的问题, 为了讨论这个问题他假定了一个理想的刚杆测量系统和一个基于理想时钟的时间测量系统, 他没有假定这两个测量系统会随着观测者的不同运动状态而有所改变。经

过对空间测量系统以及物体的运动对于空间测量系统的改变的分析发现正是此假设隐含着绝对空间的假设。在高速运动状态或者宇观世界里，物质的引力质量比较大，影响了空间与时间的结构，此时以相对空间为主。

**【1】（笔者注：后面将要说明相对空间即物体激发的引力场，绝对空间是宇宙中所有引力质量激发的引力场）**在广义相对论中，空间和时间不再是与物理学的其它方面无关的了，物体的几何特性和钟的运动依赖于引力场，这些场本身又是物质产生的。在广义相对论中，过程持续性、空间尺度、粒子引力质量以及有限与无限的观念也是依赖于参考系的。

下面的考虑是以相对性原理和真空光速不变原理为依据的，这两条原理我们定义如下：

1、物理体系的状态据以变化的定律，同描述这些状态变化时所参照的坐标系究竟是用两个在互相匀速移动着的坐标系中的哪一个并无关系。

2、任何光线在“静止的”坐标系中都是以确定的速度  $V$  运动着，不管这道光线是由静止的还是运

动的物体发射出来的。由此，得：  

$$\text{速度} = \frac{\text{光的路程}}{\text{时间间隔}}$$

这里的“时间间隔”是依照 §1 中所定义的意义来理解的。

设有一静止的刚性杆；用一根也是静止的量杆量得它的长度是  $L$ 。我们现在设想这杆的轴是放在静止坐标系的  $X$  轴上，然后使这根杆沿着  $X$  轴向  $x$  增加的方向做匀速的平行移动（速度是  $v$ ）。我们现在来考查这根运动着的杆的长度，并且设想它的长度是由下面两种操作来确定的：

a) 观察者同前面所给的量杆以及那根要量度的杆一道运动，并且直接用量杆同杆相叠合来量出杆的长度，正像要量的杆、观察者和量杆都处于静止时一样。

b) 观察者借助于一些安置在静系中的、并且根据 §1 做同步运行的静止的钟，在某一特定时刻  $t$ ，求出那根要量的杆的始末两端处于静系中的哪两个点上。用那根已经使用过的在这种情况下是静止的量杆所量得的这两点之间的距离，也是一种长度，我们可以称它为“杆的长度”。

由操作 a) 求得的长度，我们可称之为“动系中杆的长度”。根据相对性原理，它必定等于静止杆的长度  $L$ 。

由操作 b) 求得的长度，我们可称之为“静系中（运动着的）杆的长度”。这种长度我们要根据我们的两条原理来加以确定，并且将会发现，它是不同于  $L$  的。

通常所用的运动学心照不宣地假定了：用上述这两种操作所测得的长度彼此是完全相等的，或者换句话说，一个运动着的刚体，于时期  $t$ ，在几何学关系上完全可以用静止在一定位置上的同一物体来代替。

此外，我们设想，在杆的两端（A 和 B），都放着一只同静系的钟同步了的钟，也就是说，这些钟在任何瞬间所报的时刻，都同它们所在地方的“静系时间”相一致；因此，这些钟也是“在静系中同步的”。

我们进一步设想，在每一只钟那里都有一位运动着的观察者同它在一起，而且他们把 §1 中确立起来的关于两只钟同步运行的判据应用到这两只钟上。设有一道光线在时间①（注：①这里的“时间”表示“静系的时间”，同时也表示“运动着的钟经过所讨论的地点时的指针位置”）。 $t_A$  从 A 处发出，在时间  $t_B$  于 B 处被反射回，并在时间  $t'_A$  返回到 A 处。考虑到真空光速不变原理，我们得到：

$$t_B - t_A = \frac{r_{AB}}{V - v} \quad \text{和} \quad t'_A - t_B = \frac{r_{AB}}{V + v}$$

此处  $r_{AB}$  表示运动着的杆的长度——在静系中量得的。因此，同动杆一起运动着的观察者会发现这两只钟不是同步运行的，可是处在静系中的观察者却会宣称这两只钟是同步的。

由此可见，我们不能给予同时性这概念以任何绝对的意义；两个事件，从一个坐标系看来是同时的，而从另一个相对于这个坐标系运动着的坐标系看来，它们就不能再被认为是同时的事件了。

微观领域中，当一个粒子轰击另一个粒子时，分离后的粒子的空间尺度不一定比原来的小，此时指的是相对空间。相对时间是宇宙中一切具体物质系统的时间方向性，是由它本身的内在矛盾及其与环境的相互作用而决定的。爱因斯坦说：没有场的空间是不存在的。时空和场是一个互相制约、互相依存的整体，是一个东西的两种不同的表述，理解物理时空就是理解场。爱因斯坦一直所说的就是“时空就是引力场”。时空是由场表征的，前者是后者的本质，后者是前者的显现，这可以从作为广义相对论基础的“等效原理”中看出。场作为时空的表征，只是一种数学工具。在几何纲领中，场就是时空，时空就是场，没有区别。引力场的本质是时空，是爱因斯坦所发展的几何纲领的要求。

参考文献:

【1】(英) Newton 原著 王克迪 译 袁江洋 核。《自然哲学之数学原理》陕西人民出版社。

## 2、现代物理学对于真空的认识

《自然杂志》19卷4期的‘探索物理学难题的科学意义’的97个悬而未决的难题：6。宇宙中不断有物质创生吗？29。为什么宇宙中反物质如此少？30。反物质世界存在吗？31。反物质能源能否实现？84。真空的本质是什么？

道生一，一生二，二生三，三生万物。道者，无也。——老子《道德经》。西方哲学是把所有的客观存在统称为“物质”，这种自然观被叫做“物质一元论”；20世纪物理学的诸多成果都在证明，未来科学必须用物质~空间系统论的自然观取代实体物质一元论。物理学抛弃 ether, electromagnetic field 可以在真空中传播，真空的本质是什么，为什么在真空中可以激发出各种粒子？李政道(T.D. Lee)认为，真空和 ether 不同，它是 Lorentz 不变的，可它有很多复杂的性质。【1】

100年以前的一位物理学家就预言：真空中充满了能量，取之不尽，用之不竭。在几十年前的彼得堡学术会议上，关于真空问题的讨论，使门捷列夫，开尔文爵士，特斯拉等科学家被错误的冠以伪科学家的头衔。特斯拉对电磁波深有研究，他研究电磁波的标量部分，并且成功地实现了无线的电流传送。李政道博士也认为：真空就是介质的凝固态。一些科学家认为，真空是一种能量海，取之不尽，用之不竭。NASA在1998年把真空能的研究列入NASA的研究计划。美国能源部在当时强烈的反对，认为不可能从什么都没有的真空里提取出能量来，并宣称不会给任何NASA的关于真空能的研究计划拨款。而两年后，美国能源部也把真空能纳入其研究计划中。真空并不是一无所有的虚无（这是经典物理的理解，相对论本质上也是经典物理），而是所有粒子的基态，也即没有粒子被激发的状态。而有粒子的状态是真空的一种激发态——要准确理解这些概念，需要先理解量子理论的基础与本质。

真空是所有粒子的基态，而在一般情况下，我们都希望这种基态本身是稳定的。比如我们经常遇到的势阱，它的最低能态（也就是基态）是稳定的，粒子都被局限在了这个势阱中，而激发态是不稳定的，比如粒子获得能量而离开势阱。

真空破缺，就是上述真空态本身不稳定，使得整个物理系统不再处于真空这个基态，而进入了某种激发态——这里你需要了解基态和激发态并不一定就表示激发态肯定比基态的能量要高。比如说，粒子的态分布满足一种中间微微隆起的势阱，基态位于中央，从而是微微隆起的部分，那么很自然，粒子有一种离开这个隆起的部分而进入更低能量要求的“激发态”的趋势，从而一旦这种趋势达成，真空就破缺了——不再是真空了，而是进入了有粒子的激发态。这就是真空自发破缺。

真空破缺自然不一定是自发破缺，在有外界能量刺激的情况下，真空也可以被动破缺，比如原子周围的轨道电子就可能被激发从而放出光子，现代激光原理就利用了这点。还比如重粒子周围单光子可以激发出电子-正电子对，也是如此。量子规范场论中的“跑动耦合常数”的概念建立在一系列理论事实上，即规范理论正确地描述了相互作用力，而量子场论存在发散问题，为了解决这个问题就必须使用重整化技巧，这与规范场论结合在一起，就发现重整化理论中的重整化群方程对应了这么一个现象，即如果我们用不同的能量去探测同一个对象的耦合常数（规范场论给出），会得到不同的结果。

在广义相对论中，物理真空的观念被彻底排除了。ether 概念重新获得了一定的内容……广义相对论的 ether 是本身失去了任何力学和运动学性质的介质，但同时它能决定力学（或电磁学）过程。Dirac 方程  $(\gamma^\mu \partial_\mu + mc^2)\psi = E\psi$ ，对原子结构及分子结构都给予了新的层面和新的极标准的了解。Dirac 关于真空中被无数 electric charge 充满的理论可以推广至被无数正引力质量充满着，进一步理解负引力质量空穴——场。由此类比广义相对论中的 ether 依然是真空，因为 space-time 与引力质量是对称的，能量是它们之间的相互作用，因此实物通常是定域在绝对空间的确定区域内，而场则弥漫于绝对空间中，electromagnetic field 的传播也需要介质——绝对 space-time。物理学家保罗·戴维斯在他的《上帝与新物理学》中说：“运动的能量和质量的能量总是正的，但引力的能量，如某些场的引力是负的。有时会出现这样的情况，创造新生物质粒子质量的正能量正好被引力的负能量抵消了。”爱因斯坦说：“我们今后在这样的意义上把‘场’同‘物质’加以区别，除了场之外的任何东西都叫‘物质’，因此它不仅包括通常意义上的物质，而且也包括电磁场。”爱因斯坦在1917年的文章《广义相对论的宇宙学》里说的“这样构成的一个宇宙，就其场来说，该是没有中心的，所以用不着假定在空间无限远处密度应该减少，而只要假定平均势和平均密度一直到无限远处都是不变的就行了。”他1918年在《论引力波》里又说：“在我们的宇宙中，固然物质不是均匀分布的，而是集中于各个天体之中；固然物质不是静止的而是处于（比光速慢得多的）相对运动之中。可是，十分可能，在包含许许多多恒星的空间中得到的物质的平均（‘自然量度的’）空间密度，在宇宙中接近一个常数。”

李政道提出，在 21 世纪会出现四个重大的研究领域：目前在原来的物理学框架上，理论发展已经很困难，应该有一个大的突破。应该着眼于微观的基本粒子和宏观的真空态统一起来研究，这比 20 世纪初的理论革命会有更加大的突破。

参考文献:

【1】李政道——科学的发展：从古代中国到现在。朱长超主编。《世界著名科学家演讲精粹》百花洲文艺出版社 1995 年 3 月第 1 版 第 3 次印刷。

### 3、引力场的能量属性

道生一，一生二，二生三，三生万物。道者，无也。——老子《道德经》

西方哲学是把所有的客观存在统称为“物质”，这种自然观被叫做“物质一元论”；20 世纪物理学的诸多成果都在证明，未来科学必须用物质~空间系统论的自然观取代实体物质一元论。物理学抛弃 ether, electromagnetic field 可以在真空中传播，真空的本质是什么，为什么在真空中可以激发出各种粒子？

设有两个相距无限远的,密度均匀,半径 R,质量 m 的自由球体的孤立体系。由万有引力吸引,在一条直线两端相向作自然靠近运动。最后相遇并结合成密度均匀,半径为 R,质量 2m 的球体。这个孤立体系的初态总能量,由质能关系是:总静能量  $E_{i0} = 2mc^2$ ;根据引力场物理理论,总场能  $E_{i0g} = -12Gm^2 / 5R$  之和,也就是

$E_i = E_{i0} + E_{i0g} = 2m(c^2 - 6Gm/5R)$ 。末态的总能量是:总静能量  $E_{f0} = 2mc^2$ ;总场能

$E_{fg} = -24Gm^2 / 5R$ ,与两个球在引力作用下获得了显示的总动能与结合能的总和  $E_k = 12Gm^2 / 5R$  三者

相加  $E_f = E_{f0} + E_{fg} + E_k$ 。根据孤立体系在任意物理过程中,必须遵守普适的能量守恒定律:  $\delta E = 0$ ;

$E_f = E_i$ 。能量守恒定律告诉人们,体系获得的这个能量  $E_k$  不是“无中生有”,而是以引力场的总能量变得更

负为代价的:  $E_k = 12Gm^2 / 5R = E_i - (E_{f0} + E_{fg}) = (-12Gm^2 / 5R) - (-24Gm^2 / 5R)$ 。这就是说,引力场具有负能量。它为自然的运动和演化过程起了负能量库的作用。物理学家卡西米尔发现真空中两个平行导体板之间会出现负的能量密度,并预言这样一对导体板之间存在微弱的相互作用,后来这个预言被实验证实,从而为负能量的存在提供了直接证据。

100 年以前的一位物理学家就预言:真空中充满了能量,取之不尽,用之不竭。在几十年前的彼得堡学术会议上,关于真空问题的讨论,使门捷列夫,开尔文爵士,特斯拉等科学家被错误的冠以伪科学家的头衔。特斯拉对电磁波深有研究,他研究电磁波的标量部分,并且成功地实现了无线的电流传送。李政道博士也认为:真空就是介质的凝固态。一些科学家认为,真空是一种能量海,取之不尽,用之不竭。

NASA 在 1998 年把真空能的研究列入 NASA 的研究计划。美国能源部在当时强烈的反对,认为不可能从什么都没有的真空中提取出能量来,并宣称不会给任何 NASA 的关于真空能的研究计划拨款。而两年后,美国能源部也把真空能纳入其研究计划中。在广义相对论中,物理真空的观念被彻底排除了。ether 概念重新获得了一定的内容……广义相对论的 ether 是本身失去了任何力学和运动学性质的介质,但同时它能决定力学(或电磁学)过程。Dirac 方程  $(\mathbf{p}c\alpha + mc^2\beta)\psi = E\psi$ ,对原子结构及分子结构都给予了新的层面和新的极标准的了解。Dirac 关于真空中被无数 electric charge 充满的理论可以推广至被无数正引力质量充满着,进一步理解负引力质量空穴——场。由此类比广义相对论中的 ether 依然是真空,因为 space-time 与引力质量是对称的,能量是它们之间的相互作用,因此实物通常是定域在绝对空间的确定区域内,而场则弥漫于绝对空间中,electromagnetic field 的传播也需要介质——绝对 space-time。物理学家保罗·戴维斯在他的《上帝与新物理学》中说:“运动的能量和质量的能量总是正的,但引力的能量,如某些场的引力是负的。有时会出现这样的情况,创造新物质粒子质量的正能量正好被引力的负能量抵消了。”爱因斯坦说:“我们今后在这样的意义上把‘场’同‘物质’加以区别,除了场之外的任何东西都叫‘物质’,因此它不仅包括通常意义上的物质,而且也包括电磁场。”爱因斯坦在 1917 年的文章《广义相对论的宇宙学》里说的“这样构成的一个宇宙,就其场来说,该是没有中心的,所以用不着假定在空间无限远处密度应该减少,而只要假定平均势和平均密度一直到无限远处都是不变的就行了。”他 1918 年在《论引力波》里又说:“在我们的宇宙中,固然物质不是均匀分布的,而是集中于各个天体之中;固然物质不是静止的而是处于(比光速慢得多的)相对运动之中。可是,十分可能,在包含许许多多恒星的空间中得到的物质的平均(‘自然量度的’)空间密度,在宇宙中接

近一个常数。”

霍金辐射和量子真空卡西米尔效应与能量量子隧道效应是同理的，也是缠绕的。即卡西米尔效应也是真空量子起伏引起的。量子起伏是由不确定性原理决定的，这其中就含有能量守恒原理。卡西米尔效应中，两片平行板之间的吸引压力，是由平板之间的虚粒子的数目比正常数目减小造成的，这是卡西米尔在 1948 年提出的一项检测真空能量存在的方案。而早在上世纪 40 年代，荷兰科学家卡西米尔和奥弗比克从流行的胶体理论存在的缺陷中发现这个秘密后，就开始做起的这种“游戏”。他们给予的实验证明和解释是，真空能量以粒子的形态出现，并不断以微小的规模形成和消失。在正常情况下。真空中充满着几乎各种波长的粒子，如果使两个不带电的金属薄盘紧紧靠在一起，较长的波长就会被排除出去。接着，金属盘外的其他波就会产生一种往往使它们相互聚拢的力，金属盘越靠近，两者之间的吸引力就越强。到 1996 年物理学家首次对这种卡西米尔效应进行的测定，实际测量结果与理论计算结果也是十分吻合。真空卡西米尔效应和能量量子隧道效应不但紧密相连，而且是量子色动化学的增长极。

当把物质-场相互作用能归为场的能量，则引力能是负数，如果将我们研究的宇宙看作是从真空中产生，开始总能为 0，随着它的创生引力能负值越来越大，物质的正值也会越来越大，星系越来越多。“人们从未见到过负质量物体，未必一定意味着负质量不能存在，而可以只是因为原先存在的物体都是正质量的。在经典物理学中，一切运动是连续的，一个原先为正能量的物体，不可能通过连续变化而越过能隙区变成负能量。但是在量子物理中情况完全不同。量子力学容许有不连续的变化，原来正能量粒子可以跃迁到负能量去。将量子力学与相对论结合而建立的狄拉克方程就有两种解，正能解描述正能量粒子的运动，负能解描述负能量粒子的运动。狄拉克没有回避负能态的存在，他假设了在真空中所有的负能态均已经被负能量电子所充满。狄拉克方程和他提出的新的真空图像使他预言了反电子的存在，并在随后的实验中被证实。”【1】“狄拉克在其一篇论文中写道：“最近正电子的发现，又重新复活了旧的负动能的理论，因为到目前为止，实验发现完全和理论相符。”他建议人们应当去“发现负能态的物理意义”。【2】

参考文献:

【1】陆琰 罗辽复 物质探微从电子到夸克 [M] 北京：科学出版社，2005.7。

【2】薛晓丹 量子真空物理导引 [M]. 北京：科学出版社，2005.8。

#### 4、相对时空的本质

《自然杂志》19卷4期的‘探索物理学难题的科学意义’的97个悬而未决的难题：4。引力能否被屏蔽？6。宇宙中不断有物质创生吗？8。新以太是否存在？27。可观测宇宙的空间有多大？29。为什么宇宙中反物质如此少？30。反物质世界存在吗？31。反物质能源能否实现？75。轴子，畴壁能否找到？84。真空的本质是什么？

基本粒子的本性不能和空间本身的结构孤立起来加以考虑。在 1960 年某日，终于将我的苦心思索结晶为基元域的概念：如果任何形式的能量开始和真空发生联系了，那么，按照这种联系方式的不同，我们就可以把它看成一种物质和粒子式的表现，甚至看成是一个基本粒子。如果我们想象这个区域变得无限地小，那么，在极限情况下，它就将和一个点粒子相当，从而我们的理论表述就会和从前一样地遇到困难。因此，我们就给这个区域的尺寸规定一个下限，即一个对应于最小时空量子的极限，这就是一个不能再进一步有意义地细分的区域。我们可以把它叫做基元域。——汤川秀树

在弹性介质中其振动的传播方程不是 Galileo 变换下不变的，只成立于与介质相对静止的参考系中。如果把介质看成“绝对静止系”，利用它即可测量任何惯性系的绝对速度。其次，同一介质之间不是总能保持相对静止的。由于绝对 space-time 并非“绝对静止系”，所以它们之间并不矛盾。由于绝对 space-time 是由理论推理得到，在实验中不可能测量，与相对性原理并不矛盾。李政道(T.D. Lee)认为，真空和 ether 不同，它是 Lorentz 不变的，可它有很多复杂的性质。【1】笔者认为：引力场和时空应该是一个概念，只是提法不同。场的本质是 space-time，是相对 space-time，Einstein 的相对论反映了这个问题。温格伯说，广义相对论是一种引力理论。等效原理使引力场强和试验质点加速度相等，而加速度是时空组含量，因此引力场是时空，引力场用时空度规来描写。Einstein 一直所说的就是“时空就是引力场”。场作为时空的表征，只是一种数学工具。在几何纲领中，场就是时空，时空就是场，没有区别。引力场的本质是时空，是 Einstein 所发展的几何纲领的要求。爱因斯坦说：没有场的空间是不存在的。时空和场是一个互相制约、互相依存的整体，是一个东西的两种不同的表述，理解物理时空就是理解场。爱因斯坦一直所说的就是“时空就是引力场”。时空是由场表征的，前者是后者的本质，后者是前者的显现，这可以从作为广义相对论基础的“等效原理”中看出。场作为时空的表征，只是一种数学工具。在几何纲领中，场就是时空，时空就是场，没有区别。引力

场的本质是时空，是爱因斯坦所发展的几何纲领的要求。

广义相对论说的就是如何将引力作用几何化，尽管空间有点弯曲，它仍然是广义相对论的杠杆可以丈量的，并得到宇宙空间是三维的结论。21世纪前的全部空间理论就是由上面的2支杠杆决定的（并用它丈量数学空间和引力空间）。如同空间是三维的概念一样，上面的两个限制性词句，也是作为补充性公理一并被人们接受的。现在的问题是，这2支杠杆是否管用？如果不管用，除去先验以外，你是如何得知宇宙空间是三维的？这两支杠杆真的管用吗？例如我们居住的地球，从卫星上看，它是1个三维的椭球体，它与外部的天体仅有惟一的引力作用，符合上面的补充性“公理”，因此至少可以使用广义相对论的杠杆。后来人们发现，连续的地球半径在离地心3480千米处，被分成了两个运动学空间，内核的自转速度比地壳表面要更快些，地球如此，行星体如此，太阳如此，唯独卫星体和其它小星体没有；人们又检查了纽康系数，卫星体，纽康系数为零，行星之间、行星和太阳之间纽康系数不为零。这意味着，除了卫星和其它小星体可以继续使用广义相对论的杠杆外。超出这一范围后，如果不对纽康系数进行修正，继续使用这样的杠杆就会得到错误的结论（它无法丈量反引力空间）。问题变得越来越多了。曾在比萨斜塔一显身手的自由落体实验，它曾为Einstein的“等效原理”立过功勋，细心的科学家从同时落地的物体中取出分子，再从中取出原子核和中子，把中子冷却后放进实验室的中子干涉仪里。结果发现，冷中子存在着反引力作用。就是说，如果继续使用这2支杠杆，就会出现，同1个中子，同在地球表面，既可表现为引力又可表现为反引力。人们又把目光转向太阳和太阳系，太阳是1个三维空间的大火球，它和被捆着的太阳系成员，在经过微小的纽康系数修正后，太阳系的运动服从开普勒规则（引力与作用距离平方成反比），它符合上面的补充性“公理”。然而太阳又在绕银心转动，人们发现太阳也好，作为邻居的比邻星也罢，它们的运动不再服从开普勒规则了，引力仅与作用距离一次方成反比，即银河系中的 $v(r)$ 值保持不变。并且还发现，太阳和比邻星之间，97.4%的距离不是相互吸引，而是相互排斥的，它成了小星体的自由市场。换句话说，同一个太阳，如果上述两个限制性词句构成的补充性“公理”成立，广义相对论的杠杆继续可以使用的话，太阳同样成了一只既死又活的薛定谔猫。也就是说，要么两个补充性“公理”和广义相对论杠杆仅适用于卫星一类小星体，而不适用于大部分天体和宇宙的大部分空间，要么冷中子和地球及太阳可以在三维空间变成一只既死又活的薛定谔猫。这样的空间结构显然不是数学语言的杠杆可以单独丈量的，广义相对论的杠杆，也仅在对纽康系数修正后，能勉强使用到0.055155光年的范围。“引力场直接同空时度规性质发生关系，前面引入的 $g_{\mu\nu}$ 黎曼度规张量……一身而二任，既规定了四维空间在每点的度规性质，同时也表示了在各点的引力场”。“引力场是由什么产生的？回答自然是：物质产生引力场。这里的‘物质’是同‘引力场’对立而定义的，引力场以外的一切东西，都叫做物质”（倪光炯《近代物理》P83）。

由海森堡测不准原理给出了说法：认为物质可以在突然的能量起伏中从“空空间”出现，足够小的时空范围颇象个取之不尽的物质库，其多少可以无限制的借来暂用。相对论本身是几何学，但广义相对论包含了时空结构的演化规律，所以和场论有密切联系。场的传播速度是由时空的四元数结构决定的，这些正说明了场的时空本质，根据场的时空本质对海森堡测不准原理有了更深刻的认识，这是广义相对论的最伟大的发现和本质所在。

“天文学家们能够测量诸星系的质量，星系间的平均距离，以及它们的退行速度。把这些数字代进一个公式，就能得出一个数字，物理学家们已经把这个数字解释成宇宙的总能量了。这个数字在可观测的精度里确实是零！为什么会有这个结果？宇宙学家们长久以来一直迷惑不解。有些宇宙学家提出，有一个深藏不露的宇宙原理在起着作用，根据这一原理，宇宙的能量就得恰好为零。”【4】“宇宙的总能量刚好是零。宇宙的物质是由正能量构成的。然而，所有的物质都因引力而吸引。两块互相靠近的物质比两块分得很开的物质具有更少的能量，因为你必须消耗能量去克服把它们拉在一起的引力而将其分开。这样，在一定意义上，场具有负能量。在空间上大致一致的宇宙情形中，人们可以证明，这个负的引力能刚好抵消了物质所代表的正能量，所以宇宙总能量为零。”【5】“Einstein的广义相对论保证，宇宙中所有物质和运动具有的总的正能量精确地被宇宙中引力产生的负势能之和所平衡，总能量为零。”【6】

“一个孤立系的总能量E不可能改变”【7】物理学家卡西米尔发现真空中两个平行导体板之间会出现负的能量密度，并预言这样一对导体板之间存在微弱的相互作用，后来这个预言被实验证实，从而为负能量的存在提供了直接证据。

1999年，霍金在剑桥大学的一次演讲中预言，将会以数学的形式发现一种“适用于一切事物的理论”。他还说：“要想发现这种适用于一切事物的理论，我们将在很大程度上依赖于数学的美感和确定性。”“他表示‘深信’，所谓的一切事物理论——某种数学‘圣杯’——将会在今后100年内被发现，甚至有可能在今后20年内被发现。”【8】江正杰先生认为超越相对论有两条基本思路：（一）是对Einstein相对论的原初形态及相对论

效应进行新的物理解释。(二)是建立在新的基本假定基础上的物理理论,使之能包含相对论的全部结论。

“当我力图在狭义相对论的框子里把引力表示出来的时候,我才完全明白,狭义相对论不过是必然发展过程的第一步。”【9】因为在真实即现实的物理世界中“不存在空虚空间这种东西,即不存在没有场的空间。”【10】——空间是“场”!爱因斯坦把许多物理性质包括惯性都归结为单一的场的性质。牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中指出,只有进行更多的关于以太的实验才能够掌握重力、磁力、静电力的根本规律【11】,随后法拉第提出了“磁场弹力说”,而爱因斯坦在接受了“或者以太随着地球一起运动”【12】这一判断之后通过广义相对论描述出了动体周边类似于空间的物质弯曲成的重力场,以及场论学家们借用数学工具和场概念随后表明了空间中具有能量的存在。

19世纪、20世纪物理学最成功的发现是相对space-time(场)的发现,正如Einstein所讲的:“Faraday和Maxwell的electric field理论摆脱了这种不能令人满意的状况,这大概是从Newton时代以来物理学的基础所经历的最深刻的变化。”Einstein常常把相对论称为场论,也说明了这一点。在经典物理学中对于一个物体的动能的测量值不同的观察者测量的结果可以是不同的,那么能量为何有差异?笔者认为主要是时空参与了能量交换,场对于一切有质量的物质都会产生吸引作用,可以说场的符号为负,与物质的质量符号相反,场即是负能量物质,它的空间为负。在较强的场中时间会发生膨胀,引力增强,时间也增多延长【13】。

现代物理学认为,时间——空间结构在Planck长度的极小尺度下会有基本改变,也表明了场的space-time本质。由于场的本质是space-time,因此能量是物质与space-time的相互作用。从场角度与space-time角度研究引力质量间的作用力得到的结论一致,万有引力定律是广义相对论的一级近似。由于场的本质是相对space-time,因此倘若考虑到相对space-time的分离速度为光速,物理学中超距作用从space-time角度考虑作用力与从场的观点得到的结论一致。场是space-time弯曲的表现形式,因为:其一,存在等效原理。即惯性质量与引力质量相等,质点的运动轨迹只与初始条件有关而与引力质量毫无关系,在弯曲space-time中自由质点的运动轨迹是测地线,其测地线也只与初始条件有关而与引力质量毫无关系。而质点在其它任何形式的力场中运动均没有这种效应。其二,若把相对某天体静止的参考系看成是惯性系,在其场中的局域space-time内,总可以找到相对该天体运动的非惯性系,用惯性力抵消引力,则其非惯性系成为局部惯性系。在弯曲space-time中,任何一个space-time点的足够小的邻域,均可认为近似存在统一的空间,它是平直的。相应space-time流形上的坐标近似可看成局域平直空间的曲线坐标,从而等价于某个局域非惯性系。其惯性力“相当”于引力,自然存在某一类坐标transformation,相当于局部惯性系的transformation,使局域曲线坐标变成闵氏空间的仿射坐标,其局域仿射坐标所对应的参考系即是局部惯性系,在这个参考系中其引力效应全部消失。【14】

现代物理学认为场不等价于弯曲space-time,原因在于把场建立在平直的Minkowski空间且独立于其空间的物理场,它们的存在对space-time结构没有任何影响,或影响全可忽略。而弯曲space-time是space-time结构的自身改变,本质上异于平直的Minkowski空间上的物理场。其次,场中的局部惯性系能抹掉引力的一切效应,而在弯曲space-time中的局部惯性系并不能严格作到这一点。如在场中的局部惯性系里,检验其惯性系的自由质点的速度,原则上没有任何限制,而在弯曲space-time的局部惯性系里,检验其惯性系的自由质点的速度,要远远小于光速。其实场的存在将改变space-time中各点的相对位置,不可能独立于其空间,平直的Minkowski空间是绝对space-time,场与弯曲space-time本质上是统一的。根据Lorentz transformation在场中运动的质点其引力质量随着速度的增加而增加,达到光速是为无穷大,因此在场中的局部惯性系里,检验其惯性系的自由质点的速度,也不可能超过光速。场的深入的研究必须把Euclid几何(抛物几何)与罗氏几何(双曲几何)、Riemann几何(椭圆几何)统一用射影几何研究。两质粒间的场效应(感应)传播所需时间仅与起传点至到达点的空间距离有关(与传播过程中质粒间因相对运动发生距离变化并不矛盾),而

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

与质粒间相对运动速度无关,且在真空中的传播速度为常数 $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ ( $\epsilon_0$ 、 $\mu_0$ 分别为真空介电常数和真空磁导率),数值上等于光速。场效应的传播速度独立性充分证明了空间的客观性、均匀性。引力场直接同空时度规性质发生关系,前面引入的 $g_{\alpha\beta}$ 黎曼度规张量……一身而二任,既规定了四维空间在每点的度规性质,同时也表示了在各点的引力场,【2】在广义相对论中,弯曲时空本身就是引力场。【3】爱因斯坦讲:“古代的几何学家所研究的是概念上的东西(直线、点、面),并没有真正研究到空间本身。”

现在,假设真空中一个不旋转,不带电荷,体积有限,球型对称且密度均衡的理想试验物体,以及两位虚拟的观测者,进行一次坐标转换的试验。第一位观测者相对试验物体是静止的,没有任何其它参照系,也没有其它引力场的影响。假设观测者的存在与否不对试验物体产生任何影响。测量结果使观测者得到了物体

的质量、体积、不旋转、不带电荷等属性。他还计算了物体表面及周围因物体惯性质量而存在的引力场的情况。他要是懂得广义相对论,就可以得到物体表面及周围时空曲率的表达式。他也可以用质能方程  $E=MC^2$  来计算物体的总能量。但因为没有任何参照系,他不知道物体的运动状况。他得到这些情况后就离开了。

第一个观测者离开之后,一个外力作用于物体之上,段时间之后,外力撤销。这时,第二个观测者出现了。同样假设这位观测者的存在与否不对试验物体产生任何影响,他相对于物体是静止的,也没有任何的参照系,没有其它引力场的存在。第二位观测者对物体进行同样的测量。他得到一组数据,质量,体积,不带电荷,不旋转等等,他也计算物体表面及四周引力场的情况,也知道时空弯曲的情况。

根据能量守恒原理,因为有外力的作用,因此试验物体的总能量肯定发生了变化,设为  $\Delta E$ 。因此,物体的惯性质量也会改变,  $\Delta E=\Delta MC^2$ 。又根据广义相对论,物体的惯性质量使时空弯曲,现在惯性质量变了,物体表面及四周的时空曲率也必然改变。这些改变均相对于第一位感测者得到的数据而言。在外力发生作用时,这些数据就改变了。设惯性质量与时空曲率的关系式为:  $g=M/R^2$ ,与地球引力加速度的表达式一样。如果用微分几何方程式  $ds^2=\sum g_{ik}dx^i dx^k$  来表达,则  $g_{ik}$  为一个张量,在球型对称的时空弯曲中,同一球面的  $g_{ik}$  在数值上是相同的,方向不同,因此,可以用  $g=M/R^2$  来简化计算。在上面的实验中, $g$  的变化量为  $\Delta g=\Delta M/R^2=\Delta E/R^2 C^2$ , $R$  为物体表面的球面半径, $\Delta g$  为物体表面时空曲率变化量。

现在的问题是:物体受外力作用时,到底先改变了物体的惯性质量,从而改变时空曲率,还是先改变时空曲率再改变了物体的惯性质量?

我们并不能确定,惯性质量与时空弯曲之间是否是因果关系,我们所知道的只是能量的变化。因此,可以这样认为,物质和它周围的时空,根本就是不可以分割开来的。抛开时空去讨论物质的物理规律或抛开物质去讨论时空的几何性质都是片面的。因为我们不知道,是时空曲率的改变从而改变了物质的惯性度量,还是物质的惯性质量改变导致了时空度量的改变。把这个问题与能量关联到一起,就成了这样的问题:是弯曲的时空改变曲率抵消了能量的变化,还是物体惯性质量的改变抵消了能量的改变?我们无从区分。于是,根据等效的原则,得出这样的结论:弯曲的时空蕴含能量。曲率的变化会吸收或释放能量,并通过与之紧密相连的物质表现出来。将时空弯曲直接与能量联系起来,物质成为这一关联的载体,或者叫表现形式。(想起弹簧没有?)时空和能量成了宇宙的主角。这样好像不太习惯,但仔细想,一切物理现象均在时空中发生,均涉及能量的变化,如果抛开时空来研究物理规律,是不全面的,只有将时空变化放到物理现象中一起来研究,才更合理。把上面的结论反过来,将得到一个更重要的结果:如果平直的时空产生扰动,从而有时空曲率的变化,就会有能量的产生,而代表能量的物质,或者说能量的载体,物质就会产生。也就是说,能量和物质会从平直时空的扰动中,凭空产生,而总体上,能量依旧保持平衡。那么,现今的宇宙完全可以从平直时空的扰动开始,慢慢演化成现在的样子。时空和物质的存在是自洽的,不存在大爆炸这样一个奇怪的起始点。

现代基本粒子理论中质量量纲为 space-time 量纲的倒数也说明了场的 space-time 本质的观点是正确的。根据能量是物质与 space-time 的相互作用与 space-time 平权理论,可以进一步将质量守恒定律与 space-time 守恒定律统一为 law of conservation of energy,进而把 law of conservation of energy 与动量守恒定律结合在一起。注:本文中的场其实是引力与弱相互作用的合力激发的场。

#### 参考文献:

- 【1】李政道——科学的发展:从古代中国到现在。朱长超主编。《世界著名科学家演讲精粹》百花洲文艺出版社 1995年3月第1版第3次印刷。
- 【2】倪光炯 李洪芳 著近代物理 上海科学技术出版社 1979年。
- 【3】郭汉英 空间、时间和宇宙理论面临挑战 《科学文化评论》(双月刊)2004年1月(56卷1期)。
- 【4】保罗·戴维斯 上帝与新物理学 [M]。湖南:湖南科学技术出版社,2003.10。
- 【5】史蒂芬·霍金。时间简史 [M]。湖南:湖南科学技术出版社,2002.2。
- 【6】约翰·D·巴罗 无之书 [M]。上海:上海科技教育出版社,2003.6。
- 【7】哈里德 物理学基础 [M]。北京:机械工业出版社 2005.8。
- 【8】《霍金再谈人类的未来[N]。参考消息,1999.3.15。
- 【9】《爱因斯坦文集》商务印书馆,1977年,第一集,第28页。
- 【10】《爱因斯坦文集》第一集,第558页。
- 【11】牛顿,自然哲学的数学原理,中文第三版,6、651。
- 【12】I. Asimov: 'S GUIDE TO SCIENCE, Basic Books, Inc., New York, 1972; 何笑松等译,北京科学出版社,第2版,1979,150~160。

【13】泡利，相对论，上海科学技术出版社（1979），205。

【14】Einstein 著 方在庆 韩文博 何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社 2000 年 3 月第 1 版。

## 5、广义相对论与马赫原理关系一窥

1913年，爱因斯坦在创立广义相对论之后，在给马赫的一封信中说：“如果（广义相对论）真正站得住，那末，您对力学基础所作的天才研究，将不顾普朗克的不公正的批评而得到光辉的证实。因为完全按照您对牛顿水桶实验的批判，一个必然的后果是：惯性来源于物体的一种相互作用。”

尽管爱因斯坦的广义相对论取得了辉煌的成功，但加速参照系中惯性力的起源仍然是一个谜。牛顿曾通过水桶实验试图证明加速运动是绝对的，他认为水面变凹是由于水相对于绝对空间的旋转所导致。马赫则否认绝对空间的存在，他认为一切运动（包括加速运动）都应当是相对的。对于牛顿水桶实验，马赫认为导致水面变凹的惯性离心力是由于水相对于地球和其他天体做相对转动而产生的。这暗示惯性离心力是由宇宙中其他物质（如遥远星系）对物体的引力产生的。在此基础上，爱因斯坦曾提出马赫原理，即一切物体的惯性效应都来自宇宙空间中物质做相对加速运动时的引力作用 $T$ 。根据这一原理，惯性力本质上就是引力，惯性现象都是由物质间的引力作用所产生的。然而，现有实验尚未发现马赫原理所预言的结果。此外，惯性力的瞬时性与引力的有限传播特性似乎也不相容，因此，利用引力似乎无法解释惯性力。尤其是，马赫原理与广义相对论实际上并不一致 $PT$ 。例如，对于只包含一个实验质点的宇宙，广义相对论的场方程（即使包含宇宙常数项）仍然有解，而且当实验质点做加速运动时，加速坐标变换仍将给出惯性力；而根据马赫原理将不存在惯性力，因为没有产生它的遥远星系。此外，人们对转动空壳内的引力场的分析也显示，不仅存在通常的惯性离心力，还存在与此径向力具有相同数量级的轴向力。这也与马赫原理不一致。

那么，马赫原理是否正确呢？如果马赫原理是正确的，那么必须修正广义相对论来满足这条原理；而如果马赫原理不正确，那么我们似乎又得回到运动的绝对性，而这无疑违反了广义相对论的初衷。面对马赫原理与广义相对论的不和，爱因斯坦后来对它失去了热情，并且在晚年曾断言，“人们根本用不着再谈马赫原理了。”然而，事实并非如此。原因在于，广义相对论只是说惯性力与引力的所有物理效应都是不可区分的，但它并没有回答惯性力的起源问题。而马赫原理则正是对这一问题的进一步探索，它直指惯性力的本质！因此，对马赫原理的深入研究是十分必要的。

从逻辑上分析，如果两种力的所有物理效应都是相同的，那么这两种力应当具有相同的本质，或者说，它们应当是同一种力。因此，广义相对论所基于的等效原理事实上已经隐含了惯性力就是引力。然而，广义相对论并没有给出惯性力起源于引力的具体机制。实际上，它的场方程不能导出惯性离心力来自于遥远星系对转动物体的引力（不一定直接来自遥远星系？！），或者说，广义相对论并不能得出“惯性力即引力”的结果。这似乎暗示了广义相对论在逻辑上是不一致的，由前提导出的结果竟然不符合前提！问题似乎出在等效原理的绝对有效性上。如果等效原理是近似有效的，那么惯性力不必来自引力，至少不必完全来自引力。这样，近似正确的广义相对论不能得出“惯性力即引力”的结果也是合理的。实际上，考虑到时空的分立性，关于马赫原理与相对论的关系可以用著名物理学家 $R\cdot H$ 迪克的下面一段话来概括：“空间的几何和惯性性质对空虚空间是无意义的观点，空间的物理性质根源于它所包含的物质的观点，以及一个粒子的唯一有意义的运动是相对于宇宙中其他物质的运动的观点，从未在物理理论中找到其完全的表述。这个图像是旧的，它可以追溯到见克莱主教”和马赫的著作中。这些思想在广义相对论中找到了有限的表述，但是必须承认，虽然在广义相对论中空间几何受物体分布的影响，但几何不由该分布唯一地决定。

如果惯性起源于物体与遥远星系之间的相互作用，那么将不得不求助于似乎非物理的超前波，即向过去以光速传播的波 $T$ 。最后我们指出，即使（静止）质量起源于希格斯机制，我们仍需解释质量产生惯性的原因，即为什么质量具有抵抗加速度的惯性？或者说，为什么具有质量的物体在加速时会受到惯性力？惯性的起源仍将是一个谜！它来自最平凡的事实，但却是如此深邃、神秘。

物理学的每一重大进展都更进一步地揭示了绝对空间与有质量的粒子发生相互作用时所产生的丰富的物理效应，即所谓狭义相对论效应、广义相对论效应、真空效应等，因而物理学的每一重大进展都事实上向绝对空间存在的证明更近了一步，Einstein晚年明确宣布放弃马赫原理，并承认他未战胜牛顿的绝对空间概念。

## 6、广义相对论与以太

### (1) 广义相对论与以太

1920年，他在专题演讲“以太和相对论”中曾指出：“依照广义相对论，一个没有以太的空间是不可思议的。因为，在这样一种空间里，不但光不能传播，而且量杆和时钟也不可能存在，因此，也就没有物理意义上的空间-时间间隔。但是，又不可认为，这种以太会具有那些为重媒质所特有的性质，也不可认为，它是那些能够随时间追踪下去的粒子所组成的，而且也不可把运动概念用于以太。”在这里，Einstein既指出以太

的存在性，又对以太的性质提出了看法：1、以太是光的传播媒介。2、长度和时间的标准由以太决定。3、以太不同于一般的有质量的实物（重媒质）。4、以太不能用相对论时空观进行描述——他实际上是把以太（物理真空）描述成了四维时空连续体，而用相对论的时空观去描述相对论的四维时空连续体。Einstein 本人对以太论的心态是很矛盾的，他既意识到以太的存在，又搞不清它的真面目。1952年，Einstein 在《狭义与广义相对论浅说》的序言中补充说：“空间-时间未必是一种可以认为离开物理实在的实际客体而独立存在的东西。物理客体不是在空间之中，而是这些客体有着空间的广延性。这样，‘空虚空间’这概念就失去了它的意义。”

通俗著作《狭义与广义相对论浅说》（1916年原版）推出第15版之际，Einstein 结合对于相对论的历史性总结，把自己晚年对于时空问题的新见解及其新思路，补写到一个新的附录即附录五《相对论与空间问题》之中。Einstein 特别提出：“在这个附录中阐述了我大体上对空间问题以及对我们的空间观如何在相对论观点影响下逐渐改变的看法。我想说明，空间—时间未必能看作是可以脱离物质世界的真实客体而独立存在的东西。并不是物体存在于空间中，而是这些物体具有空间广延性。这样看来，关于‘一无所有的空间’的概念就失去了意义。”【1】

1952年，Einstein 在《狭义与广义相对论浅说》的序言中补充说：“空间-时间未必是一种可以认为离开物理实在的实际客体而独立存在的东西。物理客体不是在空间之中，而是这些客体有着空间的广延性。这样，‘空虚空间’这概念就失去了它的意义。”实际上，Einstein 并不否定真空的物质性。不过，他认为，应该用“场”来替代以太。他说：“为了揭示笛卡尔观念的真正内核，就要求把场的观念作为实在的代表……‘没有场的空间是不存在的’。”时空弯曲与引力场是等价的。在牛顿的理论中时空只是讨论问题的一个参数，但是在广义相对论中是客观存在的。

Einstein 在晚年，力图想纠正自己理论中的偏见，他意识到，时空并非实体。他曾说——“物理客体有着空间的广延性”。这里所谓的“空间的广延性”，本质上就是用易学揭示的与物质世界共存的反物质世界。这是一个对物质世界进行平衡和自组的“形上”世界。【4】相对论加强了场的概念在物理学中的重要性，使时间与空间联姻。在广义相对论中，他认为空间的性质应由“物质的分布”来决定，实物可以“弯曲”周围的空间。这些都显然与前面的空虚空间的定义相矛盾。空间既然一无所有，那它就不可能具有象物质一样的性质。还有，如果空间中真的一无所所有，那么各实物体就成了一个个的孤立个体，彼此间互相隔绝，互不相关。Einstein 讲：“可以假定有以太存在。只是必须不再认为它有确定的运动状态，也就是说，必须抽掉洛伦兹给它留下的那个最后的力学特征。”“狭义相对论不允许我们假定以太是由那些可以随时间追踪下去的粒子所组成的，但是以太假说本身同狭义相对论并不抵触。”【5】

Einstein 在以太问题上也曾犹豫不定，他在题为《以太和相对性原理》的讲演中说：“根据广义相对论，空间没有以太是不可思议的。实在的，在这种（空虚的）空间中，不但光不能传播，而量杆和时钟也不可能存在，因此也就没有物理意义上的空间——时间间隔。……因此在这种意义上说，以太是存在的。但是，又不可认为，这种以太会具有那些为重媒质所特有的性质，也不可认为，它是那些能够随时间追踪下去的粒子所组成的，而且也不可把运动概念用于以太。”他甚至说到：“至于这种新以太在未来物理学的世界图象中注定要起的作用，我们现在还不清楚。”现在，面对宇宙背景辐射等实验事实，许多著名物理学家都认为应当恢复以太假设。伯格曼认为，在宇观尺度上，相对性原理被破坏了；宇宙背景辐射只有一个独一无二的参考系中各向同性，在这个意义上，那个参考系代表“静止”。韦斯科夫认为，无论如何，观察到的 2.7K 辐射决定了一个各向同性的绝对坐标系。迈克尔逊和莫雷的梦想变成了事实，即找到了我们太阳系的绝对运动。斯塔普认为，2.7K 背景辐射定义了一个优越的参考系，利用它可以决定事件发生的绝对顺序。

Einstein 说：“马赫思想在广义相对论的以太中得到了充分的发展。根据这种理论，在各个分开的时空的附近，时空连续区的度规性质是各不相同的，并且共同取决于该区域之外存在的全部物质。……广义相对论的以太是这样一种媒质，它本身完全没有一切力学和运动学的性质，但它却参与力学（和电磁学）事件的决定。”Einstein 进一步认为：“更加精确的考察表明，狭义相对论并不一定要求否定以太，可以假定有以太存在；只是必须不再认为它有确定的运动状态，也就是必须丢掉洛伦兹给它留下的那个最后的力学特征。”按相对论宇宙学真空具有负密度，从引力场方程拉姆达项已计算出来了。

Einstein 曾说过（Einstein 文集，第一卷，“以太和相对论”p128-129）：“依照广义相对论，空间已被赋予物理性质，因此，在这种意义上说，存在着一种以太。在这里，Einstein 既指出以太是存在的，又对以太的性质提出了看法：1、以太是光的传播媒介。2、量杆和时钟（长度和时间的标准）由以太决定。3、以太不同于一般的有质量的实物（重媒质）。4、以太不能用相对论时空观进行描述。

现代物理探索中，真空的以太组成一直是许多人挥之不去的思想，Einstein 认为：相对论虽然也抛开了

真空以太，这是因为不能把电磁场解释成以太状态而逼着这样做的；把场作为独立的物理实在，这是客观存在的二元论。他进一步说：“我们希望后代将能克服这个二元论概念”，“从而不再视场为独立的物理实在”，还说“理论物理决不能没有以太”。真空  $V_0$  作为新以太，它的存在是不同于现实世界的全新领域，遵循的规律也一定不会与现实世界物质存在的机械规律相同；如原子中价电子做变速运动不满足经典电磁理论的辐射规律一样，真空中源于  $V^0$  的组成也可以不满足机械运动规律，不会发生可观测的漂移，迈克尔逊和莫雷等人自然也就不会观测到漂移速度，当然这也有可能完全不对电磁波的传播产生任何影响。具有机械特征的真空以太确实并不存在，但要对真空由自身的客体单元组成做否定判定，上述历史上的两个理由并不充分。

### (2) 爱因斯坦论述场与以太的关系

Einstein 曾经讲过：“我一生的主要工作：结合对空间、时间和引力的新认识，创立相对论；提出质能等价定律和统一场论（未完成）；对量子论发展的贡献。相对论是从场的问题上兴起的。场是从牛顿时代以来最重要的发明。实物可以看作是场特别强的一些区域，因而，场是唯一的实在【6】。”

在 1938 年，Einstein 与英费尔德合著的《物理学的进化》中有一段话：“我们力图发现以太的性质，但一切努力都引起了困难和矛盾。经过这么多的失败以后，现在应该是完全丢开以太的时候了，以后也不要提起它的名字了。我们说，空间有传播电磁波的性质。”在这字里行间，流露了他内心的无奈。为了应对这一无奈，他搬出了“场”的观念。在“相对论和空间问题”一文中，他说“当笛卡尔相信他必须排除空虚空间的存在时，他离开真理并不怎么远……为了揭示笛卡尔观念的真正的内核，就要求把场的观念作为实在的代表，并同广义相对性原理结合在一起；‘没有场’的空间是不存在的。”（《Einstein 文集》第 1 卷，558 页。）“最近 Einstein 引伸了以太这个概念。它不应再被认为是一种实物，只不过是跟真空相联系的那些物理量的总和。”

### 【3】

实际上，Einstein 并不否定真空的物质性。不过，他认为，应该用“场”来替代以太。他说：“为了揭示笛卡尔观念的真正内核，就要求把场的观念作为实在的代表……‘没有场的空间是不存在的’。”

### (3) 现代物理学对于以太的看法

相对论的先驱者洛仑兹认为，除了相对论时间外，还应该存在一种“真实”的时间（True Time）。作为洛仑兹时间观的表述，一种推广伽利略变换的时间，它对应于宇宙的格林尼治时间。当采用这种时间定义时，同时性是绝对的，其时间箭头都是正向的。洛仑兹在世纪之交虽然积极参与了物理学的几个前沿领域，却极力设法修补旧理论，总想在“不触犯经典理论框架的前提下把力学和电动力学调节器加起来。但是，1887 年迈克尔逊实验否定了为电磁理论所要求的菲涅耳的静止以太说，使电磁力学的基础受到了冲击。洛仑兹为此而郁郁不乐，他于 1892 年写信给瑞利说：“我现在简直不知道怎样才能摆脱这个矛盾。不过我仍然相信，如果我们不得不抛弃菲涅耳的理论，……我们就根本不会有一个合适的理论了”。……直到晚年，他还认为以太是具有一定优点的概念。据玻恩回忆说：“我在洛仑兹逝世前几年看望他时，他对相对论的怀疑态度没有改变。”据板田昌一讲，洛仑兹面对波粒二象性的新概念，曾绝望地哀叹：“在今天，人们提出了和昨天所说的绝然相反的主张。这样一来，已经没有真理的标准了，也不知道科学是什么了，我真后悔我未能在这些矛盾出现前五年死去。”

玻耳兹曼直到 1902 年还公开宣称：“力学是整个理论物理大厦赖以建立的基础，是所有其他科学分枝赖以产生的根源。”迈克尔逊设计试验的目的是为了证明“以太”的存在，可是事与愿违。为此他非常失望，以至于试验没按原计划完成，而是草草收场。他至死（1931 年）还念念不忘“可爱的以太”。J.J. 汤姆生在 1909 年宣称：“以太并不是思辩哲学家异想天开的创造，对我们来说，就象我们呼吸空气一样不可缺少。”

科学史上有这样一种现象，即某些科学概念在特定的场合里被提出，后来被否定，之后又在新的场合里复出，且复出后的概念往往具有更深刻的含义，并会对相关科学领域的发展起重要作用。1970 年狄拉克指出：“以太观念并没有死掉，只要基本问题仍未得到解决，必须记住这里还有一种可能性。”美籍物理学家张操说：“……现代物理学一方面否定以太的存在，另一方面却引入了物理真空的概念。其实，‘物理真空’仅是以太的一个代名词。‘物理真空’这个术语很容易被人误解为虚空，并与空间概念相混淆。所以，笔者宁愿采用 19 世纪的物理学常用的术语‘以太’来代替‘物理真空’。”【2】

协同学创始人哈肯也认为，狭义相对论否定了特殊参考系的存在，但宇宙背景辐射却成了一个绝对的参考系。罗森甚至认为，宇宙学的最新发现要求回到绝对空间的观念。胡宁认为，在迈克尔逊实验的零结果和以太模型之间并不存在任何矛盾。最后，我们看一看当代著名物理学家狄拉克对此作出的评论。早在 1970 年，狄拉克就指出：“以太观念并没有死掉，只要基本问题仍未得到解决，必须记住这里还有一种可能性。”

广义相对论中的规度场就是以太：分析到最后，否定以太存在就是否定空的空间有任何物理性质；广义相对论的以太是经过罗伦兹以太的相对论化而导出的，它应该作为惯性作用的介质而起作用。”牛顿的绝对

空间概念并没有被物理学至今为止的发展所驳倒，物理学的每一重大进展都更进一步地揭示了绝对空间与有质量的粒子发生相互作用时所产生的丰富的物理效应，即所谓狭义相对论效应、广义相对论效应、真空效应等。

时空不是独立的存在，时空是物质的时空，时空是物质世界的表象，物质本体改变了，其表象必随其变。空间与时间在表述物质时，各有侧重：空间侧重于表述物质相对静止的状态，时间侧重于表述物质相对变动的过程。物质的存在是相对变动中的存在，静止是变动中相对的静止，从这一角度可以认为：物质是变动与静止的统一体，是时间和空间的统一体。

笔者认为Einstein广义相对论中所说的以太就是绝对时空——引力场。

参考文献：

- 【1】《狭义与广义相对论浅说》第15版，Einstein 著，上海科学技术出版社1964年版本。
- 【2】张操，物理时空探讨，香港，华夏文化出版有限公司，2005，P5。
- 【3】泡利 著 《相对论》。
- 【4】Einstein 著 方在庆 韩文博 何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社2000年3月第1版。
- 【5】许良英，范岱年编译：《Einstein 文集》，第1卷，商务印书馆(1976)120。
- 【6】Einstein, 英费尔德。物理的进化。上海科学技术出版社，1962.178~181。

### 7、时空的绝对性

1954年，Einstein讲：我认为非常可能，物理学不能建立在场的概念上。如果是这样，那么，我的全部空中楼阁（包括引力理论在内），甚至连其他现代的物理理论也一样，将荡然无存【8】。如果以场作为基本概念的客观描述是不可能的，那么，就得找到一种完全避免连续统（连同空间和时间）的可能性。但是，这样一种理论中可以使用什么样的基本概念，我没有一丁点主见【9】。在1953年的《M·雅梅的〈空间概念〉序》一文中，爱因斯坦说：“需要经历一场严酷的斗争，才得到了为理论发展所必需的独立的和绝对的空间概念。以后要克服这种概念，仍然也需要作同样顽强的努力——这一过程，大概远还没有完结。没有一个人会肯定地认为牛顿的伟大创造会真正地被这种或其他任何一种理论所代替。他的清晰和广阔的观念作为我们已经建立的现代物理学观念的基础将永远保持它们的意义。”

任何场都具有一定的时间和空间，所以说，场是由物质构成的，而场具有使物质运动的能力，只有一个原因就是构成场的物质分布不均匀。也就是说，场是由于构成场的物质在有的地方密度大即能量大，而有的地方密度小即能量小形成的。相对论时空观是一种物质依托性的时空观，它由真空所造就，要弄清它的实质，应从真空入手。绝对时空观是一种科学抽象性的时空观，它不依托任何物质。在绝对时空观中，真空态的物质是存在于时空中的一种可压缩的超流体。绝对时空观是第一性的；相对论时空观是通过变换实现的，是第二性的。总的说来，相对论时空观有一定的局限性，但在人类现有的认识范围中，它是定量描述的基础。不过，它不能有效地描述真空，对此必须结合绝对时空观作定性描述。场论真空结构和性质的研究具有重要意义，真空具有许多效应，如反映真空具有零点能的Casimir效应、真空极化导致兰姆移动、激态原子与真空零点能作用导致原子自发辐射等。真空作为量子场的基态，具有普适的对称性。

第一个物理的宇宙模型是Einstein在1917年提出的，当时人们对宇宙的整体面貌还完全没有了解，他主要凭直觉提出了宇宙学原理——宇宙物质在空间上是均匀的和各向同性的。爱因斯坦说：“战胜绝对空间概念，亦即战胜惯性系概念之所以成为可能，只是因为场的概念逐渐代替了物质实体的概念，而成为物理学的基本概念。在法拉第和麦克斯韦思想影响下，发展了这样的想法，认为整个物理实在大概能被表示为这样的一种场，它的分量取决于四个空间、时间参数。如果这种场的定律是广义协变的，也就是说，如果它们是同坐标系的特殊选择无关，那末，独立的（绝对的）空间的引用就不再是必要的了。构成实在的空间特征的，因而也就不不过是场的四维性而已。因此，不存在什么‘空虚的’空间，也就是说，没有场的空间是不存在的。”因为根据广义相对论，不是物质存在于空间和时间之中，而是物质具有空间和时间的广延性，引力场可以使space-time发生变化，但是运用光学或射电望远镜会发现，除了一些局部的聚集外，星系大体均匀分布于整个空间，宇宙在非常大的尺度下显得相当均匀。【3】考虑直径为 $\lambda$ 的球形区。把宇宙的不均匀性完全抹平后，这球区内质量为 $M$ 。在不均匀的实际宇宙中，这区内的质量记为 $M + \delta M$ ， $\delta M$ 反映它对均匀背景的偏离。显然不同地方有不同的偏离大小。对全宇宙讲， $\delta M$ 的平均值必定为0。因此我们应当把各处的 $\delta M$ 平方后再做平均，得到 $\langle \delta M^2 \rangle$ ，它表示整个宇宙偏离均匀的程度，现在天文学观测证实 $\langle \delta M^2 \rangle$ 值随 $\lambda$ 的增大而减小，这就是宇观地均匀的证据，它是实际宇宙的一个合理的近似描写。所以整个宇宙形成的绝对空间是平直的Galileo、Minkowski空间，绝对时间意味着中性时间（流速均匀），绝对空间对所有事物的作用

是相同的，这表现了空间的绝对性，从某种意义上说，这是 Newton 空间的复活【1】。

从原理上看，广义相对论的引力理论同 Newton 的理论全然不同。但其实际结果又如此接近，以致很难找到经验能及的标准来区别它们。、、作为自然哲学领域中整个现代观念的结构的基础，其伟大而清晰的思想将始终保持其独特的意义。【2】但是它与 Newton 的绝对 space-time 观不完全一致，在这里时间与空间有联系，而且 space-time 与外界事物密切联系。现代物理学认为，如果质量——能量必须存在某处的话，那么应该处于这个平坦的空的空间中——一个完全没有任何种类的物质和场的区域（笔者注：绝对 space-time）。

#### 【4】

很多学者相信，哥德尔所给出的广义相对论旋转宇宙模型表明时空的确具有绝对性，宇宙可以绕着自己的时空框架旋转不息，绝对空间和绝对时间的幽灵仍然萦绕于广义相对论的理论内核中。即使否定牛顿的全域静止的绝对时空会在广义相对论中出现，相对于一组定域惯性系的绝对加速和绝对转动的确存在。这里的绝对时空恰好是因为旋转宇宙在无限远处的度规不同于惯性时空度规的渐近平坦性而被识别出来的。哥德尔解需要非零的宇宙常数，具有空间均匀性而不具备各向同性，出现了封闭的类时线，物质在这些宇宙中相对于局部惯性框架旋转等特点。不少学者怀疑哥德尔解的物理真实性，Einstein 在怀疑的同时指出哥德尔解重视对时间概念的深入分析，并且注意到在哥德尔的新解中，对于按宇宙论意义隔得很远的世界点而言，早迟之分（过去，现在和未来的差别）被抛弃了。Newton 认为 space-time 与外界事物、时间与空间无关的观点具有一定的局限性，而且它们相互之间是矛盾的，既然绝对空间是不动的，为何相对空间又是可动的部分？Newton 没有真正认识观测者的时空尺度的真正含义，他在观测其它物体变化的同时完全忽视了观测者自身物质变化。观测者的时空尺度就是其“自身”，其在对别的物质观测的同时会以自身作为直接或间接的参照系进行对。认为时空尺度是凌驾于物质运作之外的东西，无疑等同于将自身凌驾物质运作之外。

在美国，以怀特海为先驱的过程哲学学派有着广泛的影响。过程哲学学派认为，世界即过程，过程由事件构成，事件表现出有秩序的连续性。怀特海的世界模式仍然服从相对论的光锥要求，即形成有秩序的连续序列的只是类时分离事件而不包括类空分离事件。远距关联实验（即贝尔不等式的实验检验）揭示了类空分离事件存在着因果联系，因此，它们也应当具有绝对的（与参考系无关的）先后次序。许仲平从四维对称标架中钟系的校准过程分析时间，指出相对论时间并不是唯一可能的，他提出了一种具有普适时间（ $t' = t$ ）的理论。在现代物理学的最新实验事实和理论思维成果之中，我们应当选取哪些事实作为探索新 space-time 理论的逻辑起点呢？

众所周知，狭义相对论确立了时间和同时性的相对性概念。但是宇宙背景辐射提供了一个优越的参考系，它可以用来确定时间的绝对次序。对此，哈肯指出：“在某种意义上讲，这个新的绝对空间导致了一个有趣的时间概念。……在狭义相对论中，作任意运动的不同观察者不可能找到一个共同的时间，而宇宙漂泊的观察者却经历着一个宇宙的或者说普适的时间。”

我们对于物理学基本概念的分析表明：绝对空间这一最基本的物理概念不仅没有被物理学至今为止的发展所抛弃，相反，却越来越接近于被证明。由于绝对空间在物理学中起着至关重要的作用，具有丰富的物理性质，我们不得不将其视为一个独立的物理实在。任何将绝对空间等同于一无所有的虚空的观点在物理学上都是不可思议的。

我们对于物理学基本概念的分析表明：绝对空间这一最基本的物理概念不仅没有被物理学至今为止的发展所抛弃，相反，却越来越接近于被证明。由于绝对空间在物理学中起着至关重要的作用，具有丰富的物理性质，我们不得不将其视为一个独立的物理实在。任何将绝对空间等同于一无所有的虚空的观点在物理学上都是不可思议的。但是，至今为止我们对绝对空间这一实在到底是什么还没有确定的认识，对其物理性质我们通常是在真空的概念之下进行探讨，并且视真空为某种基态的量子场，但这种场又不能确定地认为是某种我们已经可以确定把握和描述的场。我们只是就其作为一个物理实在的意义上将其看作是场，它与所有已知的场在物理性质上没有什么共同之处。任何已知场（如电磁场、引力场等）都有明显的动力学效应，而真空场的基本物理效应是惯性；已知场是运动的，但真空场本身却没有明显可描述的运动特性。声名卓著的开尔芬就十分热衷于构造以太的力学模型。他在 1884 年宣称：“在我没有给一种事物建立起一个力学模型，我是永远也不会满足的。”1890 年，他提出电效应是由以太的平动引起的，磁现象是由以太的转动引起的，而光是却是由以太波动式的振动引起的。

到 20 世纪中期以后，人们又逐渐认识到真空并非是绝对的空，那里存在着不断的涨落过程（虚粒子的产生以及随后的湮没）。这种真空涨落是相互作用着的场的一种量子效应。今天，理论物理学家进一步发现，真空具有更复杂的性质。真空态代表场的基态，它是简并的，实际的真空是这些简并态中的某一特定状态。目前粒子物理中所观察到的许多对称性的破坏，就是真空的这种特殊的“取向”所引起的。在这种观点上建

立的弱相互作用和电磁相互作用的电弱统一理论已获得很大的成功。这样看来，机械的以太论虽然死亡了，但以太概念的某些精神(不存在超距作用，不存在绝对空虚意义上的真空)仍然活着，并具有旺盛的生命力。

时空弯曲与引力场是等价的。在牛顿的理论中时空只是讨论问题的一个参数，但是在广义相对论中是客观存在的。而它的载体就是量子，量子的频率之倒数就是时间，波长就是空间，红移就是时空弯曲，红移率越大曲率越大，场越强。场的存在，或者说以太的真实存在，至少有以下四个依据：1、位移电流：与“电荷移动”无关的位移电流能够产生磁场，这对超距作用说是不可思议的，这就说明真空不空，真空具有极其复杂的物质，位移电流（电场）、磁场依据这一物质而存在。2、真空极化现象：1947年，物理学家发现，真空具有极化现象，即外界电荷会使真空物质的正负电荷偏离，兰姆的微粒氢原子光谱实验和日本的朝永振的计算都证实了这一点，这一现象说明真空具有物质属性。3、广义相对论：Einstein在狭义相对论中否定以太的存在，但广义相对论的建立体现了Einstein思想的明显改变。他指出：广义相对论“是一种场论”，“如果用常数代替那些描述广义相对论以太的函数，同时不考虑任何决定以太的原因，那末广义相对论以太就可以在想象中变为洛仑兹以太。”Einstein甚至试图把各种场统一起来，形成一种完美无瑕的理论。他认为，这个理论将可以根源性地导出现在的所有物理定律，更加深刻地阐述自然奥秘。“以太—物质这种对立就会逐渐消失，整个物理学将通过类似几何学、运动学和引力理论那样的一种完备的思想体系。”4、量子力学：量子力学中的许多现象，例如测不准原理、粒子运动的波函数、几率性等，如果不借助真空的物质属性，人们很难理解。然而，所有这些，只要假定真空中存在着一种物理实在的东西——不管我们称它为“以太”还是“场”——便可能凭着数学推理及计算，对它们作出根源性的理解。甚至，我们可以由此试图建立一种人们梦寐以求的所谓“终极理论”。

研究表明：各种介子的最终衰变物包括正反粒子湮灭反应产物只是几种基本粒子：正负电子和正反中微子及光子中的某几种，而且正反中子、正反质子等强子也有迹象表明是由某些更基本的粒子组成。

Einstein在晚年，力图想纠正自己理论中的偏见，他意识到，时空并非实体。他曾说——“物理客体有着空间的广延性”。这里所谓的“空间的广延性”，本质上就是用易学揭示的与物质世界共存的反物质世界。这是一个对物质世界进行平衡和自组的“形上”世界。【7】相对论加强了场的概念在物理学中的重要性，使时间与空间联姻。二十世纪初，Einstein面对所有一切探测“以太风”的实验都失败的事实，认为“引入以太”本来就是“多余的”，这样空间就又回到了一无所有的“空虚”状态。可是这样的认定在当时就不能自圆其说。面对空间能够传播电磁波的事实，Einstein又认为空间“具有一种发送电磁波的性能”，是“物理空间”；在后来的广义相对论中，他认为空间的性质应由“物质的分布”来决定，实物体可以“弯曲”周围的空间。这些都显然与前面的空虚空间的定义相矛盾。空间既然一无所有，那它就不可能具有象物质一样的性质。还有，如果空间中真的一无所有，那么各实物体就成了一个个的孤立个体，彼此间互相隔绝，互不相关。Einstein讲：“可以假定有以太存在。只是必须不再认为它有确定的运动状态，也就是说，必须抽掉洛伦兹给它留下的那个最后的力学特征。”“狭义相对论不允许我们假定以太是由那些可以随时间追踪下去的粒子所组成的，但是以太假说本身同狭义相对论并不抵触。”【5】因为没有中间物质相连接，所以物体间的相对位置变得没有意义且无法确定；因为没有连续的物质被跨越，所以物体间的相对运动也变得没有意义和无法确定；同时因为没有背景物质作参考，所以运动路径也就无所谓和测不出曲直多少。【10】李政道教授指出：如果真空是粒子物理微观世界中一些奇妙现象的根本来源，那么它也会对宇宙中宏观的物质与能量的分布起着一定的作用，我们应当把真空、微观和宏观现象统一加以考虑，21世纪是真空的世纪。【6】

“还有一种可能性更令人惊讶，这就是从能量为零的状态中创造物质。之所以会出现这种可能性，是因为能量既可以为正也可以为负。运动的能量和质量的能量总是正的，但引力的能量，如某些引力场和电磁场的引力是负的。有时会出现这样的情况，创造新物质粒子质量的正能量正好被引力或电磁力的负能量抵消了。”“天文学家们能够测量诸星系的质量，星系间的平均距离，以及它们的退行速度。把这些数字代进一个公式，就能得出一个数字，物理学家们已经把这个数字解释成宇宙的总能量了。这个数字在可观测的精度里的确是零！为什么会有这个结果？宇宙学家们长久以来一直迷惑不解。有些宇宙学家提出，有一个深藏不露的宇宙原理在起着作用，根据这一原理，宇宙的能量就得恰好为零。”【12】

“宇宙的总能量刚好是零。宇宙的物质是由正能量构成的。然而，所有的物质都因引力而吸引。两块互相靠近的物质比两块分得很开的物质具有更少的能量，因为你必须消耗能量去克服把它们拉在一起的引力而将其分开。这样，在一定意义上，引力场具有负能量。在空间上大致一致的宇宙情形中，人们可以证明，这个负的引力能刚好抵消了物质所代表的正能量，所以宇宙总能量为零。”【13】

“爱因斯坦的广义相对论保证，宇宙中所有物质和运动具有的总的正能量精确地被宇宙中引力产生的负势能之和所平衡，总能量为零。”【14】“一个孤立系的总能量E不可能改变”【11】

## 参考文献:

- 【1】王存臻、严春友 著。《宇宙全息统一论》山东人民出版社 1995 年版。
- 【2】Einstein 著 方在庆 韩文博 何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社 2000 年 3 月第 1 版。
- 【3】史蒂芬·霍金 著 吴忠超 译。《果壳中的宇宙》，湖南科学技术出版社，2002 年 2 月。
- 【4】(英) Roger Penrose 著 许明贤 吴忠超译。《皇帝新脑》——有关电脑、人脑及物理定律 254 页湖南科学技术出版社。
- 【5】许良英，范岱年编译：《Einstein 文集》，第 1 卷，商务印书馆(1976)120。
- 【6】李政道——科学的发展：从古代中国到现在。朱长超主编。《世界著名科学家演讲精粹》百花洲文艺出版社 1995 年 3 月第 1 版 第 3 次印刷。
- 【7】Einstein 著 方在庆 韩文博 何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社 2000 年 3 月第 1 版。
- 【8】许良英等编译。Einstein 文集第三卷。北京：商务印书馆，1979.504。
- 【9】1954 年 10 月 28 日 Einstein 致玻姆的信。大自然探索：1987 年第一期。
- 【10】马国梁。《经典相对论》丁一宁网站。
- 【11】哈里德 物理学基础 [M]。北京：机械工业出版社 2005.8。
- 【12】保罗·戴维斯 上帝与新物理学 [M]。湖南：湖南科学技术出版社，2003.10。
- 【13】史蒂芬·霍金。时间简史 [M]。湖南：湖南科学技术出版社，2002.2。
- 【14】约翰·D·巴罗 无之书 [M]。上海：上海科技教育出版社，2003.6。

## 8、时空的相对性与绝对性原理

## 问题导引：牛顿的绝对时间和空间与爱因斯坦的相对时间和空间之间存在什么关系？

以太观念并没有死掉，它不过是一个还未发现有什么用处的观念，只要基本问题仍未得到解决，必须记住这里还有一种可能性。——狄拉克

在时间观念上，作为现代物理学两大支柱的相对论和量子力学一直存在着抵触。量子力学在绝对意义上使用时间的概念，而相对论认为这是不允许的。正如狄拉克所说：“这里我们就碰到了巨大困难的开头。……这个抵触是最近四十年来物理学的主要问题。”【3】按照 Einstein 的想法，不能说相对论提供了详尽的世界图景，它只是提供了这幅图景所应当服从的某些要求，而且没有指明空间与时间的本质及区别。因此相对论本身并不是一个理论，而是对物理学理论的一个要求，空间与时间应当是绝对性与相对性的统一。

相对空间、相对时间、相对 space-time 是绝对空间、绝对时间、绝对 space-time 的表现形式【1】。绝对 space-time 由相对 space-time 组成，无穷个相对 space-time 组成绝对 space-time，在研究两个物体的相互作用时，可以把第三个物体激发的相对 space-time 作为绝对 space-time（此时绝对空间并不均匀，绝对时间流速也不均匀）。这一点类似于地理学中的高度都是相对的，但是若以海平面为基准，则可以成为绝对高度。地方时是相对的，但是倘若规定一个标准，则可以认为是绝对的，例如中国的北京时间。

根据这一观点可知广义相对论的正确，例如不是物质存在于空间、时间中，而是物质具有空间和时间的广延性，当一个物体消失时，它所激发的相对 space-time 消失，但是绝对 space-time 依然存在。因此绝对时空有宇宙中所有的场——相对时空组成，真空是绝对 space-time，Newton 的绝对 space-time 观有其正确性的一面，因此 Einstein 认为场论未能成功地提供整个物理学的基础。Einstein 的相对 space-time 观与 Newton 的绝对 space-time 观分别看到了问题的一个方面，有一定的局限性，因此应正确理解 space-time 的绝对性与相对性的辩证关系。广义相对论中的以太其实就是绝对时空，一个物体在宇宙中其它物体激发的相对时空的总和——绝对时空中总是沿着短程线在运动。

在宇宙的展现过程中，相对空间与绝对空间各司其职，两者对事物的作用以绝对空间为主，以相对空间为辅，尤其在低速世界中是这样。因为物质对 space-time 结构的影响极其微弱，只有在具有大引力质量的天体的周围才能找到。弯曲 space-time 中的 space-time 流形坐标的意义，是长期困扰相对论理论的最基本的问题之一。如果区分两类 space-time 坐标，一类不能与直接测量相联系，纯属数学描述引入的 space-time 坐标，另一类能与直接测量相联系的 space-time 坐标。【2】笔者认为前者应当是绝对 space-time 坐标，后者应当为相对 space-time 坐标。

一般认为：相对论时空观已经否定了绝对时空观。其实，它们是二种不同性质的时空观，具有一定的互补性：前者弥补了后者在定量上的不足；而只有在后者的基础上才能说明前者的物理机制。绝对时空观认为，时间和长度的标准都是不变的，可以用一个标准，去统一地衡量整个世界，这为时空关系的相互比对提供了一个统一的平台。不过，在现实中，总是用实物工具，如时钟、尺、某种波长的光等，来衡量时间和长度，而这些实物工具都会随着环境（温度、速度、引力势等等）的不同而变化，不存在绝对不变的衡量时间和长

度的工具。因此，在绝对时空观与测量数据之间总会存在着一定的差异，它是由现实的时空标准的可变性造成的。目前，最精确的时间和长度的标准是根据光来定义的，在这里，认定光速不变，这与相对论一致。可见相对论是一种以光作为时空测量工具的定量理论，它认为时空本身是会变化的。但是，站在绝对时空观的立场上来看，这种变化不是时空本身的变化，而只是衡量工具，即现实的时空标准的变化——狭义相对论反映了时空标准随运动速度的变化；广义相对论反映了时空标准随引力势的变化。因此，情况看来是这样的：二种时空观之间的关系，不是一个否定另一个，而是具有互补性。以光在引力场里的传播来说，雷达回波延迟实验已经证明：光在引力场里的速度变慢了。不过，这是用地球上的时空标准来统一地观察整个太阳引力场中的光速的结果，是站在绝对时空观的立场上来说的；如果站在相对论的立场上，由于引力场里的时空标准是不一致的，若用每一点现实的时间和长度的标准去衡量经过该点的光速，光速仍将处处相同【4】。爱因斯坦讲过：“因为运动是相对的，任何参考系都可以用，似乎没有什么理由认为一个坐标系会比另外一个好些。……于是，在科学早期的托勒密和哥白尼的观点之间的激烈斗争，也就变成毫无意义了。我们应用任何一个坐标系都一样。‘太阳静止，地球在运动’或‘太阳在运动，地球静止。’这两句话便只是对两个不同坐标系的两种不同习惯的说法而已。我们是否能够建立起一种在所有的坐标系中都有效的名副其实相对论物理学呢？或者说，能否建立只有相对运动而没有绝对运动的一种物理学呢？事实上，这是可能的。”绝对时空观是一种科学的抽象，它为所有事物提供了统一的时空平台，从这个角度看来，它是比相对论时空观更基本的时空观。

空间和时间的绝对性是指空间和时间的客观实在性。空间和时间是运动着的物质存在的基本形式，在空间和时间之外不可能有任何物质的存在。既然运动着的物质是不依赖于人的意识而客观存在着，是永恒的，无条件的，绝对的，那么，空间和时间也必然具有客观实在性，是永恒的，无条件的，绝对的。空间和时间的相对性是指空间和时间的具体性、可变性。空间的广延性是指运动着的物质的广延性，时间的顺序性、持续性是指运动着的物质的顺序性，持续性。因此，空间和时间随着物质特性和运动状况的不同而不同，随着物质运动状况的变化而变化。辩证唯物主义关于空间和时间是绝对性和相对性的辩证统一的原理已为科学的发展所证实。爱因斯坦的相对论不仅证明了空间和时间的客观实在性，而且深刻揭示了空间和时间同物质运动的内在联系，揭示了物质运动的特性制约着空间和时间的特性。

从静止惯性系观测运动惯性系时，静止惯性系与运动惯性系的固有时（绝对时间）同时，即固有时是恒定不变的【5】。这一点类似于数学中同一条曲线，由于建立的坐标系不同得到的曲线方程也不同。根据量子力学的测不准关系，标准 space-time 永远测不到，与测量仪器（产生相对 space-time）有关。Planck 讲：“在相对之物背后寻找绝对之物，我们甚至可以完全肯定地认为：我们简直不可能把握住绝对的东西，倒可以说绝对的东西构成一个理想的图标，它总在我们面前而不能达到。”

#### 作者 (Author):

李学生 (Li Xuesheng), 男, 山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员、北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员, 中国科学院高能物理所研究员。2002 年撰写的论文《数学归纳法的拓广》在《济南教育学院学报》上发表, 2004 年 8 月撰写的理论物理学论文《引力质量与电磁质量之间的关系新探》在北京相对论研究联谊会第三届年会上发表, 得到了与会专家的初步认可; 2005 年 12 月至今我撰写的论文《现代理论物理学的九个问题》、《真空不空》、《以太的发展史》在《香港新科技杂志》上发表。2007 年在《格物》上发表论文《暗物质、暗能量和宇宙常数问题》; 2007 年 12 月在《新科技》(香港)杂志上发表论文《以太的发展史》; 2002 年在《山东师范大学学报(自然科学版)》教学科研上发表《在物理教学中注意培养科学美的观念》; 多篇有关文章在学术争鸣杂志 (Academia Arena, <http://www.sciencepub.net/academia>)上发表。 [xiandaiwulixue@21cn.com](mailto:xiandaiwulixue@21cn.com), [1922538071@qq.com](mailto:1922538071@qq.com)。

#### 主要深入理解阅读的部分文献:

1. [日] 浅野四郎 浅野诚一 著 师华译。《狭义相对论的新图示法——space-time 圆图法——》 高等教育出版社 1992 年版。
2. 《介质浮力存在的普遍性》 段灿光著 本文集。
3. 《没有太阳辐射, 大气将静止吗?》 段灿光著 本文集。
4. 《以太浮力论》 段灿光著 本文集。
5. 《再论以太浮力 —— 关于万有引力变化的讨论》 段灿光著 本文集。
6. Baidu. <http://www.baidu.com>. 2016.
7. Google. <http://www.google.com>. 2016.

8. H.C. 瓦尼安, R. 鲁菲尼, 引力与时空, 科学出版社, 北京, 2006, pp150-153。
9. Ma H, Cherng S. Nature of Life. Life Science Journal 2005;2(1):7 - 15.
10. Ma H. The Nature of Time and Space. Nature and science 2003;1(1):1-11. Nature and science 2007;5(1):81-96.
11. National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>. 2015.
12. Wikipedia. The free encyclopedia. <http://en.wikipedia.org>. 2015.
13. 狄拉克。《现代物理学参考资料》第3集[C]。科学出版社,1978.38。
14. 王存臻、严春友 著。《宇宙全息统一论》山东人民出版社 1995 年版。
15. 《彗星漫谈》徐登里编著 32K、P107 1975 年 7 月科学出版社。
16. 《数学在天文学中的运用》刘步林编著 32K、P316 1979 年 9 月科学出版社。
17. 《中国大百科全书·天文学》主编: 张钰哲 1980 年 12 月中国大百科全书出版社。
18. 《哈雷彗星今昔》张钰哲著 32K、P97 1982 年 3 月知识出版社。
19. 《天体力学浅谈》[苏]尤·阿·里五波夫著, 李五行、陈晓中译 32K、P201 1984 年 11 月科学普及出版社。
20. 《地学基本数据手册》主编: 张家诚, 副主编: 李文范 16K、P1377 1986 年 3 月海洋出版社。
21. 《彗星十讲》胡中为、徐登里编著 32K、P158 1986 年 4 月科学出版社。
22. 《中国百科年鉴·1986》1986 年 10 月中国大百科全书出版社。
23. 《简明天文学词典》叶叔华主编 32K、P880 1986 年 12 月上海辞书出版社。
24. 《中国百科年鉴·1987》1987 年 12 月中国大百科全书出版社。
25. 《哈雷彗星及彗星-地球关系》天地生综合研究论文集 胡中为、阎林山 16K、P471. 1989 年 11 月中国科学技术出版社。
26. 1995 年 6 月 21 日 《中国青年报》。
27. 1997 年 12 月 19 日 《中国科学报》。
28. Einstein 著, 方在庆、韩文博、何维国 译。《Einstein 晚年文集》海南出版社 2000 年 3 月第 1 版。

5/4/2017