|  |
| --- |
| 超光速研究  张力平（青岛双桃精细化工有限公司 山东青岛 266071） |

摘要: 本文阐明了超光速现象与狭义相对论之间并无矛盾。用Einstein光速不变(方向可变)原理，仿照Lorentz变换推导出：

1. 超光速参照系和静止参照系间的时空坐标变换和速度变换；
2. 超光速物体运动质量和静止质量之间的关系；
3. 超光速物体减速至趋于光速时质量趋于无穷大，所以光速是超光速物体的最低速度；
4. 超光速刚尺的伸缩变化与速度的关系；
5. 超光速时钟走时与速度的关系。

关键词：超光速；超光速变换；狭义相对论

狭义相对论的一条基本原理是光的速度不变，因为在任一参照系中麦克斯韦电磁定律都正确，则任一参照系中都能推出光速度不变[1]。但严格来说，麦克斯韦电磁定律只保证光的速率不变，并没有保证光的方向也不变。如果观察者超过光运动，光应该相对观察者反向传播，方向变了，但速度大小仍不变（还是c）。如果观察者看到相对自己反向传播的光速度不是c，（c为真空中光速），那么在观察者的参照系中麦克斯韦电磁定律对反向传播的光失效。如果麦克斯韦电磁定律在任一参照系都成立，那就应允许有的参照系中光反向传播并且速度大小仍是c。即光的速率不变。如果在空间一光波即电磁场波动在空间向前传播，如果观察者速度超过这个向前传播的电磁场波动，在观察者看来这个电磁场波动是向后退行了，而向后退行的电磁场波动也应该符合麦克斯韦电磁定律，即这个退行的波也是一个电磁波，并且退行的速度，即向后传播的速度也应该是c，即速度为-c，这样才能使麦克斯韦电磁定律在观察者那里不失效。即超光速参照系中光反向传播，且速度大小是c，速度大小不随参照系运动状态改变而改变，是常数。

超光速的存在并不能否定狭义相对论，因为即使存在超光速，在亚光速参照系中光速不变原理仍成立，而由光速不变原理推出的洛伦兹变换仍成立，所以狭义相对论结论仍成立。狭义相对论只是推导出物体速度不能等于光速，但并没有说物体速度不可能大于（或小于）光速，所以超光速在这一点与狭义相对论也不矛盾，但超光速会不会导致异地同时性，从而与狭义相对论同时相对性矛盾？这个问题可以这样考虑：时刻是异地同时的，但时间间隔异地不相同。异地间信号超光速性只能保证时刻的异地同时性，不能保证时间间隔的异地相同。而狭义相对论洛伦兹变换只是论证了时间间隔异地不相同。



如上图：带箭头线段表示超光速信号将两地瞬时联系起来，tA1，tA2，tA3，tA4 表示A地的时刻，tB1，tB2，tB3，tB4表示B地时刻，∆tA1，∆tA2，∆tA3表示A地时间间隔，∆tB1，∆tB2，∆tB3表示B地时间间隔。tA1与tB1同时，tA2与tB2同时，tA3与tB3同时，tA4与tB4同时。即使A地的点与B地的点一一对应同时，但∆tA1≠∆tB1, ∆tA2≠∆tB2, ∆tA3≠∆tB3,即时间间隔不同。

洛伦兹变换（包括后文的超光速变换）中的t,tʹ实际指S系和S′中光信号到达的事件与光信号从重合的坐标原点发出事件之间的时间间隔而不是指光信号到达事件的的时刻，不能把两者混淆。洛伦兹变换（包括后文的超光速变换）可以推导出时间间隔异地不相同但没有推导出时刻异地不同时。例如洛伦兹变换（包括后文的超光速变换）推导过程中光的传播距离与时间的关系x=ct，x′=ct′,(x′=-ct′)，这里t和t′严格来说应该是∆t，∆t′。是时间间隔不是时刻。∆t，∆t′不同不能推出时刻不同时。因此如果异地间信号超光速性确定时刻异地同时不能推翻狭义相对论的结论，从这一点来讲超光速现象与狭义相对论并不矛盾。



如上图示：S系坐标轴为x,y,z,坐标原点为O，Sʹ系坐标轴为xʹ,yʹ,zʹ,坐标原点为Oʹ,对于任意事件P在S系和Sʹ系中的时空坐标为（x,y,z,t）(xʹ,yʹ,zʹ,tʹ)，Sʹ相对于S以平行x轴超过光的速度v(v>c)作匀速运动，显然有yʹ=y,zʹ=z。在S系中观察S系原点x=0；在Sʹ系中观察该点xʹ=-vtʹ (v>c)，

即xʹ+vtʹ=0 可以证明：x=k(xʹ+vtʹ) (1式) （1式详细证明从略） k是比例常数。

同样可得 xʹ=kʹ(x-vt)=kʹ[x+(-v)t] (2式) 根据相对性原理，惯性系S与Sʹ等价，上面两个等式的形式就应相同（除正负号），所以k=kʹ。

由光速不变原理（方向可变）可求出常数k。设光信号在S系和Sʹ系的原点重合的瞬时从重合点发出，在S系中光沿x轴正方向前进，那么在Sʹ系中观察光沿x轴负方向前进（因为如前文所述超光速参照系中光反向传播并且速度是常数c），那么在任一瞬时t(或tʹ)，光信号到达点在S系和Sʹ系中坐标分别是x=ct, xʹ=-ct′，则

方程两边消去tt′得

甲式与乙式哪个正确？先验证甲式，将甲式代入1式，2式得：

由上面二式消去x′得



如上图所示，S′系相对S系以超过两倍光速v速向x正方向运动，v>2c,S系静止。S系中有两个静止点A,B。在S系中有一束光从tA时刻从A点向B点发出，在tB时刻到达B点。设光从A点出发事件为PA，到达B点事件为PB。如果丙式成立，则在S′中观察PA′,PB′事件时刻分别是

因为所以 在S系中PA先PB后，所以

又因v>2c c-v<0 则>0 即在S′系看来，PB′事件先发生，PA′事件后发生。即在S′看来，光先从tB′时从B点退行，至tA′时退到A点。但我们前面已经论证，光退行速度也是常数c。而A点在S′系中以超过两倍光速-v退行（v>2c）,所以在S′看来，退行反向传播的光追不上A点，光就不可能退到A点。这个由甲式推导的结果是不可能的，因此甲式肯定错误，那就只有乙式 正确了。将乙式代入1式2式得

由上面二式消去x′得

消去x得

综合以上结果有：

为区别洛伦兹变换，可把上面的变换称为“超光速变换”。这是在超光速参照系和静止参照系之间的时空坐标变换。

对于事件在时空中的坐标变换，可以提出两点假设：

1. 在相同时空点的两个不同事件时空变换相同。
2. 不同时空点相同性质的事件（即只有位置和时刻不同其余一切都相同事件）时空变换相同。

由上面两点假设可推出，前文中推导的光波信号到达的个别事件在个别时空点的坐标变换可推广到所有时空点的所有事件。

另外我们还要确定一点，时空性质是固有的客观存在，不依赖测量而独立存在。有和没有测量对于时空性质来说是相同的。所以有测量时，我们把环境介质抽成真空并在真空中发射光波并对光波进行测量从而推导出洛伦兹变换和超光速变换，但在没有进行以上手段测量时洛伦兹变换和超光速变换也应成立，因为时空性质在有测量时和没有测量时等效。时空性质与测量没关系。

我们求超光速变换条件下的速度变换公式，设物体在S系和S′系中的速度别是 求它们之间的关系。

由超光速变换公式：

求

求

求

求

求

求

综上所述：

以上就是静止参照系和超光速参照系之间速度变换公式。

下面求物体超光速运动时的质量与静止质量的关系，如下图所示：



图中，K′系相对K系向x方向以超光速v运动(v>c)。A,B为两相同小球作完全非弹性碰撞。碰撞前：在K系中B静止,静止质量为m0，A速度为v,运动质量为m,A以v速度撞向B，在K′系中A静止,静止质量为m0,B速度为v，运动质量为m,B以v速度撞向A。碰撞后：两球结合为一体，以同样速度运动，在K系中以ux速度一起运动，在K′系中以u′x速度一起运动。由动能定理，

在K中在K′中

对照a式b式，

由超光速变换公式：

将a式代入得

其中m0为物体静止质量，m为物体超光速运动质量。即：

上式即为物体在超光速运动时的质量与静止质量的关系，通过分析上式，可以得出以下结论：

1. 超光速物体速度越大，质量越小，速度越小，质量越大。
2. 超光速物体速度减小到趋于光速时，质量趋于无穷大。
3. 光速是超光速物体速度的下限，超光速物体只能速度大于光速。
4. 超光速物体速度趋于无穷大时，质量趋于零。
5. 超光速物体减速时，速度越小，减速越困难。
6. 超光速物体加速时，速度越大，加速越容易。
7. 超光速物体速度为两倍光速时，质量等于静止质量，高于这个速度，质量

小于静止质量，低于这个速度，质量大于静止质量。

由超光速变换公式：

设在S′系中有P1′P2′两个事件，在S中看到两个事件为P1P2,两个事件时空坐标满足：

当t2′=t1′=t0′时，已知x2′-x1′求x2-x1 即在t0′时测x2,x1距离，

用尺丈量x2x1,x2′x1′距离，用尺长l表示尺在S系中长度，用l′表示尺在S′中长度，有：

上式为超光速运动的刚尺长和静止尺长的换算，考察上式有以下结论：

1. 超光速运动的尺速度越小尺越长，速度越大尺越短。
2. 超光速运动的尺速度为两倍光速时，长度不变，高于这个速度，长度变短，低于这个速度，长度变长。
3. 超光速运动的尺速度减到趋于光速时，尺长趋于无穷大。
4. 超光速运动的尺速度趋于无穷大时，尺长趋于缩为零。

由超光速变换时间变换公式

当即在处测时间间隔。

用钟测x′0点t2 t1,t2′ t1′时间间隔，用表示钟在S系中走时，用表示钟在S′中走时,有:

上式为超光速时钟在不同参照系中走时换算。考察上式有如下结论：

1. 超光速时钟速度越快，走时越快，速度越慢，走时越慢。
2. 超光速时钟在两倍光速下，走时不快也不慢，超过两倍光速走时变快，低于两倍光速走时变慢。
3. 超光速时钟速度减至趋于光速时，时钟走时趋于停止。
4. 超光速时钟速度趋于无穷大时，时钟走时趋于无穷快，即在速度无穷大的飞船上较长时间间隔内发生的事在静止的人看来在无穷短的瞬间就发生了。

结论

本文推导出：

1. 超光速参照系和静止参照系间的时空坐标变换和速度变换；
2. 超光速物体运动质量和静止质量之间的关系；
3. 超光速物体减速至趋于光速时质量趋于无穷大，所以光速是超光速物体的最低速度；
4. 超光速刚尺的伸缩变化与速度的关系；
5. 超光速时钟走时与速度的关系。
6. 阐明了超光速现象与狭义相对论之间并无矛盾。

参考文献

1. 阿尔伯特.爱因斯坦.相对论.南京：江苏人们出版社.2013.

作者简介：姓名：张力平 男 出生日期：1971.11.9 汉族 籍贯：山东青岛 学历：本科 职称：工程师

研究方向：物理，裸眼3D

联系方式：通讯地址：山东省青岛市市南区泰兴路1号4单元601户 邮编266071

电话18916373031 电子邮箱zhanglp2ww@163.com