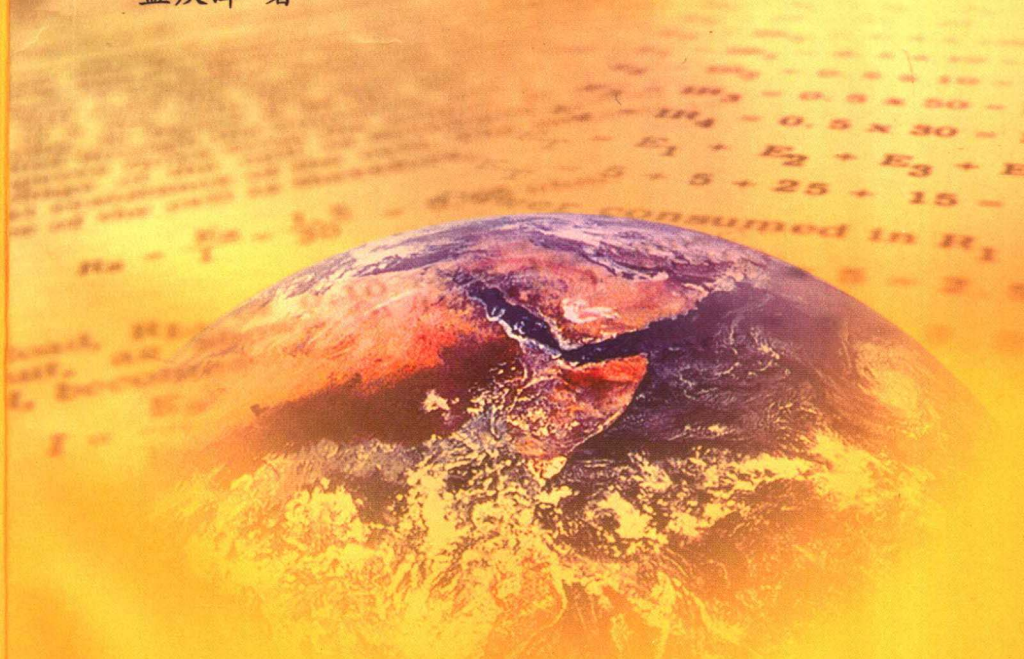


# 洛伦兹变换初探

LUOLUNZI BIANHUAN CHUTAN

孟庆潭 著



地质出版社

# 洛伦兹变换初探

孟庆潭 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书按照爱因斯坦指引的方向,用多空间观点重新审视相对论,研究洛伦兹变换。书中通过不同于以往的方法推导出洛伦兹变换,从而证明洛伦兹变换在数学上是完全正确的,同时给出了洛伦兹变换式的数学物理模型。本书中洛伦兹变换式的推导是以同一时钟时率为基础进行的;本书论证了宇宙间相对运动着的各空间内静止的时钟有着同一的时钟时率,其与各空间坐标系间的相对运动速度无关;同时论述了同时性的绝对性是物质运动的本质特性。因此得出结论:乘宇宙飞船到太空旅行的孪生子甲与静止于地球的孪生子乙年龄相同,而不是旅行者更年轻。从而较好地解决了狭义相对论中的“时钟悖谬”问题,为完善和发展相对论作出了贡献。

### 图书在版编目(CIP)数据

洛伦兹变换初探/孟庆潭著. —北京:地质出版社,  
2007. 10

ISBN 978 - 7 - 116 - 05511 - 7

I. 洛... II. 孟... III. 洛伦兹变换 - 研究 IV. 0412. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 162164 号

---

责任编辑:沈卫国 高 愉

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324566 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:[zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010) 82310749

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:850mm × 1168mm<sup>1</sup>/<sub>32</sub>

印 张:3.75

字 数:350 千字

印 数:1—400 册

版 次:2007 年 10 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:16.00 元

书 号:ISBN 978 - 7 - 116 - 05511 - 7

---

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

# 前 言

自 1905 年相对论问世以来，对其正确与否的争论从未间断，相对论学派认为相对论完全正确无可指责。反相对论学者则认为相对论完全错误，甚至其数学基础——洛伦兹变换都是荒谬的，不能成立的。

本书是继《时间、空间、物质运动与相对论》<sup>[1]</sup>一书之后，笔者关于时空问题的又一著作。重点是对洛伦兹变换进行分析和探讨。

书中通过不同于以往的方法推导出洛伦兹变换，从而证明洛伦兹变换在数学上是完全正确的。在物理方面它深刻地描述了物质运动的深层次关系，是有着丰富物理内涵的关系式，否定洛伦兹变换是错误的。书中给出了洛伦兹变换式的数学物理模型。

关于狭义相对论得出的“钟慢、尺缩”问题，众多学者难于接受，亦有的半信半疑。人们经常提出“钟慢、尺缩”是真实的吗？如果是真实的，那么当“尺缩”时组成物质的分子、原子、基本粒子情况如何呢？对其性能有何影响？又由此引出的多种佯谬，相对论的解释亦难以令人信服。本书通过对洛伦兹变换的分析得出：不存在真实物体的收缩，时钟也没有变慢。“钟慢、尺缩”是一种观测效应。

应该指出这效应有着深层次的物理内涵，它是物质

运动规律决定的物理现象。

通过对“孪生子佯谬”的分析得出了与相对论不同的结论，即不存在乘高速飞船离开地球到外层空间去旅行的孪生子较留在地球上的另一孪生子年轻的问题，飞船上的孪生子年龄并不因为其相对地球上的孪生子的相对运动而变化，即年龄与相对运动速度无关，二者以相同的时钟时率生存着。

通过对相对论产生的历史条件的分析，本书认为相对论虽有错误，但它是在经典物理学牛顿-伽利略力学框架的基础上发展起来的，是19世纪末20世纪初科学技术发展的产物，它极大地解放了人们的思想，一百年来它推动着众多的科学学科的发展，所以应该科学地、历史地评价相对论，看到它的积极作用。作为本书理论的基础——多空间观点，正如爱因斯坦本人所说：“第十五版增加了一个附录——附录五。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。”<sup>[2,3]</sup>

也可以说多空间观点、多空间理论是在相对论影响下产生的。

随着科学技术的进步，相对论的历史局限性逐步显现，正因为它是在经典物理学基础上发展起来的，因此经典物理学的局限性必然影响到相对论，表现在相对论将宇宙万物的运动规律置于四维时空——闵可夫斯基四维世界来考虑。

早在1952年6月9日爱因斯坦就提出了“多空间观点”，即宇宙中存在着无穷多个相对运动着的空间。这

## II

一观点在半个多世纪内未曾引起人们的关注。但是爱因斯坦的多空间观点正确地指出了物理学的发展方向，也给出了我们研究相对论的新途径。既然宇宙中存在着无穷多个相对运动着的空间，显然要在单一的四维时空框架内描述宇宙万物的运动规律必将受到扭曲，因为四维时空世界容纳不下无穷多个相对运动着的空间。

本书正是按照爱因斯坦指引的方向，用多空间观点重新审视相对论，研究洛伦兹变换，因此找到了一条研究相对论、研究洛伦兹变换的新途径。

因水平有限，不当之处在所难免，敬请专家学者批评、指正。

著 者

2007年10月

# 目 次

## 前 言

<b>第 1 章 单一惯性系中的洛伦兹关系式</b> .....	( 1 )
1.1 引言 .....	( 1 )
1.2 源事件与同空事件 .....	( 1 )
1.3 单一惯性系中的洛伦兹关系式 .....	( 3 )
<b>第 2 章 无穷多个相对运动着的空间</b> .....	( 9 )
2.1 引言 .....	( 9 )
2.2 多空间观点的基本概念 .....	( 9 )
2.2.1 无穷多个彼此作相对运动的空间 .....	( 9 )
2.2.2 空间中的点 .....	( 11 )
2.2.3 相对性原理与光的传播定律的表述 .....	( 12 )
2.3 异空事件 .....	( 12 )
2.3.1 异空事件的基本概念 .....	( 12 )
2.3.2 同时性的绝对性 .....	( 14 )
<b>第 3 章 洛伦兹关系式与洛伦兹变换式</b> .....	( 17 )
3.1 引言 .....	( 17 )
3.2 两个空间事件间的洛伦兹变换式 .....	( 18 )
3.3 多空间理论与相对论 .....	( 21 )
3.4 同时性的绝对性是物质运动的本质特性 ..	( 22 )
3.4.1 事件的时间关系 .....	( 22 )
3.4.2 相对论中洛伦兹变换的时间 .....	( 23 )

3.4.3	通过洛伦兹变换分析同时性的相对性	(24)
3.4.4	例析:正确使用洛伦兹变换式	(26)
3.5	同一时钟时率	(28)
<b>第4章</b>	<b>同时性的相对性与绝对性</b>	<b>(32)</b>
4.1	引言	(32)
4.2	光与以太	(32)
4.3	相对论关于同时性问题的论述	(34)
4.3.1	《狭义与广义相对论浅说》	(34)
4.3.2	《相对论引论》	(36)
4.3.3	《相对论与时空》	(37)
4.3.4	对相对论“同时性”观点分析	(40)
4.4	多空间中的同时性的相对性与绝对性	(44)
<b>第5章</b>	<b>集合、洛伦兹变换的数学模型</b>	<b>(48)</b>
5.1	集合	(48)
5.1.1	集合的基本概念	(48)
5.1.2	洛伦兹变换	(51)
5.2	洛伦兹变换的数学模型	(52)
5.2.1	洛伦兹关系式的数学模型	(52)
5.2.2	洛伦兹变换式的数学模型	(64)
<b>第6章</b>	<b>追赶问题,同时性的相对性</b>	<b>(68)</b>
6.1	引言	(68)
6.2	追赶问题	(68)
6.2.1	问题的提出	(68)
6.2.2	追赶问题的多空间解法	(70)
6.3	再论光速不变性原理	(75)
6.3.1	在惯性系内静止点的情况	(75)



6.3.2	在惯性系内运动点的情况 .....	(76)
6.3.3	同时性的相对性 .....	(77)
6.4	事件的时空坐标 .....	(78)
<b>第7章</b>	<b>解读洛伦兹变换及“钟慢、尺缩”效应</b>	
	.....	(81)
7.1	引言 .....	(81)
7.2	“钟慢、尺缩” .....	(82)
7.2.1	相对论时空观 .....	(82)
7.2.2	多空间时空观 .....	(83)
7.2.3	相对论推导“钟慢、尺缩”不妥之处 .....	(85)
7.3	多空间观点对“钟慢、尺缩”的推导 .....	(88)
7.4	洛伦兹变换分析 .....	(91)
7.4.1	$\alpha = \frac{x + vt + \Delta x}{x + vt}$ .....	(91)
7.4.2	$\frac{vx}{c^2}$ 的物理意义 .....	(96)
7.5	时钟佯谬 .....	(98)
<b>第8章</b>	<b>再谈多空间观点的启发作用</b> .....	(101)
8.1	光的传播定律与相对性原理 .....	(101)
8.2	牛顿伽利略变换、洛伦兹变换、超光速问题 .....	(103)
8.3	相对论的历史作用 .....	(105)
<b>参考文献</b>	.....	(108)

# 第 1 章 单一惯性系中的洛伦兹关系式

## 1.1 引言

本章将给出单一惯性坐标系（欧式空间）中的洛伦兹关系式。通过洛伦兹关系式不难推导出两个相对做匀速直线运动的坐标系间的洛伦兹变换式，本书对此将不作推导，有兴趣的读者可阅读文献 [1]。

## 1.2 源事件与同空事件

设在参考系  $S$  内有两点  $M$ ,  $M'$ （见图 1.1）， $M$  点对  $S$  系静止， $M'$  点相对  $S$  系以恒速  $v$  沿平行于  $x$  轴的直线作平移运动。

设在零时刻 ( $T=0$ ) 点  $M$  与  $M'$  重合，此时自  $A$  点发出雷电闪光，此闪光以光的传播速度  $c = 3 \times 10^8$  m/s 向外传播，且在时刻  $t_1$  闪光到达  $M$  点，由于  $M'$  点的运动，闪光不能在  $t_1$  时刻到达  $M'$  点，设在  $t_2$  时刻到达  $M'$  点。我们称  $A$  点闪光到达静止点  $M$  这一事件为  $S$  系内的一个源事件，记为  $(A)_M$ 。闪光到达运动点  $M'$  这一事件为  $S$  系内源事件  $(A)_M$  的同空事件，记为  $(A)_{M'}$ 。

当零时刻，静止点  $M$  与运动点  $M'$  重合时，自  $A$ ,  $B$

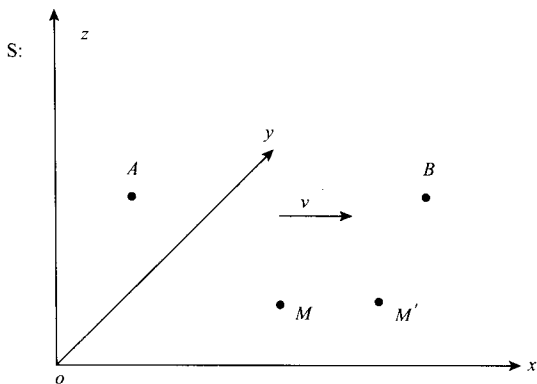


图 1.1 同空事件关系图

分别发出闪光，此两闪光到达  $S$  系内静止点  $M$  这一事件，称为  $S$  系内发生于  $A, B$  两点的一个源事件，记为  $(AB)_M$ 。 $A, B$  两闪光到达运动点  $M'$  这一事件称为源事件  $(AB)_M$  的同空事件，记为  $(AB)_{M'}$ 。

熟悉相对论的学者知道，相对论关于同时性的相对性论述中关于路基及在其上行驶的列车之间观察雷电闪光的情况（见文献 [2] 或文献 [3]），正是源事件  $(AB)_M$  与其同空事件  $(AB)_{M'}$  之间的关系。二者之间同时性是相对的，即若  $A, B$  两点闪光同时到达  $M$  点， $(AB)_M$  为同时性事件，则  $A, B$  两点闪光将不能同时到达  $M'$  点，即  $(AB)_{M'}$  不是同时性事件。反之，若同空事件  $(AB)_{M'}$  为同时性事件，则其源事件  $(AB)_M$  不是同时性事件。

关于同空事件的提法，在本书第二章多空间观点中

将进一步阐述，在那里读者将看到  $(A)_M$  与  $(A)_{M'}$  及  $(AB)_M$  与  $(AB)_{M'}$  从多空间观点分析，实为发生在同一空间中的事件。

### 1.3 单一惯性系中的洛伦兹关系式

以下将给出洛伦兹关系式的推导过程：

#### (1) 问题的提出

设在  $S$  系即笛卡儿坐标系  $o-xyz$  内（见图 1.2），有一静止点  $P(x, y, z, t)$  及一运动点  $P'$ 。

在零时刻，动点  $P'$  与静止点  $P$  重合，以后  $P'$  点以恒速  $v$  沿平行于  $x$  轴的直线  $AP$  运动，在零时刻，从坐标原点  $o$  发出雷电闪光，此闪光以恒速  $c$  沿直线传播，在  $t$  时刻到达  $P$  点，在  $P$  点为已知静止点时，求闪光到达动点  $P'$  时，动点的时空坐标  $P'(x', y', z', t')$ 。

#### (2) 求解

根据题意，自原点  $o$  发出的闪光在  $t$  时刻到达  $P$  点，而在闪光到达  $P$  点时，由于  $P'$  点的运动，此闪光在  $t$  时刻不能到达  $P'$  点，设在  $t$  时刻运动点  $P'$  到达  $P_m$  点即  $P_m(x_m, y_m, z_m)$  点，而在闪光到达  $P_m$  点时  $P'$  点又已离开  $P_m$  点前进了一段距离，设在  $t'$  时刻闪光到达  $P'$  点，根据以上分析可作出图 1.2。

在图 1.2 中  $P_x, P_{mx}, P'_x$  为  $P, P_m, P'$  点在  $x$  轴上的投影， $F, G$  点为  $P, P'$  点在  $xoy$  平面上的投影。显然  $AB_oEPCP_xF$  与  $PCP_xFP'DP'_xG$  均为长方体。因此有

$$y' = y \quad (1.1)$$

$$z' = z \quad (1.2)$$

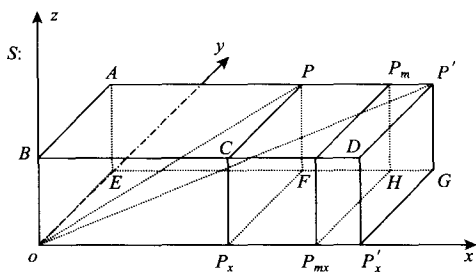


图 1.2 事件分析图

又，在  $PP'$  与  $x$  轴二平行线决定的平面内有

$$\vec{oP} - \vec{oP}_x = \vec{P}_xP$$

$$\vec{oP}' - \vec{oP}'_x = \vec{P}'_xP'$$

$$\angle oP_xP = \angle oP'_xP' = 90^\circ$$

$$|P_xP| = |P'_xP'|$$

这样在直角  $\triangle oPP_x$  与  $\triangle oP'_xP'$  间有下列关系：

$$oP^2 - oP_x^2 = oP'^2 - oP'_x^2 = P_xP^2 = P'_xP'^2$$

由  $oP = ct$ ,  $oP_x = x$ ,  $oP' = ct'$ ,  $oP'_x = x'$ , 有

$$x^2 - c^2t^2 = x'^2 - c^2t'^2 \quad (1.3)$$

由于  $t$  时刻，闪光到达  $P$  点时  $P'$  点已移动了一段距离  $PP_m = vt$ ，而闪光到达  $P_m(x_m, y_m, z_m)$  点时  $P'$  点又前进了一段距离。设前进距离  $P_mP' = \Delta x$  时闪光到达  $P'$  点 ( $oP'$  与  $PP'$  相交于  $P'$  点)，此时有

$$oP'_x = oP_x + P_xP_{mx} + P_{mx}P'_x$$

由此可得

$$x' = x + vt + \Delta x$$

式中,  $x, v, t$  均为已知数, 为求  $x'$  方便, 令

$$\alpha = \frac{x + vt + \Delta x}{x + vt} \quad (1.4)$$

$$\Delta x = (\alpha - 1)(x + vt)$$

$$x' = \alpha(x + vt) \quad (1.5)$$

关于  $t'$  与  $x, t$  的关系, 由式 (1.3) 有

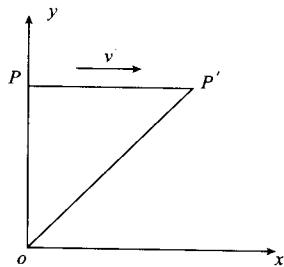
$$c^2 t'^2 = x'^2 - x^2 + c^2 t^2 \quad (1.6)$$

将 (1.5) 式代入 (1.6) 有

$$\begin{aligned} c^2 t'^2 &= \alpha^2 (x + vt)^2 - x^2 + c^2 t^2 \\ &= \alpha^2 x^2 + 2\alpha^2 vxt + \alpha^2 v^2 t^2 - x^2 + c^2 t^2 \\ &= (\alpha^2 - 1)x^2 + 2\alpha^2 vxt + (c^2 + \alpha^2 v^2)t^2 \end{aligned} \quad (1.7)$$

为求得  $\alpha$  值, 考虑  $P(x, y, z)$  点在  $y$  轴上的情况, 此时  $x=0$ , 如图 1.3 所示。

当零时刻, 运动点  $P'$  离开  $P$  点以恒速  $v$  沿平行于  $x$  轴的直线运动, 此时自原点  $o$  发出雷电闪光, 当时刻  $t$  闪光到达  $P$  点, 此时  $P'$  点已离开了  $P$  点, 故闪光不能到达  $P'$  点, 设  $t'$



时刻闪光与  $P'$  点相遇, 因 图 1.3 闪光在  $t'$  时刻与运动点相遇  
此由图 1.3 有如下关系:

$$\begin{aligned} oP &= ct & oP' &= ct' & PP' &= vt' \\ oP^2 &= oP'^2 - PP'^2 \end{aligned}$$

因此有

$$c^2 t'^2 = c^2 t^2 - v^2 t'^2$$

进而有

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (1.8)$$

将  $x=0$  及 (1.8) 式代入 (1.7) 式有

$$\begin{aligned} c^2 \frac{t'^2}{1 - v^2/c^2} &= (c^2 + \alpha^2 v^2) t^2 \\ \frac{v^2}{c^2} \alpha^2 &= \frac{1}{1 - v^2/c^2} - 1 \\ \alpha^2 &= \frac{1}{1 - v^2/c^2} \end{aligned}$$

开方取正根有

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (1.9)$$

将式 (1.9) 代入 (1.5) 式有

$$x' = \frac{x + vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (1.10)$$

将式 (1.9) 代入 (1.7) 式有

$$\begin{aligned} c^2 t'^2 &= \frac{v^2/c^2}{1 - v^2/c^2} x^2 + \frac{2vxt}{1 - v^2/c^2} + \left( c^2 + \frac{v^2}{1 - v^2/c^2} \right) t^2 \\ &= \frac{c^2 t^2 + 2vxt + v^2 x^2/c^2}{1 - v^2/c^2} \\ &= \frac{(ct + vx/c)^2}{1 - v^2/c^2} \end{aligned}$$

开方取正根有

$$ct' = \frac{ct + vx/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

最后有

$$t' = \frac{t + vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (1.11)$$

归纳 (1.1)、(1.2)、(1.10)、(1.11) 得洛伦兹关系式

$$\begin{cases} x' = \frac{x + vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{t + vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{cases} \quad (1.12)$$

式中:  $t = oP/c$ ;  $t' = op'/c$

当  $v=0$  时, 有  $x' = x$ ,  $y' = y$ ,  $z' = z$ ,  $t' = t$ , 因此在以上推导中, 开方运算均取正根。

当  $P$  为静止点,  $P'$  点以恒速  $v$  沿平行于  $x$  轴的直线作相反方向 ( $x$  轴的负方向) 运动时, 用以上推导过程可得

$$\begin{cases} x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{cases} \quad (1.13)$$

实际上, 由于  $P'$  点沿  $x$  轴相反方向运动, 因此其速度为  $-v$ , 式 (1.13) 也可由 (1.12) 将  $v$  换成  $-v$  获得。

由此得出重要结论: 在同一坐标参考系内与发生事



件相联系的静止点  $P$  与运动点  $P'$  间的时空坐标由洛伦兹关系式确定。即源事件  $(o)_P$  与其同空事件  $(o)_{P'}$  的时空坐标由洛伦兹关系式确定。

(1) 以上对洛伦兹关系式的推导，是在一个惯性参考系内进行的，它说明了空间静止点与运动点之间的数学关系，也就是源事件与其同空事件间的关系，它在数学上是严密的，因此认为洛伦兹变换在数学上是错误变换的观点是站不住脚的。

(2) 狭义相对论认为<sup>[2,3]</sup>：“物体（坐标系）都有它本身特殊的时间，除非讲出关于时间的陈述是相对于哪一个参考物体的，否则关于一个事件的时间的陈述就没有意义。”（同时性的相对性）。这也就是说，在相对论中  $t$  与  $t'$  分别代表了两个不同参考系的时间，二者之间不存在绝对的标准。正因为如此，狭义相对论认为在两个作相对运动的参考系内，静止时钟的时率是不相等的，从而有“时钟佯谬”之说，本书推导出的洛伦兹关系式却意味着  $t$  与  $t'$  是以  $S$  系内同一静止时钟时率为标准的，这意味着如果将洛伦兹变换（本书第3章论述洛伦兹关系式与洛伦兹变换式之间的关系），作为两个作相对运动的惯性系间的坐标变换式，它本身就蕴含着在两个坐标系内静止时钟时率是相同的，即洛伦兹变换不仅描述了物质运动的同时性的相对性，也蕴含着同时性的绝对性。

(3) 最后请读者注意本书在推导洛伦兹变换的过程中，没有用到相对性原理。