

评相对论的空间、时间和惯性运动观念

北京 武 哲

近来,在评论爱因斯坦相对论的文章中,肯定了相对论否定牛顿机械论的积极意义,也批判了爱因斯坦的实证主义和相对主义哲学。从这些分析和批判出发,人们自然会问:如果既否定了以太论者对洛仑兹变换的机械论解释,又批判了爱因斯坦的“正统”解释,究竟应当怎样看待相对论里尺和钟等的相对变化的原因呢?

这是几十年来围绕相对论激烈争论的焦点之一。曾有不少人试图用相互作用观点来解释相对论效应,由于不懂辩证法,回到了机械论,因而都失败了。较多的物理学家则或者完全接受了相对论的正统解释,因而也随之接受了爱因斯坦那一套用关系否定属性的相对主义哲学;或者干脆把相对论公式的物理意义这个令人烦恼的问题丢在一边,只满足于相对论体系的“优美”和结果的丰富,自觉或不自觉地陷入了实用主义。这种状况,妨碍着人们正确理解相对论的本质,遮掩了进一步认识物质世界的道路。

要正确理解相对论的哲学和物理含义,就要求我们更具体地考察相对论的时空观念和机械运动观念,考察时空几何与物质运动关系等问题。本文只谈前一部分问题。

一、“正统”解释和它的内在矛盾

狭义相对论的“正统”解释建立在两个支柱上:一是空无所有的空间观念,一是纯粹相对的运动观念。爱因斯坦一再强调,电磁场“不与任何负载者相联系”^①,如果把电磁场拿掉,就只剩下“空的空间”。他认为,恒定不变的光速是光在“空的空间”中的速度^②,相对性原理也只在“空的空间”中成立;在运动观上,他认为一切运动都是纯相对的,离开参考系去谈论物体的运动是没有意义的。“从可能的经验的观点看来”,如果不指定描述运动用的参考物体,就无所谓运动;“对于运动本身我们不能赋予任何意义”^③。在他看来,相对性原理正是机械运动的纯相对性在物理规律上的表现。

可以看出,这种空的空间观念和纯相对的运动观念是密切联系的。后者是前者的必然结果,前者是后者的必要前提:既然是一无所有的虚空,除去运动系统和描述运动的参考系统之外,空间中不存在任何能影响或决定系统运动的第三者。只有这样,系统才会完

① 爱因斯坦:《相对论和以太》。

② 爱因斯坦:《论动体电动力学》。

③ 爱因斯坦:《狭义与广义相对论浅说》,第44页。

全自由地“漂浮”，它的运动才可能是纯相对的。

纯粹相对的运动观必然导致对狭义相对论中时空变化等效应的实证主义和相对主义解释。既然运动是纯粹相对的，杆的收缩和钟的变慢等等当然都不可能由相互作用的原因，它们仅仅是对象与度量工具之间相对位置变动这种外部关系的产物。爱因斯坦明确地说：造成罗仑兹收缩的原因，“是对于参考物体的相对运动”^①。除此之外，再多说一句也是困难的。甚至爱因斯坦的门生英费尔德也不得不承认：他虽然相信这些变化是真实的，“但不知道怎样能用逻辑的论证使谁信服”^②。

不过，爱因斯坦还是作过一些“逻辑的论证”。他曾用典型的实证主义语言来说明如何理解相对论中的时空变化：时间本来是“个人经验”中事件的“序列”，“对于个人来说，就存在着‘我’的时间，也就是主观的时间，其本身是不可测度的”^③；而为了使不同观察者的“经验互相协调，并将它们纳入逻辑体系”^④，可以“约定”共同的对钟计时方法，这样，“时间的概念就变成成为客观的了”^⑤。因此，在他看来，事物的时间是由观察者的钟来“定义”的，空间也一样，是由观察者的尺来“定义”的。要研究空间和时间的变化规律吗？只需要把不同观察者的钟和尺的读数“互相协调，并将它们纳入逻辑体系”就够了，除了这些读数之外，更本质的东西是没有的！

既然时空测量值就是时空本身，那么测量值不同就意味着一事物具有分属于各个观察者的不同的纯粹相对的空间广延和时间持续，不指明相对于哪个观察者而言，它们就没有意义。这就是“正统”解释告诉我们的结论。

很明显，当爱因斯坦对相对论的公式作出这些解释时，他已离开了实验事实，也脱离了科学抽象，而是求助于他的实证主义哲学信仰了。当爱因斯坦搞到广义相对论时，这种“解释”立即陷入了窘境。

这里遇到的主要疑难，是如何解释非惯性系中惯性力的来源。

在牛顿体系中也有这个问题。牛顿的世界图景是空架子的空间和在其中运动的质点。为了回答惯性运动和非惯性运动何以有区别，解释惯性力的来源，牛顿只能认为虚空对运动物体有物理作用。他试图用“水桶实验”来说明这一点。这样，他就把空间这个物质存在的基本形式变成了没有物理内容，却又可以对物体施加影响的独立实在。这正是牛顿形而上学机械论的表现。现在，狭义相对论的正统解释在否定了以太之后，实际上又回到了这种空的空间观念，所不同的只是用一个统一的四维时空代替了原来互相分离的三维空间和一维时间；因此，在惯性力问题上，牛顿遇到过的困难必然要重新出现。爱因斯坦后来也承认了这点。为了彻底摆脱绝对空间观念，他进一步主张惯性力不是“空间”对物体的作用，而只能是物质之间的作用，但这就必须“把决定惯性的时空连续区的性质当作空间的场的性质”^⑥。他后来更明确地承认：“一无所有的空间，亦即没有场的空间，是不

① 爱因斯坦：《狭义与广义相对论浅说》，第44页。

② 英费尔德：《关于相对论的几点意见》，《科学通报》一九五六年一月号。

③④ 爱因斯坦：《相对论的意义》，第1页。

⑤ 爱因斯坦，英费尔德：《物理学的进化》，第115页。

⑥ 爱因斯坦：《相对论的意义》，第36页。

存在的”^①，“并不是物体存在于空间中，而是这些物体具有空间广延性”^②。这样，为了解释惯性力，爱因斯坦不得不走到空的空间观念的反面，用自己的手推倒了狭义相对论正统解释的一个支柱。而这又使纯粹相对的运动观念失去了存在的前提。

但是，在运动观上，在广义相对论里，爱因斯坦并没有自我否定，反而企图把纯相对的运动观继续向外扩充。他问道：“如果速度的观念只有相对的意义，那么加速度是否仍应坚持看作一种绝对的概念呢？”^③他力图用加速度场和引力场的等效性，来论证加速运动也是纯相对的，甚至后来把它扩大到星际宇宙的范围，说什么“哥白尼和托勒密的争论也变得毫无意义”^④。但是，后来有人指出，由于无穷远边界条件的不同，加速度场和引力场只有局域的等效性；在均匀空间中相对于惯性系的加速运动，同在局部不均匀引力场中的静止，总是可以区别的^⑤。事实上，所谓“无穷远条件”正体现了在参考系统之外还存在着能够影响运动系统的“第三者”，这就否定了加速运动的纯相对性。由于宇宙在空间和时间上都是无限的，所以无论怎样扩大运动系统和参考系统的范围，这个“第三者”总是排除不掉。这就有力地说明，纯相对的运动观也不可能贯彻到底，狭义相对论的另一大支柱也发生了动摇。爱因斯坦在贝克莱、马赫的唯心主义哲学影响下，固执地坚持纯粹相对的运动观，只能在无限的宇宙面前碰壁。众所周知，他为了摆脱那个“讨厌”的边界条件，曾干脆建议把宇宙封闭起来：“如果能够把宇宙看做是一个在空间尺度方面是有限的(闭合的)连续区，我们就完全不需要这种边界条件。”^⑥于是，他在后来的工作中，一头栽进了宇宙有限论的死胡同。这正是对他的相对主义运动观的惩罚，也表明了空间不空的观念同纯粹相对的运动观念是无法协调的，暴露了相对论体系及其正统解释的不可克服的内在矛盾。

二、空间不“空”

二十世纪初，当罗仑兹的以太观念还纠缠着物理学界一般人的头脑，伟大的列宁在谈到英国物理学家李凯尔的自发唯物主义观点时，就已具体地指出：“李凯尔哲学的不确切性的产生，是由于他不必要地维护以太运动的‘力学的’（为什么不是电磁学的？）理论和不懂得相对真理和绝对真理的关系。”（《唯物主义和经验批判主义》，第277页）到1915年，列宁又一次预言：“关于以太的猜测已经有几千年了，但直到现在仍然是猜测。不过今天已有比从前多出千倍的通向这个问题的解决、通向以太的科学规定的隧道。”（《列宁全集》第38卷，第276页）列宁的这些论述，既批判了机械论的以太观念，又坚持了空间不空的唯物论观点，为正确解决物理学的空间观念指出了方向。

① 爱因斯坦：《相对论与空间问题》，《狭义与广义相对论浅说》附录五。

② 爱因斯坦：《狭义与广义相对论浅说》第十五版说明。

③ 爱因斯坦：《关于广义相对论的来源》。

④ 爱因斯坦、英费尔德：《物理学的进化》，第136~137页。

⑤ 福克：《空间、时间和引力的理论》。

⑥ 爱因斯坦：《根据广义相对论对宇宙的考虑》。

恰恰也是从1915年开始,爱因斯坦也回到了空间不空的观点。他说,广义相对论中的度规场就是以太:“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”^①;当然,这里的以太已经不再是能够“飘移”的罗仑兹以太了,“广义相对论的以太是经过罗仑兹以太的相对论化而导出的”,“它应当作为惯性作用的介质而起作用”^②。爱因斯坦被迫在物理事实面前转了弯。从承认空间不空这一点来看,这个弯算是转对了。

辩证唯物主义认为,空间和时间是物质存在的形式,而一切物质又总处于不断的运动之中。列宁指出:“运动是时间和空间的本质。”“运动是矛盾,是矛盾的统一。”(《列宁全集》第38卷,第283页)事物的内部矛盾性和它同周围事物的矛盾关系,决定了它的空间和时间特征。一个基本粒子的大小,就是在一定的外部条件下粒子内部矛盾各方面彼此斗争所摆开的“战场”;粒子的寿命,则反映了这些矛盾发展导致量变到质变的转化过程的持续性。因此,“物质存在于空间中”这句话,不是说物质被放在牛顿的那种非物质的空虚的空间中,而是指的物质本身矛盾斗争的空间广延性;同样,“物质存在于时间中”这句话,也不是说物质在一个均匀流逝的、脱离物质的时间之流中运动,而是指的物质本身矛盾斗争的时间持续性。离开物质而单独存在的空间和时间是没有的,它们只存在于人的概念之中。世界上没有抽象的、一般的“物质”,也没有抽象的、一般的“空间”和“时间”。牛顿以来那种认为空间和时间是独立存在的观点,是对事实的歪曲。正如列宁一针见血地指出的:“人具有歪曲事实的能力,具有使抽象概念(例如时间和空间)成为独立的东西的能力。”(《列宁全集》第38卷,第62页)这种机械论的时空观,不仅早已被马克思主义经典作家从哲学上驳倒,而且又被尔后物理学的发展具体地推翻了。

用这样的观点来考察狭义相对论,就应当看到,狭义相对论的时空也必然有它的物质背景。或者说,狭义相对论所描述的时空必然是某一种物质形态的存在形式,它的各种性质必然是某种物质运动的广延性和持续性的反映。否则,所谓“时空的均匀性”等等就是完全不可理解的。倘若空间真的一无所有,它唯一的性质就是“无”,根本谈不上均匀不均匀,也不可能有任何形态的时空几何学。

现实的的确是充满物质的。即使把电磁场、把所有的“基本”粒子都拿掉,剩下所谓物理真空或“背景空间”,也不是真的“空”。现代物理学已确认,物理真空具有丰富的性质(例如“真空极化”、“真空涨落”等等),也有能量和动量。现实的“背景空间”,应当看作是这种“真空”物质的广延。

历史上那种主张空间不空的以太理论,又为什么失败了呢?

根本问题在于,以太论者总是不愿割掉形而上学机械论的尾巴。他们总要把一切物质运动形式都归结为机械运动。直到十九世纪末,当人们已发现“以太”的各种力学模型都必然导致极其荒谬的结果时,罗仑兹等人还坚持认为,以太必须象流体那样具有整体移动的性质。这种机械论观点当然是要失败的。以太的概念被场的概念所取代,这是历史的必然。

还应当看到:以太论者的空间不空,仍是不彻底的。用以太代替虚空,不过是用以太

①② 爱因斯坦:《相对论和以太》。

填充于虚空这个“容器”之中。所以,如果认为狭义相对论的时空是某种物质形态的广延,而不是这种物质被放进空的空间之中,那么对这种物质而言,它的整体移动速度就是没有意义的。它只能取场的形态。

那么,这种伸展为背景空间的场究竟是什么?在宏观场论中,爱因斯坦认为它就是引力场,即使在没有局部天体产生的引力场的地方还有所谓“总引力场”,后来又认为是引力场和电磁场纠缠在一起的“统一场”;在微观量子场论中,人们又把真空物质看作是各种场的一种特殊状态即“基态”,各种基本粒子则是各相应场的激发态。对空间物质作出更确切的科学规定的问题,是物理学未来的任务;为叙述方便,我们姑且称之为“基态场”吧。

三、惯性运动和相互作用

只承认“空间不空”,还不足以显示相对论效应的相互作用背景。我们还必须转向运动观问题,考察机械运动特别是惯性运动的本质。

爱因斯坦在承认空间不空时,承认了加速运动系统中的物理效应来自系统同周围物质的相互作用,这是对的。相互作用就是矛盾。“相互作用是事物的真正的终极原因”(《自然辩证法》,第209页),也是机械运动、包括惯性运动的“真正的终极原因”。

毛主席教导我们:“唯物辩证法的宇宙观主张从事物的内部、从一事物对他事物的关系去研究事物的发展,即把事物的发展看做是事物内部的必然的自己的运动,而每一事物的运动都和它的周围其他事物互相联系着和互相影响着。事物发展的根本原因,不是在事物的外部而是在事物的内部,在于事物内部的矛盾性。”“即使是外力推动的机械运动,也要通过事物内部的矛盾性。”(《矛盾论》)只有抓住了机械运动中事物的各个矛盾方面、各种联系和“中介”,我们才能对这种最简单的运动形式获得比较深入的认识。

但是,爱因斯坦并没有达到“运动即是矛盾”的观点。他固然承认惯性力来自相互作用,却看不到一切机械运动也离不开矛盾和相互作用。在他看来,既然系统作不同的惯性运动丝毫不影响系统内部的物理过程,这类运动就毫无相互作用可言。因而,不指定参考物体,对于这类运动“不能赋予任何意义”。

在这里,爱因斯坦的相对主义观点明显地暴露出来了。

任何事物都不能孤立地存在,它总处在同其他事物的相互联系和相互作用之中,总存在于同其他事物的特定的关系之中。事物的属性,只有通过它同其他事物的关系才能表现出来。但是,人对事物的认识,决不能停留在这些相对表现上,而必须通过这些相对表现的规律性去把握事物的内在矛盾性,把握事物的本质。如果看不到属性同相对表现之间的区别,浅薄地把一事物在某种特定关系中的相对表现当作事物内在属性的直接反映,就会犯直观反映论(直率实在论)的错误。这实际上是把属性简单化,而取消了进一步探索事物内在矛盾性的任务。另一方面,如果仅仅看到事物各种表现的相对性,而否认事物内在属性的存在,或由于事物的属性只能在关系中表现出来就认为属性本身是不可认识的,那就会犯实证论或不可知论的错误。

牛顿和爱因斯坦都不懂得属性和关系的辩证法。这样一来,“自己运动,它的动力、泉

源、动因都被忽视了(或者这个泉源被移到外部——移到神、主体等等那里去了)”(《列宁全集》第38卷,第409页)。牛顿总想把相对表现同事物的固有属性等同起来,把相对表现变成绝对的东西,结果只能臆造出孤立的绝对运动和绝对静止,并进而用所谓“第一次推动”把运动的原因移到神那里去。爱因斯坦则总想把相对表现当作一切,断言机械运动是纯粹相对的,甚至进而认为运动只是主观的,这就把运动的原因移到主体那里去了。

事实上,一切机械运动,即使是惯性运动,都绝不是纯粹相对的。前面已看到,只有在“空的空间”中才能说系统的运动是纯相对的。可是,这样的运动难道能够存在吗?如果除去一个有限的孤立系统之外没有任何物质,那末,作为物质广延性的空间是从哪来的呢?连空间都没有了,还谈得上什么系统在空间中的机械运动呢?除非这个系统本身就是无限的,才不需要什么别的物质;然而这种无限的东西只能是整个宇宙,而宇宙又谈得上相对于谁运动呢?

那么,承认有伸展成背景空间的物质(即基态场),但假设它与运动物体的相互作用可以忽略行不行?

不行。这种相互作用正是考察惯性运动本质时必须追究的东西。惯性运动同非惯性运动是相比较而存在的。正是有这个比较,就一下子把物体同基态场的相互作用暴露出来了:既然系统从惯性运动一转变到非惯性运动状态,系统内部的物理过程就立即受到影响,相互作用的效果立即显示出来,又怎么能说原来的状态下,物体同基态场没有相互作用呢?假如相互作用真能忽略的话,岂不连非惯性运动也成了完全自由的“飘浮”了吗?惯性运动和非惯性运动还哪里来的什么区别呢?

我们认为,作惯性运动的系统不是同基态场没有相互作用,而只是相互作用处于平衡状态之中。

“在一个运动着的天体上的个别物体的任何个别运动,都是为了确立相对静止即平衡的一种努力。”(《自然辩证法》,第224页)恩格斯的这些话,揭示了系统自由运动的相互作用实质,指导着我们理解物体在“基态场”中的平衡运动。我们可以认为,如果一个系统同周围物质(包括基态场)的相互作用处于总体的平衡状态,系统与周围物质之间没有总的运动转移,这时,系统内部就存在着各种运动守恒定律;或者说,守恒定律的存在是相互作用平衡状态的表现。在这种情况下,自然就不能再用系统内部的物理实验来判断它的整体运动状态如何了。惯性系的相对性原理成立的原因就在于此。

恩格斯还指出:“一切平衡都只是相对的和暂时的”(《自然辩证法》,第224页),不平衡才是无条件的、绝对的。相对论中的自由运动,也只是一定条件下的平衡状态,相对性原理也是有条件的、近似的。当我们进入更大的时空范围或更深入的物质层次时,原来的平衡状态和守恒定律的近似性和局限性总会暴露出来。在广义相对论中,当人们研究到非惯性运动时,就已发现原来意义下的守恒定律不再成立了。此外,量子场论中的所谓“真空涨落”,意味着守恒定律的局部破坏,也就是在相互作用的整体平衡状态下还不断出现着局部的不平衡现象。近年来,还发现基本粒子同“真空”的某些相互作用会破坏一些对称性和守恒定律,不少人认为,这种对称性的破坏在统一地研究各种基本粒子的相互作用时具有重要的意义。所以平衡绝不是矛盾的消失,而只是矛盾斗争的相对稳定状态。这

些,都是唯物辩证法关于平衡与不平衡的对立统一观点的生动证明。

四、事物的时空特征及其度量表现

承认空间不空,承认惯性运动也有相互作用的背景,我们再进一步来考察相对论中时空变化的原因。

过去,人们总是把长度和时间间隔当作事物本身固有的属性,把它们同事物自身的空间广延和时间持续等同起来。相对论打破了这种牢固的传统观念。它把长度、时间间隔也变成和位置、时刻类似的随参考系而改变的东西,变成了属性在一定关系中的相对表现,用物理学的话来说,就是从不变的绝对量变成了可变的相对量。不仅长度和时间间隔是这样,连质量也是这样。

这在形而上学者看来,是完全不可理解的。但对于辩证法来说,却毫不奇怪。恩格斯早就指出:“辩证法不知道什么绝对分明的和固定不变的界限,不知道什么无条件的普遍有效的‘非此即彼!’,它使固定的形而上学的差异互相过渡,除了‘非此即彼!’,又在适当的地方承认‘亦此亦彼!’”(《自然辩证法》,第190页)。属性和关系的界限,本质和现象的界限,也不是绝对分明的和固定不变的,在属性和关系、本质和现象之间,同样存在着互相转化、互相过渡和一定条件下的“亦此亦彼!”;在一定条件下是属性的东西,在新的条件下就会变成更深刻的属性的相对表现。人的认识就是这样不断发展的,如同列宁所说,“人的思想由现象到本质,由所谓初级的本质到二级的本质,这样不断地加深下去,以至于无穷。”(《列宁全集》第38卷,第278页)如果属性和相对表现之间存在着固定的绝对的界限,那么一旦抓住了某种属性,我们的认识岂不就达到绝对真理了吗?

事物的原因是事物的内在尺度。如果说,一事物的空间广延和时间持续由其内部矛盾性和它同周围事物的联系所决定,那么这些矛盾关系也就是事物时空特征的内在尺度,但这个内在尺度并不是直接表现出来的,它是隐蔽着的。要认识事物,总要通过比较。只有把各种具有一定量的时空特征的事物拿来加以比较,才能认识它们的时空特征。在这一认识过程中,人们逐渐把事物分为两极:一方面是各种被比较的事物,另一方面是作为比较基准的事物,例如尺和钟。把各种事物的时空特征同尺和钟的时空特征相比较,就得到各种事物的时空度量,例如物体的长度、过程的时间间隔等等。这些长度和时间间隔并不直接就是事物的时空特征本身,而是它们的度量表现。这种度量表现的变化,一般来说取决于三个因素:被度量事物自身时空特征的变化;度量工具时空特征的变化;以及度量工具与被度量物体相互关系的变化。这样,事物的时空特征和人们得到的度量表现,并不是直接等同的。这种被度量事物与度量工具之间的关系,时空特征与度量表现之间的关系,同政治经济学中商品与货币、价值与价格的关系,是类似的。

在牛顿力学中,只是因为忽略了上述后两方面的因素,人们才把长度看成是事物空间广延的直接表现。由于属性和关系之间的界限并不是固定的和绝对的,这种看法本身并不就是错误的,但我们却不能忘记它是有条件的。以太论者正是忘记了这一点。在人们已经发现同一物体可以有不同的长度之后,他们仍坚持只有一种“真正的”时间和空间,即

