



S. W. 霍金 著

时间——人们非常熟悉的字眼。可是，时间究竟是什么？直到本世纪初，人们还相信时间是绝对的。即每一事件都能以唯一的数字形式标上所谓“时间”，所有准确的钟在两事件的时间间隔上都相同。然而，无论观察者怎样运动，光速对任何观察者来说都是相同的。这一发现，导致了相对论理论的产生——在相对论理论中就不得不放弃时间的绝对性和唯一性的观点。每一观察者都有自己所测的时间，这时间是由他自己所带的钟作记录的。不同的观察者的钟所显示的时间并不一定一致。因此，时间就变成了个人的概念，是相对于测量它的观察者而言的。

当人们设法把引力与量子力学统一起来的时候，人们不得不引进“虚的”时间概念，虚时对空间方面不可分辨。如果一个人能向北走，他也能转头向南走；同样，如果一个人能在虚时中向前，他也能转头向后。这意味着，在虚时方向上，向前与向后不应有很大的差别。另一方面，当人们观察“真实的”时间时，在向前与向后的方向上就有很大的区别，这一点大家都清楚。过去与将来的区别究竟在哪里？为什么我们能记得过去而不记得将来呢？

科学定律是不能区分过去和将来的。更准确地说，科学定律在象已知的 C、P 和 T 联合操作（或叫对称操作）下是不变的。（C 表示把粒子变为反粒子，P 表示镜面反射，所以左右正好互换，T 表示使所有的粒子运动反向：实际上，使粒子向相反方向跑动。）在正常情况下，支配物质行为的科学定律，在进行 C 和 P 两种联合操作下是不变的。换句话说，和我们正好成镜面像的行星上的居民，他们的生命与我们相同，但这些行星是由反物质而不是物质组成的。

如果进行 C 和 P 两种联合操作科学定律不变，进行 C、P 和 T 操作后也不变，则在单一的 T 操作下，科学定律也不会变。但在日常生活中，在真实的时间里，向前与向后有很大的区别。想象一只杯子从桌上掉下来，在地板上摔成碎片，如果你把这一过程拍摄下来，从照片上，你能很容易地说明过程是向前还是向后进行。如果你看到这些碎片突然自动地合在一起，离开地板，跳回去形成一只完整的杯子放在桌上，那么你肯定会说，影片是倒着放的。因为这种现象在日常生活中从未被观察到。如果确有这种现象，那么陶器制造家将会破产。至于为什么我们不会看到破碎的杯子自

尽管这一室温核聚变的装置要简单得多，但其释放的能量并不多，所用的电极材料钨也不是一种便宜的金属。按现在的成本计算，用这种方法获得的能量的成本要远远高于传统的高温核聚变。当然，可能存在一些降低成本的途径，但前景尚难预料，因此，国外一些大的聚变实验室认为，目前没有丝毫理由停止或削弱传统方法的研究。两位教授对此也持谨慎态度。彭斯教授半开玩笑地回答别人的询问时说，要达到其实用的程度可能需要一百年。（编者注：4月17日，他在美国盐湖城会见记者时说，常温核聚变反应持续时间超过

八百小时，输出能量已达到输入能量的 8 倍。）但无论如何，这一结果对传统理论的冲击无疑是巨大的。如果这一实验得到进一步验证，那么，至少会使凝聚态物理的研究开辟新的纪元。

另一个有趣的插曲是，弗莱斯曼二人曾把夏威夷的火山灰放进他们的电解液中进行试验。这提示了一种假设：或许地壳中的热量来自冷的核聚变？

近百年来，现代物理学的发展充满了戏剧性。不管这一次的结果如何，它必将再一次提醒人们：我们所面对的是一个多么神奇的世界。

行结合起来离开地板而跳回桌面这一现象,我们只能解释为:因为它违背了热力学第二定律。第二定律的内容是:在任一封闭的系统中,无序或熵总是随着时间增加而增加。换句话说,它是象摩菲定律叙述的那样:事情总是倾向于变得越来越糟!在桌上完整的杯子处于高度有序态,而在地上破碎的杯子处于无序态。在生活中,人们能很容易看到一只过去在桌上的杯子变成后来的地面上破碎的杯子,但却看不到与此相反的现象。

熵或无序性随时间增加是一个被称为时间之箭的例子,一些区分过去与将来的事件,给出了时间的方向。至少有三种不同的时间之箭。一是热力学时间之箭,时间的方向在无序性或熵增加的方向上;二是心理学时间之箭,时间的方向在我们感觉到时间是流向过去,在这个时间方向上,我们只记得过去,而不记得将来;最后是宇宙学时间之箭,宇宙是膨胀的而不是收缩的,这就是该时间的方向。

在这里,我想说,在无限宇宙及弱人择原理的条件下为什么三支箭的方向都相同,我们将更进一步地指出为什么明确定义的时间之箭确实存在:我要告诉大家心理学之箭是由热力学之箭决定的,这两支箭必然地总是指向同一方向。如果人们设想宇宙是无限的,我们将会看到存在着明确定义的热力学和宇宙学时间之箭,但在整个宇宙历史长河中,它们将不是指向同一方向。但我还将指出,仅当它们确实指向同一方向时,才有适合于有智慧的人类发展的条件。人们只有在这个条件下才会问这样的问题:为什么无序的增加和宇宙的膨胀在同一时间方向上呢?

首先,我们先谈谈热力学时间之箭。热力学第二定律起源于这样的事实:无序态总是多于有序态。例如:考虑放在盒中的拼图玩具块,仅仅只有一种拼法能使玩具块形成一幅完整的图画。也就是说,有非常多的拼法都使玩具块处于不能形成图画的无序态。

假设系统始于有序态很少的一种态,随着时间的流逝,系统按科学规律发展,它的状态将会变化。一段时间后,这系统处于无序态的可能性要比处于有序态的可能性大,原因是无序态更多。因此,若系统一开始就高度有序,无序性将有随时间增加的趋势。

假设这些在盒中的拼图玩具块开始是处于有序排列而形成一幅图画,那么在你摇动盒子后,玩具块会呈现另一种排法,这种排法很可能是无序的,不能形成合适的图画。原因很简单,那就是无序的排法更多。有些玩具块仍然可能组成图画的一部分,但只要你把盒子多摇动几下,这些玩具块的组合就可能全部被打乱,而处于杂乱无章的状态,不能形成任何图画。所以,如果玩具块开始是处于高度有序的情况,无序将随时间增加。

当然,我们也可以假设上帝让宇宙以高度有序态

结束,而不管宇宙的初始状态如何。早期的宇宙如果处于一种无序态,这就意味着无序性将随时间减少,你会看到,破碎的杯子会组合起来跳到桌上。然而,任何看到这样的杯子的人类,将生活在一种无序随时间减少的宇宙内。这样的人类,其心理学时间之箭的方向是向后的。他们能记得未来的事件,而不记得过去发生的一切。当杯子被打碎时,他们记得的是它正在桌子上;而当杯子在桌子上时,他们不能记得它正在地面上。

我们对时间方向的主观感觉,即心理学时间之箭,在我们大脑里是由热力学时间之箭决定的。这就象一台计算机,我们必须记住按熵增加顺序发生的一些事情。无序随时间增加,是因为我们按无序增加的方向来测量时间的。

但是,为什么热力学时间之箭本来就是存在的呢?换句话说,为什么宇宙在时间之一端处于高度有序状态时,这一端就被称为过去呢?为什么宇宙不总是处于一种完全无序态中呢?又为什么无序性增加的时间方向与宇宙膨胀的时间方向相同呢?

用经典的广义相对论,人们并不能预言宇宙是如何开始形成的,因为所有的科学定律在大爆炸的奇点时失灵。宇宙可能会以一种非常平稳的和有序的状态开始。这将导致明确定义的热力学时间之箭和宇宙学时间之箭,就象我们所观察的那样。但它也完全能从一种杂乱的无序态开始。在这种情况下,宇宙已经处于一种完全无序状态,所以无序性不会随时间增加。无序性或者永恒地停留,这时热力学时间之箭就没有什么意义;无序性或者减少,这时热力学时间之箭与宇宙之箭的方向将相反。这两种可能性中没有一种与我们观察到的相符。象我们曾见过的,经典的广义相对论预言了它自身的失败。当时空弯曲变大时,量子引力效应就显得很重要。经典理论就不能很好地描述宇宙了。人们不得不用量子引力理论来了解宇宙起源。

在量子引力理论中,为了详述宇宙的状态,人们会问:在过去的时空领域中,宇宙的历史可能会有些什么表现呢?这是一个十分困难的问题。但是只要我们假设宇宙那时是无边界的,问题就容易解决了。如果宇宙在范围上它们有限,但无边、无界、无奇点。在这种情况下,时间将起源于一个有规律的、平滑的时空点,宇宙将会以一种非常平稳的有序情形下开始膨胀。它不可能完全均匀,否则与量子力学中测不准原理相矛盾。粒子密度和粒子速度必有小的涨落。然而,没有边界就暗示着这些涨落可以尽可能地小,只要与测不准原理相符就行。

宇宙开始很可能有一个时期作指数或“螺旋性”膨胀,膨胀时可能有一个非常大的因子。其密度涨落开始可能很小,但后来将增大。由于受到多余质量的引

力吸引,比平均密度略大处的膨胀会减小,尔后该区域会停止膨胀,并塌缩成银河系、恒星以及象有人类的地球。宇宙可能以平稳的有序态开始,随着时间的流逝,它将变成杂乱的和无序的。这可用来解释热力学时间之箭的存在。

如果宇宙停止膨胀并开始收缩,将会发生什么情况呢?热力学之箭会颠倒过来,无序会随时间减少吗?对于生存在从膨胀到收缩阶段的人来说,将会出现各种各样的象科学幻想一样的现象吗?他们会看到破碎的杯子自行结合起来,离开地板,跳回桌子上吗?他们会记住明天的价格,而在股票市场上发大财吗?去担忧宇宙再一次塌缩会出现什么,似乎有点不切实际,因为至少还有一百亿年,宇宙才会再收缩。然而有一个简捷的办法可以看出将会有什么情况发生,就是跳进黑洞中,由恒星塌缩而形成的黑洞,就非常象整个宇宙塌缩的末期。所以,如果在宇宙收缩阶段无序会减少,那么人们会期望在黑洞内部无序也在减少。也许一个掉进黑洞中的宇航员会赚大钱,因为他在下赌注之前就知道球在哪里。

起初,我相信宇宙再塌缩时无序将减少。这是因为我认为宇宙只有回到稳定的有序态,它才可能再变小。这意味着收缩阶段很象膨胀阶段的时间逆转。在收缩阶段的人过着一种“倒退”的生活:他们先是死的,随着宇宙的收缩会变得越来越年轻,最后才出生。

这种观点很具有吸引力,因为它意味着在膨胀与收缩阶段有着完美的对称性。然而,人们不能独立地去采纳这种观点,而不顾别的一些关于宇宙的观点。问题是这一结论是否隐含着没有边界的条件?或者它与实际情况是否一致?由于与地球表面上的事作类比,我产生了一些误解。如果有人把宇宙的起源看作相当于地球的北极,那么宇宙的末日就与起源相似,正如北极与南极相似一样。但是,只有在虚时中,南极与北极才能和宇宙的末日与起源相当。在真实的时间里,起源与末日彼此间差别很大。由我的简单的宇宙模型,我还得出一个错误的结论,认为塌缩阶段看起来象是膨胀阶段时间的逆转。宾州大学的一个同事唐·拍吉(Don Page)指出,在无边界条件的情况下,并不要求收缩阶段的时间是膨胀阶段时间的反转。我的一个学生雷蒙特·拉夫兰姆(Raymond Laflamme)进一步发现,在一个稍稍复杂些的模型中,宇宙的塌缩与膨胀有很大的不同。我意识到我犯了错误:没有边界条件暗示了在收缩阶段中,无序实际上是继续增加的。当宇宙再开始收缩时,或在黑洞内部,热力学时间之箭和心理时间之箭并不反转。

再回到时间之箭上来。这儿还存在着一个问题:为什么我们看到热力学之箭与宇宙学之箭指向同一方向呢?或者换句话说,为什么在宇宙膨胀的时间方向

上,无序性会增加呢?如果有人认为宇宙先膨胀再收缩,正如没有边界条件下所暗示的那样,这就出现了这样一个问题:为什么我们处在一个膨胀的而不是收缩的阶段。

人们可在弱人择原理基础上回答这个问题。收缩阶段的情况不适于有智慧的人类的生存。只有这些人才会问这样的问题:在与宇宙膨胀相同的时间方向上,无序为什么会增加?没有边界条件的假定,预言宇宙早期膨胀,意味着宇宙一定要以非常接近临界的速度进行膨胀,只有这样,它才能避免再塌缩。所以在很长的时间内宇宙将不会再塌缩。如果真要塌缩,除非所有的恒星将已烧尽,在它们内部的质子和中子将可能衰变成光子辐射出去。宇宙将处于完全无序态中,也不再有强大的时间之箭。由于宇宙已处于几乎完全无序态中,所以无序也不会再增加多少。然而,有智慧的生命如果要生存,强大的热力学之箭就不可缺少。为了生存,人类就不得不消耗食物。这些食物处于能量的有序态中,若转变成热量,则变成了无序态的能量。因此有智慧的生命不可能在宇宙的收缩阶段存在。这样就能解释为什么我们看到热力学时间之箭与宇宙学时间之箭指向同一方向。并不是宇宙的膨胀引起无序的增加,而是没有边界条件引起了无序的增加,并使得仅在膨胀阶段才适合于有智慧的生命的存在。

综上所述,科学定律不能将时间方向的向前与向后区分开来。然而至少有三支时间之箭可区分它们,那就是热力学时间之箭,在它的时间方向上无序性增加;心理学时间之箭,在它的时间方向上,我们只记得过去而不记得将来;宇宙学时间之箭,在它的时间方向上,宇宙膨胀而不收缩。我已证明,心理学之箭必须与热力学之箭相同,所以这两者指向同一方向。宇宙没有边界的假定预言了有明确意义的热力学时间之箭是存在的,因为宇宙必须始于稳定的有序态。

我们观察到的热力学之箭与宇宙学之箭相符的原因,是因为有智慧的人类仅能存在于膨胀阶段。收缩阶段是不适合的,因为它没有强大的热力学时间之箭。

人类在了解宇宙方面的进步,已在一个无序性逐渐增加的宇宙中建立了一个有序的小角落。如果你能记住这本书的每句话,你的“存储器”大约已记录了两百万条信息:你脑中的有序量将增加大约两百万个单位。然而,读完此书,你至少已将1千卡以食物形式的有序能,转变成了以热量形式的无序能。这些热量通过蒸发、出汗而消失在你周围的空气中。这将使宇宙中的无序性增加了大约 2×10^{19} 个单位——或者你脑中的无序性增加了大约 10^{19} 倍——也就是说如果你全部记住了这本书的话。

(译自 Stephen W. Hawking 的 A Brief History of Time, pp. 143—154) 鲍丙豪译 杨建邨校