

## 《时间简史》，史蒂芬·霍金 著

注：读书笔记仅做记录，可读性较差。

霍金先生就像上帝的使者，来自宇宙的传教士，用通俗的语言带领读者来了一次宇宙时空旅行。时间简史一直在试图回答宇宙的本质是什么，宇宙从何而来又去往何处，为什么是现在这个模样。今天仍然没有大一统的理论可以完全解释宇宙演化，但是已经有比较丰富的理论去逼近它。

通常接受的观点是宇宙起源一次奇点大爆炸，那时候空间无限小，密度无限大，时间没有意义，随后宇宙开始不断变大，膨胀至今。我们使用三维空间和一个时间维去度量宇宙，实现时空旅行如果只是一味的提速似乎不可能达到，因为在我们的空间里光速无法达到，更别说超越，而且时间的箭头似乎也不允许，可能的办法是在负曲率的地方找到虫洞，超个近道，但粒子在这个近道中会被循环计数，所以好像也不可能，如果真的可能，也许我们现在已经和未来的自己共进晚餐了。

霍金在20世纪70年代主要在研究黑洞，黑洞就像宇宙的一个缩影，其中可能也存在宇宙爆炸时的奇点条件，它让光发生弯曲，让我们看到黑洞背后的世界，黑洞并不是黑的，它时刻向外辐射着，即使可能只是来自事件视界，正是因为辐射，它可能不止是恒星的归宿，又或许是物质的一次重生。

宇宙学向下是物理学、数学，向上是哲学，我们是谁，从哪里来，又去往何处，可能终究难有答案。

---

### ◆ 译者序

霍金老先生的经历是很多人想都不敢想的，将其崇高的科学地位与如此艰难的身体条件放在一起，再也想不到比“奇迹”更好的形容词。霍金是就是上帝的使者，是来自宇宙的传教士，虽然身体被轮椅束缚，但他的灵魂却畅游整个宇宙。

人们不得不对人类中居然有以这般坚强意志追求终极真理的灵魂从内心产生深深的敬意。

---

### ◆ 第1章 我们的宇宙图象

我们凭什么就觉得自己的想法就更好呢，乌龟塔同样也表达了世界无穷尽的思想，那些自认为透析世界的高傲者，又有多少能真正理解时空的尽头。时刻保持谦卑之心，也是让自己多一个方向。

大多数人会觉得，把我们的宇宙喻为一个无限的乌龟塔相当荒谬。但是我们凭什么就自认为知道得更好呢？我们对宇宙了解了多少？而我们又是如何知道的呢？宇宙从何而来，又将向何处去？宇宙有开端吗？如果有的话，在开端之前发生了什么？时间的本质是什么？它会有一个终结吗？

这太奇妙了，在无限的定义下，没有中心的同时处处都是中心。所以任何对中心的定义都是可能合理的，我们对坐标轴的定义也只是为了更好的度量几何空间。按照这种说法大胆设想一下，亚理斯多德和托勒密的地心说在当时的宗教环境下，这是多么的合理和科学呀。

如果只有有限数目的恒星分布在一个有限的空间区域里，这确实是会发生的。但是另一方面，他推断说，如果存在无限数目的恒星，大体均匀地分布于无限的空间中，对它们而言，因为这时不存在一个中心落点，这种情形就不会发生。

把宇宙的开端与无限的时间结合在一起，越想越觉得悬幻，这样一来，不管是否有开端都难以解释时间是怎么回事。如果真要解释这个，似乎只能让时间无法一直追溯回去。

他对正命题的论证是：如果宇宙没有一个开端，则任何事件之前必有无无限的时间。他认为这是荒谬的。他对反命题的论证是：如果宇宙有一开端，在它之前必有无无限的时间，为何宇宙必须在某一特定的时刻开始呢？

如果宇宙在膨胀，那么膨胀的反方向应该就是奇点存在的方向，那个地方就应该是宇宙的中心，既然时间也是有限的，那宇宙空间也应该是有限的吧，宇宙的不断膨胀只能说明未被宇宙填充的区域可能无限。

这意味着，在早先的时刻星体更加相互靠近。事实上，似乎在大约100亿至200亿年之前的某一时刻，它们刚好在同一地方，所以那时候宇宙的密度为无限大。这个发现最终将宇宙开端的问题带进了科学的王国。

已经有一些定律支持我们去度量现在的宇宙演变规律，而对初始状态一直都是不定义或无意义，如果宇宙的运行是有规律的，那它的起始也应该是可定义的。

科学的终极目的是提供描述整个宇宙的单一的理论。然而，大多数科学家遵循的方法是把问题分成两部分。首先，存在一些定律，这些定律告诉我们宇宙如何随时间变化。（如果我们知道在任一时刻宇宙是什么样子的，这些定律就告诉我们它在未来任何时刻是什么样子。）第二，存在宇宙初始状态的问题。有些人觉得科学只应关心第一部分，他们将初始状态的问题看作玄学或宗教的事体。

## ◆ 第2章 空间和时间

放眼我们周围，所有物体都会不断趋于更低势能的相对稳定状态，从这一点来看亚里士多德的出发点非常合理，而且从这可以直接推翻永动机，有时候理论不一定要解释整个世界，能解释一部分就已经很厉害了，就像谁也不敢说广义相对论和量子力学就绝对正确，只是现在还没证伪。

人们相信亚里士多德，他说物体的自然状态是静止的，并且只有在受到力或冲击的推动时才运动。

参考系的发明太厉害了，它是给世界放在了坐标系上去研究，很多看似不可能的都一下子豁然开朗了，所以我们现在还不能定义的时空，是不是就缺一个坐标系呢。

但是从牛顿定律可以推断，并不存在唯一的静止标准。人们可以讲，物体A静止而物体B以不变的速度相对于物体A运动，或物体B静止而物体A运动，这两种讲法是等价的。

光速有限的理论居然来自于木星卫星出现的时间差，现在看起来是多么的合理呀，很难想象当时罗默发现这个的心情，估计当时也怀疑过看到的可能不是木卫。

光以有限但非常高的速度旅行的事实。他观察到，木星的卫星不是以等时间间隔从木星背后出来，不像如果卫星以不变速度围绕木星运动时，人们会预料的那样。

在宇宙这个大尺度上，“同时”似乎已经变得比较奢侈，仰望夜空，星辰大海，我们现在看到的实则发生在很久之前，甚至有的已经结束了生命历程。

例如，假定太阳就在此刻停止发光，它不会对此刻的地球上的事情发生影响，因为它们是在太阳熄灭这一事件的他处（图2.6）。我们只能在8分钟之后才知道这一事件，这是光从太阳到达我们所花费的时间。只有到那时候，地球上的事件才在太阳熄灭这一事件的将来光锥之内。

三维空间中观察到的曲线运动在四维空间而言就是一个直线运动，测地线就是这条最短的路径，放到这个维度上，测地线应该也有方向性，而且月球的测地线和地球的测地线应该方向不同，这样就能解释月球和地球的距离越来越大，而且地球的测地线方向和太阳的测地线方向也应该不一致，只是在我们可见的时间刻度内没发现显著变化。如果真有方向，那就肯定存在更高维的空间，测地线的不同方向构成了这个空间。

像地球这样的物体并非由于称为引力的力使之沿着弯曲轨道运动，相反，它沿着弯曲空间中最接近于直线路径的东西运动，这个东西称为测地线。一根测地线是邻近两点之间最短（或最长）的路径。

几乎我们每个人都知光沿直线传播，不过其实中学中的这个理论，还有一个前提条件，是在同一介质中，想象一下水面和三棱镜上的折射现象。从这个角度来看，介质或许可以算作某种场，就像引力场一样，它也会受到质量的影响，在太阳周围，这种强大的场导致了光线偏折，在质量大的物体周围，光线偏折会比质量小的物体周围更严重，偏折是受到外部影响导致的，所以对光的能量也会有影响，那么在质量大的物体周围，时间应该也会发生变化。

后文给出了答案，质量大的物体周围时间会更慢些，说明在质量大的物体周围让光的能量损失了，同样，如果我们以接近光速前进，我们的时间测度会变慢，因为速度很大时，质量也会变得非常大，而这个质量周围的时间就会变得非常慢，所以有了双生子佯谬。这样一推理似乎清晰了不少，不过这里存在一个问题假设，就是在某种程度上把光和时间等价了，似乎不合理。

光线也必须在时空中遵循测地线。时空是弯曲的事实再次意味着，光线在空间中看起来不是沿着直线行进。这样，广义相对论预言光线必须被引力场折弯。譬如，理论预言，由于太阳的质量的缘故，太阳近处的点的光锥会向内稍微弯折。这表明，从遥远恒星发出的刚好通过太阳附近的光线会被偏折很小的角度，对于地球上的观察者而言，这恒星似乎位于不同的位置（图2.9）。

### ◆ 第3章 膨胀的宇宙

在前面的阅读我一直觉得通过运动的宇宙现状是可以计算出奇点的，因为如果宇宙真的在膨胀运动，膨胀具有方向性，所有膨胀运动的反方向就是最开始奇点的方向，以地球为参考系，所有的反方向相交一点就是奇点。可是以前忽略了一个问题，就是宇宙中的天体之间具有像引力这样的相互作用，这会改变天体本生的运动方向，这就会导致通过可列天体膨胀方向计算出来的不是真正的奇点方向，理论上通过几乎无限的天体膨胀是可以办到，可几乎无限，这看起来就是那么的不实际。

1929年哈勃发表的结果更令人惊异：甚至星系红移的大小也不是随机的，而是和星系离开我们的距离成正比。或换句话讲，星系越远，它离开我们运动得越快！这表明宇宙不能像人们原先所想象的那样处于静态，而实际上是在膨胀；不同星系之间的距离一直在增加。

在宇宙这个大尺度上，在渺小的人类参考系下，要直接证明某一个结论很多是不可行的，很多推论来自于它应该那样。就像假定广义相对论正确并且宇宙真的包含我们所观测到的物质，它才一定具有奇点爆炸，但是如果考虑量子效应，奇点可能又不存在，经过实验数据，时间应该具有一个开端，可是人们可能永远也证明不了那个开端。现在已经发现的定律均有适用范围，这似乎说明它们都不是绝对真理，只是能解释被我们观测到的数据，我们对宇宙的了解是那么的有限，谁也难以保证它真的就是我们想象的那样。

我们在这一章已经看到，在不到半个世纪的时间里，人们几千年来形成的宇宙观被转变了。哈勃关于宇宙膨胀的发现，以及关于我们自己的行星在茫茫宇宙中微不足道的认识，只不过是起点而已。随着实验和理论证据的积累，人们越来越清楚地认识到，宇宙在时间上必须有个开端。

### ◆ 第4章 不确定性原理

普朗克说明了两点，电磁波的辐射不是连续的，它必定以一定的量打包后再辐射；另外辐射频率越高，能量越大，所以频率不会一直增加，终究会存在一个有限的相对平衡态，所有不管什么物体，其辐射频率都有一个极值。

为了避免这显然荒谬的结果，德国科学家马克斯·普朗克在1900年提出，光波、X射线和其他波不能以任意的速率辐射，而只能以某种称为量子的波包发射。此外，每个量子具有确定的能量，波的频率越高，其能量越大。这样，在足够高的频率下，辐射单个量子所需要的能量比所能得到的还要多。因此，在高频下的辐射减少了，这样物体丧失能量的速率就变成有限的了。

由普朗克的量子假设，人们不能用任意小量的光；人们至少要用一个光子。光子会扰动这粒子，并以一种不能预见的方式改变粒子的速度。此外，位置测量得越准确，所需的波长就越短，单个光子的能量就越大，这样粒子的速度就被扰动得越厉害。换言之，你对粒子的位置测量得越准确，你对速度的测量就越不准确，反之亦然。海森伯指出，粒子位置的不确定性乘以粒子质量再乘以速度的不确定性不能小于一个确定量，该确定量称为普朗克常量。并且，这个极限既不依赖于测量粒子位置和速度的方法，也不依赖于粒子的种类。海森伯不确定性原理是世界的一个基本的不可回避的性质。

## ◆ 第5章 基本粒子和自然的力

上中学时就知道夸克，但这是第一次清楚的知道夸克的味和色，从原子到质子中子到夸克，到底什么才是最小粒子，粒子的小和宇宙的大同样富有神秘色彩。

存在有几种不同类型的夸克——有六种“味”，这些味我们分别称之为上、下、奇、粲、底和顶。20世纪60年代起人们就知道前三种夸克，1974年才发现粲夸克，1977年和1995年分别发现底夸克和顶夸克。每种味都带有三种“色”，即红、绿和蓝。

一直以为只有科幻中才有这种可能，没想到真的存在，那么，这种反粒子又存在什么地方呢？从这里我似乎有点相信平行宇宙了，说不定那里就存在我们的反自己。就像在三维空间中的水与火，要相交必须跨越固有的三维位置坐标，当相交后就变成了水与火本身之外的水蒸气。四维空间中需要跨越的说不定就是时间，那么湮灭以后变成了什么呢？是以能量的形式辐射吗？如果真是这样，是不是也存在将能量聚集成正反物质的方式，能量是否会在两个四维空间中穿梭，能量是否可以被分解成更小的能量单元……不能再往下想了，收不住了。

现在我们知道，任何粒子都有会和它相湮灭的反粒子（对于携带力的粒子，反粒子即为其自身）。也可能存在由反粒子构成的整个反世界和反人。然而，如果你遇到了反自身，注意不要握手！否则，你们两人都会在一个巨大的闪光中消失殆尽。

## ◆ 第6章 黑洞

物体内部和物体间都存在很强的相互作用，物体之所以存在是因为处于某一种平衡态下。膨胀是因为斥力大于引力，收缩是因为引力大于斥力，这样一来恒星终究会有结局，随着能量的辐射，要么爆炸，要么坍塌。

然而，钱德拉塞卡意识到，不相容原理所能提供的排斥力有一个极限。相对论把恒星中的粒子的最大速度差限制为光速。这意味着，当恒星变得足够密集之时，由不相容原理引起的排斥力就会比引力的作用小。钱德拉塞卡计算出，一个质量比大约太阳质量一倍半还大的冷的恒星不能维持本身以抵抗自己的引力。（这质量现在称为钱德拉塞卡极限。）



不管坍塌之前是什么样子，终究黑洞的类型只由质量和旋转速度决定，也就是电荷，角动量和质量，这对建立黑洞模型提供了可能。有一点，坍塌前的天体是复杂难以度量的，坍塌后变得相对比较规律，这中间感觉损失的大量信息，它们去了哪儿？

在引力坍缩之后，一个黑洞必须最终演变成一种能够旋转，但是不能搏动的态。此外，它的大小和形状，只决定于它的质量和旋转速度，而与坍缩形成黑洞的原先物体的性质无关。此结果因如下一句格言而众所周知：“黑洞没有毛。”“无毛”定理具有巨大的实际重要性，因为它极大地限制了黑洞的可能类型。

这是一个非常好的思路，黑洞不发光，直接观测不到，但是可见星是可以观测到的，可见星与黑洞的相互作用结果是可以观测到的，如此可推断出那个地方必定存在一个最小引力和最大半径的物体。

对这现象的最好解释是，物质从可见星的表面被吹起来，当它落向不可见的伴星时，形成螺旋状运动（这和水从浴缸流出很相似），并且变得非常热，发出X射线（图6.3）。为了使这机制起作用，不可见物体必须非常小，像白矮星、中子星或黑洞那样。

### ◆ 第7章 黑洞不是这么黑的

不确定最开始柏肯斯坦认为事件视界的面积就是黑洞熵的量度是真的有理论支持还是异想天开，但经过一系列的论证，居然完美的结合在了一起，黑洞本身什么也不会发出，可是紧靠它事件视界外的虚空间是会发射辐射的，这就和热力学第二定律完美的兼容了，神奇。

辐射出去的正能量会被落入黑洞的负能粒子流平衡。按照爱因斯坦方程 $E=mc^2$ （E是能量，m是质量，c为光速），能量和质量成正比。因此，往黑洞去的负能量流减小它的质量。随着黑洞损失质量，它的事件视界面积变得更小，但是它发射出的辐射的熵过量地补偿了黑洞的熵的减少，所以第二定律从未被违反过。

### ◆ 第8章 宇宙的起源和命运

宇宙的变化一定程度上可以根据温度进行测量，温度变化，导致了粒子的运动变化和粒子之间的反应，直接影响了物质的演化。当体积变大，温度变得可度量后，宇宙的进化过程逐渐清晰，很难想象奇点零体积时的无限热是什么样的存在，甚至物质和能量以什么样的方式存在都无法定义，又是什么促使了它的爆炸，它有存在什么地方呢？想到数轴上的无理数，也许它存在任何地方。

人们发现当宇宙膨胀时，其中的任何物体或辐射都变得更凉（当宇宙的尺度大到2倍，它的温度就降低到一半）。由于温度即是粒子的平均能量——或速度的测度，宇宙的变凉对于其中的物质就会有较大的效应。

阅读上面时也想到这个问题，不止奇点爆炸，甚至是宇宙的膨胀，速度之快是超越光速的，既然光都到达不了，那在我们定义的空间里就没什么可以到达了，也许比较均匀的分布和所谓的信息传递没有关系，那就是奇点中固有的，甚至那时候连时间都没有，时间也是在宇宙诞生后才出现的，或许是伴随着光一起出现。

从大爆炸开始光还没有来得及从一个遥远的区域到达另一个区域，即使这两个区域在宇宙的早期靠得很近。按照相对论，如果连光都不能从一个区域到达另一个区域，则没有任何其他的信息能做到。

这种偶然或许就是必然呢？如果我们所处的宇宙之前还有很多个宇宙呢，因为之前产生的宇宙已经坍缩，我们现在存在的宇宙也许是经过无数次坍缩-爆炸-坍缩-爆炸后正好生成的呢，那在这个尺度上，时间的长度已经难以想象。又或许这个宇宙之外还有无数个宇宙，而这个宇宙的演变正好产生了今天的宇宙，这个尺度上，我们的宇宙之外的空间之大真的超乎想象。又或许这两种尺度同时存在，这样一来，宇宙之外的更大空间上一直在上演着无数的爆

炸-坍缩-爆炸-坍缩循环，这样一来我们所在的膨胀宇宙，或许某一天会和其它宇宙相交，又或许在此之前已经坍缩。这就像幸存者偏差，这个宇宙之所以存在，是因为我们的存在。

为何宇宙以这么接近于区分坍缩和永远膨胀模型的临界膨胀率开始，这样即使在100亿年以后的现在，它仍然几乎以临界的速率膨胀？如果在大爆炸后的1秒钟那一时刻其膨胀率哪怕小十亿亿分之一，那么在它达到今天这么大的尺度之前宇宙早已坍缩。

我们现在所处的宇宙有可能在开始的时候就是偶然中的必然存在，又或许是在演变过程中形成的中间过程，这是变化过程而导致的殊途同归，而宇宙现在的状态，不过是因为我们正好存在。

这种膨胀抹平了宇宙中的任何不规则性，正如当你吹胀气球时，它上面的皱纹就被抹平了。这样，从许多不同的非均匀的初始状态可以演化出宇宙现在光滑均匀的状态

作为任何终极理论的一部分而不可或缺的第二个特征是爱因斯坦的思想，即引力场由弯曲的时空来代表：粒子在弯曲空间中试图沿着最接近于直线的某种路径走。但是因为时空不是平坦的，它们的路径看起来似乎被引力场折弯了。

这段看了很多遍，在我们的认识范围内，宇宙在空间上比较好定义，但时间上如何定义呢，以实时空为基础的经典引力论认为时间是不同于一般空间而人为单独定义的，要么有个开始，要么一直如此，而在量子引力论中引入欧几里得时空后，时间和空间在相同的地位上，甚至不排除在某种程度上可以相互转换，开个脑洞，如果奇点就是时间和空间的一次转化呢，就像三维空间碰倒一个盒子，只是长宽高的方向变化了，所以并没有无限小的空间和无法定义的时间，有可能我们只是看到了盒子翻转时的一个顶点，而宇宙膨胀只是盒子的翻转让更多的空间进入我们的视野。这应该就是霍金眼中的有限无界吧。

在以实的时空为基础的经典引力论中，宇宙可能的行为只有两种方式：要么它已存在了无限长时间，要么它在有限的过去的某一时刻的奇点上有一个开端。而在量子引力论中，产生了第三种可能性。因为人们采用欧几里得时空，在这里时间方向和空间方向具有相同的地位，所以时空有可能在范围上是有限的，却没有形成边界或边缘的奇点。时空就像是地球的表面，只不过多了两维。地球的表面在范围上是有限的，但它没有边界或边缘：如果你朝着落日的方向驾船，你不会掉到边缘外面或陷入奇点中去。

## ◆ 第9章 时间箭头

至少有三种不同的时间箭头：第一个，是热力学时间箭头，即是在这个时间方向上无序度或熵增加；然后是心理学时间箭头，这就是我们感觉时间流逝的方向，在这个方向上我们可以记忆过去而不是未来；最后，是宇宙学时间箭头，宇宙在这个方向上膨胀，而不是收缩。

## ◆ 第10章 虫洞和时间旅行

让速度超过时间似乎不可行，所以希望存在一个负曲率的虫洞，让穿越者抄个近路，与其说是时间旅行，可能更像是空间旅行，时间一直都是向前的，只是空间翻转了。人们希望未来的某一天这种旅行是可能的，谁又曾想，如果真有可能，那就会存在未来的人穿越到现在了，可惜我们什么也没有发现。

所以，人们也许希望，随着科学技术的推进，我们最终能够造出时间机器。但是，如果这样的话，为什么从来没有一个来自未来的人回来告诉我们如何实现呢？鉴于我们现在处于初级发展阶段，也许有充分理由认为，让我们分享时间旅行的秘密是不明智的。

## ◆ 第11章 物理学的统一

如此说很值得深思，物理学特别是宇宙学很多理论难以证真，所以当无法证伪时就是真理，同时如此平滑有序的状态必定有一个堪称完美的大一统理论描述，就像十进制可以产生所有的数字一样，需要找到就是10个数，甚至是二进制的0和1。

1928年物理学家诺贝尔奖获得者马克斯·玻恩告诉一群来格丁根大学的访问者：“据我们所知，物理学将在6个月之内结束。”

个人比较赞同第二种，宇宙演变过程中经历的时间尺度和空间尺度的复杂性可能很难完全刻画，而且就算有大一统的理论，也基本上无法复现，人类文明太渺小了，而如果事件发生完全随机，而我们正好观测到了其中的一丁点规律，也不是没有可能，但是按照现在的研究来看，这种随机有点过去平滑了。所以最有可能的是没有绝对的大一统理论，但如此稳定的宇宙是可以在一定程度上刻画的，我们可以很好的逼近它，但永远无法解析它。

(1) 确实存在一个完备的统一理论（或者一族交叠的表述），如果我们足够聪明的话，总有一天会找到它。

(2) 并不存在宇宙的最终理论，仅仅存在一个越来越精确地描述宇宙的无限的理论序列。

(3) 并不存在宇宙的理论：不可能在一定程度之外预言事件，事件仅以一种随机或任意的方式发生。

完~