

无中生有

霍金与
《时间简史》

杜欣欣 吴忠超 / 编著
湖南科学技术出版社



STEPHEN
HAWKING
& A BRIEF HISTORY
OF TIME

无中生有

霍金与
《时间简史》

杜欣欣 吴忠超 / 编著
湖南科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

无中生有: 霍金与《时间简史》/ 杜欣欣, 吴忠超编著.
长沙: 湖南科学技术出版社, 2006. 1
ISBN 7-5357-4494-X

I. 无... II. ①杜...②吴... III. ①霍金, S. 一生
平事迹②膜—研究 IV. ①K835. 616. 14 ②0484
中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第159799号

无中生有——霍金与《时间简史》

编 著: 杜欣欣 吴忠超
策划编辑: 孙桂均 李 媛
出版发行: 湖南科学技术出版社
社 址: 长沙市湘雅路276号
<http://www.hnstp.com>
邮购联系: 本社直销科 0731-4375808
印 刷: 长沙化勘印刷有限公司
(印装质量问题请直接与本厂联系)
厂 址: 长沙市青园路4号
邮 编: 410004
出版日期: 2006年1月第1版第1次
开 本: 787mm×1092mm 1/16
印 张: 7.25
字 数: 120000
书 号: ISBN 7-5357-4494-X/N·137
定 价: 25.00元

(版权所有·翻印必究)



● 霍金在中国的公开讲演——膜的新奇世界	4
② 霍金在杭州答记者问	12
● 无中生有——霍金与《时间简史》	14
④ 时空和相对论	22
● 我们诗意栖居的宇宙	32
⑥ 宇宙的创生	38
● 真空非空 黑洞不黑	44
⑧ 犹抱琵琶半遮面	51
● 生命：宇宙之子	55
⑩ 时空为何是四维的？	59

①	卢卡斯数学教席话古今	63
②	以宇宙为纪念碑	67
③	复活节剑桥访霍金	73
④	膜世界中的生灵	76
⑤	霍金的杭州七日	80
⑥	从西湖到剑桥	90
⑦	牛顿伍尔索普领地	96
⑧	拜伦纽斯台德寺	101
⑨	在宇宙的中心	105



一 霍金在中国的公开讲演

——膜的新奇世界



霍金作《膜的新奇世界》的讲演

我想在这一讲演中描述一个激动人心的新进展，它可能改变我们关于宇宙和实在本身的观点，而不管其含义究竟是什么。其思想是说，我们也许生活在一个更大空间中的一张膜或者面上。膜这个字拼写为 B,R,A,N,E，是由我的同事保罗·汤森为了表达薄膜在高维上的推广而提出的。它和头脑一词是同音双关语，我怀疑，他是故意这么做的。

我们自以为生活在三维的空间中。也就是说，我们可以用三个数来标明一个物体在屋子里的位置。它们可以是离开北墙五英尺，离开东墙三英尺，还比地板高两英尺。或者在大尺度下，它们是纬度、经度和海拔。在更大的尺度下，我们可以用三个数来指明星系中的恒星的位置，那就是星系纬度、星系经度，以及和星系中心的距离。和用来标明位置的三个数一道，我们可以加上第四个数来标明时间。这样，我们就可以把自己描述成生活在四维时空中。在时空中可以用四个数来标明事件，其中三个数是标明事件的位置，而第四个数标明时间。爱因斯坦意识到时空不是平坦的，时空中的物质和能量把它弯曲甚至翘曲。这真是他的天才之举。

根据他的广义相对论，类似行星这样的物体企图沿着直线穿越时空运动，但是因为时空是弯曲的，所以它们的路径似乎显得被一个引力场弯折了。这正像你把一个代表恒星的重物

放在一张橡皮膜上，其重量会把橡皮膜压凹下去，而且使它在恒星附近弯曲。现在如果你在橡皮膜上滚动小滚珠，小滚珠代表行星，它们就围绕着恒星公转。

我们现在已经用全球定位系统证实了时空是弯曲的。这种导航系统装备在船只、飞机和一些轿车上。它是依靠对几个卫星来的信号相比较而运行的。如果人们假定时空是平坦的，他就会把位置计算错。

三维空间和一维时间是我们看到的一切。那么为什么我们应该相信我们不能观察到的额外维呢？它们仅仅是科学幻想呢，还是具有可以检测得到的后果呢？我们认真地接受额外维的原因是，虽然爱因斯坦的广义相对论和我们所做的一切观测相一致，该理论预言了自身的失效。罗杰·彭罗斯和我证明了，广义相对论预言时空在大爆炸处具有开端，在黑洞处有一终结。在这些地方，广义相对论失效了，这样人们不能用它来预言宇宙如何开端，或者对于落进黑洞的某人将会发生什么。广义相对论在大爆炸和黑洞处失效的原因是没有考虑到物质的小尺度行为。在正常情形下，时空的弯曲是非常小的，并且是在相对长的尺度上。所以它没有受到短距离起伏的影响。但是在时间的开端和终结，时空就被压缩成单独的一点。为了处理这个场景，我们需要把非常大尺度的理论，即广义相对论，和非常小尺度的理论，即量子力学相结合。这就创生了一种



霍金和翻译丁薇

章清摄

TOE,也就是万物的理论，它可用于描述从开端直至终结的整个宇宙。

我们迄今已经花费了 30 年来寻求万物理论。我们现在认为有了一个候选者，称做 M-理论。事实上，M-理论不是一个单独的理论，而是一个理论网络，所有这些理论似乎都在物理上等效。这和科学的实证主义哲学相符合。在这个哲学中，理论只不过是一个数学模型，它描述并且整理观测。人们不能询问一个理论是否反映现实，因为我们没有独立于理论的方法来确定什么是实在的。甚至在四周被我们认为显然实在的日常物体，从实证主义的观

点看，也只不过是我们在我们头脑中建立的一个模型，用来解释来自于我们光学和感觉神经的信息。当约翰逊博士听到贝克莱主教的没有任何东西是实在的见解时，他用脚趾踢到一块大石头上，并大声吼叫：“我这样驳斥它。”但是也许我们所有人都和一台巨大的电脑模拟连在一起，当我们发出一个马达信号去把虚拟的脚摆动到一块虚拟的石头上时，它发出一个疼痛的信号。也许我们是由外星人玩弄的电脑游戏中的角色。

不再开玩笑，关键之点在于我们能儿几种不同的对于宇宙的描述，所有这些理论都预言同样的观察。我们不能讲，一种描述比另一种描述更实在，也许只不过是对于特定情形一种描述比另一种更为方便而已。所以M-理论网络中的所有理论都处于类似的地位。没有一种理论可以宣称自己比其余的更实在。

令人印象深刻的是，在M-理论

网络的许多理论中时空具有比我们经验到的四维更高的维。这些额外维是实在的吗？我必须承认，我曾经对额外维持怀疑的态度。但是M-理论网络配合得天衣无缝，并且具有这么多预想不到的对应关系，使我觉得倘若无视它的存在，就如同宣称上帝把化石放置在岩石中去，只是为了误导达尔文去相信进化论一样。

在这些网络的某些理论中，时空具有十维，而在另一些中，具有十一维。这是如下事实的又一个迹象，即时空以及它的维不是绝对的独立于理论的量，而只不过是一个导出概念，它依赖于特殊的数学模型而定。那么对我们而言，时空显得是四维的，而在M-理论中是十维或十一维，这是怎么回事呢？为什么我们不能观察到另外的六维或七维呢？这个问题的传统的，也是迄今仍被普遍接受的答案是，额外维全部被卷曲到一个小尺度的空间中，余下四维几乎是平坦的。

霍金在讲演会现场



它就像一根头发，如果你从远处看它，它就显得像是一维的线。但是如果你在放大镜下看它，你就看到了它的粗细，头发的的确是三维的。在时空的情形下，足够高倍数的放大镜应能揭示出弯卷的额外维数，如果它们存在的话。事实上，我们可以利用由大型粒子加速器，比如正在日内瓦建造的大型强子碰撞机产生的高能粒子把空间探测到非常短的距离。至少迄今我们还没有探索到超出四维的额外维的证据。如果这个图象是正确的，那么额外维就会被卷曲到比1厘米的100亿亿分之一还小。

我刚才描述的是处理额外维的传统手段。它意味着宇宙的极早期是我们有较大机会探测到额外维的仅有之处。然而，最近有人提出更激进设想，额外维中的一维或者二维尺度可以大得多，甚至可以是无限的。因为在粒子加速器中没有看到这些大的额外维，所以必须假定所有的物质粒子被局限在时空的一个膜或面上，而不能自由地通过大的额外维传播。光也必须被限制在膜上，否则的话，我们就已经探测到大的额外维，粒子之间的核力也是如此。另一方面，引力是所有形式的能量或质量之间的普适的力。它不能被限制于膜上，相反，它要渗透到整个空间。

因为引力不仅沿着膜散开，而且发散到大的额外维中去，那么它随距离的衰减就应该比电力更厉害，而电

力是被限制在膜上的。然而我们从行星轨道的观测得知，太阳的万有引力，随着行星离开太阳越远则越小，和电力随距离的减小方式相同。这样，如果我们的确生活在一张膜上，就必须有某种原因说明为何引力不从膜往远处散开，而是被限制在它的邻近。

一种可能性是额外维在第二张影子膜上终结，第二张膜距离我们生活其中的膜不远。我们看不到这张影子膜，因为光只能沿着膜旅行，而不能穿过两膜之间的空间。然而我们可以感觉到影子膜上的物体的引力。可能存在影子星系、影子恒星甚至影子人，他们也许正为感受到从我们膜上的物质来的引力而大为惊讶。

对于我们而言，这类影子物体呈现成暗物质，那是看不见的物质。但是可以感觉到它的引力。事实上，我们在自身的星系中具有暗物质的证据。我们能看到的物质的总量不足以让引力把正在旋转的星系抓在一起。除非存在某种暗物质，否则该星系将会飞散开。类似地，我们在星系团中观测到的物质总量也不足以防止它们的散开，这样又必须存在暗物质。当然，暗物质并不是影子膜的必要证据。暗物质也许不过是某种很难观察到的物质形式，例如，WIMP（弱相互作用重粒子），或者褐矮星，即低质量恒星，后者从未热到足以使氢燃烧。

因为引力发散到我们的膜和影子膜之间的区域，在我们膜上的两个邻

近物体间的万有引力随距离的下降会比电力更加厉害，因为后者被局限于膜上。我们可能在实验室中，利用剑桥的卡文迪许爵士发明的仪器测量引力的短距离行为。迄今我们没有看到和电力的任何差异，这意味着膜之间距离不能超过1厘米。按天文学的标准这是微小的，但是和其他额外维的上限相比则是巨大的。正在进行短距离下引力的新的测量，用以检测膜世界的观念。

另一种可能性是，额外维不在第二张膜上终结，额外维是无限的，但是正如马鞍面一样高度弯曲。丽莎·朗达尔和拉曼·桑德鲁姆指出，这种曲率的作用和第二张膜相当类似。一张膜上的一个物体的引力影响，将不会在额外维中发散到无限远去。正如在影子膜模型中一样，引力场长距离的衰减正好用以解释行星轨道和引力的实验室测量，但是在短距离下引力变化得更厉害。然而在朗达尔-桑德鲁姆模型和影子膜模型之中存在一个重大的差别。物体受引力影响而运动，会产生引力波，引力波是以光速通过时空传播的曲率的涟漪。正如光的电磁波，引力波必须携带能量，这是一个在对双脉冲星观测中证实的预言。

如果我们的确生活在具有额外维的时空中的一张膜上，膜上的物体运动产生的引力波就会向其他维传播。如果还有第二张影子膜，它们就会被反射回来，并且被束缚在两张膜之间。

另一方面，如果只有单独的一张膜，而额外维无限地延伸，就像在朗达尔-桑德鲁姆模型中那样，引力波就会全部逃逸，从我们的膜世界把能量携带走。这似乎违背了物理的一个基本原则，即能量守恒定律。它是讲总能量维持不变。然而，只是因为我们对所发生事件的观点被限制在膜上，所以定律似乎被违反了。一个能看到额外维的天使就知道能量是常数，只不过更多的能量被发散出去。

只有短波长的引力波才从膜逃逸，而似乎黑洞是仅有的大量的短波长引力波的源。膜上的黑洞会延伸成在额外维中的黑洞。如果黑洞很小，它就几乎是圆的，也就是说它向额外维延伸的长度，就和在膜上的尺度一样。另一方面，膜上的巨大黑洞将会延伸成“黑饼”，它被限制在膜的邻近，它在额外维中的厚度比在膜上的宽度小得多。

我在若干年前发现了黑洞不是完全黑的：它们会发射出所有种类的粒子和辐射，它们就像热体那样。粒子和像光这样的辐射会沿着膜发射，因为物质和电力被限制在膜上。然而，黑洞也辐射引力波，这些引力波不被限制在膜上，也向额外维中传播。如果黑洞很大并且是饼状的，引力波就会留在膜的邻近，这意味着黑洞以在四维时空中预想的速度损失能量和质量。因此黑洞会缓慢地蒸发，尺度缩小，直至它变得足够小，使它辐射的



引力波开始自由地逃逸到额外维中去。对于在膜上的某人而言，黑洞仿佛正在发射暗辐射，也就是在膜上不能直接观察到的辐射，但是其存在可以从黑洞正在损失质量这一事实推出。这意味着从正在蒸发着的黑洞来的最后辐射暴显得比它的实际更不激烈些，这也许是因为我们还未观测到伽玛线暴，后者是由正在死亡的黑洞产生的。虽然还存在另一种乏味的解释，就是说不存在许多这样的黑洞，其质量小到不迟于宇宙的现阶段蒸发。这真是遗憾，因为如果发现了一个低质量的黑洞，我就会获得诺贝尔奖。

膜世界是如何产生的呢？一种版本是称为 Ekpyrotic 宇宙的影子膜模型。Ekpyrotic 这个名字有点绕嘴，但

是它是从希腊文来的，意思是运动和变化。在 Ekpyrotic 场景中，人们认为我们的膜以及影子膜存在了无限久。它们是在无限的未来在静态中起始的。膜之间一个非常小的力就使它们相向运动。膜会碰撞，并且相互穿越，产生大量的热和辐射。这一碰撞被认为是大爆炸，也就是宇宙热膨胀相的起始。关于膜是否能够碰撞以及如此这般行为，存在许多未解决的技术问题。但是即使膜具有所需要的性质，依我的意见，Ekpyrotic 场景也是不能令人满意的。它要求膜在无限的未来起始时，处于一种以不可思议的精度调准的位形之中。膜的初始条件的任何微小变化，都会使碰撞变得乱糟糟的，产生一个高度无规的膨胀宇宙，全然

不像我们观察到的这个几乎光滑的宇宙。如果膜从它们的基态或者最低能态起始，初始条件被精确指定便是很自然的了。但是如果存在最低能态，膜将会停留在那儿，而永不碰撞。而现在膜从一个非稳态起始，必须用手人为地让它处于这种态。这必须是一只相当稳定的手，才能那么精确地得到初始条件。但是，如果一个人能做到这一步，他也能使膜从其他任何方式起始。

按照我的意见，膜世界起始的更远处为吸引人的解释是，它作为真空中的起伏而自发创生。膜的创生有点像在沸腾水中蒸汽泡的形成。液态水中包含亿万万个 H_2O 分子，它们在最最近的邻居之间耦合，并且挤在一起。当水被加热上去，分子运动得更快，并且相互弹开。这些碰撞偶然赋予分子如此高的速度，使得它们中的一群能摆脱它们的键，形成热水围绕着的蒸汽小泡泡。泡泡将以随机的方式长大或缩小，这时液体中来的更多的分子参与到蒸汽中去，或者相反的过程。大多数小蒸汽泡将会重新坍缩成液体，但是有一些会长大到一定的临界尺度，超过该临界尺度泡泡几乎肯定会继续成长。我们在水沸腾时观察到的正是这些巨大的膨胀的泡泡。

膜世界的行为很类似。真空中的起伏会使膜世界作为泡泡从无中出现。膜形成泡泡的表面，而内部是高维空间。非常小的泡泡将重新坍缩为无，

但是一个由量子起伏成长的泡泡超出一定的临界尺度，就很可能继续膨胀。在膜上，也就是在泡泡的表面上的人们（例如我们）会以为宇宙正在膨胀。这就像在气球的表面上画上星系，然而把它吹胀。星系就相互离开，但是没有任何星系被当作膨胀的中心。让我们希望，没有人持宇宙之针将泡泡放气。随着膜膨胀，内部高维空间的体积会增大。最终存在一个极其巨大的泡泡，它被我们生活其中的膜环绕着。膜也就是泡泡表面上的物质将确定泡泡内部的引力场。同等地，在内部的引力场将确定膜上的物质。它就像一张全息图。

一张全息图是一个三维物体被编码在一个二维表面上的像。我对全息图的全部知识是我本人在《星际航行》的一集中，与牛顿和爱因斯坦一起出现在一张全息像中。类似地，我们认为四维的时空的，也许只不过是五维泡泡内部区域所发生的事情的一张全息图。这样，什么是实在呢，是泡泡还是膜？根据实证主义哲学，这是没有意义的问题，因为不存在独立于模型的实在性的检验，或者说什么是宇宙的真正维数是没有意义的。四维和五维的描述是等效的。我们生活在具有三维空间和一维时间的世界中，我们对这一些自以为一清二楚。但是我们也许只不过是闪烁的篝火在我们存在的洞穴的墙上的投影而已。但愿我们遭遇到的任何魔鬼也都是影子。

膜世界模型是研究的热门课题。它们是高度猜测性的，但是它们提供了可以用观测验证的新行为。它们可以解释万有引力为什么这么弱。在基本理论中，引力也许相当强大，但是引力在额外维中散开意味着，在我们生活其中的膜上的长距离引力变弱了。如果引力在额外维中更强，那么在高能粒子碰撞时形成小黑洞就容易得多。这也许在日内瓦建造中的 LHC, 也就是大型强子碰撞机上可能实现。一个微小的黑洞不会吃掉地球，不像报纸中绘声绘色的恐怖故事让人相信的那样。相反，黑洞将会在霍金辐射的噗的一阵中消失，而我将得到诺贝尔奖。LHC 加油！我们可以发现一个膜的新奇世界。

谢谢诸位！

(吴忠超翻译)

霍金讲演结束后的场面



二

霍金在杭州 答记者问

2004年8月12日霍金记者招待会的全部问答如下：

问：您曾就读于牛津大学和剑桥大学，并在剑桥大学任教。这个问题与大学有关。中国大学目前正在向世界一流大学的目标迈进。据您了解中国距离世界一流大学的目标还有多远？

答：我对中国的大学了解不多。但是据我所知，似乎它们中的一些已经达到世界水平，或者很快就会达到世界水平，因特网把我们大家都连在一起了。

问：是什么促使您不远万里来杭参加会议？未来在科学研究上您还有什么心愿？

答：全世界到处都有理论物理学家，所以我们要召开会议。中国已经加入到开最高级会议的名单里去了，这是一件很好的事情。

问：您是否会鼓励一些优秀的青年人将理论物理、天体物理作为他们终身的职业？有何建议、忠告？

答：我发现物理学和宇宙学极其

霍金在杭州记者招待会上，左为丘成桐



激动人心，它就像星际旅行，勇敢地向未被征服的领域前进。我能够在头脑中探索黑洞，进入到宇宙最远的地方。我的建议是：如果你想进入空间，就进入物理学。

问：除了科学研究成功带来的快乐之外，您最大的快乐是什么？

答：我享受生活，我从音乐和我的家庭得到巨大的快乐。

问：听说您正在写一本针对儿童及青少年的《时间简史》。《时间简史》的发行量已经这么大了，为什么还要改写成青少年版？此书何时与中国小朋友见面？

答：《时间简史》是我写科普著作的第一次尝试，我觉得没必要把它写得这么复杂，所以我正在撰写一本对每个人，不仅是对少年们更容易的版本，它在一年多后就能够脱稿了。

问：您认为下个世纪最伟大的发现将会是什么？

答：如果我知道什么是下个世纪最伟大的发现，我就已经把它做出来了，它将是某种不可预料的东西，将非常奇异地到来，科学就是这样进展的，它是由想像力的跳跃组成。

问：你愿意让更多人了解你的生平吗？

答：我已经制作了一部影片和一些电视节目，它不可能像书那么详细，但是它可以有更多的观众，人们要理解宇宙。

问：您被誉为继爱因斯坦之后最

受人关注的科学家，并被人们与牛顿和爱因斯坦相提并论，您如何评价这两位科学巨匠？

答：在《星际旅行》的一集中，我和牛顿、爱因斯坦打扑克，我赢了，但是这和我们的科学工作毫不相干。

问：如果您的身体没有残疾，是否会认为自己的科学成就会更大？

答：我认为我的残疾对我的科学研究没有多大影响。自从《时间简史》出版以后，我的科学观点得到发展，但是没有根本性的改变。

问：两次来中国，你觉得中国发生了什么变化？

答：1985年满街自行车，而现在 是交通阻塞。

三

无中生有

——霍金与《时间简史》

20 世纪初，物理学经过了剧烈的挣扎以后以一种崭新的面目出现，其主要成果是量子力学和相对论。近一个世纪以来人类正充分地体验着这种变革带来的幸福和灾难。半导体、计算机、激光、原子弹即是明显的例证。量子力学的哲学含义迄今还很不清楚，而相对论尤其是广义相对论对时间、空间甚至人们居住的宇宙的观念的变革的影响既深又远。要想对这些观念有浅显而正确的了解，必须艰苦地克服许许多多常识的和直觉的错误。

爱因斯坦曾经设想过我们的宇宙空间也许正如一个三维的球面那样，虽然体积有限，却没有边界。我们如果一直往前走，最后又会从后面回到出发点，正如绕着地球作环球旅行，并不会到达所谓的宇宙边缘。当然地球的表面是二维的，而宇宙空间是三维的。



三一学院牛顿花园的苹果树，树的背景即为牛顿居住过的房间