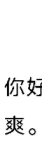
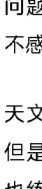


发刊词 | 如何用极其有限的信息去寻找真相?



高爽·天文学通识30讲
昨天

进入详情页 >



发刊词 | 如何用极其有限的. ↓

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

在我准备这门课的时候，我就知道有一个问题肯定绕不过去，那就是如果你对宇宙不感兴趣，天文学对你还有意义吗？

天文学研究的是宇宙，离我们非常遥远，但是它在研究宇宙这么一个庞然大物时，也练就了一项独门绝技，那就是能够通过极其有限的信息去寻找事情的真相。

甚至可以直接说，天文学就是一门能在信息极其有限的情况下，还原出宇宙真相的学科。

在人类获取知识的方法中，这其实还挺特别的。尤其是在人类进入信息时代之后，我们如果想要寻找一件事情的真相，想到的最直接的方式就是获取更多的数据，从更多的数据中发掘出更多的信息。

尤其是现在，到了大数据时代，对数据的依赖已经不是简单的数量多就可以了，而且还要全，恨不得把所有的数据都存起来。

可是在现实中我们往往面对的就是数据不全、信息不足的局面啊。找工作的时候，我们希望找到一家靠谱的公司，但是只能去网站上看看它的简介。做投资的时候，我们希望找到一家稳定增长的股票，但是只能看到一些公开信息。甚至在选择创业方向时，连靠谱的信息都没有。

难道这个时候只能选择放弃认知，放弃行动吗？

至少天文学不是这样的。天文学作为人类智慧的宝库，它提供了一整套方法，让我们在信息有限的情况下仍然可以认知世界。这也是我自己内心对一开始那个问题的回答，我相信天文学对你一定有意义。

—— 1 ——

在我准备这门课的时候，天文学发生了一件大事，我想你一定知道。2019年4月10日，人类第一次给黑洞拍下来的第一张照片发布了。我们一起见证了历史。

不过你可能没有注意到这张照片真实的大小有多大。用我们天文学的话来说，这张照片只有几十微角秒的大小。这是什么意思呢？就像是你检查视力的时候去看视力检测表，最下面那个视力2.0的符号都比这个黑洞看起来大500万倍，相当于站在地球上看见月球上的一个橘子。

这就是说，如果直接去看的话，是不可能看到任何东西的。其实如果不作任何处理的话，照片上的黑洞只能有半个像素的大小。我们在照片上看到的所有的细节，都是天文学家后来进行补充和还原的。也正是这样，我们才能通过如此有限的信息看到了一个真实黑洞的样子。

像黑洞照片这种从一丁点儿信息就能推测背后真相的事情可不是什么特例，而是在天文学中到处可以看到。

比如，前几年钱德拉望远镜，观测到了一次超新星爆发。整整持续了6个小时的观测，但只接收到了139个光子。139个光子是什么概念？我们人能看到的最暗最暗的光，也要让视网膜在1秒钟之内接收3万个光子。但是天文学家就是通过这么点的信息推断出很多东西。比如，天文学家就知道这次爆发释放出了大量的金属钛，不只是这样，而且可以确定释放的钛的质量相当于115个地球。

还有，比如2013年，普朗克卫星观测宇宙微波背景辐射，仅仅靠着几十万分之一温度变化，就还原出了宇宙早期的物质构成和分布情况，更新了研究宇宙模型。

用小信息撬动大真相，这些情况在天文学里经常能被看到。你别以为天文学家不想获得更多的信息啊。想啊，但是真的做不到啊。能被研究的信息极其有限，这件事是刻在天文学基因里的。

我们研究的对象，动不动就几十亿、上百亿光年那么远。就好比除了太阳天空中任意一颗恒星，它们就是一个一个没有大小的亮点。就算是用哈勃望远镜去看，看到的仍然是一个一个没有大小的点。但是，我们就是要知道它们的元素构成，它们的寿命，它们周围还有没有不发光的行星。

我们研究的问题，动不动就跨越几十亿、上百亿年。太阳年龄是45亿年，银河系年龄是135亿年，宇宙年龄是138亿年。而我们人类的文明历史只有不到1万年。如果把宇宙诞生到现在的时间压缩到1年的话，我们人类对宇宙的信息记录，最多只有一两秒的时间。但是，我们就是要知道它们过去都发生过什么，现在正在发生着什么，未来又会变成什么样子。

所以天文学只能另想办法，然后才练就了自己的独特本领。我的这门通识课呢，想要告诉你的就是天文学家们是怎么做的。他们如何靠着手上仅有的几块拼图，就能补齐缺失掉的信息，还原出一件事情的本来面貌。

—— 2 ——

我经常这样来作比喻，天文学就是一部史诗级的侦探小说：嫌疑人是“造物主”，他非常狡猾，留下的线索非常有限；犯罪现场是整个广阔的宇宙，真相可能隐藏在任何一个角落里；侦探就是天文学家了，他们靠着自己的理性和想象力在有限的信息中寻找真相。

我自己也是这些侦探中的一员。

为你介绍一下我自己。我是高爽，2011年博士毕业于德国海德堡大学天文专业，先后在中科院国家天文台和北京师范大学做研究和教学，现在是一名全职科普人。

我为你准备的这门天文学通识课，不只是带你去欣赏这部侦探小说，更重要的是我会从一名天文学家的角度为你还原出，我们是如何发现线索的，是如何推理证据链条的，又是如何验证最终真相的。

在这门课里我不只会告诉你：

恒星只是一个一个小亮点，我们是如何知道它们每一颗的寿命的？

外星生命从来没有被发现过，我们是如何探索的？

暗物质、暗能量我们到现在也不知道它们是什么，我们是怎么知道它们是一定存在的？

宇宙那么大，我们又是如何知道它的形状的？

更重要的是让你通过天文学了解到，人类利用有限信息，还原可靠真相的顶级智慧。如果你对这些内容感兴趣，这门课会非常适合你。

假如还没有说服你的话，我还有另外两个理由。

第一，宇宙为我们提供了最遥远的他者视角。在宇宙中回望地球，所有幸福与烦恼、胜利与失败都是如此渺小。宇宙能为我们提供最大的慰藉。

第二，宇宙为人类的思维提供了最大的舞台。从埃隆·马斯克的登陆火星计划，到刘慈欣的小说，只有宇宙才能装得下人类的想象力。

非常期待与你一起理解宇宙。

我是高爽，我们课程里见。

后一篇 >

用户留言

写留言

点击加载更多留言

Aa
字号

写留言

54

分享给朋友

高爽 · 天文学通识30讲 昨天 进入课程 >

01 | 宇宙学原理：天文学的.. 下载

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

这是我们这门课的第一讲。在最开始，我会首先为你介绍天文学的第一性原理。这个原理叫做宇宙学原理。它是什么意思呢？其实很简单，通俗地说，就是我们人类和地球在宇宙中一点都不特殊。

你可能会好奇了，这一条原理有啥的，为什么能成为天文学的第一性原理？这还得先说一下天文学的难处。

——◆ 1 ◆——

天文学是一个研究远方的学科，它研究的东西都是我们没有办法走近观察的。这是真的啊，原来人类没有办法登上月球的时候，月球还是属于天文学的。可是现在，人类早已登上月球，研究月球的主力就变成了地质学家。就比如我们国家的登月项目，首席科学家是地质学家。

所以，研究远方就是天文学的使命，人类的目光朝向哪里，天文学就扩张到哪里，反过来人类能够触达到的地方，天文学又会撤离。

但同时远方也成为了天文学的最大的困难。因为这注定了我们只能远远地去看，而且能看到的信还极其有限。

但就是凭借宇宙学原理，也就是地球不特殊这一点，我们就能发现宇宙中很多的真相。就比如，我们从来没有到过太阳上面，但是我们知道它的核心正在发生着核聚变。太阳的距离还比较近，距离远的，恒星参宿四距离我们有几百光年，但是我们可以知道它即将发生爆炸。再久远，我们还能知道在138亿年前发生过一次大爆炸，宇宙就是在那个时候诞生的。

你看我们已经到了宇宙的最开始，我们还可以知道。

我们能知道这些，全都是因为天文学家始终相信宇宙学原理，相信地球在宇宙中一点也不特殊。当然，最关键的还是“地球不特殊”这一点背后的含义。承认了地球不特殊，也就相当于承认了“我们这里有的，其他地方也应该有”，也就是说我们在地球上研究出来的知识和规律放在宇宙其他地方也是适用的。

这一点对于天文学的意义呢，打个比方，它就相当于同理心对于一个人的意义。你在电视上看到非洲的孩子吃不饱饭，只要你有同理心，不用非得去非洲亲自体验一下，你依然可以感同身受，甚至会为他们默默地流泪。

宇宙学原理也一样，我们通过望远镜看到远处的一颗星星发出奇异的光芒，我们不用非要去到那颗星球上，依然可以相信它的规律和我们没有什么不同，然后用地球上发现的规律去分析它为什么会发出奇异的光。

天文学可以突破上亿光年的封锁，发现遥远宇宙的奥秘，全都靠了宇宙学原理，真的非常好用。但是，如果你仔细想想的话，这其实是有问题的。

你可能注意到我的用词了啊，我说的是“我们相信宇宙学原理”。只是相信就可以吗？只靠相信的话，那不成了迷信吗？万维钢老师不就说过一句话么：“你有你的计划，世界另有计划。”你愿意相信，但是世界不是这样的怎么办？

罗胖在他的节目里也讲过一个段子，有两个农民在一起去想象皇帝的奢华生活到底是什么样子的。一个说：“皇帝很有钱，白面馒头想吃多少就吃多少。”另一个说：“不止如此，皇帝下地一定用的是金锄头。”

罗胖讲这个段子的目的是什么？就是要告诉你，在某个地方获得的经验和知识，是不能随意地把它们推广开的。在日常生活中都是这样，更何况是面对如此广阔的宇宙呢？

——◆ 2 ◆——

没错，这个问题的确有。但是，不用宇宙学原理，那还能怎么样呢？你能想象把一个人的同理心剥夺掉吗？如果那样的话，他将会失去理解其他人的渠道。没有朋友，没有社交，他或许还可以生存，但是注定只能自闭地生活在自己的小世界里。

如果把宇宙学原理从天文学中也给剥夺掉的话，那人类文明也注定是一个患上了自闭症的文明。

举个例子。1937年的时候，天文学家弗里茨·兹威基观察了一个星系团。星系团，就是好多像银河系一样的星系聚在一起，它们之间也有引力。在引力的吸引下，这些星系会相互环绕运动。

我们相信宇宙学原理，所以只要是引力，那么不论是地球上还是遥远的宇宙，规律都应该是一样的。但是兹威基发现的这个星系团很不同。如果用地球上的引力规律进行计算的话，这些星系移动的速度太快了，肯定吸不住，早就被甩开了。

但是，这些星系还能好好地聚在一起。这就是一个摆在眼前的反例，宇宙学原理还能被相信吗？

答案是，不相信还能怎样呢？

如果不相信，那这个星系团完全可以作为一个特例。这个星系团作为了一个特例，那么下次再看到某个星球发出了奇怪的光，我们也可以把它作为一个特例。我们观察宇宙，只要发现有不同，那就是特例。这样下去，整个宇宙就是一个一个特例的集合。那样的天文学根本不能算是一门科学，只能算是在“集邮”。天文学知识也将会变成一本词典，只是把一个个的特例像词条一样记录下来。那样的天文学还能发现什么宇宙的真相呢？

对于兹威基来说，根本没有“不相信”这一个选项。所以只能坚信宇宙学原理没有问题，有问题的一定是他的眼睛，在那里一定有什么东西是他还没有发现的。于是暗物质就被提出来了。它们看不到摸不着，但是会产生引力。就是这么个虚无缥缈的新物质让星系团粘在了一起。

——◆ 3 ◆——

暗物质可以解决宇宙学原理失效的问题，但是它同时也带来了更多的麻烦。

按照现在估算，暗物质是我们普通物质的5倍，我们的宇宙忽然增加了5倍的东西。它们遍布在宇宙各处，甚至就在我身边，但是我们就是看不到它。这还没完，暗物质的存在，还代表着我们要修改底层理论。因为我们现在的理论认为，所有物质都由电子、夸克等60多个基本粒子组成。这里面可没有说暗物质是由什么组成的。如果暗物质真的存在，这个底层理论就要修改。

这些都是暗物质带来的麻烦，而且到现在也没有能力解决掉。但是这并不会成为障碍，因为这就是天文学发展的常态。

每次天文学用出宇宙学原理，我们对宇宙的认识就更进一步。而且每次宇宙给我们的反馈都是“很好，你们用对了，继续加油”。所以宇宙学原理并不只是我们的无奈选择，更是我们的成功经验。

第一次提出宇宙学原理的是哥白尼，他成功地把地球从宇宙中心的位置给拉了下来，所以宇宙学原理也叫做哥白尼原理。继承了哥白尼的是开普勒，他把地球当做一颗普通的行星后，终于找到了行星运动的规律，这也是人类第一次能够精确地预测行星的行为。

接下来用宇宙学原理让天文学突飞猛进的是牛顿。他认为在宇宙中维持着星球运转的力量，和地球上苹果下落的力量是一样的，所以提出了万有引力定律。靠着牛顿的万有引力定律，天文学通过计算就发现了一颗新的行星，这就是海王星。精准程度啊，就相当于在北京的范围里找到了一颗黄豆。

到了现在，宇宙学原理已经被应用到了整个宇宙。宇宙大爆炸后的宇宙虽然和现在千差万别，但是本质的规律是一样的，那时候发出的光我们现在是可以接收到的。最后我们真的成功地发现了宇宙大爆炸之后的余晖。有人形容过这个发现的难度，这就好比你在房间里掐指一算，说某年某月某日将会有个飞碟降落在白宫草坪。而到了那一天，居然真有个飞碟降落在了那里。

所以，暗物质带来了那么多麻烦，我们一点也不担心，因为这只是我们暂时还没有找到答案，它迟早会被解决的。而且，正因为有像暗物质这样的麻烦，天文学才充满了活力，就是这些未解之谜的存在，才会驱动着我们去发现宇宙更本质的真相。

而这一切的起点，就是宇宙学原理，就是我们相信地球在宇宙中并不特殊。这也是为什么在第一讲我一定要先讲宇宙学原理，因为它是天文学迈出去的第一步，所以它是天文学的第一性原理。

划重点 添加到笔记

1. 宇宙学原理，就是地球在宇宙中一点也不特殊，所以我们在地球上发现的规律在其他地方也应该有效。



的规律在其他地方也应该有效。

2. 宇宙学原理，是我们对宇宙真实情况的一个猜测，是一个先验的理念，但是没有它，天文学就无法开展。

3. 宇宙学原理，不只是我们的猜测，随着天文学的发展，它也被大量的事实实验证。



思考题：

你可以假想一个没有宇宙学原理的文明是什么样子吗？可以作一个提示，哥白尼是第一个提出宇宙学原理的人，那么在他之前的天文学是什么样子的呢？



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇 〉

后一篇 〉

02 | 光谱分析：宇宙学原理的实证

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入课程 >

02 | 光谱分析：宇宙学原理... ↓

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

在第一讲，我为你介绍了天文学的第一性原理——宇宙学原理。不过，只靠它自己还是没有办法支撑起整个天文学的。它还有两个重要的支点，一个是光谱分析，一个是距离测量。

第一个支点光谱分析，它是宇宙学原理的验证方法。如果没有光谱分析，宇宙学原理只能算是一个还不错的信念。第二个支点距离测量呢，它是宇宙学原理的推进器，距离测量到哪里，宇宙学原理才能应用到哪里。

这一讲，我们先来讲光谱分析。

—— 1 ——

我们都知道天文学需要望远镜，有了望远镜才可以看到更远的地方。但是你可能不知道，天文学也有自己的显微镜，这个显微镜就是光谱分析。通过光谱分析可以跨越距离，直接看到各种天体上的元素构成。有了这个工具，宇宙学原理就能在元素层面上得到验证。

说到光谱分析，最开始是在化学领域里被使用，并且还真是把它当做了一种特殊显微镜。虽然通过普通显微镜可以看到更微小的东西，但是最多也就能看到细菌病毒这个尺度，再小就不行了。比如想分辨出不同的元素，那就很难。

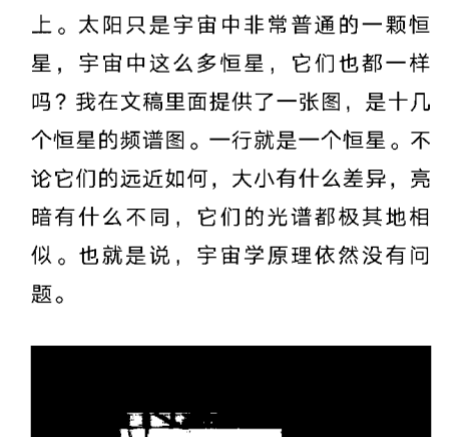
但是这并不代表我们无法了解到元素层面，其实只要通过光谱就能分析出来。原理呢，也很简单，本质上就是不同的元素会发出不同颜色的光。这个原理的应用我们肯定都见过，逢年过节放的烟火，为什么会是五颜六色的？就是因为火药里面添加了不同元素。比如，绿色一般是加了铜元素，黄色是加了钠元素。

不过啊，如果只是通过肉眼来分辨，那识别得肯定不准确。而且如果是多种元素混在一起的话，那就更分辨不出来了。不过仍然有办法，那就是让物体发出的光线通过一个三棱镜，这样原来混在一起的颜色就会发生折射，分散开了。

这是牛顿最先发现的。当时他让阳光通过三棱镜，然后发现白光散开了，各种颜色的光按照彩虹的颜色给平铺开了。这个就是光谱，从红到紫过渡过去。在红色和紫色以外，其实还有肉眼看不到光线，比如红外线和紫外线。颜色的本质就是光的频率嘛，所以光谱就是不同频率的光，按照频率的高低给排列了出来。

如果用这样的方式去看某种元素，就比如氢元素吧，你就会发现它的光谱根本不是连续的，甚至只在很窄的一段频率上有光，大部分是黑的。我在文稿里准备了一张氢元素光谱的示意图，你可以打开文稿看一下。其实不只是氢元素，任何一种元素的光谱都是这样的。它们由一组不连续频率的光组成，而且每个元素的光谱都不一样。所以，光谱就相当于元素的指纹，分析有多少种光谱就能知道有多少元素。

而且，通过光谱不只能分析发光物体啊，不发光的也能分析。因为元素也是会吸收光的，而且是发射什么光就吸收什么光。所以，只需要看看经过它们的光都被吸收了哪些频段，也能分析出元素来。



有了光谱分析那可就好了。你想啊，远处的恒星因为太远，即便是用哈勃望远镜，看到的也是一个点，看不出更多细节。但是有了光谱分析，那么就算是只有一个亮点，但是仍然可以通过三棱镜，看到它的光谱，看到了光谱就相当于知道了它的元素构成。这就等于是一下子突破上亿光年，得到元素级别的信息。当然最初的三棱镜后来也升级换代成了更先进的光谱仪。

—— 2 ——

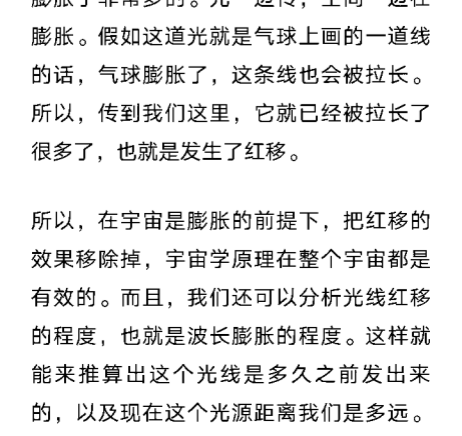
这太重要了，为什么呢？因为它给了我们一个从元素级别验证宇宙学原理的机会。

第一次的实证就是来自于我们身边的太阳。太阳，虽然距离我们比较近，但是它与我们的地球太不同了。所以很容易让人产生怀疑，它真的和我们地球上的规律一样吗？

别说，还真发现了不同。1868年，法国天文学家皮埃尔·让森在观察日食的时候，分析太阳大气层光谱时，发现了一种地球上从来没有见过的谱线。这就是说在太阳上有地球上根本没有的元素。再往深去想，既然基本元素能不同，是不是会有更多的不同呢？宇宙学原理还能随便用吗？

最后肯定是没有否定宇宙学原理。而且，它反而还成了宇宙学原理的坚实证据。因为这个在太阳上发现的新元素，最后在地球上也发现了，只不过是含量特别少。这个元素就是氦元素。所以，别看太阳和地球看起来这么不一样，其实在元素上并没有本质不同，只是不同元素的数量不同罢了。

而且这个验证的过程也并没有停留在太阳上。太阳只是宇宙中非常普通的一颗恒星，宇宙中这么多恒星，它们也都一样吗？我在文稿里面提供了一张图，是十几个恒星的频谱图。一行就是一个恒星。不论它们的远近如何，大小有什么差异，亮暗有什么不同，它们的光谱都极其地相似。也就是说，宇宙学原理依然没有问题。



其实不只是恒星，我们也通过光谱分析了很多太阳系内的行星，太阳系外的行星，甚至更远处的星系，宇宙学原理依然有效。

这还是在空间层面验证了宇宙学原理，光谱也在历史层面上为宇宙学原理提供了证据。也就是说我们现在和过去的宇宙相比，并没有什么本质的不同。

天文学研究虽然在各个方面都困难重重，但是在一个方面却有着天然的优势，那就是对历史的研究。因为光的传播速度有限，所以我们在距离上看到的有多遥远，在历史上看到的就有多久远。

比如，看到了一颗距离我们10光年远的天体，我们其实看到的是它10年前的样子。同样，如果是20光年，那么看到的它就是它20年前的样子。所以，我们看到的距离越远，那么看到的历史也就越久远。

所以对于远距离的天体，如果通过光谱分析，发现它们和我们没有本质区别，那其实宇宙学原理也就在时间上被验证了。

—— 3 ——

讲到这里，是不是觉得光谱分析太好用了，这样的话就能在全宇宙范围内证明宇宙学原理了。只要把天空中各个天体发射来的光线分析一下，看看光谱的样子，就能验证宇宙学原理，而且还是从远到近，从古至今都被验证了。

不过很可惜，并没有这么简单。举个例子吧，在上个世纪五六十年代的时候，天文学家在天空中很多位置都发现了有一种非常特别的天体，分析它的光谱就会发现，和我们所有已知的元素都不同。当时差点就认为这会不会是什么新元素，不在元素周期表里面。

当然了，最后还是发现了，这些非常特别的谱线并不是什么新元素，都是已知的元素，只不过是光谱发生了变形，也就是发生了红移。光线的波长都普遍被拉长了。

什么意思呢？比如说吧，原来的紫光本来波长短，现在变成了波长长的红光。如果原来是波长比较长的红光，那拉长后就会变成红外线。所以，波长被拉长后，光谱的样子都会被整体向红色的方向发生移动，所以叫做红移。

为什么会发生红移呢？或者说为什么光的波长会被拉长呢？如果你对天文学有一些了解的话，一定知道，原因就是宇宙膨胀。

你可以想象一下，宇宙就是一个巨大的气球，一直在变大。假如，100亿年前从起点发出了一道光。这100亿年，宇宙可是膨胀了非常多的。光一边传，空间一边在膨胀。假如这道光就是气球上画的一道线的话，气球膨胀了，这条线也会被拉长。所以，传到我们这里，它就已经被拉长了很多了，也就是发生了红移。

所以，在宇宙是膨胀的前提下，把红移的效果移除掉，宇宙学原理在整个宇宙都是有效的。而且，我们还可以分析光线红移的程度，也就是波长膨胀的程度。这样就能来推算出这个光线是多久之前发出来的，以及现在这个光源距离我们是多远。



的，以及现在这个光源距离我们是多远。所以光谱分析还给我们带来一种非常有效的测量距离的方法。

根据红移的特点，我们甚至知道了，宇宙大爆炸之后，发出的最早的光就是宇宙微波背景辐射。我们现在已知宇宙的年龄是138亿年，所以它已经经过了138亿年的膨胀。这么长时间，它已经红移得非常多了，已经变成了微波，波长达到了1毫米左右，比起它刚发射出来的时候已经膨胀了1000多倍了。

而且分析了整个天空的微波背景辐射，发现在宇宙诞生之初，整个宇宙各处的温度，几乎是处处相同的。差别最多不会超过十万分之一。这又给宇宙学原理提供了坚实的证据。

就是靠着光谱这个工具，宇宙学原理不再是一个空中楼阁的信念，而是在元素层面都得到了验证。

划重点

添加到笔记

1.光谱分析是天文学里的显微镜，能让天文学家隔着上亿光年的距离知道远处天体的元素构成。

2.天文学家对恒星和其他天体进行了光谱分析，在元素层面上验证了宇宙学原理，宇宙中的元素构成都是相似的。

3.宇宙膨胀会导致光谱的红移，所以面对遥远的天体，要把红移消除后才能知道它的元素构成。同时，这也成为了一种非常有效的测距方法。



思考题：

光谱分析还需要首先假设宇宙其他地方元素的发光原理和地球上一样，这就已经在使用宇宙学原理了，最后我还说它验证了宇宙学原理，那这会不会只是一个自证预言，是一个逻辑上的循环呢？



高爽·大文学通识30讲
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇

后一篇〉

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



写留言



17



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入课程 >

03 | 距离测量: 宇宙学原理. 10

你好, 欢迎来到《天文学通识》, 我是高爽。

上一讲我们介绍了光谱分析, 这一讲我们继续介绍另一个宇宙学原理的支点, 距离测量。

1

大部分人对天文学研究宇宙有个简单粗暴的理解, 认为我们能看到多远, 天文学就可以研究到多远。所以我们才会建造各种各样的望远镜, 就是为了能看到更远的地方。

这么讲也不算错, 如果我们连看都看不到, 那肯定没办法研究。但是, 只是看到了就能开展研究吗? 答案是不行。因为光是看到某个现象, 没办法直接对它使用宇宙学原理, 即使是用了, 也是错的。

我可以举个例子。在地球上, 我们可以看到夜空中有很多星星。它们绝大多数都是恒星, 和太阳是一样的。只不过距离太远, 所以看起来就是一个个小亮点。不光用眼睛看是一个个小亮点, 就是用最大的望远镜去看, 它们仍然是一个点。

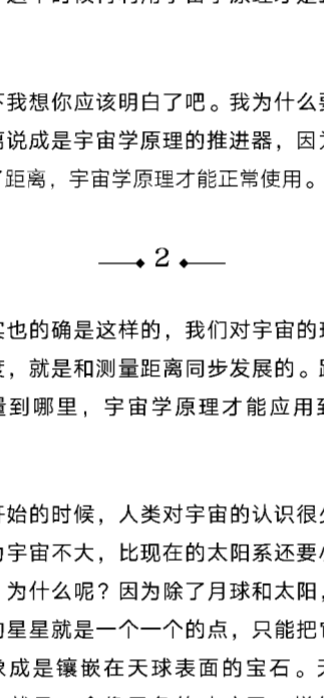
要想研究它们, 我们肯定要应用宇宙学原理, 把地球上发现的规律推广到这些恒星上。恒星是发光的, 地球上也有很多发光的东西, 电灯发光, 火也会发光, 那能从它们身上找到一些规律吗?

答案是, 能。就比如, 一个光源的亮度, 和它发光的表面积大小有关。这很好理解, 假如一个灯泡的发光表面积是1的话, 10个同样的灯泡一起发光肯定更亮, 毕竟发光面积增加了10倍, 亮度也就增加了10倍。恒星的道理也一样, 而且恒星整个表面都在发光, 所以它的亮度是和恒星个头有关的。个头越大的恒星, 发光面积越大, 亮度也就越大。

但是, 我们能看着天上的星星说, 这颗星比较亮, 所以它的个头大, 那颗暗, 所以它的个头小吗? 肯定不行, 对吧。因为恒星的亮暗还和它的距离有关, 距离越远就会越暗。所以一颗星星亮, 不一定是因为它大, 还有可能是因为它近。

你看, 这个时候宇宙学原理是不能乱用的。除非, 我们把距离因素消除掉, 把亮度还原到距离为0的时候。天文学里还给这种0距离的亮度起了一个名字, 叫做光度。

你可能会问了, 恒星都那么远, 我们怎么能知道它的光度呢? 答案其实很简单, 只要知道距离就能算出来。一个光源距离我们有多远, 它的亮度会衰减多少, 我们是可以知道的。简单地说, 就是距离增加一倍, 亮度减少到原来的四分之一。原理很简单, 音频里我就不讲了, 文稿里提供了一个示意图你一看就知道了。



所以, 我们想要知道一颗恒星的大小, 关键在于知道它的光度, 知道了光度就能推测出它的大小。怎么知道光度呢? 要先知道恒星的距离。

其实这很好理解, 宇宙学原理的核心, 就是假设宇宙的各处都一样。这么想是挺好的, 可事实是, 它们的距离的确不同啊。距离不同是会让很多参数受影响的。比如前面讲到的亮度, 不只亮度, 会有影响的还有视觉大小啊、红移啊, 这些参数都会有影响。下面我们马上就会讲到。

所以, 只有把距离的影响消除掉之后, 我们才能知道天体或是宇宙现象的真实面貌。这个时候再利用宇宙学原理才是正确的。

这下我想你应该明白了吧。我为什么要把距离说成是宇宙学原理的推进器, 因为消除了距离, 宇宙学原理才能正常使用。

2

事实也的确是这样的, 我们对宇宙的理解程度, 就是和测量距离同步发展的。距离测量到哪里, 宇宙学原理才能应用到哪里。

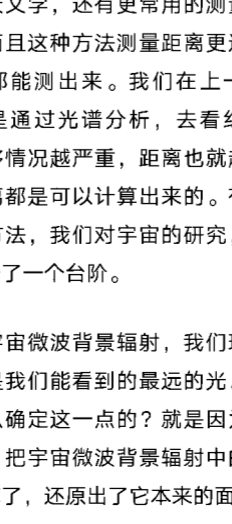
最开始的时候, 人类对宇宙的认识很少, 认为宇宙不大, 比现在的太阳系还要小得多。为什么呢? 因为除了月球和太阳, 所有的星星就是一个一个的点, 只能把它们想象成是镶嵌在天球表面的宝石。天球呢, 就是一个像黑色的玻璃罩一样的东西, 笼罩着地球。因为不知道这些星星的远近, 所以只能把它们看做是距离相等。

那个时候是绝对不会想到天空中那些点状的恒星, 其实是和太阳一样的。

直到后来, 天文学家测量出了远处恒星的距离, 才知道这些恒星动不动就是距离地球几百、上千光年。那把它们看做和太阳一样是可以发光发热的天体就顺理成章了。因为这么远的距离, 它们个头就是再大, 在地球上看起来也应该是一个小点。

就是因为这样, 才有了后来的恒星天文学, 把我们对太阳的研究成果, 推广到更远的恒星上。

不过这个时候测量距离的方法, 还是用的恒星视差法, 测量的距离还非常有限。什么是恒星视差法呢? 我就不详细讲了。大概呢, 就是地球在公转轨道上的位置不同, 看一颗恒星的角度会发生变化。知道地球的位置, 角度也能测出来, 只要进行三角计算, 就能算出到恒星的距离。我在文稿中提供了一张图, 你一看就懂了。



所以, 在当时人的眼中, 宇宙不再是一个天球了, 而是有深度的, 但是最大也不会超过银河系的大小。

3

其实, 我们现在知道, 当时的天文学家已经可以看到银河系之外的星系了, 只是不敢承认它们的地位是和银河系地位相同。

很早的时候天文学家就发现过一些奇怪的天体, 不是一个点, 也不是一个圆面, 而是一个旋涡。我们现在当然知道这就是其他星系, 但是当时天文学家们却不相信。因为用恒星视差法测不出它们的距离, 所以只能估计它们和其他恒星的距离应该是差不多的, 最远也就是几千光年。

那样的话, 根据近大远小的规律, 反推一下它们的大小, 就会发现它们其实不是特别大, 应该只能算是银河系里一些特别的星云。所以就给它们起了名字叫做旋涡星云。

最后天文学家发现了新的测距方法, 测距的范围一下就到了亿万光年的级别。这才发现这些所谓的旋涡星云, 其实距离特别遥远, 很多都是几百万光年, 甚至还要更远。如果是这个距离的话, 那它们的大小可就被大大低估了。按照这个距离, 把这个旋涡结构还原到真实大小, 就会发现它们比银河系还要大。

到了这个时候天文学家才确定了, 这些旋涡星云应该是一个一个的星系才对, 宇宙中有无数这样的星系, 宇宙的大小超过我们的想象。也就是这样, 我们才明白它们为什么会是旋涡状的, 因为你不能把那些解释星云的规律推广过去, 而是要把整个银河系的规律推广过去才对。

这个新的测距方法呢, 叫做标准烛光法, 就是有那么一批天体, 它们的光度就像是工厂里生产的灯泡一样, 是有标准的, 不论它们在什么位置, 距离有多远, 只要能分辨出它们的型号, 那它们的光度就能确定。知道了光度, 当然就能测出距离来了。

那怎么识别标准烛光的型号呢? 不同标准烛光的方式不一样。有的可以通过光谱分析识别出来, 有的可以通过闪烁频率识别出来。不论哪一种, 都可以在很远的距离识别出来。

现在的天文学, 还有更常用的测量距离的方法, 而且这种方法测量距离更远, 几百亿光年都能测出来。我们在上一讲也讲过, 就是通过光谱分析, 去看红移的情况, 红移情况越严重, 距离也就越远。具体的距离都是可以计算出来的。有了红移测距的方法, 我们对宇宙的研究, 就一下子又上升了一个台阶。

就比如宇宙微波背景辐射, 我们现在都知道, 这是我们能看到的最近的光。天文学家是怎么确定这一点的? 就是因为用红移的理论, 把宇宙微波背景辐射中的距离因素消除掉了, 还原出了它本来的面貌。

说了这么多, 就是想讲明白这样一个道理, 看到遥远目标并不能直接得到更深的理解。只有测量了距离, 才能消除距离的影响, 才能更大范围地应用宇宙学原



的影响，才能更大范围地应用宇宙学原理。这就是距离的意义。

划重点

添加到笔记

1.亮度、视觉大小、红移程度等等参数都是会受到距离影响。把这些参数的距离因素消除后再使用宇宙学原理才是正确的。

2.天文学中测量距离的方法有很多种，近距离的可以用恒星视差法，远一些的可以用标准烛光法，再远的话还可以用红移测距。



思考题：

在第一讲我作过一个类比，说宇宙学原理很像人类的共情。天文学家在使用宇宙学原理的时候，会把距离带来的差异先消除掉再去使用。那么你在使用共情，或是把自己的经验迁移到其他地方时，有考虑过消除差异吗？是什么呢？



高爽·天文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

< 前一篇

后一篇 >

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



写留言



10



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲 昨天 进入详情页 >

04 | 模型体系：天文学的核心框架

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

这一讲我会为你介绍我们天文学里的核心框架。在发刊词里面我提到过，天文学能够通过极其有限的信息找到真相，就是因为这个核心框架。正因为有了这样的核心框架，天文学家才能将几个光子里携带的信息放大到用来验证宇宙理论。

它是什么呢？我先卖个关子。

1

我先来介绍一个我们天文学家既喜欢又害怕的东西。这个东西呢，其实就是观测数据。我们喜欢观测数据，因为这是天文学唯一的信息来源，天文学之所以不是脱离实际的空想，就是因为它是建立在观测上的。

这里不得不吐槽一下，我见过很多人都对平行宇宙感兴趣，当他们知道我是天文学家后，就会问我各种各样平行宇宙的东西。平行宇宙的确是很酷的理论，但是我们天文学家真的不关心。为什么呢？你这是另一个宇宙的事情，根本没有观测数据啊。

所以观测数据对于天文学很重要，可以说是天文学的基石。不过，对天文学家个人来说，最害怕的也是观测数据。

道理也很简单。天文学的观测数据有限，所以天文学家往往只能利用很少的数据去建立一个模型。但是反过来，这也代表了只要用很少的数据就能颠覆你的模型。而且证明错误比证明正确可要简单多了，一个反例就够了。天文学家潜心研究了一辈子的模型，最后可能因为一个观测数据就全部颠覆了。

这要是物理、生物这些学科，这种情况肯定也有，不过比起天文学，概率就小很多了。为啥？因为他们能做实验啊。脑子里有了一个想法，先不急着发表，先做实验，把各种情况都验证一遍再发表。这样的话，最后提出的理论和模型，那可以说是经过千锤百炼的。

我在这里给你讲个事啊。还记得发刊词里面提到的人类第一张黑洞的照片吗？其实天文学家还利用图像上的信息计算了黑洞的质量。这件事的影响挺大的，让别的学科的学者都开始关注。

第二天，在推特上生命科学家、神经生物学家、化学家们集体调侃这件事。他们转发这条消息，然后套用自己学科的评判标准，认为你这个研究竟然只有一个样本，退稿。你这项工作怎么没考虑一个阴性对照组？退稿。竟然没有重复做实验，全靠模型估计怎么能可靠呢？退稿。全是退稿。天文学要是落到他们手里，连论文都发表不出来。

你看，其他学科的科学家的标准就很严格。我们天文学家就不行了，要是想发表论文，提出自己的研究成果底气就没那么足。

我给你举个例子吧。我自己的研究团队，2017年的时候发表了一篇论文，一共50多页，但是正文只有20页，只有这么一少半是自己的研究结论。剩下的那一多半呢？全都是说：我的结论和谁谁谁的模型是一致的，我的模型可以很好地解释谁谁谁的模型，等等。

这不是特例啊，这就是天文学研究的学术规则。即便是再有名气、再权威的天文学家，要想发表自己的研究成果也必须这样。自说自话可不行，没有底气，毕竟谁都没有实验作支撑。所以只能多找其他人的研究，来印证自己的研究，找到的越多，说明自己的研究越靠谱。

所以天文学就是个抱团取暖的学科，一个模型不靠谱，那我就拉帮结派，和更多的其他模型发生关联。你要是想证明我的模型错了，那你就把我背后的一大帮模型都打倒。

于是就出现了这样的一个情况，天文学里的模型，根本没有孤立的，它们组成了一个庞大的模型体系，而且模型之间相互嵌套、依赖和印证的程度非常高。这对于我们天文学家来说是个好事，既然观测数据不充足，那么我们还可以根据一个模型在整个体系里的嵌入程度进行判断。嵌入得越深，关联的模型越多，那么它的靠谱程度就越大。

2

我给你举个经典的例子吧，宇宙大爆炸模型。我们都知道这个模型是说宇宙是诞生自一次巨大的爆炸，到现在仍然在膨胀。

这个模型可是太远离我们的直觉经验了。所以当宇宙大爆炸刚提出来的时候，就受到了非常多的质疑。那个时候的人们更愿意相信宇宙是一直就存在的，没有开始也没有结尾。就连爱因斯坦也是这么认为的，为了确保这一点，他还特意修改了自己的广义相对论。

所以，当大爆炸模型刚提出来的时候，就面临着一个问题，如何证明自己是靠谱的。当时积极推动这件事的人叫勒梅特，比利时人，虽然他是一个科学家，但偏偏还是一个神父。于是，他就受到了非常大的质疑：你的动机到底是什么，是要把大爆炸前的时间留给上帝吗？

现在我们知道，勒梅特最后成功了，大爆炸最后成了我们的常识。他是怎么做的呢？他就是利用了模型体系的力量，把大爆炸模型深入嵌套进了模型体系里面，接受整个天文学的检验。

首先，大爆炸的这个想法不是凭空而来的，而是从广义相对论的公式中推导出来的。这是嵌套的第一环，套在了广义相对论的上面。当然了，这样还远远不够，爱因斯坦是广义相对论的创始人，他首先就不同意，宁愿修改公式，也要避免这个结论。

如果只是停留在这个程度的话，那么大爆炸最多只能算是一个普通的假说。所以，它还需要和更多的模型发生关联，需要用其他更可信的模型为自己背书。

这个时候有一个伟大的名字出现了，爱德文·哈勃。根据对红移现象的观察，哈勃发现宇宙中几乎所有的星系都在远离我们，而且距离我们越远的星系，跑得越快。这是一个伟大的发现，不过哈勃也就到此为止了，他拒绝作出更多的解释。为什么星系都在远离我们，远离之前的宇宙是什么样子的？他都拒绝回答。

但是这个发现很快就让天文学家们嗅到了机会。星系都在远离我们，这提供了一种可能，那就是宇宙本身就是在膨胀的。再进一步去想，宇宙现在是在膨胀，如果我们把时间倒流，是不是宇宙就会缩回到一个点，这个点不就是大爆炸开始的点吗？

这一次，爱因斯坦也不得不承认自己错了，并且说，因为不相信宇宙会膨胀，而修改广义相对论是他这辈子犯的最大的错误。

这是嵌套的第二环，把宇宙大爆炸模型与宇宙红移模型进行嵌套。

讲到这里，我需要停下来多解释一下。这里看起来好像只是大爆炸模型与宇宙红移模型发生了关联，其实在红移模型背后还关联着一整套模型呢。

比如，要想知道光发生了红移，那么首先要知道没有红移的光是什么样子的。这是怎么知道的？是通过恒星模型知道的。还有，既然红移和距离有关，那么距离又是怎么知道的？毕竟没办法直接测量。这其实是通过造父变星的模型推测出来的。

好，既然爱因斯坦都低头认错了，那大爆炸模型是不是已经大功告成了呢？还没完，还需要嵌套第三环、第四环，甚至更多。

就比如，把它与恒星演化模型结合之后，就可以准确地预测出宇宙中各种元素的比例。还有，和热辐射模型结合之后，就可以预测出宇宙微波背景辐射的存在。

所以你看，宇宙膨胀，我们没办法直接观测，更没有办法做实验，但最后我们仍然可以把它嵌入到模型体系中，让整个天文学一起来验证它。

3

最后呢，我觉得用一个词来概括模型体系对于天文学的价值会非常贴切。这个词其实是医学里经常用的，叫做“代偿”，“代替偿还”的“代偿”。它是说如果我们人体的某个器官出现了问题，其他正常的器官就会变得更加发达，以此来弥补损失。

天文学也一样，观测数据不足，这是客观条件的缺陷。为了弥补这个缺陷，天文学就发展出了更发达的模型体系作为代偿。这就是模型体系的价值。

从天文学家的角度来看，模型体系是模型的试金石。天文学家自己有了一个新想法，没有更多的观测数据支持，那么就可以先拿模型体系进行测试，关联的模型越多就越靠谱。

这是天文学家的角度，如果跳出来，从另



这是天文学家的角度，如果跳出来，从另一个角度去看，你会发现模型体系还有另一个作用，它还是一个观测数据的放大器。观测数据可能只会直接影响一两个模型，但是模型之间是相互依赖的啊，牵一发而动全身，这个观测数据的影响会快速传遍整个模型体系。

这就像是在密集的人群中投放病毒，即便是最开始只影响了一个人，最后也会让所有人感染。也就是这样，即便是一个光子里的观测数据也能被迅速扩散到模型体系中，以至于最后可以用来验证描述宇宙的模型。

这就是天文学的模型体系，也是我最开始说的天文学的核心框架。

划重点

添加到笔记

1.天文学不能像其他科学那样反复实验，又只能依赖有限的观测数据，所以必须通过模型的猜测推动理论前进。

2.单个的模型确实能解释一些问题，但是可靠性不高。所以天文学需要把模型之间尽可能多地联结起来。新的理论只有深层地嵌套在其他模型当中，才能更可靠。

3.模型体系就成了天文学的认知方法，甚至把有限的信息放大成了丰富的知识。这就是天文学的核心框架。



思考题：

模型其实就是我们根据某些现象，然后对世界真相进行的一些猜测。可是，迷信啊、神话啊也是人类根据某些现象对世界真相的猜测，更重要的是它们也有一套自己的体系，那为什么天文学是可靠的，但是它们却不可靠呢？



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

< 前一篇

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



写留言



12



请朋友读

高爽·天文学通识30讲 昨天 进入详情页 >

5 | 宇宙的边界在哪里? ↓

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

前面的几讲，我为你介绍了天文学的4个核心概念，宇宙学原理、光谱、距离和模型体系。现代的天文学就建立在这4个核心概念之上。

这一讲开始，我会先从整体上为你介绍一下现代天文学对宇宙的认识到了什么程度。有三个维度，分别是空间、时间和生命。这一讲，我们先从空间维度来为你介绍我们对宇宙的认识。

——◆ 1 ◆——

空间维度上，有一个最重要的问题是绝对绕不过去的，宇宙空间到底有多大？很多人都会问我这个问题，就连我上幼儿园的儿子也会指着天空问我，宇宙到底有多大？

其实，如果让我回答的话，答案会很简单。

不知道。

不只是我，我相信你问任何一个天文学家，他都会这么回答。因为没有任何一个观测证据，帮我们识别出这就是宇宙的边界，也没有任何一个模型可以帮我们划定一个范围，告诉我们这就是宇宙的边界。

所以，面对这个问题，没有一个天文学家可以给你一个明确的答案。其实像“宇宙有多大”这样无法回答的问题在天文学里到处都是。如果宇宙是一套考试题的话，那这套考卷里到处都是非常难的难题。

如果考试的时候很不巧，你遇到了这样一套试题，题很难，而且很多题根本没有答案，你该怎么办？我想你肯定会先对问题归类，哪些是自己以前练习过的，肯定能解出来的。哪些又是虽然难，但是努努力还是可以解决的。最重要的是找出哪些是无论如何都不会有答案的，直接放弃它们。

我们天文学家也一样，遇到难题，首先想到的不是如何找到答案，而是判断这个难题有没有解。宇宙到底有多大，这个问题就属于无解的那一类。

为什么这个问题是无解的呢？一，宇宙真的很大；二，我们的观测有限，这个有限不是一时一刻的，而是永远的。

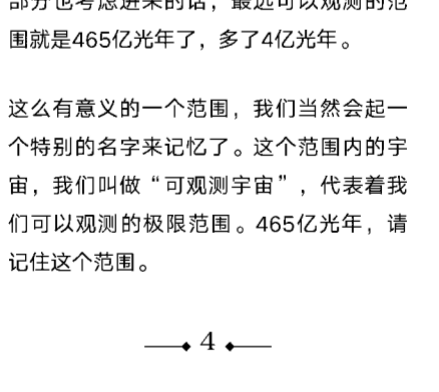
什么意思呢？我们一个一个地来讲。

——◆ 2 ◆——

首先，宇宙真的很大。我们现在能看到的最远的天体，大概在距离我们300亿光年的地方。不过给出这样一个数字，只能让我们知道宇宙大小的下限是300亿光年，对于宇宙大小的上限是多少没有太大帮助。

让我们意识到宇宙非常非常大的，其实是另一件事。不论我们朝向宇宙中的哪个方向去看，物质总量都差不多。天文学里把这种情况叫做“各向同性”，各个方向相同的意思。

即便是朝着夜空中最暗的地方去看，也是如此。2003年哈勃望远镜就曾经朝着天空中最暗的区域持续曝光了113天，拍下了原来看不到的景象。在非常小的区域内，相当于100米外一个乒乓球的大小。就在这么小的区域内，一共拍下来了上万个星系。我在文稿中提供了这个图片，其中的每个亮点都是像银河系一样的星系。



从地球看向四面八方，全部都一样，这意味着什么？意味着我们就是宇宙的中心啊。你想，一只蚂蚁，只有站在盘子的正中央时，它看向四面八方才能看到一样的景色。

但是，这和我们天文学的第一性原理冲突。宇宙学原理的本质就是说，我们不特殊，我们不是太阳系的中心，更不可能是宇宙的中心。所以，只有一种可能，宇宙这个盘子特别特别地巨大，远远地大于我们的观测范围，所以即便是在盘子的角落里，看向四面八方也都是是一样的。

——◆ 3 ◆——

这是第一个问题，还有第二个问题。

我们观测的范围能有多大呢？是前面说的300亿光年吗？不是，那是看到的最远天体。如果排除天体这个限定的话，观察范围还要更远一些，是461亿光年。因为在这个距离上，我们接收到了宇宙爆炸的余晖，那就是宇宙微波背景辐射，宇宙诞生后第一次释放出的光。

这是我们能够看到的最遥远的光。这不是我们的能力不行，也不是望远镜不够发达，而是更远的光还没有传到地球。

其实，准确地说，宇宙微波背景辐射不是大爆炸发出的光，而是大爆炸后38万年才发出的光，之前的宇宙是不透明的。这部分内容，我们下一讲还会详细解释。

所以，461亿光年，既是我们实际看到的最远的地方，也是理论上我们能够看到的最远的地方。这已经是我们看到的极限了，所以可以确定宇宙有多大这个问题无解。

其实，看到的最远范围并不是理论上能观测的最远范围，观测不一定非要用光对吧。宇宙大爆炸的头38万年虽然不透明，之前的光跑不了多久就被散射和吸收掉了，所以我们不可能看到。但是还有引力波啊。虽然我们还没有能力探测到这部分引力波，但是理论上可行。所以把这部分也考虑进来的话，最远可以观测的范围就是465亿光年了，多了4亿光年。

这么有意义的一个范围，我们当然会起一个特别的名字来记忆了。这个范围内的宇宙，我们叫做“可观测宇宙”，代表着我们可以观测的极限范围。465亿光年，请记住这个范围。

——◆ 4 ◆——

看似问题已经解决了，宇宙有多大这个问题不可解。如果真的在考试的话，这类不可解的问题放弃就可以了。但是对于天文学，我们还要去考虑，这个不可解的情况是暂时的，还是永远无解的。

首先可以肯定，突破可观测宇宙不是靠科技发展就能解决的，因为这不是我们人类的能力问题，而是宇宙本身的特征。

但是宇宙是在变化的，未来有没有什么可能，因为宇宙自身的变化而给这个问题带来转机呢？不是没有可能。

宇宙最大的变化是什么？是宇宙在膨胀。但是这又代表什么呢？

我举个例子，宇宙微波背景辐射是宇宙诞生38万年的时候发出的，当我们接收到的时候，当初发出光的地方已经距离我们451亿光年了。

这不是说，这道光就是从451亿光年的地方发出来的，宇宙在膨胀最初发出光的位置距离我们要近得多。在宇宙微波背景辐射上取一点，就叫做A点吧。如果把时间拨回到宇宙诞生之后它刚从光源发出来的时刻，那个时候的A点距离地球其实只有4200万光年。当然那时候还没有地球，只是说地球这个位置。

当发出光后，光向着地球方向传递，同时因为宇宙膨胀，A点会继续远离地球。就这样，等光到了地球，A点已经跑到451亿光年的位置了。

这说明啥，有两点：

第一点，宇宙大爆炸之后的38万年，宇宙半径已经大于4200万光年了，要不然我们接收到的宇宙微波背景辐射不应该是各向同性的。道理和前面讲的蚂蚁看盘子一样。

另一点，可观测宇宙是会随时间变化的。38万年那时候，我们的可观测宇宙应该只有地球位置的那一个点。因为根本没有时间让光传递。随着时间越久，光能到达的地方就会越远，于是可观测宇宙就像是一个逐渐被吹大的泡泡，越来越大。

如果不是宇宙膨胀的话，到现在泡泡能吹大到半径138亿光年，但是如果把宇宙膨胀也考虑进来，那这个泡泡的半径就是451亿光年了。

这就带来希望了，可观测宇宙既然可以扩大，那么能无限扩大吗？如果能的话，只要等足够的时间，我们还是有机会发现宇宙边界的。

——◆ 5 ◆——

不过，很可惜，这个情况天文学家早就考



不过，很可惜，这个情况天文学家早就考虑过了。答案是不可能。为什么呢？这就要介绍一个概念了，退行速度。

天文学里，把一个天体因为宇宙膨胀而远离我们的速度叫做退行速度。当然这里必须强调一点，退行速度不是天体的运动速度，而是宇宙空间的变化，是允许超过光速的。退行速度不只和宇宙膨胀速率有关，同时也和距离有关。同样的宇宙膨胀速率，距离我们越远的地方，退行速度会越快。

宇宙就是用退行速度为我们设置了第二道封锁。因为退行速度可以超过光速。

如果一个星球，距离我们非常非常远，远到了它的退行速度比光速还要快。那它传出的任何信息，不论再等多久的时间，都没有办法传到地球。而退行速度超过光速的那个边界，叫做“表观视界”，这就是未来最远可以看到的界面。

620亿光年，根据我们现在的计算，超过这个距离，退行速度将会超过光速。也就是说，如果宇宙继续按照我们预期的样子膨胀的话，这个范围就是我们能够看到的最远的极限，不论是现在还是未来。如果真实的宇宙大于这个范围，那我们将会永远都无法知道宇宙的大小。

所以，宇宙到底有多大？这个问题我们真的不知道，甚至永远都无法知道。但是天文学还是可以给出一个答案的，那就是这个问题的边界在哪里。

这就相当于，父母去看自己的孩子，肯定不知道孩子长大了会变成什么样。如果问题只是停留在这个程度的话，带给家长的只会是无穷无尽的焦虑。但是我们还能知道这个问题的边界在哪里，孩子的成长无非是受基因、环境和随机性遭遇这三重因素的影响，对于家长来说根据这些信息就能知道自己的孩子最好能好到什么程度，最差不会超过什么程度。这也算是没有答案的答案，不只解决了焦虑问题，还可以指导家长为孩子付出多少。

所以，知道问题的边界，也是一种答案。

划重点

添加到笔记

1. 由于观测上的各向同性，我们知道宇宙的尺度实在是太大了，远远超过我们的观察范围。

2. 因为宇宙年龄有限，光速有限，所以可以观测到的宇宙范围只是整个宇宙的很小一部分。

3. 由于宇宙还在加速膨胀，退行速度可能会超过光速，所以有大量的区域我们永远也不可能观测到。



思考题：

面对宇宙大小的问题，天文学没有答案，但是天文学家仍然会寻找问题的边界。在你的经历中有没有遇到类似的情况？面对一个复杂的问题没有答案，但是仍然努力去确认问题的边界在哪里。这么做了之后对你有什么帮助？

面对宇宙大小的问题，天文学没有答案，但是天文学家仍然会寻找问题的边界。在你的经历中有没有遇到类似的情况？面对一个复杂的问题没有答案，但是仍然努力去确认问题的边界在哪里。这么做了之后对你有什么帮助？

 **高爽·大文学通识30讲**
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

← 前一篇

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa

字号



写留言



15



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入课程 >

06 | 宇宙过去发生过什么? ↓

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

上一讲我们已经介绍了我们对宇宙认知的边界在哪里，其实我们也已经知道了宇宙历史的边界在哪里。宇宙是诞生自138亿年前的一次大爆炸，误差上下不会超过4000万年。这是结合宇宙大爆炸模型和宇宙微波背景辐射计算出来的结果。

只是知道宇宙的年龄还不够，天文学还有一个重要的工作就是给宇宙的历史进行断代。这个断代的过程不是随便地说，前30亿年是一个什么时代，后30亿年是一个什么时代。关键是找到各个阶段的主导因素有什么变化。

就比如我们人类社会，有石器时代、青铜时代、农业时代和工业时代的划分方法。这么划分就是要分辨出每个时期人类的主要生产工具或者生产方式是什么。

对宇宙138亿年历史的断定也是一样。断代的方式有很多，学术上有很多严谨的划分方法。这里为了方便给你介绍，我可以给出一个我心目中的划分方法。一共有5个时代。前质子时代、质子时代、原子时代、恒星时代和暗能量时代。

当然了，我划分的依据都是根据现在科学家的主流理论和模型，未来随着观测证据的增加还是有可能更新的。

— 1 —

好，我们先来看第一个时代，前质子时代。别看我用“时代”这么大的词来命名啊，其实这个时期却是非常非常短的。它是指从宇宙诞生开始，到 10^{-6} 次方秒这个时刻结束，也就是1微秒的瞬间。

虽然时间短，但是这个1微秒真的可以称为是一个时代，因为在这百万分之一秒的瞬间，发生了太多重大的事件。在宇宙诞生的一开始，整个宇宙还是一片纯粹的能量，到了这个时代结束，电子、夸克、光子等等这些基本粒子都已经出现。它们是我们现在宇宙的物质基础。

更关键的是，在这个期间，宇宙中的四大基本作用力从原来的统一状态中分离了出来，它们是我们宇宙中的粘合剂，如果没有它们，所有的物质都是一盘散沙。

这个过程是怎么发生的呢？

宇宙大爆炸最开始的 10^{-43} 次方秒里面，就是小数点后42个0，这段时间发生了什么我们一无所知。因为这个时刻宇宙还达不到普朗克尺度，我们所有已知的物理和数学规律在这时都是失效的。

10^{-43} 次方秒一过，引力首先分离了出来，然后到了 10^{-36} 次方秒，这么一瞬间，强力也分离了出来，两个基本作用力已经诞生。

紧接着，宇宙就进入了暴胀时期，宇宙加速膨胀。这个膨胀的速度是难以想象的。我可以给你说个数字，在 10^{-33} 次方秒的时间里面，宇宙的尺寸膨胀了 10^{26} 次方倍。

这个膨胀速度实在是太快了，相当于一粒沙子膨胀到了可观测宇宙这么大，而且这只完成了一半任务，还要把这个放大的沙子，再看成是一粒正常沙子的大小，再一次扩大到可观测宇宙这么大。而且所有的这个过程必须在1秒钟内完成。这就是暴胀时期发生的事情。

然后就是 10^{-12} 次方秒，电磁力和弱力也相互分离，四种基本作用力全部出现。独立的夸克也出现了。很快到了 10^{-6} 次方秒，夸克在强相互作用力下聚在一起，质子和中子诞生了。构成原子的核心物质诞生，前质子时代结束。

— 2 —

接下来是质子时代了。虽然质子、中子和电子在上一个时代已经诞生，但是并没有出现原子。因为这个时候的宇宙密度极高，之前诞生的质子、中子和电子挤压在一起，没办法形成稳定的原子结构，看起来就像一锅浓密的粥。

这团浓密的粥就带来了一个结果，那就是密度太大，光子产生后根本没办法穿透这个浓密的粥。后来还是宇宙继续膨胀，密度变得越来越低，38万年后，终于不那么拥挤了。宇宙开始变得透明起来，光子从拥挤的牢笼中获得了自由。所以和我们想的不一样的，宇宙大爆炸虽然很刺眼，但是等了38万年后，第一束光才出现在宇宙中。

其实这束光我们仍然可以看到，就是现在的宇宙微波背景辐射。所以，我在上一讲才会讲宇宙微波背景辐射是大爆炸之后的38万年释放出来的。

这就是说，宇宙微波背景辐射就是我们能够看到的最遥远的光，也是历史最久远的光。如果想要突破这个界限，也不是没有可能，理论上可以通过引力波进行探测，但是我们现在还无法做到。

— 3 —

质子时代之后，就是原子时代了。因为宇宙的密度下降之后，不只是光能跑出来了，还代表着稳定的原子结构可以形成了。上一个质子时代的物质密度太大，温度太高，质子、中子刚和电子形成原子，可能就会被旁边的邻居撞碎了。

所以质子时代之后，宇宙中就变成了氢元素的海洋。因为氢元素是最简单的元素，一个质子加一个电子，最多再加上一两个中子。我们现在宇宙中的所有氢元素都是从这个时期产生的。除了氢元素之外，还有少部分的氦元素和锂元素也是这个时候产生的。它们的结构也比较简单。

这个时期最大的特点就是黑暗，没有光。你可能会奇怪啊，不是光子已经自由了吗？没错，光子自由了，但是除了最开始那一批光子就没有其他新的光子出现了。原因很简单，因为没有光源。

你想想看，我们现在宇宙中的光源是不是都是来自于恒星啊。在原子时代，宇宙还只是充满了氢原子云，第一颗恒星还没有诞生。

原子时代持续了大概5亿年的时间。在宇宙诞生5亿年之后的某一个时刻，有大量的氢原子在引力的作用下聚集到了一起。聚集的氢原子越多，质量就越大，质量越大引力就越大，引力越大就吸引来了越多的氢元素。

最后，这团氢元素又因为引力带来的巨大压力，发生了核聚变反应。第一颗恒星诞生，宇宙被点亮了。原子时代结束，宇宙进入了恒星主导的时代。

— 4 —

能把恒星用来命名一个宇宙的时代，可不是说它们能发光，能把宇宙照亮这么简单。而是因为恒星是我们宇宙的基本单元。恒星诞生的时候，不会把周围的物质吸收完。

留下来的物质就会慢慢聚集成行星或是卫星，围绕在恒星的周围。我们的太阳系就是这样的一个恒星系统，我们看到的每颗恒星都有这样一个系统。

比恒星系统更高层的是星系，上亿颗恒星聚在一起，绕着某个中心聚集旋转，就比如我们的银河系。星系之上还有星系群、星系团、超星系团，一层一层地构成了我们的宇宙。

不只是大尺度下的宇宙结构，我们现在在元素周期表中看到的这么多丰富的元素，也是因为恒星。恒星核聚变和恒星的超新星爆发，都是元素的大熔炉，将简单的氢元素聚合成了更复杂的元素。

— 5 —

恒星时代持续了非常长的时间，其实我们现在去看宇宙的话，宇宙里的恒星、星系也还保留着恒星时代的模样，但是我们并不属于恒星时代，而是已经到了暗能量时代。注意啊，暗能量不是暗物质啊，虽然都是“暗什么什么”，但是暗物质是产生万有引力的，暗能量则相反，产生的是排斥性的力量。

暗能量是什么我们现在没有一点头绪，只是知道它存在，而且它的存在只和空间有关。空间越大，暗能量就越大，产生的排斥力也就越大。我们现在所处的时代之所以叫做暗能量时代，就是因为我们的宇宙的命运已经被暗能量支配了。

恒星时代与暗能量时代的交替大概发生在距今40亿年前，也就是宇宙大爆炸后的98亿年。在此之前，在整个宇宙中起主导作用的还是物质，以及物质之间产生的引力。

那个时候宇宙虽然还在膨胀，但是因为引力，所以宇宙的膨胀速度是逐渐减慢的。就像是往空中扔出了一个小球，因为引力，这个小球上升的速度是越来越慢的。

如果只有引力的话，那么宇宙膨胀速度肯定会一直降低，甚至还会重新被引力吸引得坍塌回去。但是宇宙中还有暗能量。前面说了，暗能量是和空间大小有关的。



面说了，暗能量是和空间大小有关的。

宇宙虽然膨胀速度变慢了，但是空间还是在逐渐变大的。所以就在40亿年前，整个宇宙暗能量产生的排斥力超过了整个宇宙物质产生的引力。

也就是说，宇宙未来的结局将会由暗能量主导，一直膨胀下去，而且会越来越快。

这就是我对宇宙演化阶段的概括，5个时代，5种宇宙的主导因素。寻找不同阶段的主导因素也是天文学探索宇宙历史的主要目标。

划重点

添加到笔记

1. 前质子时代，宇宙诞生，开始暴胀，诞生了四种作用力，诞生了中子和质子。

2. 质子时代，光辐射在质子和原子中混成一锅粥。之后辐射从质子中脱离出来，让我们看到最早的光。

3. 原子时代，也就是黑暗时代。物质已经形成，但还没有产生恒星这样的光源。

4. 恒星时代，恒星诞生，宇宙被点亮，恒星成为宇宙的基本单元。

5. 暗能量时代，物质的密度已经小于暗能量，引力影响小于膨胀的趋势，宇宙加速膨胀下去。



思考题：

这一讲我为你介绍了宇宙的5个阶段，我的目的并不是让你去记住这5个阶段，而是希望告诉你宇宙演化的底层逻辑。人类历史也有各种阶段的划分，它们代表的底层逻辑是什么呢？希望你分享一下自己的理解。



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

< 前一篇

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa

字号



写留言

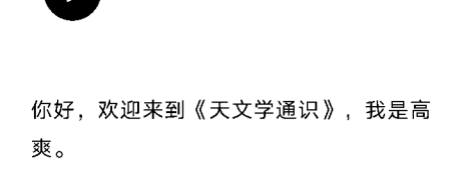


21



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入详情页 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

前两讲，我们分别从空间和时间的角度介绍了一下我们对宇宙的认识，还有一个角度也特别值得介绍。那就是我们人类是否孤独，宇宙中是否还有其他生命？

这个问题对于天文学很重要，对你理解天文学也很重要。之前介绍宇宙学原理的时候，感觉这个原理只是在帮助我们解释各种奇怪的现象。

宇宙学原理可不只是能帮我们解释现象，它还能指导我们去发现现象。在寻找外星生命的过程中，我们就是靠着宇宙学原理的指导，去进行探索和发现的。

—— 1 ——

如果你有机会去问天文学家，问他们是否相信有外星生命，虽然我们没有任何证据证明这一点，但我敢肯定绝大多数人都会说自己相信。

为什么天文学家没有事实证据，也依然相信有外星生命呢？就是因为宇宙学原理。我们不相信地球是特殊的，所以宇宙中应该有很多和地球类似的星球。

我们也不相信人类文明是特殊的，所以我们肯定不是全宇宙中第一个诞生的文明，否则的话也就不符合宇宙学原理了。所以那么多和地球类似的星球，上面肯定已经诞生了生命，甚至他们的文明程度远高于我们。

所以，外星生命早已存在，只是我们尚未发现。

其实，这里有个问题啊。我们人类文明现在能力有限，探索不到更远的地方，所以没有发现外星文明。这很正常。可是我们在宇宙中并不特殊，我们的文明是平庸的，但是为什么没有更发达的文明来发现我们呢？

这的确是个问题，而且很多人尝试给出了解释。比如，宇宙中的文明都有一个天花板，任何文明发展到一定阶段后都会自我毁灭。也就是说，没等到高级文明发现我们，他们就都已经自我毁灭了。

这是一种说法，还有一种说法，高等文明其实早就发现了我们，只是没有和我们联系，我们就像是野生动物园里的保护动物，被他们观察和研究。

如果你看过小说《三体》的话，肯定知道黑暗森林法则，这也是其中一个解释。因为各个文明都互相猜疑，所以谁也不愿意首先暴露自己。所以整个宇宙看起来才是静悄悄的。甚至这个假设还带来了一个大讨论，那就是我们是不是应该主动接触外星人？

不过，人类的好奇心也是防不住的。霍金曾经反对主动接触外星人，但是在他生命的晚年，却支持了一个项目，要发射探测器到比邻星去看看。比邻星是离太阳最近的一颗恒星，那可是三体人的老家啊。

所以我们还是要主动去探索。探索中最直接的方式就是亲自去看看。但是，宇宙这么大，我们的能力又非常有限。像是“旅行者1号”，它已经是飞得最远的探测器了，也只是刚刚脱离太阳风的影响范围。它要想脱离太阳的引力范围到达其他的恒星，还需要至少上万年的时间。

—— 2 ——

所以，我们需要进行取舍，优先选择最有可能的地方去探索。这就又要使用到宇宙学原理了，优先去探索那些和地球相似的星球。地球上生命，那么和它像的地方也最有可能有生命。

所以，人类最开始就对金星和火星充满了期待，因为它们的大小和地球类似，到太阳的距离也非常合适。所以，人类的探测器最早也是去这两颗星球。

金星，前苏联和美国在上个世纪60年代就已经发射了探测器。整个金星都被温室气体覆盖，地面温度有400多摄氏度，可以把金属铅熔化。这里简直就是地狱。

火星也一样。当探测器到达火星后发现，这就是一个红色的戈壁，没有发现任何水的痕迹，更别说生命了。

其实当发现金星和火星不存在生命后，天文学家就已经对太阳系不抱什么希望了。金星火星没有，其他星球更不可能了。它们要么太近，要么太远，都不可能液态水。

可是没想到事情发生了转机，太阳系里还是非常可能存在外星生命的。

不过我们的信心不是来自于太阳系里的行星，而是卫星。其中最振奋人心的还是2014年“卡西尼号”土星探测器的发现。它发现土星的卫星土卫二是一个被冰层覆盖的星球，而且在冰层下面有一个全球性的液态海洋，在这里已经具备了所有生命诞生的条件。甚至有人说，如果把地球上的深海微生物拿到土卫二，它们是可以继续繁衍下去的。

不过“卡西尼号”还只是远远地从土卫二身边掠过，没有登陆土卫二。后来“卡西尼号”燃料耗尽，在NASA操作下主动撞入土星销毁了。这也是担心探测器上携带的微生物会入侵土卫二原有的生态系统。所以，如果想要有更深入的研究，只有等以后再探测器到达土卫二附近了。

这还是在太阳系内，我们靠探测器还可以去看看。要是太阳系外呢？那就更需要宇宙学原理的指导了。

—— 3 ——

在宇宙学原理的指导下，至少有两种方式可以帮我们去探索。

这两种方式的思考的角度非常不同，甚至可以说是两个极端。一个是考虑我们为什么会存在，我们存在的原因也应该是外星生命存在的原因。另一个是考虑我们如果一直发展下去会如何，我们会做的外星生命也会去做。

什么意思呢？

先说第一个，我们为什么会存在？考虑这个问题，其实就是通过了解地球生命的诞生条件，去判断哪些地方最有可能诞生生命。

就比如，对地球生命最重要的就是液态水。所以我们在探测系外行星，也就是太阳系外的行星时，就会特别关注它们是不是在宜居带。宜居带的意思就是行星距离恒星的位置不远不近，恰好可以维持液体水的存在。

这其实就是一个非常苛刻的条件了，因为宜居带是一个非常窄的范围。就比如我们太阳系，如果把太阳系的范围看做是一个足球场的话，宜居带只相当于用刻刀划下一道的宽度。

这么窄的一道，是不是符合条件的行星特别少呢？地球可能就只是一个巧合。

事实上并不是，宜居带中的行星比想象中要多得多。就比如，在2017年发现的一个系外行星系统，就有7颗和地球差不多大的行星，而且有6颗是在宜居带上。

这其实也给了天文学家更多的信心，宜居带的行星这么多，概率上来说也应该是存在外星生命的。

这是第一种思考方式，是从“过去”寻找线索。第二种的思考方式就完全相反了，它是从“未来”寻找线索。

我们再来看一下第二种方式思考的问题。我们如果一直发展下去会如何？思考这个问题的原因，是我们相信，对于我们来说是未来的事情，更发达的文明应该已经做到了。

利用这个方法寻找外星文明，最经典的就是寻找戴森球了。注意，我这里说的是外星文明，而不是外星生命，没有形成文明是无法做到的。

戴森球是什么意思呢？戴森球，最先是由物理学家弗里曼·戴森提出的。

他通过研究人类文明知道，文明的发达程度和它对能源的利用程度是相关的。所以，一个高等文明发展到后来，肯定会把整个恒星的能量都利用起来。怎么做呢？最简单的方法就是用太阳能电池板把整个恒星都包起来，一点也不浪费。这个把恒星包裹起来的球，就叫戴森球。

如果真的这么做了，那么从远处看，这颗恒星的发光情况一定是非常异常的。所以，只要在宇宙中发现有哪些恒星的发光是异常的，那么它们附近很可能就有外星文明。

这个想法并不只是一个思想实验这么简单，如果你去看天文学的论文的话，经常可以看到天文学家们讨论戴森球。这是一个非常严肃的话题。

当然了，造成恒星发光异常的原因有很多，戴森球只是其中一个解释，所以现在也没有一个被大家公认的戴森球。

其实还有一个更直接的方法，那就是监听



其实还有一个更直接的方法，那就是监听宇宙中发来的信号。如果有外星人的话，他们一定也像我们一样希望找到同伴，所以他们可能早就给我们发出了信号，只是我们还没有接收到。

由天文学家德雷克和卡尔·萨根发起的搜寻地外文明计划，也就是SETI计划。它就是组织地球上的射电望远镜接收宇宙中的电磁信号，看看是不是能找到外星人发来的信息。我们国家新建好的FAST天眼望远镜，是现在最大的单口径望远镜，它也会进行搜索外星文明的工作。所以，如果真的有外星人的话，很有可能第一个接收到他们信息的就是我们中国人。

划重点

添加到笔记

1. 因为我们相信宇宙学原理，相信地球和我们人类文明不特殊，所以我们也相信有外星人存在。

2. 直接探索是寻找外星生命最直接的方法，我们会优先选择与地球相似的星球探索。现在土卫二是太阳系中最有可能存在外星生命的星球。

3. 无法探索的地方，我们仍然可以在宇宙学原理的指导下寻找线索，比如，寻找宜居带和戴森球，或是直接接收外星人信息。



思考题：

这一讲我们讲的是对外星生命和外星文明的探索，但是也有一些人反对我们去主动接触外星人。他们认为我们的宇宙就像是科幻小说《三体》里说的一样，是一片黑暗森林。那么你觉得我们应该主动接触外星人吗？为什么呢？



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

高爽 · 天文学通识30讲 昨天 进入课程 >

08 | 太阳是天文学的枢纽

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

从这一章开始，我将会为你一个一个地介绍天文学中的关键元素。

我向你第一个介绍的是太阳。为什么先介绍太阳呢？

我想你肯定会说，这还用问，太阳嘛，距离我们最近的恒星，我们肯定了解得最详细。而且它也对我们最重要，我们能够存在，全靠太阳提供能量。

没错，这的确是我要先介绍太阳的一个理由。但只是很小一部分，我要先介绍它，是因为它对天文学有着非常重大的意义。如果用一个词来形容的话，有一个词会非常合适，那就是“枢纽”，太阳是天文学了解远方的枢纽。

—◆ 1 ◆—

为什么这么讲呢？这就要先讲一个科学家的小故事了。据说这个人是世界上第一个知道遥远的恒星为什么会发光的人，他就是核物理学家汉斯·贝特。因为他发现了恒星的热核反应原理。

就在刚想明白这个道理的那个晚上，他和自己的女朋友一起约会。他的女朋友指着天上的繁星说：“它们真美。”汉斯·贝特听到后回答说：“是啊，而且我还是世界上唯一一个知道它们为什么会发光的人。”

这是一个浪漫的故事，但是在这个背后却有一个更深刻的问题。恒星那么远，数量又有无数多个，汉斯·贝特是怎么能知道它们是如何发光的呢？我们现在肯定知道，因为太阳，太阳就是一颗恒星，在恒星中它很普通，只是距离我们比较近。

所以，太阳就可以作为亿万恒星的样本，我们只需要搞明白太阳，就相当于搞明白了所有恒星。或者，我们有了一个想法能用来解释某些恒星现象，但是不知道对不对，那我们就可以把太阳作为检验对象进行验证。

太阳，是我们能与遥远恒星发生联系的枢纽。至于我们是如何知道太阳和其他恒星是同类的，其实我们在第一章的时候就已经讲到了，通过光谱分析可以知道，所有恒星，包括太阳在内，它们的元素模式是一致的，所以它们的规律也应该是一致的。正因为这样，汉斯·贝特才能如此自信地对女朋友讲出那句话，他知道恒星为什么会发光。

—◆ 2 ◆—

不过，你有没有好奇过，汉斯·贝特是一个核物理学家，研究的都是最微观的问题，结果却解决了一个恒星尺度的宏观问题。他为什么能做出这么跨界的事情？这就是太阳作为枢纽的另一个层面了。它在天文学的模型体系中的地位非常重要，因为作为一个枢纽，它连接了宏观与微观。

汉斯·贝特知道为什么恒星能持续发光，那是因为他搞明白了核聚变反应如何能够持续发生，这正是恒星内部发生的事情。

最开始人们对太阳的最大好奇就是为什么它能持续地发光发热。这个问题一直困扰着科学家，因为太阳释放出的能量实在是太大了。

我们地球上绝大多数的能量来源都是太阳，而这还只是非常小的一部分。所以，到底是什么维持着太阳活跃，很多科学家都给出过自己的思路。有说太阳就是一个大煤球的，有说太阳是靠引力势能维持发光的，但是没有有一个办法可以让太阳发光几十亿年。

第一个给出靠谱猜想的是爱丁顿，就是那个在日食的时候，观测了星光偏折现象，证明了广义相对论的天文学家。他的猜想，也是受到了相对论的启发。相对论里有一个重要的结论，就是质能方程 $E=MC^2$ 。这个方程告诉我们质量和能量可以互相转换，即便是一点点的质量损失也会释放出巨大的能量。太阳只有通过这样的方式将质量转换成能量，才有可能持续几十亿年的发光发热。

但是，这还只是一个想法，具体是怎么发生的在当时还是一无所知。我们现在知道是因为核聚变，可是当时连原子核里有中子这件事都不知道，所以这个问题，就不是天文学家能解决得了的。这也是为什么汉斯·贝特是一个核物理学家却能回答天文学问题的原因。

于是，为了解决太阳发热的问题，核物理被连接到了天文学的模型体系中。微观世界和宏观世界产生了关联，太阳的枢纽价值再次体现。

就这样在物理学家的努力下，太阳持续发光发热的问题解决了。物理学家顺便也建立起了核物理的基础。当然了，我这么说，是因为我是天文学家。如果是站在物理学家的立场，他们肯定会吐槽，核物理才是关键，太阳才是顺带解决的问题。

好吧，这都不是重点。不过，只是靠核物理的话，太阳的问题还是无法完美解决的。还需要把更多领域的知识给连接进来才行。

—◆ 3 ◆—

我们在第一章就讲过了，天文学的可靠性是建立在模型之间的互相关联上的，关联的模型越多，跨越的领域越多，也就越稳定。太阳就把这点发挥到了极致。现在关于太阳的模型叫做标准太阳模型，它就因为自己强大的关联能力，成为了天文学中最稳定的模型。

稳定到什么程度呢？举个例子，在一些游戏里面，玩家可以设置自己的宇宙。假如创建一个太阳，你是可以任意修改各种参数的。比如，可以让太阳的温度高一点，但是其他的参数，比如体积啊、质量啊、颜色啊都保持不变。

这里我可以告诉你，如果一个游戏设计成这样的话，那么这个游戏的设计者一定不专业。因为在标准太阳模型中，质量、体积、温度、光度等等，都是紧密关联的，任何一个参数都不能单独修改，否则太阳将不能稳定存在。

为什么会这个情况呢？那是因为核聚变的背后隐藏着一个长长的逻辑链条，而且这个逻辑链条关联了太阳的几乎所有参数。

什么意思呢？这么说吧。太阳能够发生核聚变，是需要巨大的压力下才能发生的。所以太阳只有在核心部分才能有这么大的压力。这就是说，太阳不是整个都在发生核聚变，会发生核聚变的部分只占太阳体积的0.8%，大概是地球体积的8000倍。

不过这并不是说，剩下的99.2%并不重要，如果没有它们因为重力向内挤压核心，太阳核心是没有条件发生核聚变的。就比如木星，它就像是一个发育不全的太阳，核心压力虽然也很大，但是还不够发生核聚变。如果质量再大个80倍，那么它也能点燃自己。

也就是说，核聚变的程度与太阳质量是紧密相关的。质量越大，核聚变发生的程度越大。所以，要想有一个完整的模型解释太阳发光发热，那么就需要把太阳质量这个参数关联进来。而且这条逻辑链条还远远没完。

质量越大，核聚变程度越大。核聚变程度越大，那么释放的能量就越多。释放的能量越多，那太阳的温度也就越高。这样温度这个参数也就需要被关联进来了。

温度被关联进来了，那么太阳的亮度，准确地说是光度也需要被关联进来。我们都有这样的经验，烧红的铁块，温度越高它越亮。所以温度越高，往往表面也越亮。

我先举这几个参数作为例子，这个逻辑链条还要更长，几乎所有太阳可以测量的特征都可以被关联到这个模型中。

更重要的是这些参数也都不是独立的，在它们的背后还有一长串的观测数据和理论也被关联了进来。

就比如质量，我们肯定没有一个秤去称一下太阳多重，它是通过牛顿力学和其他行星的运行轨道计算出来的。所以，把质量关联进来，就是把牛顿力学给关联进来。

还有光度，我们是可以直接测量地球上太阳的亮度的。我们在第一章已经知道了，亮度把距离因素消除掉才是光度，这下又把测量距离的方法关联了进来。

温度就更复杂了，温度是根据太阳的颜色推测出来的，这又把热辐射理论关联进来了。

—◆ 4 ◆—

这就像是解数学题，如果未知数只有一个，那么一个方程就行了。如果有2或3个未知数，那么就至少需要2个或3个方程，才能把未知数解出来。这就是方程组。所以，发现的方程越多，那么能解决的问题就可以越复杂。

前面讲的每发生一次关联，都相当于有一个新的方程加入进来。



前面讲的每发生一次关联，都相当于有一组相关的方程。最后的标准太阳模型就是在这么多的约束条件下求解出来的。它也因此成为了连接所有这些知识的枢纽，精确而稳定。

在天文学里，能把如此多的理论和知识关联起来的模型是绝无仅有的，所以才说标准太阳模型是天文学里最稳定的模型。正是因为这样，在我们把这个模型推广到所有恒星的时候，才有勇气承认我们是正确的。这才是太阳对于天文学最大的价值。

今天我们就先讲到这里，等后面我们讲到恒星的时候，你会对太阳的枢纽价值有更深刻的体会。

划重点

添加到笔记

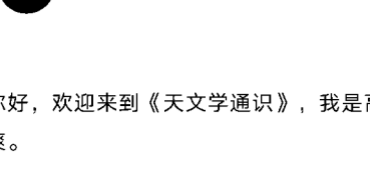
1. 太阳是距离我们最近的恒星，所以我们对太阳的了解最详细。
2. 太阳关联着天文学和物理学里的大量模型，是天文学模型体系里的最深一环，关系着整个天文学的稳定。
3. 理解了太阳，才能应用宇宙学原理，理解更远处的恒星。



思考题：

我们可以了解太阳这么详细，的确是因为它距离我们近。但是它真正的价值并不是因为近，而是它作为一个核心枢纽连接了各个领域。这样的情况在我们日常生活中也经常能够见到，你可以从自己的身边举几个例子吗？

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入小程序 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

在上一讲，我介绍了太阳的枢纽地位，这一讲我觉得有必要特别来介绍一下太阳的内部结构。

我们对太阳的细节了解越多，就代表着对全宇宙恒星的了解越深入，所以努力了解太阳的内部结构，一直是天文学家努力的目标。

但是在几十年之前，人类对太阳的理解还都几乎停留在它的表面，比如我们上一讲提到的太阳质量、表面温度、光度，等等，但对太阳的内部几乎一无所知。

这是理所当然的，太阳又不是一个透明盒子，可以直接看到里面。而且太阳还太热了，我们也没办法发射探测器到太阳表面。不过，这仍然挡不住天文学家，他们还是靠着思维的能力，深入到了太阳更深处。

就如如上讲提到的，太阳内部至少有一个核心，这个核心持续发生核聚变反应。几乎所有太阳释放的能量都来自这里。这个核心不需要去亲眼看到，就可以根据核聚变发生的条件推测出它的大小、密度、温度等等。我们还给这个核心起了个名字，叫做日核。

日核呢，还能有个线索，能通过核聚变反应的条件进行推测。其他部分呢？没有线索了，是不是说这部分的细节就不可能知道了呢？这并没有难倒天文学家，他们还是找到了突破口。

天文学家发现整个太阳并不是像桃子一样，除了核心都是一个整体，而更像是洋葱一样，是一个多层结构。除了日核，剩下的部分至少能分成两层，从内到外分别是辐射层和对流层。

— 1 —

为什么叫这两个名字呢？辐射和对流，是热量传递的两种方式。所以，这次了解太阳内部的突破口，是它热量传递的方式。

热量传递一般有3种方式，分别是对流、传导和辐射。不同物体，它们的热量传递方式往往和它们的形态有关，就比如，对流在液体中就非常常见。因为液体可以流动，冷热液体之间就会形成对流的情况，热量就会随着液体的流动进行传递。

固体呢？没办法流动，所以温度是通过分子的振动一个一个传递过去的，这就是所谓的传导。还有一种是辐射方式，就是高温物体会发出电磁辐射，辐射被其他物体接收后温度也会提升。

那太阳内部是什么形态呢？密度那么高肯定不可能是气体了，那是液体或是固体？都不是，太阳是在气体、液体和固体之外的第四种形态，等离子体。

等离子体是在高温或是强磁场下形成的，在这种条件下原子中的电子会非常活跃，原子核已经吸引不住了。所以等离子体里面没有电中性的原子，都是带电荷的离子，所以才叫等离子体。

整个太阳就是一个等离子体的大球，于是气体、液体和固体的经验我们都没办法直接用。那怎么办呢？最开始从这个角度思考问题的是德国的天文学家史瓦西。他把温度、压力和密度这些参数结合到一起进行了计算。

对天文学感兴趣的人对史瓦西这个名字肯定非常熟悉。他通过相对论推导出了史瓦西半径，那是黑洞形成的重要条件之一。这部分内容等后面我们讲到黑洞的时候还会详细介绍，这里我们还是重点关注他是怎么考虑太阳热量传递的。

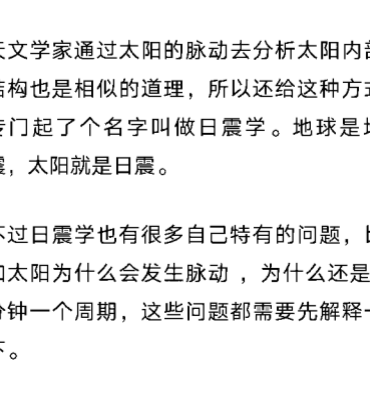
他对这个问题的贡献是，他首先发现了太阳内部的压力对热传递也有非常重要的影响。大概的逻辑呢，是这样的。

如果不考虑压力变化的话，太阳从里到外肯定是都会产生对流的。就像是煮开的水一样，上下翻滚。

你想，太阳越是靠近日核，温度肯定就越高，温度高的话，热胀冷缩体积变大，密度肯定就会变小。密度小了，就会浮起来，向外面飘去。到了外面，温度降低，密度增加，然后再沉下来，回到太阳核心。这样循环往复，就形成对流了。

但是如果把压力考虑进来就不是这么简单了，越靠近太阳核心，温度升高了，按理来说密度是要减少的，但是外部压力也增加了啊。在压力的影响下，体积不一定会膨胀，所以密度是不是减少还不一定呢，关键要看压力和温度的影响谁更强势。

史瓦西就是在这方面作出了计算，他发现了从日核的边界到太阳半径70%附近，压力影响更强势，所以这段不会发生对流，主要是以辐射方式进行热量传递。但是超过70%之后，温度影响就开始主导了，所以会是对流为主。于是就能知道了，太阳除了日核之外，至少还有辐射层和对流层。



辐射层，传递热量的主要方式就是通过电磁波，也就是通过光子在带电粒子间传递。你可能想象不到，一个光子如果从日核产生，要想到太阳表面，大概需要十几万年的时间。

没错就是十几万年。而且时间主要就是耽误在辐射层了，光子只要突破里面的辐射层，外面的对流层只需要28个小时就能跑出去。再然后只需要8分半，光就可以传到地球。

这是因为辐射层里的带电粒子都能吸收光子，吸收后再释放，就不一定是朝着什么方向了。所以一个光子会反复在辐射层里进行折返跑。感兴趣的话，你可以自己算一下，一个光子十几万年会移动多少距离，你就能大概明白它走了多少冤枉路。

— 2 —

讲到现在，通过各种方式我们已经能够确定太阳是至少有三层的。但这也只是一个大概估计。真正对太阳内部的精确了解，还是因为发现了一个特殊现象。

1960年的时候，天文学家罗伯特·莱顿发布了他的一项新发现。他发现了太阳会像一个巨大的心脏一样进行跳动，而且跳动得还非常有规律，大概5分钟一次，每次亮度会有千分之一的变化，半径会有百万分之一的变化。

就是这个现象的发现，让天文学家对太阳内部的了解有了质的飞跃。

为什么这么说呢？要回答这个问题，我作为一名天文学家就要给你讲点地理知识了。你有没有好奇过，我们人类是怎么知道地球内部结构的。你要知道，我们人类钻探最深也不过是10几公里，如果地球是一个苹果的话，这个深度连苹果皮都没有钻透。

但是我们却能非常自信地知道地球内部结构，什么地核、地幔、地壳，如果细分的话能有五六层的结构。这是怎么知道的？

答案是靠地震波。

每次发生地震，都会产生地震波，地震波会在地球中传递。这就好像是一个天然的声呐系统向地球内部发出了声波，通过分析地震波的反射情况就能知道地球内部的样子。地球内部的不同层次有着不同的密度，密度不同就会引起地震波反弹。

所以地震发生后，通过后续地震波的传播和反射情况，科学家就能分析出地球内部的结构。每次地震，都像是在给地球做B超检查。

天文学家通过太阳的脉动去分析太阳内部结构也是相似的道理，所以还给这种方式专门起了个名字叫做日震学。地球是地震，太阳就是日震。

不过日震学也有很多自己特有的问题，比如太阳为什么会发生脉动，为什么还是5分钟一个周期，这些问题都需要先解释一下。

那到底是因为什么呢？这还要从对流层说起了，对流层中的物体不是会形成对流吗？每个对流循环都相当于是一个上下振荡的活塞。只不过这个活塞遍布在整个太阳上，密密麻麻的，互相之间谁先谁后，步调根本不一致。正常来说是不会有规律的，也不能出现5分钟的周期。

但是这个活塞产生的振动波会在太阳内部发生折射或反弹，然后重叠在一起就产生了某种共振，准确地说是谐振。就像是吹口哨，能发出固定音调的声音，就是因为声波在口腔中发生了谐振。太阳的脉动也一样，在谐振作用下，最后体现出来就是五分钟一个周期的脉动现象了。

这一下就给天文学家提供了绝佳的方法去分析太阳的内部，就像用地震波分析地球



这一下就给天文学家提供了绝佳的方法去分析太阳的内部，就像用地震波分析地球一样去分析日震，也就能知道太阳内部的密度变化和层次情况了。最后甚至知道了，太阳各个层次之间旋转的速度还不相同，太阳表面自转一圈大概要20多天。

比起表面，太阳的内部要旋转得更慢，一圈大概要接近30天，日核转一圈要30多天。如果没有日震学这是不可能了解到的。

通过对太阳的了解，天文学家们很容易地就可以把日震学推广到所有恒星上，所以就产生了星震学。于是我们对遥远恒星的理 解，也不再是一个没有大小的点，而是可以通过星光的闪烁了解内部更多的信息。太阳再一次成为了我们了解远方的枢纽。

划重点

添加到笔记

1. 太阳不是透明的，天文学家不能直接看到太阳的内部，但我们仍然可以通过核聚变理论知道太阳一定有一个日核。
2. 根据太阳发光发热的模型，从能量的传递的方式可以推测出太阳内部还应该有辐射层和对流层。
3. 太阳亮度5分钟一次的脉搏跳动，就像是B超一样，帮助我们了解太阳内部更细致的结构。



思考题：

天文学家借鉴地质学家的经验，从他们用地震波研究地球内部的方法受到启发，想到用日震去了解太阳的内部。天文学家敢这么用是因为找到了两者在底层上的共同点。你在工作和学习中，有过类似的经验迁移吗？它们的共同点是什么呢？

< 前一篇

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa

字号



写留言



15

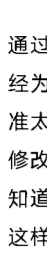


请朋友读



高爽 · 天文学通识30讲
昨天

进入小程序 >



10 | 狂暴是太阳的另一张面孔

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

通过前两讲的介绍，我想在你的脑子里已经为太阳建立起了一个稳定的形象了。标准太阳模型，非常稳定，一个参数都不能修改，还有稳定的5分钟振荡周期，让我们知道太阳的内部结构也是稳定的。的确是这样，太阳已经稳定地燃烧了50亿年，未来它还将稳定地燃烧50亿年。

对于我们来说，太阳就像是和善的君主照耀着我们。但是，太阳并不是只有稳定的一面，它还有非常狂暴的一面。

—◆ 1 ◆—

我们先来看一个1989年发生的事情。在那年的3月13日，本来是很平静的一天。突然，地球就像是遭受了外星人定向打击一样，发生了全球性的灾难。加拿大魁北克电站，电压器被烧毁了，造成该地区电网停电；很多近地卫星和同步轨道卫星发生异常，轨道改变，甚至报废；全球无线电通信受到干扰或中断，轮船、飞机的导航系统失灵；日本的一颗通讯卫星发生异常，美国的一颗卫星轨道下降，美国海军的4颗导航卫星丢失目标6000多个；宇航员、高空飞机的乘客受到了超警戒的辐射剂量。

我想你已经猜到了，造成这个灾难的凶手就是太阳。而且我们现在还知道，这是因为太阳表面的剧烈活动向太空中喷出大量带电粒子造成的。这些物质到达地球后，干扰了地球磁场，让地球产生了磁暴现象。磁暴就是地球磁场出现了剧烈波动的情况，最直接的表现就是会让电子设备失灵甚至烧毁。

平时太阳也会像洒下阳光一样向四周释放带电粒子，我们还给这个现象起了个形象的名字，叫做太阳风。正常情况，太阳风就像是春风一样吹过地球，并不会引起磁暴。但是像1989年的这次情况，肯定不能用风来形容了，所以我们把它叫做太阳风暴。

其实根据天文学家观察，在2012年还爆发过一次太阳风暴，威力也非常大。你可能会想，2012年并没有过去很久啊，为什么不记得当时有这方面的报道呢？你应该感到庆幸，因为这次的超级风暴并没有击中我们，而是从地球旁边擦身而过。要不然，就以我们现在对电子设备的依赖程度，后果肯定不堪设想。

太阳风暴的可怕之处不只是它带来的全球性的灾难，关键是我们对它的了解还很少。它什么时候会发生，发生的威力有多大，至今我们也没有有效的预测手段。

是的，面对这个问题，我们真的无能为力。前面两讲讲到的所有知识，对解答这个问题都无效。我们现在唯一知道的是，太阳活动还有一个11年周期，太阳风暴的发生与这个周期密切相关。至于更准确的时间，我们无法知道，甚至我们都不知道太阳为什么会有一一个11年的周期。

其实，就连我们发现和确定太阳的这个周期都经过了很多波折。那这个周期是怎么发现的呢？一切都是开始于人们对太阳黑子的观测。

—◆ 2 ◆—

黑子是出现在太阳上的特殊现象。当然了，太阳太亮了，肉眼不能直接去看。如果通过特殊的镜片过滤掉一部分阳光的话，就会看到大部分时候太阳都是一个亮度均匀的圆盘。但是如果持续几个月甚至几年的观察就会发现，太阳上偶尔会出现一些小黑斑，这就是黑子。把太阳看成是一块美玉的话，黑子就像是表面上的污点。

我们现在知道黑子并不是什么污点，而是太阳表面出现了温度相对较低的情况。因为和周围相比，温度比较低，所以看起来就暗，感觉是黑斑。黑子的亮度只是相对比较暗啊，其实它的绝对亮度甚至比高压电击穿后出现的电弧还要亮。

虽然在汉朝的时候我们国家就已经有过太阳黑子的记载了，但是真正对太阳黑子进行科学观察，还要等到伽利略出现。

伽利略是第一个用望远镜看天空的人，他也是第一个用望远镜观测到黑子的人。但是这里说伽利略，并不是因为这件事，更重要的是从他开始，欧洲的天文学家开始对太阳黑子进行科学的记录了。

虽然当时他们也不知道黑子到底是什么，但是都会进行客观记录，不只是记录时间，还会记录大小，出现在太阳的什么位置，甚至还会把太阳黑子的样子直接画出来。这就要比我们国家古代的记录更精确、更客观了。

也正是这样，经过欧洲天文学家几代人、上百年的记录，最后才能揭开黑子和太阳活动的关系。最后完成临门一脚的是德国天文学家史瓦贝，他持续观测了太阳17年。最后在1843年，他通过对自己观测数据的分析发现，太阳黑子的数量似乎有一个11年的周期。

但是这个时候还只是一个猜想，因为史瓦贝的数据只能算是一个孤例，可信度还不高。后来还是另一个天文学家鲁道夫·沃夫，他把从伽利略开始的太阳黑子记录都收集了起来，在这两百多年的记录中也发现了11年的周期。到此，天文学家才确定了太阳黑子活动是有周期性的，后来也证明了这和太阳内部活动有关。

其实，这种前人种树后人乘凉的事情在天文学里经常发生。就比如，哈雷能成功预测哈雷彗星的回归，就是因为前人做了详细的记录，他只是对数据做了分析和计算，他自己都没有亲眼见过哈雷彗星。还有开普勒，能提出开普勒三定律，成为天空的立法者，还是因为他的老师第谷有着当时最完善的行星运行数据。

这个传统在现在的天文学里依然非常重要，所以大部分的望远镜的数据都是公开的，有一些天文学家即便是一次也没有操作过望远镜，但是依然可以分析数据，提出重要发现。

—◆ 3 ◆—

我们再讲回太阳啊。当时发现了黑子出现的规律，知道了太阳活动的周期，但是这背后代表了啥，没人知道。如果当时有人说，这个周期会对我们地球产生巨大的影响，是不会有相信的。

第一次发现了这种关联是在1859年。那一年的9月，出现了史无前例的极光现象。平时的极光只有在地球两极附近才会看到，但是这次却在加勒比海都能看到，这可都已经接近赤道了。

我们现在已经知道了，这一次是有记录以来，地球遭受的最强烈的太阳风暴。因为当时电报系统已经开始应用，所以在这次袭击下，欧洲和北美的电报系统很多都出现了失灵、电击甚至火灾的情况。这就是典型的磁暴现象。

在这次事件的前一天，天文学家卡林顿发现太阳黑子异常活跃，甚至他还发现了以前从来没有人注意到的现象。在某个瞬间，黑子旁边出现了特别亮的亮斑，持续了一分钟左右的时间就消失不见了。我们现在知道，卡林顿发现的亮斑其实是太阳耀斑现象。耀斑发生的同时，太阳会释放出巨大的能量，有时也会把大量的太阳物质抛洒到太空中。1859年的这次磁暴，就是我们地球被太阳抛洒出的物质击中了。

可是在当时，天文学家还不知道这一点。但是卡林顿凭借着自己的经验和直觉，坚信耀斑的发生就是第二天磁暴爆发的原因。但是直到他去世也没有能够提出更进一步的证据。

所以，到了几十年后，开尔文勋爵，就是提出了绝对零度的开尔文勋爵，仍然提出质疑。他认为太阳不可能影响到这么远的地球，更别说让地球产生磁暴了。磁暴可能只是地球上一种特殊的大气现象。

最后为这件事落下实锤的是另一个天文学家，爱德华·蒙德。他在1886年年底发现了一个非常特别的磁暴，它的特别之处是，它连续发生了4次，而且每次的间隔都是27天。为什么是27天，这成为了蒙德解开所有谜题的关键，也是把太阳活动和地球磁暴关联起来的证据。

因为27天正好是太阳相对于地球的自转周期。太阳自己转一圈是24天，但是地球还在公转，两个运动组合在一起，太阳相对地球的转动周期就是27天。太阳就像是一个灯塔一样，每转一圈朝向地球后，地球都会被它发出的太阳风暴所影响，也就是发生了磁暴。

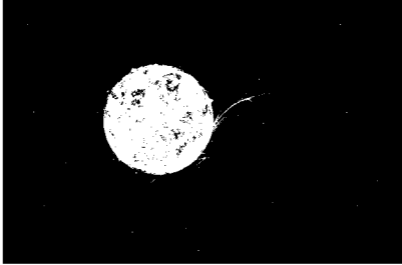
于是，这就成为可靠的证据，太阳黑子、耀斑、11年周期、地球磁暴终于被联系到了一起。

—◆ 4 ◆—

从蒙德的发现到现在已经过了一百多年了。但是我们对这些生死攸关的问题，并没有什么重大的突破。其中一个重要原因是我们没有研究清楚太阳的磁场情况。如果去看我们地球的磁场的话，就会发现磁感线非常有规律，连接着南北极。但是太阳的磁场不是这样，如果画出来的话，那



阳的磁场不是这样，如果画出来的话，那就是一团乱麻。我在文稿中提供了一个图片，你可以打开看一下。



我们现在已经知道了，黑子和耀斑都与太阳的磁场活动有关。甚至我们还研究清楚了，太阳11年的周期，更本质的原因是每11年太阳的磁场就会翻转一次，所以才会有11年的活动周期。

但是再往下，磁场为什么产生，又是什么规律，为什么会翻转？我们就知道了。或许我们还需要很长的时间才能真正地研究清楚这一切。

划重点


添加到笔记

1. 太阳风暴是太阳的剧烈活动，它会瞬间释放巨大能量，对地球上的通讯造成严重影响。
2. 太阳活动的出现有一定的规律，和太阳上的黑子出现的周期一样，都是11年。
3. 天文学已经知道这些活动和活动的规律，跟太阳的磁场有关系，但是更深刻的原因还不十分清楚，这是天文学未来需要回答的大问题之一。



思考题：

天文学家在还不知道黑子是什么的时候，就一直在对它们进行观测和记录。也正是因为有了这样的记录，才给了后来的天文学家找到黑子规律的机会。这是天文学家们的习惯，面对未知时，先进行记录，再去寻找真相。你在解决未知问题时会这样去做吗？有没有成功的经验？



高爽·大文学通识30讲
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

< 前一篇

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa

字号



写留言



11



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入详情页 >

11 | 太阳系的主宰是太阳

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

这一讲开始我要为你介绍太阳系了。上一章，我们一直在讲太阳，特别是对太阳内部讲得比较详细。这一讲要讲太阳系，其实从某种程度上来说，依然是在讲太阳。因为整个太阳系都是太阳的外延，太阳就是这里的主宰。

我就说一个数字吧，整个太阳系里的物质如果是100的话，太阳的质量占了99.86，剩下的地球、火星、木星、土星等等，全部加起来也就是0.14的质量。

所以，如果太阳是一个面包的话，太阳系里所有的行星都是不小心掉下来的面包屑。

— 1 —

事实上，我们也就是太阳在被创造时丢下的边角废料。

太阳和太阳系，差不多是在50亿年前诞生的。当时，整个太阳系还是分布在宇宙空间的一片分子云。我们现在知道，这片分子云的前世是一颗超新星爆发后留下的残骸，而且在这之前还有一次超新星爆发。也就是说，我们的太阳其实已经是第三代恒星了，在它的前面还有过两颗恒星。

我们是怎么知道的呢？因为像金这样的重元素，也就是黄金，它们是不会在恒星的核聚变熔炉中产生的，它们只可能在超新星爆发时产生。所以我们只需要分析一下太阳系里金元素的丰度，丰度就是自然状态下某种元素的占比是多少，通过丰度就能知道几次超新星爆发才能积攒起这么多重元素。

我们的太阳就是第三代恒星，而且不出意外的话，也应该是这个轮回的最后一次。因为现在太阳的质量是不会发生超新星爆发的。关于超新星爆发的内容，我们在后面讲恒星的时候还会详细讲的。

我们还是说回太阳系的诞生。最开始的分子云，可能受到了来自宇宙其他地方的扰动，失去了原有的平衡，在引力的作用下开始聚集在一起，慢慢地形成了一个巨大的旋涡。中心位置的物质越聚越多，聚得越多引力也就越大，然后就能把更远处的物质吸引过来。

就这样，旋涡的中心就把绝大多数的物质都聚集起来了。直到达到了一个界限，核心的核聚变反应爆发了，太阳诞生了，同时太阳系也诞生了。

如果能回到当时去看看的话，你应该可以看到除了中心最大的旋涡外，在外面还有一些很小的旋涡，它们也在努力地吸收周围的物质。但是因为中间旋涡的引力太大了，没给它们剩下多少，所以对比起来，它们真的是小得可怜。它们就是原始的行星了。

最开始的时候原始行星的数量还是挺多的，不过质量和体积也都要小得多。那个时候，整个太阳系还没有达到稳定的程度，所以行星之间的碰撞是经常发生的。于是，就会有不少个头不大的行星在运行中聚合在一起，越来越大，直到行星的轨道稳定下来，变成最后行星的样子。

— 2 —

现在太阳系里主要的行星就是我们熟悉的八大行星，从太阳开始分别是水星、金星、地球和火星，然后是木星、土星、天王星和海王星。

你可能已经注意到了，我们刚才的讲法特意把八大行星分成了两部分来介绍。水星、金星、地球和火星是一类。因为它们很多地方非常相似，个头都差不多，而且都是固态行星，也就是说都有岩石表面。

讲到这里，了解行星的人可能会有些不同意啊。你说金星和地球差不多大，这个没有问题，金星的半径几乎就和地球相等，都是六千多公里。火星呢，半径只有地球的一半，勉强可以说差不多。可是水星呢？只有地球半径的三分之一多一点。这已经是相差很多了吧。

没错，水星的个头与地球小很多，但是我们在考虑天文问题的时候往往都是在量级上寻找差异。虽然水星和地球相差3倍，但是毕竟还是在一个数量级上的。你要是去看太阳系中剩下的行星，木星是地球半径的十倍还要多，将近7万公里。剩下的土星、天王星和海王星，半径也都是好几万公里。

木星、土星、天王星和海王星，它们不只个头大，而且都是气态行星。所以天文学家又把太阳系里的八大行星分成两大类，靠近太阳的4颗，叫做岩石行星，或者是类地行星，就是像地球一样的意思。外面的4颗呢，叫做气态巨行星，也可以叫做类木行星，就是像木星一样的行星。

不过，现在天文学家更愿意只称呼木星和土星是气态巨行星，天王星和海王星因为表面温度更低，而且组成的主要元素也不同，所以把它俩称为是冰巨星。

你可能会吐槽了啊，一共就这么几颗行星，还分这么细，就差每颗都是一个独立分类了，有必要吗？你要这么吐槽呢，也有道理。甚至天文学家做得更过分。在我小时候的学校里教的还是太阳系9大行星，还有一个冥王星。现在只有八大行星了。这可不是说冥王星变没了，而是对行星的定义变了。

冥王星还在那里，只是我们觉得它个头不够，还不能称为行星，只能再起个名字，把冥王星叫做矮行星。矮行星具体是什么定义呢？我们后面讲冥王星还会详细讲。大致上来说，就是那些比行星小一些，但是又比小行星大一些的行星，它们也像行星一样呈现比较规则的球形。

你说天文学家为什么要这么纠结对行星分类呢？太阳系里一共也没有几颗行星，就差一颗行星就是一个分类了，是不是太矫情了啊。

你要只考虑太阳系呢，的确有这个嫌疑，但是你想想太阳系外，有那么多恒星呢，每个恒星周围可能都有很多行星。这么划分其实是大大地方便了对它们的研究。所以，这也算是在利用宇宙学原理，把我们对太阳系的了解推广到更远的地方吧。

更重要的是，对行星的分类，也暗含了对它们诞生机制的分类。为什么靠近太阳就是岩石行星，远离就是气态巨行星，这是和太阳有密切关系的。简单地说呢，就是太阳诞生以后，就开始持续地向外辐射太阳风了。像是氢气分子这样的小分子，就会被刮到更远的地方，留下来的就是金属或是岩石的分子了。

所以，靠近太阳的行星主要都是由金属和岩石组成，就变成了岩石行星。更远处的，主要由更轻的元素组成，也就变成了气态巨行星。

所以，你看看，太阳系里行星的具体形态虽然各不相同，但是它们都受到了太阳的重大影响。

— 3 —

其实，不只是行星的诞生和形态是由太阳主宰的，就连它们最终的命运也是由太阳的命运决定的。

再过不到50亿年，太阳变成红巨星，地球可能都会被包进去。其他行星的命运大概也好不到哪去。水星、金星、地球都不存在了，火星离太阳边缘太近，很可能被彻底气化，即便没有完全消失，也肯定改变了很多。木星和土星虽然还离得远，但是也会受到严重的影响。

比如说，太阳变成红巨星接近死亡的时候，会吹出大量的物质。太阳在红巨星阶段会损失掉多少物质呢？大到可能超出你的想象，太阳的45%都会丢掉。这些物质会被木星和土星这样的行星捕获，木星和土星因此会变得比原来更大。

我们观察过其他红巨星，在它们附近发现的行星都比咱们的木星大，这就是很好的证据。木星和土星因为会获得更多的物质，整体结构也会发生变化，体积会变得更大，但是对于木星和土星来说可不一定是好事。为什么呢？

太阳在红巨星阶段会变得更亮了，那就会对行星的辐射更加强烈。像木星和土星这样的行星，它们周围的光环和卫星大都是冰组成的，它们都会融化。甚至行星自身上的冰和甲烷也都会融化、蒸发。所以，木星和土星会成为一个比现在更蓬松的行星，自身对自己的物质的束缚就变得不那么强，随时有散架的危险。

这还不算最严重的影响，还有更麻烦的事。太阳在红巨星阶段，会损失那么多的质量，意味着太阳的引力会下降得很厉害。那么围绕太阳运动的行星和小行星，都会因为太阳引力的下降而获得自由。它们可能会逐渐远离太阳，轨道范围越来越大。

木星向外迁移，这是很了不得的事，造成的引力环境的改变，可能会引起一连串反应。再加上小行星集体往外跑，很可能在一片混乱中相互撞击。你可以把这个场面想象成电影院散场，不产生拥挤和混乱是不可能的。



不可能的。

所以，太阳的晚年到死亡的过程，也依然在主导着太阳系，甚至对太阳系的环境，尤其是行星有极大的破坏性。太阳不论是过去、现在还是未来，都会是太阳系的主宰。

划重点

添加到笔记

1. 从质量、引力和形成过程来说，太阳都是太阳系的主体。其他行星、卫星、小天体都围绕在太阳周围，是太阳形成的时候的边角废料。
2. 八颗大行星按照尺寸和内部物质组成的不同，可以再分成两类。这样的分类让天文学更好的理解行星的本质。
3. 这些行星和周围的小天体，它们的起源、演化，甚至是最终的命运，也都受到太阳的主宰。太阳的衰老会对行星造成一连串破坏性的严重后果。



思考题：

这一讲我们讲到了，天文学家喜欢对行星进行分类。很多分类看起来已经没有必要了，甚至还会让人觉得繁琐。但其实，分类划分得越细致代表着我们对它们理解得越深刻。你在自己的生活工作中有没有遇到过类似的情况呢？



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

← 前一篇

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



写留言

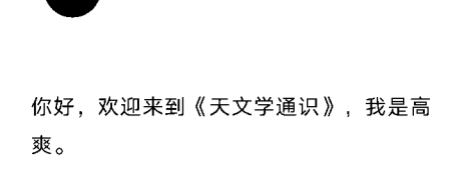


16



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入详情页 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

在上一讲，我们介绍了太阳就是太阳系的主宰。如果说太阳是太阳系的君王是在明面上的，是我们看得见的，那么在太阳系里还有一个隐藏的实力在为各个行星订立法律。

这个隐藏的实力是什么呢？就是引力。

——◆ 1 ◆——

我想你听到答案是引力的时候，内心可能会有微微的失望，这件事中学就都知道了啊，不就是有了引力，太阳才能吸引着行星不飞走吗？这好像没有什么特别强调的吧，是不是有些故弄玄虚啊。

你对引力理解得没错啊，不过我们这里关注的不仅是太阳吸引行星，还有行星相互之间的引力影响。我们在中学的时候，如果要做题，这部分影响肯定是不考虑的，行星的质量太小了，与太阳相比它们的影响忽略不计。

这是为了出题方便才会作这样的简化，在天文学中，行星相互之间的引力影响是非常重要的。举个例子吧，海王星的发现，就与行星之间的引力影响密切相关。

在18世纪的时候，当时人们对太阳系的了解还不是很多，一直以为太阳系的行星只有地球加上金木水火土这五颗。后来还是赫歇尔用自己制作的望远镜发现天王星，天文学家才知道太阳系里原来还有其他的行星。

接下来就是天文学中的行星大发现时代，很多人都把望远镜对准夜空，期待着能再发现新的行星，名垂青史。那时的天文学家也的确发现了很多小行星，但是下一个被发现的行星还是海王星。不过海王星的发现非常与众不同，因为它通过数学家用笔计算出来的，而不是望远镜发现的。

这是因为，在赫歇尔发现天王星后，天文学家去计算它的轨道，总是发现计算的结果和实际观测有些出入。所以就有人推测天王星外面还有一颗行星，就是这颗行星的引力影响到了天王星的轨道。

好，那就用望远镜去找吧。不过这个寻找太困难了，距离这么远，肯定又小又暗，很难直接看到。后来是英国和法国的数学家的计算，预测出海王星出现的位置，然后才由天文学家用望远镜看到。

所以，人们也把海王星称为是笔尖上发现的行星。

这个例子呢，只是让你先体会一下，行星之间引力的影响是不能随便忽略的。不过这个例子还只是在天王星和海王星两个行星之间，威力有限。接下来，我会让你看到，行星之间的引力影响是如何改变整个太阳系格局的。

——◆ 2 ◆——

我这就需要先介绍一个神奇的规律了。在天文学里叫做提丢斯-波得定则，提丢斯和波得分别是两个天文学家，他们都对这个规律有贡献。

这个规律是通过一个简单的数学公式，帮我们总结出了各大行星与太阳距离的规律。什么意思呢？我具体来说一下。

地球到太阳的距离大概是1.5亿公里，天文学家把这个距离当作是一个天文单位，也用英文字母au表示。多说一句啊，在天文学里，如果距离远的话，一般使用光年作为距离单位讨论，如果是太阳系范围内的话，最常用的单位还是天文单位au。

知道了天文单位，我们来看一下水星的距离，大概是0.4au。金星呢？是0.7au，地球就是1au了，火星是接近1.6au。发现点规律没有？行星到太阳的距离很有规律，这个规律还和0.3有关系。水星是0.4，金星是0.4加1个0.3，地球是0.4加2个0.3。火星呢，是0.4加4个0.3。

1、2、4，这都是2的n次方啊。按照这个规律，接下来就是8、16、32、64、128了。那下一个行星是不是应该在0.4加上8个0.3的位置呢？很可惜，这里没有行星，不过这有一个小行星带。为什么是小行星带呢？后面会解释。不过至少规律还依然有效。

接下来是木星，木星的位置的确是在加16个0.3的位置，土星就是在加32个0.3的位置上了。天王星也基本符合，是在加64个0.3的附近，可是到了海王星就已经有明显的差别了，比起加128个0.3，少了将近9个天文单位，误差接近30%，其他的行星误差最多也就是5%左右。

不过，这已经非常难得了。其实当年在发现海王星进行计算的时候，最开始就是用的提丢斯-波得定则先大致确定海王星轨道的。后来才通过进一步修正慢慢调整成正确的样子，如果不是有这个规律，计算的难度是会大大增加的。

为什么会有这么奇妙的规律呢？在数学上竟然可以这么简洁。如果单独看每个行星的话，没有哪个物理规律要求它的轨道必须在什么特定的位置。太阳系这么大，任何位置有行星都很正常。可是为什么现实却能有这样的规律？如果只是用巧合来解释的话，肯定不能让人相信的。

其实直到现在，仍然没有人能完全解释清楚，不过基本上可以肯定的是，这个规律是行星之间的引力互相影响，形成共振的结果。

轨道共振的规律在宇宙中是普遍存在的，比如说木星，现在发现它有79个卫星，大的能有水星那么大，小的也就一个小山头的大小。这简直就是一个小太阳系。在木星的卫星里面，最大的3颗卫星，木卫三、木卫二和木卫一，它们的运行周期有1:2:4的关系。

这还是太阳系里的情况，太阳系外也一样。位于水瓶座的恒星格雷泽876，距离地球15光年。天文学家在它的身边发现了4颗大行星围绕它。其中三颗的转动周期的关系是1:2:4。

多说一句啊，运行周期和轨道半径是一一对应的，只不过如果换成半径的话，规律就不那么直接了，所以才说的是运行周期。不过我想已经能够说明这种引力共振的情况是普遍存在的了话。

讲到这里，我想你已经明白了，为什么我一开始会说引力为行星制定了法律，就是这个道理。引力共振就像刻刀一样，把太阳系内部的这个大圆盘刻出了凹槽。就算一开始不是所有行星都在凹槽里运行，最后它们也会滑进去的，否则是不可能稳定的。

——◆ 3 ◆——

有了这个认识后，原来很多让人困惑的问题都能找到一个比较靠谱的解释了。

就如上面提到的，在火星和木星之间为什么少了一颗行星，只有一群分散开的小行星带？你要知道，这里所有小行星加起来的总质量只有月球的4%左右，完全不够聚成一个行星。

还有一个问题，那就是火星的个头似乎有些太小了，半径只有地球的一半。这其实挺不合理的。简单地说就是，太阳诞生后产生了太阳风，更多的物质会被吹向远方，所以距离太阳越远应该有越多的物质才对。而且火星的轨道周长更长，应该可以吸收更多的物质，变得更大才是，为什么最后会比更近的金星、地球还要小？

在2005年的时候，法国尼斯天文台有4位天文学家发表了3篇系列论文，提出了一个模型来解释这些现象。后来我们就把这个模型叫做尼斯模型。

尼斯模型是用来解释太阳系之初都发生了什么的。最开始行星还在形成的时候，它们并没有分布在共振形成的“凹槽”处，所以行星的轨道并不稳定，会发生变动。其中最关键的变动是木星，它为了能够滚到自己的“凹槽”上，从原来更远的位置移动到了现在的位置。

就是这么一移动带来了重大的影响。我们都知道木星是非常巨大的，它自己的质量是剩下所有行星总质量的2.5倍。虽然它移动的时候还没有到达这个终极状态，不过已经非常大了。所以它的引力影响也非常巨大。结果它一往内部移动，就把本来属于小行星带和火星的很多物质吸到了自己的身上，导致了它们发育不良。

不只是火星和小行星带，尼斯模型还解释了很多现象。比如说，根据模型描述，最开始的时候海王星并不是在天王星外面的，而是在天王星里面。结果在木星变动轨道的时候，甩动了海王星，把它甩向了更远的地方。

木星变轨不只影响了海王星，它把更远处的彗星和小行星吸引到了太阳系内部，所以那段时间太阳系内部的星球遭受了连番轰炸。这也是为什么地球和水星表面有那么多陨石坑的原因，也有人认为我们地球上的水就是这样从太阳系远处运送到地球上的。这些彗星和小行星就是水的快递员。

当然了，完整的尼斯模型要复杂得多，表



当然了，完整的尼斯模型要复杂得多，表达得也更严谨。不过，在这里我只是想为你介绍引力在太阳系的全方位影响。更进一步去想，也许很多我们认为的偶然，并不是偶然，它们在引力的影响下，都是必然的宿命。就比如，我们地球为什么在现在的位置，又为什么能有如此丰富的水？再进一步想的话，可能外星生命诞生并没有想象的那么难。因为这一切的背后都受到引力这双看不见的手的支配。

划重点

添加到笔记

1. 太阳对行星的引力，让行星围绕太阳运动。但是行星彼此之间的引力有时候不能忽略。

2. 行星到太阳的距离似乎存在着某种数学规律，虽然现在还不能确定这个规律的背后原理。但是可以确定的是，在引力的作用下，这个规律是普遍存在的。

3. 太阳系作为一个引力主宰的系统，天体的位置不是随机分布的，而是会位于一些特定的位置，这是长期演化的结果。



思考题：

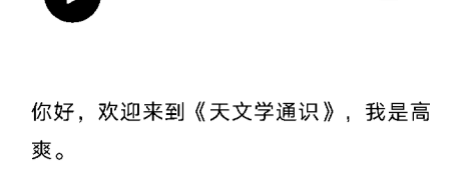
在我们这门课的第一讲，我就讲过，天文学不是“集邮”，而是要从现象背后发现更本质的规律。这一讲里就能体现得非常充分，行星的轨道半径、个头大小，甚至生命诞生，看似都是偶然，非常神奇，像是有人特意设计的一样。但是当了解到底层规律后，这些看似神奇的现象就不再神奇了。你有没有类似的经历，在没有知道底层规律之前觉得某些事特别神奇，但是一旦知道后，就感觉世界变得不一样了？



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有，未经许可不得转载



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

不知道你有没有注意到，在前面几讲介绍太阳系的时候，我基本上只是介绍了8大行星，所以会给人一种感觉，太阳系好像就这么大，就是中间一个太阳，周围有8颗行星，海王星以内就是太阳系的全部。

我是有意这么做的，因为太阳系到底有多大，它的边界到底在哪里，这个问题还是非常复杂的。所以，我打算用一整讲为你介绍太阳系边界的问题。

— 1 —

说到太阳系的边界问题，一定要首先解决一个问题。很多人都知道，在2013年的时候有过一些新闻报道，说是人类飞得最远的探测器“旅行者1号”已经飞出了太阳系。

如果真的像这个报道说的一样，那么太阳系边界的问题似乎也不难回答。虽然天文学中有很多问题是我们没办法亲自验证的，但是“旅行者1号”都已经实地考察了，那结论就应该无可辩驳了。

如果让我说呢，应该是这些报道误导了大家。因为“旅行者1号”真正飞出去的是日球层。可能很多人都不了解日球层是什么，所以写报道的人为了照顾大众的理解，就把日球层与太阳系等同了起来，把日球层就当做是太阳系的边界了。

你说这些写报道的人错了吗？也没有完全错，的确有天文学家认为日球层就是太阳系的边界。

这到底是啥情况呢？那就需要先解释一下什么是日球层了。如果用最简单的话来说，日球层就是太阳风的边界，是太阳辐射出的粒子能到的最远的地方。

在上一章介绍太阳的时候我们就讲过了，太阳风是太阳向外辐射出的高速带电粒子。如果不是地球有磁场保护我们，我们的生命组织是会被太阳风破坏的。

不过太阳风也并不是只会对我们带来破坏，它也保护着我们，保护我们免受星际物质的危害，它们的危害更大。宇宙空间虽然非常空旷，但也不是绝对空旷的，其他更巨大的恒星或是超新星爆发，都会形成巨大的星际风。太阳风就在持续地对抗来自银河系的星际风。

日球层也叫做日球层顶，其实就是太阳风和星际风对抗的边界。在这个位置，太阳风被星际风阻挡，无法再继续向前了。所以，日球层就是太阳风到达的最大范围。这个范围呢，大概是距离太阳100个天文单位的位置，也就是太阳到地球距离的100多倍。

当然了，这里的100只是一个大概范围，具体的范围并没有清晰的界限。而且日球层很可能在星际风的吹动下，就像是一个不规则的泡泡，不同方向上的距离并不相同。“旅行者1号”飞出日球层之后1年，“旅行者2号”探测器也飞出了日球层。它们飞行的方向并不一样，它们测量出日球层的距离并不相同，也可以说明这一点。

不过，不论怎么样，“旅行者1号”的确是突破了日球层，已经脱离了太阳的保护，全部沉浸在银河系的星际物质中了。所以说它飞出了太阳系也不是没有道理的。

— 2 —

但是，这个问题并不能简单地就画下句号。概括一下我们前面讲的内容的话，讨论太阳系的范围，其实就是在讨论太阳的影响力可以到哪里。把日球层当作太阳的边界，其实就是用太阳风等同于太阳的影响力。

可是，如果是这么定义太阳的影响力的话，会带来一个问题。

举一个例子吧。如果你跟我一样是80后，或者比我还要年长的话，那你应该还对1997年的一个天文学奇观有印象。在那年的1月份，即便是灯光明亮的城市也可以看到夜空中有一条长长的尾巴。

那是一颗彗星，海尔-波普彗星，非常明亮。它应该是最近这二三十年里最容易被观测到的彗星了。如果你当时年纪还小，或是没有什么印象了，那么真的是非常非常可惜，因为它的下次回归要在两千多年之后了，准确地说是要到公元4385年才会回来。

这还是因为这次回归受到了木星引力的影响，所以周期变短了，否则周期会更长。根据计算可以知道，它上次回归的时候还是4200年前，所以很可能大禹在治水的时候也看过这颗彗星。

这颗彗星就会对前面定义的太阳的影响力带来非常大的挑战。如果一颗彗星会返回，就说明它一定是在沿着一条椭圆轨道进行运动。而且，周期越长就说明它的远日点越远。那么海尔-波普彗星的远日点是多少呢？超过了360个天文单位。还记得前面说的日球层半径的大小是多少吗？大概是100个天文单位。

这就代表着，它能到达的最远处，是日球层的3倍多，关键是它还能在太阳的影响力下返回。这就说明，如果用太阳风来定义太阳的影响力的话，那可能会大大地低估了太阳系的大小。因为，太阳的引力可以影响到更远的地方。

那么，如果用引力的范围来定义太阳系的大小，这个边界会在哪里呢？

— 3 —

天文学家们还是有一个答案的。现在普遍认为在太阳系的最外层有一个奥尔特云包裹着我们。因为是天文学家奥尔特最先提出来的，所以就叫做奥尔特云了。

大概范围呢，是从几百个天文单位到2光年。没错，最远可以到2光年，相当于10万个天文单位，是太阳系到比邻星的一半距离。比邻星，就是距离我们最近的恒星。这就是太阳引力的边界了。“旅行者1号”要想飞出这个范围，还需要3万多年的时间。

奥尔特云呢，就像是一个巨大的雪球一样包裹着太阳系的核心。虽然物质密度非常低，但是因为体积巨大，所以也有很多小行星、微行星和彗星。微行星就是比小行星还要微小的行星。

不过，别看我说了这么多关于奥尔特云的信息，其实直到现在我们也没有直接观测到这里的任何一个天体。那为什么我们还能知道这么多呢？

这一切都要感谢彗星了，奥尔特云和彗星的关系特别关键。

因为在奥尔特云这里，引力已经非常弱了，所以太阳系外非常微弱的扰动都可能会让一些天体脱离原有轨道，飞入太阳系内部变成彗星。

对天文学家来说，这些彗星就是携带信息的信使，分析彗星的成分相当于了解了奥尔特云中物质的分布情况，研究彗星周期的长短相当于了解奥尔特云的分布范围。

上面介绍的海尔-波普彗星，就是一颗来自奥尔特云的彗星，两千多年的回归周期对于我们人类感觉已经很长了，不过你要知道这些彗星的回归周期最长的能有上百万年。

最值得一提的是彗星进入太阳系核心的角度，它可以告诉我们奥尔特云的形状。

不知道你有没有注意过，在太阳系的核心，也就是8大行星，它们的轨道几乎都是在同一个平面上的，这个平面就是黄道面。其实在海王星之外，到奥尔特云之间，还有一个柯伊伯带。柯伊伯带就像是一个放大的小行星带，也是到处都分布着小行星。柯伊伯带虽然范围更广，但是其中的天体也基本上都在黄道面上，就像个光盘一样。

柯伊伯带也会产生彗星，只不过因为距离近，所以回归的周期往往比较短，最多不会超过200年。我们把这类彗星叫做短周期彗星，其中大名鼎鼎的哈雷彗星就属于这一类。像是海尔-波普这样的彗星，回归周期超过200年，就叫做长周期彗星了。

所以我们可以简单地作出这样的归纳，短周期彗星都是来自于柯伊伯带的，长周期彗星都是来自于奥尔特云的。但是，这么划分可不光是用距离远近来划分的，还有它们的形状完全不同。柯伊伯带像是一个大光盘，所有星体都几乎在一个平面上，而奥尔特云像一个大雪球，物质几乎是平均地分配在四面八方各个方向上。

天文学家能知道这些，就是因为分析了这些彗星进入太阳系核心的角度。凡是观测过的短周期彗星，基本上都是沿着黄道面在运行。而长周期彗星呢？没有具体的方向，而且各个方向上出现的概率还都差不多。所以才能断定，奥尔特云不是一个平面，而是一个大球。

这也符合我们对引力范围的理解，引力本来就是在四面八方都产生影响的。所以如果用引力来衡量太阳的影响力的话，奥尔特云的边界应该就是太阳系的边界了。这个边界具体在哪里，我们无法准确知道。



个边界具体在哪里，我们无法准确知道，现在也只能作出大致的估计。这个范围就是2光年。

好了，今天的内容就讲到这里了。下次再听到有人说太阳系边界的时候，你就可以先问问他，他说的边界到底是太阳风的影响范围，还是引力的影响范围。它们可是有好几个量级的差别。

划重点

添加到笔记

1. 这是一个很复杂的问题，不同的判断标准，不同的定义，可能会得到不同的结果。

2. 太阳系目前认为最外围的天体是奥尔特云，那里是长周期彗星产生的地方。

3. 太阳系的边界问题，本质上是帮助我们理解太阳的能力有多大。用太阳引力来判断，太阳系边界就是在是太阳引力的范围。用太阳的辐射做标准，边界就是太阳风和星际空间平衡的地方。



思考题：

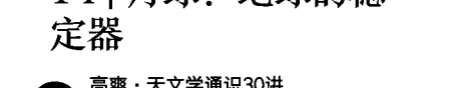
这一讲，我为你介绍了太阳系边界的两种定义。这并不是说其中一个比另一个更好，两种定义只不过是从不同层面反映了太阳的影响力范围。但是如果我们从“太阳系边界”这么一个抽象概念出发的话，我们就会对问题本身理解错误。你有没有遇到过类似的情况，因为一个抽象概念而错误理解了某件事？你又是如何避免这种情况的呢？



高爽·大文学通识30讲

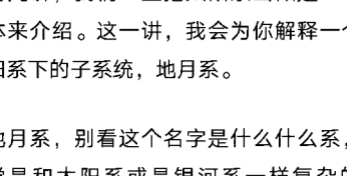
你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载



14 | 月球：地球的稳定器

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入课程 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

前几讲，我们一直把太阳系当做是一个整体来介绍。这一讲，我会为你解释一个太阳系下的子系统，地月系。

地月系，别看这个名字是什么什么系，感觉是和太阳系或是银河系一样复杂的系统。其实它很简单，地月系就是地球和月球。地球是中心，月球绕着地球转，这就是地月系。

不过别看这个系统这么简单，但是它却非常非常奇特。

—— 1 ——

为什么这么说呢？因为月球的个头太大了。如果地球是一个篮球的话，月球相当于一个橘子的大小。

你可能会觉得，这么看月球似乎也没有很大啊。你别拿它和地球这样的行星比啊，要拿它和其他的卫星比。

水星和金星没有卫星，所以我们先来看看火星的卫星。火星有两个卫星，火卫一和火卫二。你猜它们有多大，一个半径是12公里，另一个是6公里。月球的半径是多少？1737公里，它们也就是月球的零头。如果月球是篮球这么大的话，火星的卫星只相当于1粒沙子的大小。

那是不是说月球就是所有卫星里面个头最大的呢？也不是。

木星就有3颗卫星比月球还要大，其中最大的木卫三。它作为一个卫星，个头比作为行星的水星还要大。木卫三也是太阳系中个头最大的卫星。木星的大个头卫星，不只是木卫三，同样量级的还有好几个。

不过，别看它们个头很大，但是它们和自己的行星相比却小得可怜。如果把木星当作是篮球的话，最大的木卫三，也只相当于是一个绿豆的大小。你看，是不是比月亮这个橘子小多了？

之前我们讲太阳系诞生时说过，行星呢，其实就是太阳诞生时剩下的边角废料形成的。其实大部分的卫星也差不多，它们是行星诞生时剩下的边角废料形成的。当然也有特别的，比如火星的两个卫星，根据现在的研究，它们是火星诞生后从别的地方捕获的小行星。

不过不论怎么样吧，卫星与它自己的行星相比，都不应该像地球和月球这样大小这么接近。

—— 2 ——

所以天文学家们一直觉得月球的形成一定有着什么特别的地方。我记得在我小的时候，就有一种流行的说法，说是月球是从地球上甩出去的。太平洋就是月球被甩出去后的一个大坑。提出这个猜想的是达尔文的儿子，小达尔文。当然，这个想法还只是纯粹的猜想。

目前最流行的理论，是哈佛大学天文学教授卡梅隆首先提出的。他相信，月亮的形成是因为一次天地大碰撞。这次碰撞比恐龙灭绝的那次可厉害多了。

在地球刚形成的时候，在地球轨道上还有另外一颗行星。这颗行星呢，大概和火星差不多大，也就是现在地球一半的大小。它和原始地球都在绕着太阳旋转，但是它们之间的距离却越来越接近，最后干脆直接撞在了一起。这次剧烈的撞击，把两颗行星全部都撞碎了，大量的碎片抛向了外面。

后来这些抛出的碎片在引力下又重新聚在了一起，这次才形成了现在的地球和月球。那颗撞击原始地球的行星呢，天文学家也专门给起了名字，叫做提亚，神话中她是月亮女神的母亲。

这个理论，现在看来都感觉充满了想象力，但是它能被大家普遍接受可不是因为想象力丰富，而是它有丰富的证据。这个理论的提出是上个世纪70年代，那个时候人类已经登上了月球，已经对月球的地质情况作了大量的分析和研究。

月球和地球的岩石年龄基本一致，而且物质成分也非常接近。这就说明它们曾经是一体的。但是，它们又有各自的独特结果，这也表明它们很早就开始独立演进了，不可能是后来才分开的。我这里只能是大致地讲一下，具体理论的验证还要严谨得多，这才是科学家普遍接受这个理论的真正原因。

而且随着我们对地月系形成的了解，我们对这一类相似的情况都有了更好的理解。

就比如冥王星吧，它的情况就和地月系有些类似。冥王星有一颗卫星，叫做卡戎。在罗马神话里，卡戎是在冥界划船的船夫，所以就这个名字来给卫星命名了。卡戎的个头和冥王星就很接近，甚至比月球和地球还要接近。如果冥王星是篮球的话，卡戎就相当于是一颗大柚子。

卡戎是怎么出现的？现在的理论认为在早期的时候，这里发生过两颗矮行星的大碰撞，碰撞的主体变成了冥王星，跑出来的碎片变成了卡戎。不过因为卡戎的个头太大了，现在的天文学家认为卡戎的地位应该是和冥王星一样的，不应该仅仅是它的一颗卫星。所以，现在也会把冥王星和卡戎看作是一个双星系统。这一点还是和地月系不太一样。

你看，冥王星这么远，在2016年的时候，人类的探测器“新视野号”才第一次靠近冥王星拍了照片。但是我们仍然可以对它和卡戎的形成作出推测，这全靠我们对地月系诞生的研究。

—— 3 ——

讲到这里，我还是在介绍地月系对天文学这门学科的特殊意义，它为我们提供了一种新的卫星或双星诞生机制。但是，我们研究地月系更重要的是，它对我们地球上的生命太重要了。甚至有人认为，如果没有月球，现在的地球就不会这么繁荣。

为什么呢？你有没有想过，假如没有月球会发生什么？

没有月球可不只是不能吃月饼这么简单，没有了月球，地球的潮汐基本上会马上停止。而且原来被月球吸引着的海水忽然没有了引力，会涌入其他地方，造成大海啸。刚才为什么说潮汐基本上会停止，而不是完全停止呢？因为太阳还有引力，它也是能产生潮汐的，但是与近距离的月球相比，它的影响就要弱很多了。

这是我们假想现在月亮忽然消失了会怎么样，要是一开始就没有月亮呢？地球又会怎么样呢？在回答这个问题前，我先问个问题。你觉得潮汐的能量是哪里来的？

现在地球上主要的能量都是来自太阳，但是也有用潮汐进行发电的想法。太阳的能量是来自于核聚变，那潮汐的能量是来自于哪里呢？

潮汐的能量是来自于地球自转的能量。地球自转一圈是1天，月球绕地球一圈呢，是1个月。地球的旋转速度是远远大于月球的，所以月球通过引力就会给地球拖后腿，让地球自转变慢。你可以这么来想象，把月球当做是地球的刹车片。刹车的时候刹车片会把动能变成热能，月球给地球减速也一样，海洋发生潮汐时海水会互相摩擦，最后自转的动能也就变成热能消散了。

所以，地球自转是在变得越来越慢的，如果时间长的话，甚至会让地球自转和月亮旋转速度同步。那样的话地球上就只有一个面能看到月亮，地球的另一面永远也看不到，这就是潮汐锁定。

多说一句啊，这种减速作用其实是相对的，我们也会对月球的自转发生减速运动。别看月球上都是岩石，但是刚诞生的时候它可还都是岩浆。而且就算是岩石，也是会在引力下发生细微的变形和摩擦，仍然能把自转的动能转化成热能。其实，月球早就被地球潮汐锁定了，所以它才会只用一面对着我们，永远也看不到它的背面，就是这个道理。

我们还是讲回地球。其实还可以反过来想，如果没有月球，那地球是不是就会比现在转得更快呢？的确是这样。到底能快到什么程度我不知道，但是我知道，在恐龙时代，地球自转一圈也就20多个小时。如果倒退到10亿年前，那就更短了，只有10个小时。

地球自转变快了，你可能还觉得没有什么，一天只有几个小时反而还会是一个奇特的体验。

但是，接下来月球的这个作用你可能就无法忽略了。月球不只是地球的刹车片，它还是地球的稳定器。

旋转的陀螺你一定见过吧，你有没有注意过陀螺旋转的轴其实是在摆动的，尤其是在快要停止的时候，那个轴的摆动幅度是非常大的。地球就像是一个旋转的陀螺，南极和北极的连线就是这根旋转的轴，也就是地轴。地轴也是会摆动的，尤其是它和黄道面的夹角，是会变化的。

在几万年的时间里面，这个倾角是在22.1°与24.5°之间摆动的，现在的倾角大概是



与 24.5° 之间摆动的，现在的倾角大概是 23.5° 。这是因为有月球的引力在旁边牵制才会有这样的稳定性。如果没有月球的话，这个变化幅度是有可能达到 50° ，甚至更高。

在中学的地理课程我们学过，地球的热带、温带和寒带的范围是和这个倾角密切相关的。如果倾角到了 50° 的程度，那么地球将会有大片区域要么半年晒不到太阳，要么一晒就是半年。那样的话，地球的气候肯定会非常复杂，可能会非常不适合生存。

这也是为什么我会说，如果没有月球，地球会远没有现在繁荣。

总之我希望通过这一讲让你了解月球的重要性，如果没有月球，我们的地球真的会非常不同。

划重点

添加到笔记

1. 月球和别的卫星比个头太大了，地月系是一个奇特的系统。
2. 月球的形成是还没有定论的问题，目前的主流理论认为是在太阳系的早期，原始地球和另一颗行星相撞，撞出了现在的地球和月球。
3. 月球对地球和生命有直接的影响，月球的引力造成潮汐，潮汐产生摩擦，让地球自转逐渐减速，一天的时间越来越长。月球成为地球的刹车片和稳定器。



思考题：

这一讲我们介绍了月球对地球和生命非常重要。可是月球的诞生是偶然的啊，宇宙中其他的行星没有这么大个头的卫星，那是不是外星人存在的概率就大大降低了呢？你可以留言谈谈你的想法。



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

高爽 · 天文学通识30讲 昨天 进入课程 >

15 | 火星：地球的备胎

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

上一讲我为你介绍了我们赖以生存的地月系，这一讲可以开始讲讲我们的邻居了，火星。我想这应该是大家除了地球最关心的行星了。

这也很正常，因为火星很多地方和地球相似，如果地球毁灭的话，火星就是地球的备胎。它将会是我们移民的首选。而且这已经不只是在电影或是小说中的幻想了，硅谷钢铁侠埃隆·马斯克真的把移民火星当做自己的使命。

1

不过，你可能不知道，火星可不是一开始就是星际移民的首选，它其实只能算地球备胎的备胎。如果把时间倒退五六十年，在天文学家心中最适合作地球备胎的，那是金星。因为金星各方面的数据真的都太完美了。

首先，金星的体积和质量都和地球非常接近。我们都知道，星球的质量越大，那么引力也就越大，在月球上的引力只有地球的六分之一。但是，如果你站在金星上的话，那么是不会感觉到有什么明显差别的。火星呢，就不行了，火星的半径只有地球半径的一半。

这是半径，如果换成体积的话，那么火星只有地球的15%。而且密度都差不多，这就代表了，火星的质量比地球要小很多，只有地球质量的11%，这就导致火星表面感受到的引力只有地球的38%。

不只是在体形上金星比火星更接近地球。当时已经可以通过望远镜确定了，金星是和地球一样有浓密的大气层的。火星虽然也有，但是比起金星来，火星的大气就少得可怜了。

还有啊，金星的位置也非常特殊。我们都知道每颗恒星都有一个宜居带的概念，就是说行星只有在距离恒星合适的位置才有可能维持液态水的存在。如果距离太阳太近的话，水会变成气体，如果太远的话，又会结成冰。宜居带具体怎么算还是挺复杂的，考虑的因素特别多。不过根据当时的计算，和地球一起在宜居带的是金星，火星只是在宜居带的边缘，可算可不算。

所以，在人类已经完成了月球探测之后，下一个目标就是金星。万一发现了金星人，那绝对是重大发现，肯定比登月还要轰动。即便没有金星人，如果能确定金星和地球相似，非常适合移民，那也是非常有意义的发现。当然了，还有一个原因，金星比火星距离地球更近一些。

总之各方面原因吧，如果选择赌一把，金星和火星哪个更可能有重大发现，肯定是选金星啊。所以，最开始的行星探测任务，都是以金星为目标的。第一个成功接近金星的探测器是美国的“水手2号”，也正是这个探测器打破了人类对金星的美好想象。

“水手2号”并没有落在金星上或是围绕金星旋转，它只是从金星旁边经过。但是通过各种探测手段，还是可以确定很多信息。金星的确是有浓厚的大气层，但是大气层中充满了温室气体二氧化碳，这导致了金星表面的平均温度可以超过400摄氏度，能让金属铅熔化。金星不是另一个天堂，而是一个火焰地狱。

对金星的失望，促进了对火星探测的热情。第一个成功传回火星照片的是“水手4号”探测器，它在1965年从旁边飞过。之后还有“水手6号”和“水手7号”成功接近火星。到了1971年，“水手9号”成功进入火星轨道，成为了第一颗火星的人造卫星。从此，人类对火星的探测就从来没有中断过，直到现在。

2

现在我们已经基本确定了，火星也是一颗毫无生机的星球。不过和金星不同，它的表面非常寒冷，常年在0度以下，最冷可以到零下100多度。在它两极的白色冰盖，是大气中的二氧化碳冻成的干冰。除此之外，整个火星都是红色的岩石和戈壁，极度干燥。

虽然现在火星极度干燥，但是科学家们普遍相信，早期的火星应该是温暖湿润的，地表上存在着大片的湖泊和海洋。在如此适宜的环境下，甚至诞生过生命。

至于为什么后来水会消失了，科学家们也有一套完整的解释。你可能注意到了，我这里用的字眼是“科学家”而不是“天文学家”，这是有原因的。因为要想得出这一整套解释，只靠天文学家可不行，还要有地质学家、生物学家等等许多科学家的知识才行。

你可能好奇了，这一套解释会是什么呢？接下来我就给你详细介绍一下吧。

其中的核心点是，火星上几乎没有磁场。这是“水手4号”第一次接近火星就已经知道的事情。没有磁场可不是在火星上没办法使用指南针这么简单。在讲到太阳的时候，我们讲到过地球磁暴。磁暴是什么，是太阳风击穿了地球磁场的保护，让我们受到了太阳风的袭击。

你想想看，地球是偶尔受到太阳风的影响发生磁暴，火星没有磁场，这就可是相当于直接暴露在太阳风之下。火星上本来存在的水，就是在太阳风的袭击下消失掉的。

水分子受到太阳风中带电粒子的撞击，是有可能被分解成氧气和氢气的。没有磁场保护的水，很快就会分解。

不过如果是这样的话，那火星的大气中应该是充满了氧气和氢气啊，为什么现在大气却这么稀薄，而且氧气和氢气也很少？

这是因为，氢气的质量小，更容易浮到大气层的高处。高处的氢气在太阳风中的粒子撞击下，就会很容易脱离火星的引力，飞到外太空去了。所以现在火星大气里的氢气才会这么少。

那氧气呢？氧气的质量可不小，浮到高空被太阳风刮跑了的可能性不大，它们又到哪里了呢？这个问题的答案，也是“火星为什么是红色的”这个问题的答案。

火星上的岩石呈现红色，是因为岩石里面含有丰富的铁元素。这种铁元素不是以金属状态存在的，而是和氧气结合后的氧化物。你想想铁锈，是不是就是红色的？所以，水分解后的氧气并不是飘走了，而是和岩石中的铁元素结合，变成了红色的岩石。现在整个火星都是红色的，可以想象当初应该消耗了不少氧气。

3

为了解释水的问题，顺便把颜色问题也解释了，这是一个好兆头。一个猜想能关联的现象越多，能解释的情况越多，它正确的可能性越大。所以，这样的解释已经很不错了。不过，还有一个问题需要解答。那就是，火星为什么会没有磁场？

其实没有磁场的直接原因我们是知道的。像我们地球能有磁场，虽然具体的细节我们还不清楚，但是可以确定，磁场是和我们地球内部的高温有关。高温下，地球内部其实是一个导电的等离子体，再加上地球的自转，就可以产生出磁场。像月球，它没有磁场，就是因为它的内核已经冷却了，就是一块大石头，而且自转的速度还很慢，当然就不能产生磁场了。

火星的道理也一样，它现在几乎没有地质活动，所以我们很容易可以得出结论。它的核心已经冷却了，就是实心球，所以才不会产生磁场。不过，在火星的表面还是可以看到很多死火山的，这就说明曾经火星上的地质活动还是很活跃的。

就比如火星上的奥林帕斯火山，它是整个太阳系里最高的山，是珠穆朗玛峰的两倍多。你要知道火星的体积只有地球的15%，能产生如此大的火山，可见火星的地质活动曾经是相当活跃的。

所以，科学家们才会断言，火星是有过海洋和湖泊的，而且持续了挺长时间，甚至可能已经演化出了生命。因为当时火星还有磁场的保护，有充分的条件诞生生命。

不过，很可惜，火星毕竟太小了。体积越小，热量越容易扩散，再加上频繁的地质活动、火山喷发，让火星内部的温度降低的速度更快了。终于最后磁场消失了。再接下来，就是太阳风的直接袭击。最后就是我们现在看到的火星的样子了。

就这样，科学家们就靠着想象力，把整个火星的发展历程都给脑补出来了。不论你是否怀疑它的正确性，都不得不佩服这个猜想的解释力。为什么大气层这么稀薄？为什么颜色是红色的？为什么没有磁场？等等。这些问题单独一个拿出来都很难回答。但是这个解释却能像穿糖葫芦一样，把这些问题都放在一个链条里进行解释。

当然了，科学家们可不是有了猜想、有了解释就满足的人。所以才会有这么多探测器瞄向火星。而且直到现在探测器的发现，也都是支持这个猜想的。

划重点 添加到笔记

1. 离我们最近的金星的环境不适合生




1. 离我们最近的金星的环境不适合生命存在，所以火星成为行星探测的热门。
2. 火星的磁场消失了，没有能力抵挡太阳风的袭击，火星的水被破坏掉，成了一个没有生机的世界。
3. 火星的磁场消失是一个逐渐消失的，火星曾经富含水和空气，也有着频繁剧烈的地质活动。但是火星个头太小，冷却迅速，最终消耗掉了自己的活力。



思考题：

我前面介绍火星的发展历程时，你有没有感觉到，一个一个的线索被串起来，这就是一个严谨的逻辑链条，非常巧妙。可是，你应该还听过一个词，叫做“确认偏误”。就是一个人，会不自觉地去挑选有利于自己的细节和证据，来表明自己的正确。所以，作为一个有批判性思维的人，你这次听到了一个巧妙的理论，你是如何确定我的讲述不是一次确认偏误呢？



高爽·大文学通识30讲
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

[< 前一篇](#)

用户留言

[写留言](#)

提交留言可与高爽互动

Aa
字号

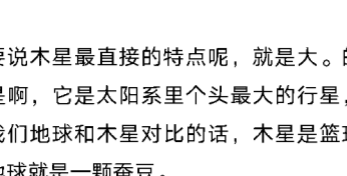

写留言


12


请朋友读

16 | 木星：为生命带来了可能性

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入小程序 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

在太阳系里还有一个行星一定要着重讲一下，那就是木星。

要说木星最直接的特点呢，就是大。的确是啊，它是太阳系里个头最大的行星，拿我们地球和木星对比的话，木星是篮球，地球就是一颗蚕豆。

不过如果只是大的话，只能算是特点明显，并不代表它对我们有什么意义。如果仅仅是这样的话，我是不会单独拿出来讲的。

在我心中，木星最重要的，是它为我们带来了更多的可能性。至少有三个方面，分别是离开太阳系的可能，研究太阳系早期的可能，以及最重要的，生命存在的可能。

为什么这么说呢？我们一个一个地来介绍。

—— 1 ——

2019年春节上映的电影《流浪地球》里有这样一个情节：太阳即将毁灭，人类在地球上装满了发动机，推动地球离开太阳系去新的家园。但是在逃离的过程中遇到了木星的强大吸引力，差点就被吸了过去。

不知道你有没有好奇过，太空这么大，往哪里飞不行啊，为什么非要从木星旁边经过呢？甚至还会认为这是电影的bug，不合理。其实这么做完全没有问题，如果想要逃离太阳系的话，木星是一定要借助的力量。

因为借助引力弹弓的原理，不需要任何额外的能量，就可以获得更快的速度。你想想，木星可是在太空中绕着太阳高速旋转的，这个动能如果被利用起来肯定会很了不得。引力弹弓其实就是飞船或探测器在利用木星的动能，它们的速度会大大增加，就是因为被木星给撞飞了。

当然了，并不是真的发生撞击，而是借助引力，围着木星绕一圈，然后出去。这就相当于是被撞了出去。

你可不要小看木星的速度啊。木星的公转速度可以达到每秒13公里，这是什么概念？一秒钟13公里，只需要3分钟，就可以在北京和上海之间走个来回。这是比绝大多数的火箭都快了的速度。经历一场木星的引力弹弓，其实就相当于进行了一次巨型火箭的加速。

就比如现在人类制造的最快的设备“旅行者1号”，它是1977年发射的，抵达木星的时候速度只有13公里/秒左右，但是在木星的引力弹弓加速后，就可以达到23公里/秒了。如果不靠引力弹弓，只靠火箭推力达到同样的效果，别说40多年前了，就是我们现在的科技水平都很困难。

既然有这样一个免费的提速工具，不用白不用，这也几乎成为了我们向太阳系外发射探测器的必备步骤。2006年发射的“新视野号”，也是借助了木星的引力弹弓效应，才能在2015年到达冥王星。

这也是我为什么会说木星为我们离开太阳系提供了可能的原因。当然了，如果是探测器的话，想要借助引力弹弓，不是非要利用木星，也可以利用其它行星，甚至利用地球。

但是如果真的像《流浪地球》里演的那样，要为整个地球加速，那木星一定是首选了。你要知道，引力弹弓增加的速度不是凭空而来的，它是会消耗行星的动能的。探测器增加的那点能量对于行星来说微不足道了，所以可以忽略。但是如果是给地球加速，地球的质量这么大，也只有木星这样的巨行星才能把地球撞飞了。

所以你看，因为木星的存在，为我们离开太阳系降低了门槛，如果真的有一天我们必须逃离太阳系，我们一定会感谢有木星存在的。

—— 2 ——

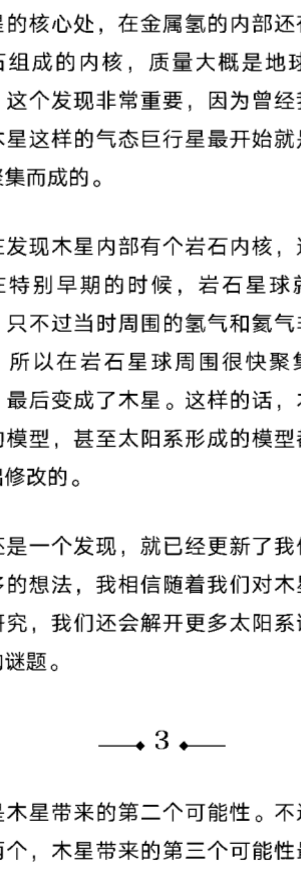
这是木星带来的第一个可能性，还有第二个可能性。木星可以帮助我们了解到太阳系诞生的早期都发生了什么。

为什么这么讲呢？这需要先知道一件事，那就是越大的行星，诞生的时间越早。这其实也很好理解，在太阳系刚诞生的时候，各处的物质密度其实是差不多的。所以，先诞生的行星就有更多的时间吸收物质。木星是行星中最大的，这代表了，木星内部可能还保留着太阳系诞生之初的遗迹。

其实，太阳系里最大的天体是太阳，但是太阳太热了，根本没办法靠近研究。而且太阳系内部也在持续发生着核聚变，有什么遗迹估计也烧光了。所以，木星就是首选，没有之一。

正是这个原因，美国在2011年发射了木星探测器“朱诺号”，并且在5年后抵达木星。“朱诺号”的目的就是拨开笼罩在木星表面的云雾，努力去发现它发生过什么。

我这里说的“拨开云雾”可不是比喻啊，木星上是真的笼罩着一层厚厚的云雾。我在文稿中放了一张木星的图片，上面像木纹一样的图案其实就是木星的大气活动。



其中最显眼的那个红点，叫做大红斑，它是一个可以把整个地球放进去的大风暴。

如何透过木星浓厚的大气层进行探测，是对“朱诺号”的挑战。直接进入木星肯定是不可能的，木星的风暴和强大的压力很快就会把探测器摧毁。所以，“朱诺号”只能远远地绕着木星旋转。

它旋转的轨道很特别，不是在木星的赤道面旋转，而是绕着南北极进行旋转。这样在木星的自转下，“朱诺号”就能像扫描仪一样，把整个木星都扫描一遍。这样就可以通过木星引力的变化，探测到木星的内部。

天文学家很早就知道木星有大量的氢气。这些氢气在内部巨大的压力下会变成一种特殊的形态，变成一种可以导电的液体金属状态，木星巨大的磁场就是因为它们的旋转产生的。

但是这一次通过木星引力的分析发现，在木星的核心处，在金属氢的内部还有一个岩石组成的内核，质量大概是地球的10倍。这个发现非常重要，因为曾经我们认为木星这样的气态巨行星最开始就是由气体聚集而成的。

现在发现木星内部有个岩石内核，这就说明在特别早期的时候，岩石星球就诞生了，只不过当时周围的氢气和氦气非常丰富，所以在岩石星球周围很快聚集了起来，最后变成了木星。这样的话，木星形成的模型，甚至太阳系形成的模型都是要作出修改的。

这还是一个发现，就已经更新了我们之前很多的想法，我相信随着我们对木星的深入研究，我们还会解开更多太阳系诞生早期的谜题。

—— 3 ——

这是木星带来的第二个可能性。不过比起前两个，木星带来的第三个可能性最为重要。

我们在前面解释尼斯模型的时候说过，木星的轨道曾经改变过。因为它的巨大引力，它的变动带来了太阳系内一系列的变化。比如天王星和海王星就交换了位置。其实，这次木星位置的变化还带来了一个影响更加深远的事件，那就是“后期重轰炸期”。

“后期”是说这是在太阳系形成阶段的后期发生的，“重轰炸”是在说它的强烈程度。

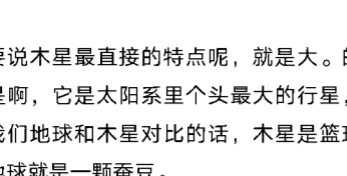
我们都见过月球的照片，上面坑坑洼洼都是各种陨石坑，还有水星也是，上面的陨石坑不比月球上少。这些陨石坑绝大多数都是在后期重轰炸期留下的。就是因为木星轨道的变动，影响到了柯伊伯带。那里的彗星和小行星受到了木星的扰动，大量地朝着太阳系内部飞去。不只是月球和水星，所有的行星都遭受到了彗星和小行星的重轰炸。

我们地球本来是没有什么的，但是彗星上有啊，大量的彗星坠入了地球，最后它们携带的水就留了下来，变成了现在的江河湖海。当然了，因为地球活跃的地质活动，那些重轰炸的痕迹早就被抹平了，现在我们只能通过月球上留下的痕迹来猜想当时的剧烈程度了。

如果没有彗星快递送水，地球还能诞生生命吗？真不好说。所以我们要感谢木星。不过，木星对生命的重要程度还不只是送水，它还在当守门员。不论是彗星还是小

16 | 木星：为生命带来了可能性

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入小程序 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

在太阳系里还有一个行星一定要着重讲一下，那就是木星。

要说木星最直接的特点呢，就是大。的确是啊，它是太阳系里个头最大的行星，拿我们地球和木星对比的话，木星是篮球，地球就是一颗蚕豆。

不过如果只是大的话，只能算是特点明显，并不代表它对我们有什么意义。如果仅仅是这样的话，我是不会单独拿出来讲的。

在我心中，木星最重要的，是它为我们带来了更多的可能性。至少有三个方面，分别是离开太阳系的可能，研究太阳系早期的可能，以及最重要的，生命存在的可能。

为什么这么说呢？我们一个一个地来介绍。

—— 1 ——

2019年春节上映的电影《流浪地球》里有这样一个情节：太阳即将毁灭，人类在地球上装满了发动机，推动地球离开太阳系去新的家园。但是在逃离的过程中遇到了木星的强大吸引力，差点就被吸了过去。

不知道你有没有好奇过，太空这么大，往哪里飞不行啊，为什么非要从木星旁边经过呢？甚至还会认为这是电影的bug，不合理。其实这么做完全没有问题，如果想要逃离太阳系的话，木星是一定要借助的力量。

因为借助引力弹弓的原理，不需要任何额外的能量，就可以获得更快的速度。你想想，木星可是在太空中绕着太阳高速旋转的，这个动能如果被利用起来肯定会很了不得。引力弹弓其实就是飞船或探测器在利用木星的动能，它们的速度会大大增加，就是因为被木星给撞飞了。

当然了，并不是真的发生撞击，而是借助引力，围着木星绕一圈，然后出去。这就相当于是被撞了出去。

你可不要小看木星的速度啊。木星的公转速度可以达到每秒13公里，这是什么概念？一秒钟13公里，只需要3分钟，就可以在北京和上海之间走个来回。这是比绝大多数的火箭都快了的速度。经历一场木星的引力弹弓，其实就相当于进行了一次巨型火箭的加速。

就比如现在人类制造的最快的设备“旅行者1号”，它是1977年发射的，抵达木星的时候速度只有13公里/秒左右，但是在木星的引力弹弓加速后，就可以达到23公里/秒了。如果不靠引力弹弓，只靠火箭推力达到同样的效果，别说40多年前了，就是我们现在的科技水平都很困难。

既然有这样一个免费的提速工具，不用白不用，这也几乎成为了我们向太阳系外发射探测器的必备步骤。2006年发射的“新视野号”，也是借助了木星的引力弹弓效应，才能在2015年到达冥王星。

这也是我为什么会说木星为我们离开太阳系提供了可能的原因。当然了，如果是探测器的话，想要借助引力弹弓，不是非要利用木星，也可以利用其它行星，甚至利用地球。

但是如果真的像《流浪地球》里演的那样，要为整个地球加速，那木星一定是首选了。你要知道，引力弹弓增加的速度不是凭空而来的，它是会消耗行星的动能的。探测器增加的那点能量对于行星来说微不足道了，所以可以忽略。但是如果是给地球加速，地球的质量这么大，也只有木星这样的巨行星才能把地球撞飞了。

所以你看，因为木星的存在，为我们离开太阳系降低了门槛，如果真的有一天我们必须逃离太阳系，我们一定会感谢有木星存在的。

—— 2 ——

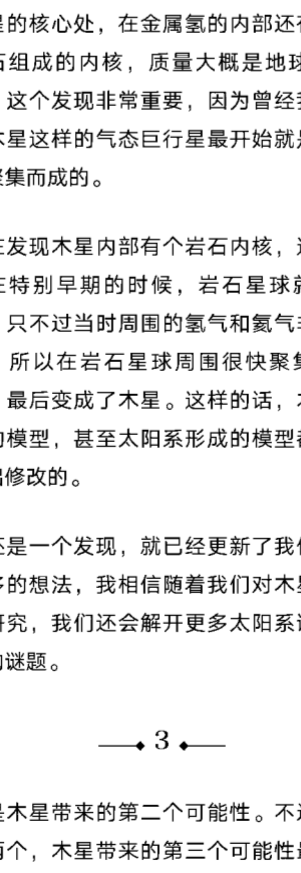
这是木星带来的第一个可能性，还有第二个可能性。木星可以帮助我们了解到太阳系诞生的早期都发生了什么。

为什么这么讲呢？这需要先知道一件事，那就是越大的行星，诞生的时间越早。这其实也很好理解，在太阳系刚诞生的时候，各处的物质密度其实是差不多的。所以，先诞生的行星就有更多的时间吸收物质。木星是行星中最大的，这代表了，木星内部可能还保留着太阳系诞生之初的遗迹。

其实，太阳系里最大的天体是太阳，但是太阳太热了，根本没办法靠近研究。而且太阳系内部也在持续发生着核聚变，有什么遗迹估计也烧光了。所以，木星就是首选，没有之一。

正是这个原因，美国在2011年发射了木星探测器“朱诺号”，并且在5年后抵达木星。“朱诺号”的目的就是拨开笼罩在木星表面的云雾，努力去发现它发生过什么。

我这里说的“拨开云雾”可不是比喻啊，木星上是真的笼罩着一层厚厚的云雾。我在文稿中放了一张木星的图片，上面像木纹一样的图案其实就是木星的大气活动。



其中最显眼的那个红点，叫做大红斑，它是一个可以把整个地球放进去的大风暴。

如何透过木星浓厚的大气层进行探测，是对“朱诺号”的挑战。直接进入木星肯定是不可能的，木星的风暴和强大的压力很快就会把探测器摧毁。所以，“朱诺号”只能远远地绕着木星旋转。

它旋转的轨道很特别，不是在木星的赤道面旋转，而是绕着南北极进行旋转。这样在木星的自转下，“朱诺号”就能像扫描仪一样，把整个木星都扫描一遍。这样就可以通过木星引力的变化，探测到木星的内部。

天文学家很早就知道木星有大量的氢气。这些氢气在内部巨大的压力下会变成一种特殊的形态，变成一种可以导电的液体金属状态，木星巨大的磁场就是因为它们的旋转产生的。

但是这一次通过木星引力的分析发现，在木星的核心处，在金属氢的内部还有一个岩石组成的内核，质量大概是地球的10倍。这个发现非常重要，因为曾经我们认为木星这样的气态巨行星最开始就是由气体聚集而成的。

现在发现木星内部有个岩石内核，这就说明在特别早期的时候，岩石星球就诞生了，只不过当时周围的氢气和氦气非常丰富，所以在岩石星球周围很快聚集了起来，最后变成了木星。这样的话，木星形成的模型，甚至太阳系形成的模型都是要作出修改的。

这还是一个发现，就已经更新了我们之前很多的想法，我相信随着我们对木星的深入研究，我们还会解开更多太阳系诞生早期的谜题。

—— 3 ——

这是木星带来的第二个可能性。不过比起前两个，木星带来的第三个可能性最为重要。

我们在前面解释尼斯模型的时候说过，木星的轨道曾经改变过。因为它的巨大引力，它的变动带来了太阳系内一系列的变化。比如天王星和海王星就交换了位置。其实，这次木星位置的变化还带来了一个影响更加深远的事件，那就是“后期重轰炸期”。

“后期”是说这是在太阳系形成阶段的后期发生的，“重轰炸”是在说它的强烈程度。

我们都见过月球的照片，上面坑坑洼洼都是各种陨石坑，还有水星也是，上面的陨石坑不比月球上少。这些陨石坑绝大多数都是在后期重轰炸期留下的。就是因为木星轨道的变动，影响到了柯伊伯带。那里的彗星和小行星受到了木星的扰动，大量地朝着太阳系内部飞去。不只是月球和水星，所有的行星都遭受到了彗星和小行星的重轰炸。

我们地球本来是没有什么的，但是彗星上有啊，大量的彗星坠入了地球，最后它们携带的水就留了下来，变成了现在的江河湖海。当然了，因为地球活跃的地质活动，那些重轰炸的痕迹早就被抹平了，现在我们只能通过月球上留下的痕迹来猜想当时的剧烈程度了。

如果没有彗星快递送水，地球还能诞生生命吗？真不好说。所以我们要感谢木星。不过，木星对生命的重要程度还不只是送水，它还在当守门员。不论是彗星还是小



水，它还在当守门员。不论是彗星还是小行星，在进入太阳系内部，都需要先突破木星巨大的引力。

木星的每次失误都可能会给生命带来毁灭性的灾难。6500万年前它就失误过一次，让远处的小行星撞向了地球，那次让整个恐龙种族从地球消失了。还好在那之后，还没有什么重大失误，否则遭殃的就是我们人类了。

其实最近就有一次木星对我们的守护，木星保护了太阳系免受“外星人”的入侵。当然，说外星人是有开玩笑成分在的。在2017年的时候天文学家发现了一个奇怪的天体，然后就开始对它持续追踪。结果发现它既不像彗星，也不像小行星，形状非常奇怪，是雪茄一样的长条形。

通过对它的轨迹分析，它是来自太阳系外的星际天体，很可能已经在星际空间中飘浮了上万年，再加上它那个长条形的形状特别像是星际战舰，所以还真有人怀疑它是外星人的飞船。后来天文学家为这个天体命名为“奥陌陌”，是夏威夷语，“来自远方的第一位使者”的意思。

不过“奥陌陌”并不会在太阳系内逗留很久，在它靠近木星的时候，就被木星巨大的引力给甩走了。这样的事情在地球生命的四十五亿多年的历史中应该是经常发生的。

所以我才会说木星为生命的存在带来了可能性，不只是生命诞生，生命的延续也需要它在旁边守护。

划重点

添加到笔记

1. 木星质量太大，所以有特别强大的引力，可以利用木星的引力弹弓效应帮助人类发射的航天器加速。木星给人类带来更容易离开太阳系的可能性。
2. 木星是气态巨行星，体积巨大，形成时间比别的行星要早，内部聚集了太阳系早期的物质，对木星的研究给我们带来获取太阳系早期信息的可能性。
3. 太阳系形成之初，木星的轨道曾经发生了改变，造成了一系列连锁反应。小行星和彗星猛烈轰炸地球，为原始的地球送来了水。



开脑洞：

这一讲我不留思考题，我邀请你来一起开个脑洞，就像咱们这门课的发刊词，看看你的想象力更大，还是宇宙更大。

前面我提到一个叫做“奥陌陌”的小行星，它来自太阳系以外，沿着奇怪的轨道穿过太阳系，再次离开了。离开的过程存在着不能用引力解释的奇怪的加速现象，就是说很可能它有发动机。天文观测认为它的形状也不像是天然形成的天体，更像是人造的星际战舰。也许，它来自遥远的星际争霸的战场，是惨烈战争的幸存者，正在寻找落脚的行星准备休整。但是它在进入太阳系的过程中，不知道发现了地球上人类的什么特质，于是立即加速离开。人类太可怕了。

假如你是科幻小说作者，根据这个绝妙的设定，你会把故事怎样展开？欢迎在留言区打开你的脑洞。



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇

后一篇〉

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



写留言



16



请朋友读



水，它还在当守门员。不论是彗星还是小行星，在进入太阳系内部，都需要先突破木星巨大的引力。

木星的每次失误都可能会给生命带来毁灭性的灾难。6500万年前它就失误过一次，让远处的小行星撞向了地球，那次让整个恐龙种族从地球消失了。还好在那之后，还没有什么重大失误，否则遭殃的就是我们人类了。

其实最近就有一次木星对我们的守护，木星保护了太阳系免受“外星人”的入侵。当然，说外星人是有开玩笑成分在的。在2017年的时候天文学家发现了一个奇怪的天体，然后就开始对它持续追踪。结果发现它既不像彗星，也不像小行星，形状非常奇怪，是雪茄一样的长条形。

通过对它的轨迹分析，它是来自太阳系外的星际天体，很可能已经在星际空间中飘浮了上万年，再加上它那个长条形的形状特别像是星际战舰，所以还真有人怀疑它是外星人的飞船。后来天文学家为这个天体命名为“奥陌陌”，是夏威夷语，“来自远方的第一位使者”的意思。

不过“奥陌陌”并不会在太阳系内逗留很久，在它靠近木星的时候，就被木星巨大的引力给甩走了。这样的事情在地球生命的四十五亿多年的历史中应该是经常发生的。

所以我才会说木星为生命的存在带来了可能性，不只是生命诞生，生命的延续也需要它在旁边守护。

划重点

添加到笔记

1. 木星质量太大，所以有特别强大的引力，可以利用木星的引力弹弓效应帮助人类发射的航天器加速。木星给人类带来更容易离开太阳系的可能性。
2. 木星是气态巨行星，体积巨大，形成时间比别的行星要早，内部聚集了太阳系早期的物质，对木星的研究给我们带来获取太阳系早期信息的可能性。
3. 太阳系形成之初，木星的轨道曾经发生了改变，造成了一系列连锁反应。小行星和彗星猛烈轰炸地球，为原始的地球送来了水。



开脑洞：

这一讲我不留思考题，我邀请你来一起开个脑洞，就像咱们这门课的发刊词，看看你的想象力更大，还是宇宙更大。

前面我提到一个叫做“奥陌陌”的小行星，它来自太阳系以外，沿着奇怪的轨道穿过太阳系，再次离开了。离开的过程存在着不能用引力解释的奇怪的加速现象，就是说很可能它有发动机。天文观测认为它的形状也不像是天然形成的天体，更像是人造的星际战舰。也许，它来自遥远的星际争霸的战场，是惨烈战争的幸存者，正在寻找落脚的行星准备休整。但是它在进入太阳系的过程中，不知道发现了地球上人类的什么特质，于是立即加速离开。人类太可怕了。

假如你是科幻小说作者，根据这个绝妙的设定，你会把故事怎样展开？欢迎在留言区打开你的脑洞。



高爽·大文学通识30讲
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇

后一篇〉

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



写留言

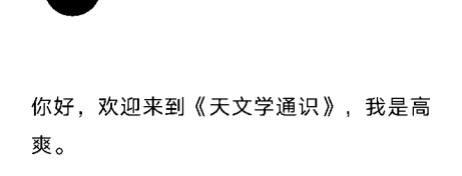


16



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲 昨天 进入详情页 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

这一讲我会为你介绍一个地位非常特殊的星球，冥王星。它特殊是因为它的地位非常尴尬，它是被天文学家们舍弃的“前行星”。

在我还在上学的时候，课本里讲到太阳系的行星还都是说9大行星，除了现在的8大行星，在海王星外面的冥王星也是其中之一。

不过在2006年的时候就被天文学家们投票降级了，说它还达不到行星的级别。所以，现在的教科书如果介绍太阳系的行星，只说有8大行星，没有冥王星了。

冥王星的降级最失落的还是美国人，因为冥王星曾经是他们一代人的记忆。冥王星是在1930年被美国人汤博发现的。当时美国正处于大萧条期，科学发展水平也不像现在是世界最领先的，当时欧洲才是世界科学最发达的地方。结果有一个美国人，在天文学上有了重大发现，那肯定是非常振奋人心的。经过当时媒体的宣传，发现冥王星这么一个天文学事件几乎成了美国家喻户晓的新闻。迪士尼甚至为了纪念这件事，还把米老鼠旁边的那条黄色的狗给命名成了布鲁托，布鲁托就是冥王星的音译。

所以，当2006年天文学家把冥王星开除出行星行列的时候，美国人是非常失落的，甚至在那一年冥王星还成为了流行语。“你被冥王星了”就表示你被降级。

不过作为天文学家我却知道，冥王星的降级对于天文学来说是有着重大意义的，它的“牺牲”价值巨大。

—— 1 ——

我们在认识某个事物的时候都是需要对它进行分类和贴标签的。我们对一件事情认识的深入程度，其实就可以通过对这件事进行分类的精确程度来进行衡量。冥王星的降级就代表着我们对行星的认知升级。

最开始的时候，行星的概念非常简单，就是金木水火土这五颗在天空中会移动的星星。其实，准确地说，当时的行星还有月亮和太阳。因为当时还认为地球是宇宙的中心，而月亮和太阳又的确是在移动的，所以也算是行星。恒星呢，就是那些在天空中不会变动的星星。2000年前看狮子座是什么样子的，现在看还是什么样子的。

后来，日心说提出之后，我们才意识到地球才是行星，月亮是地球的卫星，太阳是中心。这是行星这个概念的第一次升级，不只是行星的含义发生了变化，而且还产生了一个新概念，卫星。不过这个时候行星的定义还很粗糙，凡是绕着太阳转的都是行星。

下一次的升级就要等到望远镜发明了。有了望远镜，尤其是在赫歇尔之后，就是那个发现天王星的赫歇尔。在他之后，天文学家用望远镜看到了很多个头很小的行星。它们的个头太小了，和地球、木星这样的行星相比，要差了好几个数量级，简直是西瓜和芝麻的差别。把差异这么大的行星全都归为一类，好像非常不合适，所以天文学家们又提出了小行星的概念。这些个头小的就叫做小行星了。

讲到这里你可能感觉，天文学家做的事情好像和博物学家差不多，就是收集然后分类，再收集再分类。多大的行星算行星，多小的又算是小行星，都是人为规定的，很随便。

的确，这个标准最开始就是天文学家拍脑袋定下来的。不过天文学家们可没有停止在这一步，而是去继续寻找这个分类背后的意义。为什么行星会这么大，小行星又会这么小，除了人为规定之外，有没有什么更本质的原因？

后来随着望远镜越来越发达，观测数据越来越多，也的确发现了一些规律。大部分的小行星都在木星和火星的轨道中间，而且是集中在一个不宽的区域。于是就把这里命名成了“小行星带”。这样，行星和小行星的区别就更加明显了，行星都有自己的轨道，小行星呢，在小行星带上的公用轨道。当然了，这其实也不严格，因为还是有些小行星并不在小行星带上，但是已经比最开始拍脑袋强多了。

当然，我们现在知道，除了小行星带，在其他地方也有很多小行星聚集的地方，比如海王星外面的柯伊伯带。但是当时的望远镜还无法观测这么远，所以才才会把小行星带和小行星等价起来了。不过也正是因为这样，才成就了冥王星70多年的行星地位。

我们现在知道，冥王星是第一个被观测到的柯伊伯带天体，当时还没有意识到在它背后还有一大拨的天体。而且它的个头也的确比较大，虽然比起那8大行星来说还是小不少的。举个例子，比如说小行星带上最大的小行星谷神星，它和冥王星比的话冥王星大概是一个小橘子的大小，谷神星是一个蓝莓的大小。更重要的是，冥王星不在小行星带上，所以还是被认定为太阳系的第9颗行星。

—— 2 ——

如果一直是这样的话，冥王星的行星地位还是比较稳固的。但是在2005年出现了意外，由3位天文学家在一堆2003年的老照片里面有了意外发现，他们发现了另外一颗行星，个头和冥王星差不多大，稍微小一点，但是密度却要大很多，质量比冥王星多27%。

这简直就是挑战冥王星的地位。所以后来天文学家给这颗行星命名作Eris。这是希腊神话里纷争女神的名字，就是她用金苹果引发了特洛伊战争。这个天体的发现也的确引起了天文学的纷争。后来我们国家把它翻译作阋神星，“阋”是一个古汉字，争吵、纷争的意思。“兄弟阋于墙”，就是这个“阋”。

其实，如果只是发现这么一颗的话，大不了把它认为是第10颗行星。关键是，几乎同时还发现了更远处的鸟神星和妊神星，难道要一下子增加这么多行星吗？如果以后再发现新天体，还要继续增加行星的数量吗？天文学家犹豫了。

所以，还是要从根本上解决这个问题。最后想到的方法就是将行星定义得更加精确些，于是就在行星和小行星的分类上再创建一个新分类，矮行星。

现在，行星的定义一共有3条。

第一条，这个天体一定是绕着太阳旋转的。这条可以把行星和卫星给区分开。

第二条是，这颗行星一定足够大，有足够的引力把自己轨道上的小行星都清理干净。这一条，冥王星和新发现的那3颗天体都不满足，在它们的轨道上还有很多其他小行星。所以它们不属于行星，只能算是矮行星。

还有最后的第三条，这个天体必须在自身的重力作用下，呈现出圆形。这一条，就把矮行星和小行星给区分开了，因为很多小行星很小，就像是一块不规则的岩石，坑坑洼洼的，这些只能算是小行星。

小行星带里最大的天体谷神星，按照这个定义其实是矮行星，而不是小行星。所以，这也是小行星带里唯一的一颗矮行星。

—— 3 ——

就这样，行星把冥王星牺牲掉，换来了自己更精确的定义。不过，对于冥王星来说，它也不是只有牺牲，它也有自己的收获。前面我们介绍八大行星的时候讲过，类地行星和类木行星，地球和木星分别作为了两类行星的代表。

现在有了新的分类。天文学家也以冥王星为原型，新建了一个细分分类，叫做类冥天体，就是类似冥王星的天体。阋神星、鸟神星、妊神星都是类冥天体。谷神星虽然也是矮行星，但是它就不是类冥天体。

当然了，天文学里对太阳系里的各种天体还有更多子分类，我这里就不一一介绍了。我想要说的其实是分类和命名对于天文学的意义。

天文学家一直在寻找最精确的分类和最理想的定义方式。对各种天体最理想的定义，就是能从本质上将它们区分开。

就比如行星和卫星的差别，最重要的不是谁绕着谁旋转，而是它们的形成机制不同。还有类地行星和类木行星，它们形态上差别很大，我们也是从这方面来对它们定义的。但是对于天文学家来说，它们在形态上会有这么大差别，更本质的原因还是形成机制不同。

还有谷神星和冥王星，虽然都是矮行星，为什么谷神星不是类冥天体？表面上看是因为谷神星在小行星带，类冥天体在柯伊伯带，其实本质还是它们的形成机制不同。最明显的就是，小行星带的天体，包括谷神星，因为距离太阳比较近，而且受到木星强大引力的影响，它们的主要成分是岩石和金属。

而柯伊伯带的天体，因为距离太遥远，所以构成它们的原料就可以是易挥发的甲烷



以构成它们的原料就可以是易挥发的甲烷和水。就比如冥王星，它的主要成分是冰和岩石。而谷神星上是不可能有大量水存在的。

而我们天文学家努力对各种天体进行分类，其实也是想从它们表面上的不同找到更本质的原因。所以，冥王星的降级，其实是天文学进步的必然。

划重点

添加到笔记

1. 2006年国际天文学会通过决议，把冥王星从行星降级为矮行星，从此教科书上的9大行星改写为8大行星。
2. 冥王星降级的原因，是在它的附近还发现了更多的尺寸和质量相近的天体，甚至有的比冥王星质量还大。这就要求天文学家必须反思行星的定义，也就是必须重新梳理行星的本质。
3. 把冥王星以及它附近的全部新天体降级，换来了更精确、更系统化的行星定义，这是天文学的巨大进步。



思考题：

我用冥王星给你介绍了行星这个概念的定义，是如何更新迭代的。我们都知道定义清楚之后，交流和沟通才不会有歧义。虽然大家都说的是一个词，但是你脑子里的理解和我脑子里的理解却不一样。这样的沟通是不会有共识的。天文学家对概念有了清楚的定义，有了共识，这也是为什么天文学的模型可以互相嵌套，你帮我、我帮你的重要原因之一。你熟悉的领域里面有没有因为对概念理解不同而导致的误解和冲突呢？



高爽·天文学通识30讲
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇 〉

后一篇 〉

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动



字号



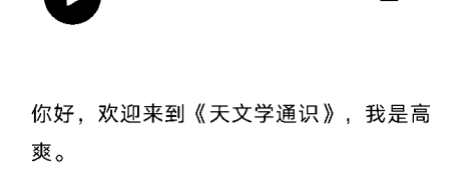
写留言



7



请朋友读



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。前两章，我为你介绍了太阳和太阳系。不论它们有多大，还有多少未解之谜，用整个宇宙的尺度去想，只能算是我们身边的事。

这一章开始，我们将会在更大的尺度下考虑问题，把所有的恒星都作为我们的研究对象。

1

要想研究恒星，就有个非常重要的问题需要解决，不解决就无法研究。你觉得这个问题是什么呢？可能你会觉得是距离，恒星距离都太远了。

恒星的距离的确都非常遥远，最近的恒星比邻星，也叫做半人马座α星C，和我们的距离也要超过4光年。注意啊，半人马座α星后面要加上一个C，这才是比邻星。因为这个恒星系统一共有3颗恒星，分别用A、B、C表示。比邻星只是其中距离我们最近的那颗。

最近的恒星都这么远，其他的恒星更是动不动就几千、几万光年。我们讲太阳系的时候，讨论的问题基本上都是在100个天文单位的范围内，换成光年的话也就不到2%光年。

距离远的确是一个关键问题，但是还是可以克服的。你想，恒星都是自己会发光的，所以即便距离远，但是我们还是可以看得见。比起太阳系里面的柯伊伯带或是奥尔特云已经有太多优势了，这些地方个体小，又不会发光，绝大多数都看不见。

其实对于研究恒星来说，最重要的问题是恒星数量太多了。光是银河系就有几千亿颗恒星，整个宇宙中的星系又有几千亿个。不只是数量多，还都非常不同。最大的恒星和最小的恒星能有几千倍的差距，所在的生命阶段也不同，有的恒星刚刚诞生，有的恒星马上就要毁灭了。不只是这样，描述一颗恒星的参数也特别多，什么质量、体积、温度、光度等等，都需要了解。

每颗恒星都这么复杂，而恒星数量又这么多，这才是研究恒星的大麻烦。那该怎么办呢？

2

必须把问题简化，要不然恒星的问题无法研究。可是怎么简化呢？这就用到前面的知识了，前面我们说了，太阳是天文学的枢纽。现在就是把太阳模型的威力显现出来的时候了。

太阳只是一颗普通的恒星，所以所有恒星的底层的机制都应该是相同的，只是不同的恒星，参数不一样。比如一些恒星比太阳更大，有一些比太阳更亮。

可是讲到标准太阳模型的时候我就强调过，太阳的参数不能随便修改，你不可能既要求太阳的温度高一些，又要求太阳的大小保持不变。所以，一颗恒星比太阳更大，就代表着背后会有一连串的参数需要修改。所以，对于一颗恒星来说，别看参数那么多，但是真正有决定性的参数应该并不多。

所以，为了简化问题，就需要找到决定性参数，然后用最少的参数去描述一颗恒星。原来要用七八个参数才能描述一颗恒星，找到关键参数之后，就相当于进行了降维打击，只需要两三个参数就可以描述一颗恒星。

那怎么选关键参数呢？我可以来还原一下天文学家的心路历程。

别看恒星有那么多参数，其实所有参数都可以分为两类，一类是直接观测的，一类是用模型间接导出的。你说，如果是你的话，你会怎么挑？

不用说，肯定是挑观测数据了，对吧？因为观测数据才是关键，其他所有的参数都应该从观测数据中推导出来的，否则就是瞎猜。

那和恒星相关的观测参数有哪些呢？一共有3个，亮度、距离和颜色，其他任何参数都没办法直接得到，都是从这三个参数中推导出来的。所以我们可以说，每颗恒星都是有“三围”的，亮度、距离和颜色，就是恒星的“三围”。

只需要三个参数，已经是少了很多了。那还能不能继续减少呢？

可以。亮度和距离可以合并，亮度把距离因素消除掉，那就是光度。

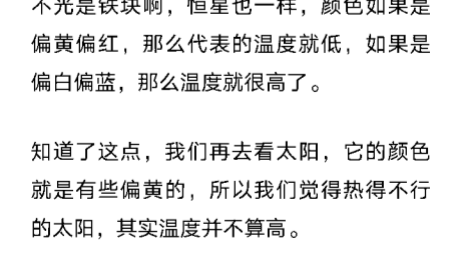
这一下，描述恒星的问题再一次降维，从三维降到了二维，只需要光度和颜色就可以描述。那能不能降到一维呢？卖个关子，这是我们下一讲的关键内容。

这一讲，我们先看恒星的二维参数。这已经非常有效了，一个平面也是二维的，这就代表了，恒星们的特征都有什么是在一个平面图上呈现出来的。

3

好，那我们就把恒星画在一个二维坐标上吧，横坐标是颜色，纵坐标是光度。画出来后会是什么样子呢？我在文稿中提供了一张图，你可以打开来看一下。

这张图就是天文学里面大名鼎鼎的赫罗图了，这是天文学家研究恒星最重要的工具。“赫”和“罗”，分别代表了两个天文学家，就是他们最先发展了这个工具。



恒星问题本来是一个非常复杂的多维问题，现在可以被降维投射到了一张图上了。我也经常作这个比喻，赫罗图就是恒星模型的UI界面。

恒星模型，即便是对天文学家来说，要想直接使用和计算也是非常复杂的，所以为了使用方便，赫罗图就被发明出来了。赫罗图就是恒星模型上的UI界面，看似简单的界面，背后封装着一个复杂的系统，而表面的两个参数也隐藏着丰富的信息。

就比如说吧。光度，前面其实我们已经讲到了，这里背后隐藏着的是亮度和距离信息。一个天文学家自己拿着望远镜看了一下远处的恒星，观测出了它的亮度。然后，只需要查一下赫罗图，看看它的光度是多少，就可以通过简单计算算出这颗恒星的距离是多少。

当然了，前提是，这颗恒星已经被其他天文学家填在了赫罗图上。这样就可以省去再去测量距离的麻烦。

这是光度，那颜色呢？颜色背后隐藏的什么信息？

颜色背后的信息是温度。于是知道了恒星的温度，也就相当于知道了恒星的表面温度。一个颜色对应一个温度。

我们应该都有这样的经验，如果把一块铁持续加热，就会把它烧红。如果继续烧这块钢铁，它会变成黄白色。温度如果继续加热，烧成铁水，烧到上万度，铁水会变成白色，甚至蓝色。在钢铁厂的锅炉边上，有经验的工人师傅就是靠这个关系来估计铁水温度的。

不光是铁块啊，恒星也一样，颜色如果是偏黄偏红，那么代表的温度就低，如果是偏白偏蓝，那么温度就很高了。

知道了这点，我们再去看太阳，它的颜色就是有些偏黄的，所以我们觉得热得不行的太阳，其实温度并不算高。

4

现在这几个隐藏信息，还只是从图中的纵横坐标中可以直接看出来的。其实赫罗图还可以斜着看。

如果你把赫罗图上所有大小一样的恒星连起来的话，就会发现这是一条斜线，从左上角画向右下角的这条线上所有恒星的大小都一样。如果再多画几条斜线，分别和这条平行，你还会发现同一条线上的恒星全部大小一样。而且斜线越靠近左下角，体积越小，越靠近右上角，体积越大。

这是恒星的大小。你还可以把所有质量相同的恒星连起来，依然会发现这是一条直线。只不过这次直线的方向和半径相同的那条直线相反，它是从左下角画到了右上角。同样，和这条线平行的斜线，每条线上的恒星质量都相同。越靠近右下角，质量越小，越靠近左上角，质量越大。

恒星最重要的两个参数，大小和质量就这样被确定下来了。

其实，从赫罗图里面不只是能看出来这些重要的参数，更关键的是，它对恒星的分类非常有帮助。还记得我前面讲过的吧，分类越清楚代表我们对一件事理解得越充分。有了赫罗图之后，我们就可以对恒星更好地归类了。



从赫罗图中可以清楚地看到，哪些地方是恒星聚在一起的。图上聚集在一块的恒星应该都是相似的，属于同一类型。比如，在赫罗图上，最容易看到的是，许多恒星都扎堆聚集在了赫罗图的对角线附近。这部分恒星的数目是最多的，叫做主序星。

在主序星的右上角，还有一片恒星，它们是红巨星等各种巨型恒星，体积都比较大。对应地，在主序星的左下角也有一片恒星，它们是白矮星。不同类型的恒星，背后隐藏着的是恒星的演化规律，代表了恒星演化的不同阶段。

关于恒星的演化，我们下一讲还会用一整讲来介绍。不过，现在你应该明白为什么我最开始一定要介绍赫罗图了吧。它就是整个恒星模型的UI界面。

还记得这一切的起点吗？就是因为标准太阳模型。再次赞叹，我们能有太阳真好。

划重点

添加到笔记

1. 恒星的数目实在是太多了，仅仅一个银河系中就包括了4000亿颗恒星，它们彼此有着不同的参数，充分研究每一颗恒星几乎是不可能的。
2. 这个时候就需要借助太阳的枢纽力量，从太阳的研究中我们获得了启发，恒星的众多参数不是彼此独立的，而是可以抽取出某几个参数作为关键参数帮助理解恒星的状态。
3. 利用温度或者颜色，和光度这样两个参数，可以建立一个基本的赫罗图界面，用来描述所有恒星的不同状态。



思考题：

这一讲，我们给你讲了一个例子，让你看到了天文学家是如何简化问题的。总结一下的话，就是找关系，用关系降低问题的维度。你有用过这样的方式来简化问题吗？希望你可以在留言区分享一下。

 **高爽·大文学通识30讲**
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

< 前一篇

后一篇 >

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa

字号



写留言



10



分享给朋友

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入详情页 >

19 | 恒星质量：恒星命运的... ↓

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

上一讲我给你介绍了一下赫罗图，它把亿万恒星的复杂情况封装了起来，只需要两个参数就可以把一颗恒星的许多特征概括出来。

这一讲，我就会告诉你，其实关于恒星的问题还可以更加简化，只需要一个参数就可以决定恒星的命运。这个参数就是恒星的质量。为什么这么说呢？因为每颗恒星的历史都是一部和自身引力对抗的历史，而引力就是由恒星的质量决定的。

—◆ 1 ◆—

这个问题，我们平常是体会不到的。我们从来不会担心一个人、一块巨石或是一座山，它们因为自己的重量太大把自己压扁了。因为，原子和原子之间有强大的排斥力。原子的最外层是电子，都是带负电，同性相斥，所以如果靠得太近的话，原子就会被互相弹开。

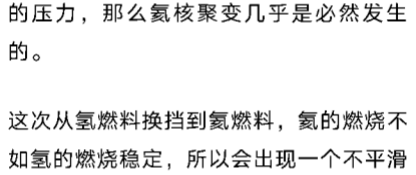
但是到了恒星这个尺度，恒星的内部会因为自身的引力而产生巨大的压力，这个压力如果只是靠原子的电磁排斥力的话，是对抗不了的，所以两个原子就会被压在一起。不过还好，恒星的主要元素是氢元素，氢原子被压迫到一定程度之后就会发生核聚变，释放出巨大的能量。这个能量反过来，就会帮恒星去对抗引力。

所以一颗恒星之所以能稳定地发光，就是因为它自身的引力和核聚变产生的排斥力达到了一个动态平衡。

不过，我这说的是一般情况，毕竟一颗恒星是不能够靠氢元素的核聚变去一直对抗引力，氢元素总有消耗完的时候。所以，顺着这个思路想下去，我们对恒星的研究，完全可以从它对抗自身引力的方式入手，对抗的方式不同代表着恒星所处的生命阶段也不同。

那一颗恒星的生命阶段还有哪些呢？先别急，我们还是先把用氢核聚变对抗引力的这类恒星搞明白了。这类恒星，我们天文学还有一个专门的名字叫做主序星。为什么叫主序星呢？因为这些恒星都在赫罗图的主序带上。主序带我们上节课已经介绍过了。可是为什么用氢核聚变来对抗引力的恒星就能恰好分布在这个区域呢？

这看似是一个巧合，其实在背后是有道理的。



—◆ 2 ◆—

为什么这么讲呢？那需要先讲一下，氢核聚变之后，下一个阶段恒星是靠什么对抗引力的。

我拿我们的太阳来举例子。电影《流浪地球》里人类需要带上地球逃离太阳系的原因是什么？就是因为太阳即将毁灭。其实说要毁灭呢，并不准确，更准确的说法是太阳需要切换对抗自身引力的方式了。当然了，实际中，太阳要达到这个阶段还需要差不多50亿年的时间。而且换挡之后的太阳还会继续存在10亿年的时间。

太阳换挡的原因，是因为氢元素燃料消耗得差不多了，只靠氢核聚变已经没办法维持原状了。所以引力暂时获胜，会向内部使劲地压，直到能产生氦核聚变。氦核聚变需要更大的压力。而且因为压力增加，原本剩下的氢元素，核聚变加剧了，所以太阳的核心温度会急剧上升，达到1亿度。

多说一下啊，因为氢核聚变之后产生的废料就是氦元素，所以是不缺氦元素的。只要恒星的引力够大，能够给内部产生足够的压力，那么氦核聚变几乎是必然发生的。

这次从氢燃料换挡到氦燃料，氦的燃烧不如氢的燃烧稳定，所以会出现一个不平滑过渡，这就好像是一个新手司机换挡一样，中间会发生一段不稳定的状态。这就是氦闪现象。

太阳的这次换挡就会带来连锁反应，核心的高温会让太阳快速膨胀。现在火星轨道以内的部分可能会全部被太阳占据。那个时候地球很可能就会被太阳吞没了。虽然因为到时候太阳的引力会变小，地球会向外移动，不一定被吞没，但是早在这之前太阳的快速升温，也会让海洋被煮沸消失。所以《流浪地球》里人类驱动地球逃离太阳系还是有道理的。

红巨星虽然核心的温度比较高，不过表面温度是降低了的，所以这个时候的太阳看起来就是一颗巨大的红色星球。这也是叫做红巨星的原因。

知道了这一点，你再看一下刚才的赫罗图，红巨星在什么位置呢？它又大又红，所以是在靠右上角的位置。从太阳的例子我们就能知道，一颗恒星如果内部换挡了，从氢核聚变变成了氦核聚变，那么它必然会脱离主序带，移动到右上角的位置。

所以，主序带上的恒星也就是主序星，它们都是还在进行氢核聚变的恒星，否则就会脱离这片区域了。

—◆ 3 ◆—

在主序带的左下角，其实还有一批恒星，它们的个头就要小很多了。它们其实是恒星在红巨星之后的阶段，叫做白矮星。我们也可以把白矮星看成是一颗恒星的尸体。因为白矮星的内部已经不再发生核聚变反应了，所以也可以看做这颗恒星死了。白矮星发出的微弱白光，只是它原来储存的热量散发的余晖，最终会完全熄灭。

白矮星是红巨星的内核产生的。红巨星的内核因为持续消耗氦元素，会持续地产生出碳元素和氧元素。当氦元素消耗到一定程度后，核聚变产生的斥力又不足以对抗自身引力了。但是自身质量产生的压力又不够继续让碳元素或是氧元素发生核聚变。

无法核聚变后，原来核心外面的物质就会因为热运动而扩散掉。我们通过望远镜看到的行星状星云就代表那里有一颗红巨星到了生命的结尾。



当然了，如果恒星的质量这个时候还能大于8倍太阳的质量，还是可以继续下去的。我们后面还会讲到。我们现在还是先讲不会继续发生核聚变的情况。

当其他物质都散去之后，恒星只剩下中间的核心。它已经没有核聚变可以对抗引力了，原子之间电磁斥力又不够对抗引力，所以整个内核会把密度压得极高。你可以想象一下，把整个太阳压缩到地球这么大，这就是一颗白矮星的密度。这个时候，对抗引力的是电子简并力。这个电子简并力呢，不属于四大作用力的任何一个，而是量子力学下的特殊现象，表现出来像是电子互相排斥一样。这里我们就不细讲了。

不过，我们可以想象一下，白矮星上有大量碳元素，碳元素被压实了是什么？那就是钻石啊。白矮星，就是一个钻石星。

这就是白矮星，也是我们太阳最后的宿命。

但是恒星最后的宿命可不只是这一个，还有其他的可能，而最后决定是什么结局的关键，仍然是恒星的质量。

—◆ 4 ◆—

当恒星的质量大于8倍太阳质量的时候，氦核聚变之后还是可以继续发生核聚变的，这个时候碳元素就会合成更重的元素。如果质量够大的话，氮元素、氧元素、硅元素等等，是会一直进行下去的。直到到了铁元素，核聚变反应就不会再发生了。其实，我们看元素周期表的话，铁元素之前的元素，除了氢、氦和少部分的锂元素是大爆炸后产生的，其他的绝大部分都是在恒星核聚变这个大熔炉中合成的。

铁后面的元素，金啊、铅啊，它们的形成只靠核聚变就不行了，它们需要其他机制。当然，也是和恒星有关的。

大于8倍太阳质量的恒星，它们走向毁灭的时候，就不再是像太阳那样慢慢地熄灭，而是会毁灭得非常壮丽。它们在最后无法继续发生核聚变时，就会产生超新星爆发。超新星爆发，会瞬间释放出巨大的能量。一个超新星爆发瞬间发出的光芒可以把整个星系都照亮。如果是在我们几千光年的距离内，发生了超新星爆发，它释放出的强大的高能射线就可能会让地球生命全部灭绝。

刚才讲的... 之后的那些元素的形成和...



刚才说的，铁之后的那些元素的形成机制，就是超新星爆发。只有超新星爆发瞬间产生的能量才能为这些重元素提供足够的压力。所以，每一克的黄金其实都是超新星爆发的遗迹。

超新星爆发之后，恒星的核心还是会剩下来的。不过啊，往往剩下来的这个核心是没办法像白矮星那样靠电子简并力就能抵挡引力。所以这个核心会继续坍塌，直到把电子压到原子核里面，电子和质子结合变成了中子。最后靠着中子简并力支撑着才不会继续塌缩下去。

这就是中子星，上面没有原子，全是中子。它的密度非常非常大，中子星上一块方糖大小的东西，质量就可以等于一艘航空母舰。

物理学家钱德拉塞卡计算过，只要剩下的核心超过1.44倍太阳质量，那么它必然会变成中子星。这个极限也叫做“钱德拉塞卡极限”。不过，这个极限并不是最后的底线。后来物理学家奥本海默也计算过，当最后这个核心的质量大于3倍太阳质量，那可就连中子简并力也没有办法抵抗引力了。更准确地说，是没有任何力量可以对抗引力了，所以所有物质会无限塌缩，最后集中到一点，变成奇点。

这样黑洞就诞生了，引力最后获胜。关于黑洞的内容，我们后面还有专门一讲介绍。这一讲我们就讲到这里，质量就是这样决定着恒星命运的。

划重点

添加到笔记

1. 恒星稳定存在是因为核聚变的能量释放和引力带来的压力之间的平衡。所以这两个力量之间的关系决定了恒星一生的演化。
2. 如果核聚变产生的能量不足，引力就会占了上风。恒星内部产生能量的方式就要换挡。恒星就会开始一系列的状态变化。这一系列变化的发生阶段也受到质量的控制。
3. 更大质量的恒星最终可能会爆发为超新星。所以质量可以决定恒星的一生。



思考题：

这一讲，我用一讲就可以把恒星百亿年的生命周期介绍给你。这肯定是无法把所有细节都交付给你的，但是我相信你一定对恒星的生命演化有了很好的理解。你觉得为什么这么少的信息，却可以让你感觉获得了这么多知识？我可以作个提示，我重点介绍了恒星是怎么换挡的，没有换挡的时候恒星是缓慢变化的，没有什么信息增量，换挡才是关键环节。



高爽·天文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

← 前一篇

后一篇 →

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa
字号

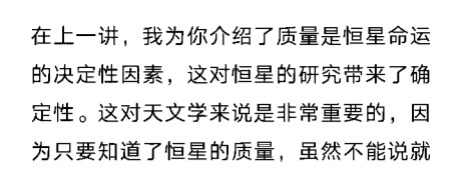
✍
写留言

♥
19

🗨
请朋友读

20 | 双星：互动中的恒星

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入详情页 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

在上一讲，我为你介绍了质量是恒星命运的决定性因素，这对恒星的研究带来了确定性。这对天文学来说是非常重要的，因为只要知道了恒星的质量，虽然不能说就能知道恒星的一切，但是它们的重要特征我们全可以知道。

这的确非常美好。但是，对我们现在的天文学家来说，却是非常糟糕的。我自己的专业就是研究银河系里的恒星，如果一切都这么确定的话，那么我的工作将会非常无聊，甚至可能失业，根本就不需要我们啊。

还好，宇宙并没有这么吝啬，还是为我们留下了饭碗。因为，宇宙中还有大量的意外情况，值得深入研究。

—— 1 ——

是什么意外情况呢？那我就需要先介绍一下天文学家是怎么利用赫罗图的了。没错，还是赫罗图，它这个研究恒星的UI界面的称号可不是白叫的。它真的非常好用。

明白了质量决定恒星宿命的底层机制之后，天文学家对赫罗图的利用就更加大胆了。我们只需要知道恒星颜色这一个参数，就几乎可以断定它的距离、大小、质量，甚至年龄等等参数。

上一讲我们已经介绍了主序星，这其实是一颗恒星的主要生命阶段，大概占到一颗恒星生命周期的90%。这其实也就说明了，我们观测的恒星里面，主序星应该是占大多数的。这就像是我们人，未成年期只有十几年的时间，剩下的成年期有几十年，成年期占了一个人生命周期的绝大部分时间，所以我们在大街上看到的总是成年人更多。恒星也是一个道理。

当然了，这还有一个前提，那就是我们的银河系相对比较年轻。所以，银河系里真实的情况是，主序星占了98%的数量。

这也就是说，如果我们看到了一颗银河系里的恒星，我们基本上可以假设它是一颗主序星。也就是说，它是应该在赫罗图的对角线上。当然，这个时候没办法确定这颗恒星的具体位置。

不过没关系，我们再去观测一下这颗恒星的顏色，只要知道了恒星的顏色，就相当于确定了它在赫罗图上的横坐标。这样，横坐标和对角线，就可以基本确定这颗恒星的位置了。位置一定，那么光度就知道了。光度知道了，根据亮度就可以算出距离。当然，恒星的质量啊、大小啊也都知道。

你可能会问，万一这颗恒星不在主序阶段了呢？也没关系，恒星的演化阶段一共也就那么几个，它们在赫罗图上都是有特定区域的，大不了都算一下。比如说吧，假如在红巨星阶段的光度是多少，在白矮星阶段的光度又是多少，有了2个光度数据，就相当于有了2个距离数据。

只要我们能想办法验证一下这颗恒星的距离，马上就能确定这颗恒星在什么阶段了。

一切是不是特别美好？赫罗图太好用了。但更好的是，赫罗图不是百分百地好用，我们天文学家还有发挥能力的空间。

—— 2 ——

在天鹅座里就有这么一颗恒星，天鹅座β，它的顏色接近黄白色，和太阳类似。也就是说，如果它是一颗主序星的话，那么它的光度也应该和太阳差不多。从地球上看来，这颗恒星本身也特别亮，是天鹅座里第二亮的恒星，所以初步估计这颗恒星应该距离我们很近。

但是，用三角测距法一测，发现这颗恒星的距离并没有想象的那么近，还挺远的。那会不会是因为它不在主序阶段呢？然后也都分别进行了计算，发现还是和实际距离对不上。这就出现意外了，赫罗图不好用了。

通过前面课程的介绍，我想你也了解了，别看赫罗图是一张简单的图，在它背后是非常可靠的一套恒星模型。如果赫罗图错了，那么就代表这个模型错了。虽然对于天文学家来说，能在自己的研究生涯中颠覆一个这么重要的模型，那绝对是可以荣耀一生的。但也就是因为自己是天文学家，所以非常清楚恒星模型是多么地可靠，出错的可能性非常小。

既然模型不应该错，那一定是还有什么我们没有发现的东西在那里。

后来天文学家就用望远镜仔细观测，果然有所发现。天鹅座β根本不是一颗恒星，而是两颗。虽然它们之间的距离还是非常远的，不过从地球上看来，它们在一个角度上，两颗星的亮度叠加在了一起，所以才这么亮。而且，它们一颗是红色的，另一颗是蓝色的，混在一起才会呈现和太阳类似的顏色。也就是说，我们不只把亮度搞错了，顏色我们也搞错了。

像天鹅座β这样的，两颗恒星只是在视觉上重叠在一起，我们叫做光学双星。这还是比较简单的情况，只是亮度和顏色简单地叠加在了一起。还有一种双星就比较复杂了，它们不只是在视觉上有重叠，而是它们真的靠得很近，互相之间在引力的作用下一起旋转。

这样的双星就可能带来更加复杂的情况。

—— 3 ——

就比如御夫座的一颗恒星，它就没办法在赫罗图上确定位置。因为每过27年的时间就会变暗，亮度变化超过2倍，变暗的时间持续18个月。这要是画在赫罗图上，那它就会在两个位置之间来回震荡。

也就是因为它的这个异常情况，让天文学家对它一直保持着强烈的兴趣。事有反常，一定会有新发现。果然，经过后来研究发现，这就是一个双星系统。它亮度的变化，就是互相环绕旋转造成的。有的时候一颗星会挡住另一颗星，有的时候会反过来，所以亮度才会有这么大的变化。

不过直到现在，这个双星系统我们也没有完全搞明白，虽然一颗星是超巨星，这是比较确定的，但是另一颗是什么还不知道。它们距离地球有多远也还有些争议。

所以，我们天文学家还是有很多事情可以做的，双星研究就是现在非常重要的研究领域。其实我自己的主要研究方向就是双星。你可别以为双星系统很少见啊。因为我们的太阳系只有一颗太阳，所以让我们感觉只有一颗恒星的恒星系统才是普遍的。

其实，在宇宙中我们的太阳系才是少数派，大多数的恒星系统都是双星，太阳这种顏色的恒星大概有65%都位于双星系统里，而我们对于双星系统还有很多未解之谜。看来我不用担心自己会失业了。

我们不了解双星系统，一方面是因为双星系统本来就复杂，它们会互相影响，变化就会非常多，所以找规律就很难。另一方面呢，我们的太阳系是单星系统，所以我们对单星系统更熟悉，也就是说我们利用宇宙学原理的时候，只有单星系统的经验可以作推广。

如果我们的太阳系是双星的话，那么可能就是另一种情况了。当然，双星系统是不是能诞生生命我们其实也不知道，也许只有单星才有诞生的条件。不过这就不是我们这一讲的重点了。

对了，三星系统也比较少见。主要是三星系统互相之间的引力影响，会让它们变成一个三体问题，这会让星体的运行轨迹无法预测。所以三星系统会不稳定，除了个别的情况，三颗恒星最后会发生碰撞或是脱离，变成稳定的双星或是单星系统。其实，我们的邻居半人马座α，就是一个稳定的三星系统，这是非常难得的情况。

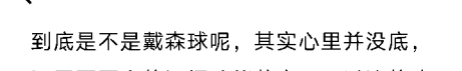
—— 4 ——

通过上面的内容，你应该已经知道了，天文学家心里是多么希望能够出现与赫罗图规律不相符的情况。因为那样的话，就代表会有新发现。

所以，我们天文学家对恒星的异常发光情况会特别地敏感。当然了，这个异常你现在应该非常清楚了，就是与赫罗图相比出现的异常。赫罗图就是一个用来测试的基准线。

不只是双星，其实发现系外行星也是一样。重点关注恒星亮度的异常变化，如果有规律变化，很有可能就是行星挡住一部分恒星，让亮度发生了变化。就通过这点变化，我们就可以知道这个行星的大小、公转周期，与恒星的距离等等信息。

其实，戴森球的发现也要靠对比赫罗图才行。现在天文学家往往就是因为一颗恒星发光异常了，然后作了一下排除，不是双星，也不是行星，总之就是把可能的原因都排除一遍，最后没有其他可能了，那就只能用戴森球来解释了。



到底是不是戴森球呢，其实心里并没底，还需要更多的证据才能落实。不过这的确可以给我们一个继续探索的方向。

所以呢，赫罗图其实代表了我们对恒星的确定性知识，而天文学呢不会停留在确定性上，而是在此之上去寻找增量。每次意外，都是一次扩大我们认知的机会。

划重点

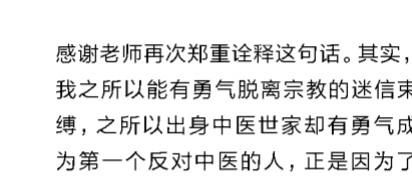
添加到笔记

1. 赫罗图不是绝对完美的工具，天文学家经常发现例外情况，尤其是双星。
2. 两颗相互绕转的双星情况很复杂，会改变观测到的恒星亮度，甚至会因为靠得太近而交换彼此的物质，影响彼此的演化进程。
3. 戴森球和地外文明也可能打破恒星本身的孤立状态，虽然目前还没有证据表明地外文明的存在，但是理论上启发我们，天文学不会停留在赫罗图上，而是在努力寻找更多例外的情况，从而在底层逻辑上取得进步。



思考题：

这一讲我把天文学家的心里话讲出来了，我们并不希望看到一个完美无缺的理论，因为那就代表了我们就没有了价值。不只是天文学家，所有的科学家都是这样的。这也应该是科学的特征之一吧。科学从来不是一个可以完美解答所有问题的知识体系，也正是因为它承认了这一点，它反而成了人类最可靠的知识体系。你有没有遇到过哪些理论，看似可以解释所有问题，其实并不可靠？希望可以在留言区分享出你的想法。



< 前一篇

后一篇 >

用户留言

写留言



石三

科学从来不是一个可以完美解答所有问题的知识体系，也正是因为它承认了这一点，它反而成了人类最可靠的知识体系。

感谢老师再次郑重诠释这句话。其实，我之所以能有勇气脱离宗教的迷信束缚，之所以出身中医世家却有勇气成为第一个反对中医的人，正是因为了解了科学的这种特性。

要回答老师提出的“哪些理论，看似可以解释所有问题，其实并不可靠？”这个问题，我觉得，在我们的生活习惯里，应该没有什么比中医阴阳五行理论更贴切的了。

99.99%的中国人都知道上火这个词，但是没有哪个人能解释清楚上火是什么，因为上火已经成为一切身体不舒服的代名词。至于下火的药，更是成千上百种。

和上火具有同样地位的还有肾虚，虚火上炎，虚风内动，虚喘、虚烦，等等等等，几乎一切的不舒服也都可以用各种虚来解释。由此而带来的各种补药也是成千上万种。

至于阴阳五行、太极八卦、奇经八脉等等，就更加是看上去无所不能，但其实没有任何科学依据的。

转发 1 10



烂盆子

看似可以解释所有问题其实又并不可靠的那莫过于以阴阳五行来解释不管什么病都能提供治疗方案的中医了。

转发 评论 5



佛祖门徒

高老师，通过这一课我坚定了两个认知。一是走出舒适区，“赫罗图”对于天文学家来说，虽然好用但如同一个舒适区，只有保持一种警惕和突破的态度，才能不断拓展认知的边界；二是理性质疑，当现象和已有模型不符的时候，既不能轻易否定模型，也不要将现象往上生拉硬套，一方面要对模型进行检视，另一方面对现象进行深入观察，结合其他方式进行小心的求证，才可能得出符合事实的科学结论。

转发 评论 3



曾俊龙

三角测距法（三角视差法）、双星系统、三体问题、戴森球

天文测距法

- 1、三角视差法（最常用，利用地球公转的世界差测距离，遥远的恒星视差角非常小就难以测距了）
- 2、分光视差法
- 3、星团视差法
- 4、统计视差法
- 5、造父视差法
- 6、力学视差法

-

双星系统

双星系统是指由两颗恒星组成，相对于其他恒星来说，位置看起来非常靠近的天体系统，联星是指两颗恒星各自在轨道上环绕着共同质量中心的恒星系统。双星可以当成联星的同义词，但一般而言，双星可以是联星。

-

光学双星

没有物理关联性，只是从地球观察是在一起的。

-

三体问题

它是指三个质量、初始位置和初始速度都是任意的可视为质点的天体，在相互之间万有引力的作用下的运动规律问题。（简单来讲就是三个天体在有引力联系下运动规律的问题）

现在已知，三体问题不能精确求解，即无法预测所有三体问题的数学情景，只有几种特殊情况已研究。

三体问题（three-body problem）最简单的一个例子就是太阳系中太阳、地球和月球的运动。在浩瀚的宇宙中，星球的大小可以忽略不记，所以我们可以把它们看成质点。如果不计太阳系其他星球的影响，那么它们的运动就只是在引力的作用下产生的，所以我们可以把它们的运动看成一个三体问题。

-

戴森球

- 1、戴森球是弗里曼·戴森在1960年就提出的一种理论。
- 2、戴森球是一种人造结构（智慧生物制造的），简单来讲就是在恒星外层建造能量接收器（可以想象成在太阳周围包裹一层太阳能糖衣），利用戴森球获取恒星巨大的能量。

转发 评论 1

唐巍

看似目前无法解决的问题恰好都有一套甚至几套“解决方法”，似乎也都挺有道理，质疑和验证的连续演化，终会促使科学进步，来回答问题的真相，同时也会鉴别伪科学背后的真相。

转发 评论 1

ZHENIA

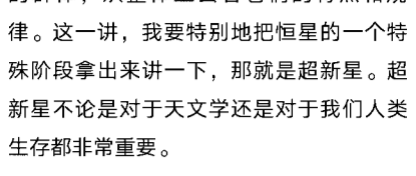
所有号称全知全能的其实并不可靠，比如宗教、迷信等。只有现代科学才能让我们认识世界的真实面目。

转发 评论 赞

以上留言由 作者 筛选显示

21 | 超新星：星系间的灯塔

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入详情页 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

前面几讲我一直是把恒星当做是一个统一的群体，从整体上去看它们的特点和规律。这一讲，我要特别地把恒星的一个特殊阶段拿出来讲一下，那就是超新星。超新星不论是对于天文学还是对于我们人类生存都非常重要。

—◆ 1 ◆—

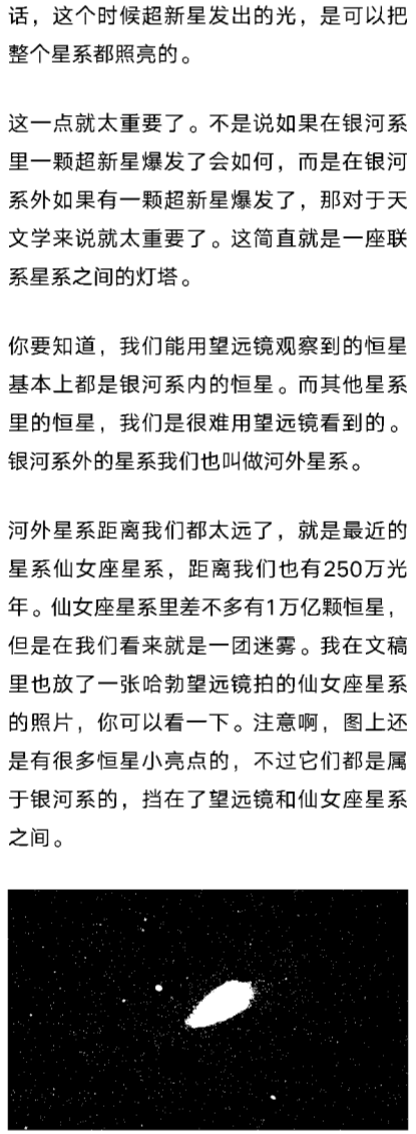
为什么这么说呢？别急，我先介绍一下什么是超新星。其实它并不是某一类具体的恒星，而是恒星的一个特殊阶段，而且也不是所有恒星都会经历这个阶段。只有满足了特定条件的恒星才有可能经历这个阶段。

超新星这个名字呢，其实来自于“新星”这个词，字面上的意思就是超级新星的意思。“新星”这个词呢，从古代就有了。当时的天文学家观测星空，会发现在某个地方忽然出现了一颗新的恒星，就像是新诞生了一颗恒星一样，所以叫做新星。

不过因为这种新诞生的新星不会一直有，一般过几周或几个月的时间就消失了，就像是夜空中的客人一样，所以也叫做客星。

我们现在都知道，这其实不是新恒星诞生了，而是一颗恒星爆炸了。原本因为亮度不大，所以我们看不见，爆炸后忽然释放的光芒，就像是新诞生了一颗恒星一样。

我国历史上就留下了很多客星出现的记录。最有名的就是公元1054年宋代记录的一次客星出现，亮度非常亮，白天都可以看到。现在我们用望远镜看当时客星出现的位置，还可以看到恒星爆炸后的痕迹，那就是金牛座里面大名鼎鼎的蟹状星云。我在文稿中提供了一张哈勃望远镜拍的蟹状星云的照片，非常漂亮，你可以打开文稿看一下。



后来现代天文学发展之后，天文学家发现，恒星忽然变亮发生爆炸的原理并不相同。其中有一种威力特别巨大，它一下释放出的能量会超过一个太阳的质量。你想想看太阳燃烧一辈子，将近100亿年不停地释放能量，最后只会消耗自己不到1%的质量。而这个爆炸会在几周或几个月的时间里把整个太阳的质量全部变成能量。这是一种情况，还有另一种情况，虽然也是恒星忽然爆发，但是释放的能量只有太阳质量的百分之几。

所以，天文学家就对新星重新分类了，威力巨大的那种叫做超新星，而威力不大的叫做新星。当然了，我这里只是简单地拿威力大小来说明，其实本质上还是超新星爆发和新星爆发的原理不同。其实，即便是超新星，它发生爆发的原理也有不同。现在你只需先了解这么多，后面我还会再详细介绍。

而我这一讲要特别介绍一下超新星的原因，也是因为它的威力巨大。因为威力巨大，所以我们能在很远的地方看到它们。

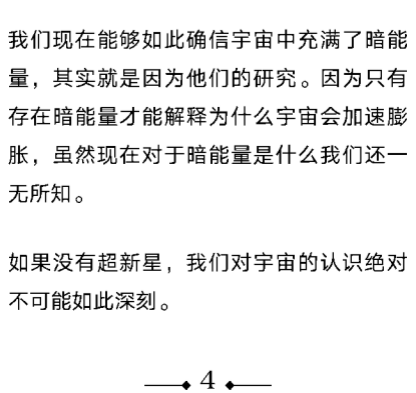
—◆ 2 ◆—

前面虽然也说了超新星能够在很短时间内把一个太阳的质量变成能量释放出去，有的时候可能更多，是好几倍的太阳质量。但是，你可能还是没有办法直接感受到这个威力有多大。如果只是从亮度来说的话，这个时候超新星发出的光，是可以把整个星系都照亮的。

这一点就太重要了。不是说如果在银河系里一颗超新星爆发了会如何，而是在银河系外如果有一颗超新星爆发了，那对于天文学来说就太重要了。这简直就是一座联系星系之间的灯塔。

你要知道，我们能用望远镜观察到的恒星基本上都是银河系内的恒星。而其他星系里的恒星，我们是很难用望远镜看到的。银河系外的星系我们也叫做河外星系。

河外星系距离我们都太远了，就是最近的星系仙女座星系，距离我们也有250万光年。仙女座星系里差不多有1万亿颗恒星，但是在在我们看来就是一团迷雾。我在文稿里也放了一张哈勃望远镜拍的仙女座星系的照片，你可以看一下。注意啊，图上还是有很多恒星小亮点的，不过它们都是属于银河系的，挡在了望远镜和仙女座星系之间。



所以，当河外星系里面发生了一次超新星爆发，它的亮度将会超过整个星系的亮度，这对我们研究河外星系是非常难得的机会。

就比如，在2006年的时候，天文学家在距离我们2亿3800万光年的星系里发现了一次超新星爆发。通过对这颗超新星的研究，可以确定，我们对恒星建立的模型至少在2亿3800万光年之外依然是有效的。如果不是超新星，这个星系我们是几乎看不到细节的。我在文稿里也提供了这个星系的照片，感兴趣的话可以去看一下。

—◆ 3 ◆—

不过我专门用一讲来讲超新星，并不只是因为它们帮我们验证了宇宙学原理。它们对天文学的重要程度还要更大。

我们在第一章就讲过测量距离对于天文学的重要程度。因为超新星是我们可以跨越星系看见它的，所以它也成了我们测量星系之间距离的重要手段。

还记得在介绍天文学中测距方法时，我讲过一个标准烛光的方法吗？有一类超新星就可以作为标准烛光。而且这个标准烛光是可以跨越星系的。这个标准烛光呢，叫做Ia型超新星，这里的I是罗马数字，也就是大写的字母I。

超新星可以大致上分为两大类，一类是我们前面介绍过的，如果恒星的质量大于8个太阳质量，当它的核聚变停止时，在引力作用下就会快速坍缩。这样的快速坍缩就会释放大量的能量，并且产生一系列的连锁反应，也就是发生超新星爆发。

这是一类，还有一类，本来并不会发生超新星爆发，而是一颗白矮星。只不过这颗白矮星不是孤零零的，旁边还有一颗恒星伙伴，这颗白矮星会一直从这颗恒星伙伴处吸收物质。直到自己达到了钱德拉塞卡极限，也就是1.44倍太阳质量，电子简并力扛不住了，忽然坍缩，然后发生超新星爆发。

我说的Ia型超新星爆发，就属于第二种。其实，前面说的新星，也是一颗白矮星从旁边的恒星吸取物质，但是它并不是超过了钱德拉塞卡极限，而是在白矮星表面发生了氢核聚变反应。这个你了解一下就好，不是这一讲的重点。

重点是，Ia型超新星非常标准，只要是Ia型，那么它们的各种参数都一样，就像是一个模子里刻出来的一样。这样很好理解，因为白矮星的质量是慢慢增加的，一到极限就爆发，所以情况都一样。而其中最重要的就是它们的光度也一样。既然光度一样，那就是个已知条件，如果发生了Ia型超新星爆发，测量一下地球上看到的亮度，就可以反推出距离来。

这样就能把星系的距离测量出来了。

2011年的诺贝尔物理学奖获奖者是3位天文学家，他们就是因为长期对超新星进行研究才获得了这次诺贝尔奖。因为他们通过Ia型超新星给宇宙量了量“腰围”，发现宇宙不只是在膨胀，而且还是在加速膨胀。

我们现在能够如此确信宇宙中充满了暗能量，其实就是因为他们的研究。因为只有存在暗能量才能解释为什么宇宙会加速膨胀，虽然现在对于暗能量是什么我们还一无所知。

如果没有超新星，我们对宇宙的认识绝对不可能如此深刻。

—◆ 4 ◆—

天文学研究虽然喜欢超新星，但是我们并不希望超新星发生在我们附近。根据计算，3000光年之内的超新星爆发，就可能会影响到地球，给地球带来毁灭性的灾难。因为超新星爆发的时候会释放出强烈



难。因为超新星爆发的时候会释放出强烈的辐射，如果地球被袭击的话，臭氧层就会消失，空气中的氮气就会变成有毒的二氧化氮，甚至生命的遗传物质会直接受到破坏。

这可不只是猜想，科学家发现，南极的冰层中有一层的重金属含量特别高，对应的年代恰好是1006年和1054年的两次超新星爆发的时间。这就是受到超新星爆发影响的证据。

于是就有了这样的猜想，超新星导致的灾难真的在地球上发生过。在距离今天4亿4000万年前的奥陶纪和志留纪之间出现了一次严重的生物大灭绝事件。当时60%的海洋生物消失了。为什么发生这次大灭绝，有很多解释，其中一个解释就是在距离地球不太远的地方发生了超新星爆发。甚至还有学者认为，导致了恐龙灭绝的罪魁祸首，不是小行星，而是一颗超新星爆发。

所以，天文学家虽然会密切关注远处星系里的超新星，但是从生存的角度来看，周围可能发生超新星爆发的恒星都是我们重点关注的对象。比如在飞马座就有一颗恒星，它很有可能就会发生超新星爆发，更重要的是，它距离我们只有150光年。如果它真的爆发了，我们地球很可能就会受到毁灭性的打击。我们人类如果不希望成为下一个恐龙的话，那就需要能够精确地预测出它们爆炸的时间，提前作准备。这也是我们研究超新星的非常重要的一点。

划重点

添加到笔记

1. 超新星是非常明亮的，释放巨大能量的过程。

2. 超新星有不同的类型。如果知道了类型，就可以知道超新星的光度，从而利用标准烛光的方法测定距离。更重要的是，超新星的光度很大，所以往往可以测量特别遥远的距离，让天文学洞察宇宙早期的信息。

3. 超新星如果离地球不远，能量喷发的方向又指向地球，会给地球造成毁灭性的打击。



思考题

这一讲我为你介绍了Ia型超新星爆发，这一种标准烛光。也就是说，它之前经历过什么，这些是不确定的，不过只要到了某个临界状态，所有的不确定因素都会消除，最后剩下的是确定性。通过临界状态在不确定性中找确定性，是非常常用的方法。比如，摄氏度的定义，就是通过对水的临界状态来定义温度。你有没有用过类似的方法寻找确定性呢？

 **高爽·天文学通识30讲**
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

< 前一篇

后一篇 >

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



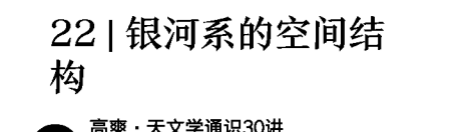
写留言



12

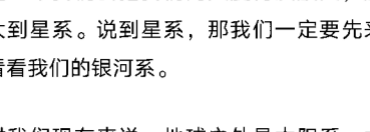


请朋友读



22 | 银河系的空间结构

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入聆听 >

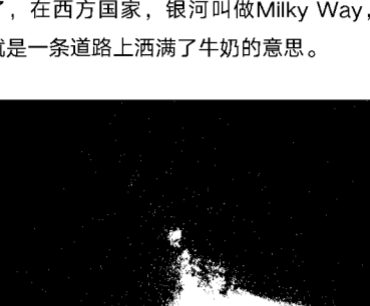


你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

这一章我们会把我们的尺度再次放大，放大到星系。说到星系，那我们一定要先来看看我们的银河系。

对我们现在来说，地球之外是太阳系，太阳系之外是银河系，这样的宇宙层级结构算是常识了。

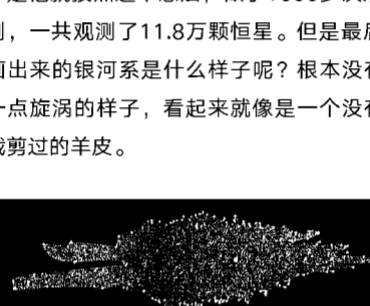
不过这个常识来得并没那么容易。直到100年前，天文学家才确定太阳系之上还有一个更大的结构是银河系，60年前才确定银河系是旋涡状的，而且直到现在我们也不清楚银河系到底应该是什么样子的。我们现在看到的所有银河系的图片，都还只是天文学家的猜测。



— 1 —

一般情况，某个天体或是天文学系统，距离我们越近，我们就能研究得越清楚。但是银河系例外，因为我们就在银河系里面。不识庐山真面目，只缘身在此山中。

我们先来看看，我们在地球上看到的银河系是什么样子的。我在文稿里面提供了一张站在地球上看到银河的照片。银河就是银河系里主要恒星聚集的地方。银河之所以叫银河，就是在夜空中有那么一条带状区域非常亮，聚集了很多星星，就像是夜空中的河流一样。银河是我们国家的说法了，在西方国家，银河叫做Milky Way，就是一条道路上洒满了牛奶的意思。

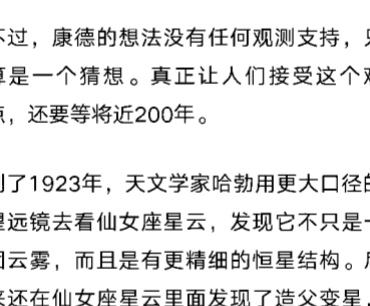


不论是河流，还是道路，其实都是一样的，都是说看起来像一条带子。你能靠这个照片还原出银河系真实的样子吗？不行吧。别说你了，就是天文学家也不行。

第一个尝试对银河系结构作出描述的是赫歇尔，就是那个18世纪发现天王星的天文学家。他能发现天王星，是因为他的望远镜是当时最强大的。既然有了这么一个有力工具，他肯定不满足于发现天王星。所以，他就想着是不是可以做些更宏大的事情，那就是把银河系的样子描绘出来。

他的做法呢，就是用自己的望远镜把全天的恒星数一遍，不光数，还会去估计恒星的距离。这样，就可以把恒星和太阳的相对位置画出来了。如果测得够精确的话，银河系的样子就可以画出来了。

于是他就按照这个想法，做了1000多次观测，一共观测了11.8万颗恒星。但是最后画出来的银河系是什么样子呢？根本没有一点旋涡的样子，看起来就像是一个没有裁剪过的羊皮。



赫歇尔可是当时最有名的天文学家了，用的还是当时最先进的望远镜，仍然只能得到这样一个结果。而且在后来的100年内，没有人对银河系的了解可以超过赫歇尔。

所以你应该了解了，如果只从地球一个视角出发，还原出银河系的样子，那真的是非常困难的。如果想要真的解决这个问题，必须寻找一个外部视角才行。可是怎么才能找到外部视角呢？这就又要用到宇宙学原理了，不过这次却是反过来用了。

— 2 —

一般天文学利用宇宙学原理，都是把身边发现的规律推广到宇宙的更远处。而对于银河系，则是通过观察远处的其他星系，把从它们身上观察到的特征反过来用在银河系上。这样即便是我们没有离开过银河系，仍然可以用外部视角来研究银河系到底是什么样子的。

其实在赫歇尔之前，就已经有天文学家发现夜空中除了恒星之外，还有一些天体像一团一团的云雾。天文学家专门给这些天体起了名字，叫做星云。现在我们知道，它们有一部分是银河系内部的气体云，有一部分真的是遥远处的星系。

但是当时并不清楚星云的距離，所以也不知道这些星云到底是在银河系内部，还是在银河系外部。

不过已经有天文学家开始猜想了，这些星云其实就是更远处的星系。其中最著名的应该是哲学家康德，他凭借着直觉相信仙女座星云，这种有旋涡结构的星云应该就是一个河外星系，河外就是银河系之外的意思，甚至还在这个基础上猜想我们的银河系也是旋涡状的。

不过，康德的想法没有任何观测支持，只算是一个猜想。真正让人们接受这个观点，还要等将近200年。

到了1923年，天文学家哈勃用更大口径的望远镜去看仙女座星云，发现它不只是一团云雾，而且是有更精细的恒星结构。后来还在仙女座星云里面发现了造父变星，造父是我国古代神话里的一个人物。造父变星是一种标准烛光，通过它就可以测量出仙女座星云的距離，至少有100万光年。

通过这个距离一计算，就发现了仙女座星云的大小，应该和当时已知的银河系是差不多的，这不可能是银河系内部的结构。所以从此开始，仙女座星云改名了，叫做仙女座星系。并且，这也让天文学家第一次开始认真思考，也许银河系真的和仙女座星系一样，有一个旋涡状的结构。

— 3 —

有了这个外部视角之后，再去看看地球视角下的银河，有的现象就能得到很好的解释。比如说，虽然天空中的银河是一条亮带，但是通过望远镜观察的话，就能发现这条亮带上物质的密度是不一样的。在靠近人马座附近的银河的密度会比其他地方大很多。这在之前很难解释。

现在有了外部视角，就很容易理解了。我们看到了仙女座星系不只是呈现旋涡状，看起来还像是一个飞碟，中间厚四周薄，中心物质密度大，四周密度小。所以，银河应该也一样，密度最大的地方，很可能就是星系的中心。

按照这个思路，就可以找到银河系的中心，也就是银心具体在什么地方。

经过观测和计算发现，银河系的中心，也就是银心大概是在人马座的旁边。然后还有天文学家进行了计算，想看看太阳距离银河系的中心，也就是银心有多远。现在我们知道太阳距离银心大概有2.5万光年，银河系的半径大概是5万光年左右。我们其实是在银河系比较偏远的位置上。

当时计算的数值没有那么精确，不过也可以非常确定太阳是在银河系的一个角落里，距离中心很远很远。其实这也算是哥白尼日心说的再一次升级，地球不是太阳系的中心，太阳系也不是银河系的中心。

— 4 —

银河系的大体轮廓知道了，银心也知道了，真实样貌的还原应该要容易很多了吧，并没有。因为银河系中有大量的星际气体和尘埃，它们是会遮挡住恒星的光芒的。遮挡住之后，对亮度观测和距离的计算就会不准，而且是物质密度越大的部分越是这样。

你可以随便看一张夜空中银河的照片，你就会发现，银河这条星带的中间应该是密度更大、恒星更多，但是偏偏越靠近中间越黑。这就是因为这部分星际气体或尘埃太多，挡住了恒星的光芒。所以，本来恒星越多，越是应该有更多观察数据的地方，偏偏观察数据并不多。

要解决这个问题，还要等一项技术突破，那就是射电望远镜的发明。其实射电望远镜就是我们平时见到的雷达。

在1932年，一位美国的无线电工程师央斯基在调试自己的无线电雷达的时候，接收到了一个奇怪的信号。这个信号传递的方向上没有发现任何的信号源，而且总是指向人马座方向。后来确定了，这就是来自银河系中心的无线电信号。

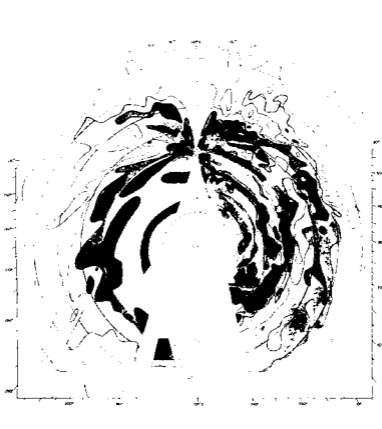


银河系中心的无线电信号。

这也就是说，无线电信号可以穿过银河系中心厚厚的星际气体被我们接收，这就提供了可见光观测之外的另一扇窗。

我们在第一章也讲过，央斯基的这个发现其实也代表着射电望远镜的发明，一个天文新时代的到来。对于银河系研究，这就提供了一个突破星际迷雾有力的工具。

于是很快，天文学家奥尔特，就是提出太阳系奥尔特云的那个奥尔特，用射电观测和计算分析得到银河系的结构。并在1951年，给出了当时最接近真实情况的银河系示意图。我在文稿中也提供了这张图，可以看到它已经有旋涡状结构了。



不过，射电技术虽然可以解决一部分问题，但是并不能解决所有问题。恒星之间的互相遮挡，还是会让很多现象无法观测。比如说银心的背后，直到现在我们也没有任何办法去了解，它就像是月球的背面一样，除非真的派探测器过去，否则我们永远也看不到。也正是这一点，直到现在我们仍然不能确定银河系的精确模样。

划重点


添加到笔记

1. 天文学中大部分的难题都是因为远才导致的，但是对于银河系恰恰相反。它是因为我们就在银河系中，距离太近了，反而无法看到全貌。
2. 不过我们仍然观察其他星系，把对它们的观察结果推广到银河系来，为我们提供额外的外部视角。这也是一种对于宇宙学原理的利用。



思考题：

这一讲，我们介绍了天文学家是如何通过外部视角了解了自己在所在的银河系的。要想对一件事有更清晰的认识，肯定需要有外部视角帮忙，但是并不代表着我们一定要亲自“走”到外部去，才能有外部视角。你有没有类似的经验，不用亲自走出去，但是依然可以获得外部视角？



高爽·天文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

← 前一篇

后一篇 →

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa

字号



写留言



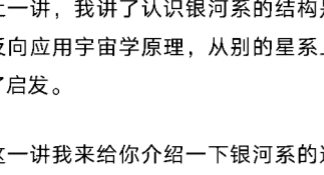
13



请朋友读

23 | 银河系的演化

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入课程 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

上一讲，我讲了认识银河系的结构是靠反向应用宇宙学原理，从别的星系上获得了启发。

这一讲我来给你介绍一下银河系的这个结构是怎么来的，也就是银河系是如何演化的。

说到演化，其实就是为研究的问题加上了一个时间维度。在时间线上研究未来是不可能了，但是我们可以研究过去。前面的课程我也讲过了，天文学对于历史研究是有优势的。因为信息的传播速度有限，所以我们看得有多遥远，我们就能看得有多久远。

当然了，我们没办法直接看到银河系的过去。银河系的直径也就是10万光年，看到10几万年前的景象，在宇宙百亿年的历史中实在是没有什么价值。所以，最好的办法还是去看遥远的其他星系。看看它们的演化状态，我们就可以大致知道银河系的演化状态了。你对这一点应该很熟悉了，这就是在用宇宙学原理，而且还是反着用。

但是在使用的过程中还会遇到两个问题必须解决。

—— 1 ——

第一个问题，就是演化过程是延续的，但是我们只能看到一时一刻的情况。这就相当于，星系的演化就是一部电影，但是我们只能看到断断续续的画面和片段，我们要靠这些片段还原出整个电影的全部信息。

其实这个问题还是可以解决的，天文学的强项就是用有限信息还原出真相。我们有模型体系，利用模型体系就可以把中间缺失的内容补上。

但是，还有第二个问题，那就是星系之间的距离太远了，最开始的时候用望远镜看实在是看不清楚。你想啊，我们之前说星系之间的距离已经很久了，动不动就几百亿光年。

那怎么办呢？

还是用宇宙学原理，用模型。

不过这次使用宇宙学原理的思路就完全不同了，既不是把近处的理论推广到远处，也不是用远处的视角反过来看我们自己，而是在不同尺度下利用宇宙学原理。

什么意思呢？你看，我们讲太阳系的时候其实讲过，木星和它的卫星就是一个小太阳系，这些卫星是木星形成时剩下的边角废料。这是行星和卫星的尺度，要是到了恒星和行星这个尺度也是一样，行星就是恒星形成时剩下的边角废料。那么这些尺度下好用的规律，是不是也适用于更大尺度的问题呢？比如星系形成时，恒星就是星系中心的黑洞形成时剩下的边角废料。当然了最开始的时候还不知道星系的中心是黑洞。

不过，这么去思考问题是非常自然的。天文学家也是这么想的，于是就有三位权威的天文学家站了出来，他们就是利用这个思路去考虑银河系演化的问题。

他们认为银河系最开始的时候就是一块巨大的星云，主要成分就是氢元素。然后这块巨大的星云，里面会分区地逐渐碎裂成更多的小块星云。小块星云会因为不稳定的扰动，继续碎裂成更小块的星云，最终很小块的星云分别形成恒星。

三位天文学家在1962年提出了这套银河系形成的模型，用他们三个人的名字的首字母缩写，可以把这个模型叫 ELS 模型。

过去用一块分子云收缩的方式就可以产生一颗恒星，现在就可以用一大块分子云碎裂的方式产生一大批恒星。过去可以用一个参数描述恒星的一辈子，现在就可以用一个统一的过程描述银河系的一辈子。这个模型简单明了。从20世纪60年代开始，ELS模型一直是银河系演化的经典模型，是不是非常完美？

但是，ELS模型仍然有一个非常重要的问题没有解决。就是这个问题，后来导致了整个模型的崩溃。

—— 2 ——

这个问题是什么呢？按照ELS模型描述，应该是越靠近中心区域，物质的密度越大。这一点和太阳系里的情况不太一样，太阳系的情况是靠太阳近的话，行星个头小，物质密度小，然后越往外，行星个头越大，物质密度也越高。因为太阳有太阳风，会把物质刮到更远的地方。但是过了木星之后行星就又开始减小了，物质的密度也开始减小。这是因为太阳风的威力毕竟有限，再远的地方就刮不到了。

但是银河系不一样，银河系的尺度比太阳系大得太多了，中心的黑洞就算是会产生特别巨大的辐射风，在整个星系这个尺度上也不会受到影响。所以应该是越靠近中心，物质引力越大，聚集的物质越多。

但是这一点和实际观察不符合。天文学家通过望远镜观测发现，银河系外围部分有很多星团和恒星，这些地方的物质密度那是相当高的。也就是说，好像在原本正常的银河系里，最外围似乎看起来多了很多额外的恒星。这一点ELS模型就解释不了了。

为什么会出现在这种情况呢？难道什么地方出了问题吗？

在1977年的天文学会议上，两位天文学家提出了他们的解释。他们的核心思想呢，是这样的：ELS模型不是说银河系的形成应该和恒星系统的形成类似吗？正常情况下可以这么去考虑，但是你要知道太阳系这样的恒星系统的形成，它们都是互相孤立的，互相之间不会影响的。星系的形成还会是这样吗？如果银河系不是一个封闭系统会如何呢？

那样的话，银河系外围的一部分恒星，可能根本就不是银河系自身的成员，它们可能是在银河系形成演化的过程中，从外界掉落进来的外来户。换句话说，银河系中至少存在一定比例的恒星，可能不是银河系体内自己产生的。

在银河系形成的过程中，银河系可能吞食掉了周围一些别的星系。这个模型就成了ELS模型之外的另一个解释星系演化的模型。于是它就用两位天文学家的名字的首字母来命名了，叫做SZ模型。

这个模型虽然上个世纪70年代就已经提出来了，但是很长时间都没有受到其他天文学家的重视。原因也很简单。恒星系统被认为是孤立系统，是因为恒星之间的距离太远了，互相之间发生影响的可能性太小。星系估计也是一样，星系之间的距离也特别遥远，所以互相之间发生影响的概率也不大。

—— 3 ——

但是随着望远镜技术的突破，天文学家真的观测到了令人震惊的现象。

越来越多的大型望远镜，观测到了非常奇怪的星系的形状。我把这些特殊形状的星系照片放在了文稿里，方便你查看。

图中有些星系还能隐约看出原来的样子，不过有些已经被严重地扭曲了，甚至是面目全非，变得特别古怪。这些活生生的照片证明，星系和星系之间很容易发生相互作用。两个星系靠近之后，形状变样还是小事，更大的问题是两个星系的物质，包括恒星和气体，会相互融合到一起。原本属于一个星系的恒星，可能就会进入到另一个星系的体内。

星系不是一个孤立系统，互相之间经常发生碰撞和吸引。星系之间的距离的确很大，但是别忘了星系本身的尺度也特别巨大，所以星系之间的距离并没有想象的那么远。就好比银河系周围最大的仙女座大星系，到银河系的距离相当于银河系自身直径的7倍不到。在宇宙尺度下，这已经是非常近的距离了。

所以我们的银河系能有现在的样子，其实是被其他星系喂出来的。而且这已经不是猜想了，而是有实际观测证据的。在上世纪90年代末发现的人马座星系，更加证明了银河系在吞食别的星系。

人马座的这个星系尺度非常小，整体呈现椭球形状，正在一边环绕银河系运动，一边掉落到银河系体内。近些年的研究发现，人马座的这个小椭球形的星系，可能已经围着银河系绕了几圈了，每绕一圈都有一部分恒星脱落下来，成为银河系的一部分。

我们的太阳距离银河系的核心其实还是很远的，也就是说我们的太阳很有可能原来



远的，也就是说我们的太阳很有可能原来并不属于银河系，是后来才并进来的。要是这样的话，很多问题就可以解决了。比如，我们前面讲过，太阳其实已经是第三代恒星了，前面两代都已经发生了超新星爆发。但是，你有没有想过，爆发后剩下来的中子星到哪里去了呢？如果太阳是从别的星系迁移过来的，那么就可以解释了，这些中子星已经不知道在迁移过程中飘到哪里去了。

所以现在，SZ模型已经成为了银河系演化的主流模型。

划重点

添加到笔记

1. 要想了解咱们自己所在的银河系的演化历史，必须借助宇宙学原理，先看一看别的星系的状态，反过来暗示我们自己的银河系会经历什么样的过程。

2. ELS模型认为银河系的形成自上而下，从一个整体逐渐分化成现在的样子。而SZ模型认为银河系的形成过程是自下而上的，受到外部环境的影响更大。

3. 越来越多的实际观测证明，SZ模型，也就是银河系来源于小结构的逐渐积累的过程更符合实际。



思考题：

这一讲，我给你讲了天文学家的一个失误，他们忽略了星系自身的尺度问题，把星系当做是一个孤立的体系，然后错误地把太阳系形成的模型扩展到了星系模型上。不过，只有先有了这样的一个不靠谱的猜想，后来的天文学家才能在它之上进行更新迭代。你有没有遇到过类似的情况，一群人在一起找问题的解决方案，但是所有人都在追求正确，结果反而陷入了僵局。最后还是有一人无脑提出一个漏洞百出的方案后，僵局打破，最后经过讨论才找到了有效的解决方案。希望你可以分享一下自己的经历。



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇 〉

后一篇 〉

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



写留言



14



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入课程 >

24 | 黑洞：星系的中心

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

前两讲我为你介绍了银河系和其他星系的基本结构。但是我留下了一个重要的方面没有讲，这就是星系的中心。

我们现在已经基本确定了，几乎所有星系的中心都有一个巨大的黑洞。所以这一讲，我会专门来讲一下黑洞。

1

一听要讲黑洞，我想很多人都非常期待，总是听说黑洞是宇宙中最神秘的天体，它到底是什么，今天终于可以有个答案了。

不过啊，我要先给你打个预防针，我们这一讲更多的是从天文学家的视角来讲黑洞，而不是物理学家的视角。

所以啊很多人关心的黑洞里面到底有什么，是不是可以让时间倒流，能不能用黑洞穿越时空，这些我们全都不会讲，因为那是黑洞啊，是连光都跑不出来的天体，我们没有任何手段可以观测到黑洞里面的情况，所以天文学家面对这个问题无能为力。

你在其他地方看到的有关黑洞里面的内容，其实全都是理论物理学家们根据物理理论进行的推测，还没有任何实际的证据。

所以，天文学关注的黑洞，全部都是黑洞视界之外的情况。视界就是视觉能够到达的极限的意思。不过和其他天体不同，黑洞虽然也有视界这么一个球形的边界，但是这并不是一个实际物质构成的屏障。如果真的有人从视界外面进入到视界里面，他自己是不会有任何感觉的。视界只表示越过这个界限后，光或者说信息将没有任何可能可以跑出来。

视界的概念，我们其实在讲宇宙大小的时候也提过。表观视界的半径是620亿光年，这是我们可以观测的极限，超过这个界限的信息将不会传到地球。你可以对比一下黑洞的视界来理解，黑洞的视界是限定了里面的信息传不出去，表观视界是限定了外面的信息传不进来。

所以，对黑洞的观测，理论极限就是视界，但是在实际观测中要想观察视界也是不可能的。虽然根据霍金的理论，视界会因为量子效应向外发出辐射。但是这个辐射太微弱了，我们现在还没有能力观测到。

2

所以实际中，黑洞可以被观测到的信息非常有限。这个信息有限，还不只是观测技术不发达而观测不到，而是在理论上就非常有限。

什么意思呢？我们知道像恒星这样的普通天体有一堆的信息可以观测，比如光度啊、温度啊、颜色啊，等等一大堆。我们前面也都介绍过，这些参数之间是互相有关联的，如果是观测技术不够，没办法直接测量某个参数，是可以通过其他参数计算推导出来的。

所以就是说，有关的参数越多，越容易从有限信息中找到更多真相。但是黑洞就不行了。

早在1973年的时候，霍金等人就提出了一个黑洞无毛定理，就是说，不论在形成黑洞之前，物质是什么样子的，物质成分是什么，是圆的还是方的，只要变成了黑洞，这些特征统统抹除。就像是一个没有毛的球，你都不知道怎么下手去抓它。

当然了，也不是绝对的无毛，黑洞还是有几根毛可以下手抓一下。就是说，有且只有3个参数可以描述黑洞。它们分别是，质量、旋转角动量和带电量。

剩下的这3个参数其实也很好理解，因为有3条守恒定律是连黑洞都无法打破的。其中质量参数对应的就是能量守恒定律，根据相对论可以知道质量和能量是等价的，所以形成黑洞前的物质有多少质量，形成之后还应该有多少。旋转角动量和带电量这两个参数对应的就是角动量守恒和电荷守恒，形成黑洞之前的物质旋转角动量的总和是多少，变成黑洞后的旋转角动量仍然是多少。同样，电荷也是，之前物质的电荷总量是多少，变成黑洞的电荷就是多少。

描述不同的黑洞只有这3个参数可以用，其他参数全部失效。

这也就是说，如果想要观测，理论上只能通过这3个参数来确定一个黑洞。其实吧，现在来看只有两个参数是能被实际利用的，也就是质量和旋转角动量。带电量理论上也应该会带来观测现象，但是以现在的条件几乎无法观测到。

所以观测黑洞，重点还是用质量和自旋角动量。

3

比如2019年4月拍下来的黑洞照片。我们可不是真的看到了黑洞本身，而是通过它的引力的特征，分析出了它应该有的样子。

其实引力我们也没有办法直接去测量，不过还好，在黑洞周围有大量的物质受到黑洞引力吸引，快速地绕着黑洞旋转。它们是会发出光的，通过它们就可以分析出黑洞的引力情况了。

所以，我们看到的黑洞照片，并不是黑洞本身，周围发光的那个光环，其实是黑洞的吸积盘。那些被黑洞吸引着的物质会绕着黑洞形成一个光盘一样的区域，这个盘就叫做吸积盘。

在发刊词里我介绍过，黑洞本身在照片里只占了半个像素左右，它自己几乎没有有效信息。但是我们可以通过引力模型推测出它周围物质的运动和发光情况，经过模型的扩展，就可以有大量的间接数据被收集起来。最后这些数据用了2年时间才处理完成，我们才看到了现在黑洞的照片。这其实就是在利用质量这个参数做到的。

不知道你有没有注意到，黑洞外面的那个发亮的光环亮度是不均匀的。靠上方的亮度就暗，靠下方的亮度就亮。我在文稿中也把这张照片贴出来了，如果没印象了可以打开文稿看一下。

这个现象就是因为黑洞有旋转角动量导致的。你可以这么简单地来理解，因为黑洞有自转，所以周围的吸积盘也在绕着黑洞快速旋转。照片上方看起来更暗，是因为物质绕着黑洞转，而且正在远离我们，根据多普勒效应，它们发出的光就会更暗。相反，下方的物质正在靠近我们，它们发出的光就会更亮。所以黑洞的照片才会出现现在的样子。甚至我们根据照片，可以看出这个黑洞正在顺时针旋转。

当然了，当一个黑洞的吸积盘正对着我们的时候，就不会有这种现象了。这张照片里的黑洞，并没有完全正面对我们，与我们还有一个17度的倾角，所以才能看到现在照片里的景象。

我想强调一下的是，我们通过模型计算之后推测出来的黑洞照片，仍然与旋转角动量这个参数描述的情况一致，这是一个非常好的交叉验证。黑洞照片的可信度大大增加了。

4

其实呢，黑洞质量对于天文学的意义，不只是为黑洞的观测提供了可能，更重要的是它可能在背后隐藏着黑洞的诞生机制。

根据质量，我们把黑洞分成3大类，像是黑洞照片里的那个黑洞，是太阳质量的65亿倍，这种叫做超大质量黑洞。凡是超过太阳质量10万倍的黑洞就是这一类。

还有一类黑洞，是太阳质量的5到100倍，这类黑洞叫做恒星质量黑洞。第三类，是介于这两类黑洞之间的，所以叫做中等质量黑洞。

这其实有些像我们前面课程里讲的，行星的分类，看似是用个头来定义的，其实是它们的形成机制不同。黑洞也一样，看起来是用质量不同来定义的，其实是形成机制不同。

恒星质量的黑洞，这个最容易理解，我们前面讲恒星的时候就讲过了，大质量恒星的末期，会发生超新星爆发，然后变成黑洞。凡是以这种方式诞生的黑洞，是不会超过100倍太阳质量的。

超大质量黑洞呢，一般都是一个星系的核心。比如黑洞照片里的那个黑洞，是M87星系的核心，我们银河系的中心也有一个黑洞，大概是太阳质量的400多万倍。它们的形成有很多解释，现在普遍接受的观点是，它们很可能是多个黑洞合并后形成的。所以它们一般都是在星系的核心，物质密度非常高的位置才有可能诞生。而且



质密度非常高的位置才有可能诞生。而且它们的质量不会低于10万倍太阳质量。

至于中等质量的黑洞，它们的形成机制现在还没有很好的解释，首先这么大质量的黑洞，肯定不是恒星超新星爆发后产生的。但是呢，这些黑洞又往往不在星系的中心位置，这个位置的物质密度又不够产生这么大质量的黑洞。这些黑洞是怎么形成的呢？有的人认为它们应该还是由恒星级别黑洞相互合并的结果，另一种解释认为它们是宇宙诞生之初就存在的原初黑洞。所以到底是什么情况，天文学家们也没有答案。

划重点

添加到笔记

1. 黑洞内部的信息无法输出到外界，所以从天文学的角度看黑洞，看到的只能是黑洞视界以外的情况。

2. 黑洞可以被观测到的信息非常有限，只有质量、自转的角动量、带电量三个参数可以获得，而且只能通过模型间接地推测。

3. 恒星死亡之后的黑洞是小质量黑洞，星系中心的黑洞是超大质量黑洞，介于两者之间的中等质量黑洞还缺乏有效的解释。



思考题：

这一讲讲到了，2019年4月份的黑洞照片，并不能算是一个直接观测，因为它还是经过大量模型计算才得出的结论。但是，它的可信度却非常高，其中的一个原因就是照片上方暗、下方亮的样子，正好符合黑洞有旋转角动量时的情况。这是非常好的一个交叉验证。你在遇到问题进行思考时，可能会恍然大悟，好像发现了问题的规律。那么在发现规律后，有没有为自己的发现进行交叉验证呢？可以分享一下你都做过什么吗？



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇 〉

后一篇 〉

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa

字号



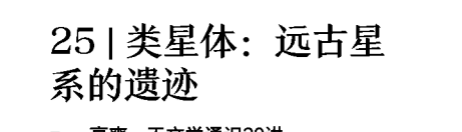
写留言



14

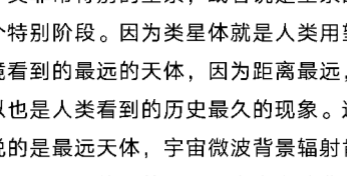


请朋友读



25 | 类星体：远古星系的遗迹

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入排行 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

这一讲我会特别来介绍一下类星体，这是一类非常特别的星系，或者说星系的一个特别阶段。因为类星体就是人类用望远镜看到的最远的天体，因为距离最远，所以也是人类看到的历史最久的现象。这里说的是最远天体，宇宙微波背景辐射肯定是要比类星体远的，但是宇宙微波背景辐射不是天体。

类星体是上个世纪天文学的重大发现之一，尤其是在射电望远镜发明之后，人类终于摆脱了可见光的束缚，可以用波长更长的电磁波观测宇宙了。射电望远镜里的“射电”两个字，其实就是我们平时说的无线电的意思，表示这些望远镜接收的是比可见光波长更长的无线电。

也正是有了新的观测技术，天文学才有了许多重大的发现，比如宇宙微波背景辐射就是其中之一，类星体也是其中之一。我们这一讲重点讲一讲类星体。

自从类星体发现以来，它就一直在挑战天文学的原有认知，天文学家也才意识到100多亿光年之外的宇宙原来还可以这么不同。

—— 1 ——

首先，第一个挑战就是它的距离，在此之前天文学家从来没有想过通过望远镜可以看到这么远的地方。天文学家一开始认为上百亿光年距离的天体我们是看不见的，原因也非常简单，就是距离太远的话亮度会非常非常地低，就算是整个星系的光在这么远的距离上，也是不太可能被看到的。

所以当初在发现类星体时候，天文学家就因为对距离尺度的想象力不足，才遇到了巨大的困难。

最开始是天文学家用射电望远镜发现天空中有一个特殊的射电源，它会稳定地发射无线电信号。这个东西是什么一下就引起更多天文学家的兴趣，但是光有无线电信号还是不够的，所以就有人用光学望远镜对准这个地方，看看是不是会发现什么。

没想到很快就发现了，就在这个射电源的方向上还真的看到了一个天体。但是它到底是什么一点头绪也没有，最先排除掉的就是星系，这么个东西肯定不是星系，因为这个天体是一个点光源。我们前面讲了，星系的尺寸都特别大，即使特别远也不应该是一个点。要真的远到了看起来是一个点了，那么光随着距离增加而衰减，肯定不会有现在这个亮度的。

那么是恒星吗？也不是，不论是对它的光谱分析，还是对无线电信号来源的解释，都没有什么模型可以解释它的特点。尤其是光谱，没有一个光谱是已知元素可以释放出来的。

就是因为它太奇怪了，所以才被叫做了类星体，一种像恒星但又不是恒星的天体。

它到底是什么呢？这个问题就开始困扰着天文学家了，而且这个问题如果不解决好，那是会让宇宙学原理失效的。一个天体上的所有元素都是未知的，宇宙学原理无法解释。

后来还是天文学家施密特作出了自己的尝试。他观察到类星体的光谱有一段特别眼熟，非常像是氢元素的光谱。于是他就想，这个光谱会不会就是氢元素的光谱呢？只是因为红移的情况发生了变形。那就试着把它还原回去看看是什么情况吧。这一尝试不得了，不只是氢元素的光谱非常匹配，其他的元素也非常匹配。看来真的是发生红移了。

但是这个红移的程度也太夸张了吧，当时计算出的红移系数是0.16，这意味着这个类星体正在高速远离我们，相当于达到了每秒48000公里的速度。如果用宇宙膨胀模型换算成距离的话，它与地球相距将近25亿光年。这个距离太远了，当时看到的最远的天体也就是9亿光年的距离，一下子把最远的天体的距离扩大了将近3倍。

这么远的距离上，即使是一个星系，看起来也只会是一个小点。

所以我说类星体因为它的距离，挑战了天文学的认知，原来这么远的天体也可以被看到。

—— 2 ——

这个挑战还算是最容易解决的，因为只要天文学家更新自己的观念就可以了。

但是类星体带来的问题还远远没有解决。你想想看，这么远的距离还能被观察到，那就说明，如果把距离因素消除掉，它的光度应该是大得可怕的，相当于太阳的一百万亿倍。别说是恒星了，就是整个星系都到不了这个程度。没有任何一个现有的模型可以解释为什么它会这么亮。

这其实也是会颠覆宇宙学原理的，我们在附近找到的模型竟然解释不了遥远的天体现象。天文学家该怎么办呢？

还能怎么办，肯定是要更新模型了，让一个模型既可以解释近处的天体现象，又能够解释远处类星体的现象。

不过还是有个问题需要解决。这么远的距离，这个天体既可能是恒星一样的天体，也可能是星系一样的天体，反正它们看起来都一样，都是一个点状的光源。那么应该修改哪个模型呢？恒星模型和星系模型，二选一，保留一个，放弃一个。

怎么办？还记得第一章讲到的模型体系吗？一个模型在模型体系里面嵌入得越深，可靠性越高。恒星模型，那可是直接从太阳模型推广开的，而且通过各种直接观测证据。它嵌入模型体系的程度非常深，可靠性当然也是非常高的。星系模型就不行了，我们虽然在银河系里面，但是没有办法直接观察到星系的全貌，它的嵌入深度就不如恒星模型。所以，如果要修改，还是修改星系模型吧。

于是，类星体就挑战了原来的星系模型，它就是一个遥远并且还非常原始的星系。通过类星体，我们就可以把星系早期的演化情况给模拟出来了。

类星体与银河系不同，银河系经过百亿年的演化现在已经比较平静了。但类星体都是星系的早期情况，星系自己刚刚诞生没有多久，宇宙也是在演化的早期。比如，2017年在牧夫座发现的一个类星体，距离地球将近300亿光年，对应的时间是宇宙诞生后的6.9亿年。这个时候的星系还是非常活跃的，尤其是星系中心的黑洞。

这些超大质量的黑洞，正在吞吃周围的气体和恒星，吃的速度还挺快，差不多每年吃掉1个太阳。在黑洞吞吃物质的过程中，就会有不同性质的辐射从周围发射出来。所以观测到的类星体，其实只是这个活动星系的核心部分。这能更好地解释为什么类星体看起来是一个点光源。这个模型似乎能解释不少问题。遥远、异常明亮、有射电信号、点源，全部这些问题都可以用这个活动星系黑洞的模型得到解释。

—— 3 ——

这就万事大吉了吗？用一个模型就能搞定一切问题？这件事并没有发生，随着观测数据的增加，新的问题出现了。

比如，就发现了一大批类星体，其他都没有问题，但就是观察不到任何射电辐射。还有一些类星体，如果连续地观测的话，就会发现它们的亮度会剧烈变化，但是又有一些类星体的亮度非常稳定。这些都没办法用之前的模型解释，而且无法解释的特殊情况越来越多，最多的时候可以有十几种不同的类星体。

怎么办呢？继续更新模型吧。

于是最新的模型就是这样了。首先，在遥远的星系中心有一个超大质量的黑洞，这个黑洞正在吞吃周围的物质。这还没完，在黑洞周围，这些物质被撕扯进黑洞的过程中，形成一个光盘状的结构，围绕着黑洞。这也就是前面讲过的吸积盘了。不只这样，在这个光盘外面，还有东西，是一个类似甜甜圈一样的结构，围绕着黑洞和吸积盘。

前面说的发现了十几种不同观测特征的类星体，都可以用这样一个模型来解释。唯一需要调整的参数，就是视线方向。

比如说，所谓射电波段辐射比较强的类星体，其实就是视线方向正好正对着黑洞的南北两极，就像是手电一前一后两道光，恰好被地球接收到了。

而没有观测到射电辐射的类星体，其实就是看到了侧面的类星体，射电辐射没有朝着视线方向来。

亮度变化的类星体，实际上可能是视线方向居中，恰到好处地钻过了甜甜圈的缝隙，看到了黑洞附近的结构，尘埃和气体有时候相互遮挡，造成了亮度变化。

就这样，靠着类星体的挑战，天文学家更新了星系模型，知道了一个星系早期的情况是什么样子的。

其实，类星体的挑战还没有完。现在就有发现一些类星体和它附近的星系距离很



发现，一些类星体和它附近的星系距离很近，甚至近到了可以进行物质交换。但是如果去看它们光谱的红移情况的话，是有巨大差异的。

这就代表了如果只靠红移模型去计算两个星系距离的话，那么结果就是它们会相距得特别远，这和它们能物质交换就出现了矛盾，因为只有距离近了才能交换物质。为什么会有这样的情况，现在仍然不知道，很有可能是类星体发生红移的原因并不是宇宙膨胀，而是其他原因，那样的话整个天文学里的知识就受到了重大的挑战了。这个问题解决后，就可能会大大促进天文学的发展。

划重点

添加到笔记

1. 类星体是活跃的星系的核心，特别明亮，可以观测到非常遥远的类星体，大大地提高了天文学的视野。

2. 类星体在这么远的距离上依然这么亮，它释放的能量巨大，颠覆了原来的关于星系的理论，必须借助黑洞的活动才能有效解释。

3. 观测发现了很多不同类型的类星体，现在天文学可以用一个统一的模型来解释它们的存在，类星体就是活动的星系中心存在一个超大质量黑洞，正在吞噬周围的物质。



思考题：

这一讲，我讲到了天文学家需要面对的选择，面对类星体是要选择调整恒星模型，还是要更新星系模型。最后选择了星系模型进行调整，是因为恒星模型嵌入在模型体系里面更深。其实，更本质的原因是利用了奥卡姆剃刀原理，“如无必要，勿增实体”，调整星系模型需要修改的相关模型更少。你有没有在面对未知或意外时，利用奥卡姆剃刀原理来调整自己的认知呢？希望你可以在留言区分享出来。



高爽·大文学通识30讲
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

< 前一篇

后一篇 >

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa
字号

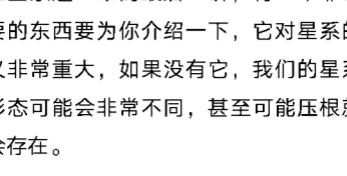
写留言

13

请朋友读

26 | 暗物质：星系里的粘合剂

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入详情页 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

在星系这一章的最后一讲，有一个非常重要的东西要为你介绍一下，它对星系的意义非常重大，如果没有它，我们的星系的形态可能会非常不同，甚至可能压根就不会存在。

这个东西就是暗物质。

——◆ 1 ◆——

我们在第一讲其实就提到过暗物质，它的提出一开始就是为了满足宇宙学原理。

当时天文学家发现了一个星系团，组成这个星系团的许多星系会互相环绕运动，而且通过观测可以知道，它们的运动特别快。只是靠它们自己的引力进行吸引，是无法维持现在这个状态的。为了不修改引力理论，只能是假设在那里一定有什么东西再提供额外的引力。

所以就提出来了暗物质。

一开始呢，天文学家对暗物质是什么这个问题，还不像现在这样无从下手。只要满足两个条件就有可能是暗物质，一是能提供引力，二是看不见。

满足这些备选条件的其实还挺多的，比如，黑洞就是这样的，还有已经冷却熄灭了的中子星和白矮星，它们已经不能发生核聚变了，原来的热量消耗干净就彻底冷却了，这么远的距离肯定看不见。甚至，中微子也被当做过暗物质的候选，因为中微子也是那种有引力但是看不见的东西。

有这么多候选呢，天文学家心里一点也不慌。可是结果呢？测量了一下宇宙中暗物质的总含量，傻眼了。

整个宇宙中的暗物质总量应该是普通物质的5倍，这代表着什么呢？如果暗物质是黑洞的话，那黑洞应该到处都是才对。你想想看要是那样的话，和太阳系相邻的黑洞就应该有好几个，这肯定是不可能的。连黑洞密度这么大的东西都不行了，中子星啊、中微子啊那就更不可能了。

这个时候暗物质到底是什么这个问题才成为了一个大难题，直到现在都没有答案，甚至都没有非常靠谱的解决思路。

但是这仍然挡不住天文学家对暗物质这个概念利用，既然这个概念已经被提出来了，那就不能浪费。

——◆ 2 ◆——

我们可以一起来看一下天文学家是怎么利用暗物质的。

暗物质是什么我们不知道，也就是说我们还没有一个可以描述暗物质的模型。既然不知道模型里的细节是什么，那么我们就可以把暗物质的模型假设成一个黑盒子。这个黑盒子把暗物质的所有复杂原理都封装起来了，我们完全不知道。不过我们也不需要知道这么多细节，因为这个黑盒子一定有对外的接口的，通过它对外的接口，我们仍然可以把这个黑盒子关联到天文学的模型体系上。

暗物质这个黑盒子一共有两个对外接口，其实前面已经提到了，一个是它能提供引力，另一个是它看不见。靠着这两个接口，就可以把它挂在模型体系上了。

首先，提供引力，这就是为了解决实际观测和引力理论不符合的情况才提出来的，所以这个接口可以挂在观测数据和引力模型上。当然了，还需要把天文学的第一性原理，也就是宇宙学原理给加上。这个接口是暗物质存在的基础，没有它，暗物质这个概念就没有必要存在。

但是真的对天文学有巨大促进作用的其实是第二个接口，也就是暗物质看不见。暗物质这种“看不见”可不是像行星那种，因为自己不会发光，所以距离太远了就看不见了。而是它压根就不和光或者说任何电磁波发生关系，也就是电磁力对它无效。

你可能没有意识到，这一点也是应用了宇宙学原理的结果。我们在远处的星系发现了暗物质，距离那么远我们看不见非常正常，但是根据宇宙学原理，那里有的我们星系也应该有。所以，暗物质完全可以在我们身边来找。而且我们还知道它的总量是普通物质的5倍，那就说明这些东西应该遍布在我们周围，但是我们从来没有发现。

这怎么可能呢？除非它根本就是隐身的，也就是说不和电磁波反应，而我们所有的观测设备包括人的五感在内，全都需要电磁波才行。所以，暗物质一定不会和电磁力发生反应才可以。

就这样，暗物质的第二个特征被确定下来了，也正是这个特征成为了一个重要的接口，把暗物质这个黑盒子嵌入到了天文学的模型体系中。

——◆ 3 ◆——

通过“引力”这个接口的嵌入，其实暗物质是作为结果的，因为发现了某些特殊现象，所以才需要暗物质来解释。而通过“看不见”这个接口，则是可以作为前提的，看看暗物质如果有这样一个特征会得出什么结论。

而这也正是我在这一章的最后必须讲暗物质的原因，因为通过暗物质“看不见”这个接口，可以把暗物质与星系演化的模型关联到一起，甚至可以解释很多原来无法解释的现象。

为什么会这么说呢？我们需要把宇宙的时间往前调，调到宇宙诞生后的38万年的时候，也就是宇宙微波背景辐射刚刚释放出来的时候。

我们现在通过观测宇宙微波背景辐射已经可以确定，那个时候的全宇宙的温度和物质密度是非常非常平均的。宇宙那么大，但是物质的分布在宇宙各处几乎没有差别。这是和我们现在的宇宙完全不同的一种状态。虽然现在的宇宙在大尺度上仍然是各向同性的，但是仍然只有很少的地方有恒星、行星这样的天体，物质聚集在了一起。大部分空间都几乎是真空。

为什么那个时候的宇宙可以做到那么平均呢？答案是电磁力，或者说电磁辐射。

所有的普通物质，都是会释放出电磁辐射的，温度越高释放出的越多，这就是热辐射。不只释放，所有的普通物质也都会吸收电磁辐射，这就是为什么阳光照在身上会感觉暖和，微波炉可以加热食物。

而且一个东西如果释放出电磁辐射的话，温度就会降低，反过来如果是吸收了电磁辐射的话，温度就会升高。

所以电磁辐射其实就是宇宙初期温度传递的中间媒介，它会尽自己最大的努力维持宇宙中温度的平衡。一旦出现某些偶然情况，某个地方温度发生了抖动，升高或是降低了，很快就会被电磁辐射给拉平。

不只是温度会变得平均，物质的密度也会因为电磁辐射变得平均。物质温度越高，代表着热运动越剧烈，热运动越剧烈，也就是越容易扩散到宇宙各处。再加上当时宇宙刚诞生没多久，还没有膨胀多久，整体的密度都比较高，物质可以很容易填满整个空间。

虽然随着宇宙的膨胀，电磁力也没办法维持宇宙物质的绝对平均了，于是就有一些物质聚在一起变成了恒星。但是恒星是会放出大量的电磁辐射的，这会迅速加热周围的物质，让它们因为热运动扩散开来。所以，一颗恒星一旦诞生了，周围的物质就会被赶走，很难再聚集成其他恒星。

这就带来了问题，如果就是这样的话，恒星和恒星应该都是相当孤立的，拥有许多恒星的星系是很难形成的。

这个时候就可以看出暗物质的重要性了。

暗物质不受电磁辐射影响，即便是产生了恒星，电磁辐射大幅度增加，它们该怎么样还是怎么样，还是会聚在一起产生巨大的引力。这个时候，原来本应该被电磁辐射驱散的物质就不会扩散得太远，仍然会在暗物质的笼罩下聚在一起，才能产生更多的恒星，甚至产生了黑洞，然后才能互相影响，变成现在的星系。

就这样，天文学家就可以解释为什么星系会在宇宙诞生后没多久就能诞生了。这全都要感谢暗物质被关联到了天文学的模型体系上面，成为了它重要的一环。

其实，用暗物质来解释星系形成还不是那么牢靠，2018年3月份天文学家就发现了一个星系完全没有暗物质。一年之后，2019年3月又发现了第二个没有暗物质的星系。所以，星系的形成可能比我们想象的要复杂得多。

这很正常，毕竟暗物质这个模型直到现在还是一个黑盒子，等到有一天能够把它打开的时候，这些问题一定都可以得到很好的解答。

划重点 添加到笔记

1. 天文学家在观测星系团的运动时，发现了速度和质量的矛盾，为了满足



1. 天文学家在观测星系团的运动时，发现了速度和质量的矛盾，为了满足宇宙学原理，提出了暗物质。
2. 暗物质看不见，但是存在引力，利用这两点，暗物质被嵌入到天文学的模型体系中。
3. 暗物质有引力，但是不产生电磁辐射，也不参与别的作用，它对宇宙的物质结构形成有推动作用。



思考题：

这一讲，我讲到了天文学家把暗物质接入到模型体系的方式，虽然暗物质模型还是一个完全不透明的黑盒子，但是通过它一定存在的接口，仍然可以成为模型体系的关键环节。这样不只是可以简化问题，更可以在仍有很多未知时作出更多的探索。面对很多未知的事情时，你会主动把未知封装成黑盒子，只考虑它们对外的接口吗？你作过哪些尝试呢？



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇

后一篇 〉

用户留言

✍ 写留言

点击加载留言

Aa

字号



写评论

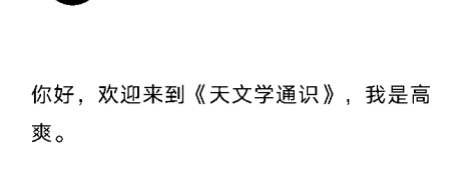


18



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲
29分钟前 进入详情页



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

从这一章开始我会为你讲有关宇宙的内容。你可能马上会有疑问，讲宇宙的内容？天文学不就是在讲宇宙吗？我们前面讲了那么多，都是宇宙里的事情吧。

没错，之前讲的内容的确都是宇宙里面的事情，不过这一章我们介绍宇宙的角度会很不一样。

— 1 —

这一章我们会把宇宙看做是一个完整的天体去研究。这就有些像微观经济学和宏观经济学的差别，微观经济学里研究的是个人、家庭或是企业的经济情况，而宏观经济学是把整个区域、国家甚至世界当做一个整体去研究的。

在天文学里，专门把宇宙当做一个整体去研究的学科叫做宇宙学。很多人觉得天文学就是研究宇宙的，所以也可以叫做宇宙学，两个词是同义词。现在你应该明白了，宇宙学只是天文学的一部分，研究的是整体宇宙。

这可不只是研究对象更大了，而是因为研究对象的尺度不一样，宇宙学会有很多它自己独特的特征。还是用经济学举例子，只有把国家作为一个整体，才会有GDP啊、通胀啊、失业率啊等等这些特征，而这些特征在微观个体上是不存在的。

那宇宙有什么自己独特的特征吗？有，其中最重要的参数就是哈勃常数，它代表了宇宙膨胀的速度。

但是为什么我这一讲的标题会说宇宙的形状是宇宙学的基本问题呢？

因为哈勃常数，并不是一个真正的常数，像是光速啊、万有引力常数啊这些一样，不是随着时间变化的。但是哈勃常数是会随着时间变化的，也就是说宇宙的膨胀速度过去和未来可能会不同。而能帮我们找到哈勃常数变化情况的关键因素就是宇宙的形状。为什么这么说呢？我们需要一步一步地来介绍了。

— 2 —

首先需要解释的是，为什么说哈勃常数就代表了宇宙的膨胀情况。

哈勃常数从名字就可以看出来，它是由天文学家埃德温·哈勃最先提出来的。20世纪初，他用望远镜观测了遥远星系的距离，发现了几乎所有的星系都在远离我们。这就是说明宇宙是在膨胀的。如果只是因为发现这一点的话，哈勃还不能称为是20世纪最伟大的天文学家。

更重要的是，他提出了哈勃常数。哈勃发现，所有远离我们的星系，它们远离的速度是和距离有关系的，而且这个关系还非常简单，只要通过一个系数，用距离乘以这个系数就可以得到星系远离我们的速度。而这个系数呢，就是哈勃常数了。

这样子的话，这个常数只是一个方便计算的工具有，为什么会说哈勃常数代表了宇宙的膨胀速度呢？我给你举个例子你应该就明白了。假如说有个魔法房间，这个房间会按照一定的速率进行扩大。假设这个扩大的速率是x，我们看房间的南北方向，就会发现原来的一块地板砖，1秒钟之后就变成了x块地板砖了。

如果原来房间里有两点，它们的距离相差了1块地板砖，那么1秒钟后距离就变成了x块地板砖，也就是说两点之间的相对速度是x。如果原来两点之间相距2块地板砖，那么1秒钟之后距离就变成了2x块地板砖，也就是说相对速度是2x。同样的道理，只要房间膨胀的速率仍然是x，那么房间里面任意两点分离的相对速度就是它们的距离乘以x。

你看距离乘以一个系数等于相对速度，这是不是和哈勃常数一样呢？所以啊，哈勃常数其实就代表了整个宇宙的膨胀速率。

如果宇宙一直保持着这个速度膨胀的话，那么所有的问题都会简单很多。未来宇宙会变成什么样子，过去宇宙是什么样子，宇宙是什么时候诞生的，这些问题都会非常好回答。但是，偏偏哈勃常数不是一个真正的常数，随着时间变化，它也是会发生变化的。

— 3 —

这件事就不是靠观测能知道的了，而是需要放在模型体系里面进行一些推导才能知道。而在这个过程中，起到最大作用的就是大名鼎鼎的广义相对论了。

如果把广义相对论的所有内容概括成一句话的话，最合适的说法应该是物理学家惠勒说的：“物质告诉时空如何弯曲，时空告诉物质如何运动。”

关于广义相对论更多的内容，我们这里肯定是没有办法讲了，不过，广义相对论是在整个宇宙时空中都有效的。也就是说，把宇宙当做一个整体，也完全可以用广义相对论进行研究。

但是广义相对论本身实在是太难了。如果不是简写的话，没有人可以真的用它解决问题。

这个时候就有另一个物理学家站了出来，他就是弗里德曼。他找到了简化广义相对论的方法，不过他使用了一个额外的前提，那就是假设宇宙学原理是正确的。宇宙学原理之所以叫做宇宙学原理，不叫天文学原理，其中一个重要的原因，就是它是弗里德曼简化广义相对论的基础，是宇宙学的基础。

其实广义相对论的适用范围是可以包含宇宙学原理不成立的情况的。弗里德曼的简化，是他先假设我们的宇宙恰好是这样的，恰好是宇宙各处都是相同的。虽然这个简化有点儿拍脑袋了，要知道当时，没有人知道宇宙中的物质到底均不均匀。但是当时不这么假设，就没法作计算，因为其他情况太复杂了。还好，事后看来，我们的宇宙确实符合这个假设。

就是这样一简化，不得了，在简化后的弗里德曼方程里出现了哈勃常数，而且这个常数还是有时间参数的，也就是说它有可能会随着时间变化而发生变化。

到这里，只要广义相对论正确，宇宙学原理正确，那么就需要考虑哈勃常数过去是什么样子的，未来又是什么样子的。也就是说宇宙的膨胀速度是什么样子的。

— 4 —

还好，弗里德曼方程也给出了哈勃常数的变化情况和什么有关系。从现代的角度看，它的变化一共和四个因素有关，分别是宇宙里的物质、辐射、暗能量以及宇宙的形状。你看这里已经出现宇宙的形状了。当然了，宇宙的形状准确的说法其实是宇宙的空间曲率。因为知道空间曲率，就能确定宇宙的形状。

不过，宇宙的形状能成为宇宙学的基本问题，并不只是四个关键因素的其中之一，是因为通过弗里德曼方程还可以知道，通过宇宙的形状也就是空间曲率，可以计算出宇宙中的物质、辐射和暗能量的密度的总和是多少。我们能知道宇宙中绝大部分能量不是物质提供的，而是暗能量提供的，就是结合观测数据，作了这么一个计算才知道的。

具体这是怎么做到的，怎么通过弗里德曼方程推导出来的，我们就不细讲了。讲到这里，我想已经为你解释清楚了为什么说宇宙的形状问题是宇宙学的一个基本问题了。

— 5 —

不过我们的宇宙的形状到底是什么样子呢？

宇宙的形状一共有3种情况，这还和一个最基础的几何问题有关，那就是三角形的内角和等于多少。三角形的内角和不就是180°吗？没错，不过这是在空间是平面的情况下才是这样的。如果空间不是平面的，这个问题的答案就可能不对了。比如，在地球仪上，你用直线分别连接北京、悉尼和纽约，这个三角形的内角和一定大于180度。这是因为，这个时候的空间是球形的。当然了，这里的空间只有2个维度。不过，即使在3维情况下也一样。

这是内角和大于180°的情况，有没有小于180°的情况呢？也有，这个时候的空间就像是一个马鞍面了，我在文稿中提供了一张图，你可以看一下。当然了，图上只能表现出2维空间的样子，3维空间里并没有本质的不同。

所以，我们想要知道宇宙的形状，理论上只需要在空间中画三角形，看看内角和是不是180°就可以知道了。如果内角和小于180°，那么宇宙就应该是马鞍面的，没有边界，也没有大小。如果是大于180°的，那么宇宙就应该是一个封闭的球形，大小



那么宇宙就应该是一个封闭的球形，大小是有限的，但是没有明显的边界。

还有就是内角和是180度的情况了，这种情况最容易想到的就是宇宙是平面的，也是没有边界，没有大小。不过还有另外两种情况也需要考虑，还是拿2维空间来举例子。其中一种情况，就是像纸筒一样的圆柱面，这样的话，就是1个维度是无限的，1个维度是有限无界的。还有一种情况，就是2个维度都是有限无界的，那就是甜甜圈的形状，这个时候的内角和也是180°。

那我们宇宙的实际情况是什么样子的呢？现在的各种观测数据都支持我们的宇宙空间内角和等于180°的情况。至于是平面、圆柱还是甜甜圈，我们现在就知道了。

最后，这一讲还要特别感谢一下我的朋友，李剑龙。他是浙江大学理论物理学博士。感谢他从理论物理方面为我们课程提出了很多建议。

划重点

添加到笔记

1. 宇宙在膨胀，膨胀的情况可以用哈勃常数来衡量，哈勃常数是单位距离天体退行速度的大小。

2. 要得到宇宙膨胀变化的结果，不能光靠观测，而是要借助广义相对论和宇宙学模型。

3. 根据宇宙学的方程的描述，宇宙的形状连接着物质密度、宇宙膨胀速度、宇宙年龄等一系列宇宙学参数。



思考题：

从这一讲开始，我为你介绍了我们是如何研究宇宙的。从太阳系到银河系再到宇宙，尺度一路扩大，在更小的尺度时，不同尺度的规律还可以互相借鉴，比如银河系的ELS模型，就借鉴了我们对太阳系的理理解。但是到了宇宙的这个尺度，研究的问题忽然就变了，原来的知识和研究方法都不能用了，必须用新的方法才能研究。你有遇到过这样的情况吗？随着问题规模的扩大，原来好用的方法忽然失效了。

< 前一篇

后一篇 >

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



写留言



1



请朋友读

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入详情页 >

28 | 暴胀理论：宇宙学的补..

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

在上一讲，我给你介绍了为什么要知道宇宙的形状。这不只是简单地满足一下好奇心，知道宇宙是什么样子的，而是在形状的背后隐藏着的是宇宙过去和未来，也就是哈勃常数的变化情况。

但是不论是哈勃常数自己，还是决定宇宙形状的空间曲率情况，它们都是基于观测的，而观测本身却存在着盲区。我们前面课程讲过，我们最远可以看到的是宇宙微波背景辐射，也就是宇宙诞生后的38万年。5亿年后才诞生了恒星，超新星爆发的话还要等到更久之后。可是测量哈勃常数，就是要依靠星系里的超新星爆发才可以测量距离。这些都是测量的盲区。

如果只是没有数据其实也没有什么，天文学家完全可以根据已有模型朝着更久远的历史画延长线。那样的话也可以知道曾经发生过什么。

但是，偏偏在实际观测中发现了许多奇怪的现象，如果只是靠简单地画延长线的话，是无法解释的。出现了这样的情况，就代表着宇宙学的整个体系结构还不完善，有bug需要修补。其中最主要的bug有3个，而暴胀理论就是用来弥补这3个bug的补丁。

—— 1 ——

为了给你介绍暴胀理论，我们需要先为你介绍一下这3个bug分别是什么。

第一个bug，叫做视界问题，这里的“视界”还是“视觉界限”的那个“视界”。我们前面讲过，因为信息传递的速度有限，所以我们最远只能看到465亿光年的范围。

也就是说我们站在地球上，向东边看最远可以看到465亿光年的位置，我们标记成A点，向西边看也能看到465亿光年的位置，标记成B点。根据宇宙学原理，我们的视界范围是465亿光年，A点和B点如果有的话，他们的视界也是465亿光年。也就是说，A点和B点相距930亿光年，这两点之间在宇宙诞生后的138亿光年间，是来不及传递任何信息的。

不能传递信息，就代表着它们互相之间不知道对方在干吗，自己是可以独立发展和演化的。所以按照这个思路的话，A点和B点应该有很多地方不一样才对，完全相同的可能性非常低。

但是在观测宇宙微波背景辐射的时候就出现了意外，A点和B点各方面都几乎完全相同。如果只是一两个点有这样的情况的话，还可以说是偶然，但是全天的宇宙微波背景辐射都极度相似，这就非常奇怪了。如果没有信息传递的话，它们是怎么做到如此同步的？太不可思议了。

所以，这些地方在发出宇宙微波背景辐射之前，也就是宇宙诞生38万年之前，一定发生过信息传递。但是，光速有限，信息传递速度有限，它们又不可能在这么远的距离上传递信息。所以这就出现了矛盾，这就是bug。

其实发现这个问题后，就有人在想，也许宇宙早期的光速和我们现在观测到的不一样。也就是说，在宇宙的早期，光速比现在快得多，所以那个时候的视界足够大，大到能把整个宇宙都囊括在内。随着宇宙膨胀慢慢演化到今天，光速才下降到了现在的大小。

相信这个补丁的天文学家不是一两个。他们一直在完善着这个光速可以改变的理论工作。但是一直没能很好地嵌入到天文学的模型体系中，这个bug仍然存在。

—— 2 ——

这还是第一个bug，还有第二个bug，就是平坦性问题。

在上一讲我讲到了，经过各种测量，我们的宇宙是平的，当然了，这里说的“平”是说空间曲率是0，也就是三角形内角和等于180°，并不是说具体是平面、圆筒还是甜甜圈。

其中对这个结论提供了最好支持的，就是对宇宙微波背景辐射进行的观察。

宇宙微波背景辐射里面存在着很微小的起伏，这些微小的起伏后来就会演化成星系和恒星这样的结构。宇宙的平坦程度，就会影响宇宙微波背景辐射里的起伏的图案状态。根据现代天文学的仔细观测分析发现，今天的宇宙几乎是完全平坦的，也就是上一讲讲到的宇宙的形状。平到什么程度呢？根据分析表明，今天的宇宙至少在1%的误差之内是平坦的，曲率等于0。

在这么少的误差之内曲率等于0，其实已经很奇怪了，但是如果用上一讲讲到的弗里德曼方程去分析，就会发现在宇宙的早期，这个曲率会更加接近0，要比现在的曲率还要小得多得多。

这就怪了。

弯曲的宇宙可以有不同的弯曲程度，可以选择的结果有无穷多个。但是平坦的宇宙只有唯一一种。所以平坦其实是一种很特殊的临界状态。宇宙为什么偏偏选择了这么一个特殊的状态呢？

这种情况太特殊了，特殊到不像是自然发生的，而像是有什么人故意设置的一样。这太不可思议了。

—— 3 ——

这是第2个bug，还有第3个bug。也就是磁单极子问题。

这个问题其实是大统一理论的产物，只是理论上的可能性，我不在这里展开讲，只是简单地概括一下。

磁铁你肯定见过，一头北极，一头南极。如果把磁铁从中间切断，剩下的一半又会自动成为一头北极，一头南极。南极和北极绝对不会单独地出现。你有没有好奇过，为什么磁铁就不能像是电荷一样，有正电荷和负电荷，而且还可以独立存在？

其实，根据大统一理论，纯粹的北极的磁铁或是纯南极的磁铁，也就是磁单极子是应该存在的，不只是存在啊，根据理论这些磁单极子应该还是非常多的。可是为什么我们一直没有发现过呢？

虽然大统一理论直到现在都还只是一个猜想，很多问题没有解决。但是如果这个bug不解决的话，大统一理论肯定可信度会更低。

这3个bug出现了，怎么办？如果大爆炸理论是正确的，就必须面对这三个问题，回答不了这三个问题，宇宙学很可能就会变成烂尾工程。

—— 4 ——

好在这个时候有一位脑洞大开的宇宙学家阿兰·古斯，对大爆炸宇宙学提出了一个最重要的补丁。这个补丁一出现，一次性地解决了前面说的三大危机，可以说是爱因斯坦的广义相对论和哈勃发现宇宙膨胀之后最重要的进展。而且这个补丁说起来还特别简单。

我想先说说这个补丁的英文名称，叫inflation，这个词本来的意思是通货膨胀，你肯定知道这个词的意思，简单说就是短时间里货币太多了，商品太少了，所以价格直线上升。古斯把这个词用在宇宙学里叫暴胀，意思是在宇宙刚刚诞生的时候，经历了一个剧烈的“通货膨胀”，而且是加速膨胀。

在宇宙大爆炸诞生宇宙之后仅仅过了10的-36次方秒，这个剧烈过程就开始了，持续的时间也很短，只有10的-33次方秒。在这么短的时间里，几乎只有一瞬间，宇宙进行了一次极其剧烈的加速膨胀。膨胀了多少呢？半径增加了10的26次方倍，体积增加了10的78次方倍。

打个比方，如果宇宙诞生之后的大小有1毫米，暴胀的这一瞬间，10的-32次方秒，让1毫米变成100个银河系那么大的尺寸。在暴胀结束之后，宇宙才按照后来的速度进行膨胀。

就这样一个简单的暴胀过程，简单得就像是把宇宙抖了一下子，怎么把三大问题都解决了呢？

首先，暴胀之后看起来在视界之外的不可能有因果关系的区域，在暴胀之前其实挨得很近，它们本来就有因果联系，只是暴胀把空间膨胀了，把它们隔开很远，让我们现在误以为它们在历史上不存在因果联系。

而且，暴胀之前无论宇宙的空间弯曲程度如何，经过猛烈的暴胀，都把这些弯曲度抹平了，留下一个完全平坦的宇宙。

磁单极子就更简单了，古斯曾经打了一个比方。这些磁单极子就像是一大群鱼，把它们放到水池里当然看得到，但水池瞬间变成了太平洋，想再看见鱼可就难了。

所以你看，这就是古斯的补丁，让宇宙诞生之初经历一次短暂的但是超级猛烈的膨胀，一切问题就都解决了。



胀，一切问题就都解决了。

不过，你听我讲完，有没有产生疑惑，怎么感觉暴胀理论就像是考试了，不会做题。反正不会做，就蒙了一个最可能的答案。这样真的是对吗？

这个问题我没有办法回答你，不过暴胀理论的确是现在能解释这些问题中的最简单的一种，所以也是现在最被大家接受的一种解释。不过，即便它不是正确的又怎么样呢？最后更正确的理论，一定是要么在它之上继续更新迭代，要么是把它当做对标理论，彻底否定它。不论怎么样，暴胀理论现在都是宇宙学的重要一环。

划重点

添加到笔记

1. 大爆炸宇宙学从逻辑上推演出三个重大的bug。分别是视界的因果关系问题、空间的平坦问题和磁单极子问题。
2. 宇宙学家古斯提出暴胀理论，可以同时解释三大底层bug。一场极其剧烈的膨胀过程，可以解决所有问题。
3. 这套理论还存在着质疑的声音，观测上的证据也还不牢靠。它在未来可能会被修正，或者是被更好的理论代替。



思考题：

这一讲介绍了宇宙学遇到的问题，是阿兰·古斯凭借着自己的想象力找到了解决思路。不知道你注意了没有，阿兰·古斯的想象力有非常明确的目标，那就是解决宇宙学的bug。也就是说，虽然是想象力，但并不是天马行空地去想，而是有很多限制条件。也就是他在戴着镣铐跳舞。其实真的有创造力的事情，都不是在绝对自由的情况下做出的，都是在戴着镣铐跳舞。你有遇到过这样的情况吗？

〈 前一篇

后一篇〉

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa
字号

写留言

13

请朋友读

29 | 微波背景辐射：宇宙学的观测基础

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入排行 >

29 | 微波背景辐射：宇宙学. ↓

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

前面两讲我们讨论了宇宙学最基本的问题，还用了一个超级大的脑洞解决了三个bug，让大爆炸宇宙学成为今天最主流的宇宙学理论。

这一讲，我要聚焦宇宙学研究的一项重要工具，也就是前面的课程里多次提到的宇宙微波背景辐射。

因为宇宙微波背景辐射就是研究宇宙学的观测基础。为什么这么说呢？

宇宙微波背景辐射的地位，首先体现在它的距离上。

根据对宇宙微波背景辐射的观测，它的红移大约是1100。这是什么意思呢？假如在那个地方有一颗恒星的话，我们去观测它的光谱，会发现它的光谱中的波长往红端移动了1100倍。这个位置的红移，换算成距离的话相当于在450亿光年之外。如果把宇宙的年龄当成整整一年来看，宇宙微波背景辐射所在的时间，是宇宙刚诞生不到一刻钟的时间。所以，宇宙微波背景辐射是可以观测到的最古老也是最遥远的光。它反映的就是宇宙最早期的状态。

另外，它是一切现在观测到的信息的背景。由于它是背景，所以宇宙微波背景辐射会穿越各种天体和宇宙空间才来到地球，被我们观测到。所以观测它的时候必然还观测到了宇宙空间中整体状态的变化。

但是光距离远的话，还没什么特别的。其实宇宙微波背景辐射中隐藏着关于宇宙整体的信息。

要说清楚这件事，我先带你回顾一点点历史，因为宇宙微波背景辐射这么一个观测现象，已经获得了两次诺贝尔奖。

— 1 —

所有有温度的东西都会释放辐射，通过辐射强度我们可以反推出释放辐射的物体温度是多少。宇宙微波背景辐射也可以这么做，经过计算可以知道，它相当于一个-270°C的理想物体释放出的辐射。也就是3K（开尔文），开尔文是热力学温度，0K就是绝对零度，-273摄氏度，是理论上最低的温度。

我们都知道因为宇宙膨胀，这个辐射已经被减弱了，如果还原到宇宙的早期，这个温度大约有3000K。这么热的东西在宇宙诞生38万年的时间产生，它是什么呢？物理学家和天文学家共同推测，它可能就是宇宙诞生那一瞬间的大爆炸留下的余晖。最初上亿度炙热的高密度状态，经过38万年的冷却，成为一个3000K均匀的、充满整个宇宙的辐射背景。这就是宇宙微波背景辐射中隐藏着的第一层信息，它暗示了宇宙的起源。

上个世纪60年代，两位无线电工程师威尔逊和彭齐亚斯，在检测无线电天线的时候，发现无论怎样清洗天线上的污垢，无论测量得多么精细，依然能够接收到一个遍布全天范围的背景噪音。两位工程师和天文学家讨论之后，双方都意识到，这就是宇宙大爆炸的证据，现在依然残存的这些背景辐射就是宇宙大爆炸的余晖。

1978年威尔逊和彭齐亚斯因为发现宇宙微波背景辐射而获得诺贝尔物理学奖。

但是威尔逊和彭齐亚斯的无线电天线还比较简陋，只能接收到信号的存在。顶多根据信号的强弱程度，估算一下宇宙微波背景辐射的大致温度，仅此而已。所以这个时候，宇宙微波背景辐射只是大爆炸宇宙学模型的一项证据。要想利用这项观测证据进一步研究宇宙学，就必须更精确细致地观测宇宙微波背景辐射，分析它的细节。

直到1989年利用空间望远镜重新观测宇宙微波背景辐射，才取得了突破性的进展。

— 2 —

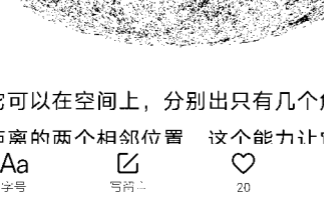
1989年发射的COBE卫星，目的是用更加精确的观测技术研究宇宙微波背景辐射的分布细节。COBE卫星使人类第一次用光学望远镜的手段看到宇宙诞生最早期的面孔。

更精密的观测发现，宇宙微波背景辐射并不是绝对均匀，而是存在着十万分之一程度的微小起伏。这些微小的起伏，对应着宇宙不同地方的物质密度的微小差别，这些微小的差别在宇宙演化的未来，对应着形成的各种各样的结构，也就是今天看到的恒星和星系的种子。

这个其实很好理解。你想，如果宇宙初期是绝对的、完美的平均，那么所有物质都处在平衡状态，是不可能聚集在一起产生恒星和星系的。

上面这段话，就是宇宙学中最重要、最本质的一段话。这项发现让COBE卫星的工程师和首席科学家获得了2006年诺贝尔物理学奖。

我在文稿中放上了COBE卫星观测到的宇宙微波背景辐射的分布图。你注意到图中不同颜色的斑点了吗？天文学家称之为“上帝脸上的皱纹”。图中颜色表示温度的高低起伏，在图中已经用不同颜色夸张了，实际的差别只有十万分之一。



简单地说，宇宙在大尺度上是均匀的、各向同性的，但又不能绝对均匀，否则就不会出现今天你看到的太阳和地球了。所以宇宙在一开始的早期阶段，就已经具备了一些微弱的、不均匀的小种子。这些种子不能太小，太小了就不会形成具体的恒星和星系。种子也不能太大，太大了就会破坏掉宇宙整体的均匀和统一。宇宙微波背景辐射就是研究这些小种子最好的工具。

这是宇宙微波背景辐射中隐藏的第二层信息，宇宙微波背景辐射中的不均匀起伏就是现在一切天体的种子。

— 3 —

这些信息还仅仅是关于可见物质的线索。你已经知道，宇宙中还存在着暗物质、暗能量等等不可见的物质。整个宇宙中将近70%是暗能量，其余是暗物质，常规的物质只占到4%左右。前面两讲我讲过，宇宙的物质密度决定了空间弯曲程度，也决定了宇宙的命运，这些信息也都隐藏在了宇宙微波背景辐射里。怎么才能挖掘出这些信息呢？

举个例子。

宇宙微波背景辐射就像一张二维的地图，上面有微小的起伏。经过分析可以发现，角度上间隔大约1度的时候，微小的起伏有比较明显的重复的特征。这其实就是恒星或星系种子的原型。

宇宙中包含的物质总量越大，密度越大，聚集的程度就越强烈。所以，在宇宙微波背景辐射的地图上测量这个特征的强度，就可以计算出宇宙早期形成物质结构的原始的种子有多少，再结合广义相对论和模型计算，就可以得到物质密度的数值。

这就有点像你在毛玻璃上哈一口气，玻璃上形成的小水滴不会无限小，也不会无限大，水滴总有一个大概率的尺寸，这个尺寸由毛玻璃的结构决定。

这些就是宇宙微波背景辐射里隐藏的更细致的第三层信息。所以宇宙微波背景辐射算得上是研究宇宙学的入门必备工具。入门必备，可不是说历史上这么做，现在就没用了。实际上，对宇宙微波背景辐射的细致观测，到今天依然是宇宙学研究中最重要的工作。

— 4 —

在地面无线电望远镜发现宇宙微波背景辐射存在之后，到现在只经过了70年的时间，但是已经进行了无数次的探空气球观测和三次重大的空间观测。最近的一次观测是欧洲空间局2009年到2013年期间发射的普朗克太空望远镜。为了尽可能观测得更精密，减少地面的干扰，普朗克望远镜不是绕着地球转，而是在地球的轨道上绕着太阳转。这个位置到地球的距离，比月亮还要远4倍，干扰会大大减少。

普朗克望远镜针对宇宙微波背景辐射进行了长达5年的持续观测。发布的数据成为天文学目前为止最精密的宇宙微波背景辐射资料。普朗克的观测精密到什么程度呢？

文稿中放了一张最新的宇宙微波背景辐射的观测图，感兴趣的话可以看一下。和最初的COBE卫星的观测结果相比，已经有了更加丰富的细节。

它可以在空间上，分别出只有几个角分的距离的两个相邻位置。这个能力让它比过



它可以在空间上，分别出只有几个角分的距离的两个相邻位置，这个能力让它比过去的宇宙微波背景辐射观测的精细程度提高了一个数量级。也就是说，普朗克望远镜擅长更细致地分辨宇宙的小尺度的起伏，帮助天文学研究物质和暗物质的分布。它的敏感度也是空前地高，可以分辨出百万分之几的起伏程度，这个程度就可以直接看到前面说的恒星和星系形成的种子。

就在几年之前，天文学界统一把宇宙的年龄从137亿年修改为138亿年，就是因为普朗克望远镜获得的数据是更精确的计算结果。最新一次的数据刷新了关于哈勃常数、宇宙的物质组成比、宇宙年龄等等十几个重要的宇宙学参数。

现在，根据宇宙微波背景辐射的观测得到的最新的宇宙参数是：宇宙年龄为137.98亿年，宇宙现在含有4.9%的普通物质，26.8%的暗物质和68.3%的暗能量。此外，哈勃常数测定为67.15。这个数字的意思代表了，距离每增加一百万秒差距，膨胀的速度就增加67.15公里每秒。这里的秒差距是距离单位的一种，一百万秒差距等于326万光年。这就是天文学今天对宇宙的最新认识。

所以目前为止，宇宙学中的最主流的认知，绝大部分观测基础都是天文学家对宇宙微波背景辐射的观测所贡献的。

划重点

添加到笔记

1. 宇宙微波背景辐射是最重要和最基本的宇宙学观测基础。它的观测支持了现代宇宙学的大爆炸模型体系。


2. 对宇宙微波背景辐射的细致观测，发现它在全天均匀分布，不均匀性只有十万分之一，这些微小的起伏就是宇宙形成天体结构的原始种子。

3. 最新的宇宙微波背景辐射的观测数据中有微小的起伏，通过它们天文学更新了宇宙学参数。



思考题：

在宇宙学内容的最后，我又回到了观测问题上，为你介绍了宇宙微波背景辐射的价值。天文学的所有的问题都是观测问题。如果说天文学发展是一场进化的话，天文学家的想象力就是基因突变，可以千奇百怪，但是最后都需要被观测自然筛选，符合观测的留下。观测是天文学给自己设立的自然筛选机制，你有天马行空想法的时候，有给自己设立自然筛选机制吗？



高爽·大文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇

后一篇〉

用户留言

写留言

提交留言可与高爽互动

Aa

字号



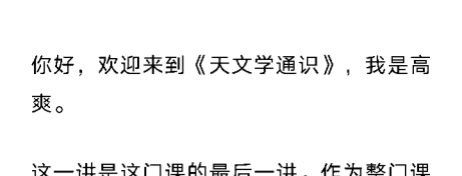
写留言



20



分享给朋友



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

这一讲是这门课的最后一讲。作为整门课的结束语，我想为你展望一下天文学的未来。

说天文学的未来之前，我必须先回顾一下天文学的过去和现在。到此时此刻为止，天文学已经走到了一个什么样的阶段。

—— 1 ——

天文学建立了一套比较合理的宇宙结构体系，让我们知道地球只是一颗围绕太阳的行星，太阳只是银河系几千亿恒星中的普通一颗，知道了银河系之外还有上千亿个河外星系，知道了星系会相互吸引聚集成星系团，知道了星系团形成更大的超星系团。

天文学还建立了一套天体和物质发展变化的体系，让我们知道恒星如何从尘埃和气体中形成，知道恒星的晚年会经历换挡和爆发，知道星系如何一步一步吞吃周围的材料，知道早期的星系如何活跃，甚至知道宇宙可能起源于大爆炸，现在正在加速膨胀。

天文学凭借着有限的数据和模型体系，猜测了暗物质和暗能量的存在，逼近了黑洞的视界边缘，从星际气体和尘埃中捕捉到有机分子和水的痕迹。

但是，请不要忘记，我上面说的这一切都只存在于可观测宇宙的范围之内，而可观测宇宙只是整个宇宙的很小很小的局部。天文学今天获得的知识边界只是宇宙的局部，这还不是最严重的问题。更严重的问题在于，天文学已经理解的这些知识，只是我们探查到的现象中的一小部分。

换句话说，即使只考虑天文学家观测到的现象，也有大部分情况还无法理解。

举个例子。

利用宇宙微波背景辐射，从最远的地方向近处推算可以得到宇宙膨胀速率的常数，也就是著名的哈勃常数。用常用的单位计算，这个结果是67左右。但是同时，从近距离的超新星向远处估算出来的哈勃常数是73左右。也就是说，宇宙的近处和远处得到的膨胀性质有严重的不一致。

你看，这还仅仅是一个关于宇宙膨胀的基本常数，研究基础全部都是实际观测到的数据，就已经无法统一。究竟是两种方法之一有什么潜藏的错误，还是更深层次的宇宙规律还没被理解，目前还不能确定。

不说那么远的，即便是近处的问题，也有太多的未知。

月亮是怎么形成的，课程里我介绍的是主流理论，但是它至今仍然只是一个猜测。还有，太阳系里闯入的小行星奥陌陌，在我们的望远镜上这就是一个微弱的信号，还没有来得及仔细观察就飞走了。它为什么有着特殊的形状和速度，我们来不及知道。

我可以毫不夸张地说，天文学到今天为止，悬而未决的问题远远多于已经获得的知识。

面对这么多问题，天文学的未来一百年会有什么改变吗？

概括起来，天文学未来100年要集中力量解决的问题是“两暗一黑三起源”。“两暗”是暗物质和暗能量，现在完全不知道它们的本质是什么。“一黑”指的是黑洞。“三起源”分别指的是宇宙起源、天体起源和生命起源。

—— 2 ——

“两暗一黑三起源”，听起来内容还不少，光是最核心的疑难问题就有六项。

但是在我自己看来，有一项天文学的研究方向涉及到所有这些疑难问题，在未来很可能成为最能产生重大突破的领域，这就是双星问题。

双星，我在前面的课程里讲过，两颗恒星靠得很近，相互围绕对方运动，形成一个引力束缚下的系统。这个系统打破了传统上赫罗图的完美图景。

双星的问题看起来很简单，两颗恒星绕着转，有固定的周期，有固定的轨道。离得近的，用望远镜看就可以发现。离得远的，观测光谱也能识别出来。从望远镜发明之前，天文学家就开始观测和研究双星，这个古老的领域有这么重要吗？

还真有。

你看啊，双星如果其中有一个质量比较大，先走到生命的终点，发生超新星爆发，可能形成黑洞，然后黑洞开始吞吃另一颗星的物质，这就是天文学现在观测恒星级别黑洞的基本手段。

还没完。如果另一颗星质量也很大，将来也变成了黑洞或者中子星，两个黑洞慢慢靠近，会爆发引力波。引力波是天文学的热门话题，关系着天文学对基本作用力和时空性质的理解，和暗物质、暗能量关系密切。

往前看，双星形成之前，为什么这一片气体云没有形成统一的一颗恒星，而是首先碎裂成两大片，形成两颗恒星？是什么样的机制在这里起作用？这就是天体起源的核心问题。

你如果读过小说《三体》，一定不会陌生，三颗恒星形成的不稳定的系统中，三体人的生存环境实在是太恶劣了。

但是三体避开了一个问题是，这么恶劣的环境里，生命是怎么诞生的呢？换成天文学的角度看，我更关心的是，和太阳这样的孤立恒星系统相比，双星甚至三星的系统里，地球还能正常形成吗？木星还会发生轨道迁移，从而引发大量的陨石和彗星撞向地球吗？水和生命的种子还会降临地球吗？地球上还能稳定地产生生命适宜的条件吗？如果双星系统里缺少木星这样的巨大的行星，也就缺少了一个拦截入侵的盾牌，地球还能具有长时间演化的安全期吗？

所有这些在太阳系里已经有了初步结果的问题，放到双星的系统里都会是个大麻烦。而双星的比例在宇宙中可不在少数。所以双星又牵扯着生命的问题。

你看，简单的双星问题，就把天文学六大疑难方向中的至少五个都串到了一起。还剩下一个宇宙起源的问题，很可能需要等待新的物理学基础理论的启发。

我这么说，一方面当然是因为我自己的研究方向和双星有关。但更重要的原因在于，这种思维方式，包含着天文学的本质属性。什么意思呢？

可以说，今天天文学的任意一个细分的领域都没有达到成熟的程度。从理论的完善程度来说，天文学实在是年轻的科学。面对信息不完整、理论不成熟、认知范围受限的悲惨条件，天文学的大部分研究问题都需要结合大大小小的一连串天体和现象共同考虑。

既然如此，为了解决“两暗一黑三起源”这种宏大的和困难的问题，天文学只能从相对最熟悉的入口切入。这个最熟悉的入口可以是太阳，可以是双星，也可以是基本的化学元素。重要的不是入口本身。重要的是，天文学家在这个入口处积累了相对成熟的模型体系，未来，可以借助新的观测技术和新的思维方法重新考虑这些熟悉的问题。

—— 3 ——

说到这里，我必须提醒你注意一句我在前面的课程里反复说过的话：天文学的基础是观测。所以，天文学的未来，同时也是观测技术更新换代的未来。简单地说，我把这件事归纳成两个方面。

第一个方面是建造更大的、更灵活的、更高效率的望远镜。现在世界上已经运行中的最大口径的光学望远镜是西班牙的加那利群岛上的10.4口径米望远镜，现在欧洲正在建造39米光学望远镜，美国联合多个国家包括中国在内共同建造30米光学望远镜。这些望远镜将在10年后落成投入使用，将在20到30年后迎来天文学新观测的高峰期。

除了口径大，望远镜还需要放置在更好的观测位置。除了地面上现有的几个优秀的天文台，继续发展空间望远镜也是未来的方向。

哈勃望远镜早已经超期服役多年，接替哈勃的下一代空间望远镜，詹姆斯·韦伯望远镜也会在未来发射运行。南极望远镜、月球望远镜甚至冥王星望远镜，都将成为未来一百年天文学发展的新的驱动力。这些地方，可以远离人为活动的干扰，获得更黑暗的夜空和更稳定的观测条件。

想象一下，100年之后的天文学，已经初步解决了暗能量和暗物质的问题，对黑洞有了更充分的探索。那时的某一天，地球上的天文学家接收到来自冥王星天文台的100米口径光学望远镜的观测数据。图像上清晰地显示有机物分子的光谱特征，它们是来自于现在根本观测不到的奥尔特云。



云。

第二个方面，天文观测不能局限在电磁波的收集上。天文学家已经发现引力波，也已经可以探测到中微子。未来的天文学，可以对某一个遥远的天体同时接收电磁波、引力波、中微子数据，实现多信使、多通道、多窗口地看宇宙。

这就需要全世界天上地上的望远镜、观测设备、探测器，形成一个国际互联的响应机制。比如说，当有望远镜发现附近的星系里出现超新星的时候，经过一个很简单的科学决策步骤，全世界的大型望远镜，不同的电磁波波段、不同的探测技术，从不同的地理位置同时跟踪这个目标，收集到最完全的立体化的数据。

观测数据是天文学的生命，也是最珍贵的东西。天文学的未来，一定是数据增长和多通道联动的未来。天文学的未来是大数据的未来。

划重点

添加到笔记

1. 即便只考虑对现有的观测数据的理解，天文学的未知也远远多于已知。天文学的任何一个分支方向都没有底气认为自己已经足够成熟。
2. 天文学未来一百年的工作重点是“两暗一黑三起源”，也就是暗物质、暗能量、黑洞、宇宙起源、天体起源和生命起源。
3. 观测是天文学的基础，所以望远镜等仪器设备的发展和观测方法的扩展是天文学未来的强大驱动力。



思考题：

天文学研究的问题离我们这么远，没有解决的问题还这么多，除了满足好奇心，你觉得它真的有价值吗？



高爽·大文学通识30讲
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

〈 前一篇 〉

后一篇 〉

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa
字号

写留言

13

请朋友读

答疑 | 天文学的数据可信吗?

高爽 · 天文学通识30讲
昨天 进入课程 >

答疑 | 可以充分相信观测数. ↓

你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

我仔细阅读了大家在留言中提出的问题，有些问题很有代表性。我把这些问题概括为三个。利用今天这个加餐的机会，专门作一次回答。

— ◆ 1 ◆ —

第一个问题，是问天文学家如何能确定接收到的光是从哪里来的。

有这样的疑问，我想可能是因为课程里面，我讲的天文学家可以通过几个光子就能确定某个天体的很多信息。光子能收到，可是光子来自哪里呢？一个光子，携带了频率信息，是没问题，但是没有携带坐标信息啊。怎么能知道它是从哪里来的呢？

其实这一点呢，没有那么复杂，是通过这个光子落在了照片底版的什么位置来确定的。当然了，现在的望远镜都是用的数码元器件，不过原理是一样的。

你可以想一想自己拍照片，一张照片的范围，是和镜头的取景范围对应的。也就是说，照片是取景框的一一映射。知道光子落在了照片的什么位置，就可以知道它来自于取景框里面的什么位置，当然也就能知道它来自什么地方了。

如果不是只有几个光子的极端情况，为了可以知道光谱信息，往往会这样做，那就是先在前面放一块棱镜，这样望远镜的视野里的好几颗恒星，它们的光可以先经过棱镜之后再进入望远镜。如果这个时候看照片的话，就会发现每个恒星都不是小亮点了，而是在自己的位置上变成了一小段彩虹。

如果需要比较精细的光谱，就需要专门的光谱仪，一般的设置是只针对视野中正中间的恒星作处理。现在最好的观测技术可以利用光纤，每根光纤对准视野中的一颗恒星，从光纤引出来，输入光谱仪。这样可以一次批量得到视野中所有恒星的光谱。

当然了，这个时候确定的坐标还是二维的，还有一个纵深的维度，也就是距离还不知道。这就涉及到我的课程里“距离测量”那一讲的内容了。

实际上，在天文学研究中经常遇到无法区分距离远近，所以难以确定发光来源的情况。举个例子，玫瑰星云是银河系里一个很漂亮的气体云，距离我们大约5000光年。我们本来想研究遥远的星云背后的星光穿过星云的时候，光会被星云吸收掉多少。但是，用望远镜看这个星云的时候，视野中不仅出现了更远的背后的恒星，还包含了更近的处在前景的恒星。这部分恒星对我们的工作是没有用的，却很难剔除掉。因为我们不能绝对地区分前景和背景。这也是为什么说天文学获得的信息极其有限的原因之一吧。

这是我对第一个问题的回答。

— ◆ 2 ◆ —

第二个问题是关于课程中出现的具体数据。很多用户学习非常认真，并不是对我说的数据盲目相信，而是自己也会去网上搜索，去核实具体的数据，而且也会发现有些资料或是书上的数据和我说的不一样。就比如，我说的太阳的年龄有50亿年，有用户看到的更准确的数据是45亿年。这个时候应该相信哪个呢？

首先啊，这些用户非常棒，这也是我提倡的科学精神。

然后，我也想分享一下我的一些经验，也许能帮助大家以后更好地去看天文科普书或是其他天文资料。

在面对天文学中的数据的时候，一定要先区分一下，看看这个数据是哪种数据。可以分为两种：第一种情况是观测数据；还有另一种情况是理论推导和模型计算得出的数据。

来源于观测的数据，通常是可靠的。在一定的误差范围内，在某种仪器设备的条件下，可以得到一个比较靠谱的结果。比如实际测量一颗星的亮度，或者是观测某个天体的运动速度。如果这里发现了与其他地方的数据不同，那真的可能是某处出了错。

另一种情况是理论推导和模型计算得出的数据。这一类数据，可靠程度就比不上观测了。前面的课里讲过，天文学模型没有办法利用重复实验的方法进行检验，可靠性只能通过模型之间的相互依赖来保障。

一方面，这部分数据都是推算出来的，特别依赖模型，如果模型有了更新，这部分数据是可能会有天翻地覆的变化的。所以，去年的数据，今年可能就不一样了，今年的数据明年又会更新。

另一方面，因为这部分数据本身的误差就很大，再加上天文学问题的尺度都很大，天文学家更关注量级变化。所以，在科普讲述的时候，往往会进行不同程度的简化。就比如宇宙年龄，说是138亿年，或四舍五入说是140亿年，在科普上都是没有问题的。前面我说的太阳年龄是50亿年，也是从45亿年四舍五入得到的。

所以只要不是专业学习，你在学习天文学时遇到了这些数据，发现不同地方的数据不一样，除非差别特别大，都是可以一定程度上忽略的。因为具体的数字未来很可能会发生变化，重点还是关注其中的思维方法，天文学家是如何知道这些的。

当然这只是我站在你的角度，把自己想象成一个爱好者考虑如何可以从天文学科普中最有效地获得知识。不过作为一位天文学家，我还是会尽我最大努力，把最新的天文学知识交付给你。

这是对第二个问题的回答。

— ◆ 3 ◆ —

还有第三个问题，我觉得也很有代表性。天文学的很多模型都是基于物理理论的，所以就有用户提出，是不是不应该把天文和物理分得那么开？现在教育不都讲素质教育吗，把知识打通才是更好的。

的确啊，这么说有一定道理。比如在很多国内外的大学里，没有一个专门独立的天文系。在物理系里也有天文学家从事天文学研究工作。在美国也有不少大学，里面直接设立了物理学和天文学系，这是一个系。我过去的很多同事，也都是物理学专业毕业，后来从事天文学的研究工作。

由此可见，物理学和天文学的确是非常亲密的两个学科方向。天文学会应用大量的物理学理论解释自己的观测现象，反过来，物理学也大量地应用天文学的观测数据完善自己的理论。

但是，物理学和天文学也有区别。首先，天文学的基础是被动观测，是尽可能接收天体信息。而物理学的基础是实验，是人为地控制实验条件。

天文学和物理学的区分，出现在现代科学开始兴起的200年前。在此之前，自然科学的分类没有现在这样详尽和清晰。分类的精细，本质上反映了人们对事物本质的认识有了进步。物理学单独成为一门学科，天文学保留了独立的地位，是因为人们逐渐认识到，天体的现象，往往意味着极端的物质状态、极端的条件、极端的能量释放和运动状况。天文学在处理大量极端情况时，逐渐积累了自己独特的思维方式。比如我在第一讲提到的宇宙学原理，以及发刊词中提到的利用极其有限的信息还原真相的思维方式。

这些方式，是天文学解决自身疑难问题时的唯一对策。而物理学遇到问题，可以设计实验，建造大型加速器，控制参数，反复对比。

天文学和物理学采用了不同的思考路径。虽然基础知识是相通的，不过天文学家和物理学家还是要分开的。我在课程里也讲到过了，我们对不同事情的分类分辨得越清楚，也就代表着对它们理解得越深刻。

一点感想：

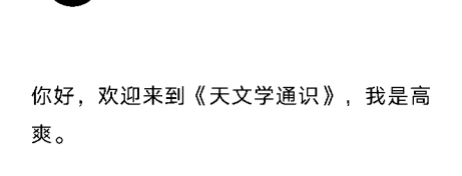
这次我就先回答这三个问题。通过整理和回答上面提到的这几个问题，我自己也有一些感触。

对于不是天文学专业研究者的用户来说，更重要的不是记住所有数据的细节。因为每一条数据，都建立在当下的模型和观测技术条件的基础上，在天文学上大量的数据可能只有数量级上的意义，甚至还会随时更新调整。对于大家来说，更重要的是理解天文学研究背后的思维方式。也正是出于这个原因，每一讲最后的思考题都不是关于具体数字的问题，而是希望你能挖掘出这一讲的核心思维方式，然后尝试着把它迁移到你熟悉的工作和生活中。这是天文学给我们留下的珍贵宝藏。

高爽·天文学通识30讲
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

← 前一篇

高爽 · 天文学通识30讲 昨天 进入课程 >



你好，欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

这门课已经完整上线，有很多用户留言问了我很多问题。我整理了一下，发现有3个问题特别值得回答。这3个问题不只是很多人都关心的问题，而且也是能体现出天文学这门学科特点的问题。

接下来我就一个一个回答一下。

— ◆ 1 ◆ —

第一个问题。

在我讲到《暗物质：星系里的粘合剂》的时候，我在最后提到了最新的进展。就是在宇宙中发现了两个特例，发现了有两个星系没有暗物质。于是就有同学问我，天文学不是相信宇宙学原理吗？不是应该宇宙各处都相同吗？为什么会有星系不一样呢？

其实和这位同学提出类似问题的人还有不少，都是想表达，宇宙学原理既然是第一性原理，那应该就是颠扑不破的，为什么会有像黑洞这样如此独特的天体，为什么宇宙诞生时的宇宙和现在这么不同？

这个问题我相信很多人心里都想过。那这是为什么呢？

其实，你有没有注意到这么一个细节，我们把宇宙学原理叫做原理，当然也有人叫做宇宙学原则的，但是从来没有人叫做宇宙学定律，或是宇宙学定理。就是因为宇宙学原理不是绝对的真理，它只是我们对宇宙做出的一个基本假设。这个假设，我们从来没有想着去证明它，只是把它当做工具去进行探索。

这个假设的作用是什么？有两点：

第一，这个假设提供了一个基准线。首先这个假设是最简单的一种，而且它到底是不是正确并不重要，即便它不正确的又怎么样呢？最后更正确的理论，一定是要么在它之上继续更新迭代，要么是把它当做对标理论，彻底否定它。

第二，可以假设的情况那么多，为什么偏偏要假设宇宙各处相同？这个道理也很简单，只有这样我们才能把地球上发现的规律用到宇宙各处，先不论用的对不对，至少是可以出去。发现了意外再调整嘛。如果不这么假设，就没有向外探索的工具了。

所以，天文学家相信宇宙学原理，其实心底里想着并不是像卫道士一样把它当做是真理去捍卫它。而是，发现一个新现象，就像车坏了要修车先用顺手的工具一样。先用它解释看看，最好是能遇到解释不了的现象，那样天文学家就有自己的价值了，我们可以想办法去更新理论。

所以天文学家都非常期待不符合宇宙学原理的新现象。要么，是发现观测发生了错误，需要更新观测方法。要么，是发现过去的理论还不够完善，还需要升级，让它适应新的观测现象。无论是哪一种可能，天文学都在这个过程中前进着。

举个例子。

我在课里讲到过双星。银河系里有60%的恒星存在于双星系统里。但是太阳是一颗单星，没有和别的恒星一起绕转。所以你看，太阳作为单星的规律，不能直接套用到60%以上的双星中。也不能因为太阳是单星，就拒绝承认双星的存在。如果认为银河系里目前已经观测到的大量双星的比例是真实的，那么太阳反而是少数派。在这个问题上，宇宙学原理是不成立的。

再比如说，银河系的中心有一个超大质量黑洞。我讲到这里的时候说的是，几乎所有的星系中心都有一个超大质量黑洞。我说的是几乎，因为有些星系确实没有。比如围绕银河系旋转的人马座矮星系。矮的意思呢，是说这个星系的尺寸很小，所以叫矮星系。它的中心很可能没有黑洞。即使有，肯定也不是超大质量的黑洞。

实际上，天文学已经发现了很多很多宇宙学原理不能绝对成立的例子。银河系也有自己独特的性质，我们的太阳和其他恒星有着可以被观测的差别，地球也还没有找到完全一样的第二个。

所以我要强调一下，宇宙学原理是天文学在信息不足的情况下面对宇宙的出发点，但一定不是终点。

— ◆ 2 ◆ —

前面是第一个问题，第二个问题也是和暗物质有关。

有同学问了一个很好的问题。我在课程中讲到，暗物质无处不在。既然宇宙在大尺度上是均匀和各向同性的，所以暗物质也应该遍布我们的太阳系。暗物质虽然不和电磁波相互作用，我们看不见它，但是暗物质产生引力。宇宙总体上暗物质的含量是普通物质的五倍。说到这里，问题就来了。

如果太阳系里也有这么多暗物质，为什么我们地球的轨道没有受到暗物质的引力的影响呢？

我说这是一个好问题，因为这个问题要在不同尺度上来回切换才能解答好。能够跨越大尺度思考问题也是天文学的特点之一。

要回答这个问题，我首先要解释一下宇宙的统一和各向同性。

我在讲宇宙物质的均匀和各向同性的时候，都有一个限定性的形容词，叫大尺度上。宇宙只有在大尺度上才是均匀和各向同性的。这个意思是说，宇宙绝对不是所有地方都完全一致。

比如说地球。地球由岩石成分组成，平均密度是每立方厘米5克物质。但是整个银河系的平均物质密度只有每立方厘米10的负15次方克的物质，是地球密度的一亿亿分之一。我在这里计算的物质都是指普通物质。也就是说，地球远远偏离了银河系的平均物质密度，地球所在的地方是一个特殊的高密度区域。同样的道理，太阳也是一个高密度区域。整个太阳系都是普通物质的高密度区域。

所以宇宙大尺度上的均匀，是大空间尺度上的平均的结果。天体的密度和天体之间的真空部分显然不能等量齐观。

说完了普通物质的密度，我们再来看暗物质。

的确，暗物质的分布和普通物质基本上一致，也是大尺度上均匀和各向同性。我们可以粗略地认为，在银河系中暗物质均匀分布，而且密度是普通物质的五倍左右。所以暗物质会深刻影响银河系的自转，让银河系外围的恒星受到很强的引力作用，可以保持很高的环绕速度。

但是，这个比银河系普通物质高出5倍的暗物质密度，如果和太阳系的天体相比，就小的可怜了。我帮你做了个估算。假设暗物质均匀分布，在太阳系中也按照银河系中的密度分布，那么整个太阳系包含的全部暗物质的质量加起来，只相当于一颗直径几公里的小行星的质量。这个质量，对太阳系的天体的引力的干扰可以忽略不计。

说到这里你可能理解了，整个宇宙平均来说暗物质更多，但是只有在普通物质比较稀疏的地方，暗物质才能发挥主导作用，比如银河系的外围，比如星系团的周围。而在普通物质聚集成团的地方，暗物质的效果就可以忽略，比如恒星和行星附近。

对于整个宇宙来说，像星系周围这样比较空旷的地方是更多的，所以整个宇宙暗物质可以起主导作用。

— ◆ 3 ◆ —

这是第二个问题，还有最后一个问题。问这个问题的同学更多了。

有不少用户问，太阳系的大行星为什么都位于一个平面上。也有用户问类似的问题，银河系为什么呈现一个盘状的结构。黑洞周围为什么是一个薄盘状的吸积盘。在我看来，这三类问题在本质上是一个问题。

要回答这个问题其实是需要你关注到曾经被忽略掉的关系。首先，能提出这类问题的同学已经非常棒了，因为他们能想到引力是朝向四面八方的，那么收到它吸引的物质也应该是分布在四面八方啊，为什么会出现物质只分布在一个平面上的问题呢？

原因呢，其实也很简单，就是你忽略了太阳或是黑洞的旋转，旋转的方向可不是朝向四面八方的。你可能会说，旋转我想过啊，旋转应该不会影响到引力方向的变化啊，所以有意忽略旋转情况是应该的。

真的是这样吗？我给你举个形象点的例子吧。

不知道你有没有吃过印度抛饼。抛饼师傅揉出一块面团，然后在手里高速盘旋，越转越快。随着面团的旋转，你会发现它变得越来越薄，最终成为一张薄饼。印度抛饼的道理和太阳系形成初期非常类似。

太阳系从形成的时候就在旋转。太阳本身



太阳系从形成的时候就在旋转。太阳本身自转，所有的气体和尘埃围绕太阳旋转。在旋转的过程中，逐渐形成了现在太阳和行星。而且物质和天体围绕太阳旋转的速度可不小。地球围绕太阳运动的速度是每秒30公里。如果把整个太阳系在形成早期看成一个完整的天体，物理学上可以证明，旋转的物体在旋转轴方向上缺少支撑力，只能往盘面上掉落。只有在赤道面附近旋转才可以稳定下来。

黑洞周围的物质盘旋着掉进黑洞，在黑洞周围形成一个吸积盘也是同样的道理。

只不过印度抛饼中的力量是面团之间的粘性，太阳系或是黑洞周围物质形成一个平面的力量是引力。所以，看似忽略掉的是旋转，其实忽略掉的是物质之间的引力关联。

所以，宇宙看似很大，看似很空旷，但是内部的联系紧密程度超过了我们的想象。而且这种互相的关联也为天文学研究带来了重大的挑战。太阳系、还有黑洞周围吸积盘的形成，其中的具体细节我们还没有完全搞清楚。


—◆ 4 ◆—

这次我回答了这3个问题。通过整理和回答这些问题，我最后简单说说我自己的天文学以及科学的理解。

可能有人会觉得科学意味着解决问题，可以用精确的结果对宇宙给出一个确定性的答案。但是，包括天文学在内的很多科学的很多前沿问题，最终都很难得到一个确定性的结果。可以说，如果有人选择了天文学这门学科作为自己的专业领域，就意味着要放弃确定性的目标。因为天文学给我们提供的可能不是所有问题的最终精确答案。相反，天文学每次突破性的发展，都给我们打开了更深远的世界，让宇宙暴露出了更多的问题。

所以，如果从这个角度来说，天文学没有目的，只有过程。天文学不停地在打开更大的世界的过程中给我们提供新的认知。

这一次的加餐就讲到这。希望可以解答了你的问题。



高爽·天文学通识30讲
你的想象力，只有宇宙装得下
版权归得到App所有 未经许可不得转载

< 前一篇

用户留言

写留言

点击加载留言

Aa

字号



写留言



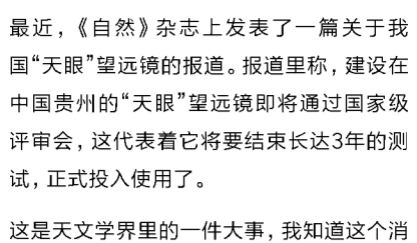
11



分享给朋友

加餐3 | “天眼”验收：中国原创技术让世界期待

高爽 · 天文学通识30讲
1天 进阶课程 >



欢迎来到《天文学通识》，我是高爽。

最近，《自然》杂志上发表了一篇关于我国“天眼”望远镜的报道。报道里称，建设在中国贵州的“天眼”望远镜即将通过国家级评审会，这代表着它将要结束长达3年的测试，正式投入使用了。

这是天文学界里的一件大事，我知道这个消息后非常兴奋。所以我决定做一次加餐，为你讲一下为什么“天眼”望远镜即将投入使用会让我们如此兴奋。

“天眼”望远镜是我们国家对它的称呼，它全称是500米口径球面射电望远镜，英文缩写是FAST。

作为得到的用户，我想你肯定是听说过FAST望远镜，也一定知道它是世界上口径最大的望远镜。它的镜面的直径达到了500米，绕着FAST的镜面走一圈需要一个多小时的时间。

那么是因为它是口径最大的望远镜，所以我们才会如此兴奋吗？它的意义可远不止于此。要说FAST的意义，主要有三点，我给你分别讲一讲。

一、在工程技术上有原创性突破

首先，FAST能够建成这么大的尺寸，它在工程技术上有很多突破。

FAST是现在最大的单口径射电望远镜，那么你知道之前最大的是哪个望远镜吗？是美国建在波多黎各的阿雷西博望远镜，口径350米。

我们都知道，望远镜的口径越大，观测的效果就会越好。当时阿雷西博望远镜为了尽量把口径做大，在工程上做了很多妥协。

比如说，阿雷西博的镜面是完全固定，这就导致进行观测时射电信号不能被精确地聚焦到一个点上，而是绵延成了一条线。要想在这样的一条线上读出有用数据，还需要一套复杂的设备和算法来修正。这样肯定是会影响到观测的精度和灵敏度的。

而FAST的口径比阿雷西博大了将近1倍，它在工程技术上的挑战也远远大于阿雷西博望远镜。比如说这么大的结构，直接建造非常困难，所以只能依靠已有的地形地势。

于是找到一个合适地形就成为第一个需要突破的难题。这个地形必须是一个盆地，而且尽可能标准的圆形，盆底越接近球形越好。而且下雨的时候不能积水，下方的土地要有能力迅速把水排干。另外，这里必须地质结构稳固，不能发生地震。最好，还能远离城市，减少人类活动的干扰。

为了找到这样的地方可不容易，从2002年到2006年，大量的科学家分析了几万个喀斯特地貌形成的盆地，结合卫星地图和实地考察，从一万多个盆地中筛选出几百个，再筛选到几十个，最后才确定了现在的位置——贵州省平塘县。

其实寻找合适的地形虽然繁琐，但它还不是最复杂的事情。为了能让望远镜可以反射射电信号，需要用金属板铺设成一个铁锅一样的形状，而且精确度还必须高。这其中就蕴含着最重要的核心技术。

比如说，FAST这么大的尺寸，金属板太重了，支撑起来就比较困难。为了减轻金属板的重量，全部金属板都均匀地打上了小的孔洞。整体算下来，开洞的面积占到了总面积的一半，这样一来，重量也就减轻了一半。

不只是这样的创新，还有更复杂的。FAST的这个500米口径的镜面，会根据需要主动变形。通过变形就能够让FAST精确观测的范围大大增加。

比如说，要用望远镜观测一颗天空上偏南边一点的星，如果不移动望远镜对准它的话是很难观测的。但是FAST是依靠地形建设的，所以它本身是不能像普通望远镜一样转动的。但是不能转动并不代表无法清晰观测，因为整个500米的望远镜当中，偏北的那半边，大约300米左右的区域会自动变形，变成一个局部的抛物面，让星光照到这里可以完美聚焦到一点上。

还没完。天上这颗星会慢慢移动，随着这颗星的移动，它照到的镜面的部分也在改变。那么，望远镜就能随时调整形状，始终保持着对这颗星的准确观测。

要做到这点，就需要能够精确控制每个拼接成镜面的金属面板。FAST一共由4400块三角形的小铁板拼接而成。每一块小铁板下方都安装有调整姿态的阀门，4400块小板全都可以改变方向和高度，它们拼接起来的整体镜面就像柔软的幕布一样可以随心所欲改变形状。

这就是FAST原创的核心技术，是这项技术的成功，才保证了天文学家可以把望远镜做到500米这么大的口径。也是这项技术的完美实现，让望远镜具备了超级厉害的灵敏度。它灵敏到什么程度呢？天文学家打了个比方，如果有人站在月亮上打手机，这个信号也能被天眼望远镜敏锐捕捉到。

二、可以带来更多的天文发现

FAST用最尖端的技术建成了，这代表了用FAST进行观测将会带来前所未有的观测灵敏度。这非常有可能为天文学带来重大的突破。

举个例子，我在之前的课里讲过脉冲星，也就是中子星。它是大质量的恒星死亡之后剩下的遗迹。它们本身特别致密，快速旋转，有规律地发射脉冲信号。

它们对天文学研究非常重要，但是到现在为止，全世界一共只发现了1000颗脉冲星。天文学家对脉冲星的了解非常有限，它将来会演化成什么状态，脉冲星的能量能持续多长时间，等等这些问题现在都还搞不清楚。

而FAST还在测试调整期间，就新发现了132颗脉冲星。有天文学家估计，FAST正式观测之后，用不了几年时间，就能让脉冲星的资料库翻一倍。

我在第一讲就讲到过，天文学面对的困难是数据资料太少了，获取信息太难了。要把脉冲星研究清楚，肯定需要积累足够多的数据样本。天文学家期待的是，能发现更多新的脉冲星，或者是把已经发现的脉冲星的信号观测得更仔细一些。这两件事都是FAST的长项。

不只是脉冲星，FAST的建成也为解决另一个天文学难题提供了可能性。

最近几年，天文学家发现了一个奇怪的新现象。在天空中的某个特定的方向上，会突然发射很强的无线电信号。而且持续的时间很短，每次只有零点几毫秒。天文学家给这个奇怪现象起名叫快速射电暴。最近十年间，快速射电暴是天文学遇到的最神秘的问题之一。

FAST的效率和灵敏度很可能就是解答这个问题的关键。同样是在FAST调整测试期间，就观测了在一个目标上产生的大量重复的快速射电暴。

到目前为止，FAST是世界上观测到快速射电暴最多的望远镜。也就是说，快速射电暴到底是什么？是恒星产生的某种我们之前不了解的状态？是星系产生的特殊的动作？还是外星人发来的信号？回答这些问题，我们都要指望FAST。

三、为我国天文学发展提供了重要的平台

最后，让我感到兴奋的还有第三个原因，它对于中国天文学发展的意义非常重大。

对于天文学研究者最重要的是什么，肯定是一个强大的天文望远镜了。赫歇尔能够发现天王星名留青史，是因为什么？因为他有当时最强大的望远镜。哈勃能够观测到红移现象，提出让爱因斯坦都低头认错的宇宙膨胀理论，是因为什么？也是因为他有当时最强大的望远镜。

一个强大的望远镜对于一个天文学研究者的吸引力实在是太大了，曾经我们国家有很多人才外流的情况，都是因为大家希望能去观测条件更好的地方交流和学习。

现在FAST建成而且表现优异，再加上很快要在贵州建设大型的FAST数据存储中心和控制中心。我看到的是，FAST正在吸引天文学和其他学科的人才回到中国工作。

未来，FAST和中国贵州很可能成为世界研究脉冲星和快速射电暴的中心，甚至有可能成为研究地外文明也就是探索外星人的中心。另外，这样一个望远镜的建成，也意味着我们把人类的技术水平推动到了一个更高的极限。这个最高水平的标志就在中国贵州。

说了这么多，其实FAST建成和通过验收，不是一项工作的结束，而是世界天文学的新开始。望远镜技术的巨大突破，会给天文学带来巨大突破，而FAST真的为我们带来了一次这样的突破。这就是我和全世界天文学家都感到兴奋的原因。

划重点 添加到笔记

- 1.FAST是世界上口径最大的望远镜，灵敏度最高。它为了跟踪天上的目标，镜面的能变形。这是中国原创的顶尖技术。
- 2.FAST凭借它的灵敏度，可以探索重大的天文学问题，比如快速射电暴的问题。

写留言，与作者互动 13 59



镜面的能变形。这是中国原创的顶尖技术。

2.FAST凭借它的灵敏度，可以探索重大的天文学问题，比如快速射电暴的问题，甚至可以对探索地外文明有贡献。

3.望远镜最前沿的发展，往往带来天文学的巨大突破。FAST通过验收之后，发现新的宇宙秘密指日可待。



高爽·天文学通识30讲

你的想象力，只有宇宙装得下

版权归得到App所有 未经许可不得转载

< 前一篇

用户留言

∟ 写留言，与作者互动

