

读者朋友们，你们可曾有过这样的想法：如果我们的银河系和另外一个同样大小的星系迎头相撞，会发生什么呢？这确实是可能的！当然最近还不会发生这样的事，所以不必过于担心。

当星系“邂逅”星系

□文 何锐思 (Richard de Grijs) 翻译 程思森



何锐思 (Richard de Grijs)，北京大学科维理天文与天体物理研究所 (KIAA) 教授。

要对两个星系“合并”成一个的时候所发生的事情有个概念，我们首先要了解一下星系里面都有哪些成分。大体来说，像银河系这样的旋涡/棒旋星系，可以认为是由恒星、气体和尘埃组成的（见图1）。气体主要是一些“中性”氢原子，我们一般用H I表示。这里所说的“中性”指的是这些氢原子核外的那一个电子没有被电离，因此整个原子的总电荷为零，即呈现“电中性”。如果这些中性氢气体周围有某些高能辐射源，比如高温恒星，那么它们就会被电离，形成带一个正电荷的H⁺离子（称电离氢，用H II表示）。天文学家所说的“尘埃”则通常指碳基的微小颗粒（就像煤屑那样）。那么，当两个星系碰撞的时候，将会是怎样一番情景呢？

要知道，即使在星系中，“空间”里空荡的程度依然是令人难以置信的：恒星之间的距离非常之大——这就是说，当两个星系相撞的时候，实际上，星系中的任何两颗恒星因此撞到一起的概率是非常小的。我们不妨用生活中的事物打个比方。想像有两个星系，每一个的盘面都跟中国差不多大，并且稍微有一些厚度。在这个尺度下，每个星系差不多包含一把的恒星，其中每颗恒星大概有苍蝇或者马蜂那么大。现在如果问道：当这两个星系相遇时，它们各自“体内”的“马蜂”们相撞的概率有多大？读者就很容易知道此时我们所讨论的恒星相撞的概率是多么地小了。当然，恒星相互碰撞的现象在星系中确实会发生，但通常并不是由星系碰撞引起的。

那么，这是不是说，当两个星系碰撞

图1 不同波段观测到的银河（从上到下波长依次缩短）。在不同的波段里，星系中的各种主要成分分别凸现出来：尘埃在光学波段看得最清楚（银河中黑暗无星的“暗带”部分就是由于尘埃挡住了后面恒星发出的可见光的缘故），恒星在热辐射的重要波段——各种波长的红外线下最明显，而中性氢H I气体的分布则可以在标示“原子氢”的图中看出。[图片来源：NASA/Goddard Space Flight Center] ▶

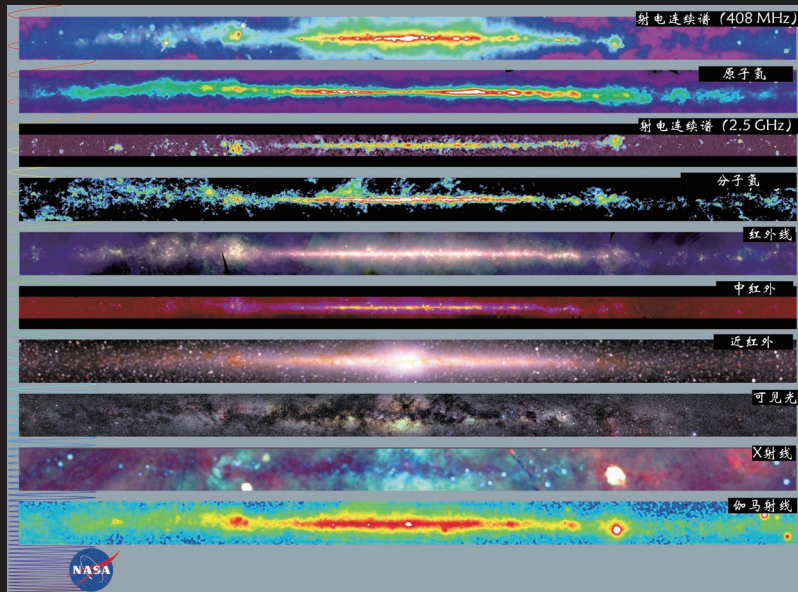




图2 天线星系。相互作用（合并中）的两个旋涡星系形成了类似天线一样的结构。上半部：由于剧烈的碰撞，星系中的物质被抛射出去，形成了所谓的“潮汐尾”。下半部：当碰撞的主要阶段结束，星系中会产生波及整个星系的、大规模的“造星”活动。图中蓝色的点状物就是年轻的、大质量的星团，它们通常被包裹在大量的星云（红色）和尘埃（棕色）中。[图片来源：NASA, ESA and the Hubble Heritage team/STScI/AURA-ESA/Hubble Collaboration]

的时候，它们就只是简单地在对方的引力作用下，像会“穿墙术”的人一样相互穿过去，而仍然保持各自的外形不变呢？不是的。万有引力是宇宙中在远距离上最为重要的力，它有一个重要的特点，就是强度随着到引力源距离的变化而变化，因此当引力作用于星系这么大尺度的天体时，会产生非常可观的“潮汐力”。（想想当两个星系合并，或者靠得很近的时候，它们靠得最近的地方产生的引力，比它们各自的远端之间产生的引力，要大上多少倍！）这种因为引力不均匀而产生的“潮汐力”会使星系严重地变形。不过，到目前为止，我们还没有考虑在碰撞的两个旋涡星系中大量存在的中性氢气体的情况。事实上，恒星之间的大部分空间都充满了星际气体，尤其是在旋涡星系的中间盘面上。（虽然它们的密度与地球上相比非常非常小，但请记住这些气体庞大的质量：M42星云的质量大约是太阳的50万倍！）现在让我们设想一下在星系碰撞

的时候，这些气体云遭到“挤压”时的情景：一旦遭到挤压，局部气体的密度会变大；在引力的作用下，这部分气体会不断地收缩下去，密度越来越大，温

度也越来越高，直到密度足够大、温度足够高而触发核聚变的反应——于是，从碰撞星系的气体云当中，便产生了一批新的恒星！

实际情况当然要比我们上面简化的叙述复杂得多。当星系碰撞的时候，气体云会以一定的速度相遇，而这个速度可能高达每秒数百千米——这就会使相遇部位的气体密度急剧上升，形成所谓的“激波”。在激波产生的密度最大的地方，恒星，或者更确切地说，星团的形成最为活跃。在这种剧烈的环境下，气体云和碰撞产生的激波以极高的速度运动，就会形成包含一百万颗甚至更多恒星的大质量星团（见图2）。不过，不得不说，到目前为止，恒星形成的时候具体发生了什么，我们仍然不是很清楚——尽管几十年来人们一直在专心研究这个重要的问题（如果我们保守地不考虑一百年多前人们的摸索的话），但就这一点我们所知道的，也仍然只是哪些条件对产生新恒星更有利而已。这个领域的开创性工作是由英国物理学家詹姆斯·金斯爵士（Sir James Jeans）在1902年做出的。金斯计算了一团气体云如果要在自身的引力下塌缩成一颗恒星（即引力超过热斥力）所需要的最小质量（称为“金斯质量”）。他发现

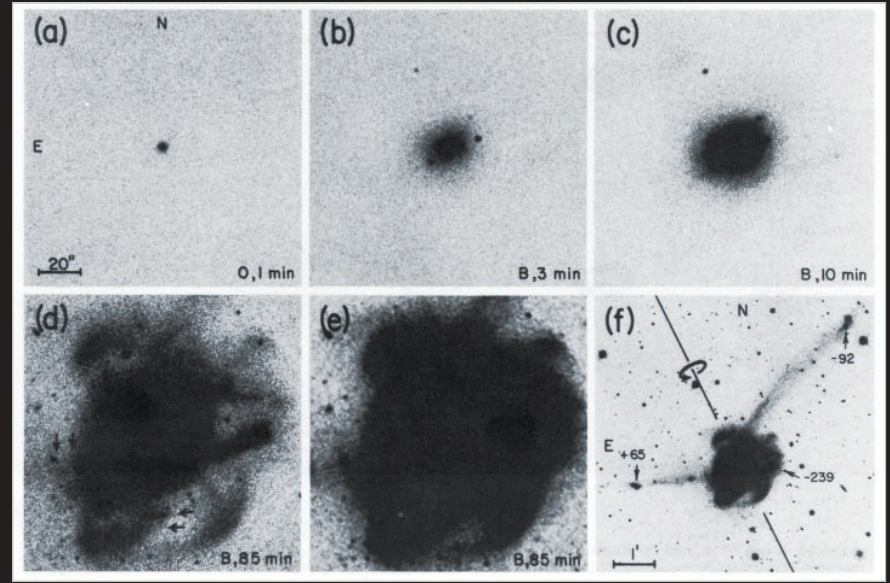


图3 NGC 7252是两个星系碰撞后的“融合星系”，常被称为“和平利用的原子能”星系。从(a)到(e)曝光时间依次增加；(f)是(e)的完整图像，视场比(a)~(e)都要大。在低曝光的图像中，星系呈现类似椭圆星系的形态；增加曝光后就会发现星系的形态是不规则的，一般认为这就是两个星系碰撞的结果。[图片来源：F. Schweizer, The Astrophysical Journal, vol. 252, pp. 455-460; © American Astronomical Society]



图4 预测的银河系与仙女座星系M31相撞的路径。三角座星系M33也显示在图上，它也可能参与这次大碰撞。[图片来源：NASA, ESA, A. Field, R. van der Marel]

这个最小质量与气体初始的密度和温度有关，并且给出了这个密度、温度、质量和星云大小（金斯长度）之间应满足的关系。可是，不管这些关系有多么正

确，它们毕竟没能告诉我们恒星形成过程本身是什么样子的……

星系相互碰撞的景象是十分壮观的。我们附近的“天线星系”（见图2）

就是两个巨大的旋涡星系“大融合”的很好的例子：我们清楚地看到，在星系间相互作用引发的密度激波中，形成了许多包含年轻（蓝色）大质量恒星的星团。对星系碰撞产物的研究是专业天体物理学研究的活跃领域——而且，除了对科学的兴致，就只欣赏这样美丽的景象，对我们人类来说也是一种享受吧！随着计算机运算速度的明显提高，科学家们已经能在计算机中“创造”出一些星系，并且以远远快于实际的速度模拟出它们耗时数亿年的碰撞历程；再加上哈勃望远镜提供的细节丰富的图像，这个领域的研究迅猛地发展起来。现在，就我们所理解的，一般认为大质量星系碰撞后将最终产生一个“融合星系”，其形态类似于在密集星系团中常见的大型椭圆星系。在这种星系外围的暗淡区域中，可能出现一些壳层、波纹和暗弱的恒星结构，它们都可以作为曾经发生过剧烈融合过程的证据（见图3）。

Q 我们的银河系也在奔向碰撞的路上？

在文章的第一段里，我们设想银河系与另外一个旋涡星系相撞。它会对我们银河系的命运造成怎样的影响呢？这样一个近邻的星系确实是存在的（你也许还很熟悉），它就是现在距我们250万光年的仙女座星系M31。这个距离与银河系和仙女座星系大约10万光年的尺度相比确实很遥远，我们似乎还不必担心；不过天文学家早就计算出，这两个星系在未来的某个时刻终将相撞，并最终融合成一个类椭圆星系。

这其实不是什么新闻了，我们也确实没有什么好担心的，因为这都是30或40亿年后才会发生的事情——到那时候，我们的太阳已经演化成了一颗红巨星，它的最外层大气甚至已经延伸到地球轨道之外了。到那时候，我们人类是否还存在都是一个问题：而假如存在，我们的后代也许在地球被吞入太阳大气之前，就已经在宇宙中找到了更宜居的生存环境。真正的新闻是在上

个月，由美国空间望远镜科学研究所（STScI）的荷兰天文学家罗兰·范德马雷尔（Roeland van der Marel）领导的小组在天体物理学期刊（Astrophysical Journal）上发表了一系列文章（笔者刚好是该期刊的科学编辑），通过哈勃望

望远镜的观测数据分析出了两个星系相对运动的情况，最终确定了银河系与M31最有可能的相撞轨道。在此之前，我们不知道两个星系将来的相遇是会相互错过、擦肩而过还是迎头相撞——结果的预测取决于M31在天空中的自行量（即



图5 艺术家想像的37.5亿年后在地球上夜晚看到的星空。此时，仙女座星系（左）离我们已非常近，将成为夜空中的主角。[图片来源：NASA, ESA, Z. Levay, R. van der Marel, T. Hallas, A. Mellinger]

垂直视线方向的运动；视线方向的运动可由光谱的多普勒位移测得，两速度合成就得到了两个星系在空间中的相对速度。对星系自行的研究从一个世纪之前就开始了，但到目前为止，我们还没法测得足够准确。简单地说，范德马雷尔的小组相当确定地预测了，银河系与M31将会在大约40亿年后迎面相撞（见

图4、图5）。虽然现在M31距我们还有250万光年远，但两个星系正在相互的引力作用下不断地靠近。“对仙女座星系和我们银河系未来命运的研究已经持续了近一个世纪，现在，我们终于清楚地看到了未来几十亿年将发生的事情。”研究组成员，空间望远镜科学研究所的Sangmo (Tony) Sohn说。

该研究组进行的计算机模拟显示，两个星系从相遇到在引力的拉动下完全融合变形成一个新的椭圆星系，又需要大约20亿年的时间。原来两个星系的恒星会被甩到不同的轨道上绕着新星系的中心公转。模拟结果表明，我们的太阳和太阳系可能会被抛到一个比现在离星系中心的距离要远得多的地方去。

本星系群中第三大星系的角色

作为仙女座星系M31的伴星系，本星系群的第三大星系，位于三角座的M33也会加入到碰撞当中来：这就使得情况变得更加复杂。M33很有可能会与M31/银河系合并，也有较小的可能会先与银河系相撞。大约在10年前，人们在M31周围发现了大量由潮汐力引起的结构，因此一般认为M31与M33之间存在着一定的相互作用。数值模拟的结果基本支持这一解释；最近美国绿岸射电望远镜（Green Bank Telescope）的观测则为此提供了更多的证据。新的射电观测证实了2004年发现的曾引起广泛争议的M31与M33之间的氢原子气体喷流（见图6）。“这些气体喷流的性质表明，两个星系在遥远的过去可能相距非常近，”美国国家射电天文台（NRAO）的杰·洛克曼（Jay Lockman）说，“研究两个星系之间的气体联系，会使我们对这两个星系的演化有新的认识。”星系之间的氢“桥”是一些天文学家在2004年使用设在荷兰的威斯特伯克综合孔径射电望远镜（Westerbork Synthesis Radio Telescope）发现的，但其他天文学家对这个发现的技术基础表示怀疑。绿岸望远镜进行的细致研究则证明了这个“桥”的存在，并且显示出了气体喷流中的6个密度较大的团块区域。对这些团块的观测表明它们相对地球的速度跟两个星系是一样的，这使我们更加相信它们确实是连接两个星系的物质桥。当两个星系靠得比较近的时候，星系当中的物质就可能在潮汐力的作用下被拉向另一个星系，形成一条长长的“潮汐尾”喷流。“我们认为，在M31和M33之

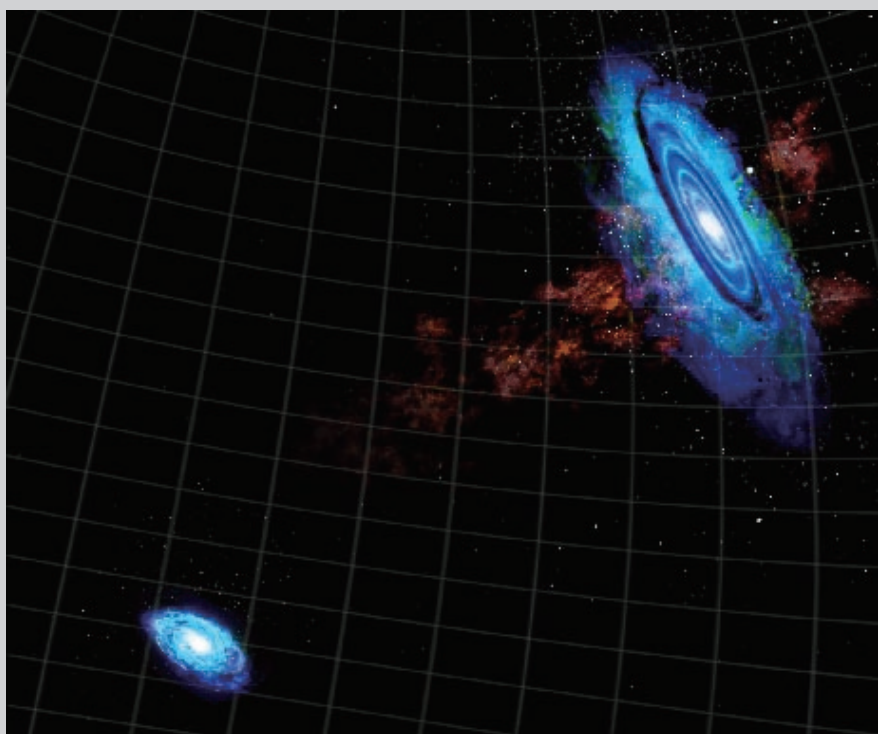


图6 M31（右）与M33之间的气体“桥”。[图片来源：Bill Saxton, NRAO/AUI/NSF]

间观测到的这些气体很有可能就是以前（也许是几十亿年之前）两个星系离得比较近的时候产生的潮汐尾的遗迹，”论文合作者，弗吉尼亚大学的斯潘塞·沃尔夫（Spencer Wolfe）说，“那一定是在很久以前发生的，因为今天在两个星系上我们已经看不出当时被潮汐力撕裂的痕迹了。”“我们研究的气体‘桥’实际上非常稀薄，那里的射电辐射非常微弱——已经超过了大多数射电望远镜的观测极限，”洛克曼说，“因此我们计划用威力强大的绿岸望远镜继续进行研究，以更深入地了解这些气体，并且很有希望掌握两个星系运动轨道的历史。”

这样的研究不仅让我们更好地了解本星系群（由银河系、M31、M33、大、小麦哲伦云和几十个矮星系组成，以银河系/M31系统为中心，分布在半径约300万光年的范围内）的演化，而且也有助于我们理解在宇宙历史早期星系形成的过程。通过细致地研究一些星系系统的个案，我们就能够逐渐建立起星系形成及演化的完整图景；尽管，毫无疑问，总会有意料之外而令人兴奋的新发现让我们小心建立起的理论不知所措。但是，科学正是在这样的新发现与新理论的相互检验、相互促进中不断地发展起来的。■

（责任编辑 李鉴）