

进展

星系经历从保守到浮华
超快转变

本报讯 六个星系在一次戏剧性的转变中被捕获，因为它们中心的黑洞突然发展出贪婪的胃口。

类星体是一种极其明亮的星系，其核心是一个“贪吃”的黑洞。黑洞消耗的气体和尘埃释放出大量的光，产生了类星体耀眼的光度。根据其发出光的光谱，类星体被分为两类。奇怪的是，有些类星体可以在这两种类型之间转换，这一神秘的过程被称作“改变外观”。

美国马里兰大学帕克分校的 Sara Frederick 和同事通过比较最近的观测和档案数据，发现了六个星系，它们在不到十年的时间里变成了类星体，因为它们相对静止的黑洞突然变得活跃起来。一个星系发光的时间不到三个月。在这个过程中，星系也改变了它们的外观。相关研究成果近日发表于《天体物理学期刊》。

作者写道，后续的观察表明，这些星系是能够突然消耗大量物质的一类新星系的一部分。进一步研究或有助于揭示为什么一些星系会改变它们的外观。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab3a38>

比邻星系统动力学
演化和稳定性特征被揭示

本报讯 中科院紫金山天文台季江徽课题组关于比邻星系统动力学演化和稳定性特征的研究成果 10 月 9 日在线发表于《英国皇家天文学会月刊》。该研究对深入了解行星系统的宜居区及形成演化具有重要科学意义。

自 2019 年度诺贝尔物理学奖得主 Mayor 和 Queloz 在 1995 年发现第一颗类太阳恒星周围的系外行星——51 Pegasi b 以来，天文学家已发现了 4118 颗系外行星。天文学家预测，仅在浩瀚的银河系里，有可能存在 100 亿颗类似地球尺寸大小的行星，和地球一样处于其中央恒星的宜居带内。

半人马座 b 邻星最近被发现拥有一颗与地球质量相当的行星——比邻星 b，以及一个 215-d 的信号，可能是一颗潜在的行星 c。紫金山天文台研究团队分别采用数值模拟和理论分析方法，对该系统存在两颗行星的情况开展了深入的动力学演化和稳定性特征研究。

动力学演化结果表明，在一百万年左右的时间尺度上，比邻星 b 的轨道偏心率演化受到潮汐的影响很小，而相对论效应对两颗行星的影响比较明显。不考虑相对论效应和潮汐效应的情况，利用 MEGNO 积分器对系统稳定性的研究，描绘出了该系统稳定区域的整体图像，揭示了两颗行星在共面和非共面时保持系统动力学稳定的行星参数限制。对于共面情况，内、外两颗行星的偏心率上限分别为 0.4 和 0.65，此时比邻星 b 的半长轴范围为 0.02—0.1 au；对于非共面情况，两颗行星的轨道倾角低于 50 度。

这些研究结果不仅有助于开展该系统的长期动力学形成演化及其形成机制研究，而且为后续系外行星的观测提供重要的理论参考。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1093/mnras/sty2682>

云南天文台系外行星
大气逃逸研究获进展

本报讯 中科院云南天文台研究生闫冬冬及其导师郭建恒等详细研究了系外行星大气的流体动力学逃逸，并修正了估计行星物质损失率的能量限制方程。近期，《天体物理学期刊》发表了他们的最新研究成果，准确地估计行星的物质损失率，对行星的形成演化研究具有重要意义。

观测和理论发现一些系外行星经历着大气逃逸。大气逃逸可以影响行星的组成、分布和演化等。行星大气的物质损失率是表征大气逃逸的一个重要物理量。行星受到主星强烈的 X 射线和极紫外线(XUV)辐射，其大气会被加热后膨胀，从而克服行星的引力势而逃逸，并伴有持续的物质损失。逃逸的粒子还具有一定的动能和热能。单位时间内逃出的粒子质量被称为物质损失率。假设加热大气的能量全部用来克服行星的引力势，可以推导出估计行星物质损失率的能量限制方程。该方程指出，物质损失率正比于行星接收到的 XUV 辐射流量与行星平均密度的比值，并且与行星大气的加热效率和 XUV 特征吸收半径有关。

作者利用大气逃逸的一维流体动力学模型研究了近 450 个系外行星系统，给出了流体动力学的物质损失率、加热效率和 XUV 特征吸收半径。在此基础上，他们将其与能量限制方程的物质损失率进行比较。

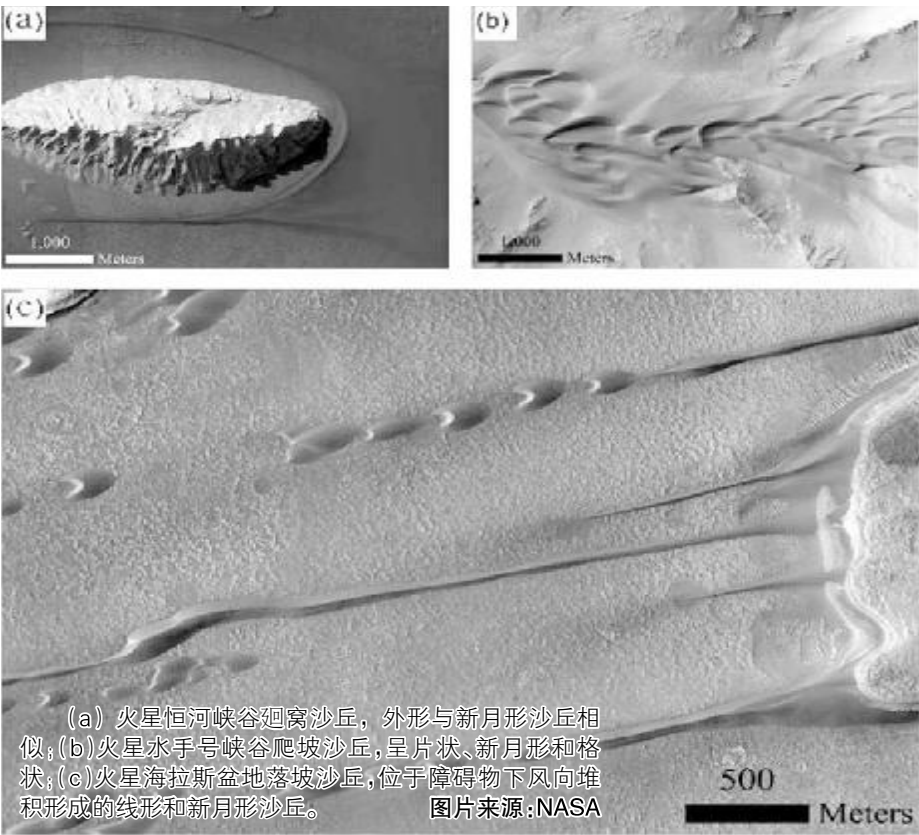
他们发现，当行星接收的 XUV 辐射流量(或物质损失率)高于一定值时，能量限制方程估计的物质损失率要比流体动力学模型给出的物质损失率高，即高估了物质损失率。在能量限制方程中考虑逃逸粒子的动能和热能变化(修正的能量限制方程)后，能量限制方程的物质损失率和流体动力学模型的结果一致。这是因为随着行星引力势与 X 射线和极紫外线辐射的积分流量(Fxuv)乘积的增加，粒子动能与热能变化的和将逐渐增加，以至于和行星的势能变化可比拟。

相关论文信息：
<https://orcid.org/0000-0002-8519-0514>

望远镜

火星沙丘“发育不良”为哪般

■本报记者 张楠



(a) 火星恒河峡谷迥窝沙丘，外形与新月形沙丘相似；(b) 火星水手号峡谷爬坡沙丘，呈片状、新月形和格状；(c) 火星海拉斯盆地落坡沙丘，位于障碍物下风向堆积形成的线形和新月形沙丘。

图片来源: NASA

火星，总是能引发人类无限遐思和探索追寻，从小说、电影，到各国政府或私人企业的“探火”计划，火星的关注热度愈发高涨。

10 月上旬，我国首次公开火星探测器“真容”，表明我国火星探测准备工作已就绪。对此，太原师范学院副教授李继彦颇有感慨：“我还在读博士的时候，一位空间探测的科研前辈曾经透露，中国火星探测器预计到 2028 年发射。哪想到这么快梦想就要成为现实了！”

对这个消息感到兴奋的，还有李继彦的合作者——陕西师范大学副校长董治宝，他在国内率先开展火星风沙地貌研究，相关成果将为我国火星探测打下坚实基础。

我来自地球，风沙来自火星

经典科幻小说《沙丘》中，有句话传播甚广：人类每次正视自己的渺小，都是自身的一次巨大进步。

对外太空的探索自古有之。在行星中，火星在地球的人气，近现代以来已经超越了离地球更近的金星，甚至已经有关于移民火星的讨论。

什么是火星？金星其实比火星热得多，其表面温度超过 400 摄氏度，表面压力为地球压力的 90 余倍，再加上长年特大风暴、强酸雨等特点，造成探测器难以接近。其他行星由于距离等因素，更加难以探测。

而火星地表环境相对更“友好”：白天地表可以达到 27 摄氏度，还被发现流动水，并且大气稀薄有利于探测。这都是火星更受欢迎的客观原因。

但对火星的探测、研究，我国属于起步较晚的。全球最早的火星探测器于 1964 年成功发射，因此国外地质学家早于上世纪 70 年代已经通过影像资料开展火星地形地

貌的研究。

董治宝告诉《中国科学报》，火星上现代地表过程极不活跃，没有强烈的大气对流，流动水也几乎没有，相关研究很难开展，而风沙地貌过程是公认的火星最普遍、最活跃的现代地貌过程，因此这是目前获取火星环境信息最可靠的依据之一。

针对中国广袤的干旱区，董治宝一直从事风沙物理、土壤风蚀等方面的基础研究。自从 20 世纪末做访问学者时，在美国宇航局(NASA)相关实验室接触行星地貌研究后，他就陆续与国际同行、机构开展合作，把一项最接地气的研究做到了太空。

火星沙丘地貌的首次分类

在未能进行火星现场研究的情况下，在地球找到接近火星地表环境的区域，开展“类火星”研究是必不可少的手段。

2012 年，董治宝团队申请到了国家自然科学基金重点项目“青藏高原及其邻近地区沙漠中的类火星风沙地貌研究”，李继彦正式与董治宝合作进行该方向研究。李继彦介绍：“尽管差异仍然巨大，但青藏高原原荒漠的低温和低气压是地球上与火星相似性最高的地区。”相关成果已经为青藏高原沙漠研究打下重要基础。

除此之外，一种更重要的研究方法是，利用覆盖火星全球的高分辨率遥感影像，在地理信息系统软件的支持下，认识火星沙丘地貌的形态学特征，挖掘所蕴含的风沙地貌学意义。

陕西师范大学行星风沙科学研究院执行院长吕萍，在董治宝团队中是负责数值建模及沙丘形成演变动力学过程研究。

她介绍，风沙地貌一般分为两类：风蚀地貌、风积地貌。其中，风积地貌主要指各

种类型的沙丘，沙丘与其发育环境有着良好的对应关系，从中可以分析出火星大气运动、地表过程、环境和演化历史等丰富信息。例如，沙丘地貌的形态特征成为推断火星北极表面风场及其季节变化的依据。

董治宝、李超、吕萍等人在近日发表于《科学通报》的《火星沙丘地貌的形态学窥究》一文中，首次尝试性地提出了火星沙丘地貌的分类系统，并指出，火星沙丘地貌类型与地球沙丘地貌相似，但火星沙丘规模较地球沙丘小，这与理论上认为火星应具有更大规模沙丘的观点相悖。

他们还发现，火星沙丘类型简单，仅以新月形沙丘、新月形沙丘链和横向沙丘等初级类型为主，复合、复杂沙丘非常少见；而在地球沙丘中占据半壁江山的线形沙丘，在火星上还不到一成。

而在对地球风沙地貌类型的分类上，由于复杂多样，以至于不同学者基于不同的考虑重点，提出了十多个沙丘分类系统。董治宝还提及，火星沙丘地貌形态参数间的关系与地球及其他星球沙丘相似，但相关关系式不同，意味着具有相似的形成机理、不同的形成条件。“这表明，在地球上研究类火星风沙地貌，如青藏高原的类火星风沙地貌，是认识火星风沙地貌及其发育环境的有效途径。”

未解谜团

董治宝向《中国科学报》指出了一些待解之谜：火星沙丘地貌的简单性与青藏高原沙丘地貌具有某种程度的相似性，而青藏高原沙丘地貌的简单性与沙源供应不充分和形成时间短有关，这一推论是否适用于火星？

火星沙丘类型简单、规模小的两个特征，均指向沙丘地貌发育的不充分。然而，到底是什么因素导致火星沙丘地貌发育不充分？发育历史短，还是其他条件不具备？这都是值得继续探究的问题。

而火星沙丘地貌研究的许多空白，如形成历史和控制条件等，正是由于缺少现场研究和样品分析造成的。眼下全球“探火”计划正如火如荼地开展，或许历史性的突破也指日可待。

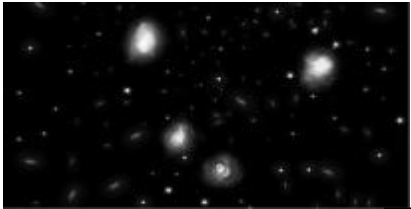
对于中国计划于 2020 年发射火星探测器，李继彦有些激动：“过去我们拿不到最新鲜的一手资料，只能根据国际同行‘嚼’过味儿后才公布出来的数据再跟踪研究，多少还是有些遗憾的。”

为了解开谜团，为了应对未来的人才需求，陕西师范大学申请成立的行星风沙科学研究院于今年 9 月挂牌，董治宝任院长，培养遥感、地理信息、图像处理、物理等领域的交叉学科人才，致力于太阳系各星球，如地球、火星、金星和土卫六等的风成过程研究，为认识地外星球环境及其演化提供证据。

董治宝介绍，关于火星风沙地貌研究，下一步将建立火星环境的数学模型，通过不断推演、反演，研究地球、火星风沙地貌的异差点、相似点。“随着中国国力提升和‘探火’计划的推进，行星风沙科学研究的方法、水平一定会有突破，当然，等待解决的科学问题也会升级。”

相关论文信息：<https://doi.org/10.1360/TB-2019-0168>

视界



新发现的古老星系的艺术构想图。

宇宙元老级大质量星系
挑战早期星系演化模型

■刘超 黄京一

最近，天文学家利用多台望远镜，惊喜地发现了一大批光学上不可见、存在于宇宙早期的大质量星系(质量跟今天的银河系相当)。这是科学家第一次证实宇宙诞生后的前 20 亿年时间里，有如此数目庞大的大质量星系存在。它们的存在对于解释今天宇宙中最大的星系如何形成有重要意义。此外，早期宇宙中存在如此数目庞大的大质量星系，与当前的星系演化理论模型以及计算机模拟相悖，对早期宇宙中的星系形成理论也提出了新的挑战。

为了更多地了解这些神秘的星系，科学家们进行了一系列的研究，并取得了一些初步的认识。

首先，这些大质量星系有什么特点？科学家认为，其最主要的特点是来自于紫外、光学到近红外波段特别暗(optically invisible)，导致它们在之前即使最深的哈勃空间望远镜的观测中也没有被发现。另外，相较于之前发现的宇宙早期的极个别、性质极端的大质量星系，这类新发现的星系数目更多，物理性质更具有代表性。

其次，是什么让这些大质量星系“隐藏”得如此完美，难以被人们发现？主要是它们距离远、受尘埃消光严重，导致这类星系在紫外到近红外波段都极为昏暗，依靠传统观测星系的手段极难发现。

那么，发现它们的 ALMA(阿塔卡玛毫米/亚毫米波阵列望远镜)有什么特别之处呢？ALMA 是位于智利北部阿塔卡马沙漠的由 66 座天线组成的干涉阵。它的主要特点是提供了前所未有的、在亚毫米波段和毫米波段观测(探测星系中的尘埃辐射的主要手段)的灵敏度和空间分辨率，使得我们能够利用相对较短的时间精确捕捉到 100 多亿年前形成的星系中的尘埃辐射。

这些存在于宇宙早期的数目庞大的大质量星系的发现，也对早期宇宙中的星系形成理论提出了挑战，对于我们重新理解宇宙早期的形成有着重要意义。

在目前的宇宙早期星系演化模型(以及计算机数值模拟)中，早期宇宙的星系形成以小质量、尘埃含量少的星系为主，而大质量星系的形成较为困难，数目较少。这次发现的大量数目(空间密度高)的大质量、富尘埃星系超过了当前主流星系演化模型的预期。这一发现显示，我们的宇宙在其诞生早期形成大质量星系的效率要比我们预期的高得多。

据天文学家测算，这些大质量星系存在已有 118 亿年。发现它们可以帮助我们解决哪些问题呢？

就像引力波的发现为我们认识宇宙提供了新的手段一样，这类星系的发现为我们在光学波段之外发现和认识新的星系提供了最好的例子。

从科学上来说，这类星系的发现帮助我们补全了宇宙中最大的星系形成历史中缺失的一部分。之前发现的宇宙早期的大质量星系数量很少，其数目不足以匹配今天的(以及宇宙中等年龄时)最大质量星系的数目，而这次发现的大批星系补上了这一漏洞。

由于当前的星系演化理论模型，并没有预测出在宇宙早期就形成如此数目众多的大质量星系，因此这一发现又为我们理解早期宇宙的星系形成提供了新的思路和视角，促使我们重新思考早期宇宙的诞生。

(作者单位：中科院国家天文台)



美国宇航局“好奇”号火星漫游者今年 5 月 12 日的自拍照

图片来源：
ASA/JPL-Caltech/MSSS

线性方式出现。它更有可能是混乱的，包括更干燥的时期，就像我们在萨顿岛看到的那样，然后会更湿润的时期，就像我们今天在‘好奇号’探索的‘黏土承载单元’中看到的那样。”

到目前为止，漫游者已经遇到了许多在湖底缓慢沉积的平坦沉积层。研究小组成员、美国田纳西大学沉积层研究者 Chris Fedo 指出，“好奇”号目前正在穿越大型岩石结构，这些结构可能只在较高能量的环境中形成，比如大风吹过的地区或流动的溪流。

风或流水将沉积物堆积成逐渐倾斜的地层。当它们硬化成岩石时，就会变成类似于“蓝绿色山脊”的大型结构。这是今年夏天“好奇”号发现的。

“发现倾斜层代表了一个重大的变化，这里

的景观不再完全在水下。”Fedo 说，“我们可能已经告别了深湖时代。”

“好奇”号已经在这个遥远的含硫酸盐的单元中发现了更多的倾斜层。科学小组计划在未来几年内开车到那里，调查那里的许多岩石结构。如果它们是在干燥条件下形成的，并持续了很长一段时间，这可能意味着这些含黏土的单元代表了一个介于两者之间的阶段——盖尔陨石坑的水历史进入了一个不同的时代。

“我们还不能说我们是否在黏土单元看到风或河流沉积，但我们可以放心地说，这肯定不是以前发生的事情，也不是未来的事情。”

(冯维维编译)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41561-019-0458-8>