

打造一个宇宙

星系模拟产生对宇宙进化惊人见解

美国加州理工学院理论物理学家 Philip Hopkins 喜欢跟他的同事恶作剧。作为模拟星系形成的专家, Hopkins 有时会在演讲中,把他的作品投射到真实星系照片旁边,让观众分辨。“我们甚至可以欺骗天文学家。” Hopkins 说,“当然,这并不能保证这些模型是准确的,但直觉表明你正走在正确的轨道上。”

几十年来,科学家一直试图模拟宇宙大爆炸后可观测到的数万亿个星系是如何产生的。但在过去几年中,由于计算机的速度更快、算法更好,模拟已经开始精确地捕捉单个星系的细节及其质量和形状的整体分布结果。

模拟宇宙

宾夕法尼亚州卡耐基梅隆大学数字宇宙学家 Tiziana Di Matteo 说:“整个领域已经迎来小黄金时代,进步越来越快。” Di Matteo 也是 BlueTides 项目负责人。

随着宇宙模拟的进步,它们的角色也在发生变化。几十年来,数据开始单向流动:从天文学家对真正星系的研究到建模者对其进行模拟。BlueTides 项目参与者、英国苏塞克斯大学外星系天文学家 Stephen Wilkins 说,现在信息也在以另一种方式流动,这些模型反过来指导天文学家。“在过去,模拟总是试图跟上观测的速度。”他说。

例如,这些模型表明,最早的星系呈现奇怪的泡裂状,而在碰撞过程中,极薄的螺旋星系出奇地坚固,而且,这解释了宇宙的演化,星系形成恒星比天体物理学家期望的要慢得多。

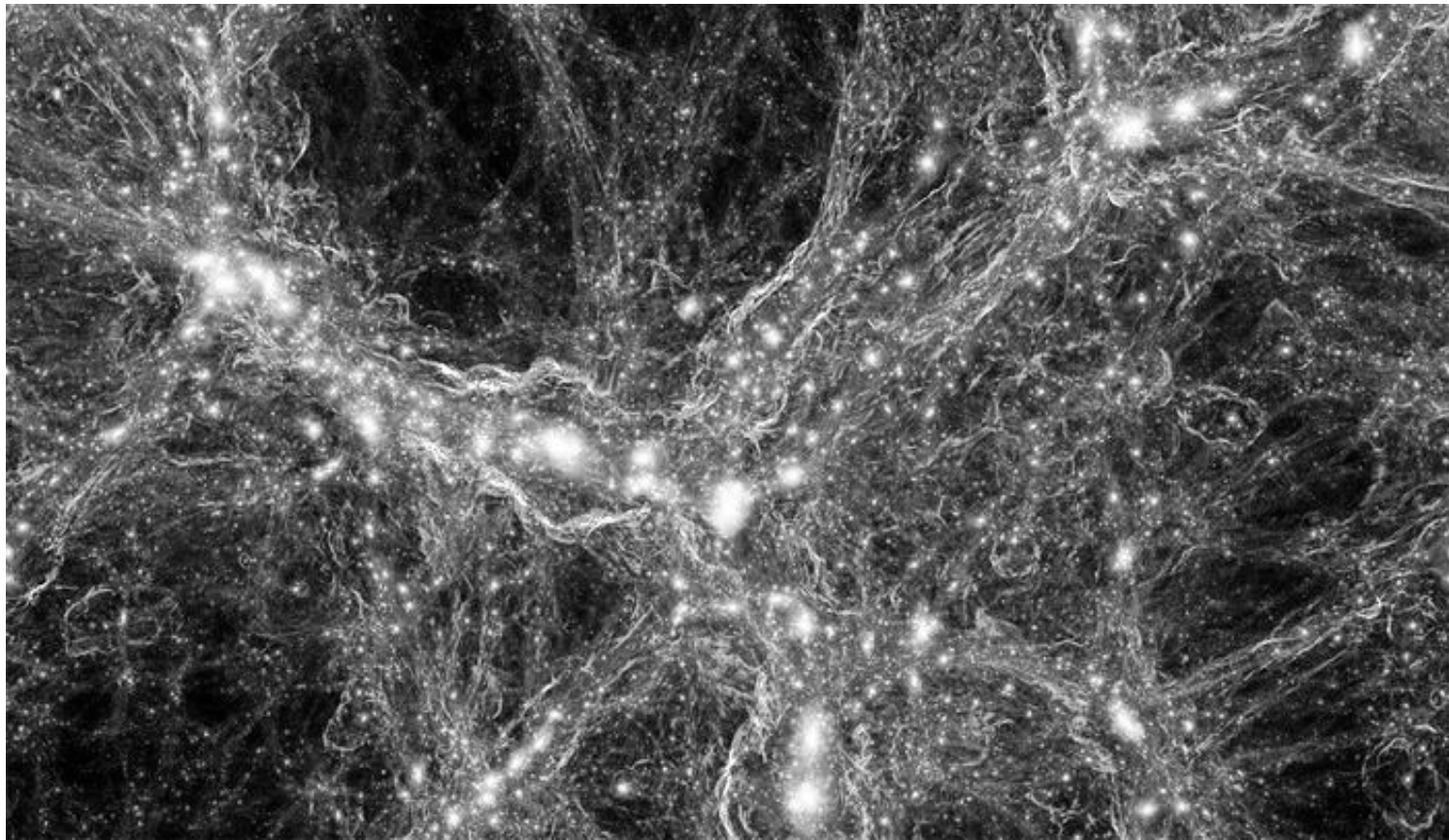
这些模拟也发出了警告。一些宇宙学家希望星系的形成最终会成为一个相对简单的过程,由一些基本规则支配。然而,建模者指出,星系就像慢慢成熟的青少年,是不可预测的。“可以清楚地看出,星系形成的物理现象非常混乱。” Wilkins 说。

在你造出一个宇宙之前,你需要知道它的成分。从各种各样的测量中,宇宙学家推断出宇宙中只有 5% 的质量和能量是像恒星和行星那样的普通物质。另外 26% 由神秘的暗物质组成,到目前为止,它们似乎只通过重力相互作用,而且可能是由一些未被发现的粒子组成的。剩下的 69% 是一种能量形式,它可以伸展空间,加速宇宙的膨胀。“暗能量”可能是空间本身真空的特性,所以物理学家称它为宇宙常数。

宇宙学家也知道其基本步骤。宇宙在大爆炸中形成,首先是一种炙热稠密的亚原子粒子汤。在一秒钟内,它经历了指数级增长,粒子汤的无穷小的量子波动变成了巨大的涟漪。慢慢地,密集的暗物质区域在自身的重力作用下聚集成一团巨大的团块和丝状体,被称为宇宙网。气体被暗物质的引力吸引沉淀在团块中,并凝聚成一个叫作恒星的氢聚变球。在大爆炸后的 5 亿年里,第一个星系形成了。在接下来的 130 亿年里,它们会在宇宙的引力潮中漂移,并通过相互融合而生长。

不断发展

计算机模拟帮助发展了这一理论。在 20 世



研究人员不断发展宇宙模型,并借此发现新的宇宙理论。

图片来源:TNG COLLABORATION

纪 80 年代,研究人员发现,要形成足够大的团块约束观测到的星系群,暗物质粒子必须缓慢移动和变冷。到 2005 年,由德国马普学会研究人员领导的千禧模拟,绘制出了一幅宇宙网络的图像,其结构与星系的某些空间分布非常相似。

然而,千禧模拟和类似的模拟都有一个根本性的缺陷。在这些模拟实验中,“基本假设是,星系占据了光环,并对它们没有任何作用”。加州大学伯克利分校宇宙学家冯宇(音译)说:“相互作用是单向的。”

现在,建模者纳入了普通物质与自身和暗物质之间的相互作用——这一过程很难捕捉。与暗物质不同的是,普通物质在被挤压时会升温,产生光和其他电磁辐射,然后将物质推向周围。当气体云坍缩成发光的恒星,恒星在超新星爆发中爆炸,以及黑洞吞噬气体并喷出辐射时,这种复杂的反馈达到了极端。对于星系的行为来说,这是至关重要的,必须用流体力学方程式模拟,而这是出了名的困难,即使是用超级计算机也是如此。

一般来说,建模者通过将空间划分为三维网格,或者将大量暗物质和普通物质打包分成群的粒子来解决这个问题。然后,模拟跟踪这些元素之间的相互作用。而冯宇表示,这一过程仅仅是加载模型就消耗了计算机可用内存的 90%。

多年来,这样的模拟产生的星系过于臃肿、庞大。但是计算机的功率在增加,更重要的是,辐射物质反馈模型得到了改善。现在,水动

力模拟已经开始产生正确数量的拥有正确质量和形状的星系——螺旋形的圆盘、矮胖的椭圆星系、球形的矮星系和古怪的非正规星系,德国海德堡理论研究所宇宙学家 Volker Springel 说。

“直到最近,模拟领域一直在努力制造螺旋星系,在过去 5 年里,我们才证明了这可以做到。” Springel 说。

推翻结论

Hopkins 还表示,现在的模型显示,和人类一样,星系往往经历着不同的生命阶段。年轻时,一个星系精力充沛,而一个接一个的合并,扭曲了它,导致了恒星的形成。在几十亿年后,这个星系开始进入相对平静和稳定的中年时期。之后,它开始衰老——这也是银河系正在经历的转变。但是, Hopkins 提到,青春期的狂野和暴力使得任何星系的发展路径都难以预测。

但模型还远远不够完美。它们无法靠近单个恒星建模。研究人员只能使用特别的“子网格”规则描述所有对象的平均行为。“这就像你戴着模糊的眼镜试图描述看不清的图形。”以色列耶路撒冷希伯来大学宇宙学家 Avishai Dekel 说。

无论如何,这些模型已经推翻了一些长期以来的假设。例如,天体物理学家相信,当两个像银河系这样的圆盘星系碰撞并融合时,这

个过程会把它们变成一个单一的椭圆星系。然而,这些模型显示,如果它们持有足够的气体,螺旋星系比预期的要坚硬。“星系部分幸存并快速恢复。” Springel 说。 Hopkins 也认为,这一发现是一个巨大的惊喜。

加州大学圣克鲁斯分校天文学家 Sandra Faber 说,决定星系大小的通常解释也被推翻了。天体物理学家认为,星系的大小是由暗物质光环的旋转决定的,而快速旋转的光环则产生更大、更分散的星系。但模拟显示不存在这种联系。“我们现在十分困惑。” Faber 说,“那是什么让大星系大,小星系小呢?”

另一方面,普林斯顿大学天体物理学家 Eve Ostriker 说,她渴望帮助星系模拟的基础更加坚实。研究人员希望将不同大小尺度的结果串在一起,以最大限度地减少对容差系数的需求。 Hopkins 说:“你想要的是一幅连贯缝合在一起的图片。”

最终,一些研究人员希望通过观察和模拟,能形成针对星系是如何得到它的形状和属性的统一解释。 Faber 预测,所有星系最终都将只通过两个参数——质量和半径被分类和解释。

但许多星系建模者认为,这些信息总是复杂而不确定的。 Springel 说,星系的形成可能就像天气一样,因为大自然的无序,它会让精确预测永远无法实现。他说:“我有点担心,我们能理解全局,但永远不了解细节。”在这种情况下,星系模拟的日益现实化可能只会强调宇宙的基本复杂性。(唐一尘编译)

追逐野火烟雾

科学家试图揭示其如何影响气候和健康



2017 年夏天,来自附近野火的烟雾连续数周笼罩着蒙大拿州西利湖。

图片来源:KURT WILSON/MISSOULIAN

多天将一个社区遮蔽,给公共健康带来的后果可能是惨痛的。烟雾包括大量可能导致呼吸困难并且引发疾病的有毒化合物和微小颗粒。美国林业局研究人员表示,美洲其他地区以及欧洲、非洲、亚洲和澳大利亚可能经历相同的由气候驱动的野火数量激增。

尽管造成了潜在威胁,但野火烟雾极少受到科学界持续关注。上述两个最新项目旨在改变这一点。今年,由 NSF 资助的包括

Fischer 在内的团队打算乘坐载满设备的 C-130 穿越 15-20 个野火烟雾流。明年, NASA 和 NOAA 的研究人员将利用能在美国烟雾缭绕的天空进行搜寻的更大飞机——DC-8 喷气式飞机。

其中一个目标是盘点野火释放的化学物质,包括氮氧化物和一氧化碳以及各种挥发性有机化合物。 Warneke 介绍说,预测烟雾化学构成的现有模型在很大程度上依赖于卫星观

测,而这会产生很大误差,部分原因在于目前并不确定野火会毁灭多少植被。最新研究将来自卫星、飞行器和检查燃烧地点的地面研究人员的数据结合起来,应当能帮助调整这些估测结果。

研究人员还将利用 C-130 追逐升空 24 小时内的烟流,以便确定烟雾在大气中弥散时其化学性质发生何种变化。他们尤其希望获得被燃烧植被释放的氮发生了什么的更确切画面,包括多少氮被转变成对地面臭氧有贡献的氮氧化物。地面臭氧是一种受到监管的污染物,会令呼吸问题恶化。 Fischer 表示,此类数据或能帮助回答一些问题,比如“如果野火在西北太平洋地区燃烧,对科罗拉多州的空气质量意味着什么?”

研究人员还计划追踪气溶胶的进化。气溶胶是一种微粒物质,能散射或者吸收太阳光线,并且在形成气候方面扮演重要角色。他们想观察烟流同云层碰撞时的情况,以便更好地了解两者是如何相互影响的。烟雾颗粒通过充当冰核的核改变云层形成,从而可能影响到天气。反过来,云层湿度也能影响烟雾化学性质。这些结果能帮助改善天气预测。

夜晚,温度下降会导致烟流向凹地沉降,从而使那里的空气质量恶化。 NOAA 和 NASA 的研究人员将利用飞机、货车和无人机追踪这些烟流。该项目还将涉及乘坐 DC-8 飞行到美国西部以外的地区——深入中西部和东南部追踪火灾烟雾。这些烟雾由故意放火以清理农田或者在森林中进行的计划火烧产生。 Warneke 介绍说,采集如此大范围数据的目的是“一次弄清楚整个画面并且理解整个事情是如何相互作用的”。(宗华编译)

科学线人

全球科技政策新闻与解析

欧洲公布未来 7 年科学资助计划



欧盟委员会研究、科学和创新专员 Carlos Moedas 公布“欧洲地平线”计划细节。

图片来源:GEORGES BOULOU Gouris

欧洲大学对日前宣布的“欧洲地平线”计划的细节感到不满。“欧洲地平线”是欧盟新的 7 年研究计划,将于 2021 年开始实施。但欧洲大学代表表示,欧盟委员会提出的总体融资增加了 22%,这是最低增长限度,并担心该项目会减弱基础研究,转而支持创新融资。“我们将更好地争取分配预算。”比利时鲁汶欧洲研究型大学联盟(LERU)秘书长 Kurt Dekeleere 说。

欧盟委员会在过去几个月里陆续公布了“欧洲地平线”计划的一些提议,包括总体预算。欧盟委员会研究、科学和创新专员 Carlos Moedas 近日在新闻发布会上公布了该计划的细节。 Moedas 提到,欧盟委员会计划在 2021 年为“欧洲地平线”投资 941 亿欧元,旨在为创新政策带来“根本性变革”,同时为“我们一直以来所做的良好的基础科学”提供资金。

其中,欧洲研究委员会(ERC)将获得 166 亿欧元资金。这一数字比目前的“地平线 2020”计划中的 131 亿欧元有所增加,但 ERC 在整个项目预算中所占的份额仍将保持在 17% 左右。与此同时,备受青睐的玛丽·居里奖学金项目的份额将会略有下降,从现在的 8% 降至“欧洲地平线”的 7% 左右。与此同时,欧盟委员会希望将 105 亿欧元划拨给欧洲创新委员会(EIC)。 EIC 是一个全新的机构,将为企业家提供资金,并在不规定优先领域的情况下刺激突破性技术。

LERU 希望基础研究和大学能从整体规划中获得更多好处。“ERC 和玛丽·居里奖学金是 EIC 的受害者。” Dekeleere 说,大学还将继续游说,争取更大的整体预算,他希望这个数字能达到 1200 亿到 1600 亿欧元。

此外,“欧洲地平线”定义了研究人员可以参与的 5 个广泛的“全球挑战”:健康(7 年 77 亿欧元);包容和安全的社会(28 亿欧元);数字和工业(150 亿欧元);气候、能源和流动性(150 亿欧元);以及食物和自然资源(100 亿欧元)。(唐风)

前宇航员 晋升西班牙科学部长



Pedro Duque

图片来源:E. FLETCHER/ESA

西班牙有了一位新科学部长——前宇航员 Pedro Duque。近日,由社会党 Pedro Sánchez 领导的新过渡政府宣布,曾两次访问太空的 Duque 将担任新成立的科学、创新和大学部部长。这一任命得到了西班牙科学界的欢呼。长期以来,西班牙科学界饱受预算和官僚障碍的困扰。

Duque 在其前雇主欧洲空间局(ESA)的网站上发表声明称:“宇航员、项目经理和太空部门首席执行官的经验对我而言十分宝贵,这些将帮助我适应政府中的新角色。我期待提升西班牙公民对科学和技术的认识。”

2011 年, Mariano Rajoy 政府将科学部降级为经济部下的一个国家秘书处。西班牙科学学会联合会主席 Nazario Martín 表示,建立一个新科学部对西班牙科学来说是一个非常好的消息。

现年 55 岁的 Duque 是一名航空工程师,于 1992 年加入 ESA。 1998 年,他在“发现”号航天飞机上担任任务专家,负责 ESA 在为期 9 天的 STS-95 任务中的 5 个科学设施。 2003 年,他在国际空间站里担任了 10 天飞行工程师,在那里他进行实验并参与教育活动。

Duque 也有行业经验:2006 年至 2011 年期间他离开 ESA,领导了西班牙地球观测公司 Deimos Imaging。作为一名著名的科学传播者,他在 2012 年的一封公开信中强调了继续投资教育、科学和技术的必要性,当时西班牙的经济处于低迷状态。

这位新科学部长可能面临不少障碍。西班牙科学促进会发言人 Borja Sánchez 表示, Duque 将不会很轻松,他面前有一项艰巨的任务,并选择从提升西班牙科学界的精神开始。

此外,两年后过渡政府需要参加下届选举,而该政府在西班牙议会的 350 个席位中只有 84 个席位, Sánchez 表示, Duque 可能难以通过重大意义的措施。不过, Martín 说, Duque 能够很好地选择自己的员工,并将上届政府创建的国家研究机构(AEI)转变为一个高效的科学资助机构。西班牙科学界曾希望, AEI 能让该国奖学金和研究资金趋于稳定,但经费长期拖延和不确定性阻碍了研究。(唐一尘)