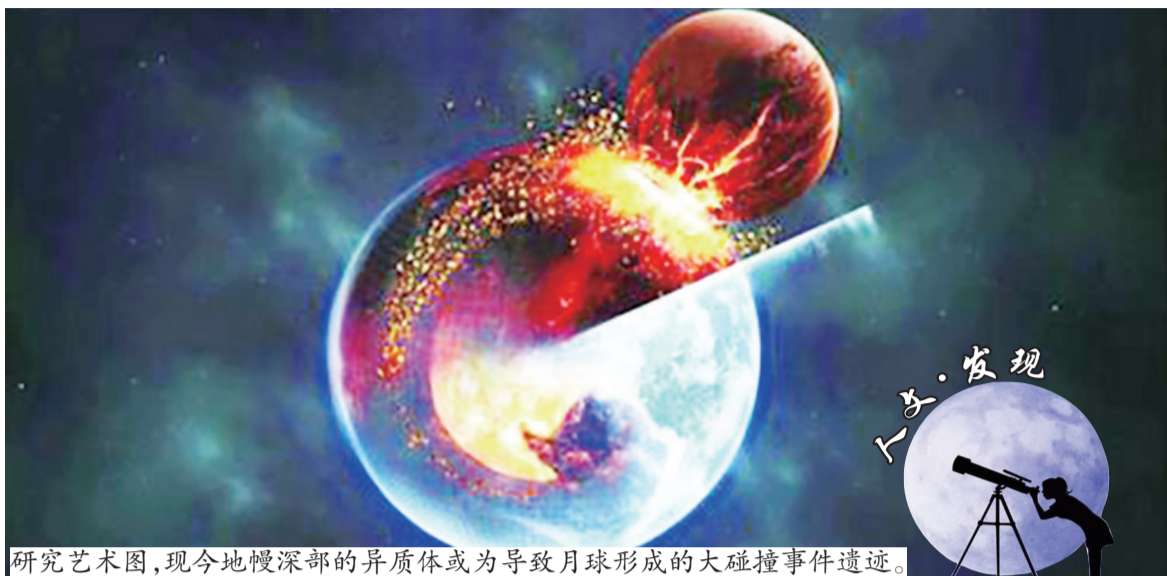


月球从何而来？大胆假说揭开谜题



研究艺术图,现今地幔深部的异质体或为导致月球形成的大碰撞事件遗迹。

这个谜题困扰科学家许久

月球是地球的卫星,也是距离地球最近的天体。但月球从何而来?

邓洪平提到的“大撞击”假说就是回答这个问题的主流学说——45亿年前,一颗火星大小的原行星Theia撞上了初生的地球Gaia,月球就是由撞出去的碎片逐渐聚合生长而来。这次碰撞所蕴含的能量约为导致恐龙灭绝的小天体撞击事件的一亿倍以上。它重塑了年轻的地球,还可能在地球地幔中留下深刻的印记。

这种假说不仅可以很好地解释月球的动力学性质和其独特的物质组成,还能与类地行星的碰撞生长理论相契合。

然而科学家通过对阿波罗月球样品的高精度同位素分析,发现地球地表物质和月球的成分高度相似。但在大撞击模拟中,月球成分由“天外来客”Theia主导,理应与地球成分有一定差异。

这一矛盾的根源是碰撞中两个星体不能充分混合。

2017年,邓洪平在瑞士苏黎世大学攻读天体物理博士期间,从同事Christian Reinhardt那里了解到这一问题,便开始尝试用新的方法模拟这一过程的物质混合情况。

“大碰撞模拟中广泛应用了光滑粒子流体动力学方法,但其具有较高的数值黏度,并不擅长模拟亚声速的湍流和其引起的物质混合。”邓洪平介绍,尽管这一缺陷已成为计算天体物理领域的共识,但在行星科学领域并未引起重视,旧方法的优化和新方法的开发均停滞不前。

邓洪平等人开发了新的无格点计算流体力学的方法,可以更为有效地捕捉微弱湍流带来的物质混合。然而,他们却未能如愿地将Gaia和Theia均匀混合。撞击过程中,Theia的物质总是倾向于“漂浮”在Gaia的上半层,无法大量向下沉入Gaia

近日,中国科学院上海天文台副研究员邓洪平与美国加州理工学院博士后袁迁等人在《自然》发表论文,揭秘了地球内部深处巨大异常体的来源。

“地球童年时期受到了大撞击,可能至今内部都存在该撞击体的残留物。”邓洪平虽然仅用一句话就向《中国科学报》概括了这项研究的内容,但该研究却揭开了困扰学界多年的谜题——月球从何而来?

的深部地幔,同时Gaia的上半层由于剧烈升温,形成熔融的岩浆洋。

这导致碰撞后的地球地幔呈现分层结构,其中上地幔为岩浆洋,由Gaia和Theia充分混合而成,而下地幔基本为固态,主要保留了Gaia的物质成分。

在和瑞士苏黎世联邦理工学院的地球物理学家讨论后,研究团队得出了一个大胆的结论:45亿年前形成的地幔分层可能在现今地幔中仍留有痕迹,同时,分层演化的地幔模型可以更好地解释地表物质和月球成分的相似性。

“如果Gaia和Theia完全混合,我们便很难有机会将两者区分开,从而研究它们各自的性质。而这一有趣的分层结构如果能够以某些形式保存下来,将为我们研究月球的形成,甚至地球的演化提供重要机会。”邓洪平说。

2019年,邓洪平等人将此研究论文投到《自然》,经历一年多磨人的审稿最后不幸被拒。随后,他们又将该论文投到《天体物理学杂志》(APJ),很快顺利见刊。

这一试图串联天文和地学的“跨界”论文,吸

引了另一位合作者袁迁的关注。

跨学科合作形成完美闭环

20世纪80年代,地球科学家发现地幔底部存在两个巨大的异常区域,当地震波穿过它们时,波速明显降低。这两块在地幔底部绵延几千公里的异常体通常被称为大型低速体。尽管大多数地球科学家认为这两个区域可能由于相对富含铁而具有更高的密度,但目前仍然不清楚是什么过程形成了这两个异常区。

2019年,在美国亚利桑那州立大学的一次研讨会上,有位教授对月球形成的“大撞击”假说提出了质疑——撞击体Theia真的存在吗?为什么没有人找到Theia存在的证据?

正是这个提问让袁迁灵光一现:“难道大型低速体就是Theia的残余?”

会后,袁迁查阅了相关资料,发现还没有人提出过类似的假说。随后,他与亚利桑那州立大学教授李明明合作,从地球动力学角度去验证这一猜想。他们的结果支持该猜想,但需要假设在“大撞击”后地球地幔没有完全熔化,而之前的大多数相关论文由于算法和分辨率的问题,都认为这次撞击基本导致了地幔的全部熔化。

正在这时,袁迁看到了邓洪平最新发表的APJ论文,其中描述了“大撞击”后地球的分层现象,这正是他苦苦寻找的证据。

于是,袁迁邀请邓洪平共同探索大碰撞后进入地球深部的Theia物质。在此之前,这些进入地球深部的Theia物质一直被邓洪平忽视。之后,两人的合作如鱼得水,完美形成了研究闭环。

令人惊喜的是,通过深入分析之前的大碰撞模拟,开展更高精度的新模拟,研究团队发现与大型低速体质量相当的Theia物质会进入到Gaia的下地幔。邓洪平邀请了计算天体物理专家Jacob Kegerreis用传统的光滑粒子流体动力学方法进一步证实了这一结论。

此外,研究团队还演算出这些Theia地幔物质与月球岩石一样富集铁元素,所以比周围Gaia物质密度更高,因此快速下沉至地幔底部,并在地幔的长期对流作用下形成两个显著的大型低速体,历经45亿年的地质演化仍稳定存在于核幔边界之上。

这一次,他们的论文被《自然》成功接收,并且被选为封面文章。邓洪平说:“得益于地球物理学家、地球化学家和天体物理学家的通力合作,我们可以将地月系统的形成和演化融入到整个内太阳系类地行星形成的框架中,甚至为理解系外地球的形成和宜居性提供启发。”论文的发表并不是结束。邓洪平、袁迁等人的探索还将继续,以进一步充实和验证他们的研究。

(据《中国科学报》李晨阳 卜金婷)



泽伦尼茨基(左)与瑟里恩 图据《都市快报》

一个国际研究团队日前在新一期美国《科学进展》杂志上报告,他们在加拿大白垩纪晚期的地层

考古发现胃里有残留食物的暴龙化石

中发现了一具未成年戈尔冈龙的全身骨骼化石,其胃里还残留着捕食的猎物。这是首次发现有胃容物的暴龙科恐龙化石,为这类大型食肉恐龙摄食偏好随成长发生变化的假说提供了直接证据。

戈尔冈龙又名蛇发女怪龙,是一种大型暴龙。来自日本筑波大学等机构的研究人员在加拿大艾伯塔省南部距今约7530万年前的地层中发掘出了这具未成年戈尔冈龙骨骼化石。这只戈尔冈龙推测体重约335千克,骨组织分析显示,其死亡时大概5至7岁。在其腹腔中确认存在2只不满一岁小型恐龙后肢等的痕迹。2只恐龙幼崽推

测体重9至12千克。根据它们在胃里的位置不同以及被消化程度的不同可以推测,它们被戈尔冈龙捕食的时间不同。

研究人员说,上述发现表明,未成年戈尔冈龙会捕食恐龙幼崽,且并非囫圇吞枣,而是撕下肉更多的后肢食用。研究人员认为,小型恐龙是比较适合未成年戈尔冈龙的猎物,因为数量多且捕食时的危险程度相对较低。当戈尔冈龙长大,捕食大型食草恐龙更加高效。这为证明戈尔冈龙随着成长其食性和在生态系统的地位发生变化提供了新证据。

(据新华社 钱铮)