



图 5 墨西哥尤卡坦半岛上的希克苏鲁伯陨石撞击的遗迹(图片来源:Science 官网)

### 专家点评:



**徐星** 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员。主要从事中生代恐龙及伴生陆相脊椎动物化石及相关地层学研究,发表学术论文 250 余篇。科普文章“飞向蓝天的恐龙”选入人民教育出版社出版的《小学语文》课本。获国家杰出青年科学基金资助、万人计划领军人才、英国伦敦地质协会终身荣誉会员。

有关“恐龙灭绝小行星撞击假说”的研究入选 *Science* 评选为 2019 年度十大科学突破,我想许多人听到这个消息会感到意外,原因很简单:小行星撞击地球导致恐龙和同时期许多生物的灭绝,这是一个众所周知的假说,甚至可以称为半成熟的理论了,为什么会入选呢?

简单地说,有两个原因。第一个原因和古生物学以及其他地球科学学科的研究方式有关。不同于以演绎思维为主的一些学科,古生物学以归纳研究为特色,常常需要对同一研究问题,收集不同方向的证据,从不同角度进行论证,是一个长期过程;第二个原因在于细节的重要性:从假说建立初期的粗线条,到细化事件的全过程,这是古生物学等地球科学研究的常见历程,这不仅体现在更翔实的数据上,也体现在假说的不断细化上。

虽然小行星撞击假说得到了广泛认可,但这一事件的过程依然缺乏细节。2019 年度在 *Science* 和 *PNAS* 杂志上发表的一系列论文极大地推动了我们对此一过程的了解:从精确复原大撞击后一天内,在撞击点地区发生的地质环境事件,到大撞击引发的地震对更远地区生物的影响,从大灭绝后陆地生态系统的复苏过程,到大撞击如何影响海洋生态系统和海洋碳循环的变化,这些论文为我们描述了许多闻所未闻的细节,让撞击假说有了一个比过去坚实许多的理论基础。

也许有人会问,大家为什么对大灭绝如此着迷?生命演化历史的关注重点常常是全新的物种以及高阶元的新类群的出现,比如演化出我们人类的祖先物种是什么样的?我们人类所属的哺乳动物是如何起源的?最早的脊椎动物是何时出现的?这些问题的回答可以通过化石寻找答案,也能通过研究现生动物找到线索。理解生命演化史中的另外一个重要现象,即一个物种,或者很多物种的灭绝,则更加依赖地质记录,依赖化石。在物种灭绝研究当中,人们最为关注的是大灭绝,即在地质历史时期,那些规模巨大,对全球生物多样性产生巨大影响的灭绝事件。我国学者在生物大灭绝研究方向很有国际影响,其中南京大学的沈树忠院士领导的团队和中国地质大学(武汉)殷鸿福院士领导的团队近年来发表了一批极其重要的论文,为理解地球历史上最大的灭绝事件——二叠纪末生物大灭绝提供了令人惊叹的细节。我国在白垩纪末的恐龙大灭绝事件研究方面相对薄弱,主要原因是相关地层出露少,尤其是白垩纪—古新世界限地层保存差。不过,近年来沈阳师范大学的孙革教授领导的团队取得了一些进展,在我国黑龙江地区发现了白垩纪—古新世界限附近的地质记录。

未来有关白垩纪末期大灭绝研究预计会在以下几个方向继续开展:更加精细化撞击事件前后的化石记录,更加细致地分析撞击事件前后的地质环境变化,评估小行星撞击和火山喷发的影响,以及加强陆地和海洋记录的对比等等。就大灭绝事件的细节而言,目前的数据还是以北美地区为主,其他地区,尤其是来自亚洲的数据非常有限,这阻碍了我们认知小行星撞击在全球范围内的影响。因此,加强在北美以外的世界其他地区的研究,一定是未来白垩纪大灭绝研究的一个重要方向。另外一个可能的方向涉及到如何更好地区分长期和中短期效应。像白垩纪大灭绝这样的事件是否也受到了长期效应的影响?大撞击是否只是压垮骆驼的最后一根稻草?这需要我们从大尺度上,更加准确地复原生物多样性、气候、陆地格局和洋流模式等方面的变化。其中,复原生物多样性演化历史时,如何更好地结合保存有缺失但更接近生物多样性发生时刻的化石记录,以及远离生物多样性产生节点,但有海量数据的现生生物记录,这是一个需要加强的方向。

## 6 迄今探测的最遥远太阳系天体

2019 年 1 月 1 日,美国国家航空航天局(NASA)的“新视野”号探测器飞掠“雪人”形状的小行

星“天空”(Arrokoth),这颗远在64亿公里外的天体是人类探测器迄今拜访过的最遥远天体(图6)。

“新视野”号传回的数据不仅向我们展现了一个从未见过的奇异世界,也有望向我们揭示更多与太阳系起源和演化有关的谜题。这则来自遥远太阳系远端的新闻,拉开了2019年的科学领域硕果累累的序幕。



图6 “雪人”形状的“天空”的艺术图  
(图片来源:Science 官网)

#### 专家点评:



**季江徽** 中国科学院紫金山天文台行星科学与深空探测实验室主任、研究员,中国科学技术大学博士生导师。长期从事太阳系小天体动力学、系外行星系统形成与动力演化等研究。研究成果多次获得年度十大天文进展,入选《国家自然科学基金资助项目优秀成果选编(六)》。2016年获王宽诚行星科学成果奖,2017年入选中国科学院创新交叉团队。现任 *Scientific Reports*、*Research in Astronomy and Astrophysics*、《天文学报》等编委。

在经历了近十年约50亿km的旅行之后,美国国家航空航天局(NASA)的“新视野”号(New Horizons)探测器在2015年7月14日完成了飞掠冥王星任务,成为首个拜访矮行星及其卫星的探测器。“新视野”号传回的图像和科学数据表明冥王星表面具有由广袤的冰冻平原组成的心形区域,且表面分布着大量甲烷冰,赤道附近有一座年轻的高达3500m的冰冻山脉。“新视野”号首次获取了冥王星数颗卫星复杂多样的地貌和表面特征。但是,“新视野”号的旅程还没有结束,飞越冥王星之后,它深入海王星轨道之外的柯伊伯带(Kuiper Belt)。柯伊伯带是海王星轨道外距离太阳约40~50个天文单位的盘状区域,目前已发现数千个冰冻小天体,它们被认为来源于围绕太阳的原行星盘碎片。“新视野”号于2019年1月飞越了距离地球约65亿km的柯伊伯带小天体2014 MU69,首次拍摄回传了其特写照片。2019年

11月13日,NASA宣布2014 MU69的官方名字为“Arrokoth”(阿罗科斯)。阿罗科斯是人类探测器迄今造访的最遥远天体,它被 *Science* 列为2019年十大科学突破之一。“新视野”号窥探遥远神秘的柯伊伯带,为我们揭开了太阳系外缘的神秘面纱。

这是人类探测器首次深入柯伊伯带开展探测任务,揭露了太阳系中这个未曾被探索过的遥远疆域。柯伊伯带中的天体被认为是太阳系形成的早期遗留物质。由于处于太阳系外缘,这些小天体中包含了最原始的太阳系行星形成和演化的信息。阿罗科斯很好地保存了45亿年前太阳系最初形成时的样貌。

其次,这也是人类第一次探索保存完好的星子(Planetesimal),以前所未有的近距离和视角拍下其清晰图像。“新视野”号的数据表明,这个雪球状的小天体长约35km,宽约20km,厚度约为10km。科学家对阿罗科斯的起源、演化机制、表面构造及物质组成的研究也取得了新的成果。阿罗科斯头身两部分共轴的奇怪外形表明其可能不是由激烈的碰撞产生,而是在长期轨道耗散后,两个叶瓣低速合并形成的。这为星子形成的川流不稳定性模型(the streaming instability)提供了直接证据。类似地,欧洲空间局(ESA)的罗塞塔号探测器发现彗星67P/Churyumov-Gerasimenko拥有哑铃状双瓣构造的彗核,头身结合更紧密,这两种不同的构型可能来自不同的形成演化机制,可以帮助科学家进一步理解太阳系的起源和行星形成过程中的星子演化模型。

科学家分析后发现,阿罗科斯表面有亮点和斑块、丘陵和低谷、低坑和凸起。光谱数据还表明其表面存在甲醇、水冰和有机分子。这个天体非常红的表面可能就是由有机物质的改变引起的:简单分子经过重新组合成复杂的有机高分子。

阿罗科斯在波瓦坦/阿尔贡琴语中是天空的意思,其寓意对天空的向往以及对地球以外其他星球和世界的好奇心,这个名字也是向人类航天器有史以来距离地球最遥远的一次飞越致敬。此次对柯伊伯带小天体的探测,使人类以全新的视角来认知太阳系的结构与行星形成演化历程。对更多太阳系“活化石”——古老小天体的细致研究和有机分子探测成果将有助于人类对地球生命起源这一重要科学问题的探索。

我国的嫦娥二号探测器在拓展任务中实现了对具有潜在威胁的近地小行星图塔蒂斯近距飞越探测,取得了重要的科学成果,在国际上有很大的影响。从2010年起,国内有关单位组织论证面向2030年的中国深空探测规划,其中包括在未来几年我国将实施小天体采样返回和主带彗星探测。相比