

“时光动画”：测出银河系暗物质晕形状

◎本报记者 李诏宇

仰望星空，人类心中涌动着的是对浩瀚宇宙的无限遐想。这份好奇心驱动人类在科学探索之路上前行，一步步由陆及海，自海上天，进入了广袤太空，并登上了月球……

然而，知识的“圆”越大，未知就越多。银河系对人类来说仍然充满秘密，银河系暗物质晕的形状就是一个未解之谜。

近日，中国科学院大学、中国科学院国家天文台、北京大学和上海交通大学等高校院所的科研人员首创“时光动画”新方法，测出银河系暗物质晕形状为接近球形的扁椭球。相关研究论文在线发表于《自然·天文学》。

这意味着，离揭开谜底的那天又近了一步。“这一成果为研究银河系暗物质晕的演化提供了重要锚点。”论文共同第一作者和通讯作者，中国科学院大学副教授黄祥对记者表示。

银河翘曲特征明显

对银河系的探索，远非始于今日。

在古人看来，银河系为条状。无论是我国古代的“河汉清且浅，相去复几许”，还是古希腊神话中的“乳之路”，古人都将银河系比作一条河或路。

“如今看来，古人描述的是银道带，并非银河系全部，而是其组成部分之一。”论文共同第一作者、北京大学物理学院天文学系博士生冯齐康说，在北半球，银河勾画出一条宽窄不一的带，就是银道带。

随着天文学深入发展，人们逐渐意识到，银河系之广袤，远不止于一条“河”。现代天文学通常认为，作为盘状星系的银河系，自内向外分别由银心、银核、银盘、银晕和银冕组成。银盘上可能存在英仙臂、猎户臂、船底一人马臂、矩尺臂和盾牌一半人马臂等多条主旋臂。

“人类所在的太阳系，正位于其中的猎户臂上的边缘位置，距银河系中心约2.64万光年。”冯齐康说，“从位置看，是不折不扣的‘远郊区’。”

太阳所处的银盘并非一个完美的盘状，而是在大尺度上呈现出S形的翘曲形状。

何为翘曲？黄祥介绍，翘曲一词的原意是指塑件等工业构件在加工过程中发生的不均匀收缩和扭曲。在天文学意义上，翘曲是指盘状星系在垂直于盘平面方向上出现的扭曲或变形。“形象地说，盘面不再是简单的平面结构，而是在外部区域逐渐翘起或下落，形成S形或U形结构，类似于炸薯片的形状。银河系作为典型的盘状星系，表现出十分明显的翘曲特征。”黄祥说，“翘曲是此次研究的主要对象之一。”

造父变星成为“尺子”

谈到翘曲，绕不开一个问题：它是如何形成的？

“翘曲的形成原因，目前还没有定论。一些科学家认为，它可能起源于三轴暗物质晕、银河系卫星星系或大尺度内落物质等产生的力矩等原因。”黄祥说。

不管成因如何，以整个银河系为跨度的翘曲，显然不是短时间就能形成的。银河系翘曲的进动和演化过程，



银河系结构图。 新华社发(郑兴武和马克·里德供图)

是许多研究人员关注的话题。

所谓进动，指的是一个自转的刚体在外力作用下，其自转轴绕某一中心旋转的现象。“好比将一个自行车轮插在水平的转轴上，再将转轴横向放入垂直的竖直杆。在这种情况下，转动自行车轮的同时，水平转轴也会绕竖直杆转动。”冯齐康介绍，“这就是进动的一个简化版本。”

过去，科研人员往往采用运动学方法测量翘曲进动，也就是利用盘面恒星的速度场分布来限制翘曲的进动方向和大小。黄祥解释说，这种方法存在一定误差或偏离，因为不同恒星星族会受到不同程度的扰动或加热效应影响，无法测量出翘曲进动的可靠数据。

面对这种情况，研究团队决定，“请”一类特殊恒星——造父变星出马解决难题。

造父变星的特殊之处在于，其亮度会发生周期性变化。“因其周期性，我们可以把造父变星当作测量天体距离的‘标准烛光’，用以精确测量天体间的距离。造父变星的年龄也与其周期性相关，因此我们还可以测量其准确的年龄信息。”黄祥说。

通过比较不同造父变星的光度、年龄和亮度变化周期，研究人员可以建立“光度/年龄-周期关系”。利用这种关系，就能轻易推算出这些天体的年龄以及与其的距离。“可以说，造父变星正是我们研究用到的‘尺子’和‘时钟’。”黄祥说。

用“电影”看银盘结构

这次研究人员测量的暗物质晕，指的是由暗物质组成的一种庞大结构。暗物质被比作笼罩在21世纪物理学天空中的“两朵乌云”之一，它被引力定律证实存在，却从未被直接观测到。“按照当前理论，暗物质可能是宇宙物质的主要组成部分，但又不属于构成可见天体的任何

一种已知物质，是一种‘看不见’‘摸不着’的奇妙物质。”冯齐康说。

大多数星系都镶嵌在暗物质晕中，星系系统的动力学也主要由暗物质的分布主导。研究银河系暗物质晕的形状，对更好理解银河系具有重要意义。

工欲善其事，必先利其器。在此次测量银河系暗物质晕形状的研究中，研究团队用到的“器”，是欧洲航天局研制并发射的盖亚卫星和我国的郭守敬望远镜。

有“器”，也要有“术”。“时光动画”方法，就是研究团队用到的“术”。“简单来说，‘时光动画’方法，就是利用不同年龄星族的造父变星，以播放电影的方式，让我们看清银盘翘曲是如何演化和进动的。”黄祥说。

黄祥介绍，研究团队将盖亚卫星发现的2600颗造父变星作为银河系翘曲的示踪天体，并结合郭守敬望远镜的数据，测量这些造父变星的年龄及其与地球的距离。“在此基础上，我们运用‘时光动画’方法，将距今2.5亿年间不同年龄切片的银盘三维结构像动画片一样重叠起来。”黄祥说。

随后，研究团队像播放动画片一样，将不同年龄切片的银盘三维结构进行对比，研究银盘翘曲如何随着时间推进而演化。“这与我们预期相符。目前来说，我们发现银河系银盘的翘曲沿着逆太阳旋转方向以每百万年0.12度的速率进动。而且，随着造父变星样本离银心距离增加，翘曲的进动速率逐渐减小。”黄祥说，“无论翘曲如何起源，其进动速率和方向均由银河系内盘与暗物质晕共同决定。”

进一步的研究表明，在扣除银河系内盘的贡献后，当前包裹翘曲的银河系暗物质晕呈现出略微偏离球形的扁椭球形状。“这与我们的预期相符。目前来说，只有这种形状能解释翘曲的剩余进动幅度。”黄祥分析说。

有论文审稿人评价说，“时光动画”方法是“一项新颖且极具说服力的方法”。“下一步，我们会继续优化这种方法。”黄祥说。

新知

发现4.38亿年前化石

长兴鱼家族又“扩员”

科技日报讯(记者陆成宽)记者7月15日从中国科学院古脊椎动物与古人类研究所获悉，科研人员在新疆阿克苏地区柯坪县发现4.38亿年前的长兴鱼家族新成员——念忠长兴鱼，同时还在浙江省湖州市长兴县发现顾氏长兴鱼新材料。这为对比塔里木板块和华南板块的海相地层提供了直接证据，并进一步支持了我国塔里木盆地和华南地区约4.38亿年前可能距离很近，甚至可能属于同一板块，即塔里木-华南联合板块的假说。相关研究以封面文章形式发表于《地质学报(英文版)》。

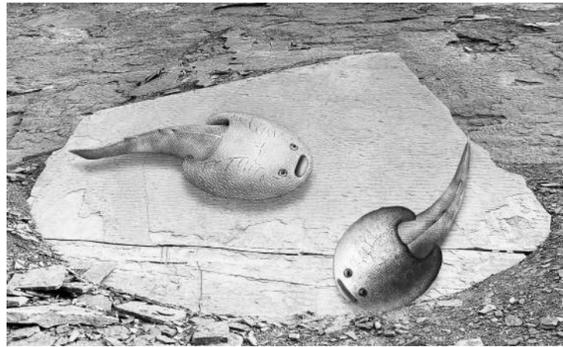
长兴鱼属在系统分类上属于盔甲鱼亚纲修水鱼科，属于早期盔甲鱼类中的原始类群，在很多形态特征上保留了盔甲鱼类的原始状态。长兴鱼属最早由古鱼类学家王念忠于1991年建立，其模式种为产自浙江长兴志留纪海相红层中的顾氏长兴鱼。“顾氏长兴鱼属名长兴，源于化石标本的发现地浙江长兴；种名顾氏则是王念忠先生为了纪念其恩师、南开大学教授顾长东而命名。”论文通讯作者、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员盖志琨介绍。

2021—2023年，盖志琨带领研究团队先后多次赴新疆塔里木盆地进行野外调查，完成3次大规模野外挖掘，最终在阿克苏地区柯坪县的塔塔埃尔塔格组采集到丰富的盔甲鱼类化石。经过长达3年挖掘、室内修理和对比研究，科研人员最终发现念忠长兴鱼。

“念忠长兴鱼是首次在塔里木盆地发现的修水鱼科长兴鱼属，种名‘念忠’是为纪念王念忠先生在长兴鱼脑解剖学和头甲形态学研究方面作出的奠基性工作。”盖志琨说。

此外，科研人员在浙江长兴发现顾氏长兴鱼新材料，揭示了更多长兴鱼头甲颞区及颞后区的形态学特征，丰富了对长兴鱼属形态和物种多样性的认识。

“长兴鱼属是继江夏鱼属和西域鱼属之后，华南板块和塔里木板块共有的第三个属级分类单元。两地都有长兴鱼属，说明志留纪早期我国华南地区和塔里木盆地之间曾发生多次密切的生物交流事件。”盖志琨说。



念忠长兴鱼(左)与顾氏长兴鱼(右)示意图。 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所供图

“渴”不死“冻”不死“照”不死

我科研人员发现可能在火星存活的植物

科技日报讯(记者梁乐)近日，中国科学院新疆生态与地理研究所(以下简称“新疆生地所”)的科研团队于第三次新疆综合科学考察期间，在沙漠极端环境中发现一种有望在火星存活的植物——齿肋赤藓。相关研究成果以封面文章形式发表于综合性英文学术期刊《创新》。

开展优异抗逆植物资源调查，采集和保育特殊抗逆种质资源，挖掘和利用优质抗逆基因资源，是第三次新疆科考的重要内容之一。

在新疆科考项目支持下，新疆生地所研究员张道远、张元明及其团队通过科学实验，首次系统证明齿肋赤藓能耐受自身98%以上细胞脱水实现“干而不死”、耐受零下196摄氏度超低温速冻实现“冻而不死”、耐受超过5000戈瑞伽马辐射实现“照而不死”，且能快速复苏、变绿并恢复生长，具有非凡复原力。这些数据是目前所报道植物可耐受特殊环境的极限，刷新了对极端生物环境耐受性的认知。

研究还发现，在复合多重逆境的火星模拟条件下，齿肋赤藓仍能存活并在恢复适宜环境后再生出新植株。这是高等植物在火星模拟条件下存活的首次报道。

齿肋赤藓是新疆古尔班通古特沙漠生物土壤结皮的优势种，通过保水固沙、促进碳氮循环、改善土壤肥力等方式改善土壤及大气环境，利于其他荒漠植物定居及存活。

张道远表示，基于齿肋赤藓的极端环境耐受性，项目团队后续将进一步开展地外星球航空器搭载实验，实时监测微重力及多种电离辐射逆境下该物种的生存响应及适应能力，并解析其生理及分子基础，探寻关键的生命耐受调控密码，为未来齿肋赤藓向外太空拓殖应用奠定基础。

中法天文卫星已探测到3个伽马暴

科技日报讯(记者陆成宽)记者7月15日从中国科学院获悉，发射升空不久的中法天文卫星传来喜讯——经过在轨测试，卫星平台工作正常，搭载的4台有效载荷均已完成开机测试。其中，中国科学院高能物理研究所研制的伽马射线监测器已成功探测到3个伽马暴。

中法天文卫星是中法两国在空间科学领域开展的重要国际合作项目，是迄今为止全球对伽马暴开展多波段综合观测能力最强的卫星，于6月22日发射升空。

据了解，中法天文卫星上搭载的伽马射线监测器6月24日正式开机，6月27日进行在轨测试。27日当天，伽马射线监测器成功捕捉到首个伽马射线暴(编号GRB 240627B)，这是中法天文卫星的首个在轨科学探测成果。经过比对，该伽马暴的光变曲线与我国“创新X”系列首颗卫星上搭载的“极目”空间望远镜探测器所观测到的结果相同，也和国外费米卫星探测器的观测结果高度一致。此后，伽马射线监测器分别于6月29日、7月2日成功探测到第二个伽马暴(编号GRB 240629A)和第三个伽马暴(编号GRB 240702A)。

首批探测到的3个伽马暴结果已提交至国际通用协同网络(GCN)。探测成果充分验证了中法天文卫星伽马射线监测器载荷对伽马暴的高精度触发探测能力，也有助于解决基础科学中的若干重大问题。

地球淡水出现时间有新说

提前至约40亿年前

◎本报记者 蒋捷

亿万年前，地球曾是一个被汪洋大海包围的“水球”。随着时间推移，陆地和淡水出现，为陆地生命演化提供了必要条件。

对于这一历史性转变，科学界的普遍认识是，陆地和淡水最早出现在32亿至26亿年前。

近期一项研究挑战了这个观点。今年6月，发表于英国《自然·地球科学》月刊的一篇论文提出，可能在约40亿年前，地球上就已出现干燥的陆地和淡水。

中国科学院地质与地球物理研究所研究员王相力认为，该研究对于研究地球地质演变、寻找宜居星球具有重要意义。

跨越亿万年的“信物”揭开奥秘

想研究40亿年前发生了什么，需要寻找一个能够跨越亿万年的“信物”。

科学家将目光投向了锆石。它是一种坚硬耐磨的矿物，能经受地球深处高温高压的考验，在漫长的地质历史中保存重要化学信息，是研究地球早期历史的理想材料。王相力介绍，借助锆石，科学家可以追溯地球演化史，解读地质构造活动和气候变化等重大事件。

哪里能找到来自40亿年前的锆石？澳大利亚西部的杰克山有得天独厚的优势。这里有已知最古老的地球物质，形成于约44亿年前，几乎与地球同时诞生。其中的锆石样本，是研究早期地球的关键

线索。

来自澳大利亚科廷大学和中国科学院地质与地球物理研究所的科研人员分析了一批来自杰克山的锆石样本。这些锆石样本中，大约10%超过40亿岁。

为探寻这些锆石是否含有淡水记录，研究人员采用氧同位素法。氧同位素法是一种通过测量矿物或岩石中的氧同位素组成，特别是氧-18与氧-16的比值，来推断物质来源和形成环境的方法。研究人员发现，一小部分古老锆石中存在的氧同位素组成与淡水环境中形成物质的氧同位素组成相似，进而推断出地球在40亿年前就已具备淡水循环系统。

分析结果显示，部分锆石样品中氧-18与氧-16的比值明显低于地幔平均值。而这正好符合内陆地区降水中氧-18与氧-16比值较低的特征。淡水是由降雨带来的，水在蒸发过程中，较轻的氧同位素(氧-16)比较重的氧同位素(氧-18)更容易进入大气，所以内陆地区降水中氧-18与氧-16的比值较低。

研究人员通过蒙特卡罗法模拟了这些锆石形成的过程。他们发现，仅靠海水和地幔岩浆作用，锆石的氧-18和氧-16比值几乎不可能低于3%，只有当陆地降水带来的淡水参与到了锆石的形成过程中才有可能实现。并且，这片陆地必须足够大，才能汇集足够淡水。

王相力进一步解释，在地球的水循环中，海水通过蒸发进入大气，随后以淡水形式降落陆地。在此过程中，轻的氧同位素富集在淡水，而重的氧同位素富集在海

水。淡水参与地表生物地球化学反应，形成的水生物质随后埋藏于海洋沉积物，最终因构造运动返回地球深部熔融成岩浆并形成锆石矿物。

为寻找宜居星球提供新尺度

淡水的出现意味着当时地球上已经有了大片陆地。陆地生命的演化需要陆地作为栖息地，并需要淡水合成蛋白质。虽然陆地和淡水的存在并不意味着生命必然出现，但至少已满足两个关键条件。

王相力认为，地球淡水循环在40亿年前有序运行这一发现，对研究早期地球生命与环境协同演化、寻找宜居星球有重要意义。

王相力分析，地球在45.6亿年前形成，仅仅过了大约6亿年，就具备了陆地生命的重要宜居要素，这为科学家提供了一个新的时间尺度，用于评估其他星球的宜居性演化。科学家可以通过对比地球早期的环境条件，推测其他类地行星上可能存在的生命起源条件，从而更有效地探索宜居星球。

同时，王相力也认为，这个结论仍存在许多需进一步厘清的问题。例如，携带淡水特征氧同位素的物质是如何返回地球深部的？一般观点认为，地球表层系统产生的物质需经过板块俯冲才能进入地球深部。因此，该研究暗示板块俯冲可能在40亿年前就已经发生，而这明显早于许多已知的板块俯冲地质证据。因此，40亿年前板块俯冲的具体模式及背后的驱动机制，仍有待更多研究来揭示。



图为美国直觉机器公司的月球着陆器“奥德修斯”和地球。 新华社发(直觉机器公司供图)