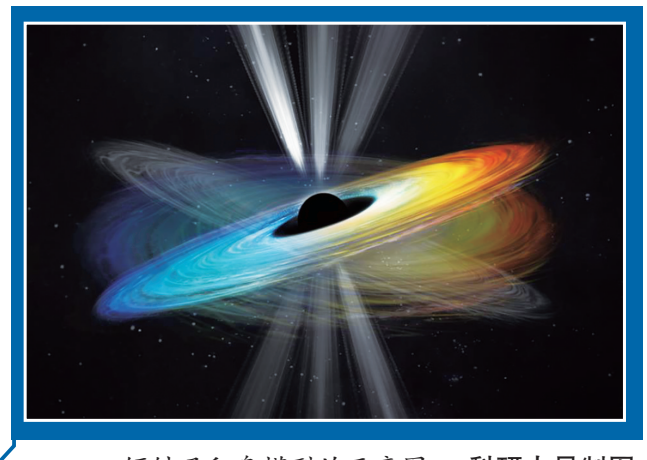
人类首次“看见”的那个黑洞被证明确实在自旋！

在我国科学家主导、全球45个科研机构组成的国际科研团队共同努力下，人类首次“看见”的那个黑洞M87，被证明确实在自旋，这一现象符合爱因斯坦广义相对论的相关预测。近日，相关研究成果发表在国际学术期刊《自然》（Nature）。



倾斜吸积盘模型的示意图 科研人员制图

人类首次“看见”的那个黑洞，位于室女座一个巨椭圆星系M87的中心，距离地球5500万光年，质量约为太阳的65亿倍。2019年，科学家首次发布M87黑洞的图像，此后持续开展对M87黑洞的观测研究。

这项最新研究成果的论文第一作者兼通讯作者、之江实验室博士后崔玉竹介绍，利用甚长基线干涉测量（VLBI）技术，科研人员在解析M87黑洞喷流结构过程中，惊奇地发现东亚VLBI网在2017年3月观测到的M87黑洞喷流指向，与以往有所不同。紧盯这一蛛丝马迹，通过深入分析近23年来全球多个VLBI网的观测数据，最终发现M87黑洞喷流呈现周期性摆动，摆动周期约为11年，振幅约为10度。这首次为黑洞自旋理论提供了最有力的观测证据。

活动星系中心的超大质量黑洞，堪称宇宙中最具破坏性的神秘天体之一。它们引力巨大，通过吸积盘“吃进”大量物质，同时又将物质以接近光速的高速“吐出来”，力量之大可以“吐到”数千光年以外。宇宙中到底有什么力量可以改变黑洞喷流方向，使其产生周期性摆动呢？

在更深入的研究中，科研团队基于观测结果进行了大量理论调研和细致分析，并使用超级计算机结合最新数据进行了数值模拟。结果证实：当吸积盘的旋转轴与黑洞的自旋轴存在夹角时，会因参考系“拖曳效应”导致整个吸积盘的摆动，而喷流受吸积盘的影响也会产生摆动。这一现象符合爱因斯坦的广义相对论预测的“如果黑洞处于旋转状态，会导致参考系拖曳效应”。

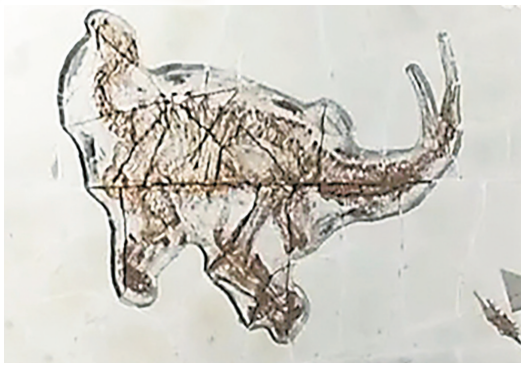
云南大学中国西南天文研究所副研究员林伟康表示，虽然自旋是黑洞理论的基础假设，但此前并没有直接观测证实。此次研究成功地将M87黑洞喷流动力学，与该星系中心超大质量黑洞状态联系起来，在支撑基础理论的同时，为进一步揭开黑洞的神秘面纱提供了关键要素。

甚长基线干涉测量（VLBI）技术，能将位于全球不同地点的多个射电望远镜联合起来，达到一架超大望远镜的观测效果。在这项最新研究中，使用了包括东亚VLBI网在内的多个国际观测网数据，全球共有超过20个射电望远镜为此项研究作出了贡献，其中包括中国科学院上海天文台65米天马望远镜和新疆天文台南山26米射电望远镜。

自2017年起，我国的这两台射电望远镜持续参与东亚VLBI网观测，分别在提高观测灵敏度和角分辨率上发挥了重要作用。据中国科学院上海天文台台长沈志强介绍，该台已于近期在西藏日喀则开工建设一台40米射电望远镜，建成后将进一步提升东亚VLBI网的高分辨率毫米波成像观测能力。

中国科学院国家天文台研究员、“中国天眼”首席科学家、之江实验室计算天文首席科学家李菂认为，我国科学家牵头取得的这项研究成果，离不开射电天文学与计算科学的深度融合。随着数据不断积累，之江实验室正在将人工智能、云计算等技术引入到天文领域，多学科携手共同探索宇宙奥秘。（据新华社 张建松 董雪）

3平方米恐龙皮肤化石惊现河北



3平方米恐龙皮肤化石

河北省自然资源厅近日发布了一项恐龙化石发掘的新成果：在承德市丰宁满族自治县发现两具1.3亿多年前的植食性恐龙，一具为剑龙，另一具为角龙。这两具恐龙化石骨架保存之完整，形态特征之鲜明，化石含量之高，在已经发现的恐龙化石中实属罕见。这两具恐龙化石骨架的发现对研究恐龙的形态学、组织学、埋藏学和演化学都具有重要意义。

剑龙化石保存完整，皮肤似鳞片状排列清晰可见

此次发现的剑龙恐龙化石长5米，其保存近乎完整。尾部有四根骨刺，辨识度极高。尤其难得的是，剑龙骨骼化石四周散布着大面积完整的皮肤化石，无论是皮肤保存面积，还是清晰的皮肤特征都是世所罕见。据估计，剑龙皮肤化石面积约达3平方米，皮肤似鳞片状排列的纹路十分清晰，其鳞片状印痕保存完整程度，堪称世界恐龙皮肤印痕化石之最。

恐龙皮肤化石珍稀无比。相对于恐龙骨骼和牙齿等比较容易保存的硬体部分，皮肤化石是很难形成的。目前，世界各地能够发现的恐龙皮肤化石可谓凤毛麟角。丰宁剑龙皮肤化石的发现，对认识剑龙类恐龙乃至所有恐龙的体表特征、生理机能和复原恐龙，以及早白垩世时期地理环境、气候变化具有重要意义。另外，对于揭示剑龙形态特点、时空分布、骨板的作用，以及剑龙灭绝与环境变化的关系等科学问题也具有重要作用。

发现新属种，再次证实角龙可能起源于东亚

角龙是比较晚出现的恐龙之一，也是最晚灭绝的恐龙，代表植食性恐龙的最高演化境界，其标志性特征是3根角，像美洲野牛一样有骨质的芯子，非常坚固，几乎占半个头部的颈盾也是骨质的，保护着颈部要害部位。而在丰宁发现的角龙类化石，属于较原始的一类，仅1米长，全身骨骼保存近乎完整。被确认为恐龙新属种，其头部出现微弱的颈盾，后肢明显长于前肢，具两足。

一般认为，角龙类恐龙演化由原始到成熟过程中，头上逐渐出现大型的角等头饰，行走方式也从两足转向四足。在新发现的角龙头上，已有微弱的头饰结构，似处于这一转变的中间位置，这是填补角龙类恐龙进化发展“断链”的重要一环。该标本完整的骨骼保存，不仅为早期的角龙类恐龙的演化研究提供更多的新证据，也再次证实了角龙类恐龙可能起源于东亚。

在角龙的演化史上，角龙的祖先并非如此，它既没有角也没有颈盾，其武装是它们的祖先隐龙扩散至世界各地之后，在进化过程中发展出来的。此次新发现的角龙，仅有微弱的颈盾和微弱的头饰，显然代表着角龙早期的特征，是介于祖先型角龙到成熟角龙的过渡物种。

我国剑龙类化石最丰富，迄今已发现12个种类

剑龙和角龙都是植食性恐龙。虽然都是被捕食者，但都是身披武器、身怀绝技的家伙。剑龙有尾部尖齿，角龙有坚硬头甲，两者都有独特的演化史。剑龙和角龙都是鸟臀类恐龙。鸟臀类恐龙鼎盛时期出现在白垩纪，除了剑龙、角龙外，还有甲龙、肿头龙、鸟脚类、鸭嘴龙等悉数登上演化舞台，是恐龙在白垩纪物种多样性达到历史最高的重要因素。

在鸟臀类恐龙中，剑龙出现比较早，在中晚侏罗世就已发现，晚侏罗世达到鼎盛。世界上的古生物学家对剑龙的研究超过100多年，其间人们发现的剑龙化石大多支离破碎。1886年，一具完美的剑龙头骨骨架化石在美国科罗拉多州被发现。此次在丰宁发现完整剑龙化石，可谓再度惊艳世界。剑龙化石在欧洲、北美、东非及东亚都有发现。其中以亚洲发现最多，而亚洲的剑龙大部分发现于我国，迄今已发现12个不同种类，占世界已知总数的一半，使中国成为世界上剑龙类化石最丰富的国家。丰宁剑龙化石的发现无疑增添了新鲜且完美的化石材料，并且表明剑龙的演化延续到早白垩世，在早白垩世“热河生物群”核心分布区仍然存在剑龙的活动痕迹。

剑龙和角龙在它们的演化过程中，不断完善各自的武器装备，表明随着环境恶化，也由于恐龙家族的内斗加剧，植食性恐龙的生存压力日益增大。强大的选择压力迫使那些处于被捕食的植食性恐龙，纷纷武装自己。这一演化过程究竟是如何实现？丰宁新近发现的剑龙和角龙提供了有趣而关键的证据。（据《科普时报》冯伟民）

编辑/王云帆 郝飞 殷晓蕾 美编/王敏 一读/刘艳君