

5 块牛骨解密“高原之舟”进化史

■ 杨晨 严涛

在世界“第三极”青藏高原，牦牛被人们誉为“高原之舟”，家牦牛、黄牛及其杂交后代——犏牛对人类定居高海拔极端环境意义重大。它们不仅是高原农业犁耕和运输的主力，而且全身是宝：牛肉和酥油、酸奶等牛乳制品是重要的食物资源，牦牛毛编织的帐篷能抵御风雪酷寒，牛粪更是每家必不可少的主要燃料。

近日，四川大学考古科学中心和西北农林科技大学的科研团队，联合多家单位共同完成的关于青藏高原史前牦牛驯化与黄牛利用的论文，发表于《科学进展》。该研究整合传统动物考古学鉴定方法及古 DNA 测序技术，分析了西藏自治区山南市琼结县邦嘎遗址出土的牛类骨骼。结果显示，在 2500 年前，青藏高原牧民已经开始广泛饲养牦牛、黄牛及犏牛。

邦嘎遗址考古现场
■ 资料图

1 4 年发掘筛选

邦嘎遗址海拔 3750 米，早期遗存距今 2000~3000 年，是西藏为数不多的经系统考古发掘的高海拔史前遗址。

自 2015 年起，四川大学考古科学中心教授吕红亮团队联合西藏自治区文物保护研究所、山南市博物馆，在邦嘎连续开展了 4 年的考古发掘。陶片、石制品、动物骨骼标本、植物种子等上万件出土遗存的整理和分析工作，均由四川大学考古科学中心主导完成。

该中心从事博士后研究的张正为介绍，在遗址发掘过程中，除了通常采用的手捡之外，研究人员还广泛采用精细化的筛选和浮选的方式收集样本。

筛网孔径的大小会根据出土遗物的情况而定，主要使用的筛网孔径大小为 6 毫米×6 毫米。为了全面收集植物种子等肉眼不易识别的样本，研究人员会采用浮选的方式。“在填土中加入水，碳化后的种子质量较轻，会浮上来。”张正为说。

筛选完成后，研究人员将出土物品分类。张正为主要负责动物骨骼的分析研究，他先将疑似部分挑出，再利用比较形态学的方法进行种类识别。最终，团队总共收集到 180 多块牛骨。

“我们经过详细的形态学分析，发现这些牛骨中可能包含黄牛和牦牛的骨骼。”他介绍，鉴别过程中要先定位，即确定骨骼属于哪个部位，再依据不同牛种各自的骨骼特征，判别属于哪个牛种。

同时，研究人员发现，邦嘎牛的死亡年龄都大于 4 岁，这与近现代民族志记载的青藏高原牧民利用及管理家养牛种的策略类似。邦嘎出土的牛骨及骨骼表面痕迹等信息也显示，这些牛的屠宰与食用地点都在遗址区域。

2 遗传学证据

得出初步结论后，团队希望利用分子生物学手段进行验证。

吕红亮随即联系到国家肉牛牦牛产业技术体系岗位专家、西北农林科技大学教授雷朝朝，将 5 块保存较好的邦嘎遗址出土牛骨送交雷朝朝实验室，开展牛骨的古 DNA 分析工作。

团队通过提取样本的古 DNA，再与基因库数据中 3900 年前石峁遗址出土的黄牛以及现代西藏牛进行对比，完全支持了之前形态学的鉴定结果，即邦嘎出土的黄牛遗骨属于家养黄牛。

“同时与现代家养牦牛、野牦牛基

因组数据进行比较，发现邦嘎牦牛同现代家养牦牛具有很近的亲缘关系，也支持邦嘎出土的牦牛遗骨为家养牦牛。”西北农林科技大学动物科技学院副教授陈宁博表示。

研究人员还发现，邦嘎的黄牛与石峁遗址出土的古代黄牛、现代青藏高原黄牛的基因组有极高相似性，即有较近的亲缘关系和遗传连续性，推测史前时期青藏高原的黄牛极可能由我国西北直接传入。

而这样的基因连续性表明了以邦嘎黄牛为代表的青藏高原史前家畜群体对高海拔极端环境的成功适应。“要是不适

应的话，这种牛的数量就会大大减少，被能够适应的其他牛种替代，基因上就会发生很大的变化。”雷朝朝解释。

不仅如此，基因检测还显示，邦嘎黄牛拥有 12.1%~19.5% 的家养牦牛血统，说明至少 2500 年前，牦牛和黄牛就已经杂交。

在青藏高原，犏牛毛更短、长得快，产奶、产肉以及役用性能均高于牦牛。“也许当时邦嘎的牧民已经知道牦牛和黄牛的杂交后代犏牛的好处，并加以推广利用。”陈宁博指出，该研究也为探究牦牛的驯化和黄牛的高原适应性提供了遗传学证据。

3 历史的切片

此次研究取得的成果，离不开研究人员长期的积累。

张正为在近 10 年间一直专攻青藏高原动物考古研究，在多地博物馆、动物研究所、考古文物研究院等查阅和收集了青藏高原常见各种牛的骨骼信息。“基本上每个牛种我都掌握了十几个样本资料，足以支撑此次的鉴定工作。”

雷朝朝致力于中国地方黄牛基因组遗传变异数据库建设，20 多年来在中国地方黄牛的起源进化领域深耕，尤其在中国地方黄牛基因组遗传多样性方

面进行了系统研究。

“这次研究将两个团队的工作进行了很好的结合。”吕红亮认为，其开创了青藏高原高海拔地区史前考古动物遗存的考古学和古 DNA 深度融合研究，“这次我们能够更加深入地了解、印证和追溯”。

雷朝朝表达了类似的观点。“以前我们可能只拉出了历史的一段线，经过积累，我们掌握了现代牛的资料，逐步找到了一些古代牛的信息，这条线越来越长，起源和进化的过程越发清楚。”

未来仍有无数个待解之谜。“诸如邦

嘎遗址中的牛有哪些用途、如何被驯养这一类问题，我们目前还没法解答。”张正为表示，在讨论下一步问题之前，还要对目标遗址进行更为严格且细致的动物考古形态筛查。他一直在建立区域性的动物骨骼形态标准，提高鉴定准确度。

“我们现在只看到了一段历史的切片。”吕红亮说，目前只能说明在 2500 年前，青藏高原已经有驯化的牦牛，以及牦牛和黄牛的杂交种。“这个时间点肯定能再往前推，至于最早是何时还得继续寻找。”

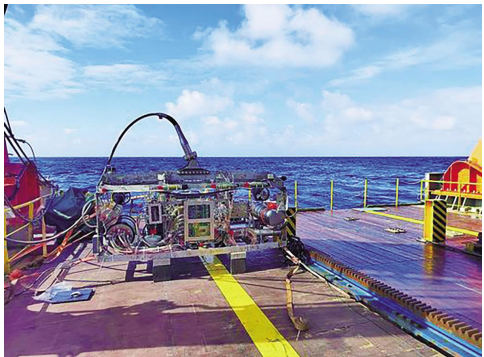
水中甲烷检测
灵敏度提升 500 多倍

中国科学院合肥物质科学研究院智能机械研究所研究员陈池来团队在前期深海质谱仪研究的基础上，将水体溶解甲烷检测灵敏度提升了 500 多倍，达到海洋及湖泊本底溶解甲烷检测水平，实现了从溶解甲烷异常事件监测到背景甲烷长期监测的跨越。相关技术已申请国家发明专利，研究成果日前发表于爱思唯尔旗下期刊《塔兰塔》。

2023 年，陈池来团队研制出一款名为“智微号”的深海质谱仪，并在南海某海域完成多次海试，获得了海洋廓线重要溶解气信息。在前期工作的基础上，团队针对样本水气高、检测仪器空间有限等问题，研制出小体积、低功耗的在线除水系统，同时优化进样气路设计，成功将其集成安装于“智微号”深海质谱仪中。

下一步，研究团队将基于该技术开展大空间、宽时间范围内本底甲烷的原位检测研究，以及氢、氦等有指向性的极低浓度气体原位检测研究。该工作为进一步实现甲烷通量计算、全球气候研究、羽流寻迹、冷泉发现等奠定了重要的技术基础。

王敏

“智微号”深海质谱仪搭乘中继器开展海试作业
■ 资料图

史上最亮伽马射线暴来自坍缩恒星

2022 年 10 月，一股伽马射线袭击了地球，炙烤着大气层，它的亮度是以往探测到的任何射线的 10 倍以上，令天文学家惊叹不已。作为有史以来最亮的伽马射线暴（GRB），天文学家给它起了个形象的名字——BOAT（brightest of all time，即史上最亮）。现在，天文学家利用美国国家航空航天局的詹姆斯·韦布空间望远镜（JWST）确定了 GRB 的来源，并偶然发现了一个新谜题。

据《科学》报道，研究人员认为，坍缩星产生的极端条件可能会形成自然界最重的一些元素，如铀、钷和金。考虑到 BOAT 的亮度，他们希望元素形成的过程能够生动地展示出来。然而，研究人员却什么也没看到。

“没有证据表明存在这些元素。”领导这项研究的美国西北大学 Peter Blanchard 说。4 月 12 日，相关成果发表于《自然-天文学》。

最近的其他研究也显示了同样令人困惑的结果。但理论学家表示，现在就否定坍缩星是最重元素的来源为时尚过早。“我认为还没有定论。”英国赫特福德大学 Chiaki Kobayashi 说，“我们只是没有足够的统计数据。”

宇宙大爆炸带来了丰富的氢和氦，但其他 92 种自然元素都是在恒星的原子核融合成更大原子核时形成的。普通恒星产生较轻的元素，但比铁重的元素被认为需要在超新星或其他极端爆炸事件中产生。

一半的重元素——那些中子丰富的元素，需要特殊的产生条件。在这种条件下，中子轰击核核的速度非常快，以至于后者没有时间衰变——这个过程被称为快中子捕获或 r 过程。科学家通过追溯发现，早期宇宙的恒星含有钕等 r 过程元素，表明该过程很早就开始了。Kobayashi 说：“通过对附近恒星的观测，我们获得了证明早期 r 过程的非常有力的证据。”这迫使天文学家努力寻找可能存在 r 过程的必要条件。

引力波探测器则提供了线索。2017 年，当美国和欧洲的探测器探测到两颗中子星（超高密度恒星残骸）剧烈合并产生的波时，光学望远镜发现了 r 过程元素形成的证据。据估计，这次爆发产生了相当于 10 个地球质量的钕和钷。但是天文学家认为，中子星合并太罕见了，不可能成为 r 过程元素的主要来源。

坍缩星似乎是最好的选择。坍缩星比中子星合并更常见，但仍然罕见，只有几十颗被观测到。这需要坍缩星足够大，以使超新星爆发后留下的核心最终坍缩成黑洞。快速旋转也是关键，这样剩余的物质就会旋转进入吸积盘。当黑洞吸入圆盘中的物质时，它会被加热到极端温度，产生辐射并释放粒子，从而创造 r 过程所需的条件。

这些条件也是产生喷流的关键，喷流是指接近光速从黑洞两极

射出的粒子束。当喷流正好指向地球时，天文学家会看到 GRB。Blanchard 说，就 BOAT（官方编号 GRB 221009A）而言，GRB 的余辉非常明亮，以至于在最初爆发 12 天后，用 JWST 观察这一事件的另一个团队无法看到这颗超新星。

Blanchard 团队一直等到 6 个月，此时余辉消失，膨胀的物质外壳被分散，足以让 JWST 看到黑洞附近，那里预计会发生 r 过程。令团队成员惊讶的是，考虑到 BOAT 的亮度，坍缩星的残余物看起来并不是特别大。但更令人惊讶的是，当他们检查光谱时，没有看到碲、钨和铀等 r 过程元素的发射线，而它们在 JWST 敏感的中红外波长范围内是很明显的。

Blanchard 说，GRB 221009A 可能是不寻常的，因为它产生了如此极端的 GRB。它还位于一个缺乏重元素的星系中，这与通常发现 GRB 的星系不同。尽管如此，重元素缺乏仍是令人惊讶的，因为 GRB 221009A 是探测 r 过程的主要候选者。

Kobayashi 并不担心未检测到的情况。根据她的计算，只有千分之一的超新星能够产生 r 过程。“观测者需要发现更多的超新星事件。”她说，“出现非常有力的证据可能还需要等待一段时间。”

王方



科普中国 APP

跨电压柔性直流互联
技术实现生产应用

近日，国网山西省电力公司运维人员在山西阳泉采用柔性直流互联技术，完成了 10 千伏马青线和 6 千伏馨康 I 回环负荷测试。该测试的成功，标志着我国跨电压柔性直流互联技术实现生产应用。

国网山西省电力公司阳泉供电公司相关运维人员介绍，他们顺利完成了 10 千伏与 6 千伏之间的 0 千瓦至 1000 千瓦双向转供测试，两条不同电压等级的线路均能正常运行。

跨电压柔性直流互联技术，通俗来说是指不同等级的交流电转换成同一电压等级直流电后，通过 IGBT（绝缘栅双极晶体管）半导体模块来控制电流分布的大小和方向，从而实现跨电压等级线路的互联互通。

国网山西省电力公司相关负责人介绍，这一技术不仅可实现不同电压等级线路的互联互通，还能在某条线路负荷过载时进行负荷转移。此外，当线路发生故障时，该技术可自动恢复非故障段供电。

“相较于传统技术手段，此项技术在资金投入和建设周期上，都实现了大幅压缩。”国网山西省电力公司相关负责人介绍，此次应用测试改造资金约比原计划节约了 80%，为今后此类工程的改造实施和推广提供了可借鉴的经验。

韩荣

河南商丘：
农机助春耕 种田更高效

近日，在河南省商丘市睢县河集乡大杨庄村蒲公英种植基地，村民驾驶农机采收蒲公英。暮春时节，天气晴好，各地农民不误农时开展农事活动，为增产增收打基础。

徐泽源

新疆哈密：
茫茫戈壁 “逐日”而动

在新疆哈密市伊吾县的荒漠戈壁上，哈密 50 兆瓦熔盐塔式光热发电站将科幻感和工业美感直接拉满。茫茫戈壁上的万余面定日镜正“逐日”而动，将阳光汇聚在吸热塔上，最终使光热资源转化为清洁电力。

视觉中国

湖南长沙：
智能化“育秧工厂”助春耕

正值春耕春播的关键时节。湖南省长沙县春华镇的智能育秧工厂，6 台高大的循环立体育秧床上，一盘盘绿油油的秧苗长势正好。随着齿轮转动，层层叠叠的育秧盘上下往复，均匀接受光照和水肥的滋养。

刘宾