十年磨一剑 筑牢基础软件底座

（上接第 1 版）

软件所工程师张世新从硕士阶段就加入这项工作，从手工拆解软件迁移案例做起，逐步搭建起一条可持续迭代的迁移数据加工流水线。每次操作系统社区发布新版本后，他们就同步补充、更新样本。“很多底层依赖关系藏得很深，只能一遍遍调试。”张世新说，在反复剖析案例的过程中，他深深体会到，基础软件攻关最需要的就是甘坐“冷板凳”、久久为功的定力。

夯实底座，既要打通软件迁移的效率堵点，也要守住处理器设计的正确性底线。软件所研究员吴志林带领团队，以形式化验证手段为 RISC-V 处理器排查设计隐患。

团队对香山处理器的前身“果壳”处理器进行了形式化验证，发现在“果壳”处理器虚实地址转换的 16 种情况处理中，虽然 15 种情况都符合指令集规范，但有 1 种情况违背了指令集规范。这种问题是常规仿真测试手段难以覆盖到的。吴志林介绍，软硬件形式化验证工作成本高、周期长，大多没有聚光灯，这也要求科研人员必须接受长期投入、延迟回报。

求真致用：直面真问题、真场景，讲求真效果

实验室里的技术探索，终究要走进产业场景接受检验。为摸清产业化路上的堵点，团队奔赴深圳产业链一线走访调研。

在一家硬件代工厂，琳琅满目的笔记本电脑样机让科研人员印象深刻。基板、散热、接口都可灵活调整，配套供应链成熟完备。“国内 IT 外围配套产业已经很强了。”武延军回忆说，不过厂商也坦言，处理器和底层基础软件的稳定保障是他们无力攻克的环节。

这次实地走访，给团队上了生动一课。大家真切看到，产业的短板已不在整机制造，而在最核心的处理器与基础软件。“不到一线，很难有这么直观的感受。”武延军感慨。

循着产业的真实需求，团队打破“软件机构只做软件”的固有边界，联合产业伙伴研制出“如意 BOOK”系列 RISC-V 笔记本电脑、RISC-V 平板电脑。“如意 BOOK”亮相开源鸿蒙开发者大会，RISC-V 平板电脑实现数千台出货，团队也支撑合作伙伴研制了 RISC-V 高性能服务器。

“硬件决定下限，软件决定上限。”在武延军看来，这些产品就是 RISC-V 生态最好的名片，实实在在给上下游厂商和广大开发者吃下一颗定心丸，吸引更多伙伴愿意加入共建。

终端落地之后，新的难题又浮出水面：RISC-V 生态长期存在碎片化问题，各家芯片、操作系统版本分头迭代，适配成本居高不下。团队依托如意社区启动“RISC-V 内核同源”计划，对标国际 RVA23 标准推进工程化落地，统筹多家芯片厂商、操作系统社区统一内核底座。如今 openEuler、openKylin 发布的 RVA23 版本，全部采用这套同源内核成果，推动生态从各自为战转向“标准治理 + 社区协同”。

产业痛点不止于此。蓬勃发展的开源体系背后，潜藏着代码投毒、原生漏洞等供应链安全隐患，也是产业各方悬在心头的大事。软件所研究员吴敬征瞄准这一现实风险，带领团队牵头搭建“源图”开源软件供应链重大基础设施，汇聚 3 亿多款软件、20 万个标准化数据集、87 亿条关系数据，形成漏洞态势感知、许可证合规、投毒检测、开发者画像和供应链风险预警等能力。依靠这套体系，团队累计挖出 258 个隐蔽漏洞，最长提前 575 天发出风险预警；联合 30 多家重点单位组建专项工作组，为国家可信开源代码库建设提供支撑。

在团队的研发机制里，成果交付不是终点。此前研发的软件迁移工具，没有随着论文发表束之高阁，而是持续对接操作系统、芯片企业的实际开发需求。产业一线遇到的故障与痛点源源不断回流实验室，反向推动工具链、内核持续优化迭代。

“科技与产业创新融合，不是成果完成后再对接产业，而是项目立项之初，产业需求就嵌入研发全过程。”武延军说，团队写下的大量代码，直接进入产业产品体系。在团队看来，科研院所的价值不是闭门造出完美系统，而是降低整个产业的准入门槛，解决共性难题，让企业能够将精力集中于自身业务创新。

固本培新：接续开源传统，勇担时代重任

攻关事业能否行稳致远，关键在人才。在繁重的技术攻关之外，培育能够扎根底层、深耕开源的战略科技后备力量，是团队长期坚持的又一使命。

软件所自 2020 年发起“开源之夏”人才培育项目，经过几年打磨，已经形成一条行之有效的开源人才培养路径。但在共建 RISC-V 社区的过程中，一场新的挑战摆在面前：大模型普及之后，不少开源任务可以借助人工智能快速完成。倘若学生只是调用工具、上交成果，项目原本的育人价值便会大打折扣。更深一层的隐忧是，如果学生习惯于“领取题目、调用工具、提交成果”，很难成长为能够独立思考、真正参与社区共建的贡献者。

面对变化，团队今年对项目进行了系统性升级，推出了“开源之夏”2.0 版本：聚焦 RISC-V 生态重心，围绕操作系统、编译器、工具链、数据库、虚拟化栈、人工智能等关键方向，明确由学生自主定义问题、设计实施方案、推动项目落地。“我们要求学生先做出题人，而不只是解题人。”武延军说，重大科研攻关任务就是育人载体，学生的学术研究必须扎根在真实的工程难题之中。

吴志林介绍，团队更看重青年学子发自内心对底层技术的热爱。他曾招收一名西北工业大学的研究生，这名学生本科阶段就自主开展处理器设计、参与专业竞赛，从本科毕业设计阶段就进入课题组，在 RISC-V 处理器形式化验证工具研制过程中发挥了重要作用，在硕士期间产出多项学术成果、获得多项发明专利。“形式化验证并不是当下的热门方向，但它和大模型形成互补，有不可替代的底层价值，只有真正热爱的人，才能沉下心来长期坚持。”

这样的培养导向，在青年科研人员身上得到生动体现。软件所博士后张洪滨发起面向 RISC-V 的人工智能编译器开源项目，吸引了来自海内外专业开发者的主动参与；在读硕士研究生张尹为国际知名计算机视觉库 OpenCV 新增 RISC-V 后端与向量指令优化，相关代码被并入官方主干仓库，让 RISC-V 平台获得硬件加速能力……一批年轻人走出实验室，站在全球开源舞台，用代码和世界对话。

置身人工智能快速演进的浪潮中，团队对人才成长有清醒判断：只有吃透底层原理，才能驾驭智能工具，而不是被工具裹挟。技术浪潮来去匆匆，但沉心钻研、扎根根基的科研品格始终稀缺，也需要一代代接续传承。

鸟类鸣叫模式改变、蜘蛛心跳加速、一角鲸放弃觅食下潜

人为噪声污染危害全球野生动物

本报讯 科学家很早就知道人类活动产生的噪声会伤害动物，但对该问题的严重程度认识不足。一项近日发表于《科学》的大规模分析表明，噪声的影响范围远比研究人员预想的广。这项涵盖陆地与水域共 177 个物种数据的研究表明，人为噪声会从根本上改变动物的生理机能与行为模式，甚至导致许多动物早亡。

“人类走到哪里，就会把噪声带到哪里。”澳大利亚乐卓博大学的 Lucille Chapuis 说，“噪声会对几乎所有物种产生影响。”

对野生动物而言，人为噪声会改变鸟类的鸣叫模式、让蜘蛛心跳加速，甚至能迫使一角鲸放弃觅食下潜。但过往绝大多数研究都只针对某一类噪声和某一个特定物种。

英国贝尔法斯特女王大学的 Hansjoerg Kunc 和 Rouven Schmidt 汇总了 214 项研究的数据。这些研究观测过分布在全球 97%的国家内的各类物种。研究团队统计出 1000 多个噪声污染影响物种的案例，其产生的后果涵盖生理变化、物种间互动模式改变等多种情况。总体来看，80%的被研究物种至少有 1 项性状受噪声影响而改变。

噪声会使一些物种基因表达出现变化、免疫功能或呼吸机能受到干扰，还有的物种会出现器官发育异常。此外，噪声还会改变部分动物的觅食、移动及避险行为。有时，噪声对不同物种造成的影响截然相反。例如，面对噪声干扰，有些物种会增加抚育投入时间，而另一些物种则会减少抚育行为。即便是同一个物种，个体的反应也存在差异。研究人员在西蓝鸲的鸟巢播放一小时交通噪声后，部分成鸟会疏于照料雏鸟；但长期栖息在持续嘈杂环境下的同类，噪声越大，亲鸟给幼鸟喂食的频次反而越高。

噪声污染还会制造“受益物种”与“受害物种”。以蝙蝠为例，蝙蝠捕猎需要聆听飞蛾等猎物微弱的动静。环境存在噪声时，蝙蝠要花费更长时间才能找到猎物，消耗体力增多、飞行距离增加，而捕获的猎物却变少了。“蝙蝠是明显的受害物种。”Kunc 说，而部分被捕食者却从中获益。受噪声影响，捕食者要多耗费 2.5 倍的精力，捕获猎物的数量却减少 1/4。

不过，噪声对被捕食者来说也不全是好处。比如，封闭掩体会放大船舶噪声，这迫使岸蟹、龙虾以及其他常通过掩体躲避天敌的海洋生物逃离至开阔水域，从而更易遭到捕食。荷兰莱顿大学的 Hans Slabbekoorn 表示，这恰恰体现了噪声影响的复杂性。

在部分情况下，噪声的影响足以致命。在受噪声侵扰的区域，物种种群数量下降约 40%，死亡率上升近 140%。“一声巨响可能直接造成动物死亡。”Chapuis 介绍，例如海洋地震勘探的气枪通过产生强声波来探测海底油气矿藏，但这会导致鱼鳔破裂。

研究团队希望新研究可以帮助制定或完善降低环境噪声水平的法规。Kunc 提出了一些降噪思路，比如推广电动汽车与电动船舶，同时在陆地与海洋划定零噪声区域。部分地区已经采取了相关保护措施。例如，美国国家公园管理局致力于保护“声景”，这一概念可以理解为听觉层面的自然景观；欧盟自 2008 年起出台相关水下噪声管控政策。



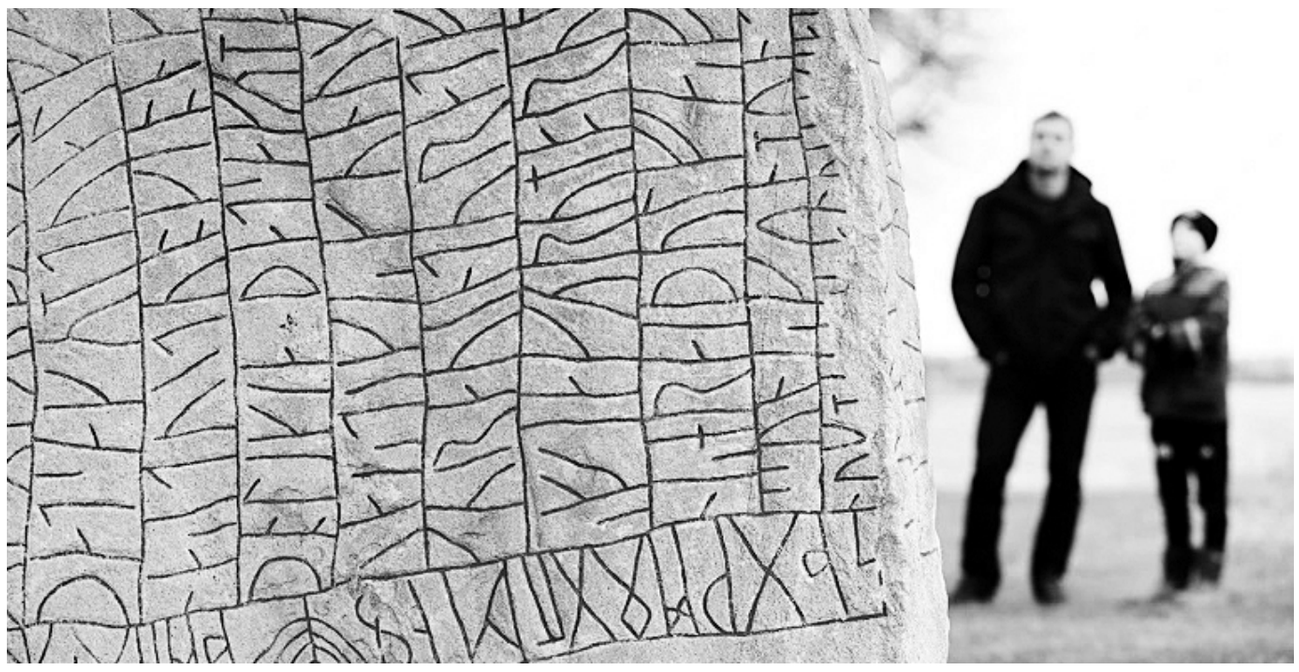
船舶航行的声音会在水下传播数公里，对海洋生物造成影响。

图片来源：Ore Huiying/Bloomberg

在 Kunc 看来，保护声景应当成为生物保护工作的核心一环。“最稳妥的对策就是尽最大可能减少噪声。”（王方）

相关论文信息：

https://doi.org/10.1126/science.adu9593



瑞典现存的一块刻有卢恩文的石碑。

图片来源：JEPPE GUSTAFSSON

■ 科学此刻 ■

语言的扩散写在古 DNA 里

全世界有超过 10 亿人使用英语、德语、荷兰语等日耳曼语，而包括威尔士语、爱尔兰语和盖尔语在内的凯尔特语只有两三百万使用者，且大多集中在欧洲北部。近日两项发表于《自然》的研究分析了 4700 多份古人类基因组，锁定了凯尔特语和日耳曼语可能的起源地，并识别出可能将这些语言传播到欧洲各地的人类迁徙，从而部分解释了它们今天的分布格局。

语言学和考古学证据显示，约 2500 年前，凯尔特语曾遍布欧洲，最远到今天的意大利、西班牙和法国。而大约 3000 年前，早期日耳曼语的使用者或许只限于德国北部、斯堪的纳维亚和波罗的海沿岸的一小块地区。

“我们想知道语言版图是如何随时间变化的。”两篇研究论文的作者、丹麦哥本哈根大学的群体遗传学家 Hugh McColl 说。

此前，语言学家已提出人类迁徙在日耳曼语和凯尔特语传播中起了一定的作用。但两篇研究论文的作者、荷兰莱顿大学的历史语言学家 Guus Kroonen 指出，语言传播还有别的路子，因为“人完全可以在基因不变的情况下改说一门新语言”。

McColl、Kroonen 等人通过古人群血统构成的转变来追踪迁徙。他们通过 700 多名新测序个体的基因组，以及约 4000 名史前人类的已发表数据，最终识别出一个神秘群体。他们可能来自波罗的海一带，在约 4000 年前迁入瑞典。这一血统在斯堪的纳维亚的出现及其随后在欧洲的扩散与既有的语言学理论和考古证据相吻合。“它就像追踪日耳曼语扩散的示踪剂。”Kroonen 说。比如约 3000 年前，这一血统出现在斯堪的纳维亚南部和德国北部，而当时的语言学证据表明该地区存在与其他语系的交流。约 1000 年后，该人群迁入欧洲中部、南部和西部，包括不列颠群岛，这也与这些语言传播的历史证据相符，例如约 2000 年前首次出现的日耳曼语铭文“卢恩文”。

日耳曼语扩散的研究还揭示了一次出人意料的“反向迁徙”：人们从今天的德国迁入斯堪的纳维亚，时间恰与古诺尔斯语（现代斯堪的纳维亚语言前身）的出现，以及维京人对该地区的影响相吻合。

在多数情况下，日耳曼语的扩张正发生在凯尔特语占主导地位的地区。McColl 说，对于凯尔特语起源于何处、何以传播如此之广，语言学界仍有争议，一些人主张大西洋起源说，这与今天凯尔特语使用者的分布范围大体重叠；其他模型则认为凯尔特语的起源地在更靠东的欧洲内陆。研究人员称，古基因组分析更支持后者。他们注意到一个源自中欧东部的人群迁徙轨迹，与约 2800 年前凯尔特语在欧洲的扩散情况大体一致。

德国马克斯·普朗克演化人类学研究所的语言学家 Paul Heggarty 对“一个此前不为人知的斯堪的纳维亚人群把日耳曼语带到欧洲其他地区”这一结论颇感兴趣。“这是一个很有价值、指向极其具体的推断，它把人群锁定得如此具体，做到了单靠语言学做不到的事。”

英国伦敦大学学院的生物考古学家 Tom Booth 认为，这两项研究很重要，因为它分析了大量史前人类基因组数据并识别出了迁徙模式。但 Booth 怀疑，这些迁徙未必对每个地区凯尔特语和日耳曼语的传播都至关重要。该研究带来的新问题比它回答的问题要多，需要开展更多研究。（侯慧静）

相关论文信息：*https://doi.org/10.1038/s41586-026-11198-9*

https://doi.org/10.1038/s41586-025-09064-1

科学家发现火星可能存在活火山的证据

本报讯 科学家发现了由岩浆产生的气体的证据，并将其与火星表面新发现的裂缝联系起来，指出火星可能存在火山活动。这一发现对寻找火星生命是个好消息，因为持续的热源能使微生物免受火星表面的严寒侵害。相关研究成果近日发表于《科学进展》。

此前，科学家发现火星在过去几百万年间存在火山活动的证据，记录到的地震活动也暗示其中一些火山可能仍然活跃，但此前从未发现熔岩流动或喷发的证据。

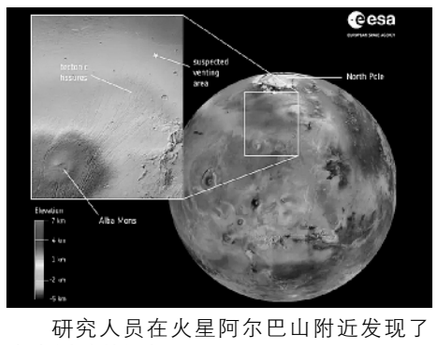
2019 年，欧洲空间局的火星“微量气体轨道器”在火星大气中探测到了氯化氢。这种气体在地球上通常与岩浆喷口相关，因此研究人员想知道火星上是否也存在类似关联。

为此，波兰科学院的 Daniel Mege 和同事分析了仅有的少量气体数据以及新拍摄的火星表面照片。他们成功将火星阿尔巴山地区近期出现的狭窄裂缝与氯化氢排放联系起来，为地下熔岩流的存在提供了有力证据。

为评估氯化氢是否来自这些裂缝，研究团队对测量时的风向进行了建模，但当时大气湍流剧烈，情况非常复杂。研究团队成员、瑞士伯尔尼大学的 Nicolas Thomas 说，除非把探测设备放到裂隙附近，实际探测到从地下逸出的气体，否则就无法获得确凿的证据。但他认为，上述发现表明火星表面探索值得继续推进。

“即使在赤道地区，火星的夜间温度也可能低至零下七八十摄氏度。那是一个非常严酷的环境。”Thomas 说，如果热源是稳定且持续存在的，这就为寻找生命提供了依据。

德国柏林自由大学的 Lena Noack 表示：“这无疑是一个非常有趣的发现。许多研究火星的科学家对此并不会感到意外，因为‘死亡火星’的图景与近来的许多研究结果并不相符。”（文乐乐）



研究人员在火星阿尔巴山附近发现了火山活动的证据。

图片来源：Mars Express & HRSC

相关论文信息：

https://doi.org/10.1126/sciadv.aeb9422

超强厄尔尼诺或使全球高温和极端天气进一步加剧

据新华社电 《联合国气候变化框架公约》第三十一次缔约方大会开幕之际，世界气象组织 11 月 9 日发布报告指出，2026 年，全球气温异常偏高、冰川融化及海平面上升的长期态势仍在持续。超强厄尔尼诺预计将进一步加剧高温与极端天气，其影响将持续至 2027 年。

报告显示，今年 1 月至 9 月，全球平均地表温度比工业化前平均水平高出约 1.47 摄氏度。受厄尔尼诺增暖效应影响，这一数值在年底前很可能继续上升。2026 年将成为有记录以来最暖的 4 个年份之一。

海平面与海洋热含量均创历史新高。海平面处于历史最高位，2026 年期间海表温度屡破月度纪录。由于温室气体截留了空前规模的热量，打破了太阳入射能量与射出能量之间的平衡，这种失衡达到有监测记录以来最高值。海洋吸收了 90%的多余热量，2026 年预计将连续第十年创下海洋温度纪录。

冰川长期退缩态势仍在延续，2025 年冰川年质量损失相当于全年每秒灌满 5 个奥林匹克标准游泳池。自 2014 年以来，陆地淡水储量持续减少。

报告指出，厄尔尼诺事件自 8 月以来持续增强，预计将在 12 月达到有记录以来最强水平。厄尔尼诺加剧高温并放大多重风险。极端事件影响民众生活，破坏粮食安全，加剧贫困，并导致多个区域出现流离失所现象。

据初步估计，今夏的热浪、干旱和野火导致欧洲“超额死亡人数”超 3 万人，至少 8 个欧洲国家创下国家温度纪录，并对农业、能源和交通造成重大影响。

联合国秘书长古特雷斯在当天发布的新闻公报中表示，气候纪录接连告破，人类付出的代价不断攀升。他敦促领导人们拿出切实行动，加快减排步伐，尽快推进摆脱化石燃料的公正转型，向脆弱国家提供所需的资金和保护。

报告还强调了气候预报系统的重要性。报告显示，拥有多灾种早期预警系统的国家数量已从 2015 年的 56 个增加到 2025 年的 136 个。（王露 张晓茹）

AI 辅助设计禽流感疫苗动物实验获进展

据新华社电 英国剑桥大学日前发布公报说，该校团队借助人工智能（AI）设计的一种新型广谱禽流感疫苗，在动物实验中对多种禽流感病毒变异株展现出防护效力。

这款候选疫苗由剑桥大学与其衍生企业共同研发。研究人员收集全球监测项目记录的禽流感病毒基因序列数据，利用 AI 工具整合分析，设计出一系列包含这类病毒共同抗原特征的“超级抗原”。抗原是疫苗中能够触发机体免疫反应的成分。团队经细胞测试筛选后，将选定抗原用于疫苗并开展动物实验。

实验显示，接种新疫苗的小鼠和雪貂在受到多种遗传特征不同的禽流感病毒变异株攻击后全部存活，而对照组接种现有禽流感疫苗的动物仅约半数存活。受试病毒变异株均曾引起人类感染，具有潜在大流行风险。

研究负责人、剑桥大学教授乔纳森·希尼表示，新疫苗旨在针对多种禽流感病毒变异株提供广谱保护，应对病毒演化带来的挑战。利用 AI 工具可大幅加快疫苗设计流程。

公报说，现有禽流感疫苗主要针对已出现的特定毒株，随着病毒变异需要不断更新。研究人员希望新技术有助于提前应对新发病毒威胁。团队下一步计划开展这款禽流感疫苗的人体临床试验。

相关成果已发表于美国《细胞报告－医学》杂志。（张家伟）