



扫二维码 看科学报



扫二维码 看科学网

主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

总第 8473 期 2024 年 3 月 25 日 星期一 今日 4 版

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

科学网 www.sciencenet.cn

他们携手揭开“守护女神”神秘面纱

■本报记者 李思辉 实习生 李佳彦

“Gabija(加比娅)”在立陶宛神话中意为灶火女神,是家庭的守护女神。

在自然界中,以 Gabija 守护女神命名的一种免疫系统在原核生物中广泛存在,一直蒙着一层神秘面纱,人类迟迟未能见其真容。

近日,武汉大学教授王隆飞团队与华中科技大学教授朱斌团队联手,以“加速预览”的形式在《自然》发表了合作研究论文,通过解析 Gabija 系统的结构,在分子层面完整揭示了 Gabija 系统的抗噬菌体工作机制。

根据惯例,对于具有影响力的重要研究成果,《自然》会在排版之前,以“加速预览”的方式先行在线发布论文,以便读者能尽快了解相关研究成果。

“在我们的研究之前,没有人知道它是如何工作的。我们使用冷冻电镜等技术,解析了它在不同状态下的结构,终于破解了有关 Gabija 系统的谜团。”王隆飞告诉《中国科学报》。

“守护女神”的“剪刀”

Gabija 免疫系统是自然界已知丰度排名第三的原核生物免疫系统。它在原核生物中广泛存在——存在于大约 15% 的细菌和古菌基因组中。

专家介绍,免疫系统一般都很复杂,但是 Gabija 很简单。它仅由 GajA 和 GajB 两个基因组成,却可以高效免疫各类烈性噬菌体的侵袭,是自然界最广泛且高效的免疫系统之一。

2018 年,以色列学者 Rotem Sorek 等人在《科学》发表了一篇生物信息学论文,分析发现了上千种潜在原核生物免疫系统,其中就包括 Gabija 系统。但在 Rotem Sorek 团队的文章中,Gabija 元件的生物学功能、抗病毒机制等都没有得到揭示。

“我们就想知道,它是如何杀死病毒的。”朱斌带领博士后成锐从 2018 年开始做这方面的研究。到 2021 年,GajA 的工作机制首次被该团队发现并验证。此后,又经过两年多的努力,他们使 GajB 的工作机制浮出了水面。

Gabija 像剪刀一样,切割病毒的 DNA(脱氧核糖核酸),但这把“剪刀”的工作机制与此前发现的其他“剪刀”不同。“病毒进入细菌之后,会自动复制自己的基因组并转录 RNA(核糖核酸),快速消耗代谢物 NTP(核苷三磷酸),GajA 感知到 NTP 的变化后,便开始运用“剪刀”把病毒杀死。而 GajA 切割下来的 DNA 末端,可以继续刺激 GajB,反过来把 NTP 水平降低。两者效

果互补,形成了正反馈的作用机制。”朱斌告诉《中国科学报》。

发现“新东西”的苦乐

揭开“守护女神”面纱的过程,也是不断迎接挑战、不断攀登的过程。2018 年,研究团队通过计算机分析的方法对 Gabija 系统的功能及工作机制进行了预测。然而,通过研究,团队发现这两个酶的活性不同于预测结果,是前所未有的。“这个研究是全新的,没有人做过,我们相当于从零开始。”朱斌说。

2021 年朱斌课题组揭示 Gabija 防御系统的核心酶功能后,Gabija 免疫机制受到国际上相关领域科学家的高度关注。在武汉大学与华中科技大学联合团队开展更进一步的探索的同时,国际上已有 4 个团队在做类似的研究,并且都开始向《自然》投稿。“他们的论文评审进度比我们快,这让我们的工作节奏更紧张了。”朱斌说。这种紧张不难理解:一般情况下,同样主题的文章《自然》只会接收一篇,因此竞争非常激烈。

美国哈佛大学的一个权威团队在 2023 年 4 月中旬向《自然》投稿。“我们比他们晚了两个月,是 6 月中旬投出去的。”王隆飞说,两个团队相当于“背靠背”地进行了投稿工作。

“第一次修改意见是 2023 年 7 月收到的,审稿人对我们提出了很高的修改要求。”王隆飞回忆道。审稿人认为,团队提供的 DNA 被激活的构象分辨率太低,存在一些数据不完善的情况。然而,Gabija 和 DNA 结合的结构极难被捕捉到,而返修时间仅有 4 个月。

“虽然冷冻电镜技术非常强大,但更重要的是处理样品的生化技术水平。”王隆飞告诉《中国科学报》,样品的质量是成败的关键。“对我们来说,样品就像一个小朋友,有自己的喜好,就像有人喜欢待在空调房,有人喜欢待在炎热的室外,你得摸清它的喜好,才能让样品保持稳定。”

课题组成员夜以继日地进行不同的尝试,几十次的试验失败让他们倍感沮丧。论文第一作者、博士生李静在返修阶段因为压力太大,生了两次病。但只要一康复,她就即刻返岗,继续攻关。

转眼到了 2023 年 10 月,越来越接近提交返修结果的最后期限。一天晚上,“守护女神”终于向他们伸出了希望之手。那是晚上 10 点,又一轮实验结果出来了。由于此前多次失败,王隆

飞对那次实验并未抱太大希望。晚上,做最后一个三维重构的时候,他意外地发现里面有 DNA。

这意味着他们终于搞定了。第二天王隆飞再三计算确认后,才把这个喜讯告诉了团队其他成员,大家都很高兴。

经历了困难和煎熬,武汉进入秋天,他们也迎来了久违的果实。“在《自然》系列期刊的 4 篇文章里,只有我们做出了含有 DNA 或 ATP(三磷酸腺苷)的复合物结构。基于这些结构我们提出了 Gabija 系统的工作机制。”王隆飞告诉《中国科学报》。

“对我来说,最快乐的就是看到新东西的那一刻。”朱斌表示,在揭开未知事物真相的激动与喜悦面前,研究过程中的痛苦微不足道。

从哈佛到武汉的合作

此次武汉大学与华中科技大学两支团队的合作始于一段长达 10 多年的友谊。

那时,王隆飞和朱斌都在哈佛大学医学院生化和药理学系从事博士后研究。在红叶簌簌落下的季节,王隆飞到朱斌工作的实验室借实验材料。交流中,他们发现大家都是中国学者,而且彼此志同道合、兴趣互补。自此,两人开展了多项合作。

朱斌较早回国。因为妻子是湖北人,他自己又对生物技术感兴趣,所以回国后进入了华中科技大学。

多年后,王隆飞也准备回国,具体到哪座城市,他有很多选择。武汉大学积极邀约,双方也达成了初步意向。电话里,朱斌也建议老搭档来武汉,这样又可以一起做研究。最终,王隆飞如约来到武汉,进入武汉大学工作。2021 年,王隆飞到武汉的第二天,立刻与朱斌会面。他们一见面就商量着继续合作,利用双方优势发现新东西。

在好奇心和个性的驱使下,朱斌喜欢做冷门研究,挖掘自然界里“稀奇古怪的东西”。独立开展研究以来,他专注于生物化学和酶学研究,发现了很多种新颖、奇特的核酸酶功能;而王隆飞则恰恰相反,他研究的结构免疫学一直以来都是热门领域,在国际上关注度更高。他在研究上擅长揭示复杂生物系统的详细分子机制。在哈佛大学时,他们就开始了密切而默契的合作。此前,他们曾一起发现了海底火山病毒中一种独特的 DNA 聚合酶。(下转第 2 版)

中国科学院院士汪品先：“做科学不到一线去,这个习惯非常坏”

■本报记者 刘如楠 丁典 见习记者 戚金葆

近日,迈入 88 岁门槛的海洋地质学家、中国科学院院士汪品先决定告别在线视频弹幕网站——哔哩哔哩(B 站)。“天下没有不散的筵席,我珍惜跟成千上万年轻人的友谊,我忘不了大家的热情。”

170 多万粉丝,动辄几十万、上百万的播放量,刷屏屏幕的叫好喝彩……汪品先说放弃就放弃了。

“我希望在最精彩的时候停下来,这是我的人生哲学。”汪品先在接受《中国科学报》采访时说。

此前,汪品先在 82 岁的时候曾乘坐“深海勇士”号在南海 3 次下潜。对此,他对《中国科学报》表示,“我想批评现在那些不到一线去的科学家。”“做科学不到一线去,这个习惯非常坏。”

告别 B 站,回归科学

《中国科学报》:您入驻 B 站出镜做科普已经两年多了,平时会看大家发的弹幕和评论吗?对哪条内容印象最深?

汪品先:我看得非常少,难得去扫一眼。有几次,看到大片大片的“爷爷”“爷爷好”的弹幕,确实让我很感动。作为教师,得到的最大回报就是学生的成长和反应。

《中国科学报》:您告别 B 站后,接下来有什么计划?

汪品先:我有“更重要”的事”做。几十年来,我把深海科学做起来了,但逐渐发现,不与整个地球科学结合起来,就是自娱自乐。

随着现代科学的发展,学科划分越来越细,我们需要把它们综合起来。特别是深海和陆地,地球是一个整体,牵一发而动全身,当把深海研究加进去,整个地球科学都要重新考虑。因此,接下来的两年,我希望推动深海研究与整个地球科学研究的结合。

《中国科学报》:前几年,您曾说 85 岁之后要在科学上刹闸,似乎没刹住?

汪品先:前几年我的重心放在了科学与文化上,2021 年在同济大学给学生开了公选课《科学与文化》,后来出版社将课程录音整理成书出版。

之所以开这门课,是因为我在活了那么多年后,感觉到科学创新问题的根源在文化上,我们的传统文化中有不利于科学创新的部分。

后来就想写两本书,一本是从文化角度看科学,另一本是从科学角度看文化。前者是 2022 年出版的《科坛趣话》,而后者很难写下来。原因之一是我的文化功底、古文功底不够,对于西方文化了解得少。如果我活得更久,我希望再去写这件事。

于是,我重新计划,假如我活到 90 岁,这 5 年干什么事。前两年已经过去了,做的是科学



汪品先乘坐“深海勇士”号下潜。受访者供图

与文化和科普工作,接下来的两年我会回到科学上去。

“唯独在时间上我很小气”

《中国科学报》:您的时间规划一直都是如此清晰吗?

汪品先:现在我早上 7:30 到办公室,晚上 9:30 回去,一周 7 天。几年前生了场病,现在回得比较早了,之前都到晚上 12 点多才回家。

什么我都可以很慷慨,钱我也不在乎,但唯独在时间上我很小气,因为我没空。

《中国科学报》:您这么大年龄了,为什么还要这么拼?

汪品先:现在条件这么好,大家都对我很好,为什么不多做一点事情?我现在才知道,年轻时有很多做法是不对的,老了才知道怎么做是对的。

《中国科学报》:您似乎并不在意年龄,怪不得大家都叫您“老顽童”。您 82 岁的时候还乘坐“深海勇士”号在南海 3 次下潜,这令人惊叹。当时,您为什么坚持下潜?

汪品先:原因很简单,我研究深海却没见过深海,多难受。“蛟龙”号下潜的时候我就非常想去,但没去成。到“深海勇士”号,我有了机会。

还有一个原因,我想批评现在那些不到一线去的科学家。我牵头“南海深部计划”时,有些人获得了几百万元甚至上千万元的经费,四五十岁,年纪轻轻,当了教授就不出海了。

早年间胡适就曾批评我们的士大夫都是宽衣大袖,不动手了。做科学不到一线去,这个习惯非常坏。

我也懂得,批评人家 100 次,不如我自己做一次。之后别人再说“身体不好”什么的,我就说“你瞧着办”。所以我也是一股劲儿,真正下去了,一点困难也没有。后来船长跟我说,“下次去马里亚纳海沟你再回来!”

(下转第 2 版)

研究揭示黑洞喷流“刺破”宇宙苍穹的奥秘

本报(见习记者江庆龄)由复旦大学教授袁峰带领的国际团队,以 M87 星系中心超大质量黑洞的喷流为研究对象,对目前主要的两种黑洞喷流模型的正确性进行研究。相关研究成果近日发表于《科学进展》。

由于超强的引力,在黑洞半径内连光都无法逃脱它的引力束缚。然而,早在 1918 年,就有天文学家通过观测发现,在黑洞半径之外距离很近的地方,黑洞能以接近光速的速度向外喷射出包含物质和能量的强大外流——喷流。

神秘的喷流是如何形成的?这个问题已有 100 余年的研究历史。目前该研究领域主要有两个模型,一个是从过大尺度磁场提取黑洞的转动能,即“提取黑洞转动能”模型;第二个模型也需要大尺度磁场,但磁场提取的是吸积盘的转动能,即“提取吸积盘转动能”模型。

“这两个模型都没有涉及一个非常关键的问题,即模型预言的喷流能否与对喷流的状态、宽度、速度场、偏振等的观测结果一致。”袁峰介绍。

此前,袁峰曾在中国科学院上海天文台工作多年。为了解答这个问题,袁峰领导的国际团队利用上海超算中心和上海交通大学李政道研究所的超级计算机进行计算,通过严格的定量计算得到预言的喷流观测结果,并与喷流的观测数据对比,发现是黑洞喷流中的“磁重联”导致了喷流中产生辐射的高能电子的加速。而磁重联是由黑洞吸积盘中产生的“磁爆发”引起的。该爆发能够对磁场产生强扰动,从而引起喷流中的磁重联现象。

研究团队还发现,“提取黑洞转动能”模型预言的喷流形态与实际观测到的喷流形态相吻合。此外,喷流的“边缘变亮”、宽度、长度、速度场等也与观测结果相一致。

袁峰表示,“这项工作为黑洞喷流的观测数据与动力学模型搭建了一座联系的桥梁,可以帮助天文学家更好地利用望远镜观测数据探知喷流的物理本质。”

相关论文信息:
<http://doi.org/10.1126/sciadv.adn3544>

最高流强! 中国超重元素研究加速器装置刷新纪录

本报(见习记者叶满山)近日,由中国科学院近代物理研究所研制的中国超重元素研究加速器装置(CAFE2)取得重要进展,成功实现了 14.8 粒子微安流强、224 兆电子伏能量的束流在靶稳定运行,创造了国际同类装置运行束流参数的最高流强纪录。来自兰州大学、中国原子能科学研究院、中国科学院高能物理研究所等单位的专家对 CAFE2 进行了现场测试。

超重元素合成研究一直是科学界的热点,目前科学家总共发现了 118 种元素。在过去的几十年中,美国、日本、德国、俄罗斯等国家成功合成了十多个新元素和数百个新核素。俄罗斯和日本还研制了用于超重元素研究的专用加速器装置,最高流强 10.4 粒子微安。

CAFE2 于 2022 年建成出束,装置运行时间已超过 1 万小时。截至目前,中国科学院近代物理研究所成功合成了 38 种新核素,研究成果多次在《物理评论快报》发表。

相关专家表示,CAFE2 为超重新元素合成研究积累了宝贵的数据和经验,而 14.8 粒子微安流强的成功运行更为冲击合成 119 号、120 号新元素提供了良好的实验条件,为中国科学家率先合成元素周期表第八周期新元素、实现元素命名零的突破带来了更大的可能性。



中国超重元素研究加速器装置(CAFE2)。

中国科学院近代物理研究所供图

我国网民规模达 10.92 亿人

本报(记者胡璇子)近日,中国互联网络信息中心(CNNIC)在北京发布第 53 次《中国互联网络发展状况统计报告》(以下简称《报告》)。《报告》显示,截至 2023 年 12 月,我国网民规模达 10.92 亿人,较 2022 年 12 月新增网民 2480 万人,互联网普及率达 77.5%。

《报告》指出,2023 年,我国持续发挥新一代信息技术的引领作用,推动我国高质量发展迈出新步伐。一是网络基础资源不断优化。截至 2023 年 12 月,IPv6 地址数量为 68042 块/32;国家顶级域名“.CN”数量为 2013 万个;互联网宽带接入端口数量达 11.36 亿个。二是物联网发展提质增效。截至 2023 年 12 月,累计建

成 5G 基站 337.7 万个,覆盖所有地级市城区、县城城区;发展蜂窝物联网终端用户 23.32 亿户,较 2022 年 12 月净增 4.88 亿户,占移动网络终端连接数的比例达 57.5%。三是移动通信网络高质量发展。由 5G 和千兆光网组成的“双千兆”网络,全面带动智能制造、智慧城市等领域创新发展。

2023 年,我国持续加快信息化服务普及,使更多人共享互联网发展成果。一是城乡上网差距进一步缩小。截至 2023 年 12 月,农村地区互联网普及率为 66.5%,较 2022 年 12 月提升 4.6 个百分点。二是群体间数字鸿沟持续弥合。我国对老年人、残疾人乐享数字生活的保障力度显

著增强。2577 家老年人、残疾人常用网站和 App 完成适老化及无障碍改造,超过 1.4 亿台智能手机、智能电视完成适老化升级改造。三是公共服务类应用加速覆盖。数字技术的发展使公共服务更加便捷与包容,智慧出行、智慧医疗等持续发展。网约车、互联网医疗用户规模增长明显,较 2022 年 12 月分别增长 9057 万人、5139 万人,增长率分别为 20.7%、14.2%。

据悉,自 1997 年起,CNNIC 组织开展中国互联网络发展状况统计调查,形成了每年年初和中定期发布报告的惯例,成为我国政府部门、国内外行业机构、专家学者等了解中国互联网发展状况的重要参考。

保护亚洲河流亟须数据共享



本报 由联合国教科文组织等倡议成立的国际山地综合开发中心(ICIMOD)和澳大利亚水伙伴组织(AWP),近日发布一系列新报告指出,印度河、恒河和雅鲁藏布江这 3 条主要河流正面临气候变化带来的“巨大且日益增长”的风险,而它们支撑着关键的生态系统和近 10 亿人口。如果亚洲国家想应对上述风险,就要扩大科学合作并做到数据共享。

据《科学》报道,上述 3 条河流都发源于喜马拉雅—喜馬拉雅地区崎岖、冰冻的山脉,而气候变暖加速了该地区冰川的融化,并改变了降水模式。报告作者表示,这些变化,加上人口增长及对水资源需求的增加,给 3 条河流沿岸的阿富汗、尼泊尔、巴基斯坦等国家带来了影响,比如农民可能面临长期缺水的问题,而有些地区则可能面临洪水威胁。

报告指出,尽管这些国家有一系列旨在合作管理河流的协议,但并未充分共享水文、环境和社会经济数据。比如,雅鲁藏布江流域的



气候变化给恒河带来的威胁越来越大。图片来源:HOLGER LEUE/GETTY IMAGES

气候监测不足。关于恒河的报告也指出,各国政府倾向于保留有关水资源及其使用的数据等,不予共享,这限制了彼此间的合作。

报告指出,语言障碍也会带来问题,导致许多已发表的研究数据难以共用。为此,各国可以通过更好地利用现有协议和机构来克服一些障碍,以加强沿岸国家政府和科学机构之间的联系,“迫切需要为区域合作对话找到共同点”。(徐锐)