

高鸿钧：未来十年力争跻身世界数学和物理强国

■本报记者 温才妃



“学好数理化，走遍天下都不怕。”上世纪一句响亮的口号影响了几代人，也将公众对数理化的重视提升到了相当高的程度。数学作为科学研究与工程技术的基础语言与工具，物理作为现代科技的基石，无论是对于培养个人逻辑思维能力，还是对于推进国家产业发展与经济建设，均具有重要影响。

当下，我国正致力于建设科技强国、实现中国式现代化。很多人都在关注：与国际水平相比，我国在数理领域的研究处于何种位置？未来10年，我国数理领域的学科发展重点有哪些？在提升公民科学素养方面，数理领域的领军人物又有哪些作为？

肩负着国人的期待，中国科学院数学物理学部以高水平学术活动为载体，持续加强对数理相关学科发展和前沿领域的研判。过去、现在、将来，他们已交出或将交出怎样的答卷？为此《中国科学报》专访了中国科学院数学物理学部常委会主任高鸿钧。

《中国科学报》：过去5到10年间，数学和物理领域最大的突破分别体现在哪里？目前，我国研究处于怎样的水平？

高鸿钧：近10年来，国际数学领域的突破主要集中在数论、几何、人工智能(AI)交叉等领域。例如，完成了几何朗兰兹猜想的完整证明，揭示了数论、几何、表示论和数学物理之间的深刻联系；开辟了AI与数学家协同研究的新范式，如通过AI辅助发现了纽结的几何特征和代数特征之间存在直接的关联等。

我国在基础数学理论创新与应用数学解决国家重大需求等方面也取得了不错的成绩。

国际物理领域的突破主要集中在量子科技、粒子物理、核聚变等领域，我国在量子通信、中微子物理、可控核聚变等方向已形成显著优势。

例如，在量子通信与量子计算方面，我国的量子通信处于国际领先地位，并且只有我国和美国全面布局了量子计算的主要实现方案；在凝聚态物理与超导材料方面，我国在铁基超导、镍基超导和笼目结构材料上取得一系列重要突破；在天体物理方面，“中国天眼”在脉冲星探测上不断有新发现。

与国际一流水平相比，虽然我国数学学科高水平国际期刊论文数量和被引用次数均居全

球首位，物理学论文文贡献度也仅次于美国，但在数学和物理领域，重大原创理论创新不足的问题依然比较突出，获得国际公认的重大奖项不多，未来仍需持续加大基础研究投入和顶尖创新人才培养力度。

《中国科学报》：数理学部长期关注学科发展战略研究，产出了哪些成果？

高鸿钧：数理学部持续组织开展学科及前沿领域发展战略研究，进一步加强顶层设计，系统谋划布局，以高水平学术活动为载体，不断加强对数理相关学科发展和前沿领域的研判。

3年来，数理学部院士完成了多个常委会自主部署、国家自然科学基金委员会与中国科学院联合部署的学科及前沿领域发展战略研究(2021—2035)项目。包括中国科学院院士孙昌璞承担的“物理学发展战略研究”、中国科学院院士景益鹏承担的“天文学发展战略研究”、中国科学院院士袁亚湘承担的“人工智能的基础研究发展战略研究”、中国科学院院士陈仙辉承担的“量子物质与应用发展战略研究”、中国科学院院士赵政国承担的“中国基于加速器的粒子物理发展战略研究”、中国科学院院士潘建伟承担的“新兴量子技术与前沿科学交叉战略研究”等项目。

数理学部围绕国家战略和经济社会发展需求，对相关学科前沿领域、交叉方向、战略需求等开展研判，推动部署了与国家自然科学基金委员会联合开展的前沿交叉研判项目。包括中国科学院院士张杰承担的“极端物态——新兴前沿交叉学科研判研究”、中国科学院院士袁亚湘承担的“基于数学软件的前沿交叉研判研究”、中国科学院院士武向平承担的“宇宙多信使探测与致密天体物理交叉融合战略研究”、中国科学院院士龚新高承担的“人工智能驱动下计算物理发展的战略研究”、中国科学院院士田野承担的“数论与几何拓扑交叉与展望”项目。

此外，我们还自主部署了若干其他项目，包括中国科学院院士王小云承担的“后量子密码技术”、中国科学院院士蔡荣根承担的“理论物理前沿与挑战”等。

《中国科学报》：未来10年，数理领域学科发展重点有哪些？我国将面临着怎样的机遇和挑战？

高鸿钧：未来10年，国际数学领域的发展重点将围绕基础理论突破、交叉学科融合、计算与人工智能驱动等展开，可能的发展方向包括基础数学的深层次突破，如数论与代数几何、几何与拓扑、分析学；数学与智能、数据科学的深度融合，如机器学习理论、概率与统计、智能数学；数学与交叉学科，如量子数学、生物数

学、医学数学。

国际物理领域的发展重点将围绕基础理论突破、量子科技、空间科学、极端条件物理、人工智能融合等展开，可能的发展方向包括量子科学与技术，如量子多体理论、量子计算、量子关联与测量；高能物理与粒子物理，如希格斯粒子研究、中微子物理；空间科学与宇宙探索，如引力波探测、深空探测、系外行星与地外生命；极端条件物理，如深地深海深空研究、超高压极低温超快时间实验。

对我国而言，目前在原创性理论突破、评价机制与科研环境、学科发展均衡性等方面面临一系列挑战。但我相信，只要在基础理论、教育创新和国际合作上不断取得突破，未来10年我国一定能够跻身世界数学和物理强国，为建成科技强国奠定更坚实的基础。

《中国科学报》：将学术研判咨询与人才队伍建设相结合的新做法，取得了哪些成效？

高鸿钧：数理学部着眼新形势和新任务，基于自身学科领域特点，强调将学术研判咨询与人才队伍建设相结合，更好发挥学部开放性学术交流平台的作用。例如，每年由每位主任或副主任结合所在领域进行研讨，向常委会提出1个论坛选题建议。

通过这种方式，近年来先后部署了5个论坛，分别是中国科学院院士田刚、席南华、张伟平为召集人的“数学前沿与展望”论坛，中国科学院院士邓小刚、陈志明、阮勇斌为召集人的“面向CAE的几何造型数学理论与技术发展”论坛，中国科学院院士武向平、景益鹏、蔡荣根为召集人的“未来宇宙学：新物理与新机遇”论坛，中国科学院院士马余刚、邹冰松、赵政国为召集人的“核物理与强子物理”论坛，中国科学院院士潘建伟、向涛、陈仙辉为召集人的“量子物质与量子技术”论坛。

《中国科学报》：在智库建设方面，数理学部是怎样将学科特色与国家需求紧密结合的？

高鸿钧：数理学部在工作中紧密结合国家战略需求，进一步加强顶层设计，系统谋划和部署战略性、前瞻性和储备性项目，全面推进国家高水平科技智库建设。

(下转第2版)



人形机器人挑战最长猫道

本报讯(记者李思辉)6月8日,“中国人形机器人挑战全球最长猫道”活动在中交二航局承建的湖北燕矶长江大桥举行。人形机器人在横跨长江的猫道上冒着风雨阔步前行,机器狗跨越障碍健步前行。

参加本次挑战的主角是一款控制算法经过改进的国产人形机器人。在通过猫道的过程中,它不仅步伐稳健,还不时做出挥手致意、飞吻等动作。

猫道是悬索桥施工时架设在主缆之下、平行于主缆的线形临时施工便道。据悉,为满足燕矶长江大桥上部结构的施工需要,全桥共建设了4条猫道,单条猫道宽3.45米、长约3公里,总长12公里,是世界上最长的猫道。



中交二航局供图

全球首个抗甲流 PB2 新药获批上市

本报讯(记者朱汉斌)6月10日,记者从广州国家实验室举办的成果发布会上获悉,抗甲型流感1类新药昂拉地韦已于5月20日获国家药监局批准上市。该药物是全球首款靶向甲型流感病毒RNA聚合酶PB2亚基的创新药。

中国工程院院士、广州国家实验室主任钟南山表示,昂拉地韦成为全球首个靶向PB2亚基的抗甲型流感药物,其贡献不仅体现在药物疗效与安全性的突破,更在于为全球流感防控提供了中国方案,彰显了我国创新药研发从“跟跑”到“领跑”的跨越。

流感是全球公共卫生领域面临的一项巨大

挑战,流感药物在我国目前仍以进口和仿制为主。由此,钟南山在广东省科技厅等研发专项的基础上,联合广州医科大学附属第一医院、国家呼吸医学中心等单位,整合多学科资源,完成了昂拉地韦I期、II期、III期临床试验。

记者了解到,昂拉地韦所使用的“抢帽”(抢抓宿主细胞的mRNA帽子)机制与玛巴洛沙韦的“酶切”(切断宿主mRNA)机制不同,此前国外机构曾尝试利用“抢帽”机制研发药物,但临床研究未获成功。作为全球首款靶向PB2亚基的创新药,昂拉地韦为耐药病毒提供了全新靶点,是具有国际水平的中国1类创新药。

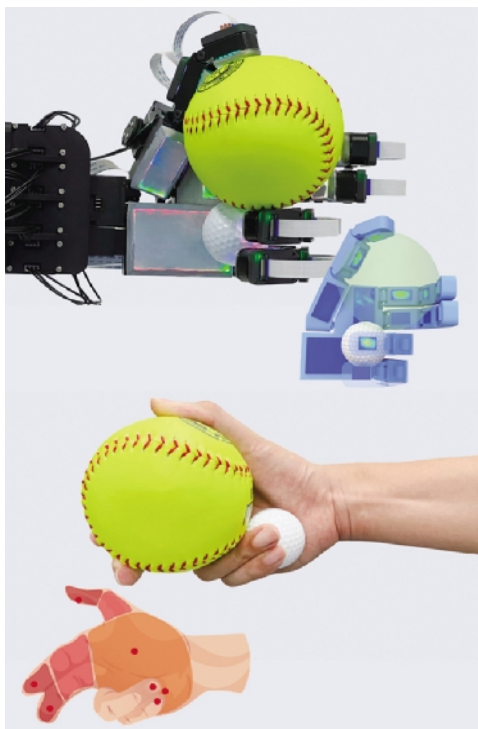
让机器人拥有类人“灵巧手”

■本报记者 赵广立 见习记者 赵宇彤

为了让机器人拥有无需人为操纵且像人手一样具有灵活操作能力的手,北京大学人工智能研究院助理教授朱毅鑫潜心研究了3年多。现在,该研究成果终于亮相了。

6月9日,朱毅鑫团队与北京大学武汉人工智能研究院等国内外科研团队合作研究的成果“高分辨率触觉感知机器人实现类人适应性抓取”在线发表于《自然-机器人智能》。审稿人评价称:“这一成果对机器人和整个人机交互领域都有重要贡献。”

“机械手能像人手一样在不确定环境中保持高效灵活的操作能力,这对机器人在家庭、医疗和工业环境中的应用至关重要。”朱毅鑫在接受《中国科学报》采访时说。



全触手与人手比较。受访者供图

既有运动能力又有触觉

如果给手指涂上阻断触觉的麻药,你会发现,连拿起水杯这样简单的操作都变得异常困难。

“日常手部动作之所以感觉很简单,是因为其强烈依赖触觉。”朱毅鑫告诉记者,人的手部结构复杂,功能极为精密,27块骨骼和34块肌肉赋予了每只手24个自由度的灵活性,“因此,对人类手部功能的研究是具身智能与机器人学科的前沿”。

在抓取物体时,人手会发挥“触觉反馈”和“运动功能”两大能力:触觉反馈包含通过肌肉、肌腱和关节感知力量的运动觉,以及通过皮肤感知接触状态、纹理、温度、摩擦力等物理特性的皮肤触觉;而运动功能则蕴含着与关节角度、位置及其运动之间关系的运动学,以及实现精准运动控制的动力学。

既然手部触觉如此重要,为何不能让机械手既有运动能力又有触觉?

他们不是第一个想到这些的团队。但在以往研究中,触觉反馈与运动能力的整合一直是机器人研究领域面临的重大挑战。

首先,触觉传感器的引入会对机器人的运动灵活性造成显著影响;其次,即便机械手获得了具备高分辨率触觉感知能力,如何高效处理大量触觉数据,并以此驱动每个关节协同运动,使其在高自由度空间像人手一样完成抓取等任务,同样是个“拦路虎”。

这也正是朱毅鑫团队“秀操作”的部分。朱毅鑫告诉《中国科学报》,受人类手部生物结构的启发,他们设计开发了“基于全手触觉的机器人仿生手”(F-TAC Hand,以下简称全触手),其过人之处在于可通过传感器与结构一体化设计突破上述瓶颈。

全触手有哪些精巧设计?

简要说来,人类手部触觉系统由两个关键要素组成——遍布皮肤的密集触觉传感器阵列和大脑皮层中专门处理和解释这些海量感知输入的神经处理机制。

“全触手正是模拟了这种设计。”论文第一作者、北京大学人工智能研究院博士生赵稀杭介绍说,他们将17个高分辨率触觉传感器以6种不同配置集成在一起,并将其覆盖在五指机械手除“关节”外所有区域,让全触手拥有了能感知物体

10次加热－冷却后 这款生物基热熔胶黏性依旧

本报讯(记者温才妃 通讯员杨金融)北京林业大学材料科学与技术学院教授彭锋团队以工业副产物结晶木聚糖为原料,开发出一种高性能、可重复使用的生物基热熔胶。近日,相关研究成果发表于《自然-可持续性》。

文具、家电、电子产品、医疗制品……胶黏剂在工业生产、日常生活中无处不在。然而,传统的由化石原料制备的胶黏剂对人体健康、环境造成了显著危害。木聚糖类半纤维素是仅次于纤维素的第二大可再生碳水化合物资源,但在制浆造纸工业、生物乙醇工业的生产过程中,大部分半纤维素在预处理后被降解或溶出,未能得到有效利用。

彭锋团队通过氧化还原反应,对工业副产物结晶木聚糖进行分子重构,开发出一种高性能、可重复使用的生物基热熔胶。在不同加热条件下,包括使用吹风机进行简易加热或在100℃下加热5分钟,该胶黏剂均可实现有效

固化。

团队发现,胶黏剂在木材基底间的粘接强度约31兆帕,其力学性能不仅优于传统石油基商用环氧树脂和乙烯-醋酸乙烯共聚物热熔胶,也显著优于目前已报道的以多糖、蛋白质和多酚等生物质为原料制备的各类生物基胶黏剂。

彭锋表示,更为突出的是,木聚糖热熔胶展现出优异的可重复使用性能:在经历10次加热－冷却固化循环后,其粘接强度仍可保持在初始值的100%以上。这一特性显著区别于大多数现有生物物质基胶黏剂,后者通常不具备可循环使用能力,从而限制了其在实际应用中的可持续性。

该研究不仅为新型生物物质基胶黏剂的设计提供了创新思路,也为半纤维素的高值化利用提供了新思路和新技术。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41893-025-01579-9>

科学家实现真多体非经典量子测量

本报讯(记者王敏)中国科学技术大学郭光灿院士团队的项国勇、侯志博研究组与复旦大学朱黄俊研究组合作,首次在理论上将真多体非经典性从量子态扩展到量子测量,并通过实验实现了基于二维光子行走的真三体非经典测量,用于三拷贝量子态估计任务;实验保真度超越最优二可分测量11个标偏。近日,相关研究成果在线发表于《物理评论快报》。

非经典关联是量子世界区别于经典世界的核心特征,是量子力学的核心基础问题,也是很多量子信息处理任务的关键资源。实现非经典关联的传统方式是对纠缠量子态做局域测量。在多体情形下,非经典关联具有多种形式。其中,真多体非经典关联不能分解为部分子系统之间的关联,是多体量子系统中最强的关联,因而备受关注。

除了量子态,非经典关联也可以存在于量子测量中。量子集体测量相比可分测量具有更强的信息提取能力,即使被测量子体系与系统之间不存在任何关联。这种超越可分测量的信息提取能力只能来源于量子测量中的非经典关联。目前国际上已经通过实验实现了两拷贝集体测量,验证了两体非经典测量具有比可

分测量更强的信息提取能力。但相比量子态中的真多体关联,如何判断一个测量是否具备真三体非经典关联尚不清楚,之前实验上也没有实现超越两拷贝集体测量信息提取能力的多拷贝集体测量。

项国勇课题组在实验中系统发展了两拷贝集体测量技术和自适应两拷贝集体测量技术。在此基础上,研究团队进一步采用九步二维光子行走,通过精心设计30个控制算符,最终实现了最优真三拷贝集体测量,并将其用于量子态估计任务中,实验获得的保真度比所有二可分集体测量最高保真度高11个标偏。这种前所未有的信息提取能力表明研究团队在国际上首次通过实验实现了真三体量子测量。

该工作首次建立了真三体非经典量子测量理论,并开发了基于信息提取能力判断真三体非经典量子测量的方法。研究人员还将两拷贝集体测量技术进一步发展成真三拷贝集体测量技术,并通过量子态估计任务验证了超越所有二可分量子测量的信息提取能力。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.210201>