

捕捉轨道“毫米级”隐患的“智慧大脑”

■本报记者 陈彬 通讯员 王瑞露

“请注意！K758+536 处波形出现 1.1 毫米变化！”

当高铁飞驰,乘客尽享便捷出行时,多数人并不知道,有一个“智慧大脑”正在持续监控着来自轨道线路的检测数据,并以每分钟 300 公里的高速运算对轨道运行数据进行实时分析,及时向工作人员发出隐患预警。

钢轨在车轮反复碾压下的轻微形变、温度变化引发的些许位移……这些在常人眼中微不足道的变化,却是威胁高铁安全的巨大隐患。而那个实时关注这些隐患的“智慧大脑”,便是由北京交通大学(以下简称北交大)交通运输学院教授徐鹏团队研发的轨道智能诊断分析系统。

据介绍,该系统可以通过高精度定位与高分辨率辨识技术,实时捕捉轨道上的毫米级变化,成功破解了我国轨道检测领域长期存在的技术难题。目前,该系统已在全国国家铁路线广泛应用。

“捕捉 1 毫米变化”

实验室里,大屏幕上数据呈水波状持续跳动。徐鹏指着起伏的曲线解释:“这条波线就像轨道的‘健康脉搏’,哪怕毫米级的波动变化,系统都能第一时间精准捕捉。”

这份对“毫米级”的执着,源于他 10 年前在南昌铁路局的一段挂职经历。

彼时,徐鹏刚刚入职北交大,便被学校派往南昌铁路局。在那里,他目睹了工务段工程师的“双重‘窘境’”——轨道检测全靠检测车在固定时间段采集数据,难以实时反馈轨道的动态变化,容易漏判潜在隐患;同时,数据分析工程师需要在海量检测数据中,逐段人工“筛查”轨道变化点位,不仅耗时耗力,准确性也难以保证。这成为一直困扰行业的“老大难”



徐鹏(右一)和学生讨论轨道变形预警技术。受访者供图

问题。

“当时我就想,必须用技术把大家从‘人海战术’里解放出来!”“捕捉 1 毫米变化”成为徐鹏心中始终念念不忘、执着追求的目标。

此后,他扎根南昌工务段,跟着工程师们跑现场、测数据。铁轨旁的碎石子磨破了他的裤脚,深夜的检测车里经常有他的身影。

“实验室的理论要经得住一线的检验。”徐鹏常对团队说。正是这份从实验室到铁轨、从理论到实践的“双向奔赴”,让“捕捉 1 毫米变化”从目标变成了可落地的技术。

从“数据孤岛”到“智慧大脑”

摆在徐鹏面前的第一个挑战便是如何打破横亘在前的“数据孤岛”。

“过去检测车每完成一趟任务输出一组数据,数据之间零散无序,就像没贴标签的零件,既没有统一里程标记,也没法和往期数据比对。”徐鹏解释说。

为了啃下这块“硬骨头”,团队耗时整整一年,成功研发出基于动态规划的柔性匹配算法。这套算法如同给数据安装了精准的“定位系统”,将分趟采集的“无序数据”转化为统一里程坐标下的“有序链条”,不仅实现了多周期数据的自动比对,更为后续的智能分析奠定了基石。

以该算法为基础,通过此后多年的努力,团队接连攻克了多项核心技术:构建轨道最细粒度时空变化趋势智能感知与辨识方法及其并行计算技术、基于多变点识别的轨道多周期劣化精细建模方法……直至最终为系统装上“智慧大脑”。

徐鹏介绍,该系统就像一个具有多维分析能力的智能决策助手,既能绘制同一点位的波动曲线,精准分析变形,又能自动比对任意时段数据,将轨道健康状况转化为直观的可视化“波形图”,让轨道运行状态一目了然,还能给出轨道预测性维修区段建议,实现了轨道维修从“周期修+人工经验”到基于未来状态的按需维修。

“过去,排查轨道病害就像大海捞针。现在我们通过系统能够在 1 分钟内检测 300 公里线路上超过 1 毫米的变形点位,还能自动生成‘病害分布图’和‘分级预警’。”徐鹏言语间难掩自豪。

“把论文写在钢轨上”

在徐鹏看来,系统的生命力源于持续迭代,不能闭门造车,而是要扎根一线,摸清工程师们真正需要什么。为此,他每年都会带着学生来到铁路检修现场,与工程师们面对面交流,逐条记录下他们对系统的反馈:哪些功能“用着顺手”、哪些模块“需要改进”、哪些场景“亟待突破”……

通过这些“沾着泥土”的一线调

研,团队精准捕捉到系统的多个关键痛点,并进行了针对性的迭代。10 年来,该系统根据一线反馈共完成 7 次重大升级,显著提升了轨道检测的精准度和可靠性。

在这方面,最“有感”的是高铁一线的工作人员。

中国铁路南昌高铁基础设施段管辖着 1171 公里的高铁轨道。该段副段长左旋告诉《中国科学报》,此前,他们分析一趟巡检车数据,工程师连轴转要 3 天,而如今只需要 2 个小时就能出结果,1 天内就能完成风险的排查与复核。

“仅 2021 年以来,该系统在南昌局识别 CRTS II 型板变化点 3670 处,现场复核核板 236 处,实现管内‘零胀板晃车事件’。”左旋说。

凭着这股子“把论文写在钢轨上”的执着,徐鹏团队成功蹚出了一条“实践—研发—再迭代”的产学研协同之路。这份长达 10 年之久的坚持也换来了行业的认可。

截至 2024 年 5 月,徐鹏带领团队研发的“基于动态检测数据的轨道变形分析系统”已在北京、济南、郑州、武汉等全国 11 个铁路局的高铁和普铁线路落地应用,覆盖里程相当于绕地球 4 圈,确保了铁路轨道在恶劣运行环境下的服役安全。

同时,作为新技术、新产品,该系统也通过了中国国家铁路集团有限公司的试用评审和技术评审,被纳入中国国家铁路集团有限公司《高速铁路线路维修规则》和《高速铁路无砟轨道防胀管理办法》。

徐鹏表示,未来团队将持续深耕铁路一线场景,融合人工智能大模型的深度学习优势,为“智慧大脑”打造更强大的智能内核。

按图索技

不容易溢水的“黑科技”水杯来了

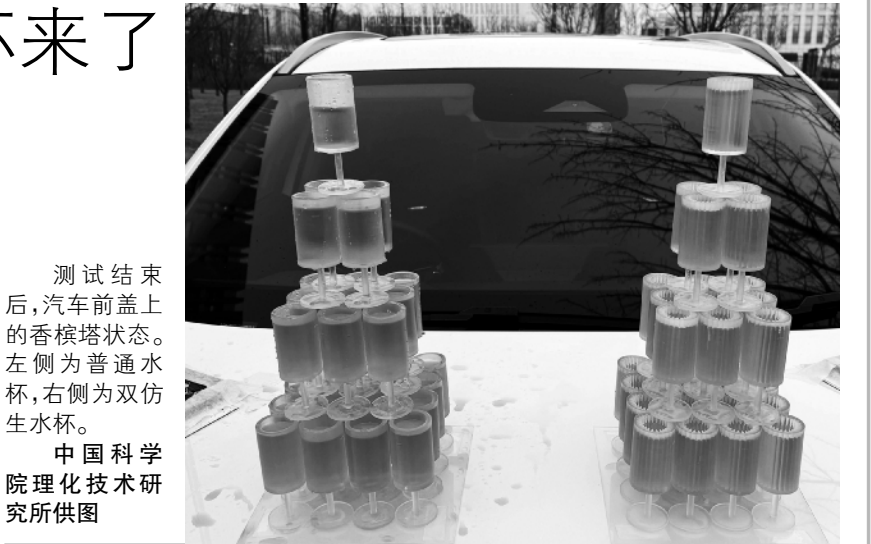
本报讯(记者倪思洁)记者近日从中国科学院理化技术研究所获悉,该所仿生智能界面科学中心研究员董智超和工程师于存龙带领团队设计出了一种不容易溢水的“黑科技”水杯,在液体稳定控制领域取得新进展。团队从猪笼草和睡莲中获得启发,通过连续 3D 打印技术制备出具有独特界面设计的“双仿生”稳液容器,在复杂动态场景下依然能保持液体高效稳定。相关研究论文日前发表于《科学进展》。

研究团队首先对多种野生及人工栽培的猪笼草进行系统观察,发现猪笼草捕虫笼的内壁上部蜡质区为超疏水区,下部消化区为亲水区,在交界处形成一条特殊的“亲水—超疏水”界线。这个界线就像“钉扎线”,能将液面牢牢“钉”住,对保证猪笼草消化液的稳定至

关重要。风洞实验进一步证实了这一点:当液面位于分界线附近时最稳定。

团队在受猪笼草启发的基础上,引入睡莲叶缘“缺角”结构,进一步抑制液体振荡,并利用连续 3D 打印制备出“双仿生”容器。测试显示,与普通容器相比,仿生容器的稳液能力明显提升:普通容器在振荡约 15 次后便出现溢液,而双仿生容器在 5000 次振荡后液体仍无溢出。

在真实环境中,手持双仿生纸杯行走时液体不再溢出。研究人员还设计了更具挑战性的测试,团队将 30 个仿生杯塔建成四层“香槟塔”,固定于一辆汽车前盖上,该车以每小时 10 公里的速度通过 50 个交替布置的减速带。最终结果显示,使用普通容器液体损失 40%,而仿生杯塔内液体溢出率为 0%。



中国科学院理化技术研究所供图

研究表明,这一仿生设计不仅适用于日常便携容器,也为工业运输、航空航天以及医疗液体输送等领域提供了

全新的设计思路。
相关论文信息: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adz7099>

专家讲坛

让癌细胞“变老”,可以治疗癌症吗?

■王月丹

癌细胞也会变老吗?近日,来自美国斯坦福大学和宾夕法尼亚大学的科学家联合在《自然-衰老》上发文称,衰老可以抑制致癌基因 KRAS 驱动的肺癌发生,并明确指出癌细胞也会衰老,进而导致对人体的致病力下降,从而减少人们罹患癌症的情况。

那么,衰老到底会导致癌症发病上升还是下降呢?

为何高龄老人癌症发病率下降

《英国癌症杂志》曾报道,40 岁之后,人群的癌症发病率随年龄增加呈指数级快速增长。有些人甚至说:“只要活得长久,早晚都是要得癌症的。”

事实上,这种说法是有一定科学根据的。研究表明,人体的细胞中存在着抑癌基因,随着年龄增加,抑癌基因也会衰老,从而削弱对细胞恶变风险的控制力。同时,随着年龄增加,环境中的有毒化学物质、辐射和病毒感染等造成的 DNA 损伤也会在细胞中不断积累,加速细胞基因突变,增加形成癌细胞的风险。更为重要的是,人体的免疫系统也会随年龄增长而衰老,导致其对癌细胞监控能力下降。

然而,当进一步放宽老年人癌症研究的年龄尺度时,流行病学的研究结果却表明,人类进入老年阶段后,癌症的发病率开始会不断增加,到 70 多岁时达到顶峰,而在 85 岁后则不再上升,反而出现下降趋势。由这些数据可以推测,在高度老龄阶段,衰老过程本身可能就是抑制癌症发生和发展的原因。

癌细胞变老可减少癌症发生

那么,为什么衰老抑制癌症发生和发展呢?答案就是癌细胞也变老了。从生物学的角度来看,衰老给生命体及其细胞带来的变化是系统性的,癌细胞也不能幸免。

20 世纪中期,人们发现人体的胚胎细胞如果在体外进行培养,只能传代到 51 到 59 代,就因为过度衰老无法继续增殖了。这个传代的极限被称为海弗利克极限,是正常人体组织细胞都要遵守的规律。

一直以来,人们认为癌细胞并不遵守海弗利克极限。一方面,有研究认为海弗利克极限存在的原因是细胞在分离 DNA 复制时端粒会不断消耗,导致染色体 DNA 分子不断缩短,使得细胞因功能基因受损而无法继续生存和增殖,而癌细胞有端粒酶可以修复端粒的长度,因此没有海弗利克极限。

另一方面,科学家在 20 世纪 60 年代初成功分离培养了人宫颈癌细胞系 HELA 细胞。该细胞至今已传代了 60 多年却依然保持旺盛的增殖能力,子代细胞重量已超过 5000 万吨,有 5 个诺贝尔奖都是靠这个细胞株的相关研究支撑起来的。

事实上,随着研究不断深入,人们发现端粒酶在普通细胞中也是存在的。癌细胞的端粒酶和普通细胞相比并没有特别不同的地方,端粒酶并不是癌细胞不老的决定性因素。另外,HELA 细胞可以说是癌细胞的“天选之子”,增殖力和生存力极高。几十年来,在体外培养中生存能力超越 HELA 细胞的人类细胞是非常

罕见的。绝大多数癌细胞会老去、会死亡,不能长生不老。

2023 年《细胞报告》的一篇文章就报道了人体重要致癌基因之一——Myc,也是人体抗衰老的重要基因。人们在小鼠出生后一个月就对 Myc 基因进行干预使其失活。这大大降低了实验动物的癌症发病率,但也会导致小鼠在形态、行为学和机体代谢等方面出现早衰的症状,加速小鼠的衰老。此时,如果 Myc 基因的活性得到恢复,则可能会使肿瘤的发生率回升。这表明,让癌细胞变老,可以减少癌症的发生,达到延长寿命的目的。

一条治疗癌症的新路

2024 年,在国际预印本 bioRxiv 平台上有两项关于衰老与癌症的研究备受瞩目。一项研究是美国斯坦福大学的研究团队应用基因编辑技术分别“关闭”了年轻小鼠和老年小鼠的 20 多个已知抑癌基因。结果表明,年轻小鼠体内肿瘤的重量、数量和体积均超过了老年小鼠体内的肿瘤,这表明老年小鼠可能存在某种衰老相关的抗癌机制。

本文开头提到的《自然-衰老》的文章也是该团队进一步研究的成果。他们进一步解释了老年小鼠抗癌的机制,结果表明衰老可导致 PTEN 等抑癌基因功能下降,但细胞内 KRAS 等致癌基因的功能也会因为衰老而下降,而后者在衰老时活性性下降对癌症发病率的影响比抑癌基因活性下降造成的影响更大。

另一项研究来自美国斯隆-凯特琳

纪念医院癌症中心。科研人员发现,当细胞衰老时,可以产生一种被称为 NUPR1 的衰老相关蛋白。这种蛋白质能够造成细胞缺损,从而使其快速生长。在人体的肺组织中,80 岁以上人群 NUPR1 蛋白的表达量比 55 岁以下人群更高,这可能就是 80 岁以上高龄老人罹患肺癌风险更低的重要原因。

对于癌症与衰老的关系,美国国家癌症研究所一位研究人员曾发文指出,“衰老对癌症来说是一把‘双刃剑’。一方面,年龄是公认的癌症发生风险因素,基因突变累积、免疫力下降导致监测和对抗癌细胞的效率下降,会使癌症风险上升;另一方面,衰老也是有效的抗癌保护机制,迫使癌前细胞停止分裂。”如果仅仅是考虑体细胞驱动突变随着年龄的增加而不断增多,衰老将会显著增加肿瘤基因突变,并最终到达发生癌症的门槛。这也可以解释为什么大多数癌症会在中年和老年阶段才首次出现。

但是,裸鼹鼠、某些蝙蝠、大象和蓝鲸等长寿哺乳动物发生癌症的概率比较低。这表明,很多长寿相关的抑癌机制还未被揭示。

对癌细胞“变老”及其机制的研究,也为人们指出了一条治疗癌症的新路,就是让癌细胞“变老”死去。人们可以采用“点穴”的方法,利用基因编辑技术让癌细胞表达 NUPR1 等衰老蛋白基因,用让癌细胞“老死”的方法治疗癌症。相对于正面攻击癌细胞的疗法来说,这种癌症治疗方方法对机体的影响更小,不良反应更小,更加适合高龄老人。
(作者系北京大学基础医学院教授)

集装箱

全球首款量子科学计算平台问世

本报讯(见习记者江庆龄 实习生杨雨辰)11 月 22 日,上海交通大学发布全球首款量子科学计算平台 UnitaryLab,致力于通过覆盖偏微分方程求解、线性代数、优化与机器学习等方向的量子算法,为科学与工程中的高难度问题提供高效解决方案。

据介绍,UnitaryLab 1.0 版聚焦于科学计算的核心——常 / 偏微分方程求解。其核心优势源于团队提出的原创“薛定谔化”系列量子算法,该算法将偏微分方程转化为量子系统可直接处理的酉演化形式,成功解决了传统量子算法难以适配复杂工程计算的问题。

这一突破性框架极大拓展了

量子计算的应用边界,被国家自然科学基金委 2024 年度报告选为数学领域唯一代表性成果。理论上,该技术可将 3 维方程的计算效率提高 6 倍以上,将 5 维方程效率提升 2.5 万倍以上,对 9 维问题可实现万亿倍级的加速效果。

据悉,该平台发布后经过海内外外科研团队的积极测试,并与国内量子硬件头部企业达成真机验证合作。同时,团队正与工业设计仿真、系统仿真软件团队建立合作,探索量子计算在不同领域的赋能方案。未来,团队将继续深耕量子算法创新,研发特色算法适配的专用硬件设备,推动软硬件一体化解决方案的规模化落地。

2025 量子科技和产业大会发布多项成果

本报讯(记者王敏)近日,以“百年量子·智启未来”为主题的 2025 量子科技和产业大会在安徽合肥举行。一系列重大量子科技和产业成果在会上亮相,包括“祖冲之三号”刷新量子计算优越性纪录;跨越 12900 公里,洲际星地量子密钥分发再创纪录;中国电信发布全球最大规模、互联互通、广泛应用的量子安全基础设施;国家电网发布面向分布式新能源量子加密系列产品;国盾量子与中电信量子集团联合发布面向千比特规模设计的超导量子计算系统解决方案;中国电科发布超导量子计算机用 XS1000 型稀释制冷机等。

大会现场发布了中央企业量子人才科创空间,启动了国家高新区量子产业协同创新网络、量子密码基础设施标准化技术联盟,多家单位集中签约了量子科技和产业中心金融支持项目,视频发布了量子产业应用行动方案。

会上,9 家具备量子产业发展优势的国家高新区共同组建成国家高新区量子产业协同创新网络,将深化量子科技产学研融合,加速成果转化、推动产业化应用;合肥实验室牵头量子、密码、安全、通信等领域 36 家顶尖力量,启动量子密码基础设施标准化技术联盟,为量子通信重大应用提供关键指引;安徽启动了量子信息“千家场景”行动,规划建设量子产业先导区,正式发布量子产业应用行动方案。

北京市“AI+ 脑机”产业创新工作推进会举办

本报讯(记者田瑞颖)11 月 21 日,“北京市‘人工智能(AI)+ 脑机’产业创新工作推进会”举办。推进会以“脑智融合·慧聚北京”为主题,由北京市委、中关村管委会、海淀区人民政府、清华大学和中国信息通信研究院(以下简称信通院)共同举办,集中发布了多项脑机接口产业举措与成果。

平台建设方面,由清华大学牵头联合优势单位共同发布“AI+ 脑机数据”平台,将通过整合跨尺度、多模态的脑数据资源,打破数据壁垒,为创新主体提供高质量、标准化的数据资源和分析工具,加速关键技术、创新产品研发进程。由信通院牵头,联合国内优势高校院所、医疗机构及创新企业,以标准、

平台、生态为牵引,发起筹备中关村脑机接口产业协会,将聚焦服务脑机接口技术协同攻关、成果转化落地、标准体系建设、专业人才培养和产业创新生态搭建,推动产业链上下游协同发展。

技术成果领域,脑科学多模态通用基础大模型、脑疾病 AI 精准诊疗系统等 6 项脑机接口创新成果集中亮相,展示了北京市在脑机接口领域从单点技术到系统集成的自主创新能力。

下一步,北京市将进一步整合科研、临床、产业资源,持续完善产业生态,推动“AI+ 脑机”技术持续在医疗康复、教育体育、安全生产、智慧生活等领域的深度应用。

第三届海洋装备科技创新大会召开

本报讯(记者廖洋 通讯员马庆雯)近日,第三届海洋装备科技创新大会在青岛召开。本次大会由中国海洋工程咨询协会海洋装备分会等 7 家单位联合主办、中国工业互联网研究院山东分院等机构承办,以“链通蓝海·质领未来”为主题,围绕海洋装备领域的新技术、新成果与未来趋势展开深度对话。

在大会主旨报告环节,山东省海洋工程重点实验室副主任王树青、崂山实验室海洋大科学设施研究发展部副部长张鑫等 4 位专家分别围绕海上漂浮式风电工程、深海原位光谱探测技术、区块链赋能海洋经济及工业数据集应用等主题,分享了前沿研究成果与实践经验。

会上发布的《2024 海洋装备年报》聚焦海洋矿产、油气、风能及生物资源利用四大类装备,通过系统

性数据收集与分析,揭示了我国海洋装备产业在规模扩张、技术迭代及国际竞争力提升方面的显著进展,并明确指出科技创新是驱动产业升级的核心引擎。

在同期举行的公共服务平台发布仪式上,“海聚监测”平台正式发布。该平台以数字化、网络化、智能化为突破口,首创检验检测领域“服务商品化”运营模式,通过透明化流程与一站式服务,破解行业效率低、标准不统一等痛点,标志着我国检验检测服务正式迈入“透明高效、一键通达”的新阶段。

此外,“青岛好成果”月度路演活动同步举办,高端远洋探鱼声呐等 5 项海洋装备领域成果亮相,青岛市海洋设备科技成果转化概念验证平台的相关情况也同步发布,进一步打通了科研与市场的对接渠道。

我国首个核能工业供汽碳足迹因子发布

本报讯(见习记者赵婉婷)11 月 21 日,中核集团在京发布全国首个核能工业供汽碳足迹因子。该碳足迹因子可精准计算出从海水到工业蒸汽全生命周期的碳排放,相当于给每千克核能蒸汽办了“绿色身份证”。

当天,我国第二个投产的核能工业供汽项目——中核集团旗下中国核电投资控股的海南核电“和气一号”同步向中核产业合作示范区稳定供汽。

本次发布以江苏核电“和气一号”投产一周年为核算周期,按照国内国际产品碳足迹量化标准进行测算。数据显示,核能供汽碳足迹是燃煤热电联产蒸汽的 1/600,是天然气热电联产蒸汽的 1/100;

核能供汽比化工蒸汽低碳优势更突出,比天然气更绿色。

据了解,全球首个高温气冷堆与压水堆耦合工业供汽项目“江苏徐圩核能供热厂”已通过国务院核准;福清核电蓝色产业园供汽项目已开工建设;漳州能源等单位也积极开展项目论证,为下一步开展核能供汽调峰工作做准备。

同时,中核集团还积极推动区域供暖、工业供汽/供热、海水淡化、核能制氢、同位素生产等核能综合利用。据预测,到 2030 年,全国将有超过 30%的核电厂实现工业供汽功能,年替代燃煤将超千万吨,实现核能综合利用与高耗能行业的融合发展,进一步凸显核能的“零碳”价值。