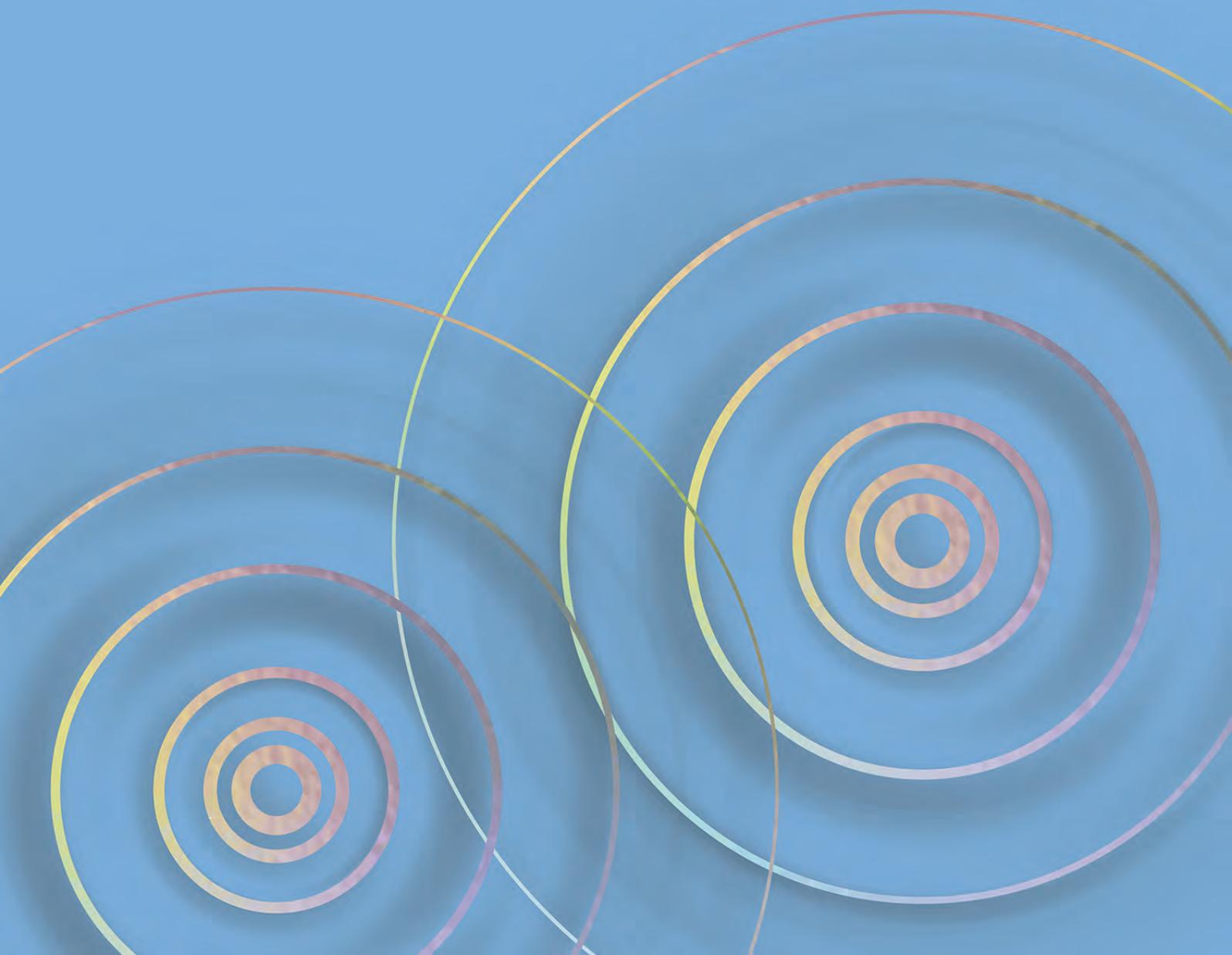


PolyImpact

第三册

理大创新发明造福世界



PolyImpact 第三册

理大创新发明造福世界

PolyImpact: 理大创新发明造福世界 (第三册)

版权所有 不得翻印 © 2025 香港理工大学

出版日期: 2025年4月

出版:

香港理工大学出版社

香港 九龙 红磡

ISBN: 978-962-367-909-1



扫描二维码阅读电子版



目录

校长前言

< 6

成功故事

01 桥梁维护 青春永驻

智能健康监测及维护系统利用尖端技术，高效、经济地让大跨桥梁保持最佳状态。

< 8

02 垂直城市 智能脉动

预测模型融合了先进光纤传感技术与人工智能，能够实现电梯与自动扶梯的自主运维管理，显著减少停机时间与维护成本。

< 18

03 室内室外 精准定位

无缝室内外城市导航系统为智能手机及智能城市装置用户提供精确水平及垂直定位。

< 28

04 调控臭氧 呼吸通畅

环境科学家致力于研究臭氧、二氧化氮及微细悬浮粒子的组成与健康影响，以改善空气质量及公共卫生。

< 38

05 数字安全 万无一失

电子计算专家与研究人员以崭新演算法弥补安全漏洞，并管理与区块链生态系统相关的隐私风险。

< 50

06 纳米加工 巧夺天工

从近视抑制镜片到纳米抛光手术刀，以微米甚至纳米级的超精密加工改善我们的生活。

< 60

07 随身电池 能屈能伸

具有出色耐用性、能量密度及穿戴舒适度的折叠式织物充电电池为新一代穿戴式装置提供动力。

< 70

08 瞄准癌症 一击即中

尖端科技可提升个人化照护规划并推动针对癌细胞的精准疗法，优化癌症诊断与治疗。

< 80

09 预警失智 乐活晚年

人工智能脑部影像分析模型及 XR 认知训练可显著改善认知功能减退和失智症的诊断与治疗。

< 90

10 追踪筛查 关节救星

以人工智能模型助力膝骨关节炎的早期筛查、自我管理、运动治疗及预后预测，可大幅提高患者的生活质量。

< 100

POLYIMPACT 及 POLYVENTURES

< 110

校长前言

创新致远 科技领航 硕果累累又一年

我怀着欣喜的心情把第三册 *PolyImpact* 呈献给大家。本册 *PolyImpact* 将再次展现理大社群将卓越科研成果转化为实际解决方案的非凡成就，并聚焦我们如何以影响深远的创新科技与创业实践，应对迫切的社会挑战。

2024 年对香港理工大学而言具有特别意义：这一年理大迎来大学正名三十周年。1994 年 11 月 25 日，理大正式升格为大学，在其后的三十年间，迅速发展成一所创新型的世界一流大学，以卓越的学术成就而享誉全球。我们十分荣幸能在 2025 年度 QS 世界大学排名中，名列全球第 57 位；此外，在 2025 年首届泰晤士高等教育跨学科科学排名中，我们亦取得全球第 29 位的佳绩。这一最新成就彰显了我们对跨学科研究的不懈追求，这正是理大成功的重要基石。

在跨学科研究方面，香港理工大学高等研究院 (PAIR) 发挥了关键作用。PAIR 汇集了 19 所研究院及研究中心，在影响社会经济的重要领域推动跨学科合作与创新，通过整合不同学科的专业知识，使我们能够研发全面的解决方案，以应对全球性的重大挑战。

为了进一步扩大理大科研的影响力与覆盖面，我们正在实施一项重大计划，即在中国内地多个城市设立技术创新研究院 (MTRI)，聚焦于创新技术的研发。这些研究院将开展具有影响力的转化研究与开发工作，以满足所在城市的产业发展及社会需求。MTRI 通过将研究成果转化为实际应用，助力理大融入国家创新生态体系，促进地方发展并应对区域性挑战。我很高兴地向大家宣布，理大已就建立 MTRI 签署了 11 项正式的协议，其中数家 MTRI 已经正式启动。

本期 *PolyImpact* 展示了十项开创性的发明与创新技术，包括大跨桥梁智能健康监测及维护系统、电梯及自动扶梯的预测性维护系统、无缝室内外城市导航系统、改善空气质量的先进研究、新型区块链算法、微纳米级超精密加工、



用于穿戴式装置的织物充电电池；以及应对癌症、失智症及骨关节炎的尖端技术方案。这些发明与创新技术让城市更智能化、更具可持续性，让产业更强大、更具竞争力，让生活更健康、更充实。理大社群不断努力突破知识边界，创造影响深远的变革。

另一方面，理大通过其标志性初创生态系统“PolyVentures”，积极支持初创企业，至今已有不少成功的例子。这充分体现了我们对创业发展和知识转移的坚持。我们培育了众多创新企业，为其各个阶段的发展提供了赖以成功的资源与指导。大家可从本书中看到部分理大孵化的初创企业案例，他们通过科研成果产业化，让理大的创新科技为社会带来裨益。

展望未来，理大将继续致力于以创新推动进步，继续提升研究能力，培养人才，并与业界和政府建立更密切的合作关系。只要同心协力，我们必定能够秉持“开物成务，励学利民”的校训精神，为香港、国家以至世界缔造更美好的未来。

我诚邀大家探寻本册 *PolyImpact* 所展现的精彩故事，了解理大如何以研究和创新改变大众的生活，并塑造可持续的未来。

滕锦光教授
香港理工大学校长



01 桥梁维护
青春永驻

桥梁维护 青春永驻

智能健康监测及维护系统利用尖端技术，高效、经济地让大跨桥梁保持最佳状态。

与人体一样，基础建设工程会随着时间的流逝而老化，需要定期检查。衰老会为人类带来许多问题——记忆力衰退、肌肉流失、皮肤下垂，骨骼也会变得脆弱。桥梁等结构同样会随着时间而退化，令强度变弱、性能受损。为了应对这项挑战，土木及环境工程系的夏勇教授、朱松晔教授、董优教授，以及电子计算学系的曹建农教授，联手为大跨桥梁开发了一套智能健康监测及维护系统。该系统可为工程师提供桥梁状态、负载及响应的实时数据，预测桥梁的老化及退化情况。根据这些信息，工程师可以制定最佳的维护策略，以最经济的手段，最大程度地确保桥梁的安全，达到降本增寿的目的，为交通出行和国民经济的发展提供保障。

夏勇教授、工程师

土木及环境工程学系教授
海洋基础设施联合研究中心主任

夏教授为香港工程师学会（HKIE）会士。他在华中科技大学获得学士及硕士学位，并于南洋理工大学获得博士学位。其主要研究领域是大型建筑结构的健康监测，监测过的建筑包括青马大桥、昂船洲大桥、广州塔、上海中心大厦及港珠澳大桥，与人合撰了三本研究专著与逾180篇期刊论文。夏教授荣获国内外十多个奖项，包括国家技术发明奖、教育部自然科学奖、美国工程师学会大中华区卓越领导奖章、香港理工大学校长杰出成就奖等。



朱松晔教授、工程师

土木及环境工程学系副系主任（研究）及教授
潘乐陶韧性基础设施研究所副主任

朱教授为香港工程师学会会士，并于2017年至2018年出任美国土木工程师学会香港分会主席。他在同济大学获得学士与硕士学位，并于美国理海大学获得博士学位。迄今为止撰写了逾180篇学术期刊论文，并担任 *Advances in Structural Engineering* 杂志的编辑，以及 *Journal of Structural Engineering*、*International Journal of Smart and Nano Materials* 杂志的副编辑。相关研究成果曾经荣获多个国内国际奖项。



董优教授

土木及环境工程学系副教授

董教授在湖南大学获得学士学位，并于美国理海大学获得结构工程博士学位。其主要研究集中于全寿命智能运维与自动化，以及气候变化下基础设施群系统健康度、综合评估和全生命周期智能运维。董教授迄今为止撰写了逾100篇学术期刊论文，并担任 *Journal of Structural Engineering*、*Journal of Performance of Constructed Facilities*、*Advances in Structural Engineering*、*Structures* 等杂志的副主编，并曾荣获多个国际奖项。



曹建农教授

研究生院院长
本科生科创学院院长
潘乐陶慈善基金数据科学教授
电子计算学系分布式与移动计算讲座教授
人工智能物联网研究院院长
互联网与移动计算实验室主任
大数据分析中心实验室主任

曹教授的研究兴趣包括分布式计算、移动和无线网络、大数据与人工智能，以及边缘计算。他获得了16项专利，出版了15本专著，以及发表了逾500篇获广泛引用的论文，并凭借出色的研究成果获得了许多奖项。曹教授为欧洲科学院院士、香港工程院院士、国际电机电子工程师学会会士、中国计算机学会会士，以及计算机协会杰出会员。他曾于2017年获得中国计算机学会海外杰出贡献奖。



桥梁医生

医生建议 50 岁以上人士每年进行一次例行身体检查，30 岁以下人士则是每三年一次，因为早期的诊断和治疗可让我们防患于未然，以最小的成本保障我们的健康。同样地，作为交通网络的重要一环，桥梁乃是社会的生命线，必须确保其安全。但桥梁会持续受到环境因素及负载变化影响，可能会导致结构损坏甚至失效。因此，工程师与科学家们开发出结构健康监测系统。就像桥梁的医生一样，这些系统能够全天候 24 小时实时监测桥梁的各种参数，评估结构的健康状况，识别及预测潜在的损坏与退化，助其延长使用寿命。

结构健康监测系统与人类的神经系统非常相似。人体器官的感觉细胞会通过神经系统向大脑发送讯号；与之类似，安装于桥梁上的传感器可以收集数据，再通过无线或有线网络，传送到中央服务器进行处理及分析。不过，传统结构健康监测系统的安装成本高昂，并会产生大量的运算需求，造成资源压力，且维护困难。为了克服这些缺点，土木及环境工程学系与电子计算学系的学者紧密合作，开发出一套新型的智能健康监测系统。



理大校园的行人天桥



深圳创业立交桥

去中心化无线监测

传统的中心化健康监测将来自传感器的数据全部发送到中央服务器进行分析处理。然而，数以千计的传感器每秒每分都在收集数据，会产生庞大的数据流量；同时处理这些海量数据使得服务器不堪重负，效率低下；另外，大跨桥梁的尺寸巨大，也意味着数据传输网络复杂。这些因素可能会使健康监测系统难以实时完成各项任务，导致延迟，甚至故障。中央服务器的容量有限，也限制了传感器系统的更新和扩展。

该研究团队首次将 5G 网络与边缘运算应用于实际的大型桥梁健康监测系统。该系统采用去中心化形式，将传感器收集的数据先在本地完成处理，然后再发送到中央服务器。如此一来，就能大幅减少传输的数据量，节省网络资源之余，也能减轻服务器的负担。该系统使用人工智能与机器学习，通过边缘计算设备，侦测传感器数据的异常。同时，5G 网络确保高速数据传输，减少数据延迟或丢失。

另一方面，机器学习与智能异常侦测算法需要训练大量标注数据，然而新建桥梁缺少大量的数据，特别是异常的数据。“为了解决这个难题，我们设计了一套无源域适应算法，让我们能够利用强大的自我训练机制，以及自我知识蒸馏策略，将其他桥梁上训练的模型迁移到新桥。”夏教授解释：“有了这套算法，我们就无需从头收集标签数据，系统立即可供使用”。

以稀疏传感器作全域模拟

为了监测桥梁状态，传感器会测量结构的环境、负载及响应。这些传感器通常包括测量桥梁温度的温度计及日照强度计、测量风速的风速计、测量振动的加速度计、测量结构变形或位移的应变片及位移传感器、侦测振动的视频摄影机、测量应变及温度的光纤传感器，以及测量结构运动的全球导航卫星系统传感器等。

大型结构健康监测技术的一个主要瓶颈和难题是传感器的数量有限。由于大型桥梁的总长可能达数公里甚至几十公里，在整座桥上安装传感器是不切实际的——不仅成本高昂，所产生的数据量也会非常大——所以只会策略性地在桥上的特定位置安装少量传感器，有限的传感器使得传统的健康监测系统只能测量估计传感器位置及附近的数据。

为了准确重建整座桥梁的负载及响应，研究团队开发了条件模拟方法。夏教授说道：“来自各个传感器位置的信号会通过一致性模型及互谱密度等数学框架进行分析，以模拟桥梁沿线每个位置的风速、地震运动、温度与交通负载等数据。”尽管传感器数量不多，该系统仍能准确地重建出整座桥全域的负载及响应。



状态评估及最佳维护策略

来自传感器、人工巡检、无人机与交通监测的数据有助于评估及预测桥梁的结构状态。这些信息也帮助工程师制定最优的维护计划。夏教授指出：“大跨桥梁的维护保养成本很高。”夏教授指出：“例如，青马大桥每年的保养费用约为3亿港元，这个费用还会随着桥梁老化而增加。良好的保养计划可以保障结构安全，防患于未然，降低桥梁整个生命周期的综合成本。”健康监测系统建立了一个宝贵的数据库，除了桥梁的负载和响应，还能揭示其受腐蚀与结构退化的速度。

团队研发的高效实时状态评估及保养系统，采用以多属性效用理论及决策框架为基础的算法，以预测桥梁退化及改善保养效益，可降低25%材料成本及30%生命周期成本。该系统会考虑环境、经济与安全指标，包括结构可靠度、交通量及系统参数，以制定最佳的保养决策，尽量降低成本及碳排放，并提高桥梁的安全性。

全天候智能实时健康监测

团队的智能健康监测系统是首个利用5G网络和边缘运算监测长跨度桥梁健康的系统。该系统目前已在世界上最长的跨海大桥——港珠澳大桥上运行。此外，系统也应用于深圳创业立交桥，以及连接理大校园Z座和X座的行人天桥。该系统集教学、科研、科普于一体，向公众展示桥梁的实时数据，宣传有关桥梁、传感器与测量的基础知识。

跨学科的研究团队利用前瞻思维和顶尖技术，成功克服了传统桥梁健康监测的技术挑战，提高了效率、可靠度及网络效能。该系统可确保公众安全，同时显著降低桥梁保养的经济及环境成本，令人民生活变得轻松之余，还能达到长期可持续发展，是先进科技造福人类的典范。



重点 深究



智能监测

人工智能不断进步，现在已能实时监测桥梁的健康状态。智能传感器可以侦测桥梁对多种环境及气候因素的反应，例如温度、风速、地震运动及车辆负载。来自传感器的数据可以在一秒内完成处理及分析，让工程师准确评估桥梁的结构状态和材料退化状态。相较之下，数值模型基于多个假设，理论公式难以应用到大型结构上，而实验室测试只能使用小型的缩尺模型，与现实情况有显著差异。因此，智能健康监测及保养系统能够在在大跨桥梁上达到较高的准确度和实时性。

智能运维

智能运维是指运用智能算法和设备提高工程资产的效能、可靠度及韧性，达到降本增效的目标。桥梁是重要的基础设施，损坏时会导致交通中断，社会遭受重大损失，甚至造成灾难性的后果。为了确保桥梁状态正常，防止严重损坏或故障，需要有一个智能系统处理传感器收集的数据，并分析荷载的变化及对环境因素变动的响应。智能算法有助及时采取预防性养护措施。除了传输、处理及分析数据的功能，该系统还配备智能决策功能模块，可根据停运时间、成本及碳排放，计算出最佳运维策略。理大的智能健康监测及运维系统利用多属性效用理论、性能智能预测、深度强化学习及决策框架，能提升维保效益、延长使用寿命及降低成本。





02

垂直城市
智能脉动



垂直城市 智能脉动

预测模型融合了先进光纤传感技术与人工智能，能够实现电梯与自动扶梯的自主运维管理，显著减少停机时间与维护成本。

想象一下，在没有电梯的情况下攀登百层摩天大厦，或者不用自动扶梯走遍香港迷宫般的商场，是多麽艰巨的任务。在这座以天空为极限的垂直城市中，这些常被忽视的工程奇迹不仅仅是便利设施，更是维持城市心脏跳动的动脉。

香港拥有约 8 万部电梯及自动扶梯，其中许多已运行数十年之久。庞大的基础设施规模催生出独特的城市管理难题。本港法例规定，



电梯须每年一检，自动扶梯则须每半年一检，以保障公共安全。然而，专业维修人员的持续短缺导致仅七到八成的设施符合上述标准。法例要求与现实之间的差距一直备受公众关注，本港居民亟待更可靠的解决方案。为了应对这一挑战，电机电子工程学系谭华耀教授及廖信仪博士与香港特别行政区政府机电工程署密切合作，共同开发出一套创新的技术方案——世界上首个运用光纤技术与人工智能的电梯及扶梯自动预测系统。

谭华耀教授

电机工程学系光子学讲座教授
光子技术研究院副院长

谭教授为电机电子工程师学会（IEEE）及美国光学学会（OSA）会士，是世界顶尖的光纤传感器研究者，对该领域的理论及实验有重大贡献。其研究开创了将光纤传感器网络应用到感测神经系统之先河，可用于监测电梯、自动扶梯、铁路及机场等，提高了安全性与服务质量。他的系统监测着香港数百部电梯及自动扶梯，以及约九成的地铁网络。这些创新技术为他赢得了享誉国际的 Berthold Leibinger 创新奖，以及三个日内瓦国际发明展金奖。



安镁乐科技有限公司
创始人



廖信仪博士、工程师

电机工程系高级科学主任

廖博士为英国工程委员会（ECUK）及香港工程师学会（HKIE）之特许工程师，以使用光纤感测技术监测铁路状态而闻名。凭借其创新研究成果，他荣获 2014 年 Berthold Leibinger 创新奖三等奖，以及 2021 年理大校长特设杰出成就奖。他曾为全球多个国家和地区的单轨、轻轨、地铁和高铁设计和部署监测系统，涵盖内地、香港、新加坡、荷兰等地。他的研究解决了架空电缆、第三轨系统、列车及铁路的相关难题，大幅加强了全球铁路的安全性及可靠度。



安全改革

名为“电梯智能监测系统”(Lift Intelligent Monitoring System, 简称“LIMS”)及“自动扶梯智能监测系统”(Escalator Intelligent Monitoring System, 简称“EIMS”)的综合维护系统由一系列先进的传感器组成,可以全天候侦测潜在故障,确保垂直运输的安全与效率。

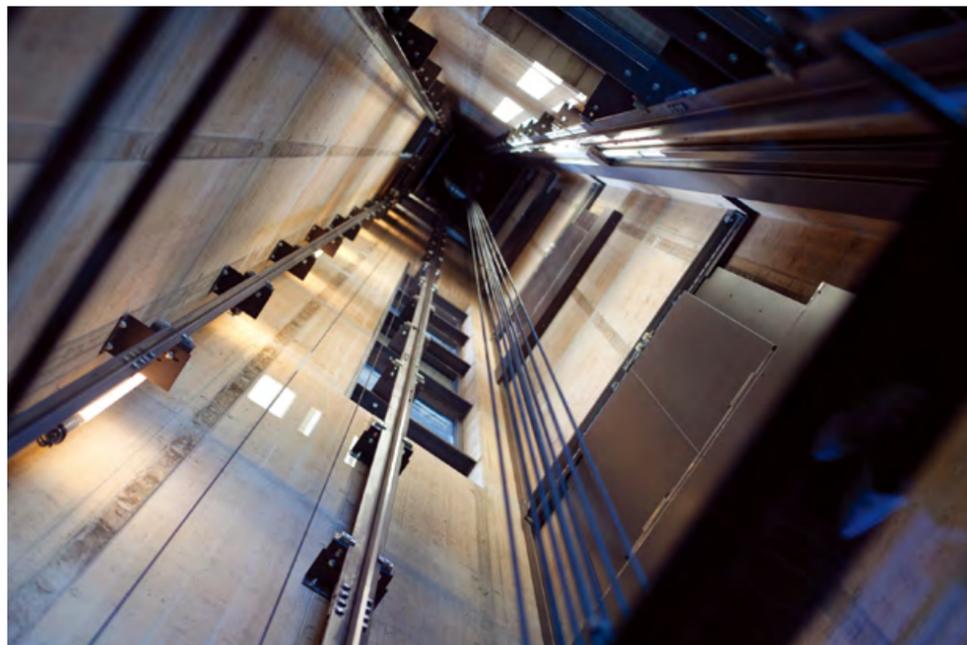
LIMS 使用摄像头分析电梯轿厢地面与井道门之间的垂直距离,防止乘客被绊倒。同时,人工智能与图像处理器会连续分析物理与机械数据,实时提醒操作人员梯门故障或异常振动等问题。当发现潜在危险时,系统会立即向控制面板发出警告,以便立即采取行动。自动扶梯则由 EIMS 负责监测。此系统可侦测扶手与梯级之间的速度差异,监控电梯滚轮(支撑梯级的零件)的磨损情况,并识别撞击梳齿板(移动梯级与固定地板相接的位置)的异物。EIMS 与 LIMS 共同为垂直运输构建了一个全面覆盖的安全网。



光纤布拉格光栅传感器的力量

这两套预测性维护系统的核心是同一项革命性技术——光纤光栅(Fibre Bragg Grating, 简称“FBG”)传感器。这种特殊的光学传感器能够侦测环境中的振动或应变等微小变化,犹如极其灵敏的“耳朵”,可以听到电梯及自动扶梯的“心跳”。“例如,自动扶梯可能有上百个滚轮,正常磨损会导致其表面出现裂缝或缺口,使其功能受损。”谭教授解释道:“有些损伤可能会隐藏在润滑剂或油漆之下,肉眼无法发现。在这种情况下,FBG 传感器就能体现出它的价值。”

该系统的运作原理是基于电梯或自动扶梯的每个部件在正常运作时都有其独特的“振动特征”。当某个部件开始磨损或损坏时,其振动会发生变化,就像“心律不齐”一样。FBG 传感器可以捕捉到这些细微变化,及时向维护团队发出警告,防患于未然。自动扶梯监测系统 EIMS 还可识别硬币、螺丝等异物撞击梳齿板时产生的独特振动波形。在电梯中,类似的传感器将持续监测悬绳及轴承的健康状况,同时不间断检查绳索张力,以确保最佳性能。



为了提高 EIMS 的准确度，自动扶梯上的每个滚轮都贴有一块微型无线射频辨识芯片。这项创新技术令系统能精确定位需维护的特定滚轮，大幅提升维护效率与针对性。“这就像为电梯和自动扶梯配备了一套全面的健康监测系统，”谭教授补充道：“我们现在可以预测零件何时会出现故障，并在其引发问题之前进行更换。”这种预测能力可以减少故障，缩短停运时间，从而让每位乘客享受更安全的出行体验。

预测性维护

为了实现远程管理，谭教授与廖博士开发了方便易用的智能手机应用程序。该程序基于传感器收集的实时数据生成设备健康指数，采用三原色可视化界面呈现整体健康及各个组件的状态——绿色代表健康，黄色代表性能衰退，红色代表亟待干预。该显示方式可以帮助维护人员快速评估系统的状态，并优化任务优先级。

两套预测性维护系统的核心优势在于其持续进化的学习能力。通过大数据分析及机器学习技术，LIMS 与 EIMS 对设备性能衰退与故障的预测精度可随时间推移不断提升。例如，配备 FBG 传感器的智能自动扶梯梳齿板，其故障预测准确率高达 95%。这种预测能力

为乘客及营运者创造多重效益：优化维护周期规划，最大限度减少服务中断时间，延长设备寿命，显著降低营运成本。

从研究到现实

这项技术的影响现已遍及全港，谭教授与其他理大校友共同创办的安镁乐科技有限公司（Avaron Technologies Limited），在本港逾 130 部电梯及自动扶梯上安装了 LIMS 和 i-DEMS（EIMS），覆盖港铁站、商业综合体，以及标志性的中环至半山自动扶梯。他们的成功不仅令垂直运输更加安全可靠，更为城市基础设施智能管理树立了新标准。

随着城市空间不断向高空延伸，安全高效的垂直交通重要性日益凸显。电梯与自动扶梯智能监测系统好处甚多，影响广泛而深远。对居民而言，该技术可以令日常出行安全与可靠性获得实质性提升。建筑物业主则受益于维护成本降低、设备寿命延长，以及预算控制改善。城市规划者也有新的工具来创建更高效、更具韧性的城市。这项技术也反映了我们对未来的展望：我们的城市不仅会变得更高，而且更智能、更安全、更可持续。在这个垂直发展的未来，谭教授和廖博士的研究确保了城市动脉的健康、高效，并准备好载着我们奔赴新的高度。



重点 深究

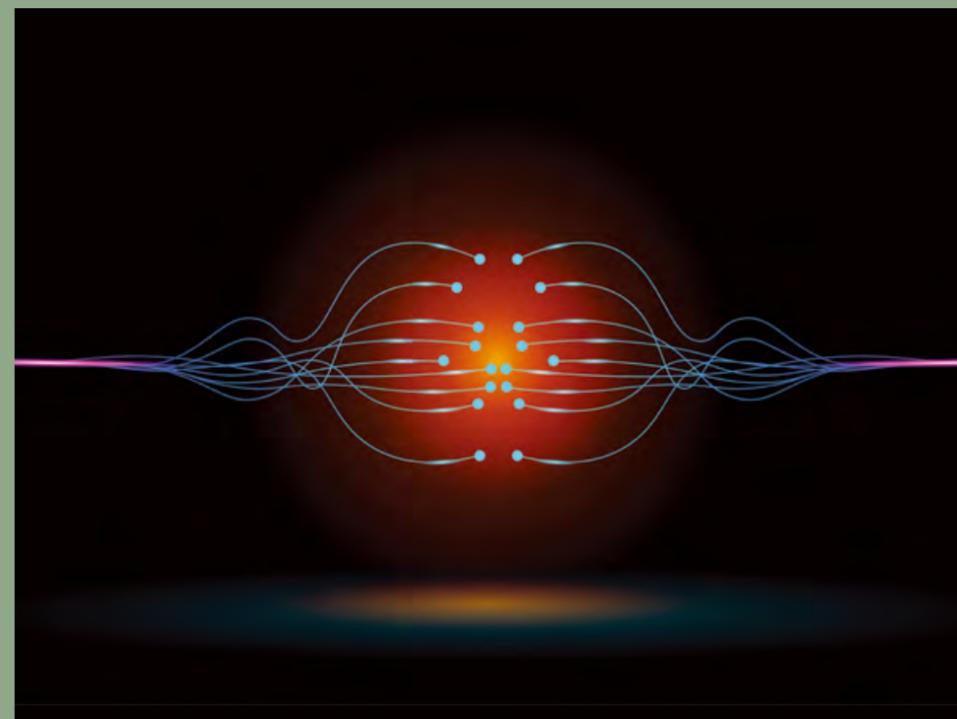


状态检修

状态检修是指遵从“按需不按时”的原则，监测电梯与自动扶梯的实时状态。按时维护容易造成过度保养，还会浪费人力和资源，相比之下，状态检修在成本效益及运维效率方面优势显著。谭教授和廖博士的创新方法运用光纤传感器与人工智能等尖端技术，实时收集电梯与自动扶梯的健康数据，以持续监测关键组件的状态与效能。状态检修只会在特定指标显示性能下降时才会进行维护，可显著优化维护资源、时间及成本配置，让电梯和自动扶梯更加智能、安全。此外，团队还进一步加入了预测功能。这些功能使磨损零件和老化组件能够在失效前被更换，最大限度减少计划外停运时间及服务中断频次。

传感器融合

传感器融合是指整合多种传感器的数据以全面掌握系统状态。监测电梯与自动扶梯的传感器套件中，就有用于测量振动的FBG加速计。谭教授和廖博士在单条光纤上安装了一系列FBG传感器，以单束激光测量温度、湿度、位移、倾斜度及电子特征等变量。这些传感器连接着解调仪，可将变量的变化转换成FBG传感器的波长变化。每个FBG传感器都会反射特定波长的光，并让其他波长的光通过。借助测量波长，就可以从每个FBG传感器收集数据，让系统全面了解设备的健康状态。此技术有助于识别单一传感器难以察觉的复杂问题，让预测性维护更加准确可靠。





03 室内室外 精准定位

室内室外 精准定位

无缝室内外城市导航系统为智能手机及智能城市装置用户提供精确水平及垂直定位。

一位《华尔街日报》专栏作家认为，卫星导航系统令我们不再迷路，令公路旅行失去了原有的乐趣¹。不过，大多数人显然更愿意出行时少走冤枉路。美国一项调查显示，93% 受访者出行时会依赖 GPS²。但在香港中环或旺角等建筑密集的地区，由于卫星信号会被高楼大厦阻挡或反射，GPS 的准确度可能会误差 100 米以上，令你偏离原本的目的地，与之相隔一整个街区。



¹ Cohen, Rich. "What I Learned Getting Lost on America's Backroads" 2024 年 7 月 27 日。于 2024 年 9 月 15 日 摘自 <https://www.wsj.com/lifestyle/what-i-learned-getting-lost-on-americas-backroads-cefb5886>

² "Study Reveals Where Drivers Are Most Reliant on Their GPS". United Tires Library. 最后更新于 2024 年 8 月 8 日。于 2024 年 9 月 15 日 摘自 <https://www.utires.com/articles/where-drivers-need-gps-the-most/>。



如果只是想找一家新的餐厅或店铺，大部分情况下，这点距离要走路或开车都不是大问题，但用于智慧城市应用的定位系统，所需的准确度远胜于此。要让自动驾驶汽车留在行车线内，必须将误差控制在 10 至 20 厘米之内；要让无人机在密集建筑物之间安全飞行，则需要约 30 厘米的定位准确度。此外，在香港这样的垂直城市，要在一栋高楼大厦中找到你的目的地，可能也得费一番工夫。因此，可以无缝连接室外与室内卫星导航的定位系统正可应人所需。为了解决这项难题，土地测量及地理资讯学系陈武教授带领研究团队，研发了一套无缝城市导航系统。该系统能够达到水平两米及垂直一米以内的准确度，专为高楼林立的市中心而设，可以克服卫星及室内定位困难的问题。

陈武教授

土地测量及地理资讯学系系主任兼卫星导航讲座教授
人工智能物联网研究院副院长

陈教授活跃于 GNSS 相关研究 30 余年，参与过大量由大学、政府和各行业资助的研究项目。他的研究兴趣包括 GNSS 技术、无缝室内/室外定位、导航系统性能评估，以及使用低成本传感器进行 3D 建模。近年来，他的研究聚焦于解决在城市环境中导航的问题，以及城市定位、导航与定时的基础设施建设。陈教授在不同期刊与国际会议上发表超过 300 篇技术论文，并向多个机构提交了逾 30 份技术报告。

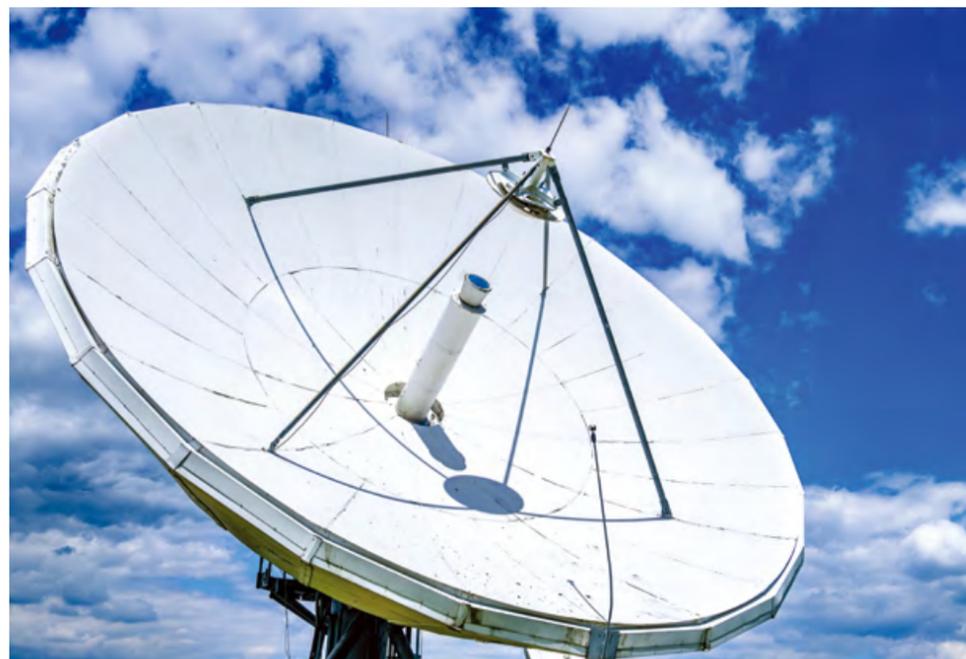


多多益善：多重 GNSS

该团队开发出一套方案，利用多个全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System，简称“GNSS”）测量、3D 城市建模、从智能手机传感器收集的数据改善准确度。陈教授解释：“要确定一个位置，你需要至少四颗卫星的信号，最好都在视线范围内，但在大厦林立的城市环境，视野范围可能会受限。所以，使用不同 GNSS 平台上的卫星，可以有效提高接收到卫星信号的机率。”目前全球主要有四个 GNSS：中国的北斗、美国的 GPS、欧洲的伽利略，还有俄罗斯的格洛纳斯。最受欢迎的 GPS 拥有约 30 颗卫星，但如果可以存取全部四个系统，可以使用的卫星数量就会跃升至 100 个以上。陈教授解释：“这代表你在任何指定位置看到卫星的机率增加了一倍。”

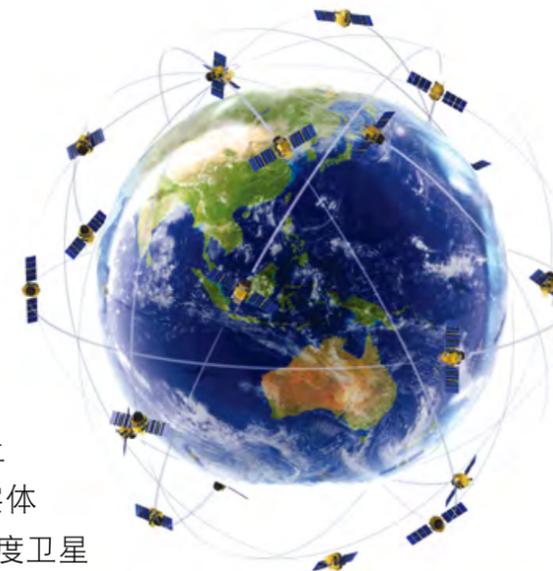
精确定位：差分 GNSS (DGNSS)

为了进一步提高主要 GNSS 的准确度，可以利用精确测量的参考站，校正测量位置与实际位置之间的差异，此法名为“差分 GNSS”（Differential GNSS，简称“DGNSS”）。不过，大部分的手机



都不支持 DGNSS。为了解决这个问题，陈教授和团队提出了直接以卫星的识别码校正 GNSS 测量的全新方法，使智能手机能够达到两米以内的水平准确度。

但建造本地 DGNSS 校正参考站的成本十分高昂，而且要做到全球规模也极为困难。为此，团队开发了一个新型的 DGNSS 平台，可使用公共精确校正功能——在网上向公众开放的高度准确定位数据，而无需实体参考站，能够以低成本方案实现可靠的高精度卫星定位。



城市独有：多路径缓解平台

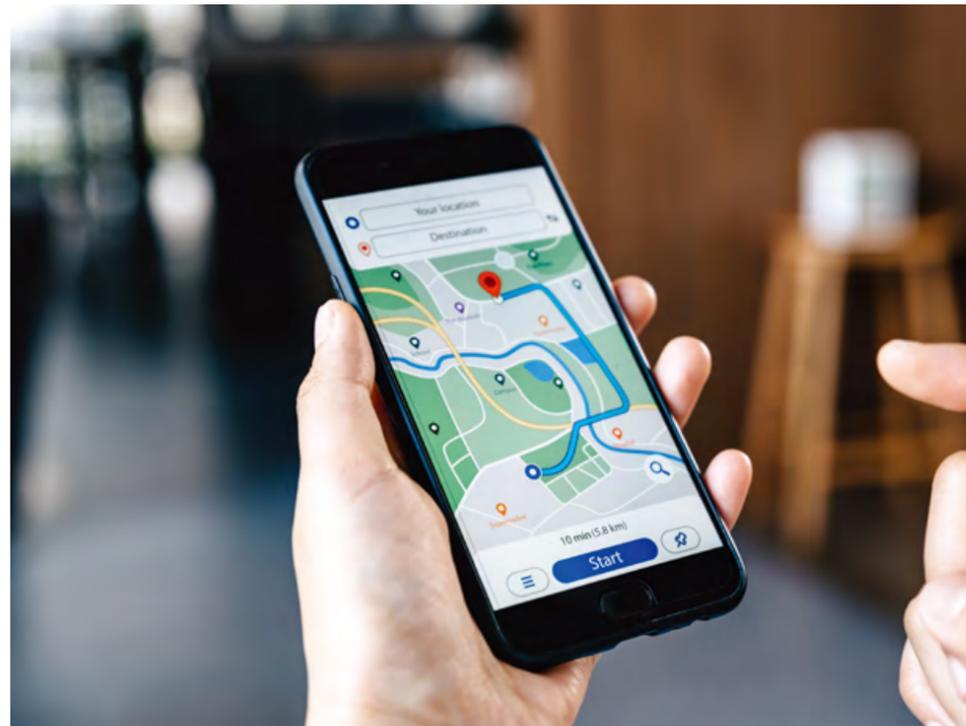
市中心的高楼大厦有机会引发多路径问题。陈教授解释：“如果接收到的信号并非全部直接由卫星传输，就会出现多路径问题。被本地建筑反射或衍射的信号会通过更长的路径传导，导致测量出错。问题在于如何区分直接信号和反射信号。”为了应对这个难题，团队通过交叉验证卫星位置与智能手机上惯性测量单元（Inertial Measurement Unit，简称“IMU”）传感器的位置数据，以及包含城中每栋建筑几何及高度信息的 3D 建筑模型，实现多源数据融合。这样有助他们识别可从特定位置直接看到的卫星，以及信号被反射或衍射的卫星。在湾仔进行的实验显示，这个方法可有效改善智能手机的定位准确度，将误差从 30 米减少到 10 米以内。

随时候命：低功耗蓝牙 (BLE) 信标

另一个提高定位准确度的方法，是使用低功耗蓝牙（Bluetooth Low Energy，简称“BLE”）信标。这些信标会不断发射智能手机可以检测到的独特信号，只要智能手机处于信标范围之内，信标的已知精确位置就可以帮助改善卫星定位结果。此外，BLE 信标还能通过检测设备在不同信标之间的切换路径，判断设备的移动方向。



疫情期间，香港特区政府在全港数百根灯柱上安装了 BLE 信标，用于追踪新冠病毒感染者。疫情结束后，这些信标可用于城市定位及导航服务，尤其是在 GNSS 信号较弱，甚至完全缺失的区域。



填补空白：人工智能航位推算 (DR) 模型

航位推算 (Dead Reckoning, 简称“DR”)是将移动物体的行进距离加上其先前确定的位置，以计算当前位置的方法。智能手机中的 DR 由 IMU 计算，常用于填补城市环境中 GNSS 位置之间的空白。不过，智能手机上的 IMU 数据质量较差，可能会造成重大错误。为了使智能手机上的 IMU 数据更加有效，陈教授与团队开发了一套新型的深度学习 DR 模型。该模型通过大量智能手机定位数据进行训练，大幅提高了智能手机的 DR 计算准确度。如结合 DR、蓝牙、和 Wi-Fi，还能实现高效的室内导航。

垂直导航：智能手机气压计

部分智慧城市应用需要获取有关高度信息，例如监测建筑结构健康状态的无人机和游走于建筑之内的监察机器人。为了确定设备在建筑的哪一层，团队使用了香港的气压数据来校准智能手机气压计固有的误差，结果发现，他们能够确定一米以内的绝对高度，这对室内导航非常有用。

陈教授的研究无缝连接了室内室外的精确定位，不但让生活变得更加轻松，还能为智慧城市应用铺路，开创数字技术的美好未来。陈教授追求精准定位的每一小步，都是人类进步的一大步。



重点 深究

大地水平面模型

古人相信地球是平的，到了大约公元前 500 年，希腊哲学家毕达哥拉斯（Pythagoras）才提出地球是球体的构想，但当时没有任何科学证据能够支持这个想法。事实证明，毕达哥拉斯的直觉是对的。现在，我们知道地球并非完美的球体，而是不规则的椭球体，而且山脉和山谷令地球表面不完全平坦。但科学家们假想出名为“大地水平面”的不规则椭球体来代表地球的平均海平面，以便计算深度和距离。陈教授团队研发的香港大地水平面模型达到了厘米级准确度，可用于 GNSS 高程测量，能够利用卫星测量地球上某一点的精确位置，包括其相对于大地水平面的高度。因此，该模型对高度精准的地表测量与地形测绘可作出重大贡献。



空间参考系统 (SRS)

为了测量物体在地球上的空间位置，科学家会使用空间参考系统（Spatial Reference System，简称“SRS”）。SRS 通过解析几何的方法，为整个地球建立一套坐标系统。目前，世界各地正在使用的 SRS 有数千种，每种都有特定用途。这些坐标系统构成了地理信息科学技术的基础，例如 GPS 就是按 1984 版于香港定位用的局部参考框架与全球参考框架有数米的落差，陈教授正与团队努力更新这些参考框架，务求向全球标准看齐。



04 调控臭氧
呼吸通畅

调控臭氧 呼吸通畅

环境科学家致力于研究臭氧、二氧化氮及微细悬浮粒子的组成与健康影响，以改善空气质量及公共卫生。

在没有风的晴天，整座城市被雾霾笼罩，能见度极低，空气中可以闻到污染物的气味。空气污染是威胁全球人类健康的最大环境风险之一。根据世界卫生组织（世卫）的数据，2019 年全球 99% 人口居住的地方均未达到世卫空气质量指引设立的标准。同年，空气污染估计导致全球 420 万人早逝¹。暴露于严重的空气污染，会增加罹患癌症、心血管疾病、呼吸系统疾病、糖尿病、肥胖症，以及生殖、神经和免疫系统疾病的风险²。

¹ "Ambient (outdoor) air pollution". 世界卫生组织媒体中心。2024 年 9 月 13 日。摘自 [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)。

² "Air pollution and your health". 美国国立环境卫生科学研究所 (NIEHS)。摘自 <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/air-pollution>。

王韬教授

土木及环境工程学系大气环境讲座教授
化学和环境分析中心实验室副主任

王教授主要从事大气化学与空气质量的研究，曾协调由香港研究资助局及环境保护基金资助的大型研究项目，并担任中国国家酸雨基础研究项目首席科学家(2005 年至 2010 年)。他在国际期刊上发表了 250 余篇论文，且经常就空气质量问题向香港和内地政府提供咨询。他曾荣获理大校长特设杰出研究表现 / 杰出成就奖 (2017/2018)、教育部二等奖 (2009 年、2022 年) 及生态环境部二等奖 (2010 年、2022 年)。



郭海教授

土木及环境工程学系教授

郭教授的研究涉及大气化学、有机气溶胶及室内化学。他是首批为了解亚洲大气臭氧形成而开发光化学轨迹模型及光化学箱模型的学者之一，也是香港首位建立世界级痕量挥发性有机物分析实验室仪器系统的学者。自 2020 年起，郭教授成为在气象学及大气科学领域被引量排名前 2% 的科学家。他是中国 - 澳大利亚空气质量科学与管理中心的香港区主席。

李顺诚教授

土木及环境工程学系教授

李教授于 1994 年获得美国加州大学柏克莱分校环境科学博士学位，2003 年建立了亚洲第一个碳气溶胶实验室。他曾领导香港低碳绿色科研基金、研究资助局及环境保护基金会资助的研究计划，拥有一项美国专利和三项香港专利。他曾获 Lyman A. Ripperton 环境教育家奖 (2024 年) 及 Arthur C. Stern 杰出论文奖 (2019 年)，发表研究论文 370 余篇，是 H 指数为 102 的高引用率研究者 (2018-2021 年)。



李向东教授、工程师

建筑及环境学院院长
高赞明可持续城市发展教授
土木及环境工程学系环境科学与技术讲座教授
可持续城市发展研究院院长
韧性基础设施研究院院长

李教授于英国伦敦帝国学院获得博士学位，发表了逾 250 篇论文，大部分刊登于国际顶尖期刊。他于 2022 年获得国际地球化学学会颁发的 Clair C. Patterson 奖 (环境生物地球化学创新突破)。他获选为香港工程院院士、国际地球化学学会及欧洲地球化学协会地球化学会士。也是 ACS Environmental Au Journal 执行主编、Environmental Science & Technology 副主编。他于 2023 年荣获理大校长特设杰出成就奖 - 研究及学术活动。

金灵教授

土木及环境工程学系助理教授
医疗科技及资讯学系助理教授

金教授从事环境化学、毒理学与微生物学的交叉学科研究，以解决空气污染与人类健康、海洋污染与野生动物健康，以及有害微生物的环境传播等全球健康问题。他在 Nature 等期刊上发表了 80 多篇论文，2022 年因研究方面的杰出成就而荣获“校长特设青年学者席”。他获得了美国环境工程师及科学家学会颁发的 2025 年“40 位 40 岁以下杰出人士奖”。



空气污染会影响人类健康，缩短预期寿命。科学家一直致力于解决这个严峻的挑战，但成功之前，必须先充分了解不同的污染物。土木及环境工程学系王韬教授、郭海教授、李顺诚教授、李向东教授及金灵教授组成的空气研究团队，开发出先进的数学模型，利用纳米技术，并进行了大规模研究，务求了解不同化学物质如何导致主要空气污染物形成。这些知识将为制定空气污染控制政策提供科学及技术基础，有助改善城市的空气质量。

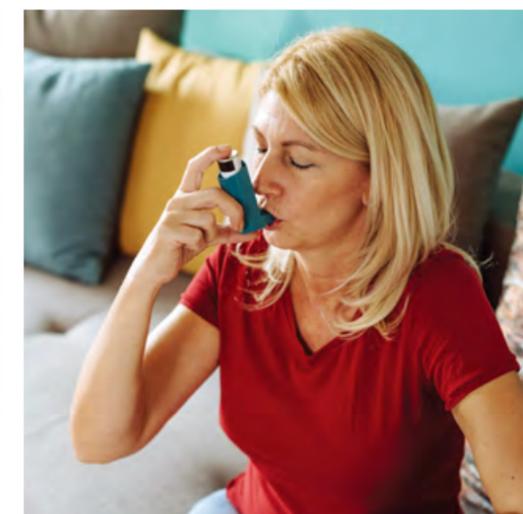
利弊好坏

1985年，科学家发现南极上空的地球臭氧层空洞。至1990年代，这个洞不断扩大，成为了迫切的环境问题，而臭氧层空洞的罪魁祸首竟是当时常用的冰箱和空调冷媒及冷却剂——合成化合物氯氟烃。氯氟烃不断泄漏到大气之中，被强烈的紫外线分解，释放出能与臭氧发生反应的氯原子。高层大气远离地球表面，其中的臭氧是“好臭氧”，因为它吸收了几乎所有到达地球大气层的有害太阳紫外线。如果没有臭氧层，地球就要承受具破坏性的紫外线辐射，届



时大多数生物都无法生存。1987年，国际就逐步淘汰氯氟烃和其他消耗臭氧层的物质达成协议，自此各国政府开始严格执行相关法例，臭氧层的空洞得以逐渐恢复。

然而，臭氧并非总是有益的。视乎形成之处的高度，臭氧也可以是有害的：低层大气和地面的臭氧是空气污染物，会对人类和动植物



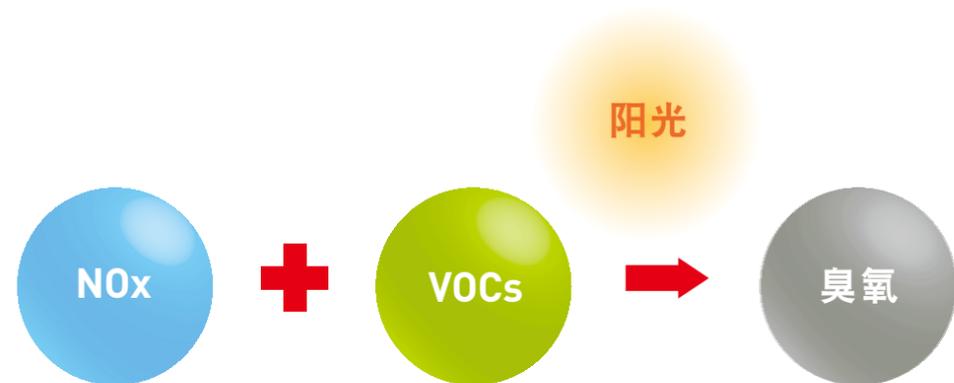
的健康产生负面影响，因此在较低海拔的地区，有时会被称为“坏臭氧”。由于臭氧的结构与氧气相似，所以能够进入人类和动物肺部，取代氧气，引起呼吸系统的疾病。臭氧也是导致眼睛发红、发痒的刺激物，还能令植物包括农作物黄化和坏死，削弱其光合作用能力，减少农产量。

追踪源头

王教授对臭氧污染的兴趣始于上世纪90年代初，当时他在香港建立了华南地区首个背景大气监测站。王教授与团队通过气流数据、卫星数据和计算机模型，发现香港日益严重的臭氧污染主要由长途运输造成，最初的源头是内地，近年则是东南亚。

矛盾的方程

地面臭氧是由氮氧化物 (Nitrogen Oxides, 简称“NOx”) 和挥发性有机化合物 (Volatile Organic Compounds, 简称“VOCs”) 在阳光下发生化学反应而产生的。NOx 大多是在燃料高温燃烧时产生的, 例如汽车、发电厂和炼油厂的排放物。植物等生物来源及燃料生产和燃烧等人为来源可产生超过 100 种 VOCs。它们的反应可以总结为以下反应式:



跟据此反应式, 我们可假定空气中 NOx 和 VOCs 的浓度越高, 臭氧浓度也越高, 但事实却有例外情况, 研究团队希望了解背后的原因。为此, 王教授和郭教授各自开发了首批观察模型, 以确定每种



主要化学物质 (NOx 和 VOCs) 如何影响香港臭氧的形成。郭教授的团队同时在另外十多个中国城市进行研究。由于了解 VOCs 是研究臭氧污染的关键, 他们还开发了针对空气中 VOCs 的分析技术。

为了改善中国的空气质量, 中国政府于 2013 年推出了《大气污染防治行动计划》(下称《行动计划》)。2013 至 2017 年, 王教授的团队研究了在《行动计划》实施后, 空气污染物排放量的减少对臭氧水平的影响。他们利用统计与计算机模型分析了国家环境监测网络的数据, 发现在《行动计划》实施后, 环境中的主要污染物浓度显著下降, 但同时许多城市中心的臭氧浓度却上升了。团队量化了排放变化和气象条件对臭氧水平的影响, 并就臭氧浓度的意外上升给出了几个解释。

减排对臭氧水平的影响

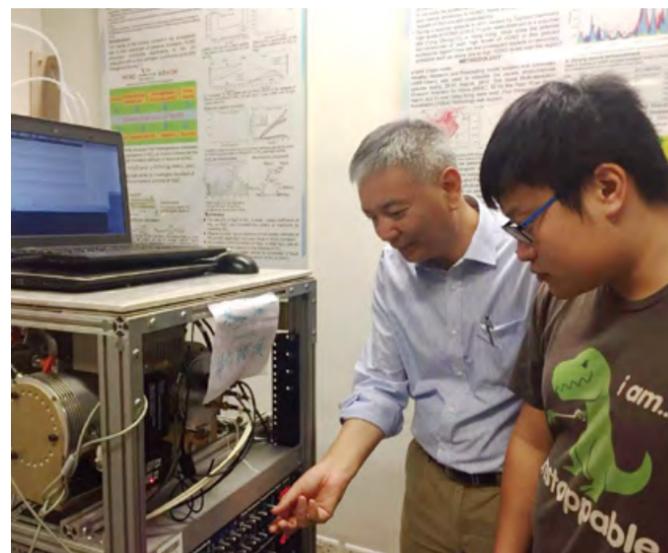
王教授解释说：“第一，当氮氧化物排放量较少，空气中抵消臭氧形成的物质也会减少，导致臭氧浓度升高。第二，《行动计划》主要针对悬浮颗粒（Particulate Matter，简称“PM”），当空气中的悬浮颗粒减少，到达地球表面的阳光就会增加。太阳辐射增加，会引发 NO_x 和 VOC 之间的反应，形成臭氧。第三，PM 会吸收某些有助臭氧形成的物质。当空气中的 PM 减少，吸收的臭氧形成物质就会减少，导致臭氧形成增加。”研究团队认为，在控制 VOC 水平的同时，也控制 NO_x 和 PM 水平，就能避免降低 PM 水平所带来的意外后果。

气象条件对臭氧污染的影响

王教授的团队也发现，单靠化学条件的变化，不足以解释臭氧污染程度的逐年变化。气象条件的变化也产生了很大作用，因此在评估排放控制措施对臭氧污染的效用时，有必要将之纳入考虑。



鹤咀超级空气质素监测站



应对全球臭氧污染挑战

同时，郭教授团队也提出了一个相关问题：在气候变暖和地面臭氧的复杂背景之下，如何有效应对日益严重的全球臭氧污染挑战？郭教授解释：“有证据显示，对流层（地球大气层的最低层）的臭氧普遍增加，特别是近地面臭氧，其化学性质相当复杂，很难处理。虽然过去取得了一些成果，但我们仍要找到应对气候暖化所带来的臭氧污染问题的方法。”郭教授团队分析了 2014 至 2019 年间全球 4,300 个站点的地面测量数据，以突显臭氧污染所带来的全球问题，特别是因不协调减排和气候暖化加剧而导致的臭氧水平意外上升。

郭教授继续解释：“臭氧污染和气候变暖有重要关联，二者的来源相似，会发生化学反应，还会以类似的方式危害人类健康。所以，我们提出了一个可以同时减少臭氧和悬浮颗粒的全新方法，希望能在即将到来的低碳排放转型期减少对对流层的臭氧污染。”

空气研究团队秉持着对科学的好奇，以专业知识为降低空气污染作出了重大贡献，改善空气质素之余，也保障了人们的健康和生命安全。

重点 深究

路边空气净化机

二氧化氮对人体有害，会破坏肺部对细菌的防御能力，使其更易受到感染，并导致气喘加剧。车辆是路边二氧化氮污染的主要来源，车辆总数和老旧车辆数量增加都是二氧化氮污染的主因，造成严重的空气质量问题。李顺诚教授率领研究团队与路政署和环保署合作，研发可安装于智慧灯柱的空气清新器，以改善路边空气质量。这些路边空气净化机以物理与化学的混合过程和特殊的纳米材料净化空气，其顶部的鼓风机从底部吸入受污染的空气然后向上推，使空气通过六个净化模块。理大的路边监测站安装了七台主动式空气净化机，在 944 平方米的评估区内，去除了高达 16% 的二氧化氮、10% 的一氧化氮，以及 44% 直径为 2.5 微米或以下的悬浮微粒（PM_{2.5}）。



空气污染的毒性强度调整控制

空气中的悬浮颗粒（Particulate Matter，简称“PM”）是多种对人体健康有负面影响的化合物混合物。出于监管目的，这些颗粒是按直径分类的。PM_{2.5} 的颗粒很可能会深入人类的肺组织，造成损伤和导致发炎。心脏病、支气管炎、其他呼吸系统疾病，甚至早逝，都跟接触 PM_{2.5} 颗粒息息相关。李向东教授和金教授多年来一直致力于研究 PM_{2.5} 颗粒，他们发现了一个被人忽略了的重要问题：即使暴露于质量浓度相似的 PM_{2.5} 颗粒，不同地区的人遭受的健康影响也不尽相同。为了解决这个问题，并改善对 PM_{2.5} 颗粒的监管，团队开发了一种新颖的混合毒性建模方法，以量化接触不同来源的 PM_{2.5} 颗粒，会如何对吸入者产生不同水平的毒性。他们发现，家用炉灶燃烧排放的 PM_{2.5} 颗粒的毒性，比燃煤发电厂排放的颗粒高出约 10 倍，因为家用炉灶中的固体燃料燃烧不完全，就会产生更高浓度的碳质有毒物质。团队建议根据这类 PM_{2.5} 颗粒的毒性强度调整空气污染控制的法例，换言之，就是要更加严格控制不完全燃烧的源头排放。

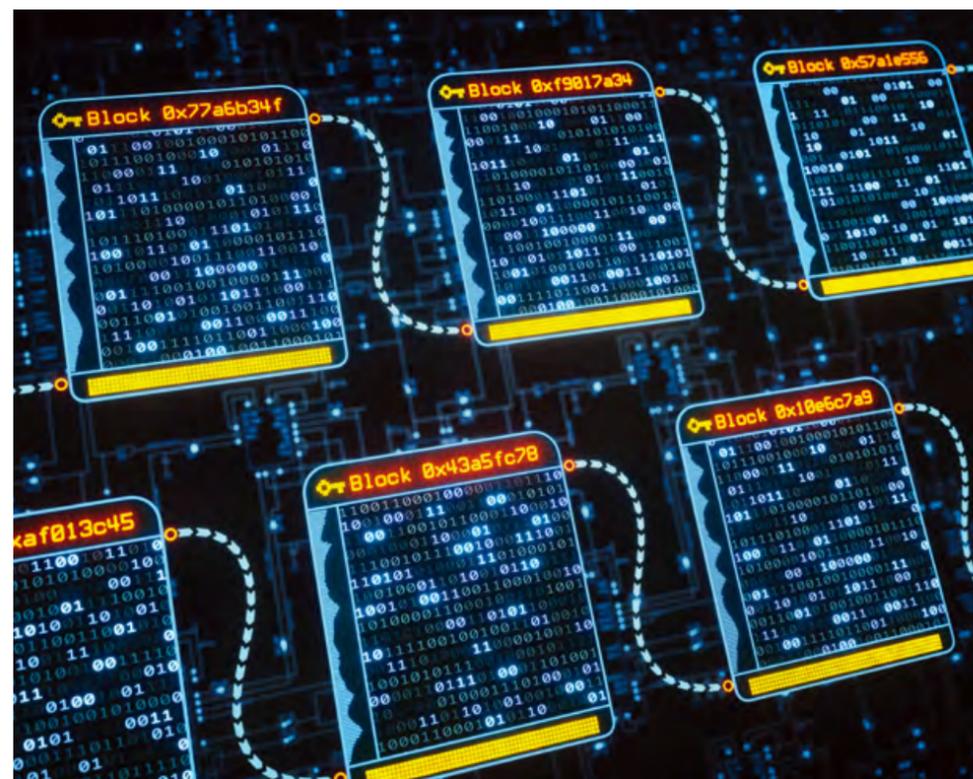


05 数字安全
万无一失

数字安全 万无一失

电子计算专家与研究人员以崭新演算法弥补安全漏洞，并管理与区块链生态系统相关的隐私风险。

现在，投资者对加密货币已不陌生——这种基于区块链技术的数字或虚拟资产存在于去中心化的网络中。艺术品收藏家也在尝试收集通过区块链代币化为非同质化代币 (Non-fungible Tokens，简称“NFT”) 的数字艺术品。另一个引起媒体广泛关注的科技流行词汇是“第三代互联网”(Web3)，即由所有参与者共同控制的次世代去中心化互联网，其底层技术同样是区块链。去中心化金融 (Decentralised Finance，简称“DeFi”) 则是通过公共区块链上安全分布式账本提供新兴点对点金融服务，也轰动了科技界和金融界。毋庸置疑，区块链就是未来。但区块链到底是什么？



公用、分布式、去中心化



区块链是一个类似分布式账本的数据库，其数据在计算机网络之间共享，而非储存在中央服务器上。去中心化就是该概念的核心，不让大公司保存所有敏感信息，而是将数据分布在整个网络上，没有人能够完全掌控，所有使用者都有集体控制权。交易在账本上被记录之前，必须先经过网络中所有人的验证，并且记录后不能更改。



区文浩教授

电子计算学系教授暨副主任 (研究及发展)

区教授于香港中文大学取得学士及硕士学位，并于澳洲伍伦贡大学取得博士学位。他之前曾任教于香港大学，其主要研究领域为网络安全、区块链及应用密码学。区教授曾两度荣获 ZPrize 大奖，隐私研究 PET 亚军奖，以及 2023 年中银香港金融科技创新奖。

罗夏朴教授

计算机及数学科学学院副院长 (科研)
电子计算学系教授
区块链技术研究中心主任

罗教授的研究领域为区块链与智能合约、移动及物联网、软件与系统，以及网络安全。他的研究赢得了 16 项最佳 / 杰出论文奖，例如 ACM CCS 2024 杰出论文奖、四项 ACM SIGSOFT 杰出论文奖、2023 年最佳 DeFi 论文奖、INFOCOM 2018 最佳论文奖等。他也获得了多个业界奖项，包括 2023 年中银香港金融科技创新奖。其研究揭示了许多在区块链、移动应用程序、物联网装置和车辆中的严重漏洞，并已获业界采用，以检测与分析恶意软件和网络攻击。罗教授获美国计算机协会选为 2024 年度杰出会员，表彰其在区块链和智能合约安全，以及 Android 及其应用安全领域所做出的杰出贡献。





这代表你能够以数字方式向某人付款，而无需在银行、信用卡发行商，或任何其他支付平台的服务器上保存个人信息，从根本上消除了信息外泄的风险。你的付款记录（或收款人的资金所有权证明）是永久的，任何人都可以查看。整体而言，区块链令价值与资产的交换更加快捷、安全、便宜。

区块链的概念可以用玻璃箱的比喻作解释。想象一下，区块链是一家 24 小时银行，其玻璃保险箱设有独一无二的编号。每个来到银行的人都可以看到并验证每个玻璃箱里的内容。任何人都可以将钱放入别人的保险箱，只要他知道箱子主人独一无二的号码。交易发生时，所有人都能看到参与交易各方箱子内容的变化。当每个人都验证过这些箱子的新内容，交易就会被写入记录。由于没有人可以篡改这些可追溯的永久记录，加上箱子会受到所有人集体监控，这个透明的系统就能大幅降低操纵和欺诈的风险。

减轻新兴技术风险

不过，所有新技术都会带来新的风险。理论上，区块链的底层设计融合了去中心化架构与密码学技术，因此，区块链应具备较高的安全性，但由于区块链生态系统中的隐藏安全漏洞，每年因加密货币诈骗而损失的金额仍达数百万美元。为了应对这项挑战，电子计算学系区文浩教授和罗夏朴教授开发了新的算法，以保护区块链用户隐私、提高密钥安全、找出区块链生态系统中的安全漏洞，并防御恶意攻击。

密码基础

在事务历史记录于区块链之前，必须经过所有用户的验证，这个过程可能非常耗时。而因为所有用户都可以看到交易的所有细节，隐私也是需要关注的问题。区教授的团队开发了一个有效的零知识证明（Zero-knowledge Proof，简称“ZKP”）算法，可以加速验证过程，并防止敏感数据泄漏，成功解决了这些问题。举个例子，以往在区块链上发布 1,000 笔交易时，用户需要逐笔交易验证，但现在只需为这 1,000 笔交易发布一个简短证明，就能确认交易全部有效。用户只需验证该证明，而无须验证 1,000 笔交易。而且这个简短证明不会包含任何交易详情，因此还能保护用户隐私。

管理虚拟资产时，密钥的安全可谓至关重要。区教授的团队设计了一个基于阈值密码学的分布式密钥。密钥被分成了五个部分，分别储存在五台服务器上，用户如要登入帐户，就需要其中三个。区教授解释：“即使黑客攻破了一台服务器，如果没有另外两部分，他们仍无法登入账号。黑客不知道密钥的其余部分储存在哪里，令窃取密钥变得更加困难。此外，由于密钥存储在五台服务器上，即使一台服务器死



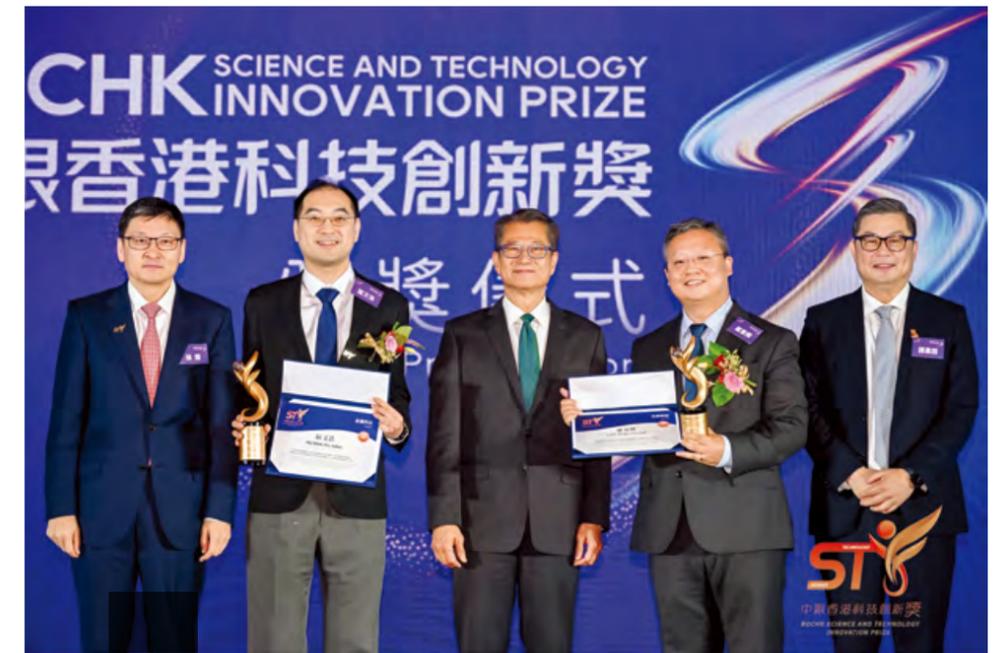
机，用户也能从其他服务器找回五分之三的密钥，不致于无法登入账户。”因此，阈值密码学不仅大幅提高了密钥安全性，还能确保即使服务器发生故障，用户仍然可以存取他们的资产。

区块链生态系统安全

尽管区块链内置安全功能，但其生态系统仍然充满漏洞和弱点。区块链平台、智能合约、第三方服务、前端与通讯网络等组件，都很容易受到网络攻击。罗教授的团队制定了双管齐下的策略，以全面强化区块链生态系统的安全。

第一，发现安全漏洞，重点关注零日漏洞，即未为人知、未有修复方法的安全漏洞，而这些漏洞可能在被修复之前就已被攻击者利用，因此特别危险。罗教授的研究揭露了主要区块链基础设施的严重安全问题。领先的公司和开发商十分重视这些重大发现，并提供漏洞赏金，以回报通报安全漏洞的研究人员。罗教授的团队也率先研发了创新的工具，以简化智能合约和区块链平台中的漏洞检测。例如，他们研发了首个基于 GPU 的智能合约模糊测试系统，即使用 GPU 来加速针对智能合约的漏洞发现。相比现有的最先进技术，该系统在对智能合约的测试速度要快上十倍。

第二，保护区块链生态系统免受各类攻击。罗教授的团队研发创新的技术来检测及对抗各种形式的高级恶意软件，包括恶意智能合约和应用程序。这些技术已被一些领先的信息技术公司采用。他们还设计了领先的方法来识别及抵御各种针对区块链生态系统的攻击，从而加强用户保护。



图片由中银香港科技创新奖提供

区教授和罗教授的团队在本地及国际上均获奖无数，当中包括享负盛名的中银香港金融科技奖(2023年)，而区教授的团队更两度荣获 ZPRIZE，是香港唯一获此成就的队伍。2024年7月，国际银行委托区教授的团队，利用 ZKP 技术加强其数字货币系统的隐私。团队还与一家领先的电信公司合作，助其开发次世化的身分平台。罗教授的团队发现了许多主流区块链生态系统中的关键漏洞，并协助抵御各类复杂及隐蔽的攻击，对区块链安全贡献良多，其研究成果也获得了领先的区块链和 IT 公司的认可。

区块链是由用户网络共享的防篡改安全数据库，令支付与价值交换更加安全、快捷、便宜，但潜在的利益也伴随着相应的风险。要减少攻击和诈欺的风险，并在区块链生态系统内实践最佳做法，就需要全面的风险管理系统。区教授和罗教授的研究，使我们离没有恶意攻击和诈骗的区块链生态系统又近了一步，让我们能够在该生态系统中安心交易价值和资产。

重点 深究



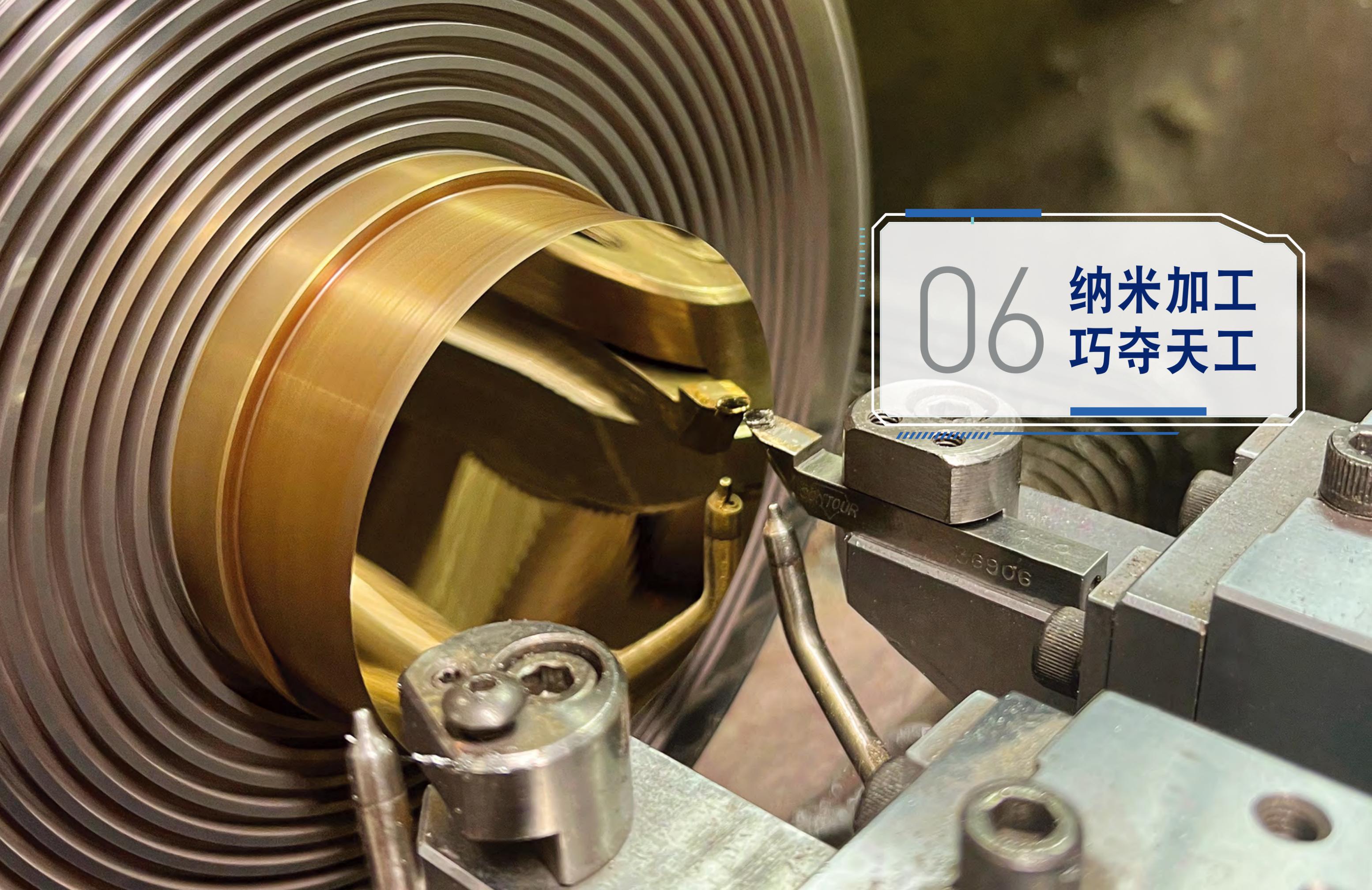
零知识证明 (ZKP)

今天，我们会在网络上管理财务、提交报税表、买卖物品。可是我们在进行任何在线交易之前，都需要先验证身分，有时要扫描我们的护照或身分证等证件，并上传到中间机构或服务器。但如果储存这些敏感信息的服务器被黑客攻击，我们无法不担心自己的个人信息会被泄露，或身分被盗。零知识证明 (ZKP) 只会将个人信息作为电子证书储存在服务器上，但不是证件本身的副本，因此可有效降低信息外泄的风险。验证者可以安全地存取及验证用户的身份，但无法存取其实际数据。个人信息的主人可以选择凭证包含和披露的内容，并传输使用一次性预共享密钥加密。这意味着即使黑客窃取了该文件，也无法解密。即使他们真的成功破解，也只是拿到一张证明，上面不会有任何敏感信息。不过，ZKP 的主要问题在于证明生成的速度很慢。为了解决这个问题，区教授的团队利用了分布式计算和图形处理器来加快证明的生成速度。

后量子密码学

量子计算机建基于量子力学原理，可以解决传统计算机无法解决的数学问题。2019 年，Google 声称其量子计算机仅需 200 秒即可解决世界上最快的超级计算机需要 10,000 年才能解决的问题。换言之，量子计算机的运作速度比传统计算机快 1 亿倍。量子计算机可以大幅缩短破解加密算法所需的时间，如果被恶意行为者获得，将会对公共加密系统构成重大威胁。只要有足够的时间，所有加密系统都可以被破解。使用传统计算器，恶意行为者可能需要数十年来处理加密信息。但如果未来出现大规模量子计算机（专家预计约二十年后就能克服这个工程难题），就能轻松有效地破解被盗的加密信息。为了应对这个潜在威胁，区教授的团队开发了可以抵御量子及传统计算机攻击的加密算法，这些算法还能与现有的通讯协议和网络互通。





06

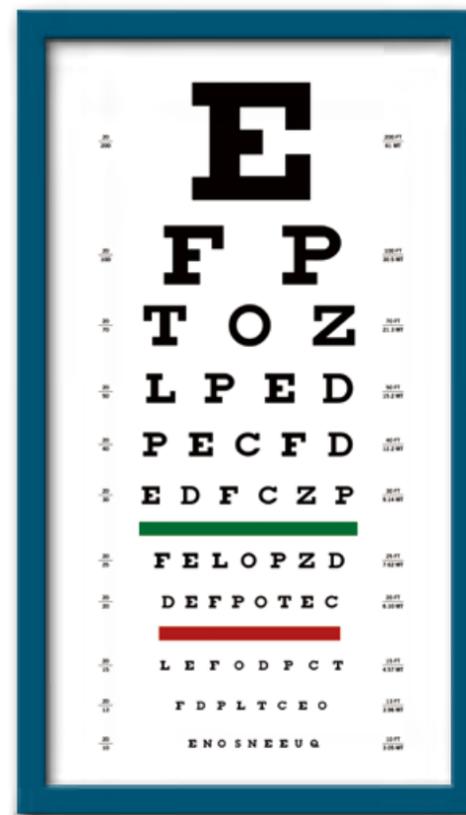
纳米加工
巧夺天工

纳米加工 巧夺天工

从近视抑制镜片到纳米抛光手术刀，以微米甚至纳米级的超精密加工改善我们的生活。



近视的成因主要是由于眼球长度相对于眼角膜和水晶体的焦距过长，它可以用常见的近视眼镜和隐形眼镜进行光学矫正，也可以通过手术矫正。早在 2002 年，眼科视光学院杜嗣河教授、林小燕教授和谢欣然博士已带领研究团队，研发出了“光学离焦软性隐形眼镜”(DISC)。2018 年，该研究成果由杜教授和眼科视光院校友梁子文先生共同创立的理大初创公司“视觉科技有限公司”(视觉科技)实现了产业化。



DISC 是由同心圆组成的多区软性隐形眼镜，它将清晰和模糊、失焦(离焦)的影像交替投射到视网膜上与前方。配戴者在得到清晰视野的同时，离焦影像也会向眼睛发出讯号，促使眼轴缩短以使外部影像聚焦在视网膜上，从而减缓眼轴增长。临床试验证明，DISC 能使香港 8 至 13 岁学龄儿童的近视加深速度降低 60% 以上。

解决技术挑战

然而，有些学童因为眼部的健康问题而无法配戴隐形眼镜，有些则是因为年纪太小，无法保持个人卫生或遵照流程保养及清洁隐形眼镜。为了解决这个难题，视觉科技开发了 DISC 镜片的大镜片近视眼镜版本。不过，开发这种镜片并非只是将 DISC 镜片放大到眼镜镜片的大

张志辉教授、工程师

工业及系统工程学系超精密加工及计量学讲座教授
超精密加工技术国家重点实验室(香港理工大学)主任

张教授专攻超精密加工技术与精密计量领域的开创性及可持续研究。他是国际生产工程科学院院士(CIRP Fellow)、美国精密工程学会会士(ASPE Fellow)及香港工程师学会资深会员(FHKIE)，曾获得许多奖项，包括 ASAIHL-Scopus 青年科学家奖、Joseph Whitworth 奖、A M Strickland 奖、IET 创新奖、2023 年中银香港科技创新奖—先进制造奖等。





小那么简单。因此，视觉科技与眼科视光学院的研究人员，以及由工业及系统工程学系超精密加工及计量学讲座教授、超精密加工技术国家重点实验室（香港理工大学）主任张志辉教授带领的团队展开合作，以解决面临的大量技术难题。

要制造出与 DISC 镜片同等效果的眼镜镜片，有着许多困难。张教授解释：“DISC 镜片之所以有效，是因为能够紧密贴合眼球，并且跟随眼球而运动。但在眼镜镜片上，近视镜片无法跟随眼球的转运而运动，所以同样的方式就很难得到清晰的视野，有些佩戴者还会觉得眼睛难以适应。”张教授也注意到镜片的美感或外观的重要性，他说：“没几个小学生愿意配戴有明显环圈的眼镜。无论镜片多麽有效，如果没有人愿意使用就没有意义。所以，我们需要让镜片看起来就像普通的眼镜镜片。同时，我们也希望保持成本低廉，以便更多家长负担得起这个版本的镜片。”此外，DISC 镜片也无法矫正散光。这些都是团队在研发大镜片近视眼镜版本的 DISC 镜片时必须解决的难题。

纳米级光滑度

上述合作项目成功研发出新型“纳米多环离焦”(NMDIS)镜片，商业名称为 MyoDisc。该镜片结合了先进的光学设计、超精密加工，以及独特的切向连续纳米多环结构。张教授解释道：“我们使纳米环之间的高低过渡变得平滑，做到了无缝连接，所以 NMDIS 镜片外表就像普通的眼镜镜片一样。现有的设备无法测量整片镜片的屈光度数，因此我们又开发出专有的离焦量测量方法，以确保镜片上每一点都经过光学优化，使佩戴者能够轻松舒适地适应 NMDIS 镜片。”

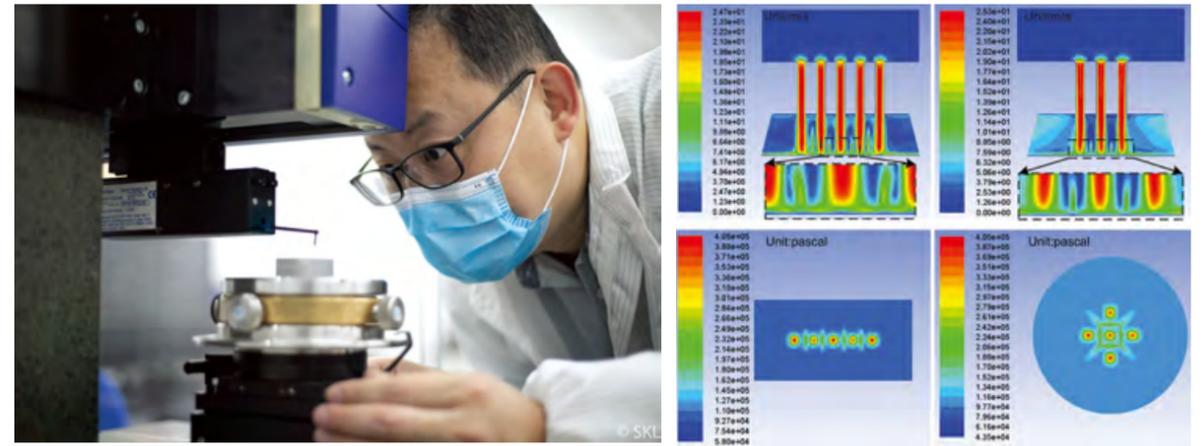
为了降低制造成本，镜片并非一片片单独加工，而是采用注塑成型方式生产。不过，用来制作纳米环的超精密模具，其生产成本仍然非常昂贵。为了降低成本，研发团队仅在镜片的一侧模制纳米环，以达到离焦效果，另一侧则使用常规模具矫正散光或近视，这样造价就便宜得多了。这意味着所有 1,000 度或以下的处方镜片，只需要一个超精密模具。视觉科技于 2022 年 12 月推出了 NMDIS 镜片，截至 2024 年 10 月，已在内地及香港销售了三万副，帮助约三万名儿童维持清晰视力的同时，有效抑制近视加深。



突破极限

先进的光学制造技术，只是超精密加工技术国家重点实验室的重点研究方向之一。该实验室同时也在研究微纳米加工及机理、超精密加工技术先进工艺、自由曲面计量，以及超精密加工设备。具体而言，该实验室一直在开发超精密制造设备和设备配件，以满足工业4.0（又名“第四次工业革命”）时代的科学研究与制造需求。他们的创新技术也涵盖了用于全自动生产线的产品在线测试及测量仪器。张教授表示：“作为国家级重点实验室，我们的研究从设计、制造、营销到售后服务，覆盖整条产业链。”

实验室也在温州和深圳设立了实验室分部，加强内地与香港之间的技术创新合作。两个实验室分部分别隶属于理大温州技术创新研究院和理大深圳产业科技创新研究院，专注于研发人工智能驱动的超精密制造和光学检测设备。同时，温州实验室分部将会负责NMDIS镜片的大批量精密制造任务，以人工智能算法精确检测镜片的屈光度数和自动进行镜片的缺陷分检。”



测试产品影响力的试金石

通过与眼科视光学院和产业伙伴合作，张教授证明了超精密加工和精密计量可以令许多产业受益，除了航空航天及生物医药等技术主导的行业，还包括眼镜和自清洁镜片等日常消费品行业。

张教授指出：“与业界合作是将我们的技术转化为市场化产品的关键。市场最终会根据有多少客户从中受益来判断产品的影响力，市场接受我们研发的产品，才算真正的成功。”目前已有超过三万人从NMDIS镜片的试产中受益，张教授成功展示了超精密加工对社会的影响，改善了我们的日常生活。



重点 深究



超精密加工

超精密加工是一种尖端的先进制造技术，通常可在亚微米级别（即人类头发直径的百分之一）生产高精度的复杂零件，它是航空航天、电子、汽车、光学及生物医学工程领域创新技术的支柱。一条 DNA 链宽约 2 纳米，张教授团队的目标是达到具有纳米级表面粗糙度的精确表面，这意味着表面轮廓的偏差不能大于一条 DNA 链的宽度。团队采用钻石车削、微铣削、微磨削、单点钻石加工、计算机控制超精密抛光和自由曲面加工等先进工艺，可以制造具有最严格公差和光学表面质量的精密注塑模具。这些模具可用于生产具有微 / 纳米结构和形状的镜片，按照设计精确地弯折光线，例如 NMDIS 镜头和裸眼立体显示器等。该团队不断努力突破技术极限，以达到更高的精度。

功能表面

由于超精密加工技术的进步，现在已经可以创造出微纳米结构表面，它不但可以改变材料的表面特性，甚至能为其赋予新的功能。例如，超精密加工可以将手术刀刀片打磨得非常光滑且精细，从而尽量减少手术引起的组织创伤、肿胀和疤痕，加快伤口闭合和痊愈。同样地，人工关节必须在最严格的公差范围内加工，以确保完美贴合。纳米级的表面粗糙度，可以将人工关节部件之间的摩擦减到最低，延长其使用寿命。此外，微纳米结构同样存在于自然界，具有特殊功能，帮助各种动植物生存。张教授的团队模仿这些生物表面，开发出各种功能表面。例如，团队受荷叶的防水特性启发，在玻璃表面创造出微米级结构，以防止水和污垢黏附，其自洁特性非常适合室外镜及其他清洗困难的表面。此外，蝴蝶翅膀看上去色彩缤纷，也是因为其纳米结构导致光波发生衍射和干涉。张教授的团队同样模仿了这种纳米结构，在金属表面上实现了各种结构色。





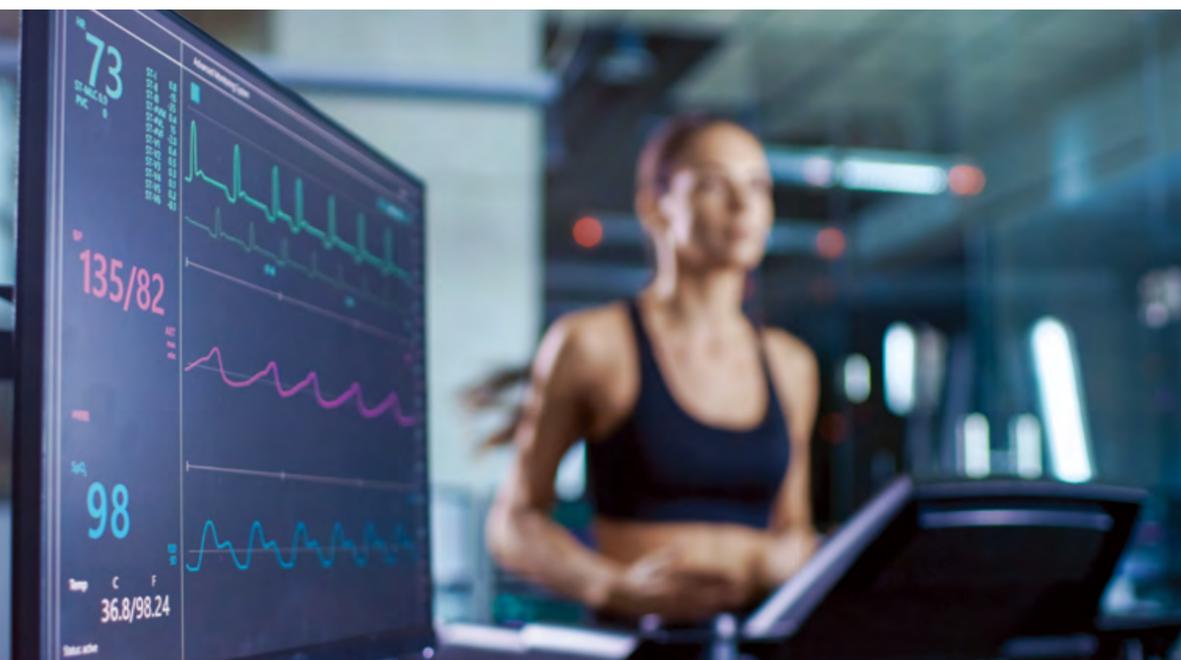
07 随身电池
能屈能伸



随身电池 能屈能伸

具有出色耐用性、能量密度及穿戴舒适度的折叠式织物充电电池可为新世代穿戴式装置提供动力。

说到穿戴式科技，你可能只会想起监测生命体征的健身追踪手环，但实际上穿戴式科技远远不止于此，智能服装和智能织物的智慧和穿戴性能已是今非昔比。例如，有些瑜伽裤能利用触觉回馈帮助你调整身体姿势，做出正确的瑜伽动作；有些运动服可以根据你的体温调节衣服本身的温度；你甚至可以利用模拟触觉 T 恤，通过触觉通信技术，向你所爱的人送上具真实感的拥抱。



穿上身的电线

智能织物是能够感知、处理、上传及下载数据的布料和服装，它不但可以监测一般的健康和医疗状况，还能捕捉和储存阳光与体热的能量，为其他装置供电，甚至可以升温、冷却、变色，并对周围的环境做出反应。智能织物制成的服装不仅舒适、透气、柔软，还具备先进功能和充满未来气息的造型，因此倍受运动迷、健康爱好者、网红追捧。专家预测，到了 2026 年，穿戴式电子产品的年产值将超过 1,500 亿美元。

不过，需要注意的是，穿戴式电子产品的质量取决于其电池——穿戴式装置越轻越小，就越难储存足够的电力来确保运行时间充足。更加复杂的是，智能织物需要柔韧且可清洗的电池来驱动。面对这些难题，应用生物及化学科技学系郑子剑教授带领研究团队，研发出一款以高性能织物为基础的锂充电电池。这款电池不但柔韧、小巧、能量密度高，还能承受各种机械磨损，而不会影响性能和用户安全，因此成为未来穿戴式装置电源的完美选择。

郑子剑教授

应用生物及化学科技学系软材料及器件讲座教授
大亚湾技术创新研究院院长
智能穿戴系统研究院副院长
材料与器件中心实验室副院长

郑教授于 2003 年获得清华大学化学工程学士学位，并于 2007 年获得英国剑桥大学化学博士学位，在美国西北大学经历短暂的博士后训练后，于 2009 年加入理大任职助理教授。其研究重点是穿戴式、皮肤附着及植入式电子产品开发柔性材料及器件。他曾在 *Science*、*Nature*、*Nature Materials*、*Nature Electronics*、*Advanced Materials* 等重要期刊发表论文 250 余篇。他还申请了 50 项专利，并在国际会议上受邀演讲超过 200 次。



EightOSix Technology Company Limited
创始人

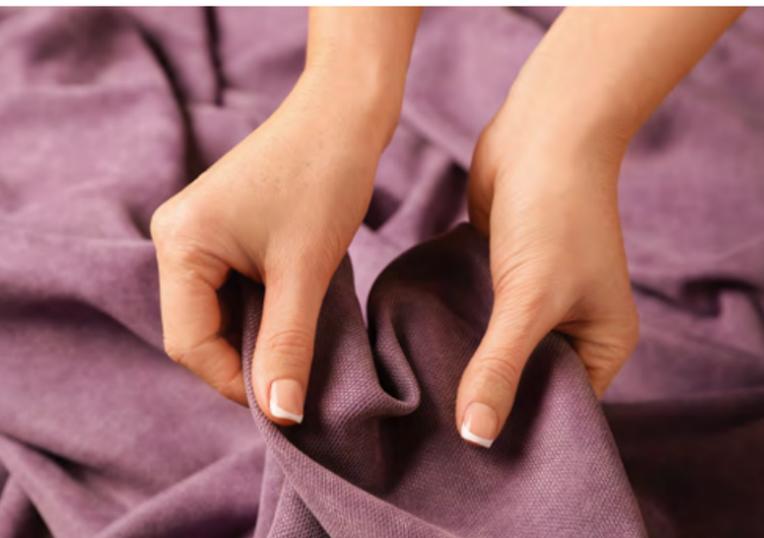


难以穿戴

大多数手持式电子装置，例如智能手机和平板，都采用由金属箔或金属板制成的传统锂充电电池。这些电池刚性高，而且又大又沉，不适用于智慧织物。目前市面上虽然已经有可弯曲的锂电池，但其柔韧性仅略高于传统电池，同样不适用于智慧纺织品，而且可以储存的能量也很少。郑教授解释道：“因为金属箔刚性高且易碎，所以可弯曲电池只能弯曲而不能折叠。要让电池在加热外套和智慧鞋垫等穿戴式装置上真正发挥作用，其一致性和柔韧度必须与织物相同。因此，我们想到以金属织物代替金属箔。”

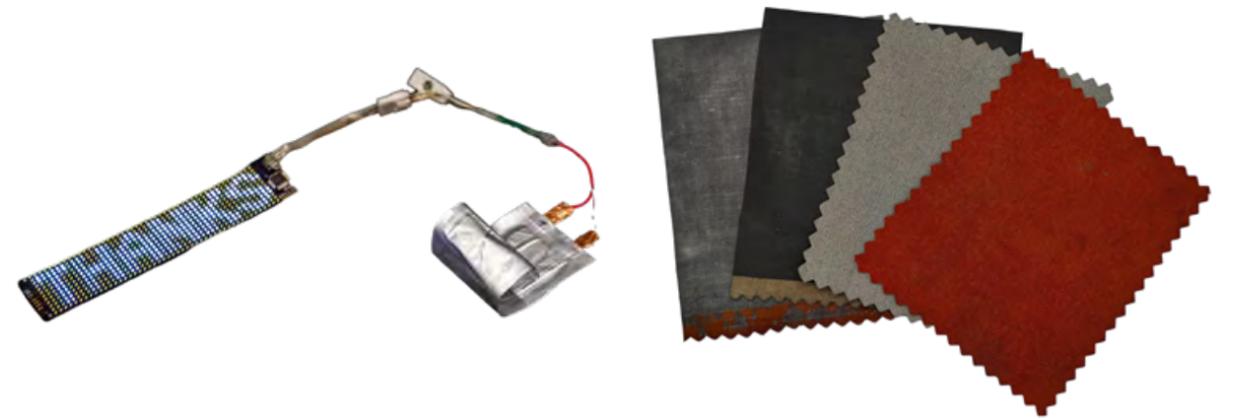
容量、耐用性与安全

为了让织物导电，团队研发了一项获奖的聚合物辅助金属沉积（PAMD）专利技术。该技术可以将聚合物刷嫁接到纱线上，然后将高导电性的铜和镍金属颗粒沉积在聚合物上。以此法生产的金属织物拥有比金属箔强的导电性，而用于储存电荷的表面积也较大，因此具有卓越的电气性能。虽然织物锂电池的厚度不足0.5毫米，但它能储存的电量却是同等体积可弯曲锂电池的两倍以上——一块名片大小的电池即可储存200mAh的电力，其高导电性还能达到更



快的充电速度。经过500次充电与放电循环后，电池仍然保有八成的初始电力容量，并且总循环寿命高达1,000次。

理想的专业运动服除了要满足各种运动的身体需要外，还要抵抗正常磨损。织物锂电池在这方面有额外的优势，因为它可以承受剧烈的机械冲击，而不会发生故障或构成任何安全隐患。测试时，电池被反复对折，从不同角度扭曲、揉皱超过1,000次后，仍然能够正常运作。令人难以置信的是，即使其后经过锤击、被钉子刺穿、被剪去一部分，电池仍然运作如常，不会过热、起火或爆炸。这意味着即使发生创伤性事故，织物锂电池依然能保持安全。此外，以织物锂电池供电的服装也能像普通运动服一样，用洗衣机清洗而无需取出电池。



为生活注入动力的初创企业

为了将织物锂电池商品化，郑教授与伙伴共同创办了初创公司 EightOSix Technology Company Limited，并已获香港科技园为期三年的创科培育计划接纳。EightOSix 与一家工程顾问公司合作开发了一款发光安全背心，以满足建筑工人夜间的特殊需求。背心由织物锂电池供电，容量为 460mAh，充电一次即可发光 9.5 小时，并提供三种发光模式，重量仅 260 克。

新冠疫情提高了大众的卫生意识，很多人更加勤于消毒频繁接触的表面和个人物品。俗称 UVC 的杀菌紫外线波长范围为 180 至 280 纳米，UVC 灭菌是最受欢迎的表面消毒方法之一。由于波长较短，UVC 能够改变病毒和细菌的 DNA，以阻止其复制繁殖，因此内置 UVC 灯的衣柜、手持式 UVC 棒，甚至 UVC 眼镜盒等产品应运而生。



然而，高功率的 UVC 需要高达 1,500mAh 的能量驱动，才能正常运行，但大多数传统锂电池都过于笨重。所以，EightOSix 为重视个人卫生和完美妆容的人设计了一款由织物锂电池供电的 UVC 化妆包，它不仅轻巧便携、柔软、时尚，还能提供有效的卫生保障。

EightOSix 还在尝试将其织物锂电池整合至热控服装、健康监测服装、智慧皮肤及智慧鞋等产品中。织物锂充电电池拥有高度的灵活性与能量密度，为穿戴式电子产品的设计人员和制造商开拓出无限的可能性。凭借这些可折叠、可机洗、抗冲击的电源，郑教授及其团队正引领我们迈进超乎想象的新时代，当中的可穿戴设备将让我们的生活变得更美好、更便捷、更健康。

重点 深究

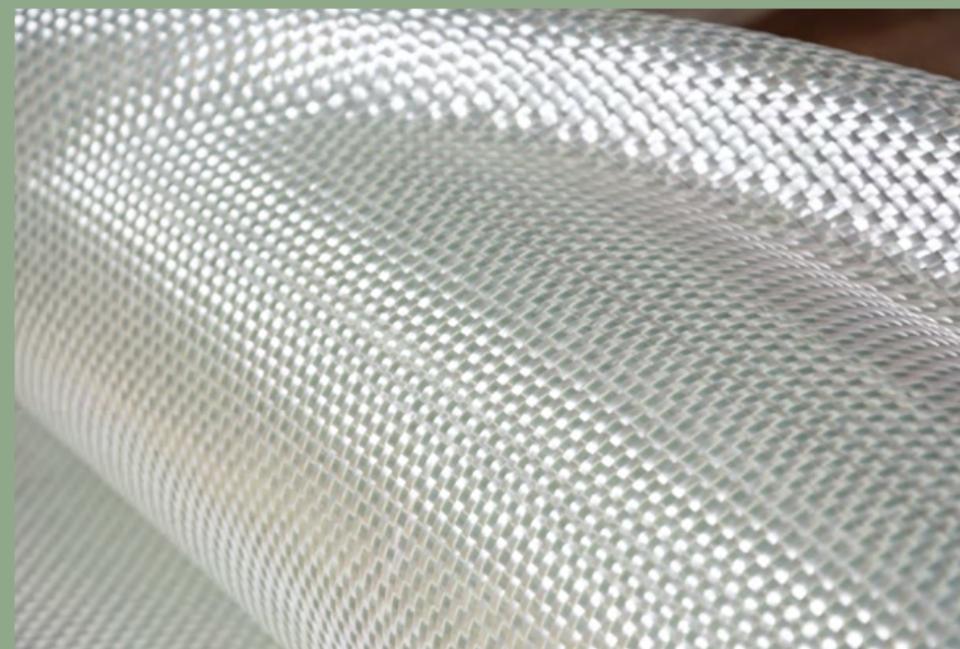


可弯曲与可折叠的比较

我们所知的电池，例如我们放入电视遥控器的电池，通常是圆柱形、坚硬、笨重的。这是因为它们需要坚固的外壳来保护里面易碎的金属箔。时移世易，如今的充电电池可以薄至 0.5 毫米，柔韧如柔软的织物，我们甚至可以将它们整齐地折叠起来，塞进抽屉。为了满足智慧织物不断扩大的市场需求，郑教授带领团队开发出织物锂电池，以柔韧又有弹性的导电织物取代了传统电池中易碎的金属箔。只要在棉、PET 和尼龙纤维上涂一种聚合物，就能有效黏合金属薄膜与纤维，即使电池受损或被弯曲，当中的金属和纤维也不会分离。虽然其他公司也在加紧研发可弯曲电池，但郑教授的初创公司 EightOSix 率先采用了金属涂层织物作为电极材料，其弯曲半径约为 1 毫米，是目前唯一真正可折叠的电池。

金属玻璃纤维织物 (MGFs)

使用穿戴式电子产品时，你必须戴上电池组来为电路供电。当然，没有人会想穿又厚又重的衣服，所以研究人员不断设法减轻充电电池的重量，务求以更少的重量储存更多的能量。这个目标同样适用于郑教授团队开发的织物锂电池。最近，团队利用导电的金属玻璃纤维织物 (Metallic Glass-fibre Fabrics, 简称“MGFs”) 制造出更轻巧、更强韧的柔性电池。传统电池需要加入集电器，以将电极连接到外部电路，这些集电器占了电池的大部分重量，但其本身却不能储存能量。有见 MGFs 的重量比铜制或铝制的传统集电器轻达六成，团队遂想到以 MGFs 取代传统集电器。由于 MGFs 具有电化学稳定性、低方块电阻、机械强度和耐火性，MGFs 将会是未来柔性电池的绝佳选择。





08 瞄准癌症
一击即中



瞄准癌症 一击即中

尖端科技可提升个人化照护规划并推动针对癌细胞的精准疗法，优化癌症诊断与治疗。

癌症是全球最主要的死因之一，每年导致约一千万人死亡，占全球死亡人数的六分之一。放射治疗（放疗）是最常见的疗法之一，约有六成癌症患者会接受这种疗法。放疗是指利用强力辐射线杀死癌细胞，副作用是有损害健康细胞的风险。因此，现代放疗的目标是尽可能准确地向癌细胞发射高剂量的辐射，同时避免损害健康细胞。



蔡璟教授

医疗科技及资讯学系系主任

蔡教授为美国医学物理学家协会（AAPM）会员，于2006年获得工程物理学博士学位，并于2009年在美国弗吉尼亚大学完成医学物理临床住院医师实习。2009至2017年间，蔡教授在美国杜克大学担任助理教授、副教授，随后于2017年加入香港理工大学。其研究兴趣包括医学影像、放射治疗、人工智能和生物信息学。他也是相关领域多本著名期刊的编委会成员。



医智影有限公司
技术顾问



马进恒教授

医疗科技及资讯学系副教授

马教授于2009年获得香港大学（港大）的博士学位，其后在美国明尼苏达州妙佑医疗国际（Mayo Clinic）接受博士后训练。他于2013年回到港大任职助理研究教授，随后于2016年加入理大出任助理教授，并于2022年晋升为副教授。其研究重点为斑马鱼模型的转化医学应用，包括疾病相关基因评估以及新型疗法研发。马教授也是生物科技初创公司 ZeBlast 之联合创始人。该公司获得了香港科技园公司孵化计划的支持。



ZeBlast Technology Limited
联合创始人



医疗科技及资讯学系蔡璟教授带领研究团队开发精准放疗 AI 应用，他解释道：“这就是精准放疗。精准放疗有三个主要目标：提供合适的治疗方案、针对合适的癌症患者，以及在合适的时间实施放疗。”另一方面，同系的马进恒教授则以斑马鱼为模式生物，研究人类急性骨髓性白血病的临床特征。该研究对于靶向治疗与个人化医疗非常有用。

合适的治疗

精准放疗旨在杀死癌细胞的同时避免损害健康细胞。然而，其临床应用仍面临诸多挑战，比如准确判断肿瘤的体积与形状仍有很大难度。治疗时必须先优化辐射剂量，将其毒性降至最低，同时患者的健康状况、治疗反应及预后效果，均需纳入综合考量。为了解决这一难题，蔡教授的团队研发了针对肺癌患者的功能影像引导放疗技术，旨在减少肺功能损伤，并增强保护效果。

蔡教授表示：“我们开发了世界上首个人工智能算法，将平扫 CT 图像合成为肺灌注图像。”“灌注”是指血液流经特定器官或组织的过程，肺部不同区域的功能状态与其血流灌注量密切相关。团队的“肺功能区域规避放疗技术”(Functional Lung Avoidance Radiotherapy, 简称“FLART”)通过分析 CT 影像的灌注数据，主动避开高功能肺区域，免其受辐射照射，从而减少肺损伤，并改善治疗效果。与现有技术相比，FLART 可以将二级以上的放射性肺损伤的风险从 20-40% 降至 5-8%。

此外，为了确定肿瘤的形态，有时需要用到造影剂来强化 MRI 影像，但造影剂通常含有毒性物质钆。蔡教授补充说明：“肿瘤细胞的生物



学特性与周围的正常细胞不一样，这些信息包含在常规的 MRI 影像中，肉眼未必能够看见，但我们的人工智能系统学会了解读这些细微差别，而且能在不使用钆造影剂的情况下，以虚拟方式增强常规 MRI 图像的对比度。”蔡教授发明的“无钆造影剂虚拟增强 MRI”成本明显低于使用钆造影剂增强 MRI 影像，但相似度却高达 89%。为了确保这项新技术能够惠及有需要的人，蔡教授的研究团队成员共同创办了“医智影有限公司”。这家公司是 PolyVentures 生态系统培育的理大初创企业，以彻底改变癌症诊断和治疗方式为宗旨，务求提供更安全、更具成本效益的造影剂替代品，使专业医护人员得以提供最佳的治疗和护理。

精准放疗也可以采用近距离放疗的形式进行。该技术会在癌细胞内或附近植入放射性粒子，通常用于治疗前列腺癌。然而，目前的临床标准是用超声扫描前列腺及其周围组织，产生的影像可能会模糊不清，难以辨认前列腺的解剖结构。为了改善这一情况，蔡教授利用人工智能读取超声影像以进行图像分割，按预先定义的类别将图像划分成不同区域。此方法的准确率超过 95%，省时之余，也降低了对放射科医生主观判断的依赖度。使用人工智能分割技术进行前列腺癌的近距离放疗，可以将放射性粒子更精确地植入特定位置。

合适的患者

精准医疗是指根据每位患者的临床特征、遗传信息、影像结果、血液化学指标及病史等临床数据，为其量身定制治疗方案。蔡教授的团队利用人工智能与大数据分析技术，将患者的数据与数千份病历进行比对分析，以制定最契合每位患者需求的治疗计划。

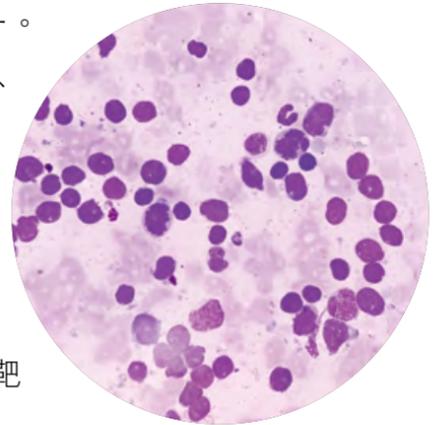


合适的时间

放疗的另一个关键因素是时间。由于肿瘤可能会随着患者呼吸而移动，静止影像不足以精准定位胸腔和腹部的肿瘤。蔡教授指出：“浅呼吸时肿瘤可能会移动 1-2 厘米，深呼吸时移动距离可达 5 厘米。”因此，为了提高放疗的准确度，并减少辐射对健康细胞的毒性作用，蔡教授团队开发了先进的“四维磁共振成像”(4D-MRI)和“四维磁共振指纹成像”(4D-MRF)技术。其中 4D-MRF 是 4D-MRI 的进阶技术，不仅可以准确测量呼吸时的肿瘤运动轨迹，还可以精准量化组织特性，例如弛豫时间和质子密度。这些技术已获临床验证，可以更精准地治疗肝癌等转移性癌症，将放射性肝损伤的概率从 50% 降至接近 0%。

用于白血病治疗的斑马鱼模型

药物在获批用于人类患者之前，必须经过重重严格的测试：首先在实验室环境中测试，然后在动物身上，最后在人类身上。斑马鱼的基因组成和生物学途径与人类相似，因此成为生命科学研究最常用的模式生物之一。其体型小，繁殖迅速，化学渗透性高，而且易于观察，所以成为首选的生物医学模式生物。马教授的团队也采用斑马鱼来研究人类急性骨髓性白血病的临床特征。马教授说：“我们将三十多种突变基因进行不同的组合，以模拟白血病患者的情况，再将这些组合置入斑马鱼体内，以测试每个组合对白血病发病过程的影响及对当前治疗的具体反应。此外，我们也尝试识别白血病细胞特异性靶点分子，以便进行靶向治疗。”

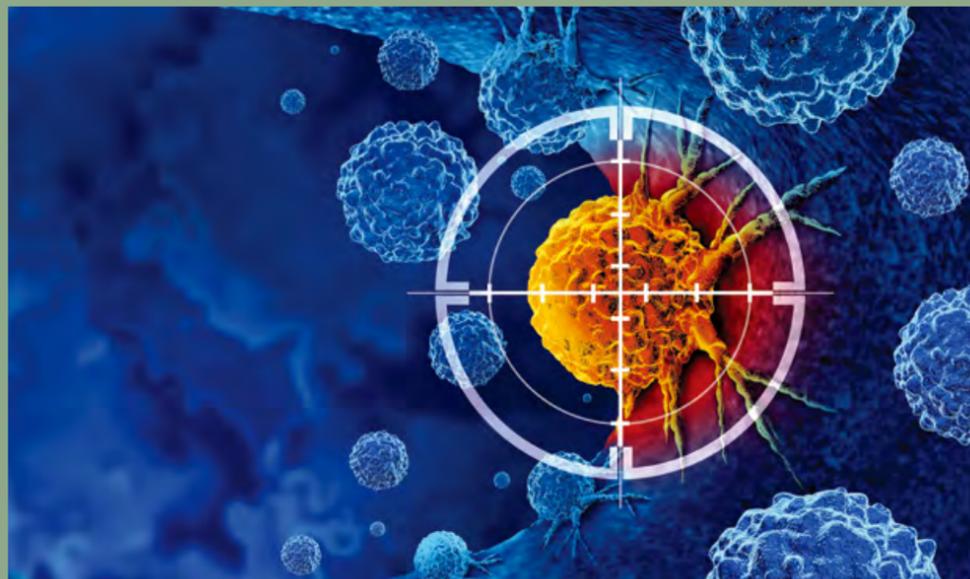


马教授的研究也发现，黑色素生成抑制剂苯硫脲能够诱发斑马鱼胚胎自噬，而自噬正是细胞清除受损或不必要成分的自然过程。这项发现促使学术界开始关注自噬作用在黑色素瘤生长与抑制方面的潜在功效。为转化该研究成果，马教授与同伴共同创办了由学者主导的初创公司 ZeBlast Technology Limited，提供临床验证的标准化斑马鱼模型，以加速血液、心脏和脑部疾病的药物开发进程。

蔡教授和马教授的研究成果大幅提高了各类癌症诊断和治疗的准确度，可帮助医护人员为患者制定最佳的治疗和护理方案，同时改善预后情况和生活质量。



重点 深究



精准癌症治疗

每个人都是独一无二的，癌症病例亦然。虽然癌症治疗方案在某程度上都是为个人量身定制的，但最新的趋势是根据每位患者的基因、风险因素及癌细胞所含的蛋白质等个人特征制定治疗方案。当正常细胞通过分裂产生新细胞时，基因应该被准确复制，但有时基因复制会出错，这种情况称为突变。有些突变是无害的，但有些是有害的，而且有可能导致癌症。变异基因就有可能增加部分癌症的风险，同时某些基因变化也可能影响癌症患者的预后情况。在精准癌症治疗过程中，患者需要接受检测以识别“生物标记”——影响癌细胞对治疗反应的特定基因或蛋白质变化。蔡教授的团队除了通过分析病人个人信息来制定个人化的治疗计划，还会利用人工智能、深度学习和大数据分析等先进技术，在进行放疗时更加准确地定位癌细胞，将对健康细胞的副作用降至最低。

分子靶标

手术、放疗和化疗是最常见的癌症疗法。靶向治疗的副作用比较温和，如结合其他癌症疗法同时进行，疗效相当显著，因此备受媒体关注。靶向治疗利用药物或其他化学物质精确识别和攻击特定类型的癌细胞，其中一种方法专门针对癌细胞赖以生存和扩散，名为“分子靶标”的特定分子。癌细胞会不断经历一系列化学过程，只要识别出癌细胞需要而健康细胞不需要的蛋白质或分子，就可以通过消除这些分子杀死癌细胞，或阻断其生长，而不会影响到健康细胞。其他靶向治疗方案包括阻断癌细胞血管生成所需的化学信号、向癌细胞输送杀死细胞的物质，以及指示免疫系统寻找并杀死癌细胞。因为斑马鱼的化学通路和蛋白质代谢过程与人类相近，马教授的团队于是以斑马鱼为模式生物，将癌细胞突变置入斑马鱼，模拟人类癌症，以确定癌细胞的分子特征，从而识别出适用于癌症检测及治疗的新分子靶标。



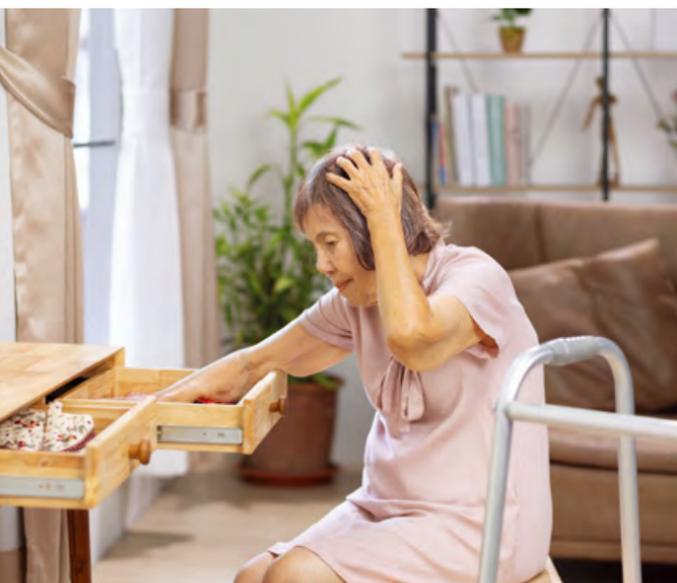


09

预警失智
乐活晚年

预警失智 乐活晚年

人工智能脑部影像分析模型及 XR 认知训练可显著改善认知功能减退和失智症的诊断与治疗。



你是否曾经打开冰箱，却忘记自己在找什么？你是否曾走过干洗店，却忘记拿回你的外套？随着年龄增长，我们都会变得健忘，但失智症（又称“认知障碍”）并非不可避免的衰老现象。虽然目前阿尔兹海默病和帕金森病都无法治愈，但高达四成的失智症病例是可以预防或推迟的，关键在于及早发现，以便在症状加深之前进行干预及治疗。可惜目前尚未有诊断失智症的单一确证测试，诊断一般需要结合认知测试、病历追溯、血液检查与影像评估，而这些信息通常是主观和质性的。为了解决这个难题，护理学院的秦璟教授和

蔡及时教授研发出能够运用自动化技术分析脑部扫描影像和其他医疗信息，从而精准识别失智症的人工智能模型。

两位教授的研究除了关注失智症的早期发现及治疗外，也着重于改善患者的生活质量。失智症患者经常会无故情绪波动，或者难以表

秦璟教授

护理学院教授
护理学院智慧健康研究中心主任

秦教授是知名的医护研究专家，擅于利用扩展实境和人工智能等先进技术进行各种医护及医学应用。凭借有关 VR 手术训练及规划仿真系统的博士研究，秦教授荣获香港医疗及保健器材行业协会学生研究奖，并因人工智能医学影像分析及计算机辅助手术的相关研究荣获五项最佳论文奖。他曾出任 MICCAI 2019 的本地筹委会主席和数十场学术会议的技术项目委员会成员，并多次受邀演讲，以及为相关领域的知名期刊及会议担任审稿人。



雷逸华教授

护理学院副院长（深造教育）及教授

雷教授是护理研究的先驱，专注于利用包括虚拟实境、可穿戴传感器与移动医疗在内的老年科技，为体弱长者进行运动、营养及心理行为干预。她的研究集中于解决疲劳、肌少症和社会参与度低的问题。2021 及 2022 年，雷教授位列其领域获引用次数最多的前 2% 科学家，并成功获得多项资助以转化其研究成果。她于 2022 年赢得 QS Reimagine Education 亚洲金奖等国际奖项，并入选 Sigma 的 2024 年度国际护理研究者名人堂。



张诗琪博士

护理学院客座副教授

张博士为老年护理科学家，拥有丰富的临床与研究经验，专注于失智症护理、相关症状管理，以及对失智症护理人员的支持。通过跨学科合作，她为认知障碍患者及其家庭照护者开创了“音乐运动干预”疗法，并成功将技术融入失智症护理中，获得了国际认可及使用者的高度评价。她目前在澳洲工作，准备将研究成果转化为临床解决方案，以应对全球失智症患者的照护挑战。





达自身感受，这些情况可能会导致一些行为症状，甚至引发肢体攻击。随着扩展现实(XR)技术——包括虚拟现实(VR)和增强现实(AR)——日益普及，有研究显示这类工具可以成为有用的非药物治疗手段。XR工具可以改善失智症患者的生活质量和身心健康，尤其是情绪健康和社会联系方面。为了充分发挥XR技术的潜力，护理学院的雷逸华教授与张诗琪博士主导研发了两套专为香港老年人设计的XR系统，目标是减缓认知功能衰退，并减轻失智症患者的情绪和行为方面的症状。

用于失智症筛查的人工智能模型

有些失智症病例的初期症状十分轻微，不易察觉，因此容易被忽略。最新研究显示，神经成像技术可以识别失智症早期迹象的生物标记。高分辨率的脑部影像包含大量与大脑结构和功能相关的细节，但这些细节通常太过细微，肉眼难以辨识。为解决这一问题，秦教授和蔡教授开发出“3D卷积神经网络”，用于自动检测脑部成像中的脑部微出血——这就是认知功能减退的重要生物标记。

秦教授解释道：“研究显示，阿尔兹海默病患者比健康人更容易发生脑部微出血。位置方面，脑叶的微出血比脑部其他区域的微出血与阿尔兹海默病有更紧密的关联，而脑部微出血的密度和位置也跟认知功能受损和失智症有关。所以，我们需要进一步研究并确认脑部微出血与失智症之间的关系，而我们的先进深度学习网络正可提供有价值的数据和洞见，帮助研究人员作进一步查证。”



脑部成像的另一个问题与效率有关。单次典型的脑部3D磁共振扫描会产生数百幅2D断层图像，以往放射科医师必须以人手逐幅检查，整个过程耗时且繁琐，难以大规模进行。此外，放射科医师需要具备丰富的脑部解剖学知识，才能准确解读影像。为突破这一限制，两位教授开发了新型深度学习架构——VoxResNet体素残差网络。该网络能从脑部3D影像中自动分割出关键脑组织，这对诊断多种神经退行性疾病都具有重要临床价值。

此外，结合多种类型数据的人工智能模型能够识别名为“单核苷酸多态性”的关键基因变异类型，以及与失智症相关的大脑区域，提高失智症筛检的准确度。这些人工智能模型可以自动评估失智症风险，而平均准确率更高达88%。



XR 失智症干预措施

科技的进步不仅改善了失智症的早期筛检和诊断，也提升了失智症的治疗水平，让患者受惠。雷教授及其团队开发了区内首个沉浸式 VR 同步双任务（运动 / 认知）游戏训练系统，以助患有轻度认知障碍的老年人改善认知水平和生理健康。研究指出，认知训练若与体能训练同时进行，会产生更好的效果。刘教授解释说：“过去的认知训练都很沉闷，受训者只需说出所见的颜色或形状，全程坐着不动。我们决定结合特定情境和本地色彩，让受训者感到训练内容自己的生活与记忆息息相关。”训练的任务源自患者熟悉的情境，例如记住公交车线路号、上车下车、在超市购物、在家做饭，在进行游戏训练的同时，受训者还会以脚踏式健身器锻炼腿部肌肉。“大部分受训者都会对通过 VR 眼镜看到的画面惊叹不已，而且非常享受训练过程。该训练计划于 2020 年启动，其退出率是所有认知干预措施中最低的。大多数参与者在训练之后进行蒙特利尔认知评估测试，成绩都有显著提高。”团队已经和商业伙伴签订了协议，针对老年人市场推广和销售该系统。如欲了解更多详情，请观看以下视频：www.youtube.com/watch?v=ATle6sIVLxQ&t=2s。

治疗性音乐干预是另一种可以加强失智症患者认知功能的方法，但其通常于医院、诊所或治疗中心，在获认可的音乐治疗师指导下进行，所以能从中受益者十分有限。为了让患者可在家中或社区中心舒适地接受音乐干预，张博士带领研究团队开发了一款 AR 治疗性音乐运动游戏应用程序。该应用程序可以在安卓平板电脑上运行，共有四款游戏供使用者参与：随着熟悉的旋律扭动身体、按节拍演奏动作感应乐器、聆听患者喜爱的老歌歌词，以及就某首歌曲所勾起的回忆参与小组讨论。平板电脑的屏幕除了显示使用者的脸，还会显示动画效果、卡通人物，以及身体动作的提示，令整个体验更加有趣和引人入胜。结果显示，经过 12 次音乐运动治疗后，参与者的认知和社会心理健康都获得了改善。他们的护理人员也表示，经过几次治疗后，参与者似乎更加快乐了，并且更愿意向他人敞开心扉；而护理人员所承受的压力也有所减轻。

科技可以带来更美好的未来，科研成果令我们获益良多，失智症患者也不例外。护理学院的研究人员对失智症研究作出了贡献，也推动了失智症诊断、治疗与临床实践的发展，使失智症患者的健康与生活质量得以改善。



重点 深究



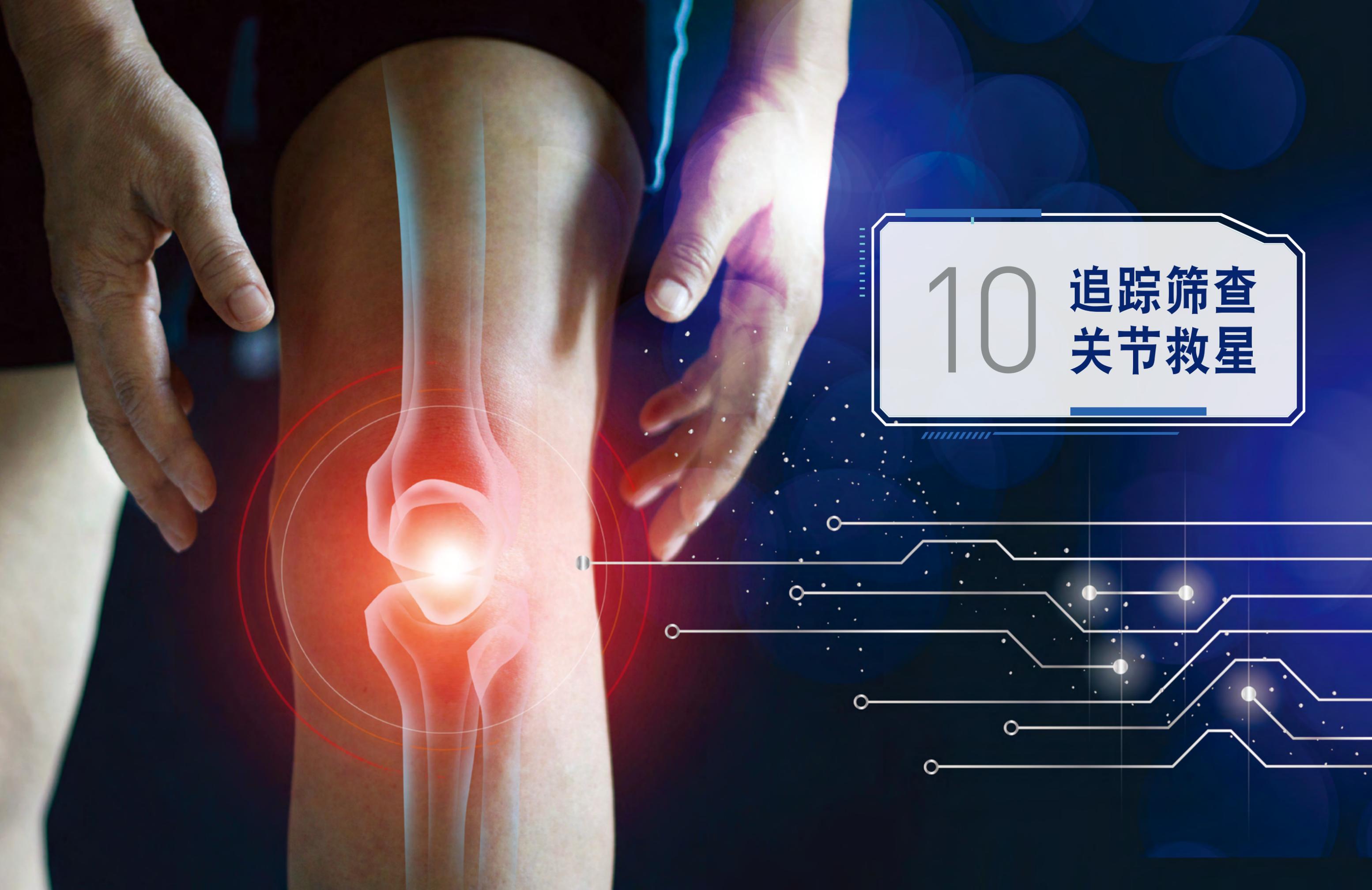
失智症的三个阶段

阿尔兹海默症分为三个阶段：（1）临床前、（2）轻度认知障碍及（3）阿尔兹海默失智症。在临床前阶段，患者本人或周围的人都察觉不到其症状，但新的脑部成像技术可以显示出能够预示阿尔兹海默症发展的生物标记——淀粉样斑块和神经纤维缠结。若能在检测到这些生物标记时，及时进行监测和早期治疗，就有可能推迟第二阶段的到来。在第二阶段，患者常会出现记忆力及思考能力轻微下降的情况，可能需要更多时间来做出一些简单的决定，也可能会忘记最近的对话或事情。然而，并非所有轻度认知障碍患者都有阿尔兹海默症，患者可以通过认知训练和大脑锻炼改善记忆力和思考能力。阿尔兹海默病被诊断出来时通常已是第二阶段，此时症状会逐渐恶化，并影响患者的日常生活。他们可能会忘记自己买了什么，一遍又一遍地买同样的东西；可能会变得过度多疑，指责别人偷他们的钱；也可能会忽视个人卫生。当这些情况发生时，就应该去寻求专业协助了。

治疗性音乐干预

认知功能下降的人，在应对压力方面会有困难，这些困难会体现在个人行为与情绪状态的变化上。音乐是一种非语言沟通媒介，对语言表达能力较差的老年人特别有帮助。对他们而言，音乐有助缓解并分散压力。事实上，听音乐、唱歌和跳舞等音乐干预，都可以有效缓解失智症患者的行为和情绪症状。最近的系统性评估显示，音乐干预可以有效缓解焦虑症状。音乐干预有多种类型，但结合音乐与运动的主动干预方式，特别能够吸引参与者，其效果也十分显著。为了推动治疗性音乐干预，让患有失智症的老年人受惠，张博士带领团队运用了创新的AR系统来调整传统的音乐运动干预疗法。该系统在缓解患者情绪和行为症状方面的效果已获得了证实。



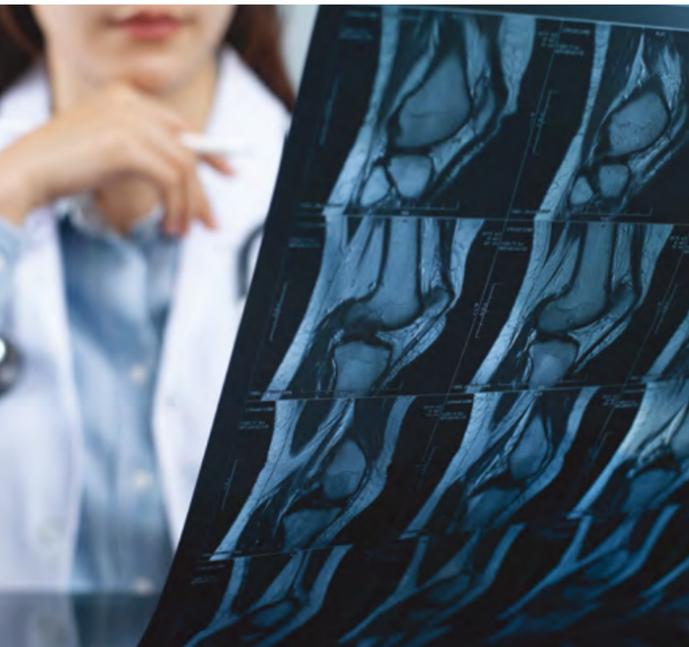


10 追踪筛查
关节救星



追踪筛查 关节救星

以人工智能模型助力膝骨关节炎的早期筛查、自我管理、运动治疗及预后预测，可大幅提高患者的生活质量。



膝骨关节炎是一种会严重限制活动能力和导致生活质量下降的退行性疾病，对老年人尤其不利，全球有超过 5 亿人受影响。这种疾病通常由磨损引起，会使人衰弱，还可能导致慢性疼痛、忧郁，甚至增加心血管疾病、中风和失智的风险。虽然早期诊断和治疗可以减缓病情，但传统用来诊断膝骨关节炎的步态分析系统不仅昂贵和笨重，还必须在医院或实验室使用，所以无法进行社区筛查。膝骨关

节炎妨碍老年人享受活跃的晚年生活，现在是该重新审视其昂贵、耗时的诊疗方法了。

为了实现膝骨关节炎的早期筛查和干预，生物医学工程学系副教授温春毅教授及其研究团队融合人工智能和增强现实（AR）等技术，开发了一套面向社区及公立医院患者的创新护理系统。该多维预后预测系统的准确率高达 90%，预计每年可为香港节省高达 14 亿港元的医疗支出。

用于膝骨关节炎早期筛查的人工智能视频运动分析

温教授的团队运用深度学习算法，开发了一个无需预先标记的运动分析平台。用户仅需通过智能手机拍摄特定动作视频，即可检测膝骨关节炎的早期症状。温教授解释说：“我们要求受试者拍摄自己从坐姿转成站姿，以及以正常速度行走的视频片段，最好是从侧面和正面两个角度各拍摄五次。”然后，该算法会自动定位关节，量化分析动作过程中的关节角度、角速度和加速度等参数。与传统坐



温春毅教授

生物医学工程学系副教授

温教授从中国内地的注册医生转型为生物医学工程学家，致力于肌肉骨骼老化和再生的研究，与由本地骨科医生、治疗师和护士组成的多学科交叉研究团队合作，积极利用人工智能革新现有骨科临床服务的模式和路径。温教授是国际骨关节炎研究学会的（OARSI）理事会理事，亦是 OARSI 官方期刊 *Osteoarthritis and Cartilage* 的副主编。

嘉莱智能医疗有限公司
名誉顾问

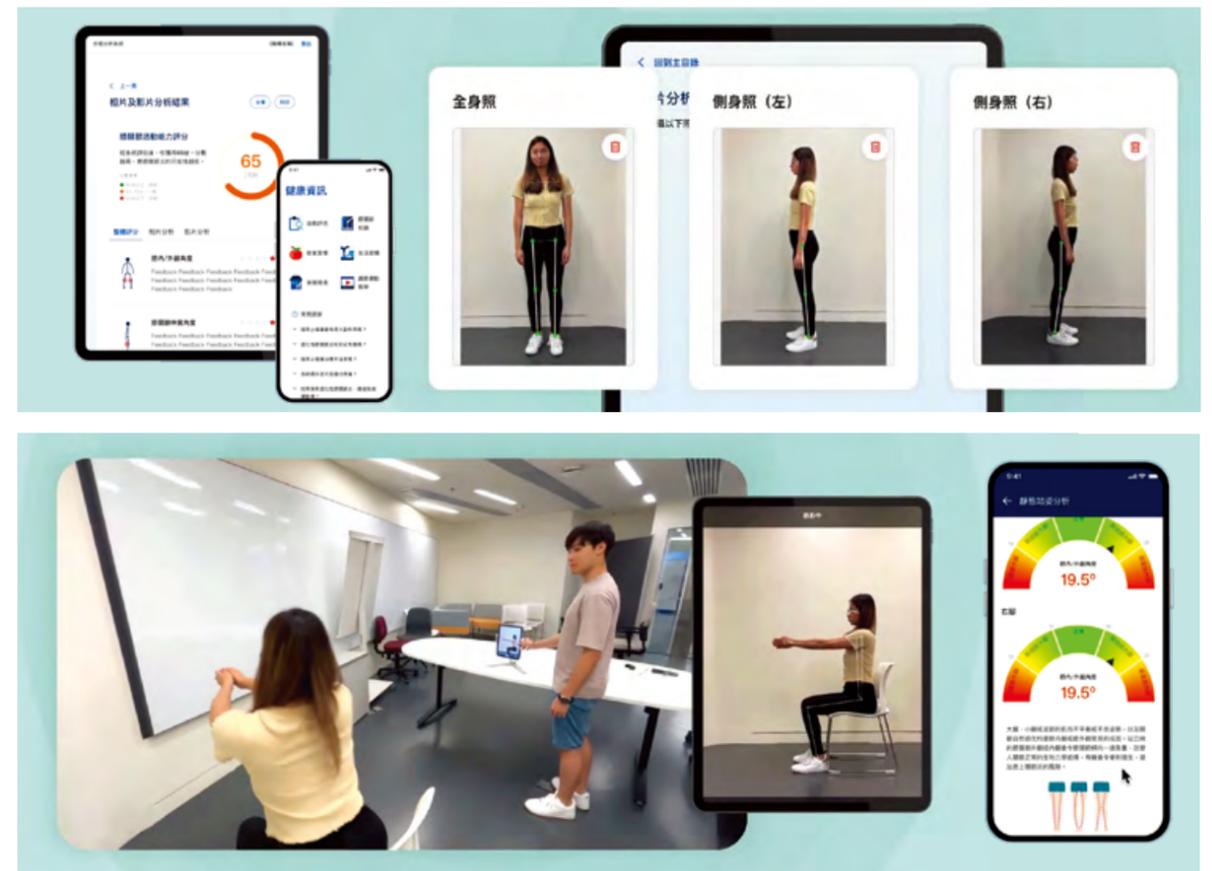


立测试仅计数不同，该系统能对受损膝关节运动及其与相邻踝、髌关节的连接进行全面而客观的量化测量，能为手术和康复方案提供客观数据支持。由于该系统无需任何尖端设备，也不需专业医护人员进行测量和分析，因此是膝骨关节炎社区筛查的高性价比方案。

用于膝骨关节炎自我管理的 AR 运动追踪

为帮助公众自我评估膝骨关节炎的风险并实现症状自我管理，团队开发了一款免费智能手机应用，其风险评估功能通过人工智能分析用户的人口统计学信息、病史及生活方式，计算各因素对膝骨关节炎的影响。用户还可以上传坐立和行走的动作视频，让该应用分析步态特征。根据这些数据及步态分析，该应用会评估病情恶化风险，并提供缓减方法建议。

该应用程序还会提供健康贴士、生活提示及运动教程。虽然膝关节损伤无法逆转，但患者可以通过改变生活方式如减重和规律运动增强腿部肌肉来控制症状。温教授表示：“因此，我们的应用程序配



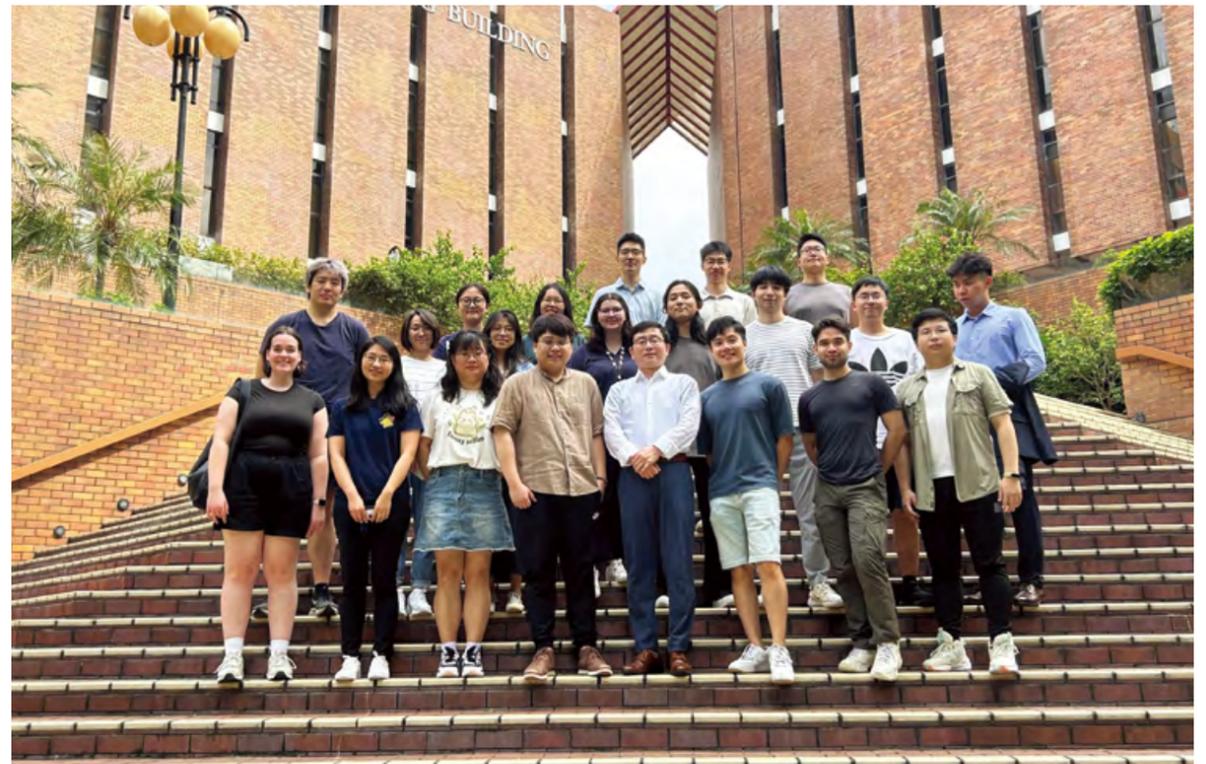
备了 AR 功能，可指导用户在家锻炼，实时显示正确姿势，测量运动幅度并追踪进度。”该应用程序特别适合两类人群：一是住在偏远地区而无法前往物理治疗诊所求医的患者，二是希望在复诊间隙自行管理症状的患者。

多维度膝骨关节炎风险预测及预后系统

当前临床实践缺乏对膝骨关节炎患者的有效分流程程序。随着香港人口加速老龄化，膝骨关节炎发病率持续攀升，而公立医院的专科医疗服务已难以满足需求。为了填补这个缺口，温教授的团队结合了大数据分析和人工智能，开发了膝关节置换手术风险评估系统。该系统会考虑一系列临床数据，包括患者的人口统计学信息、自述的生活习惯、病史，以及使用精密影像分析技术处理的放射学检查结

果。结合视频膝骨关节炎筛查模型，该系统可以预测患者在未来八年内需要进行膝关节置换手术的机率，准确率高达 93%。

温教授解释说：“我们用超过 20,000 名来自美国的受试者的数据，建立了第一个模型。然后我们与医院管理局展开了合作，局方批准我们获取 5,000 多份本地匿名患者的数据集。我们也正在香港进行临床试验，目前已经招募了 800 多名本地患者。我们相信，随着数据库不断扩大，纳入更多本地病例，我们的人工智能模型将变得更加准确。”截至本文撰写之时，已有内地和香港的医院和社福机构与该团队接洽，表示希望采用膝骨关节炎风险及预后预测系统为老龄社群服务。



心怀社会使命的初创企业

为了将人工智能模型商业化，温教授的研究团队成立了初创公司嘉莱智能医疗有限公司，并由温教授出任公司的荣誉顾问。通过这家理大初创企业，温教授可以协助学生将研究成果转化为实践应用，解决膝骨关节炎这一迫切的社会健康问题。在理大和香港特区政府的资助之下，嘉莱智能医疗开发了安卓和 iOS 版本的智能手机应用程序，可用于膝骨关节炎的自我管理。为帮助目标用户掌握应用程序使用方法，团队招募了理大本科生志愿者，在社区举办了多场培训工作坊。同时，嘉莱智能医疗还在香港房屋协会长者安居资源中心及四个社区中心，推出了基于视频分析的膝骨关节炎筛查平台，惠及超过 1,000 位长者。

温教授通过医学人工智能技术，助力膝骨关节炎患者实现早期诊断和治疗。此举有望改善逾百万人的生活模式和质量，优化香港和大湾区有限医疗资源的配置效率，完美诠释了理大“开物成务，励学利民”的校训。

重点 深究



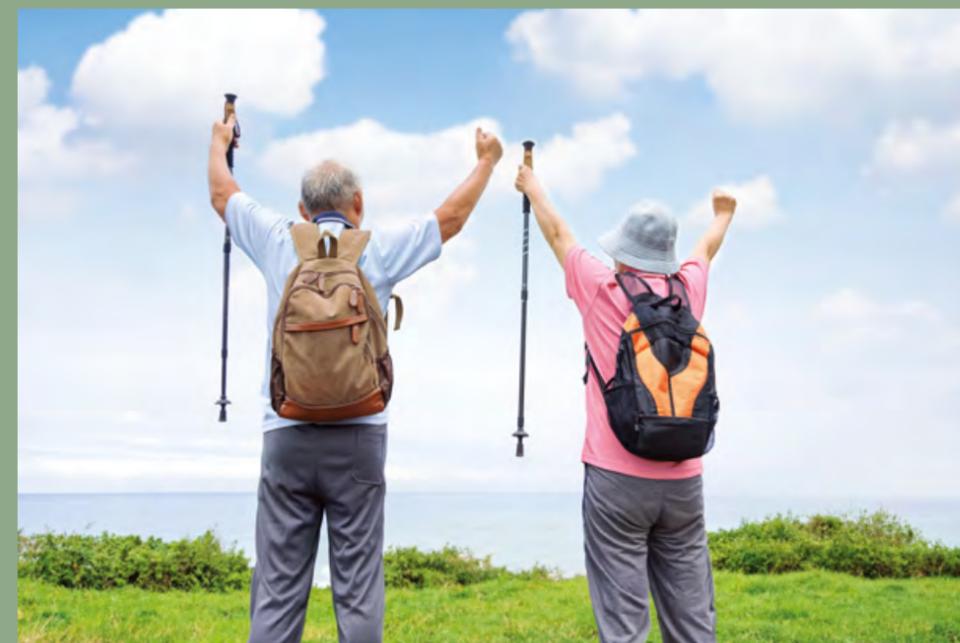
早期发现与干预

膝骨关节炎的早期诊断非常重要，如果尽快进行早期干预，可以减轻疾病恶化所带来的疼痛和功能限制，并显著改善长期预后，避免无法逆转的软骨磨损。温教授研发的医学人工智能模型能真正填补社区医疗的空白，有助尽早诊断膝骨关节炎，帮助患者改变生活方式，通过运动干预减缓症状恶化。

Stand Up!

借用流行歌曲 Stand Up，温教授鼓励大众摒弃久坐的生活方式，以改善膝盖健康。他们发起了名为“Stand Up”的活动，呼吁长者报名参加膝骨关节炎的早期筛查，并展开积极生活。活动期间，参与者对团队的人工智能平台非常感兴趣，因为该平台为原本枯燥乏味的检查和锻炼增添了不少乐趣。

温教授表示：“参与者在拍摄视频时都显得很高兴，也乐意跟我们的工作人员互动，还觉得我们的 AR 锻炼应用程序非常有趣。只要喜欢用我们的程序，他们就更能把建议的训练坚持做下去。”



POLYIMPACT 及 POLYVENTURES

香港理工大学（理大）秉承校训“开物成务 励学利民”的精神，矢志成为一所创新型世界级大学，并以担当社会重任为宗旨。凭借卓越的教育、研究和知识转移，理大致力推动**PolyImpact**——通过理大社群的发明与创新，为社会带来持久且具实质性的裨益。

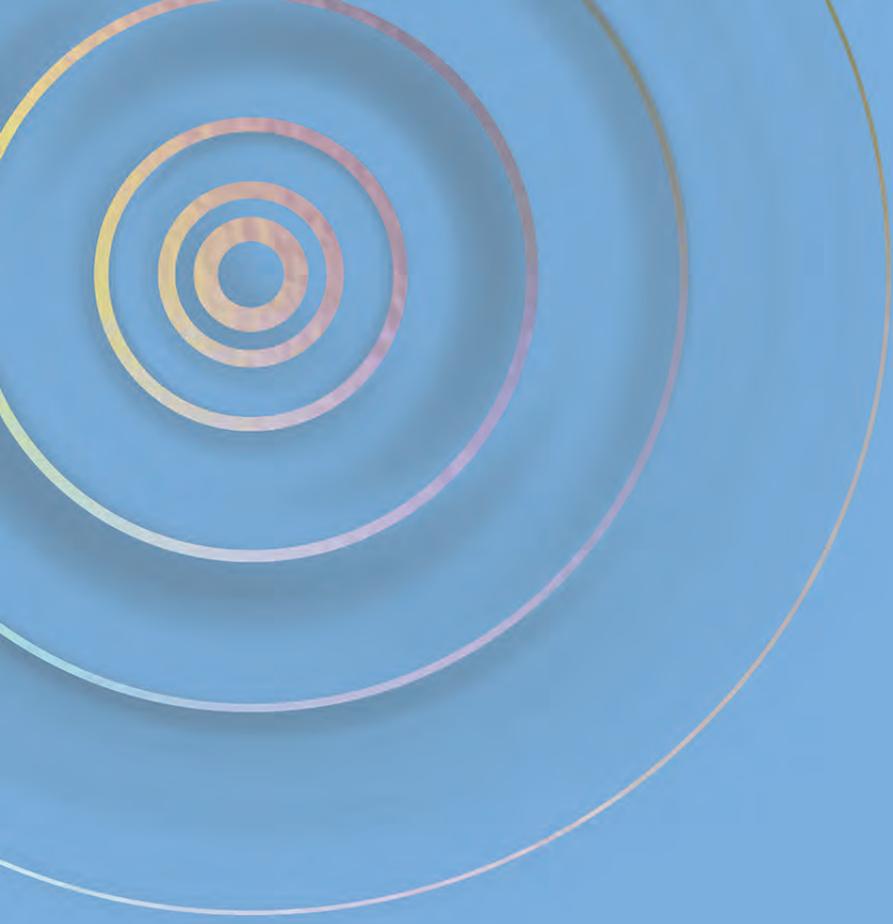
为实现这一目标，我们致力于培育面向未来的人才和企业家，协助他们为长远的成功做好准备。同时，我们全力支持高瞻远瞩的学者和科研人员，鼓励他们深入探索和开创知识，并将卓越的科研成果转化为具影响力的创新应用，以应对全球最迫切的挑战。通过理大初创生态系统**PolyVentures**，我们积极培育新一代的企业家，让初创在各个创业阶段，从教育、研发构思，到孵化、加速和融资，都能获得全面的支持；同时鼓励他们开发创新理念和尖端解决方案，造福社会。

PolyImpact引领我们走在知识的前沿，通过深空探测开发太空资源；改善医疗保健，为人类谋福祉；促进经济增长，推动可持续发展，借此造福社会、国家乃至全球。

PolyImpact

PolyVentures





PolyU Press
香港理工大學出版社



混合产品
纸张 | 支持
负责任林业
FSC® C148801

ISBN 978-962-367-909-1



9 789623 679091