



香港城市大學  
City University of Hong Kong

A large, abstract graphic composed of multiple overlapping, slightly offset pentagonal outlines in a dark red color, creating a sense of depth and movement. The text "CityU RESEARCH" is centered within this graphic.

# CityU

## RESEARCH

(简体中文版)





## 校长的话

香港城市大学(城大)坚守创新中心的定位,透过世界级的研究和专业教育,为解决全球问题和促进积极革新作出贡献,是全球发展最迅速的大学之一。城大在多项高等教育排名指标中皆节节上升,反映我们的雄厚教研实力和杰出成就已获得世界各地的认可。

为进一步确立城大世界级学府的地位,我们订立了未来发展的愿景:《2020-2025年策略性发展计划:世界级研究与教学》,勾勒出迈向未来的发展路线图,即持续提升城大的卓越教研水平,并坚持推动人类社会进步。新策略性发展计划特别列出五大主要跨学科研究领域——“健康一体化”、“数码化社会”、“智慧城市”、“物质科学”与“脑科学”,以及充分完备的行动计划,以落实我们宏大的目标。

当今世界紧密相联,极其复杂,单一学科往往不足以解决全球面对的迫切议题。正因如此,城大致力开拓跨学科研究,从各方面促进多元,务求为创建更美好社会出一分力。

人类约70%的新兴传染病均与动物有密切关连,而2019冠状病毒病大流行,凸显了“健康一体化”这一研究领域的重要性。此为一例。为消弭这一知识领域的差距,城大创立亚洲首家世界级动物医学院,命名为“赛马会动物医学及生命科学院”,藉此推动食物安全和人畜共患疾病的科研。

与此同时,城大成立了数据科学学院,显现我们的远大目光和十足干劲,立足于数据驱动的时代,汇聚各学科的优秀教学和研究人才,开发崭新的解决方案。此外,城大最近设立先进高效能电脑运算设施,必将加强我们的科研突破能力。

我们深感荣幸,向大家介绍《CityU RESEARCH》一书。书中涵盖了不同学术领域的学者和研究人员努力不懈,在上述五个策略主题内进行的一流研究以及突破性发现。

我们将继续锲而不舍,从事更多具影响力的研究,为造福社会、服务全球作出贡献。



香港城市大学  
校长及大学杰出教授  
郭位教授





## 副校长(研究及科技)引言

尽管我们的日常生活因2019冠状病毒病(Covid-19)的大流行发生了翻天覆地的变化,但疫情亦清楚表明,迫切需要跨学科研究以解决当前世界面临的严峻挑战。我们很荣幸与您分享这本《CityU RESEARCH》,当中涵盖了一众科研人员的最新研究发现和成果。他们坚实的科研工作,反映出城大师生以专业知识与才能对人类社会带来真正的改变。城大最新的策略性发展计划列出五大跨学科研究领域,包括“健康一体化”、“数码化社会”、“智慧城市”、“物质科学”及“脑科学”,而《CityU RESEARCH》正好汇集了我们在这五大领域里的开创成果和工作。

“健康一体化”:介绍与健康相关问题的研究和解决方案,包括预防未来的大流行病,运用新技术促进疾病诊断、药物研发和提升医疗服务水平,以及保护动物健康与生态环境健康。

“数码化社会”:展示数据和图像分析的技术进展和崭新的金融科技解决方案、透过大数据理解政治两极化,以及如何将科技、创意媒体、设计、艺术和伦理结合,让我们反思人类价值观。

“智慧城市”:介绍6G移动通信技术和数据驱动的铁路管理系统的研究,以及一系列开发可持续能源的新技术。

“物质科学”:展示在设计高性能合金、增材制造和传感技术,以及通过中子散射技术在复合材料变形行为的研究所取得的多项突破。

“脑科学”:介绍神经科学家和生物学工程师所开发的有效诊断工具和疗法,以应对神经退行性疾病。

城大的科研人员致力进行尖端科研,以开拓新知识、开创新技术为己任,我们为此引以为傲。《CityU RESEARCH》其中一个章节,专门介绍了其中一些因高水平研究而备受认可的学者。

在2021年,我和相关行政部门的同事们会继续努力,支持城大所有的教研人员追求卓越,在各个重点研究领域昂首向前。透过《CityU RESEARCH》,希望大家能更多了解城大的科研工作,我们亦期待与世界各地的大学和科研机构探讨合作机会,共同为改善人类生活,促进社会发展作出贡献。



香港城市大学  
副校长(研究及科技)  
杨梦甦教授

# 目录

## 健康一体化

- 7 推行“健康一体化”，预防下次大流行
- 10 建立优质、高效的医疗服务体系
- 12 应对心脑血管疾病的医疗科技生态系统
- 14 微流控技术加快抗癌药物筛选
- 16 可持续水产养殖技术振兴海鱼养殖业

## 数码化社会

- 19 寻找人类价值的“真正价值”
- 22 智能多维数据分析助推影像学和医学发展
- 24 面向大中华等地的金融科技大数据解决方案
- 26 解读新媒体时代的政治极化

## 智慧城市

- 29 构建太赫兹技术和6G移动通讯的轻巧系统
- 32 数据化管理打造安全可靠的铁路系统
- 34 将空调的余热转化为电能
- 36 更稳定、环保的太阳能电池
- 38 化水滴为可再生能源

## 物质科学

- 41 高强度、高韧性的有序金属间化合物合金的突破
- 43 2D / 3D / 4D增材制造的科研进展
- 46 通过中子散射了解复杂材料
- 48 先进传感和机器人驱动技术

## 脑科学

- 51 从记忆形成到治疗脑部疾病
- 53 MRI新成像技术有助早期诊断阿尔茨海默症
- 54 慢性疼痛与认知缺陷的神经机制研究
- 56 治疗神经退行性疾病的新型神经修复装置

## 杰出科研人员

- 59 杨彤教授
  - 解读动理学系统的数学理论
- 60 何颂贤教授
  - 半导体纳米线推动新一代电子器件的发展
- 61 陆洋博士
  - 开创弹性应变工程和纳米力学的先河
- 62 王锋博士
  - 发光材料的合成
- 63 周筠庭博士
  - 新型肿瘤免疫治疗中罕见细胞的研究
- 64 郭俊杰博士
  - 揭开RNA结构的神秘面纱
- 65 王骋博士
  - 面向光通信系统的高性能光子芯片

## 资料与数据

## 研究中心及设施



# 健康一体化

在健康相关问题的所有层面扩大跨学科、问题导向式的研究合作与交流, 特别针对人类、动物和环境之间复杂的相互作用和相互依赖方面的课题。



Dirk Pfeiffer教授和沈蕊莉教授

## 推行“健康一体化”，预防下次大流行

当全球仍在努力应对2019冠状病毒病(下称新冠肺炎)大流行时, 赛马会动物医学及生命科学院周德丰讲座教授(健康一体化)兼健康一体化及政策应用研究中心主任**Dirk Pfeiffer教授**发出警告:“下一次大流行病可能会更糟, 全球都必须从当前的大流行中吸取教训, 比如我们需要采取‘健康一体化’的策略, 更好地管理和预防此类流行疾病, 并更有效地应对其他全球性的人类、动物和环境卫生问题。”

Pfeiffer教授是一名兽医流行病学家, 曾担任国际组织和政府的科学顾问, 包括世界动物卫生组织和联合国粮食及农业组织。他强调:“健康一体化策略不仅涉及医务人员与兽医

和病毒学家之间展开合作, 还需要以真正的跨学科研究以及政策制定为基础, 通过融合包括社会科学在内的不同学科来产生综合性知识。目前控制大流行的方法有很多, 但关键在于人的行为。”

### 从社会科学角度看 生鲜市场问题

Pfeiffer教授以生鲜市场为例, 指出出售新鲜屠宰不同畜禽品种的生鲜市场是新发传染病在动物与人之间传播的温床, 这包括严重急性呼吸综合征(SARS)、禽流感(H5N1和H7N9)以及当前的新冠肺炎。“但为

什么人们还是喜欢从生鲜市场采购生肉呢?是基于传统的文化认知, 还是生鲜市场的鲜肉味道更好?如何改变人们的行为呢?为了弄清楚这些问题, 我们需要借助社会科学的方法。”他解释道。

Pfeiffer教授认为, 城大成立赛马会动物医学及生命科学院和健康一体化及政策应用研究中心, 将有助于人们了解传染病出现的因素, 大学也因而能以“健康一体化”的方法建议干预措施, 以降低未来大流行病的风险。



## 抗菌素耐药性 – 另一全球性威胁

Pfeiffer教授认为应对抗菌素耐药性 (AMR) 已刻不容缓, 需要借助“健康一体化”的方法来解决。世界卫生组织宣布AMR是人类面临的十大全球公共卫生威胁之一。抗菌素的滥用和过度使用, 以及卫生保健设施和畜牧生产过程中对感染和疾病防控不力, 是导致AMR迅速发展的主要原因。

Pfeiffer教授表示: “对人类和动物而言, 抗菌药物应该只用于治疗已确诊的细菌性疾病, 而不是作为一种预防措施; 否则, 随着抗药性病原体继续传播, 抗生素将会对越来越多的感染病例失效。而我们在短中期内也不太可能有新的抗生素问世。”

在香港渔农自然护理署农业持续发展基金的资助下, Pfeiffer教授正负责开展两个研究项目, 以改善香港猪只及家禽的健康及生产, 特别是帮助当地猪只及家禽养殖户减少抗菌药物的使用。研究小组与农民展开合

作, 了解每个农场的药物使用情况和抗菌素耐药性水平, 以便在需要治疗时, 该小组的兽医可以为猪只和家禽开出有效的药物。

## 为猪场、家禽场及养鱼场提供临床服务

猪只及家禽兽医队会为农场提供专业的临床服务, 定期巡视时抽取猪只及家禽的血清样本, 并为每个农场制定生产力和各类传染病发病率的报告, 农民从而可以做出关于健康和生产管理的战略决策。此外, 针对这些地区的不同情况, 兽医团队会给农民提供针对性的意见, 例如如何实现更有效地控温和通风, 如何加强农场生物安全来防止疾病和其他害虫进入农场。

Pfeiffer教授表示: “我们的团队致力于提高农民的生物安全意识, 加强他们的畜牧业和一般农场管理知识, 从而减少他们对抗菌药物的依赖。我们知道要想改变人们的观念和行为需要一定的时间, 但我们过去一年半与农民的合作已经向我们表明,

在香港想实现既促进猪只和家禽养殖业的可持续发展, 又不以牺牲人类、动物或生态系统的健康为代价是可行的。”

此外, 在香港渔农自然护理署渔业持续发展基金的资助下, 赛马会动物医学及生命科学院教授(水生动物健康福利) 兼健康一体化及政策应用研究中心成员**沈蕊莉教授(Professor Sophie St-Hilaire)**正领导一项计划, 为香港海鱼及塘鱼养殖者提供兽医诊断及疾病预防服务。渔业小组设立了一个药房, 供养鱼户在兽医的监督下为鱼购买药物。与此同时, 在对亚洲养鱼场常用的抗生素的纯度作出评估后, 研究人员发现甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(一种杀虫剂) 可作为降低香港养鱼场海虱水平的有效替代品。

在渔业持续发展基金的另一轮拨款下, 沈教授的团队通过提高地区内兽医对防治鱼类疾病的能力、防止传染病扩散、以及采用应用研究和推广方式来解决业界所面对的主要困难, 从而继续促进香港水产养殖业的可持续性发展。



## 出版物选辑

- Vergne, T., Guinat, C. & Pfeiffer, D.U. 2020, “Undetected circulation of African swine fever in wild boar, Asia”, *Emerging Infectious Diseases*, vol. 26, no. 10.
- Willgert, K., Meyer, A., Tung, D.X., Thu, N.V., Long, P.T., Newman, S., Thuy, N.T.T., Padungtod, P., Fournié, G., Pfeiffer, D.U. & Vergne, T. 2020, “Transmission of highly pathogenic avian influenza in the nomadic free-grazing duck production system in Viet Nam”, *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1.
- Dixon, L.K., Stahl, K., Jori, F., Vial, L. & Pfeiffer, D.U. 2020, “African swine fever epidemiology and control”, *Annual Review of Animal Biosciences*, vol. 8, pp. 221-246.
- Wada, M., Lam, C.T., Rosanowski, S., Patanasatiengkul, T., Price, D. & St-Hilaire, S. 2020, “Development of simulation models for transmission of salmonid rickettsial septicaemia between salt water fish farms in Chile”, *Transboundary and Emerging Diseases*.
- Leung, K.C., Huang, Q., St-Hilaire, S., Liu, H., Zheng, X., Cheung, K.B. & Zwetsloot, I.M. 2020, “Fraudulent antibiotic products on the market for aquaculture use”, *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 181.
- Vergne, T., Meyer, A., Long, P.T., Elkholly, D.A., Inui, K., Padungtod, P., Newman, S.H., Fournié, G. & Pfeiffer, D.U. 2019, “Optimising the detectability of H5N1 and H5N6 highly pathogenic avian influenza viruses in Vietnamese live-bird markets”, *Scientific Reports*, vol. 9, no. 1.
- Høg, E., Fournié, G., Hoque, M.A., Mahmud, R., Pfeiffer, D.U. & Barnett, T. 2019, “Competing biosecurity and risk rationalities in the Chittagong poultry commodity chain, Bangladesh”, *BioSocieties*, vol. 14, no. 3, pp. 368-392.
- Kim, Y., Biswas, P.K., Giasuddin, M., Hasan, M., Mahmud, R., Chang, Y.-., Essen, S., Samad, M.A., Lewis, N.S., Brown, I.H., Moyen, N., Hoque, M.A., Debnath, N.C., Pfeiffer, D.U. & Fournié, G. 2018, “Prevalence of avian influenza A(H5) and A(H9) viruses in live bird markets, Bangladesh”, *Emerging Infectious Diseases*, vol. 24, no. 12, pp. 2309-2316.

## 重大奖项

### Dirk Pfeiffer 教授

- 2019年香港城市大学校长嘉许奖
- 2018年罗杰·莫里斯兽医流行病学与经济学杰出贡献奖

## 重要项目

### Dirk Pfeiffer 教授

- 香港渔农自然护理署农业持续发展基金:
  - 改善香港猪只的健康与生产
  - 改善香港家禽的健康与生产
- 香港—大学教育资助委员会研究配对补助金计划: 食品安全及质量应用研究

### 沈蕊莉教授

- 香港渔农自然护理署渔业持续发展基金:
  - 改善香港鱼类的健康与生产
  - 2020年改善香港鱼类的健康与生产



# 建立优质、高效的医疗服务体系



城大的研究小组与非政府机构展开合作，为在全面老年评估中发现的空巢老人，提供疫情防控教育并分发防疫物品，例如口罩及洗手液。

鉴于香港人口老龄化不断加剧及公共医疗系统超负荷运转，由城大领导、多个机构的专家组成的跨学科小组，在大数据的环境下，为医疗系统监测及管理提供了新视角。

完善的护理服务，提高老年人的自我管理能力和减少他们的住院需求。

## 医疗数据分析与人工智能

城大商学院院长兼管理科学讲座教授**陈友华教授**率领的香港研究资助局主题研究计划团队实力雄厚，团队成员包括城大管理科学系、数据科学学院、工学院，以及香港中文大学（中大）赛马会公共卫生及基层医疗学院的研究人员。

通过使用数据分析和人工智能技术，该团队处理了从医疗保健服务和管理系统收集的大量数据。团队成员取得了丰硕的成果，在著名、经评审的期刊上发表了115篇文章，并取得了以下研究成果：

为在香港建立一个优质、高效的医疗服务体系，团队成员着重于两点：改善公立医院的资源管理，使有限资源得到充分合理利用，从而应付不断增加的需求；为社区长者提供更

i) 确定了接受社区内最有效、可负担的离院支援服务的目标老年病人群体；

ii) 开发了机器学习模型，用于预测严重慢性疾病的发病，包括心力衰竭、二尖瓣返流、急性心肌梗死和认知障碍，并为自杀倾向和抑郁症进行风险评估；

iii) 开发了先进的机器学习模型，用于预测未来高治疗成本患者，如慢性阻塞性肺病患者或传染病患者；

iv) 应用演算法来预测出院患者再入院率，以减少急症室的入院人数，比较不同公私合作资助计划，以缩短公共医疗服务的轮候时间，以及分析和分配医院资源；

v) 为社区长者设计了个人化远程健康监测系统，利用传感器技术监测他们的健康状况，包括一般健康状况、血压、步态和平衡，以便全面评估健康状况，预测跌倒风险；且

vi) 提出了健康系统监测和管理的框架，包括持续监测、分析和解读相关数据。

该项目开发的人工智能和数据分析工具也有其他的社会效益，例如：该小组将其新开发的演算法应用于全港电子健康纪录（由香港医院管理局数据实验室提供），分辨出地区内高危居民的特征，以及他们的次级和第三级预防需求。随着进一步发展，这些工具可用于香港即将成立的地区康健中心的服务规划。此外，由**李彦志教授**率领的城大小组，已受医院管理局委托，就患者运送网络服务的提供及规划进行筹备，应对未来十年的服务需求。

陈教授表示：“主题研究计划的完成只是象征着香港医疗管理研究新阶段的开始。有了人工智能化的创新社区护理模式，我们可以扩大基层医疗资源的覆盖率，充分利用这些资源为长者提供针对性的护理服务，由社区护士在邻舍间提供服务。”

## 家庭护理让老龄化更有尊严

目前，由商学院和赛马会公共卫生及基层医疗学院的教职员组成的团队正致力于将现有以院舍照顾和服务单位为本的护理模式转变为提供上门护理服务为本的“社区安老”模式，以满足老年人居家安老的心愿。

通过在香港试行走红全球的《Buurtzorg》创新社区护理模式，城大领导的研究小组现正与当地非政府机构及一间急症医院合作，配合具有个案管理技能和健康指导资格，并能自我管理的护士及护理协调员团

队，开展一项公私合作伙伴关系的家居护理计划。

本地化模式将以科技创新为基础，配备IT平台协调和整合护理服务，以及促进家居护理的便携式装置及移动应用程序，如远程医疗和电子药盒。

陈教授表示：“我们的最终目标是推出一个全面的解决方案，为老年人提供长远且可负担的全方位家居护理服务，帮助老年人在身体功能逐渐衰退的情况下，仍能享有尊严地生活。”陈教授还补充道，经过优化调整后，他们的人工智能和数据分析工具也可用于香港以外的地方。

### 重要项目

- 香港研究资助局主题研究计划：为香港提供21世纪的医疗服务 — 构造一个质量与效率驱动的服务体系
- 中银香港百年华诞慈善计划：颐年在家：家居护理新模式
- 香港政策创新与统筹办事处公共政策研究资助计划：成人发展追踪研究



城大及中大的联合首席研究员及协作人员：（前排左二起）来自城大的厚厚民教授、冯康教授（中大顾问）、陈友华教授及徐国良教授；（第二排右二起）来自中大的杨永强教授及（第三排右二起）黄丽仪教授。

### 出版物选辑

- Lin, S., Zhang, Q., Chen, F., Luo, L., Chen, L. & Zhang, W. 2019, "Smooth Bayesian network model for the prediction of future high-cost patients with COPD", *International Journal of Medical Informatics*, vol. 126, pp. 147-155.
- Zhou, J., Wang, X., Lee, S., Wu, W.K.K., Cheung, B.M.Y., Zhang, Q. & Tse, G., 2020, "Proton pump inhibitor or famotidine use and severe COVID-19 disease: A propensity score-matched territory-wide study", *Gut*, (in press).
- Wang, H., Zhao, Y., Yu, L., Liu, J., Zwetsloot, I.M., Cabrera, J. & Tsui, K.L. 2020, "A personalized health monitoring system for community-dwelling elderly people in Hong Kong: Design, implementation, and evaluation study", *Journal of Medical Internet Research*, vol. 22, no. 9.
- Tsui, K.L., Zhao, Y. & Wang, D. 2019, "Big data opportunities: System health monitoring and management", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 68853-68867.
- Xu, Z., Zhang, Q., Li, W., Li, M. & Yip, P.S.F. 2019, "Individualized prediction of depressive disorder in the elderly: A multitask deep learning approach", *International Journal of Medical Informatics*, vol. 132.
- Zhu, H., Chen, Y., Leung, E. & Liu, X. 2018, "Outpatient appointment scheduling with unpunctual patients", *International Journal of Production Research*, vol. 56, no. 5, pp. 1982-2002.



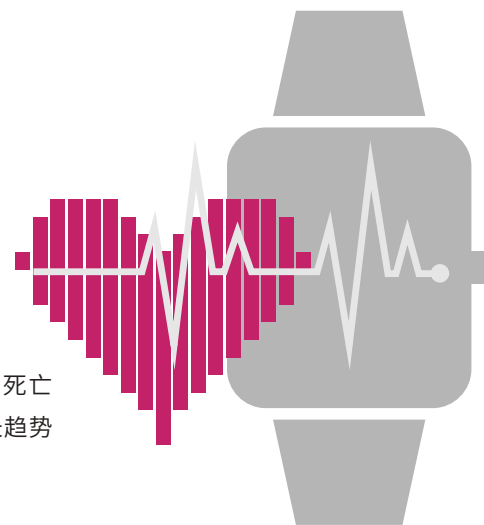
# 应对心脑血管疾病的医疗科技生态系统

心脑血管疾病是全球的头号杀手。为应对这类疾病带来的挑战，城大生物医学工程讲座教授**张元亨教授**领导的健康工程学专家团队，正研发具有开创性的医疗技术，包括可穿戴式传感器和人工智能早期诊断和监测系统。他的长期目标是建立崭新医疗科技系统，在香港以及其他地区有效防治疾病。

世界卫生组织指出，中风等心脑血管疾病是全球致死的首要原因，每年造成约1,790万人死亡。心脑血管疾病有多种，包括冠心病、中风和血管性认知障碍等。过去15年间，心脑

血管疾病一直是全球发病率和死亡率的主因，预计有关个案的增长趋势将会持续。

“尽管治疗心脑血管疾病这方面已取得重大进展，但不少看似健康的患者突然死亡，却没有任何先兆或症状。猝死的主要原因是动脉中易损斑块破裂，形成血凝块阻塞血流，导致心脏病发或中风。”张教授解释。“然而，现时仍未有有效的筛查和诊断方法去识别这类高危患者，因此难以预防或提供及时治疗。”



## 用于疾病监测的可穿戴式传感器

张教授的研究重点涵盖心脑血管健康工程学，以及无扰式和可穿戴的传感设备。他的团队联合世界顶尖的大学和科研机构，从事跨学科的研究，以补足心脑血管疾病在早期诊断和病情管理这两方面的主要缺口。

值得一提的是，他和团队致力研发以柔性并可拉伸物料制成的可穿戴式柔性传感器，并根据生理模型及与医学影像和生物标志物信息融合，而实现监测心脑血管疾病和相关风险的系统。

他们正开发对心脑血管疾病的生物标志物高度敏感而又廉价的生物医学设备，务求使更多人可以使用这种有效技术预防相关疾病。“这些可穿戴式设备有助及早发现心脑血管疾病的风险。”张教授说。



在大流行病期间，可穿戴式设备、无扰式传感器和远程医疗系统的应用场景。(论文在《IEEE生物医学工程综述》发表，题为《可穿戴传感和远程医疗技术在冠状病毒大流行的潜在应用》“Wearable Sensing and Telehealth Technology with Potential Applications in the Coronavirus Pandemic”。图片来源：DOI number: 10.1109/RBME.2020.2992838)

为加强高危患者的早期筛查，团队还在研究创新的医学成像技术，以便更精确地评估易损斑块。

鉴于这些监测设备和筛查工具收集的医疗数据相当复杂，需要一个系统将有关数据汇聚，以进行分析和评估。因此，研究团队正开发人工智能技术平台，整合所有心脑血管疾病的生物标志物，以便尽早预防和诊断急性心脑血管疾病。他们还设计了可穿戴式闭环药物输送装置，用于血管介入治疗，为急性心脑血管疾病患者提供及时医治。长远而言，张教授希望在香港和大中华地区建立综合的心脑血管医疗技术系统，以有效防治相关疾病。

## 汇聚全球专家研发移动医疗科技

张教授早前参与由美国哈佛医学院斯波尔丁复康医院组织及领导

### 出版物选辑

- Ding, X., Clifton, D., Ji, N., Lovell, N.H., Bonato, P., Chen, W., Yu, X., Xue, Z., Xiang, T., Long, X., Xu, K., Jiang, X., Wang, Q., Yin, B., Feng, G. & **Zhang, Y.** 2020, "Wearable sensing and telehealth technology with potential applications in the coronavirus pandemic", *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, (in press).
- Zhang, G., Mei, Z., Zhang, Y., Ma, X., Lo, B., Chen, D. & **Zhang, Y.** 2020, "A noninvasive blood glucose monitoring system based on smartphone PPG signal processing and machine learning", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 16, no. 11, pp. 7209-7218.
- Bonato, P., Chen, Y., Chen, F. & **Zhang, Y.** 2020, "Guest editorial: Flexible sensing and medical imaging for cerebro-cardiovascular health", *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 24, no. 11, pp. 3189-3190.

的60人专家工作组，共同发表有关移动医疗科技如何协助缓解2019冠状病毒病(下称新冠肺炎)大流行影响的研究。工作组肯定该技术可用于应对疫情、亦有望适用于未来大流行病。他们发现，运用可穿戴的移动医疗科技设备，是监测新冠肺炎患者的可行选择。这些患者通常被要求在家中自我隔离，或轻微症状的感染者到社区治疗中心接受监测。有关技术有助预测症状加剧，以便及早作进一步治疗。

“不论是新冠肺炎或是心脑血管疾病，为有效缓解和控制疾病，都必须尽快开发创新、能够结合各种技术的医疗管理系统，例如可穿戴式监测设备、生物传感器、医学成像和人工智能，协助疾病预防和监测，以及尽早作出诊断和治疗。”张教授补充说。

张元亨教授



### 重要项目

- 国际医学与生物工程院 (IAMBE) 院士
- 电机暨电子工程师学会 (IEEE) 会士
- 美国医学与生物医学学会 (AIMBE) 会士

- Yang, G., Pang, Z., Rahmani, A.M., Dong, M., **Zhang, Y.**, Deen, M.J. & Lovell, N. 2020, "Guest editorial: Enabling technologies in health engineering and informatics for the new revolution of healthcare 4.0", *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 24, no. 9, pp. 2442-2443.
- Liu, Y., Zhao, L., Avila, R., Yiu, C., Wong, T., Chan, Y., Yao, K., Li, D., **Zhang, Y.**, Li, W., Xie, Z. & Yu, X. 2020, "Epidermal electronics for respiration monitoring via thermo-sensitive measuring", *Materials Today Physics*, vol. 13.
- Adans-Dester, C.P., Bamberg, S., Bertacchi, F.P., Caulfield, B., Chappie, K., Demarchi, D., Erb, M.K., Estrada, J., Fabara, E.E., Freni, M., Friedl, K.E., Ghaffari, R., Gill,

- Greenberg, M.S., Hoyt, R.W., Jovanov, E., Kanzler, C.M., Katabi, D., Kernan, M., Kigin, C., Lee, S.I., Leonhardt, S., Lovell, N.H., Mantilla, J., McCoy, T.H., Luo, N.M., Miller, G.A., Moore, J., O'Keefe, D., Palmer, J., Parisi, F., Patel, S., Po, J., Pugliese, B.L., Quatieri, T., Rahman, T., Ramasarma, N., Rogers, J.A., Ruiz-Esparza, G.U., Sapienza, S., Schiurring, G., Schwamm, L., Shafiee, H., Kelly Silacci, S., Sims, N.M., Talkar, T., Tharion, W.J., Toombs, J.A., Uschnig, C., Vergara-Diaz, G.P., Wacnik, P., Wang, M.D., Welch, J., Williamson, L., Zafonte, R., Zai, A., **Zhang, Y.**, Tearney, G.J., Ahmad, R., Walt, D.R. and Bonato, P. 2020, "Can mHealth technology help mitigate the effects of the COVID-19 pandemic?" *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*, vol. 1, pp. 243-248.



# 微流控技术加快抗癌药物筛选

新药可以挽救生命,改善病患生活质量,然而药物研发是一个极其漫长且昂贵的过程。城大科学家正以创新的生物芯片技术开发一个新型的药物筛选平台,以大大降低药物研发的时间和成本。

杨建文讲座教授(生物医学)兼城大副校长(研究及科技) **杨梦魁教授**一直致力生物芯片和纳米医学技术的研究,及其在分子诊断和疾病治疗中的应用,力求将优秀的科研成果转化为临床应用,改善人们的生活。杨教授现正领导一项由香港研究资助局研究影响基金支持的项目,研发一种微流控技术平台,用于有效筛选潜在的候选药物。

## 有效筛选候选药物

“筛选药物是药物研发漫长过程的第一步,找出先导化合物,并淘汰成千上万到数百万种不合用的化合物,对后续的步骤至关重要。”杨教授解释说。

两种常用的筛选药物技术是高通量筛选 (HTS) 和高含量筛选 (HCS)。HTS对数百万种化学物质的生物或药理活性进行筛选,以找出合适的活性化合物,是设计和研发药物的起



杨梦魁教授

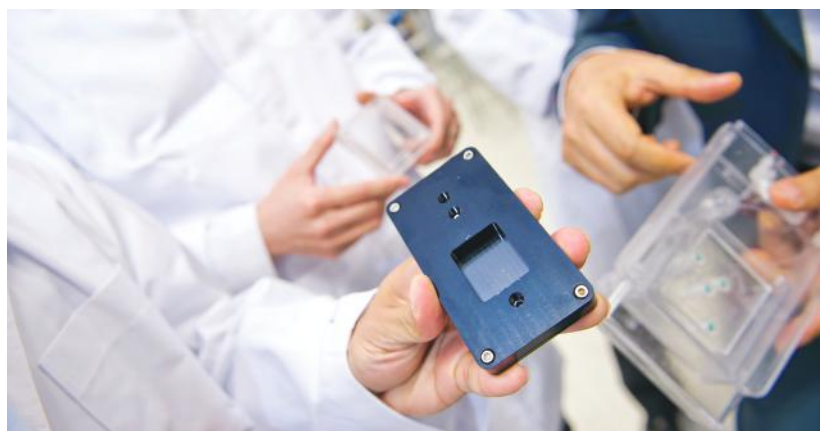


点。HCS则在完整的细胞系统中评估生物化学和形态参数,是HTS的补充技术。

尽管这两种技术的应用相当广泛,但都有其缺点。HTS技术极之昂贵,需要使用大量试剂,HCS则通量低,速度慢,并缺乏模拟细胞的生理或病理环境,无法准确反映化合物对细胞行为的影响。为了以更有效和合

乎经济效益的方法筛选潜在的候选药物,必须研发崭新的高通量、高内涵平台,减少试剂消耗,并能模拟细胞在人体内的环境。

杨教授领导的研究团队,结合了两种已有技术的特点,现正研发一个微流控技术平台,能模拟生理和病理微环境进行细胞分析,有助模拟细胞在人体内生长、通讯和迁移的条件,



由杨梦魁教授领导的团队研发用于药物筛选和分子诊断的纳米扩增微流控芯片技术。

达到高通量、高内涵筛选,找出针对和影响细胞与细胞相互作用的药物。

该平台将集成多个并行通道和对接结构,以流体动力控制实现细胞和颗粒阵列的高通量形成。专门设计的微流控芯片可形成癌细胞和肿瘤球状体阵列,以筛选不同浓度梯度和组合的抗癌药物,能测试现有疗程的疗效,并找出最有效的药物和最理想的剂量。

## 高度灵敏的癌细胞检测

此前,杨教授及其团队开发了一种微流控芯片,可在集成了基于纳米颗粒讯号放大的编码微粒阵列上,对基因突变和病原体(如细菌和病毒)作高度灵敏的多重检测。基因突变检测有助找出抗癌药物靶点,而鉴定病原体则有助及早诊断和治疗传染病。

凭着这项已获得专利的技术,杨教授及其团队赢得“2016年药明康德生命化学奖”和2019年“第47届日内瓦国际发明展”金奖。城大已将技术授权予初创企业晶准生物医药集

团有限公司,该公司由杨教授实验室的三位博士毕业生于2018年成立,并利用这项技术开发成医院和临床实验室使用的疾病检测和诊断产品,用于准确识别血液中的循环肿瘤细胞,因此通过血液检查就能及早筛查癌细胞。

杨教授在城大从事教研工作20余年,已将多项研究成果转化为临床应用,包括早期研发的用作及早诊断子宫颈癌的基因芯片技术。杨教授说:“我们希望将实验室所得的新发现,转化为创新的临床技术和产品,为改善人们的健康和福祉作出贡献。”

### 重大奖项

- 2019年第47届日内瓦国际发明展金奖
- 2016年药明康德生命化学奖
- 2015年教育部自然科学二等奖
- 2006年深圳市创新科技奖
- 2006年香港工商业奖科技成就大奖

### 重要项目

- 香港研究资助局研究影响基金: 开发用于抗肿瘤药物多层次高含量筛选的集成微流体系统
- 香港创新科技署创新及科技基金 — 公营机构试用计划: 用等温核酸横向流动分析法快速检测SARS-CoV-2病毒
- 香港研究资助局优配研究金: 基于微流控技术的循环肿瘤细胞/细胞簇单细胞突变分析和药物敏感性检测集成系统的开发

### 出版物选辑及专利

- Liu, D., Hong, Y., Li, Y., Hu, C., Yip, T.-C., Yu, W.-K., Zhu, Y., Fong, C.-C., Wang, W., Au, S.-K., Wang, S. & **Yang, M.** 2020, "Targeted destruction of cancer stem cells using multifunctional magnetic nanoparticles that enable combined hyperthermia and chemotherapy", *Theranostics*, vol. 10, no. 3, pp. 1181-1196.
- Kan, T., Wang, W., Ip, P.P., Zhou, S., Wong, A.S., Wang, X. & **Yang, M.** 2020, "Single-cell EMT-related transcriptional analysis revealed intra-cluster heterogeneity of tumor cell clusters in epithelial ovarian cancer ascites", *Oncogene*, vol. 39, no. 21, pp. 4227-4240.
- Xu, T., Fu, H., Li, Y., Chen, X., Cheuk, W., Li, C.-W., Zou, H., Yue, W., Au, S.-K., Wang, Y. & **Yang, M.** 2019, "Single cell target gene mutation analysis by arc-edge-channel monolithic valve microfluidic cell isolation and locked nucleic acid-based PCR detection", *Sensors and Actuators, B: Chemical*, vol. 293, pp. 224-234.
- Li, H., Liu, P., Kaur, G., Yao, X. & **Yang, M.** 2017, "Transparent and gas-permeable liquid marbles for culturing and drug sensitivity test of tumor spheroids", *Advanced Healthcare Materials*, vol. 6, no. 13.
- Yu, W.-K., Wang, Z., Fong, C.-C., Liu, D., Yip, T.-C., Au, S.-K., Zhu, G. & **Yang, M.** 2017, "Chemoresistant lung cancer stem cells display high DNA repair capability to remove cisplatin-induced DNA damage", *British Journal of Pharmacology*, vol. 174, no. 4, pp. 302-313.
- **Yang, M.** & Liu, D., "Nanoparticle composition for use in targeting cancer stem cells and method for treatment of cancer", US patent US10,682,421B2, granted 2020.



# 可持续水产养殖技术 振兴海鱼养殖业

为保护香港的海洋生态环境、促进海洋经济的持续发展，由城大领导的海洋研究小组研发了一项全新的水产养殖技术 — 浮式室内防风雨渔场，并采用海水循环系统取代传统的鱼排。这项新技术能提高生产力和改善食物安全，将有助养鱼户增收和振兴本地的海洋养殖业。

为香港提供约5%的活海鱼需求的香港传统海水养殖业，依赖养鱼区及其周围的海水水质。近年，有害藻华（通常称为“赤潮”）频发，使海水水体中的氧气大量消耗，养殖鱼类死亡，给该行业构成了巨大的威胁。1998年和2015年，有毒赤潮在香港水域扩散，使大量鱼类死亡，造成

了严重的经济损失。寄生虫的季节性出现，以及随之而来的微生物感染，也给鱼类养殖带来了巨大的压力，其中幼鱼（即鱼苗）最容易受到感染。

## 应对赤潮威胁

这些事件使得本地养鱼户不敢投资培育鱼苗。许多鱼排被遗弃，经营者被迫将其用于娱乐活动。

在香港渔农自然护理署渔业持续发展基金的资助下，城大海洋污染国家重点实验室的研究小组一直致

力于研发更好的养殖技术。研究小组利用海水循环系统，在浮式养鱼场内培育大型石斑鱼（鞍带石斑鱼）等鱼类的幼鱼。该浮式养鱼场有三个主甲板：最下面的甲板配有复杂的滤水系统，另外两个甲板是“鱼苗室”，由鱼苗池组成。通过降低微生物和寄生虫感染的概率，以及免除抗生素的使用，这种新技术取得了令人欣喜的结果。

研究小组从2020年8月起在鱼苗室培育了一批花尾龙躑鱼苗。养殖三个月后，成活率近100%，且无明显的微生物或寄生虫感染。一般无海水过滤系统的远海网箱鱼排的新进口鱼苗的死亡率高达30%或以上，相比之下，这种新型养殖技术改善显著。

此外，抗菌素耐药性的问题也可以得到缓解。由于在这种模式下养殖的鱼很少或根本不使用抗生素等药物治疗，所以食用起来也更安全、健康。

## 改善鱼类和海洋健康

鱼排的生产力也随着新鱼饲料的使用而提高，研究小组用干颗粒饲料替代了杂鱼，显著减少了传统鱼饲料造成的污染，同时提高了饲料利用

率和鱼的健康。

领导这项研究的**林群声教授**（胡梁子慧教授（理学）兼化学系讲座教授及海洋污染国家重点实验室成员）表示：“该项目很好地阐释了‘健康一体化’的概念，即我们如何利用技术和创新为人类、动物和生态系统实现最佳健康。”该小组计划向本地养鱼户示范这些技术，并向他们提供健康的鱼苗。“鱼苗室”概念可在香港及亚洲其他地方的任何养鱼区采用。

海洋污染国家重点实验室成立于2009年，由城大为首的七所大学组成。实验室主任**梁美仪教授**表示：“通过利用多学科的团队及其专业知识，我们致力保护香港及华南地区的海洋环境，找出主要的威胁，例如有害的赤潮爆发和新出现的环境问题污染物，并研发出相应的工具、技术及政策来解决这些问题。我们希望今后能与不同的机构、实验室以及业界展开更多合作，共同协力应对复杂的环境挑战。”

为支持大中华区及其他地区的海洋水质管理，海洋污染国家重点实验室也致力于以科学方法制定化学污染物水质基准（WQC），亦即保障海洋生态系统的安全环境浓度。例如，林教授和梁教授最近为21种受关注的新兴化学品建立了一套临时水质

基准，以帮助保护粤港澳大湾区的海洋生态系统。此外，梁教授还帮助国际镍生产商环境研究协会（NiPERA）建立有关热带海洋生物对镍毒性响应的数据，并为东南亚和美拉尼西亚地区制定了镍的水质基准。



鱼苗室的鱼池装有经过滤及消毒的海水。

### 重要项目

- 香港渔农自然护理署渔业持续发展基金：在鱼筏上养殖鱼苗的循环水产养殖系统的建立和示范
- 香港研究资助局主题研究计划：评估抗生素耐药性从污染热点流向环境并探索控制策略
- 南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）：南海海岸变迁与物质输送
- 香港城市大学启动基金：全球河口监测：全球主要河口药物的浓度及环境风险



梁美仪教授（左）与林群声教授在南丫岛养鱼区新成立的室内浮式养鱼场（绿色结构）前参观。

### 出版物选辑

- Lee, J.H.W., Guo, J.H., Chan, T.S.N., Choi, D.K.W., Wang, W.P. & **Leung, K.M.Y.** 2020, "Real time forecasting and automatic species classification of harmful algal blooms (HAB) for fisheries management", *HydroLink*, vol. 4, pp. 109-113.
- Farzana, S., Ruan, Y., Wang, Q., Wu, R., Kai, Z., Meng, Y., **Leung, K.M.Y.** & **Lam, P.K.S.** 2020, "Developing interim water quality criteria for emerging chemicals of concern for protecting marine life in the Greater Bay Area of South China", *Marine Pollution Bulletin*, vol. 161.
- Gissi, F., Wang, Z., Batley, G.E., **Leung, K.M.Y.**, Schlekot, C.E., Garman, E.R. & Stauber, J.L. 2020, "Deriving a chronic guideline value for nickel in tropical and temperate marine waters", *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 39, no. 12, pp. 2540-2551.
- Wang, Z., Yeung, K.W.Y., Zhou, G.-J., Yung, M.M.N., Schlekot, C.E., Garman, E.R., Gissi, F., Stauber, J.L., Middleton, E.T., Lin Wang, Y.Y. & **Leung, K.M.Y.** 2020, "Acute and chronic toxicity of nickel on freshwater and marine tropical aquatic organisms", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 206.
- **Leung, K.M.Y.**, Yeung, K.W.Y., You, J., Choi, K., Zhang, X., Smith, R., Zhou, G.-J., Yung, M.M.N., Arias-Barreiro, C., An, Y.-J., Burket, S.R., Dwyer, R., Goodkin, N., Hii, Y.S., Hoang, T., Humphrey, C., Iwai, C.B., Jeong, S.-W., Juhel, G., Karami, A., Kyriazi-Huber, K., Lee, K.-C., Lin, B.-L., Lu, B., Martin, P., Nillos, M.G., Oginawati, K., Rathnayake, I.V.N., Risjani, Y., Shoeb, M., Tan, C.H., Tsuchiya, M.C., Ankley, G.T., Boxall, A.B.A., Rudd, M.A. & Brooks, B.W. 2020, "Toward sustainable environmental quality: Priority research questions for nickel on freshwater and marine tropical Asia", *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 39, no. 8, pp. 1485-1505.



# 数码化社会

为日常生活开发数码化创新, 深入了解数码科技与社会的关系。



莫奔教授(第一排左二)、简鸣谦博士(第一排左一)和神经设计实验室的团队成员。

## 寻找人类价值的“真正价值”

随着信息及通讯科技的进步, 数码化已渗透到人们日常生活的各个方面。我们可以很容易地量化许多不同的东西, 但是像“爱”、“和平”、“尊重”和其他人类价值这类的抽象的东西呢? 城大创意媒体学院**莫奔教授 (Professor Maurice Benayoun)** 是媒体艺术领域中著名的艺术家、理论家及策展人, 他一直致力于“思维空间(香港) — 都市化、建筑及室内设计的响应性神经设计”项目, 旨在透过互动展览, 以不同的方式来思考社会、创新及科技挑战。

《思维空间》(MindSpaces) 是由欧盟资助的大型项目, 旨在通过参与式设计改进室内外环境的设计过程, 包括对个人反应的多感官测量。该项目由欧洲发起, 目前已形成一个

由全球12个合作伙伴组成的联合体, 其中包括莫奔教授和城大。作为欧盟与香港研究资助局研究及创新合作计划资助的两个项目之一, 《思维空间(香港)》是一个拓展项目, 通过利用相同的技术, 如人工智能、机器学习和脑机接口等, 创造个人和集体的“神经设计”, 从塑造抽象到塑造物体和建筑。

### 神经设计与《大脑工厂》

莫奔教授说: “神经设计就是利用大脑来控制形状和形式的不断变化”。在《思维空间》联合成员的外部支持, 以及城大**陈皓敏博士、Colin Blakemore爵士教授和Bruce Ransom教授**担当神经科学顾问的



展览邀请参观者根据不同的抽象概念制作各种形状。



支持下，莫奔教授与城大创意媒体学院副教授**简鸣谦博士 (Dr Tobias Klein)**和城大互动媒体电算应用中心神经设计实验室展开团队合作，开发了一款脑机交互的“脑塑形”机器。它可以从用户的大脑中获取脑电图 (EEG) 信息，帮助他们了解用户如何对看到的形状做出反应。

为精准校对系统，团队从最难设计的抽象概念部分入手，如“空间”、“力量”和“爱”。他们创建了《大脑工厂》(Brain Factory) 项目和展览，邀请展览参观者根据不同的抽象概念制作各种形状。此外，团队还使用了头戴式脑电图装置，用来监测参观者的脑电波，这些脑电波产生的电信号有助于评估和演变屏幕上的3D形状。

团队成员将这些看起来像流动的液体或舞动的火焰通过3D打印成实物分发给参观者，或制成雕塑放在展厅中以供展览。莫奔教授将这一过程描述为“物化”，即将思想转化为实物。

此外，莫奔教授与其团队还与城大校友**Nicolas Mendoza博士**进一

步合作，开展了《价值的价值》(Value of Values)项目，旨在“通过为价值赋形”，帮助人们更好地理解人类的价值。这次参观者没有收到打印的3D实物，而是在他们的数字钱包中得到了一个“价值的价值”(VoV) 代币，和一个已在区块链上注册的形状。通过将形状转换为“VoV”代币，人们可以以物易物或出售“价值”。莫奔教授表示：“在这个区块链交易平台上，我们可以看到跨文化、跨国家的不同人类价值观的交易和排名。”

## 在区块链上交易人类价值

这些交易会自动生成一系列的“道德陈述”，呈现出一种特殊的“交易诗”。莫奔教授表示：“如果你为和平付出爱，或者你为性付出金钱，那就不一样了，这就是我们所说的‘道德陈述。’收藏VoV代币也能反应出收藏者在生活中各个事务的主次之分。”

莫奔教授和他的团队正致力于将这些技术应用到建筑设计中。他们

将借助庞大的建筑历史数据库、人工智能和机器学习，以不同的方式来生成形状，并观察人们的反应。

此外，莫奔教授还与著名的美籍土耳其艺术家**Refik Anadol**合作，开展《思维空间》另一个项目 — “Dialog”，旨在体现除社会和文化差异因素外，影响相互理解的因素。莫奔教授解释道：“这是一个城市艺术装置项目，每个装置内都是不断成长的‘活的实体’。这两件艺术品就像是来到陌生城市的外星人、陌生人或移民，他们不仅需要学习如何理解对方，还会受到周围人的反应的影响。”在全球重大媒体艺术节 — 2020林茨电子艺术节上，莫奔教授及其团队首次展示了尚未完全成长的“外星人宝宝”，他们将在稍后见面。

莫奔教授表示：“这个全球性项目非常复杂。我们开发技术工具来进行3D设计，设计物体与建筑，为人类思想赋形。我们让艺术品具有很强的社会互动性，打破美学界限，涵盖伦理、金融、神经科学和社会意识领域。这或许能让我们更好地理解人类价值的真正价值。”

“物化” — 通过3D打印将思想转化为实物。

“通过开发技术工具为人们思想赋形，我们创造了具有高度社会互动性的艺术品，这或许有助于我们更好地理解人类价值的真正价值。”

— 莫奔教授



© Neuro-Design Lab



© Neuro-Design Lab

《价值的价值》— 台北2019数字艺术节。

### 重大奖项

- 法国NDA设计大奖 (Novum Design Award) 室内设计金奖
- 香港城市大学创意媒体学院互动媒体电算应用中心研究奖学金

### 重要项目

- 2018/19年度欧盟与香港研究资助局研究及创新合作计划：思维空间 (香港) — 都市化、建筑及室内设计的响应性神经设计 (城大其他项目成员包括：吕坚教授、陈皓敏博士及简鸣谦博士)
- 2019-2021欧盟“地平线2020”科学技术艺术 (STARTS) 灯塔合作研究计划

### 参与国际展览精选

- 《2020林茨电子艺术节》，香港 (2020年9月)：
  - “Refik Anadol & Maurice Benayoun’s Dialogue about Dialog” (开场白)
  - “Dialog: Alien Life in the Telescope” (现场表演和流媒体)
  - “Speculative Speculations on Art and Values. How Linking the Brain to the Blockchain Reveals the Value of Human Values” (讲座)
- 《国际电子艺术研讨会 (ISEA) 2020》，“After the Tunnel, the Shifting Ontology and Ethology of the Emerging Art-subject” (论文和讲座)，蒙特利尔 (2020年10月)
- 《2019林茨电子艺术节》，“Value of Values by the Brain Factory”，奥地利林茨 (2019年9月6日)
- 《2019国际电子艺术研讨会特别展》，Lux Aeterna，“Value of Values”，韩国光州 (2019年6-7月)
- 《2019数字艺术节》，台北当代艺术馆 (2019年10月)
- 《微波艺术节》(展览及会议)，香港 (2018年)
- “Why the Future Still Needs Us” 展览，布里斯班 (2017年) 及首尔纳比艺术中心 (2017年)



视频：《价值的价值》，区块链上的交易艺术



# 智能多维数据分析助推影像学和医学发展

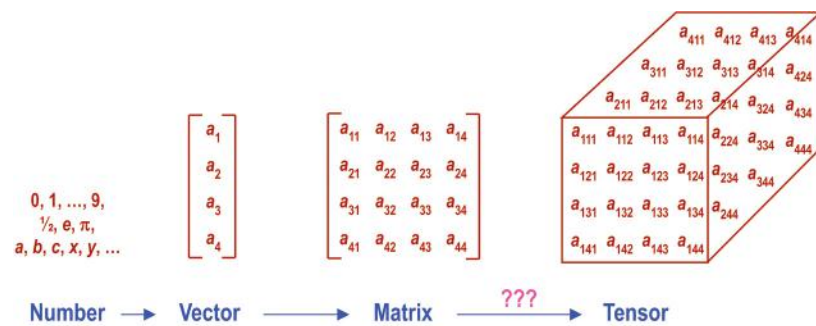
生物分子相互作用机制是发现疾病病因和开发新药的关键,但目前人们对其尚待完全了解,因此开发多维数据分析和图像识别的概念和工具有助于推动医学科学和其他领域的进一步发展。城大影像科学专家**严洪教授**在影像及生物分子模式识别技术方面作出了重大贡献,并提出了新的理论及复张量的计算方法,以拓展复张量在影像、生物、医学及其他领域的应用。

严教授目前的研究重点是张量计算,以检测和分析数据集中有意义的模式。张量是数据的多维数组,在数学中,一个数可以被认为是零阶张量,一个向量可以被认为是一阶张量,一个矩阵可以被认为是二阶张量。人们现在对这些数据表示和结构已有了很好的理解。“然而,对于三阶以上高阶张量的分析,现有的数学理论和计算方法还远远不够成熟,我们需要张量的新概念和新理论,而这些概念和理论无法简单地从矩阵理论引申出。”严教授(黄俊康教授(数据工程)兼电机工程学系电脑工程学讲座教授)解释道。

## 高阶张量分析的新理论

虽然生物分子和图像分析是在两个不同的学科中研究的,但生物分子间的相互作用似乎与计算机技术对图像的感知原理相似。严教授阐述:“计算机通过点、线、区域及其关系的一致位置来识别图像中的物体。类似地,两个分子之间产生相互作用是因为它们与互补的表面和电荷相吻合;因此,理解张量至关重要,张量提供了一个严谨的数学模型来表示一致的特征及其高阶关系。”

严教授和其团队与数学家、生物学家、医生和计算机工程师展开了密切合作,推出了基于张量模型的联合聚类方法。传统的机器学习和模式识别方法根据对象的特征进行分类,而严教授及其团队推出的新方法可以同时对象和特征进行分类。



张量是数据的多维数组。

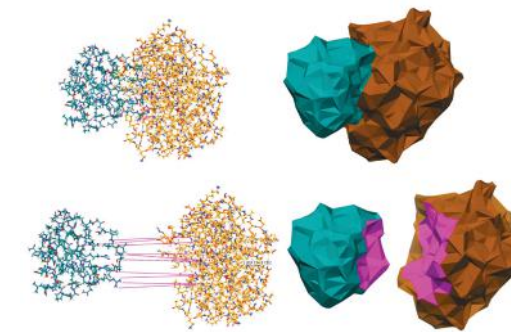
“例如,一组基因可能在一组条件下被共同调节,这些基因和条件形成共簇。如果有很多基因和条件,计算时间会成倍增加,但是我们的小组已经用张量法解决了这个问题。我们的新方法能够同时检测几种类型的共簇,这些共簇甚至可以在数据中重叠。”严教授解释道。

基于张量和超图模型,研究团队开发了用于匹配数据集的高效计算机算法,通过高阶关系解决了匹配数据项之间所有兼容性的优化问题。

## 在肺癌细胞突变分析中的应用

此外,严教授还将张量计算应用于细胞分裂数据分析和生物分子表面表征。肺癌是全球癌症死亡的主要原因,其中非小细胞肺癌(NSCLC)约占所有肺癌病例的85%。表皮生长因子受体(EGFR)基因突变是引起NSCLC的常见原因,而NSCLC在东亚人群中发病率可达60%。

严教授的团队与香港玛丽医院的医生合作,分析了所有已知的EGFR突变体,并建立了相应的3D结构数据库。他们提出的创新方法将帮助研究人员了解抗药性机制,并帮助医生为癌症患者规划最佳的个性化治疗方案。



两个分子之间产生相互作用是因为它们与互补的表面和电荷相吻合。原始蛋白质数据(左上图)是从蛋白质数据库(rcsb.org)中获得的,其他三张图是严教授的团队在分析了两种蛋白质的形状和电荷互补以及如何匹配形成相互作用复合物后绘制的。

除了对医学进步作出贡献外,严教授还利用了张量模型来解决科学和工程中的其他问题。例如检测图像中的物体及跟踪视频中的运动目标,这一检测跟踪过程无需事先训练,因此与常用的基于分类器的识别系统相比是一重大改进。

严教授和他的团队将继续致力于张量和超图理论,旨在开发稳健的计算机算法和硬件并行处理器,并将其更多地应用于图像、视频和生物医学数据分析系统。

“纵观历史,许多重大技术突破都依赖于基础理论。例如,信息论是推动现代数字通信系统发展的关键。要解决多维大数据分析问题,就需要理解张量,并基于此发展新的理论和算法。”

— 严洪教授



### 重大奖项

- 2019年当选欧洲文理科学院院士
- 2016年荣获IEEE人类及控制论学会设立的Norbert Wiener奖,表彰他对图像及生物分子模式识别技术的贡献

### 重要项目

- 香港研究资助局协作研究金: 张量分解的有效算法和硬件加速器及其在多维数据分析中的应用
- 香港食物及卫生局医疗卫生研究基金: 肺癌抗表皮生长因子受体耐药性建模、分析和预测的计算平台
- 香港研究资助局优配研究金:
  - 基于Alpha形状模型的生物分子界面模式分析
  - 多维奇异向量空间中超平面共簇模式的检测

### 出版物选辑及专利

- Cao, J., Guan, G., Ho, V. W. S., Wong, M. K., Chan, L. Y., Tang, C., Zhao, Z. Y. & Yan, H. 2020, "Establishment of morphological atlas of Caenorhabditis elegans embryo using deep-learning-based 4D segmentation", *Nature Communications*, vol. 11, no. 1.
- Che, M., Wei, Y. & Yan, H. 2020, "The computation of low multilinear rank approximations of tensors via power scheme and random projection", *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, vol. 41, no. 2, pp. 605-636.
- Khan, S., Nawaz, M., Guoxia, X. & Yan, H. 2020, "Image correspondence with CUR decomposition-based graph completion and matching", *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 30, no. 9, pp. 3054-3067.
- Cui, C., Li, Q., Qi, L. & Yan, H. 2018, "A quadratic penalty method for hypergraph matching", *Journal of Global Optimization*, vol. 70, no. 1, pp. 237-259.
- Yan, H. 2017 "Co-clustering of multidimensional big data, a useful tool for genomic, financial and other data analysis", *IEEE Systems, Man and Cybernetics Magazine*, 3(2):23-30.
- Zhou, W. Q. & Yan, H., "Methods for modeling and analysis of interface between point patterns", US Patent US10,475,528, granted 2019.
- Yan, H., Chan, L.H.L., Chim, H., Ching, H.Y., & Choi, C., "Monitoring user activity using wearable motion sensing device", US Patent US10,347,108, granted 2019.
- Chen, L., Zhao, Z., & Yan, H., "Method for tracking an object in an image sequence", US Patent US10,255,692, granted 2019.



# 面向大中华等地的 金融科技大数据 解决方案

数码创新不断重塑日常生活的各个领域，其中数码金融改变了人们的交易和借贷方式，以及金融服务提供的模式。设于城大的金融科技与工程联合实验室，汇聚顶尖的科研能力和丰富的行业实战经验，致力进行前沿研究，特别针对识别和管理金融风险方面，提供解决方案。这个联手项目，将有助确立大中华及以外地区未来金融科技的发展路向。

“京东数字科技—香港城市大学金融科技与工程联合实验室”于2019年年初成立。京东数字科技是全球电子商贸平台京东集团的金融科技企业，现已成为区内领先的数码科技企业之一，为公司和其他客户提供技术解决方案，以增强其数码化发展。

## 贷款定价数据模型

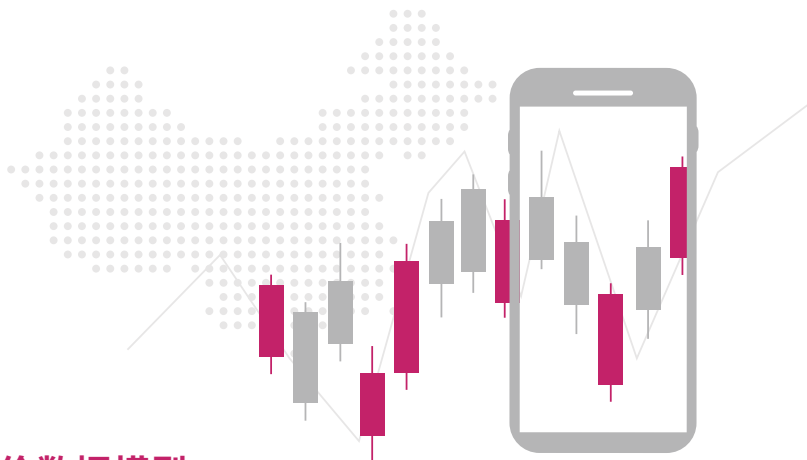
联合实验室在个人消费资产的资产定价、金融风险监测和使用者行为分析等领域展开研究，目标是为金融业发展提供数据驱动的解决方案。联合实验室特别着重发掘全新的数据模型和分析技术，开发金融工程、科技和大数据的实际应用，以协助基于风险管理的贷款定价。

“数据科学学院拥有世界级的师资队伍，在理论和实际应用方面均具备丰富的专业知识，为进行一流的研究项目和提供有利行业和社会的解决方案，打造了坚实的基础。”城大数据科学学院副教授兼联合实验室主任吴琦博士说。

吴博士曾接受数学、商科和工程的跨学科训练，并在运筹学和管理科学的广泛领域内，专门从事定量金融和商业分析。他之前主要集中为金融衍生产品进行建模，以及研究有关产品对市场参与者带来的风险。

## 了解消费者的信贷风险

吴博士最近联同京东数字科技进行的一项研究，就是采用团队开发的工业级深度学习系统，评估和预测消费者的信贷风险。当电子商贸平台提供无抵押贷款为消费者提供购物资金时，需要管理随之而来的信贷风险。研究团队提出除了要考虑传统的支付记录外，还应包括消费者购物行



为数据，并利用深度学习将消费者信贷风险分成三个决定因素：  
一) 主观风险，即消费者的还款意愿；  
二) 客观风险，即消费者的还款能力；  
三) 行为风险，即消费者的行为特征。

研究显示，跟传统的机器学习和其他深度学习模型相比，研究团队提出的新方法预测能力更高，能对未来的违约风险作出实时评估，尤其是消费者在没有提供抵押品的情况下获得贷款购物。

## 管理零售信贷风险 新方法

吴博士与京东数字科技合作的另一个项目，是首个有关零售信贷风险的研究，集中探讨当贷款方的信贷决策出现变化时，预计借款方还款行为会相应出现的差异。

传统的估算方法忽略了贷款方的信贷决策与借款方的信贷风险之间的混杂效应，以及风险评估可能



(左起) 城大的吴琦博士、任广禹教授、校长郭位教授和吕坚教授，以及京东数字科技的代表参加战略合作协议的签署仪式。

出现的重大偏差。为解决这些问题，研究团队提出新的估算方法，证明能大大降低估算误差。这种新方法将协助科技集团管理在线市场的零售信贷风险，而有关风险与传统商业银行面对的信用卡违约风险有着根本的区别。

“除了为全球金融市场的发展提供崭新的解决方案，我们还给予科技企业、学者和学生一个共同平台，以探索金融科技研究和实际应用的新模式。我们期望透过促进交流培训、举办学术论坛和共享资源，协助香港、内地和区内培训专业的管理人员。”吴博士说。

### 重要项目

- 香港研究资助局优配研究金：
  - 资产收益多元依赖的生成模型
  - 金融衍生品保证金的顺周期性研究 — 波动持续性以及非线性收益的影响
- 香港城市大学新研究计划：面向金融风险管理的可解释机器学习方法
- 京东金融战略合作：金融科技基础理论研究及其在金融业的战略应用

### 出版物选辑

- Huang, Y., Leung, C.H., Yan, X., Wu, Q., Peng, N., Wang, D. & Huang, Z. 2020, "The causal learning of retail delinquency", *Thirty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2021)*.
- Zhang, Y., Wu, Q., Peng, N., Dai, M., Zhang, J. & Wang, H. 2020, "Memory-gated recurrent networks", *Thirty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2021)*.
- Wang, D., Wu, Q. & Zhang, W. 2019, "Neural learning of online consumer credit risk", *Management Science*.
- Wu, Q. & Yan, X. 2019, "Capturing deep tail risk via sequential learning of quantile dynamics", *Journal of Economic Dynamics and Control*.
- Yan, X., Wu, Q. & Zhang, W. 2019, "Cross-sectional learning of extremal dependence among financial assets", *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 19)*.
- Yan, X., Zhang, W., Ma, L., Liu, W. & Wu, Q. 2018, "Parsimonious quantile regression of financial asset tail dynamics via sequential learning", *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 18)*.



# 解读新媒体时代的政治极化



沈菲博士

民意分布体现着社会偏好。人们在日常生活中做出的许多决定都基于他们对舆论的看法，而政策制定者也会根据民意制定政策建议。随着数字和社交媒体成为人们日常信息获取和人际交流不可或缺的一部分，数字技术的渗透不仅在改变民意表达的方式，也在改变民意的研究方式。专注于研究新媒体科技对社会及政治影响的城大媒体与传播系学者**沈菲博士**，通过大数据文本挖掘技术，尝试了获悉民意的新研究途径。

www.webopinion.hk) 借助电脑文本分析技术来了解网上民意。研究小组将12个重要的网上平台作为数据来源，包括论坛、传统媒体网站和网络新闻网站，之后开展了数据爬取、数据清理、标记化、词库开发和数据分析工作，从而将非结构化的香港民意数据转为可视化的数据。

沈菲博士表示：“我们希望这个平台上的数据和分析能对政策制定者、公众和学术界带来长远的帮助。”

该项目发现，在过去几年中，网上政治讨论变得越来越情绪化，导致香港出现意见两极化和社会分裂，同

时也大大影响到民众参与政治讨论，而政治讨论恰恰也是沈博士的另一研究方向。

沈菲博士表示：“香港的问题不在于市民的意识形态差异，而在于不同政治派别的人视彼此为敌人。情绪化的讨论和仇恨言论在社交媒体平台上屡见不鲜。虽然消除政治分歧不必要，也不可能，但减少政治情感极化是当下社会面临的重大任务之一。政治情感极化一般是指人们仅仅因为不同的政治立场而对他人表现出不喜欢或不信任的倾向。”

## 輿情大数据分析

沈菲博士表示：“我们生活在一个亟需及时、全面了解民意的时代。”他指出传统民调有很多局限性，例如成本高、受访者对问题措辞敏感等。“但通过充分利用人们在互联网上的自由表达，大数据能为輿情研究提供新方向。”沈菲博士说。

由沈菲博士及其团队发起的“香港网络民意数据挖掘计划”(<http://www.webopinion.hk>)



## 审慎讨论试点实验

很多证据表明，当缺乏有效沟通和讨论时，很容易导致极端思想和负面情绪泛滥。为探讨如何借助沟通减少香港政治两极化，沈菲博士开展了两项实验，来比较审慎讨论和随意讨论的效果。

在实验一中，沈菲博士邀请了对香港基本法第23条持反对意见的人参与90分钟的讨论；他们被随机分配到审慎讨论组或随意讨论组，审慎讨论组成员有一本话题信息手册，并且要求讨论人员必须严格遵守讨论规则，而随意讨论小组则没有这一要求。在实验二中，将实验一中的视频记录呈现给另外两组参与者，以此来测试

观看他人的讨论和商议是否也会产生类似的效果；一组观看审慎讨论视频，一组观看随意讨论视频。两个实验都进行了前测和后测调查。

研究结果显示：

i) 在减少政治两极分化方面，审慎讨论和随意讨论的效果参差不齐。虽然人们对问题的态度以及两极分化的观点没有太大的变化，但人们开始赞同相反意见者，情绪的两极分化也明显减少了。

ii) 经过讨论，人们的知识水平未发生明显变化，但国家认同感增强了。

iii) 与随意讨论组相比，这些影响在审慎讨论组中更为明显。

iv) 观看他人参与审慎讨论和随意讨论的人也表现出类似的效果，但程度要小得多。

基于这些发现，沈菲博士建议政策制定者可为公众之间的政治对话提供机会、搭建沟通平台。非政府组织可在社区开展此类活动，另一种更可行的做法是将几个社区作为实地试验场，并开展纵向研究来跟踪社区社会对话项目带来的长期影响。沈菲博士表示：“从长远来看，香港社会需要一些机构和组织推动市民的讨论，而政府则需要扮演培育者的角色，为市民提供所需资源。”

### 重大奖项

- 2020年Facebook研究奖
- 2016年至今，复旦大学信息与传播研究中心外部研究员
- 2015年至今，中山大学互联网与治理研究中心外部研究员
- 2015-2016年，哈佛大学哈佛法学院伯克曼·克莱因互联网与社会中心访问学者
- 2014年谷歌教员研究奖

### 重要项目

- Facebook研究奖：Facebook上的第三方事实核查者能减少情感两极分化吗？
- 香港政策创新与统筹办事处公共政策研究资助计划（特别轮次）：如何减少香港政治两极化：审慎讨论试点实验
- 香港研究资助局优配研究金：
  - 基于文本挖掘的輿情实时跟踪：基于大数据的公共服务平台
  - 重新审视对媒体的信任：理性-情感模型
- 谷歌教员研究奖：亚洲价值观与表达自由的实证研究

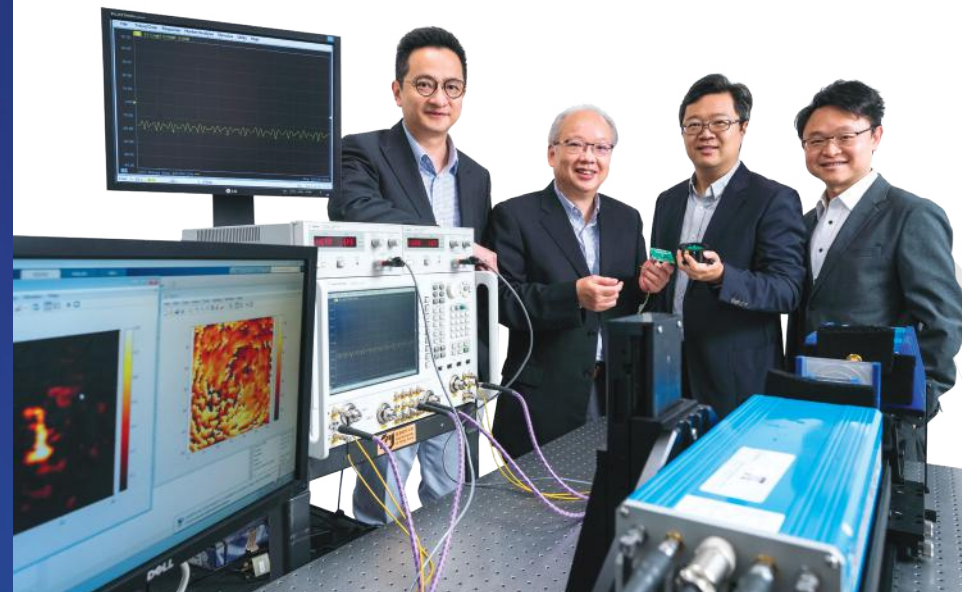
### 出版物选辑

- Min, C. & Shen, F. 2021, "Grievances, resources, or values? Predicting online citizen-initiated government contacts in China", *Telematics and Informatics*, vol. 56.
- Shen, F. & Tsui, L. 2018, "Revisiting the Asian values thesis: An empirical study of Asian values, internet use, and support for freedom of expression in 11 societies", *Asian Survey*, vol. 58, no. 3, pp. 535-556.
- Shen, F. & Liang, H. 2015, "Cultural difference, social values, or political systems? Predicting willingness to engage in online political discussion in 75 societies", *International Journal of Public Opinion Research*, vol. 27, no. 1, pp. 111-124.



# 智慧城市

通过不同学科和项目的协作, 提出创新性解决方案来应对区域和全球关切的问题, 如可持续能源、气候变化、环境退化、城市规划、政府监管和法律。



(左起) 黄衡博士、陈志豪教授、何仲贤教授和罗锦荣教授携手推动太赫兹技术的发展。

## 构建太赫兹技术和6G移动通讯的轻巧系统

随着第五代移动通信技术(5G)逐步普及, 支撑未来五至十年全面覆盖的超高速网络, 第六代(6G)技术的研发亦已展开序幕。城大电机工程学系讲座教授兼大赫兹及毫米波国家重点实验室主任**陈志豪教授**领导的跨学科专家团队, 正致力推动太赫兹技术的发展, 尤其在6G移动通讯、成像和光谱工具方面的应用。

太赫兹波是介乎于微波与红外线间的电磁波, 是一种应用层面广泛的宽频带。譬如说, 太赫兹技术已被用于检测奶粉中的三聚氰胺、食品基质中的抗生素、蔬菜中的农药和药物中的异物等。

### 开发高效的太赫兹源

不过陈教授指出, 太赫兹设备的体积庞大, 成本昂贵, 阻碍了有关技术的更广泛应用。他领导一支由电子工程师、材料科学家、生物学家和化学家组成的团队, 正从事获香港研究资助局主题研究计划支持的项目, 目标是利用集成电路和光电技术, 开发大功率的太赫兹源, 并探索太赫兹技术的不同应用。

陈教授解释, 太赫兹辐射源一般通过两种方式产生: 一) 利用集成电

路, 将较低频的微波上转换为太赫兹辐射, 再经天线发射; 二) 利用光电技术和材料科学, 将较高的光学频率下转换为太赫兹辐射。可是, 这两种方法都面对同样问题 — 太赫兹源的输出功率相对较低。

为了提高这两种方法的辐射效率, 城大电机工程学系副教授**黄衡博士**正开发太赫兹频段的高性能天线, 而材料科学及工程学系**何仲贤教授**则与他的团队尝试合成高质量的半导体纳米线, 通过下转换产生太赫兹源。何教授说: “这些纳米线展现出块体材料(bulk materials)所没有的特性, 在提高可见光转换为太赫兹效



率方面,亦表现出良好性能。”他还正合成高质量的单层石墨烯,以探索这种物料产生太赫兹辐射的潜力。

## 用于6G移动通讯的有源天线

陈教授说:“若能够以体积较小的设备,并用较低成本开发太赫兹源,我们就可尝试不同的应用。例如我们开发的天线,既可产生太赫兹,亦能用于6G移动通讯。”

早前,国际电讯联盟(ITU)公布了未来6G移动通讯的频率范围,正好与黄博士的研究范围完全吻合,黄博士正研发介乎0.2THz至0.5THz之间的天线。全赖黄博士和大赫兹及毫米波国家重点实验室团队多年以来的基础研究,他们现正开发采用功能材料的可编程天线,以实现波束成形技术。

“透过采用功能材料,我们能调整所产生波频的特性,及控制太赫兹波束的形成和方向,也就是说,我

们可以根据需要,改变波束发射的方向。简而言之,移动设备上的有源天线系统,使波束搜索和形成的技术变成可能,解决了接收不良的问题。这样就可大大提高通讯质量,在超高速、大容量的6G移动通讯时代,需求将会相当庞大。”黄博士进一步解释。

## 利用光谱和成像技术协助研发抗癌药物

团队还针对太赫兹在光谱和成像技术方面的应用进行研究,以解决与健康相关的问题。“不少研究指出,

癌细胞和正常组织对太赫兹辐射的吸收是不同的。因此,我们希望找出如何将太赫兹应用于癌症研究。”化学系**罗锦荣教授**说。他同样是大赫兹及毫米波国家重点实验室跨学科团队的成员之一。

罗教授特别集中研究太赫兹成像技术能否更准确地显示体内组织癌变部位,以及药物测试下肿瘤细胞的变化。他亦探索太赫兹能否成为光谱工具,追踪组织里的化合物,协助研发抗癌药物,这项研究成功的话,

将会成为荧光生物探针对组织染色的辅助方法。

“我们希望透过这个主题研究计划项目,能整合不同学科专家的知识和才能,提高太赫兹系统的性能,并产生更多崭新的研究思路,从而为社会带来更大的益处。”陈教授补充说。

## 自行组建天线测量系统

针对不同的应用情况,对天线的性能表征对探索太赫兹频段的优势起关键作用。可是,大赫兹及毫米波国家重点实验室的团队发现,市场上没有适合较高频的毫米波和太赫兹波的天线测量设备,未能满足他们的科研需要。“我们于是购买组件,自行组建能应用于毫米波和太赫兹波研究的高分辨率天线测量系统,以支持学术界和工业界的研发工作。”黄博士说。该研究项目获香港研究资助局的协作研究金支持,由黄博士担任项目负责人。

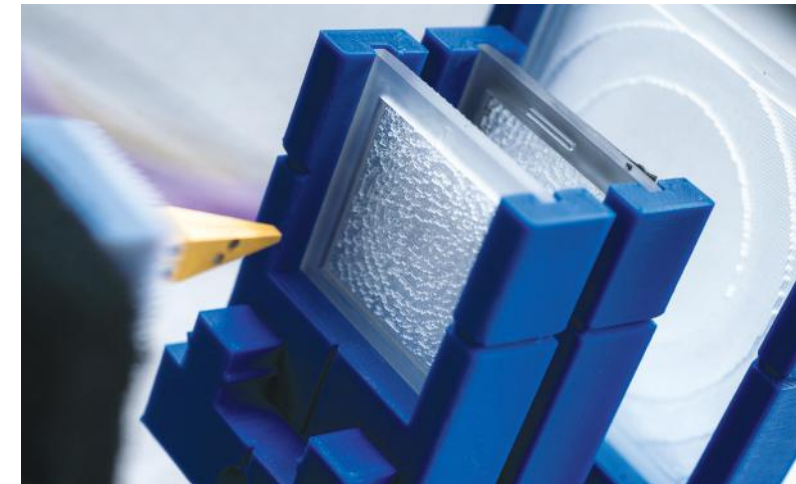
太赫兹及毫米波国家重点实验室将与香港大学一支团队合作,共同组建世界级的天线测量设施,借助机械臂进行近场和远场辐射测量。黄博士说:“我们希望这台新设施能将高频电子开发推向更高水平,并促进与华南地区内其他研究机构进行更多合作,城大会继续发挥领导作用,为香港作为国际创新中心的角色作出贡献。”

### 重大奖项

- 陈志豪教授
  - 2019年IEEE天线与传播学会哈灵顿-米特拉计算电磁学奖
  - 2019年伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校电气与计算机工程系杰出校友奖
- 罗锦荣教授
  - 2015年表槎优秀科研者奖
- 何颂贤教授
  - 2020年香港研究资助局研究学者
  - 2020年香港城市大学校长嘉许奖

### 重要项目

- 香港研究资助局主题研究计划:太赫兹成像和光谱的紧凑系统
- 香港研究资助局协作研究金:基于机械臂的高分辨率毫米波天线测量系统



团队研发的天线测量系统。

“作为科学家和工程师,我们渴望解决人类面对的一些严峻挑战,透过开发新科技,提高人们的生活质量。”

— 陈志豪教授

研究团队制造出能够产生太赫兹辐射的芯片。

### 出版物选辑及专利

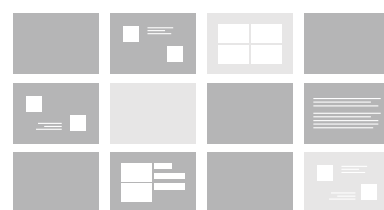
- Huang, S.-X., Zeng, Y.-S., Wu, G.-B., Chan, K.-F., Chen, B.-J., Xia, M.-Y., Qu, S.-W. & **Chan, C.H.** 2020, “Terahertz Mueller matrix polarimetry and polar decomposition”, *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 74-84.
- **Lo, K.K.-W.** 2020, “Molecular design of bioorthogonal probes and imaging reagents derived from photofunctional transition metal complexes”, *Accounts of Chemical Research*, vol. 53, no. 1, pp. 32-44.
- Guo, Q. Y. & **Wong, H.** 2020, “155 GHz dual-polarized Fabry-Perot cavity antenna using LTCC based feeding source and phase-shifting surface”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, (in press).
- Meng, Y., Li, F., Lan, C., Bu, X., Kang, X., Wei, R., Yip, S., Li, D., Wang, F., Takahashi, T., Hosomi, T., Nagashima, K., Yanagida, T. & **Ho, J.C.** 2020, “Artificial visual systems enabled by quasi-two-dimensional electron gases in oxide superlattice nanowires”, *Science Advances*, vol. 6, eabc6389.
- Li, D., Lan, C., Manikandan, A., Yip, S.P., Zhou, Z., Liang, X., Shu, L., Chueh, Y.-L., Han, N. & **Ho, J.C.** 2019, “Ultra-fast photodetectors based on high-mobility indium gallium antimonide nanowires”, *Nature Communications*, vol. 10, no. 1.
- Yip, A.M.-H. & **Lo, K.K.-W.** 2018, “Luminescent rhenium(I), ruthenium(II), and iridium(III) polypyridine complexes containing a poly(ethylene glycol) pendant or bioorthogonal reaction group as biological probes and photocytotoxic agents”, *Coordination Chemistry Reviews*, vol. 361, pp. 138-163.
- Zhou, H., Shum, K.M. & **Chan, C.H.**, “A wide locking range injection locked frequency tripler based on a dual-band voltage controlled oscillator”, US Patent 16/931,790, filed 2020.
- Kong, S.C., Shum, K.M. & **Chan, C.H.**, “On-chip antenna and on-chip antenna array”, US Patent 63/031,727, filed 2020.
- **Wong, H.** & Yi, X., “Waveguide fed open slot antenna”, US Patent 16/029,289, filed 2018.



# 数据化管理打造 安全可靠的铁路系统

随着高铁和地铁在许多城市和地区速度越来越快，系统愈加复杂，迫切需要采取有效措施来保障铁路系统的安全、可靠和高效运行。目前，由城大领导的一项多学科研究计划开发了一个工具平台，旨在改善铁路系统健康监测、人群安全和干扰管理方面的安全和可靠性。

城大数据科学学院特约教授、工业工程讲座教授**徐国良教授**表示：“与其他大型技术一样，世界各地也发生了与高速铁路和地铁系统有关的重大事故。这些系统的各个方面都需要不断改进，如状况检测、安全性、可靠性、操作及维修，以及决策系统，以防止意外发生。”徐教授曾担任为



期五年的香港研究资助局主题研究计划项目的协调员，团队成员来自城大及其他本地及海外院校。该项目旨在创新和改进铁路系统技术，确保铁路安全运营，避免和管理中断现象，并确保运营效率。

城大先进设计及系统工程学系及数据科学学院讲座教授**谢旻教授**是主题研究计划项目的现任协调员，他说：“我们正致力于填补高铁及地铁系统研究中至少两个特别的领域，其中一项是利用先进的传感器数据管理技术和先进的建模专业知识，开发在铁路系统的自动故障检测、预测和健康方面的新知识；另一项研究是利用实时交通网络数据，在突发

事件、事故或中断时，采用动态调配列车。”

## 基于传感器的 悬挂系统监测

该项目的关键研究之一是设计一种全新的领域知识引导的数据驱动框架，通过测量安装在多个位置的传感器的实时列车振动信号来监测和预测高铁悬挂系统的健康状态。负责主持这项研究的数据科学学院助理教授**李立帅博士**表示：“悬挂系统在高铁中发挥着至关重要的作用。弹簧和减震器的失效可能加速车轮和钢轨磨损，而悬架损坏甚至可能增加脱轨风险。”

现有的方法主要依赖于复杂的动力学模型或仿真，需要精确的悬架和惯性参数值，因此很难在不同的轨道系统中使用，如果参数值不准确，结果可能会不准确。

面对这些限制因素，研究小组提出了一种可以经快速训练，并易于适

应不同的铁路系统的模型。它包括一种基于简单动力学模型的特征提取方法，以选择多位置振动数据中的相关信息。此外，还包括一种通过简单的动态模型和影响分析生成训练数据集的新方法。

通过利用对中国内地铁路系统十个月的跟踪数据，以及不同实验室的模拟数据，研究小组对所提出的方法进行了评估和测试，证实了该方法的有效性。虽然还需要更多的实地测试来证明其有效性和可靠性，但李博士相信在不久的将来，所提出的方法将配合现有工具得到广泛应用。

## 分析上下车行为

城大建筑学及土木工程学系**卢兆明教授**及其研究小组采用代理人基的计算机模拟模型，研究地铁站内乘客上下车的动作及乘客不遵守规则行为所带来的影响。研究小组建议根据不同的客流量，采用不同的上下车规定，以提高乘客上下车效率。

徐教授表示，在主题研究计划项目成果的基础上，他们正在与香港、台湾及中国内地的业界及大学合作

伙伴开展多项研究，包括建立自动扶梯健康状况分析模型、根据车轮轮廓数据及多位置的振动数据监测高速列车车轮的磨损情况、应急管理的客流预测、交通调度和维护计划。

研究团队预计，所开发的前沿技术不仅有助于城市间和城市内铁路系统的安全和收益管理，还可作为一个原始模型，应用于其他复杂网络系统中，如航运、空中交通、电力传输、医疗保健系统、供应链管理、互联网连接和金融。

徐国良教授(前排中)、谢旻教授(后排右二)、卢兆明教授(后排左一)及其他城大团队成员。



### 重要项目

- 香港研究资助局主题研究计划：高速铁路和地铁系统的安全性、可靠性和干扰管理
- 香港研究资助局研究影响基金：增强铁路运输的安全性、准时性和乘坐舒适度：从本地地铁系统到全球高速铁路网
- 国家自然科学基金委员会：考虑行动方案优先性和协同性的铁路应急预案评价模型

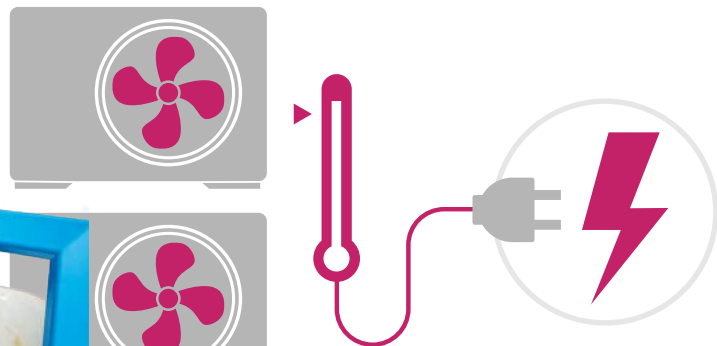
### 出版物选辑

- Chen, Z.-S., Liu, X.-L., Rodríguez, R.M., Wang, X.-J., Chin, K.-S., Tsui, K.L. & Martínez, L. 2020, "Identifying and prioritizing factors affecting in-cabin passenger comfort on high-speed rail in China: A fuzzy-based linguistic approach", *Applied Soft Computing Journal*, vol. 95.
- Hong, N., Li, L., Yao, W., Zhao, Y., Yi, C., Lin, J. & Tsui, K.L. 2020, "High-speed rail suspension system health monitoring using multi-location vibration data", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 21, no. 7, pp. 2943-2955.
- Li, Z., Lo, S.M., Ma, J. & Luo, X.W. 2020, "A study on passengers' alighting and boarding process at metro platform by computer simulation", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 132, pp. 840-854.
- Liu, B., Wu, S., Xie, M. & Kuo, W. 2017, "A condition-based maintenance policy for degrading systems with age- and state-dependent operating cost", *European Journal of Operational Research*, vol. 263, no. 3, pp. 879-887.
- Liu, B., Yeh, R.-H., Xie, M. & Kuo, W. 2017, "Maintenance scheduling for multicomponent systems with hidden failures", *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 66, no. 4, pp. 1280-1292.
- Xu, F., Huang, Z., Yang, F., Wang, D. & Tsui, K.L. 2020, "Constructing a health indicator for roller bearings by using a stacked auto-encoder with an exponential function to eliminate concussion", *Applied Soft Computing Journal*, vol. 89.





梁国熙教授



## 将空调的余热转化为电能

随着全球气候变暖，人们对于空调的使用也必然会增加，但空调也会危害到环境，因为向空调机组供电需要能源，而且空调冷却过程中也会向周围环境释放热量。为实现节能的冷气供应，信兴教育及慈善基金教授（能源及环境）**梁国熙教授**正在研发一项新技术，旨在有效地将空调系统的余热转化为有用的电能。

200°C或以上的温度下工作，因此不能应用于通常为50°C至80°C的空调系统产生的余热。此外，空调系统常常会产生污垢，降低室内空气质量，从而间接增加能耗。

### 利用低温余热回收能源

因此，梁教授正在研发新一代空调系统，回收低温余热中的热能，并转化为电力供空调机组使用，或用作照明或供能给其他电器。

新系统融合了热科学和纳米技术，即热纳米技术（TNT），以实现高效能和清洁空气供应。模拟和实验结果表明，采用TNT可提升空调系统的性能系数，降低近20%的能耗。

将废热回收成电能并不是什么新鲜事。但梁教授解释说，通常使用的有机朗肯循环（ORC）技术只能在

梁教授表示，TNT涉及多项关键技术，例如：

i) **超低温集成有机朗肯循环（ORC）**  
ORC的热力学完全可应用于回收低温余热来产生动能。通过将ORC集成到传统的空调系统循环中，这种全新的制冷循环可实现系统的整体能源效率最大化。

ii) **直接热充电电池**  
一种由氧化石墨烯基电极制成的热电化学电容器，可以以电的形式储存热能，具有将低温热转化为电能的特点。

iii) **余热回收吸附冷却系统**  
针对改进后的吸附冷却系统，研究人员研发了新型金属-有机框架（MOF）吸附剂材料。该系统用于回收空调系统排出的热量，以获得额外的冷却效果。

iv) **纳米结构双亲表面热交换器**  
一种由超疏水基板和亲水位点组成的纳米结构双亲水表面。当水蒸气冷却并凝结到双亲水性表面时，会产生跳跃的液滴，从而增强热传递。该技术应用于改善低温余热回收。

v) **前后掠式叶片式垂直轴风力机**  
对于风冷凝汽器、冷却塔和排风机来说，高速离开机组的空气是一种能源浪费。垂直轴风力机有专门设计的前后掠式叶片，可有效地捕捉高速离开机组的风，并利用它来发电。

这五种技术既可单独应用，也可以综合应用，发挥协同效应。梁教授和他的团队正致力于使实际效率达到理论设定的最大效率值。

梁教授表示：“除了能提高能源效益外，这种设计也能减少温室气体排放并减少废热排放。该项目预期的革命性技术突破不仅可助力实现可持续性发展，还有望在全球带来更多新的商机。”



先进的热纳米技术（TNT）可将空调机组的低温余热转化为电能，减少空调系统的能耗。

### 重大奖项

- 信兴教育及慈善基金教授席（能源及环境）
- 2018年入选科睿唯安发布的“高被引科学家（工程学）”名单

### 重要项目

- 香港研究资助局优配研究金：用于全pH范围的析氢的MoS<sub>2</sub>电催化剂的合理设计：机理、动力学及优化
- 香港创新科技署创新及科技基金：
  - 用于节能空调和清洁室内空气的先进热纳米技术（TNT）集成系统：第一部分 - 能源效率
  - 高效环保纳米光催化海洋防污涂料

### 出版物选辑及专利

- Liu, J., Zhang, H., Qiu, M., Peng, Z., **Leung, M.K.H.**, Lin, W.-F. & Xuan, J. 2020, "A review of non-precious metal single atom confined nanomaterials in different structural dimensions (1D-3D) as highly active oxygen redox reaction electrocatalysts", *Journal of Materials Chemistry A*, vol. 8, no. 5, pp. 2222-2245.
- She, Y., Liu, J., Wang, H., Li, L., Zhou, J. & **Leung, M.K.H.** 2020, "Bubble-like Fe-encapsulated N,S-codoped carbon nanofibers as efficient bifunctional oxygen electrocatalysts for robust Zn-air batteries", *Nano Research*, vol. 13, no. 8, pp. 2175-2182.
- Hu, J., Zhang, C., Yang, P., Xiao, J., Deng, T., Liu, Z., Huang, B., **Leung, M.K.H.** & Yang, S. 2020, "Kinetic-oriented construction of MoS<sub>2</sub> synergistic interface to boost pH-universal hydrogen evolution", *Advanced Functional Materials*, vol. 30, no. 6.
- Zhang, Y., Hu, J., Zhang, C., Liu, Y., Xu, M., Xue, Y., Liu, L. & **Leung, M.K.H.** 2020, "Bimetallic Mo-Co nanoparticles anchored on nitrogen-doped carbon for enhanced electrochemical nitrogen fixation", *Journal of Materials Chemistry A*, vol. 8, no. 18, pp. 9091-9098.
- He, Y., Yuan, R. & **Leung, M.K.H.** 2019, "Highly efficient AgBr/BiVO<sub>4</sub> photoanode for photocatalytic fuel cell", *Materials Letters*, vol. 236, pp. 394-397.
- **Leung, M.K.H.**, Daoud, W. & Xu, Y., "Method for making aerogel", US patent 16/007,003, filed 2018.
- **Leung, M.K.H.**, Wang, B., Xuan, J., Zhang, H., Xu, H., Zhang, L. & Wang, H., "Microfluidics self-breathing photocatalytic membraneless fuel cell", China patent ZL201310085223.8, granted 2015.



# 更稳定、环保的太阳能电池

太阳能是目前发展最快的电力来源，但目前常用的硅基太阳能电池已接近其理论最高效率和成本降低极限。城大**任广禹教授**（李兆基讲座教授（材料科学））一直致力开发更稳定、环保的钙钛矿及有机太阳能电池，任教授认为这类电池具有广阔的应用前景，有望取代硅，成为光伏科技的未来。

作为一类新型材料，杂化钙钛矿具有许多理想特性，如在光伏太阳能电池中吸收光并将其转化为电流的效率很高。目前，杂化钙钛矿已成为了太阳能电池领域的热词。

## 可打印的太阳能电池

作为钙钛矿和太阳能电池研究领域的重要专家和高被引学者，任教授指出，钙钛矿太阳能电池的研究起步于大约十年前，但其功率转换效率已由3.8%大幅提高至25.5%，可与50多年前开发的硅基太阳能电池相媲美。

钙钛矿效率高，合成方法简单，既可通过低成本溶液加工法实现，也可由低成本溶液制成。“就像报纸

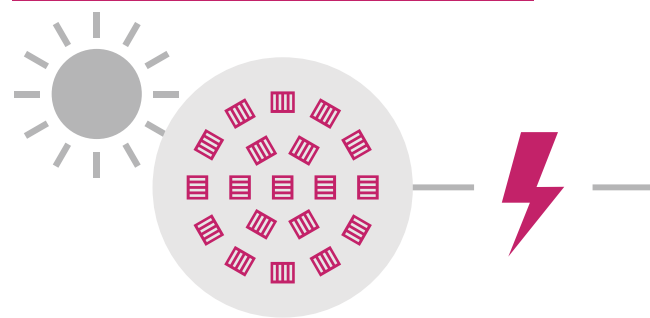
印刷中使用的墨水一样，这种溶液可以‘打印’在塑料薄膜上作为柔性太阳能电池，也可以涂抹在窗户上，看起来像有色玻璃，但却能发电，应用潜力巨大。”任教授说。

但是钙钛矿太阳能电池的不稳定性和潜在的环境影响问题还有待克服。钙钛矿中的含铅成分对环境的潜在污染是人们关注的主要担忧之一。任教授解释：“例如，随着太阳能电池老化，铅成分可能会从电池中泄漏，并通过雨水渗入土壤。”

任教授与化学系**徐政涛教授**和**朱宗龙博士**一起，带领团队将二维金属-有机框架应用于钙钛矿太阳能电池，以此来解决铅泄漏等问题。



研究小组主要成员：（左起）博士后研究员吴圣钊博士、徐政涛教授、任广禹教授和朱宗龙博士。



## 减轻铅泄漏的保护层

金属-有机框架层是一种多功能蜂窝状结构。它具有半导体性质，能“捕获”重金属离子形成不溶于水的络合物，减轻铅泄漏。它还可以作为一个保护层，防止水分和氧气，同时保持高效率。金属-有机框架层器件的功率转换效率（超过22%）和开路电压在目前反向平面钙钛矿太阳能电池功能转化效率中最高。

此外，金属-有机框架层提供了优越的长期操作稳定性。该设备在85°C连续光照下运行1,000小时后，效率仍保持在初始的92%，达到了国际电工委员会的商品化标准。

任教授表示：“我们的发现为解决钙钛矿太阳能电池的稳定性和环境问题提供了一个综合解决方案，稳定性和环境问题是钙钛矿太阳能电池实现大规模应用的两大主要障碍。”目前该团队正致力于进一步提高电能转换效率，并探索降低生产成本的方法。

## 最高效的有机太阳能电池

任教授和朱博士还设计了各种有机、无机和杂化材料，用于不同类型的太阳能电池和光子器件。2020年9月，他们与华盛顿大学合作开发的有机太阳能电池获得了可再生能源研究领域标杆测试实验室—美国国家可再生能源实验室“最佳研究-电池效率图表”的认可。经美国国家可

再生能源实验室认证，其功率转换率达到17.5%，是当时有机太阳能电池中最高的。

虽然有机太阳能电池的能量转换效率不及钙钛矿太阳能电池，但任教授指出，有机太阳能电池的生产工艺比钙钛矿太阳能电池更环保，耗能更少。半透明有机太阳能电池还可应用于建材一体型太阳电池模板、温室玻璃屋顶板等建筑，实现

电力自给自足。而有机太阳能电池的可折叠柔性无疑在新一代可穿戴电子设备中有着巨大的应用潜力。

任教授表示：“太阳能不再局限于屋顶上笨重坚硬的面板，这些新材料可以安装在任何地方，从建筑物和窗户上的涂料再到移动设备甚至服装，构成了一个可持续能源的集成系统。”



城大团队研发的钙钛矿太阳能电池。

### 重大奖项

- 2014-2020年入选科睿唯安发布的“高被引科学家（材料科学）”名单
- 2018年入选泰晤士高等教育评选的“十大钙钛矿太阳能电池优秀研究人员”
- 2015年及2016年被评为汤森路透材料科学领域“全球最具影响力的科学家”
- 欧洲科学院和华盛顿州科学院院士
- 美国科学促进会会士

### 重要项目

- 香港研究资助局协作研究金：开发小光压损耗的非富勒烯有机太阳能电池
- 香港创新科技署创新及科技基金：
  - 高效金属卤化物钙钛矿太阳电池高效稳定传输材料的合理设计及大规模制备
  - 高效钙钛矿/聚合物杂化太阳能电池的研究进展

### 出版物选辑及专利

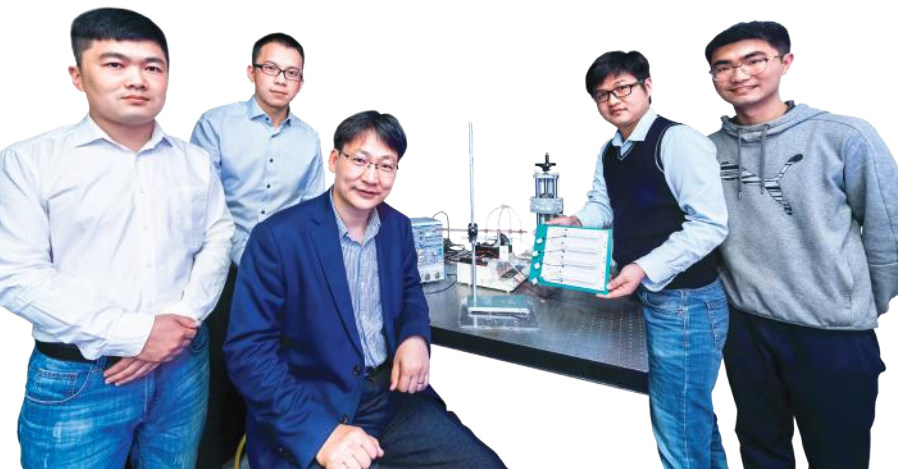
- Wu, S., Li, Z., Li, M.-Q., Diao, Y., Lin, F., Liu, T., Zhang, J., Tieu, P., Gao, W., Qi, F., Pan, X., Xu, Z., Zhu, Z. & Jen, A.K.-Y. 2020, "2D metal-organic framework for stable perovskite solar cells with minimized lead leakage", *Nature Nanotechnology*, vol. 15, no. 11, pp. 934-940.
- Wang, J., Zhang, J., Zhou, Y., Liu, H., Xue, Q., Li, X., Chueh, C.-C., Yip, H.-L., Zhu, Z. & Jen, A.K.-Y. 2020, "Highly efficient all-inorganic perovskite solar cells with suppressed non-radiative recombination by

a Lewis base", *Nature Communications*, vol. 11, no. 1.

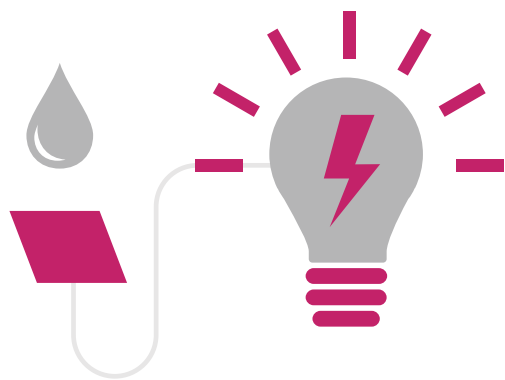
- Li, S., Lei, D., Ren, W., Guo, X., Wu, S., Zhu, Y., Rogach, A.L., Chhowalla, M. & Jen, A.K.-Y. 2020, "Water-resistant perovskite nanodots enable robust two-photon lasing in aqueous environment", *Nature Communications*, vol. 11, no. 1.
- Yan, C., Barlow, S., Wang, Z., Yan, H., Jen, A.K.-Y., Marder, S.R. & Zhan, X. 2018, "Non-fullerene acceptors for organic solar cells", *Nature Reviews Materials*, vol. 3.

- Rao, A., Chow, P.C.Y., Gélinas, S., Schlenker, C.W., Li, C.-Z., Yip, H.-L., Jen, A.K.-Y., Ginger, D.S. & Friend, R.H. 2013, "The role of spin in the kinetic control of recombination in organic photovoltaics", *Nature*, vol. 500, no. 7463, pp. 435-439.
- Xu, Z., Jen, A.K.-Y. & Zhu, Z., "A compound for use in an optoelectronic device including a heterojunction", US patent 16/669,697, filed 2019.





王钻开教授(中)与他的城大团队:(左起)郑焕玺、徐王淮、张超博士和宋雨欣。



## 一滴水足以点亮100个小型LED灯

更重要的是,两个电极发挥类似场效应晶体管的作用。当水滴撞击并在表面散开时,导电的水滴会“接通”铝电极和PTFE/铟锡氧化物(ITO)电极,形成可通电的闭环电路。所有积聚在PTFE表面的电荷被完全释放并产生电流,这种现象大幅提升瞬时功率密度和电能转换效率。

这款新型的液滴发电机,由王教授与美国内布拉斯加大学林肯分校**曾晓成教授**,以及中国科学院北京纳米能源与系统研究所**王中林院士**合作研发,瞬时功率密度高达50.1瓦,较

非场效应晶体管设计的液滴发电机高出数千倍。在实验中,一滴100微升的水滴从15厘米的高度滴下,可产生超过140V电压,足以点亮100个小型LED灯。有关研究结果于2020年的国际权威学术期刊《自然》发表。

## 受大自然启发的工程学专家

王教授喜欢从大自然汲取研究灵感,认为自然界拥有的所有特性,包括适应性、动态性、多功能性、节能和互联性,都是科学家和工程师们一直梦寐以求、想在自己的研发成果里所包含的。

王教授及其团队的其中一项源自大自然的突破性研究,是关于控制

液滴成形的方式,使液滴更快从表面脱落,从而达至超干爽表面,能应用于防止飞机机翼和发动机等金属表面结冰。

王教授另一个来自大自然的创新灵感,是与生物医学工程系副教授**申亚京博士**合作,研发出微型软体机器人,像毛虫般多足,能在恶劣环境下载运重物,可应用于人体内精确输送药物。

“经过亿万年的进化,大自然已发展出非同寻常的原理,拥有绿色能源和恢复能力的特点,例如荷叶叶面的疏水性和沙漠中某些甲虫的取水方法。我们总可从自然界得到启发进行科研。大自然永远不会让我们失望。”王教授说。

## 化水滴为可再生能源

过去两个多世纪,能源需求激增。化石燃料作为主要能源,不仅造成环境污染,而且蕴藏量有限,开发可持续能源一直是全球面对的严峻挑战。城大工学院副院长(国际化与企业协作)兼机械工程学系**王钻开教授**取得重大突破,成功将水滴动能有效转换成电能,推进水能发电的科研。

### 晶体管状结构的液滴发电机

传统的液滴发电机利用介面摩擦起电效应,基于液滴撞击表面,即两种物料接触并分离而产生电力。但这种方法受限于表面产生的电荷量,电能转换效率较低。

为提升电能转换效率,王教授提出了类似场效应晶体管的设计,由两个电极组成,其中一个电极表面涂上一层聚四氟乙烯(PTFE)薄膜,PTFE是一种可长期带有电荷的永电体材料。当水滴持续撞击PTFE表面,表面产生的电荷会不断累积并逐渐达至饱和,克服了传统液滴发电机低电荷密度的瓶颈问题。

“收集水能有助解决全球可再生能源短缺的问题。尽管液滴细小又平凡,但假如我们能从滴下来的水有效地获取动能,所产生的力量和影响可能巨大且深远。”王教授说。他凭着收集水能的卓越研究,让他荣获腾讯基金会2020年“科学探索奖”。



这款新型的液滴发电机,一滴水能产生超过140V电压,足以点亮100个小型LED灯。

### 重大奖项

- 2020年腾讯基金会科学探索奖
- 2020年度香港十大创科新闻
- 2019年国际仿生工程学会会士
- 香港青年科学院创始成员
- 2018年世界文化理事会特别表彰奖
- 2017年中国教育部长江讲座教授
- 2017年香港城市大学杰出研究奖
- 2016年及2017年香港城市大学校长嘉许奖

### 重要项目

- 香港研究资助局协作研究金: 相变传热的仿生表面工程: 从基础认识到实际应用
- 香港研究资助局优配研究金: 研制高功率密度及高耐久性的晶体管式水能发电机
- 香港创新科技署创新及科技基金: 研制液体二极管医用管

### 出版物选辑及专利

- Xu, W., Zheng, H., Liu, Y., Zhou, X., Zhang, C., Song, Y., Deng, X., Leung, M., Yang, Z., Xu, R.X., Wang, Z.L., Zeng, X.C. & **Wang, Z.** 2020, “A droplet-based electricity generator with high instantaneous power density”, *Nature*, vol. 578, no. 7795, pp. 392-396.
- Wang, D., Sun, Q., Hokkanen, M.J., Zhang, C., Lin, F.-Y., Liu, Q., Zhu, S.-P., Zhou, T., Chang, Q., He, B., Zhou, Q., Chen, L., **Wang, Z.**, Ras, R.H.A. & Deng, X. 2020, “Design of robust superhydrophobic surfaces”, *Nature*, vol. 582, no. 7810, pp. 55-59.
- Feng, S., Delannoy, J., Malod, A., Zheng, H., Quéré, D. & **Wang, Z.** 2020, “Tip-induced flipping of droplets on Janus pillars: From local reconfiguration to global transport”, *Science Advances*, vol. 6, no. 28.
- Li, J., Hou, Y., Liu, Y., Hao, C., Li, M., Chaudhury, M.K., Yao, S. & **Wang, Z.** 2016, “Directional transport of high-temperature Janus droplets mediated by structural topography”, *Nature Physics*, vol. 12, no. 6, pp. 606-612.
- Liu, Y., Moevius, L., Xu, X., Qian, T., Yeomans, J.M. & **Wang, Z.** 2014, “Pancake bouncing on superhydrophobic surfaces”, *Nature Physics*, vol. 10, no. 7, pp. 515-519.
- **Wang, Z.**, Jiang, M. & Wang, Y., “Highly effective heat dissipation architecture even on the ultrahigh temperature of more than 1000 celsius”, US patent 63/072,995, filed 2020.
- **Wang, Z.**, Zhou, X. & Li, J., “Unidirectional liquid transport systems and methods of manufacture thereof”, US patent US10,590,967, granted 2020.
- **Wang, Z.** & Liu, Y., “Superhydrophobic surface arrangement, article comprising same, and method of manufacture thereof”, US patent 16/233,325, filed 2018.



# 物质科学

对各种形式的物质和材料的跨学科研究，涵盖领域包括：从合成到加工再到制造、从评估性能到改变性能、从设计到应用。

## 高强度、高韧性的有序金属间化合物合金的突破

强度与延展性不可兼得一直是材料科学中的一个难题。一种材料的强度越高，其延展性和韧性就越低；换言之，坚固的合金难以变形或拉伸而不断裂。城大工学院大学杰出教授、香港高等研究院资深院士**刘锦川教授**，与他的团队成员材料科学及工程学系助理教授**杨涛博士**，共同开发了一套创新的合金设计策略，来解决材料强度与韧性兼容的难题，为制造在极端温度和航空航天系统中使用的材料铺平道路。

刘教授解释：“大多数传统合金包含一种或两种主要元素，如镍和铁。然而，我们发现通过在铁-钴-镍

(FeCoNi)合金中加入铝和钛形成大量沉淀颗粒后，金属材料的强度和延展性都有显著提高。”

刘教授及其团队将研究成果发表在著名的《科学》杂志上，指出他们研制的高熵合金强度高达1.5吉帕，比FeCoNi合金坚固五倍，并且在室温下延展性达50%。

研究团队进一步发现，加入“多组分金属间纳米粒子”可大大增强塑性变形的稳定性，避免了常见的早期颈缩断裂问题。



刘教授认为，采用这种创新策略制造的新合金，能够在-200°C低温至1,000°C高温的温度范围内都表现出良好性能，从而为进一步研发低温设备、飞机和航空高温系统以及其他领域的结构用途奠定坚实的基础。

在他们最近发表在《科学》杂志上的另一项研究中，刘教授的团队成员发现在结构有序的多组元金属间合金的晶界处形成无序的纳米层，能有效解决强度与延展性不可兼得的矛盾。

新型高熵合金强度与延展性兼得。





通过在一种金属间化合物合金中加入原子浓度为1.5-2.5的硼后,研究人员发现合成的合金中有序堆积的晶粒之间形成了独特的纳米级层。该研究的第一作者杨博士表示:“这一纳米层在相邻晶粒之间充当了缓冲带,使晶界发生大面积塑性变形,从而在超高屈服强度水平下仍具有巨大的拉伸延展性。”

在晶界形成纳米层后,合金表现出1.6吉帕的超高屈服强度,室温拉伸延展性为25%,并在高温下保持了合金的强度和良好的热稳定性。

刘教授表示:“在合金中发现的这种无序纳米层将促进未来高强度材料的发展,例如可用于高温环境的

结构材料,如航天、航空、核电和化学工程。”

刘教授、杨博士及其研究团队将继续致力于研究超高强度钢、多元高熵合金、轻质材料以及纳米结构材料的各种应用。



吕坚教授(左)、刘果博士以及研究团队开发全球首套4D打印陶瓷技术。

### 重大奖项

刘锦川教授

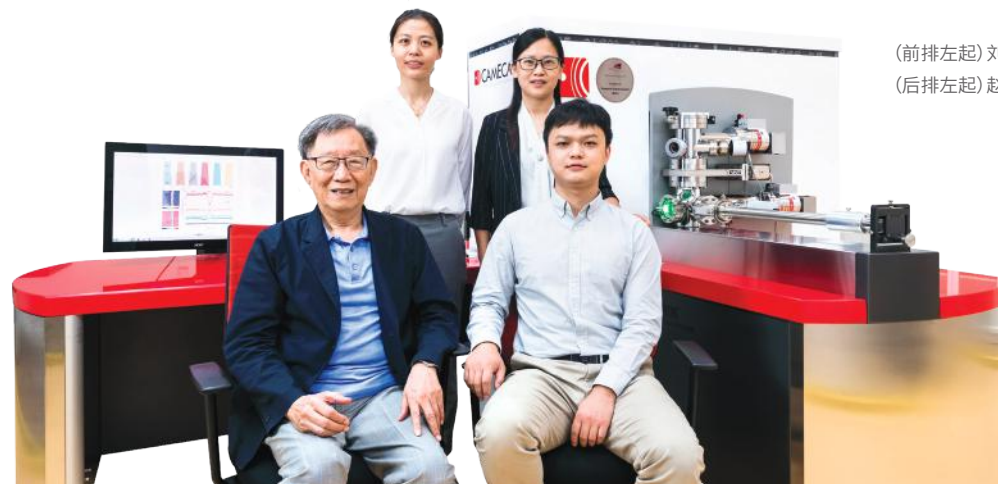
- 2020年香港城市大学校长嘉许奖

### 重要项目

• 香港研究资助局优配研究金:

- 应用于高级结构的新型L12型高熵金属间化合物的设计
- 新型多组分纳米粒子复合高熵合金的塑性变形稳定性和硬化行为

## 2D / 3D / 4D增材制造的科研进展



(前排左起)刘锦川教授及其研究小组成员杨涛博士、(后排左起)赵怡璐博士和栾军华博士。

### 出版物选辑及专利

- Cao, B.X., Kong, H.J., Fan, L., Luan, J.H., Jiao, Z.B., Kai, J.J., **Yang, T.**, & **Liu, C.T.** 2021. "Heterogenous columnar-grained high-entropy alloys produce exceptional resistance to intermediate-temperature intergranular embrittlement", *Scripta Materialia*, vol.194, pp. 113622.
- **Yang, T.**, Zhao, Y.L., Li, W.P., Yu, C.Y., Luan, J.H., Lin, D.Y., Fan, L., Jiao, Z.B., Liu, W.H., Liu, X.J., Kai, J.J., Huang, J.C. & **Liu, C.T.** 2020. "Ultrahigh-strength and ductile superlattice alloys with nanoscale disordered interfaces", *Science*, vol. 369, no. 6502, pp. 427-432.
- **Yang, T.**, Zhao, Y.L., Fan, L., Wei, J., Luan, J.H., Liu, W.H., Wang, C., Jiao, Z.B., Kai, J.J., & **Liu, C.T.** 2020. "Control of nanoscale precipitation and elimination of intermediate-temperature embrittlement in multicomponent high-entropy alloys", *Acta Materialia*, vol. 189, pp. 47-59.
- **Yang, T.**, Zhao, Y.L., Tong, Y., Jiao, Z.B., Wei, J., Cai, J.X., Han, X.D., Chen, D., Hu, A., Kai, J.J., Lu, K., Liu, Y. & **Liu, C.T.** 2018. "Multicomponent intermetallic nanoparticles and superb mechanical behaviors of complex alloys", *Science*, vol. 362, no. 6417, pp. 933-937.
- **Liu, C.T.** & Zhang, T., "Method and system for manufacturing a structure", US patent 17/012,507, filed 2020.
- Jiao, Z.B. & **Liu, C.T.**, "ナノ金属間化合物強化超高強度フェライト鋼およびその製造方法", Japan patent 6591290, granted 2019.
- Jiao, Z.B. & **Liu, C.T.**, "銅リッチナノクラスター強化超高強度フェライト鋼およびその製造方法", Japan patent 6584961, granted 2019.
- Jiao, Z.B. & **Liu, C.T.**, "ナノ金属間化合物強化超高強度フェライト鋼およびその製造方法", Japan patent 2019-11536, filed 2019.

制备出形状复杂、性能优良、适用于不同应用的材料,一直是材料科学家和工程师的研究重点。城大的科学家继开发了全球首创的超纳双相合金和全球首套4D打印陶瓷技术后,目前正致力结合这两项尖端技术,以制造轻质、高强度金属材料,应用于生物医学、航空工业和太空探索。

### 结合两项尖端技术

城大机械工程学系讲座教授、国家贵金属材料工程技术研究中心香港分中心和先进结构材料研究中心主任**吕坚教授**,是金属和陶瓷材料力学性能的专家。他领导的团队正研发

一套具开创性的2D / 3D / 4D增材制造系统,以制备各种力学性能理想的金属基材料,满足不同应用的需求。

吕教授说:“透过结合双相纳米结构和4D打印这两项创新技术,以探索任何可能出现、非同寻常的力学或

3D打印技术又称增材制造,由于能够以低成本制备形状复杂的组件,在制造、建筑、生物医学以及航空航天等不同工业,获广泛应用。然而,部分应用仍有所限制,例如医用植入物的运动部件,3D打印而成的金属材料容易出现金属疲劳、耐磨性欠佳,最终可能要进行第二次手术更换有关植入物。



超纳双相镁合金材料。

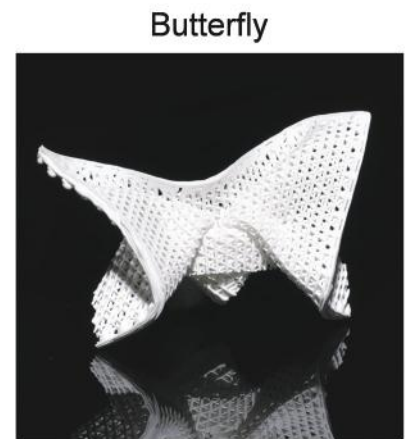


超材料性能,是值得探索的方向。”吕教授同时兼任纳米材料与力学联合实验室主任,该联合实验室由中国科学院金属研究所和城大共同设立,在2019年中科院—香港联合实验室评估中获得优秀成绩,并获得香港的大学教育资助委员会的专项支持。2020年,该联合实验室获国家科技部支持,在香港城市大学深圳研究院组建沈阳材料科学国家科学研究中心大湾区研究部,由吕教授出任主任。

此前,他领导的团队便成功开发了全球首创的超纳双相镁合金材料,透过先进的双相纳米结构调控技术,他们克服了现有金属结构材料高强度与高延展性无法兼容的局限性。团队研发的新型材料的强度,较现有的镁

合金晶态材料高出十倍,并具有超强的变形能力,较镁基金属玻璃高两倍。有关研究成果在国际顶尖科学学术期刊《自然》上发表封面文章,是中国科学家首次在该刊就结构材料领域研究发表的封面文章,并获中国自然科学基金委选为基金会会刊(季刊)的封面成果。

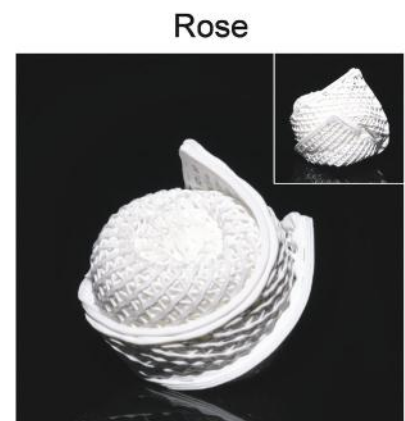
团队亦开发了全球首套4D打印陶瓷技术,以新型3D技术打印出来的陶瓷前驱体可以拉伸,储存在内的弹性能量,使它可以随着时间自行变形,而且所制备出来的陶瓷结构坚固,具有高比强度(specific strength)。



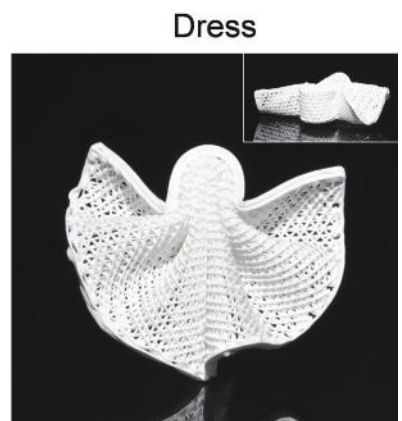
Butterfly



Sydney Opera House



Rose



Dress

## 制造理想的植入材料

团队现时进行的研究项目,便结合这两种顶尖技术。他们将首先开发2D / 3D / 4D制造系统,以制备形状复杂的金属基材料,特别是用于生物医学和轻型结构应用的材料。由于钛基合金一向被视为是理想的植入材料,因此团队会先集中制备超纳米3D打印钛基合金,并探讨其力学性能。

“透过运用我们研发的4D打印、制备超纳米材料以及制造表面纳米结构材料方面所获得的知识和技术,我们将进一步研究3D打印的钛基合金和其他金属材料,以提高其抗疲劳性能。我们希望为医用植入物和航空航天工业开发高强度和耐磨的轻质金属材料。”吕教授续称。

团队亦会研究不同“后处理技术”如提高耐疲劳性的表面机械研磨处理(SMAT),以及增强耐磨性的物理气相沉积(PVD),对打印材料的力学性能的影响。其中,SMAT是一种表面纳米结晶技术,由吕教授联同中国科学院金属研究所前所长卢柯院士首先提出,以大功率超声波振动,使数以百计小硬珠高速撞击材料表面,来增强金属合金的耐磨及抗疲劳性能。

## 医学应用的生物传感器

团队的另一目标是建立3D打印金属材料的数据库,详细列出各种材

以3D打印出来的陶瓷前驱体,既柔软兼可拉伸,能制备出复杂的形状,例如仿悉尼歌剧院的折纸结构。

料的力学性能、微观结构、处理工序和潜在应用。吕教授说:“对开发新型材料和探索崭新应用的材料研究人员和工程师来说,这个数据库将会有极大帮助。我们希望数据库能促进金属材料在不同领域的应用,从而造福社会。”

除了3D打印技术外,吕教授及其团队还致力于功能性贵金属材料的研究。值得一提的是,他们最新开发、基于超灵敏表面增强拉曼光谱(SERS)的生物传感技术。这项技术可应用于不同领域,如抗生素检测和确保食品和化妆品安全等。他们正研究利用这项技术作为2019冠状病毒病、癌症和心脑血管疾病的快速检测,以及糖尿病无创检测的可行性。



表面增强拉曼光谱(SERS)的生物传感技术可用于检测食品和化妆品中的污染物。

### 重要项目

- 香港研究资助局优配研究金:
  - 超强/高韧纳米双相合金之塑性变形和热稳定性研究
  - 超强/塑性镁基超纳双相材料的耐磨性和耐腐蚀性研究
  - 纳米梯度结构高超高韧微合金黄金
- 香港研究资助局协作研究金: 联合研发镁基金属骨科内植物
- 香港研究资助局主题研究计划: 难愈骨疾病和骨缺损的功能性再生研究
- 香港研究资助局联合实验室资助计划: 应用于生物和轻量化结构工业的超纳纳米金属材料增材制造设备
- 香港研究资助局卓越学科领域计划: 老龄性骨骼系统退化及再生策略
- 香港创新科技署创新及科技基金:
  - 国家贵金属材料工程技术研究中心香港分中心
  - 基于表面拓扑纳米金线的低价高性能表面增强拉曼基底
  - 双相纳米结构光学硬膜

### 重大奖项

- 2019年第47届日内瓦国际发明展银奖
- 2018年第12届光华工程科技奖
- 2017年法国国家荣誉军团骑士勋章

### 出版物选辑及专利

- Ou, W., Zhou, B., Shen, J., Lo, T.W., Lei, D., Li, S., Zhong, J., Li, Y.Y. & Lu, J. 2020, "Thermal and nonthermal effects in plasmon-mediated electrochemistry at nanostructured Ag electrodes", *Angewandte Chemie - International Edition*, vol. 59, no. 17, pp. 6790-6793.
- Bu, Y., Bu, X., Lyu, F., Liu, G., Wu, G., Pan, L., Cheng, L., Ho, J.C. & Lu, J. 2020, "Full-color reflective filters in a large area with a wide-band tunable absorber deposited by one-step magnetron sputtering", *Advanced Optical Materials*, vol. 8, no. 1.
- Wu, G., Liu, C., Sun, L., Wang, Q., Sun, B., Han, B., Kai, J.-J., Luan, J., Liu, C.T., Cao, K., Lu, Y., Cheng, L. & Lu, J. 2019, "Hierarchical nanostructured aluminum alloy with ultrahigh strength and large plasticity", *Nature Communications*, vol. 10, no. 1.
- Chen, A.Y., Zhu, L.L., Sun, L.G., Liu, J.B., Wang, H.T., Wang, X.Y., Yang, J.H. & Lu, J. 2019, "Scale law of complex deformation transitions of nanotwins in stainless steel", *Nature Communications*, vol. 10, no. 1.
- Liu, G., Zhao, Y., Wu, G. & Lu, J. 2018, "Origami and 4D printing of elastomer-derived ceramic structures", *Science Advances*, vol. 4, no. 8.
- Wu, G., Chan, K.-C., Zhu, L., Sun, L. & Lu, J. 2017, "Dual-phase nanostructuring as a route to high-strength magnesium alloys", *Nature*, vol. 545, no. 7652, pp. 80-83.
- Li, Y., Lu, J. & Zhan, Y., "Method for treating a surface of a metallic structure", US patent US10,626,518, granted 2020.
- Lu, J. & Liu, G., "System and method for four-dimensional printing of ceramic origami structures", US patent US10,377,076, granted 2019.
- Lu, J. & Wu, G., "Metal material and a method for use in fabricating thereof", US patent US10,428,418, granted 2019.



# 通过中子散射了解复杂材料

材料研发的突破是促进技术进步的关键所在，这就要求科学家对材料结构和动力学有很好的理解。中子散射技术是探索材料本质的众多强大技术之一。城大的一名中子散射测量专家将这种最先进的实验技术应用用于研究复杂材料的变形和相变行为，特别是在超低温下，开辟了材料研究的新领域。

物理学系讲座教授、系主任、美国中子散射学会会士**王循理教授**解释说：“中子散射就像一台巨大的显微镜，可以揭示物质的结构和动力学，比如原子是如何堆积的，又是如何运动的，从而加强我们对物质性质的理解。它可应用于物理、化学、生物学、生物医学、材料科学和工程。”

## 一台巨大的材料显微镜

由于中子是不带电的粒子，它们很容易穿透物质，而它们在物质上反射和散射的方式也为科学家提供了关于物质结构和特性的重要信息。

例如，由于非晶材料具有无序排列的原子结构，对其物理性质的研究一直非常棘手。不过王教授带领的国际研究小组利用中子散射技术克服了这一挑战，测量了锆铜铝(Zr-Cu-

Al)金属玻璃中的原子动力学。他们首次证实了金属玻璃中高频横声学支声子的存在，这一发现为了解非晶材料的原子结构与其原子动力学的关系带来了新启示。

## 揭示高熵合金在超低温下的形变

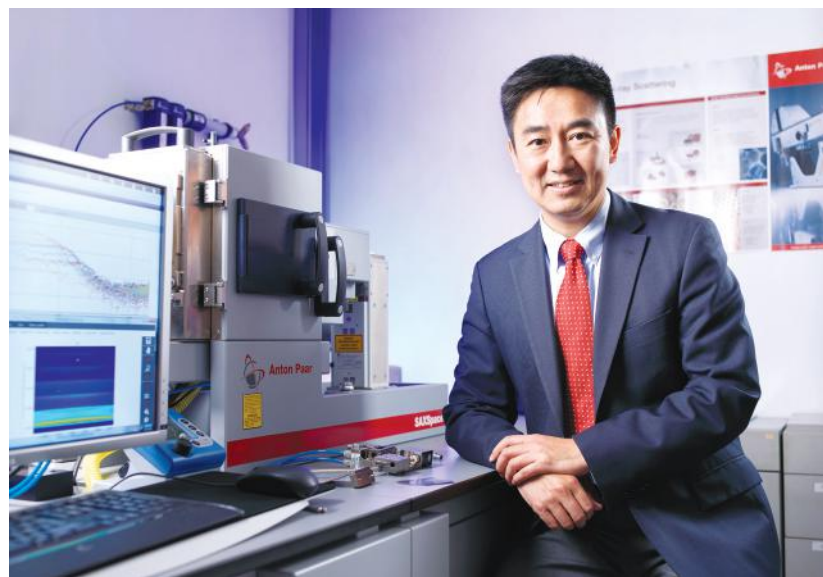
通过使用原位中子衍射技术，王教授及其研究团队还发现高熵合金，一种由多种主元素组成的新型结构材料，在超低温下表现出卓越的机械性能，其原因是多种变形机制的共同存在。研究团队首次揭示了高熵合金在超低温时出现各种变形机制的次序，开辟了很少有人研究的新领域。

王教授荣获“2021年裘槎优秀科研者奖”，并将利用该基金进行原位中子衍射实验，进一步研究高熵合金在超低温下的相变及变形行为。

## 靠近中子源设施的优势

王教授利用香港毗邻中国散裂中子源的地理优势，致力将香港打造为区内中子散射科学的中心。

他指出：“中国散裂中子源是中国最大的国家科学设施之一，位于东莞，离香港约两小时车程，为香港和区内的研究人员提供了大量的机会。由于目前世界上只有四台中子源，利用该设施进行实验和研究的需求巨大。”

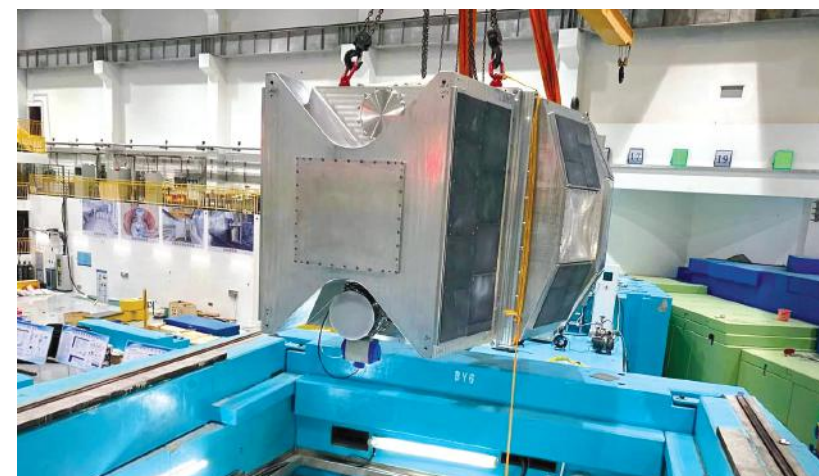


王循理教授

因此，王教授与其团队成员得到香港研究资助局协作研究金的支持，大力推动中国散裂中子源建造一台多物理谱仪(全散射谱仪)，以获得在中国散裂中子源使用一整套仪器的专用权。王教授表示：“这将大大促进香港的教育和科研活动的展开，并带动用户群体迅速增长。”

## 促进中子散射研究

王教授与中国科学院高能物理研究所**陈和生教授**在中国科学院高能物理研究所及裘槎基金会的赞助下，在城大共同成立了中子散射科学技术联合实验室，用以开展多项尖端研究项目。在香港的大学教育资助委员会联合实验室资助计划的支持下，王教授及其团队成员正在开发一个功能材料的同位素标记平台，以便在



王教授的协作研究金项目支持的多物理仪器正在中国散裂中子源中安装。

中国散裂中子源进行精确的结构识别。该项目利用中国散裂中子源的中子来研究结构和能源材料，旨在加强香港实验室的研究基础设施。

此前，在裘槎基金会的支持下，王教授开办了两年一度的裘槎中子散射暑期课程。王教授表示：“我很享

受与来自不同背景的年轻研究人员互动。通过加强香港科学界与中国散裂中子源之间的合作，培育更多从事中子散射研究的科学家，我们希望香港能受惠于这项不断加强的科研活动。”

### 重大奖项

- 2021年裘槎优秀科研者奖
- 2020年当选美国中子散射学会会士
- 2018年中国科学院李薰讲座奖
- 2017年当选美国科学促进会会士

### 重要项目

- 裘槎优秀科研者奖：高熵合金竞争变形机制的原位中子衍射研究
- 香港研究资助局协作研究金：香港参与中国散裂中子源建设
- 香港研究资助局联合实验室资助计划：同位素置换实现在中国散裂中子源的精确结构测定

### 出版物选辑

- Li, X.Y., Zhang, H.P., Lan, S., Abernathy, D.L., Otomo, T., Wang, F.W., Ren, Y., Li, M.Z. & **Wang, X.L.** 2020, "Observation of high-frequency transverse phonons in metallic glasses", *Physical Review Letters*, vol. 124, no. 22, 225902.
- Naeem, M., He, H., Zhang, F., Huang, H., Harjo, S., Kawasaki, T., Wang, B., Lan, S., Wu, Z., Wang, F., Wu, Y., Lu, Z., Zhang, Z., Liu, C.T. & **Wang, X.L.** 2020, "Cooperative deformation in high-entropy alloys at

ultralow temperatures", *Science Advances*, vol. 6, no. 13, eaax4002.

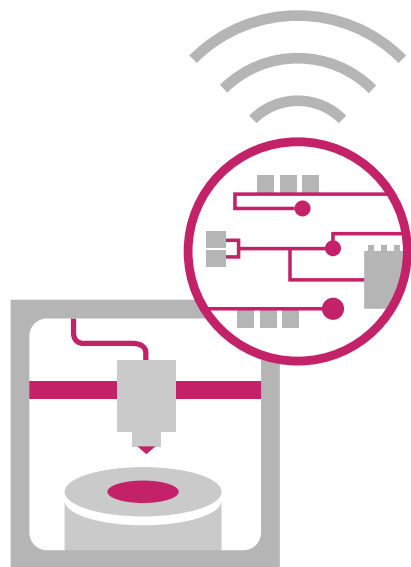
- Li, X., Liu, P.-F., Zhao, E., Zhang, Z., Guidi, T., Le, M.D., Avdeev, M., Ikeda, K., Otomo, T., Kofu, M., Nakajima, K., Chen, J., He, L., Ren, Y., **Wang, X.L.**, Wang, B.-T., Ren, Z., Zhao, H. & Wang, F. 2020, "Ultralow thermal conductivity from transverse acoustic phonon suppression in distorted crystalline  $\alpha$ -MgAgSb", *Nature Communications*, vol. 11, no. 1, 942.

- Lan, S., Ren, Y., Wei, X.Y., Wang, B., Gilbert, E.P., Shibayama, T., Watanabe, S., Ohnuma, M. & **Wang, X.L.** 2017, "Hidden amorphous phase and reentrant supercooled liquid in Pd-Ni-P metallic glasses", *Nature Communications*, vol. 8, 14679.

- Chen, H. & **Wang, X.L.** 2016, "China's first pulsed neutron source", *Nature Materials*, vol. 15, no. 7, pp. 689-691.



# 先进传感和机器人驱动技术



李文荣教授利用微机电系统 (MEMS) 制造出能够识别胃癌细胞的微流控芯片。

为将传感及机器人驱动技术推向新的高度及应用领域，城大的合作研究团队致力开发下一代三维 (3D) 传感系统及四维 (4D) 机器人驱动器，以应用于数字医疗、医疗机器人及扩展现实。

中国科学院沈阳自动化研究所与城大成立的机器人学联合实验室主任兼生物医学工程讲座教授**李文荣教授**，主要的研究领域包括微机电系统 (MEMS) 及各种微、纳、生物传感和机器人技术。

MEMS是一种用于制造结合机械和电气元件的微小集成器件的工艺。这些装置或系统的尺寸横跨几微米到毫米，可以在微尺度上以高灵敏度和极高的精确度进行感应、

控制和驱动，并在宏观尺度上产生影响。通过采用集成电路技术，批量制造MEMS器件能显著降低每个器件的生产成本。

## 制造用于医疗健康领域的传感器

目前MEMS广泛应用于喷墨打印机喷头、汽车安全气囊加速度计、投影显示芯片、光开关和血压传感器等领域。李教授表示：“微纳米和生物传感器对于数字化和远程医疗非常重要，医生们可以使用各种不同的生理传感器来更好地监测患者，而所有这些传感器的制造都基于MEMS技术。”

李教授的研究团队利用这一广泛应用的技术制造了多种用于医疗保健应用的传感器。目前，他们正在开展的其中一项研究就是通过使用柔性智能皮肤传感器来破译患者的动脉脉搏与肾脏疾病进展之间的关系。此外，该研究团队还利用MEMS制造了分离和识别癌细胞和干细胞的微流控芯片，为疾病的早期诊断和生物医学科学研究做出了贡献。

李教授团队目前的研究重点之一是利用最新的3D增材纳米打印技术开发下一代3D传感和4D机器人驱动系统。

李教授解释：“3D增材纳米打印技术可以将复杂的几何特征、结构紧

凑的电子电路和众多新型功能材料集成到柔性或刚性聚合物中，以制作出多重尺度下的由单个或多个材料组成的新型微/纳传感器和驱动器。”

## 利用多材料3D纳米打印技术

利用设于城大的机器人学联合实验室内的先进3D纳米打印系统，可以打印多层纳米材料结构和3D电路。李教授和他的研究团队正利用该系统开发柔性皮肤传感器，集成到用于老年人的辅助机器人中以及用于加强香港的扩展现实教育的触觉传感器中。

通过对打印平台进行改造，团队将先进的传感和导电纳米材料，如氧化石墨烯、碳纳米管和其他纳米材料嵌入到3D制造的机械结构中，这有望以更低的成本大幅加快传感器原型制作。

此外，研究人员利用多材料3D纳米打印技术，可以直接使用各种不同刚度的软材料部件制作机器人的功能体，从而避免了复杂的成型技术和组装过程。通过在3D打印中引入新的定制材料和功能类别，可以制造出新型

的机器人4D执行器。这些执行器具有刺激响应性、自变形性并嵌入了可编程架构。该团队将演示多种先进驱动装置的制造，包括用于类生命机器人的细胞电刺激阵列、基于类生命细胞的执行器，以及用于生物医学应用的具有荧光特性的4D微型机器人。

“作为一名技术专家，我的研究目标非常明确：开发技术来促进人类福祉，例如延长人类寿命，让日常生活变得更有趣，并发现新现象。”李教授说。

### 重要项目

- 香港研究资助局优配研究金：
  - 采用渗透蒸发微流体器件制造干燥环境中超分辨率成像的纳米颗粒超透镜
  - 利用分层表面结构进行纹理粗糙度识别的柔性MEMS压力传感器的研制
  - 利用集成微液滴生成平台实现数字气味技术中粘性流体的雾化
- 香港创新科技署创新及科技基金：
  - 基于MEMS的超分辨率微透镜用于增强结构光3D成像和映射的光检测与测距(LIDAR)系统
  - 用于动物运动行为跟踪的植入式微传感系统
- 香港研究资助局联合实验室资助计划：利用多层纳米墨水电路沉积开发3D集成机器人和传感结构
- 深圳市科技创新委员会：大视场纳米尺度超分辨测量与成像系统

### 重大奖项

- 电机暨电子工程师学会 (IEEE) 会士
- 美国机械工程师协会 (ASME) 会士
- 当选IEEE纳米技术理事会主席 (2016/2017年)
- 中国科学院百人计划 (海外杰出学者) 获得者

### 出版物选辑及专利

- Zhang, Y., Zhao, J., Yu, H., Li, P., Liang, W., Liu, Z., Lee, G.-B., Liu, L., **Li, W.J.** & Wang, Z. 2020, "Detection and isolation of free cancer cells from ascites and peritoneal lavages using optically induced electrokinetics (OEK)", *Science Advances*, vol. 6, no. 32.
- Zhao, Y., Liang, J., Cui, Y., Sha, X. & **Li, W.J.** 2020, "Adaptive 3D position estimation of pedestrians by wearing one ankle sensor", *IEEE Sensors Journal*, vol. 20, no. 19, pp. 11642-11651.
- Wang, Y., Chen, M., Wang, X., Chan, R.H.M. & **Li, W.J.** 2018, "IoT for next-generation racket sports training", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 6, pp. 4558-4566.
- Wang, F., Liu, L., Yu, H., Wen, Y., Yu, P., Liu, Z., Wang, Y. & **Li, W.J.** 2016, "Scanning superlens microscopy for non-invasive large field-of-view visible light nanoscale imaging", *Nature Communications*, vol. 7.
- Xu, R., Zhou, S. & **Li, W.J.** 2012, "MEMS accelerometer based nonspecific-user hand gesture recognition", *IEEE Sensors Journal*, vol. 12, no. 5, pp. 1166-1173.
- Chan, H.M., Zhang, G., Wang, Y. & **Li, W.J.**, "Systems and methods using a wearable sensor for sports action recognition and assessment", US patent 16/014,584, filed 2018.
- Chan, H.Y., Wong, K.W., Law, J., Chen, M., **Li, W.J.**, Chau, B.F. & Chan, K.-M., "Audio-effect-activated scent generation method and system", US Patent 16/224,894, filed 2018.
- Chan, H.Y., **Li, W.J.**, Chau, B.F., Chan & K.M., "Bubble atomizer and method for atomizing liquid", US Patent 9669364B2, 2017.



# 脑科学

开展跨学科合作,深入探究人类大脑结构、功能及人类心智,包括人机交互的发展前景。

## 从记忆形成到治疗 脑部疾病



对神经科学家来说,记忆如何形成一直是根本的问题。来自生物医学系及神经科学系的黄俊康讲座教授(转化神经科学)贺菊方教授经过长年研究,成功发现一种神经调节物质—胆囊收缩素(CCK),在大脑皮层记忆形成的过程中起关键作用。基于这个发现,贺教授正研发治疗和缓解癫痫、耳鸣、阿尔茨海默病和其他脑部疾病的策略。

记忆通过神经元之间的连接强度的持续变化,储存在神经网络中。这些称为突触的连接,使神经元之间能相互通讯。而通讯的强度,即突触强度,可以因应连接被激活的频率而调节。连接越活跃,通讯的强度就越强。突触强度的持续增加称为长时程增强

(LTP),突触联系的长时程增强是目前公认的记忆储存的模型基础。

### 记忆形成过程中关键的神经调节物质

当两个神经元通过突触进行通讯时,电信号通过神经递质的释放,转为化学信号。与受体结合后,递质会再转换至电信号的形式,经神经元传送。

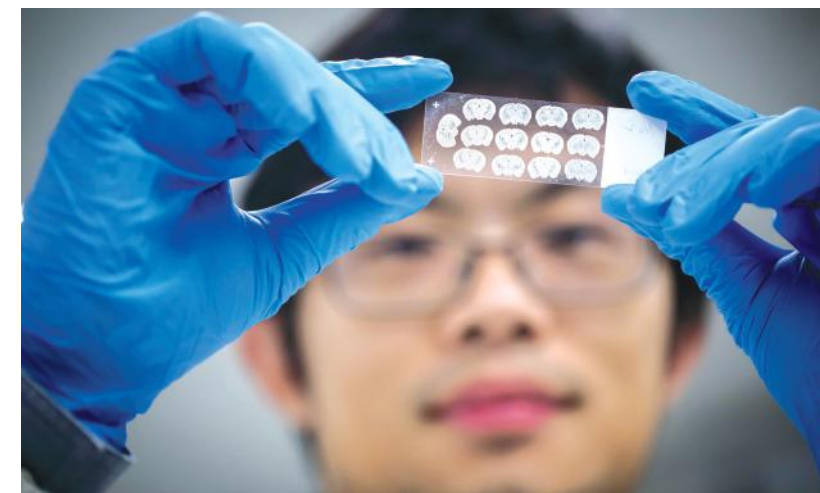
透过研究内侧颞叶里数十种神经递质和神经调节物质的化学结构,贺教授及其团队发现,CCK对于在新皮层写下记忆至关重要。特别是,他们更查明了记忆如何编码形成,以及

视觉刺激与听觉刺激如何互相联系。

他们其后发现N-甲基-D-天冬氨酸(NMDA)受体,这一被普遍认为是记忆形成最重要的介导受体,实际上是控制CCK的释放。而正是CCK促使长时程的突触可塑性产生,使记忆形成。

尽管团队的发现与记忆形成有关,但带来的意义和应用的潜力却不止于此。贺教授说:“癫痫和许多神经退行性疾病如阿尔茨海默病,跟大脑的突触可塑性密切相关。我们发现了CCK、LTP和突触可塑性之间的关系,为研发针对不同脑部疾病的疗法,提供了理论基础。”

譬如说,团队正研究使用高频电刺激来诱导海马体形成的LTP与CCK之间的关系,以及空间记忆与CCK之间的关系。值得一提的是,他们将开发CCK激动剂(作用与CCK相似的化学物质,能够激活CCK受体)用来挽救记忆力有缺陷小鼠的空间学习能力。他们的长远目标是开发新药,来缓解阿尔茨海默病或神经系统疾病患者的记忆能力缺陷。



用来研究记忆形成的小鼠皮质切片。



## 耳鸣的治疗策略

团队亦正探索使用CCK激动剂(称为CCK4),并结合声音疗法,来治疗耳鸣的可能性。

耳鸣患者会出现幻听,如卡嗒声、嗡嗡声或铃声,可严重影响患者的生活质量。耳鸣往往由于长期暴露于巨大的噪音声中,或因爆炸声导致外周性听力损失而导致。这些患者的听觉中枢(听觉丘脑和听觉皮层)因失去从耳蜗核的上行传送信息且无法作出

贺菊方教授(后排)与他的研究团队成员。



补偿,而变得过度敏感,从而出现称为丘脑皮质振荡的同步活动。这种同步活动产生了持续的幻听,即耳鸣。

贺教授说:“我们计划向患者注射CCK激动剂,以激活大脑的可塑性,再结合声音疗法重新连接丘脑皮层的突触联系,让这些过度兴奋的神经元重新恢复正常状态。我们的方法新颖之处,在于透过注射CCK4触发大脑中的突触可塑性,初步结果令人鼓舞。”

## 缓解癫痫症

此外,抑制CCK受体激活则可能有助减轻癫痫患者不自主抽搐发作。

癫痫是最常见的神经系统疾病之一,特征是反复不自主发作。“抗癫痫药已被用作长期治疗方案,但35%的患者会对药物产生耐药性,而颞叶癫痫是最严重和最常见的耐药性癫痫之一。”贺教授解释说。

团队计划在确立内侧颞叶来源的CCK具有使神经网络增强的能力与癫痫形成之间的关连后,将进一步探索使用CCK受体拮抗剂来阻断突触强度的方法,作为一种新的治疗策略。

### 重大奖项

- 2018年香港城市大学校长嘉许奖

### 重要项目

- 香港研究资助局优配研究金:
  - 一种新的CCK受体调节听觉皮层长时程增强的抑制作用
  - 胆囊收缩素给药对老年啮齿动物丘脑皮质神经可塑性的影响
  - 氨基丁酸能胆囊收缩素增强听觉皮层的局部抑制作用
- 香港食物及卫生局医疗卫生研究基金:
  - 胆囊收缩素四肽致神经可塑性及噪声暴露治疗耳鸣的新策略
  - 基于上转换的无线光遗传学作为研究和治疗帕金森病的全光治疗策略的发展
- 香港创新科技署创新及科技基金:
  - CCK-B受体激动剂治疗遗忘型轻度认知障碍的实验平台

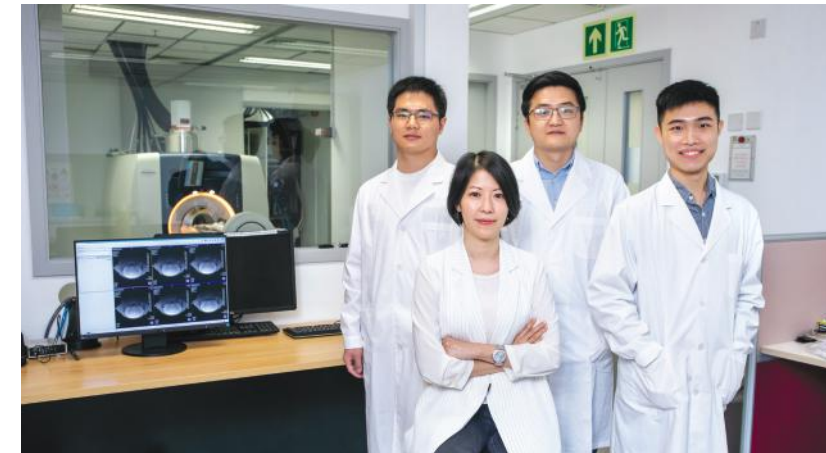
## 出版物选辑及专利

- Zhang, Z., Zheng, X., Sun, W., Peng, Y., Guo, Y., Lu, D., Zheng, Y., Li, X., Jendrichovsky, P., Tang, P., He, L., Li, M., Liu, Q., Xu, F., Ng, G., Chen, X. & **He, J.** 2020, “Visuoauditory associative memory established with cholecystokinin under anesthesia is retrieved in behavioral contexts”, *Journal of Neuroscience*, vol. 40, no. 10, pp. 2025-2037.
- Chen, X., Li, X., Wong, Y.T., Zheng, X., Wang, H., Peng, Y., Feng, H., Feng, J., Baibado, J.T., Jesky, R., Wang, Z., Xie, H.,

Sun, W., Zhang, Z., Zhang, X., He, L., Zhang, N., Zhang, Z., Tang, P., Su, J., Hu, L.-L., Liu, Q., He, X., Tan, A., Sun, X., Li, M., Wong, K., Wang, X., Cheung, H.-Y., Shum, D.K.-Y., Yung, K.K.L., Chan, Y.-S., Tortorella, M., Guo, Y., Xu, F. & **He, J.** 2019, “Cholecystokinin release triggered by NMDA receptors produces LTP and sound-sound associative memory”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, no. 13, pp. 6397-6406.

- **He, J.**, Li, X., Tan, A., Peng, Y., Xu, S., Yang, Y., Zhang, X., Houssain, M. M., “Method and composition for treating epilepsy”, International patent PCT/CN2019/111446, filed 2019, and US patent 16/174,842, filed 2018.
- **He, J.**, Hau, S., Xu, S., Yang, Y., Zhang, X., Feng, H. & Zhang, G., “Method and composition for treating mental disorder and pain associated with nerve damage”, US patent 16/395,499, filed 2019.

## MRI新成像技术有助早期诊断阿尔茨海默症



陈苇恩博士(第一排)及其研究小组。

城大和约翰·霍普金斯大学开展合作研究,研发出一种全新、非侵入性的方法,能在症状出现之前,检测出阿尔茨海默症。

城大生物医学工程学系副教授陈苇恩博士的研究团队与来自美国、瑞典及香港的科学家合作,率先开展了这项预临床研究。他们开发了一种基于磁共振成像(MRI)的分子成像方法,可以测量大脑淋巴系统中葡萄糖

水平的动态变化,为早期诊断出阿尔茨海默症提供线索。他们的研究结果发表在2020年5月的科学期刊《科学进展》上。

陈博士解释说:“攻克阿尔茨海默症的棘手之处在于对早期症状的识别,例如人脑中会出现妨碍认知功能的蛋白斑块,这与正常衰老情况相似。更为棘手的是,当患者通过症状被确诊时极有可能已处于疾病的中晚期。实际上,早在症状出现之前的15或20年,大脑就已经出现了病变。”

陈博士团队的新分子成像方法,可以无创地评估小鼠大脑淋巴系统的葡萄糖摄取及清除。她说:“通过将葡萄糖作为天然‘示踪剂’,我们的成像法能在阿尔茨海默症的早期,从分子层面灵敏地检测到脑淋巴系统功能特有的改变,从而有助于我们区分阿尔茨海默症与正常衰老。”

目前临床或医院中常用的磁共振成像仪可以兼容这种新研发的成像方法,意味着此技术的临床应用具有低成本、易转移的优势。陈博士预计可在三年之内开展临床试验。

### 重大奖项

- 2020年海外华人医学磁共振学会青年研究学者奖
- 2020年国际医学磁共振学会优异成绩奖
- 2020年香港城市大学杰出教学奖

### 重要项目

- 香港研究资助局优配研究金:磁共振成像引导脑肿瘤治疗水凝胶的研制

## 出版物选辑

- Huang, J., Han, X., Chen, L., Xu, X., Xu, J. & **Chan, K.W.Y.** 2021, “Relayed nuclear Overhauser enhancement imaging with magnetization transfer contrast suppression at 3 T”, *Magnetic Resonance in Medicine*, vol. 85, no. 1, pp. 254-267.
- Chen, L., Wei, Z., **Chan, K.W.Y.**, Li, Y., Suchal, K., Bi, S., Huang, J., Xu, X., Wong, P.C., Lu, H., van Zijl, P.C.M., Li, T. & Xu, J. 2021, “D-Glucose uptake and clearance in the tauopathy Alzheimer’s disease mouse brain detected by on-resonance variable

delay multiple pulse MRI”, *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, vol. 41, no. 5, pp.1013-1025.

- Chen, L., Schär, M., **Chan, K.W.Y.**, Huang, J., Wei, Z., Lu, H., Qin, Q., Weiss, R.G., van Zijl, P.C.M. & Xu, J. 2020, “In vivo imaging of phosphocreatine with artificial neural networks”, *Nature Communications*, vol. 11, no. 1, pp. 1-10.
- Huang, J., van Zijl, P.C.M., Han, X., Dong, C.M., Cheng, G.W.Y., Tse, K.-H., Knutsson, L., Chen, L., Lai, J.H.C., Wu, E.X., Xu, J. &

**Chan, K.W.Y.** 2020, “Altered d-glucose in brain parenchyma and cerebrospinal fluid of early Alzheimer’s disease detected by dynamic glucose-enhanced MRI”, *Science Advances*, vol. 6, no. 20, pp. eaba3884.

- Han, X., Huang, J., To, A.K.W., Lai, J.H.C., Xiao, P., Wu, E.X., Xu, J. & **Chan, K.W.Y.** 2020, “CEST MRI detectable liposomal hydrogels for multiparametric monitoring in the brain at 3T”, *Theranostics*, vol. 10, no. 5, pp. 2215-2228.



# 慢性疼痛与认知缺陷的神经机制研究



在形成了动态图式记忆巩固之后，大鼠只需要一次训练就能从沙井中找到食物的正确位置。

虽然临床上已经明确慢性疼痛会加重焦虑、抑郁、认知功能障碍，但人们对大脑神经网络的潜在机制的了解还十分浅显。神经科学系兼生物医学系讲座教授李婴教授，揭开了中枢神经系统中脑分子和组织——星形胶质细胞和髓鞘的秘密，取得了突破性的进展。通过识别星形胶质细胞乳酸信号和髓鞘可塑性在神经回路同步性中的作用，他阐明了如何挽救和增强基本认知功能，包括学习、记忆和决策，尤其是对于慢性疼痛患者。

前扣带皮层 (ACC) 中的星形胶质细胞，在影响神经元功能方面起着至关重要的作用。李教授和他的团队发现，在突触活动期间 (当电或化学信号从一个神经元传递到另一个神

经元或目标效应细胞时)，星形胶质细胞会释放一种叫做L-乳酸的物质，神经元能够利用这种物质促进大脑神经回路中的信息流和同步性，从而提高决策性能。

## L-乳酸：改善决策的信号分子

最近L-乳酸被认为是许多细胞的重要能量来源，但李教授的研究发现了其另一个重要作用：作为大脑中神经元活动可塑性和神经网络同步性的信号分子。

研究团队利用此前建立的“大鼠慢性内脏疼痛模型”，发现向ACC内输注L-乳酸，可使正常大鼠做出良好决策的比例提高48%，并显著缓解大鼠因慢性内脏疼痛而引发的决策功能障碍。动物实验证实了“星形胶质细胞-神经元乳酸穿梭假说”的观点，即注入L-乳酸，或利用光遗传技术激活星形胶质细胞可刺激异常神经回路中的星形胶质细胞，可能有助于改善慢性疼痛引起的认知障碍。

多年来，李教授除了研究与疼痛相关的脑功能障碍的病理机制外，还率先破译了髓磷脂在高级认知记忆中的重要作用，以及如何促进其生长和再生，以加强神经网络的同步性和改善认知功能。

## 髓鞘在认知功能中的关键作用

髓鞘，或称髓磷脂，是一种包裹在神经元轴突周围的多层脂肪组织，能隔离和保护神经元，并提高信息沿轴突传递的速率。髓鞘的形成由中枢神经系统中的大胶质细胞——少突胶质细胞控制。

研究小组发现，图式学习，即通过重复学习，可以促进脑髓鞘的生长。记忆图式已被引入认知心理学，用以理解新信息是如何与已有知识整合的。因此，研究小组采用图式学习来设计对大鼠行为的研究。

在数周的训练中，老鼠们学会了多种类型的味道-位置配对联想，记

住哪种食物藏在哪一个沙井里。经过训练后，当大鼠闻到某种食物的气味时，能迅速走到正确的沙井中并将其挖出，说明它们已经形成了动态图式的记忆巩固和检索。当为大鼠引入两个新的味道-位置配对联想时，它们只需要一次训练就能找到正确的食物位置，这表明新信息与已有知识的整合进展非常快。

研究人员利用免疫组化和透射电镜分析大鼠大脑的变化，发现经过训练的大鼠，在学习和发展记忆图式过程中，ACC的髓鞘大幅增长。

此外，该团队通过中断髓鞘的生长，反向论证了髓鞘在增强学习和记

忆容量方面的重要性。

通过给大鼠注射脱髓鞘药物，研究人员得出结论：干扰髓鞘形成会严重扰乱记忆图式和新记忆的产生。神经回路中的信息传递和神经网络的同步性也会受到负面影响。他们还发现，髓鞘形成是促进不同脑区神经元之间长程振荡和峰值时间同步到达的关键因素。

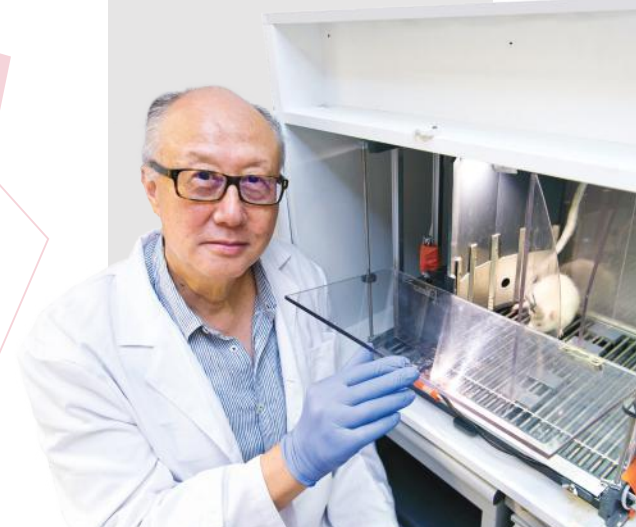
“利用尖端的光遗传学、化学遗传学和药理学技术，我们可以精准控制大脑少突胶质细胞来促进髓鞘形成。”李教授说。“我们将探索这些方法能否改善由中枢髓鞘疾病引起的严重认知障碍，如严重抑郁症、慢性

复发性疼痛、肠易激综合征、阿尔茨海默症等。”

他和他的团队将继续研究神经网络的同步性，以确定慢性疼痛和相关认知缺陷的因果关系，这将为制定有效的治疗和预防策略奠定基础。

“神经科学是一门复杂的学科，它涵盖了广泛的生命科学基础，并与其他学科，如物理学和信息技术密切相关，因此我们应该拓展我们在所有这些领域的知识。哲学与认知科学之间也存在着至关重要的联系。研究者应同时运用假说和先进生物技术两个重要驱动力，以探索心灵和认知的哲学之美。”

— 李婴教授



### 重大奖项

- 美国胃肠病协会会员
- 客座首席研究员：中国科学院深圳先进技术研究院脑认知与脑疾病研究所

### 重要项目

- 香港研究资助局优配研究金：
  - 慢性疼痛导致低髓鞘化：大脑回路同步失效和决策障碍的因果机制
  - 慢性内脏痛患者的海马体与前扣带皮层之间的图式和记忆巩固损伤及图式关联相互作用的中介
- 国家自然科学基金委员会及香港研究资助局联合科研资助基金：通过光遗传学激活星形胶质细胞释放L-乳酸来修复内脏高敏大鼠的决策缺陷
- 香港食物及卫生局医疗卫生研究基金：三叉神经痛大鼠前扣带皮层神经网络沟通障碍与决策缺陷有关

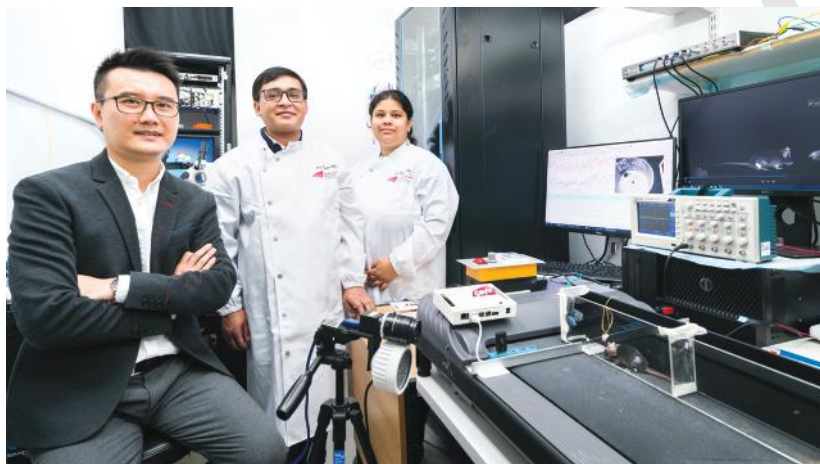
### 出版物选辑

- Hasan, M., Kanna, M.S., Jun, W., Ramkrishnan, A.S., Iqbal, Z., Lee, Y. & Li, Y. 2019, "Schema-like learning and memory consolidation acting through myelination", *FASEB Journal*, vol. 33, no. 11, pp. 11758-11775.
- Wang, J., Tu, J., Cao, B., Mu, L., Yang, X., Cong, M., Ramkrishnan, A.S., Chan, R.H.M., Wang, L. & Li, Y. 2017, "Astrocytic L-lactate signaling facilitates amygdala-anterior cingulate cortex synchrony and decision making in rats", *Cell Reports*, vol. 21, no. 9, pp. 2407-2418.
- Cao, B., Wang, J., Zhang, X., Yang, X., Poon, D.C.-H., Jelfs, B., Chan, R.H.M., Wu, J.C.-. & Li, Y. 2016, "Impairment of decision making and disruption of synchrony between basolateral amygdala and anterior cingulate cortex in the maternally separated rat", *Neurobiology of learning and memory*, vol. 136, pp. 74-85.
- Cao, B., Wang, J., Shahed, M., Jelfs, B., Chan, R.H.M. & Li, Y. 2016, "Vagus nerve stimulation alters phase synchrony of the anterior cingulate cortex and facilitates decision making in rats", *Scientific Reports*, vol. 6.
- Wang, J., Zhang, X., Cao, B., Liu, J. & Li, Y. 2015, "Facilitation of synaptic transmission in the anterior cingulate cortex in viscerally hypersensitive rats", *Cerebral Cortex*, vol. 25, no. 4, pp. 859-868.



# 治疗神经退行性疾病的新神经修复装置

脊髓小脑性共济失调 (SCA) 和帕金森氏症 (PD) 是两种不可治愈的神经退行性疾病, 患者常常会出现运动障碍和运动协调性障碍。城大神经科学系副主任、副教授及实验动物研究中心主任**马智谦博士**, 现正致力于研究新型神经修复装置, 以改善患者的运动症状并提高他们的生活质量。



马智谦博士(左)和他的研究团队。

当大脑或外周神经系统中的神经元随着时间的推移失去功能并最终死亡时, 就会发生神经退行性疾病。马博士专门研究损伤后中枢及外周神经系统再生的内在分子机制, 他采用了多学科的方法, 包括电生理学、分子生物学、解剖学、动物行为学及遗传学, 并致力于推进脑深部电刺激 (DBS) 治疗策略, 以更好地帮助脊髓小脑性共济失调和帕金森氏症患者。

脊髓小脑性共济失调是指一组遗传的、进行性的神经退行性疾病, 其特征是身体平衡、运动协调、言语和动眼神经障碍的丧失, 全世界每十万人中就有五人受到影响。科学家们早已认识到小脑的重要性, 小脑是大脑平衡和精细运动协调的中枢, 是脊髓小脑性共济失调脑深部电刺激的治疗靶点。

## 避免副作用的闭环式脑深部电刺激术

“然而, 传统的开环脑深部电刺激术涉及持续和过度的脑刺激, 具有不良的副作用, 同时也会降低脑深部刺激器的电池寿命, 从而导致置换手术频率增加。据估计, 在帕金森氏症患者中, 超过50%的通过开环脑深部电刺激术持续传递的刺激是不必要的, 患者可通过使用反馈生物标志物来避免过度刺激, 就像在闭环脑深部电刺激术中一样。”马博士解释道。

为避免过度刺激, 马博士和他的研究团队设计了一个“闭环”小脑深部核团 (DCN) 刺激器原型, 仅在检测到肌肉中的症状性肌电图时才会触发。

研究团队目前正在测试这种刺激器原型在共济失调表型的基因工程小鼠中的治疗潜力。他们将通过肌电图记录不同运动阶段的肌肉活动和视频运动学, 并同时记录小脑深部核团的神经活动, 以确定症状性肌电图活动作为闭环脑深部电刺激术的反馈生物标志物。

马博士和他的团队将与生物医学工程系的**田翀博士**合作, 开发一种实时现场可编程门阵列 (FPGA) 算法, 以小脑深部核团的中间核为目标, 闭合共济失调小鼠中的小脑回路。现场可编程门阵列系统旨在实时执行复杂的计算, 在几毫秒内完成一秒所发生的实际活动。在进行进一步的电生理学和运动行为评估后, 研究小组预计脊髓小脑性共济失调小鼠的运动缺陷将在脑深部电刺激术后得到改善, 新的装置会更加耐用, 从而减少副作用。

## 治疗帕金森氏症的新刺激靶位点

马博士的另一个研究重点是帕金森氏症, 这是第二常见的慢性神经退行性疾病, 影响全球610多万人口和中国大约1.7%的60岁或以上人口。

传统的脑深部电刺激术植入是在丘脑腹侧中间核 (VIM)、丘脑底核或苍白球内侧部, 以调节丘脑-皮层-纹状体环路的直接或间接通路。直接和间接通路的失衡会引起输出核团异

常激活, 丘脑和运动皮层过度抑制, 进而导致认知障碍、抑郁和焦虑等不良反应。

鉴于 i) 纹状体核团是大脑中调节直接和间接通路的运动整合中心, ii) 在帕金森氏症患者纹状体核团中检测到的异常局部场电位 (LFP) - 贝塔强度和神经元放电模式与运动功能障碍有关, 马博士正在探索纹状体核团, 将其作为脑深部电刺激术的新靶点。他的研究小组证明, 在两个帕金森氏症小鼠模型中, 对于纹状体核团进行的脑深部电刺激术比对丘脑底核和苍白球内侧部进行的脑深部电刺激术更能有效地改善运动症状。

研究小组将优化脑深部电刺激术参数, 使其仅在检测到与症状相关的生物标志物时才触发。通过与一家美国公司合作, 优化的脑深部电刺激术治疗参数将被用于开发闭环脑深部刺激器的植入式微芯片原型, 将纹状体核团作为脑深部电刺激术的新靶点。

马博士表示: “我们相信, 这项研究的成功不仅能为脑深部电刺激术增加新靶点, 将其副作用减至最低, 还可通过闭环的方式将脑深部电刺激术的发展推向新高度。我们的闭环原型可以最大限度地减少对脊髓小脑性共济失调和帕金森氏症患者的不必要刺激, 从而减少早期干预的副作用。”

### 重大奖项

- 2021年日内瓦国际发明展银奖
- 2018年世界文化理事会特别表彰奖
- 2016年香港城市大学校长嘉许奖
- 2005-2007年裘槎基金会研究奖

### 重要项目

- 香港创新科技署创新及科技基金:
  - 新型脑深部刺激靶点及神经修复装置对于帕金森氏症的治疗潜力
  - 神经运动假体装置治疗脊髓小脑性共济失调的潜力



马博士研究团队研发的闭环脑深部电刺激器原型。

### 出版物选辑及专利

- Asthana, P., Zhang, G., Sheikh, K.A. & **Ma, C.H.E.** 2021, "Heat shock protein is a key therapeutic target for nerve repair in autoimmune peripheral neuropathy and severe peripheral nerve injury", *Brain, Behavior, and Immunity*, vol. 91, pp. 48-64.
- Chine, V.B., Au, N.P.B. & **Ma, C.H.E.** 2019, "Therapeutic benefits of maintaining mitochondrial integrity and calcium homeostasis by forced expression of Hsp27 in chemotherapy-induced peripheral neuropathy", *Neurobiology of Disease*, vol. 130.
- Chen, H., Cho, K.-S., Vu, T.H.K., Shen, C.-H., Kaur, M., Chen, G., Mathew, R., McHam, M.L., Fazelat, A., Lashkari, K., Au, N.P.B., Tse, J.K.Y., Li, Y., Yu, H., Yang, L., Stein-Streilein, J., **Ma, C.H.E.**, Woolf, C.J., Whary, M.T., Jager, M.J., Fox, J.G., Chen, J. & Chen, D.F. 2018, "Commensal microflora-induced T cell responses mediate progressive neurodegeneration in glaucoma", *Nature Communications*, vol. 9, no. 1.
- Cobos, E.J., Nickerson, C.A., Gao, F., Chandran, V., Bravo-Caparrós, I., González-Cano, R., Riva, P., Andrews, N.A., Latremoliere, A., Seehus, C.R., Perazzoli, G., Nieto, F.R., Joller, N., Painter, M.W., **Ma, C.H.E.**, Omura, T., Chesler, E.J., Geschwind, D.H., Coppola, G., Rangachari, M., Woolf, C.J. & Costigan, M. 2018, "Mechanistic differences in neuropathic pain modalities revealed by correlating behavior with global expression profiling", *Cell Reports*, vol. 22, no. 5, pp. 1301-1312.
- Kumar, G., Au, N.P.B., Lei, E.N.Y., Mak, Y.L., Chan, L.L.H., Lam, M.H.W., Chan, L.L., Lam, P.K.S. & **Ma, C.H.E.** 2017, "Acute exposure to pacific ciguatera toxin reduces electroencephalogram activity and disrupts neurotransmitter metabolic pathways in motor cortex", *Molecular Neurobiology*, vol. 54, no. 7, pp. 5590-5603.
- **Ma, C.H.E.** & Au, N.P.B., "Low-dose radiation therapy for traumatic brain injury and stroke", US patent 63/089,607, filed 2020.
- **Ma, C.H.E.** & Au, N.P.B., "Targeting mitochondrial dynamics by mitochondrial fusion promoter M1 as a treatment strategy for nervous system injury", US patent 63/081,371, filed 2020.
- **Ma, C.H.E.**, & Au, N.P.B., "Therapeutic potential of glycopyrrolate and mexiletine for nervous system injury", US patent 63/078,395, filed 2020.
- **Ma, C.H.E.**, Kumar, G., & TIN, C., "Neurostimulation system and method for modulating abnormal motor movement", US patent 16/454,121, filed 2019.



# 杰出科研人员

具有影响力的尖端科技凝聚着孜孜不倦的科研人员的心血, 以下重点介绍几位杰出科研人员的研究成果。

## 解读动理学系统的数学理论

### 杨彤教授

动理学理论主要是对稀薄气体运动及其相关流体力学的研究, 广泛应用于飞机工程、汽车设计、大型建筑物和结构的抗强风能力评估、等离子体和聚变问题等日常生活领域。然而, 仍有许多未解的数学难题引发了许多数学家的兴趣, 包括数学系讲座教授**杨彤教授**。

研究气体和流体的运动有两种基本方法: 利用宏观尺度, 将气体和流体的大尺度作用作为一个整体来考虑; 利用微观尺度, 研究单个分子的运动和相互作用。

在宏观尺度下, 气体和流体被视为一个连续体, 以质量密度、温度和压力等宏观单位来描述气体或液体的流动。在宏观尺度上探究时, 欧拉方程和纳维-斯托克斯方程是流体力学中最著名的方程。

在微观尺度下, 气体和流体被看作是由单个粒子组成的多体系统, 每个系统的运动由经典力学框架内的耦合牛顿方程组控制。由于每个原子都是在三维空间中运动, 计算中就会涉及到大量耦合的牛顿方程。“因此根本没办法去解这样庞大的耦合系统, 也无法指定所有的初始数据。”杨教授解释道。

由于无法逐一求解所有方程, 因此选用统计和概率法。宏观流体力学中的宏观量视为微观尺度下相应微观量的统计平均值。杨教授表示: “这就是动理学理论的用武之地, 它

从介观角度描述了气体和流体的运动, 从而将微观和宏观模型联系起来。”杨教授还补充道: “玻尔兹曼方程是动理学理论中最基本的方程, 大多数已知的动理学模型都可以由它推导出来。”

这些模型的复杂性及其结构的多样性为数学分析提供了一个巨大而丰富的研究领域。

作为香港研究资助局高级研究学者计划的获奖人, 杨教授正利用这笔拨款进一步研究一些典型的动力学模型(包括Vlasov-Maxwell-Boltzmann系统和Vlasov-Nordström-Fokker-Planck系统)中方程解的性态和流体动力学极限, 并希望该项目中的一些分析技巧能用于其他动理学方程组的研究, 从而丰富这一重要领域现有的数学理论。



### 重大奖项

- 2021年世界科学院院士
- 2021年美国数学学会会士
- 2020年香港研究资助局高级研究学者
- 2018年欧洲科学院院士
- 2011年裘槿优秀科研者奖

### 重要项目

- 香港研究资助局高级研究学者计划: 动理学系统的若干数学理论
- 香港研究资助局优配研究金:
  - 电磁流体力学(MHD)边界层理论及其延伸
  - 高雷诺数极限的几种数学理论
  - 贝普朗特(Prandtl)型退化偏微分方程的不稳定性和临界正则指标

### 出版物选辑

- Li, W.-X., Masmoudi, N. & Yang, T. "Well-posedness in Gevrey function space for 3D Prandtl equations without structural assumption", *Communications on Pure and Applied Mathematics*. (accepted)
- Liu, C.-J., Xie, F. & Yang, T. 2019, "MHD boundary layers theory in Sobolev spaces without monotonicity I: Well-posedness theory", *Communications on Pure and Applied Mathematics*, vol. 72, no. 1, pp. 63-121.
- Morimoto, Y., Yang, T. & Zhao, H. 2017, "Convergence to self-similar solutions for the homogeneous Boltzmann equation", *Journal of the European Mathematical Society*, vol. 19, no. 8, pp. 2241-2267.
- Alexandre, R., Wang, Y.-G., Xu, C.-J. & Yang, T. 2015, "Well-posedness of the Prandtl equation in Sobolev spaces", *Journal of the American Mathematical Society*, vol. 28, no. 3, pp. 745-784.
- Bressan, A. & Yang, T. 2004, "On the convergence rate of vanishing viscosity approximations", *Communications on Pure and Applied Mathematics*, vol. 57, no. 8, pp. 1075-1109.
- Liu, T.-P. & Yang, T. 1999, "L1 stability for  $2 \times 2$  systems of hyperbolic conservation laws", *Journal of the American Mathematical Society*, vol. 12, no. 3, pp. 729-774.
- Liu, T.-P. & Yang, T. 1999, "Well-posedness theory for hyperbolic conservation laws", *Communications on Pure and Applied Mathematics*, vol. 52, no. 12, pp. 1553-1586.
- Liu, T.-P. & Yang, T. 1999, "A new entropy functional for a scalar conservation law", *Communications on Pure and Applied Mathematics*, vol. 52, no. 11, pp. 1427-1442.



# 半导体纳米线推动新一代电子器件的发展

## 何颂贤教授

随着纳米技术的进步，人们现在可以将材料制造成不同尺度大小、性能可调的纳米级结构，投入技术应用中。材料科学及工程学系**何颂贤教授**一直致力于合成各种一维、纳米级半导体，用于高性能电子与光电子器件。

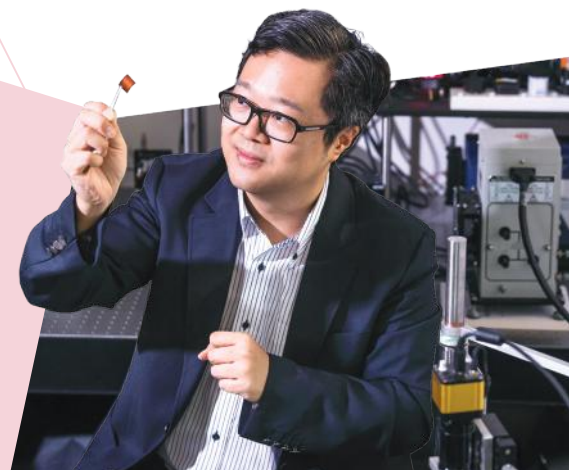
于纳米材料的合成、表征、集成及器件应用，用于各种科技领域。纳米线是一种具有神奇电学性质的一维半导体，具有取代硅的潜力，是他的研究重点之一。

近年来，何教授和他的团队在多种类型半导体纳米线的制备方面取得了突破，涵盖III-V族半导体、卤化物钙钛矿、金属氧化物纳米线等。例如，他们成功地合成了高密度、高结晶的铟镓锑(InGaSb)（一种III-V族半导体化合物）纳米线，具有优越的电学和光

电性能。他们证明了纳米线可以制造成大规模的纳米线平行阵列器件，显示出工业化的潜力。

更重要的是，由高密度半导体纳米线组成的超薄薄膜是如今迅猛发展的可穿戴电子产品领域的重要组成部分，包括移动通信、健康监测和其他智能装置。“半导体金属氧化物纳米线独特的物理性质，如其优异的成分和介电可调谐性，使其成为柔性电子理想的器件沟道材料。”何教授解释道。

在香港研究资助局研究学者计划的资助下，他和他的团队正致力于利用金属氧化物纳米线材料开发机械柔性负电容纳米线晶体管阵列和集成电路。他们的目标还包括建立设计指南，以及多功能和高成本效益的平台，为新一代柔性电子技术的大规模开发提供高性能、超低功耗的器件。



## 重大奖项

- 2020年香港研究资助局研究学者
- 2020年香港城市大学校长嘉许奖
- 2018年世界文化理事会特别表彰奖
- 2018年香港青年科学院创始成员
- 2017-2019年香港城市大学杰出导师奖

## 重要项目

- 香港研究资助局研究学者计划：面向新一代柔性电子的负电容纳米线晶体管阵列及集成电路
- 香港研究资助局优配研究金：
  - 用于高性能薄膜晶体管和集成电路的单晶无铅钙钛矿纳米线平行阵列
  - 基于全无机钙钛矿纳米线的高性能柔性宽带光电探测器
  - 基于多功能纳米材料混合集成的可穿戴有毒气体传感器

## 出版物选辑

- Meng, Y., Li, F., Lan, C., Bu, X., Kang, X., Wei, R., Yip, S.P., Li, D., Wang, F., Takahashi, T., Hosomi, T., Nagashima, K., Yanagida, T. & **Ho, J.C.** 2020, "Artificial visual systems enabled by quasi-two-dimensional electron gases in oxide superlattice nanowires", *Science Advances*, vol. 6, no. eabc6389.
- Li, D., Lan, C., Manikandan, A., Yip, S.P., Zhou, Z., Liang, X., Shu, L., Chueh, Y.-C., Han, N. & **Ho, J.C.** 2019, "Ultra-fast photodetectors based on high-mobility indium gallium antimonide nanowires", *Nature Communications*, vol. 10, no. 1.

- Meng, Y., Lan, C., Li, F., Yip, S., Wei, R., Kang, X., Bu, X., Dong, R., Zhang, H. & **Ho, J.C.** 2019, "Direct vapor-liquid-solid synthesis of all-inorganic perovskite nanowires for high-performance electronics and optoelectronics", *ACS Nano*, vol. 13, no. 5, pp. 6060-6070.

# 开创弹性应变工程和纳米力学的先河

## 陆洋博士

纳米尺度下材料常常有一些让科学家惊讶的有趣特性，而研究纳米材料的力学现象则是机械工程系副教授**陆洋博士**的主要研究兴趣之一。

共价晶体是指原子通过共价键在整个材料中形成连续网络的一类晶体固体。共价晶体包括金刚石、硅和碳化硅(SiC)等化合物。由于共价键合的

牢固性、定向性，它们在宏观尺度上通常是坚硬且脆的（因此在变形之前就会发生断裂）。

科学家发现，和许多其他纳米材料一样，微观尺度下的共价晶体具有一些与宏观尺度下的共价晶体截然不同的性质。例如，陆博士和他的团队发现纳米尺度下的金刚石和硅具有显著增强的弹性。他们的研究成果曾发表在著名科学杂志《科学》上。

这一发现使共价晶体的“弹性应变工程(ESE)”由概念变为现实。ESE指的是通过向晶体材料施加巨大的机械应力或应变来实现不寻常的、理想的功能性质，例如改变半导体中的电子迁移率。目前，ESE已成为优化微电子、光电等领域功能器件性能的有力手段。尽管此前有大量的理论和计

算工作，但对应的实验研究仍然十分有限。

在香港研究资助局研究学者计划的资助下，陆博士和他的团队正在对几种典型共价晶体固体进行纳米力学研究，探索纳米共价晶体在纳米尺度下的形变行为，以及如何通过“应变调控”来调节诸如电子能带隙的变化，从而提高纳米共价晶体的电学特性和光电性能，为进一步的器件应用奠定基础。

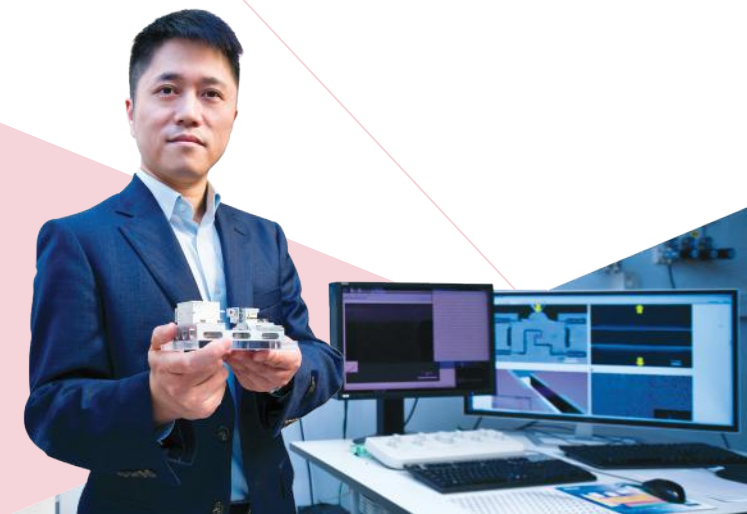
陆博士说：“我们希望该项目能为相关领域提供前所未有的实验细节和定量见解，了解‘深度弹性应变工程’将如何有效地调节纳米尺度下固体材料的功能特性，从而应用于未来的新型装置。”

## 重大奖项

- 2020年香港研究资助局研究学者
- 2019年国家自然科学基金委员会优秀青年科学基金(港澳)
- 2019年香港城市大学杰出研究奖(青年学者)

## 重要项目

- 香港研究资助局研究学者计划：共价晶体的纳米力学及其弹性应变工程
- 香港研究资助局优配研究金：
  - 一维金刚石纳米结构的力学研究
  - 低维纳米结构的弹性应变工程：通过机械拉伸调谐功能性质
- 国家自然科学基金委员会优秀青年科学基金项目：纳米力学



## 出版物选辑

- Dang, C., Chou, J.-P., Dai, B., Chou, C.-T., Yang, Y., Fan, R., Lin, W., Meng, F., Hu, A., Zhu, J., Han, J., Minor, A. M., Li, J. & **Lu, Y.** 2021, "Achieving large uniform tensile elasticity in microfabricated diamond", *Science*, vol. 371, no. 6524, pp.76-78.

- Banerjee, A., Bernoulli, D., Zhang, H., Yuen, M.-F., Liu, J., Dong, J., Ding, F., Lu, J., Dao, M., Zhang, W., **Lu, Y.** & Suresh, S. 2018, "Ultralarge elastic deformation of nanoscale diamond", *Science*, vol. 360, no. 6386, pp. 300-302.

- Zhang, H., Tersoff, J., Xu, S., Chen, H., Zhang, Q., Zhang, K., Yang, Y., Lee, C.-S., Tu, K.-N., Li, J. & **Lu, Y.** 2016, "Approaching the ideal elastic strain limit in silicon nanowires", *Science Advances*, vol. 2, no. 8.



# 发光材料的合成

## 王锋博士

随着照明和显示设备成为我们日常生活中必不可少的一部分，科学家们一直在寻找更高效、可持续的光源。材料科学及工程学系**王锋博士**一直专注研究由镧系元素（15种稀土元素族）和过渡金属离子组成的发光材料的合成及其在光电子器件中的应用。

虽然在过去的十年中，发光二极管（LED）在照明领域的应用迅速取代了传统的钨丝灯和白炽灯，但支持这些LED器件运行的直流电驱动电致发光（DCEL）技术的发展却遇到了瓶颈，例如制造成本高、器件稳定性极易受到水和氧气的影响、难以制成可拉伸的柔性器件等。

与DCEL相比，交流电致发光（ACEL）是一种有效的替代方法。其性价比高、稳定性好，而且耗能少；但由于缺乏可用的ACEL材料，其发展受到了极大的阻碍。

借助香港研究资助局研究学者计划的基金支持，王博士专注于开发一种新型的基于硫氧锌钙（CaZnOS）

的ACEL材料，取代传统的硫化锌（ZnS）。CaZnOS容许稀土掺杂，从而实现在紫外到近红外全光谱中进行光学调控，为先进光电子器件的设计提供新机会。

凭借近20年的镧系发光材料研究经验，王博士近年来带领其团队探索了镧系掺杂氟化物核壳纳米晶中近红外到可见光或紫外的上转换发光现象。值得一提的是，王博士提出了一种通用方案，用于合成可调谐核颗粒尺寸和壳层厚度的核壳纳米晶体。他提出的核-壳纳米结构设计利用超高的掺杂浓度实现了前所未有的高发光效率和光谱可调谐性。

他还开创了一些上转换纳米晶体的应用，如上转换激光和光遗传学。

### 重大奖项

- 2020年香港研究资助局研究学者
- 2019年亚洲化学学会联合会亚洲新星
- 2019年香港城市大学校长嘉许奖及杰出导师奖
- 2018年入选科睿唯安发布的“高被引科学家(跨领域)”名单

### 重要项目

- 香港研究资助局研究学者计划：镧系掺杂半导体异质结的可控合成及其在场致发光柔性显示器件中的应用
- 香港研究资助局优配研究金：
  - 颜色可调的柔性力致发光复合材料的研究
  - 基于高掺杂上转换纳米晶的深紫外微型激光器研究
  - 镧系掺杂发光微晶体的研究



### 出版物选辑

- Zhao, J., Chen, B. & **Wang, F.** 2020, "Shedding light on the role of misfit strain in controlling core-shell nanocrystals", *Advanced Materials*, vol. 32, no. 46.
- Peng, D., Jiang, Y., Huang, B., Du, Y., Zhao, J., Zhang, X., Ma, R., Golovynskyi, S., Chen, B. & **Wang, F.** 2020, "A ZnS/CaZnOS heterojunction for efficient mechanical-to-optical energy conversion by conduction band offset", *Advanced Materials*, vol. 32, no. 16.
- Du, Y., Jiang, Y., Sun, T., Zhao, J., Huang, B., Peng, D. & **Wang, F.** 2019, "Mechanically excited multicolor luminescence in lanthanide ions", *Advanced Materials*, vol. 31, no. 7.
- Sun, T., Li, Y., Ho, W.L., Zhu, Q., Chen, X., Jin, L., Zhu, H., Huang, B., Lin, J., Little, B.E., Chu, S.T. & **Wang, F.** 2019, "Integrating temporal and spatial control of electronic transitions for bright multiphoton upconversion", *Nature Communications*, vol. 10, no. 1.

- Chen, X., Jin, L., Kong, W., Sun, T., Zhang, W., Liu, X., Fan, J., Yu, S. F. & **Wang, F.** 2016, "Confining energy migration in upconversion nanoparticles towards deep ultraviolet lasing", *Nature Communications*, vol. 7.

# 新型肿瘤免疫治疗中罕见细胞的研究

## 周筠庭博士

癌症免疫疗法给许多癌症患者带来了希望，但迄今为止该疗法只能用于特定类型的癌症。为改善目前的免疫疗法，并设计新的免疫疗法来治疗目前无法治愈的癌症，生物医学系的**周筠庭博士**一直致力于研究免疫系统，尤其是一种罕见的免疫细胞如何靠自身机制对抗癌症。

“我一向都对我们自身的免疫系统很惊叹。从极微细的病毒到肉眼看到的寄生蠕虫，以及其他种种外来

物，我们的免疫系统时时刻刻都在保护我们免受侵害。”曾获得2019年裘槎前瞻科研大奖的周博士说。“现在我们知道免疫系统不仅仅能对抗外来入侵，还能对抗我们体内自身衍生的癌细胞。免疫治疗不会杀死健康的细胞，与传统的放疗、化疗等治疗方法不同，因此少了很多副作用。”

周博士经历过亲人跟癌症搏斗的辛苦，也在儿科肿瘤实验室工作时亲眼目睹癌症对一些家庭的毁灭性影响。自此之后，周博士开始致力于研究免疫系统如何对抗癌症。她的目标是研发出新的免疫疗法来帮助癌症患者，尤其是那些目前无法治愈的癌症病患。

她在城大成立了实验室深入研究人体对癌症的免疫反应，尤其是在我们血液中细胞占比不到1%的特殊

免疫细胞类型—浆细胞样树突状细胞（pDCs）如何帮助人体对抗癌症。

pDCs是人体内至关重要的病毒抵抗者。而最近的研究表明，它们不但存在于肿瘤中，如激活它们可以提高某些癌症动物模型中患病动物的存活率，表明pDCs或有抗癌作用。通过研究pDCs的基因网络，周博士的研究小组发现，除了对抗病毒外，它们具备不同的功能来对抗不同危险。该小组正在研究有关这些细胞如何有效抗癌的线索。

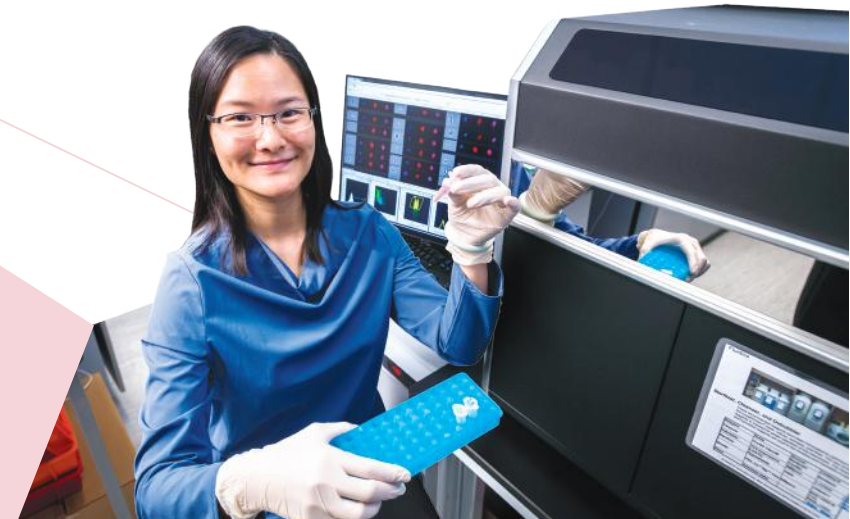
最近，她的团队发现肝癌细胞可抑制pDC功能，表明癌细胞有办法逃避免疫反应。他们将研究癌细胞如何战胜免疫系统的确切机制，为设计能“重新激活”肿瘤中的pDCs的新免疫疗法提供线索。

### 重大奖项

- 2019年裘槎前瞻科研大奖

### 重要项目

- 裘槎前瞻科研大奖：利用浆细胞样树突状细胞进行癌症免疫治疗



### 出版物选辑

- Wang, M., Lim, K.H. & **Chow, K.T.** 2019, "Native polyacrylamide gel electrophoresis immunoblot analysis of endogenous IRF5 dimerization", *Journal of Visualized Experiments*, vol. 2019, no. 152.
- **Chow, K.T.**, Driscoll, C., Loo, Y.-M., Knoll, M. & Gale, M., Jr. 2019, "IRF5 regulates unique subset of genes in dendritic cells during West Nile virus infection", *Journal of Leukocyte Biology*, vol. 105, no. 2, pp. 411-425.
- **Chow, K.T.**, Wilkins, C., Narita, M., Green, R., Knoll, M., Loo, Y.-M. & Gale, M. 2018, "Differential and overlapping immune programs regulated by IRF3 and IRF5 in plasmacytoid dendritic cells", *Journal of Immunology*, vol. 201, no. 10, pp. 3036-3050.
- **Chow, K.T.**, Gale, M., Jr. & Loo, Y.-M. 2018, "RIG-I and other RNA sensors in antiviral immunity", *The Annual Review of Immunology*, 36:667-694.
- **Chow, K.T.** & Gale, M., Jr. 2015, "SnapShot: Interferon signaling", *Cell*, vol. 163, no. 7, pp. 1808-1808.e1.



# 揭开RNA结构的神秘面纱

## 郭骏杰博士

自20世纪50年代脱氧核糖核酸(DNA)分子结构被首次阐明后,现代分子生物学诞生,主要研究基因如何控制细胞内的生化过程。一般认为,DNA转录生成核糖核酸(RNA),RNA编码生成蛋白质,而蛋白质构成人体细胞的重要组成部分。然而,细胞中95%以上的RNA并不能编码蛋白质(非编码RNA),那么这95%的RNA有何用途呢?化学系助理教授**郭骏杰博士**致力于研究非编码RNA结构的作用、它们在基因组中的相互作用,以及它们与基因调控、RNA代谢和疾病的相关性。

长链非编码RNA(lncRNA)是非编码RNA的一种,也是郭博士的研究重点之一。有关的研究为他赢得了2019年裘槎前瞻科研大奖。他指出,目前学术界已在人体内发现了15,000多条长链非编码RNA,然而,了解其功能的只有大约200条。

郭博士的团队正在研究长链非编码RNA的结构及其与其它生物分子(如蛋白质)间的相互作用。最近,郭博士及其研究团队发现长链非编码RNA会与不同的蛋白质相互作用,如RNA解旋酶(参与RNA代谢的蛋白质家族),以调节肌源性分化。

郭博士还对RNA的一种特殊结构,即RNA G-四链体(RNA G-quadruplexes)感兴趣。他最近的一项研究揭示了植物中RNA G-四链体的存在,发现RNA G-四链体结构在植物发育和生长中充当重要调节因子。

郭博士表示:“我们的长远目标是研究RNA在细胞分化、应激生理及疾病中的核心作用,以揭示RNA介导的基因调控,并为潜在的生物技术应用提出针对性策略,以改善人类生活质量。”

郭博士的另一个研究重点是借助(生物)化学技术来破译RNA中隐藏的信息层。他最近开发了多种全转录组结构测序法,包括“Structure-seq”、“rG4-seq”、“SHALiPE-seq”、“DMS/SHAPE-LMPCR”,来检测低丰度的RNA结构,使得以前由于灵敏度或RNA可用性的限制而无法开展的活细胞研究成为可能。

目前,郭博士还在开发针对重要RNA结构和相互作用的检测、成像和干预的目标工具,有望助力于生物传感、诊断和治疗应用。

### 重大奖项

- 2019年裘槎前瞻科研大奖
- 2019年香港城市大学校长嘉许奖

### 重要项目

- 裘槎前瞻科研大奖:破译长链非编码RNA结构、相互作用及其在骨髓肌源性分化中的功能
- 香港研究资助局优配研究金:
  - 人类非编码转录组中RNA G-四链体结构的定位与靶向研究
  - 探讨3'非翻译区核糖核酸G-四链体结构对小分子核糖核酸靶位点可及性和翻译调控中的影响

### 出版物选辑

- Umar, M.I. & **Kwok, C.K.** 2020, “Specific suppression of D-RNA G-quadruplex-protein interaction with an L-RNA aptamer”, *Nucleic Acids Research*, vol. 48, no. 18, pp. 10125-10141.
- Yang, X., Cheema, J., Zhang, Y., Deng, H., Duncan, S., Umar, M.I., Zhao, J., Liu, Q., Cao, X., **Kwok, C.K.** & Ding, Y. 2020, “RNA G-quadruplex structures exist and function in vivo in plants”, *Genome Biology*, vol. 21, no. 1.
- Chan, C.-Y. & **Kwok, C.K.** 2020, “Specific binding of a d-RNA G-quadruplex structure with an l-RNA aptamer”, *Angewandte Chemie - International Edition*, vol. 59, no. 13, pp. 5293-5297.
- **Kwok, C.K.**, Marsico, G., Sahakyan, A.B., Chambers, V.S. & Balasubramanian, S. 2016, “rG4-seq reveals widespread formation of G-quadruplex structures in the human transcriptome”, *Nature Methods*, vol. 13, no. 10, pp. 841-844.

- Ding, Y., Tang, Y., **Kwok, C.K.**, Zhang, Y., Bevilacqua, P.C. & Assmann, S.M. 2014, “In vivo genome-wide profiling of RNA secondary structure reveals novel regulatory features”, *Nature*, vol. 505, no. 7485, pp. 696-700.
- **Kwok, C.K.**, Ding, Y., Tang, Y., Assmann, S.M. & Bevilacqua, P.C. 2013, “Determination of in vivo RNA structure in low-abundance transcripts”, *Nature Communications*, vol. 4.

# 面向光通信系统的高性能光子芯片

## 王骋博士

当今全球数据中心的耗电量约占全球用电量的1%,相当于整个英国用电量的近七成。随着信息服务和计算密集型应用程序的迅速增长,预计这一数字还会进一步增加。由于数据中心的一项主要耗电量来自连接服务器的众多光纤网络,电机工程学系助理教授**王骋博士**(同时也是2020年裘槎前瞻科研大奖的获奖者)正通过开发小型化的高性能集成光子芯片来解决这一问题。

王博士表示:“通过用芯片级的集成光子器件取代现有笨重和昂贵的分立光学元件,我们可以为光通信、量子光子学、毫米波和太赫兹光

学提供更快、更节能和更经济的解决方案。”

此前,城大与哈佛大学和著名信息技术实验室“诺基亚贝尔实验室”开展合作,成功研制了一种微型片上铌酸锂调制器,其尺寸比目前的铌酸锂调制器小100倍,效率高20倍,光损耗低10倍,王博士为该项研究的主要作者之一。

电光调制器是现代通信中的关键部件,用于将计算设备(如电脑)中的高速电子信号转换成光信号,然后再通过光纤传输。但目前常用的铌酸锂调制器需要3V~5V的高驱动电压,大大高于典型互补式金属氧化物半导体(CMOS)电路所提供的1V电压,因此需要额外的电放大器以实现电压匹配。但这便使得整个装置体积

庞大,价格昂贵,而且耗能升高。

通过开发先进纳米制造方法,该团队成功将铌酸锂集成在一个小芯片上。这种微型片上铌酸锂调制器的效率很高,数据传输速度更快,数据带宽从35G赫兹提高到100G赫兹,但能耗更少,光损耗也极低。

作为城大太赫兹及毫米波国家重点实验室的成员,王博士正在研究这项技术在5G通讯及其他领域的应用。他还致力于扩大铌酸锂光子学的规模,用于未来的光电子学。

作为一名研究人员,王博士对在探索和创新的过程中可能遇到的巨大可能性非常着迷。“我们所取得的成就往往是意想不到的。但随着学科间的互动,将我们的科研成果投入到社会应用中,我们可能会产生一些全新的概念和现象,这很有启发意义。”王博士说。

### 重大奖项

- 2020年裘槎前瞻科研大奖
- 2020年香港城市大学校长嘉许奖
- 2019年国家自然科学基金委员会优秀青年科学基金(港澳)
- 2019年香港研究资助局杰出青年学者计划

### 重要项目

- 裘槎前瞻科研大奖:面向未来光电子系统的大规模铌酸锂光子芯片
- 国家自然科学基金委员会及香港研究资助局联合科研资助基金:频率编码铌酸锂量子光子集成电路
- 香港研究资助局优配研究金:纳米光子铌酸锂波导中的高效太赫兹产生
- 香港研究资助局杰出青年学者计划:用于毫米波应用的集成铌酸锂光子学技术
- 国家自然科学基金委员会优秀青年科学基金项目:集成光子学器件

### 出版物选辑

- Zhang, M., Buscaino, B., **Wang, C.**, Shams-Ansari, A., Reimer, C., Zhu, R., Kahn, J.M. & Lončar, M. 2019, “Broadband electro-optic frequency comb generation in a lithium niobate microring resonator”, *Nature*, vol. 568, no. 7752, pp. 373-377.
- Zhang, M., **Wang, C.**, Hu, Y., Shams-Ansari, A., Ren, T., Fan, S. & Lončar, M. 2019, “Electronically programmable photonic molecule”, *Nature Photonics*, vol. 13, no. 1, pp. 36-40.

- **Wang, C.**, Zhang, M., Yu, M., Zhu, R., Hu, H. & Lončar, M. 2019, “Monolithic lithium niobate photonic circuits for Kerr frequency comb generation and modulation”, *Nature Communications*, vol. 10, no. 1.
- **Wang, C.**, Zhang, M., Chen, X., Bertrand, M., Shams-Ansari, A., Chandrasekhar, S., Winzer, P. & Lončar, M. 2018, “Integrated lithium niobate electro-optic modulators operating at CMOS-compatible voltages”, *Nature*, vol. 562, no. 7725, pp. 101-104.

- **Wang, C.**, Li, Z., Kim, M.-H., Xiong, X., Ren, X.-F., Guo, G.-., Yu, N. & Lončar, M. 2017, “Metasurface-assisted phase-matching-free second harmonic generation in lithium niobate waveguides”, *Nature Communications*, vol. 8, no. 1.



# 资料与数据

## 大学排名

**#4** Quacquarelli Symonds (QS)  
2021年「建校未满50年全球最佳学府」

**#48** QS 2021年世界最佳大学排名

## 商学院

**#36** 百强商学院【亚洲第3位】  
德克萨斯大学达拉斯分校 (UTD)  
2015-2019年百强商学院科研排名

## 工学院

**#16** 工程【香港第2位】 | **#20** 电子电气工程【香港第1位】

美国新闻与世界报道 - 2021年全球最佳大学排名

**#14** 自动化与控制系统【香港第1位】 | **#14** 通信工程【香港第1位】

世界大学学术排名 (ARWU) - 2020年世界一流学科排名

## 人文社会科学院

**#22** 公共管理【亚洲第1位】  
世界大学学术排名 (ARWU) - 2020年世界一流学科排名

**#35** 社会政策与行政管理【亚洲第7位】 | **#38** 传媒研究【亚洲第5位】

2020年QS世界大学学科排名

## 理学院

**#56** 数学【香港第2位】

美国新闻与世界报道  
- 2021年全球最佳大学排名

## 能源及环境学院

**#30** 能源与燃料【香港第1位】

美国新闻与世界报道  
- 2021年全球最佳大学排名

## 法律学院

**#31** 法律

泰晤士报高等教育 (THE)  
2021年世界大学学科排名

## 学术人员

**70%** 国际学术人员百分比 | **35** 国际学术人员来自的国家/地区数目

## 研究

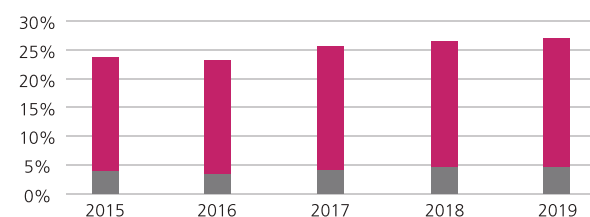
**14** 鹰选为科睿唯安 (Clarivate)  
2020年“高被引科学家”的  
教研人员数目

**#香港第1位** 全球首100家获颁最多美国专利的  
大学 (2016-2019年, 连续四年)

**#香港第1位** QS世界大学排名2017至2021年  
间“论文引用数量”的五年平均值

## 城大高被引用文章的比例

城大的出版物在全球被引用最多的出版物中所占比例

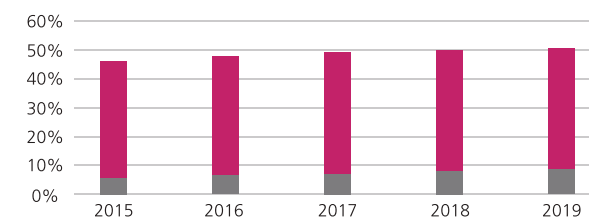


■ 被引用率最高的10%的出版物中所占百分比  
■ 被引用率最高的1%的出版物中所占百分比

资料来源: SciVal® 2021年1月

## 在顶级期刊上发表文章的比例

按CiteScore百分位数计算, 城大在顶级期刊上发表刊物所占比例



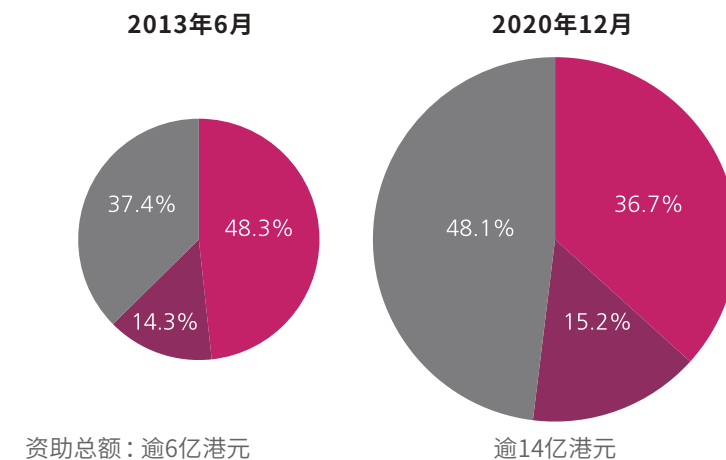
■ 在排名前10%的期刊中发表刊物的百分比  
■ 在排名前1%的期刊中发表刊物的百分比

资料来源: SciVal® 2021年1月

## 研究资助

■ 香港研究资助局  
■ 香港创新科技署创新及科技基金  
■ 其他校外资助\*

\*其他校外资助包括:  
裘槎基金会、合约研究、捐款、政府资助的  
其他项目等。



资助总额: 逾6亿港元

逾14亿港元



# 研究中心及设施

城大成立了42个研究院、研究中心和实验室,促进跨学科及问题导向式的研究,造福社会,其中包括两个国家重点实验室和一个中国国家工程研究中心。

大学还与中国科学院联合建立了四个研究实验室。

详情可浏览 [www.cityu.edu.hk/research](http://www.cityu.edu.hk/research)。

## 大学级别研究学院



### ▶ 香港高等研究院

该研究院拥有一支由世界知名学者组成的跨学科团队,包括诺贝尔奖得主和院士,怀着对科研的好奇,不断探索研究。



### ▶ 香港数据科学研究院

这是一个为研究人员和从业人员利用大数据功能而搭建的领先数据科学平台。

## 研究设施亮点



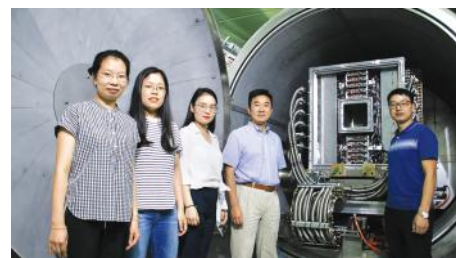
### ▶ 三维原子探针联合研究实验室

三维原子探针是当今先进材料微观结构的分析技术,可用接近原子解像度作三维影像及量化化学分析,以便进行先进材料研究。



### ▶ 实验动物研究中心

该研究中心通过畜牧业服务满足动物研究的需要,已获得质量管理体系ISO 9001:2015认证。



### ▶ 中子散射研究中心

该设施为研究中应用中子散射探测结构和动力学问题的新手研究人员提供咨询、培训和协助。



### ▶ 高效能电脑运算设施: CityU Burgundy

这项高效能电脑运算设施的设立,创香港高等院校先河,为需要密集电脑运算和实验型的研究提供了支持。

### 香港城市大学副校长室(研究及科技)

(852) 3442 9040

[vprr@cityu.edu.hk](mailto:vprr@cityu.edu.hk)

[www.cityu.edu.hk/research](http://www.cityu.edu.hk/research)

谨向在本出版物制作过程中提供协助的所有教研及工作人员致以衷心谢意。

© 香港城市大学 2021年5月





香港城市大學  
City University of Hong Kong



[www.cityu.edu.hk/research](http://www.cityu.edu.hk/research)