

量子测控一体机：
量子计算机小型化的第一步

■本报记者 赵广立

回顾计算机发展史，电子计算机在20世纪50年代刚刚被发明出来时体积巨大，首台电子计算机“ENIAC”占地170多平方米，发展至今才成为可以握在手中的设备。眼下，正处于起步阶段的量子计算机，似乎也在重复当年的故事——要实现量子芯片的精准操控，需动用的仪器设备也要占满整个房间。

以史为鉴，量子计算机的小型化势在必行。

今天，这一历史进程正在上演。最近，来自中科院量子信息重点实验室的研究团队从量子计算机的外设硬件设备入手，研制了一套精简、高效的量子计算机控制系统——“量子测控一体机”，并将其“控制系统”的功能集成在一台行李箱大小的仪器之中，踏上了量子计算机小型化的第一步。

这套系统具有“小型化、专业高效、国产化水平较高”等特点，中科院量子信息重点实验室副主任郭国平对《中国科学报》说：“这是国内量子计算领域前进的重要一步。”

自主研发

量子计算机控制系统，是指除量子芯片之外量子计算机所有的外部硬件，类似于经典计算机的主板、内存、存储器、电源等一系列部件的总称。

“量子计算是新兴产业，国外发展较早，但科学家们关注更多的是量子芯片的性能提升，而忽视其控制系统的更新迭代。”郭国平告诉记者，大部分致力于量子芯片研究的团队都是用现有的设备搭建控制系统，但这样成本高且效率低。因此，研发专门针对量子计算的优化控制设备，就显得迫在眉睫。

郭国平介绍说，为了满足量子计算实验研究的需要，以中科院院士郭光灿领衔的量子计算研究团队很早便开始尝试量子计算机控制系统的搭建。后来，由该团队创立的、致力于推动量子计算机走向应用的我国第一家量子计算公司——“本源量子”成立，



本源量子测控一体机

“大部分致力于量子芯片研究的团队都是用现有的设备搭建控制系统，但这样成本高且效率低。因此，研发专门针对量子计算的优化控制设备，就显得迫在眉睫。”

量子计算机控制系统的研发也就成了本源量子的重要研发项目。

“我们专门设立一个部门来开展相应的研发工作。”郭国平说，在前期技术积累的基础上，机制更灵活的本源量子很快组织工程师团队进行技术攻关和系统研发，切切实实地在工程上建成了这一设备。

经过不断的技术摸索及实验测试，我国首台自主研发的量子计算机控制系统于2018年12月正式亮相。郭国平向记者表示，自发布后，有多个科研院所联系其团队询问量子测控一体机的相关情况。

一专多能

量子测控一体机最基本功能是提

供量子芯片运行所需的关键信号，同时负责对量子芯片传回信息的处理，并执行对量子计算机程序的编译。也就是说，量子测控一体机通过提供量子芯片的运行环境与接口，提供量子芯片所需的精密信号的生成、采集、控制与处理，使得量子芯片最大程度发挥其性能优势。

记者了解到，量子测控一体机采用模块化设计，当前发布的版本包含四种功能模块，总计40个功能通道，功能通道之间通过PCIe高速扩展总线互连，实现一体化，可直接支持8位超导量子芯片或者2位半导体量子芯片。在使用过程中，还可以将其升级至最多200通道，以支持更高性能的量子芯片。

郭国平透露，目前其团队已经开发了半导体2比特量子芯片以及超导6比特量子芯片，这两种工艺路线均在量子测控一体机上得到良好支持。

“目前本源量子可提供多种版本的量子测控一体机，支持超导与半导体量子芯片，这也是世界上首台可以同时支持两种不同固态量子计算技术路线的集成化测控设备。”郭国平告诉《中国科学报》，“同时，我们正在研制适用于离子阱、金刚石、NEMS等更多量子物理体系研究需要的系统级方案以及独立功能模块。”

本源量子公司董事长、量子测控部总监孔伟成介绍说，量子测控一体机将主要应用于量子芯片的测试研究与量子计算机的原理搭建等场景，此外，其本身作为高端仪器仪表，还可应用于精密测量、基础科学研究、雷达探测等更广泛的领域中。

优势多多

郭国平告诉《中国科学报》，量子测控一体机的核心指标以及模块设计均由其技术团队独立研发而成，模块设计采用的是“完全多功能一体化方式”，这与当今发布的其他几款由商用仪器搭建的量子计算机控制系统有明显区别。

郭国平对记者说，当前由于我国高端仪器仪表严重依赖进口，传统的量子计算控制系统多使用国外进口商业仪器搭建，成本高昂(超千万元)且功能冗余、兼容性差；而专门针对量子芯片设计的量子测控一体机，不仅功能专精、性能优异，成本也可节约一半以上(批量生产成本仍有下降空间)。

“这套设备的优势主要来自于高度的集成化，相当于把很多台不同功能的设备融合到一台设备中去，专为量子计算优化设计，从而带来功能上的专精、性能上的优势，精度更高、速度更快、成本更低，仪器占用空间小并且方便携带。”基于此，郭国平说，“我们认为小型化、集成化是量子测控设备发展的趋势，终究会替代原来的系统。”

郭国平告诉《中国科学报》，这也是量子计算走向商业化所必须经过的关键环节。“量子计算机控制系统是搭建量子计算机的重要部分，其小型化之路将会推动量子计算机朝着集成度更高的方向发展，这是未来量子计算机发展的趋势。”

此外，郭国平对记者表示，目前量子测控一体机的一些元部件已经国产化，在其可应用的多个领域，高端仪器依赖进口的局面或将改善。

推动量子计算机研发

值得一提的是，量子测控一体机还将随着量子芯片的发展而迭代。“随着芯片位数的提高，其对控制系统的要求也相应提高。”郭国平告诉记者，这其中有不少挑战：必须满足量子芯片对于信号生成、采集的指标需求，满足量子芯片在运行时对信

号控制与处理的指标需求；在利用量子芯片实现量子信息处理应用时，从量子计算机控制系统不同信号接口处输入输出的信号需要满足更加严格的逻辑关系。

“我们需要对量子芯片运行时的一切指标需求进行严格的考核论证，理解量子信息处理的本质以及实际工作方式，以便针对性地研发满足指标的量子计算机控制系统，这是一个技术难点。”郭国平说道。

孔伟成则表示，未来本源量子研发团队将对量子测控一体机进行持续改进升级，使其向着集成度更高、信号指标更高、模块化独立产品、量子计算机汇编语言等多个方向优化，并满足更多量子芯片的测控需求。

量子测控一体机的研发，也将大大推动量子计算机的研发进程。

“量子测控一体机的研发成功，使得我们可以进入到整个量子计算机系统的集成工作中来。这个过程需要一些时间，除了硬件上的适配和调试之外，包括控制程序、量子算法程序等软件相关的调试也都在紧张地进行之中。”郭国平对记者说，调试完成之后还要进行一段时间的运行测试，以确保整个系统的正常、可靠运行，同时也会给下一步的研发提供相关数据。

而对于何时推出量子计算机样机，郭国平表示，“我们会根据各个集成测试模块的进度来调整工作内容的安排”。他强调，量子计算机的研发是一个长期的工作，这里面包含“开发—测试—迭代开发”这样不断向前演进的研发周期。“我们今年内计划完成几个阶段性的开发和测试工作；在合适的时机，我们会推出量子计算机样机。”



小学生上台献花称“长大要做科学家或工程师”。

尚敬等70人获
“杰出工程师”称号

本报讯1月13日，中国科学院交流基金会(简称“科基会”)联合苏州市人民政府、中国教育电视台在北京人民大会堂举行第三届“杰出工程师”颁奖典礼，对中车时代电气总工程师尚敬等40名“杰出工程师”和30名“杰出工程师青年奖”获得者进行表彰。

“杰出工程师”由科基会发起，经科技部和国家科学技术奖励工作办公室批准设立。该奖每两年评选一次，旨在奖励和表彰在全国生产建设一线做出突出贡献的工程技术人员，大力弘扬“责任、创新、协同”的中国工程师精神。

据介绍，本届“杰出工程师”评选活动于2018年4月启动，由科基会组织的各领域知名院士专家组成评审委员会，对各行业协会推荐的候选人进行评选。据了解，本次评选的40位

“杰出工程师”获得者共获得国家科技进步奖和国家发明奖60项，省部级科技进步奖和发明奖151项，拥有发明专利771余件；30位“杰出工程师青年奖”获得者共获得国家科技进步奖和国家发明奖10项，省部级科技进步奖和发明奖66项，拥有发明专利695余件。

颁奖典礼上，主办方还向中国电子科技集团第四十一研究所、中国生物技术股份有限公司、中国恩菲工程技术有限公司、有研科技集团有限公司、金发科技股份有限公司、中国移动通信有限公司研究院、江苏苏博特新材料股份有限公司、北京雪迪龙科技股份有限公司、中国煤炭科工集团有限公司及亨通集团有限公司等十家企业颁发了“工程科技人才贡献奖”，以表彰它们在工程科技人才培养方面作出的贡献。(赵广立)

■智造论坛

AI的产业价值由大数据驱动

■邓志东

怎么理解新一代人工智能？人工智能实际上是模拟、衍生和扩展人类智能行为的一门集理论、方法、技术、系统在内的综合性学科。人工智能主要包括感知智能和认知智能。感知智能简单来说就是不需要思考，一秒钟能够做出反应；认知智能，即在我们的记忆、推理、决策、思维、意识等。

新一代人工智能的进展主要包括：大数据驱动的感知智能取得了突破性进展；以阿尔法狗为代表的深度学习强化学习在动态博弈类决策问题上取得了超过人类水平的进展；能够通过对抗的方式生成超越真度、超真实感数据的深层次对抗神经网络取得了非常重要的进展。

其中对工业、产业、产品开发和产业发展最重要的就是大数据的人工智能。人工智能真正产生产业价值，实际上是大数据驱动的，它的供应链价值或产业链价值主要体现在大数据或大计算能力支撑下的深度学习学习方法在感知智能上取得的突破。

所以它的产业价值就是能够带来感知能力、直觉能力，包括文本分类能力。简单说就是计算机视觉、语音识别、文本分类，包括机器翻译等端到端、通过学习而不是以前通过人为设计特征这种方式的一种能力。它能够带来这样的方式，是它最大的能力。但是它需要大数据，需要大计算能力，不具有小样本举一反三的能力，识别结果是不可检视的，不能从认知理解角度对识别理解给予可解释性，也没有鲁棒性，没有记忆能力，甚至连常识都处理不了。现在的人工智能是一个弱人工智能，是整个人工智能发展过程中非常初步的阶段，但确实能够带来产业价值。

人工智能落地如此困难，就是因为我们现在对人工智能没有深刻或本质的理解，所以现在人工智能能够做的事情是非常有限的，主要包括四个维

度：大数据、计算能力、算法、应用场景。

现在最关键的是应用场景，要选择一个细分的垂直应用领域，解决特别具体的问题。认为它是灵丹妙药，找一个高人来，马上就可以把人工智能遍地开花，这是不可能的。

所谓人工智能就是人工+智能，实际上，它是把人工通过标签的形式转移给机器，然后赋予它智能，所以有多少人工就有多少智能，有多高水平的人工就有多高水平的智能。比如医疗中的CT，这种标签不是给普通人做的，需要国际顶尖医生来做标签，这样人工智能达到的水平就是国际顶尖医生的水平，否则就是一个普通医生的水平。

怎么在制造业里落地呢？其实就是要选定一个特定的非常具体的问题。这个问题有什么条件呢？信息化技术比较好，做数字化、网络化，能够源源不断产生大数据，然后对数据进行采集、积累、做清洗、标签，控制标签，对标签进行审核，基本上是80%以上的人力或精力要投入到特定问题、细分问题上做标签。

我们现在看到很多新闻报道说人工智能超过人很多，比如人脸识别，因为它具有完备的数据。真正到人工智能落地的时候，是一个开放环境，是没有完备的大数据的。在这种情况下就不一定能做到人的水平，这是现在算法的缺陷。在这种前提条件下，我们做数据工程，做高质量的大数据，把它转移过去，去赋予它人的智能，让它具有人的水平，在视觉听觉这种感知能力上接近人的水平，它就有产业价值。

从产线角度来说，比如单批生产设备，要机器人化，这样可以做成自动化，可以代替人，提高效率或质量。整个车间生产设备本身的自动化，也靠人工智能来实现。所以人工智能不管是从信息空间还是从物理空间来说，



邓志东

“AI把人工通过标签的形式转移给机器，然后赋予它智能，所以有多少人工就有多少智能，有多高水平的人工就有多高水平的智能。”

我们把它叫做信息物理空间(CPS)。实际上智能制造，包括新零售、新制造都是在CPS，一部分是虚拟的信息空间，一部分是实体空间或者物理空间；一部分是网络的，比如说互联网，一部分是实体的，比如说生产设备或实体店、实体店分销商。这两部分都需要人工智能的赋能，实现智能化，提高生产效率，同时带来产品品质的提升。

(作者系清华大学智能技术与系统国家重点实验室教授、中国人工智能产业创新联盟专家委员会主任，本报记者赵利利其在2019中国智能制造论坛上的发言整理)

■纵览

华中科大数字PET核心器件
获欧洲名校点赞

近日，国际权威期刊《物理研究中的核仪器和方法》在线发表了比萨大学医学物理学院院长、物理学教授阿尔贝托的一篇综述论文。在这篇题为“硅光电倍增器的医学应用”的文章结尾，阿尔贝托指出，(华中科技大学的)基于标准CMOS工艺集成片上微电子学电路的硅光电倍增器是新一代的方向，一旦成功应用，将使基于越来越定量的医学影像的早期诊断、预后及治疗等医学前进一大步。

光电倍增管(PMT)是目前应用最广泛的光电探测器，其技术和市场一直被欧美等国家垄断。相比PMT固有的技术瓶颈，由苏联研制出的SiPM具有增益高、灵敏度高、偏置电压低、对磁场不敏感等特点，被认为是可以取代PMT、广泛应用于各个领域的新型光电探测器器件。

2008年，谢庆国与SiPM的先驱、莫斯科工程物理学院教授道格西恩通过国际合作项目开展了关于PET/MRI关键部件方面的研究。经过十年的努力，华中科技大学数字PET团队终于在2017年成功开发出全数字SiPM，并于2018年实现了产品化。

据介绍，新一代SiPM采用数字PET团队发明的MVT(解释说明)采样方法，解决了模拟SiPM多通道数据谈出的瓶颈问题，并具有亚纳秒级响应速度、单光子级灵敏度和低噪声等特性，性能达到国际一线水平。

谢庆国表示，医学影像的数字化一直是重大挑战。自主研发的全数字SiPM可在光电转换这个环节实现更精确的量化信息，对实现PET成像的数字化意义重大。这意味着PET成像不仅仅是功能活度的可视化呈现，更能提供精准、定量的生化、代谢的数据信息，为医生提供“绝对值”数据，未来的疾病诊疗、病理研究或将迎来革命性的变化。

阿尔贝托曾担任欧洲医学物理组织联合会(EFOMP)主席。他认为，新型全数字SiPM将是未来光电器件技术的发展方向，具有引领作用。(鲁伟 王潇潇 杨亚)

中车唐山成功研制世界
首台全永磁电传动内燃机车

本报讯近日，由中车唐山公司自主研发的世界首台全永磁电传动内燃机车完成全部型式试验，并验收合格，将正式投入使用。据相关负责人介绍，该内燃机车突破了多项关键技术，拥有完全自主知识产权，为中国铁路装备走向世界探索出更多的技术方案。

据悉，这台全永磁电传动内燃机车采用永磁牵引电机和永磁主发电机，与励磁发电机和异步牵引电机构成的传统牵引系统相比，永磁牵引系统传动效率提高5%~8%，噪声降低约7分贝。永磁系统由于其体积小、重量轻、低速输出转矩大、效率高、维护简单等特点，而被业界公认为未来轨道交通牵引系统的一个优选方案。

中车唐山公司还在全永磁电传动内燃机车的关键系统——动力系统应用了自主研发的560KW卧式吊装大功率动力包，这种动力包采用先进的单轴永磁发电机技术，功率大、体积小、集成度高，实现了机车动力系统模块化设计、模块化安装和模块化检修。此外，机车采用模块化结构车体，整体承载、无中梁的底座与司机室弹性连接，简化了大部件接口，提高了机车运用维护的经济性和检修效率。机车柴油机冷却系统采用的变频控制顶置冷却器，与传统内燃动力系统相比不仅节省空间、减少重量，更实现了根据柴油机实时温度对冷却风机转速的变频控制，大幅提高系统效率，各种工况下可节能15%~20%。

(高长安 吴可超 吴宏道)

“气溶胶消光光谱仪研制”专项
通过验收

本报讯近日，中国科学院合肥物质科学研究院研究员赵卫雄及其团队负责的科研项目“气溶胶消光光谱仪研制”项目在北京通过验收。项目团队介绍，项目团队研制了一台基于宽带腔增强吸收光谱技术的气溶胶消光光谱仪，实现消光光谱的实时、原位测量，并对测量技术和方法进行深入研究，建立了实验室校准方法，完成了项目既定研究内容。其中，仪器技术指标达到项目预期考核要求，仪器灵敏度和探测精度优于项目设定目标。

气溶胶消光光谱仪采用宽带腔增强光谱测量技术，有效解决了现有单波长仪器测量时气体吸收对消光系数测量的影响问题。目前，项目团队将该仪器与研制的其他同类设备在长三角地区(合肥)和珠三角地区(广州)进行外场综合观测。

在成果应用方面，2014年至2015年，项目团队将研制样机成功应用于APEC空气质量保障暨中科院“先导2014”京津冀地区灰霾综合外场实验；2016年至2017年，该仪器在寿县县气象台观测台实现了10个月的连续观测，性能良好。

据悉，该仪器便于外场观测及行业应用的推广，将提高台站观测数据测量的准确性和可靠性。仪器的研发，不仅在业务观测和科研上产生重要的社会效益，同时也会进一步推动气象观测仪器的国产化并产生较大的经济效益。(赵利利)

本期图片除署名外均来自网络，稿费事宜请与编辑联系。E-mail: glzhao@stimes.cn