

中国科学院学部举行“科学与技术前沿”论坛——

## 中国量子计算机研制到了关键时刻

■本报记者 赵广立

“量子计算机何时能够被研发出来?”  
十几年前,中国科学院院士、中科院量子信息重点实验室主任郭光灿向国外同行抛出这个问题时,得到的答案是:“也许明天早上,也许要等上50年,也有可能我们这辈子永远都看不到。”

而如今,这个问题的答案已经不那么确定了。比尔·盖茨认为,10年内量子计算机可望用于云计算;欧洲科学家起草的《量子宣言》则预计,通用型的量子计算机可能会在2035年之前建造出来。

“量子计算机已经从开始大家怀疑的‘能不能做出来’到了‘早晚能做出来’的阶段。而且快则10年、15年就会实现。因此,量子计算机研制已经到了一个关键时期。”郭光灿在近期举行的中国科学院学部“科学与技术前沿”论坛上如是说。

### 大有可为

全球正在掀起一场“量子技术热”。而一个主流共识是,量子计算和量子计算机是量子信息技术领域最重要的方向。中国科学院院士、中科院国家数学与交叉科学中心主任郭雷在上述论坛的致辞中强调了量子计算机的战略地位:“量子计算机的研制已经列入世界高新技术的战略制高点,成为科技强国崛起的重中之重。量子计算机必将掀起一场划时代革命,一旦人类掌握这种运算工具,人类文明将会发展到一个崭新时代。”

这不是溢美之词。郭光灿强调“不必过分夸大量子计算机‘什么都能做’,通用量子计算机本身就是一个非常强大的新型运算工具,研制出来后人们可以看到它会有很多不同的应用——正如研发出电子计算机的时候,‘当时人们也不知道它有多少用处’。”

“目前量子计算真正有代表性的算法或应用,就是shor算法,可用于密码破译,也就是破解RSA的密钥体系;第二是Grover量子搜索算法,用于大数据处理和云处理;最近讨论比较多的是,用于多种物理化学和生物机制的模拟,如模拟光合作用。”中科院量子信息重点实验室半导体量子点量子芯片研究方向带头人郭国平在简述量子计算的应用时认为,未来量子计算机大有可为。

### 群雄逐鹿

放眼全球,美国政府、公司在量子计算机研制方面有着最为完整的布局。

2014年,IBM宣布耗资30亿美元研发下一代芯片,主要是量子计算和神经计算。今年的5月4日,IBM发布了5个量子比特的量子计算云服务。

与IBM几乎同步,2014年,谷歌宣布来自



中国科学院学部“科学与技术前沿”论坛会场

赵广立摄

加州大学圣巴巴拉分校的知名物理学家约翰·马提尼斯研究组加入谷歌研发量子计算处理器,并于今年9月提出“quantum supremacy”量子计算机研制计划。

美国另一科技巨头——微软不甘落后,该公司负责研发的副总裁Peter Lee声称,微软在研究方面最大的投资便是量子计算。

上述几家巨头的背后,均有美国政府的影子。今年7月22日,美国总统科学技术办公室发布量子信息文件称:“预计几十个量子比特、可供早期量子计算机科学研究的系统可望在5年内实现。”

欧洲在量子技术领域也有重大布局。在今年5月17日于荷兰阿姆斯特丹举办的欧洲量子会议上,欧盟委员会发布《量子宣言》,宣布将支持一项十亿欧元的量子技术旗舰计划。《量子宣言》对量子计算机的研制做出了详细部署,他们计划5年内发展处量子计算机新算法;5-10年“用大于100物理量子比特的、有特定用途量子计算机解决化学和材料科学难题”,并使研制出的通用量子计算机“超过传统计算机的计算能力”。

澳大利亚近年来专注于硅基、磷掺杂的量子计算方案,并于今年年初成立了硅基半导体量子计算国家实验室,给郭国平留下了深刻印象。“他们15年来一直集中力量做这件事情,为取道半导体方案研制量子计算机奠定了基础”。

俄罗斯也在加紧研究的步伐。据《消息报》报道,俄国家研究型工艺技术与俄罗斯量子中心正在启动大型量子技术中心。报道称,该中心将进行量子通信和量子电子学研究,还计划为量子技术领域的青年人才制定并实施教学项目。

### 差距到底有多大

中国不似美欧等国早认识和研究了量子技术,在量子计算机方面的研究刚刚起步。

科技部2011年启动的“十二五”导向性重大项目(超级“973”),要求在2015年实现比特数3的量子芯片。郭国平介绍说,目前这一目标已实现,而于今年启动的“十三五”重点研发计划“半导体量子芯片研究”,要求2020年前获得品质因子1000、比特数6的量子芯片。

“这一目标距离可用的量子计算机还有很大的距离,但是我们必须一步一步来。”郭国平说。量子比特数虽不是衡量量子计算机硬件技术的绝对指标,但在通用量子计算机成功研制出来之前,这一指标的确有区分水平高低的价值。在谷歌公司上述“quantum supremacy”计划中,该领域科学家普遍预期其在明年或后年的“量子计算机”上达到40-50量子比特。

不过,即便达到这一水平,它距离真正的通用量子计算机仍有巨大差距。

在郭光灿看来,一台可实用的标准量子计

算机,除了容错阈值和品质因数(Q值)要达到相应要求(现在还远未达到最低要求)外,逻辑比特数需要达到约200个,而如果按照至少需要5个物理比特编码一个逻辑比特计算的话,量子比特数至少要达到1000个。

而这还仅仅是看得见、容易觉察的差距。清华大学计算机系教授、长江学者应明生指出,中国在量子计算机研制的“两条腿”(硬件和软件)中缺少一条——量子软件,这将使得中国在量子计算的国际竞争中中长期处于被动状态。

瘸腿才知路长。应明生说,美国之所以进展迅速,就在于其在量子计算机硬件、软件乃至应用方面都有明确的布局和集中攻坚的力量。“硬件是计算机的根本,但软件是计算科学的灵魂。量子计算机要做的话,软件也要跟上”。

“我们跟美国相比确实差距太大,这个差距,第一个研究水平有差距,这个可以看得出来,第二个是研究队伍和力量有差距。这些其实也有明显的差距,这就是我们的现状。”郭光灿说,美国政企在量子计算机领域的完善布局已经上升到国家行为的层面,这或是中国应该借鉴的。

### 鹿死谁手未可知

尽管差距巨大,但郭光灿看到,国内量子计算领域的发展“势头非常好”。

“我认为国内势头发展得非常好,尤其是超导路线,原来是一个量子比特也没有,现在已经做到了5个、9个,而且好几家在做,原材料也从依赖国外进口转变为由中科院院所提供,而且材料性能也在改善。”郭光灿说,尽管各国水平不一,但目前通用量子计算机还没有哪个国家真正研制出来,“鹿死谁手还未可知,我们还有机会”。

要抓住这个机会,郭光灿认为,中国需要从两方面“大练内功”。一方面,国家要加强在量子计算机研制方面的布局,将其上升到国家战略层面,把方方面面的力量组织起来,支持量子计算机的研制。“比如要解决做硬件研发人才的考核问题”。

另一方面,我国要做好量子计算领域年轻人才培养。年轻一代非常重要,我们不光要着眼于现在的研究,还要放眼未来,而人才就是未来。”郭光灿说,“就算感兴趣的年轻人最后没有从事相关的研制工作,也可以培养成能够用量子计算机的人。”他表示,下一步他将考虑以一种合适的方式培养青年队伍。

应明生在人才培养的问题上与郭光灿不谋而合。“量子软件跟计算科学其他领域不太一样,短期内难以发展起来,需要一个长期的、合作的过程。”应明生说,“量子物理和计算科学等学科应该联合起来,培养一批人。就算我们没有赢得最后的突破,在量子信息技术成为技术潮流的时候,我们也不会太被动。”

## 雾霾笼罩下的煤炭行业何去何从

■本报见习记者 王丽琴

今年北京入冬以来,没有风的日子雾霾便会如期而至,“等风来”成为人们驱散雾霾、拥抱蓝天的唯一法宝。尽管北京市环保局已经第二次发布年度“治霾成绩单”,但空气污染形势仍不乐观,PM2.5年均浓度仍超过国家标准1.3倍。

北京和整个区域层面的主要污染源究竟是什么?“主要污染源来自燃煤”,北京市环保监测中心主任张大伟介绍,尤其是采暖季,京津冀地区主要污染体现出燃煤特性。

“中国的煤炭市场,占全世界煤炭消费市场的53%左右,巴黎气候谈判协议对中国的煤炭市场施加了更大的压力。”自然资源保护协会高级顾问杨富强在近期国际能源署(IEA)《煤炭市场中期报告2016》全球发布会上表示,随着国际形势的变化,未来中国煤炭行业发展的前景如何?成为大家共同关心的话题。

### 中国仍将是世界上最大煤炭消费国

据《煤炭市场中期报告2016》分析,全球煤炭消费量在2015年首次下降,尤其是美国与中国的煤炭消费量经历了前所未有的下降。国际煤炭贸易20年来也首次出现萎缩。印度、澳大利亚和俄罗斯却在2015年大幅增产,但这并不足以抵消中国和美国煤炭需求的大幅下降。

IEA认为,中国经济新模式与能源结构多样化推动中国煤炭需求结构性转变和增速下降,然而,中国将继续依赖煤炭。尽管钢铁和水泥产量的下降导致了煤炭需求下降,但煤化工却是唯一具有强劲增长势头的行业,预计展望期(2040年)内耗煤将超过1亿吨,中国仍将占全球煤炭需求份额近50%、煤炭生产份额45%以上,以及海运贸易份额10%以上。无论中国的煤炭消费是否已达峰,中国仍将是世界上最大的煤炭消费国。

报告指出,北美和欧洲的煤炭消费持续下降的同时,亚洲的煤炭消费量却强劲

增长。一方面,要确保人们能够获得能源,另一方面要减少二氧化碳的排放,这一矛盾变得更为突出。IEA预测这一与煤炭相关的不对称性持续增长,可能使煤炭更具争议。

目前,中国的经济规模全球第二,能源市场全球第一,碳排放全球最高。进入新常态之后,中国在环保领域、碳排放、雾霾等方面面临挑战,煤炭行业未来在可持续性发展的过程中,同样面临着自身的一系列挑战。

### “去煤”还是“控煤”惹争议

在环境方面,IEA表示,尽管有巴黎协定,但仍缺少碳捕捉和封存(CCS)的触发条件。CCS是实现巴黎协定的关键,但是距巴黎协定达成已经过了一年,几乎没有迹象表明各国政府正在采取能够促进CCS投资的减排行动。如果没有CCS或者通过技术创新将捕捉的二氧化碳用于商业目的,要实现巴黎协定目标,只能通过去煤化,这将给电力行业和工业领域带来很大挑战。

然而,“目前来看,无论是中国还是全球,要真正把煤去掉,在短期内是不可能实现的。”煤炭工业协会副会长姜智敏认为,现阶段去煤化的提法不太适宜,不能一竿子把煤打倒。推动煤炭的科学利用和净化利用问题更应引起重点关注。

“我国目前年需求电量约5万亿度,将来若需要千万亿度,要靠核电很难满足这些需求。当下煤电占总发电量的比例约80%,水电约百分之十几,风电占百分之二三。水电是比例最大的可再生能源,但可开发资源在逐步减少。当下能替代煤炭的能源是有限的。”中国工程院院士、中国能源学会会长倪维斗强调,煤在相当长的一段时期,仍然是我国的主力能源,关键是怎么用好,中国的资源禀赋决定了不可能完全去除煤的使用。

国家发改委能源研究所所长戴彦德指

出,去煤化是先进国家的一个发展趋势,德国已经提出来,即脱碳化。在可再生能源成本相对较高,大规模技术没有突破的前提下,小国家可以做到脱碳化,全部采用可再生能源。

煤电属于集中使用煤炭,污染控制近几年取得不小的进展,散煤的治理是中国治理雾霾的关键点之一。清华大学研究生院院长姚强指出,随着智能化的演进、材料技术的推动,关注洁净煤技术、其他能源技术的发展也将成为控煤的一项措施。

### 提高能效、绿色低碳是关键

在倪维斗看来,煤炭的清洁利用就是针对大部分散煤进行整治,终极之道是“大力发展清洁煤发电,以电能替代散煤燃烧”。

“我国用50%的煤电,而德国、美国这方面的比例比我们高得多,德国大约80%,美国约90%,它们的煤主要是用来发电,再把电高效利用到生活中,有效控制污染。我们将来要将煤高效低污染转化成电的比例提高,使电在各方面替代其他能源。”倪维斗强调,要实现这一目标,亟须技术进步。

“第一次工业革命是煤的时代,第二次工业革命是油气的时代,目前是低碳化、去碳的时代”,姜智敏认为,未来全球的能源需求完全依靠可再生能源根本不可能,必须有赖于提高能源效率,所以第四次能源革命的核心是低碳化、高效率。

“煤炭发电、煤炭清洁转化(特别是气化技术)、煤炭污染物控制、二氧化碳CCS,这四项都是国家重点支持的煤技术”,姚强认为技术的进步才是发展的核心。

“中国进入新常态以后,整个国家包括各个行业的发展都从以前的数量扩张型转向提质增效的新阶段,煤炭行业亦是如此,今后都将转向不断提高效率,不断低碳、绿色的发展趋势”,国务院发展研究中心第四研究室主任许召元对煤炭行业未来的发展形势给出这样的总结。

### 按图索“技”



展览通过生动、感性的传播方式,使得国际前沿的高科技知识和成果走近生活。图片来源:南方网

## 与细胞科技亲密接触

细胞长什么样子?癌细胞是怎样发展的?免疫细胞又是如何杀死癌细胞的呢?近日,深圳首个人体细胞科技展览馆正式面向公众开放。

展览馆的一个重要部分是细胞银行,包括细胞储存中心、细胞产品制备中心、细胞技术研发中心及细胞银行服务中心等功能区。在这所细胞银行里,技术人员可以利用先进的细胞生物学技术,将从外周血中分离的免疫细胞储存起来,等到需要时再进行一连串激活和扩增,再回输到人体内去攻击特定病原和癌变细胞,达到治疗癌症的目的。

整个展馆包括人体细胞科技展览馆、细胞储存中心、细胞产品制备中心、细胞技术研发中心及细胞银行服务中心等模块,是专业的人体细胞储存资源库,也是集产、学、研与科普教育一体化的科技创新综合体。

走进人体细胞科技展览,可以了解生命的起源、领略干细胞的奇妙、感受免疫细胞及其抗肿瘤细胞等的奥秘。观众可通过模型展示、机器人、全息影像、

影片播放及全息演示等现代科技手段全面了解人体细胞知识、人体细胞技术原理、细胞技术应用等现代生命科学科技前沿科普内容,同时还可参与细胞实验室参观、科普互动游戏等兼具趣味性、互动性和科技性的科普教育活动。

深圳市细胞治疗技术协会秘书长、深圳众循精准医学研究院副院长刘韬评价称,科普是健康教育的重要组成部分。该展览馆的意义在于影响更多的普通民众,让老百姓掌握正确的科学知识。尤其是在“魏则西事件”后,民众对细胞治疗充满质疑。通过科普教育可以让人们不被伪科学和虚假广告所欺骗,去选择正确的治疗手段。

细胞银行作为展览馆的另一重要板块,包括细胞储存中心、细胞产品制备中心、细胞技术研发中心及细胞银行服务中心等功能区。目前,细胞银行已经累计存储免疫细胞近2万份,储存时间最长的已超4年。(陶朵朵整理)