

科学文化系列



国家科学思想库

科学与中国

院士专家巡讲团报告集

第十二辑

白春礼/主编



科学出版社



国家科学思想库

科学文化系列

科学与中国

院士专家巡讲团报告集

第十二辑

白春礼/主编

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

科学与中国：院士专家巡讲团报告集. 第十二辑 / 白春礼主编.
—北京：科学出版社，2019.7

ISBN 978-7-03-056643-0

I. ①科… II. ①白… III. ①科学技术—概况—中国—文集
IV. ①N12-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第038081号

责任编辑：朱萍萍 田慧莹 / 责任校对：贾伟娟

责任印制：师艳茹 / 封面设计：无极书装

编辑部电话：010-64035853

E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年7月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2019年7月第一次印刷 印张：10 3/4 插页：2

字数：200 000

定价：58.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

编 委 会

主 编 白春礼

委 员 (以姓氏笔画为序)

石 兵	石耀霖	叶培建	朱 荻	朱邦芬
齐绍军	安耀辉	李 灿	李 勇	李 婷
杨玉良	吴一戎	何积丰	汪克强	张 杰
张启发	陈小明	武向平	金之钧	周忠和
南策文	侯凡凡	钱 岩	郭光灿	康 乐
雷朝滋				

秘书处 谢光锋 陈 光 袁牧红 席 亮

序 言

十年前，由中国科学院牵头策划，并联合中共中央宣传部、教育部、科学技术部、中国工程院和中国科学技术协会共同主办的“科学与中国”院士专家巡讲活动拉开了帷幕。这项活动历经十载，作为我国的一项高端科普品牌活动，得到了广大院士和专家的积极响应，以及社会公众的广泛支持和热烈欢迎。十年来，巡讲团举办科普报告 800 余场，涉及科技发展历史回顾、科技前沿热点探讨、科学伦理道德建设、科技促进经济发展、科技推动社会进步等五个方面，取得了良好的社会反响，在弘扬科学精神、普及科学知识、传播科学思想、倡导科学方法等方面做出了突出贡献。

“科学与中国”院士专家巡讲团由一大批著名科学家组成，阵容强大，演讲内容除涉及自然科学领域外，还触及科学与经济、社会发展等人文领域，重点针对“气候与环境”、“战略性新兴产业”、“科学伦理道德”、“振兴老工业基地”、“疾病传染与保健”等社会关注的焦点问题和世界科技热点，精心安排全国各地的主题巡讲活动。同时，活动还结合学部咨询研究和地方科技服务等工作开展调查研究，扩大巡讲实效。近年来，该巡讲团针对不同人群的需要，创新开展活动的组织形式，分别在科技馆和党校开辟了面向社会公众和公务员的“科学讲坛”这一科普阵地，举办了资深院士与中小学生“面对面”对话交流活动。这些活动的实施在激励青少年学生成长成才和献身科学事业、培养广大领导干部科学思维与科学决策、引导社会公众全面正确认识科学技术等方面都起到了积极作用。如今，“科学与中国”院士专家巡讲活动已经成为我国高层次的科学文化传播活动，是科学家与公众的交流桥梁，是科学真谛与求知欲望紧密接触的纽带，是传播科学的火种。

科技创新，关键在人才，基础在教育。进入 21 世纪以来，世界科技发展势头更加迅猛，不断孕育出新的重大突破，为人类社会的发展勾勒出新的前景，世界政治、经济和安全格局正在发生重大变化。随着人类文明在全球化、信息化方面的进一步发展，国家间综合国力的竞争聚焦



于科技创新和科技制高点的竞争，竞争的重点在人才，基础在教育。习近平总书记在 2014 年两院院士大会上指出，“我国要在科技创新方面走在世界前列，必须在创新实践中发现人才、在创新活动中培育人才、在创新事业中凝聚人才，必须大力培养造就规模宏大、结构合理、素质优良的创新型科技人才”。是否能源源不断地培养出大批高素质拔尖创新人才，直接关系到我国科技事业的前途和国家、民族的命运。由于历史的原因，作为一个人口大国，我国公众整体科学素养水平相对较低，此外，由于经济、社会发展不均衡，公众科学素养存在很大的城乡差别、地区差别、职业差别。所以，我国的科普工作作为公众科学教育的重要环节，面临着更加复杂的环境。中国科学院应当充分发挥自身的资源优势，动员和组织广大院士和科技专家以多种形式宣传科技知识，传播科学理念，积极开展科普活动，把传播知识放在与转移技术同样重要的位置，为培育高素质创新人才创造良好的环境条件并做出应有的贡献。

中国科学院学部联合社会力量共同开展高端科普工作的积极意义，不仅在于让公众了解自然科学知识，更在于提高公众对前沿科技的把握，特别是加深其对科学研究本身的思想、方法、精神、价值、准则的理解，这是对大中小学课程和社会公众再教育的重要补充。只有让公众理解科学，才能聚集宏大的人才队伍投身于科技创新事业，才能迸发持续不断的创新源泉和创新成果。

《科学与中国：院士专家巡讲团报告集》第一轮的出版工作始于 2005 年，共出版了七辑，经五年工作的积累，第二轮出版工作已启动。我们向社会公开出版院士专家的演讲报告文集，希望读者能够通过仔细阅读，深度体会科学家们的科学思想和科学方法，感受质疑、批判等科学精神和科学态度，理解科技的道德和伦理准则，把握先进文化和人类文明的发展方向，并在实际工作和社会生活中切实加以体会和运用。这也是中国科学院学部科学引导公众、支撑国家科学发展的职责之所在。

是为序。

2014 年春

| 目 录 |

序言 (白春礼)



白春礼院士
对世界科技创新新态势的若干思考/1



魏奉思院士
从太阳吹来的风暴
——你所不知道的空间天气/13



朱玉贤院士
从0.3厘米说开去/37



黄琳院士
信息丰富时代的控制科学/47



包为民院士
航天飞行器控制领域前沿
问题及面临的挑战/57



郑度院士
青藏高原自然环境探秘/67



徐波教授
信息与信息处理面临的挑战/91



王儒敬研究员
农资物联网与食品安全/103



倪培教授
地质流体与成矿作用/113



杨大文教授
全球气候变化下的水文水资源
预测与适应对策/143

后记/163

对世界科技创新新常态的若干思考^①

白春礼

满族，1953年9月生，辽宁人。博士，化学家和纳米科技专家，研究领域包括有机分子晶体结构、EXFAS、分子纳米结构、扫描隧道显微镜。

现任中国科学院院长、党组书记、学部主席团执行主席，发展中国家科学院院长，中国科学技术大学和中国科学院大学名誉校长。1996年任中国科学院副院长、党组成员；2004年任常务副院长、党组副书记（正部长级）。中共十五届、十六届、十七届中央委员会候补委员，十八届、十九届中央委员会委员。第十三届全国人民代表大会常务委员会委员、全国人民代表大会民族委员会主任委员。

中国科学院、发展中国家科学院、美国国家科学院、美国艺术与科学院、英国皇家学会、欧洲科学院、俄罗斯科学院等20余个国家和地区科学院或工程院院士。兼任中国微纳协会名誉理事长、国家纳米科技指导协调委员会首席科学家。国务院学位委员会副主任委员、国家科技奖励委员会副主任委员、中央教育工作领导小组成员、国家科技领导小组成员。担任《国家科学评论》和 *Nanoscale* 主编。

① 本文是白春礼院士应邀在有关单位所做的《科技发展战略报告》基础上节选整理而成的。



Bai Chunli

白春礼

当前世界科技发展的态势迅猛，新一轮科技革命和产业变革蓄势待发，既给我国带来了重大的发展机遇，也带来了严峻的挑战。在当前全球政治经济的大变局下，科技创新已经上升到国家政治和战略层面，成为相互合作、相互制约的一个关键手段，也加速推动了全球创新新格局的形成和发展。故此，世界各国及智库都高度关注未来科技发展的新态势以及可能带来的变化和影响。包括欧盟、联合国教科文组织（UNESCO）、麻省理工学院（MIT）、兰德公司、麦肯锡公司等在内的很多国际科技组织、政府科研机构、智库，都对未来科技的重点方向和重大突破进行了预测和分析。总体上看，未来世界科技发展主要呈现以下几方面的特征。

一、基础研究更加突出重大科学问题导向，多学科交叉和大科学研究的优势进一步凸显

随着各学科领域的不断发展，多学科交叉融合进一步深化，科研仪器装备技术不断进步，信息技术广泛应用，使得一些重大科学问题，如暗物质暗能量、微观物质结构、生命起源与演化、意识的本质等，突破的前景越来越清晰，大科学装置在这些重大科学问题的突破上发挥了越来越重要的作用，也吸引了众多高水平科研团队合作攻关。21世纪物理学的三个重大突破——中微子震荡（1998年）、希格斯玻色子（2012年）、引力波（2016年），都是依托大科学装置实现的，后两项成果在发现后第二年就获得了诺贝尔物理学奖。

比如全世界都关注的引力波，爱因斯坦在100年前就预言了，但他认为引力波太微弱了，难以探测到，在任何情况下都基本可以忽略。20世



纪七八十年代，科学家开始了引力波探测。经过多年的努力，2015年9月14日，科学家利用激光干涉引力波天文台（LIGO）首次直接探测到引力波，宣告了引力波时代的到来。莱纳·魏斯、基普·索恩和巴里·巴里什因此获得了2017年的诺贝尔物理学奖。2016年2月22日，习近平总书记做出重要批示，要求研究其战略价值，支持引导好相关研究，加强该领域的国际合作，努力抢占科技制高点。

再比如希格斯玻色子。希格斯早在1964年就预言了希格斯玻色子的存在。欧洲核子研究中心组织了一大批科学家建设、改进和升级大型对撞机设备，持续不断地进行研究。经过多年努力，研究人员终于在2012年发现了希格斯玻色子，并因此获得了2013年诺贝尔物理学奖。在重大基础设施建设方面，中国科学院承担了散裂中子源、硬X射线自由电子激光装置、综合极端条件实验装置等，将为我国基础研究和关键核心技术突破提供非常有力的技术手段。

在微观物质结构方面，科学家对粒子标准模型的研究不断深入和发展，能够对单粒子和量子态进行调控，开始从“观测时代”走向“调控时代”。在这方面，中国科学院的科研团队在费米子、中微子以及量子信息方面取得了一系列具有世界领先水平的重大成果。比如开展了“京沪干线”量子密钥通信技术应用，成功研制并发射了世界首颗量子科学实验卫星“墨子号”，在世界上首次实现洲际量子密钥保密通信，“多光子纠缠及干涉度量”获国家自然科学奖一等奖。最近，中国科学院物理研究所首次在铁基超导体中发现马约拉纳任意子。这些具有引领性、开拓性的重大原创成果，体现了我国科技界重大原创能力持续攀升，在国际科技界产生了重要影响。这些基础研究的突破不仅在基础科学前沿上展现了中国科学界的贡献，而且有的工作将为信息技术的突破提供重要的理论基础，抢先占领未来发展的知识产权高地，这也是世界上主要发达国家十分重视基础研究的原因。

二、数字经济和人工智能成为新引擎，将对重塑经济社会发展产生重大影响

信息技术产业正在进入一个转折期，围绕更高速度、更大容量、更

低功耗的下一代信息技术，将产生重大技术变革。人工智能、大数据、网络安全、区块链等技术市场正在快速发展，催生了以数字经济为核心的新兴技术和产业蓬勃发展。2016年，数字经济在GDP中的占比，美国达到59.2%，日本为45.9%，英国为54.5%，我国为30.3%；预计我国到2020年和2035年将分别变为35%、50%。

目前，芯片技术和超级计算发展迅速。7纳米芯片已经开始应用，5纳米芯片技术正在加速突破，越来越逼近物理极限；2018年6月，美国的顶点超级计算机运算速度接近20亿亿次/秒，超过了之前一直处于榜首的“神威·太湖之光”，中国科学院正在研制曙光新一代超级计算机，预计到2019年6月完成，运算能力将超过美国的顶点超级计算机。同时，具有超强计算能力的量子计算机成为当前研究的热点，其将彻底改变计算的概念。经典计算机分解300位大数需要15万年，而量子计算机只需要1秒。量子计算机一旦突破，将推动人工智能、气象、大数据、药物设计等多个领域实现飞跃性发展。IBM、谷歌、阿里巴巴等都投入力量进行研发，我国在量子计算机方向上已做了重点部署，并取得积极进展，2017年中国科学技术大学研制出世界首台光量子计算机原型机，2018年又在量子计算方面实现了20个量子比特纠缠。

人工智能将是继机械化、电气化、自动化之后的新“工业革命”，使工业生产更绿色、更轻便、更高效。近年来，全球机器人产业年均增长速度始终保持在15%以上，2017年全球机器人产业规模已超过250亿美元，增长20.3%，预计2018年将达到近300亿美元，有潜力成为新的增长点。围绕人工智能，国际大公司都在加紧战略布局。自2011年以来，已有近140家人工智能初创公司被收购。

2016年，中国科学院计算研究所研制出寒武纪深度神经网络处理器，首轮融资1亿美元，估值超过10亿美元，成为全球首个AI芯片独角兽公司，并为华为的麒麟970手机提供了核心芯片。最近又发布了国内首款云端人工智能芯片，理论峰值速度达128万亿次/秒定点运算，达到世界先进水平。华为最近也发布了7纳米麒麟980手机芯片。这些进展反映了中国在芯片研制方面的努力，自主创新能力也在不断提升。

机器人、大数据、人工智能的发展，使人们可以获得与分析更多的



数据，不再依赖于采样，可以更清楚地发现样本无法揭示的细节和规律，对科研组织方式和手段都产生了深远的影响。比如，VR/AR 技术可以大幅提升学术交流、数据共享的效率；IBM 正在与多家癌症研究机构合作，利用其 Watson 认知计算平台加速癌症研究与药物开发。中国科学院研制的智能分拣系统，1 小时能够分拣包裹 7.2 万件。科大讯飞人工智能医生通过全国执业医师资格考试，在 2017 年参加考试的 53 万考生中，成绩超过 96.3% 的考生。

2015 年，我国已经有 80 亿的设备连接到互联网，这一数据在未来几年还将保持高速增长。物联网推动互联网技术与各行各业深度融合，形成智能制造、能源互联网、智能交通、智能城市、智能政府、智能医疗等许多意想不到的新形态，将引起巨大的社会变革。但解决万物互联的拥堵问题必须前瞻部署，从信息高速公路开始，从高宽带到高通量，建设“信息高铁”，前瞻部署高速信息中央指挥控制中心及相应软硬件。

三、深空深海深地加速发展，空天地一体化成为发展的重点

航天领域是世界科技强国激烈竞争的战略制高点。2015 年，全球航天产业总收入约为 3229 亿美元。美国、欧盟、日本都制订了面向未来的战略规划，并在深空探测方面不断开拓新的疆域。美国勇气号火星探测器已经登陆火星进行了探测，美国朱诺探测器抵达木星进行了探测，美国旅行者 1 号探测器已经飞出了太阳系，最近美国进一步加大对深空探测的投入，并计划重返月球。欧洲空间局的菲莱着陆器已经登上彗星进行探测，并与俄罗斯联邦航天局合作启动了火星探测计划。日本在 2003~2010 年间发射了隼鸟号探测器进行小行星探测和登陆，成为人类历史上第一个将小行星样本带回地球的探测器；2018 年 10 月 3 日，隼鸟 2 号在名为“龙宫”的小行星上投放了登陆器，并发回了第一张清晰的小行星表面照片。2016 年，我国成功发射了天宫二号和神舟十一号载人飞船，在载人航天和探月中不断取得新进展，并计划在 2020 年左右发射空间站，2021 年开始火星探测。这一系列重大航天工程的实施和持续进展，将进一步改变世界航天科技的竞争格局。

随着通信和对地观测的需求日益增加，卫星制造和发射技术不断

进步,使得成本越来越低,卫星已经成为快速发展和崛起的新兴产业,2015年全球卫星产业的总收入已达2083亿美元。比如,2014年,全球发射了约158个纳米或微小卫星,比前一年增加了76%,预计到2020年,将发射2000多个微纳卫星。

近年来,中国科学院先后研制并成功发射了世界首颗量子科学实验卫星、实践十号返回式科学实验卫星、我国首颗碳卫星、硬X射线探测实验卫星以及新一代北斗导航试验卫星等,共计38颗卫星,在国内外引起了强烈反响,标志着我国空间科学技术在国际竞争中已经占据了有利位势。暗物质粒子探测卫星已获得迄今世界上最精确的高能电子宇宙线能谱,有望在暗物质研究方面取得突破性进展。2016年,中国科学院研制的世界上最大口径的球面射电望远镜(FAST)正式启用,习近平总书记致信祝贺,目前FAST已发现44颗新脉冲星。

海洋新技术的突破正催生海洋经济的兴起与发展。作为体现国家科技水平和经济实力的载人深潜器,目前美国、法国、俄罗斯、日本已拥有6000米级深海载人潜水器。过去5年,我国在深海探测方面也取得了一批重大进展。2012年,中国蛟龙号首次突破了7000米深度,并成功完成七大海区共152次成功下潜;2016年,中国科学院自主研制的探索一号科考船在马里亚纳海沟开展了我国首次综合性万米深渊科考活动,无人潜水器最大潜深达10911米,创造了我国无人潜水器最大下潜及作业深度纪录,使我国成为继美国、日本之后第三个拥有万米级无人潜水器研制能力的国家。2017年,中国科学院研制的海翼号深海滑翔机3次突破水下滑翔机的世界下潜深度和国内航时纪录^①。

地质勘探技术和装备研制技术不断升级,使得地球更加透明,为开辟新的资源能源创造了更好的条件。习近平总书记2016年5月30日在“科技三会”上的讲话中指出,从理论上讲,地球内部可利用的成矿空间分布在地表到地下1万米,目前世界先进水平勘探开采深度已达2500~4000米,而我国大多小于500米,向地球深部进军是我们必须解决的战略科技问题。2017年,我国在南海北部海域成功进行了可燃冰试

^① 习近平总书记在2018年的新年贺词中专门提到了此项成果。



采,成为全球第一个实现在海域可燃冰试开采中获得连续稳定产气的国家。但我国页岩气单井平均综合成本为 5000 万~7000 万元,高于美国单井 3000 万元的平均综合成本。针对资源较为丰富的深层页岩气(我国 3500 米的深层资源量占 65%)的勘探开发、技术和装备仍需攻关。尤其针对国外只提供技术服务而不对外出售的钻井旋转导向、测井设备、Smith 钻头的关键装备工具,仍是“卡脖子”问题。中国科学院在深部资源探测核心装备研制方面已取得了重大进展,多项指标达到国际水平,部分装备打破了国外技术垄断,为“向地球深部进军”战略提供强有力的技术支撑。2017 年,中国科学院还启动了“智能导钻”先导专项,主要研发具有我国自主知识产权的“智能导钻系统”,有望破解我国深层油气勘探开发难题,大幅度提升油气产量。

四、生命科学的持续突破,为解决人口健康问题提供有力手段

当前,全球人口结构正在发生深刻变化,一般认为发展中国家 60 岁以上人口占总人口的 10% 以上就进入老龄化社会。2017 年年底,全球 60 岁及以上老龄人口有 9.6 亿,占总人口的 13%,并将以每年 3% 的速度增长,快于其他年龄人口的增长速度。随着老龄化社会的到来,与老龄化相关的重大疾病呈现明显的上升趋势,心脑血管疾病、肿瘤、神经退行性疾病位居前三位,成为当前生命科学和人口健康领域的重点方向和重大挑战。据世界卫生组织预测,全球癌症病例呈现迅猛增长态势,由 2012 年的新增 1400 万人,逐年递增至 2025 年的新增 1900 万人,到 2035 年将达到新增 2400 万人。新增癌症病例有近一半出现在亚洲,其中大部分在中国,中国新增癌症患者达 307 万人,并造成约 220 万人死亡,分别占全球总量的 21.9% 和 26.8%。

随着经济社会发展,我国对人口健康的需求也越来越大。目前,我国人口平均寿命已达 76 岁,60 岁以上人口达 2.22 亿,占总人口的 16% 以上,预计到 2030 年将占总人口的 25% 以上。在 2016 年发布的《“健康中国 2030”规划纲要》中,对我国人口健康提出了明确的目标要求,比如到 2030 年,我国人口预期寿命将达到 79 岁,重大慢性病过早死亡