

核心阅读

世界范围内正在展开一场空前的科技竞赛，人类智慧将会被发挥到极致，进而促进科技实现重大突破，新的科学观念和思想将带来新的生活方式和社会文化风尚，新的技术发明和应用将创造出新产业和新就业。未来30年，很可能发生三次接续的重大科技与产业变革，人类社会将在连续不断的科技飞跃中得到高度发展，其影响将媲美农业革命和工业革命。

在金融危机过去的10年后，2018年科学技术在多个领域和方向上继续保持着快速进展的势头，这让人们益发坚信，世界正处于新科技革命与产业变革的进程之中。

从2008到2018：对增长极限的忧虑与探求

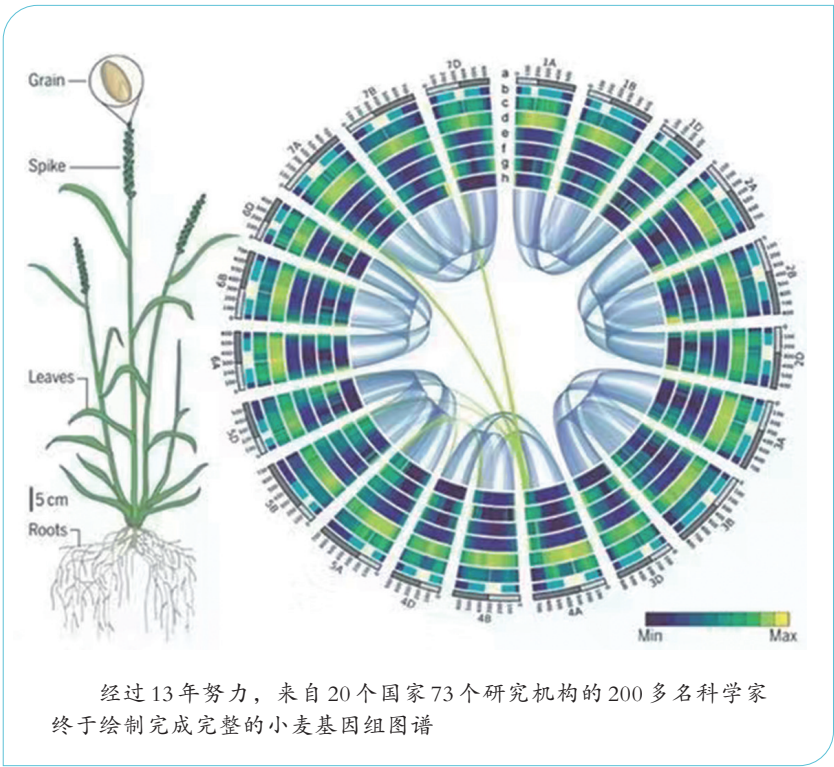
金融危机的实质，是科技创新的危机。工业革命以来，人类社会已形成了“科技突破—产业变革—金融扩展—经济增长”的迭代发展模式。以摩尔定律放缓为代表，科技重大进展低于预期，进而引起对“增长极限”的忧虑。

一是材料制造的极限。新兴产业急需开发各种超材料、新材料，极端应用（如自动驾驶对安全的极限要求等）、极端环境（如极寒、极热、极压等）、极端工艺（如制造精细程度不断突破极限）带来全面挑战。

二是能源动力的极限。高质量发展急需绿色廉价能源，全球化有赖于更快捷、更智能和更高效的新型交通。这对实现更低甚至接近零的能源边际生产

2018年世界科技进展评述与未来展望

□ 李 万



经过13年努力，来自20个国家73个研究机构的200多名科学家终于绘制完成完整的小麦基因组图谱

和输配成本，超高速、空地一体化交通技术等提出了紧迫的现实需求。

三是认知智能的极限。物质能量开发及产业、技术进步都有赖于认知范围的扩展。对“三生”（生命、生物、生态）、“四深”（深空、深海、深地、物质深层）等认知探索亟待加快加深，万物互联、泛在智能急需尽快实现。

四是生态承载的极限。生态压力继续增加，全球碳排放总量比上年增加27%，再创新高。在首次估算出地球上所有生物5500亿吨的碳储备总量中，占比不到1%的人类，数量再创新高，人口资源环境协调可持续发展的瓶颈亟待突破。

面对极限的挑战，主要国家和地区都持续加强科研投入，积极抢抓最前沿的高科技、新科技和黑科技，揭开了堪称史上最大范围和最大规模的科技创新与政治博弈宏大进程。

坐标2018：正在改变规则的八大科技进展

一是深空探测取得近几十年来的多个“第一”。首张最精确的、包含17亿颗恒星的银河系三维地图（“盖亚”卫星），打破了尘封40多年的飞行器最快速度纪录（太阳探测器“帕克”）；首次在火星发现（高盐度）液态水（“火星快车”）；“近距离”看到太阳系边缘小行星（“新视野号”观测小行星“天涯海角”）；几十年后人类再次发射重型火箭（重型“猎鹰”）；探测到宇宙大爆炸18亿年后第一批恒星发出的无线电信号。此外，“洞察号”成功着陆火星并开始工作，成为第三个在役探测器。人类第三次向水星发射探测器。两个探测器分别抵达“不死鸟”和“龙宫”两颗小行星，并在未来返回地球，为太空采矿奠定基础。

二是物质深层认识的重要“首次”。首次实现反氢内基准能量跃迁，对认知和操控反物质迈近一步，对于未来能源等发展有极为重要的价值。首次测出质子内部的压强，是地球大气压力的100万亿亿倍（10¹⁶倍），是

中子星核心压力的10倍。首次精确定位来自太空、到达地球的“幽灵粒子”起源，对物质世界有了更深理解。三是生命科学深度破解生命“天书”。胚胎首次细胞分裂研究获“改变教科书”发现，父系和母系染色体分头控制双方染色体的分离。首次绘出史上最完整的大脑图谱（黑腹果蝇高清晰度三维脑图）。各国科学家通力合作，使用源于四川的“中国春”小麦品种，绘制出小麦基因组图谱；小麦基因组多而复杂，约为水稻的40倍。在蓝藻中发现新型光合作用机制，为寻找外星生命和改良作物带来新思路。利用DNA测试技术，首次发现5万多年前丹尼索瓦人（父亲）与尼安德特人（母亲）的混血儿，对人类演化有了新认识。

四是生物技术持续增强促进健康的能力。利用基因编辑技术首次让皮肤细胞变身干细胞，为治疗多种疾病提供新方法。首次利用激活的视网膜干细胞，恢复小鼠视力，将为视网膜退行性疾病提供治愈方法。在没有使

用精子或卵子的情况下，利用干细胞开发出了一种胚胎样的结构，向制造人工胚胎又迈近一步。癌症患者在免疫细胞治疗5年后，依然保持无癌状态，创造新纪录。

五是超强算力的研究及应用孕育重大突破。美国以“Summit”重夺世界超算第一，性能超“神威·太湖之光”约60%，各国开始积极发展“E级超算”。“量子开关”验证出不确定的因果顺序，可能对处理量子信息有帮助。利用三个光子创造出一种全新的光物质形式，有可能应用于超快量子计算。谷歌公布世界首款72量子比特芯片，英特尔公司推出49量子位超导测试芯片。量子计算可能正进入追逐“量子霸权”的“十年竞赛”。

六是智能应用牵引新一代信息技术快速发展。集成电路制程开始挺进7nm，“超越摩尔”也在积极探索。谷歌发布人工智能芯片TPU3.0，英伟达发布新一代GPU架构。5G初现踪影，相关标准被推迟，反映出5G标准之争和商用之路的复杂性。物联网、云计

算、边缘计算、雾计算等应用拓展，云端和用户端的速度及可靠性不断提升。对抗的神经网络正促进人工智能更独立，但也可能会变成数字造假工具。微软的机器翻译系统首次在通用新闻的汉译英上达到了人类专业水平，实现了里程碑式突破。人工智能被用于诊断读片、癌症演变、药物筛选等。生活中无人化场景越来越多，物流、服务、协作机器人等都得到快速发展，波士顿动力公司的人形机器人可以轻松进行“三连跳”。网络安全形势严峻，“僵尸攻击”“数据泄露（Data breaches）”“数据暴露（data-exposure）”“云泄露（Cloud-leaks）”都呈现增长态势。

七是物质与材料研究丰富了人们认知和调控物理世界的手段。因定义“千克”的标准物在100年间还是失去了50微克，千克将由普朗克常数重新定义。当两层石墨烯以1.1度的“魔角”扭曲在一起时，通过适当调整，可以在绝缘态和超导态之间切换。在-23℃温度下实现了氢化镧的超导性，创造高温超导新纪录。首次在准晶结构合金中发现超导性……这些对超导和量子信息技术都可能产生重要影响。弯曲空间内首次实现激光束加速，将对模拟广义相对论以及用于控制微通道、弯曲环境中的纳米颗粒提供帮助。在原子层面“无缝缝制”两种晶体，将为制造柔性LED、超薄二维电路等带来新思路。低成本快速金属3D打印商用加速，将为制造业带来变革。

八是能源动力加速酝酿革命性变化。史上首架离子引擎飞机成功试飞，飞机将可能被“重新发明”。“加氢3分钟，续航600公里”，有人认为2018年可被称为氢燃料电池汽车“元年”。尽管目前还无法达到L5级（完全自动驾驶），基础设施也尚未智能化，而且还发生了首例死亡的事件，但新锐厂商和传统车企都加快了智能驾驶的研发和部署，道路测试日益火爆，出现了全球首个商业自动驾驶叫车服务。飞行汽车从梦想走进现实，多国政府开始积极支持飞行汽车研发和测试。晶硅、钙钛矿、太阳能组件光电转化效率创纪录，风光电持续发

展。超级电池组能将电动汽车续航里程提高一倍。“迷你”核裂变反应堆成功通过测试，可为未来深空前哨基地提供动力。能源区块链和智能合约在分布式能源、传统化石能源、碳交易等方面应用加速。

从2019到2049：前所未有的世界科技“超级”革命

一系列研究表明，目前正处于工业革命以来第五次长波下行和第六次长波兴起的交汇期。世界范围内正在展开一场空前的科技竞赛，人类智慧将会被发挥到极致，进而促进科技实现重大突破，新的科学观念和思想将带来新的生活方式和社会文化风尚，新的技术发明和应用将创造出新产业和新就业。未来30年，很可能发生三次接续的重大科技与产业变革，人类社会将在连续不断的科技飞跃中得到高度发展，其影响将媲美农业革命和工业革命。

一是智能与认知革命。前五次长波依次解决了人类赖以生存所需的能量（蒸汽革命、电气革命）、物质（化石与合成材料革命）和信息等相关问题，随着人工智能等发展，人的认知能力将极大提升，从而加速科学技术的突破和应用。

二是生命与健康革命。基因编辑、免疫治疗、再生医学、核心器官再造、人体增强等使得“人生过百不稀奇”，人的身体能力将极大提升，从而加速新产业和新就业的创生和壮大。

三是能源与动力革命。风光电、核聚变、高效能电池、未来交通等实现突破，人类将获得空前充沛的强大能源动力，人类社会运行动能极大提升，从而加速孕育出新文化、新文明。

到2049年，全球科技竞赛将进入尾声，世界科技超级革命将开创一个全新时代。科技创新将从根本上改变地球生态、人类社会和人体自身的状况，亿万民众的生活水平和生命质量将得到极大提升，人类命运共同体益加巩固。人类将成为一个跨星际物种，从而揭开人类文明、生命进化乃至宇宙演化历程上的新篇章。毋庸置疑，中国将在其中扮演至关重要、最为积极的角色。



日本屡获诺贝尔奖的启示

□ 任羽中 吴旭 赵颖

日本所获诺贝尔奖的主要特点

自1901年诺贝尔奖颁奖以来，日本共产生了23位自然科学领域的获得者（含2名美籍日裔学者），是全世界获得诺贝尔奖人数最多的前十个国家中唯一的亚洲国家。进入21世纪以来，日本学者获得诺贝尔奖的频率和数量都大幅增加。其中，大学是获奖成果的主要产出机构。总体而言，新世纪以来日本获得的奖项有以下特点。

一是绝大多数获奖者在日本本土接受高等教育。18位获奖者全部在日本本土大学完成本科学教育，有16人在本土大学完成全部求学经历，仅有2人在美国获得硕士、博士学位。这表明日本大学在培养拔尖创新人才方面的成效显著。因此，有学者评价“美国靠移民，日本靠自己”。

二是获奖者多在中青年时期取得奠基性成果。日本诺奖得主取得奠基性成果时的平均年龄为40岁（仅有3人≥50岁），与全球诺奖得主取得奠基性成果的总平均年龄（38.6岁）相差不多。同时，值得注意的是，这些获奖者升任教授时的平均年龄为43岁，要晚于他们取得奠基性成果的平均年龄；18人中，有11人升任教授的年龄要晚于他们取得奠基性成果的年龄。

三是获奖成果多为基础研究。从成果的学科领域看，以物理学奖和化学奖为主。在18个奖项中，物理学奖有8个，占比45%；化学奖有6个，占比33%；生理学或医学奖有4个，占比22%。

四是取得奠基性成果与获奖时间存在较长时滞。大多数奠基性成果完成于上世纪70—90年代中期，与获奖时间的平均间隔为25.9年，最长间隔达到了52年。

高等教育是日本科技创新实力的重要源泉

新世纪以来的日本诺奖获得者大

多在上世纪五六十年代接受本土高等教育，当时日本的教育正经历深刻变革。这一批诺奖得主们拥有得天独厚的教育环境和研究氛围，也为日本科技创新实力的提升涵养了源泉。

一是加大对高等教育的改革和投入力度。1963年1月，日本中央教育审查会议提出了《关于改善大学教育》的咨询报告，提出扩大教育规模、增设理科类的高等教育机构、充分保障大学的财政状况等建议。在国家推动下，日本高等教育在上世纪60年代中期进入大众化阶段。1960年—1970年，大学数量从525所增加到921所；大学在校生数量由71万增加到168.5万；大学的学科结构发生了显著变化，工程类学生的比例从15.4%上升到21.1%；高等教育经费占教育经费的比例从13.4%上升到16.9%。这次教育改革对日本大学的科学研究产生积极影响。据统计，1982年日本在5个科学领域中发表的论文数量为12534篇，占当年世界总论文发表量的10.3%，仅次于美国。

二是采用通识教育与专业教育相结合的育人模式。日本大学从本科起就通过学术训练来培养学生的兴趣和研究能力。本科生的低年级课程加入美国的通识教育内容，在本科三年级后由学生自主选择教授，实行教授带研讨班的模式，进入专业学习阶段。这种模式的优势在于：不仅拓展了学生的知识视野，而且学生在本科阶段有两三年跟随同一个教授、同一批同学一起学习，如果再加上研究生阶段，对某个专业领域就有5年以上的研究积累。而团队内部的交流合作，对学生日后的发展也有很大帮助。比如，京都大学几个获诺贝尔物理学奖的教授，年轻时就同在一个研究室合作过。

三是注重高标准选拔、培养人才。日本大学非常注重留存自己培养的高水平人才，并不以海外留学背景作为人才引进的必要条件，使得日本的高水平科学家得以紧密传承，并且愿意自始至终留在日本本土做研究。以理论物理学领域为例，日本已有11人获

得诺奖，其中有7人师出同门、前后传承。在日本，一流大学职称评定标准高、审查严格，要求教授必须达到国际水平，这也促使教师非常注重学术积累和工作业绩。同时，日本大学对于人才的选拔不拘泥于学历、背景、资历，而是基于态度、能力、潜力。例如，绿色荧光蛋白发现者下村修只是名古屋大学理学部的一名进修生，博士论文也只有六页，但名古屋大学仍然肯定其学术水平，破格给予其博士学位。

四是摒弃急功近利的科研导向，加强基础研究。日本对于基础研究格外重视，基础研究经费在科研经费中的占比常年维持在15%左右（我国的这一比例在2015年才达到5%，2017年为5.3%）；在日本大学中，基础研究经费一般占主要部分（约55%）。在科研经费上，日本科研人员申请课题实行的是注册制，申请经费不必层层审批，科研经费有比较充分的保障，不用参加各种评审、评估。科研人员在研究过程中的自由度比较高，很少受考核、评价等干扰，也不会担心因为在一段时间内没有产出成果而受到冷落。这些制度安排和文化氛围，使得科研人员特别是青年学者有稳定的工作和安定的研究环境，不必疲于奔命地应付课题申报和短期课题结项，可以致力于研究那些不会马上产生经济效益，而是要在几十年后才可能大有用武之地的课题。2018年诺贝尔生理学或医学奖得主本庶佑就认为，没有教务督导，自由教学和科研，极少有课题、结项压力以及时间限制，是其成功的重要原因。

五是产学研合作活跃。上世纪70年代起，日本将大学作为协同创新中心的设置主体和牵头单位，将国立研究机构、企业等研发机构有机连接起来。东京大学、京都大学、北海道大学、东北大学等都建立了产学研合作研究机构，发挥了学术资源的集成效应，促进了高层次科技创新能力的形成。例如，2002年物理学奖得主、东京大学小柴昌俊主持的神冈探测器项目就离不开企业的大力支持；2002年

化学奖得主、岛津制作所研发工程师田中耕一的获奖，更表明日本企业通过开展产学研合作已具备了作出诺贝尔奖级科技突破的实力。

日本经验的启示

诺奖的获得是科研水平逐步提高的结果，需要一段时期的积累。当前，国家对科学研究的投入力度持续加大，2017年我国研发经费投入占GDP总额的2.12%，科技创新水平正处在从量变到质变的关键期。面对日本诺奖的“量产”，我们要保持定力，不必过于焦虑，但需要借鉴其成功经验，找准问题、苦练内功、奠基未来。

改革大学育人模式，促进通识教育与专业教育的融合。目前我国多数高校仍然以专业教育为主，不能充分适应“大科学”的发展趋势、满足培养复合型人才的需要。要借鉴日本经验，探索并推广学生入校不分科的教育模式，试行低年级进行通识教育，高年级进行专业教育的模式；设置能够引导学生参与研究和参与讨论的研讨班，引导学生对学术课题或社会现实问题的兴趣，促进他们形成发现问题的好奇心、求知欲，培养“宽口径、厚基础”的人才。

推进学术评价改革，形成潜心研究的科研导向。目前我国的学术评价多以结果为导向，具有唯论文、唯职称、唯学历、唯奖项的倾向，这驱使学者把大量精力放在“短平快”项目上，不愿“坐冷板凳”。2018年7月，中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于深化项目评审、人才评价、机构评估改革的意见》，要结合高等教育实际，落实《意见》的相关部署，坚持推进学术同行评价，引入国际专业评价，充分发挥第三方评估机构作用，避免行政力量等非学术因素对学术事务的干扰。同时，要加强对第三方评估机构的规范和监督，建立健全第三方评估机构评估结果负责制和信用评价机制。

严格大学教师的职称评定标准。

近年来，我国一些高校为留住或争抢人才，竞相破格提拔教授。这对于打破论资排辈、推动青年人才脱颖而出是有利的。但是，科学研究的质量往往需要一个比较长的周期来验证，唯论文、唯“帽子”的导向会使大学浮躁之风蔓延。一些年轻学者急于求成，甚至为了快速晋级而违反学术道德，这是必须反思的。大学应该从严设置职称评定标准，突出品德、能力导向，严格考察职称申请人的成果质量和实际贡献。

将科研资源向年轻学者倾斜。40岁左右是学者的创造力高峰期，但我国大量的科研资源主要掌握在50岁以上的“大腕儿”们手中。年轻学者如果没有入选某一人才计划，不是“明星学者”，则在科研经费、招生指标、成果发表等方面都会受到限制。由于缺少必要的支持，年轻学者虽富有创造力，也很难产出具有冲击力的科研成果。为此，要充分利用好青年基金等国家层面的支持，在项目评审时不以“头衔”“帽子”决定资源的配置；大学要结合实际，在科研经费、实验条件等方面支持年轻学者，让他们有“资本”静下心来做研究、搞教学。

推进高校与科研院所、企业的深度合作。目前，许多企业与高校的合作，仅着眼于寻找一些“短平快”项目，缺乏从长远考虑如何提高技术创新能力。对此，要调准产学研结合的切入点，高校要把精力集中在人才培养和关键技术的攻关上，企业积极搜寻一些产业化“幼苗”，利用资金、基础设施、工程技术等优势，与高校和科研单位共同孵化。政府应努力创设产学研合作的配套措施，在财政、税收、信贷等方面提供政策支持，充分保护知识产权，保护科技成果顺利产业化。

