# 以历史自觉引领自然科技话语创新

自然科技话语体系的构建与创新，对于从创新源头预判科技变革方向、设置国家科技创新议程、统筹创新资源配置，都具有极大的统领作用和价值。树立创新自信，引领自然科技话语创新，是我国加快实施创新驱动发展战略的内在要求，是我国科技工作者勇立新一轮科技革命创新前沿、推进科技革命的历史自觉。

□ 王小理

## 新一轮科技革命下自然科技话语创新何以可能

自然科学与技术的话语体系是系统反映自然科学与技术学科发展面临的基本问题、方法体系与呈现其发展脉络的相关概念、范畴和表述的总称。自然科技话语构建存在周期性，表现为在科技革命时期凸显，在科技常态时期则相对隐晦。按范式理论的观点，在科技大变革时期，各种不同的形式系统或符号系统将大量涌现，表现在科技语言内容上，主要是全新的科技概念和范畴、科技表述。

当前，全球新一轮科技革命方兴未艾，自然科学学科内的分化和学科之间的交叉融合会聚，带动观察分析、计算模拟和工程制造工具或分析手段、研究思路的代级更新，系统提升各学科原有的方法体系。而新的方法体系能够以新的解析维度或约束条件，更加精确地界定所研究的科技问题、提出新的理论假设，多层次、多尺度地观察、模拟、干涉、调控研究对象，并通过工程制造进一步验证科技理论和判断、扩大科技潜在应用。正是这种研究方法体系的变迁以及研究对象自身外在暴露程度的深刻变化，为新一轮科技概念体系和对应的科技话语创新提供了丰富可能。同时，全球新一轮科技革命、产业革命、军事变革相互促动，人类经济社会可持续发展和人类生产方式、商业模式、生活方式、学习和思维方式、对抗方式的变革需求，也为面向实践应用的科技话语构建提供了现实基础，导致新方法、新产品、新业态等应用型科技话语创新。

理论性和应用型科技话语的构建和创新，在以生命科学、信息技术、材料制造等为代表的诸多领域都有所鲜明体现。在生命科学领域，以系统生物学、合成生物学、工程生物学、纳米-生物-信息-认知会聚、新一代测序、超高分辨率成像、基因组编辑、单分子单细胞分析、细胞重编程、光遗传、表观遗传为代表的新理论、概念等科技话语不断孕育诞生、演绎演化。在信息技术领域，信息互联的移动化和泛在化、信息处理的集中化和大数据化、信息服务的智能化和个性化趋势，引发工业互联网、能源互联网等新网络形态话语不断涌现，推动虚拟现实、增强现实、自然语言问答、自动驾驶、量子计算、语境代理、通用机器智能、4D打印、智能尘埃等新兴应用型科技话语创新。在材料科技领域，高性能、低污染、低成本的科技发展新趋势，推动以纳米材料、光电子材料、量子材料、超材料、隐身材料、非硅信息功能材料为代表的材料科技概念创新。可以说，自然科技话语创新是新一轮科技革命的基本表现形式，科技变革的方向、内涵，甚至高潮首先就反映在鲜活的科技话语、表述上。可以预计，随着不同基础学科之间核心概念的进一步交叉引进，这种趋势还将会加强。

## 加强我国自然科技话语创新为何必要

加强自然科技话语创新，言人所将言，是推动创新驱动发展战略向纵深挺进的必然路径。无论是构筑国家先发优势，还是增强原始创新能力、拓展创新发展空间，都要求必须跳出原有的跟风、跟跑的科技进步模式窠臼，转入要求透彻理解和把握科技规律和科技转化应用现象背后的一整套体系，要求具有战略眼光的科技专家对自身理论工具、对学科发展、对国家重大需求有更深层次的思考，从而前瞻提出更具概括力、指导性的科技发展新概念、新话语，在国际原创科技领域占据一席之地。

加强自然科技话语创新，言人所未言，是主导设置科技创新关键议程的基本能力要求。虽然科学技术是世界性的，但一旦某一类科技话语确定性胜出，就将迅速转化为具体的科技领域和方向，引导相应的创新资源国际性流动和全局化配置。因此，在创新全球化时代，自然科技话语是大国战略博弈的前置性环节和隐形赛场，在未来综合竞争中的地位和作用更加凸显。我国牵头实施国际大科学计划和大科学工程，实现科技创新从他组织向自组织的机制转变，首先就需要有具有强大统摄力的自然科技话语。

加强自然科技话语创新，言人所不能言，是主动扛起建设世界科技强国责任、坚定融入新一轮科技革命的历史自觉。目前在国际科技竞争比较激烈的领域，我国率先提出的、具有国际影响的科技话语已经有一定基础，如脑网络组学、人造精子、液态金属等。然而，毋庸讳言，这类科技话语创新还不是太多，许多领域还显得“肌无力”、缺乏震撼性。这种情形与我国地位并不相称。从我国国情和社会发展需求看，未来有着远大前景。我国现代化建设需求和13亿多人民过上美好生活的期盼，必定会极大推进自然科技的发展和话语创新。

## 如何引领新一轮自然科技话语创新

树立强烈创新自信，与时代对话，做出引领性的理论概括。“一个民族想要站在科学的高峰，就一刻也不能没有理论思维。”推进自然科技话语创新，就是要有一批“安、专、迷”科学家，站在世界科技前沿，及时对新鲜的重大科技进展进行理论总结，以凌云之志，对科技前沿进行合乎科研规范的、有前瞻性的概念解析和意义提炼，勇于提出、倡导自然科技新概念、新范畴、新表述，并为之进行必要的讨论、对话、交锋和辩护。坚持中外科技创新话语互鉴，始终保持科学理性和清醒。

围绕科技变革中核心问题，与自然、未来对话，推进自然科技话语体系的革故鼎新。科技变革核心内容是本体论、方法论的变革。以不断发展的科技实践为基本参照，选准系统、瞄准方向，通过对自身的思维工具、对学科体系中的最基本构成要素及其组成的复杂理论体系进行再回顾、再前瞻、再综合，就有可能逼近、洞察科技变革中的核心问题，进而提出真问题、新命题，提出具有开创性的自然科技话语。

坚守科学精神与科学行为准则，与社会对话，形成孕育科技话语创新的良好生态。科技革命下的自然科技话语创新，绝非一朝一夕之功，离不开严谨的科学态度和“板凳宁坐十年冷”的科技情怀。从鼓励科研与产业一线的人才勇于开拓、质疑现有理论和模式，到提携青年人员敢于当仁不让，从将自然科技话语创新纳入学术共同体、科技智库的议题议程，到完善学术评估机制、规范学术不端调查与惩治学术舞弊，重塑学术共同体内部治理体系，从审视历史上的科技话语创新经验教训，到实际创新实践的反复锤炼，从完善表达方式，到开拓传播和公众接受方式，更需多端发力、久久为功。

有理由相信，只要遵循科技发展规律，保持科学理性和历史自觉，敢于在推进科技革命方面勇做时代弄潮儿，经过勤勉努力，我国科技工作者就一定会提出一批具有高度创见、有世界影响的科技话语，言人所不能言，为人类科技文明作出中华民族的时代新贡献。

科技创新

# 新工业革命需要新产业政策

□ 王喜文

> 互联网技术带给我们许多创新和意想不到，互联网与制造业的深度融合也将有效推动供给侧结构性改革。

## 全球新一轮工业革命正在孕育发生

可以说，互联网技术影响了人类社会，并对社会发展起了很大的推动作用，是如今社会面临的各种变革的最大根源。美国提出的第三次工业革命本质上是推动互联网技术在新能源领域的深度应用，是新能源与互联网相融合的新一次工业革命。在德国，“工业4.0”概念被认为是以智能制造为主导的第四次工业革命，旨在通过深度应用信息技术和网络物理系统等技术手段，将制造业向智能化转型。与美国的第三次工业革命说法不同，德国“工业4.0”认为，在制造业领域，将各种资源、信息、物品和人融合在一起，相互联网的众多“信息物理系统”形成了“工业4.0”。

德国“工业4.0”与美国第三次工业革命的相同点是，都基于互联网，都想引领新一轮工业革命的发展。互联网技术带给我们许多创新和意想不到，互联网与制造业的深度融合也将有效推动供给侧结构性改革。

## 实体经济将伴随新工业革命而发生颠覆性的改变

“工业4.0”是在第三次工业革命的基础上，对制造业的模式造成了转变——传统的商业模式将发生巨大转变，必然也会出现新的商业模式。传统制造业或许还会存留在市场中，但是为了应对新的竞争对手，它们的经营管理者一定会在工业革命期间改变它们的组织结构、管理流程和业务功能。智能手机、可穿戴设备之所以能够成功，不仅仅因为它们是新事物，更重要的是紧随其后的消费文化转变和社会转型。

“工业4.0”代表新一轮工业革命的背后是智能制造，是向效率更高、更精细化的未来制造发展。与此同时，过去的制造业只是一个环节，但随着互联网进一步向制造业环节渗透，网络协同制造已经开始出现，未来制造业将通过基于价值链、工程链的企业间广泛合作，实现联结人力物力、信息数据、资金、能源的物联网世界。制造业的模式将随之发生巨大变化，它会打破传统工业生产的生命周期，从原材料的采购开始，到产品的设计、研发、生产制造、市场营销、售后服务等各个环节构成了闭环，彻底改变制造业以往仅是一个环节的生产模式。在网络协同制造的闭环中，用户、设计师、供应商、分销商等角色都会发生改变。与之相伴而生，传统价值链也将不可避免地出现破碎与重构，城市与郊区、大企业与中小企业之间的不平衡将被打破。大企业转向价值链、工程链的上游；中小企业则转向灵活多变、可应对多样化需求的下游。

## 亟待“新产业的政策”

“新产业政策”应为“新工业革命”进行“新研判”。“工业4.0”时代，有价值信息的挖掘能力、传递能力、对知识生产性的重视将成为企业竞争力要素，平台型企业、网络化组织将更加普遍。生产者与消费者的互动将更加紧密，中小企业的作用将更加突出，对市场需求的快速反应将更加重要……这些变化都要求适时、适度的制度创新和管理变革能力，对我国相对薄弱的制度创新和管理变革能力构成现实性的挑战。

尤其是，随着“工业4.0”“智能制造”“信息物理系统”“共享经济”等新模式的出现，一些新的行业、新的商业将会涌现。坚持创新驱动，更加需要加强预判性、前瞻性研究，及时出台“新产业的政策”，促进经济体系实现开放式创新、大规模定制和社会化生产。

“新产业政策”应在“新范式转变”中进行“新引领”。当前制造业正面临着新的范式转变。首先是，从“物理”到“信息”。以往，每当提及制造业，恐怕都认为是各种零部件构成硬件产品的核心。但是，随着封装化、数字化的进展，零部件生产加工技术加速向新兴市场国家转移，随之而来，零部件本身的利润难以维系。因此，发达国家制造业开始更加注重通过组装零部件进行封装化，将部分功能模块化，将系列功能系统化，来通过服务提升附加价值。也就是，未来制造业不是“卖产品”，而是“卖服务”。

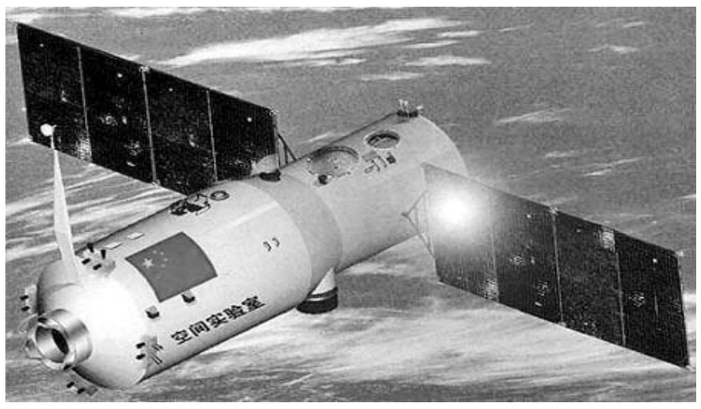
还有，从“群体”到“个体”。在发达国家，以规模化为对象的量产制造业将生产基地转移至新兴市场国家，以定制化为重点的多种类、小批量制造业渐渐成为主流。未来发达国家制造业就像许多专家的共识那样，将在“大规模定制”的潮流下，根据多种多样的个性化需求来生产。按照定制进行生产，将会有效贯彻供给侧结构性改革，避免“产能过剩”现象发生。

同时，消费者本身也将有能力将自己的需求付诸生产制造。也就是，“大规模定制”随着以3D打印为代表的数字化和信息技术的普及带来的技术革新，对制造业的进入门槛将降至最低，不具备工厂与生产设备的个人也能很容易地参与到制造业之中——这样将在一定程度上带动“大众创业、万众创新”。当然，制造业进入门槛的降低，也意味着一些意想不到的企业或个人将参与到制造业，从而有可能对商业模式造成更大的变化。

还有一些基本性问题，如当前我国工业化和信息化两化融合的必要性、紧迫性、艰巨性以及推动深度融合的方向、重点、路径、方法等，不同行业、不同企业之间仍然存在不同认识。对于类似的重大情况变化和基本性问题，它们的意义和影响，都亟待“新产业政策”来引领行业、企业的转型发展。

“新产业政策”应对“新人才培养”进行“新挖掘”。在政策制定上，政府机构应“先知先觉”。但是，许多政策制定者没有企业尤其是民营企业的工作经历，不懂技术和流程。尤其是，目前是一个跨界的年代，新工业革命融合了机械、自动化、电气等“硬件”，还包括云计算、大数据、互联网等“软件”。这样一来，未来的行业主管部门领导干部既需要有宏观视野，懂产业、懂经济，还需要有微观经验，懂技术，懂生产，甚至还需要有国际视野，精通外语，这样才能够第一时间把握前沿趋势，推出“新产业政策”，把握新工业革命机遇。也就是，就政府主管机构而言，只有具备这种跨专业、跨领域、跨学科的人才，才能胜任新工业革命背景下的行业管理工作。但是，这种跨界人才的招募和培养谈何容易？这恐怕也是未来国家经济社会发展的一大挑战——在跨界时代，没有跨界人才来领军，如何制定“新产业政策”呢？所以，就政府机构领导干部人才储备而言，亟待一种新的人才培养方式，要将引进与培养相结合，积极挖掘招募跨界人才，充实高端跨界人才的储备。

科技与社会




搭载空间冷原子钟的“天宫二号

# 冷原子钟：算无遗策的时间卡尺

□ 郑平刚 张乃千 唐 嘉

## 最准钟表出自何处

在人类文明发展的历史长河中，各类社会需求都与时间的精确测量息息相关。从最早依靠天体的周期性运动和相对位置模糊定义时间，日出而作日落而息，到日晷、沙漏和水钟等人造计时工具的出现，都反映出人们对于精确时间测量的不懈追求。在长时间反复周期运动的振荡器出现后，人们把能产生确定振荡频率的装置作为时间频率标准。从14世纪到19世纪初，人们先后发明了摆轮钟和更加精密的机械钟表，计时精度已基本满足人们日常生活需求。20世纪30年代出现的石英晶体钟表，具有小型化、低功耗等特点，已经成为目前主要的计时装置。

从20世纪40年代开始，随着现代科学技术尤其是原子物理和量子力学的发展，人们逐步认识到原子超精细结构能级跃迁具有恒定的频率特性，可以作为频率基准。在此基础上，精度更高的原子钟逐渐得到重点研究与发展。自从有了原子钟，计时工具的精度以几乎每十年提高一个数量级的速度飞速发展，到20世纪末，原子钟的误差已经达到300万年只有1秒的水平。1967年第13届国际计量大会直接将时间“秒”定义为“1秒为铯原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应辐射的9192631770个周期”。近年来，基于激光冷却原子技术发展而来的冷原子钟使计时精度进一步提高，更高精度的冷原子钟得到飞速发展。

## 精度追求永无止境

随着人类活动范围的不断拓展，人类对时间测量标准的精度追求也永无止境。通过实验人们发现，在空间微重力环境下，冷原子光钟有望获得比地面上线宽更窄的原子钟谱线，从而进一步提高原子钟精度，空间冷原子钟就是在地面喷泉原子钟基础上发展而来。

美国国防部高级研究计划局（DARPA）于近期启动了“高稳原子钟”（ACES）项目，旨在进一步提高轻小型、低功耗平台原子钟的授时精度。由美国国防部和密歇根大学合作研制的体积仅有1立方厘米的原子钟，同时兼具高精度、小体积和低功耗等突出特点，将进一步提高手机和其他电子装置的计时精度。“超快激光科学与工程项目”（PULSE）研究的超短脉冲原子钟和微波源，可精确实现远距离时间和频率同步。目前，量子辅助传感与读出（QuASAR）项目的研究人员已经在实验室环境下开发出精度可达50亿年误差1秒的原子钟。美国国家标准与技术研究所研制的镱原子钟，精度高达10的18次方，比现有的原子钟精度提高了10倍。

我国于上世纪七十年代成功研制出铷原子钟，为高精度测量和远距离通信做出了重要贡献。进入21世纪，我国开始小型化冷原子铷钟和空间冷原子钟的研究工作，并于2010年完成空间冷原子钟原理样机的研制和地面科学论证。2011年，空间冷原子钟实验（CACES）正式进入工程样机设计与研制阶段。经过我国科学家近10年的艰苦努力，我国第一台空间冷原子钟产品最终研制成功，并搭载“天宫二号”空间实验室顺利升空。

## 定时神器可堪大用

超高精度的原子钟，是卫星导航领域的关键核心技术。卫星导航正是依托精确测量微波信号从卫星到达目标所用时间，获得卫星和目标之间的精确距离。目前美国GPS系统使用的原子钟，精度也仅仅能达到纳秒量级，直接导致民用GPS导航精度在十几米左右。空间冷原子钟可以在太空直接对其他卫星上的星载原子钟进行信号传递和校准，可有效避免地面基准校正过程中大气和电离层对信号的干扰，具有更精确的精度和更稳定的运行能力。一旦空间冷原子钟在导航系统得到应用，将直接促使卫星导航精度达到厘米量级。

目前的卫星导航系统只能应用于近地范围，未来通过在空间适当位置放置高精度原子钟，就可以实现大尺度的高精度空间导航。此外，原子钟还可以用来探索宇宙本质，利用空间冷原子钟可进一步推动引力波和暗物质探测实验进展。使用原子钟可以将世界上几千台望远镜相互连接，构成洞察宇宙奥秘的观天巨眼，在开展远距离实时通信和保密通信等领域也有至关重要的作用。

精确授时对于战场信息指挥、情报侦察、通信、电子战和导航制导等应用至关重要。在军事应用领域，原子钟可以为航天测控和导弹发射系统提供标准的时间和频率信号，从而确保各个作战系统和武器装备在统一的时间基准下同步工作。DARPA研制的“芯片级原子钟”（CSAC）项目具有体积小、重量轻、功耗低等突出特点，以此为代表的微型原子钟将在军事领域得到广泛应用。

在量子敏感器件等高新技术领域，空间冷原子钟的出现将为高精度时频系统、冷原子干涉仪和陀螺仪的研制奠定技术基础。未来，原子钟将在全球卫星导航系统、深空探测、引力波和其他基本物理常数测量领域中发挥重要作用。

新概念新法则