

基础性研究与人才培养

简 报

(第 375 期)

上海市科委基础研究处
上海科学技术情报研究所

主 办

2016 年 5 月 30 日

本期内容向导

硕 果 园

中科院生化所成功解析 MCU 结构机制登上《自然》
复旦发现黑磷量子霍尔效应登上《自然·纳米技术》
华理首次实现生物纳米孔单核苷酸分子超灵敏分辨
上海交大发现核骨架蛋白诱导血管重建的重要力学机制

动态趋势

美国科学基金会公布新发展蓝图
日本发布《第五期科学技术基本计划》

国内简讯

中共中央、国务院发布《国家创新驱动发展战略纲要》
杨卫：基础研究是创新驱动的供给源

中科院生化所成功解析 MCU 结构机制登上《自然》

国际顶级学术期刊《自然》(Nature)于5月2日在线发表了中国科学院上海生命科学研究院生物化学与细胞生物学研究所国家蛋白质科学中心(上海)周界文研究组的研究论文。该研究采用核磁技术结合电镜技术首次揭示了线粒体钙离子单向转运蛋白 MCU (Mitochondrial Calcium Uniporter) 跨膜核心区域的三维结构,是迄今为止使用核磁共振技术解析出的最大的离子通道结构,研究表明,MCU 形成的是同源五聚体,与以往报道的其他钙离子通道的结构截然不同,对钙离子的选择机制和转运机制具有其独特性。周界文研究员为该论文的通讯作者。

钙离子参与一切生命活动过程,是生命体不可缺少的离子。MCU 是线粒体摄入钙离子的重要分子机器,对线粒体的能量代谢和维持细胞生存起着关键作用。早在50多年前科学家就发现了线粒体对钙离子的吸收作用,但直到2011年,美国的Mootha实验室和意大利的Rizzuto实验室才正式发现介导钙离子进入线粒体的单向转运体。令人惊讶的是,线粒体吸收钙离子不是简单地由单个蛋白转运,需要由多个蛋白质形成的复合体完成。跨膜MCU是这个蛋白质复合体的中心,MCU转运钙离子是一个高度复杂并受到严格控制的过程。近年来,国内外顶尖科研团队纷纷对MCU的分子基础开展研究。如何在分子水平上揭示MCU的结构基础,阐明MCU转运钙离子的本质,将对线粒体内稳态的理解和线粒体相关疾病的治疗具有重要意义,并将拓展对离子通道的认识和理解。

MCU体系的复杂性为这一问题的解决带来了巨大的挑战。周界文研究组利用国家蛋白质科学研究(上海)设施(简称“上海设施”)电镜分析系统,获得了MCU蛋白的一个类似“花瓶形”同源五聚体的整体形貌,然而MCU精确的结构信息仍然缺乏。为了攻克这个整体分子量达到90kDa(千道尔顿)以上、非常复杂的蛋白质,周界文继续带领团队研发了一整套高效的膜蛋白核磁技术,充分利用上海设施的高场核磁谱仪,解析了MCU高分辨率的核磁结构,清楚地揭示了MCU中钙离子特异性选择的通道入口。进而又与国外合作伙伴的研究团队合作,进一步用功能实验验证了结构中观察到的重要位点对MCU的钙离子转运非常关键。

该研究工作受到中科院战略性先导科技专项、科技部、国家科技重大专项、国家自然科学基金委以及上海市科委基础研究项目的经费资助。

周界文 论文通讯作者。男，1970年生。现任中国科学院上海生物化学与细胞生物学研究所研究员、研究组长、博导，国家蛋白质科学综合研究中心（上海）副主任。国家千人计划入选者。主要研究方向是用核磁共振（NMR）的方法来测定膜蛋白结构，理解它们的功能与机制。带领实验室研发了一系列用于膜蛋白研究的核磁共振与生物化学技术，成功测定了很多膜蛋白的结构与机制，取得了多项世界第一的研究成果；建立了一整套膜蛋白的高效表达、纯化、重折叠以及核磁条件优化的方法，对于理解在免疫学中 T 细胞信号传达的分子机制起到了巨大的作用；研发出了一种新的 DNA 纳米管液晶用于微调膜蛋白，成功将其运用于核磁共振方法来测定膜蛋白结构，开创了一个新的结构生物学纳米技术领域。曾以通讯作者身份在《自然》《细胞》《自然·免疫学》《美国科学院院报》《美国化学会志》等杂志发表多篇论文。曾获得葛兰素史克（GSK）研究员生命科学奖、美国史密斯家族新研究者奖（The Smith Family New Investigator Award）、乔万尼·阿曼尼斯-哈佛青年教师奖（Giovanni Armenise-Harvard Junior Faculty Award）、美国健赞公司（Genzyme）生物医学科学杰出贡献奖等荣誉。

复旦发现黑磷量子霍尔效应登上《自然·纳米技术》

近日，复旦物理学系的张远波教授课题组与中国科技大学研究人员合作，在黑磷器件的质量上取得重大突破，首次在高迁移率的黑磷器件中观测到了量子霍尔效应，相关学术论文发表在 3 月 28 日的《自然·纳米技术》上。这一发现使黑磷成为了屈指可数的可用于研究量子输运现象的材料体系之一，为进一步研究黑磷中的新奇量子物理现象奠定了基础。该结果是继张远波教授于 2015 年在《自然·纳米技术》杂志报道新型二维晶体材料（详见本刊第 349 期）研究以来，取得的又一突破性进展。张远波教授为论文共同通讯作者之一。

量子霍尔效应是现代凝聚态物理学的一个重要发现。精确量子化的霍尔电阻是物理学中的重要常数，是电阻的计量标准，并可以由它独立得到精细结构常数。量子霍尔效应为后续的一系列物理概念奠定了基础，例如分数量子霍尔效应。更重要的是，不同材料中的量子霍尔效应都有其各自奇特的地方，往往带来新的物理发现。

实际实验中，量子霍尔效应的实现需要极高的样品质量，这使得量子霍尔效应只在少数的几种材料系统中被观测到。黑磷是一种新兴的层状半导体材料，它的电子结构具有一系列的独特性质，例如带隙可随样品层数变化、电子结构的各向异性，以及很大的电子有效质量等。这些

性质使得黑磷二维电子气中的量子霍尔效应具有重要的研究价值。但实际上，受制于界面杂质及缺陷的影响，黑磷二维电子气的载流子迁移率远远低于晶体块材，这使得黑磷中的量子霍尔效应难以实现。

针对上述挑战，张远波研究团队利用有机薄膜转移的方法，将石墨、氮化硼和黑磷的薄层依次叠加在衬底上形成异质结结构，这一结构利用了石墨的导体性质，静电屏蔽了来自于衬底和界面上电荷杂质的散射作用，同时结合了石墨和氮化硼的层状性质，获得了原子级平整的样品界面，从而在黑磷二维电子气中实现了极高的载流子迁移率。在这样的高质量二维电子气中，首次实现了黑磷中的量子霍尔效应。这一发现使黑磷成为了为数不多的可用于研究量子输运现象的体系。在此基础上，课题组进一步研究了黑磷中电子自旋劈裂能隙随温度以及磁场的变化，结果显示黑磷当中具有很强的电子相互作用，这为进一步研究黑磷中的新奇物理现象奠定了基础。

张远波 论文共同通讯作者之一。男，1978年生。现任复旦大学特聘教授，博导。主要从事低维纳米体系研究，重点领域为石墨烯的电学和光学研究。2006年获得美国哥伦比亚大学物理系博士学位，同年获美国加州大学伯克利分校为期三年的米勒奖学金（Miller Fellowship），从事博士后研究；2011年受聘复旦大学。其在量子输运、扫描隧道显微和能谱技术，以及远红外能谱领域积累了丰富的研究经验，取得了具有国际影响力的成果。其中，与合作者在2005年首次发现石墨烯中载流子为等效相对论性粒子，并在同一系统中发现了室温下的量子霍尔效应，成为国际石墨烯研究引领者之一。曾获得香港求是科技基金会颁发的求是杰出青年学者奖（2013年）、国际纯粹与应用物理学联合会（IUPAP）青年科学家奖（2010年）、美国哥伦比亚大学 Charles H. Townes Fellowship（2005年）和美国加州大学伯克利分校 Miller Fellowship Award（2006年）等知名奖项。2011年入选国家“青年千人计划”，2012年入选上海市“东方学者”计划。

华理首次实现生物纳米孔单核苷酸分子超灵敏分辨

生物纳米孔单分子分析技术因其低成本、快速和无需荧光标记等优点，被视为最具前景的DNA测序技术之一。在生物纳米孔电化学超灵敏单核苷酸分辨领域中，华东理工大学化学学院龙亿涛科研团队作为独立的研究团队，其独创性的研究取得重大突破，成果于4月25日在线发表在《自然·纳米技术》上。龙亿涛教授为论文的通讯作者。

生物纳米孔单分子分析技术的工作原理是通过电场力驱动单链 DNA 穿过纳米尺寸的孔道，由于不同的脱氧核苷酸通过纳米孔道时产生了不同阻断程度和阻断时间的电流信号，由此可根据电流信号读出每条 DNA 序列上的碱基信息。但在实验过程中，单链 DNA 穿过纳米孔的速度极快（约 1 微秒/碱基），相应产生的电流阻断信号极小（皮安级），阻碍了纳米孔测序技术发展。

基于自主研发的超低电流检测装置，龙亿涛课题组首次使用野生型且无任何修饰的气单胞菌溶素（Aerolysin）生物孔，将单链 DNA 的过孔速度降低了三个数量级（2.0 毫秒/碱基），从而极大地提高了电流检测的灵敏度，完成了对仅有单个碱基差异的 DNA 分子的超灵敏识别，并实现了混合复杂体系的超灵敏检测和核酸外切酶“分步降解”单链 DNA 过程的实时观测。此外，该研究还通过改变检测体系的酸碱度，调节孔道内腔的电荷分布，计算获得了纳米孔表/界面上电荷的分布信息，增进了对 DNA 与气单胞菌溶素孔道内腔表面氨基酸残基相互作用的深入理解。未来，结合高带宽低噪音的电流检测仪器，气单胞菌溶素纳米孔有望实现对单个 DNA 单碱基的直接分辨以及对 DNA 损伤的检测，这将大大推动 DNA 测序技术以及个性化医疗的发展。

龙亿涛 论文通讯作者。男，1967 年生。现任华东理工大学特聘教授，博导。国家杰出青年科学基金获得者。主要从事电分析化学、纳米光谱电化学、环境应急监测和与疾病相关的重要生物大分子的实时检测研究。主持 863 计划重大项目课题、国家自然科学基金重大研究计划培育项目和面上项目、上海市科研项目等多个项目。已在《美国化学学会会刊》《德国应用化学》以及《自然》系列杂志等国际知名学术刊物上发表研究论文 100 余篇，申请国内外发明专利 11 项，参编专著 5 部。曾入选教育部长江学者计划、上海市浦江人才计划、上海市优秀学科带头人计划。

上海交大发现核骨架蛋白诱导血管重建的重要力学机制

近日，上海交通大学生命科学技术学院研究团队在血管力学生物学研究领域关于细胞核骨架蛋白力学响应上取得了新进展，研究成果于 4 月 25 日在线发表在《美国科学院院刊》上。该论文的通讯作者为上海交通大学的钱煦教授和姜宗来教授。

细胞如何将胞外的力学刺激信号转化为胞内的生物化学信号是细胞力信号转导（mechano-transduction）的关键科学问题。国内外现有的

相关研究多数集中在细胞膜表面应力感受器，如膜蛋白和离子通道等。该项研究关注了细胞核这一细胞内硬度（stiffness）最高和基因转录发生的亚细胞结构，以整体观察-分子机制研究-整体验证的研究思路，探讨了细胞核骨架蛋白 emerin 和 laminA/C 在高血压高张应变诱导血管平滑肌细胞（VSMCs）增殖中的作用及其机制，发现了 emerin 和 laminA/C 作为重要的保护性因子，其表达降低参与了高血压高张应变诱导的 VSMCs 异常增殖；揭示了 emerin 和 laminA/C 可分别与包含特异性转录因子 motif 序列的 DNA 片段结合，进而调控多种与 VSMCs 增殖相关的转录因子活性。结果表明，核骨架蛋白能够响应张应变力学刺激，参与调控细胞功能，并提示核骨架蛋白 emerin 和 laminA/C 有可能作为高血压血管重建的潜在靶标分子，具有重要的临床转化价值。

这一研究成果将对机械应力感受器的关注由细胞表面转到细胞核，为细胞应力响应机制研究开辟了一个新方向，为发现新的细胞应力感受器、揭示应力诱导血管重建的分子机制，以及寻找血管重建临床诊断治疗和疗效评价的潜在靶点，提供了新的力学生物学重要依据。

钱 煦 论文通讯作者之一。男，1931 年生。现任美国加利福尼亚大学圣地牙哥分校惠特克生物医学工程研究院院长，上海交通大学名誉教授。兼任美国生物医学协会主席、中国科学院外籍院士。长期从事血流、血细胞和血管壁之间的相互作用、机械力信号转导对基因表达和细胞生长、迁移和凋亡的影响，生理和病理状态下血液流变学和微循环动力学研究，整合生物学、医学科学和工程科学，将纳米技术、生物信息学、细胞生物物理和生物力学等多学科的方法应用于心血管系统的研究，揭示了血流动力学对心血管系统的作用、动脉粥样硬化和高血压的病理生理机制以及心血管疾病治疗的新策略。发表了 500 多篇学术论文和 11 部著作。曾获得美国国家科学奖章。

姜宗来 论文通讯作者之一。男，1949 年生。现任上海交通大学力学生物学与医学工程研究所所长。长期从事心血管生物力学研究，是我国力学生物学（mechanobiology）研究领域的开拓者，大力倡导和推动生物力学学科前沿新兴领域—力学生物学在我国的发展，率先在国内建立了第一个力学生物学研究机构，围绕“力学因素—生物学效应—血管重建（心血管疾病）”主题，开展“力-血管蛋白质组学”等心血管力学生物学研究，取得了一系列新进展，使我国血管力学生物学研究跻身国际先进行列。主持国家自然科学基金重点项目等多项科研课题。在国内外发表学术论文 100 余篇，主编和参编出版 8 部专著和 9 部教材。获国家科技进步三等奖、军队科技进步二等奖和国家卫生部科技进步三等奖。曾获得全国优秀科技工作者称号。

美国科学基金会公布新发展蓝图

2016年4月，美国国家科学基金会（NSF）的France Cordova主任召集其麾下的高管团队，举办了两天“头脑风暴”会，讨论NSF所支持的学科面临哪些重大的挑战，最终形成了包括6大前沿与3大机制改革的9点规划改革建议，为NSF未来几十年的发展描绘了蓝图。

六大科研前沿——

主要面向解决当代和未来社会可能遇到的重大挑战性问题，旨在促进交叉性基础研究。

第一是驾驭面向21世纪科学和工程的大数据。包括数学、统计和计算科学的基础研究；大数据相关的基础研究；大数据研究成果转化为应用；在虚拟基础设施生态系统中应用大数据创新成果；开发和评价创新性的学习和教学机制方式。

第二是推进人/技互动前沿。包括开发新型的机器学习算法、计算系统结构、神经形态框架，以开发机器智能和“类脑”计算；大力提升传感、通讯、计算的能效；设计、建造和装备以人为本的人工系统，这种系统应具有认知和适应能力，可以与人类最佳匹配合作；研究技术如何影响人类的行为和社会组织机制；包括研究技术使用者与设计者的互动如何影响技术的研发；研究新型的学习机制何以可能，技术如何提升和扩展人类的学习；设计、开发和试点新型的校内和校外学习环境；从事与隐私和安全有关的技术研究和社会研究。

第三是理解生命的规律。当代生物学有一个重大的知识空白：如何运用有关基因组和环境的知识来预测细胞或生物组织的表型？如何运用计算模型和信息计量学方法来促进对复杂生命系统的分析和预测？生物特质（traits）的变异是所有生命形态的一个特征，基因、遗传表观和环境因素如何影响变异的规模和发生概率？如何在单分子、细胞、生物体、生态系统等层面上预测生命体的行为？群体互动及行为在多大程度上影响表型的表达？生物体的现象在多大程度上是由与之共生的微生物导致的？表型在多大程度上是不同生物体的基因组“协同行动”而造成的？人类是否可以依据基因组序列和基础分子的相关物理特征制造出细胞和生物体？

第四是量子跃迁——下一代量子革命。人类正站在下一代量子革命的门槛上。量子力学、量子跃迁正在导致变革性技术。要研究以下基础性问题：如何设计和操控复杂的动态的量子态？如何控制物质与光的互动以创造出新的量子现象？如何用数学来刻画涌现中的量子行为？如何设计和开发基于量子效应的人工系统？

第五是北极圈研究。北极圈冰面的急剧变化如何影响海洋生物的生态系统结构和初级生产力？新的北极生态系统将如何运转？处于北极圈的人和社群经受着巨大的环境变迁和社会变化，其自适应能力需要用哪些新指标来表征？需要怎样的新理论来解释？北极圈冻土的解冻、海水周期的变化如何影响北极圈陆地生态系统和温室气体的排放？北极圈的变暖与中纬度天气变化之间存在怎样的联系？

第六是打开宇宙之窗。可以通过电磁波、宇宙粒子和引力波等多种方式打开宇宙之窗，尤其要重视由新近引力波探测所开启的新天体物理学。其主要研究：宇宙是如何起源的？为什么宇宙会加速膨胀？宇宙充满很多不可见物质，它们都是什么东西？在极端条件下，引力是如何工作的？宇宙中那些奇异物体具有哪些性质？

三大机制改革——

首先是更加支持会聚科研。会聚（convergence）概念表达的思想是，来自众多领域的思想、研究路径和技术手段高度融汇，是解决复杂问题、攻克新兴学科中出现的知识难题的关键策略。新兴的会聚范式，是对传统跨学科研究的超越，它将解决阻碍传统跨学科研究所遭遇到的技术上的、组织上的和后勤保障上的各种挑战。关键问题有：会聚研究范式会遇到哪些挑战？用哪些标准和计量指标来表征这些挑战？对会聚研究项目的评审需要怎样的择优评估机制？会聚研究将有利于解决哪些大挑战或促进哪些新兴科研领域的成长？如何加强 NSF 与其他联邦部门的跨部门合作以及与私人部门的合作，以促进会聚科研？

其次是支持中等规模的基础设施项目。当代科学研究对基础设施包括虚拟基础设施提出了更高的需求和要求。NSF 不仅要支持小型基础设施的项目，支持大装置项目，要更加重视中等规模的基础设施建设，包括支持合作性的虚拟基础设施建设。

第三是制定 NSF 2050。NSF 将遴选并强力支持异想天开的、可能带来重大突破的、长远的科研项目。借鉴国立卫生研究院（NIH）“共同基金”（Common Fund）的做法，即不带任何附加条件地培育“异想天开”（think

outside the box) 的项目, 该做法得到了国会的赏识, 该基金规模不断壮大。NSF 决定效法 NIH, 设立“综合基础性基金”(Integrative Foundational Fund)。NSF 如何最有效地支持和支撑美国在综合基础性和前沿科研与教育方面的全球领先地位, 促成可能产生意想不到效果和影响的科学发现和创新? 哪些科研问题将来可能会改变人类现行价值观并激发更高想象力? NSF 如何更加重视科研投资的社会影响力, 提高显示度? 当代科学和工程研究越来越基于计算密集和大数据密集的科研, 大大加快了科学发现和创新步伐, NSF 及其科研共同体如何充分利用这种新趋势?

日本发布《第五期科学技术基本计划》

日本的科学技术基本计划是以国家投资科技、培养人才、建设创新体系为主要任务的综合计划。自 1995 年颁布《科技基本法》以来, 日本根据国内外形势和经济社会需求变化, 每 5 年推出一期科技基本计划, 这些计划的实施取得了显著成效。2016 年 1 月 22 日, 日本内阁发布了“第五期科技基本计划”(2016-2020)。提出加强科技创新与社会需求的结合、改革科技创新体系的指导思想, 并提出了四大国家目标、四个创新核心支柱、五大改革举措, 反映了今后 5 年日本的科技战略和科技政策发展趋势。

该计划提出, 在未来 10 年内通过政府、学术界、产业界和国民等相关各方的共同努力, 日本将大力推进和实施科技创新政策, 把日本建成“世界上最适宜创新的国家”。为此, 日本政府未来 5 年将确保研发投入规模, 力求官民研发支出总额占 GDP 比例的 4% 以上, 其中政府研发投入占 GDP 的比例达到 1% (按 GDP 名义增长率年均 3.3% 计算, 日本政府 5 年研发投入总额约为 26 万亿日元, 约合 1.45 万亿人民币)。

日本不但需要具备战略上抢先行动(前瞻性和战略性)、切实应对各种变化(多样性和灵活性)的能力, 而且需要在国际化的、开放的创新体系中展开竞争与协调, 构建最大限度发挥各创新主体能力的体制框架。基于上述考虑, 未来 5 年, 日本将立足于国际视野, 大力推行四大政策措施。

1、致力于创造领先大变革时代的未来产业和社会变革

通过研发解决未来挑战 为强化日本国际竞争力并实现可持续发展, 日本要积极创造新的价值, 率先引领变革时代。2013 年启动的“颠

覆性技术研究计划”（ImPACT）将对日本经济社会产生重大影响，对创新活动的组织模式带来重要变革。

实现领先世界的“超智能社会” “超智能社会”是人类继狩猎社会、农耕社会、工业社会、信息社会之后的新型社会，所以称为Society5.0。在信息通信技术（ICT）与物联网的发展中，德国的“工业4.0”、美国的“先进制造合作伙伴关系”、中国的“中国制造2025”等计划描绘了引领第4次工业革命的变革性制造业。可以预见，ICT将深入发展，由此会实现生产、流通、销售、交通、健康、医疗、金融、公共服务等广泛领域的产业结构变革，引发人们工作方式与生活方式的变化。日本要最大限度地利用ICT，强力推进和深化“Society5.0”。

加强超智能社会的服务平台基础技术研发 日本要建成引领世界的超智能社会，必须加强对网络空间中信息流通、处理、储备的相关技术的积累和创新，才可能创造具备新价值的核心优势基础技术，包括：机器人技术、传感器技术、纳米技术、测量技术等。

2、积极应对经济和社会发展面临的挑战

确保稳定的能源与能源利用方式 日本大地震后伴随核电站的停止造成的电力供给减少主要是通过增加火力发电来弥补。虽然近年来可再生能源发展顺利，但却形成了非常脆弱的国家能源供给结构。日本必需谋求能源的稳定保障与有效利用，努力创造革新的技术，具体包括：在工业、民生及运输各部门，谋求节能技术等研发与普及；优化可再生能源的高效率、低成本的技术。

保障粮食的稳定性 灵活利用低成本的ICT或机器人技术、大规模生产技术，加快农业智能化，利用新的育种技术开发高品质、高产的农林水产物，提高收益，构建新的粮食商业模式。

实现世界上最先进的医疗技术 开发日本的制药与医疗器材及医疗技术，谋求提高医疗相关领域的产业竞争力，为日本的经济增长做贡献。稳步推进面向癌症、痴呆症、精神疾病、新出现和重新出现的传染病与疑难杂症的研究开发。

开拓国家战略性科学前沿 海洋科学方面包括：冰水域、深海部分、海底的海洋的调查、观测技术，海洋资源（包括生物资源），运输、观光、环境保护等有助于海洋可持续开发与利用的技术。航空航天方面包括：卫星定位、卫星遥感、卫星通信、卫星广播、航天运输系统、航天科学、探查、载人航天活动、太空态势感知能力等技术。

3、强化科技创新的基础实力

为了灵活有效地应对今后可能发生的各种变化，日本政府将以培养青年人才并发挥其活力、推进大学改革并完善其职能为中心，从根本上强化科技创新的基础实力。

加强人力资源建设 日本将采取一系列措施：明确青年研究人员的职业发展道路，对应职业发展不同阶段，营造能够充分发挥青年研究人员的才能和创意的环境，例如对大学高级研究人员采用年薪制，增加面向青年研究人员的终身制岗位，积极引进“不升迁即离开”制度，2020年前，增加10%（约4.4万人）的大学青年教员（40岁以下），使得青年教员数量占大学教员总数的比例达30%以上；培养和确保科技创新所需要的多样化人才，通过确定职业发展道路以及与大学和产业界加强互动，推进研究生院的教育改革，培养下一代科技创新人才；激发女性研究人员的活力，增加女性研究人员的录用比例，2020年前，在自然科学领域实现女性研究人员占比达到30%；加大对赴海外研修的研究人员的支持力度，同时吸引和留住外国优秀人才，构建国际研究网络，促进跨领域、跨部门的人才流动。

夯实知识基础 大力推进学术研究和基础研究及相关改革，例如实施科研经费改革、强化战略性基础研究、加强跨学科和跨领域研究、推进国际共同研究、打造世界顶尖研究基地；推进共性技术研发，战略性地加强设施设备和信息基础，建立开放科学的推进体制，促进公共资助研究成果的共享共用。通过上述措施，2020年前，力争在增加日本科技论文发表总量的同时，在世界被引频次排名前10%的论文中，日本论文数量占比达到10%。

推进研究资金改革 日本政府将同时推进基础性经费和公募型资金的改革，特别是针对国立大学，一体化推进体制改革与政府研究资金制度改革，实现最优政策组合，提高大学的运营效率和效果；公募型资金制度改革旨在提高竞争性研究资金的使用效率，具体措施包括对所有竞争性研究资金项目进行梳理、统一各部门竞争性研究资金的使用规定、促进研究仪器的共用共享；整体推进国立大学改革和研究资金制度改革，重新分配和评估国立大学和公共研究机构的运营费交付金（相当于我国的事业费）。

4、构建人才、知识和资金的良性循环体系

推进科技创新 继续实施战略性创新计划（SIP）和颠覆性技术

创新计划（ImPACT）。促进企业、大学、研究机构的紧密伙伴关系，凝聚共识，构建日本最强大的、产出重大成果的创新体系。构建培养青年科技人才以及包容失败的环境。

提升基础研究能力 日本必需重新审视基础研究的资金分配、人才培养、大学改革、研究机构改革以及研究经费制度改革等问题，促进新领域与汇聚领域的研究，取得独创性的基础科学研究成果，提高国家原始性创新能力，解决国家在经济社会发展中的关键问题。

改革研究资助制度 重建竞争性资金制度，促使提出原创性研究的科研人员能够从基础到应用、再到实用阶段持续地开展高风险研究。保持持续资助，打破各部门目前制度的约束。探讨大学、研究机构的基础运营经费与竞争性经费的关系、竞争性经费中间接经费的使用方法、以及帮助争取内外部资助的措施。

科技创新人才的培养和流动 未来科技创新的人才，必须能担当起创造创新、应用知识、革新技术、创建新产业的重任。在充分发挥优秀人才创新性的同时，也要关注人才流动的措施，形成博士级研究人才、产业人才及研究支撑人才培养的体系。

加强推进产学研合作的体制 充分认识产学研合作的重要性，推进工业界、学术界和政府合作的组织体制改革。

构建有助于地方发展的创新系统 妥善应对少子老龄化问题，发展地区优势资源，创造新的商业与经济活动，激发地区经济繁荣。

对日本建设创新型国家而言，除了上述四大政策支柱之外，深化科技创新与社会的关系以及强化科技创新推进机制建设也不可或缺。在开展科技创新活动时，日本政府将与各利益相关方开展对话与合作，吸收和采纳科技政策、伦理和法律制度相关建议，确保研究的公正性。此外，日本政府将继续推进大学和国立研发法人改革，结合科技外交战略，开展科技创新国际项目，同时，强化综合科学技术创新会议的职能。

与《第四期科学技术基本计划（2011—2015）》重视灾后重建和着眼于解决问题相比，日本《第五期科学技术基本计划》的政策着力点发生了巨大变化，更为强调为未来发展做好准备的重要性，并且，将与新产业发展密切相关的、实用性高的研究和制度改革作为重点。该计划是日本政府未来5年的科技政策指导方针，综合科学技术创新会议将据此制定年度“综合战略”，根据计划中提出的主要指标和数值目标，灵活落实各项政策措施。

中共中央、国务院发布《国家创新驱动发展战略纲要》

近日，中共中央、国务院发布《国家创新驱动发展战略纲要》（以下简称《纲要》），自2016年5月起实施。党的十八大提出实施创新驱动发展战略，强调科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置。这是中央在新的发展阶段确立的立足全局、面向全球、聚焦关键、带动整体的国家重大发展战略。为加快实施这一战略，特制定本纲要。纲要全文约13000字，包括战略背景、战略要求、战略部署、战略任务、战略保障、组织实施等六个部分。

纲要指出，创新驱动就是创新成为引领发展的第一动力

创新驱动国家命运所系、是世界大势所趋、是发展形势所迫。纲要指出，我国经济发展进入新常态，传统发展动力不断减弱，粗放型增长方式难以为继。必须依靠创新驱动打造发展新引擎，培育新的经济增长点，持续提升我国经济发展的质量和效益，开辟我国发展的新空间，实现经济保持中高速增长和产业迈向中高端水平“双目标”。当前我国创新驱动发展已具备发力加速的基础，但适应创新驱动的体制机制亟待建立健全，企业创新动力不足，创新体系整体效能不高，经济发展尚未真正转到依靠创新的轨道。必须始终坚持抓创新就是抓发展、谋创新就是谋未来，让创新成为国家意志和全社会的共同行动，走出一条从人才强、科技强到产业强、经济强、国家强的发展新路径，为我国未来十几年乃至更长时间创造一个新的增长周期。

《纲要》提出，“三步走”实现2050年建成世界科技强国目标

第一步，到2020年进入创新型国家行列，基本建成中国特色国家创新体系，有力支撑全面建成小康社会目标的实现。科技进步贡献率提高到60%以上，知识密集型服务业增加值占国内生产总值的20%。研究与试验发展（R&D）经费支出占国内生产总值比重达到2.5%。

第二步，到2030年跻身创新型国家前列，发展驱动力实现根本转换，经济社会发展水平和国际竞争力大幅提升，为建成经济强国和共同富裕社会奠定坚实基础。总体上扭转科技创新以跟踪为主的局面。在若干战略领域由并行走向领跑，形成引领全球学术发展的中国学派，产出对世界科技发展和人类文明进步有重要影响的原创成果。攻克制约国防科技

的主要瓶颈问题。研究与试验发展（R&D）经费支出占国内生产总值比重达到 2.8%。

第三步，到 2050 年建成世界科技创新强国，成为世界主要科学中心和创新高地，为我国建成富强民主文明和谐的社会主义现代化国家、实现中华民族伟大复兴的中国梦提供强大支撑。拥有一批世界一流的科研机构、研究型大学和创新型企业，涌现出一批重大原创性科学成果和国际顶尖水平的科学大师，成为全球高端人才创新创业的重要聚集地。

《纲要》部署，重点领域和关键环节八项战略任务

——**推动产业技术体系创新，创造发展新优势**：发展新一代信息网络技术，增强经济社会发展的信息化基础；发展智能绿色制造技术，推动制造业向价值链高端攀升；发展生态绿色高效安全的现代农业技术，确保粮食安全、食品安全；发展安全清洁高效的现代能源技术，推动能源生产和消费革命；发展资源高效利用和生态环保技术，建设资源节约型和环境友好型社会；发展海洋和空间先进适用技术，培育海洋经济和空间经济；发展智慧城市和数字社会技术，推动以人为本的新型城镇化；发展先进有效、安全便捷的健康技术，应对重大疾病和人口老龄化挑战；发展支撑商业模式创新的现代服务技术，驱动经济形态高级化；发展引领产业变革的颠覆性技术，不断催生新产业、创造新就业。

——**强化原始创新，增强源头供给**：加强面向国家战略需求的基础前沿和高技术研究；大力支持自由探索的基础研究；建设一批支撑高水平创新的基础设施和平台。

——**优化区域创新布局，打造区域经济增长极**：构建各具特色的区域创新发展格局；跨区域整合创新资源；打造区域创新示范引领高地。

——**深化军民融合，促进创新互动**：健全宏观统筹机制；开展军民协同创新；推进军民科技基础要素融合；促进军民技术双向转移转化。

——**壮大创新主体，引领创新发展**：培育世界一流创新型企业；建设世界一流大学和一流学科；建设世界一流科研院所；发展面向市场的新型研发机构；构建专业化技术转移服务体系。

——**实施重大科技项目和工程，实现重点跨越**：面向 2020 年，继续加快实施已部署的国家科技重大专项，聚焦目标、突出重点，形成若干战略性技术和战略性产品，培育新兴产业；面向 2030 年，坚持有所为有所不为，充分论证、把准方向，明确重点，再部署一批体现国家战略意图的重大科技项目和工程；面向 2020 年的重大专项与面向 2030 年的重

大科技项目和工程，加快突破重大核心技术，开发重大战略性产品，在国家战略优先领域率先实现跨越。

——**建设高水平人才队伍，筑牢创新根基**：加快建设科技创新领军人才和高技能人才队伍；发挥企业家在创新创业中的重要作用；推动教育创新，改革人才培养模式，把科学精神、创新思维、创造能力和社会责任感的培养贯穿教育全过程。

——**推动创新创业，激发全社会创造活力**：发展众创空间；孵化培育创新型小微企业；鼓励人人创新。

《纲要》推动，“一个体系六大转变”，构建新的发展动力系统

实现创新驱动是一个系统性的变革，要按照“坚持双轮驱动、构建一个体系、推动六大转变”进行布局，构建新的发展动力系统。

纲要指出，**双轮驱动**就是科技创新和体制机制创新两个轮子相互协调、持续发力。要明确支撑发展的方向和重点，加强科学探索和技术攻关，形成持续创新的系统能力；要调整一切不适应创新驱动发展的生产关系，统筹推进科技、经济和政府治理等三方面体制机制改革，最大限度释放创新活力。

一个体系就是建设国家创新体系。建设各类创新主体协同互动和创新要素顺畅流动、高效配置的生态系统，形成创新驱动发展的实践载体、制度安排和环境保障。明确企业、科研院所、高校、社会组织等各类创新主体功能定位，构建开放高效的创新网络，建设军民融合的国防科技协同创新平台；改进创新治理，进一步明确政府和市场分工，构建统筹配置创新资源的机制；完善激励创新的政策体系、保护创新的法律制度，构建鼓励创新的社会环境，激发全社会创新活力。

六大转变就是发展方式从以规模扩张为主导的粗放式增长向以质量效益为主导的可持续发展转变；发展要素从传统要素主导发展向创新要素主导发展转变；产业分工从价值链中低端向价值链中高端转变；创新能力从“跟踪、并行、领跑”并存、“跟踪”为主向“并行”“领跑”为主转变；资源配置从以研发环节为主向产业链、创新链、资金链统筹配置转变；创新群体从以科技人员的小众为主向小众与大众创新创业互动转变。

《纲要》的更多详细内容可参见国务院网站“中共中央 国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》”一文。

杨卫：基础研究是创新驱动的供给源

5月27日，国家自然科学基金委员会主任杨卫在《光明日报》以题为“从供需角度谈‘创新驱动’”发文，阐述了创新驱动的重要特征，再次强调了基础研究在创新驱动中的源头作用及其与应用需求的契合。

杨卫认为，从供需角度来说，创新驱动具有两重特征：若是将创新驱动作为一个整体，它就是经济增长的发动机，是供给侧，其所对应的需求侧是经济发展和社会消费。同时，创新驱动又可以分解为创新这一“产出”与驱动这一“执行功能”的契合，在这一契合过程中，创新成果位于供给侧，驱动执行位于需求侧。

创新驱动的供给侧可视为一流——基础研究为其源，从基础成果到应用开发的浚通为其流。做好创新驱动的供给侧工作就是要开源浚流。目前，我国基础和应用基础研究正处于从量变到质变的动力发展过程中，尚未形成对创新驱动的全面引领和有效支撑。

在应用开发方面，在技术创新上我们已初见成效，但人员的行业分布较为固化。在产业发展段，我们缺乏宽视野的技术选择机制，企业技术吸纳能力不足，难以筹措转型投资。因此，我国现阶段尚未形成创新驱动的整体、成熟、全覆盖的供给体系。创新产出在中下游缺乏跨界别的深度融合。此外，创新过程中人财物的片段化也是影响创新驱动全链条发展的重要因素。

创新驱动供需战略的重中之重在于供给侧与需求侧的契合，要把创新的产出转变为驱动的动力。这要求从事创新活动的专业人员与具有驱动能力的企业、政府和金融机构必须共同协力才能实现创新驱动。为此，可以利用“互联网+”和创新交易平台实现信息契合；利用创客空间和跨界别人才培养实现人员契合；利用专利转化、孵化平台和创新驱动政策智库建设实现政策契合。通过以上手段将创新侧和驱动侧契合为利益共同体，这样创新驱动就可自发进行。

我国若想在创新驱动上引领世界，必须具有独立制定创新驱动发展路线图的能力。

编辑：王萍 董淑滢 温一村 姚恒美 张耘 陈蹇

地址：上海市永福路265号5楼（邮编：200031） 电话（传真）：64371374

网址：<http://talents.stcsm.gov.cn/> E-mail: pwang@libnet.sh.cn