
“十三五”先进制造技术领域科技创新专项规划

制造业是强国之基、富国之本，没有强大的制造业支撑就不可能成为真正意义上的世界强国。先进制造业特别是其中的高端装备制造业已成为国际竞争的制高点。落实《国家创新驱动发展战略纲要》《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》和《“十三五”国家科技创新规划》，大力推进实施“中国制造2025”国家战略和“互联网+”行动计划，加速推动制造业由大变强的转型升级和跨越发展，对我国经济社会发展具有重要的战略意义。

一、形势分析

（一）世界制造业发展趋势

进入 21 世纪以来，在经济全球化和信息化的背景下，国际制造业竞争日益激烈，对先进制造技术的需求更加迫切。云计算、大数据、移动互联网、物联网、人工智能等新兴信息技术与制造业的深度融合，正在引发对制造业研发设计、生产制造、产业形态和商业模式的深刻变革，科技创新已成为推动先进制造业发展的主要驱动力。

1. 智能正成为制造业的关键要素

越来越多的制造企业通过应用嵌入式软件、微电子、互联网、

物联网等信息技术，提升产品智能化程度和研发设计、生产制造、经营管理的智能化水平，打造高端产品和装备，占据产业制高点。同时，制造装备控制技术的极大提高，使制造装备的自诊断、自维护、自恢复成为现实，并将推动制造装备向智能化阶段迈进。

2. 服务促进产业模式变革，重塑制造业价值链

在同质化竞争和供大于求的全球市场环境下，制造业产业价值链的高端向研发和产品运营维护等服务生命周期转移，更多的制造企业成为提供产品、服务、支持、自我服务和知识的综合体。服务与制造相互渗透融合，从生产型制造走向服务型制造是大势所趋，产业模式向“定制化的规模生产”和“服务型生产”转变特征明显。

3. 可持续发展成为制造业与自然、社会协调的重要主题

绿色发展理念逐步成为共识，激励制造企业开始重视绿色技术在产品研发设计、生产制造、销售服务和回收利用等产品全生命周期中的应用，创新高效、节能、环保和可循环的新型制造工艺和装备，不断降低资源消耗和环境影响，实现企业经济效益和社会效益的协调优化，符合经济社会可持续发展的低碳环保和循环利用要求。

4. 制造大数据和平台成为高附加值增值服务的重要支撑

工业大数据是制造企业高附加值增值服务的来源，制造企业

全业务数据化在对制造系统数据采集和分析形成业务数据闭环的基础上，将有效支撑企业制造过程优化和经营管理决策，促进企业对市场、用户的精准供给和企业间的资源分享利用，从而打造智慧企业，并为消费者、用户以及企业自身创造显著的增量价值。

（二）发展先进制造技术是国家战略需求

1. 建设制造强国的战略需要

制造业是国民经济的主体，是富国之基、强国之本。我国经济社会各领域的发展，要求制造业提供更先进的生产技术水平、高品质的消费产品、自主可控的重大技术装备。从“制造大国”转变为“制造强国”，是我国制造业发展的战略选择。发展先进制造技术，增强制造领域的自主创新能力和整体实力，推进制造质量和产品品牌建设，才能全面提升我国制造业水平，这是提升我国综合国力、保障国家安全、建设世界强国的必由之路。

2. 经济发展和产业结构调整的现实需求

我国经济发展已进入速度变化、结构优化和动力转换的新常态。资源环境约束不断强化，劳动力等生产要素成本正在加快上升，投资和出口增速放缓，主要依靠资源要素投入、规模扩张的粗放发展模式已难以为继，推进供给侧结构性改革，提质增效已成为经济发展的主要目标。转变经济发展方式，打造竞争新优势，要依靠科技创新提供发展新动力。

3. 应对国际产业竞争的战略需要

世界制造业产业竞争格局正在发生重大调整。欧美等工业发达国家纷纷制定“再工业化”战略，重点发展先进制造技术，抢占制造业高端。新兴发展中国家也在积极参与全球产业再分工，承接产业及资本转移，抢占制造业的中低端。“双重挤压”的外部环境短期内不会改变。通过增强制造业技术水平，提高制造业生产效率，使我国制造业在产业竞争中跨入中高端，对国家未来发展意义重大。

（三）我国制造业发展取得的成绩

1. 制造业总量跃居世界第一，成为名副其实的制造大国

近年来我国制造业总体规模已居世界第一位，综合实力不断增强，不仅对国内经济和社会发展做出了重要贡献，而且成为支撑世界经济的重要力量。2014年，我国工业增加值达到22.8万亿元，占GDP的比重达到35.85%。2013年我国制造业产出占世界比重达到20.8%。在500余种主要工业产品中，我国有220多种产量位居世界第一。制造业的快速发展，直接促进了我国经济发展的速度、质量和效益，增强了我国在全球化格局中的国际分工地位。

2. 突破了一批核心技术，形成了一批支撑国民经济发展的重大装备产品

十几年来，制造业各领域涌现出了一批较有影响、意义深远的重大成果。国内发电设备装机中国产发电机组已达 80% 以上，年产千万吨级大型炼油厂设备国产化率达 90%，国产 100 万千瓦超超临界火电机组、国产 750 千伏交流输变电成套设备已投入运行。日产 4000 吨大型新型干法水泥生产线、60 万吨乙烯、30 万吨级合成氨、百万吨级钾肥等一大批大型成套技术装备实现自主化。“神舟”系列航天飞船的成功发射，实现了载人航天工程的重大突破。“蛟龙号”载人潜水器研制和海试成功，标志着中国跻身世界载人深潜先进国家行列。

3. 涌现出一批世界级的大企业，企业正在逐步成为技术创新主体

2016 年《财富》世界 500 强排行榜中，中国企业达 110 家，其中以工业为主的有 50 余家。社会创新要素不断向企业集聚，工业企业研发投入快速增长，自主创新能力显著增强。2015 年，我国规模以上制造业研发投入强度达到 0.91%；企业发明专利申请 58.3 万件，占国内发明专利申请受理量的 60.2%；企业获得发明专利授权 15.9 万件，占国内发明专利授权量的 60.5%。企业作为市场主体，在自主创新中继续发挥决定性作用。

4. 初步形成了企业、高校、院所联动的产业创新体系

近年来，我国制造业加强科技创新、促进科技成果转化和产

业化，取得了重要突破和实质性进展，形成了产学研结合、较为完备的产业创新体系。建设了一批国家重点实验室、国家工程技术研究中心等科研基地；成立了一批国家产业技术创新战略联盟，为我国制造业的健康持续发展提供了重要保障。

（四）我国制造业自身存在的问题

1. 自主创新能力不强

我国是制造业大国，但多数制造企业在国际产业链分工中仍处于“制造—加工—组装”低技术含量和低附加值环节，创新能力不强。尤其在高端产品创新设计方面，设计工具软件受制于人，设计方法和理念不够先进，创新设计能力较为薄弱。2015年，我国集成电路进出口逆差1600多亿美元，众多高端芯片的核心技术尚无法突破，企业被迫将大部分利润用于购买国外专利授权，产业自主发展的能力不强，难以打破市场垄断。

2. 基础能力薄弱，产品质量不高

我国制造业质量基础相对薄弱，高性能液压件与气动元件、高速精密轴承、大功率变频技术、特种执行机构、仪器仪表传感器、工控软件系统等发展滞后。产品质量和技术标准整体不高，出口产品召回问题不断，严重影响着我国制造业的国际形象。此外，制造业每年直接质量损失超过2000亿元，间接损失超过1万亿元。

3. 资源利用效率偏低

我国部分传统制造行业高投入、高消耗、高污染、低效益的粗放式生产方式，加剧了对生态环境的破坏。全国钢铁、建材、化工等行业单位产品能耗比国际先进水平高出 10%-20%；机电产品中量大面广的燃煤工业锅炉运行效率比国外先进水平低 15~20%。制造业可持续发展遇到瓶颈。

4. 制造业与互联网技术等新兴信息技术的融合程度低

我国大部分地区和行业的信息化仍处于以局部应用为主的初级阶段，且不同地区、行业 and 不同规模企业间信息化水平尚存在明显差距。面对网络协同制造、大规模个性化定制等新型生产模式的变革，认识不充分，准备不足，传统制造业将面临二次淘汰的风险。

二、我国制造业发展对科技创新的需求

粗放式发展道路已经无法适应我国制造业的发展，通过科技创新提高制造业竞争力是必由之路。在当前我国制造业实施战略转型的关键时期，制造业健康快速发展对科技创新工作提出了明确的需求。

（一）亟需加强制造基础能力方面的科技创新

制造业基础技术研究能力薄弱已经成为当前制约我国制造业发展的主要瓶颈，其中基础材料、关键基础零部件、电子元器

件、集成电路、传感器、控制系统、软件工具及平台等众多领域的基础研究、关键技术研究、关键工艺研究都没有掌握自主核心技术，工艺装备、测试与实验装备、标准化等共性技术自主创新能力薄弱，亟需科技攻关。

（二）亟需加强制造企业经营管理模式创新

我国制造企业管理正处于由传统管理模式向现代管理模式转变的阶段，经营目标、管理模式、管理理念和决策标准发生根本性变化，多数企业并没有从根本上改变“以产品为中心”的传统制造模式，无法适应互联网、云制造等模式下的多品种大批量定制化的要求，企业管理信息化、生产过程智能化、咨询服务网络化的水平制约着中国制造业的快速发展。

（三）亟需提升制造业智能化水平

随着中低端产品加工制造产业重心向东南亚等发展中国家转移，我国装备制造业在全球地位面临挑战，急需利用互联网、物联网、大数据、传感器等增强装备产品智能化程度，构建数字化、智能化、网络化的智能化生产线和数字化工厂，从而提升生产效率、产品质量，提升产业的竞争力。

（四）亟需加强新兴产业关键装备的研发

我国新兴产业所需装备的需求缺口较大。光电子、先进光伏电池设备、新一代通信设备等发展所需的关键技术和核心技术的

自给率较低，核心技术掌握仍较少，试验设计能力较欠缺、技术集成能力薄弱、制造装备进口依赖大，新兴产业发展所需的关键装备自给不足。

（五）亟需加强绿色制造技术的研发

优质高效、节能、节材的先进基础制造工艺和自动化、智能化技术的普及程度不高，能源消耗、材料利用率及污染排放与国际先进水平相比存在较大差距。亟需发展先进绿色制造技术与产品，突破制造业绿色产品设计、环保材料、节能环保工艺、绿色回收处理等关键技术，支撑制造业可持续发展。

三、思路目标与任务布局

（一）总体目标

深入贯彻党的十八大和十八届三中、四中、五中全会精神，落实《国家创新驱动发展战略纲要》要求，按照“争高端、促转型、强基础”的总体目标，强化制造核心基础件和智能制造关键基础技术，在增材制造、激光制造、智能机器人、智能成套装备、新型电子制造装备等领域掌握一批具有自主知识产权的核心关键技术与装备产品，形成以互联网为代表的信息技术与制造业深度融合的创新发展模式，促进制造业创新发展，以推进智能制造为方向，强化制造基础能力，提高综合集成水平，促进产业转型升级，实现制造业由大变强的跨越。

（二）发展思路

1. 探索高端，构筑先发优势

结合互联网、物联网、大数据等新一代信息技术发展网络协同制造模式，加强新兴产业关键装备、智能机器人、3D打印制造等核心技术攻关，力争率先突破，赢得战略主动。

2. 强化基础，增强保障能力

针对制造业基础能力薄弱和产品质量不高的问题，重点攻克轴承、液压件、仪器仪表等核心基础零部件，研发工艺库、材料参数库和制造过程核心软件产品。

3. 两化融合，推动供给改革

结合云计算、大数据、物联网等信息技术的发展，创新大数据制造服务、大规模定制、集团管控等企业经营管理模式，积极探索信息技术与制造技术的融合创新。

4. 绿色制造，促进持续发展

针对资源、环境刚性约束增强，以信息技术为基础改造传统产业，探索高效、节能、节材产品设计创新、智能化工艺、服务运维等全生命周期绿色化模式，实现制造业的可持续发展。

（三）战略布局

——瞄准国际制造业发展的最前沿，力争率先突破，构筑先发优势。依托新兴信息技术，建立健全制造业的创新发展模式，

形成网络协同制造创新服务体系，提高市场竞争力。在大型构件金属增材制造、大型硬岩掘进机等领域强化“领跑”优势，塑造我国制造业领先优势。

——瞄准我国制造业转型升级的战略亟需，支撑和引领供给侧结构性改革。掌握一批具有自主知识产权的核心技术和关键技术，在机器人、重大机械装备、新型电子制造装备等领域培育一批新技术、新产品和新产业，力争形成新的经济增长点，提高我国制造业的总体竞争能力。

——瞄准我国制造业的自主可控，强化基础保障能力。提高核心零部件及软件自主可控，形成政策、制度、人才和环境等方面的一系列配套条件，强化我国制造业长期可持续发展的基础保障。

四、重点任务

按照总体目标、发展思路和战略布局的要求，“十三五”期间，先进制造领域重点从“系统集成、智能装备、制造基础和先进制造科技创新示范工程”四个层面，围绕 13 个主要方向开展重点任务部署。

（一）增材制造

重点解决增材制造领域微观成形机理、工艺过程控制、缺陷特征分析等科学问题，突破一批重点成形工艺及装备产品，在航

空航天、汽车能源、家电、生物医疗等领域开展应用，引领增材制造产业发展。形成创新设计、材料及制备、工艺及装备、核心零部件、计量、软件、标准等相对完善的技术创新与研发体系，结合重大需求开展应用示范，具备开展大规模产业化应用的技术基础。

1. 增材制造控形控性的科学基础

探索增材制造自由成形过程的成形几何精度、成形效率、材料组织结构与性能的形成规律与关键影响因素和控制方法，为提升增材制造工艺技术和装备设计水平提供坚实的科学支撑，并为形成重大原创性增材制造新技术提供科学指引。

2. 基于增材制造的结构优化设计技术

发展基于增材制造工艺特性，融合力学、物理与化学多种功能的结构优化设计技术，为结构整体化、轻量化、高性能化和满足声、光、电、磁、热等多功能化提供设计方法和设计软件，支撑我国高端装备的自主创新设计和跨越式技术发展。

3. 增材制造专用材料制备技术

基于增材制造的工艺特性和应用需求，开展增材制造专用金属和非金属材料的设计与制备技术研究，最大限度地发挥增材制造技术优势，大幅度拓展增材制造的产业化应用领域。

4. 增材制造的核心装备设计与制造技术

针对激光/电子束选区熔化、激光选区烧结、高能束金属沉积成形、光固化、激光沉积打印、微滴喷射 3D 打印、熔融沉积造型等已经展示重大产业化应用价值的增材制造技术，开展相关装备设计与制造技术的深入研究，占据增材制造产业价值链的高端。

5. 评价体系与标准建设

研究制定增材制造的材料标准、设计标准、工艺标准、装备标准、检测标准、数据标准和服务标准等 7 个方面的标准体系，为增材制造的广泛产业化应用奠定基础，并显著增强我国增材制造技术的国际竞争力。

（二）激光制造

面向航空航天、高端装备、电子制造、新能源、新材料、医疗仪器等战略新兴产业的迫切需求，实现高端产业激光制造装备的自主开发，形成激光制造的完整产业体系，促进我国激光制造技术与产业升级，大幅提升我国高端激光制造技术与装备的国际竞争力。

1. 激光与材料的相互作用机理

面向航空航天、新能源、电子制造、医疗等领域的国家重大需求，探索激光与材料相互作用的复杂物化过程，研究超快激光制造的新原理、新方法、新应用。开展大功率激光/短波长激光与材料相互作用机理、高精高效制造方法等方面的研究，掌握激光

高品质表面制造、精细制造、极端微结构、高精高效制造等制造机制与实现方法。

2. 激光器与核心功能部件

研究激光器动力学，掌握激光晶体/光学晶体、半导体激光芯片等激光器关键功能部件的国产化。针对高端制造用激光器的迫切需求，开展工业化光纤/半导体大功率激光器制造技术、工业化超快（飞秒、皮秒）激光器制造技术、工业化短（紫外、深紫外）波长激光器制造技术等方面的研究，开展激光器标准建设，实现高性能激光器及核心关键部件的国产化与产业化。

3. 复杂构件表面的激光精细制造技术与装备

研究激光表面精细制造、激光清洗、激光抛光等核心技术，探索器件表面功能性结构的激光高质、高效制造机理与新技术，研究关键构件表面微结构成形机理与实现方法，并掌握激光光束路径规划及高速扫描、激光制造装备在线监测与补偿、激光制造过程精密在线检测等装备关键技术，开发航空航天、微电子、生物医疗等领域典型复杂构件的激光精密加工技术与装备，提升国产激光制造技术与装备的竞争力。

4. 大功率激光高效制造技术与装备

研究特殊工况下的激光制造机理与失效行为，突破大型构件激光制造装备的设计制造技术瓶颈，攻克大型构件定位、质量在

线检测等关键技术，研究激光切割、激光打孔、激光冲击强化、激光焊接以及激光复合制造等关键技术，开发面向飞机、船舶、高铁等大型构件制造中的高端激光制造技术、装备与标准。

5. 先进激光精密微细制造技术与装备

针对航空航天、微电子、新型微小航空器件、光子集成器件等领域，突破激光衍射极限的纳米尺度制造、复杂微纳操纵及激光纳米连接、激光光束整形与协同控制等关键技术，开发硬脆材料高效精密制造、异种材料的激光高性能连接制造、极端微纳结构精细制造等技术与装备，并设计和加工若干具有重大应用前景的新型功能器件。

（三）智能机器人

推动机器人产业与人工智能等新一代信息技术深度融合，突破共性关键技术，形成具有国际竞争力的机器人产品，协同标准体系建设、技术验证平台与系统建设、以及典型示范应用，支撑我国机器人技术和产业向高端发展。

1. 智能机器人基础前沿技术

结合机器人与以人工智能为代表的新一代信息技术深度融合的国际发展趋势，开展机构/材料/驱动/传感/控制与仿生的创新技术、智能机器人感知与认知技术、智能机器人学习与智能增殖技术、人机自然交互与协作共融技术等重大基础前沿技术研究，

搭建机器人技术验证平台系统，开展试验验证，取得原创性创新成果，为我国新一代智能机器人提供技术支撑。

2. 智能机器人共性关键技术

以攻克制约我国机器人技术与产业发展的共性关键技术为目标，开展高性能机器人核心零部件（RV 减速器、谐波减速器、伺服电机与驱动器、机器人控制器）、专用传感器、软件体系及多任务操作系统、功能软件、计量测试/安全与可靠性、应用工艺及系统集成等共性关键技术研究，建立机器人安全性与可靠性技术体系，机器人性能达到国际同类产品水平，解决我国机器人产业空心化问题，提升国产机器人的国际竞争力。

3. 新一代机器人技术与平台

开展主/被动结合新型机构与驱动、模块化柔顺关节、关节变刚度弹性驱动、生物-机械界面与接口的人机相容性设计、人机安全共存、智能交互、协同作业等新一代机器人核心技术研究，研制以协作型多自由度轻型臂、协作型双臂机器人、移动操作臂等为代表的新一代互助协作型作业机器人和以上肢外骨骼、下肢外骨骼、全身外骨骼等为代表的新一代人体行为增强型机器人试验样机系统，为后续产品化奠定技术基础，实现新一代机器人技术研究与世界同步，抢占技术与产业制高点。

4. 机器人关键产品/平台/系统研发

研发新型作业机器人、医疗/康复机器人、面向老年人/残障人士的生活辅助机器人、特殊环境服役自主作业机器人、机器人云端在线服务平台、机器人智能作业技术及系统等高端机器人关键产品/平台/系统，丰富我国机器人产品种类，完善我国机器人产品谱系建设，提升我国机器人的整体性能与智能水平，创新服务领域和商业模式，支撑我国机器人技术与产业向高端发展，彻底转变低水平重复的局面。

5. 系统集成与应用

推进我国机器人面向制造业典型行业/重点领域、医疗/康复、助老助残/智慧家庭/社会服务、安全与救援/科学工程等行业/领域的系统集成与应用，实现我国机器人技术与产品在国家重点行业/领域高端应用和典型领域拓展应用，提高国产机器人国际竞争力，为国产机器人产业化奠定基础，加速推进我国智能机器人技术与产业的快速发展。

（四）极大规模集成电路制造装备及成套工艺

针对移动通信、大数据、新能源、智能制造、物联网等重点领域大宗产品制造需求，重点围绕 28-14 纳米技术节点进行工艺、装备和关键材料的协同布局，形成 28-14 纳米装备、材料、工艺、封测等较完善的产业链，推动全产业链专项成果的规模化应用，促进产业生态的改善和技术升级，实现技术促进产业发展目标。

1. 光刻机及核心部件

研发干式光刻机产品并实现销售；研制 28 纳米浸没式光刻机产品，进入大生产线考核；开展配套光学系统、双工件台等核心部件产品研发，并集成到整机；构建关键技术与产品开发平台，提升光刻机自主创新能力；建设光刻机光学系统等关键部件生产基地，具备批量生产能力。

2. 高端关键装备及零部件

面向集成电路 14-10 纳米先进工艺，重点开展刻蚀、薄膜、化学机械处理、掺杂和检测等关键装备及其配套核心零部件产品研发，通过大生产线考核并进入销售。

3. 成套工艺及知识产权(IP)库

以移动通信应用为重点，开发 14 纳米及相关产品工艺；以大数据应用为重点，开发立体堆叠闪存(3D-NAND)存储器工艺，开展 7-5 纳米关键技术研究；面向新能源、智能制造、物联网等重点领域大宗产品制造需求，开发特色产品工艺平台；取得核心知识产权并实际应用。

4. 关键材料

面向 45-28-14 纳米集成电路工艺，重点研发 300 毫米硅片、深紫外光刻胶、抛光材料、超高纯电子气体、溅射靶材等关键材料产品，通过大生产线应用考核认证并实现规模化销售；研发相

关超高纯原材料产品，构建材料应用工艺开发平台，支撑关键材料产业技术创新生态体系建设与发展。

5. 封装测试

面向移动互联和汽车电子等重大领域需求，围绕处理器、存储器、14-10 纳米工艺节点晶圆等产品开发下一代封装集成与测试新技术以及相关的关键装备和材料产品；实现可集成数模混合电路、射频、微机电系统(MEMS)和光电等多功能异质材料芯片的三维系统集成技术的量产应用；建成有影响力的封装集成产业共性技术研发平台，取得较完善的知识产权体系。

（五）新型电子制造关键装备

面向宽禁带半导体器件、光通讯器件、MEMS（微机电系统）器件、功率电子器件、新型显示、半导体照明、高效光伏等泛半导体产业领域的巨大市场需求，开展关键装备与工艺的研究，重点解决电子器件关键材料装备、器件制造装备等高端装备缺乏关键技术、可靠性低、工艺开发不足等问题，推动新技术研发与关键装备研发的协同发展，构建高端电子制造装备自主创新体系。

1. 宽禁带半导体/半导体照明等关键装备研究

针对碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）等为代表的宽禁带半导体技术对关键制造装备的需求，开展大尺寸（6 吋）宽禁带半导体材料制备、器件制造、性能检测等关键装备与工艺研究。针对

高亮度半导体照明（LED、OLED）大生产线对制造装备的需求，开展大产能材料制备、器件制造、性能检测等关键装备研发，掌握核心技术与工艺，满足大生产线要求。

2. 光通讯器件关键装备及工艺研究

针对光通讯器件制造对装备的需求，重点围绕硅基光电子芯片工艺装备、InP（铟磷）基等光电子芯片工艺装备、光纤器件工艺装备、光电子器件耦合封装等关键装备等开展研究，掌握核心技术，实现产品应用，提升国内光通讯器件制造能力及工艺水平。

3. MEMS 器件/电力电子器件等关键装备与工艺研究

针对 MEMS 器件、电力电子器件等领域对装备的特殊工艺需求，开展材料制备、芯片制造、特种封装、性能检测等关键装备与工艺的研发，掌握关键技术、开发特色工艺，提高国产装备的工艺适应性及可靠性。研究基于国产装备为主的成套工艺，完成对国产装备的工艺优化、可靠性验证及集成应用，打造自主产业链，提升产业竞争力。

4. 高效光伏电池关键装备及工艺研究

针对下一代高效光伏电池技术（PERC、HIT、黑硅电池等）对关键装备及工艺的需求，开展大产能、高转换效率光伏电池制造工艺装备、自动化制造装备、核心工艺等研究，降低电池片制造成本，转换效率达到国际领先水平，实现批量销售。

5. 新材料、新器件关键电子装备与核心部件研究

针对石墨烯、碳基电子器件、柔性显示、光互联等国际上新不断出现的新材料、新器件、新工艺对半导体技术相关的装备需求，开展面向电子器件应用石墨烯材料制备装备、大面积转移装备、石墨烯电子器件制造装备、柔性显示有机膜材料制备装备、柔性显示有机器件制造及检测装备、碳基电子器件制造装备、光互联器件制备装备、高密度封装等方面的关键装备开发，满足研发或产业化需求，推动新技术研发与装备研发的协同发展。

（六）高档数控机床与基础制造装备

坚持主机牵引、夯实基础、突破核心、工艺验证，聚焦航空航天和汽车两个重点服务领域，重点攻克高档数控系统和功能部件等瓶颈，完成 150 种以上智能、精密、高速、复合型高端制造业装备的研制和示范应用，大幅提升国家重点工程、国民经济重点领域关键制造装备国产化率，在强化高端数控装备单机智能化水平提升的基础上，逐步实现由单机示范应用向智能化制造成套整体解决方案的提升，扩大专项装备成果的应用成效。

1. 航空航天领域高档数控装备

聚焦航空航天典型结构件加工需求，以提高加工效率和质量为目标，突破关键工艺和编程等核心技术；开展高档五轴数控机床与关键成形装备等主机的应用验证与示范，推动高档数控系统

和以摆角铣头为代表的功能部件实现批量化应用。

2. 汽车制造领域高档数控装备

重点研究数控机床的可靠性快速试验技术与制造保障技术、数控系统的可靠性第三方测试及可靠性增长技术，突破数控机床可靠性 MTBF>2000 小时的技术瓶颈，通过示范应用与工艺验证，大幅提升国产数控机床的组线能力。加强成组成套工艺集成研究，为汽车关键零部件制造提供成套解决方案，实现国产高档数控机床在汽车发动机关键零部件高效柔性加工与批量化制造中的成组成套应用。

（七）智能装备与先进工艺

重点解决高端装备产品质量较差、档次不高，缺乏核心工艺，智能化程度不足，可靠性及精度保持性难题，研制一批代表性智能加工装备、先进工艺装备和重大智能成套装备，支撑我国高端装备向高精尖和智能化互联方向发展，引领装备的智能化升级。

1. 智能机床

重点研究新一代智能机床的技术特征、总体结构、核心模块和关键技术，攻克智能主轴/智能伺服进给/智能终端等智能单元、基于模型的复杂曲面直接插补、机床通用通信接口协议规范、加工状态自感知/自学习/自适应/自优化、虚拟机床及虚拟加工、基于工业互联网和加工过程大数据的监控及远程服务、全生命周期

可靠性评估与增长等核心关键技术，研制出具有国际一流技术水平的新一代智能数控系统和智能机床，并在重点领域开展应用示范。

2. 新型材料成形及加工装备

重点攻克石墨烯/类石墨烯薄膜大幅面制造过程晶态生长监测及控制、石墨烯/类石墨烯薄膜大面积转移在线应力监测与控制技术，研制出大幅面石墨烯/类石墨烯制造成套装备；重点突破复合材料制造工艺建模与仿真、耐高温陶瓷基复合材料低成本制造工艺及装备、复合材料组合结构（纤维复合材料、蜂窝材料和增材制造）制造新方法等关键技术，为新型材料成形和加工提供新工艺和新技术。

3. 复杂大型构件高效加工技术及装备

重点攻克大型异种材料结构件高效低残余应力焊接、大规格球管类构件整体成形技术，研制出大型轻量化结构低应力精确成形制造工艺与装备；重点攻克复合材料混杂构件低成本复合成形、复合材料构件低损伤加工工艺与损伤检测等关键技术，研制出复合材料/结构一体化设计与精确成形协同制造装备。

4. 复合能场加工工艺及装备

重点研究复合能场耦合机理、复合能场对材料的协同作用机制，攻克复合能场加工质量在线监测、多工艺要素协同控制等关

键技术，形成激光-电弧-磁场复合加工、异种材料复合能场加工以及铝锂合金等新一代轻质合金多能场复合加工工艺，研制出多功能小型化复合能场加工装备、多自由度大型结构件激光复合能场加工装备、以及极端环境下（空天、海洋等）现场制造工艺及装备。

5. 精密与超精密加工工艺及装备

重点突破金属超硬材料、超低密度材料、高分子聚合物、高精度光学元件、微机械及医疗生物零件等精密超精密加工关键技术，探索研究超精密加工与微成形的物化机理、微观力学行为、表面形貌演变规律、精度和性能映射等新原理，研发极端制造环境下高精度大尺寸加工测量一体化、微纳结构与功能表面的原位测量、超高精度平/曲面、微纳结构功能表面加工工艺装备、大功率超声波应用技术等，并在典型行业示范应用。

6. 重大成套机械装备

重点研究开发重大成套机械装备的数字化、网络化、智能化关键技术，研制智能化大型工程机械、数字化重型矿山成套设备、大型石化成套设备、智能化港口/海工作业机械和智能化农业机械等一批重大装备，实现系统集成，推进示范应用。

（八）制造基础技术与关键部件

围绕制造基础技术与关键部件，开展基础技术与前沿技术研

究，突破关键技术与共性技术，建立健全基础数据库、工业试验验证平台和安全保障技术，完善技术标准体系，为逐步解决国产装备“空心化”提供技术支撑，大幅度提高为重点领域和重大成套装备自主配套能力。

1. 基础件

围绕高速精密重载轴承开展轴承服役性能演变规律与失效机理等基础理论、材料对性能影响规律和失效机理等研究，掌握高速、精密、重载轴承设计理论、寿命理论及试验方法，动态性能试验技术与方法，掌握高铁轴箱轴承、风力发电机组主轴与齿轮箱轴承、机器人和机床精密轴承、特大型装备静压轴承等设计、试验和批量化制造核心技术，开展典型应用示范。

围绕高参数齿轮及传动装置开展高参数齿轮传动啮合失效机理、特殊条件下齿轮副基本工作理论、研究，研究高速重载齿轮传动、轻合金齿轮、高性能蜗杆传动及新型机构，基准级别齿轮渐开线样板设计与超精密制造和计量，突破高参数齿轮传动和精密减速器设计、制造和检测共性关键技术，形成标准及技术规范，实现高参数齿轮及传动装置在民用航空装备、工程机械、大型海洋装备、高速列车、海上风电、机器人等装备的示范应用。

围绕高端液压件与密封件开展新型高功率重量比和高能量密度液压件的设计方法研究，高参数液压阀、泵等新结构和新方

法研究。研究密封可靠性设计、延寿、运行试验技术，开发高性能检测、可靠性评估和测试装备，建立性能评价体系与标准。开发高压力等级多路阀和液压泵、大规格柱塞泵与比例流量阀、高效率静液传动元件与系统、高参数密封件、液压动力总成系统等，实现在工程机械与农业机械、重型机械、航空航天、海洋工程装备等示范应用。

2. 基础制造工艺

研究高活性金属与铸型界面反应机制和成形方法、铸造全流程精确控制、铸造过程仿真与在线检测等关键技术，掌握钛合金、高温合金铸件精密铸造技术、铸锻件近净成形与精准成形工艺，开展各类材料成形过程动态仿真参数优化技术研发应用，实现典型产品应用示范。

研究零件可控清洁热处理工艺、真空等温淬火热处理工艺等关键技术，开发清洁热处理装备，完善热处理工艺数据库。开发高温耐蚀涂层技术、润滑耐磨抗氧化表面工艺材料、工艺及表面处理装备。

研究高速干切基本机理和新型干切机床结构，工艺参数优化及基础数据库；研究微量润滑作用机理和测试选用技术，低温微量润滑集成制造技术；环保清洁切削液配置技术。

3. 工业性验证平台与基础数据库

建立精密齿轮及传动装置、高压大流量液压元件、高参数密封件、高速重载轴承等关键基础件性能及可靠性试验平台，工业传感器、智能仪器仪表性能及可靠性测试平台，对相关的基础技术、关键部件与产品进行试验验证，完善技术标准体系。

研究先进制造工艺方法、工艺基础数据库，研究并整合国内外制造工艺相关数据资源，建立健全制造基础技术数据库、基础制造工艺资源环境属性数据库等。研发基础数据采集工具和知识库管理系统和标准，开发面向基础工艺和典型产品全生命周期环境影响评价工具。

4. 制造过程安全保障关键技术

研究关键部件故障响应安全机制、功能安全定量计算数学模型和定性评价体系等功能安全设计与评估验证技术；研究物理安全、功能安全、网络安全一体化融合的方法理论、制造系统安全一体化管控等安全一体化融合技术；研究安全威胁和攻击机理分析与建模、实时攻击隔离与抑制等工业互联网安全技术；故障预测与健康管理的（PHM）等测控产品安全可用关键技术研究；开展功能、网络安全工业化试验验证，典型工业协议安全性分析验证，工业互联网安全漏洞库等研究。

（九）工业传感器

针对工业互联、智能制造的高端需求，顺应传感器微型化、

集成化、智能化发展趋势，形成一批高端传感器和仪器仪表产品，支撑我国智能制造发展，解决微纳传感器硅基兼容制造、封装、可靠性、集成化等核心共性技术，引领未来发展。

1. 工业互联网用微纳传感器

研究无源无线多参数监测传感器，高能量密度振动能量收集器等前沿技术。研发传感器与电路协同设计技术及设计工具，传感器与电路单片集成工艺技术，硅基功能薄膜兼容制造等关键共性技术。开发单片集成传感器，阵列传感器，多功能传感器，低功耗传感器，无线集成传感器等产品。

2. 离散制造业用微纳传感器

研究柔性衬底传感器，芯片级原子效应传感器等前沿技术，研发数字全场激光超声检测技术，高精度二维三维光栅测试等关键共性技术。研发运动部件温度、应变、振动传感器，转速传感器，微型继电器，微型电场传感器，多维位移同步测量传感器，微型高精度姿态测量单元等产品。

3. 流程工业用微纳传感器

研究高精度谐振式压力传感器，微型声矢量传感器等前沿技术。研发传感器芯片与封装材料特性测试技术及其数据库，微传感器可靠性及其测试等关键共性技术。研发高温压力传感器、风速风向传感器、红外高温传感器、工业现场气体检测传感器等产

品。

4. 智能制造用仪器仪表

研究智能仪器仪表可靠性建模、设计与仿真，参数标定与校准、非线性补偿方法等动态测试与性能评估，关键部件芯片化等前沿技术；研发复杂工业测量仪表在线标定，高端智能测量仪表设计、精确自动补偿、生产工艺、装配等，在线分析仪器小型化关键部件、微弱信号精密检测等共性关键技术；研发高精度压力/质量/流量/物位仪表，压力/质量流量仪表在线批量化标定装置，小型化在线分析仪、感知/控制/驱动一体化控制器等产品。

5. 特种专用仪器仪表

研究力热平衡结构设计、多传感器三维纳米定位等纳米三坐标测量，工件姿态和运动参数测量、空间坐标测量、大型零部件尺寸和形位误差测量、激光跟踪等大型装备制造智能化测量等前沿技术，研发工业现场级虚拟测量、工业设施现场故障诊断、特种执行机构和控制阀设计、制造和仿真等共性关键技术，研制激光跟踪测量仪器、现场级虚拟测量仪表、复杂机械运行故障检测等工业现场专用诊断仪器、特种执行机构和控制阀等。

（十）智能工厂

适应工厂智能化的发展趋势，重点研发智能制造标准化共性关键技术，实现智能工厂共性关键技术研发、技术的工程化和产

业化。提升我国工业自动化行业的整体创新水平和自主装备能力，满足国家科技创新、产业升级和转型的重大战略需求。

1. 工业互联网技术与系统

针对物理信息系统中信息与物理交叉融合造成的复杂性系统问题，建立工业互联网复杂系统模型，攻克以智能工厂为对象的全网互联技术，给出工业互联网复杂系统的实现能力、性能分析与评价方法。重点研究工业互联网一体化架构、工业互联网的泛在感知网络互联和实时控制技术、多源异构网络互联与语义化互操作技术、动态自组织软件定义的工业控制网络技术、工业互联网验证测试平台。攻克大规模、异构、高实时、高安全、可重构工业互联网共性关键技术，实现工业互联网系统安全可靠应用，建立工业互联网与智能工厂测试验证平台。

2. 智能控制器与系统

以新一代信息技术为基础，研制新型、高端、可信智能控制器，提升工厂制造过程和制造装备的自有处理能力和智能水平。重点研究智能装备 CPS 型控制器与关键技术、基于移动互联的智能产线控制管理器、高可信多重冗余控制系统与关键技术、新一代 SCADA 系统与关键技术、工业组态和工业监控等工业软件、精密系统装配过程数据采集与控制装置。攻克云端服务、高实时任务、高可信控制共性关键技术，实现实时仿真、全分布式控制、

多种控制器无缝集成。

3. 制造过程的系统设计、控制与优化

针对智能工厂的工程化基础方法和实施手段，研究开发面向 **CPS** 的工程工具和实时在线优化控制工具以及先进的模型库知识库，提升智能工厂的工程应用目标。重点研究生产过程与设备的建模仿真与优化控制技术、先进制造智能服务体系与全流程智能优化技术、全过程的数据实时获取分析与信息整合技术、工业互联网语义化编程技术与组态工具、分子级表征建模工具与在线实时优化控制系统设计平台、模块化协同设计工具与实时控制系统设计平台。攻克分子级表征与建模、多层域多尺度建模、系统设计、基于知识和数据的仿真模拟与实时优化、在线服务与全流程优化技术，实现仿真设计与控制优化系统工具与平台。

4. **CPS** 制造执行系统与运营管理

针对智能工厂的生产要素、能效管理、智能决策和生产服务关键技术，研究基于“互联网+智能工厂”的运营管理平台，实现智能工厂平台化方法的建立和实施。重点研究基于云平台的 **CPS** 制造执行系统、制造过程能效仿真、监测与管控技术、生产要素的状态监测诊断与健康健康管理技术、企业级辅助决策智能化与可视化平台。攻克服务总线、动态配置、能效模型、生产要素模型、可视化呈现、智能辅助决策关键技术，实现智能工厂的运营管理。

5. 智能工厂的可重构技术及原型平台

针对智能工厂批量化定制需求，研究工控系统可重构技术，研制智能工厂原型平台，实现产线装备、制造过程和云平台服务资源可重构能力。重点研究装备控制器可重构技术、产线可重构技术、工业互联网与云平台可重构技术、智能工厂可重构原型平台。攻克装备控制系统可重构技术、产线装备可重构技术、工业互联网可重构技术、云平台服务资源可重构技术，实现集成可重构技术的智能工厂原型平台。

（十一）网络协同制造

以推进互联网与制造业、服务与制造融合发展为主线，以重塑制造业技术体系、生产模式、产业形态和价值链以及促进制造业转型升级为目标，探索一批引领发展的制造与服务新模式，突破一批网络协同制造理论、关键技术与标准，研发一批“互联网+”协同制造工业软件，创建一批“互联网+”制造服务平台。

1. 网络协同制造模式与理论

围绕推进互联网与制造业、服务业与制造业融合发展以及打造智慧企业的创新需求，探索云制造等网络协同制造新模式；研究智慧空间与工业大数据、服务型制造与制造服务融合等前沿理论；研发与构建产品全生命周期制造服务融合、多模式智能供应链、服务价值链协同、多学科支撑的工业大数据精准分析、在线

运维与预测运营等核心模型与关键技术。为重塑制造业技术体系、产业形态和价值链提供理论支撑。

2. “互联网+”协同制造工业软件

围绕基于互联网的协同制造服务新模式，面向创新设计、企业经营与资源管理、产品全生命周期制造服务以及工业云、工业大数据、工业互联网等平台系统的构建，研发复杂产品全数字化优化和仿真、产品全生命周期/服务生命周期管理、资源管理与智能供应链协同、基于 OT 的智能服务、工业大数据分析等平台系统与软件，形成“互联网+”协同制造工业软件系统，支撑网络协同制造创新发展。

3. 基于“互联网+”的创新设计

探索支撑制造业要素资源共享互联及社会力量参与互动的研发设计新模式；攻克“互联网+”环境下设计资源共享、研发设计价值链协同以及众创空间构建新技术；研发支持云制造的设计资源共享与协同创新平台、典型行业众创服务平台以及制造业产品众包设计服务平台。推进制造业从“企业创新”到“众创众包”的发展转变。

4. 资源管理与智能供应链

攻克“互联网+”环境下基于工业云与工业大数据的企业经营管理及资源集成共享技术、智能供应链协同与精准服务技术；研

发制造核心企业和第三方服务商主导的多模式制造企业经营管理与资源集成共享云平台、智能供应链管理集成平台与产业价值链协同云平台；构建企业制造资源协同空间。推动从“企业运行”向价值链“协同运营”转变。

5. 产品全生命周期制造服务

攻克制造服务价值链重构、产品服务生命周期管理、在线运维与预测运营等关键技术；研发产品服务生命周期集成管理平台、制造服务价值链协同云服务平台以及高端装备智能预测与精准服务云平台；打造制造与服务融合的服务价值链协同新体系。支撑制造业向“制造+服务”转型升级。

6. 工业大数据驱动的网络协同制造平台

攻克产品数据链、资源数据链、供应数据链、制造数据链、服务数据链及其无缝集成、工业大数据驱动的企业智能决策与预测预警等关键技术；研发基于工业大数据的企业业务管控与决策分析、企业智慧数据空间构建等技术系统；打造云制造服务平台、工业大数据驱动的网络协同制造平台等；构建企业智慧数据空间，开展平台典型应用。

（十二）绿色制造

重点面向我国制造业发展中高能耗、高污染的问题，以提高资源能源效率和降低环境负荷为主线，以绿色产品、绿色工厂为

目标，掌握生态设计理论与工具、绿色制造方法与工艺、试验验证平台、绿色标准与规范等基础共性技术，推广基础制造工艺绿色化、流程工业绿色化技术，提升通用设备产品能效、工业废弃物回收再制造与再资源化等生态效率水平。

1. 基于绿色理念的减量化设计与创新设计

通过创新研发，突破新材料应用及改性设计、节能降噪设计、个性化定制设计、可拆解与回收设计等生态设计关键技术。掌握全生命周期高效绿色循环再利用基础理论及关键技术，实现战略性资源高效绿色循环再利用。研究典型绿色产品新原理、新结构设计及应用关键技术，开发一批绿色制造前沿技术、核心技术与装备，开发推广绿色产品，引导绿色生产。

2. 绿色加工工艺与装备

重点研究基础工艺绿色化技术、流程工业绿色工艺技术、量大面广的典型通用设备产品节能、减排、降耗技术。实施重点行业系统改造的示范应用。开发高效清洁基础制造工艺及装备、无害化表面处理工艺技术、少无切削液清洁加工工艺与设备、钢铁短流程工艺、有色金属清洁冶炼工艺。开展制造工艺创新和集成应用，加快实现重点行业制造系统和装备的绿色升级。

3. 制造系统能效优化关键技术

围绕制造系统能效优化与提升和终端用能产品节能，突破产

品能效及其集成优化匹配技术，制造系统机群综合能效模型与智能分析技术、机群综合能效的智能协同优化控制技术；掌握系统能效分析与获取、能效评价、监控与优化管理、设备系统能效提升、工艺系统多目标决策优化、工件比能效率提升等系列关键技术；在规模以上企业开展车间、工厂以及产业集群的能耗定额管理和高能效优化运行，推行制造系统能效评价和优化应用。

4. 资源循环利用核心技术

突破典型机械装备及零部件智能再制造和流程行业在役再制造关键技术，推动再制造成套技术与装备水平上台阶及产业模式创新，培育形成从旧件到再制造产品的循环产业链，提高再制造效率及其产业附加值。掌握大宗材料高效、精细化、高附加值资源化技术和装备，推进资源再生利用产业规范化、规模化发展，逐步扩大产业规模，提升资源化效率及其产业附加值，培育形成新的经济增长点。

5. 行业/区域绿色工厂、绿色产品集成应用示范

创新绿色制造产业新模式，系统研究绿色制造的基础理论、运行模式、建模仿真技术，绿色产品、绿色工厂标准体系、评价标准。在汽车、机床、钢铁、冶金等行业/区域的开展全产业链绿色制造技术、绿色工厂、绿色产品的集成应用示范。

（十三）先进制造科技创新示范工程

围绕“智能化、服务化、绿色化”发展的大趋势，积极推进智能一代机械产品创新示范、制造业信息化创新示范和绿色制造集成应用创新示范等工作，培育示范行业、示范省市、示范企业，大力推动和引领信息技术与制造技术深度融合发展，支撑制造业向高端制造和价值链高端转型升级。

1. 智能化装备/生产线集成技术开发与应用示范

重点面向工程机械、纺织机械、轻工机械、流程工业机械等行业重点骨干企业，研究智能化装备/生产线关键技术及标准规范，研发智能化制造装备，构建智能化生产线，开展应用示范，提升装备/生产线整体使役性能。

2. 智能工厂集成技术开发与应用示范

面向重大装备制造、柔性化定制生产、流程生产行业重点骨干企业，研究智能工厂集成应用技术和相关标准规范，研发智能工厂模型，构建智能工厂运行管控平台及系统，开展应用示范，支撑企业敏捷化、柔性化、定制化、智能化和高效、绿色生产。

3. 网络化制造服务关键技术研究与应用示范

面向大型复杂装备、汽车、家电等行业，围绕产品全生命周期和服务价值链，研究服务型制造、云制造、互联制造、云服务制造等制造服务关键技术，构建网络化制造服务平台，开展应用示范，引领制造业向服务化和价值链高端转型。

4. 智慧企业集成技术开发与应用示范

面向生产行业龙头企业，研究基于互联网的协同制造新模式和智慧企业模型，构建工业大数据驱动的网络协同制造平台，提高智慧企业综合管理运营水平，开展应用示范，提升企业核心业务能力和参与全球竞争能力。

5. 重点行业/典型区域先进制造综合应用示范

面向重点行业和制造业相对密集的省市地方支柱及特色产业，组织实施“智能一代机械产品创新示范”、“制造业信息化创新示范”和“绿色制造集成应用创新示范”，开展智能化装备/生产线、智能工厂、网络化制造服务、智慧企业、绿色制造等综合应用示范，建设技术服务体系，培育示范企业，带动智能化、绿色化、服务化推广应用。

6. 先进制造技术服务体系与支撑环境建设

面向重点行业和典型区域，政府引导与市场机制相结合，建设技术服务平台、机构，完善人才培养、咨询服务、应用示范体系建设，形成先进制造技术服务体系与支撑环境，为制造业转型升级和创新发展营造良好的支撑环境。

五、实施保障

（一）创新科研组织方式，协同推进示范工程

——围绕区域经济发展特征，重点扶持一批技术含量高、市

场前景较好的重点产业和领域项目，实施国家、省、市三级科技项目支撑，带动全社会投入，推进制造业加快发展。

——加快培育产业链的生态环境。鼓励并推动成立各具特色的产业创新联盟，支持产业链、创新链和资金链积极融合，形成龙头企业的示范带动效应，培育自主创新、核心零部件配套的中小企业集群。

——鼓励行业应用。围绕高端装备制造、医疗卫生、公共安全、助老助残、文化教育、科学考察、军事等领域的创新应用需求，制订行业应用规范，大力推进先进制造技术的综合应用。

（二）围绕国家总体目标，加强顶层设计

——强化对《中国制造 2025》的科技创新支撑。从科技创新角度瞄准创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展等关键环节，推动制造业跨越发展，强化对《中国制造 2025》的科技创新支撑，推动产业结构向中高端迈进，强化制造业创新、重塑制造业竞争新优势，满足我国经济转型升级战略需要。

——加强科技计划组织实施与衔接合作。相关重点任务根据各自定位和特点，分别通过国家重点研发计划、国家科技重大专项、技术创新引导专项(基金)等各类科技计划多渠道组织实施。“极大规模集成电路制造装备及成套工艺”、“高档数控机床与基础制造装备”聚焦国家重大战略产品和重大产业化目标的重点任务，

通过国家重大专项组织实施。适时启动“智能制造和机器人”重大科技工程。加强相关科技计划的衔接和合作，提升科研效率和成果质量。

——充分利用科技和财税政策的导向作用以及法律的保护作用。优化科技政策与财税、进出口和产业政策的协同，充分利用反垄断和反倾销等法律手段，切实保证我国制造企业在自主创新中受益。

（三）加强人才、基地等环境建设和国际交流合作

——加大人才培养和引进力度。建立健全多层次的创新型人才培养体系，支持校企联合开展定制式人才培养；鼓励企业加大职工培训力度；支持高端人才引进政策。

——加强基地建设力度。加强联合实验室及配套条件的建设，加强基地环境建设力度和管理机制建设。

——充分创造和利用开放共赢的国际合作环境。积极参与国际重大项目合作开发，探索专利互换、标准互换、联合开发等多层次合作与交流。