|  |
| --- |
| **专栏8：科技布局重点领域和方向** |
| **八个重大创新领域** | **研究方向** |
| 1. 基础前沿交叉 | 数学与交叉、物理与交叉、化学与交叉 |
| 2. 先进材料 | 材料创制、新材料应用 |
| 3. 能源 | 能源 |
| 4 生命与健康 | 健康、生物多样性、现代农业 |
| 5. 海洋 | 海洋 |
| 6. 资源生态环境 | 资源、生态环境 |
| 7. 信息 | 信息、智能制造 |
| 8. 光电空间 | 光电、空间 |

**一、有望实现创新跨越的重大突破（60个，不含国防科技创新）**

**（一）基础前沿交叉（8个）**

**1. 数学与交叉方向**

**（1）Langlands纲领和千禧数学问题。**通过数论、表示论、代数几何和调和分析等多个分支交叉融合研究，培育凝练数学问题与猜想的能力，引导数学学科发展，争取在Langlands纲领、Riemann猜想、BSD猜想等重大数学难题的若干方向上取得与国际数学科学大奖同等水平的成果。

**2. 物理与交叉方向**

**（2）凝聚态物质科学若干前沿问题。**探索新型高温超导材料，深入研究超导机理，发展高温超导新理论；探索新型拓扑绝缘体、拓扑半金属和拓扑超导体，发现新现象、建立新理论。遵循“新现象、新效应、新理论、新算法”理念，发展凝聚态物理新的生长点，持续产出具有国际重要影响的重大成果。

**（3）粒子物理的新发现和研究。**依托大科学装置实验，开展中微子物理、宇宙学、粲物理、强子物理等粒子物理和粒子天体物理前沿研究，在寻找和研究多夸克态、胶子球等方面取得重大突破；建成江门中微子实验，同时利用大亚湾中微子实验进一步提高中微子混合角*θ13*的测量精度，检验混合矩阵幺正性，寻找新物理，力争保持我国在这一方向上的国际优势。

**（4）星系的结构、形成与演化。**利用LAMOST、FAST、德令哈毫米波望远镜、天马射电望远镜、丽江2.4米望远镜等多波段多手段观测设备、大规模数值模拟和原创物理思想，精细刻画银河系结构，探测宇宙各时期星系特性，构建精确的形成与演化模型，提升对星系及相关结构起源的认知，为研究宇宙起源、暗物质和暗能量等提供基础。

**（5）超导量子探测与应用。**开展超导传感器、探测器和超导电路前沿研究，形成超导传感器与探测器系列，性能达到国际一流，实现在量子信息、高精度卫星测距、单光子成像等领域的应用演示。

**（6）超常环境下系统力学问题研究与验证。**围绕高速巡航、深海油气水分离和高铁等重大工程，用系统力学方法，突破高超巡航理论，攻克多相流离心分离方法和材料／结构超高周疲劳损伤破坏等关键技术，形成系统解决方案，实现高超声速巡航飞行验证、深水油气水分离技术验证和高速列车关键部件增寿验证。

**3．化学与交叉方向**

**（7）功能体系的分子工程与分子成像。**瞄准分子间相互作用的协同效应与表界面结构可控构筑等关键科学问题，探究不同层次分子纳米结构与功能之间的关系，发展具有极限分辨能力的结构表征与性质测量技术，实现兼具空间、时间、能量分辨的跨尺度物理化学性质研究及成像技术，以光电功能体系的精准创制为核心，以多组分和多层次纳米组装为手段，构建面向可穿戴与人工智能应用的功能模块，推动分子功能与纳米体系的创制向智能化方向发展。

**（8）能源化学转化的动态本质与调控。**以解决我国能源化学转化过程中的重大科技问题为目标，发展新的实验技术、理论方法及模型，实现相关化学反应的高灵敏度原位动态探测，在微观的原子分子水平和宏观的统计水平两个层次揭示燃烧、多相催化和光催化等重要过程的基本规律和机制，并实现动态调控。

**（二）先进材料（4个）**

**1. 材料创制方向**

**（9）高性能材料结构设计、制备与应用探索。**以“材料基因组”理念为基础，设计与开发高性能金属、能量转换和生物医用材料，实现石墨烯和碳纳米管的规模控制制备，发展材料结构与性能的多尺度调控新理论，大幅提升纳米金属材料、热电材料、二维原子晶体材料和生物医用材料的综合性能，为信息、高端装备制造、新能源和人类健康等战略性新兴产业的发展提供坚实的理论基础和技术支撑。

**（10）人工合成天然橡胶。**研究低成本高纯异戊二烯单体生产技术，开发系列化高性能新产品，持续推进天然橡胶的人工合成产业化工作，实现规模化生产，保障已建成的年产3万吨级稀土异戊橡胶产业化装置安全稳定运行。

**2. 新材料应用方向**

**（11）变革性纳米产业制造技术聚焦。**加强以锂电池为主的长续航、安全动力电池研发，以纳米科技提升动力电池的产业水平；推动实现纳米绿色印刷、纳米印刷电子和3D打印在若干重要产业的应用；发展甲烷无氧制烯烃等纳米催化技术，实现甲烷等大宗化学品的高效利用。

**（12）新能源汽车。**集成我院在电池、电机、电控及轻量化车身材料研发优势，支撑国产汽车企业打造新一代新能源汽车。重点研究开发高性能动力锂电池、低成本碳纤维及其复合材料部件，解决批量生产过程中的工艺和工程问题，实现以碳纤维复合材料为车身结构主体的新能源汽车投放市场。

**（三）能源（5个）**

**（13）聚变等离子体物理前沿研究。**依托完成重大升级改造工程的EAST装置，解决稳态高性能等离子体物理研究若干关键科学技术问题，突破1-2个聚变堆建设关键科学技术瓶颈，使我国高性能稳态等离子体研究长期保持国际领先水平。

**（14）煤炭清洁高效利用技术与示范。**开展煤热解-燃烧、热解-气化系统集成技术研发，完成350MW超临界循环流化床等技术示范，提升能效5-8个百分点；优化提升煤转化/合成关键技术，完成系列煤制油气、高值化工品示范工程，实现石油替代3000万吨以上，推进煤炭利用行业技术进步。

**（15）未来先进核裂变能。**突破全部关键技术和集成技术，掌握系列关键材料、工艺和专用设备研发技术，建成世界首座10MWt固态燃料熔盐仿真堆与实验堆，建成以钍铀循环实验验证为目的2MWt液态燃料熔盐实验堆，总体技术水平达到国际领先，并通过与企业合作形成TMSR技术产业链。建成快中子通量达1014的加速器驱动乏燃料再生循环验证系统，开展100g量级的乏燃料处理实验，进行再生燃料模型组件、结构材料的辐照考验，完成嬗变、增殖、产能一体化验证，为核裂变能可持续发展提供原创性的系统解决方案，与企业进行实质性合作，建设规模化研发示范基地。

**（16）基于高效热工转换的先进动力技术。**开展轻型发动机与新原理发动机技术研发，建立轻型动力推进设计研发验证体系；开展分布式能源系统动力岛高效动力技术研发，完成35MW燃气轮机示范验证。

**（17）可再生能源与多能互补应用示范。**集成我院光伏、光热、风电，以及压缩空气储能、全钒液流电池、钠硫电池等大规模储能和分布式供能等多项关键技术，在张家口可再生能源应用综合创新示范区等地，完成多能互补技术规模化应用示范，为后续产业化奠定基础。

**（四）生命与健康（17个）**

**1. 健康方向**

**（18）脑科学与类脑智能研究。**以脑认知功能的神经基础和类脑智能计算模型为核心科学问题，在脑科学、脑机智能技术和脑疾病早期诊断精准干预等前沿领域，取得国际领先的成果，促进我国人口健康与智能产业发展。

**（19）生物超大分子复合体的结构、功能与调控。**以生命过程中重大基础科学问题为导向，以发展生物大分子复合体研究的新技术新方法为支撑，在染色质与遗传信息解码、膜蛋白结构功能、生物膜整合、病原体等超大分子机器等领域开展研究，在染色质高级结构、细胞自噬、真核膜蛋白、高致病性病原体、非编码核酸、原位生物成像等方向产出重大成果，推进对生命本质的认知与理解。

**（20）细胞命运决定的分子调控。**围绕核酸修饰与代谢对表观遗传的调控、信号网络对细胞谱系建立的调控、亚细胞结构动态变化对细胞活动的调控三大主要内容，破解生物分子调控细胞增殖与运动、分化与转分化、凋亡与坏死、衰老与病变等奥秘。

**（21）病原微生物与宿主免疫。**聚焦重要病原微生物的溯源与跨种传播机制及其与宿主的相互作用，研究病原微生物传播过程与突变规律、病原微生物建立和维持感染的关键机制，以及宿主对病原体的免疫应答和保护等重要科学问题，为发展有效的传染病预防与治疗提供新靶标和新策略，为我国重大传染病防治提供理论基础。

**（22）个性化药物——基于疾病分子分型的普惠新药研发。**以肿瘤和代谢性疾病为核心，针对中国人群高发的肝癌、胃癌、Ⅱ型糖尿病等重大复杂性疾病，发展个性化药物研究的新理论、新方法和新技术，推动实现从疾病分子分型到个性化药物研发模式的变革。

**（23）器官修复与再造。**针对神经、心血管、消化、生殖及代谢等系统的重大疾病，以实现组织再生、器官修复、器官再造和替代为目标，解答细胞潜能及命运转变机制等基础性科学问题，研发器官修复及再造的关键技术，促进人民健康水平提升和健康产业发展。

**（24）生物合成。**围绕绿色低碳可持续发展的需求，基于合成生物学和系统生物学等手段，重点发展酶催化体系及细胞催化体系，实现重大化工产品的生物合成，发酵产品技术提升以及重污染行业的绿色清洁生产，推动生物基材料产业发展，发展单细胞高通量筛选等技术平台建设，在生物制造业领域实现一批关键技术体系和代表产品的突破，推动产业竞争力提升。

**（25）健康保障技术与装备。**以提高城乡居民体质机能、慢病知晓率与控制率和健康老龄化为目标，综合应用生物、物理、信息、工程材料等学科相关研究手段，开发健康辨识、评估、决策、干预等各类健康管理技术与产品，开展基于生物传感、穿戴设备和移动医疗技术的健康大数据收集、分析与应用。研发临床急需的高端医疗装备和低成本系列化健康促进装备，为建立普惠健康体系提供科技支撑。

**2. 生物多样性方向**

**（26）动物复杂性状的进化解析与调控。**跨物种、大尺度、多组学解析重要动物复杂性状的成因，以非人灵长类等重要动物为对象，实现高效的基因编辑和性状调控，建立复杂性状研究的进化系统生物学理论技术体系，为人类疾病防治、动物经济性状改良与特殊功能仿生提供新的理论和技术基础。

**（27）战略生物资源评价与转化利用。**构建国家战略生物资源产业化服务体系，系统开展生物资源的发掘与功能评价，及其在工业和农业领域的应用研究，将生物资源转化为活性中间物质库，并与下游企业合作，转化活性物质为潜在的药物和功能化合物，促进生物产业发展，并提供系统解决方案。

**（28）大尺度区域生物多样性格局与生命策略。**通过大数据驱动手段，对各门类的整体生物多样性进行集成研究。通过环境DNA条形码、大样地野外试验观测和遥感可视化技术的应用，定量、定位、精细研究生物多样性格局动态和物种适应策略，探索建立具有普适意义的生命策略指数，预测物种兴衰和分布格局态势，实现生态学和进化生物学领域的重大突破。

**3. 现代农业方向**

**（29）基于生物信息流操纵的病虫害导向性防控重大原理与技术。**系统解析作物病虫害爆发成灾过程中，生物间信息流的信号途径及其调控的分子机制，对信息流进行人工模拟、干扰和操纵，发展创新性的病虫害防治策略和生命科学通用技术，在作物病虫害防控重大科学理论上实现新突破。

**（30）解析植物特化性状形成和定向发育调控机制。**重点研究植物复杂性状形成的遗传及物质与能量代谢基础，阐明植物生长发育的分子调控机制以及性状形成的环境塑造机制，创新高产、优质、高效、可持续的农业生产理论体系。

**（31）分子模块设计育种创新体系。**以水稻为主，小麦、鲤等为辅，解析高产、稳产、优质、高效等重要农艺（经济）性状的分子模块，揭示分子模块系统解析和耦合规律，优化多模块组装的品种设计最佳策略，培育产量显著提高的初级模块设计新品系（种），创建新一代超级品种培育的系统解决方案和育种新技术，建立现代生物技术育种创新体系，为保障我国粮食安全提供科技支撑。

**（32）农业转型发展示范。**在“渤海粮仓”示范工程基础上，针对产能提升潜力巨大的60%中低产田（8亿亩）连片主要分布区域，从改土提质—耐逆适生—优化资源—精准管理—模式创新—产业化6个方向，进行基础研究、共性关键技术和技术集成示范3个层次全链条设计和创新，开展第二粮仓科技工程，实现增产增效可持续。

**（33）现代农业区域示范。**在东北平原开展适合于现代化大型农场的机械化、信息化、智能化高效农业生产技术集成；在呼伦贝尔和宁夏、甘肃等地，构建生态草业技术研发与应用以及“引草入田”技术集成与示范；在西部省区因地制宜开展特色高值生态农业技术集成与示范；在青海等少数民族聚集区，探索构建市场化可行的农牧民增收技术体系。

**（34）环境友好的近海养殖技术。**在山东、广东等地建设海洋生态牧场，形成鱼虾参贝藻的品种创制、健康养殖、病害防治的关键技术集成，发展精深加工，在典型海域构建海洋生态牧场示范样板，产生显著的社会经济效益。

**（五）海洋（3个）**

**（35）海斗深渊前沿科技问题研究与攻关。**聚焦深渊科学前沿问题，建立我国深渊生物、地质和环境的海斗深渊学科体系；发展深渊探测装备和技术体系，支撑我国深渊科学研究及技术攻关。

**（36）南海生态环境安全工程。**开展南海岛礁全息生态系统重构、珊瑚岛礁稳态与地质安全、装备防腐耐蚀技术和海洋环境智能立体观测等研究，为南海岛礁生态环境安全格局建设、提升生态系统服务功能、促进南海岛礁永续发展提供科技支撑。

**（37）海底科学观测网和装备研究及示范。**建设海底科学观测网重大基础设施，发展深海声学观测装备、深海作业装备和海底矿产资源调查与开发技术，研制全海深多波束测深系统、4500米级载人潜水器、6000米级无人潜水器和11000米级潜水器等装备，实现全天候、综合性、长期连续实时观测海洋内部过程及其相互关系的目标，为国家海洋安全、深海能源与资源开发、环境监测、海洋灾害预警预报等研究提供支撑，推动海洋观测技术发展。

**（六）资源生态环境（11个）**

**1. 资源方向**

**（38）页岩气勘探开发基础理论与关键技术。**根据页岩气勘探开发流程，着力解决生储机制与评价方法、缝网压裂机制、甲烷输运机制与多尺度渗流等科学问题，突破原地气量测试、水平钻井高精度地质导向、无水压裂等核心技术，建设微纳尺度研究和测试平台。

**（39）深地智能导钻理论与技术体系。**开展高温高压传感器关键技术、深层随钻测井技术与装备、深层导向控制技术与装备、系统集成与井场试验等研究，形成一套完整的智能化旋转导向技术与装备，为我国实现深层-超深层油气资源勘探开发提供科技支撑。

**（40）特色金属矿藏的高效清洁综合利用。**完成多项钒钛磁铁矿等特色资源的高效清洁利用示范工程建设与投产，加快钒钛铬等金属的高值利用，提高我国战略金属资源保障量，促进我国钒钛铬等产业可持续发展。

**2. 生态环境方向**

**（41）青藏高原多层圈相互作用及其资源环境效应。**围绕青藏高原各圈层相互作用的基本特征、过程和机理的研究，在印度与欧亚大陆碰撞时间与方式、高原隆升古高度、西风与季风影响及其环境效应等方面实现新的科学突破，并对青藏地区经济社会发展作出贡献。

**（42）大气灰霾追因与控制。**以京津冀、长三角、珠三角为重点区域，阐明灰霾形成的关键物理化学机制，识别关键污染物，确定大气污染物跨区、跨界输送量，发展大气污染预测、诊断及控制决策模型，研发关键污染物源控制和过程控制技术，进行区域应用示范。

**（43）典型污染物的环境暴露与健康危害机制。**围绕我国典型区域污染物的暴露特征、主控因子及优控污染物名录、生物分子间作用机制及表观遗传效应等核心科学问题，在暴露与生物有效性、毒性通路和表观遗传等分子机理方面取得国际水平的原创成果。

**（44）土壤-微生物系统功能调控及土壤污染治理。**围绕多尺度典型土壤生物的多样性与区域分布规律、土壤生物影响氮磷生物地球化学循环、土壤-植物-微生物之间的相互作用等核心科学问题，整体提升对我国土壤微生物资源的认知水平，通过调控土壤微生物显著提高养分利用率。深化土壤重金属污染治理技术与模式研究，推动土壤重金属污染治理国家综合示范区建设，根据不同污染典型地区、不同污染类型和污染强度开展“分区分类分级”示范工程建设，初步构建覆盖全国的网络化示范平台，在国家土壤污染治理工作中发挥骨干引领作用。

**（45）全国及重点区域生态环境评估与修复。**优化监测技术与评估方法，开展国家尺度及长江经济带、丝绸之路经济带等重点区域生态环境变化状况评估与资源环境承载能力评价；构建因地制宜、兼顾生态与经济效益的脆弱生态系统修复与保护技术体系，为国家推进主体功能区、“两屏三带”建设提供技术支持和决策依据。

**（46）典型区域水体污染综合治理技术。**针对京津冀、长三角等城市密集区水体污染的严峻形势，选择空间尺度适宜的典型区域，开展城市黑臭水体、农村分散性污水、湖泊富营养化水体、农业面源污染的综合整治技术试验示范，并逐步进行推广应用，为国家和区域生态文明建设提供示范。

**（47）重大建设工程防护。**针对重要交通干线、重大水利水电工程、重点城镇周边生态环境保护、自然灾害防治等需求，进行风险评估及管理，研发受损生态系统快速重建、风沙防护与清除、滑坡泥石流等地质灾害综合防治、高边坡安全防护、路基稳定性防护等技术体系并进行工程示范，为相关重大工程和人民群众生命财产安全提供科技支撑。

**（48）“一带一路”典型区域地缘环境系统演化模拟研究。**依托现代地理信息技术、大数据技术和空间对地观测等手段，开展重大自然灾害、环境资源格局与演化、极端气候事件、热点地区突发社会事件的监测与追踪，对其地缘环境影响进行模拟、预警和对策研究，提升对“一带一路”沿线重大事件及其地缘环境影响的应对能力，建立及时可用的快速预警体系和系统解决方案。

**（七）信息（7个）**

**1. 信息方向**

**（49）量子通信。**加强核心器件的自主研发，加强与经典网络的融合（如云加密等），推动标准制定，开展城域量子通信、城际量子通信、卫星量子通信关键技术研发，初步形成构建空地一体广域量子通信网络体系的能力，并在全天时卫星量子通信技术上取得突破，有效解决国防、金融、商业等领域的信息安全问题。

**（50）网络空间安全关键技术与应用。**加强新型密码理论、新型防御理论等基础前沿理论研究，突破基于体系结构的新型内置安全、网络空间态势感知预警处置、大数据安全与隐私保护、网络空间信任体系、网络空间安全审查、基于数据的智能安全以及可靠身份认证等核心关键技术，切实解决一批制约我国网络空间安全的重点、难点科技问题，发挥骨干引领作用，为国家网络强国战略提供强有力科技支撑。

**（51）高效能计算与网络通信关键技术及应用。**提出高能效（100GOPS/W）网络计算体系结构，研发可重塑处理器芯片；研制自主可控的桌面操作系统并推广应用；研制物端计算机、服务路由器、超级基站等核心设备，构建世界领先的服务中心网络、5G无线通信和天地一体化网络，为重点行业信息化应用、物联网及信息产业发展提供核心关键技术支撑。

**（52）大数据与人工智能。**加强大数据应用中的基础科学问题研究，研究开发大规模机器学习方法及模式识别技术，突破具备深度理解能力的多源异构感知大数据处理模型，开发具有产业引领作用的软硬件关键技术，提升大数据处理能力，建立面向大数据的人工智能方法与技术，并在相关应用领域发挥不可替代的作用。

**（53）人机交互与虚拟现实。**面向自然人机交互，突破对视觉、听觉等交互信息的理解，探索新型交互手段。研究对环境和人类行为的三维感知、建模、传输、绘制、显示和交互等关键技术，开发高精度三维相机、实时逼真绘制、像素级高精度定位跟踪、大规模物理和行为实时渲染、多感官虚实融合交互、真三维显示等技术和装置，建立基于互联网的虚拟现实内容和交互标准，实现远程沉浸式虚拟现实系统，突破人类对现实疆域的限制，拓宽人类的想象空间。

**（54）集成电路与核心基础器件。**在集成电路先进工艺、大尺寸硅片材料、光刻机部件等方面实现突破，自主研制新型高功率电力电子器件及各类传感器，实现自主可控的核心基础器件在高铁、电力、新能源汽车等领域的规模化应用。开展相关微电子器件、激光器件、光电探测器以及光波导、光放大器、光开关等光子学基础元器件研制及产业化工作。研究高清激光显示核心器件的产品化设计及其生产技术，并实现规模化生产，推动高清系列化激光显示产品进入消费市场。

**2. 智能制造方向**

**（55）机器人与超精密极端制造。**开展下一代机器人关键技术和核心部件、工业物联网及网络协同制造等研究，研发高端工业机器人、特种机器人、服务机器人、无人智能装备系统、智能制造管控技术，构建面向重点行业的智能制造整体解决方案。开展超精密极端制造工艺与装备研究，开发极大规模集成电路工艺与装备，构建超精密极端制造平台，为提升国家制造业能力和水平提供技术支撑。

**（八）光电空间（5个）**

**（56）空间科学先导专项（二期）。**完成“十二五”立项卫星发射任务，力争在空间天文、空间物理、微重力科学和空间生命科学等领域获得重大科学发现与突破。立项研制3-6颗卫星，争取在2020年前后发射，在地球空间耦合规律、引力波电磁对应体探测、全球变化与水循环、太阳磁层与爆发活动关系等方面取得原创性成果。

**（57）载人空间站及空间实验室空间应用。**开展天宫二号空间实验室、天舟一号货运飞船和空间站核心舱科学研究、实验及地面应用等任务；开展多功能光学设施、科学实验柜、应用信息系统及在轨支持系统设计与研制，为空间站应用任务实施奠定基础；研制与运行国际首台空间冷原子钟；开展星地量子密钥通信实验；开展宇宙伽马射线高灵敏度偏振探测，开辟天文观测新窗口。

**（58）月球与首次火星科学探测。**完成嫦娥五号、嫦娥四号和我国首次火星探测的地面应用系统、有效载荷与测定轨相关研制及建设任务。开展月球采样返回样品存储、处理、制备与研究工作；开展月球背面低频射电天文观测，在国际上首次建立集地形地貌、地质构造、物质成分、浅层结构于一体的月球背面局地综合地质剖面；开展火星大气电离层及表面气候与环境、表面形貌与地质构造等探测与研究。研究与制定后续的月球、火星和小行星探测任务的科学目标。

**（59）北斗全球卫星导航系统。**面向北斗全球组网系统建设，开展组网卫星研制，分批提升组网卫星性能指标，确保2020年建成全球系统。进一步提升导航卫星小型化、轻量化、智能化和低成本设计能力，具备高性能与高功能密度载荷平台一体化总体设计能力，实现中高轨道导航卫星长寿命高可靠。

**（60）平流层飞艇。**设计研制长航时、长驻空动力飞行平流层飞艇系统，突破系列核心关键技术，成功实施2万米高度驻留试验验证，在国际上率先掌握在平流层高度具备一定载荷能力的可控飞艇作业平台技术，带动相关学科与技术发展，形成新的经济增长点。