附件3

历年发布的重大科学问题和工程技术难题

**2020年度20个重大科学问题和工程技术难题**

|  |  |
| --- | --- |
| **10个前沿科学问题** | |
| **问题1：冠状病毒跨种传播的生态学机制是什么？** | 目前新冠肺炎在全球肆虐。病毒学家曾多次警示冠状病毒跨物种传播是大概率事件。蝙蝠等野生动物携带冠状病毒的本底情况以及野生动物如何突破生态和生理屏障发生跨种传播和感染，在科学层面都尚不清晰。该问题对于揭示冠状病毒跨物种的传播机制和预防未来冠状病毒导致的流行病具有重要意义。 |
| **问题2：引力波将如何揭示宇宙奥秘？** | 自2015年首次直接探测到引力波以来，引力波已迅速成为国际上基础物理与天体物理前沿研究的热点，预计十余年内宇宙起源问题将有取得重大突破的历史机遇。引力波打开了观测宇宙的一扇新窗户，通过观测引力波源在宇宙中的产生与分布，有望解答广义相对论与粒子物理的标准模型所遗留下来的深层次科学问题，从而加深对自然界的理解。 |
| **问题3：地球物质是如何演化与循环的？** | 地球物质主要分为岩石和矿物。人们对地球历史时期岩浆岩和变质岩的演化与循环的认识由于缺乏大数据的综合分析而模糊不清。利用大数据平台和地球深时大数据系统的综合分析，可以在矿物演化历程与行星地质演化的基本历程和特殊事件之间建立联系，从矿物演化的角度来厘清行星地球及其多圈层演化规律和耦合关系，并解答行星地球如何演化、地球各圈层是否存在共演化关系的基本科学问题。 |
| **问题4：第五代核能系统会是什么样子？** | 2000年，美国能源部倡议发起的第四代核能系统国际论坛把核能的发展分为四代。目前对于第五代核能系统的研究仍处于探索交流阶段，暂无成熟的概念界定和目标定义，对其实现路径更是少有谈及。如能推动第五代核能系统概念的落地和最终实现，其可以革新核能开发观念，革新核能开发模式，革新核能应用观念，支撑能源系统的深度脱碳；引领世界核能创新，助推中国成为世界核能创新高地。 |
| **问题5：特种能场辅助制造的科学原理是什么？** | 随着航空航天、交通运输等领域对轻量化和安全性的持续需求，包括超高强度钢、轻合金、复合材料和金属间化合物等高强材料应用于复杂构件。随着材料强度的提高，制造难度显著提高，成形缺陷更难控制。现有的研究表明，特种能场辅助成形技术在改善高强难变形材料制造难题方面具有巨大潜力。 |
| **问题6：数字交通基础设施如何推动自动驾驶与车路协同发展？** | 未来自动驾驶车辆大范围社会化运行局面必然会出现，对交通运输系统而言将是一场变革，道路交通运输系统面临演进换代的挑战。对于支撑自动驾驶社会化运行的新型道路基础设施的研究，我国尚处于起步阶段，国外也无现成的先进技术和经验可借鉴，需要适时将自动驾驶研究的支持重点向基础设施侧智能供给研究及综合集成落地应用研究转移。 |
| **问题7：调节人体免疫功能的中医药机制是什么？** | 虽然免疫学的基础研究取得了令人瞩目的成就，医学也在突飞猛进地发展，但在许多疑难重症的防治方面仍显得不足。系统性红斑狼疮、类风湿关节炎、强直性脊柱炎等自身免疫性疾病仍然困扰着患者。这些重大、疑难疾病的发生、发展和转归均与免疫密切相关。中医药能够多层次、多靶点、多途径作用于机体，调节机体免疫功能，在疾病预防和治疗中有重要的应用价值。 |
| **问题8：植物无融合生殖的生物学基础是什么？** | 无融合生殖是一种通过种子进行无性繁殖的生殖方式，可以使杂交品种产生克隆种子，保持杂交后代性状不发生分离，从而永久固定杂种优势。然而，由于无融合生殖发生机制的复杂性，尽管经过了多国科学家近一个世纪的努力，其形成机制依然不清楚，也未能将其成功应用于作物育种中。 |
| **问题9：如何优化变化环境下我国水资源承载力，实现健康的区域水平衡状态?** | 当前，我国生态文明建设进入加速期和关键期，对水资源集约利用和严格保护提出了更高要求。研究变化条件下水资源承载力与水平衡优化这一科学问题，有利于深化认识我国区域水循环要素及其演化规律，完善水资源承载力评价方法，阐明水平衡状态对于水资源承载力的指标意义，明确诸多水问题及生态环境问题的发生机制，为总结与水资源承载力相适应的经济社会发展和生态保护模式，有效保护和修复生态环境提供重要的理论和技术支撑。 |
| **问题10：如何建立虚拟孪生理论和技术基础并开展示范应用？** | 虚拟孪生是在数字孪生的基础上，利用传感器、物联网、虚拟现实、人工智能等数字技术对真实世界中物理实体和智能实体对象的特征、行为、形成过程和性能等进行描述和建模的过程和方法，也称为虚拟孪生技术。它以数字孪生为基础，但更侧重于对智能实体或生命体的建模和仿真。如何实现制造物理世界与信息世界的交互与共融，是当前国内外实践智能制造理念和目标所共同面临的核心瓶颈之一。 |
| **10个工程技术难题** | |
| **问题1：如何开发新型免疫细胞在肿瘤治疗中的新途径与新技术？** | 免疫细胞技术是人类彻底治愈肿瘤的希望，是全球前沿医学和资本追捧的热点领域之一。树突状细胞（DC）作为链接细胞免疫和体液免疫的关键节点细胞，能够调动整个免疫系统，抵抗病原体的入侵以及促进肿瘤细胞的清除，成为新型免疫细胞疗法的重点研究方向。新型DC可扩增技术可实现DC疫苗的标准化、批量化生产，可显著减低制备成本，服务更多癌症患者，具有明显的经济效益和社会效益。 |
| **问题2：水平起降组合动力运载器一体化设计为何成为空天技术新焦点？** | 水平起降组合动力运载器具有快速、廉价、可靠的特点，可成为低成本天地往返运输工具。水平起降组合动力运载器一体化设计技术是支撑未来航天运输系统发展与应用的核心技术之一，是未来先进航天运输系统的重要支撑技术之一。 |
| **问题3：如何实现农业重大入侵生物的前瞻性风险预警和即时控制？** | 农业有害生物入侵不仅仅是简单的植物病虫害或动物疫情问题，入侵生物的发生流行不仅危害食品安全和农业生产，造成巨大的直接经济损失，还可能对人类健康构成越来越大甚至是灾难性的威胁，对外交、经济和社会产生巨大影响。因此，站在国际化、全球化视角，从科学研究和专业技术层面，开展农业入侵生物跨境传播预警及防减技术合作的协同攻关，将有力解决入侵生物疫情的源头治理和联防联控关键技术难题，保障社会稳定与公共安全。 |
| **问题4：信息化条件下国家关键基础设施如何防范重大电磁威胁？** | 强电磁脉冲一旦对金融、能源、电力等领域的关键信息基础设施产生影响，将可能导致交通中断、金融紊乱、电力瘫痪等重大事故。开展此项研究，对确保关键基础设施电磁安全、保护经济建设成果、提升关键基础设施容灾抗毁能力具有重要意义。 |
| **问题5：硅光技术能否促成光电子和微电子的融合？** | 信息光电子芯片已然成为“数字化新基建”的核心和基石，也是全球信息通信价值链的关键领域和网络强国建设的“国之重器”。硅基光电子芯片技术既可应用于芯片级光互连，又适用于长距离光纤通信，可实现全功能光电子集成，具有极高的通用性和兼容性，是微电子和光电子两大产业公认的发展方向。利用国内现有微电子产业资源和互补金属氧化物半导体（CMOS）制造平台，建立健全硅光产业链，可以有效提升我国信息光电子的制造能力，缓解光电子芯片制造工艺的“卡脖子”困境，为我国信息化新基建提供有力支撑。 |
| **问题6：如何解决集成电路制造工艺中缺陷在线检测难题？** | 集成电路领域目前是国际科技竞争的主战场和大国博弈焦点。对于集成电路缺陷检测技术及设备，一方面现有最先进技术设备被少数几个发达国家垄断；另一方面，世界范围内7纳米及以下节点的缺陷在线检测技术仍未成熟，设备缺口仍然巨大，谁率先掌握了相应关键技术，谁就掌握了未来主导权，这对我国来说既是机遇又是挑战。 |
| **问题7：无人车如何实现在卫星不可用条件下的高精度智能导航？** | 以无人救援车、无人采矿车、无人运输车等为代表的特种无人车是完成现代化作业、抢险救灾等任务的核心无人装备。为提高无人车的紧急救援、联合作业等能力，要求其导航系统具备高精度定位、自主避障、智能路径规划及导引等功能。因此，需要研究具有高精度、全自主的导航方式以及需要解决面向无人车的惯性基智能导航问题。 |
| **问题8：如何在可再生能源规模化电解水制氢生产中实现“大规模”“低能耗”“高稳定性”三者的统一？** | 发发展高效低成本的可再生能源和氢能技术是对国家重大需求的及时响应，也是全球减少碳排放和减缓气候变化的优质解决方案。但当前电解水制氢技术的发展水平限制了可再生能源转为化学能的转化效率及产业化进程。突破高效、低成本、规模化电解水制氢技术可极大地促进可再生能源、氢能的利用和发展。 |
| **问题9：如何突破进藏高速公路智能建造及工程健康保障技术？** | 青藏高原地层岩性复杂多变，新构造运动剧烈，深大活动断裂广布，冰川、冻土与山地灾害群（链）发育，具有“显著的地形高差”“强烈的板块活动”“频发的山地灾害”“敏感的冻土环境”四大地质环境特征，以及“高频冻融循环”“剧烈干湿交替”“极端高寒缺氧”三大气候环境特征，由此带来的系列工程技术难题是制约西藏高速交通发展的关键技术因素。 |
| **问题10：如何突破光刻技术难题？** | 光刻技术是制造集成电路的关键技术。光刻技术的核心在于光刻机、光刻工艺和光刻胶三个方面。尽管取得了一定的进展，但跟世界发达国家水平相比，我国光刻技术和产业的发展水平仍较落后，差距仍然很大，“受制于人”的困境依然存在。 |

**2019年度20个重大科学问题和工程技术难题**

|  |  |
| --- | --- |
| **01.暗物质是种能探测到的基本粒子吗?** | **暗物质很可能是一种未知的、相互作用非常微弱的基本粒子，可以建造超级灵敏的粒子探测器来进行研究。暗物质粒子一旦被发现，将成为人类科学史上具有划时代意义的重大成就，会对未来粒子物理与天体物理的发展产生巨大影响。** |
| **02.对激光核聚变新途径的探索** | 激光核聚变的成功实现将有望解决困扰人类多年的能源问题，还可用于模拟核武器相关过程，可带来巨大的经济与社会效益，并保障国家安全。 |
| **03.单原子催化剂的催化反应机理** | 该问题的突破，将进一步丰富催化领域的理论知识，指导新型催化剂的设计、研发以及制备，拓宽催化剂的应用范围。有助于实现物质 “原子经济性”，对催化及相关领域有重大贡献，或将伴随新兴研究领域的出现。 |
| **04.高能量密度动力电池材料电化学** | 突破高能量密度动力电池核心材料体系的技术瓶颈，实现高能量密度动力电池工程化，可从根本上消除电动汽车行业“续航里程焦虑”问题，快速推动该产业的发展，对振兴中国汽车、保障能源安全、节能减排等有重要意义。 |
| **05.情绪意识的产生根源** | 指向人类对深邃而复杂情感世界的认识和理解，有助于解释人类社会独特性的进化依据，不仅有利于维持现有社会的健康和发展，也可解释人类社会建构的基础，重塑人类生存和发展的理解框架。 |
| **06.细胞器之间的相互作用** | 利用多学科交叉前沿技术，研究细胞器相互作用网络的分子细胞生物学机制，对细胞器网络在生物膜稳态维持、动态变化等重要细胞生命过程的作用提出原创性理论，以支持相关重大疾病的诊断、预防和新药研发。 |
| **07.单细胞多组学技术** | 该技术可系统地鉴定细胞异质性和识别罕见细胞类型，在遗传特性、生化特征和生理功能方面提供前所未有的精准数据，可广泛应用于胚胎发育、细胞分化和谱系追踪，以及人体生理功能和疾病发生发展的研究。 |
| **08.废弃物资源生态安全利用技术集成** | 可解决大量养分资源仅能作废弃物或因处理不当而造成的资源浪费，有效控制环境污染和耕地质量风险，引导工农业废弃物资源循环利用产业链和价值链提升，实现生产清洁化、利用安全化、投入品减量化等，促进农业可持续发展。 |
| **09.全智能化植物工厂关键技术难题** | 智能化植物工厂可提供农业与大都市食品安全生产的新模式，并在智能化装备与管理决策系统、新型LED光源与光能有效利用、新型作物品种改良等方面掌握核心技术，将促进人工智能与农业科学等多学科的交叉与融合。 |
| **10.近地小天体调查、防御与开发问题** | 可整合拉动地面设施、太空探索、太空开发及太空经济研究，发展航天未来技术和牵引太阳系演化前沿科学研究。助推小天体撞击天地一体预警体系及国际大科学计划发展，体现负责任的大国担当。 |
| **11.大地震机制及其物理预测方法** | 孕震断层多锁固段脆性破裂理论很好地描述了板内和板间地震产生过程，有望从根本上解决地震预测预报这一世界性科学难题，进而提高人类预防地震灾害的能力，亦有助于大幅提升我国在国际地球科学领域的学术地位。 |
| **12.原创药物靶标发现的新途径与新方法** | 通过生命科学的深入研究，发现对疾病发生、发展具有重要影响的基因、酶、受体等生物大分子和相关的调控通路；利用已有的生物活性分子去发现它们的作用靶标，这两个发现和确证药物作用的新靶标、新机理的主要途径，是实现我国原创药物研发的重要突破点。 |
| **13.中医药临床疗效评价创新方法与技术** | 该技术可筛选出临床疗效显著且安全性高的中医药干预措施，更能体现出中医特色的治疗病证，可产生用于评价中医复杂干预的方法，对内为民生服务，对外可提升国家科技、经济和文化实力，并可产生一系列独创的临床研究方法和技术。 |
| **14.人工智能系统的智能生成机理** | 人工智能是引领现代科技革命和产业变革的战略力量，可使人类从一般性的劳动中解放出来去从事创造性工作，从而对人类社会的发展产生无可估量的伟大贡献。但成功的关键是——要理解“智能生成的机理”。 |
| **15.氢燃料电池动力系统** | 该产业将成为我国新经济增长点和新能源战略的重要组成部分，对加快我国氢燃料电池汽车的产业化应用、完善新能源汽车产业及技术布局，提升国际竞争力和科技创新实力，保障国家能源安全、改善环境污染等具有显著意义。 |
| **16.可再生合成燃料** | 利用太阳能、风能、生物质能等可再生能源，转化利用二氧化碳设计出适合高效清洁燃烧的合成燃料分子结构，实现CO2+H2O→CxHy的分子转换，生产合成甲烷、醇醚燃料、烷烃柴油、航空燃油等可再生合成燃料。 |
| **17.绿色超声速民机设计技术** | 该技术的问世将使高速飞行完美融入人类的生产生活，极大地缩短民航运输的时间，使国际间的经贸往来更为频繁和高效，是激发我国民用航空工业提升整体实力、赶超传统航空强国的一次重要历史机遇。 |
| **18.重复使用航天运输系统设计与评估技术** | 构建航班化运营的重复使用航天运输系统，可大幅提升我国自由进出和利用空间的能力，是深入推进航天运输技术发展、实现向航天强国迈进的重要内容，还将进一步落实军民融合战略，促进航天装备体系发展。 |
| **19.千米级深竖井全断面掘进技术** | 攻克深部复杂岩体高效破岩、同步支护、岩渣连续提升、姿态实时导向等关键技术，创新研制大直径深竖井全断面掘进装备，为川藏铁路、深部资源开采、深地空间开发等战略工程提供技术与装备保障，开创深竖井工程安全、优质、高效、绿色建设新模式，抢占全球深部地下空间开发领域的技术制高点，为“向地球深部进军”国家战略的实施奠定坚实的技术基础。 |
| **20.海洋天然气水合物和油气一体化勘探开发机理和关键工程技术** | 基于我国海域天然气水合物和常规油气赋存区域的空间耦合关系，重点攻克海域天然气水合物和常规油气综合探测机理、海底表层、中深层天然气水合物和深部油气资源的一体化开发机制和核心技术装备，从而实现海域天然气水合物、浅层气和深部油气的立体开发，可极大提升我国海域天然气资源的综合开发能力，对保障国家能源安全具有重要的战略意义。 |

**2018年度60个重大科学问题和工程技术难题**

|  |  |
| --- | --- |
| **学科及技术领域** | **重大科学问题和工程技术难题** |
| **地球科学（3个）** | 超高精度量子惯性导航技术  空间天气的及时准确预报  岩石圈构造应力场及其作用过程 |
| **公共安全（3个）** | 煤矿重特大灾害智能报警方法与技术  工程结构安全的长期智能监测预警技术  城市交通基础设施智能协同运营技术 |
| **交通运输（6个）** | 基于北斗卫星和5G通信技术的新型高速铁路列车运行控制技术  高原高寒冻土地区高速铁路与公路修建关键技术  跨深大海峡通道（悬浮隧道）关键技术  面向未来交通的路网全感知技术  时速1000公里及以上低真空管道运输高速磁悬浮铁路建造关键技术  未来城市地下交通及物流系统 |
| **空天科技（3个）** | 航天运输技术难题  飞机级系统架构设计及仿真技术  面向工程应用的高精度动态测量 |
| **能源环境（7个）** | 高效长寿命低成本电化学电力储能技术  海洋生态系统储碳与全球变化  脆弱生境生物多样性的维持机制  高水平放射性废物安全处置  绿色安全高效的低成本制氢技术  川藏铁路建设难点  未来全球能源互联网的关键技术 |
| **农业科技（2个）** | 绿色农药创新研究和原创性靶标的发现  固态有机废弃物生物转化及其资源梯级利用 |
| **生命科学（9个）** | 基于核酸物质的基因精准调控与医药技术  植物工厂人工环境条件下植物的生长发育调控  细胞命运决定机制的研究  遗传信息的结构编码——纳米尺度遗传信息动态结构解析  人类智能的基因调控机理  全球变化对动物的影响及应对  植物对逆境的记忆功能与进化  DNA存储技术  意识读取的前沿问题和关键技术 |
| **数理化基础科学（5个）** | 记忆的物理化学基础  单分子化学反应动态过程的可视化  超临界场强的量子电动力学效应  宇宙中重元素的起源  极端条件下的可控燃烧 |
| **先进材料（5个）** | 高性能热电材料  纳米纤维产业化生产关键技术  核能系统高安全结构材料  高活性可见光催化材料  人工智能技术与新型智能复合材料的深度融合 |
| **信息科技（6个）** | 类脑计算  新一代认知物联网关键技术研究  抗量子密码算法技术  大规模共享无人载运工具的协同智动管控仿真  工业互联网中数据集成和边缘处理技术  人与机器的情感交互 |
| **医学健康（4个）** | 肿瘤转移机制与抗肿瘤转移新药研发  老年性痴呆的机制解析及诊治难点  精神疾病的新型治疗方法  免疫微环境分子分型及免疫治疗耐药机制 |
| **智能制造（7个）** | 人机共融关键技术  微腔中的力光电子传感  高性能动力电池研发技术  新一代智能制造系统  基于多源信息融合的大型复杂系统健康状态监测与评估  人工智能在智能驾驶工程技术开发中的应用研究  先进微纳机器人技术 |