

# 学科快报：2023 全球工程开发前沿动态

2023 年 12 月，高等教育出版社出版了中国工程院全球工程前沿项目组所著的《全球工程前沿 2023》报告。报告以数据分析为基础，以专家研判为核心，遵从定量分析与定性研究相结合、数据挖掘与专家论证相佐证、工程研究前沿与工程开发前沿并重的原则，遴选得出 9 个领域 93 个工程研究前沿和 94 个工程开发前沿，并重点解读了 28 个工程开发前沿。在重点前沿解读过程中利用发展路线图工具，研判重点工程前沿未来 5~10 年的发展方向和趋势。

图书馆结合我校学科及专业特点，上一篇报告为大家简单介绍了几大领域研究前沿动态，这次为大家简单介绍几大领域工程开发前沿动态，以供参考。如需详细资料，可登录中国工程院网站下载原报告查看。

## 一、机械与运载工程开发前沿发展态势

机械与运载工程领域的 Top 10 工程开发前沿涉及机械工程、船舶与海洋工程、航空宇航科学技术、兵器科学与技术、动力及电气设备工程与技术、交通运输工程等学科方向（表 1）。其中，属于传统研究的深入的有：多机器人协同作业优化技术；无人驾驶飞行器路径规划技术；微小型无人机精确制导技术；基于人工智能的精准目标识别技术；多功能高性能航空复合材料技术；微型高性能复合传感技术；智能移动机器人控制与感知系统。新兴前沿则包括：低成本可回收复用航天器；水下无人救援机器人；空天往返运输系统能源一体化与推进剂管理技术。

表 1：机械与运载工程领域 Top 10 工程开发前沿

序号	工程开发前沿	核心专利 公开量	主要研究方向或发展趋势	主要产出 国家
1	多机器人协同作业优化技术	465	1.协同传输计算； 2.分布式感知； 3.协同控制。	中国（416） 美国（26） 韩国（14）
2	低成本可回收复用航天器	142	1.可重复使用设计理论与方法；2.可回收复用航天器总体设计； 3.可靠精确返回着陆技术、长时在轨精确轨 / 姿 / 热控与维护技术；4.高可靠可复用耐高温抗烧蚀热防护技术；5.结构寿命评估与健康管理等。	中国（72） 美国（30） 俄罗斯（14）
3	水下无人救援机器人	185	1.基于仿生结构的可变构型功能结构优化设计； 2.基于多源传感器数据的水下救援目标自主检测和识别技术；	中国（178） 美国（2）

4	无人驾驶飞行器路径规划技术	911	1.组合不同算法优势的融合路径规划算法; 2.通过无人机参数空间降维、可行域高质量建模等方式进行轻量级路径规划。
5	微小型无人机精确制导技术	483	1.复合制导技术研究; 2.智能识别及集群算法的研究; 3.微型结构与新型材料研究, 用于提升微小型无人机突防隐身能力。
6	基于人工智能的精准目标识别技术	615	1.基于 Transformer 的实例精准分割; 2.目标识别场景的通用大模型开发; 3.复杂环境下的全景语义识别; 4.多源异构信息时空配准与融合
7	多功能高性能航空复合材料技术	1102	1.结合机器学习方法, 开发多功能复合材料的性能预测模型与设计方法; 2.基于环境敏感材料, 发展集传感、控制、驱动等功能于一体的智能复合材料系统; 3.采用高性能、低成本天然材料, 发展轻质高强、环境友好的绿色多功能复合材料。
8	空天往返运输系统能源一体化与推进剂管理技术	363	1.低温推进剂长期在轨的位置管理与热量管理技术; 2.低温推进剂空间在轨交叉传输技术; 3.集成流体管理 (IVF) 系统建模仿真技术。
9	微型高性能复合传感技术	205	随着微纳制造技术、多功能复合技术、精密封装技术、数字补偿技术的快速发展, 新原理、新材料、新工艺不断涌现, 开发具有新原理、新效应的敏感元件和传感元件, 并以此不断推进更多传感单元功能的复合集成。
10	智能移动机器人控制与感知系统	569	1.深度学习与感知; 2.即时定位与地图构建 (simultaneous localization and mapping, SLAM); 3.强化学习与控制; 4.多模态感知与传感器融合; 5.人-机交互与合作; 6.机器人协同; 7.边缘计算与感知; 8.生物启发方法。

## 二、信息与电子工程开发前沿发展态势

信息与电子工程领域 Top 10 工程开发前沿见表 2, 涉及电子科学与技术、光学工程与技术、仪器科学与技术、信息与通信工程、计算机科学与技术、控制科学与技术等学科方向。其中, “光控相控阵天线技术” “基于脑机接口的无人系统控制技术” “基于人工智能的故障诊断和检测技术” 为数据挖掘前沿; 其余为专家提名前沿。

表2: 信息与电子工程领域 Top 10 工程开发前沿

序号	工程开发前沿	核心专利公开量	主要研究方向或发展趋势	主要产出国家
1	光控相控阵天线技术	260	1.降低集成器件尺寸和功耗; 2.探索光电转换新机理和新方法; 3.提高光延时器件精度和连续性; 4.降低光子微波链路复杂度、成本和损耗。	中国 (184) 美国 (43) 韩国 (13)
2	基于脑机接口的无人系统控制技术	464	1.脑机控制方式将发展为任务层级的控制;	中国 (370)

			2. 脑机智能构成向脑机融合方向发展。	美国 (25) 韩国 (20)
3	面向多样性计算的算力网络构建技术	638	1. 算力网络架构优化; 2. 异构资源融合; 3. 跨域资源管理与任务协同。	美国 (475) 中国 (113) 德国 (9)
4	柔性智能触觉传感器	616	1. 柔性材料及其制造技术; 2. 感知机制与算法; 3. 触觉传感仿真; 4. 多模态感知集成及操作应用。	
5	高速空间光通信技术	1018	目前空间激光通信技术逐渐从点对点模式向中继转发和构建高速、智能、一体的激光网络方向发展。	
6	太赫兹固态相控阵芯片	887	1. 更高频率; 2. 更高集成度; 3. 更高性能。	
7	基于人工智能的故障诊断和检测技术	991	1. 强化泛智能故障诊断和检测; 2. 可解释智能故障诊断和检测; 3. 弱数据质量下智能故障诊断和检测; 4. 基于信息融合的智能故障诊断和检测; 5. 轻量化的智能故障诊断和检测。	
8	大尺寸半导体碳化硅材料与功率芯片	232	1. 提高碳化硅单晶的尺寸和厚度; 2. 提升碳化硅功率金属-氧化物-半导体场效应晶体管 (MOSFET) 的性能。	
9	基于光场技术的裸眼3D 技术	668	利用光场显示技术的升级引领将推动包括显示芯片、高分辨率面板材料、3D 内容源等全产业链的技术升级, 并赋能上下游生态联动发展。	
10	增强现实空间操作系统	420	1. 空间应用体系; 2. 空间交互体系; 3. 空间感知融合。	

### 三、化工、冶金与材料工程开发前沿发展态势

化工、冶金与材料工程领域组研判得到的 Top 11 工程开发前沿见表 3。其中,“面向高温环境的金属基复合材料设计与制备”“高效光伏器件的构建与规模化制造技术”“低温低压条件下绿氨宽负荷制备技术”“富氢碳循环高炉炼铁技术”是专家推荐的前沿;其他前沿则是基于数据由专家研判而来。2023 年入选的开发前沿,专利逐年公开量整体呈现出增长的趋势,尤其是“基于人工智能大规模语言模型的化工新材料设计与制备”“面向能量密集型化工过程的高效节能分离新技术开发”“富氢碳循环高炉炼铁技术”的增长速度较快。

表 3: 化工、冶金与材料工程领域 Top 11 工程开发前沿

序号	工程开发前沿	核心专利公开量	主要研究方向或发展趋势	主要产出国家
1	基于可再生能源的冶金低碳化利用	520	1. 风-光-水氢与冶金余热余能的互补清洁供能系统; 2. 生物质燃油旋流雾化强化燃烧技术; 3. 生物质燃油旋流喷吹深度还原冶金熔渣新技术。	中国 (513) 印度 (2) 韩国 (2)

2	基于人工智能大规模语言模型的化工新材料设计与制备	482	1.文献信息提取是化工材料数据平台采集数据的主要途径； 2.材料结构生成是逆向设计新材料的关键技术；3.材料性质预测是高通量筛选的前提；4.合成条件优化与智能化表征是摸索材料制备工艺的核心步骤。	美国 (180) 中国 (177) 印度 (33)
3	面向高温环境的金属基复合材料设计与制备	596	1.从微观结构与形态层面上进行仿生设计；2.转型材料基因工程的 全新研究范式；3.开发特殊近净成形制备与加工技术； 4.研究和建立国家标准与行业标准体系。	中国 (529) 日本 (24) 韩国 (23)
4	面向能量密集型化工过程的高效节能分离新技术开发	697	1.开发可替代的高效分离新方法； 2.开发可再生的输入能源新形式。	
5	冶金炉窑混沌强化供热技术	775	1.完善最低能耗强化供热法则及模型；2.开发富氧旋流混沌搅 拌供热技术；3.开发加热炉旋流混沌燃烧及强化供热制度调控 技术。	
6	高效光伏器件的构建与规模化制造技术	705	1.更好地融入新型能源电力系统，支撑智慧城市建设；2.与储 能技术相结合，实现绿色能源的稳定供应和高效利用；3.光伏 组件的回收利用，推动行业绿色可持续发展；4.对于新型光伏 技术，降低成本、提高寿命、突破量产将是技术突破的关键。	
7	低温低压条件下绿氨宽负荷制备技术	540	1.开发具有高本征活性的催化剂，降低 N <sub>2</sub> 在催化剂表面的吸 附能垒，提升低温下 N <sub>2</sub> 的活化能力；2.在传统的催化反应 器中引入变频的电、磁等外场，利用外场变化调节催化剂活性 中心电子结构，打破吸脱附限制；3.研制快速响应装置与系统， 拓宽低温、低压条件下合成氨的负荷区间。	
8	富氢碳循环高炉炼铁技术	353	1.全氧炼铁；2.炉顶煤气 CO <sub>2</sub> 脱除后加热循环利用；3.富氢复 合喷吹；4.富氢碳循环高炉全氧冶炼工况下的煤气自循环工艺。	
9	超高能量密度铝 - 空气电池的研发及应用	400	1.电池改性技术手段及相应表 / 界面反应机制机理；2.金属燃 料电池各组件耦合模型及后续优化技术手段；3.持续开发铝 - 空气电池全流程低碳、安全、低成本的关键技术。	
10	高纯金属、合金及其材料关键制备技术及应用	358	1.材料中杂质元素的稀散赋存与分布机制；2.元素相似性及其 选择性分离动力学，需计算基体与杂质之间的相互作用力、吸 脱附热以及动力学平衡参数等；3.材料纯化过程杂质物相形态 转变规律、迁移行为以及提纯过程参数调控。	
11	新型生物航空燃料的分子设计与规模化制备	208	1.生物燃料分子设计； 2.高效合成方法； 3.高活性低成本催化剂；4.燃料规模化制备。	

#### 四、能源与矿业工程开发前沿发展态势

能源与矿业工程领域组研判的 Top 12 工程开发前沿见表4，涵盖了能源和电气科学技术与工程、核科学技术与工程、地质资源科学技术与工程、矿业科学技术与工程 4 个学科。其中，“动力电池快速充电及管理技术”“长时大规模储热及热机械储能技术”“数据驱动的智能配电网的安全运行与监控技术”属于能源和电气科学技术与工程领域；“快堆金属燃料和

氮化物、碳化物核燃料及循环应用” “聚变装置托卡马克氘氚运行实验” “核能制氢 - 工业应用耦合技术” 属于核科学技术与工程领域；“地面高精度重力测量找矿技术” “基于深度学习的地震数据解译及应用技术” “便携式地质勘探及取样装置研发” 属于地质资源科学技术与工程领域；“油气勘探开发智能化协同平台” “页岩储层大平台长水平井优快钻井技术” “复杂条件下煤矿智能感知随钻探测装备” 属于矿业科学技术与工程领域。

表4：能源与矿业工程领域 Top 12 工程开发前沿

序号	工程开发前沿	核心专利 公开量	主要研究方向或发展趋势	主要产出 国家
1	动力电池快速充电及管理技术	464	1.电池智能温控系统； 2.算法优化充电协议。	中国(217) 美国(144) 日本(37)
2	快堆金属燃料和氮化物、碳化物核燃料及循环应用	312	1.U-Zr 合金金属燃料组件的辐照考验； 2.开展氮化物、碳化物、U-Pu-Zr、U-Pu-Am-Zr 合金等先进燃料的研发。	中国(162) 日本(47) 美国(39)
3	地面高精度重力测量找矿技术	342	1.小型化高精度原子绝对重力仪 / 重力梯度仪研制； 2.数据精细处理与解释。	美国(120) 中国(87) 德国(40)
4	油气勘探开发智能化协同平台	275	1.人工智能技术；2.智慧油气勘探研究；3.地质工程一体化构建；4.智能化装备研发；5.云计算平台建设；6.数据共享。	
5	长时大规模储热及热机械储能技术	1616	1.储热与传热质多尺度耦合机制的构建方法；2.储热材料物理化学性质的主动调控策略；3.安全高效封装与隔热材料的开发与制备；4.基于拓扑优化理论和 AI 算法的储热装置结构优化技术；5.极端温度、压力条件下的高熵效率压缩与膨胀技术；6.储热及热机械储能系统的热力学与经济性分析；7.储热及热机械储能系统的多场景智慧运行调控技术。	
6	数据驱动的智能配电网的安全运行与监控技术	109	1.智能配电网多参量传感器与边缘计算装置研发；2.配电网数据通信网络安全与隐私保护机制；3.智能配电网运行态势感知与数字孪生 AI 建模技术；4.多尺度、精细化的智能配电网数据挖掘与数据融合技术；5.数据驱动下配电系统海量需求侧资源的聚合调控与互动支撑技术；6.数据驱动的智能配电网源网荷储优化调度方法；7.基于故障数据挖掘的智能配电网保护与控制技术。	
7	聚变装置托卡马克氘氚运行实验	143	1.阿尔法粒子加热相关物理学；2.氘氚等离子体能量约束； 3.同位素效应；4.粒子输运研究；5.磁流体稳定性；6.聚变功率产出；7.氚处理安全性验证；8.氚增殖；9.聚变堆维护相关遥操作技术。	
8	核能制氢 - 工业应用	142	1.工艺模拟与优化；2.高效能反应堆；3.工程材料的耐腐蚀试	



	耦合技术		验；4.测量和控制技术。
9	基于深度学习的地震数据解译及应用技术	336	1.智能化测井分析技术；2.智能化构造解释；3.储层预测与油藏开发。
10	便携式地质勘探及取样装置研发	872	1.钻机轻量化；2.高效钻进工艺；3.电动化与自动化升级；4.绿色勘查综合技术集成。
11	页岩储层大平台长水平井优快钻井技术	392	1.工厂化作业技术；2.水平井轨迹优化技术；3.水平井提速配套技术；4.井身结构优化；5.钻井参数强化；6.钻井液体系优化；7.提速设备研发；8.高效导向钻井模式和综合降阻滑动导向技术研究。
12	复杂条件下煤矿智能感知随钻探测装备	178	1.高精度传感器技术；2.数据采集和处理技术；3.自动化控制技术。

## 五、土木、水利与建筑工程开发前沿发展态势

土木、水利与建筑工程领域的Top 10 工程开发前沿及统计数据见表5，涉及市政工程、测绘工程、建筑学、城乡规划与风景园林、交通工程、水利工程、土木建筑材料、岩土及地下工程、结构工程等学科方向。其中，“排水管道漏损智能探测与修复技术”“毫米级全球和区域坐标框架建立技术”“极端环境下道路、轨道与机场工程建养技术”为专家提名前沿，其他为数据挖掘前沿。

表5：土木、水利与建筑工程领域 Top 10 工程开发前沿

序号	工程开发前沿	核心专利公开量	主要研究方向或发展趋势	主要产出国家
1	排水管道漏损智能探测与修复技术	22	1.数字底座技术；2.智能探测技术；3.智慧评估技术；4.高效修复技术。	中国（22）
2	毫米级全球和区域坐标框架建立技术	55	1.精密空间大地测量数据处理技术；2.基准站非线性运动建模；3.空间大地测量技术组合，综合利用 VLBI、SLR、GNSS、DORIS 等空间大地测量技术建立全球坐标框架；4.地心运动建模	中国（46） 俄罗斯（6） 韩国（1）
3	城市历史文化资源保护与利用的数字化技术体系	19	1.城市历史文化资源的数据库构建技术；2.城市历史文化资源的智能化保护技术；3.数字赋能的城市历史文化资源利用技术；4.城市历史文化资源保护与利用的技术集成。	中国（15） 罗马尼亚（3） 韩国（1）
4	人工智能支持下的大型公共建筑空间策划生成技术	21	1.基于图拓扑的不确定、模糊复杂决策技术；2.空间环境客观评价与多维泛在人体感知信息耦合技术；3.建筑全寿命智慧化整合设计技术；4.贯穿前策划 - 后评估的智慧管控与全寿命前馈推演技术。	
5	极端环境下道路、轨道与机场工程建养技术	19	1.极端环境适应性材料与结构设计；2.智能化监测与维护；3.抗灾风险评估与预警；4.紧急响应与恢复。	
6	复杂极端海底环境下的原位观测技术与装	47	1.研发适应复杂极端海底环境、用于各种观测目的的高精度、高稳定性、长寿命的自主观测仪器；2.研发适应复杂极	

备			端海底环境的安全可靠的自主移动观测平台；3. 研发广域实时信息传输与精确时间同步的信息传输系统；4. 研发高能量密度、长寿命、高安全储能系统。
7	多源固废制备负碳建筑材料技术	106	1. 固废材料碳化反应活性的基本理论及提升方法；2. 碳化反应过程、碳化产物晶型及微结构调控；3. 二氧化碳传输与固定效率的强化提升；4. 产品制备工艺与配套装备等。
8	复杂地质环境大深度快准钻探与感知技术	258	1. 大深度智能化自动化钻井系统与钻具研发；2. 多工艺高效高速钻进技术；3. 大深度复杂地层高效取芯技术；4. 水平定向钻探与孔内综合测试技术；5. 基于先进传感器的井内数据测传与智能钻进控制技术；6. 高温硬岩地层机具与仪器可靠性提升技术；7. 井下地层环境、钻探设备状态超前感知技术。
9	装配式构件与模块化结构	286	1. 装配式建筑结构体系及其设计方法；2. 不同集成度且适应工业化建造的装配式构件（含连接件）及其设计方法；3. 装配式构件工厂化预制技术及建筑体系装配技术；4. 装配式建筑一体化建造技术；5. 数字化智能建造技术。
10	高标准农田智能灌排技术与装备	185	1. 农田作物的水与营养状态定量诊断与控污减排灌排决策支持技术；2. 轻量化灌排系统多层级高性能测控终端装备研发；3. 具有自主学习能力和强时效性的农田灌排数字孪生系统；4. 基于高标准农田地力提升的灌排全局时空智能优化技术与协同调控模式。

## 六、环境与轻纺工程开发前沿发展态势

环境与轻纺工程领域组所研判的 Top 10 工程开发前沿见表 6，涉及环境科学与工程、气象科学与工程、海洋科学与工程、食品科学与工程、纺织科学工程和轻工科学与工程 6 个学科方向。

表 6：环境与轻纺工程领域 Top 10 工程开发前沿

序号	工程开发前沿	核心专利 公开量	主要研究方向或发展趋势	主要产出 国家
1	低碳源污水脱氮工艺	941	1. 污水自养生物脱氮基础原理与技术研发； 2. 厌氧氨氧化与其他脱氮工艺的耦合； 3. 新型曝气系统及智能精确控制技术研发。	中国（927） 法国（4） 韩国（4）
2	河湖富营养化生态治理技术与装备	463	1. 发展海洋剖面蓝绿多波长、高光谱分辨率、单光子等新体制激光雷达系统；2. 研发复杂海洋环境和遥感器耦合的多模态新型激光雷达三维辐射传输模拟仿真技术；3. 发展高精度的激光雷达海洋光学和生物参数剖面反演、主被动融合及真实性检验技术；4. 开展海洋激光在前沿科学、生态环境、碳循环领域的应用技术。	中国（193） 美国（98） 日本（44）
3	新老污染物跨介质协同防控技术	1000	建立新老污染物跨介质传输模型，模拟新老污染物在大气、土壤、地表水、地下水等介质中的迁移过程，构建新老污染物跨介质协同治理技术体系，建立高效、经济、安全的污染多介质组合技术优化协同整治机制。	

4	化工园区场地土壤减污降碳协同治理技术	942	需建立以物质流和能量流为基础的化工园区精细化智慧管理平台,开发以多介质过程为核心的化工园区土壤与地下水污染协同处置技术及装备,构建污染溯源、修复治理和绿色发展的信息管理系统。
5	海洋上层水体生物光学剖面激光探测技术	431	1.发展海洋剖面蓝绿多波长、高光谱分辨率、单光子等新体制激光探测技术;2.研发复杂海洋环境和遥感器耦合的激光雷达三维辐射传输模拟仿真技术;3.发展高精度的激光雷达海洋光学和生物参数剖面反演、主被动融合及真实性检验技术;4.开展海洋激光在前沿科学、生态环境、碳循环领域的应用技术,形成工程化和规模化应用。
6	对流分辨尺度区域地球系统模式的研发	9	区域气候模式重要发展方向: 1.区域地球系统模式;2.对流分辨尺度模拟。
7	深远海大型养殖平台构建技术	72	1.专业化深海大型养殖网箱设施研发;2.养殖平台海上稳定性及水动力控制技术研究;3.自动精准投喂、水质监测、赤潮防护等智能化装备与系统开发;4.深远海大型养殖平台自动化控制技术研究等。
8	纤维素基抗菌纺织材料	1000	1.纤维素纤维的改性;2.抗菌剂的合成与添加;3.纤维素纤维与其他材料的复合;4.纤维素基抗菌纺织品的加工与生产。 中国(722) 美国(69) 德国(44)
9	食品功能组分的生物强化	829	1.富硒农作物的生物强化; 2.将藻类或岩藻黄素等作为饲料添加剂。
10	木质纤维素可持续生产乳酸的细胞工厂技术	68	1.细胞工厂技术是实现木质纤维素可持续生产乳酸大宗化学品的有效途径;2.木质纤维素可持续生产乳酸的细胞工厂技术所配套的原料预处理、生物脱毒工艺。

## 七、农业研究开发前沿发展态势（略）

## 八、医药卫生工程开发前沿发展态势

医药卫生学领域Top 10 工程开发前沿涉及基础医学、临床医学、药学、中药学、医学信息学与生物医学工程等学科方向（表7），其中，新兴前沿包括“T细胞受体工程化 T 细胞疗法”“单细胞空间转录组技术”“嵌合抗原受体NK 细胞疗法”“单分子蛋白质测序技术”“大语言模型在数字医疗中的应用”“表观遗传编辑技术”；作为传统研究深入的前沿包括“抗体偶联药物免疫联合治疗恶性肿瘤”“医学纳米机器人在肿瘤治疗中的应用”“合成免疫学技术”“小核酸药物研发”。

表7：医药卫生领域 Top 10 工程开发前沿

序号	工程开发前沿	核心专利公开量	主要研究方向或发展趋势	主要产出国家
1	T 细胞受体工程化	429	1.如何降低生产成本和制作复杂性;2.如何提高 T 细胞的存留时	美国(372)



	T 细胞疗法		间；3.如何对抗肿瘤微环境的抑制作用；4.如何通过促进表位护中国（278）散来防止肿瘤逃逸。	英国（51） 美国（194）
2	抗体偶联药物免疫联合治疗恶性肿瘤	334	1.联合抗 PD-1/PD-L1 或抗 CTLA-4 抗体； 2.联合其他免疫疗法。	中国（61） 瑞士（19）
3	单细胞空间转录组技术	162	1.开展正常发育过程中重要组织和器官的三维空间组学研究； 2.构建疾病空间组学图谱和数据库；3.开发新型空间多组学整合分析算法；4.开发高通量低成本单细胞空间组学研究方法。	美国（83） 中国（61） 德国（4）
4	嵌合抗原受体 NK 细胞疗法	332	作为机体杀伤肿瘤的“天然职业杀手”，NK 细胞具有安全性好、通用和现货型的特点，其来源广泛、成本低，尤其在实体肿瘤治疗中显示出潜力。	
5	医学纳米机器人在肿瘤治疗中的应用	2505	如何实现医用纳米机器人的规模化制备、确保纳米机器人在体内的生物安全性问题、克服血液中自主巡航和精准控制的技术难题等是未来该领域需要克服的主要技术瓶颈。	
6	合成免疫学技术	431	合成免疫学通过这种以可预测、可定量、可调控、可编程为特征的理性设计，重塑、纠偏、再造机体的免疫系统，实现重大疾病的免疫治疗和规模化产业化。合成免疫学的诞生，极大地推动了重大疾病的免疫治疗现代理论、技术途径和产品研发的飞速发展。	
7	小核酸药物研发	1723	小核酸药物相比现有的小分子药物和抗体药物具有靶点筛选快、研发成功率高、不易产生耐药性、治疗领域更广泛、长效性等优点，具有较大的发展潜力。	
8	单分子蛋白质测序技术	398	发展高时空分辨率的测量技术、高通量的测序方法、更精确快速的信号分析算法，将是促进单分子蛋白测序技术突破的关键。	
9	大语言模型在数字医疗中的应用	2042	LM 具备了理解和生成文本的强大能力，在改善医疗诊治水平、促进新药研发、患者健康管理方面，都有很大的应用价值。	
10	表观遗传编辑技术	97	高精度、多样化的表观遗传编辑工具箱，安全高效的核酸药物递送系统的开发，核酸药物的规模化生产，将是未来表观遗传编辑临床转化的关键。	

## 九、工程管理工程开发前沿发展态势

在工程管理领域中，本年度 10 个全球工程开发前沿分别是：“线性规划和整数规划求解器”“基于工业互联网和大数据的智能工厂运维系统”“基于深度学习的建筑方案自动生成方法与系统”“健康居家养老智能系统平台”“城市安全风险综合监测预警平台”“基于智能仿真的供应链风险管理平台”“工业装备健康监测与数据融合分析系统”“能源系统外部冲击和内部扰动的预测预警系统”“基于联邦学习的金融风险管理系统”“网络视听推荐算法与内容监管智能平台”。其核心专利情况见表8。这10 个工程开发前沿包含了医学、建筑、交通、计算机等众多学科。其中，“线性规划和整数规划求解器”“基于工业互联网和大数据的智能工厂运维系统”“基于深度学习的建筑方案自动生成方法与系统”为重点

解读的前沿。

表8：工程管理领域 Top 10 工程开发前沿

序号	工程开发前沿	核心专利 公开量	主要发展方向或发展趋势	主要产出 国家
1	线性规划和整数规划求解器	103	1.分布式并行计算； 2.AI 算法； 3.量子计算。	中国（61） 美国（26） 日本（8）
2	基于工业互联网和大数据的智能工厂运维系统	66	1.工业大数据采集及管理技术； 2.工业大数据驱动的设备故障诊断及维护技术； 3.基于工业互联网的智能工厂运维系统。	中国（35） 韩国（19） 美国（11）
3	基于深度学习的建筑方案自动生成方法与系统	26	1.平衡规则性和创造性的人机协同设计模式；2.复杂建筑参数化模型驱动的设计资料数据增强；3.设计规范中歧义条文的识别与自动合规性检查；4.融合多学科引擎和设计规律的方案生成方法与系统开发。	美国（15） 韩国（9） 中国（1）
4	健康居家养老智能系统平台	53	1.新型智能感知和实时监测技术研发；2.疾病与风险预测及管理系统研发；3.智能预警与在线诊断系统研发；4.智能居家互联系统研发。	
5	城市安全风险综合监测预警平台	94	1.完善跨部门、跨区域数据共享与协调联动机制；2.研究天基、空基和地基监测精度互校、尺度互补的城市全面感知技术；3.开发城市安全风险尤其是多灾种级联耦合风险的精准与智能化识别、研判及预测技术；4.强化预警信息多手段、多渠道、多受众发布技术；5.提升监测预警硬件设施内在韧性，增强平台信息安全风险防控能力。	
6	基于智能仿真的供应链风险管理平台	59	基于智能仿真的供应链风险管理平台强调多样性的风险事件建模、决策支持、多尺度仿真和协同决策等方面的创新，因而被广泛应用于风险评估与预测、供应链调整与优化、应急响应计划以及风险管理培训与演练等方向。	
7	工业装备健康监测与数据融合分析系统	23	1.结合区块链技术确保工业装备监测数据的隐私性和安全性； 2.基于数字孪生技术进行场内及场外联合监测和健康管理； 3.通过 3D 打印制造维护备件从而节约材料、缩短运维时间； 4.利用生成式 AI 技术辅助制定预防性维修策略。	
8	能源系统外部冲击和内部扰动的预测预警系统	16	1.能源系统气象预测技术；2.能源系统重大突发事件传导机制、演化规律及扩散机理研究技术；3.能源系统外部冲击和内部扰动的早期识别及预测预警关键技术；4.能源系统协同安全预警机制、多元安全保障机制、应急供应机制及风险应对机制。	
9	基于联邦学习的金融风险管理系统	35	1.融合金融机构和其他企事业单位的数据构建融资者画像；2.建立贷中的风险预警模型；3.开展信用卡欺诈检测、反洗钱预警与识别研究；4.保险公司融合与投保人相关的多方数据开展保险产品的定价研究等。	
10	网络视听推荐算法与内容监管智能平台	15	1.数据分析技术；2.产品与服务智能推荐技术； 3.不同业务场景的系统开发。	

图书馆朱丹摘自《全球工程前沿 2023》，报告原文（中国工程院网站：

[https://www.cae.cn/cae/html/main/col1/2023-12/25/20231225172409548440426\\_1.html](https://www.cae.cn/cae/html/main/col1/2023-12/25/20231225172409548440426_1.html)）

贵州理工学院图书馆

2024年4月7日