

# 2024年度数字孪生专项申报指南

本专项结合数字孪生虚实结合的特性，在智能硬件、应用软件以及基础平台建设三大方向布局，围绕城市治理、先进制造、港口航运、社会民生四大应用场景，推动现代经济社会模式变革、效率变革，为我市高质量发展数字经济，打造数字化改革先行区提供支撑。

## （一）重大关键核心技术攻关项目

### 1.面向数字孪生城市的多尺度自适应城市建筑三维模型智能建模关键技术研究

研究内容：研究面向多源点云数据的城市建筑特征高效提取方法，构建建筑单体提取、主体模块拆解与结构元素识别算法，探索针对建筑内部布局推理的生成式人工智能技术；研究面向完全参数化建模的城市建筑三维模型智能重建方法，构建建筑类型与范式分类算法，探索融合建筑领域知识的建筑三维模型结构化技术；研究面向可人工干预的城市建筑三维模型自定义编辑方法，构建建筑三维模型全局语义修正和局部细节优化算法，探索自适应建筑模型材质合成技术。

考核指标：构建不少于1TB、10类带有多尺度对象标签的城市建筑三维模型数据集；构建“建筑特征提取-模型重建-自定义编辑”整合模型，覆盖不少于10种涉及商业、制造、医疗、能源等用途的数字孪生城市场景；提出结合可学习视觉算子的高性能算法，建筑单体提取、主体模块拆解与结构元素识别准确率不低于80%，可精确还原建筑主体、内部柱网

与中庭、外部幕墙等对象，建筑结构的空问误差不超过0.3米；研制结合图神经网络和知识图谱的高可靠性工具，建筑类型与范式分类准确率不低于85%；设计结合大语言模型的新颖建模交互方式，语音指令解析准确率不低于90%，实现语音指令驱动的建筑三维模型全局语义修正和局部细节优化，合成材质包含物理属性；面向中央商务区、高密度居民住宅区、先进制造业园区等5个典型数字孪生城市场景，构建城市建筑三维模型智能建模平台并实际应用；实现销售（服务）2000万元以上；发表高水平学术论文不少于5篇，申请发明专利不少于5项、软件著作权不少于5项。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过300万元，且不超过项目研发总投入的20%。

## 2.面向化工园区涉危化关键设备智能运维的数字孪生构建技术研究

研究内容：针对化工园区涉危化关键设备的安全运行需求，研究基于超声-泛视觉-热学的监/检测技术，提出传感、运维、工艺流程的多源异构数据融合与对齐方法，建立全生命周期涉危化设备的数字底座；研究传感信息与损伤演化的映射关系、设备风险回路和智控决策，提出基于大数据和基于风险规则双驱动的涉危化设备状态监测与风险预测方法，实现设备健康状态的实时监测和精确预测；构建基于人机物协同管理的化工园区涉危化关键设备风险识别与评价、动态预警、运维管控决策的数字孪生平台；研发融合 AR 和智慧

巡检的虚实交互技术，提出数字孪生体的实时信息映射和模型动态更新策略，实现涉危化设备安全保障和精密智控。

考核指标：研制安全风险传感监测设备 $\geq 3$ 台（套），在线检测设备的早期损伤埋藏缺陷（覆盖裂纹、腐蚀、疲劳等至少3种典型损伤）检出尺寸下限 $\leq 0.1\text{mm}$ ，设备健康预测准确度 $\geq 90\%$ ，旋转设备异常状态提前预警时间 $\geq 10$ 天；研发设备状态监测、风险预警和健康预测软件1套，建立涵盖大于20类涉危化设备的风险数据库1个；研发化工园区涉危化关键设备风险管控的数字孪生平台1个，建立涵盖大于10类涉危化设备损伤机理规则库1个；项目执行期内实现产品降本增效3000万元，在国内外主流学术期刊和国际会议发表学术论文 $\geq 5$ 篇，申请国家发明专利 $\geq 5$ 项，申请软件著作权 $\geq 5$ 项，研究成果在化工工厂典型应用验证 $\geq 3$ 家。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

### 3.大型引水工程管网水力安全智能监测与检测关键技术研究

研究内容：针对长距离和复杂引水管网存在的“水锤”问题，研究水锤波传播及故障耦合机理；研究基于水锤波的引水管线故障定位机制；研究有压引水系统含滞留气团瞬变流动态特性及作用机理。提出复杂引水管网“水锤”精细化仿真与长距有压引水管线滞气仿真方法，对复杂瞬变流实现高准确度的模拟。利用水力瞬变技术解决爆管渗漏误报和漏报问

题，研发智能监测爆管与渗漏点快速定位技术，研发气致爆管风险评估与调控技术。

考核指标：开发国产化水锤计算软件，可进行稳态和瞬态计算，能够模拟复杂瞬变流，边界元个数不低于15个。提交国产化长距离输水管线安全监测方案一套，开发长距离有压引水管道爆管监测和渗漏检测软件，对于爆管监测后期报警准确率 $\geq 90\%$ ，前期报警准确率 $\geq 80\%$ ，定位精度偏差 $\leq \pm 100\text{m}$ ；对于渗漏检测准确率 $60\%$ ，定位精度偏差 $\leq \pm 50\text{m}$ ；项目执行期内，在国内外主流学术期刊和国际会议发表高水平学术论文 $\geq 3$ 篇，申请发明专利 $\geq 2$ 项，申请软件著作权 $\geq 1$ 项，研究成果在引水管网工程中建立示范性应用。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过400万元，且不超过项目研发总投入的20%。

#### 4.基于BIM与物联网的智慧工地数字孪生系统关键技术研究

研究内容：（1）研究BIM系统与智慧工地各元素的物理联通，结合多源传感数据融合技术，实现智慧工地信息在BIM系统中的互联集成；（2）建立工程结构孪生映射和施工流程数据映射，驱动工程投资、进度、审计、质量、安全、档案等全过程业务流管理；（3）开发项目管理历史大数据驱动的智能管理和风险预警大模型，实现投资进度和安全质量的实时诊断与科学预测；（4）开发智慧工地监测与管理集成的数字孪生系统，实现作业人员安全、工地环境、物资设

备、施工作业等的可视化管理。

考核指标：开发面向智慧建筑工地的BIM互联网协同系统1套，支持倾斜摄影、遥感影像、矢量地图和点云等多源空间数据的融合，支持不少于10类智能监测IoT设备与数字孪生模型融合，支持动静态空间数据一体融合；建立项目智能管理和风险预警大模型1套，数字孪生模型部件与工程WBS融合项不少于10000项；开发智慧工地建筑项目管理数字孪生平台1套，实现2个及以上重大工程的典型应用示范；发表高水平论文 $\geq 2$ 篇；申请或授权国家发明专利 $\geq 2$ 项；获得软件著作权 $\geq 3$ 项。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

#### 5.面向工业系统智能运维的增强现实关键技术研究

研究内容：（1）研究基于透明显示/立体显示的适合工业运维的平板空间计算平台技术，研制具备高解析度、宽色域、高刷新率，具有开放视域、自然交互方式和高性能工业级计算平台；（2）研究设备状态数据三维可视化平台技术，实现主流工业控制系统的适配与数据接入，支持集成多种传感器集成、可视化数据与实景相叠加、融合；（3）研究数字内容生成的低代码开发与部署技术，构建支持故障诊断、智能预测、事件分析等智能运维的模型库；（4）构建面向增强现实的智能运维系统安全保障框架，包括工业场景安全态势感知、面向数字内容前后端双向传输的入侵检测、面向

交互边界的攻击检测与响应技术；（5）搭建基于增强现实的工业系统智能运维系统，在汽车、机器人、高端装备等典型场景开展示范应用。

考核指标：开发面向工业系统运维的增强现实交互样机1套，主要技术指标：视场角： $\geq 48^\circ \times 30^\circ$ ；交互方式：通过IR+RGB图像、声音、毫米波、距离等多重信息进行场景感知，支持20点触控，交互定位精度 $\leq \pm 2\text{mm}$ ；视觉效果：实景无失真、畸变、摩尔纹。构建智能运维安全保障系统1套，数字内容生成模型安全性：支持对不少于15种智能生成模型的对抗攻击的检测，检测成功率不低于90%；交互运维系统安全性：在传输侧支持10种网络入侵类型的检测，检测准确率90%以上，误报率5%以下；在设备侧支持基于内核日志的安全审计，对交互安全事件的检测准确率90%以上，误报率10%以下。在3个及以上典型工业场景开展应用示范，发表高水平学术论文 $\geq 2$ 篇；申请或授权国家发明专利 $\geq 2$ 项；获得软件著作权 $\geq 6$ 项；制定行业标准1项。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

## 6. 基于纯视觉及V2X技术赋能车场路协同的智能交通数字孪生关键技术研究

研究内容：（1）基于纯视觉大模型Transformer的AI感知算法：基于多点布设的普通摄像头实时拍摄，通过边缘处理和基于Transformer的人工智能技术，能够在静态停车场以

及各种复杂交通场景下，实现L4级的自动泊车（AVP），以及动态交通场景下的自动驾驶。研究内容包括多摄像头的视觉目标跟踪感知算法、全场信息感知、交通状况多维度感知、融合处理和大规模数据集的收集和标注等。（2）基于V2X的车-场、车-路协同感知融合技术：研发车-场、车-路协同的感知融合技术，实现通过V2X，简化车端感知，增强自动驾驶系统在停车场、十字路口等复杂道路场景的功能安全与算法鲁棒性；研发不同等级“车-场-路-云”一体化系统在复杂交通场景中的典型应用；研发基于V2X感知策略优化，以及“车-场-路-云”一体化系统上交通流交互决策优化的方法和评价体系，增强自动驾驶系统在静态交通以及复杂道路场景的功能实现和安全保障。（3）数字孪生平台构建和系统决策：构建全天候的数字孪生平台，将实际的物理环境与虚拟环境相结合，并可在平台上实时呈现人、车、物、场、路的状态及变化，以支持模拟测试、算法验证、道路无线充电及其对驾驶行为影响的交通仿真、车辆分流诱导的主动交通管控策略、针对重点车辆的车-场、车-路交互关键技术，以及交通系统动态预测模型的构建。将涉及到3D建模、数据集成、仿真技术、协同感知、融合和交通态势预测分析等，以及车-场-路-云一体的静态或动态交通的协同。

考核指标：（1）构建一套模块化可复用的车-场、车-路协同的数字孪生平台系统。该平台系统具有一定的通用性，可以在至少5种不同的静态交通停车场以及10种不同的动态交通场景中应用。（2）研发一套基于纯视觉大模型

Transformer的AI感知算法及V2X协同技术。该算法技术在静态交通场景下,可达到:行人和车辆检测的准确率不低于95%,检测时间不超过50毫秒,车位识别率不低于95%,自动泊车一次成功率不低于90%;降低30%停车场运营成本、减少20%拥堵、减少50%停车场能耗(减少停车场内10%无效时间);在动态交通场景下,可达到:交通事故与高危工况发生率下降不低于20%,平均车辆通流速度提升不低于15%;在所有情况下,V2X置信度不低于90%,感知模型置信度不低于90%。

(3) 构建针对静态和动态交通的大规模数据集,支持更精准的模型训练和验证。该数据集规模不小于10TB。(4) 申请或授权国家发明专利不少于5项;发表学术论文不少于5篇。

有关说明:要求企业牵头,鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元,且不超过项目研发总投入的20%。

## 7.融合分布式光纤传感技术与众源车辆图像数据的实时智慧道路监测关键技术研究

研究内容:(1) 利用分布式光纤传感的感知优势,兼容现有基础结构沿道路采集具有高时空采样分辨率的道路声场大数据,构建高密度、全路段、高分辨率、不受天气影响、高信息丰度的交通车流监控关键技术,辅助有关单位实现实时道路流量监测和治理,提高交通通行效率。(2) 面向智慧交通大数据领域,通过结合人工智能深度学习算法与传统信号处理方法,从复杂的道路车流声场中提取出准确的流量信息,并且通过商用车辆行车记录数据进行车流参数的



验证，做到从设备到算法自主可控，进一步提升我国在此类新型分布式光纤声波传感大数据分析领域的技术深度。（3）针对城市道路积水和内涝问题，运用人工智能技术，融合商用车辆行车记录（图像信息）与气象实测数据（时序信息）和预报数据（时空图信息）等多模态数据，实现物理上合理、数学上准确、计算上稳定高效的道路积水识别、监测、预报模型。（4）从上述声、视两大方面实现对道路状况的实时仿真和预测，带动相关光电信息和数字经济产业升级，保障市政安全，提升城市管理的综合智能化水平，促进科技惠民。

考核指标：（1）研发一套基于分布式光纤声波传感数据的交通流量参数监控，实现自动提取实时交通性能参数，其中包括不少于3个道路流量参数的监控，参数准确度 $\geq 90\%$ ；实现不少于3个特殊事件自动检测程序，准确率 $\geq 90\%$ ；监控系统信息空间精度50米，更新频率1秒。（2）实现一套基于商用车辆行车记录图像和气象实测和预报信息的道路积水的快速检测和深度的准确预测系统。（3）预测系统做到在时间上提前24小时，对降水预报精度 $\geq 90\%$ ；稳定性 $\geq 99.9\%$ 的可用性；响应率 $\leq 100$ 毫秒；预测范围为宁波市全市范围；积水面积的检测精度 $\geq 95\%$ ；积水深度的检测精度 $\geq 90\%$ ；暴雨积水危险情况的报警召回率 $\geq 95\%$ ，准确率 $\geq 80\%$ ；对省级高速公路，城市快速路，城市主干道覆盖率 $\geq 95\%$ ；对城市次干道、城市支路覆盖率 $\geq 80\%$ 。用于采集终端的众源车在宁波常驻设备量约7000余辆，日可用车辆约9000辆，日均参与任务车辆约2.5万台次。（4）预期录用SCI高水平论文不少于

4篇、申请发明专利不少于3项、软件著作权不少于2项。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

#### 8.基于数字孪生的车端高精度地图数字化显示及多模交互关键技术研究

研究内容：（1）针对现有高精度地图难以快速实现大规模构建并高频率更新的问题，研究基于半稠密直接法视觉SLAM的数字孪生技术，获得6dof定位及半稠密点云，实现单目摄像头厘米级高精度彩色语义3D点云数据构建，提升地图精度并满足地图快速检索、加载和展示的轻量化要求；（2）针对数字模型动态信息缺失问题，基于深度神经网络视觉特征及匹配方法，结合车载6dof定位与XR设备6dof定位的级联融合定位方案，解决传统视觉特征点无法应对剧烈光照/季节变化的长期定位痛点，实现XR设备在动态车舱环境下全局6dof定位，并通过时间同步及位姿预测算法，最小化级联系统之间的时间延迟，获得更精确的6dof位姿及对应在XR设备上屏显示时间；（3）提高交互界面中数字模型精度、色彩、立体感沉浸感，研究多传感器数据融合技术，实现全局最优状态估计；（4）改善数字内容可交互性和丰富度，结合基于手势识别和空间定位算法，丰富显示终端交互形式，实现高精度高沉浸信息层次化展示的XR车载系统及国内首个完整的车载XR数字孪生座舱系统，服务车辆驾驶与交通控制。

考核指标：（1）实现快速构建高精度地图的构建并高

频率更新；（2）解决地图内动态数字信息缺失问题；（3）解决当前智能座舱内数字信息无法360度在空间内进行展示及交互问题。具体数值指标包括：适配XR设备分辨率不低于1920\*1080\*2。1、研发搭载360度沉浸式车载数字智能化多模交互系统，完整的超低延迟（<10ms）、高精度（重点交通要素的智能识别精度至90%以上）、覆盖广（满足L2+辅助驾驶+城市交通治理应用需求）、信息量丰富（支持二三维的地图快速检索、加载和展示）、鲜度极高（支持手势、语音识别与交互）的数字智能辅助驾驶系统和XR车载数字孪生系统的DEMO车一台；2、产出项目相关技术发明专利10项及以上，相关技术攻坚高水平论文2篇及以上；3、新产品销售收入预测：预计到2026年，可实现20万台智能新能源汽车终端搭载，实现年收入5000万元。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

### 9.面向智能家电的多因素复合环境模拟舱数字孪生关键技术研究

研究内容：针对智能家电产品如智能空调在全天候、四季变化的复合环境以及批量生产的产品质量检测的需求，研发面向智能家电的多因素复合环境模拟舱数字孪生软硬件系统。具体研究智能空调等家电产品工作的复合环境耦合数值模拟模型及方法，建立气候环境模拟舱数字孪生模型库；研发复合环境模拟物理舱的多模态数据采集、控制系统，实

现物理舱与数字孪生体实时并行运行和感知、控制信息的相互映射；研发多因素复合环境数字孪生系统，对智能家电产品和南北地区、早晚、四季变化的全天候环境仿真建模，研究基于物理舱海量运行数据集的数字孪生离线仿真、预测模型和方法，并建设示范性智能空调的多因素复合环境模拟舱数字孪生软硬件系统。

考核指标：实现智能空调的多因素复合环境模拟舱数字孪生软硬件系统，要求具备南北地区、早晚、四季变化的全天候环境生成、仿真能力，系统数据容载量达到PB级，渲染平均帧率不小于30帧/秒，模拟物理舱与孪生体同步数据延时低于100ms；物理舱温度测量精度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，控制精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ( $-30 \sim 5^{\circ}\text{C}$ 之间控制精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ )，湿度测量精度： $\pm 2\% \text{RH}$ ，控制精度 $\pm 3\% \text{RH}$ ，降雨量1~10 mm/h可调节，水温 $5 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 可调节，降雪量1~10 mm/h可调节；研发可模拟实际系统全工况的离线仿真预测模型，智能推演精度大于90%以上；登记软件著作权不少于3项；申请或授权国家发明专利不少于5项；发表高水平学术论文不少于3篇。项目执行期内实现销售收入2000万元以上。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

#### 10.面向人机协作动态装配的数字孪生协同技术研究

研究内容：针对人机交互方式单一、安全性差、缺乏灵活性、缺乏自适应调度等问题，研究结合数字孪生技术的人

机协作动态装配方式，从而实现高效率、高精度、高质量的智能装配。具体研究集三维可视化监控与多模态同步交互的数字孪生技术，基于数字孪生系统模型生成器、通信协议配置器以及多模态交互技术；构建人机协作动态装配过程机器人动力学方程，确定机器人参数辨识轨迹，构建并优化机器人能耗模型；构建数字孪生体重构多级模型，支持人机协作动态装配数字孪生系统各级制造能力的提升，实现多智能体深度学习的人机协作装配数字孪生系统多层次高效重构。

考核指标：建设一套面向人机协作动态装配的数字孪生系统，满足包括人机协作装配、协议的可配置自动搭建、多模态高保真实时交互等不少于3种核心功能；采集机器人辨识、运行轨迹数据不少于20种；构建数字孪生体重构多级（>3级）模型；支持95%以上工业设备的连接和数据采集；申请或授权发明专利不少于3件，获得软件著作权不少于5件，发表高水平论文不少于5篇，项目实现销售收入1500万元以上。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

#### 11. 芯粒集成设计与工艺协同优化(DTCO)关键技术研究

研究内容：研发面向芯粒集成工艺的PDK及PDK编译器，实现基本单元电路的设计、验证以及设计规则优化；研究芯粒工艺的PDK与国产EDA工具的集成技术，形成芯粒设计和制造的实用软件生态；研发从算力集群到底层工艺平台（包

括晶圆工艺和封装工艺)的可执行大模型,实现设计和制造的跨层级协同优化;搭建芯粒集成设计与工艺协同优化(DTCO)平台,依托国产芯粒制造及集成工艺的PDK编译器进行应用验证。

考核指标:形成可服务国产芯粒集成工艺的DTCO工具,生成不少于3种芯粒制造或集成工艺的PDK,内含的模型精度与仿真或者测量结果相比不低于97%,PDK和至少1家国产EDA集成,PDK和DTCO至少在2家芯粒设计企业和1家芯片封测企业实现产业应用;项目执行期内实现软件或者服务销售1500万元以上;申请或授权发明专利不少于5件,获得软件著作权不少于10件,发表高水平论文不少于5篇。

有关说明:要求企业牵头,鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元,且不超过项目研发总投入的20%。

## 12.基于数字孪生的电机质量检测与故障智能诊断关键技术研究

研究内容:针对中小型电机质量检测中监测数据不完备、微弱特征难以提取、诊断分析技术空缺等难题,研发面向电机生产过程的在线质量检测与智能故障诊断的数字孪生平台,实现电机质量在线检测、故障诊断和定位,促进生产过程和工艺优化以及产品迭代升级,并在电机生产线进行示范性应用。具体研究内容包括:(1)基于高精度耦合模型的数据仿真模拟、多模态传感信息融合与参数优化,研究电机测

试数据获取和数据完备集构建方法。(2) 研发数据清洗以及微弱特征增强算法, 研究反映电机质量的微弱特征提取方法; (3) 研究多模态传感数据融合的检测指标构建算法, 构建智能故障诊断模型。

考核指标: 总体电机质量检测准确率 $\geq 95\%$ , 故障智能诊断准确度 $\geq 95\%$ 。构建的数字孪生平台数据处理时延 $\leq 100\text{ms}$ , 结果可视化时延 $\leq 50\text{ms}$ , 实现电机测试中的故障数字化孪生再现, 呈现电机的质量预警及故障位置; 申请或授权发明专利不少于 3 件, 发表高水平论文 3 篇, 项目执行期内实现销售收入 2000 万元以上。

有关说明: 要求企业牵头, 鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 500 万元, 且不超过项目研发总投入的 20%。

## (二) 前瞻性技术基础研发项目

### 13. 面向二维材料设计与制备的先进制造数字孪生关键技术研究

研究内容: 研究基于材料基因组技术的二维材料设计及相应数据收集与处理方法, 构建数字孪生数据底座; 研究二维材料设计与制备过程的建模方法和仿真技术, 构建和实现二维材料设计与制备的模型库和过程模拟; 研究包括表征、修饰改性、理论计算等二维材料全要素可泛化的数字孪生技术, 实现人在回路的二维材料模拟和交互操控; 研究结合启发式优化算法和AI策略的设计与制备参数优化方法, 搭建数字孪生系统并进行应用验证。

考核指标：提出二维材料设计与制备的数字孪生关键技术，要求能精确模拟不少于10类二维材料的设计与制备过程（包括石墨烯、六方氮化硼、层状过渡金属氧族元素化合物、多类型MXene、氟化或氧化石墨烯、黑磷等），实现至少2种工艺的全过程仿真，误差控制在30%以内；数字孪生系统支持10种及以上智能算法，流程化制造技术降本超过50%；发明专利申请不少于3件，软件著作权不少于3件，发表高水平论文不少于5篇。

有关说明：高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

#### 14. 人机协同智能建模系统关键技术研究

研究内容：研究无人机在线重现现场纹理的拍摄技术，实现实时高保真三维模型重建；研究无人机智能路径规划和自适应式边界探索技术，降低重建不确定性和重建成本；研究数字孪生场景在线快速编辑和修复技术，实现人机自由交互和编辑；搭建人机协同智能建模系统并进行验证。

考核指标：提出基于无人机自主规划和智能重建的三维数字孪生系统关键技术，数据采集方式：无人机自主采集和重建，实现重要目标数据召回率 $\geq 90\%$ ；高保真数字孪生建模：完整支持几何、材质、纹理、光照的全物理要素重建，室内建模误差 $\leq 10\text{cm}$ ，室外建模误差 $\leq 30\text{cm}$ ；孪生场景高保真显示：高保真显示分辨率 $\geq 1080\text{P}$ ，显示帧率 $\geq 60\text{FPS}$ ，场景编辑更新时间 $\leq 60\text{s}$ 。发明专利申请不少于3件，软件著作权不少于



3件，发表高水平论文不少于5篇。

有关说明：高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

### 15.基于车路云通信网络技术的多车 BEV 感知融合关键技术研究

研究内容：（1）研究车载以太网和时间敏感网络通信机制，设计高带宽、低时延、高可靠的软件信息系统架构，实现高效车联网通信协议和物理层算法，针对未来车联网典型应用场景，设计车与车、车与路、车与云的高效无线传输技术。（2）以高效的通信为基础，实现车车传感数据的实时共享，构建多车BEV感知融合算法，生成宏观的动态环境模型；（3）研究交通环境预测、路径规划算法和决策控制模型，以多车车路数据迭代，实现系统的持续学习和优化。

（4）面向智能交通领域，整合部署各项算法，利用高效车联网进行车-车、车-云通信，构建云平台上的决策系统，对多车BEV感知数据动态分析，预测交通模式和风险，产生全局最优路径规划，下发控制指令，引导车辆调整驾驶策略，实现闭环控制。

考核指标：设计1套高效、开放、安全的车联网通信协议及其原型实现，整车时间同步精度 $1\mu\text{s}$ ；设计1套车载以太网通信协议及其原型实现，通信速率达到10Gbps，在主机厂示范应用，支持单车车载以太网通信节点到达50个；感知数据中，动态目标不少于5类（类型、位置、姿态、尺寸、速

度），静态地图输出不少于9类（车道、路沿、斑马线、停止线、路面标识、中心线、关键点、电线杆、局部拓扑），感知occupancy输出不少于4类（空间占据、高度、运动属性、通用障碍物）；实现1个多源BEV感知融合算法模型，10万公里漏识别游泳目标小于5个；实现全局最优路径规划决策模型并在云端部署，10万公里误识别和冗余误操作小于1%；登记软件著作权不少于3项；申请国家发明专利不少于5项；发表高水平学术论文不少于3篇。

有关说明：高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

## 16.基于多模态 AI 驱动与交互技术的虚拟数字人技术研究

研究内容：研究基于神经辐射场与生成式人工智能深度融合的虚拟人物形象生成技术，利用深度学习算法对人物形象进行精细重建和高效渲染，生成具有丰富真实细节的2D或3D虚拟数字人；研究基于多模态数据融合的虚拟数字人驱动技术，探索文本、语音和视觉与虚拟数字人表情之间的映射关系，生成具有实时性、稳定性和可扩展性的虚拟形象表情；研究基于全双工断句的语音交互技术，探索多模态生成驱动的虚拟交互范式，实现虚拟数字人语句与语义完整性高准确判断；在文旅等行业展开示范，构建富含相关行业知识中文对话式大语言模型，支持具有个性风格的虚拟数字人内容回复。

考核指标：构建虚拟人建模算法平台1套，生成4个以上2D或3D相关行业形象的虚拟数字人模型，完好、逼真，精细度大于L3级，构建具有高形象舒适度的交互式对象；形成基于多模态生成技术的虚拟交互算法平台1套，虚拟数字人驱动平均帧率大于50帧/秒，面部分辨率不小于200\*200，提供驱动算法支持3种以上数据模态，且具备可扩展性，虚拟数字人交互反馈延迟小于2.5秒；清晰普通话语音识别准确率大于90%，全双工断句准确率大于75%，相关行业知识理解准确率大于80%。申请发明专利5项以上，发表高水平学术论文5篇以上。

有关说明：高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

### 17.数字孪生手术模拟系统关键技术研究与应用

研究内容：针对外科精细手术智能化、标准化培训管理系统缺乏等技术短板，研发基于虚拟现实、多模态融合操作反馈、多源传感工具追踪的数字孪生手术模拟系统，系统具备虚拟手术环境搭建、手术操作效果预测能力；开展基于“人-物-动作”的手术行为识别模型和AR智能交互终端研发。实现手术异常预警、手术行为预测，提高手术的安全性，降低手术时间。

考核指标：开发能够执行手术操作的数字孪生信息管理系统1套，覆盖不少于5种专科手术，手术行为识别种类不少于25种；手术室各对象定位精度不低于10cm，提高上述专科

手术的手术效率20%以上。发表高水平学术论文不少于5篇，申请发明专利不少于1项、软件著作权不少于1项。

有关说明:高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

## 18.基于路测环境数字孪生的智能驾驶虚实迁移关键技术研究

研究内容：研究智能驾驶路测环境数字孪生关键技术，通过车路协同三维重建技术将真实世界车辆周边环境、车辆运行状态1:1还原在数字孪生世界中，逼真地创建数字孪生道路环境；实现危险场景驱动的数据自动生成和虚实迁移训练系统，探索孪生数据与真实场景特征分布对齐方法，研究孪生场景的领域自适应算法，实现源域和目标域在语义级别上的联合分布对齐，避免负迁移现象，提升预警模型在跨虚实领域的训练性能；研究分级分类预警标准与可视呈现技术，基于车路协同和自动驾驶决策机制将告警等级分为说明级、提示级、告警级，以符合人类认知特点实现对城市局部态势动态感知和告警信息进行可视呈现，提升系统交互体验和安全性。

考核指标：构建智能驾驶路测环境仿真原型系统，实现孪生环境下的危险场景数据生成与编辑，支持鬼探头预警、交叉口碰撞预警、前向碰撞预警等10种以上危险工况场景，支持人、机动车、非机动车等3类以上交通参与者类型，道路环境需覆盖城市和园区；孪生场景支持本车、动态障碍物、

静态障碍物、可行驶区域等四种数据要素，支持行人礼让停车、车辆礼让停车、本车道绕障行驶、借道绕障行驶、红灯等待中、紧急制动六个ADAS场景；危险预警模型训练阶段，真实数据需求量减少90%；建立支持预警分级分类(说明级、提示级、告警级)与预警信息可视呈现标准；智能座舱的用户愉悦度、参与度、接受度、任务完成度等用户体验指标提升10%。申请发明专利5项以上，发表高水平学术论文5篇以上。

有关说明：高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

本领域项目申报指南编制专家组名单：

曾文军	宁波数字孪生研究院
尹建伟	浙大软件学院
夏银水	宁波大学
杨永超	宁波东方理工大学(暂名)
陆国栋	余姚机器人研究院
陆小松	宁波视睿迪光电有限公司
朱仁	宁波美象信息科技有限公司