

“城镇可持续发展关键技术与装备”重点专项 2022 年度项目申报指南

(征求意见稿)

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“城镇可持续发展关键技术与装备”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：围绕实现城镇经济、社会、生态可持续发展，在空间优化、品质提升、智慧运维、绿色赋能、智能建造、低碳转型等 6 个方面加强技术供给，突破应用基础理论，研发核心技术装备，为提升我国城市和建筑的功能品质、实现绿色低碳可持续发展提供创新科技体系支撑。

2022 年度指南部署坚持问题导向、重点突出的原则，围绕空间优化、品质提升、智慧运维、绿色赋能、智能建造和低碳转型等 6 个方向，按照基础前沿类、关键技术类、应用示范类，拟启动 40 个项目。应用示范类项目，配套经费与国拨经费比例原则上不低于 1:1。示范项目鼓励在国家可持续发展议程创新示范区进行应用示范。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单

位总数不超过 6 家，共性关键技术类和示范应用类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

本专项 2022 年度项目申报指南如下。

1. 空间优化

1.1 国土空间优化与系统调控理论与方法

研究内容：针对国土空间演变机制与调控机理的科学认知不清、科学观测数据不足和精准化智能化技术水平低等问题，研究面向国土空间规划与治理的国土空间多要素协同机理与系统调控理论；研究国土空间多要素综合观测网络构建技术及相关感知技术及装备，建设国土空间科学大数据体系；研究多类型空间格局解析、问题诊断、功能匹配、多目标协同的国土空间格局优化、区域生态安全格局构建等技术与方法；研究区域尺度国土空间动态演变的多维建模、多场景仿真、多要素综合整治与系统调控关键技术；在不同类型区域开展国土空间科学认知、综合观测、智能规划、精准管控技术集成与应用示范。

考核指标：提出面向国土空间规划与治理的国土空间多要素协同机理与系统调控理论；国土空间多要素综合观测网络构

建技术 1 套，基于国土空间多要素综合观测网络的国土空间科学大数据平台 1 个；完成面向多目标协同的国土空间格局优化与系统调控模型工具不少于 10 套；研制国家/行业技术标准(指南) 5 部以上，在多种类型区域形成集成应用模式。

1.2 城市群都市圈空间优化关键技术研究

研究内容：针对现有城市群都市圈规划过于注重经验而科学性不足的问题，围绕生态、生产、生活（“三生”）空间科学规划和高效利用需求，研发基于模型和数据驱动的典型城市群都市圈空间组织和功能布局优化评价方法；研究城市群都市圈产业链、供应链、创新链空间耦合的优化技术；研发基于通勤效能的都市圈市域（郊）铁路与城镇空间协同布局关键技术；研究都市圈极端气候综合风险评估技术；研发都市圈洪涝衔接、城镇联动的模型耦合和管控边界划定与管控技术；开展城市群都市圈空间优化技术集成及应用示范。

考核指标：构建城市群都市圈基础数据库，涵盖 10 个以上城市群都市圈人口、交通、气象等方面的数据信息；揭示不同发展阶段的城市群都市圈产业链、供应链、创新链的空间组织理论、特征和规律；研发都市圈尺度 100 米空间精度的轨道交通与土地利用预测评估模型；研究耦合 5 种以上灾种、涵盖社会经济、空间资源、基础设施等领域 8 种以上承灾体的都市圈极端气候综合评估技术；提高城镇内涝设防标准下的 24 小时降雨能力 20%以上；构建多技术模块耦合的城市群都市圈空间优化的空间模拟综合平台；编制国家/行业/全国性团体技术

标准、技术导则 5 部以上；在重点城市群都市圈开展技术集成应用示范。

1.3 基于城市可持续发展的规划建设与治理理论和方法

研究内容：针对既有城市规划建设理论及方法难以应对新时代城市可持续发展的问题，围绕资源环境紧约束以及人民对人居环境的更高需求，研究不同规模城市的可持续生长机理与规划建设的基础理论；研发可持续发展导向下城市建成区诊断评估及空间优化的关键技术；研发城市生态空间控制与用地布局优化关键技术；研发宜居导向下的存量空间再利用潜力评估技术；研发可持续规划建设多模态情景智能仿真信息平台。

考核指标：构建城市建成区可持续发展的指标体系及动态监测空间数据库，研发国家级服务行业部门应用的城市建设质量诊断监测评估平台，包括城市空间建设规模强度监测功能等，覆盖全国 23 个省会城市以及 5 个计划单列市；研发城市生态空间控制线识别与划定技术指南；研发城市可持续规划建设多模态情景智能仿真信息平台，实现 500 平方公里以上城区、不少于 30 项参数化推演的情景仿真模拟系统；形成行业标准以及团体标准 2 项；完成城市可持续发展的科学评估、蓝绿空间、存量空间更新等可持续综合规划建设应用案例各 10 个。

1.4 建筑片区空间优化设计关键技术研究

研究内容：针对城市高水平治理需要，研究建筑片区功能与使用行为的时空分布规律及空间统筹原理与级配方法，建构

片区空间绩效的量化评估指标体系；研究建筑片区地下空间综合开发与高效利用方法，研发各类功能设施空间的集成化设计技术；研究建筑片区多层地表建构方法，研发片区全域范围各地块整体联动的街景空间一体化设计技术；研究建筑片区 BIM 与 CIM 深度融合的数字孪生轻量可视化，研发空间形态可自组织生成的计算性设计技术；研究建筑片区空间优化的精细化管控机制及实施策略并开展工程示范。

考核指标：研发建筑片区功能与使用行为的时空分布监测模型，监测精度达到平均误差不大于 10%；优化建筑片区地下空间综合利用表征指标及参数，实现新建片区地下空间同等开发强度下的利用效率比同类既有片区提高 10%；建立建筑片区街景空间一体化设计框架与策略并开展工程示范，实现新建片区街景空间绩效评价比同类既有片区提高 10%；研发片区建筑形态设计智能化生成算法模型和云平台，建模精细度突破至 LOD300，每平方公里用地内建筑形态优化设计方案生成时间不超过 3 秒；选取典型集约紧凑型建筑片区 1 项，开展空间优化的精细化管控综合示范，实现全域地下空间开发强度不小于 70 万 m^2/km^2 ，公共交通机动化出行分担率不小于 50%，使用者满意度不低于 75%。

1.5 生态脆弱区县域国土空间规划关键技术及示范

研究内容：针对生态脆弱区县域国土空间规划实践中所普遍存在的类型多样、层级交错、矛盾独特、协同艰难等问题，研发生态脆弱区县域国土空间基本单元的区划方法及全要素

数字模拟分析技术；研发生态脆弱区县域国土空间“资源-人口-产业”耦合模拟分析技术；研发生态脆弱区县域国土空间不同基本单元“生态-生产-生活”一体平衡空间组织模式与人地关系调控技术；研发生态脆弱区县域国土综合整治与生态修复模式及其规划设计技术；在典型生态脆弱区开展国土空间规划技术集成与应用示范。

考核指标：提出生态脆弱区县域国土空间基本单元区划方法及全要素数字模拟分析工具 1 套；提出生态脆弱区县域国土空间“资源-人口-产业”耦合模拟分析技术；建立生态脆弱区县域国土空间不同基本单元“生态-生产-生活”一体平衡空间组织模式与人地关系调控技术，编制相关技术导则 5 部；研发生态脆弱区县域国土综合整治与生态修复模式及其规划设计技术；建立生态脆弱区县域国土空间规划技术数据库 1 个，在黄土高原、青藏高原、云贵高原等典型地域完成国土空间规划技术集成示范应用项目 5 项。

1.6 城镇可持续发展评估与决策支持关键技术

研究内容：基于新发展阶段我国城镇以人为本、双碳目标的战略需求和联合国可持续发展目标（SDGs），研究城镇可持续发展关键问题诊断和能力提升路径；研发城镇可持续发展智能化标准化评估关键技术；研发城镇可持续发展评估关键指示数据融合技术；研发城镇可持续发展交互式决策与管理关键技术；开发 SDGs 动态监测-智能评估-决策支持一体化系统与设备；在国家可持续发展议程创新示范区开展示范应用。

考核指标:提出城镇可持续发展关键问题诊断技术体系 1 套, 编制城镇可持续发展能力提升路线图 1 套; 形成支持多元参与的城镇可持续发展能力本土化评估与管理决策理论方法, 建立标准化、智能化评估理论谱系和工作模式, 编制城镇可持续发展问题诊断、评价、能力提升相关标准规范 5 部以上; 形成城镇可持续发展能力指示数据全域感知、自动核算和反馈、时空知识图谱编制、交互式发展情景推演等评估与决策关键技术 10 项以上, 开发数据获取和智能评估决策系统 5 套以上; 针对不同示范主题的国家可持续发展议程创新示范区, 完成城镇 SDGs 交互式决策支持与智能管理平台的集成应用示范, 形成决策支持研究报告 5 份以上。

1.7 地球大数据支撑城市人居环境监测关键技术研究及示范

研究内容: 针对推动城乡建设绿色发展、利用科技创新促进 2030 年可持续发展议程落实的需求, 研发城市自然-社会-经济系统空间观测要素和特征因子的卫星动态监测关键技术; 突破无人机遥感城市高分辨率三维影像地图和数字孪生基础底图关键构建技术, 研究满足单点多任务和多点单任务的无人机城市区域骨干网适配技术; 突破非空间可持续发展数据的空间化与数据的标准化技术, 研发融合国产卫星数据的城市可持续发展指标标准数据产品; 研究长时序、多要素城市可持续发展数据的管理与可视化关联挖掘技术, 研制实时传感器网络城市人居环境数据的信息集成平台, 服务可持续发展背景下的

城市空间优化分析。

考核指标：研发不少于 5 个空间观测要素和特征因子的卫星监测技术，城市夜间灯光观测能力填补 10 米空间分辨率空白；研发无人机遥感孪生数据一体化组织与分布式存储技术、海量数据时空可视化与三维影像地图服务等关键技术 2 项以上，形成涵盖 5 个以上可持续发展目标的城市三维数字孪生基础底图；研制利用国产卫星数据的城市可持续发展指标标准数据产品 1 套；提出城市可持续发展数据的在线数据管理、可视化关联挖掘技术不少于 5 项，研制实时传感器网络城市人居环境数据的信息集成平台 1 个；在不少于 2 个国家可持续发展议程创新示范区应用，并做国际推广。

2. 品质提升

2.1 城市更新设计理论与方法研究

研究内容：针对我国城镇化进程时间短、速度快、规模大、本土特色不足及城市更新设计理论体系缺失等问题，研究基于中国国情的城市更新发展历程、趋势规律、价值导向和理念方法；研究基于多源数据融合及多系统耦合的城市空间特征价值研判、问题解析与更新潜力评测及规划设计决策技术方法；研究基于多元多维要素禀赋的城市更新类型谱系划分技术方法体系；研究基于本土特色的全流程、动态性、应用型城市更新典型类型设计方法及集成技术体系。

考核指标：提出城市更新发展机制，开发动态城市更新样本数据库，涵盖土地集约、空间利用、温度、日照、通风、植

物、技术、材料、业态模式等本土特色空间特征因子，核心数据容量 $\geq 10\text{TB}$ ，数据颗粒度达到 10 米级；建立基于多源信息的空间特征价值研判、问题解析与更新潜力评测指标体系 1 套，建立基于应用场景及数据驱动的多系统耦合、多情境模拟、多目标决策支持模型 1 个；建立类型谱系划分技术方法，实现覆盖率 $\geq 95\%$ ，提出 10-15 种典型类型；编制典型类型城市更新标准规范、设计导则、指南 5 部以上，完成典型类型城市更新验证性实践 10-15 项，用地面积达 100km^2 。形成涵盖本土特色城市更新演进规律、影响机制及设计原理的仿真模型 1 套，开发基于城市更新建造需求的绿色化、智能化、装配式等新技术综合集成应用平台 1 套，在 10 个及以上城市推广应用。

2.2 多灾害及其耦合作用下的韧性城市评估理论及方法研究

研究内容：针对城市工程性基础设施多灾韧性的评估理论及方法缺失问题，研究地震、强风、洪涝、火灾和城市地质灾害等多灾害耦合作用机理与时空场构建方法；研究新建和既有的城市建筑与桥梁、地铁等基础设施单体在多灾害及其耦合作用下的致灾机理与易损性；研究城市建筑与基础设施构成的城市工程系统在多灾害及其耦合作用下的灾害链传播与系统级联失效机理；研究城市工程系统在多灾害及其耦合作用下的韧性评价指标体系和评估理论及方法；研发基于数物融合的、面向多灾害耦合致灾的城市多灾韧性评估系统，并开展对于评估理论和评估系统的验证。

考核指标：针对地震、强风、洪涝、火灾和城市地质灾害等不少于 5 种灾害，构建城市环境下典型多灾害场模型，耦合模型不少于 3 个；建立至少 4 类城市建筑与基础设施单体在多灾害及其耦合作用下的易损性模型，对于每一类单体，模型采用至少 5 个试验或历史事件验证，精度高于 90%；构建多灾害及其耦合作用下城市工程系统的灾害扩散和级联失效模型；建立城市多灾韧性量化评估理论，评估指标的要素不少于 5 种，且至少包含时间、功能、人口、经济等 4 种，并采用至少 2 个历史事件验证；对于京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等国家级城市群，各选取至少一个典型城市的面积不小于 50 平方公里的城市建成区，进行典型多灾害场景下的城市韧性评估理论应用；完成多灾害及其耦合作用下的城市韧性评估相关指南 1 部，编制完成相关国家/行业/团体技术标准 3 部。

2.3 城市地下空间韧性体系关键技术研究

研究内容：针对城市地下空间结构韧性技术体系缺乏问题，研究地震、施工扰动等作用下城市地下典型空间结构-围岩相互作用规律及空间结构损伤阈值，建立多因素时变的地下空间结构损伤评价指标体系；研究材料-结构性能协同的城市地下空间韧性结构体系和韧性设计方法；研发适用于地下空间复杂荷载和环境特征的高韧性混凝土材料和防水材料；研究城市既有地下空间结构增韧方法，研发地下受损混凝土结构快速修复技术与装备；提出灾变演化全过程城市地下空间结构韧性分析方法，构建考虑灾链时变的地下空间结构韧性评价体系。

考核指标：建立考虑结构-围岩相互作用影响的城市地下空间结构损伤评价指标体系；提出考虑灾变演化全过程影响的城市地下空间结构韧性评价方法、基于地下空间功能快速恢复的韧性设计方法共 4 套，覆盖灾害 ≥ 2 种；建立地下空间新型韧性结构体系，灾后修复时间缩短 20%以上；研发高韧性混凝土加固修复材料，28 天氯离子扩散系数 $\leq 3.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ ，极限应变 $\geq 2.5\%$ ；高韧性防水材料，拉伸强度 $\geq 12 \text{MPa}$ ，断裂伸长率 $\geq 500\%$ ；研发或改进地下混凝土结构快速修复装备 1 套，具备高压水射流破拆劣化混凝土功能，最大压力 $\geq 150 \text{MPa}$ ，具备复杂地下空间高性能纤维混凝土喷射修复功能，最大喷射高度 $\geq 18 \text{m}$ 。

2.4 历史文化街区保护更新方法与技术体系研究

研究内容：针对历史文化街区传统风貌破坏、建筑功能劣化、基础设施陈旧、展示利用落后等问题，研发历史文化街区体检评估、低影响检测评价与动态监控技术；研究历史文化建筑综合防灾减灾、安全保障与延寿技术；研发历史文化建筑修缮与风貌保护提升技术；研发历史文化街区市政公用设施及公共服务设施集成化改造提升技术；研发历史文化街区文化展示、活化利用及风貌长效管控关键技术。

考核指标：提出基于多源数据和机器学习的历史风貌建筑和街区的体检评估、动态监控技术；提出基于历史信息真实性保护的修缮与风貌保护提升技术，保护类建筑修缮率 100%，各类历史信息要素保护率 100%；提出历史文化建筑低

影响检测评价、安全提升与延寿技术，修复后历史风貌建筑延寿 30 年；研发历史文化街区公共服务和市政基础设施集成化改造提升技术和防灾减灾综合改造技术，打造 15 分钟生活圈，市政设施集成化水平提升 80%；研发历史文化街区文化展示、活化利用及风貌长效管控关键技术。开展典型地域的历史文化街区保护更新重点示范工程，建立街区体检评估与动态监控系统平台，在历史文化建筑低影响检测评价与延寿、展示利用与风貌管控和基础设施改造提升等方面进行全套技术集成应用。

2.5 城市供水和排水管网病害智能诊断关键技术与装备

研究内容：针对我国城市供排水管网维护缺修严重、渗漏量大、病害普遍导致的管网运行效率低、事故多等提质增效需求迫切问题，研究城市复杂服役环境下管网系统功能降低与性能退化量化模型，研究极端条件下城市管网服役功能失效机理，建立管网系统运行全周期性能动态评价与剩余服役年限估计方法；研究管道结构全工况无损检测与数据融合技术，研发多参量可调控精准检测诊断设备，开发供水和排水管道破损点（内渗和外漏）识别技术；研究城市管网状态感知方法，研发智能传感设备；研究多源数据融合分析智能诊断算法，研制供水和排水管网服役监管实时大数据预测技术。研发城市地下管网功能提升与提质增效分类处置技术体系与装备，开展研发关键技术与装备的示范应用。

考核指标：建立城市供水和排水管网服役性能精细分析方法和性能评价模型，包含管网 5 项以上影响参数。研发自主知

识产权的管道结构全工况 3 项指标以上集成检测设备, 建立病害症候数据库及特征智能提取方法, 覆盖 20 种以上特征病害, 智能算法识别精度不低于 90%, 破损点定位偏差不大于±0.5m。建立管网状态感知指标体系, 研究不少于 4 项管网服役状态关键参数无线感知交互技术, 研制仪器可分布式直埋布设且自组网地下透传距离不小于 1.5m。建立管网系统全周期服役性能演化预测模型, 实现 100 万人口以上城市不少于 1000 个节点大规模区域管网遭遇外部极端事件 6 小时前智能动态报警, 报警包含 3 项以上事件基本信息。提出 2 种以上地下管网性能精准维护与提升技术, 管网提质增效功能提升或服役寿命延长 20%以上。

2.6 绿色殡葬关键技术和设备研究

研究内容: 针对急需提升殡葬设备设计理论依据、减污降碳和清洁能源处置遗体关键核心技术、殡葬场所环境品质和设备智慧化管理等系统化需求, 研究绿色火化设备燃烧、传热与炉体结构、参数控制关系, 建立火化数值模型; 研究殡葬设备智慧化升级关键技术, 构建设备运行效率和耗能智慧系统; 研究多污染物超低排放协同控制和变频微波遗体处置关键技术; 研究火化间空气污染控制关键技术, 解析污染物组分和生成机理; 研究遗体处置过程中生物安全防控技术, 开发智能化消毒设备。编制行业标准或技术规范, 进行示范。

考核指标: 绿色火化设备平均油耗 $\leq 15\text{kg}$, 单台余热利用率 $\geq 40\%$, 建立火化数值计算模型; 智慧系统算法处理数据量

TB 级，支持设备能耗下降 10%；变频微波遗体处置装置耗电 ≤ 80 千瓦时，时间 $\leq 60\text{min}$ ， SO_2 排放浓度 $< 20\text{mg}/\text{m}^3$ ， NO_x 排放浓度 $< 160\text{mg}/\text{m}^3$ ，二噁英类（ $\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ） ≤ 0.1 ；火化间内颗粒物洁净空气净化量 $> 300\text{m}^3/\text{h}$ ，TVOC 洁净空气量 $> 150\text{m}^3/\text{h}$ ，除菌率 $\geq 50.0\%$ ；殡葬服务机构生物安全风险防控技术，智能化消毒设备对指示菌（含细菌、真菌）的杀灭率 $\geq 99.90\%$ ；制定行业标准、技术规范 3 项，示范工程 3 个。

2.7 城市超标降雨风险预控预警与蓄排联调技术

研究内容：针对超出城市内涝防治标准降雨径流的风险监测、预控预警、联调防涝的需求，研究面降雨雨型特征及城市超量径流演进规律，超量径流通道和蓄排空间布局及风险预控技术；研发超量径流孕灾受灾要素物联网智慧感知技术及装备；研究地铁口和大型地下公共空间等重要基础设施内涝风险阈值及超量径流临近精准预测预警技术；研究管渠-泵站-道路-调蓄设施等多系统蓄排智慧联调技术，道路行泄安全防控技术；研发机动化、智能化管渠清障及超量径流雨水蓄排装备。

考核指标：面降雨雨型集 1 套，包含不少于 5 种雨型；设计雨型确定技术导则；城市超标降雨径流风险预控技术导则；制修订国家/地方标准 2 项；积水过程一体化精准协同监测设备，积水范围变幅及水位升速分钟级监测准确率 $\geq 80\%$ ；道路行泄预警仪，“流速*水深”精度 $\leq 0.05\text{m}^2/\text{s}$ ；城市重要基础设施内涝风险阈值确定技术导则；城市内涝临近预测软件模块，涝前 2h 预测准确率 $\geq 80\%$ ；城市超量径流多系统智慧蓄排联调

技术 1 套，动态方案的周期性更新时间 $\leq 15\text{min}$ ；超量径流蓄排联调技术指南；超量径流智能蓄排装备 2 套，与物联网感知响应时间 $\leq 2\text{min}$ ；400mm 以上管渠智能清障装备 1 套，清通率 $\geq 90\%$ ；主要成果在不少于两个典型城市开展综合应用，累计汇水面积 $\geq 50\text{km}^2$ 。

3. 智慧运维

3.1 建筑与市政公用设施智慧运维理论与方法研究

研究内容：围绕建筑与市政公用设施智慧运维的基本理论和共性方法问题，研究建筑与市政公用设施全生命周期智慧运维基本理论框架、性态指标体系与共性技术标准；研究集成多端采集、边缘计算、动态调度和跨域协同的“端-边-云”多源运维性态信息实时感知方法及数据融合模型；研究基于深度学习的建筑与市政公用设施运维性态指标智能识别理论及性能评价技术；研究基于大数据与人工智能的建筑与市政公用设施智慧运维决策理论与融合物联网的智能管控技术架构；研究覆盖典型建筑与市政公用设施“感知-识别-决策-管控”运维过程的智慧运维智能体基本理论。

考核指标：建立建筑与市政公用设施全生命周期智慧运维基本理论，提出运维性态通用指标体系 1 套，编制智慧运维共性技术行业标准 1 部；提出“端-边-云”多源运维性态信息实时感知方法及数据融合模型，实现万级以上终端信息感知，延时小于 0.1s；提出不少于 6 个运维性态指标识别深度学习模型，性态指标识别准确率均不低于 96%；建立包括 5 类以上典型建

筑与市政公用设施的智慧运维决策理论模型与融合物联网的智能管控技术架构；提出建筑与市政公用设施智慧运维智能体理论模型与技术架构；以及 5 类以上典型建筑与市政公用设施智能体构建方法；申请/授权发明专利、软件著作权 10 项以上；完成不少于 2 项的项目验证。

3.2 超高层建筑运行监测预警与智慧运维关键技术研究及示范

研究内容：针对超高层建筑安全运行与智慧化运维的迫切需求，研究受灾及特殊情况下超高层建筑的震（振）动响应机理及灾变控制技术；研究超高层建筑结构长期服役性能演变机理与性能评估关键技术；研发基于天空地一体化的超高层建筑运行安全监测预警关键技术与装备；研究超高层建筑绿色智慧运维关键技术与体系；研发超高层建筑智能监测预警和智慧运维集成平台，并对典型超高层建筑开展应用示范。

考核指标：针对超高层建筑，考虑潜在动力灾变及突发特殊状态的影响因素不少于 5 种，研发震（振）动响应分析和控制技术不少于 2 项；研发结构长期服役性能评估技术，考虑关键因素不少于 5 个；研发智能化监测技术与装备不少于 5 套，星载雷达遥感监测形变精度不低于 5mm，机载设备监测材料劣化分辨率不低于 10nm 且准确率不低于 90%，实现可近景捕捉前 20 阶振动模态；构建基于智慧运维的超高层建筑绿色低碳运行框架体系 1 套；构建不少于 1000 栋超高层建筑的安全运维数据库；利用智慧运维辅助决策知识图谱不少于 1 万节

点，监测预警运维平台对安全性事件报警准确率达到 97%、运维功能性事件预警准确率达到 90%；对不少于 5 栋典型超高层建筑开展城市级应用示范；制修订相关技术标准不少于 2 项，申请或授权发明专利不少于 5 项。

3.3 大型建筑工程前策划-后评估智能化关键技术

研究内容：面向大型复杂建筑工程加强全过程管控的迫切需求，研究基于图拓扑理论和智能化算法的智能策划复杂决策理论，研发不确定、模糊等复杂难点问题的智能化决策关键技术；研究空间的客观评价与人体感知信息耦合关键技术，开发建筑使用后评估智能化工具；研究建筑全寿期智慧化整合设计方法；研发贯穿前策划-后评估的智慧管控与全寿期前馈推演技术；开展不同大型建筑工程的前策划-后评估智能技术集成示范应用。

考核指标：构建图拓扑智能策划复杂决策理论体系，建立不确定、模糊复杂决策技术方法和操作流程，研发多维度设计要素智能化算法 3 套；开发空间绩效优化算法和模型建构技术，模拟认知精度达到米级，实现千人量级的非侵入式同步感知，建立人体感知与空间评估指标的耦合关系，实现多维复合感知数据与空间状态的动态关联；实现精准诊断-智能策划-整合设计的数据贯通，编制全寿期整合设计行业标准，设计效率提升 30%，使用满意度达到 85%以上；建立后评估数据与前策划指标的多维度、定量化映射图表，实现 80%的后评估数据可追溯，关联置信度>90%；不少于 8 项典型建筑工程项目开

展示技术集成与应用示范，从建筑不同寿期展示全过程智慧化管控成效。

3.4 建筑（群）数字孪生模型推演与虚实交互关键技术

研究内容：针对建筑全场景数字孪生与仿真推演的现实需求，研究面向典型场景下建筑数字孪生模型构建技术；研究建筑建设与改造过程的数字孪生仿真模拟、动态映射与可视化技术；研究建筑物理环境与能耗的数字孪生运维态势推演与动态调控技术；研究建筑服役性态与故障的数字孪生智能诊断及恢复推演技术；研究建筑（群）遭遇灾害的数字孪生模型推演、动态处置与情景增强现实可视化技术。

考核指标：提出典型场景下的建筑数字孪生模型构建指南；开发面向典型数字孪生场景的感知数据融合分析处理算法不少于 5 种；建设与改造动态映射精度达到厘米级，支持“人-机-物”复杂交互过程推演，考虑不少于 3 种约束、推演时间少于 1 小时；物理环境与能耗的调控覆盖率达 95%以上、精度提升 10%以上；提出不少于 2 项建筑故障或损伤智能诊断关键技术，实现 MHz 以上高频应力波的多通道数据同步采集，隐蔽性损伤非接触检测精度达厘米级；灾害模型至少考虑 3 种灾害及其耦合作用，实现 100 万栋建筑以上的城市三维模型灾变过程高真实感动态可视化；申请或授权发明专利 10 项、软件著作权 5 项。

3.5 城市信息模型（CIM）基础理论方法和平台构建技术研究

研究内容：面向城市治理能力现代化的数字化需求，研究 CIM 核心要素、运行机理等基础理论框架与分布式架构体系；研究支持高逼真环境下海量三维参数模型、体模型、流模型、网格模型等的协同编辑与交互的几何引擎技术；研究面向海量数据的分布式组织存储和管理引擎，实现物理空间、社会空间与信息空间等城市多源数据的高精度融合计算技术；研究 CIM 与建筑信息模型（BIM）的协同建模与分析技术、多源 BIM 数据与 CIM 数据的互通融合技术，实现 CIM 平台上调用 BIM 的多领域分析与模拟服务能力；研究 CIM 基础平台系统构建技术，支持分布式计算、分析、服务组件的技术验证。

考核指标：构建分布式 CIM 基础平台，可支持 TB 级 CIM 多模态的秒级几何快速计算，以及 2000 平方公里范围、50 亿 BIM 构件、PB 级数据容量，单用户场景浏览平均帧速率不小于 30 帧/秒，单模型编辑响应在 100ms 以内；搭建 CIM 分布式数据引擎，支持建筑、市政、交通等场景的多尺度数据存储、调用、计算能力以及数据融合能力；开发针对统一数据格式的多源 BIM 交付模型处理工具 3 项，实现 CIM 平台的 BIM 模型编辑、质量检查、数据查询、数据统计、分析与模拟等功能；平台支持 300 项以上二次开发接口，编制 CIM 平台接口行业标准 1 项；开展国家-省-市多层次协同应用。

3.6 城市信息模型（CIM）时空数据结构化治理关键技术研究

研究内容：面向大规模城市时空数字底板标准化、智能化

生产的需求，研究兼容 BIM、地理信息系统（GIS）、环境场等信息的通用描述模型和开放数据交换格式；研究结构化标准化模型自动高效构建、模型简化关键技术；研究面向可视表达的模型标准化交付和要素动态更新技术；研究城市信息模型数据脱密脱敏技术；构建具有自主知识产权的 CIM 数据治理工具集并进行工程化应用。

考核指标：形成面向 CIM 和 BIM/GIS/环境场协同的通用信息描述规范和 CIM 数据交换格式团体标准各 1 项，兼容国内外主流开源格式，并在 3 种以上国产 CIM/BIM 软件得到支持；基于倾斜摄影网格数据的建筑和桥梁自动单体化准确率大于 95%，BIM 模型自动简化错误率小于 3%，支持建筑（含分层分户）、交通设施等城市部件不少于 10 类模型三维建模；生成 CIM 多层次轻量化和效果增强的交付成果，支持交付成果的要素级动态更新；提供不少于 15 种数据自动加工及轻量化、脱密脱敏能力的工具软件，完成地级以上城市 CIM 数据治理工程应用。

3.7 耦合时空的车城交互关键技术研究及示范

研究内容：针对智慧城市车城协同的需求，研究智慧城市与智能网联汽车交互体系及架构；研究基于车域网“车-路-云”高精度时钟同步要求的整体系统时钟同步技术；研究交通基础设施及交通主体多源融合定位技术；研究基于时空信息耦合的城市车域网快速响应算法模型；构建车域网平台，研发平台运维关键技术，在典型城市（地区）开展示范。

考核指标：提出车城数据安全交互机制和交互标准；车城网“车-路-云”统一授时精度误差不大于 5ms；交通基础设施静态匹配定位精度优于 10cm，动态匹配定位精度小于 20cm；面向网联车辆端到端时延不高于 80ms，面向城市应急处置端到端时延达到分钟级，不少于 10 个落地的场景；车城网平台系统具备车城信息协同感知、协同决策和协同控制功能，支持 5G、V2X、NB-IOT 等多种网络接入，PB 级车城网数据频繁更新和近实时分析速度不高于 5 分钟，应用秒级冷启动和自动扩缩容支撑 10 万请求数量/秒的突发车联网事件处理，在不少于 3 个城市开展规模化应用示范。

4. 绿色赋能

4.1 高品质绿色建筑设计与智慧协同平台

研究内容：面向绿色建筑本土特色、人文宜居、长寿耐久、集约低碳、智慧健康高品质发展需求，研究高品质绿色建筑理论、方法与指标体系；研究融汇本土文化、技术与材料的绿色建筑品质提升技术；研究本土化、长寿化、低碳化的构造技术；研究以数据与模型为底层驱动、基于规则化算法的高品质绿色建筑多专业智慧协同平台；开展典型本土特征的“设计-建造-运维”协同的工程示范。

考核指标：提出高品质绿色建筑本土化设计理论体系和指标体系，形成行业设计指南，开发辅助设计软件 1 套；研发品质提升技术体系 1 套，包含地域性被动式技术、空间功能转换、建筑界面与环境联动调节、风光声热环境智能管控等技术不少

于 10 项；研发适应典型地域、环境的木结构、钢结构、清水混凝土等构造技术 ≥ 3 套，结构设计使用年限 ≥ 100 年；构建高品质绿色建筑实验性与验证性数据库 1 个，覆盖全国 5 个建筑气候区、7 种以上建筑类型，核心数据容量 $\geq 10\text{TB}$ ；开发高品质绿色建筑多专业智慧协同平台 1 套，支持 1000 人以上同时在线协同设计；完成高品质绿色建筑示范工程 ≥ 5 项，面积 ≥ 15 万平方米，舒适度不满意率 $\leq 10\%$ ，绿色建材使用率 $\geq 80\%$ ，设备系统智慧化面积覆盖率 $\geq 70\%$ ，碳排放强度在 2016 年执行的节能设计标准基础上平均降低 50%。

4.2 低碳水泥应用关键技术

研究内容：针对新型城镇化与高品质城乡建设对低碳建材的紧迫需求，研究水泥建材生命周期中碳迁移、转化、固化机制及碳排放的理论模型；研发新型低钙水泥熟料体系及其制备、应用关键技术；研发硅铝质低碳复合水泥及其性能调控关键技术；研发镁质低碳水泥体系及其性能提升关键技术；研发低碳/负碳高性能混凝土及制品质量保障技术；建立低碳水泥性能评价及应用标准、规范体系，实现工程应用。

考核指标：提出水泥建材生命周期中碳迁移、转化、固化机制及碳排放的理论模型；形成新型低钙熟料、硅铝质复合水泥和镁质水泥 3 种低碳产品，其中：新型低钙熟料 28 天强度 $\geq 60\text{Mpa}$ ， CO_2 排放 $\leq 750\text{kg/t}$ ；硅铝质复合水泥 28 天总收缩 $\leq 1\%$ ， CO_2 排放 $\leq 300\text{kg/t}$ ；镁质水泥软化系数 ≥ 0.95 ，1 天界面粘结强度 $\geq 7\text{MPa}$ ， CO_2 排放 $\leq 600\text{kg/t}$ 。建成生产示范线 3~5 条。低碳

混凝土力学性能和主要耐久性提升10%以上，CO₂减排50%以上；碳化制品CO₂捕集能力 $\geq 15\%$ ；混凝土/制品在建筑、交通、市政等城镇化领域示范应用，应用总量 ≥ 100 万m³。形成标准10项以上。

4.3 多功能一体化水泥基围护结构体系

研究内容：围绕超低能耗、近零能耗建筑亟需的高性能围护结构需求，分别研发严寒、寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖地区多功能一体装配式剪力墙外墙体系，其中严寒、寒冷地区应集结构、防火、耐候、保温、装饰一体化，夏热冬冷地区集结构、防火、耐候、保温、隔热、装饰一体化，夏热冬暖地区集装饰、隔热、耐候一体化且可实现被动辐射致冷；研发集装饰、防火、保温、耐候一体装配式框架体系复合外墙；编制产品设计指南或标准，实现示范应用。

考核指标：适合严寒与寒冷、夏热冬冷气候区集结构、防火、防水、保温、装饰一体化装配式剪力墙板满足节能率大于85%超低能标准；夏热冬暖区防火、防水、装饰一体化装配式墙板夏季太阳辐射下表面平均温度比环境空气温度低3℃，降温效率3年衰减 $\leq 10\%$ ；集防火、防水、保温、隔热、装饰一体大型装配式框架结墙板面密度小于300kg/m²、墙板面积不小于10m²；装配式墙板减少围护外墙施工现场工作量85%；现浇结构高性能外围护墙体系满足A级防火，寿命50年，外饰面层可维护；建成围护结构生产线4条，完成发明专利受理和授权10项，研编标准和工法5项，完成10项示范工程，建

筑总面积 ≥ 15 万 m^2 。

4.4 公共建筑环境人因工程关键技术和产品

研究内容：针对公共建筑环境营造中缺乏以人为本、以及供需不匹配导致的舒适度低、能耗高等问题，从人因工程视角出发，研究间歇模式下非均匀时空的室内高工效空间环境营造方法；研发具备柔性用能特性的新型热湿环境控制系统与设备；研发具备高效传热性能、灵活可调的新型对流-辐射耦合末端；研发热湿光健康环境一体化高效控制系统；研发整体环境与局部空间智能联动的室内环境控制系统；开展应用与评价研究，建立相关标准或规范，进行工程示范。

考核指标：建立间歇模式下非均匀时空室内环境系统设计方法，形成相应软件 1 套；研发出 2 种以上新型高效柔性热湿环境控制系统与设备；研发出 3 种以上新型对流-辐射耦合换热末端，响应速度提升 50%，对流/辐射切换比 $>80\%$ ，舒适度和节能指标提升 $>20\%$ ；形成热湿光健康环境一体化控制技术 2 项，热适应、非视觉照明指标和节能率提升 $>20\%$ ；研发出兼顾整体与局部空间个性化调控系统 3 套，与常规系统相比工作效率提升 20%，环境舒适温度范围拓宽 $>2^{\circ}C$ ；编制行业或团体标准 1-2 项；完成不同气候区示范工程 3 项以上。

4.5 房屋建筑工程防水质量保障与渗漏治理关键技术

研究内容：针对工程渗漏频发，影响工程耐久性和质量等问题，研究水泥基外围护系统温度作用下的渗漏机理及控制技术；研究防水工程耐久性影响因素，形成防水工程耐久性设计

方法；研制新型高效建筑防水材料；研究防水材料现场快速检测设备和工程渗漏无损检测方法；研究基于运维期的防水工程质量保障体系，研发新型渗漏修复材料及其修复技术。

考核指标：研发建筑外墙冷、热、湿性能评价标准 1 套，建立覆盖不同气候区 100 个主要城市的热湿物性、风雨边界计算参数应用数据库；建立防水工程耐久性影响因素框架体系，形成防水工程耐久性设计指南，工作年限相较现行标准提高 5 年；研发 2 种新型建筑防水材料（工作年限较现行防水标准提高 5 年）及其制造设备和施工工法；研制 2 套防水材料现场快速（48 小时内）检测设备，研究形成 2 种工程渗漏无损检测方法；研编 1 部运维期防水工程质量保障指南，研究形成 2 种新型渗漏修复材料和相应修复技术；申请发明专利 7 项。

4.6 健康住区环境监测评价和保障关键技术研究及示范

研究内容：为贯彻健康中国战略部署，建设高质量健康建筑，针对居住建筑环境对人群健康影响要素及机理不清晰，健康环境保障和提升支撑不足的问题，研发室内外环境中空气、声、光、设施、色彩等典型环境参数与不同年龄居民生理和心理指标间的关联规律和机理，开发心率变异性、心理压力指数和睡眠质量等监测设备；研发针对居住环境对居民健康损害或增强因素的实时监测、快速判断、智能调控技术；建立室内外环境参数和居民健康指标数据监测系统及云平台，研究居住环境健康综合评价方法；研发以数据驱动的智能化健康居住建筑环境设计和运维保障技术；研编重点标准，开展技术集成工程

示范。

考核指标：研发可无线传输的典型环境参数与人群生理指标监测产品 3 项，空气污染物和生理信息识别精度提高 10% 以上，获得环境参数与人群生理指标间的关联规律，相关系数 ≥ 0.85 ；研发面向居民健康的建筑环境典型参数实时联动测-评-控产品 4 项，精度和能效提高 20% 以上，控制延时 $\leq 10s$ ；建立室内外环境参数和居民健康指标数据云平台 1 套，数据量不少于 1500 户和 5000 人，包括 20 种以上全年环境参数和生理信息数据量，形成居住环境健康等级综合评价软件及数据库各 1 套；研发智能化健康建筑环境运维保障关键技术 2 项，设计方法 1 项；建设不少于 100 万 m^2 的示范工程，室内环境达到《健康建筑评价标准》优良级别，空气污染疾病负担降低 30% 以上，南方地区噪声治理后隔声性能提高 3dB 以上。

5 智能建造

5.1 工程建造云边端数据协同机制与一体化建模关键技术

研究内容：针对工程设计-生产-施工过程中的异构数据缺乏协同、建模缺乏系统联动等问题，研究工程关键要素多源异构数据动态采集方式，建立数据云边端管控模型与网络传输机制；研究针对图片、视频、点云等数据类型的工程关键要素信息的自动索引、交互与高效解析的方法；研究跨阶段跨专业一体化协同建模理论与方法，开发面向工程建造全价值链的数据-模型关联、语义映射与交互技术；研究基于区块链的工程数

据跨链模型与数据分发、同步、存储与访问机制。

考核指标: 建立基于云边端协同的工程建造数据管控理论模型, 开发支持 ≥ 15 种异构数据、 ≥ 50 个在线并发数、 ≥ 20 种端口协议、 $\leq 5\text{ms}$ 时延的多源数据采集与集成管理能力的平台, 建立针对建造过程云边端协同系统架构设计参考标准 1 套; 提出对图片、视频、点云等场景理解的数据分析、关联与搜索方法 ≥ 7 项, 能够实现 30 帧/秒视频推流条件下关键信息的结构化解析与语义重构; 建立工程设计/生产/施工/运维模型的多尺度多领域集成建模方法, 提出面向工程建造全价值链的数据/模型关联、语义映射与交互技术 ≥ 5 项, 并在 3 类以上复杂建造环境开展应用验证; 提出面向建造服务的高性能多链并行区块链体系架构 1 套, 总吞吐量不低于 6000tps。

5.2 广域高性能预应力工程结构体系与应用关键技术研究

研究内容: 针对预应力结构体系涵盖不同材料、尺度及全寿期的新需求, 研究预应力结构在复杂服役条件与典型环境下的性能演变规律, 建立基于多元损伤发展理论的结构长期服役性能设计和控制方法; 研究典型工业环境与复杂应用条件下, 考虑多种荷载及其耦合作用的预应力混凝土结构抗震与抗裂协同设计方法; 开展预应力钢结构随机时变性能研究, 建立多目标可靠性设计及抗倒塌控制方法; 研究预应力作用时空特征分布, 建立预应力结构全寿期性能综合评价技术体系; 研究预应力碳纤维复材结构设计方法与施工技术, 研发锚固与连接产

品；形成技术标准并开展工程示范。

考核指标：提出考虑区域环境差异的预应力混凝土结构长期性能设计方法，长期挠度计算精度提高 30%以上；预应力混凝土结构抗震与抗裂协同设计方法，实现同等条件下节材 15%，高效预制预应力混凝土新型构件 3 类以上；预应力钢结构抗倒塌新构造 2 类，高适应性玻璃幕墙索支承结构 1 类，抗倒塌能力均提高 20%以上；预应力混凝土结构、预应力钢结构在役性能评价方法；预应力碳纤维复材结构设计方法与施工关键技术，开发丝束 $\geq 48k$ 的空间结构用国产碳纤维复材索，及锚固效率 $\geq 95\%$ 的配套锚具与连接产品 2 套；编制技术标准 6 项，图集 1 项，技术手册 3 项，专项工法 4 项，申请/获得发明专利 15 项；完成示范工程 10 个，总建筑面积 ≥ 20 万平米。

5.3 高效能标准化钢结构体系与应用关键技术研究

研究内容：针对我国钢材供给结构不合理、钢结构体系标准化程度低、钢结构产业链效能差的问题，研究高效能标准化钢结构评价指标体系和关键构件的检测认证技术；研究高效能标准化热轧型材应用技术体系，研发热轧型材数字化、智能化制造生产线；研发基于轧制 H 型钢和空心管材的高效能标准化钢结构体系及其设计方法；研发具有高抗震性能、高舒适度的新型高效能标准化钢结构体系；研发高效能标准化钢结构体系的高效工厂制造与现场安装关键技术。

考核指标：构建高效能标准化钢结构评价指标体系 1 套；标准化热轧型材规格对房屋建筑领域构件规格需求的覆盖率

不低于 75%，型材制造与钢结构构件数字化生产线 3 条，年产能不低于 20 万吨/条，生产效率提升 30%；集设计、制造、安装一体的高效能标准化钢结构体系不少于 4 套，结构构件及连接的标准化程度不低于 75%，较现有结构体系建造效率提升 30%，综合能耗降低 20%；新型高效能钢结构体系的抗震性能提升 20%，舒适度性能提升 20%；授权发明专利不少于 5 项，编制标准、图集、工法各不少于 5 项，完成住宅与公共建筑钢结构等工程示范不少于 5 项。

5.4 面向重大基础设施的钢板-混凝土结构体系与应用关键技术研究

研究内容：针对重大工业基础设施与民用建筑的恶劣服役环境、复杂功能需求，研究超高性能混凝土、高性能钢材等新型结构材料在钢板-混凝土结构体系中的应用，以及考虑材料结构一体化的钢与混凝土多材料组合协同工作机制和优化方法；研发具有工业化和模块化建造特征、满足重载且轻量化等功能需求、适应冲击和强震等复杂严苛环境的新型钢板-混凝土结构体系；建立新材料高性能钢板-混凝土结构体系的精准高效分析模型、全寿命设计方法和建造关键技术；开展面向重大基础设施的钢板-混凝土结构体系与应用关键技术工程示范。

考核指标：研发不少于 5 种高性能钢板-混凝土结构体系，建立新型钢板-混凝土结构体系设计建造系列技术；编制完成相关国家/行业/团体技术标准（送审稿）2 部；申请/获批发明

专利不少于 8 项；在建筑、桥梁、隧道、核电等的领域重大基础设施中完成示范工程应用不少于 4 项，应用面积不少于 5 万平方米，相比于现有结构体系有关指标达到：结构材料消耗降低 20%以上，使用寿命延长 25%以上，建造效率提升 20%以上。

5.5 支持非线性几何特征建模的 BIM 平台软件

研究内容：面向复杂造型建筑与基础设施工程的三维建模需求，研究空间曲线曲面几何造型算法和编辑技术；研究点状工程与线状工程的混合模型描述与参数化建模技术，实现大型复杂工程的一体化建模与自由扩展；研究大体量大尺度复杂模型自适应显示技术，实现长大线状工程模型的流畅展示；研发支持非线性几何特征建模的三维图形引擎，融合多专业数据管理与协同机制，形成适应大尺度多精度大型复杂工程协同设计的国产 BIM 平台软件；在国家重大工程的数字化建设管理中进行成果应用验证。

考核指标：完成支持非线性几何特征建模的 BIM 平台软件 1 项，核心源代码自主化率达到 100%，整体自主化率达到 95%以上；非线性几何特征建模对建筑、路桥隧、电网等工程项目适应度和正确性不低于 95%；桌面端实时渲染能力达到 1 亿三角面片 30 帧/秒，复杂造型精度小于 1 毫米，支持 1 毫米-100 千米多尺度场景的建模和流畅显示，非线性几何特征造型复杂度、准确性与扩展性达到国际主流软件水平；编制 BIM 建模与数据团体标准不少于 4 项，取得发明专利 5 项、软件著

作权 3 项；支持的 BIM 软件用户不少于 1000 家；在川藏铁路和特高压工程等不少于 2 项国家重大工程和建筑领域不少于 10 项复杂工程中示范应用，实现核心软件的国产替代。

5.6 高层建筑自升降智能建造平台关键技术与装备

研究内容：针对国家新型建筑工业化发展需求，研究适用于高层建筑的人-机器-环境高度融合与协同的智能建造模式，打造少人化、无人化建造场景；研发面向现浇及装配式结构多场景的自升降智能造楼机，开展通用化结构及类工厂功能设计研究，满足工程现场智能建造平台载体需要；研发以造楼机为载体的系列智能施工装备与建筑机器人，提升施工机械自主作业能力与水平；开展面向复杂环境的高精度、低时延、高可靠智能感知技术研究，满足工程现场传感、分析、决策、控制需要；开发以造楼机为载体的工程数字孪生管控平台系统，实现实时、安全、高效的现场管控。

考核指标：研发智能造楼机集成布料机器人、钢筋绑扎机器人、安全巡检机器人等十种以上施工机器人，形成以造楼机为载体，智能装备与建筑机器人高效协同作业的新型建造模式，人员投入减少 40%，作业效率提升 50%；研制面向现浇及装配式结构多场景的智能造楼机产品（用钢量 $\leq 0.5\text{t/m}^2$ ，标准化率达 90%、单层自升降 $\leq 2.5\text{h}$ ），形成工厂化作业环境；工程现场智能感知系统通信与控制时延不大于 100ms，开发数字集约管控平台系统 1 套；编制标准 > 2 项，在“一带一路”沿线、“京津冀”、“大湾区”等地区示范应用 > 10 项。

5.7 长大隧道同步推拼智能盾构关键技术与装备

研究内容：面向长大隧道盾构施工，研究考虑三维地质空间不确定性的岩土-刀盘相互作用机理与界面携渣泥水复杂力学特性的数字化感知、表征及解析方法；研究复合地层条件下数据驱动的盾构刀盘优化选型、刀具磨损智能诊断与换刀优化决策技术；研究盾构机掘进轴线自主规划和推力矢量主动控制技术，实现同步推拼智能协同控制；研究盾构高效施工支撑技术，研发基于快拼接头新型管片结构体系与自动化拼装关键技术，以及施工物料垂直与水平高效无人运输系统；研究高可靠性设备保障支撑技术，研发盾构机及周边设备系统可靠性优化设计、在线智能检测及故障预报技术，研制新型智能盾构装备样机并开展综合工程应用示范。

考核指标：实现盾构掘进轴线自主规划智能控制，精度 $\pm 50\text{mm}$ ；研制直径 10 米以上同步推拼盾构样机，实现施工效率提升 25%以上；实现新型快拼接头的负弯矩转角刚度较螺栓接头提升 1 倍以上，平均拼装错台小于 5mm；管片自动拼装定位精度 $\pm 2\text{mm}$ ，平均拼装时间缩短 25%以上；研制兼具智能控制、同步推拼、高可靠性等特征的新型泥水平衡盾构样机不少于 2 台/套，在国家一体化发展示范区或重点城市群开展总掘进里程不少于 20 公里的综合工程应用示范。

6 低碳转型

6.1 低品位热量采集、转换、储存和输送系统的关键技术研究

研究内容：针对低品位热量采集、转换、储存和输送过程，研究以焓耗散和焓分析为基础的理论分析方法和工具；研究核电和火电冷端余热高效采集和优化利用的流程与系统参数；研究采用各类热变换器实现不同温差间的热量传递和变换的理论基础与分析、设计和优化方法；研究以日内和跨季节储能协调电力调节与余热利用的工艺流程、分析和优化方法，带有跨季节储热的集中供热系统储能方式、工艺流程和运行调节方法；研究长途输热系统的水击、大高差、减阻和耐腐蚀等相关问题，提出长途输热方法和工艺，研发新材料，形成设计方法和标准。

考核指标：提出低品位余热清洁供暖系统的基础理论体系；提出实现电厂余热回收的热电联产和热电水联产的优化系统流程；提出实现热量在不同温差间的传递与变换的热量变换器的方法、优化设计和调控方式；提出利用日内和跨季节储能实现热电协同、全年余热利用及供热负荷调节的系统流程、优化方法和运行调节方式；提出长距离单管和双管输热系统的设计方法，形成相应的标准；提出长距离输热技术，实现高差超过 150 米时不用隔压站，每 100km 输热电耗小于 2kWh/GJ、热损失小于 3%；研发出腐蚀速率与不锈钢材料相当，全运行周期管壁相对粗糙度较碳钢管道降低 50%，且投资不超过目前卷焊钢管的新型长输管道；上述成果应分别在不同规模的示范工程中得到实际应用，总应用规模不小于 300 万平米；申请国家发明专利 15 项，制修订行业技术标准、技术导则等共 5 部。

6.2 建筑机电设备直流化产品研制与示范

研究内容：针对光储直柔建筑规模化应用中机电设备直流化的需求，研究各类设备电器柔性柔度定量刻画方法指标；研究柔性直流设备电器通用接口标准，开发智能用电设备终端接口及不同电压等级直流插头插座；开发柔性直流智能空调、风机水泵、电梯等可功率调节设备，具备电压-功率自适应调节功能；开发柔性直流冰箱、洗衣机等可时移设备电器；研究设备电器与自备蓄能的耦合关系，开发柔性直流可蓄能设备电器；开展各类柔性直流电器实际运行测试及可接受性评估。

考核指标：建立设备与电器柔度的评价方法和标准，建立与直流配电系统的通用接口标准，研制适用于不同电压等级的直流插头插座；开发空调、风机、水泵、电梯设备等 4 种、共计 30 个型号的直流产品，在额定电压 85%~105% 范围内稳定运行，并具备电压-功率自适应调节功能，其中空调、风机和水泵实现功率 30%~100% 调节；开发直流电热水器、冰箱、洗衣机等 6 种，带有蓄能功能的直流家电 10 种，形成共计 50 个型号的直流产品，能效水平达到一级；完成直流家电相关标准 10 项；上述研发产品在不少于 5 座实际建筑中经过半年以上实测，并达到使用者可接受要求。

6.3 城市蓝绿空间生态涵养关键技术研究 with 示范

研究内容：针对我国城市蓝绿空间生态服务功能尚不能满足绿色高质量发展需求问题，开展全生命周期高生态服务价值园林植物筛选研究；基于城市蓝绿空间生态涵养功能提升，研

究城市蓝绿空间宜居需求与生态服务供给耦合评价技术；针对城市、组团、社区等不同尺度空间层级，统筹绿地、湿地、水体空间要素，研发城市蓝绿空间系统规划与存量优化技术；聚焦城市通风廊道、绿色慢行交通廊道，研发典型城市廊道多功能耦合的网络构建与生态修复技术；搭建城市蓝绿空间监测管控平台，开展技术应用示范。

考核指标：构建全生命周期高生态服务价值园林绿化树种数据库 1 项（200 种）；建立城市蓝绿空间生态涵养综合效益量化评价方法，形成国家/行业标准 2 项、指南与导则 2 项；构建城市蓝绿空间高益单元营建模式 30 种，生态涵养功能提升的布局优化模式 25 种，实现生态服务综合效能提升 10%，蓝绿空间冷源效应 $\geq 2.0^{\circ}\text{C}$ ；研发典型城市廊道多要素协同生态修复技术 1-2 项，特定压力梯度下功能提升关键技术 2-3 项，实现生态服务综合效能提升 15%，综合物种指数 ≥ 0.6 ；形成示范工程 2 项，包括：可持续发展议程创新示范区、高生态服务价值园林植物示范基地，以及对接部、省、市三级信息的动态绩效预测与管控平台示范。

6.4 太阳能富集区零碳建筑关键技术研究及示范

研究内容：以零碳建筑共性问题 and 重点区域示范建设需求为目标，研究在太阳能富集区零碳建筑的设计原理、方法及技术方案；构建零碳建筑设计参数及碳排放关联参数的标准化测算方法，构建零碳建筑新型围护结构新模式；研发高效的建筑太阳能供热发电系统、环境营造新模式及其耦合技术；研发零

碳建筑高效蓄能、精准输配及末端用能新技术及新产品；在太阳能富集区开展技术集成、示范与评测。

考核指标：构建太阳能富集区零碳建筑设计理论与方法、评价指标及实施路径；建设零碳建筑设计基础数据库 1 项，建立建筑材料、构造、单体、群体的碳排放关联参数标准化测算方法及数据库 5 类以上，包含材料与构造 3000 组以上，设计计算参数覆盖太阳能富集区县级行政单位；开发新型围护结构与构造体系 5 类以上；研发零碳建筑太阳能供热/供电系统及热电转换蓄存新设备 5 项以上，蓄能效率 $\geq 90\%$ ，精准输配及末端关键技术与新产品 6 套以上，输配损耗 $\leq 5\%$ ；在太阳能富集区建成 3 项以上、不少于 6 万 m^2 零碳建筑示范，单位面积增投资不超过 20%，在满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》建筑室内环境参数与使用功能前提下，实现建筑零碳运行。

6.5 零碳建筑控制指标及支撑技术研究与应用

研究内容：以支撑我国建筑领域碳达峰为目标，针对建筑碳排放及能耗指标缺失、急需建立适合我国特点的零碳建筑标准和技术体系等现状，研究建筑碳排放通用计算方法,开发建筑逐时能耗与碳排放计算模拟工具,研究零碳建筑关键技术指标体系和设计方法；研究建筑用能需求与绿色电力、低碳热力及可再生能源供能的匹配规律，研究建筑用能与能源供给的精准协同、智慧控制技术；研发新型低碳高性能外墙保温体系。

考核指标：建立低碳、近零碳、零碳建筑控制指标体系，

编制发布国家标准《零碳建筑技术标准》；提出建筑碳排放通用计算方法和工具，应用面积不低于 2000 万平米；提出零碳建筑建设及运行评价新方法不少于 3 项；形成适用于不同气候区零碳建筑的保温产品和技术体系 5 项以上，建设低碳高性能外墙保温数据库，纳入材料与部品不低于 2000 项；编制国标/团标 6 项，申请发明专利 6 项，获得软件著作权 3 项。

6.6 城镇建筑垃圾体系化规模应用关键技术研究及示范

研究内容：针对城镇建筑垃圾高品质、规模化消纳的需求，研发建筑垃圾的规模化高效处置工艺（包括现场处置模块化设计和产业园处置）技术体系；研究基于产品性能靶向的水泥基和黏土基建筑垃圾再生产品设计及功能化关键技术；构建涵盖建筑垃圾处理、处置以及再生产品品质、生产技术和工程应用的标准体系；研究城镇建筑垃圾体系化规模应用的整体解决方案与推广模式；开展建筑垃圾体系化规模应用工程示范。

考核指标：形成建筑废弃物现场处置和产业园处置工艺 2-4 套，其中现场模块化处置装备及工艺的年处置效率依次达到 20 万吨、30 万吨和 50 万吨；形成产业园协同处置工程渣土、拆除垃圾、装修垃圾的技术体系一套，年处理量 ≥ 350 万吨；开发获得绿色建材认证的水泥基再生建材产品 6 种以上，其中建筑废弃物含量 $\geq 60\%$ ；开发获得绿色建材认证的黏土基再生建材产品 5 种以上，其中工程渣土含量 $\geq 60\%$ ；开展建筑垃圾年处置百万吨以上示范工程 5 项以上，将示范工程所在地的建筑垃圾资源化率提高 10%-15%；编制相应国家、行业或

团体标准及规范（征求意见稿）、指南 5 项以上。