附件 4

“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

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 28 个项目，拟安排国拨经费约 5 亿元。明确由企业牵头承担的项目配套经费与国拨经费比例不低于 2:1。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、

河北农业科技大学 hnl

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：提出能够指导新时代国家空间治理实践的国土空间多要素协同机理与系统调控理论；研发国土空间多要素综合观测网络构建技术 1 套，实现 5 类以上国土空间要素综合观测，形成融合国土空间科学观测、国土基础调查监测、国土空间规划等类型数据的国土空间科学大数据平台 1 个；完成国土空间优化与系统调控模型工具不少于 10 套，实现国土空间模拟预测、格局优化、协同调控等智能化辅助决策；研编国家/行业/团体技术标准（含指南）5 部以上，在重要城市群、生态功能区、粮食主产区等不同类型区域形成集成应用示范模式。

1.2 生态脆弱区县域国土空间规划关键技术研究与示范

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，编制相关国家/行业/团体技术导则 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，其中在国家可持续发展议程创新示范区应用不少于 2 项。

1.3 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）中国本土化的实际需求，针对可持续发展实施缺乏科学精准评估与决策支持手段这一难题，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多源数据融合技术；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；实现 SDGs 实施、规划、评价有依据、可量化、能决策，并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：提出面向 SDGs 的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、能力提升相关国家/行业/团体标准 5 部以上；形成城镇可持续发展能力评价多源数据全域感知、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。

2.品质提升

2.1 多灾害及其耦合作用下的韧性城市评估理论及方法

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或多灾害作用模拟方法，模型或方法不少于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50km^{2}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项,编制相关国家/行业/团体技术标准2项。

2.2 城市地下空间结构韧性体系关键技术

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，使用寿命提高 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≤$3.0\times10^{-12}m^2/s$，极限应变≥2.5%；高韧性防水材料，拉伸强度≥12MPa，断裂伸长率≥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≥150MPa，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≥18m。

2.3 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态评价模型，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，智能算法识别率不低于 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发生

事故或服役功能失效后以 6 小时为周期进行智能动态报警，报警包含 3 项以上警情信息。提出 2 种以上地下管网性能精准维护与提升技术，管网功能提升或服役寿命延长 20%以上；研发的关键技术与装备在全国不少于 3 个典型城市区域开展示范应用。

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寿命期智慧运维基本理论、性态指标体系与共性技术标准；研究集成多端采集、边缘计算和动态调度的“云边端”多源运维性态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；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寿命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国家/行业/团体标准 1 部以上；提出“云边端”多源运维性态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，“端—边”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3类典型建筑与5类典型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；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发与示范

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技术体系；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%；在不少于 3 类抗震设防区，选择不同地质特点，累计完成不少于 5 栋典型超高层建筑（如赛格广场大厦）应用示范；编制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、模糊复杂决策技术体系，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团体技术标准 1 项，使用后评估满意度达到 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灾变过程推演与三维可视化；申请或授权发明专利10项、软件著作权5项。

4.绿色赋能

4.1 新型低碳水泥研发及应用关键技术

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≥60Mpa，二氧化碳（CO_2）排放≤750kg/t；硅铝质复合水泥28天总收缩≤1‰，CO_2排放≤300kg/t；镁质水泥软化系数≥0.95，1天界面粘结强度≥7MPa，CO_2排放≤600kg/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，CO_2减排50%以上；碳化制品CO_2捕集能力≥15%；研发不少于5种低碳混凝土/制品，并在建筑、交通、市政等城镇化领域示范应用，应用总量≥100万立方米；编制国家/行业/团体标准10项以上。

有关说明：由企业牵头，产学研联合申报。

4.2 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，其中严寒寒冷地区集结构、防火、防水、耐候、保温、装饰一体化，夏热冬冷地区集结构、防火、防水、耐候、保温、隔热、装饰一体化，夏热冬暖地区集装饰、防火、防水、隔热、耐候一体化且可实现被动辐射致冷；研发集装饰、防火、防水、保温、耐候一体的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：以上不同墙体都必须满足国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB55015-2021）不同气候区传热系数指标限值的要求；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≤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 180kg/m^2、墙板面积不小于

$10m^2$；装配式墙板减少围护外墙施工现场工作量 85%；满足 A 级防火，外饰面层可维护，寿命 50 年；装配式框架结墙板饰面材料的吸水率小于 1%；建成围护结构生产线 4 条，完成发明专利受理和授权 10 项，研编国家/行业/团体标准和工法 5 项，在以上 4 个气候区完成 10 项示范工程，建筑总面积≥15 万平方米。

有关说明：由企业牵头，产学研联合申报。

4.3 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；开展公共建筑环境人因工程设计方法与应用研究，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-辐射耦合冬夏一体化末端，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的个性化调控系统 3 套，与常规系统相比人的工作效率提升 20%以上，单位面积冷、热负荷降低 20%以上，环境舒适温度范围拓宽>2℃；编制国家/行业/团体标准 1~2 项；完成典型气候区公共建筑环境人因工程示范工程 3 项以上，面积不少于 10 万平方米。

4.4 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。

有关说明：由企业牵头，产学研联合申报。

4.5 健康住区环境监测评价和保障关键技术研究与示范

研究内容：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科技支撑不足的问题，研究室内外环境中空气、声、光、设施、色彩、植被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，获得 20 种以上显著影响人体生理指标的环境因子；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≤10s；建立覆盖全年龄层的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，抽样应符合我国人口结构特征，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，形成设计导则 1 项；建设不少于 100 万平方米的示范工程，室内环境达到《健康建筑评价标准》（T/ASC02-2021）优良级别，空气污染疾病负担降低 30%以上，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、≥20 种端口协议、≤5ms 时延的多源数据采集与集成管理的平台，建立针对建造过程云边端协同

的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，面向一体化建模的工地场景关键要素智能语义解析准确率达到 90%以上；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 高性能预应力工程结构体系与应用关键技术

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%，研发高效预制预应力混凝土新型构件 3 类以上；研发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；建立预应力混凝土结构、预应力钢结构在役性能评价方法；研发预应力碳纤维复材结构设计方法与施工关键技术，提出适应土木工程需求的国产碳纤维复材索设计指标，研发锚固效率≥95%的配套锚具与连接产品 2 套；编制国家/行业/团体技术标准 6 项，图集 1 项，技术手册 1 项，专项工法 2 项；申请/获得发明专利 15 项、软件著作权 4 项；完成示范工程 10 个，总建筑面积≥20 万平方米。

5.3 高效能标准化钢结构体系与应用关键技术

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；研究高效能标准化轧制型材应用关键技术，研发轧制型材数字化、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；研发防灾性能好、舒适度高的轧制型材钢结构体系标准化关键技术；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%；轧制型材钢结构标准化体系抗震性能和防火性能提高10%，舒适度性能提升20%；申请授权发明专利不少于5项，编制相关国家/行业/团体标准、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—混凝土组合结构体系与应用关键技术

研究内容：针对重大基础设施与民用建筑的恶劣服役环境和复杂功能需求，研究超高性能混凝土、高性能钢材等新型结构材料在钢板—混凝土组合结构体系中的应用，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-混凝土组合结构体系；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—混凝土组合结构体系，建立新型钢板—混凝土组合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建筑信息模型（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<1mm，支持1mm~100km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；制修订BIM相关国家标准不少于2项、行业/团体标准不少于2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 10 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≤0.5t/m^2，标准化率达 90%、单层自升降≤2.5h），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；编制相关国家/行业/团体标准不少于 2 项，在“一带一路”沿线、京津冀、粤港澳大湾区等地区示范应用不少于 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：针对市域、城际交通长大隧道盾构施工，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；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同步推拼条件下推力矢量主动控制技术；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：实现数据驱动的三维地质空间解析与表征；实现

盾构掘进轴线自主规划智能控制，精度±50mm；盾构同步推拼施工效率较传统交替推拼工法提升25%以上；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±2mm，平均拼装时间缩短25%以上；研制直径10米以上兼具智能控制、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,在国家可持续发展创新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、储存和输送系统关键技术

研究内容：针对低品位热量采集、转换、储存和输送过程，研究以㶲耗散和㶲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300万平方米；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；完成直流家电相关国家/行业/团体标准 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与示范

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的问题，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（不少于 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效益单元营建模式 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≥2.0℃，形成典型城市的蓝绿空间项目设计案例 2~3 项；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,形成典型廊道设计案例，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。

6.4 太阳能富集区零碳建筑关键技术研究与示范

研究内容：以零碳建筑共性问题和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，兼顾国家可持续发展议程创新示范区。

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，零碳建筑在以年为周期核算下实现运行碳排放量≤0 且不依赖火电；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≥90%，精准输配及末端关键技术与新产品 6 套以上，输配损耗≤5%；在太阳能富集区及国家可持续发展议程创新示范区建成 3 项以上、不少于 6 万平方米零碳建筑示范，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》（GB55015-2021）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关键技术研究与应用

研究内容：以支撑我国建筑领域碳达峰为目标，针对零碳建筑定义内涵、性能指标、设计方法缺失、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及软件工具；研究零碳建筑关键技术指标体系和评价方法；研究零碳建筑用能负荷与能源供应的匹配规律，开发相应的精准协

同控制方法与技术；研发满足不同气候区要求的零碳建筑外墙保温材料、部品及相应的产品标准、构造方法、施工工艺、评价标准；建设高性能围护结构热工性能数据库。

考核指标：建立低碳/近零碳/零碳建筑控制指标体系；提出建筑碳排放通用计算方法和工具；提出零碳建筑建设及运行评价新方法不少于 3 项；开发建筑用能与能源供给精准协同控制方法及技术 3 项以上，提高建筑用能效率 10%以上；开发适用于不同气候区零碳建筑的保温材料与部品不少于 5 项，编制产品标准、施工工法及图集 10 项以上；建设支撑零碳建筑的高性能围护结构热工性能数据库，纳入材料与部品不低于 2000 项；完成适宜成本下的零碳建筑技术集成与应用示范不低于 10 万平方米；编制完成零碳建筑技术相关国家/行业/团体标准 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与示范

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（包括现场处置装备、工艺模块化设计和产业园处置）技术体系；研究基于产品性能需求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；开展工程渣土、拆除垃圾、装修垃圾再生产品生

产体系化、应用体系化、标准体系化工程示范。

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能力依次达到 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 1 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≥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≥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/团体标准及规范（征求意见稿）、指南 5 项以上。

西北农林科技大学bot