

# “十四五”国家重点研发计划“交通基础设施”

## 重点专项 2023 年度项目申报指南

### (征求意见稿)

#### 1. 交通基础设施智能技术

##### 1.1 智慧道路建设运行关键技术（共性关键技术类）

**研究内容：**研究智慧道路建设与运维技术体系架构；研究内嵌低成本、全域性、分布式感知单元的智慧道路建设技术，研发智慧道路性态在线感知、诊断与评估系统；研究智慧道路路域感知单元与外部移动单元的信息交互技术；研发全时、全域、全事件的端/边/云控制的智慧道路 R2X 集成管控服务系统；开展示范应用验证。

**考核指标：**提出智慧道路的功能架构、物理架构和建设运维技术要求；形成智慧道路内嵌感知单元的布设与防护技术方法，感知单元平均使用寿命 $\geq 15$  年，智慧道路性态在线感知、诊断与评估系统具备在线联网功能，技术就绪度不低于 7 级，道路性态监测的有效平面覆盖率 $\geq 90\%$ ，交通和环境信息感知精度 $\geq 90\%$ ，设施服役性态评估精度 $\geq 85\%$ ；路域感知单元与外部移动单元信息交互通讯延时 $< 10\text{ms}$ ，路域服役状态检测定位至单车道，检测时延 $\leq 1\text{s}$ ；建立智慧道路的 R2X 集成管控服务系统原型，具备道路设施运行状态、病害、设

施利用率等信息处理与多模式发布功能，道路全线服役性态更新时间 $\leq 10$ 分钟，信息准确率 $\geq 98\%$ ；示范应用验证工程总长度不少于20公里；编制智慧道路建设运维技术标准不少于1部。

**关键词：**智慧道路，协同运行，R2X 交互服务系统

## **1.2 超长海底隧道智能建造技术（共性关键技术类）**

**研究内容：**研究超长海底隧道岩体覆盖层最小厚度确定方法、长距离无竖井通风排烟系统、主动控压型排水系统设计方法；研究钻爆法和盾构法围岩感知、灾害预测和智能决策技术；研发钻爆法全工序少人化作业关键技术与施工机器人装备；研发超大直径盾构长距离穿越海底复杂地层安全高效和智能掘进技术及配套装备；研发“人-机-物-环”全息多维感知管控平台。

**考核指标：**形成钻爆和盾构法组合模式下最小岩石覆盖层厚度确定方法软件，提出设计风速 $\leq 10\text{m/s}$ 、纵向换气风速 $\geq 2.5\text{m/s}$ 且通风区段大于20公里的无竖井辅助通风排烟系统方案，衬砌水压承载能力 $\geq 1.5\text{MPa}$ 、隧内排水标准 $\leq 0.1\text{m}^3/\text{m.d}$ 且具备水压感知和超压排水能力的防排水系统设计方案；构建隧道施工灾害预测和智能决策系统，掌子面复杂环境下岩体结构面识别精度达到毫米级，围岩智能分级准确率 $\geq 90\%$ ，突涌水、围岩垮塌灾害预测准确率 $\geq 80\%$ ；形成钻爆法施工掌

子面排险、智能装药等机器人装备 $\geq 3$ 台套，全工序人数减少 60%，施工效率提升 15%；研制大直径盾构刀具磨损监测装备和换刀机器人，刀具磨损监测精度 $\leq 0.1\text{mm}$ 、平均常压换刀时间不超过 3 小时/把；开发大环宽管片同步注浆检测装备，检测精度达到厘米级；研发适用超长海底隧道洞渣处理系统，洞渣综合处理能力 $\geq 100\text{m}^3/\text{h}$ ；研制气体环境一体化监测装备，监测种类包括  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等气体等不少于 8 种；全息多维感知管控平台能实现人员、设备、车辆、材料厘米级定位，具备数据统筹分析和隧道施工风险、施工工序、施工质量、灾害处置等施工决策辅助管控功能；编制海底隧道智能建造相关标准不少于 2 部。

**关键词：**超长海底隧道，智能建造，智能管控

### **1.3 高速铁路线路基础设施智能运维关键技术与装备（共性关键技术类）**

**研究内容：**研究高速铁路线路基础设施服役性能智能表征方法；研究基于空天车地一体化的线路基础设施智能评估技术；研究基于数据驱动的线路基础设施智能运维决策与养修关键技术；研发线路基础设施自主化智能大型养修装备关键技术；研发线路基础设施智能运维平台；开展智能运维技术应用示范。

**考核指标：**形成基于建筑信息模型的基础设施状态轻量

化虚实映射技术，建立裂缝、掉块、变形等不少于 5 类服役状态表征模型，支持服役性能关键信息的快速提取与动态交互，模型精度 $\geq 90\%$ ；形成基础设施变形及周边环境的星基检测技术，研制道岔、无缝线路位移等基础设施状态检测装备 $\geq 2$ 项，技术就绪度不低于 7 级，病害检出率 $\geq 90\%$ ，提出静态融合的线路基础设施服役性能综合评估方法和指标体系，编制智能评估技术标准建议稿不少于 2 项；形成包含路、桥、隧设施类型不少于 3 种的线路基础设施状态修与预防修成套技术清单，编制智能运维标准不少于 2 项；开发形成高速铁路线路基础设施智能养修技术 $\geq 3$ 项，提高作业效率 $\geq 10\%$ ，减少作业人员 $\geq 20\%$ ；形成智能化道床清筛车样机 1 台，技术就绪度不低于 7 级，清筛作业效率 $\geq 1200\text{m}^3/\text{h}$ ，具有清筛作业后线路质量智能检测功能，作业后横向水平极限偏差不超过 $\pm 10\text{mm}$ ；开发基于空天车地综合检测监测数据的线路基础设施智能运维平台，技术就绪度不低于 7 级，具备智能化的检测评估、养修决策和资源优化配置等功能；智能运维平台在不低于站段级的典型高速铁路线路基础设施开展示范应用，智能养修技术示范应用工点 $\geq 4$ 个。

**关键词：**高速铁路，一体化智能感知，智能运维决策，智能养路机械

#### **1.4 沿海大型港口群航道设施智能化关键技术（共性关**

## 键技术类)

**研究内容：**针对海港航道设施智能化程度低、港口群航道复杂交通流环境堵航等问题，研究通航要素长效实时监测的离岸导助航设施智能化技术；研究海上通信离岸标体建站及组网技术；研究海港航道通航环境高精度数值预报及航道动态实时数字孪生技术；研发港口群复杂环境航道高效协同指挥决策平台。

**考核指标：**开发气象水文要素信息采集及浮标运行状态遥测系统，水下要素测量盲区 $\leq 0.5\text{m}$ ，识别 4 种以上异常运行状态（漂移、信号灯异常、供电异常、通信异常等），异常报警准确率 $\geq 95\%$ ；研制抗浮动干扰的小型化海上通信基站，工作状态抗风等级 $\geq 7$  级，信号稳定覆盖距离 $\geq 5$  公里；提出海-陆组网高效数据传输方法，超远距离( $\geq 100\text{km}$ )海-陆基站组网传输速度 $\geq 10\text{Gb/s}$ ；研发同化现场测量数据的水动力与泥沙高精度国产化三维预报软件，泥沙淤积预报误差 $< 0.1\text{m}$ ；构建航道动态实时三维数字孪生模型 1 套，比例尺 $\geq 1:100$ ，覆盖航道地形、水文、气象等；形成港口群复杂交通流环境航道高效协同指挥决策平台，具备长航路乘潮、夜航、雾航、双向通航等 4 种以上复杂环境下的通航智能决策，实现大型重点船舶（LNG 船舶、油轮、战略物资船舶）抵港“零待时”；在 20 万吨级以上大型海港航道完成 3 种以上复杂

环境的实船测试验证。

**关键词：**沿海港口，智慧航道，通航效能，通航环境要素预报

### **1.5 铁路基础设施无人工地技术集成应用(应用示范类)**

**研究内容：**研究适应无人工地的铁路基础设施智能施工组织与施工要素动态调控技术；研究施工状况感知与装备作业参数互馈调控的智能施工技术及多机协同技术，研发不同场景下关键工序智能施工装备；研究智能施工装备的故障诊断及应急处理技术；研究铁路基础设施无人施工集群智能装备远程遥控及集中控制技术；开展无人工地技术集成与应用示范。

**考核指标：**开发施工现场多要素实时智能管控与决策系统，技术就绪度不低于 7 级，实现人机料法等生产要素和施工组织实时动态调控，降低设备空置率 $\geq 60\%$ ，提高施工组织效率 $\geq 30\%$ ；形成具备“施工状况感知-装备作业参数调控”互馈机制的无人化首台（套）装备，包括工程装备导航通信与定位增强装备、工程装备智能控制器、工程装备远程遥控驾驶舱等，技术就绪度不低于 7 级，智能施工装备多机协同技术可实现不少于 2 类施工环节的协同作业；形成基于协同感知与控制的智能施工装备故障诊断及应急处理技术，实现施工装备故障状态的自动调控，降低装备故障率 $\geq 20\%$ ；构建智

能施工装备集中控制中心，实现对工地现场的全景观测与人机料法等要素全过程管控，全流程监控率和事件识别准确率不低于 99%，远程遥控信号延迟 < 10 毫秒，远程遥控智能装备数 $\geq 3$  台（套）；在不少于 2 类场景的铁路基础设施施工工地进行示范应用验证，提高整体施工效率 $\geq 30\%$ ，总体减少用工量 $\geq 50\%$ ，实现工地现场连续作业；编制无人工地施工状况检监测、智能施工装备控制等相关技术标准建议稿不少于 4 项。

**关键词：**无人工地，无人集群，多机协同，远程遥控

## **2. 交通基础设施韧性技术**

### **2.1 长大线形交通基础设施应急抢修与快速保通技术 （共性关键技术类）**

**研究内容：**研究山洪、重大地质灾害下长大线形交通基础设施灾情侦测、结构检测与性能损伤评估技术及装备；研发交通基础设施结构灾变破坏试验及仿真技术，研究损伤结构修复加固机制与对策；研发桥梁和路基损伤结构原位快速破除、高效补强加固等应急保通技术；研发隧道灾后处置的非开挖快速定向钻进加固装备及功能保持临时结构；研发交通基础设施结构功能伤损部位韧性修复、加固材料与装备。

**考核指标：**研制交通基础设施灾情侦测、检测装备 $\geq 3$  台（套），灾后隐蔽部位损伤定位检测精度 < 0.5m、检测深

度 $\geq 3\text{m}$ ；开发长大线形交通基础设施灾情评估系统，性能损伤评估更新时间 $< 1\text{min}$ ；建立长大线形交通基础设施结构灾变破坏试验与仿真再现平台，覆盖隧道结构失稳、路基损毁等类型 $\geq 6$ 种，建立 $\geq 6$ 种损伤类型的结构加固措施与决策方法；形成桥梁和路基设施灾后应急保通技术，损伤结构功能恢复80%的时效提升50%，百米范围内路基损毁掩埋路段通车恢复时间缩短至12小时；研制非开挖快速定向加固装备 $\geq 1$ 台套，钻进速度 $\geq 12\text{m/h}$ ，百米范围内定位精度 $\leq 30\text{cm}$ ，开发短时功能保持强度 $\geq 30\text{MPa}$ 的复合装配式套衬结构；形成适用于桥梁、隧道、路基等6种类型以上结构伤损部位韧性修复与加固材料，损伤修复材料1h可达 $20\text{MPa}$ ，终强可达 $40\text{MPa}$ ；加固装备注浆压力 $\geq 8\text{MPa}$ 、注浆量 $\geq 5\text{m}^3/\text{h}$ ；完成典型场景技术应用验证不少于3处；编制长大线形交通基础设施快速抢修与应急保通技术标准建议稿2项。

**关键词：**灾情侦测，结构检测，处置决策，快速修复，应急保通

## **2.2 大型机场设施安全性能提升关键技术（共性关键技术类）**

**研究内容：**针对影响机场设施运行安全的多源重大隐患，研究机场及周边建筑物影响下的机场通信导航监视设备电磁环境数字化分析与干扰消减技术；研究机坪复杂场景与

运行任务协同的外来异物智能检测及处置方法；研究跑道周边区域超低空鸟类活动精确感知及驱赶技术；研究关键岗位作业人员疲劳生化代谢新机理与人为差错风险预警方法；研究机场“环-物-人”重大运行安全风险源监测与预警防范技术。

**考核指标：**构建民用机场通信导航监视设备电磁环境分析平台，具备 9 种（VHF、GP、LOC、VOR、DME、SMR、SSR、ADS-B、MLAT）以上设备的分析能力，多径干扰源有效识别率 $\geq 98\%$ ，形成多径干扰消减率 $\geq 90\%$ 的民用机场通信导航监视设备频段的新型吸波组件；研制机坪、航空器运行协同的移动式外来物快速检测处置装备，2cm（及以上）外来物检测率 $\geq 98\%$ ，检测和清理效率 $\geq 50\text{m}^2/\text{s}$ ；构建机场鸟类活动探测与防范系统，可与 3 种以上驱鸟设备智能联动，跑道 2 公里范围内 100 米以下低空鸟类活动探测率 $\geq 90\%$ ，研制驱鸟作业高度 $\geq 60$  米的新型驱鸟设备；提出管制员值勤差错风险量化分级评价指标体系，开发人为差错风险预警系统，管制员适岗能力下降风险预警准确率 $\geq 85\%$ ，管制员岗中差错风险提前预警时间大于 10 分钟，编制在岗执勤胜任能力检测评估、风险预警相关标准规范建议稿 1 项；形成面向机场“环-物-人”风险主动防控的综合示范系统，可实现对电磁干扰、机坪外来物、鸟击、人为差错等至少 4 种安全风

险监测评估与主动防控，在年旅客吞吐量达 2000 万人次以上的大型机场开展综合应用验证。

**关键词：**大型机场，风险监测，主动预警，协同防控

## **2.3 离岸岛群深厚软土地基交通基础设施建设关键技术 (共性关键技术类)**

**研究内容：**针对离岸岛群工程建设面临的深厚软土地基加固等重大技术难题，揭示强动力和高附加应力条件下离岸岛群深厚软黏土地基蠕变、弱化机理、加固机理，以及离岸岛群工程结构的动力响应机制和破坏机理；研发适应深厚软黏土地基及复杂运行环境的离岸岛群工程设施新结构；研究大荷载堆场软土地基快速加固处理、基于侧向减载和变形控制的地基加固的技术方法；研究交通基础设施结构与堆场地基协同设计与韧性评价技术方法、交通基础设施安全评估技术。

**考核指标：**构建 1 套适用于波浪、地震、冲击等荷载耦合作用下的高附加应力软土本构模型、加固体本构模型，以及地基长期变形条件下的离岸岛群工程结构动力响应计算模型，经大型离心模型验证的模型计算误差 $\leq 10\%$ ；提出基于韧性的深厚软基上新型结构设计方法与标准，开发 2 种以上适应离岸岛群复杂波流条件和深厚软土地基的新型工程结构，百年一遇极端海况作用下结构的失效概率 $< 0.05$ ；研制

2 种以上适于深厚软土地基加固的新技术与新材料，地基加固处理工期缩短 2 个月以上，处理深度 $\geq 25\text{m}$ ，加固后地基承载力 $\geq 300\text{kPa}$ ；形成离岸岛群交通基础设施在复杂海洋环境条件下长期运营的安全评价体系，编制交通基础设施结构与堆场地基协同设计指南、韧性评价标准等 2 项；开展新结构、加固新技术在 25m 以上深厚软土地基工程中的技术验证。

**关键词：**离岸岛群，软土地基，新结构，地基处理

## **2.4 海域机场设施性能主动监测预警与快速恢复技术 (共性关键技术类)**

**研究内容：**针对填海、围海、岛礁等海域机场设施在严酷环境、台风涌浪和冲击荷载下的韧性增强和功能恢复需求，研发机场场道设施性能的在线监测技术与系统；研究机场场道设施性能主动诊断与预警方法；研究台风和特殊重大事件下机场场道设施性能的韧性增强技术；研发适应典型海域环境和飞机重载作用的机场场道设施性能快速恢复结构与材料；研发适配海域机场环境、结构、材料和修复时限要求的机场场道设施性能快速恢复装备。

**考核指标：**构建海域机场场道性能在线监测系统，监测范围实现跑道轮迹带的 100%覆盖，能感知飞机 200km/h 及以上时滑跑和降落冲击引起的结构响应，变形、抗滑、温湿度等监测准确率 $\geq 90\%$ ；构建飞机重载和海域环境耦合作用

下场道设施性能劣变演化方程，提出数据和力学融合的性能诊断和预警方法，涵盖水侵沉降、盐蚀起砂、抗滑、开裂等 4 种以上性能，诊断和预警准确率 $\geq 90\%$ ；形成海域机场高保障防浪结构，台风工况下越浪量相对现有规范减小 30%；开发跑道高韧性结构和构造，特殊冲击下的局部单体破坏 $\leq 200\text{m}^2$ ；研发场道设施性能快速恢复结构不少于 2 种、高韧性修复材料不少于 3 种，局部性能恢复时间短于 2 小时，多板性能实现不停航恢复，功能恢复达到 100%；研制机场设施性能快速修复装备 3 台(套)以上，技术就绪度 $\geq 7$  级，破除设备的单板及局部破除时间 $< 1$  小时，材料施工设备具备浇筑一体化功能且浇筑能力 $\geq 10\text{m}^3/\text{h}$ ；在不少于 3 个典型环境的海域机场进行应用验证。

**关键词：**海域机场设施，性能监测，诊断预警，韧性增强，快速恢复

### **3. 交通基础设施长寿命技术**

#### **3.1 高速、重载铁路轨道结构耐久性提升关键技术（共性关键技术类）**

**研究内容：**研究高速、重载铁路轨道结构服役性能演变机制与长寿命设计方法；研究铁路轨道结构寿命评估预测技术；研究基于系统性能匹配和高频疲劳性能提升的在役高速铁路轨道结构延寿技术；研究基于部件强化及结构性能提升

的重载铁路轨道结构延寿技术；研究轨道结构服役寿命提升的快速改造技术；开展示范应用。

**考核指标：**提出基于材料-结构-性能协同的高速、重载轨道结构长寿命设计关键参数，扣件设计寿命提升 30%、道岔辙叉设计寿命提升 40%、道岔曲尖轨设计寿命提升 100%、轨枕设计寿命提升 20%、轨道板设计寿命提升至 100 年；构建轨道结构剩余寿命评估指标，开发基于钢轨和道岔轨件等足尺试验的寿命评估预测系统，评估和预测精度 $\geq 90\%$ ；形成高速铁路轨道结构延寿技术 $\geq 3$  项，在役无砟轨道轨道板使用寿命提升至 100 年，扣件系统高自频弹条固有频率提升至 800Hz 以上，弹性垫层寿命由 12 年寿命延长至 16 年；形成重载铁路轨道结构延寿技术 $\geq 3$  项，扣件弹性垫层通过总重由 500Mt 提升至 650Mt，有砟道床应力减小 15%以上，有砟道床维修周期延长 50%以上；有砟轨道结构强化技术实现捣固维修周期延长 25%以上，在役道岔辙叉部件在线快速更换技术实现辙叉寿命提升 0.8 倍，轨道板、轨枕裂缝快速修复技术实现修补粘结强度 $\geq 5\text{MPa}$ 、2h 抗压强度 $\geq 20\text{MPa}$ ；编制高速、重载铁路轨道结构延寿相关技术标准建议稿不少于 3 项。

**关键词：**高速铁路，重载铁路，轨道结构，寿命评估，延寿

### 3.2 极端气候下在役交通基础设施寿命增强技术（共性

## 关键技术类)

**研究内容：**研究环境显著变异、极端气候频次暴增和强度骤变对交通基础设施脆弱性风险影响的关键因素，分类构建典型交通基础设施全生命周期脆弱性分级体系和评级标准；研发面向不同脆弱性风险等级、具备自感知和自修复功能的交通基础设施自主式工程调控材料；研发交通基础设施寿命增强的老化高效抑制、精准靶向加固、形性协同改造和多重灾害控制技术；研制适用于极端气候的可穿戴式辅助施工装备和混凝土智能养护模板系统。

**考核指标：**构建高温严寒、高湿干旱和突发洪水等极端气候下交通基础设施脆弱性分析模型，模型精度 $\geq 90\%$ ；提出桥梁、隧道等不少于 3 类典型基础设施的脆弱性量化指标、分级体系和评价方法，编制交通基础设施脆弱性动态评级技术标准建议稿；开发自感知纤维增强复合材料、自修复界面粘结剂和防腐涂层工程材料各 1 种，传感精度 95%以上、损伤自修复率不低于 80%、防腐性能提升 30%以上，技术就绪度不低于 7 级；形成老化高效抑制、精准靶向加固、形性协同改造和多重灾害控制的技术 4 种，工期缩短 20%，成本持平或有所降低，寿命增强 100%，多灾害韧性提升 80%以上，并开展至少 2 类交通基础设施的示范应用验证；研发可穿戴式人工辅助施工装备 1 套，适应极端气候条件并以机械助力

等方式提高工作效率 30%以上；研制混凝土智能养护模板系统 1 套，具备温湿度场感知驱动的养护自主式调控功能，感知精度误差和性能调控偏差 5%以内。

**关键词：**交通基础设施，极端气候，脆弱性，寿命增强，自主式

## **4. 交通与能源融合**

### **4.1 铁路分布式能源自洽中压直流牵引供电系统理论（基础研究类，青年科学家项目）**

**研究内容：**研究铁路分布式能源自洽中压直流牵引供电系统架构；研究自洽能源中压直流牵引供电系统“车-网-源-储”的交互影响机理与匹配关系；研究铁路分布式能源自洽中压直流牵引供电系统模拟实验方法。

**考核指标：**提出铁路分布式能源自洽中压直流牵引供电系统的物理架构和功能架构，以及不同工况下新能源、储能、柔性直流牵引变电所、机车负荷间能量流动的逻辑架构；形成自洽能源中压直流牵引供电系统的稳定分析与控制方法，保证在 4 种以上典型工况下中压直流牵引供电系统稳定运行；搭建中压直流牵引供电系统模拟平台，具备模拟运行的机车数量不少于 4 台及 2 种以上新能源接入的高效高可靠并网与能量管控模拟实验功能。

**关键词：**中压直流牵引供电系统，高效高可靠并网方法，

分布式清洁能源自洽供给

## 4.2 智能网联道路交通系统的能源自洽技术（共性关键技术类）

**研究内容：**针对人-车-路-环境智能网联设施供能需求，研究与分布式能源捕获装置布设相协调的道路几何、结构、自洽能源设施一体化设计方法；研究道路分布式高熵能源捕获技术及捕获装置；研究分布式能源装置的变换拓扑结构及微网集成和控制技术；研究突发应急情况下道路自洽能源系统自身连通保持与高弹性快速恢复技术；研发道路分布式自洽能源多微网集群及其与外部供电网的联合调度技术。

**考核指标：**构建智能网联道路几何-结构-材料-能源设施协同设计控制指标，形成面向智能网联交通系统的能源系统优化布设方法，智能网联交通系统能源自给率大于 50%，优化后智能网联交通系统能源消耗节省 20%，编制相关设计规范建议稿不少于 2 项；研制适配于道路交通智能网联系统的高熵能源捕获装置，能源获取方式 $\geq 2$  种，高熵能源捕获效率 $\geq 50\%$ ；开发完成高效率、高增益的微网集成和控制系统，分布式自洽微电网系统最小独立供电时间 $\geq 2\text{h}$ ，输入电压波动变化范围 $\geq 50\%$ ，额定变换效率 $\geq 95\%$ ；研制自洽能源智能路由装置，输入输出功率 $\geq 5\text{kW}$ ，支持电源、网络、负荷的桥连及即插即用，支持远程网络重构；能量源故障识别响应准

确率 $\geq 95\%$ ，能量源自洽接入时间 $\leq 480\text{ms}$ ，能源系统平均故障间隔时间 $\geq 8000\text{h}$ ；建立分布式自洽能源多微网集群系统及其与外部供电网联合调度平台，形成高熵能源可用度数据库和能量供需预测模型，24 小时预测精度不低于 95%，形成多源能量调度经济性最优调度方法，控制调度正确率 $\geq 99.99\%$ ，控制及调节命令传送时间 $\leq 1$  秒；开展不少于 30km 的工程应用示范验证。

**关键词：**智能网联，自洽能源，高弹性，多微网集群