

附件 3

## 2024 年自治区科技计划高原道路领域 科技重大专项申报指南



自治区科技计划科技重大专项,采取目标导向、问题导向、绩效导向管理。项目管理方式采用以项目首席科学家总负责和领导,课题负责人分级负责目标任务的管理机制。项目首席科学家负责围绕科技重大专项总体目标任务设计总体技术方案、组建研究团队、制定研究计划,组织课题整体申报,集成研究成果,总体把控项目(课题)研究进度,协调推进项目(课题)研究,监督检查各课题的进度、分目标任务完成情况,定期召开课题间学术交流研讨会和项目推进会,解决项目(课题)执行中出现的困难问题,落实项目(课题)管理、资金管理相关制度,配合相关部门开展过程管理。赋予首席科学家除延期、变更参与单位等非重大事项的审批权。课题负责人要对课题目标任务负责,在项目首席科学家的指导下,设计课题技术方案、组建研究团队、制定研究计划,特别要按照项目总体要求落实课题研究目标任务、时间节点,定期不定期向项目首席科学家报告课题进展情况,配合项目首席科学家、相关部门开展资金使用、监督检查等过程管理。项目批准后,科技厅与项目首席科学家签订“军令状”和项目任务书,项目首席科学家与课题负责人签订课题任务书。

### **指南名称:**

**3.1 在藏公路工程性能保持和韧性提升技术与集成示范**(项目类别:科技重大专项;研究类型:共性关键技术;成果导向类型:技术应用导向;研究期限:原则上不超过3年;对口行业部门:交通运输部门)

**总体目标:** 针对西藏地区高陡地形和高寒环境下,公路

地质勘测精度低、冻土特性查清难，强变气候冻融—干湿循环—行车振动多重耦合作用下路基路面韧性降低，山区公路地灾调查难、监测预警难以及在藏公路隧道建设面临的强构造运动、高地应力及大变形等一系列工程科学技术难题，建立西藏典型区域全要素地质基础、项目区域不良地质体及典型路面、路基、隧道等工程状态信息的综合管理平台 1 个；构建西藏地区紫外图谱和高海拔可再生能源自然禀赋数据库 1 个；形成在藏高海拔交通基础设施韧性评估与风险防控理论方法，建立覆盖路面、路基、隧道的基础设施系统韧性评估指标体系和评估方法；研发高海拔公路“空-天-地-内”一体化多维度集成融合的交通基础设施性状及交通运行状态精细化监测、诊断技术与智能检测装备和平台；开发密集地质灾害区路面、路基和隧道的基础设施增韧材料不少于 5 项、装备不少于 3 台（套）、关键技术不少于 8 项；形成重大咨询建议 2 份以上，编制相关标准指南（建议稿）不少于 5 项，申报发明专利不少于 30 项（其中，授权发明专利不少于 10 项），授权软件著作权不少于 6 项。研究成果可支撑区域国家战略性重大工程、国防设施与生态文明高地建设等重大战略需求，提升工程智能化、低碳绿色和安全韧性，保障重大基础设施安全，增强公路抗灾韧性能力，提高通行能力和服务水平，有力支撑国防战备及区域经济社会发展需要，为西藏长治久安和高质量发展保驾护航。

### **课题 1：在藏公路高寒高海拔地质复杂区域精细化勘测与数字化应用技术**

**研究内容：**研发高寒高海拔地质环境精细化多维立体感知探测技术、高原地区多年冻土精细探测关键技术，建立高寒高海拔区域“空-天-地-井”综合勘测体系及标准；研制高寒高海拔地质复杂区域精细化立体感知探测装备、青藏高原多年冻土区精细化探测装备及高原隧道千米级水平定向钻及配套随钻装备；开发一套基于多源数据融合的数字化地形地质模型构建技术，建立一套西藏区域工程地质环境全要素地质数据库，为设计、开发和施工提供立体化地质信息与特征分布三维全要素全景数字模型。

**考核指标：**建立西藏地区高寒高海拔地质环境精细化多维立体感知探测技术体系 1 套，研制精细化探测装备 1 套，探测系统误差 $\leq 5\%$ ，探测准确率 $\geq 90\%$ ；研发多年冻土区精细化探测技术体系 1 套，研制钻探取样装置 1 套，取样效率提高 2 倍以上，随钻参数自动采集；研发深部地温采集仪 1 套，实现地温自动化采集；研制隧道定向钻成套装备 1 套，竖向定向钻进能力 $\geq 1000\text{m}$ ，水平定向钻进能力可实现超长距离钻进；建立西藏典型区域全要素地质基础数据平台，形成“空-天-地-井”新型综合勘测技术体系，编制西藏地区精细化勘测技术指南（建议稿）1 部。

## **课题 2：在藏公路路面性能保持和韧性提升技术**

**研究内容：**研究西藏地区紫外线时空分布特征下的沥青面层紫外老化、冻融及其耦合机制；揭示沥青路面全寿命破坏模式及病害成因，分析水泥稳定碎石基层冻融损伤、沥青混合料抗紫外老化及低温断裂增韧机理，提出针对藏东南地

区水稳碎石材料抗冻性能关键评价指标，提出沥青混合料室内冻融损伤模拟试验方法，研发高寒高海拔地区抗老化、冻融耦合沥青材料、阻热沥青路面材料、抗冻耐久水稳碎石基层材料；研究高寒地区长寿命沥青路面设计与韧性提升评估方法，构建长寿命沥青路面环境荷载耦合数值仿真模型，揭示基于阻热沥青路面的路基温度调控机理；研发低碳高效的一体化快速施工装备、智能化检测及评价方法，开发高性能冷拌沥青及冷拌沥青混合料，提出最佳的生产拌合工艺，编制《西藏道路隐性病害诊断技术指南》（建议稿），并建立典型路面状态信息平台。

**考核指标：**研制 1 种沥青胶结料，抗光氧化性能提高 30%；研制 1 种沥青混合料，抗裂韧性提高 40%；研制 1 种抗冻半刚性基层材料，抗冻性能提高 30%；研制 1 种热阻沥青混合料，阻热效果提高 30%；研制 1~2 种高性能冷拌冷铺混合料，成型强度提高 30%，抗车辙性能提高 40%，材料综合排放 CO<sub>2</sub> 当量降低 30%；建立 1 套路面结构韧性评估指标体系和评估方法；构建西藏地区长寿命路面结构型式 1 种，服役寿命提高 30%；提出识别准确率达到 85% 以上的隐形病害综合分析方法，编制相关技术指南（建议稿）1 部，构建典型路面状态信息平台 1 个；研制拌和、摊铺的一体化快速施工装备，修补面积 $\geq 150\text{m}^2$ ，修复效率提高 30% 以上；开展相关技术应用示范不少于 2 处。

### **课题 3：在藏公路路基性能保持与韧性提升技术**

**研究内容：**建立环境荷载与行车荷载联合作用下在藏公

路路基温度梯度与孔压梯度双驱动多场耦合分析方法，揭示冻融循环－干湿循环－行车振动耦合作用下路基致灾机制及演化特征，提出高海拔季节性冻融区路基风险评级标准；揭示高海拔季节性冻融区路基性能衰减机理，提出季节性冻融区路基韧性评价指标体系；研究极端环境下在藏公路路基性能保持和退化、功能损失和恢复等模型，建立多因素叠加作用下路基承灾性能风险分级评估标准，提出高海拔季节性冻土区在藏公路路基多水准风险分级评估方法；突破路基防冻加固高性能材料防冻机理与制备技术，提出绿色材料-纤维联合加固路基的空间约束方法，建立绿色材料与加筋联合使用的新型路基结构技术体系；建立高海拔季冻区公路“空－天－地－内”一体化多维度融合的路基病害精细化感知遥测与智能诊断体系，研发在藏公路路基病害多源信息感知与智能巡检技术，建立多源异构数据库与精细化云诊断平台；开发在藏公路路基变形自适应一体化防护与支挡结构，研究高湿低温强紫外高海拔地区混凝土结构超强耐候防腐技术，研发路基病害靶向治理与增韧成套技术，突破低温条件下在藏公路高强速凝损伤修复材料与加固技术，形成灾后应急保通技术，提高藏季冻区公路灾后恢复效率与可靠性。

**考核指标：**提出环境荷载与行车荷载联合作用下在藏公路路基温度梯度与孔压梯度双驱动多场耦合分析方法 1 种，阐明路基致灾机制及演化特征；构建冻融循环、干湿循环和行车振动影响下路基性能退化、功能损失以及功能恢复预测模型 3 种，提出韧性指标体系与风险动态评价方法 1 套；研

发适用于在藏公路路基的绿色矿物基类固化材料不少于 2 种，固化强度 $\geq 5\text{MPa}$ ，抗冻等级 $\geq \text{F300}$ ；开发适用在藏公路的绿色材料 - 纤维联合加固路基技术，路基工后沉降较加固前降低 30%以上，形成配套施工指南；提出减振 - 防冻一体化复合结构层型式不少于 2 种，形成相应施工方法；研发 1 种低粘度高渗透抗冻融路基结构非开挖注浆加固材料，粘度 $\leq 0.2\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，固化后（加入 10%水）材料破坏变形率 $\geq 30\%$ 、抗压强度 $\geq 12\text{MPa}$ ；研发超强耐候涂层防腐涂料，附着力 $\geq 1.5\text{MPa}$ ，防护寿命 $\geq 20$  年；研发在藏公路路基典型病害智能巡检技术，检测速度 $\geq 20\text{km/h}$ ，隐蔽病害识别准确率 $\geq 70\%$ ，变形空间分辨率 $\leq 5\text{m}$ ；开发典型病害云诊断平台 1 套，准确率 $\geq 85\%$ ；编制在藏公路路基病害易发性专题图 1 套（全区 1: 100000，重点工程 1: 10000）；形成在藏公路路基变形自适应防护与支挡结构 3 类，编制标准设计图集 1 套；发明注浆增韧修复材料不少于 2 种、靶向注浆技术 1 种，编制相关施工指导规程（建议稿）1 部；开展相关技术应用示范不少于 2 处。

#### **课题 4：在藏公路工程地质灾害密集频发区地灾综合防治关键技术**

**研究内容：**开展藏东南高山峡谷区公路廊带典型灾害链生发育规律特征及分布规律研究，揭示灾害链孕灾机制和演化特征；研究单一灾种和多灾种作用下公路廊带地质灾害危险性精细化分区与评价方法，构建强泛化高置信度多灾种耦合环境下的公路地质灾害危险性精细化分区；开展多源数据



融合的公路地质灾害智能化识别、监测技术研究，提出融合“空-天-地-内”多源异构数据的地质灾害智能识别方法，研发耦合人工智能和物理过程的地质灾害多时空尺度、多阶段渐进式监测预警技术，构建高效率、多尺度的监测预警体系；开发适用藏东南脆弱环境的生态固坡、坡面绿化与快速胶凝绿色高强固化高性能锚固剂等材料与技术，研究轻型装配支挡和柔性锚固结构等地质灾害快速处置技术体系，建立在藏公路应急抢险技术与综合防治体系；开发公路地质灾害防治工程全寿命周期数智化管理系统。

**考核指标：**构建强泛化高置信度公路地质灾害危险性评价模型，置信度达 80%以上；编制藏东南灾害密集频发区单一灾种和多灾种耦合环境下公路地质灾害危险性精细化分区图 1 张，精度不低于 1:10000；提出基于高分影像的公路地质灾害的智能化提取技术，精度达到 85%以上；开发仿地航测系统，实现藏东南山区无人机安全飞行，分辨率达到厘米级；开发地质灾害无人机组航空物探技术，10m 以浅坡体探测深度分辨率达 0.5m，50m 以浅坡体探测深度分辨率优于 1.5m；建立多源异构数据结构特征统一表征与融合方法，实现藏东南公路地质灾害识别正确率 > 70%；强降雨、暴雪等情况下地质灾害预警准确率 > 60%；开发“空-天-地-内”地质灾害立体监测系统 1 套；研发快速胶凝绿色高强固化高性能锚固注浆材料，初凝时间 5~30 分钟，强度达到 50%的凝固时间≤24 小时；开发地质灾害快速处置技术体系 1 套，编制藏东南公路地质灾害抢险保通快速处置技术指南（建议稿）

1 部；开发公路地质灾害防治工程全寿命周期数智化管理系统 1 套；开展相关技术应用示范不少于 4 处。

### **课题 5：在藏公路隧道灾害防控与结构韧性提升技术**

**研究内容：**揭示强震-位错耦联作用下隧道衬砌结构分区裂损破坏演变规律，构建隧道自适应韧性结构体系及整体化设计方法；揭示富水深大断裂破碎带隧道掌子面失稳及突水突泥致灾机理，提出深大断裂突水突泥最小安全距离判识方法；构建在藏隧道岩爆及大变形围岩稳定性控制及主动支护技术体系；研究隧道施工灾害潜伏-孕育-发生的信息特征反馈和多源采集数据融合与高效处理方法，开发在藏公路隧道灾源判识-灾害风险评估-险情预警与决策的专家系统；研发超长隧道钻爆法开挖与支护关键工序标准化绿色施工技术及配套节能装备，形成在藏公路隧道绿色建造技术体系，编制在藏隧道钻爆法开挖与支护关键工序绿色施工技术指南；提出在藏高海拔双向行车公路隧道运营通风卫生标准及火灾排烟浓度控制标准，开发 10km 级高海拔双向行车公路隧道节能通风控制软件，编制 10km 级高海拔双向行车公路隧道协同控制应急救援预案；建立隧道收敛变形、结构应力、衬砌开裂、修复成本等韧性指标体系和分级阈值，构建基于功能损失-修复成本的隧道韧性评估方法；开发矿物基类速凝高强注浆材料和混凝土自修复材料；研发在藏隧道全周期灾变风险智能感知与时空全域预测技术，建立在藏隧道施工运营状态实时监测与智能管控平台。

**考核指标：**揭示强震-位错耦联作用下隧道衬砌结构分区

裂损破坏演变规律，编制在藏活动断裂场区隧道结构设计技术指南（建议稿）1部；揭示高原富水深大断裂突水突泥致灾机理，提出深大断裂突水突泥最小安全距离判识方法；构建在藏隧道岩爆及大变形围岩稳定性控制及主动支护技术体系，编制在藏高地应力隧道结构设计技术指南（建议稿）1部；研发在藏隧道灾源判识-灾害风险评估-险情预警与决策的专家系统1套；编制在藏隧道钻爆法开挖与支护关键工序绿色施工技术指南（建议稿）1部；提出在藏高海拔双向行车公路隧道运营通风卫生标准及火灾排烟浓度控制标准，研制10km级高海拔双向行车公路隧道节能通风控制软件1套，编制10km级高海拔双向行车公路隧道协同控制应急救援预案1套；开发矿物基类速凝高强注浆材料，凝结时间10~40min可控，泌水率0%，强度 $\geq 5\text{MPa}$ ；研发混凝土自修复材料，初始强度 $\geq 40\text{MPa}$ ，自修复率 $\geq 70\%$ ；形成在藏隧道性能保持与韧性提升相关技术1套；开发在藏隧道施工运营状态实时监测与智能管控平台1套；开展相关技术应用示范1~2处。

#### **课题6：在藏公路全天候交通主动管控与韧性通行技术**

**研究内容：**构建交通运行风险的故障树和突发灾害事故下公路交通运行韧性评估模型，建立多尺度、多要素在藏公路交通运行韧性定量评价方法；研究多维度、多时空尺度交通运行状态感知识别技术和信息参数提取方法，实现气象、地质灾害等多因素耦合作用下交通状态的精准监测和预警，建立交通运行“拥堵-阻断”状态预警动态分级标准，搭建基于

数字孪生的在藏公路突发灾害交通事故高精度识别预警平台；构建考虑公路工程建设扰动影响的低密度路网拓扑结构道路交通系统韧性网络分层模型，提出单一路径和有限多路径条件下节点-路段级交通流主动控制综合诱导策略，研发路段或节点交通状态分层决策控制和主动干预技术及设备，实现工程建设扰动影响路段交通流速度、密度、路径动态调控。

**考核指标:** 构建 1 套涵盖区域路网-单一路段-重要节点 3 个尺度以及灾害时空分布、交通运行状态、公路网络反应过程 3 个要素的交通运行综合韧性定量评价体系；研发突发气象、地质灾害下“空-天-地”一体化交通拥堵、阻断识别技术，拥堵、阻断里程、持续时间、速度等 3 种以上表征参数准确率 $\geq 95\%$ ；开发在藏公路突发灾害交通事故识别预警平台 1 个，公路建设扰动影响区域“拥堵-阻断”预警准确率 $\geq 90\%$ ；编制 4 种以上交通流主动控制综合诱导方案，研制 2 套主动式交通信息诱导和控制设备，交通运行速度控制、行驶路径诱导有效率 $\geq 90\%$ 。

### **课题 7: 基于多源的建筑固废再生利用与绿色低碳技术**

**研究内容:** 构建一套藏东南地区全寿命周期公路绿色低碳建、管、养技术评价指标体系和定量化评价方法，建立适合西藏地区的碳排计算标准和系统；探明藏区沥青混合料老化行为及性能衰变机理，提出废旧沥青混合料资源化、差异化的预处理技术，解决因 RAP 变异性大导致的再生沥青混合料性能不稳定的问题；针对青藏高原高寒、大温差、强紫外线等复杂特殊环境，开发新型再生沥青混合料胶结料，提高

再生沥青混合料的耐久性；针对区域沥青路面恶劣的施工及服役条件，研制基于高效融合的废旧沥青混合料全回收拌合设备，解决施工阶段材料质量难以控制的问题；形成高原环境废旧沥青混合料 100%利用技术体系，实现废旧沥青混合料的零废弃。构建低压低湿大温差环境下石渣再生混凝土力学性能和耐久性时效演化模型，揭示高寒高海拔在藏地区低压低湿大温差条件下石渣再生混凝土性能的劣化机制，提出其力学与耐久性能优化调控方法，建立石渣再生混凝土耐久性评价体系和质量管控措施，编制高原环境渣土梯度化利用技术方案，形成高压碎值、高含泥量石渣再生混凝土制备技术。

**考核指标：**研制新型再生沥青混合料胶结料 1 种，形成精细化分级预处理工艺工法 1 套，研制废旧沥青混合料全回收拌合设备 1 台，提高热再生、温再生废旧沥青回收料掺量，提升 RAP 利用率至 100%；针对青藏地区复杂地质条件与特殊气候环境下渣土资源化利用难题，建立渣土分类利用指标体系，构建智能化分选系统 1 套，研制石渣分选破碎一体化智能装备 1 套，设备处理能力 $\geq 150\text{m}^3/\text{h}$ ；建立高原环境石渣路基填筑与地基处理性能评估方法，编制路用技术方案与质量管控措施 1 套；开发不少于 4 项免水洗石渣再生混凝土制品，涵盖 C20~C40 再生混凝土，形成石渣免水洗再生利用技术方案 1 套；编制高原环境大宗渣土智能分选与多梯度利用系统解决方案 1 套，提升渣土利用率 $> 85\%$ 以上，编制渣土自动化分拣与梯度化处置利用技术指南 1 部。

## **课题 8：在藏公路工程路侧能源自供给与优化调控技术**

**研究内容：**研究在藏公路沿线可再生能源应用潜力评估方法，构建在藏公路典型用能场景供需特性评价体系；研究在藏公路典型用能场景自洽能源系统“源-网-荷-储”设计和容量配置新方法；研究在藏公路典型用能场景光热/光电一体化热电联供系统性能评价方法和优化策略；研究高寒隧道防冻保温和路面融雪除冰地热能梯级利用技术；研究适宜在藏公路可再生能源高效灵活运行的调控策略，开发智能协同能量管理和运行管控平台。突破形成满足公路交通热/电负荷需求的可再生能源出力匹配高效供给技术，实现公路交通用能自洽率提升和可再生能源优化调配，保障路侧可再生能源供给效能高效保持，支撑在藏公路交通基础设施的低碳运转运维，助力西藏地区公路交通践行“30·60 双碳”目标。

**考核指标：**编制在藏典型干线公路路域范围太阳能、地热能自然禀赋分布特征区划图 1 张，搭建涵盖 2 条以上典型干线公路交通场景用能数据库 1 个；构建西藏地区公路交通自洽能源系统构型 1 个，编制相关设计技术导则（建议稿）1 部；提出光热/光电一体化热电联供系统设计方法，提出基于地热能高效提取的高寒隧道防冻保温结构、路面融雪除冰结构设计方法，光热/光电自洽率 $\geq 40\%$ 、地热能用能自洽率 $\geq 20\%$ ；开发多态绿色能源智能管控平台 1 个；开展相关技术应用示范 1~2 处。

**关键词：**在藏公路工程；灾变机理；地质模型；状态感知；病害修复；韧性提升；固废利用；绿色能源

**其他要求：**财政资金资助强度原则上不超过 1500 万元，申报单位自筹资金与财政资金比例不低于 2：1。