

附件 4

2024 年自治区科技计划高原铁路领域 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:复杂环境高原铁路绿色低碳建造关键技术与集成示范(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:发展改革部门、交通运输部门)

总体目标:以解决复杂环境下高原铁路绿色低碳建造难

题为目标，攻克高原无人机全航空电磁探测装备及数据理解译、盐渍化冻土及冻土过渡段路基修建、桥梁性能提升、复杂环境隧道冻害防控及智能监测、生态廊道工程韧性提升与绿色建造、牵引供电“源-网-荷”一体化、高原融雪及暴雨耦合洪水影响下的铁路建设和运营防洪保障等关键技术，研制高原无人机全航空电磁勘探、装卸式隧道冻害检测仪、高原铁路轨道工程智能运维系统样机等样机 3 套、解决高寒地区电磁数据精细化反演理论、高海拔盐渍化冻土地地区路基变形机理、高原台地多尺度携带物流体冲击理论计算方法等科学难题 7 项，攻克复杂艰险山区高寒环境下铁路航空物探勘察技术、高海拔多年冻土区路桥过渡段长期变形控制技术、高原高寒复杂环境桥梁性能提升等关键技术瓶颈 9 项，申请专利 28 项、软件著作权 5 项、工法 6 项、撰写高质量论文 30 篇等，开展应用示范 2 处，为高原铁路绿色低碳建造提供理论支撑及技术保障。

课题 1：高原极艰险山区无人机全航空电磁法物探新技术研究

研究内容：研发磁偶源电磁发射机大电流快速关断、电流波形精准控制技术，研制轻量化、强磁矩无人机全航空电磁发射装置，研制高灵敏度、低噪声电磁接收传感器和接收装置，研制轻量化、便携式、快速组装与回收的一体化高原无人机全航空电磁探测系统硬件装备。研究无人机全航空电磁数据处理及解译技术，研发包含数据处理模块和正反演解译模块的无人机全航空电磁数据理解译软件。选取高原地

区典型复杂地形和冰雪覆盖隧道，开展无人机全航空电磁现场试验。

考核指标：研制高原无人机全航空电磁勘探样机 1 套，系统重量 $<30\text{kg}$ ，发射电流 $>40\text{A}$ ，发射磁矩 $>5000\text{Am}^2$ ；研发无人机全航空电磁数据处理解释软件 1 款，能够有效克服噪声干扰，高效实现航空电磁三维反演与成像；开展高原铁路隧道应用示范 1 处，申请发明专利 2 项，软著 1 项。

课题 2：复杂严酷环境下高原铁路路基性能提升关键技术

研究内容：研发高海拔地区盐渍化冻土路基修建关键技术；提出高原高寒地区路桥过渡段设计方法，研发易维护、抗变形能力强的新型多年冻土过渡段结构；研究高原湿地与铁路路基结构相互作用机理，研发耐久性长、环境协调、抗变形及高稳定的季冻区高原湿地环境协调型路基修建关键技术。研究绿色低碳的新型装配式盲沟，研发适用于高原高寒地区地下水排导控制关键技术。

考核指标：形成高海拔地区盐渍化冻土路基修建关键技术 1 套，研发盐渍化冻土路基新型结构 2 项，填料利用率提高 20%，路基不均匀沉降降低 20%；形成高海拔多年冻土区路桥过渡段长期变形控制技术 1 套，形成多年冻土区路桥过渡段新型结构 2 项，路桥过渡段不均匀沉降降低 50%；形成适用于高原高寒地区地下水排导控制关键技术 1 套，研发新型装配式盲沟 1 项；申请专利 4~6 项。

课题 3：高原高寒复杂环境桥梁性能提升关键技术研究

研究内容：研究高原盐渍冻土等多因素耦合环境对桥梁混凝土结构耐久性的影响；研发新型耐久性混凝土材料；研发针对盐渍冻土等多因素耦合环境的桥梁耐久性系列防护措施。研究高原台地河谷区、泥石流堆积区等桥梁墩台受流体的冲击作用，构建冲击力计算模型；提高材料高原高寒环境适应性；研究桥梁墩台低碳防撞措施体系，提升结构安全性。提出与服役条件和服役时间关联的高性能混凝土力学性能本构关系；阐明环境因素对构件力学性能退化的影响机理，预测全寿命周期服役性能；研发塑性铰区高性能混凝土装配式套管，提出高原高寒复杂环境下强震区桥梁韧性提升技术。

考核指标：研发新型耐久性混凝土材料，有效提升盐渍冻土等多因素耦合环境下桥梁结构混凝土的耐久性，环境适应性不低于 90%；研发针对盐渍冻土等多因素耦合环境的桥梁防冻抗裂等耐久性系列防护措施，全寿命周期成本降低 10%；提出多尺度携带物流体对桥梁墩台的冲击理论计算方法；研发适用高原高寒环境的防撞耐磨复合材料，耐磨性 $\leq 5.0\text{ cm}^3$ ；提出高原台地桥梁墩台低碳（装配式）防撞措施体系；研发高原高寒地区高性能混凝土桥墩装配式套管，形成极端环境条件下低成本性能保持和抗震韧性提升成套技术，全寿命周期性能保持不低于 50%，设计基准期维养碳排放降低不小于 30%。申请专利 3~4 项。

课题 4：高原高寒复杂环境隧道新型冻害防控及绿色低碳施工关键技术研究

研究内容：研究隧道温度场变化特征、围岩裂隙水迁移规律，探究围岩与支护结构变形规律及破坏机制。研究隧道纵向温度场分布规律及合理的纵向设防长度，研究新型抗冻衬砌及工艺工法，提出新型抗冻装配式衬砌结构、新型保温材料及排水系统。研发衬砌冻胀力、温度场等智能监测系统。研究基于摄影测量的高分辨率隧道全景影像获取和拼接技术，建立冻害特征影像数据集用于训练与测试网络。研究高原高寒特长特级高风险隧道环保节能施工技术，形成高原高寒特长高风险隧道物料陡坡长距离绿色高效运输及生产技术；研究高原高寒特长特级高风险隧道新能源大机配套施工技术，建立适用于高原高寒生态敏感区域特长高风险隧道建设的新能源装备动力系统优化与调度技术体系。

考核指标：提出强辐射-大温差-频繁冻融循环作用下寒区隧道冻害形成机理，形成高原复杂环境寒区隧道抗冻设防基本原则；提出 1 种新型抗冻装配式衬砌及防排水工艺、工法，研发 1 种新型抗冻模筑混凝土材料，环境适应性不低于 90%，研发隧道衬砌冻胀力、温度场智能监测系统 1 套，智能化程度达到国际领先，研发 1 种可搭载在通用电动平台的装卸式隧道冻害检测仪样机 1 套，冻害综合检测准确率达到 90%以上。形成物料陡坡长距离绿色高效运输技术，并在不少于一个工程现场示范应用。通过项目研究与优化，实现新能源装备工作环境海拔 $\geq 4000\text{m}$ ，工作温度 $-35\sim 65^{\circ}\text{C}$ ，湿度大于 90%，功能安全达到 ASILC。研发的绿色施工装备高效能动力电池体积能量密度达到 150Wh/L ，循环寿命达到 3500

次。申报专利 3~6 项，软件著作权 1 项。

课题 5：高原冰雪消融与暴雨耦合影响下铁路洪灾防治关键技术研究

研究内容：研究高原冰雪消融与暴雨耦合洪水产汇流物理模型；构建冰雪消融与降雨耦合条件下暴雨洪水运动演进物理模型与数值模拟方法，研发该典型洪水全过程数值预报软件；提出铁路桥梁、路基、隧道、站场及弃碴场等多类工程针对该典型洪水的铁路全周期防洪减灾成套关键技术；研发铁路建设和运维的洪水监测预警方案。

考核指标：自主研发冰雪消融与暴雨联合驱动下高原山洪精细化数值预报软件 1 套，具备情景预测、过程回溯、决策优化等功能，预报准确率不低于 90%，可直接服务于铁路建设、运营阶段山洪危险性与风险的定量评价；形成高原冰雪消融与暴雨耦合影响下铁路洪灾防治关键技术研究报告；申请相关知识产权（专利或软件著作权）1~2 项。

课题 6：高原高寒铁路轨道材料劣化与智能运维关键技术研究

研究内容：研发轨道结构混凝土制备、施工与延寿技术，分析强风、干燥与大温差环境下混凝土早期变形规律，研发轨道结构混凝土抗裂技术；探明动荷载与强正负温交变耦合作用下轨道结构混凝土性能劣化规律，揭示气压、高原风对混凝土引气的影响机制，研发轨道结构混凝土抗冻融技术。构建“云-边-端”协同、集能耗实时监测及碳排放核算、分析与评价、预测及决策支持于一体的平台。研发能耗和排

放数据的自动计量采集、超标准用能及排放的设备设施的自动识别技术。研究适应不同运输需求与运输能力的轨道工程各部件信息智能化设计植入，研究轨道工程各部件运营期间工作状态表面病害的图像智能识别技术，研究轨道与道岔高低、方向、轨距、三角坑、磨耗等几何状态参数测量技术，研究钢轨的智能打磨技术，研究道岔和钢轨几何不平顺的精调技术。

考核指标：研发高原（0.6 标准大气压环境）高寒铁路轨道结构高性能混凝土技术 2 项；现浇混凝土干燥收缩率 $\leq 0.03\%$ ，早期抗裂等级达到 5 级，碳化达到 4 级，气泡间距系数 $\leq 150\mu\text{m}$ ，单面盐冻剥落量 $\leq 600\text{g}$ ；道床裂缝（宽度 $\geq 0.2\text{mm}$ ）数量 ≤ 1 条/m；高原高寒无砟轨道绿色施工工法 1 项；研发高原铁路轨道工程智能设计与运维技术 3 项以上；高原铁路轨道工程智能运维系统样机 1 套（轨道部件表面状态图像智能识别 1 套，病害检出率达到 98%以上）。

课题 7：复杂艰险高原铁路牵引供电关键技术研究

研究内容：分析高海拔、连续长大坡道、超长隧道、薄弱外部电网等极端外部环境特点；研究计及客货车辆特性的高原时速 160 公里受电弓-刚性接触网系统动态耦合仿真技术，研发适应时速 160~200 公里 4000m 以上海拔小隧道断面条件的刚性悬挂刚柔过渡、锚段关节、汇流排等关键装备；构建适应长大坡道的牵引供电系统网络拓扑结构，研究外部电源-牵引变电所-牵引网-电力机车-钢轨能量循环交换网络系统机理；研究超长连续隧道内牵引变电所设置关键技术

及故障应急和运营维护预案；研究利用沿线风、光、氢等可再生清洁能源和储能技术在高原铁路建设全寿命周期绿色低碳电力用能需求中的应用。

考核指标：研究时速 160 公里长大低净空隧道刚性悬挂技术 1 项；减少隧道区段 30%的运营维护工作量；研发极端严苛外部环境下高原单线铁路牵引供电系统适应性技术 1 项；研发隧道内牵引变电所总体性设计技术及隧道内牵引变电所故障应急和运营维护技术各 1 项；铁路施工绿色新能源利用率提高 15%，运营维护绿色新能源利用率提高 10%以上；新能源在高原电气化铁路中的利用技术指南 1 套。申请专利 5 项、施工工法 4 项。

课题 8：寒旱区铁路站区绿色低碳设计关键技术提升研究

研究内容：研发建筑设计绿色低碳技术策略；提出“土建+设备、建造与运维”的最优化组合，构建超高海拔寒旱区站区绿色低碳设计体系。构建超高海拔寒旱区太阳能供热及热电联供系统，研发热电综合储能关键技术；研究热电储能孤岛式自适应高效运行技术，研发复合供能系统孤岛式智慧高效自适应运行技术。建立全面的水资源管理机制；创新取水、输配水、节水技术及回用系统；研究微生物处理并辅以物理方式进行污水处理，构建污废水循环高效应用系统，研发超高海拔寒旱区站区用水安全及水循环零排放集成技术。筛选适宜超高海拔寒旱区的植物，研发可稳定应用于高寒低氧环境的生物堆肥利用技术，开展不同组合配比基质

材料保水性及保肥性、以及微生物缓释肥改良等技术试验，获取植生层固土、控温、保水、固肥、植物生长长序列观测数据，建立“基质材料-植物生长-水肥转换”耦合调控技术。

考核指标：形成一种可变的建筑维护系统技术，实现节能 15%，降低碳排放 10%；形成分布式太阳能双驱超低温无水热泵技术研究成果；形成集中式太阳能热电联供（PVT）系统研究成果；形成一套建筑机电设备智能运维技术，实现降低碳排放 10%；研究污水处理及循环利用系统设备，实现减少污水排放 30%，形成专利 1 项；土壤改良技术方面，形成一套植生层重构技术，形成专利 1 项。

课题 9：复杂环境高原铁路生态廊道空间规划及减碳增汇关键技术研究

研究内容：研究复杂环境高原铁路建设对沿线生态廊道影响机制与规划调控方法；研制脆弱生态区铁路生态廊道工程低碳监测检测与低碳智慧管理平台，研发典型生态节点工程减碳效益及碳汇评估技术；明确复杂环境高原铁路生态廊道近自然修复技术路径及模式，研发脆弱生态区铁路工程迹地减碳增汇关键技术及应用示范。

考核指标：提出复杂环境高原铁路生态廊道规划调控技术 1 项；研制西藏脆弱生态区高原铁路生态廊道工程低碳智能监管技术 1 套；构建复杂环境高原铁路生态廊道近自然修复技术路径决策模型 1 套，形成不同环境条件下近自然修复模式，开展工程迹地减碳增汇关键技术与工法不少于 2 项，

与现有技术比减碳增汇 $\geq 10\%$ ，应用示范点不少于 2 项。其他申报专利 4 项，软件著作权 2 项，工法 2 项。

关键词：高原高寒铁路；盐渍化冻土；隧道冻害防治；轨道劣化；生态景观；牵引供电；低碳站区

其他要求：财政资金资助强度原则上不超过 1200 万元，申报单位自筹资金与财政资金比例不低于 2: 1。