

“先进结构与复合材料”重点专项 2021 年度“揭榜挂帅”榜单

为深入贯彻落实党的十九届五中全会精神和“十四五”规划，切实加强创新链和产业链对接，“先进结构与复合材料”重点专项聚焦国家战略亟需、应用导向鲜明、最终用户明确的重大攻关需求，凝练形成 2021 年度“揭榜挂帅”榜单，现将榜单任务及有关要求予以发布。

一、申报说明

本批榜单围绕川藏铁路、高速列车等重大应用场景，拟解决川藏铁路用钢轨/混凝土/缆索、高速列车刹车盘等关键实际问题，拟启动 4 个项目，共拟安排国拨经费不超过 1.32 亿元。除特殊说明外，每个榜单任务拟支持项目数为 1 项。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。企业牵头申报的项目，配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

榜单申报“不设门槛”，项目牵头申报和参与单位无注册时间要求，项目（课题）负责人无年龄、学历和职称要求。申报团队数量不多于拟支持项目数量的榜单任务方向，仍按程序进行项目评审立项。明确榜单任务资助额度，简化预算编制，经费管理探索实行“负面清单”。

二、攻关和考核要求

揭榜立项后，揭榜团队须签署“军令状”，对“里程碑”考核要求、经费拨付方式、奖惩措施和成果归属等进行具体约定，并将榜单任务目标摆在突出位置，集中优势资源，全力开展限时攻关。项目（课题）负责人在揭榜攻关期间，原则上不得调离或辞去工作职位。

项目实施过程中，将最终用户意见作为重要考量，通过实地勘察、仿真评测、应用环境检测等方式开展“里程碑”考核，并视考核情况分阶段拨付经费，实施不力的将及时叫停。

项目验收将通过现场验收、用户和第三方测评等方式，在真实应用场景下开展，并充分发挥最终用户作用，以成败论英雄。由于主观不努力等因素导致攻关失败的，将按照有关规定严肃追责，并依规纳入诚信记录。

三、榜单任务

1. 川藏铁路用长寿化轨道用钢研制与应用

需求目标：针对川藏铁路复杂服役条件下铁路轨道（包括钢轨和辙叉）磨损、腐蚀和疲劳破坏及性能退变等问题，研制川藏铁路用长寿化轨道用钢，并开展应用。具体需求目标如下：

（1）长寿命高强度钢轨新钢种。钢轨新产品抗拉强度 $\geq 1080\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 12\%$ 、 -40°C 低温断裂韧性 $\geq 35\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ，与现有 U71Mn 热轧钢轨相比，相对耐蚀性提高 25%以上，耐磨使

使用寿命提高 30%以上。

(2) 长寿命辙叉用新钢种。新型辙叉钢抗拉强度 $\geq 950\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 450\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 50\%$ 、室温 $A_{KU} \geq 200\text{J}$ 、 -40°C 下 $A_{KU} \geq 118\text{J}$ ，新型辙叉钢的耐磨性能、耐潮湿环境腐蚀性能和抗疲劳性能比普通铸造高锰钢均提高 50%以上。

(3) 新型高强度钢轨间及其与新型辙叉间焊接关键技术。钢轨间焊接接头性能满足 TB/T 1632 标准要求；钢轨与辙叉间焊接接头满足实际使用要求。

(4) 开展应用与评价体系研究，编制产品标准和应用设计规范。研制新技术、新产品 4 项，申请发明专利 10 件以上，编制相关标准或技术规范 2 项以上，实现钢轨和辙叉示范应用 2 项（含）以上。

时间节点：研发时限为 3 年

项目执行期满 1 年：完成复杂服役条件下轨道钢的磨损和腐蚀失效机制研究；完成长寿命高强度钢轨新钢种开发；完成长寿命辙叉用新钢种开发。

考核指标：钢轨新产品抗拉强度 $\geq 1080\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 12\%$ 、 -40°C 低温断裂韧性 $\geq 35\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ；新型辙叉钢抗拉强度 $\geq 950\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 450\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 50\%$ 、室温 $A_{KU} \geq 200\text{J}$ 、 -40°C 下 $A_{KU} \geq 118\text{J}$ ；编制技术条件（暂行）2 项（钢轨、辙叉）；申报发明专利 3 件以上。

项目执行期满 2 年：完成复杂服役条件轨道钢的疲劳失效机制

和性能退变规律研究；完成长寿命高强度钢轨的工业化试制；完成长寿命辙叉制造关键技术开发；完成新型钢轨间焊接技术开发；完成新型钢轨与辙叉间焊接技术开发；完成钢轨和辙叉的试铺。

考核指标：钢轨闪光焊接头抗拉强度 $\geq 880\text{MPa}$ ；钢轨与辙叉间焊接接头满足 60kg/m 钢轨焊接接头在静弯载荷达到 900kN 时不断裂；钢轨与现有 U71Mn 热轧钢轨相比，相对耐蚀性能提高 25%；新型固定心辙叉钢耐磨性能、耐潮湿环境腐蚀性能和抗疲劳性能比普通铸造高锰钢均提高 50%以上；完成国铁运营线路(西南高原地区)试铺钢轨不少于 3 公里，辙叉不少于 4 组；编制技术条件（暂行）1 项（焊接）；申报发明专利 5 项以上。

项目执行期满 3 年：完成钢轨及辙叉服役评价体系的建立，完成钢轨及辙叉服役性能评价。

考核指标：钢轨与现有 U71Mn 热轧钢轨相比，耐磨耗使用寿命提高 30%以上；编制技术规范（暂行）1 项（使用及养护维修）；申报发明专利 2 项以上。

榜单金额：不超过 3300 万元。

2. 川藏铁路桥梁用大吨位碳纤维复合材料拉索

需求目标：针对复杂高原服役条件下高性能、长寿命川藏铁路桥梁的建设需求，研发轻质、高强、耐腐蚀与抗疲劳的大吨位碳纤维复合材料拉索，并开展示范应用，形成川藏高原铁路桥梁用 1000 吨级以上大吨位碳纤维复合材料索体与配套锚固体系的设计方法与制备技术。具体需求目标如下：

(1) 大吨位自监测碳纤维复合材料拉索。拉索用碳纤维复合材料拉伸强度标准值大于 2400MPa，拉伸模量大于 160GPa，湿热老化 1000 小时后拉伸强度保留率大于 90%；碳纤维拉索索体全长应变自监测测点长度分布密度 $\leq 1\text{m}$ ，应变精度 $\leq 10\mu\epsilon$ ；1000 吨级以上碳纤维复合材料拉索锚固体系，锚具效率系数 ≥ 0.9 。

(2) 碳纤维复合材料拉索的服役性能评价与控制技术。1000 吨级以上碳纤维复合材料拉索满足 1000 小时冻融循环与湿热老化后疲劳循环 200 万次以上要求，以及循环次数为 50 次的周期荷载试验要求；川藏高原恶劣环境下碳纤维复合材料拉索服役寿命预期超过 50 年。

(3) 开展设计方法与应用技术体系研究，编制产品标准和应用设计规范。研制新技术、新产品、新工法 4 项，申请发明专利 10 件以上，编制相关标准或技术规范 2 项以上，实现碳纤维复合材料拉索示范应用 1~3 项。

时间节点：研发时限为 3 年

项目执行期满 1 年：实现大吨位碳纤维复合材料拉索研制。

考核指标：拉索用碳纤维复合材料拉伸强度标准值大于 2400MPa，拉伸模量大于 160GPa，湿热老化 1000 小时后拉伸强度保留率大于 90%；碳纤维拉索索体全长应变自监测测点长度分布密度 $\leq 1\text{m}$ ，应变精度 $\leq 10\mu\epsilon$ ；1000 吨级以上碳纤维复合材料拉索锚固体系的锚具效率系数 ≥ 0.9 。研制新产品、新技术 2 项以上，编制碳纤维复合材料耐湿热性能评价方法国家标准 1 项，申请发

明专利 2 项以上。

项目执行期满 2 年：实现碳纤维复合材料拉索的服役性能评价与控制技术开发。

考核指标：1000 吨级以上碳纤维复合材料拉索满足 1000 小时冻融循环与湿热老化后疲劳循环 200 万次以上要求，以及循环次数为 50 次的周期荷载试验要求；川藏高原恶劣环境下碳纤维复合材料拉索服役寿命预期超过 50 年。研制新技术 1~2 项，申请发明专利 3 项以上，编制相关标准 1~2 项，拉索产品形式纳入到结构用纤维增强复合材料拉索国家标准。

项目执行期满 3 年：实现大吨位碳纤维复合材料拉索示范应用。

考核指标：实现碳纤维复合材料拉索在跨度 100 米以上桥梁建设中示范应用 1~3 项，编制碳纤维复合材料拉索应用行业技术规程 1 项，研制新技术或新工法 2 项，申请发明专利 5 项以上。

榜单金额：不超过 3300 万元。

3. 川藏铁路复杂环境结构混凝土关键材料与应用

需求目标：针对川藏铁路复杂环境下不同结构部位混凝土开裂、长期性能劣化及冻融破坏等问题，研制川藏铁路高性能结构混凝土关键材料，并开展应用。具体需求目标如下：

（1）川藏铁路工程混凝土专用低热硅酸盐水泥。水泥熟料 $C_2S \geq 40\%$ ，3d 水化热 $\leq 220\text{kJ/kg}$ ，28d 抗折强度 $\geq 8.0\text{MPa}$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.08\%$ 。

（2）隧道混凝土用速凝早强材料。隧道单层衬砌混凝土 6h

抗压强度 $\geq 10\text{MPa}$ ，24h 抗压强度 $\geq 20\text{MPa}$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.02\%$ ，喷射回弹率 $\leq 10\%$ ，28d 抗冻性 $\geq \text{F300}$ 。

(3) 隧道混凝土用水化温升调控材料和原位增韧材料。30°C下 24h 水化热降低率 $\geq 50\%$ ，隧道二次衬砌混凝土水化温升降低 $\geq 15\%$ ，收缩率降低 $\geq 50\%$ ，56d 基体拉压比提升 $\geq 30\%$ ，不开裂保证率 $\geq 95\%$ 。

(4) 桥梁混凝土用基体减缩材料与表层防护材料。桥梁混凝土 90d 徐变度 $\leq 20 \times 10^{-6}/\text{MPa}$ ，7d 干燥收缩率 $\leq 0.01\%$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.025\%$ ，56d 干燥收缩率 $\leq 0.035\%$ ；表层防护材料导热系数 $\leq 0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，水蒸气透过率 $\leq 0.2\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

(5) 研究川藏铁路结构高性能混凝土制备与应用成套技术，建立相关标准规范，实现工程示范应用。研制新技术、新产品 ≥ 5 项，形成关键材料生产示范线 ≥ 2 条，申请发明专利 ≥ 20 件，编制相关标准或技术规范 ≥ 3 项，在川藏铁路进行工程示范及应用。

时间节点：研发时限为 3 年

项目执行期满 1 年：实现高围岩等级隧道单层衬砌混凝土和高地热大温差环境下二次衬砌机制砂混凝土收缩开裂机理研究目标，以及川藏铁路工程混凝土专用低热硅酸盐水泥和隧道混凝土用速凝早强材料开发。

考核指标：水泥熟料 $\text{C}_2\text{S} \geq 40\%$ ，3d 水化热 $\leq 220\text{kJ/kg}$ ，28d 抗折强度 $\geq 8.0\text{MPa}$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.08\%$ ；隧道单层衬砌混凝土 6h 抗压强度 $\geq 10\text{MPa}$ ，24h 抗压强度 $\geq 20\text{MPa}$ ，28d 干燥收缩

率 $\leq 0.02\%$ ，喷射回弹率 $\leq 10\%$ ，28d 抗冻性 $\geq F300$ 。申请发明专利 12 件及以上。

项目执行期满 2 年：实现大温差、强紫外、低湿干燥环境下桥梁混凝土长期性能和正负温交变条件下无砟轨道混凝土性能演变规律研究目标，以及隧道混凝土用水化温升调控材料、原位增韧材料和桥梁混凝土用基体减缩材料、表层防护材料开发。

考核指标：30°C 下 24h 水化热降低率 $\geq 50\%$ ，隧道二次衬砌混凝土水化温升降低 $\geq 15\%$ ，收缩率降低 $\geq 50\%$ ，56d 基体拉压比提升 $\geq 30\%$ ，不开裂保证率 $\geq 95\%$ ；桥梁混凝土 90d 徐变度 $\leq 20 \times 10^{-6}/\text{MPa}$ ，7d 干燥收缩率 $\leq 0.01\%$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.025\%$ ，56d 干燥收缩率 $\leq 0.035\%$ ；表层防护材料导热系数 $\leq 0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，水蒸气透过率 $\leq 0.2\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。申请发明专利 8 件及以上，编制相关标准或技术规范 2 项及以上。

项目执行期满 3 年：实现川藏铁路结构高性能混凝土制备与应用成套技术的开发，并进行工程示范应用。

考核指标：建设关键材料生产示范线 2 条及以上，编制相关标准或技术规范 1 项及以上，并在川藏铁路隧道衬砌、桥梁墩身等结构部位进行工程示范应用。

榜单金额：不超过 3300 万元。

4. 400km/h 高速列车用碳陶（C/C-SiC）制动盘及配对闸片关键技术（共性关键技术）

需求目标：制动部件是确保高速列车行车安全的关键。时速

400km 高速列车纯空气制动时摩擦材料承受的制动能量密度大于 $1400\text{J}/\text{cm}^2$ ，制动盘表面瞬间温度高达 900°C 。针对时速 400km 及以下高速列车在复杂运营条件下，列车制动时制动盘/闸片摩擦性能稳定性、耐磨性、耐高温性、结构稳定性及抗疲劳性等问题，开展碳陶复合材料制动盘及配对闸片的应用研究。具体需求目标如下：

（1）高导热高强韧性碳陶（C/C-SiC）复合材料制动盘承载与摩擦功能一体化设计及其近尺寸制备。碳陶复合材料密度 $\leq 2.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，抗压强度 $\geq 180\text{MPa}$ ，抗弯强度 $\geq 120\text{MPa}$ ，可抗 25g 时速 600km/h 石头冲击。碳陶轮盘（外径 750mm、盘厚 46.5mm） $\leq 45\text{Kg}/\text{对}$ ，碳陶轴盘（外径 640mm、盘厚 80mm） $\leq 35\text{Kg}/\text{个}$ ，比钢盘减重 60%以上；

（2）制动盘结构设计及制动盘与钢质车轮/盘毂高温紧固连接技术。碳陶制动盘技术接口完全匹配现有车辆接口，满足《动车组制动盘暂行技术条件》（TJ/CL310-2014）要求。

（3）碳陶制动盘配对闸片开发与 1:1 台架试验及失效评价。闸片满足《动车组闸片暂行技术条件》（TJ/CL307-2019）要求，初速度 400km/h 时，紧急制动距离 $\leq 6500\text{m}$ ，摩擦系数 ≥ 0.32 ，闸片磨耗量 $\leq 0.35\text{cm}^3/\text{MJ}$ ，制动盘表面平均温度 $\leq 900^\circ\text{C}$ 。碳陶制动盘与配对闸片的使用寿命比目前高铁使用的制动盘/闸片提高 30%以上。

（4）碳陶制动盘工业化关键装备研究及生产线建设。开发碳

陶制动盘关键工艺装备，实现低成本工业化制备，原材料和工艺成本低于 1.3 万元/盘片，制造工艺周期不超过 3 个月。建设年产 10000 盘碳陶制动盘的生产线。

（5）开展应用与评价体系研究。建立 400km/h 高速列车碳陶制动盘及配对闸片的技术标准。碳陶制动盘及配对闸片开始进行时速 $\leq 350\text{km}$ 的装车应用考核，完成时速 400km 的装车前考核。

时间节点：研发时限为 3 年。

项目执行期满 1 年：实现碳陶制动盘及闸片的选材配型。

考核指标：完成台架试验用碳陶制动盘和闸片的制备。

项目执行期满 2 年：实现时速 $\leq 350\text{km}$ 车辆用碳陶制动盘及配对闸片应用考核。

考核指标：完成时速 $\leq 350\text{km}$ 的装车应用。

项目执行期满 3 年：实现时速 400km 车辆用碳陶制动盘及配对闸片应用考核。

考核指标：完成生产线产能建设，项目结题。

榜单金额：不超过 3300 万元。

其他要求：

（1）申报团队应就本项目研发内容和目标与用户单位有充分的前期交流，具有碳陶制动盘生产和应用经验，并建立了相应的质量管理体系。

（2）本项目对承担任务团队的工程化研发能力要求较高，申报单位团队研发水平和科研装备平台应充分具备相应的基础条件。