

07 土建交通

CIVIL AND
TRANSPORTATION



哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

目录

CONTENTS

07

土建交通 (15项)

- | | |
|------------------------------------|-----|
| 1. 新型钢-再生混凝土组合结构技术 (土木学院) | 86 |
| 2. 索膜结构抗风雪联合灾变控制技术 (土木学院) | 87 |
| 3. 装配式配筋砌体结构建造技术与产业 (土木学院) | 88 |
| 4. 城市工程系统抗灾韧性评价与提升技术 (土木学院) | 89 |
| 5. 大跨桥梁涡振监测与智能预测预警技术 (土木学院) | 90 |
| 6. 海洋工程结构风浪联合作用模型试验技术 (土木学院) | 91 |
| 7. 高性能矿物基类胶凝材料技术与先进施工装备 (土木学院) | 92 |
| 8. 碳纤维增强复合材料工程应用技术 (土木学院) | 93 |
| 9. 低冰点沥青路面材料及配套冰雪主动防治技术 (交通学院) | 94 |
| 10. 沥青路面就地冷、热再生成套应用技术 (交通学院) | 95 |
| 11. 聚氨酯前驱体基化学改性沥青制备与应用技术 (交通学院) | 96 |
| 12. 基于光纤智能测试技术的沥青铺面结构信息监测技术 (交通学院) | 97 |
| 13. 橡胶改性沥青高性能、低碳转型技术 (交通学院) | 98 |
| 14. 基于移动车辆的桥梁状态快速评估与诊断技术 (交通学院) | 99 |
| 15. 基于芯吸土工织物的路基主动脱水技术 (交通学院) | 100 |

1. 新型钢-再生混凝土组合结构技术（土木学院）

【成果简介】

面向“中国绿色发展”国家战略，研发了系列新型钢-再生混凝土组合构件，形成了面向办公、住宅、商服等多种用途的钢-再生混凝土组合结构体系，涵盖钢管再生混凝土柱、钢-再生混凝土组合梁/板、钢-再生混凝土组合剪力墙等多种构件形式；解决了再生混凝土力学性能差、长期变形大、性能离散性高等结构化应用根本问题，实现了再生骨料取代率上限由50%至100%的突破；建立了成套钢-再生混凝土组合结构设计方法，主编《钢管再生混凝土结构技术规程》（T/CECS 625-2019）标准；相关成果授权国家发明专利5项、软件著作权4项，获2021年黑龙江省科技进步一等奖。

【技术指标】

新型钢-再生混凝土组合结构技术可实现再生粗、细骨料取代率同时达到100%，泵送商用再生混凝土强度等级达到C50；建设周期内，比传统钢筋混凝土结构碳排放量低35%；再生骨料造价仅为天然骨料50%，可降低混凝土造价15%。

【典型应用】

该技术已成功应用于“国家钢结构装配式住宅建设试点项目”湛江市东盛路公租房（91m）、武汉交投实业总部（197m）以及在建的深圳红花岭工业上楼项目、南山区科技联合大厦项目等典型项目中的钢-再生混凝土组合楼盖、钢管再生混凝土柱中，起到了良好示范作用，其应用前景广阔。

2.索膜结构抗风雪联合灾变控制技术（土木学院）

【成果简介】

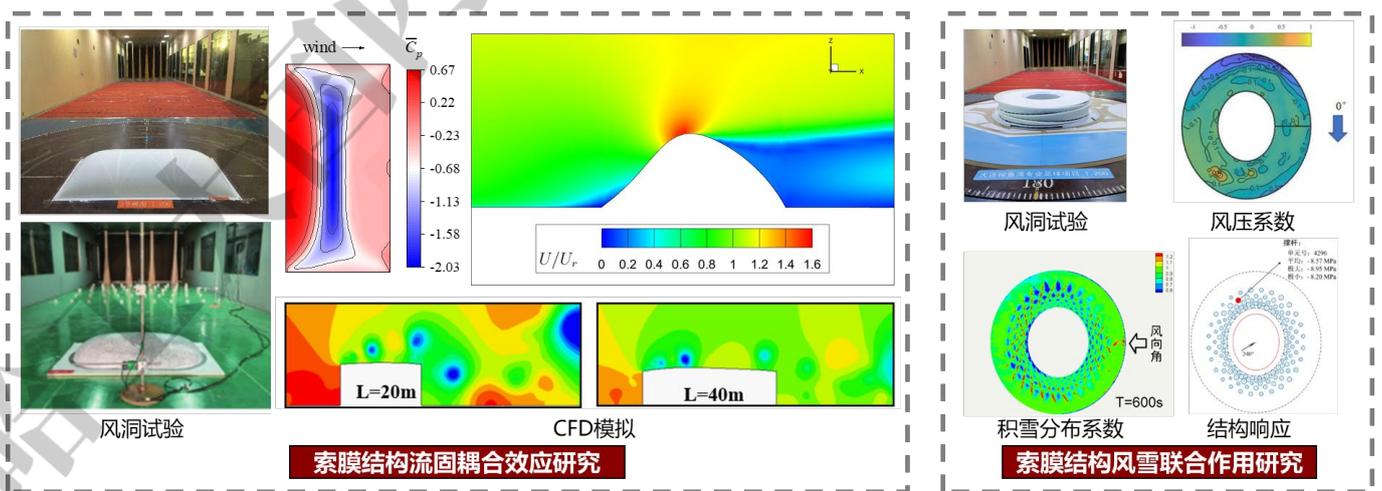
索膜结构跨度大，刚度小，在强风及积雪作用下易受振动和变形影响，需要对风、雪作用下的灾变控制进行研究。针对索膜结构的流固耦合效应及风致雪漂移，结合风洞试验及CFD数值模拟进行了抗风雪联合灾变控制的研究，建立了索膜结构流固耦合效应以及风雪联合作用的精细化分析方法，建立了索膜结构的抗风雪设计方法。

【技术指标】

此研究能够准确的模拟索膜结构在风荷载作用下的流固耦合效应，准确计算出风雪联合用下的积雪分布及结构的动态响应，提高计算速度及计算结果的准确性，指导索膜结构的抗风、雪设计。

【典型应用】

该技术能够对风雪作用下的索膜结构动态响应进行精确计算，可广泛应用于多种索膜结构的抗风、雪设计及灾变控制。



索膜结构抗风雪联合灾变控制研究

3. 装配式配筋砌体结构建造技术与产业（土木学院）

【成果简介】

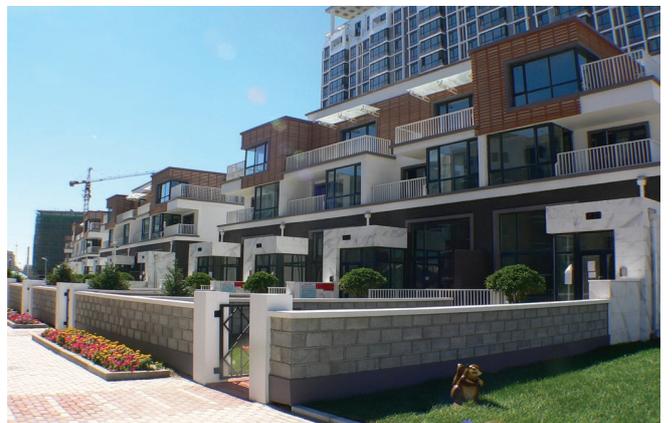
针对装配式建筑竖向结构装配化建造关键技术难题，研发替代现浇剪力墙或装配式剪力墙的新型内嵌密肋框架砌体剪力墙，实现配筋砌体剪力墙11.46MPa和通过配筋大幅增加砌体结构延性的设计目标，是装配式结构中首次实现墙构件三维预制、避让交角拆分连接、钢筋任意方法连接的技术突破，攻克预制空心砌体墙构件运输、吊装和安装难题，颠覆砌体只能建多层和只能现场砌筑的行业认知，取得配筋砌体装配化建造的重大突破。为建筑业转型升级和高质量发展开辟砌体装配化技术路线，为我国绿色城乡建设提供新技术支撑，形成配套新产业。相关研究成果荣获黑龙江省科技进步一、二等奖及中国房地产业协会科技进步一等奖。

【技术指标】

相同条件下多层、中高层、超高层建筑的技术比对和经济测算，获得节省造价、工期、人力和节能、节地、节水、节材、满足环保要求的“七节一环保”的比较优势，即省造价15%、工期20%、人力30%、钢筋30%、模板80%、增加使用面积3-5%，建造减排二氧化碳10%，经济和社会效益十分显著。

【典型应用】

该技术产品、设计、施工与验收标准齐全，广泛适用于60m以下住宅、公寓、学校、宾馆等各类量大面广民生建筑。



典型工程应用

4.城市工程系统抗灾韧性评价与提升技术（土木学院）

【成果简介】

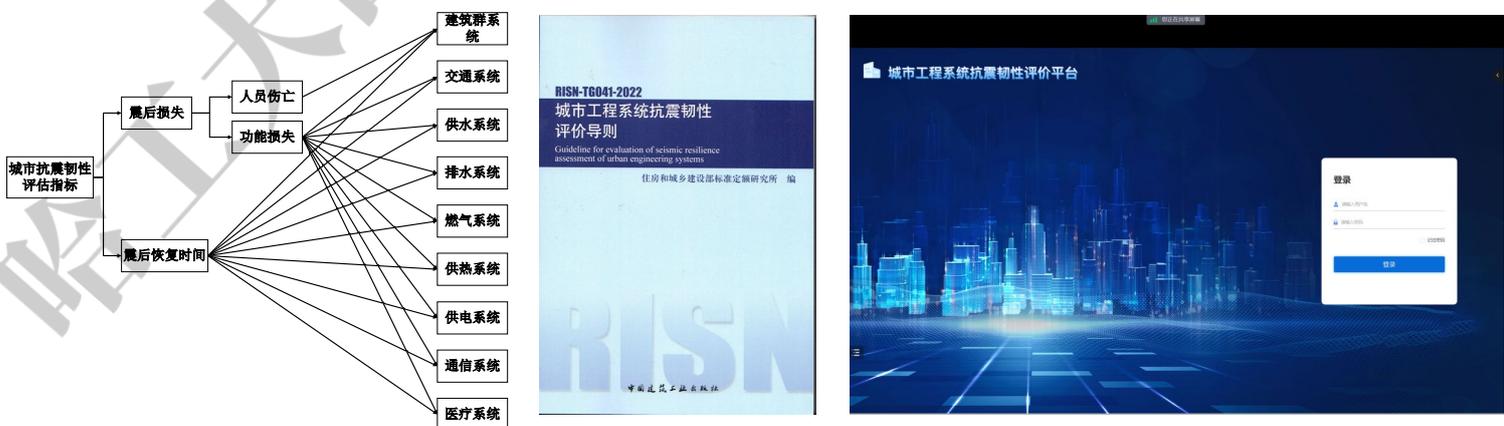
2021年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》将“韧性城市建设”作为战略需求。2022年党的二十大报告提出“加强城市基础设施建设，打造宜居、韧性、智慧城市”。针对韧性城市建设已经成为国家的重大需求，提出了成套的城市工程系统抗灾韧性评价与提升技术，包括灾害场智能构建技术、单体基础设施韧性评价技术（建筑、桥梁、隧道），建筑群、交通系统（道路交通、轨道交通）、供（排）水系统、燃气系统、供热系统、供电系统、通信系统、医疗系统、城市系统的韧性评价技术。编制了《城市工程系统抗震韧性评价导则》（RISN-TG041-2022）及配套软件平台。

【技术指标】

城市工程系统全覆盖：建筑群、交通系统、供（排）水系统、燃气系统、供热系统、供电系统、通信系统、医疗系统、城市系统。可进行地震、台风、暴雨、蓄意攻击等灾害的城市工程系统韧性评价与提升。

【典型应用】

研究成果被应用于多部国家/省部级规范以及国家地震动台网中心的数据处理，北京山区平急两用高速公路韧性提升、上海典型社区建筑群及基础设施工程系统抗灾韧性评估等50余项重大项目。



城市工程系统韧性评价与提升的内容、导则、软件(地震灾害)

5.大跨桥梁涡振监测与智能预测预警技术（土木学院）

【成果简介】

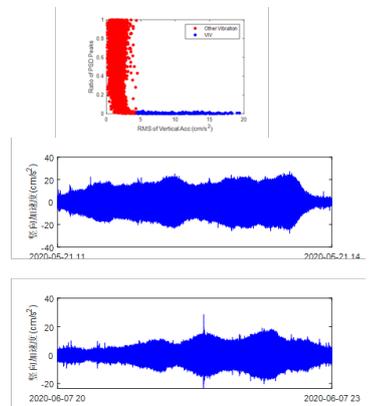
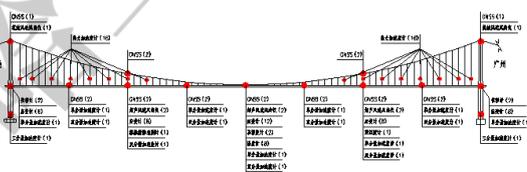
针对服役大跨桥梁涡振预测预警难题，本成果建立了大跨桥梁风与风效应监测系统设计方法和标准，发展了桥梁风效应监测数据分析方法，首次发现现场原型分离式箱梁悬索桥大幅涡振现象、斜拉索高阶多模态涡振和塔区吊索复杂风振现象；结合人工智能技术和涡振机理，首次提出涡振能量集中因子和加速度均方根值涡振双表征指标，建立现场大跨桥梁涡振密度聚类自动识别算法和机器学习预测模型，实现现场大跨桥梁涡振自动、快速、准确识别和预测预警，开发了现场桥梁涡振在线预测预警和评估系统与软件平台。相关成果获黑龙江省自然科学一等奖（2015）和中国公路学科科学技术一等奖（2023）。

【技术指标】

风与风效应监测数据分析可自动分析且出具报告；涡振识别准确率95%以上、涡振前置10分钟预测准确率90%，前置30分钟预测准确率80%。

【典型应用】

成果应用于虎门大桥、西堠门大桥等重大工程，准确识别和预警了虎门大桥安装监测系统后的所有涡振；相关技术被国家行业标准采纳，涡振指标运用于我国几乎所有桥梁涡振预警。



大跨桥梁涡振监测与智能识别、预测与预警技术

6.海洋工程结构风浪联合作用模型试验技术 (土木学院)

【成果简介】

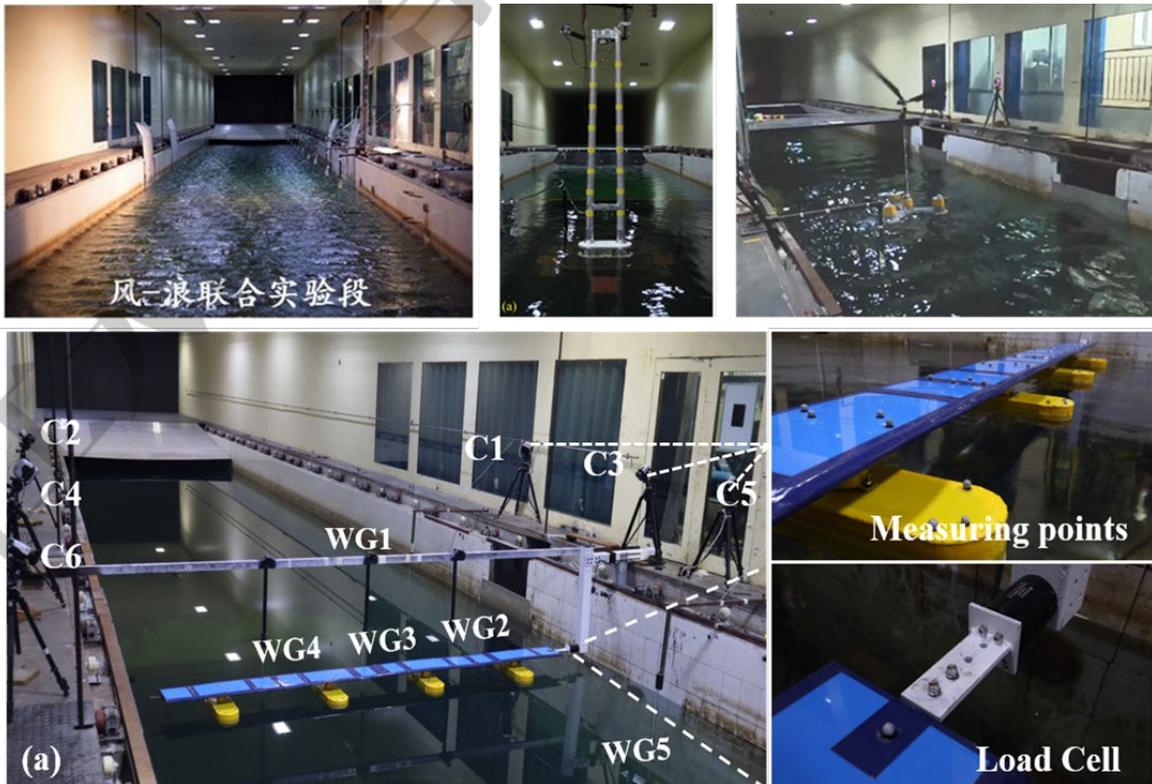
风浪联合作用是近海桥梁、海上大型风机和海上光伏等海洋工程结构的主导环境荷载，采用大比尺模型试验是确定风浪荷载与结构动力学响应的最有效途径。针对风浪联合作用大比尺模型试验技术，基于波浪时空演化机制和动量传递规律实现了实验室时空尺度下的风浪场协同生成，提出了模型气动-水动-弹性结构的缩尺设计方法，形成了完备的风浪联合作用大比尺模型试验技术。

【技术指标】

试验水槽长宽高尺寸分别为50m、5m、4.5m，风洞截面尺寸6m×3.6m，是目前国际上最大的回流式风浪联合实验室。风浪联合最大测试风速15m/s，湍流强度<5%，波浪周期0.6~3s，波高0.03~0.5m，具备光学动态捕捉系统、测力系统、流场测量系统。

【典型应用】

该技术可广泛应用于近海桥梁、海上风机、光伏等海洋工程结构的风浪联合作用模型试验。



7.高性能矿物基类胶凝材料技术与先进施工装备 (土木学院)

【成果简介】

高性能矿物基类胶凝材料是一类基于天然含水矿物与非晶质体形成原理而开发的多功能岩土材料，其系列产品分别用于岩土防渗加固、冻害防控、特殊土改良、废弃泥浆再利用、工业固废资源化利用、预应力锚索/锚杆注浆，相应研制了预应力锚索快速施工成套数控装备、大直径双高压搅喷桩装备、软土全场加固快速施工数控装备、水陆两用高压旋喷桩装备等，已在工程中获得越来越广泛应用，技术与节减效应显著，形成了相关技术标准。结合不同工程如铁路、大坝等工程应用，获2017年度国家技术发明奖二等奖1项、省部级科技进步一等奖3项。

【技术指标】

该技术材料成本较水泥可以降低三分之一，其制备矿物基类注浆材料，具备静置不泌水、胶凝时间30-60min内可控且固化微膨胀优势性能；用于路基软弱土、特殊土固化加固，固化剂掺量6-10%条件下固化路基强度可达1-2.5MPa，锚固注浆体强度24h超过35MPa、7d超过65MPa且注浆后20h张拉预应力，而且，相较于水泥其具备硬化速度快、周期短特点，路基加固施工工期可以缩短70%。

【典型应用】

该技术已成功用于哈伊高铁伊春西站、广西金龙水库大坝、湖南峡山塘水库、浙江台州滩涂土路基、盘锦滨海公路盐渍土路基、哈佳高铁路基等280多项重大工程。



土石坝水库注浆除险加固



严寒区高冻胀敏感性土地基防冻害加固

8.碳纤维增强复合材料工程应用技术 (土木学院)

【成果简介】

针对桥梁与预应力结构中钢材质拉索的重量过大等问题，研发适用于桥梁结构用的大吨位碳纤维复合材料拉索设计、制备与监测等关键技术；针对我国混凝土结构与钢结构服役性能劣化问题，开发适用于水下可固化的结构胶粘剂新产品，研发碳纤维复合材料加固/修复混凝土/钢结构的设计、施工与监测方法等关键技术。

【技术指标】

研制出1500吨级的碳纤维复合材料拉索产品，拉索锚具效率达到100%；自监测碳纤维复合材料拉索全长应变与索力应变监测精确度小于 $4\mu\epsilon$ ，空间分辨率小于10mm，索力误差小于2%；研制的水下固化胶粘剂常温水下凝胶时间低于780s，碳纤维复合材料加固外壁腐蚀管道承载力提高至无损管道水平，碳纤维复合材料板材锚固效率高达95%以上，损伤监测最小空间分辨率小于10mm，采样频率大于1000Hz。

【典型应用】

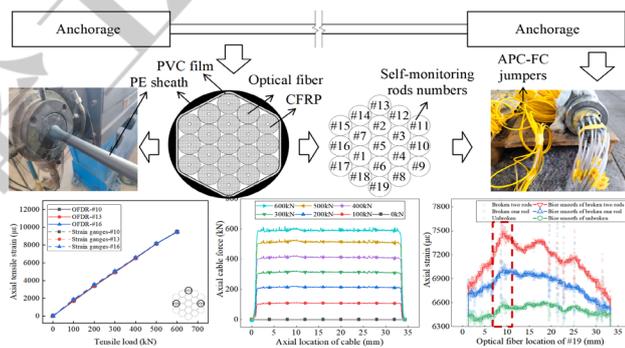
大吨位碳纤维复合材料拉索产品应用于斜拉桥/悬索桥拉索、拱桥吊杆索与预应力碳纤维拉索混凝土结构；碳纤维增强复合材料加固/修复混凝土/钢结构成套技术应用于桥梁结构、大坝、码头、管道等重要基础设施的加固修复与建设。



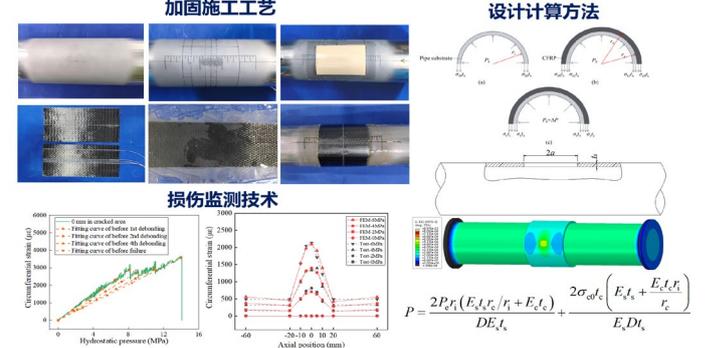
碳纤维复合材料桥梁拉索工程示范应用



碳纤维复材加固沪宁图结构与油田管道



拉索的索力监测与损伤识别方法



碳纤维复合材料加固油气管道设计、施工、监测成套方法

9.低冰点沥青路面材料及配套冰雪主动防治技术（交通学院）

【成果简介】

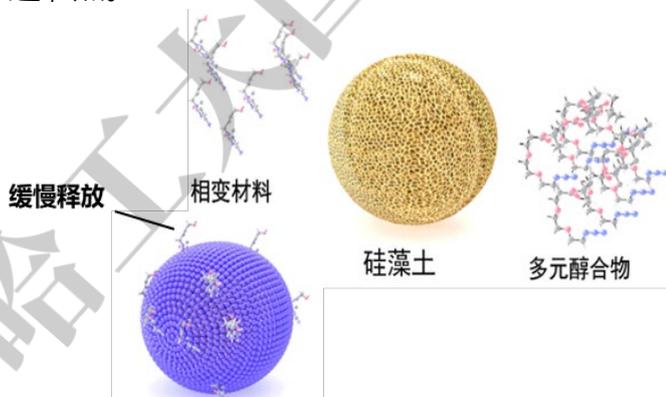
针对冬季公路养护工作中道路积雪凝冰的问题，团队研发了低冰点沥青路面填料和路面主动除冰雪技术，发明了核-壳构型缓释低冰点填料，提出低冰点沥青混凝土设计方法，用低冰点填料替换矿粉，掺入沥青混合料中。该技术采用传统沥青路面摊铺工艺施工，摊铺碾压后路面各项性能均满足要求。在后期服役过程中，低冰点填料在渗透与毛细作用下逐渐析出，达到主动融冰防滑的目的，路表的冰雪逐渐融化，不会黏结在路面上，也不会因车辆碾轧致使融雪结冰，较厚的冰雪也容易清除。相关研究成果获国家技术发明二等奖。

【技术指标】

相较于普通路面，车辆在抗冰防滑路面行驶时，动态摩擦系数由0.15提高至0.56，冰雪路表安全最大提升273%。具有小雪可融、大雪不粘、抗滑安全、耐久可靠的功能。

【典型应用】

该材料与技术适用于冬季易积雪结冰的路段，能够显著提高冬季道路养护效率，有效降低冬季交通事故率和路面管理养护成本。成果应用于北京大兴机场、北京首都机场、长春四环路等重要交通节点。



核-壳构型低冰点填料



长春四环路自融雪观测效果

10. 沥青路面就地冷、热再生成套应用技术 (交通学院)

【成果简介】

长期以来，沥青路面关键再生设备全部依赖进口，我国缺乏成熟的应用经验，未掌握核心技术，无法将再生技术广泛推广。针对以上问题，团队开发了一套包括旧路评价、试验检测、设计参数、工艺流程、质量控制、工程验收、定额测算在内的全套再生技术体系，能够有效解决传统养护方式存在的资源浪费、环境污染、工艺落后、造价高、周期长、交通干扰性强等问题，充分利用旧路原有材料和先进技术、工艺、设备，实现路面改造良性循环。该成果研发了造价低、性能优的国产厂拌再生设备，提出了不同沥青层厚度比例就地冷再生基层材料参数和冷再生路面结构设计方法。相关研究成果获中国公路学会科技进步一等奖。

【技术指标】

该成果研发的厂拌再生成套设备造价比同类型进口设备价格低1200万左右，旧料掺配比例是国外设备两倍以上，可达50%~60%。热再生施工沥青路面各项技术指标均满足规范标准要求，部分指标相比新铺沥青混合料大幅提升，工程造价降低20%~40%左右。

【典型应用】

该技术适用于国省干线公路路面养护工程、高速公路、城市道路等所有等级沥青路面的改造。成果已应用于吉林省公路改造，开展的沥青路面再生工程约1659公里，节约沥青约3.6万吨，节约石料约415万方，降低造价约5.02亿元。



沥青路面再生施工流程

11. 聚氨酯前驱体基化学改性沥青制备与应用技术 (交通学院)

【成果简介】

针对公路建设施工过程中，现阶段聚合物（如SBS，橡胶粉等）改性沥青多采用物理共混方式实现改性剂与沥青共融，并未发生明显化学反应，存在制备温度高、生产能耗大、改性剂用量多、热储存稳定性差、制备工艺复杂、大气污染物排放严重等难题，团队研发了专门用于道路沥青改性的聚氨酯前驱体基反应型改性剂（PRM），并成功应用于工程实践之中。该技术使用液体化学材料代替传统改性剂（如SBS，SBR，胶粉等）制备高性能改性沥青，可显著提升沥青材料的高温性能、抗疲劳性能、抗水损坏性能及抗老化性能，且不对低温性能产生劣化、环保性能优异，特别适用于高温地区。获批编制中国工程建设标准化协会规范1部，成果达国际先进水平。

【技术指标】

聚氨酯前驱体化学改性沥青的应用过程较传统聚合物改性沥青，可实现制备温度降低20℃以上、挥发性有机物（VOCs）排放量减少60%以上、能耗节约5%以上、抗水损害性能提升10%以上、高温性能提升3倍以上、抗疲劳性能提升2倍以上，且材料成本持平。

【典型应用】

该技术适用于各等级新建、改建及扩建道路工程。已成功应用于云南新昆楚高速公路、山东荣乌高速公路改扩建段、黑龙江吉黑高速公路、吉林延长高速公路等多个重点工程和项目，累计铺筑面积超80000m²。



聚氨酯前驱体化学改性沥青应用示范工程—山东荣乌高速公路

12.基于光纤智能测试技术的沥青铺面结构 信息监测技术（交通学院）

【成果简介】

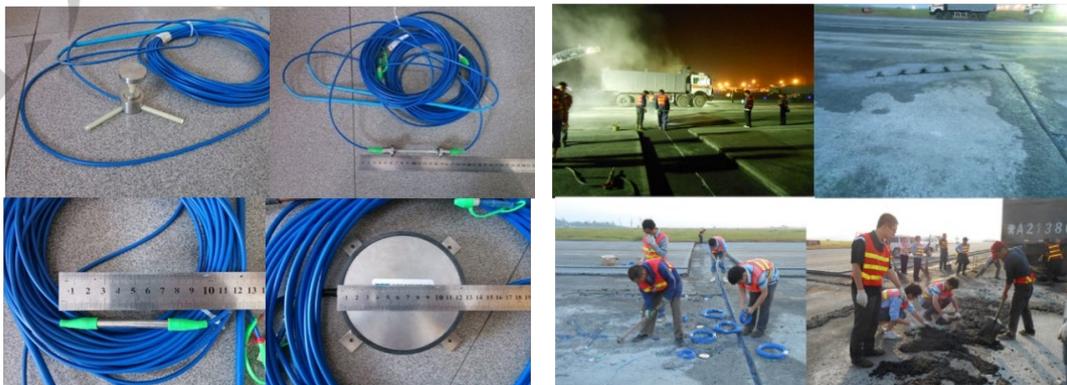
针对传统沥青铺面检测中，难以反映其在复杂环境下实时服役状态的问题，团队开发了基于光纤智能测试技术的沥青铺面结构信息监测技术。该技术可对沥青铺面结构进行长期监测，对道路养护决策规划以及结构、材料性能研究提供必要支撑。建立了基于光纤光栅及分布式光纤传感技术的沥青铺面结构信息监测系统，提出了沥青基材料基体与传感元件间协同变形评价方法，并研发了各类性能优异的路用光纤光栅/分布式光纤传感元件。

【技术指标】

相较于传统电磁传感器监测方式，利用光纤光栅/分布式光纤传感技术进行监测成本降低20%以上。自主研发的光纤光栅竖向应变、水平应变、土压力等传感元件灵敏度高于传统同类型传感器，分辨率达到波长尺度的皮米量级，对应温度监测中 0.1°C 与应变监测中 $1\mu\epsilon$ 。点式光纤光栅传感元件工程现场布设成活率不低于90%，准分布式光纤光栅传感器现场布设成活率不低于80%，分布式光纤布设成活率100%。

【典型应用】

成果应用于北京长安街改造工程、北京六环高速、重庆江北机场、北京首都机场、沈阳桃仙机场、鹤大高速、内蒙古苏张高速公路、吉林珲乌高速等工程中，其中重庆江北机场“沥青道面结构信息实时无线传输监测系统”填补了我国民航道面动力响应实时监测空白，整体达到国际先进水平。



各类光纤光栅传感器

传感器现场布设过程

13. 橡胶改性沥青高性能、低碳转型技术（交通学院）

【成果简介】

针对废旧轮胎堆存及处理造成的环境污染问题，团队开发了橡胶改性沥青高性能、低碳转型技术，将废旧轮胎研磨粉碎为橡胶粉并用于石油沥青改性。橡胶改性沥青以其优异的高低温性能特别适合于北方季冻区气候环境，然而其在应用过程中存在施工温度高、施工环境污染大、存储稳定性差等问题，一定程度限制了发展。该技术涵盖了环保无臭型废胶粉改性沥青工艺与方法、橡胶改性沥青存储稳定性提升机理及措施、季冻区温拌橡胶沥青改性工艺与方法、生物橡胶复合改性工艺及方法等，能够做到大幅提升橡胶改性沥青的储存稳定性，降低环境污染及施工温度，实现其应用的低碳、低能耗及清洁化。

【技术指标】

环保无臭型废胶粉改性沥青较橡胶沥青，烟气排放量降低60%以上，臭味硫化物可减少75%以上；采用橡胶改性沥青存储稳定性提升技术措施，拌和后，橡胶改性沥青48h车辙因子离析指数 $\leq 15\%$ ，橡胶改性沥青弹性恢复 $\geq 90\%$ ；生物沥青、橡胶粉等工业废弃物掺量不低于35%；采用季冻区温拌橡胶沥青改性技术，可降低拌和温度 $15\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，同时燃油成本下降20%~50%。

【典型应用】

该技术可广泛应用于公路路面面层的铺筑，可降低混合料生产时的燃油使用量，降低橡胶沥青烟气排放，降低工程造价。成果已应用于鹤大高速公路敦化段、国道京抚公路G102工程、吉林省道206工程及山东省多条高等级公路，累计应用里程达500余公里。



环保净味型橡胶改性沥青替代石油沥青

14. 基于移动车辆的桥梁状态快速评估与诊断技术 (交通学院)

【成果简介】

我国常规跨径混凝土梁桥占比达80%以上。针对数量众多的该类桥梁，现有的定期检查和荷载试验等诊断评估方法，存在工作耗时长、经济成本高、检测间隔周期长且需中断交通等问题。该成果研发了可实现快速、经济和低交通干扰的混凝土梁桥上下部结构诊断评估技术。可在基本保证桥梁正常营运前提下，实现对桥梁状态及时有效的识别和诊断，可显著降低诊断评估的实施代价和成本。该技术的推广应用将有助于桥梁病害和结构状态变异的早期发现和及时处置，大幅降低检测和维修费用，产生显著的社会经济效益，可为区域路网桥梁集群运维管养的降本增效和安全保障提供重要的技术支撑。相关研究成果获2023年山东省建设科技创新成果竞赛一等奖。

【技术指标】

该技术较传统的常规荷载试验方法，桥梁检测时间减少约75%，人员设备投入降低约65%，可减少或基本消除试验对运营交通影响，可显著提升既有桥梁状态评估检测工作效率和经济社会效益。

【典型应用】

该技术可广泛应用于公路和城市桥梁集群结构性能劣化筛查、桥梁结构状态评估和超限车辆过桥安全性评估等领域，可为公路和城市桥梁运维管理决策提供依据。已在山东、甘肃和黑龙江等多地公路和城市桥梁试验检测项目中得到成功应用，取得了良好效果。



基于移动车辆的桥梁快速评估与诊断工程应用现场

15. 基于芯吸土工织物的路基主动脱水技术

(交通学院)

【成果简介】

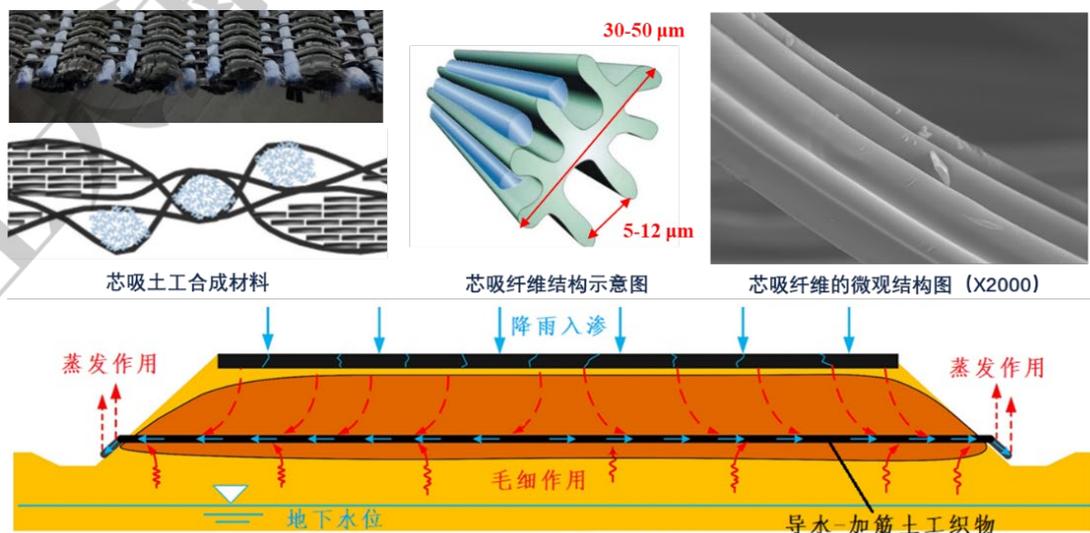
针对由水分迁移和积聚导致的路基冻胀、松软和坑洞等问题，研发了具有主动排水和加筋复合功能的芯吸土工合成材料，提出了一种高效、低碳、绿色的路基主动脱水技术。该技术利用芯吸纤维具有强亲水性和高比表面积的特点，通过超细纤维的芯吸作用实现了非饱和条件下路基水分的主动渗排，有效降低路基含水量，结合排水-加筋协同作用有效提高路基的服役性能。该技术实现了传统路基排水由被动向主动的新模式，为我国交通基础设施安全、绿色、韧性发展提供了新的技术思路。相关研究成果获国际土工合成材料学会创新科学技术奖。

【技术指标】

较传统路基排水设计，采用该技术可将路基土含水量降低15%，回弹模量升高60%；与传统高路堤路基相比，采用该技术可将路基厚度减小30%，路基占地面积减小23%，土方量降低39%。

【典型应用】

该技术可广泛应用于公路、铁路、机场、工民建等领域的地基加固、软基处理、边坡加固以及重金属污染土修复等工程，相关研究成果已成功应用于京哈高速公路、北漠高速等工程，并向山东、四川、河北等地推广。



基于芯吸土工织物的路基主动脱水技术