

浙江省交通运输科技成果推广目录申报表

一、成果概况

成果名称	基于时序遥感影像的区域公路边坡定期巡检技术
成果类型	<input checked="" type="radio"/> 技术 <input type="radio"/> 工艺 <input type="radio"/> 材料 <input type="radio"/> 装备
专业领域	道路工程
申报单位	浙江省交通运输科学研究院
联系人及电话	詹伟 13656682806
推广应用起止时间	2022年1月 ~ 2024年12月
申报单位意见	<p>我单位申请将上述成果列入《浙江省交通运输科技成果推广目录》，并承诺所有关于申请单位与成果的文件、证明、陈述均真实、准确。如有违背，我单位将承担由此产生的一切后果。</p> <p>申报单位法人代表签字： 申报单位公章： 年 月 日</p>
主管部门推荐意见	<p>市级交通运输主管部门或厅属单位或省级有关单位意见</p> <p>公 章： 年 月 日</p>

二、成果简介（可另附页）

成果简介	<p>浙江省地形地貌复杂，大量边坡分布于山区公路沿线，加之浙江雨季时间长，公路车流量大，且部分公路边坡难以布设监测点位，边坡安全成为公路管理部门关注的重点问题之一。成本低、效率高、覆盖范围广的巡检技术成为公路边坡安全管理与技术发展的必然趋势。合成孔径雷达干涉测量（Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR）技术作为一项新兴的地表变形监测技术，具有卫星遥感数据监测、大范围、非接触、高密度、可回溯、高性价比等优点，在公路边坡灾害隐患识别中具有明显的优势，尤其适合公路边坡的定期巡检和长期监测。</p> <p>本成果通过开展公路边坡 InSAR 变形监测适用性分析，针对时序 InSAR 技术影响因素，提出相应的模型优化及工程化解决方案；在边坡安全风险类别划分基础上，引入时序 InSAR 变形数据，构建边坡安全风险等级动态评价方法；开展基于 InSAR 的边坡定期巡检技术验证，并形成《基于时序遥感影像的区域公路边坡定期巡检技术应用指导手册》，关键技术成果如下：</p> <p>关键技术 1：针对浙江省区域路网边坡的分布特点，根据运营公路边坡定期巡检的技术要求，研究星载合成孔径雷达干涉测量（InSAR）的特性，提出了丘陵地带、高植被覆盖区公路边坡 InSAR 综合识别监测技术框架。</p> <p>关键技术 2：分析了基于 InSAR 技术的形变测量精度影响因素，并针对不同精度影响因素及其特性，集成典型季节气候特征变化的大气误差修正方法与角反射器后向散射增强技术，提出了适用于多雨气候条件下山区公路边坡时序 InSAR 监测精度改进方法</p> <p>关键技术 3：依据运营公路边坡定期检查的相关技术要求，在分析调查边坡地形特征、边坡表面覆盖特性、边坡地质条件、边坡防护状况等的基础上，结合边坡安全风险评估方法，通过引入基于时序遥感影像的区域路网边坡变形特征监测，构建了基于多源遥感影像技术的区域路网边坡安全状况动态评价和定期巡检方法</p> <p>创新点：</p> <ol style="list-style-type: none">1.研究星载合成孔径雷达干涉测量（InSAR）的特性，提出丘陵地带、高植被覆盖区公路边坡 InSAR 综合识别监测技术框架。2.集成典型季节气候特征变化的大气误差修正方法与角反射器后向散射增强技术，提出适用于多雨气候条件下山区公路边坡时序 InSAR 监测精度改进方法。3.构建了基于多源遥感影像技术的区域路网边坡安全状况动态评价和定期巡检方法。 <p>适用性：</p> <p>该技术从检测频率、检测范围、检测精度、经济性等方面系统分析了 InSAR 技术在公路边坡定期巡检中的适用性，其广覆盖、高精度、低成本、全天候的对地观测能力，可满足区域公路边坡定期巡检工作要求；同时，从卫星影像参数、地形地貌、环境条件等方面提出该技术的工程应用条件，即需满足被检测边坡不处于卫星成像几何盲区、植被覆盖区域、具有永久散射体属性等环境条件要求。</p>
------	--

专利	[1]一种组装式角反射器, 2021210091752.5, 2021年5月18日, 实用新型专利, 专利号 CN214845744U。本专利提出了一种可组装的角反射器, 用于增强雷达遥感卫星对地表目标物的检测精度, 组装式的设计便于野外安装。
软件著作权	[1]基于 SAR 遥感影像的公路边坡地表形变分析提取系统, 2021SR1591935, 2021年10月29日, 原始取得, 全部权利; 本软著开发了一套基于 SAR 遥感影像的公路边坡地表形变分析提取系统, 用于实现遥感影像数据的自动化处理以及形变数据提取。 [2]基于时序遥感影像的公路边坡检测系统, 2021SR0774348, 2021年5月26日, 原始取得, 全部权利; 本软著开发了一套基于时序遥感影像的公路边坡检测系统, 用于边坡遥感检测数据的展示和管理。 [3]公路边坡安全风险评估系统, 2021SR0774353, 2021年5月26日, 原始取得, 全部权利; 本软著开发了一套公路边坡安全风险评估系统, 将卫星巡检结果数据融入安全风险评估体系中。 [4]公路边坡定期巡检系统, 2021SR0774354, 2021年5月26日, 原始取得, 全部权利; 本软著开发了一套公路边坡定期巡检系统, 实现巡检数据集中管理, 便于公路边坡管养人员查询。
标准规范	无
其他已取得的成果	[1]Feasibility of Artificial Slope Hazards Identification in Regional Mountainous Highway Using SBAS-InSAR Technique: A Case Study in Lishui, Zhejiang、Applied Sciences、2021年9月26日、SCI收录。 [2]基于时序 InSAR 的公路边坡巡检技术应用,交通世界,2021年9月。 [3]SBAS - InSAR 技术在山区公路边坡灾害早期识别中的应用,浙江交通职业技术学院学报,2021年9月。

三、有关指标（可另附页）

技术指标	<p>(1) 研发了丘陵地带、高植被覆盖区公路边坡 InSAR 综合识别监测技术框架。从检测频率、检测范围、检测精度及经济性等方面分析基于时序遥感影像的区域路网边坡定期巡检技术的适用性及应用条件, 提出适用于公路边坡定期巡检的卫星数据来源与处理方法。</p> <p>(2) 提出了适用于多雨气候条件下山区公路边坡时序 InSAR 监测精度改进方法。提出适用强的大气误差修正模型, 通过联合角反射器后向散射增强技术, 有效提升多雨气候条件下山区公路边坡的 InSAR 监测精度。</p> <p>(3) 构建了基于多源遥感影像技术的区域路网边坡安全状况动态评价和定期巡检方法。结合运营公路边坡定期检查的相关技术要求, 在分析调查边坡地形特征、边坡表面覆盖特性、边坡地质条件、边坡防护状况等的基础上, 通过引入时序遥感影像监测数据,</p>
------	---

	<p>获取区域路网边坡的变形特征，辅助人工巡检，提升公路边坡养护效率。</p> <p>(4)编制了“基于遥感影像的运营公路边坡定期巡检技术指导手册”，为专业技术人员开展区域公路边坡巡检工作，提供了参考和指导。</p>
<p>经济指标</p>	<p>相比于传统方法监测周期长、耗资大，InSAR 技术能在相对较低的成本下，大范围（如 250 km×180 km）、高空间分辨率（如 20 m~1 m）的情况下对地面目标区域进行高精度的形变监测。InSAR 监测中的主要成本来源于影像的获取，开源数据如哨兵一号卫星，其影像覆盖全球范围且对所有的研究人员开放，几乎可以做到零成本监测；而商业卫星如 TerraSAR-X 卫星，其重访周期为 11 天，一年内约可获取 33 幅影像，以每幅 1 万元计，每年的监测成本仅为 33 万元。相比于目前较先进的 GNSS 监测手段，一个监测点费用约 3 万元，以每个边坡 5 个监测点计，TerraSAR-X 卫星每年的成本仅仅足够支撑 2 座边坡的 GNSS 监测。相较而言，InSAR 监测中单幅影像即能覆盖整条路网的所有边坡，实现区域路网边坡的同步定期巡检。另一方面，InSAR 监测所有的工作都可通过内业完成，极大地减轻了作业人员工作量并节省人工成本，更是规避了对于一些高陡边坡人工巡查时的危险。研究成果在龙庆高速、龙浦高速等 6 条高速公路沿线边坡隐患排查及养护巡检中得到推广运用，有效提高了公路边坡管养工作效率和边坡安全管理水平。</p>
<p>可采取的推广应用措施</p>	<p>浙江省地形以丘陵和山地为主，山川纵横，气候多变，自然条件复杂，山区公路沿线边坡安全成为公路管理部门关注的重点问题之一。依托科研项目结合浙江省山区公路沿线边坡分布的区域特点，通过开展基于时序遥感影像的边坡变形监测适用性研究，构建基于边坡定检和时序 InSAR 技术的定性与定量相结合边坡安全风险等级动态评价方法，编制形成《基于时序遥感影像的区域公路边坡定期巡检技术应用指导手册》，有利于提升运营公路边坡养护管理质量与水平。项目组主要从以下两个方面开展成果推广与应用。</p> <p>(1)加强与行业各级主管部门交流和沟通，对运营公路沿线区域边坡开展定性及定量分析，实现公路边坡风险识别与等级划分，及时发现和预测风险隐患，提高运营公路边坡安全巡检与养护管理效率，保障公路边坡安全稳定与运营安全。</p> <p>(2)响应《国务院办公厅关于开展第一次全国自然灾害综合风险普查的通知》（国办发〔2020〕12号）精神以及《交通运输部关于印发〈自然灾害综合风险公路水路承灾体普查工作实施方案〉的通知》（交公路函〔2020〕721号）对公路沿线边坡风险点开展普查，利用卫星遥感影像数据，采用定性与定量分析方法，对风险点规模、灾害发育情况等灾害特征进行复核，明确风险点评估指标，校正风险等级。</p>

<p>申报单位及其推广能力简介</p>	<p>浙江省交通运输科学研究院是省交通运输厅直属的公益二类事业单位。2018年启动与浙江公路水运工程咨询有限责任公司、浙江交科工程检测有限公司等行业科创资源融合提升,打造浙江未来交通科创中心。2021年,科研、经营板块,以“一体两翼、双轮驱动”发展宗旨深度融合,在战略规划政策、智慧交通(人工智能)创新研究、通用航空发展、轨道交通发展、公路水运技术创新研究、运输与绿色安全发展研究、工程技术审查评估、产业发展与成果转化等领域开展科研与技术服务;在公路水运工程咨询管理(全过程咨询,规划研究、勘察设计、咨询评估、招标代理、建设管理、施工监理)、高速公路智能收费管理及拓展业务、信息化(开发、运营、维护、应用)、工程检测、港航经济、物业管理、电子口岸开展经营业务。交科院共有在职员工1700余人,其中高级职称370多名(含正高55名),拥有部省级专家60名,浙江省151人才3名,交通运输部科技英才3名,加盟院士首席科学家3名、领军人才6名、中国公路学会百优工程师4人。科研板块下设6所2中心,经营板块下设12个公司。拥有4大省部级科研平台,包括新一代人工智能技术应用交通运输行业研发中心、物联网技术应用交通运输行业研发中心、浙江省道桥检测与养护技术研究重点实验室、浙江省交通运输发展战略与政策研究基地。</p> <p>全院坚持条件建设、队伍建设、资质提升、质量提升、体制机制创新,全面推进协调发展,取得了一大批创新成果,并通过成果转化应用转化为生产力,在桥梁健康监测、道路无损检测与性能评估、智慧交通等领域开展了大量成果转化应用,取得了显著的社会与经济效益。</p>
<p>推广应用实例</p>	<p>推广应用实例一(2021年1月-2022年6月)</p> <p>浙江交通集团高速公路丽水管理中心负责丽水市境内405公里高速公路的养护管理工作。沿线地形以山地丘陵为主,共分布500余座高边坡。该区域在夏季常受台风影响,因而公路沿线高边坡管养压力大,项目建成通车后已多次发生边坡滑塌灾害,导致阻断交通。利用InSAR技术对龙庆高速全线进行了边坡隐患点识别排查,以辅助边坡人工巡检,提高边坡管养效率。以龙庆高速公路为例,结合地形地貌、光学遥感图像和InSAR分析结果,识别到12处公路边坡隐患点。重点选择InSAR识别出的6处边坡隐患点,进行了现场人工核查。InSAR分析结果与现场核查情况基本一致,证明InSAR技术能够适用于辅助边坡巡检工作,提高边坡养护工作效率。以龙庆高速半山丘隧道口滑坡为试点,采用角反射器提高InSAR检测精度并获取该区域高精度卫星影像,明确了滑坡体灾后运动规律,用以指导后续边坡灾害防治工作。本项目研究成果适用于山区高速公路边坡管养,成果的应用提升了边坡巡检效率、提高了边坡灾害隐患排查准确度,同时在一定程度上解放了人力,降低了养护成本。总体上本成果适用性强、效果显著、经济社会效益高,适合在山区高速公路边坡推广应用。</p>

推广应用实例二（2021年1月-2022年6月）

杭州市临安区位于浙西北山区，辖区内农村公路里程长，沿线分布大量边坡。由于山区农村公路边坡建设过程中边坡设计、施工、养护和管理等工作缺乏有效技术支撑，农村公路边坡普遍裸露无防护，防护工程薄弱，边坡稳定性差、抗灾能力低，边坡管养压力大。为此，利用 InSAR 技术对临安区典型农村公路边坡进行了隐患点识别排查和监测，以辅助边坡人工巡检，提高边坡管养效率。采用 InSAR 技术对临安区昌坑线全线开展了定期巡检工作，进行了该区域公路沿线边坡隐患点识别，得到的边坡隐患点为人工巡检提供了参考。选取 K6+200-K6+340 土质边坡滑塌区域开展了基于 InSAR 技术的坡面形变监测，并利用 GNSS 数据对 InSAR 监测数据进行了验证分析，应用结果表明 InSAR 技术能够达到与 GNSS 同等监测精度水平。基于 InSAR 的山区农村公路边坡定期巡检技术优势突出、适用性强、效果显著，是保障公路边坡安全的有力工具，可在山区农村公路边坡推广应用。

推广应用实例三（2021年3月-2022年6月）

浙江省丽水市景宁畲族自治县交通运输发展中心负责景宁畲族自治县境内 1900 余公里公路的养护管理工作。其中，国省道全长 72.3 公里，县乡村道全长 1893.7 公里，沿线地形以山地丘陵为主。该区域在夏季常受台风影响，因而公路沿线高边坡管养压力大，已多次发生边坡滑塌灾害，导致阻断交通。为此，项目组在对景宁县开展的第一次自然灾害综合风险公路承灾体普查中，利用 InSAR 技术对景宁县境内全线公路进行了边坡隐患点辅助识别排查，提高普查效率。利用 InSAR 技术开展了景宁畲族自治县国省县乡村公路全线边坡变形时序演变分析。结合地形地貌、光学遥感图像和 InSAR 分析结果，开展了公路沿线边坡隐患点初步识别。利用 InSAR 识别出的典型边坡隐患点分布区域，指导边坡灾害及隐患现场调查工作，提高了普查工作效率。本项目研究成果适用于山区公路边坡隐患点识别，成果的应用提升了边坡灾害识别效率，加快了公路边坡灾害普查进度，总体上本成果适用性强、效果显著、经济社会效益高，可在山区公路边坡灾害识别工作方面大量推广应用。