

山西省科技进步奖提名公示

(2020 年度)

一、项目名称

软岩隧道水渗条件下时效变形破坏机理及长期稳定性评价研究

二、提名单位

山西省交通运输厅

三、提名单位意见

同意推荐山西省科技进步奖二等奖。

四、项目简介

山西省地处太行山与黄河中游峡谷之间，黄土广布，地面侵蚀切割强烈，地形、地质条件复杂，公路隧道常通过黄土、岩溶、破碎带岩体、风化岩体等软岩地区，特别在地下水位作用下，隧道围岩力学性质更加复杂，严重影响公路隧道工程施工建设和长期安全运营的长期稳定性。为响应中共中央提出的“中部崛起”重要战略部署，大力支持中部解决交通设施的薄弱环节，促进中部地区经济快速发展，强化和优化交通资源配置，保障山西等中部地区公路隧道施工建设和安全运营等全生命周期的长期稳定性问题，解决水渗条件下软弱围岩变形破坏机理所涉及的关键理论与技术，形成软岩隧道水渗作用下的围岩长期稳定性评价体系，将潜在的安全隐患消除于隧道施工方案设计阶段，已成为目前亟待解决的关键问题。研究成果可为软岩隧道工程渗流条件下全生命周期的安全运营和灾害防控提供科学依据和技术支撑。

本项目结合山西省公路隧道工程实际，经过多年技术攻关，综合运用室内试验、理论分析和数值模拟等方法展开研究，获得了以下创新性研究成果：（1）掌握了复杂渗流应力耦合加载条件下软岩时效变形规律和渗透演化规律，揭示了软岩渗流-应力耦合作用下时效变形破坏机理；（2）建立了软岩渗流-应力-损伤耦合作用下非线性统一黏弹-塑性时效本构理论体系，实现了工程结构计算软件的二次开发和应用；（3）提出了基于长期强度参数的长期稳定安全系数计算方法和评判准则，并搭建了大型岩石工程结构-渗流-应力-损伤-流变多因素多工况多模块协同作用分析计算平台，形成了水渗条件下公路软岩隧道工程的长期稳定性评价体系。研究成果已成功应用于山西省多项公路隧道工程，为水渗条件下隧道围岩结构及支护优化设计，施工建设和长期安全运营提供技术保障。

该项目实施过程已发表学术论文 9 篇，授权和申请发明专利 4 项，培养博士 2 名，硕士生 6 名。研究成果丰富和发展了隧道工程长期稳定性分析方法，在公路隧道工程全生命周期的安全运营方面有重要的指导作用。

五、推广应用情况

该项目主要揭示了水渗条件下软岩隧道围岩时效变形机理，并提出了基于长期强度参数的长期稳定性分析评价方法，建立了渗流-应力-损伤耦合的长期稳定性分析模拟平台，为软岩隧道在渗水条件下的短长期稳定性预测与灾害防治提供了新的解决方案。研究成果成功应用于长临高速公路盘秀山隧道和榆和高速公路康家楼隧道工程。采用本研究成果，根据隧道软弱围岩的长期力学性能指标，对长临高速公路盘秀山隧道和榆和高速公路康家楼隧道涌水潜在部位进行了及时加固，消除了潜在的安全风险和隐患；针对关键部位的围岩塑性区支护结构进行了优化设计，保证了支护结构在富水条件下的安全稳定；通过调整侧墙锚杆和局部增设仰拱衬砌结构，防止侧向和底部围岩拉应力区的开展，并对隧道运营期的监测和养护进行了指导，保证了隧道的安全运营，对隧道的长期运营具有指导作用，节约成本共约 1662 万元。成果推广具有较大的工程应用价值和良好的经济、社会效益，应用前景广泛。

六、客观评价

该项目依托山西省长临高速公路盘秀山隧道，采用了室内试验、数值模拟和理论分析等方法，对水渗条件下软岩的时效力学特性进行了研究，建立了软岩隧道围岩力学特性的粘弹塑性流变模型，提出了基于长期安全系数的软岩隧道围岩长期稳定性预测及分析方法。研究成果已在长临高速公路盘秀山隧道以及和榆高速公路康家楼隧道等工程中进行了应用，为富水区软弱围岩隧道的长期稳定性能评价提供了技术支撑，取得了良好的社会效益。经过山西省交通运输厅组织有关专家对该项目成果进行评审，认为成果总体达到国际先进水平。

七、主要完成单位及创新性贡献

- 1、第一完成单位：山西交通科学研究院有限集团，全面负责本项目的组织实施和管理。
- 2、第二完成单位：山西省交通规划勘察设计院有限公司，参与隧道结构设计方案优化设计、支护方案和维护运营方案的制定实施。
- 3、第三完成单位：河海大学，负责项目整体技术方案的制定、实施、开展技术问题攻关，对创新点 1, 2, 3 做出突出贡献。