

科学技术进步奖申请材料公示内容

一、 项目名称：

陕西地区典型特殊土边坡灾害评价方法研究及其工程应用

二、 提名者及提名意见（包含提名等级）：

提名者：陕西省教育厅

提名意见：该项目成果选题准确，符合陕西地区建设新需求，项目以典型特殊土边坡灾害评价方法与工程应用为总目标，以陕西区域三类典型特殊土边坡为研究对象，提出了结构性黄土、冻结性黄土、盐渍黄土边坡等灾害评价的新理论、新方法、新技术，实现了从致灾机理、评价方法、防治技术、工程应用等方面的技术开发与推广，应用实践证明了本项目成果具有广阔的应用前景。

推荐材料齐全、规范，经完成单位公示，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术进步奖推荐条件。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖 二 等奖

三、 项目简介：

（1）项目主要技术内容

西部大开发是我国实现地区平衡发展和可持续发展的重大战略举措之一，我国西北黄土地区山高坡陡、千沟万壑，复杂多变的地质作用和地形地貌决定了该地区面临大量黄土边坡工程，但在相关工程建设中却频繁遭遇典型特殊土边坡各类灾害问题。该项目以典型特殊土边坡灾害评价方法与工程应用为总目标，以黄土区三类典型特殊土边坡为研究对象，提出了结构性黄土、冻结性黄土、盐渍黄土边坡等灾害评价的新理论、新方法、新技术。

针对缺乏合理评价结构性黄土抗拉特性的问题，研发了“一种基于拉压扭剪耦合的应力路径三轴仪”等发明专利技术，提出了可综合考虑拉剪和压剪特性的结构性黄土联合强度及黄土土压力计算新公式；建立了一种结构性黄土边坡稳定性的评价方法；基于实时可视化软件，结合边坡灾害智能监测技术，实现了黄土边坡智能化灾害防控。针对冻结性黄土，提出了冻结性黄土边坡水热耦合计算新方法，提出了季节冻融作用对黄土边坡浅层土体结构产生显著病害的新规律，建立了冻结性黄土边坡稳定性评价的新方法。针对盐渍黄土，揭示了盐渍黄土边坡盐蚀剥落病害诱因，构建了盐渍黄土边坡水热盐多物理场耦合预测模型。

（2）项目主要技术指标

① 针对 Mohr-Coulomb 强度高估了岩土体的抗拉强度的缺陷，该项目揭示了从基于 M-C 强度的传统应力路径向新应力路径改进的技术空白与突破契机，提出了基于新应力路径构建联合强度理论的思路，从而建立了可综合考虑拉剪强度和压剪强度的联合强度理论。

② 基于联合强度开展主动及被动极限应力平衡分析，推导了主动土压力计

算新公式，发现朗肯主动土压力计算值偏小 **15%**，克服了采用朗肯主动土压力值作为设计值而偏于不安全的潜在风险问题，为施工中支挡设计奠定了新的分析基础。

③ 基于结构性参数和冻融循环，构建了结构性黄土边坡稳定性及黄土边坡冻融灾害的评价新方法，开发了强度折减有限元计算实时可视化分析软件，新方法消除判别误差 **16%**。

④ 开发了相关发明专利技术 7 项。

⑤ 研究成果“陕西地区典型特殊土边坡灾害评价方法研究及其工程应用（No.17H04）”已经获得陕西高等学校科学技术二等奖。

四、 客观评价：

（1）国家自然科学基金面上项目结题验收意见

许健同志：您承担的国家自然科学基金项目：（黄土地区边坡冻融灾害发生机理及防治对策研究），批准号：（51208409）按有关规定已审核完毕，准予结题。

许健同志：您承担的国家自然科学基金项目：（黄土地区盐蚀型崩塌灾害发生机理及预测判据研究），批准号：（51478385）按有关规定已审核完毕，准予结题。

李荣建同志：您承担的国家自然科学基金项目：（砂土物态粘弹塑性本构模型及其动力固结数值分析方法研究），批准号：（11072193）按有关规定已审核完毕，准予结题。

（2）陕西省教育厅科研计划项目验收意见评价

陕西省教育厅科研计划项目“陕西地区结构性黄土边坡破坏机理研究”（项目编号：11JS069）验收意见：“提出了能综合考虑黄土结构性的双曲线强度公式，能全面反映结构性土的抗拉和抗剪强度特性，丰富了结构性黄土强度理论，并应用于结构性黄土边坡稳定性评价分析，探讨了结构性黄土边坡的破坏和致灾机理，具有重要的工程意义。”

陕西省教育厅科研计划项目“黄土的抗拉结构强度特性研究及其在开裂致灾机理中的评价”（项目编号:14JS064）验收意见：“基于黄土的单轴拉伸试验，研究了黄土的抗拉模量与应变、含水量以及抗拉强度的关系，建立了考虑黄土抗拉特性的结构性参数，拓展了结构性黄土边坡致灾机理的评价方法和手段。”

（3）科技获奖评价

①“陕西地区典型特殊土边坡灾害评价方法研究及其工程应用”，陕西高等学校科学技术二等奖。（No.17H04）

②通过该项目核心专利技术研发的“基于新应力路径的联合强度及其在隧道设计与智慧监测中技术开发应用”，获得 2025 年发明创业奖成果奖二等奖。（No.2025-CAICG-2-B09）

③该项目核心专利研发的基于新应力路径的联合强度及其在隧道智慧监测中的技术开发，获得 2025 年日内瓦国际发明展金奖；

④基于该项目核心专利研发的“基于新应力路径的联合强度及其在隧道施工

智慧监测中技术开发”在第三届秦创原高价值专利大赛的两个赛道上分别获得了秦创原“一带一路”高价值专利特别奖和初创组三等奖。

五、 应用情况：

在本项目成果可应用于结构性黄土、冻结性黄土及盐渍黄土边坡稳定性分析与评价，已在中铁西安勘察设计研究院有限责任公司、中铁隧道局集团有限公司北京分公司、中铁二十局集团有限公司、信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司西安分公司、中铁西南科学研究院有限公司和中铁十七局集团第二工程有限公司等 10 余家企事业单位的科研及工程项目中的边坡稳定性评价、边坡防护及灾害治理等方面得到广泛应用。近三年取得经济效益：31732.44 万元。

六、 主要知识产权和标准规范等目录：（限 10 条，所列专利证书颁发日期、标准规范发布日期、论文发表日期应在 2024 年 12 月 31 日之前。）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种岩土工程勘察用钻探装置及方法	中国	ZL202110271505.1	2023 年 03 月 24 日	5806497	西安建筑科技大学;西安理工大学	李荣锦;刘军定;李荣建;白维仕;王磊
2	发明专利	一种基于拉压扭转耦合的应力路径三轴仪	中国	ZL201310064907.X	2014 年 07 月 02 日	1433883	西安理工大学	李荣建;刘军定;李海涛;吴利言
3	发明专利	A test method for measuring tensile strength of soil under negative confining pressure	南非	2023/03118	2023 年 05 月 31 日	2023/03118	Xi'an University of Technology; China Railway Xi'an Survey, Design and Research Institute Co.,Ltd,of CREC.	Rongjian LI;Chaone ng BAI;Guoqiang L IN;Rongjin LI;Xin ZOU; Weishi BAI; Shibin ZHANG; Lei WAN G;Yongqi

								ZHANG
4	发明专利	基于电动控制加载的非饱和与饱和土体抗拉强度试验装置	中国	ZL201110052708.8	2012 年 11 月 28 日	1091087	西安理工大学	李荣建;郑文;吴利言
5	发明专利	一种土体拉压扭转多功能的三轴蠕变试验机	中国	ZL201310063947.2	2014 年 08 月 06 日	1455488	西安理工大学	李荣建;刘军定;闫蕊;吴利言
6	发明专利	用于冻土地地区的边坡支护锚固施工方法	中国	ZL202110748948.5	2022 年 06 月 21 日	5253604	西安建筑科技大学	许健;梅源;周立阳;武智鹏;李彦锋
7	发明专利	一种用于盐渍土水盐迁移的试验监测装置	中国	ZL202110512555.4	2022 年 02 月 08 日	4922897	西安建筑科技大学	许健;梅源;武智鹏;李彦锋
8	论文	Fracture Disaster Assessment of Model Concrete Piles in Loess Slope Engineering under Non-Uniform Lateral Loading	中国	2024,14(1): 173	2024 年 01 月 10 日	Buildings (SCI)	Xi'an University of Technology; China Railway Xi'an Survey, Design and Research Institute Co.,Ltd,of CREC;Xi'an University of Architecture and Technology; Shaanxi Transportation Holding Group Co., Ltd.; The Second Engineering Co., Ltd. of China Railway 17th Bureau Group.	Weishi Bai; Rongjian Li; Guoqiang Lin; Rongjin Li; Hao Jiang; Laizhu Wang and Chaoneng Bai

9	论文	Evaluation of the relationship between freezing point and clay activity Of loess	中国	2022 , 22 (8) : 2262-2280	2022 年 05 月 21 日	Journal of Soils and Sediments (SCI)	Xi'an University of Technology	Wang Songhe; Wei hangYe; YangWang ;JiulongDing
10	论文	Shear strength and mesoscopic character of undisturbed loess with sodium sulfate after dry-wet cycling	中国	2020,79(3):1523-1541.	2019 年 11 月 09 日	Bulletin of Engineering Geology and the Environment (SCI)	Xi'an University of Architecture and Technology; Xi'an University of Technology	Xu Jian;Li Yanfeng; Wang Songhe;Wang ang Qinze;Ding Jiulong

七、 主要完成人情况：

排名	姓名	技术职称	行政职务	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	李荣建	教授	无	西安理工大学	西安理工大学	研发了“一种基于拉压扭剪耦合的应力路径三轴仪”、“一种土体拉压扭剪多功能的三轴蠕变试验机”等 5 项发明专利。负责了结构性黄土力学特性研究，构建了结构性黄土联合强度理论及其在土压力计算与特殊土边坡灾害中的评价方法。
2	许健	教授	所长	西安建筑科技大学	西安建筑科技大学	在项目中负责研发了“用于冻土地区的边坡支护锚固施工方法”、“一种用于盐渍土水盐迁移的试验监测装置”专利技术，并提出了黄土冻融边坡灾害评价方法。
3	林国强	高级工程师	市政桥隧设计处处长	中铁西安勘察设计院有限责任公司	中铁西安勘察设计院有限责任公司	在该项目中承担了黄土加固边坡稳定性评价方法的试验研究，是国际发明专利“A test method for measuring tensile strength of soil under negative confining pressure”的发明人。
4	李荣锦	副教授	无	西安建筑科技大学	西安建筑科技大学	在该项目中承担了结构性黄土边坡承载力评价研究及边坡灾害智能监

						测技术研究，是发明专利“一种岩土工程勘察用钻探装置及方法”的第一发明人。
5	王松鹤	副教授	无	西安理工大学	西安理工大学	在项目中承担了黄土边坡冻融灾害发生机理。
6	邹鑫	教授级高工	副总工程师	中铁西安勘察设计研究院有限责任公司	中铁西安勘察设计研究院有限责任公司	在该项目中承担了研究黄土的力学特性测试研究，是国际发明专利“A test method for measuring tensile strength of soil under negative confining pressure”的发明人。
7	王来柱	高级工程师	项目总工	中铁十七局集团第二工程有限公司	中铁十七局集团第二工程有限公司	在该项目中承担了黄土加固边坡稳定性评价方法的试验研究，是 sci 论文“Fracture Disaster Assessment of Model Concrete Piles in Loess Slope Engineering under Non-Uniform Lateral Loading”的完成人。

八、 主要完成单位及创新推广贡献：

排 名	完成单位	创新推广贡献
1	西安理工大学	负责管理和研制适用于测试结构性黄土抗拉强度的 5 项发明专利技术及设备，构建了结构性黄土联合强度理论及其在土压力计算与特殊土边坡灾害中的评价新方法，并承担了黄土边坡冻融灾害发生机理研究。
2	西安建筑科技大学	负责管理和研制用于冻土地区的边坡支护锚固施工方法等 2 项发明专利技术，开展了黄土边坡冻融灾害相关理论与试验测试研究。
3	中铁西安勘察设计研究院有限责任公司	参与了本项目中综合考虑拉剪强度与压剪强度的结构性黄土联合强度的应用研究，承担了本项目中黄土的力学特性测试研究、边坡灾害评价方法研究，为项目理论研究成果及专利技术方法推广应用创造了重要的贡献。
4	中铁十七局集团第二工程有限公司	参与了本项目中黄土边坡的测试研究，承担了黄土加固边坡稳定性评价的试验测试与研究。

九、 完成人合作关系说明：

西安理工大学李荣建（第 1 完成人），中铁西安勘察设计研究院有限责任公司林国强（第 3 完成人）、邹鑫（第 6 完成人），西安建筑科技大学李荣锦（第 4 完成人），中铁十七局集团第二工程有限公司王来柱（第 7 完成人），通过科研团队以及项目合作的方式，长期保持紧密的合作关系，一直从事黄土的力学特性研究、黄土边坡灾害相关理论与模型试验研究以及特殊土边坡稳定性评价方法与灾害防治处理的研究工作，提出了结构性黄土边坡等灾害评价的新理论、新方法、新技术，共同授权多项发明专利，发表多篇学术论文。

西安建筑科技大学许建（第 2 完成人），西安理工大学王松鹤（第 5 完成

人)，合作建立了冻结性黄土边坡冻融稳定性评价方法，得出了冻融条件下冻结性黄土边坡安全系数与冻融次数和坡度系数等因素的函数关系，揭示了冻结性黄土边坡浅层冻融滑塌灾害的机制，并长期保持紧密的科研合作关系，共同发表学术论文。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	李荣建/1、李荣锦/4	2015-01-01	2023-03-24	专利：一种岩土工程勘察用钻探装置及方法	必备附件1-4-1
2	共同知识产权	李荣建/1、林国强/3、李荣锦/4、邹鑫/6	2010-01-01	2023-05-31	专利：A test method for measuring tensile strength of soil under negative confining pressure	必备附件1-4-2
3	共同发表论文	李荣建/1、林国强/3、李荣锦/4、王来柱/7	2010-01-01	2024-01-10	论文：Fracture Disaster Assessment of Model Concrete Piles in Loess Slope Engineering under Non-Uniform Lateral Loading	必备附件1-4-3
4	共同发表论文	许健/2、王松鹤/5	2015-01-01	2019-11-09	论文：Shear strength and mesoscopic character of undisturbed loess with sodium sulfate after dry-wet cycling	必备附件1-4-4