

安徽省科学技术奖提名项目公示内容

(2020 年度)

一、项目名称

皖江地区灰白色条带裂纹土边坡破坏机理及处治技术

二、提名者及提名意见

1. 推荐单位

安徽省交通运输厅

2. 提名意见

安徽省高速公路“十二五”建设以来，皖江地区业界俗称的“含高岭石地层”边坡频繁出现大范围、大规模的滑塌破坏，业已成为制约区内高速公路建设的重大技术难题。项目研究组围绕皖江地区类似地层边坡进行了为期六年的跟踪调研与工程实践，首次查明了致灾岩土体的主要矿物成分为伊利石或伊蒙混层，而非高岭石，其致灾主要由收缩开裂引发，并非传统认识的膨胀，故将其命名为“裂纹土”；成功揭示了该类特殊土工程特性及其边坡变形破坏机理；针对性地提出边坡处治的核心理念，形成了一套完整的边坡工程防治技术体系。

项目的主要技术工作和发明有：(1) 全面开展了皖江地区裂纹土边坡病害跟踪调研，系统进行了土体宏、微观物理力学性质及工程特性试验研究，首次查明了裂纹土地质成因、矿物成分、微观结构、工程特性、土体裂隙发展演化规律及边坡破坏模式；(2) 研制了可精准模拟大气环境及精确测定边坡内部位移的模型试验系统，开展了大型边坡足尺模型试验，结合数值模拟及理论分析，成功揭示了裂纹土边坡失稳破坏机理，建立了边坡失稳预测模型，开发了预测裂纹土边坡失稳破坏的系列软件；(3) 进行了不同加固措施的边坡稳定性分析研究，开展了基于新材料的边坡预加固试验，提出了裂纹土边坡处治的核心理念，编制了《皖江地区灰白色条带裂纹土路堑边坡设计及施工指南》。

项目成果已获中国实用新型专利 1 项、软件著作权 2 项；发表中文核心及以上级别科技论文 14 篇；编制企业标准 1 部；并获 2019 年安徽省交通科技进步一等奖。

项目前期成果“裂纹土工程特性及边坡失稳预测模型”首次成功应用于望（江）东（至）长江公路大桥北岸连接线及溧阳至广德高速公路安徽段路堑边坡

防治中，项目整体技术已成功应用于池州长江公路大桥接线工程边坡防护动态优化设计及施工管控并推广至区内已运营的高速公路和国省道边坡的安全排查，提出的防治体系也被推广应用于类似地质条件下公路建设中。近6年，本项目成果为应用单位节约投资共计6773.34万元。

项目技术具有原创性，达到国际领先水平，应用效益显著，极大地推动皖江地区边坡工程地质灾害全寿命综合防治研究和技术进步。

鉴于以上所述，郑重推荐“皖江地区灰白色条带裂纹土边坡破坏机理及处治技术”项目为2020年度安徽省科学技术进步一等奖。

三、项目简介

1. 立项背景

区域性分布的具有特殊性质的岩土体对区内工程边坡处治方案的选择和造价的控制甚为关键，安徽长江流域一带（简称皖江地区）广泛分布着一种灰白色土层，其土质细腻、粘性大，裂隙发育，常呈条带状、团块状，或以夹层形式存在于岩层中，形成软弱结构面。工程建设者一直认为这是一种强膨胀性岩土体，并冠名为“含高岭石地层”。

近年来夏秋多雨季节，皖江地区马巢、巢无、铜南宣、马桥接线等多条高速公路边坡出现大范围、大规模的滑塌破坏，部分在建高速公路的边坡支挡构造物出现滑移，已经运营多年的南沿江高速公路边坡也出现不同程度的变形破坏，局部路段造成近亿元的防护设计变更。边坡反复的变形破坏不仅增加了高速公路建设成本和养护费用，同时也带来极大的安全隐患。现场调查发现，出现变形破坏的边坡大部分与区内分布的灰白色土层有关。虽然设计人员在边坡处治方案选择时已重点考虑了其膨胀特性，但工程边坡反复的变形破坏说明这种岩土体除了具有一定的膨胀性外，还有尚未被认识的工程性质。因此，揭示其固有特性及边坡破坏机理成为边坡经济、有效处治的关键和强烈的工程需求。

针对上述问题和难题，依托池州长江公路大桥接线工程建设中出露的灰白色岩土体边坡防护需求，结合望（江）东（至）长江公路大桥北岸连接线及溧阳至广德高速公路安徽段路堑边坡防治工程实践与前期研究成果，最终依托池州长江公路大桥接线工程申报了安徽省交通运输科技进步计划（NO. 2018030）。通过开展系统研究，查明了其固有的特殊工程特性和边坡破坏机理，提出边坡处治的核

心理念，最终形成了一套完整的边坡工程防治技术体系。

2. 主要技术内容

以安徽省池州长江大桥接线工程为依托，结合望（江）东（至）长江公路大桥北岸连接线及溧阳至广德高速公路安徽段路堑边坡防治工程实践，重点围绕皖江地区灰白色裂纹土边坡破坏机理及处治技术开展研究，项目完成了以下主要技术工作：

（1）全面开展了皖江地区裂纹土边坡病害跟踪调研，系统进行了土体宏、微观物理力学性质及工程特性试验研究，首次查明了裂纹土地质成因、矿物成分、微观结构、工程特性、土体裂隙发展演化规律及边坡破坏模式。

（2）研制了可精准模拟大气环境及精确测定边坡内部位移的模型试验系统，开展了大型边坡足尺模型试验，结合数值模拟及理论分析，成功揭示了裂纹土边坡失稳破坏机理，建立了边坡失稳预测模型，开发了预测裂纹土边坡失稳破坏的系列软件。

（3）进行了不同加固措施的边坡稳定性分析研究，开展了基于新材料的边坡预加固试验，提出了裂纹土边坡处治的核心理念，编制了《皖江地区灰白色条带裂纹土路堑边坡设计及施工指南》。

3. 专利知识产权

项目成果已获中国实用新型专利 1 项、软件著作权 2 项；发表中文核心及以上级别科技论文 14 篇；编制企业标准《皖江地区灰白色条带裂纹土路堑边坡设计及施工指南》1 部。

4. 技术经济指标

项目揭示了皖江地区灰白色致灾岩土体主要矿物成分及致灾特性，并将其命名为“裂纹土”；研制了可精准模拟大气环境及精确测定边坡内部位移的模型试验系统；建立了降雨入渗条件下考虑裂隙演化的浅层滑坡失稳预测模型，开发了预测裂纹土边坡失稳破坏软件，实现了区域尺度下的裂纹土边坡失稳破坏预测；形成 1 套以“改性预加固、保湿控裂”为核心理念的裂纹土边坡工程防治技术体系；项目成果评价为国际领先水平，并获得 2019 年安徽省交通科技进步一等奖。

5. 应用推广及效益情况

项目前期成果“裂纹土工程特性及边坡失稳预测模型”于 2016 年底首次

成功应用于望（江）东（至）长江公路大桥北岸连接线及溧阳至广德高速公路安徽段路堑边坡防治中。项目整体技术于 2018 年底前已成功应用于池州长江公路大桥接线工程边坡防护动态优化设计及施工管控。经测算，多条高速公路建设期间成果应用节约投资累计 6773.34 万元。

项目提出的核心处治理念和开发的相关软件已成功推广至区内运营的高速公路和国省道（如马巢路、芜湖二桥接线、南沿江高速公路、芜宣路等）日常养护管理中的边坡安全排查和稳定性预测评价。营运期成果应用共创造经济效益累计 500 万元。编制的企业标准也被推广应用于区内类似地质条件公路建设边坡设计中，目前除已完成整体应用的工程建设项目外，企业标准正应用于宣商高速无为至合肥段、北沿江高速公路无为至安庆段勘察设计中。

四、客观评价

1. 鉴定、验收、审查意见

2019 年 9 月 11 日，安徽省公路学会在合肥组织召开了“皖江地区夹灰白色条带裂纹土边坡变形破坏机理及处治技术研究”项目评价会，由中国科学院武汉岩土力学研究所孟庆山研究员，合肥工业大学谭晓慧教授等组成的委员会听取了项目组的汇报，审阅了相关技术资料，经质询和讨论，一致同意课题组取得如下创新性成果：

（1）揭示了皖江地区夹灰白色条带裂纹土地质成因、微观特性、工程力学特性及裂隙发展演化规律，建立了裂隙长度生长经验模型，总结了皖江地区同类地层边坡典型破坏特征。

（2）基于人工降雨条件下裂纹土边坡大型足尺模型试验和数值仿真，揭示了夹灰白色条带裂纹土边坡在不同降雨、支护条件下的破坏模式和失稳机理，建立了降雨入渗条件下考虑裂隙演化的浅层滑坡失稳预测模型。

（3）构建了以“改性预加固、保湿控裂”为核心理念的夹灰白色条带裂纹土边坡工程防治技术体系。

委员会评价课题研究成果总体达到国际领先水平。

2. 国内外重要科技奖励

2019 年，《皖江地区夹灰白色条带裂纹土边坡变形破坏机理及处治技术研究》获安徽省交通科技进步一等奖。

3. 国内外重要学术交流

2018年，项目组成员结合论文《Reinforced cracked soil with epoxy resin-cement-glass fiber》参加了在法国举办的第16届环境地质与岩土工程国际会议(The 16th International Symposium on Geo-disaster Reduction)，并作邀请报告。

五、应用情况

项目前期研究成果“裂纹土工程特性及边坡失稳预测模型”首次成功应用于望（江）东（至）长江公路大桥北岸连接线工程 K6+365~K6+640 等六段路堑边坡的稳定性评价及边坡防护动态设计优化；随后应用于溧阳至广德高速公路安徽段誓节枢纽互通、郎溪服务区及起点附近四段裂纹土边坡稳定性评价及防治。

项目整体技术首次成功应用于依托工程池州长江大桥接线工程第 1、2、8 合同段裂纹土工点边坡防护动态设计优化及施工管控。

项目开发的裂纹土边坡失稳破坏预测软件已成功推广至区内已运营的高速公路和国省道（如马巢路、芜湖二桥接线、南沿江高速公路、芜宣路等）边坡日常管养的安全排查和稳定性评价。编制的企业标准也被推广应用于区内类似地质条件下公路建设中。主要应用单位见下表：

主要应用单位情况表

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	单位联系人电话	应用对象及规模
[1]安徽省交通控股集团有限公司望（江）东（至）长江公路大桥北岸连接线工程项目办公室	边坡失稳预测方法	2013.12-至今	王建立 13305683827	K6+365~640、K18+570~K19+420、K22+860~K23+232、K23+517~865 K43+570~870、K44+020~582 共计六段路堑边坡
[2]安徽省交通控股集团有限公司溧广高速安徽段项目办公室	边坡失稳预测方法	2014.1-至今	陶犇 13856981878	誓节枢纽互通、郎溪服务区及起点附近的裂纹土边坡
[3]安徽省交通控股集团有限公司池州长江公路大桥接线项目办公室	整体技术	2018.1-至今	王建立 13305683827	第 1、2、8 合同段裂纹土工点边坡
[4]中建铁路投资建设集团有限公司	整体技术	2018.1-至今	毛广志 15998199983	第 2 合同段裂纹土工点边坡
[5]安徽省路桥工程集团有限责任公司	整体技术	2018.1-至今	常乃坤 18655995222	第 1、8 合同段裂纹土工点边坡
[6]安徽省交通控股集团有限公司池州中心	边坡失稳预测方法	2016.1-至今	李波涛 18156227646	池州、铜陵地区路段裂纹土路堑边坡管理养护

续表 主要应用单位情况表

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	单位联系人电话	应用对象及规模
[7]安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司	边坡失稳预测方法及设计与施工指南	2012.1-至今	许魁 18019967682	望（江）东（至）长江公路大桥北岸连接线、池州长江公路大桥接线、北沿江高速巢湖段至无为段、省道 S226 含山至昭关改建工程、扬州至绩溪高速公路溧阳至广德安徽段、宣城至无为高速公路、宣商高速无为至合肥段、北沿江高速公路无为至安庆段
[8]安徽省高等级公路工程监理有限公司	边坡失稳预测方法	2018.1-至今	胡兮 13955180491	池州长江大桥接线工程第 1、2、8 合同段裂纹土工点边坡

六、主要知识产权和标准规范等目录

1. 专利及软件著作权

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	发明专利有效状态
实用新型专利	[1] 一种用于边坡足尺模型试验的人工模拟降雨装置”	中国	ZL201821726356.3	2019.6.11	8943948	安徽省交通控股集团有限公司、中国地质大学（武汉）	孙狂飙；王建立；王少峰；吕韶全；张家铭；周峙等	有效
软件著作权	[2] 考虑地下水分布的降雨入渗下非饱和土滑坡安全系数计算软件 V1.0	中国	2019SR0483039	2019.5.20	03992814	中国地质大学（武汉）、安徽省交通控股集团有限公司	周峙；张家铭；孙狂飙；王建立	有效
软件著作权	[3] 基于 Mein-Larson 模型的浅层滑坡稳定性系数计算软件	中国	2020SR0151817	2020.2.19	0533211	中国地质大学（武汉）、安徽省交通控股集团有限公司	周峙；张家铭；孙狂飙；王建立	有效

2. 标准规范

编制安徽省交通控股集团有限公司企业标准《皖江地区灰白色条带裂纹土路堑边坡设计及施工指南》。

3. 科技论文

中文核心及以上级别期刊 14 篇，其中 3 篇 EI 期刊，英文 SCI 期刊 1 篇。

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	对本项目的贡献
孙狂飙	1	项目办主任	正高级工程师	安徽省交通控股集团有限公司	作为项目负责人，负责课题研究方案编制与总体规划。
王建立	2	项目总工程师	正高级工程师	安徽省交通控股集团有限公司	作为项目课题组长，主持科研技术路线与课题组织协调工作。
张家铭	3	无	副教授	中国地质大学（武汉）	作为项目负责人，负责研究方案编制与总体规划。
周峙	4	无	工程师	中国地质大学（武汉）	作为项目主要负责人，负责试验、理论分析、方案实施。
许魁	5	主任工程师	高级工程师	安徽省交通规划设计研究院股份有限公司	作为指南主要编写人，积极推广应用本次科研成果。
王亮	6	项目办副主任	高级工程师	安徽省交通控股集团有限公司	作为指南主要编写人，积极推广应用本次科研成果。
李占甫	7	项目工程管理部部长	高级工程师	安徽省交通控股集团有限公司	全面参与该课题试验、理论分析、方案实施。
王少峰	8	项目合同部部长	高级工程师	安徽省交通控股集团有限公司	全面参与该课题试验、理论分析、方案实施。
常乃坤	9	技术中心经理	高级工程师	安徽省路桥工程集团有限责任公司	在池州长江大桥路基接线08标中积极推广应用本项目技术，全程参与课题组的研制工作，并参与编制研究报告。
吕韶全	10	主管	高级工程师	安徽省交通控股集团有限公司	参与科研试验、理论分析工作、组织方案实施，参与核定项目成果；参与组织推广应用等。

八、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	排名顺序	创新推广贡献
安徽省交通控股集团有限公司	1	<p>为本项目第一完成单位。主持项目立项，调研；制定项目技术路线与研究内容；主持项目工作；审查项目成果；组织编制标准，推广应用等。对本项目科技创新的以下部分做出贡献：</p> <p>（1）开展皖江地区裂纹土宏、微观物理力学性质及工程特性试验研究，系统查明了裂纹土的主要矿物成分及致灾特性。（2）建立降雨入渗条件下考虑裂隙演化的浅层滑坡失稳预测模型，开发出预测裂纹土边坡失稳破坏软件。（3）进行不同加固措施的边坡稳定性数值分析，开展新型材料的边坡预加固试验，提出“改性预加固、保湿控裂”的裂纹土边</p>

		<p>坡防治核心理念。</p> <p>组织项目前期技术“裂纹土工程特性及边坡失稳预测模型”首先成功应用于望(江)东(至)长江公路大桥北岸连接线工程 K6+365~K6+640、K18+570~K19+420、K22+860~K23+232、K23+517~K23+865 K43+570~K43+870、K44+020~K44+582 段路堑边坡的稳定性评价及边坡防护动态设计优化; 随后应用于溧阳至广德高速公路安徽段誓节枢纽互通、郎溪服务区及起点附近的裂纹土边坡稳定性评价及防治。</p> <p>组织项目整体技术首先成功应用于依托工程池州长江大桥接线工程第 1、2、8 合同段裂纹土工点边坡防护动态设计优化。</p>
中国地质大学(武汉)	2	<p>为本项目的第二完成单位。负责落实项目立项, 提出项目建议; 落实项目调研, 制定工作大纲; 负责项目部分模型试验、现场试验; 总结项目工作, 提炼项目成果, 提出关键技术; 编制标准, 协助推广应用, 提出优化方案等。对本项目科技创新的以下部分作出贡献:</p> <p>1) 开展皖江地区裂纹土宏、微观物理力学性质及工程特性试验研究, 系统查明了裂纹土的主要矿物成分及致灾特性。(2) 建立降雨入渗条件下考虑裂隙演化的浅层滑坡失稳预测模型, 开发出预测裂纹土边坡失稳破坏软件。(3) 进行不同加固措施的边坡稳定性数值分析, 开展新型材料的边坡预加固试验, 提出“改性预加固、保湿控裂”的裂纹土边坡防治核心理念。</p> <p>在落实项目成果推广应用期间, 长期进行省内外相关技术的咨询、审查和指导。参与望(江)东(至)长江公路大桥北岸连接线工程、溧阳至广德高速公路安徽段誓节枢纽互通、郎溪服务区及起点、池州长江大桥接线工程第 1、2、8 合同段裂纹土工点边坡防护动态设计优化。</p>
安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司	3	<p>为本项目第三完成单位。负责项目设计及施工指南的编制; 落实项目成果推广应用, 进行边坡处治工程设计等。对本项目科技创新的以下部分作出贡献:</p> <p>(3) 进行不同加固措施的边坡稳定性数值分析, 开展新型材料的边坡预加固试验, 提出“改性预加固、保湿控裂”的裂纹土边坡防治核心理念。</p> <p>落实项目前期技术首先成功应用于望(江)东(至)长江公路大桥北岸连接线工程部分路段路堑边坡的稳定性评价及边坡防护动态设计优化, 并推广应用于溧阳至广德高速公路安徽段誓节枢纽互通、郎溪服务区及起点附近的裂纹土边坡稳定性评价及防治。最终落实项目整体技术首先成功应用于依托工程池州长江大桥接线工程第 1、2、8 合同段裂纹土工点边坡防护动态设计优化。</p>
安徽省路桥工程集团有限责任公司	4	<p>为本项目第四完成单位。负责配合项目部分调研; 协助项目部分模型试验、现场试验; 落实项目成功推广应用, 提出改进性方案等。对本项目科技创新的以下部分作出贡献:</p> <p>(2) 建立降雨入渗条件下考虑裂隙演化的浅层滑坡失稳预测模型, 开发出预测裂纹土边坡失稳破坏软件。(3) 进行不同加固措施的边坡稳定性数值分析, 开展新型材料的边坡预加固试验, 提出“改性预加固、保湿控裂”的裂纹土边坡防治核心理念。</p> <p>在协助项目研究期间, 积极落实项目成果的推广应用。参与了依托工程池州长江大桥接线工程第 8 合同段裂纹土工点边坡防护动态设计优化。</p>
中建铁路投资建设集团有限公司	5	<p>为本项目第五完成单位。负责配合项目部分调研; 提供试验场地; 协助项目部分模型试验、现场试验; 落实项目成果推广应用, 提出改进性方案等等。对本项目科技创新的以下部分作出贡献:</p> <p>(2) 建立降雨入渗条件下考虑裂隙演化的浅层滑坡失稳预测模型,</p>

		开发出预测裂纹土边坡失稳破坏软件。(3) 进行不同加固措施的边坡稳定性数值分析, 开展新型材料的边坡预加固试验, 提出“改性预加固、保湿控裂”的裂纹土边坡防治核心理念。 在协助项目研究期间, 积极落实项目成果的推广应用。参与了依托工程池州长江大桥接线工程第 1、2 合同段裂纹土工点边坡防护动态设计优化。
安徽省高等级公路工程监理有限公司	6	为本项目第六完成单位。负责依托工程研究成果应用方案的落实、监督。对本项目科技创新的以下部分作出贡献: (3) 进行不同加固措施的边坡稳定性数值分析, 开展新型材料的边坡预加固试验, 提出“改性预加固、保湿控裂”的裂纹土边坡防治核心理念。

九、完成人合作关系说明

安徽省交通控股集团有限公司、中国地质大学（武汉）、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、安徽省路桥工程集团有限责任公司、中建铁路投资建设集团有限公司、安徽省高等级公路工程监理有限公司六方共同开展“皖江地区灰白色条带裂纹土边坡破坏机理及处治技术”项目工作，合作时间为 2013-2019 年，合作方式为安徽省交通控股集团有限公司主持项目工作，并委托其余五方开展项目相关工作，具体分工为：

安徽省交通控股集团有限公司提供科研经费；主持项目立项，调研；制定项目技术路线与研究内容；主持项目工作；审查项目成果；组织编制标准，推广应用等。

中国地质大学（武汉）负责落实项目立项，提出项目建议；落实项目调研，制定工作大纲；负责项目部分模型试验、现场试验；总结项目工作，提炼项目成果，提出关键技术；编制标准，协助推广应用，提出优化方案等。

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司负责项目设计及施工指南的编制；落实项目成果推广应用，进行边坡处治工程优化设计等。

安徽省路桥工程集团有限责任公司负责配合项目部分调研；协助项目部分模型试验、现场试验；落实项目成功推广应用，提出改进性方案等。

中建铁路投资建设集团有限公司负责配合项目部分调研；提供试验场地；协助项目部分模型试验、现场试验；落实项目成果推广应用，提出改进性方案等。

安徽省高等级公路工程监理有限公司负责依托工程研究成果应用方案的落实、监督。

合作过程中，安徽省交通控股集团有限公司提出的项目第一完成人，通过明

确的合同和协议，考核其余五方提出的项目完成人，组建专项工作组，持续开展工作，不断取得突破，成功实现项目的整体目标，在产、学、研、用上取得突出成果。