“多灾源巨型滑坡精细治理综合技术应用及推广”

2019年度湖南省科学技术奖提名公示内容

**一、项目名称：**

多灾源巨型滑坡精细治理综合技术应用及推广

**二、提名意见：**

公路建设中遇到的多灾源巨型滑坡具有规模大、土方量多、危害大、影响因素复杂和发生机制难以理清等特点，导致了其治理难度大、治理效果差甚至治理后局部发生二次滑坡。该项目通过研究在巨型滑坡治理方面取得了较大成果：

（1）采用联合探测手段结合理论分析和数值计算相的方法，实现了复杂巨型滑坡灾源的精准探测，确定该滑坡的类型为巨型牵引式工程；

（2）采用勘探、高密度电法、EH4电磁探勘等方法，开展了滑坡灾源范围精细探测，实现了滑坡中地层、含水层位置和古滑动面的精准探测，实现了“透明滑坡体”。

（3）利用定量分析、定性分析与数值模拟相结合的综合对比方法，开展了广东连平巨型滑坡精细治理方案研究，制定了以卸载为主的弱支挡综合治理方案；

（4）基于探勘建立了多灾源巨型边坡多场多尺度分析三维精细模型，分析了边坡开挖和治理前后的稳定性；

（5）分析了自然工况条件下和极端工况条件下不同工序治理后巨型滑坡体的稳定性，有效指导完成了广东连平巨型滑坡精细治理工程。

经审核，相关栏目符合填写要求，对照湖南省科学技术进步奖授奖条件，提名该项目为2020年度湖南省科学技术进步奖三等奖。

**三、项目简介：**

1、主要研究内容

龙怀TJ15标路线里程长度为7.64km，路基挖方为128万方，互通立交1座。在K112+210-K112+630段路基开挖后，路线右侧的山体边坡因不良地质影响，施工过程中引发了方量达110万 的巨型滑坡，滑坡体水平长约300m，斜长约320m，滑坡上部宽约200m，下部宽约390m，该滑坡为多层、多级滑坡。经过初步地质调查，发现该滑坡成因复杂，地质构造多变，地下水含量丰富，治理困难，因此为高效精准治理该滑坡，开展多手段多尺度的透明滑坡体研究，提出针对性的滑坡治理方案，滑坡治理工程的功效研究成为急需解决的课题。

该研究课题主要研究内容如下：

（1）对滑坡进行基础资料搜集、地质调查和取样分析，并运用EH4对滑坡体实地探测；

（2）综合探测数据，对滑坡体及周围环境建立三维地质模型。

（3）多种滑坡滑移面数值计算方法的分析研究，进行方法选择优化；

（4）滑坡体的局部和整体的主滑动方向、滑动范围和滑移带位置计算分析。

（5）模拟滑坡变形过程，分析机理；

（6）渗流-应力-震动多场耦合分析，研究滑坡发生的机理和诱导因素。

（7）数值分析治理过程中的坡体稳定性变化；

（8）模拟多灾源情况下，坡体设计工程的可靠性以及坡体稳定性。

（9）治理后坡体的稳定性安全分析，评价治理工程的效果。

2、授权专利情况：实用新型专利3项，软件著作权3项。

3、技术经济指标

巨型滑坡精细治理综合技术研究在总体方案制定的选择上节约投资比例为31.1%；大直径圆形不均匀配筋抗滑桩钢筋笼下放技术研究方面节省成本约16.3%。

4、应用推广及效益情况

研究成果在广东省龙川至怀集高速公路TJ15标实施、推广和应用，共节省费用157.01万元，节省工期约1个月。利用本科研项目成果，从源头到滑坡治理完成建立了多灾源巨型滑坡精细治理综合技术的标杆，为广东连平巨型滑坡的综合快速处置提供了技术保证，科学指导了连平滑坡工程勘探、含水层探测、滑坡卸载、支护排水的全程施工，具有良好的经济和社会效益，在其他类似公路边坡以及露天矿山边坡、尾矿库边坡等多灾源巨型边坡的治理具有广泛的推广应用价值。

**四、客观评价：**

1、与当前国内外同类技术比较

该查新项目技术特点：研究了多灾源巨型滑坡精细治理综合技术，该技术利用物探、高密度电法和EH4型StrataGem电磁系统相结合的探测方法对滑坡体地层和含水层位置进行精细探测，实现了“透明滑坡体”，并结合钻探圈定了古滑动面，建立了多灾源巨型边坡多场多尺度精细模型，分析了自然工况条件和极端工况条件下不同治理工序后多灾源巨型滑坡体的治理功效。

2、技术鉴定意见

2018年4月27日，在广东国评科技成果评价有限公司（第三方专业科技成果评价机构）的组织下，由中交一公局桥隧工程有限公司、中南大学完成的“多灾源巨型滑坡精细治理综合技术应用及推广”科技成果被专家组一致评价为达到国内领先水平，本次评价采用由广东省生产力促进中心、广东省标准化研究院、广东省高智新兴产业发展研究院、广东国评科技成果评价有限公司牵头联合省内重点高校及科研院所设计的全新科技成果评价体系，该体系包含评价执行规范、分类评价指标设计、评分方法、评价专家管理规范、技术检索分析方法等。评价专家认为这套体系具有较好的科学性及操作性，能使评价结果更加客观，建议更多推广应用，形成行业标准。

（1）技术水平评价

【创新性】该科技成果 采用联合探测手段结合理论分析和数值计算的方法，通过对滑坡体地层、含水层位置和古滑动面的精准探测，实现了复杂巨型滑坡灾源的精准探测，建立了多灾源巨型边坡多场多尺度分析三维精细模型，分析了自然工况条件下和极端工况条件下不同工序治理后巨型滑坡体的稳定性，指导了广东连平巨型滑坡精细治理的施工 。成果技术创新性评价为应用性创新；

【关键度】该科技成果于工程技术与设计服务/道路与桥梁建筑工程行业技术关键度评价为关键性技术；

【先进性】该科技成果研究过程中已申请发明专利1件，发表论文2篇。其滑坡体可视化地层模型与多源数据下滑坡体多场精细数值模型建立等技术与国内同类技术对比，成果技术先进性评价为部分指标领先行业水平；

【成熟性】该科技成果技术成熟度评价为应用验证阶段；

综上，该科技成果综合技术水平评价为达到国内领先水平。

（2）应用效益评价

【应用适应性】该科技成果应用适应性评价为未见明显风险与局限；

【实施效果与应用潜力】该科技成果在龙怀TJ15标项目的K112+210-630路段进行了实施应用。成果实施效果与应用潜力评价为较高；

【经济效益】该科技成果在缩短工期、降低施工难度与施工成本等方面体现出经济效益，评价为经济效益良好；

【社会效益】该科技成果在保障公共安全、促进科技发展、节约施工资源等方面体现出社会效益，评价为社会效益良好；

综上，该科技成果综合应用效益评价为具备良好的综合应用效益。

2、国内外重要科技奖励

实用新型专利3项、软件著作权3项、获得2017年度中国公路建设行业协会“公路工程科技创新成果”一等奖1项、论文3篇.

**五、推广应用情况：**

**1．推广应用情况**

中交一公局桥隧工程有限公司在课题研究的基础上，广东省龙川至怀集高速公路TJ15标在陂头滑坡治理过程中应用了本课题的多项成果，降低了当地居民生命财产风险、规避了常规治理方法存在的施工风险、加快了施工进度、减少了对当地自然环境的破坏，确保了整条线路如期通车，产生了较大的社会、经济和环境效益。

表3 主要应用单位情况表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位  名称 | 应用的技术 | 应用情况 | 应用的起止时间 | 应用单位联系人/电话 |
| 广东省南粤交通投资建设有限公司 | 1、对滑坡进行基础资料搜集、地质调查和取样分析，并运用EH4对滑坡体实地探测；  2、综合探测数据，对滑坡体及周围环境建立三维地质模型。  3、多种滑坡滑移面数值计算方法的分析研究，进行方法选择优化；  4、渗流-应力-震动多场耦合分析，研究滑坡发生的机理和诱导因素。  5、模拟多灾源情况下，坡体设计工程的可靠性以及坡体稳定性。 | 广东省龙川至怀集高速公路TJ15标的陂头滑坡治理应用了4项技术，确保了施工质量和施工安全，缩短工期30天，降低成本157.01万元。 | 2017年1月4日～2017年12月20日 | 张亮  /18520374156 |
| 广东省南粤交通投资建设有限公司 | 1、综合探测数据，对滑坡体及周围环境建立三维地质模型。  2、滑坡体的局部和整体的主滑动方向、滑动范围和滑移带位置计算分析。  3、数值分析治理过程中的坡体稳定性变化；  4、治理后坡体的稳定性安全分析，评价治理工程的效果。 | 广东省龙川至怀集高速公路TJ11标滑坡治理应用了3项技术，确保了施工质量和施工安全，缩短工期47天，降低成本261.75万元。 | 2018年01月19日-2018年12月25日 | 吴洪平  /18998369998 |

**2、近3年经济效益**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 自然年 | 新增销售额（万元） | 新增利润（万元） |
| 2017 |  | 157.01 |
| 2018 |  | 261.75 |
| 2019 |  |  |
| 累计 |  | 418.76 |

主要经济效益指标的说明：

（1）2017年广东省龙川至怀集高速公路TJ15标新增利润157.01万元；

（2）2018年广东省龙川至怀集高速公路TJ11标新增利润261.75万元。

**3、社会效益、生态效益**

龙怀高速公路TJ15标多灾源巨型滑坡精细治理综合技术研究的顺利运用，为龙怀高速陂头滑坡治理提供了全套技术支持，滑坡治理取得了预期效果，工程质量、进度得到了有效控制控制，现场各项实测指标均满足规范标准的要求，滑坡整体处于稳定状态，对保证线路附近居民生命财产安全起到了极大的保障，也为后期高速公路运营安全吃了定心丸，施工过程中未发生过任何质量和安全事故，得到了南粤交通、龙连管理处以及监理的认可，使企业的信誉度得以增强和提高，获得了良好的社会效益。

（1）该滑坡体的成功治理，无论对设计还是施工，均积累了及其宝贵的经验，对以后类似地质情况挖方边坡选线、设计、施工起到了很好的指导和借鉴作用。

（2）挖方边坡是山区高速公路常见的施工种类，但是复杂地形下挖方施工、以及巨型滑坡体综合治理难度极大，这方面的人才也不多，通过本工程培养了一大批优秀的青年技术干部，特别是在超大直径旋挖钻施工、注浆钢花管等施工工艺积累了丰富的施工经验，为公司人才培养打下了坚实的基础。

（3）龙怀高速是国家高速公路网规划“71118”布局方案中第17横一一汕头至昆明高速公路的重要路段，也是广东省“九纵五横两环”高速公路网规划主骨架中“一横”的重要组成部分。其与梅河、粤赣、大广、京珠及广乐等高速公路共同构筑广东省北部地区的高速公路网，对完善、优化广东省北部地区公路网布局具有十分重要的作用，能够进一步加强广东省东西部乃至与我国东南部地区联系，拓展广东省经济发展腹地。其顺利通车对发展粤北经济具有十分重要的作用。

（4）该滑坡在极端条件下如期、成功治理，进一步增强了公司在广东市场的信誉，考验了项目管理团队的战斗力，工程的质量、安全做到精益求精，得到监理、业主的一致好评，也预示着我们将进一步融入这一市场，对扩大公司广东开发市场具有极其重要的意义。

**六、主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家  （地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号 （标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 实用新型专利 | 一种植物纤维毯边坡防护装置 | 中国 | ZL 2017 2 0739389.0 | 2018年01月09日 | 证书号第6831896号 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 周思峰、许飞、金乾明、刘瑾、王超 | 有效专利 |
| 实用新型专利 | 一种地质雷达天线装置及地质雷达 | 中国 | ZL201721406356.0 | 2018年06月12日 | 证书号第7464481号 | 中交一公局桥隧工程有限公司、中南大学 | 邓红卫、周科平、周彦龙、林允、邓畯仁、周思峰、徐宜慧、项建光 | 有效专利 |
| 实用新型专利 | 一种边坡硬化防护装置 | 中国 | ZL201720741044.9 | 2018年01月19日 | 证书号第6884930号 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 吕志强、杨天文、王国靖、金乾明、刘瑾 | 有效专利 |
| 计算机软件著作权 | 智能工程钻孔成型技术管理系统V1.0 | 中国 | 2018SR718195 | 2018年09月06日 | 软著登字第  3047290号 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 有效专利 |
| 计算机软件著作权 | 高速公路路基稳定性分析软件V1.0 | 中国 | 2017SR298040 | 2017年06月21日 | 软著登字第  1883324号 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 有效专利 |
| 计算机软件著作权 | 山区高速公路边坡环保防护施工系统V1.0 | 中国 | 2019SR0992168 | 2017年09月25日 | 软著登字第  4412925号 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 有效专利 |
| 论文 | 复杂地质构造下大范围深层多滑带巨型滑坡体综合治理技术 | 中国 | ISSN 1002-8498 | 2018年03月12日 | 《施工技术》2019年3月上第48卷 第5期 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 周思峰、徐宜慧、项建光、王振涛. | 其他有效的知识产权 |
| 论文 | 高速公路巨型滑坡体精细化模型构建研究 | 中国 | 2017,09(01),287. | 2019年09月12日 | 《工业》2017年第9月01 | 中交一公局桥隧工程有限公司 | 周思峰、徐宜慧、项建光、伍礼杰 | 其他有效的知识产权 |
| 论文 | 龙怀高速K112多灾源巨型滑坡治理综合技术研究 | 中国 | 2017,9,328 | 2017年07月19日 | 《工程技术》2017年第7月09 | 中交一公局桥隧工程有限公司、、中南大学 | 周思峰、徐宜慧、项建光、邓红卫 | 其他有效的知识产权 |

**七、主要完成人情况：**

徐宜慧，第1，中共党员，高级工程师，项目经理，中交一公局桥隧工程有限公司，对主要科技创新点1、2、3作出了重要贡献（附件2、4、5、6、7、8、9、10）。总负责人，负责项目推广应用的规划与实施，参与项目研究路线制定，项目建设等。本人在该项研究中的工作量占本人工作量的百分之一百。

项建光，第2，中共党员，高级工程师，项目总工，中交一公局桥隧工程有限公司。作为骨干研究人员在项目总体方案制定，主持项目前期调研工作、研究路线确定、项目具体实施、参与研究报告的撰写工作以及专利研发等。本人在该项研究中的工作量占本人工作量的百分之一百，对创新点1、2、3、4、5做出了重要贡献，支撑材料附件编号为2、4、5、6、7、8、9、10。

邓红卫，第3，教授，副院长，中南大学，本项目合作单位负责人，在主要科技创新点1、2、4研究过程中，作为项目方案总技术顾问，协助整个项目实施过程中的技术攻关、成果总结等；支持本人贡献的附件编号为2、8、9、10。

金乾明，第4，技术中心副主任，工程师，中交一公局桥隧工程有限公司，从2017年起参加该项目，在主要科技创先的创新点1、2、3、5研究过程中，负责项目数据收集整理等工作，同时指导现场科研实施等工作，支持本人贡献的附件编号为1、3、4、5、6。

王振涛，第5，生产副经理，工程师，中交一公局桥隧工程有限公司。研究项目现场实施总负责人之一，在主要科技创新的创新点1、2、5研究过程中，对科研成果的应用及推广有重要贡献，支持本人贡献的附件编号为4、5、6、7。

刘瑾，第6，群众，高级工程师，中交一公局桥隧工程有限公司。在主要科技创新的创新点1、2、3研究过程中，做了大量资料收集、统计工作，对研究报告编写提出了合理建议。支持本人贡献的附件编号为1、3、4、5、6。

**八、主要完成单位及创新推广贡献**

中交一公局桥隧工程有限公司，第1，负责制定项目详细研究和计划，组织研究人员系统开展科研工作，包括地质勘察、地质资料搜集、地质调查以及室内岩土力学试验研究；建立钻孔补勘地质数据库； EH4地质电导率测量标定滑动面及水位面；边坡原始状态分析及路基开挖后滑坡稳定性分析；滑坡治理过程中多工况稳定性分析。并负责具体方案制定及实施，负责各类数据采集及结果分析，并作为研究报告主要撰写单位，对研究陈国的产出起到了至关重要的作用。

中南大学，第2，负责协助主要完成单位中交一公局桥隧工程有限公司，对本课题的几项研究内容对滑坡进行基础资料搜集、地质调查和取样分析，并运用EH4对滑坡体实地探测；综合探测数据，对滑坡体及周围环境建立三维地质模型；多种滑坡滑移面数值计算方法的分析研究，进行方法选择优化。

滑坡体的局部和整体的主滑动方向、滑动范围和滑移带位置计算分析；模拟滑坡变形过程，分析机理；渗流-应力-震动多场耦合分析，研究滑坡发生的机理和诱导因素；数值分析治理过程中的坡体稳定性变化；模拟多灾源情况下，坡体设计工程的可靠性以及坡体稳定性；治理后坡体的稳定性安全分析，评价治理工程的效果等进行技术支持、模型建立及结果分析等，研究成果的申报协助，辅助完成中交一公局桥隧工程有限公司进行课题的施工现场应用。

**九、主要完成人合作关系说明：**

成果主要完成人之间的合作关系，在下列7项合作中得到证明。

项目完成人徐宜慧、项建光、金乾明、王振涛、刘瑾为中交一公局桥隧工程有限公司技术人员，是多灾源巨型滑坡精细治理综合技术研究的核心成员，已进行长期合作；项目完成人邓红卫为中南大学教授，是多灾源巨型滑坡精细治理综合技术应用及推广的重要成员，已长期合作。

完成人徐宜慧是课题的第1完成人，本项目总体协调人，负责项目推广应用的规划与实施，参与项目研究路线制定，项目建设等，从事本研究工作100%的工作量。

完成人项建光是课题的第2完成人，负责项目总体方制定，科技创新规划与研究协调工作，对所有创新点均有贡献。主持项目前期调研工作、研究路线确定、项目具体实施、参与研究报告的撰写工作以及专利研发等。从事本研究的工作量占全部研究工作量的100%。

完成人邓红卫为项目总技术顾问，是课题的第3完成人，协助整个项目实施过程中的技术攻关；本项目专利发明人之一，从事本研究80%的工作量。

完成人金乾明为课题的第4完成人，研究项目方案课题报告撰写人之一，负责项目数据收集整理等工作，同时指导现场科研实施等工作，为本项目部分专利发明人之一，占研究总工作量的的60%。

完成人王振涛为课题的第5完成人，研究项目现场实施总负责人之一，指导研究开展，同时参与后期研究报告撰写，对该技术的推广应用也有贡献，从事本研究40%的工作量。

完成人刘瑾为课题的第6完成人，为项目本研究项目总体协调人，负责方案现场实施，同时负责项目成果的推广应用，对项目总体方案制定也有贡献，从事本研究40%的工作量。

**主要完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/排名 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 | 备注 |
| 1 | 论文合著 | 徐宜慧/2  项建光/3  王振涛/4 | 2018.3-2019.12 | 复杂地质构造下大范围深层多滑带巨型滑坡体综合治理技术 | 7 |  |
| 2 | 论文合著 | 徐宜慧/2  项建光/3 | 2017.1-2019.12 | 高速公路巨型滑坡体精细化模型构建研究 | 8 |  |
| 3 | 论文合著 | 徐宜慧/2  项建光/3  邓红卫/4 | 2017.1-2018.9 | 龙怀高速K112多灾源巨型滑坡治理综合技术研究 | 9 |  |
| 4 | 共同知识产权 | 邓红卫/1  徐宜慧/7  项建光/8 | 2017.1-2019.10 | 一种地质雷达天线装置及地质雷达 | 2 |  |
| 5 | 共同获奖 | 邓红卫/2  徐宜慧/4  项建光/5 | 2017.1-2018.12 | 多灾源巨型滑坡精细治理综合技术研究 | 10 |  |
| 6 | 共同知识产权 | 金乾明/  刘瑾/4 | 2017.6-2018.12 | 一种植物纤维毯边坡防护装置 | 1 |  |
| 7 | 共同知识产权 | 金乾明/4  刘瑾/5 | 2017.6-2017.12 | 一种边坡硬化防护装置 | 3 |  |