

一、项目名称

重大岩土工程灾害物理监测预警参数与主动控制技术

二、提名单位意见及提名等级

该项目针对目前重大岩土工程灾害预测预报方法与防治技术的局限与不足，将重大岩土工程灾害位移演化规律与动力灾变机理进行了有机的耦合与系统集成，揭示了重大岩土工程灾害动力失稳物理机制，确定了重大岩土工程灾害位移动力耦合与多源信息集成监测预警参数及失稳判据准则体系，创建了重大岩土工程灾害在线远程监测预警信息系统，研发了基于重大岩土工程灾害动力致灾物理参数的主动控制成套防治技术。该项目研究成果已在刚果（金）宗果 II 水电站、我国雅砻江锦屏一级水电站、海南文昌卫星发射基地、海南某航母基地、青岛胶东国际机场、青岛地铁及国内多个岩溶塌陷型地基与尾矿坝边坡等重大岩土工程灾害监测预警与治理中得到了广泛应用，保障了上述水利水电工程、国防工程、航天工程、地铁工程等重大岩土工程的优化设计、施工安全与正常运转，保护了重大岩土工程灾害风险区人民生命财产安全，节省了工程投资，有效提高了我国重大岩土工程灾害监测预警与防治领域的科学进展，取得了显著的社会、环境及经济效益。

提名该项目为山东省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

重大岩土工程灾害是各类工程建设面临的严重灾害，常造成重大岩土工程失效事故及大量人员伤亡与财产损失。有效解决重大岩土工

程灾害预测预报与防治的科学问题，才能最大程度地取得减灾防灾实效。该项目基于重大岩土工程灾害动力灾变失稳机理，发现了以加卸载-位移响应比与动力响应多源信息变化为核心的岩土工程动力致灾物理规律，确定了与极限平衡法安全系数具有等效评价功能的位移动力响应比物理判据准则，建立了重大岩土工程失稳破坏的位移动力响应比与动力响应多源信息物理监测预警方法与主动控制技术。主要创新成果包括：

1. 提出了重大岩土工程灾害位移动力响应比物理监测预警参数与失稳判据准则：揭示了重大岩土工程动力灾变的物理机制及不同致滑动力载体力学作用规律，确定了可揭示岩土工程灾害动力灾变物理机制的位移动力响应比物理监测预警参数与量化评价模型，建立了可与传统极限平衡法等效的失稳判据准则和监测预警标准。

2. 构建了基于重大岩土工程灾害动力响应多源信息的监测预警参数与预报信息系统：揭示了重大岩土工程动力响应多源信息的互补性原理，建立了基于重大岩土工程灾害动力响应多源信息监测与集成的监测预警参数及预报阈值。依据位移动力响应比及动力响应多源信息集成监测预警模型，研究和开发了重大岩土工程灾害失稳在线远程监测预警信息系统。

3.建立了基于重大岩土工程灾害动力致灾物理参数的主动控制成套防治技术：创建了以位移动力耦合监测与控制为设计依据，以抗滑桩、挡墙与锚固相结合的主动控制成套防治技术。

本项目获得国家授权发明专利 **76** 项；实用新型专利 **30** 项；软件著作权 **4** 项；主编及参编 **7** 部国家及地方行业标准与规范；发表 SCI、EI 期刊收录论文 **110** 篇，出版学术专著 **21** 部。

研究成果已在雅砻江锦屏一级水电站、刚果（金）宗果 II 水电站、海南文昌卫星发射基地、海南海军某航母基地、青岛胶东国际机场、青岛地铁及国内多个岩溶塌陷型地基与尾矿坝边坡等重大岩土工程灾害监测预警与治理中得到了推广应用，确保了大型水利水电工程、航天工程、国防工程、地铁工程以及大型岩土工程的优化设计、施工安全与正常运转，有效提高了我国重大岩土工程灾害监测预警与防治领域的科学技术水平，为保护国家重大岩土工程灾害风险区人民群众的生命财产安全提供了技术保障，取得了显著的社会、经济、安全和环境效益。

四、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	第一完成单位是否参与	第一完成人是否参与
发明专利	一种基于地下水动力加载的基坑稳定性监测预警方法	中国	ZL201811547238.0	2020.08.25	3954797	青岛理工大学	贺可强，张兰阁，石金荣，孙林娜，冷琦	有效	是	是
发明专利	深基坑开挖边坡垂直位移矢量角监测参数与预警方法	中国	ZL201410822114.4	2017.07.04	2542217	青岛理工大学	贺可强，陈洪翠，臧翠萍	有效	是	是

发明专利	一种边坡抗滑桩抗滑耐久性的动力测定方法	中国	ZL201710707011.7	2019.09.03	3515371	青岛理工大学	郭璐, 贺可强, 伍法权, 刘汉东, 王思敬, 张国栋, 信校阳	有效	是	是
发明专利	岩溶溶洞型地基塌陷风险的测定方法	中国	ZL201510617468.X	2017.01.25	2363174	青岛理工大学	贺可强, 贾玉跃, 郭璐	有效	是	是
发明专利	基于边坡稳定性监测的多等级预警测定方法	中国	ZL201910307236.2	2020.11.17	4097794	青岛理工大学	贺可强, 孙林娜, 郭媛媛, 王滨, 刘洪华, 李亮, 洪勇, 袁长丰, 路世豹, 罗会来	有效	是	是
发明专利	一种混凝土重力危坝的抗滑稳定性检测方法	发明专利	ZL201410787674.0	2017.06.16	2518272	青岛理工大学	贺可强, 马孝云, 崔宪丽	有效	是	是
发明专利	一种大跨度地下工程开挖围岩稳定性监测预警方法	中国	ZL201510443151.9	2017.04.05	2438101	青岛理工大学	贺可强, 郭璐	有效	是	是
发明专利	一种边坡锚固布局方法	中国	ZL201310422331.X	2016.05.04	2055738	绍兴文理学院	伍法权, 胡秀宏, 伍劫, 杜时贵, 夏	有效	否	否

							才初， 单治钢			
发明专利	深基坑土钉加固的监测方法	中国	ZL201410351467.0	2016.08.17	2185759	青岛理工大学	贺可强，孙林娜，潘信梅，杨德兵	有效	是	是
标准	危岩落石柔性防护网工程技术规范	中国	T/CAGHP 066-2019	2019.07.01	中国地质灾害防治工程行业协会	绍兴文理学院，四川省地矿局成都水文地质工程地质中心，中国科学院地理科学与资源研究所，北京交通大学，贵州省地矿局第二工程勘察院，北京市地质研究所，四川奥思特边坡防护工程有限公司，布鲁克（成都）边坡防护工程有	伍法权，李铁锋，赵松江，封志军，吕汉川，洪习成，原振华，兰恒星，吴旭，田维强，张长敏，黄海，薛元，李军辉，何旭东，沙鹏，常金源，伍劼，贺可强，刘亚辉，彭李，韩祥森，师乐乐	有效	是	是

						限公 司，广 西壮族 自治区 桂林水 文工程 地质勘 察院， 浙江岩 创科技 有限公 司，青 岛理工 大学				
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

五、主要完成人情况

1. 姓名：贺可强，排序：1/12，职务：无，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目主要学术贡献：负责制定了重大岩土工程灾害监测预警参数与主动控制技术的具
体研究方案，完成了重大岩土工程灾害失稳机理与多源信息综合集成
监测预警参数及失稳判据的研究，建立了重大岩土工程灾害位移动力
耦合评价参数与多源信息预测参数；创建了基于动力致灾物理参数的
重大岩土工程灾害主动控制成套防治技术。

2. 姓名：伍法权，排序：2/12，职务：无，职称：教授，工作单
位：绍兴文理学院，完成单位：绍兴文理学院，对本项目主要学术贡
献：完成了重大岩土工程灾害失稳机理与多源信息综合集成监测预警
参数及失稳判据的研究，研发了重大岩土工程灾害预警信息系统；建
立了依靠岩土工程介质自调节能力及其与工程结构物协同作用，可最
大限度发挥其加固潜力的复合防治技术体系。

3. 姓名：洪 勇，排序：3/12，职务：无，职称：教授，工作单

位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目主要学术贡献：研究了重大岩土工程灾害失稳机理，进行了大量的现场监测、室内试验及数值模拟研究工作；参与了将位移预测模型与地下水、卸荷动力机制评价模型进行了有机耦合的研究工作，并参与了重大岩土工程灾害影响因素及发生机理的研究工作。

4. 姓名：贾玉跃，排序：4/12，职务：国际交流处副处长，职称：讲师，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目主要学术贡献：参与了重大岩土工程灾害预警地质环境因子、采动卸荷、降雨动力和位移多源信息动态监测复合叠加评价参数的研究，同时参与了抗滑桩位优化设计的研究工作。

5. 姓名：李 亮，排序：5/12，职务：无，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目主要学术贡献：参与了利用位移动力耦合预测参数评价重大岩土工程灾害的损伤灾变过程与演化规律的研究；依据弹塑性理论与损伤力学的基本原理，揭示了重大岩土工程岩体渐进破裂过程中的细观损伤与宏观失稳之间的本质联系。

6. 姓名：阳吉宝，排序：6/12，职务：副总工程师，职称：教授级高级工程师，工作单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司，完成单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司，对本项目主要学术贡献：参与建立了重大岩土工程灾害的动力监测预警方法；针对临海地区人工高边坡止水防渗系统设计、施工和边坡稳定

性验算，建立了评价和风险控制体系。

7. 姓名：刘洪华，排序：7/12，职务：院长兼副总工程师，职称：正高级工程师，工作单位：青岛地质工程勘察院（青岛地质勘查开发局），完成单位：青岛地质工程勘察院（青岛地质勘查开发局），对本项目主要学术贡献：参与研究了重大岩土工程灾害失稳机理，对重大岩土工程灾害影响因素进行了认真的综合分析，完成了大量的地下水与位移监测及技术分析工作；参与了重大岩土工程灾害主动控制成套防治技术的研发工作，重点参与了抗滑桩防治技术与优化设计参数体系的研究工作。

8. 姓名：袁长丰，排序：8/12，职务：无，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目主要学术贡献：参与建立了重大岩土工程灾害动力多源信息监测预警方法及失稳判据的研究，参与了重大岩土工程灾害主动控制成套防治技术的研究，重点参与了深基坑工程主动控制防治技术与优化设计的研发工作。

9. 姓名：赵民，排序：9/12，职务：主任，职称：研究员，工作单位：青岛市勘察测绘研究院，完成单位：青岛市勘察测绘研究院，对本项目主要学术贡献：系统分析了重大岩土工程灾害的物质组成和失稳动因，研究了地下水在岩土工程灾害稳定性演化过程中的卸载与加载动力作用及其位移响应规律和特点，参与了重大岩土工程灾害位移动力耦合监测预警参数及失稳判据的研究；参与研发了以位移与动力耦合监测为基本手段的主动控制防治技术与优化设计参数体系。

10. 姓名：郭璐，排序：10/12，职务：无，职称：其它，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目主要学术贡献：参与了重大岩土工程灾害失稳机理与多源信息综合集成监测预警参数及失稳判据的研究，参与了岩溶溶洞型地基塌陷风险的测定及抗滑桩位优化设计的研究工作。

11. 姓名：伍 劼，排序：11/12，职务：无，职称：其它，工作单位：浙江岩创科技有限公司，完成单位：浙江岩创科技有限公司，对本项目主要学术贡献：提出了一种能够确定重大岩土工程需要加固的关键区域即需要进行锚固的布局点的方法，通过该方法能够减少盲目加固，减少工程投资，而且该方法理论充分，准确性好，能够在加固安全性能完全得到保障的条件下，确定岩土工程需要加固的布局点。

12. 姓名：路世豹，排序：12/12，职务：无，职称：讲师，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目主要学术贡献：研究了重大岩土工程灾害失稳机理，进行了大量的现场监测、室内试验及数值模拟研究工作。

六、主要完成单位情况

1. 单位名称：青岛理工大学，排序 1/8，对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：在本项目研究过程中，青岛理工大学为本项目的负责单位，负责重大岩土工程灾害位移及发生机理、室内岩体力学参数试验、室内模型试验、灾害防治技术等研究工作，主要贡献体现在：

(1) 为本项目研究提供所需经费、实验室及相关仪器，室内试验均

在结构实验室和土工实验室完成，还提供了室内建模所使用的计算机及 Flac-3D、Ansys 部分计算软件，组建相近专业的师生协助项目组按时、圆满的完成工作；（2）对项目进行全程管理、监督，合理部署工作方案。组织专家对项目的实施设计、项目成果报告进行论证、审查，对项目的实施过程和完成质量进行检查和监督；（3）指导项目组对于重大岩土工程灾害稳定性影响因素及发生机理进行了认真的综合分析，协助项目组不断完善工作方案、挖掘创新内容，为重大岩土工程灾害多源信息综合集成监测预警方法及防治体系的建立做出了巨大贡献。

2. 单位名称：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司，排序 2/8，对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：在本项目研究过程中，上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司作为本项目的主要完成单位，负责重大岩土工程灾害勘察、发生机理、加固设计、灾害防治技术与施工技术管理等研究工作，主要贡献体现在：（1）为本项目研究提供所需工程实例、现场地质灾害勘察，室内试验在土工实验室完成，组建岩土专业技术人员具体实施现场勘察、理论研究、加固设计等工作；（2）对本项目理论研究成果具体运用到重大岩土工程中去进行全程指导，合理部署加固设计方案，运用岩土工程加固过程中的监测信息，验证本项目理论研究成果的合理性、有效性；（3）指导项目组对于重大岩土工程灾害稳定性影响因素及其发生机理进行了认真的综合分析，为重大岩土工程灾害勘察、稳定性分析、加固设计、施工、运维监测等全生命周期安全性分析理论体系的建立做出了

较大贡献。

3. 单位名称：绍兴文理学院，排序 3/8，对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：在本项目研究过程中，绍兴文理学院主要负责重大岩土工程灾害岩体力学参数的理论计算与现场快速测试、主动加固理论、方法与技术研究，并负责该类方法和技术的重大工程应用。主要贡献包括：（1）为项目研究提供经费保障、人才队伍、研发场地和设备条件，有利支撑了项目研究工作的顺利完成；（2）全程跟踪项目管理，既保证研究环境自由宽松，也保证经费使用有序合规，最大限度减小项目运行不利干扰因素；（3）支持项目成果推广应用，协助项目组联系协作单位和应用场所，有力拓宽成果的应用市场，支撑项目获得良好的社会效益。

4. 单位名称：青岛地质工程勘察院（青岛地质勘查开发局），排序 4/8，对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：在本项目研究过程中，青岛地质工程勘察院（青岛地质勘查开发局）负责重大岩土工程灾害影响因素分析及其现场位移及地下水监测等研究工作，主要贡献体现在：（1）负责重大岩土工程现场位移及地下水位的监测与分析，对重大岩土工程灾害影响因素及发生机理的研究，进行了认真的综合分析，协助项目组不断完善工作方案；（2）在相关领域对本项目成果进行了积极推广，除在省内推广应用外，还将成果向全国推广。

5. 单位名称：青岛市勘察测绘研究院，排序 5/8，对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：在本项目研究过程中，青岛市勘察测绘

研究院作为本项目的主要完成单位，负责该项目的现场监测以及实施、模拟试验、并提供了部分监测资料与数据、以及负责重大岩土工程灾变机理研究等工作，主要贡献体现在：（1）负责重大岩土工程现场监测及预防方案的总体实施，利用模型试验机为该项目进行了大量的模拟试验，为该技术的研究与开发提供了大量的相关监测资料与数据；（2）关于重大岩土工程灾害影响因素及发生机理的研究，进行了认真的综合分析，协助项目组不断挖掘创新内容，并联系国内外知名专家来进行指导、研讨。

6. 单位名称：中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，排序 6/8，对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：在本项目研究过程中，中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司负责该项目的现场勘察以及项目原位测试和实施、模拟试验、分析监测资料与数据等研究工作，主要贡献体现在：（1）为本项目的大量现场勘察实验以及项目原位测试和实施提供了大量的科技人员、实验人员、充足经费、现场勘察试验设备及交通工具等；并投入大量宝贵时间以保证项目高效率、高质量完成；（2）利用模型试验机进行了大量的模拟试验，为该项目积累了大量试验数据，同时协助项目组联系协作单位和应用场所，不断拓宽项目技术成果的应用市场。

7. 单位名称：山东华通路桥工程有限公司，排序 7/8，对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：在本项目研究过程中，山东华通路桥工程有限公司负责重大岩土工程灾害调查、区域灾害发生机理等研究工作，主要贡献体现在：（1）提供了本项目研究所必需的钻机等勘

测仪器、设备，合理组织本单位技术力量参与项目实施，保证项目高效率、高质量完成；（2）为本项目研究与开发提供了大量的地质、监测数据及相关信息资料，这对于项目圆满完成起到了至关重要的作用，也对重大岩土工程灾害防治具有重大意义。

8. 单位名称：浙江岩创科技有限公司，排序 8/8，对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：在本项目研究过程中，浙江岩创科技有限公司负责重大岩土工程灾害预警信息系统与监测仪器的研发等研究工作，主要贡献体现在：（1）负责重大岩土工程现场位移及地下水位的监测与分析，对重大岩土工程灾害影响因素及发生机理的研究进行了认真的综合分析，协助项目组建立了重大岩土工程灾害动力响应多源信息的监测预警信息系统；（2）对于野外工作的布局、预报模型的建立，都进行了认真周密的分析和考虑，并给予大力支持。