**一、项目名称**

边坡位移-应力耦合监测技术及三维可视化滑坡综合预警系统

**二、申报奖种**

山东省科学技术进步奖一等奖。

**三、项目简介**

本项目以地质灾害防灾减灾领域的公共安全需求为引导，采用无线发射和卫星远距离传输技术，研制能够用于边坡表面位移与内部滑动力（应力）耦合监测的新型监测设备。应用该设备开展工程现场监测试验，通过对比分析试验数据，研究边坡三维位移矢量场与坡体内部滑动力变化之间的时程发展规律，建立边坡位移-应力为主要参数的综合预测预报理论模型及预警模式；基于GIS三维可视化技术，研发三维可视化预警预报系统。

该项目创新性地开展边坡表面三维位移矢量场与坡体内部应力变化规律的研究，将边坡变形破坏机理、滑动面发育演化机制与表面位移变化有机结合。提出应用加卸载响应比基本原理，探索建立位移-应力耦合的点-面式滑坡综合预测预报模型及预警模式。多参数的预报模型能够减小滑坡预报的自由度，提高预报的精确性和稳定性。引入GIS三维可视化技术手段，构建三维工程地质模型与三维位移矢量场模型，将位移-应力监测信息、综合预测预报模型在三维模型上进行叠置分析，本着科学性、综合性、易操作的原则，进行滑坡灾害的位移-应力可视化预测预报。

**四、客观评价**

2015年12月19日，山东省教育厅在青岛组织召开了由青岛理工大学承担完成的山东省科技发展计划项目“边坡位移—应力耦合监测技术及三维可视化滑坡综合预警系统研究”科研成果鉴定会。

鉴定委员会听取了项目组汇报，经过质询、答疑和讨论，鉴定委员会一致认为，本项目研究难度大，研究内容系统，在应力—位移耦合预测预报模型的构建及三维可视化实现等方面均有所突破，整体上达到了国际领先水平，同意通过鉴定。

建议：加大推广力度，争取该技术成果在更大范围的应用。

**五、推广应用情况**

项目研究成果已在井东煤矿工业广场周边陡帮边坡开展了推广应用，应用期间，系统稳定可靠，运行状况良好，科学、及时地掌握了边坡稳定情况，深部锚索同时对边坡起到了一定的加固作用，实现了边坡监测、预警、防治、加固一体化的应用目标，及时准确的监控信息为边坡治理提供了技术支持，既大幅度避免了盲目投入，同时为边坡不稳定区域的治理提供了有效指导，保障了矿区的正常运营。

该研究成果的应用，有效控制了滑坡变形层位和危险区域，通过科学指导，将该区域边坡原计划治理面积50.6万m2（长2300m×高220m）缩减为9.0万m2，创造经济效益约2.3亿元。

**六、主要知识产权证明目录**

1、发明专利：一种地质滑坡状态监控预警方法，王旭春、张鹏，ZL201220497229.1，青岛理工大学，2014.10.08

2、发明专利：岩矿石标本磁参数的总场磁力仪4方位测定方法，高建东，ZL201210080706.4，中国冶金地质总局山东正元地质勘查院，2014.7.9

3、发明专利：一种测定岩矿中银含量的方法，刘汉勋、高守荣、赵冬冬等，ZL201110175812.6，山东正元地质资源勘查有限责任公司，2013.01.16

4、发明专利：滑块导正式液压割刀，郑文彬、刘炤军、吴海功，ZL201110300778.0，山东正元地质资源勘查有限责任公司，2013.8.28

5、实用新型：一种用于地质滑坡状态监控的监控桩，王旭春、张鹏，ZL2012204642592.3，青岛理工大学，2013.06.05

6、实用新型：一种用于预应力复合杆索锚固体系的锚索定位导向装置，张鹏、朱珍、邱小龙，ZL201520587357.4，青岛理工大学，2015.12.23

7、实用新型：一种岩矿石标本磁参数测量装置，高建东、杜利明、孙钦同等，ZL201520177711.6，中国冶金地质总局山东正元地质勘查院，2015.7.8

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **排序** | **姓 名** | **性别** | **职称** | **文化程度** | **工作单位** | **对成果创造性贡献** |
| 1 | 王旭春 | 男 | 教 授 | 博士（后） | 青岛理工大学 | 总负责人 |
| 2 | 张 鹏 | 男 | 讲 师 | 博 士 | 青岛理工大学 | 三维可视化预警系统的研发及现场试验 |
| 3 | 管晓明 | 男 | 讲 师 | 博 士 | 青岛理工大学 | 室内试验方案制定及实施 |
| 4 | 侯明兰 | 女 | 高 工 | 硕 士 | 中国冶金地质总局山东正元地质勘查院 | 监测设备的调试 |
| 5 | 王晓磊 | 男 | 讲 师 | 博 士 | 现入职 河北工程大学 | 工程现场监测试验 |
| 6 | 朱 珍 | 男 | 博 士 | 在读博士 | 中国矿业大学(北京) | 数值模拟及室内试验 |
| 7 | 董彦璞 | 男 | 教授级高工 | 硕 士 | 中国冶金地质总局山东正元地质勘查院 | 三维地质数据解析 |
| 8 | 黄壮远 | 男 | 高 工 | 硕 士 | 中国冶金地质总局山东正元地质勘查院 | 现场监测试验的实施 |
| 9 | 曹金凤 | 女 | 副教授 | 博 士 | 青岛理工大学 | 边坡稳定性数值模拟 |
| 10 | 李言胜 | 男 | 副教授 | 博 士 | 青岛理工大学 | 监测设备的研制及现场试验 |
| 11 | 王 宁 | 男 | 讲 师 | 博 士 | 现入职 临沂大学 | 试验数据的统计 |
| 12 | 杜明庆 | 男 | 博 士 | 在读博士 | 北京交通大学 | 试验数据的整理分析 |
| 13 | 邱小龙 | 男 | 硕 士 | 在读硕士 | 青岛理工大学 | 文献检索与总结 |
| 14 | 宋伟涛 | 男 | 硕 士 | 在读硕士 | 青岛理工大学 | 现场试验的实施 |

**八、主要完成单位及创新推广贡献**

**1、青岛理工大学**

青岛理工大学作为第一完成单位承担了本项目的主要研究开发任务，主要贡献如下：

（1）采用无线采集及传输技术，研制了能够实现远程、实时、自动采集、发射及传输位移与应力监测数据的新型设备。

（2）在研究局部点位的内部应力时序曲线动态演化规律的基础上，充分考虑全区域范围内的地表位移时序曲线的变化轨迹及空间规律性，建立了三维位移矢量场与应力相互耦合的点-面式滑坡预测预报模型及预警模式。

（3）通过研究分析现场试验监测数据的变化发展规律及其与边坡稳定性的动态关系，开展了位移-应力加卸载响应比滑坡预测预报模型及位移-应力联合判据的创新性研究。

（4）基于GIS三维可视化技术，将点-面状滑坡预测预报模型在三维工程地质模型的基础上进行叠置分析，结合已建立的预警模式，实现了三维可视化位移-应力综合预报预警。

**2、中国冶金地质总局山东正元地质勘查院**

中国冶金地质总局山东正元地质勘查院在本项目工程现场调研、室内外监测试验、三维地质数据解析及研究成果的推广应用等方面做出了突出性贡献，具体如下：

（1）应用研制的监测设备，开展室内边坡监测模拟试验。同时，选取具有代表性的边坡区域（活动边帮或采动边坡），开展滑坡灾害现场监测试验研究。

（2）总结分析监测试验所得的位移监测数据与坡体内部应力监测数据，研究位移时序曲线、应力时序曲线与边坡的动态关系。

（3）成功开展了研究成果的推广应用。该项研究成果已在井东煤矿工业广场周边陡帮边坡开展了推广应用，应用期间，系统稳定可靠，运行状况良好，科学、及时地掌握了边坡稳定情况，证实了该研究成果在地质灾害防治领域具有广阔的应用前景和极高的推广价值。

**九、完成人合作关系说明。**

完成人王旭春、张鹏等均为青岛理工大学教师，是本项目研究团队的核心成员，已有多年合作经验。王旭春作为本项目负责人，是ZL201220497229.1等发明专利的主要发明人，是本项目多篇论文的主要作者，是山东省科技进步二等奖“煤矿开采地表沉陷损害量化评价体系与可视化系统研究及应用”的第1完成人。张鹏负责或参与了本项目若干的试验研究和理论分析，参与指导了10名博士和硕士研究生，是ZL201220497229.1等发明专利的主要发明人。

完成人董彦璞、黄壮远等均为本项目合作单位中国冶金地质总局山东正元地质勘查院的技术负责人，与青岛理工大学团队长期合作，联合攻关，主要负责青岛理工大学成果所在公司的转化应用，以及所在企业在产业化过程中的创新研究。