

2018 年提名国家科技进步奖参评项目公示

●项目名称：岩土环境安全监测的关键测量传感技术与应用

●提名者：国家质量监督检验检疫总局

●提名意见：

中国计量大学自2005年起，运用电磁计量测试技术，针对岩土环境安全的测量传感方法及监测仪器系统及等关键技术经历 10年左右的研究，陆续承担了国家质检总局科技计划、国家自然科学基金科学仪器基础研究专项、国家科技支撑计划、国家重点研发计划、国家自然科学基金面上项目、浙江省重大科技计划、浙江省重点研发计划等各级相关纵向项目和课题共计10余项（有2项在研）和各相关企事业单位委托项目40余项。本提名项目集各级科技计划支持和社会需求，针对已有其他岩土工程安全和地质环境灾变监测的传感器和仪器所无法实现的测量、没有解决或不完善的方面，提出、研发了由多项发明专利支撑的多种自主创新的传感技术和仪器以及综合监测仪器系统，并从2006年起，各种监测传感器、仪器及系统开始陆续用于岩土环境的监测，并在安全生产和防灾减灾中取得突出成效，为实现《计量发展规划》中提出的“…、保障人民群众生命健康安全、…，需要不断提高计量检测能力。”做出了贡献。项目在2012年被国家安全生产监督管理局遴选为推广应用的安全生产先进技术；在2014年获中国计量测试学会科学技术进步奖一等奖。

鉴于以上所述，提名该项目参评国家科技进步奖二等奖。

●项目简介：

滑坡等地质灾害、重大危险源尾矿库垮塌、公路铁路边坡坍塌、建筑基坑垮塌等岩土环境安全已成为严重影响人类生活和生产的公共安全问题。而长期以来，因岩土环境的特殊性，监测传感器和仪器方面存在很多盲点和缺陷。为此，本项目在岩土环境安全监测的关键测量传感技术和仪器等方面，开展了系列研究，尤其在地下位移（变形）集成传感技术和仪器、岩土体变形分布式测量传感器及测量方法、远程高精度实时降雨量测量方法、岩土环境多源信息综合测量仪器系统和预警预报软件方面取得了诸多的研究成果。

共获得授权发明专利 20 件（其中美国专利 2 件）、软件著作权 9 件；发表学术论文 60 余篇，其中在传感器类的 TOP 期刊发表论文 8 篇（SCI 收录，IF 1.5-2.24）。项目成果已被国家安全生产监督管理局遴选为安全生产先进适用技术。已在全国各地地质灾害隐患点、尾矿库、公路铁路边坡、建筑基坑的监测

中推广应用，保护人数达 250 万以上。

●客观评价：

1. 鉴定意见：

2011 年1 月28 日由国家质量监督检验检疫总局在北京组织召开了国家质检总局科技计划项目“地质灾害远程监测仪器系统”（项目编号：2008QK329）的成果鉴定会，由中国工程院院士张钟华任鉴定委员会主任委员、中国工程院院士彭苏萍任副主任委员，鉴定委员会中既有计量测试、仪器仪表方面的专家，也有矿山、岩土方面的专家，鉴定委员会作出的鉴定意见指出“项目整体技术处国际先进水平，部分技术处国际领先水平，一致同意通过鉴定。”。

2. 2012年浙江省安全生产监督管理局的社会效益评价

中国计量学院研究、开发的“地质环境监测仪器系统”在多个尾矿库、建筑基坑、公路铁路边坡的安全稳定监测中应用，是一种有效、自动、先进的安全监测仪器设备，这对于我省乃至全国的安全生产监督都是一个重要的贡献。鉴于此，中国计量学院基于一系列创新技术研制而成的“地质环境监测仪器系统”是我局重点推广的安全生产先进技术，并于2011年作为我局遴选的5个项目之一，向国家安全生产监督管理局推荐参评全国安全生产“百项”先进适用技术，2012 年国家安监总局发文公布遴选结果，该项目成为浙江省唯一入选的首批推广的51项安全生产先进适用技术。……在各种场合的应用，仪器系统保护着约40 余万人；据悉现场安全工程师根据监测数据及时进行安全保护处理，免除了26 次地质环境灾变的大事故发生。

3. 软弱土与环境土木教育部重点实验室评价：

本实验室承担国家科技支撑计划课题“山区村镇地质灾害与工程防治技术研发”中子课题“村镇地质灾害的预警预报体系与防治技术集”（2006BAJ06B02-6），重点研究东南沿海地区降雨诱发型土质滑坡机理，中国计量学院研发的“地质灾害监测仪器系统”对课题组的研究工作起了很重要的作用，我们运用“地质灾害监测仪器系统”的监测结果，对降雨诱发型土质滑坡机理进行了深入的研究，使对降雨诱发型土质滑坡机理有了深入的了解和本质的认识，我们研究的预警分析效果在监测结果中得到了验证，并在试验监测点成功预警避险二次。可以预计中国计量学院研制的“地质灾害监测仪器系统”与我们的降雨诱发型土质滑坡机理研究成果结合，将可实现对地质灾害的预警预报，从而使地质灾害隐患点的人们免受灾害的伤害。

4. 各级政府地质环境监测部门评价：

江西省地质环境监测总站(2012)：中国计量学院为我们开发的《江西省地质灾害无线远程监测系统》自 2007 年 12 月以来运行正常，综合监测了地质灾害隐患点的位移量、降雨量、地应力、土壤含水量、地下水位等各项参数，监测数据可以在任何有 Internet 网的地方查看和收集，它使江西省铜鼓县、井冈山、宜黄县、德兴市、庐山、黎川县、赣县的 60 处较大规模的地质灾害隐患点得到有效监测。监测数据为正常的工作、生活以及避灾提供了重要的技术依据，几年来我们根据监测数据预警而成功避灾 8 次。

福建省地质环境监测中心(2013)：中国计量学院为我们研发的《福建省地质灾害无线远程综合监测仪器系统》和《福建省地质灾害隐患地降雨量远程监测仪器系统》分别自2008年4月和2008年6月以来运行正常，分别对地质灾害隐患点

的位移、降雨量、土壤含水量、地下应力、地下水位等参数进行远程实时的测量，它们使福建省德化县的浔中镇石山村、龙门滩镇霞碧村、上涌镇桂林村、龙浔镇大坂村4个乡镇的10处大规模地质灾害隐患点得到可靠监测，受保护人数约为25万余人，根据监测结果成功实施避灾5次。

5. 国家级一级科技查新机构评价：

经浙江省科技信息研究院(国家级一级查新机构)所做的国内外查新，得出本项目主要创新点的查新结论：

① “基于电磁测量和MEMS测斜技术的地下位移测量集成传感器和仪器”

(国内外)科技查新结论：经比较分析，地下位移传感器的开发已有报道，但委托项目采用了自主发明专利技术开发了基于互感机理的地下位移测量装置，这在所检国内外所检文献中未见述及。基于MEMS 器件测量位移的方法已有报道，测斜仪的开发也有报道，但委托项目采用微悬臂梁谐振器MEMS 器件提出的测斜方法，这在所检国内外所检文献中未见述及。

② “土体变形分布式测量传感器、测量方法与仪器” (国内外)科技查新结论：经分析比较，采用同轴电缆作为信号传感器和TDR 技术，并根据特征阻抗的变化进行土体变形测量的研究已有报道，但委托项目采用了螺旋平行传输线式传感器，并在此基础上提出了基于对传感测量电缆变形前后的两次TDR测量曲线，根据相对偏差计算和绝对电压差值得出变形量的“比较TDR 测量”，以及基于对传感测量电缆变形前后的两次阻抗谱测量值在各频率点的阻抗值的相关偏差值测出变化量的“比较阻抗谱测量”，在所检土体变形测量及监测系统中除委托单位外，未见其它文献述及。

③ “基于动态测量技术和自补偿的虹吸排水远程降雨量精确测量” (国内外)科技查新结论：与上述所检索到的国内外相关产品或研究相比，委托项目将模型化测量和动态重量变化率预测的动态称重方法用于降雨量的动态测量，开发了具有自补偿功能的远程虹吸排水式降雨量测量装置，除了查新项目委托单位中国计量学院发表的相关文献及所开发的产品之外，这在上述所检索到的国内外其他相关文献及产品上尚未有述及。

6. 已获科技奖励：

2014年，“基于电磁测量技术的岩土环境与安全测量传感技术与仪器系统”获中国计量测试学会科学技术奖一等奖。

7. 国内外相关技术比较

被测物理量	本项目实现的仪器系统	国内外现有仪器系统
岩土地下位移测量	集成传感器组成集成传感器串放入岩土体中，相互之间没有约束，可随着岩土体的变形任意移动变形，基于综合电磁效应同时直接测出各个集成传感器间的相对几何关系，适合地下土体的各种变形状态的测量。	现国内外没有仪器能实现地下位移获变形的三维测量，仅有测斜仪通过测斜管测斜再换算出地下位移，地下实际土体位移通常大于根据测斜换算出的位移值，测量误差大、侧斜管的倾斜角度范围较小、使用局限性大。未见有本项目的同类技术的产品和研究。
岩土大变形分布式测量	分布式测量传感线在保证测量灵敏度和精度的情况下，可拉长至原长的十倍以上，适合大变形的分布式测量。	仅有光纤变形分布测量仪，线的拉长变形仅为3-6mm/米，超出此范围及拉断，不适合大变形的测量。没有本项目的同类技术的产品和研究。
降雨量测量	同时运用动态测量技术和虹吸补偿技术，可远程监测，测量精度高于现有其他远程测量仪器。	现有其他远程测量是用翻斗式传感器，误差大。没有本项目的同类技术的产品和研究。
岩土多参数综合远程监测系统	有8-10项的岩土环境参数测量仪按无线传感协议组成现场测量系统，可根据需要任意增减测量仪，系统中应用数据融合理论算法以保障监测信息的可靠和可信性，用自组织、自协调算法实现数据不丢失。经科技查新表明，监测仪器系统的特征仅为本项目仅有。	现有国内一些单位也研制了地质灾害监测系统，但监测的参数仅有地表位移测量、地下水位测量、翻斗式传感的降雨量测量、基于测斜的地下位移测量、地音测量，一般一个系统4-5项参数，且测量仪通常不是以无线传感网组成系统。未见数据融合和自组织等理论在系统中应用。

●推广应用情况：

已在全国各地多处高速公路边坡、铁路边坡，有色金属矿的尾矿坝，各地的建筑基坑施工点，各类岩土工程安全监测和施工控制监测中应用；在浙江省、江西省、福建省和山东省的主要大型地质灾害隐患点实施灾害预警预报监测应用。

主要应用单位

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话
江西省地质环境监测总站	地下位移测量、变形分布式测量等	2007.12 至今	周玉才/13870835339
福建省地质环境监测中心	同上	2008.03 至今	李文祥/13695966050
金华市地质环境监测站	同上	2005.12 至今	陈华民/13566990764
温州市地质环境监测站	同上	2006.6 至今	管建强/13857707163
杭州建铜集团	同上	2009.11 至今	邹建刚/13868108178
中国四海控股有限公司	同上	2009.10 至今	靳燕生/13301202350
浙江金温铁道开发有限公司	同上	2008.10 至今	钟庆华/13587620737
浙江省交通投资集团有限公司杭金衢分公司	同上	2009.06 至今	林森 13588396453
山东省地质环境监测总站	同上	2008.06 至今	段秀铭 13969063857
丽水市地质环境监测站	同上	2007.06 至今	朱岩华 13575364660
内蒙古安邦安全科技有限公司	同上	2012.06 至今	杨承文 13704715807
软弱土与环境土工教育部重点实验室	同上	2011.06 至今	詹良通 13777493386
德州正岩基础工程有限公司	同上	2011.06 至今	王希奎 13054390008
杭州日月电器股份有限公司	应用相关技术生产地质环境监测仪器系统	2014.06 至今	葛永清 13757121886

●主要知识产权证明目录（不超过 10 件）：

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
发明专利	一种地下变形量的三维测量方法及测量系统	中国	ZL201310140231.8	2015.06.17	1702849	中国计量学院	李青	有效
发明专利	螺旋平行传输线式的变形线分布测量传感器及测量方法	中国	ZL201010566591.0	2015.09.30	1808115	中国计量学院	李青	有效
发明专利	一种具有自补偿功能的远程虹吸排水式降雨量测量方法和装置	中国	ZL200910154169.1	2011.01.05	724892	中国计量学院	李青	有效
发明专利	Method and Apparatus for Remote Siphon Drainage Type Rainfall Measurement with Self-Compensation Function	美国	US 9588253 B2	2017.03.07	US009588253B2 (证书条形码)	China Jiliang University	李青	有效
发明专利	土体抗剪强度的原位测量方法及其远程实时自动测量系统	中国	ZL201410356451.9	2016.06.22	2119817	中国计量学院	李青	有效
发明专利	基于霍尔和磁阻效应的地下位移三维测量方法及装置	中国	ZL201310000331.0	2015.05.06	1658061	中国计量学院	李青	有效
发明专利	基于互感和自感机理的地下深部位移测量方法	中国	ZL200610052816.4	2008.06.25	406454	中国计量学院	李青	有效
发明专利	平行螺旋传输线结构的岩土体变形分布式传感测量电缆	中国	ZL201110361043.9	2014.12.03	1534045	中国计量学院	童仁园、李青	有效
发明专利	崩滑体向外凸移变化分布式测量电缆与测量方法	中国	ZL200610052819.8	2008.06.25	406459	中国计量学院	李青	有效
发明专利	TDR原理的尾矿库干滩长度测量传感器及其测量方法	中国	ZL201610166216.4	2017.11.28	证书将到	中国计量学院	王燕杰、李青	有效

●主要完成人情况：

李青，童仁园，申屠南瑛，韩建强，孙叶青，王燕杰，施阁，李弘洋，池金谷

姓名	完成单位	对本项目技术创造性贡献	排名
李青	中国计量大学	提出全部原创的监测传感和测量技术，主持相关项目的研究和装置的研制。15 件授权发明专利和 7 项软件著作权的原始思想提出者。	1
童仁园	中国计量大学	提出一种变形分布式测量的传感线，以第一发明人获中国发明专利授权 2 件、美国发明专利 1 件，项目中多种传感器、仪器的研发。	2
申屠南瑛	中国计量大学	岩土体地下位移传感机理理论研究的主要贡献者，第一作者 SCI 论文 4 篇、EI 论文 5 篇。	3
韩建强	中国计量大学	提出、研制数字化测斜 MEMS 传感器，以第一发明人获中国发明专利授权 3 件，第一作者 SCI 论文 3 篇。	4
孙叶青	中国计量大学	多源信息监测系统软件、远程通讯软件开发设计；获软件著作权 3 件。	5
王燕杰	中国计量大学	多信息监测传感器、仪器的研制，现场安装调试；以第一发明人获中国发明专利 2 件。	6
施阁	中国计量大学	土壤含水量、地音监测研制。	7
李弘洋	中国计量大学	参与远程降雨量测量新方法研究。	8
池金谷	中国计量大学	参与基于霍尔效应地下位移测量研究。	9

●主要完成单位及创新推广贡献：

该项目由中国计量大学的研究团队独立实现项目全部研究，并在地质灾害隐患点、尾矿库、公路铁路边坡、建筑基坑等岩土环境实施安全监控和防灾减灾预警应用。

●完成人合作关系说明：

无