

让结构与土体的接触面不再神秘

关于2013年度国家技术发明奖一等奖的话题

程曦 王冰冰 宋爽

穿过清华大学水利系泥沙实验室的厅廊,便步入了一片堆叠着样式、材质、颜色各具特色的石块的园林,园中或卧或立的逾百块巨石讲述着地质历史的变迁和演进——这里被称为“地质角”,也是对学生进行地质专业教育的特色园地,里面的石块是近10年间逐一从祖国大江南北搜寻搬运过来的。

在“地质角”西北侧的一处简朴的办公室里,我们见到了这片石丛的主要筹建者张建民教授。“地质角”的建设当然只是他的“副业”,然而正如多年如一日一块一块为这里“添砖加瓦”的过程,张建民和他的团队花费了十多年时间,从设备研制的基础工作做起,在各种结构与土体接触面的试验设备、测试技术、基础理论和工程应用诸方面完成了系列创新,并由此获得2013年度国家技术发明奖一等奖。

从工程实践中萌生的研究目标

无论在城市还是乡村,无论你走进地铁、走上堤坝还是大桥,几乎所有的建筑结构都会涉及到土体与结构的“接触面”问题。各类结构材料与其周围土体变形能力的显著差异,会导致结构与土体在其接触面处发生应力集中甚至非连续剪切大变形,所以结构与土体接触面成为控制结构系统安全最关键的部位之一。如果不能清楚了解接触面的特性规律,会直接影响到结构使用的安全性和结构设计的合理性。遗憾的是,由于接触面问题处于结构力学与土力学的交界地带,多年来国内外鲜少有人对这个问题进行深入的研究,尚缺乏对各种接触面力学规律的系统认知和理论描述,而且已有的测试设备往往小而简单,无法为工程实践提供科学的测试和评价手段。

上世纪90年代,张建民从日本东京工业大学建筑系取得博士学位,进入日本最大的土木建筑集团公司之一——清水建设株式会社的技术研究所担任研究工程师,主要工作任务之一是为解决公司设计部门遇到的各种工程问题提供技术支撑,在此过程中他逐渐意识到,接触面力学问题是各种结构,特别是大型结构的变形控制、安全评价和优化设计中急需解决的基础性科学难题和技术挑战。

张建民在国内学习时主要的研究方向是岩土工程,而在东京工业大学则偏向于结构工程的研究,这样的复合型知识体系为他着手研究结构与土体接触面力学问题打下了良好的基础。在清水建设工作了5年后,张建民回到清华水利系任教,开始了对结构与土体接触

北京9个项目获国家科技奖一等奖

科技日报北京1月10日电(记者刘晓明 韩义雷)在今天举行的2013年度国家科技奖励大会上,北京地区共有75个项目获国家科技奖。2013年国家科技奖(含自然科学奖、技术发明奖、科技进步奖)共颁发一等奖18个,北京获得9个,创历史新高。

在北京75个获国家科技奖项目中,包括国家自然科学奖18项、国家技术发明奖19

项、国家科技进步奖38项。国家自然科学一等奖在连续三年出现空缺后,2013年被北京摘得,以中科院物理所赵忠贤院士为首的课题组完成的“40K以上铁基高温超导体的发现及若干基本物理性质研究”获得2013年度国家自然科学一等奖;2013年是在国家科学技术奖开展创新团队奖励试点的第二年,全国共有3个团队获此殊荣,北京占两席,分别是清华大学辐射成像创新团

上海获奖项目高校企业平分秋色

科技日报上海1月10日电(记者王春)2013年度国家科技奖励大会今天在北京举行,上海共有52项(人)牵头和合作完成的重大科技成果获奖,高校、企业和研究院所平分秋色。上海获国家科学技术奖占全国比重连续12年保持两位数。

上海获奖项目中,获国家自然科学奖7项,占全国54项国家自然科学奖的13%;获国

家技术发明奖7项,占全国71项国家技术发明奖的9.9%;获国家科学技术进步奖36项,占全国188项国家科学技术进步奖的19%;获中华人民共和国国际科学技术合作奖2人,占全国1/4。

上海获奖项目中,高等级获奖项目有明显突破,荣获国家科学技术进步特等奖1项,国家科学技术进步一等奖4项;高校、企

高性能热电材料研发获得重大进展

科技日报上海1月10日电(记者王春)由中科院上海硅酸盐研究所、武汉理工大学组成的团队,围绕电热协同调控、热电材料的多尺度微结构设计和热电材料开展研发,项目成果今天获得2013年度国家自然科学二等奖。科研团队发现了笼状结构方钴矿晶格孔洞填充机理,首次提出填充原子与基体元素形成的第二相与填充方钴矿相(Ty-CoSb)的竞争决定填充量极限;建立了预测杂质原子填充量极限的模型,揭示了杂质原子填充量与它的化学价态及电负性等元素本征性质间的定量关系,发现了填充原子与Sb元素

之间的电负性差必须大于0.8的填充方钴矿稳定存在的电负性选择规则,解释了已发现和报道的填充方钴矿的实验结果,预测并随后在实验上成功获得了Na、K、Sr等新型填充化合物。

据悉,团队在上述研究的基础上,率先开展物理分析,首次发现了大幅降低晶格热导率的新机制——宽频声子散射效应。即在方钴矿的晶格孔洞中,可以部分填充周期表中两个或两个以上的多原子,可以明显降低晶格热导率,从而提高热电性能。

对于周期表上近百种可能的填充原子,试

东南大学首获国家自然科学二等奖

科技日报南京1月10日电(记者张晔)在今天举行的2013年度国家科技奖励大会上,东南大学共获得4项二等奖,项目涵盖三大奖项,获奖数量创历史最好成绩。

“多源干扰系统的建模、分析与控制理论研究”项目获得国家自然科学二等奖,这是东南大学首次获得国家自然科学二等奖。在航空航天、先进制造等复杂工程系统一般含有

不确定性、随机性等模型未知动态,并受到外部环境干扰以及传感器测量噪声、控制机构误差和结构振动等内部噪声的影响。这些多源干扰严重影响控制系统的精确性、稳定性和可靠性。研究团队首次系统地研究了多干扰系统控制问题,解决了多项难题,提出了一系列抗干扰控制理论与方法,并在飞行器导航与控制等系统中得到成功验证和应用。该

项目名称:大型结构与土体接触面力学试验系统研制及应用

完成人:张建民、张嘎、胡黎明、侯文峻、冯大刚、张雷

项目介绍:结构与土体接触面是各类工程结构设计中的关键基础性难题和安全控制的薄弱环节。该项目研发了大中小型成套接触面力学试验设备、精密测试技术、数值模拟技术和试验成果数据库等四方面的系统成果,提出了由整机真三维接触面加载技术、高精度接触面法向控制技术、接触面位移变形精密测量技术、柔性接触面及多功能测试技术和系列化接触面数值模拟技术等五项技术发明,已应用到高坝、建筑、港航、高铁、地铁、海上风电等国内外大型工程及5部设计规范修订,为接触面力学行为的测评提供了基础性技术平台,使接触面力学行为的测评实现了从以往的半经验到科学、合理和精细化技术水平的跨越。

面力学问题持续十多年的探究。

历经十余载的探索之路

要找到隐藏的客观规律,需从研制精密有效的测试设备开始。十多年前,张建民和他的团队开始着手进行接触面力学问题研究时,国内外还没有一台大型接触面力学试验设备,没有现成的实验技术及研究经验可以借鉴。在张建民的指导下,博士生张嘎承担起研制大型二维接触面力学试验设备的任务。刚开始的时候,师生俩每隔几天就要讨论一次,对手里仅有的一张概念图进行反复修改、推敲,力争每个部件都最合理、有所创新。而当概念图基本完善,进入具体设计环节时,他们需要找机械厂进行机械设计和加工。但是找了几个厂家,都觉得技术难、风险大而不愿承担。张建民没有放弃,在他的鼓励下,张嘎手捧一本北京电话黄页,逐一给北京的机械厂打电话询问。一旦对方表现出一定的能力和意向,他就马上赶过去探讨合作的可能性。辗转历时一个多月,才终于找到了一家机械厂,进入设备制造轨道。之后,他又开展了设备的液压系统和控制电路研发等工作。可以说,这台大型二维接触面设备是师生俩一点一点“攒”起来的,虽然过程很艰苦,但正因为他们主导并参与了设备的每个细节,因此能够结合接触面研究的特点,以较小的成本研制成功一台有特色的试验设备。

获奖团队的6位成员中5位都曾是清华水利系本科毕业的直博生,十多年间他们先后一棒接一棒的接力长跑,他们的设备逐步改造完善。从原始设备的改造,再到二维的,最后到三维的,从单轴加载到复杂循环加载,从细粒土到粗粒土,从钢材结构面到混凝土和岩石结构面,从硬性接触面到柔性接触面,从小变形到大变形,不断完善设备的更新升级和完成不同系列的试验成果。他们发明研制的这套以大型为主、大中小

型配套的高精度接触面静动力学试验设备填补了国内外在大型接触面实验技术领域的空白。国际土力学及岩土工程学会前主席Pinto评价说,他们“成功地完成了有一个原创性的各种结构与土体接触面力学性能测试技术平台。”

在研制设备的基础上,他们首次精确测定了接触面内土颗粒平移与转动及接触面特征厚度,并通过大量实验,再现了地震等实际加载运行条件下不同土体材料与结构接触面的力学行为。正是通过这样大量的试验积累和深入探究,他们揭示了结构与土体接触面的物态演化律、强度律、剪切律、剪胀律和压缩律等五项基本的本构规律。这还远远不够。为什么会存在这样的规律?张建民和团队继续投入到解释物理机制和建构数学模型的工作中,他们构筑了接触面本构模型理论框架和三维弹性本构模型以及可满足不同程度要求的系列本构模式,在此基础上发明了系列化的接触面数值模拟技术。

以大量试验数据和数学模型为依据,张建民和他的团队清晰阐明了土性、结构面板和加载方式等三类十多种主要因素对结构与土体接触面静力学特性影响的基本规律和物理机制,建立了具有实用价值的接触面力学试验数据库。各种土与结构接触面的力学特性终于不再神秘,有了认识、把握和评价其变化规律的有效工具和手段。

服务于各种工程结构设计论证

“大型结构与土体接触面力学测试系统研制及应用”项目经专家鉴定总体达到国际领先水平,针对接触面发表的论文总数和引用次数在国内外占明显优势,得到广泛引用和高度评价。除了学术上的创新成果,项目更直接推广应用到到三峡和马来西亚巴贡等地的高坝、地铁、建筑、桥梁、港航、海上风电等国内外大型

工程结构设计论证中,其中巴贡水电站是中国在海外已承建的最大装机容量水电站。它还支撑了五部设计规范标准的修订,为各种结构与土体共同工作系统的研究和设计提供了基础性测试技术平台,使接触面力学行为的测试和评价实现了从以往的半经验到科学化、合理化、精细化水平的跨越,提高了结构系统静动力设计和变形控制水平,取得了显著的社会和经济效益。

作为一个应用实例,在黄河上游两座高面板堆石坝的挤压式边墙技术的论证和优化过程中,张建民团队的研究成果发挥了重要作用。挤压式边墙技术有助于提高面板堆石坝的施工进度和施工质量,但也使得大坝的结构更为复杂,产生了边墙与面板、边墙与垫层土等接触面。张建民团队采用项目研发的测试技术针对这些接触面进行了系统的试验,在此基础上提出了有效的挤压式边墙等效数值模型及算法,一方面,较好地解决了百米量级的堆石坝体和数十厘米量级的挤压式边墙引起的不同尺度数值模拟的计算技术难题,显著地提高了计算精度和效率;另一方面,为合理评价挤压式边墙的安全性提供了科学依据,通过系统的试验及数值模拟分析,他们还得出“挤压式边墙与混凝土面板之间的接触面内不涂抹乳化沥青条件下面板应力也在工程安全要求范围之内”的结论并被实际施工采纳,显著节约了工程费用,得到了建设单位的高度评价。

科学研究是一种境界

十多年中遇到的艰难困苦、付出的心血汗水,张建民视之淡然。他说:“对每位从事科学研究的人,都已经习惯了不断遇到问题、不断解决问题、进而不断探索的过程。我们也并不觉得这些问题是多么难以逾越的困难,遇到问题不断探索、尽力解决就是了。在科研中



图为获奖代表在大会堂前接受媒体采访。

本报记者 洪星摄

浙江26项获奖彰显科技创新实力

科技日报杭州1月10日电(记者官建新 通讯员江英华)在今天举行的国家科技奖励大会上,浙江省有26项科技成果获国家科技进步奖。在浙江自主完成的13项科技成果中,2项获国家科技进步一等奖,5项获二等奖,3项获技术发明二等奖;参与完成的13项成果中获国家科技进步特等奖1项,科技进步一等奖2项。

浙江自主完成并获科技进步一等奖的“重症肝病防治的理论创新与技术突破”,创建了李

氏人工肝系统和人工肝联合移植治疗重症肝病的新方法,显著降低了急性、亚急性肝衰竭病死率,治愈好转率提高到78.9%,重症肝病移植5年生存率提高到80%以上;“高端控制装备及系统的设计开发平台研究与应用”,解决了高端控制装备及系统的高安全性、可靠性、适应性和大规模化等4大难题,形成了完整的、具有自主知识产权的技术体系。

获奖成果显示了浙江企业自主创新能力的提高。桐昆集团浙江恒通化纤有限公司与

解放军信息工程大学研究所第4次获国家科技进步一等奖

科技日报北京1月10日电(刘昂 杨森 记者唐先武)在今天举行的2013年度国家科技奖励大会上,解放军信息工程大学信息技术研究所一项自主创新成果荣获国家科技进步一等奖。这也是该研究所第4次获此殊荣。该研究所是科技部在军队设立的首个国

家级工程中心——国家数字交换系统工程技术研究中心的实体单位。自1993年组建以来,在科技部和上级主管部门的大力支持下,承担了大批国家和军队重大科研任务,相关成果获国家、军队及省部级二等以上奖励40余项。近年来,该所被评为“十一五”国家科技计划行

高校合作研发的“超大容量高效柔性差别化聚酯长丝成套工程技术开发”获国家科技进步奖二等奖。开发了超大型酯化和缩聚的反应釜、搅拌机、脱过热加热系统、无油牵引卷绕机、物流和信息自动化等装备关键技术,实现了大容量多批号、优质、低耗、环保生产,获得发明专利授权5项,近3年实现销售收入348.4亿元,利润24.3亿元,纳税10.2亿元。

高校发挥着重要的作用。浙江大学为主完成的获奖成果首次位居全国高校之最。浙江大学共有18项成果获国家科学技术奖,其中为主完成的科技成果有11项获奖,首次位居全国高校第一名。这些科技成果大部分是产学研合作完成的科技成果。

先进团队、全军人才培养先进单位,先后涌现出1个全军科技创新群体、1个总参科技创新团队、2个河南省科技创新团队,先后培养出1名中国科学院院士、3名国家“突出贡献中青年专家”、5人次担任过国家863专家组组长、副组长,7人享受政府特殊津贴。

该研究所被誉为“善打硬仗的科技攻关‘排头兵’和通信与信息领域科技创新的‘国家队’”,为推动国家信息技术发展和军队信息化建设作出了突出贡献。