

# 第50个梅森素数被发现 2<sup>77232917</sup>-1 现在是“带头大哥” 最大素数有用吗? 安全上网就靠它

本报记者 高博

目前最大的素数找到啦,2<sup>77232917</sup>-1。它也是人类发现的第50个梅森素数。这是1月初互联网梅森素数大搜索(GIMPS)项目宣布的。

## 网购刷卡,先准备两个大素数

“大素数的应用,主要是网络密码。”中科院数学与系统科学院研究员贾朝华说,上网都要用大素数为基础的RSA等密码算法。

RSA利用素数,创建“内外有别的密码本”。好比你发电报,用电报局的公开密码本A,翻译内容并发送,接受者则用私有的B密码本解密。B与A对应,但知道A却推不出B。

贾朝华说,密码本“不对称性”的根源是:乘法简单,因式分解费劲,因式分解一个大数,尤其难。上千个二进制位数的RSA密码,没法用计算蛮力破解。“找到大素数,就可用于RSA密码。”贾朝华说。

下次网购支付时,记得感谢藏在密码里拆解不开的素数。

另外,大素数还被用来考验计算机。Intel检验芯片就使用GIMPS的程序;SKY-LAKE芯片曾由此发现BUG。

## 难解的数字之谜

梅森素数得名于一位十七世纪的法国数学家,即可写作2<sup>n</sup>-1的素数。比如7=8-1,31=32-1。大数学家欧拉双目失明,还心算

出2<sup>n</sup>-1是一个素数。

梅森曾猜测n是素数的话,2<sup>n</sup>-1也是素数,他猜错了。我们仍不知梅森素数的分布规律,数量有限还是无限。

找最大素数,等于找最大的梅森素数。相对普通数字,验证2<sup>n</sup>-1是不是素数,有简化的办法。图灵就设想用计算机找素数。1952年,美国人第一次用计算机找梅森素数,几小时就找到5个。

1990年代出现分布式计算的GIMPS项目,鼓励网络用户贡献算力。1952年至今,计算机共找到38个梅森素数,16个归功于GIMPS。

第50个梅森素数,由美国51岁的电气工程师帕克首次验证。他业余替社区维护电脑,并用社区电脑计算素数。帕克成功的前

提,是GIMPS上全世界爱好者的试错。

## 漫天遍野是素数

贾朝华说,素数概念人人理解,所以公众关注,从陈景润到张益唐,大家也更熟悉数论学者。数学史上,数论一直是核心领域。如今有代数数论、解析数论、计算数论……隔行如隔山,即使是数论大同行,往往也看不懂彼此的进展。

素数抽象也具体。打开汽车变速箱,就能看到素数。互相咬合的大小齿轮,齿数被设计成互质的,多样化咬合齿的搭配,避免磨损。生物的生命周期也往往是素数,这样与天敌重合的概率最小。

素数,正因难以捉摸,丰富了整个世界。



## 渝“眼”

经过3年多建设,重庆西站铁路综合交通枢纽一期工程建设竣工,目前已全面进入最后的站房候车室室内家具安装阶段,并将于近期交付重庆火车站使用。

图为重庆西站候车室内部的玻璃窗与地面倒影形成了一个巨大的“眼睛”。

新华社记者 刘嘉摄

## ■聚焦

# 我国工业工程振动与抗震领域研究取得新突破

## ——国家科技进步奖获得者徐建团队砥砺科研攻关纪实

本报记者 马爱平

1月8日,在2017年度国家科学技术奖励大会上,中国机械工业集团有限公司总经理兼总工程师徐建教授负责完成的《工业建筑抗震关键技术研究与应用》荣获国家科技进步二等奖,2014年由徐建负责完成的《工业工程振动控制关键技术研究与应用》荣获国家科技进步二等奖,此次获奖标志着我国在工业工程振动与抗震领域的科学研究和工程应用取得了新突破。

是什么动力让一个央企高管长期坚持科研工作并在三年内两次斩获国家科技进步奖?带着这样的困惑,记者走进中国机械工业集团有限公司,走进徐建教授的研究团队,倾听他们的科研攻关故事。

## 潜心研究奋力攻关 突破工业工程振动控制关键技术难题

工业工程振动控制是土木、机械等多专业交叉学科,是工业建筑安全使用、工业装备正常运行和生产人员健康的重要技术保障。随着我国高端工业装备向精密化和大型化方向发展,精密装备的加工精度达到纳米级,大型装备的冲击压力达数万吨,对生产环境的振动要求越来越高,振动控制已成为工业工程建设的核心技术。

我国振动控制技术曾一度落后于工业工程的发展,高端装备振动控制技术主要依靠国外引进,不仅价格昂贵,涉及到国家安全和高科技的关键技术还受到限制,严重制约了我国装备制造业发展的进程。

为了解决工业工程建设中振动控制关键技术难题,满足我国高端装备制造发展的需要,由中国机械工业集团有限公司徐建负责,组织我国振动控制技术骨干企业组成的科研团队,进行了二十多年的联合攻关,攻克了工业工程振动控制关键技术难题,显著提升了我国工业工程振动控制水平,建立了工业工程振动控制标准体系并制订了系列国家标准,形成了自主知识产权;研究成果经住房与城乡建设部有关机构主持的专家鉴定认为,总体达到国际先进水平,部分成果达到国际领先水平。

在工业工程振动控制基础性技术理论方面,徐建团队通过对振动在工业工程介质中传递规律的分析研究,建立了工业装备与环境振动影响分析方法,提出了振源激励等效量化技术,确立了工业装备振动控制精细化设计方法,建立了集测试技术、设计方法和容许标准一体化的振动控制评价体系;创立了工业装备复杂激励下多元振动控制理论分析方法,实现了逐级定量振动控制设计,建立了地基、基础、结构、装备和控制装置整体分析的振动控制综合技术,在工业工程中广泛应用。

在精密装备振动控制成套技术方面,研究团队提出了振动传递函数相似快速计算和数值分析模型自修正方法,提高了精密装备复杂振动控制分析效率和精度;建立了智能优化动态配置技术,解决了振动控制系统装置精确匹配的技术难题;建立了精密装备振动控制荷载及模型数据库,为振动控制提供了高效的分析手段。

针对精密装备质心偏移对振动控制系统动力特

性的影响,提出了自由度耦解分析技术;通过对主贡献参数定向优化,建立了具有稳定低频模态分布特征的振动控制设计方法,解决了精密装备振动控制系统性能优化设计的技术难题;提出了复杂振源下的振动控制系统一体化设计方法,解决了高耸和超长精密装备复杂内外振源相互作用的问题;研制了具有自主知识产权的高性能气浮式振动控制装置和高灵敏度自动跟踪调平系统,实现了微振动控制装置国产化,突破了国外技术封锁。

在大型装备振动控制成套技术方面,通过对大型装备控制装置—基础结构之间边界条件合理设置的理论分析,建立了考虑附属设备、荷载精确模拟和地基相互作用的整体分析技术;对大型冲击装备振动控制系统易于疲劳破坏的关键部位进行优化分析,提出了振动控制系统安全使用寿命的分析方法;通过对大型回转装备振动控制系统模型试验研究,建立了振动控制装置力学参数等效原则和低刚度预警重力效应模拟技术,在设计阶段实现了对振动控制性能的较准确预测和评估。

通过对场地地质条件的实测研究和装备振动特性的理论分析,提出了大型冲击装备振动传递分析预测方法,解决了工业厂区环境保护和振动控制系统优化设计的技术难题,避免了大型冲击装备运行对周围环境的振动影响,提升了对冲击振动精确控制的技术水平。

项目研究成果形成了工业工程振动控制成套技术和自主知识产权,实现了科技成果的工程化和产业化,已应用于载人航天、气象卫星、太空望远镜、大光栅刻划、核潜艇、大型三坐标测量机、核电站、火电与水电站、万吨压机、汽车装备等工程,对提高我国工业装备的技术水平、提升装备制造业的国际竞争力提供了有力的技术保障。

## 二十多年联合攻关 解决工业建筑抗震的关键 技术难题

工业建筑是工业生产的基础,是工业装备安全生产的重要保障。工业建筑承受荷载多变、环境条件恶劣、结构体系复杂、抗震罕遇地震能力差、易产生次生灾害;生产工艺对结构地震安全影响很大,以人员安全为单一设防目标的抗震技术难以满足工业建筑的抗震要求;我国唐山、汶川等地震中工业建筑破坏严重,造成巨大经济损失;全面提升工业建筑的抗震性能,具有非常重要的经济和社会意义。

为了解决工业建筑抗震面临的技术难题,由中冶建筑研究总院、中国机械工业集团有限公司负责,由我国相关研究单位组成的以徐建为负责人的科研团队,20多年来先后承担了多项科研项目,并标准编制任务,通过震害调查、理论分析、试验研究和工程实践,解决了工业建筑抗震的关键技术难题,形成了工业建筑抗震理论与工程设计、鉴定与加固成套技术。研究成果经住房与城乡建设部有关机构主持的专家鉴定认为,总体达到国际先进水平,部分成果达到国际领先水平。

在工业建筑动态多目标冗余度抗震理论方面,

徐建团队提出了工业建筑抗震目标和性能水准的确定方法,基于工业建筑抗震的多样性需求,兼顾投资效益,建立了一般建筑保人员、重要设备保安全、关键工序保生产、致灾建筑防次生灾害的动态多目标设防理论,创建了集承载能力、刚度、延性整体匹配的量化性能指标体系,为工业建筑抗震设计提供了理论基础。

针对工业建筑典型的震害特征,建立了结构体系层次化、构件梯次化的设计理论,确定了量化准则,构建了复合层级抗震设防体系,解决了工业建筑防连续倒塌的技术难题。

根据结构耗能能力和需求的关系,量化了抗震冗余度需求指标,建立了动态多目标定量分级评价标准,解决了工业建筑动态多目标抗震冗余度评价难题。

在基于工业建筑特征的抗震设计方面,研究团队采用三种研究手段,考虑四类典型影响因素,提出了基于平面半刚性的结构振动三维空间分析技术,解决了空间作用分析实用化的难题。

为了协调工业建筑钢结构抗震设计的强度和延性关系,提出了承载力需求、节点域抗震设计方法、梁端塑性较区的特殊构造,建立了抗震能力需求比量化分级标准,提出了两种设计路径及适用原则,有效降低了用钢量,解决了工业建筑钢结构抗震设计的经济性技术难题。

在工业建筑抗震性能评价和提升方面,提出了工业建筑抗震性能三级评价方法,建立了基于承载力需求比的定量评价技术,解决了抗震性能科学定量评价的技术难题。

针对工业建筑变化的后续使用年限与国家标准固定的设计基准期之间的矛盾,研究团队提出了基于目标使用年限的抗震性能评价技术,建立了重现期峰值加速度调整系数确定方法,给出了不同目标使用年限的地震作用取值,解决了工业建筑特定后续使用年限的抗震性能评价技术难题。

针对工业建筑震害特征和设防需求,建立了工业建筑抗震技术体系,解决了工业建筑抗震理论、设计方法和性能提升的技术难题。研究成果应用于:宝钢湛江钢铁基地、东方电气震后异地重建工程、中国二重镇江核电容工程、中国一汽工业厂房抗震鉴定与加固工程,取得了显著的经济和社会效益,提升了工业建筑的抗震能力。

## 央企高管科研初心 以钉子精神终获科研管理 双丰收

徐建作为《工业工程振动控制关键技术研究与应用》和《工业建筑抗震关键技术研究与应用》两个项目的负责人,身为央企高管始终坚持科技创新,其背后有一系列鲜为人知的经历。

徐建高中毕业后当过木工,1977年参加了恢复高考制度的人学考试,虽然高考成绩远远高于大学本科录取线,但由于家庭出身的原因最终被长春冶金建筑学校录取。

上了中专后,徐建认为学习机会来之不易,倍加珍惜;在两年半的学习期间,所有考试课中,仅有一

门不是满分。毕业后留校任教,上岗前到西安冶金建筑学院学习了一年数学和力学,到湖南大学学习了一年结构和施工,到清华大学学习了一个月的施工管理,两年多的学习对徐建来说是如饥似渴,所有周末都在图书馆里,春节都是在学校度过,他的刻苦精神受到老师和同学的高度评价。

回校任教三年的时间里,在做好本职工作的同时,他利用业余时间坚持学习,晚上到高校去听讲辅导课。徐建回忆:“最痛苦的是冬天,长春冰天雪地,路面都结冰了,从吉林工学院骑自行车回宿舍要摔好几次。”

任教三年后,根据学校规定经批准,徐建参加了1985年度全国研究生统一考试,在激烈的竞争中,他以优异的成绩被湖南大学录取为结构工程专业研究生,特别是数学成绩在同届考生中名列前茅。

1988年在湖南大学研究生毕业获得硕士学位后,被分配到机械工业部设计研究院抗震研究室工作,这是由我国著名振动专家张友龄教授创建的工业工程振动与抗震研究团队,张友龄教授1937年在英国曼彻斯特大学获博士学位后回国从事工程振动研究。上世纪80年代末,抗震研究室负责了我国工业工程振动和抗震标准编制,但是核心专家都将超过任职年龄,为此1988年同时引进四名结构工程研究生。

参加工作后,徐建表现出优异的研究能力,他不计名利,全身心投入到科研工作;他在国家重大科技攻关项目《高压开关抗震机械特性试验研究和数学模型》中发挥了重要作用,有三项研究成果经鉴定达到国际先进水平,虽然徐建参与项目的时间最晚且资历最浅,在几十名研究专家中排名第五,研究成果获机械工业部科技进步一等奖;起草的国家标准《高压开关设备抗震性能试验》获机械工业部科技进步二等奖。

他负责的多层厂房振动传递研究经鉴定达到国际先进水平,获中央国家机关青年实用技术成果奖;作为副主编完成了国家标准《多层厂房楼盖抗震设计规程》获机械工业部科技进步二等奖;他在工业建筑抗震领域进行了深入研究,作为副主编完成的行业标准《机械工业单层厂房抗震设计规程》获机械工业部科技进步二等奖。

他作为主要设计人完成的国家标准设计《钢筋混凝土结构预埋件》获全国工程建设优秀标准设计金奖、《预应力混凝土折线型屋架》获全国工程建设优秀标准设计银奖。

1994年,根据他在科学研究工作中的突出贡献,研究生毕业六年的徐建,被机械工业部破格晋升为研究员级高工,同年担任抗震研究室的主任,承担起工业工程振动控制与工业建筑抗震研究的责任。

1995年,由徐建发起成立了中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会,徐建担任了秘书长和主任委员;随后根据我国工业工程建设发展需要,负责组建了工业工程振动控制和工业建筑抗震研究团队,组织国内相关单位的专家从事该领域的科学研究和标准制订;对解决决策领域面临的技术难题,推动其科技进步,发挥了重要作用。

## 新时代新气象新作为

老舍笔下的北京城,描写了很多胡同。秋冬时节,透过胡同望天空,别有一番“京味”。但住在余家胡同的居民却多年没心情望天。

“别人抬头看到的是蓝天白云,我们却只能欣赏架空线密布的‘蜘蛛网’。”余家胡同69岁的老街坊皮子刚对科技日报记者说。

余家胡同位于前门大栅栏附近,离天安门特别近,可以说是中外游客感受老北京文化的必经之地。

皮子刚说,以前屋顶的线太多了,各种黑色的电话线、通信电缆、消防线等等错综交织,很多线架得比较低,货车要进胡同,得有个人站在车顶上,把这些线举高,车才能通过。

“这些架空线的安全隐患太大了,有的线就半耷拉着,遇到刮风下雨天气,住户出门都提心吊胆。”延寿街社区党委书记王争对记者说。大栅栏地区去年就有一条胡同因为阴雨天电线“打火”,点着了院子里的树,引发了一起火灾。

对于架空线问题,北京市委、市政府非常重视。经过公开对外招标,架空线入地工作管道部分工程由北京信息基础设施建设有限公司承担。工程北起西河沿东至延寿街,胡同全长400米,管道全长1013米,新建各式管井26座。

大栅栏街道城管科副科长王俊礼说:“此次余家胡同架空线入地工程最大特点就是高效,从最初入户走访,到胡同线路布局勘察测量、排查架空线缆、测绘地下管线,到施工挖掘及线路恢复,还要分清联通、歌华、移动等9家通信运营商的线缆,前后工程不到一个月时间。”

据西城区城管委相关负责人介绍,党的十九次召开之际,余家胡同内的通信架

空线入地工程如期完成,胡同环境面貌焕然一新,街巷品质得到提升。区领导将该工程作为推进全区架空线入地工作的示范样板工程,结合践行“红墙意识”和推进“两学一做”,督促党员干部到现场调度、部门协作、工程实施等工作环节全程跟踪问效。

“现在一出门放眼就能看到蓝天,心里特别敞亮。感谢政府的民生工程,关心到犄角旮旯的事,做到了老百姓心坎里。”皮子刚对记者说。

据介绍,余家胡同架空线入地工程顺利完工只是全区的一个缩影。按此前出台的《西城区支路胡同(背街小巷)通信架空线入地及规范梳理工作方案》有关要求,还未入地的23条通信类架空线正随市里安排整治入地,于2018年底完成。

# 北京胡同里的「蜘蛛网」没了

本报记者 华凌

科研工作,行业内非常关注。

徐建回忆当时的情景:“管理与科研两者兼顾感到非常累,就像跑马拉松一样,到了某一极限是冲过去还是退下来?到底敢不敢放弃科研也曾犹豫过,对工业工程振动和抗震研究这么久了,怀有深厚的感情;我国振动控制水平对装备制造业的发展有很大影响,作为我国机械工业最大企业的总工程师又是一份责任,正是因为这份感情和责任,还是坚持下来了。”

为此,徐建付出了更多的辛苦,国机集团办公厅主任史辉告诉记者:“我们集团的门禁系统记录了徐总每天早晨四点左右就到单位上班,节假日和周末基本上都在单位搞科研,今年正月初二徐总就到办公室来了。”

“对徐总最敬佩的是对科研工作亲力亲为,能够从行业需求和更高层次找到需要解决的问题,率领研究团队攻坚克难;他不仅仅是项目负责人,更是科研的核心骨干,由他亲自提出的工程振动标准体系和主编的系列国家标准,对行业发展起到重要的作用。”中国汽车工业工程公司副总工程师万叶青教授说。

徐建的秘书曹雪生告诉记者:“在出差的飞机和火车上,徐总大部分时间都在搞研究,下飞机后经常让我把他在飞机上写的资料用微信传给研究团队。”

当时建设部的一位领导在徐建办公室看了他主编国家标准的历版手稿,深有感触地说:我们原来以为主编国家标准你仅仅是一个组织者,今天看到这些手稿真的很感动。至今徐建在书库里还保留着十几箱子的科研资料,徐建说以后会把这些宝贵的资料捐给国家图书馆和传给科研接班人,让其发挥更大的作用。

正是靠这样的一种钉子精神,徐建取得了一系列的荣誉和成果,1997年被授予国家有突出贡献中青年专家,1998年获国家百千万人才工程一、二层次,2000年享受国务院政府特殊津贴,获全国工程建设标准化先进个人、我国建筑振动标准化工作突出贡献专家、我国砌体结构领域突出贡献专家等荣誉称号。曾获得国家科技进步二等奖4项,省部级科技进步一、二等奖8项,主编和参编国家标准21部(主编8部),出版著作28部(第一作者12部),发表论文60余篇,授权和受理国家发明专利25项。

在做好企业管理和科学工作的同时,徐建十分关心行业发展工作,长期担任中国工程建设标准化协会副理事长、中国勘察设计协会副理事长、中国建筑学会副理事长、中国工程咨询协会副会长等职务,推动行业的科技进步。

徐建非常重视科研团队建设和人才培养,作为科研团队的学术带头人,经常为科研团队和所属企业的技术人员授课;积极参与教育事业,是同济大学、湖南大学、大连理工大学等多所高校的兼职教授和博士生导师,培养出多名博士研究生。

徐建对科研工作的满腔热情与高度的责任感和使命感感染着身边的工作人员,与他共事的同志与科研人员都对他在他科研中的执着和拼搏精神由衷的感动,对他取得的科研成就表示钦佩与赞叹。

然而他却对记者说:“我只不过是履行了一个科研工作者的义务,能够让让自己的研究成果在工程建设中发挥作用,能够为行业发展尽一些绵薄之力,是我最大的欣慰。”