

国产 CAE 软件为工业安全筑起“数字屏障”

K 热点透视 redian toushi

日前,多效应仿真 CAE 软件 GalaxyEDS 正式发布 5.0 版本。GalaxyEDS 软件由国家超级计算天津中心主任杨灿群领衔,联合先进计算与关键软件(信创)海河实验室、国防科技大学等单位,历时十余年研发。此次发布的 5.0 版本软件,支持爆炸、冲击、燃烧等复杂现象的高精度物理仿真,总体技术达到国际领先水平,已成功应用于能源、公共安全等领域,为装备研发设计、重要目标防护和毁伤效能评估等提供重要支撑。

破解仿真软件困局

工业软件通过在计算机中建立精确的数学模型,预测产品在真实环境下的状态,从而驱动高质量、高效率的工程创新。在众多工业软件中,计算机辅助工程(CAE)软件扮演着不可替代的角色。它基于机理分析和数值计算,模拟产品在结构力学、流体力学、热分析等多物理场下的响应,直接决定了工程方案的可靠性、安全性与性能边界。杨灿群介绍:“CAE 是进行材料选型、结构优化和防护设计的‘数字实验室’,其重要性不言而喻。”

然而,当前全球 CAE 软件市场被极少数西方巨头垄断,美国、德国、法国等国家的企业占据了超过 95% 的市场份额。杨灿群介绍,从机理建模到方案验证环节,CAE 均扮演着重要角色。在航空航天、能源安全、装备研发等重要领域使用国外 CAE 软件,面临着设计数据和核心模型泄露的风险。

“因此,CAE 软件的国产化显得尤为迫切。这不仅关乎工程效率的提升,更关乎国家安全。”杨灿群说。

研发 CAE 软件的难度超乎想象。这



■ 视觉中国供图

是一项以数学、物理和工程科学为底座的超复杂系统工程,其研发深度和广度构成了极高的壁垒。它需要将偏微分方程的数值离散、求解器的开发构建,与材料本构、湍流模型、燃烧反应等跨学科知识进行深度融合。

“国际巨头凭借数十年积累,已构筑起一个高耦合的‘技术黑箱’,而我们在算法、工业知识和软件工程体系方面起步晚,积累薄。”杨灿群回忆说。

研发 CAE 软件面临的更大挑战是极端场景仿真。杨灿群介绍:“爆炸、冲击、燃烧这些过程,涉及多介质交互、多尺度演化、多效应动态耦合,具有高速、高压、高温和强非线性等特点。因此即便是技术世界领先的 CAE 软件,也存在‘仿不准、仿不快、仿不精、仿不了’的难题。”此外,既懂工程机理又精通软件架构与高性能计算的复合型人才极度稀缺,不同工业软件间数据标准的割裂,都增加了开发成本和周期。

在这一背景下,杨灿群团队历时 17 年,最终成功研发出 GalaxyEDS 软件。谈及突

破的关键,杨灿群认为:“我们并非改进了单一技术,而是在爆炸、冲击、燃烧及多效应耦合仿真等世界级难题上取得了系统性突破。”

杨灿群介绍, GalaxyEDS 软件攻克了高精度多介质爆炸仿真、高效率多尺度冲击仿真、高保真多组分燃烧仿真等多个难题。“其中最重要的,是攻克了超大规模多效应耦合仿真难题。”杨灿群说,“我们提出了多效应耦合统一模型、高可扩展全流程仿真框架等,结合天河 E 级超级计算机,首次实现了千亿网格规模、十万核级并行多效应耦合仿真,远超主流商用软件亿级网格规模,为破解极端复杂工程仿真难题打开了全新的发展空间。”

这一系列突破,标志着我国不仅打破了在高端 CAE 软件领域长期受制于人的局面,更在若干关键方向上实现了创新引领。

用于多个关键领域

CAE 软件的能力如何,最终需要在

硬件筑基技术惠民 王玉梅以硬核创新跨界赋能科技新生态

数字化浪潮席卷全球,电子硬件作为科技产品的核心载体,已成为各行业创新突破的关键支撑。中国电子信息产业发展研究院数据显示,2025 年我国电子硬件研发专利申请量同比增长 38%,跨领域技术融合正引领行业发展新方向。

深耕行业 20 余载,电子硬件系统研发专家王玉梅凭借扎实的技术功底与敏锐的创新思维,先后在两大科技企业拓路前行,业务版图横跨消费电子与智能交通领域,始终以“技术解决痛点、服务于人”为初心,最终成为跨界研发的优秀代表。

学霸底色: 物理深耕筑牢硬件研发根基

1993 年,对物理科学抱有浓厚兴趣的王玉梅考入北京工业大学应用物理系光学专业,正式踏上系统的学术征程。1997 年,她顺利升入该校应用物理系射频实验室攻读硕士学位。多年的科研生涯中,她参与了多项射频电路设计与信号传输优化课题,从理论建模到实验验证,从参数调试到数据复盘,一步步淬炼出严谨务实的科研态度与完整的研发思维体系。

正是这段求学经历,让王玉梅在电子硬件研发领域积淀下扎实功底,为后续跨界多个赛道埋下伏笔。

小米征程: 消费电子领域的硬件创新突围

2020 年,王玉梅以高级工程师身份加盟小米公司。借力小米“手机×AIoT”的生态布局与开放氛围,她扛起生态链产品硬件研发管控的重任,携手产品、项目团队,联动多家生态链伙伴,从研发设计到量产落地全程掌舵,啃下了硬件方案优化、性能跃升、成本精控等一块块硬骨头。

在智能家居、运动健康、个人护理等赛道,她精准锚定产品硬件痛点,以电路迭代、传感升级、低功耗技术创新为利刃破局,将“技术以人为最终服务目标”的理念融入研发全过程,让产品竞争力实现跨越式提升。以她牵头的筋膜枪硬件升级项目为例,针对传统产品力度调节粗糙、续航不足、噪声过大等核心痛点,她从硬件底层革新:优化电机驱动电路实现精准控力,升级低功耗电源管理系统让单次充电续航提升 40%,同步攻克降噪难题。

凭借在多品类硬件研发中的亮眼实绩,她带领团队斩获小米公司内部重磅奖项——“最 in 产品奖”“神仙战队奖”“成本优化奖”……这段征程淬炼出她“技术+场景”的研发内核,也为叩响智能交通领域的大门提供了重要启发。

安车智行: 智能交通领域的硬件技术攻坚

2024 年,王玉梅加盟安车智行(北京)科技有限公司,出任硬件项目经理。这家新锐高新企业聚焦智能交通领域,而她所擅长的电路设计、传感融合等技术,恰是 AEB 系统研发的核心关键。凭借消费电子领域积淀的技术经验,她快速切入智能交通赛道,主导搭建从功能定义到产品验收的全流程技术体系,敲定 AEB 硬件方案与验收标准,推动新品导入、产线搭建及测试落地,构建起覆盖研发、生产、测试的全链条质量管控体系。

在她的技术指导下,安车智行一举实现“领行 AEB 控制器”“畅行 AEB 控制器”量产落地,并完成了公司首套 AEB 系统的量产装车,填补了企业在智能交通

实际应用中检验。目前, GalaxyEDS 已走出实验室,在多个重要领域通过实战考验,成为守护国家战略安全的“数字屏障”。

在工业领域, GalaxyEDS 已深度服务于我国航空装备与能源开采任务。针对自主特种用途飞机、直升机研制中需要模拟的鸟撞机翼、装甲防弹、叶片断裂等场景, GalaxyEDS 可通过“仿真+试验”双向验证,开展抗冲击性能评估、轻量化结构设计、机舱包容性分析,以指导和加速新型航空装备研制进程。在油气开采领域, GalaxyEDS 通过仿真精准预测石油射孔弹的穿孔深度、孔径及孔道形态,快速优化装药流程与药型罩设计,从而提高射孔弹的发射率与穿孔率,直接服务于深井油气开发,助力提升油气开采量。

在公共安全领域, GalaxyEDS 为应对极端风险提供了关键支撑。面对太空星体防御任务,它完成了导弹打击小行星的百亿级网格、厘米级分辨率精细模拟,复现“冲击、爆炸、碎裂、偏转”全过程,以评估拦截方案有效性。在与化工、能源基地相关单位的合作中, GalaxyEDS 软件对数平方公里化工园区的关键节点进行高分辨率刻画,突破千亿网格超大规模多效应耦合仿真技术,实现危化品从泄漏、扩散、燃烧到爆轰的演化过程全链条模拟,从而识别不同等级危险区域,评估防护措施,为优化园区布局、制定精准应急预案提供直接技术支撑,将重大安全风险转化为可分析、可预防、可管控的工程技术问题。

“这些成功的应用,充分证明了我们自主技术的先进性。”杨灿群说,“它不仅提升了工程效率,更是在能源、公共安全等重要领域,为构筑坚实可靠的自主可控屏障提供了重要助力。”未来,国家超级计算天津中心将继续携手各方,推动构建更完善的工业软件生态,为新型工业化注入强劲动能。

陈曦

K 创新杂谈 chuangxin zatan

对于人形机器人来说,2025 年是一个重要的年份——这一年被普遍视为“量产元年”,有望进入“商业化元年”。可以肯定的是,在社交媒体上,这是它刷足了存在感的一年,人们对具身智能的感知从未如此真切。

这不,国产人形机器人又出圈了。在王力宏的成都演唱会上,6 台宇树人形机器人与人类舞者保持高度同步,同台演绎硬核版《火力全开》,不仅可以完成挥臂、踢腿等连续舞蹈动作,还能集体完成高难度空翻。12 月 20 日,特斯拉 CEO 埃隆·马斯克转发相关视频,并配文“令人印象深刻”。

这个“筋斗”的含金量如何?不妨拉长时间线,回顾一些“名场面”。蛇年春晚,一段“赛博秧歌”惊艳亮相,一同被热议的还有它退场时的“步履蹒跚”;今年 4 月,全球首个机器人半程马拉松上演“人机共赛”,“摔倒了又爬起”呈现“机机真实”。相较于这些普通人也不难完成的动作,“后空翻”对爆发力、空间感知、落地平衡等要求更高,颇见工程与艺术的耦合之美。

技术演进的路上,总是伴随着各种各样的声音。就人形机器人而言,每一次突破都令人兴奋,但挫折也在所难免,过分乐观和一味唱衰都不可取。有人质疑人形机器人“只会表演”,希望其能早日成为“钢铁保姆”,对此应当辩证看待。一方面,技术发展有其客观规律,比如具身智能领域有一个著名的“莫拉维克悖论”,即人类觉得复杂的,机器人反而觉得简单,反之亦然,一旦进入家庭领域,交互和伦理问题就是一大挑战,需要一个过程;另一方面,即便是“技术秀”,人形机器人的进步也有目共睹。

数据显示,我国有超过 150 家人形机器人企业,半数以上为初创或“跨行”入局。资本与科技一向关系紧密,前景诱人的人形机器人,自然颇受资本热捧,但产业的每个阶段都有其主要任务,过分强调投资回报,就容易忽视技术深耕,导致低水平重复。在前期待值之下,低水平带来的落差感,又难免影响外界对行业的整体印象。事实上,在各种展会中不难看到,人形机器人已经不再局限于“炫技”,正逐步融入多元应用场景。

前不久,国家发展改革委相关负责人曾表示,“速度”与“泡沫”一直是前沿产业发展过程中需要把握和平衡的问题,这对于具身智能产业来讲也是一样的。尽管人形机器人技术还不够成熟,离真正的商业化落地尚有距离,但长远来看,我国有着完整的工业体系,硬件制造能力和运控算法世界领先,且产业协同度不断加强,应用场景丰富,潜在市场规模广阔,有利于提供面向真实场景的海量数据,克服关键共性问题,形成竞争优势。

人形机器人的“活人感”不仅在于适配需求,也源于“把机器当人看”的战略定力——去探索,去试错,然后完成“惊艳一跃”。

期待人形机器人更多『惊艳一跃』

科幻里的脑机接口要成真了吗?

(上接 A1 版)“脑机接口技术打开了未来科技的大门。”天津大学教授、脑机交互与人机共融海河实验室常务副主任倪广健说,“脑机接口和康复医疗的联系最为紧密,在脑机接口的帮助下,一些运动功能障碍患者,可以恢复部分运动能力,甚至可能重建运动功能。”

从实验室到病房

瘫痪患者用脑控机械臂书写,盲人通过芯片接口“看见”光影,抑郁症患者通过脑电信号刺激重拾笑容……脑机接口技术给临床治疗带来了更多可能。倪广健表示,由于脑机接口是一项全新的甚至带有科幻色彩的技术,很多人愿意去体验,但是光有新奇的体验感是不够的。现在需要做的是让脑机接口技术形成对比性优势,即与此前的传统治疗手段相比,让患者实实在在地受益。

今年 8 月,天津大学脑机交互与人机共融海河实验室与天津市环湖医院牵头,联合首都医科大学宣武医院、北京天坛医院等多家国内顶尖医疗机构,聚焦解决脑积水精准诊疗这一国际性难题,共同启动了神经重症脑机接口多中心临床试验,并发布了一系列创新研究成果。其中,全球首个神经重症脑积水精确客观在线诊断系统“神工一号神雷”,将脑积水诊断时间从 3 天缩短至 30 分钟。

一名 5 个月大的婴儿成为这一系列创新技术的真切受益者。当时在天津市环湖医院小儿神经外科监护病房,患儿因脑积水头颅异常膨大,皮下青紫的静脉蜿蜒盘踞。治疗团队通过对患儿进行脑脊液循环动力学检测,快速判断出脑积水类型,让医生能在最短时间内确定治疗方案,最终成功挽救了孩子的生命。

“这项技术结合了人工智能、脑机接口与脑脊液动力学建模,无需造影,可实时评估脑脊液流动情况。”天津大学教授、脑机交互与人机共融海河实验室副主任刘秀云说,“它像是给脑脊液通路做了一次动态心电图。通过曲线走势,我们能快速判断出患儿的脑积水类型,帮助医生把握治疗时机。”

近些年,脑机接口技术不断推动临床诊疗方式进步。今年 8 月,中国科学院空天信息创新研究院传感器技术全国重点实验室与哈尔滨医科大学附属第一医院神经外科联合,成功完成“基于植入式微电极阵列的脑深部肿瘤边界精准定位”临床试验,医生在脑机接口技术的助力下精准识别肿瘤边界,在最大程度保护功能区的同时,实现了肿瘤切除。

下一代公共医疗的关键基础设施

工业和信息化部等七部门印发的《关于推动脑机接口产业创新发展的实施意见》提出,到 2027 年,脑机接口关键技术取得突破,初步建立先进的技术体系、产业体系和标准体系;到 2030 年,脑机接口产业创新能力显著提升,形成安全可靠的产业体系……

为了让新技术稳妥驶上快车道,相关部门和地区也推出相应举措。国家医保局发布的《神经系统类医疗服务价格项目立项指南(试行)》中,专门对脑机接口新技术单独设立,设立了非侵入式脑机接口适配费,侵入式脑机接口植入费、取出费等价格项目。这意味着,一旦脑机接口技术成熟,快速进入临床应用的收费路径已经铺好。

此外,北京、上海等地发布行动方案,对于脑机接口领域的监管政策、临床试验、产业集群等进行明确规划;国家科技伦理委员会人工智能伦理分委员会研究编制了脑机接口研究伦理指引……

“脑机接口不是奢侈品,它是下一代公共医疗的关键基础设施。只有落在医保上、落在病房里、落在病床前,才是真正的医学革命。”刘秀云说。

脑机接口作为未来产业,还需在技术、生态、人才等方面协同发力。有关部门可推动核心硬件、神经信号解码等关键环节的自主创新;搭建开源共享平台,整合硬件、算法和数据资源,推动产学研协同,加快技术迭代。

张建新 栗雅婷

林涛:以智慧技术保障城市治理 守护城市运行“生命线”

在智慧城市建设体系中,智慧交通与智慧能源是两大核心组成部分,直接关系到城市运行的基础保障水平,影响着市民的日常生活体验。随着城市化进程不断加快,城市规模持续扩大,交通出行、能源供应等核心环节的管理难度随之提升,这对智慧交通和智慧能源领域的技术研发提出了更高要求。同方泰德国际科技(北京)有限公司智慧城市监控管理软件研发专家林涛,用智慧交通和智慧能源领域系列监控管理软件全面推动了城市轨道交通与能源供应领域从传统被动运维向主动预测性管理的模式变革,为城市管理筑牢了安全防线。

以林涛研发的“轨道交通设备故障预测与健康管理系统”为例,该软件有效解决了轨道交通设备“易突发故障且故障排查效率低”的问题。当下,地铁在人口密集的大型城市承载着巨大的通勤压力。任何一点问题都可能演变为影响整条线路运营的危险。传统维护方式主要靠定期检修和人工经验判断,很难精准察觉到设备状态的细微变化,严重影响运营安全。2023 年 12 月北京地铁昌平线发生的车厢脱轨事故,造成 515 人送医检查,暴露出传统定期检修与人工判断的局限,即连接部件

潜在损耗未能被及时发现,导致运营中断、人员受伤,影响范围持续数小时,最终引发了公众对轨道运营安全的广泛关注。针对此类状况,林涛的“轨道交通设备故障预测与健康管理系统”应运而生,该系统通过对车辆各类运行数据进行实时收集和深度分析,为故障预测、维修安排、零部件更换等工作提供科学依据,有效保障轨道交通系统的高效、安全运行。

林涛研发的“轨道交通设备故障预测与健康管理系统”的核心功能集中在故障预测和健康管理系统两个方面。在故障预测方面,系统会实时收集列车运行过程中的各类数据,包括车轮转速、轴承温度、制动系统压力、信号传输状态等信息,通过专门的分析算法对这些数据进行梳理和研判。一旦发现数据出现异常波动,系统会立即发出预警,并明确提示可能出现故障的部位、故障类型及发生故障的大致时间,让维修人员能够提前做好准备。在健康管理方面,系统会建立每一列列车的专属健康档案,持续跟踪设备的运行状态和维修记录。通过对长期积累的数据进行分析,系统能够精准判断零部件的使用寿命,给出最优的更换时间建议,避免因过早更换造成资源浪费,也防止因零部件过期使用引发

故障。同时,系统还能根据不同线路的运行环境、客流密度等因素,为每列列车制定个性化的维护方案。例如在雨雪天气,系统可识别轨道面打滑风险区域,并辅助工作人员进行针对性处置,从而降低安全风险、提升运营可靠性。这种依靠数据开展的管理方式,不仅能提高地铁运营的安全性和稳定性,还能有效减少不必要的维修支出,大幅提升城市轨道交通的整体运营效率。

目前,该系统已在全国近百条地铁线路、上千列列车上部署应用,石家庄、兰州等多个城市的轨道交通应用线路的设备故障率大幅下降,故障处置时间也较此前缩短了近六成,因核心部件问题导致的停运事故更是直接折半,运维成本也有了显著降低。该系统不仅保障了市民出行安全与效率,也助力运营单位实现从依靠“经验检修”到借助“数据护航”的全新运维模式升级。

在智慧城市建设不断推进的背景下,交通出行的安全性和高效性始终是市民关注的重点,也是城市治理的重要课题。以林涛研发的“轨道交通设备故障预测与健康管理系统”为代表的智慧城市技术成果,破解了城市化进程中交



智慧城市监控管理软件研发专家林涛正在调试系统功能 ■ 受访者供图

通运维“响应慢、隐患多、成本高”的难题,推动城市治理从“事后补救”向“事前预防”的深层变革。未来,随着这类技术在更多城市运行领域的延伸应用,将持续夯实智慧城市的安全运行底座,让城市治理更精准、更高效,也让市民的生活更具幸福感与安全感。

陈秋实