

全流程管控确保锂电池安全

◎陈科 本报记者 吴长锋

随着手机、电动汽车的普及，锂电池在人们的生活中发挥着越来越重要的作用。然而，锂电池固有的热失控引发的电动车、储能电站起火爆炸事故，也让锂电池安全成了一个不容忽视的问题。这也是锂电池行业长期面临的技术挑战。

在日前召开的四川省科学技术奖励大会上，电子科技大学向勇教授团队作为第一完成单位的“基于多场感知与自主阻燃的锂电池安全管控关键技术及应用”项目，获得四川省科学技术进步奖一等奖。“怎样提高锂电池的安全性，降低电池过热爆炸风险，是一道必过的坎。”向勇说，为了过这道坎，他和团队探索奋斗十余年。

攻克锂电池安全三大难题

“从2012年起，我们逐步研制开发了配套完善的电化学高通量表征平台，在锂电池电解质、电极材料、封装材料等研究上取得一系列成果。”向勇说，他和团队开始尝试将电化学高通量表征技术应用到锂电池全生命周期安全性能动态变化的研究，但在研发过程中，他们发现现有的表征手段监控的参量，不足以直观反映锂电池的热失控风险。

在向勇看来，锂电池热失控过程涉及制造瑕疵、老化劣化、管理失效、异常环境工况等因素，以及生产制造、存储运输、服役使用等环节，诸多技术难题亟待攻克。

“解决锂电池全生命周期安全管控主要有三个要攻克的难题。”向勇告诉科技日报记者，锂电池热失控实时监测是第一道难题，其难在不能在电池内部埋置常规传感器，只能依靠外部信息推测电池安全状态，这就会导致监测数据不够精确。

“锂电池热失控过程预警防护是第二道难题。”向勇说，锂电池热失控后采取的措施通常是“一刀切”，即关闭整个电源系统，这种措施无法从根本上杜绝安全事故，且会损害电源系统服役可靠性。

“锂电池起火后燃烧阻断是第三道难题。”向勇说，锂电池电解液中，有机溶剂受热分解会产生易燃易爆成分，与氧气混合后成为锂电池起火爆炸的根源。因此，锂电池一旦起火，燃烧阻断难度极大。

厘清研发难题，选定研发方向后，向勇团队联合四川省安全技术研究院、四川省产品质量监督检验



锂电池生产线。视觉中国供图

院、中国铁塔股份有限公司四川省分公司、西南石油大学等产学研用单位，围绕锂电池全生命周期安全状态的监测与管控展开了深入研究探索。在向勇牵头抓总的，参研单位通力协作、联合攻关，在理论研究、技术开发、应用推广等领域各自发挥所长。

“我们研发成功了多参量薄膜传感器与锂电池集流体原位制备集成技术，实现了一体化集成，解决了传感器‘埋得进、测得准、传得出、影响小’的关键技术挑战。”向勇说，团队自主开发了人工智能电化学对抗迁移学习专用算法，结合前期开发的精准设计模型，一举把故障池识别准确度提升到了98.6%；自主开发的高通量电解液配制与筛选技术及相关装置，筛选效率提升100倍，实现了电解液阻燃性能与电化学性能的快速优化。

2022年4月24日，以著名锂电池专家吴锋院士为组长的专家组对向勇团队研发的锂电池安全系列技术成果进行了评价。专家组一致认为：“该成果属国际前沿技术领域，指标、模型预测精度和电解液自熄时间等方面均处于国际领先水平。”

累计创造经济效益超10亿元

从2019年开始，中国铁塔能源公司把项目成果应

用于中国铁塔通信基站电源系统，支撑实现了四川全省通信基站备电系统逾50万组锂电池的实时在线监测，预警锂电池安全风险2万余次，预警成功率100%，安全退服故障电池13000余只，排除火灾风险隐患1500余次，有力地保障了铁塔通信基站无一例锂电池热失控事故安全运行。

上海空间电源研究所应用这项成果很好地解决了锂电池模组突发安全失效的问题。目前，这项技术已应用于风云四号02星、新技术试验卫星等多个型号；四川长虹电源有限责任公司基于该项目成果开发出了电芯、配件高重量比、高密度集成特种电源。

2019年10月，湖北亿纬动力有限公司引入项目技术成果后，进一步开发出锂电池在线容量预测技术，并成功将新技术应用于现有产线改造和新产线建设，有效提升了锂电池产线生产能力。

向勇对记者表示，项目成果的推广应用，可助力研制出高安全、高可靠的新型锂电池产品，同时消除生产安全风险隐患，还可助力开发出新型锂电池安全管理系统，提升锂电池系统安全管控水平。“尤其对锂电池用户，能够降低锂电池热失控事故率，减少灾害损失、节约运维成本。”

数据显示，自2019年3月以来，该项目成果已累计创造经济效益超10亿元，并产生广泛的社会效益，为服务国家重大、重点工程发挥作用。

多项建造技术筑起西部现代化地标

◎本报记者 矫阳

近日，以“中国新时代·西部新征程”为主题的第十九届中国西部国际博览会在成都正式闭幕，八方来客再次体会了中国西部国际博览城（以下简称西博城）这座建筑的大气、美观、舒适和便捷。

作为中国西部国际博览会的永久会址，西博城占地约1000亩，建筑面积约57万平方米，展厅规模达30.5万平方米，以“V”字形姿态屹立于天府新区兴隆湖畔，被成都市民亲切地称为蓉城“大V”。

“西博城是目前西部地区投入使用净展览面积最大的展览展示中心，创新、智慧、节能，是这座现代化地标建筑的代名词。”中建二局四川分公司技术部经理杨志说。

区别于普通场馆，西博城最独特的设计是交通登陆大厅。“大厅面积4.8万平方米，长度1700米。所有场外交通串联、场内展馆互通功能均在这里。”杨志说。

独特的设计，给建设带来前所未有的挑战。交通登陆大厅包含数十万个复

杂异形钢结构构件，最大的钢结构网架面积达到1.6万平方米，相当于两个标准足球场，重1770吨。“这使得钢结构网架吊装，成为建设团队面临的重大难题。”杨志说。

焊接点太多，导致在空中实现精准焊接风险巨大。为攻克难关，技术团队专题讨论10余次，创新提出了“网架转体就位+分块整体提升”施工方案。“我们先在地面完成关键焊接，选取‘黄金分割点’作为吊点，再通过6台200吨液压提升机和3台60吨液压提升机，在9个提升点同步吊装。”杨志说。

经过4个小时的次序提升，建设团队终于将这个巨无霸网架稳稳落在框架之上。

除了空中搭建的巨型复杂异性钢结构，西博城的地面建造技术同样精湛。在20万平方米的西博城场馆内，无一根柱子，现代主义色彩浓厚，视觉效果十分震撼。“这种无柱设计，使场馆采光和视觉效果达到最佳。”杨志说。

场馆的“四肢”由715根方柱、514根圆柱、126根梅花柱组成，分别设立在屋

檐下方，“四肢”中间的大跨度内再设一根柱子做支撑。

没有柱子做支撑，场馆的结构如何实现稳定？巧妙的设计来自钢结构的整体优化。

西博城场馆的屋盖形似一条鱼，“这是钢结构新型大跨度预应力桁架，也被称为‘鱼型桁架’。”杨志说。

“鱼型桁架”由多个平行排列的桁架构成，并分别由向上、向下两条弯曲钢柱拼接而成。中间的主骨，则由若干垂直于地面的钢柱支撑。桁架单幅长81米、高9米，最大重量75吨，截面呈倒三角形。

正是通过“四肢”和屋盖的整体优化，才实现了西博城“无柱”结构的安全稳定。这个钢结构已获得我国钢结构行业最高奖项——中国钢结构金奖。”杨志说。

西博城展厅吊顶，是双曲面双曲线的铝板。每一根铝板的弧度、长度都不一致，充满时空穿越感，如同一件时尚“新衣”。这是中建二局建设团队通过仿真模拟技术，实现精准定位、流畅排布的智慧成果。

“我们运用了基于统筹和智能特征的‘五位一体’管理技术，建立高精度仿

真模型和动态管理信息平台，实现了六馆一厅同步施工、智能建造。”杨志介绍说，建设团队利用BIM（建筑信息模型）技术进行精细化建模后，再采用AR（增强现实技术）进行等比例原位投影，将曲面吊顶大小、位置和现实场景进行匹配，保证高效施工、精确安装。

在采用铝板的同时，项目团队还将海绵城市理念融入绿色会展建筑，率先提出金属屋面与重载透水混凝土联动体系。“我们在铝制屋面的外表下，突破性采用‘空腔+吸音棉’等16层罕见屋面的特殊构造，使铝制板具备收集雨水以及二次利用等功能。”杨志说，这项联动技术在全国也是首屈一指。

此外，西博城设计采用高通透度空间大跨度玻璃幕墙系统，能同时满足1200米长的交通大厅的日间自然采光，达到电能“零”消耗。

据统计，西博城这座以“超现代”的结构布局、“超智能”的功能服务、“超环保”的建筑，已圆满承接了各类高端展会数百场，成为100多个国家和地区交流合作的重要通道和桥梁。

准确、灵活和快速地对乙烯裂解实际生产过程进行优化。然而，目前相关国外软件只能进行模拟计算，缺乏优化功能，且不能针对国内原料和装置运行情况作出相应调整，导致国内厂家实际使用效果不佳。

大型乙烯裂解炉模拟优化系统项目团队利用计算机技术，结合大量的实验数据和工业炉实际运行情况，自主开发了大型乙烯裂解炉模拟优化系统，该成果可在国内复杂多变裂解情况下对裂解炉进行准确、灵活和快速模拟优化，并可形成针对性强的个性化裂解炉模拟优化运行方案。

EcSOS可根据生产需求和市场变化，对原料进行快速模拟评价并获得最优的裂解操作条件，使得生产过程更柔性、更智能、更集成化，并且能实现知识获取、规模化利用与传承的完美融合；针对乙烯生产的多目标优化技术，可有

效解决国内乙烯生产装置实际生产需求多变的问题。装置投料前，操作人员可先将参数输入软件，经过计算后，EcSOS会自动提交一份优化后的操作方案，按照这个方案组织生产，操作人员可以在国内复杂多变裂解情况下对裂解炉进行准确、灵活和快速模拟优化，并可形成针对性强的个性化裂解炉模拟优化运行方案。

“蒸汽热裂解制乙烯的生产过程，是所有石油化工生产中流程最长、设备最多、工艺机理最复杂的一环。”兰州石化公司石化厂生产技术科工作人员李国新说，裂解炉是石油化工的龙头，要想整个装置达到最优运行，裂解原料优化和裂解炉运行优化是最基础和最关键的环节。EcSOS的应用使得操作人员在投料前就掌握了原料的裂解性能、最优的操作条件及裂解产物的分布，能够在不增加大型设备投资成本的基础上，有效发挥现有生产装置的运行潜能，促使增产、节能与降耗等目标的顺利实现，协助生产企业获得更高的经济效益。

“EcSOS通过计算即可快速完成乙烯原料优选和生产操作优化，推动了我国乙烯生产优化手段的进步，可为企业创造巨大的经济效益。相比其他软件，EcSOS功能更强大，更适于国内乙烯原料和裂解炉复杂多变的现状，已在兰州石化和四川石化实现了工业应用。”近日，记者从中国石油化工研究院（以下简称石科院）获悉，由该院兰州化工研究中心与清华大学共同开发的EcSOS（大型乙烯裂解炉模拟优化系统），已在国内多套乙烯装置上实现工业应用，并取得良好效果。

乙烯裂解原料复杂多变，生产过程缺乏快速有效的优化手段，导致原料利用率、产物收率及生产成本等无法达到

成果播报

深海质谱仪研制成功并海试

科技日报讯（记者吴长锋）7月24日，记者从中国科学院合肥物质院获悉，该院智能所陈池来团队成功研制深海质谱仪，并在南海某海域成功完成多次海试。相关研究成果日前发表于《中国分析化学》。该项工作成果不仅为我国深海、深渊探测提供了坚实的技术保障，也为后续寻找海底油气及矿产资源，探究生命起源和早期演化以及研究全球气候变化等奠定了坚实的原位质谱探测基础。

深海极端环境塑造了特殊的生命过程，蕴藏着极其丰富的矿产资源，深海探测是国际地球科学研究的前沿问题。深海原位探测技术可以在时间和空间维度上连续获取深海样品的组成、含量及其变化信息，因此被越来越广泛地应用于深海极端环境的研究工作中。

陈池来团队长期致力于新型MEMS质谱关键技术及应用研究，先后突破质谱小型化设计集成、质谱关

键器件MEMS制造、水下膜进样快速定量标定等关键技术，经过多年攻关，成功研制出深海质谱仪。该仪器可在原位实现深海中氮气、氧气、氩、二氧化碳、甲烷等小分子溶解气以及烷烃、芳香烃等挥发性有机溶解气的定性及定量检测。

2022年至今，团队成员王晗、邵磊等携带深海质谱仪参加了多次专项海试，验证了其工作原理及工程应用的可行性，完成了设备功能性验证实验、海底定点在线检测实验及深度扫描试验；实现了深海冷泉区域溶解气的长时间原位检测及海平面至海底溶解气的在线检测；获取了深海海底小分子溶解气浓度随时间的变化曲线及纵向浓度分布轮廓线等关键科学数据。

研究人员表示，该项技术不仅可用于深海探测，同样可用于内河、湖泊、近海水下溶解气信息获取，为水环境污染和生态评估提供重要数据。

国内首台氢能地铁作业车下线

科技日报讯（记者吴纯新 通讯员廖梦茹）7月21日，记者从中铁武汉电气化局获悉，国内首台氢能地铁施工作业车在湖北襄阳下线。与传统燃油作业车相比，该车全生命周期可累计减少碳排放225吨。

这台氢能作业车采用氢燃料电池与锂电池混合动力系统提供牵引动力，设计时速80公里。一次加氢30分钟，即可让该车连续运行32小时。同时，该车运行时不用架设取电网，没有废气和噪声，可被广泛应用于地铁、隧道、矿山等作业领域。

“氢能具有零排放、无污染、能量密度大等优势，被广泛认为是最具应用前景的清洁能源之一。”中

国城市轨道交通协会副会长丁树奎认为。当前，全国地铁运营里程已达1万公里，在建里程6000多公里。地铁施工、运维车辆正在加速推广普及新能源车，市场前景巨大。国内首台氢能地铁作业车的下线，对于推动行业绿色创新具有积极意义。

据介绍，该车由中铁武汉电气化局与西南交通大学科技成果转化企业四川荣创新能公司联合研制。而襄阳作为全国新能源汽车产业聚集区、湖北先行区新能源新材料产业前沿阵地，拥有湖北首条氢燃料电池示范性生产线项目、百亿级氢能项目建设优势，可为氢能作业车的规模化发展提供肥沃土壤。



受访单位供图

智慧手段实现“无感”通关

◎本报记者 何亮
通讯员 郑佳怡 吴蔚
张 海 左雪扬

近日，一架入境航班缓缓靠近苏南硕放国际机场航站楼，飞机停稳后，机上旅客有序走出舱门，提取行李物品后，绝大部分旅客可以径直通过海关监管区域，享受“免排队、免等待”的“无感”通关体验。同一时刻，在现场运行监管指挥中心，南京海关所属无锡海关关员正在通过先期机检开展行李行李布控查验。

这套帮助海关关员远程研判行李物品、精准拦截风险旅客的系统，就是在南京海关所属无锡海关成功试点运行的“智慧旅检”系统。基于此系统，海关在旅客入境流程中嵌入式地开展行李物品先期机检，改变了以前所有入境旅客排队过X光机的传统旅检做法，大大压缩了通关时长。

“智慧旅检”的运用，将海关监管顺势嵌入旅客入境流程，不但没有增设闸口，还减少了旅客提取行李后二次过机检查的环节，通过科技赋能，实现了绝大部分合规旅客的“无感”放行，少数风险旅客的精准拦截。”无锡海关驻机场办事处旅检一科科长詹靖介绍，“这有效提升了口岸监管效能，确保通关秩序顺畅高效，营造了更为便利的跨境人

员往来环境。”

除去旅客通关拉动“进度条”，快件包裹出境也按下了“加速键”。在无锡海关国际快件（跨境电商）监管中心，一批出口快件正依次通过自动分拣线，其中有疑点包裹流转至查验开箱台后，场站业务员只需扫描枪轻扫条码，包裹“货、单、图、控”信息便会即时显示在后台系统中，方便关员逐一审核，审核结果再自动回传系统，正常包裹即可快速放行。包裹的快速出境得益于无锡海关开发的“智慧快件”系统，该系统改变了以往快件查验手工排序准备、纸质台账记录等繁杂操作，让数据跑腿，以机器人代人，极大提升了监管查验效能。

“DHL快递无锡口岸今年2月投运以来，已经出口了近20万个快件包裹，有了这个系统，通关时间较其他同类口岸节省2小时左右，一批货物从运抵到放行最快只要15分钟，有效降低了我们的物流成本，后续我们将考虑扩大业务规模，为苏品锡货‘出海’多作贡献。”DHL快递无锡口岸总经理王申琛信心满满。

“下一步，无锡海关将继续以加强智慧海关建设为抓手，积极创新、主动作为，通过智慧化手段提升信息化、科技化建设水平，进一步优流程、提效率，让无锡口岸乘‘云’而上，持续激发口岸发展新动能。”无锡海关副关长沙锦锋表示。

为乙烯装置安装国产“大脑”

◎本报记者 颜满斌
通讯员 仇国贤

“EcSOS通过计算即可快速完成乙烯原料优选和生产操作优化，推动了我国乙烯生产优化手段的进步，可为企业创造巨大的经济效益。相比其他软件，EcSOS功能更强大，更适于国内乙烯原料和裂解炉复杂多变的现状，已在兰州石化和四川石化实现了工业应用。”近日，记者从中国石油化工研究院（以下简称石科院）获悉，由该院兰州化工研究中心与清华大学共同开发的EcSOS（大型乙烯裂解炉模拟优化系统），已在国内多套乙烯装置上实现工业应用，并取得良好效果。

乙烯裂解原料复杂多变，生产过程缺乏快速有效的优化手段，导致原料利用率、产物收率及生产成本等无法达到

最优。兰州石化橡胶厂丁苯车间工程师李金山从事信息化工作多年，他认为，就我国石油而言，生产装置已经具有很强的信息化条件和基础，相关生产数据也有大量积累。

“但这些数据在应用分析和利用等环节还存在瓶颈。”李金山说，“我们需要能服务于数据应用的工业软件，才能使数据创造出新的价值。”

工业软件被形象地称为生产装置的“大脑”。工业软件是对工业生产各环节规律的模型化，以支撑和改进生产制造过程。“工业软件不但可以控制产品生产和设备运行，还可以把产品和设备运行的状态实时展现出来，并通过分析、优化赋能产品和设备运行，实现迭代优化。”石科院大型乙烯裂解炉模拟优化系统项目负责人田亮说。

相比传统的实验室优化技术和工业炉现场标定方法，计算机模拟技术可以