



实习记者 于紫月

人类平均每250个新生儿中就会出现一对同卵双胞胎,相似的基因、生活环境和频繁的日常交流或许会潜移默化地同化着双生儿的处事方法和思考模式。双胞胎之间的息息相通也常常被称为“心灵感应”。

人们也将这种生理学的孪生理念融入到工业的发展中。通过实验室中的物理孪生体,基于实体生命周期中的基本信息,进行“模拟”获得早期预警和预测。人们将之称为“物理孪生”。例如,1969年,美国NASA在阿波罗登月项目中制造了两个完全相同的实验室/实体空间飞行器。

如果对实体建立一个数字模型,通过仿真模拟解决实际问题,便涉及到了数字孪生的领域。“数字孪生是数字模型共有特性和物理实体独有个性实时融合的全生命周期共同体。”中国飞机强度研究所所长王彬文在近日举办的第八届中国航空学会青年科技论坛上对数字孪生的内涵进行了阐述。

## 将虚拟与现实进行无缝对接

“2003年,密歇根大学迈克尔·格里夫斯博士在产品生命周期管理课程中最早提出数字孪生的概念,覆盖了包括从设计、制造、试验和服务在内的完整的产品全生命周期。”王彬文告诉记者,近年来,各行业也进行了大量的探索,不断丰富着数字孪生的形态和概念。一言以蔽之,数字孪生是充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据,集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程,在虚拟空间中完成映射,从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。

以数字孪生在飞机监测中的应用举例,如果想要对一架飞机进行监测,则需利用飞机的

各项真实数据建立一个仿真飞机模型,该模型可通过传感器实现与飞机真实状态完全同步。如此一来,每次执行飞行任务时,便可根据现有情况和过往历史数据,分析评估飞机的各项指标是否正常,是否能够承受下次的任务载荷等,以便人工及时进行检修等相关工作。

短短数十年,数字孪生引起了企业、研究机构、科研人员等的广泛关注。必应搜索“digital twin”词条信息量达57万,百度搜索“数字孪生”信息达261万条,其中近两年的搜索量占比为62%。数字孪生之“热”可见一斑。

“热”自然有“热”的道理。数字孪生体相比于前文提及的物理孪生,不受地域分布、个体数

量和时间环境的限制,可进一步丰富工业物联网的技术体系,为智能制造奠定基础。

美国通用公司为每个引擎、每个涡轮、每台核磁共振,均创造一个数字孪生体。通过这些仿真的数字化模型,在虚拟空间进行调试、试验,即可知道如何让机器效率达到最高。空客集团采用基于数字孪生的A350XWB总装生产线“智能空间”解决方案,一方面使制造流程完全可视化,工艺装备及其在总装厂内的分布情况

## 应用广泛但仍需补足短板

数字孪生引入国内仅仅几年时间,距离广泛应用还有很长的路要走。“目前数字孪生技术还面临诸多难题,可归纳为三类。”王彬文认为,高保真度的仿真建模是构建数字孪生体系的关键,数字孪生作为物理实体在数字空间的超写实动态模型,产品虚拟模型的高精度性、多物理场建模、高保真度响应模拟等是首要解决的技术难题。

王彬文指出,产品状态感知方面,由于数字孪生技术的应用以海量数据为基础,并且是基于全要素、全生命周期的数据,而有关这些数据所涉及的先进传感器技术、自适应感知、精确控制与执行技术等难题急需攻关。

“实时监测与健康预测技术也尚待完善。”王彬文强调,实时和预测是数字孪生的核心要素,一方面物理产品的数据动态实时反映在数字孪生体系中,另一方面,数字孪生基于感知的大数据进行决策,进而控制物理产品,而其中离不开相应的高实时性数据交互、高置信度仿真预测、超级计算能力等技术能力。此外,新的设计检验方法仍需进一步探索,使物理模式的实验结果更准确、更接近真实的工况,为数字孪生体的推演提供可靠的数据支撑。

## 相关链接

### 在虚拟空间中再造一座城

数字孪生城市是数字孪生技术在城市层面的广泛应用,通过构建城市物理世界、网络虚拟空间的一一对应、相互映射、协同交互的复杂巨系统,在网络空间再造一个与之匹配、对应的孪生城市,实现城市全要素数字化和虚拟化、城市全状态实时化和可视化、城市管理决策协同化和智能化,形成物理维度上的实体世界和信息维度上的虚拟世界共生共存、虚实交融的城市

一目了然,另一方面通过数字孪生模型预测生产中可能遇到的瓶颈,提前解决问题,不断提高总装效率。

国内也开展了数字孪生的初步探索与实践,以强度试验为例,围绕验证试验的全流程,从模型构建、虚拟试验、增强现实、数据挖掘等方面进行了实践。除此之外,国内在海洋工程、智慧城市、智能制造等多个领域也在广泛探索。

“不同专业、不同方向、不同领域均能细化、演化出属于自己行业的数字孪生核心技术。”王彬文指出,除此之外,作为一种严谨的数字映射系统,数字孪生技术在众多行业中具有广泛普适性。

未来,数字孪生也可结合物联网的数据采集、大数据处理和人工智能建模分析,实现对过去发生问题的诊断、当前状态的评估以及未来趋势的预测,并给予分析结果,模拟各种可能性,提供更全面的决策支持。

“应充分认识到,数字孪生技术所涉及的理念、方法具有超前性,亟须各个层级尤其是青年科技者的广泛参与,应尽快建立起规范化、普适性的定义和相关标准。”王彬文指出。此外,数字孪生是数字化发展的高级阶段,应结合企业数字化发展基础,与数字化、信息化发展历程融合推进。

“因此,实现其广泛应用和系统完善是一个长期过程,不可能一蹴而就。”王彬文表示,美国空军研究实验室计划2025年才能在交付飞行器的同时交付其对应的数字孪生体,美国《航空周报》预测到2035年,当航空公司接收一架飞机的时候,才能伴随着一架高度详细的数字模型。由此可见,数字孪生的发展道路漫长且须上下求索。

## 科技汇

### 扫平“绊脚石”,地铁遇险更快疏散

通讯员 张轶 本报记者 盛利

记者日前获悉,国内首个运用于城市地铁隧道的“道床SMC(Sheet Molding Compound片状模塑料)独立式应急疏散平台”已在成都地铁投入使用,该平台通过解决疏散道床面不平整、铺设规格不统一等地铁乘客疏散“瓶颈”,为地铁应急安全“最后一公里”提供保障。

过去,我国城市地铁疏散以沿隧道壁侧安装疏散平台为主,通过安装于隧道壁的通道,为乘客提供疏散通道。“但隧道疏散平台位置比地道道床高,存在人员跌落隐患,而发生火灾时浓烟还会首先到达。”道床SMC平台研发方、中铁八局电务公司总工程师胡基冬说,基于上述情况,以隧道壁作为一种严谨的数字映射系统,已成为地铁应急安全处置的共识。

“但在实际操作中,安装于地铁轨道之间、用于收集车辆运行数据的应答器成了‘绊脚石’。”胡基冬说,这些平均安装高度150毫米,在200米至400米区间不等分布的设备,在光线不足的地下隧道,极易导致疏散人员绊倒。

于是新的独立式应急疏散平台应运而生,记者在成都地铁3号线二区区间线路中看到,新设计的平台通过“拱桥式”外形,将应答器设备包裹其中,并配有坡度、防滑条可实现乘客疏散快速通过。

“别看这个小小的平台,既要满足地铁运行环境的要求,又要不阻碍信号传输的任务,更不能漏电也不怕踩踏。”中铁八局电务公司该项目科研团队负责人田彬彬说,为应对地铁隧道及道床环境潮湿、列车运行频率高、设备安装后震动较大等复杂情况,新平台选用了特殊材料制造并以压模工艺一次成型,具有强度高、抗静电、阻燃、低衰减、绝缘等特性,满足地道道床设施及应答器的规范要求。同时,还充分考虑了道床内可安装区域形状、底座负荷强度、应答器线缆位置、设备的安装和维护等问题。

“由于新平台对应答器形成了保护,每年还可节约大量地铁维护成本和检修时间。”团队科研人员白林表示。



道床SMC独立式应急疏散平台

### 新式防暴岗舱守好反恐第一关

本报记者 张景阳

记者近日从内蒙古第一机械集团公司获悉,由集团第三分公司自主开发、拥有自主知识产权的警用防暴岗舱已完成生产并投入使用。这是中国首套采用轨道式滑动技术并具有反恐、防暴特性的军民融合型反恐防暴装备。公司产品研发负责人介绍,该产品可广泛应用于边境线、港口、检查站以及机场、车站、商业区等人员密集场所,同时也可用于公安系统、司法系统、解放军部队门岗等重要部门进行值守,与其他产品相比,该产品采用军用装甲防护材料制成,通过先进的模块化结构设计,最大限度满足各类反恐防暴需求。

据了解,在产品防护方面,新的防暴岗舱均采用高强度装甲钢板,其防护性能可实现中国国家军用标准(GJB)中100米7.62普通钢芯弹的防护,达到北约Ⅰ级和北约Ⅱ级的防护性能要求。根据用户需求,基体可外挂更换式防护反应装甲以及复合陶瓷装甲板、屏蔽格栅等,提升基体防护等级,并配备降噪、隔热、阻燃、防崩落衬层,安全防护性能极佳。在火力压制与打击方面,防暴岗舱可根据用户要求配备遥控武器站、声波驱散系统、卫星通讯系统等装备。同时,岗舱360度范围内有可开合射击窗口,适用于单兵武器对外的火力覆盖,实现对敌压制、打击。

在使用性能方面,防暴岗舱可配置音频通讯系统和红外视频监控,并为人员提供必要的生活、战斗活动空间,配备兼顾人员生活、防护、攻击的设备,岗舱内所设报警主机等电器设备可使岗舱长期处于警戒状态,并可遥控或者直接启动报警,同时,布置了射击口、逃生口、自然通风口等,具备良好的空气、温度、湿度、照明等条件,为工作人员提供最大的舒适性和操作方便性。



轨道式滑动警用防暴岗舱

(本版图片除标注外来源于受访单位)

## 破译乙烯压缩机失效密码

### 走进院士专家工作站

本报记者 杨仑

乙烯有着“石化之母”的美誉,在我们日常生活中,石油、纺织、橡胶等都含有乙烯。世界上把乙烯产量作为衡量一个国家石油化工发展水平的重要标志之一。

“这台设备是发往浙江的,投产后每年乙烯产量可达120万吨……”眼看着一台台乙烯压缩机在生产线上等待组装、试车,沈阳鼓风机集团(以下简称沈鼓集团)研究院院长杨树华如数家珍,嘴角自然地向上翘着。这些乙烯压缩机是成套乙烯生产装置的心脏,当之无愧的大国重器。

从无到有,从被国外严密技术封锁到掌握关键技术,理论、大国重器的背后,凝聚了沈鼓集团院士工作站11个院士团队、沈鼓研究院无数科研人员的汗水。

程耿东院士就是其中之一。10年前,时任大连理工大学校长的程耿东是进驻沈鼓集团院士工作站的第一批院士,“我们是科研工作者,把自己

专业知识贡献给国家、帮助制造业做事,是份内的职责。”回想当年,程耿东院士感慨地说。

程耿东院士团队负责的是压缩机叶轮结构可靠性研究。叶轮是关键设备中的关键部件,尤其是百万吨乙烯装置压缩机,叶轮工作环境极其恶劣,高速旋转的叶轮时刻处于高压、高速流动的复杂组分介质环境中,要经历不停变化的温度和压力波动,并且要稳定运行数年之久。

“在实际运行中,叶轮偶尔会发生疲劳失效现象。”杨树华告诉记者,“此前,这种现象的机理一直未能明确,属于行业性技术难题,也是制约离心压缩机行业发展的技术瓶颈。”

一旦乙烯压缩机出现问题,整套乙烯装置都要停车,下游依赖乙烯产品的企业也必须停工,损失之巨难以估算,以至于业内有“压缩机一响,黄金万两;压缩机一停,效益归零”的说法。

经过长期研究,科学家发现叶轮结构虽然具有密集的固定频率,但只有某一个或几个频率下的共振,才会导致破坏风险,这些频率的共振是关键因素。“只要规避了关键共振频率,就可以从根本上解决共振问题。”杨树华说。

2016年,《大型离心压缩机叶轮结构完整性研究和分析技术开发》项目完成。这意味着叶轮失效这一重大瓶颈难题已经得到了系统性、彻底的解决,并且完成了从理论到技术上的全面突破,也让沈鼓集团成为世界上极少数拥有这项核心技术的企业之一,打破了国外严密的技术封锁。

据统计,每年因此项技术提升而减少的直接、间接经济损失达8000万元以上。

像这样的核心技术,沈鼓集团院士工作站中的11个院士团队,还可以列出一张长长的清单:与大连理工大学郭东明院士联合承担的“大功率屏蔽式核主泵自主化可行性协同制造原理”项目在第三代核主泵研制过程中得以应用;与东北大学闻邦椿院士、北京化工大学高金吉院士、清华大学王玉明院士等共同完成的“高端压缩

机组高效可靠及智能化基础研究”中形成的新技术、新成果,已经在十万等级空分压缩机、120万吨乙烯装置用压缩机等重大项目研制过程中得以应用……

更重要的是,院士进驻工作站,并不仅仅给沈鼓集团送来解渴之水,更是打出了汩汩清泉。

院士工作站建站以来,通过与院士所在的大连理工大学、西安交通大学、东北大学等国内知名高等院校合作,近年来,培养工程硕士研究生40多人,博士研究生5人。今年不到40岁的王睿,就是其中之一。

“院士、教授们经常会来讲课,我个人觉得受益匪浅。”王睿告诉科技日报记者,“他们站位高、视角宽、眼光准,有时候被一个问题困扰,听完他们讲课后会有豁然开朗的感觉。”

如今,院士工作站已经成为沈鼓集团科技研发的重要力量,每年承担超过20%的重难点项目和关键单元技术开发工作。“我们是院士工作站的受益者,希望未来能不断创新工作方法和管理模式,让院士工作站发挥更大的作用。”杨树华说。

扫一扫  
欢迎关注  
核心技术  
微信公众号

