

高能同步辐射光源： 显微世界的“超级放大镜”

■本报见习记者 田瑞颖

6月29日,我国第一台高能同步辐射光源、世界上亮度最高的第四代同步辐射光源——高能同步辐射光源(HEPS)在北京怀柔科学城开工建设。中科院高能物理所研究员董宇辉表示,HEPS建成后,亮度将比美国的NSLS-II高70倍,比瑞典的MAX IV高10倍。

同步辐射光源是如何帮助科研人员“看见”物质内部结构的?对于科研实验,是否能越高越好?高能同步辐射光源的建设,将给国内用户开展相关实验带来哪些改善?

探索微观世界的利器

美国能源部基础能源科学顾问委员会研究报告《调控物质和能量:科学的五个挑战及展望》指出,今天人类已处于一个调控时代(Control Age)。通过更精细地认识物质(包括生命物质和非生命物质),在原子甚至电子水平调控物质,使其具有期望的功能和性能,先进光源在其中起着关键的作用。

随着各国对先进光源的重视程度越来越高,众多国家和地区纷纷加码同步辐射装置的建设。据了解,目前世界上大约有50多台同步辐射装置在运行,我国大陆目前运行的3台均为中、低能光源。

按照部署,HEPS是我国“十三五”期间优先建设的、为国家的重大战略需求和前沿基础科学研究提供技术支撑平台的国家重大科技基础设施。HEPS整体建筑外形犹如一个放大镜,寓意为探测微观世界的利器。

北京科技大学新金属材料国家重点实验室教授王沿东告诉《中国科学报》,“在工程材料等领域,高能同步辐射光源比一般同步辐射光源更容易穿透物质,它的能量很容易达到100keV,穿透4-5毫米的钢铁。”

HEPS一方面有助于解析物质结构生成及其演化的全周期全过程,另一方面可揭示微观物质结构生成演化的机制,剖析微观物质构成,为物质调控提供基础支撑。建成后,HEPS将与世界上正在运行的美国先进光源(APS)、欧洲同步辐射装置(ESRF)、日本SPRING-8、德国的Petra-III一起,构成世界五大高能同步辐射光源。

中国科学院金属研究所研究员李昂说:“HEPS由于建设晚于现有的其他



外形犹如放大镜的高能同步辐射光源效果图

高能同步辐射装置,反而有更多的技术经验等积累,具有‘后发优势’。”

不必担心辐射问题

正如我们所知,X射线具有很强的穿透本领,因而是人类探索微观世界流变的探针。同步辐射光源正是产生X射线来测量各种物质的原子结构的“放大镜”。它不同于实验室中制造的X射线,在实验室中,X射线一般是由X射线管、X光机产生,能量比较单一、亮度也较弱。而同步辐射装置产生的X射线具有高强度、高准直性、良好的相干特性以及从远红外到硬X射线范围的连续光谱等性质,因而被广泛应用于生命科学、环境科学、凝聚态物理和材料科学等领域。

李昂说:“通常,我们称能量较高的光源为硬X射线,能量较低的为软X射线。”HEPS属于高能光源,具有6GeV的电子能量,发射度小于等于0.06mm×rad,具有世界最高亮度,并且还有进一步提高的空间。

提到X射线,“辐射”常令人担忧。HEPS是否会对工作人员、公众造成危害呢?

答案是肯定的。实际上,HEPS对公众影响的剂量限值远低于国家标准。同时,HEPS产生的辐射是瞬发性的,只要加速器一停机,能造成环境影响的主要

辐射源即消失,也不再引起空气、冷却水的活化。

此外,HEPS还有完整的辐射防护设计方案,严格的屏蔽墙设计、人身安全联锁与剂量监测系统,可保障工作人员与环境安全。

与我国现有光源形成互补

同步辐射光源按电子能量不同能段分为低能光源、中能光源、高能光源。不同能区的光源用途不同。北京正负电子对撞机上的同步辐射装置、合肥同步辐射装置、上海光源属于中、低能段,目前都在积极运行中。

HEPS作为高能光源,将与我国现有的光源形成能区的互补。HEPS将满足国家发展战略等研究对高能量、高光度的X射线的迫切需求,使我国的同步辐射光源向高能区扩展。

王沿东解释说,“高能同步辐射光源与我国现有光源是互补的,不同能区的光源用途不同,例如对谱学等方面的研究中低能度的光源即可满足实验,能量太高做有些物质/部件成像研究反而看不清内部结构。”

预计未来HEPS将在我国先进材料、航空航天、能源、环保、医药、石油、化工、生物工程和微细加工等领域广泛应用,提供突破瓶颈问题的关键手段,提升我国国家发展战略与工业核心技术

的相关研究水平、基础科学和高技术领域的原始创新能力。例如对新能源页岩油气的研究,利用HEPS的纳米CT技术可以对页岩的结构进行具有纳米分辨率的三维成像,为页岩储油储气特性研究提供科学数据。

助推“卡脖子”技术的突破

特种材料的结构分析、工程材料的全寿命过程研究等,不但需要高能量、高亮度的X射线,同时还必须在国内开展研究。因此,HEPS对于我国科技发展战略及工业核心创新能力相关的研究至关重要。

在国家支持重大需求和工程材料方面,HEPS可支持极端条件下材料的结构功能研究、特殊材料的动态高压条件下结构变化实时解析、工程材料的全寿命周期实时动态研究。在前沿科学方面,HEPS还可用于开展小于1μm尺寸的生物蛋白质晶体结构测定,单个纳米颗粒的实时、原位结构解析,强关联材料的深能级声子谱研究。

“对于工程材料的研究,我们需要能量高、通量大、分辨率高、聚焦小的光源,一方面可以缩短测量时间,另一方面更小的聚焦有助于更好地开展基础研究。”王沿东说,“某些涉及国家战略需求的实验是无法在国外开展的,国内也很难满足实验要求,高能同步辐射光源的建设将推动我国‘卡脖子’技术的突破。”

HEPS的建设对国内需要开展相关实验的科研用户而言,无疑是一个重大利好的消息,不仅可以免去在国外做实验的高昂成本,还能为开展前沿研究抢占时间。

李昂说:“金属材料领域的实验研究需要能量高的光源及好的样品环境。目前国内光源在开展某些实验时很难满足需求,所以只能去国外开展实验。随着高能同步辐射光源的顺利建成,我们将不必再去国外开展相关实验了。”

王沿东还补充道,“高能同步辐射光源的竞争不完全在指标上,还在于建站、人才等后续建设。未来,也许还有很长的路要走。”

据了解,HEPS项目建设周期为6.5年,2019-2025年完成工程建设,2025年底验收并投入运行。随着HEPS自身的建设,还将带动和提升众多相关产业的技术进步,产生良好的社会效益。

智造论坛

从《星球大战》的“阿图”到《终结者》的“液态机器人T1000”,机器人一直带给人们无限遐想。时至今日,这些思想和理论正在萌发。

我国对于智能机器人的研究和应用一直以前瞻性视野给予高度重视。1986年,我国就把智能机器人列为“国家高技术发展计划”自动化领域的两个主题之一。科技部最新发布的重要研发计划中,智能机器人重点专项也位列其中。

边界持续拓展

机器人按照预期用途可以分为工业机器人和服务机器人。国际机器人联盟(IFR)也采用了类似的机器人分类。与国际上略有不同,我国传统上按工业机器人、服务机器人和特种机器人划分。

机器人研究涉及材料、机构、驱动、传感、控制、计算机、人工智能等多学科,是典型的交叉学科研究领域。机器人技术在汽车制造、搬运码垛等大型制造企业已获得大规模成熟应用。近20年来,针对医疗、教育、娱乐、勘探勘测、救灾救援等多样化需求,机器人技术的边界不断拓展,内涵不断丰富。

工业机器人对高精度、高精度、重载、智能化、协同作业的极致追求仍未改变,同时协作型工业机器人的发展使人机安全、自然交互得到格外重视。服务机器人对极端、动态、未知、非结构化复杂环境的适应性、感知与理解、学习与决策、控制与协作、自然交互等一直是研究重点。而新型智能材料、人工智能技术的快速发展不仅为服务机器人带来了新的研究思路,也提出了更具挑战性的技术难题。

市场应用潜力巨大

据中国电子学会的报告,2018年,全球机器人市场规模将达298.2亿美元,其中工业机器人占比56%,服务机器人占比31%,特种机器人占比13%。我国2018年机器人市场规模将达87.4亿美元,其中工业机器人占比71%,服务机器人占比21%,特种机器人占比8%。

工业机器人应用集中在汽车、电子、金属制品、橡胶和塑料等行业。大负载的传统工业机器人多用于大批量、标准化产品的高效生产,受行业影响明显。而以小批量、定制化、快速迭代的产品为主的中小企业,对于小负载机器人和协作机器人有较强需求。协作机器人轻巧灵活、操作简单、价格适当,适合在人机混杂的作业空间工作,具有良好的增长潜力。

服务机器人主要产品有家用服务机器人、医疗服务机器人、公共服务机器人、深度学习、生物特征识别、语音识别、自然语言理解等人工智能技术的发展使服务机器人的功能和性能逐步提升。医

疗手术机器人、康复机器人产品市场规模也已达数十亿美元,具有巨大的潜在市场。

相比于工业机器人和服务机器人,特种机器人目前在市场规模较小,但在采矿、建筑、交通、农业、畜牧业、消防、防爆、空间探索、军事等领域具有重要的战略意义和作用,得到各国政府的高度重视。相信随着支持力度的提升,未来工业机器人、服务机器人和特种机器人三足鼎立的局面不会遥远。

产业升级 倒逼技术提升

当前我国制造业面临的现实挑战不仅为我国智能机器人研究提出了前沿问题,同时也为我国智能机器人产业提供了难得的发展机遇和广阔的施展空间。坚持深耕于不同行业领域的智能机器人系统公司将形成创新性的产品和系统,重塑生产流程、生产工艺、生产模式。

服务机器人市场规模的增速远高于工业机器人,是极具潜力的新兴产业。人工智能技术与个人、公共服务机器人的结合有望深度切入教育、家电、陪护等行业,从而依托服务机器人平台打造新的应用生态。而医疗、康复服务机器人作为高附加值的智能机器人产品将改变医疗和康复的传统模式。

特种机器人当前市场规模相对较小,但其作用和意义重大,且未来潜力巨大。繁重的农业和畜牧业劳动使特种机器人具有巨大的发挥空间。

机器人研究是典型的交叉学科研究,因此,研究人员不仅在各自擅长的材料、机构、驱动、传感、控制、计算机、人工智能等具体方向上要有深厚的研究积累,对于其他相关学科研究也应具有一定深度的了解,而多学科的交叉融合、协作研究将极大促进智能机器人原创性成果的形成。

此外,机器人的行业应用还需要一批既了解机器人的优缺点又了解应用需求的项目管理人才及高水平技术人员。

(作者系中国科学院自动化研究所研究员、博士生导师)

智能机器人『三足鼎立』不会遥远

■王硕

纵览

山西成功研制大载重电传动矿用自卸车

本报讯 记者近日从中车大同电力机车有限公司(以下简称中车大同公司)获悉,该公司自主研发的CR240E电传动矿用自卸车于6月27日正式下线。这是山西装备制造行业首款大载重电传动矿用自卸车。

据了解,中车大同公司是中国中车旗下核心企业,CR240E矿车作为装备制造业的“巨无霸”,是非公路车辆的一种,主要用于露天矿场、水利水电工程等,是往返采掘点和卸矿点的专属运输车辆。CR240E电传动矿用自卸车集机

械、电子、液压、汽车以及矿山装备等综合技术为一体,关键技术和核心部件上,全部实现了自主国产化。车型采用先进的双燃料发动机技术,搭配可靠的电传动系统,最大载重量可达240吨,时速最高为57公里,机动性强、效率高,可广泛满足各类露天矿场和大型水利水电工程的运输需求。此外,CR240E矿车采用LNG和柴油作为燃料驱动,可降低车辆使用成本8%至15%,降低二氧化碳等温室气体排放量20%左右。(程春生 邵丰)

浪潮轨道交通智能科技项目落户青岛

本报讯 7月2日,青岛地铁与浪潮集团在青岛签署战略合作协议。浪潮集团把轨道交通智能科技项目落户城阳地铁创新产业园,并在轨道交通工业互联网、信息化建设等领域与青岛地铁开展合作,助力青岛轨道交通产业智能化进程。

近年来,青岛地铁在稳步做好轨道交通工程建设、运营管理的的基础上,加速在产业化新轨道上“谋篇布局”,与青岛市16家轨道交通科研平台、70余家轨道交通企业形成了比较完善的业务网络,具备了链接轨道交通上下游企业、推进轨道

交通产业化发展的基础条件。

2018年,在市、区两级政府的支持下,青岛地铁导入T10D(以公共交通为导向的开发+产业导入)发展战略,规划建设了即墨城际轨道交通配套基地、城阳地铁创新产业园、西海岸海洋智慧小镇三大产业园项目,旨在打造青岛市海洋产业新标杆、智慧科技新高地,强化青岛市轨道交通装备领先地位。

目前,即墨、西海岸项目已开工建设,城阳项目计划今年开工。同时,青岛地铁积极开展招商,促进产业集群化发展。(廖洋)

产学研结合助力东光包装机械产业升级

本报讯 记者近日通过走访河北沧州东光县包装机械产业园区发现,企业生产线上鲜有操作工人,而是流物的智能化操作。

东光县包装机械产业拥有1000余家企业,从业人数达3.5万人,年销售收入近90亿元,国内市场份额占有率超过65%。

“为帮助企业与高等院校精准对接、借助‘外脑’提升产业科技含量,东光县开展了‘百所高校进百企’活动。”

东光县政府负责人告诉《中国科学报》,目前几十家企业分别与清华大学、天津大学、哈尔滨工业大学、河北工业大学等高校开展产学研合作,一系列合作成果成为推动企业发展的新动能。

为解决包装机械产业专业人才缺乏、科技含量不高等问题,东光县大力实施“六个一”工程,加速产业聚集和转型升级。“互联网+”“大数据”“云计算”等现代理念与手段也被广泛应用于传统产业“改造”当中。(高长安)

匠人匠心

刘燕德：为水果智选甘坐十年“冷板凳”

■本报见习记者 田瑞颖

“生在农村,长在农村,用所学改变农村。”一颗反哺农村的种子,她十年如一日地浇灌,最终带领团队研发出我国首台自主知识产权的水果光电分选设备,打破了国外垄断,打通了水果智能分选关键“一公里”。

“中国制造业正在迈向中国智造,科研人员要摒弃浮躁之气、逐利之心,不改初心,这样才是一个合格的匠人。”中国仪器仪表学会“最美科技工作者”、华东交通大学机电与车辆工程学院院长刘燕德在接受《中国科学报》采访时如是说。

立志打破国外垄断

我国是水果生产大国,但却“大而不强”,其中水果分选装备落后就是原因之一。“我国水果采收中优质果率不足30%,高档果率不足5%,远低于发达国家平均水平,此外水果采收的智能化检测率也远低于发达国家。”刘燕德说。

以往,国外垄断致使设备价格高昂,水果企业苦不堪言。”刘燕德说,“此外国外还对我国进行检测模型、检测机理等方面的技术封锁,加之国外企业是以当地水果作为检测标准,并不适合中国水果,很难进行自主调整。”

这让刘燕德看在眼里,急在心里。“装备是行业的源泉,我国水果分选装备却长期被国外垄断,作为此领域的科研工作者,我始终怀有为国铸器的理想,那就是研发出我国自主知识产权的水果分选装备。”刘燕德说,“我希望中国农业走向现代化、机械化、智能化。”

刘燕德反哺农村的种子从小便种下了。那时的她虽然还不懂机械化、自动化这些“先进”的词,但她总梦想有一天帮助乡亲们摆脱低效率的辛苦劳作。水果分选作为水果产业后期的一道工序,对产业的提质增效起着不可替

代的作用。刘燕德介绍说:“水果分选后再销售的利润七直接销售可高出20%。”

带着懵懂的理想,一入大学她就选择了农业机械化工程专业,当她进一步了解到农业机械对提高农民生产效率的重要作用时,更加坚定扎根此领域,立志改变我国水果光电分选设备受制于人的现状。

坚持坐“冷板凳”

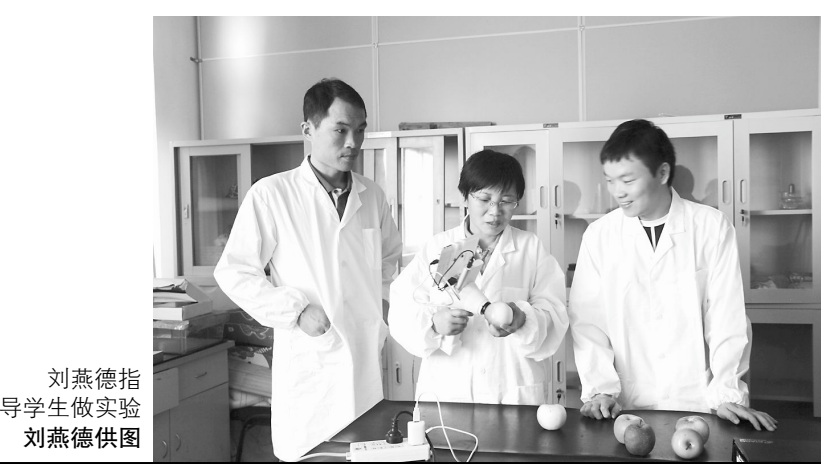
理想“丰满”,现实却很“骨感”,实际研究过程可谓困难重重。“基础光源国内质量达不到要求,检测数学模型要从零开始建立,此外还涉及机器设计、软件系统、自动控制等多学科的融合。初期甚至觉得这是不可能完成的任务。”刘燕德回忆当年感慨地说。

面对难以克服的困难,刘燕德没有放弃。“我一边从基础数学原理开始探索,一边寻找合适的实验仪器,力争向前迈一小步。”2002年迎来了转机,攻读博士期间,刘燕德拥有了第一台近距离红外光谱仪,借此她开启了水果糖酸度近红外光谱快速检测的研究。

自此,刘燕德的生活便成了实验室、寝室、食堂的三点一线。由于整天与水果近红外光谱检测打交道,刘燕德幽默地形容道:“我与近红外成了形影不离的闺蜜。”

当时,国内鲜有人开展此方面的科研,国外又进行技术封锁,刘燕德在质疑声、技术难题、人才队伍匮乏等诸多困境下,坚持坐科研的“冷板凳”,一坐就是十多年。

2009年,华东交通大学校级光电技术及应用研究所成立。刘燕德开始有了自己的队伍,我国第一代自主知识产权的水果智能化分选装备也随之诞生。



刘燕德指导学生做实验

刘燕德供图

刘燕德告诉记者,该设备每秒自动检测5-8个水果糖酸度,实现了我国水果品质分选装备从无到有的突破,打破了国外产品的市场垄断。

“求学期间,软件工程、工业机械制造等方向也曾引起我的兴趣,毕竟女孩子都希望坐在干净的办公室工作。但最终,我发现我深爱农村这片土地,我要坚守最初改变农村的梦想。”刘燕德说。

迎难而上 永不言弃

团队成员李雄这样评价刘燕德,“她是一个迎难而上、永不言弃的人。”2016年,刘燕德团队研发的水果智能分选设备已涵盖众多水果产品。就在此时,上饶市很多果农和企业找到刘燕德,提出了“上饶马家柚”智能分选的诉求。这引发了团队的不同意见。

“由于柚子皮较厚,尤其是马家柚的品种,厚度可达5厘米,实现对柚子的分选非常困难。”李雄说,“这是一个

国际难题,所以我们也曾质疑到底能否实现。”

面对团队成员的动摇,刘燕德很坚定:“不能放弃。”

李雄回忆说:“她几乎从未在晚上11点前回过家,开展这一技术攻关后,与团队商讨到凌晨两点是常有的事。”经过近一年的技术攻关,刘燕德团队成功研制出了马家柚糖酸度和重量快速无损分选装备,发明了高速分选协同控制方法,解决了马家柚等厚皮果有效信息获取困难、检测精度低等问题。

在回答记者“怎样才算是装备制造领域的匠人”的问题时,刘燕德说:“要对想实现的功能和机器效率永不言弃,勇于打破常规、推陈出新。”

未来,刘燕德还将融合新老设备,探索分选装备新的增长点,同时借助智能化设备,实现对作物生长关键因子的监控,帮助农场实现“标准化种植”,助力我国从水果生产大国转变为水果出口强国。