

我国核医学发展加快,医用同位素供应保障体系逐步建立,放射性新药和高端诊疗设备研发提速,一批关键核心技术取得突破——

# 让疾病诊治精准高效

本报记者 谷业凯

前不久,全球首批商用堆碳-14辐照生产靶件,在中核集团旗下中国核电控股的秦山核电三厂2号重水堆机组内堆,开始商用堆生产碳-14同位素,并预计将在2024年开始向市场供货,产量可满足国内需求。

2021年,我国发布《医用同位素中长期发展规划(2021—2035年)》(以下简称《规划》),这是我国首个针对核技术在医疗卫生应用领域发布的纲领性文件。《规划》发布一年来,我国核医学发展加快,医用同位素供应保障体系逐步建立,放射性新药和高端诊疗设备研发提速,一批关键核心技术取得突破,不断满足人民日益增长的健康需求。

## 核医学是核技术在医疗领域的科学应用,与人们生活的联系日趋紧密

走进中核集团中国原子能科学研究院,国内首台用于硼中子俘获(BNCT)癌症治疗的紧凑型强流回旋加速器正在加紧调试。该装备将可应用于头颈癌、黑色素瘤、骨肉瘤、乳腺癌等疾病的治疗,还可生产氟-18标记的脱氧葡萄糖等放射性同位素药物,用于癌症和心脑血管疾病早期诊断,实现一机多用,并有望在高端医疗装备上形成产业化规模,降低治疗成本,让核科学技术惠及群众。

在中国人民解放军总医院核医学科,正电子发射计算机断层成像设备(PET/CT)正在运转。患者在注射示踪剂约1小时后即可进行检查,全部扫描只需15—20分钟,3个工作日后就能拿到报告。

随着核技术在医疗领域的应用不断扩展,核医学与人们生活的联系日趋紧密。作为一门新兴学科,核医学是核技术、电子技术、计算机技术、化学、物理和生物学等与医学相结合的产物,是核技术应用一个重要的分支领域。

“具有相同质子数、不同中子数的同一元素的原子核互为同位素,同位素分为稳定同位素和放射性同位素两类。核医学是利用放射性同位素或加速器产生的射线束来进行诊断和治疗的科学。”原子能院核技术综合研究所所长刘蕴韬介绍,放射性同位素及核辐射既可用于诊断、治疗和医学科学研究,也用于药物作用原理的研究、药物活性的测定、药物分析和中药的辐射灭菌等方面。

中核集团中国同辐股份有限公司总工程师杜进介绍,在医疗领域,核医学主要有两方面的应用,一是核医学成像,包括单光子发射计算机断层成像(SPECT)和正电子发射计算机断层成像(PET/CT),能够在对人体不产生创伤的前提下获得组织或器官分子水平的信息,是实现心脑血管病、神经退行性疾病、癌症等重大疾病早期诊断的重要手段;二是核素内照射治疗,主要是利用放射性同位素产生的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 射线及其他粒子束对肿瘤等病变组织进行放疗。

核医学已有100多年的历史,我国核医学起步于20世纪50年代。1958年,原子能院就利用重水研究堆生产出33种同位素,国

内一些医院也陆续办起了核医学的培训班。“当时培训班的主要职责是教学员如何使用同位素,以及如何将同位素用在对人体疾病诊断上。”解放军总医院核医学科教授田嘉不说。

在核医学成像出现以前,很难精确定位隐藏在患者体内的肿瘤块的位置及大小。如今,医生利用核技术“人体照相机”,就能打开微观世界、洞察多种疾病。1995年,我国首台PET投入使用,20多年来,设备不断更新换代,所使用的放射性核素的剂量越来越小,扫描速度越来越快,成像精度越来越高。

在治疗方面,核医学最早用于甲状腺疾病的治疗。解放军总医院第一医学中心核医学科主任医师徐白萱介绍:“甲状腺具有高度选择性摄取碘的功能。具有放射性的碘-131浓聚在甲状腺腺体内,衰变时释放的射线可以对甲状腺腺体产生辐射,降低甲状腺分泌甲状腺素的功能,达到治疗甲状腺功能亢进症的目的。”

“碘-131治疗的另一个重要用途,是作为分化型甲状腺癌术后治疗的辅助手段,能够有效降低患者复发和转移的风险。”徐白萱说,“随着更多新型治疗用放射性核素的发展应用,核医学以其‘诊疗一体化’的优势,在一些特殊肿瘤的治疗中,发挥着越来越重要的作用。”

## 核医学具有精准、高效、副作用小等优势,正向着诊疗一体化方向发展

“让标记了核素的‘钥匙’直奔对应的‘锁’。”“锁”是病灶,“钥匙”就是携带放射性同位素的药物,这个关于核医学诊断与治疗方法的形象比喻,体现了核医学的“精准”特性。

在诊断方面,CT、核磁共振等影像学诊断主要是了解组织、器官的结构。而核医学诊断则不同,它能够提供更人体分子水平的功能、血流和代谢信息。徐白萱说:“我们想了解一个疾病的机制,但是这个机制往往是常规影像看不见的。而利用核医学的手段可以在这个机制上进行‘标记’,然后通过PET/CT进行显像。一般来说,功能和代谢出现问题要早于结构出现问题。”

“比如,患者得了肿瘤,一般都是在组织、器官的结构已经有了变化(如密度增强),甚至患者在临床上已经有了症状后,才能用常规影像学手段诊断出来。而核医学的优势在于一些疾病尚处于早期阶段,组织学上还没有明显变化的时候,采用放射性核素标记的药物来观察这些器官的功能代谢,就能及早发现疾病。”杜进说。

田嘉说:“核医学可以在分子层面反映人体组织的生理、病理和功能的变化,在疾病精准诊断和疗效精准评价中发挥重要的作用。”

核医学检查通常是无创或微创的,副作用小,检查的准确性较高。接受一次核医学检查的患者所受到的辐射剂量与一次CT检查的剂量相当。“核医学中使用的每一种放射性核素在临床应用之前,都经过了大量的实



上图:中核海得威尿素(C-14)呼气试验药盒生产线。

右图:原子高科铀即时标记药物生产线。

中核集团中国同辐股份有限公司供图



验,证实其在体内应用的安全性。”徐白萱说,大多数放射性同位素在数小时内即从人体内排出或大量衰变。此外,在实际操作中,专业人员还会采取各种技术和保护措施用以降低辐射的影响。因此,核医学检查是安全的。

诊疗一体化一直是医学界努力的方向,核医学在这方面也有着独特的优势。“同一种元素不同的同位素,有的可应用于诊断,有的可应用于治疗。比如碘元素的同位素,碘-123发射 $\gamma$ 射线做单光子发射断层成像诊断,碘-124可做正电子发射断层成像诊断,碘-131发射 $\beta$ 射线可用于治疗。”杜进说,目前核医学已从偏重诊断转向开发诊疗一体化的放射性药物。

## 促进研发与临床应用紧密结合,让核技术更好地服务健康中国建设

人每时每刻都受到各种辐射照射,既包括天空大地、山川草木、身体内存在的放射性核素等带来的天然本底辐射,也包括乘飞机、做X光检查、吸烟、看电视等带来的额外辐射。“日常生活中接收到的放射线辐射对人体并不会造成伤害,大可不必过分担忧。但具有某些特定用途的辐射源对人体健康有伤害,应该尽量避免。”田嘉说。

核技术离人们并不遥远。在医疗、农业、工业、航天、考古、勘探等领域都有着广泛的应用。当前,国内核技术应用发展迅速,已经形成了一个全新的高技术产业领域,辐射化工、食品辐照、医疗用品和药品辐射灭菌消毒、工业用电子辐射加速器等已在各相关产业显示出巨大潜能和发展空间。

经过长期发展,我国核医疗产业链各环节技术水平得到显著提升,技术能力实现从无到有、从落后到追赶,现已进入跟跑、并跑、领跑并存的新阶段。刘蕴韬说,除了核医学的发展,一些尖端的癌症治疗手段如质子、重离子治疗技术等,同样是核技术在医学方面的应用。

2019年9月,中核集团秦山核电成功填补了国内医用钴-60生产的技术空白,结束了我国医用钴-60放射源生产原料长期依赖进口的历史,伽马刀设备终于用上了“中国芯”,这是我国核医疗方面的一项标志性成果。治疗用碘化钠(碘-131)胶囊取得药品注册证书,成为2005年以来首个获批的国产放射性新药,首批新型诊疗一体化GMP级氯化镭(镭-177)溶液顺利供应临床……作为核技术应用产业龙头企业,中核集团中国同辐近年来在产业布局、科技创新、新产品开发等方面同样成果丰硕。

“面向未来,我们要进一步提升产品创新能力,促进研发与临床应用紧密结合,突破关键原材料、核心零部件制备能力,加强产业链协同和科研成果转化,构建高水平的研发平台,让核技术更好地服务健康中国建设。”杜进说。

世界上只有个别国家掌握了这项技术。我国载人航天工程起步之时,四院研发团队承担了逃逸救生系统的研制任务。1995年4月19日,逃逸系统10台发动机中外形最大、结构最复杂、研制难度最大的主逃逸发动机,进行首次热试车点火。然而点火还不到1秒钟,高热火焰瞬间就将前置喷管弯管部分全部烧穿,试车台一片火海。多少人不眠不休的成果,顷刻间付之东流。研发团队擦干眼泪连夜召开故障分析会,成立10多个技术攻关小组,不舍昼夜地进行关键技术攻关。1998年10月19日,4种型号10台发动机均按指令通过神舟飞船应急救生系统试验考核。20年来,四院研制的火箭逃逸救生系统,参加了从神舟一号到神舟十四号的全部发射任务,被誉为航天员的“生命之塔”。

60年间,直径从小到大、能量由低到高,四院研发团队研制的固体发动机种类已突破200余种,形成了覆盖全领域、系列化的固体动力产品体系,为我国向航天强国迈进提供了澎湃的固体动力。

“一定要把关键核心技术牢牢掌握在自己手中。”四院院长任全彬说,快速进入空间能力是航天强国的一个重要标志。按照“整体式”“分段式”两条技术主线,四院研发团队正着手开展推力可达千吨以上的“超级”发动机研制,为建立中国固体、液体动力相得益彰、完善的航天运输系统提供更加强有力的动力支撑。

## 创新故事

## 创新谈

全面提高科技创新源头供给能力,加快促进科技成果转化,推动更多科技成果走向市场,以高水平的科技自立自强塑造发展新优势

由中国科技评估与成果管理研究会等单位编写的《中国科技成果转化2021年度报告(高等院校与科研院所篇)》日前发布。该报告以全国3554家公立高等院校和科研院所2020年的成果转化数据为样本,较为全面系统地反映了我国高校及科研院所的科技成果转化情况。

总体来看,随着我国促进科技成果转化系列政策法规的逐步落实,全国科技成果转化活动持续活跃,多种方式转化的科技成果均呈上升趋势。统计数字显示,2020年,全国3554家高校院所的合同项数超过46万项,合同总金额为1256.1亿元。其中,261家高校院所所以转让、许可、作价入股和技术开发等多种方式转化了超过1亿元的高价值科技成果。科技成果转化对科技人员的激励效应持续显现,科技成果转化流向聚集明显……报告中透露的这些进展、成效鼓舞人心。

当前,立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局,推动高质量发展,要求我们必须面向世界科技前沿,面向经济主战场,面向国家重大需求,面向人民生命健康,全面提高科技创新源头供给能力,加快促进科技成果转化,为现实生产力,推动更多科技成果走向市场,以高水平的科技自立自强塑造发展新优势。

推动更多科技成果走向市场,要进一步完善科技成果转化过程中的难点、堵点。科技成果转化链条长、环节多,从实验室的“最后一公里”到成果转化、市场应用的“最后一公里”,涉及方方面面。要抓住其中的关键环节,继续深化科技体制改革,加强各部门间的政策衔接,探索符合科技成果转化规律的创新举措,提供更强有力的政策支撑。要加快构建体现劳动、知识、技术等创新要素价值的收益分配机制,推动创新要素向企业集聚,促进产学研深度融合。一些高校、院所以赋权改革试点为契机,赋予科研人员更大的自主权,形成了权责清晰的科技成果转化管理架构和流程,让科研人员能够“明明白白”转化成果。对于这些实践中涌现出的经验和模式,要及时加以总结推广。

推动更多科技成果走向市场,还要进一步完善科技成果转化服务体系。科技成果转化不仅链条长、环节多,专业性也很强,往往需要既懂技术又懂市场,还要具备一定的财务金融、法律等知识的复合型人才。新技术、新成果尽快转化为现实生产力,需要加强科技成果转化平台建设,大力培养专业化的技术转移队伍。要加大技术交易市场、技术转移机构、新型研发机构的支持力度,鼓励高校、院所与企业共建研发机构、转移机构和服务平台,发挥各方协同效应。还要加快国家和区域的科技成果转化信息服务和共享平台建设等,千方百计畅通科技成果转化渠道,为高质量发展汇聚更多创新动能。

## 新闻速递

### 地热科普展在中国科技馆展出

本报电 日前,我国首个地热科普展在中国科技馆展出。展览由中国科学技术协会、中国石化集团共同举办,通过地热公益科普,引导公众了解低碳知识、践行低碳生活,助力我国实现“双碳”目标。据悉,展览设置“地心热涌”“产业热浪”“低碳热潮”3个展区,公众可以现场参观地球内部结构、地热能量来源、供暖、温泉等多个模拟展示区,还能够通过多媒体和虚拟现实技术等进行互动体验,全方位了解地热知识和产业发展。作为2023年世界地热大会的预热活动,该展览将持续至今年10月底。(喻思南)

### 浙江湖州电力推动绿色用能低碳发展

本报电 日前,浙江省湖州市安吉县余村未来乡村绿电服务中心正式上线“碳魔方”能源控制系统,该系统可以实时监控大楼能耗情况,自动开启楼宇能源“托管”模式,助力企业节能降耗、提质增效。这是安吉县建设“绿色共富”乡村电气化示范县的一个举措。近年来,湖州电力积极构建以电为中心的乡村能源体系,截至去年底,通过电气化改造,安吉县电能在终端能源消费的占比提高至55%,并促进传统农业示范点生产效率提升40%。(杨晨 袁丰悦)

### 微型直流压缩机穿戴式空调实现成果转化

本报电 日前,由美博集团研发团队研制的微型直流压缩机穿戴式特种空调完成科技成果转化并批量生产,计划在投资5.5亿元的佛山顺德均安美博特种空调基地投产,今年产能有望达到20万套。据介绍,微型直流压缩机技术研究团队通过5年研发,进行了400多次场景化实验,攻克多项技术难题,相关技术已申请23项专利。这款穿戴式空调产品可应用于医疗行业、交警、电力公司、地勤等高温作业场景,同时,研发团队对防疫用防护服穿戴式空调进行了专项研发,以满足密封性、安全性、舒适性等应用需求。(甘建国)

## 中国航天科技集团第四研究院迎来建院60周年纪念日——

# 为实现航天梦想打造“金牌发动机”

刘诗瑶 张立中

2022年7月1日,被誉为“中国航天固体动力事业摇篮”的中国航天科技集团第四研究院,迎来建院60周年纪念日。

从点燃第一根手搓复合固体推进剂“药条”,到直径3.5米500吨世界最大推力整体式固体火箭发动机试车成功,从长征一号火箭第三级发动机助推东方红一号遨游太空,到首型全固体运载火箭长征十一号、首型固液捆绑火箭长征六号改等成功首飞……60年来,这支“航天动力”科研队伍,持续为航天梦打造“金牌发动机”。

1956年10月8日,国防部五院宣告成立,中国航天事业从此启航。不久,五院十室固体推进剂小组,在北京卢沟桥畔东山沟建起了一批简陋的实验室,开始了研制中国自己的固体导弹的艰难探索,这是四院的前身。

国外严加封锁,国内相关领域一片空白,探索之路困难重重。研究人员在“一定要为国家造出争气弹”的信念支撑下,四处奔波,把能够搜集到的资料翻了个底朝天,从“贴壁浇注”“星形内孔”等简单词语入手,逐步摸清

固体推进剂的基本特性。1958年7月的一天,在人们期待的目光中,一根钢笔大小的固体推进剂药条被点燃,火光腾起,光芒耀眼,掌声、欢呼声瞬间响起……这根中国航天固体动力的“第一芯”,从此点亮了飞天之路。

从北京东山沟起步,60年中,这支队伍转战四川泸州江峡、内蒙古塞外戈壁、陕西秦岭深山、湖北谷城峡口、陕西西安潼原……足迹遍布大半个中国。

“要从北京搬走的时候,组织上问我们还有没有什么要求,会尽量满足。当时呢,我们就提了一点,想去刚建成的人民大会堂看看。”92岁的中国科学院院士球痕记忆犹新。

我国第一颗人造地球卫星东方红一号任务,是四院第一次承担国家重大工程任务。当时四院刚刚研制出了我国第一代实用型固体发动机——直径300毫米发动机,而发射东方红一号卫星的长征一号运载火箭第三级固体发动机直径要达到770毫米。那时四院刚刚从四川搬迁到内蒙古,还处于建设阶段,

研制工作的基本条件还不具备,也没有多少研制实用型产品的经验。任务动员会上,时任四院副院长的航天科技专家杨南生动情地说:“我们能承担国家这样重要的任务是十分光荣的,也是十分艰巨的,我们要敢于面对前所未有的挑战。”

失败、摸索,再失败、再摸索……杨南生带领技术人员攻克了一系列技术难关,之后19次试车均获成功。1970年4月24日,第三级固体发动机最后的有力一推,将东方红一号卫星准确送入预定轨道,东方红乐曲响彻寰宇,开启了中国的太空时代。

此后,从我国第一颗人造地球卫星到返回式卫星,从系列通信卫星到气象卫星,四院提供的主发动机、远地点发动机和返回变轨制动发动机及其改进型,数十次用于卫星发射,保持了世界少有的100%的成功率,被誉为“金牌发动机”。

在起飞时能把航天员迅速带离危险区的火箭逃逸塔,作用重要、性能特殊、技术复杂,