

# 六十载风雨砥砺 一甲子春华秋实

## ——写在“一堆一器”建成60周年之际



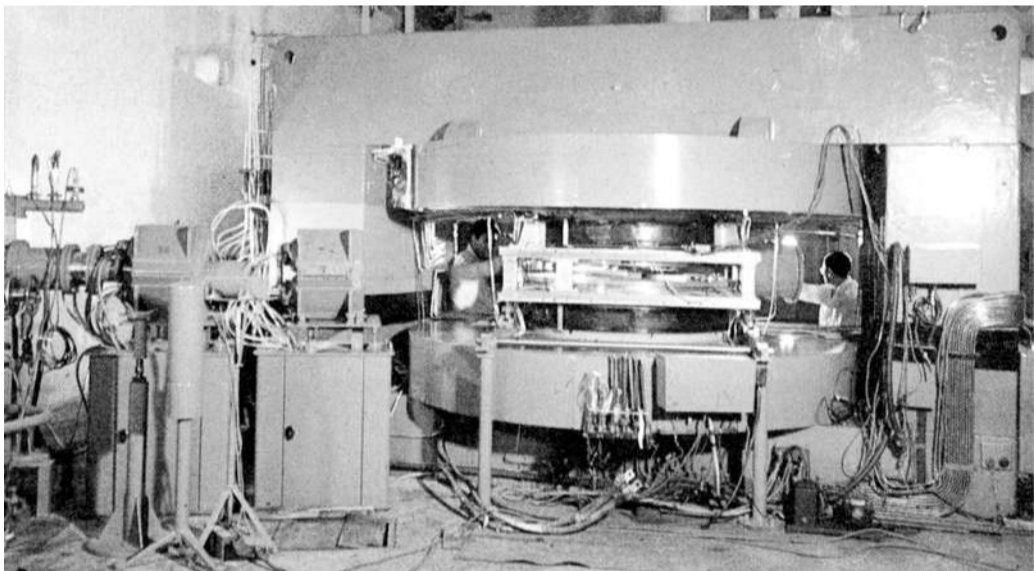
原子能院航拍全景图

北京西南郊的中国原子能科学研究院(以下简称原子能院)一座厂房外,静静矗立着一块巨大的磁铁,穿过钱三强先生、王淦昌先生铜像所在的一片葱翠树林,与之东西遥遥相望的,是一座红色、古朴的反应堆大楼。栉风沐雨60年,身为我国第一台回旋加速器和第一座重水反应堆,如今,它们已成为时代的永恒见证。

今年6月,国务院国有资产监督管理委员会首次对外发布中央企业工业文化遗产名录,并发布核工业行业首批12项工业文化遗产。第一座重水反应堆和第一台回旋加速器打造的“一堆一器”组合共同入选。

1958年9月27日,“一堆一器”开启了我国原子能时代。1984年、2007年,回旋加速器、重水反应堆先后完成历史使命,光荣退役。

站在“一堆一器”建成60周年的时间点上回望,原子能院院长万钢评价,从基础研究到“两弹一艇”技术攻关,再到和平利用原子能,“一堆一器”为原子能院、为中国核事业的发展作出了不可磨灭的历史贡献。纪念“一堆一器”建成60周年,不仅因为它们是我国核科技发展的象征,还因为它们蕴藏的丰富精神和文化内涵在今天仍有借鉴意义。



1958年6月10日,我国第一台回旋加速器调试出束

### 从零起步到原子能时代开启

1950年5月19日,中国科学院近代物理研究所(中国原子能科学研究院前身)成立,钱三强任副所长。

虽然是刚成立的基础研究机构,但钱三强却大胆设想,要将近代物理研究所建设成世界一流的核物理研究所。

如何才能迎头赶上?他提出,应从基础研究抓起。但当时条件困难,研究人员极少,没有必要的设备,连一台回旋加速器也没有,西方国家对我国实行封锁……

当时前苏联在自然科学研究方面重视基础研究,并将核理论与应用研究紧密结合起来,于1949年爆炸了第一个核装置。

他们是如何发展的?钱三强萌生了考察苏联科学院的想法。

在中苏两党、两国关系“蜜月期”,1953年2月24日,以钱三强为团长的苏联考察团搭乘中苏国际列车,沿西伯利亚铁路前往莫斯科。

但在苏方最初安排的日程里,并没有参观原子能研究机构这一项。钱三强认为不能没有,于是通过驻苏大使并经中央领导批准后,直接向苏方提出,希望增加参观原子核物理方面的研究机构和设备。

按照苏联科学院的安排,在杜布纳新建的原子核基础研究实验室中心,考察团参观了680MeV环形加速器和相关实验室。

在交谈中,钱三强问:“新中国成立后,中国共产党十分重视发展科学技术,提出要迎头赶上。在原子核物理方面,我们需要一台回旋加速器和一座研究用核反应堆。不知道苏联能否在这方面给予帮助。”

陪同参观的实验物理学家、苏联科学院院士、宇宙线和高能物理专家斯柯利别尔回答:“对开展核物理研究和有关的实验研究来说,它们是不可少的。你们想从苏联引进回旋加速器,我想问题不大……关于反应堆,这需要政府间达成协议。因为这涉及核燃料,而核燃料是国家严格控制的。”

近两年后这项工作被加速。

1955年1月15日,党中央作出了大力发展中国原子能事业的战略决策,同年4月,中国政府代表团与苏联政府签订了《关于为国民经济发展需要利用原子能的协定》(以下简称《协定》)。这意味着在核科学领域,苏联方面将向我国提供一座7000千瓦的重水型实验性反应堆和一台直径1.2米的回旋加速器,并接受我国工

程技术和科研人员去苏联考察学习反应堆和加速器的理论、运行、维修,以及在上述设备上科学研究的有关技术工作。

《协定》一签订,中共中央政治局会议便做出决定,在国家建设委员会成立建筑技术局。7月1日,建筑技术局成立,任务是筹建原子反应堆和加速器等重大科学工程。

身为第一副局长,钱三强上任后的第一项工作是为反应堆和加速器安家。根据勘察结果,北京西南郊房山坳里地区被选定为新的研究基地,也就是今天原子能院所在地。

在建设新基地的同时,原子能科学技术人才的选拔与培养也在紧锣密鼓进行。1955年秋冬,钱三强担任团长,率领39名科技人员组成考察学习团,分两批赴莫斯科,在苏联理论与实验物理研究所(当时称“热工研究所”)等单位实习,他们的主要任务是在回旋加速器和实验性重水反应堆上实习,以便回国后参加苏联援建设备的安装、调试、运行和利用。

1956年5月26日,苏联援建的“一堆一器”开工兴建。短短两年多,昔日的荒山野岭间出现了一座原子

经济建设和人民生活服务方面。“一堆一器”为我国同位素生产和应用、核电起步和发展、核科学技术的发展作出了重要贡献。

到目前为止,人类发现的上千个人工放射性核素中,由中国人发现的屈指可数,但我国著名核化学和放射化学家肖伦先生是个“异数”。

在反应堆建成两个月后,肖伦带领科技人员奋力攻关,生产出33种放射性同位素,开创了我国生产、应用放射性核素的新纪元,结束了我国不能生产人工放射性同位素的历史。

利用回旋加速器,科研人员研制了<sup>60</sup>Co、<sup>125</sup>I、<sup>67</sup>Ga等多种缺中子同位素,可生产300多种同位素产品,出口30多个国家和地区;开展了大量探测器计量刻度工作。

在我国核电起步和发展中,1978年,原子能院建成我国第一座元件材料热室,为开展核电站燃料元件及材料辐照后性能检验及研究提供了重要技术手段;1986年圆满完成秦山核电站一期压水堆核燃料组件多次入堆考验任务;1991年为秦山核电站的首次启动,研制生产了压水堆核心部件——中子源棒(又称“点火棒”),填补了我国在该领域的空白,为我国核电起步作出历史性贡献。

根据核电厂操纵员执照资格审查委员会要求,除了考核内容和成绩要求,操纵员还必须有300小时运行和10次以上开停反应堆的经历。这对核电厂,特别是新建核电厂来说是不现实的。为此,101堆又承担了秦山二期、三期、田湾核电厂等多批次的操作员和其他人员的操作培训。

万钢评价,在101堆重水研究堆建成后二十年间,工作人员遵循学习消化、掌握应用、改造创新的方针,把101堆完全“吃透”,并先后对堆的设备、系统、操作、管理等方面进行了大量技术改进,扩大了反应堆用途,实现了“一堆多用”目标。

### 从技术引进到出口“中国方案”

上世纪70年代初,在运行二十年后,101堆设备出现老化现象。冷却剂在堆内通道发生“漏流”,反应堆被迫降功率至3MW运行。按照业内说法,反应堆寿命将至。另一方面,反应堆用户,特别是放射性同位素生产用户,对扩大放射性同位素产量、增加品种、改善质量有着强烈需求,而反应堆的中子注量率和辐照孔道却不能很好满足需要。

如果勉强维持,可能导致反应堆被迫关闭,给科研和生产造成巨大损失;如果主动改造,或许可以换来新生,但难度同样很大,特别是在具有强放射性现场施工,设备和人身的安全保障难度更大。

1972年,几经权衡,原子能院正式推进反应堆改建。

更换反应堆内壳是改建中的最大难点,也是改建成败的关键。

内壳活性区是反应堆心脏,旧内壳是一个直径1.5米、高8.5米、壁厚只有8毫米的桶形铝合金容器。由于反应堆内壳放射性很大,吊取操作必须一次成功;重水冷却回路的工艺房间的辐射场最强,如果不采取有效防护措施,每人每天只能在现场工作十几分钟,每天需要调动数十人。

为解决这些问题,改建团队采取了对回路系统进行化学去污、用铁砂袋对局部放射性热点进行屏蔽、使用遥控操作的电动砂轮切割机和自动焊机等多项措施,使回路改建施工只用了十余人,就提前完成了施工计划。

1980年,101堆完成以更换改造堆芯和重水冷却系统为重点的一期改建工程。改建后的反应堆额定功率提高到10MW,加强功率达15MW,最大热中子注量率提高到1.3倍,辐照管道增加了2.6倍。改建延长了反应堆的使用寿命,经费投入却只有一个反应堆新建费用的十分之一。

101堆的成功改建在国内外引起强烈反响。美国核管会高级专家曾评价,改建是你们反应堆的骄傲,也是中国的骄傲。1985年,101堆重水研究堆改建工程获国家科技进步一等奖。

此外,101堆还为我国第一个大型设施出口工程——871工程(即援助阿尔及利亚建造15MW多用重水研究堆——比林堆),成功提供了全套技术和经验,并发挥了参照堆作用。

万钢回忆,当时设计重任由谁来承担,存在很多争议。有人认为原子能院是一个研究院,不具备设计资格和设计能力。但原子能院熟悉101堆重水研究堆的历史和现状,具有大修改建实践经验。中核总领导权后,确定原子能院为援建阿重水研究堆反应堆工艺设计单位。原子能院及时组建了871工程处,将分散在各研究室的设计人员集中起来,开展重水研究堆工艺设计等工作。

在这项工程中,原子能院除承担反应堆工艺设计,

还负责调试和技术培训。

虽然是以改建后的101堆为参照堆,但通过改进,比林堆功率比参照堆功率提高了50%,额定功率达到15MW,从技术上彻底解决了101堆改建前曾出现的反应堆冷却剂“漏流”问题。

1992年,871工程竣工。工程为我国赢得了良好的国际信誉,被誉为“南南合作”的典范,并于1995年获得国家科技进步一等奖。

### 从边缘到国际舞台的中央

以第一座重水反应堆为起点,1964年,原子能院自主建成我国第一座游泳池式反应堆(49-2堆)。这是我国自主设计建造的第一座反应堆,至今已安全运行50余年,主要用于医用、工业用同位素生产、材料辐照实验,单晶硅辐照嬗变等。2017年12月,49-2堆成功实现连续供热168小时,目前泳池堆供热示范工程已经全面启动。

1984年,原子能院自主建成我国第一座微型中子源反应堆(原型微堆),随后相继在国内建造了5座,并出口了5座。2017年8月,原子能院圆满完成加纳微堆低液化改造,实现了习近平主席在2016年华盛顿核安全峰会上提出的“加纳模式”,为世界防核扩散事业作出积极贡献。

2010年,原子能院自主研发设计建成一座多用途、高性能研究堆——中国先进研究堆,其主要技术指标居世界第一,为我国核科学研究和开发应用提供了重要的科学实验平台。该堆于2012年3月实现满功率运行;2017年首次产生冷中子束流,束流品质达国际先进水平。

2010年,原子能院建成我国首座快堆——中国实验快堆。中国实验快堆的建成标志着我国在占领核能技术制高点、建立可持续发展的先进核能系统上迈出了重要一步。2010年,中国实验快堆列入中国十大科技进展和国内十大科技新闻。目前,国家重大工程项目——600MW示范快堆已于2017年12月土建开工,原子能院负责核岛主工艺及相关辅助系统设计。

从第一台回旋加速器出发,1963年,原子能院建成2.5MeV质子静电加速器,为核物理研究工作创造了良好条件。

1987年,北京HI-13串列静电加速器在原子能院建成。目前串列加速器已稳定运行超过10万小时,为我国低能核物理发展作出了重要贡献。

1994年,原子能院研制成功30MeV强流质子回旋加速器,该加速器每年束流时间约5000小时。以此为

基础,原子能院建设了我国第一个中短寿命放射性同位素生产基地,填补了我国加速器生产同位素的空白。该事件被评为1996年全国十大科技事件。

2007年,原子能院自主设计研制我国首台高能大功率电子辐照加速器——10MeV/15kW电子直线辐照加速器,已累计稳定运行超过31000小时。2018年5月,该院无损检测电子直线加速器首次出口,实现中核集团加速器海外市场零突破。

2014年,原子能院自主研制的100MeV强流质子回旋加速器建成出束,成为国际上最大的紧凑型强流质子回旋加速器。“能量最高质子回旋加速器首次出束”入选2014年中国十大科技进展。

万钢说,以“一堆一器”为牵引,原子能院目前形成了核物理、核化学与放射化学、反应堆工程技术、加速器技术、核电子与探测技术、同位素技术、辐射防护技术和放射性计量八大学科。

“一堆一器”建成后,为我国核科学技术创新发展培养和输送了大批人才。在国务院和中央军委表彰的“两弹一星”功勋奖章获得者中,于敏、王淦昌、邓稼先、朱光亚、陈芳允、钱三强、彭桓武7人曾在原子能院建立功勋;先后有67位院士在原子能院工作过;上万名各类科技人才从这里走向全国核科技领域;先后派生或援建了中国工程物理研究院、中科院高能物理研究所、兰州近代物理研究所、中国辐射防护研究院等14个单位。为此,原子能院被誉为“中国核科学技术的发源地”“中国核工业的摇篮”“核工业人才的‘老母鸡’”。

60年来,原子能院围绕堆、器开展了大量卓有成效的工作,据统计,共获国家级奖励153项,省部级奖励1647项。其中直接由堆、器产生的国家级奖励12项,省部级奖励170项。

谈及未来,万钢表示,原子能院将以中国实验快堆、中国先进研究堆、核燃料后处理放射化实验设施、串列加速器升级工程以及国家级(部委级)创新中心和重点实验室为科技创新平台,全方位打造世界先进水平的核科技研究基地。目前原子能院正在申请两大国际中心:国际研究堆中心、核技术应用中心。

“我们已从国际舞台的边缘走到中央。”在万钢看来,上世纪五十年代的原子能,还不具备自己建设反应堆的条件,如果当时不从苏联引进重水研究堆,肯定要经过更加漫长的时间才能跨入原子能时代。尽管如此,我国科研人员并没有墨守成规、一成不变、止步不前,而是敢想、敢做、敢走,最终走出了一条真正属于自己的创新之路。而这,既是国家唯一的、基础性、综合性核科研基地的使命,也是“一堆一器”开启的国家责任担当。



1958年6月13日,我国第一座重水反应堆首次临界