

巴西的经验： 研究堆造福社会

文/José Augusto Perrotta



José Augusto Perrotta自1978年以来，一直从事核反应堆技术领域工作。Perrotta 1983年入职巴西国家核能委员会核和能源研究所 (IPEN)，2022年6月从该研究所退休，目前是该研究所名誉研究员。

在该研究所工作期间，他担任过多项技术、管理和协调职务，包括核反应堆堆芯工程部负责人、核工程中心负责人、燃料电池和氢计划协调员以及巴西多用途反应堆企业技术协调员。

研究堆对世界的重要性可以用科学、技术、创新和社会之间密不可分的联系这一理念来说明。科学研究和发现带来了新技术的发展，推动创新，最终在健康、能源、农业、工业和经济发展方面造福社会。研究堆尤其如此。

人们直接感受到研究堆好处的一种方式是通过核医学治疗和诊断癌症及心血管疾病。巴西每年进行200万例核医学程序，而核医学严重依赖研究堆放射性同位素生产。2009年，世界最大的医用同位素供应商加拿大国家通用研究堆关闭，核医学对研究堆放射性同位素生产的这种依赖性变得显而易见。随后，用于诊断成像的钼-99出现全球供应短缺，巴西和许多其他国家都受到严重影响。巴西核医学使用的钼-99占全球供应量的5%。不过，巴西已开始依赖其他国家供应这种同位素。

在这次供应危机之后，巴西决定

在圣保罗郊外约120公里的伊佩罗市开始建造一座新的多用途研究堆。这是目前全球正在规划或建设的约25座新研究堆之一。新反应堆的目的是为医疗和工业应用生产放射性同位素，并将用于燃料和材料辐照测试，以支持巴西核能计划，为科学研究和应用研究以及创新提供中子束。

巴西和巴西以外的许多人都将受益于研究堆，无论是因为他们需要放射性药物，还是由于为人类福祉和改善我们的社会而开发的更多知识和技术技能。

巴西的能源需求并不严重依赖核能，大部分电力来自水电、风能和沼气。不过，自20世纪50年代以来，巴西一直是核技术研究的先驱。巴西是南半球第一个启用核研究堆的国家。IEA-R1是一座2兆瓦池式反应堆，1957年在圣保罗核和能源研究所 (IPEN) 开始运行，至今仍在使用，生产用于医学和科学研究的放射

性同位素。1960年，200千瓦的IPR-1 TRIGA研究堆在贝洛奥里藏特开始运行；1965年，500瓦的 Argonauta 研究堆在里约热内卢核工程研究所开始运行；1988年，IPEN/MB-01临界设施在圣保罗开始运行。

这些研究堆是巴西核技术研究中心发展的催化剂，因为反应堆的多学科应用涉及从健康到工程等不同领域。由于这些研究堆位于学术环境中，大学生和研究人员可以利用它们进行研究和专业培训。在过去几十年里，巴西的研究堆使得其科学家和工程师能够在许多领域开展科学技术研究，包括研究核动力堆使用的材料以及中子在工业、农业和环境中的应用。其他研究领域包括铀和钍及其各种化合物的核燃料循环可能性、核燃料开发、放射性废物处理和贮存研究、核计量学，以及核反应堆和其他核与辐射设施的设计。

研究堆是巴西核事业的基础，巴西参与了核领域许多激动人心的新发展。研究领域包括核聚变、高强度激光利用、用于空间探索的微型反应堆和小型模块化反应堆。巴西开发了用于小型模块化反应堆和研究堆的低浓

铀燃料。在研究清洁能源解决方案方面，开发了氢和燃料电池。

巴西遵守原子能机构《研究堆安全行为准则》，对核安全进行了良好的国家管理，建立了新的独立核监管机构和相关营运组织。在这方面，原子能机构发挥着非常重要的作用，原子能机构提供的服务，如原子能机构安全标准和技术文件、讲习班、培训班、专题讨论会、技术合作和评审工作组，使巴西在核设施中创造了浓厚的安全和安保文化氛围。

核和能源研究所继续提供强大的研发能力，其在圣保罗大学开设的核技术研究生学位课程成为培养巴西下一代核技术专业人员的关键。迄今为止，已有3300多名学生从该大学硕士和博士学位课程毕业，核和能源研究所每年约有1000名学生攻读各级学位。核技术课程受到男女学生的青睐，2022年女生占学生总数的46%。然而，尽管取得了这些成就，人力资源仍然是我们在研究堆和整个核领域的未来方面面临的最大挑战之一，因为需求大于可用资源。我们必须吸引更多的年轻人从事核专业。没有人才，我们将一事无成。

“巴西和巴西以外的许多人都将受益于研究堆，无论是因为他们需要放射性药物，还是由于为人类福祉和改善我们的社会而开发的更多知识和技术技能。”

—巴西核和能源研究所名誉研究员 José Augusto Perrotta
