

处理核医疗废液，“半年”变“一天”

● 本报记者 陈彬 通讯员 郭鸿雁 张国浩

不久前，西南科技大学教授聂小琴收到了一个来自大洋彼岸的好消息，她所在团队牵头申报的“一种一体化核医疗放射性废水快速处理系统及应用方法”，在获得我国的国家发明专利授权后，又获得了美国专利商标局“国际发明专利”授权。这意味着这项由西南科技大学研发的方法不仅是国内首创，还填补了国际空白。

如今，该处理系统正在四川省绵阳市中心医院核医学科平稳运行。这也是由聂小琴团队牵头建立的国内首个核医疗废液处理医院现场示范工程中的一部分。在刚刚过去的2024年，该技术在四川省“揭榜挂帅”项目的支持下，共进行了三轮为期50天的系统热试验验证，结果显示，其废液处理周期可从半年缩短至一天，出水放射性指标稳定达标。

瓶颈问题亟待破解

收到好消息后，聂小琴第一时间告诉了绵阳市中心医院核医学科副主任陈正国。因为该项目的最初缘起就是陈正国几年前给聂小琴打的一个电话。

“癌症已成为全球人类主要死亡原因之一，预计到2045年，全球每年新发癌症病例将达到3100万例。”陈正国告诉记者，在此背景下，核医学具有可实现早期诊断、分子影像、动态监控、精准治疗等优势，在癌症的诊疗及预后判断等方面发挥着独特作用。然而，患者使用放射性药物后的废液处理难题严重制约着相关技术的使用。

以绵阳市中心医院为例。该院对核医疗废液的传统处理方式是用“大罐子”（衰变池）收集起来，存放180天以上，等待其衰变完成后再排放。该方式为国内各大医院所通用，但排放效率极低。受此限制，即便该院只设置了6张编制床位，仍不能满负荷接诊，导致很多患者无法及时接受治疗。

就在陈正国为此瓶颈问题发愁时，他得知了聂小琴所在的核素绿色循环与环境效应团队，深耕放射性废液处理技术和工程化应用十余年，拥有多项专利技术。于是，他给聂小琴拨去了电话，询问能否在提高核医疗废液处理效



聂小琴（右二）带领学生做实验。

受访者供图

“与传统活性炭、离子交换树脂等废液净化材料不同，这套系统采用的是具有自主知识产权的新型核素分离纤维，核心分离材料的成本更低、吸附容量更高、循环利用次数更多、吸附稳定性更好，一用一备的工艺组合使得材料5年内不用更换，不会产生二次污染。”

率方面，替他“想想办法”。

从“单打独斗”到“各显神通”

收到求助后，聂小琴马上组织团队查阅国内外相关资料，希望能找到现有技术直接推荐给医院。

查询结果让聂小琴“既遗憾，又兴奋”。

“遗憾的是，在核医学放射性废液快速处理技术方面，国内外均处于行业技术空白状态，没有一种现成方法和材料能处理核医学诊疗过程中产生的废液。”聂小琴说，而令人兴奋之处也在于此——这是一项事关人民安全健康、利国利民的挑战。

2021年底，聂小琴带领团队来到绵阳市中心医院地下室衰变池进行实地考察，并取样分析，试图研究和开发具有高效分离性能的核医疗废液关键核素分离材料。经过8个月的筛选和摸索，他们在前期核燃料元件生产及核电站运行过程产生的废液处理材料基础上，进行了多轮优化改进，最终合成出对核医学废液中以碘-131为主的阴离子核素及以铯-137为主的阳离子核素等具有超高净化性能的6种材料。

关键技术路线被打通的消息令各方激动，后续便开始全方位试验。聂小琴联合了清华大学、苏州大学、中国工

程物理研究院核物理与化学研究所、生态环境部核与辐射安全中心、绵阳市中心医院等单位的科研人员，在四川省科技厅“揭榜挂帅”项目的支持下，开展核医学废液快速处理示范工程的“政—产—学—研—用”一体化技术攻关。

至此，聂小琴团队的“单打独斗”，变成了国内相关领域专家的“各显神通”。

清华大学理论化学研发团队通过机器学习的理论计算方法，对材料的配体进行进一步设计和优化；清华大学工物系核素分析团队利用其优化后的人工智能辐射在线监测系统，实现核医学废液净化系统放射性的实时测量；中国工程物理研究院核物理与化学研究所为核医药研发生产环境产生的放射性废物提供准确源项信息，并为未来处理技术的规划和制定提供指导……

医疗进步与生态保护和谐共生

经过十余年的耕耘，聂小琴主持研发的相关关键技术获得2023年度国防科学技术进步奖二等奖。因近两年在核医学废液处理技术方面取得重要进展，聂小琴获得2024年中国核学会女科学家奖。

聂小琴表示，相关处理技术和装置系统通过将传统的“衰变—排放”工艺改进为“处理—排放”模式，将核医疗废液的处理时间从180天缩短至1天，

具有高效化、智能化、效益化等特点。

“与传统活性炭、离子交换树脂等废液净化材料不同，这套系统采用的是具有自主知识产权的新型核素分离纤维，核心分离材料的成本更低、吸附容量更高、循环利用次数更多、吸附稳定性更好，一用一备的工艺组合使得材料5年内不用更换，不会产生二次污染。”她说。

在了解该项目后，核医学领域的战略科学家认为聂小琴主持研发的技术大有可为。也正是在战略科学家的推荐下，绵阳市游仙区政府主动来到西南科技大学对接技术的产业推广工作。

目前，聂小琴团队已申请“核医疗废液快速处理技术”相关发明专利15项，其中3项核心专利得到授权，并获得美国授权发明专利1项，这是现今国际上仅有的核医疗废液处理技术授权专利。此外，聂小琴团队还与国家生态环境部核与辐射安全中心合作，牵头起草并立项核医疗废液处理相关技术标准3项，已发布1项。

值得一提的是，就在2024年7月23日，四川省政府出台《关于促进核医疗产业高质量发展的意见》，明确要大力发展自主可控的核医疗产业，以及与之配套的核环保产业。两个月后，西南科技大学牵头成立了全国核医疗放射性废物处理技术创新联盟。中国工程物理研究院核物理与化学研究所、生态环境部核与辐射安全中心等33家单位参与其中。聂小琴成为该联盟的第一届理事长。

“我们希望通过加大对放射性医疗废物处理技术的研发投入，探索更加高效、环保、安全的处理方案，确保核医疗在快速发展的同时，也能有效控制潜在的环境风险，实现医疗进步与生态保护和谐共生。”聂小琴说。

目前，聂小琴团队已经与北京协和医院、四川省人民医院、原子高科等多家医院及核医药生产机构达成合作意向。

随着国家“一县一科（核医学科）”计划和“一带一路”倡议的持续推进，“医用同位素研发机构、放射性药物生产单位、核医学诊疗医院都能运用这项技术，甚至其会成为核医疗/放射性药物出口国的配套废液处理关键技术”。聂小琴充满信心地说。