

# 我国首台600兆超导核磁共振波谱仪研发成功

## 前沿科研“利器”在汉实现国产化

8月13日,记者从位于光谷七路的武汉中科牛津波谱技术有限公司(以下简称“中科牛津”)获悉,该公司于近日在高端科研仪器领域实现重大突破,攻克了14万高斯稳态高场超导磁体这一核心技术,成功研发出我国首台600兆超导核磁共振波谱仪(以下简称“核磁共振波谱仪”)。至此,我国成为继德国、日本之后,仅有的三个实现核磁共振波谱仪整机制造且核心部件完全自主研发的国家之一。



工程师在调试探头。

中科牛津供图

### 开展前沿科学研究 必不可少的“利器”

依托中国科学院精密测量科学与技术研究院(以下简称“中国科学院精测院”)成立的中科牛津,是国内唯一从事超导核磁共振波谱仪研发、生产和服务的企业。走进公司一楼大厅,一台仪器模型装置映入眼帘,旁边整齐摆放着各种应用场景展板。

“核磁共振波谱仪是一种基于量子精密测量的高端科研仪器,是开展前沿科学研究必不可少的分析工具。”中国科学院无线电物理博士、公司总经理宋侃向记者做起了科普。在强磁场中,科研人员能够观察到日常条件下看不到的物理现象,对有机和无机物的成分、结构进行定性分析。

国内985、211高校,科研院所的相关学科以及部分制药企业都配备了这台仪器。据中科牛津的市场调研报告,截至目前,核磁共振波谱仪的市场保有量在3000台左右,每年的需求大约在100到200台之间,主要依赖进口。一旦出现故障,维修部件往往要寄回国外处理,需要等待几个月甚至半年时间,严重制约了科研进展。

“提到稳态强磁场,大家可能感觉很陌生,但实际上它早已进入我们的生活。”宋侃告诉记者,人体磁共振成像仪就是稳态强磁场的典型应用之一。

说话间,记者随宋侃走进生产车间,磁体工程师正在对一台波谱仪进行磁体组装及最终测试。3根钢柱支撑起一个直径约1米、高约1.8米的圆

罐,整体形态和桶装水有点像。

“这就是我国首台自主研发的600兆超导核磁共振波谱仪,罐体里面就是磁场强度14万高斯的超导磁体,是地球磁场的20多万倍。”宋侃介绍,地球磁场约是0.5高斯,这0.5高斯的强度足以撬动指南针。在14万高斯的场强下,原子核会沿着磁场方向排列,通过额外施加电磁场,使原子核产生可检测的信号,这些信号经过处理后,可以反映出物质的结构。

2018年,中科牛津实现了400兆核磁共振波谱仪的产业化,并开始国内销售。“400兆对应的场强是9.4万高斯。600兆和400兆相比,就像显微镜放大30倍比放大10倍看得更清楚。”宋侃说,磁场越强,越有助于科研人员探明物质的内部结构,为人类探索自然规律、研究新型技术提供更好的条件。

### 摸着石头过河 搭建国内生产线

宋侃介绍,磁场产生的原理很简单,通电的螺线管就会产生磁场,电流密度越大,磁场越强。相比常规导体需要通电才能产生电流,超导体由于几乎没有电阻,不需要电源即可闭环形成强大的电流,从而可以长时间保持稳定、均匀的强磁场。

从9.4万高斯到14万高斯,看起来似乎微不足道,但突破的背后,不仅包括材料、技术、工艺等改进,还需要研究和设计思路上的创新。“就好比100米自由泳,潘展乐在巴黎奥运

会4×100米混合泳接力中,游进了46秒,这是不是他的极限我不知道,但在此基础上缩短哪怕0.5秒,难度都极大。”爱看体育比赛的宋侃打了一个比方。

“全球范围能提供商用600兆超导磁体的国家只有英国、德国和日本。如果不攻克这个技术,我们的整机制造就会受制于人。”宋侃告诉记者,2016年,中科牛津与英国牛津仪器公司达成合作,进行超导磁体的技术转移。同年,公司组织技术团队到英国牛津学习磁体技术和制造工艺。

学成回来后,宋侃发现,万里长征才走完第一步。由于核磁共振波谱仪的全球市场规模仅为医用人磁共振成像仪的十分之一,技术难度又大,因此上游厂家很少,需要自己构建起供应链。比如所需的超导线材,极为稀缺。为获取这种材料,科研人员要找线材厂家共同攻关技术难点。

宋侃告诉记者,那时候光谷七路连路灯都没有,晚上出了园区伸手不见五指。“我们十几个年轻人就住在厂房,凭着对事业的热爱和激情,一天工作10多个小时,累了就去歇会儿,起来接着干。周末,从光谷坐3个小时车到市区补充点物资,天黑后再坐车返回厂房。”

这样的生活持续了好几年,直到国内生产线搭建成功。“完全是摸着石头过河。”宋侃说,生产用的设备定制化程度太高,市场需求又不大,国内好多设备厂家既没见过也没兴趣做。研发团队必须自己倾注心血进行设计、研制、验证再投入生产使用,产线的搭建花费了大量的时间和精力。

### 几代人的技术积累 才有今天的成功

“核磁共振波谱仪是科技部支持国产大型科学仪器开发项目里,国产化和产业化都做得比较好的项目。”原军事科学院军事医学研究院研究员,“十一五”“十二五”国家重大科学仪器设备开发项目专家组专家颜贤忠教授告诉记者:“几代人的技术积累,才有今天的成功。”

以中国科学院精测院叶朝辉院士为代表的一代探索者,在20世纪70年代就开始进行核磁共振波谱仪的理论探索。2009年,叶院士接受科学时报采访时曾表示,新仪器和新技术是创新的重要源泉。如果放弃仪器的自主研发,往往拿不到原创性的东西。

“对于研制核磁共振波谱仪这个项目,国家一直很重视,也很支持。”颜贤忠教授说,2006年、2011年,中国科学院精测院叶朝辉院士、刘买利院士亲自牵头负责“十一五”“十二五”科技部重大科学仪器设备开发重点专项的项目实施。

叶朝辉院士的博士、宋侃的博士生导师刘朝阳研究员是这两个项目的技术负责人,在叶朝辉院士、刘买利院士的支持下,刘朝阳带领团队实现了核磁共振波谱仪的研发及工程化,攻克了波谱仪控制台、宽带高精度频率源、自动匀场、复杂谱信号处理等诸多波谱仪关键技术,研制出完整的原型样机。

“原型样机是产品开发过程中试制阶段的样品,用来验证产品的技术可行性和工艺可行性。”宋侃说,这一步非常关键。当时他跟着导师刘朝阳参与项目,为了达到和进口仪器同样的指标水平,他们把同一套标准样品和测试流程在进口仪器和原型样机上进行反复测试对比,一点一点校准、优化仪器的性能参数。

精益求精的钻研精神,从一个指标可见一斑。比如分辨率,为了和进口设备的精度误差控制在十亿分之一以内,团队要反复调试几个月甚至半年。“高端科研仪器是一点一滴钻研出来的。只有每个指标都近乎完美,仪器才稳定可靠。”宋侃告诉记者。

2014年,刘朝阳团队完成了核磁共振波谱仪“从0到1”的技术突破,研究成果获得了湖北省技术发明奖一等奖。宋侃说,正是在这个过程中,团队积累了很多系统集成和整机技术的宝贵经验,才有能力让技术转化为产品,成为实实在在的生产力。

### 已接到十多所院校的订单 中国科学院海西研究院正在装机

8月8日,中国科学院海西研究院开始安装中科牛津的核磁共振波谱仪。装机成功后,海西研究院将用来研究太阳能电池器件中的有机功能材料以及热电器件中有有机材料的结构、纯度等。

“这是公司安装的第200台,也是600兆超导磁体全部国产化的第一单,目前已接到十多所院校的订单。”宋侃告诉记者,200台包括此前已经实现国产化的400兆核磁共振波谱仪,通过这几年的市场反馈,公司的产品认可度越来越高。除中国科学院下属院所以外,仪器在清华大学、北京大学、上海交通大学、复旦大学、武汉大学等高校已投入使用,并出口十多个国家和地区,预计可支撑上千项课题的研究。

去年,由中科牛津牵头承担的“十四五”科技部重点研发专项正式立项并启动,标志着国产核磁共振波谱仪向着更高性能和健全的产业迈入新的阶段。

“核磁共振波谱仪的研制,承载了中国科学院精测院几代人的辛苦探索和心愿,我们年轻一辈要继续奋斗。”对未来,今年38岁的宋侃充满信心,他将带着这支平均年龄不到40岁的团队全力以赴,继续攻关,生产稳定、可靠、好用、耐用的核磁共振波谱仪,以奋勇争先的姿态,为加快实现高水平科技自立自强积极贡献力量。

记者王恺凝



工程师放置样品在自动进样器上,以完成自动化实验流程。

中科牛津供图