

## 医疗器械新材料技术发展信息 (2021)

### 一、无液氮磁共振的由来

1977年7月8日，英国物理学家彼得·曼斯菲尔德与其学生获得了手指的断层图像，这是世界上第一幅人体磁共振像图像。此后，磁共振走过45年波澜壮阔的发展历程，诞生了高场磁共振、多核磁共振、一体化相控阵线圈、螺旋桨采集、并行采集、MRI、压缩感知、人工智能重建等伟大的技术，2018年正式推出的无液氮磁共振技术，这是超导磁共振的续命之作，意味着无液氮磁共振时代的开始。1911年，荷兰物理学家卡茂林·昂尼斯发现低温超导现象，随后铌钛(NbTi)、铌三锡(Nb<sub>3</sub>Sn)等超导材料的出现使其得以迅速发展，而超导磁共振正是其最重要的应用。超导磁共振，自诞生起就与液氮密不可分，根据维持磁体超导状态的方式，将超导磁共振分为两个阶段：(1) 液氮浸泡冷却时代。以液氮作为制冷剂，将磁体浸泡在液氮中以维持其超导状态，迄今经历了三个阶段：1) 纯液氮浸泡冷却。液氮蒸发量高到惊人，需经常补充液氮；2) 液氮浸泡冷却+10K冷头。1983年，住友推出了第一个10冷头，将液氮蒸发量降低到几十分之一，不过仍需定期补充液氮；3) 液氮浸泡冷却+4K冷头。1997年，GE推出世界第一台零液氮消耗(Zero-Boil-Off)磁共振，从此磁共振进入零液氮挥发时代。超导磁体技术十分成熟，99.99%的超导磁共振都是采用液氮浸泡冷却+4K冷头的冷却方式。然而，液氮浸泡冷却的磁体有很多缺点：1) 生产复杂，为保持磁体稳定，出厂前需反复进行失超训练；2) 设计复杂，磁共振不仅笨重，且仍需要不定期补充液氮；3) 使用中一旦发生失超，对于医院和厂家来说简直是恶梦，最重要的是，氦气越来越贵，更是不可再生资源。按照全球目前的使用速度，预计2050年全球氦气将被消耗殆尽，29年后我们熟悉的超导磁共振将彻底消失。

(2) 冷头传导冷却时代。1983年，M.O.Hoenig就提出不用液氮，而采用冷头传导冷却超导磁体的构想，并对无液氮磁体系统进行了概念设计。限于当时技术原因，未能实现。不同于液氮浸泡冷却，冷头传导冷却磁体，省去了液氮浸泡冷却方式中庞大的低温系统，并消除了液氮蒸发或喷射带来的危险，使超导磁体更紧凑、更安全、更高效、更方便，是超导磁体技术最重要的发展方向。无液氮超导磁体的核心就是冷头传导冷却超导磁体，打破了超导磁体必须依赖低温流体冷却的传统冷却方法。该技术之所以会成功，主要得益于两项技术的发展：1) 4k冷

头。小型制冷机技术的突破，将制冷极限温度降低 4K 以下，且可获得 1.5W@4.2k 的制冷量，4k 冷头是实现直接冷却的前提条件。2) 高温超导电流引线。电流引线用于连接超导磁体和励磁电源，以实现励磁闭环电路。由于超导磁体的正常温度是液氮温区，冷头要在液氮温区提供足够的制冷量是非常困难的，最突出的一个障碍就是引线的漏热。高温超导电流引线的出现（如 Bi 系超导材料），解决了超导磁体引线的漏热问题，是冷头直接冷却无液氮超导磁体实用化的关键。由于 4K 冷头和高温超导电流引线的出现，低温传导冷却超导磁体技术得到了快速发展，目前在很多应用领域，传导冷却磁体已经或正在取代液氮浸泡冷却磁体，包括在磁共振领域。

## 二、关于闪烁体材料

CT 探测器是 CT 的核心部件，X 射线闪烁材料是生产 CT 探测器的关键材料，对于 CT 探测器的成像质量、探测效率以及灵敏度起到决定性作用。GOS 闪烁陶瓷具有吸收率高、余辉短等特点，是目前国内外主流 CT 厂家所广泛采用的 CT 探测器闪烁材料。美国 GE 公司独家掌握 Gemstone 宝石能谱 CT 探测器专利技术，其 X 射线探测材料为石榴石结构宝石材料，具有更为优异的闪烁性能，但因其材料体系中含有镧（Lu）和铽（Tb）等稀土元素，价格昂贵，极大地推高了 CT 探测器材料的制备成本。稀土闪烁陶瓷制备工艺要求高、技术难度大，目前，国产 CT 探测器的 GOS 陶瓷稀土闪烁体 100% 依赖进口，主要的生产厂家包括日本佳能、日本日立、日本三菱、德国西门子等厂家，严重威胁我国医用 CT 设备的产业安全，阻碍技术进步。GGAG 材料是近年来在 Gemstone 基础上进一步发展起来的一种新型稀土闪烁材料，具有与 Gemstone 相同的立方相结构，易于实现透明陶瓷制备，具有光产额高、密度大、衰减速度快、余辉低、物化性能稳定、原材料成本低等突出优点，是新一代 CT 探测器用闪烁材料，具有巨大的市场前景。

## 三、CT 球管及高热容量 X 射线球管阳极靶盘

2021 年度市场对国产化 3.5MHU、5MHU 的 CT 球管阳极靶盘需求量较大，但能批量化提供 3.5MHU 的 CT 球管阳极靶盘的单位较少，而 5MHU 的 CT 球管阳极靶盘仍处于样品试制阶段，CT 球管阳极靶盘材料单位应致力于 3.5MHU 的 CT 球管阳极靶盘的批量化生产和 5MHU 的靶盘的整体制备技术开发。

300KHU 的 X 射线球管的阳极靶盘国产化市场占有率较高，需求量较大。但 600KHU 的高热容量 X 射线球管阳极靶盘仍处于技术突破和研发阶段。高热容量 X 射线球管阳极靶盘材料单位应致力于 300KHU 的 X 射线球管的阳极靶盘的稳定生产和批量化供货，并致力于 600KHU 的高热容量 X 射线球管阳极靶盘制备技术开发。

#### **四、CT 球管零部件新材料技术发展信息**

中国政府在“十二五”、“十三五”、“十四五”连续三个“五年计划”中都将 CT 球管列入重点突破和发展的高端战略产品，并鼓励国内企业自主研发 CT 球管。这些政策为 CT 球管的研发和产业化提供了有力支持。北京智束科技有限公司开发成功的液态金属轴承 CT 球管，相较于传统滚珠轴承，液态金属轴承可极大提升散热速率，支持更快的机架旋转和成像速率，且磨损小、寿命长，并实现静音工作。2021 年，中国 CT 市场规模为 21 亿美元，全球 CT 市场规模为 64 亿美元。国内 CT 设备总保有量为 4.76 万台，全球每年需要约 25 万支 CT 球管，市场规模达千亿。国内 CT 球管厂商如昆山医源、麦默真空等正在崛起，国产 CT 球管开始获得注册证并逐步进入市场。