

# 块体非晶产业，为何举起的锤子要四处找钉子？

/ 中国电器工业协会非晶合金材料应用分会 张 华 /

近年来，非晶合金新材料行业持续快速发展。非晶合金软磁功能材料在电力电子产业中展现出节能减碳的优势，并被广泛应用于新能源项目，呈现出巨大的市场应用潜力。

块体非晶合金一般作为结构件材料使用，以形成能力较好的锆基合金为主，在消费电子、精密仪表、军工等领域展现出广阔的市场前景。尽管非晶合金块体形态近年来已获得多项研究和产业化进展，但由于其特殊的制备技术要求及工艺特性，整体产业尚未形成完整规模。

近期消息显示，美国苹果公司计划在明年推出的折叠屏手机中采用块体非晶合金作为铰链材料。如果信息可信，将对块体非晶的产业化应用起到积极示范。

中国电器工业协会非晶合金材料应用分会秘书处（简称中电协非晶分会）亦关注到，锆基非晶合金铰链领域的成熟度、良率、效率、成本及规模化等问题是苹果公司关注的重要议题。

我国块体非晶合金产业发展现状如何？在全球市场中，该领域的国际竞争力处于什么水平？为何优质的材料没有形成大规模市场？

华为三折叠手机天工铰链

## 铰链：折叠屏消费电子关键的“关节”

块体非晶铰链作为折叠屏消费电子的关键“关节”，其性能直接决定了设备的耐用性、顺滑度和轻薄化水平。块体非晶因其独特的无晶界、高硬度、低摩擦系数等非晶态结构特征，成为铰链材料的理想选择，其核心优势突出：一是高强度与高耐磨性。块体非晶的屈服强

度为 1.8~2.2 GPa，远超传统不锈钢（0.5 GPa）、钛合金（1 GPa）及 MIM 钢（1.4 GPa）等，能够大幅减少铰链厚度（如从 0.3mm 降至 0.1mm），实现更轻薄设计，同时可在折叠屏设备承受数十万次弯折的疲劳载荷；二是高弹性极限。块体非晶的弹性应变极限可达 2%，显著优于传统金属（通常小于 1%），使铰链在反复开合后不易发生塑性

变形，从而保持屏幕平整度；三是优异的疲劳性能。块体非晶合金的原子无序排列特性，从根源上抑制裂纹萌生，疲劳寿命提升 2 倍以上，官方测试寿命可达 50 万次（每日折叠 100 次，可使用 13.7 年）。而传统金属（如不锈钢、钛合金）在达到 10~20 万次折叠后易出现塑性变形。此外，该材料还具有良好的耐腐蚀性能和抗菌特性等优势。

华为公司率先尝试用锆基非晶合金结构件。2019年，华为手机首代 Mate X 量产，铰链用了锆基非晶合金，华为折叠屏手机发布时，将此材料作为核心技术进行推介。

今年6月27日，华为常务董事、终端BG董事长余承东在其视频号中推介华为折叠屏电脑，再次称其核心技术折叠屏铰链采用了块体非晶合金这一材料。

苹果公司折叠屏手机即将发布，其关键零部件铰链选用什么材料制备是行业最为关心的话题。

两年前，苹果公司相关技术人员已调研折叠屏铰链材料。苹果公司对材料的选择始终被视为行业发展的风向标。

当然，因为成本问题，韩国三星等公司折叠屏手机铰链使用特殊钢材或者MIM注射成型技术，且开始增量，势头上升很快。

但同时，折叠屏手机企业也不断收到投诉：手机出现很多问题，其折痕、卡顿、变形等难题引起行业关注。众多消费电子企业均认可，选用块体非晶做铰链是高品质折叠屏手机最优方案之一，也能从根本上解决投诉问题。

## 产业：举起的锤子如何找到钉子？

十多年前，苹果公司曾计划将块体非晶合金应用于手机外壳组

件，并为此申报了若干专利。受此影响，国内企业迅速响应：深圳富士康专门成立液态金属研发机构；华为联合高校及科研院所合作研发先试先行；比亚迪中央研究院也组建团队，推进技术攻关和试生产。此外，包括帕姆蒂昊宇、宜安科技、东莞逸昊、常州世竞、三祥新材、江苏混沌、上海富驰、沈阳非晶科技、歌尔声学、瑞声科技等企业相继产业调研布局。装备制造企业如力劲集团、海天集团等也开始参与相关装备研发，一度形成产业热潮。

一直在布局却不入局。苹果公司对块体非晶合金“只听楼梯响不见人下来”的观望态度导致很多国内企业失去耐心，加之当时锆基块体非晶的发展存在制备效率低、良率低、成本高，主流手机厂商最终放弃了其作为外壳的方案。2017年后，大部分企业不再跟进相关研发，或终止或转型。

目前仅有宜安科技、东莞逸昊、常州世竞、江苏混沌、帕姆蒂昊宇等少数企业仍在坚守，主要为手机、耳机等消费电子产品提供小型零部件加工服务。多年来，行业年总产值在10亿元以下的基数上努力跳跃。部分企业转向生产耳机配件、新能源汽车配件、眼镜外框等边缘产品。受制于产品规模和产品的单价，该领域始终未能形成规模化产业效应。

尽管，块体非晶合金的生产技术已日渐成熟，但其商业化应用的前景在哪里？如同举起的锤子找不到钉子。核心应用场景的缺失成为制约行业发展的关键。

## 信心：企业有动作市场有反响

市场对产业发展十分敏感。近期市场信息显示，块体非晶合金产业正迎来积极发展信号，资本、技术和终端应用均呈现活跃态势。

企业战略布局。7月2日，宜安科技宣布拟以自有资金向控股子公司逸昊金属增资人民币1.2亿元。2天后，他们在杭州合作投资了一个块体非晶合金项目，表明其加速产业化的战略意图。

消费市场驱动。荣耀在深圳发布了其Magic V5折叠屏旗舰手机，以8.8毫米的厚度刷新了行业最薄纪录；vivo、三星等多款折叠屏新品相继登场，小米折叠屏手机预计在8月上市。

另有消息称，美国苹果公司的折叠屏iPhone已于2024年6月正式进入P1（第一阶段原型机）开发，并计划在2026年下半年发布，此举或将进一步提振块体非晶合金的市场需求。

中电协非晶分会发现，近期锆基非晶合金生产得到资本市场的积极反应：江苏混沌得到大客户公司研发投资和其他资本注入；宜安科技股票价格年内涨幅超

100%，从不到7元升至今年最高接近15元；部分相关企业也得到基金的关注，有的已开始为上市做准备等。

得益于华为折叠屏手机，国内块体非晶合金市场才开始有起色。2024年华为三折叠Mate XT推向市场，截至今年上半年销量达40万台，高端市场接受度显著突破，并带动华为折叠屏电脑走向市场。

锆基非晶合金在医疗器械、精密仪器仪表等领域的需求也开始形成。另外，军工领域需求量大，国内部分有资质企业开始提供测试样件。

中电协非晶分会负责人在接受企业咨询时表示，锆基非晶合金在折叠屏铰链等关键部件的性能优势尚未被替代，未来市场还有望进一步扩大。若苹果折叠屏手机采用锆基非晶铰链，按年出货量1500万台测算，结合其他手机企业用量，锆基非晶合金铰链的市场规模将显著扩大。

据非晶中国大数据中心测算，未来3~5年我国锆基非晶合金市场将以30%~40%的年均增速扩张，潜在年需求规模将超100亿元，产业或将进入高速成长期。

### 问题：需多角度多举措破局开新局

当前，我国块体非晶合金产业化无论在认知上还是设备工艺

上，还需要从多方面着手破局，夯实基础，立足需求，需要从材料特性验证、装备升级和标准体系建设三方面协同突破，方能实现如非晶软磁材料般的成熟应用生态。

首先需要破除思维局限，拓展功能化发展方向。块体非晶合金要努力向功能方向开发。以具备高形成能力的铁基块体非晶合金为例，其兼具高饱和磁感应强度、高磁导率、低损耗、易于加工等特性，可以直接铸造或加工成各种复杂结构的微磁芯，应用于微型变压器或电感器等电子或通讯设备中，具有十分广阔的市场潜力。目前有企业已启动相关开发。

其次，攻克核心装备瓶颈，构建工业化生产基础，研发高质量生产结构件的“工业母机”。当前，锆基非晶合金产品已多次迭代和升级，产品机械性能和力学性能均有大幅提升。新的压铸设备开始争抢主角，热塑成型、半固态成型，梯度冷却、工艺指纹等新设备新工艺得到下游企业支持。需要承认的是，块体非晶合金装备是集机械、电控、耐火材料、冶炼材料、算法等多学科交叉融合开发的跨学科装备。未来，锆基非晶合金装备更是向集成化、模块化和多功能系统化发展，为非晶合金铸造出崭新的未来。“如果苹果等折叠屏手机选择块体非晶合金材料，装备市场是个不可忽视的机会，国内

至少需要高质量母机500台套。”一位行业分析师预测，“好产品是好设备生产出来的。”

第三，完善标准体系，降低产业不确定性。标准缺失也是制约产业发展的关键因素之一。块体非晶合金产业亟需从“材料-工艺-产品-检测”全链条建立标准体系，以降低生产不确定性、提升市场接受度。材料名称、检测方式、性能要求等，均需要一套行业认可的统一标准，企业在这方面的重视程度还不够。可喜的是，中电协非晶合金标准专委会负责人表示，块体非晶合金标准是今年标准研制工作的重点，他们将先从团体标准入手，解决行业发展的痛点。他表示，因国际上我国块体非晶合金产业遥遥领先，相关标准有望通过国际标委会成为国际标准。

多年来，我国块体非晶合金产业在困难中摸爬滚打，有经验有历练。可以说，产业化雏形已形成，技术积累有储备，实践证明得到充分认可，市场开拓也取得了一定成绩。尽管行业需要头部企业的带头示范效应拉动产业发展，但实实在在的产业化“临门一脚”还是要靠自己来踢。

今秋，我们向往“红芳满园苹果香”，但也要有“欲摘还远自悲伤”的准备，积极应对跨越持续创新、工程化验证、成本优化等关键挑战。