**本项目课题研究进展情况及研究成果：**

本项目通过制定研究方案和检索策略，根据非晶纳米晶软磁材料领域的关键词和国际代码ipc，并结合前期调研确立了完整的检索表达式；采用WIPS Global和宁波市知识产权数据库为检索来源。利用Derwent Innovation和Microsoft Excel等专利分析工具，通过定量分析和定性分析相结合的方式完成了非晶纳米晶软磁材料国际专利申请态势分析、国际专利申请布局、国际专利总体研发布局、主要国家/地区分布分析和重要申请人（竞争对手）分析等非晶纳米晶软磁材料技术领域的全球、中国和宁波专利态势分析。

**一、非晶纳米晶软磁材料国际专利态势分析**

基于WIPS Global专利数据，对非晶纳米晶软磁材料全球专利申请量趋势、专利来源国、专利目标国、专利申请人类型、全球关键技术、全球重要申请人等全球专利态势进行了分析，通过分析可以看出：

非晶纳米晶软磁材料技术领域的全球专利申请一直呈现不断发展的态势，可分为四个阶段：1）萌芽期（1965 ~ 1976年）， 2）第一阶段快速发展期（1977~ 1991年），3）调整期（1992 ~ 2004年）， 4）第二阶段快速发展期（2005年至今）。随着非晶纳米晶软磁材料在非晶变压器，非晶互感器和非晶电机等电力电子设备中的应用，非晶纳米晶软磁粉体和涂层的出现，非晶纳米晶软磁铁芯和工艺的持续改进以及对新型非晶纳米晶软磁材料的不断探索，非晶纳米晶软磁产业整体技术发展前景良好，专利年度申请量一路攀升。并且，在2010年以后出现了快速增长的态势，目前非晶纳米晶软磁材料领域的技术研发处于相对活跃的阶段，预计未来一段时间内该领域的专利申请量仍会保持快速增长趋势，也说明非晶纳米晶软磁计算目前仍然是一个焦点领域。

非晶纳米晶软磁材料领域的全球专利所属最多的国家依次是：日本（47%）、美国（20%）、中国（16%）、德国（7%）和韩国（4%）。非晶纳米晶软磁材料领域的专利申请目标国主要分布在日本（26%）、中国（20%）、美国（19%）、欧洲（12%）和德国（7%）。近5年，中国的专利申请量占全球总申请量的比例高达44 %，反超日本，发展非常迅速。

非晶纳米晶软磁材料领域全球专利的申请以企业为主，申请数量为3961件，占比达82%；其次为高校，申请数量为527件，占比11%；而科研院所和个人的专利申请量偏低。

基于国际专利分类号（IPC）分析来看，非晶纳米晶软磁材料的关键技术主要集中在1）成分开发技术（64%），2）应用技术（20%），3）制备技术（20%），和4）后处理改进技术（5%）。其中成分开发技术主要集中在铁基合金、铁镍基合金、镍基合金和钴基合金；制备技术主要包括带材制备和粉体制备；后处理改进技术主要包括常规热处理、使用超声波、磁场或电场的热处理热处理、其他特殊热处理等；应用技术主要集中在磁芯、变压器、电感器、互感器、电机和磁屏蔽等应用领域。

从非晶纳米晶软磁材料全球专利重要申请人来看，非晶纳米晶软磁材料全球专利数量不少于 100件的前 11位申请人中，其中8个申请人来自日本，2个来自美国，1个来自德国。日本和美国专利申请人不仅在专利数量上具有优势，而且技术影响力也非常高。而我国虽然在近5年的专利申请数量居于首位，但基本上都在国内申请为主，且在设备改进方面的申请数量最多，专利质量总体不高，基础核心专利数量较少。

**二、非晶纳米晶软磁材料中国专利态势分析**

基于宁波市知识产权服务平台专利数据，对非晶纳米晶软磁材料中国专利申请量趋势、专利国省分布、专利申请人类型、关键技术、重要申请人等中国专利态势进行了分析，通过分析可以看出：

我国非晶纳米晶软磁材料领域的专利申请与受理始于1985年，从1985年- 2004年，专利申请数量非常少。从2005年-2011年，我国受理的非晶纳米晶软磁材料领域专利申请数量开始稳步增长。从2012年至今，我国受理的非晶纳米晶软磁材料领域专利申请处于高速增长阶段，2012-2016年的专利申请数量均突破150件，并且2013年和2016年的专利申请数量为历年最高达177件。

非晶纳米晶软磁材料领域的中国专利申请主要分布在北京、浙江、江苏、山东、上海和广东等发达或沿海省市。活跃程度依次为北京市（15%）、浙江省（11%）、江苏省（11 %）、山东省（10 %）、上海市（8 %）和广东省（7.5 %）。

非晶软磁材料技术的申请量占总申请量的75%。 其中非晶带材占78%、非晶块体占9%、非晶粉体占8%、非晶丝材占3%、非晶涂层和非晶薄膜各占1%。纳米晶软磁材料技术的申请量占总申请量的25%，其中纳米晶带材占78%，纳米晶粉体占16%、纳米晶块体占4%、纳米晶丝材和纳米晶涂层各占1%。

非晶带材方面，中国专利关键技术排名分别为制备技术（31%）、应用技术（31%）、成分开发技术（15.6%）和后处理改进技术（11.2%）。

纳米晶带材方面，中国专利关键技术包括成分开发技术（48 %）、制备技术（16 %）、后处理改进技术（15%）和应用技术（21%）。

中国重要申请人依次为北京安泰科技股份有限公司（98件）、青岛云路新能源有限公司（73件）、中国科学院宁波材料技术与工程研究所（31件）、日立金属（26件）、佛山市中研非晶科技股份有限公司（21件）、上海日港置信非晶体金属有限公司（21件）、浙江大学（19件）和同济大学（15件）。

**三、非晶纳米晶软磁材料宁波专利态势分析**

基于宁波市知识产权服务平台专利数据，对非晶纳米晶软磁材料宁波专利申请量趋势、专利区域分布、专利申请人类型、关键技术、重要申请人等宁波专利态势进行了分析，通过分析可以看出：

宁波市在非晶纳米晶软磁材料领域的专利申请最早开始于2004年，是中国兵器工业第五二研究所发明的无须磁场处理获取特殊矩形比纳米晶软磁材料的方法（CN200410084724.5）。从2009年开始，宁波市的非晶纳米晶软磁材料领域专利申请数量开始稳步增长，这是因为中国科学院宁波材料在2008年成立非晶纳米晶软磁团队。2014年，宁波专利申请量达到最高峰，其中非晶软磁材料专利申请达14 件，纳米晶软磁材料专利申请为2件。从2015年开始，宁波专利申请向纳米晶软磁材料方向发展。2015年，非晶软磁材料宁波专利申请降至6件，纳米晶软磁材料专利申请升高到7件。2016年，非晶软磁材料宁波专利申请量为零，而纳米晶软磁材料专利申请量高达10件，为宁波专利申请数量历年最高。这说明宁波市近几年重视在纳米晶软磁材料领域的专利布局。

非晶纳米晶软磁材料领域的宁波专利申请主要分布在镇海区（34件）、鄞州区（18件）、高新区（8件）、慈溪市（4件）、江北区（1件）和海曙区（1件）。

非晶纳米晶软磁材料领域相关宁波专利关键技术中，从产品形态上分，依次为带材（44件），块体（11件），粉体（7件），丝材（3件）和涂层（1件）。

从非晶纳米晶软磁带材领域进行技术关键技术分解，其关键技术申请量活跃度依次为成分开发技术（27件），制备技术（7件），后处理改进技术（4件）和应用技术（6件）。其中成分开发技术中，铁钴基合金成分开发为17件，铁基合金开发为7件，钴基合金开发为1件。制备技术中，宽带制备技术为4件，喷嘴改进技术为2件，冷却辊改进技术为1件。后处理改进均为热处理设备和工艺改进技术。应用技术包括变压器，互感器，电磁阀，塞带尺和电流取样器等。

非晶纳米晶软磁材料领域宁波重要申请人依次为中国科学院宁波材料技术与工程研究所（33件）、兆晶股份有限公司（4件）、宁波中科毕普拉斯新材料科技有限公司（4件）、顾建（4件）、杨雯雯（3件）、俞虹（3件）和中国兵器工业第五二研究所（3件）。

**四、宁波市非晶纳米晶软磁材料产业专利布局对策建议**

通过上述对非晶纳米晶软磁材料领域全球、中国和宁波知识产权区域布局的分析，得出非晶纳米晶软磁材料产业专利布局对策建议如下：

(1) FeSiB非晶合金（国外牌号Metglas2605SA01，国内牌号1k101）和Finemet型FeCuNbSiB（国内牌号1K107）专利已成失效，该产品可在中国生产和销售，也可以出口到其他国家。

(2) 铁基非晶合金新材料技术：

铁基非晶软磁材料是非晶产业的基础。最早实现商业化的铁基非晶材料Metglas2605S2（原子百分比Fe78Si9B13）最早由美国联信公司在上世纪八十年代实现产业化，后来在九十年代由升级为Metglas2605SA1（原子百分比Fe80Si9B11）。近年来，美国的非晶业务被日立金属收购之后，又推出了新牌号Metglas2605HB1（原子百分比Fe80-83Si0.1-5B12-18C0.05-3）。目前，日立金属的铁基非晶材料年生产规模为5~10万吨。

我国的铁基非晶材料一直处于在国外材料基础上进行适应性创新和改善的水平，缺乏原始创新。自从上世纪九十年代起，我国的非晶产业发展重点逐步集中到实现产业化方面，非晶材料的持续研发有所放缓。目前，我国的铁基非晶材料大致相当于国外Metglas1605SA1的水平。

(3) 大容量感应熔炼装备技术：

在国内外的非晶带材生产中，母合金钢水一般均采用感应炉冶炼，然后采用不同形式的中间包进行钢水镇静和生产节奏缓冲。由于非晶带材的工艺特点，要求母合金钢水采用全流程惰性气体保护，以避免二次氧化。目前，日立金属采用17吨感应炉、36吨中间包、实现了全流程氩气保护。相比之下，国内熔炼设备的容量较小（不足10吨），而且尚未实现全流程保护。

(4) 铁基非晶宽带制造核心工艺技术

铁基非晶宽带的核心工艺技术包括：工艺流程、关键温度控制、熔潭稳定性控制、冷却辊表面质量控制、产品质量控制、生产节奏控制等环节。目前，国内的核心工艺技术大部分已经接近或达到国际先进水平，使国产非晶带材的质量已与国际先进水平基本持平。

(5) 工艺参数自动检测和控制技术：

自动控制系统主要包括：基础自动化L1级（设备控制、工艺参数的检测和闭环控制）、过程控制L2级（根据生产工艺和模型来优化设备状态及节奏）、生产管理L3级等层次。目前，国内已初步实现了L1级的应用，大部分关键工艺参数可以实现连续监测和闭环控制。由于产业化时间短、基础自动化还不完善等原因，过程控制级的自动化还处于起步阶段。至于生产管理级的自动化，国内尚未实现。

(6) 自动倒卷技术：

为了实现非晶带材的连续化生产，必须不间断地进行同步卷取和倒卷。目前，国内已经实现并成功应用了自动卷取，而自动倒卷尚未实现应用。

(7) 开发高饱和磁感应强度的非晶纳米晶软磁材料

目前，非晶纳米晶软磁材料的饱和磁感应强度要低于硅钢的饱和磁感应强度（2.0 T），使用中的铁基非晶软磁材料的饱和磁感应强度为1.56 -1.64 T（国内的铁基非晶软磁材料的饱和磁感应强度只有1.56 T），铁基纳米晶软磁材料的饱和磁感应强度为1.24 T， 因此，相同条件下，用非晶软磁材料制备的变压器的体积要大于硅钢变压器的体积。为了响应国家“节能减排”的号召和电子器件向小型化、轻量化发展的要求，需要进一步开发高饱和磁感应强度、低能耗和良好工艺性的非晶纳米晶软磁材料。

(8) 开发高频变压器和高效电机用非晶纳米晶软磁材料

目前，我国生产的的铁基非晶带材具有硬度高、厚度薄的缺点，这造成了加工困难和对应力敏感等工艺问题，加之饱和磁感应强度低于硅钢也导致了非晶变压器或非晶电机的提交较大。因此，需要开发兼具高饱和磁感应强度和低应力敏感的非晶纳米晶软磁材料，从而缩小变压器和电机体积、降低加工难度和应力敏感性。

(9) 开发高饱和磁感应强度和低高频损耗的非晶纳米晶磁粉芯

铁基非晶磁粉芯是由非晶软磁合金粉末和绝缘介质混合压制而成的一种软磁复合材料，在高频下具有恒磁导率、高电阻率、低损耗、温度稳定性好、价格适中等特点，满足电子设备和器件向高频化、小型化和大电流方向发展的趋势，是磁粉芯材料的重要发展方向，得到了科研工作者越来越广泛的关注，在其制备工艺和应用研究方面取得了显著的进步。但是，由于受传统铁基非晶软磁合金非晶形成能力较低的限制，导致实际应用的非晶磁粉只能采用带材破碎法来制备，存在着尖锐的棱角，难以绝缘，使磁粉芯的损耗较高；同时，为了提高非晶磁粉芯的高频性能，在制备过程中加入了大量的非磁性物质，导致其饱和磁感应强度降低，不利于电子元器件的小型化和高频化。因此，提高非晶纳米晶磁粉芯的饱和磁感应强度，降低高频损耗，是提高磁粉芯性能的关键，也是推广非晶纳米晶磁粉芯应用的前提和基础。

（10）低能耗高效率非晶电机

非晶合金电机相比于传统硅钢片电机具有优异的电磁性能，尤其是在高速高 频应用领域性能优势更为突出。可以针对不同的应用领域和要求选择或开发高效 率、高功率密度、高可靠性的非晶合金电机产品，具有很好的市场应用前景。目前已经实现产业化的非晶合金电机均为高频轴向磁通电机，其主要应用场 合包括电动汽车驱动电机、灯塔发电机、车用增程式发电机和其他移动发电机等。非晶合金电机专利技术大多集中在电机铁心的加工工艺方面，对于非晶合金电机的优化设计技术、冷却系统、控 制技术以及与非晶合金电机加工工艺相关的配套装备的专利申请则寥寥无几。 在非晶合金电机加工工艺的专利申请方面要特别注意以防侵权 ， 虽然非晶合金电机 的加工工艺专利方面的申请数量较多，但是满足产业化生产的工艺并不多，因此 在加工工艺方面还需要更加简单、高效、保证产品质量的技术专利。非晶合金电 机的优化技术、冷却系统、控制技术以及其它辅助设备的专利申请目前还不多见， 应引起足够的重视，应多在这些方面取得发明专利，提高市场竞争力。