

“高端功能与智能材料”重点专项 2021 年度“揭榜挂帅”榜单

为深入贯彻落实党的十九届五中全会精神和“十四五”规划，切实加强创新链和产业链对接，“高端功能与智能材料”重点专项聚焦国家战略亟需、应用导向鲜明、最终用户明确的重大攻关需求，凝练形成 2021 年度“揭榜挂帅”榜单，现将榜单任务及有关要求予以发布。

一、申报说明

本批榜单围绕集成电路、高铁和大数据等重大应用场景，拟解决高性能引线框架铜合金的设计开发、牵引电机效率和功率密度提升、液冷数据中心热管理材料设计制备等关键实际问题，拟启动 3 个项目，共拟安排国拨经费不超过 9000 万元。除特殊说明外，每个榜单任务拟支持项目数为 1 项。项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。企业牵头申报的项目，配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

榜单申报“不设门槛”，项目牵头申报和参与单位无注册时间要求，项目（课题）负责人无年龄、学历和职称要求。申报团队数量不多于拟支持项目数量的榜单任务方向，仍按程序进行项目评审立项。明确榜单任务资助额度，简化预算编制，经费管理探

索实行“负面清单”。

二、攻关和考核要求

揭榜立项后，揭榜团队须签署“军令状”，对“里程碑”考核要求、经费拨付方式、奖惩措施和成果归属等进行具体约定，并将榜单任务目标摆在突出位置，集中优势资源，全力开展限时攻关。项目（课题）负责人在揭榜攻关期间，原则上不得调离或辞去工作职位。

项目实施过程中，将最终用户意见作为重要考量，通过实地勘察、仿真评测、应用环境检测等方式开展“里程碑”考核，并视考核情况分阶段拨付经费，实施不力的将及时叫停。

项目验收将通过现场验收、用户和第三方测评等方式，在真实应用场景下开展，并充分发挥最终用户作用，以成败论英雄。由于主观不努力等因素导致攻关失败的，将按照有关规定严肃追责，并依规纳入诚信记录。

三、榜单任务

1. 高效能牵引电机关键材料与集成技术

需求目标：针对城际交通装备对高效率、高功率密度牵引电机的发展需求，研究大尺寸高导电铜基复合材料、高性能永磁和软磁材料的可控制备工艺和性能调控技术；开发高导电铜基复合材料与高性能永磁和软磁的工程化制造技术；发展基于高导电铜基复合材料与高性能磁性材料的牵引电机集成设计与制造技术，

研制高效牵引电机并开展应用。具体需求目标如下：

（1）铜基复合材料：导电率 $\geq 118\% \text{IACS}$ ，抗拉强度 $\geq 200 \text{MPa}$ ，中试样件长度 $\geq 50 \text{m}$ ，导电率 $\geq 108\% \text{IACS}$ 。

（2）磁性材料：剩磁温度系数优于 $-0.065\%/K$ ，室温磁能积 $\geq 35 \text{MGOe}$ ， 150°C 下磁能积 $\geq 30 \text{MGOe}$ ，抗弯强度 $\geq 160 \text{MPa}$ ，中试样件磁性均匀度优于 $\pm 0.5 \text{MGOe}$ 。

（3）软磁铁芯：饱和磁感应强度 $B_s \geq 1.75 \text{T}$ ， $P_{1.5\text{T}/150\text{Hz}} \leq 1.2 \text{W/kg}$ ， $P_{1.5\text{T}/400\text{Hz}} \leq 3.5 \text{W/kg}$ 。

（4）牵引电机：基于上述材料研制的牵引电机，在 S1 工作制下，功率密度 $\geq 1.2 \text{kW/kg}$ ，最高效率 $\geq 97.5\%$ ，装车测试数不少于 2 台套。

时间节点：研发时限为 3 年。

项目执行期满 1 年：探索高导电率铜基复合材料关键制备技术；研究低剩磁温度系数、 150°C 下高磁能积磁体的生产工艺；研究高饱和磁感应强度的软磁铁芯的制备技术；开始高效能牵引电机的仿真设计和模拟。

考核指标：铜基复合材料高导电率 $\geq 108\% \text{IACS}$ ，抗拉强度 $\geq 180 \text{MPa}$ ； 150°C 下磁能积 $\geq 28 \text{MGOe}$ 的磁性材料，其剩磁温度系数优于 $-0.065\%/K$ ，室温磁能积 $\geq 32 \text{MGOe}$ 。

项目执行期满 2 年：获得高导电率铜基复合材料关键制备技术；获得低剩磁温度系数、 150°C 下高磁能积磁体的生产工艺参数；掌握高饱和磁感应强度的软磁铁芯的基础实验参数，完成高

效能牵引电机的仿真设计和模拟。

考核指标：铜基复合材料的导电率 $\geq 118\% \text{IACS}$ ，抗拉强度 $\geq 200 \text{MPa}$ ；高稳定性磁体室温磁能积 $\geq 35 \text{MGOe}$ ，剩磁温度系数优于 $-0.065\%/K$ ， 150°C 下磁能积 $\geq 30 \text{MGOe}$ ；软磁铁芯 $P_{1.5\text{T}/150\text{Hz}} \leq 1.2 \text{W/kg}$ ， $P_{1.5\text{T}/400\text{Hz}} \leq 3.5 \text{W/kg}$ ，饱和磁感应强度 $B_s \geq 1.75 \text{T}$ 。

项目执行期满 3 年：研究基于上述材料的一致性、稳定性生产技术，完成材料的牵引电机装机实验。

考核指标：基于上述材料的牵引电机，在 S1 工作制下，功率密度 $\geq 1.2 \text{kW/kg}$ ，最高效率 $\geq 97.5\%$ ，装车测试数不少于 2 台套。

榜单金额：不超过 3000 万元。

2. 高端集成电路引线框架铜合金材料研发

需求目标：针对国内集成电路引线框架材料以中低端产品为主，关键高端产品自给率低，大部分依赖进口等制约我国集成电路、电子通讯等战略性新兴产业发展的突出问题，采用材料基因工程方法开发高性能引线框架铜合金材料，并开展产业化关键技术研究，实现批量生产和实际应用。具体需求目标如下：

（1）建立包含铜合金成分、工艺、组织、性能 4 个模块的数据库，收录各类数据 1000 条以上；建立铜合金成分—强度&导电率模型，模型精度 $\geq 90\%$ 。

（2）高性能低成本 Cu-Ni-Co-Si 系引线框架材料：抗拉强度 $\geq 880 \text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 850 \text{MPa}$ ，导电率 $\geq 45\% \text{IACS}$ ，弹性模量 $\geq 125 \text{GPa}$ ，软化温度 $\geq 500^\circ\text{C}$ ，Co $\leq 1 \text{wt}\%$ ，成材率 $\geq 50\%$ ，建设

年产 5 千吨级生产线。

(3) 蚀刻框架用高强高导铜铬系材料: 抗拉强度 $\geq 600\text{MPa}$, 屈服强度 $\geq 560\text{MPa}$, 导电率 $\geq 75\%\text{IACS}$, 弹性模量 $\geq 125\text{GPa}$, 软化温度 $\geq 500^\circ\text{C}$, 残余应力 $< 35\text{MPa}$, 蚀刻后扭曲 $< 0.5\text{mm}$ 、侧弯 $< 0.04\text{mm}$, 形成年产千吨的生产能力。

(4) 高端引线框架用铜合金带材: 厚度 $0.08\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$ 、宽度 600mm 以上, 厚度公差 $\pm 2\%$ 、宽度挠曲 $\leq 0.05\text{mm}$ 、粗糙度 $\leq 0.10\mu\text{m}$ 。

(5) 开展引线框架铜材应用与评价体系研究, 编制产品标准或技术规范。研制新产品、新技术 2 项, 申请发明专利 10 件以上, 编制相关标准或技术规范 2 项以上, 实现新型引线框架铜材示范应用 2 项以上。

时间节点: 研发时限为 2 年。

项目执行期满 1 年: 实现引线框架用高性能铜合金材料成分设计及关键制备技术开发, 建立产业化生产线。

考核指标: (1) 建立包含铜合金成分、工艺、组织、性能 4 个模块的数据库, 收录各类数据 1000 条以上; 建立铜合金成分—强度&导电率模型, 模型精度 $\geq 90\%$; (2) 开发出高性能低成本 Cu-Ni-Co-Si 系引线框架材料: 抗拉强度 $\geq 880\text{MPa}$, 导电率 $\geq 45\%\text{IACS}$, 弹性模量 $\geq 125\text{GPa}$, 软化温度 $\geq 500^\circ\text{C}$, Co $\leq 1\text{wt}\%$, 建设年产 5 千吨级生产线; (3) 开发出蚀刻框架用高强高导铜铬系材料: 抗拉强度 $\geq 600\text{MPa}$, 导电率 $\geq 75\%\text{IACS}$, 弹性模量 $\geq$

125GPa，软化温度 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ ，形成年产千吨的生产能力；（4）研制新产品、新技术 2 项，申请发明专利 4 件以上。

项目执行期满 2 年：实现引线框架用高性能铜合金带材产品批量生产，各项性能指标满足示范应用需求，完成相关标准或技术规范的制定。

考核指标：（1）实现高端引线框架用铜合金带材批量生产，带材厚度 0.08~0.3mm、宽度 600mm 以上，厚度公差 $\pm 2\%$ 、宽度挠曲 $\leq 0.05\text{mm}$ 、粗糙度 $\leq 0.10\mu\text{m}$ ；（2）带材基本性能达到指标要求的同时，高性能低成本 Cu-Ni-Co-Si 系带材成材率 $\geq 50\%$ ；蚀刻框架用高强高导铜铬系带材残余应力 $< 35\text{MPa}$ ，蚀刻后扭曲 $< 0.5\text{mm}$ 、侧弯 $< 0.04\text{mm}$ ；（3）申请发明专利 6 件以上，编制相关标准或技术规范 2 项以上，实现材料示范应用 2 项以上。

榜单金额：不超过 3000 万元。

3. 数据中心液冷热管理材料研发与应用示范

需求目标：围绕数据中心大量数据吞吐和运算所带来的能耗和散热等难题，完成高可靠性液冷热管理材料的筛选、设计、制备、性能测试、热控防护系统设计、运行测试，并实现液冷热管理材料的产业化与应用示范。具体需求目标如下：

（1）高可靠性液冷热管理材料分子设计。通过数据中心热仿真分析与液冷模式流动场模拟，开展多种含氟化合物基本物性、高温稳定性、对基材的兼容性研究，选定主体化合物及其组合物。满足以下性能：在 10GHz 条件下，介电常数 $DK \leq 2$ ，损耗因子

DF $\leq$ 0.05；击穿电压 $\geq$ 3kV/mm，运动粘度 $\leq$ 9 $\times$ 10⁻⁶ m²/s（40℃），沸点 $\geq$ 130℃，燃点 $\geq$ 235℃，开口闪点 $\geq$ 200℃，导热系数 $\geq$ 0.3W/（m·K），比热容 $\geq$ 960J/（kg·K）；基材浸泡兼容性符合要求；化合物及组合物加速模拟稳定性符合要求。

（2）液冷热管理材料的批量制备。在研究主体化合物合成与纯化规律、分子量调控与端基稳定化机制的基础上，应用现代过程强化技术解决中试工程技术问题，实现宏量制备，产品性能指标符合前述要求。

（3）数据中心液冷结构及热控防护系统设计与运行测试。完成液冷模拟、液冷结构及热控防护系统设计，通过液冷热管理材料应用单机测试、系统运行测试。

（4）应用示范。建成液冷热管理材料 1000t/年工业化装置，实现稳定生产；实现 2 套以上计算中心液冷应用示范。

时间节点：研发时限为 3 年。

项目执行期满 1 年：完成高可靠性液冷热管理材料分子设计、合成与纯化规律研究、中样制备。

考核指标：完成至少 1 个新产品分子结构定型；建立化合物高温稳定性、对基材兼容性的分析测试方法；百 kg 样品的性能指标达到目标（1）要求；申请发明专利 2 件以上。

项目执行期满 2 年：完成数据中心液冷结构设计、热管理材料中样的测试评估；完成热管理材料制备与复配中试研究，解决中试工程化问题，完成核心工业化装置工程设计。

考核指标：建立液冷单机和运行测试评估平台，液冷热管理材料中样通过评估；新产品 1 个；千吨级工程设计通过评审；申请发明专利 2 件以上，编制相关标准或技术规范 2 项以上。

项目执行期满 3 年：完成热管理材料工业化示范装置建设和试验，完成产品运行测试评估，建成应用示范装置，完成示范应用。

考核指标：热管理材料工业化示范装置负荷考核达到 1000t/a 生产能力，产品符合目标（1）指标要求；实现 2 套以上数据中心液冷热管理应用示范；申报发明专利 1 件以上。

榜单金额：不超过 3000 万元。