

上海汽车工业科技发展基金会

# 产学研课题招标指南

2024 年 4 月 12 日

**招标课题：**全固态电池用高比能硅基负极界面调控及性能研究

**提出课题单位：**上海上汽清陶能源科技有限公司

**要求课题完成时间：**2024. 7. 1-2025. 12. 31

## 一、总体目标：

电动汽车是目前各国竞相争夺的战略性新兴产业。现有的液态锂离子电池已接近其理论比能量上限（ $\sim 350\text{Wh/kg}$ ），并且安全问题突出。固态电解质可以从根本上解决现有锂离子电池漏液、产气、腐蚀、起火等安全焦虑，而且有望匹配高容量负极和正极，实现电池能量密度的跨跃（ $> 400\text{Wh/kg}$ ）。硅基负极的理论比容量（ $4200\text{mAh/g}$ ）远远超过了传统的石墨负极（ $352\text{mAh/g}$ ），且硅储量丰富、低价、低毒性。通过硅基材料的粒度调控、多尺度复合方案、表面包覆技术开发、导电网络构建、固态电解质选型及优化、粘结剂选型及优化调控硅基材料与固态电解质界面形为，抑制硅材料在充放电过程中的体积膨胀和界面失效。开展固态电池的界面电化学反应过程的原位分析，清晰表征充放电过程中固固界面的化学/电化学稳定性，建立失效分析流程，阐明不同硅基材料体系下的失效机制。在获得高比容量、高稳定性硅基负极材料的基础上，进一步调控硅负极电极配方，结合不同类型的电极成型技术，匹配高比容量正极，构建硅基全固态电池，对全固态电池进行系统的电性能和热性能分析，以获得高比能、高安全、长寿命的全固态电池。

## 二、阶段目标：

**2024. 7-2024. 12：**获得不同类型硅基材料在全固态电池中的容量发挥特性报告。优选的硅碳材料，全固态电池硅基材料的比容量发挥 $> 1000\text{mAh/g}$ ，面容量达到 $5\text{mAh/cm}^2$ 。提交公斤级硅负极样品及其测试报告。

**2025. 1-2025. 4：**通过第一性原理计算、原位分析等获得硅基材料与不同类型固态电解质的界面稳定性，提交分析报告。进一步指导硅基材料的多尺度复合、表面包覆方案、导电网络构建以及固态电解质匹配方案。提交硅负极全固态模具电池样品及其性能报告。

**2025. 5-2025. 8：**进一步优选适用于硅基负极的功能聚合物基材料，综合考虑高离子电

导率、抑制体积膨胀能力和良好的加工性。并且分别得到适用于湿法和干法硅负极成型工艺的聚合物体系。提交硅基负极用功能聚合物材料设计方案、材料及其测试报告。

**2025. 9-2025. 11:** 配合企业基于湿法或干法电极成型技术大面积制备高性能硅基负极材料，进一步匹配高比能量正极、高性能固态电解质膜层，制备高比能、高安全、长循环硅基全固态软包电池。提交电芯样件及其测试报告。

**2025. 12:** 项目结题验收。提交发明专利不少于 3 项（专利权人为企业或共有），发表 SCI 论文 2 篇。提交结题报告。

### **三、研究内容：**

#### **1、不同类型硅基材料在全固态电池中的性能数据库建立及材料优选**

针对商品化硅基材料包括纳米硅、微米硅、薄膜硅、硅/碳复合材料、硅氧复合材料、锂硅复合材料等，在全固态电池体系中表征硅基材料的基础比容量发挥以及循环特性，获得其电性能发挥特性数据库，并且进一步指导高性能硅基材料的自主研发和实际应用。优选出高性能硅基负极材料。

#### **2、硅基材料与不同类型固态电解质的固固界面特性分析**

针对聚合物固态电解质、硫化物固态电解质、卤化物固态电解质等固态电解质体系，通过第一性原理计算、原位分析等获得硅基材料与不同类型固态电解质的界面稳定性分析报告。利用 X 射线衍射、扫描电镜、透射电镜、元素能谱分析等表征负极材料与固态电解质界面的形貌变化、显微结构改变、元素价态变化等，结合固态电池交流阻抗测试、直流阻抗测试，探明不同方案下硅基负极的界面失效行为与电化学性能之间的构效关系。

#### **3、硅基材料在全固态电池中的界面改性策略研究**

在硅基材料与不同类型固态电解质的界面特性分析基础上，进一步指导硅基材料与石墨/硬碳等结构稳定材料的多尺度、表面包覆方案、导电网络构建（导电炭黑、碳纳米管、碳纤维等）以及固态电解质匹配方案，调控电化学反应势，提高硅基负极与固态电解质界面稳定性。通过固态模具电池表征相应电极方案的充放电性能，采用不同的装配压力，调控硅基材料与固态电解质的界面副反应形为、离子/电子传导特性，获得界面调控方案与电化学性能（首次库仑效率、可逆容量发挥、循环稳定性、倍率充放电性能）的数据库。从而优选界面调控策略。

#### **4、适用于全固态电池硅基负极的聚合物材料优选和开发**

聚合物材料的添加是实现低装配压力下抑制体积膨胀和硅基负极大面积制备的关键因素。综合考虑高离子电导率、抑制体积膨胀能力和良好的加工性，进一步优选适

用于硅基负极的功能聚合物基材料，建立相应数据库。并且分别得到适用于湿法和干法硅负极成型工艺的聚合物体系。

## 5、硅基全固态软包电池制造

对于优选的硅基负极制备方案，配合上海上汽清陶能源科技有限公司通过干法或湿法电极成型技术实现用于全固态电池的硅基负极卷对卷成型。优化电极成型工艺参数。最后将硅基负极、高比能正极、固态电解质层一体化成型。采用冷等静压、温等静压等技术改善全固态电池界面。得到安时级高比能全固态软包电池。

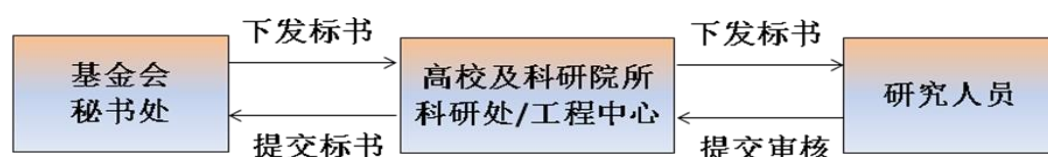
## 四、资助金额：

人民币 80 万元（资助款由基金会直接支付给高校或科研院所，若费用不够，由企业补充+高校或科研院所自筹）。

## 五、其它：

1、招投标材料含《招投标指南》、《资质认定表》、《标书（项目可行性方案）》。

2、竞标团队应通过高校/科研院所科研主管部门统一**在 2024 年 5 月 10 日前通过邮件向上汽科技基金会秘书处提交上述材料电子文档，同时邮寄书面《资质认定表》、书面《标书》各一份，过期不候。**《资质认定表》和《标书》中需盖章处应加盖高校/科研院所、或其科研主管部门印章，否则视作无效标书（不能盖高校所属院系、科研院所所属部门印章）。



3、高校/科研院所应标团队应事先在各自高校/科研院所科研主管部门备案，同一所高校/科研院所只允许一个团队参与同一个课题竞标，如遇两个及以上团队参与同一个课题应标，由科研主管部门协调推荐，否则，基金会秘书处有权优先选择在科研主管部门备案的团队参与后续招投标评审答辩工作，仅在同一个课题只有一所高校/科研院所、且有多个团队应标的情况下，才允许同校/同所的不同团队同台竞标。应标对象为高校本部院系研究团队，不受理外设分校/分院的应标材料。

4、应标团队所有成员不得同期参与两个及以上课题应标，在基金会已有课题且未结题验收的课题中所有团队成员也不得参与应标，凡发现有重名现象的课题，均被视为无效标书。

5、竞标团队负责人应具有副教授及以上职称或博士毕业及以上学历，担任院系及

学校领导职务的人员不宜担任应标团队负责人；应标团队每个成员必须要有相应的研制任务，杜绝“沾亲带故”，“徒有虚名”现象，如果在后续实施过程中发现有长期不参加项目研制工作人员的情况，比如，秘书处每三个月召集一次课题研制工作例会，连续两次不参加课题研制工作例会的成员，基金会秘书处有权向应标团队及其所在高校/科研院所科研主管部门发出“除名”告示，如果涉及的是课题负责人，必须由课题负责人出具书面承诺（保证按要求参加后续基金会秘书处召集的季度研制工作例会，且本人亲笔签名）、并经其所在高校/科研院所担保（盖章）方可，否则，基金会秘书处有权直接向课题组以及所属高校/科研院所科研主管部门发出“中止课题研制工作”的告示。

**6、竞标单位在编制标书期间，可通过基金会秘书处协助，与课题申请单位进行适当的技术交流。**

7、由基金会秘书处对竞标团队负责人资质进行认定，符合竞标条件的团队，由基金会秘书处通过邮件告知其进入后续评标答辩环节；**答辩时间计划安排在 2024 年 5 月 15 日~31 日期间**，采用腾讯视频会议方式举行。在答辩期间内如有特殊情况，务必请提前告知，以便基金会秘书处酌情（避让）安排。

8、答辩前应标团队须提前通过邮件提交 PPT 版电子文档，PPT 介绍材料应根据标书（可行性方案）章节顺序及其内容编制。

9、评标结果（指经领导审批）由基金会秘书处通过邮件告知参与该课题应标的所有团队负责人及其所在高校/科研院所科技主管部门，如有异议，应标团队负责人可通过所在高校/科研院所科技主管部门与基金会秘书处沟通，基金会秘书处不接待个人质询。

10、上汽科技基金会秘书处联系方式：

地 址：上海市静安区威海路 489 号上汽大厦 18 层，邮编：200041

联系人：王燕文 / 孙代豫

电 话：13816382590 / 18930690905

Email : wangyanwen@saicmotor.com / sundaiyu@saicmotor.com

上海汽车工业科技发展基金会

秘书处

2024 年 4 月 12 日