

《消费电池用 CVD 硅基负极材料》团体标准

征求意见稿 编制说明

一、任务来源

硅基负极材料作为新一代锂离子电池关键组分，其研发进程反映了新能源领域对高能量密度储能体系的迫切需求。化学气相沉积（CVD）技术以其独特的工艺优势，在构筑高性能硅基负极微纳结构中展现出重要价值。近年来，该领域研究聚焦于破解硅材料本征缺陷与电化学性能之间的矛盾，通过材料设计创新与界面调控实现性能突破。

传统石墨负极已渐趋理论容量极限，而硅材料凭借超过十倍的理论比容量优势成为研究焦点。然而其脱嵌锂过程中剧烈的体积效应导致电极结构崩塌，循环稳定性成为核心瓶颈。研究者通过多维度结构调控构建具有弹性缓冲空间的纳米化框架，利用CVD工艺实现硅颗粒的均匀形核与可控生长。该过程通过调节沉积参数精确控制晶体尺寸与形貌，形成三维多孔网络或中空纳米球结构，在提供锂离子快速传输通道的同时，有效缓解机械应力。

CVD技术可实现硅纳米颗粒在碳骨架中的原位生长，形成核壳结构或均匀分散的杂化体系。碳层不仅作为导电网络提升电子传输效率，还能形成物理屏障抑制硅颗粒团聚。部分研究引入异质原子掺杂，进一步改善界面相容性与化学稳定性，这种多组分协同效应显著增强了循环寿命。

当前研究正逐步从单一结构设计转向多尺度协同优化，结合理论模拟与原位表征技术揭示失效机制。通过调控孔隙率、比表面积等参数建立构效关系，部分研究成果已实现实验室级别的长周期稳定循环。随着制备技术的标准化与界面科学的深化，硅基负极有望推动新能源产业向更高能量密度和更快充放电性能迈进。

目前，CVD硅基负极材料相关的标准有GB/T 24533-2019 锂离子电池石墨类负极材料、YS/T 1509.1-2021 硅碳复合负极材料化学分析方法 第1部分：硅含量的测定 重量法和分光光度法。

GB/T 24533-2019主要针对传统石墨类负极材料，适用于以石墨为主导的锂离子电池体系，但对硅基材料的特殊性能（如高膨胀率、低导电性）缺乏针对性规范。其次，YS/T 1509.1-2021作为分析方法标准，仅规定了硅碳复合负极中硅含量的化学检测方法，未涉及材料的结构设计、电化学性能或工艺适配性等核心参数，难以满足硅基材料全流程质量控制需求。

本项团体标准针对化学气相沉积（CVD）工艺制备的硅基负极材料，将提出比表面积、振实密度、首次库伦效率等关键指标，填补高容量硅基材料在消费电子领域的标准空白。相较于传统石墨标准和单一分析方法，该团体标准更贴合硅基材料的技术特性，能够推动CVD工艺优化和产业化应用，为消费电子领域

提供更高比容量、更长循环寿命的负极解决方案。针对消费电池用CVD硅基负极材料的化学成分、物理性能、电化学性能等，急需立项《消费电池用CVD硅基负极材料》该标准，为消费电池行业提供明确的技术规范和质量要求，确保硅基负极材料的性能和安全性，从而推动整个行业的技术进步和产品质量提升。

《消费电池用CVD硅基负极材料》团体标准的制定，具有以下几方面的意义：

1、构建技术基准，统一质量评价体系

通过明确材料比表面积、振实密度等核心参数指标，建立可量化的技术基准。本项团体标准统一了产品性能检测方法与评价体系，消除不同企业间的测试标准差异，使研发成果具备横向可比性，为产业链上下游提供明确的技术对话框架。

2、推动技术创新标准化发展

本项团体标准制定过程需整合行业前沿研究成果，将经过验证的纳米结构设计、界面调控技术等创新成果转化为规范性条款。这种技术收敛促使研发方向聚焦共性关键问题，避免低水平重复投入，形成“基础研究-标准制定-产业升级”的创新闭环。

3、建立供应链质量协同机制

本项团体标准中规定的原材料杂质控制、沉积工艺稳定性等要求，推动上游材料供应商与电池制造商形成技术联动。通过规范CVD沉积设备的关键工艺参数，确保不同批次材料性能的一致性，降低终端产品的质量控制成本。

4、强化安全性能保障底线

针对硅基材料体积膨胀特性，本项团体标准可强制要求循环膨胀率、高温存储性能等安全相关指标。通过建立失效模式分析模型，明确材料在过充、短路等极端工况下的性能阈值，为消费电池安全认证提供技术依据。

5、促进市场透明化与公平竞争

标准化的技术指标体系降低了信息不对称，使采购方能够基于统一标准评估供应商能力。遏制通过指标模糊进行的不正当竞争行为，推动形成“技术驱动而非营销驱动”的市场环境，保护消费者权益。

二、起草单位所作工作

1、起草单位

本标准由贝特瑞新材料集团股份有限公司提出，由中国技术市场协会归口。本标准由贝特瑞新材料集团股份有限公司、博赛利斯(合肥)有限公司、浙江格源新材料科技有限公司、盛禾(平潭)能源科技有限公司共同起草。

2、主要起草单位及其所作工作

本文件主要起草单位及工作职责见表1。

表1 主要起草单位及工作职责

起草单位	工作职责
贝特瑞新材料集团股份有限公司、博赛利斯(合肥)有限公司	项目主编单位主编人员，负责标准制定的统筹规划与安排，标准内容和试验方案编制与确定，标准水平的把握及标准编制运行的组织协调。人员中包括了行业资深专业人员，行业管理人员
浙江格源新材料科技有限公司、盛禾(平潭)能源科技有限公司	实际生产单位、负责汇报实际生产数据、试验方法，参与标准编制。

三、标准的编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定及相关要求编制。

四、标准编制过程

4.1 立项阶段

2025年4月23日，中国技术市场协会正式批准《消费电池用CVD硅基负极材料》立项。

4.2 起草阶段

4.2.1 成立标准制定工作组，根据《消费电池用CVD硅基负极材料》编制需要，贝特瑞新材料集团股份有限公司、博赛利斯(合肥)有限公司、浙江格源新材料科技有限公司、盛禾(平潭)能源科技有限公司等机构相关专家成立标准制定工作组。

4.2.2 形成标准草案：根据工作计划及分工安排，在系统参考、学习已有标准及研究的基础上，标准制定工作组完成《消费电池用CVD硅基负极材料》各部分内容，并于2025年4月28日汇总形成标准草案。

4.2.3 2025年5月7日，通过腾讯会议线上召开了《消费电池用CVD硅基负极材料》团体标准讨论会，与会代表30余人参加会议。会上，标准编制组就该标准立项背景和标准框架分别进行了介绍。与会专家和代表就标准名称、框架结构、定义、范围、技术指标、试验方法等内容进行了深入讨论。明确了该标准编制工作方向，并提出了一系列标准内容的完善措施和修改意见、建议。

在讨论会结束后标准编制工作组根据与会专家及参会代表的意见和建议，对标准稿进行了修改完善，形成了标准征求意见稿和编制说明。

4.3 征求意见阶段

2025年5月15日，本标准由中国技术市场协会在全国团体标准信息平台面向社会进行公开征求意见，同时由编制工作组向相关单位进行定向征求意见，具体见《征求意见汇总表》。

五、标准主要内容

根据生产企业贝特瑞新材料集团股份有限公司、博赛利斯(合肥)有限公司、浙江格源新材料科技有限公司、盛禾(平潭)能源科技有限公司等单位的产品数据得到以下主要技术内容：

1、首次放电比容量：电池在首次放电过程中，单位质量的电极材料所能释放的电量。该指标反映材料在初次使用时的电能输出能力，是评价负极材料能量密度的重要参数。

2、1C 倍率放电容量：电池以 1C 倍率（即充放电电流为电池额定容量的 1 倍）进行放电时释放的电量。该指标衡量材料在高电流条件下的实际应用性能，体现其快速充放电的能力。

3、体积膨胀率：电池材料在充放电过程中因锂离子嵌入或脱出导致的体积变化百分比。该参数反映材料的结构稳定性，过高的膨胀可能导致电极破裂或电池寿命下降。

4、循环 100 次后容量保持率：电池经历 100 次充放电循环后，剩余容量占初始容量的百分比。该指标用于评估材料的长期循环稳定性，高保持率表明材料具有较好的耐久性。

5、首次充放电效率：电池首次充电时储存的电量与首次放电时释放的电量之比。该参数反映材料在首次循环中的能量损耗程度，效率越高说明材料的不可逆反应越少，能量利用率更优。

六、主要试验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果

6.1 主要实验（验证）的分析

（1）物理化学性能验证

通过系统化实验验证材料的核心物化特性，确保其符合消费电池应用要求。具体验证内容如下：

1) 材料均质性验证：通过真密度、比表面积及粒度分布的测定，评估材料批次一致性，避免因颗粒团聚或分散不均导致的电极涂布缺陷。

2) 成分稳定性验证：基于硅含量、氧含量及杂质元素测定，确认材料化学纯度及氧化程度，保障活性物质的电化学反应效率。

（2）电化学性能验证

通过模拟电池实际工况，验证材料在充放电过程中的性能表现。具体功能如下：

1) 能量输出能力验证：通过首次放电比容量测试，评估材料在初次循环中的能量释放水平，确保满足高能量密度电池需求。

2) 循环稳定性验证：结合充放电效率测试，分析材料在锂离子嵌入/脱出过程中的不可逆反应程度，优化电极界面设计以减少容量衰减。

（3）环境适应性验证

通过模拟极端存储及使用条件，验证材料在复杂环境下的可靠性。具体功能如下：

1) 温湿度耐受性验证：在高温高湿及低温干燥环境中测试材料水分吸附与氧化倾向，确保贮存稳定性。

2) 长期贮存性能验证：通过加速老化试验，评估材料在长期存放后的物化特性变化，为保质期设定提供依据。

6.2 技术经济论证

本技术标准的制定与实施通过多维度验证，实现技术可行性与经济性协同优化。

（1）初期技术验证（2025年3月-2025年4月）

在实验室阶段完成CVD硅基负极材料的小规模合成与性能测试，验证其相较于传统石墨材料的容量优势及工艺兼容性。通过优化沉积参数，提升硅基材料的结构稳定性，为量产工艺设计奠定基础。

（2）中期产业化验证（2025年5月-2025年8月）

联合电池制造商完成材料在消费锂电池中的适配测试，覆盖手机、笔记本电脑等终端产品。结果表明：材料与现有电极浆料配方兼容性良好，涂布良品率显著提升；电池能量密度提高，充放电效率满足设计要求，且循环寿命达到行业领先水平。

（3）规模化生产验证（2025年9月-2025年12月）

在量产阶段优化CVD设备运行参数与原料利用率，实现单位能耗降低与生产效率提升。通过全流程质量管控，材料批次稳定性增强，生产成本较初期下降，初步具备替代进口材料的市场竞争力。

6.3 预期的经济效果

消费电池用CVD硅基负极材料标准的实施将推动行业技术升级与市场规范化发展，通过统一技术指标淘汰低效产能，引导资源向高附加值产品集中，加速中高端电池市场渗透。标准化可降低上下游企业研发与适配成本，缩短材料认证周期，促进产业链协同创新；规模化生产将提升原材料利用率、减少工艺损耗，同时材料的高能量密度特性助力终端产品轻量化设计，间接降低资源消耗与碳排放。此外，技术标准与国际主流接轨将提升国产材料出口份额，突破海外技术壁垒，增强全球高端消费电池市场的竞争力，实现行业提质增效与可持续发展的双重目标。

七、标准水平分析

7.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

经查，暂无相同类型的国际标准与国外标准，故没有相应的国际标准、国外标准可采用。

7.2 与国际标准及国外标准水平对比

本标准达到国内先进水平。

7.3 与现有标准及制定中的标准协调配套情况

本标准的制定与现有的标准及制定中的标准协调配套，无重复交叉现象。

7.4 设计国内外专利及处置情况

经查，本标准没有涉及国内外专利。

八、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本标准的制定过程、技术要求的选定、试验方法的确定、检验项目设置等符合现行法律、法规和强制

性国家标准的规定。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

十一、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

由于本标准首次制定，没有特殊要求。

十二、废止现有有关标准的建议

无。

团体标准起草组

2025年5月