

# 《硅碳负极用复合铜箔制备技术规范》

## （征求意见稿）

### 编制说明

#### 一、工作简况

##### （一）任务来源

本文件由中国技术市场协会提出并归口，经中国技术市场协会标准化工作委员会批准，正式列入 2026 年团体标准制修订计划，标准名称为《硅碳负极用复合铜箔制备技术规范》。

##### （二）项目背景

硅碳负极用复合铜箔作为锂离子电池新型集流体材料，以其“高分子基膜+铜层”的三明治结构，有效解决了传统铜箔在硅碳负极应用中因体积膨胀导致的断裂问题，显著提升了电池的循环寿命和安全性。近年来，随着新能源汽车产业对高能量密度电池需求的爆发，硅碳负极用复合铜箔产业迎来了快速发展期。

当前，国内复合铜箔制备技术路线多样，包括水电镀、真空磁控溅射及多种复合工艺，各生产企业在原辅料选择、工艺参数控制及设备配置上存在显著差异。行业内缺乏统一的制备技术规范，导致产品质量参差不齐，下游电池厂商在进行材料选型和质量验收时面临标准缺失的困境。同时，缺乏统一标准也制约了产业的规模化发展，不利于上下游产业链的高效协同与技术迭代。

为解决行业发展痛点，亟须制定统一的硅碳负极用复合铜箔制备技术规范，明确制备过程中的关键工艺要求、系统功能指标及质量控制方法，为产业规范化发展提供标准化支撑。

##### （三）目的意义

## 1. 目的

### (1) 建立统一技术评价体系

明确硅碳负极用复合铜箔制备的关键技术指标、系统功能要求及测试验证方法，统一行业评价尺度，确保不同企业生产设备的性能与产品质量具有可比性，引导企业聚焦核心工艺优化，提升产品一致性水平。

### (2) 规范产业发展秩序

为硅碳负极用复合铜箔的设计、制造、检测、验收等全流程提供技术依据，解决当前市场因标准缺失导致的质量管控混乱、验收争议频发等问题，降低产业链合作成本，提升市场运行效率。

### (3) 支撑技术创新与产业升级

以标准为导向，推动企业在高分子基膜改性、铜层均匀沉积、界面结合力提升等核心领域的技术研发，加速高性能复合铜箔的国产化进程，提升我国新能源材料装备的核心竞争力。

## 2. 意义

### (1) 推动行业技术进步

统一的技术规范有助于促进企业间的技术交流与合作，避免低水平重复研发和资源浪费，加速制备技术的迭代升级，带动整个复合铜箔产业向高效、精密、稳定的方向发展，为锂离子电池产业提供更可靠的材料保障。

### (2) 提升市场应用效率

标准化的技术要求和测试方法，可帮助下游电池企业快速开展材料选型与验收工作，降低技术评估成本；同时，规范的市场环境有利于优质企业脱颖而出，形成良性竞争格局，推动产业规

模化、高质量发展。

### （3）保障产业链自主可控

通过制定符合国内产业实际的团体标准，可减少对外技术标准的依赖，助力国内复合铜箔企业突破工艺瓶颈，提升产品国产化率，增强新能源汽车及储能产业链的安全性与稳定性。

### （四）起草单位及起草人名单

本文件起草单位：四川铭丰电子材料科技有限公司、江苏洪田科技股份有限公司、长三角先进材料研究院、河海大学、浙江纳狮复合集流体有限公司、北京中研博采技术服务有限公司。

本文件主要起草人：王鹏举、朱开星、李华清、罗红梅、黄磊、明智耀、贲素东、乐志斌、夏卫彬。

### （五）主要起草过程

#### 1. 文本调研

2025年5月启动了文本的调研工作，并于2025年6月完成了相关资料的收集和分析工作。

#### 2. 标准立项

2025年9月向中国技术市场协会标准化委员会提出申请，于2025年12月获得中国技术市场协会标准化工作委员会批准立项。

#### 3. 形成标准草案

2025年12月，起草组对资料收集情况进行汇总处理，确定了标准框架和主要内容。2025年12月19日，《硅碳负极用复合铜箔制备技术规范》形成标准初稿。

#### 4. 形成征求意见稿

2025年12月19日至2025年12月26日，起草组根据反馈的意见和建议，对草案内容进行了修改和调整，形成标准征求意见稿。

## 二、确定标准主要内容的论据

### （一）编制原则

本文件按照 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》以及《中国技术市场协会团体标准工作程序》的规定起草。

### （二）标准主要内容及适用范围

本文件规定了硅碳负极用复合铜箔制备的工作要求、制备流程与系统组成、控制要求、验证方法等内容。

本文件适用于以高分子聚合物薄膜为基材，通过电解沉积在两侧形成铜层的复合铜箔制备过程，用于锂离子电池硅碳负极集流体的复合铜箔的生产过程控制、检验。

### （三）确定标准主要内容的论据

#### 1. 工作要求的确定依据

##### （1）原辅料要求

参考高分子材料及电解铜箔行业的通用标准，结合硅碳负极对集流体高弹性和高导电性的特殊需求，确定了高分子基膜的厚度公差、表面缺陷控制要求，以及电解用硫酸铜的纯度（ $\geq 99.0\%$ ）和重金属杂质限量（ $\leq 50$  ppm）。上述指标经过行业主流企业验证，能有效保障基膜的机械性能和铜层的致密性。

##### （2）环境要求

复合铜箔制备对环境洁净度及温湿度极为敏感。参考 GB/T

25915.1 《洁净室及相关受控环境》及电解车间实际工况，确定生产车间洁净度不低于 ISO 8 级，温度控制为  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 60\%$ 。该环境参数可有效防止基膜吸湿变形、铜层氧化及粉尘导致的镀层缺陷，确保产品良率。

## 2. 制备流程与系统结构的确定依据

功能单元设置基于“基膜放卷→表面清洁→导电化处理→电解沉积→水洗干燥→收卷”的典型工艺流程。

(1) 表面清洁单元：基膜表面的清洁度是决定后续镀层结合力的关键。结合行业实践经验，确定采用无纺布辊刷+去离子水喷淋或等离子清洗的工艺要求，以去除表面颗粒与有机污染物。

(2) 导电化处理单元：针对绝缘高分子基膜需先形成导电层的特性，明确了磁控溅射等设备应能稳定制备连续、均匀导电层的功能要求，确保后续电解电流的均匀分布。

(3) 电解沉积槽：这是决定铜层质量的核心单元。参考 GB/T 5230 《印制板用电解铜箔》并结合复合集流体特点，设定了电解液循环过滤精度 ( $\leq 5\text{ }\mu\text{m}$ )、温度控制精度 ( $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 及整流电源纹波系数 ( $\leq 5\%$ ) 等关键指标，以保障铜层的致密性和均匀性。

## 3. 控制要求的确定依据

### (1) 导电层控制

导电层的厚度 ( $50\text{nm}\sim 200\text{nm}$ ) 和方阻 ( $\leq 5\text{ }\Omega/\square$ ) 直接影响电解效率。该指标参考了真空镀膜行业的成熟数据，并结合多次工艺验证，确保在保证导电性的同时，兼顾生产成本和界面应力。

### (2) 电解沉积铜控制

铜层是导电和集流的核心。标准设定了严格的电解液配方（硫酸铜 180 g/L~220 g/L，硫酸 60 g/L~100 g/L）和电流密度范围（1 A/dm<sup>2</sup>~5 A/dm<sup>2</sup>）。核心指标如铜层与基膜剥离强度（≥0.5 N/mm），是基于硅碳负极在充放电过程中产生的体积膨胀应力模拟及大量实验验证得出的，若低于此值，铜层易与基膜分离，导致电池失效。

### （3）收卷控制

收卷张力（80 N~250 N）和整齐度偏差（≤±0.5 mm/m）直接影响后续分切和电池卷绕工艺。上述参数参考了锂电极片制备的行业标准，确保产品在下游应用中的加工性能。

## 三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

### （一）主要试验[或验证]情况分析

为确保标准的科学性、合理性与可操作性，起草组联合国内材料检测机构、复合铜箔制造企业，选取了 6 款不同工艺路线的主流复合铜箔样品，严格依据本标准拟定的试验方法开展全维度验证，累计完成试验项目 120 项，获取有效数据 600 余组，具体验证情况如下：

#### 1. 关键工艺参数验证

（1）导电层结合力验证：采用胶带粘贴撕离试验，在导电层厚度 50 nm~200 nm 范围内，结合力最佳，无脱落现象；当厚度低于 40 nm 时，导电性不足导致电解打火；高于 220 nm 时，生产成本显著增加且应力增大，验证了该指标的合理性。

（2）铜层剥离强度验证：通过对不同电流密度下制备的样

品进行剥离测试，发现当电流密度控制在  $1 \text{ A/dm}^2 \sim 5 \text{ A/dm}^2$  时，铜层晶粒致密，与基膜的剥离强度稳定在  $0.5 \text{ N/mm}$  以上，满足硅碳负极的使用要求。

(3) 环境影响验证：在不同温湿度环境下生产对比发现，当湿度超过 65% 时，基膜吸湿导致铜层表面出现水泡缺陷的比例增加 15% 以上，验证了环境湿度控制 ( $\leq 60\%$ ) 的必要性。

## 2. 产品性能验证

依据标准中规定的试验方法，对多家企业生产的复合铜箔进行了全项检测。结果显示，符合本标准控制要求的产品，其铜层厚度均匀性偏差均能控制在  $\pm 8\%$  以内，表面无明显针孔和起鼓，且批次间一致性良好，证明了标准中控制要求的合理性。

## (二) 技术经济论证

本标准的实施将从产业链协同、企业成本效益、产业升级三个维度产生显著价值，具体分析如下：

### 1. 产业链层面

上游材料端：标准对基膜和电解液的严格要求，将倒逼上游原材料供应商提升产品纯度和精度，推动国产高端高分子薄膜和电子级化学品的技术升级。

中游制造端：标准化的制备流程和控制参数，可降低企业试错成本，预计单条产线的良品率可提升  $5\% \sim 8\%$ ，生产效率提高 10% 以上。

下游应用端：统一的标准有助于电池厂商快速导入新材料，减少因材料性能波动导致的电池批次报废风险，预计可降低电池制造端的材料筛选和验证成本约 15%。

## 2. 企业层面

企业为满足标准要求进行的设备升级和工艺优化，虽然短期会增加约 5%~8% 的投入，但长期来看，通过提升产品合格率和生产效率，可在 1 年~2 年内收回成本。同时，符合标准的高品质产品在市场上具有更强的竞争力，预计可使企业产品溢价能力提升 10%~15%，在高端市场的占有率显著提高。

## 3. 产业经济层面

复合铜箔作为新型集流体，相比传统铜箔可节省约 2/3 的铜用量。本标准的实施将加速其产业化进程，预计在未来 3 年~5 年内，可大幅降低锂离子电池的原材料成本，同时减少铜资源的消耗，具有显著的资源节约效益和环保价值。

### （三）预期经济效果

制定和实施《硅碳负极用复合铜箔制备技术规范》，将为新能源汽车产业及储能产业带来深远影响。

#### 1. 产业规模效益

随着标准的实施，预计到 2028 年，国内符合该标准的复合铜箔产能将突破 50 亿平方米，带动上下游产业链产值超千亿元。标准的引领作用将加速行业整合，形成一批具有国际竞争力的龙头企业。

#### 2. 成本降低效益

通过标准化生产，复合铜箔的生产成本有望进一步降低 20% 以上，进而降低锂离子电池的制造成本，推动电动汽车和储能系统的普及，为国家实现“双碳”目标提供有力支撑。

#### 3. 技术创新效益

标准将引导行业从单纯追求产能扩张向注重技术创新和质量提升转变，预计行业整体研发投入占比将提升，催生一批关于高结合力界面改性、高速沉积工艺的核心专利，增强我国在新能源材料领域的技术壁垒。

#### **四、采用国际标准和国内外先进标准的程度**

本文件不涉及国际国外标准的采标情况。

#### **五、重大分歧意见处理经过及依据**

本文件在制定过程中未出现重大分歧意见。

#### **六、与现行相关法律、法规及相关标准的协调性**

与现行相关法律、法规及相关标准相协调。

#### **七、知识产权情况说明**

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

#### **八、其他应予说明的事项**

无。

《硅碳负极用复合铜箔制备技术规范》

团体标准工作组

2026年4月29日