

团 体 标 准

T/TMAC ×××—202X

固态电池用多孔铜箔技术规范

Technical specification for porous copper foil used in
solid-state batteries

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 要求	1
4.1 外观质量	1
4.2 材料与化学成分	1
4.3 几何尺寸与偏差	1
4.4 结构与性能要求	2
4.5 分级	2
5 试验方法	2
5.1 外观检验	2
5.2 面密度测定	2
5.3 孔隙率与平均孔径测定	2
5.4 透气度测定	3
5.5 拉伸强度与延伸率测定	3
5.6 表面电阻率测定	3
5.7 剥离强度测定	3
5.8 残余应力检查	3
6 检验规则	3
6.1 检查和验收	3
6.2 组批	3
6.3 检验项目	3
6.4 取样	3
6.5 判定规则	3
7 标志、包装、运输和贮存	4
7.1 标志	4
7.2 包装	4
7.3 运输	4
7.4 贮存	4
附 录 A (规范性) 孔隙率、平均孔径及孔径分布的测定——压汞法	5
附 录 B (规范性) 透气度试验方法	6

前 言

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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：江苏亨通铜铝箔新材料研究院有限公司、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：姬会爽、朱开星、李华清、罗红梅、黄磊、李建国、云光义、高佳欢、李小倩、乐志斌、夏卫彬。

固态电池用多孔铜箔技术规范

1 范围

本文件规定了固态电池用多孔铜箔（以下简称“多孔铜箔”）的术语和定义、要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于以电解铜或铜粉为主要原料，通过粉末冶金、电沉积、脱合金等方法制备的，用于固态电池（包括全固态及混合固液电池）负极集流体或三维电极骨架的多孔铜箔。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 5231 加工铜及铜合金牌号和化学成分
- GB/T 13558 氧化铜
- GB/T 17737.1 同轴通信电缆 第1部分：总规范 总则、定义和要求
- GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

3 术语和定义

GB 38031 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多孔铜箔 porous copper foil

具有三维互通孔隙结构，孔隙率不低于30%的连续带状铜基材。

4 要求

4.1 外观质量

多孔铜箔表面应平整、洁净，无可见的裂纹、穿透性针孔、大面积污渍、氧化变色及影响使用的褶皱。边缘应整齐，无毛刺。允许有轻微的、不影响性能和后续加工的色差与辊印。

4.2 材料与化学成分

基体铜材应符合GB/T 5231中T2牌号（Cu+Ag≥99.90%）或更高纯度的铜要求。若采用其他合金元素（包括微量的Sn、Ag等）以增强强度，其成分及含量应在产品说明书中明确，且铜含量（质量分数）不应低于99.5%。

4.3 几何尺寸与偏差

几何尺寸应符合表1规定。

表1 多孔铜箔几何尺寸及允许偏差

项目	单位	规格范围	允许偏差	测试方法依据
厚度	μm	10 - 100	±（标称值×8%）	GB/T 13558，使用非接触式测厚仪

宽度	mm	100 - 800	±0.5	用精度0.02mm的卡尺测量
卷长	m	≥200	+10 / 0	卷长计数器

4.4 结构与性能要求

结构与性能指标应符合表2规定。

表2 多孔铜箔结构与性能要求

项目	单位	技术要求	对应试验方法章条
面密度	g/m ²	标称值 ± 5%	5.2
孔隙率	%	50 - 85	5.3
平均孔径	μm	0.5 - 5.0	5.3
透气度 (ΔP=1.0 kPa)	m ³ /(m ² ·min)	0.5 - 15.0 (具体范围根据孔隙率和厚度分级)	5.4
拉伸强度	MPa	≥ 40 (纵向)	5.5
延伸率	%	≥ 3	5.5
表面电阻率	mΩ·□	≤ 30	5.6
剥离强度 (与典型固态电解质)	N/cm	≥ 1.0	5.7
残余应力	-	卷材平放无翘曲, 裁切后无明显卷曲	5.8

4.5 分级

根据关键性能指标, 多孔铜箔可分为三级, 见表3。产品等级应在合同中注明。

表3 多孔铜箔性能分级

等级	孔隙率范围 (%)	平均孔径 (μm)	拉伸强度 (MPa)	主要应用建议
I级 (高性能)	70 - 85	1.0 - 3.0	≥ 45	高能量密度全固态电池 负极三维骨架
II级 (通用型)	60 - 75	1.5 - 4.0	≥ 40	混合固液电池负极集流体, 通用型全固态电池
III级 (经济型)	50 - 65	2.0 - 5.0	≥ 35	对成本敏感、性能要求适 中的电池设计

5 试验方法

5.1 外观检验

在自然光或等效白光下, 距离样品300-500mm处目视检查。

5.2 面密度测定

裁取面积 (S) 不小于100 cm² 的规则试样 (正方形或圆形), 用精度为0.01 mg的分析天平称其质量 (m)。按公式 (1) 计算面密度 (ρ_A), 测试三个试样, 取算术平均值。

$$\rho_A = \frac{m}{S} \times 10^4 \text{ (单位: g/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

5.3 孔隙率与平均孔径测定

采用压汞法, 按照附录A的规定执行。或使用图像分析法 (包括扫描电镜图像分析), 压汞法为仲裁方法。

5.4 透气度测定

采用定压差透气度仪，按照附录B的规定执行。测试压差（ ΔP ）为1.0 kPa \pm 0.01 kPa。

5.5 拉伸强度与延伸率测定

按照GB/T 228.1的规定进行。试样采用哑铃型非标试样（标距25mm，宽度6mm）。试验机拉伸速度设定为1 mm/min。记录最大力与断裂伸长，计算拉伸强度和延伸率。

5.6 表面电阻率测定

采用GB/T 17737.1规定的四探针法，将多孔铜箔平整置于绝缘平台上，使用四探针电阻测试仪测量其方块电阻（ R_{\square} ）。测量五点取平均值。表面电阻率即为 R_{\square} 值。

5.7 剥离强度测定

5.7.1 试样制备

将熔融态或浆料态的典型固态电解质（如硫化物或氧化物电解质）均匀涂覆于多孔铜箔表面（或通过热压方式复合），固化/烧结后形成牢固复合片。裁切成宽（B）为10 mm，长 \geq 100 mm的试样。

5.7.2 测试

使用电子拉力试验机，以90°剥离角度，拉伸速度50 mm/min，剥离至少50 mm长度，记录剥离过程中的平均力值（F）。剥离强度按公式（2）计算：

$$\text{剥离强度} = F / B \quad (\text{单位: N/cm}) \dots\dots\dots (2)$$

5.8 残余应力检查

从整卷铜箔上裁下300mm \times 300mm的样品，平放在一级平板上，静置10分钟。用塞尺测量样品四角与平板之间的间隙，任何一点的间隙应不大于2mm。

6 检验规则

6.1 检查和验收

产品应由供方技术监督部门进行检验，保证产品质量符合本标准及合同规定，并填写质量证明书。需方可对收到的产品进行复验。

6.2 组批

同一生产工艺、同一批原材料、同一规格型号、连续生产的产品为一个检验批，每批不超过5000m。

6.3 检验项目

6.3.1 每批产品应进行出厂检验和型式检验。

6.3.2 出厂检验项目包括外观质量、厚度、宽度、面密度、拉伸强度。

6.3.3 型式检验项目应包括本文件第4章规定的全部项目。在下列情况之一时进行：

- a) 新产品试制鉴定时；
- b) 正式生产后，如材料、工艺有重大改变时；
- c) 正常生产时，每年至少一次；
- d) 产品长期停产后，恢复生产时。

6.4 取样

外观、尺寸逐卷检查。性能测试样品从每批中随机抽取一卷，从卷头去除至少3m后，沿纵向裁取足够长度的样品进行各项试验。

6.5 判定规则

所有检验项目均符合本标准要求时，判定该批产品合格。若有任何一项不合格，允许从该批产品中加倍取样对不合格项进行复验。若复验结果合格，则判该批产品合格；若复验结果仍不合格，则判该批产品不合格。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

每卷产品应贴有标签，注明：产品名称、牌号、规格（厚度×宽度）、批号、卷号、长度、面密度标称值、孔隙率标称值、等级、生产日期、供方名称及本标准编号。

7.2 包装

产品应紧密卷绕在洁净的塑料或纸质管芯上，用防潮纸或塑料薄膜包裹，放入干燥的硬质纸箱或木箱内，并用软质材料填实，防止晃动。箱内应附有产品合格证和装箱单。包装箱外应有“防潮”、“小心轻放”、“向上”等标识。

7.3 运输

运输过程中应防止挤压、碰撞、日晒、雨淋及活性化学品的污染。

7.4 贮存

产品应贮存在干燥、清洁、无腐蚀性气体的库房内，环境温度 $10^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于60%。避免与酸、碱等化学品同库贮存。贮存期不宜超过12个月，超过期限应重新检验合格后方可使用。

附录 A

(规范性)

孔隙率、平均孔径及孔径分布的测定——压汞法

A.1 原理

利用汞对多孔材料不浸润的特性，在外加压力下将汞压入孔隙中。根据压入汞的体积与所加压力之间的对应关系，计算孔隙率、平均孔径及孔径分布。

A.2 仪器

全自动压汞仪，最高压力不低于200 MPa，可测量孔径范围 $0.003\ \mu\text{m} \sim 360\ \mu\text{m}$ 。

A.3 试样

从样品上裁取约 $0.5\text{g} \sim 1.0\text{g}$ 的试样。试样需清洁、干燥。

A.4 试验步骤

按仪器操作规程进行。主要包括：试样称重、装样、抽真空、低压分析、高压分析、数据采集等步骤。

A.5 结果计算

仪器软件直接输出孔隙率(%)、平均孔径(μm ，通常为体积平均或面积平均)及孔径分布曲线。取平行测试两个试样的算术平均值作为最终结果。

附录 B (规范性) 透气度试验方法

B.1 原理

在规定压差下，测量一定体积的空气通过一定面积的多孔铜箔试样所需要的时间，从而计算其透气度。

B.2 仪器

本特生型 (Bendtsen) 或肖伯尔型 (Schopper) 透气度仪，测量范围应覆盖本标准要求，压差控制精度为 $\pm 1\%$ 。

B.3 试样

裁取直径不小于50mm的圆形试样至少5片。试样应平整，无褶皱。

B.4 试验步骤

校准仪器零点。

将试样夹持在测试头上，确保有效测试面积为 $(10.0 \pm 0.1) \text{ cm}^2$ ，且无漏气。

调节压差至 $(1.0 \pm 0.01) \text{ kPa}$ 。

启动测试，仪器自动记录在压差稳定状态下，通过试样的空气流量（或测量固定体积空气通过的时间）。

读取并记录透气度值，单位转换为 $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 。

移动试样位置，重复测试至少5次。

B.5 结果表示

剔除最大值和最小值，取其余3个测试结果的算术平均值作为该试样的透气度。报告应注明测试压差 (1.0 kPa) 。