ICS 29.050
CCS Q 50

T/CS

团 体 标 准

T/CS 548—2026

CVD 硅碳负极用多孔碳材料制备工艺技术规范

Technical specification for preparation of porous carbon materials for CVD silicon-carbon anode

2026－10－30 发布 2026－10－30 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 分类 2
5 原材料要求 2
5.1 碳质前驱体 2
5.2 活化剂 2
5.3 工艺辅助材料 2
6 制备工艺 2
6.1 工艺总流程 2
6.2 前驱体预处理 2
6.3 成型 2
6.4 炭化 2
6.5 活化 2
6.6 纯化 3
6.7 粉碎分级 3
7 技术要求 3
7.1 外观 3
7.2 理化性能 3
7.3 微观结构 3
8 试验方法 3
8.1 外观 4
8.2 比表面积 4
8.3 孔容及孔径分布 4
8.4 粒度分布 4
8.5 振实密度 4
8.6 灰分 4
8.7 水分 4
8.8 电阻率 4
8.9 pH 值 4
8.10 铁含量 4
9 检验规则 4
9.1 检验分类 4
9.2 出厂检验 4
9.3 型式检验 4
9.4 组批与取样 5

9.5 判定规则 5
10 标志、包装、运输及贮存 5
10.1 标志 5
10.2 包装 5
10.3 运输 5
10.4 贮存 5
附录 A （资料性） 多孔碳材料典型工艺参数 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。

本文件由洛阳联创锂能科技有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：洛阳联创锂能科技有限公司、江苏浦士达环保科技股份有限公司、广东工业大学、烟台中圭新材料科技有限公司。

本文件主要起草人：郭朋、杨金杯、俎喜红、杜洪彦。

CVD 硅碳负极用多孔碳材料制备工艺技术规范

1 范围

本文件规定了化学气相沉积（CVD）法硅碳负极用多孔碳材料的分类、原材料要求、制备工艺、技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于以碳质前驱体为原料，经预处理、炭化、活化等工序制备的、用于 CVD 法沉积硅制备硅碳负极材料的多孔碳材料。

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 1427 炭素材料取样方法

GB/T 1429 炭素材料工业分析方法

GB/T 5162 金属粉末 振实密度的测定

GB/T 19077 粒度分布 激光衍射法

GB/T 19587 气体吸附BET法测定固态物质比表面积

GB/T 21650.1 压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度 第1部分：压汞法

GB/T 21650.3 压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度 第3部分：气体吸附法分析微孔

GB/T 24525 炭素材料电阻率测定方法

GB/T 24527 炭素材料内在水分的测定

GB/T 45528 纳米技术 纳米多孔材料孔径及孔径分布测试 荧光探针法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多孔碳材料 porous carbon material

具有丰富孔隙结构的碳质材料，其孔结构包括微孔（孔径＜2 nm）、介孔（孔径2 nm～50 nm）和大孔（孔径＞50 nm），用作CVD法沉积硅的骨架基体。

3.2

CVD 硅碳负极 CVD silicon-carbon anode

通过化学气相沉积法，以硅烷（SiH_4）等为硅源气体，在多孔碳材料的孔隙内部及表面原位沉积纳米硅颗粒，制备的硅碳复合负极材料。

注：CVD硅碳负极是以本文件多孔碳为骨架，经CVD沉硅及后续处理制得的负极材料，不属于本文件范围。

3.3

比表面积 specific surface area

单位质量多孔碳材料所具有的总表面积，包括内表面积和外表面积，单位为m^2/g。

3.4

孔容 pore volume

单位质量多孔碳材料中所有孔隙的总体积，单位为cm^3/g。

3.5

振实密度 tap density

在特定条件下，经振动使多孔碳粉末达到最密填充状态时的表观密度，单位为g/cm³。

4 分类

多孔碳材料按前驱体来源分为以下类别：

a) 树脂基多孔碳：以酚醛树脂、呋喃树脂等高分子树脂为前驱体制备；
b) 石油焦基多孔碳：以石油焦为前驱体制备；
c) 生物质基多孔碳：以椰壳、果壳等生物质为前驱体制备；
d) 其他碳质前驱体基多孔碳，其技术要求由供需双方协商确定，并在产品随行文件中注明前驱体种类。

5 原材料要求

5.1 碳质前驱体

5.1.1 树脂基前驱体应为热固性树脂，软化点、固化温度等关键参数应稳定可控。
5.1.2 石油焦基前驱体应为低灰分石油焦，灰分含量不应大于 0.3%。
5.1.3 生物质基前驱体应经预处理去除无机杂质，水分含量不应大于 10%。

5.2 活化剂

5.2.1 化学活化剂可采用氢氧化钾（KOH）、磷酸（H_3PO_4）、氯化锌（$ZnCl_2$）等，纯度不应低于工业级优等品要求。
5.2.2 物理活化剂可采用水蒸气、二氧化碳（CO_2）等，纯度不应低于 99.0%。

5.3 工艺辅助材料

炭化、活化过程用保护气体N_2/Ar纯度≥99.99%，O_2≤10 ppm，露点≤-60℃。

6 制备工艺

6.1 工艺总流程

多孔碳材料的制备工艺流程一般包括：前驱体预处理→成型→炭化→活化→纯化→粉碎分级→包装。

6.2 前驱体预处理

6.2.1 应根据前驱体种类选择适宜的预处理方式。树脂基前驱体宜进行预固化处理；石油焦基前驱体宜进行破碎、筛分；生物质基前驱体经预处理去除无机杂质。
6.2.2 预处理后的前驱体粒度应满足后续成型工艺要求。

6.3 成型

6.3.1 可采用模压成型、挤出成型或造粒成型等方式，使前驱体具有适宜的颗粒形状和尺寸。
6.3.2 成型压力、保压时间等参数应根据前驱体特性和目标产品要求确定。

6.4 炭化

6.4.1 炭化应在惰性气氛（氮气或氩气）保护下进行，气体流量应保证炉内气氛均匀。
6.4.2 炭化温度应根据前驱体种类确定，一般控制在 600 ℃～1000 ℃范围内。
6.4.3 炭化升温速率宜控制在 1 ℃/min～10 ℃/min，保温时间宜为 1 h～4 h。
6.4.4 炭化产物应具有初步的孔隙结构和足够的机械强度。

6.5 活化

6.5.1 化学活化法:将炭化产物与活化剂质量比(浸渍比)混合均匀KOH与炭化产物的质量比宜为1:1～4:1；在氮气或氩气惰性气氛下，以1℃/min～10℃/min的升温速率加热到至活化温度，活化温度宜为700℃～900℃°，保温时间宜为0.5 h～3 h。活化结束后产物经酸洗后用去离子水洗至滤液中性（PH6.5～7.5)并在105℃～120℃下干燥至水分不大于0.5%。

6.5.2 物理活化法在：氮气或氩气保护下，将炭化产物升温至活化温度，通入水蒸汽或二氧化碳进行活化，活化气体流量宜为0.5升/（g h）～3升/（g h）（可按炉子容积折算），活化温度800℃～1000℃保温时间1 h～6 h，活化后产物在惰性气氛中冷却至室温。

6.5.3 活化后的多孔碳材料其比表面积孔容和孔径分布应符合表1的规定。

6.6 纯化

6.6.1 活化后的多孔碳材料应进行纯化处理，以降低灰分和金属杂质含量。

6.6.2 纯化方式可采用酸洗（盐酸、氢氟酸等）、高温热处理或二者结合。

6.6.3 纯化后的多孔碳材料灰分含量不应大于0.2%。

6.7 粉碎分级

6.7.1 纯化后的多孔碳材料应根据用途要求进行粉碎和分级。

6.7.2 粉碎方式宜采用气流粉碎或球磨，应避免引入金属杂质。

6.7.3 分级后的产品粒度分布应满足目标D50要求。

7 技术要求

7.1 外观

7.1.1 多孔碳材料应为黑色粉末或颗粒，色泽均匀。

7.1.2 不应有目视可见的异物和结块。

7.2 理化性能

多孔碳材料的理化性能应符合表1的规定。

表1 多孔碳材料理化性能要求

序号	项目	单位	要求	备注
1	比表面积（BET法）	㎡/g	≥1500	一般要求1500～2000
2	孔容	cm³/g	≥0.75	通常要求≥1.0
3	孔径（平均孔径）	nm	1.5～3.0	优选约2 nm
4	微孔占比（孔径≤3 nm）	%	≥35	占总孔容比例
5	粒度D50	μm	4～15	根据客户要求可调
6	振实密度	g/cm³	≥0.35	-
7	灰分	%	≤0.2	-
8	水分	%	≤0.5	-
9	电阻率	Ω·cm	≤0.30	-
10	pH值	—	6.0～8.0	-
11	铁（Fe）含量	ppm	≤20	-

7.3 微观结构

7.3.1 多孔碳材料应具有微孔（＜2 nm）、介孔（2 nm～50 nm）和大孔（＞50 nm）相互连通的多级孔道结构，其中微孔提供硅沉积位点，介孔为硅颗粒储留与体积膨胀预留空间，大孔作为电解液和离子快速传输通道。

7.3.2 多孔碳材料的孔隙应具有较好的贯通性，以利于硅在孔内的均匀分布。

8 试验方法

8.1 外观

在自然光或标准光源下，以目视法检查。

8.2 比表面积

按GB/T 19587的规定执行。

8.3 孔容及孔径分布

8.3.1 微孔及介孔（孔径＜50 nm）的孔容和孔径分布按 GB/T 21650.3 的规定执行。
8.3.2 大孔（孔径≥50 nm）的孔容和孔径分布按 GB/T 21650.1 的规定执行。
8.3.3 亦可根据需要按 GB/T 45528 的规定执行。

8.4 粒度分布

按GB/T 19077的规定执行。

8.5 振实密度

按GB/T 5162的规定执行。

8.6 灰分

灰分按GB/T 1429中灰分测定方法的规定执行。

8.7 水分

按GB/T 1429中水分测定方法的规定执行；按GB/T 6283作为仲裁方法。

8.8 电阻率

按GB/T 24525的规定执行。

8.9 pH 值

取适量多孔碳材料与去离子水按一定比例混合，充分搅拌后静置，用pH计测定上清液的pH值。

8.10 铁含量

采用电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES）或原子吸收光谱法（AAS）测定。

9 检验规则

9.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

9.2 出厂检验

9.2.1 每批产品应进行出厂检验，检验合格后方可出厂。
9.2.2 出厂检验项目包括：外观、粒度 D50、灰分、水分；比表面积、孔容可按供需合同约定频次检测。

9.3 型式检验

9.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：
a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
b) 正式生产后，如原料、工艺有较大变化，可能影响产品性能时；
c) 正常生产时，每年至少进行一次；
d) 产品长期停产后，恢复生产时；
e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。
9.3.2 型式检验项目为本文件第 7 章规定的全部技术要求。

9.4 组批与取样

9.4.1 同一原料、同一工艺、同一生产周期的产品为一批。
9.4.2 取样应具有代表性，取样量应满足全部检验项目的要求，按 GB/T 1427 的规定执行。

9.5 判定规则

9.5.1 所有检验项目符合本文件要求时，判定该批产品合格。
9.5.2 若有检验项目不符合要求，应从同批产品中加倍取样复检。复检结果仍不符合要求时，判定该批产品不合格。

10 标志、包装、运输及贮存

10.1 标志

10.1.1 产品包装上应标明：产品名称、型号、批号、净含量、生产日期、生产厂名及地址。
10.1.2 包装标志应符合相关标准的规定；每批产品应附带产品合格证，合格证应包含该批次关键检测结果。

10.2 包装

10.2.1 产品应采用密封容器包装，内衬塑料袋，防止吸潮和污染。
10.2.2 包装材料应不与产品发生化学反应。

10.3 运输

运输过程中应防止受潮、挤压、碰撞和日晒雨淋。

10.4 贮存

10.4.1 贮存环境温度≤35℃，相对湿度≤60%RH；产品应离地≥10 cm、离墙≥30 cm 堆放。
10.4.2 不应与酸、碱等腐蚀性物质及有机溶剂混贮。

附 录 A
（资料性）
多孔碳材料典型工艺参数

表 A.1 不同前驱体多孔碳材料典型工艺参数

前驱体类型	炭化温度/℃	活化方式	活化温度/℃	典型比表面积/(m^2/g)	典型孔容/(cm^3/g)
树脂基	600～900	KOH活化	700～850	1800～2200	1.0～1.8
石油焦基	700～1000	KOH/水蒸气	800～950	1500～2000	0.8～1.5
生物质基	600～900	KOH/水蒸气	700～900	1500～2200	0.8～1.6