

行业标准《改良西门子法多晶硅用硅芯》 编制说明（预审稿）

一、 工作简况

1、 立项目的和意义

多晶硅因其原料来源广，生产效率高，生产规模大，已成为太阳能行业中的主导光伏材料。目前市面上的多晶硅大多采用改良西门子法生产的棒状多晶硅为主，以流化床法生产的颗粒状多晶硅为辅。在改良西门子法生产多晶硅过程中，硅芯作为还原炉中进行还原反应沉积多晶硅的热载体。在还原反应结束后，硅沉积在硅芯周围，硅芯连同硅通过破碎一起作为多晶硅使用，因此，硅芯质量显著影响多晶硅产品质量。

随着光伏行业的迅猛发展，多晶硅的品质越来越高。在 GB/T 25074-2017《太阳能级多晶硅》标准中出现了特级品，且指标在进一步修订；GB/T 12963-2022《电子级多晶硅》也将各项指标进行优化，使得多晶硅的标准更加符合市场上多晶硅的产品质量。面对多晶硅质量的逐步攀升，多晶硅生产企业为满足市场需求，对硅芯的使用有了新的要求，因此，对 YS/T 1061-2015《改良西门子法多晶硅用硅芯》进行修订，特别是电阻率、杂质含量等参数的修订，满足了光伏企业对硅芯的市场需求，有利于生产单位对质量的控制，更有利于客户对生产单位质量的监控。

2、 任务来源

2.1 计划来源及要求

根据2022年5月13日《工业和信息化部办公厅关于印发2022年第一批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科函〔2022〕94号）的要求，行业标准《改良西门子法多晶硅用硅芯》（修订 YS/T 1061-2015）项目由江苏中能硅业科技发展有限公司牵头起草，计划编号为 2022-0108T-YS，项目周期为18个月。

3、 主要参加单位和工作成员及其所做的工作

3.1 主要参加单位情况

牵头单位江苏中能硅业科技发展有限公司（以下简称“中能硅业”），是世界领先的集研发、生产、销售、服务于一体的高纯多晶硅新能源企业，系香港上市公司协鑫科技控股有限公司控股的子公司。2006年03月，中能硅业在江苏省徐州市经济技术开发区创立。凭借人才、技术、成本、质量、研发等综合优势。仅用5年时间就赶超了美、德等西方发达国家半个世纪的多晶硅研发与制造水平，彻底扭转中国光伏行业“两头在外”的被动局面。2016年在新疆昌吉州西黑山产业园新建新疆协鑫新能源材料科技有限公司，2020年“新疆”与“徐州”双轮齐驱，为全球提供四分之一的高纯多晶硅原料。

目前，中能硅业正引领国内多晶硅产业第二次技术革命，全力推进硅烷流化床法制备多晶硅技术（简称“硅烷法”）的自主研发。2017年04月正式收购美国太阳能巨头、全球最大洁净能源开发商 SunEdison 公司，提升硅烷流化床核心技术能力。2019年实现关键设备国产化及关键材料替代，主编国内颗粒硅国标行标，实现 FBR 装置长周期运行及品质突破，完全满足主流市场单晶硅料需求，并已通过下游客户的实际验证。中能硅业硅烷法生产的颗粒硅产品质量已达到电子级标准，随着单晶复投料需求激增，公司现有颗粒硅产能已无法满足市场需求，为加快推进硅料业务提档升级，中能硅业于 2020 年 08 月实施启动高纯晶体硅替代升级项目，采用协鑫独创 FBR 硅烷流化床法批量生产颗粒硅，目前已实现颗粒硅年产能 6.0 万吨。志在打造清洁生产、低碳减排的环保新能源企业，提升国际化核心竞争力，带动国内光伏、电子等新兴行业发展，在行业竞争中继续赢得领跑者的地位。

江苏中能硅业科技发展有限公司作为牵头单位开展大量的现场调研、资料查阅、取样、各项试验和数据的收集工作，为标准编写提供了真实有效的实测数据，并组织标准编写，最终带领编制组完成标准编制工作。河南协鑫光伏科技有限公司、内蒙和光新能源有限公司积极参加标准调研工作和意见反馈工作，针对标准的讨论稿的技术指标提出反馈意见。

3.2 主要工作成员负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表 1。

表 1 主要起草人及工作职责

起草人	工作职责
	负责标准修订工作整体的统筹安排，跟进标准修订进度，推进标准稳步进行。
	提供理论支撑和指导，协助标准编写。
	负责标准和编制说明的编写，负责相关企业意见的征集和反馈。
	负责本标准实验安排，试验方案确定以及数据积累。
	提供产品生产、使用情况，参与标准编写及意见反馈

4、主要工作过程

4.1 起草阶段

2022 年 05 月 13 日，工业和信息化部办公厅下达了修订《改良西门子法多晶硅用硅芯》行业标准的任务。本标准在下达计划之日起，标准编制组内部召开了关于标准起草的工作会议，布置了标准起草的相关工作。根据本标准的起草原则，编制组对我国目前生产和使用硅芯的相关企业进行调研和统计，参考国内外相关标准，同时结合相关企业的一些技术指标和检验数据起草了本标准讨论稿初稿。

2023年04月13日，由全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分技术委员会组织，在江苏省扬州市召开了《锗行业绿色工厂评价要求》等13项半导体材料标准工作会议，来自河南协鑫光伏科技有限公司、内蒙和光新能源有限公司、陕西有色天宏瑞科硅材料有限公司、亚洲硅业（青海）股份有限公司、新特能源股份有限公司等家单位的33名代表参加了会议。与会专家及企业代表对《改良西门子法多晶硅用硅芯》讨论稿进行了讨论和研究，并提出了修改建议。会后标准编制小组根据专家反馈的意见对标准讨论稿进行修改，形成了标准征求意见稿。

4.2 征求意见阶段

2023年05月08日，标准编制小组对《改良西门子法多晶硅用硅芯》标准征求意见稿进行广泛征求意见，发出标准文本和编制说明进行意见征询。征求意见的单位包括主要的生产、经销、使用、检验等，征求意见单位广泛且具有代表性。2023年07月，根据征求意见稿的回函情况，经过编制小组讨论研究，提出具体修改意见及采纳情况，编写了标准征求意见稿意见汇总处理表，并对标准文本进行修改，形成了《改良西门子法多晶硅用硅芯》标准送审稿。

4.3 送审阶段

2023年07月19日，由全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分技术委员会组织，召开《改良西门子法多晶硅用硅芯》（行业标准）审定会会议，共有XX、XX、XX等XX个单位XX位专家（具体见半导体材料标准审定会参加专家名单）参加了本次会议。会议对江苏中能硅业科技发展有限公司、XX和XX等共同起草的改良西门子法多晶硅用硅芯》（行业标准）进行了审定。与会专家对该标准送审资料从标准技术内容和文本质量等方面进行了充分的讨论并形成了修改意见，具体见半导体材料标准审定会会议纪要。

二、标准编制原则

本标准起草单位自接受起草任务后，成立了标准编制组负责收集生产统计、检验数据、市场需求及客户要求等信息，确定了《改良西门子法多晶硅用硅芯》标准起草所遵循的基本原则和编制依据：

（1）修订改良西门子法多晶硅用硅芯的产品质量要求，使之满足和保证行业应用的技术发展需要。根据行业水平和用户需求，对现有《改良西门子法多晶硅用硅芯》行业标准电阻率、施受主杂质、基体金属杂质含量的指标进行修订，并增加基体和表面金属杂质含量的元素。

（2）融入最新的较为成熟的硅芯性能指标的的检测方法，提供准确的分析数据，更好的指导硅芯的生产。

(3) 为促进光伏行业的发展，结合我国硅芯实际生产水平，同时根据产品用户的意见反馈，正确兼顾好彼此之间的关系，追求技术的先进性、指标的合理性和严谨性的统一，规范产品的质量，便于生产和用户的应用；

(4) 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》、GB/T 20001.10-2014 《标准编写规则 第 10 部分：产品标准》进行标准编制。

三、标准主要内容的确定依据

本标准结合我国改良西门子法多晶硅用硅芯的实际生产和使用情况，考虑硅芯的发展和行业现状制定而成。标准主要内容的确定依据详述如下：

1、范围

本标准按照 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》将本标准中所有“本标准”更改为“本文件”，“质量说明书”更改为“随行文件”。

具体表述为：“本文件规定了改良西门子法生产多晶硅用硅芯的要求、检验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存和随行文件及订货单内容。”。

2、规范性引用文件

在硅芯质量提升的同时，其相关检测方法标准也在更新和迭代。根据标准的查新、适用性和各硅芯使用厂家目前相关指标方法标准的使用情况，进行了如下更改：

本文件删除了规范性引用文件 GB/T 1558，增加了规范性引用文件 GB/T 1553，GB/T 24581，GB/T 31854，GB/T 35306。

3、要求

3.1 尺寸

通过前期调研硅芯厂家，目前硅芯尺寸及外形均有变化，因此本文件对截面形状和长度指标进行修订。将直径范围由“ $\Phi(6\sim 12)\pm 1$ ”修订为“ $\Phi(6\sim 25)\pm 1$ ”，将边长范围由“ $(8\times 8)\pm 0.5\sim(18\times 18)\pm 0.5$ ”修订为“ $(6\sim 25)\pm 0.5$ ”，将长度范围由“ $2000\pm 2\sim 3300\pm 2$ ”修订为“ $(1800\sim 3600)\pm 2$ ”。

3.2 技术指标

随着改良西门子法多晶硅用硅芯生产企业大量资金、技术、设备以及人才的投入，硅芯产品质量有了稳步提升。为适应不同多晶硅厂家的需要，将太阳能级多晶硅用硅芯划分为太阳能一级和太阳能二级。根据硅芯企业实际产品质量、多晶硅厂家需求及参照多晶硅相关标准，对改良西门子法多晶硅用硅芯的指标进行相应如下调整。

表 2 技术指标（原标准）

项目	太阳能级多晶硅用硅芯	电子级多晶硅用硅芯
N型电阻率/($\Omega \cdot \text{cm}$)	≥ 10	≥ 100
P型电阻率/($\Omega \cdot \text{cm}$)	≥ 100	≥ 500
碳浓度/(atoms/ cm^3)	$\leq 4.5 \times 10^{16}$	$\leq 2 \times 10^{16}$
基体金属(铁、铬、镍、铜、锌)含量/(ng/g)	≤ 30	≤ 10
表面金属(铁、铬、镍、铜、锌)含量/(ng/g)	≤ 30	≤ 10

表 3 技术指标 (修订标准)

项目	电子级多晶硅用硅芯	太阳能级多晶硅用硅芯	
		一级	二级
N型电阻率/($\Omega \cdot \text{cm}$)	≥ 100	≥ 40	≥ 20
施主杂质含量 (ppta)	≤ 880	≤ 2200	≤ 4000
受主杂质含量 (ppta)	≤ 520	≤ 2600	≤ 5200
碳含量/(atoms/ cm^3)	$\leq 2 \times 10^{16}$	$\leq 5 \times 10^{16}$	$\leq 1 \times 10^{17}$
少子寿命 (us)	≥ 300	≥ 300	≥ 100
基体金属杂质(铁、铬、镍、铜、锌、钠)含量/(ng/g)	≤ 10	≤ 15	≤ 20
表面金属杂质(铁、铬、镍、铜、锌、钠)含量/(ng/g)	≤ 10	≤ 30	≤ 30

(1) 增加太阳能级多晶硅用硅芯分类

为满足多晶硅客户需求，将太阳能级多晶硅用硅芯划分为太阳能一级和太阳能二级，参考硅芯厂家及多晶硅厂家的意见，制定相应指标。

(2) 更改了电阻率指标

因太阳能级多晶硅市场的变化，下游企业对于硅片电阻率范围逐渐缩小。太阳能级施主杂质含量的降低，相应增加硅芯 N 型电阻率的指标。结合硅芯产品质量及多晶硅厂家技术指标，将太阳能多晶硅用硅芯 N 型电阻率一级指标定为“ $\geq 40 \Omega \cdot \text{cm}$ ”，二级 N 型电阻率定为“ $\geq 20 \Omega \cdot \text{cm}$ ”。

(3) 增加了施主、受主杂质含量、少子寿命指标

棒状硅破碎时，硅芯同硅棒一同破碎。作为多晶硅产品的一部分，其施主、受主杂质含量、少子寿命指标显著影响表面沉积的多晶硅产品质量，为了完善硅芯产品评价指标，同时满足各多晶硅厂家检测的要求，加强多晶硅产品施受主杂质来源追踪，增加硅芯施、受主杂质含量、少子寿命的检测。指标参考各硅芯生产厂家、多晶硅生产厂家及《太阳能级多晶硅》进行修订。

具体如下：“太阳能级多晶硅用硅芯一级指标：施主杂质含量 ≤ 2200 ppta，受主杂质 ≤ 2600 ppta，少子寿命 $\geq 300\text{us}$ ；太阳能级多晶硅用硅芯二级指标：施主杂质含量 ≤ 4000

ppta, 受主杂质 ≤ 5200 ppta, 少子寿命 $\geq 100\mu\text{s}$; 电子级多晶硅用硅芯施主杂质 ≤ 880 ppta, 受主杂质 ≤ 520 ppta”。

(4) 更改了碳含量的技术指标

更低的碳含量, 显著降低拉晶、铸锭环节生产的晶体碳含量水平。为满足棒状硅现有的质量水平, 对硅芯的质量提出更高的要求。参考各硅芯厂家、多晶硅厂家的指标, 对硅芯碳含量的指标进行如下修改: “电子级多晶硅用硅芯指标: 碳含量 $\leq 2.0 \times 10^{16}$ atoms/cm³; 太阳能级多晶硅用硅芯一级指标: 碳含量 $\leq 5.0 \times 10^{16}$ atoms/cm³, 太阳能级多晶硅用硅芯二级指标: 碳含量 $\leq 1.0 \times 10^{17}$ atoms/cm³。”

(5) 更改了基体金属杂质指标, 增加钠元素

随着多晶硅质量提升, 对硅芯质量也提出更高的要求。更低的基体金属杂质含量, 能提高多晶硅拉晶、铸锭环节生产的晶体的少子寿命。根据硅芯产品实际质量情况, 同时参考《太阳能级多晶硅》、《电子级多晶硅》的指标, 进行指标增加和修改。

原标准中基体和表面金属杂质元素包括铁、铬、镍、铜、锌(Fe、Cr、Ni、Cu、Zn)五种元素, 本文件为保持和国标《太阳能级多晶硅》、《电子级多晶硅》体表金属元素的一致性, 增加钠元素, 修订后的基体金属和表面金属杂质含量元素包括铁、铬、镍、铜、锌、钠(Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na)六种元素。

指标具体如下: “太阳能级多晶硅用硅芯一级指标: 基体金属杂质含量 ≤ 15 ng/g, 表面金属杂质含量 ≤ 30 ng/g; 太阳能级多晶硅用硅芯二级指标: 基体金属杂质含量 ≤ 20 ng/g, 表面金属杂质含量 ≤ 30 ng/g。”

4、检验方法

(1) 增加了硅芯的施受主杂质含量的检验及制样方法

增加硅芯施受主杂质含量检测方法, 具体表述为: “硅芯施主杂质含量、受主杂质含量的测试按 GB/T 24581 的规定进行”。

(2) 硅芯少子寿命的测试方法

增加硅芯少子寿命检测方法, 具体表述为: “硅芯少子寿命的测试按 GB/T 1553 的规定进行”。

(3) 更改了硅芯的碳含量的检验方法

近几年, 随着多晶硅产品质量的快速提升, 多晶硅中碳含量逐渐降低, 相应对检测仪器和方法的要求更加精确。通过调研多晶硅厂家目前检测的方法和查询最新碳含量的检测标准, GB/T 35306 更加适用于多晶硅中碳含量的检测。因此, 本文件修订时规定将硅芯碳含量检测方法参考此标准进行。试验方法的具体表述为: “硅芯碳含量的测试按 GB/T 35306

的规定进行”。

（4）更改了硅芯的基体金属杂质含量的检验方法

YS/T 1061-2015 发布时，并没有硅芯基体金属杂质含量检测方法相关标准的制定，因此也没有相关检测方法标准可参考。随着技术进步和新标准的推进，GB/T 31854 标准中明确了多晶硅基体金属杂质含量的测试方法。本标准修订时规定将改良西门子法多晶硅用硅芯基体金属杂质含量的检测方法参考此标准进行。试验方法的具体表述为：“硅芯基体金属杂质含量的分析方法按 GB/T 31854 或其它等效方法检测”。

5、取样

增加硅芯施受主杂质含量的取样方法描述，同时考虑硅芯碳含量分布的稳定性和结果代表性，参考各多晶硅使用厂家取样情况，对碳含量取样位置进行修订，具体描述为：“从距离硅芯头部 300mm 处取 200mm 以上的硅芯为样品 A；从距离硅芯根部 150mm 处取 200mm 以上的硅芯为样品 B；A、B 两个样品，均进行各检测项目的检测，取平均值作为最终结果”。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、标准水平分析

本标准主要规定了改良西门子法用硅芯的适用范围、技术指标、检测方法及随行文件等，满足我国光伏行业发展的客观要求，既体现了我国硅芯制备技术的先进水平，又兼顾现阶段的具体实际。在标准的修订过程中，调研了硅芯生产目前的质量水平，并结合多晶硅客户的要求，参照国内其他行业的标准，进一步规范国内改良西门子法多晶硅用硅芯的适用范围、技术指标及试验方法，使标准具有充分的先进性、科学性、广泛性和适用性，综合水平达到国内先进水平。

六、与我国有关的现行法律、法规和相关强制性标准的关系。

本标准修订时，在标准的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等方面与国内相关标准协调一致。新修订的《改良西门子法多晶硅用硅芯》从技术上保证了产品的可靠性，表达清楚，技术要求全面、准确、科学、合理；标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合 GB/T 1.1 的有关要求，与国家现行法律、法规和相关强制性标准不存在相违背和抵触的地方。

七、重大分歧意见的处理经过和依据。

无。

八、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议本标准作为推荐性行业标准发布实施。

九、 代替或废止现行有关标准的建议

在本标准实施之日起，建议废止 YS/T 1061-2015《改良西门子法多晶硅用硅芯》。

十、 其他需要说明的事项

无。

十一、 预期效果

硅芯生产技术质量水平的快速提升，产品指标变化较大，客户需求在不断提升，现行的产品标准 YS/T 1061-2015《改良西门子法多晶硅用硅芯》已无法适应快速发展的硅芯产品的应用需求，不能有效指导产品生产及满足客户需求，制约了硅芯产品进一步扩大应用。因而，修订 YS/T 1061-2015 行业标准中涉及的技术指标、试验方法等关键技术内容，有利于促进企业生产工艺装备、技术水平、试验检测的升级发展，同时也利于下游使用硅芯的相关企业的发展，规范硅芯产品在光伏等应用领域的质量标准，增强企业的市场竞争力，确保硅芯产业的良性发展。本标准的修订，可以满足光伏企业对硅芯的市场需求，有利于生产单位对硅芯质量的控制，更有利于客户对生产单位质量的监控。

标准编制组

2023 年 7 月