

《废石墨提纯技术规范》
(征求意见稿)
编制说明

标准编制组

2025 年 7 月

目 录

一、任务来源与目的意义	3
二、与相关法律法规及标准的关系	7
三、标准制定工作概况	8
四、标准编制原则、主要内容及确定依据	9
五、采用国际标准情况	17
六、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性	18
七、重大分歧意见的处理经过和依据	18
八、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议	18
九、建议贯彻标准的要求和措施建议	18

一、任务来源与目的意义

1.1 项目背景与任务来源

石墨作为支撑现代工业发展的关键战略性矿产资源，在《全国矿产资源规划（2016-2020 年）》中被列为战略性新兴产业矿产之一，其重要性在新能源、新材料、高端制造等领域日益凸显。我国是全球最大的石墨生产国和消费国，产业的高速发展在满足国内需求、推动技术进步的同时，也带来了巨大资源消耗和废弃物产生。每年因生产加工过程中的边角料、产品性能不达标、消费使用后的报废等环节，产生了规模庞大、种类繁多的废石墨材料，形成了一座价值可观却开发不足的城市矿产，主要包括：

冶金行业：消耗的石墨电极在使用末期会产生大量的残段和碎块。这些材料在使用过程中经受了电弧高温和钢水熔渣的浸润，表面和近表面区域被诸多氧化物和硅酸盐严重污染，其本身及回收处理过程可能涉及铁、硅、钙、铝、镁、锰、铬、钛、钠、钾、磷、硫、氯等元素。

新能源产业：报废的锂离子电池产生了巨量的废旧负极材料。这些材料通常是表面包覆有无定形碳层的人造石墨或改性天然石墨粉末，其中混杂有电解质（锂盐、有机溶剂）、粘结剂热解产物，以及正极、集流体等部件，其本身及回收处理过程可能涉及铁、铜、铝、镍、钴、锰、钠、钾、磷、硫、氯、氟、硅等元素。

机械加工行业：在对石墨块体进行切削、钻孔、研磨等精密加工时，会产生大量的边角料、切屑和粉尘。这些废料往往被切削液、润滑脂、脱模剂等有机物严重污染，这些有机物将严重影响后续的提纯过程。其本身及回收处理过程可能涉及铁、锌、铬、镍、钴、钙、镁、钠、钾、铝、硅、硫、磷、氯、氟等元素。

半导体与光伏产业：在单晶硅生长、外延等工艺中，使用的高纯石墨坩埚、加热器、保温罩等部件在达到一定使用寿命后被替换下来。这类废石墨本身纯度极高，但其表面会附着硅、二氧化硅、碳化硅以及工艺中引入的微量金属污染物，涉及铁、铜、镍、铬、钛、硅、硼、磷、氯、氟等元素，其回收再利用的目标是重新制备高纯乃至超高纯石墨，对提纯技术的要求最为苛刻。

上述来源废石墨材料，其主体成分仍然是具有高附加值的石墨，但因在使用过程中混入了上述各类无机杂质和有机污染物，导致其性能（如导电性、导热性、电化学性能等）严重下降，无法直接回用于原领域或其它高价值领域。目前，行业内对这些废石墨的处理方式较为粗放，多数被简单作为低端填料、增碳剂使用，或者更甚者，被直接废弃或填埋。这不仅是对国家宝贵的碳资源的巨大浪费，也对生态环境构成潜在威胁，与我国循环经济发展和“双碳”战略目标背道而驰。因此，对废石墨进行高效绿色提纯，并实现其高值化再生，已成为发展循环经济、保障关键材料供应链安全、助力国家双碳目标实现的必然要求和重要途径。但我国废石墨回收利用行业仍面临严峻挑战，具体表现为：

（1）技术路线不统一，工艺水平参差不齐

企业多采用自行摸索的技术路线，从简单的酸洗、碱洗等湿法化学处理，到复杂的高温氯化、氟化等物理化学提纯，工艺参数的选择（如酸碱浓度、反应温度、液固比、提纯剂种类与用量等），缺乏统一的科学规范。这导致行业整体的提纯效率、能耗水平、成本控制能力差异巨大。部分企业工艺落后，不仅产品质量低下，还可能产生严重的二次污染。

（2）产品质量不稳定，缺乏统一评价标准

由于没有统一的提纯标准，不同厂家生产的再生石墨产品，其关键性能指标，如固定碳含量、关键杂质元素（铁、铜、钙、铝、硅、硼等）的残留量、pH 值、粒度分布等千差万别，导致下游用户在采购时难以进行有效的质量评估和横向比较，采购决策多依赖于小批量试用，交易成本高昂。质量的不确定性严重影响了再生石墨的市场信誉和在高价值领域的应用推广。

（3）高值化应用受限，产业链未能有效闭环

绝大部分废石墨仅能被降级利用于对纯度要求不高的增碳剂、耐火材料、铸造涂料等低附加值领域，未能充分发掘其潜在价值。特别是对于报废锂电池负极材料这类成分复杂、潜在价值高的原料，如何通过“提纯+改性”实现其到新一代高性能电池负极材料的“同级”乃至“升级”再利用，是实现产业链真正闭环的关键，但这迫切需要标准化的技术路径和产品规范进行引导。为解决上述问题，引导行业技术进步，规范市场秩序，推动废石墨资源化利用产业的高质量发展，中国循环经济协会正式提出并下达了《废石墨提纯技术规范》团体标准的制定任务。本标准编制旨在为废石墨资源化利用提供覆盖从原料、预处理、提纯工艺到产品评价、检验方法等科学、系统、可操作的技术依据。

1.2 标准制定的目的与意义

本标准的制定，是针对当前行业痛点的一次精准回应，其目的和意义具体体现在以下五个方面：

1.2.1 提出了与废料特征匹配的预处理方案

废石墨原料来源复杂，常伴有油污、树脂等有机污染物。这些有机物是后续提纯的“拦路虎”，会严重阻碍化学反应、污染设备和产品。本标准在第 4.3 条中，将预处理分为有机物脱除和物理处理两个阶段，

明确规定了对于受有机物污染的原料，必须先通过 400℃~900℃的热处理（焙烧或热解）进行净化，从源头上保证了后续湿法、高温提纯工序的效率和最终产品质量，避免了二次污染。

1.2.2 建立了废石墨提纯的系统性技术框架

提出了一个基于原料特性与产品目标的提纯工艺路线选择决策模型（见标准图 1）。它将工艺选择分解为对湿法（化学溶浸）、高温法（气热提纯）以及两者组合工艺的科学决策。并对每条技术路线中的关键工艺单元，如酸法浸出、碱法浸出、高温控温程序等，推荐了明确的工艺参数范围，同时也说明了具体工艺条件设定可根据废石墨主要杂质类型、提纯目标及成本等进行优化调控，有利于规范行业技术工艺，引导行业向着高效、低耗、精准的方向发展。

1.2.3 构建了提纯石墨产品分级与评价体系

针对再生石墨市场产品质量控制难题，通过定性分级与定量限值相结合方式，构建了一套完整、可操作的产品质量评价体系。

（1）创建与应用场景关联的六级产品分级体系（见表 1）。

建立了从 PG-990 到 PG-999999 的六个等级，将每个等级与最典型的工业应用场景进行绑定：PG-990（通用级）对应常规工业增碳剂；PG-9997（3N7 级）锚定长循环动力锂离子电池负极材料；PG-99999（5N 级）及以上则面向半导体、核工业等高精尖战略性领域，为市场提供了一套清晰的产品目录和选型指南。

（2）规定多维度、分等级的杂质元素含量限值（见表 3）。

本标准除了规定总的固定碳含量，还对特定杂质的控制进行了明确。表 3 中，针对铁、铜、钙、铝、硅、硫、氯、磷、硼等 18 种关键杂质元素，给出了随产品等级升高而递减的、明确的 ppm 级含量上限。这使得对再生石墨的质量评价从过去单一的总纯度考核，升级

为总纯度与关键杂质元素构成的综合评价，为市场交易和质量控制提供了具体、可量化、可裁决的技术基准。

1.2.4 构筑全流程的安全环保防线

本标准专设环境保护要求（第 5 章）和安全生产要求（第 6 章），全面覆盖了“三废一噪”的处置、粉尘防爆、化学品安全、高温作业安全、卤素气体安全等所有关键风险点，并与多项国家强制性标准进行了引用和衔接，强调了源头预防和过程控制的理念，要求企业必须将绿色、安全的理念贯穿于生产全过程，在创造经济价值的同时，履行社会责任，保障了废石墨提纯产业从源头上就是一个环境友好、本质安全的绿色产业。

二、与相关法律法规及标准的关系

本标准在编制过程中，严格遵循了我国《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等相关法律法规的要求，确保所有条款均符合国家法律法规的框架和精神。在内容上与现行国家和行业标准体系保持了良好的协调性和互补性。在术语定义、试验方法、环保安全等方面，本标准直接引用或参照了 GB/T 3521《石墨化学分析方法》、GB 3836.1《爆炸性环境 设备 通用要求》、GB 8978《污水综合排放标准》、JC/T 2571《高纯石墨中微量元素的测定》等数十项基础通用标准，确保技术内容的科学性和权威性。

同时，本标准作为针对废石墨提纯全流程的技术规范，不与现行标准相冲突，是对现有标准体系的补充和延伸，可为相关产业政策的制定、项目环评、市场监管以及绿色认证等工作提供技术参考和依据。

三、 标准制定工作概况

3.1 标准制定相关单位及人员

北京工业大学牵头作为主编单位成立标准编制小组启动编制。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

按照中国循环经济协会的安排，由北京工业大学牵头组织主要起草单位成立标准编写小组，小组成员由来自废石墨提纯技术及装备研发及产业化应用的相关教授、企业人员等共同组成。起草人员负责标准制定工作的组织、协调，相关资料的查阅、收集、整理，标准文本及编制说明的起草、撰写、修改、完善，组织召开内部讨论会，通过电子邮件、传真等方式，征集、整理和归纳相关的意见和建议。

3.2 主要工作过程

北京工业大学、湖南顶立科技股份有限公司等单位较早关注和开始推动废石墨回收提纯技术及装备研发和应用工作，2024 年形成企业标准《废石墨提纯技术规范》。2025 年初向中国循环经济协会提出申请制定《废石墨提纯技术规范》团体标准，经审定，协会同意标准立项。在已有企业标准基础上，2025 年上半年编制组通过查阅相关资料、调研等前期工作，以及负责起草的标准编制组成员深入开展调查研究、收集有关数据，对形成团体标准可能涉及的问题进行深入研究。2025 年 6 月形成团体标准草案及编制说明，由中国循环经济协会组建了由热化学、环境工程、碳材料等领域跨学科专家组，依据 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》对标准框架进行合规性审议，与会专家就标准名称、引用文件、术语及其技术要求提出了意见和建议。标准编制组充分吸收了专家意见，进行了多次深入探讨，形成标准讨论稿及编制说明。2025

年 7 月由中国循环经济协会组建了由热化学、湿法冶金、环境工程、碳材料、标准化研究等领域跨学科专家组对标准讨论稿进行了深入讨论。2025 年 7-8 月，标准编制组针对讨论稿及专家意见进行了多轮专家、企业的咨询、调研和充分修改完善，形成团体标准征求意见稿及编制说明。

四、 标准编制原则、主要内容及确定依据

4.1 编制原则

本标准在编制过程中，严格遵循了以下原则：

(1) 依法合规原则：执行国家《标准化法》、《环境保护法》、《安全生产法》相关法律、法规和方针政策，确保标准内容与现行强制性标准协调一致。

(2) 科学先进原则：标准技术内容基于科学的理论基础、充分的试验验证和行业最佳实践，反映当前废石墨提纯领域的先进技术水平和发展趋势。

(3) 经济合理原则：在设定技术指标和工艺参数时，充分考虑技术可行性与经济成本的平衡，力求引导产业走向高效、低耗、可持续的发展路径。

(4) 广泛适用原则：标准涵盖了不同来源的废石墨原料和不同纯度等级的产品，技术路线具有选择性和灵活性，力求满足产业链各环节的实际需求。

4.2 本标准主要内容及确定依据

本标准由范围、规范性引用文件、术语和定义、技术要求、环境保护要求、安全生产要求、证实方法及附录等部分构成。现对主要章节和条款内容的确定依据说明如下：

4.2.1 关于“范围”和“固定碳含量”的要求（第 1 章及第 4.2 条）

有关“本标准适用于以固定碳含量不低于 85%的各类废石墨为原料”，其确定依据说明如下：

设定 85%主要基于提纯技术的经济可行性。编制组对多种来源的废石墨（炼钢电极、锂电黑粉、机械加工料等）提纯成本进行了行业咨询、资料查阅和成本评估，结果表明当原料中杂质含量超过 15%（即固定碳低于 85%）时，通常会面临以下问题：一是化学品消耗急剧增加，酸碱消耗量与杂质含量直接相关，超过 15%的杂质将导致化学品成本在总成本中的占比过高，严重侵蚀利润空间；二是“三废”处理成本激增，大量的杂质意味着产生更多的废酸/碱液和废渣，环保处理设施的投资和运行成本会成为企业的沉重负担；三是综合能耗不成比例地上升，处理更多的杂质需要更长的反应时间或更剧烈的反应条件，单位产品的能耗显著增加。同时，85%具备广泛的行业代表性，调研发现，目前市场上具有回收价值的主流废石墨，如经过初步物理分选的电池黑粉等，其固定碳含量通常分布在 85%-95%的区间内，将门槛设为 85%，既能覆盖绝大多数有回收价值的原料，又能有效筛除杂质含量过高、不具备经济提纯价值的物料，为行业的健康发展设立了一个合理的起点。

4.2.2 关于“预处理”要求（第 4.3 条）

本标准将预处理分为有机物脱除和物理处理，并规定了有机物脱除的热处理温度窗口（400°C-900°C）及环保要求，其确定依据说明如下：

（1）设立有机物脱除前置步骤：针对大量废石墨含有机污染物（油污、树脂等）的现实，规定必须先通过热处理去除有机物。这是保证后续提纯工序有效性、避免二次污染的根本前提。若不进行此步

骤，有机物在湿法提纯中会形成疏水层，阻碍酸碱与杂质的传质；在高温提纯中则会裂解，其产物可能重新污染石墨。

(2) 脱除温度窗口的设定依据：该温度范围是基于对常见工业有机物（如切削油、酚醛树脂、环氧树脂等）热重分析数据和裂解行为的综合研判。400℃是大多数复杂有机物开始显著分解的温度下限；900℃则足以确保绝大多数有机物完全分解、挥发或碳化，且该温度尚未达到石墨与常见金属氧化物发生显著还原反应的温度，避免了预处理阶段发生不必要的副反应。

(3) 环保要求的同步规定：在工艺要求中直接嵌入废气处理要求（如 RTO，RCO 等专业设施），旨在从源头杜绝因预处理不当造成的二次环境污染，确保工艺的绿色属性。

4.2.3 关于“产品分级与代号”及“产品技术指标”（第 4.1 条及表 1、表 3）

设立 PG-990 至 PG-999999 六个产品等级，并规定了固定碳及 18 种杂质元素的含量限值，其确定依据说明如下：

(1) 各等级数值的确定依据

a. PG-990：再生石墨作为工业增碳剂行业通用基准，低于此纯度，将其作为增碳剂引入的杂质可能对钢水质量产生不利影响。

b. PG-999：对应高性能消费电子电池负极材料入门要求。

c. PG-9997：基于对当前动力锂离子电池行业深入研究后设定的关键等级，99.95%~99.97%是评判再生石墨是否可用于长循环动力电池的一个重要分水岭，有利于推动废旧电池负极材料高值化闭环。

d. PG-9999：光谱纯石墨电极的国家标准（GB/T 13531-2008）中对高纯级的要求，是部分半导体热场材料的准入基准。

e. PG-99999/ PG-999999：这两个等级则直接对标半导体单晶生

长（如拉晶、外延）、核反应堆慢化剂等尖端领域的国际通行要求。

(2) 表 3 中关键杂质元素限值确定

a. 过渡金属元素 (Fe, Cu, Ni, Co 等): 这是电化学活性物质，在电池中会引发副反应、造成自放电、甚至刺穿隔膜导致短路。其限值是参考企业对负极材料的内部控制标准设定。

b. 主族金属元素 (Ca, Mg, Al, Na, K 等): 这些杂质会影响材料的加工性能（如浆料稳定性）和电化学稳定性。

c. 非金属元素 (S, Cl, F): 这些为腐蚀性和污染元素，会对电池内部集流体和生产设备造成损害。

d. 关键敏感元素 (B, Si, P): 在半导体领域，硼是 P 型掺杂剂，为控制最严格的元素之一，痕量硼污染即可导致价值数十万的硅锭报废。在核工业中，硼是中子吸收剂，会严重干扰反应堆的链式反应。因此，其在 5N 级产品中的限值 (≤ 0.1 ppm) 是直接参照了相关领域的材料规范。硅在电池中，虽然也是一种负极材料，但非控的氧化硅或硅酸盐杂质会增加不可逆容量损失。在碳基材料半导体领域，硅是高纯石墨直接的污染源，本标准将其纳入并设定了从通用级的 500ppm 到半导体级的 0.1ppm 的严格限值。磷在电池中会与电解液反应，影响 SEI 膜的稳定性，通过这种差异化的限值设定，使质量控制更具针对性。

4.2.4 关于“湿法提纯工艺要求”（第 4.5 条）

(1) 工艺参数窗口确定

规定了酸/碱浓度、液固比、温度、时间等工艺参数窗口，以及过程控制的 pH 值范围，其确定依据说明如下：

a. 浓度（酸 1-8 mol/L，碱 1-5 mol/L）: 下限（1 mol/L）确保基本的反应驱动力和工业生产效率；上限（酸 8 mol/L，碱 5 mol/L）则

是在避免成本剧增、安全风险急剧增大（强腐蚀、酸雾）和副反应增加（如硝酸氧化石墨）前提下，设定的高效反应区间。

b. 液固比（2:1 - 10:1）：下限（2:1）是保证物料能够形成可搅拌流体、实现有效传质的最低要求；上限（10:1）则是为了避免因反应液体积过大导致的设备容积效率低下、能耗和废水处理成本过高的问题。

c. 温度（酸 60°C-95°C，碱 70°C-120°C）：下限（60°C/70°C）是为保证合理反应速率而设定；上限（95°C/120°C）中，95°C是常压水浴的安全高效上限；120°C则进入了水热反应范畴，必须在加压反应器中进行，旨在利用高温高压水热条件破坏硅酸盐等高稳定结构。

d. 并就具体工艺条件设定，补充了应根据废石墨主要杂质类型、提纯目标及成本等进行综合考虑。

（2）过程控制与产品指标的区分与合理化

将洗涤终点 pH 范围设定为接近于中性值，推荐范围 6.0-8.0（4.5.4 节），是在保证有效去除残留酸碱的前提下，充分考虑了工业大规模生产的节水和成本控制要求；同时，还补充了可根据具体需求进行适度调节。最终产品 pH 值（表 3）考虑了不同纯度石墨的 pH 的差异性，将 99%纯度石墨 pH 值设定为 5.0-9.0，将其他更高纯度等级的 pH 值设定为 6.0-8.0，更为反映优良产品实际情况，且考虑了石墨表面与空气中二氧化碳作用的微酸性趋势。

4.2.5 关于“高温提纯工艺要求”（第 4.6 条）

该条款规定了高温提纯工艺的适用对象、炉型气氛、提纯剂和三段式控温程序，其确定依据说明如下：

（1）适用对象（固定碳含量不低于 99%）

一般情况下，基于高温炉时效成本综合考量，从而使高温提纯具

有较高的技术经济性。由于高温炉运行单位时间成本高昂，将湿法预处理成本与高温处理成本进行综合考量，将原料纯度预先提升至 99% 以上，是实现全流程成本优化的一个平衡点。同时补充了在电力等能源成本相对较低情况下，固定碳含量可适度降低的说明。

(2) 气氛纯度 ($\geq 99.999\%$ Ar) 与微正压 (50-2000 Pa)

大于 2000°C 高温下，ppm 级的氧或水就足以与石墨发生反应造成严重烧损。50-2000 Pa 的微正压则是防止外界空气倒灌的安全冗余设计，从而为超高温碳材料处理提供基础安全和技术保障。

(3) 控温程序各阶段温度

a. 预热阶段 ($< 1500^\circ\text{C}$): 为低温脱附与分解区，旨在安全地脱离物理吸附水、结晶水以及硫等低沸点元素。1500°C 是诸多高稳定性化合物开始与碳发生反应或分解的温度阈值，在此温度以下升温可避免剧烈反应。

b. 主提纯阶段 ($2200^\circ\text{C} \sim 2800^\circ\text{C}$): 为化学反应控制区，旨在使得绝大多数杂质发生氯化反应，反应可自发进行；同时也是反应动力学优化区，加热温度足够高，反应速率足够快。2800°C 的上限则是为了实现石墨化和有效去除硼等固溶杂质关键温度。

c. 高温净化阶段 ($> 2800^\circ\text{C}$): 为物理蒸发控制区，旨在去除高沸点碳化物或被物理深层包裹的杂质。通过极限高温和/或真空，显著降低杂质的蒸发所需温度，实现物理上极限萃取，并协同实现材料晶格的修复和再结晶。

d. 就具体工艺条件设定，补充了应根据废石墨主要杂质类型、提纯目标及成本等进行综合考虑。

4.2.6 关于“环境保护要求”和“安全生产要求”（第 5、6 章）

第 5 章和第 6 章分别对生产过程中的环境保护和安全生产提出了

系统性、强制性的要求，全面覆盖了废水、废气、固体废物、噪声（“三废一噪”）的控制，以及粉尘防爆、化学品安全、高温作业安全和卤素气体安全等关键风险点，其确定依据说明如下：

（1）核心原则

合规性是底线，系统性是保障：首要依据是对国家现行《环境保护法》、《安全生产法》、《固体废物污染环境防治法》等法律法规的严格遵守和具体化落实；标准中引用的所有环保和安全相关的国家标准均为强制性标准，旨在确保废石墨提纯企业从建厂到运营的全过程，都满足国家最基本的环保和安全要求。

（2）针对工艺特点进行风险识别与精准管控

该部分并非简单罗列法规，而是紧密结合废石墨提纯工艺特有风险，提出了精准控制要求：

a. 针对湿法工艺：5.1 节明确要求对酸碱废水进行中和、沉淀、絮凝等处理，并特别强调对特定重金属离子的深度处理。

b. 针对物理预处理和成品处理：6.1 节粉尘防爆是安全要求的重中之重。石墨粉尘具有可燃性和爆炸性，标准明确要求采用密闭系统、同步启停的除尘装置和粉尘环境防爆型电气设备，从隔离可燃物、控制点火源两个维度，对粉尘爆炸风险进行系统性预防。

c. 针对高温提纯工艺：6.3 节高温作业安全和 6.4 节卤素气体安全是为该工艺配套的专项安全要求。高温炉必须配备超温报警及紧急断电联锁保护。针对剧毒、强腐蚀的氯气等提纯剂，标准要求配备专用的泄漏检测报警、紧急切断和应急吸收/处理系统。

（3）安全规程的极致严谨与可操作性

在 6.4 节卤素气体安全中，不仅仅是要求佩戴防护设备，并进一步明确区分了应急处置（如泄漏、更换气瓶）和常规巡检两种场景，

规定了必须使用的不同等级的呼吸防护设备。

4.2.7 关于“证实方法”（第 7 章）

第 7 章系统性地规定了各杂质含量对应的分析测试方法以及各规格产品的杂质含量限值，其确定依据说明如下：

（1）核心原则

要求与方法一一对应，做到裁决有据可依。证实方法是确保标准可执行、可检验的基础，为第 4 章技术要求中的每一项指标都指定了标准化的检测方法。

（2）检验方法的权威性与先进性

a. 宏观化学组成测定（固定碳、水分、灰分），引用了石墨领域最基础、最权威的 GB/T 3521（石墨化学分析方法）。

b. 微量杂质元素测定，引用专门的 JC/T 2571（高纯石墨中微量元素的测定）行业标准，并配合 ICP-MS 等先进分析技术。

c. 硫、氯、氟等非金属元素的测定，分别引用了现阶段最适用最可靠的标准方法，如高频燃烧红外吸收法、氧弹燃烧-离子色谱法，并指定参考最新的行业标准 HG/T 6116（废弃化学品中硫、氟、氯含量测定 氧弹燃烧 离子色谱法）。

（3）关键元素检测前的必要预处理工作

针对行业内普遍存在的硅元素检测不准的痛点，本标准在 7.2.8.1 节中明确要求，在测定硅时必要时采用含有氢氟酸的混合酸体系，从方法学的根本上解决了因二氧化硅或硅酸盐消解不完全而导致的测量误差。

（4）提纯石墨产品理化性能指标的规定

一是考虑到粒度（D50）与振实密度这 2 项物理指标，由于其与具体应用场景高度相关，其具体数值和允差范围可由供需双方协商

确定，并在产品质量证明书中予以注明。二是首先基于各规格产品纯度要求，对总的杂质元素含量给出上线限值要求；其次针对 PG-999、PG-9997 等规格产品（主要用于锂电池负极材料领域）纯度及杂质元素含量限值要求，重点参考了 GB/T 24533-2019 锂离子电池石墨类负极材料对各种杂质元素限值的有关规定要求；再次是针对 PG-9999、PG-99999、PG-999999 的高纯、超高纯石墨，重点考虑了半导体行业对杂质元素、尤其是微量敏感杂质元素对其实际应用的不利影响，来限制其含量上线。各规格产品的纯度及杂质含量上线限值确定，是基于标准编制工作组前期研究，并充分结合文献调研、已有标准参考、行业和专家咨询等做出的综合研判。

五、采用国际标准情况

本标准在编制过程中，对国际标准化组织（ISO）关于碳素材料的相关标准（如 ISO 12981 系列）、国际电工委员会（IEC）关于电池材料的标准以及美国材料与试验协会（ASTM）的相关标准进行了研究和参考，吸收了其在样品制备、测试方法和质量控制方面的先进理念。但考虑到我国废石墨来源的独特性和产业发展的实际情况，本标准未直接采用国际标准，而是结合国情，制定了更具针对性和适用性的技术规范。

六、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本标准的内容与《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等我国现行法律、法规和制度协调一致，未有与法律法规和强制性标准相冲突的内容。本标准与已经发布的《废弃产品回收利用术语》（GB/T 20861）、《一般固体废物分类与代码》

(GB/T 39198)、《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348)等相关国家标准,通过规范性引用的形式,在内容和技术要求上保持了协调一致与有机衔接。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编制及征求意见过程中,编制组内部及外部反馈意见主要集中在文本表述的规范性上,未出现对标准核心技术路线和主要技术指标的重大分歧意见。所有意见,如关于预处理环节的补充、硅元素的纳入、pH值的范围界定、安全规程的细化等,均通过技术研讨、专家论证、行业和企业核实等方式,达成了科学合理的一致意见,并最终体现在标准文本中。

八、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

根据《中华人民共和国标准化法》的规定以及团体标准的性质,本标准旨在引导行业技术进步和规范市场行为,不涉及人身健康、生命财产安全、国家安全、生态环境安全的强制性要求。因此,建议将本标准作为推荐性团体标准发布。

九、建议贯彻标准的要求和措施建议

为确保本标准发布后能够得到应用,建议采取以下措施:

第一、由中国循环经济协会牵头,组织标准主要起草单位成立标准宣贯工作组。

第二、编制内容详实、通俗易懂的标准宣贯材料和解读文件,并通过协会官网、公众号、行业会议等多种渠道进行发布,扩大标准的知晓度和影响力。

第三、适时组织面向会员单位及行业相关企业的线上或线下标准宣贯培训会,对标准的技术要点、实施方法和重要意义进行深入解读

和答疑。

第四、鼓励和支持会员单位率先采纳本标准，建立示范工程，并积极收集标准在实施过程中的反馈意见，为标准未来的修订和完善提供依据。

《废石墨提纯技术规范》标准研制项目组

2025 年 7 月