

制定《含锑废渣回收技术指南》
国家标准编制说明
(草案)

编制单位：《含锑废渣回收技术指南》国家标准起草小组

编制日期：2025 年 6 月

制定《含锶废渣回收技术指南》国家标准编制说明

(草案)

一、工作简况

1 基本信息

1) 任务来源

根据国家标准化管理委员会《关于下达 2025 年第一批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》的要求（国标委发【2025】3 号），于 2026 年 6 月前完成《含锶废渣回收技术指南》国家标准的制定工作（计划编号 20250159-T-606）。本标准归口单位为全国废弃化学品处置标准化技术委员会。中海油天津化工研究设计院有限公司、深州嘉信化工有限责任公司等公司共同负责起草。

2) 制定标准的目的、意义

党的“二十大”报告中明确提出“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”的环保理念，要求我们未来发展要加快发展方式的绿色转型，深入推进环境污染防治，提升生态系统多样性、稳定性、持续性以及积极稳妥推进碳达峰碳中和等措施，积极应对气候变化全球治理。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》明确提出“坚持生态优先、绿色发展，推进资源总量管理、科学配置、全面节约、循环利用，协同推进经济高质量发展和生态环境高水平保护”。

《国家标准化发展纲要》中提到“筑牢绿色生产标准基础。建立健全清洁生产标准，不断完善资源循环利用、产品绿色设计、绿色包装和绿色供应链、产业废弃物综合利用等标准”上述政策从国家层面对绿色、低碳以及循环经济进行了定位，废弃化学品处置行业相较于其他行业具有其特色，在减量化、资源化以及无害化的基础上，实现废弃化学品尤其是有毒有害类化学品的处理以及最终处置、消纳等过程，同时在此过程中，大部分的资源类物质以再生或分离、副产等形式回收。废弃化学品处理处置解决了石油、石化、化工等行业的后顾之忧，支撑了行业清洁、健康的发展，符合国家相关的大政方针。

锶矿是一种稀有金属矿，是具有战略意义的矿产资源，被巴黎院筹委员会（COCOM）列为战略物资。主要以锶的硫酸盐为主，俗名“天青石”，在世界范畴内储量都很小。随着钡、锶在磁性材料、陶瓷电容、光学玻璃、新能源储备技术等新兴行业的加速应用，其战略价值逐步体现，钡、锶价格也在觉醒，钡、锶可能成为下一个稀土。欧盟委员会（欧委会）目前分布 2020 年最关键原材料清单，保留了钨、铝、锑、稀土等 26 种材料，新增了锂、钛、锶、铝土矿 4 种材料。我国是天青石储量丰富的国家之一，约占世界总储量的四分之一，居世界第二位，是优势战略性矿产，全球锶矿产主要分布在巴基斯坦、美国、中国、墨西哥、西班牙、土耳其、伊朗等，我国锶资源庞大但品位低，杂质含量高，资源禀赋并不具备优势。CRT 行业和磁性材料行业的迅猛发展带动了锶盐的规模化生产。目前我国已成为世界上锶盐产品最大的生产国和消费国，产品基本满足国内需要；锶在发光材料中的研究方兴未艾，在超导材料方面的研究也取得了很大进展。

锶盐行业的特点是生产大多以天然矿物原料，主要以天青石为主，其次是菱锶矿，生产流程较长，化学物料吞吐量较大且多为固体粉状物料，生产过程中产生的废水、废气、废渣给环境造成污染。随着国家对于环境保护和高质量发展的重视程度日益提高，资源的综合利用和节能减排成为行业可持续发展的必由之路。天青石矿往往会伴生一部分菱锶矿成分，硫酸锶含量在 40%~90% 范围，根

据使用的矿点不同含量存在较大差异；天青石在煅烧环境下，一部分硫化锶被转化成酸溶性锶如：碳酸锶、硅酸锶、铝酸锶、铁酸锶等。经过分析，天青石制备碳酸锶过程中产生的废渣，尚含有 30%-40% 的酸溶锶（以碳酸锶计），因此，针对含锶废渣中可提取这部分未被利用的酸溶锶资源开展综合利用生产氯化锶，实现锶资源综合利用与绿色环保的目的，对提高原料的利用率，节约珍贵的锶资源具有重要的现实意义。

制定《含锶废渣回收技术指南》国家标准，一方面可以减少含锶废渣处置量，减轻对环境的污染；另一方面，可以变废为宝，把含锶废渣中的酸溶锶等有效成份提取出来，生产氯化锶产品，实现了废物的无害化、减量化处置到锶资源回收利用，符合国家绿色环保相关政策要求。制定含锶废渣生产氯化锶，锶资源回收利用的方法标准，可以有效的指导目前含锶废渣进行科学的处理，减量化、产品化等。以含锶废渣制备氯化锶，目前相关企业如深圳嘉信化工有限公司、贵州誉福隆科技有限公司等，已经采用该工艺生产有将近 3 年的时间，工艺稳定可靠，完成工业化应用，并兼顾了经济效益和社会效益，具有积极的社会影响。该处置工艺实现了含锶废渣的无害化、减量化、资源化的综合利用，符合国家的绿色环保相关政策，制定含锶废渣的资源回收利用方法标准，可以有效的指导目前含锶废渣进行科学处理、减量化、产品化等，实现资源节约与绿色环保的目的。

2 国内外标准资料

1) 国内外标准资料

国内尚未出台任何含锶废渣回收技术指南的相关国家标准、行业标准、地方标准、团体标准；也未见国外有相关含锶废渣回收技术指南的国际、国外或地区标准。

2) 采标情况

目前未收集到相关标准，本次制定标准无标可采。

二、 主要工作过程

1、起草阶段（2025. 1~2025. 3）

①起草工作组

2025 年 1 月全国废气化学品处置标准化技术委员会同深圳嘉信化工有限责任公司等公司成立了国家标准制定起草工作组，各成员单位认真查阅了国内外标准及有关技术资料，并向生产、使用单位发函，进行调查并广泛征求对制标的意见，在此基础上编制了文献小结及工作组讨论稿。起草工作组由中海油天津化工研究设计院有限公司、深圳嘉信化工有限责任公司等多家单位组成。

②分工情况

起草工作组组织单位（中海油天津化工研究设计院有限公司）主要负责标准制定工作总体协调，及资料收集、编写文献小结、组织召开标准工作会议、提出工作方案、收集相关统计数据、编写标准各阶段草案、编制说明及相关附件等工作。

深圳嘉信化工有限责任公司及其他起草工作组成员单位主要负责对制定国家标准提出建议和意见，收集、统计各企业生产过程中实际的回收情况，商讨确定标准中的具体回收技术和装备等内容。

③调查研究过程

起草工作组根据下达的对《含锶废渣回收技术指南》国家标准的制定计划，首先查阅了国内外标准及有关技术资料，并向生产、使用单位发函，进行调查并广泛征求对标准制定工作的意见，在此基础上提出了文献小结。2025 年 3 月在天津召开了国家标准制定工作方案会，会上生产单位就各自的

生产工艺、回收技术等情况进行了介绍。与会代表就此标准的主要内容进行了深入、细致的讨论，提出了工作方案，并对各项工作任务及工作进度做了详细的安排。

本次标准制定的重点内容是根据目前我国含铟废渣回收技术的应用情况，提出相应的回收方法。通过本标准制定，结合深圳嘉信化工有限责任公司含铟废渣回收技术的科研成果及国内具体应用经验固化成标准，并进行推广，为含铟废渣中的铟资源开展资源化循环利用提供一条新途径。

2、标准征求意见阶段（2025.5~2025.7）

1) 广泛征求意见

在起草阶段工作基础上，2025年6月，标准修订小组根据前期工作情况，由负责起草单位起草了标准的征求意见稿及编制说明。向全国废气化学品处置标准化技术委员会的委员、使用及检验机构等单位发送了电子文件征求意见稿及编制说明，并在网上（www.trici.com.cn）公开征求意见。

2) 意见的反馈与处理

发送征求意见稿的单位数 个，收到征求意见稿后回函单位数 个，收到征求意见稿后回函并有建议或意见的单位数 个，没有回函的单位数 个。对收到的意见全部进行处理，处理意见详见意见汇总处理表。

三、标准编制原则及确定国家标准主要内容

（一）编制标准的原则、编制依据

1 标准编制原则

制定标准时尽可能地做到简化、统一、协调、优化；既要考虑其先进性，也要考虑其实用性、可行性；既要符合国内外发展的需要，也要结合国内目前产业的实际状况。

- 符合国家的政策，贯彻国家的法律法规；
- 充分考虑使用要求；
- 简化、选优和通用互换；
- 技术先进、经济合理；
- 从全局出发，考虑各方的综合效益。

2 编制标准的依据

本标准的制定是以相关标准为基础，按 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》。

GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则

GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准

HG/T 4501 工业氯化铟

（二）确定国家标准主要内容的论据

1. 含铟废渣情况简介

铟渣主要产生于碳酸铟生产的浸取工艺，是浸取后未反应的矿石及煤的混合物等。碳酸铟的生产原料一般为天青石矿，主要生产方法有碳还原法、复分解法、转化法三种。碳还原法的生产工艺较成熟，生产设备简单，所需材料品种较少且产品质量稳定，成本低，适合大规模生产，但矿石利用率低，

并伴有废气产生；复分解法又名纯碱法，转化率高，污染小，但生产流程长，原料消耗多，成本高；转化法虽能克服上述两种方法的一些缺点，但其所需设备复杂，成本较高。因此，我国碳酸锑的生产以碳还原法为主，复分解法也有应用。以碳化法为例，生产过程中，每得到 1t 碳酸锑产品，产生大约 1.5t 的锑渣（以干基计），目前国内锑渣（干基）产量约 12.5 万吨/年，目前堆存量超过 200 万吨，资源综合利用率约为 14%。国内锑渣的处理仍以堆存为主。

由于矿石的成因不同，天青石矿中常伴生有部分硅酸盐、硅铝酸盐等盐，原料煤中亦含有硅酸盐、铝酸盐等，这些杂质高温焙烧环境下，将部分转化成酸溶性锑如：碳酸锑、硅酸锑、铝酸锑、铁酸锑等其在粗制硫化锑浸取时被留在锑渣中。经过检测分析，天青石制备碳酸锑过程中产生的废渣尚含有 20%~35% 的酸溶锑（以碳酸锑计），深州嘉信公司充分利用生产碳酸锑后的锑渣中的锑资源，开发了利用锑渣生产氯化锑工艺，年处理能力约 18700 吨，可回收生产六水氯化锑 7000 吨。经济效益达到 5000 万元以上。目前国内锑渣（干基）产量约 12.5 万吨/年，目前堆存量超过 200 万吨，资源综合利用率约为 14%。针对锑渣中锑资源开展综合利用生产锑盐产品，即实现锑资源综合利用，节约珍贵的锑资源，又实现了废渣的减量化、无害化处理并转化成有用的化工产品。使资源类物质得以再生、分离等方式得到回收，促进行业清洁、健康发展具有重要的现实意义。

2. 标准范围

本标准规定了含锑废渣回收的组成、回收方法、回收效果和环境保护。

本标准适用于利用碳酸锑生产过程中产生含锑废渣回收生产工业六水氯化锑。

3. 术语定义

标准中对含锑废渣进行了定义，即：在碳酸锑生产过程中，天青石经焙烧、浸取硫化锑后产生的残渣。

4. 组成

碳酸锑生产过程中产生含锑废渣的主要成分为焙烧过程产生的碳酸锑、硅酸盐、未被还原的硫酸锑和少量未能被水浸溶出的硫化锑、碳酸钙、碳素等。

锑渣的元素组成以硫、钙、铝、硅、铁和镁为主，化学组分分析结果表明，其主要组分和含量大致范围： SO_3 在3.90%~5.50%； CaO 在25.1%~28.82%； Fe_2O_3 在1.36%~7.30%； Al_2O_3 在4.85%~6.43%； SiO_2 在9.46%~24.70%； MgO 在1.01%~7.70%；烧失量在3%~13%。由于矿石的成因不同，相应的组成也会存在一定的差异。

5. 回收方法

5.1 原理

含锑废渣中的酸溶性锑化合物与盐酸反应生成氯化锑溶液，精制除杂处理后，再经蒸发、冷却结晶、烘干得到六水氯化锑产品。

5.2 工艺流程

将含铟废渣加水研磨达到要求的细度后，按照一定的液固比，制成含铟废渣浆液，在密闭环境下，浆液中通入盐酸进行酸化、过滤，滤液为粗氯化铟溶液，滤渣经洗涤后，运往渣场，洗液返回研磨环节；粗氯化铟溶液经除杂精制，除杂过程中的洗液回用至化料；精制溶液经过滤、蒸发、结晶、分离、烘干，制得六水氯化铟产品。其流程简图如下：

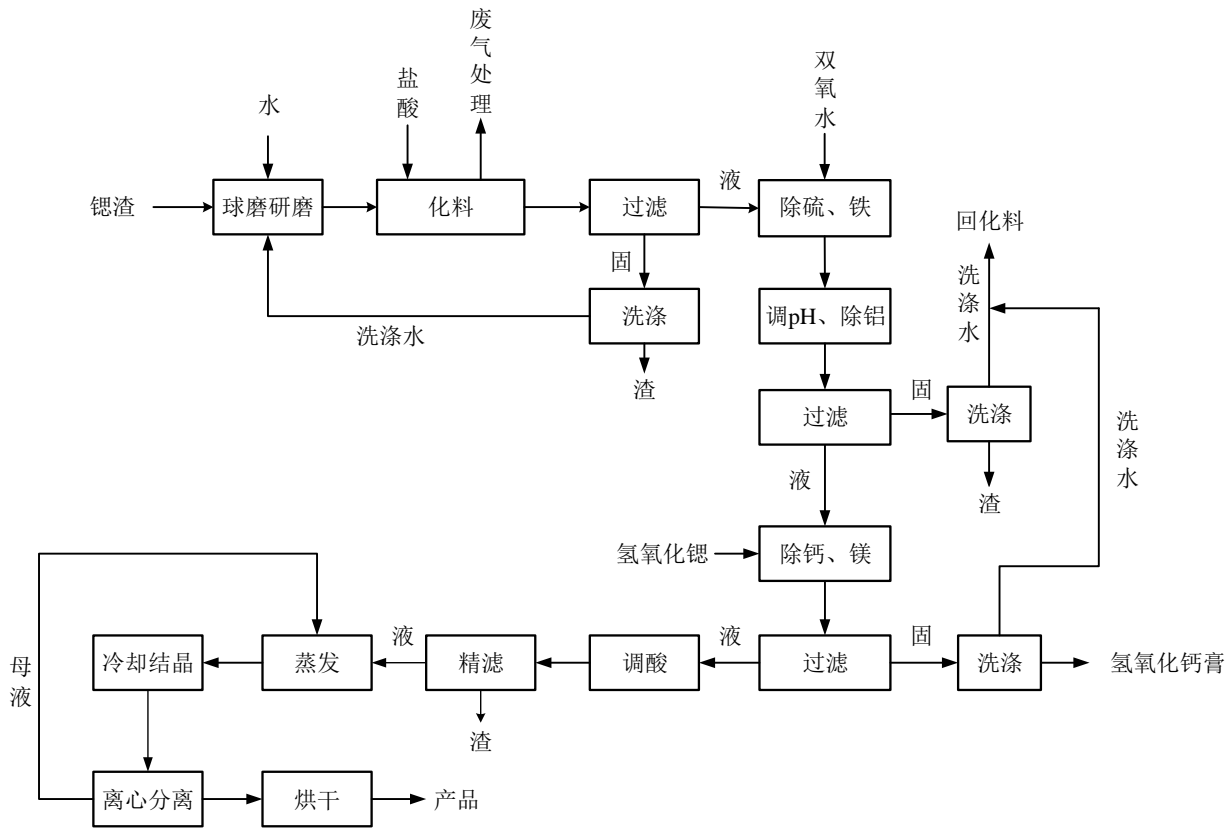


图1 含铟废渣回收工艺流程框图

5.3 工艺过程控制

标准中的工艺过程控制主要分为球磨研磨、化料、洗涤精制、调酸、蒸发结晶，并给出了具体的工艺过程控制要求。

5.3.1 球磨研磨

铟渣在酸化反应中需与酸充分接触。球磨通过机械破碎将铟渣颗粒细化，能显著增加表面积，加速酸溶铟的溶解，从而提升浸取率。细磨后的铟渣更易通过过滤、除杂等步骤分离出有效成分。研磨后的铟渣颗粒更均匀，能均匀分散在酸液中，避免局部过酸或反应不充分的问题，确保酸溶铟的高效提取。铟渣通常含有一定水分或需控制湿度（如含泥质、易扬尘），湿磨通过加水形成料浆，可减少粉尘污染，湿磨能有效破碎铟渣颗粒，提高后续酸溶反应效率，而干磨可能因物料粘性或硬度不足导致细度不足，同时能耗也小于干磨，同时为物料的输送方便，在综合考虑经济性和工艺效果后，确定料浆的固含量在 20% 左右，铟渣的细度不大于 125 μm（120 目）。

5.3.2 化料

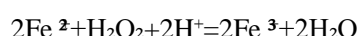
化料工序是锑渣回收氯化锑的关键步骤，化料工序通过加盐酸（30%）使锑渣中的酸溶性锑（如碳酸锑、硅酸锑、铝酸锑等）在酸性条件下被浸出，转化为可溶的氯化锑，为后续结晶提纯奠定基础，实现资源的高效利用，减少废弃物排放。密闭环境可减少酸挥发和尾气排放，同时提高反应安全性。化料酸化过程中，硅酸盐与盐酸反应，生成二氧化硅，通过过滤可以去除。标准中给出了加盐酸后化料罐内溶液的 pH 要求、化料罐的浸取时间的要求及化料结束后的 pH 要求，化料过程中需严格控制 pH 以促进锑的溶解；浸取时间过长会导致酸耗增加，过短则浸出率不足；另外化料酸浸过程中可能释放硫化氢（H₂S）等气体，需通过废气处理系统处理达标后才可排放。控制酸浸的温度，但温度过高（>80℃）易导致酸蒸发，还需综合考虑设备耐腐蚀性。

5.3.3 洗涤精制

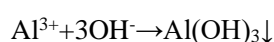
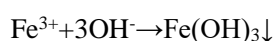
酸浸液需通过过滤去除酸不溶物（如硅酸盐），并用水洗涤，收集含氯化锑的滤液，进行除杂精制洗涤过程，通过加入双氧水先除硫、除铁，控制 pH 进一步沉淀铝，再加氢氧化锑除钙，

双氧水可将锑渣中的多硫化物反应生成的硫单质，通过过滤去除。根据化料液中的 Fe 的量确定双氧水加入量，通常为理论量的 1.1~1.5 倍。在双氧水除硫后，可根据过滤液的颜色判断硫是否去除完全，若滤液中含有硫，滤液会呈现绿、黄、红、具有乳光的不清澈液体。

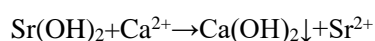
双氧水的强氧化性可将锑渣中低价态铁离子（Fe²⁺）氧化为高价态（Fe³⁺），促进其与 OH⁻结合生成 Fe(OH)₃沉淀。



氧化后的 Fe³⁺及 Al³⁺等离子在通过加入氢氧化钠溶液（30%）或氢氧化钙料浆调节溶液的 pH，使其在 7~8 范围，使溶液中的铁、铝沉淀完全，钙、镁等杂质也会生成氢氧化物沉淀，均可通过过滤分离。



滤液再加入氢氧化锑进行深度除钙、镁，氢氧化锑在溶液中通过以下反应与钙离子（Ca²⁺）结合生成氢氧化钙沉淀：



除钙、镁前应先根据滤液中的钙含量确定加入氢氧化锑，使 pH 控制在 10~12 范围内，开启加热，使温度达到 90℃，促使钙、镁沉淀完全。

过滤后滤液进入下面的调酸工序，滤渣为氢氧化钙膏状物，它可用于脱硫，洗涤水回到化料工序。

5.3.4 调酸

调酸的目的是将滤液调至 pH 调至 7~8 范围内，前期的洗涤精制过程液体呈碱性，需调至中性，避免对后续设备造成腐蚀。调酸后还需进行过滤，避免在存储过程中的料渣带入蒸发系统。

5.3.5 蒸发结晶

氯化锑溶液需浓缩至一定浓度，确保结晶驱动力，浓缩时需避免高温导致氯化锑分解或杂质析出，通常采用真空蒸发以降低沸点，减少热能消耗。标准中要求真空度控制在 0.08MPa 左右后

开始蒸料。初始蒸料时应注意随时观察液位下降的情况，及时补料。在冷却结晶工序，结晶罐冷却终点温度应小于 25℃。离心分离后的洗涤水回到蒸发工序。在烘干工序，烘干温度可根据采用的设备和料层的厚度确定，推荐温度控制在 110℃~115℃。当物料温度降低到 30℃ 以下，即可出料。

6. 回收效果

标准中要求利用含铈废渣生产的六水氯化铈产品应符合 HG/T 4501 中的规定。深州嘉信回收利用生产工业六水氯化铈的数据见下表。

含铈废渣生产六水氯化铈数据

序号	铈渣质量 (干基) /t	六水氯化铈质量						
		产品质量 /t	铈钡钙含量 w%	钡 w%	钙 w%	铁 w%	重金属 w%	水不溶物 w%
1	24	10	101.24	0.0062	0.027	0.00034	0.0001	0.021
2	26.4	11	100.02	0.0058	0.054	0.00039	0.0002	0.009
3	28.8	12	102.28	0.0077	0.055	0.00039	0.0001	0.019
4	24	10	101.16	0.0087	0.047	0.00019	0.0002	0.023
5	26.4	11	100.48	0.0077	0.049	0.00019	0.0001	0.020

7. 环境保护

标准中对于生产过程中产生的废水、废气、废渣进行了规定，废水不能外排，全部回用至生产工艺中，废气须经处理后才可达标排放，废渣须按 GB 5085.7 的规定进行鉴别，根据鉴别结果进行处置。

四、 主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

铈矿是一种稀有金属矿，主要以铈的硫酸盐为主，俗名“天青石”，在世界范畴内储量都很小。随着铈在磁性材料、陶瓷电容、光学玻璃、新能源储备技术等新兴行业的加速应用，其战略价值逐步体现，我国是天青石储量丰富的国家之一，居世界第二位，是优势战略性矿产，标准针对铈渣中铈资源开展综合利用生产铈盐产品，即实现铈资源综合利用，节约珍贵的铈资源，又实现了废渣的减量化、无害化处理并转化成有用的化工产品。使资源类物质得以再生、分离等方式得到回收，促进行业清洁、健康发展具有重要的现实意义。

回收利用铈渣生产氯化铈产品，一方面，可减少铈渣处置量，减轻铈渣的长期大量堆放对环境的污染；另一方面，可变废为宝，以天青石为原料制备碳酸铈焙烧过程中产生的废渣中含有 30%-40%的酸溶铈（以碳酸铈计），把其中的铈提取出来，生产氯化铈产品，实现了废物的无害化、减量化处置，又生产有用的铈盐产品。

目前国内铈渣（干基）产量约 12.5 万吨/年，目前堆存量超过 200 万吨，资源综合利用率约为 14%。目前深州嘉信化工有限责任公司与贵州誉福隆科技有限公司从事铈渣的综合利用生产，年处理能力约 18700 吨，可回收生产六水氯化铈 7000 吨，经济效益达到 5 千万元以上。

五、 采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

尚未检索到同类的国际、国外标准。

（三）水平分析

本标准作为国内首次制定的关于含锑废渣回收利用的标准，因未收集到国外标准，因此本标准根据国内生产的实际情况进行制定。本标准制定时充分考虑了到国内含锑废渣回收利用的工艺技术特点，给出了对于各个处理过程中的工艺控制要求，符合实际生产情况，具有可操作性，为相关生产企业完善生产管理、提高含锑废渣的资源化利用，并提供了技术指南。

综上所述，本标准达到国内先进水平。

六、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

与现行相关法律、法规、规章及相关标准无冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧。

八、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议作为推荐性国家标准。

九、贯彻国家标准的要求和措施建议

建议尽快发布实施本标准。建议标准实施后组织标准宣贯，使相关单位了解标准内容，促进标准顺利实施。

十、废止现行有关标准的建议

无。

十一、公平竞争审查说明

标准制定过程没有限制或者变相限制市场准入和退出、没有限制或者变相限制商品要素自由流动，没有影响经营者生产经营成本、没有影响经营者生产经营行为。本标准经审查不存在违反《公平竞争审查条例》规定的内容。

十二、其他应予说明的事项

无。

《含锑废渣回收技术指南》

国家标准起草小组 编制日期：2025.6

