

附件

《锂渣废弃物综合利用技术规范》

编制说明

《锂渣废弃物综合利用技术规范》编制组

2025年10月

项目名称：锂渣废弃物综合利用技术规范

项目统一编号：

承担单位：

编制组主要成员：

标准所技术管理负责人：

标准处项目管理人：

目 录

1 制定标准的背景、目的和意义	1
2 工作简况	19
3 标准编制原则	22
4 标准的主要内容及确定依据	23
5 重大分歧意见的处理	29
6 与现行有关法律、法规和强制性标准的关系	29
7 标准实施的环境效益及经济技术分析	30
8 标准实施建议	31

1 制定标准的背景、目的和意义

1.1 制定标准的背景

1.1.1 我国锂资源分布概况

我国锂资源按赋存形态主要分为盐湖卤水型（占比 75%~85%）、硬岩型（约 15%，含锂辉石与锂云母）、黏土型（占比<5%）三大类。盐湖卤水资源集中于西北高原，硬岩型分布于西南山地，沉积型散见于南方省份，形成“西北盐湖、西南硬岩、南方沉积”的地理格局。以下是几种典型锂资源的分布情况。

1) 盐湖卤水型锂资源。集中分布于青藏高原，青海占全国盐湖资源的 50%，核心矿区为察尔汗盐湖；西藏占 30%，以扎布耶盐湖为代表。该类型核心特点体现为三重矛盾：其一，资源规模巨大但禀赋较差，锂浓度普遍低于 0.5 克/升，青海盐湖镁锂比高（察尔汗盐湖），分离难度极大；其二，西藏扎布耶盐湖虽属全球最优碳酸盐型（镁锂比仅 0.01:1，锂浓度 1724ppm），但受制于 4500 米高海拔生态脆弱区，基础设施开发成本高昂；其三，盐湖提锂对低温、低气压环境适应性要求严苛，大规模产业化面临自然条件约束。

2) 硬岩型-锂辉石资源。主要集中于四川省甘孜州及雅江地区，占全国锂资源总量的 8%。其核心特点在于矿物特性与资源禀赋的双重优势：其一，矿物学上呈单斜晶系断柱状/板状晶体，集合体为粒状致密块体，物理参数显示硬度 6.5-7.0、密度 3.03-3.22 g/cm³，玻璃光泽特性使其具备优良选矿性能；其二，资源禀赋方面，甲基卡矿区 Li₂O 平均品位达 1.3%，为亚洲最高品位锂辉石矿，雅江新探明超大型矿床更显著提升战略储备规模。但开发受生态保护严格限制。

3) 硬岩型-锂云母资源。资源集中于江西宜春地区（占全国储量 40%），全国资源占比约 7%。其特点表现为“两低一高”：矿石品位低（Li₂O 含量仅 0.2%-0.6%），需处理百倍原矿量；元素综合利用价值低，虽伴生钽、铌、铷等稀有金属，但成分复杂导致分离成本高昂。

4) 沉积型（黏土型）锂资源。该类型资源常见于云南中部、贵州大竹园及湖北江汉盆地，全国占比不足 5%。资源特点呈现三层特征：赋存形态上，锂离子主要吸附于蒙脱石、高岭石等黏土矿物层间，贵州地区存在铝土矿伴生锂资源；开发条件上，云南矿体埋藏浅（米）、品位较高（0.5%-0.8% Li₂O），具备露天

开采优势；技术瓶颈层面，酸浸法提锂回收率不足 80%，氯化焙烧等工艺尚未实现经济性规模化验证，目前仍处于技术储备阶段。

1.1.2 湖南省锂资源情况

湖南省是我国锂资源储量较为丰富的省份之一，以湘西北地区的硬岩型锂矿（锂辉石、锂云母）和湘中南地区的伴生锂资源为主，也具有重要潜力。其资源分布具有“点多面广、相对集中”的特点。湖南省锂资源，特别是湘西北的硬岩型锂矿，储量丰富、品位较高，具备建设大型锂矿采选基地的条件。分布相对集中：主要优质资源集中在临武县及其周边，便于集中开发和产业布局。资源类型多样：既有传统的锂辉石、锂云母，也有非常规的伊利石粘土型锂资源，为长远发展提供了更多可能性。战略地位重要：随着新能源汽车产业的飞速发展，湖南省凭借其锂资源优势，正积极规划从“锂资源”到“锂材料”（如碳酸锂、氢氧化锂）再到“锂电池”乃至“新能源汽车”的全产业链，旨在成为全国乃至全球锂电产业的重要一环。

湖南省锂资源勘查近期取得了历史性重大突破，在郴州市临武县发现并探明了一个超大型的蚀变花岗岩型锂矿床，彻底改写了其在全国锂资源格局中的地位。根据湖南省地质院勘探结果，鸡脚山锂矿石资源量 4.9 亿吨，氧化锂平均品位 0.268%，氧化锂资源量 131 万吨，折合碳酸锂当量约为 324.43 万吨，是目前经自然资源部批准备案资源储量最大的锂矿。

资源储量与分布高度集中。临武县鸡脚山矿区，规模相当于 13 个大型锂矿，被正式认定为超大型矿床。这一发现使湖南省的锂资源分布呈现出“一点独大、高度集中”的特点，资源重心明确落在了郴州临武地区。该矿床不仅规模巨大，而且矿体形态稳定，矿石属于较易选冶的类型，同时还富集铷、钨、锡、铌、钽等多种高价值战略性关键矿产，具备极高的综合开发利用价值。

国内地位跃升，战略意义重大。鸡脚山锂矿的发现是我国“新一轮找矿突破战略行动”中最耀眼的成果之一。它极大地提升了我国，特别是中南地区的锂资源自给能力，为保障国家新能源产业链与供应链安全、降低对外依存度提供了坚实的资源基础，战略意义非凡。

开发全面启动，产业链快速成型。目前，该矿床已脱离纯勘探阶段，进入实质性开发快车道。探矿权方已全面启动配套的采矿、选矿和锂盐冶炼项目的建设

工作，并正积极申请采矿权。根据规划，一期年产 1000 万吨采选及 2 万吨碳酸锂冶炼项目预计于 2026 年建成投产。投资方宣称，通过创新的工艺流程，已成功破解了此类矿石的提锂成本和环保难题，使生产成本处于全球竞争力的区间。

凭借这一核心资源优势，湖南省，特别是郴州市，正全力构建“锂矿-材料-电池-终端-回收”五位一体的全产业链生态。这一战略已吸引数百亿元投资落地，并集聚了多家上市公司深度布局，一个崭新的千亿级锂电产业集群正在快速崛起。

1.1.3 湖南省锂冶炼企业情况

提锂企业主要以锂辉石、锂云母为原料，其中包括未经处理的锂辉石和锂云母精矿以及经高温煅烧所得的熟料。此外，锂云母选矿尾泥及其他含锂尾渣等含锂固体物料也在实际生产中得到应用。部分企业还将锂矿加工过程中的中间产物，如母液或卤水，作为补充原料用于提锂工艺。针对不同类型的原料，企业通常采用焙烧-浸出等多步骤工艺实现锂的有效提取，最终获得碳酸锂、氢氧化锂等锂盐产品，同时产生锂浸出渣等固废。

粗略估计，截至 2025 年 10 月湖南省已环评审批碳酸锂（含卤水）生产企业共 11 家（位于同一厂区或不同厂区存在上下游关系的按 1 家计）。从区市分布看，锂盐生产企业在郴州临武，永州、衡阳、长沙、湘潭、益阳、衡阳均有分布。

表 1.1-1 湖南省主要锂盐生产企业产能基本情况（截至 2025 年 10 月）

序号	所在地	企业名称	项目名称	产能（年）
1	郴州市临武县	湖南安能赣锋新材料有限公司	年产 2.5 万吨碳酸锂生产线项目	2.5 万吨（目标）
2	郴州市临武县	湖南安能旗胜新能源科技有限公司	年产 15 万吨碳酸锂生产线以及 50Gwh 锂电池生产项目	15 万吨（规划）
3	郴州市临武县	湖南大中赫锂业有限公司	年产 8 万吨碳酸锂厂项目	8 万吨（规划）
4	郴州市	湖南科力远新能源股份有限公司	年产 3 万吨电池级碳酸锂项目	3 万吨
5	郴州市桂阳县	湖南汉尧锂业有限公司	年产 20000 吨电池级碳酸锂项目	2 万吨
6	永州市道县	湖南紫金锂多金属新材料有限公司	年产 6 万吨碳酸锂项目	6 万吨（一期 3 万吨）

		司		
7	衡阳市衡东县	湖南创大钒钨有限公司	年产 2.3 万吨电池级碳酸锂建设项目	2.3 万吨
8	湖南湘乡经开区	湖南裕能循环科技有限公司	年产 3 万吨电池级碳酸锂项目	3 万吨（新增）
9	湖南湘乡经开区	湖南能星新材料有限公司	年产 60 万方硫酸锂卤水生产线项目	60 万方
10	益阳市安化县	湖南金源新材料股份有限公司	年产 7000 吨电池级碳酸锂提质改造项目	7000 吨
11	长沙市望城区	湖南永杉锂业有限公司	年产 4.5 万吨锂盐项目	4.5 万吨
			年产 2.2 万吨锂电新能源材料项目	2.2 万吨

1.1.4 锂矿提锂技术介绍

随着全球对锂资源需求的急剧增长，从矿石中提取锂已成为锂资源供应的重要途径。在众多含锂矿石中，锂辉石和锂云母因其较高的锂含量和丰富的储量成为工业提锂的主要原料。锂辉石主要分布于澳大利亚、加拿大和非洲等地，具有锂含量高、提锂工艺成熟的特点；而锂云母则主要分布于中国江西、湖南等地，虽然锂含量略低，但常伴生有 Rb、Cs 等有价金属，具有综合开发利用价值。根据处理方式和原理的不同，提锂技术可分为火法工艺和湿法工艺两大类，每类技术各有其特点和应用场景。提锂技术的选择不仅关系到锂的回收率和经济成本，还直接影响环境保护和资源综合利用效率。近年来，随着技术进步和环保要求的提高，提锂工艺正朝着节能降耗、废物资源化和流程优化等方向发展。

(1) 锂辉石提锂技术

1) 火法工艺

锂辉石的火法处理主要基于高温相转化原理，通过热处理改变锂辉石的晶体结构，使其从天然的 α 结构转变为活性的 β 结构，从而提高锂的溶出性能。传统的硫酸焙烧法需要将锂辉石在约 1100°C 下焙烧，使其由 α 型转变为 β 型，转型后的锂辉石再与硫酸混合并在约 250°C 下进行酸化焙烧，使锂转化为可溶性的硫酸锂。

近年来，火法工艺在传统基础上有了新的发展。悬浮焙烧技术作为创新之一，

通过将磨细的锂辉石精矿在悬浮状态下进行焙烧,实现了更高的传热效率和更短的焙烧时间。具体工艺如下:将锂辉石精矿磨细后,在悬浮焙烧炉中于 1000~1100°C 下进行晶型转化,生成焙烧物料;焙烧物料再磨细后与硫酸溶液混合,在 190~220°C 下进行酸化焙烧;酸化物料经水浸、过滤分离后,通过调节 pH 值和加入碳酸钠溶液沉锂,最终得到碳酸锂产品。该工艺具有能耗低、处理量大、锂浸出率高等优点,代表了火法工艺的发展方向。

另一种火法工艺是氟化焙烧,该方法将 50~200 目的锂辉石与含氟化合物按 1:1~1:3 的摩尔比混合,研磨后于 200~600°C 焙烧 2~5 小时。氟化物的加入能够降低反应温度,促进锂的转化,同时焙烧过程中产生的 SiF_4 可经吸收、陈化处理得到高纯度白炭黑和 NH_4F ,实现了资源的综合利用。这种方法反应温度低、能耗小,适合工业化生产。

2) 湿法工艺

湿法提锂工艺在常压或较低温度下通过化学试剂与锂辉石反应,直接实现锂的浸出,具有能耗低、污染小等优点。一种典型的湿法工艺是矿相转变法,该方法将锂辉石矿与氢氧化钠或氢氧化钾溶液在反应器中搅拌混合,在加压或常压条件下控制适当温度进行矿相转变反应。反应过程中,锂辉石转变为沸石或钾霞石,而锂则进入溶液,形成含锂溶液,再通过化学沉淀从溶液中得到锂产品。该方法采用全湿法技术,流程短、工序少,同时得到了高附加值的沸石或钾霞石产品,实现了资源的综合利用。

另一种湿法工艺是高效多功能浸出工艺,避免了浸出过程中酸熟料浸出的逆反应,提高了锂辉石中锂资源的浸出率。具体流程包括:将锂辉石酸熟料与生产水在 35-55°C 下搅拌浸出;浸出后将浆料输送至磁选机溜槽对浆料中的钽、铌进行磁选;对磁选后的浆料进行固液分离,浸出液输送至除钾反应釜;通过添加硫酸和硫酸铁等试剂去除钾、铁等杂质,最终得到纯净的锂溶液。该工艺的突出特点是综合回收了钽、铌等有价金属,并通过黄钾铁矾法解决了生产工艺中钾离子富集的问题,实现了高效浸出与多功能化调浆。

(2) 锂云母提锂技术

1) 火法工艺

锂云母的火法处理主要硫酸钠-碳酸钙焙烧提锂工艺，该工艺是一种经典的锂云母提锂火法技术，尤其适用于处理江西、湖南等地的锂云母矿。其核心原理是通过高温焙烧，使锂云母中的锂被硫酸盐化，转变为可溶于水的硫酸锂，进而通过水浸回收。主要工艺流程如下：

①配料与混合：将磨细的锂云母精矿与定量的硫酸钠（ Na_2SO_4 ）和碳酸钙（ CaCO_3 ）充分混合。添加剂的作用至关重要：硫酸钠：在高温下作为硫酸化剂，提供硫酸根（ SO_4^{2-} ），与锂反应生成可溶性的硫酸锂（ Li_2SO_4 ）。碳酸钙：作为助熔剂，能显著降低焙烧反应的熔点，促进反应动力学，同时，它能与锂云母中的硅、铝、氟等成分结合，生成稳定的不溶性钙盐（如硅酸钙），并将氟固定于渣中，减少有害气体（如 HF）的逸出。

②高温焙烧：将混合好的物料在 900~1000℃ 的高温下进行焙烧，持续时间约为 30~60 分钟。在此过程中，发生复杂的固相化学反应，锂云母的晶体结构被破坏，目标元素锂被转化为水溶性的硫酸锂。

③水浸与分离：焙烧后的熟料经冷却后，进行水浸。水作为浸出剂，将硫酸锂溶解进入溶液。随后通过固液分离（如过滤），得到富含锂的浸出液（主要成分为 Li_2SO_4 ）和浸出渣（主要成分为硅铝酸盐等）。

④后续处理：得到的硫酸锂溶液再经过进一步的净化、除杂（如去除钙、镁等残余离子），最后与碳酸钠溶液反应，沉淀生成最终产品—碳酸锂。

该方法避免了强酸的使用，设备腐蚀性较小，并能有效固定氟，缓解了环保压力。但其缺点是焙烧温度高、能耗大、添加剂用量多，导致渣量大。

2) 湿法工艺

锂云母的湿法提锂技术主要以水热压煮和分段除杂为特色。赣锋锂业开发的利用锂云母制备工业级碳酸锂的专利技术，采用火法、湿法两段工艺：第一步，火法段将锂云母进行煅烧熟化；第二步，湿法段采用水热压煮浸出后经石灰除杂、碳化除杂、络合除钙三步除杂，然后进行浓缩沉锂。该工艺采用廉价且溶解度较大的 NaCl 进行水热压煮，减少了提锂过程中锂渣的产生；使用生石灰除去镁，降低了杂质含量，整体流程简洁，经济效益显著。

锂辉石和锂云母中提锂的技术不断发展，呈现出节能降耗、资源综合回收和绿色环保三大趋势。在工艺上，微波加热、悬浮焙烧等新技术的应用，大幅降低了能耗；氟化焙烧、矿相转变等方法则实现了硅、氟、铝等伴生元素的资源化利用，减少了固体废物的产生。此外，流程缩短和设备创新也是提锂技术发展的重要方向，如立式磨浸强化酸浸工艺通过整合多个工序，既提高了效率，又降低了设备投资和运行成本。

未来，随着新能源汽车和储能产业的快速发展，对锂资源的需求将持续增长，提锂技术将更加注重全流程优化、智能化控制和循环经济。开发低温、低耗、低排放的新工艺，实现有价值元素的全面回收和废物的近零排放，将是锂提取技术研究的重点。同时，针对不同锂矿的资源特性，开发定制化的工艺方案和装备，也将是推动锂产业高质量发展的重要方向。

1.1.5 原料来源与产品分析

湖南地区企业提锂原料主要有锂辉石矿、云母矿、锂云母熟料、含锂卤水等，产品主要有碳酸锂、氢氧化锂等，原料来源见下表。

表 1.1-2 湖南省锂盐生产企业原料基本情况

序号	所在地	企业名称	项目名称	原料来源
1	郴州市临武县	湖南安能赣锋新材料有限公司	年产 2.5 万吨碳酸锂生产线项目	临武本地锂云母矿
2	郴州市临武县	湖南安能旗胜新能源科技有限公司	年产 15 万吨碳酸锂生产线以及 50Gwh 锂电池生产项目	临武本地锂云母矿
3	郴州市临武县	湖南大中赫锂业有限公司	年产 8 万吨碳酸锂厂项目	临武本地锂云母矿
4	郴州市	湖南科力远新能源股份有限公司	年产 3 万吨电池级碳酸锂项目	临武本地锂云母矿及外购
5	郴州市桂阳县	湖南汉尧锂业有限公司	年产 20000 吨电池级碳酸锂项目	临武本地锂云母矿及外购
6	永州市道县	湖南紫金锂多金属新材料有限公司	年产 6 万吨碳酸锂项目	道县本地锂云母矿

7	衡阳市衡东县	湖南创大钨钨有限公司	年产 2.3 万吨电池级碳酸锂建设项目	外购
8	湖南湘乡经开区	湖南裕能循环科技有限公司	年产 3 万吨电池级碳酸锂项目	外购
9	湖南湘乡经开区	湖南能星新材料有限公司	年产 60 万方硫酸锂卤水生产线项目	外购
10	益阳市安化县	湖南金源新材料股份有限公司	年产 7000 吨电池级碳酸锂提质改造项目	外购
11	长沙市望城区	湖南永杉锂业有限公司	年产 4.5 万吨锂盐项目	外购
			年产 2.2 万吨锂电新能源材料项目	外购

1.1.6 锂渣产生工艺

锂辉石和锂云母提锂目前主流工艺是火法，主要工艺流程和产锂渣环节如下图 1.1-1 及图 1.1-2 所示：

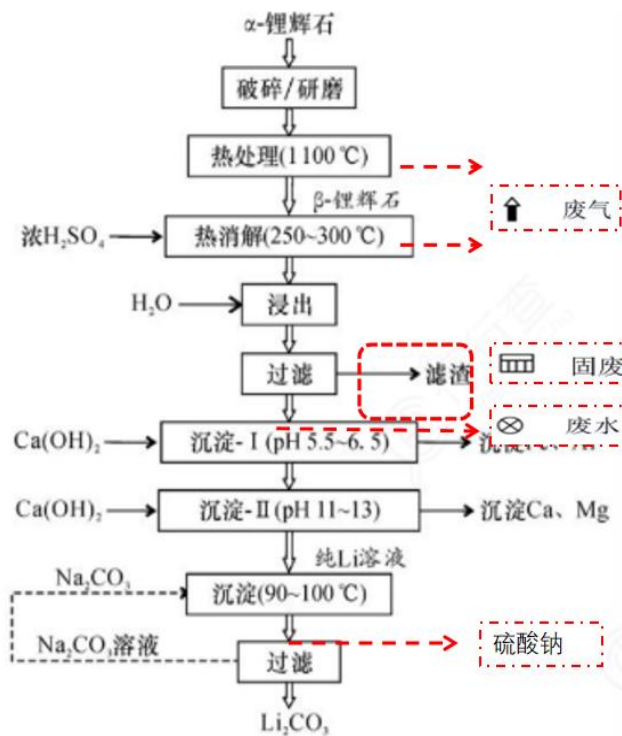


图 1.1-1 锂辉石加工锂渣产生流程

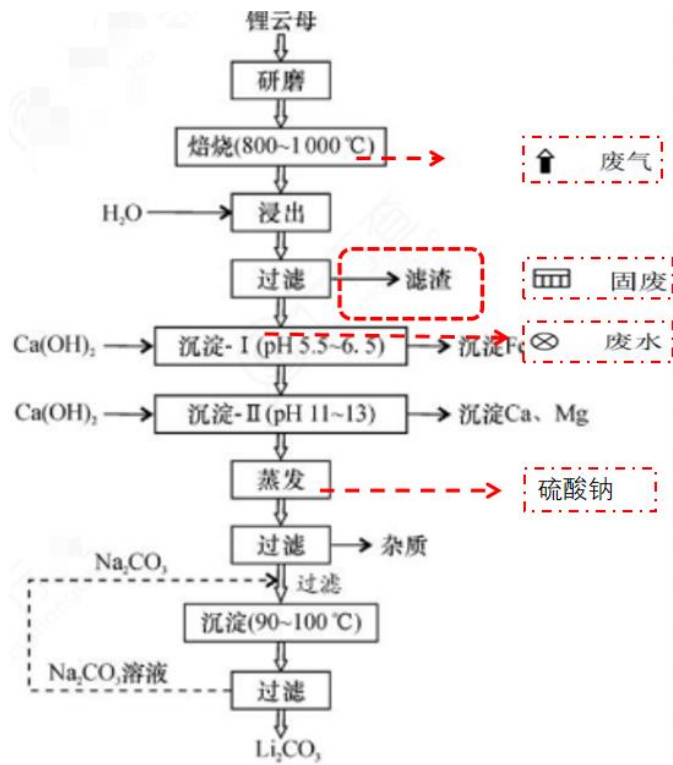


图 1.1-2 锂云母加工锂渣产生流程

本节选用以湖南省内企业常用锂云母硫酸盐焙烧法提锂工艺为典型工艺，揭示工业生产过程中“三废”的产生。详细工艺流程图如下 1.1-3 所示：

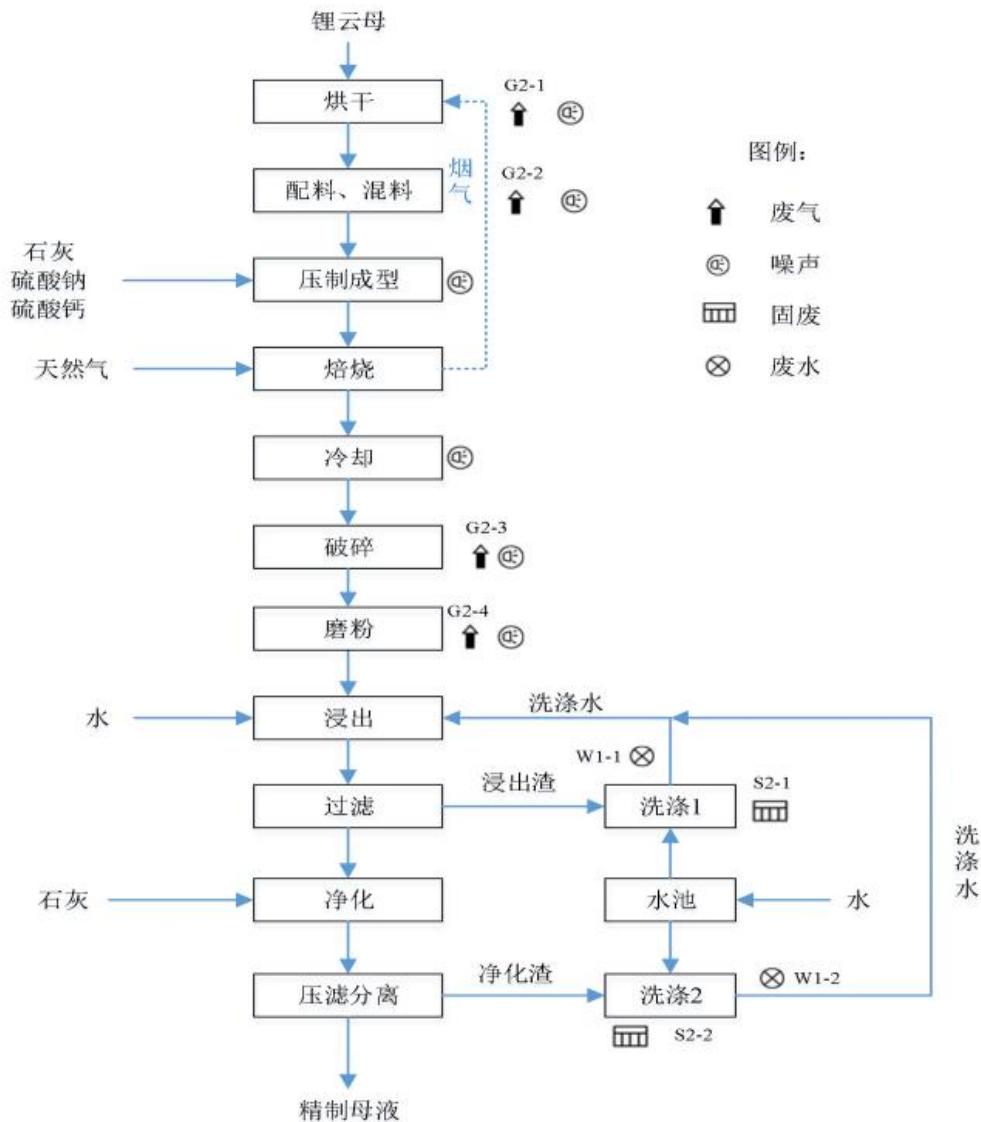


图 1.1-3 锂云母加工工艺流程及产污环节图

(1) 锂云母原料卸料、输送及预处理

外购锂云母精矿含水率约为 10~20%，为了不影响后续焙烧过程物料的高温重构反应，需对物料进行烘干处理，烘干后锂云母精矿含水率率达到 5~10%计，同时烘干过程可降低后续焙烧过程的燃料量。干燥热源来自隧道窑窑头余热，余热温度约 200℃，烘干温度约为 200℃，热风与物料直接接触，由于物料主要为矿相产品，燃气热风清洁度较好，可与物料直接接触并将物料中水分带走。烘干锂云母进入配料仓。烘干阶段产生的废气送至废气处理装置处理。

(2) 配料、混料

先将锂云母烘干料和硫酸钙、硫酸钠、石灰使用铲车送入各自的配料斗内，然后按照锂云母烘干料和硫酸钙、硫酸钠、石灰 10: 1: 3: 1 的配备，并将烘干炉废气收集粉尘、焙烧烟气收集粉尘分批加入。锂云母烘干料、硫酸钙、硫酸钠、石灰经皮带输送机进入混料机，混料过程约 5min。在将锂云母烘干料和硫酸钙、硫酸钠、石灰使用铲车送入各自的配料斗内时，会产生少量的粉尘，同样送至废气处理装置处理。

(3) 压制成型、焙烧

混料完成后经皮带输送机临时存储在给料斗。混合料经皮带输送机输送至成型机，压制成型，经机械手送至隧道式干燥窑进行干燥，然后进入隧道式焙烧窑焙烧。压制过程中采用全自动成型机，且原料含有一定的水分，一般不产生粉尘。以天然气为燃料，通过直接加热的方式对坯体进行高温焙烧，锂云母中的碱金属（锂、钠、钾、铷、铯）以易溶盐的形式从焙烧过程中释放出来。同时，原料中的氟、铝与钙反应生成氟铝酸钙，该矿物不溶于水而固定在固相（铝硅酸钙、硅酸钙水浸渣）中，实现了大部分氟的固定，因此在整个焙烧过程中仅有少量氟化氢气体产生。上述废气同样经收集后进入废气处理装置。

(4) 冷却

物料在高温焙烧时，由于部分物料熔融，烧结出来的坯体会有一定的强度，需对其进行冷却，冷却降温至 100°C 左右。焙烧后的冷却时间为 1.5 小时；冷却方式为风冷，物料处于成型状态，风冷过程一般不产生粉尘。

(5) 焙烧料破碎

冷却后的焙烧料被输送至破碎机破碎，破碎过程物料较粗，破碎过程产生的粉尘经布袋除尘器处理后达标排放。

(6) 磨粉（干磨）

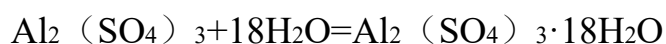
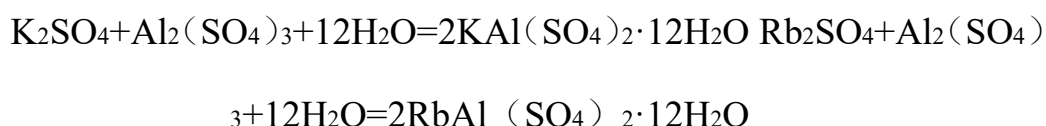
将冷却后的物料送入磨粉机进行磨粉，磨粉至粒径-20 目左右，磨粉后便于后续浸出工序，使磨粉在密闭磨粉机中进行，磨粉过程会产生一定量的粉尘。

(7) 浸出、过滤、洗涤

经过煅烧后，锂、钾、铷、铯等金属元素以易溶于水的硫酸盐式存在，物料

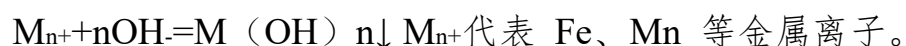
通过螺旋给料器的动力作用经过密封的管道被输送到浸出釜内，以固液比一定比例加水浸出（1：0.8），浸出时间约 0.5 小时，浸出率约为 90%左右，浸出过程可使锂、钾、铷、铯等金属化合物充分的溶解于水中。浸出完成后采用带式过滤进行固液分离，浸出渣主要成分为二氧化硅、氧化铝、硫酸钙和氟化钙等，可能具有危险特性，因此需进一步进行属性鉴别，明确其属性后进行相应的处理。

浸出工段主要反应：



（8）净化、压滤分离、洗涤

硫酸锂母液加入石灰进行除杂，用石灰调节 pH 至 12 左右，反应 1 小时，使其形成铝、铁、钙、镁、锰等的氢氧化物沉淀。加入过量的氧化钙主要目的是控制 pH 值使上述碱金属等离子沉淀，化学反应如下。然后通过压滤机过滤分离、洗涤，得到精制母液的同时，产生净化渣。



（9）二次锂渣的产生

生产工艺中产生的一次锂渣通过输送带送至破碎机破碎，减小尾渣的粒度，通过振荡筛筛分出不同粒径的锂渣。粒径较小的锂渣到下一工序，粒径较大的锂渣返回上一工序继续减小粒径，直至粒径合格。符合粒度的锂渣按照一定的液固比到浆化桶浆化，半个小时。将浆化好的浆料通过带式过滤机固液分离，液体经过 MVR 蒸发浓缩成含锂、铷、铯、氟的卤水，MVR 的冷凝水返回浆化桶配浆；带式过滤机分离出的锂渣通过碱水（pH 约为 10）淋洗处理，合格后输送带送至锂渣仓库贮存。具体流程如下图 1.1-4 所示：

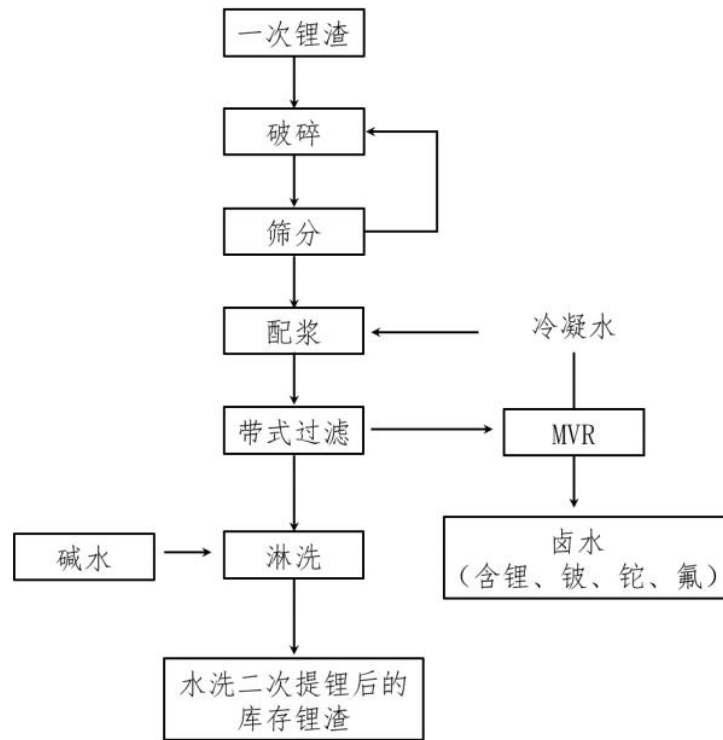


图 1.1-4 工业二次锂渣产生流程

1.1.7 存在问题及建议

湖南省目前锂渣利用率较低，无害化处理、资源化利用需求迫切。大量锂冶炼渣堆存造成巨大生态环境压力，成为制约锂电产业绿色高质量发展的“卡脖子”问题，更是湖南省生态文明建设的“心腹之患”“燃眉之急”：（1）锂渣的产、储、销数据信息缺失，监管和扶持难度大。根据我省锂矿加工企业环评产能规划，预计我省每年产生锂渣 600~1000 万吨，由于开展锂盐提炼的企业原料部分来自本地临武矿，部分外购或进口矿，其原料中铊、铍含量不一，环境风险大小不可控，需要统筹对锂渣的产、储、销、填进行数据化管理和跟踪。（2）相关标准不健全，危废、固废、资源化相应的标准空白，亟需完善。我国危废名录和危废鉴别标准一直没有对锂电行业涉铊固废进行规范限制，因此行政监管缺乏参考依据；我国的锂矿资源开发行业铊污染日益严峻，至今却无相关铊污染控制的行业标准。（3）现有消纳能力严重不足，受环保监管和市场的影响，锂渣消纳受限已经成为全国性难题。（4）技术研发和转化储备不足，科技要素保障有待加强。锂渣的问题凸显也就近两年暴露出来，各种配套的资源化和处置技术需验证完善，科技储备和技术论证不够。

为推进湖南省抢抓“双碳”风口机遇，加快推进锂电新能源产业全链条、集群式发展。同时，坚持“生态优先、绿色发展”理念，从顶层设计、搭建平台、技术创新、产业化利用等方面入手，逐步建立“政府引导、市场驱动、企业主导”的锂渣综合利用新模式新业态：（1）建立健全“利用全过程”的系统性技术规范，为锂冶炼渣利用在预处理、资源化利用及后续处置等环节带来贯通全流程的技术规范指导，消除污染防治工作存在明显衔接断层。利用全过程控制体系的建立不仅可以使企业在实际操作中明确依据，降低了合规管理难度，也使监管部门可以依法依规实施有效监督与执法检查，使得“企业有章可循、监管有据可依”。（2）对关键污染因子控制指标设定标准 现行锂冶炼渣环境管理存在显著的结构缺陷，当前利用处置标准主要围绕末端水污染物（如 COD、氨氮）和大气污染物（如颗粒物、SO₂）设置排放限值，但对锂冶炼渣这一特征污染介质的污染物管控限值严重缺失。在资源化利用环节，设定针对氟化物、铍、铊、锰等特征污染因子的浸出毒性限值标准，建立全过程污染物总量控制体系，可极大降低锂冶炼渣在资源化利用过程中存在的环境风险。（3）建立资源化产物环境风险评估体系，对特征污染物释放规律、持久性和环境影响的系统研究。现有标准《固体废物再生利用污染防治技术导则》（HJ1091-2020）未针对不同地区、气候设计差异化验证方法。锂渣资源化产品中的氟化物、铊、铍、锰等特征污染物在复杂环境条件下（酸雨）的释放机制仍不明确，评估体系的建立可对利用产物的长期环境安全性进行验证，为其在建筑材料、充填、回填等应用场景的推广应用提供现实依据。

1.2 现行相关法律法规和政策

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》明确要求防止工业固废对环境的污染，并推动固废资源化利用。锂冶炼渣作为工业固废，需建立专门的污染防控技术标准以确保合规处置。《“十四五”工业绿色发展规划》提出，工业领域需提升资源综合利用水平，降低污染物排放量，推动清洁生产。锂冶炼渣利用技术规范符合该规划的重点方向。《2024—2025 年节能降碳行动方案》指出要开展有色金属行业节能降碳行动，标准制定对利用处置过程控制具有重要意义。

《中共中央国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》明确提出推动大宗工业固体废物在提取有价值组分、生产建材、筑路、生态修复、土壤治理等领域的规模

化利用，利用处置标准制定能够为锂冶炼渣资源化利用提供技术指导。

1.3 现行相关标准情况

(1) 直接针对锂冶炼渣利用过程控制指标的标准

《最佳可行技术参考文件（BREF）——有色金属工业》该标准明确将锂冶炼渣归类为“稀有金属冶炼废物”。该标准规定了湿法冶炼工艺中，锂的浸出率需 $\geq 90\%$ 。填埋或建材利用时，渣中可溶性锂（通过 EN12457-2 测试） $\leq 500\text{mg/kg}$ 。针对锂辉石酸解工艺产生的含氟废渣，要求通过石灰固化，使氟浸出浓度 $\leq 10\text{mg/L}$ 。美国能源部（DOE）《关键材料可持续性指南》（criticalMaterials Sustainability Program Guidelines）专门针对锂、钴等关键材料的冶炼渣进行管理。该指南要求企业通过技术升级，实现锂冶炼渣中有价金属（锂、钴、镍）综合回收率 $\geq 75\%$ 。同时指出，若废渣经回收后毒性（TCLP）低于限值，可申请从危险废物清单中豁免。《澳大利亚国家尾矿管理指南（ANCOLD,2019）》被澳大利亚各州政府采纳为行业标准，适用于所有矿业尾矿（含锂矿）。该标准指出尾矿库防渗必须使用 HDPE+膨润土复合衬层（渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-12} \text{ m/s}$ ），区别于一般工业废渣的单一衬层。

(2) 通用标准中涉及锂冶炼渣利用的标准

欧盟《废物框架指令》（2008/98/EC）指出锂冶炼渣通过 EN 12457-2 测试，铅（铅） $\geq 10\text{mg/kg}$ 或砷（砷） $\geq 2\text{mg/kg}$ ，则必须按危险废物管理。美国 EPA《资源保护与回收法》指出锂冶炼渣需额外检测氟化物，限值为 100mg/L （40CFR261.24 附录II）。

(3) 通用标准中涉及锂冶炼渣环境管理的标准

ISO 14000 系列环境管理标准：该系列标准涵盖废物管理、资源回收以及环境污染控制等方面，提供了一套通用的框架，对锂冶炼渣的管理具有参考价值，尤其在资源化利用和生命周期管理方面。美国环境保护署（EPA）的《固体废物管理条例》：对工业固体废物管理有严格要求，规定废物的分类、收集、运输、储存和处理等方面的技术细则。这些内容能够为锂冶炼渣的环境管理提供参考。

(4) 通用标准中涉及锂冶炼渣利用过程的国家标准

《危险废物鉴别标准》系列标准：包括《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB5085.3）《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》（GB5085.1）等。该系列标准用于评估锂冶炼渣中是否含有有害物质超过危废限值，从而确定其处置方式是否需要按照危险废物的规定处理。若渣中含有氟化物、重金属（如铅、砷）等有毒物质，且通过《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）测试超标，则被列为危险废物（HW48类：有色金属冶炼废物）。《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2020）：此标准针对工业固体废物贮存和处置过程中的污染控制。它规定了废渣处理场的选址要求、废物防渗漏控制措施，以及废物的监测和报告制度。

（5）通用标准中涉及锂冶炼渣末端排放污染控制指标的国家标准

《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）：规定了33种大气污染物的排放限值，其中铍、铊、氟的限值分别为 $0.015\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 。确保锂冶炼渣在处理、利用、处置等过程中排入大气中的污染物总量和浓度不超过标准限值。《污水综合排放标准》（GB8978-1996）：分年限规定了69种水污染物最高允许排放浓度及部分行业最高允许排水量，其中铍、锰、氟化物的限值分别为 $5\mu\text{g}/\text{L}$ 、 $2\text{mg}/\text{L}$ 、 $10\text{mg}/\text{L}$ 。确保锂冶炼渣在处理、利用、处置等过程中排放污染物限值。《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）：规定了水环境质量应控制的项目及限值。铍作为集中式生活饮用水地表水源地的特定项目，标准限值为 $0.002\text{mg}/\text{L}$ 。同样作为特定项目，铊的标准限值为 $0.0001\text{mg}/\text{L}$ 。锰作为集中式生活饮用水地表水源地的补充项目，标准限值为 $0.1\text{mg}/\text{L}$ 。《地下水质量标准》（GBT14848-2017）：该标准规定了地下水质量分类、指标及限值。铍作为地下水质量非常规指标，I类、II类的标准限值 $\leq 0.0001\text{mg}/\text{L}$ ，III类水标准限值 $\leq 0.002\text{mg}/\text{L}$ ，IV类水标准限值 $\leq 0.06\text{mg}/\text{L}$ ，V类水 $> 0.06\text{mg}/\text{L}$ ；铊作为地下水质量非常规指标，I类、II类、III类的标准限值 $\leq 0.0001\text{mg}/\text{L}$ ，IV类水标准限值 $\leq 0.001\text{mg}/\text{L}$ ，V类水 $> 0.001\text{mg}/\text{L}$ ；锰作为地下水质量常规指标，I类、II类的标准限值 $\leq 0.05\text{mg}/\text{L}$ ，III类水标准限值 $\leq 0.10\text{mg}/\text{L}$ ，IV类水标准限值 $\leq 1.50\text{mg}/\text{L}$ ，V类水 $> 1.50\text{mg}/\text{L}$ ；《生活饮用水卫生标准》（GB574-2022）：该标准规定了生活饮用水水质卫生要求。铍、铊作为水质非常规指标，标准限值分别为 $0.02\text{mg}/\text{L}$ 、 $0.0001\text{mg}/\text{L}$ 。锰作为水质常规指标，标准限值为 $0.1\text{mg}/\text{L}$ 。

（6）通用标准中涉及锂冶炼渣利用的地方标准

《公路路基工程利用锂冶炼渣技术规范（试行）》（DB36/T1968）：该规范规定了公路路基工程中利用锂冶炼渣的技术要求、改性锂冶炼渣材料要求、改性锂冶炼渣路基设计、施工和质量控制等方面的内容，以确保锂冶炼渣在路基工程中的安全有效利用。

1.4 制定标准的目的

目前国内大部分锂冶炼企业产生锂渣均未能得到充分综合利用和安全处置，企业产生锂渣也未进行有效的稳定化预处理，虽然部分企业也开展了废水、废气、废渣中铊和铍污染整治工程，但在锂渣预处理设施建设上企业缺乏必要的指导工艺，锂渣综合利用和处置缺乏相关的技术指导和政策依据；在锂渣的鉴定鉴别、贮存、利用和处置的运行及管理上，也缺乏参考依据，导致许多锂渣无法得到有效的利用和造成生态环境风险隐患。制定此标准可以使锂渣处理的设计、施工、调试和验收更加的规范化，为市场上锂渣的综合利用的发展提供技术支持和参考。

1.5 制定标准的意义

（1）填补湖南省锂冶炼渣利用和处置团体标准的空白

近年来，湖南省依托锂资源优势加速布局锂电全产业链，但锂冶炼过程中产生的大量高氟化物、重金属复合污染废渣已成为制约产业绿色发展的突出瓶颈。尽管省级层面已出台多项固体废物管理政策，但由于锂冶炼渣兼具氟化物浸出浓度高、重金属富集等特殊污染属性，现行标准体系仍存在显著缺陷：其一，针对锂渣特性的地方技术规范缺失，具体表现为资源化技术路线混乱、氟化物与重金属缺乏分类管控依据；其二，污染物迁移释放评估机制空白，致使渣体中高溶解性氟离子、重金属在南方多雨气候下的淋滤释放规律不明，环境风险持续累积。为此，亟须制定《锂渣废弃物综合利用技术规范》，通过建立差异化分级管控标准，针对建材材料、充填、回填材料等高值化利用途径设定场景化限值；同时通过长期浸出实验模拟、地下水迁移模型量化污染物释放峰值与生态安全阈值。以标准刚性约束推动锂渣从“治理难题”向“循环资源”转型，为全国锂电产业绿色升级提供“湖南经验”。

（2）弥补国家标准体系在新兴固废领域的技术缺口

现行国家层面有关危险废物与工业固体废物管理的标准体系，虽已初步覆盖焚烧、填埋等终端处置方式，但在以锂冶炼渣为代表的新型固体废物利用方面，缺乏专门的技术规范。现有标准中对冶炼渣的成分识别、污染因子限值控制、资源化利用技术路径、全过程环境风险评估等关键技术环节未做系统规定，无法有效指导企业设施建设与环境管理，也难以支撑主管部门在许可审核与日常监管中对技术水平和环境绩效的判断。制定《锂渣废弃物综合利用技术规范》，将有助于弥补现有标准体系在新兴固废领域的技术缺失，增强国家与地方在固体废物治理体系中的协同支撑能力。

（3）推动行业污染防控能力系统提升，有效降低区域环境风险

通过制定技术规范，系统建立全流程管理框架，覆盖预处理、污染控制、环境监管各环节，制定锂冶炼渣利用每一环节技术要求和环境控制指标，确保每一阶段都符合规范。对于优化产业布局，壮大湖南省绿色环保产业，改善生态环境具有重要作用。对于深入推进湖南省全域“无废城市”建设，构建湖南省环境治理体系和治理能力现代化，建设“美丽湖南”均具有重要的意义。

（4）引导产业绿色高质量发展，支撑生态文明建设战略落地

湖南省作为我国锂资源重要分布区和锂盐加工产业基地，锂冶炼渣利用水平在很大程度上决定了锂产业绿色转型的成效。通过建立统一、科学、具有前瞻性和可操作性的技术规范，将为湖南省构建以“源头严控、过程严管、末端严治”为核心的冶炼渣环境管理体系提供技术支撑，有效推动锂产业向资源节约型、环境友好型转型升级。规范的实施将进一步促进冶炼渣的资源化利用效率提升，推动清洁生产与循环经济发展，打造长江中下游区域绿色发展新高地。

（5）完善监管体系建设，提供制度化、法治化保障支撑

以该技术规范的制定实施为契机，将全面推进锂冶炼渣污染防治领域制度体系建设，支撑环保主管部门在锂冶炼渣资源化利用过程监管、排污许可管理等方面的标准化执法。结合湖南省锂产业发展现状与特点，从预处理、污染控制、环境监管等环节提出明确的污染控制要求。标准的出台将为锂冶炼渣“减量化、资源化、无害化”全过程监管体系构建提供制度性基础保障，为推动湖南省锂产业绿色、安全、高质量发展提供有力支撑。

2 工作简况

2.1 任务来源

2.1.1 任务来源

近年来，我国新能源产业得到快速发展，各省都在抢夺锂电发展先机，构建产业链发展集群。《湖南省锂电池及先进储能材料产业三年行动计划（2024—2026年）》为全省锂电池及先进储能材料产业指明了发展目标和行动方向，明确了全产业链营业收入年均增长10%左右，2026年突破1500亿元；打造“四位一体”锂电池及先进储能材料产业体系；构建“一核一极三辅”空间布局；实施产业倍增六大行动。2024年4月湖南省政府发布了《支持郴州市锂电新能源全产业链高质量发展的若干措施》加快建设以实体经济为支撑的现代化产业体系，全力支持郴州市把资源优势转化为产业优势，推进锂电新能源全产业链高质量发展。然而，锂电矿产资源开发发展面临天量废渣的处置难题，严重制约我省锂电产业健康绿色发展，如郴州的安能赣锋、大中赫、科力远、志存锂业等企业，永州道县资金矿业，湘潭裕能，长沙永杉等锂矿石加工企业生产即将面临巨量锂渣处置瓶颈。据了解，江西宜春“亚洲锂都”锂渣问题凸显已久，已成为制约江西锂电产业发展的“掐脖子”难题，江西省政府对锂渣问题尤为重视，如出台《宜春市含锂瓷土矿尾砂尾泥锂渣综合利用的实施意见》、《道路工程利用锂渣技术规范》和《锂渣在水泥、混凝土等建材行业应用技术规范》等一些列政策，有效缓解锂渣消纳问题。我省应借鉴江西的教训和经验，尽快因地制宜制定符合我省现状和结合地方特色的相关政策。

为助推我省锂电行业绿色、安全和高质量发展，湖南省循环经济研究学会于2025年5月13日组织专家对《锂渣废弃物综合利用技术规范》团体标准立项进行了论证并获通过，确定该工作由湖南艾森尼克环保科技有限公司牵头，中南大学、湖南农业大学、湖南省环境保护科学研究院、等单位（排名不分先后）作为协作单位共同开展该标准的编制工作。项目起止时间：2025年5月13日~2025年10月30日。

2.1.2 编制单位、协作单位、编制人员情况一览表

编制单位、协作单位及编制人员情况见表 2。

表 2 编制单位、协作单位及编制人员情况一览表

主要参与人员（编制单位）					
序号	姓名	性别	技术职称	工作单位	对成果主要贡献
1		男	高级工程师		负责总体统筹协调标准的编制所有工作
2		男	高级工程师		负责编制标准统筹工作
3		男	高级工程师		负责调研及标准的编制工作
4		男	工程师		负责研发及标准的编制工作
5		男	工程师		负责研发及标准的编制工作
6		女	工程师		负责研发及标准的编制工作
7		女	工程师		负责标准的编制工作
8		女	教授		负责锂渣污染现状的调研及分析
9		男	副教授		负责锂渣污染现状的调研及分析
10		女	教授		负责锂渣污染现状的调研及分析
11		男	教授		负责锂渣污染现状的调研及分析
12		男	副教授		负责锂渣污染现状的调研及分析
13		女	副教授		负责含铈废水治理技术的研发工作
14		女	教授		负责含铈废水治理技术的研发工作
15		男	教授		负责锂渣综合应用调研及分析
16		男	高级工程师		负责锂渣综合应用调研及分析
17		男	高级工程师		负责锂渣综合应用调研及分析

18		女	高级工程师		负责锂渣综合应用调研及分析
19		男	高级工程师		负责锂渣综合应用调研及分析
20		女	高级工程师		负责锂渣安全处置调研及分析研发、实际推广应用及标准的编制工作
21		男	工程师		负责锂渣利用技术的研发、实际推广应用及标准的编制工作
22		男	高级工程师		负责锂渣利用技术的研发、实际推广应用及标准的编制工作
23		男	高级工程师		负责锂渣利用现状的调研及分析
24		男	高级工程师		负责锂渣利用现状的调研及分析
25		男	高级工程师		负责锂渣利用现状的调研及分析

2.2 主要工作过程

任务下达后，标准编制单位制订了详细的标准编制工作计划，明确各阶段的任务与目标，确定标准制订的方法与技术路线，经过大量的实地调研、资料收集和文献查阅等工作，湖南省循环经济研究会于2025年5月13日组织专家对团体标准，《锂渣废弃物综合利用技术规范》完成了立项论证，并成立了由各参与单位共同组成的编制组。主要工作过程如下：

（1）文献调研

会后，编制组成员根据开题论证会精神，查阅了国内外锂渣综合利用与安全处置的相关法律、法规及排放标准，经过多家现场调研和实验，将典型工艺技术、污染物产生和排放特征、污染物控制技术、综合利用措施等管理和技术相关资料进行了收集整理。

（2）资料收集整理

2025年5月~2025年10月，编制组针对湖南省锂冶炼工业锂渣的综合利用与安全处置工程技术规范的制修订工作收集资料、分工协作。同时展开广泛的企业实际情况调研，掌握了湖南省内大多数锂冶炼企业锂渣的来源及种类、所采

用的预处理工艺，以及综合利用和处置效果、运行情况等。编制组根据前期调研资料和数据开展系统分析、整理，并针对部分资料不足的情况，对部分具有代表性的企业进行重点实际调查。在广泛参阅国内外现有关资料，并结合湖南省冶炼企业实际情况的基础上，起草并搭建了标准框架和编制说明。

（3）完成征求意见稿

标准编制组先后多次组织了中南大学、湖南农业大学、湖南省环境保护科学研究院、等参编单位技术人员进行技术交流，集思广益探讨针对我省铅锌冶炼工业含铊废水治理的工艺技术，配套编写了《技术规范》和编制说明的初稿。

（4）与行业专家交流

根据征求意见稿反馈的专家意见及建议，《技术规范》和编制说明进行全面修改完善，并于 2025 年 12 月 15 日前最终形成《技术规范》和编制说明。

3 标准编制原则

（1）以习近平生态文明思想为指导，贯彻落实科学发展观，立足新发展阶段，贯彻新发展理念，以推动经济、社会与生态环境协调可持续发展为目标，依据国家及地方环境保护相关法律法规、政策和规划，制定科学合理的技术规范，提升锂冶炼渣利用的系统性、规范性与有效性，实现环境效益、经济效益和社会效益的协调统一。

（2）与国家现行污染防治标准、固体废物管理相关标准及技术规范充分衔接，强化与地方标准和政策的有效融合，推动法律法规及相关规范性文件的落地实施。

（3）紧密结合湖南省锂资源开发与冶炼产业发展现状，充分考虑区域经济技术发展水平及相关方的承受能力，突出科学性、适用性和可操作性，推动锂冶炼渣减量化、资源化、无害化处理处置水平的提升，助力湖南省管理体系建设与能力提升。

（4）本规范编制的原则还包括：

准格式统一、规范，符合 GB/T1.1《标准化工作导则第 1 部分 标准化文件的结构和起草规则》的要求；

标准内容的表述应满足一致性原则、协调性原则和可操作性的原则；

标准以国内先进的污染控制与固废综合利用技术为依据，采用成熟稳定、经

济适用、科学先进，符合所属工业及湖南省的发展需求的污染治理和综合利用措施；

标准主体内容与国际接轨，借鉴国外相关污染物排放标准制定和有价值组分综合利用的经验，指导本规范编制工作；

标准制定应具有科学性和易用性，为真正实现锂冶炼的循环经济制提供技术依据。

4 标准的主要内容及确定依据

4.1 适用范围

本标准规定了锂矿石为原料进行火法、湿法治炼生产碳酸锂、氢氧化锂等锂盐产品提炼加工过程产生的锂渣在出渣要求、处理工艺、综合利用及生态环境管理与监测等相关要求。

本标准可作为与锂渣综合利用、贮存和处置有关建设项目的可行性研究报告、环境影响评价、节能评估报告、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可管理、清洁生产审核等的技术参考依据。

4.2 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 6566 建筑材料放射性核素限量

GB 5085.6 危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别

GB/T 14848 地下水质量标准

GB 3838-2002 地表水环境质量标准

GB 8978 污水综合排放标准

GB 9078 工业炉窑大气污染物排放标准

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 51450 金属非金属矿山充填工程技术标准

GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素

HJ 557 固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法

HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法

JC/T 2073 磷石膏中磷、氟的测定方法

HJ 740 尾矿库环境风险评估技术导则（试行）

GB/T 39489 全尾砂膏体充填技术规范

GB/T 51450 金属非金属矿山充填工程技术标准

HJ 819 排污单位自行监测技术指南 总则

HJ 1091 固体废物再生利用污染防治技术导则

HJ 1250 排污单位自行监测技术指南 工业固体废物和危险废物治理

TD/T 1036 土地复垦质量控制标准

NY/T 1121.16 土壤检测第 16 部分：土壤水溶性盐总量的测定

《污染源自动监控管理办法》（国家环保总局令 第 28 号）

《环境监测管理办法》（国家环境保护总局令 第 39 号）

《尾矿库环境应急预案编制指南》（环办〔2015〕48 号）

《一般工业固体废物管理台账制定指南（试行）》（生态环境部 公告 2021 年 第 82 号）

《排污许可管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 736 号）

4.3 术语和定义

结合湖南省实际情况，本规范规定了锂渣废弃物综合利用技术规范涉及到的有关术语及定义，给出了锂渣、无害化处理、有价元素利用、回填、充填、土地利用、处置、综合利用等专业术语，并进行了定义和解释。

锂渣 Lithium residue

以锂云母、锂辉石等硬岩型矿石为主要原料，经火法、湿法冶炼生产碳酸锂、氢氧化锂等锂盐产品过程中，焙烧熟料浸出工序产生的浸出渣，主要成分为硅铝酸盐、铁、铝及其它微量金属化合物，简称锂渣。

无害化处理 harmless treatment

生产企业通过技术改造、增加处理环节或通过建设集中式处理设施，运用焙

烧、酸（碱）浸、水洗、固化稳定化等工艺或工艺组合的方法对锂渣进行处理，降低锂渣中污染物总量及含量的释放，减少其中有毒有害物质、降低水溶性盐含量以使其满足本规范关于利用或安全处置指标要求的过程。

有价元素利用 valuable elements recycling

将锂渣直接作为原材料，或者与其他固体废物或矿料配料后形成混合料作为原材料，提取有价元素如铷、铯、钾、铝等金属的活动。锂渣利用工艺主要包括火法回收工艺和湿法回收工艺。

回填 backfilling

在复垦、以及防止地表塌陷的地貌保护等地表工程中，以土地复垦为目的，利用无害化处理后的锂渣替代土、砂、石等生产材料填充露天开采地表挖掘区、取土场以及天然坑洼区的活动。 [来源：GB 18599—2020，3.11]

充填 mining with backfilling

为满足采矿工艺需要，以支撑围岩、防止岩石移动、控制地压为目的，利用无害化处理后的锂渣为充填材料填充采空区的活动。 [来源：GB 18599—2020，3.10]

土地利用 land utilization

以无害化处理后的锂渣为原料制备的，可用于土壤改良、石漠化治理、矿山复垦、边坡治理、园林绿化等领域的材料。

处置 disposal

将满足入场要求的锂渣最终置于符合环境保护规定要求的填埋场的活动。

综合利用 disposal

将满足要求的锂渣用于道路路基、垫层、基层、制砖、陶瓷、胶凝材料、混凝土掺和料等建材制品应用条件的活动。

4.5 总体要求

本节主要针对锂渣利用和处置实施过程中提出了 10 条一般规定。（1）锂矿石生产加工企业应使用先进适用的工艺技术，提高有价元素的回收率和污染物分离效率，减少锂渣中污染物含量，同时根据锂渣主要成分开展资源化利用。（2）鼓励采取源头减量化、资源化、无害化技术，通过优化工艺技术对铍、铊、钽、铌、铷、铯、钾、铝等金属及其化合物进行提取利用，去除氟化物等有害物质，

使锂渣满足利用要求。锂渣运输、贮存、利用和处置前应进行预处理并满足本标准规定，利用技术的选择应结合当地需求，因地制宜。（3）锂渣可与粉煤灰、电石渣、冶炼渣等一般工业固体废物协同利用，掺加的固体废物污染物浸出浓度参照 GB 8978。（4）锂渣用于筑路、回填和充填工程时，应避免饮用水水源和其他特殊水体保护区。（5）锂渣利用和贮存过程产生的水污染物的排放应符合国家发布的污染物排放标准、地方污染物排放标准、环境影响评价批复文件或排污许可证等要求。（6）锂渣用于其它途径时，应按照 HJ 1091 的要求进行环境风险评估。（7）锂渣利用和贮存过程应满足国家相关法律法规。（8）锂渣处理和处置过程应遵循“减量化、资源化、无害化”原则，实现综合利用和安全处置；锂渣进行综合利用时其放射性检测应符合 GB 6566 的要求，浸出液中重金属浓度应符合 GB 5085.3 要求。（9）锂渣处理应选择合适的工艺组合，禁止采用国家已明令禁止和淘汰的工艺和设备。（10）锂渣处理工艺应遵循高的综合利用率原则，运输过程有运输车次、锂渣重量计量装置和记录，处理单位应保存好锂渣处理的物料平衡记录和水平衡记录台账。

4.6 预处理技术要求

（1）应采取水洗、酸洗、药剂提取分离、稳定无害化等预处理方式，有效去除、提取、降低或稳定化固化锂渣中铍、铊、氟、镉、铬、砷、盐分等有害物质，使其利用产物满足下游应用场景技术及污染控制要求，预处理后锂渣重金属铍、铊总质量含量应不大于 0.1%；水溶性氟离子（按照 JC/T 2073 检测）含量应不大于 0.1%。

（2）预处理过程进行有害物质沉淀或分离产生的处理残污泥（液）如需外运，应根据鉴别结果，交由具有相应资质及能力的单位利用处置。

（3）集中预处理设施应配备相应的废气、废水污染防治设施，废气、废水污染物排放应满足国家及湖南省污染排放标准及管理要求。

（4）集中预处理单位应配备固废暂存场所或设施，并符合固体废物收集、运输及贮存相关国家标准规定。

（5）预处理后锂渣应用于制备建筑材料、混凝土掺和料、轻质骨料、充填及回填应满足相应污染控制技术要求。

（6）预处理后锂渣应用于其它用途的，应根据 HJ 1091 开展环境风险定量

评估，以确定相应的污染控制技术要求。。

4.7 锂渣综合利用及利用过程污染控制技术要求

利用过程技术要求，从一般技术要求提出了宜根据成分差异性开展差异性资源化利用，并通过预处理减少或消除有毒有害物质，鼓励梯次提取利用有价或有害金属及其化合物。

（1）一般性技术要求

应根据锂渣主要成分开展资源化利用，经预处理减少或消除有害物质后进行利用。鼓励采取源头减量化、资源化、无害化技术，通过优化工艺技术对铍、铊、钽、铌、铷、铯等金属及其化合物进行提取利用，去除氟化物等有害物质，使锂渣满足利用要求。作为制备建筑材料的添加料或作为制备轻质骨料、陶瓷材料、磁性材料等的建材原料或配料，应执行国家、湖南省地方或行业相关产品质量标准，无相关标准的可参照 GB/T30760 执行。应控制锂渣预处理产物浸出毒性及毒性物质含量，使其应用场景的生态环境与人体健康风险可控，浸出方法按 HJ557 执行，含量检测方法执行 GB5085.6 国家标准分析方法，控制限值应符合 5.2~5.4 条规定。应用于废弃矿山、矿坑回填、充填及生态修复，应满足国家及湖南省固体废物回填及生态修复相关标准及管理要求，无相关标准的可参照 5.4 条规定执行。利用过程废气、废水排放应符合国家或湖南省相关污染物排放标准及管理要求，应最大限度的控制无组织排放。

（2）建材资源化利用技术要求

经预处理满足 GB18599 规定的第 I 类一般工业固废的锂渣可与其他第 I 类一般工业固废、水泥、助剂等通过混合、造粒、焙烧等工序制备混凝土掺合料、胶凝材料、轻集料。胶凝材料锂渣掺和比例不宜高于 45%，轻集料锂渣掺和比例不宜高于 70%。锂渣粉替代混凝土掺合料应满足行业或湖南省应用技术规范或产品标准要求。锂渣制胶凝材料、轻集料替代水泥、砂石骨料应用于道路路基及建材制品应满足建材行业或湖南省应用技术规范或产品标准要求。锂渣制建材制品可溶性盐含量应满足相应建材制品行业标准要求，可溶性盐的测定方法可参照 NY/T1121.16。锂渣建材资源化利用产物污染物浸出及含量检测方法按照 HJ 557 及 GB 8978。

（3）充填及回填利用技术要求

锂渣应经改性处理，使其物理性能满足充填、回填施工要求，渣制回填、充填物应化学性质稳定、特征污染物钷、铊、氟、镉、铬、砷能满足 GB 8978 要求。返回原开采区或去其他矿区的矿井、矿坑等采空区充填或回填前，应开展环境本底调查，重点评估对地下水、地表水及周边土壤的环境污染风险，采取相关管控措施确保环境风险可控。不应在充填物料中掺加除充填作业所需要的添加剂之外的其他固体废物。回填作业结束后应立即实施土地复垦（回填地下的除外），土地复垦应符合 TD/T1036 规定的相关土地复垦质量控制要求；土地复垦后用作建设用地的，还应满足 GB36600 的要求；用作农用地的，还应满足 GB15618 的要求。废弃矿山及矿坑充填、回填应符合相关场景力学性能要求，安全性能要求可参考 GB/T51450 及 GB/T39489 执行。锂渣制人造土及植生材料应严格控制应用场景，仅限改性锂渣为主要回填、充填物的废弃矿山、矿坑回填场所生态修复协同使用。回填及充填责任主体每 5 年应开展环境跟踪监测评估，发现存在环境风险隐患、应及时采取相应措施并开展环境风险整治。

4.8 锂渣安全处置填埋贮存过程污染控制技术要求

规定了锂渣贮存场在选址、入场、运行、封场、土地复垦和监测等方面的技术要求：（1）贮存场的设计应符合 GB 18599 中 II 类场技术要求，需采取防雨等措施避免渗滤液产生，并设置防渗衬层渗漏监测设备，监控防渗衬层的完整性。

（2）贮存场的锂渣应对水溶性重金属钷、铊和水溶性氟离子含量进行测定，保证不大于 0.1% 和 0.1%。（3）贮存场运行、封场及后期维护与管理期间，应根据入场检测、地下水监测数据变化趋势等定期评估其环境风险，评估频次不得低于三年一次。若发现地下水有被污染的迹象时，应及时查找原因，发现渗漏位置并尽快启动应急处置措施和污染防治措施。应急处置措施和污染防治措施可采用地下水抽提处理、堆体内渗滤液抽排处理、垂直防渗工程管控、防渗衬层漏洞修补等方式。

4.9 环境监管要求

（1）产生及利用单位应按照 HJ1250 和有关法律、法规规定，建立自行监测制度及监测方案，定期对污染排放情况及周边环境空气质量影响开展自行监测，保存原始监测记录，并按照信息公开管理办法公布结果。（2）产生及利用单位应做好利

用全过程特征污染物含量及浸出跟踪监测，监测因子应至少包括铍、铊、氟、镉、铬、砷等，监测频率不低于 1 次/批，相关监测数据应保存 5 年以上。（3）充填、回填实施单位应根据风险评估结果对可能受到影响的土壤、地表水及地下水开展长期跟踪监测，监测因子应包括铍、铊、氟、镉、铬、砷等，监测频次至少每年 1 次。（4）产生及利用单位应建立完善的利用过程环境管理及应急管理制度。（5）应按照工业固废有关要求建立电子台账、实现锂渣利用全生命周期信息化管理。（6）产生及利用企业应保存包括培训记录、环境管理台账、隐患排查、事故处理、环境监测记录等的资料，保存时间不得少于 5 年。

5 重大分歧意见的处理

无

6 与现行有关法律、法规和强制性标准的关系

（1）国家法律法规层面协调性分析 近年来，国家不断完善固体废物污染防治和资源利用体系，出台多项关键政策文件，重点包括：《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》明确提出“固体废物污染环境防治坚持减量化、资源化和无害化的原则。”该法为锂冶炼渣这类大宗固废的全过程管理提供了立法依据；《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案（环固体〔2021〕114号）》提出，“以锰渣、赤泥、废盐等难利用冶炼渣、化工渣为重点，加强贮存处置环节环境管理”；《“十四五”全国大宗固体废弃物综合利用实施方案》（发改环资〔2021〕381号）明确指出“大宗固废综合利用水平不断提高，综合利用产业体系不断完善；关键瓶颈技术取得突破，大宗固废综合利用技术创新体系逐步建立；政策法规、标准和统计体系逐步健全”；本标准在上述政策背景下编制，结合锂冶炼渣的物化特性、产量规模和资源属性，围绕环境风险防控全链条管理，从污染全过程控制体系构建、资源化利用路径优化、环境监管机制完善等关键环节入手，系统提出了与国家“十四五”生态环保规划相衔接、与“双碳”战略相协同的技术规范。本标准不仅贯彻落实了国家对大宗工业固废管理的制度要求，也为冶炼渣这一典型固废的高水平资源利用和风险防控提供了技术支撑，有助于“美丽中国”建设和绿色制造体系落地实施。同时，本标准制定了锂冶炼渣预处理、污染控制、环境监管各环节环境风险防控技术要求和环境控制指标，对湖南省锂产业绿色发展战略及工业固废综合治理体系进行了补充，该标准的实施将有力推动锂

冶炼废渣的减量化、资源化和无害化进程，对提升全省危险废物环境治理能力具有重要示范意义。

(2) 国家标准规范协调性分析 本标准与国家现行一般工业固体废物污染防治及资源化利用相关标准相衔接，系统补充了锂冶炼渣预处理技术要求、污染控制技术 要求、环境监管要求，是国家固体废物标准体系的重要延伸和完善。目前，国家层面虽已发布多项适用于固体废物管理的通用性标准，包括《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）、《危险废物鉴别标准》系列标准（GB5085.1~5085.7）等。其中，《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2020）为强制性标准，对场地选择、防渗设施、渗滤液收集、污染物监测等提出了明确技术要求。锂冶炼渣作为一般工业固废，在贮存与最终处置过程中必须严格符合该标准规定。《危险废物鉴别标准》系列标准（GB 5085.1~5085.7）为判定固体废物是否构成危险废物提供了明确依据，包括腐蚀性、毒性、易燃性、反应性等方面的技术判定方法。虽然锂冶炼渣多数不属于危险废物，但由于其可能含有铍、铊、氟、锰等特征污染物，仍需通过该系列标准进行筛查识别，明确其是否需按照危险废物进行管理。本标准在上述标准基础上，进一步提出了适用于锂冶炼渣在不同资源化利用方式中涉及的关键污染物控制要求，强化了对潜在有害组分的识别与过程控制，提升了资源化利用过程中的环境风险防范能力。

综上，尽管现行国家标准为锂冶炼渣的基本管理提供了重要支撑，但尚未建立面向锂冶炼渣这类特定工业固体废物的专项污染控制标准。本标准作为湖南省首部针对锂冶炼渣制定的专业技术规范，在污染控制体系、利用路径设计、环境监管等方面形成了对现有国家标准的系统补充，有效填补监管与实践之间的技术空白，有助于提升锂冶炼渣资源化利用的标准化、规范化和安全化水平。为有关建设项目的环评、竣工环保验收、排污许可证核发、清洁生产审核及环境监管等工作提供规范参考，同时也为后续制定锂渣建材化利用、充填、回填料利用等专项技术文件打下良好基础，具有重要的现实意义和推广价值。

7 标准实施的环境效益及经济技术分析

(1) 经济效益分析 锂冶炼渣作为锂冶炼过程中的主要固体废弃物，具有产量大、可利用价值高等特点，是推动资源化利用和绿色产业链延伸的重要载体。

本标准的实施将促进资源的回收和再利用，锂冶炼渣中含有大量具有较高经济价值的硅基成分，通过推行该标准，有助于提升资源的利用率，推动资源的高效开发和可持续利用。此外，锂冶炼渣的资源化利用不仅能有效降低原材料采购和废弃物处置成本，还能提升产品附加值，具有显著的经济效益。根据湖南省锂矿加工企业环评产能规划，以年产生锂冶炼渣量约 1000 万吨为例，假定将其分别资源化为建材类产品、人造土（回填土）等两类，其中建材类占比 50%、人造土占比 50%，根据市场售价与处理成本估算，建材类每吨市场售价均价约为 60 元/吨，处理成本约为 50 元/吨，净利润约 10 元/吨，年收益可达 0.5 亿元；人造土每吨售价约 80 元/吨，处理成本约为 60 元/吨，年收益为 1.0 亿元；三者合计年资源化总利润约为 4.5 亿元。具有显著的经济效益。

（2）社会效益 本标准旨在实施后能够引导企业切实履行环境责任，提升锂冶炼渣环境管理的规范化与科学化水平，增强管理工作的透明度与公众信任。通过规范化的管控措施，能够有效遏制非法倾倒、简易填埋等不规范处置行为所引发的环境与社会风险。标准的实施不仅将为城市工业固体废物治理提供示范样板，也为其他大宗工业固体废物的标准化管理提供可复制、可推广的实践经验与技术支撑。

（3）生态环境效益 本标准通过规范锂冶炼渣预处理技术要求、利用处置过程控制技术要求、环境监管要求，旨在有效防控重金属、氟化物等有害组分向水体和土壤的长期迁移与渗漏风险，提升区域生态环境风险能力与生态安全水平。同时，本标准倡导绿色建材化、资源循环利用等路径，有利于减少对天然矿产资源的依赖，提升单位资源产出效率，为构建“资源节约型、环境友好型”社会提供支撑。

8 标准实施建议

为保障《锂渣废弃物综合利用技术规范》在实践中的有效实施，提出如下建议：（1）推动政策制度与标准协同配套，建议加快完善我省锂冶炼渣利用相关的政策和法规制度、技术审查指南，加强技术标准的规范和指导作用，推动技术标准与管理制度无缝衔接。（2）强化企业执行与能力建设，建议组织标准培训、试点示范和政策解读等系列活动，推动企业理解掌握标准要求，结合清洁生产审核、排污许可申报等工作开展对标整改和技术升级。（3）建议各级生态

环境主管部门及相关监督管理部门在开展相关建设项目环境监管工作中, 积极参考本标准, 切实加强湖南省内锂冶炼渣全过程污染控制与规范化管理, 切实防范环境风险。