

锂电池回收综合利用全链条一体化（IEIC） 设计指南

Comprehensive utilization of lithium battery recycling for guidelines for integration
of the entire industrial chain (IEIC) design

（征求意见稿）

（完成时间：2026年 月 日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

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。

本文件由海南省新能源汽车促进中心提出。

本文件由海南省工信厅归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

锂电池在使用一段时间后，其各部分的电性能如容量、内阻、荷电保持率、电池单体间的一致性等都会发生改变，进而导致稳定性持续降低，无法保证锂电池的正常使用以及安全性，因此需将对这类电池进行回收利用。

随着锂电池的大量退役，废旧锂电池回收综合利用也成为了行业亟需解决的问题。但由于海南省锂电池回收产业截至目前尚不成熟，回收渠道较不畅通，相关企业回收处理存在操作不规范、流程不完备等问题，部分锂电池流入非正规处理企业，导致环境污染隐患。因此，废旧锂电池科学、环保的回收利用成为了海南省锂电池行业发展的关键一环。

海南作为全国新能源渗透率最高的省份，锂电池回收综合利用亟需规范。当前锂电池回收环节繁杂，涉及到的行业和企业较多，迫切需要将整个回收利用过程规范化管理，并形成对应方法学，因此制定本文件。

锂电池回收综合利用全链条一体化（IEIC）设计指南

1 范围

本文件规定了锂电池回收全链条一体化设计的基本原则、循环产业链、可循环利用资源种类、循环利用途径。

本文件适用于锂电池回收利用企业的全链条一体化设计实践。其他电池回收企业可参照执行。

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 7119 节水型企业评价导则
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 29115 工业企业节约原材料评价导则
- GB/T 33000 企业安全生产标准化基本规范
- GB/T 33060 废电池处理中废液的处理处置方法
- GB/T 33598.2 车用动力电池回收利用 再生利用 第2部分：材料回收要求
- GB/T 34695 废弃电池化学品处理处置术语
- GB/T 36496 含氨（铵）废液处理处置方法
- GB/T 39161—2020 行业循环经济实践技术指南编制通则
- HG/T 5963 废电池冷却液处理处置技术规范
- HG/T 6118 废弃锂电池处理企业节水技术导则
- HG/T 6262 再生磷酸铁
- HG/T 6264 废电池处理中铁、铝、钙渣的处理处置方法
- QC/T 1156—2021 车用动力电池回收利用 单体拆解技术规范
- YB/T XXXX 锂离子电池石墨类负极材料回收利用技术规范

3 术语和定义

GB/T 34695界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

循环经济 circular economy

在生产、流通和消费等过程中进行的减量化、再利用、资源化活动的总称。

注1：减量化是指在生产、流通和消费等过程中减少资源消耗和废物产生。

注2：再利用是指将废物直接作为产品或者经修复、翻新、再制造后继续作为产品使用，或者将废物的全部或者部分作为其他产品的部件予以使用。

注3：资源化是指将废物直接作为原料进行利用或者对废物进行再生利用。

[来源：GB/T 39161—2020，3.1]

3.2

全链条一体化 *integrated of the entire industrial chain*

IEIC

依据一体化协同的原理，构建循环经济（3.1）发展模式，实现工序或企业之间链条式关联、互补。

3.3

废弃锂电池 *waste Li-ion battery*

失去使用价值或废弃的锂电池成品和半成品。

注：包括在锂电池生产、运输、储存、使用过程中产生的不合格产品、报废产品、过期产品，以及电池在生产过程中产生的废元（器）件、废零（部）件和废原材料。

3.4

定向循环 *directional recycling technology*

DRT

将废弃锂电池（3.2）经过物理、化学等方法再生利用重新制备成产品，并作为再生材料用于电池生产。

3.5

电极材料粉 *powder of battery material*

将废弃锂电池（3.2）经放电、热解、破碎和分选等一道或多道工序处理后，得到以锂、镍、钴、锰、磷、铁等一种或多种有价成分构成的粉料。

[来源：QC/T 1156—2021，3.4，有修改]

4 基本原则

4.1 合法合规原则

在对废弃锂电池资源循环利用遵循合法合规原则，并满足现行法律、法规、政策和标准要求。

4.2 安全环保原则

按照GB/T 33000建立健全安全生产责任制。污染物排放满足国家及地方排放标准、排污许可等规定，且各类重点污染物排放总量均不超过国家及地方的总量控制要求；同时满足海南省“高温、高湿、高盐雾、多雨”的气候条件。

4.3 资源循环原则

运用循环经济发展理论，采用清洁生产、资源综合利用等措施构建企业发展循环经济的模式。

4.4 绿色低碳原则

通过采用节能、节水等新技术及技术集成，减少能源和水资源的消耗，降低二氧化碳排放，实现行业内资源、能源利用效率的最大化。

4.5 全链条一体化原则

鼓励采用从电池回收拆解、电极材料粉、金属盐、前驱体、正极材料的全链条一体化布局，提高废弃锂电池回收利用率，减少固体废物的产生。

4.6 可追溯原则

建立信息溯源管理制度，做好溯源信息台账记录统计，并与新能源汽车国家监测与动力蓄电池回收利用溯源综合管理平台实现数据互联，确保处理处置过程的透明度和安全性。可通过建立溯源管理系统实现。

5 循环产业链

鼓励废弃锂电池回收利用企业践行全链条一体化的循环经济发展模式，构建定向循环产业链，如图1所示。其中：

- 以废弃锂电池回收、放电、拆解、破碎分选、热解、湿法回收、材料合成、火法烧结等主要工序构成定向循环产业链的主体部分；
- 以石墨再生、余能利用、金属回收、废水回用、二氧化碳捕集与利用、固体废物及副产物综合利用构成定向循环产业链的延长部分。

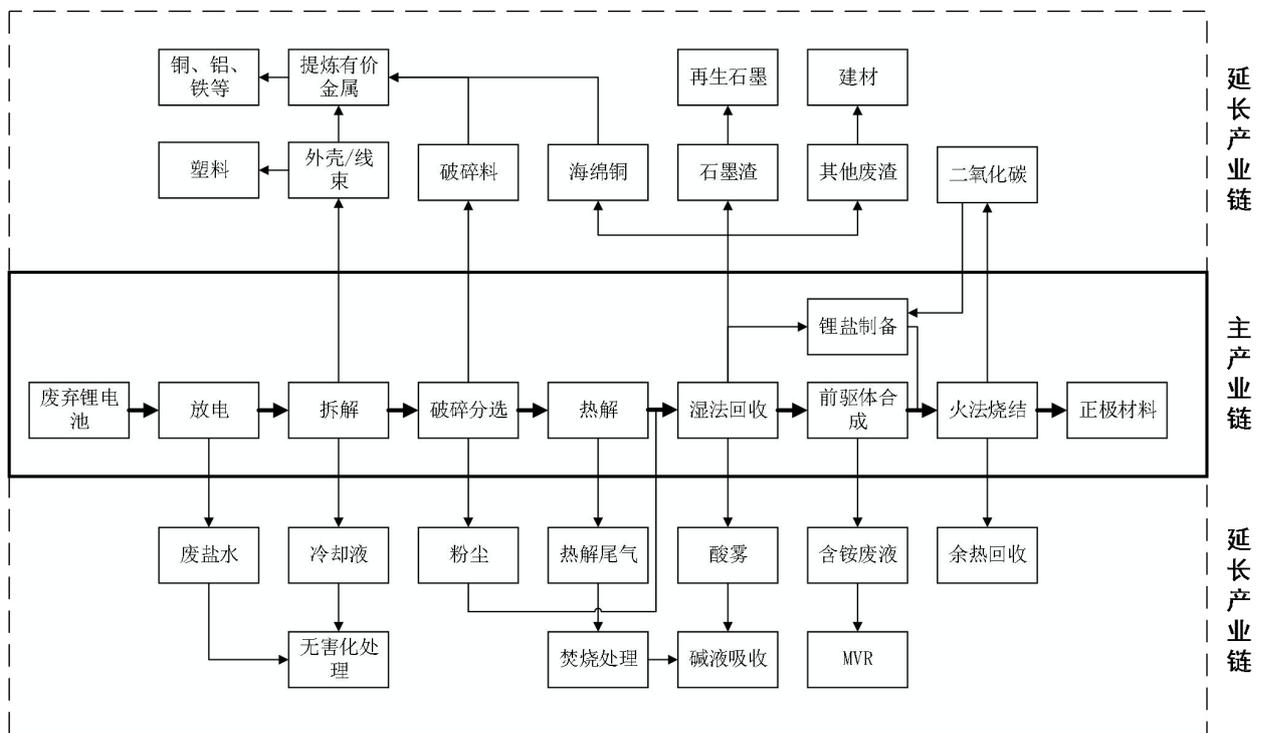


图1 废弃锂电池回收利用行业全链条一体化产业链

所有废物处理环节应遵守最新的环境保护和安全生产标准，确保达标排放，防止二次污染。

6 可循环利用资源种类

6.1 可循环利用主要废水种类

可循环利用主要废水种类见表1。

表 1 可循环利用主要废水种类

序号	工序	可循环利用主要废水种类	主要成分
1	放电	废盐水	氟化物、有机物
2	拆解	冷却液	有机物
3		电解液	氟化物、有机物
4	热解	废气喷淋塔废水	氟化物、有机物
5	湿法回收、前驱体合成、锂盐制备	酸性废水	氟化物、重金属
6		重金属废水（沉钴后液、沉镍母液等）	镍、钴、锰、磷等
7		有机废水（皂化水、反萃水等）	铵盐、有机物
8		含铵废液	铵盐、有机物
9	火法烧结	含锂废水	镍、钴、锰、磷等

6.2 可回收利用主要固体废物或副产物种类

可回收利用主要固体废物或副产物种类见表2。

表 2 可回收利用主要固体废物或副产物种类

序号	工序	可回收利用主要固体废物或副产物种类	主要成分
1	拆解	金属外壳	铁或铝
2		金属极耳	铝、镍或铜
3		隔膜	聚丙烯或聚乙烯等
4		高压线束	铜、塑料
5	破碎分选	破碎料	铜或铝
6		除尘灰	镍、钴、锂等
7	湿法回收	石墨渣	石墨
8		铁、铝渣	铁矾、铝矾、氢氧化铁、氢氧化铝
9		钙渣	磷酸钙、碳酸钙
10		磷、铁渣	磷酸铁
11	前驱体合成	MVR 处理结晶产物	硫酸钠、氯化钠
12	废水处理	含重金属污泥	镍、钴等

6.3 可回收利用主要废气种类

可回收利用主要废气种类见表3。

表 3 可回收利用主要废气种类

序号	工序	可回收利用主要废气种类	主要成分
1	破碎分选	破碎粉尘	镍、钴、锂等
2	火法烧结	烧结烟气	二氧化碳

6.4 可回收利用二次能源种类

可回收利用二次能源种类见表4。

表 4 可回收利用二次能源种类

序号	工序	可回收利用主要废气种类	主要成分
1	火法烧结	烟气余热	余热、余能

7 循环利用途径

7.1 减量化途径

7.1.1 节材

7.1.1.1 根据产品全生命周期理论分析设计生产过程，宜采用新工艺、新技术，提高各工序环节的综合回收率和金属回收率。综合回收率和元素回收率的计算参照 GB/T 33598.2。

7.1.1.2 建立原辅料管理、计量制度和原辅料品质检验台账，按照 GB/T 29115 对原料使用量的减少进行评价。

7.1.1.3 鼓励最大程度循环利用废弃锂电池，减少镍、钴、锂等天然矿物资源的使用。

7.1.2 节水

7.1.2.1 参照 HG/T 6118 要求开展用水和节水管理，并按照 GB/T 7119 的要求开展节水评价工作。

7.1.2.2 依靠技术进步，采用成熟可靠的节水新工艺、新技术和新设备，降低各工序用水量；同时积极开发废水的重复利用技术，改进和优化废水处理工艺，不断提高复用水率和废水回收率。

7.1.2.3 遵循雨污分流、梯级利用、分类处理、充分回收的原则，选择成熟可靠、经济合理、设施便于维护的节水技术，在保证安全、经济运行的前提下合理利用水资源，提高用水效率。

7.1.2.4 配备循环用水所需的计量、监控等技术及设备。

7.1.3 节能

7.1.3.1 按照 GB 17167 配备及使用能源计量器具，建立并运行能耗在线监测系统。宜建立能源管理中心。

7.1.3.2 根据现实情况优化用能结构，在保证安全、质量的前提下减少不可再生能源投入。宜安排不间断连续生产，特别是烧结、干燥等高能耗工序，降低能源损耗。

7.1.3.3 宜使用可再生能源或低碳清洁的能源，控制或减少煤等不可再生能源能源的消耗量。宜建光伏电站。

7.2 资源化及再利用途径

7.2.1 废水回收及循环利用

- 7.2.1.1 建立工序内循环水利用系统、工序间串级水回用系统和厂内污水处理站等，最大限度回收利用废水。
- 7.2.1.2 放电工序产生的废盐水经无害化处理后可返回工艺系统使用。
- 7.2.1.3 拆解和热解工序废水回收及循环利用：
 ——冷却液宜按照 HG/T 5963 规定进行循环利用，或经无害化处理后返回工艺系统使用；
 ——电解液经两次燃烧后与热解废气喷淋塔废水混合，经处理达标后循环利用，废水处理过程参照 GB/T 33060 的规定。
- 7.2.1.4 湿法回收、前驱体合成、锂盐制备废水回收及循环利用：
 ——酸性废水和重金属废水宜优先回收利用有价金属离子后经处理达标循环利用；
 ——有机废水经分离萃取剂后回收利用有价金属离子，经处理达标循环利用；
 ——含铵废液经离子膜和 MVR 分离提纯钠盐后经处理达标循环利用，废水处理过程参照 GB/T 36496 的规定。
- 7.2.1.5 火法烧结工序产生的废锂废水经回收提锂后返回工艺系统使用。
- 7.2.2 固体废物资源化利用
- 7.2.2.1 各工序产生以及除尘设施回收的粉尘，宜返回工艺系统作为原料回收利用。
- 7.2.2.2 拆解工序固体废物资源化利用：
 ——金属外壳和极耳经分类回收后送其他行业再制造或再生利用；
 ——隔膜宜单独收集后送隔膜生产企业加工为隔膜产品；
 ——高压线束经剥离分类回收塑料和金属后送其他行业综合利用。
- 7.2.2.3 破碎分选工序固体废物资源化利用：
 ——破碎料宜尽可能去除活性物质后分类回收或综合利用；
 ——除尘灰宜尽可能与电极材料粉一同进行湿法回收提取有价金属。
- 7.2.2.4 湿法回收工序固体废物资源化利用：
 ——石墨渣宜作为原料生产锂电池石墨负极材料，回收利用方法参照 YB/T XXXX（锂离子电池石墨类负极材料回收利用技术规范）规定执行；
 ——铁、铝、钙渣宜作为原料送建材行业加工为建材产品，处理处置方法符合 HG/T 6264 规定；
 ——磷、铁渣宜作为原料生产再生磷酸铁产品，产品符合 HG/T 6262 规定。
- 7.2.2.5 前驱体合成工序产生的 MVR 处理结晶产物宜作为原料生产硫酸钠或氯化钠产品。
- 7.2.2.6 废水处理工序产生的含重金属污泥宜尽可能综合回收提取有价金属。
- 7.2.3 废气资源化利用

火法烧结工序排出的烟气宜进行二氧化碳捕集并回用到锂盐制备工序中，二氧化碳捕集和回收利用的工艺流程如图2所示：

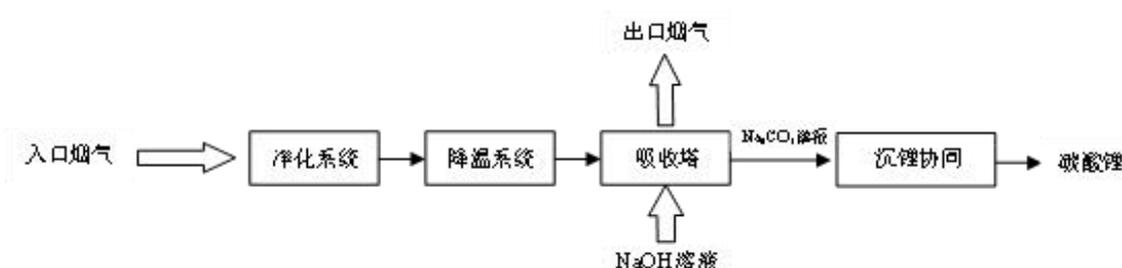


图2 二氧化碳捕集和回收利用工艺流程图

7.2.4 二次能源综合利用

7.2.4.1 进行干燥的物料宜利用火法烧结料冷却过程中的余热进行预干燥，降低干燥工序的电耗，提高余热利用。

7.2.4.2 利用火法烧结工序排出的高热废气与进入烧结炉的空气或氧气进行热交换，提高余热利用。

7.2.4.3 火法烧结工序宜采用动态烧结代替静态烧结，使物料受热更均匀、稳定，提升能效。

7.3 定向循环利用实践

典型定向循环利用技术实践见附录A。

附 录 A

(资料性)

典型全链条一体化设计技术实践

A.1 退役锂电池全组分循环利用关键技术

通过拆-破-热-分一体化装备、选择性优先提锂、三废协同处置、超长烧结系统等先进装备与工艺，生产镍钴锰酸锂、镍钴锰氢氧化物、电池级锂盐、元明粉、再生轻质建材等产品，实现退役锂电池定向循环利用。

A.2 退役磷酸铁锂电池精准分离技术

通过对电池/极片黑粉湿法回收处理，达到将电池中的各个组分精确分离。包含定向除杂氧浸、碳酸锂合成、磷酸铁合成等工序。

A.3 动力锂电池再生利用预处理技术

通过退役动力电池包进行拆解得到电池模组，将电池模组不放电直接破碎后，低温蒸发去除电解液，再将物料按照电池组分进行分类收集，除电解液外的其余物料均可以回收，材料回收率90%以上。
