

GLOBAL  
BATTERY  
ALLIANCE

BATTERIES POWERING  
SUSTAINABLE DEVELOPMENT

GBA BATTERY  
PASSPORT

# 温室气体规则手册

通用规则- 1.5 版

与以下机构合作开发



# 前言

GBA设想了一种在电池价值链中提供透明性、责任性和循环性的全球解决方案：电池护照。电池护照将证明符合温室气体排放的法律和社会期望，并根据其采购影响和性能明确区分出市场上更有价值的电池。

该版本《温室气体规则手册》的具体目标是制定全球统一的规则，使“从摇篮到大门再到回收”的电池碳足迹透明化；并允许由可靠、可访问和可信的数据来驱动决策。该规则手册旨在提供一种合理的方法，通过该方法以同质的方式生成和收集特定过程的数据，并且使得电池价值链中各供应商的电池碳足迹具有可比性。

该规则手册的制定由GBA的温室气体工作组监督，该工作组的成立旨在定义利益相关者可能期待的内容，并制定高级原则和操作规则，在此基础上开发 GBA 电池护照的电池碳足迹。

Sphera Solutions GmbH的服务保留给：

- 确定要捕获的所有必要参数，以便以可理解、标准化、准确、区别化、可审核和可对比的方式<sup>1</sup>计算各设施给定输出单位的温室气体足迹。
- 在咨询行业、民间团体和 GBA 温室气体工作组的政府成员后，建议首选可行的测量方案，并且
- 提供一组特定于步骤的数据收集模板，并附带解释性文件。

GBA 的温室气体工作组由来自 41 个 GBA 成员的大约 45 人组成，代表整个电动汽车电池价值链（80%）、民间团体（12%）和政府机构（7%）的活动。

在整个过程中确保了比例代表制。

## 关于本规则手册

作为第一步，锂离子电动汽车电池的使用和报废阶段已被排除在这个版本的规则手册之外。GBA 将继续制定这些阶段的规则，并将其添加到未来版本的规则手册中。在提出 GBA 温室气体规则手册（1.5 版）的第一个公开版本之前，GBA 成员之间就许多关键问题进行了辩论，并提出了阻力最小的规则，而不是反映一致立场的规则。例如，GBA 成员试图在透明度和逐步减少温室气体排放之间取得平衡，从摇篮到大门的电池生产和回收。在更广泛的电力市场中激励迅速减少温室气体排放；以及避免重复计算电力的可再生或低碳属性（见第 4.2.2 章）。在 GBA 与外部利益相关者接触的整个过程中，将重新审查该规则手册，以期将收到的反馈意见纳入未来版本的采用中。

数据计算、共享和传输规则和工具（包括决策机制、数据访问保护、基于权限的访问、规则定义、计算和操作）不在本规则手册的范围内。其他 GBA 工作组正在开发这些工具。

GBA 专家认识到，进一步的进展将需要：

- 展示价值链相关操作的实际适用性。
- 确保中小型企业能够理解温室气体规则手册
- 全球电池碳足迹标准的一致性（见第 2 章）
- 电池护照的定期审核和修订（见第 7 章和第 8 章）

<sup>1</sup> 被 GBA 的温室气体工作组称为 USADAC 原则



# 温室气体规则手册

通用规则- 1.5 版



与 Sphera 合作开发



与 Battery Pass 合作制定  
寿命终止规则



由 Drielsma  
Resources  
Europe 协助

免责声明：本文件由全球电池联盟发布。本文所述的结果、解释和结论是全球电池联盟推动和认可的合作过程的结果，但其结果并不一定代表其全体成员、合作伙伴或其他利益相关者的观点。

©2023 全球电池联盟。保留所有权利。不得以任何形式或通过任何方式（包括复印和记录）或任何信息存储和检索系统复制或传播本出版物的任何部分。

# 目录

前言 .....	封面内页
附图列表 .....	5
表格列表 6 .....	
首字母缩略词列表 8 .....	
术语和定义 9 .....	
1. 引言 11 .....	
2. 现有标准和方法的参考 .....	13
3. 温室气体规则手册的范围 .....	15
3.1 生产定义 .....	16
3.2 功能单元/基准流量 .....	17
3.31 系统边界 .....	18
3.32 截止标准 .....	19
3.4. 分配 .....	19
3.4.1 多输出分配 .....	19
3.4.2 生产线上的能耗数据分配 .....	22
3.4.3 寿命终止分配 .....	23
3.5. 材料的回收物质含量 .....	25
3.6. 数据和数据质量要求 .....	26
3.7. 影响评估 .....	27
4. 数据收集 .....	29
4.1 主要数据收集 .....	30
4.2 次要数据 .....	31
4.2.1 材料和能源供应以及废物处理的温室气体数据 .....	32
4.2.2 电力：两套计算规则 .....	32
4.2.3 燃烧排放 .....	37
4.2.4 运输 .....	37
4.2.5 空白填补（次要数据） .....	38
5. 群集特定规则 .....	39
5.1 采矿和精炼 .....	41
5.1.1 六水合硫酸镍（ $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ） 43	
5.1.2 七水硫酸钴（ $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ） 53	
5.1.3 一水硫酸锰（ $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ） 61	
5.1.4 锂 .....	65
5.2 pCAM 和 CAM 制造 .....	70
5.2.1 pCAM 71	
5.2.2 CAM .....	72
5.3 阳极材料 .....	74
5.3.1 天然石墨 .....	74
5.3.2 合成石墨 .....	79
5.3.3 金属硅 .....	83
5.3.4 锂金属 .....	87
5.4 电极电池和模块制造 .....	89
5.5 电池组件 .....	93

56	回收（回收成分排放） .....	96
56.1	通过截止方法进行的寿命终止和回收分配 .....	97
5.6.2	电池回收过程的功能单元和基准流量 .....	98
5.6.3	与回收有关的系统边界和过程 .....	98
5.6.4	数据收集要求 .....	101
5.6.5	寿命终止收集 .....	102
5.6.6	回收处理过程 - 数据收集指南 .....	102
5661	排放和拆解（如需要） .....	103
5662	热预处理 - 热解（如需要） .....	104
5663	机械预处理/切碎（如需要） .....	106
5664	火法冶金处理（如需要） .....	107
5665	湿法冶金处理 .....	109
5666	精炼/制备至电池级（如需要） .....	113
5667	初级和二级材料的联合生产 .....	113
5668	其他回收过程：通用数据收集表 .....	114
5.6.7	基于可回收性的处置排放（如寿命终止和回收排放） .....	115
6.	温室气体计算 .....	117
7.	验证/审查/审计 .....	118
8.	展望 .....	119
	参考文献 .....	120
	附件 A：排放因子 .....	123
	附件 B：EU 模块 .....	125
	致谢 .....	141

# 附图列表

图 3-1:	NMC 锂离子电池的制造工艺流程图.....	17
图 3-2:	系统扩展的一般示例.....	20
图 3-3:	质量分配系数计算.....	21
图 3-4:	经济分配系数计算.....	22
图 3-5:	截断和替代方法示意图.....	24
图 4-1:	典型的日太阳能发电曲线和负荷曲线.....	35
图 5-1:	新流程模板开发的工作流.....	40
图 5-2:	通用采矿过程.....	42
图 5-3:	通用选矿/矿石加工工艺.....	42
图 5-4:	通用初级提取过程.....	42
图 5-5:	通用精炼工艺.....	42
图 5-6:	镍进入不同应用中的物料流 (Roskill, 2019).....	43
图 5-7:	不同矿石类型的工艺流程图 (Crundwell, 2011).....	44
图 5-8:	伞形流程步骤和特定流程步骤的分配.....	44
图 5-9:	硫化物矿石典型选矿的工艺步骤 (Zanin, 2019).....	46
图 5-10:	硫化物矿石典型初级提取的工艺步骤 (Wang, 2016).....	47
图 5-11:	钴进入不同应用中的物料流 (钴研究所, 2021).....	53
图 5-12:	伞形流程步骤和特定流程步骤的分配.....	53
图 5-13:	硫化物矿石典型选矿的工艺步骤 (Zanin, 2019).....	55
图 5-14:	生产 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 的典型湿法冶金工艺流程图中的工艺步骤 (Lutandula, 2020).....	59
图 5-15:	锰进入不同应用中的物料流 (IMNI, 2022).....	62
图 5-16:	伞形流程步骤和特定锰工艺步骤的分配.....	62
图 5-17:	伞形生产工艺, 以及卤水和锂辉石特定工艺的分配.....	65
图 5-18:	锂辉石矿石的锂生产工艺 - 初级提取 (Bishimbayeva, 2018).....	68
图 5-19:	锂辉石矿石的锂生产工艺 - 精炼 (Bishimbayeva, 2018).....	69
图 5-20:	pCAM 生产工艺流程图示意图.....	71
图 5-21:	CAM 生产工艺流程图示意图.....	72
图 5-22:	天然石墨阳极材料生产的物料流 (ECGA, 2022).....	74
图 5-23:	合成石墨阳极材料生产的物料流 (ECGA, 2022).....	79
图 5-24:	金属硅 (Si 99%) 的工艺流程图.....	83
图 5-25:	锂金属的工艺流程图.....	87
图 5-26:	电池制造初级数据收集的聚合级别.....	89
图 5-27:	截止方法中的报废和回收分配.....	98
图 5-28:	电池回收系统边界的伞形流程图.....	99
图 5-29:	通用拆解参考流程图.....	100
图 5-30:	通用回收处理参考流程图.....	100
图 5-31:	通用精炼处理参考流程图.....	100
图 5-32:	废旧电池的不同回收工艺路线.....	103
图 5-33:	一般回收系统边界的伞形流程图.....	114
图 0-1:	《2006 年气专委指南一》(气专委, 2006 年) 中的排放系数.....	123
图 0-2:	《2006 年气专委指南二》(气专委, 2006 年) 中的排放系数.....	124
图 B1:	循环足迹公式的元素.....	127

图 B2:	CFF 生命周期视图, 包含将从供应链收集的数据 .....	128
图 B3:	CFF 排放值的数据来源 .....	130
图 B4:	CFF 参数的含义、单位、范围和数据来源 .....	133
图 B5:	分销生命周期阶段的运输情景 .....	136

# 表格列表

表 3-1:	按质量计算的示例性分配系数.....	21
表 3-2:	按经济价值计算的示例性分配系数.....	22
表 4-1:	主要温室气体的选择.....	30
表 5-1:	地下和露天采矿的通用数据收集模板.....	45
表 5-2:	选矿/矿石加工的通用数据收集模板.....	46
表 5-3:	初级（冶金）提取（硫化物矿石炉）的通用数据收集模板.....	48
表 5-4:	硫酸装置通用数据收集模板.....	48
表 5-5:	精矿湿法冶金提取的通用数据收集模板.....	49
表 5-6:	红土矿初步提取的通用数据收集模板.....	50
表 5-7:	从红土矿中初步提取 NPI 的通用数据收集模板.....	50
表 5-8:	镍生铁至镍铈转化的通用数据收集模板.....	51
表 5-9:	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 精炼的通用数据收集模板.....	52
表 5-10:	地下和露天采矿的通用数据收集模板.....	54
表 5-11:	选矿/矿石加工的通用数据收集模板.....	55
表 5-12:	初级（冶金）提取（硫化物矿石炉）的通用数据收集模板.....	56
表 5-13:	硫酸装置通用数据收集模板.....	57
表 5-14:	精矿湿法冶金提取的通用数据收集模板.....	57
表 5-15:	红土矿初步提取的通用数据收集模板.....	58
表 5-16:	铜钴矿石焙烧的通用数据收集模板.....	59
表 5-17:	铜钴矿石湿法冶金初步提取的通用数据收集模板.....	60
表 5-18:	通过硫进行 $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 精炼的通用数据收集模板.....	60
表 5-19:	通过粗制 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 进行 $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 精炼的通用数据收集模板.....	61
表 5-20:	地下和露天采矿的通用数据收集模板.....	63
表 5-21:	还原的通用数据收集模板.....	63
表 5-22:	浸出和提纯的通用数据收集模板.....	64
表 5-23:	电解的通用数据收集模板.....	64
表 5-24:	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 精炼的通用数据收集模板.....	65
表 5-25:	锂辉石开采的通用数据收集模板.....	66
表 5-26:	卤水开采的通用数据收集模板.....	66
表 5-27:	卤水浓缩的通用数据收集模板.....	67
表 5-28:	锂辉石选矿的通用数据收集模板.....	67
表 5-29:	锂辉石初级提取的通用数据收集模板.....	69
表 5-30:	锂辉石精炼的通用数据收集模板.....	70
表 5-31:	pCAM 生产的通用数据收集模板.....	72
表 5-32:	CAM 生产的通用数据收集模板.....	73
表 5-33:	石墨开采的通用数据收集模板.....	74
表 5-34:	石墨破碎/铣削的通用数据收集模板.....	75
表 5-35:	石墨浮选的通用数据收集模板.....	75
表 5-36:	石墨浮选的通用数据收集模板.....	76
表 5-37:	石墨微粉化/筛选/分类的通用数据收集模板.....	76
表 5-38:	石墨滚圆的通用数据收集模板.....	77
表 5-39:	石墨提纯的通用数据收集模板.....	77

表 5-40:	石墨涂层的通用数据收集模板 .....	78
表 5-41:	石墨化的通用数据收集模板 .....	78
表 5-42:	铣削的通用数据收集模板 .....	79

表 5-43:	成型的通用数据收集模板 .....	80
表 5-44:	使用沥青和焙烤进行挤压的通用数据收集模板 .....	80
表 5-45:	石墨化的通用数据收集模板 .....	81
表 5-46:	石墨化材料铣削的通用数据收集模板 .....	81
表 5-47:	涂层的通用数据收集模板 (可选) .....	82
表 5-48:	石墨化的通用数据收集模板 .....	82
表 5-49:	石英开采的通用数据收集模板 .....	83
表 5-50:	破碎/铣削的通用数据收集模板 .....	84
表 5-51:	熔化和过滤袋式除尘器的通用数据收集模板 .....	85
表 5-52:	精炼的通用数据收集模板 .....	85
表 5-53:	破碎和筛选的通用数据收集模板 .....	86
表 5-54:	附加工艺步骤的通用数据收集模板 .....	86
表 5-55:	转化为 $\text{LiCl}_2$ 的通用数据收集模板 .....	87
表 5-56:	干燥的通用数据收集模板 .....	88
表 5-57:	电解的通用数据收集模板 .....	88
表 5-58:	电池制造的通用数据收集模板 .....	90
表 5-59:	电池组件的通用数据收集模板 .....	93
表 5-60:	拆解过程的通用投入产出表 .....	104
表 5-61:	热预处理的通用投入产出表 .....	105
表 5-62:	机械预处理/切碎的通用投入产出表 .....	107
表 5-63:	火法冶金处理的通用投入产出表 .....	109
表 5-64:	湿法冶金处理的通用投入产出表 .....	112
表 5-65:	单独工艺步骤情况下的锂回收 .....	113
表 5-66:	其他回收过程的投入产出表 - 通用数据收集 .....	115
表 6-1:	温室气体及其各自的全球变暖潜能值 .....	117
	(基于包括碳循环反馈的 EF3.0)	
表 B1:	CFF 的默认参数概述 .....	129
表 B2:	供应链特定运输的投入产出表 .....	138

# 首字母缩略词列表

BCF	电池碳足迹
BEV	纯电动汽车
BMS	电池管理系统
CAM	阴极活性材料
CF	碳足迹
dLUC	直接土地利用变化
DMS	重介质分离
EF	排放系数
EoL	寿命终止
EV	电动汽车
GBA	全球电池联盟
GHG	温室气体
GWP	全球变暖潜能值
HMS	重介质分离
ILCD	国际循环数据系统
iLUC	间接土地利用变化
IPCC	政府间气候变化专门委员会
ISO	国际标准化组织
LCA	生命周期评估
LCI	生命周期清单
LCIA	生命周期影响评估
LFP	磷酸铁锂
LIB	锂离子电池
MSP	混合硫化物沉淀
NCA	镍钴铝
NMC	镍锰钴
OEM	原始设备制造商
PEF	产品环境足迹
PEFCR	产品环境足迹类别规则
PGM	铂族金属
pCAM	前驱体阴极活性材料
UNFCCC	联合国气候变化框架公约 WRI 世界资源研究所

# 术语和定义

## 活性材料

“与电化学性能直接相关的电池材料：包括阴极、阳极、电解质和隔膜”（Recharge, 2018 年）

## 分配

“在所研究的产品系统和一个或多个其他产品系统之间划分过程或产品系统的输入或输出流”（ISO 14040:2006, 第 3.17 节）

## 后台系统

“由于供应商之间的平均效应，可以假定具有平均（或等效，通用数据）的同质市场可以适当地代表各自的过程……和/或作为系统的一部分运行但不受商品生产者直接控制或决定性影响的过程……。”（欧盟委员会联合研究中心，2010 年，第 97-98 页）作为一般规则，次要数据适用于后台系统，特别是在主要数据难以收集的情况下。

## 副产品

“经济价值大于零的产出，对于特定生产现场的需求是可用的，并且可以提供证据证明副产品按预期使用。该术语用于区别于废物”。

## 共生产品

经济价值大于零的产出，对于特定生产现场的需求是可用的，并且可以提供证据证明共生产品按预期使用。该术语用于区别于主要产品。

## 回收材料的闭环分配

“闭环分配程序适用于闭环产品系统。也适用于开环产品系统，其中回收材料的固有特性不会发生变化。在这种情况下，由于次要材料的使用取代了原始（主要）材料的使用，因此避免了分配的必要性。”

## 截止标准

“与未纳入研究的单元工艺或产品系统相关的材料或能量流的量或环境影响重要性水平的规范”（ISO 14040:2006, 第 3 节）

## 直接土地利用变化（dLUC）

“从一种土地利用类型到另一种土地利用类型的转变，这种转变发生在一个特定的土地区域，且不会导致另一个系统的改变。”（欧盟委员会，2021 年）

**报废废物（消费后材料或废物）** “由家庭或商业、工业和机构设施作为成品的最终用户产生的废物中回收的材料”（欧洲标准化委员会，2020 年）。

## 前台系统

“系统中特定于系统的那些过程……和/或直接受到研究中分析的决策影响的过程。”（欧盟委员会联合研究中心，2010 年，第 97 页）这通常包括一级供应商、制造商本身以及制造商可以施加重大影响的任何下游生命周期阶段。作为一般规则，前台系统应使用特定（主要）数据。

## 功能单元

“用作参考单元的产品系统的量化性能”（ISO 14040:2006, 第 3.20 节）

## 热点

本手册中的热点定义为：

- 对计算温室气体排放量的材料、电池单元或电池的总温室气体影响具有较高（ $\approx > 5\%$ ）影响的过程输入/输出（例如，阳极材料石墨对一个镍锰钴锂离子电池的总温室气体影响的影响）。
- 由于现有的可变性，对计算温室气体排放量的材料、电池单元或电池的总温室气体影响具有较高（ $\approx > 5\%$ ）影响的因素、参数、变化驱动因素（如电力供应的地点和/或电力和热力供应之间的份额）。

## 间接土地利用变化（iLUC）

“在对某一土地使用的的需求导致系统边界以外（即其他土地使用类型）的变化时发生。这些间接影响主要通过土地需求的经济建模或通过全球范围内的活动迁移建模来评估。”（欧盟委员会，2021 年）

## 生命周期

将产品系统视为“连续且相互关联的阶段……从自然资源中的原材料获取或

产生到最终处置（ISO 14040:2006，第 3.1 节）。这包括所有材料和能源投入以及向空气、土地和水的排放。

#### 生命周期评估（LCA）

“产品系统在其整个生命周期中的投入、产出和潜在环境影响的汇编和评价”（ISO 14040:2006，第 3.2 节）

#### 生命周期清单（LCI）

“生命周期评估阶段，涉及产品整个生命周期的投入和产出的汇编和量化”（ISO 14040:2006，第 3.3 节）

#### 生命周期影响评估（LCIA）

“生命周期评估阶段，旨在了解和评估产品系统在整个产品生命周期中潜在环境影响的程度和重要性”（ISO 14040:2006，第 3.4 节）  
（ISO 14044: 2006，第 4.3.4.3.3 节）

#### 负荷系数

生产设施的负荷系数定义为生产设施在特定时期的实际生产量与同一生产设施和生产时期内按产量计算的设计能力之间的比率。

#### 循环材料非能动材料的开环分配

“不直接产生电化学性能的电池材料：电池外壳、蓄电池外壳和 OEM 零件”（Recharge，2018 年）

#### 主要数据

“与公司价值链中的特定产品或活动相关的数据。这种数据可以是活动数据、排放量或排放系数的形式。主要数据是特定于地点、特定于公司的（如果同一产品有多个站点）或特定于供应链的。主要数据可以通过仪表读数、购买记录、公用事业账单、工程模型、直接监控、材料或产品平衡、化学计量或其他用于从公司价值链的特定过程中获取数据的方法获得。”（世界可持续发展商业理事会，2021 年）

#### 工艺废料（消费前材料或废料）

“在制造过程中从废物流中转移的材料

。再利用材料，如返工、再铣削或产生的废料，以及能够在产生这些材料的同一过程中回收的材料，不包括在此定义中。”（ISO，2016 年），例如，离开生产设施的切屑、冲压残留物、废料等。

#### 产品体系

“具有基本流程和产品流程的单元过程的集合，执行一个或多个定义的功能，并对产品的生命周期进行建模”（ISO 14040:2006，第 3 节）

#### 回收物质含量

工艺废料和报废废物计入回收物质含量的计算中，并以产品重量的百分比表示。

#### 参考流量

“为实现功能单元所表达的功能所需的给定产品系统中过程输出量的度量”（ISO 14040:2006，第 3 节）

#### 次要数据

“数据不是来自公司价值链内的特定活动，而是来自基于平均值、科学报告或其他来源的数据库”。（世界可持续发展商业理事会，2021 年）。在本规则手册中，次要数据是指非主要数据的任何数据，即并非直接测量或从公司自有的信息系统中收集的所有类型的数据。次要数据包括，例如，第三方提供的生命周期清单数据、清单指南中的排放系数、科学论文和其他文献中的数据等。（注意，来源于信息系统或工程模型的数据，这些系统或模型直接从公司价值链中的特定过程收集或获取数据（例如，汽车行业的国际材料数据系统 [IMDS]），应被视为主要数据。

#### 二次材料

从以前的使用中回收的输入材料或来自其他产品系统的废物，例如回收的废金属、粉碎的混凝土、碎玻璃、回收的木屑、回收的塑料颗粒。二次材料在二次材料从另一个产品系统进入该产品系统时进行测量（ISO 21930:2017，第 3.6.4 节）。

1.

# 引言

钴

全球电池联盟（GBA）温室气体（GHG）规则手册背后的主要目标是提供指导，以便于（GBA）电池护照的用户计算电动汽车（EV）用锂离子电池（LIB）可比温室气体（GHG）足迹。GBA 温室气体规则手册可适用于所有类型的锂离子电池化学物质以及电动汽车用锂离子电池价值链上的原材料、有源或无源材料和组件。该手册的制定是通过分析广泛使用的锂离子电池化学物质来完成的，例如供应链、热点、待收集的主要数据、次要数据需求等。

在计算未来商业上新引入的化学物质（如磷酸铁锰锂（LFMP）或固态电池）的温室气体足迹时，最好同时进行分析，以在规则手册的更新版本中确定可能的添加或更改（供应链中的热点、次要数据需求、化学特定规则等）。

本规则手册的重点是原材料、有源和无源材料或电池本身的制造和报废阶段的温室气体足迹，以提供可在后续生产步骤中用于计算温室气体足迹或通常用于与各种利益相关者（制造商、原始设备制造商、客户等）沟通的温室气体足迹。在这个时间点上，锂离子电池的使用阶段在本规则手册中未做考虑。由于即使是相同的电池产品，锂离子电池的使用情况也可能不同（使用地点、里程、寿命、车辆消耗量等），因此电池之间制造过程中的温室气体排放对比将受到限制。也就是说，未来版本的《规则手册》可能会涵盖使用阶段，以提供一套规则，从而允许对电动汽车中的锂离子电池使用进行一致和同质的对比。

本手册未涵盖锂离子电池（LIB）或本手册已涵盖的整个锂离子电池（LIB）价值链上的原材料、有源和无源材料或组件的温室气体足迹计算中的任何抵消机制。也未讨论用于温室气体计算的任何背景数据来源（例如，材料或能源供应的生命周期清单数据）。

2.

## 现有标准和方法的参考

镍

已经分析了用于计算产品碳足迹或环境足迹的若干标准和指导文件。它们被视为制定 GBA 温室气体规则手册的基础，特别是因为第一版强调了：

- LIBs 价值链中已确定的原材料、有源或无源材料和生产过程的温室气体计算，以及
- 对原材料和有源或无源材料以及电池单元和电池本身的总体温室气体排放具有重大影响（热点）的温室气体计算规则。

关于温室气体计算的方法论方面，到目前为止尚未在本规则手册中定义，请参考以下标准和指导文件的最新版本：

- ISO 14040: 2006 - 环境管理 - 生命周期评估 - 原则和框架（ISO, 2006a）
- ISO 14044: 2006 - 环境管理 - 生命周期评估 - 要求和指南（ISO, 2006b）
- ISO 14067: 2018 - 温室气体 - 产品的碳足迹 - 量化要求和指南（ISO, 2018 年）
- 欧盟委员会 PEFCR 指导文件（V.6.3）（欧盟委员会, 2018 年）

除上述列出的标准和指导文件外，还使用了以下文件来制定本规则手册，或在本规则手册中直接引用这些文件中的定义和规则：

- EN 45557: 评估能源相关产品中回收材料含量比例的通用方法（欧洲标准化委员会, 2020 年）
- 欧盟委员会 - 联合研究中心：推荐的 EF 生命周期影响评估方法的特征化因素的支持信息（Fazio 等人, 2018 年）
- 欧盟委员会。欧洲议会和理事会关于电池和废电池的法规提案（欧盟委员会, 2020 年）
- 温室气体核算体系
  - 产品生命周期核算和报告标准（世界资源研究所, 2011a）
  - 企业价值链（范围 3）核算和报告标准（世界资源研究所, 2011b）
  - 温室气体核算体系范围 2 指南（世界资源研究所, 2015 年）
- ISO 14025: 环境标签和声明 - 第三类环境声明 - 原则和程序（ISO, 2006c）
- ISO 14049: 环境管理 - 生命周期评估 - 如何将 ISO 14044 应用于目标和范围定义以及清单分析的说明性示例（ISO, 2012 年）
- 国际参考生命周期数据系统（ILCD）手册 - 生命周期评估通用指南 - 详细指南（JRC, 2010 年）

3.

# 温室气体规则 手册的范围

锰

以下章节描述了本温室气体规则手册所涵盖的产品和材料、相应的功能单元和参考流量，以及系统边界和截止标准、适用的分配规则、需要满足的主要和次要数据的要求，以及根据本规则手册进行碳足迹的数据收集本身的指导。

### 3.1. 生产定义

温室气体规则手册的重点是电动汽车中使用的可充电锂离子电池（LIBs），适用于电池本身（包括热管理和电池管理系统的电池包）或单个电池单元，以及电池的原材料、有源或无源材料和组件。

如图 3-1 所示，基于镍锰钴锂离子电池的生产，在几个群集中总结了整个锂离子电池价值链上的制造过程。已经定义了总结制造过程的以下群集：

- 采矿和精炼
- pCAM 和 CAM 制造
- 阳极材料制造
- 电极和电池制造
- 模块和电池组件
- 回收利用

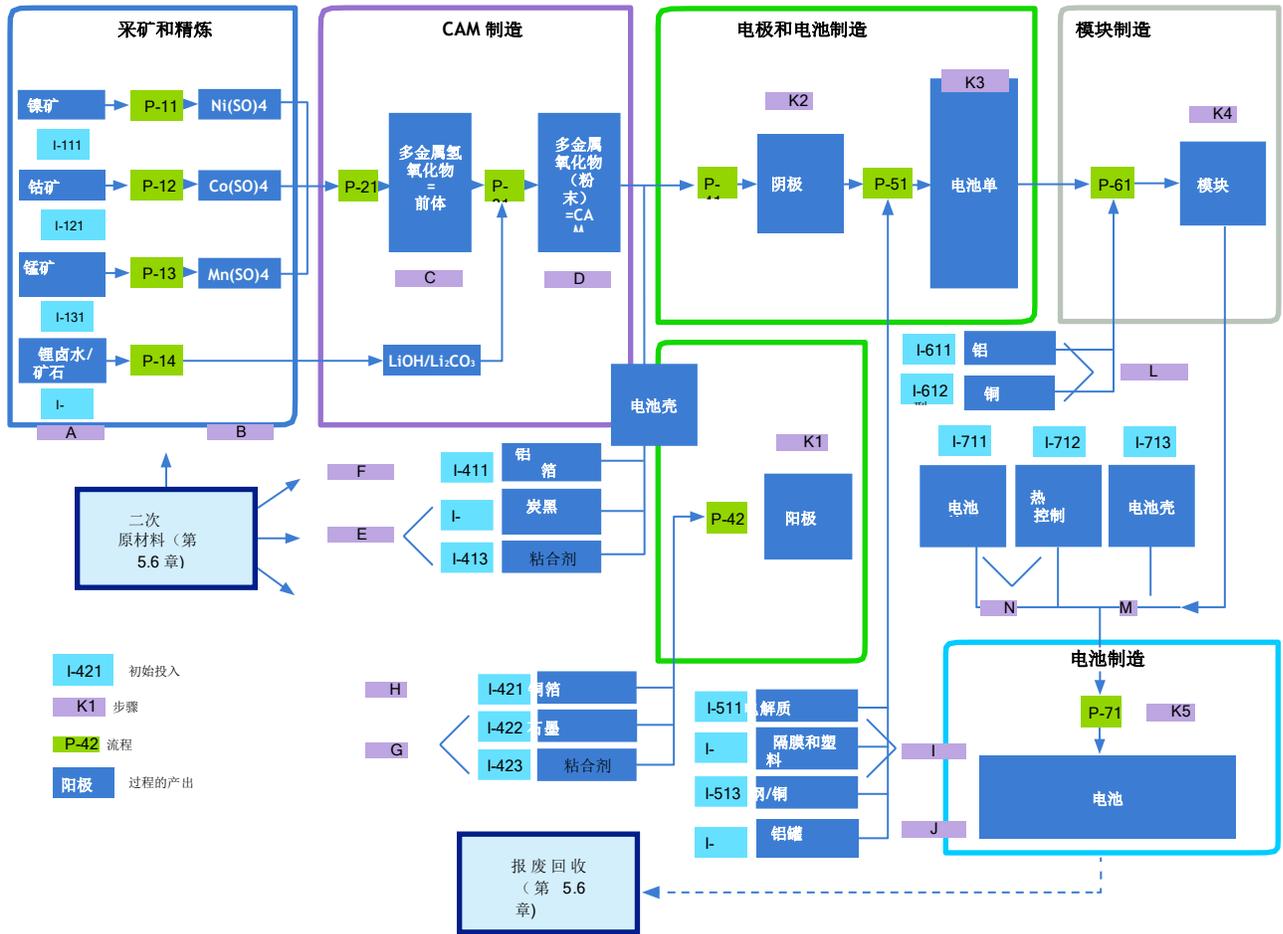
在《规则手册》的更新版本中，可能会对群集进行进一步拆分，以增加已确定的制造过程或初始投入的特定规则方面的粒度。

对于每个群集，温室气体计算的群集特定规则，如主要数据收集要求、功能单元等，在第 5 章中进行了定义。在以下分章和第 4 章中，定义了温室气体计算的一般规则。

在本规则手册的第一个版本中，重点是整个电池价值链中已确定的热点：

- 金属硫酸盐（镍和钴）
- 碳酸锂和氢氧化锂
- 金属锂
- 磷酸铁
- pCAM 和 CAM 制造
- 电极和电池制造
- 石墨
- 模块和电池组件

图 3-1：镍锰钴锂离子电池的制造工艺流程图



## 3.2 功能单元/参考流量

### 功能单元

功能单元的通常是“指定正在研究的系统的功能（性能特征）”和“提供输入和输出数据标准化的参考”（ISO，2006b）。功能单元应指用于电动汽车的锂离子电池的供应和报废回收，或在本手册所涵盖的锂离子化学的产业链内交易的任何原材料、有源或无源材料或电池组件。功能单元和参考流量需要符合本规则手册的目标和范围，即它应提供必要的产品规格，以便能够在进一步的温室气体计算或评估中使用所提供的温室气体值。

因此，功能单元应清楚地定义功能并量化产品的特性和/或性能（原材料如金属硫酸盐、阴极活性材料、电池芯、电池）。例如，对于金属硫酸盐或碳酸锂、阴极活性材料或组分，这些性能可以是质量等级、成分、生产路线等。对于电池单元组，功能单元应包括每个电池的重量和容量、能量密度、化学性质、峰值和持续功率等规格。对于整个电池，规格可以是电池的总容量、重量、化学性质和能量密度。第5章中给出了每个群集应使用哪种规格的进一步定义。

## 参考流量

原材料、有源和无源材料或电池组件的参考流程应指材料/组件本身，而不是指可能使用这些物质/组件的电池。理想情况下，参考流量反映了供应商和用户之间交易材料的常用单位。通用参考流量应以质量为单位，即 **1kg** 或 **1T** 材料，或者如果更常用，则为 **1kg** 或 **1T** 化合物中所含的特定元素。

只有当材料/组件交易的标准单位不是质量，例如体积（ $1\text{ m}^3$ ）或表面积（ $1\text{ m}^2$ ），或者对于复杂组件（电子产品，几种材料），用单件做单位可能更合适（**1** 件）时，才应考虑豁免规定的参考流量。对于所有豁免，应披露将所选参考流量转换为材料/组件本身质量的信息（例如，化合物中元素的份额、密度、每平方米的重量或每件重量）。

电池单元和电池的参考流量应指单件的，即一个电池芯或一个完整的电池。用户还应报告标称和可用容量、重量和/或能量密度，以允许将其转换为替代参考流量，例如 **1kg** 电池芯/电池或 **1kWh** 的标称或可用容量。第5章概述了在定义的群集中制造的材料、组件或产品的具体参考流量。

关于功能单元和参考流量选择的一般信息可参见 ISO 14049 (ISO, 2012)。

## 3.3. 系统边界和截止准则

### 3.3.1. 系统边界

一般情况下，碳足迹/温室气体计算的系统边界应涵盖与所调查的原材料、有源或无源材料、电池组件或电池的生产相关的所有温室气体排放，直到生产它的工厂门口，同时考虑报废阶段。尽管如此，在 LCA 和碳足迹中，通常的做法是从系统边界中排除某些方面（在其生命周期中与所研究产品没有直接联系的服务、材料和能源流），例如员工通勤或研发活动，这些活动的代表性数据无法轻易收集，或者因为其他生命周期评价研究表明该产品的总体温室气体影响微不足道。

就本手册而言，以下服务、材料和能量流应排除在产品系统边界之外：

- 资本货物（如机械、卡车、基础设施）
- 架空操作（如设施照明、供暖、空调）
- 公司活动和服务（如研发、行政职能、公司销售和营销）
- 员工上下班的交通

如果某些架空操作没有被严格跟踪并且不能轻易排除，则应使用适当的分配密钥进行分配（示例见第 3.4.2 章和第 5.4 章）。

### 3.3.2 截止标准

作为一般的截止准则，碳足迹（CF）计算采用了欧盟委员会关于使用环境足迹的建议（欧盟委员会，2021）中的截止规则。在必须参考计算 CF 的产品的总 CF 来收集原始数据的过程中（在所有过程中累积），最多可排除 3% 的温室气体排放。排除也不得排除超过 3% 的材料或能量输入或输出（在所包括的过程中累积）。

截止准则的使用带来了一个挑战，即决定特定物质的温室气体排放量（无论是已知的还是不可用的）是否归于规定的截止标准。注意：仅仅因为已知输入或影响归于截止准则而系统地将其排除在外是不恰当的，也不应该这样做。对于收集主要数据的过程，其 3% 的截止准则中不包括次要数据中的可能截止值。因此，应避免输入和输出过程的一般中断。如果输入/输出的特定温室气体排放量不可用/未知，用户应通过使用理想情况下高估温室气体影响的适当代理来分析和记录可能的影响。作为系统排除，仅排除包装。

## 3.4 分配

在本章中，通用分配规则的描述如下

- 多输出分配
- 寿命终止分配
- 生产线上的消耗数据分配（数据收集期间）

通用分配规则为如何处理碳足迹计算过程中的不同情况提供了指导。考虑到下面给出的一般指导，如果报告了多输出过程中产品的碳足迹，用户应以透明的方式记录应用了哪些分配规则。

### 3.4.1 多输出分配

如果一个过程有几个有价值的产出，即除了要计算温室气体排放量的产品外，还在同一个生产设施门口生产了一个或更多个具有经济价值的共生产品，则应在主要产品 and 共生产品之间进行与锂离子电动汽车电池生产相关的温室气体排放量的分配。

根据《温室气体规则手册》，副产品被定义为经济价值大于零的产出，对于特定生产现场的需求是可用的，并且可以提供证据表明副产品按预期使用。如果只为运输支付价格，或者价格为零，但副产品被用作另一个产品系统的输入，则处理该输出的过程可能

不包括在碳足迹计算中，但不应将温室气体排放量分配至该输出。在所有情况下，第三方应在设施门口核实所声称的具有特定性质（如纯度/等级、净热值、含水量等）的副产品的经济价值，以及支付了价格的副产品所占的份额。如果无法证明该产出的经济价值，则该产出应被视为废物。

多输出分配通常遵循 ISO 14044 第 4.3.4.2 节 (ISO, 2006b) 的要求。

因此, 只要可能, 应通过以下方法避免分配:

- a) 将一个单元过程细分为几个子过程
- b) 通过从产品系统中消除共生产品来进行系统扩展, 并且通过减去已充分表征的功能等效物的温室气体排放量来计算碳足迹。(PE 国际, 2014)

不幸的是, 避免分配并不总是可能的。如果多输出过程不能进一步细分, 则需要使用一种具有良好表征的代表性工艺的替代生产路线来实施系统扩展。在这种情况下, 表征良好的工艺是指那些本身不需要在共生产品之间进行分配的工艺, 或者在共生产品之间进行分配的工艺在全球范围内是明确和一致的 (例如, 氯和氢氧化钠联合生产的氯碱工艺)。

在这种情况下, 代表性流程是指那些在市场中占优势 (具有较高的占比、影响力较大或流行度较高) 的流程。在大多数情况下, 金属是与其他几种金属一起从相同或不同的矿床中生产出来的。因此, 不建议对大多数金属进行系统扩展, 因为无法获得具有良好表征且具有代表性的替代生产路线 (PE 国际, 2014)。

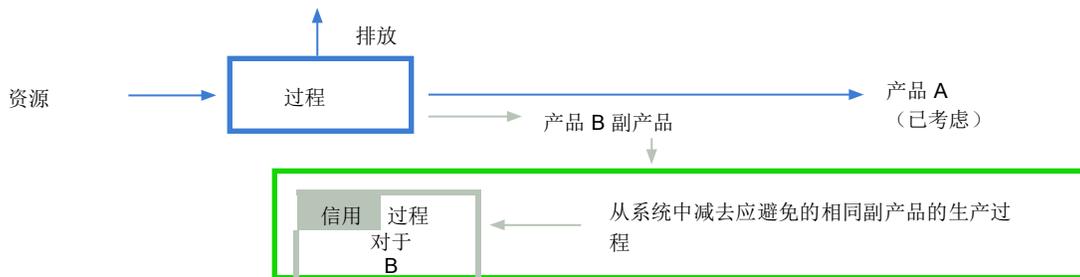
因此, 就本规则手册而言, 应通过对石墨和金属的分配以及对其他材料的系统扩展来划分产品和共生产品之间的温室气体排放量。如果由于缺乏具有良好表征且具有代表性的替代生产路线而无法进行系统扩展, 则可以使用分配, 但需要在验证中证明偏差的理由。

### 系统扩展

本规则手册第 5 章要求对系统进行扩展, 以将温室气体排放划分为硫酸、硫酸铵、硫酸钠和氯副产品等。

系统扩展是以这样一种方式进行的, 即在其他工艺中使用并因此替代另一种材料的副产品, 被认为是被替代材料的碳足迹。例如, 如果硫化物矿石加工产生的硫酸代替了石油和天然气工业产生的硫酸, 则可能发生这种情况; 或当在水泥工业中使用惰性炉渣代替砾石时。在验证温室气体足迹 (例如, 按合同) 时, 应提供证据, 证明假定被替代材料在技术上是适当的, 并且副产品确实用于其预期用途 (例如, 如果在水泥工业中, 实际上用惰性炉渣替代了砾石, 此时应通过系统扩展使用砾石的温室气体足迹来计算信用, 而不是使用渣块的温室气体足迹)。应针对每个碳足迹验证从替代生产路线中选择产品的适当性。系统扩展应仅适用于发生分离的工艺步骤。

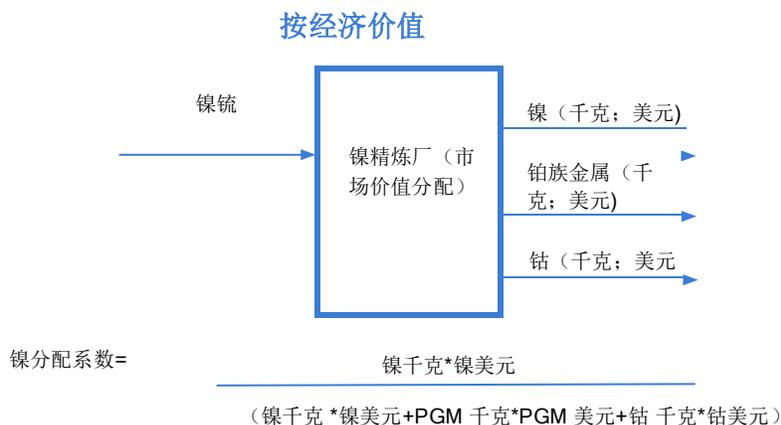
图 3-2: 系统扩展的一般示例





四 (>4) (Santero 和 Hendry, 2016) 时适用。经济分配系数的计算方法见图 3-4。

图 3-4: 经济分配系数计算



在下表中，经济分配系数是根据炼油厂示例中的虚拟产量计算的。这里再次指出，分配系数的总和应等于 1。

表 3-2: 按经济价值计算的示例性分配系数

产品	产品产量	价格欧元/公斤	价值欧元	分配系数
镍	1 kg 镍	17	17	0.49
钴	0.1 kg 钴	28	2.8	0.08
铂族金属	0.0005 kg PGM	29,500	14.8	0.43

### 3.4.2 生产线上的能耗数据分配

如果在价值链中进行了能源消耗的主要数据收集，其中在一个工厂中生产的产品超过了所考虑的产品，而几条生产线只有一个电能表（例如，用于电力），那么解释将电力分配给所考虑产品的方式则很重要。如果没有安装足够的单个仪表，则只有在生产步骤、生产设备和产品本身相似的情况下（例如，电池单元具有相同的几何形状，但性质不同），才能对产品之间的能耗进行划分。

确定每条生产线能耗的最准确方法是详细的计量系统，因此，这是首选办法。如果还没有，最好的方法是在每条生产线上安装一个计量点。

如果在一条生产线上，在最近的 12 个月的可用时间内生产了几种产品，则应测量生产特定产品的各个时间段的能耗。

如果无法获得每条生产线/每个产品的实测能耗，则应采用以下层次的方法：

- 专家判断（例如，生产工程师根据他们的经验对生产线进行分配）
- 利用装机容量计算能耗
- 由质量或其他物理性质产生的产品的能量分配

### **专家判断**

在这种分配方式中，例如，生产工程师的经验成为了分配的基础。在专家的整个工作时间内，他们可以根据对每条生产线内的工艺知识来判断哪条生产线消耗了多少能量。

工程师将能耗分配给不同的生产线，并解释分配的理由。

### **能耗计算**

在该方法中，使用每个工艺步骤的装机容量来计算生产线上的能耗。

需要收集以千瓦（或类似）为单位的每个装机容量，并应假设和记录使用系数（实际使用时间的百分比），以计算每个过程的能耗。最后，对所有过程的能耗进行汇总。一个可能的缺点是，在生产过程中，每个消费者的负载可能不同。

### **通过质量或其他物理属性将能量分配给产品**

如果工厂内甚至在生产线上生产的是不同的产品，这是最简单的方法。但不确定性最高。

### **共享能源消费者**

如果操作多条生产线，并且需要对生产线之间非体积相关的能耗者的能源消耗进行分配，则可能出现特殊情况。一个例子是用于电池芯生产的干燥室，其中有几条负荷系数不同的生产线（每条生产线生产不同的产品）正在运行。在每条生产线的能耗与产品相关之前，本规则手册的用户可以采用有意义的分配系数

（例如，生产线的容量、生产线的表面）对各生产线的能耗进行划分。

在所有情况下，应报告和记录所选的能源消耗分配方法，包括采用该方法的理由，特别是对于专家判断所依据的基本原理需要给出明确的理由。在所有情况下，分配的总和应等于总能源消耗（测量）。同样的方法适用于未最终进入产品的所有消耗品（能源、辅助设备、水等）。

## **3.4.3 寿命终止分配**

在本规则手册中，仅描述了从摇篮到炉排以及使用生命周期结束时的碳足迹。明确寿命终止分配对于计算电池价值链某些过程中的废料输入的碳足迹至关重要，例如，进入铝重熔和电池托盘铸造/挤压的废料以及工艺废料的产生。

寿命终止分配通常遵循 ISO 14044 第 4.3.4.3 节的要求。这种分配方法解决了如何将原始生产过程的影响分配给未来产品系统中回收和使用的材料的问题。

鉴于生命周期评价研究中通常使用两种主要方法来说明报废回收和回收物质含量（见图 3-5），就本手册而言，应采用截止法，因为它是更透明的方法：

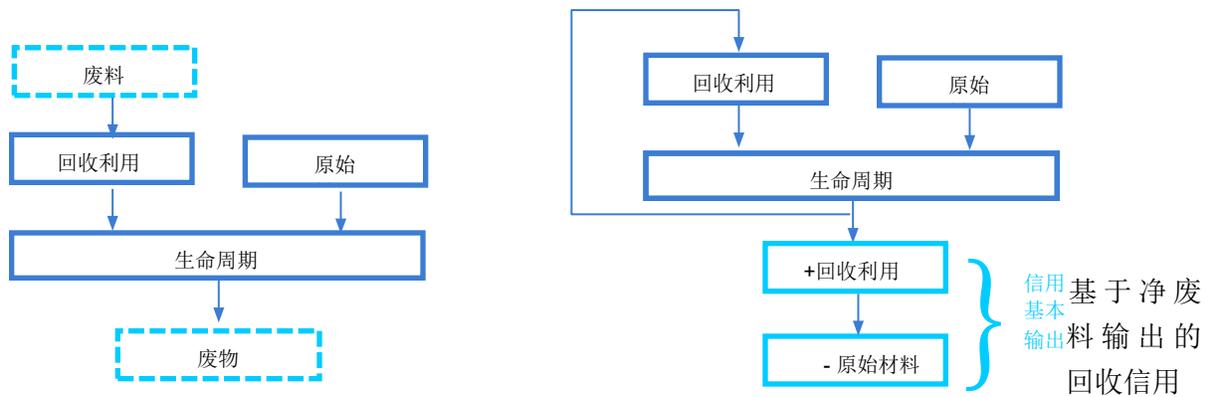
- 截止方法（也称为 **100:0**或回收物质含量法） - 不考虑与先前或后续生命周期的材料相关的负担或信用（即“截止”）。因此，投入到生产过程中的废料被认为是没有负担的，但同样，在生命周期结束时可用于回收的废物也没有得到任何信用。这种方法奖励使用回收物质含量，但不奖励报废回收。

这与随后可能在某些管辖区或出于不同目的（例如，遵守欧盟立法）应用的替代方法形成了对比。为了使电池生产商能够计算回收含量，还应收集工艺/产品输入端的废料份额的主要数据：

- 替代方法（也称为 **0:100**、闭环近似法、可回收性替代法或寿命终止法） - 该方法基于这样一种观点，即在寿命终止时回收为二次材料的材料，将替代等量的原始材料。因此，对这种材料替代给予了信用。然而，这也意味着，应将相当于这一信用的负担分配给作为生产过程投入的废料，总体结果是，回收材料的影响与原始材料的影响相同。这种方法奖励报废回收，但不奖励回收物质含量的使用。

在欧盟，已经提出了一种循环足迹公式，它代表了上述两种方法的混合。为了使电池生产商能够计算循环足迹公式的结果，附录 B 中描述了进一步的主要数据规则。

图 3-5：截断和替代方法的示意图



(i) 取舍法截止方法（不考虑废料输入和输出）

(ii) 替代方法（对产生的净废料给予信用）

一般而言，建议采用截止法，因为这是最透明的寿命终止分配方法。推荐的方法是在流程/产品的输入端报告废料份额，以使电池生产商能够计算其电池的回收含量。废料应按以下几个类别进行报告：

- 工艺废料
- 生命周期结束废物
- 来源不明的废物

在计算回收含量时，不应考虑同一工厂内的工艺废料，而应仅考虑来自工厂外部的废料或废物。

关于如何处理废料输入、回收的材料和能源的更多细节在第 5.6 章中进行了描述。

### 3.5. 材料的回收物质含量

工艺废料和报废废物在计算回收物质含量时应予以考虑，并以产品重量的百分比表示。

产品的回收物质含量考虑了最终产品中的所有次要材料（由废料生产）。因此，它被定义为回收或二次材料的质量与产品本身的质量之间的比率。二次材料的使用者应报告使用哪种类型的“二次材料”。

在所有情况下，都应进行质量平衡，以证明假定的回收物质含量与收到的二次输入相一致。

**生产设施中的工艺废料不应包括在回收物质含量的计算中。**为了计算 LIB 的回收物质含量，要考虑到只有最终形成最终产品的二次材料才是相关的，这一点非常重要。根据拟议的欧盟电池监管框架（欧盟委员会，2020）的要求，GBA 温室气体规则手册中回收物质含量的计算仅限于活性材料中的金属：钴、锂和镍。

至关重要是，在整条供应链上，关于原材料（例如金属硫酸盐）、pCAM 或 CAM 和电池内回收物质含量的信息应被移交给关于最终电池产品的下一个工艺步骤/制造商，即 CAM 制造商需要知道 CAM 生产中使用的金属硫酸盐和碳酸锂/氢氧化锂中的回收钴、镍和锂的份额，并将最终 CAM 产品中的二次钴、镍和锂的信息提交给电池制造商。然后，可以计算活性材料的透明回收物质含量。因此，本规则手册的用户应计算与相关参考单元有关的三种金属：钴、锂和镍（在活性材料中或在用于生产活性材料的材料中）的回收物质含量，并将该信息与温室气体影响一起提交。

用户可以计算包括其产品内的所有回收材料的附加回收物质含量值。

## 3.6. 数据和数据质量要求

除了第 5 章列出的主要数据外，还必须参考所有输入和输出的排放系数数据来源。这些数据应尽可能以主要数据为基础。就本规则手册的目标和范围而言，用于创建碳足迹的数据应尽可能精确、完整、一致和具有代表性。本章给出了数据质量要求的一般指导，第 5 章对每个集群给出了进一步的规范。

交叉检查需要执行数据质量检查的最低要求，并需要报告：

- 工艺的总质量和碳平衡
- 金属生产情况下的金属含量平衡（化验数据）
- 每个群集需要收集的最小数据

进一步的数据质量要求：

- 本规则手册的要求是，对于公司负责的前台系统，即材料输入、产品和废物输出、能源消耗、直接二氧化碳排放等，应使用主要数据。主要数据中的缺口，例如甲烷或温室气体相关制冷剂泄漏，可以用文献数据填补，但需要由第三方核实，并且仅限于直接排放，无法根据质量平衡、辅助性材料和废物处理进行计算。主要数据涵盖了特定于现场或特定于公司的活动或排放系数，可通过不同方式获得：
  - 测量数据，例如，从安装在设施中的计量系统中获得的生产线的电力消耗数据
  - 通过公司信息系统获得的材料输入和输出数据（例如，采购记录、公用事业账单、销售编号、废物处理费用、库存清单等）
  - 一份材料清单，列出了例如，特定电池单元内的材料或组件，电池单元的 CF 已完成，包括产量或报废率。
  - 基于活动数据的计算数据，例如，
    - 基于燃料消耗量（主要数据）和来自文献的燃料燃烧的温室气体排放因子计算的 CO<sub>2</sub>排放量。
    - 直接温室气体过程排放的化学计量计算，例如在 CAM 生产中含碳还原剂的使用或碳酸锂的使用。
  - 主要数据也可以通过工程模型、材料或产品平衡、化学计量或从公司价值链中的特定过程获取数据的其他方法获得，只要它们是地点特定、公司特定或供应链特定的数据，而不仅仅是水平聚合值、平均值或指导值。
  - 在这种情况下，来源于信息系统或工程模型，且直接从公司价值链中的特定过程收集或获取的数据（例如，汽车行业的国际材料数据系统[IMDS]）应被视为主要数据。
  - 运输参见第 4.2.4 章
- 供应链特定数据应至少用于以下材料或组件，这些材料或组件用作生产 pCAM、CAM、电池单元、电池模块或最终电池的输入：
  - 硫酸镍和硫酸钴
  - 碳酸锂和氢氧化锂

- 金属锂
- 天然或合成石墨
- 硅
- pCAM 和 CAM
- 电池单元和电池模块

对于上述未涵盖的采购组件和半成品材料，温室气体计算理想情况下应包括供应商特定的材料、辅助性材料和能源消耗数据，包括产量和/或报废率，以及废物和排放数据。如果供应商未提供可用数据，温室气体规则手册的用户应在用于生产零件的部件/半成品材料通用加工步骤（例如，铝压铸、聚合物注塑、钢或铝的机械加工等）中的材料量之外，纳入例如，能量和辅助消耗量以及产量等数据。

- 如果 CF 是为采矿和精炼或阳极材料制造集群的产品计算的，并且生产公司不对整个供应链负责，例如，正在购买金属精矿，则应使用供应链特定数据用于这些主要输入材料的供应。
- 完整性是在群集内定义的，并且是基于每个单元过程的输入和输出的完整性以及单元过程本身的完整性。所有相关数据的捕获由群集定义。
- 一致性指的是数据来源。重要的是要确保碳足迹的差异反映了产品系统之间的实际差异，而不是由计算、数据来源、排放系数或其他人为因素的不一致造成。
- 可再现性表示第三方能够根据用户所做计算的简短描述中包含的信息再现碳足迹结果的程度。必须提供计算的透明性，以便第三方验证人员能够近似计算结果。
- 代表性表示数据与地理、时间和技术要求相匹配的程度。其目的是根据《联合国气候变化框架公约》燃料燃烧温室气体报告，使用所有过程最具代表性的主要数据和最具代表性的行业平均数据，以及运输和气专委排放系数或国家排放系数的 Defra 数据。当此类数据不可用时（例如，某个国家没有可用的行业平均数据），则需要使用最佳可用代理数据并透明地报告（例如，来自商业数据库）。

### 3.7. 影响评估

当前版本的规则手册涉及的唯一影响类型是全球变暖潜能值（GWP），也称为气候变化。

在本版本的《温室气体规则手册》中，GWP 影响类型是根据第五次评估报告（气专委，2013 年）中表 8.7 和表 8.A.1 中公布的气专委全球升温潜能系数进行评估的。GWP 系数可用于 20 年和 100 年的时间框架。虽然没有科学依据来选择一个特定的时间框架而不是其他时间框架，但使用了 100 年时间框架（GWP-100），因为这是目前最常用的碳足迹和生命周期评估的指标。

根据 ISO 14067 (ISO, 2018) 的要求, 评估报告中使用的每一个温室气体的全球升温潜能值因子应包括气候 - 碳反馈 (永久冻土产生或由永久冻土引起的温室气体排放、野火风险、海洋吸收 CO<sub>2</sub>等, 作为温度升高的结果), 这些也适用于《产品环境足迹规则指南》(欧盟委员会, 2018) 下的欧盟产品环境足迹气候变化指标 (Fazio 等人, 2018)。

根据本规则手册计算的温室气体排放量还应包括直接土地使用变化产生的温室气体排放量, 如欧盟气候变化的产品环境足迹方法所涵盖的。由于缺乏可靠的方法, 间接土地利用变化 (iLUC) 被排除在温室气体计算之外。

尽管生物源 CO<sub>2</sub>从大气中的清除和向大气中的排放不会对欧盟产品环境足迹方法产生任何影响, 但还是应将生物源 CO<sub>2</sub>排放纳入主要数据收集中, 以进行适当的质量或碳平衡。最后, 生物清除量和排放量也应分别计算, 以防影响评估的方法发生修订。



4.

## 数据收集

锂

首先，重要的一点是，要明确第 3.6 章中界定的所有相关温室气体排放都需要收集，并用于计算温室气体足迹。尽管如此，要包括在收集中的主要排放物是

**表 4-1：主要温室气体的选择**

温室气体	化学式	主要数据收集中的示例
二氧化碳（化石）	CO <sub>2</sub>	燃料燃烧、含碳还原剂的使用、化学反应、挥发性有机物的热处理
二氧化碳（生物源）	CO <sub>2</sub>	生物质燃烧或生物质作为还原剂的使用
甲烷（化石）	CH <sub>4</sub>	天然气管道泄漏，甲烷从燃气发动机中泄漏，燃烧排放
甲烷（生物源）	CH <sub>4</sub>	如果使用生物源甲烷，则与化石甲烷相同，沼气生产现场泄漏，现场废物处理
一氧化二氮	N <sub>2</sub> O	燃料燃烧，农产品种植
温室气体相关制冷剂，如 R134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	空调泄漏

## 4.1. 主要数据收集

### 数据收集的周期/开始

主要数据收集应每年进行一次（最近的可用日历年或最近的可用财政年度），以避免生产过程中出现特定情况。其优势是，年度数据显示了一年内平均产量，涵盖了典型的年度习惯，如维护周期或季节性周期，或者一般情况下会不停波动的负荷系数。如果计算碳足迹的产品的生产时间少于 12 个月或不是全年进行，则应收集产品制造期间的数据，或从最近可用的 12 个月期限的开始直到停止生产期间收集数据。

### 数据本身

过程步骤和要收集的主要数据在群集特定的数据收集表中进行定义。需要为各个电池价值链成员收集数据收集表中定义的所有这些主要数据点。这对于一天结束时的温室气体结果具有可比性是必要的。

通常，需要收集以下类型的数据：

- 输入
  - 最终进入产品的材料投入，如矿物、半成品材料、化学原料等
  - 能源，如燃料、电力、蒸汽、热能
  - 辅助性材料，如化学品、清洁材料、润滑剂、制冷剂等。
  - 水
  
- 输出
  - 产品和共生产品
  - 废物、废水及各种回收材料
  - 直接工艺排放，例如使用还原剂产生的 CO<sub>2</sub>
  - 燃烧排放物

特别是对于电池芯和电池生产以及其他复杂组件，主要数据收集应包括切割、机械加工和报废率，即数据中需要考虑投入和产出之间的收益率。

此外，需要收集与第 3.5 章中所列材料的回收物质含量相关的排放量，以便按照第 5.6 章中规定的规则对进入的材料进行计算。

在数据收集期间，数据收集器需要执行数据质量检查。如适用，这应包括完整性检查、质量平衡、能量含量、水平衡、碳平衡、冶金平衡和其他类似的平衡检查。

第一次质量检查的目的是确认数据是否适合用于温室气体计算，并确定在继续进行之前需要解决的主要数据空白和不一致（见第 4.2.5 章）。由于最终数据质量检查应由 GBA 指定的中立审计师进行（见第 7 章），因此对主要数据所有者进行的质量检查应予报告并提供给审计师。第 5 章和已制定的数据收集表提供了有关要收集的主要数据的更多信息。

## 4.2 次要数据

如“术语和定义”中所述，次要数据包括非直接测量或从公司拥有的信息系统中收集的所有类型的数据。计算碳足迹通常需要不同类型的次要数据：

- 温室气体数据指的是特定单元的材料、燃料或电力的供应，这些材料、燃料或电力既不是由公司自己生产，也不受本规则手册中群集特定规则的约束（例如，因为其温室气体影响低于电池碳足迹的 3% 累积阈值）。
- 从代表材料或能源供应的温室气体影响的文献或数据库中获得的次要数据应在地理、技术和时间代表性方面具有代表性
  - 。在数据的代表性有限的情况下，例如，数据指的是欧洲

的条件，但对应的材料是从亚洲进口的，并且该材料或能源的温室气体影响超过了与进行碳足迹的产品的总体温室气体排放量相关的电池碳足迹的 3% 的累积阈值，则本规则手册的用户以及进行验证的第三方应通知 GBA。根据反馈意见，GBA 将分析次要数据的相关性、可能的替代来源和/或可能建立一个新的群集，在未来版本的规则手册中，主要数据收集可能成为强制要求。

- 将主要数据收集的燃料消耗量转换为温室气体排放量需要用到的转换系数/排放系数，例如，将锅炉的天然气消耗量转换为温室气体排放量。
- GHG 数据指的是通过不同运输方式运输材料、燃料或产品。
- 主要数据（例如设施内的甲烷或制冷剂等温室气体相关物质的泄漏）或前台系统中不受公司控制的过程数据中的空白填补。

在接下来的章节中，将介绍本规则手册中涵盖的不同次要数据类型。

#### 4.2.1 材料和能源供应以及废物处理的温室气体数据

一般来说，由于不同数据来源之间的不同方法、系统边界或温室气体排放覆盖范围，使用不同来源的次要数据可能会导致碳足迹计算得出不同的结果。因此，应使用在排放系数节点

（<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/contactListEF.xhtml>）（欧盟委员会，2022）下发布的最新符合排放系数标准的数据集。如果工艺（能源或材料供应、废物处理等）在最新版本中不可用，则可以使用 EF 节点下符合 EF 标准的旧版数据集。

在焚烧的情况下，根据废物的碳含量计算的 CO<sub>2</sub> 排放量应优先于使用次要数据集确定的排放量。

如果在 EF 节点（欧盟委员会，2022）下符合 EF 标准的数据集中没有某种输入材料，用户可以使用商业或其他可用数据集，但应检查数据集的敏感性，并以透明的方式进行报告。请参见第 4.2.5 章中关于“空白填补”的内容。

#### 4.2.2 电力：两套计算规则

##### 规则集1：协调市场法（HMA）

这种方法的基本理念是在电力市场中尽可能灵活地使用基于市场的机制。这种灵活性旨在允许已签订协议（在该协议中，非捆绑电力属性[如 REC<sup>1</sup> 和 GOO<sup>2</sup>]的所有权已转让给这些实体）的电力消费者充分申报（根据下文规定的标准）

这些转让所产生的效益，以便宣布与他们生产产品所消耗的电力相关的较低温室气体排放量。

在该方法中，考虑了三种供电情况。

---

<sup>1</sup> REC：可再生能源证书（Renewable Energy Certificate）：在北美使用的首字母缩写，描述通过电力生产者和电力消费者之间的协议出售的能源属性

<sup>2</sup> GoO：原产地保证（Guarantees of Origin）：在欧洲使用的一个缩略语，描述受欧盟指令和国家换位立法监管的电力属性。

**案例 A:** 电力由通过直接和专用连接连接到能源使用厂的生产资产提供:

背景:

除其他外, 本案例涵盖以下情况: 通过柴油发电机、可再生能源发电资产(如光伏系统或风车)或任何其他生产资产生产电力, 通常位于能源使用工厂的厂房内或附近, 并通过直接和专用连接(电网仪表的下游或上游, 如果有这样的设备到位)与其连接。

远程电力生产资产通常不通过直接和专用连接的方式连接到能源使用工厂, 而是通过电网连接, 因此通常不属于这种情况。

此类电力生产资产的特定排放系数(EmF)的使用仅可用于未向第三方出售合同仪表的合同和/或关联资产所产生的部分能源。

在给定的报告期(不超过一年)内, 该类资产产生的能量将被考虑在内, 最大到该报告期内现场消耗的电量。

如果能够证明在报告期内已将相应物理量的能量充入蓄电装置并放电使用, 则可以考虑前一年产生的能量。

**案例 B:** 能源属性仪表通过直接或通过中介签订的《购电协议》或《能源属性购买协议》与远程生产资产签订合同, 将生产的基础电能注入电网。

背景:

供电公司可直接或通过中介机构与低碳能源生产商签订购电协议。在这种合同安排中, 能源使用公司可以获得能源属性仪表的所有权, 如原产地保证、可再生能源证书或其地方变体。

同样, 供电公司可以在没有任何能源供应规定的情况下, 仅以获得 REC<sub>s</sub> 或 GoO<sub>s</sub> 为目的签订协议。

考虑此类能源属性仪表, 包括用于产品碳足迹计算的相关排放系数(EmF)

应符合以下条件:

- 可追溯系统应确保此类仪器的唯一性。只有来源于能源使用公司或代表能源使用公司追踪、赎回、注销或报废的仪表才应考虑, 此类仪表还接受合同及其实施的审计、第三方认证, 或如果自动处理, 则通过其他披露机制(如登记)。
- 给定日历年考虑的属性跟踪仪表应限于与前 12 个月内产生的能源相对应的仪表, 其数量应限于该年度现场消耗的电量减去同一年在情况 A 下确认的电量<sup>3</sup>。

---

<sup>3</sup> GBA 应在 2025 年 12 月 31 日之前重新考虑这 12 个月的期限。

属性跟踪工具应指位于同一区域市场的电力生产资产（其中可证明同步互联）。

如果合同仪表不符合上述最低标准，则适用情况 C。

**案例 C：**能源由电网提供，不考虑属性跟踪仪器。对于存在可靠系统的国家，使用剩余电网混合排放系数。对于其他国家，将使用国家特定或电网特定的消耗组合。

背景：

用电公司可以在不考虑属性跟踪仪表的情况下与电力分销商签订供电合同。

在这种情况下，给定日历年所考虑的电量应为现场在同一日历年内消耗的电量减去在情况 A 和情况 B 下确认的电量。

应优先考虑国际公认的数据来源。在这些公认的数据来源中，有国际能量署（IEA）电网排放系数的年度出版物。

在美国、加拿大、俄罗斯和中国等有多数电网运行的大国，应使用电网特定的剩余混合（如果可用）或国家特定的消耗排放系数（EmF）（如果可用）。应优先考虑国际公认的数据提供商。对于美国，应优先考虑 EPA 电子电网数据。

为确保准确性和可比性，应考虑电力运输和配电损失（或其可靠估计值）。

## **规则集 2：物理建模方法（PMA）**

这种方法的基本理念是在灵活性和严格的选择标准之间取得平衡。这种平衡应允许考虑电池供应链内的电力用户所做的努力，以通过投资低碳生产资产来降低他们所连接的电网的排放系数，同时将这一考虑限制在物理上合理的能源交换，考虑到基础可再生电力生产资产的额外性，并充分发挥生命周期评价工具的归因性质。

在该方法中，考虑了三种供电情况。

**案例 A：**电力由通过直接和专用连接连接到能源使用厂的生产资产提供：

背景：

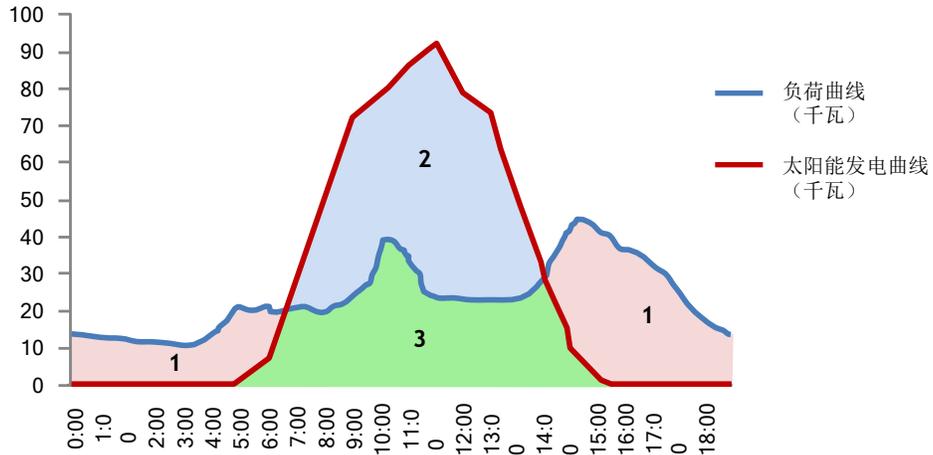
除其他外，本案例涵盖以下情况：通过柴油发电机、可再生能源发电资产（如光伏系统或风车）或任何其他生产资产生产电力，通常位于能源使用工厂的厂房内或附近，并通过直接和专用连接（电网仪表的下游或上游，如果有这样的设备到位）与其连接。

远程电力生产资产通常不是通过直接和专用连接的方式连接到特定的能源使用工厂，而是通过电网连接，因此通常不属于这种情况。

此类电力生产资产的特定排放系数（EmF）的使用应符合以下条件：

- 在使用资产特定排放系数时，仅应考虑被证明位于能源使用现场的负荷曲线（以小时为间隔测量）下方的发电资产所产生的能量部分。
- 只有能够证明储能资产附接到该发电资产并提供时移服务，该时移服务将区域 2（见下文）中其它方式计算的能源转移到区域 1（见下文），才可以考虑由位于能源使用地点的负荷曲线上方的发电资产产生的能量。

图 4-1：典型的太阳能日发电曲线和负荷曲线



在此图表中，只有“区域 3”的能源可以被计算为现场使用的能量，并具有资产特定的 EmF。“区域 2”中存在的能量要么被浪费，要么被注入电网，并且不能与现场消耗相关联

“区域 1”中存在的能量由电网提供，并按照适当的电网特性进行考虑（见下面的情况 C）

**案例 B：** 能源属性仪表通过直接签订或通过中介签订的电力购买协议与远程生产资产签订合同，将生产的基础电能注入电网。

背景：

用电公司可直接或通过中介机构与低碳能源生产商签订购电协议。在这种合同安排中，能源使用公司可以获得能源属性仪表的所有权，如原产地保证、可再生能源证书或其地方变体。

考虑包括产品碳足迹计算的相关排放系数（EmF）在内的此类能源属性仪表时，应符合以下条件：

- 发电资产必须是额外性的，即其建设和运营的大部分融资来自 PPA，直到欧盟可再生能源指令<sup>4</sup>第 27（3）条的实施，其中应使用指令的适用定义。在实施不同的额外性要求的情况下，例如欧盟以外的国家，应适用更严格的额外性定义。
- 合同资产和用能设施应位于并连接到同一投标区域或同一同步区域内的相邻互联投标区域，或连接到相同的国家以下电网，或如果国家有一个单独的互联和同步区域，则合同资产应位于与用能设施相同的国家。
- 可追溯系统应确保此类仪器的唯一性。只有来源于能源使用公司或代表能源使用公司追踪、赎回、注销或报废的仪表才应考虑，并接受合同审计、第三方认证或通过其他披露机制（如登记）的自动处理。
- 只有合同资产注入电网的能量部分被证明低于能源使用设施的负荷曲线，如每个仪器的日期/时间戳每小时所证明的那样，才应考虑在内。

如果合同仪表不符合上述最低标准，则适用情况 C。

**案例 C：**由电网供应的能量，不考虑属性跟踪仪器。

背景：

这一案例为尚未制定剩余混合排放系数的国家提供了一种激励。

用电公司可以在不考虑属性跟踪仪表的情况下与电力分销商签订供电合同。

在这种情况下，应采用最近日历年或财政年度的国家消费电网组合的排放系数（EmF）（考虑到进出该国的进口和出口）来评估生产购买电力所产生的排放量。应优先考虑国际公认的数据来源。在这些公认的数据来源中，有国际能量署（IEA）的电网排放系数年度出版物。

在美国、加拿大、俄罗斯和中国等有多数电网运行的大国，应使用电网特定消耗排放系数（EmF）（如果可用）。应优先考虑国际公认的数据提供商。对于美国，应优先考虑 EPA 电子电网数据。

《温室气体核算体系 - 温室气体核算体系范围 2 指南》（WRI，2015）为这种情况提出了一种替代方法，该方法基于国家剩余混合排放的使用。然而，由于大多数国家没有建立中央登记处来记录属性跟踪仪表的生成、转让和注销情况，因此在这些国家无法计算可靠的剩余混合排放系数。

---

<sup>4</sup> 欧洲议会和理事会 2018 年 12 月 11 日关于促进可再生能源使用的指令（EU）2018/2001，OJ L 328，2018 年 12 月 21 日，第 82-209 页

因此，出于可比性的目的，剩余混合 EmF 不应用于这种情况（规则集 2，情况 C）。

为确保准确性和可比性，应考虑电力运输和配电损失（或其可靠估计值）。

#### 4.2.2.1 产品碳足迹计算结果的通报

产品足迹计算结果应包括两个规则的双重同步通报 具有相关方法标识符（HMA 和 PMA）的规则集合 1 和规则集 2 结果。

根据 GBA 标准，第三方通报中包含的电池碳足迹数据应符合以下格式：

**如 GBA 规则手册 1.5 版所述，根据协调市场方法（规则集#1），产品的 GBA 电池碳足迹为 XX kg 二氧化碳当量，根据物理建模方法（规则集#2），产品的碳足迹为 YY kg 二氧化碳当量。**

GBA 成员应积极避免接受其供应链供应商的产品碳足迹计算，并向其下游潜在客户或客户通报仅基于两套强制性规则集中的一组的产品碳足迹计算。

#### 4.2.3 燃烧排放物

在 GBA 温室气体规则手册的用户操作的过程中使用的化石燃料燃烧产生的温室气体排放量的计算，包括在产品系统的前台系统中，应通过使用具体的碳含量（如果可用）来完成，或通过使用 2006 年气专委指南（气专委，2006）提供的默认排放系数/转换系数（如果碳含量不可用）来完成，或者替代性地由国家环境保护局（EPA）提供，并用于《联合国气候变化框架公约》下的国家温室气体报告（如国家清单报告）。附件中列出了《气专委指南》中制造业固定燃料燃烧的默认排放系数。

#### 4.2.4 运输

与运输有关的温室气体排放量的计算可以通过三种方法完成，需要用到不同的输入数据：

**第一种方法**需要用到消耗的燃料量，例如，矿山中公司拥有的卡车车队的柴油消耗量。为了计算温室气体排放量，将柴油消耗量乘以燃料供应的碳足迹（见第 4.2.1 章），并乘以 2006 年气专委移动燃烧指南（气专委，2006 年）中的排放系数。

**第二种方法**是基于已知和定义的运输工具（例如，>33 吨的铰接式卡车，50% 或 100% 的荷载）的行驶里程，该运输工具完全用于运输 GBA 温室气体规则手册的用户想要计算与运输相关的温室气体排放量的特定货物。该方法的排放系数应取自产品环境足迹数据库（如果可用）（<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/contactListEF.xhtml>），或其他来源，如 Defra 的温室气体报告：转换系数网站（<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2021>），并乘以距离，以获得通过规定的运输工具运输的货物质量的温室气体排放量。

如果只知道起点和终点，但没有进一步的信息可用，则**适用第三种方法**。在这种情况下，用户应根据简化的物流链来估算距离（例如，从始发地到可能的港口的 40 吨卡车，到目的地附近的可能港口的船舶运输，以及最终的卡车运输）。不同运输区段的距离可以基于网络计算器来计算，比如 [www.sea-distances.org](http://www.sea-distances.org) 或谷歌地图。最后，距离和质量相乘得到质量-距离单位，例如吨公里（tkm）如果可用，应从产品环境足迹数据库中获取。或者其他来源，如 Defra 的温室气体报告：转换系数网站（<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2021>）。

如果需要，这些方法可用于计算公司特定的分配排放量（例如，EU 情况下）。有关更多信息，请参考附录 B。

#### 4.2.5 空白填补（次要数据）

填补缺失的次要数据的空白非常重要，尤其是需要为价值链中的特定流程提供新的输入材料，但没有可用的排放系数的情况下。

GBA 温室气体规则手册的用户需要根据来自

- 文献、
- 科学论文、
- 排放清单指南（例如，（IPCC，2006）（EMEP/EEA，2019））或
- 其他信息来源的适当数据填补数据空白。

用户应以透明的方式记录温室气体排放系数是如何实现的，并需要就封闭的数据差距对电池价值链中各个步骤的总体温室气体足迹的可能影响进行敏感性分析。如果材料或能源的估计温室气体影响高于与产品的总体温室气体排放相关的电池碳足迹的 3% 的累积阈值，或者如果缺失材料供应的份额高于产品中剩余的总体质量投入的电池碳足迹的 3% 累积阈值，则规则手册的用户以及进行验证的第三方应通知 GBA。GBA 将分析次要数据的相关性、可能的替代来源和/或可能建立一个新的群集，在未来版本的规则手册中，主要数据收集可能成为强制要求。



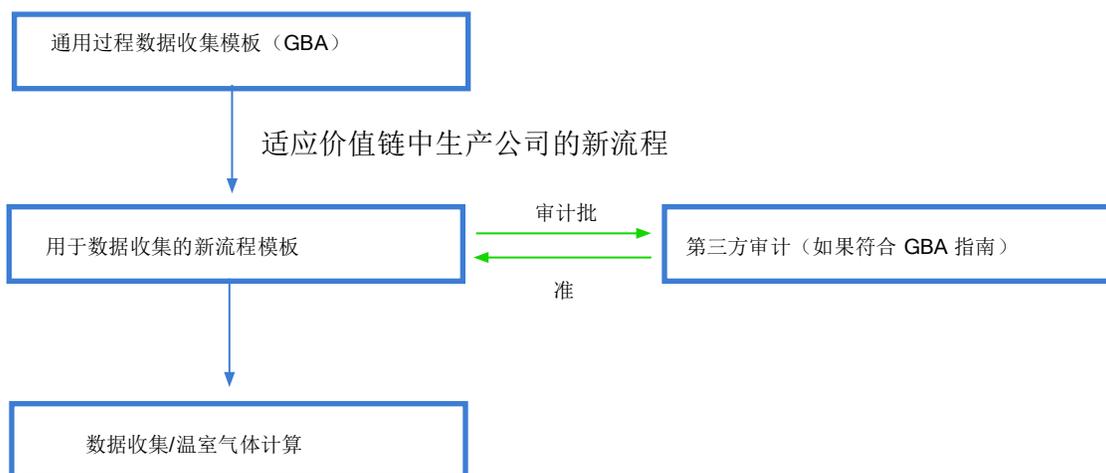
5.

## 群集特定规则

在接下来的章节中，针对不同的群集，给出了材料供应的特定规则，以及主要数据收集和碳足迹计算的指导。除温室气体规则手册外，还为第 5 章所涵盖的材料/产品的工艺链制定了主要数据收集表。制定数据收集表的目的是为温室气体规则手册的用户提供指导，说明碳足迹（CF）计算需要哪些主要数据，以及哪些额外信息是必需的/有助于促进计算。数据收集表并不声明过程或输入和输出的完整性。数据收集表中缺失的过程或输入和输出不应被视为将其排除在 CF 计算之外的诱因。相反，应将它们添加到数据收集表中，并纳入 CF 计算中。

原则上，用户可以根据自己的需要自由调整数据收集表，如图 5-1 所示，即通过添加输入和输出，或通过根据特定的生产流程添加额外的工艺步骤（例如，一旦开始使用额外的回收输入）。如果要计算 CF 的一个过程或整个材料生产路线没有可用的数据收集表，用户将在每个群集特定模板中找到一个通用数据收集模板，作为没有特定模板的生产过程的指导。在这种情况下，报告公司需要说明为什么通用模板中的特定输入或输出流被排除在外，以便审计员能够判断是否报告了新生产流程的所有重要输入和输出参数并将其用于计算。

图 5-1：新流程模板开发的工作流



为进一步改进和更新数据收集表，用户应通报可能的改进（缺失的输入/输出、缺失的过程、新的审计师批准的数据收集流程模板或数据收集表的可用性），这些改进不仅涵盖了用户的具体情况，而且对 GBA 的大多数供应商有效，如果有意义的话，还将包括在温室气体规则手册的进一步版本中。GBA 还可以要求审计员收集并总结数据收集表的可能改进，因为审计员可能对数据收集表中用户经常需要进行的调整或可用性问题的更切实的了解。

## 5.1. 采矿和精炼

以下采矿和精炼的具体章节被细分为本规则手册中考虑的不同金属。在特定章节的第一部分中，描述了适用于所有分章节的通用规则。

**功能单元：**对于本采矿和精炼章节中的所有金属和矿物，功能单元为包含在相应材料中的 **1kg** 金属。仅对石墨而言，功能单元为 **1kg** 合成或天然石墨。还需要指定最终产品中的金属浓度（例如  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  中 **1kg** 镍；**22.3%** 镍）

**截止规则：**需要提醒的是，截止定义是“与要从研究中‘安全地排除的单元工艺或产品系统相关的材料或能量流的数量、或环境重要性水平的规范’”。

截止规则在规则手册的通用部分中有规定，并应在该特定采矿和精炼群集以及所有其他群集中予以考虑。建议收集 **100%** 的生产过程相关数据。因此，应将设备的定期维护包括在内，并且通常还包括在根据 **ISO 14040/44** 的生命周期评估中（例如，润滑剂、润滑油等）。

贱金属生产中所需的水泥，需要在数据收集和碳足迹计算中予以考虑（例如，用于将尾矿回填到矿山的水泥）。

**数据收集周期：**数据收集周期为每年一次。这可以是最近可用的日历年，也可以是最近可用的财政年度，只要在数据收集表中提及所选期间即可。

每种金属的具体生产工艺/技术应分配到以下“伞形”流程图中：

- 采矿
- 选矿/矿石加工（从矿石到精矿）
- 初级提取（火法冶金或湿法冶金处理）
- 精炼

上述每个通用生产阶段都必须有一个参考，所有输入和输出都参照该参考，如下图 5-1、图 5-2、图 5-3 和图 5-4 所示。绿色突出显示的流程展示生产过程的主要活动水平数据，蓝色框表示采购的商品和服务的次要数据。在供应商特定数据的情况下，重要的是收集供应商的所有范围，包括范围 1、2 和 3。

图 5-2: 通用采矿过程

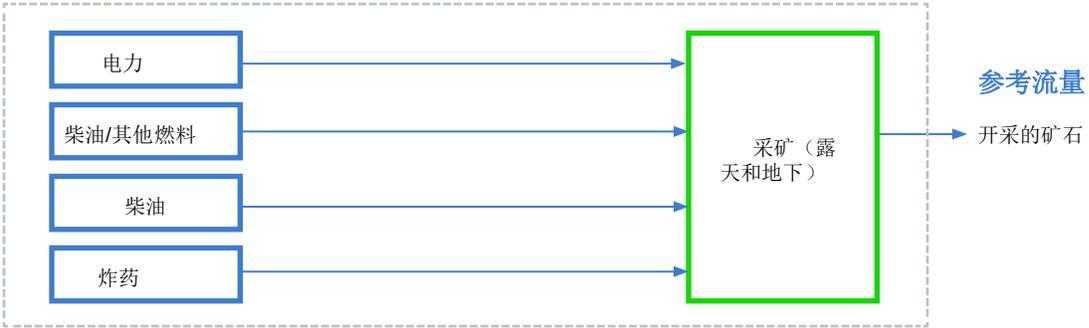


图 5-3: 一般选矿/矿石加工过程

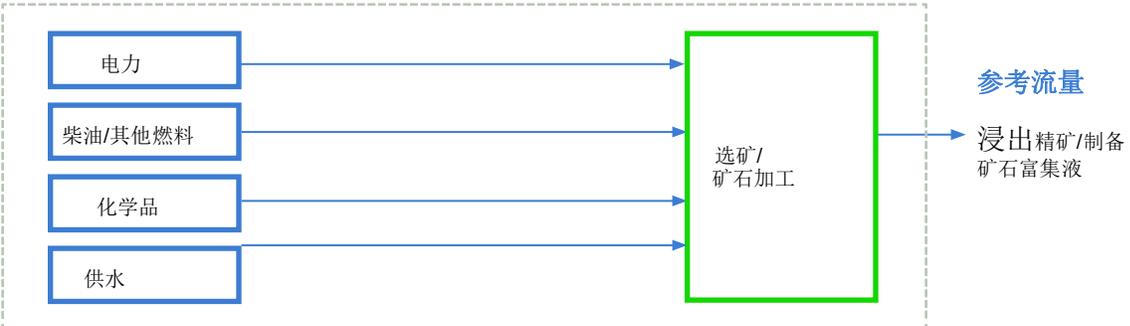


图 5-4: 通用初级提取过程

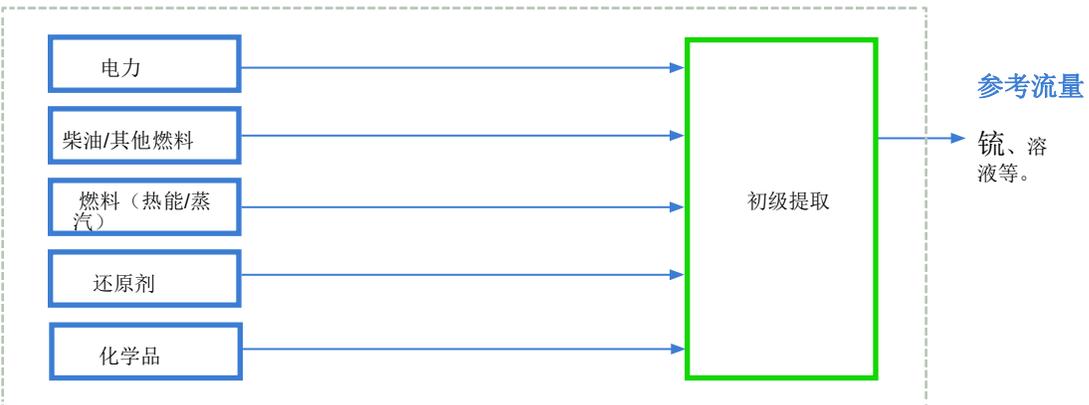
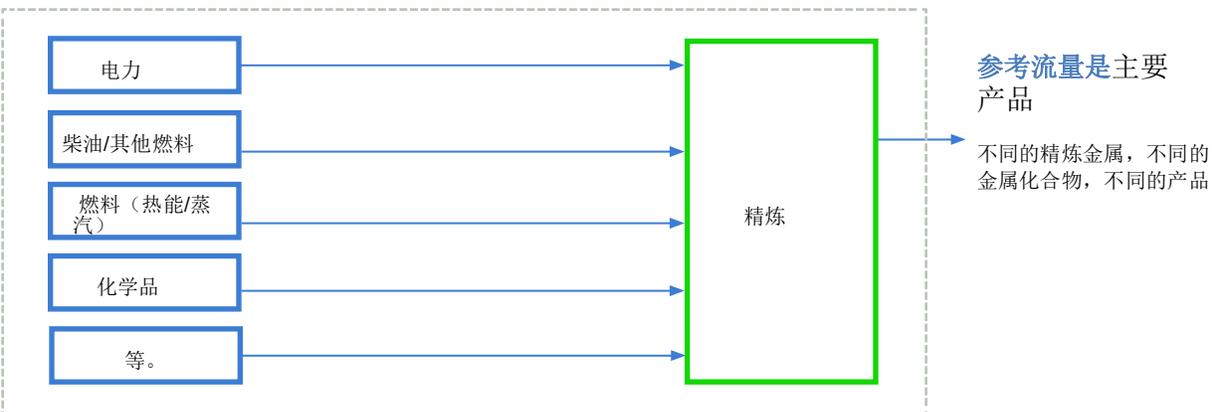


图 5-5: 通用精炼过程

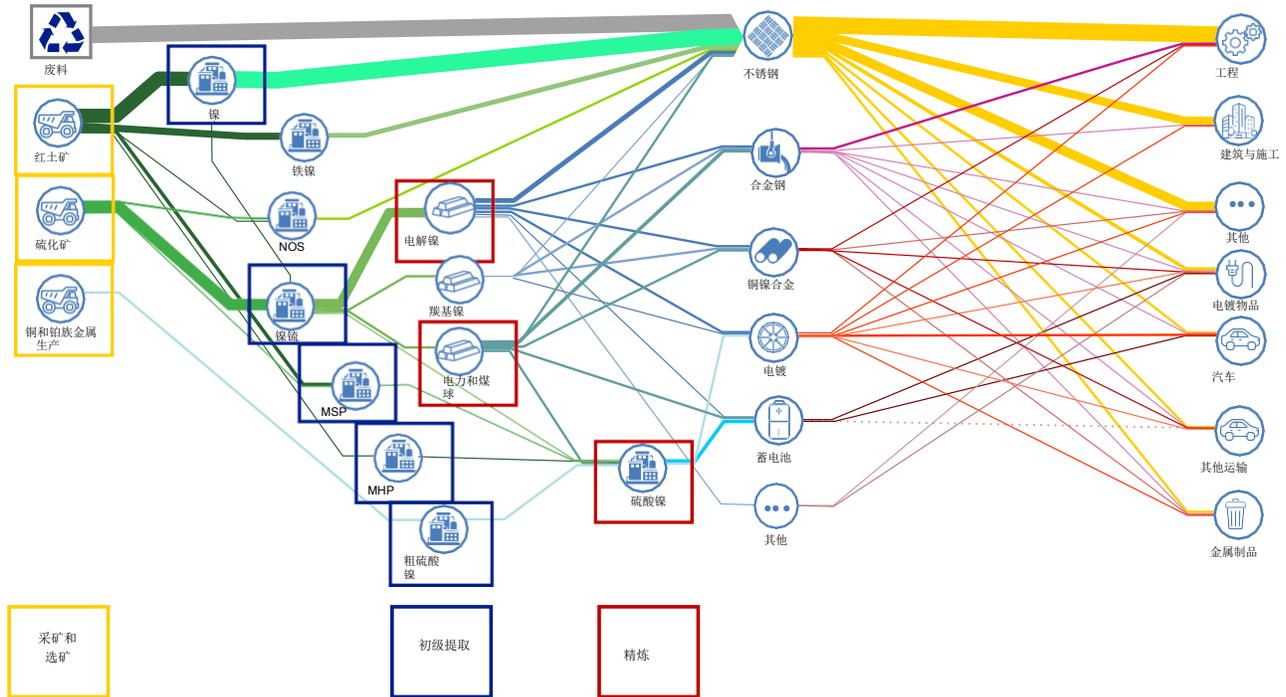


非常重要的一点是，对于主要基准流，镍和其他元素的具体测定数据与基准流一起报告，以便进行适当的质量平衡检查。

### 5.1.1 六水合硫酸镍 (NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O)

为电池价值链生产 NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 有几种不同的途径。主要路线如下图 5-6 所示。来自回收商的二次原材料投入也可能出现在生产链上的多个地方。如果 NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 生产商无法在此图中找到其生产路线，则应提供通用数据收集模板，以将新流程和路线纳入电池价值链。

图 5-6: 镍进入不同应用中的材料流 (Roskill, 2019)

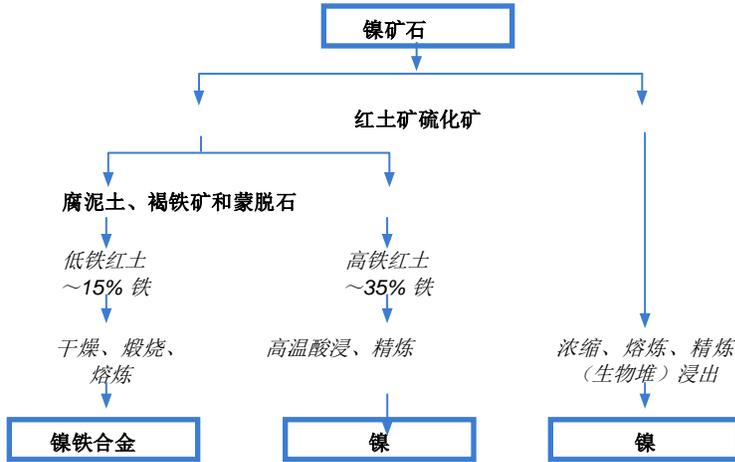


用于生产 NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 的镍矿有两种:

- 硫化矿
- 红土矿

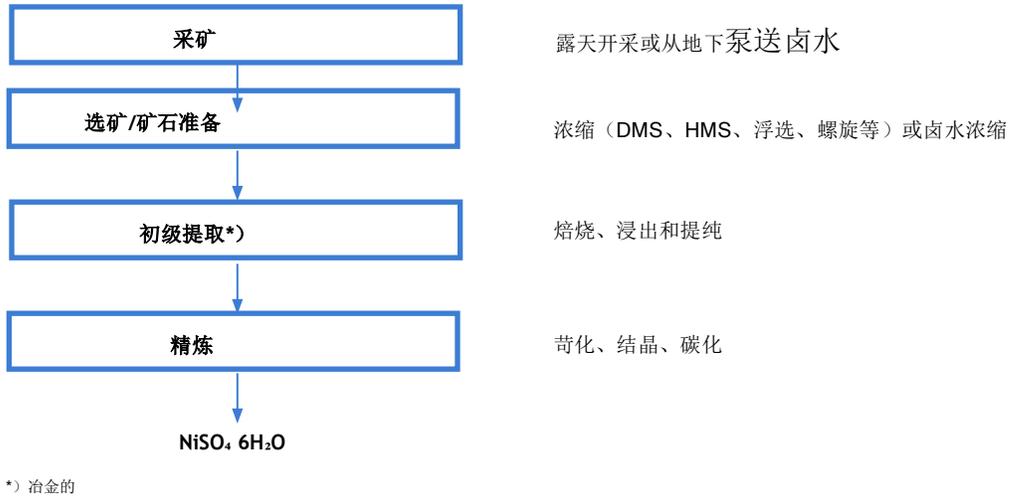
矿石经过不同的生产路线,如下图 5-7 所示。

图 5-7: 不同矿石类型的工艺流程图 (Crundwell, 2011)



在图 5-8 中, 显示了“伞形”流程步骤, 以及分配给这些步骤的特定流程的选择。

图 5-8: 伞形流程步骤和具体流程步骤的分配



在下一章中, 显示并描述了两种路线的主要流程步骤的通用数据收集模板。这是需要收集哪些数据的指南。

### 硫化矿和红土矿的开采 (地下和露天)

采矿作业有地下和露天两种。数据收集应涵盖采矿过程中的所有相关操作过程, 以便在最后接收将被送往

选矿/矿石加工步骤的矿石。这包括地下矿井的吊装、冷却、照明等的电力消耗, 以及挖掘机和运输卡车的燃料消耗, 以及破碎岩石的炸药消耗。

在下表中，显示了输入和输出参数的最小列表。数据采集器必须说明确切的单位，并在规格字段中给出附加信息，例如从以 m<sup>3</sup> 为单位的天然气到 kWh 或 MJ 的转换。这一点很重要，因为燃料的排放系数通常以 CO<sub>2</sub> 每 TJ（太焦耳）给出。

需要说明的一个非常重要的规格是矿石中的镍以及其他金属含量。这是交叉检查整个价值链中直至最终产品 NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 的镍平衡的一个重要因素。

**表 5-1：地下和露天采矿的通用数据收集模板**

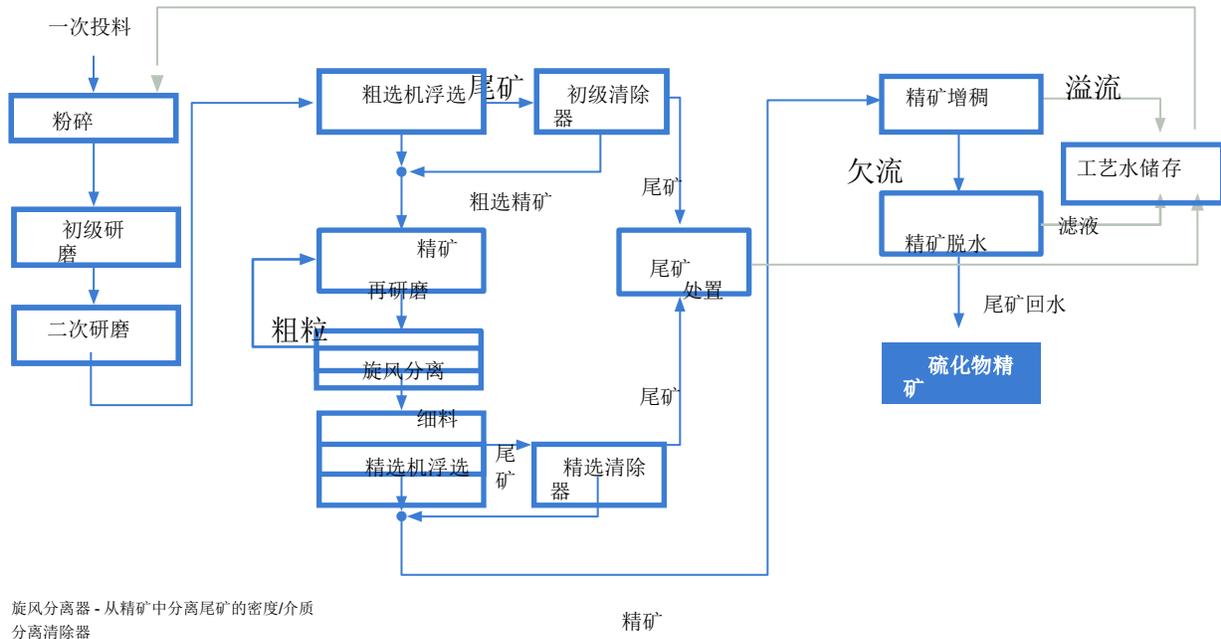
物料	单位	数据	规格
<b>输入</b>			
电力			
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）			
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）			
炸药			
水泥（生产用）			
轮胎			
<b>输出</b>			
开采的矿石			化验数据
覆盖层			
废石			
CO <sub>2</sub> （化石）			基于燃料和炸药

### 硫化矿和红土矿的选矿/矿石加工

选矿/矿石加工步骤通常有许多不同的工艺步骤，具体如下图 5-9 所示。首先进行磨矿（粉碎和研磨），然后进入浮选回路，最后进行脱水和增稠以获得精矿。所有这些步骤都包含在表 5-2 的通用调查表中。

图 5-9: 硫化矿典型选矿的工艺步骤 (Zanin, 2019)

磨矿 硫化矿浮选 脱水和增稠



旋风分离器 - 从精矿中分离尾矿的密度/介质分离清除器

通常使用许多化学物质，但不一定每种化学物质都有一个可用的碳因子。为了避免某些化学物质因无碳因子而被排除在外，建议将化学物质分组为起泡剂、分散剂和絮凝剂，并将贡献最大者（质量）作为所有分类化学物质的代表。其他大宗化学品或助剂，如中和剂（如生石灰（CaO））需要单独收集，如表 5-2 所示。即使研磨介质可能低于截止标准，也应收集研磨介质。

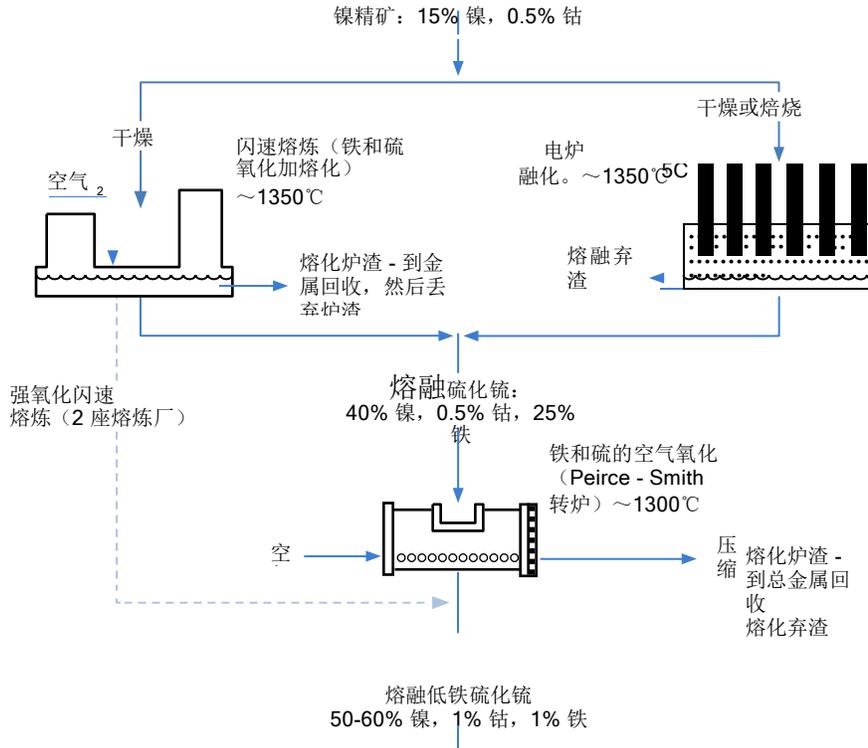
表 5-2: 选矿/矿石加工通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
开采的矿石					化验数据
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
化学品					絮凝剂、起泡剂、分散剂、大宗化学品，如H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、CuS
生石灰					
研磨介质（可能高于低精矿的阈值）					钢球/钢棒（高铬钢 ~10%，低铬钢 ~1-3%）
<b>输出</b>					
精矿/升级矿石					化验数据
尾矿					化验数据

### 初级冶金提取

硫化物矿石的初级提取通常包括图 5-10 所示的过程。无论哪种方式，都使用闪烁炉或焙烧和熔炼，然后使用转炉。SO<sub>2</sub>排放物被捕获并输送至硫酸厂以生产 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。以下通用调查表涵盖了这些过程，但也可作为基本调查表用于新流程。

图 5-10: 硫化矿典型初级提取的工艺流程 (Wang, 2016)



### 初级提取 (硫化物矿石), 包括硫酸厂 (火法冶金)

根据经验, 初级冶金提取是金属及其化合物碳足迹的主要贡献过程之一。因此, 收集引起碳排放的所有输入和输出参数是非常重要的。表 5-3 显示了主要的输入参数, 如还原剂 (化石或生物源) 的输入参数, 其中 CO<sub>2</sub> 过程排放量需要使用还原剂的碳含量和化学计量来计算, 以此来计算每种还原剂的过程排放量。这同样适用于电极的消耗。如果有像木炭这样的生物还原剂被消耗, 则应将生物源 CO<sub>2</sub> 因子与化石基还原剂分开报告。

在使用氢气的情况下, 重要的一点是验证氢气的生产是通过蒸汽重整还是使用可再生能源的电解。

如果氧气不是现场生产的, 而是从供应商处采购, 则考虑所使用的氧气也很重要。

在外部供应热和蒸汽的情况下, 重要的是从供应商处获得正确的碳因子, 包括燃料供应的范围 3 排放, 否则应使用来自产品环境足迹 (PEF) 数据库

(<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/contactListEF.xhtml>) 中的碳足迹数据。

如在下一个工艺步骤中所述，收集 SO<sub>2</sub>排放物，然后将其转化为硫酸，这一点也很重要。

表 5-3: 初级（冶金）提取（硫化矿炉）的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
精矿					化验数据
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
电极					碳含量
还原剂（化石或/和生物源）					还原剂的碳含量和种类
氧气					可由分包商生产 应明确说明类型（气体/液体）
<b>输出</b>					
镍铈					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					基于电极和还原剂计算（基于化学计量）
CO <sub>2</sub> （生物源）					根据生物源还原剂计算
SO <sub>2</sub>					捕获至硫酸厂 （根据 Santero 和 Hendry[2016] 进行系统扩展，如果按产品）
废热回收					例如，用于区域供暖

下表 5-4 显示了硫酸厂的通用调查表。在碳足迹计算中考虑这一点很重要，因为这是生产过程中避免工厂周围环境酸化的重要部分。

根据 Santero 和 Hendry（2016），生产和销售的硫酸应通过系统扩展进行分配。

表 5-4: 硫酸厂通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
SO <sub>2</sub>					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
石灰					
<b>输出</b>					
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> （已出售）					
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> （废物）					
CO <sub>2</sub> （化石）					按燃料计算

### 初级提取（硫化矿）（湿法冶金）

在湿法冶金提取中，没有熔炼操作，而是用化学物质溶解精矿。因此，重要的是（类似于选矿）报告大宗化学品，并按质量与次要贡献化学品分组在一起。在不使用生石灰而是使用石灰石的沉淀步骤的情况下，重要的是相应地计算通过  $\text{CaCO}_3$  与酸溶液反应的过程  $\text{CO}_2$  排放量。

### 初级提取（生物堆浸）

在开采、破碎和堆垛之后，用水溶液冲洗含镍矿石，并通过曝气进行氧化，即进行浸出过程。从粉碎的矿石中浸出镍以及其它可能含有的金属，例如钴。然后对富集的溶液进行金属提取，得到混合硫化物沉淀（MSP）。

表 5-5: 矿石或精矿湿法冶金提取的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
矿石或精矿					化验数据
电力					包括氧气、氮气、氢气 现场生产
燃料（如柴油/液化天然气/ 氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热 量和蒸汽）					
化学品					
石灰、石灰石等					化验数据（纯度和反应性）
氧气，氮气，氢气					如果由分包商生产
<b>输出</b>					
MSP					化验数据
$\text{CO}_2$ （化石）					
$\text{CO}_2$ （过程）					$\text{CaCO}_3$ 与酸溶液的反应

### 初级提取（红土矿）

这是一个能源和  $\text{CO}_2$  密集过程。因此，用于为 HPAL（热压酸浸出）工艺产生蒸汽的燃料以及用于中和的硫酸和石灰石是一个重要的参数。在该中和步骤中，在  $\text{CaCO}_3$ （石灰石）与酸溶液的反应中产生工艺特定的  $\text{CO}_2$  排放物。这里，可以假设（化学计量）输入端的石灰石重量的 44% 将是二氧化碳排放物。同样重要的是，如果一种物质在现场产生了它自己的  $\text{H}_2\text{S}$ ，当然，输入端的硫的  $\text{CO}_2$  因子应该被考虑为范围 3。

表 5-6: 红土矿初级提取通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
升级矿石					化验数据，运输时使用湿重而不是干重
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
石灰石、石灰（CaO 等）、NaOH、MgO					化验数据（纯度和反应性）
硫/H <sub>2</sub> S					
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					定义 CO <sub>2</sub> 因子很重要
絮凝剂					
<b>输出</b>					
混合硫化物					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					根据燃烧计算
CO <sub>2</sub>					过程排放：H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 和石灰石的反应，考虑纯度和反应性
尾矿					化验数据

除了 HPAL 工艺外，另一种初级提取工艺是通过镍生铁（NPI）的路线，该路线主要在中国使用。NPI 工艺也是一个高能源密集过程，使用回转窑处理低镍含量的矿石，然后在电弧炉（EAF）中熔炼。输出是镍含量在 10%-15% 之间的低镍含量 NPI。以下通用调查表涵盖了这两个过程步骤（表 5-7）。这种低镍含量的 NPI 在下一步骤中通过火法冶金工艺步骤加工成镍含量约为 75% 的镍锆（表 5-8）。

表 5-7: 从红土矿中初步提取 NPI 的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
精矿					化验数据
电力					
燃料（例如柴油/液化天然气/氢气）					
电极					碳含量
还原剂（化石）					还原剂的碳含量和种类
石灰					
其他助熔剂					
<b>输出</b>					
镍生铁					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					根据燃烧、电极和还原剂计算

表 5-8: 镍生铁至镍铈转化的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
镍生铁					化验数据
电力					
燃料（例如柴油/ 液化天然气/氢气）					
硫					处理得到高镍含量铈
助熔剂					
<b>输出</b>					
镍铈					化验数据 (提供精确的 Ni%，通常 ≈ 75% 镍含量)
CO <sub>2</sub> (化石)					根据燃烧、电极和还原剂计算

### 精炼成 NiSO<sub>4</sub> · 6H<sub>2</sub>O

在生产 NiSO<sub>4</sub> · 6H<sub>2</sub>O 的最终工艺步骤中，溶解镍铈，或精炼混合的硫化物和氢氧化物或氧化物。因此，收集所有大宗化学品以及表 5-9 中所列的辅助性材料非常重要。了解所有输出和输入材料的精确化验数据非常重要，尤其是输出端的数据。这些数据是将碳足迹分配给不同产品的先决条件。如第 3.4.1 章所述，如果在同一过程中没有生产铂族金属（PGM），则需要根据金属含量在产品之间进行质量分配。但如果同一过程中也生产 PGM，则需要经济分配。

表 5-9: NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 精炼的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
硫/混合硫化物/混合氢氧化物/氧化物					化验数据
镍的二次来源					化验数据
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
化学品（主要是大宗化学品）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
氧气，氢气，氮气					如果由分包商生产
<b>输出</b>					
镍					
NiSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O					
钴					
CoSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O					
铜					
铂族金属					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					根据燃烧计算
副产品如硫酸铵					系统扩展（见第 3.4.1 章）

### NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 生产总结

根据上述数据收集指南，可以计算出可靠且最准确的 NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 碳足迹。建议考虑与生产过程有关的所有输入和输出，并根据其用途对化学品进行分组（例如，絮凝剂、起泡剂、分散剂等），并使用主要化学品作为所有消耗化学品的替代品。

此外，不要忘记计算火法冶金过程中还原过程的过程排放量或湿法冶金过程中的 CO<sub>2</sub> 工艺排放量，其中石灰石用于中和，CaCO<sub>3</sub> 与酸溶液反应并产生 CO<sub>2</sub> 排放，这一点非常重要。

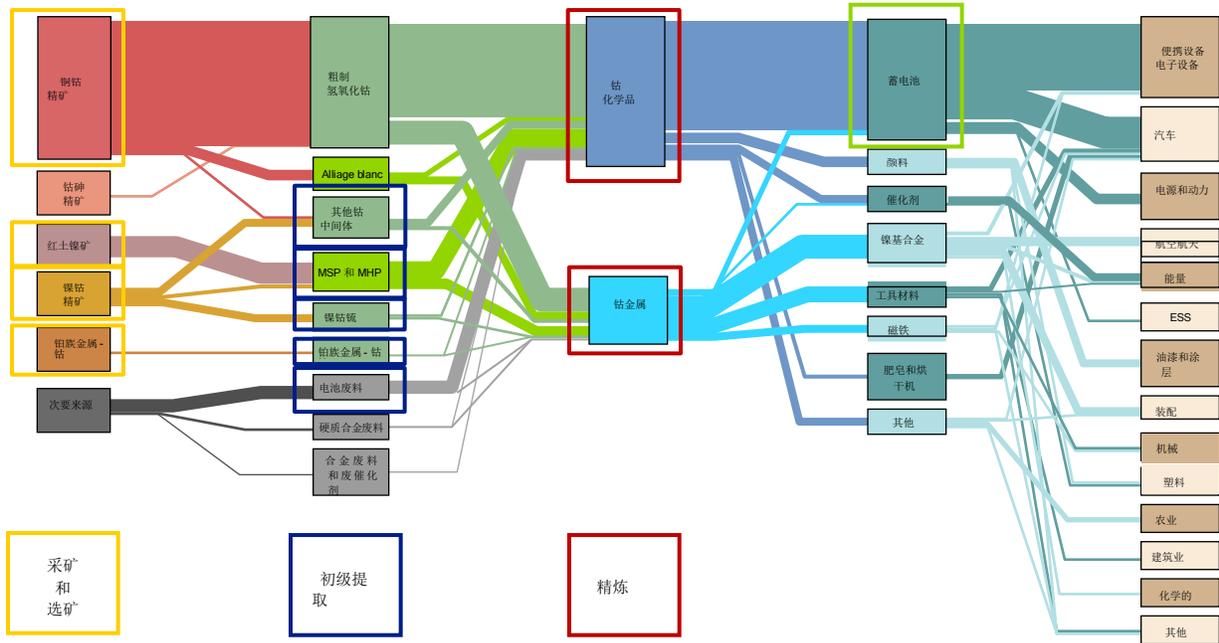
同样重要的是，用相应的运输装置计算不同过程之间直至最终产品的运输，如 4.2.4 中所述。

### 5.1.2 七水硫酸钴 (CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O)

CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 是电池工业的一种重要化合物。钴的物流如图 5-11 所示。可以看出，有 4 种不同的矿石来源。有两种来源与镍

(硫化物和红土镍矿路线) 相似，另一个来源是铜钴路线，这也是刚果民主共和国 (DRC) 铜矿带中世界上最大的钴储库。粗制氢氧化钴的初步提取的在湿法冶金过程中进行的，这将在下文中进一步描述。其他工艺与 NiSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 生产的工艺类似。

图 5-11: 钴进入不同应用中的物流 (国际钴业协会, 2021)



在图 5-12 中，显示了“伞形”流程步骤，以及分配给这些步骤的具体流程的选择。

图 5-12: 伞形流程步骤和具体流程步骤的分配



\* ) 冶金的

### 硫化矿和红土矿的开采（地下和露天）

采矿作业有地下和露天两种。数据收集应涵盖采矿过程中的所有相关操作过程，以便在最后接收将被送往

选矿/矿石加工步骤的矿石。这包括地下矿井的吊装、冷却、照明等的电力消耗，以及挖掘机和运输卡车的燃料消耗，以及破碎岩石的炸药消耗。

在下表中，显示了输入和输出参数的最小列表。数据采集器必须说明确切的单位，并在规格字段中给出附加信息，例如从以 m<sup>3</sup> 为单位的天然气 (m<sup>3</sup>) 到 kWh 或 MJ 的转换。这一点很重要，因为燃料的排放系数通常以 CO<sub>2</sub> 每 TJ (太焦耳) 给出。

需要说明的一个非常重要的规格是矿石中的钴以及其他金属的含量。这是交叉检查整个价值链上直至最终产品 CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 的钴平衡的一个重要因素。

**表 5-10: 地下和露天采矿的通用数据收集模板**

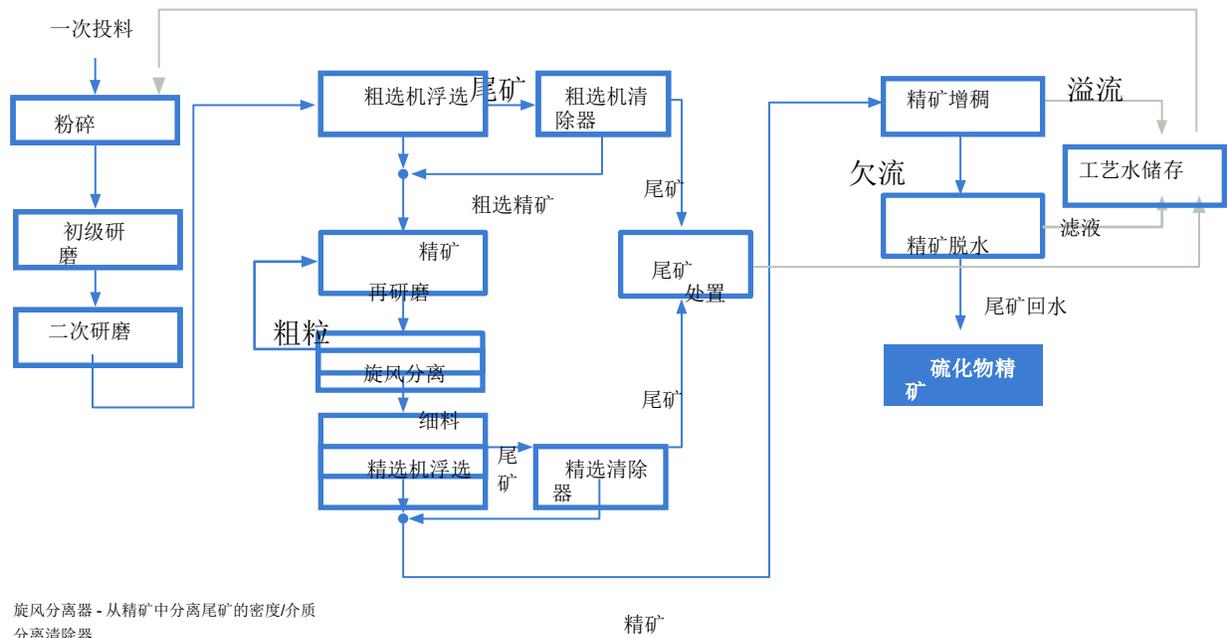
物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
炸药					
水泥（生产用）					
轮胎					
<b>输出</b>					
开采的矿石					化验数据
覆盖层					
废石					
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和炸药

### 硫化矿和红土矿的选矿/矿石加工

选矿/矿石加工步骤通常有许多不同的工艺步骤，具体如下图 5-13 所示。首先进行磨矿（粉碎和研磨），然后进入浮选回路，最后进行脱水和增稠以获得精矿。所有这些步骤都包含在表 5-11 的通用调查表中。

图 5-13: 硫化矿典型选矿的工艺步骤 (Zanin, 2019)

磨矿 硫化矿浮选 脱水和增稠



通常使用许多化学物质，但不一定每种化学物质都有一个可用的碳因子。为了避免某些化学物质因无碳因子而被排除在外，建议将化学物质分组为起泡剂、分散剂和絮凝剂，并将最大贡献者（质量）作为所有分类化学物质的代表。其他大宗化学品或助剂，如中和剂（如生石灰（CaO）），需要单独收集，如表 5-2 所示。即使研磨介质可能低于截止标准，也应收集研磨介质。

表 5-11: 选矿/矿石加工通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
开采的矿石					化验数据
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
化学品					絮凝剂、起泡剂、分散剂、大宗化学品，如 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ，CuS
生石灰					
研磨介质（可能高于低精矿的阈值）					钢球/钢棒（高铬钢 ~10%，低铬钢 ~1-3%）
<b>输出</b>					
精矿/升级矿石					化验数据
尾矿					化验数据

### 初级提取（硫化物矿石），包括硫酸厂（火法冶金）

根据经验，初级冶金提取是金属及其化合物碳足迹的主要贡献过程之一。因此，收集引起碳排放的所有输入和输出参数是非常重要的。表 5-3 显示了主要的输入参数，如还原剂（化石或生物源）的输入参数，其中 CO<sub>2</sub> 过程排放量需要使用还原剂的碳含量和化学计量来计算，以此来计算每种还原剂的过程排放量。这同样适用于电极的消耗。如果有像木炭这样的生物还原剂被消耗，则应将生物源 CO<sub>2</sub> 因子与化石基还原剂分开报告。

在使用氢气的情况下，重要的一点是验证氢气的生产是通过蒸汽重整还是使用可再生能源的电解。

如果氧气不是现场生产的，而是从供应商处采购，则考虑所使用的氧气也很重要。

在外部供应热和蒸汽的情况下，重要的是从供应商处获得正确的碳因子，包括燃料供应的范围 3 排放。

如在下一个工艺步骤中所述，收集 SO<sub>2</sub> 排放物，然后将其转化为硫酸，这一点也很重要。

表 5-12: 初级（冶金）提取（硫化矿炉）的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
精矿					化验数据
电力					包括现场制氧
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
电极					碳含量
还原剂（化石或/和生物源）					还原剂的碳含量和种类
氧气					如果由分包商生产
<b>输出</b>					
镍硫					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					基于电极和还原剂计算（基于化学计量）
CO <sub>2</sub> （生物源）					根据生物源还原剂计算
SO <sub>2</sub>					排放和捕获到 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 工厂之间的比例（根据 Santero 和 Hendry[2016] 的系统扩展，如果按产品）
废热回收					例如，用于区域供暖

下表 5-13 显示了硫酸厂的通用调查表。在碳足迹计算中考虑这一点很重要，因为这是生产过程中避免工厂周围环境酸化的重要部分。

根据 Santero 和 Hendry（2016），生产和销售的硫酸应通过系统扩展进行分配。

表 5-13: 硫酸厂通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
SO <sub>2</sub>					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
石灰					
<b>输出</b>					
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> （已出售）					
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> （废物）					
CO <sub>2</sub> （化石）					按燃料计算

#### 初级提取（硫化矿）（湿法冶金）

在湿法冶金提取中，没有熔炼操作，而是用化学物质溶解精矿。因此，重要的是（类似于选矿）报告大宗化学品，并按质量与次要贡献化学品分组在一起。在不使用生石灰而是使用石灰石的沉淀步骤的情况下，重要的是相应地计算通过 CaCO<sub>3</sub> 与酸溶液反应的过程 CO<sub>2</sub> 排放量。

表 5-14: 精矿湿法冶金提取的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
精矿					化验数据
电力					包括氧气、氮气、氢气 现场生产
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
化学品					
石灰、石灰石等					化验数据（纯度和反应性）
氧气，氮气，氢气					如果由分包商生产
<b>输出</b>					
MSP					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					
CO <sub>2</sub> （过程）					CaCO <sub>3</sub> 与酸溶液的反应

### 初级提取（红土矿）

这是一个能源和 CO<sub>2</sub> 密集过程。因此，用于为 HPAL（热压酸浸出）工艺产生蒸汽的燃料以及用于中和的硫酸和石灰石是一个重要的参数。在该中和步骤中，在 CaCO<sub>3</sub>（石灰石）与酸溶液的反应中产生工艺特定的 CO<sub>2</sub> 排放物。这里，可以假设（化学计量）输入端的石灰石重量的 44% 将是二氧化碳排放物。同样重要的是，如果一种物质在现场产生了它自己的 H<sub>2</sub>S，当然，输入端的硫 CO<sub>2</sub> 因子应该被考虑为范围3。

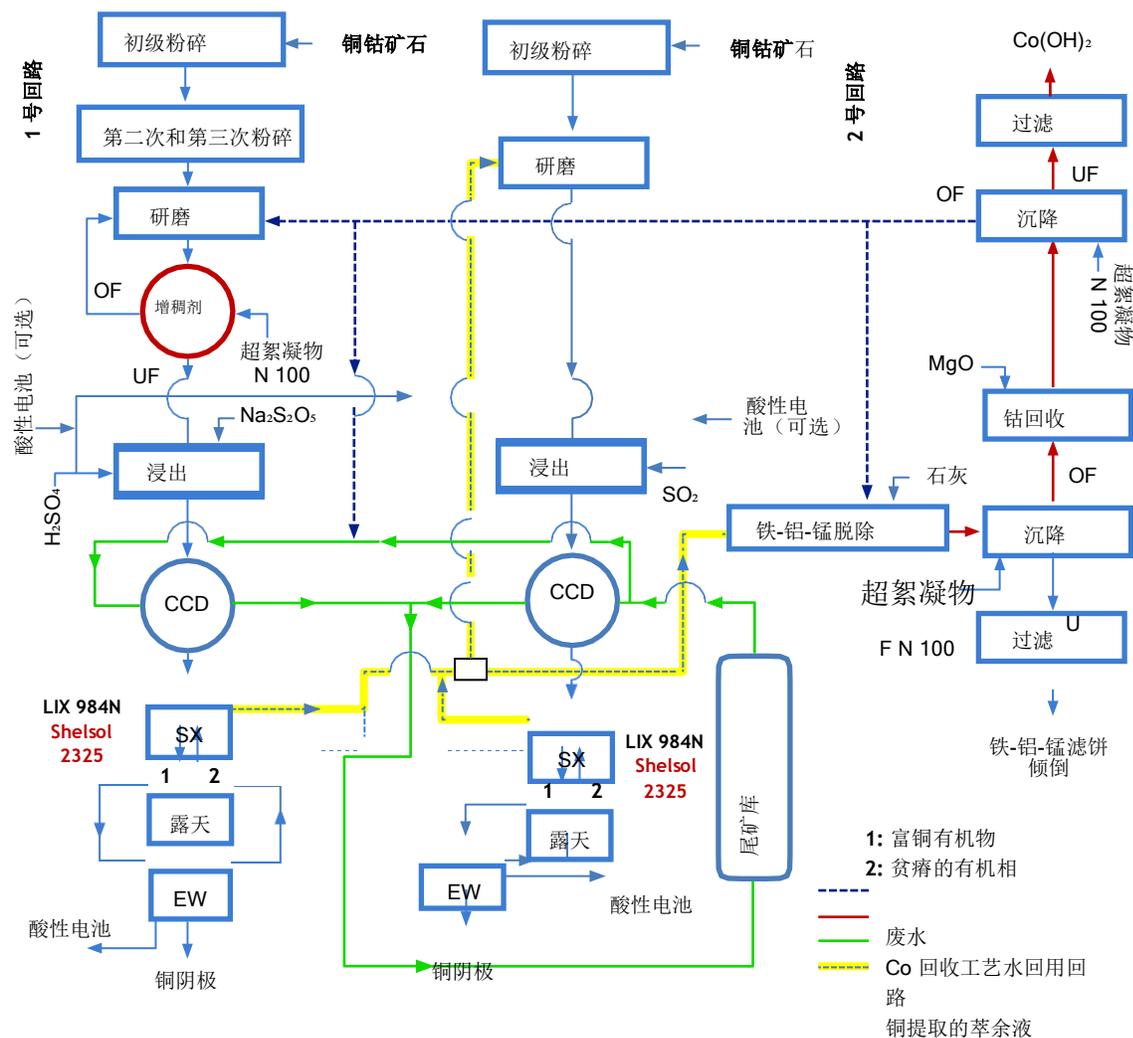
表 5-15: 红土矿初级提取通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
升级矿石					化验数据，运输时使用湿重而不是干重
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
石灰石、石灰（CaO 等）、NaOH、MgO					化验数据（纯度和反应性）
硫/H <sub>2</sub> S					
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					定义 CO <sub>2</sub> 因子很重要
絮凝剂					
<b>输出</b>					
混合硫化物					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					根据燃烧计算
CO <sub>2</sub>					过程排放：H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 和石灰石的反应，考虑纯度和反应性
尾矿					化验数据

### 铜钴精矿的初级提取（湿法冶金）

在刚果民主共和国对铜钴矿石的开采和选矿之后，精矿或尾矿（由于钴含量较高，因此在湿法冶金回路中再加工）的焙烧步骤（取决于矿石）可以在浸出、溶剂提取过程之前进行，直到进行粗制氢氧化钴的最终沉淀过程。在图 5-14 中，显示了生产粗制氢氧化钴的一般湿法冶金工艺流程图（注意，该特定示例不含焙烧步骤）。

图 5-14: 生产 Co(OH)<sub>2</sub> 的典型湿法冶金工艺流程图中的工艺步骤 (Lutandula, 2020)



可以检查数据一致性的可靠过程的基础是能够通过化验数据检查钴的质量平衡是否闭合。同样，在该湿法冶金步骤中，一旦使用石灰石进行中和，计算工艺排放量是非常重要的。此外，重要的是在粗制氢氧化钴和含铜溶液之间进行分配。

表 5-16: 铜钴矿石焙烧的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
精矿					化验数据
电力					
柴油					
<b>输出</b>					
焙烧煅烧					化验数据
CO <sub>2</sub> (化石)					基于燃料

表 5-17: 铜钴矿石湿法冶金初步提取的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
精矿/尾矿					化验数据
电力					
燃料					
化学品					絮凝剂、H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、NaOH
石灰石、石灰 (Cao 等)、NaOH、MgO					化验数据 (纯度和反应性)
<b>输出</b>					
粗制 CoOH					
含铜溶液					至电解沉积 (化验数据)
CO <sub>2</sub> (化石)					按燃料计算
CO <sub>2</sub> (过程)					碳酸钙与酸溶液反应

### 精炼为 CoSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O

在生产 CoSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O 的最终工艺步骤中，溶解镍硫，或精炼混合的硫化物和氢氧化物或氧化物。因此，收集所有大宗化学品以及表 5-9 中所列的辅助性材料非常重要。收集所有输出和输入材料的化验数据非常重要，尤其是在输出侧。这些是将碳足迹分配到不同产品的先决条件。如第 3.4.1 章所述，如果在同一过程中没有生产铂族金属 (PGM)，则需要根据金属含量在产品之间进行质量分配。但在同一过程中也生产 PGM 的情况下，则需要进行经济分配。

表 5-18: 通过硫进行 CoSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O 精炼的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
硫/混合硫化物/混合氢氧化物/氧化物					化验数据
钴的二次来源					化验数据
电力					
燃料 (如柴油/液化天然气/氢气)					
化学品 (主要是大宗化学品)					
购买外部供应 (燃料各自的热量和蒸汽)					
氧气, 氢气, 氮气					如果由分包商生产
<b>输出</b>					
镍					
NiSO <sub>4</sub> 6H <sub>2</sub> O					
钴					
CoSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O					
铜					
铂族金属					化验数据
CO <sub>2</sub> (化石)					根据燃烧计算
副产品, 如硫酸铵					系统扩展 (见第 3.4.1 章)

在表 5-19 中，给出了从粗制氢氧化钴到  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  或金属钴的精炼步骤的通用调查表。同样，重要的是化验数据必须能够在钴和  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  之间进行基于含量的分配，以防过程无法分离。

在此，与所有其他调查表一样，重要的是根据其用途（如沉淀剂等）考虑大宗化学品和分组次要化学品，并申请代理起诉分组化学品的主要贡献者。

表 5-19: 通过粗制  $\text{Co(OH)}_2$  精炼  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
CoOH					化验数据
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
化学品（主要是大宗化学品）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
<b>输出</b>					
钴					
$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$					
$\text{CO}_2$ （化石）					按燃料燃烧计算

### CoSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 生产总结

根据上述数据收集指南，可以计算出可靠且最准确的  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  碳足迹。建议考虑与生产过程有关的所有输入和输出，并根据其用途对化学品进行分组（例如，絮凝剂、起泡剂、分散剂等），并使用主要化学品作为所有消耗化学品的替代品。

此外，必须计算火法冶金过程中还原过程的过程排放量和湿法冶金过程中的  $\text{CO}_2$  工艺排放量，其中石灰石用于中和， $\text{CaCO}_3$  与酸溶液反应并产生  $\text{CO}_2$  排放，这一点非常重要。

同样重要的是，用相应的运输装置计算不同过程之间直至最终产品的运输，如 4.2.4 中所述。

### 5.1.3 一水硫酸锰 ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )

为电池价值链生产  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  有几种不同的途径。两种主要原料是氧化矿和碳酸盐矿。碳酸盐矿主要分布在中国，并将引发中国的生产，而南非和澳大利亚的矿体主要是氧化矿。主要路线如下图 5-15 所示。一条主要路线是通过通过浸出、提纯和电解来生产  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  的路线。

图 5-15: 锰进入不同应用中的物流 (IMnl, 2022)。

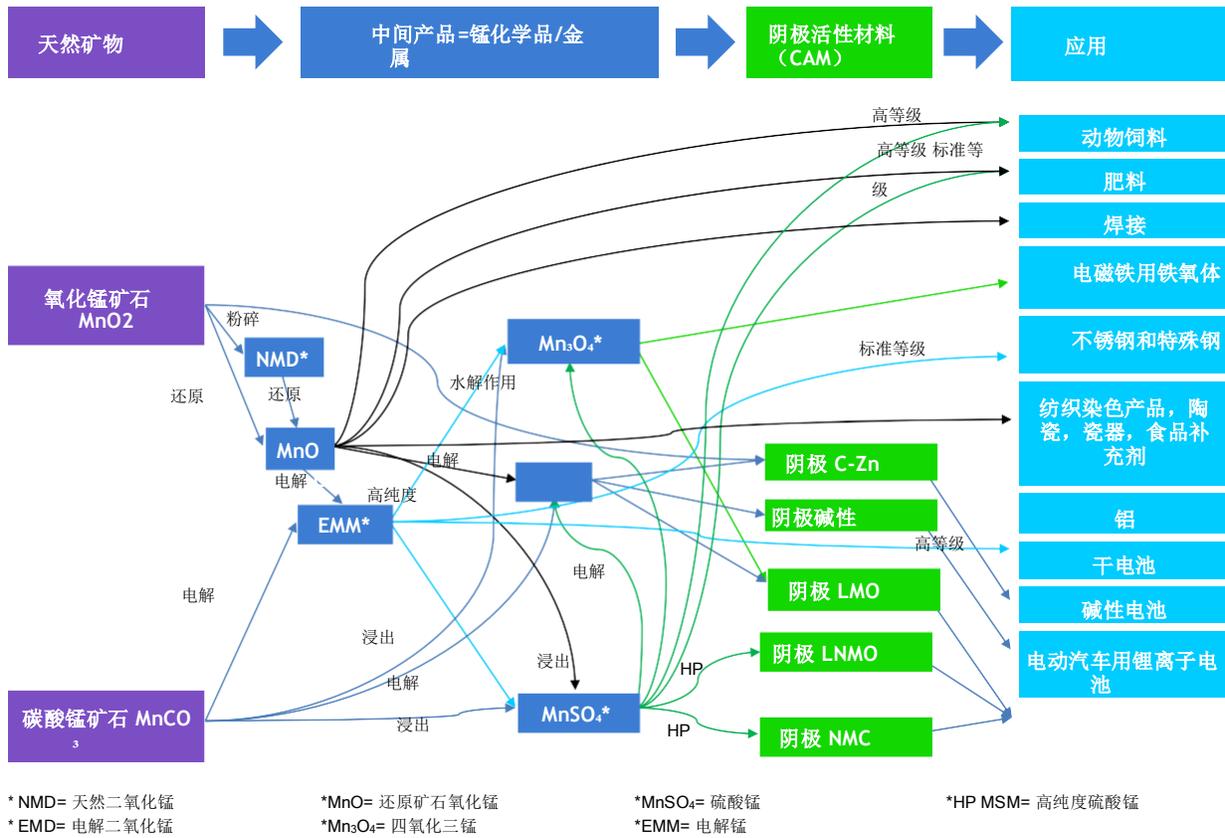
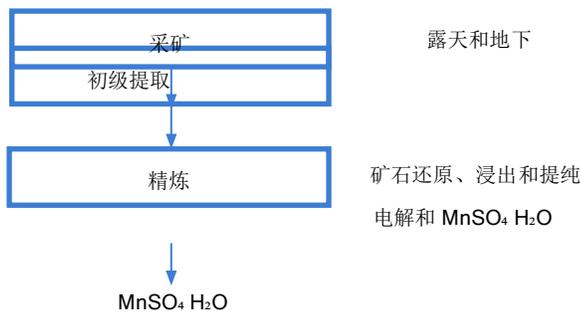


图 5-16: 伞形流程步骤和特定锰工艺步骤的分配



### 氧化矿和碳酸盐矿石的开采 (地下和露天)

采矿作业有地下和露天两种。数据收集应涵盖采矿过程中的所有相关操作过程, 以便在最后接收将被送往选矿/矿石加工步骤的矿石。这包括地下矿井的吊装、冷却、照明等的电力消耗, 以及挖掘机和运输卡车的燃料消耗, 以及破碎岩石的炸药消耗。

在下表中, 显示了输入和输出参数的最小列表。数据收集器 必须说明确切的单位, 并在规格字段中给出附加信息, 例如,

从以  $\text{m}^3$  为单位的天然气到 kWh 或 MJ 的转换。这一点很重要，因为燃料的排放系数通常以  $\text{CO}_2$  每 TJ（太焦耳）给出。

需要说明的一个非常重要的规格是矿石中的锰含量。这是交叉检查整个价值链中直至最终产品  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  的锰平衡的一个重要因素。

表 5-20: 地下和露天采矿的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
炸药					
水泥（生产用）					
<b>输出</b>					
开采的矿石					化验数据
覆盖层					
废石					
$\text{CO}_2$ （化石）					基于燃料和炸药

### 初级冶金提取

分配给初级提取的具体工艺步骤为

- 矿石还原
- 浸出和提纯

### 氧化矿石的矿石还原

氧化锰矿石在加入浸出和提纯过程之前，需要进行矿石还原过程。该步骤的数据收集电子表格见表 5-21。收集还原剂（化石或生物源）的碳含量非常重要，以便能够通过应用化学计量学计算  $\text{CO}_2$  过程排放量。

表 5-21: 还原的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
开采的矿石					化验数据
电力					
柴油					
还原剂（化石）					还原剂的碳含量和种类
还原剂（生物源）					还原剂的碳含量和种类
<b>输出</b>					
$\text{MnO}$					化验数据
废物					化验数据
$\text{CO}_2$ （化石）					基于燃料

对于浸出和提纯，重要的是收集化学品并单独报告大宗化学品。如果选择使用其他化学品，则应根据应用，如沉淀剂等进行分组。如果有一组化学品组合在一起，则需要确定一个替代物，建议选择在重量方面贡献最大的化学品作为替代物。

表 5-22: 浸出和提纯的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
MnO/MnCO <sub>3</sub>					化验数据
电力					
柴油					
化学品					
<b>输出</b>					
纯化溶液					化验数据
CO <sub>2</sub> (化石)					基于燃料

**精炼**

精炼步骤由两个主要步骤组成

- 电解
- MnSO<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O 的精炼

对于数据收集，使用何种类型的电解技术很重要：

- SO<sub>2</sub>技术类型
- SeO<sub>2</sub>技术类型

两种技术在输入和输出参数上都存在差异。

表 5-23: 电解的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
纯化溶液					化验数据
电力					
燃料					
SO <sub>2</sub>					
SeO <sub>2</sub>					
NH <sub>3</sub> 等					
<b>输出</b>					
EMM					化验数据
CO <sub>2</sub> (化石)					根据使用的燃料计算

生产  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  的最终精炼步骤可以使用直接还原的锰矿石以及 碳酸锰来完成，但最常见的途径是通过电解过程。

表 5-24:  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  精炼的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
$\text{MnCO}_3/\text{MnO}/\text{Mn}$ 金属					化验数据
电力					
燃料					
$\text{H}_2\text{SO}_4$					
<b>输出</b>					
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$					化验数据
$\text{CO}_2$ (化石)					按燃料计算

### 5.1.4 锂

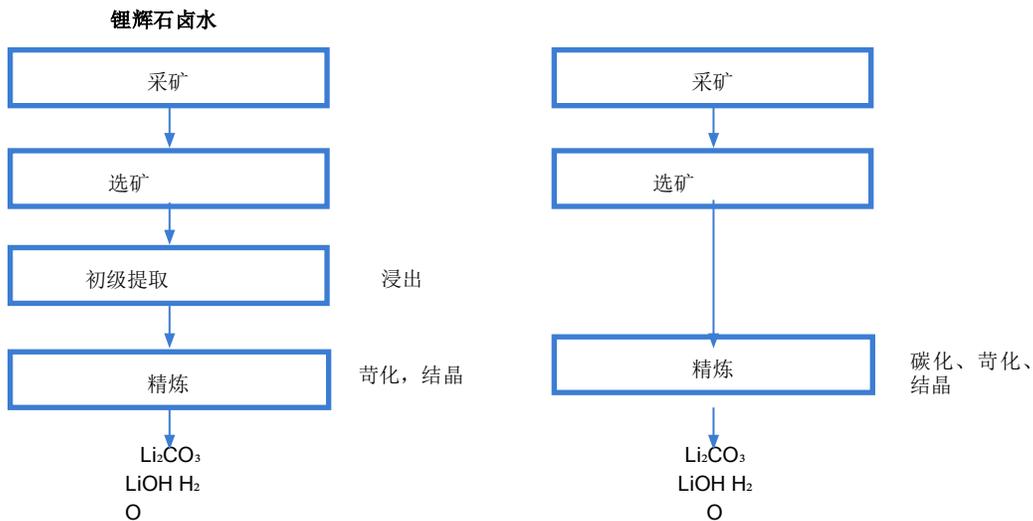
锂是使用两种不同的原材料生产的：

- 锂卤水
- 锂辉石矿石

如今，这两种来源都用于生产碳酸锂和氢氧化锂以及金属锂。在本章中，描述了根据 ISO 14040 和 44 标准，需要收集哪些输入和输出参数才能获得可靠的锂碳足迹。

通常，主要生产步骤如图 5-17 所示。

图 5-17: 伞形生产工艺，卤水和锂辉石特定过程的分配



## 采矿

锂的开采有两种途径。一种途径是通过锂辉石矿，这条途径包括了含锂岩石的典型地下或露天开采。另一种开采方式是将卤水从地下泵入池塘中，在池塘中蒸发水分，使卤水中的锂浓度越来越高。

在下表 5-25 中，列出了锂辉石开采调查表的输入和输出参数，这些参数是获得可靠碳足迹的最低要求。

在表 5-26 中，显示了卤水“开采”调查表，主要影响是电力和燃料消耗，需要收集相关数据。

**表 5-25: 锂辉石开采通用数据收集模板**

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
炸药					
<b>输出</b>					
开采的矿石					化验数据
覆盖层					
废石					
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和炸药

**表 5-26: 卤水开采的通用数据收集模板**

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
<b>输出</b>					
卤水					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 选矿

锂辉石矿石的选矿工艺类似于硬质岩石矿石的加工过程。卤水的选矿是一个由太阳光射线引发的浓缩过程，对于不同的浓缩阶段，只需要泵送能量来将卤水从一个池子泵送到另一个池子。在表 5-27 和 表5-28 中，显示了数据收集的要求。

在卤水浓缩的情况下，需要进行分配，因为有氯化钾作为共生产品（见第 3.4.1 章）。

**表 5-27：卤水浓缩的通用数据收集模板**

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
卤水					化验数据
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
<b>输出</b>					
LiCl 溶液（6% Li）					化验数据
钾（副产品）					化验数据

**表 5-28：锂辉石选矿的通用数据收集模板**

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
开采的矿石					化验数据
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
化学品					絮凝剂、起泡剂、分散剂、大宗化学品，如 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
研磨介质（可能高于低精矿的阈值）					钢球/钢棒（高铬钢 ~10%，低铬钢 ~1-3%）
<b>输出</b>					
锂辉石精矿					化验数据
尾矿					化验数据

### 锂辉石矿初级提取

锂辉石矿石的初级提取工艺流程如下图所示。主要步骤是焙烧、浸出、提纯，然后将其送往最终产品碳酸锂或氢氧化锂的精炼。

图 5-18: 锂辉石矿石的锂生产工艺 - 初级提取 (Bishimbayeva, 2018)

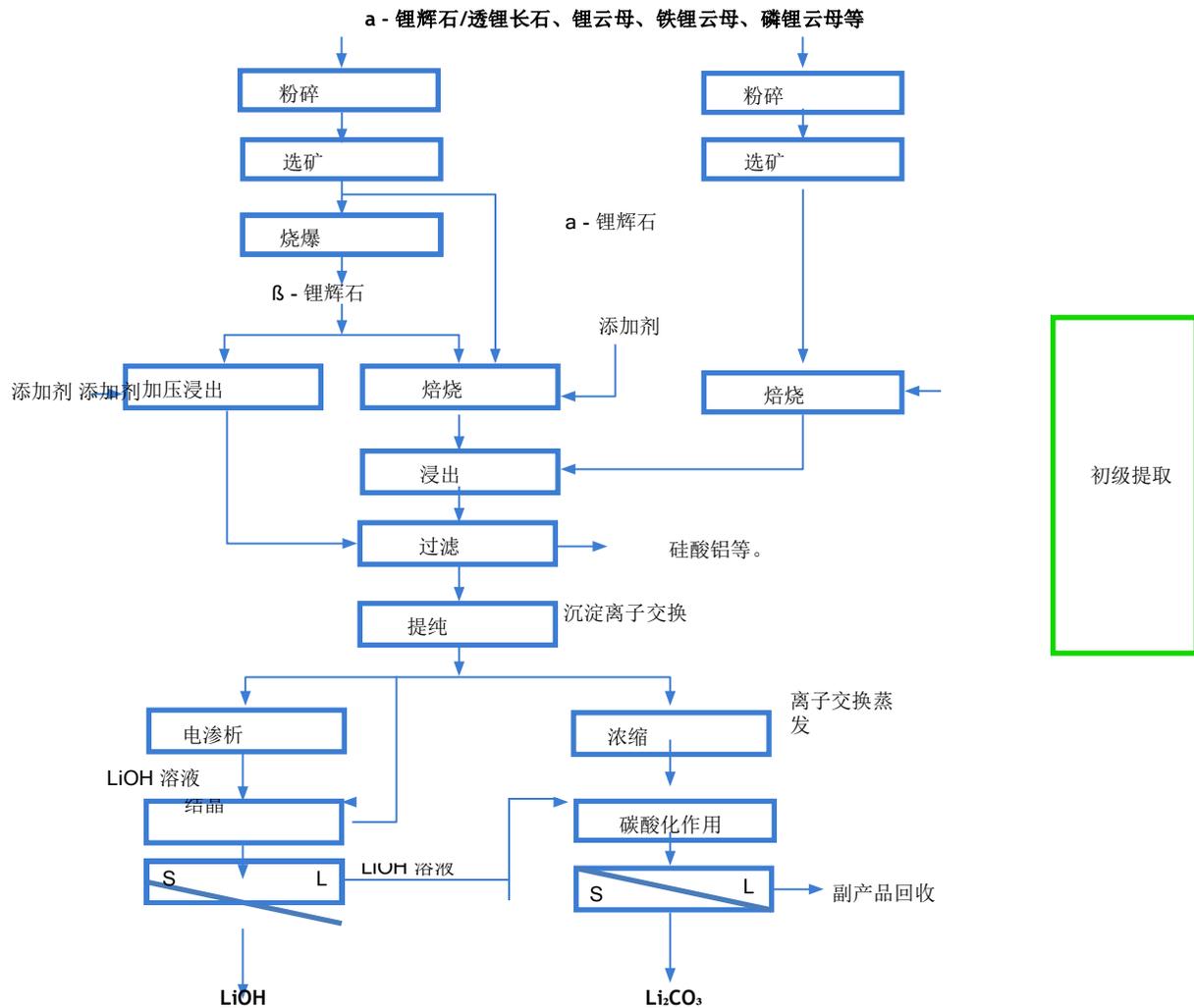


表 5-29 显示了锂辉石矿石初级提取所需的输入和输出参数。就化学品而言，重要的是收集大宗化学品，并根据其应用（例如，沉淀剂）对剩余化学品进行分组。进行这种分组的原因是，如今，碳足迹数据不一定适用于所有化学品，而对于大宗化学品，碳足迹数据是可用的。

表 5-29: 锂辉石初级提取通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
锂辉石精矿					化验数据
电力					包括现场制氧
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
化学品					大宗化学品/特定化学品
氧气					
<b>输出</b>					
纯化溶液					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					基于电极和还原剂计算（基于化学计量）
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					规定作为废物丢弃的地方，作为副产品出售的地方（见定义），以及应用的任何处理过程

### 精炼

最后一步是将卤水溶液以及来自锂辉石矿的提纯溶液精炼为碳酸锂（Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>）和氢氧化锂（LiOH H<sub>2</sub>O）的最终产品。

图 5-19: 锂辉石矿的锂生产工艺 - 精炼 (Bishimbayeva, 2018)

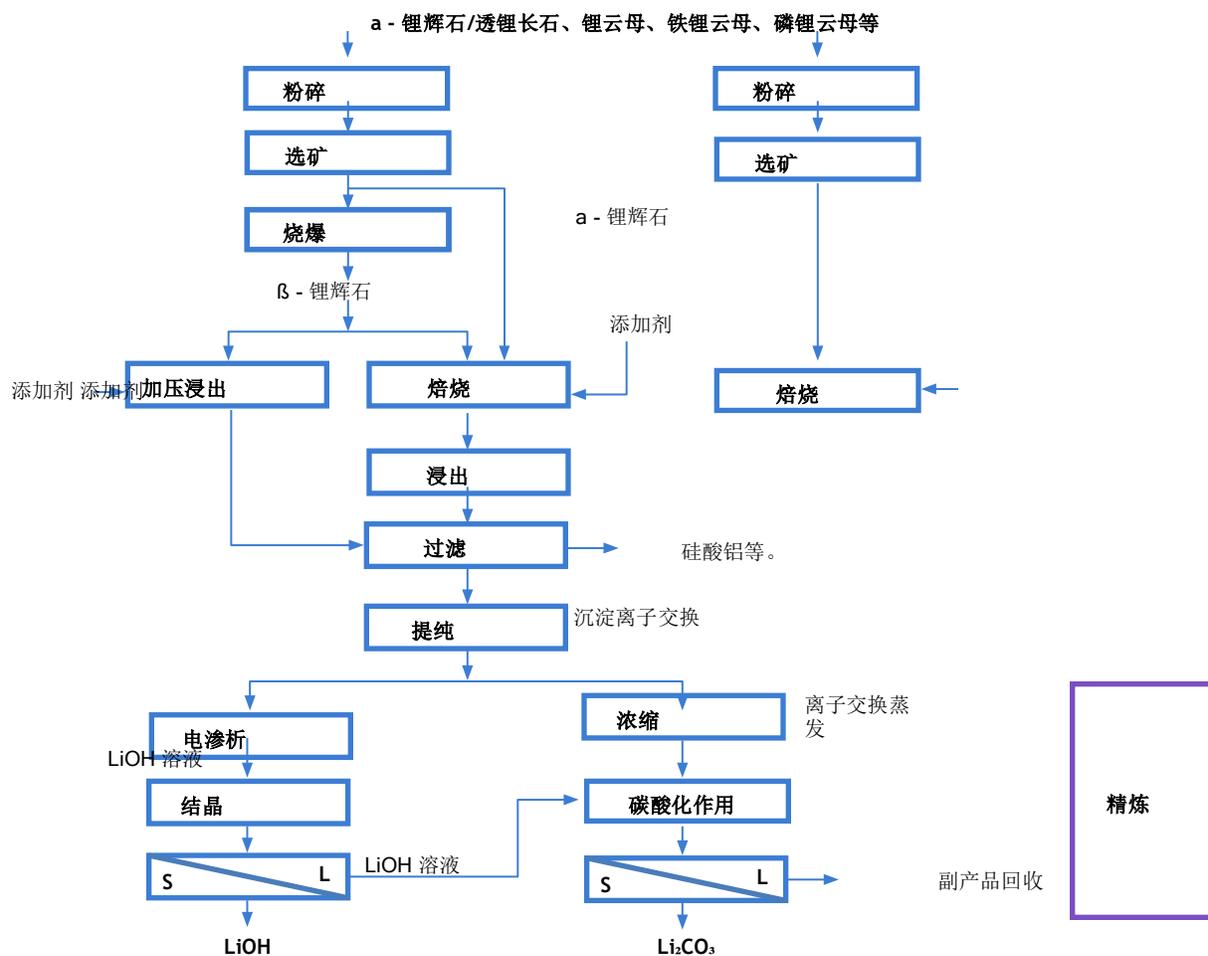


表 5-30 显示了一种与生产碳酸锂或氢氧化锂相关的通用工艺。需要为所考虑的过程收集输入和输出参数。

表 5-30: 锂辉石精炼的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
纯化溶液/浓缩卤水					化验数据
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
化学品（主要是大宗化学品）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
氧气，氢气，氮气					大宗化学品/特定化学品
<b>输出</b>					
Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>					
LiOH H <sub>2</sub> O					
CO <sub>2</sub> （化石）					根据燃烧计算
CO <sub>2</sub>					过程反应排放物

### Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 和 LiOH H<sub>2</sub>O 生产总结

根据上述数据收集指南，可以计算出可靠且最准确的 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>和 LiOH H<sub>2</sub>O 的碳足迹。建议考虑与生产过程有关的所有输入和输出，并根据其用途对化学品进行分组（例如，絮凝剂、起泡剂、分散剂等），并使用主要化学品作为所有消耗化学品的替代品。

此外，在石灰石用于中和，CaCO<sub>3</sub> 与酸溶液反应并产生 CO<sub>2</sub> 排放的情况下，计算浸出和提纯过程中的过程排放量非常重要。

同样重要的是，用相应的运输装置计算不同过程之间直至最终产品的运输，如 4.2.4 中所述。

## 5.2 pCAM 和 CAM制造

以下 pCAM 和 CAM 制造的特定章节涵盖了阴极活性材料前体（pCAM）的生产和阴极活性材料（CAM）的最终生产。回收生产 pCAM 和 CAM 的规则包含在第 5.6 章中。该群集涵盖了电动汽车领域中用于锂离子电池（LIB）的所有类型的阴极化学物质（例如，镍锰钴(NMC)、磷酸铁(LFP)、镍钴铝(NCA)）。除了

第 3 章和第 4 章中定义的一般规则外，下面还定义了群集特定规则，然后是 CAM 的化学特定规则（截至目前，仅详细分析了 NMC）。如第 3.6 章所述，供应以下材料所用的 CF 应为供应商特定：

- 硫酸镍
- 硫酸钴
- 氢氧化锂
- 碳酸锂

**功能单元：**pCAM 和 CAM 制造的功能单元应为供应锂离子电池所用的一公斤或一吨 pCAM 或 CAM。为了更好地了解 CAM 产品，应提供以下信息：

- 化学信息（金属份额）
- Ah/kg CAM

**主要数据收集：**数据收集应特定于 pCAM 和 CAM 制造地点。如果 pCAM/CAM 在多个地点生产，且 CF 应代表平均产品，则应收集所有地点的数据，并计算加权平均值。

### 5.2.1. pCAM

pCAM 的生产通常通过如图 5-19（基于 Dai, 2018）所示的共沉淀法或类似工艺进行。对于共沉淀步骤，可以使用氢氧化钠或碳酸钠。使用碳酸钠会导致在随后的煅烧步骤中直接排放二氧化碳。

金属硫酸盐的供应商特定碳足迹应为每 1kg 所含金属。应仔细验证这一点，以保证正确计算 pCAM/CAM 的 CF。

**废物：**根据当地法规和公司政策，来自氨汽提的含硫酸钠滤液或者被排放到水体中，或者需要进行处理，例如通过蒸发或电渗析。当生产商进行处理或根据法律规定必须进行处理时，应包括能源和辅助材料的消耗。根据一般方法（见第 3.4.1 章），回收和销售的硫酸钠的 GHG 排放分配应通过系统扩展进行，并由第三方核实的证据支持。

图 5-20: NMC pCAM 生产工艺流程图

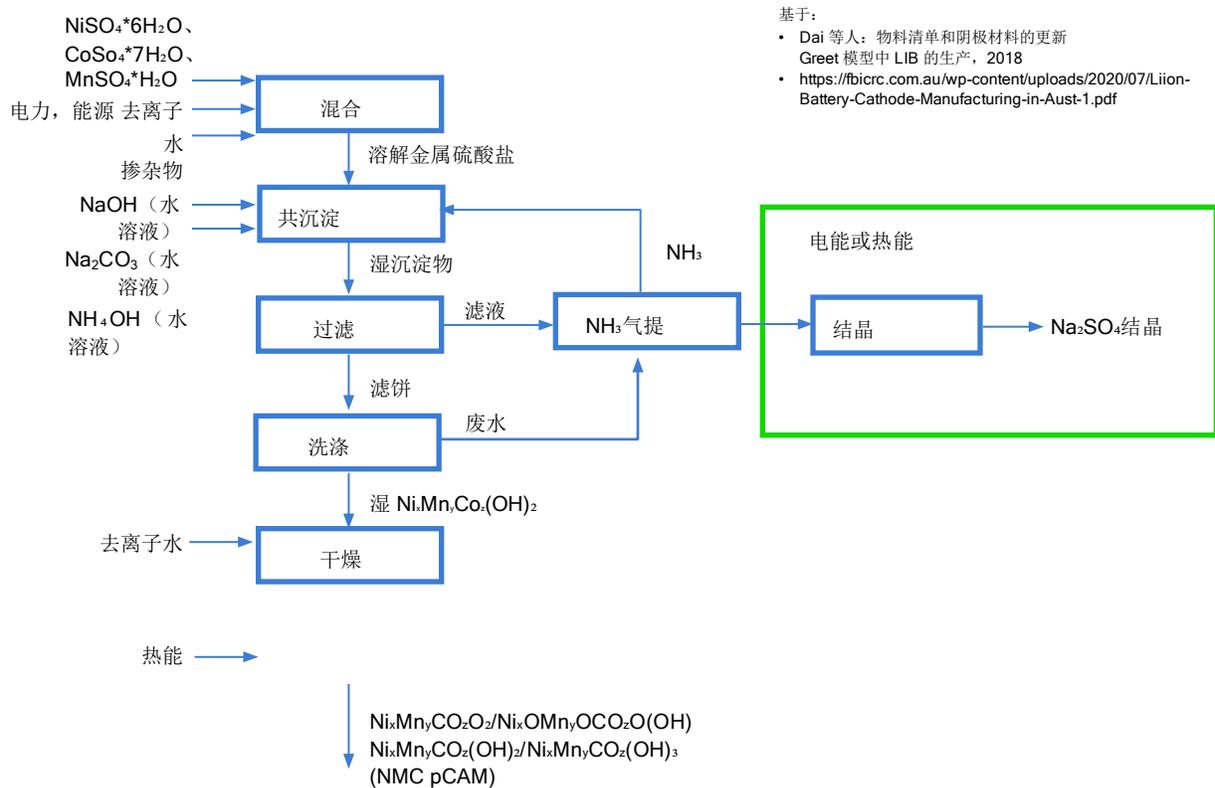


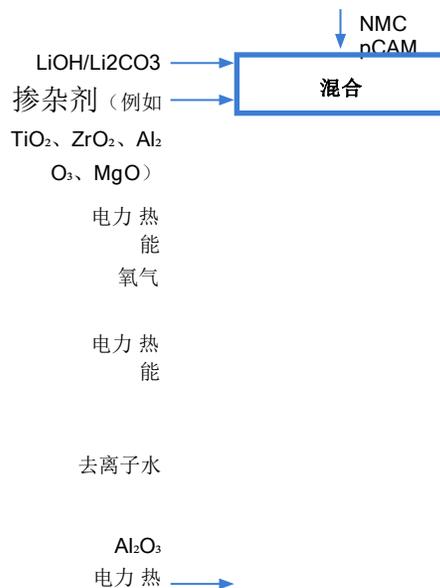
表 5-31: pCAM 生产的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
硫酸镍 (NiSO <sub>4</sub> × 6H <sub>2</sub> O)					如果是溶液, 请指定浓度
镍的二次来源					
硫酸钴 (CoSO <sub>4</sub> × 7H <sub>2</sub> O)					
钴的二次来源					
硫酸锰 (MnSO <sub>4</sub> × H <sub>2</sub> O)					
锰的二次来源					
氢氧化钠 (NaOH)					指定浓度
碳酸氢钠 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )					指定浓度
氨溶液 (NH <sub>4</sub> OH)					
辅助性材料 (水) 和化学品 (硫酸等)					也适用于从回收的输入中生产 pCAM。
电力/热能					
燃料					
<b>输出</b>					
NMC pCAM					例如 Ni <sub>x</sub> Mn <sub>y</sub> Co <sub>z</sub> (OH) <sub>2</sub> 或 Ni <sub>x</sub> Mn <sub>y</sub> Co <sub>z</sub> CO <sub>3</sub>
硫酸钠					
废水/滤液					规定作为废物丢弃的地方, 作为副产品出售的地方 (见定义), 以及应用的任何处理过程
燃烧排放物					

### 5.2.2 CAM

对于 CAM 生产 (如图 5-21 所示), 可使用氢氧化锂或碳酸锂作为锂源。通常, 对于具有高镍含量 (高于 NMC 622 或 NCA) 的 CAM, 会使用氢氧化锂。如果将镍锰钴碳酸盐用于 CAM 生产, 则煅烧过程会导致直接二氧化碳排放, 需要将其包括在 CF 计算中。应通过化学计量法计算煅烧产生的直接 CO<sub>2</sub> 排放量。

图 5-21: NMC CAM 生产的指示性工艺流程图



基于:

- Dai 等人: 物料清单和阴极材料的更新 Greet 模型中 LIB 的生产, 2018
- <https://bicrc.com.au/wp-content/uploads/2020/07/Lion-Battery-Cathode-Manufacturing-in-Aust-1.pdf>

能

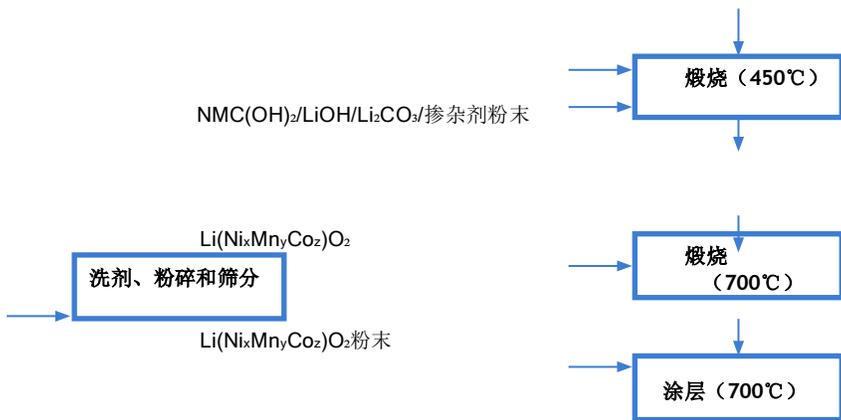


表 5-32: CAM 生产的通用数据收集模板

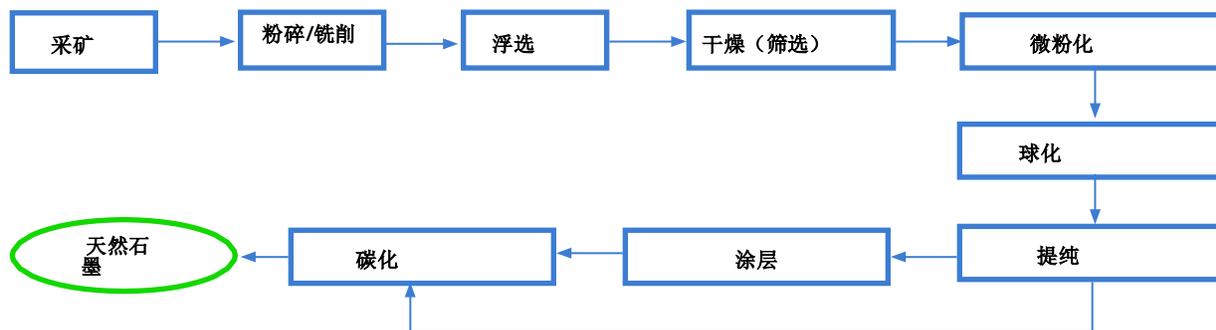
物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
pCAM (例如 镍锰钴(NMC)、磷酸铁(LFP)、镍钴铝(NCA))					例如 Ni,Mn,Co(OH) <sub>2</sub> 或 Ni,Mn,Co.CO <sub>3</sub>
氢氧化锂 (LiOH×H <sub>2</sub> O)					指定浓度
碳酸锂 (Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )					指定浓度
锂的二次来源					指定浓度
Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>					例如, 对于 LFP
磷酸					例如, 对于 LFP
FePO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O					指定浓度
FeSO <sub>4</sub>					例如, 对于 LFP
Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> *9H <sub>2</sub> O					指定浓度
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					例如, 对于 LFP
FeOOH					例如, 对于 LFP
FeO <sub>4</sub> C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>					例如, 对于 LFP
磷酸一铵 (MAP)					例如, 对于 LFP
磷酸二铵 (DAP)					例如, 对于 LFP
葡萄糖					例如, 对于 LFP
蔗糖					例如, 对于 LFP
掺杂剂 (例如 TiO <sub>2</sub> 、ZrO <sub>2</sub> 、MgO、Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )					
助剂 (水、氧气、溶剂)					也适用于从回收的输入中生产 CAM
电力/热能					
燃料					
CO/CO <sub>2</sub> 混合物					用于需要惰性气氛的工艺
氢气					用于需要惰性气氛的工艺
<b>输出</b>					
CAM (例如 NMC、LFP、NCA)					例如 Li(Ni,Mn,Co) <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
直接 GHG 排放 (CO <sub>2</sub> )					例如, 使用碳酸盐情况下的甲烷、一氧化二氮 使用碳酸盐
废物/废水/Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					规定作为废物丢弃的地方, 作为副产品出售的地方 (见定义), 用于锂回收和任何处理过程的地方
燃烧排放物					

## 5.3. 阳极材料

### 5.3.1. 天然石墨

从天然石墨生产电池价值链的阳极材料有一条主要途径。过程路线如下图 5-22 所示。如果石墨阳极材料生产商无法在图中找到自己的路线，则提供通用数据收集模板，以将新工艺和路线纳入电池价值链。

图 5-22: 天然石墨阳极材料生产的物料流 (ECGA, 2022)



一般情况下，需要计算每个工艺步骤的碳平衡，以确保在计算电池价值链中天然石墨的碳足迹时没有遗漏 CO<sub>2</sub> 排放。

#### 采矿（地下和露天）

有两种类型的采矿作业：地下和露天。数据收集应涵盖采矿过程中的所有相关操作过程，以便在最后接收将被送往粉碎/铣削步骤的矿石。这包括地下矿井的吊装、冷却、照明等的电力消耗，以及挖掘机和运输卡车的燃料消耗。以及用于破碎岩石的炸药消耗。

表 5-33: 石墨开采的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
电力					关于电力采购来源和国家运营的规范
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
炸药					
<b>输出</b>					
石墨矿					石墨的化验数据
覆盖层					
废石					
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和炸药

## 粉碎/铣削

该步骤包括破碎大块石墨岩石的破碎机，并将其研磨成细石墨材料的磨粉机，然后将其送往浮选步骤。

表 5-34: 石墨破碎/铣削的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
石墨矿					
电力					关于电力采购来源和国家运营的规范
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
研磨介质（可能高于低精矿的阈值）					
<b>输出</b>					
破碎石墨矿					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 浮选

将粉碎和铣削后的石墨放入浮选槽中，在浮选槽中将含量增加到 90% 的碳含量，并将尾矿分离，通常在填埋尾矿之前将其通过浓缩器。

表 5-35: 石墨浮选的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
粉碎/铣削石墨矿					化验数据
电力					关于电力采购来源和国家运营的规范
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
化学品					絮凝剂、起泡剂、分散剂、大宗化学品
<b>输出</b>					
浮选输出至干燥					化验数据
废物流/副产品					规定作为废物丢弃的地方，作为副产品出售的地方（见定义），以及应用的任何处理过程，并提供化验数据
尾矿					
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 干燥（筛选）

干燥和筛选过程步骤主要受干燥所用燃料的影响。下面的表 5-36 给出了干燥和筛选活动在一起的数据。建议甚至报告蒸发的水分，以便能够检查质量平衡数据的一致性。

表 5-36：石墨浮选的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
浮选物料至干燥过程					
电力					关于电力采购来源和国家运营的规范
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
<b>输出</b>					
干燥的材料					化验数据
废物流/副产品					规定作为废物丢弃的地方，作为副产品出售的地方（见定义），以及应用的任何处理过程 并提供化验数据
蒸发的水分					
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和过程排放

## 微粉化/筛选/分类

微粉化是减小固体材料颗粒的平均直径的过程。传统的微粉化技术侧重于机械手段，如铣削和研磨。可以看出，该过程的主要影响因素是该过程的机械操作所消耗的电力。

表 5-37：石墨微粉化/筛选/分类的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
干燥的材料					
电力					关于电力采购来源和国家运营的规范
<b>输出</b>					
微粉化材料					化验数据
废物流/副产品					规定作为废物丢弃的地方，作为副产品出售的地方（见定义），以及应用的任何处理过程，并提供化验数据
废物流					
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 球化

球化是一种对脉状石墨颗粒进行微粉化和圆形化的上浆和成型过程。进行球化以优化颗粒的表面积，从而在阳极中获得最高性能。在这个过程中，产生了一种副产品并被售出。在该阶段，应根据第 3.4.1 章中规定的一般规则，在球体和出售的细粒之间进行经济分配。

表 5-38: 石墨球化的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
微粉化材料					
电力					关于电力采购来源和国家运营的规范
<b>输出</b>					
球化物质（球体）					
副产品 - 细料					细粒
废物流					指定是否焚烧/处理以及处理的能耗
粉尘					指定处理和指定能耗
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 提纯

球状体将在该步骤中进行纯化，其中将使用诸如 HF 之类的大宗化学品。重要的是要指定气体输出，以及它们是否被重复使用或出售等，以便对再利用的工业尾气进行分配。

表 5-39: 石墨提纯的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
球化物质（球体）					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
化学品					大宗化学品 HF 和氯气
<b>输出</b>					
纯化材料					
废水流					废水处理
废物流					指定是否焚烧/处理以及处理的能耗
废气流					指定处理和指定能耗
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和过程排放

然后，纯化的球状体可以进行涂覆过程，或直接进入石墨化过程，以获得用于阳极制造的最终产品。

## 涂层

沥青是用于纯化球状体涂层的主要材料。因此，从供应商处收集沥青的碳含量也很重要，以便能够计算各自的过程排放量。此外，考虑工艺尾气及其处理方式也很重要。在燃烧后的情况下，需要计算CO<sub>2</sub>排放量，并且需要报告尾气的组成以及最终计算的碳足迹。

表 5-40: 石墨涂层的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
纯化材料					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
沥青					
<b>输出</b>					
涂层的材料					
工艺尾气					如果需要计算燃烧产生的 CO <sub>2</sub> ，否则需要报告工艺尾气的组成
废物流					填埋/焚烧
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和过程排放

## 石墨化

纯化后的球状体也可以直接进行石墨化过程，这是一个高能源密集的过程。工艺尾气需要按其组成以及各自的处理（再利用或燃烧）进行报告。需要根据碳平衡报告过程排放量。

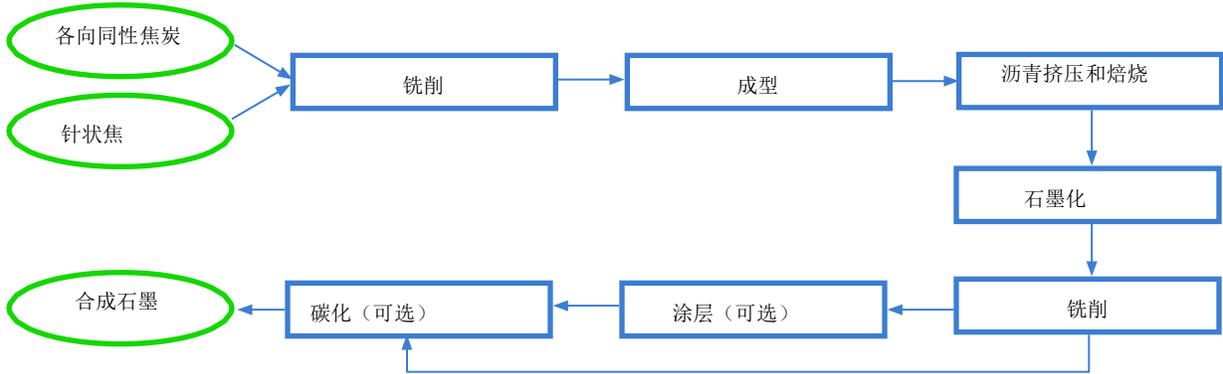
表 5-41: 石墨化的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
纯化材料					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
<b>输出</b>					
涂层的材料					
工艺尾气					如果需要计算燃烧产生的二氧化碳，否则需要报告工艺尾气成分
废物流					填埋/焚烧
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和过程排放

### 5.3.2 合成石墨

合成石墨由各向同性焦炭和针状焦炭生产的。这些是生产合成石墨的主要输入材料。收集这些材料的供应商特定数据是很重要的，也是非常推荐的。在无法获得供应商特定数据的情况下，应将产品环境足迹数据库（<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/contactListEF.xhtml>）用作次要数据来源。

图 23：合成石墨阳极材料生产的物料流（ECGA，2022）



在下文中，展示了合成石墨的每个生产工艺的通用调查表模板，并给出了数据收集和碳足迹计算的重要考虑因素。

#### 铣削

铣削过程是为下一步成型过程铣削焦炭的第一步。铣削过程主要由电力消耗驱动，为了确保正确的影响，应检查质量平衡，包括废物和在不同生产路线中出售或使用的副产品。

表 5-42：铣削的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
针状焦					碳含量
各向同性焦炭					碳含量
电力					
研磨介质					
<b>输出</b>					
铣削的焦炭					碳含量
副产品（细料）					规定作为废物丢弃的地方，作为副产品出售的地方（见定义），以及应用的任何处理过程，并给出碳含量数据
废物处理					

## 成型

为了生产球状体，成型过程使用了电力和燃料，具体如下面的通用调查表所示。

表 5-43：成型的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
铣削的材料					碳含量
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
<b>输出</b>					
球状体					碳含量
副产品 - 细料					规定作为废物丢弃的地方，作为副产品出售的地方（见定义），以及应用的任何处理过程，并给出碳含量数据
废物流					
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 挤压和焙烧

这一过程对于 CO<sub>2</sub>排放量的计算非常重要，因此需要收集球状体以及沥青和焙烧材料的碳含量，以便能够进行适当的碳平衡，从而以可靠的方式计算 CO<sub>2</sub>排放量。

表 5-44 沥青挤压和焙烧的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
球状体					碳含量
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
沥青					涂层用大宗化学品 - 碳含量
<b>输出</b>					
挤压和焙烧的材料					碳含量
工艺尾气					燃烧（CO <sub>2</sub> 计算）或释放的废气成分
废物流					填埋/焚烧
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 石墨化

能源最密集的过程，主要通过使用电力进行。因此，收集表 5-45 中列出的所有输入和输出参数是非常重要的。关闭碳平衡以避免错过任何过程 CO<sub>2</sub> 排放，也是非常重要的。在发生燃烧的情况下，必须以 CO<sub>2</sub> 排放的形式考虑工艺尾气处理。

表 5-45：石墨化的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
挤压和焙烧的材料					碳含量
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
<b>输出</b>					
石墨化材料					碳含量
工艺尾气					燃烧（CO <sub>2</sub> 计算）或释放的废气成分
废物流					填埋/焚烧
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 石墨化材料的铣削

石墨化材料的铣削过程是电力驱动的，因此 铣削机的质量平衡加上电力消耗是重要的参数。

表 5-46：石墨化材料铣削的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
石墨化材料					碳含量
电力					
研磨介质					
<b>输出</b>					
铣削的石墨化材料					碳含量
副产品（细料）					规定作为废物丢弃的地方，作为副产品出售的地方（见定义），以及应用的任何处理过程，并给出碳含量数据
废物处理					

### 涂层（可选）

这个过程在特定情况下完成的，因此是可选项。但是在使用该过程步骤的情况下，需要收集通用调查表中列出的参数。

表 5-47：涂层（可选）的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
石墨化材料					碳含量
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
沥青					碳含量
<b>输出</b>					
涂层的材料					碳含量
工艺尾气					如果需要计算燃烧产生的 CO <sub>2</sub> ，否则需要报告工艺尾气的组成
废物流					填埋/焚烧
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和过程排放

### 石墨化（可选）

可能会发生第二次石墨化，因此必须收集下表列出的参数。石墨化是一个高能耗的过程，主要通过使用电力来进行。因此，收集表 5-48 中列出的所有输入和输出参数是非常重要的。关闭碳平衡以避免错过任何过程 CO<sub>2</sub> 排放，也是非常重要的。在发生燃烧的情况下，必须以 CO<sub>2</sub> 排放的形式考虑工艺尾气处理。

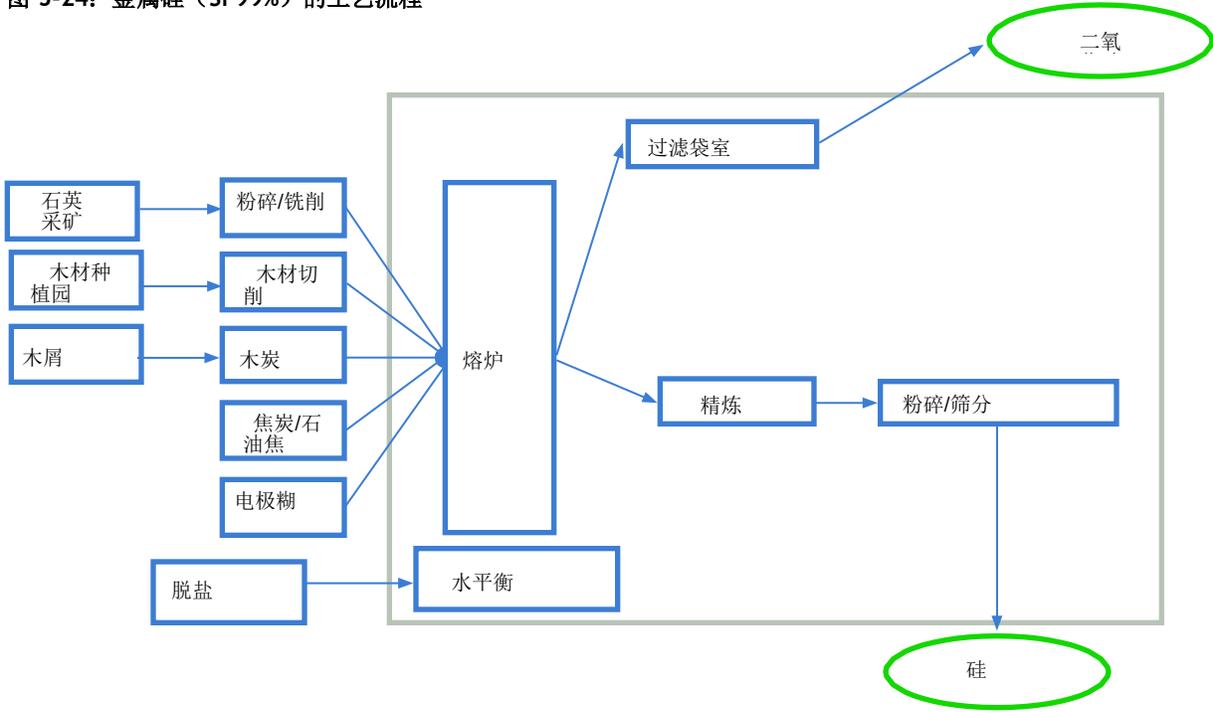
表 5-48：石墨化的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
涂层的材料					碳含量
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
<b>输出</b>					
涂层的材料					碳含量
工艺尾气					如果需要计算燃烧产生的 CO <sub>2</sub> ，否则需要报告工艺尾气的组成
废物流					填埋/焚烧
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和过程排放

### 5.3.3 金属硅

金属硅是另一种阳极材料，但我们只有纯度达到 99% 的金属硅之前的工艺，目前尚不清楚是否有进一步的精炼步骤来达到 99,999% 的高品位。本章为高达硅金属 99% 硅含量的数据收集提供指导。

图 5-24: 金属硅 (Si 99%) 的工艺流程



#### 采矿

石英的开采主要由燃料消耗驱动，并取决于用电矿井的类型。石英开采的通用调查表见表 5-49。

表 5-49: 石英开采的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
电力					关于电力采购来源和国家运营的规范
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
炸药					
轮胎					
<b>输出</b>					
石英					
覆盖层					
废石					
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料和炸药

## 粉碎/铣削

在开采之后，根据开采的石英的尺寸，进行破碎和铣削。在采用发电机进行发电的情况下，该过程主要由电力消耗或燃料消耗驱动。

表 5-50：破碎/铣削的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
石英					
电力					关于电力采购来源 和国家运营的规范
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
研磨介质（可能高于低精矿的阈值）					
<b>输出</b>					
破碎的石英					化验数据
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

### 熔炼/过滤袋式除尘器

在熔炼厂中，只要使用燃料进行发电，电力消耗就是碳足迹的主要驱动因素。更重要的是木屑/木棒的使用及其在熔体中的生物碳含量，这应该来自可持续林业。进一步的还原剂还应报告碳含量。基于这一点和输出，应计算并显示化石、过程和生物源 CO<sub>2</sub>排放的碳平衡。重要的是要报告二氧化硅烟雾等副产品，以便根据一般方法（见第 3.4.1 章），通过第三方验证证据支持的分配，将 GHG 排放量划分为回收和销售的副产品。

表 5-51：熔化和过滤袋式除尘器的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
破碎/铣削的石英					化验数据
电力					关于电力采购来源和国家运营的规范
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
木屑					碳含量（可持续森林）
石油焦、焦炭、煤等					碳含量
<b>输出</b>					
硅 99					化验数据
副产品如二氧化硅					规定作为废物丢弃的地方，作为副产品出售的地方（见定义），以及应用的任何处理过程，并提供化验数据
炉渣					填埋或用于 SiMn 工艺？
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料
CO <sub>2</sub> （过程）					基于还原剂
CO <sub>2</sub> （生物源）					基于木材和木炭

### 精炼

精炼步骤通过在钢包炉中吹入氧气或氮气来进行。

表 5-52：精炼的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
硅					
氮气					
氧气					
<b>输出</b>					
精炼硅 99					
废物流					填埋/焚烧
CO <sub>2</sub> （化石）					基于过程排放

## 粉碎和筛分

破碎和筛分步骤主要由电力消耗驱动，这也是导致主要影响的原因。

表 5-53：破碎和筛分的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
精炼硅 99					
电力					关于电力采购来源 和国家运营的规范
<b>输出</b>					
破碎的硅 99					化验数据
粉尘					

如果有必要进行进一步的精炼步骤以获得阳极质量级硅，请使用以下标准调查表，检查这些输入和输出参数是否是过程的一部分，并具体报告其消耗量。

表 5-54：额外工艺步骤的通用数据收集模板

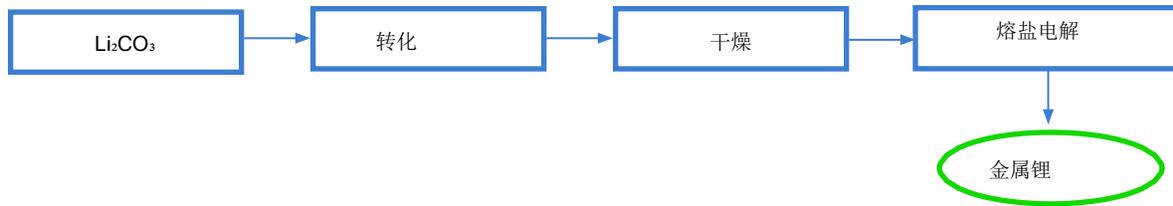
物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
硅 99					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/氢气）					
购买外部供应（燃料各自的热量和蒸汽）					
助剂（如水）					请指定
化学品					请指定
<b>输出</b>					
硅阳极质量级					
废物流					填埋/焚烧
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料
CO <sub>2</sub> （过程）					过程排放

### 5.3.4 金属锂

锂金属是以碳酸锂（ $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ）为基础进行生产。相应的调查表模板见第 5.1.4 章。或者碳酸锂的供应商向锂金属生产商提供特定的碳足迹。

生产锂金属有 3 个工艺步骤。

图 5-25: 锂金属的工艺流程



#### 转化

在转化过程中，碳酸盐将转化为氯化物，氯化物然后成为熔盐电解生产锂金属的基础。重要的是计算由碳酸盐与酸性溶液反应引起的过程特定  $\text{CO}_2$  排放量。

表 5-55: 转化至  $\text{LiCl}_2$  的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
$\text{Li}_2\text{CO}_3$					
电力					
燃料					
盐酸					指定 HCl 的浓度
其他化学品					指定类型和浓度
<b>输出</b>					
$\text{LiCl}_2$ 溶液					
废物流/副产品					规定作为废物丢弃的地方，作为副产品出售的地方（见定义），以及应用的任何处理过程，并提供化验数据
$\text{CO}_2$ （过程）					

## 干燥

在干燥过程中，质量平衡与所有其他过程一样重要，但在此也应报告蒸发的水分，以证明封闭的质量平衡。

表 5-56：干燥的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
LiCl <sub>2</sub> 溶液					水分含量
电力					
燃料（如柴油/液化天然气/天然气/氢气）					
外部购买的热量/热能					
<b>输出</b>					
LiCl <sub>2</sub> 溶液					
H <sub>2</sub> O（水）					回收利用？
废物流					
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 熔盐电解

电解是一个能源密集过程，因此是一个重要的工艺步骤。根据一般方法（见第 3.4.1 章），回收和销售氯的 GHG 排放的分配应通过系统扩展进行，并由第三方核实的证据支持。

表 5-57：电解的通用数据收集模板

物料	单位	数量	运输距离	运输类型	规格
<b>输入</b>					
干燥的 LiCl <sub>2</sub>					
电力					
燃料（如柴油/液化天然气//氢气）					
氯化钾					
<b>输出</b>					
金属锂					
副产品？（氯）					
废物流					填埋/焚烧
CO <sub>2</sub> （化石）					基于燃料

## 5.4. 电极电池和模块制造

电极电池和电池模块制造群集包括电极制造、电池组装和电池精加工，如图 5-26 所示。数据收集可以分为电池制造的这三个主要步骤，甚至可以进一步分为单个工艺，这种划分对于 CF 计算来说没有必要（图 5-26 中电池制造在单个工艺中的拆划分基于（Heimes 和 Kampker, 2019））。因此，收集整个电池制造的主要数据就足够了，可以涵盖整个工艺链。尽管如此，GHG 规则手册的用户应验证并记录以确保所有工艺步骤均包含在主要数据收集中。

图 5-26: 电池制造初级数据收集的聚合级别

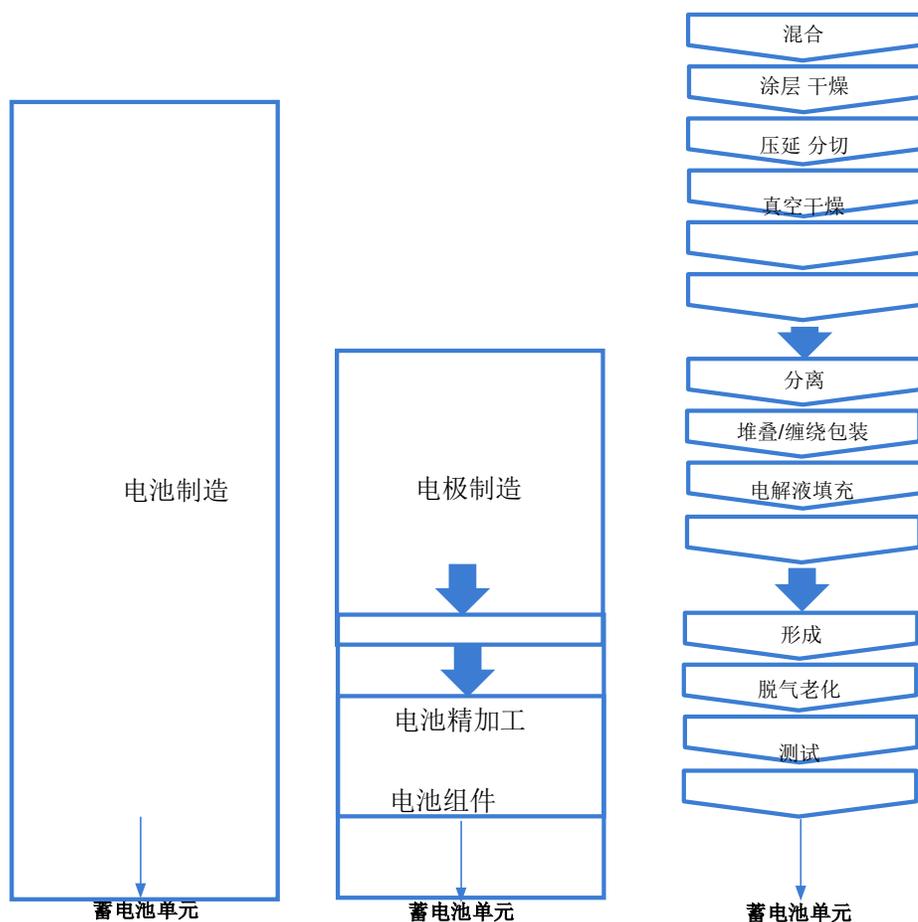


表 5-58 给出了电池制造所需的潜在材料的详细清单。

表 5-58: 电池制造的通用数据收集模板

物料		单位	数据	规格
<b>输入</b>				
阴极				
CAM	CAM 粉末	kg/电池		例如化学性质, 如 NMC 622 或 LFP, 能量密度等
粘合剂/添加剂	炭黑	kg/电池		
	聚偏氟乙烯 (PVDF)	kg/电池		
集电器/分接头	铝箔	kg/电池		例如厚度和合金、一次/二次材料的份额
阳极				
阳极活性材料	阳极末	kg/电池		例如 95% 的石墨和 5% 的硅
粘合剂/添加剂	聚偏氟乙烯 (PVDF)	kg/电池		
	炭黑	kg/电池		
	羧甲基纤维素 (CMC)	kg/电池		
	丁苯橡胶 (SBR)	kg/电池		
集电器/分接头	铜箔	kg/电池		
隔膜	聚丙烯 (PP)、聚乙烯 (PE)	kg/电池		附加涂层, 通常为陶瓷
电解质	碳酸二甲酯、碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯、碳酸亚乙烯酯	kg/电池		
	六氟磷酸锂 (LiPF <sub>6</sub> )	kg/电池		
电池壳	铝箔/电池外壳	kg/电池		如合金、厚度、生产工艺 例如深冲
	钢	kg/电池		如合金, 生产工艺如挤压/37% 二次
	聚合物 (PP、PE……)	kg/电池		
电池盖	铝	kg/电池		
溶剂	N-甲基-2-吡咯烷酮 (NMP)	kg/电池		
	去离子水	kg/电池		
助剂		kg/电池		
电力/热能		kWh/电池		
燃料		kg/电池		
<b>输出</b>		kg/电池		
产品	LIB 电池	kg/件		
废物和废料	金属废料、NMP、报废电池、聚合物等	kg/电池		
废水		kg/电池		
燃烧排放物		kg/电池		

电池制造所需的干燥室条件（电极生产的露点低至  $-30^{\circ}\text{C}$ ，电池组件的露点低至  $-70^{\circ}\text{C}$ ），以及电极的干燥，都需要相关的能源消耗（电能和热能）。如第 3.4.2 章所述，能源消耗应基于单独和详细的计量系统，以便能够将整个电池制造的能源消耗分配至各生产线、产品和时间段。如果不是这种情况，请参考第 3.4.2 章。

在下一章中，除了第 3 章和第 4 章中定义的一般规则外，还定义了群集特定规则。

**系统边界：**电极的制造、电池组装和电池精加工通常在同一地点进行。如果电池制造商从供应商处购买电极，则电极应使用供应商特定 CF。

**功能单元：**电池制造的功能单元应为一个电池（单件）。参考流量可按单件或单件质量给出。如果选择单件作为参考流量，则应给出每件重量。使用碳足迹结果进行报告，或稍后由 GBA 定义的任何类型的分析，可能需要替代参考流。因此，电池的碳足迹应包含必要的信息，以将 CF 结果从单件转换为其他参考流，以及附加技术规范，以更好地了解电池的可能使用情况：

- 电池设计（袋状、棱柱状、圆柱形）加上关于尺寸的其他常用信息（例如，圆柱形 18650）。
- 容量（可用容量和总容量）和电压
- 重量
- 电池化学
- 循环次数/衰减曲线
- 放电倍率

**主要数据收集：**数据收集应特定于电池制造地点。如果特定的电池单元在多个地点生产的，且 CF 应代表平均产品，则应收集所有地点的数据，并计算加权平均值。。

材料输入

- 如果没有可用于特定电池材料输入的活动数据（例如，来自管理系统），而仅有可用于几个电池产品的集群数据，GHG 规则手册用户可以使用物料清单（BoM）来汇编材料输入。BoM 应包括收率，例如，要包括的工艺岩屑或单个废料率。
- 在使用 BoM 的情况下，应在数据收集中包括在线测试结束时可能对整个电池进行的报废。
- 对于电池组装后的报废率，应使用设施特定值，例如根据废物流进行计算和验证。如果不可用，则应采用默认的 30%。
- 如第 3.6 章所述，用于 CAM 和阳极活性材料供应的 CF 应为供应商特定值。

## 能源消耗

- 如果能源消耗（以及助剂，如工艺水、压缩空气等）不能与特定产品直接相关（例如，在一个设施中生产的几种产品，但每个特定产品的能源消耗数据并不总是可用的），则应尽可能具体地收集数据，例如将电极生产、电池组装、电池精加工、以及清洁/干燥房间的气候适应的能耗数据进行拆分。如果能源消耗可直接关联至特定工艺（如电极生产），则应使用该数据；如果能源消耗数据仅适用于几种电池产品（如电池装配线安装了单个的仪表，但干燥室只有一个仪表，其中几条装配线生产不同的电池），则应通过分配对能耗数据进行拆分。分配的层次结构：
  - 如果所有电池产品均具有相同的几何形状（袋状、圆柱形或棱柱形）并且尺寸（例如，圆柱形 18650）相同，则应按电池数量进行分配。
  - 按容量分配（kWh 或 Ah）

## 溶剂（水除外）

- 如果使用 N- 甲基 -2- 吡咯烷酮（NMP）等有机溶剂，并在干燥后对捕获的溶剂蒸汽进行热处理，则应根据溶剂的碳含量将产生的二氧化碳排放量包括在 CF 计算中。
- 如果收集溶剂蒸汽进行回收，而回收的溶剂在内部使用，在碳足迹计算中涵盖溶剂回收的能量和材料消耗（即电池制造商用于内部回收的主要数据或来自外部溶剂回收商的数据）的情况下，应使用净消耗量（电池制造所需溶剂与回收溶剂之间的差值）。
- 如果没有证据表明处理捕获溶剂处理产生的产品可作为具有相同性质的溶剂重复使用，或者无法获得用于外部处理的 CF，则应在 CF 中考虑整个溶剂消耗。
- 出于清洁目的消耗的收集溶剂应从收集和回收数量中扣除。

## 新设施的启动期

- 新设施（新地点、产能扩张或整个生产线的更换）的启动期最长为 6 个月，可用于排除由于利用率低而导致的非代表性能耗（例如，与研究产品直接相关的与负荷无关的能源消耗，如干燥室气候适应）。
- 如果在现有生产线上生产新产品，则不应进行数据周期的排除。

## 5.5. 电池组件

电池组件群集包括电池模块的组装和电池本身的组装。对于两者的工艺或组装步骤，应收集主要数据。如果使用无模组技术，则仅需要收集电池组件的数据。表 5-59 给出了电池制造可能需要的材料汇总表。GBA 数据收集表“电池组件”中给出了电池模块和电池组件所需的部件和可能材料的详细概述。

表 5-59: 电池组件的通用数据收集模板

物料		单位	数据	规格
<b>输入</b>				
电池/模块		kg 或件/电池		例如化学性质，如 NMC 622 或 LFP，能量密度等
电池壳	铝	kg/电池		例如，深冲铝板/初级
	钢	kg/电池		
	聚酰胺 GF	kg/电池		例如 30% 玻璃纤维
填缝剂	铝箔	kg/电池		
支架/盖板/结构元件	钢，铝			
冷却板/热交换器	铝，钢 PA 6.6	kg/电池		例如，304 等级或 1.4 301/板材/次级
低压电缆（线束）	铜 /PVC	kg/电池		
高压电缆（线束）	铜 /PVC	kg/电池		
母线/端子	铝、铜+绝缘聚合物或胶带	kg/电池		
连接器（高压、充电器等）		kg/电池		
固定（螺钉、螺母、螺栓、夹子等）	钢	kg/电池		
绝缘	云母、胶水、胶带等	kg/电池		
固定（螺钉、螺母、螺栓、夹子等）	钢	kg/电池		
冷却液	乙二醇/水 其他可能的流体	kg/电池		
电池管理系统（BMS）	每个电池模块 1 块主板 +1 块模块板	kg/电池		
电子元件	传感器、继电器、保险丝、接触器、电阻器等	kg/电池		
助剂		kg/电池		
电力/热能		kWh/ 电池		
燃料		kg/电池		
<b>输出</b>				
产品	电池	kg/件		例如化学性质，如 NMC 622 或 LFP，能量密度等
废物和废料	金属废料、NMP、废电池、聚合物等	kg/电池		
废水		kg/电池		
燃烧排放物		kg/电池		

在下文中，除了第 3 章和第 4 章中定义的一般规则外，还定义了群集特定规则。

**系统边界：** 电池模块和电池组的制造不一定在同一家公司或地点进行。因此，应单独收集模块和电池组件的数据，以提高数据收集过程的透明性，并增加结果显示和对比的灵活性。

电池组件可能集成到车辆中（例如，部分/完全拆除电池外壳，并由车身提供电池的被动安全性），或将其他车辆组件的功能添加到电池中（例如，设计电池盒以容纳电池模块和集成冷却，同时也用于支撑车辆本身的结构），这可能导致根据 GBA 温室气体规则手册计算碳足迹时 LIB 之间的不同系统边界。

计算整个 LIB 以及整个价值链中的原材料、有源或无源材料和其他组件的 CF 的原因之一是，将 CF 提供给价值链中的下一步，并使购买者能够计算自己产品的 CF。在整个 LIB 的情况下，CF 信息将与 LIB 一起提供给原始设备制造商（OEM），并将支持 OEM 计算整个车辆的 CF。CF 信息的另一种可能用途可能是制造过程中 LIBs 在温室气体排放方面的直接比较，包括所有材料或组件供应的 GHG 排放量。

首先，当一个电池组出售给 OEM 或由 OEM 生产用于车辆总成时，应计算该电池组的 CF。其次，在规则手册的更新版本中，将涵盖使用阶段，使规则手册的用户也能够计算“电池系统在整个使用寿命内提供的总能量的 1 kWh”的 CF，  
*从而允许根据拟议的电池法规（欧盟委员会，2020）和电池的 PEFCR（Recharge，2018）的要求，对电池进行对比。* 下面分别详细说明了 CF 结果的两种不同用途的应用对 GHG 规则手册的影响。

在为电池模块计算 CF 的情况下，功能单元是一个 LIB 模块的供应，系统边界涵盖了生产用于电池块组组件的模块所需要的一切。参考流量可以以件或 kg 为单位，应给出每件的重量，以便将件转换为 kg，或反之亦然。此外，电池模块的碳足迹应包含必要的信息，以将 CF 结果从一件的转换为其他参考流量的，例如 kWh。

#### **A) OEM 用于计算整车功能单元 CF 的锂离子电池（LIB）的 CF 结**

##### **果：**

该功能单元包括用于电动汽车的一个锂离子电池组的供应，因为它是提供给 OEM 或由 OEM 为车辆总成生产的。参考流量可以以件为单位，也可以以每件重量（kg）为单位，应给出每件的重量，以便将件转换为 kg。因此，电池组的碳足迹应包含必要的信息，例如，以 kg 为单位的电池质量。

##### **系统边界：**

CF 应包括交付给 OEM 或由 OEM 生产的用于车辆总成的电池组的所有组件，例如，如果电池不包括外壳，因为电池壳集成在底盘/车身内，则 CF 应排除外壳，并且不应进行进一步的校正。如果电池满足向电机供电的附加功能之一，例如，如果外壳也具有支撑车辆扭转刚度的功能，则不应进行校正。

## B) 用于 LIB 对比的 CF 结果

对不同 LIB 的 CF 结果进行直接对比面临以下几个挑战：

- 由于活性材料和能量密度可能有很大差异，因此对比不同用途应用的 LIB 时，将具有有限的信息能力，例如，对比需要高放电倍率的混合动力或城市公共汽车的电池（机会充电）与需要高续航里程的车辆时。
- 对不同容量电池的绝对 GHG 排放量进行比较，自然会导致几乎没有可比性的 CF 结果。
- 通过将 CF 结果与容量（即容量的 CO<sub>2</sub> 当量 /kWh）相关联，对不同 LIB 的 CF 结果进行对比，仅部分解决了上述问题，因为这可能导致不合理地偏向具有较大容量的电池（随着电池容量的增加，每 kWh 的容量来自外壳、BMS 或热管理的影响可能会更低）。尽管在不考虑将要安装电池的纯电动汽车（BEV）的具体使用情况的情况下，尚不清楚是否需要这些更大的电池容量。

### 功能单元：

为了至少在一定程度上克服上述挑战，GBA 温室气体规则手册采用了电池的 PEFCR（Recharge, 2018）方法，并选择了欧盟拟议的电池法规（欧盟委员会，2020）。

功能单元被定义为“*电池系统在整个使用生命周期内提供的总能量的1 kWh*（欧洲委员会，2020）（Recharge, 2018）。参考流量是计算出的提供 1 kWh 所需的电池数量（以质量或件为单位）。应以透明的方式记录将一个电池的 CF 转换为 1kWh 输送能量所需的电池的所有必要信息和规格（重量、容量、使用生命周期内输送的 kWh 能量等）。

### 系统边界：

属于电池组的所有组件，以及在车辆总成过程中可能添加的组件，如冷却剂（电池内的冷却液体积）或手动服务断路器，应包括在电池组装配中。然而，当对比 LIB 时，如果至少一个电池可提供附加功能（例如，增加车辆的扭转刚度）或一个电池的组件集成在车辆中（例如，电池外壳的部件），则电池组件集成在车辆的其余部分内或反过来均可能导致一些失真。

在当前更新的电池 PEFCR 中，目前正在开发一种对电池进行公平对比的方法。该方法定义了蓄电池应履行的一组强制性功能。对于所有这些功能，CF 中应包括必要的组件。例如，电池应能够支撑或保持电池的电池芯或模块。如果电池不能满足该功能，因为部分或整个的外壳集成到底盘/车身中，则虚拟外壳（在 PEFCR 中定义）应包括在 CF 计算中。另一方面，在电池壳体提供附加功能的情况下，例如增加扭转刚度，理想情况下，可对壳体的功能和附加功能的影响进行划分（例如，将电池的新设计中材料的增加量分配给附加功能，同时从电池的系统边界中排除）。如果无法对影响进行划分，也可以使用虚拟外壳方法。

应避免对设计改进的惩罚，例如，如果电池壳集成在车辆中，并且底盘或车身不需要额外材料，但根据该方法，虚拟外壳必须包括在 LIB 的 CF 计算中。由于新版本的电池产品环境足迹系数（PEFCR）尚未最终确定，使用阶段未包含在第一版规则手册中，且不需要对电池进行直接对比，因此 GBA 温室气体规则手册将等待更新的电池产品环境足迹系数（PEFCR），并将与未来可能用于拟议电池法规中的方法保持一致，以最终解决电池组件集成到车辆中的问题，反之亦然。

**主要数据收集：**数据收集应针对装配位置。如果特定电池模块/电池组是在多个地点生产的，且 CF 应代表平均产品，则应收集所有地点的数据，并计算加权平均值。

#### 材料输入

- 如果特定电池模块或电池组无可用的材料输入的活动数据（例如，来自管理系统）（仅可用于几个电池模块或电池组产品的汇总，或总成数据包含在整个车辆总成中），则 GHG 规则手册用户可使用物料清单（BoM）来汇编材料输入。
- 在使用 BoM 的情况下，未通过生产线下线测试的最终产品（模块/包）被拆解，并且不同的组件通常在装配线上重复使用，单个组件的报废率可以忽略不计，并且可以忽略报废率以计算材料输入以及废物/废料输出。
- 如第 3.6 章所述，用于电池单元或电池模块供应的 CF 应为供应商特定值。

#### 能源消耗

- 虽然电池模块/电池包组装的能耗不如电池制造的能耗重要，但也应包括该能耗。在无法将能耗直接关联到特定产品的情况下（在一条装配线上生产的多个产品，生产不同产品的多条装配线共用一个仪表，能量消耗仅适用于集成了装配线的整个设施），需要将能量数据分配给不同产品，例如，通过电池的质量或容量、专家判断等进行分配。（见第 3.4.2 章）。

## 5.6. 回收（回收成分排放）

回收群集涵盖了通过从拆解、热解（预处理）、机械/切碎处理、火法冶金处理到湿法冶金处理的工艺组合，对消费后废电池和消费前电池制造废物进行回收

。根据第 4.1 章，回收被细分为回收电池金属和矿物的不同回收过程步骤，这些过程步骤是前台过程（即基于主要数据）。回收群集涵盖了 EoL 和回收生命周期阶段的建模，以及用作计算工艺特定 GHG 排放量的指导。描述了 EoL 分配，以及功能单元、系统边界和数据收集要求，包括过程特定的分配。

在截止 EoL 分配方法下明确规定了以下 EoL 和回收群集规则。这些规则主要针对经营回收业务的公司（即回收供应商），供这些公司用来根据主要活动数据计算回收过程的排放量。此外，这些规则还针对必须根据废物收集和处置排放量申报 EoL 和回收生命周期阶段的碳足迹的公司。收到回收成分的消费者应根据后续章节中提供的数据收集过程，报告所用回收成分的供应商特定数据。具体而言，回收的 pCAM/CAM 和阳极材料应报告基于以下章节中规定的一般规则和主要数据收集的供应商特定 GHG 足迹。对于生产过程中使用的所有其他回收材料（即除 pCAM/CAM 和阳极材料以外的材料），也应使用供应商特定的数据（如有）。

除需要应用本文件的一般规则之外，第 5.6.6.8 章还提供了其他回收材料数据收集的一般方法。目前的重点是锂离子/NMC 电池，但一般规则适用于所有技术，申请人可以扩展用于主要活动数据收集的相应输入/输出表。

在欧盟电池法规 CF 声明的背景下，欧盟电池法规可能会通过参考产品环境足迹（PEF）/产品环境足迹类别（PEFCR）要求 CFF。然而，通过截止方法确定主要数据收集产生了 CFF 的第一部分，随后还可对该结果进行补充。附录 B 的“欧盟模块”中提供了单独的章节添加。

### 5.6.1. 通过截止方法进行的寿命终止和回收分配

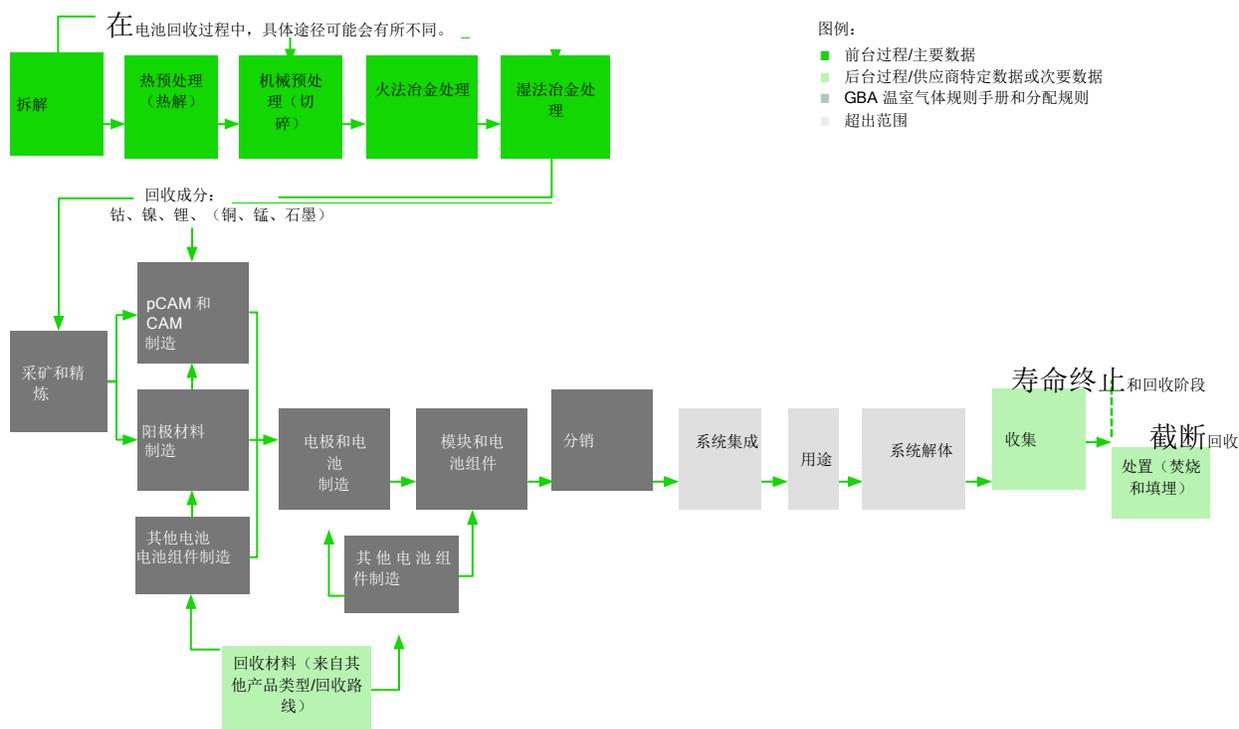
根据截止方法，将所考虑的产品系统（电池）的加工和回收排放分配给后续产品系统，而不是在 EoL 时进行考虑 - 只有生产输入端的回收成分才分担回收排放。因此，回收排放被视为与生产过程中的回收成分有关的排放。没有与上一个生命周期的材料相关联的负担或信用，即在进入回收过程之前设置为零。

“寿命终止和回收”生命周期阶段除包括回收处理外，还包括 EoL 收集以及废物焚烧和填埋过程，该过程遵循基于材料可回收性评估或声明的污染者付费原则（见图 1）。

回收材料的份额应在工艺或产品的输入端报告，以使生产商能够计算电池的回收含量。根据第 3.4.2 章，回收的废物量应分为三类进行报告，但不应考虑同一工厂内的工艺废料（仅考虑在自身运营范围之外处理的废物）：

- 消费前废物（制造废物，不包括工艺废料）
- 消费后废物（报废废电池）
- 来源不明的废物

图 5-27：截止方法中的报废和回收分配



### 5.6.2 电池回收过程的功能单元和基准流量

回收过程需要确立将回收输出与单个电池组成相关联的单元流，并包括各个回收过程的收率。应规定单个回收工艺步骤的功能单元，使其指代各自工艺输出的特性（例如，拆解的模块、黑色物质、二次电池级材料）。基准流量是每个工艺步骤完成功能所需的产品量（以 kg 为单位）。

对于完整的电池回收过程：

- 功能单元应为 **1kg 电池级材料**（从回收过程中，所有金属和矿物所需质量的消费前或消费后电池组/模块/电池中回收）。因此，电池等级被定义为符合电池再利用材料规格的材料质量。例如，功能单元指的是 **1 kg NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 电池级材料**的生产。GHG 排放量（以 CO<sub>2</sub> 当量计）按规定的功能单元计算。
- 基准流量应以回收过程中处理过的电池组/模块/电池的重量（kg）为单位。

### 5.6.3 回收相关的系统边界和过程

碳足迹计算要求定义“寿命终止和回收”过程的系统边界（ISO 14044:2006）。“寿命终止和回收”阶段包括寿命终止收集（第 5.6.5 章）、回收处理（第 5.6.6 章）和不可回收部分的处置（第 5.6.7 章）。回收的系统边界，通常设定在收集废电池后（CEID 2020）。遵循将回收处理分配为生产输入端的回收成分的截止方法，

“寿命终止和回收”阶段仅包括

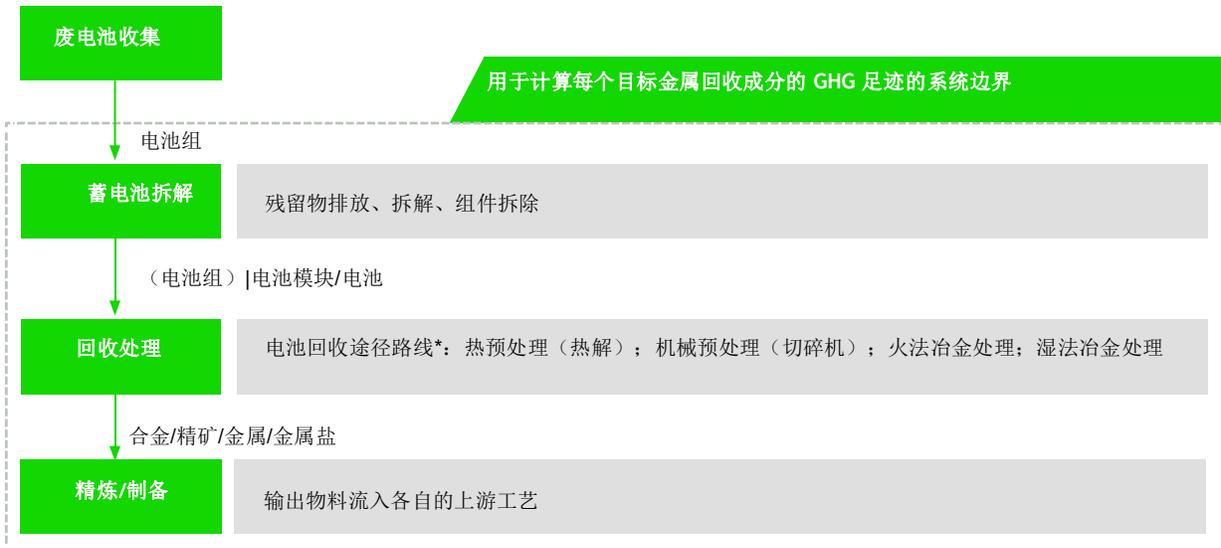
与废电池收集有关的排放以及废物处置（焚烧和填埋）的潜在排放，因为回收排放已计入上游生产排放。如第 5.6.5 章所述，对 EoL 收集进行建模。第 5.6.7 章中描述了与所考虑电池的不可回收部分相关的处置排放量。

下面的伞形过程图（图 2）显示了截止方法中回收电池金属的一般流程。因此，回收成分的 GHG 足迹系统边界从电池拆解开始，并通过相应的回收处理流入输出材料的精炼或制备。

具体的回收处理流程应遵循一般的伞形流程：

- 1) 蓄电池拆解
- 2) 回收处理（预处理和主处理）
- 3) 精炼/制备（至电池级回收材料）

图 5-28：以伞形流程图显示的电池回收的系统边界



\*电池回收路线因回收供应商的不同而异。在进行机械处理之前，通常将电池拆成模块。不过，也有一些供应商会对整个电池组进行机械处理。如果应用热解，则随后进行机械处理，或在热解的同时进行机械处理。热解、机械和火法冶金处理都是可选处理，但所有途径通常都以湿法冶金处理结束。

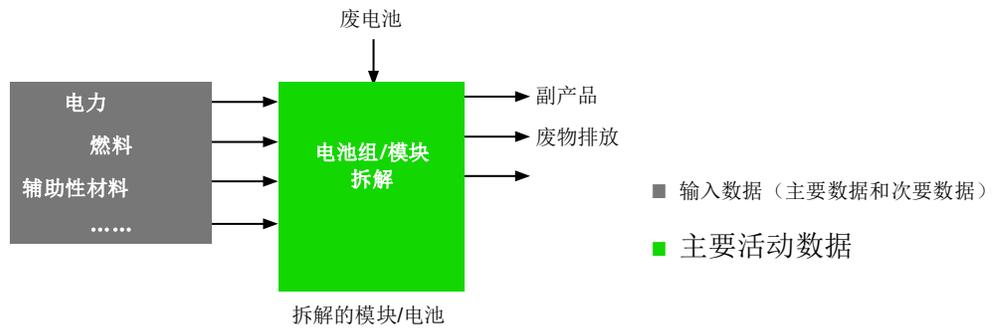
回收处理工艺系统边界侧重于 CAM 和阳极材料的回收，符合本规则手册中的当前前台过程。第 5.6.6.8 章图 7 中定义了其他回收材料的系统边界，例如电池和电池组组件中的系统边界。

一致性要求在生产阶段中用于次要原材料的输入数据相协调的某个点上进行寿命终止截止，即回收成分需要考虑从排放和拆解开始的过程相关的排放。由此产生的排放包括在相关上游过程中的替代点。

上述每个通用回收阶段都必须有一个参考，所有输入和输出都参照该参考，如以下各自的通用流程图所示（图 3、图 4、图 5）。

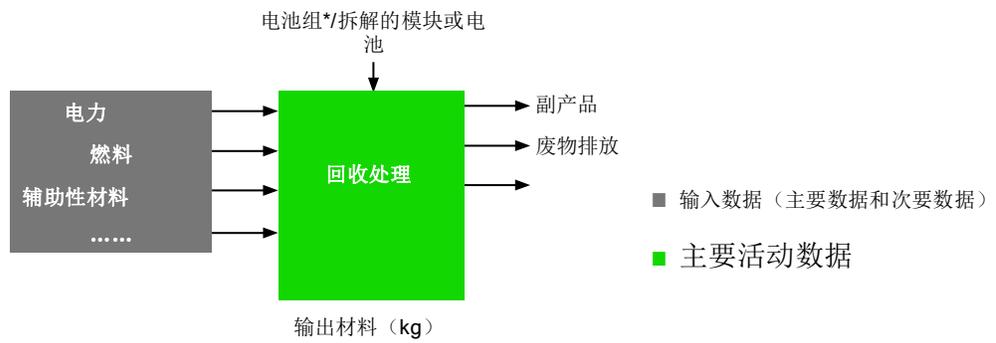
## 拆解

图 5-29: 通用拆解参考流程图



## 回收处理（包括潜在的预处理步骤）

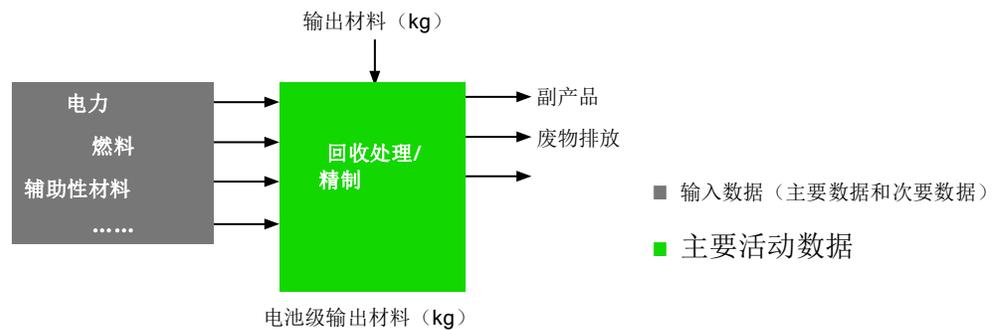
图 5-30: 通用回收处理参考流程图



\*注：电池组，如果在回收（预）处理前未进行拆解

## 进一步精制（如果回收不能得到电池级材料）

图 5-31: 通用精炼处理参考流程图



#### 5.6.4 数据收集要求

回收过程中产生的排放量取决于特定的电池化学成分以及所采用的回收路线和技术（Mohr 等人,2020）。因此，用户（即回收商）应收集每个步骤的活动数据，并在此基础上使用相关的 GHG 排放因子和全球变暖潜能值（GWP）转换系数计算碳足迹。

回收过程排放量的计算应基于投入-产出流的详细建模，以及回收电池级材料的公司特定活动数据。仅应将每种材料产生的碳足迹提供给回收成分的接受者。主要处理排放（即火法和/或湿法冶金处理或进一步精制至电池等级）应始终以公司特定的活动数据为基础。如果进行主要处理的回收商没有操作整个回收过程，则对于其未操作的步骤应使用供应商特定的数据。

关于无源组件（如电池外壳、电池管理系统、隔膜）和其他可能包括回收材料的组件的建模，没有提供同样详细的指导。

然而，使用二次电池级材料以外的回收材料的制造商应尽可能包括供应商特定的碳足迹值。因此，通常建议收集所有材料和组件的供应商特定数据，特别是 pCAM/CAM 和阳极材料所需的数据。

应适用第 3.6 章中规定的的数据质量要求。

默认情况下，数据收集周期为每年一次。这可以是日历年或财政年度。

应在

数据收集表中注明使用的时间段是日历年还是财政年度。

默认情况下，数据收集和足迹计算应针对特定地点。如果电池模块或电池组在多个地点进行回收（即回收过程链涉及多个地点），并且碳足迹应代表平均产品，则应收集所有地点的数据，并计算加权平均值。

如果使用这些规则来计算公司特定碳足迹的回收提供商可以证明使用地点特定的碳足迹会导致总体上的负面环境后果，则提供商可以使用工厂和地点之间的质量平衡来提供制造工厂的代表性平均值。在这种情况下，应提供合理解释。一个例子是，由于当地足迹较低，回收材料从世界不同地区订购，从而有效地增加了对消费者的运输排放。应提供证据证明这会导致总体负面影响。

应将后续过程特定章节中的输入/输出表应作为这些规则用户的指南，并将数据收集要求应用于这些过程。此外，还开发了数据收集模板，为用户提供更详细的指导，说明 CF 计算需要哪些主要活动数据，以及需要哪些附加信息以便于计算。

数据收集表和模板并未声称在过程或输入和输出方面的完整性，如果碳足迹计算需要额外的过程或输入和输出，则应进行修改。

### 5.6.5 寿命终止收集

碳足迹应包括废旧电池的 **EoL** 收集。相关排放与 **EoL** 和回收生命周期阶段有关。废旧电池从用过的系统中拆解下来后，需要从收集地运输到报废处理地点，在这个运输过程中会产生相关排放。

为了对回收处理的运输相关排放进行建模，规则的用户应规定运输和车辆类型以及运输距离和利用率。**EoL** 运输相关排放的数据收集和分配遵循第 4.2.4 章“运输”和第 XXX 章“分配”中概述的方法。

如果无可用的公司特定值，则应使用以下值（Recharge, 2018）：

- 运输至 **EoL** 回收

洲内供应链：卡车行驶 200 km（28-32 吨，5 欧元；UUID 0aa65e8b-70c8-4b7f-b1d7-91A6403D2B5A），利用率为 64%

不可回收部分从收集地点到 **EoL** 处理的运输包括在符合填埋和焚烧 EF 标准的数据集中（见第 5.6.7 章）。

### 5.6.6 回收处理过程 - 数据收集指南

如今，大多数电池回收过程由火法冶金和/或湿法冶金工艺的组合组成，包括预处理，如拆解和/或热解和机械切碎（Wagner-Wenz 等人，2022）。电池组拆解包括废旧电池的电气停用以及将电池组拆解成模块或电池。或者，可以应用热解（>200°C 高温处理）来使电池失活。随后，通常应用 3 种类型的工艺技术，这些技术以不同的步骤结合在一起：机械工艺、火法冶金工艺和湿法冶金工艺。目前锂离子电池的工业回收处理工艺涉及对所含金属的火法冶金（高温）和/或湿法冶金（化学）分离方法。但是，根据回收提供商的不同，这些路线会有很大差异（参见图 6）。在下面的子章节中，描述了这些路线的主要工艺步骤的通用数据收集和分配要求。

这些规则的用户应包括适用于相应操作的回收过程链中的每个步骤，这些操作会导致回收的电池材料符合系统边界（第 5.2.3 章）。规则用户应在文件中概述所采操作的工艺路线。如果电池回收供应商采用与图 6 所示不同的路线，则应扩展通用数据收集，以在回收价值链中纳入新的流程和路线。联合生产是第 5.4.6 章中讨论的一种特殊情况。

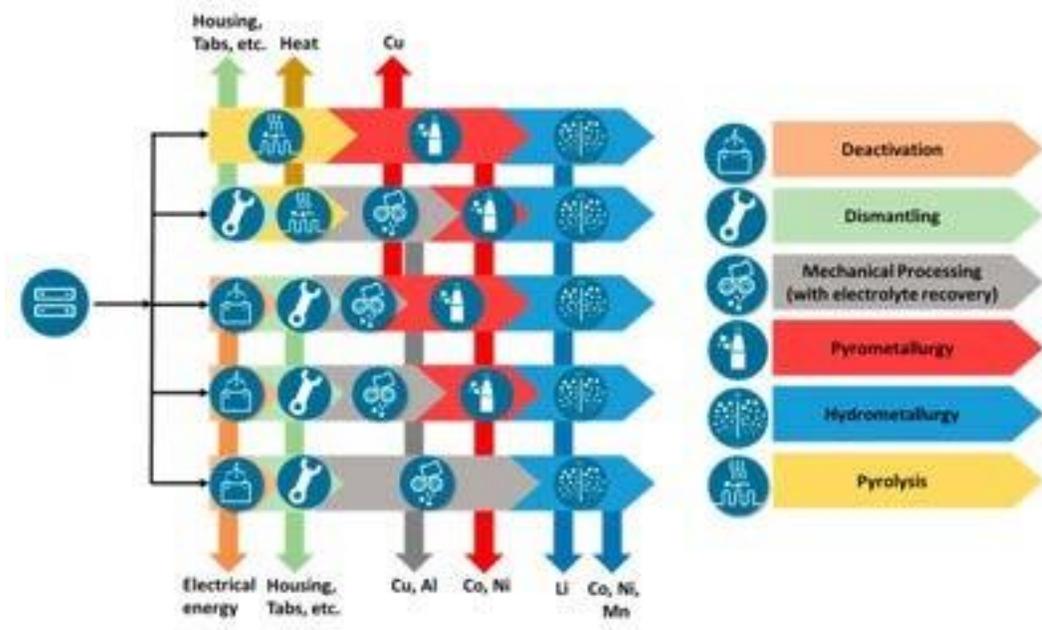
根据具体的路线和处理工艺的组合，回收的产出材料及其质量各不相同，因为各种冶金回收步骤可能不会完全涵盖对电池级材料的精炼。应对额外的精炼步骤进行建模和记录，以代表功能单元。回收处理过程链中产生的废物需要在相应的步骤加以考虑。

使用这些规则来计算回收排放量的回收供应商（即回收成分供应商）应包括所有相关的工艺步骤，并分别计算各个步骤的碳足迹，这些碳足迹在聚合水平上形成了回收过程的总体碳足迹。此外，用户应报告工艺的总回收效率。在欧盟，

整个过程的回收效率（收率）需要符合 EU 电池法规中规定的回收材料的回收效率的最低水平要求。

此外，各用户应计算在回收材料通过各自的运输方式流入上游生产过程之前，不同工艺步骤之间的运输排放，这在运输相关排放分配规则中有相关描述（请参考附录 B）。

图 5-32：废旧电池的不同回收工艺路线（Doose 等人，2021）。



### 5.6.6.1. 放电和拆解（如需要）

#### 过程描述

通常，第一个工艺步骤包括已从最终产品上拆除的废旧电池系统的停用（如适用）。从最终产品上拆解下来的过程不包括在系统边界内。在电池停用之后（但不是强制性的），将电池系统拆成模块，或者拆成单个电池（这种情况很少）。

失活经常通过完全放电和随后的短路或通过

电池系统的热解来进行。如果热解是第一个处理步骤，请参考第 5.6.6.2 章。为保证稳定性和安全性，在拆解之前放电至关重要，因为电池中的能量含量可能导致不利的化学反应（例如短路），并且由于目前大多数手动拆解过程均存在安全问题。放电之后是拆解程序，拆解是指在进一步处理之前拆除电池组的外壳、连接和密封材料等无源部件，并将电池组分离为电池模块（在某些情况下甚至是电池）。拆下的组件通常被引入铝、铁、铜、聚合物等的常规回收方法中。

#### 数据收集要求

本规则手册的用户应参考所涉及的输入和输出，一般如图 3 所示。对于停用过程中排放的电力，不应给予排放信用

。如果证明电力在同一生产现场被重新利用，并因此取代了采购的电力，这种情况可反映在 CF 计算的电力输入中（即，仅考虑新采购/生产的能源）。

数据收集应涵盖放电和拆解过程中（在进一步处理之前）的所有相关操作过程，以最终获得将被送往回收处理过程步骤的拆解模块或电池。下表给出了使用这些规则时应收集的输入和输出参数的通用最小列表。用户应说明准确的单位，并在规格字段中给出附加信息（例如单位度量的转换）。

### 分配

在拆解过程中，从电池上拆解具有经济价值的组件（例如 BMS、外壳、连接器）。如果不满足系统扩展的条件（替代的，表征良好且具有代表性的路线），则应进行分配。由于考虑到其中一些组件在生命周期结束时的经济价值明显高于其他共生产品，因此可能需要应用第 3.4 章中所述的经济分配（见第 3.4.1 章）。

关于电力建模，请参考第 4.2.2 章。

表 5-60: 拆除过程的通用投入产出表

物料	单位	数据	规格
<b>输入</b>			
废旧电池	kg		
电力	kWh		
燃料	kg		
辅助性材料	kg		
水	l		
<b>输出</b>			
模块/电池	kg		
共生产品	kg		
废物	kg		例如，胶水
直接温室气体排放	kg		

### 5.6.6.2 热预处理 - 热解（如需要）

#### 过程描述

热预处理可实现可控的失活、放电和分解，以去除碳和有机成分（Makuza 等人，2021）。热解是在无氧环境中将电池材料加热到其分解温度以上，以促进有机化合物（其可用作燃料或化学原料）热分解的过程。阴极活性材料可以承受热解温度并作为固体残余物保留，然后在随后的回收步骤中被进一步处理。

## 数据收集要求

数据收集应涵盖进入下一个回收处理过程步骤之前的热预处理过程中的所有相关操作过程。存在组合的热解-机械预处理过程，产生热解的黑色物质。可使用相关输入输出表对这些规则中所述的两种预处理进行

组合建模。通过单独的数据收集表可以提供一个组合的数据模板。在工艺活动足迹计算中，需要考虑工艺尾气处理。废水处理也是如此。在电解质在热预处理中蒸发的情况下，需要包括直接排放。这一点同样适用于石墨。

下表给出了使用这些规则时应收集的输入和输出参数的通用最小列表。用户应说明准确的单位，并在规格字段中给出附加信息（例如单位度量的转换）。

## 分配

金属馏分通常作为共生产品产生。由于金属可能没有表征良好且具有代表性的替代品，因此应从经济价值角度或通过最终产品输出质量对金属馏分共生产品进行分配（见第 3.4.1 章）。对于其他材料，如果第 3.4 章中的分配规则的条件适用（特别是经充分表征且具有代表性的替代路线，经济价值的验证），则这些共生产品应获得系统扩展信用。如果无法确定这些替代路线，则经济或质量分配适用（见第 3.4.1 章）。

关于电力建模，请参考第 4.2.2 章。

表 5-61：热预处理的通用投入产出表

物料	单位	数据	规格
<b>输入</b>			
废旧电池/拆解的模块	kg		
电力	kWh		
燃料	kg		
辅助性材料	kg		
工业气体	m <sup>3</sup>		
水	l		
<b>输出</b>			
固体电池残渣	kg		(用于进一步处理)
共生产品 - 金属馏分	kg		
共生产品 - 其他	kg		
用于进一步处理的工业尾气	kg		
废物	kg		
直接温室气体排放	kg		

### 5.6.6.3. 机械预处理/切碎（如需要）

#### 过程描述

机械处理包括机械破碎/切碎（可能在惰性气氛下进行气体处理）拆解下来的电池模块或电池（粉碎），然后进行风选、筛分和磁选。这些处理将产生黑色物质，并且通过分离过程产生其它副产物，例如来自隔膜的聚合物薄片、来自箔的铝和铜部分或来自外壳的含铁/非铁金属馏分。此外，石墨可以在产生黑色物质之前被分离。干燥可以视为机械处理的一部分，产生作为共生产品的电解质。电解液处理过程可能导致直接的二氧化碳排放，这种排放需要包括在 CF 计算中。在该工艺步骤中产生的工业尾气通过冷凝和活性炭过滤器进行清洁，活性炭过滤器需要定期更换和再处理（Mohr 等人，2020）。机械加工的程度会有不同，并因此决定了回收材料的数量，因为回收材料的数量和质量会随着机械处理复杂程度的增加而增加。随后，在进入最终的湿法冶金步骤或直接引入湿法冶金处理之前，对黑色物质进行火法冶金处理。

可能会对整个电池组进行机械加工。从而产生了额外的副产物，例如来自电池外壳的馏分。

#### 数据收集要求

根据整体工艺设计（即在机械预处理之前不进行热预处理），黑色物质可能需要在湿法冶金过程之前进行热解/热处理（如焙烧），以去除有机成分并浓缩金属成分（Brückner 等人，2020）。在这种情况下，请参考并相应地调整第 5.6.6.2 章中的数据收集。存在组合的热解-机械预处理过程，产生热解的黑色物质。这些规则中所述的两种预处理都可以使用相关的输入-输出表进行组合建模。通过单独的数据收集表可以提供组合的数据模板。

重要的是要计算 GHG 相关的过程排放量，例如工业尾气处理过程的 GHG 排放量。在出现工业尾气的情况下，需要在过程活动足迹计算中纳入这些废气的处理。

这一点也适用于机械预处理过程中可能需要的其他工艺。

#### 分配

机械预处理将电池材料分离成作为主要产品的黑色物质和几种共生产品。金属馏分通常作为共生产品产生。由于金属可能没有经充分表征且具有代表性的替代品，因此应对金属馏分共生产品进行经济分配或质量分配，具体采用何种方式取决于价格差异（见第 3.4.1 章）。对于其他材料，如聚合物薄片、石墨或电解质，如果第 3.4 章中的分配规则的条件适用（特别是经充分表征且具有代表性的替代路线，经济价值的验证），则这些共生产品应获得系统扩展信用。如果无法确定这些替代路线，则应用经济或质量分配。

关于电力建模，请参考第 4.2.2 章。

表 5-62: 机械预处理/切碎的通用投入产出表

物料	单位	数据	规格
<b>输入</b>			
拆解的模块/电池 电池组	kg		
电力	kWh		
燃料	kg		
辅助性材料	kg		
工业气体	m <sup>3</sup>		
水	l		
<b>输出</b>			
黑色物质	kg		
共生产品 - 金属馏分	kg		例如铜、铝、钢
共生产品 - 其他	kg		例如聚合物薄片、电解质、石墨
用于进一步处理的工业尾气	kg		
废物	kg		
直接温室气体排放	kg		

#### 5.6.6.4. 火法冶金处理（如需要）

##### 过程描述

火法冶金工艺（例如，在鼓风机或电弧炉中熔炼）已经得到充分发展，可用于从金属馏分中提取材料，并且可以实现钴、镍和铜的高回收率。这些过程通过在工艺中用金属合金、炉渣和气体的产物加热电池/模块/电池废料，来提取金属。但在回收其他材料方面存在挑战，因为锂、锰和石墨在炉渣中损失，具体取决于电池的组成（Rinne 等人，2021）。为了能够回收锂和锰，火法冶金工艺必须与湿法冶金工艺相结合，以回收含锂和锰的炉渣或含钴、镍、铜的合金/铈。总的来说，在这种情况下，由于石墨、聚合物和电解质被燃烧，预计电池材料的总体回收率相对较小，但镍、钴和铜的回收率可能非常高。

火法冶金包括用于回收和精制金属的高温过程，如焙烧或熔炼。焙烧描述了包括气固反应（氧化焙烧）提纯矿石或二次材料的过程。熔炼描述了利用热量和化学还原剂从矿石或二次材料中提取金属以分解二次材料的过程。这个过程中，其他元素将作为工业尾气或炉渣排出，金属基底将作为合金/铈留下并用于进一步加工和精炼（Brückner 等人，2020）。还原剂通常是碳源，可能来源于电池本身。在此过程中，未经处理的电池模块/电池可直接送入熔炼炉。在还原熔炼过程之后，金属被浓缩成熔融合金（Makuza 等人，2021）。

火法冶金过程产生含钴、铜和镍的合金（金属相）或硫（硫化物相）。此外，还产生了含铝、锰和锂的炉渣（氧化相）以及飞灰。这些过程通常仅产生需要进一步湿法冶金精炼的中间体。因此，为了回收单独的金属，需要将合金引入至湿法冶金过程。飞灰通常被用作不需要元素（如氟）的出口被弃去（Brückner 人，2020）。

### 数据收集要求

数据收集应涵盖火法冶金过程中达到下一个回收处理过程步骤所需的所有相关操作过程。重要的是要计算 GHG 相关的过程排放量，例如还原过程的 GHG 排放量。在使用焦炭或石墨作为还原剂的情况下，这些可能对碳足迹有着非常重要的贡献。此外，在过程活动足迹计算中，需要考虑工业尾气处理。废水处理也是如此。需要说明的另一个重要规格，是输出金属的质量和产量。这是在整个过程链上交叉检查回收平衡的一个重要因素。应报告输出金属的等级/纯度级（化验数据）以及回收收率。

### 分配

在回收供应商与主要材料联合生产的情况下，来自 SO<sub>2</sub> 洗涤的硫酸和回收的热量（如蒸汽或热能）是该过程的共生产品。如果第 3.4 章中的分配规则的条件适用（特别是有经充分表征且具有代表性的替代路线以及经济价值的验证），则应通过系统扩展信用进行分配。

只有在考虑到运输到加工地点和进一步处理的排放量后，才能计算共生产品的信用。对于包括运输排放，应采用相应的买方特定运输距离。这些规则的用户应对共生产品进行明确分类，并在技术文件中提供理由。如果系统扩展不适用，则应根据价格差异进行经济或质量分配（见第 3.4.1 章）。

关于电力建模，请参考第 4.2.2 章。

表 5-63: 火法冶金处理的通用投入产出表

物料	单位	数据	规格
<b>输入</b>			
黑色物质/固体电池残渣	kg		
还原剂	kg		还原剂的碳含量和种类
助剂/添加剂	kg		例如石灰石、沙子
大宗化学品	kg		例如 NaOH、Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、NaCl
电力	kWh		
燃料	kg		
水	l		
<b>输出</b>			
炉渣或合金/ 用于在湿法冶金处理中进一步处理的硫	kg		金属馏份和质量（金属含量%）的化验数据，包括回收率
共生产品 - 其他	kg		例如，来自 SO <sub>2</sub> 洗涤的硫酸；回收热量（如蒸汽或热能）
化学废物	kg		例如 SO <sub>2</sub> 、Cl
废水	l		
用于进一步处理的工业尾气	kg		
固体废物	kg		例如，飞灰
直接温室气体排放	kg		根据还原剂计算（化学计量）

### 5.6.6.5. 湿法冶金处理

#### 过程描述

湿法冶金工艺的流程图可能有很大差异。然而，一般而言，湿法冶金处理使用化学溶液从电池废物中浸出和提取目标金属，通常分 3 个步骤进行：（1）浸出，（2）提纯以及（3）沉淀（Mn, Li）和结晶（Co, Ni）或在某些情况下电解沉积（Liu 等人，2019）。

在浸出过程中，使用浸出介质（盐、碱或酸，例如硫酸溶液）溶解炉渣或黑色物质中的金属。在提纯步骤中，通过选择性化学反应，如固-液（离子交换）和液-液（例如，溶剂提取）反应，来分离和提纯金属。第 3 步包括通过结晶或离子沉淀的方式，以金属、金属盐或化合物的形式将溶液中的金属回收至固体产物中（Brückner 等人，2020）。

钴和镍可以在基于溶剂的反应中回收，也可以通过在真空下蒸发水而结晶成 CoSO<sub>4</sub> 和 NiSO<sub>4</sub>。锰以 MnO<sub>2</sub> 的形式被氧化沉淀。随后将锂以锂化合物（例如 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>）的形式回收。也可以对锂滤液进行结晶（LiOH），同时产生硫酸钠（Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>）。中和洗涤水和流出物以产生中性废水，并将剩余的金属沉淀为氢氧化物（Rinne 等人，2021）。

根据所使用的具体流程图和输入材料，可能会出现不同的产品组成。

可以在三种途径之间进行区分。

- (1) 第一种包括复杂的湿法冶金流程图，其结果是电池级材料（即  $\text{NiSO}_4$ 、 $\text{CoSO}_4$ 、 $\text{MnSO}_4$ 、 $\text{LiOH/Li}_2\text{CO}_3$ ）的回收。对于过程碳足迹的计算，输入/输出表 5 适用。
- (2) 第二种是通过浸出和沉淀生产中间体，目的是生产钴和镍以及一种单独的锂产品，以便在现有精炼厂进行进一步加工。例如，MHP，它需要进一步处理和精制才能达到电池级。如果回收供应商遵循这一路线，则供应商应调整表 5 以计算中间产品生产的 GHG 排放量，并在计算中包括第 5.6.6.6 章所述的精制过程。
- (3) 第三种是（1）和（2）的组合，其中电池级材料（ $\text{NiSO}_4$  和  $\text{CoSO}_4$ ）作为主要产品生产，而非电池级中间体（ $\text{MnCO}_3$  和  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ ）作为共生产品生产。在  $\text{MnCO}_3$  和  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  是共生产品的规范下，表 5 适用。如果共生产品被进一步处理为电池级材料，则其精炼过程应包括在碳足迹计算中。

### 数据收集要求

表 5 给出了一个通用的输入输出表，用户应对其进行扩展，以适应当前回收过程的复杂性。可制定一个单独的数据收集模板，在该模板中包括一个更全面的输入和输出材料列表，可以容纳两种替代途径。用户应对此表进行调整，以匹配各自流程图的复杂性。

数据收集应涵盖湿法冶金过程中达到最终回收处理过程步骤（或额外的精炼步骤）所需的所有相关操作过程。重要的是要考虑湿法冶金过程中的工艺排放，其中石灰石用于中和， $\text{CaCO}_3$  与酸溶液反应产生温室气体排放。需要包括所有相关的工艺排放，例如潜在的硫酸钠结晶以及需要在工艺活动足迹计算中考虑的废水处理（见输入/输出表 5）。如果与其他电池金属相比，锂是在单独的工艺步骤中回收的，用户可以单独收集该工艺步骤的数据，如表 6 所示。

这一单独工艺的负担应归因于锂产品，其应承担上一工艺步骤的排放份额（通过最终产品质量分配给主要产品）。

化学试剂生产的间接环境影响（范围 3）可能很显著，特别是在化学品消耗量较高的情况下（Rinne 等人，2021）。因此，化学输入和输出应尽可能包括供应商特定的 CF 数据。如果无法做到这一点，应使用符合 EF 标准的数据库。许多化学品无可用的碳系数，应使用按照以下分类的替代物。为了避免一些化学品由于碳因子不可用而被排除在外，建议根据化学品在起泡剂、分散剂和絮凝剂中的用途对其进行分组，并将贡献最大者（质量）作为所有类别化学品的代表，以防这些化学品没有可用的供应商特定或符合 EF 标准的碳足迹数据。其他大宗化学品或助剂，如中和剂（如生石灰（ $\text{CaO}$ ）），需要单独收集。

对于所有湿法冶金流程图，应报告输出金属的等级/纯度级（化验数据）以及回收收率。这是在整个过程链上交叉检查回收平衡的一个重要因素。

## 分配

回收过程是多输出过程，即具有多个有价值的和功能性的输出。对于多输出过程，与工艺相关的 GHG 排放应按照一般定义的分配规则，以一致的方式在主要产品和共生产品之间进行分配。

因此，主要产品被定义为“过程被针对并加以优化来生产的产品”。此外，主要产品的经济价值通常明显高于共生产品（TfS Initiative 2022）。在电池回收中，这一点通常符合电池级金属化合物。湿法冶金处理可产生各种主要产品和共生产品，这些产品根据各自流程图的复杂性而变化。

通常地，主要产品有镍、钴、锰、锂复合材料。按照多输出分配层级（第 3.4.1 章），经济分配或质量分配最适合应用（根据输出产品的质量）。尽管这些复合材料具有替代的生产途径，例如硫酸镍和硫酸钴，但这些途径没有经过充分表征或没有代表性。市场上没有生产这些材料的主要途径（例如参见第 5.1.1 和 5.1.2 章）。<sup>6</sup>由于缺乏这一标准，因此分配适用。当输出产品之间的价格差异可能超过 4 时，可以应用经济分配。价格差异在 4 以下的，实行质量分配。这些规则的用户应根据过程的具体输出确定价格差异。

通常，硫酸钠晶体以及石墨/碳滤饼作为共生产品生产。如果第 3.4 章中的分配规则的条件适用（特别是有充分表征且具有代表性的替代路线以及经济价值的验证），则应通过系统扩展信用进行分配。只有在考虑了运输到加工场地以进行进一步处理的排放后才能计算硫酸钠和其他共生产品的信用额度。对于包括运输排放，应采用相应的买方特定运输距离。这些规则的用户应对共生产品进行明确分类，并在技术文件中提供理由。由于铜可能没有充分表征且具有代表性的替代工艺，因此应通过分配来划分这种潜在的共生产品。

在某些司法管辖区，副产品的定义可能存在法律限制（例如，储存期限的限制）。应提供证据证明，除了符合本手册中规定的副产品定义外，废物和副产品之间的区别也符合现行立法（每 12 个月报告期）。

新回收设施（新地点、产能扩张或整个生产线的更换）的启动期最长为 6 个月，可用于将储存的材料归类为副产品（例如，不打算丢弃但商业安排尚未到位的材料）。

关于电力建模，请参考第 4.2.2 章。

---

<sup>6</sup>请注意，为系统扩展的适用性确定充分表征且具有代表性的替代途径时，需要了解可产生与回收产品具有相同质量和成分的材料的生产过程。建议参考本手册中上游流程的相关章节

表 5-64: 湿法冶金处理的通用投入产出表

物料	单位	数据	规格
<b>输入</b>			
黑色物质 炉渣 合金 硫	kg		
电力	kWh		
燃料/蒸汽	kg		例如, 焦炭
水	l		
大宗化学品	kg		例如 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、SO <sub>2</sub> 、NaOH、Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 、稀释剂等
辅助性气体	Nm <sup>3</sup>		例如压缩空气、氧气、氮气
试剂/添加剂/助剂	kg		例如石灰 (Cao)、石灰石、活性炭过滤器、硅砂
<b>输出</b>			
钴化合物 (CoSO <sub>4</sub> )	kg		化验数据
镍化合物 (NiSO <sub>4</sub> )	kg		化验数据
锰化合物 (MnSO <sub>4</sub> )	kg		取决于工艺流程的复杂性, 化验数据
锂化合物 (LiOH/Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	kg		化验数据
电解质	kg		取决于工艺流程的复杂性, 以及如果未在机械预处理中去除
共生产品 - 金属馏分	kg		例如, MnCO <sub>3</sub> 或 Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (如果不是电池级)、铜、石墨/碳滤饼 (取决于流程图的复杂性)、所需的化验数据
共生产品 - 其他	kg		例如, 硫酸钠 (晶体)
用于进一步处理的水中材料的含量	kg		例如, 锂含量 - 如果锂是在汇总过程中提取, 并且没有其他可以回收的材料, 则可以忽略这一点。如果锂是在单独的过程中提取的, 则需要收集废物中的锂含量以进行分配, 并应在规格中说明
废水	l		包括固体混悬液、氟化物、其他排放到水中的排放物
废物	kg		例如, 用于填埋的惰性废渣、废石膏, 化学废物
直接温室气体排放	kg		

表 5-65: 单独工艺步骤情况下的锂回收

物料	单位	数据	规格
<b>输入</b>			
需要进一步加工的水中所含的锂	kg		水中锂含量
电力	kWh		
燃料/蒸汽	kg		例如, 焦炭
水	l		
大宗化学品	kg		例如 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、HCl、NaOH、NaCO <sub>3</sub> 、Ca(OH) <sub>2</sub> 、CaCl <sub>2</sub> 等
辅助性气体	Nm <sup>3</sup>		例如压缩空气、氧气、氮气
<b>输出</b>			
氢氧化锂 (LiOH) 晶体	kg		化验数据
碳酸锂 (Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	kg		化验数据
共生产品 - 其他	kg		例如氯化钠 (NaCl) 晶体
废水	l		包括固体混悬液、氟化物、其他排放到水中的排放物
废物	kg		例如, 用于填埋的惰性废渣, 废石膏
直接温室气体排放	kg		

#### 5.6.6.6. 精炼/制备至电池级 (如需要)

回收的回收材料质量必须符合每个电池输入的质量/等级要求。如果电池回收过程不能产生足够质量 (即电池级) 的回收材料, 则需要进一步精制或制备成电池级材料。应在碳足迹计算包括各自的活动。湿法冶金单元操作通常作为工艺链末端的精炼步骤出现, 因为该单元操作能够得到高质量的产品 (Brückner 等人, 2020)。如果为中间体增加了额外的湿法冶金步骤, 请参考第 5.6.6.5 章。如果使用火法冶金焙烧处理进行二次材料以及初级材料的提纯, 请参考第 5.6.6.4 章。此外, 请参考群集特定规则中关于初级硫酸镍、硫酸钴和硫酸锰以及碳酸锂/氢氧化锂精炼的相应章节 (见第 5.1.1-5.1.4 章中的精炼)。从根本上讲, 显示的精炼过程类似于精炼源自电池回收中的湿法冶金处理过程的中间金属。

#### 5.6.6.7. 初级材料、二次材料的联合生产

初级材料和二次材料的联合生产应用于工业领域。在这个联合生产过程中, 对预处理的废料和初级材料一起进行精炼。为了计算此类工艺的碳足迹, 需要考虑从废物收集到预处理废料 (即黑色物质) 的步骤, 包括清洁或擦洗预处理物料的步骤。这些规则的用户应确定二次材料替代初级材料的替代点。

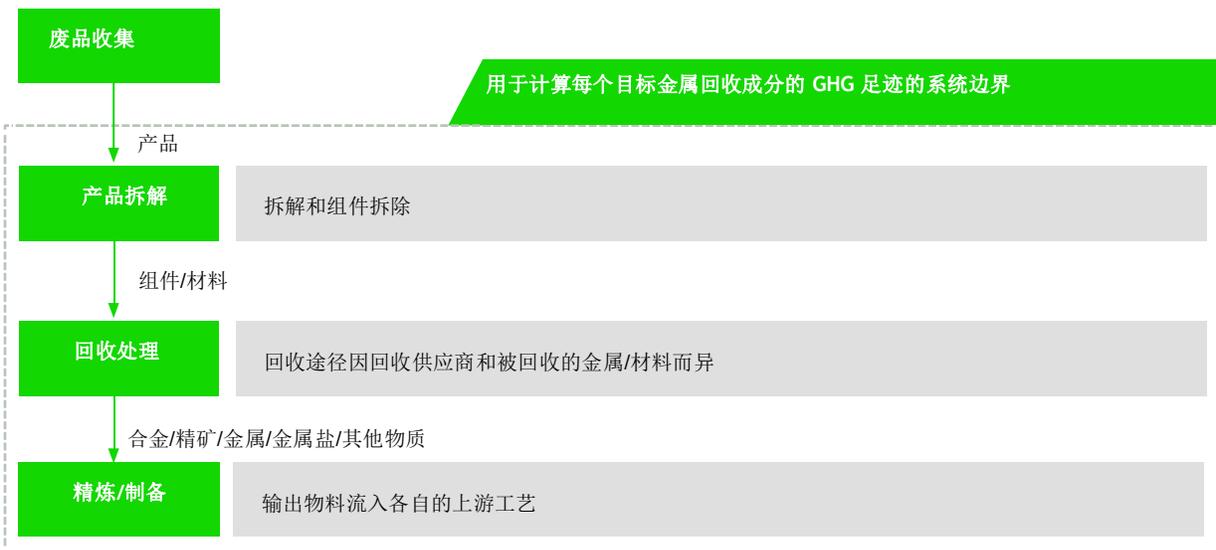
在相应的替代点包括了分担从收集、拆解到预处理的排放物的二次材料。这相当于上文所述的进一步精炼，其中第 5.1.1-5.1.4 章的精炼步骤中包括了二次材料。

如果用户采用联合生产工艺，则应确定进入生产的回收成分，并将其与先前处理步骤的负荷相关联。如果预处理步骤由用户操作，则应使用公司特定数据。如果不由用户操作，则应使用可用的供应链特定数据。在每种情况下，应考虑回收系统边界在替代点之前的所有步骤。这需要确定被引入精炼过程的再生材料的数量。如果在几个精制步骤中引入了二次材料，应提供正确的质量平衡以确定回收成分的份额。

### 5.6.6.8. 其他回收过程：通用数据收集表

对于除 pCAM/CAM 和阳极材料或不同产品系统和回收过程以外的所有材料，本手册的用户应从采购回收材料的各个回收路线收集供应商特定数据。图 7 给出了一个通用的回收过程图。根据图 4，这些通用回收阶段中的每一个都必须有一个参考，所有输入和输出都参照该参考。

图 5-33：作为伞形流程图的通用回收的系统边界



\*电池回收路线因回收供应商的不同而异。在进行机械处理之前，通常将电池拆成模块。不过，也有一些供应商会对整个电池组进行机械处理。如果应用热解，则随后进行机械处理，或在热解的同时进行机械处理。热解、机械和火法冶金处理都是可选处理，但所有途径通常都以湿法冶金处理结束。

由于不同类型材料内的回收过程差异很大，但不同类型材料（如聚合物和钢材）之间的回收过程差异更大，因此，回收材料供应商应根据第 5.6 章所述的一般规则，在考虑 5.6.6 中电池材料回收的子章节的情况下，扩展和应用通用数据收集表。

应使用并扩展以下通用数据收集表，以收集主要活动数据，并计算电池生产输入端使用的回收材料的 GHG 足迹。应使用一般规则。

关于电力建模，请参考第 4.2.2 章。

表 5-66: 其他回收过程的投入产出表 - 通用数据收集

物料	单位	数据	规格
<b>输入</b>			
产品废弃物	kg		例如, 报废的钢、铝、聚合物等
电力	kWh		
燃料	kg		
辅助性材料	kg		
还原剂	kg		
大宗化学品	kg		
<b>输出</b>			
回收材料	kg		例如再生聚合物、再生钢、再生铝等。
废物	kg		
共生产品	kg		
直接排放	kg		

### 5.6.7 基于可回收性的处置排放（如寿命终止和回收排放）

虽然先前电池的回收排放与输入端相关联，但与所考虑电池的处置相关的排放被分配到相应的系统边界，作为寿命终止和回收阶段的排放。因此，所考虑产品的系统边界包括遵循污染者付费原则的废物焚烧和填埋过程。这需要对电池的 **EoL** 处理进行假设（例如，关于收集速率和未来回收流程图和回收效率信息的假设）。

本规则手册的用户（计算电池系统边界碳足迹的用户）应指出电池中是否包含不可回收材料，以及截至当前 **EoL** 处理的各自目的地。这意味着不可回收部分应报告相应的数量，以及这些部分是否被填埋或焚烧。因此，可回收性被定义为零部件、材料或二者可以从废物流中转移出来进行回收的能力（**ISO 22628:2002**）。对于这些规则，这应该指的是在计算碳足迹时市场上可用的回收技术和工艺。这意味着不应考虑未来的回收技术。此外，可用的回收工艺应占主导地位，即表明这些工艺通常具有经济效益。因此，如果市场上没有针对某些材料的主要回收工艺，则这些材料应被归类为不可回收物。

在欧盟背景下，需要对电池中材料的可回收性进行评估，并提供关于材料/产品的可回收性的声明（**Recharge 2018**）。可回收性的声明和评估应遵循 3 个标准（如 **ISO 14021: 1999** 第 7.7.4 节所述）和 **PEFCR**（**Recharge 2018**）的要求：

1. 将材料从源头转移到回收设施的收集、分类和递送系统，可以方便地提供给合理比例的产品购买者、潜在购买者和用户使用；

2. 回收设施可用于容纳收集的材料；
3. 有证据表明，声明可回收的产品正在被收集和回收。

由于这些部分和由此产生的 **EoL** 排放可能并不显著，因此可以使用符合 **EF** 标准的热值和填埋排放的次要数据集：如果发生废物焚烧，则应将材料与一份说明废物成分和热值，以及区域效率和热功率输出比的清单联系起来。没有分配电力或热量生产以及物质回收过程的信用。如果材料被送往垃圾填埋场，则应将其与一份说明废物组成、区域泄漏率、垃圾填埋场气体捕获率以及利用率（燃烧与发电）的清单相关联。

## 6

# 温室气体计算

在收集活动数据并从次级来源或供应商特定来源中选择适当的排放系数后，使用以下公式计算二氧化碳当量。

$$CO_2_{\text{当量}} = \sum \text{活动数据} * \text{排放系数} * \text{GWP}$$

GHG 排放量以吨 **CO<sub>2</sub>当量**（二氧化碳当量）表示，使用来自 IPCC 第 5 次评估报告（AR5）中的全球变暖潜能值（GWP）计算。时间跨度为 100 年。

直接排放源表示为两种 **CO<sub>2</sub>当量**，包括表 6.1 中所示的全球变暖潜能值（GWP）。

**表 6-1: 温室气体及其各自的全球变暖潜势**（基于包括碳循环反馈的 EF3.0）

温室气体	化学式	全球变暖潜能值
二氧化碳（化石）	CO <sub>2</sub>	1
二氧化碳（生物源）	CO <sub>2</sub>	0
甲烷（化石）	CH <sub>4</sub>	36.8
甲烷（生物源）	CH <sub>4</sub>	34
一氧化二氮	N <sub>2</sub> O	298
温室气体相关制冷剂，如 R134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1550

所有其他 GWP 因素都可以在 EF3.0 下的 JRC 网页（<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/contactListEF.xhtml>）上访问。

# 7

# 验证/审查/ 审计

需要根据电池护照数据验证的 GBA 方案，对价值链上每个成员的温室气体计算进行审查和验证。

审核员至少应验证

- 收集的主要数据，
- GHG 排放系数的选择
- 计算方法和结果文件
- 回收成分（来自供应商回收成分的计算和文件）

**结果的披露/通报**

作为 GBA 的数据治理和跟踪与追踪规则开发的一部分，将包括关于如何传达碳足迹结果以避免因误解而导致的“漂绿”的附带规则。

# 8

# 展望

出于不同原因，以下方面未涵盖或需要在 GHG 规则手册的下一版本中进一步规定：

- 使用阶段
- 生物碳含量（需要能够计算报废阶段的正确的 CO<sub>2</sub>排放量）
- 附加的阴极化学物质，例如，
  - 磷酸锰铁锂（LFMP）
  - 固态
- 建立额外的群集，以进一步分析重要材料和对规则手册的影响，例如：
  - 铜
  - 铝

# 参考资料

- AIB.(22.December 2021).*European Residual Mix*.(A. o. Bodies, Herausgeber) Von <https://www.aib-net.org/facts/european-residual-mix> abgerufen
- Bishimbayeva, G. (Number 6 2018).Technological Improvement Lithium Recovery Methods from Primary Resources. *Oriental Journal of Chemistry*.
- Brückner, Lisa, Julia Frank, and Tobias Elwert (2020): Industrial Recycling of Lithium-Ion Batteries—A Critical Review of Metallurgical Process Routes. <https://doi.org/10.3390/met10081107>
- CEN.(2020).EN 45557 -*General method for assessing the proportion of recycled material content in energy-related products*.Genva: European Committee for Standardization (CEN).
- Circular Economy Initiative Deutschland (CEID) (2020): Resource-Efficient Battery Life Cycles- Driving Electric Mobility with the Circular Economy, [https://static1.squarespace.com/static/5b52037e4611a0606973bc79/t/61c1e856a32b9841b83e0034/1640097893046/TB\\_Gesamtbericht+EN\\_DOI.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5b52037e4611a0606973bc79/t/61c1e856a32b9841b83e0034/1640097893046/TB_Gesamtbericht+EN_DOI.pdf)
- Cobalt Institute.(2021).*State of the Cobalt market report*.Guildford (UK): [https://www.cobaltinstitute.org/wp-content/uploads/2021/09/Cobalt-Institute-State-of-the-Cobalt-Market-Report\\_2020.pdf](https://www.cobaltinstitute.org/wp-content/uploads/2021/09/Cobalt-Institute-State-of-the-Cobalt-Market-Report_2020.pdf).
- Crundwell, F. (2011).*Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum Group metals - 1st Edition*. Elsevier.
- Dai, Q. (2018).*Update of Bill-of-materialsand Cathode Materials Production for Lithiumion Batteries in the GREET Model*.Argonne National Laboratory.
- Doose, Stefan, Julian Mayer, Peter Michalowski and Arno Kwade (2021): Challenges in Ecofriendly Battery Recycling and Closed Material Cycles: A Perspective on Future Lithium Battery Generations. <https://doi.org/10.3390/met11020291>
- ECGA.(2022).*European Carbon and Graphite Association*.Von <http://www.ecga.net/> abgerufen
- EMEP/EEA.(2019).*EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019*.European Environment Agency (EEA).Von <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019> abgerufen
- European Commission.(2018).*Product Environmental Footprint Category Rules Guidance v6.3*.Brussels.
- European Commission.(2020).*Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU)No 2019/1020*.Brussels.
- European Commission.(2020).*Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU)No 2019/1020*.Brussels.
- European Commission.(2021).*Commission Recommendation of 16.12.2021 on the use of the Environmental Footprint methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations - Annexes 1 to 2*.Brussels.
- European Commission.(10.May 2022).*European Platform on Life Cycle Assessment - EF node*.Von <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EF-node/> abgerufen
- Fazio, S., Biganzioli, F., De Laurentiis, V., Zampori, L., Sala, S., & Diaconu, E. (2018).*Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, version 2, from ILCD to EF 3.0, EUR 29600 EN*.Ispra: European Commission.

Heimes, H., & Kampker, A. (2019). *Lithium-ion Battery Cell Production Process*. RWTH Aachen University / VDMA.

IMnl. (17. May 2022). *International Manganese Institute*. Von <https://www.manganese.org/> abgerufen

IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 2 Energy*. Hayama (Japan): Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Geneva, Switzerland: IPCC.

ISO. (2006a). *ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. Geneva: International Organization for Standardization.

ISO. (2006b). *ISO 14044: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. Geneva: International Organization for Standardization.

ISO. (2006c). *ISO 14025: Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures*. Geneva: International Organization for Standardization.

ISO. (2012). *ISO 14049 - Environmental management - Life cycle assessment - illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis*. Geneva: International Organization for Standardization.

ISO. (2016). *ISO 14021:2016 Environmental labels and declarations - Self declared environmental claims (Type II environmental labelling)*. Geneva: International Organization for Standardization.

ISO. (2018). *ISO 14067: Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification*. Geneva: International Organization for Standardization.

JRC. (2010). *Life Cycle data System (ILCD) Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First Edition. EUR 24708 EN (1st Ausg.)*. Luxembourg: European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability.

JRC (2023): Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV). [https://eplca.jrc.ec.europa.eu/GRB-CBF\\_CarbonFootprintRules-EV.pdf](https://eplca.jrc.ec.europa.eu/GRB-CBF_CarbonFootprintRules-EV.pdf)

Liu, Fupeng, Chao Peng, Antti Porvali, Zulin Wang, Benjamin P. Wilson, and Mari Lundström (2019): Synergistic Recovery of Valuable Metals from Spent Nickel - Metal Hydride Batteries and Lithium-Ion Batteries. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b02863>

Lutandula, M. (Vol 19 2020). Mineralogical variations with the mining depth in the Congo Copperbelt: technical and environmental challenges in the hydrometallurgical processing of copper and cobalt ores. *Journal of Sustainable Mining*.

Makuza, Brian, Qinghua Tian, Yueyi Guo, Kinnor Chattopadhyay, and Dawei Yu (2021): Pyrometallurgical options for recycling spent lithium-ion batteries: A comprehensive review. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.229622>

Mohr, Marit, Jens F. Peters, Manuel Baumann, and Marcel Weil (2020): Toward a cell-chemistry specific life cycle assessment of lithium-ion battery recycling processes. <https://doi.org/10.1111/jiec.13021>

PE International. (2014). *Harmonization of LCA Methodologies for Metals - A whitepaper providing guidance for conducting LCAs for metals and metal products*. Ottawa (Canada).

Recharge. (2018). *PEFCR - Product Environmental Footprint Category Rules for High Specific Energy Rechargeable Batteries for Mobile Applications, Version H*.

Recharge (forthcoming): Update of 2018 PEFCR for batteries (see Recharge (2018)).

Rinne, Marja, Heini Elomaa, Antti Porvali, and Mari Lundström (2021): Simulation-based life cycle assessment for hydrometallurgical recycling of mixed LIB and NiMH waste. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105586>

Roskill.(2019).Von <https://roskill.com/> abgerufen

Santero, Nicholas, Josh Hendry (2016): Harmonization of LCA methodologies for the metal and mining industry.The international journal of life cycle assessment. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-1022-4>

Sphera Solutions Inc. (2020).*GaBi LCA Database Documentation*.Von GaBi Solutions: <https://www.gabi- software.com/databases/gabi-databases/> abgerufen

The World Bank.(19.July 2022).*Commodity Markets - "Pink Sheet" Data - Annual Prices*.Von <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets> abgerufen

Together for Sustainability (TfS) Initiative (2022): The Product Carbon Footprint Guideline for the Chemical Industry - Specifications for suppliers' product carbon footprint calculation. [https://www.tfs- initiative.com/app/uploads/2022/09/TfS\\_PCF\\_Guideline\\_2022\\_pages.pdf](https://www.tfs- initiative.com/app/uploads/2022/09/TfS_PCF_Guideline_2022_pages.pdf)

Wagner-Wenz, Ronja, Katrin Berberich, Anke Weidenkaff et al.(2022): Recycling routes of lithium-ion batteries: A critical review of the development status, the process performance, and life-cycle environmental impacts. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1557/s43581-022-00053-9.pdf>

Wang, G. C. (2016).*The Utilization of Slag in Civil Infrastructure Construction - Chapter 3: Nonferrous metal extraction and nonferrous slags*.ScienceDirect.

WBCSD.(2021).*Pathfinder Framework - Guidance for the Accounting and Exchange of Product LifeCycle Emissions*.World Business Council for Sustainable Development.

WRI.(2011a).*Greenhouse Gas Protocol - Product life cycle accounting and reporting standard*. Washington D.C.: World Resource Institute & World Business Council for Sustainable Development.

WRI.(2011b).*Greenhouse gas protocol - Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard - Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*.Washington D.C.: World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development.

WRI.(2015).*Greenhouse Gas Protocol - GHG Protocol Scope 2 Guidance - An amendment to the GHG Protocol Corporate Standard*.Washington D.C.: World Resource Institute.

Zanin, M. (2019).Lime use and functionality in sulphide mineral flotation: A review.*Minerals Engineering*.

# 附件 A:

## 附件 A1: 排放系数

《2006 年 IPCC 指南》中燃料燃烧的默认温室气体排放系数

图 0-1: 《2006 年气专委指南一》(IPCC, 2006) 中的排放因子

	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	默认排放因子	下限	上限	默认排放因子	下限	上限	默认排放因子	下限	上限	
原油	73 300	71 100	75 500	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
奥里乳化油	r 77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
液化天然气	r 64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
汽油	车用汽油	r 69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	航空汽油	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	喷气机汽油	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
喷气机煤油	71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
其他煤油	71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
页岩油	73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
汽油/柴油	74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
残余燃料油	77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
液化石油气	63 100	61 600	65 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3	
乙烷	61 600	56 500	68 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3	
石脑油	73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
沥青	80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
润滑剂	73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
石油焦	r 97 500	82 900	115 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
炼油厂原料	73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
其他油	炼油厂气体	n 57 600	48 200	69 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	石蜡	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	石油溶剂油和 SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	其他石油产品	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
无烟煤	98 300	94 600	101 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5	
炼焦煤	94 600	87 300	101 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5	
其他烟煤	94 600	89 500	99 700	10	3	30	r 1.5	0.5	5	
次烟煤	96 100	92 800	100 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5	
褐煤	101 000	90 900	115 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5	
油页岩和沥青砂	107 000	90 200	125 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5	
褐煤砖	n 97 500	87 300	109 000	n 10	3	30	n 1.5	0.5	5	
专利燃料	97 500	87 300	109 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5	
焦炭	焦炉焦炭和褐煤焦炭	r 107 000	95 700	119 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
	煤气焦炭	r 107 000	95 700	119 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
煤焦油	n 80 700	68 200	95 300	n 10	3	30	n 1.5	0.5	5	
衍生气体	煤气公司煤气	n 44 400	37 300	54 100	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	焦炉煤气	n 44 400	37 300	54 100	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	高炉煤气	n 260 000	219 000	308 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	吹氧钢炉煤气	n 182 000	145 000	202 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
天然气	56 100	54 300	58 300	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3	

图 0-2: 《2006 年气专委指南二》(IPCC, 2006) 中的排放因子

表 2.3 (续)										
制造业和建筑业中静态燃烧的默认排放因子 (基于净热值的每 TJ 的温室气体量, kg)										
	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	默认排放因子	下限	上限	默认排放因子	下限	上限	默认排放因子	下限	上限	
城市废物 (非生物质部分)	n 91 700	73 300	121 000	30	10	100	4	1.5	15	
工业废物	n 143 000	110 000	183 000	30	10	100	4	1.5	15	
废油	n 73 300	72 200	74 400	30	10	100	4	1.5	15	
泥炭	106 000	100 000	108 000	n 2	0.6	6	n 1.5	0.5	5	
固体 生物质	木材/木材废料	n 112 000	95 000	132 000	30	10	100	4	1.5	15
	亚硫酸盐碱液 (黑液) a	n 95 300	80 700	110 000	n 3	1	18	n 2	1	21
	其他初级固体生物质	n 100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1.5	15
	木炭	n 112 000	95 000	132 000	200	70	600	4	1.5	15
液体 生物燃料	生物汽油	n 70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	生物柴油	n 70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	其他液体生物燃料	n 79 600	67 100	95 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
气体 生物质	填埋气体	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	污泥气体	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	其他生物气	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
其他非 化石燃料	城市废物 (生物质部分)	n 100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1.5	15

(a) 包括黑液燃烧装置排放的生物质衍生 CO<sub>2</sub>和硫酸盐厂石灰窑排放的生物质衍生 CO<sub>2</sub>。  
n 表示 1996 年指南中未出现的新排放因子; r 表示自 1996 年指南以来修订的排放因子

# 附件 B:

## 附件 B: 欧盟模块: 循环足迹公式和分销

在欧盟 CF 声明的背景下, 需要欧盟特定的方法。根据定义的规则, 认为可以满足这些要求。本“欧盟模块”中提供了关于循环足迹公式 (CFF) 在 EoL 和回收生命周期阶段以及分销生命周期阶段的应用的详细指南。因此, 描述了如何使用根据 GBA GHG 规则手册收集的数据来满足要求。

### B.1 用于 EoL 和回收分配的循环足迹公式

#### 背景和法规要求

欧盟电池法规的碳足迹声明将要求将循环足迹公式 (CFF) 作为 EoL 分配方法, 参考附件 II (欧盟委员会, 2023) 中的 PEF/PEFCR。欧洲产品环境足迹方法提出的循环足迹公式结合了回收材料的使用以及与回收、能源回收和报废处置 (EoL) 相关的经济效益和环境负担 (欧盟委员会, 2019)。

此外, 生产废物建模需要 CFF。对于在制造生命周期阶段出现的所有废物 (强制性主要活动数据) 和使用主要数据的所有过程, 这是强制要求。

为了能够满足欧洲背景下的法律要求, 本章提供了有关使用 CFF 的指导, 以及有关电池计算的详细规则, 这些规则建立在用于 EoL 和回收的电池护照规则以及用于上游排放的 GBA GHG 规则手册上。

#### 循环足迹公式: 概述

与其他侧重于输入 (截止) 或输出 (替代) 二次材料的分配方法相比, CFF 旨在通过考虑输入端的回收成分以及 EoL 的可回收性来考虑两者。因此, 为符合 CFF 规范需要针对更广泛的参数进行数据收集, 包括例如生命周期阶段之间的材料质量的变化, 以及回收和能源回收过程的分配因子。此外, 该公式涉及不同的生命周期阶段, 并涉及每种材料的计算。

需要明确定义和规定参数, 以确保碳足迹 (CF) 的可比性, 同时确保信用不会被高估。这一点特别重要, 因为从 EoL 回收的材料通常会产生降低电池 CF 的有利信用。

CFF 由 3 部分组成: 材料回收、能源回收和废物处理。其组成如下, 参数如下所述 (欧洲委员会, 2021):

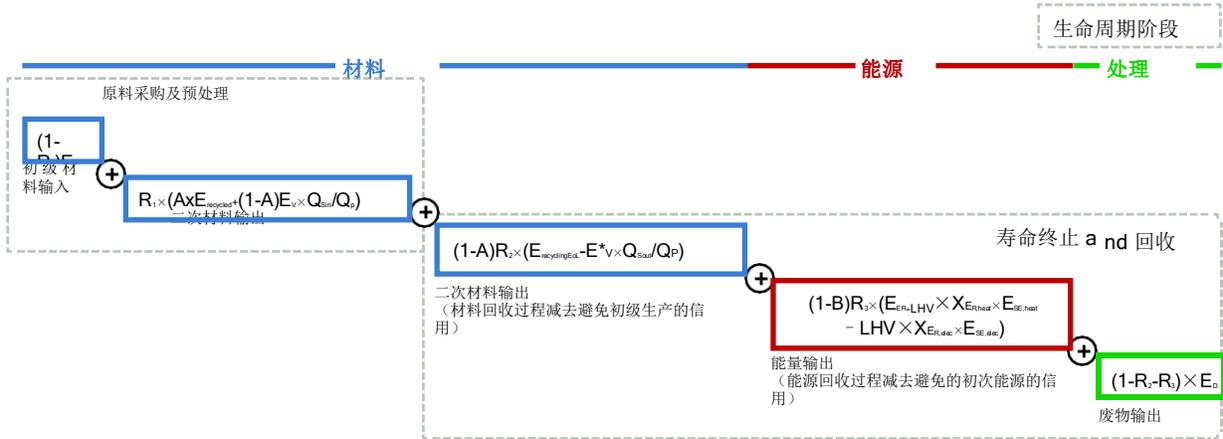
$$\begin{aligned} & \text{材料} (1-R_1)E_V + R_1 \times (A \times E_{\text{recycled}} + (1-A)E_V \times Q_{\text{Sint}}/Q_P) + (1-A)R_2 \times (E_{\text{recyclingEd}} - E_V^* \times Q_{\text{Soul}}/Q_P) + \\ & \text{能量} \quad (1-B)R_3 \times (E_{\text{ER}} - \text{LHV} \times X_{\text{ER,heat}} \times E_{\text{SE,heat}} - \text{LHV} \times X_{\text{ER,elec}} \times E_{\text{SE,elec}}) + \\ & \text{处置} \quad (1-R_2-R_3) \times E_D \end{aligned}$$

按照 PEF/PEFCR 指南的 CFF 参数说明：

- **A:** 回收材料供应商和用户之间的负担和信用分配系数。
- **B:** 能量回收过程的分配系数：既适用于负担，也适用于信用。
- **$Q_{\text{sin}}$ :** 进入的二次材料的质量，即在替代点的回收材料的质量。
- **$Q_{\text{out}}$ :** 流出的二次材料的质量，即在替代点的可回收材料的质量。
- **$Q_p$ :** 初级材料的质量，即原始材料的质量。
- **$R_1$ :** 它是指从先前的系统中回收并投入到生产中的材料的比例。
- **$R_2$ :** 它是指产品中将在后续系统中回收（或再利用）的材料的比例。因此， $R_2$  应考虑收集和回收（或再利用）过程中的低效率。 $R_2$  应在回收装置的输出处进行测量。
- **$R_3$ :** 它是指产品中用于在 **EoL** 时进行能量回收的材料比例。
- **$E_{\text{recycled}}$  ( $E_{\text{rec}}$ ):** 回收（再利用）物材料的回收过程（包括收集、分类和运输过程）产生的具体排放量和消耗的资源（每个功能单元）。
- **$E_{\text{recyclingEoL}}$  ( $E_{\text{recEoL}}$ ):** **EoL** 时的回收过程（包括收集、分类和运输过程）产生的具体排放量和消耗的资源（每个功能单元）。
- **$E_{\text{e}}$ :** 因原始材料的获取和预处理而产生的具体排放量和资源消耗（每个功能单元）。
- **$E^*$ :** 因原始材料的获取和预处理而产生的具体排放量和资源消耗（每个功能单元）假定原始材料由可再生材料替代。
- **$E_{\text{ER}}$ :** 能源回收过程（例如，含能量回收的焚烧、含能量回收的填埋……）中产生的具体排放量和消耗的资源（每个功能单元）。
- **$E_{\text{SE,heat}}$  和  $E_{\text{SE,elec}}$ :** 分别由特定替代能源、热能和电力产生的具体排放量和消耗的资源（每个功能单元）。
- **$E_D$ :** 在没有能量回收的情况下，在所分析产品的 **EoL** 处处理废料所产生的具体排放量和消耗的资源（每个功能单元）。
- **$X_{\text{ER,heat}}$  和  $X_{\text{ER,elec}}$ :** 热能和电力能量回收过程的效率。
- **LHV:** 用于能量回收的产品中材料的低热值

CFF 结合了不同的生命周期阶段（见图 B1）。它考虑了初级和次级材料输入（称为“原材料获取和预处理”生命周期阶段）的排放量，以及次级材料输出、能源输出和废物输出（称为“寿命终止和回收”生命周期阶段）的排放量。

图 B1: 循环足迹公式的元素 (根据 (欧盟委员会, 2019) 自行绘制的插图)



### 循环足迹公式的计算规则

#### CFF 的建模方法

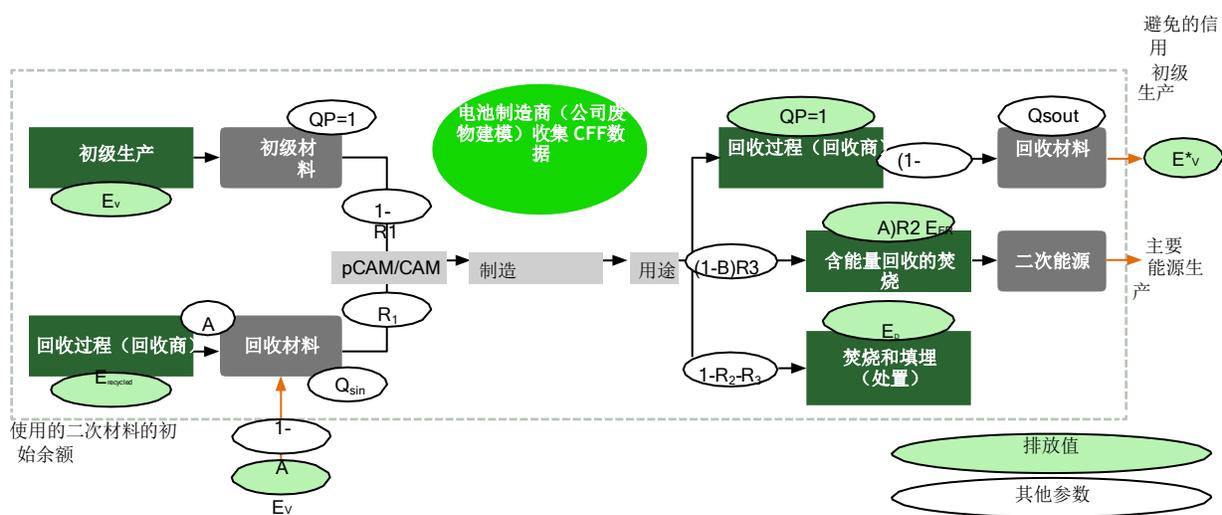
在电池投放欧盟市场的 CF 声明中, 生产废物 (在使用主要数据的生产过程中)<sup>1</sup> 和 EoL 应使用循环足迹公式和以下章节中介绍的相关规则进行建模。这些规则主要针对将电池投放市场并必须根据 PEF/PEFCR 规则 (用于 EoL 建模) 申报 CF 的经济运营商/制造商, 以及报告其相应生产过程主要数据的公司 (用于废物建模)。

一般来说, PEF 和 CFF 采用单个参与者生命周期评价 (LCA) 视角, 即由一个参与者在特定时间点进行计算。应用于《电池条例》所要求的 CF 计算, 这意味着将电池投放市场或投入使用的经济运营商应负责收集数据并执行计算。因此, 需要“回顾性地”收集上游工艺的数据, 并“前瞻性地”收集下游工艺的数据, 即根据电池的使用寿命在未来发生的 EoL (见图 B2)。

这些参数可以被聚集为实际的“排放值”, 这些排放值通过将生产某种材料的特定过程的质量乘以相应的排放因子来算得。这导致了特定数量的 CO<sub>2</sub> 当量的碳足迹。所有“其他参数”指的是比值或百分比, 因此范围在 0 和 1 之间, 没有单位 (见图 B2)。

<sup>1</sup> 请注意, GBA GHG 规则手册 2.0 版需要解决消费前废物建模和分配的主题。由于目前关于通过 CFF 进行废物建模的讨论仍在进行中, 因此在当前的草案版本中尚未考虑这一主题。

图 B2: CFF 生命周期视图, 包含将从供应链收集的数据 (请参阅指定以下参数的章节)



将电池投放市场的电池生产商 (CF 申报人) 应将 CFF 用于 EoL 和回收分配。根据 PEF/PEFCR, 申报 CFF 值的这些规则的用户应根据电池系统边界中包含的材料计算这些值。因此, 需要为每种材料 (按成分汇总, 参见 PEFCR) 汇编一份包含排放值和参数的清单, 包括以下步骤:

1. 包括材料质量的材料清单 (BoM) 的映射;
2. “其他参数”的定义和每种物材料“排放值”的计算;
3. 根据 CFF 要求, 计算 CF, 作为每种材料的 CF 总和。

因此, 截止阈值适用于 BoM。在 GHG 排放影响方面, 累计贡献小于 3% 的过程可从整个过程中排除 (累计所有过程的结果), 参考本规则手册中定义的需要计算 CF 的产品的总 CF。

根据欧盟《电池条例》, CF 需要“区分每个生命周期阶段” (《电池条例》第7 (1) (e) 条), 重要的是要将公式的各部分与具体生命周期阶段进行关联 (见图 B2), 并分别报告各自的计算值。

## 循环足迹公式的参数

表 B1: CFF 的默认参数概述

参数	最新规范（国际联合研究中心，2023）
A	金属为 0.2 塑料为 0.5
B	0
$Q_{\text{sin}}/Q_p$	参见产品环境足迹附录 C
$Q_{\text{SOUT}}/Q_p$	参见产品环境足迹附录 C
$R_1$	默认值为 0 当使用公司特定 $R_1$ 值而不是 0 时，整个供应链的可追溯性为必需要求
$R_2$	镍、钴、锰为 0.95，铁和钛酸盐 为 0 锂（和锂有机物）为 0 石墨、硬碳、硅等为 0。 其他金属（如铝、钢、铜）为 0.95 塑料、聚合物为 0.5 对于其他材料，请参见产品环境足迹附录 C，对于所有其他材料，应假定为 0
$R_3$	参见产品环境足迹附录 C（仅适用于包装和城市固体废物）
$E_{\text{recycled}}$	符合 EF 标准的默认数据集 特定条件下允许的主要数据
$E_{\text{recyclingEOL}}$	符合 EF 标准的默认数据集（尚不可用，JRC 和 PEFCR 提供的默认回收情景） 特定条件下允许的主要数据
$E_v$	符合 EF 标准的默认数据集
$E_v^*$	符合 EF 标准的默认数据集
$E_{\text{ER}}$	符合 EF 标准的默认数据集
$E_{\text{SE, HEAT}}$ 和 $E_{\text{SE, ELEC}}$	符合 EF 标准的默认数据集
$E_D$	符合 EF 标准的默认数据集
$X_{\text{ER,heat}}$ 和 $X_{\text{ER,elec}}$	符合 EF 标准的默认数据集
LHV	符合 EF 标准的默认数据集

根据欧盟要求，默认 CFF 使用次要数据，但允许主要数据。GBA 旨在收集已识别热点（即，前台过程）的主要数据。因此，在 GBA，应收集这些主要数据。

GBA 温室气体规则手册（1.4 版）中关于从摇篮到大门排放的规范以及 EoL 和回收的电池护照规则可用于计算 CFF 所需的某些参数，特别是  $E_v$  和  $R_1$ （GBA 温室气体规则手册）、 $E_{recycled}$  和  $Q_{sm}/Q_o$ 。（EoL 和回收的电池护照规则）。但是，仍需要额外的参数来满足 CFF 的要求。

在本章中，解释了公式中的每个参数，并提供了定义和计算规则。在实践中，这些参数需要根据电池中包含的材料来进行指定。

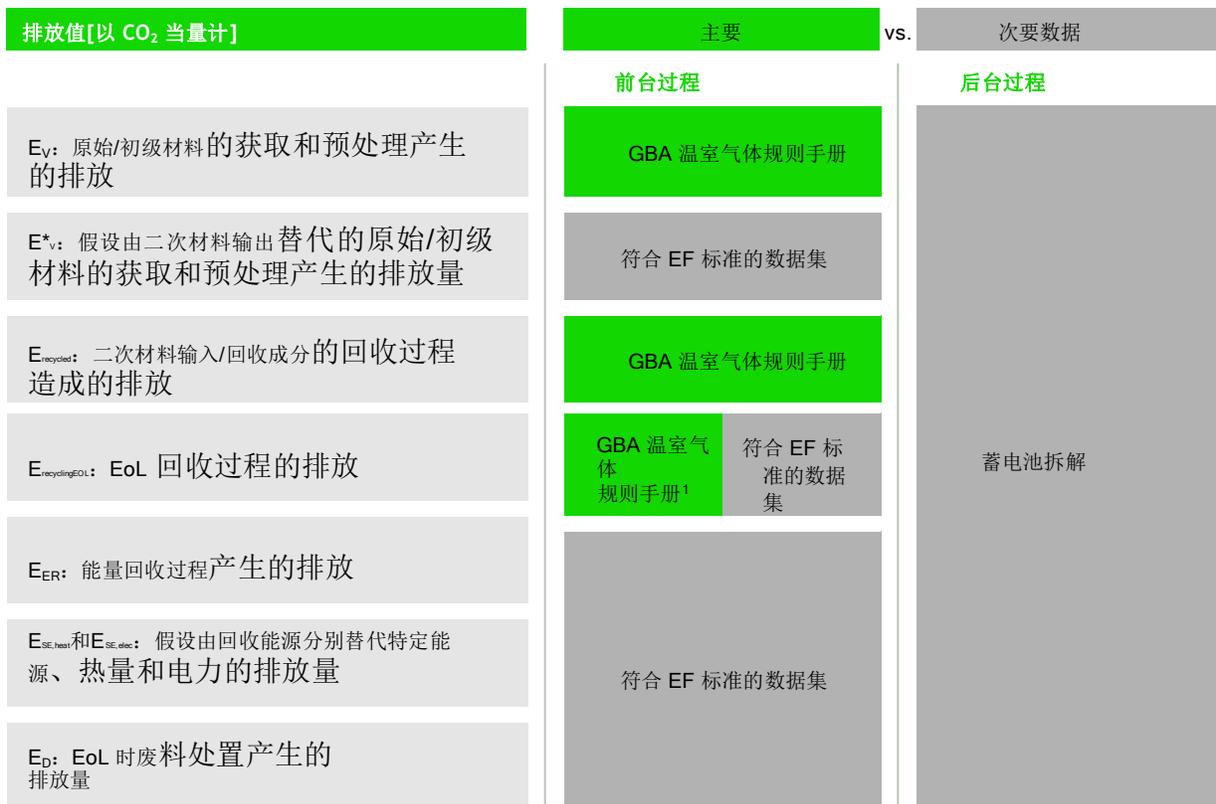
### 排放值

图 B3 提供了关于排放值的概述，包括使用哪种数据来源，这取决于处于评估的前台或后台中的过程。可通过以下网址访问符合 EF 标准的数据集

<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml>

前台过程是根据 GBA 温室气体规则手册确定为热点的过程，其中应收集主要数据。

图 B3：CFF 排放值的数据来源



<sup>1</sup>如果主要数据是可用的，并且可以证明实际和合同关联，那么截至目前，这一因素必须具有代表性。这反映了一种保守的方法，即假设在未来过程会变得更高效、排放更少。

## E.

“E<sub>v</sub>”表示原始/初级材料获取和预处理导致的特定二氧化碳排放量（以 CO<sub>2</sub> 当量计）。

根据 GBA 温室气体规则手册，主要数据应用于前台过程的回顾性计算。计算 CFF 时，这些数值可通过从摇篮到大门

的计算中获得。对于后台过程，除非有可用主要数据，否则可以使用符合 EF 的数据集。

## E\*v

“E\*v”表示假定由回收/二次材料替代原始/初级物质的获取和预处理所导致的特定 CO<sub>2</sub> 当量排放量。

前瞻性计算应始终使用符合 EF 的次要数据集进行，以确保更好的可比性。要使用的数据集的通用规范至关重要，因为该参数反映了未来的过程。因此，无法可靠地证明哪种材料将被替代，即材料如何生产。由于二级材料假定在欧盟提供，因此 E\*v 符合 EF 标准的数据集的地理范围应是欧盟特定范围。

## E<sub>recycled</sub> (E<sub>rec</sub>)

“E<sub>recycled</sub>”表示回收材料的回收过程（包括收集、分类和运输过程）产生的特定 CO<sub>2</sub> 当量排放量。这些排放值可以由回收成分供应商提供。

根据第 5.6 章的规则，应使用主要数据进行前台过程的回顾性计算。对于后台过程，除非有可用的主要数据，否则应使用符合 EF 的数据集计算。

## E<sub>recyclingEoL</sub> (E<sub>recEoL</sub>)

“E<sub>recyclingEoL</sub>”或简称“E<sub>recEoL</sub>”表示电池 EoL 时回收过程导致的特定 CO<sub>2</sub> 当量排放量。回收过程应包括收集、分类和运输步骤，以及考虑到回收过程中具体材料投入和能源需求的回收材料的转化。

前瞻性计算应使用符合 EF 的次要数据集，以确保更好的对比性，因为经济运营商可能有一个回收商网络，并且无法可靠地证明材料将如何回收，例如在哪个回收厂回收。所使用的符合 EF 标准的数据集应涵盖“EU-28+EFTA”的地理区域，并针对每种材料具体说明。如果没有针对每种材料的特定回收过程的可用数据集，则可以使用涵盖组件或产品组的数据集。

欧盟机构（JRC 和 PEFCR）正在进行的讨论表明，主要数据可以在严格的条件下使用。可以使用主要数据标准仍在制定中。GBA 建议使用相同的符合 EF 标准的数据集，以增加给出的 EoL 信用的可对比性。在电池回收方面，目前还没有符合 EF 标准的数据集。默认情景将由 JRC 和 PEFCR 提供。

欧盟规则（目前仍在制定中）建议按以下规范使用主要数据：“如果在 CFB 支持研究中提供了相应的证据，则公司特定的活动数据或公司特定的数据集可用于在自有场所内或通过特定回收过程回收的废电池。”

相应的 PEFCR 更新（仍在制定中）包括以下条件，即如果有证据表明电池进入特定的回收过程（所示的合同和实际关联），并且相关数据普遍可以访问，则主要数据应用于寿命终止的收集和处理。否则，必须使用符合 EF 标准的数据集来代表这些过程。

JRC 在附件 3 中提供了包含默认活动数据的默认回收情景，这些数据应用于回收排放建模。此外，PEFCR 还包括应在 PEFCR 中使用的回收过程的代表性数据。

$$E_{ER} = LHV \times X_{ER,heat} \times E_{SE,heat} - LHV \times X_{ER,elec} \times E_{SE,elec}$$

该公式的这一部分等于焚烧的环境影响和回收能源的信用，并应在每种材料的 EF 次要数据集中作为综合影响提供。如果相应的材料没有通过含能量回收的焚烧进行处理，即当  $R_3=0$  时，该部分公式不需要计算。

EF 3.1 数据集仍然无法访问。在这些数据可访问之前，可以使用其他次要数据来源（见第 4.2.5 章）。

一旦数据集可用，规则手册的用户应使用这些数据集进行前瞻性计算，但要确保所用材料的热值和所选次要数据集相似或具有可对比。

注意，此外，能量回收后的剩余废物将建模为处置（除非使用，例如作为焚烧灰用于水泥制造）；EF 废弃物转化为能源数据集通常已经考虑到这一点。

## E。

“ $E_D$ ”表示在分析产品的 EoL 处废料处理时所产生的特定  $CO_2$  当量排放量。这包括不含能源回收的填埋和焚烧。

根据第 5.6.7 章，应评估电池的可回收性（详细说明请参阅参数  $R_2$ ）。对于不可回收的馏分，用户应具体说明需要处置的馏分（另见  $R_3$ ）。在没有进行处置的情况下，相应材料的  $E_D$  等于 0。 $E_D$  的前瞻性计算应使用符合 EF 的次要数据集进行，以确保更好的可对比性。

## 其他参数

图 B4: CFF 参数的含义、单位、范围和数据来源

其他 CFF 参数	参数范围		数据可用性
A: 回收材料供应商和用户之间的负担和信用分配系数	经济效益回收输出	经济效益回收输出	主要 vs. 次要数据
B: 能量回收分配	100% 信用到生产者 (默认)	100% 信用到用户	EF 默认值: 附件 C
R <sub>1</sub> : 二次材料 (回收成分) 的比例	100% 初级材料	100% 次级材料	GBA 温室气体规则手册
R <sub>2</sub> : 报废时回收的材料的份额	EoL 时 0% 回收	EoL 时 100% 回收	EF 默认值: 附件 C
R <sub>3</sub> : 能量回收率	0% 能量回收	100% 能量回收	
Q <sub>SIN</sub> /Q <sub>P</sub> : 输入至初级材料的二次材料的质量	0% 相同质量	100% 相同质量	GBA 温室气体规则手册
Q <sub>SOUL</sub> /Q <sub>P</sub> : 输出二级物料至初级材料的质量	0% 相同质量	100% 相同质量	EF 默认值: 附件 C
X <sub>ER, HEAT</sub> 和X <sub>ER, ELEC</sub> : 热能和电力能量回收过程的效率	0% 效率	100% 效率	

### A

“A”在回收成分和报废回收的环境负担/经济收益之间进行分配，因此与其他分配程序中的任何一种都类似，具体取决于材料和材料的市场状况。假设，如果 A 设置为 1，则 CFF 近似于截止方法。类似地，如果 A 设置为 0，则 CFF 近似于替代方法。PEF 方法定义了高质量二次材料（即金属）的 A 值，0.2 其需求量大于生产量。因此，PEF A 值意味着它们的市场价格接近或等于初级材料的市场价格，许多金属都是这种情况。对于材料，如果情况正好相反，并且市场价格低于初级材料，则 PEF 将 A 值的默认值定义为 0.8。如果市场情况更加平衡或未知，则 A 值应设置为 0.5（例如塑料）。

为了更好地对比碳足迹，本规则手册的用户应使用适用的 PEF<sub>CR</sub> 或 PEF 附录 C（欧盟委员会，2020）中所示的值。如果这些值进行了更新，则应使用更新后的数值。

欧洲机构还在讨论用于计算电池碳足迹的默认 A 值

。

## B

“B”在能源回收过程的环境负担和经济效益之间进行分配。默认情况下，该参数等于0，这表示所产生的和外部使用的能源的100%被记入生产者的贷方，并被记入二次能源用户的借方。这意味着既有废弃物转制能源的负担，也有避免的初级生产效益。目前尚无关于计算或定义不同于0的B系数的指导。因此，如PEF附录C所示，B系数的默认值应设置为0。

## R<sub>1</sub>

“R<sub>1</sub>”表示从先前系统回收的相应材料在生产输入中的份额，即所使用的每种材料的回收成分。

至少活性成分中二次镍、钴、锂和铅的份额应使用初级数据计算，因为这是根据《电池法规》的报告要求。此外，还应提供这些数值的验证。对于所有其他材料，如果提供验证，用户可以使用主要数据。如果没有可用或经验证的主要数据，R<sub>1</sub>应默认为0。

正在进行的讨论可能会导致参数的默认值发生变化。

## R<sub>2</sub>

“R<sub>2</sub>”表示产品中将在后续系统中被回收（或再利用）的相应材料的份额，即每种材料的回收率。由于该参数在很大程度上决定了未来报废时回收材料的信用，因此需要认真地定义和规定该参数。

在选择合适的R<sub>2</sub>值之前，本手册的用户应遵循PEF/PEFCR的要求，以评估材料的可回收性并提供证据。关于可回收性的声明应与可回收性评估一起提供，包括以下3个标准的每种材料的证据（如ISO 14021:1999，“评估方法”一节所述）（Recharge, 2018）：

1. 将材料从源头转移到回收设施的收集、分类和递送系统，可以方便地提供给合理比例的产品购买者、潜在购买者和用户使用；
2. 回收设施可用于容纳收集的材料；
3. 有证据表明，声明可回收的产品正在被收集和回收。

根据PEFCR第1点和第3点，可以通过行业协会或国家机构的回收统计数据（国家特定数据）来证明。可以通过应用如EN 13430材料回收（附录A和B）或其他行业特定可回收性指南（如有）中概述的可回收性评估设计，来提供第3点的近似证据。

正在进行的讨论可能会导致参数的默认值发生变化。因此，本章中的规范可能会发生变化。

R<sub>2</sub>值应通过将电池的统计收集率（例如，PEFCR假设电动汽车的收集率为95%）乘以材料回收率（例如，根据《电池法规》，到2027年，每个电池的钴含量可能为90%）来计算，不包括出口电池。

材料回收率应基于初始数据（如可用）（即与回收商签订合同时的数据）。该值必须在计算当天具有代表性，这是假设未来过程变得更加高效的保守方法。

因此， $R_2$  应考虑收集中的低效率，并在的回收工厂的输出端进行测量（EC 2021）。

- 如果没有公司特定数值可用，并且满足可回收性评估标准，则应使用附录 C 中的应用特定  $R_2$  数值[由 PEFCR 列出]
- 如果无国家特定  $R_2$  值，则应使用欧洲平均值；
- 如果无应用特定  $R_2$  值，则应使用材料的  $R_2$  值（例如材料的平均值）；
- 如果没有可用的  $R_2$  值，则应将  $R_2$  设置为 0。

### **$R_3$**

$R_3$  表示产品中将在 EoL 时用于能量回收的相应材料的份额。差值（ $1-R_2-R_3$ ）将得到被处置部分的份额。

为了更好地对比碳足迹，规则手册的用户应使用默认值。由于产品环境足迹附录 C 提供的默认值目前仅适用于城市固体废物，因此， $R_3$  应使用焚烧废物而不是填埋废物份额的官方统计数据计算。EUROSTAT 提供了电池和蓄电池的能量回收数据。

### **$Q_{sin}/Q_P$**

“ $Q_{sin}/Q_P$ ”表示进入的次级材料的质量比。这些比值应在每种应用或材料的替换点确定，并根据经济方面或物理方面。

由于电池中使用的所有二次材料都需要是电池级材料，因此应假设进入的二次材料的质量与初级材料的质量相同。因此，该比值的默认值应设置为 1。

### **$Q_{sout}/Q_P$**

“ $Q_{sout}/Q_P$ ”表示输出二次料的质量比。与“ $Q_{sin}/Q_P$ ”相同，这些比值应在每种应用或材料的替代点确定，并根据经济方面或物理方面。

因为在计算 CF 时这些比值是未知，因此应使用附录 C（欧盟委员会，2020）中所示的 EF 默认值，以实现更好的可对比性。

## **B.2 分销**

分销群集涵盖了在生命周期阶段“分销”中发生的与运输相关的排放。遵循基于第 4.2.4 章中提供的公司特定数据的运输相关排放量的计算逻辑。如果这种方法不可行，可以使用产品环境足迹（PEF）标准提供的默认情景。

分销阶段包括将电池从生产地点运输到最终使用地点（或运输到进入市场的参考入口点）。最终客户通常被定义为电池的用户（使用阶段）。这意味着在分销阶段需要包括以下场景：

- 从电池供应商运输到将电池投放市场的制造商（=“原始设备制造商（OEM）”）工厂（如果电池组装不是由将电池投放市场的经济运营商执行）。
- 从将电池投放市场的生产商（=“OEM”工厂到用户（使用阶段）

此外，EoL 收集（将在寿命终止和回收阶段考虑）也按照与分销阶段相同的原则和方法进行。

在本文件中，将电池投放市场以用于其预期用途的制造商（根据欧盟电池法规的碳足迹声明）被设定为等同于 OEM。分销群集涵盖从 OEM 工厂到最终用户的运输。如果电池组装不在 OEM 工厂，而是在供应商处进行，则从电池供应商到 OEM 的步骤也需要包括在内（否则将在相应的上游工艺步骤中考虑）。分销群集为各自概述的情景设定了一般规则，并规定了主要数据收集指南，以及在特定数据不可用的情况下的默认情景和值。

规则手册的申请人应澄清最终用户的概念。由于电池碳足迹声明与市场布局有关，因此用户应为最终客户（使用阶段）。由于电池的 PECFR 已经表明，分销生命周期阶段对电池碳足迹的影响可以忽略不计，因此默认情况下，在分销生命周期阶段没有产品浪费，并且存储排放可能会被忽略（Recharge 2018）。

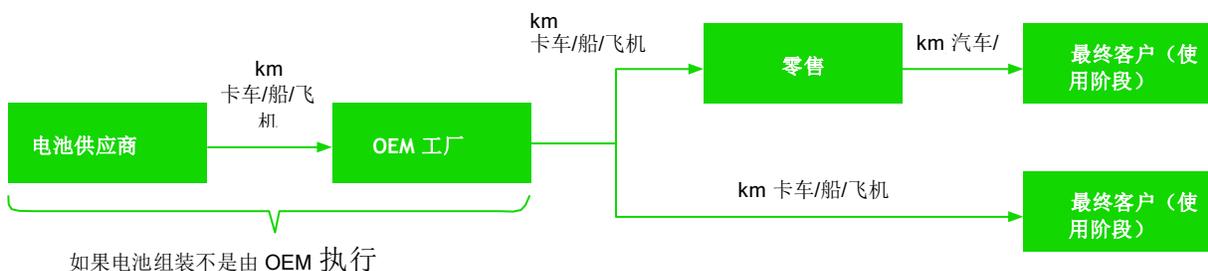
### B.21 系统边界和过程

由于电池组装和系统集成通常发生在将电池投放市场的原始设备制造商（OEM）处，因此从电池供应商到 OEM 工厂的运输将在相应的上游生产过程中考虑。如果不是这种情况，则必须对运输进行相应的建模。一般情况下，这意味着需要在分销阶段包括以下场景：

- 仅当电池组装不在 OEM 进行时才需要：从电池供应商运输到 OEM 工厂<sup>2</sup>
- 从 OEM 工厂到用户（使用阶段）

分销可以直接进行，或通过零售商进行（见图 B5）。对于每种分销方式，均需要指定各自的运输距离、车辆类型、运输类型和利用率。如果无法确定这些信息，则可采用默认情景（参见第 5.7.2.3 章）。

图 B5：分销生命周期阶段的运输情景



<sup>2</sup>如果最终电池组装是在将电池投放市场的原始设备制造商处进行的，则需要相应的生产过程步骤（即电池组装）中考虑从供应商到 OEM 工厂的运输排放。

## B.22 功能单元和基准流量

分销运输过程需要将相关排放划分到每个电池制造厂的特定电池型号。分配过程的功能单元和基准流量应为：

- 对于最终产品生产/OEM 工厂到最终用户：已投放市场的一个最终（集成）  
电池组/模块的运输

参考流量可以以件或 kg 为单位，应给出每件重量，以将件转换为 kg，或反之亦然。电池包的碳足迹应包含必要的信息，例如电池组的标称或可用容量（以 kWh 为单位），以将碳足迹转换为电池在其预期使用生命周期内提供的总能量的每 kWh 的二氧化碳当量计算值（kg）。

### B.221 数据收集要求

在电池生命周期内的总环境影响中，与分销生命周期阶段相关的 GHG 排放的贡献通常可以忽略不计（Recharge 2018）。然而，电池碳足迹应考虑从电池组装到客户的运输（包括消费者运输）。应优先考虑供应链特定信息（原始数据），并使用第 4.2.4 章所述的 3 种方法计算与分销阶段相关的 GHG 排放。有关更多详细信息，请参阅第 5.7.2.5 章。

规则手册的申请人应使用特定的运输数据和相关的符合 EF 标准的数据集来计算碳足迹。如果在记录中找不到基于主要数据的具体详细评估，则应使用 PEFCR 指南第 6.3 版提供的默认情景和标准运输距离（EC 2018）。用户可以应用符合公认行业标准的工具，例如 GLEC 框架（例如 EcoTransit World<sup>3</sup>）。

默认情况下，数据收集周期为每年一次。这可以是日历年或财政年度。应在数据收集表中注明使用的时间段是日历年还是财政年度。

### B.222 分销运输负荷的分配

为了分配运输对电池产品系统的影响，应结合使用单位运输质量的排放因子及运输距离和车辆类型。因此，应以 tkm（吨\*km）为单位指定数值，表示 1 吨（t）产品运输 1 公里（km）的环境影响，例如在卡车、普通货运列车或特定负载的集装箱中的环境影响（EC 2018）。应基于运输的电池质量来分配运输排放量，从而将排放量划分至电池的质量份额。例如，一辆 28-32 t 的卡车允许的最大质量（即有效载荷）为 22 t。在产品质量为 0.5t 的情况下，排放量的份额为卡车总排放量的 0.5/22。当满载货物的质量低于卡车的负载能力（例如 10 t）时，产品的运输可能被视为体积受限。在这种情况下，应使用实际负载质量（EC 2018）计算环境影响。

应通过利用率以参数化方式对运输有效载荷进行建模。利用率计算为实际载荷质量除以（最大）有效载荷质量，并应在使用数据集时进行调整。例如，在卡车满载准备交付的情况下

---

<sup>3</sup> EcoTransIT: <https://www.ecotransit.org/en/>

但返回时为半空，利用率为： $22\text{t 实际载荷} / 22\text{t 有效载荷} * 50\% \text{ km} + 11\text{t 实际载荷} / 22\text{t 有效载荷} * 50\% \text{ km} = 75\%$ 。

这些规则的用户应规定每种建模运输工具的利用率，并明确说明利用率是否包括空载回程。如果负载是质量受限的，

根据现行 PECFR 指南（EC 2018），应使用 64% 的默认利用率。该利用率包括空载回程，因此不应单独建模。

### B.2.2.3 分销 - 数据收集指南

#### 供应链特定运输建模

应优先使用初级数据，并将其用于计算与分销阶段相关的 GHG 排放。有关运输模型，请参见第 4.2.4 章。

应规定以下输入和输出（见表 B2）。

表 B2：供应链特定运输的输入输出表

物料	单位	数据	规格
<b>输入</b>			
已投放市场的电池	kg		
车辆类型			如卡车（28-32 t）
运输类型			例如卡车运输、飞机、船
运输距离	km		
有效载荷/利用率	%		如果载荷质量有限，则使用默认值 64%
温室气体排放因子	kg		每种燃料类型
<b>输出</b>			
每个运输电池的温室气体排放量	kg		基于有效载荷和质量-运输距离的分配

#### 符合 PEF 建议的默认情景

如果上述供应特定数据不可用，则应采用来自 PEF 建议的以下默认情景

。申请人应详细说明使用这些默认场景的原因。相应的符合 EF 标准的数据集包含了与运输相关的排放、燃料生产、运输车辆的燃料消耗、所需的基础设施以及物流作业（如起重机和运输车）所需的额外资源和工具的数量。为了分配运输对产品的影响，应结合使用单位运输质量排放系数的次要数据集与运输距离和车辆类型。因此，符合 EF 标准的卡车运输数据集以  $\text{tkm}$ （吨\*km）为单位，表示 1 吨（t）产品在卡车上以一定的载荷运输 1km 的环境影响。应使用运输电池的各自重量来计算各自的排放量。



## 仅在电池包组装不在 OEM 进行的情况下：从供应商到 OEM 工厂

### A) 对于位于欧洲的供应商（利用率 64%）

- 卡车行驶 130 km (>32 t, EURO 4; UUID 938d5ba6-17e4-4f0d-bef0-481608681f57)，PEFCR 特定利用率；和
- 火车行驶 240 km（一般货物列车）；UUID 02e87631-6d70-48ce-affd-1975dc36f5be）；和
- 船舶行驶 270 km（驳船；UUID 4cfacea0-cce4-4b4d-bd2b-223c8d4c90ae）。

### B) 对于欧洲以外的所有供应商（利用率 64%）

- 卡车行驶 1,000 km (>32 t, EURO 4; UUID 938d5ba6-17e4-4f0d-bef0-481608681f57)，用于从港口/机场到欧洲内外工厂的距离总和。PEFCR 特定利用率；和
- 通过海运 18,000 km（海洋运输集装箱；UUID 6ca61112-1d5b-473c-abfa-4accc66a8a63）或通过飞机 10,000 km（空运；UUID 1cc5d465-a12a-43da-aa86-a9c6383c78ac）。

如果生产商国家（原产地）已知：应使用在线来源确定船运和空运的适当距离<sup>4</sup>。这些规则的用户应说明通常使用的运输类型是哪种。如果不知道供应商是位于欧洲境内还是境外，则应按供应商位于欧洲境外进行运输建模。

## 从 OEM 工厂到最终客户（使用阶段）：

如果无可用的供应链特定运输情景，则应以下列默认情景（另见图 B5）为基础，并结合一些具体数值（如利用率，如可有）：

- 通过零售和直接销售给最终客户的产品比值（X%）；
- 从 OEM 工厂到最终客户：本地、大陆内和国际供应链之间的比值（X%）；
- OEM 工厂到零售：大陆内和国际供应链之间的分销（X%）；

### A) 从 OEM 工厂到最终客户的 X%（PEFCR 特定）：

- 本地供应链的 X%（PEFCR 特定）：卡车行驶 1200 km (>32 t, EURO 4; UUID 938d5ba6-17e4-4f0d-bef0-481608681f57)，PEFCR 特定利用率。
- 大陆内供应链的 X%（PEFCR 特定）：卡车行驶 3,500 km (>32 t, EURO 4; UUID 938d5ba6-17e4-4f0d-bef0-481608681f57)，PEFCR 特定利用率
- 国际供应链的 X%（PEFCR 特定）：卡车行驶 1,000 km (>32 t, EURO 4; UUID 938d5ba6-17e4-4f0d-bef0-481608681f57)，PEFCR 特定利用率；船运 18,000 km（海洋运输集装箱；UUID 6ca61112-1d5b-473c-abfa-4accc66a8a63）。

请注意，在特定情况下，可以使用飞机或火车代替轮船。本规则的用户应说明通常使用的运输类型是哪种。

### B) 从 OEM 工厂到零售的 X%（PEFCR 特定）：

- 本地供应链的 X%（PEFCR 特定）：卡车行驶 1200 km (>32 t, EURO 4; UUID 938d5ba6-17e4-4f0d-bef0-481608681f57)，PEFCR 特定利用率。

<sup>4</sup>PEFCR 指南提议<http://www.searates.com/services/routes-explorer> 或者 [https://co2.myclimate.org/en/flight\\_calculators/new](https://co2.myclimate.org/en/flight_calculators/new)

- 大陆内供应链的 x%（PEFCR 特定）：卡车行驶 3,500 km（>32 t, EURO 4; UUID 938d5ba6-17e4-4f0d-bef0-481608681f57）（Eurostat 2014），PEFCR 特定利用率。
- 国际供应链的 X%（PEFCR 特定）：卡车行驶 1,000 km（>32 t, EURO 4; UUID 938d5ba6-17e4-4f0d-bef0-481608681f57），PEFCR 特定利用率；船运 18,000 km（海洋运输集装箱；UUID 6ca61112-1d5b-473c-abfa-4accc66a8a63）。

请注意，在特定情况下，可以使用飞机或火车代替轮船。

### C) 从零售客户到最终客户的 X%（PEFCR 特定）：

- 62%：客车行驶 5 km（平均；UUID 1ead35dd-fc71-4b0c-9410-7e39da95c7dc），PEFCR - 分配特定
- 5%：小型货车，往返 5 km（<7.5 t货车，EURO 3，利用率20%）；UUID aea613ae-573b-443a-aba2-6a69900ca2ff）

33%：未建立影响模型

## 参考欧盟模块

欧盟委员会。(2019)。循环足迹公式。从网络研讨会中检索；环境足迹（EF）过渡阶段：

[https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Webinar%20CFF%20Circular%20Footprint%20Formula\\_final-shown\\_8Oct2019.pdf](https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Webinar%20CFF%20Circular%20Footprint%20Formula_final-shown_8Oct2019.pdf)

欧盟委员会。(2021)。附件 1 至 2 - 关于环境足迹方法使用的建议。从

[https://environment.ec.europa.eu/publications/recommendation-use-environmental-footprint-methods\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/recommendation-use-environmental-footprint-methods_en) 中检索。

欧盟委员会。(2023)。欧洲议会和理事会关于电池和废电池的法规提案，废除第 2006/66/EC

号指令并修订第 2019/1020 号（欧盟）法规。检索自 [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CONSIL:ST\\_5469\\_2023\\_INIT&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CONSIL:ST_5469_2023_INIT&from=EN)

国际联合研究中心。(2023)。电动汽车电池（CFB - EV）碳足迹计算的统一规则。检索自草

案：[https://eplca.jrc.ec.europa.eu/GRB-CBF\\_CarbonFootprintRules-EV.pdf](https://eplca.jrc.ec.europa.eu/GRB-CBF_CarbonFootprintRules-EV.pdf)

欧盟委员会（2018）：产品环境足迹分类规则指南 - 6.3 版，

[https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR\\_guidance\\_v6.3.pdf](https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf)

欧盟委员会（2021）：关于使用环境足迹方法测量和通报生命周期的委员会建议（欧盟）

2021/2279（2021 年 12 月 15 日）

产品和组织的环境绩效。<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021H2279>

政府间气候变化专门委员会（IPCC）（2006 年）：2006 年气专委国家温室气体清单指南，第

3 章 - 移动燃烧，[https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)

Recharge（2018）：PEFCR - 高比能产品环境足迹分类规则

用于移动应用的可充电电池，<https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pd>

# 致谢

如果没有全球电池联盟温室气体工作组成员及其同事的投入和支持，就不可能完成本出版物的编写。

GBA 感谢以下贡献者：

Automotive Cells Company、BASF SE、Battery Associates、由德国联邦经济事务和气候行动部共同资助的 Battery PASS 项目、宝马股份公司、Carbonscape 有限公司、气候工程基金会、钴研究所、德雷塞尔大学、欧洲汽车和工业电池制造商协会、Everledger、芬兰矿业集团、Freyr AS、嘉能可、日立高科技欧洲有限公司、魁北克投资公司、iPoint、庄信万丰、LG 化学、LG 能源解决方案、加拿大自然资源部、镍研究所、Nornickel、Odette Sweden AB、Optel Group、RCS Global、雷诺集团、Resolve、负责任电池联盟、Saft、SAP SE、SQM 美国、特斯拉、欧洲运输与环境联合会 AISBL、Trytten 咨询服务公司、TÜV - Verband E.V.、Umicore N.V.、Vale、大众汽车公司、Vulcan 能源资源公司、世界可持续发展商业理事会、世界银行集团。

欧洲运输与环境联合会（AISBL）、Umicore N.V. 和国际产品、流程和服务生命周期参考中心（CIRAIG）也通过提供生命周期评估从业人员的内部同行审查，为规则手册的制定提供了宝贵的指导。

