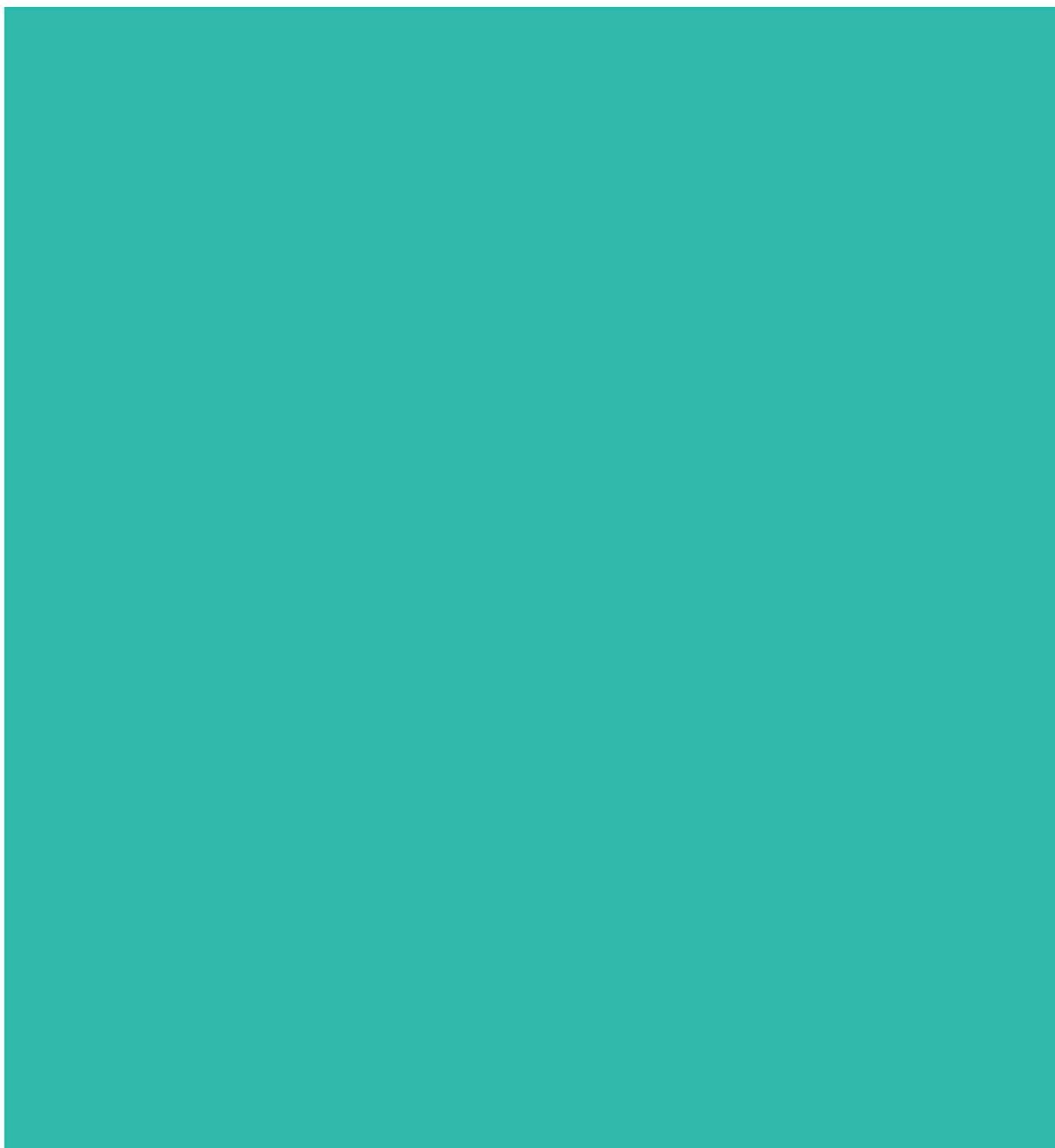


生命周期清单方法论报告



方法论报告

钢铁产品生命周期清单研究

钢铁产品生命周期清单方法论报告

© 世界钢铁协会 2017

版权所有

如需获准复制本报告的任何部分, 或获取报告副本, 请致信:

总干事

世界钢铁协会 (worldsteel)

Avenue de Tervueren 270

1150 Brussels, Belgium

T: +32 (0)2 702 89 00

F: +32 (0)2 702 88 99

E: steel@worldsteel.org

ISBN 978-2-930069-89-0



worldsteel.org

目录

1. 概述	1
1.1 研究背景	1
1.2 目标受众与预期应用	2
1.3 方法论基础	2
1.3.1 LCI 研究范围.....	2
1.3.2 适用产品	2
1.3.3 总体标准	3
2. LCA研究的要求	3
3. 研究的具体要求	4
3.1 目标与范围.....	4
3.2 功能单位	5
3.3 系统边界	5
3.3.1 技术覆盖面	8
3.3.2 地域广度	8
3.3.3 时间跨度	8
3.4 LCIA 影响类别应用.....	8
3.5 数据收集.....	9
3.5.1 运输.....	9
3.5.2 燃料与能源-上游数据.....	9
3.5.3 原材料和工艺材料-上游数据	10
3.5.4 大气、水体和土壤排放.....	10
3.5.5 废物处理	11
3.5.6 回收材料	11
3.5.7 数据质量要求	12
3.5.8 取舍准则	12
3.5.9 煤气放散	12
3.5.10 数据校验	13
3.6 方法论细节信息	13
3.6.1 共生产品	13
3.6.2 废钢	13
3.7 生命周期解释.....	15
3.8 鉴定性评审	15
4. 附录	16
附录 1: 转炉工艺和电炉工艺钢铁生产流程图	17
附录 2: 废钢循环方法论介绍	19
附录 3: 鉴定性评审声明	28
参考文献	30

附图目录

图1: 从摇篮到大门的系统边界.....	6
图2: 从摇篮到大门包含废钢循环的系统边界	7

表格目录

表 3-1: 纳入统计的大气、水体排放示例	12
表 3-2: 钢铁生产共生产品	15

缩略词

ADP	非生物资源耗竭潜力
AP	酸化潜力
BF	高炉
BF Gas	高炉煤气
BOF	碱性氧气转炉
BOF Gas	转炉煤气
CO Gas	焦炉煤气
CRP	鉴定性评审专家组
EAF	电弧炉(电炉)
ECCS	电镀铬钢
EP	富营养化潜力
EPD	产品环境声明
GWP	全球变暖潜力
HDG	热镀锌钢
HRC	热轧卷
LCA	生命周期评价
LCI	生命周期清单
LCIA	生命周期影响评价
NCV	净热值
ODP	臭氧耗竭潜力
POCP	光化学氧化剂生成潜力

1. 概述

1.1 研究背景

通常人们选择最合适的材料主要考虑一系列的技术和经济因素，如功能性，耐用性和成本等。随着可持续发展在全球越来越受到重视，材料的另一个越来越重要的因素是从制造和产品性能角度来看材料应用的相关环境表现。

在评价环境绩效的工具中，生命周期评价（Life Cycle Assessment, LCA）提供了一种系统化的环境绩效方法来评价产品制造、使用和报废等所有阶段的潜在环境影响，被称为“从摇篮到坟墓”的方法。

根据ISO 14044: 2006¹，LCA通常包含四个主要步骤：

- 目标和范围的定义；
- 生命周期清单（LCI）——所研究系统中的物料、能源和排放清单数据收集和计算；
- 生命周期影响评价（LCIA）——分析清单数据以评价对各种环境影响类别的贡献；
- 生命周期解释——根据方法论、范围和研究目标分析数据，并评价研究结论的质量。

根据国际认可的和广泛适用的标准ISO 14040: 2006²和ISO 14044: 2006，世界钢铁协会（worldsteel）制定了钢铁产品专用LCI方法论，用于量化评价与钢铁工业产品制造相关的资源消耗，能源消耗和环境排放，评价边界为从原材料开采到钢铁厂生产完成（钢厂大门）。本方法论经过了多年的发展完善，最初是1995年6月作为LCI研究报告的一部分发布的³，随后在2000年⁴、2005年⁵以及最近的2011年⁶进行了更新。全球和各地区钢铁LCI数据与这些更新同期发布，外部LCA专家组对本方法论进行了鉴定性评审。本文旨在整理和阐明世界钢铁协会的方法论，为钢铁产品LCI研究提供清晰的原则。

在世界钢铁协会以前的LCA方法论报告中，包含了方法论和研究结果。为了使第三方能够使用本方法论，同时简化世界钢铁协会今后的LCA研究结果的更新，将研究报告独立于方法论报告。按本方法论生成的LCI数据，应制作单独的研究报告。为符合ISO 14044: 2006的要求，本研究报告也应按标准中的要求进行审核。

1.2 目标受众与预期应用

本方法论的目标受众是：

- 世界钢铁协会的LCI数据用户；
- 希望根据世界钢铁协会的方法论开发或使用钢铁产品LCI数据的用户。

本方法论符合ISO 14040/44: 2006标准，世界钢铁协会的LCI数据集根据本方法论开发。也可供公司和组织在进行钢铁产品LCI研究时使用。

LCI数据不能单独地用于面向公众的对比性论断。如果LCA研究中在目标和范围中明确陈述

是用于面向公众的对比性研究，LCI数据可作为LCA报告中的一部分使用，但一定是基于适当的功能单位来进行比较，并且需要经过外部专家的鉴定性评审。

1.3 方法论基础

LCA/LCI结果的质量和相关性以及它们可以被应用和解释的程度取决于所使用的方法。因此，方法论要求是公开透明和有据可查的。

1.3.1 LCI研究范围

本方法论可用于以下形式的研究：

- “从摇篮到大门”的研究；
- “从摇篮到大门包含废钢循环”的研究（有时被称为“从摇篮到坟墓”，不包括使用阶段）；
- “带有选项的摇篮到门”研究，可以包含下游工序；
- 完整的“从摇篮到坟墓”或“从摇篮到摇篮”的研究。

1.3.2 适用产品

本方法论适用于钢铁产品的制造（钢铁产品的描述⁷和应用⁸可在worldsteel.org上获得）包括：

- 铸造产品，如板坯，方坯和钢锭；
- 扁平产品，如热轧卷，冷轧卷和板材；
- 长材产品，如型材，钢筋，线材和轧制棒材；
- 热轧产品，包括无缝钢管；
- 挤压产品，包括无缝钢管；
- 金属镀层产品，如镀锌或镀锡钢；
- 预涂层产品；
- 基本的装配钢产品。

使用这种方法，LCI/LCA研究界限可以延伸过钢厂门口，包括下游制造过程（特别是与将LCA应用于自己的产品系统的客户合作）、使用阶段或废钢循环阶段。

本方法论不适用于平炉炼钢，铸铁生产或不锈钢生产。

1.3.3 总体标准

为本方法论提供要求和指导，制定透明性和报告规则的现行主要ISO标准包括：

- ISO 14040: 2006 – 环境管理 – 生命周期评价 – 原则和框架
- ISO 14044: 2006 – 环境管理 – 生命周期评价 – 要求和准则

世界钢铁协会的LCI方法论是根据ISO 14040: 2006和ISO 14044: 2006制定的。该方法论分别在1995, 2000和2010/2010/11经过了独立的鉴定性评审委员会（CRP）的三次独立评审。本方法论的最新版本在技术内容方面，自2011年版以来没有发生重大变化，已由外部专家审查。这种方式确保了方法论的一致性和完整性。鉴定性评审声明见附录3。根据本方法论进行的任何研究也应该按照ISO标准进行评审。

本方法论不再重复其他标准的内容；相反，这些标准的要求是本文档中所有内容的基础。

2. LCA 研究的要求

按本方法论进行的LCI研究应符合以下要求：

- 符合ISO 14040: 2006和ISO 14044: 2006的要求。
- 目标和范围应符合第3.1节要求。
- 功能单位/声明单位定义的要求见第3.2节。
- 系统边界的要求见第3.3节。
- 如果LCI数据用于生命周期影响评价，环境影响类别示例列于第3.4节。
- 数据收集的具体要求详见3.5节。
- 具体的方法学条件遵循3.6节的详细说明。
- LCI与LCIA的生命周期解释，详见第3.7节。

3. 研究的具体要求

3.1 目标与范围

本方法论中目标和范围内容如下：

- ISO 14040: 2006和ISO 14044: 2006中要求的内容
- 定义计算钢铁产品LCI的方法

本方法论中，范围的定义见1.3节。

按本方法论，LCI研究的目标和范围定义应满足：

- 符合ISO 14040: 2006和ISO 14044: 2006要求
- 符合本方法论
- 符合所选其它标准的要求
- 清晰描述钢铁生产工艺类型，包括的具体产品，以及研究边界
- 根据产品类型以及对下游预计的影响力，定义清楚“从摇篮到大门”和（或）“从摇篮到大门包含废钢循环”的LCI数据的应用意图以及适用的其它生命周期阶段
- 如研究边界为“从摇篮到大门包含废钢循环”，须定义清楚废钢循环方法。

3.2 功能单位

在从摇篮到大门的研究中，由于无法获取产品的最终用途，因此不可能使用产品最终用途条件下的功能单位。在这种情况下，可以使用声明单位（这也是EPD中常用的术语），如在工厂门口的一公斤或一吨钢铁产品。对于需要进一步加工的产品，也可以使用加工产品的声明单位，例如一平方米的屋顶钢板，一米长的型钢等。

对于“从摇篮到大门包含废钢循环”的数据，声明单位包含了炼钢用废钢的上游负荷，以及在特定应用领域和地区的回收率下，废钢回收循环利用的环境收益。声明单位超出了声明单位的典型用途，将被定义为一公斤或一吨钢铁，包含了在特定地区特定应用领域的废钢回收循环利用的环境收益。

一个完整的使用寿命研究可能在摇篮到坟墓的范围内进行，这种情况建议使用适用于产品使用的功能单位，因为在产品使用过程中，钢材精确使用量、预计使用寿命，维护要求等均能被清晰描述。

与钢铁生产系统产生的副产品有关的其他功能，使用ISO14040: 2006中推荐的分配程序进行考虑，如3.6.1节所述。

比较和对比性论断，只能在合适的功能单位下进行，而不能根据声明单位进行。

3.3 系统边界

LCI研究的系统界限至少应包括从地球上开采原材料（即摇篮）到钢材生产完成准备从钢厂运输成品（即大门）的所有生产步骤。

“大门到大门”的模型由钢铁生产工序（工序链）和各辅助生产工序构成。模型中包括了各生产工序必要的投入产出，如物料、能源介质、排放、固体废弃物和副产品，以及各辅助工序，如锅炉、空压机、废水处理等。“从摇篮到大门”包含了“大门到大门”以及相关上游过程（原材料输入）和替代过程、废弃物处理等。如图1所示。

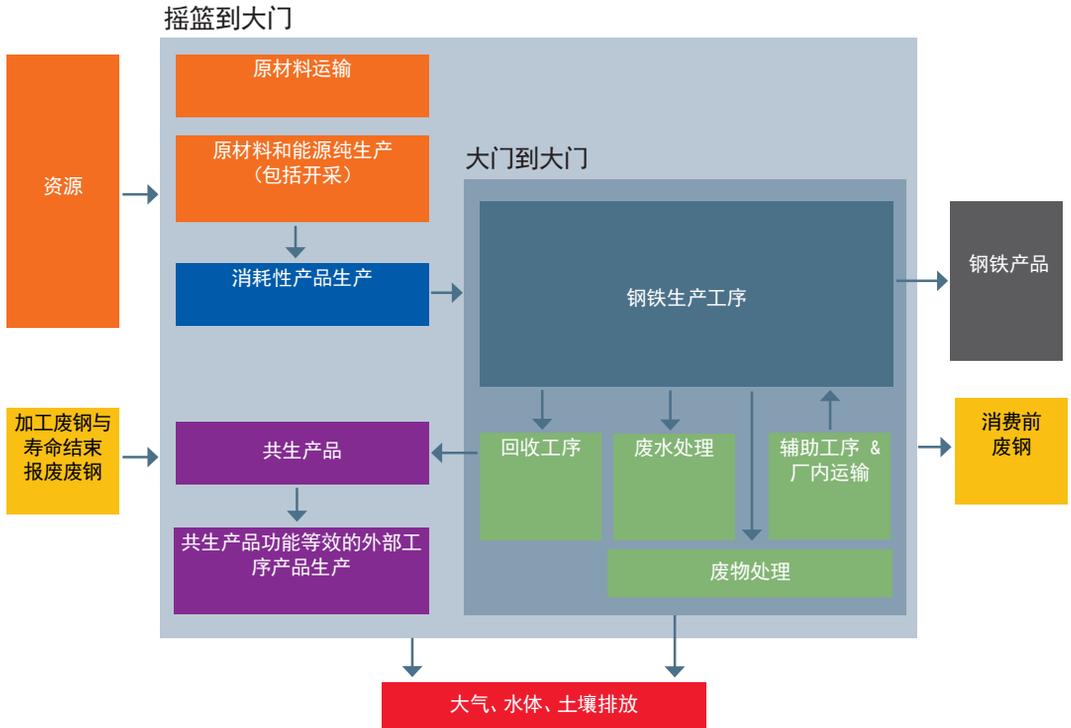


图 1：从摇篮到大门的系统边界

“从摇篮到大门包含废钢循环”的LCI研究，考虑了“从摇篮到大门”以及炼钢工序使用废钢的环境影响和最终产品废弃产生的废钢循环在特定回收率下的环境收益。使用废钢的环境影响和回收废钢的环境收益，可分别计算，也可以按净使用量或产出量进行抵扣计算。“从摇篮到大门包含废钢循环”不包括下游最终产品的制造或使用。如图2所示。

使用世界钢铁协会的数据集进行LCI研究时，必须检查系统边界，以确保下游产品的废钢循环不会被重复计算。

钢铁LCI数据不应包含以下内容：固定资产，研发，商务旅行，调试和退役，维修和保养，清洁和法律服务，市场营销，行政办公室的运作等。数据应代表正常和非正常的工序操作和维护期，但不包括事故，泄漏和类似事件。

高炉-转炉工艺和电炉工艺是典型的钢铁生产流程，如附录1所示。

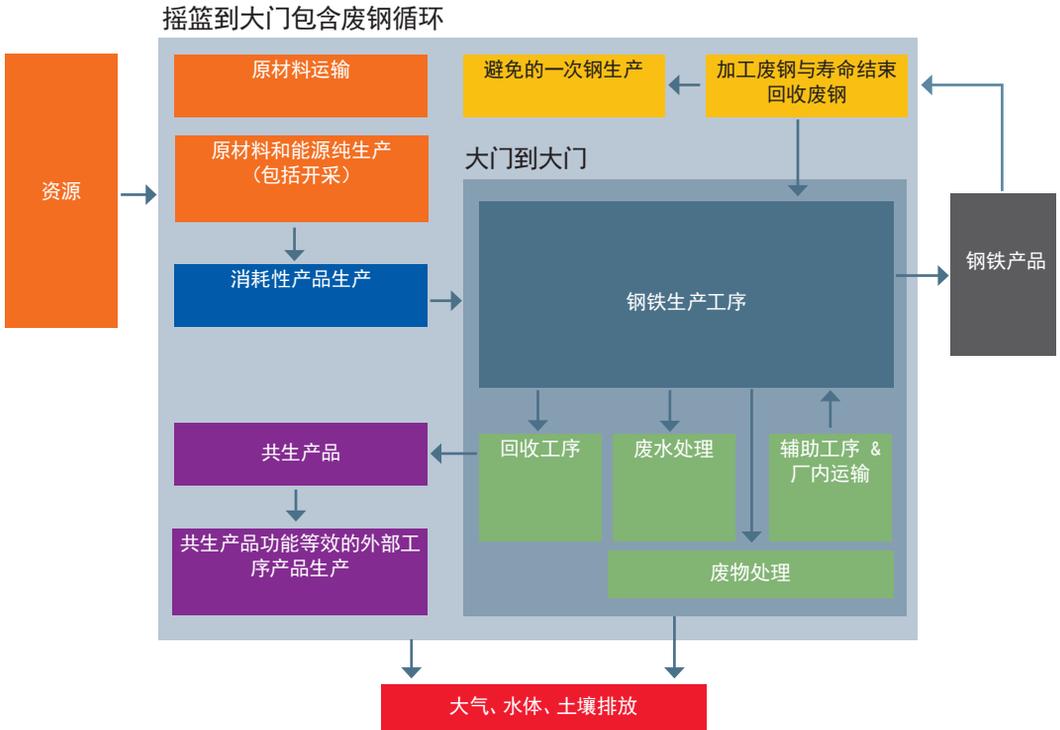


图 2：从摇篮到大门包含废钢循环的系统边界

如图1和图2所示，系统边界必须包括钢铁厂的生产 and 投入的原材料、能源和其它耗材（内部运输用柴油，氧气，氮气等）的生产和运输。在“大门到大门”的边界内，运输指的是在钢铁厂内部的物料运输。在“摇篮到大门”的边界内，运输指的是原材料从产地运输到钢铁厂。

钢铁工业副产品的回收和使用发生在钢铁厂外部的，采用系统扩展法（参见ISO14044：2006的4.3.4.2节）进行计算，详见3.6.1节。

外部供应的废钢通常来自加工商、设备商、废钢经销商和市政废钢等，主要分为制造或加工过程废钢和寿命结束报废废钢。

图2显示，“从摇篮到大门包含废钢循环”的数据中，包括了炼钢过程使用废钢的上游负荷，以及最终产品使用寿命结束时回收废钢的环境收益。上游负荷和回收收益计算见3.6.2节。

3.3.1 技术覆盖面

钢铁生产主要有两种工艺：高炉-转炉工艺和电炉工艺。不包括平炉工艺、铸造和不锈钢生产。

应明确规定研究所用的相关炼钢技术。数据集中同时包含多种技术时，应按产量进行加权平均，加权计算规则应明确定义并说明理由。

3.3.2 地域广度

用于研究的主要数据须具有地理区域生产代表性。

在可能的情况下，过程输入的次级数据应具有物料来源区域的代表性。特别是电力生产必须选择最具有代表性的特定供应商（如果能够比较某一地点的实际电力组成情况）或最合适的地区或国家电网组合。

数据集中同时包含多个生产地点的数据时，应按产量进行加权平均，加权计算规则应明确定义并说明理由。

3.3.3 时间跨度

数据收集覆盖一年的生产运行数据，数据的时间段应明确描述。所选时间段应能代表钢铁生产现状水平。

如果不可避免的要使用较短时间段（最少6个月）的数据，须明确说明，并陈述其合理性。同时必须考虑季节或运行模式变化造成的可预计的数据变化。

在LCI研究中使用的初级数据集不得超过5年。次级数据应该少于十年，除非能证明是持续有效的。

3.4 LCIA影响类别的应用

LCI研究中应尽可能多地包括钢铁生产过程的输入和输出，以便接下来的LCA研究可以考虑更广泛的环境影响类别。关键数据类别收集方法在3.5节中具体讨论。

开展LCA研究时，应该确定环境影响类别。常用的环境影响类别如下所示。采用世界钢铁协会方法学的研究应根据研究的目标和范围确定具体的影响方法并说明理由。ISO要求考虑最先进的方法。

- 全球变暖潜力(GWP)
- 酸化潜力(AP)
- 富营养化潜力(EP)
- 光化学氧化剂生成潜力(POCP) 或烟雾形成潜力
- 不可再生资源耗竭潜力(矿物元素)(ADP)
- 不可再生资源耗竭潜力(化石燃料)(ADP)
- 臭氧耗竭潜力(ODP)

在结果解释或与其它材料进行比较时，应特别注意特征化系数的复杂性，它反映了当地环境条件、物种状况和排放暴露等复杂因素。

归一化，分组和加权等步骤不属于世界钢铁协会方法论的研究目标和范围。如研究需要纳入归一化，分组和/或加权，则需要在对研究的目标和范围进行明确定义。报告单个数据的，其单独的环境影响也应报告。需要注意的是，根据ISO 14044: 2006，对于意在向公众公开旨在支持对比性论断的LCA研究，不应使用加权。

3.5 数据收集

LCI数据应按照ISO 14040: 2006和ISO 14044: 2006中规定的原则收集。本节旨在阐明这些原则在世界钢铁协会方法论中的具体应用。

3.5.1 运输

已知内部运输的环境负荷相对较小。以前的研究案例显示，生产每千克粗钢平均消耗0.001升柴油（用于内部运输），相当于每千克钢产品消耗约0.03MJ的燃料能量。内部运输消耗的柴油应尽可能包括在内，以确保包括所有可获取的数据，并尽可能保守地进行假设。如果单个工序数据未进行测量，则应对第一个粗钢产品或同等产品采用累积数据。

对于外部运输，主要原材料（按吨位）运输到钢铁厂的运输方式和距离应予以记录，因为其环境影响可能是显著的。运输方式包括：

- 铁路（电力和柴油动力）
- 公路
- 海运
- 河运

运输应包括主要原材料如铁矿石、焦炭，球团矿，煤炭，废钢，石灰石，石灰，白云石等，以及钢铁中间产品在不同生产厂之间的运输。这些原材料占钢铁厂总重量输入（工业用水除外）的95%。

对于延伸到下游设备制造的LCI研究，从钢厂大门到设备制造厂大门的运输应包括进来。

对于仅对下游钢铁加工过程进行建模的研究，必须对用作配料材料的钢材进行合理的运输估算。

3.5.2 燃料与能源——上游数据

所有能源输入（如电力，供热燃料，内部运输用柴油），应使用国家/特定地区上游清单或其它合理的清单。

- 与生产厂相关的电网电力生产可能对LCI产生重大影响，特别是在二氧化碳排放以及其它环境问题，如生物多样性和放射性废物等。
- 煤炭数据应尽可能代表实际的煤炭来源。应使用低位发热值（净热值，NCV）。煤炭数据集应考虑从煤矿开采到

3.5.3 原材料和工艺材料——上游数据

钢铁行业以外的过程数据，如上游原料生产或废钢处理，应谨慎选择，以确保高水平的数据质量。在可能的情况下，重要上游过程应使用一手数据，若使用通用数据，应有文档记录说明。

3.5.3.1 废钢回收

当考虑到最终产品寿命结束时钢的可回收性时，描述废钢价值的负荷（废钢的LCI-参见附录2）可用于炼钢过程废钢输入的环境负荷，以及产品寿命终结时废钢回收的环境收益。这使从业人员能够使用“从摇篮到大门包含废钢循环”的数据，不包含最终产品的制造和使用阶段。计算这种负荷和收益的分配程序详见第3.6.2节。

炼钢工序输入的废钢，按ISO 14021: 2016⁹可定义为下述三种来源之一：

- 内部废钢：来自转炉或电炉炼钢工序的废钢，铸造后再回到同一电炉工序或转炉工艺。
- 消费前废钢：在制造过程中产生的废钢，不包括材料再利用，如返工、再研磨或能通过同样工序进行矫正的情况（世界钢铁协会的方法论中，我们称之为内部废钢，参见上文）。消费前废钢包括：
 - 钢厂废钢：钢铁厂炼钢之后的工序产生的废钢（转炉或电炉连铸之后工序的废钢），这些废钢重新返回转炉和电炉工序中。
 - 钢厂外部加工制造过程废钢。
- 消费后废钢：家用或商用、工业和机构设备报废后产生的废钢，不能再用于其预定用途。这包括：
 - 达到使用寿命的产品报废

与ISO 14021: 2016相反，这不包括来自分销链的物料退回。

3.5.3.2 外供中间产品

对于从供应商处购买半成品（在炼钢阶段的连铸产品）进行加工的情况，应尽力将来自供应商的一手数据与来自客户现场的数据联系起来，从而生成具有代表性的LCI。在不知道半成品来源的情况下，应该采取一种保守的假设，根据公认的LCA实践，选择一个区域或全球可用的平均LCI。

3.5.4 大气、水体和土壤排放

在收集现场数据时，所有已知的大气、水体和土壤排放都要加以考虑。由于各厂对排放种类的测量不尽一致，下表列出了必须考虑排放类别，或报告其它合适的替代类别。

	排放类别	排放因子
大气	温室气体	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
	酸性气体	NO _x , SO _x as SO ₂
	有机排放物	挥发性有机化合物VOCs (不包括甲烷)
	金属	Cr, Mn, Pb, Zn
	其它	CO, 粉尘 (总计)
水体	金属	Cr, Fe, Pb, Ni, Zn
	其它	磷化合物、COD、油和悬浮物

表 3-1: 纳入统计的大气、水体排放示例

表3-1列出了钢铁生产各工序的典型排放, 这些排放会对全球变暖潜力、酸化潜力、富营养化潜力等主要环境影响做出贡献。排放与钢铁生产整个过程是相关的, 但是需要按各个工序分别进行处理 (并不是所有的工序都会有上述排放)。应根据报告公司生成最新的排放清单, 并参考最新的欧洲钢铁生产最佳可行技术 (BAT) 参考文件或相关区域的排放参考文献¹⁰。至少有50%的工厂报告了排放, 应包含在清单中, 这表明了技术上的一致性。如有工厂未报告这些排放, 须按已报告工厂的平均值作为其排放量。

关于水体排放, 如果知道进水已被污染, 应从废水处理后排放的水中的污染物量中扣除进水中的污染物量, 因为它们不属于钢铁生成过程排出的污染物。

如果没有钢铁生产各工序的数据, 则应对现场的废水处理收集汇总数据, 并将这些环境负荷直接分配给仅用于后续工序加工的第一道铸坯产品或等同的基础产品。

3.5.5 废物处理

在钢厂内部和外部进行填埋、焚烧的物料归类为固体废弃物。除了有特定模型进行处理的外, 所有固体废弃物均应纳入模型中, 作为一般固体废弃物填埋处理工序。在以前的世界钢铁协会方法中, 这些废弃物处置的环境影响没有得到充分解释⁶。

3.5.6 回收材料

现场回收的材料应被指定为生产工序的输出, 并作为再使用工序的输入。然后在每种钢材产品的模型中计算每种材料的净余额。除了废钢和过程气体, 这些内部回收材料的净余额通常应该很小。

从现场输出用于外部应用的物料称为副产品 (或回收材料)。

有些物料部分是废弃物, 部分是副产品。在这种情况下, 应分类统计相应数据。对于回收材料, 还应记录回收材料的用途。分配程序只适用于有市场需求的副产品。

所有未报告使用情况的回收物料, 应按照上述第3.5.5节的规定作为垃圾填埋处理。这是一

个保守的方法，因为给实际已经回收的材料增加了一个填埋的环境负荷，但实际上是应该有一个环境抵扣收益的。但是这种材料数量一般很少，其最终的目的地信息往往也是不知道的。

在世界钢铁协会以前的方法论中，没有考虑材料回收（未分配到回收过程）的环境影响。

3.5.7 数据质量要求

模型中使用的数据质量应尽可能高。“大门到大门”的生产过程数据应使用一手数据，可能的话，上游和下游数据也尽可能使用一手数据，或使用可靠的外部数据库数据并进行详细记录。

根据ISO 14044: 2006第4.2.3.6节，应满足以下附加标准：

- 数据统计周期应超过1年，应代表研究时间段内的技术水平，数据时间不超过5年。任何不符合上述要求的，应说明其合理性并有文档记录。
- 数据应代表研究目标和范围中确定的地理区域和技术组合，并有文档记录说明。
- 根据工业称重设备的典型精度，除非另有说明，所收集数据的精确度应视为 $\pm 5\%$ 。测量数据是最优的，其次是计算和估计数据。“大门到大门”的一手数据完整性应符合3.5.8节的取舍原则。
- 本方法应一致地用于所有工序和工厂，并且数据应该是可复制的（通过访问站点数据的人员）。信息（数据，模型，假设）的任何不确定性应在必要时记录下来。

应在整个数据收集过程中采取措施确保数据集稳定可靠，具有代表性，并保持合理实际，尽可能无误。

3.5.8 取舍准则

为避免花费大量人力物力统计系统中过于微小的输入输出，制定取舍准则如下：

- 要记录所有的过程阶段的能量输入，包括燃料，电力，蒸汽和压缩空气。
- 每个单元过程中，忽略的物料量不得超过质量、能量或环境排放的1%。
- 系统中被忽略的物料总量，不得超过质量、能量或环境排放的5%。

3.5.9 煤气放散

由于过程煤气供应和需求的变化，以及气体存储装置容量有限，过程煤气有时被送到放散烟囱放空燃烧。由于燃烧后的气体直接排放，因此很难测量其排放量。放散排放的估计值将被纳入LCI中。

放散燃烧没有实现制造或经济效益，其排放完全分配给相应气源模块（如焦炉煤气，高炉煤气和转炉煤气）的功能单位。

3.5.10 数据效验

应通过铁平衡、碳平衡和质量平衡来检查模型中的数据是否完整和准确。应检查结果与钢铁生产实际情况的一致性，有差异的地方应进行说明。其它检查包括单位检查、2个标准偏差异常值检查、数据收集者的说明等。更多细节参考世界钢铁协会的数据验证报告。

3.6 方法论细节信息

3.6.1 共生产品

表3-2列出了焦炉，高炉，转炉和电炉的主要共生产品及其分配方法。钢铁行业选择系统扩展法用于副产品分配方法，下面将进一步详述。 研究报告应包括系统扩展法使用的过程。

工序	主要共生产品	分配方法
焦炉	焦炉煤气	系统扩展
	焦炭 苯 焦油 甲苯 二甲苯 硫	系统扩展
高炉	高炉煤气 铁水 高炉渣	系统扩展
转炉 (BOF)	转炉煤气 粗钢 转炉渣	系统扩展
电炉 (EAF)	粗钢 电炉渣	系统扩展

表 3-2: 钢铁生产共生产品

3.6.1.1 系统扩展法

系统扩展法在ISO14044: 2006的第4.3.4节中被引用，因为它是避免分配的首选方法之一。因此钢铁行业也将其作为首选方法，它提供了最一致的解决方案，避免了其它方法带来的各种问题。它真实地代表了钢铁生产工艺与环境的交互作用，避免了不合理的理论情景。将系统所有输入输出归于主系统功能（例如生产铁水），过程气体（净输出）和炉渣（产品系统边界外使用）因为替代了类似功能的产品，产生的环境收益用于抵扣主产品环境负荷。

使用系统扩展法的难点在于正确地选择功能对等的替代系统。须重点关注副产品的使用，确保所选择的替代系统与实际情况一致，在可能的情况下，通过使用钢铁副产品来抵扣主生产系统的负荷。系统扩展法对研究结果有重大影响的情况下，必须进行敏感性分析。

3.6.1.2 单元过程细分

能源系统细分用于钢铁厂的发电厂和能源分配系统的各种产品（电力，热水，蒸汽，压缩空气和鼓风）。

3.6.1.3 其它可选分配方法

某些LCI或LCA研究标准，例如EPD（产品环境声明），禁止使用系统扩展法，使副产品的LCI可以量化用于其它产品系统的输入项。在这种情况下，可以根据ISO 14044: 2006中4.3.4.2部分所述的建议，采用其它最佳选择，并提供适当的文件证明。例如使用钢铁生产工序中可进行流量分配的物理关系，包括能源（热值，显热，化学反应能量），脉石含量，铁含量等。以这种进行的分配需要对不同分配方法进行敏感性评价。

3.6.2 废钢

钢的可持续性的一个关键特征是其固有的可回收性，且不因回收再利用而降低产品价值。每个LCI研究都须提供回收过程的环境影响和收益信息。考虑到LCA研究中钢铁产品的可回收性，钢铁LCI数据的最终用户可以考虑钢铁生产的所有方面，以及将对未来资源可用性的贡献作为更全面评价的一部分。

在最终产品寿命结束时产生的净废钢量有一个环境收益。净废钢量可由下式确定：

净废钢量 = 报废时回收的废钢量 - 废钢输入量

废钢回收率可表示为最终产品每吨钢回收X吨废钢（通常也用百分比表示）。废钢输入量也应该表示为生产每吨钢输入X吨废钢。使用这个公式，回收再利用的废钢被认为与炼钢输入的废钢是相同的。

这种情况下，废钢输入一般是指净输入，也就是说，不考虑研究系统内的工序中，再循环的、内部的或本工序废钢，即从热轧工序返回到转炉或电炉的废钢不作为热轧卷的外部废钢输入。因此，废钢输入通常被认为是外部或消费后废钢，即所涉及的钢铁产品下游生产过程中产生的废钢：在钢铁厂，加工和制造废钢以及产品寿命结束时的回收废钢。

根据ISO 14044: 2006的第4.3.4.3节，闭环循环法可用于钢铁回收，该章节描述了闭环材料循环的分配程序。

假设电炉和转炉生产工艺所生产的钢材质量相当，并且符合ISO 14044: 2006标准，这种方法也符合EN 15804: 2012 + A1: 2013标准。

“金属行业关于回收原则的声明”¹¹提供了ISO 14044: 2006中所述回收的进一步解释。

“闭环材料循环方法”一般生命周期公式如下所示：

$$1\text{kg钢铁产品的LCI (包含废钢循环)} = X - (RR - S) Y(X_{pr} - X_{re})$$

公式中：

X 指钢铁产品从“摇篮到大门”的生命周期清单

(RR - S) 指系统中产生的净废钢量：

RR 指钢铁产品寿命结束时的废钢回收率，其值取决于研究目标和范围，取值应能证明其合理性。

S 指炼钢工序的废钢输入——炼钢工序中的净废钢用量，不包括内部循环废钢。钢厂中其它工序产生的废钢作为自产废钢来考虑，但不不对产品的任何生产阶段产生影响。

$Y(X_{pr} - X_{re})$ 指废钢的生命周期清单数值：

Y 是利用铁矿石通过高炉-转炉工序生产一次钢的LCI。这是假设废钢输入为0%的转炉工艺生产钢坯的理论LCI结果。

X_{pr} 是利用铁矿石通过高炉-转炉工序生产一次钢的LCI。这是假设废钢输入为0%的转炉工艺生产钢坯的理论LCI结果。

X_{re} 是100%利用废钢的电炉工艺生产的二次钢的LCI。

回收抵扣应单独报告，以最大限度地提高透明度，并评估产品生命周期中何时发生不同的环境影响或收益。此外，循环收益也可以与摇篮到大门的LCI一起以汇总形式报告。

更多信息详见附录2。

3.7 生命周期解释

生命周期解释是根据3.1节的研究目的和范围提供对LCI/LCIA研究结果的说明，主要包括以下方面：

- 重要问题的识别，比如对最终结果或一些环境影响产生主要影响的工序、物料投入等。
- 进行完整性和敏感性评估，以论证系统边界的选取（包含哪些数据，不包含哪些数据）或方法论选择的正确性。
- 关键副产品的分配方法，系统扩展法或其它合理的分配方法对LCI结果影响的敏感性评价。
- 检查研究结论、局限性和建议是否和系统功能、功能单位和系统边界的定义相符。

3.8 鉴定性评审

为确保本方法符合ISO14040: 2006和ISO 14044:2006规定的生命周期评价方法，对本研究进行了专家组鉴定性评审。Matthias Finkbeiner教授、博士根据ISO TS 14071: 2014¹²进行了审核。鉴定性评审声明见附件3。

使用本方法进行的研究，如果要用来支持面向公共的论断，也应该进行严格的审查。

4.附录

附录1:

转炉工艺与电炉工艺钢铁生产流程图

附录2:

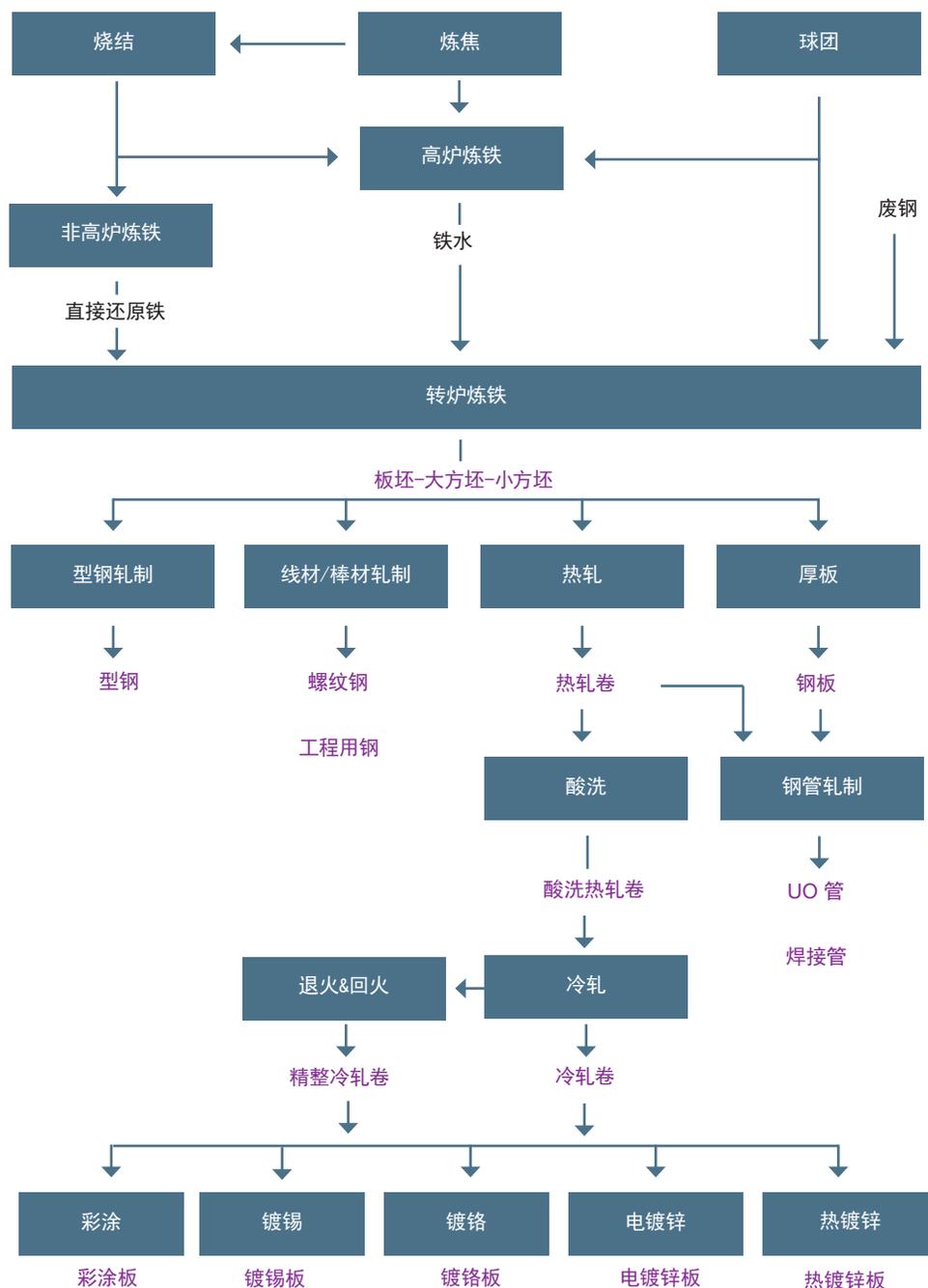
废钢循环方法论介绍

附录 3:

鉴定性评审声明

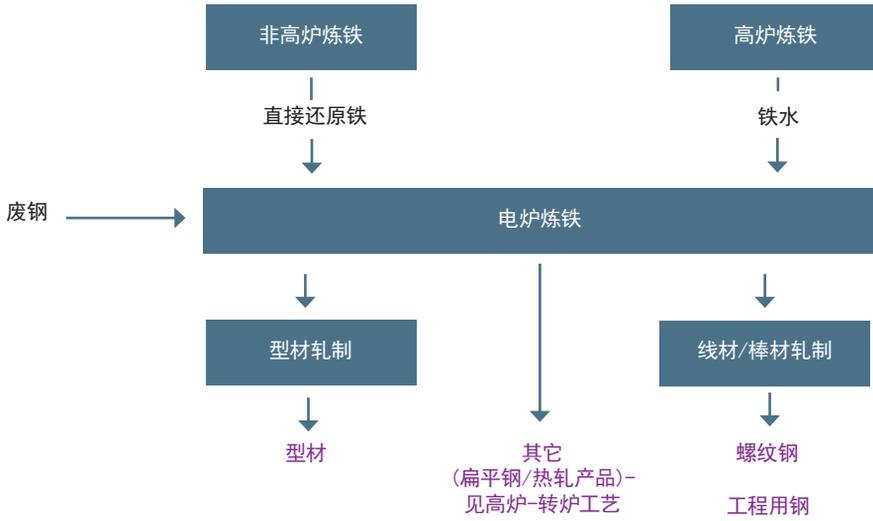
附录1: 转炉工艺与电炉工艺钢铁生产流程图

高炉-转炉工艺



典型的高炉-转炉炼钢工艺流程。工艺流程可以有所不同；未包含所有的工艺。钢铁产品以紫色突出显示。

电炉工艺



典型的高炉-转炉炼钢工艺流程。工艺流程可以有所不同；未包含所有的工艺。钢铁产品以紫色突出显示。

附录 2:废钢循环方法论介绍

A2.1 概述

世界钢铁协会开发的钢铁产品LCI数据库,包含了废钢循环方法学的结果,可帮助LCA从业人员对钢铁产品进行从摇篮到坟墓的全生命周期评价。本附录阐述了世界钢铁协会采用的材料闭环循环回收方法是如何建立的,以及如何使用它来开发包含废钢循环的LCI数据。本附录给出的方法只是推荐性的,也可根据LCA研究的目标和范围,采用其它方法。

A2.2 废钢循环方法的基本原理

世界钢铁协会的LCI数据收集方法学考虑了从摇篮到大门包含废钢循环的方法,废钢循环包含以下过程:

- 炼钢过程中的废钢投入
- 产品系统中废钢的产出(例如废旧建筑与报废汽车中产生的废钢)

在系统同时有废钢投入和产出的情况下,分配程序必须保持一致,因此输入和输出的废钢可进行对称性处理(抵扣)。这是世界钢铁协会方法的一个基本假设。

世界钢铁协会遵循ISO14044:2006制订本方法论中的废钢循环分配程序,区分了开路循环和闭环循环。开路循环用于描述回收材料到新的不同产品中或材料固有属性发生变化的产品系统。闭环循环适用于回收产品可用于生产同样产品类型或材料固有属性不变的产品。材料固有属性不变,也被称为闭环材料循环。

绝大多数回收废钢通过再熔化生产新的钢铁产品,而不会改变钢铁材料基本固有属性,因此钢铁回收可视为闭环循环。ISO14044:2006规定:“在这种情况下,由于使用二次材料取代了使用原生材料,所以可不需要进行分配。”本指南为“闭环材料循环”回收方法学提供了基础,并且是从摇篮到坟墓包括废弃循环全生命周期。

A2.3 废钢循环计算方法

目前关于循环回收的计算有很多不同的方法,引起了持续的讨论。有很多标准或方法以不同方式处理循环回收的问题。相关文献主要包括:

- 世界资源研究所/世界可持续发展工商理事会制订的温室气体协议标准¹³
- PAS 2050 (公共可用规范 2050: 产品和服务生命周期温室气体排放评估规范) 英国标准协会, 碳基金, 英国环境、食品与农村事务部¹⁴
- 欧洲标准EN 15804: 2012: 建筑工程的可持续性。 环境产品声明。 建筑类产品种类规则¹⁵
- ISO / TS 14067: 2013: 温室气体——产品的碳足迹¹⁶
- 欧盟委员会的产品环境足迹指导, 2017¹⁷

- ILCD: 欧盟委员会的国际生命周期数据系统参考手册¹⁸
- ISO 21930: 2017: 建筑的可持续性 – 建筑产品的环境声明¹⁹

目前讨论最多的主要是使用收益法（谁使用谁受益）和回收收益法（谁回收谁受益）两种方法：

- **使用受益法(100-0)**

使用受益法只考虑所研究产品系统内使用的回收材料的环境影响和（或）收益。不同的产品系统之间不存在环境影响的抵扣或分配的情况，金属废料在废弃阶段除了熔炼外没有其它上游环境影响。这也称为回收成分法，因为金属回收的收益只在输入端考虑（视为“无环境负荷材料”），在废弃阶段，无论回收率大小，其回收收益均可忽略。从策略层面上看，这个方法可以促进提高产品系统中回收材料使用率。图A2-1给出了应用使用受益法后生命周期各阶段的环境负荷分布；废钢负荷按其分拣处理过程的环境影响计算，通常可以忽略不计。

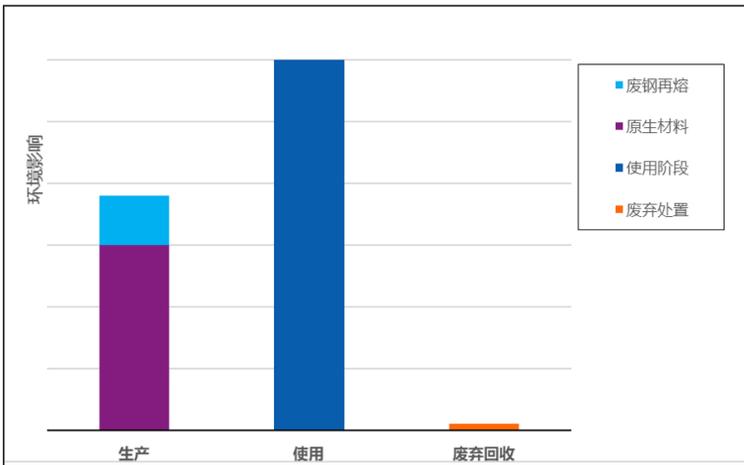
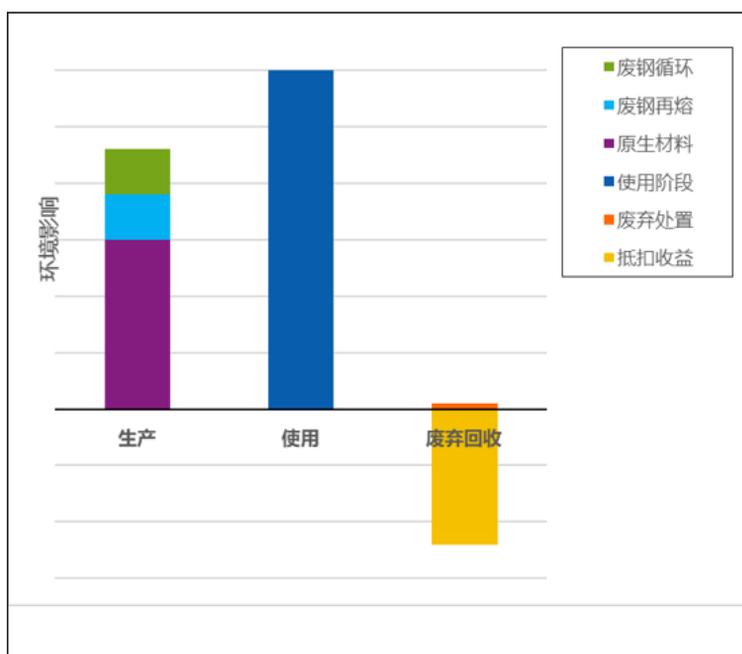


图 A2-1: 使用受益法应用于同时有原生矿和回收废钢输入的产品系统

• 回收收益法(0-100)

回收受益法是针对回收系统的一种整体方法，该方法考虑了不同产品系统的环境影响在不同生命周期阶段的分配与抵扣，而产品系统的环境影响取决于废弃阶段的回收率。考虑此方法的另一个角度是系统扩展，将研究的边界延伸到另一个产品系统。材料在废弃阶段有回收的，产品系统可以根据下一个生命周期系统中原材料耗量的减少来进行环境负荷的抵扣。与之对应的是在使用该回收成分的产品系统中，应增加与上一系统中抵扣量相同的环境负荷。由于回收节省了相同性质的原生材料产量，因此，此方法也称为闭环材料循环法。这种方法适用于废弃产品回收率已知情况，特别是金属，例如钢铁（见A2.5节）。从策略层面上看，这个方法可以促进提高产品系统中回收材料使用率。图A2-2给出了应用使用受益法后生命周期各阶段的环境负荷分布；废钢负荷按其分拣处理过程的环境影响计算，通常可以忽略不计。



A2-2: 使用受益法应用于同时有原生矿和回收废钢输入的产品系统

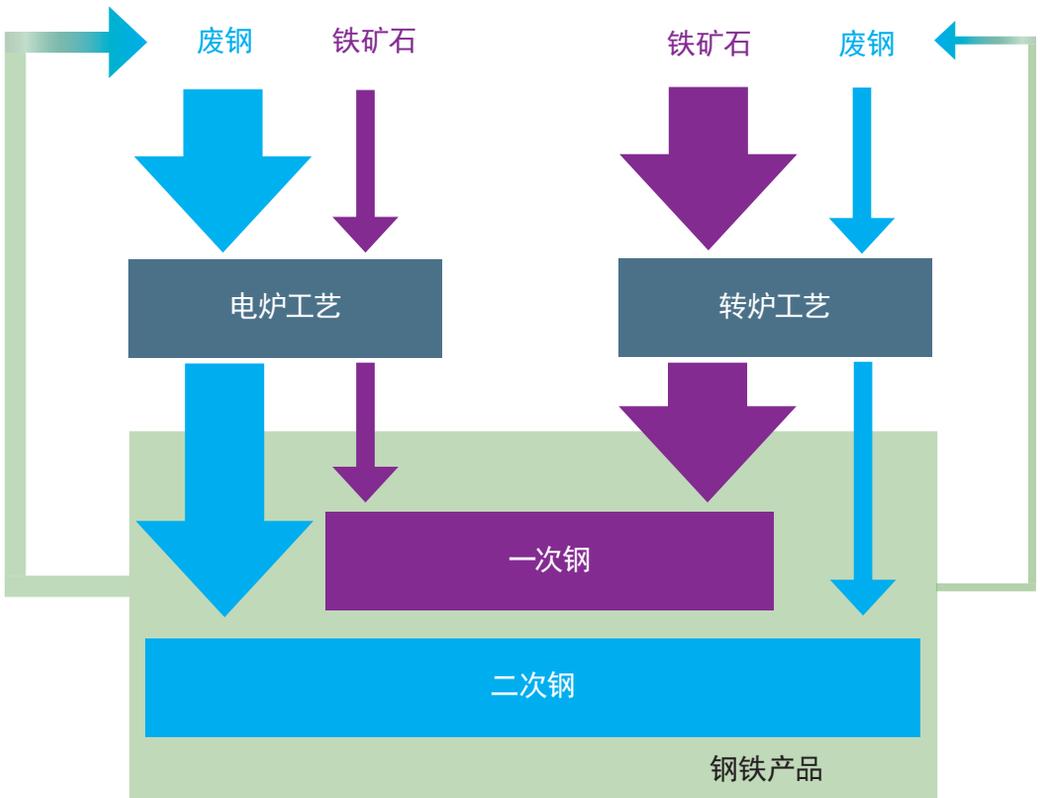
有时候可采用折中的方法，称为对等分配法（即50-50法），是上述两种极端方法的折中：

50:50法介于使用受益法和回收受益法之间。因此，它是一种折中的方法，环境收益既在使用环节，又在回收环节计算。虽然是一种折中办法，但是对于是否更有利于促进废弃回收或更有利于促进使用回收材料不是很明确的情况下，这种方法可以作为系统的解决方案。

《金属工业回收原则宣言》11明确界定使用受益法和回收受益法的区别，并说明了后者得到金属工业支持的原因。

A2.4 废钢循环再利用的生产实践

为了更好地理解闭环循环法的基本原理，首先要了解废钢回收再利用的生产实践。在钢铁制造中，术语“一次炼钢”一般指用铁矿石在高炉中生产生铁（铁水）后再在转炉中炼钢。“二次炼钢”是指废钢炼钢工艺，通常指电炉炼钢，通过废钢再熔炼，将其转化成新钢。但是，这并不是绝对的。转炉工艺中通常使用10-30%废钢作为铁原料输入，电炉工艺也会用铁水做原料。图A2-3显示，电炉工艺和转炉工艺均可以生产一次钢和二次钢。



图A2-3：一次钢与二次钢生产工艺的关系

钢材可100%回收，而且废钢可以转化成同等（或更高/更低）级别的钢，这取决于冶金工艺和回收工艺。一些再生产品（如螺纹钢）只需要较少的生产工序便可完成，而要求较高的工程用钢，则需要对冶金工艺和加工工艺进行严格的控制，以达到更高的等级。产品最终的经济价值并不是由原料中使用的废钢比例决定的，许多高价值产品其废钢使用量都很高，这样的例子很多。有些钢铁产品主要通过一次炼钢工艺生产，其主要原因是这些钢铁产品要求残留元素含量低，而更多的使用一次原材料是达到该目的的最经济方式。多数情况下，残留元素含量低的废钢，市场价格更高，因为其易于回收处理与再利用。

世界对钢铁的需求不断增长,这意味着对废钢有着持续的需求。历史数据显示,目前用废钢生产出的钢材仍不足以满足市场的总需求。这并不是废钢收集力度不够的缘故,因为钢铁产品的回收率已经很高了。

A2.5 闭环材料循环

回收计算方法的选择不仅取决于研究目的和范围,也取决于产品生命周期所采用的材料循环系统。国际钢铁协会方法默认采用闭环材料循环法,理由如下:

1. 废钢具有显著的经济价值,回收的废钢自然会再循环使用。这意味着不需要为回收材料开发需求,因为这个市场已经建立的很好了。
2. 钢铁通过闭环材料循环生产的二次产品和一次产品具有相同的属性。换言之,利用回收材料生产的产品能够替代利用一次原材料生产的产品。
3. 钢铁循环利用的程度取决于废钢回收率,回收受益法可确定不同的回收率在不同地区对不同最终产品类别所产生的环境影响。
4. 废钢的需求量超过了现有废钢的供应量。鉴于钢铁产品寿命长,这个供求缺口将进一步扩大。产品设计时考虑拆卸简易、回收方便,可提高废钢回收率。

采用闭环材料循环法计算时,废钢的回收再利用通常可以进行抵扣(即有环境收益)。当废钢用于生产新的钢铁产品时,废钢将被分配相应的环境负荷。这样可以计算废钢净产生量的环境收益或负荷。根据 ISO 14044:2006的指导原则,分配给废钢的环境收益,与其替代的原产品的环境负荷相等。

对于钢铁,利用废钢生产的产品与原产品相似度最高、并得到认可的产品是铸钢或钢坯。这种情况下,可以认为废钢生产的二次钢(电炉工艺)替代了转炉工艺生产的一次钢。按照此方法,废钢的分配需要考虑与二次炼钢的产出率(=废钢/钢产品)。

世界钢铁协会方法遵循回收受益法,因为它涵盖产品从摇篮到坟墓的整个生命周期,“坟墓”即是熔炼废钢的冶炼炉。

A2.6 世界钢铁协会方法论

以下章节将详细阐述国际钢铁协会关于钢铁生产工艺中废钢利用及生命周期结束废钢产出的计算方法。

A2.6.1 术语定义

下面对几个与钢铁和回收有关的参数进行定义。

主要的术语如下:

- i) 回收率(RR):是指钢铁产品生命周期内废钢回收的比率,其中包括所分析的钢铁产品制造过程产生的废钢。
- ii) 金属产率(Y):是指电炉工艺产率(或效率),等于钢铁产品输出与废钢输入之比(即:

生产1kg的钢需要超过1kg的废钢)。

- iii) 一次钢生产的LCI结果 (X_{pr})：转炉工艺使用100%铁水生产的理论LCI结果，假设废钢输入比例为0%。
- iv) 二次钢LCI结果 (X_{re})：电炉工艺利用100%废钢生产的LCI结果，(假设废钢=100%)。
- v) 这些名词术语中，字母 X可代表LCI的任意因子，例如，天然气、CO₂、水、石灰石等。
- vi) S 指炼钢工艺中制造单位产品消耗的废钢量。

A2.6.2 废钢的生命周期清单

世界钢铁协会的方法假设输入废钢的负荷与回收废钢的收益是相等的，所有的废钢按相同方法处理。实际上，钢铁产品和废钢具有各种不同的等级，但是针对每个等级的钢种都单独进行生命周期清单分析计算是不现实的。

收集产品废弃阶段的废钢，并通过炼钢工艺再生，可以减少一次原生钢的生产。

通常在实际生产中，转炉工艺总是需要加入一些废钢，不存在100%使用原生材料的工艺(零废钢输入)，因此需要计算该理论值(见第A2.6.3节)。

由于废钢需要进行熔融重炼才能成为新钢，因此并非废钢本身取代了一次钢。电炉工艺可以100%利用废钢，当然有些电炉也使用铁水或直接还原铁作为原料输入。

电炉工艺的产率并非100%，即该工艺要生产1kg钢，需要超过1kg的废钢。

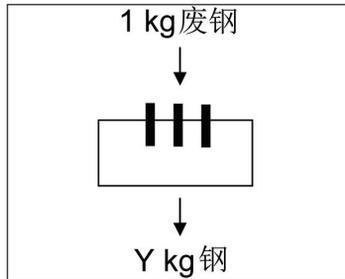


图 A2-4: 电炉炼钢的产率

废钢的LCI，等于利用废钢生产的二次钢所能替代的一次钢(假设零废钢输入)的收益量，减去全废钢生产二次钢的负荷，乘以二次钢生产的产率，以考虑工序损失。

$$ScrapLCI = (X_{pr} - X_{re})Y$$

X_{pr} = 生产一次钢的LCI结果 (X_{pr})，即转炉工艺使用100%铁水生产的理论LCI结果，假设废钢输

入比例为0%。

X_{re} = 生产一次钢的LCI结果 (X_{pr})，即转炉工艺使用100%铁水生产的理论LCI结果，假设废钢输入比例为0%。

字母X可代表LCI的任意因子，例如，天然气、 CO_2 、水、石灰石等。因此，废钢的 CO_2 可按下式计算：

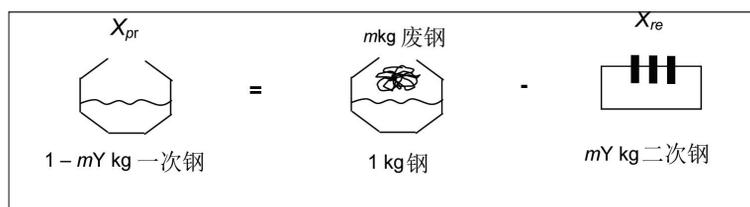
$$CO_2 Scrap = (CO_{2pr} - CO_{2re})Y$$

Y 是电弧炉工艺产率（或效率）（即：生产1kg的钢需要超过1kg的废钢）。

X_{re} 和Y的值均已知，这两个值可以通过国际钢铁协会LCI数据收集工作从钢铁生产厂获得。但是 X_{pr} 的理论值需要计算。

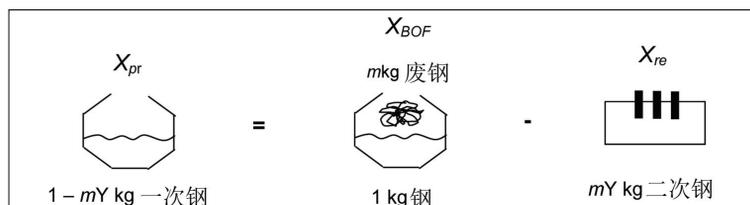
A2.6.3 100% 原材料的一次钢理论值 X_{pr}

该理论值可根据钢坯LCI结果计算，而钢坯由一次钢或转炉工艺产钢制成，国际钢铁协会根据钢铁生产厂提供的实际数据计算。由于生产钢坯的原材料中含有一定的废钢成分，需要将这部分废钢从LCI结果中“剔除”，仅考虑原生钢。



图A2-5: X_{pr} 理论值

需要“剔除”的输入到转炉工序（每生产 1 kg 钢，使用 m kg 废钢）的废钢，如果在电炉中熔炼，可以生产出 mY kg 钢，其中Y 是电炉炼钢的产率。因此，100%一次钢的理论值 X_{pr} ，生产了 $1 - mY$ kg。



图A2-6 X_{pr} 理论值

即:

$$X_{BOF} = (1 - mY)(X_{pr}) + mYX_{re}$$

m = 转炉工序的废钢输入 ($Scrap_{BOF}$) 且 $Y = \frac{1}{Scrap_{re}}$

因此, $mY = \frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}$

从而得出:

$$X_{BOF} = \left(1 - \frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}\right)(X_{pr}) + \left(\frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}\right)X_{re}$$

计算100%一次钢理论值的方程式:

$$X_{pr} = \frac{X_{BOF} - \left(\frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}} X_{re}\right)}{1 - \frac{Scrap_{BOF}}{Scrap_{re}}}$$

这样, 计算 X_{pr} 所需的各数据就可以代入方程了, 可用于计算LCI各项输入和输出因子。

值得注意的是, 如果根据 X_{BOF} 和 X_{re} 的数值, 运用插值法也可以确定 X_{pr} 在废钢输入为零时的理论值。

A2.6.4 废钢LCI环境负荷和抵扣的应用

废钢LCI定义为 $ScrapLCI = (X_{pr} - X_{re})Y$, 用于钢铁产品从摇篮到大门的LCI, 包括废弃阶段。产品废弃阶段回收的废钢可进行相应的抵扣, 取决于回收率 RR 。但是, 废钢用于炼钢工序时需考虑其负荷, 取决于废钢使用率 S 。

因此, 从摇篮到大门 (包括废钢循环) 的产品LCI可按下式计算:

$$LCI_{includingEoL} = X - (RR - S)(X_{pr} - X_{re})Y$$

其中, X表示所研究产品的LCI(摇篮到大门),即包括所有上游过程及钢铁生产过程。

建议将废钢循环收益单独报告,以最大限度地提高透明度,并允许评价产品生命周期中不同的环境影响或收益。回收收益也可以与摇篮到大门LCI一起以汇总的形式报告。

附录3: 鉴定性评审声明

委托方: 世界钢铁协会, 比利时布鲁塞尔

评审专家: Matthias Finkbeiner 教授, 博士, 德国柏林

参考资料:

- ISO 14040 (2006): 环境管理—生命周期评价—原则与框架
- ISO 14044 (2006): 环境管理—生命周期评价—要求与指南
- ISO/TS 14071 (2014): 环境管理—生命周期评价—鉴定性评审流程和审核员资质: ISO 14044-2006的附加要求和指南

鉴定性评审的范围

参考标准的要求和指南适用于LCA研究。这里审核的文档本身并不是一个LCA研究, 而是一个方法指导文件, 旨在钢铁产品的LCA研究中使用。因此, 鉴定性评审范围必须符合这一应用意图。审核者的任务是评估:

- 生命周期评价方法符合国际标准 ISO 14040 和 ISO 14044;
- 生命周期评价方法在科学上和技术上是有效的;
- 在钢铁行业具有技术代表性;
- 生命周期解释能反映确定的局限性和研究目的;
- 研究报告具有透明性和一致性。

本次评审根据 ISO 14044 标准第 6.2 节进行, 因为此类研究不用于意图公布于众的对比性论断。但是, 不排除在本研究进行独立评审的情况下, 数据用于进行对比性论断的研究。审核声明仅对本报告有效, 以2017年9月4日收到的最终版本为准。

生命周期清单模型的分析 and 各数据集的验证不属于本次评审的范围。

评审流程

评审流程由世界钢铁协会和评审专家协调。方法论报告的第一稿于2017年6月7日提交给审核人。审核人在2017年6月底之前向专员提供了36篇有关一般性, 技术性和编辑性的评论。经过个人和电子邮件沟通后, 澄清了部分意见, 世界钢铁协会在2017年8月29日提供了一份根据所有评

论意见更新的方法论报告。本版本的方法论适当采纳了审核反馈意见和协商后的一致意见。对于方法论的最终定稿，审核人只要求做出三个小的澄清。方法论报告的最初版本于2017年9月4日提供。审核人的所有关键问题和大部分建议都进行了全面详尽处理。

审核人认为，在鉴定性评审过程中，不受限制地获得所有要求的信息，以及进行公开和建设性的对话。

总体评价

本方法论报告是世界领先钢铁生产企业共同努力的结果，本研究由全球行业协会——世界钢铁协会组织。目前的方法论报告是第三次更新，本次作为独立的文件发布。方法论与钢铁LCI一起在1995/6的第一次发布。方法论和数据在2000年1月和2011年进行了更新。因此，本方法论已经达到了高度成熟的程度。

决定公布独立于LCI的方法论的主要原因是为了使第三方能够使用本方法论进行研究，并简化未来的世界钢铁协会LCI更新的发布，因为研究报告可以独立于方法论报告生成。根据本方法论更新的世界钢铁协会LCI数据，会生成单独的研究报告。

方法论报告中提供的指导是全面和有据可查的。所选择的方法在全球钢铁生产中具有代表性和适用性。确定的方法范围被认为适用于预期的应用。

结论

本研究遵循 ISO 14040 和 ISO 14044 标准。审核者认为，该方法论对预期的应用来说，总体质量是成熟和高标准的。本方法论的内容综合全面，范围和方法学的选择公开透明。



Matthias Finkbeiner
14 September 2017

参考文献

- ¹ ISO 14044: 2006 – Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines
- ² ISO 14040: 2006 – Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework
- ³ IISI World Steel Life Cycle Inventory Study Report. Brussels 1996
- ⁴ IISI, World Steel Life Cycle Inventory Methodology Report 1999 – 2000. Brussels, October 2002
- ⁵ IISI, World Steel Life Cycle Inventory Methodology Report 2005. Brussels, 2006
- ⁶ World Steel Association Life cycle assessment methodology report, Brussels, 2011
- ⁷ Product description for steel products available from worldsteel website: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:3a47cc15-21c2-4bac-bb3d-876ef332708e/Steel+products+description.pdf>
- ⁸ Product use matrix available from worldsteel website: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:efa1f2d6-f1a2-453f-86b7-1e8c804ce6a9/Life+cycle+inventory+for+15+steel+products+classified+by+sector.pdf>
- ⁹ ISO 14021: 2016. Environmental labels and declarations -- Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)
- ¹⁰ Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production, 2013
- ¹¹ Atherton, J. (2006). Declaration by the Metals Industry on Recycling Principles. The International Journal of Life Cycle Assessment, 12(1), 59-60. doi: 10.1065/lca2006.11.283.
- ¹² ISO TS 14071: 2014 Environmental Management – Life cycle assessment – Critical review processes and reviewer competencies: Additional requirements and guidelines to ISO 14044: 2006; Geneva
- ¹³ World Resources Institute / World Business Council for Sustainable Development: Corporate Standard and Product Standard developed under the GHG Protocol Initiative, 2011
- ¹⁴ BSI British Standards Institute (2008): PAS 2050 “Specification for the measurement of the embodied greenhouse gas emissions of products and services” on Carbon footprinting. And: BSI British Standards (with DEFRA and Carbon Trust) (2008). Guide to PAS 2050 - How

to assess the carbon footprint of goods and services. ISBN 978-0-580-64636-2.

- ¹⁵ EN 15804: 2012 + A1: 2013: Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products.
- ¹⁶ ISO 14067 ISO/TS 14067: 2013: Greenhouse gases - Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication
- ¹⁷ European Commission Joint Research Centre: Product Environmental Footprint Guidance Document 6.2, 2017
- ¹⁸ European Commission: Joint Research Centre: International Reference Life Cycle Data System Handbook: 2012
- ¹⁹ ISO 21930: 2017: Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products; Geneva



World Steel Association

Avenue de Tervueren 270
1150 Brussels
Belgium

T: +32 2 702 8900
F: +32 2 702 8899
E: steel@worldsteel.org

北京市朝阳区亮马桥路50号
燕莎中心写字楼C413室

T: +86 10 6464 6733
F: +86 10 6464 6744
E: china@worldsteel.org

worldsteel.org

ISBN 978-2-930069-89-0