

湖北顺乐钢铁有限公司
生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋
产品生命周期评价报告

编制单位：武汉智汇元环保科技有限公司

编制日期：2024 年 4 月 28 日



湖北顺乐钢铁有限公司
生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋
产品生命周期评价报告

编制单位：武汉智汇元环保科技有限公司

编制日期：2024 年 4 月 28 日

企业名称	湖北顺乐钢铁有限公司		
企业地址	湖北省咸宁市嘉鱼高铁岭镇白果树村		
统一社会信用代码	91420984MA4985UB0L		
企业性质	有限责任公司		
联系人	郭部长	联系方式（电话、email）	15172737399
评价目的	评价生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋产品的环境影响		
功能单位	生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋		

评价结果：

依据 ISO14040：2006、ISO14044：2006、《绿色设计产品评价技术规范 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（YB/T 4902-2021）等产品生命周期评价相关标准，对湖北顺乐钢铁有限公司生产生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋进行了生命周期评价，评价范围及结果如下所示：

（1）系统边界

评价的系统边界划定“摇篮到大门”，包含原料获取及加工、利废原料获取、所有原料运输和钢筋混凝土用热轧带肋钢筋生产阶段。

（2）评价结果

评价基于 EN 15804 + A2 (adapted) V1.00 方法，采用 Simapro9.5 软件计算生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋的环境负荷影响，分析结果如下：

表 1 生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋 LCA 结果

参数	单位	从摇篮到大门
[AP]酸化	mol H+ eq	3.74E+00
[CC]气候变化	kg CO2 eq	8.50E+02
[ETF]淡水生态毒性	CTUe	2.09E+03
[PM]颗粒物	disease inc.	8.13E-05
[EPM]海洋富营养化	kg N eq	7.93E-01
[EPF]淡水富营养化	kg P eq	1.73E-02
[EPT]陆地富营养化	mol N eq	8.69E+00
[HTC]人体毒性，癌症	CTUh	4.06E-06
[HTNC]人体毒性，非癌症	CTUh	3.62E-06
[IR]电离辐射	kBq U-235 eq	1.15E+01
[LU]土地利用	Pt	7.94E+02
[OD]臭氧消耗	kg CFC11 eq	1.73E-06
[POF]光化学臭氧形成	kg NMVOC eq	2.37E+00
[RUF]化石资源利用	MJ	7.63E+03
[RUMM]矿产和金属资源利用	kg Sb eq	1.98E-05
[WU]水资源利用	m3 depriv.	1.55E+02

(3) 评价建议

基于湖北顺乐钢铁有限公司生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋 LCA 结果，对减少环境影响方面提出以下建议：

1) 通过分析结果可以发现，产品生命周期各阶段中，生产阶段消耗的电力对环境的影响占比最大，建议企业通过工艺改进、采取节能降耗措施，减少生产电力消耗量，降低生产阶段中电力使用产生的排放，以及优先选用绿电降低对环境的影响。

2) 原材料的生产过程中采用的上游原材料以及生产过程原、物料消耗等都会影响本产品生命周期环境影响评价结果，其中废钢、氧气、硅铁的上游生产对环境的影响较大，建议选择对环境影响更少、环境更加友好的废钢、氧气、硅铁作为原材料；

1 目标与范围定义

1.1 目标定义

1.1.1 目的

本 LCA 报告用于评价湖北顺乐钢铁有限公司生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋的环境影响，支撑企业进行产品生命周期评价和 III 型环境声明。由于部分上游原材料数据为背景数据，因此本评价结果仅用于表明所评价产品在现有数据基础情况下的环境影响，不能作为同类产品对比论断依据。

1.1.2 产品信息

评价对象：生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋，具体信息如下：

产品类别：热轧带肋钢筋

形状与形态：条状

型号：Φ8-25mm

1.1.3 功能单位

本报告以 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋为功能单位。

1.1.4 数据代表性

评价报告代表此企业的生产实际情况，时间、地理、技术代表性如下：

(1) 时间代表性：2023 年 3 月 1 日-2023 年 12 月 31 日

(2) 地理代表性：湖北顺乐钢铁有限公司

(3) 技术代表性，包括以下方面：

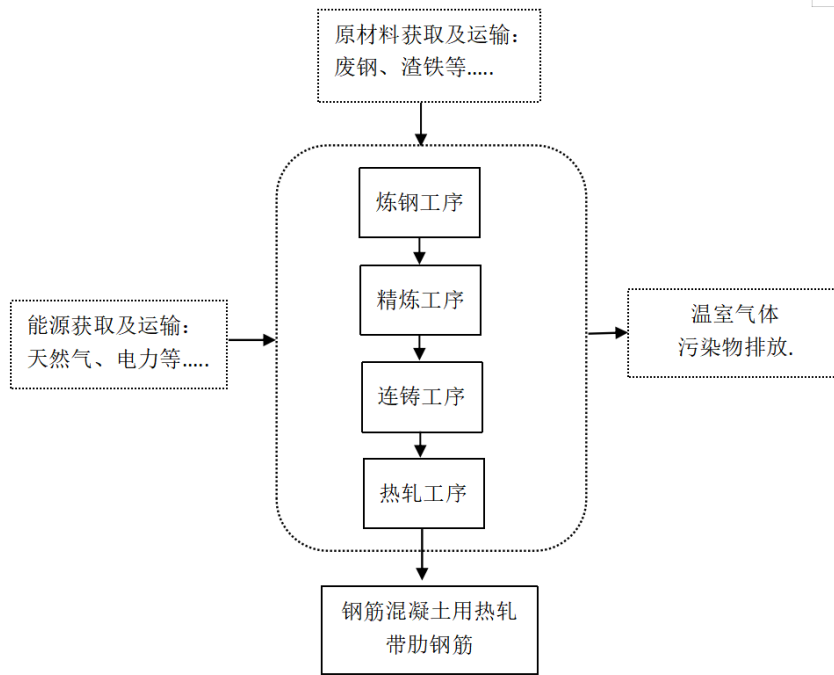
●主要原料：废钢、渣铁、粒子钢、转炉渣、硅锰合金、硅铁、碳粉等。

●主要能耗：电力、天然气、高炉煤气。

1.2 范围定义

1.2.1 系统边界

根据上述的评价目的与范围，确定钢筋混凝土用热轧带肋钢筋制造生命周期过程的系统边界。系统边界包括产品现场制造工艺流程以及上游原辅材料、能源的生产与运输。生命周期评价系统边界示意图如图 1 所示：



1.2.2 数据确认

(1) 数据核算

评价中消耗能源涉及电力、天然气和高炉煤气使用。

对于化石燃料的使用优先采用生产线监测排放数据，没有监测情况下，采用各行业温室气体核算方法进行核算至少二氧化碳的生产排放，核算见式（1）：

$$E_{CO_2} = \sum_i AD_i \times EF_i \times CG_i \times \alpha_i \times 44/12 \quad (1)$$

式中：

E_{CO_2} ：化石燃料燃烧排放 CO_2 总量，单位 tCO_2 ；

i ：化石燃料种类

AD_i ：第 i 种化石燃料的消耗量，单位 t 或 $万 Nm^3$ ；

EF_i ：第 i 种化石燃料的低位发热量，单位 GJ/t 或 $GJ/万 Nm^3$ ；

CG_i ：第 i 种化石燃料的单位热值含碳量 tC/GJ ；

α_i ：第 i 种化石燃料的碳氧化率，单位 %。

(2) 取舍原则：

评价采用的取舍原则以各项原材料投入占产品重量、过程总投入的重量比和对结果的贡献度为依据。具体规则如下：

a)所有的能源输入均需列出，包括使用的含能废弃物。

- b) 生物质燃料使用需单独进行报告；
- c) 应列出主要的原材料及利废原料输入；
- d) 国家或地方相关标准规定的大气、水体、土壤的各种污染物和固体废弃物均需列出；
- e) 任何有毒有害物质均不可忽略；
- f) 忽略的单项物质（能量）流或单元过程对环境影响的贡献均不得超过 1%；
- g) 所有忽略的物质（能量）流与单元过程对环境影响贡献总和不超过 5%。

(3) 分配原则：

对于多输出产品系统，或是废物管理过程和材料生产的回收过程中处理多个废物流的系统需要对产品清单进行分配，在生命周期评价研究中实施清单分配推荐三步执行层次：

第一步：尽可能避免分配，通过细化生产系统和扩展产品系统两种方式达到避免分配的目的；

第二步：无法避免分配时，系统的输入和输出应在不同的产品或功能之间进行划分，分配方法需反映生产流程的基本因果关系，即与生产系统产物变化相对应的过程输入-输出的改变方式；

第三步：在不能单独建立或使用物理关系作为分配基础的情况下，应以反映产品和功能之间其他关系的方式将输入分配给产品和功能。

1.2.3 环境影响类型

评价采用 EN 15804 + A2 (adapted) V1.00 损害评价模型进行计算，选择陆地酸化效应（AP）、气候变化(CC)、颗粒物形成（PM）、人体致癌毒性（HTC）、光化学臭氧形成（POF）、化石能源消耗（RUF）、矿产资源消耗（RUMM）、水资源利用（WU）、土地利用（LU）等 16 项环境影响指标，具体见下表所示。

表 1-1 环境影响类型指标

环境影响类型指标	影响类型指标单位	主要清单物质
[AP]陆地酸化效应	mol H+ eq	二氧化硫，氮氧化物，氨...
[CC]气候变化	kg CO2 eq	CO2,CH4,N5O...
[ETF]淡水生态系统毒性	CTUe	丙烯菊酯，联苯氧化物，丁烯磷...
[PM]颗粒物形成	disease inc.	二氧化碳，甲烷，二溴甲烷...
[EPM]海洋富营养化	kg N eq	亚硝酸盐，二氧化氮，氨...
[EPF]淡水富营养化	kg P eq	磷，磷酸盐...

[EPT]陆地富营养化	mol N eq	二氧化氮, 一氧化氮, 氨...
[HTC]人体致癌毒性	CTUh	恶唑酸, 对甲氧基苯酚, 多氯联苯...
[HTNC]人体非致癌毒性	CTUh	苯酚, 酚酞, 磷...
[IR]电离辐射	kBq U-235 eq	碳, 铅, 钷...
[LU]土地利用	Pt	土地消费量——一年生作物, 永久作物, 城市...
[OD]臭氧层消耗	kg CFC11 eq	氟烷, 溴代甲烷, 一氯二氟甲烷...
[POF]光化学臭氧形成	kg NMVOC eq	三氧化硫, 甲苯, VOC...
[RUF]化石能源消耗	MJ	天然气, 原油, 煤...
[RUMM]矿产资源消耗	kg Sb eq	锌, 镍, 铁...
[WU]水资源利用	m3 depriv.	湖水, 河水, 井水...

1.2.4 数据质量要求

产品生命周期评价中数据质量影响评价结果与生产实际量化结果的差异, 本评价的数据质量评估参考使用 DQR 分析方法。背景数据评价范围覆盖结果影响的 70% 以上的关键数据的数据质量评分宜 < 3 分。数据质量评价体系包括数据来源 (可信程度)、代表性 (完整程度)、时间相关性、地理相关性和技术相关性 5 项评价指标, 并在每项指标中用 5 级分制定义数据质量, 指标平均分表征该项数据数据质量, 并基于分数越低, 质量越好的评分原则进行打分评判。数据质量要求见表 1-2, 数据质量等级见表 1-3。

数据质量评估过程中对于不适用的指标评分为“0”并不参与该项计算, 未知情况数据指标评分为“5”参与该项计算。最终采用蒙特卡洛分析方法对环境影响结果的不确定性表征置信区间。

表1-2 数据质量要求

指标等级 (分值)	1	2	3	4	5
可信程度	监测校验值	部分或未校验的监测值	部分假设的非校验值	合格预测	不合格的预测
完整程度	有代表性、充分周期内市场所有站点活动平稳的值	有代表性、充分周期内 > 50% 市场站点活动水平平稳的值	有代表性但 < 50% 市场站点或 > 50% 市场站点但周期不充分的值	有代表性但只考虑 1 个市场站点或来自多个站点但周期不充分的值	代表性未知或数据来自更少的站点并且来自更短的周期
时间相关性	与研究相差少于 3 年	与研究相差少于 6 年	与研究相差少于 10 年	与研究相差少于 15 年	未知或与研究相差 15 年以上
地理相关性	来自正在研究的区域	来自包含所研究区域的更大区域的平均数	数据来自有类似生产线的区域	数据来自有略微类似生产线的区域	数据来自未知区域或明显不同的区域

技术相关性	来自正在研究的企业、流程和材料	来自不同企业正在研究流程和材料	来自正在研究流程和材料，但来自不同的技术	相关过程或材料的数据	相关过程的数据但是关于不同技术的实验室规模
-------	-----------------	-----------------	----------------------	------------	-----------------------

表 1-3 产品碳足迹数据质量等级表

评价等级	一级	二级	三级	四级	五级
分值区间	≥1~<2	≥2~<3	≥3~<4	≥4~<5	≥5
等级描述	数据质量高	数据质量较高	数据质量一般	数据质量欠佳	数据质量差

1.2.5 软件与数据库

本研究基于 Simapro9.5.0 系统，采用 EN 15804 + A2 (adapted) V1.00 损害评价模型计算生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋产品的环境影响，评价过程涉及背景数据采用国内外公开数据库、相关标准、年鉴和权威论文等，说明和来源见表 1-4：

表 1-4 背景数据说明及来源

清单名称	过程	数据集名称	来源
热轧带肋钢筋	产品产出	/	/
废钢	原材料/物料	Iron scrap, sorted, pressed {RoW} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
渣铁	原材料/物料	Iron scrap, sorted, pressed {RoW} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
粒子钢	原材料/物料	Iron scrap, sorted, pressed {RoW} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
转炉渣	原材料/物料	Blast furnace slag {GLO} blast furnace slag, Recycled Content cut-off Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
硅锰合金	原材料/物料	硅锰	CPCD
硅铁	原材料/物料	Ferrosilicon {CN} ferrosilicon production Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
碳粉	原材料/物料	Hard coal {CN} hard coal mine operation and hard coal preparation Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
氧气	原材料/物料	Oxygen, liquid {RoW} market for oxygen, liquid Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
氮气	原材料/物料	Nitrogen, liquid {RoW} market for nitrogen, liquid Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
氩气	原材料/物料	Argon, liquid {RoW} market for argon, liquid Cut-off, U	Ecoinvent 3.10

生产用水	原材料/物料	Tap water {RoW} market for tap water Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
压缩空气	产品生产	Compressed air, 800 kPa gauge {RoW} compressed air production, 800 kPa gauge, >30kW, average generation Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
天然气	产品生产	Natural gas, high pressure {CN} petroleum and gas production, onshore Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
高炉煤气	产品生产	Blast furnace gas {GLO} blast furnace gas, Recycled Content cut-off Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
电力	产品生产	Electricity, medium voltage {CN} market group for electricity, medium voltage Cut- off, U	Ecoinvent 3.10
氧化铁皮运输	产品生产	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
精炼炉除尘灰 运输	产品生产	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
钢渣运输	产品生产	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
污泥运输	产品生产	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
废机油运输	产品生产	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
废油桶运输	产品生产	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
废空桶运输	产品生产	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
废机油处置	产品生产	Waste mineral oil {RoW} treatment of waste mineral oil, hazardous waste incineration Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
废油桶处置	产品生产	Waste polyvinylchloride {GLO} treatment of waste polyvinylchloride, open burning Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
废空桶处置	产品生产	Waste polyvinylchloride {GLO} treatment of waste polyvinylchloride, open burning Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
颗粒物	产品生产	Particulates, unspecified	Ecoinvent 3.10
二氧化硫	产品生产	Sulfur dioxide, CN	Ecoinvent 3.10

氮氧化物	产品生产	Nitrogen oxides, CN	Ecoinvent 3.10
CO2	产品生产	Carbon dioxide, fossil	Ecoinvent 3.10
废钢运输	原材料/物料运输	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
渣铁运输	原材料/物料运输	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
粒子钢运输	原材料/物料运输	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
转炉渣运输	原材料/物料运输	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
硅锰合金运输	原材料/物料运输	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
硅铁运输	原材料/物料运输	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
碳粉公路运输	原材料/物料运输	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	Ecoinvent 3.10
碳粉水路运输	原材料/物料运输	Transport, freight, inland waterways, barge {RoW} market for transport, freight, inland waterways, barge Cut-off, U	Ecoinvent 3.10

2 清单数据收集及说明

2.1 原材料获取及加工阶段

生产1t钢筋混凝土用热轧带肋钢筋涉及的原材料见下表2-1所示，原材料消耗量来自于原材料出入库记录/发票。

表 2-1 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋的原材料上游数据说明

材料名称	消耗量	单位	数据来源
废钢	1175.65	kg	原材料出入库记录
渣铁	3.53	kg	原材料出入库记录
粒子钢	0.11	kg	原材料出入库记录
转炉渣	3.92	kg	原材料出入库记录
硅锰合金	13.64	kg	原材料出入库记录
硅铁	3.34	kg	原材料出入库记录

碳粉	15.47	kg	原材料出入库记录
氧气	30.51	m ³	《2023 综合消耗》
氮气	21.99	m ³	《2023 综合消耗》
氩气	0.69	m ³	《2023 综合消耗》
生产用水	528.01	Kg	《2023 综合消耗》

2.2 原材料运输阶段

生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋原材料运输数据涉及原辅材料运送到企业的运输方式和距离。运输阶段考虑了废钢等主要外购原料的运输，运输方式以柴油货车公路运输为主。本产品涉及的主要原材料运输数据说明见下表 2-2 所示。

表 2-2 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋的原材料运输说明

名称	活动水平数据	单位	数据来源
废钢	2.35	tkm	采购数据
渣铁	0.01	tkm	采购数据
粒子钢	0.00	tkm	采购数据
转炉渣	0.01	tkm	采购数据
硅锰合金	11.59	tkm	采购数据
硅铁	2.34	tkm	采购数据
碳粉 1	0.02	tkm	采购数据
碳粉 2	2.98	tkm	采购数据

2.3 产品生产阶段

评价产品生产过程中能源消耗为天然气、高炉煤气、和电力，排放源主要为燃料使用排放以及工艺过程粉尘（水体）等物质的逸散和排放，其中能源消耗量数据来自于《2023 综合消耗》，颗粒物等大气排放量来源于检测报告，《固废处理处置情况表》数据，生产过程数据说明见表 2-3。

表 2-3 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋生产过程数据说明

清单名称	活动水平数据	单位	数据来源
电	620.12	kWh/t	《2023 综合消耗》
天然气	2.83	万 m ³ /t	《2023 综合消耗》
压缩空气	47.70	m ³ /t	《2023 综合消耗》
高炉煤气	73.50	万 m ³ /t	《2023 综合消耗》
氮氧化物	75.41	g/t	检测报告
二氧化硫	0.034	g/t	检测报告
颗粒物	0.234	g/t	检测报告
CO ₂	67.77	kg/t	计算值

3 生命周期影响分析

3.1 LCA 结果

评价基于 Simapro9.5.0 软件，使用 EN 15804 + A2 (adapted) V1.00 损害评价计算方法，对生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋产品造成的环境影响进行计算，过程阶段指标结果见表 3-1。

3.2 清单数据灵敏度分析

清单数据灵敏度是指清单数据单位变化率引起的相应指标变化率。通过分析清单数据对各指标的灵敏度，并配合改进潜力评估，从而辨识最有效的改进点。表中罗列了清单对不同环境影响类型的贡献率。灵敏度分析见表 3-2。

表 3-1 生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋 LCA 结果

环境影响类型指标	单位	原材料获取	原料运输	产品生产	综合结果
[AP]酸化	mol H+ eq	6.58E-01	4.53E-03	3.08E+00	3.74E+00
[CC]气候变化	kg CO2 eq	1.29E+02	2.57E+00	7.18E+02	8.50E+02
[ETF]淡水生态毒性	CTUe	5.86E+02	2.19E+00	1.50E+03	2.09E+03
[PM]颗粒物	disease inc.	3.62E-05	1.49E-07	4.49E-05	8.13E-05
[EPM]海洋富营养化	kg N eq	1.56E-01	1.26E-03	6.35E-01	7.93E-01
[EPF]淡水富营养化	kg P eq	4.83E-03	6.00E-06	1.25E-02	1.73E-02
[EPT]陆地富营养化	mol N eq	1.72E+00	1.39E-02	6.96E+00	8.69E+00
[HTC]人体毒性, 癌症	CTUh	2.50E-07	1.95E-10	3.81E-06	4.06E-06
[HTNC]人体毒性, 非癌症	CTUh	5.52E-07	1.64E-08	3.05E-06	3.62E-06
[IR]电离辐射	kBq U-235 eq	3.28E+00	2.34E-03	8.21E+00	1.15E+01
[LU]土地利用	Pt	1.76E+02	1.33E-01	6.18E+02	7.94E+02
[OD]臭氧消耗	kg CFC11 eq	6.69E-07	3.72E-08	1.03E-06	1.73E-06
[POF]光化学臭氧形成	kg NMVOC eq	5.01E-01	7.06E-03	1.86E+00	2.37E+00
[RUF]化石资源利用	MJ	1.78E+03	3.43E+01	5.81E+03	7.63E+03
[RUMM]矿产和金属资源利用	kg Sb eq	5.21E-06	1.49E-07	1.44E-05	1.98E-05
[WU]水资源利用	m3 depriv.	8.98E+01	3.08E-02	6.56E+01	1.55E+02

表 3-2 生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋清单数据灵敏度表

项目	所属过程	AP	CC	ETF	PM	EPM	EPF	EPT	HTC	HTNC	IR	LU	OD	POF	RUF	RUMM	WU
		陆地酸化 效应	气候变化	淡水生态 系统毒性	颗粒物 形成	海洋富 营养化	淡水富 营养化	陆地富 营养化	人体致 癌毒性	人体非致 癌毒性	电离辐射	土地利用	臭氧层 消耗	光化学 臭氧形成	化石 能源消耗	矿产 资源消耗	水资源 利用
单位		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
直接排放	生产阶段	0.01	7.97	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
废钢	原材料获取	4.33	2.73	1.74	4.51	8.00	2.45	7.98	0.08	2.13	3.25	1.44	15.52	8.71	3.87	4.44	0.93
渣铁	原材料获取	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00
粒子钢	原材料获取	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
转炉渣	原材料获取	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硅锰合金	原材料获取	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硅铁	原材料获取	4.39	3.87	15.73	33.01	4.16	4.99	4.18	5.64	4.00	3.35	6.05	3.83	4.17	4.94	5.00	2.40
碳粉	原材料获取	0.72	0.95	4.50	3.56	0.40	4.08	0.40	0.11	0.77	0.05	5.09	0.11	0.51	4.39	0.57	1.18
氧气	原材料获取	6.12	5.66	4.58	2.64	5.40	12.26	5.42	0.24	6.27	16.24	7.17	14.18	5.80	7.58	6.08	29.38
氮气	原材料获取	1.54	1.42	1.16	0.67	1.37	3.07	1.38	0.06	1.58	4.06	1.79	3.60	1.47	1.91	1.54	7.35
氩气	原材料获取	0.38	0.36	0.28	0.15	0.33	0.85	0.33	0.02	0.40	1.41	0.52	1.08	0.36	0.52	0.53	2.03
生产用水	原材料获取	0.08	0.06	0.08	0.04	0.06	0.12	0.06	0.01	0.10	0.18	0.09	0.21	0.07	0.09	8.22	14.49
压缩空气	生产阶段	1.08	1.00	0.81	0.46	0.94	2.17	0.95	0.07	1.10	2.90	1.24	2.53	1.02	1.34	1.36	0.77
天然气	生产阶段	0.03	0.09	0.45	0.01	0.05	0.01	0.04	0.00	0.12	0.03	0.01	0.06	0.29	1.41	0.19	0.01
高炉煤气	生产阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
电力	生产阶段	80.93	68.12	68.38	52.03	78.63	68.52	78.55	2.38	75.79	68.47	76.50	56.06	76.42	73.42	69.45	41.00
氧化铁皮运输	生产阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
精炼炉除尘灰	生产阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
运输	生产阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
钢渣运输	生产阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00
污泥运输	生产阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
废机油运输	生产阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
废油桶运输	生产阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
废空桶运输	生产阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
废机油处置	生产阶段	0.12	6.86	0.19	0.26	0.21	1.45	0.25	0.13	1.79	0.03	0.07	0.60	0.20	0.06	1.84	0.44

废油桶处置	生产阶段	0.12	0.42	1.65	2.04	0.21	0.00	0.21	75.67	4.54	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00
废空桶处置	生产阶段	0.02	0.09	0.34	0.42	0.04	0.00	0.04	15.58	0.94	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
废钢运输	运输阶段	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.30	0.03	0.06	0.11	0.00
渣铁运输	运输阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
粒子钢运输	运输阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
转炉渣运输	运输阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硅锰合金运输	运输阶段	0.06	0.21	0.07	0.13	0.06	0.02	0.06	0.00	0.32	0.01	0.01	1.46	0.16	0.31	0.52	0.01
硅铁运输	运输阶段	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.29	0.03	0.06	0.11	0.00
碳粉公路运输	运输阶段	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
碳粉水路运输	运输阶段	0.03	0.01	0.00	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.07	0.02	0.02	0.00
共计		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

3.3 过程累积贡献分析

对产品生产生命周期各阶段的环境影响指标贡献情况分析，进而挖潜降低产品生产造成的环境负荷。生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋生命周期各环境影响指标贡献情况如下：

陆地酸化效应(AP)：产品生产阶段贡献最大，占 82.30%，其次为原材料获取阶段，占比 17.58%。其中产品生产阶段电力贡献最大，占 80.93%。原材料获取阶段氧气占比最大，占 6.12%。

气候变化(CC)：产品生产阶段贡献最大，占 84.55%，其次为原材料获取阶段，占比 15.15%。其中产品生产阶段电力贡献最大，占 68.12%。原材料获取阶段氧气占比最大，占 5.66%。

淡水生态系统毒性[ETF]：产品生产阶段贡献最大，占 71.82%，其次为原材料获取阶段，占比 28.08%。其中产品生产阶段电力贡献最大，占 68.38%。原材料获取阶段硅铁占比最大，占 15.73%。

颗粒物形成(PM)：产品生产阶段贡献最大，占 55.22%，其次为原材料获取阶段，占比 44.59%。其中产品生产阶段电力贡献最大，占 52.03%。原材料获取阶段硅铁占比最大，占 33.01%。

海洋富营养化(EPM)：产品生产阶段贡献最大，占 80.11%，其次为原材料获取阶段，占比 19.73%。其中产品生产阶段电力贡献最大，占 78.63%。原材料获取阶段废钢占比最大，占 8.0%。

淡水富营养化(EPF)：产品生产阶段贡献最大，占 72.15%，其次为原材料获取阶段，占比 27.82%。其中产品生产阶段电力贡献最大，占 68.52%。原材料获取阶段氧气占比最大，占 12.26%。

陆地富营养化(EPT)：产品生产阶段贡献最大，占 80.05%，其次为原材料获取阶段，占比 19.79%。其中产品生产阶段电力贡献最大，占 78.55%。原材料获取阶段废钢占比最大，占 7.98%。

人体致癌毒性(HTC)：产品生产阶段贡献最大，占 93.84%，其次为原材料获取阶段，占比 6.16%。其中产品生产阶段废油桶处理贡献最大，占 75.67%。原材料获取阶段硅铁占比最大，占 5.64%。

人体非致癌毒性(HTNC): 产品生产阶段贡献最大, 占 84.29%, 其次为原材料获取阶段, 占比 15.26%。其中产品生产阶段电力处理贡献最大, 占 75.79%。原材料获取阶段氧气占比最大, 占 6.27%。

电离辐射(IR): 产品生产阶段贡献最大, 占 71.42%, 其次为原材料获取阶段, 占比 28.56%。其中产品生产阶段电力处理贡献最大, 占 68.47%。原材料获取阶段氧气占比最大, 占 16.24%。

土地利用(LU): 产品生产阶段贡献最大, 占 77.83%, 其次为原材料获取阶段, 占比 22.16%。其中产品生产阶段电力处理贡献最大, 占 76.50%。原材料获取阶段氧气占比最大, 占 7.17%。

臭氧层消耗(OD): 产品生产阶段贡献最大, 占 59.27%, 其次为原材料获取阶段, 占比 38.58%。其中产品生产阶段电力处理贡献最大, 占 56.06%。原材料获取阶段废钢占比最大, 占 15.52%。

光化学臭氧形成(POF): 产品生产阶段贡献最大, 占 78.57%, 其次为原材料获取阶段, 占比 21.13%。其中产品生产阶段电力处理贡献最大, 占 76.42%。原材料获取阶段废钢占比最大, 占 8.71%。

化石能源消耗(RUF): 产品生产阶段贡献最大, 占 76.24%, 其次为原材料获取阶段, 占比 23.31%。其中产品生产阶段电力处理贡献最大, 占 73.42%。原材料获取阶段氧气占比最大, 占 7.58%。

矿产资源消耗(RUMM): 产品生产阶段贡献最大, 占 72.85%, 其次为原材料获取阶段, 占比 26.40%。其中产品生产阶段电力处理贡献最大, 占 69.45%。原材料获取阶段生产用水占比最大, 占 8.22%。

水资源利用(WU): 原材料获取阶段贡献最大, 占 57.76%, 其次为产品生产阶段, 占比 42.22%。其中原材料获取阶段氧气处理贡献最大, 占 29.38%。产品生产阶段电力占比最大, 占 41.00%。

4 生命周期结果解释

4.1 假设与局限性说明

产品进行评价的生命周期清单收集和建立过程中所有原材料的消耗量均来自于企业实际生产数据或基于企业生产情况的合理性估计, 对于企业无法获得

上游原材料生产数据的情况，上游数据可调研采用数据库和相关文献、标准和年鉴等公开数据。

4.2 完整性说明

评价中钢筋混凝土用热轧带肋钢筋大部分原料、能源和运输均采用数据库数据，硅锰合金采用 CPCD 数据。

4.3 数据质量评估结果

根据数据质量需求对选取数据进行质量分析，评估范围为参与计算的所有背景数据。数据质量评估中 DQI 代表数据质量指标等级；DQR 表示数据质量评估结果，反映单项数据质量的高低。DQR 值和数据质量高低成反比，即 DQR 值越低，数据质量越高。

本评价采用单项数据的 DQR 表征各项数据质量评估结果，数据来源于数据库和其他相关指导性文件，评估结果见表 4-1。

表 4-1 产品碳足迹评价数据质量

损害类别	单位	平均数	2.5%	97.5%	SEM
Acidification	mol H+ eq	3.744193961	3.312906496	4.239334897	0.00773679
Climate change	kg CO2 eq	848.5430627	750.470028	978.9181058	1.805811919
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2094.020031	-3113.100051	7092.983459	79.86269269
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0.153497065	0.039112708	0.443032748	0.003338057
Eutrophication, marine	kg N eq	0.823476265	0.699976785	0.992170807	0.002314773
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	8.698432201	7.375854759	10.57540309	0.025147327
Human toxicity, cancer	CTUh	4.09839E-06	7.01825E-07	1.08602E-05	8.43396E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	3.97975E-06	-0.00038643	0.000362025	5.54573E-06
Ionising radiation	kBq U-235 eq	33.34690472	10.97154699	113.8960265	0.993142136
Land use	Pt	796.5404615	352.1739789	1526.485086	9.331063539

Ozone depletion	kg CFC11 eq	1.73155E-06	1.41127E-06	2.22391E-06	7.28631E-09
Particulate matter	disease inc.	8.04134E-05	3.57526E-05	0.000179937	1.30275E-06
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2.373336724	2.025579858	2.870098711	0.00676999
Resource use, fossils	MJ	7500.610313	4195.197852	12999.63598	76.67480594
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1.97534E-05	1.51215E-05	2.55844E-05	8.4438E-08
Water use	m3 depriv.	-1065.175907	-81709.04796	61394.04123	1145.259801

4.4 不确定性分析

报告采用蒙特卡洛模拟数据的不确定对评价结果影响，设置运行 1000 次，终止因子 0.005，得到数据质量不确定性结果以 95%置信区间表示，见表 4-2。

表 4-2 LCA 数据质量不确定性分析结果

环境影响类型指标	影响类型指标单位	LCA 结果	结果上下限 (95%置信区间)
[AP]酸化	mol H+ eq	3.74E+00	[3.31E+00,4.24E+00]
[CC]气候变化	kg CO ₂ eq	8.50E+02	[7.50E+02,9.79E+02]
[ETF]淡水生态毒性	CTUe	2.09E+03	[-3.11E+03,7.09E+03]
[EPF]淡水富营养化	kg P eq	1.73E-02	[3.91E-02,4.43E-01]
[EPM]海洋富营养化	kg N eq	7.93E-01	[7.00E-01,9.92E-01]
[EPT]陆地富营养化	mol N eq	8.69E+00	[7.38E+00,1.06E+01]
[HTC]人体毒性，癌症	CTUh	4.06E-06	[7.02E-07,1.09E-05]
[HTNC]人体毒性，非癌症	CTUh	3.62E-06	[-3.86E-04,3.62E-04]
[IR]电离辐射	kBq U-235 eq	1.15E+01	[1.10E+01,1.14E+02]
[LU]土地利用	Pt	7.94E+02	[3.52E+02,1.53E+03]
[OD]臭氧消耗	kg CFC11 eq	1.73E-06	[1.41E-06,2.22E-06]
[PM]颗粒物	disease inc.	8.13E-05	[3.58E-05,1.80E-04]
[POF]光化学臭氧形成	kg NMVOC eq	2.37E+00	[2.03E+00,2.87E+00]

[RUF]化石资源利用	MJ	7.63E+03	[4.20E+03,1.30E+04]
[RUMM]矿产和金属资源利用	kg Sb eq	1.98E-05	[1.51E-05,2.56E-05]
[WU]水资源利用	m ³ depriv.	1.55E+02	[-8.17E+04,6.14E+04]

4.5 结论与建议

通过对生产 1t 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋的整个生命周期，从原材料生产、运输到产品生产各阶段的资源利用、全球暖化、光化学臭氧形成等环境影响指标的量化、评价和分析，从表 3.1-3.2 的分析结果，可以看出产品生产阶段对各项环境影响指标均较大，原材料获取和加工阶段对各项环境影响指标贡献其次，原材料运输阶段对各项环境影响指标均较小。这些结果可为下一步开展绿色产品设计、生产更加环境友好的生态产品提供依据。

基于以上分析结果，本产品可在以下三个方面进行改进，以进一步减少产品对环境的影响：

1) 通过分析结果可以发现，产品生命周期各阶段中，生产阶段消耗的电力对环境的影响占比最大，建议企业通过工艺改进、采取节能降耗措施，减少生产电力消耗量，降低生产阶段中电力使用产生的排放，以及优先选用绿电降低对环境的影响。

2) 原材料的生产过程中采用的上游原材料以及生产过程原、物料消耗等都会影响本产品生命周期环境影响评价结果，其中废钢、氧气、硅铁的上游生产对环境的影响较大，建议选择对环境影响更少、环境更加友好的废钢、氧气、硅铁作为原材料；

5 参考文献

- [1] 《企业温室气体排放核算与报告填报说明 钢铁生产》
- [2] 《绿色设计产品评价技术规范 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（YB/T 4902-2021）
- [3] 《钢铁产品制造生命周期评价技术规范》GB/T 30052-2013