

无锡市曙光电缆有限公司

电线电缆产品生命周期评价报告

评价单位（公章）：江苏易格尔信息技术有限公司

评价报告签发日期：2023年03月22日



目 录

1. 报告信息.....	1
2. 单位基本信息	1
3. 目的.....	2
4. 目标与范围定义	2
4.1. 目标定义.....	2
4.1.1. 产品信息.....	2
4.1.2. 功能单位与基准流	2
4.1.3. 数据代表性	2
4.2. 范围定义.....	2
4.2.1. 统边界.....	2
4.2.2. 取舍原则.....	3
4.2.3. 环境影响类型	3
4.2.4. 数据质量要求	4
4.2.5. 软件与数据库	5
5. 数据收集.....	6
5.1. 联聚乙烯绝缘高压电力电缆	6
6. 生命周期影响分析	8
6.1. LCA 结果	8
6.2. 过程累积贡献分析	8
6.3. 影响评价.....	9
6.3.1. 影响类型.....	9
6.3.2. 清单因子归类	9
6.3.3. 分类评价.....	10
7. 生命周期解释	15
7.1. 假设与局限性说明	15
7.2. 完整性说明	15
7.3. 结论与建议	15

1. 报告信息

评价单位	江苏易格尔信息技术有限公司	编号	LCA2023SGDL
编制人员	徐佳融	日期	2023.3.22
审核人员	佟海英	日期	2023.3.22

2. 被评价单位基本信息

企业名称	无锡市曙光电缆有限公司		
通讯地址	江苏省无锡市宜兴市官林镇都山村曙光路7号		
单位性质	内资（ <input type="checkbox"/> 国有 <input type="checkbox"/> 集体 <input checked="" type="checkbox"/> 民营） <input type="checkbox"/> 中外合资 <input type="checkbox"/> 港澳台 <input type="checkbox"/> 外商独资		
统一社会信用代码	91320282714070844H		
注册资本	30777 万		
成立日期	1992 年 1 月 29 日	有效期	2024 年 12 月 31 日
法定代表人	王晓敏		
联系人	张卫忠	联系电话	13901535571
产品名称/型号	YJLW03-Z 64/110KV 1×800mm ²		

3. 目的

交联聚乙烯绝缘高压电力电缆原料的保存、生产、运输、出售到最终废弃处理的过程中对环境造成的影响，通过评价交联聚乙烯绝缘高压电力电缆全生命周期的环境影响大小，提出电力电缆绿色化改进方案，从而大幅提升电力电缆的环境友好性。

4. 目标与范围定义

4.1. 目标定义

4.1.1. 产品信息

本报告的研究对象为：交联聚乙烯绝缘高压电力电缆，具体信息如下：

规格型号：YJLW03-Z 64/110KV 1×800mm²

4.1.2. 功能单位与基准流

本报告功能单位为生产 1km 符合质量要求的交联聚乙烯绝缘高压电力电缆。

4.1.3. 数据代表性

报告代表企业 LCA-代表此企业及供应链水平（采用实际生产数据），时间、地理、技术代表性如下：

- (1) 时间代表性：2022
- (2) 地理代表性：中国
- (3) 技术代表性，包括以下方面：
 - 主要原料：铜杆、化学交联料
 - 主要能耗：电力

4.2. 范围定义

4.2.1. 系统边界

交联聚乙烯绝缘高压电力电缆产品的系统边界包括交联聚乙烯绝缘高压电力电缆生产阶段。根据交联聚乙烯绝缘高压电力电缆产品生产的实际情况，产品评价的系统边界如图所示，对于大气、水体和土壤的排放物和废弃物的排放点为产品生产系统与外界(环境)的接口。

4.2.2. 取舍原则

本研究采用的取舍规则以各项原材料投入占产品重量或过程总投入的重量比为依据。具体规则如下：

- 能源的所有输入均列出；
- 资源的所有输入均列出；
- 辅助材料质量小于原料总耗 0.1% 的项目输入可以忽略；
- 大气、水体和土壤的各种排放物和废弃物均列出；
- 取舍原则不适用于有毒有害物质，任何有毒有害的材料和物质均应包含于清单中；
- 应该对数据清单中难以获得的数据及其替代数据进行解释说明和敏感性分析；
- 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；
- 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

4.2.3. 环境影响类型

本研究选择了 6 种环境影响类型指标进行了计算，分别为气候变化、水体富营养化、酸雨、光化学氧化作用、臭氧消耗和初级能源消耗等。

表 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
气候变化	kg CO ₂ eq.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O...
初级能源消耗	MJ	硬煤, 褐煤, 天然气...
酸化	kg SO ₂ eq.	SO ₂ , NO _x , NH ₃ ...
富营养化-淡水	kg PO ₄ ³⁻ eq.	NH ₃ , NH ₄ -N, COD...
臭氧层消耗	kg CFC-11 eq.	CCl ₄ , C ₂ H ₃ Cl ₃ , CH ₃ Br...
光化学臭氧合成	kg NMVOC eq.	C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ ...

注：eq 是 equivalent 的缩写，意为当量。例如气候变化指标是以 CO₂ 为基准物质，其他各种温室气体按温室效应的强弱都有各自的 CO₂ 当量因子，因此产品生命周期的各种温室气体排放量可以各自乘以当量因子，累加得到气候变化指标总量（通常也称为产品碳足迹，Product Carbon Footprint, PCF），其单位为 kg CO₂ eq.。

4.2.4. 数据质量要求

数据质量代表 LCA 研究的目标代表性与数据实际代表性之间的差异，本报告的数据质量评估方法采用 CLCD 方法。

CLCD 方法对模型中的消耗与排放清单数据，从①清单数据来源与算法、②时间代表性、③地理代表性、④技术代表性等四个方面进行评估，并对关联背景数据库的消耗，评估其与上游背景过程匹配的不确定度。完成清单不确定度评估后，采用解析公式法计算不确定度传递与累积，得到 LCA 结果的不确定度。

数据质量评估的目的是判断 LCA 结果和结论的可信度，并指出提高数据质量的关键因素。本研究数据质量可从四个方面进行管控和评估，即代表性、完整性、可靠性、一致性。

- 1) 数据代表性：包括地理代表性、时间代表性、技术代表性三个方面。
 - 地理代表性：说明数据代表的国家或特定区域，这与研究结论的适用性密切相关。
 - 时间代表性：应优先选取与研究基准年接近的企业、文献和背景数据库数据。
 - 技术代表性：应描述生产技术的实际代表性。
- 2) 数据完整性：包括产品模型完整性和数据库完整性两个方面。
 - 模型完整性：依据系统边界的定义和数据取舍准则，产品生命周期模型需包含所有主要过程。产品生命周期模型尽量反映产品生产的实际情况，对于重要的原辅料（对某一环境影响指标超过 5% 的物料）应尽量调查其生产过程；在无法获得实际生产过程数据的情况下，可采用背景数据，但需对背景数据来源及采用依据进行详细说明。未能调查的重要原辅料需在报告中解释和说明。
 - 背景数据库完整性：背景数据库一般至少包含一个国家或地区的数百种主要能源、基础原材料、化学品的开采、制造和运输过程，以保证背景数据库自身的完整性。
- 3) 可靠性：包括实景数据可靠性、背景数据可靠性、数据库可靠性。

- 实景数据可靠性：对于主要的原辅料消耗、能源消耗和运输数据应尽量采用企业实际生产记录数据，环境排放数据应优先选用环境监测报告数据。所有数据将被详细记录从相关的数据源和数据处理算法。采用经验估算或文献调研所获取的数据应在报告中解释和说明。
- 背景数据可靠性：重要物料和能耗的上游生产过程数据优先选择代表原产地国家、相同生产技术的公开基础数据库，数据的年限优先选择近年数据。在没有符合要求的背景数据的情况下，可以选择代表其他国家、代表其他技术的数据作为替代，并应在报告中解释和说明。
- 数据库可靠性：背景数据库需采用来自本国或本地区的统计数据、调查数据和文献资料，以反映该国家或地区的能源结构、生产系统特点和平均的生产技术水平

4) 一致性

所有实景数据（包括每个过程消耗与排放数据）应采用一致的统计标准，即基于相同产品产出、相同过程边界、相同数据统计期。若存在不一致的情况，应在报告中解释和说明。

4.2.5. 软件与数据库

本项目采用 SimaPro 软件建立产品生命周期模型并计算分析。数据采用了欧洲 ELCD 数据库，瑞士 Ecoinvent 数据库等的数据库。

SimaPro 是在主要行业、顾问、乃至研究机构 and 大学中，最为广泛使用的生命周期评估（LCA）软件。允许系统、透明地分析及建立复杂生命周期模型。ELCD 数据库由欧盟研究总署(JRC)联合欧洲各行业协会提供，是欧盟政府资助的公共数据库系统，ELCD 中涵盖了欧盟 300 多种大宗能源、原材料、运输的汇总 LCI 数据集，包含各种常见 LCA 清单物质数据，可为生产，使用、废弃的产品的 LCA 研究与分析提供数据支持，是欧盟环境总署和成员国政府机构指定的基础数据库之一。

Ecoinvent 数据库是国际上用户最多的 LCA 数据库之一，包含欧洲及世界多国的 7000 多个单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。

5. 数据收集

5.1. 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆

(1) 过程基本信息

过程名称：交联聚乙烯绝缘高压电力电缆生产

过程边界：包含交联聚乙烯绝缘高压电力电缆原材料/物料使用、能源消耗、包装消耗、污染物排放。

(2) 数据信息

①原料成分和用量清单。

生产过程主要原料为铜杆和交联聚乙烯。

表 2 申请的产品原材料成分、用量及运输清单

材料名称	单位	量	物质成分名称及比例%
铜杆	kg/km	8000	铜 100%
交联聚乙烯	kg/km	2800	聚乙烯树脂 96%；抗氧剂 2%；交联剂 2%
内屏蔽料	kg/km	400	EVA 52%；碳黑 38%；稳定剂 3%；DCP 5%
外屏蔽料	kg/km	400	EVA 52%；碳黑 38%；稳定剂 3%；DCP 5%
半导电阻水带/缓冲带	kg/km	220	无纺布 50%；碳黑 30%；高分子吸收树脂 20%
金属护套	kg/km	1800	99.6% 铝
外护套（PVC）	kg/km	1600	树脂粉 50%；增塑剂 25%；钙粉 50%
外护套（PE）	kg/km	1300	聚乙烯 96%；石母 2%；助剂 2%
石墨	kg/km	5	碳黑 100%

②生产过程清单：

生产过程主要消耗为电力。

表 3 产品生产过程能源消耗清单

能耗种类	单位	量	生产过程	来源
电	kWh/t	345	能源	电网

③运输过程清单：

原料运输过程主要包括陆运。

表 4 原料运输过程清单

运输对象/零部件名称	运输距离 (公里/km)	运输工具	燃料类型
铜杆运输	20	汽运	柴油
交联聚乙烯运输	200	汽运	柴油
内屏蔽料运输	200	汽运	柴油
外屏蔽料运输	200	汽运	柴油
半导电阻水带/缓冲带运输	250	汽运	柴油
金属护套运输	500	汽运	柴油
外护套 (PVC) 运输	200	汽运	柴油
外护套 (PE) 运输	250	汽运	柴油
石墨运输	200	汽运	柴油

④产品包装清单：

产品包装主要包括铁和包装膜。

表 5 产品包装过程清单

类别		原材料部件名称	质量 (kg/km)
包装和其他材料	包装	铁	30
		包装膜 (PVC)	0.9

⑤污染物排放清单：

企业生产过程中不产生废水，吨产品废气产生对环境影响小于 1%，忽略。

(3) 数据代表性

主要数据来源：代表企业及供应链实际数据

企业名称：无锡市曙光电缆有限公司

产地：中国

基准年：2022

6. 生命周期影响分析

6.1. LCA结果

在 SimaPro 软件上建模计算得交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚烯烃护套无卤低烟阻燃 C 类电力电缆的 LCA 计算结果，计算指标分为 ADPE、ADPF、GWP、ODP、HT、FWAE、MAE、TE、POCP、AP、EP。

表 6. 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆 LCA 结果

ADPE	非生物资源消耗(元素)	kg Sb eq	3.45E+1
	非生物资源消耗(化石燃料)		
ADPF		MJ	1.43E+6
GWP	全球变暖	kg CO2 eq	8.07E+4
ODP	臭氧层损耗	kg CFC-11 eq	4.44E-2
HT	人体毒性	kg 1,4-DB eq	9.94E+5
FWAE	淡水水生生态毒性	kg 1,4-DB eq	4.81E+5
MAE	海洋水生生态毒性	kg 1,4-DB eq	1.35E+9
TE	陆地生态毒性	kg 1,4-DB eq	1.22E+3
POCP	光化学臭氧合成	kg C2H4 eq	1.16E+2
AP	酸化	kg SO2 eq	2.80E+3
EP	富营养化	kg (PO4)3- eq	1.82E+3

6.2. 过程累积贡献分析

过程累积贡献是指该过程直接贡献及其所有上游过程的贡献（即原料消耗所贡献）的累加值。由于过程通常是包含多条清单数据，所以过程贡献分析其实是多项清单数据灵敏度的累积。

表 7. 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆 LCA 累积贡献结果

影响类别	单位	原材料获取和加工	原材料运输	产品生产
ADPE	kg Sb eq	3.45E+01	3.78E-04	6.83E-05
ADPF	MJ	1.43E+06	3.77E+03	2.87E+03
GWP	kg CO2 eq	8.02E+04	2.28E+02	2.52E+02
ODP	kg CFC-11 eq	4.44E-02	4.37E-05	1.28E-05
HT	kg 1,4-DB eq	9.94E+05	7.93E+01	7.16E+01

FWAE	kg 1,4-DB eq	4.81E+05	3.69E+01	7.24E+01
MAE	kg 1,4-DB eq	1.35E+09	6.82E+04	3.21E+05
TE	kg 1,4-DB eq	1.22E+03	3.12E-01	2.58E-01
POCP	kg C2H4 eq	1.16E+02	4.23E-02	5.39E-02
AP	kg SO2 eq	2.80E+03	1.20E+00	1.32E+00
EP	kg (PO4) ³⁻ eq	1.82E+03	2.80E-01	4.95E-01

注：产品包装环节纳入原材料获取和加工阶段

6.3. 影响评价

6.3.1. 影响类型

交联聚乙烯绝缘高压电力电缆产品 LCA 评价的影响类型选用了 5 种环境影响类型指标进行了计算，分别为气候变化、水体富营养化、酸雨、光化学氧化作用、臭氧消耗等。

6.3.2. 清单因子归类

根据清单因子的物理化学性质，将对某影响类型有贡献的因子归到一起。例如，将对气候变化有贡献的二氧化碳、一氧化二氮、甲烷等清单因子归到全球变暖影响类型里面。

表 9 环境影响类型指标归类

环境影响类型指标	主要清单因子
气候变化	CO ₂ , CO, CH ₄ , NO _x 等
水体富营养化	PO ₄ ³⁻ , NO _x , N, COD 等
酸化	SO ₂ , NO _x , H ₃ PO ₄ , NH ₃ 等
光化学氧化作用	CO, NO _x 等
臭氧层消耗	CFC _s 等

6.3.3. 分类评价

(1) 气候变化结果评价:

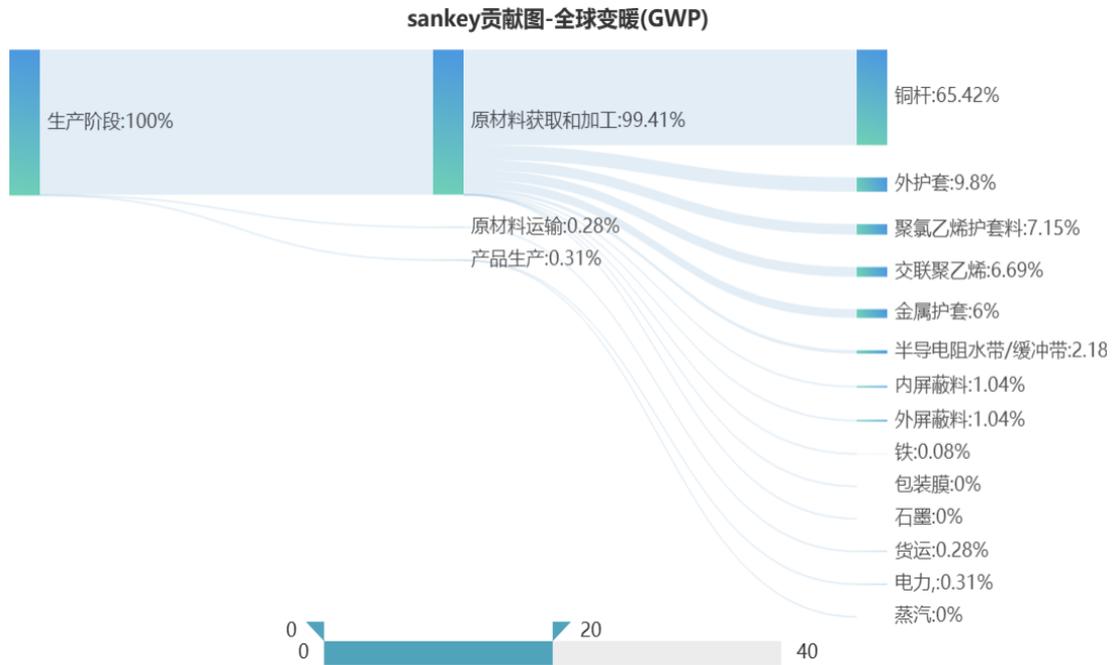


图 2 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆气候变化结果各阶段贡献图

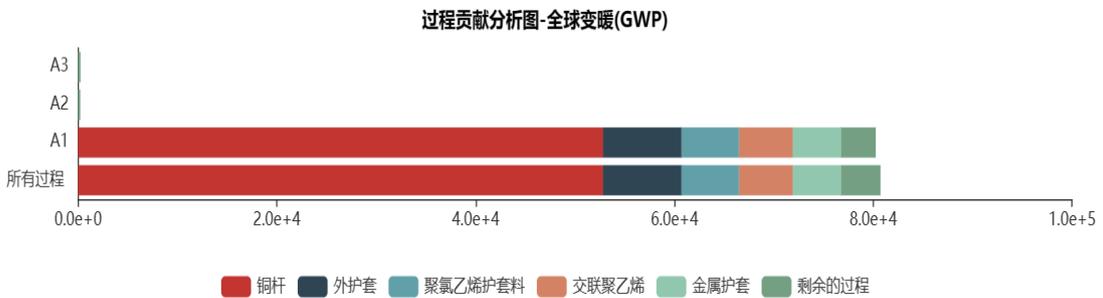


图 3 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆气候变化结果生产各过程贡献柱状图

(忽略贡献小于 0.1%的数据)

(2) 水体富营养化结果评价:

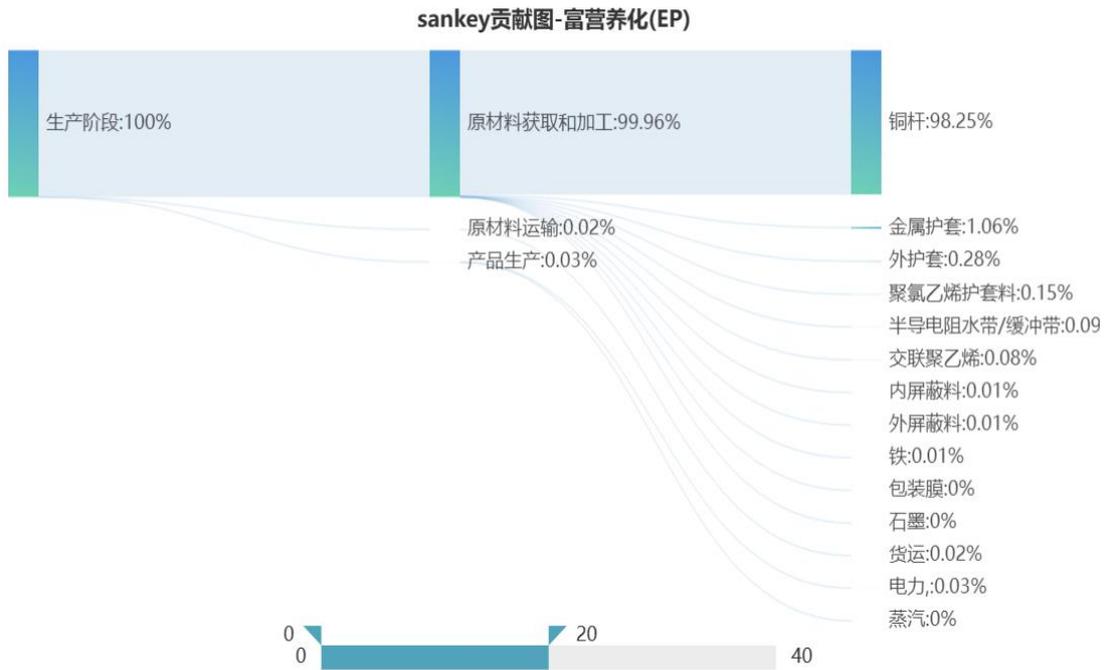


图 4 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆水体富营养化结果各阶段贡献图

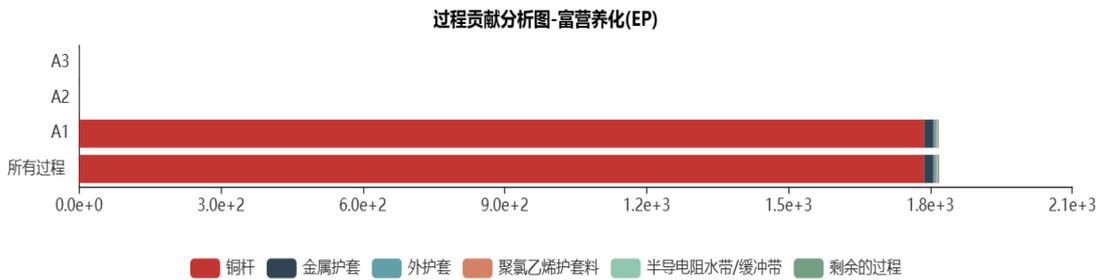


图 5 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆水体富营养化结果生产各过程柱状图

(忽略贡献小于 0.1% 的数据)

(3) 酸雨结果评价:

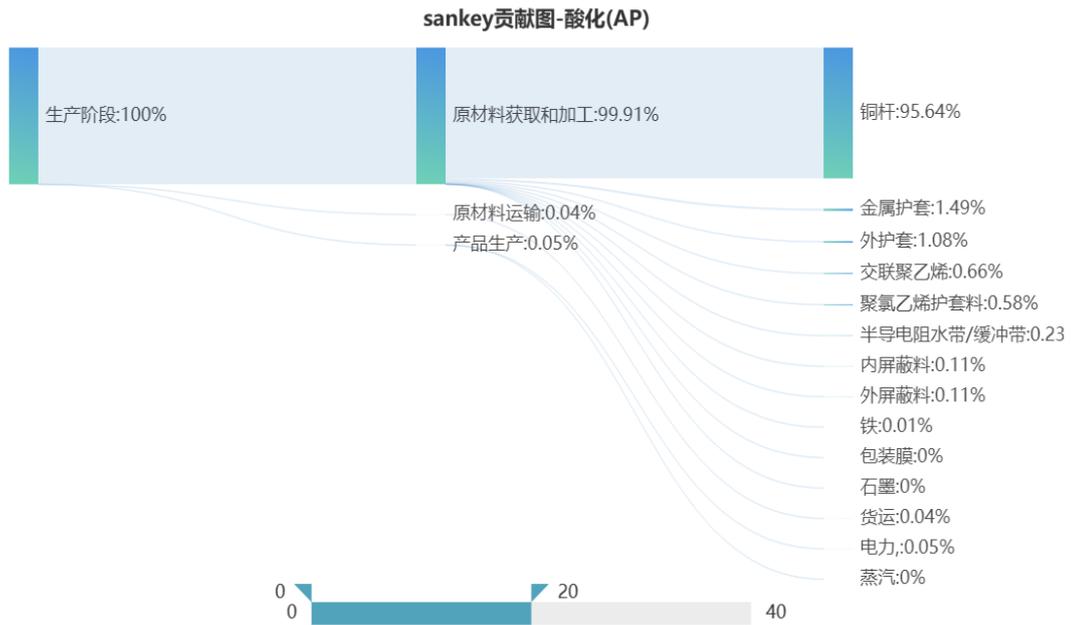


图 6 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆酸化结果各阶段贡献图

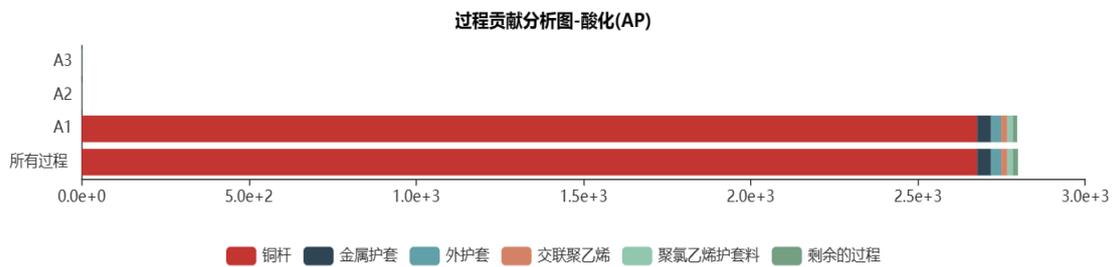


图 7 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆酸化结果结果生产各过程贡献柱状图

(忽略贡献小于 0.1%的数据)

(4) 光化学氧化作用结果评价:

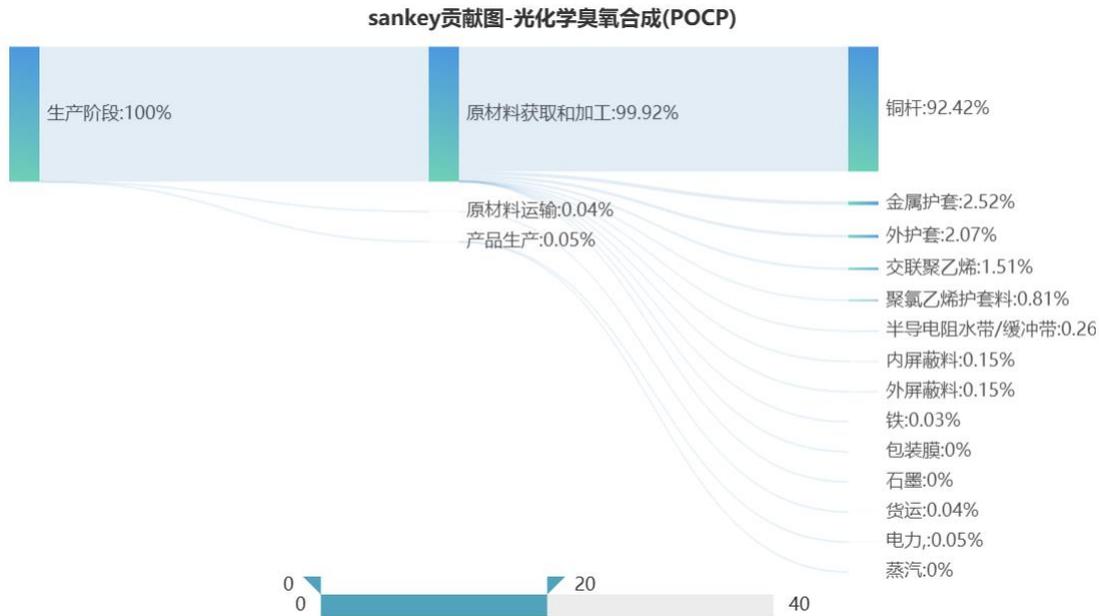


图 8 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆光化学氧化作用结果各阶段贡献柱状图

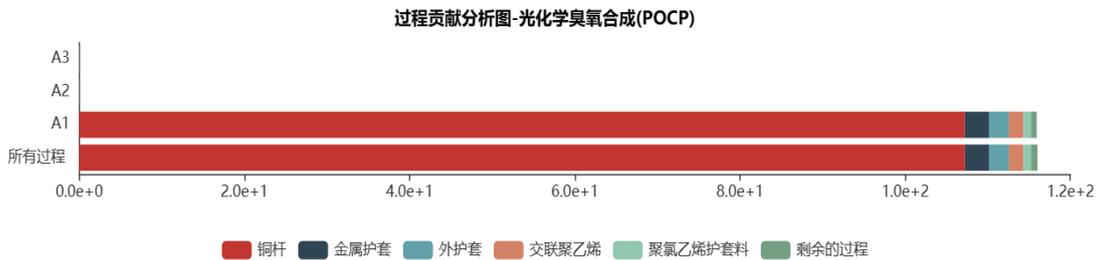


图 9 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆光化学氧化作用结果生产各过程贡献饼图
(忽略贡献小于 0.1%的数据)

(5) 臭氧消耗结果评价:

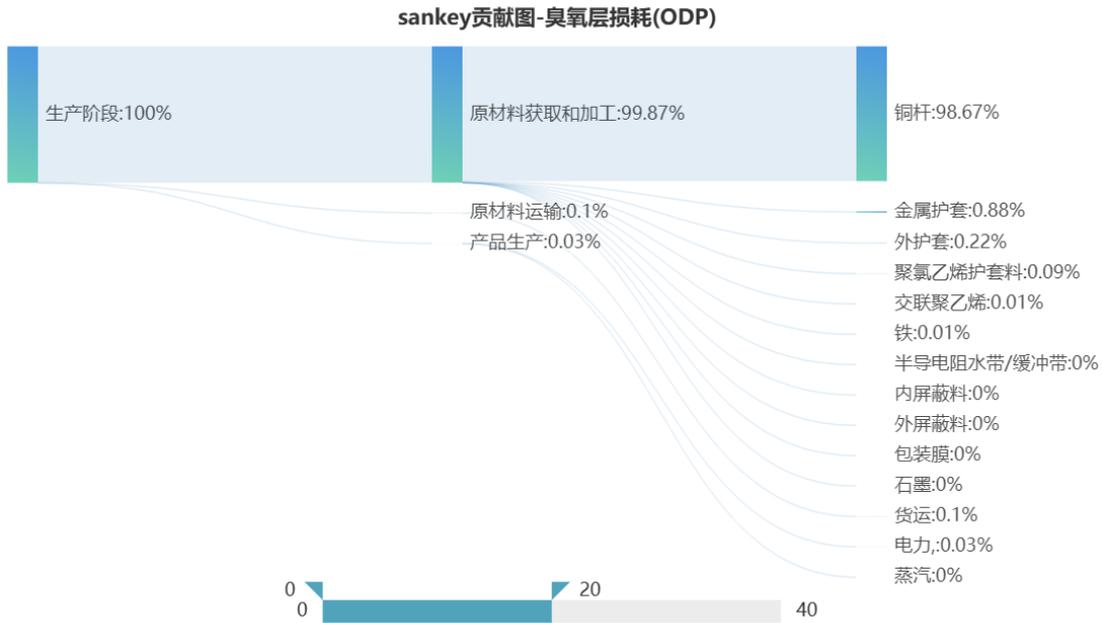


图 10 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆臭氧消耗结果各阶段贡献图

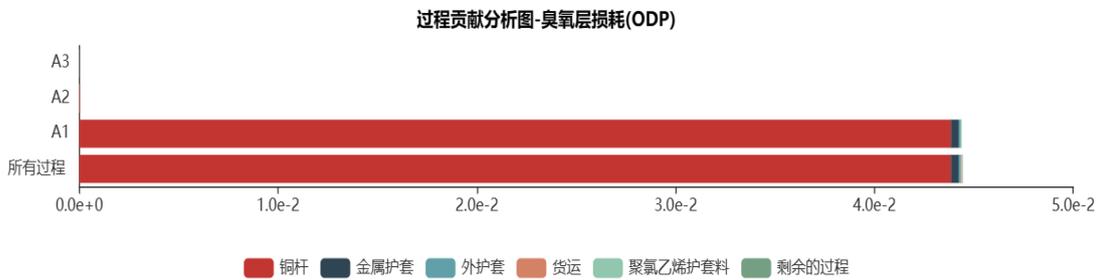


图 11 交联聚乙烯绝缘高压电力电缆臭氧消耗结果生产各过程贡献柱状图

(忽略贡献小于 0.1% 的数据)

7. 生命周期解释

7.1. 假设与局限性说明

本次 LCA 报告的实景数据中生产过程数据来源于企业调研数据，背景数据来自中国生命周期数据库 CLCD、欧盟 ELCD 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库，部分原料生产过程的数据采用文献数据。

由于受供应链管控力度限制，本次研究未调查原材料和辅材的实际生产过程，采用背景数据库，计算结果与实际供应链的环境表现可能存在一定偏差。建议企业在条件允许的情况下，进一步调研供应链的生产过程数据，有助于提高数据质量，为企业在供应链上推动协同改进提供数据支持。

7.2. 完整性说明

(1) 模型完整性

本次报告中产品生命周期模型均原材料/物料使用、能源消耗、运输、使用、废弃等过程，满足本研究对系统边界的定义。

(2) 背景数据库完整性

本研究所使用的背景数据库包括 CLCD-China 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库。CLCD-China 数据库包括中国国内 600 多个大宗的能源、原材料、运输的清单数据集，并仍在不断扩展。欧盟 ELCD 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库包含欧洲及世界多个国家的 7000 多个单元过程数据集以及相应产品的汇总过程数据集。

以上两个背景数据库均包含了主要的过程，满足背景数据库完整性的要求。

7.3. 结论与建议

综合来看，交联聚乙烯绝缘高压电力电缆在气候变化、水体富营养化、酸雨、光化学氧化作用、臭氧消耗和初级能源消耗等方面均有一定的环境影响。

具体的评价结果及改进意见如下：

(1) 气候变化

交联聚乙烯绝缘高压电力电缆产品在气候变化方面的环境影响 $5.28E+4$ kg CO₂ eq，主要是由于铜杆影响，占比 65.42%。

(2) 水体富营养化

交联聚乙烯绝缘高压电力电缆产品在水体富营养化方面的环境影响 $1.79\text{E}+3\text{kg CO}_2\text{ eq}$ ，主要是铜杆影响，占比分别达到 98.25%。

(3) 酸雨

交联聚乙烯绝缘高压电力电缆产品在酸化方面的环境影响 $2.68\text{E}+3\text{ kg CO}_2\text{ eq}$ ，主要是铜杆影响，占比分别达到 95.64%。

(4) 光化学氧化作用

交联聚乙烯绝缘高压电力电缆产品在光化学氧化作用方面的环境影响 $1.07\text{E}+2\text{ kg CO}_2\text{ eq}$ ，主要是铜杆影响，占比分别达到 92.42%。

(5) 臭氧消耗

交联聚乙烯绝缘高压电力电缆产品在臭氧消耗方面的环境影响 $4.39\text{E}-2\text{ kg CO}_2\text{ eq}$ ，主要是前驱体和碳酸锂影响，占比分别达到 98.67%。

(6) 材料的选择

通过对主要原材料的比较，在保证产品的使用性能的基础上，尽可能采用环境影响小的材料，改进产品的设计，减少原料的消耗，提高材料的利用率。

(7) 由于受供应链管控力度限制，本次 LCA 评价未调查原材料和辅材的实际生产过程，采用背景数据库，计算结果与实际供应链的环境表现可能存在一定偏差。建议企业在条件允许的情况下，进一步调研供应链的生产过程数据，有助于提高数据质量，为企业在供应链上推动协同改进提供数据支持。