

海工用电缆碳足迹评价报告

报告编号：2023008

生产单位：中天科技装备电缆有限公司

报告编制：上海励羿建筑科技有限公司

2023年4月28日



目 录

1. 目标与范围定义	3
1.1. 目标定义	3
1.1.1. 产品信息	3
1.1.2. 功能单位与基准流	4
1.1.3. 数据代表性	4
1.2. 范围定义	5
1.2.1. 系统边界	5
1.2.2. 取舍原则	5
1.2.3. 多产品分配	5
1.2.4. 环境影响类型	5
1.2.5. 数据质量要求	6
1.2.6. 软件与数据库	6
2. 数据收集	8
3. 生命周期影响分析	10
3.2 过程累积贡献分析	10
3.3 清单数据灵敏度分析	11
4. 生命周期解释	14
4.1. 假设与局限性说明	14
4.2. 完整性说明	14
4.3. 数据质量评估结果	14
4.4. 结论与建议	15

海工用电缆生命周期评价报告

1. 目标与范围定义

1.1. 目标定义

1.1.1. 产品信息

本研究的研究对象为：海工用电缆，具体信息如下：

型号	电压等级	规格
P101 RFOU/TFOU, P101 RFOU/TFOU-E, P101 RFOU/TFOU-M	0.6/1kV	(1~5)*(1~300)mm ² ; ((2, 3, 4)+1E): (25+16) (35+16) (35+25) (50+25) (70+35) (95+50) (120+70) (150+95) (185+95) (240+120)mm ² ; (7, 10, 12, 14, 16, 19, 24, 27, 30, 37, 44, 48)*(1~4)mm ²
P105 BFOU, P105 BFOU-E, P105 BFOU-M	0,6/1kV	(1~5)*(1~300)mm ² ; ((2, 3, 4)+1E): (25+16) (35+16) (35+25) (50+25) (70+35) (95+50) (120+70) (150+95) (185+95) (240+120)mm ² ; (6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 19 20, 24, 27, 30, 32, 37, 44, 48)*(1~4)mm ²
P110 BU, P110 BU-E, P110 BU-M	0.6/1kV	(1~5)*(1~300)mm ² ; ((2, 3, 4)+1E): (25+16) (35+16) (35+25) (50+25) (70+35) (95+50) (120+70) (150+95) (185+95) (240+120)mm ² ; (7, 10, 12, 14, 16, 19, 24, 27, 30, 37, 44, 48)*(1~4)mm ²
P111 RU, P111 RU-E, P111 RU-M	0.6/1kV	(1~5)*(1~300)mm ² ; ((2, 3, 4)+1E): (25+16) (35+16) (35+25) (50+25) (70+35) (95+50) (120+70) (150+95) (185+95) (240+120)mm ² ; (7, 10, 12, 14, 16, 19, 24, 27, 30, 37, 44, 48)*(1~4)mm ²
P15/P108 UX	0.6/1kV	1*(1.5~300)mm ²
P102 RFOU, P102 RFOU-E, P102 RFOU-M	3.6/6kV	1*(10~400)mm ² ; 3*(10~150)mm ² ; 3*(16~300)+1*(16~150)mm ² ;
P103 RFOU, P103 RFOU-E, P103 RFOU-M	6/10kV	1*(16~400)mm ² ; 3*(16~150)mm ² ; 3*(16~300)+1*(16~150)mm ² ;
P104 RFOU, P104 RFOU-E, P104 RFOU-M	8.7/15 kV	1*(25~400)mm ² ; 3*(25~150)mm ² ; 3*(25~300)+1*(16~150)mm ² ;
P112 RFOU, P112 RFOU-E, P112 RFOU-M	12/20 kV	1*(35~400)mm ² ; 3*(35~150)mm ² ; 3*(35~300)+1*(25~150)mm ² ;
P113 RFOU, P113 RFOU-E, P113 RFOU-M	18/30 kV	1*(50~400)mm ² ; 3*(50~150)mm ² ; 3*(50~300)+1*(25~150)mm ² ;
RFOU-VFD, RFOU-E-VFD, RFOU-M-VFD	3.6/6kV 6/10kV 8.7/15 kV	3*(25~300)+3*(6~50)mm ²

	12/20 kV	3*(35~300)+3*(6~50)mm ²
	18/30 kV	3*(50~300)+3*(10~50)mm ²
P102 TFOU, P102 TFOU-E, P102 TFOU-M	3.6/6kV	1*(10~400)mm ² ;3*(10~150)mm ²
P103 TFOU, P103 TFOU-E, P103 TFOU-M	6/10kV	1*(16~400)mm ² ;3*(16~150)mm ² ;
P104 TFOU, P104 TFOU-E, P104 TFOU-M	8.7/15 kV	1*(25~400)mm ² ;3*(25~150)mm ² ;
P112 TFOU, P112 TFOU-E, P112 TFOU-M,	12/20 kV	1*(35~400)mm ² ;3*(35~150)mm ² ;
P113 TFOU, P113 TFOU-E, P113 TFOU-M	18/30 kV	1*(50~400)mm ² ;3*(50~150)mm ² ;
S101 RFOU (i), S101 RFOU (i)-E, S101 RFOU (i)-M, S102 RFOU (c), S102 RFOU (c)-E, S102 RFOU (c)-M, RFOU (i&c), RFOU (i&c)-E, RFOU (i&c)-M	150/250 V	(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 27, 30, 32, 33, 37)*2*(0.75~2.5)mm ² ; (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 27, 30, 32, 33, 37)*3*(0.75~2.5)mm ² ; 1*4*(0.75~2.5)mm ² ;
S103 BFOU (i), S103 BFOU (i)-E, S103 BFOU (i)-M, S104 BFOU (c), S104 BFOU (c)-E, S104 BFOU (c)-M, BFOU (i&c), BFOU (i&c)-E, BFOU (i&c)-M	150/250 V	(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 27, 30, 32, 33, 37)*2*(0.75~2.5)mm ² ; (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 27, 30, 32, 33, 37)*3*(0.75~2.5)mm ² ; 1*4*(0.75~2.5)mm ² ;
S105 RU(i), S105 RU(i)-E, S105 RU(i)-M, S106 RU (c), S106 RU (c)-E, S106 RU (c)-M	150/250 V	(1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 19, 24, 27, 30, 33, 37)*2*(0.75~2.5)mm ² ; (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 19, 24, 27, 30, 33, 37)*3*(0.75~2.5)mm ² ; 1*4*(0.75~2.5)mm ² ;
S107 BU(i), S107 BU(i)-E, S107 BU(i)-M, S108 BU(c), S108 BU(c)-E, S108 BU(c)-M	150/250 V	(1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 19, 24, 27, 30, 33, 37)*2*(0.75~2.5)mm ² ; (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 19, 24, 27, 30, 33, 37)*3*(0.75~2.5)mm ² ; 1*4*(0.75~2.5)mm ² ;

1.1.2. 功能单位与基准流

本报告以 1km 海工用电缆为功能单位。

1.1.3. 数据代表性

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

1.2. 范围定义

1.2.1. 系统边界

本研究的系统边界为，主要包括：铜导体-绝缘-成缆-内衬层-编织-护套-辐照-包装等过程。

1.2.2. 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：

- 普通物料重量 $<1\%$ 产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量 $<0.1\%$ 产品重量时，可忽略该物料的上游生产数据；总共忽略的物料重量不超过 5% ；
- 低价值废物作为原料，如粉煤灰、矿渣、秸秆、生活垃圾等，可忽略其上游生产数据；
- 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。

1.2.3. 多产品分配

复杂多样的多产品系统需采用合理的建模方法对整个系统的资源环境影响进行分配，从而得到主、副产品各自的环境影响，常见的方法有分段法、物理化学性质分配法、经济价值分配法、系统扩展法（替代法）等。

本研究报告不涉及副产品。

1.2.4. 环境影响类型

表. 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...
非生物资源消耗	kg Sb eq.	铁, 锰, 铜...
水资源消耗	kg	淡水, 地表水, 地下水...
酸化	kg SO ₂ eq.	SO ₂ , NO _x , NH ₃ ...

富营养化	kg P04 ³⁻ eq.	NH ₃ , NH ₄ -N, COD...
可吸入无机物	kg PM2.5 eq.	CO, PM ₁₀ , PM _{2.5} ...
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.。

1.2.5. 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。

1.2.6. 软件与数据库

本研究采用 eFootprint 软件系统，建立了海工用电缆生命周期模型，并计算得到 LCA 结果。eFootprint 软件系统是由亿科环境科技有限公司研发的在线 LCA 分析软件，支持全生命周期过程分析，并内置了中国生命周期基础数据库（CLCD）、欧盟 ELCD 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

研究过程中用到的中国生命周期基础数据库（CLCD）是由亿科开发，基于中国基础工业系统生命周期核心模型的行业平均数据库。CLCD 数据库包括国内主要能源、交通运输和基础原材料的清单数据集。

在 eFootprint 软件中建立的 xxLCA 模型，其生命周期过程使用的背景数据来源见下表：

表 背景数据来源表

清单名称	规格型号	所属过程	数据集名称	数据库名称	备注
铜导体	海工用电缆[生产]	阴极铜-湿法炼铜(符合《GB/T467-2010 阴极铜》中 A 级铜标准, 含铜量不小于 99.95%)		CLCD-China 0.9	
成缆	海工用电缆[生产]	分散染料平网印花涤纶布(幅宽 1.6 米, 长为 625 米)		hly1271763581@163.com 1.0	
乙丙橡胶绝缘料	海工用电缆[生产]	三元乙丙橡胶(溶液聚合)		yxt@ike-global.com 1.0	
外护套	海工用电缆[生产]	聚乙烯薄膜(塑料薄膜 (0.07-0.1mm))		09203614@cumt.edu.cn 1.0	
PP 绳	海工用电缆[生产]	PE 和 PP 材料制塑料薄膜(PE 和 PP 共混塑料薄膜)		18321630991@163.com 1.0	
内衬层	海工用电缆[生产]	烯烃(未分类)		LCAcontest4-94a-3@ike-global.com 1.0	
编织	海工用电缆[生产]	阴极铜-火法炼铜(符合《GB/T467-2010 阴极铜》中 A 级铜标准, 含铜量不小于 99.95%)		CLCD-China 0.9	
电力	海工用电缆[生产]	华东电网电力(到用户)		CLCD-China-ECER 0.8	
电缆废橡胶	海工用电缆[生产]	橡胶制品(未分类)		lcacontest-s-o20p@ike-global.com 1.0	
废电缆	海工用电缆[生产]	光伏电缆(未分类)		caixr7@mail2.sysu.edu.cn 1.0	
废铝	海工用电缆[生产]	6 种固体废物铝灰渣资源化技术的 LCA 对比研究(未分类)		jingjingliu25@163.com 1.0	

2. 数据收集

2.1.海工用电缆[生产]

(1) 过程基本信息

过程名称：海工用电缆[生产]

过程边界：铜导体-绝缘-成缆-内衬层-编织-护套-辐照-包装。

(2) 数据代表性

主要数据来源：

企业名称：中天科技装备电缆有限公司

产地：中国南通

基准年：2022

工艺设备：中拉机、退火镀锡机、多头拉丝机、束丝机。

主要原料：铜导体、丙橡胶绝缘料、PP 绳、加强型无纺布、90℃热塑性低烟无卤聚烯烃护套料、编织用镀锡铜丝、90℃低烟无卤交联双耐油聚烯烃护套料等。

主要能耗：电力

生产规模：1145km

技术补充描述：

(可根据以上信息调整单元过程描述)

表 . 过程清单数据表

类型	清单名称	数量	单位	上游数据来源	用途/排放原因
产品产出	海工用电缆	1	km	--	--
原材料/物料	导体	660	kg	CLCD-China 0.9	
原材料/物料	成缆加强型 无纺布	9.6	m2	hly1271763581 @163.com 1.0	
原材料/物料	绝缘	136	kg	yxt@ike-globa 1.com 1.0	
原材料/物料	护套	590	kg	09203614@cumt .edu.cn 1.0	
原材料/物料	成缆 pp 绳	61	kg	18321630991@1 63.com 1.0	
原材料/物料	内衬层	117	kg	LCAcontest4-9 4a-3@ike-glob	

原材料/物料	编织	147	kg	al.com 1.0 CLCD-China 0.9
能源	电力	164	kWh	CLCD-China-EC ER 0.8
待处置废物	电缆废橡胶	2.65	kg	lcacontest-s- o20p@ike-glob al.com 1.0
危险废物	废油	0.41	kg	数据不可得
可再生废料	废电缆	1.58	m	caixr7@mail2. sysu.edu.cn 1.0
可再生废料	废铝	0.07	kg	jingjingliu25 @163.com 1.0

(3) 分配方法

表 . 主副产品分配系数表

产品名称	数量单位	规格型号	主分配系数
------	------	------	-------

注：特定分配系数是指针对模型中某条消耗或排放进行分配。

(4) 运输信息

表 . 过程运输信息表

物料名称	毛重	起点	终点	运输距离	运输类型
包带	4.8Kg	江阴	南通开 发区	105km	货车运输 (8t) - 汽油
导体	660Kg	南通河口	南通开 发区	71km	货车运输 (8t) - 汽油
绝缘	136Kg	潍坊潍星	南通开 发区	777km	货车运输 (8t) - 汽油
成缆	16Kg	常州瑞鸿	南通开 发区	124km	货车运输 (2t) - 柴油
护套	590Kg	临安杨氏	南通开 发区	283km	货车运输 (8t) - 汽油
编织	147Kg	江东合金	南通开 发区	72km	货车运输 (8t) - 汽油
内衬层	117Kg	临海亚东	南通开 发区	405km	货车运输 (8t) - 汽油

注：运输数据上游数据来源均来自 CLCD 数据库

3. 生命周期影响分析

3.1 LCA结果

LCA 结果在 eFootprint 上建模计算了 1km 海工用电缆的 LCA 结果，计算指标为气候变化(GWP)、一次能源消耗(PED)、非生物资源消耗潜值(ADP)、水资源消耗(WU)、酸化(AP)、富营养化潜值(EP)、可吸入无机物(RI)、臭氧层消耗(ODP)、光化学臭氧合成(POFP)结果如下

表 . 海工用电缆 LCA 结果

环境影响类型指标	影响类型指标单位	LCA 结果
GWP	kg CO2 eq	1.01E+05
PED	MJ	3.28E+05
ADP	kg antimony eq.	3.86
WU	kg	6.13E+07
AP	kg SO2 eq	76.31
EP	kg P043-eq	17.37
RI	kg PM2.5 eq	23.58
ODP	kg CFC-11 eq	3.06E-04
POFP	kg NMVOC eq	19.46

3.2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 . 海工用电缆 LCA 累积贡献结果

过程名称	GWP	PED	ADP	WU	AP	EP	RI	ODP	POFP
海工用电缆 【生产】	1.01E+05	3.28E+05	3.86	6.13E+07	76.31	17.37	23.58	3.06E-04	19.46

3.3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。表中罗列了灵敏度>0.5%的清单数据。

表 . 清单数据灵敏度表（单位同上表）

清单名称	所属过程	GWP	PED	ADP	WU	AP	EP	RI	ODP	POFP
绝缘	海工用电 缆【生产】	11.59%	57.41%	0.44%	99.43%	81.16%	40.94%	82.48%	10.88%	25.03%
导体	海工用电 缆【生产】	3.04%	20.32%	86.83%	0.5%	3.43%	20.3%	1.54%	8.96%	1.55%
护套	海工用电 缆【生产】	1.35%	8.26%	0.18%	0.03%	5.87%	2.39%	8.89%	53.58%	52.11%

成缆	海工用电 缆【生产】	82.65%	1.87%	0.03%	1.97E-03%	0.91%	0.39%	0.57%	0.05%	3.51%
编织	海工用电 缆【生产】	0.86%	8.79%	12.43%	0.03%	6.09%	34.79%	4.44%	3.01%	7.98%
内衬层	海工用电 缆【生产】	0.28%	2.39%	0.07%	1.47E-03%	0.79%	0.44%	0.56%	20.75%	2.02%
护套 - 中型 汽油货车运 输(8t)-中国	海工用电 缆【生产】	0.02%	0.11%	3.14E-03%	5E-05%	0.24%	0.18%	0.15%	1%	3.77%
电力	海工用电 缆【生产】	0.15%	0.62%	2.53E-03%	9.92E-04%	1.15%	0.31%	1.11%	0.13%	0.33%
绝缘 - 中型 汽油货车运 输(8t)-中国	海工用电 缆【生产】	0.01%	0.07%	1.98E-03%	3.16E-05%	0.15%	0.11%	0.09%	0.63%	2.38%
导体 - 中型 汽油货车运 输(8t)-中国	海工用电 缆【生产】	4.88E-03%	0.03%	8.80E-04%	1.4E-05%	0.07%	0.05%	0.04%	0.28%	1.06%
电缆废橡胶	海工用电 缆【生产】	0.01%	0.08%	0.01%	1.2E-05%	0.05%	0.07%	0.04%	0.59%	0.14%
包带	海工用电	0.01%	0.06%	9.44E-04%	2.92E-04%	0.08%	0.03%	0.09%	0.13%	0.1%

缆【生产】										
包带 - 中型 汽油货车运 输(8t)-中国	海工用电 缆【生产】	5.24E-05%	3.17E-04%	9.46E-06%	1.51E-07%	7.25E-04%	5.31E-04%	4.44E-04%	3.02E-03%	0.01%
废铝	海工用电 缆【生产】	0%	0%	0%	-3.56E-06%	0%	0%	0%	0%	0%
废油	海工用电 缆【生产】	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

4. 生命周期解释

4.1. 假设与局限性说明

各单元过程模型数据假设描述见下表

表 . 模型假设描述

过程名称	模型假设分析
海工用电缆[生产]	

4.2. 完整性说明

生命周期模型数据

表 . 数据缺失或忽略的物料汇总表

消耗名称	所属过程	上游数据来源	数量单位	重量比	检查结果
		数据库	0		数据

注：* 重量比=物料重量*数量/产品重量；

* 总忽略物料重量比=数据缺失的重量比+符合取舍规则的重量比。

4.3. 数据质量评估结果

报告采用 CLCD 质量评估方法，在 eF 系统上完成对模型清单数据的不确定度评估。本报告研究类型为，得到数据质量评估评估结果见表。

表 . LCA 数据质量评估结果

指标名称	缩写（单位）	LCA 结果	结果不确定度	结果上下限 (95%置信区间)
气候变化	GWP(kg CO2 eq)	1.012E+005	4.21 %	[9.69E+04,1.05E+05]
一次能源消耗	PED(MJ)	3.282E+005	3.72 %	[3.16E+05,3.40E+05]
非生物资源消耗潜值	ADP(kg antimony eq.)	3.860E+000	17.85 %	[3.17,4.55]
水资源消耗	WU(kg)	6.132E+007	4.97 %	[5.83E+07,6.44E+07]
酸化	AP(kg SO2 eq)	7.631E+001	2.81 %	[74.17,78.45]
富营养化潜值	EP(kg PO43-eq)	1.737E+001	2.45 %	[16.94,17.8]
可吸入无机物	RI(kg PM2.5 eq)	2.358E+001	3.04 %	[22.86,24.3]
臭氧层消耗	ODP(kg)	3.062E-004	11.46 %	[2.71E-04,3.41E-04]

	CFC-11 eq)			
光化学臭氧合 成	POFP(kg NMVOC eq)	1.946E+001	8.96 %	[17.72,21.2]

4.4. 结论与建议

本报告以 1km 海工用电缆的生命周期过程为研究对象，调研了海工电缆生产过程，包括外协件生产、自制件生产、耗辅材料和包装材料的生产使用等工序，收集了各过程的清单数据，在 eFootprint 在线 LCA 软件上建立了海工电缆的 LCA 模型，计算了气候变化 (GWP)、非生物资源消耗潜值 (ADP)、初级能源消耗 (PED)、水资源消耗 (WU)、酸化 (AP)、富营养化潜值 (EP)、可吸入无机物 (RI)、臭氧层消耗 (ODP)、光化学臭氧合成 (POFP) 等典型 LCA 指标的结果。通过过程贡献分析、清单灵敏度分析，发现在 eF 系统上完成对模型清单数据的不确定度评估，由软件自动导出 LCA 报告，通过建海工电缆生命周期模型，计算得出基准流下 1km 海工电缆的碳足迹结果为 1.01E+05 kg CO₂ eq.。数据评估结果合格。

建议在节材设计、产品节能、有害物质控制以及工艺改进等方面提高绿色设计水平。