

# 《电工产品碳足迹评价导则 架空导线》编制说明

## （征求意见稿）

### 一、工作简况

#### 1、任务来源

根据《中电协[2023]221号关于下达2023年第四批中电协团体标准制定计划的通知》，《电工产品碳足迹评价导则 架空导线》已被列入制定计划，计划编号为CEEIA2023110。该标准的起草工作由上海电缆研究所有限公司负责，并于2024年12月完成制定工作。

#### 2、制修订背景

2022年10月国家能源局印发的《能源碳达峰碳中和标准化提升行动计划》，提出开展能源装备全生命周期碳足迹标准体系研究，有序制定分行业典型装备碳足迹核算、评价标准。2023年4月国家标准委等部门发布《碳达峰碳中和标准体系建设指南》，提出碳达峰碳中和标准体系包含基础通用标准、碳减排标准、碳清除标准和市场化机制标准4个一级子体系。在基础通用标准体系中，提出制定行业企业碳排放核算与报告、产品碳足迹等领域标准。架空导线是电力输送的关键组成材料，是重要的能源装备产品。电线电缆行业属于制造业，与上游的化工、有色、钢铁行业和下游的电力行业紧密相关。架空导线是电线电缆行业重要的产品领域，制定架空导线碳排放核算标准，不仅为架空导线行业企业的碳排放与报告提供标准支撑，同时也为架空导线产品碳足迹提供依据。

#### 3、起草过程

##### （1）起草（草案、调研）阶段：

2023年7~12月，对国内外相关标准资料进行收集和整理工作。计划下达后，进行标准文本草案的准备工作。2024年4月，技术委员会面向架空导线原材料、制造、应用、检测等相关单位开展关于架空导线碳排放及碳足迹相关情况的技术征询（裸线标委字[2024]8号）。2024年5月，在技术征询的基础上，确定在国内具有技术代表性的企业，组建标准起草工作组。5月22日，在上海举行第一次起草工作组会议，讨论标准工作组讨论稿中的主要内容，并确定后续工作。2024年6月~7月，完善标准草案，经起草工作组内达成一致后，形成标准征求意见稿。

#### 4、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作等

本标准起草单位有上海电缆研究所有限公司、江苏中天科技股份有限公司、莱茵技术(上海)有限公司、远东智慧能源股份有限公司、上海国缆检测股份有限公司、江苏亨通电力特

种导线有限公司、杭州电缆股份有限公司、青岛汉缆股份有限公司、江苏通光强能输电线科技  
有限公司、云南多宝电缆集团股份有限公司、贵州玉蝶电工股份有限公司、广东远光电缆  
实业有限公司、黄山创想科技股份有限公司、常州特发华银电线电缆有限公司、航天电工集  
团有限公司蔡甸分公司、特变电工山东鲁能泰山电缆有限公司、广东新亚光电缆股份有限公  
司、山东创辉新材料有限公司、浙江冠明电力新材股份有限公司、南方电网科学研究院有限  
责任公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司贵阳局、贵州送变电有限公司。（将  
根据标准起草全过程中各起草单位贡献确定最终排序）

工作组主要成员包括：党朋、葛永新、曾伟、秦凯、周静、徐静、廖永力、易永亮、娄  
强、杨立军、秦瑞、施海峰、郑晓彬、陈光全、刘冠、杨民新、藏德峰、何云平、屠关明、  
江建华、胡建明、刘东、汪富强、高瞻。（将根据标准起草全过程中各起草人的贡献确定最  
终排序）

在起草人中，党朋作为项目总负责人，全面协调标准起草工作。葛永新、曾伟、秦凯、  
周静等负责进行数据核实、分析、验证及文本的完善。徐静、廖永力、易永亮、娄强、杨立  
军、秦瑞、施海峰、郑晓彬、陈光全、刘冠、杨民新、藏德峰、何云平、屠关明、江建华、  
胡建明、刘东、汪富强、高瞻等人收集和提供各个阶段的相关数据。

## 二、标准编制原则和主要内容

### 1、标准编制原则

本标准在制定过程中结合架空导线全生命周期内的碳排放实际情况，参照 GB/T  
24067-2024《温室气体 产品碳足迹量化要求和指南》和 T/CEEIA 655-2022《电工产品碳足  
迹评价导则》进行起草；标准结构编写和内容编排根据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则  
第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》进行编写。

### 2、标准主要内容及其确定依据

本文件提供了架空导线碳足迹评价的评价原则、评价流程、目的和范围、功能单位、系  
统边界、碳排放数据的收集、碳排放计算方法和碳足迹结果报告等内容。

#### 1)、系统边界

确定系统边界是进行碳排放核算和评价的前提。按照架空导线生产的实际情况，本标准  
将架空导线的原材料边界规定为铝锭或铝水、镀锌钢绞线、铝包钢绞线、复合材料芯和钢管  
光纤单元。制造阶段按照工艺生产流程，核算铝锭/铝水生产铝杆，铝杆拉制成铝线，铝线  
绞合成导线全过程的碳排放。运输阶段主要为架空导线产品从工厂到施工地点之间的运输，

不包括原材料到工厂以及工厂内部的工序流转运输。施工阶段主要核实施工器具所消耗能源所带来的碳排放。服役阶段主要考虑导线的电阻损耗所引起的碳排放。生命末期阶段主要考虑材料回收所带来的碳排放。

## 2)、评价方法

LCA 全生命周期法和 IPCC 排放因子法。按照全生命周期的方法列出各个阶段排放源的清单。采用 IPCC 排放因子乘以活动数据而获得碳排放量。

## 3)、活动数据

包括现场数据和间接数据。现场数据要包括可以通过测量和调查等方式取得。间接数据主要是通过权威的标准和行业统计、调查等渠道获得。

## 4)、排放因子

排放因子选择要来源明确、公正、适用和及时。对于能源与耗能工质、通用原辅材料、运输、材料回收的碳排放因子采用权威的数据库或行业数据。这些碳排放因子见表 1。对于一些架空导线专用的中间过程材料则通过行业调研统计值进行换算，主要有铝水、镀锌钢绞线、铝包钢绞线、钢管光纤单元等。

表 1 二氧化碳排放因子

名称	单位	数值	时间	来源
电能（电网）	kg-CO <sub>2</sub> e/(kW·h)	0.5703	2022	国家生态环境部办公厅环办气候函（2023）43号
汽油	kg-CO <sub>2</sub> e/kg	3.85	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
柴油		3.82	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
天然气	kg-CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	2.80	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
工业用水		12.32	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
铝锭	kg-CO <sub>2</sub> e/kg	21.60	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
铝水		21.44	2022	行业统计计算
钢制品（盘条）		2.30	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
重型货车	kg-CO <sub>2</sub> e/(t·km)	0.049	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
中型货车		0.042	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
轻型货车		0.083	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
铁路（货运）平均		0.007	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
水运（货运）平均		0.012	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
再生铝	kg-CO <sub>2</sub> e/kg	0.72	2022	中国产品全生命周期温室气体排放系数
再生钢		0.61	2022	钢铁产品碳足迹核算及报告方法学
矿物油（拉丝油、纤膏）		1.47	/	IPCC AR6
碳纤维		11.75	/	IPCC AR6
树脂		2.69	/	IPCC AR6
玻璃纤维		1.56	/	IPCC AR6

名称	单位	数值	时间	来源
光纤		1.02	/	企业提供
不锈钢带		2.89	2023	中国产品全生命周期温室气体排放系数
镀锌钢绞线		2.55	2024	行业统计计算
铝包钢绞线 (LB14)		3.66	2024	行业统计计算
铝包钢绞线 (LB20)		4.70	2024	行业统计计算
钢管光纤单元 (直径 3.00mm, 24 芯)	kg-CO <sub>2</sub> e/km	99.50	2024	行业统计计算
碳纤维复合芯		480.25	2024	行业统计计算

目前尚无铝水的排放因子，可通过铝锭到铝水所需的能耗换算出其相应的碳排放因子。按照 NB/T 10196-2019 中铝锭重熔工艺的能耗取现有限定值为 105kg/t（以标准煤计），铝水直供工艺的能耗取现有限定值为 40kg/t（以标准煤计），两者之差为 65kg/t（以标准煤计）。根据国家发改委能源所推荐的标准煤与二氧化碳碳排放之间的关系，即 1kg 标准煤对应 2.493kg 二氧化碳排放量，则 1kg 铝锭比 1kg 铝水多出的二氧化碳排放量为  $65/1000 \times 2.493 = 0.162\text{kg}$ 。1kg 铝水的二氧化碳量为  $21.60 - 0.162 = 21.438\text{kg}$ ，即铝水的二氧化碳排放因子为 21.438 kg-CO<sub>2</sub>e/kg。

镀锌钢绞线作为架空导线的加强芯，外部采购获得，对于其二氧化碳排放因子，目前尚无参考标准，本标准基于行业实际统计值计算获得其二氧化碳排放因子。选择应有最多的钢单线直径范围为 1.50~3.00mm 和绞线直径范围为 8.00~10.00mm 来统计拉丝、镀锌和绞线等工艺过程的碳排放。镀锌钢绞线的原材料为盘条，其碳排放因子取钢制品所对应的碳排放因子，其 1kg 镀锌钢绞原材料阶段所对应的二氧化碳排放 2.30 kg-CO<sub>2</sub>e。拉丝及镀锌过程中消耗的电能为 0.422kwh/kg,其对应的二氧化碳排放为  $0.422 \times 0.5703 = 0.241 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg}$ 。绞制过程中所消耗的电能为 0.013 kwh/kg，其对应的二氧化碳排放为  $0.013 \times 0.5703 = 0.0074\text{kg-CO}_2\text{e/kg}$ 。镀锌钢绞线作为原材料的二氧化碳排放因子为  $2.30 + 0.241 + 0.0074 = 2.548 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg}$ 。

铝包钢绞线作为架空导线的加强芯，外部采购获得，对于其二氧化碳排放因子，目前尚无参考标准，本标准基于行业实际统计值计算获得其二氧化碳排放因子。同样选择应有最多的铝包钢单线直径范围为 1.50~3.00mm 和绞线直径范围为 8.00~10.00mm 来统计冷拉、热处理、包覆、拉丝和绞线等工艺过程的碳排放量。制造阶段所消耗的电能为 0.560 kwh/kg，天然气为 0.035m<sup>3</sup>/kg，其对应的二氧化碳排放因子为  $0.56 \times 0.5703 + 0.035 \times 2.80 = 0.417 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg}$ 。

铝包钢绞线的原材料为铝和钢，对于 LBL4，其铝的重量占比为  $2.703 \times 0.13 / 7.14 = 0.049$ ，

钢的重量占比则为  $1-0.049=0.951$ 。则其原材料阶段所对应的二氧化碳排放因子为  $21.6 \times 0.049 + 2.30 \times 0.951 = 3.246 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg}$ 。对于 LB20，其铝的重量占比为  $2.703 \times 0.20 / 6.59 = 0.103$ ，钢的重量占比则为  $1-0.103=0.897$ 。则其原材料阶段所对应的二氧化碳排放因子为  $21.6 \times 0.103 + 2.30 \times 0.897 = 4.279 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg}$ 。

铝包钢绞线(LB14)作为原材料的二氧化碳排放因子为  $3.246 + 0.417 = 3.663 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg}$ 。  
铝包钢绞线(LB20)作为原材料的二氧化碳排放因子为  $4.279 + 0.417 = 4.696 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg}$ 。

碳纤维复合材料芯作为架空导线的加强芯，外部采购获得，对于其二氧化碳排放因子，目前尚无参考标准，本标准基于行业实际统计值计算获得其二氧化碳排放因子。1km 直径为 7.0mm 的碳纤维复合材料芯所消耗的碳纤维为 25kg，玻璃纤维为 37kg，树脂为 12kg，耗电能为  $161 \text{ kw} \cdot \text{h}$ 。因此其作为原材料的二氧化碳排放因子为  $25 \times 11.75 + 40 \times 1.56 + 12 \times 2.69 + 161 \times 0.5703 = 480.25 \text{ kg-CO}_2\text{e/km}$

钢管光纤单元是架空地线的重要组成部分，导线厂家一般外购所得。对于其二氧化碳排放因子，目前尚无参考标准，本标准基于行业实际统计值计算获得其二氧化碳排放因子。1km 直径为 3.0mm(24 芯)的钢管光纤单元所消耗的光纤为 24.0km，不锈钢带 19.60kg，所用纤维膏 3.0kg，所耗电能为 18kwh，水为  $0.3 \text{ m}^3$ 。因此钢管光纤单元的二氧化碳排放因子为  $24 \times 1.02 + 19.60 \times 2.89 + 3.0 \times 1.47 + 18 \times 0.5703 + 0.3 \times 12.32 = 99.50 \text{ kg-CO}_2\text{e/km}$ 。

### 三、主要试验（或验证）情况

#### 1、试验验证的分析、综述报告

碳足迹评价涉及产品全生命周期阶段，按照每个阶段所涉及的碳排放进行核算。

以 JL/G1A-630/40 导线为例。其基本的性能参数如下：

表 1 JL/G1A-630/45 导线参数表

导线型号 规格	计算截面积 $\text{mm}^2$			单位长度质量 $\text{kg/km}$			20℃直流电阻 $\Omega/\text{km}$
	铝	钢	总和	铝	钢	导线	
630/45	629	43.4	673	1739.2	339.2	2078.4	0.0459

#### 1)、功能单元

选取 1000kg JL/G1A-630/45 导线规格导线。

#### 2)、原材料阶段

按照导线的单位长度重量及铝和钢的占比，可以换算出 1000kg 的导线所需的铝导体为 836.80kg，所需钢芯为 163.20kg。

其原材料阶段的碳排放量为：

采用铝锭作为原材料： $836.80 \times 21.60 + 163.20 \times 2.548 = 18490.71 \text{ kg-CO}_2\text{e}$ 。

采用铝水作为原材料： $836.80 \times 21.438 + 163.20 \times 2.548 = 18355.15 \text{ kg-CO}_2\text{e}$ 。

### 3)、生产制造阶段

钢芯铝绞线在生产阶段所对应的生产阶段包括：铝杆的连铸连轧、铝单线拉制和绞制。在此过程中对应的排放清单包括，所使用的电能、天然气、水和直接排放。

假定铝杆为原材料为铝锭，根据本次标准制定过程中的行业调研，在连铸连轧生产过程电能消耗平均值为  $0.08 \text{ kWh/kg}$ ，天然气消耗平均值为  $0.07 \text{ m}^3/\text{kg}$ ，工业用水为  $1 \text{ kg/kg}$ 。拉丝过程中的电能消耗平均值为  $0.09 \text{ kWh/kg}$ ，拉丝润滑油消耗为  $2 \times 10^{-3} \text{ kg/kg}$ 。绞制过程中的电能消耗平均值为  $0.035 \text{ kWh/kg}$ 。

则生产阶段的碳排放为： $836.80 \times 0.08 \times 0.5703 + 836.80 \times 0.07 \times 2.80 + 836.80 \times 1 \times 12.32 + 836.80 \times 0.09 \times 0.5703 + 836.80 \times 2 \times 10^{-3} \times 1.47 + 1000 \times 0.035 \times 0.5703 = 10577.04 \text{ kg-CO}_2\text{e}$

### 4)、运输阶段

钢芯铝绞线从制造厂运输到施工现场，选定的运输方式为中型货车，其碳排放因子为  $0.042 \text{ kg-CO}_2\text{e}/(\text{t} \cdot \text{km})$ ，运输距离假定为  $800 \text{ km}$ ，则运输阶段的碳排放量为  $1 \times 0.042 \times 800 = 33.6 \text{ kg-CO}_2\text{e}$

### 5)、施工安装阶段

钢芯铝绞线的施工阶段主要是施工器具所消耗的能源，折算成碳排放量。这一阶段所消耗的能源与导线类型、线路长度、导线总的根数等因素相关。

根据起草单位贵州送变电提供的典型施工能耗数据， $500 \text{ kV}$  交流输电线路的每公里施工柴油消耗在  $180 \text{ kg} \sim 220 \text{ kg}$ ，本次计算取  $200 \text{ kg}$ 。 $500 \text{ kV}$  交流输电线路一般为三相四分裂共 12 根导线，导线类型也为  $630/45$ 。折算到单根导线每公里施工的柴油消耗为  $16.7 \text{ kg}$ 。 $1000 \text{ kg}$  JL/G1A-630/40 导线对应的导线长度为  $0.48114 \text{ km}$ ，则其在施工阶段的柴油消耗量为  $8.04 \text{ kg}$ 。按照柴油的碳排放因子  $3.10 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$ ，则施工阶段  $1000 \text{ kg}$  JL/G1A-630/45 导线的碳排放为  $8.04 \times 3.10 = 24.92 \text{ kg-CO}_2\text{e}$ 。

### 6)、服役阶段

钢芯铝绞线在服役阶段主要是电阻损耗导致的电能损失，折算成碳排放量。导线在运行服役阶段的电能损耗计算方式如下：

$$\text{电能损耗: } P = I^2 \times R \times L \times T$$

式中：P：全生命周期内的电能损耗量（W/h）

I：通过导线的设计运行电流（A）

R：导线的交流电阻（ $\Omega/m$ ）

L：导线长度（m）

T：设计使用时间（h）

在线路设计中，一般按照经济电流密度来计算运行电流，目前经济电流密度在  $0.7 \sim 0.9A/mm^2$ ，本次计算取  $0.9 A/mm^2$ 。则 JL/G1A-630/45 导线的设计运行电流为  $630 \times 0.9 = 567A$ 。

按照国内导线载流量的计算参数，风速  $0.5m/s$ ，日照强度  $1000W/m^2$ ，导体表面吸收系数  $0.9$ ，导体辐射系数  $0.9$ ，环境温度  $20^\circ C$ ，计算出导线在运行电流  $567A$  下的导线运行温度为  $42^\circ C$ ，所对应的交流电阻为  $0.04997 \times 10^{-3} \Omega/m$ ， $1000kg$  JL/G1A-630/45 导线对应的导线长度为  $481.14m$ 。架空导线设计使用年限按  $30$  年，每年按  $8760h$  计算，总共设计使用时间为  $262800h$ 。

架空导线在服役运行阶段的电能损耗  $P = 567 \times 567 \times 0.04997 \times 10^{-3} \times 481.14 \times 262800 = 2031291690w/h$ 。按照电能的碳排放因子  $0.5703kg-CO_2/kW \cdot h$ ，导线服役阶段的碳排放为  $2031291690 \times 10^{-3} \times 0.5703 = 1158446kg-CO_2e$

#### 7)、生命末期阶段

当导线达到使用寿命  $30$  年后，进行导线回收。导线分拆环节的不用考虑。导线分拆下来的铝导体材料和钢芯材料按  $95\%$  回收处理。其回收碳排放因子分别采用再生铝和再生钢的碳排放因子。因此在生命末期阶段的碳排放量为  $836.80 \times 0.95 \times 0.72 + 163.20 \times 0.95 \times 0.61 = 666.95 kg-CO_2e$ 。

## 2、技术经济论证

不涉及

## 3、预期的经济效益、社会效益和生态效益

产品碳足迹是对温室气体排放在产品层面的量化衡量，亦是达成碳达峰、碳中和、碳减排及碳消除的关键工具。在节能减排、产品制造、金融投资、国际贸易等领域，其影响日益深远。针对架空导线行业开展碳足迹评估，以核算产品碳排放足迹、分析优化改进机会，进而适应未来低碳发展趋势，提高在低碳市场的竞争力。

## 四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

国际标准主要有：

ISO:14067:2018 《温室气体-产品碳足迹-量化要求及指南》

PAS 2050-2011 《商品和服务的生命周期温室气体排放评价规范》

目前在国内进行产品碳足迹认证多采用 ISO:14067 标准，该标准内容宽泛和宏观，对于具体行业和产品缺乏有效的指导和规范。

国内标准主要有：

GB/T 24067-2024 《温室气体 产品碳足迹量化要求和指南》

DB 31/T 1071-2017 产品碳足迹核算通则 （上海）

DB 44/T 1503-2014 家用电器碳足迹评价导则 （广东）

T/DZJN001-2018 电器电子产品碳足迹评价通则 （团标）

目前国内已有通用的国家碳足迹评价标准，同时细分行业和代表产品也有团体标准，但国际、国外尚无关于架空导线产品碳足迹的标准。

## **五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因**

本标准涵盖的测试项目当前尚没有对应的国际标准，故无法采用国际标准。

## **六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系**

本标准与有关法律、行政法规及相关国家标准和行业标准相协调。

## **七、重大分歧意见的处理经过和依据；**

本标准在制定过程中，不存在重大分歧意见。

## **八、涉及专利的有关说明**

本文件的起草过程中，未发现相关专利问题，也未收到涉及相关专利的反馈。如某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

## **九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议**

本标准为首次制定，架空导线碳足迹评价是行业内第一次，在国家“双碳”工作背景下，碳足迹评价已成为必然的趋势。本标准的制定解决了架空导线碳排放及碳足迹评价工作中的标准及基础数据缺失的问题。

在标准宣贯中，重点宣贯架空导线碳足迹评价边界范围、碳排放过程及碳排放源。建议由标准归口单位组织国内架空导线制造企业、评价机构及用户等单位开展集中标准宣贯。在本标准颁布实施后，立即开展标准宣贯。

## **十、其他应当说明的事项。**



无。