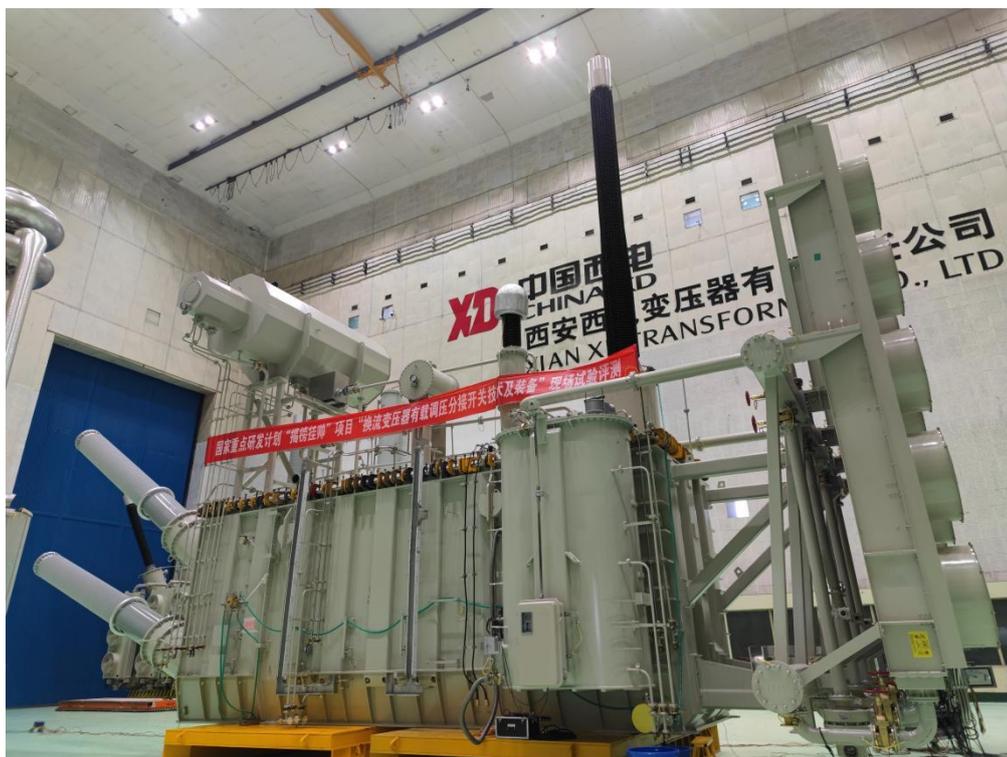


# 油浸式变压器

## 产品碳足迹评价报告



委托方： 西安西电变压器有限责任公司

报告编写方： 华测认证有限公司

报告日期： 2024 年 04 月 19 日

## 执行摘要

技术工作组通过与西安西电变压器有限责任公司相关部门协同进行数据收集，并对行业文献进行广泛调研，严格按照相关国际标准完成了目标油浸式变压器产品碳足迹的分析评价。

由西安西电变压器有限责任公司生产的 1 万 KVA 的油浸式变压器半生命周期（“摇篮到大门”）的碳足迹 37.28tCO<sub>2</sub>e，具体的信息如下表所示：

产品名称	油浸式变压器
核算和报告依据	ISO 14067:2018 《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》
产品功能单位	1 万 KVA
系统边界	“摇篮到大门”
产品碳足迹	37.28 tCO <sub>2</sub> e

其中，生命周期各阶段的碳足迹由下表所示：

生命周期阶段	碳足迹	单位	占比
原材料生产与获取阶段	32.26	tCO <sub>2</sub> e	86.55%
产品生产阶段	5.01	tCO <sub>2</sub> e	13.45%

核查结果符合 ISO 14067:2018 《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》的相关要求。

## 目 录

执行摘要	2
1 基本信息	1
1.1 报告信息	1
1.2 评估对象主要技术参数和功能	1
1.3 采用的标准信息	1
2 产品碳足迹评价对象及工具	2
2.1 评价对象概述	2
2.2 功能单位选择	2
2.3 系统边界说明	2
2.4 评价工具	3
3 产品碳足迹清单分析	4
3.1 数据来源	4
3.2 数据质量	4
3.3 分配	5
3.4 产品碳足迹计算	6
4 产品碳足迹影响评价	9

4.1	功能单位产品碳足迹	9
4.2	产品碳足迹排放贡献分析	10
5	结论	10
	声明	12
	参考文献	13

## 1 基本信息

### 1.1 报告信息

编制人员	王清沅
审核人员	苏颖
发布日期	2024年04月19日

### 1.2 评估对象主要技术参数和功能

本报告评估的对象为油浸式变压器，油浸变压器是一种结构更合理、性能更优良的新型高性能变压器，其立体卷铁芯由于其三个芯柱是等边三角形的立体排列，其磁路中无空气隙，卷绕更紧密，三个磁路长度一致，且都最短，铁芯芯柱的横截面积更接近于圆形，因此性能进一步提高，损耗降低，噪声降低，三项平衡，减少三次谐波分量，该产品更适用于城乡、工矿企业电网改造，更适用于组合式变压器和预装式变电站用变压器。

### 1.3 采用的标准信息

ISO 14067:2018 《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》

## 2 产品碳足迹评价对象及工具

### 2.1 评价对象概述

油浸式变压器是西安西电变压器有限责任公司生产的产品。在该产品原材料生产与获取阶段和产品生产阶段等半生命周期过程中会向大气中释放温室气体，通过评价其半生命周期的产品碳足迹，为绿色设计改进提供基础数据支撑，提升油浸式变压器产品的环境友好性。

### 2.2 功能单位选择

产品碳足迹分析中，功能单位是对产品系统中输出功能的度量。功能单位的基本作用是在进行碳足迹分析时为软件提供一个统一计量输入和输出的基准。根据 ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》的要求，本报告以 1 万 KVA 油浸式变压器产品评价的功能单位。

### 2.3 系统边界说明

此次油浸式变压器产品为半生命周期产品碳足迹核算，碳足迹系统边界包括两个阶段：产品原材料生产与获取阶段、产品生产阶段。系统边界如图所示：

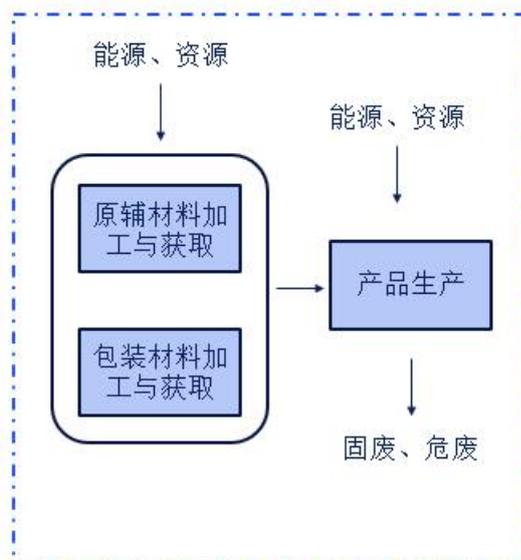


图 1 产品碳足迹系统边界

## 2.4 评价工具

本报告采用 SimaPro（版本：9.5）软件进行产品碳足迹评价。

### 3 产品碳足迹清单分析

#### 3.1 数据来源

本报告的现场数据由西安西电变压器有限责任公司相关部门协同参与，根据实际生产情况提供，主要包括生产过程的能源消耗、产品原辅材料的使用量、原辅材料的运输距离等数据。

本报告的背景数据包括主要原料的生产数据、权威的电力排放因子的数据、运输造成的碳排放的排放数据。本报告的背景数据来源于 Ecoinvent 3.9.1 数据库中适用于中国区域或适用于全球的数据和其他权威文献调研数据。

#### 3.2 数据质量

本次评价过程中所输入的现场数据的时间范围为：2023 年 1 月 1 日—2023 年 12 月 31 日。背景数据来源于 Ecoinvent 3.9.1 数据库中适用于中国区域或适用于全球的数据。

##### 3.2.1 本报告采用的假设

本报告在评价过程中采用了如下假设条件：

1、此次计算的油浸式变压器产品会因客户定制要求，每件产品用料不同，因此以生产统计单位作为功能单位，即 1 万 KVA，选择 2023 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日的采购数据作为活动数据用于计算，该数据为 1 万 KVA 的采购数据平均值，基于 2023 年全年的定制生产情况计算 1 万 KVA 的油浸式变压器的产品碳足迹。

2、本产品生产阶段污染物处置过程中，废弃物离开产品系统，由第三方公司进行处置，故废弃物不参与其环境影响的分配，即不承担下游废弃物处

理的环境影响，也不分享回收带来的环境收益。

### 3.2.2 本报告未考虑的过程

一般而言，本报告应包括分析系统的所有过程和流程。如果发现个别物质流或能量流对特定过程的碳足迹不重要，出于实际原因，可以将其排除在外，并报告为未考虑的过程。

本报告设定的取舍原则是：当某个过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度小于 1%，可以被排除在研究范围之外。其中单个物质流或能量流的排除门坎是 0.1%，排除总量不超过总排放量的 1%。由于就某些可能产生环境影响的过程，在出现以下情况时，对应的过程将会被排除。

(1) 技术上无适当核算及量化方法；

(2) 虽然量化过程可行但不符合经济效益，且排放量占总体排放量的比例小于 0.1%。

本报告排除的过程包括：生产阶段消耗的热力，未考虑其能源上游生产及传输分配过程的损失；未考虑部分道路和工厂等基础设施、生产设备和生活设施的建设过程，员工通勤和差旅过程等产生的排放；由于循环用水量极少，因此未考虑产品用水量情况。

### 3.3 分配

西安西电变压器有限责任公司只生产油浸式变压器变压器，数据不涉及拆分。

### 3.4 产品碳足迹计算

本报告中油浸式变压器产品的碳足迹计算公式如下：

$$CF = \sum_{i=1, j=1}^n P_i \times Q_{ij} \times GWP_j \quad (1)$$

其中， $CF$ 为碳足迹， $P$ 为活动水平数据， $Q$ 为排放因子， $GWP$ 为全球变暖潜势值， $i$ 为排放活动类型， $j$ 为排放因子类型。

#### 3.4.1 数据的收集与处理

油浸式变压器产品的半生命周期始于原辅材料的生产，经过原辅材料运输、成品加工完毕结束。油浸式变压器的原辅料名称、单位产品用量及重量信息如表 1 所示。

表 1 原辅材料清单

序号	材料名称	重量	单位	占原材料总重量比例
1	硅钢片	2.60	t	45.53%
2	电磁线	1.05	t	18.36%
3	本体钢板	0.68	t	11.92%
4	绝缘纸板	0.27	t	4.77%
5	电工层压木	0.03	t	0.48%
6	绝缘油	1.08	t	18.93%

#### 3.4.2 原辅、包材获取阶段 GHG 排放

原辅材料获取阶段产生的 GHG 主要来源于原辅材料的生产加工和采购运

输过程。根据原辅材料清单及原辅材料消耗情况的调研统计，2023年1月1日—2023年12月31日期间生产的油浸式变压器产品的主要原辅材料生产阶段的GHG排放如表2所示。其中，活动数据来源于责任方采购数据，排放因子数据来源于Ecoinvent 3.9.1数据库中适用于全球的数据。

表2 原辅材料生产获取阶段产生的GHG排放

序号	材料名称	重量 (t)	单位	材质补充说明	材料排放量 (kgCO <sub>2</sub> e)
1	硅钢片	2.60	t	硅钢片	21473.91
2	电磁线	1.05	t	铜	5520.72
3	本体钢板	0.68	t	钢板	1587.21
4	绝缘纸板	0.27	t	纸板	205.90
5	电工层压木	0.03	t	木板	9.33
6	绝缘油	1.08	t	工业用油	1735.88

根据原辅材料清单及原辅材料消耗情况的调研统计，2023年1月1日—2023年12月31日期间生产的油浸式变压器产品的原辅材料运输阶段的GHG排放如表3所示。其中，活动数据来源于责任方统计，排放因子数据来源于Ecoinvent 3.9.1数据库中适用于全球的数据。

表3 原辅材料运输阶段GHG排放

序号	材料名称	重量 (t)	运输方式	运输距离 (km)	运输排放量 (kgCO <sub>2</sub> e)
1	硅钢片	2.60	货车陆运	1107.50	428.53
2	电磁线	1.05	货车陆运	930.15	145.15
3	本体钢板	0.68	货车陆运	2000.00	202.65

4	绝缘纸板	0.27	货车陆运	2000.00	81.06
5	电工层压木	0.03	货车陆运	2000.00	8.11
6	绝缘油	1.08	货车陆运	1037.27	865.49

### 3.4.3 产品生产阶段 GHG 排放

油浸式变压器产品的生产工艺流程图如下所示：

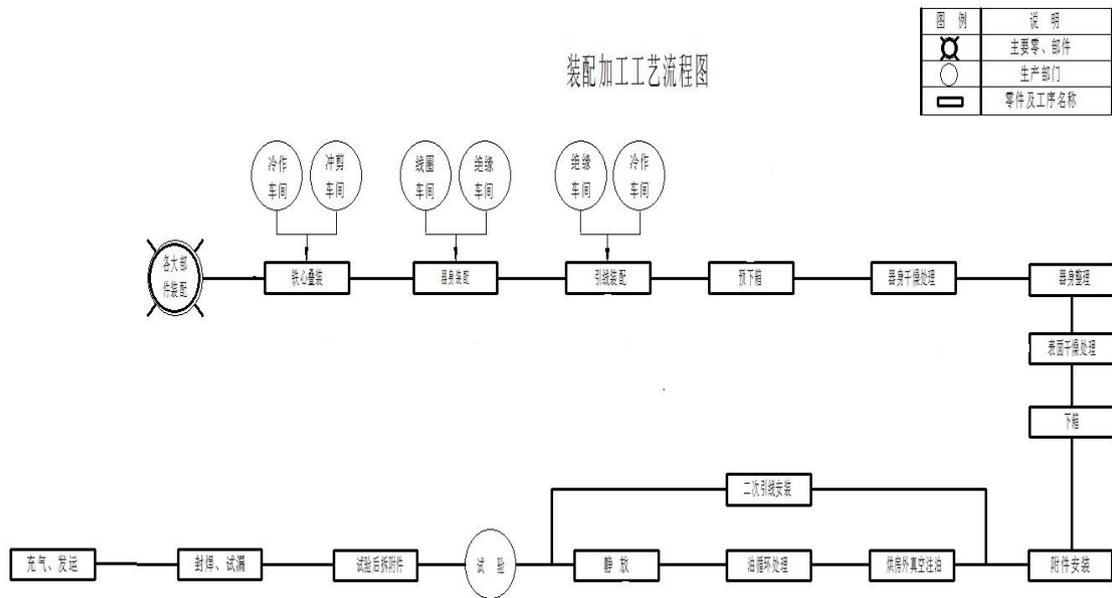


图 2 产品生产工艺流程图

油浸式变压器产品生产过程中的排放情况如表 4 所示。其中，活动数据来源于责任方统计，排放因子数据来源于《机械设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》蒸汽的排放因子，和 Ecoinvent 3.9.1 数据库中适用于中国西北电网的电力排放因子。

表 4 产品生产阶段使用能源、资源产生的排放

资源、能源类型	数值	单位	产品生产排放量 (kgCO <sub>2</sub> e)
电	3507.75	kWh	3564.69

蒸汽	13165.30	MJ	1448.18
----	----------	----	---------

## 4 产品碳足迹影响评价

### 4.1 功能单位产品碳足迹

根据章节 3.4.2 至 3.4.3 的核算周期内产品在半生命周期内的总排放量，本报告核算时间范围内生产 1 万 KVA 的油浸式变压器产品在半生命周期内的总排放量见下表所示，产品半生命周期各阶段对产品碳足迹的贡献如下图所示。

表 5 1 万 KVA 油浸式变压器产品的半生命周期各阶段的 GHG 排放

阶段	碳足迹	单位	占比
原材料生产与获取阶段	32.26	tCO <sub>2</sub> e	86.55%
产品生产阶段	5.01	tCO <sub>2</sub> e	13.45%
合计	37.28	tCO <sub>2</sub> e	100.00%

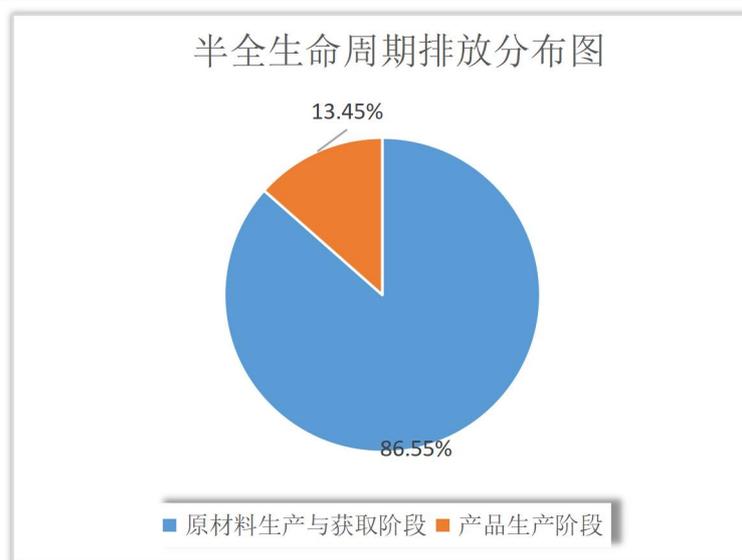


图 3 产品半生命周期内各阶段碳足迹占比

从图 2 可以看出，1 万 KVA 油浸式变压器产品的原材料生产和获取阶段对产品碳足迹贡献最大，其次是产品生产阶段。

## 4.2 产品碳足迹排放贡献分析

将各原辅材料的获取与运输视为一个单元，分析其对 1 万 KVA 油浸式变压器产品半生命周期碳足迹的贡献度，如下图所示，1 万 KVA 油浸式变压器对产品碳足迹影响最大的是硅钢片的获取与运输过程，占比 58.76%；其次为电磁线的获取与运输过程，占比为 15.20%。

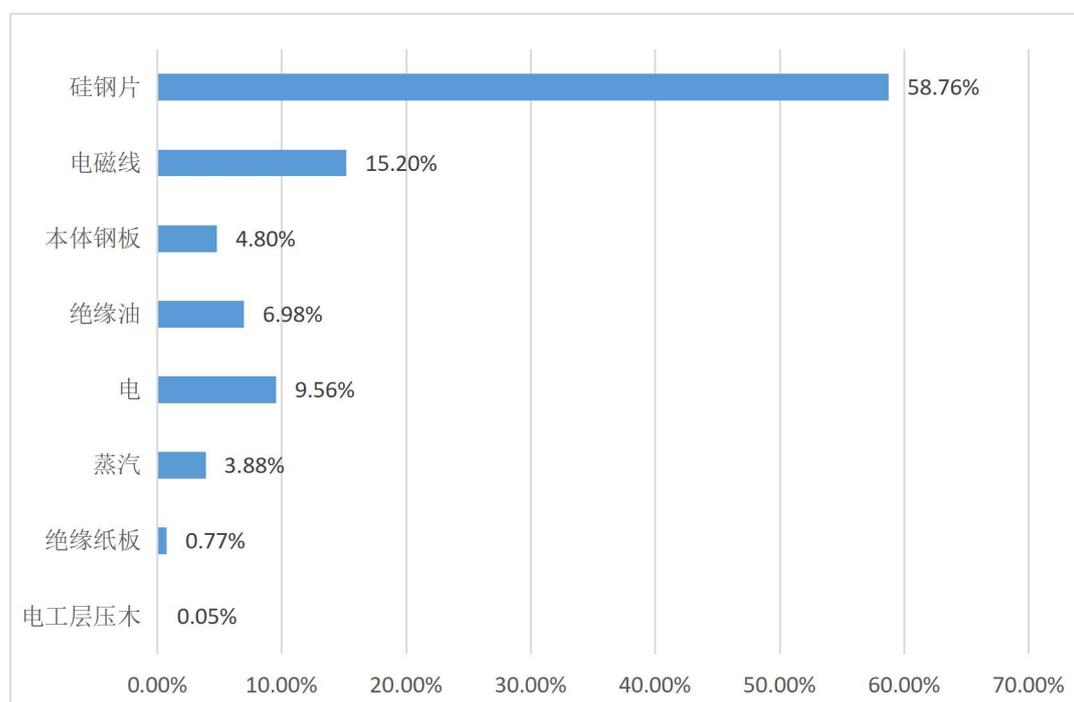


图 4 半生命周期各单元排放贡献分析

## 5 结论

本报告采用 SimaPro（版本：9.5）软件进行产品碳足迹评价。基于上述产品碳足迹输入输出分析，构建原辅材料获取阶段、产品生产阶段 2 个 LCA 模型；采用 IPCC 2021 GWP 100 分析方法，对产品半生命周期碳足迹进行评价计算。

综上所述，核算组依据 ISO 14067:2018 《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》对 1 万 KVA 油浸式变压器产品的碳足迹进行核算，其半生命周

期碳足迹为 37.28 tCO<sub>2</sub>e/万 KVA。硅钢片的获取运输阶段产生的碳排放是造成油浸式变压器产品半生命周期碳足迹的最主要来源。西安西电变压器有限责任公司可在硅钢片供应商管理等方面开展进一步的绿色设计和绿色产品开发的工作。

## 声明

本报告依据西安西电变压器有限责任公司提供的数据和公开可得资料、文献、数据编制而成。

本报告评价结果在特定假设下进行，可用于油浸式变压器环境信息的披露、交流与沟通，可用于西安西电变压器有限责任公司的气候变化管理和排放绩效追踪，也可应用于油浸式变压器产品供应链上的生命周期评估。本研究结果不应用于对比论断，即不应用于不同地区或同类型公司之间的比较，此外，不应用于对油浸式变压器产品与其他相似产品的环境表现差异提出主张。

## 参考文献

- [1] ISO 14067: 2018 《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》
- [2] ISO 14040:2021 - Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.
- [3] ISO 14044:2021 - Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.
- [4] 《机械设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》