

产品碳足迹报告

产品名称： 整流移相变压器

产品规格型号： ZPSG 型

生产者名称： 许昌中天宇光电气技术有限公司

报告编号： JZNT-2025-30-01

出具报告机构： 河南景泽能碳科技有限公司 (盖章)

日期： 2025 年 3 月 20 日

目录

一、概况	1
1.生产者信息	1
2.产品信息	3
3.量化方式	7
二、量化目的	7
三、量化范围	8
1.功能单位或声明单位	8
2.系统边界	8
3.取舍准则	8
4.时间范围	9
四、清单分析	9
1.数据来源说明	9
2.分配原则与程序	12
3.清单结果及计算	12
4.数据质量评价	12
五、影响评价	17
1.影响类型和特征化因子选择	17
2.产品碳足迹结果计算	18
六、结果解释	18
1.结果说明	18
2.改进建议	19

一、概况

1.生产者信息

生产者名称：许昌中天宇光电气技术有限公司

地址：许昌市城乡一体化示范区中原电气谷河南中天
电气装备集团院内

法定代表人：周建华

授权人（联系人）：冯可一

联系电话：15939950093

企业概况：

许昌中天宇光电气技术有限公司（简称中天宇光），是一家专业生产整流移相变压器、新能源储能装备的企业。中天宇光公司现有员工 260 余人，大专以上学历占员工总数 66%，科研人员 45 人。目前我司与国内外合作的企业主要有施耐德、汇川、希望森兰、新风光等国内外知名企业十余家，我司设计生产能力 400 台/月，近三年市场占有率居河南省第一，2017 年整流移相变压器总发货容量达 930000KVA。

中天宇光公司一期占地面积 120 亩，厂房约 30000 平方米，是河南省的高新技术企业。位于河南省高新技术产业园，许昌中原电气谷内。公司始终坚持“质量第一、用户至上”的经营宗旨，全体员工充分发扬“团结拼搏，物实重效”的工作作风，以精良的产品、快速优质的服务赢得了用户的赞誉和社会的信赖，先后荣获河南省颁发的“AAA 信用等级证书”、河南省“重合同，守信用”企业、河南省高新技术企

业、河南省工程技术中心、河南省企业技术中心、两化融合管理体系评定、河南省“专精特新”企业等荣誉，同时获得发明专利和实用新型专利 36 项。

公司于 2015 年 7 月已通过 ISO9001 质量管理体系认证，环境管理体系认证、职业健康安全管理体系，引进国内外先进的自动流水生产线和高科技检测设备，严把质量关，所有产品均已通过国家权威检验部门鉴定，技术性能达到国内同类产品先进水平，2017 年 11 月成为施耐德全球供应商之一。

许昌中天宇光电气技术有限公司将秉承“诚信、创新、拼搏、团结”的企业精神，以产品质量为本，铸造企业品牌，公司坚持以人为本，以竞争为核心，以客户满意为宗旨，以精心制造诚信经营；品牌战略，合作共赢为理念，严格按照国家级产品质量标准为客户提供优质的星级服务。

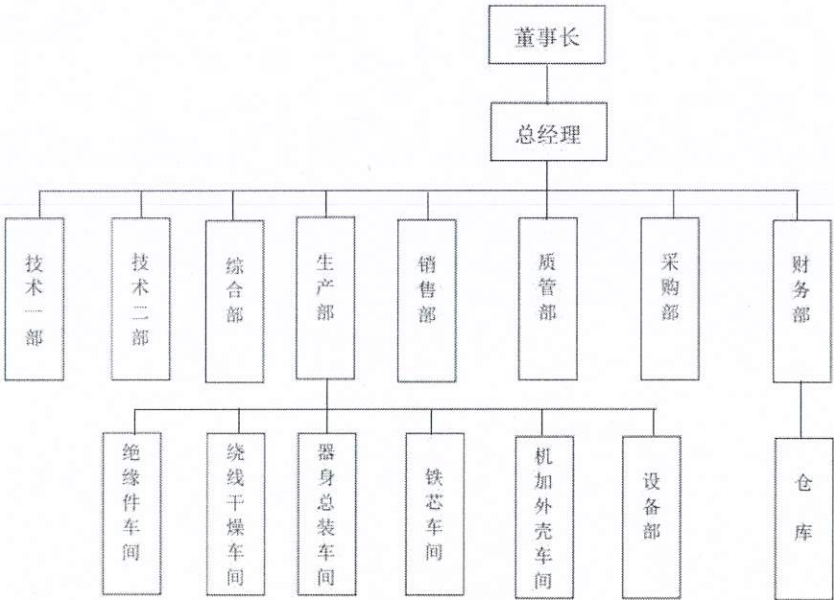


图 1：许昌中天宇光电气技术有限公司组织结构图

2.产品信息

产 品 名 称 : ZPSG 型移相整流变压器

产 品 功 能 :

ZPSG 型移相整流变压器的主要功能有:

①移相整流:通过多绕组移相设计(如 12 脉波、18 脉波、24 脉波等),将输入交流电的相位错开,使整流后的直流电更加平滑,减少谐波含量;适用于晶闸管/二极管整流电路,提高直流输出的稳定性。

②谐波抑制:传统 6 脉波整流会产生大量 5 次、7 次等谐波,而 ZPSG 型变压器通过移相技术,可显著降低谐波(如 12 脉波可消除 5、7 次谐波,18 脉波可消除 5、7、11、13 次谐波等);符合 IEEE 519、GB/T 14549 等电能质量标准,减少对电网的干扰。

③提高功率因数:减少无功损耗,提高系统整体效率,降低供电线路的电流负担。

④电压匹配与隔离:适应不同电压等级的整流需求(如 380V、660V、10kV 等输入,输出适合电解、轧机等设备的直流电压);提供电气隔离,保护负载和电网安全。

⑤适应大电流负载:设计上考虑低阻抗、高过载能力,适用于电解铝、氯碱化工、直流电弧炉等大电流场合。

产 品 介 绍 :

ZPSG 型移相整流变压器是一种特殊设计的变压器,主要用于大功率整流系统,特别是在工业电解、直流感动、电化学、轨道交通等

领域。它的核心功能是通过移相技术改善整流系统的电能质量，减少谐波污染，提高效率。

许昌中天宇光电气技术有限公司 ZPSG 型移相整流变压器产品的工艺流程如下：

(1) 夹件及附件制作：按照夹件、底座、拉板图样要求，在准备好的钢板上划好线，然后用等离子切割机（或带锯床）下料，然后经过钻孔、焊接、喷砂处理后，对夹件及附件进行检验，合格后待用。

(2) 高、低压线圈制作：绕制前，依据图纸选取导线，检查各种绝缘材料规格尺寸及数量符合图纸要求。绝缘筒套到绕线撑模上撑紧，装夹在绕线机上将导线起头暂时固定在圆形绕线模上，开始绕制，高压饼段按一正一反方式绕制，低压绕组一般由三大组组成，每一大组是由多个移相角绕组，按照移相角顺序排列而成。然后对绕制好的线圈进行电阻检验、干燥、整理及压装，之后对高、低压线圈进行真空压力浸漆或者真空浇注，相应的工艺流程如下：

①真空浸漆：浸漆前对储漆罐进行抽真空至 700Pa 脱气处理，对绝缘漆搅拌混合均匀，浸漆后的线圈送入固化炉（为电加热）进行干燥固化，将炉温先升至 90℃ 保持 10min，再升至 150℃ 保持 30min，最后升至 160℃ 保持 3.5h，之后取出线圈，自然冷却 50℃ 左经检验合格待用。

②真空浇注：绕制好的线圈装入模具内，在真空干燥箱内电加热烘干 4h，烘干温度 100℃。烘干后通过真空泵对模具抽真空，达到要求的真空压力后停止抽真空，将配置好的环氧树脂物料通过管道浇注

入模具中，静置 3-4h 后放入真空干燥箱中进行电加热，逐步升温至 120℃后恒温固化 5-6h，然后逐步降至室温后从真空干燥箱取出，进行脱模，脱除的模具收集后回用。

(3) 铁芯制作：将硅钢片依次经过纵剪、横剪到所需尺寸，然后将剪切后的硅钢片进行叠加装配成铁芯，再进行绑扎，铁芯经检验合格后待用。

(4) 绝缘件制作：按照图样要求，在准备好的绝缘板上划好然后用剪板机（或雕刻机）下料，然后将绝缘件放置剪板机线、平台上，依据图纸尺寸划线定位剪切，最终进行检验，合格后待用。本工序不在厂内生产，委托许绝电工股份有限公司生产后，直接利用。

(5) 线圈及绝缘件装配：用 0.05mmNomex 纸半叠包扎，外面再用玻璃丝胶带叠包一层。对于超出本大组的引线外侧，需要加包 H 级绝缘纸 1~2mm，外边再加包玻璃丝胶带叠包扎一层，以满足耐压要求。端子板固定到位，将铜端子（带连接线）固定到端子板上，分接线打圆弧与铜端子的连接线搭接，引出线折弯到位，留有安装缓冲余量。

(6) 引线、器身、高低压铜排及端子装配：步骤依次为拆上夹件及上铁扼、套高低压线圈、检查出头位置应符合图纸规定、撑紧线圈、插上铁扼、选择合适的高低压线圈引出线、引线焊接、引线焊接处绝缘包扎、引出线分布线，将铜端子（带连接线）固定到端子板上，分接线与铜端子的连接线搭接，引出线折弯到位，将铜排固定到位，将 A（L1）、B（L2）、C（L3）引出线与母排上。

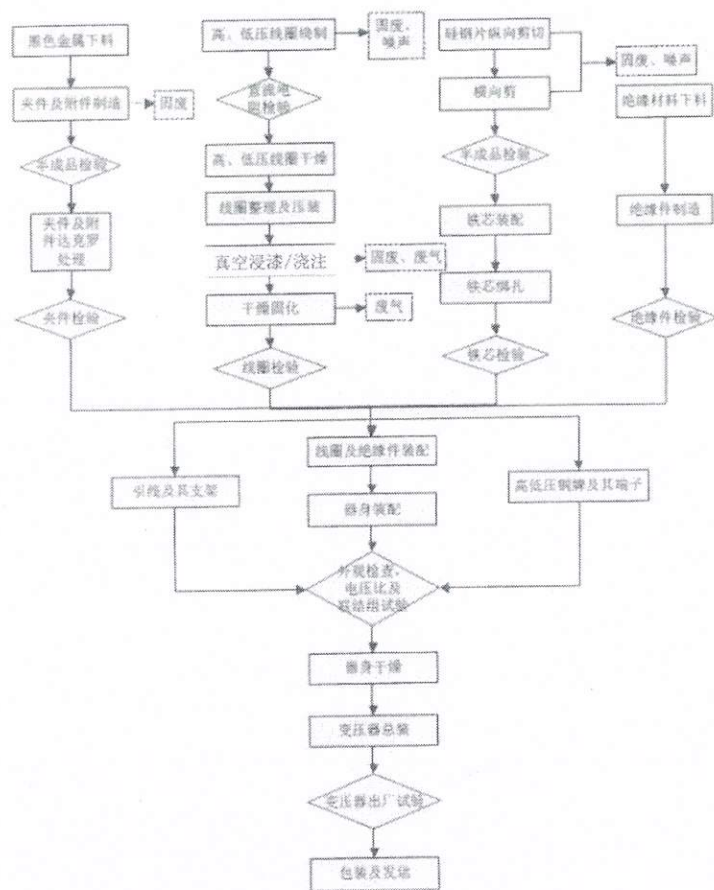


图 2: ZPSG 型移相整流变压器工艺流程图

产 品 图 片 :

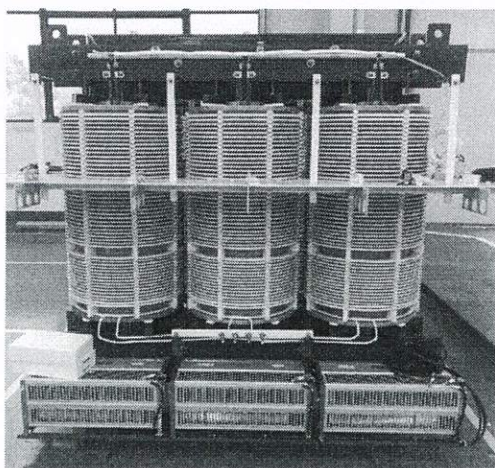


图 3: ZPSG 型移相整流变压器

3.量化方式

依 据 标 准：

《ISO 14067: 2018 温室气体产品的碳排放量化和交流的要求和指南》

《PAS2050: 2011 产品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》

《ISO 14064-3:2019 对温室气体声明进行审定和评价的指南性规范》

《温室气体 产品碳足迹量化要求和指南》GB/T 24067-2024

《温室气体排放核算与报告要求第 29 部分：机械设备制造企业》

二、量化目的

许昌中天宇光电气技术有限公司对 ZPSG 型移相整流变压器进行产品碳足迹量化的目的主要包括以下几个方面：

（1）提升品牌形象，增加市场竞争力

准确核算 ZPSG 型移相整流变压器产品碳足迹，提升碳足迹核算评价结果的国际公信力，应对国际绿色贸易壁垒，降低国内对外贸易产品供应链出口成本，提升绿色竞争力。

（2）符合行业趋势与客户需求

产品碳足迹管理符合行业趋势与客户要求，顺应品牌商、供应商对产品碳足迹提出的市场需求，助力绩效追踪、供应商和客户关系维护，增加客户价值。

（3）促进企业内部改进

计算并展示 ZPSG 型移相整流变压器产品碳足迹，可以帮助企业了解 ZPSG 型移相整流变压器产品在整个生命周期中的碳排放情况，

从而识别出减排潜力，制定相应的节能降碳措施，优化生产工艺，降低运营成本。

三、量化范围

1.功能单位或声明单位

以__台__为功能单位或声明单位。

2.系统边界

☒原材料获取阶段 ☒生产阶段 ☐运输（交付）阶段 ☐使用阶段
☐原生命末期阶段

包含的过程	未包含的过程
1、原材料获取阶段： ①主要原材料隐含的排放，原辅材料类型包括电磁线、硅钢、钢材等； ②不涉及产品包装原材料。	产品的运输（交付）与使用
2、原材料运输阶段 从各原材料供应商到许昌中天宇光电气技术有限公司生产区域大门。	产品回收、处置和废弃阶段
3、产品生产阶段 生产过程能源消耗产生的排放。	设备的生产与维修

图 4 ZPSG 型移相整流变压器碳足迹量化系统边界图

3.取舍准则

采用的取舍准则以__《温室气体 产品碳足迹量化要求和指南》
GB/T 24067-2024__为依据，具体规则如下：在产品碳足迹量化过程中，可舍弃产品碳足迹影响小于 1%的环节，但舍弃环节总的影响不

应超过产品碳足迹总量的 5%。

- 能源的所有输入均列出；
- 原料的所有输入均列出；
- 辅助材料质量小于原料总消耗的 0.3%的项目输入可忽略；
- 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，均忽略；
- 任何有毒有害的材料和物质均应包含于清单中，不可忽略。

4.时间范围

2024 年度。

四、清单分析

1.数据来源说明

初 级 数 据：

初级数据 1：系统边界内 ZPSG 型移相整流变压器产品原材料消耗数据

序号	物料名称	获取消耗量	单位	获取类型 (自产/外协)	数据来源
1	电磁线	531.6	吨	外协	企业生产原材料消耗统计
2	硅钢	4125.9	吨	外协	
3	钢材	622.5	吨	外协	

初级数据 2：原材料供应商及上游运输情况

物料名称	供应商名称	物料出发地	物料到达地	平均运输距离(km)	运输购入量(t)	运输方式	数据来源
电磁线	江苏蒙腾电气有限公司	盐城	许昌	560	128.3	汽运 (货车8t)	企业供销 商统计及 原料运输 车辆路程 统计
	许昌市国成漆包线有限公司	许昌	许昌	16	75.1		
	江苏新拓电磁线有限公司	新沂	许昌	420	328.2		
硅钢	河南宏旺金属材料有限公司	长葛	许昌	720	1710.0	汽运 (货车30t)	
	武汉精硅电气有限公司	武汉	许昌	450	1915.0		
	郑州信驰供应链管理有 限公司	郑州	许昌	720	500.9		
钢材	河南国仁钢铁有限公司	郑州	许昌	60	519.5		
	河南隆亨钢铁有限公司	郑州	许昌	60	103.0		

初级数据 3：系统边界内 ZPSG 型移相整流变压器产品生产过程能源消耗数据

序号	能源名称	消耗量	单位	数据来源
1	电	1439230	kwh	电能表监测

初级数据 4：系统边界内 ZPSG 型移相整流变压器产品产量数据

产品名称	时间	产量	单位	数据来源
ZPSG 型移相整流变压器	2024 年	4099	台	企业生产统计

次级数据：

次级数据 1：系统边界内 ZPSG 型移相整流变压器原材料获取排放因子

序号	物料名称	获取消耗量	单位	排放因子	排放因子来源
1	钢材	622.5	t	2.415tCO ₂ e/t	中国产品全生命周期温室气体排放系数库

次级数据 2：系统边界内 ZPSG 型移相整流变压器产品原材料运输排放因子

生命周期阶段	活动水平数据	排放因子	排放因子来源
原材料运输	厂外货车（8t）运输公里数：996km	0.179kgCO ₂ e/吨公里	中国产品全生命周期温室气体排放系数库
	厂外货车（30t）运输公里数：2010km	0.078kgCO ₂ e/千米	

次级数据 3：系统边界内 ZPSG 型移相整流变压器产品生产净购入电力排放因子

生命周期阶段	活动水平数据	排放因子	排放因子来源
产品生产	净购入使用电力： 1439230kWh	0.6205 kgCO ₂ e/ kWh	生态环境部、国家统计局、国家能源局《关于发布 2023 年电力碳足迹因子数据的公告》（公告 2025 年第 3 号）中，2023 年全国电力平均碳足迹因子为 0.6205kgCO ₂ e/kWh

2.分配原则与程序

分 配 依 据 ： 企业提供的 ZPSG 型移相整流变压器产品生产产线用能统计表、原材料消耗、供应商相关信息及运输情况统计表

分 配 程 序 ： 企业 ZPSG 型移相整流变压器产品生产过程已建设的能源计量条件可实现生产场所能源计量拆分，产品生产产线能源消耗直接采用企业提供的用能统计表；原材料消耗直接采用企业提供的原材料消耗、供应商相关信息及运输情况统计表。

3.清单结果及计算

生命周期各个阶段碳排放说明见表 1。

表 1： ZPSG 型移相整流变压器生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	类别	活动数据	排放因子	温室气体量 tCO ₂ e
原材料获取	钢材	622.5t	2.415tCO ₂ e/t	1503.34
原材料运输	货车（8t）运输	996km	0.179kgCO ₂ e/吨公里	94.78
	货车（30t）运输	2010km	0.078kgCO ₂ e/吨公里	744.45
生产	净购入使用电力	1439230kWh	0.6205kgCO ₂ e/kWh	893.04

4.数据质量评价

本报告从数据代表性和数据来源两方面进行数据质量评价。

4.1 数据代表性

(1) 时间代表性：2024 年

(2) 地理代表性：中国

(3) 技术代表性：包括以下方面：

- 工艺流程：夹件及附件制作-高、低压线圈制作-铁芯制作-绝缘件制作-线圈及绝缘件装配-引线、器身、高低压铜排及端子装配-外观检查及试验-器身干燥-变压器总装-变压器试验-包装及发运

- 主要设备：激光切割机、超声波清洗机、吊钩式抛丸清理机、数控雕刻机、开式固定台深颈压力机等

- 主要原料：电磁线、硅钢、钢材

- 主要能耗：电力

4.2 数据来源评价

4.2.1 活动水平数据的评价

通过查阅支持性文件及访谈受评价方，对产品涉及的每一个活动水平的数据单位、数据来源、监测方法、监测频次、记录频次、数据缺失处理进行了评价，并对部分数据进行了交叉核对，结果如下：

4.2.1.1 原材料获取活动水平数据的评价

活动水平数据 1：主要原材料消耗量

数据项	电磁线	硅钢	钢材
数据值	531.6	4119.9	622.5
单位	t		
数据来源及	生产消耗统计		

交叉较核	
监测方法	生产系统记录，设备自动计量
监测频次	每批次监测
记录频次	每批次记录，月度录入系统
数据缺失处理	数据无缺失
评价结论	经评价确认，数据源选取合理，数据真实可信，符合评价依据的要求

4.2.1.2 原材料运输活动水平数据的评价

活动水平数据 2：原材料厂外运输公里数

数据项	厂外运输公里数
数据值	厂外货车（8t）运输公里数：996km 厂外货车（30t）运输公里数：2010km
单位	km
数据来源及交叉校核	供销商统计及原料运输车辆路程统计
监测方法	采购部门运输统计
监测频次	频次统计，月度总结
记录频次	月度记录
数据缺失处理	数据无缺失
评价结论	经确认，数据源选取合理，数据真实可信，符合评价依据的要求。

4.2.1.3 产品生产活动水平数据的评价

活动水平数据 3：厂内净购入电力排放

数据项	净购入电力
数据值	1439230
单位	kWh
数据来源及交叉校核	电能表监测
监测方法	连续监测
监测频次	结算电表每月抄表，每年汇总
记录频次	电能表监测
数据缺失处理	数据无缺失
评价结论	经确认，数据源选取合理，数据真实可信，符合评价依据的要求。

活动水平数据 4：产品产量

数据项	ZPSG 型移相整流变压器
数据值	4099
单位	台
数据来源及交叉校核	产品产量统计表
监测方法	月度统计
监测频次	一月一次
记录频次	一月一次

数据缺失处理	数据无缺失
评价结论	经评价确认，产量数据源选取合理，数据准确。

4.2.2 排放因子的评价

通过查阅支持性文件及访谈受评价方，对产品涉及的每一个采用实测方法排放因子的数据单位、数据来源、监测方法、监测频次、记录频次、数据缺失处理 等进行了评价，并对数据进行了交叉核对，对每一个采用缺省值的排放因子的来源和数值进行了评价。

4.2.2.1 原材料获取排放相关排放因子的评价

排放因子 1：原材料获取排放因子

数据项	钢材
数据值	2.415
单位	tCO ₂ e/t
数据来源	中国产品全生命周期温室气体排放系数库—国内排放因子
评价结论	经评价确认，数据源选取合理，数据真实可信，符合评价依据的要求

4.2.2.2 原材料运输排放相关排放因子的评价

排放因子 2：厂外汽车运输排放因子

数据项	厂外货车（8t）运输排放因子	厂外货车（30t）运输排放因子
数据值	0.179	0.078
单位	kgCO ₂ e/吨公里	kgCO ₂ e/吨公里
数据来源	中国产品全生命周期温室气体排放系数库—国内排放因子	
评价结论	经评价确认，受评价方原材料厂外运输主要采用道路运输，数据选取合理。	

4.2.2.3 产品生产排放相关排放因子的评价

排放因子 3：净购入电力排放因子

数据项	电力排放因子
数据值	0.6205
单位	kgCO ₂ e/kWh
数据来源	生态环境部、国家统计局、国家能源局《关于发布 2023 年电力碳足迹因子数据的公告》（公告 2025 年第 3 号）中，2023 年全国电力平均碳足迹因子为 0.6205kgCO ₂ e/kWh
评价结论	经评价确认，数据涵盖燃料全生命周期排放，数据选取合理

五、影响评价

1.影响类型和特征化因子选择

参考《温室气体 产品碳足迹量化要求和指南》GB/T 24067-2024，报告选择气候变化环境影响类型指标进行计算，特征化因子选择二氧化碳（CO₂）。

影响类型	特征化因子选择
气候变化	二氧化碳（CO ₂ ）

2.产品碳足迹结果计算

(1) 产品碳足迹汇总表

生命周期过程	生命周期过程净 排放量	产量	碳足迹
	tCO ₂	台	tCO ₂ /台
原材料获取	1503.34	4099	0.367
原材料运输	839.23		0.205
产品生产	893.04		0.218
小计	3235.61		0.789

(2) 单位产品碳足迹分析

生命周期过程	碳足迹	占比
	tCO ₂ /台	%
原材料获取	0.367	46.5
原材料运输	0.205	25.9
产品生产	0.218	27.6
小计	0.789	100

六、结果解释

1.结果说明

许昌中天宇光电气技术有限公司 公司生产的 1 台 ZPSG 型移相整流变压器，从 原材料获取 到 生产 生命周期碳足迹为 0.789

tCO_{2e}。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 2 和图 5 所示。

表 2： ZPSG 型移相整流变压器 生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹/（tCO ₂ /t）	百分比%
原材料获取	0.367	46.5
原材料运输	0.205	25.9
生产	0.218	27.6
总计	0.789	100

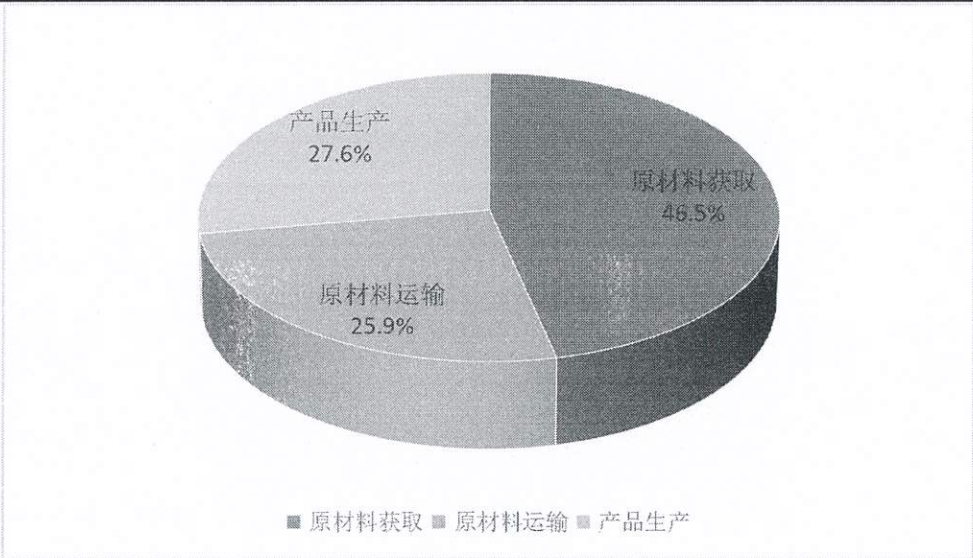


图 5 ZPSG 型移相整流变压器各生命周期阶段碳排放分布图

2.改进建议

通过对 ZPSG 型移相整流变压器产品碳足迹构成进行分析，可以看出原材料获取产生的碳排放是 ZPSG 型移相整流变压器产品碳足迹的主要贡献者，生产过程中电力消耗为次要贡献者，针对产品碳足迹的分布，建议的改善措施如下：

（1）逐步升级改造主要耗能设备

对公司主要耗电设备进行逐一排查，根据设备能效水平制定升级

改造计划，逐步淘汰能效水平较低的电机、水泵等设备，采用达到国家 1 级能效的耗能设备，提高设备能效水平，降低生产过程中的电耗。

（2）提高能源利用效率

通过工艺生产环境排查，分析是否具备可利用的余热余压，对其进行回收利用，提高能源利用率。

（3）优化工艺设备运行参数

收集各车间工艺设备运行参数调节范围，对工艺参数调整情况进行分析比较，判断是否存在进一步优化的空间，重新制定更为科学合理节能的工艺设备参数调节范围。

（4）持续运行能源管理体系，加强能源管理考核

持续运行能源管理体系，从能源目标制定、目标分解、能源数据的统计分析、实施方案的落实、效果评价到目标的完成分析，要有效果的进行落实。关键要识别节能改进机会。从原料进入到产品输出，每一个生产环节都有影响能源消耗的多个因素，这些因素有的是工艺参数的控制情况，有的是设备的使用维护情况，有的是操作者的水平及状态等。对于产品能耗同时还受市场因素、环境因素及法律法规因素的影响。在识别出所有的能源因素后，进行优化控制，识别出节能改进机会，制定实施方案。

（5）大功率耗电设备设置就地无功补偿

对全厂区主要耗电设备进行排查，核定设备功率因数，针对功率因数较低的耗电设备设置就地无功补偿装置，使功率因数能达到 0.92 以上，可大大降低无功损耗。